令和３年度経済産業省委託
石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業

高圧ガス保安に係る
法定講習の実施方法の在り方について
報告書

令和４年３月
高圧ガス保安協会

目次

要旨 5
１　事業概要 5
１．１　課題 5
１．２　事業目的 6
１．３　事業内容 6
（１）非集合型教育によるグループ討議等のあり方の検討 6
（２）非集合型の法定講習における本人確認、不正行為等防止対策技術等の検証 . 6
（３）非集合型教育の教材の具体例の作成 7
１．４　実施体制 7
２　法定講習の概観 8
２．１　法定講習の概要 9
２．２　検定試験の概要 9
３　調査内容 10
３．１　非集合型教育によるグループ討議等の在り方の検討 10
（１）　実証方式 10
イ．リアルタイム方式（Ｗｅｂ会議システム） 11
ロ．非リアルタイム方式（掲示板機能） 11
（２）　実証における事前準備から当日の流れ 11
（３）調査結果 16
イ．アンケート回収 16
ロ．アンケート調査結果 16
（４）　アンケート結果に基づく非集合型でのグループ討議に関する考察 32
３．２　非集合型の法定講習における本人確認、不正行為等防止対策技術等の検証 34
（１）　実証方法 34
イ．試験監督システム 34
ロ．受験者 35
ａ）受験者の要件 35
ｂ）人数 35
ｃ）受験環境 35
ハ．試験問題 36
ａ）試験内容 36
ｂ）試験時間 36
ニ．本人確認 36
ホ．不正行為等 37
ヘ．実証日程 38
（２）　実証結果 39

イ．本人確認技術 39
ロ．不正行為等防止対策技術の実証 40
ａ）AI システム１ 40
ｂ）AI システム２ 62
ハ．受験者アンケート 78
①事前調査 78
②事後調査 83
（３）　考察 106
３．３　非集合型教育の教材の具体例の作成について 108
（１）オンライン配信を想定した効果的な学習教材の作成 108
イ．動機器のアニメーション等作成による動作機構の効果的な説明 108
ロ．現場写真の活用による機器の繋がり等の把握 109
（２）非集合型教育の教材の具体例の作成 109
４　まとめ 110
付録書Ａ 113
参考Ａ－１　事前準備シートＡ 114
参考Ａ－２　成果報告シートＡ 115
参考Ａ－３　事前準備シートＢ 116
参考Ａ－４　成果報告シートＢ 117
参考Ａ－５　アンケート（討議者用） 118
参考Ａ－６　アンケート（講師用） 122
付録書Ｂ 124
参考Ｂ－１　試験問題（ＡＩシステム１） 125
参考Ｂ－２　試験問題（ＡＩシステム２） 135
参考Ｂ－３　作業指示書（ＡＩシステム１） 144
参考Ｂ－４　作業指示書（ＡＩシステム２） 186
参考Ｂ－５　ＡＩシステム１の評価方法 228
参考Ｂ－６　不正行為者に対する調査結果（ＡＩシステム１） 231
参考Ｂ－７　不正行為者に対する調査結果（ＡＩシステム２） 251
付録書Ｃ 276
参考Ｃ－１　高圧ガス保安法 277
参考Ｃ－２　一般高圧ガス保安規則 282
参考Ｃ－３　高圧ガス保安法に基づく高圧ガス製造保安責任者試験等に関する規則 284
参考Ｃ－４　高圧ガス保安法に基づく指定試験機関等に関する省令第六十六条の四の規定に基づく研修に関する告示 288
参考Ｃ－５　高圧ガス保安協会業務方法書 292
付録書Ｄ 296

要旨

本報告書は、経済産業省の令和３年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業「高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方について」に関する報告書である。

高圧ガス保安法（以下「法」という。）で整備されている法定講習は、特定の業務内容及び「高圧ガスによる災害の防止」に関する知識及び技能を修得することを目的として規定された講習であり、定められた期間内に受講をしなかった場合に法令違反状態となるものや、受講をしないと業務に従事することができないもの等の高圧ガスに係る産業活動及び保安活動の水準維持に影響を与える性質を有する講習である。

ここ数年、わが国ではデジタル社会への移行を目標とした教育、行政手続等のオンライン化等が進められてきた[1]。対応する市場技術も急速に普及し、多くの人が非対面、非接触によるサービスを体験したことで、対面、接触を伴う手続きのオンライン対応は、もはや避けることのできない取組みとなりつつある。法における法定講習は産業活動に欠かせない制度であり、今なお続く特別な社会状況を背景に、オンライン化による持続可能な実施方法の検討に期待が寄せられている。

法定講習のオンライン化については、令和２年度に議論がされているが、注目すべき点は、オンライン化が困難とされてきた講習内容や検定試験に対して適用可能となる新たな市場技術の導入可能性である。

本報告書では、以上の論点を踏まえ、第一に一部の講習内にて位置付けられているグループ討議について、様々な業務環境を有する主体間で交わされる議論を、オンライン化にあたり実施方法上の実現性において実証結果を基に課題等の抽出を行い、整理した。第ニに、検定試験における本人確認、不正行為の防止技術について、健全性の確保という最終目標と利便性の向上、事務の合理化といった付加価値との関係からどのように組み合わせることが可能か、また、何らかの支障や課題が生じる部分については、どのような対策や検討が必要であるかを取りまとめた。その他、効果的なオンライン講習の実現のために写真や視聴覚資料を活用した具体的な講習教材の一例の製作を行っている。

Ⅰ　事業概要

委託事業の実施概要を以下に整理した。

Ⅰ．Ⅰ　課題

[1] デジタル社会の実現に向けた重点計画[2021]
https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/digital/20211224_policies_priority_package.pdf

高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方について

Ⅰ．２　事業目的

現在、近年のインターネット等の情報通信技術の高度化により、大量の情報を瞬時に伝送し、リアルタイムで共有できる環境が整備され、講習会やセミナーなどでも映像配信を行う等の新しい方法を取り組む学術団体等が増加している。また、今般の新型コロナウイルス感染症の感染拡大によって、高圧ガス保安分野に限らず、多くの業界で実施していた集合型の講習会やセミナーの開催が困難な状態となっている。このような状況が続けば、高圧ガス保安分野の保安人材の質の低下を招き、ひいては大きな災害の発生に繋がる可能性がある。

令和２年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方について）では、高圧ガス保安法における法定講習を非集合型で実施することの有用性を確認し、そのあり方や教材の仕様が取りまとめられた。また、本人確認、不正行為防止対策の取組事例や現在の技術レベル等が確認されたが、技術的課題もあり、速やかに非集合型の法定講習へ移行するためには、実際の法定講習を踏まえた実証等が必要であることが指摘された。

そこで本事業では、これまでの成果を基に、非集合型の法定講習のモデル設計を行い、課題対応の成否や所在について想定される具体的な場面を取り上げ、法定講習が非集合型で実施されることに伴う変化に着目しながら、非集合型講習の可能性と限界について引き続き検討を行うものとする。なお、本事業の成果をふまえ、令和４年度の法定講習（丙種化学液石講習、第一種販売講習、第二種販売講習、高圧ガス製造保安企画推進員講習、高圧ガス製造保安主任者講習）及び令和５年度の法定講習（甲種化学講習、甲種機械講習、第一種冷凍機械講習）については非集合型で実施することとすることを目的として、次のⅠ．３に示す事業を実施した。

Ⅰ．３　事業内容

（１）非集合型教育によるグループ討議等のあり方の検討

非集合型で実施するにあたり技術的な課題が指摘・抽出されているグループ討議等の講習科目について、現行の実施方法により得られる学習効果を所与のものとし、Ｗｅｂ会議ツールを用いたグループ討議等が同等の学習効果の習得可能性を有するかにつき、講習科目の実施場面に即した形で実証検討を行い、その影響を考察した。

（２）非集合型の法定講習における本人確認、不正行為等防止対策技術等の検証

これまで会場監督者の存在を前提として実施してきた法定講習における本人確認の健全性の確保事項について、非集合型の仕組みのもとでも同様の機能を確保する

ため、導入可能性のある技術を用いて検定試験の実施場面に即した形で実証を行い、非集合型の検定試験を円滑に実現するための仕組み及び市場技術の可能性と限界について考察し、今後の非集合型の法定講習における具体的な本人確認の方法の検討と、不正行為等防止対策の技術的問題と実運用に係る課題の整理を行った。

なお、検証する技術については、令和２年度の事業成果を踏まえたものとし、詳細については経済産業省産業保安グループ高圧ガス保安室（以下、「高圧ガス保安室」という。）と相談の上、決定した。

（３）非集合型教育の教材の具体例の作成

非集合型教育の方法により法定講習を実施するにあたり、種々の講習性質（資格・義務）に応じた、課題を明らかにしておくことが必要である。

このため、高圧ガス保安法において整備されている制度に係る講習について、８講習程度の教材の具体例を作成し、非集合型で実施する際の技術上の論点を抽出・整理し、検討を行った。

Ⅰ．４　実施体制

Ⅰ．３（１）から（３）までの調査を実施するにあたって、学識者、法定講習等実施機関、民間講習機関、電子情報技術関係団体、非集合型教育業界団体、法定講習講師の関係者により構成された委員会を設置し、高圧ガス業界団体をオブザーバに招くなどして、意見の聴取等を含めた事業の進行を図り、議論を取りまとめた。

高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方検討委員会　委員構成

（五十音順、敬称略）

	江藤　治敏	保安係員講習・乙種化学製造保安責任者講習（オンライン）講師
	大西　修平	一般社団法人　電子情報技術産業協会 事業戦略本部　市場創生部長
（委員長）	澁谷　忠弘	横浜国立大学　先端科学高等研究院 リスク共生社会創造センター　センター長　教授
	杉浦真由美	北海道大学　高等教育推進機構オープンエデュケーションセンター　特任准教授
	中田　　亨	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人工知能研究センター知識情報研究チーム　副連携研究室長

仲林　清　特定非営利活動法人日本イーラーニングコンソシアム
副会長
深田　章吾　一般財団法人日本ガス機器検査協会　教育講習部長
ガス主任技術者試験センター　所長
牧野　常夫　一般財団法人全日本情報学習振興協会
理事長
宮坂　一弘　一般財団法人電気技術者試験センター
工事士試験部長
渡辺　明　株式会社東京リーガルマインド　資格事業本部
申請事業部　執行役員　第一種電気工事士定期講習担当

（事務局）

及川　裕幸　高圧ガス保安協会教育事業部部長
長沼　充祥　高圧ガス保安協会教育事業部部長代理
山内　順司　高圧ガス保安協会教育事業部教育課課長
山崎　浩　高圧ガス保安協会教育事業部検定課課長
菊川　重紀　高圧ガス保安協会教育事業部検定課調査役
篠田　康則　高圧ガス保安協会教育事業部検定課
海老原　塁　高圧ガス保安協会教育事業部教育課
柴野　祐太　高圧ガス保安協会教育事業部事業推進課
相良　尚都　高圧ガス保安協会教育事業部事業推進課

審議経過
高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方検討委員会
第１回　令和３年　９月２２日　事業実施計画について
第２回　令和３年１１月　４日　事業の進捗に関する報告
第３回　令和３年１２月　７日　事業の進捗に関する報告
第４回　令和４年　１月２５日　事業の進捗に関する報告
第５回　令和４年　３月１６日　事業の報告
なお、審議は社会情勢に配慮して全てｗｅｂ会議で実施した。

２　法定講習の概観

法における法定講習は、事業運営に必要な法的要求人材の確保や保安水準の維持等を目的として実施され、その制度は法的に重要な位置を占めている。法定講習の実施

方法を巡り、新型コロナウイルスの感染拡大を機に、感染拡大防止のため、会場の使用、受講者の外出、移動、集合等に自粛要請がかかり、講習が実施できない状況が生じたことにより、従来の集合型の実施方法から非集合型の実施方法への転換の必要性が強く認識された。このような状況を受けて、非集合型の講習を実施していくうえで、法定講習の実施方法や構成を取り上げ、集合型の講習と同程度の知識・技能の習得可能性を有するかにつき、他法令の法定講習の実施状況とも比較しつつ、法の望ましい講習のあり方について検討を行った。議論の前提として、はじめに法における法定講習の概要を整理する。

２．１　法定講習の概要

法定講習のうち、定期的に受講させることが義務付けられている再講習（以下「義務講習」という。）がある。

義務講習のうち、保安企画推進員は、危害予防規程の立案及び整備、保安教育計画の立案及び推進、その他高圧ガスの製造に係る保安に関する業務について保安統括者を補佐することを職務とし、保安主任者は、保安管理技術者を補佐して、保安係員を指揮することを職務とし、保安係員は製造施設の維持、製造方法の監視その他高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的な事項を管理すること職務としている。

これらの職務の遂行にあたっては、それぞれが自らの役割を十分理解し、自事業所における強みや弱みを継続的に分析、評価し、対策を講じることで自事業所における保安力の向上を図っていくことが重要である。また、保安力の向上を図るうえでは、自事業所における事例だけでなく、他事業所における事例も重要な情報となる。そのため、保安企画推進員等の講習では、他事業所における保安力の向上のための取り組み等の情報を共有し、好事例について自事業所の対策として取り込むことを目的として、それぞれの職務に適した内容のグループ討議を実施している場合がある。

２．２　検定試験の概要

法令において、協会又は指定講習機関は、国家試験における科目の免除講習（以下「試験科目免除講習」という。）を受けた者に対して、その講習に係る高圧ガスの製造又は販売に必要な保安管理の技術及び高圧ガスの製造に必要な応用化学又は機械工学について技術検定を行わなければならないと規定されており、講習の修了には講習の受講と検定試験の合格の２つの課程が必要となる[2]。

[2] 高圧ガス保安法に基づく高圧ガス製造保安責任者試験等に関する規則　第五条、第六条

検定試験の場所は、講習場所として定められた地域で実施しており、現在、協会以外に法定講習を実施している者は存在しないことから、協会の行っている検定試験について取り上げる。講習場所については、経済産業大臣の認可を受けた協会の業務方法書に規定されており、各産業保安監督部の管轄区域又は都道府県を単位として講習毎に規定されている。大臣試験に係る免除講習[3]である場合には、関東東北産業保安監督部（東北支部を除く。）の管轄区域とその他の地域の計２区域、都道府県知事試験に係る免除講習の内、第二種販売主任者講習の場合には４７都道府県、その他の講習は産業保安監督部の各管轄区域である計９区域の内の１以上の場所で実施することと規定されている。

３　調査内容

３．１　非集合型教育によるグループ討議等の在り方の検討

令和２年度の事業では、非集合型におけるオンラインでのグループ討議の実施に関し、Ｗｅｂ会議システムアプリケーションに実装されているブレイクアウト機能※を用いるリアルタイムでの実施が提言された。

令和３年度事業では、上記実施方法に加え、リアルタイムでの実施における通信トラブル等の懸念を踏まえ、非リアルタイムでの実証も行うこととし、過去、集合型教育での義務講習を受けたことがある受講生（討議者）を主な対象に、提示された共通のテーマに対し、各人の意見出し、これを踏まえたグループでの討議及び成果発表（講師による講評含む）をオンラインにて実施した。実証をとおしてのグループ討議者及び講師による評価からオンラインでの課題等を抽出し、取りまとめた。

※　ブレイクアウト機能とは、開催しているＷｅｂ会議において、参加者を少人数のグループに分け、グループごとに会議が行える機能である。ブレイクアウトルームに分かれているとき、他のルームが話している内容やチャットに書き込まれた内容は分からない。また、管理者は自由にブレイクアウトルームを入退室して様子を見ることや、全体に対してチャットメッセージを送ることが可能なのも特徴である。

（１）　実証方式

非集合型にてグループ討議を行う際、Ｗｅｂ会議システムを用いて討議を行うことが一般的であるため、当該システムを用いて実証を行うこととした。

一方、Ｗｅｂ会議システムを用いたリアルタイム方式でのグループ討議の場合、システムの接続やマイク・カメラのトラブル、事業者におけるシステムの使用制限等の課題がある。そのため、非リアルタイムでのグループ討議の方式として、Ｗｅ

[3] 大臣試験に係る免除講習は、甲種化学講習、甲種機械講習、第一種冷凍機械の３講習。

ｂ上での掲示板機能を利用した情報共有方法によるグループ討議の実証も併せて行った。

イ．リアルタイム方式（Ｗｅｂ会議システム）

管理者による受講管理の担保のためには録画機能を利用し、受講者の出席の可否を後日でも確認できるようにしておくべきと考える。担保の方法として、Ｗｅｂ会議システムの録画機能を利用することが妥当と判断し、ブレイクアウト機能にてグループ分けをした後、各グループの録画が実施可能なＷｅｂ会議システム Zoom を用いて実証を行うこととした。

ロ．非リアルタイム方式（掲示板機能）

非集合型の実施方法として、受講者の管理、動画教材の配信等をｅ－ラーニング運営事業者等によるＬＭＳ（学習管理システム）を利用して行うことが一般的であり、また、当該ＬＭＳには掲示板機能を有するものが数多くあることから、ＬＭＳ内の掲示板機能を用いて実証を行うこととした。

なお、リアルタイム方式との比較として、本方式では、グループ討議の参加者が一堂に会する必要がない（実証期間内の任意の時間にて自由に参加可能となる）という点が特徴となる。

（２）　実証における事前準備から当日の流れ

イ．リアルタイム方式（Ｗｅｂ会議システム）

ａ）実証概要

・討議のテーマ：技術の伝承について
・実証時間：1 時間 45 分
・討議者の位置づけ：保安企画推進員、保安主任者、保安係員
・討議者の人数：13 名（4 名、4 名、5 名の 3 グループ）
・講師の人数：2 名（現に義務講習にて講師を行っている者）
・事務局の人数：2 名
・各グループにて討議を行い、グループ内のまとめ（成果）を発表

ｂ）事前準備

①事務局の事前準備

・討議当日の日時やカリキュラム、グループの割り当て、Zoom のログイン情報等の通知
・討議者へ事前準備シートＡ[4]及び成果報告シートＡ[5]の配布

[4] 付録書Ａ 参考 A-1
[5] 付録書Ａ 参考 A-2

（事前準備シートＡは事前に回収し、自グループにおける他討議者のシートを通知）

（成果報告シートＡは、討議中の成果物として、用いるものだが事前に共有）

・グループ討議中の討議者本人の役割を通知（以下、役割）

・リーダー（司会）：グループの討議を整理し、活性化させること（併せて、討議の時間管理も行う） ・書記係：議論の内容をまとめる。要所、要所でメモを報告し、議論の方向性を確認する。 ・発表係：グループ内でまとめた成果を全体の場で発表する。 ・意見係：積極的に意見（アイデア等）を出す

②討議者の事前準備

・討議当日の日時やカリキュラム、グループの割り当て、Zoom のログイン情報等の確認

・事前準備シートＡの記入及び事務局への返送

・グループ討議中の討議者本人の役割の確認

③講師の事前準備

・討議当日の日時やカリキュラム、グループの割り当て、Zoom のログイン情報等の確認

・討議者から回収した記入済の事前準備シートＡの確認

ｃ）討議当日の流れ

実証に要する時間については、集合型でのグループ討議時間（保安企画推進員：約７時間、保安主任者約３時間）と同様の時間とせずに、それよりも短い時間で設定した上でグループ討議、討議結果の取りまとめ等の状況を考察する。具体的な時間は、実際に行う場合の模擬として、2 時間程度で討議を終了させることを念頭にスケジュールの設定を行った。その他については、システムの説明等を除き、集合型でのグループ討議の実施とほぼ同様の内容とした。

表 1　当日の流れ（リアルタイム討議）

時間	項目	内容等	対象者
13:00	システム入室可能	① 事前に事務局より案内している URL 等でシステムに入室。	事務局 討議者 講師

13:10	オリエンテーション 講師自己紹介 （15 分）	① 事務局より、出席者確認として、討議者の名前を 1 名ずつ声がけし、カメラと音声の接続確認を実施。 ② 事務局より、討議の目的、進め方（テーマ、結論、発表）、Zoom の画面共有機能についての説明。 ③ 講師の自己紹介を実施。	事務局 討議者 講師
13:25	グループ討議 自己紹介 （5 分）	① 事務局の管理者権限より、Zoom のブレイクアウトルーム機能を利用してグループ分けを実施。 ② 各グループ内にて、リーダーの司会により、事前準備シートＡに基づき、自己紹介（会社名、氏名、所属、法定資格者としての位置づけまたは経験、本日の役割）を実施。 ③ グループ討議中、事務局及び講師は各グループを巡回（1 アカウントにつき、1 部屋（1 グループ）しか入れないため、出入りを繰り返す。）。また、事務局より、項目の移り変わり時刻時にチャットにて通知を実施。	討議者
13:30	グループ討議 個人発表 （15 分）	① テーマ「技術の伝承について」に基づいて、事前に検討してきたことを発表（1 名 3 分程度）。	討議者
13:45	グループ討議 意見交換、まとめ （40 分）	① 意見交換を行い、成果報告シートＡに基づき、結果まとめを実施。	討議者
14:25	全体への発表及び講師による講評 （15 分）	① 事務局の管理者権限より、Zoom のブレイクアウトルーム機能を解除。 ② 各グループのまとめを「発表係」が発表（約 3 分／1 グループ）。 ③ 発表ごとに講師による講評を実施（約 2 分／1 グループ）。	討議者 講師
14:40	実証終了	① 会議システムから退出する	事務局

			討議者 講師

ロ．非リアルタイム方式（掲示板機能）

ａ）実証概要

・討議のテーマ：保安教育訓練（自然災害発生時(地震等)の対応）について

・実証期間：3 日間（初日は、10 時開始、最終日は 15 時終了）

なお、システムのアクセスは 24 時間だが、掲示板への投稿は原則 10:00～17:00（最終日は 15:00 まで）とした。

・討議者の位置づけ：保安企画推進員、保安主任者、保安係員

・討議者の人数：13 名（4 名、4 名、5 名の 3 グループに分けた）

なお、リアルタイム及び非リアルタイムの 2 方式の実証に際し、同一グループ討議者による討議慣れの影響を排除するために、参加者数の関係で制限はあるものの、可能な範囲で 2 方式での討議者の重複を避けるようグループの再編成を行った。

・講師の人数：2 名（現に義務講習にて講師を行っている者）

・事務局の人数：2 名

・各グループにて討議を行い、グループ内のまとめ（成果）を掲示板内への資料添付による報告

ｂ）事前準備

①事務局の事前準備

・討議期間の日時やカリキュラム、グループの割り当て、掲示板機能のログイン情報及び使い方の説明資料等の通知

・討議者へ事前準備シートＢ[6]及び成果報告シートＢ[7]の配布

（掲示板内にて確認が可能なため、事前準備シートＢは事前に回収しなかった）

（成果報告シートＢは、討議中の成果物として、用いるものだが事前に共有）

[6] 付録書Ａ 参考 A-3

[7] 付録書Ａ 参考 A-4

・グループ討議中の討議者本人の役割を通知（以下、役割）

・リーダー（司会）：グループの討議を整理し、活性化させること（併せて、討議期間の時間管理も行う） ・成果まとめ：議論の内容をまとめる。要所、要所で成果のまとめ方等を報告し、議論の方向性を確認する。 ・意見係：積極的に意見（アイデア等）を出す

②討議者の事前準備

・討議期間の日時やカリキュラム、グループの割り当て、掲示板機能のログイン情報及び使い方の説明資料等の確認

・事前準備シートＢの記入

・グループ討議中の討議者本人の役割の確認

③講師の事前準備

・討議期間の日時やカリキュラム、グループの割り当て、掲示板機能のログイン情報及び使い方の説明資料等の確認

ｃ）討議当日の流れ

リアルタイム方式との比較で、自由な時間に参加できるという掲示板の特徴を踏まえ、これを際立たせるため、実証時間を 3 日間に設定した。その他については、システムの機能に依存するものを除き、リアルタイム方式とほぼ同様の内容とした。

表 2　当日の流れ（非リアルタイム討議）

期間	項目	内容等	対象者
初日 10:00 から	システム入室可能	① 事務局より、掲示板機能でのグループ討議開始の連絡。 ② 事前に事務局より案内している URL、ID・PW でシステムに入室。	事務局 受講者 講師
	グループ討議 自己紹介 課題の共有	① 各グループ内の掲示板にて、各受講者自ら事前準備シートＢ（データファイル）に投稿。原則、初日に添付をしていただくこととした。 （他グループの投稿は見られない仕様）	受講者

最終日(3日目)15:00まで	グループ討議 意見交換	① 掲示板にて意見交換を実施。	受講者
	グループ討議 まとめ、結果報告	① 意見交換を行ったのち、成果報告シートＢを用いて「成果まとめ係」が結果をまとめ、このデータファイルを掲示板に添付。この際、最終版であることが分かるようにすることとした。	受講者
最終日(3日目)17:00まで	講師による講評 （実証終了）	① 各グループがまとめた結果に対して、各掲示板へ各講師それぞれが講評を行った。	事務局 受講者 講師

（３）調査結果

イ．アンケート回収

リアルタイム及び非リアルタイムの実証実施後に討議者及び講師へのアンケート[8、9]を実施した。

ロ．アンケート調査結果

リアルタイム方式に対しての質問である問１～問10（講師は問１～問８）まで、非リアルタイム方式に対しての質問である問11～問20（講師は問９～問16）まで、本実証方式に加え集合型での方式を交えた質問である問21～問24（講師は問17～問20)、最後にその他意見として問25（講師は問21）の回答結果を以下にまとめた。

問１及び問11.
集合型での実施と比較していかがでしたか。

各討議方式と集合型を比較した際の評価の回答を図 １に示した。

リアルタイム方式は「① 満足」が４件、「② 少し満足」が８件、「③ 少し不満」が１件、「④ 不満」が０件であった。

一方、非リアルタイム方式は「① 満足」が１件、「② 少し満足」が２件、「③ 少し不満」が４件、「④ 不満」が６件であった。

[8] 付録書Ａ 参考 A-5
[9] 付録書Ａ 参考 A-6

なお、講師の回答では、リアルタイム方式は「② 少し満足」が 2 件で、非リアルタイム方式は「② 少し満足」が 1 件、「③ 少し不満」が 1 件であった。

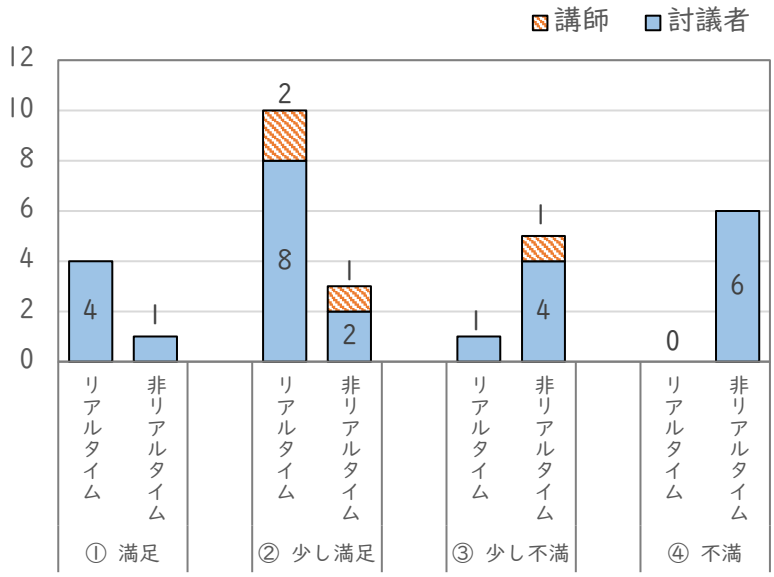


図 1　各討議方式と集合型を比較した際の評価

（回答数：討議者 各 13 件 、 講師 各 2 件）

問 2 及び問 12.
人数についていかがでしたか。

各討議方式での討議人数についての回答を図 2 に示した。今回、13 名を 4 名、4 名、5 名の 3 つのグループに分けて討議を行った。

リアルタイム方式は「① 多い」が 0 件、「② 適当」が 13 件、「③ 少ない」が 0 件であった。

一方、非リアルタイム方式は「① 多い」が 1 件、「② 適当」が 12 件、「③ 少ない」が 0 件であった。

なお、講師の回答では、リアルタイム方式は「② 適当」が 2 件で、非リアルタイム方式は「② 適当」が 1 件、「③ 少ない」が 1 件であった。

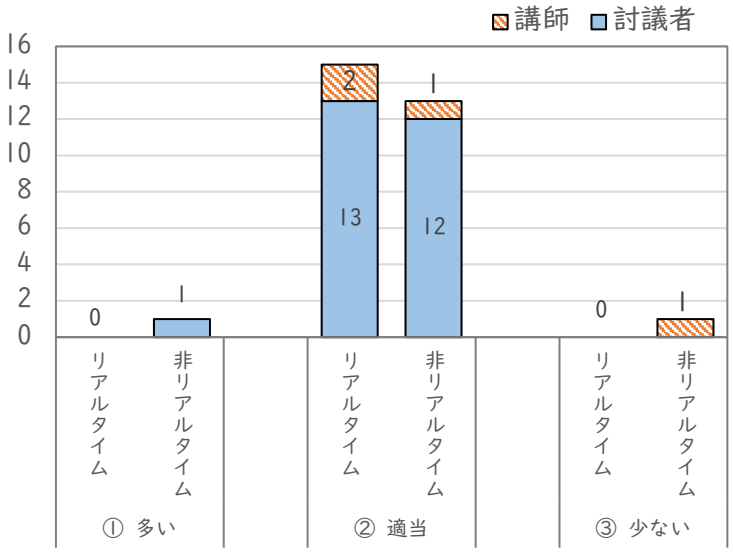


図 2　各討議方式での人数についての評価

（回答数：討議者 各 13 件 、 講師 各 2 件）

問 3 及び問 13.
　討議の時間及び期間についていかがでしたか。

　各討議方式での討議の時間及び期間についての回答を図 3 に示した。

　今回、リアルタイム方式は自己紹介 ～ グループ討議及び発表＆講評を合計 1 時間 15 分で行った。その結果、「① 長い」が 0 件、「② 適当」が 2 件、「③ 短い」が 11 件であった。

　一方、非リアルタイム方式は 3 日間の期間を設定した。その結果、「① 長い」が 9 件、「② 適当」が 3 件、「③ 短い」が 1 件であった。

　なお、講師の回答では、リアルタイム方式は「③ 短い」が 2 件で、非リアルタイム方式は「② 適当」が 2 件であった。

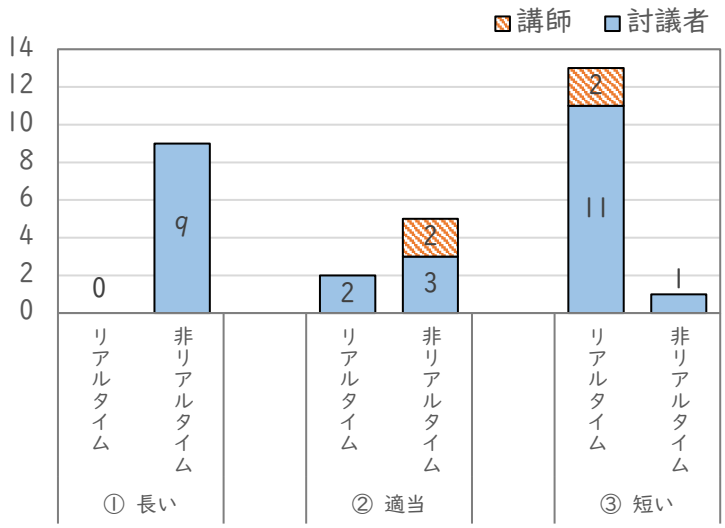


図 3　各討議方式での討議時間及び期間についての評価

（回答数：討議者 各 13 件 、 講師 各 2 件）

問 4 及び問 14.
グループ討議の場で積極的に発言できましたか。

各討議方式での発言のし易さについての回答を図 4 に示した。

リアルタイム方式は「① 発言できた」が 5 件、「② 少し発言できた」が 7 件、「③ あまり発言できなかった」が 1 件、「④ 発言できなかった」が 0 件であった。

一方、非リアルタイム方式は「① 発言できた」が 6 件、「② 少し発言できた」が 5 件、「③ あまり発言できなかった」が 2 件、「④ 発言できなかった」が 0 件であった。

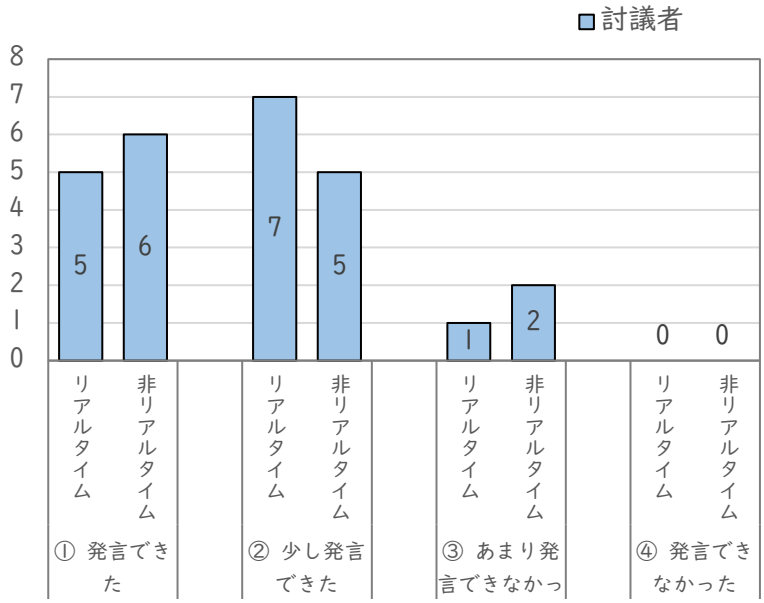


図 4　各討議方式での発言のし易さについての評価

（回答数：討議者 各 13 件）

問 5 及び問 15.
講師もしくは事務局の進行、問いかけ等は討議の活性化に役立ちましたか。
（講師への問：活性化させることが可能であったか）

各討議方式での講師もしくは事務局の進行、問いかけ等による討議の活性化についての回答を図 5 に示した。

リアルタイム方式は「① 役だった」が 6 件、「② 少し役だった」が 2 件、「③ あまり役立たなかった」が 5 件、「④ 役立たなかった」が 0 件であった。

一方、非リアルタイム方式は「① 役だった」が 6 件、「② 少し役だった」が 1 件、「③ あまり役立たなかった」が 3 件、「④ 役立たなかった」が 3 件であった。

なお、講師の回答（問：活性化させることが可能であったか）では、リアルタイム方式は「② 少し容易だった」が 1 件、「③ 少し困難だった」が 1 件で、非リアルタイム方式は「③ 少し困難だった」が 1 件、「④ 困難だった」が 1 件であった。

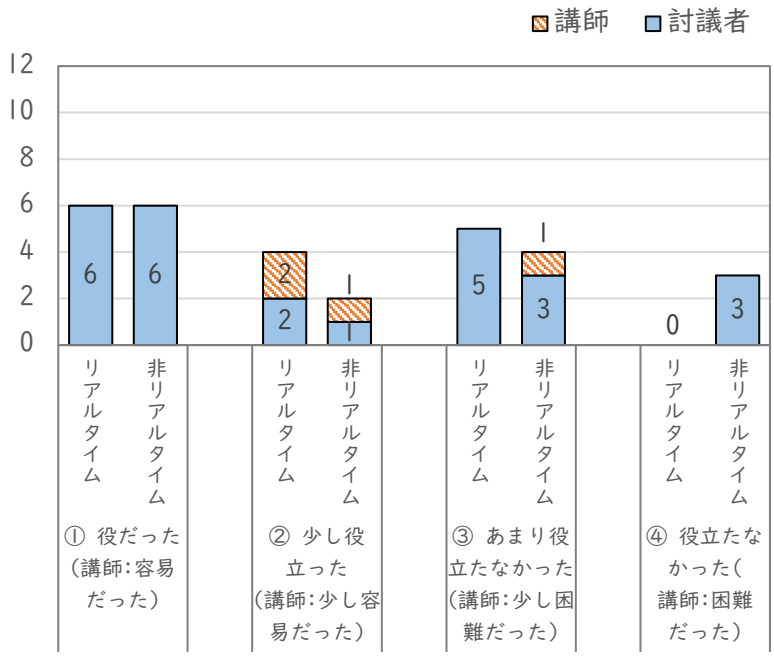


図 5　各討議方式での講師もしくは事務局の進行、問いかけ等による討議の活性化についての評価（講師への問：活性化させることが可能であったか）
（回答数：討議者 各 13 件 、 講師 各 2 件）

問 6 及び問 16.
問 5 及び問 15 について、具体的に良かった点、悪かった点をお聞かせください。

各討議方式での講師もしくは事務局の進行、問いかけ等による討議の活性化に関するコメント・意見を表 3（リアルタイム方式）、表 4（非リアルタイム方式）に示した。

表 3　講師もしくは事務局の進行、問いかけ等に関するコメント・意見
（リアルタイム方式）

・　今回は実証なので全体的に時間が短いことは承知だが、全体的に時間を延ばして欲しかった。（同様な意見が 8 件）
・　全体の流れの説明が、事前にもう少し詳しくあったほうが良い。

・　進行として、全員の事前課題説明後に質問よりも、個人発表後すぐに個への質問の方がしやすい。
・　各メンバーの課題は事前準備シートで確認できるため、進行しやすい。当日は質問に時間を費やすことが可能。
・　要所要所で、チャット等にてタイムキープして頂いたのは助かった。

表 4　講師もしくは事務局の進行、問いかけ等に関するコメント・意見
（非リアルタイム方式）

・　事務局から掲示板の使い方動画のおかげで、掲示板の利用がスムーズにできた。
・　定期的にメールでの連絡があったので、忘れ防止となった。
・　事前準備シートの投稿催促メールがあり、助かった。
・　最初の入室を原則として、その後グループ内で任意の日時を決めるといいと思います。そうすれば 3 日間のうちどこか 1 日で仕上げるグループもあると思います。
・　システム上、討議の活性化にはあまり役に立つことは無かった。
・　どのようにまとめていくかの説明も必要と感じた。

問 7 及び問 17.
Ｗｅｂ会議システムあるいは、掲示板機能の利用方法はいかがでしたか。

各討議方式でのシステム利用方法についての回答を図 6 に示した。

リアルタイム方式は「① 理解できた」が 11 件、「② 少し理解できた」が 2 件、「③ あまり理解できなかった」が 0 件、「④ 理解できなかった」が 0 件であった。

一方、非リアルタイム方式は「① 理解できた」が 6 件、「② 少し理解できた」が 6 件、「③ あまり理解できなかった」が 1 件、「④ 理解できなかった」が 0 件であった。

なお、講師の回答では、リアルタイム方式は「① 理解できた」が 1 件、「② 少し理解できた」が 1 件で、非リアルタイム方式は「① 理解できた」が 1 件、「② 少し理解できた」が 1 件であった。

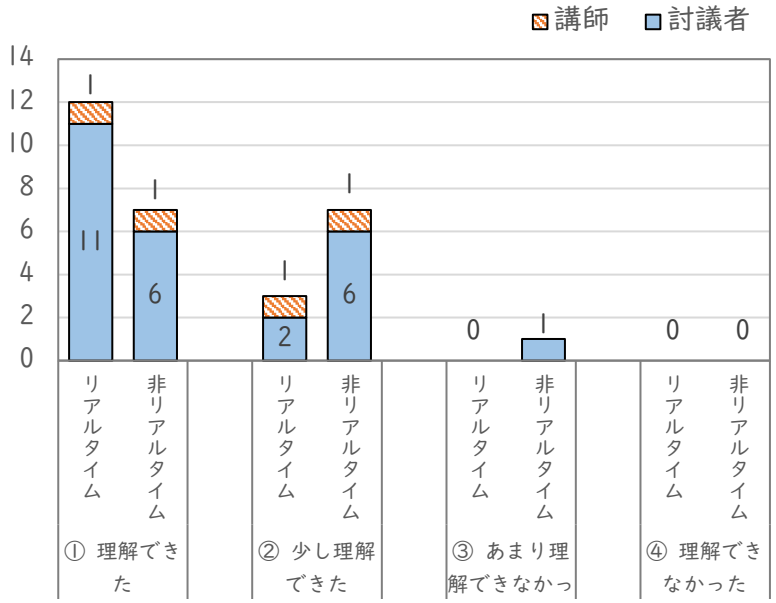


図 6　各討議方式でのシステム利用方法についての評価

（回答数：討議者 各 13 件 、 講師 各 2 件）

問 8 及び問 18.
Ｗｅｂ会議システム及び掲示板機能内の利用した機能はありますか。

各討議方式でのシステム内の利用した機能について、以下のとおり回答が得られた（複数回答可）。

リアルタイム方式は「① 画面共有機能」が 13 件、「② リアクションマーク（顔マーク等）」が 2 件、「③ チャット機能」が 1 件、「④ 利用しなかった」が 0 件であった。

一方、非リアルタイム方式は「① ファイル添付機能」が 13 件、「② 利用しなかった」が 0 件であった。

問 9 及び問 19.
非集合型でのグループ討議で良かった点をお聞かせください。

各討議方式でのグループ討議で良かった点に関するコメント・意見を表 5（リ

アルタイム方式)、表 6（非リアルタイム方式）に示した。

表 5　非集合型でのグループ討議で良かった点に関するコメント・意見
（リアルタイム方式）

討議者によるコメント
・　顔も見ることができ、互いの意見交換がしやすいため、集合型教育と同様である。また、決められた時間内で集中して参加できる。
・　人数がちょうどよく、全員の話が聞け、自らの意見交換もやりやすかった。
・　討議中、書記の整理内容がリアルタイムで共有ができるため、まとめがスムーズに進められた。
・　今回、通信乱れ等も発生せず、スムーズに実施することができた。通信状況に問題ないのであればストレスがなくとても良い。
・　予め事前準備シートをグループ内で共有できたので、スムーズに討議に入ることができたと感じ、Ｗｅｂ会議での事前共有の重要さを感じた。
・　集合教育場所に集まる手間（時間）が省けた。感染リスクの対処にもなる。
・　事前に Zoom の使用方法の説明があったため問題無く使用ができた。
講師によるコメント
・　短時間で行う制約があったが、積極的な意見交換がなされ、この点では、集合型に近い効果が期待されると感じた。また、講習会場への移動が不要であることも、利点である。
・　各グループの討議状況を講師が知ることができたのは良かった。（１つのグループで、個人発表のところで、事前準備シートの内容について深堀した質問を始めたので、時間がなくなるので、それは討議の中でやってもらうように要請した。）
・　受講者にツールについての知識が十分にあり、資料の開示、意見交換をスムーズに進行できた。

表 6　非集合型でのグループ討議で良かった点に関するコメント・意見
（非リアルタイム方式）

討議者によるコメント
・　時間の制約がない、いつでも自分の言いたいこと、聞きたいことが文章として発言できる点が良かった。また、他の人の発言も文章として確認できるので聞き逃し等なく確実に汲み取れ、成果のまとめを行い易かった。

・　コメントする/受けるに対して時間差があるが、読み返して内容を咀嚼できて良い。
・　始めにリーダーが各工程の時間割りを決めて進めたことが良かった。
・　他の参加者の資料や討議資料が添付されていて見やすい。
・　集合教育の場所に集まる手間（時間）が省けた。感染リスクの対処にもなる。
・　事前に掲示板機能の使用方法の説明があったため問題無く使用ができた。
講師によるコメント
・　システムへのアクセスする時間に自由度があり、また、書き物となっていますから読み返すことができ、この点は利点だと感じた。
・　Ｗｅｂ会議方式よりも時間を長く取れるので、お互いの情報交換が密にできたと思う。（知りたい情報を得られ易い）

問 10 及び問 20
非集合型でのグループ討議で改善すべき点をお聞かせください。

各討議方式でのグループ討議で改善すべき点に関するコメント・意見を表 7（リアルタイム方式)、表 8（非リアルタイム方式）に示した。

表 7　非集合型でのグループ討議で改善すべき点に関するコメント・意見（リアルタイム方式）

討議者によるコメント
・　互いの雰囲気が分からないため、発言するタイミングが難しい。
・　事前課題は、できるだけ事前に集め、展開し各メンバーからの質問も事前に集めておくと、議論がより進みやすいと思う。
・　グループ内でフリートークできる時間を設けていただきたい。（他社事例を聞きたい方、事前準備シートの内容をもう少し深堀したい等）
・　今回、書記の方がグループ分の事前準備シートをまとめていただいていて、討議のポイント等にアンダーラインやハイライトしていただいていたのでスムーズであった。役割ごとに事前準備（ツール等）をお願いしておくことが良いと思う。⇒役割がわかっていると自分なりに考えるから。
・　Ｗｅｂ会議システムの使用が慣れている人とそうでない人で円滑に議論できるかどうか（画面共有やマイクのオンオフ等）が決まるため、簡単なマニュアルが必要。また、デモ画面等があり、事前に触れれば良いと感じた。

・　説明者は、カメラを見て話した方がより良い。言葉だけでなく、資料を出しながら説明を行う等の工夫により、受取側の理解がより深まる。
・　討議中、接続環境の Wi-Fi が一度切れ、入りなおしがあった。Ｗｅｂ会議システム特有の事象についての留意事項等も、事前に説明があれば、より良い。
・　発言者が偏りがちになるため、リーダー（ファシリテーター）がより皆の意見を引き出すような工夫が必要
・　事務局が討議中、様子を伺いながら、一緒に参加することも必要であると間考える。事務局が一人で全グループを見ることが困難な場合、同席している講師にもその役割を担ってもらうことも検討すべき。
・　発言したいときや同意するとき等にリアクション機能の使用を予め申し合わせておけば、討議の円滑化に繋がる可能性がある。
・　業種が異なり、それぞれが全く異なる内容で話をしたので、まとめづらかった。テーマが大きな括りだと、よりまとめが難しくなる。
・　定期的に事務局による残り時間のアナウンスやシステムでの時間経過のストップストップウォッチ表示を行えば、時間を意識して作業が可能。
講師によるコメント
・　情報交換する部分では合格点と思うが、論議を深化させる及びまとめに検討を加える部分については、十分行えたとは思えず、工夫する必要を感じました。 また、今回は論議に積極的なメンバーの集まりだったが、取り組み意識の低いメンバーが加わっていた場合は、どのような働きかけをすれば良いかにも不安があります。
・　各グループの進捗状況を確認する必要がある。今回は 3 グループと少なかったので、講師 2 名と事務局 2 名で対応できたが、実際には 1 回次につき、グループ数が 10 前後になるので、体制を検討する必要がある。
・　保安企画推進員と保安主任者のレベルであれば、知識や経験が豊富なため、Ｗｅｂ会議方式である程度の討議ができると思うが、保安係員レベルの場合、保安企画推進員よりも経験等劣る可能性が高く、また、人数も増えることから、事務局の対応を含めて困難である可能性がある。

表 8　非集合型でのグループ討議で改善すべき点に関するコメント・意見
（非リアルタイム方式）

討議者によるコメント

・　限られた人（リーダーやまとめ係）の負担が大きく、担当者次第で、報告シートの作成が進むかどうかが決まる様に思われる。
・　掲示板内にて、ひとつのスレッドにて討議を行う場合、掲示板は縦に長々となり過去の投稿を都度、読み返さないといけないので非常に不便だった。一方、スレッドを多く立てると、掲示場所が分散されているため、意見集約し難い印象があった。
・　背景等の全てを文字にして説明するのは難しい部分ある。
・　各自の業務の合間での討論会であったが、もう少し期間が短くてもよかった。長期間の場合、この討議について気にする時間（拘束される時間）が続き高負荷となる。
・　リアルタイム方式では、討議の時間を前もって予定に入れることで対応ができるが、非リアルタイム方式だと業務の合間での確認、発言となることや今回の場合でも外出等があり確認できない時間がある。期間を絞っての実施やチャット形式での実施等も検討してはいかがか。
・　掲示板を終日みている事は出来ないので、投稿、意見記入、まとめ、まとめ確認の各々の時間を細かく設定しておいた方が良い可能性。
・　今回は、非リアルタイム方式なので、各自業務をこなしながら参加することを考えて、リーダーから時間割を提案した。ただ、リーダーは常に掲示板を見ながら対応することになるので3日間は長いと感じる。
・　書き込みする案件が多すぎた。討議する内容を一つか二つに絞った方がいいと感じました。
・　グループ内で時間調整できるのならば、全員が掲示板に参加して討議できれば、討議に集中できて良かったと思います。
・　期間が長いとだらだらして、議論が活性化しないと感じる。
講師によるコメント
・　グループ討議で「発言」することに対し、掲示板では「文章化」しなければならず、ここに大きな違いがある。特に、意見を文字・文章にするセンス、また発言の趣旨を読み取る読解力、加えて質疑にタイムラグが生じますから、論議を深めるには難しさがあり、レスポンスにもズレを感じた。
・　掲示板の機能から考えても情報交換は可能であるが、意見を出し合ってテーマを深掘りし、更に集約して、まとめて成果物を得るには、システムに対しても一定の習熟をする必要があると感じた。
・　リーダーが、グループ討議の時間割や事前準備シートのまとめの作成を行って討議を進める必要があると思う。（事前に、そのようなガイドラインを周知する必要がある。今回、１つのグループで実施。）

・　リーダーやまとめ係りの資質が、集合方式やＷｅｂ方式よりも、討議に影響を与えると思う。
・　討議に参加する意識が積極的でないと、ほとんど討議に参加しなくても終えられる。
・　リアルタイム同様、保安企画推進員と保安主任者のレベルであれば、知識や経験が豊富なため、Ｗｅｂ会議方式である程度の討議ができると思うが、保安係員レベルの場合、保安企画推進員などよりも経験等が劣る可能性が高く、また、人数も増えることから、討議の事務局の対応を含めて困難である可能性がある。

問 21.
グループ討議の方式の中で最も優れていたと感じる方式はどれですか。

グループ討議の方式の中で最も優れていたと感じる方式についての回答を図 7 に示した。

「① リアルタイム方式」が 10 件、「② 非リアルタイム方式」が 3 件、「③ 従来の集合型」が 0 件であった。

なお、講師の回答では、「③ 従来の集合型」が 2 件であった。

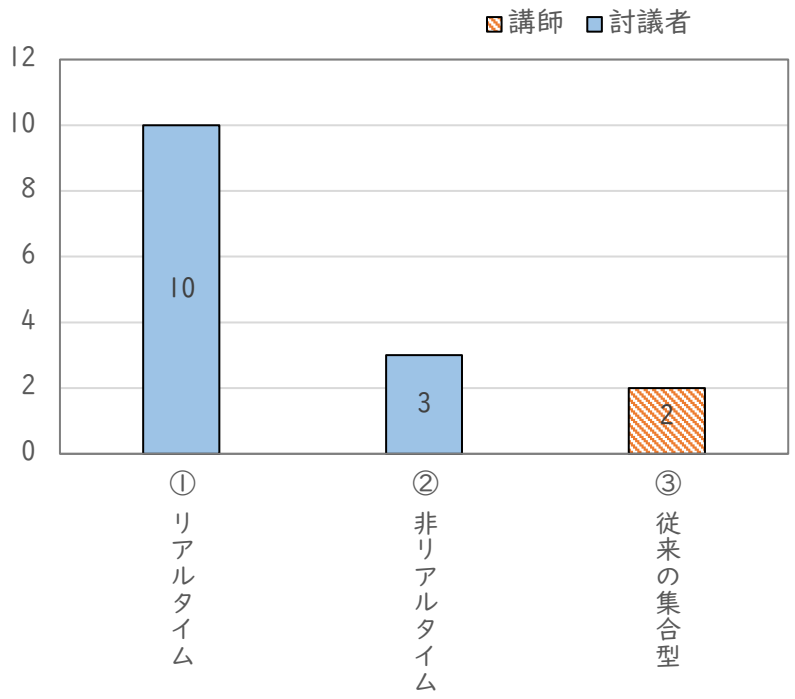


図 7　最も優れていると感じた方式についての評価

（回答数：討議者 13 件 、 講師 2 件）

問 22.
問 21 について、最も優れていると回答した理由をお聞かせください。

問 21 について、回答した理由を表 9 に示した。

表 9　問 21 について、回答した理由

リアルタイム方式が最も優れていると回答した理由 （討議者によるコメント）
・　移動時間が不要となる。蜜を避けられる。
・　企業ではすでにＷｅｂ会議方式に慣れているので不便に感じるところはなかったため。
・　顔が映った状態での報告の場合、表情や言葉のトーン等、文字だけでは伝わり切れない様々な情報もあり、理解を深める意味でＷｅｂ会議方式又は集合型方式が良い。尚、両者比較では、情報量の点で集合型が良いが、最低限必要な情報はＷｅｂでも可能であり、時間自由度からＷｅｂ会議方式が優れていると感じる。
・　リアルタイムで話できることが良い。（ただし、準備をしっかりすることがスムーズに進められる条件であると感じる）
・　システムの操作性の慣れは必要かもしれないが、リーダーや講師がしっかり回せれば、集合型と大きく変わらずに討議ができる。
・　テーマを明確にし、まとめ方を最初に示すことで、有用な方法となると考える。
非リアルタイム方式が最も優れていると回答した理由 （討議者によるコメント）
・　Ｗｅｂ会議や集合型の場合、積極的に発言される人の意見に左右されがちであるが、掲示板ツールではそのようなことはないと思われる。
・　閲覧の時間に余裕があるので、意外と皆の意見を聞けた。また、自分自信も活発に発言できた。
・　自分の考えをしっかりと文章として纏めてから伝えることができる。

集合型方式が最も優れていると回答した理由 （講師によるコメント）
・　論議・検討するツールとしては、慣れの面もあると思いますが、試行した「Ｗｅｂ会議システム」及び「掲示板ツール」と比較して、「集合型」であれば、顔を突き合わして、周囲のメンバーの表情や動きを見ながら、発言のタイミングを見定めたり、ポイントと思えばクイックレスポンスを行ったりでき、論議を深めることができますので、ここの利点が大きいと感じます。
・　非集合型方式では、システムにトラブルが発生したときに対処できるか、疑問であるから。

問 23.
グループ討議の方式の中で最も劣っていたと感じる方式はどれですか。

グループ討議の方式の中で最も劣っていると感じる方式についての回答を図８に示した。

「① リアルタイム方式」が２件、「② 非リアルタイム方式」が９件、「③ 従来の集合型」が２件であった。

なお、講師の回答では、「② 非リアルタイム方式」が２件であった。

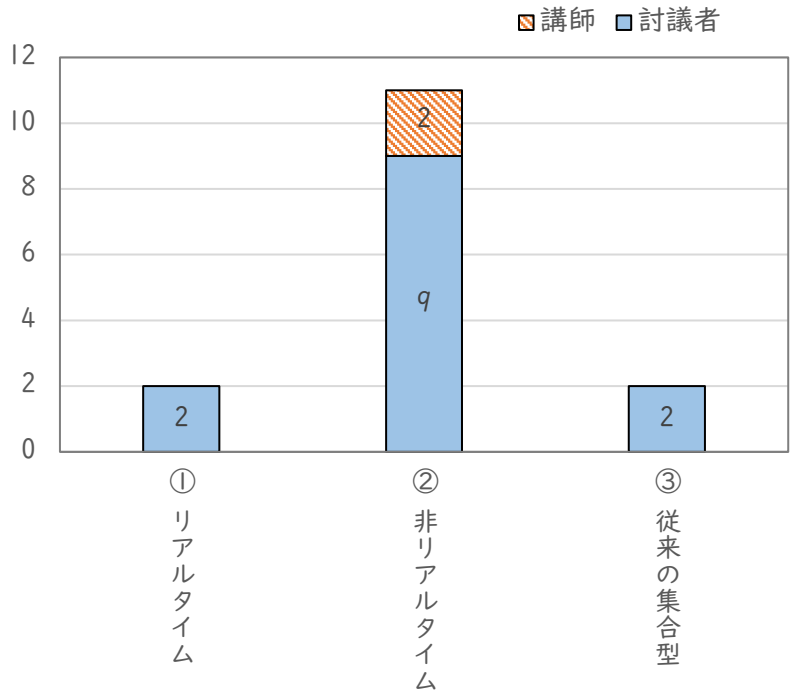


図 ８　最も劣っていると感じた方式についての評価

（回答数：討議者 13 件 、 講師 2 件）

問 24.
問 23 について、最も劣っていると回答した理由をお聞かせください。

問 23 について、回答した理由を表 １０に示した。

表 １０　問 23 について、回答した理由

リアルタイム方式が最も劣っていると回答した理由（討議者によるコメント）
・　成果まとめ係への負担が大きいため。
・　今回のＷｅｂ会議システムは時間が短く、時間を気にするあまり、聞きたいことが聞けなかった。
非リアルタイム方式が最も劣っていると回答した理由（討議者によるコメント）
・　発言者が偏ってしまう印象がある。
・　慣れていないこともあるが、長い期間でのテストだったので間延びした。通常の業務をこなしながらになるためタイミングよく回答できない。グループ討議は決められた時間内で集中して実施するのがベストであると考える。
・　文字だけのやりとりだと実感が沸かず、伝えたいことが、うまく伝わらない（特に質問の意図等）。
・　メンバーの投稿時間がバラバラのため、常に討議に拘束されている感覚であった。掲示板ツールではリーダーも回しづらいと思った。
・　掲示板ツールが劣っているというよりか、掲示板で討議するのであれば一定時間、拘束してチャット方式で討議した方が良いように感じました。
・　自分への質問や求められたコメントに対して投稿に遅れないようにこまめに掲示板をチェックしていたため、感覚的には結構な時間を使った感じになっています。
非リアルタイム方式が最も劣っていると回答した理由（講師によるコメント）
・　リアルタイムでの意思疎通ができないため、時間を要す。

・　参加する意識の違いによって、グループ討議による効果の差が表れやすいため。
非リアルタイム方式が最も劣っていると回答した理由
・　Ｗｅｂ会議システムの登場により、会議や打ち合わせのために、移動して集まらなくても同等以上の成果が得られる事が分かったため。

問 25.
その他（自由に意見をご記入ください。）

問 25 についてのコメント・意見を表 ＩＩに示した。

表 ＩＩ　問 25 についてのコメント・意見

討議者によるコメント・意見
・　今後の事を考えると対面式の方が人間ネットワークの構築がしやすい
・　印象に残る情報の入手という点では、集合型が望ましい
・　参加者が（副次的な効果として）期待していることは、その講習の場を通じた人間関係の構築（横のつながり）です。KHK の対面型講習で知り合いになった人が、別の講習でも顔見知りとなり、いざという時に、会社対会社という公式の関係ではなく、オフラインでフランクに意見交換ができるような知り合いとなることです。
講師によるコメント・意見
・　グループ討議を円滑に効果的に進捗するために、講師及び事務局の体制が重要

（4）　アンケート結果に基づく非集合型でのグループ討議に関する考察

今回、非集合型教育によるグループ討議等の在り方の検討を行うため、Ｗｅｂ会議システムを利用した「リアルタイム方式」とＬＭＳ内の掲示板機能を利用した「非リアルタイム方式」の 2 つの方式で実証を行った。その結果、双方の方式とも大きな問題は起きず、グループ討議を行うことができた。それぞれの方式に、特徴が見られたため以下にて評価する。

非集合型であるため両方式の共通的な利点として「感染対策が得られる」や「集

合型会場への移動が不要」といった意見が挙げられた。

3つの方式（リアルタイム方式、非リアルタイム方式及び集合型方式）で比較した場合、討議者からはリアルタイム方式の満足度が高いとの結果が得られた。この理由としては、「感染対策が得られた上で、顔を見ながら討議が可能」や「予め事前準備シートをグループ内で共有できる」、「討議中、成果まとめ案の画面共有が可能」といった非集合型特有の面からも評価されたものと思われ、集合型での内容と同等あるいはそれ以上の効果が得られるグループ討議の実施が可能であると考える。

上記の評価を得られたが、実際に運用する際は「システムの接続困難、討議中の接続不良の対応」や「1グループ内での複数名の同時会話ができないため、発言者が偏る」、「マイク及びカメラによる本人確認の時間を要す」や「システム上のグループ分けの時間を要す」として多くの課題が考えられる。なお、今回、Zoomのブレイクアウト機能を用いて、討議時のグループ分けを行ったが、討議者はもちろんのこと、講師や事務局も1つのグループ部屋にしか入ることができないため、グループ内の状況を確認する場合は、グループ部屋の入退室を繰り返すこととなり、事務局等の人数配置の整理が必要である。また、この機能は参加者を1名ずつ個々に割り当てなければならない（グループの自動割り当て機能があるが、事前のグループ指定がある場合、利用不可。）ため、討議者が増えた場合割り振り時間が膨大になることが分かった。

また、講師からは集合型での方式の満足度が高いとの結果が得られた。これは、集合型の場合であれば会場全体を見渡しながら状況を把握し、進め方の調整が可能であるからだと考える。

一方、3つの方式のうち、最も満足度が低かったのは討議者及び講師ともに非リアルタイム方式であった。これは、「文字のみでのやりとりでは情報の伝達が不十分」や「討議者の投稿時間がバラバラであり、常に討議に拘束されている感覚がある」といった、情報の伝達レベルや時間的拘束の背景が原因であると考える。非リアルタイムであれば、時間をかけて検討し発言ができる点や討議中の接続不良による中断等がない点、また、同時進行でシステム上での会話が可能となる利点があるものの、1グループでひとつの成果を上げるための講習の場としては他方法より劣っていたと考える。

満足度の差はあるものの、非集合型でのグループ討議を行うことの可能性が示唆された。しかし、今回の実証のリアルタイム討議の際、通信の途切れが1件発生し、討議者のシステムへの再入室を余儀なくされた。また、今回の実証に際しては、Zoomの接続が可能な企業の方に参加の依頼を行ったが、実際の受講者の場合で

はセキュリティ上、Zoom 又は特定のソフトウェア・システムが利用不可といった場合が当然想定される。

また、今回は、講師及び事務局はグループ討議中の干渉は最小限にて実施したが、保安企画推進員、保安主任者レベルの場合、知識や経験が豊富なため、非集合型のいずれの方式でもある程度の討議・成果があげられた。したがって、保安企画推進員等よりも経験等が劣る法定資格者の場合は、今回と同様の成果があげられるかは不確かである。今後の全国展開を考えた場合、対象となる講習種類が増えれば、受講者数も大幅に増えることから、講習ごとに討議内容や人数、時間配分、講師の役割の在り方等といった点からも検討をしなければならない。

３．２　非集合型の法定講習における本人確認、不正行為等防止対策技術等の検証

本節では、令和２年度事業で抽出された市場技術について、AI 等の技術的なバックアップの下で生じる運用上の課題の抽出と対応について明らかにするため、法定講習で要求される技術面について実際の実施状況に即した形での検証を行い結果を取りまとめた。

（１）　実証方法

本実証は、本人確認技術及び不正行為等防止対策技術に関する運用上の論点について、試験監督システムの異同を踏まえて実施した。以下では、両技術について、試験システム、受験者、試験問題、不正行為等を設定し、実際に IBT 形式の試験を実施した結果を報告しているが、試験監督システムについては、令和２年度の報告を前提に進めている[10]。

イ．試験監督システム

試験監督システムは AI システム１と AI システム２の２つを使用した。これらは、AI 判定により不正行為と疑わしき場面を含む前後の映像を抽出して試験運営者へ提案する仕組みであり、不正行為であるかどうかの判定は試験運営者に委ねられている。

本実証に係る両者のシステムの特徴については表 １２にまとめる。

表 １２　**使用する試験監督システムの特徴**

システム	音声	AI 設定	本人確認	受験可能人数

[10] 令和２年度経済産業省委託石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方について）報告書[2021]

AI システム１	－	○※1	△	△※2
AI システム２	○	－	○	○

○：対応有り、△：他方と比較して制限有り、－：対応無し

※１：不正確度を変更可能

※２：最大 100 名程度

（１）本人確認

事前に本人の写真を登録し、試験システムへのログイン時及び試験中のカメラ画面内に映る人物との照合を AI により判定する。登録写真に公的な身分証明書を求めることも可能。

（２）不正行為

正面からのバストアップ映像から、視線の動き、映り込み、音（監督システムに依存）等から不正行為と疑われるシーンを AI により自動抽出する。AI による処理は試験後となるため、試験中の不正行為の判定、事実確認は行えない。

ロ．受験者

ａ）受験者の要件

受験者は検定試験の実施場面に即したものとするため、要件として幅広いの年齢層、性別、参加場所からの参加ができる受験者郡を設定した。また、容易に準備ができる私物の使用が可能な者も設定した。

ｂ）人数

AI による人が行う作業の補完能力を確認するため、受験者と監督者が一対一になるような見逃しが起こりづらい設定は避け、試験監督システムの受験上限である 100 名を設定した。なお、受験者は各試験監督システムにおいて共通とした。

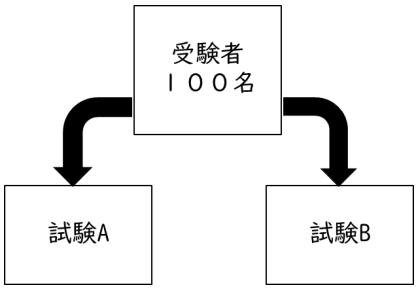


図 9　受験者

ｃ）受験環境

受験環境は検定試験の実施場面に即したものとするため受験者に任意に準備

をさせた。実際に用意された受験環境については、実証試験の前に実施したアンケート調査により把握した。

ハ．試験問題

ａ）試験内容

受験者は特定の専門知識を有さない一般の方となるため、試験問題も特定の専門知識を前提としない問題として義務教育の知識で回答可能な問題を設定した。また、出題者が意図する方法とは異なる手法による解答を可能とする必要性があることから、様々な物品の使用も想定した１試験当たり６問の問題を設定した[11]。

ｂ）試験時間

検定試験の試験時間は科目毎に保安管理技術は 90 分、学識は 120 分で設定されているが、本実証においては試験時間は、60 分とした。なお、問題は１問 10 分程度の解答時間を見込んだものであり、試験時間は問題数に対して適切なものと判断した。

ニ．本人確認

PBT における本人確認とは、受験者本人が受験していることを確認するため、検定試験受付と検定試験中に本人確認を実施している。これらは処理として、「受験者の本人性確認」と「受付時の人物との同一性確認」という別の特性を有している。システム上の処理特性の違いから、ここでは、前者の本人性の確認を本人確認として扱い、後者の同一性の確認については、その他の不正行為の中で検証した。

本実証に用いる市場技術のうち、本人性の確認に関して、対応可能なシステムは１つのみである。当該システムでは公的身分証明書（運転免許証、パスポート、マイナンバーカード）を本人性の根拠資料として用いることを重視しており、これ以外の方法ではシステム的な自動処理はできない仕様となっている。ここで、実証で公的身分証明書を扱うことに関しては、個人情報の取扱い及び公的身分証明書の加工に関する課題が生じる。個人情報については、今回本実証に一時的に参加する受験者に対して公的身分証明書を登録させる行為は障壁が高いと考えられるため、登録者は事務局の関係者とし、人数も最低限を予定した。

また、不正行為の想定では、３つの場合が考えられるが、うち２つが公的身分証明書への加工を要するため、当該実証が可能かどうか確認を行った結果、法的に許可を出す機関が存在しないとのことであったため、身分証への加工を伴う試

[11] 付録書Ｂ　参考Ｂ－１、参考Ｂ－２

験は実施しない又は法的な問題とならない簡易的な実施に留めた。[12]

＜本人確認において想定される不正行為＞

・公的身分証明書と受験者の不一致

①身分証明書（正）-受験者（偽）

②身分証明書（偽）-受験者（正）

・公的身分証明証と受験者の一致

③身分証明書（偽）-受験者（偽）

ホ. 不正行為等

試験における不正行為の想定として、表 Ⅰ3に分類した不正行為を対象とする。

表 Ⅰ3　想定される不正行為

分類	不正行為	不正行為	実証有無
成りすまし型	受験者当人以外による受験 例：別人による受験、入れ替わり	本人確認 不正行為	実証対象
情報探索型	試験中の情報取得行為 例：ブラウザ検索、他者の答案参照	不正行為	実証対象
持込み型	試験に想定しない物品の持込み及び使用 例：電卓、通信機器、ノート等資料、カンニングペーパー	不正行為	実証対象
連絡型	協力者との連絡行為等による共同解答 例：メモ回し、通信、暗号、IBT における複数人受験	不正行為	実証対象
情報操作型	試験外の情報入手・操作等 例：問題用紙の事前入手、解答の書換え、関係者の買収、システムのクラ	不正行為	対象外

[12] 刑法（公文書偽造等）

第百五十五条　行使の目的で、公務所若しくは公務員の印章若しくは署名を使用して公務所若しくは公務員の作成すべき文書若しくは図画を偽造し、又は偽造した公務所若しくは公務員の印章若しくは署名を使用して公務所若しくは公務員の作成すべき文書若しくは図画を偽造した者は、一年以上十年以下の懲役に処する。

２　公務所又は公務員が押印し又は署名した文書又は図画を変造した者も、前項と同様とする。

（偽造公文書行使等）

第百五十八条　第百五十四条から前条までの文書若しくは図画を行使し、又は前条第一項の電磁的記録を公正証書の原本としての用に供した者は、その文書若しくは図画を偽造し、若しくは変造し、虚偽の文書若しくは図画を作成し、又は不実の記載若しくは記録をさせた者と同一の刑に処する。

２　前項の罪の未遂は、罰する。

分類	不正行為	不正行為	実証有無
	ック		

以上を踏まえてその他の不正行為については、カメラ又はマイクによる監督を前提に以下の行為を試験中に実施する。不正行為は１人につき１問の割り当てとし、不正行為者の全体に占める割合は約 30%を設定した。なおＡＩの検知結果を基に不正行為を判定する作業は主催者側が実施することとされているため、不正行為の判定はシステムが検知し提出した場面について実施する。一方、想定した不正行為のうち著しく判定率が低いものについては、実際の受験動画を確認する等の作業も実施した。

表 １４　不正行為

分類	不正行為	人数	想定問
＜成りすまし型＞ 受験者当人以外による受験	入れ替わり	２	-
＜情報探索型＞ 試験中の情報取得行為	ブラウザ検索（スマホ）	２	１
	ブラウザ検索（ＰＣ）	２	２
	PC カレンダー	２	５
＜持込み型＞ 試験に想定しない物品の持込み及び使用	カンニングペーパー（手元）	２	１
	カンニングペーパー（掲示）	２	５
	カンニング（身体書き込み）	２	
	カンニング（ノート等資料）	２	
	折り紙及びハサミ or 印鑑と鏡	３	３
	アプリケーション（エクセル）	２	７
	通信機器（イヤホン）	３	５
＜連絡型＞ 協力者との連絡行為等による共同解答	通信（電話。スピーカーフォン）	２	６-１１
	複数人受験	２	６-１１
＜その他＞ 非不正行為	時計を見ての思案	２	６
合計		３０	

へ．実証日程

受験者に対して事前の説明及び当日の受験環境に関する事前調査を実証日の３

日前から実施し、実証試験を行った。

事前準備・調査　：　令和４年２月７日から９日

実証試験日　　：　令和４年２月１０日

（２）　実証結果

イ．本人確認技術

本人性の確認のため、本人の公的身分証明書（免許証）を用いて、認証を行ったところ、計１５回の撮影（ログイン１回当たり３回までの撮影を５セット実施）では身分証をシステムに認証させることができなかった。AI システム２は、身分証の顔写真と文字情報を読み取るという仕様上、複数の顔の映り込み、文字の滲みや傷、ライトの反射による色調の白色化、撮影光量不足などにより、認証ができない場合があるとされている。今回は、撮影した身分証明証に文字の滲みとライトの反射が認められ、これにより認証に失敗したと考えられる。文字の滲みが起こる原因としては、カメラの焦点調整が身分証明証の文字に対して最適に機能しなかったこと、カメラの画質、又はその両方が原因であると考えられる。このうち焦点調整については、カメラに対する身分証明証の距離を変えて文字が最適に映る場所を探して撮影をしているが、最も良く撮影した場合でも滲むことから、焦点調整の限界かカメラ画質の限界と考えられる。また、ライトの反射については、カメラ付きのノートパソコンを使用したため、モニターの光の反射が避けられず、顔写真の６割ほどにモニターライトによる白色化が発生した。以上のことから使用したカメラでの認証は困難であると判断し、本人による認証が行えなかったため、予定していた他人の身分証明証の使用についても中止した。

図　１０　身分証明書の撮影注意事項

ロ．不正行為等防止対策技術の実証

２つのシステムを用いて実証を行った。以下ではその結果について報告する。

ａ）AI システム１

AI システム１を用いた不正行為等の監督は、別人確度[13]、検知人数[14]、不正確度[15]の観点から顔の確度、目の動き、肩から腕のラインを AI にて判定して評価した。なお、参加人数については、システムトラブル等による未ログイン及び動画の記録失敗等により出席 96 名、欠席 4 名となり、判定画像総数は 20,855 枚となった。判定画像から確実に不正をしていると思える瞬間がカメラ内に映っていた者は 38 名であった。以下では個別に結果を報告する[16]。

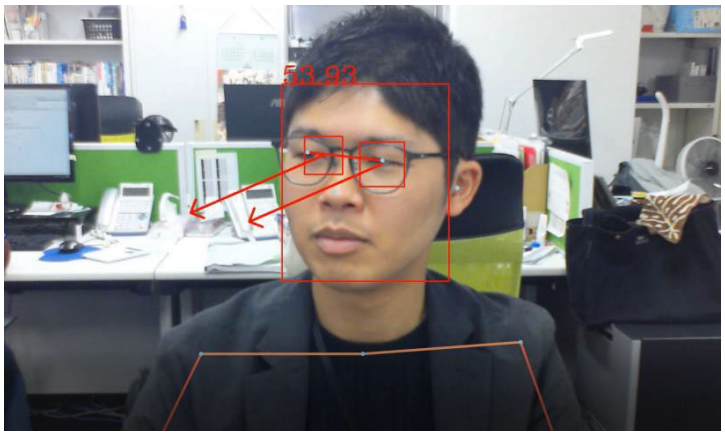


図 １１　AI による解析例

①解析結果と目視確認

目視確認時に判定者の先入観や集中力の影響についても影響を確認するため、不正内容を予め提供した上で判定する場合と、情報を提供しないもしくは偽の情報を提供して判定する場合を織り交ぜて目視確認を実施し判定をした。

---

[13] 同一人物かどうかの判定、最初の証明写真と試験中同一人物かどうかを判定。0～100 の値を取り、別人の場合 100 に近い値を出す。70 以上の閾値設定が推奨される。

[14] 複数人で受験していないかの判定画面内に複数人（不正）もしくは 0 名（画面内に映っていない）で受験していないかを判定。画面内の人数、0,1,2,…の値を出す。1 の値のみが正常値。

[15] 不正行為をしていないかの判定。0～100 の値を取り、不正がより疑わしい場合 100 に近い値を出す。60～70 以上の閾値設定が推奨される。

[16] 詳細は付録書 B-6 参照

＜複数人受験＞

表 15【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	複数検知0があるが全て以下のような映像。 下を向いて画面の隅で作業しているように見受けられる。人としてカウントされていない。正しい判定だと思う。
不正確度	72	下を向いてメモ(3 秒間ほど)して試験画面を見ている動作のように見られる。不正確度が高いように感じる。
別人確度	97	下を向いて作業をしている状態が続く(ほぼ10秒間) 本人か判断できない状態ではあるので、確度は妥当だと思う。
判定者評価		不正指示である複数人受験を行っていない。 検知人数0の場合、不正確度がとれていない。改修課題。 カメラ1つの限界、下向きのケースなど別確度のカメラで検知が必要
実際		画面外に音声担当と盗見担当がおり、これを検知できていない。

＜スマートフォンでの通話＞

スピーカーフォンで誰かと会話を行っているが、AI に音声判定機能がないため判定できない。また、AI システム1は受験者が試験中に喋る事を不正とみなしていない為（自宅受験の場合、問題を読み上げる事が想定される為）明確な不正と判定していない。以下に個別の結果を示す。

表 16【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	77	77 顔がモニタから外れて横や下を見る動作あり (3 秒間ほど)。不正確度が高いように感じる。 他にも同様の不 77 のピックアップがあるが、同じようなものになる。

		65 スピーカーフォンで会話をしている動作があるが、どちらかというと顔が横を向いているので不正確度が高いだけの気がする。実際に画面みながらの会話らしきものはピックアップ判定されていない。
別人確度	100	下を向きながら作業をしている状態が続く。本人だと思われるが、頭部だけが映っているので本人反映されていない。
判定者評価		フル動画（0:28～0:47）（15:27～数秒） などの間でスピーカーフォンで話しかけている動作があるが、不正として検知されていない（ピックアップされていない)。 ⇒目線や顔が動かずに口元を小さな動作で会話すると不正判定が取れないように思える ⇒音が取れないので判定できない部分がある
実際		音声会話の指示をしているため正しい。

表 17【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	73	73 下を向いて考え込んでるように見受けられる。不正しているようには感じない。 54 口元が動いているため、誰かと会話している印象を受ける。判定確度として低い気がする。
別人確度	98	下を向いて作業をしている状態が続く(ほぼ 10 秒間） 本人か判断できない状態ではあるので、確度は妥当だと思う。
判定者評価		全体的には不正をしていない印象だが、誰かと会話しているのかなと思う部分で不正判定確度が低い気がする。

実際	音声会話の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

表 18【受験者③】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	74	なにか話している様子が伺える。
別人確度	100	同一人物である。俯き顔が見切れている。
判定者評価		受験者が計算用紙を見るために俯くと別人であると判定してしまう場合がある。
実際		音声会話の指示をしているため、正しい。

＜小道具使用＞

「紙を取り出す部分」を不正確度 78 と判定。「画面と紙に目線を動かしながらメモをしている」をそれぞれ不正確度 76,73,75 と判定。以下に個別の結果を示す。

表 19【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	73	画面から目線を外して下を向いて何かメモをしている印象の動画。メモが OK な試験なら不正確度としては高いかと。

別人確度	79	全体的にカメラが暗い印象の中、下向きになり髪の毛で本人と判定されない動画。下を向いている時間が長いほど別人判定になる印象。
判定者評価		印鑑と鏡は利用していないように見受けられる 画面には映っていないが、終始メモを机でとりながら試験画面を見て解答しているよう。 ⇒全体的に不正しているようには感じない受験者ではあるが、顔を下にしてメモしているのが不正判定されている印象。 ⇒計算問題などでメモ用紙が使えるとすると不正ピックアップが増加することが予測される。
実際		小道具使用の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

表 ２０【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	75	画面と手元に目線を交互に移しながら試験実施している動画。メモしている印象は受ける。
別人確度	92	他と同様に下を向きになり髪の毛で本人と判定されない動画。人が見れば本人と判断はできる印象。
判定者評価		印鑑と鏡は利用していないように見受けられる 画面には映っていないが、終始メモを机でとりながら試験画面を見て解答しているよう。 ⇒全体的に不正しているようには感じない受験者ではあるが、顔を下にして何か見ているかメモしているのが不正判定されている印象。不正検知の意味ではこのレベルの検知は必要だが、頻繁に不正動画がピックアップはされるのでチェック側は不安になるかも。似たような検知の件数が多く、見逃しが起きるチェック者もいそう。
実際		小道具使用の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

表 ２１【受験者③】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	70	70 手元で何か操作をしている印象を受ける動画。目線が左下にいっているので不正検知が正常かと。 67 画面から視線（顔全体）が画面からはずれている状態。顔がはずれると不正確度が上がる印象。
別人確度	59	別人としては見受けられない動画。少し髪の毛で顔が隠れる程度の印象。
判定者評価		不 70 の動画は目線が 1 度も画面に戻らなかったのが大きい印象。顔全体はそこまで動いていない為、適度に戻っていたら確度が低かったのかも。 全体的に不正検知のピックアップが低い判定結果だった。
実際		小道具使用の指示をしているため、不正を見抜けない可能性がある。

＜ブラウザ検索（スマートフォン）＞

スマホが画面に映っているわけではないが左下をずっと見て何かをやっている様に見受けられる。この場合に不正確度 70 と判定しており、これは妥当と思われる。以下に個別の結果を示す。

表 ２２【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	67	上を向いて考え込んでる時間が数秒ある。特に不正には見受けられないが、視線が外れたので検知された印象。

別人確度	93	顔を手で掻いているため、顔がかくれている状態の動画。やや確度が高い。
判定者評価		開始 10 秒以降（0:10～）でしばらく下を向いて視線をはずしている状態だが、不正として検知されていない。 ⇒手元に目線を動かして試験を実施している時間が多い受験者だが、不正判定が少なく確度も低い印象で検知できてない印象。
実際		ブラウザ検索（スマートフォン）の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

表 ２３【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	59	特に不正と判断するほどのものはない、目線が少し動いている
別人確度	55	特に別人と判断するほどのものはない、顔に手を当てている
判定者評価		不正行為の様子はみられない
実際		ブラウザ検索（スマートフォン）の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

＜PC カレンダー参照＞

PC カレンダーを見ているかどうかは動画からは分からない。不正確度 71、72 をそれぞれ判定しているので AI 判定としては妥当といえるが、これを不正とみなすのは難しい。以下に個別の結果を示す。

表 ２４【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	

不正確度	72	この映像からは不正をしていると判断できない、目元に手を当てている
別人確度	100	目元が見えにくく、頭頂部が映っている状態（人の目で見れば同じ人物とわかる）
判定者評価		PC カレンダーを見ているかどうかは言われないとわからない、左右の両端に目が動いているように感じる
実際		PC カレンダー参照の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

表 ２５【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	76	76 一瞬横を見て手を伸ばしている感じがある 50 顔は正面を向いているが目線が画面から外れている感じあり。だがメガネへの光の反射で目元は見えにくい。
別人確度	80	顔に手を当てた瞬間であり別人ではない
判定者評価		不正行為の様子はみられない
実際		PC カレンダー参照の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

＜入れ替わり＞

入れ替わりを、「恐らく同一人物が服と髪型を少しいじって替え玉を行っている。その際の別人確度は 59 となっており、閾値を 70 と考えると髪型や服装が変わっても同一人物と判定していると診断できる。」と判定しているが、実際には兄弟又は双子のため、入れ替わりは行われている。以下に個別の結果を示す。

表 ２６【受験者①】

結果	所管

検知人数	1	検知0があるが、下を向いているだけのものも、本当に画面からいなくなったものも0として認識されている
不正確度	85	斜め下を向いている。顔写真判定「正常」の人物とは別人。
別人確度	90	90 ただ下を向いているだけ。 58 同一人物が髪と服装を変えており、別人確度は 58 で判定されている。
判定者評価		フル動画 13：59、22：04 くらい立ち上がって入れ替わり。別人に変わっているのに、別人部分は別人確度 80%以下になっている。 恐らく同一人物が服と髪型を少しいじって替え玉を行っている。その際の別人確度は 59 となっており、閾値を 70 と考えると髪型や服装が変わっても同一人物と判定していると診断できる。
実際		入れ替わりの指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

表 ２７【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	77	確度ピックアップの最初の動画。まさに入れ替わる瞬間を捉えている。
別人確度	82	
判定者評価		こちらで入れ替わりが発生している。（虚偽情報による） 本人の映像は別人確度のピックアップの中になく正確である。 この例では両者ともマスクをしているにも関わらず別人を判別できている。
実際		入れ替わりの指示をしているため、正しい。

表 ２８【受験者②】

結果	所管

検知人数	1	
不正確度	52	
別人確度	100	途中で入れ替わるのではなく、最初から別人で試験動画が開始している。
判定者評価		受験開始時から入れ替わっている。別人確度 100 で正確に検知。 顔写真に対してのみ別人と判断できるケースだが、正しく判定できている。替え玉受験などがあっても、問題なく指摘できそう。
実際		入れ替わりの指示をしているため、正しい。ログイン時に写真登録のみ済ませ、別人に再ログインさせて受験をした。

＜カンニング（身体書き込み）＞

基本的に顔のみが画面内に映るため、身体に書き込みをしているかどうかは判断しにくい。また、書き込みを意識して読み取ろうとした場合でも、読み取ることはできていない。なお、書き込み部分を確認している動作している際に不正確度 58 と低めの判定をしている。以下に個別の結果を示す。

表 ２９【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	74	74 斜め下を向いているだけ、明らかな不正とは判断しがたい。 手の甲を見ていると思われる辺りを確認すると 58
別人確度	97	下を向いているので頭頂部が映っている状態。人の目だと同一人物とわかる。
判定者評価		フル動画 15：10 くらい手の甲にメモが書いてあるのが映る。何が書いてあるかまではわからない。18：20 くらいから意識的に手の甲を見て解いているように見える。
実際		カンニング（身体書き込み）の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

	また、書き込みを意識して読み取ろうとした場合でも、読み取ることはできていない。

表 ３０【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	63	顔を触っているだけ。
別人確度	67	少し上向きであごを触っているだけ。
判定者評価		不正行為の様子はみられない
実際		カンニング（身体書き込み）の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

＜アプリケーション使用＞

別のアプリケーションを使っているかは動画だけだと全くわからないが、不正確度としては、72,67 と判定しており、目線での怪しさ自体は捉えている。以下に個別の結果を示す。

表 ３１【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	検知 0 があるが、頭頂部だけが映っているもの
不正確度	77	77 少しだけ横を向いている 73 フル動画 0：50 くらいから明らかに周りを探して何かを手元に置いたがその時の不正確度が最大値より小さい
別人確度	86	完全に下を向き頭頂部のみが見えている状態
判定者評価		協力者がいるかどうかは判別ができなかった（虚偽情報）

実際	アプリケーション使用の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

表 ３２【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	67	顔が前に近づき顎が少し切れるが、不正しているとは見受けられない
別人確度	34	完全に下を向き頭頂部のみが見えている状態
判定者評価		別のアプリケーションを使っているかは動画だけだと全くわからない。
実際		アプリケーション使用の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

＜カンニングペーパー（掲示）＞

カンニングペーパーが貼ってあるかどうかは判定できていないが、不正確度としては、83,76 を検知している。以下に個別の結果を示す。

表 ３３【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	検知 0 があるが、頭頂部だけが映っているもの
不正確度	76	手元に何かを取ったようなしぐさがあった
別人確度	73	頭頂部のみが映っている
判定者評価		何かしゃべりながら解答している様子がうかがえる、カンニングペーパーがあるかどうかわからない しゃべっていても音声が無いと独り言で悩んでいるだけなのか判断が難しい。

実際	カンニングペーパー（掲示）の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

表 ３４【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	78	数秒であるが明らかに画面から目線を外し横を見ている
別人確度	82	数秒であるが明らかに画面から目線を外し横を見ている
判定者評価		不正の可能性あり
実際		カンニングペーパー（掲示）の指示をしているため、正しい。

＜カンニング（書籍）＞

書籍が画面内に映らないので分からないが、目線が動いているので不正確度としては、73,78 を判定している。以下に個別の結果を示す。

表 ３５【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	検知 0 があるが、下を向いている
不正確度	78	手元と画面を交互に見ている
別人確度	77	下を向いている。完全に顔がわからなくなるわけではない
判定者評価		手元と画面を交互に見ながら何かを書き、フル動画 30：05 何かめくってみている様子がうかがえる（ただしそのあたりの動画は不正確度 54%である） 部屋が暗い

実際	カンニング（書籍）の指示をしているため、正しいが、確度が低く見逃す可能性がある。

表 ３６【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	検知 0 があるが、斜め下を向いている
不正確度	78	78 斜め下と画面を見比べるような様子 フル動画 20：37 ごろから画面から離れるように少し引いた状態で画面と手元を見比べているがその時の不正確度は 64 である
別人確度	80	斜め下を向いている
判定者評価		「正常」の状態でマスクを着けている。目元が出ているので判定に影響はないのか？
実際		カンニング（書籍）の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

＜カンニングペーパー（手元）＞

不正行為の情報を提供している場合には、手元についての判定が挙がっているが、情報提供無しの場合には、手元には何も言及されていない。以下に個別の結果を示す。

表 ３７【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	76	手元を凝視している。
別人確度	54	
判定者評価		手元を凝視していることは分かる

実際	カンニングペーパー（手元）の指示をしているため、正しい。

表 ３８【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	77	
別人確度	100	同一人物である。該当箇所を確認したところ大きく下を向いていた。
判定者評価		角度の違いから同じ顔と判断できなかったものと思われる。
実際		カンニングペーパー（手元）の指示をしているため、不正行為を見逃す可能性がある。

＜ブラウザ検索（PC）＞

PC 上でのブラウザ検索は画面から外れていない操作であるため判定不能。人間の目でも判断できない。AI も拾えていないが仕方がないと思われる。以下に個別の結果を示す。

表 ３９【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	70	目の端に触れていたが、不正と判断するほどのものではない。
別人確度	94	同一人物である。大きく上を向いている。
判定者評価		俯きだけでなく上を向いても別人と判断された。 顔の角度の変化全般に弱く見える。
実際		ブラウザ検索（PC）の指示をしているため、正しい。

表 ４０【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	74	74 人の目から見てもカンニングを行っている用に見える。 73 不自然なほど左に目線を向けている。
別人確度	77	同一人物である。該当箇所を確認したところ大きく下を向いていた。
判定者評価		不正をしていない受験者の筈だが、指示されて意図的にやっているように見える（虚偽情報による） 視線の動きを指摘できているように思える。
実際		ブラウザ検索（PC）の指示をしているため、正しい。

＜時計を見る(非不正行為）＞

横を見たり（不正確度 76)、後ろを振り返る（不正確度 71）で捉えているが、そもそも顔が写らない瞬間が多く別人確度も高くなってしまっている。以下に個別の結果を示す。

表 ４１【受験者①】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	71	目の端に触れていたが、不正と判断するほどのものではない。
別人確度	77	後ろを振り返っていた。
判定者評価		背後のカーテン上方に時計がテープで貼り付けてあるため、該当する行為と思われる。
実際		時計を見る(非不正行為）の指示をしているため、正しい。

表 ４２【受験者②】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	58	
別人確度	77	大きく上を向いている。上に時計がある想定か。
判定者評価		時計を見ている可能性があるが、時計かどうかは分からない
実際		時計を見る(非不正行為）の指示をしているため、正しい。

表 ４３【受験者③】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	76	左上の時計を見上げている。
別人確度	98	同一人物である。
判定者評価		時計を見ている
実際		時計を見る(非不正行為）の指示をしているため、正しい。

表 ４４【受験者④】

結果		所管
検知人数	1	

不正確度	67	右側を凝視している。
別人確度	96	同一人物である。口元に手を当てている。
判定者評価		右を見ていることしかわからない。
実際		時計を見る(非不正行為）の指示をしているため、正しいが、不正行為との区別は難しい結果といえる。

表 ４５【受験者⑤】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	86	後方へ大きく振り向いている。
別人確度	90	後方へ大きく振り向いている。
判定者評価		こちらのほうが「時計を見る」の例として自然に思える。
実際		時計を見る(非不正行為）の指示をしているため、正しい。

＜イヤフォンの使用＞

不正行為は単一とは限らない。そのため、イヤフォンの使用以外に様々な行動を行った場合、どれほど検知できるのかを確かめた。それらを以下に個別の結果を示す。

表 ４６【受験者①】

結果		所管
検知人数	2	後ろを人が通り掛かったタイミングがあり、きちんと検知人数が 2 になっている。

不正確度	80	80 電卓が画面に写っている。 73 画面端にいる女性と会話している。 73 お茶を飲んでいる。 65 横の机からカレンダーを取り出しめくっている。 58 右側の机を盗み見ているようにも見えかねない。 53 書類を足元の鞄から取り出している。 51 カレンダーが画面に写っている。
別人確度	95	
判定者評価		イヤフォンだけでなく不正が非常に多い 検知人数の判定は後ろを人が通りかかったタイミングのみきちんと抜き出しており正確である。 不正確度は決定的な場面を切り取れているものの、数値は低い。 視線には強く反応するが、物体検知は高い数値が出ない。
実際		イヤフォンの使用の指示をしているため、正しい。また、その他の不正についても検出できている。

表 47【受験者②】

結果		所管
検知人数	2	0 受験者が離席しており画面には誰も写っていない。 0 書類の束を抱えて再登場しているが、AI は誰もいないと判断。 2 ストレッチ 2 回め。写っている人数は一人のはず。 2 首を振り遠目に何かを確認。AI は二人居ると判断。
不正確度	72	61 横を向き誰かと会話している。 60 手に文字を書く。 60 ファイルを持つ様子が写っている。 59 ストレッチをし始める。 54 目薬を差している。 54 お茶を飲んでいる。 52 お茶を飲んでいる。
別人確度	98	92 背後を向きテキストを持った女性に答えを教わる。
判定者評価		イヤフォンだけでなく不正が非常に多い。

	かなり多くの不正が見られるが、最大の不正確度は 72 と低く数値の高低に疑問が残る。 一方で検知人数の判定は概ね正確であると感じた。
実際	イヤフォンの使用の指示をしているため、正しい。また、その他の不正についても検出できている。

表 ４８【受験者③】

結果		所管
検知人数	1	
不正確度	78	78 スマホが画面に写っている。 65 書類を画面に写しそちらへ目線を向けている。 59 スマホが画面に写っている。 59 電卓が画面に写っている。 57 誰かと話している。 57 文字の入った書類が写っている。
別人確度	77	同一人物である。
判定者評価		イヤフォンだけでなく不正が非常に多い。 各種決定的な情報媒体を拾えているが、不正確度が低い。
実際		イヤフォンの使用の指示をしているため、正しい。また、その他の不正についても検出できている。

②分析結果

実際に不正行為を行っていることが確認できる 57 件の動画の内、55 件を判定できているため不正行為に対しては再現率[17]96.4%で判定できているが、適合率[18]が非常に低い。また、下を向いて頭だけの場合や画面に切れてしまった場合に、AI システムが人数を 0 人と判定してしまうものが 1629 件発生した。これらについては、バストアップのみの判定を改善する為、カメラを 2 つの異なる確度や位置から撮影できるように設置することで精度を上げられる可能性がある。一方、受験者の後ろを人が通っているが検知できていな

[17] 不正行為の検出に対する網羅性

[18] 不正行為の検出に対する正確性。

いものが 1 件、熊のぬいぐるみを人と判定したデータも 1 件あり、前者は顔がしっかり映っていなかったことで人と判定できなかったと想定され、後者は AI の学習不足が原因と考えられる。

表 ４９　判定結果分類

	AIの非不正行為判断	AIの不正行為判断
健全な行動	19169	1629
不正行為	2	55

表 ５０　判定結果分析

正解率	適合率	再現率	偽陽性率	F 値
0.921793	0.03266	0.964912	0.078325	0.063182

①別人確度

全検出 20855 件中 19193 件で別人確度の検出があり、最小値が 4、最大値が 100 であった。検出件数は閾値を 50 に設定した場合 5727 件（うち別人 392 件)、60 の場合 3755 件（うち別人 372 件)、70 の場合 2400 件（うち別人 339 件)、80 の場合 1490 件（うち別人 275 件)、90 の場合 702 件（うち別人 148 件）となった。

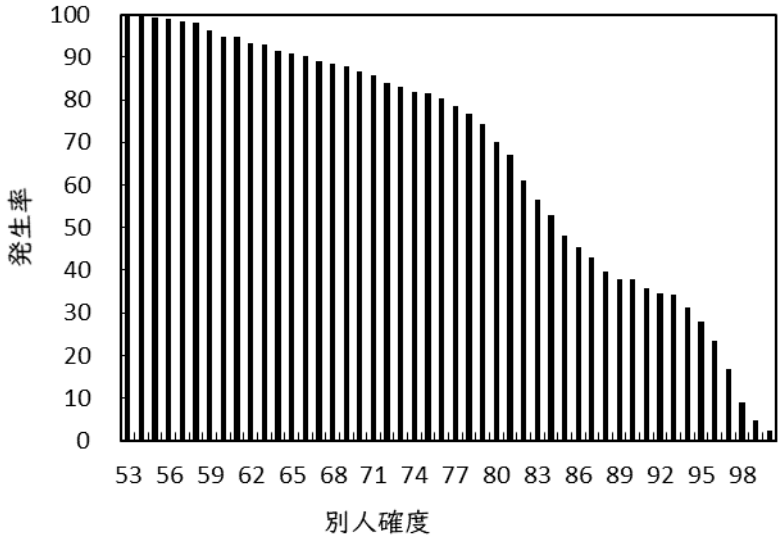
受験者が別人の場合のサンプル数が 392 件ある中、別人確度の平均値は 84、最小値は 53 であり、別人判定としてはかなり精度が高いと思われ、下限についても許容範囲と評価できる。別人判定の発生状況を見ると、別人確度 70 以上に分類されるものが約 80%を閉めておりその点でも良い結果と考えられる。

試験運用上の閾値設定をとしては 70～75 くらいが妥当と思われ、別人確度 75 で検出の網羅性が 80%となり、また、顔がちゃんと写っていない場合や、発生頻度を見ると不正の 80%を 75 で拾えるため今回の結果からは閾値 75 の設定が適当と考えられる。

表 ５１　正解時のデータ

	サンプル数	平均値	最小値

不正行為時の別人確度	392	83.96	53



② 正解時の評価

顔が切れていたり、下を向いて頭だけしか映っていない画像が多く、それらを別人と判定してしまう事が多かった。別人であった 392 件だけでなく、別人確度 70 以上で判定しても 1,969 件を拾っていた。このことから、受験中の映像でちゃんとカメラに顔や肩が納まる証明写真の様な状態で写りになる様なお願いを受験者にする事が必要であると考えられる。この結果を改善する為には、証明写真を 2 枚別確度から取る。もしくは映像の際に 2 カメラ使って別確度から取る等が必要と考えられる。

表 ５２　不正解時のデータ

閾値	50 以上	60 以上	70 以上
不正解の時の別人確度	5,124	3,232	1,969

③ 不正時の評価

不正を行った場合、平均として 62 の値で不正と判断している。不正と明確に判断できるサンプルが 38 件であった為、サンプル量が少なかった。最小値が 23 という値が出ているので改善が必要。また、スマホが写っているものを

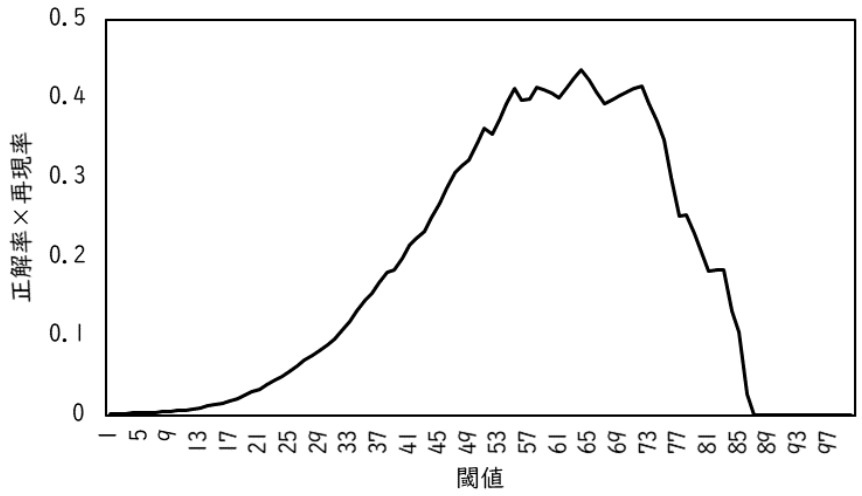
見落としているものやがあったので、身体へ書込みしているもの（問題の持ち帰り）を見落としているものがあるので、スマホのパターンや書き込みのパターンを AI に学習させる必要がある。

不正確度 50 以上で検知出来た物は 28 件であった。再現率は 73.6%となる（その際の正解率は 46.6%）。不正解も多く拾うので閾値設定の検討が必要となる。再現率×正解率の値は閾値 60～70 くらいの値で最適な形で動作しており、最も大きくなるのが、閾値 64 の場合（再現率＝52.6%、正解率＝83%）であったため、この辺りの閾値設定が不正確度に関しては最も現状では良いと想定される。

不正の判断の値が全体的に低いので閾値 65 くらいで再現率が 73%程度が得られると更に使いやすいものになると考えられる。また、メモ用紙に計算をして下を向いて書込みをしていると不正となるので、これを OK な試験とするのかどうかで AI 判定を考慮する必要がある。

表 ５３　不正確度

	サンプル数	平均値	最小値	最大値
正解の時の不正確度	38	62.00	23	86



b）AI システム２

AI システム 2 を用いた不正行為等の監督は、後述する「eye_rot」、

「people_num」、「other_person」、「voice」の４つの観点から点数付けをし、総合点を AI 不正点数として、更に５段階の不正レベルに分類し評価した。なお、参加人数については、一部に正常に録画／AI 解析ができない者、受験ができない受験者がおり、正常に解析完了した者が 86 人、二重ログインのため判定不可となった者が２人、受験は完了しているが動画が正常に保存されず判定不可となった者が８人、ログイン後、試験開始できなかった者が２人、ログインできなかった者が２人となった。以下では個別に結果を報告する[19]。

①解析結果と目視確認

正常に解析完了した 86 人について、AI 解析結果を参考に目視で動画内容を確認し、不正動作有無の確認を行った。目視確認対象とする受験者は、AI 不正点数が 1000 点以上、または「eye_rot」、「voice」の件数が５件以上であることを基準に選定した。

表 ５４　検出項目と点数

不正検知コード	不正検知内容	点数
eye_rot	顔の向き・目線が、画面外を向いている可能性がある	5
people_num	複数人が存在する。または、受験者の存在が確認できない。	300
other_person	受験者の入れ替わりの可能性がある	1000
voice	音声が確認された	50

表 ５５　AI による不正レベルの評価指標

不正レベル	記述
LEVEL 5	明らかな不正あり
LEVEL 4	不正とみられる動作があり、試験実施団体でのレビューを強く推奨
LEVEL 3	不正の可能性がある動作があり、試験実施団体でのレビューを推奨

[19] 詳細は**付録書 B-7 を参照。**

LEVEL 2	イレギュラーな動作はあったが、不正ではない可能性が高い
LEVEL 1	不正の兆候とみられる動作はなかった

＜小道具使用＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 3	マスク着用のため、検知精度は下がっている可能性あり。マスクを不正とするのであれば、不正。 メモで下を見ることで eye_rot、people_num、other_person が検知されている。不正ではないと思われる。	小道具使用を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	10255		
eye_rot	155		
people_num	8100		
other_person	2000		
voice	0		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 4	基本的にメモを取っているものと思われる行動がほとんどだったが、 37:16～43:04（eye_rot） 突然、折り紙をしているような、意図不明な行動あり。メモではなさそう。 （voice）2件　試験内容への独り言と思われる。 （other_person）1件　本人変化なし。真下のメモ確認による顔の見切れと思われる。	小道具使用を指示しているため、正しい。
AI 不正	13010		
eye_rot	210		
people_num	11700		
other_person	1000		
voice	100		

		その他（people_num）（eye_rot）多数　メモ確認・記入によるものと思われる。	

【受験者③】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 3	音声が正常に保存されていない。（マイクトラブルの可能性あり）	小道具使用を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	0		
eye_rot	0		
people_num	0		
other_person	0		
voice	0		

＜複数人受験＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 5	画面外に女性と男性がいると思われる。終始話して相談をしながら受験している為、不正と判定して良いと思われる。 （voice）104 件　2:20、4:08、6:12…協力者との問題内容の相談と、独り言多数。 （other_person）3 件　本人変化なし。真下を向いてメモ確認の見切れと思われる。 （people_num）（eye_rot）メモ確認、協力者との連携	複数人受験を指示しているため、正しい。
AI 不正	10115		
eye_rot	115		
people_num	1800		
other_person	3000		
voice	5200		

		による目線外しと思われる。	

＜スマートフォンでの通話（スピーカーフォン）＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 5	終始音声通話で、マサキと呼ばれる別の受験者男性と会話しながら協力。 （voice）247 件　ほぼすべて音声通話での協力者との問題内容の相談。 （other_person）1 件　本人変化なし。真下を向いてメモ確認・記入と思われる。 （people_num）（eye_rot）多数　メモの確認・記入による目線外しと思われる。	スマートフォンでの通話（スピーカーフォン）を指示しているため、正しい。
AI 不正	16125		
eye_rot	75		
people_num	2700		
other_person	1000		
voice	12350		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 5	0:03:58 以降の voice のほとんどが他の受験者との会話であり不正と考えられる。随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できな	スマートフォンでの通話（スピーカーフォン）を指示しているため、正しい。
AI 不正	26995		
eye_rot	45		
people_num	20400		
other_person	1000		
voice	5550		

		い。	

【受験者③】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 5	voiceは開始時より誰かと通話しながら受験。終了まで雑談や問題内容の相談をしているため、明らかな不正と思われる。 people_num下を向いた際に髪（女性/髪型ショート）で顔が全て隠れている為検知。	スマートフォンでの通話（スピーカーフォン）を指示しているため、正しい。
AI不正	29530		
eye_rot	80		
people_num	20700		
other_person	2000		
voice	6750		

＜ブラウザ検索（スマートフォン）＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	目視確認対象外		ブラウザ検索（スマートフォン）を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI不正	0		
eye_rot	0		
people_num	0		
other_person	0		
voice	0		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 3	イヤホンをして試験をしているため不正の可能性があり得る。	ブラウザ検索（スマートフォン）を指示しているため、不正行為を
AI不正	25725		
eye_rot	25		

people_num	23700	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	見逃す可能性がある。
other_person	2000		
voice	0		

【受験者③】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	ブラウザ検索（スマートフォン）を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	630		
eye_rot	30		
people_num	600		
other_person	0		
voice	0		

＜ブラウザ検索（PC）＞

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。音声検知も多数あるが、独り言のため問題なし。	ブラウザ検索（PC）を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	13505		
eye_rot	5		
people_num	13500		
other_person	0		
voice	0		

＜PC カレンダー参照＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	目視確認対象外		PC カレンダー参照を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	0		
eye_rot	0		
people_num	0		
other_person	0		
voice	0		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。 全体的に顔がカメラに近いため、それも検知されている。 また、途中で何度かマグカップにて飲み物を飲んでいるシーンがある。この動作が不正、ということであれば不正とすべき。	PC カレンダー参照を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	2465		
eye_rot	65		
people_num	2400		
other_person	0		
voice	0		

＜カンニング（身体書き込み）＞

【受験者①】

結果（点数）	所管	実際

不正レベル判定	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。音声検知も多数あるが、独り言のため問題なし。	カンニング（身体書き込み）を指示しているため、正しいが、内容を把握できないため不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	11180		
eye_rot	30		
people_num	10500		
other_person	0		
voice	650		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 5	3:00～12:00 の eye_rot は手元にメモをとるような動作。メモ用紙は許可の試験のため不正有無は不明。 20:00 頃の eye_rot は左手のメモを見るような動作。不正の可能性が高い。（27:00 頃の映像で左手にメモあり） 27:00 以降の eye_rot は、右手側メモを見るような動作。メモ用紙は許可の試験のため不正有無は不明。	カンニング（身体書き込み）を指示しているため、正しいが、内容を把握できないため不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	65		
eye_rot	65		
people_num	0		
other_person	0		
voice	0		

＜アプリケーション使用＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知している	アプリケーション使用を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	14005		
eye_rot	5		
people_num	12000		

other_person	2000	が、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。other_person：2件とも下を向いて目のあたりが隠れた際に別人と誤検知されたものと思われ、実際に別人に入れ替わった訳では無い。	
voice	0		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	動画保存されておらず判定不可	ログイン後、長時間経過したため正常に録画開始できず。	アプリケーション使用を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正			
eye_rot			
people_num			
other_person			
voice			

＜カンニングペーパー（掲示）＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	カンニングペーパー（掲示）を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	11975		
eye_rot	75		
people_num	9600		
other_person	0		
voice	2300		

		音声検知も多数あるが、独り言のため問題なし。	

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 4	明らかな目の怪しい動き。左の何かを見る動作多数。真下にメモもあるようだが、単純に自分がメモしたものを見ているとは思えない動作も有り。	カンニングペーパー（掲示）を指示しているため、正しい。
AI 不正	2760		
eye_rot	60		
people_num	2700		
other_person	0		
voice	0		

＜カンニング（書籍）＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	カンニング（書籍）を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正	3090		
eye_rot	90		
people_num	3000		
other_person	0		
voice	0		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	動画保存されておらず判定不可	動画なし。ネットワークまたはカメラ、PC の問題の可能性が高いが正確な原因は不明。	カンニング（書籍）を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI 不正			
eye_rot			
people_num			

other_person			
voice			

＜入れ替わり＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 5	12:17 に別人と入れ替わり、19:59 に戻る。明らかな不正。 その他の eye_rot、people_num は目線がずれただけと思われる。	入れ替わりを指示しているため、正しい。
AI 不正	8275		
eye_rot	75		
people_num	1200		
other_person	7000		
voice	0		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 5	31:00～36:00 人物不在のため people_num 検知 随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。 38:00 以降、別の人に入れ替わっているので不正と考えられる。 音声検知 1 件は独り言なので問題なし。	入れ替わりを指示しているため、正しい。
AI 不正	32875		
eye_rot	25		
people_num	28800		
other_person	4000		
voice	50		

＜カンニングペーパー（手元）＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 3	音声が正常に保存されていない。（マイクトラブルの可能性あり） eye_rot を多数検知しているが、右手側にある資料を参照しているように見える。メモ用紙許可の試験なので、メモをとっている可能性もあり、不正とは断定できない。	カンニングペーパー（手元）を指示しているため、正しい。
AI 不正	65		
eye_rot	65		
people_num	0		
other_person	0		
voice	0		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	カンニングペーパー（手元）を指示しているため、正しい。
AI 不正	2225		
eye_rot	125		
people_num	2100		
other_person	0		
voice	0		

＜時計を見る(非不正行為）＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 1	（voice）14 件、全て試験に対する独り言と思われる。	時計を見る(非不正行為）を指示しているため、正しい。
AI 不正	700		
eye_rot	0		
people_num	0		
other_person	0		
voice	700		

【受験者②】

結果（点数）	所管	実際

不正レベル判定	LEVEL 2	eye_rot を検知しているが、恐らくメモの動作。メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	時計を見る(非不正行為）を指示しているため、正しい。
AI 不正	60		
eye_rot	60		
people_num	0		
other_person	0		
voice	0		

＜イヤフォンの使用＞

【受験者①】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 5	電卓を使用しているので不正と判断すべき。(4:28) 試験中にマスクをしており、other_person が検知されている。また、意図的かどうかはわからないが、ところどころカメラのピントが外れて不鮮明になっている部分もある。 イヤホンを常にしている状況のため、不正の可能性あり。 人が周りにいる状況での受験のため、後ろを通った人も検知されている。また、試験途中で周りの方と会話をすることが何件かあり、Voice が検知されている。	イヤフォンの使用を指示しているため、正しい。その他の不正についても検出している。
AI 不正	9700		
eye_rot	100		
people_num	9000		
other_person	0		
voice	600		

【受験者②】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 4	オフィスで受験、飲食有り、途中マスクつけ外し有	イヤフォンの使用を指示しているため、正し
AI 不正	1325		

eye_rot	75	り。 メモを確認、書くような行動はあまり見られず。 03:10（eye_rot）左耳へイヤホン装着。 09:00（other_person）他社員が後ろを通り話しかけただけ。 （voice）5件はいずれも試験に対する独り言と思われる。	い。その他の不正についても検出している。
people_num	0		
other_person	1000		
voice	250		

【受験者③】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 3	eye_rotが多数あるが、メモに記載するために下を向いている動作を検知している（メモは許可の試験のため不正有無は不明） 27:00頃など何回か別の人との会話あるが試験内容とは無関係なので不正の意図は無いと思われる。 28:00イヤホン装着＝禁止事項 35:20 36:40 people_num背景に人が映り込んでいる	イヤフォンの使用を指示しているため、正しい。その他の不正についても検出している。
AI不正	4160		
eye_rot	210		
people_num	1500		
other_person	0		
voice	2450		

【受験者④】

結果（点数）		所管	実際
不正レベル判定	LEVEL 5	本人写真、ID写真ともにマスク着。 オフィスにて実施。	小道具使用を指示しているため、不正行為を見逃す可能性がある。
AI不正	11175		
eye_rot	175		

people_num	1200	終始業務関係、他受験者へのトラブル対応と思われる電話。 33:00、1:05:55　2回離席 （voice）196件　業務電話とオフィス内の声によるもの。 （people_num）（eye_rot）	
other_person	0		
voice	 9800		

＜解析結果の目視確認結果総括＞

今回の試験では、メモ用紙を使用可としていること、ならびに、解くのにメモが必要な問題が多かったことから、不正検知件数がかなり多くなった。メモをとるために画面外のメモ用紙を見たことで、eye_rotが多数検出されたり、顔が下や横を向いたことで顔がはっきりと映らなくなりpeople_numやother_personとして検出された例が多々あった。

不正行為実施者をLEVEL５判定　：　9人/35人
LEVEL４判定　：　3人/35人
LEVEL３判定　：　4人/35人
LEVEL２判定　：　9人/35人
LEVEL１判定　：　1人/35人
確認対象外判定　：　3人/35人

通常受験者を　LEVEL５判定　：　0人/51人
LEVEL４判定　：　4人/51人
LEVEL３判定　：　3人/51人
LEVEL２判定　：　24人/51人
LEVEL１判定　：　5人/51人
確認対象外判定　：　18人/51人

ハ．受験者アンケート

①事前調査

不慮の事態に備えて準備段階において受験者は 105 名を準備したことから、最大回答件数は 105 件となっている。

1.当日ご使用予定の機器について教えてください。（タブレットＰＣ、スマートフォンは使用できません。）

使用機器に関する回答状況を図 １２に示す。回答 105 件のうち、「ノート PC」が 97 件、「デスクトップ PC」が 8 件となっている。

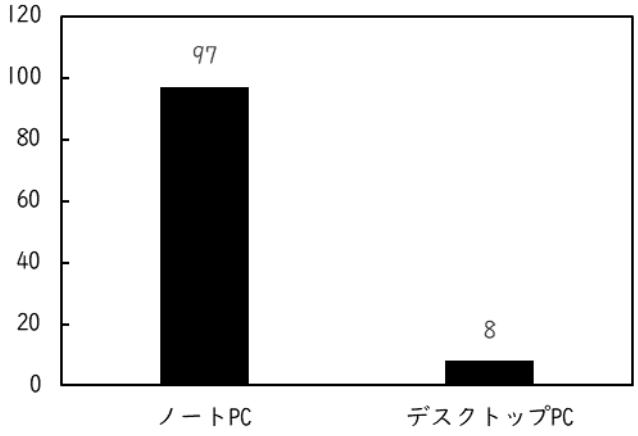


図 １２　使用機器（回答：105 件）

2.当日ご使用予定のＰＣのＯＳについて教えてください。

PC の OS に関する回答状況を図 １３に示す。回答 105 件のうち、「Windows 10」が 76 件、「MacOS」が 18 件、「Windows 11」が 10 件、「Windows 7」が 1 件となっている。

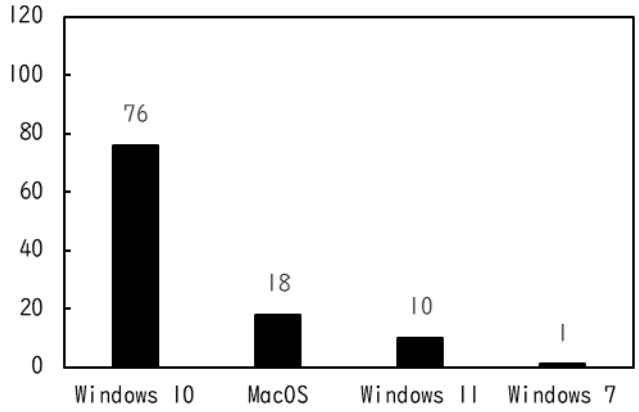


図 １３　PC の OS（回答：105 件）

3.当日ご使用予定のブラウザについて教えて下さい。

試験システムへアクセスする際のブラウザに関する回答状況を図 １４に示す。回答 105 件のうち、「Google chrome」が 57 件、「Microsoft Edge」が 41 件、「Safari」が 7 件となっている。

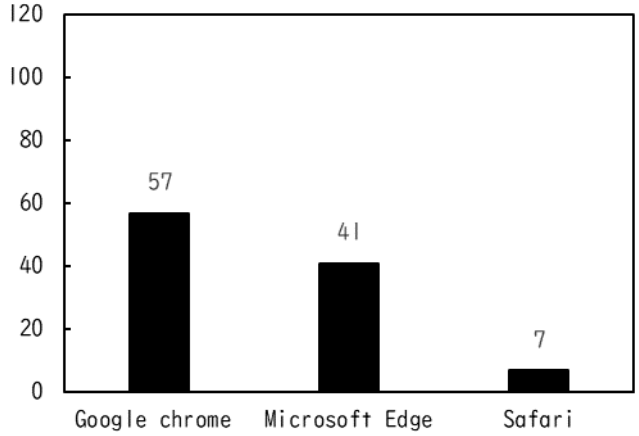


図 １４　使用ブラウザ（回答：105 件）

4.当日ご使用予定の通信回線について教えて下さい。(端末との有線接続、無線接続は問いません)

試験システムへアクセスする際のブラウザに関する回答状況を図 １５に示

す。回答 105 件のうち、「固定回線[20]」が 58 件、「無線回線[21]」が 44 件、「職場の回線」が 3 件となっている。

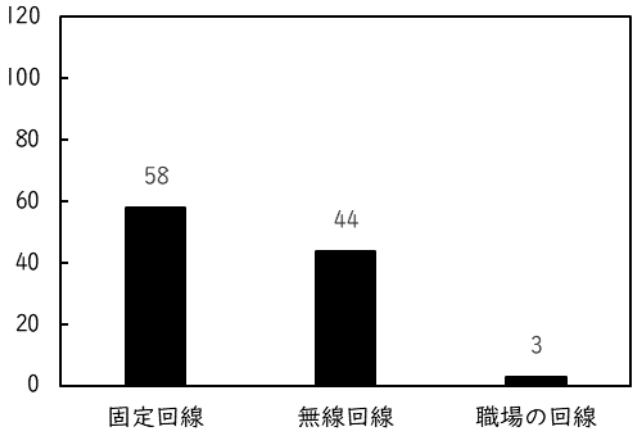


図 １５　使用回線の種類（回答：105 件）

5.受験環境について教えて下さい。

試験システムへアクセスする際のブラウザに関する回答状況を図 １６に示す。回答 105 件のうち、「自宅の個室」が 69 件、「自宅の共用スペース」が 31 件、「職場」が 4 件、「公共・商業施設」が 1 件となっている。

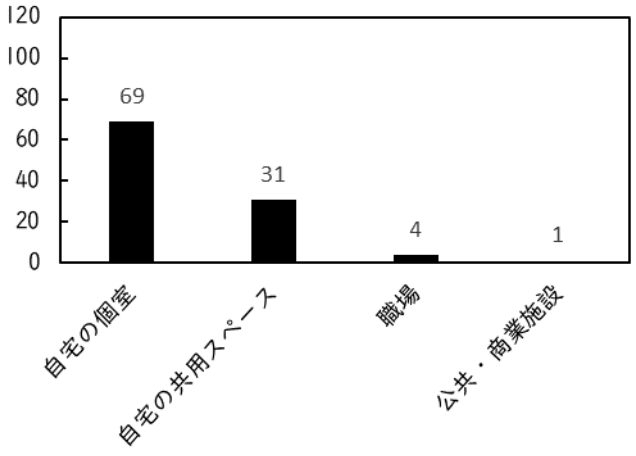


図 １６　受験環境（回答：105 件）

[20] 光回線、ADSL、ケーブルテレビ等

[21] ホームルータ、モバイルルータ、通信機器のテザリング等

6.通信環境について fast.com（https://fast.com/ja/）で測定した通信速度等を教えて下さい。

ブラウザを使用してインターネットサービスを利用する際の通信速度等に関する回答状況を図 １７から図 ２０図 １８までに示す。レイテンシ[22]については、アンロード済[23]の場合で最小値は 2ms、最大値は 55 ms であり、ロード済[24]の場合で最小値８ ms、最大値 2100 ms であった。アンロード済とロード済の振れ幅が大きい場合には、高負荷時にリアルタイムでの動画通信等に遅延が生じることがあり、このような通信を行う場合には不安定化が懸念される。今回の実証では試験後に動画をアップロードする形式の為、試験への影響は大きくないと考えられる。

通信速度については、ダウンロードの場合の最小値が 3Mbps、最大値が 810 Mbps、アップロードの場合の最小値が１ Mbps 未満、最大値は 680 Mbps であった。同様にリアルタイムの動画通信を行う場合に必要とされる通信速度は、ダウンロードの場合に 10～30Mbps、アップロードの場合に 1Mbps とされており[25]、動画通信を伴うコンテンツの表示やシステムの利用に際しては、一部の受験者にストレスが発生する可能性がある。

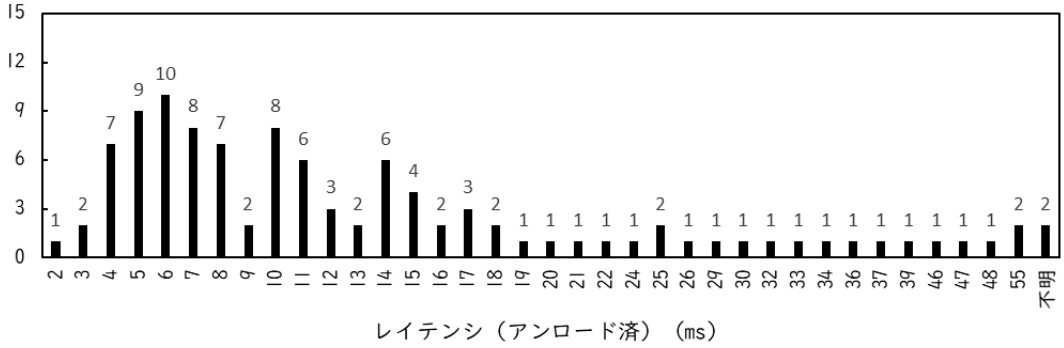


図 １７　レイテンシ（アンロード済）の値（回答：105 件）

[22] 転送要求を出してから実際にデータが送られてくるまでに生じる、通信の遅延時間。いわゆるラグに相当する。50ms 未満が快適な利用の目安となる。
[23] 同一のインターネット上にトラフィックが無い場合の往復遅延時間
[24] 同一のインターネット上にトラフィックが有る場合の往復遅延時間
[25] KDDI まとめてオフィス株式会社 HP　https://www.kddimatomete.com/magazine/2111221853117/

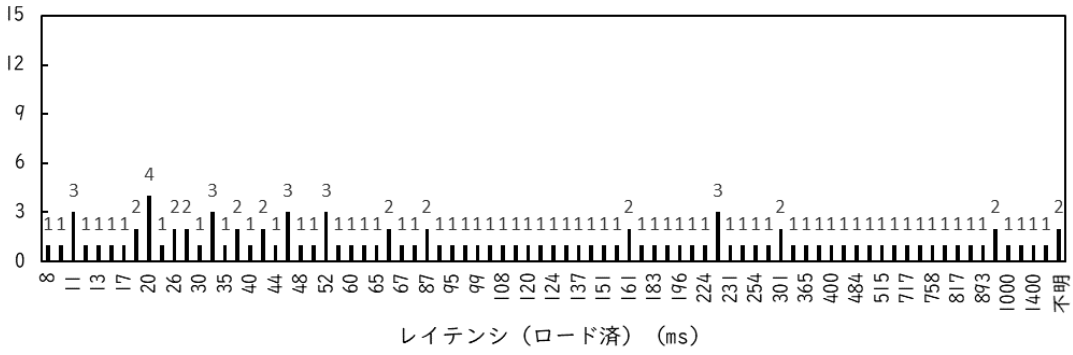


図 １８　レイテンシ（ロード済）の値（回答：105 件）

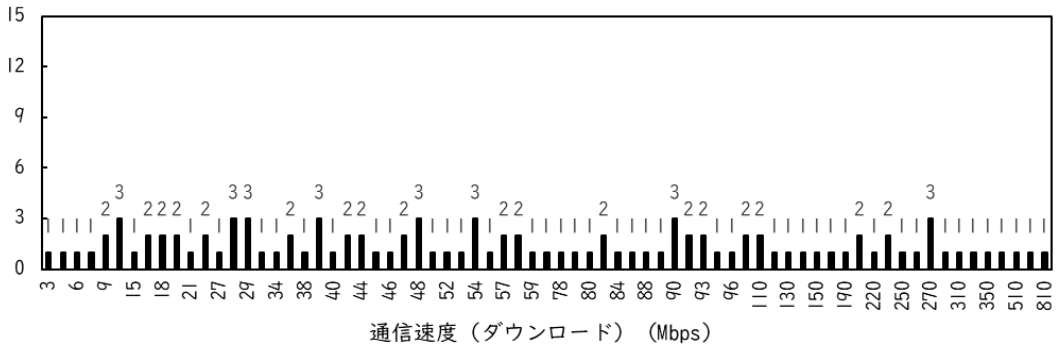


図 １９　通信速度（ダウンロード）の値（回答：105 件）

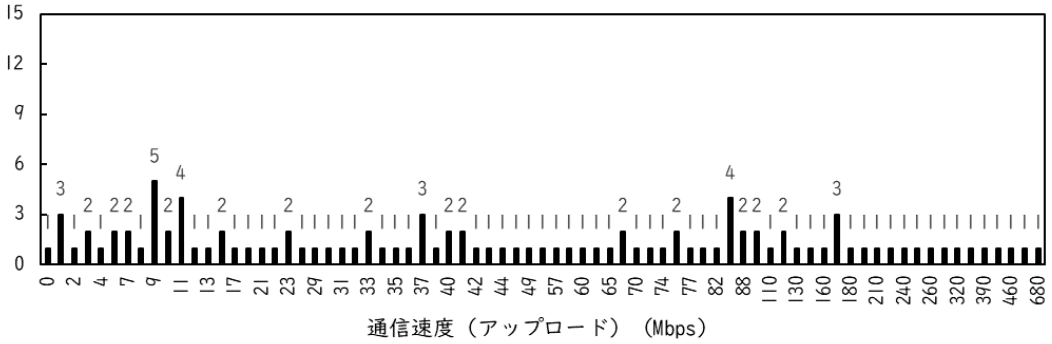


図 ２０　通信速度（アップロード）の値（回答：105 件）

②事後調査

100 名の受験者に加えて複数人受験等でシステムにアクセスしない参加者も含めて 102 名が参加しているため、最大回答件数は 102 件となっている。

1.オンライン試験と会場型の試験が選択できる場合、どちらを選択しますか。

受験者が望ましいと考える試験方法に関する回答状況を図 ２１に示す。回答 102 件のうち、「オンライン試験」が 65 件、「会場型試験」が 37 件となっている。

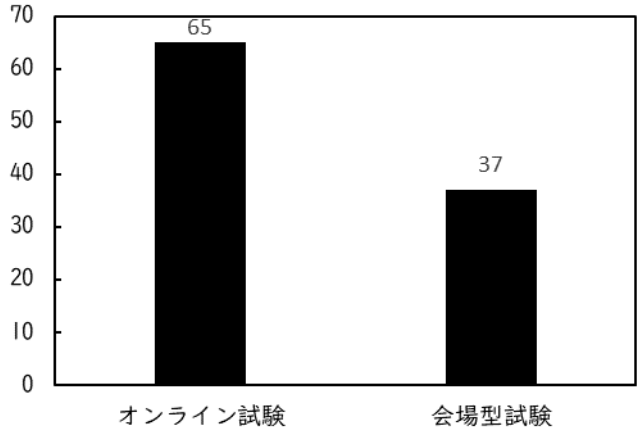


図 ２１　受験者が望ましいと考える試験方法（回答：102 件）

2.　上記の選択理由について教えてください（複数選択可）。

試験方法の選択理由に関する回答状況を図 ２２に示す。回答 205 件のうち、「利便性が高いため」が 54 件、「感染予防のため」が 50 件、「緊張感が欲しいため」が 20 件、「録画をされたくないため」が 19 件、「集中できないため」が 19 件、「機器の準備が大変なため」が 11 件、「操作方法がわからないため」が 4 件、「その他」が 28 件となっている。「その他」の回答の内訳を表 ２２に示す。

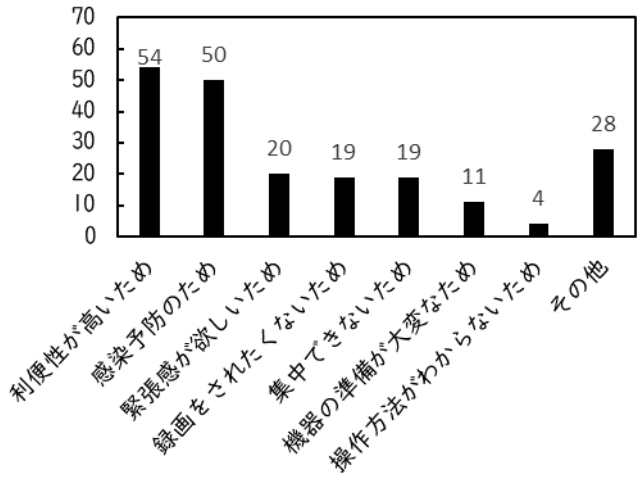


図 ２２　受験方法の選択理由（複数回答可）（回答：205 件）

表 ５６　**その他の理由**

件数	内容
1	欲に負けてカンニングをしてしまう気がするため。
2	ちょっとくらいならカンニングできそうだから。
3	万が一機材トラブルが起きた場合の対処法がわからないため、機材トラブルを理由にやり直し、不正などが起こりうる可能性があるため。
4	どの行為が不正に当たるのか不明のため、自分の正当な行為が不正と認識される恐れがあるから。
5	試験会場のような静かな環境をつくることが難しいため
6	突然ネットが繋がらなくなるなどのトラブルで受験できなくるのは嫌なので。
7	ネットワークや機器のトラブルで試験ができなくなる可能性を排除するため。予期せぬトラブルで試験失格になる可能性がありそう。
8	受験中に不具合が生じたときのことを考えて不安で
9	トラブルが起こった際の対処が不安である為
10	不正だと思われないように動きを制限してしまい、少し疲れたため。
11	ご年配の方が操作できなさそう。
12	交通の遅れなどの心配がない為

13	交通費、食費が浮くため。
14	タイピングが得意でないため
15	液晶画面を集中し休みなく見ることで、目が疲れるため。
16	顔がずっと画面にあると多少なりとも写りが気になるが嫌でした。
17	会場に行かず受けられるので身体、気持ち共に楽
18	会場に行く手間が必要ない。
19	指示による
20	自宅なので、不思議と安心感があります
21	試験会場までの交通時間を省けるため
22	周りを気にせず集中出来る
23	自分の顔が気になるため
24	天候や交通機関などの影響を受けない
25	ネット環境によって試験が進まない可能性や失敗する可能性があるため
26	会場への往復時間の削減、慣れた環境で試験に臨める安心感。
27	紙に直接書くのと違って WEB から計算用メモに書き写す時に間違えることがあり手間がかかる
28	問題用紙の余白に途中計算など、考えたプロセスが書けないため（見直し用）

3.　今回、指示を受けて試験中にとった行動について、実施が難しかったこと、実施時に工夫したことがあれば教えてください。

試験中の行動に関する回答状況を表 ２３に示す。オンライン試験に関する意見としては、音声も監督する AI システムの場合に、静寂な環境づくりに苦労したという意見、AI の判定基準が分からないため不安に感じたという意見が多かった。また、不正行為の実行が難しい問題があるという意見や不正がしやすいと感じたという意見も数件あった。また、画面の遅延や動画のアップロードに関する遅延等のトラブルで混乱した意見も見受けられた。

表 ５７　**その他の理由**

件数	内容
15	計算用紙を使用してもいい場合、計算用紙の近くにテキストを置くことで、不正行為が行いやすいと感じました。

3	紙を用いて行う不正だったが､やり方をミスってしまった｡オンライン試験ならこのような不正も行えると感じた。
1	文章問題は協力して説くことが難しかった。
2	図や表を友人に説明するのに手間がかかりました。
10	カンニングメモをさりげなくカメラに見せる際、手の甲は簡単だったが手の平に書いたメモを見せるのは体勢的に少し難しかった。
14	工夫した点は、壁1つに紙を貼るのではなく、正面と左側と右側に紙を貼ったところ。
16	あらかじめ用意しておいたカンニングペーパーを使って不正行為を行いましたが、すぐ答えを打ち込むのではなく、なんとなく計算しているふりをしてからやるなどしました。また、全問解き終わった後、カンニングしたのだから間違いはないと分かってはいましたが、一応初めの設問ページに戻り見直しをするポーズを取っておきました。
17	替え玉受験の際に服装を同じにした。
18	暗号問題を協力者に伝えることができなかった
19	口元を隠したり、下を向いているタイミングで話すようにした
36	眼鏡着用と服の色をそろえて参加しました。難しかったことは特にありません。
9	カンニングをしようとすると、意外と動作に出るので、難しい。 また、カンニングしてなくても、メモと画面との間の目線の動き等でカンニング扱いされてしまうのではという不安もあった。
4	通常通り受けていても疑われることもあると思うので、できるだけ疑わしい行為はしないように心掛けました。
39	思考中、周りを見ないよう気を付けた。車などの外の音が影響しないか気になった。
40	個人情報を出すことに抵抗を感じる受験者は多いのではないかと思います。一方で自由に受験をできることが緊張感がなくなる気も致しました。
41	研修は2台のパソコンでテストしました。はじめ新しいＰＣでテストしましたがなぜか音声がひろいにくかった。PC の不良？かと思いますが調整してもダメでしたので別のＰＣでテスト、本番実施しました。 写真撮影で眼鏡をかけて撮影したところ、ブルーライトカットのせいか目がちゃんと映らず眼鏡を外した顔で登録しました。 不正行為はしないので、カメラもあまり意識していなかったせいか、気が付くとカメラから顔が外れていました。

42	午後のB試験はネット回線が途中で切れたり、プルダウンメニューが選択できず思うように試験が出来なかった。
43	操作が難しかった
44	AIがどこまで感知するのかわからないが、極力周りをみないよう注意した。
45	テスト実施にあたり手順がもう少しわかりやすいと良いと思いました。
46	メモで計算している動画が怪しまれないか不安だった。
47	午前の試験で、事前説明通りの画面が表示されずいきなり顔認証登録で試験が始まってしまい、本当に試験が反映されているのか心配になった。午後の試験もいまだアップロード中（10分ほどたっていますが）これも放っておいて大丈夫なものなのか心配です。
29	普通の人でしたが、どの程度動いても大丈夫なのか不安になった。
30	実施の際ログインがうまくいかず，開始が遅れてしまった。試験中に猫が入ってしまった。鳴いてしまった。
31	問題に対応する解答欄を見つけることが少し難しかったです。カメラが気になるといえば気になったのですが、極力意識しないようにしました。
32	途中で実施を押しても動かなかったので動揺した
33	通常の受験中、（前方にあれば）何気なく室内の時計を見るときがあると思うので、（不正行為だと認識されないように）意識して見ないようにすべきかなとふと思いました。
34	背後に物が映り込まないように気を付けた。物音がしない部屋作りに気を使った。
35	外の音を出さないようにするのが大変だった。
37	予期せず家のインターフォンがなってしまった
8	音を入れないのが難しい
13	キーボードの音を鳴らさずに打つことが難しかった。静音のキーボードであればもっと容易だったと思う。
21	検索なので簡単ではあったが、録画される緊張感と不正行為をしていなくともAIに不正と判断されるのは怖いので絶対に会場で試験を受けたい。
23	マイクがオンの場合イヤホンができないため完全に静かではないため自身で環境づくりをした。
5	気を付けたことは動画の視聴をしながらメモを取りテストにすんなり取り組めるようこころがけた
6	露骨にスマートフォンを使用した
7	パソコン内のカレンダーを用いた不正を実施致しました。

	①即答できる問題ではないため、不正は容易にできるが回答時間の早さや視線をチェックすれば見抜けると思いました。 ②計算は手間がかかりますがカレンダーから平日、休日を数えればできる問題。 カレンダーを見てそれぞれの日数を数える仕草をしてみました。
11	不正に関しては、指示を出す人の裁量が重要である為、瞬時に判断することが難しい。
12	午前の試験時、Excel 計算での不正解答役をした。指示書に詳細を書いて頂いたので安心して実証実験に臨むことができた。実施が難しいとは特に感じなかった。
20	web 検索するだけだったので、特に難しいことはなかった。
22	特に工夫することなく、自然体で試験を受けることができました。
24	部屋の背景に物が映り込まないようにするために片づけた
25	問題を読むのに集中していたら指示を忘れてしまいそうで少し心配だった。
26	試験中に時計を見るという指示であったが、時計は通常の試験でも見るので違和感があった。(結構ワザとやったけど、普通は時計を見るぐらいは気づかれないと思われる)
27	どのくらいの位置に時計を置いて、眺める行為をすればよかったか、画面近くの横に置いたのですが、もう少し遠目の壁にかかっているイメージのほうがよかったのか、少し迷いました。しかし、実施会場が自分の部屋というオンライン試験であれば、手元近くに時計があるというくらいのほうが適当であろうと判断して行いました。
28	普通に試験を受けてくださいという指示だったので、問題に集中して取り組みました。
38	2 試験とも通常の受験を指示されていたため特にありません
48	音の出ないイヤフォンをつけるのは気持ちがよくないため、つけたり外したりした。

4.　オンライン試験の不正行為のし易さについてご記入ください。

不正行為のし易さに関する回答状況を図 ２３に示す。回答 102 件のうち、「不正行為をしやすいと感じた」が 64 件、「意識しなかった」が 23 件、「不正行為をしづらいと感じた」が８件、「その他」が７件となっている。「その他」の回答の内訳を表 ２４に示す。その他の意見の大別として、不正行為がしやす

いというものが5件、AIの監視によって不正行為が難しくなるというものが2件であった。

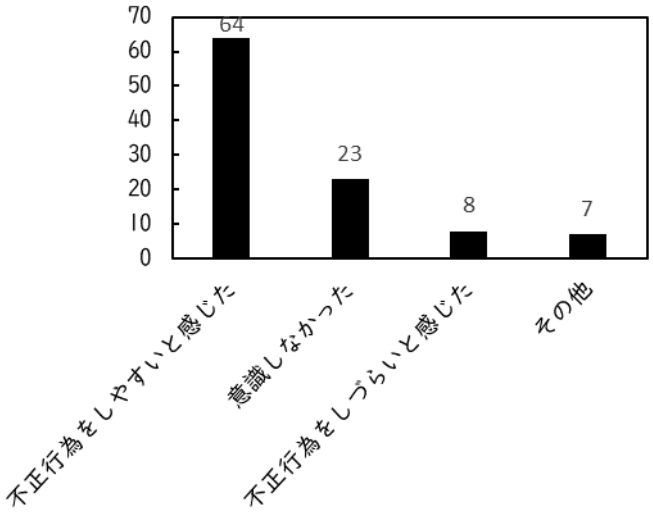


図 ２３　不正行為のし易さ（回答：102件）

表 ５８　**その他の理由**

件数	内容
1	録音されていると知らずに不正行為をするなら、とても簡単に感じると思う
2	手元が映っていないのでしやすいのかなと思いました。
3	その人の良心によって異なると思う。前方の壁にびっしりと張っておいて参考程度に眺めることはできると思うし、それはぼうっと頭を整理するようなことをしただけですと言えば通るような程度かもしれない。
4	暗記の試験でしたら、不正行為が出来ると思いました。
6	ＰＣの内臓カメラでの監視だけだと不正行為しやすいと感じました。
5	不審な行為をしたら即警告等入るのであれば、不正行為はしづらいと思います。
7	AIがどこまで感知するかによって、しやすくもしづらくもなると思う。

5.　オンライン試験で不正行為が行われる場合、不正行為がしやすいと思われる理由についてご記入ください。(複数選択可)

不正行為のし易さの理由の回答状況を図 ２４に示す。回答 271 件のうち、「カメラに死角があるため」が 86 件、「都合の良い環境を用意できるため」が 64 件、「監督者がいないため」が 51 件、「PC 画面を操作できるため」が 44 件、「音声が監視されないため（音声を監督しない試験システムの場合)」が 24 件、「その他」が 2 件となっている。「その他」の回答の内訳を表 ２５に示す。その他の意見は、大別するとスマホが利用できることが 2 件であった。

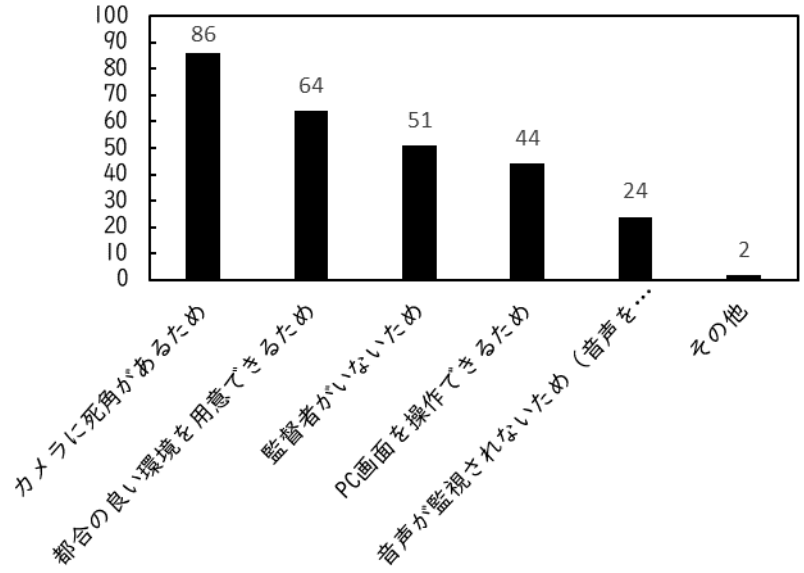


図 ２４　不正行為のし易さの理由（複数回答可）(回答：271 件)

表 ５９　**その他の理由**

件数	内容
1	試験監督による机上のチェックがないため、スマホ等が使用できる。
2	電卓や計算用筆記が可能なため，スマホを見るために下を向いても怪しくならない

6.　オンライン試験で不正行為が減少する場合、不正行為がしづらいと思われる理由についてご記入ください。(複数選択可)

オンライン試験で不正行為が減少する場合の要因に関する回答状況を図 ２５に示す。回答 114 件のうち、「カメラで録画されているため」が 92 件、「その他」が 22 件となっている。「その他」の回答の内訳を表 ２６に示す。その他の意見は、大別すると、監視の周知、警告、処分、監督者の顔出しによる抑止力によるという意見が多く、監視対象の拡大や操作、機材の管理によるという意見もあった。また問題数を増やす対策も示された。一方で、不正行為が減少するとは思えない又は減少するのは不正行為の発覚数ではないかとの意見もあった。

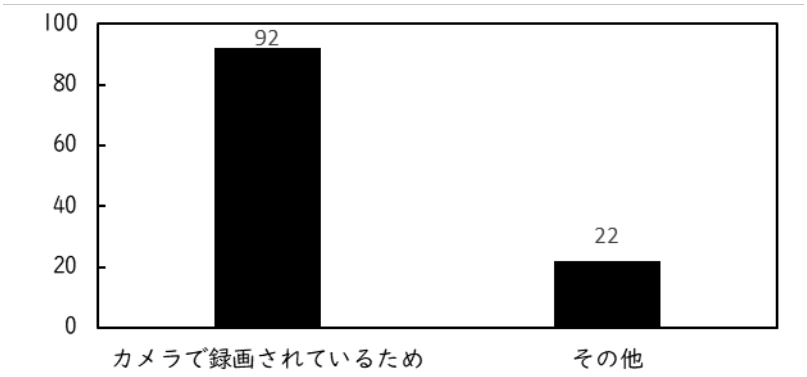


図 ２５　オンライン試験で不正行為が減少する場合の要因

表 ６０　**その他の理由**

件数	内容
1	録画や録音を AI で監視してる旨を試験前に表示して脅す
2	音声が監視されるため(音声を監督する試験システムの場合)
10	画面遷移ができないようにハックするか、タブレットを配布する
4	パソコンの画面も監視する。机の上も監視する。
5	問題が簡単で問題量が多い場合
12	常時監視者の顔があれば心理的圧力で減るかもしれない
14	不正を確認した場合は今後受験資格がなくなる、法的に処罰の可能性など、厳しい処罰があると減少すると思う。

15	全ての答えをカーソルで選ぶ問題にしたら良いと思います。キーボードを触らない。目線を変えない。
21	試験を実施する場所が大きく影響すると思う
19	カメラ録画だけだと監視されている感じがしない。試験監督が適度に声を掛けたり顔を出すと監視の精度が上がって不正行為がしづらくなると思う。
7	不正行為をする人が少なくなったのではなく、バレる不正行為が減っているのだと思う。
13	今のところ不正行為がしづらくなるとは思えない。
6	タイピングの音も録音されるため
3	”AI による監視がされている”という抑止力がある
8	スマートフォンなどで手元が動いていると、録画でわかるため不正行為はしづらい。
9	音声が録音されている場合
11	死角があること監視がより厳しいため
16	監視者からの警告
17	不正に関する注意点を動画、または音声だけでも流せると防止啓発になるのではないか
18	AI が監視してると思うと不正できないと錯覚してしまうから。
20	試験会場ではカンニングをしているのではなければ、周りの様子もうかがえるが、オンラインでは意図せぬことで不正を疑われるのでと思い、通常より気をつかう気がする。
22	AI 精度の向上

7.　オンライン試験の良かった点、改善が必要な点についてご記入ください。

試験中の行動に関する回答状況を表 ２７に示す。良かった点としては、移動がないことによる利便性の向上や交通機関の影響を気にしなくて済む点に関する言及が多くみられた。改善が必要な点としては、不正行為がしやすいことや不正行為を見極められない可能性に対する言及が多くみられた。また、他のオンライン試験において、試験を受ける机周りを撮影する方法があり、これを取り入れてはどうかという意見もあった。

表 ６１　**その他の理由**

件数	内容	
	良かった点	改善が必要な点
1	良かった点:自宅で受験ができる。	改善が必要な点:不正行為がカメラや音声での判別となるため、カメラの死角での不正行為が可能である点
2		録画、録音しているかを明記したほうがいい
3	カメラ・録音・試験画面の録画をすべて行うことでカンニングがよりしづらくなると感じた。	
4	移動に時間がかからない。	死角が多いこと。
5	自宅でできたことが良かったです。	
6	他人を気にせず受験できること。受験会場に行く手間を省けること。	
7	移動の手間がない。	カンニングが用意にできること。オンライン試験でふるいにかけるのは難しいのではないかと思った。やはり試験管がいないと監督するのは厳しそうである。
8		死角が多く作れてしまうため、その点の対策は必要だと感じた。
9	往復の手間がかからず、良かった	
10	自宅でできる点はとても便利で良かったです。	
11	移動がないため感染リスクがなくなる	録画されていることにより目線のやり場に困る（計算問題の時の計算メモを取っているのに目線が下になりパソコンの画面外でケータイをいじっているとおもわれてしまうのではないかなど）
12		カメラの死角がおおいため，挙動に気を付ければ不正ができてしまいそう。
13		不正行為を完全に防ぐのは難しいと思いました
14	移動をしなくていいため、交通費がかからない	

15	良い点 ・会場まで行くという手間を省ける ・問題と答案が同じページにあるため回答がしやすい。	改善点 ・受験者の事前のシステムへの理解度を高める必要がある(ポップアップの解除方法など) ・実際に不正はしてないけど不正に見えるようなことがある恐れがあり、確認が難航するの　ではないか
16	良かった点 ・自宅で受けられるためリラックスして受けられる ・忘れ物の心配がない	改善点： ・計算問題を解く際にPCの隣で紙にメモを取る行為とPCの隣でスマートフォンで検索する等のカンニング行為の区別ができないのではないか。 ・計算問題の答えを暗号文にする必要はないかと。その暗号分が次の問題につながるなら理解できるが、問1で完結しているため解の選択だけでいいのでは。 ・計算問題の表示の仕方。横幅を広げた方が見やすい。いちいちスクロールするのが手間
17	感染症拡大の観点からもオンライン試験はとても意味のあることだと思います（試験会場だけでなく会場まで足を運ぶ際のリスクも含めて)。	今回は不正行為をする役割ではなかったのですが、例えば試験中に複数ブラウザを開いてのカンニング行為などが出来るのではないかという懸念はあると思います。カンニングのしにくい（例えされたとしてもそれだけでは答えを導きにくい）問題作りの工夫も必要なのかもしれませんね。
18		メモ用紙に目を落とす動作と机の上のスマホに目を落とす動作が同じなので、不正はどうとでもできると思う。
19	自宅でできて便利	
20	良かった点は移動がなく手軽に受けることができること。受験者数の増加の一要因たりえると考えられる。	一方で、操作方法においては電子機器に疎い人には難しいと感じた。

21		画面操作やカメラの死角などを用いて不正行為をされてしまう可能性があるのと、メモを撮るために目線を移すときにカンニング判定されてしまうのではという不安を感じた。 画面ロックの機能や、可能であれば360度カメラの導入なども検討した方がよいと感じた。 オンラインと会場ではカンニングの仕方が変わるのではないかと感じた。
22	オンライン試験では、コロナ感染のリスクがないためその点は良かったと思う。	
23	操作が簡単で利便性が高く、感染予防にもなるので良かった。試験会場が遠くにしかない遠隔地に住む人などにも便利だと思う。	一方、明らかな不正行為を除き、画面外で行われる不正行為をどこまで見抜けるのかは少し疑問に感じた。 リアルタイムでも監督者がオンライン上で監督し、疑わしい行為や怪しい行為にはすぐに警告が出せたりすると不正行為が減少すると思った。
24	良かった点 カメラで撮影しているので不正がしにくいと感じた。	改善が必要な点 実際に監視している人の顔が、画面下に移っていれば不正をしにくくなるのではないかと感じました。
25	音声録音機能は不正を防ぐためには必要であると感じた。	
26	このご時世でオンラインを用いた試験が多く行われるようになってきた。とても便利で気軽に受験できるのがメリットであると思う。また、もっとそのようなオンライン試験が増えていけばといいと感じた。試験のログイン等操作の仕方は簡単だったので、スムーズに試験に臨むことができた。貴重な実証実験に参加させていただきありがとうございまし	初めてのオンライン受験で午前はExcel計算での不正行為をしたが、正直不正行為がしやすいと感じた。私の受験前のイメージでは不正行為をするとPCに何らかの通知が来るというイメージであった。受験者本人に不正行為をしたという通知がすぐにあれば、やってはいけないという危機感を持つのではないだろうか。また、私の家は狭く、すぐ隣に部屋が

	た。	あり小さい音でも聞こえてしまう環境なので、どのくらいの音で不正とみなされるのか、そこが不安だった。
27	・良かった点：会場に行かなくても試験が受けられる点。時代に適応している企業さんが実施しているのだなと感じることができる点。	・改善が必要な点：録画・録音された情報がいつ削除されるのか、削除されないのかが分からない点が不安（自分の顔や自室の状態まで記録されているため）。
28		カンニング発見の精度が疑問に思う。AIによりカンニングが行われていそうな人を発見した後に試験監督が直接見て判断することが必要になると感じる。 オンライン試験は録画されているところ以外はどのような環境であってもよいという特徴から不正行為を誘発させるとも考えられるため、試験開始直前に周りの環境を映し問題がないかチェックをするような仕組みがあるとよいのではないかと感じた（プライバシーの問題もあり難しいような気もするが）。
29		第1に、録画はあまりされたくないと感じた。見張ってると思うと、集中できない。
30	良かった点は移動をせず、自宅で試験が受けられる点と、周りに邪魔されず、集中できる点。	改善が必要な点は、カメラで録画しているとはいえ、机の高さなどによって、目線が下がったり、顔の半分が映らなくなったりして、不正がやりやすかったり、逆に不正をしていると勘違いされてしまう点。
31		実際にどのくらい不正を検挙できるのかはわからないので何とも言えないが、計算用紙に計算をしている際にも俯くときがあるので、少し不安に感じました。

32	家でできるので自由だった	
33	家から実施出来るのは便利でいいと思う	計算問題等はメモ用紙とキーボードを行き来しなくてはならず煩わしいと感じた。またカメラが受験者のみしか写せないためそれ以外の場所にカンニングペーパーを置いたりするなどの不正もしやすそうだと思った。
34	良かった点 移動の必要がないため、感染予防になる。	改善点 今の状況では、スマホで友達と連絡を取りながらテストを受けたり、参考書を簡単に見れると思う。また、計算用紙可とする時、カンニング用紙を準備することも可能だと考える。 カメラではどうしても死角ができてしまうため、対面のように公平にテストをすることは難しいのではないかと思います。 また、機械に慣れていない人にとっては、テスト(勉強)以外の不安要素になってしまい、本当の実力を出すことができるのか疑問に思います。
35	試験会場までの交通費もかからず、感染リスクも最小限に抑えることができるのは受験者にとって大きなメリットになると思います。	ですが、やはりカンニングなどの不正行為を試みる人たちが出てくるのが問題だと考えます。受験申し込み時や試験の冒頭などで、「不正行為が確認されたら、もう２度と試験を受けさせないぞ」というような強めの警告を入れられると、ちょっと躊躇するかもなと感じました。
36	今日のような大雪でも天候に左右されず平等に試験が受けられるのでいいと思った。	一方で、試験前にカメラで手元の確認をされることがなかったため、計算用紙とカンニングペーパーの判断がしづらく、不正行為も容易に行えるのではないかと感じた。
37	良かった点：試験前の説明がわかり	改善：午前の試験は見やすかった

	やすい。	が、午後の試験の問題のサイズが調節しづらく読みづらかった。
38	実際自宅等で受験が出来たら、楽だと感じました。	システムを立ち上げるまでの操作が難しく、試験前に焦ってしまった。
39	気持ちが楽に受けられるところは良いと感じた。	改善が必要な点については、カメラに視覚が発生し、会場試験よりも不正をしやすい環境であること。その点は改善ができるとオンライン試験は需要が増えると感じた。
40		音声の録音がない場合、口元を手で隠したり、口を開けずに話したりすると不正を暴きにくいのではないかと思いました。
41	自宅できる点が良かった	改善点は手元や PC 上で調べることが容易な点
42	移動が不要で良かった。	音声付き録画でペットが鳴かないかや他の家族がたてる音が入らないか不安で、音声なし録画のほうが良かった。
43	温度調整、他者の騒音に悩まされないのでイラつき、快適性は実地の試験よりも良かった。	改善点としては、カメラのミラーモードを選べるようにして欲しい。見慣れない自分の顔が映っていて気になってしまった。
44	私自身学生であり、一昨年からの 2 年間学校の試験は全てオンラインで実施されていたため、今回の試験は普段通りの自然体で受験することができました。オンライン試験は自宅で受験できるため直前まで試験勉強をすることがでるため利便性が高いと感じています。	一方で、オンライン試験は会場型試験に比べて不正行為が容易であるように感じています。先日大学入学共通テストでの不正行為がニュースで報じられていた通り会場型試験での不正が一切ないわけではないが、オンライン試験の不正行為対策には改善が必要であると思います。
45	良かった点は、交通費がかからないため気軽に受けられる。答えを選ぶ際や画面の切り替えなどクリック操作一つで済むので、選択や見直しがしやすい。	改善点は、カメラで録画されているため、不正行為とみなされないようにしなくてはという緊張感が少しあるが、やはり死角が多いため、不正行為をしやすいのではないかと感じた。パソコンやカメラなどの機器の

		準備が整っていなかったり、接続環境が悪い場所だと試験を受けづらいのではないかと思う。
46	利便性の高さ	
47	自宅で可能な分遠方の人でも受験が可能なことはいい点	ウェブカメラだけでは不正は検知されないし、他のウェブサイトを開けなくしたり、机の上に余計なものが置かれていないかの確認作業は必須だと感じる。
48	雪で行けないなどといった天候に左右されずに実施できることが良い点であると思いました。寒さ暑さも自分で調節できるので持ってる力が発揮できると思います。	左に表示されている映像が少し止まったりしているのが気になってちゃんと受けれているのかなと不安になることがありました。ラグなくもう少しスムーズな映像であれば安心して受けられるのではないかなと思います。
49	感染を気にしなくて良い・いい意味でリラックスして臨める	
50	本当に直前まで勉強できると思う、他の人が気になる人は集中しやすい環境に居られる、今日のような天候の悪い日に交通機関運行状況にかかわらず問題なく受けられる	
51	オンライン試験は会場に行かなくても家にいて受験でき、また流行り病がある時期でも気にせず受けられるのでとても便利だと思います。	カメラが固定な為不正行為はしやすい気がした。
52	交通面を考えると自宅でできるので良いと思った。	
53	慣れた環境で試験を受けることができる安心感は良いと感じました。	でも不正について、例えばキーボードなどに短い答えを書いてカンニングすることができたりしそうなので、使用するPC等を開始前にカメラに写してチェックしたりすればいいのかなと思いました。
54	天候の悪い日でも気軽に受講できるのは非常に良い。実施するにあた	ただ反面、不正は非常にしやすく、試験が個人のモラルに委ねられるの

	り、受験日を増やしたり、受験料を下げられるのであればなお良いと思います。	で、厳密な国家試験には向かない気がした。もしくは、多少不正されるのを前提にした、知識問題ではなく考える問題にするのが良いのではないかと感じた。
55		事前に手元をカメラですべて移してもらうLIVEを開始前に行えばさらに不正行為は減るのではないか。
56	とにかく試験会場まで行く負担が減るので、オンライン試験はありがたいです。	
57		カメラはどうしても死角が生じる為、不正を完全に防ぐのは難しいと思われます
58	自宅でできるので、利便性が良い。	ただ、個室とはいえ他の家族がいると音漏れしないか不安で落ち着かない。自分では回避できない、固定電話やインターホンがならないかなどの不安はある。 今回、午前中の試験は無事にできたが、午後の試験はテストでは画像が録画されたが、本番は待機中のままで録画されていなかった。(ご連絡済) マニュアルや動画の説明はとてもわかりやすくなっていた。
59	移動がないのはとても楽だと思う あんまり「撮られている」という意識はなかった。	緊張感はないので途中で集中力が切れやすいと思う。
60	オンラインのメリットは感染予防ができることと体調が多少悪くても試験が受けられることだと思いました。カメラで撮られているので試験中カメラが気になるかと思いましたが、試験に集中していたので全然気になりませんでした。	改善点は、手元がカメラに写っていないので(死角がある)計算問題(音のならない電卓) 暗記問題など不正行為がしやすいと思いました。 通信環境や静かな場所を確保できない方はオンライン受験は難しいと感じました。後、スクロールがちょっ

		と面倒だなと感じました。
61		ノートパソコンの場合、問題の映る範囲が狭くなる。録画表示は小さい方が不正しにくいかも。大きいとバレてないと確認が出来てしまう。
62	感染予防ができるのでオンライン試験で受験可能であれば選択したい。	カメラに映らない部分が多いので、記憶力が必要な試験については情報を容易に得られるので不正行為はしやすいと思う。
63	・良かった点 PC 環境さえ整っていれば、気軽に受けることができる。 天気、移動や服装など余計なことを気にせずに試験に集中できる。 それほど重要ではない試験の場合は、オンライン試験だと助かるかもしれません。	・会場で受けたほうが良いと思った点 手元でメモや計算をしたりする時など、PC 画面と手元を見比べることが手間に感じました。 （計算問題の場合は特に） 問題用紙が手元にあれば、自分のメモ用紙に書き写すのも楽ですし、問題用紙の図に直接書き込んだりもできる為、オンライン試験よりも問題を解くのにロスが少ないと思います。 ・改善点 どうしてもカメラに死角ができてしまうと思います。 暗記系の試験であれば簡単にカンニングができると思いました。 計算系の問題についても、死角にいる第三者に問いてもらうことが可能です。
64		受験者は監督の顔を見えるようになったら、緊張感が感じ、不正行為しづらくなると思います。
65		調べても解けないような記述式の問題などではさらに有効活用できるのではないかと思います。
66	会場への往復に体力を使わない点が良いと思います。	注力すべき点は、カメラに死角があるため監視者がしっかりと監視する

		必要はあると思います。
67	良い点：移動や密を避けられたこと、気温や室温の加減を自分好みにできること。	改善が必要な点：試験開始後に質問等ができないこと
68	リラックスして望める。天候に惑わされない	
69	自宅だと、天候に左右されず受験することができる点。	
70	良かった点、リラックスして受験できる。	録画されているカメラの範囲が狭い気がした
71	雪など、天気に左右されたり、遅延やストップなど、公共交通機関のことで心配が無いので良い。	
72	会場への移動時間が無い事と、本人確認作業の受付待ちが無いのは良かった。	改善はカメラの死角問題や機材・接続トラブルにどこまで迅速に対応でき、そこから試験を再開できるのか？試験画面以外に画面に表示が無いか（メモ機能とか）のチェックはできるのか？
73	感染予防対策としては良いと思います。	
74	移動が不要なこと、環境を自分で作れることは利点である	知識が必要なテストの場合、壁に答えを貼る等の細工は容易であるように感じられます。他試験では机上やぐるりと自分の周囲を撮影し試験官に見せる必要がある場合もあるので、そういったことも必要かなと思います。
75	特定の会場まで足を運ばなくてよいことが大きなメリット。地方在住者は歓迎だと思う。	
76		午後の試験は画面が小さくて、とてもやりにくかったです。
77	良かった点：落ち着いた環境で受験できる。他（人）のノイズが気にならない。	改善が必要な点：不正行為ができやすい（ように思える）。何か発生したときに誰にどうやって聞くのか？わからない。

78	「後で見直す」のチェック機能は有効的だと思った。とても、助かった。 1問目の解答欄が問題文中の当てはめるものと連携していると良かった（楽しめた）。 天候や試験会場までの時間、費用、アクセス、遅れないよう早めに到着したり、コロナ渦の対策等のストレスが無く受験できるのはやはりとても良かった。 テストがスタートしてからは思っていた以上に操作が分かりやすくスムーズに進められた。 戸惑いましたが説明動画も分かりやすく安心して受けることができた。 ありがとうございました。	不正をしようと思っていなくても、何が机上にあってもいいのか、何が不正なのか、何が映れば不正なのか、チェック項目が事前にあれば安心できると思った。
79	良い点：試験会場への移動がない。緊張しない。	改善点：監視されていることを実感させること。操作に不慣れな人へのオンライン模擬テストを行うこと。
80		午後からの試験が終了した後に動画のアップロードにとても時間が掛かりました。進捗がどの程度なのか、或いはトラブルが発生しているのか分からずに不安なので進捗度が確認できると良いと思います。
81		お電話で相談を差し上げました。午後の試験終了後、動画をアップロードする画面のまま30分以上、PCが動かないという場面があり強制終了しました。トラブルが起こった際の対処が不安に感じました。
82	感染予防としてオンラインはすごく魅力的だと思う	簡単に不正（カンニング）ができるのではないかと思う。 カメラで顔と手元を写さなければ難しいと思うし、パソコン周辺にカンニングのメモ等が用意されていたら

		それは不正を防げないのではないかと思う。 カメラで録画されていようと不正をする人はするでしょうし、普及してくると便利だと思うが、公平さに欠けるのではないかと思ってしまった。
83	良かった点：試験会場への移動時間もなく、本日の雪のような天候でも受験できる。	改善点：全体を監視するカメラもしくは工夫が必要かなと感じました。
84	良かった点　わざわざ会場にまで行かなくてよい	改善点　この方法ではどう工夫しても不正はできると思った
85	天気災害や交通機関の事情に左右されないため、受験のしやすさがあった	
86		午験の試験のネット環境に問題があったのか試験が思うように進みませでした。残念です。今後さらに改良されたらオンライン試験は可能と思います。貴重な経験ありがとうございました。
87	天候にも左右されず、感染リスクもなく、集中できるのは、よかったと思います。	周りの環境は映らないので、不正行為はしやすいと感じました。
88	時間短縮できる。	操作が苦手な人には難しいと思う。
89	ツールが良ければ利便性が高く優れていると思う。	一方改善点は、操作を誤ると試験に失敗し不合格になる恐れがあること。 以下は今回の私の操作ミスの内容です。 Ⅰ．試験Ａ　動作環境チェック後、マイページの試験開始の画面に戻れず、スマホで「試験Ａログイン時の注意事項等」を確認し再度ログインして受験、そのまま動画を流して音声が流れているのを忘れて試験を受けてしまった。

		２．試験Ｂ　試験開始の画面まで進まず、再度ログインしてやり直したら、実施済になっていた。
90	感染の心配がない。緊張しにくい。	どうしても死角は生まれると思うので、知識を問う問題には向かないかと思う。
91	オンラインでは、計算問題は問題をメモに書き写す手間があり、通常より時間がかかる。	また、即答できるようなものは、もしかしたらカンニングしやすいかもしれない。試験会場は行く手間があるし、近くに座った人の動向が気になり集中力に欠ける時もあるが、私は、試験会場を選択したい。
92		試験のウィンドウがログイン後に別ウィンドウを開き全画面表示固定になるようにしてあれば、前もって開いておいた計算式のタブやガスに関するタブなどを使う事ができないので不正行為がよりし辛くなるのではないかと思う。 試験終了ボタンをクリックするとウィンドウを閉じて元のブラウザ画面に戻るように設定してあれば良いのではないかと思う。
93	コロナ感染予防、天候に左右されない（本日降雪あり）	
94	良かった点：時間の管理ができる、解答の進捗状況がわかる、前の問題に戻りやすい、見直しのチェックが付けられる	改善してほしい点：計算問題のメモ欄がない、画面サイズにもよるがスクロールしないと問題全体が読めない
95	良：慣れた環境で、落ち着いて受験できる。	要改善：(午後)原因不明ですが試験開始のページに進めず、ご指示で受験しませんでした。システムの問題か、私の PC の問題か判りませんが、まだまだ実証実験が必要かと思いました。
96		手元、カメラの後ろが見えないため監視できない。

97	移動がない点が良い	
98	コロナ禍なので集合体で会場で試験を受ける行為が不安、また今日のように天気が悪い時でも出向かず自宅で試験を受けれる点が良いと思った。	最低限音が入らないよう工夫していたが騒音がある地域(自衛隊基地が近くにあるため随時ヘリコプターが飛び交ている)なので失格にならないか不安であった。
99		録画でどの部分を重視しているかわかりませんが、手元、パソコン周りの環境も監視が必要なのかと感じました。
100		実際に受けてみると、メモができないと解答が難しい場合もあり、可能であればテキストを入力できる仕組みがあれば良いと思いました。
101	良かった点は、会場に出向かず自宅で受験できること。	改善点は、画面から視線を外すことなく（カメラには正常に映りながら）別のウインドウを立ち上げて検索および関数電卓画面等を使用し不正ができること。

（3） 考察

今回、100 人（最大解析数 96 人）の不正＆正常な人のデータを元に AI システムを用いてカンニング判断を行った。概ね、不正行為をしている場合においては、正確に異常を捉えており、その点については信用できると考えられる。しかし、あくまで動画記録の範囲であり、この結果をもって不正と断定できるかどうかは難しい部分がある。また、今回検知数が多くなった理由として、試験中に下を向くなどすることで顔がカメラから外れたり、目線が正面以外を追うことがあげられるため、解決には受験者が証明写真の様に顔全体と肩から腕まで映る形で受験する必要があるが、最大限カメラに正しく記録させることが出来たとしても、画面外で行われた行為を断定出来ない点に AI システムの一つの限界がある。これはカメラを二つ用意するなどして、横からの撮影を行い、二つの動画から AI 判定を行う事などで精度を上げることで改善が期待できる。その他、今回行われた試験画面内での不正行為については、モニタを録画してＡＩ判定を行い、ブラウザ検索や計算ツール等を使用していないかを確認することや、音声を判定していない AI システムについては、

音声についても判定を行い二人以上の声が聞こえること等を不正行為と扱う等でAI判定のパターンを広げる事で、より精度の高い不正行為の監督が可能になるのではないかと思われる。

次に、運営上の課題としては、不正行為をしていない場合の場合の検知が不正行為の検知と比べて多い事が判定の大きな障害となった。これは、不正行為も疑わしい動きも全て検知しその部分だけ確認して判断するという製品趣旨から考えると妥当な結果と考えることができるものの、検知数が多すぎることで使いづらいものとなってしまっている。また、受験者対応の面では、ログインが出来ても試験画面に進めない者や試験が終了しても動画をアップロードできない者等がおり、試験中のトラブル対応については、実際に画面操作を案内したり、AIシステムの提供会社へ問い合わせたりする必要があり、電話回線の専有や１件当たりの対応時間が長いために、試験開始時に集中する問い合わせに対応することが難しいと考えられる。

ＩＢＴ形式による検定試験が従来のＰＢＴ形式と同等の機能を有するためには、受講者の正当な受験環境を維持しつつ、主催者が当該受験環境を十分に監督できることが求められる。前者は、受講者に検定試験中に検定試験以外の作業負担を強いないこと、後者は、主催者が検定試験を健全に実施するために不正行為を防止することが主な焦点となる。以下では、これらを踏まえた検定試験の実施が技術的に可能であるかについて実証した結果を取りまとめた。

今回は、事前に受験生に対して説明の機会を設けて実証を行ったが、事前準備の段階で数名が受験不可能と判断して辞退をする場面があり、事前の受講環境チェックを行った受験者であっても、当日にログインができない、試験中の動画がシステムにアップロードできない等の不具合の連絡が複数あった。また、この中にはシステム側も把握していないエラーも含まれており、検定試験以外の要素での混乱が発生した。また、この対応は、実際に画面を操作しながら説明したり、システム会社に問い合わせを行う必要があり、試験時間の中でこれらに対応をするのは困難を極めた。

一方で、不正行為等の監督については、不正行為の検知はある程度行えているが、F値が著しく低いことから、ひたすらに疑わしき場面を提示している結果とみなせる。このことから当初予定していた場面確認を大幅に上回る検知数があり、確認する事務局側の負担も相当に上昇した。

また、擬陽性も少なくない数あり、これは受験生に対して大きな不利益となるため、この点はAIシステムを本格導入するための大きな障害となる。

現状は人の手による再確認が必須となり、これもカメラの視野角に確認が制限されているため、IBTの単独活用は難しく、現段階では人の監督をさらに加えたCBT

形式に期待をしたい。

なお、不正行為の先行研究として我が国における大学生 274 名を対象とした不正行為の傾向を分析したものがあり、これによると、潜在的な不正行為層は 60.2%（経験 36.1%、未遂 24.1）であると報告している。また、実行が計画された不正行為の手法として、カンニングペーパー32.2%、書き込み 24.0%、わき見 22.9%としている[26]。一方で、オンライン試験においては不正行為の敷居が低くなることが指摘され、米国における大学生 385 名を対象とした調査では、オンライン試験における不正行為が容易と回答した学生は 74%、実際に不正を行った学生は 29%と報告している[27]。

他方、システム提供事業者からの情報提供において、オンライン試験における不正行為はカメラによる常時監視行為による抑止力が働いているという、最近のオンライン試験における利用者からの声として紹介されている。

この点、今回の受験者に聞き取ったところ、カメラによる監視には一定の心理的な効果が認められる者の、カメラの死角が不正のしやすさにつながっているとの指摘も多く聞こえた。

AI システムⅠによる不正監督は、目の動きだけではなく、腕を動かしてその腕の先を目が追っている場合等の動作の一連を不正行為として捉える仕組みとなっており、スマートフォンや書籍についての物質も不正行為として学習しており、画面内に映ると不正判定を高くする仕組みとなっているものの、誤判定が目立ち、まだまだ発展途上の評価を与えざるを得ない。今後は、人の監督を加えた現実的な運用を踏まえたモデルを構築が必要となる。

３．３　非集合型教育の教材の具体例の作成について

（Ⅰ）オンライン配信を想定した効果的な学習教材の作成

イ．動機器のアニメーション等作成による動作機構の効果的な説明

法の法定講習には、高圧装置に関する内容があり、バルブや圧縮機、ポンプといった動作機器については、機器の動きを理解することが重要になる。資格講習では、高圧装置についてこれから学習する者を前提とした教材を作成する必要があり、高圧設備に関する知識に乏しい者がテキストに記載された機器図面を読み取り、動作状態を想像するには努力を要した。一方、動画やアニメーションとい

---

[26] 藤本貴之,大学生のカンニング不正行為の傾向分析とその抑止のシステムの提案，情報処理学会研究報告,情報システムと社会環境研究報告 107，17-22，2009.

[27] KING，D. L.，E-cheating: incidence and trends among college students，Issues in Information Systems，15(1)，20-27,2014.

ATOUM，Y.，Automated online exam proctoring，IEEETransaction on Multimedia,19(7),1609-1624,2015

った動きのある表現には、動画等の再生が必要であり、また効果的に使用するためには、複数回の視聴を前提にする必要があった。非集合型でオンライン（オンデマンド）形式を想定した場合には、この問題が解消されるため、これまで以上に分かり易い教材の提供が期待できるため、一部の動作を伴う機器やアニメーションが効果的と考えられる図表については、ＣＧ、２Ｄアニメーション等の作成を行った。

ロ．現場写真の活用による機器の繋がり等の把握

法で定める技術基準や高圧装置は、それ単体についての理解が重要であるが、事業所の環境や周囲の設備との相互関係と併せて学習することで知識的な繋がりを有したより効果的な教育となることから、可能な範囲で実際の設備写真等を一緒に見せられるよう写真等の収集を行い、オンライン形式による動画配信を想定した教材に取り込んだ。

（２）非集合型教育の教材の具体例の作成

（１）の効果的な教育の工夫を基に、法定講習で用いる補助教材の具体例を、甲種化学講習、甲種機械講習、第一種冷凍機械講習、丙種化学液石講習、第一種販売講習、第二種販売講習、高圧ガス製造保安企画推進員講習、高圧ガス製造保安主任者講習について作成した[28]。

[28] 付録書Ｄ

４　まとめ

本報告書では、①非集合型教育によるグループ討議等のあり方の検討、②非集合型の法定講習における本人確認、不正行為等防止対策技術等の検証、③非集合型教育の教材の具体例の作成に関して検討することを通じ、第一に一部の講習内にて位置付けられているグループ討議について、様々な業務環境を有する主体間で交わされる議論を、非集合型（オンライン）で実施するにあたり実施方法上の実現性において実証結果などを基に、今回実証を行った 2 方式の評価、主な課題等を整理した。第二に、検定試験における本人確認、不正行為の防止技術について、健全性の確保という最終目標と利便性の向上、事務の合理化といった付加価値との関係からどのように組み合わせることが可能か、また、何らかの支障や課題が生じる部分については、どのような対策や検討が必要であるかを取りまとめた。その他、効果的なオンライン講習の実現のために写真や視聴覚資料を活用した具体的な講習教材の一例の製作を行った。以下では、検討の結果を総括する。

今回、①非集合型教育によるグループ討議等の在り方の検討を行うため、Ｗｅｂ会議システムを利用した「リアルタイム方式」とＬＭＳ内の掲示板機能を利用した「非リアルタイム方式」の 2 つの方式で実証を行った。

「リアルタイム方式」及び「非リアルタイム方式」とも、集合型でのグループ討議と同様の、提示された共通のテーマに対し各人の意見出し、これを踏まえたグループでの討議及び成果発表については、両方式におけるシステムの運用、使用などに大きな問題が生じることなく行うことができた。

一方、討議参加者のアンケート結果からは両方式の評価に明らかな差があった。集合型による方式も含めた中で、リアルタイム方式が非常に高く評価され、非リアルタイム方式は低い評価となった。

上記の評価は別として、今回の実証におけるリアルタイム及び非リアルタイムの両方式について、実証の設定に関係した主な課題等を整理すると次のとおりである。

イ．リアルタイム方式

・事前課題を事前に収集、討議者に展開し、かつ、各討議者からの質問等も事前に集めておくことなどによりグループ討議が進みやすくなる。

・時間（実討議時間約 60 分）が短い。

・フリートークの時間を設けるべき。

ロ．非リアルタイム方式

・実施期間（3 日）は長い。実作業は別として、拘束される時間が長く感じ高負荷となる。

・一定時間拘束し、チャット方式で討議した方が良い。

ハ．リアルタイム及び非リアルタイム方式共通事項など

・業界内での横のつながり（人脈づくり）、印象に残る情報入手という点では、集合型教育（対面）の方が望ましい。

なお、今回の実証参加者はいずれも本実証の趣旨に賛同し、その高い意識の下に実証に臨んでおり、また、参加者の殆どが高圧ガス保安の実務に係る経験豊富な保安企画推進員及び保安主任者クラスの方であった。実際の義務講習の対象者には、保安企画推進員及び保安主任者に加え、法定資格者としての経験年数が比較的浅い方も多数いる保安係員もその対象となっていることから、今回の実証結果を保安係員クラスに当てはめた場合、どの様に評価するかという課題が残った。

また、従来の集合型の講習におけるグループ討議を通じた人脈づくりが保安推進の支えとなっている面があり、この様な講習の副次効果が重要であったと指摘する実証参加者の声を踏まえ、非集合型において、集合型（実対面）と同様の満足感を得るための方策については解決すべき重要な課題と考える。

最後に、今回の実証において、非集合型によるグループ討議が実現可能であると評価されたことに加え、課題や改善点などを確認することができた。今後、非集合型でのグループ討議の在り方について、事業者も交え詳細をさらに検討していき、集合型と同等、かつ、事業者の利便性の向上も踏まえた意義あるグループ討議の具体的実施方法をとりまとめる必要がある。

次に、IBT 形式と AI システムを組み合わせた本人確認技術については、本人性は公的身分証明証との照合により行われるが、これには公的身分証明証は氏名、住所、年齢、個人番号等の個人情報の提供を受験者に強いる内容となるため、個人情報の取り扱いを試験システムの提供者に対しても厳格に求めなくてはならない。本実証では、これを踏まえて最低限の人員で本人の免許証を用いた認証を試みたが、この認証に失敗しており、試験システムも認証の失敗を前提とした仕様がとられていることから、試験直前の認証失敗に係る混乱やその実効性に照らせば、安定性の観点から公的身分証明証を用いた本人性の確認は現段階では時期尚早ではないかと考えられる。しかし、これにより IBT 形式の場合に本人確認を不要とすることについては、PBT 形式において実施している本人確認との整合が取れず、また、資格取得を試みる者本人が受験するという試験の前提に触れる部分の確認を不要とすることとなり、試験運営の健全性を害する可能性がある。本人確認に求める厳格さと方法についての優劣の判断は現時点で行う事ができないが、受験者の成り代わりが発生することはあり得るため、仮に本人確認を設けないこととすると、そのような不正があるときに、その受験は当然に無効であり、受験者に対して適切な措置をとる必要があるところ、その根拠を示すことができないことが問題となる。PBT 形式では受験者本人が写真を貼付した受講

票を元に本人確認を実施していることから、最低限記録として本人の画像を保存し、その後の同一性の確認を持って本人確認とすることでも現状と同等であり、また、不正行為時には事後的に取り消されるおそれがあるという心理的な枷を残すことにも意義があると考えられる。

対して不正行為等の防止技術については、実務上、カメラで撮影した正面からのバストアップの動画からは不正行為者を認識している状況においても不正行為と断定することが困難であることを踏まえると、検定試験時に、構造上、不正行為を行っている者を AI システムを用いた後日の確認によってのみ監督することについては限界があると考えられ、少なくとも受験者の全体像、手元、モニタの表示内容を監督する方法を設けることにより、受験者がカメラの視野角外で行う監督者が把握できない内容の不正行為と疑わしい行動を把握する必要性が高いと考えられる。

新しい技術の利用には、利便性の向上とともに、新たなリスクが伴うことが多く、本実証ではカメラの視野角に監督範囲が限定されることで、不正行為の見逃しが発生する点が一つの課題となる。この点、広視野角のカメラを用いて、受験者の顔、手元、モニタの表示内容を監督するシステムは確認されており、当該システムは 360°の視野角又は任意の角度（当該システムでは横角度から顔、手元、PC 画面が映る画角で運用）からの監督が可能であることを不正行為等の監督における利点として、人による判定の作業量の膨大さを指摘する一方、監督の非連続性や記録の瞬間を受験者に対して不透明とすることで、その運用に伴う監督実現性や不正行為への抑止力を獲得している。こうしたシステムと AI 学習を組み合わせることで、本実証における課題の解決や受験記録の確認作業の増大に歯止めをかけることも期待される。

なお、AI を活用した試験監督の仕組みは、まだ発展途上であり、現在は不正の可能性の検出までは可能であるが、不正行為としての確証が得られない状況であり、AI を活用した試験監督を踏まえた運用の仕組みを構築できた場合、一定の機械的な処理が可能なオンライン試験システムが活躍する可能性がある。今後、AI が果たす役割が一段と大きくなる可能性は高く、その活用に伴う方法の検証や技術的な問題は、検討すべき重要なテーマの 1 つであり、こうした検討を今後も続けていくことが重要である。

付録書Ａ

参考Ａ－Ⅰ　事前準備シートＡ

グループ討議（リアルタイム方式_Web 会議システム）

事前準備シート

以下のシートを用い、グループ討議が円滑かつ効果的なものとなるようにご準備ください。

自己紹介	
会社名	
氏名	
自職場での所属や経験	（例：石油化学・石油精製・一般化学・充填所・環境保安・運転・設備管理など）
法定資格者としての位置づけ又は経験	（例：企画推進員・保安主任者・保安係員など）
本日の役割	事前に、事務局より指定された役割を指します。 □リーダー(司会)　□書記　□発表係　□意見係

今回のテーマについて	
【テーマ：技術の伝承について】	
自職場での課題	
方策 （ご自身の考え）	（現在、取り組んでいるものや想定している方法など）
想定する改善効果	（課題に対し、方策を実施した際、あるいはした場合の改善効果など）

他者の意見が 欲しい点	

参考Ａ－２　成果報告シートＡ

グループ討議（リアルタイム方式_Web 会議システム）

成果報告シート

以下のシートを用い、グループ討議の結果報告をするためにご活用ください。
各職場での課題をそれぞれ共有した後、そのなかで１つの課題あるいは共通的な課題を取り上げ、議論してください

グループ情報			
グループ番号	事前に、事務局より指定された番号を指します。		
メンバー			

成果報告シート	
【テーマ：技術の伝承について】	
取り上げた課題	
方策 （グループの考え）	（現在、取り組んでいるものや想定している方法など）
想定する改善効果	（課題に対し、方策を実施した際、あるいはした場合の改善効果など）
グループ内での意見	

まとめ	

参考Ａ－３　事前準備シートＢ

グループ討議（非リアルタイム方式_掲示版機能）

事前準備シート

以下のシートを用い、グループ討議が円滑かつ効果的なものとなるようにご準備ください。

自己紹介	
会社名	
氏名	
自職場での所属や経験	（例：石油化学・石油精製・一般化学・充填所・環境保安・運転・設備管理など）
法定資格者としての位置づけ又は経験	（例：企画推進員・保安主任者・保安係員など）
本日の役割	事前に、事務局より指定された役割を指します。 □リーダー(司会)　　□成果まとめ係　　□意見係

今回のテーマについて	
【テーマ：保安教育訓練（自然災害発生時(地震等)の対応）について】	
自職場での課題	
方策 （ご自身の考え）	（現在、取り組んでいるものや想定している方法など）
想定する改善効果	(課題に対し、方策を実施した際、あるいはした場合の改善効果など)

他者の意見が 欲しい点	

参考Ａ－４　成果報告シートＢ

グループ討議（非リアルタイム方式_掲示版機能）

成果報告シート

以下のシートを用い、グループ討議の結果報告をするためにご活用ください。
各職場での課題をそれぞれ共有した後、そのなかで１つの課題あるいは共通的な課題を取り上げ、議論してください

グループ情報			
グループ番号	事前に、事務局より指定された番号を指します。		
メンバー			

成果報告シート	
【テーマ：保安教育訓練（自然災害発生時(地震等)の対応）について】	
取り上げた課題	
方策 （グループの考え）	（現在、取り組んでいるものや想定している方法など）
想定する改善効果	（課題に対し、方策を実施した際、あるいはした場合の改善効果など）
グループ内での意見	

まとめ	

参考Ａ－５　アンケート（討議者用）

グループ討議後のアンケート（討議者用）

高圧ｶﾞｽ保安協会

以下、ご回答のほどよろしくお願いいたします。選択肢の回答には赤字変更を、記述式の回答欄には記述をお願いいたします。

【回答者氏名：　　】

A. リアルタイム（Web 会議ツール）でのグループ討議の方式について

問１　集合型での実施と比較していかがでしたか。

①満足　②　少し満足　③　少し不満　④　不満

問２　人数について、いかがでしたか。

①多い　②　適当　③　少ない

問３　グループ討議の時間について、いかがでしたか。

①長い　②　適当　③　短い

問４　グループ討議の場で積極的に発言できましたか。

①発言できた　②少し発言できた　③あまり発言できなかった　④　発言できなかった

問５　講師もしくは事務局の進行、問いかけ等は討議の活性化に役立ちましたか。

①役だった　②少し役立った　③あまり役立たなかった　④役立たなかった

問６　上の問について、具体的に良かった点、悪かった点をお聞かせください。

問７ Web 会議ツールの利用方法はいかがでしたか。

① 理解できた　② 少し理解できた　③ あまり理解できなかった　④ 理解できなかった

問８ Web 会議ツールの機能で利用したものはありますか。（複数回答可）

① 画面共有機能　② リアクション機能（顔ﾏｰｸなど）　③ チャット機能　④　利用しなかった

問９　Web 会議ツールのグループ討議で良かった点をお聞かせください。（運営面、ｼｽﾃﾑ面など）

問１０　Web 会議ツールのグループ討議で改善すべき点をお聞かせください。（運営面、ｼｽﾃﾑ面など）

B. 非リアルタイム（掲示板ツール）でのグループ討議の方式について

問１１ 集合型での実施と比較していかがでしたか。

① 満足　② 少し満足　③ 少し不満　④ 不満

問１２ 人数について、いかがでしたか。

① 多い　② 適当　③ 少ない

問１３ グループ討議の期間について、いかがでしたか。

① 長い　② 適当　③ 短い

問１４　グループ討議の場で積極的に発言できましたか。

① 発言できた　② 少し発言できた　③ あまり発言できなかった　④ 発言できなかった

問１５　講師もしくは事務局の進行、問いかけ等は討議の活性化に役立ちましたか。

① 役だった　② 少し役立った　③ あまり役立たなかった　④ 役立たなかった

問１６　上の問について、具体的に良かった点、悪かった点をお聞かせください。

問１７ 掲示板ツールの利用方法はいかがでしたか。

① 理解できた　② 少し理解できた　③ あまり理解できなかった　④ 理解できなかった

問１８ 掲示板ツールの機能で利用したものはありますか。

① ファイル添付機能　② 利用しなかった

問１９　掲示板ツールのグループ討議で良かった点をお聞かせください。（運営面、ｼｽﾃﾑ面など）

問２０　掲示板ツールのグループ討議で改善すべき点をお聞かせください。（運営面、ｼｽﾃﾑ面など）

C. グループ討議全体について

問２１ 以下の方式の中で最も優れていたと感じる方式はどれですか

① Web 会議ツール　② 掲示板ツール　③ 集合型（以前の経験と比較して）

問２２　上の問について、回答した理由をお聞かせください。

問２３　以下の方式の中で最も劣っていたと感じる方式はどれですか

①Web 会議ツール　　②　掲示板ツール　　③　集合型（以前の経験と比較して）

問２４　上の問について、回答した理由をお聞かせください。

問２５ その他（自由に意見をご記入ください。）

以上

ご協力いただきまして誠にありがとうございます。

参考Ａ－６　アンケート（講師用）

グループ討議後のアンケート（講師用）

高圧ｶﾞｽ保安協会

以下、ご回答のほどよろしくお願いいたします。選択肢の回答には赤字変更を、記述式の回答欄には記述をお願いいたします。

【回答者氏名：　　】

A. Web 会議ツールを用いたグループ討議の方式について

問１　集合型での実施と比較していかがでしたか。

①満足　②　少し満足　③　少し不満　④　不満

問２　人数について、いかがでしたか。

①多い　②　適当　③　少ない

問３　グループ討議の時間について、いかがでしたか。

①長い　②　適当　③　短い

問４　討議を活性化させることについて、いかがでしたか。

①容易だった　②少し容易だった　③少し困難だった　④　困難だった

問５　Web 会議ツールの利用方法はいかがでしたか。

①理解できた　②少し理解できた　③あまり理解できなかった　④理解できなかった

問６　Web 会議ツールの機能で利用したものはありますか。（複数回答可）

①画面共有機能　②リアクション機能（顔ﾏｰｸなど）　③チャット機能　④　利用しなかった

問７　Web 会議ツールのグループ討議で良かった点をお聞かせください。（運営面、ｼｽﾃﾑ面など）

問８　Web 会議ツールのグループ討議で改善すべき点をお聞かせください。（運営面、ｼｽﾃﾑ面など）

B. 掲示板ツールを用いたグループ討議の方式について

問９ 集合型での実施と比較していかがでしたか。

① 満足　② 少し満足　③ 少し不満　④ 不満

問１０ 人数について、いかがでしたか。

① 多い　② 適当　③ 少ない

問１１ グループ討議の期間について、いかがでしたか。

① 長い　② 適当　③ 短い

問１２　討議を活性化させることについて、いかがでしたか。

① 容易だった　② 少し容易だった　③ 少し困難だった　④ 困難だった

問１３ 掲示板ツールの利用方法はいかがでしたか。

① 理解できた　② 少し理解できた　③ あまり理解できなかった　④ 理解できなかった

問１４ 掲示板ツールの機能で利用したものはありますか。

① ファイル添付機能　② 利用しなかった

問１５　掲示板ツールのグループ討議で良かった点をお聞かせください。（運営面、ｼｽﾃﾑ面など）

問１６　掲示板ツールのグループ討議で改善すべき点をお聞かせください。（運営面、ｼｽﾃﾑ面など）

C. グループ討議全体について

問１７ 以下の方式の中で最も優れていたと感じる方式はどれですか

① Web 会議ツール　② 掲示板ツール　③ 集合型

問１８ 上の問について、回答した理由をお聞かせください。

問１９ 以下の方式の中で最も劣っていたと感じる方式はどれですか

① Web 会議ツール　② 掲示板ツール　③ 集合型

問２０ 上の問について、回答した理由をお聞かせください。

問２１ その他（自由に意見をご記入ください。）

以上

ご協力いただきまして誠にありがとうございます。

付録書Ｂ

参考Ｂ－Ｉ　試験問題（ＡＩシステムＩ）

高 圧 ガ ス 保 安 協 会

非集合型の法定講習における本人確認、
不正行為等防止対策技術等の検証試験
検 定 問 題

検定日時：令和 ４ 年２月１０日
１１時００分 ～ １２時００分

＜問１＞

問題と暗号表を用いて、以下の暗号文を完成させなさい。

【暗号文】

①	②	③	④	⑤
A	B	C	D	E

		⑥	⑦	⑧		⑨
A	E	F	G	H	G	I

				⑩
A	E	F	G	J

【問題】

A： $5a(a-4)-3a(6-2a)$

B： $7b-\{-5a-(b-4a)\}$

C： $4x-\dfrac{2x+6}{3}=2(x-3)$

D： $4.5x-14=1-0.5(x-3)$

E： $(4-\sqrt{2})(4+\sqrt{2})-(2-\sqrt{3})^2$

F： $2a^2b\times 6b^2\div(-2ab)^2$

G： $(-3a)^2\times 2b\div\dfrac{6}{7}ab$

H： $(x-1):14=6:7$

I： $(-3)^2\times(-2)+(-0.2)^2\times 10^3$

J： $\left(\dfrac{1}{2}-\dfrac{5}{6}\right)-\left(-\dfrac{5}{6}-\dfrac{3}{8}\right)$

【暗号表】や、ゆ、よ、つは拗音、促音として使用可能

回答	0	$\dfrac{33}{10}$	$\dfrac{27}{10}$	-22	$-a^2-38a$	$11a^2-18a-4$	4	$-3ab$

暗号	あ	よ	る	と	こ	ほ	ま	め

回答	$\frac{52}{3}$	$9a+8b$	$-6ab$	22	$21a^3b^2$	$7+4\sqrt{3}$	$11a^2-38a$
暗号	た	ば	け	を	ち	う	そ

回答	-6	$a+8b$	$\frac{23}{8}$	$-7a$	13	3	$21a$	$9a+6b$
暗号	ね	な	ご	き	が	で	い	さ

回答	$7-4\sqrt{3}$	$\frac{7}{8}$	$7+2\sqrt{3}$	$3b$	-3	$\frac{1}{8}$	382
暗号	く	し	か	て	え	も	は

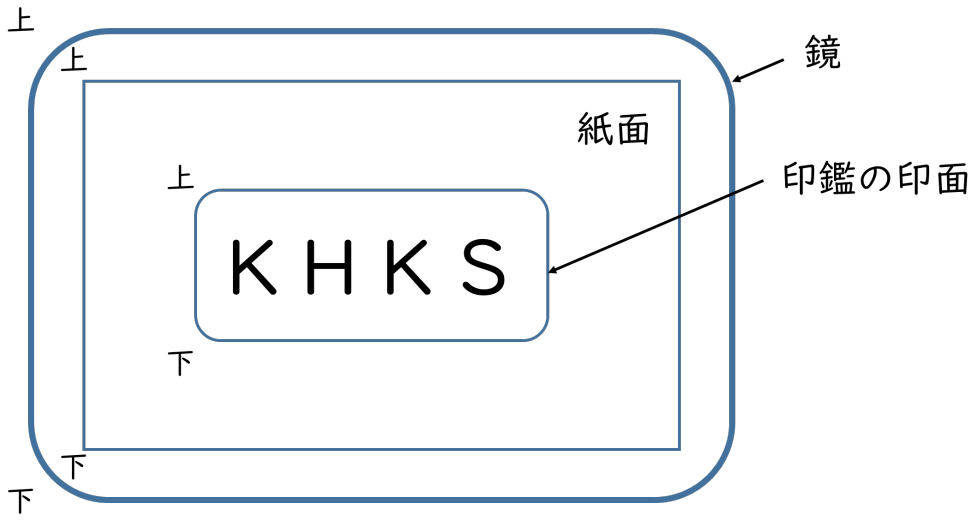
＜問２＞

①うるう年ではないある年の元旦は金曜日でした。次に1日が金曜日になるのは何月何日か答えなさい。

②Ａさんは平日は$1m^3$、休日は$3m^3$のLPガスを使用します。Ａさんはこの年に合計で何m^3のガスを使用するか答えなさい。ただし、休日は土曜日と日曜日のみとする。

＜問３＞
ある印鑑を押した紙を鏡に映したところ、次のように映った。この印鑑の印面（印影が彫ってある面）の見た目として正しいものを選びなさい。

【鏡に映った紙】

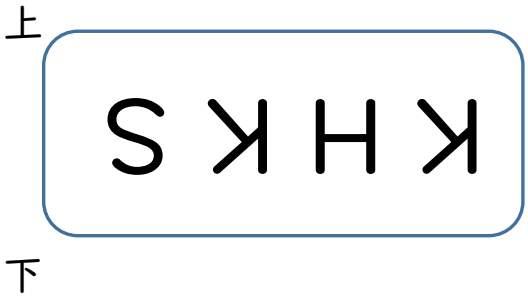


【選択肢】

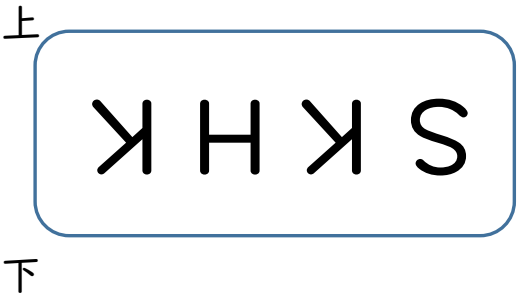
A

B

C



D



＜問４＞
Ａさんは9時00分から17時00分までの8時間会社で仕事をします。Ａさんの勤務時間中にアナログ時計の長針と短針が直角となる回数を答えなさい。ただし、9時00分を含め、17時00分は含めずに考えること。

＜問５＞
ＡさんとＢさんは手分けして残量の異なる酸素、水素、窒素、二酸化炭素、アルゴンの5本の容器を運んでいる。次の証言から各容器を軽い順に並べなさい。ただし、容器を運ぶときは容器１つに対して1人で作業を行ったものとする。

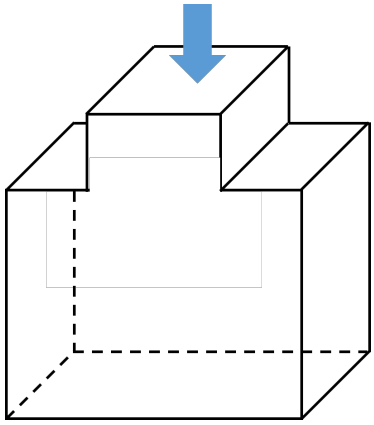
【証言】
「窒素と二酸化炭素は最も軽いか最も重いかのどちらかであった」
「酸素はアルゴンより軽かった」
「水素は酸素より重かった」
「アルゴンは5本の容器の中間の重さではなかった。」
「Ａさんの運んだ容器は全て、Ｂさんの運んだどの容器より軽かった」
「水素と窒素のどちらか１つだけをＢさんが運んだ」
「Ｂさんは合計で３つの容器を運んだ」

＜問６＞

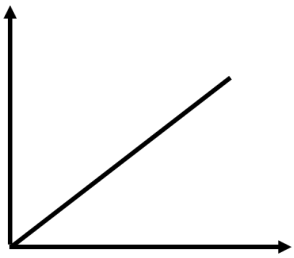
以下の形の容器に液化ガスを一定の流量で注ぎ、最上部まで満ちるまでの過程をグラフ化した。このとき、次の問いに答えなさい。ただし、液化ガスは常に液体状態であるものとする。

①縦軸に容器内に注がれた液化ガスの容積、横軸に時間をとった場合のグラフを以下のＡ～Ｆから選びなさい。

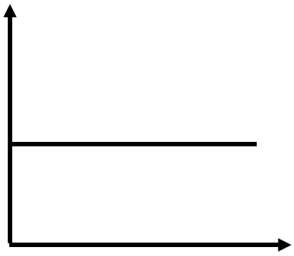
②縦軸に時間、横軸に容器内に注がれた液化ガスの深さをとった場合のグラフを以下のＡ～Ｆから選びなさい。



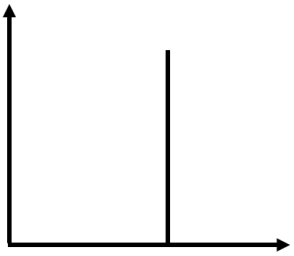
A



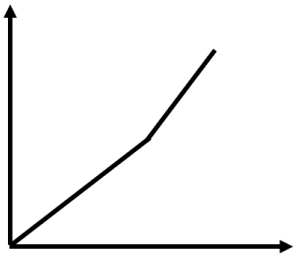
B



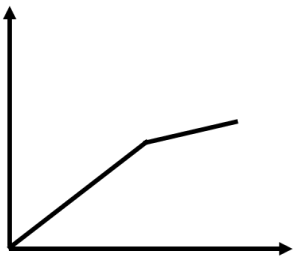
C



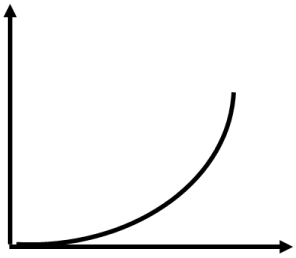
D



E



F



参考Ｂ－２　試験問題（ＡＩシステム２）

高 圧 ガ ス 保 安 協 会

非集合型の法定講習における本人確認、
不正行為等防止対策技術等の検証試験
検 定 問 題

検定日時：令和 ４ 年２月１０日
１５時００分 ～ １６時００分

＜問Ｉ＞

問題と暗号表を用いて、以下の暗号文を完成させなさい。

【暗号文】

①	②	③		
A	B	C	B	に

④	⑤	⑥		⑦	⑧		
D	E	F	D	G	H	F	の

⑨	⑩			
I	J	は	な	し

【問題】

A： $\dfrac{x-1}{2}=1+\dfrac{x-2}{3}$

B： $1:(10-x)=3:(x+2)$

C： $6x(4x+7)-8x(3x+5)$

D： $1.3x-1.2(x-1.5)=1.5$

E： $\left(\dfrac{1}{2}xy\right)^2\times\dfrac{2}{3}x^2y$

F： $\left(\dfrac{1}{3}-\dfrac{1}{2}\right)-\left(\dfrac{3}{5}-\dfrac{3}{4}\right)$

G： $18a^3\div(-3a)^2$

H： $3(2x+y)-2(y-x)$

I： $\left(\sqrt{3}+\sqrt{2}\right)^2-\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right)^2-2\sqrt{24}$

J： $\left\{-4^2+(-2)^2\right\}\div(-3)^2$

【暗号表】や、ゆ、よ、つは拗音、促音として使用可能

回答	-1	$x=2$	$2x$	$2a^2$	12	$x=11$	$-\frac{4}{3}$	$\frac{1}{6}x^4y^3$
暗号	へ	い	け	び	こ	あ	じ	よ

回答	$2x^4y^3$	$-\frac{20}{9}$	$8x+y$	$x=7$	$-4\sqrt{6}$	$\frac{1}{60}$	$-2a$	$x=-7$
暗号	ろ	か	ゆ	ん	ば	や	ぎ	そ

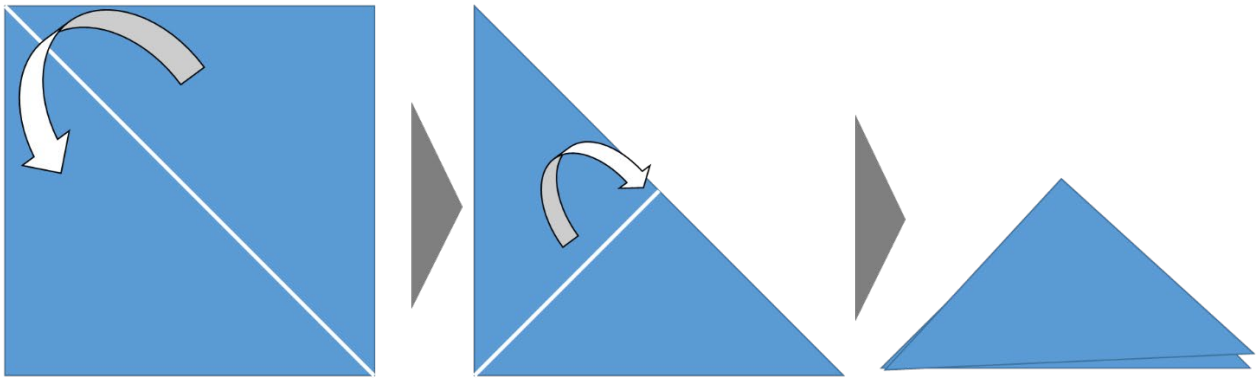
回答	$\frac{4}{3}$	$82x$	$x=3$	$-\frac{1}{60}$	$\frac{1}{3}x^3y^3$	$5x-y$	$x=-3$	$\frac{20}{9}$
暗号	ち	そ	と	う	ら	み	ふ	つ

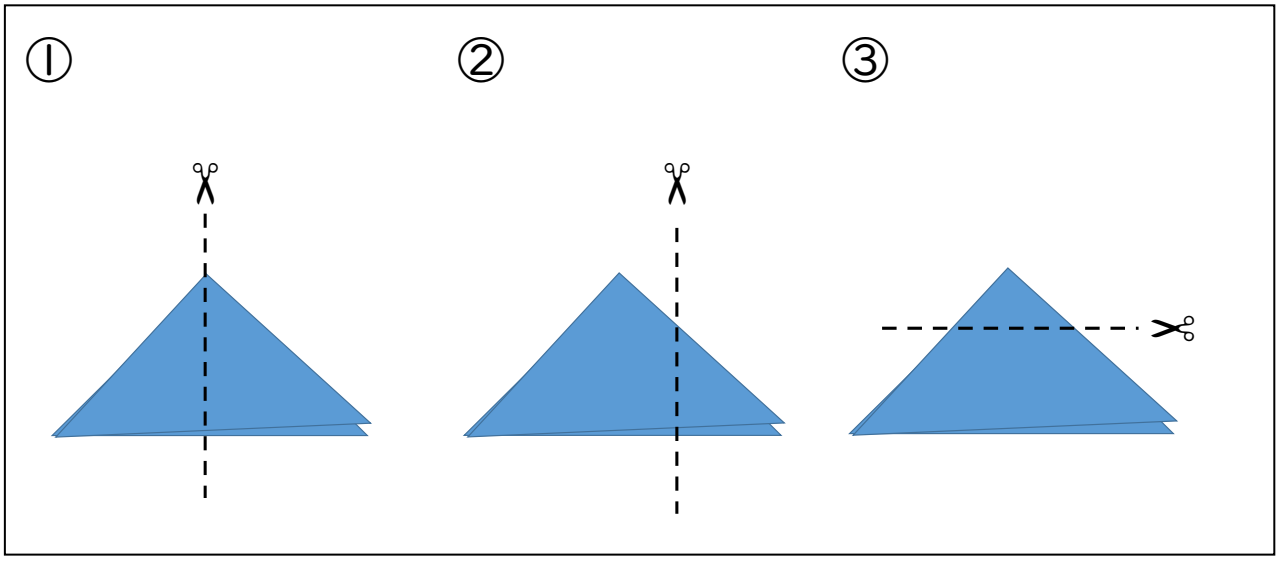
回答	$x=5$	$4x+y$	$-\frac{91}{60}$	$4-4\sqrt{6}$	0	$2a$
暗号	て	り	さ	た	も	き

＜問２＞
バーコードの数字列にはチェックデジットという仕組みが用いられ、誤読検知に活用されています。代表的な仕組みは次の通りです。
Ａ：最右端をチェックデジットとし、チェックデジットは自身を除く12桁の数字から算出する。
Ｂ：チェックデジットを１列目としたとき（以下同様)、偶数列にあたる数字を足し合わせて3倍する。
Ｃ：１列目を除く奇数列にあたる数字を足し合わせてＢに加える。
Ｄ：10からＣの1の位の数字を引いた数字をチェックデジットとする。

上記を踏まえて、以下の問いに答えなさい。
①12桁の数字「402474200019」のチェックデジットを求めなさい。
②チェックデジットが4のとき、13桁のバーコード「49000024?420」の?の数字を求めなさい。

＜問３＞
正方形の紙を次のように折って三角形を作るとき、破線の位置で切り取ると、紙は何枚に分かれるか答えなさい。





＜問４＞

Ａさんは9時から17時まで装置Ａ～Ｃの3種類の装置のガスの圧力を装置の起動時から計測しています。各装置はＡ、Ｂ、Ｃの順番で連結しており、この日の圧力は1時間毎に次のように法則的に変化していました。このとき、次の問いに答えなさい。

［単位kPa］

	9時	10時	11時	12時	13時
装置Ａ	512	256	128	64	32
装置Ｂ	0	256	256	192	128
装置Ｃ	0	0	128	256	352

①この日の17時には各装置の圧力はそれぞれ何kPaであるか答えなさい。

②別の日のある時間に各装置の圧力を計測したところ以下の数値であった。各装置の法則性は変わらないとした場合、装置Ａの起動は何時間前であるか答えなさい。

［単位kPa］

装置Ａ	2.75
装置Ｂ	13.75
装置Ｃ	71.5

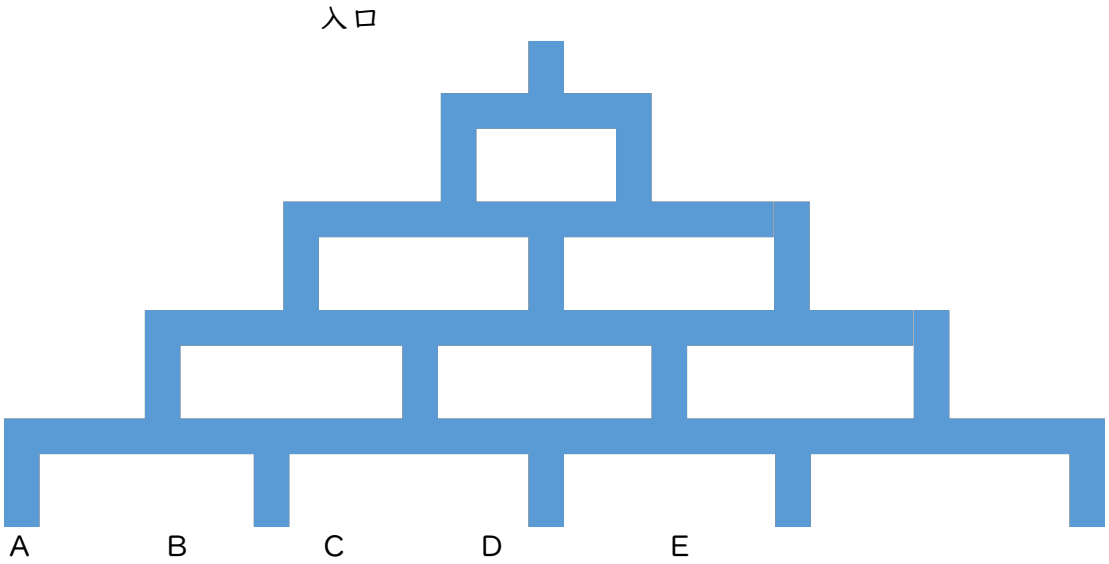
＜問５＞
Ａさん、Ｂさん、Ｃさんは、甲市、乙町、丙村のいずれか１つの地域内でのみ活動するガス事業者です。酸素、水素、窒素、二酸化炭素の4種類のガスはこの３名の誰かが販売しており、それぞれのガスは専売となっています。このとき、次の証言を基に問いに答えなさい。ただし、３名は必ず1種類以上のガスを扱っているものとする。

「ＣさんはＯ原子を含まないガスを扱っている」
「Ａさんは2種類のガスを扱っている」
「Ｂさんは可燃性ガスを扱わない」
「甲市では支燃性ガスを扱っている」
「乙町ではＣさんが活動している」
「丙村では水素を扱っている」

炭酸ガスを購入するためにはどの地域の誰さんを訪ねればよいか答えなさい。

＜問６＞

以下のような液化ガス配管があり、各分岐点で体積流量が等しく分かれるように流量が調整されているとき、各問いに答えなさい。ただし、配管は流入する液化ガスの量に対して十分に広くかつ液化ガスは液体のまま配管内を通過するものとする。



①入口の流量が$16\mathrm{m}^3/\mathrm{min}$のとき、Ｂの液化ガスの流量を答えなさい。

②Ｃの液化ガスの流量が$18\mathrm{m}^3/\mathrm{min}$のとき、入口の流量を答えなさい。

非集合型の法定講習における本人確認、不正行為等防止対策技術等の検証試験

作業指示書

―ver.1
―

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：複数人受験（Ａ受験者）

■内容：試験中に問題を解かずに、協力者に解いていただきます。

① あなたは、解答を導く協力者がいる人物として振る舞い、自身で問題を解かずに協力者に解いていただきます。

② 協力者Ａには、音声で問題を伝え、解答も音声で教えていただき解答します。

③ 協力者Ｂには、合図を送りカメラの死角から画面を盗み見ていただき、解答も筆談等の音声を使用しない方法で教えていただきます。

※合図は、ご準備いただいた受験環境を考慮し、あらかじめ発覚しにくいものを決めて

ください。

④　協力者 A、B の活用方法（どの問題を任せるか）は、お任せいたします。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：複数人受験（Ａ協力者 A）

■内容：試験中に受験者の代わりに、問題を解きます。

① あなたは、受験者の協力者 A（音声の情報しかやり取りができない者）として振る舞います。（試験システムにはログインをしません。）

② 受験者から問題を口頭で教えてもらい、受験者の代わりに解答を導き、口頭で解答を受験者に教えます。

③ どの問題をあなたに任せるかは受験者に裁量権があります。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：スマートフォンでの通話（スピーカーフォンＡ）

■内容：試験中に協力者と通話しながら問題を解いていただきます。

① あなたは、通話できる協力者がいる人物として振る舞い、試験開始前から、スマートフォンの無料通話をつなぎハンズフリーの状態で通話ができる状態（スピーカーモード）を作っていただきます。

② 試験開始後、不正が発覚しないことを意識しながら、音声により問題を分担して解く、答えの確認を行うなどの協力をしながら問題を解いてもらいます。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：小道具使用（紙と印鑑と鏡）

■内容：試験中に問題を解かずに、小道具を使って解答していただきます。

① 紙と印鑑（及び朱肉）と鏡を用意してください。

② あなたは、問３で問題文に沿って、実際に紙と印鑑と鏡を使って作業をしていただき、その結果を答えとして解答してください。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：ブラウザ検索（スマートフォンＡ）

■内容：試験中に問題を解かずに、ブラウザ検索で答えを探していただきます。

① 問１は、「高圧ガス保安活動促進週間」のポスター用キャッチコピーが答えになっています。

② あなたは、①のことに当たりをつけた人物として振る舞い、スマートフォンを用いて検索して、計算問題を解かずに解答をしてください。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：PC カレンダー参照Ａ

■内容：試験中に問題を解かずに、PC のカレンダー機能を見て答えを探していただきます。

① 問２は、PC のカレンダー機能を使うことで用意に答えが出せるようになっています。

② あなたは、①のことに当たりをつけた人物として振る舞い、PC のカレンダー機能（通常は画面右下の日付が表示されている場所をクリック）、計算問題を解かずに解答をしてください。

③ 問２の２番目の問題も、カレンダー機能を使用して解答をしていただきます。休日の数を数えていただき、365 日から休日の数を引くことで平日の数を算出して、それぞれ計算をしてください。

（なお、これはカレンダー機能を触っていただく時間を確保する目的で設定
しているため、効率が悪い方法となります）

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：入れ替わり（Ａ受験者）

■内容：試験中に別の人物に入れ替わります。

① あなたは、入れ替わりの協力者がいる人物として振る舞い、試験を開始後、任意のタイミングで、不正が発覚しないことを意識しながら協力者に入れ替わります。

② 協力者からの合図を受けて、再度入れ替わり直して、最後まで試験を受けます。

※協力者には、小問の 1 問以上の解答と 5 分以上の入れ替わりが指示されています。

※合図は、ご準備いただいた受験環境を考慮し、あらかじめ発覚しにくいものを決めてください。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：入れ替わり（Ａ協力者）

■内容：試験中に別の人物に入れ替わります。

① あなたは、受験者の協力者として待機し、受験者の合図を受けて入れ替わり、１問以上の問題を解きます。（試験システムにはログインをしません。）

② ５分以上の経過を目安に、受験者へ合図をし、再度不正が発覚しないことを意識しながら受験者に入れ替わります。

※合図は、ご準備いただいた受験環境を考慮し、あらかじめ発覚しにくいものを決めてください。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：カンニング（身体書き込みＡ）

■内容：試験中に問題を解かずに、カンニングメモを見て答えを探していただきます。

① 以下の内容を手の甲か手の平にメモしてください。

「１４時代は１回、１７時は無し。それ以外は２回」

② あなたは、問４でカンニングを行う人物として振る舞い、メモを参考に解答を行います。

③ また、試験中の任意のタイミングで、カンニングメモがさりげなくカメ

ラに見える状態を１分程度作っていただきます。（メモをアピールする動作ではなく、自然な動作の中でハッキリと見えてしまっている状態が望ましいです。）

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：アプリケーション使用

■内容：試験中に問題を解かずに、エクセルを使って解答していただきます。

① あなたは、問４でエクセルを起動して、表計算により答えを導き解答してください。

② 問４の２番目の問題は、与えられた各数値の合計が起動時の圧力と考え、①で作った計算表の９時の真下のセルに合計値を入力して、表を更新いただき、解答してください。

③ 上記の操作が分からない場合、以下の操作をしてください。それでも分からない場合、適当にエクセルを操作していただいた後、適当にご解答いただいて問題ありません。

＜操作参考＞

○ A1 から I1 の行に９時から 17 時までのテキストを入力します。

○ ９時の列に問題で与えられた数字を入力します。

○　10 時の列に上から順に、「=A2/2」、「=A3+(A2-A3)/2」、「=A4+A3/2」の数式を入力します。

○　入力した数式の３つのセルを全て選択して、枠の右下を 17 時の列まで引っ張って数式をコピーして表を完成させ、解答してください。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：複数人受験（Ａ協力者 B）

■内容：試験中に受験者の代わりに、問題を解きます。

①　あなたは、受験者の協力者 B（音を発さない者）として振る舞います。（試験システムにはログインをしません。）

②　あらかじめカメラの死角を確認して、画面を盗み見れる位置を把握します。

③　受験者からの合図で、カメラの死角外から問題を確認し、受験者の代わりに解答を導き、筆談等の音声を発さない方法で解答を受験者に教えます。

④　どの問題をあなたに任せるかは受験者に裁量権があります。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：カンニングペーパー（掲示）

■内容：試験中に問題を解かずに、カンニングペーパーを見て答えを探していただきます。

①　以下の内容が書かれたカンニングペーパーをご用意いただき、首の動きだけで見ることができる壁などに貼ってください。

②　あなたは、問１でカンニングペーパーから答えを探して解答を行います。

＜カンニングペーパー＞

$18a^3 \div (-3a)^2$ ： $2a$

$7b - \{-5a - (b - 4a)\}$ ： $a + 8b$

$\left(\frac{1}{2} - \frac{5}{6}\right) - \left(-\frac{5}{6} - \frac{3}{8}\right)$ ： $\frac{7}{8}$

$3(2x + y) - 2(y - x)$ ： $8x + y$

$\left(\frac{1}{2}xy\right)^2 \times \frac{2}{3}x^2y$ ： $\frac{1}{6}x^4y^3$

$(-3)^2 \times (-2) + (-0.2)^2 \times 10^3$ ： 22

$\{-4^2 + (-2)^2\} \div (-3)^2$ ： $-\frac{4}{3}$

$4x - \frac{2x + 6}{3} = 2(x - 3)$ ： -3

$\frac{x-1}{2}=1+\frac{x-2}{3}$ ： $x=5$

$5a(a-4)-3a(6-2a)$ ： $11a^2-38a$

$4.5x-14=1-0.5(x-3)$ ： $\frac{33}{10}$

$1:(10-x)=3:(x+2)$ ： $x=7$

$(-3a)^2\times 2b\div\frac{6}{7}ab$ ： $21a$

$\left(\frac{1}{3}-\frac{1}{2}\right)-\left(\frac{3}{5}-\frac{3}{4}\right)$ ： $-\frac{1}{60}$

$(x-1):14=6:7$ ： 13

$2a^2b\times 6b^2\div(-2ab)^2$ ： $3b$

$6x\left(4x+7\right)-8x\left(3x+5\right)$ ： $2x$

$\left(\sqrt{3}+\sqrt{2}\right)^2-\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right)^2-2\sqrt{24}$ ： 0

$1.3x-1.2\left(x-1.5\right)=1.5$ ： $x=-3$

$\left(4-\sqrt{2}\right)\left(4+\sqrt{2}\right)-\left(2-\sqrt{3}\right)^2$ ： $7+4\sqrt{3}$

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：カンニング（書籍Ａ）

■内容：試験中に問題を解かずに、参考書から答えを探す振りをしていただきます。

①　手頃な本をご用意いただきます。

②　あなたは、問４で参考書から答えを探す人物として振る舞い、カメラに映らないように本をめくったり、しばらくそのページの文章を読んだりして記述を探した後、「15」と解答してください。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：カンニングペーパー（手元）

■内容：試験中に問題を解かずに、カンニングペーパーを見て答えを探していただきます。

①　以下の内容が書かれたカンニングペーパーをご用意いただき、カメラに映らないように手元においていただきます。

②　あなたは、問１でカンニングペーパーから答えを探して解答を行います。

＜カンニングペーパー＞

$18a^3 \div (-3a)^2$ ： $2a$

$7b - \{-5a - (b - 4a)\}$ ： $a + 8b$

$\left(\frac{1}{2} - \frac{5}{6}\right) - \left(-\frac{5}{6} - \frac{3}{8}\right)$ ： $\frac{7}{8}$

$3(2x + y) - 2(y - x)$ ： $8x + y$

$\left(\frac{1}{2}xy\right)^2 \times \frac{2}{3}x^2y$ ： $\frac{1}{6}x^4y^3$

$(-3)^2 \times (-2) + (-0.2)^2 \times 10^3$ ： 22

$\{-4^2 + (-2)^2\} \div (-3)^2$ ： $-\frac{4}{3}$

$4x - \frac{2x + 6}{3} = 2(x - 3)$ ： -3

$\frac{x-1}{2}=1+\frac{x-2}{3}$ ： $x=5$

$5a(a-4)-3a(6-2a)$ ： $11a^2-38a$

$4.5x-14=1-0.5(x-3)$ ： $\frac{33}{10}$

$1:(10-x)=3:(x+2)$ ： $x=7$

$(-3a)^2\times 2b\div\frac{6}{7}ab$ ： $21a$

$\left(\frac{1}{3}-\frac{1}{2}\right)-\left(\frac{3}{5}-\frac{3}{4}\right)$ ： $-\frac{1}{60}$

$(x-1):14=6:7$ ： 13

$2a^2b\times 6b^2\div(-2ab)^2$ ： $3b$

$6x(4x+7)-8x(3x+5)$ ： $2x$

$\left(\sqrt{3}+\sqrt{2}\right)^2-\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right)^2-2\sqrt{24}$ ： 0

$1.3x-1.2(x-1.5)=1.5$ ： $x=-3$

$\left(4-\sqrt{2}\right)\left(4+\sqrt{2}\right)-\left(2-\sqrt{3}\right)^2$ ： $7+4\sqrt{3}$

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：入れ替わり（Ｂ受験者）

■内容：試験中に別の人物に入れ替わります。

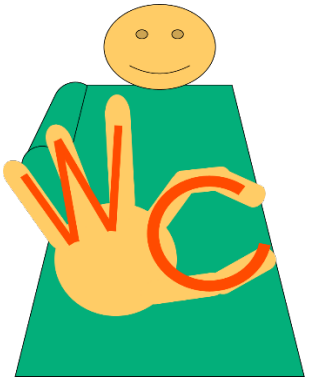
①　あなたは、入れ替わりの協力者がいる人物として振る舞い、試験開始後、任意のタイミングで、カメラに向かって一時離席（トイレ）のサインを送り、離席してください。

【やむを得ず一時離席等を行う場合の方法】

＜一時離席時＞　（トイレ、空調、病気等の対応を含みます。）

①　カメラに向かって、以下のハンドシグナルをして下さい。
（親指と人差し指でＣの形を作り、残りの指を立てる）

②　その後、離席し、必要な措置をとってください。



② その後は協力者が受験を引き継ぎますので、試験終了まで入れ替わってください。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：スマートフォンでの通話（スピーカーフォンＢ受験者）

■内容：試験中に協力者と通話しながら問題を解いていただきます。

①　あなたは、通話が可能な協力者がいる人物として振る舞い、自身で問題を解かずに協力者に解いていただきます。

②　試験開始前に、スマートフォンの無料通話で協力者と繋ぎ、ハンズフリーで通話ができる状態（スピーカーモード）を作っていただきます。

③　協力者には、音声で問題を伝え、解答も音声で教えていただき解答します。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：スマートフォンでの通話（スピーカーフォンＢ協力者）

■内容：試験中に通話しながら受験者の代わりに問題を解いていただきます。

①　あなたは、受験者の協力者として振る舞い、受験者の代わりに問題に解答します。（試験システムにはログインをしません。）

②　試験開始前に、スマートフォンの無料通話で受験者と繋ぎ、ハンズフリーで通話ができる状態（スピーカーモード）を作っていただきます。

③　受験者から問題を口頭で教えてもらい、受験者の代わりに解答を導き、口頭で解答を受験者に教えます。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：ブラウザ検索（PCＡ）

■内容：試験中に問題を解かずに、ブラウザ検索で答えを探していただきます。

①　問１は、「高圧ガス保安活動促進週間」のポスター用キャッチコピーが答えになっています。

②　あなたは、①のことに当たりをつけた人物として振る舞い、試験問題を解いているブラウザで別のタブを開いて検索をし、計算問題を解かずに解答をしてください。（試験中の画面の検索窓は使わず、必ず新規のタブを開いてから検索をしてください）

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**通常の受験者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：時計を見る(非不正行為Ａ)

■内容：試験中に何回か壁掛け時計もしくは置き時計を見て思案をしていただきます。

①　あなたは、問４で不正行為と紛らわしい行為をする者として振る舞い、壁掛け時計を見ながら問題を解いてもらいます。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**通常の受験者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：時計を見る(非不正行為Ｂ)

■内容：試験中に何回か壁掛け時計もしくは置き時計を見て思案をしていただきます。

①　あなたは、不正行為と紛らわしい行為をする者として振る舞い、任意のタイミングで４回程度、壁掛け時計を見ながら思案していただきます。

※時間の確認のような短い視線移動から、１分程度見つめ続ける思案まで織り交ぜてください。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：入れ替わり（Ｂ協力者）

■内容：試験中に別の人物に入れ替わります。

①　あなたは、受験者の協力者として振る舞い、受験者が一時離席をしてから１分以上経過した後、受験者と入れ替わり着席してください。（試験システムにはログインをしません。）

②　その後は受験を引き継ぎ、試験終了まで残りの問題に解答してください。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：イアフォンの使用

■内容：試験中にイアフォンを装着し、音楽を流しながら解答していただきます。

試験Ａ（午前の試験）におけるあなたの役割は、「**通常の受験者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：通常通り受験

■内容：通常通り試験を受けていただきます。

非集合型の法定講習における本人確認、不正行為等防止対策技術等の検証試験

作業指示書

―ver.1
―

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：小道具使用（紙とハサミ）

■内容：試験中に問題を解かずに、小道具を使って解答していただきます。

①　予め折り畳める紙を３枚以上とハサミを用意してください。

②　あなたは、問３で問題文に沿って、実際に紙とハサミを使って作業をしていただき、その結果を答えとして解答してください。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：複数人受験（Ａ協力者 B）

■内容：試験中に受験者の代わりに、問題を解きます。

①　あなたは、受験者の協力者Ｂ（音を発さない者）として振る舞います。（試験システムにはログインをしません。）

②　あらかじめカメラの死角を確認して、画面を盗み見れる位置を把握します。

③　受験者からの合図で、カメラの死角外から問題を確認し、受験者の代わりに解答を導き、筆談等の音声を発さない方法で解答を受験者に教えます。

④　どの問題をあなたに任せるかは受験者に裁量権があります。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：複数人受験（Ａ受験者）

■内容：試験中に問題を解かずに、協力者に解いていただきます。

①　あなたは、解答を導く協力者がいる人物として振る舞い、自身で問題を解かずに協力者に解いていただきます。

②　協力者Ａには、音声で問題を伝え、解答も音声で教えていただき解答します。

③　協力者Ｂには、合図を送りカメラの死角から画面を盗み見ていただき、解答も筆談等の音声を使用しない方法で教えていただきます。

※合図は、ご準備いただいた受験環境を考慮し、あらかじめ発覚しにくいものを決めてくださ

い。

④　協力者 A、B の活用方法（どの問題を任せるか）は、お任せいたします。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：スマートフォンでの通話（スピーカーフォンＢ協力者）

■内容：試験中に通話しながら受験者の代わりに問題を解いていただきます。

①　あなたは、受験者の協力者として振る舞い、受験者の代わりに問題に解答します。（試験システムにはログインをしません。）

②　試験開始前に、スマートフォンの無料通話で受験者と繋ぎ、ハンズフリーで通話ができる状態（スピーカーモード）を作っていただきます。

③　受験者から問題を口頭で教えてもらい、受験者の代わりに解答を導き、口頭で解答を受験者に教えます。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：スマートフォンでの通話（スピーカーフォンＢ受験者）

■内容：試験中に協力者と通話しながら問題を解いていただきます。

①　あなたは、通話が可能な協力者がいる人物として振る舞い、自身で問題を解かずに協力者に解いていただきます。

②　試験開始前に、スマートフォンの無料通話で協力者と繋ぎ、ハンズフリーで通話ができる状態（スピーカーモード）を作っていただきます。

③　協力者には、音声で問題を伝え、解答も音声で教えていただき解答します。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：ブラウザ検索（スマートフォンＢ）

■内容：試験中に問題を解かずに、ブラウザ検索で答えを探していただきます。

①　問２は、「チェックデジット」と検索することで、計算用サイトを見つけることができます。

②　あなたは、①のことに当たりをつけた人物として振る舞い、スマートフォンで計算用サイトを見つけて、問題文の数値を入力して、答えを出して解答してください。

③　問２の２番目の問題も、求める部分の数字を 0-9 まで変えて入力をし、チェックデジットが問題条件の数字になる時の数値を探して解答してください。

例：チェックデジットが５の条件で、「1?3456789012」の数値が与えられている場合、

「103456789012」から「193456789012」まで赤字の部分を変化させて、計算結果のチェックデジットが５になるときの数字を探していただきます。

この場合は、「123456789012」で５がでますので、２が答えとなります。

（なお、これは web サイトを触っていただく時間を確保する目的で設定しているため、効率が悪い方法となります）

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：ブラウザ検索（スマートフォンＡ）

■内容：試験中に問題を解かずに、ブラウザ検索で答えを探していただきます。

①　問１は、「高圧ガス保安活動促進週間」のポスター用キャッチコピーが答えになっています。

②　あなたは、①のことに当たりをつけた人物として振る舞い、スマートフォンを用いて検索して、計算問題を解かずに解答をしてください。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：PC カレンダー参照Ｂ

■内容：試験中に問題を解かずに、PC のカレンダー機能を見て答えを探していただきます。

①　あなたは、問３において、PC のカレンダー機能（通常は画面右下の日付が表示されている場所をクリック)、を使って次の条件の月を探していただきます。

＜条件＞直近の過去の暦のうち１ヵ月が 30 日で、１日が木曜日となる月

②問題を解かずに①の月及びそれから１引いた数、２引いた数を順に解答をしてくだ

さい。

例：12 月の場合、12、11、10　と回答

※問３は、カレンダーとは関係ない問題ですが、機能をしようするためにこのような作業を行っていただきます。）

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：カンニング（身体書き込みＢ）

■内容：試験中に問題を解かずに、カンニングメモを見て答えを探していただきます。

①　以下の内容を手の甲か手の平にメモしてください。

Ａは２　　Ｂは１６　　Ｃは４９４　　５時間前

②　あなたは、問４でカンニングを行う人物として振る舞い、メモを見ながら解答を行います。

③　また、試験中の任意のタイミングで、カンニングメモがさりげなくカメラに見え

る状態を１分程度作っていただきます。（メモをアピールする動作ではなく、自然な動作の中でハッキリと見えてしまっている状態が望ましいです。）

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：アプリケーション使用

■内容：試験中に問題を解かずに、エクセルを使って解答していただきます。

①　あなたは、問４でエクセルを起動して、表計算により答えを導き解答してください。

②　問４の２番目の問題は、与えられた各数値の合計が起動時の圧力と考え、①で作った計算表の９時の真下のセルに合計値を入力して、表を更新いただき、解答してください。

③　上記の操作が分からない場合、以下の操作をしてください。それでも分からない場合、適当にエクセルを操作していただいた後、適当にご解答いただいて問題ありません。

＜操作参考＞

○　A1 から I1 の行に 9 時から 17 時までのテキストを入力します。

○　9 時の列に問題で与えられた数字を入力します。

○　10 時の列に上から順に、「=A2/2」、「=A3+(A2-A3)/2」、「=A4+A3/2」の数式を入力します。

○　入力した数式の３つのセルを全て選択して、枠の右下を 17 時の列まで引っ張って数式をコピーして表を完成させ、解答してください。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：複数人受験（Ａ協力者 A）

■内容：試験中に受験者の代わりに、問題を解きます。

①　あなたは、受験者の協力者 A（音声の情報しかやり取りができない者）として振る舞います。（試験システムにはログインをしません。）

②　受験者から問題を口頭で教えてもらい、受験者の代わりに解答を導き、口頭で解答を受験者に教えます。

③　どの問題をあなたに任せるかは受験者に裁量権があります。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：カンニングペーパー（掲示）

■内容：試験中に問題を解かずに、カンニングペーパーを見て答えを探していただきます。

①　以下の内容が書かれたカンニングペーパーをご用意いただき、首の動きだけで見ることができる壁などに貼ってください。

②　あなたは、問１でカンニングペーパーから答えを探して解答を行います。

＜カンニングペーパー＞

$18a^3 \div (-3a)^2$ ： $2a$

$7b - \{-5a - (b - 4a)\}$ ： $a + 8b$

$\left(\frac{1}{2} - \frac{5}{6}\right) - \left(-\frac{5}{6} - \frac{3}{8}\right)$ ： $\frac{7}{8}$

$3(2x + y) - 2(y - x)$ ： $8x + y$

$\left(\frac{1}{2}xy\right)^2 \times \frac{2}{3}x^2y$ ： $\frac{1}{6}x^4y^3$

$(-3)^2 \times (-2) + (-0.2)^2 \times 10^3$ ： 22

$\{-4^2 + (-2)^2\} \div (-3)^2$ ： $-\frac{4}{3}$

$4x - \frac{2x + 6}{3} = 2(x - 3)$ ： -3

$\frac{x-1}{2}=1+\frac{x-2}{3}$ ： $x=5$

$5a(a-4)-3a(6-2a)$ ： $11a^2-38a$

$4.5x-14=1-0.5(x-3)$ ： $\frac{33}{10}$

$1:(10-x)=3:(x+2)$ ： $x=7$

$(-3a)^2\times 2b\div\frac{6}{7}ab$ ： $21a$

$\left(\frac{1}{3}-\frac{1}{2}\right)-\left(\frac{3}{5}-\frac{3}{4}\right)$ ： $-\frac{1}{60}$

$(x-1):14=6:7$ ： 13

$2a^2b\times 6b^2\div(-2ab)^2$ ： $3b$

$6x(4x+7)-8x(3x+5)$ ： $2x$

$\left(\sqrt{3}+\sqrt{2}\right)^2-\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right)^2-2\sqrt{24}$ ： 0

$1.3x-1.2(x-1.5)=1.5$ ： $x=-3$

$\left(4-\sqrt{2}\right)\left(4+\sqrt{2}\right)-\left(2-\sqrt{3}\right)^2$ ： $7+4\sqrt{3}$

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：カンニング（書籍Ｂ）

■内容：試験中に問題を解かずに、参考書から答えを探す振りをしていただきます。

①　手頃な本をご用意いただきます。

②　あなたは、問３で参考書から答えを探す人物として振る舞い、カメラに映らないように本をめくったり、しばらくそのページの文章を読んだりして記述を探した後、順番に「４」、「３」、「２」と解答してください。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：入れ替わり（Ａ受験者）

■内容：試験中に別の人物に入れ替わります。

①　あなたは、入れ替わりの協力者がいる人物として振る舞い、試験を開始後、任意のタイミングで、不正が発覚しないことを意識しながら協力者に入れ替わります。

②　協力者からの合図を受けて、再度入れ替わり直して、最後まで試験を受けます。

※協力者には、小問の１問以上の解答と５分以上の入れ替わりが指示されています。

※合図は、ご準備いただいた受験環境を考慮し、あらかじめ発覚しにくいものを決め

てください。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：カンニングペーパー（手元）

■内容：試験中に問題を解かずに、カンニングペーパーを見て答えを探していただきます。

①　以下の内容が書かれたカンニングペーパーをご用意いただき、カメラに映らないように手元においていただきます。

②　あなたは、問１でカンニングペーパーから答えを探して解答を行います。

＜カンニングペーパー＞

$18a^3 \div (-3a)^2$ ： $2a$

$7b - \{-5a - (b - 4a)\}$ ： $a + 8b$

$\left(\frac{1}{2} - \frac{5}{6}\right) - \left(-\frac{5}{6} - \frac{3}{8}\right)$ ： $\frac{7}{8}$

$3(2x + y) - 2(y - x)$ ： $8x + y$

$\left(\frac{1}{2}xy\right)^2 \times \frac{2}{3}x^2y$ ： $\frac{1}{6}x^4y^3$

$(-3)^2 \times (-2) + (-0.2)^2 \times 10^3$ ： 22

$\{-4^2 + (-2)^2\} \div (-3)^2$ ： $-\frac{4}{3}$

$4x - \frac{2x + 6}{3} = 2(x - 3)$ ： -3

$\frac{x-1}{2}=1+\frac{x-2}{3}$ ： $x=5$

$5a(a-4)-3a(6-2a)$ ： $11a^2-38a$

$4.5x-14=1-0.5(x-3)$ ： $\frac{33}{10}$

$1:(10-x)=3:(x+2)$ ： $x=7$

$(-3a)^2\times 2b\div\frac{6}{7}ab$ ： $21a$

$\left(\frac{1}{3}-\frac{1}{2}\right)-\left(\frac{3}{5}-\frac{3}{4}\right)$ ： $-\frac{1}{60}$

$(x-1):14=6:7$ ： 13

$2a^2b\times 6b^2\div(-2ab)^2$ ： $3b$

$6x(4x+7)-8x(3x+5)$ ： $2x$

$\left(\sqrt{3}+\sqrt{2}\right)^2-\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right)^2-2\sqrt{24}$ ： 0

$1.3x-1.2(x-1.5)=1.5$ ： $x=-3$

$\left(4-\sqrt{2}\right)\left(4+\sqrt{2}\right)-\left(2-\sqrt{3}\right)^2$ ： $7+4\sqrt{3}$

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：スマートフォンでの通話（スピーカーフォンＡ）

■内容：試験中に協力者と通話しながら問題を解いていただきます。

①　あなたは、通話できる協力者がいる人物として振る舞い、試験開始前から、スマートフォンの無料通話をつなぎハンズフリーの状態で通話ができる状態（スピーカーモード）を作っていただきます。

②　試験開始後、不正が発覚しないことを意識しながら、音声により問題を分担して解く、答えの確認を行うなどの協力をしながら問題を解いてもらいます。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：ブラウザ検索（PCＡ）

■内容：試験中に問題を解かずに、ブラウザ検索で答えを探していただきます。

①　問１は、「高圧ガス保安活動促進週間」のポスター用キャッチコピーが答えになっています。

②　あなたは、①のことに当たりをつけた人物として振る舞い、試験問題を解いているブラウザで別のタブを開いて検索をし、計算問題を解かずに解答をしてください。（試験中の画面の検索窓は使わず、必ず新規のタブを開いてから検索をしてください）

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：入れ替わり（Ｂ受験者）

■内容：試験中に別の人物に入れ替わります。

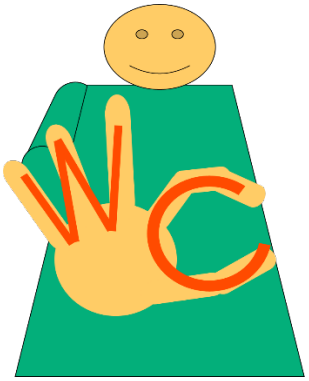
①　あなたは、入れ替わりの協力者がいる人物として振る舞い、試験開始後、任意のタイミングで、カメラに向かって一時離席（トイレ）のサインを送り、離席してください。

【やむを得ず一時離席等を行う場合の方法】

＜一時離席時＞　（トイレ、空調、病気等の対応を含みます。）

①　カメラに向かって、以下のハンドシグナルをして下さい。
（親指と人差し指でＣの形を作り、残りの指を立てる）

②　その後、離席し、必要な措置をとってください。



② その後は協力者が受験を引き継ぎますので、試験終了まで入れ替わってください。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**通常の受験者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：時計を見る(非不正行為Ｂ)

■内容：試験中に何回か壁掛け時計もしくは置き時計を見て思案をしていただきます。

①　あなたは、不正行為と紛らわしい行為をする者として振る舞い、任意のタイミングで４回程度、壁掛け時計を見ながら思案していただきます。

※時間の確認のような短い視線移動から、１分程度見つめ続ける思案まで織り交ぜてください。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：入れ替わり（Ｂ協力者）

■内容：試験中に別の人物に入れ替わります。

①　あなたは、受験者の協力者として振る舞い、受験者が一時離席をしてから１分以上経過した後、受験者と入れ替わり着席してください。（試験システムにはログインをしません。）

②　その後は受験を引き継ぎ、試験終了まで残りの問題に解答してください。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：入れ替わり（Ａ協力者）

■内容：試験中に別の人物に入れ替わります。

①　あなたは、受験者の協力者として待機し、受験者の合図を受けて入れ替わり、1問以上の問題を解きます。（試験システムにはログインをしません。）

②　5分以上の経過を目安に、受験者へ合図をし、再度不正が発覚しないことを意識しながら受験者に入れ替わります。

※合図は、ご準備いただいた受験環境を考慮し、あらかじめ発覚しにくいものを決め

てください。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**不正行為者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：イアフォンの使用

■内容：試験中にイアフォンを装着し、音楽を流しながら解答していただきます。

試験Ｂ（午後の試験）におけるあなたの役割は、「**通常の受験者**」です。

次の指示に従って行動してください。

■行動：通常通り受験

■内容：通常通り試験を受けていただきます。

参考Ｂ－５　ＡＩシステムⅠの評価方法

システム概要

イ．機械習の評価指標-クラス分類の評価指標-

ａ）混行列（Confusion Matrix）

縦軸に正解クラス、横軸に予測結果、セル内部に予測後のデータ件数を入力し、対角線上のセルは正しく予測されたデータ数、対角線上以外のセルは誤識別されたデータ数となる。

	予測 0	予測 1
正解 0	真陰性 TN(True Negative)	偽陽性 FP(False Positive)
正解 1	偽陰性 FN(False Negative)	真陽性 TP(True Positive)

ｂ）正解（Accuracy）

正しく分類できたデータの割合で以下の式で表す。

$$\frac{TN+TP}{ALL}$$

最も一般的な評価指標で、予測と正解が一致した割合である。ただし、正解データの陽性・陰性の割合が極端に異なる場合、正解率ではモデルの良し悪しを判断できず、例えば、病気診断などでは健康な人間の方が病人よりもずっと多いため、仮にどんな入力に対しても健康と予測するモデルだったとしても、正解率としては高くなってしまう。

ｃ）適合率（Precision）

予測が 1 だったデータのうち、正解が 1 のデータの割合で、以下の式で表す。

$$\frac{TP}{FP+TP}$$

陽性判断の正確性を示すが、適合率を高くしようとすると、あいまいなデータを陰性と予測するようになり、偽陰性(FN)が増えることになり、再現率が下がる。なお、病気診断などでは、偽陰性（陽性の取りこぼし）は問題のため、適合率は重視すべきではない。

ｄ）再現率（Recall）

正解が 1 のデータのうち、予測が 1 のデータの割合で、以下の式で表す。

$$\frac{TP}{FN+TP}$$

陽性判断の網羅性を示す。再現率を高くしようとすると、どちらか怪しいデ

ータは陽性と予測するようになり、偽陽性(FP)が増えることになる。そのため、適合率が下がる。病気診断などでは、偽陽性は再検査すれば問題ないため、偽陰性が増えることほど深刻ではない。なお、適合率と再現率はトレードオフの関係にある。

e）F 値(F-measure)

適合率と再現率の調和平均で、以下の式で表す。

$$\frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

対照的な両社のバランスを考慮した指標であり、0～1 の値をとる。値が高いほど予測性能が良い。

f）陽性率（False Positive Rate, FPR）

正解が 0 のデータのうち、予測が 1 のデータの割合で、以下の式で表す。

$$\frac{FP}{TN + FP}$$

陰性データを誤って陽性と判断してしまった割合で、値が低いほど良い。実際は、予測は 0,1 ではなく、0～1 の確度であらわされるため、閾値を設け、閾値よりも大きい⇒予測 1、閾値よりも小さい⇒予測 0 とする。

閾値を動かすことにより、混同行列の各データ数が変わり、各評価指標の値も変わる。

データ No	確度	閾値=0.4	閾値=0.5	閾値=0.6
1	0.35	0	0	0
2	0.44	1	0	0
3	0.89	1	1	1
4	0.57	1	1	0

ロ．機械学習の評価指標-回帰分析の評価指標-

a）平均二乗誤差（Mean Squared Error, MSE）

真の値と予測値の差を二乗した平均。最小値は 0 で、値が小さいほど良い。外れ値に引っ張られやすい。

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \hat{y}_i\right)^2$$

b）二乗平均平方根誤差（Root MSE, RMSE）

平均二乗誤差の平方根。最小値は 0 で、値が小さいほど良い。MSE で二乗した単位が元に戻るので、理解しやすい。

$$PMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \hat{y}_i\right)^2}$$

c）平均絶対値誤差（Mean Absolute Error, MAE）

真の値と予測値の差の絶対値の平均 最小値は 0 で、値が小さいほど良い。

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|y_i - \hat{y}_i\right|$$

例

真の値	20	15	17	24
予測値	18	18	19	23
誤差	-2	+3	+2	-1
誤差の二乗	4	9	4	1
誤差の絶対値	2	3	2	1

MSE = (4 + 9 + 4 + 1) / 4 = 4.5 RMSE = √4.5 = 2.1213

MAE = (2 + 3 + 2 + 1) / 4 = 2

参考Ｂ－６　不正行為者に対する調査結果（ＡＩシステム１）

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk001	-	1	74	79	不 74：下を向いてメモ(5 秒間ほど)して試験画面を見ている動作のように見られる。不正確度が高いように感じる。 別 79：マスクおよび下を向いて試験を行い、髪の毛とマスクで全体が隠れて本人と判断されない。妥当な判定。79%～51%まで抽出されているが、すべて同じ動作で隠れる時間や隠れる範囲の違い。 検 0：下向きで髪の毛とマスクで全体が隠れた状態としてピックアップ検知されている。
khk002	複数人受験（Ａ受験者）	1	72	97	※不正指示の複数人受験を実施していない 不 72：下を向いてメモ(3 秒間ほど)して試験画面を見ている動作のように見られる。不正確度が高いように感じる。 別 97：下を向いて作業をしている状態が続く(ほぼ 10 秒間) 本人か判断できない状態ではあるので、確度は妥当だと思う。 検 0：下を向いて画面の隅で作業しているように見受けられる。人としてカウントされていない。正しい判定だと思う。 複数検知 0 があるが全て同じような映像。 ―――――――――――――――――――――――― ⇒検知０の場合、不正確度がとれていない。改修課題。 カメラ１つの限界、下向きのケースなど別確度のカメラで検知

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk003	スマートフォンでの通話（スピーカーフォンＡ）	1	77	100	不 77：顔がモニタから外れて横や下を見る動作あり（3 秒間ほど）。不正確度が高いように感じる。 他にも同様の不 77 のピックアップがあるが、同じようなものになる。 不 65：スピーカーフォンで会話をしている動作があるが、どちらかというと顔が横を向いているので不正確度が高いだけの気がする。実際に画面みながらの会話らしきものはピックアップ判定されていない。 別 100：下を向きながら作業をしている状態が続く。本人だと思われるが、頭部だけが映っているので本人反映されていない。 判定外：フル動画（0:28～0:47）（15:27～数秒） などの間でスピーカーフォンで話しかけている動作があるが、不正として検知されていない（ピックアップされていない）。 ―――――――――――――――――――――――― ⇒目線や顔が動かずに口元を小さな動作で会話すると不正判定が取れないように思える ⇒音が取れないので判定できない部分がある
khk004	スマートフォンでの通話（スピーカーフォンＡ）	1	73	98	不 54：口元が動いているため、誰かと会話している印象を受ける。判定確度として低い気がする。 不 73：下を向いて考え込んでるように見受けられる。不正しているようには感じない。 ―――――――――――――――――――――――― ⇒全体的には不正をしていない印象だが、誰かと会話しているのかなと思う部分で不正判定確度が低い気がする。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk005	-	1	79	100	不 79：画面の左下を見て考えているような印象を受ける。特に不正しているようには感じない。 別 100：下を向きながら作業をしている状態が続く。本人だと思われるが、頭部だけが映っているので本人反映されていない。 ―――――――――――――――――――――――――――――― ⇒全体的には不正をしていない印象だが、カメラに顔が近い状態？で試験を行っているようで、 　画面を見ているかと思われるが目線を外していると判定されて不正検知されている印象。
khk006	-	2	87	100	不 78：紙を取り出して書き始めようとする動画。体全体が動いているので、不正確度としてはもっと高く判定してもいいと思う。 不 87：口元が動き、顔が右側に動き、両手を出して動いている動画。適正な判定だと感じる。 不 76：画面と紙に目線を動かしながらメモをしている動画。不 87 より不正確度は高くていいと思う。 別 100：下を向きながら作業をしている状態が続く。本人だと思われるが、頭部だけが映っているので本人反映されていない。 検 2：特に二人映ってはいない動画。何をもって 2 名と判定されたか不明。
khk007	小道具使用（紙と印鑑と鏡）	1	73	79	※印鑑と鏡は利用していないように見受けられる ※画面には映っていないが、終始メモを机でとりながら試験画面を見て解答しているよう。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
					不 73：画面から目線を外して下を向いて何かメモをしている印象の動画。メモが OK な試験なら不正確度としては高いかと。 別 79：全体的にカメラが暗い印象の中、下向きになり髪の毛で本人と判定されない動画。下を向いている時間が長いほど別人判定になる印象。 ―――――――――――――――――――――――――――――― ⇒全体的に不正しているようには感じない受験者ではあるが、顔を下にしてメモしているのが不正判定されている印象。 ⇒計算問題などでメモ用紙が使えるとすると不正ピックアップが増加することが予測される。
khk008	小道具使用（紙と印鑑と鏡）	1	75	92	※印鑑と鏡は利用していないように見受けられる ※画面には映っていないが、終始手元と試験画面を見て解答しているよう。 不 75：画面と手元に目線を交互に移しながら試験実施している動画。メモしている印象は受ける。 別 92：他と同様に下を向きになり髪の毛で本人と判定されない動画。人が見れば本人と判断はできる印象。 ―――――――――――――――――――――――――――――― ⇒上記の受験者(khk007)と同様に全体的に不正しているようには感じない受験者ではあるが、顔を下にして何か見ているかメモしているのが不正判定されている印象。不正検知の意味ではこのレベルの検知は必要だが、頻繁に不正動画がピックアップはされるのでチェック側は不安になるかも。似たような検知の件数が多く、見逃しが起きるチェック者もいそう。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk009	小道具使用（紙と印鑑と鏡）	1	70	59	不 70：手元で何か操作をしている印象を受ける動画。目線が左下にいっているので不正検知が正常かと。 不 67：画面から視線（顔全体）が画面からはずれている状態。顔がはずれると不正確度が上がる印象。 別 59：別人としては見受けられない動画。少し髪の毛で顔が隠れる程度の印象。 ―――――――――――――――――――― ⇒不 70 の動画は目線が 1 度も画面に戻らなかったのが大きい印象。顔全体はそこまで動いていない為、適度に戻っていたら確度が低かったのかも。 ⇒全体的に不正検知のピックアップが低い判定結果だった。
khk010	ブラウザ検索（スマートフォンＡ）	1	67	93	不 67：上を向いて考え込んでる時間が数秒ある。特に不正には見受けられないが、視線が外れたので検知された印象。 別 93：顔を手で掻いているため、顔がかくれている状態の動画。やや確度が高い。 判定外：開始 10 秒以降（0:10～）でしばらく下を向いて視線をはずしている状態だが、不正として検知されていない。 ―――――――――――――――――――― ⇒手元に目線を動かして試験を実施している時間が多い受験者だが、不正判定が少なく確度も低い印象で検知できてない印象。
khk011	ブラウザ検索（スマートフォンＡ）	1	59	55	不 59：特に不正と判断するほどのものはない、目線が少し動いている 別 55：特に別人と判断するほどのものはない、顔に手を当てている

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk012	-	2	71	100	PC カレンダーを見ているかどうかは言われないとわからない、言われると確かに片方の端をずっと見ている動画になっている 検 2：画面に近づいているだけ、別人は映っていない 不 71：画面に近づき少し横を向いている、不 50 のものの方が下を向いたりしているので不正確度が高そうだが 別 100：画面に近づいて画面に受験者の目が映らなくなっている、別 53 のものと比べると目が移っている秒数が違う ---------- この受験者は「正常」の写真でイヤフォンを付けている。イヤフォンを検知できなかった可能性がある。
khk013	PC カレンダー参照Ａ	1	72	100	PC カレンダーを見ているかどうかは言われないとわからない、左右の両端に目が動いているように感じる 不 72：この映像からは不正をしていると判断できない、目元に手を当てている 別 100：目元が見えにくく、頭頂部が映っている状態（人の目で見れば同じ人物とわかる）
khk014	PC カレンダー参照Ａ	1	76	80	不 76：一瞬横を見て手を伸ばしている感じがある 別 80：顔に手を当てた瞬間であり別人ではない 不 50：顔は正面を向いているが目線が画面から外れている感じあり。だがメガネへの光の反射で目元は見えにくい。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk015		1	82	100	不 82：下で何かを書いているように感じる、不 64 の方が視線を大きく外している 別 100：途中から物を考えるように上を向いているが、人の目だと同一人物であることは明らかにわかる
khk016		1	73	53	不 73：下で何かを書いているように感じる（不 50 もほとんど変わらない） 別 53：一瞬口元が隠れる程度
khk017		1	73	83	不 73：下を向いて確認しているような感じがある（不 50 もほとんど変わらない） 別 83：額に手を当てているだけ、人の目だと同一人物とわかる
khk018		1	72	93	入れ替わるはずだが変わっていない 不 72：目元に手を一瞬あてるだけ、不正と判断するほどのものではない 別 93：顔がほとんど映らず頭頂部のみが映る
khk019	入れ替わり（A 受験者）	1	85	90	フル動画 13：59、22：04 くらい立ち上がって入れ替わり。別人に変わっているのに、別人部分は別人確度 80%以下になっている。 検 0：下を向いているだけのものも、本当に画面からいなくなったものも 0 として認識されている 不 85：斜め下を向いている。顔写真判定「正常」の人物とは別人。 別 90：ただ下を向いているだけ。 別 58：同一人物が髪と服装を変えており、別人確度は 58 で判定されている。
khk020	カンニング（身体書き込みA）	1	74	97	フル動画 15：10 くらい手の甲にメモが書いてあるのが映る。何が書いてあるかまではわからない。18：20 くらいから意識的に手の甲を見て解いているように見える。 不 74：斜め下を向いているだけ、明らかな不正とは判断しがたい。手の甲を見ていると思われる辺りは不 58。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
					別 97：下を向いているので頭頂部が映っている状態。人の目だと同一人物とわかる。
khk021	カンニング（身体書き込みＡ）	1	63	67	不 63：顔を触っているだけ。 別 67：少し上向きであごを触っているだけ。
khk022		1	72	87	別のアプリケーションを使っているかは動画だけだと全くわからない。 不 72：画面と手元を交互に見ている 別 87：3 秒ほど下を向いているだけ ---------- イヤフォンを着けて受験
khk023	アプリケーション使用	1	77	86	協力者がいるかどうかは判別ができなかった 検 0：頭頂部だけが映っているもの 不 77：少しだけ横を向いている 別 86：完全に下を向き頭頂部のみが見えている状態 ---------- フル動画 0：50 くらいから明らかに周りを探して何かを手元に置いたがその時の不正確度は 73%で最大値より小さい
khk024	アプリケーション使用	1	67	34	別のアプリケーションを使っているかは動画だけだと全くわからない。 不 67：顔が前に近づき顎が少し切れるが、不正しているとは見受けられない
khk025	-	1	83	100	カンニングペーパーが貼ってあるかどうかはわからなかった。貼ってあったとしても画面越しに見られる範囲にあったのではないかと思う。 検 0：頭頂部のみ映っている

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
					不 83：手元と画面？を交互に見ている 別 100：頭頂部のみ映っている
khk026	カンニングペーパー（掲示）	1	76	73	何かしゃべりながら解答している様子がうかがえる、カンニングペーパーがあるかどうかわからない 検 0：頭頂部のみ映っている 不 76：手元に何かを取ったようなしぐさがあった 別 73：頭頂部のみが映っている ---------- しゃべっていても音声が無いと独り言で悩んでいるだけなのか判断が難しい。
khk027	カンニングペーパー（掲示）	1	78	82	不 78：数秒であるが明らかに画面から目線を外し横を見ている 別 82：数秒であるが明らかに画面から目線を外し横を見ている
khk028		1	73	100	手元で作業をしていることは明らかにわかるが、書籍を読んでいるかはわからない（何か書いている様子の方が良くわかる） 検 0：画面から大きく顔が外れ、半分以上見えていない。下で何かを書いている様子がうかがえる 不 73：目線が大きく動いている 別 100：画面から大きく顔が外れ、半分以上見えていない。下で何かを書いている様子がうかがえる
khk029	カンニング（書籍Ａ）	1	78	77	手元と画面を交互に見ながら何かを書き、フル動画 30：05 何かめくってみている様子がうかがえる（ただしそのあたりの動画は不正確度 54%である） 検 0：下を向いている

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
					不 78：手元と画面を交互に見ている 別 77：下を向いている。完全に顔がわからなくなるわけではない ---------- 部屋が暗い
khk030	カンニング（書籍Ａ）	1	78	80	検 0：斜め下を向いている 不 78：斜め下と画面を見比べるような様子 別 80：斜め下を向いている ---------- フル動画 20：37 ごろから画面から離れるように少し引いた状態で画面と手元を見比べているがその時の不正確度は 64%である 「正常」の状態でマスクを着けている。目元が出ているので判定に影響はないのか？
khk031		1	71	64	不 71：特に不正と判断するほどではない。 別 64：特に別人と判断するほどではない。
khk032		1	80	75	不 80：手元を凝視している。
khk033	カンニングペーパー（手元）	1	76	54	不 76：手元を凝視している。
khk034	カンニングペーパー（手元）	1	77	100	別 100：同一人物である。該当箇所を確認したところ大きく下を向いていた。 ―――――――――――――――――――― ⇒確度の違いから同じ顔と判断できなかったものと思われる。
khk035		1	80	97	途中で受験者が入れ替わる筈であるが、入れ替わっていない。 別 97：受験者が俯いているが、同一人物である。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk036	入れ替わり（B受験者）	1	77	82	上記ではなくこちらで入れ替わりが発生している。 別 77：確度ピックアップの最初の動画。まさに入れ替わる瞬間を捉えている。 ―――――――――――――――――――― ⇒本人の映像は別人確度のピックアップの中になく正確である。 　この例では両者ともマスクをしているにも関わらず別人を判別できている。
khk037		1	69	25	音声で問題を伝える筈であるが、口を開いている箇所がない。
khk038	スマートフォンでの通話（スピーカーフォンB受験者）	1	74	100	不 58：なにか話している様子が伺える。 別 100：同一人物である。俯き顔が見切れている。 ―――――――――――――――――――― ⇒受験者が計算用紙を見るために俯くと別人であると判定してしまう場合がある。
khk039		1	69	92	不 69：人間が動画を確認しても検知は難しいと感じたため、判別不能。 別 92：俯き、頭頂部しか写っていないため顔を認証できなかったものと思われる。
khk040	ブラウザ検索（PCA）	1	70	94	不 70：目の端に触れていたが、不正と判断するほどのものではない。 別 94：同一人物である。大きく上を向いている。 ―――――――――――――――――――― ⇒俯きだけでなく上を向いても別人と判断された。 　顔の確度の変化全般に弱く見える。
khk041	ブラウザ検索（PCA）	1	74	77	不 74：人の目から見てもカンニングを行っている用に見える。 不 73：不自然なほど左に目線を向けている。 ―――――――――――――――――――― ⇒不正をしていない受験者の筈だが、指示されて意図的にやっているように見える

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
					視線の動きを指摘できているように思える。
khk042		1	67	100	別 100：同一人物である。顔が見切れている。
khk043		1	83	74	不 83：手で髪を整える動作を行っている。
khk044		1	72	52	※この受験者は頭にヘッドホンを載せている。 不 72：斜め下に目線を向けている。
khk045		0	0	0	N/A　動画が取れていない。
khk046		2	61	95	不正をしていない受験者の筈だが、入れ替わっている。 入れ替わった時点で部屋の内装までガラッと変わっている。（何をしたのか…） 別 83：入れ替わった時点からピックアップが開始。本人はピックアップされておらず、うまく取れている。 検 2：一人しか写っていない ―――――――――――――――――――― ⇒この例では別人を上手く判定できている。 別人確度は適合率（指摘したもののうち本当に別人だった割合）は酷いが、 再現率（指摘するべきものを見逃さない割合）は良いように思える。
khk047		0	0	0	N/A　未受験。
khk048		1	66	28	不 66：不正はしていないように見える。
khk049	時計を見る（非不正行為Ａ）	1	71	77	別 77：後ろを振り返っていた。 ―――――――――――――――――――― ⇒背後のカーテン上方に時計がテープで貼り付けてあるため、

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
					「時計を見る(非不正行為A)」に該当する行為と思われる。
khk050	時計を見る(非不正行為Ａ)	1	58	77	別77：大きく上を向いている。上に時計がある想定か。
khk051	時計を見る(非不正行為Ａ)	1	76	98	別98：同一人物である。 不76：左上の時計を見上げている。
khk052	時計を見る(非不正行為Ｂ)	1	67	96	別96：同一人物である。口元に手を当てている。 不67：右側を凝視している。
khk053	時計を見る(非不正行為Ｂ)	1	86	90	別90かつ不86：後方へ大きく振り向いている。 ―――――――――――――――――――― ⇒khk048よりこちらのほうが「時計を見る」の例として自然に思える。
khk054		1	86	79	不78：不正をしていない受験者の筈だが、後方の本棚から本を取っているようにも見える。 ―――――――――――――――――――― ⇒後ろを向いたのは一瞬なので、身体の傾きなども指摘できているように見える。
khk055		1	82	100	別100：同一人物である。俯き、顔が見切れている。
khk056		1	78	71	不78：手元を凝視しているが不正かは曖昧。 別71：同一人物である。俯き見切れている。
khk057		1	79	82	不79：手元を凝視しているが、不正かは曖昧。 別82：手で顔を覆っている。
khk058		1	61	31	不61：怪しいところはない。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk059		2	80	100	動作が多い受験者。 不 80：指折り数を数えて悩んでいる。 別 91：顔が添えられた手に隠れている。 ―――――――――――――――――――― ⇒不正をしていなくても（AI にとって）思わせぶりな態度をすると不正と判断されてしまうケースがある。
khk060		1	78	90	不 78：手元を凝視しているが不正かは曖昧。
khk061		0	0	0	N/A　動画が取れていない。
khk062		1	69	92	別 92：同一人物である。 ―――――――――――――――――――― ⇒異常に暗い部屋で受験していることや、メガネがブルーライトカットで光を反射している。 　このことが視線の判定などに影響した可能性がある。
khk063		0	0	0	N/A　未受験。
khk064		1	74	97	別 97：同一人物である。 ―――――――――――――――――――― ⇒やはり俯き見切れていることが原因に思える。 　長時間で計算用紙有りのテストだと別人確度で大量にアラートされ、機能しないかもしれない。
khk065		1	62	38	怪しい点はない。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk066		1	84	95	フル動画の 6:15 付近、突然動画が切り替わり部屋ごと別人のものになる。 ―――――――――――――――――――――――――――― ⇒不 84：別 95：入れ替わった後の人からのみピックアップされている。 上手く入れ替わりを指摘できている。 入れ替わりの動作がなく、一瞬で入れ替わっても問題なく指摘できている。
khk067		0	0	0	N/A　未受験。
khk068		1	66	63	怪しい点はない。
khk069		1	64	58	怪しい点はない。
khk070		1	78	100	不 72：ノートを取り出して開いている。 不 75：何か喋っている。（音読？） 加えて画面外左側に視線を向けている。 不正をしていない受験者の筈だが画面外の協力者とカンニングしている可能性がある。
khk071		1	73	85	別 85：同一人物である。俯き見切れている。
khk072		1	61	54	怪しい点はない。
khk073		1	84	100	不 84：別 100：手元を凝視しているが不正かは曖昧。
khk074		1	73	70	不 73：別 70：手元を凝視しているが不正かは曖昧。
khk075		1	80	86	不 80：別 86：手元を凝視しているが不正かは曖昧。
khk076		1	68	100	不 67：不正をしていない受験者の筈だが、楽しげに談笑している。 フル動画 18:57～で挙手しているが、ピックアップはされていなかった。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk077		1	65	97	別 97：別 92：同一人物である。 ―――――――――――――――――――――――― ⇒顔写真ではマスクをしていないが、受験動画ではマスクをしている。 　マスクの有無のせいで別人と判定されている可能性もある。
khk078		1	72	75	不 57：時折口を開くが話しているような印象は受けない。 不 72：常に肘をついており、口元を手で隠している。
khk079		1	61	33	不 61：指折り数える動作。
khk080		1	69	100	不 69：別 100：別 100：部屋が明るくなったり暗くなったりする。 ―――――――――――――――――――――――― ⇒部屋の明るさが変化すると別人と判定される可能性がある。 　自動で光量を調節するような web カメラを使用していると別人確度が大量にアラートされる可能性がある。
khk081		1	60	37	特に怪しい点はない。
khk082		1	78	73	不 78：手元を凝視している。 別 73：口元に手を当てて顔が隠れている。
khk083		1	63	49	怪しい点はない。
khk084		1	73	100	不正をする受験者の筈だが、入れ替わっていない。 別 100×2：カメラが近く、手元を見る際に頭を下げると頭頂部しか写っていないことがある。
khk085		1	65	65	怪しい点はない。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk086		2	72	69	不 50：突然笑い出す。誰かと話している？ 検 2×3：一人しか写っていないにも関わらず大量に「検知人数 2」のピックアップが出ている。 ―――――――――――――――――――――――――――― ⇒背後には「くまのプーさん」のぬいぐるみが置いてあり、 　このぬいぐるみの顔を検知してしまっている可能性が高いと考えられる。
khk087		2	78	100	不 78：不 65：別 100：不正をしていない受験者の筈だが、喋りながら解いているように見える。 検 2：一人しか写っていない。
khk088		1	65	68	不 50：会話しているように見える。
khk089		1	74	88	不 72：別 88：手元を凝視しているが不正かは曖昧。
khk090		1	81	100	別 100：同一人物である。口元を手で覆っており、顔が隠れている
khk091		1	64	54	不 64：手元を凝視しているが不正かは曖昧
khk092		1	76	65	不 76：上や右に目をキョロキョロと動かしており、不自然。
khk093		1	73	100	不 73：怪しい点はない。 別 100：手元を見るために俯き見切れる箇所がある。
khk094		1	74	75	不 74：手元を凝視しているが不正かは曖昧 別 75：手元を見るために俯き見切れる箇所がある。
khk095		1	71	77	不 71：不 77：常に口元を手で覆っている。
khk096	イヤホンの使用	2	80	95	イヤフォンだけでなく不正が非常に多い 不 80：電卓が画面に写っている。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
					不 58：右側の机を盗み見ているようにも見えかねない。 不 53：書類を足元の鞄から取り出している。 不 73：画面端にいる女性と会話している。 不 51：カレンダーが画面に写っている。 不 65：横の机からカレンダーを取り出しめくっている。 不 73（2 個め）：お茶を飲んでいる。 検 2×2：後ろを人が通り掛かったタイミングがあり、きちんと検知人数が 2 になっている。 ―――――――――――――――――――――――――――――― ⇒検知人数の判定は後ろを人が通りかかったタイミングのみきちんと抜き出しており正確である。 　不正確度は決定的な場面を切り取れているものの、数値は低い。 　視線には強く反応するが、物体検知は高い数値が出ない。
khk097	イヤホンの使用	2	72	98	イヤフォンだけでなく不正が非常に多い。 不 52：お茶を飲んでいる。 不 59：ストレッチをし始める。 不 60：手に文字を書く。 検 2：ストレッチ 2 回め。写っている人数は一人のはず。 別 92：背後を向きテキストを持った女性に答えを教わる。 検 0：受験者が離席しており画面には誰も写っていない。 検 0（2 個め）：書類の束を抱えて再登場しているが、AI は誰もいないと判断。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
					検 0（3 個め）：紙束を持って再度離席。AI は誰もいないと判断。 検 2：首を振り遠目に何かを確認。AI は二人居ると判断。 不 60（2 個め）：ファイルを持つ様子が写っている。 不 54：目薬を差している。 不 54（2 個め）：お茶を飲んでいる。 不 61：横を向き誰かと会話している。 ―――――――――――――――――――――――――――― ⇒かなり多くの不正が見られるが、最大の不正確度は 72 と低く数値の高低に疑問が残る。 　一方で検知人数の判定は概ね正確であると感じた。
khk098	イヤホンの使用	1	78	77	イヤフォンだけでなく不正が非常に多い。 不 57：誰かと話している。 不 59：スマホが画面に写っている。 不 59（2 個目）：電卓が画面に写っている。 不 57（2 個目）：文字の入った書類が写っている。 不 65：書類を画面に写しそちらへ目線を向けている。 不 78：スマホが画面に写っている。 ―――――――――――――――――――――――――――― ⇒各種決定的な情報媒体を拾えているが、不正確度が低い。
khk099		0	0	0	N/A　未受験。

ID	不正行為	検知人数	不正確度	別人確度	所管
khk100	入れ替り	1	52	100	別 100：途中で入れ替わるのではなく、最初から別人で試験動画が開始している。 ―――――――――――――――――――――――――――― ⇒顔写真に対してのみ別人と判断できるケースだが、正しく判定できている。 　替え玉受験などがあっても、問題なく指摘できそう。

参考Ｂ－７　不正行為者に対する調査結果（ＡＩシステム２）

表Ｂ－１　AIの判定結果

ログインID	不正有無確認結果／判定不可理由	目視確認結果コメント／判定不可理由詳細	AI不正点数	eye_rot検知件数	eye_rot検知点数	people_num検知件数	people_num検知点数	other_person検知件数	other_person検知点数	voice検知件数	voice検知点数
khk001	LEVEL 3	マスク着用のため、検知精度は下がっている可能性あり。マスクを不正とするのであれば、不正。 メモで下を見ることでeye_rot、people_num、other_personが検知されている。不正ではないと思われる。	10255	31	155	27	8100	2	2000	0	0
khk002	LEVEL 5	画面外に女性と男性がいると思われる。終始話して相談をしながら受験している為、不正と判定して良いと思われる。 （voice）104件　2:20、4:08、6:12…協力者との問題内容の相談と、独り言多数。 （other_person）3件　本人変化なし。真下を向いてメモ確認の見切れと思われる。 （people_num）（eye_rot）メモ確認、協力者と	10115	23	115	6	1800	3	3000	104	5200

		の連携による目線外しと思われる。									
khk 003	LEVEL 5	**終始音声通話で、マサキと呼ばれる別の受験者男性と会話しながら協力。** **（voice）247件　ほぼすべて音声通話での協力者との問題内容の相談。** **（other_person）1件　本人変化なし。真下を向いてメモ確認・記入と思われる。** **（people_num）（eye_rot）多数　メモの確認・記入による目線外しと思われる。**	16125	**15**	75	**9**	2700	1	**1000**	247	12350
khk 004	LEVEL 4	基本的にメモを取っているものと思われる行動がほとんどだったが、 37:16～43:04（eye_rot）突然、折り紙をしているような、意図不明な行動あり。メモではなさそう。 （voice）2件　試験内容への独り言と思われる。 （other_person）1件　本人変化なし。真下のメモ確認による顔の見切れと思われる。 その他（people_num）（eye_rot）多数　メモ確認・記入によるものと思われる。	**13010**	42	**210**	39	11700	1	1000	2	100

khk005	目視確認対象外	音声が正常に保存されていない。（マイクトラブルの可能性あり）	0	0	0	0	0	0	0	0	0
khk006	ログイン後、試験開始していない	何度かログインし、試験開始直前まで進んでいるが、試験開始できなかった。詳細な原因は不明。									
khk007	LEVEL 2	カメラに顔が近く、見切れること多数だが、ほとんどがメモ確認・記入によるものと思われる。 （other_person）4件　本人に変化なし。メモ確認時の顔の見切れ、手で顔を触る動きと思われる。 （people_num）（eye_rot）メモ確認・記入の動きと思われる。	9315	3	**15**	21	**6300**	**3**	3000	0	0
khk008	目視確認対象外		0	0	0	0	0	0	**0**	0	0
khk009	目視確認対象外		0	0	0	0	0	0	0	0	0

khk010	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	5480	16	80	18	5400	**0**	0	0	0
khk011	LEVEL 3	**イヤホンをして試験をしているため不正の可能性があり得る。 随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。**	**25725**	**5**	25	79	23700	2	2000	0	0
khk012	目視確認対象外		0	0	0	0	0	0	0	0	0
khk013	動画保存されておらず判定不可	ログイン後、長時間経過したため正常に録画開始できず。									
khk014	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。全体的に顔がカメラに近いため、それも検知され	2465	13	65	8	2400	0	0	0	0

		ている。 また、途中で何度かマグカップにて飲み物を飲んでいるシーンがある。この動作が不正、ということであれば不正とすべき。									
khk015	LEVEL 4	開始時に机の引き出しから何かを取り出す動きがある為、Lv4。 その他 eye_rot はおそらくメモの動作と思われる。 （eye_rot）1:00～1:10 は eye_rot 検知だが、机の引き出しを開けてペンケースからペンを出しているような動き。事前に用意していない時点で不正の可能性有り。	65	13	65	0	0	0	0	0	0
khk016	目視確認対象外		600	0	0	2	600	0	0	0	0
khk017	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。音声検知は独り言のため問題なし。	17175	5	25	57	17100	0	0	1	50

khk018	目視確認対象外		300	0	0	1	300	0	0	0	0
khk019	LEVEL 2	受験前本人：マスク無し ID 写真：マスク有り 受験中：マスク有りのため、マスク利用が不正、ということであれば不正扱いとすべき。 メモ確認・記入時に目線と顔が真下へ向き、見切れること多数。 検知も項目は複数だが、いずれも同様の動きによるものと思われる。 （other_person）1 件　本人に変化なし。真下を向いてメモ？確認後顔を上げる動き。 （people_num）10 件　真下を向いてメモと思われる。 （eye_rot）14 件　真下を向いてメモと思われる。	3480	16	80	8	2400	1	1000	0	0
khk020	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。音声検知も多数あるが、独り言のため問題なし。	11180	6	30	35	10500	0	0	13	650

khk021	目視確認対象外		15	3	15	0	0	0	0	0	0
khk022	LEVEL 5	3:00～12:00 の eye_rot は手元にメモをとるような動作。メモ用紙は許可の試験のため不正有無は不明。 20:00 頃の eye_rot は左手のメモを見るような動作。不正の可能性が高い。（27:00 頃の映像で左手にメモあり） 27:00 以降の eye_rot は、右手側メモを見るような動作。メモ用紙は許可の試験のため不正有無は不明。	65	13	65	0	0	0	0	0	0
khk023	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。 other_person：2 件とも下を向いて目のあたりが隠れた際に別人と誤検知されたものと思われ、実際に別人に入れ替わった訳では無い。	14005	1	5	40	12000	2	2000	0	0
khk024	LEVEL 2	**随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。**	355	11	55	1	300	0	0	0	0

khk 025	動画保存されておらず判定不可	ログイン後、長時間経過したため正常に録画開始できず。									
khk 026	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。音声検知も多数あるが、独り言のため問題なし。	11975	**15**	**75**	32	**9600**	**0**	**0**	46	**2300**
khk 027	LEVEL 2	voice 検知があるが、鼻歌または独り言が多いことによる検知であり、不正の意図は無いと思われる。 その他（eye_rot）はメモ確認、記入と思われる動作。	380	**26**	**130**	**0**	0	0	0	5	250
khk 028	LEVEL 4	明らかな目の怪しい動き。 左の何かを見る動作多数。真下にメモもあるようだが、単純に自分がメモしたものを見ているとは思えない動作も有り。	2760	12	60	9	2700	**0**	**0**	**0**	**0**
khk 029	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	3090	18	90	10	3000	0	0	0	0

khk 030	LEVEL 3	マスク着用のため、検知精度は下がっている可能性あり。マスクは不正とするのであれば、不正。 随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	10860	12	60	36	10800	0	0	0	0
khk 031	**LEVEL 5**	12:17 に別人と入れ替わり、19:59 に戻る。明らかな不正。 その他の eye_rot、people_num は目線がずれただけと思われる。	8275	15	75	4	1200	7	7000	0	0
khk 032	動画保存されておらず判定不可	**動画なし。ネットワークまたはカメラ、PC の問題の可能性が高いが正確な原因は不明。**									
khk 033	LEVEL 3	音声が正常に保存されていない。（マイクトラブルの可能性あり） eye_rot を多数検知しているが、右手側にある資料を参照しているように見える。メモ用紙許可の試験なので、メモをとっている可能性もあり、不正とは断定できない。	65	13	65	0	0	0	0	0	0

khk034	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	10315	23	115	34	10200	0	0	0	0
khk035	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	2225	25	125	7	2100	0	0	0	0
khk036	目視確認対象外		0	0	0	0	0	0	0	0	0
khk037	LEVEL 2	**eye_rot を検知しているが、恐らくメモの動作。メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。**	25	5	25	0	0	0	0	0	0
khk038	LEVEL 5	0:03:58 以降の voice のほとんどが他の受験者との会話であり不正と考えられる。随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	26995	9	45	68	20400	1	1000	111	5550
khk039	LEVEL 5	voice は開始時より誰かと通話しながら受験。終了まで雑談や問題内容の相談をしているため、明らかな不正と思われる。	29530	16	80	69	20700	2	2000	135	6750

		people_num 下を向いた際に髪（女性/髪型ショート）で顔が全て隠れている為検知。									
khk040	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。音声検知も多数あるが、独り言のため問題なし。	13505	1	5	45	13500	0	0	0	0
khk041	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	630	6	30	2	600	0	0	0	0
khk042	LEVEL 2	other_person が出ているが、顔が横に向いたり、カメラの画角から一部切れることにより、同一人物であるという判定ができなかったため出ているもので、別人に入れ替わっている訳ではないため問題なし。 voice は受験者の独り言。 eye_rot、people_num はおそらく全てメモ確認、記入、メモ記入時に顔を寄せた際のカメラへの接近、見切れによるものと思われる。	23535	17	85	68	20400	3	3000	1	50
khk043	LEVEL 2	まじめに受験していると思われる。 ペンは持っているのでメモだとは思われる。 メモ確認、記入時に顔が下へ見切れること多	2245	9	45	4	1200	1	1000	0	0

		数。検知も項目は複数だが、いずれも同様の動きによるものと思われる。 （other_person）1件　本人変化なし。メモの記入で見切れているだけ。 （people_num）4件　メモ記入と思われる動作で、鼻から下が画面下へ見切れる。 （eye_rot）9件　メモ記入と思われる動作で、鼻から下が画面下へ見切れる。									
khk044	LEVEL 5	31:00～36:00 人物不在のため people_num 検知随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。 38:00 以降、別の人に入れ替わっているので不正と考えられる。 音声検知1件は独り言なので問題なし。	32875	5	25	96	28800	4	4000	1	50
khk045	LEVEL 1	**eye_rot が検知されているが、全てメモ確認、記入によるものと思われる。**	**65**	**13**	65	0	0	0	0	**0**	0
khk046	目視確認対象外		50	0	0	0	0	**0**	0	1	50

khk047	目視確認対象外		0	0	0	0	0	0	**0**	0	0
khk048	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。音声検知も多数あるが、独り言のため問題なし。	31195	9	45	94	28200	0	0	59	2950
khk049	**LEVEL 1**	eye_rot を検知しているが、モニタ内での目の動きと思われるため、不正はないと思われる。	95	19	95	0	0	0	0	0	0
khk050	動画保存されておらず判定不可	**ログイン後、長時間経過したため正常に録画開始できず。**									
khk051	LEVEL 1	eye_rot を数回検知しているが、いずれも画面内での目線の動きに見える。 メモを書く、見るような動作は見られない。 4:14～eye_rot は、キーボード入力ため手元を見たものと思われる。	40	8	40	0	**0**	0	0	0	0
khk052	LEVEL 1	（people_num）（eye_rot）検知多数だが、ほとんどが真下を向いてメモを確認・記入しているものと思われる。	6750	30	150	22	6600	0	0	0	0

khk 053	LEVEL 1	（voice）14 件、全て試験に対する独り言と思われる。	700	0	0	0	0	0	0	14	700
khk 054	目視確認対象外		0	0	0	0	0	0	0	0	0
khk 055	LEVEL 2	eye_rot を検知しているが、恐らくメモの動作。メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	60	12	60	0	0	0	0	0	0
khk 056	動画保存されておらず判定不可	**ログイン後、長時間経過したため正常に録画開始できず。**									
khk 057	LEVEL 2	eye_rot を検知しているが、下を向いているのは恐らくメモの動作。メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。目線が横になっているシーンもあったが、不正とは断定できない。	145	29	145	0	0	0	0	0	0
khk 058	LEVEL 1	eye_rot については、メモ確認、記入によるものと思われる。voice が 1 件あるが、独り言のため問題なし。	185	27	135	0	0	0	0	1	50

khk059	目視確認対象外		0	0	0	0	0	0	0	0	0
khk060	LEVEL 2	people_num が多数検知されており、前髪により片目が隠れていることや、顔の下半分が映っていないことによるものと思われる。 other_person 1 件は直前の people_num で検出された顔半分以上が隠れた状態から、さらに目線が下に向いたことによる誤検知と思われる。 people_num、eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	21465	13	65	68	20400	1	1000	0	0
khk061	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	1610	22	110	5	1500	0	0	0	0
khk062	LEVEL 2	eye_rot を検知しているが、下を向いているのは恐らくメモの動作。メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。目線が横になっているシーンもあったが、不正とは断定できない。	70	14	70	0	0	0	0	0	0
khk063	LEVEL 1	イレギュラーは猫が入ってくるぐらい。 目線外しほぼなし。メモを確認するような動作	3300	0	0	11	3300	0	0	0	0

		もなかったように見える。 （people_num）眼鏡の反射や照明の関係で目がはっきり映っておらず、people_num が検出されている。									
khk064	目視確認対象外		20	4	20	0	0	0	0	0	0
khk065	二重ログインのため判定不可	二重ログインで正常に受験・録画ができていないため判別不可	3600	**0**	0	2	600	3	**3000**	**0**	**0**
khk066	**目視確認対象外**		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
khk067	目視確認対象外		0	0	0	**0**	0	0	0	0	0
khk068	目視確認対象外		50	0	0	0	0	0	0	I	50

khk 069	目視確認対象外		300	0	0	1	300	0	0	0	0
khk 070	**目視確認対象外**		0	0	0	0	0	0	0	0	0
khk 071	LEVEL 4	9:00 の people_num は顔が横を向きすぎて画面外となったため。 eye_rot が多数あるが、受験者右手に別画面または資料、メモ等があり、それを参照していると思われるため不正の可能性が高い。 voice が 3 件あるが独り言のため問題なし。	580	26	130	1	300	0	0	3	150
khk 072	目視確認対象外		0	0	0	0	0	0	0	0	0
khk 073	LEVEL 1	**目線はそれていたが、いずれもメモを確認、記入の動作と思われる。** **（eye_rot）試験時間 51:25 のうち、0:00～9:20 まで eye_rot を 14 件検知。いずれもメモを確認、記入の動作と思われる。**	70	14	70	0	0	0	0	0	0
khk 074	LEVEL 3	eye_rot を多数検知しており、資料を参照しているように見える。（右手側を頻繁に見てい	1055	21	105	3	900	0	0	1	50

		る）ただ、メモの可能性もありメモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。									
khk 075	LEVEL 2	右利き、鉛筆は確認できた。随所でメモをしたりメモを見ている動作が多数あり eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。 17:20（people_num）手で顔が隠れたため。 27:00:（people_num）下を向いて髪で顔が隠れてたため。 53:00（people_num）下を向いて髪で顔が隠れてたため。	1030	26	130	3	900	0	0	0	0
khk 076	LEVEL 2	終始部屋が暗い。 （other_person）1 件　恐らく下を向いた動きの際に画像が不鮮明となり、別人と判定された。 （people_num）2 件　下を向いて顔面が隠れたため受験者不在と判定された。 （eye_rot）35 件　ほとんど真下を向く動作。メモなのかは不明。	1775	35	175	2	600	1	1000	**0**	0
khk 077	LEVEL 3	**試験中にマスクをしており、検知の精度が下がったためか、other_person が検知されている。また、数件 eye_rot 検知もあり。マスク利用が**	5010	**2**	10	0	0	5	5000	0	0

		不正、ということであれば不正扱いとすべき。									
khk078	動画保存されておらず判定不可	動画なし。ネットワークまたはカメラ、PC の問題の可能性が高いが正確な原因は不明。									
khk079	LEVEL 2	常にカメラに近づきすぎで受験しており、people_num を随時検知している。メモの動作も行っているとみられる。メモが許可された試験のため不正かどうかは判断できない。	1800	0	0	6	1800	0	0	0	0
khk080	LEVEL 2	途中からカメラの不具合？で画面が暗くなり people_num を多数検知。また、メモで下を向いていることで eye_rot を検知。Voice は独り言のため問題ない。	10635	17	85	35	10500	0	0	1	**50**
khk081	目視確認対象外		0	0	0	0	0	0	0	0	0
khk082	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。	1025	**25**	125	3	900	0	0	0	0
khk083	LEVEL 2	マイクが入ってないのか、終始音が聞こえない。恐らくマイクのレベル設定などの問題で、	**1800**	0	0	6	1800	0	**0**	0	0

		音声が無音となっているものと思われる。そのため音声を使用した不正の有無は判断できない。 メモを確認したり書くような動作は見られず。 people_num 6件は、受験者の後ろに複数人写っている写真があり、それに反応したものかと思われる。									
khk084	LEVEL 2	カメラに顔が近く、見切れること多数だが、ほとんどがメモ確認・記入によるものと思われる。 （other_person）2件　本人変化なし。メモ確認なのか、真下を向いて顔が見切れただけ。 （people_num）（eye_rot）メモ確認、協力者との連携による目線外しと思われる。	10450	10	50	28	8400	2	2000	0	0
khk085	二重ログインのため判定不可	同じIDで二重ログインされており、受験者が撮影した本人画像が、後でログインした別の人物の写真で上書きされている。そのため、本人画像と動画の人物が別人物のため、other_personが検知されている。eye_rotについては、メモを取るような動作は見受けられず、画面横方向に目線が動くため、不正の可能性も考えられる。	10050	10	50	0	0	10	10000	0	**0**

khk087	**目視確認対象外**		0	0	0	0	0	0	0	0	0
khk088	動画保存されておらず判定不可	ログイン後、長時間経過したため正常に録画開始できず。									
khk089	LEVEL 2	時折目線が右や上にそれるが、考えているだけに見える。 （voice）1件　独り言と思われる。 （eye_rot）時折目線を右や上にそらす動作を検知している場合と、そのような動作が無い場合も不正として検知されているが、画質が鮮明でないことや眼鏡や照明の関係で目線が外れたように誤検知されたものと思われ、不正は無いと思われる。	225	35	175	0	0	0	0	1	50
khk090	LEVEL 2	随所で下を向いてメモをしたりメモを見ている動作が多数あり people_num および eye_rot を検知しているが、メモは許可された試験なのでこの動作からは不正かどうかは判別できない。音声検知も多数あるが、独り言のため問題なし。	8355	41	205	24	7200	0	0	19	950

khk091	LEVEL 4	顔が画面に近すぎる。 メモの確認・記入、居眠り、終始頬杖をついていることで検知されていると思われるが、見切れている際に何をしているのかは不明。 （people_num）10件 （eye_rot）14件	3070	14	70	10	3000	0	0	0	0
khk092	ログイン後、試験開始していない	何度かログインし、試験開始直前まで進んでいるが、試験開始できなかった。詳細な原因は不明。									
khk093	LEVEL 4	目線が頻繁に下、時折右を見る。メモをとったり資料を見ている可能性があるが何を確認しているのか不明。 （eye_rot）35件　よそ見やメモを見るような動作があるが、部屋が暗く、眼鏡に画面が反射しているため、誤検知もあると思われる。	175	35	175	0	0	0	0	0	0
khk094	LEVEL 1	eye_rotのみ。ほとんどがメモを確認・書くような動き。	130	26	130	0	0	0	0	0	0
khk095	動画保存されておら	動画なし。ネットワークまたはカメラ、PCの問題の可能性が高いが正確な原因は不明。									

	ず判定不可										
khk096	LEVEL 5	電卓を使用しているので不正と判断すべき。（4:28） 試験中にマスクをしており、other_personが検知されている。また、意図的かどうかはわからないが、ところどころカメラのピントが外れて不鮮明になっている部分もある。 イヤホンを常にしている状況のため、不正の可能性あり。 人が周りにいる状況での受験のため、後ろを通った人も検知されている。また、試験途中で周りの方と会話をすることが何件かあり、Voiceが検知されている。	9700	20	100	30	9000	0	0	12	600
khk097	**LEVEL 4**	オフィスで受験、飲食有り、途中マスクつけ外し有り。 メモを確認、書くような行動はあまり見られず。 03:10（eye_rot）左耳へイヤホン装着。 09:00（other_person）他社員が後ろを通り話しかけただけ。	1325	15	75	0	0	1	1000	5	250

		（voice）5件はいずれも試験に対する独り言と思われる。									
khk098	LEVEL 3	eye_rotが多数あるが、メモに記載するために下を向いている動作を検知している（メモは許可の試験のため不正有無は不明） 27:00頃など何回か別の人との会話あるが試験内容とは無関係なので不正の意図は無いと思われる。 28:00イヤホン装着＝禁止事項 35:20 36:40 people_num 背景に人が映り込んでいる	4160	42	210	5	1500	0	0	49	2450
khk100	LEVEL 5	本人写真、ID写真ともにマスク着。 オフィスにて実施。 終始業務関係、他受験者へのトラブル対応と思われる電話。 33:00、1:05:55　2回離席 （voice）196件　業務電話とオフィス内の声によるもの。 （people_num）（eye_rot）	11175	35	175	4	1200	0	0	196	9800

付録書Ｃ

参考Ｃ－１　高圧ガス保安法

（保安統括者、保安技術管理者及び保安係員）

第二十七条の二　次に掲げる者は、事業所ごとに、経済産業省令で定めるところにより、高圧ガス製造保安統括者(以下「保安統括者」という。)を選任し、第三十二条第一項に規定する職務を行わせなければならない。

一　第一種製造者であつて、第五条第一項第一号に規定する者(経済産業省令で定める者を除く。)

二　第二種製造者であつて、第五条第二項第一号に規定する者(一日に製造をする高圧ガスの容積が経済産業省令で定めるガスの種類ごとに経済産業省令で定める容積以下である者その他経済産業省令で定める者を除く。)

2　保安統括者は、当該事業所においてその事業の実施を統括管理する者をもつて充てなければならない。

3　第一項第一号又は第二号に掲げる者は、事業所ごとに、経済産業省令で定めるところにより、高圧ガス製造保安責任者免状(以下「製造保安責任者免状」という。)の交付を受けている者であつて、経済産業省令で定める高圧ガスの製造に関する経験を有する者のうちから、高圧ガス製造保安技術管理者(以下「保安技術管理者」という。)を選任し、第三十二条第二項に規定する職務を行わせなければならない。ただし、保安統括者に経済産業省令で定める事業所の区分に従い経済産業省令で定める種類の製造保安責任者免状の交付を受けている者であつて、経済産業省令で定める高圧ガスの製造に関する経験を有する者を選任している場合その他経済産業省令で定める場合は、この限りでない。

4　第一項第一号又は第二号に掲げる者は、経済産業省令で定める製造のための施設の区分ごとに、経済産業省令で定めるところにより、製造保安責任者免状の交付を受けている者であつて、経済産業省令で定める高圧ガスの製造に関する経験を有する者のうちから、高圧ガス製造保安係員(以下「保安係員」という。)を選任し、第三十二条第三項に規定する職務を行わせなければならない。

5　第一項第一号又は第二号に掲げる者は、同項の規定により保安統括者を選任したときは、遅滞なく、経済産業省令で定めるところにより、その旨を都道府県知事に届け出なければならない。これを解任したときも、同様とする。

6　第一項第一号又は第二号に掲げる者は、第三項又は第四項の規定による保安技術管理者又は保安係員の選任又はその解任について、経済産業省令で定めるところにより、都道府県知事に届け出なければならない。

7　第一項第一号又は第二号に掲げる者は、経済産業省令で定めるところにより、保安係員に協会又は第三十一条第三項の指定講習機関が行う高圧ガスによる災害の防止に関する講習を受けさせなければならない。

（保安主任者及び保安企画推進員）

第二十七条の三　前条第一項第一号に掲げる第一種製造者のうち一日に製造をする高圧ガスの容積が経済産業省令で定めるガスの種類ごとに経済産業省令で定める容積以上である者は、経済産業省令で定める製造のための施設の区分ごとに、経済産業省令で定めるところにより、製造保安責任者免状の交付を受けている者であつて、経済産業省令で定める高圧ガスの製造に関する経験を有する者のうちから、高圧ガス製造保安主任者(以下「保安主任者」という。)を選任し、第三十二条第四項に規定する職務を行わせなければならない。

2　前項に規定する第一種製造者は、事業所ごとに、経済産業省令で定める高圧ガスの製造に係る保安に関する知識経験を有する者のうちから、高圧ガス製造保安企画推進員(以下「保安企画推進員」という。)を選任し、第三十二条第五項に規定する職務を行わせなければならない。

3　前条第六項の規定は保安主任者又は保安企画推進員の選任又は解任について、同条第七項の規定はこれらの者に係る講習について準用する。

（製造保安責任者試験及び販売主任者試験）

第三十一条　製造保安責任者試験又は販売主任者試験は、高圧ガスの製造又は販売及び高圧ガスによる災害の発生の防止に関して必要な知識及び技能について行う。

2　製造保安責任者試験又は販売主任者試験は、第二十九条第一項に規定する製造保安責任者免状又は販売主任者免状の種類ごとに、毎年少なくとも一回、経済産業大臣又は都道府県知事が行う。

3　協会又は経済産業大臣が指定する者(以下「指定講習機関」という。)が経済産業省

令で定めるところにより行う講習の課程を修了した者については、経済産業省令で定めるところにより、製造保安責任者試験又は販売主任者試験の全部又は一部を免除する。

4　前三項に定めるもののほか、製造保安責任者試験又は販売主任者試験の試験科目、受験手続その他の細目及び前項の指定に関し必要な事項は、経済産業省令で定める。

（許可の取消し等）

第三十八条　都道府県知事は、第一種製造者又は第一種貯蔵所の所有者若しくは占有者が次の各号のいずれかに該当するときは、第五条第一項若しくは第十六条第一項の許可を取り消し、又は期間を定めてその製造若しくは貯蔵の停止を命ずることができる。ただし、第一種貯蔵所の所有者又は占有者にあつては、第六号の規定については、この限りでない。

一　第十一条第三項、第十五条第二項、第十八条第三項、第二十六条第二項若しくは第四項、第二十七条第二項、第三十四条若しくは次条第一号若しくは第三号の規定による命令又は同条第二号の規定による禁止若しくは制限に違反したとき。

二　第十四条第一項又は第十九条第一項の規定により許可を受けなければならない事項を許可を受けないでしたとき。

三　第二十条第一項又は第三項の完成検査を受けないで、高圧ガスの製造のための施設又は第一種貯蔵所を使用したとき。

四　第二十七条の二第一項、第三項、第四項若しくは第七項(第二十七条の三第三項において準用する場合を含む。)、第二十七条の三第一項若しくは第二項又は第二十七条の四第一項の規定に違反したとき。

五　第六十五条第一項の条件に違反したとき。

六　第七条第二号から第四号までに該当するに至つたとき。

2　都道府県知事は、第二種製造者、第二種貯蔵所の所有者若しくは占有者、販売業者又は特定高圧ガス消費者が次の各号の一に該当するときは、期間を定めてその製造、貯蔵、販売又は消費の停止を命ずることができる。

一　第十二条第三項、第十五条第二項、第十八条第三項、第二十条の六第二項、第

二十四条の三第三項、第三十四条若しくは次条第一号若しくは第三号の規定による命令又は同条第二号の規定による禁止若しくは制限に違反したとき。

二　第二十八条第一項又は第二項の規定に違反したとき。

（業務の範囲）

第五十九条の二十八　協会は、第五十九条の二の目的を達成するため、次の業務を行う。

一　高圧ガスの保安に関する調査、研究及び指導並びに情報の収集及び提供を行うこと。

二　高圧ガスの保安に関する技術的な事項について経済産業大臣に意見を申し出ること。

三　第二十七条の二第七項及び第三十一条第三項並びに液化石油ガス法第十九条第三項、第三十七条の五第四項及び第三十八条の九の講習を行うこと。

四　第二十条第一項ただし書若しくは同条第三項第一号の完成検査、第二十二条第一項第一号の輸入検査、第三十五条第一項第一号の保安検査、第四十四条第一項の容器検査、第四十九条第一項の容器再検査、第四十九条の二第一項の附属品検査、第四十九条の四第一項の附属品再検査、第四十九条の二十三第一項の試験若しくは第五十六条の三第一項から第三項までの特定設備検査又は液化石油ガス法第三十七条の三第一項ただし書(液化石油ガス法第三十七条の四第四項において準用する場合を含む。)の完成検査若しくは液化石油ガス法第三十七条の六第一項ただし書の保安検査(以下「保安検査等」という。)その他高圧ガスの保安に関し必要な検査を行うこと。

四の二　第三十九条の七第一項(第三十九条の八第二項において準用する場合を含む。)、第三十九条の七第三項(第三十九条の八第三項において準用する場合を含む。)、第四十九条の八第一項(第四十九条の九第二項又は第四十九条の三十一第二項において準用する場合を含む。)又は第五十六条の六の五第一項(第五十六条の六の六第二項又は第五十六条の六の二十二第二項において準用する場合を含む。)の調査を行うこと。

四の二の二　第五十六条の六の十四第二項の特定設備基準適合証の交付を行うこ

と。

四の二の三　指定設備の認定を行うこと。

四の三　液化石油ガス法第二条第六項の液化石油ガス設備士となるのに必要な知識及び技能に関する講習を行うこと。

四の三の二　液化石油ガス法第二十七条第二項の保安機関となるのに必要な技術に関する指導を行うこと(国の委託により行うものを含む。)。

四の四　第二十九条の二第一項若しくは第三十一条の二第一項又は液化石油ガス法第三十八条の四の二第一項若しくは液化石油ガス法第三十八条の六第一項の規定により、免状交付事務若しくは試験事務又は液化石油ガス法第三十八条の四の二第一項の免状交付事務若しくは液化石油ガス法第三十八条の六第一項に規定する液化石油ガス設備士試験の実施に関する事務(以下「試験事務等」という。)を行うこと。

五　削除

六　高圧ガスの保安に関する教育を行うこと。

七　前各号の業務に附帯する業務

八　前各号に掲げるもののほか、第五十九条の二の目的を達成するために必要な業務

2　協会は、前項第八号に掲げる業務を行おうとするときは、経済産業大臣の認可を受けなければならない。

3　協会は、第一項の業務を行うほか、当該業務の円滑な遂行に支障のない範囲において、経済産業大臣の認可を受けて、高圧ガスの保安に関する業務を行うために有する機械設備又は技術を活用して行う検査、試験等の業務その他協会が行うことが適切であると認められる業務を行うことができる。

参考Ｃ－２　一般高圧ガス保安規則

（車両に固定した容器による移動に係る技術上の基準等）

第四十九条　車両に固定した容器(高圧ガスを燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器を除く。)により高圧ガスを移動する場合における法第二十三条第一項の経済産業省令で定める保安上必要な措置及び同条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。

（略）

十七　次に掲げる高圧ガスを移動するときは、甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、丙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状若しくは乙種機械責任者免状の交付を受けている者又は協会が行う高圧ガスの移動についての講習を受け、当該講習の検定に合格した者に当該高圧ガスの移動について監視させること。

イ　圧縮ガスのうち次に掲げるもの(ハに掲げるものを除く。)

（イ）　容積三百立方メートル以上の可燃性ガス及び酸素

（ロ）　容積百立方メートル以上の毒性ガス

ロ　液化ガスのうち次に掲げるもの(ハに掲げるものを除く。)

（イ）　質量三千キログラム以上の可燃性ガス及び酸素

（ロ）　質量千キログラム以上の毒性ガス

（ハ）　第七条の三第二項の圧縮水素スタンドの液化水素の貯槽に充填する液化水素

ハ　特殊高圧ガス

（略）

（取扱主任者の選任）

第七十三条　法第二十八条第二項の規定により、特定高圧ガスの消費者は、次の各号の一に該当する者を、取扱主任者に選任しなければならない。

一　特定高圧ガス(特殊高圧ガスを消費する者にあつては特殊高圧ガスに限り、その他の特定高圧ガスの消費者にあつては当該特定高圧ガスの消費者が消費するものと同一の種類のものに限る。次号において同じ。)の製造又は消費(特定高圧ガスの消費者の消費に限る。)に関し一年以上の経験を有する者

ニ　学校教育法による大学若しくは高等専門学校又は従前の規定による大学若しくは専門学校において理学若しくは工学に関する課程を修めて卒業した者、協会が行う特定高圧ガスの取扱いに関する講習の課程を修了した者又は学校教育法による高等学校若しくは従前の規定による工業学校において工業に関する課程を修めて卒業し、かつ、特定高圧ガスの製造又は消費に関し六月以上の経験を有する者

参考Ｃ－３　高圧ガス保安法に基づく高圧ガス製造保安責任者試験等に関する規則

（協会又は指定講習機関が行う講習の方法）

第四条　法第三十一条第三項の協会又は指定講習機関が行う講習は、次の表の講習の種類の欄に掲げる講習の種類に応じて、それぞれ同表の講習科目の欄に掲げる科目について行い、かつ、各科目ごとに七時間以上行わなければならない。

講習の種類	講習科目		
甲種化学講習	法に係る法令	高圧ガスの製造(冷凍のための製造を除く。以下この項から丙種化学特別講習の項までにおいて同じ。)に必要な化学に関する高度の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な高度の応用化学
甲種機械講習		高圧ガスの製造に必要な機械に関する高度の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な高度の機械工学
乙種化学講習	同右	高圧ガスの製造に必要な化学に関する通常の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な通常の応用化学
乙種機械講習		高圧ガスの製造に必要な機械に関する通常の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な通常の機械工学
丙種化学液石講習	同右	液化石油ガスの製造に必要な通常の保安管理の技術	液化石油ガスの製造に必要な通常の応用化学及び基礎的な機械工学
丙種化	同右	高圧ガスの製造に必要な基礎	高圧ガスの製造

学特別講習		的な保安管理の技術	に必要な基礎的な応用化学及び基礎的な機械工学
第一種冷凍機械講習	同右	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な高度の保安管理の技術	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な通常の応用化学及び機械工学
第二種冷凍機械講習	同右	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な通常の保安管理の技術	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な基礎的な応用化学及び機械工学
第三種冷凍機械講習	同右	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な初歩的な保安管理の技術	
第一種販売講習	同右	高圧ガス(液化石油ガスを除く。)の販売に必要な通常の保安管理の技術	
第二種販売講習	法に係る法令及び液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律(昭和四十二年法律第百四十九号。以下「液化石油ガス法」という。)に係る法令	液化石油ガスの販売に必要な通常の保安管理の技術	

2　次の表の上欄に掲げる製造保安責任者試験に合格した者に対して協会又は指定講習機関が行う同表の下欄に掲げる講習についての前項の規定の適用については、その

者は、講習科目のうち法に係る法令についての講習を受けたものとみなす。

試験の種類	講習
甲種化学責任者免状に係る製造保安責任者試験	甲種機械講習及び乙種機械講習
甲種機械責任者免状に係る製造保安責任者試験	甲種化学講習及び乙種化学講習
乙種化学責任者免状に係る製造保安責任者試験	乙種機械講習
乙種機械責任者免状に係る製造保安責任者試験	乙種化学講習
特別試験科目による丙種化学責任者免状に係る製造保安責任者試験	第一種販売講習及び第二種販売講習

3　高圧ガスの製造のための設備を設置する事業所において労働安全衛生法(昭和四十七年法律第五十七号)第十一条第一項の安全管理者に選任され通算して一年以上その職務に従事した者に対して協会又は指定講習機関が行う乙種化学講習、丙種化学液石講習、丙種化学特別講習及び乙種機械講習についての第一項の規定の適用については、その者は、法に係る法令を除く科目についての講習を受けたものとみなす。高圧ガスの製造のための設備を有する事業所において労働安全衛生規則(昭和四十七年労働省令第三十二号)別表第一の第一種圧力容器取扱作業主任者に選任され通算して一年以上その職務に従事した者に対して協会又は指定講習機関が行う丙種化学特別講習についての第一項の規定の適用についても、同様とする。

4　液化石油ガス法第三十八条の四第二項の液化石油ガス設備士免状の交付を受けた者に対して協会又は指定講習機関が行う第二種販売講習についての第一項の規定の適用については、その者は、講習科目のうち液化石油ガス法に係る法令についての講習を受けたものとみなす。

(協会又は指定講習機関が行う技術検定)

第五条　協会又は指定講習機関は、前条の規定による講習を受けた者に対して、その講習に係る高圧ガスの製造又は販売に必要な保安管理の技術及び高圧ガスの製造に

必要な応用化学又は機械工学について技術検定を行わなければならない。

（講習修了証の交付）

第六条　協会又は指定講習機関は、第四条の規定による講習を受け、かつ、前条の規定による技術検定に合格した者に対して、様式第七の講習修了証を交付しなければならない。

（協会又は指定講習機関が行う講習の場所等）

第七条　協会又は指定講習機関が行う法第三十一条第三項の講習の施行の場所及び期日その他当該講習に関し必要な事項は、あらかじめ、官報で告示しなければならない。

（指定講習機関の指定の申請）

第十二条　法第三十一条第三項の規定により指定講習機関の指定を受けようとする者は、次の事項を記載した申請書を経済産業大臣に提出しなければならない。

一　名称及び住所並びに代表者の氏名

二　講習の業務を行う事務所の名称及び所在地

三　講習の業務を開始しようとする年月日

2　前項の申請書には、次に掲げる書類を添付しなければならない。

一　定款及び登記事項証明書

二　申請の日を含む事業年度の前事業年度における財産目録及び貸借対照表

三　申請の日を含む事業年度及び翌事業年度における事業計画書及び収支予算書

四　次の事項を記載した書類

イ　役員の氏名及び略歴並びに一般社団法人にあつては社員の氏名又は名称

ロ　講習に用いる施設及び機械、器具その他の設備の種類及び数

ハ　講師の氏名、略歴及び担当する講習の科目

ニ　講習の業務以外の業務を行つているときは、その業務の種類及び概要

参考Ｃ－４　高圧ガス保安法に基づく指定試験機関等に関する省令第六十六条の四の規定に基づく研修に関する告示

（研修科目、範囲及び時間）

第二条　省令第六十六条の四第一項各号の経済産業大臣が定める研修は、次の表の上欄に掲げる指定の区分に応じて、それぞれ同表の下欄に掲げるとおりとする。

指定の区分	研修
一　省令第六十六条の二第一項第一号に規定する区分	別表第一に掲げる研修であって、協会又は検査組織等調査機関(同表第一号及び第四号の科目の研修にあっては、検査組織等調査機関としての指定を受けようとする者を含む。)が行うもの。ただし、次の各号に掲げる者にあっては、それぞれ当該各号に掲げる科目の研修を受けることを要しない。 一　省令第六十六条の四第一項第一号イに掲げる者　同表第二号及び第三号の科目 二　現に省令第六十六条の二第一項第三号の区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号、第二号及び第三号の科目 三　現に省令第六十六条の二第一項第二号、第四号、第五号又は第六号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号の科目
二　省令第六十六条の二第一項第二号に規定する区分	別表第二に掲げる研修であって、協会又は検査組織等調査機関(同表第一号及び第四号の科目の研修にあっては、検査組織等調査機関としての指定を受けようとする者を含む。)が行うもの。ただし、次の各号に掲げる者にあっては、それぞれ当該各号に掲げる科目の研修を受けることを要しない。 一　省令第六十六条の四第一項第二号イに掲げる者　同表第二号及び第三号の科目 二　現に省令第六十六条の二第一項第四号の区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号、第二号又

	は第三号の科目 三　現に省令第六十六条の二第一項第一号、第三号、第五号又は第六号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号の科目
三　省令第六十六条の二第一項第三号に規定する区分	別表第三に掲げる研修であって、協会又は検査組織等調査機関(同表第一号及び第四号の科目の研修にあっては、検査組織等調査機関としての指定を受けようとする者を含む。)が行うもの。ただし、次の各号に掲げる者にあっては、それぞれ当該各号に掲げる科目の研修を受けることを要しない。 一　省令第六十六条の四第一項第三号イに掲げる者　同表第二号及び第三号の科目 二　現に省令第六十六条の二第一項第一号の区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号、第二号及び第三号の科目 三　現に省令第六十六条の二第一項第二号、第四号、第五号又は第六号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号の科目
四　省令第六十六条の二第一項第四号に規定する区分	別表第四に掲げる研修であって、協会又は検査組織等調査機関(同表第一号及び第四号の科目の研修にあっては、検査組織等調査機関としての指定を受けようとする者を含む。)が行うもの。ただし、次の各号に掲げる者にあっては、それぞれ当該各号に掲げる科目の研修を受けることを要しない。 一　省令第六十六条の四第一項第四号イに掲げる者　同表第二号及び第三号の科目 二　現に省令第六十六条の二第一項第四号の区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号、第二号及び第三号の科目 三　現に省令第六十六条の二第一項第一号、第三号、第五号又は第六号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選

	任されている者　同表第一号の科目
五　省令第六十六条の二第一項第五号に規定する区分	別表第五に掲げる研修であって、協会又は検査組織等調査機関(同表第一号及び第三号の科目の研修にあっては、検査組織等調査機関としての指定を受けようとする者を含む。)が行うもの。ただし、次の各号に掲げる者にあっては、それぞれ当該各号に掲げる科目の研修を受けることを要しない。 一　省令第六十六条の四第一項第五号イに掲げる者　同表第二号の科目 二　現に省令第六十六条の二第一項第一号、第三号又は第六号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号及び第二号の科目 三　現に省令第六十六条の二第一項第二号又は第四号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号の科目
六　省令第六十六条の二第一項第六号に規定する区分	別表第六に掲げる研修であって、協会又は検査組織等調査機関(同表第一号及び第三号の科目の研修にあっては、検査組織等調査機関としての指定を受けようとする者を含む。)が行うもの。ただし、次の各号に掲げる者にあっては、それぞれ当該各号に掲げる科目の研修を受けることを要しない。 一　現に省令第六十六条の二第一項第一号、第三号又は第六号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号及び第二号の科目 二　現に省令第六十六条の二第一項第二号又は第四号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号の科目

〇一般高圧ガス保安規則の運用及び解釈について

第８条関係

（１）第１項第５号中「貯蔵設備である充てん容器等」とは、いわゆるバルクローリの容器のような、高圧ガスを運ぶために車両に固定した移動式製造設備の容器本体をいい、「貯蔵設備であるその容器置場」とは、いわゆるバルクローリの車庫等をいう。

（２）第２項第１号イの運用については、移動式製造設備を使用する者（当該設備を製造設備とする製造施設を所有し、又は専有するものに限る。以下「輸送者」という。）は、移動式製造設備より充てんする前に、受入れ者が定めた第８条の技術上の基準を満足する停止位置に正しく停止することが望ましい。

（３）なお、輸送者及び受入者、輸送者以外の移動式製造設備を使用する者についての許可手続等については、次の表を参照されたい。

輸送車の区分	輸送者	受入者
１．移動式製造設備である輸送車	①法第５条第１項の規定により事業所ごとに許可を受ける。	①法第５条第１項の規定による許可を受ける必要なし
	②法第２０条に規定する完成検査、法第２６条第１項に規定する危害予防規程の届出、法第３５条第１項に規定する保安検査等を受ける。	②完成検査等なし（立入検査を受けることがある。）
	③充てんに際し、保安係員（第６４条第２項第１号の規定に適合する移動式製造設備にあっては、同号イ、ロ又はハに該当する者。以下同じ。）が立ち会い監督できるようにすることが望ましいが、輸送者側の保安係員がその事業所において受入者の事業所での充てん作業を監督できる体制（例えば、あらかじめ保安係員が指名した一定の知識、経験を有する者による充てん）となっている場合はこの限りでない。	③保安責任者（受入者の受け入れる高圧ガスの製造又は消費に関し一年以上の経験を有する者又は高圧ガス保安協会が行う高圧ガスの取扱いに関する講習の課程を修了した者に限る。）を選任する。ただし、受入者が第一種製造者である場合は、その事業所で選任されている保安係員でよい。

参考Ｃ－５　高圧ガス保安協会業務方法書

（高圧ガス製造保安係員等の講習）

第７条　法第 27 条の２第７項及び第 27 条の３第３項の講習は、次表の講習の種類の欄に掲げる講習の種類に応じて、それぞれ同表の講習科目の欄に掲げる科目について行い、かつ、各科目ごとに同表の講習時間の欄に掲げる時間以上行うものとする。

講習の種類	講習科目	講習時間
高圧ガス製造保安係員講習	法に係る法令	３時間
	液化石油ガス又は高圧ガスの製造に必要な通常の応用化学及び通常の機械工学	４時間
	液化石油ガス又は高圧ガスの製造に必要な通常の保安管理の技術	７時間
高圧ガス製造保安主任者講習	法に係る法令	３時間
	高圧ガスの製造に必要な高度の応用化学及び高度の機械工学	４時間
	高圧ガスの製造に必要な高度の保安管理の技術	７時間
高圧ガス製造保安企画推進員講習	法に係る法令	３時間
	高圧ガスの製造に必要な特に高度の応用化学及び特に高度の機械工学	４時間
	高圧ガスの製造に必要な特に高度の保安管理の技術	７時間

２　前項の講習を受けた者は、災害防止に関する必要な能力の調査を受けなければならない。

３　協会は、前項の調査を受けた者に対して、当該講習を修了したことを証し、高圧ガス製造保安係員講習及び高圧ガス製造保安主任者講習の場合にあって

は高圧ガス製造保安責任者免状にその旨を裏書し、高圧ガス製造保安企画推進員講習の場合にあっては高圧ガス製造保安責任者免状にその旨を裏書し、又は当該講習修了証を交付するものとする。

4　　第１項の講習は、講習の種類ごとにそれぞれ各産業保安監督部の管轄区域（支部がある場合は支部の管轄区域を除く。）及び各産業保安監督部支部の管轄区域 内の１以上の場所ごとに行う。ただし、受講者の数が著しく少ない場合、その他 必要と認めるときは、講習の施行の場所を変更して行うことができるものとする。

（試験科目免除講習）

第８条 法第31条第３項の講習は、次表の講習の種類の欄に掲げる講習の種類に応じて、それぞれ同表の講習科目の欄に掲げる科目について行い、かつ、各科目ごとに７時間以上行うものとする。

講習の種類	講習科目		
甲種化学講習	法に係る法令	高圧ガスの製造（冷凍のための製造を除く。以下この項から丙種化学特別講習の項までにおいて同じ。）に必要な化学に関する高度の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な高度の応用化学
甲種機械講習		高圧ガスの製造に必要な機械に関する高度の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な高度の機械工学
乙種化学講習	同上	高圧ガスの製造に必要な化学に関する通常の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な通常の応用化学

乙種機械講習		高圧ガスの製造に必要な機械に関する通常の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な通常の機械工学
丙種化学液石講習	同上	液化石油ガスの製造に必要な通常の保安管理の技術	液化石油ガスの製造に必要な通常の応用化学及び基礎的な機械工学
丙種化学特別講習	同上	高圧ガスの製造に必要な基礎的な保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な基礎的な応用化学及び基礎的な機械工学
第一種冷凍機械講習	同上	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な高度の保安管理の技術	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な通常の応用化学及び機械工学
第二種冷凍機械講習	同上	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な通常の保安管理の技術	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な基礎的な応用化学及び機械工学
第三種冷凍機械講習	同上	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な初歩的な保安管理の技術	
第一種販売講習	同上	高圧ガス（液化石油ガスを除く。）の販売に必要な通常の保安管理の技術	
第二種販売講習	法に係る法令及び液化石油ガス法に係る法令	液化石油ガスの販売に必要な通常の保安管理の技術	

2 協会は、前項の講習を受けた者に対して、その講習に係る高圧ガスの製造又は販売に必要な保安管理の技術及び高圧ガスの製造に必要な応用化学又は機械工学について技術検定を行うものとする。

3　　協会は、第１項の講習を受け、かつ、前項の技術検定に合格した者に対して、高圧ガス保安法に基づく高圧ガス製造保安責任者試験等に関する規則（昭和41年通商産業省令第54号）第６条に規定する様式第７の講習修了証を交付するものとする。

4 協会は、前項の規定又は高圧ガス取締法施行規則（昭和26年通商産業省令第68 号。以下「旧規則」という。）第32条の４の規定による交付に係る講習修了証の再交付の申請があったときは、その再交付を行うものとする。

5　第１項の講習及び第２項の技術検定は、次表の講習の種類の欄に掲げる講習の種類に応じて、それぞれ同表の講習の施行の場所の欄に掲げる場所ごとに行う。ただし、受講者の数が著しく少ない場合、その他必要と認めるときは、講習の施行の場所を変更して行うことができるものとする。

講習の種類	講習の施行の場所
甲種化学講習 甲種機械講習 第一種冷凍機械講習	関東東北産業保安監督部の管轄区域（関東東北産業保安監督部東北支部の管轄区域を除く。）内の１以上の場所及びその他の地域の１以上の場所
乙種化学講習 乙種機械講習 丙種化学液石講習 丙種化学特別講習 第二種冷凍機械講習 第三種冷凍機械講習 第一種販売講習	北海道産業保安監督部の管轄区域、 関東東北産業保安監督部東北支部の管轄区域、 関東東北産業保安監督部の管轄区域（関東東北産業保安監督部東北支部の管轄区域を除く。）、 中部近畿産業保安監督部の管轄区域（中部近畿産業保安監督部近畿支部の管轄区域を除く。）、 中部近畿産業保安監督部近畿支部の管轄区域、 中国四国産業保安監督部の管轄区域（中国四国産業保安監督部四国支部の管轄区域を除く。）、 中国四国産業保安監督部四国支部の管轄区域、 九州産業保安監督部の管轄区域及び 那覇産業保安監督事務所の管轄区域の各区域内の１以上の場所
第二種販売講習	各都道府県の１以上の場所

付録書Ｄ

付録書D

D－１　甲種化学講習　教材一例

高圧ガス保安協会　甲種化学・機械講習

高圧ガスの定義と分類単位、気体の一般的性質気体の熱力学

令和5年度

東京工業大学　名誉教授
津田　健

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義と分類

- 高圧法では

高圧ガス
- 圧縮ガス
- 圧縮アセチレンガス
- 液化ガス
- その他

これをさらに細かく分類すると（p.3～5, a）～ i））

- 可燃性ガス
- 毒性ガス
- 液化石油ガス
- 特殊高圧ガス　等々

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義と分類

法令にとらわれずに分類すると（p.5～6）

物理的状態	圧縮ガス	アルゴン，CO，酸素，水素・・
	液化ガス（常温）	液化アンモニア，液化炭酸ガス，液化塩素，液化石油ガス，・・
	液化ガス（低温）	液化ヘリウム，液化窒素，液化天然ガス，液化塩素・・
	溶解ガス	アセチレン
燃 焼 性	可燃性ガス	アセチレン，アンモニア，エタン，CO，エチレン，プロパン・・
	支燃性ガス	酸素，空気，フッ素，塩素，オゾン
	不活性ガス	アルゴン，窒素，ヘリウム、CO_2

注）支燃性ガス：自らは燃焼しないが燃焼を支えるガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義と分類

ガスの分類　つづき

生理学的性質	毒性ガス	アルシン, ジシラン, シボラン, CO, ホスフィン, モノゲルマン, モノシラン, 塩素, アンモニア, 酸化エチレン, 硫化水素 ・・
	単純窒息性ガス	アルゴン, エタン, 水素, 窒素, プロパン, ヘリウム, メタン ・・・
その他の分類	特殊材料ガス	特殊高圧ガス（7種類）, 五フッ化ヒ素等（7種類）, ジクロルシラン, 三塩化シラン, 四塩化ケイ素 ・・・
	自然発火性ガス	モノシラン, ジシラン, ホスフィン
	分解爆発性ガス	アセチレン, エチレン, オゾン, 酸化エチレン, モノゲルマン ・・・

- 単純窒息性ガス　：人体に中毒を起こさないが、多量混入により窒息するガス
- 自然発火性ガス　：可燃性ガスのうち発火温度が低く、空気中に流出すると直ちに発火するガス
- 分解爆発性ガス　：支燃性ガスがなくても、何らかの要因があると、単一のガス自身が分解を起こし爆発するガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単 位

2.1 国際単位系（SI）

2.1.1 SI 単位

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

SI単位（国際単位系）

基本単位（単位記号は原則ローマン体の小文字）		
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol

上記以外に、アンペア（A）、カンデラ（cd）を加え7個ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

SI単位（国際単位系）

組立単位
例：m^2、m^3、m/s、kg/m^3　など

接頭語					
10^9	G	ギガ	10^{-2}	c	センチ
10^6	M	メガ	10^{-3}	m	ミリ
10^3	k	キロ	10^{-6}	μ	マイクロ
10^2	h	ヘクト	10^{-9}	n	ナノ

例　：MPa、GPa、μm、km、mg　など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 SIに属さない単位

a） SI 単位と併用される単位 （表2.3）

分　　：　min
時　　：　h
日　　：　d
トン　　：　t
リットル　：　l or L

b） メートル法では用いられているが、SI単位との併用が認められていない単位

Torr（=mmHg）
atm
cal
P（ポアズ）（粘度の単位）
など（粘度のSI単位：（Pa･s:パスカル秒） 7.1.2 b））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 単位の表記上の注意

- 単位記号は原則としてローマン体の小文字を使う。
- しかし、人名・固有名詞に由来する単位名の先頭の一字と、他と紛らわしい時に使用してよい リットルL は大文字で書く。
  （例：Pa，J，W など）
- 乗算で作られる組立単位では、単位の間を中点（・）か間隙で区切る。
  （例：Pa･s，Pa s ）
- 除算で作られる組立単位では、水平の線、斜線、負の指数のどれかを使う。
  斜線を使うとき分母が2つ以上の単位の積になる場合は括弧で囲む。

$\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}}$ ， $\mathrm{J}/(\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K})$ ， $\mathrm{J}\cdot\mathrm{mol}^{-1}\cdot\mathrm{K}^{-1}$　（J / mol / K　とはしない）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 温度の単位

- 基本単位　：熱力学温度（実用上‘絶対温度’と同じ）
  K；ケルビン（通常 T で表す）
- 組み立て単位　：摂氏度
  ℃；セルシウス度（通常 t で表す）
- 両者の関係　：$t = T - 273.15$
- 温度差　：単位は基本的には K であるが ℃ も使える
  両者の温度刻みは同じであるので
  $\Delta T = \Delta t$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 力・圧力・応力 の単位

圧力（定義）：単位面積に垂直に作用する力

＊ 力（ちから）＝（質量）×（加速度）
　質量1kgの物体に作用して1m/s^2 の加速度を生じる力を1N（ニュートン）と定義。

　　∴ 1N ＝ 1 kg・m/s^2

＊ 1m^{2}に1Nの力が作用する圧力を1Pa（パスカル）と定義。

　　∴ 1Pa ＝ 1N/m^2 ＝ 1 kg/(m・s^2)

＊ Pa は応力の単位としても使われる。

＊ 標準大気圧 ＝ 101325 Pa ≒ 101.3 kPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

絶対圧力とゲージ圧力

絶対圧力（P）　　：絶対真空を基準とする圧力

ゲージ圧力（P_g）：大気圧（P_a）を基準とする圧力

$P = P_g + P_a$　　（2.2.2最後の段落）

★気体や熱力学の諸計算には　絶対圧力を、圧力容器の強度計算などには
ゲージ圧を使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.3 エネルギー・仕事・熱量・仕事率の単位

- エネルギー，仕事，熱量

  仕事 ＝（力）×（距離）

  1 J ＝ 1 N × 1 m　　J：ジュール

  $1\ N = 1\ kg \times 1\ m/s^2$

  $1\ Pa = 1\ N/m^2$

  したがって

  $1\ J = 1\ N \cdot m = 1\ Pa \cdot m^3 = 1\ kg \cdot m^2/s^2$

  ↑組立単位

- 仕事率・動力 （＝ 単位時間当たりの仕事）

  $1\ W = 1\ J/s = 1\ kg \cdot m^2/s^3$

  （ワット）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 気体の一般的性質

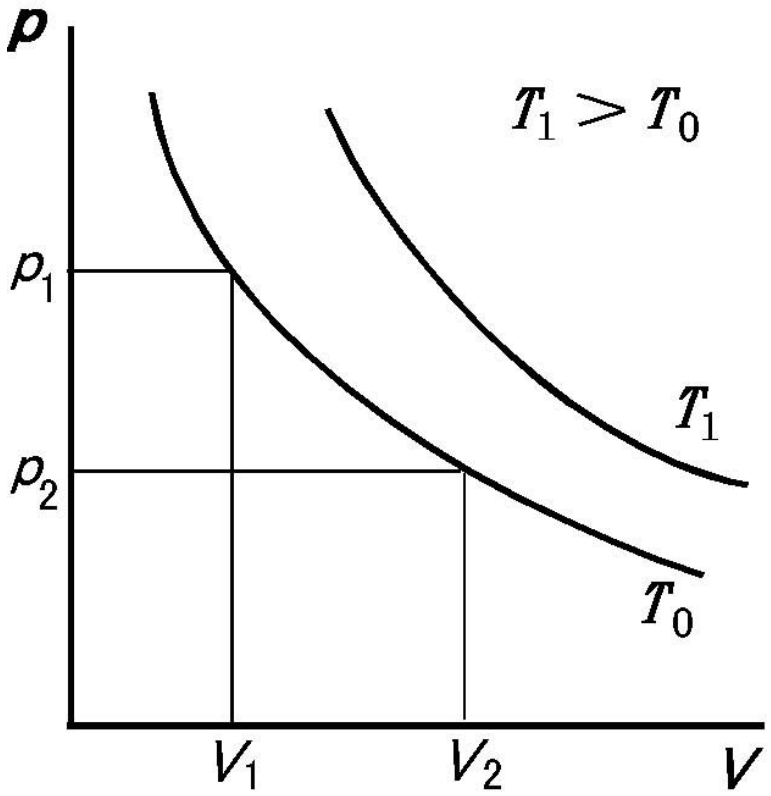
1.1　理想気体の性質

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

a）ボイルの法則（1662 年）

温度一定のもとで「気体の体積は圧力に反比例する」 すなわち，

$p \cdot V$＝一定　　（1.1）



直角双曲線

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）シャルルの法則（1787年）

圧力一定のもとで、
「一定量の気体の体積は温度が1℃上昇するごとに 0℃ の時の体積の1/273づつ増加する。」
すなわち，

$$V = V_0\left(\frac{t+273}{273}\right) \qquad (1.2)\ (1.3)$$

$$T = t + 273 \quad (T：絶対温度) \qquad (1.4)$$

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{T_t}{T_0} \quad \text{or} \quad \frac{V}{T} = 一定 \qquad (1.5)\ (1.6)$$

→ 1.1.1 b）最後の段落 の記述

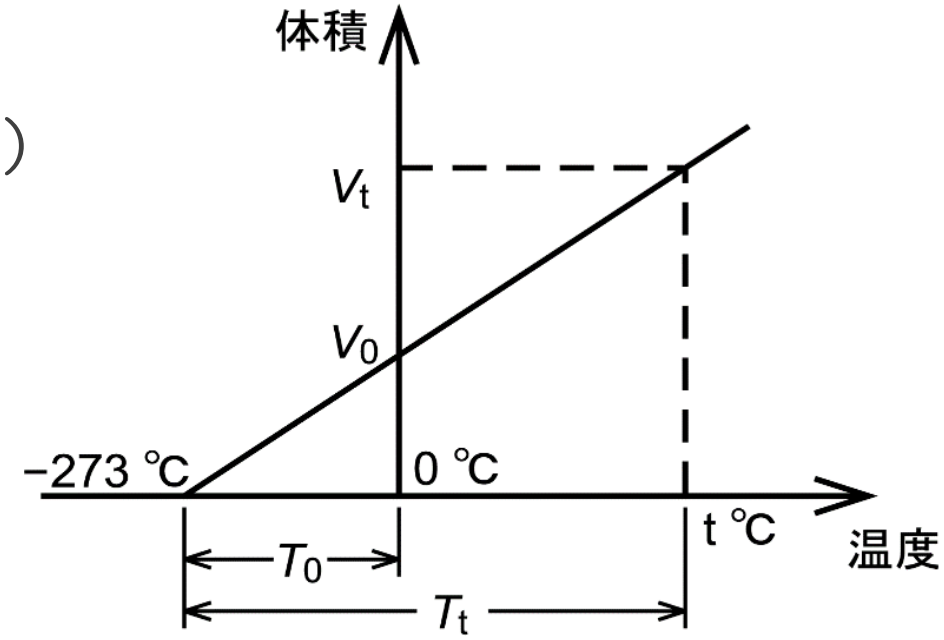


図１．１　シャルルの法則

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c）ボイルーシャルルの法則

- 状態①（T_1, p_1, V_1）から状態②（T_2, p_2, V_2）への変化

1段階： 温度一定で（T_1, p_1, V_1）⇒（T_1, p_2, V'）

$$p_1V_1 = p_2V' \quad (1.7)$$ ボイルの法則

2段階： 圧力一定で（T_1, p_2, V'）⇒（T_2, p_2, V_2）

$$\frac{V'}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (1.8)$$ シャルルの法則

- 両式から

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$ 一般的に $$\frac{pV}{T} = \text{一定}$$ (1.10)（ボイルーシャルルの法則）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d）状態方程式

式（1.10）の V に気体 1 mol 当たりの体積 V_m（モル体積）を用い、一定値を R とおくと

$$p V_m = R T \quad (1.11)$$

となる。

物質量が n [mol] の場合、$V_m = V/n$ であるから 一般に

$$p V = n R T \quad (1.12)$$

となる。式（1.11），（1.12）を理想気体の状態方程式という。

また、気体の質量を m（kg）、モル質量を M（kg/mol）

とすると、 $$n = \frac{m}{M} \quad (1.13a)$$ 表1.1

であるから $$pV = \frac{m}{M} RT \quad (1.13b)$$

【例題1.1】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

式（1.11）、（1.12）の const. の値を求める。（その1）

アボガドロの法則

「温度、圧力が同じであるなら、全ての気体の同体積中には同数の分子を含む。」

⇓

「温度、圧力が一定なら、6.022×10^{23} 個の分子を含む気体 （1モルという）は
すべて同体積を示す。」

（1.10）式の V を1モルの体積 V_m（m^3/mol）とし、一定値を R とおくと

$$\frac{pV_m}{T} = R$$ ① （1.11）と同じ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

式（1.11）、（1.12）の const. の値を求める。（その2）

標準状態（0℃, 101325Pa）で気体1モルの体積は22.4L（0.0224m^3）であるから式（1.11）において

$$R = \frac{p \cdot V_m}{T} = \frac{101325\,(\mathrm{Pa}) \times 0.0224\,(\mathrm{m^3/mol})}{273\,(\mathrm{K})} \approx 8.31\,(\mathrm{Pa \cdot m^3/mol \cdot K})$$

より正確な値を用いて

$R = 8.3145\ \mathrm{J/(mol \cdot K)}$　　（ $\mathrm{J = Pa \cdot m^3}$ ）

R：気体定数（Gas constant）

（1.1.1 d）脚注）$6.02214 \times 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$ をアボガドロ定数という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.1】

- 理想気体の状態方程式　式（1.12）
- 主な気体の分子量、モル質量（表1.1）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 熱容量と比熱容量・モル熱容量

- 熱容量　　：物質の温度を単位温度だけ上昇させるのに必要な熱量，C[J/K]
- 比熱容量（比熱）：単位質量当たりの熱容量，c [J/（kg･K）]
- モル熱容量　　：1mol 当たりの熱容量，C_m [J/（mol･K）]

したがって、温度を dT [K] 変化させるのに必要な熱量 dQ [J] は

$$\mathrm{d}Q = C\,\mathrm{d}T \qquad (1.14)$$

$$\mathrm{d}Q = mc\,\mathrm{d}T \qquad (1.15) \quad (m\text{:質量[kg]})$$

$$\mathrm{d}Q = nC_m\,\mathrm{d}T \qquad (1.16) \quad (n\text{:物質量[mol]})$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 熱容量と比熱容量・モル熱容量（つづき）

- 温度を T_1 から T_2 まで変化させる熱量は、例えば 式（1.15）から

$$Q = m\int_{T_1}^{T_2} c\,\mathrm{d}T \qquad (1.17)$$

- 比熱容量、モル熱容量は物質の種類によって異なり、温度の関数である。
  しかし、温度範囲が狭い場合は一定とみなすことができる。
- 温度範囲が広い場合でも、平均比熱容量 $\bar{c}$ や平均モル熱容量 $\bar{C}_m$ を用いれば、
  式（1.17）と同様の次式が適用できる。

$$Q = m\bar{c}\left(T_2 - T_1\right) = m\bar{c}\,\Delta T \qquad (1.18a)$$

$$Q = m\bar{C}_m\left(T_2 - T_1\right) = m\bar{C}_m\,\Delta T \qquad (1.18b)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 気体の場合、温度を上げるのに必要な熱量は，圧力一定で加熱する場合と，容積一定で加熱する場合とで異なる。そこで，前者の場合を定圧比熱容量（c_p），定圧モル熱容量（$C_{m,p}$），後者の場合を定容比熱容量（c_V），定容モル熱容量（$C_{m,V}$）と両者を区別する。

表1.2

- 定圧で加熱すると気体は膨張するため、気体自身の温度上昇および体積膨張分（外界への仕事）の熱量が必要。一方、定容で加熱する場合は、圧力が上昇するだけで膨張仕事分の熱量は必要ない。

$\Rightarrow \quad c_p > c_V \ 、 \ C_{m,p} > C_{m,V}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 比熱容量の比、モル熱容量の比 ： γ

$$\gamma = \frac{c_p}{c_V} = \frac{C_{\mathrm{m},p}}{C_{\mathrm{m},V}} \qquad (1.19)$$

- 両者のモル熱容量の差： マイヤーの関係（理想気体）

$$C_{\mathrm{m},p} - C_{\mathrm{m},V} = R \qquad (1.20a)$$

kg 基準の 比熱容量 について

$$c_p - c_V = \frac{R}{M} \qquad (1.20b)$$

- 式（1.19）（1.20a）から

$$C_{\mathrm{m},p} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R \quad , \quad C_{\mathrm{m},V} = \frac{1}{\gamma - 1} R \qquad (1.21)$$

【例題1.2】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考情報）理想気体では

モル熱容量は気体分子を構成する原子の数に大きく依存する。

⇒ $C_{m,V}$ は室温において次の式で近似できる

- 単原子気体（He, Ne, Ar など）

$$U = \frac{3}{2}RT \qquad \text{(1.21)式から} \gamma = \frac{R}{C_{m,V}} + 1$$

$$\therefore C_{m,V} = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = \frac{3}{2}R \quad \rightarrow \quad \gamma = 1.67$$

- 2原子気体（H_2 , O_2, N_2 , CO など）（直線状分子）

$$C_{m,V} = \frac{5}{2}R \quad \rightarrow \quad \gamma = 1.40$$

- 多原子気体（H_2O, CO_2, NH_3 など）（非直線状分子）

$$C_{m,V} = 3R \quad \rightarrow \quad \gamma = 1.33$$

C_Vに対する上記の式は分子の並進、回転エネルギーの寄与から求めたものである。
実測値がこれら式による計算値と異なるのは振動の寄与が大きいためである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.2】

- 式（1.10）
- 式（1.18ｂ）
- （3）は 比熱容量の比 γ を用いて解いているが、
  もしも γ の値が与えられていなくても、マイヤーの関係を用いて解くことができる。

  つまり、 $nC_{m,V}(720-300)=nC_{m,p}(T_3-300)$

  の $C_{m,p}$ に マイヤーの関係 $C_{m,p}=C_{m,V}+R$ から求めた値を代入する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 混合気体

分圧

ある成分ガスのみが単独で混合物と同体積中に同温度で存在するとしたとき呈すべき圧力。

$$p_i = \frac{n_i RT}{V_{\mathrm{mix}}} \qquad ①\quad (1.23)$$

成分気体の体積

ある成分ガスのみが単独で混合物と同圧力、同温度で存在するとしたとき占めるべき体積。

$$V_i = \frac{n_i RT}{p} \qquad ②\quad (1.27)$$

＊「分圧」、「成分気体の体積」に対して加成性が成り立つ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

混合気体 その2

ドルトン
Daltonの法則

ガス混合物の呈する全圧は分圧の和に等しい。

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots\cdots \quad ③ \quad (1.22)$$

アマガー
Amagatの法則（法則の名称、‘Amagat ‘ は参考情報）

ガス混合物の占める全体積は各成分気体の体積の和に等しい。

$$V\mathrm{mix} = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots\cdots \quad ④ \quad (1.26)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

混合気体 その3

①、③式から

$$p = (n_1 + n_2 + n_3 + \cdots) \frac{RT}{V_{\mathrm{mix}}} \quad ⑤$$

①、⑤式から（*RT*/*V*を消去）

$$p_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3 + \cdots} \cdot p = y_1 \cdot p \quad ⑥(1.25)$$

（y_1：モル分率）

②、⑤式から（*RT*/ *p*を消去）

$$\frac{V_1}{V_{\mathrm{mix}}} = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3 + \cdots} = y_1 \quad ⑦(1.29)$$

（体積分率 ＝ モル分率）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

混合気体 その4

⑥、⑦式から

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \qquad (1.30)$$

分圧比 ＝ 体積比 ＝ 物質量比

【例題1.3】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.3】

- 混合気体でも理想気体の状態方程式が成り立つ。
- 質量基準の‘理想気体の状態方程式’：式（1.13b）
- 分圧の定義と、「分圧 ＝ 全圧 x その成分のモル分率」

  すなわち 式（1.25）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 実在気体の性質

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 実在気体の性質

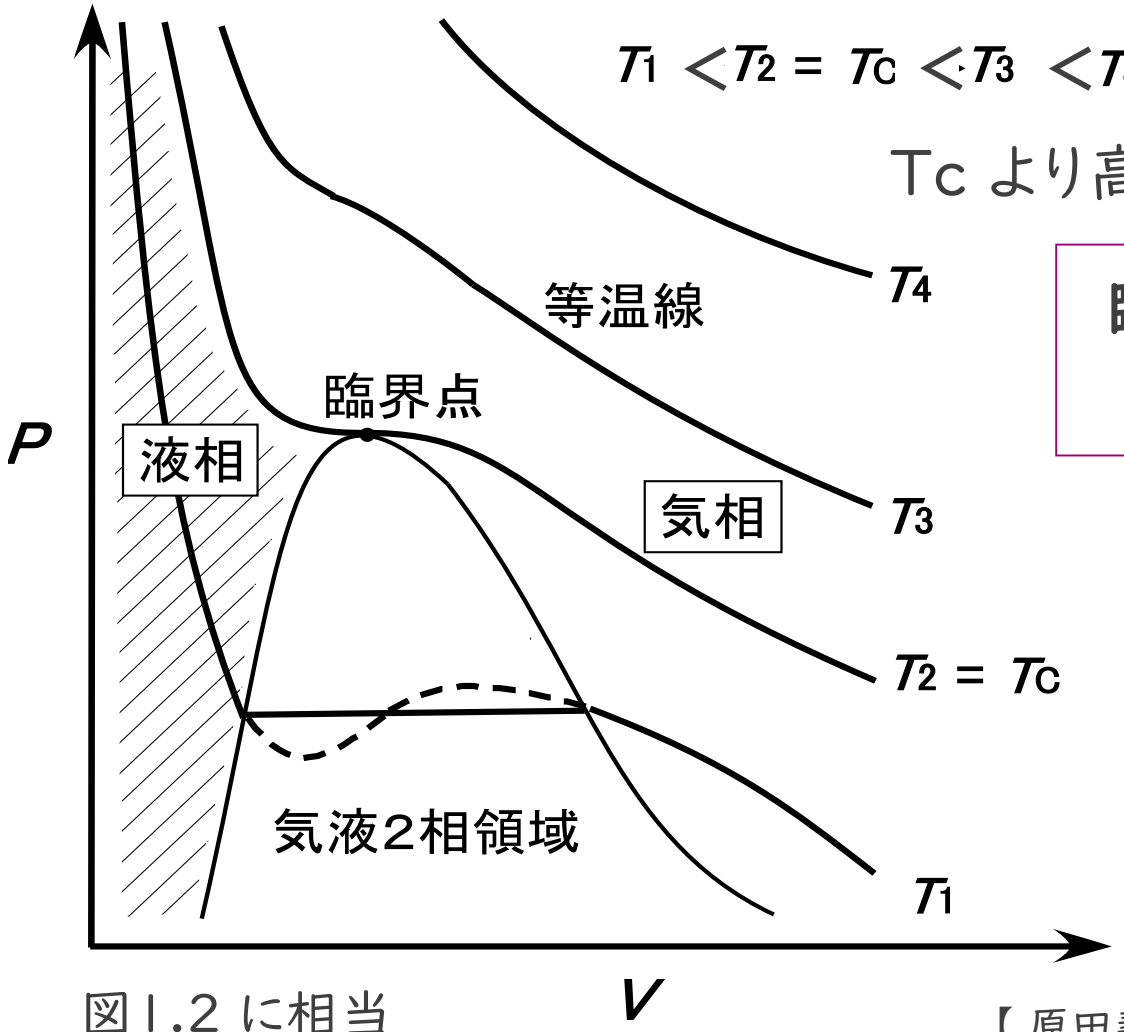
（参考情報）理想気体と実在気体の比較

	理想気体	実在気体
気体分子の大きさ	ゼロと見なす	無視できない
分子間力	なし	あり
冷却や圧縮により	液化も固化もしない	液化や固化を生じる
ボイル・シャルルの法則	成立する	厳密には成立しない

- 実在気体でも圧力が低く温度が高くなると理想気体に近づく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.1 実在気体のpVT関係



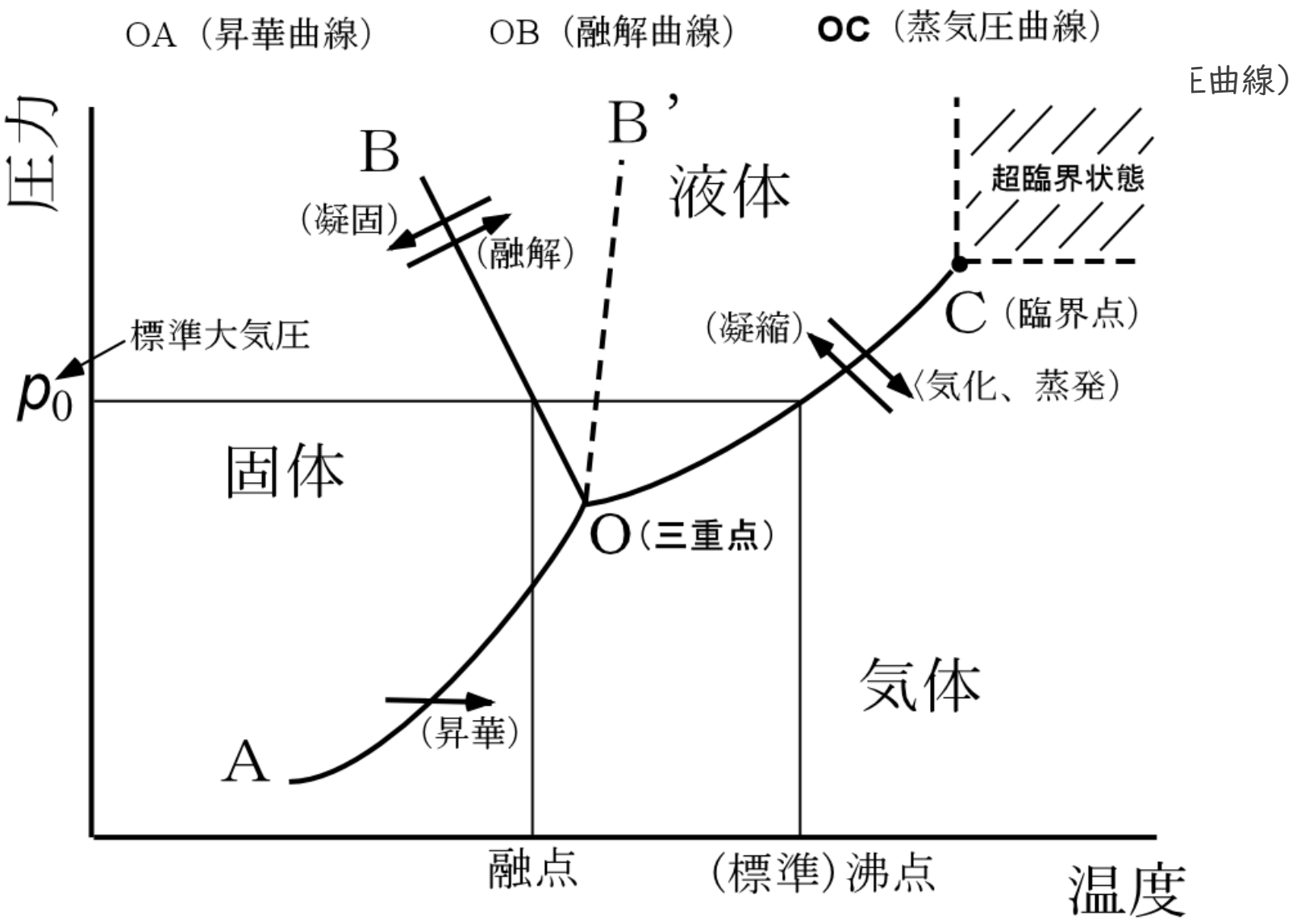
臨界点より高温・高圧側の流体を超臨界流体という

図1.2 に相当

【 原田義也「化学熱力学」(裳華房,昭和59) p21を 参考に作成 】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1.3 実在気体の ｐＶＴ関係（相図）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 実在気体の状態方程式

理想気体の法則は低温や密度の大きな高圧では適用できない。

a) ファン・デル・ワールス式

$$\left(p+\frac{a}{V_{\mathrm{m}}{}^{2}}\right)\left(V_{\mathrm{m}}-b\right)=RT \qquad (1.37\ \mathrm{a})$$

n [mol] の気体については $Vm = V/n$ だから

$$\left\{p+a\left(\frac{n}{V}\right)^{2}\right\}\left(V-nb\right)=nRT \qquad (1.37\ \mathrm{b})$$

(1.37) 式の根拠:

a: 分子間に引力が作用していることに対する補正
分子間の引力は2分子間に生じることから分子の数 (モル濃度 n/V) に比例して増加。
圧力はモル濃度の2乗に比例 して減少。

b: 分子が動きまわることのできる体積は分子の大きさ (体積) だけ狭くなる。(排除体積)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d）対応状態原理

van der Waals 式

$$\left(p+\frac{a}{V_{\mathrm{m}}{}^{2}}\right)(V_{\mathrm{m}}-b)=RT \qquad ①\ (1.37a)$$

臨界点Cでは、等温線の勾配は0、また変曲点でもあるから、

$$\left(\frac{\partial p}{\partial V_{\mathrm{m}}}\right)_{T_{\mathrm{C}}}=-\frac{RT_{\mathrm{c}}}{(V_{\mathrm{m,c}}-b)^{2}}+\frac{2a}{V_{\mathrm{m,c}}{}^{3}}=0 \qquad ②\ (1.39)$$

$$\left(\frac{\partial^{2} p}{\partial V_{\mathrm{m}}{}^{2}}\right)_{T_{\mathrm{c}}}=\frac{2RT_{\mathrm{c}}}{(V_{\mathrm{m,c}}-b)^{3}}-\frac{6a}{V_{\mathrm{m,c}}{}^{4}}=0 \qquad ③\ (1.40)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その2

②、③式から

$$a = \frac{9}{8} R T_c V_{m,c} = \frac{27 R^2 T_c^{\,2}}{64\, p_c} = 3\, p_c V_{m,c}^{\,2}$$

$$b = \frac{V_{m,c}}{3} = \frac{R T_c}{8\, p_c}$$

（1.41）

これらを（1.37）式に代入し、さらに、対臨界値

$$T_r = \frac{T}{T_c}\,,\ p_r = \frac{p}{p_c}\,,\ V_r = \frac{V_m}{V_{m,c}} \qquad (1.49)$$

を用いて整理すると 次式が得られる。

$$\left(p_r + \frac{3}{V_r^{\,2}} \right)\left(V_r - \frac{1}{3} \right) = \frac{8}{3} T_r \qquad ④\ (1.42)$$

T_r：対臨界温度，p_r：対臨界圧力，V_r：対臨界モル体積　（いずれも無次元）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その3

$$\left(p_{\mathrm{r}}+\frac{3}{V_{\mathrm{r}}^{2}}\right)\left(V_{\mathrm{r}}-\frac{1}{3}\right)=\frac{8}{3}T_{\mathrm{r}} \qquad ④$$

④式には物質定数(気体の種類に関係する定数)が含まれないから、
p, V, Tとして対臨界値を用いるとp–V–T関係はあらゆる物質に共通となる。
すなわち、対臨界値が同じ場合には、
p–V–T関係はあらゆる物質で一致することになる。

これを対応状態原理（principle of corresponding state）という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その4

実在気体の p V T 関係を表す方法として、次に示す圧縮係数 z を用いる方法がある。

$$pV_{\mathrm{m}} = zRT \qquad (1.50a)$$

$$pV = nzRT \qquad (1.50b)$$

圧縮係数は臨界点で臨界圧縮係数として $z_{\mathrm{c}} = p_{\mathrm{c}} V_{\mathrm{m,c}} / (RT_{\mathrm{c}})$ で表されるので

$$z = \frac{pV_{\mathrm{m}}}{RT} = \frac{p_{\mathrm{c}} V_{\mathrm{m,c}}}{RT_{\mathrm{c}}} \cdot \frac{p_{\mathrm{r}} V_{\mathrm{r}}}{T_{\mathrm{r}}} = z_{\mathrm{c}} \frac{p_{\mathrm{r}} V_{\mathrm{r}}}{T_{\mathrm{r}}} \qquad (1.51)$$

もしも z_c が定数であれば、p_r , T_r , V_r が同じ場合には圧縮係数 z も
気体の種類に関係なく同じ値をとることになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その5

Z_C は下表に示すように実際には定数ではない。
そこで、炭化水素類の平均値 Z_C=0.27 を基準に、一般化された線図（テキスト 図1.4）が作られている

表 1.4　　Zc の値

Zc	代表的な物質
0.232	水
0.24~0.26	アセトン、アンモニア、アルコール類
0.26~0.27	多く（60%）の炭化水素
0.28~0.30	酸素、窒素、一酸化炭素、メタン、ネオンなど

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その6

（参考情報図）

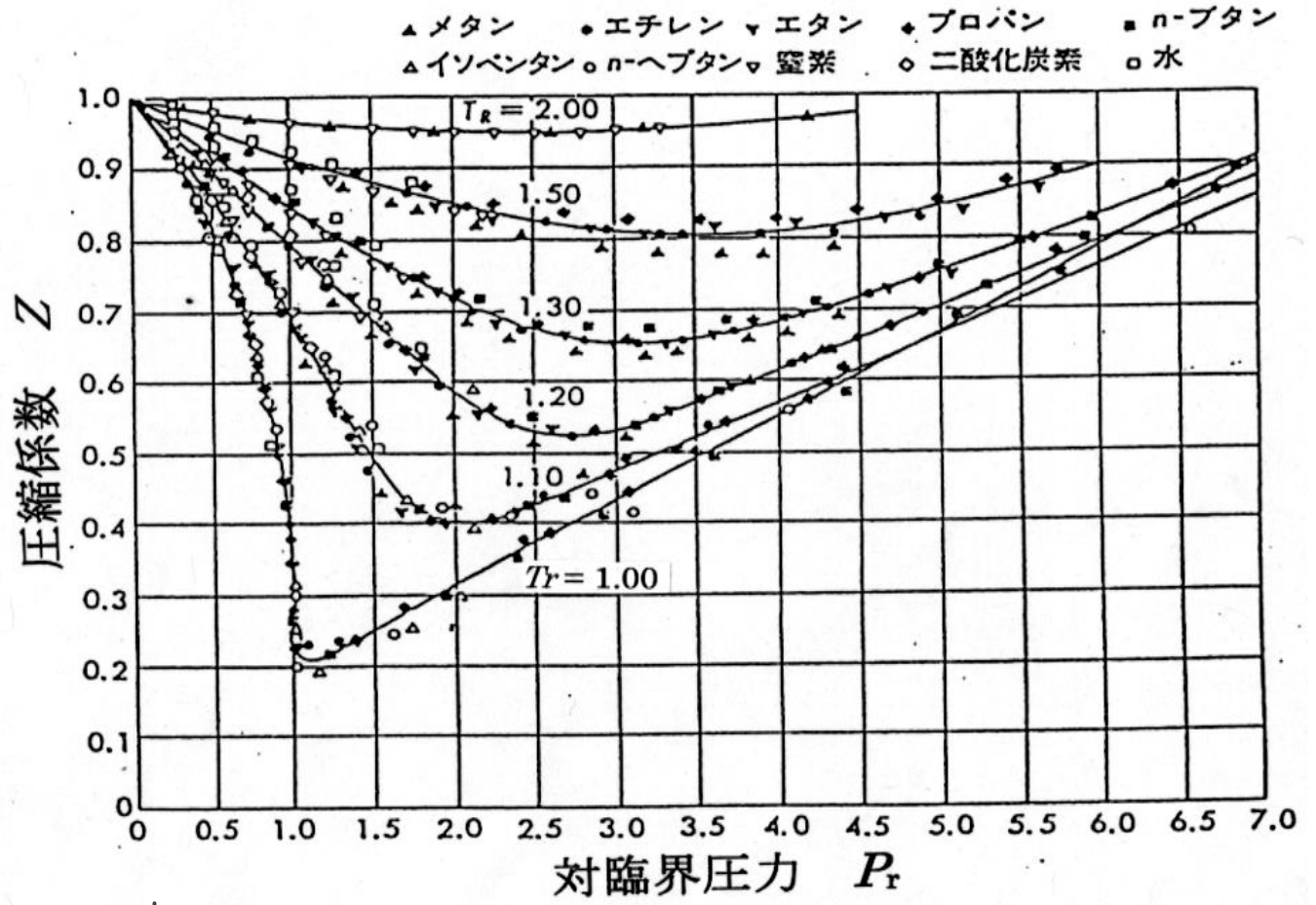


図1.4 の一部

【藤代亮一訳：バーロー 物理化学（上）p18（東京化学同人、1981】

＊図1.4 の使い方は e）を見ること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1 気液平衡（2成分系気液平衡）

温度一定（T_1）における気液平衡時の液相と気相の組成（モル分率）を種々の圧力で測定し、それを図示したのが図1.5。

図1.5 は、平衡温度 T_1 が両成分物質の臨界温度より低い場合の例である。
（全組成で明確な液相が存在）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

気液平衡 その2

- 全圧 p_a において、点Aの液組成がモル分率x_1、それと平衡な気相が点Bで、その組成がモル分率 y_1 である。
- 曲線 p_2^s–A–p_1^s を液相線、曲線p_2^s–B–p_1^s を気相線とよぶ。
- p_1^s と p_2^s はそれぞれ純成分1と純成分2の温度 T_1 における飽和蒸気圧である。
- 圧力が高いときに液相、低いときに気相が出現。
  → 液相線は気相線よりも常に高圧側にある。

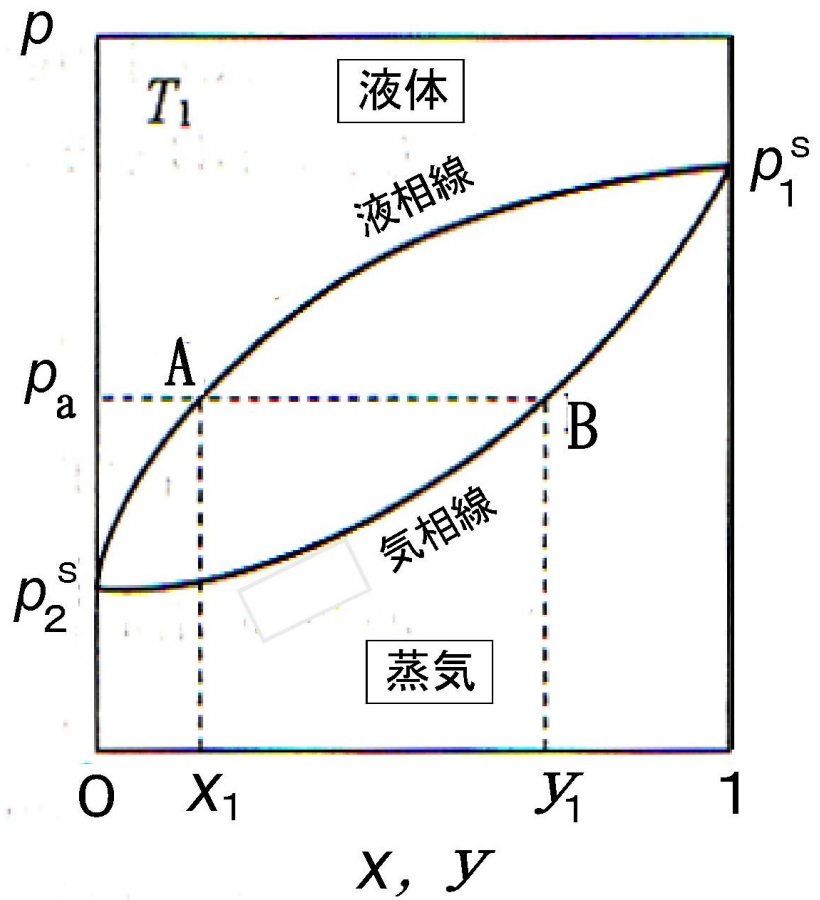


図 1.5 温度 T_1 における気液平衡

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

気液平衡 その3

- 組成 z_1 の気体を圧縮すると、圧力 p_Dで凝縮が始まり、さらに加圧をした圧力 p'ではいわゆる“てこの原理”により、気相および液相の物質量比は $n_V : n_L$ となる。
  さらに加圧を続け圧力が p_B に達すると、気相が消滅してすべてが液相となる。
- この挙動からも分かるように気相線と液相線で囲まれた領域は“気液2相領域”である。

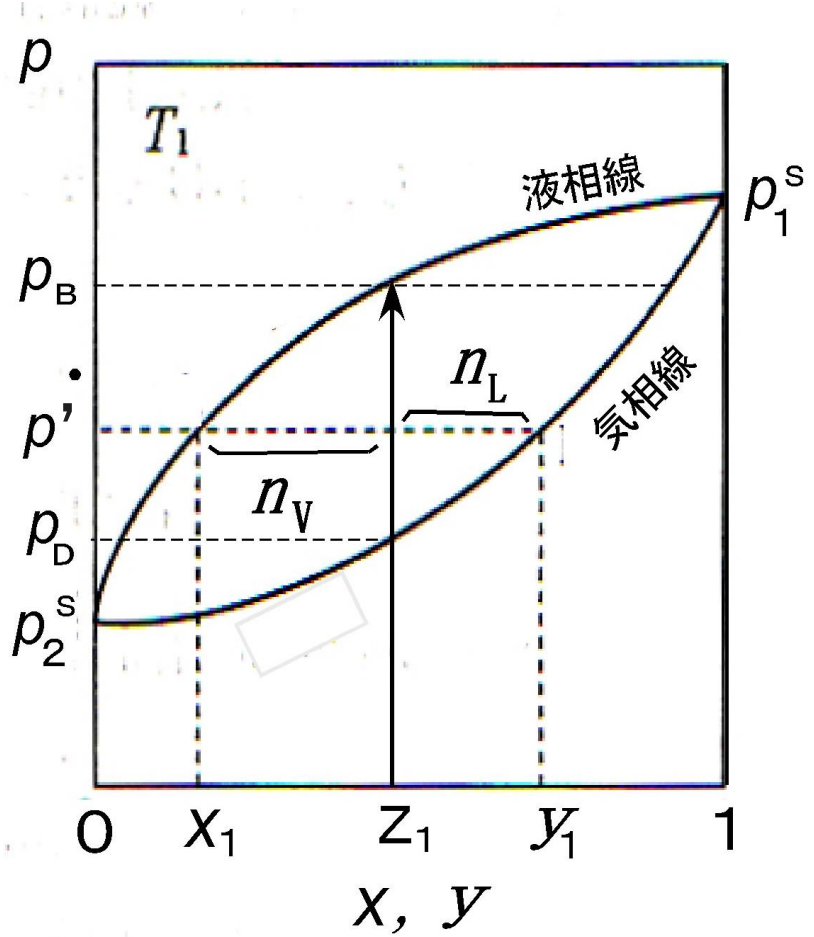


図 1.5

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

気液平衡 その4

理想溶液の場合、混合液中のある成分が示す蒸気圧は、同じ温度 T でのその成分単独の蒸気圧と、液相におけるモル分率の積に等しい。すなわち、次のラウールの法則が成り立つ。

$$p_i = x_i \cdot p_i^* \qquad (1.65)$$

p_i ： i 成分の分圧

p_i^*： 純 i 成分の温度 T における蒸気圧

x_i ： 液相における i 成分のモル分率

もし、この混合液が全圧 p の容器中にあり、気体が理想気体として扱える場合、
気相中のモル分率を y_i とすると

$$p_i = y_i\, p \qquad (1.25) \quad (1.65)\text{の一部}$$

が成り立つ。

（参考）理想溶液：溶液を構成する各成分が解離や会合を起こさず、また、成分間で化合や溶媒和を起こさないような液体。
溶媒和 ：溶媒分子と溶質分子の間に静電的作用によって弱い結合を生じ、その周囲に溶媒分子が配向する現象

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 気体の液体への溶解度ーヘンリーの法則

- 溶解度があまり大きくない気体の場合，気体成分が液相から蒸発する傾向の強さは濃度（モル分率）に比例し、一方、液体に溶け込む強さは気相の圧力（分圧）に比例するから，両方向の動きが釣り合った平衡時のモル分率 x_i と分圧 p_i の関係は次式で表される。

$$p_i = H_i \, x_i \qquad (1.66)$$

H_i はヘンリー定数と呼ばれる。

- 式（1.66）から、「希薄溶液が気相と平衡にあるとき、その濃度と溶質物質の分圧は比例関係にある」といえる。これを「ヘンリーの法則」という。

【例題1.7】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.7】

- 式（1.66）から液相中に溶解している酸素のモル分率 x_i は

  $x_i = 0.1013 / 4420 = 22.92\times10^{-6}$

- 次に、水1m^{3}の水は 997 kg で、この水溶液中の酸素のモル分率が 22.92×10^{-6} だから、酸素の溶解量を z [kg] とおくと

$$\text{酸素のモル分率} = \frac{\text{酸素の物質量}}{\text{水の物質量} + \text{酸素の物質量}} = \frac{z/(32\times10^{-3})}{997/(18\times10^{-3}) + z/(32\times10^{-3})} = 22.92\times10^{-6}$$

これより $z = 0.0406$ kg（=40.6 g）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 気体の溶解度は温度によって大きく異なる。
- 濃度を［kg/kg（溶液）］，［kg/m^3（溶液）］，［mol/m^3（溶液）］，
  モル分率 などで表わす場合は前頁の記述でよいが、溶ける気体の量を体積で
  表わす場合は注意が必要である。
  つまり、「気体の溶解度（体積）は、測定した圧力の下では常に一定である。」となる。

【参考情報】
要するに：圧力p_1と$2p_1$における場合を比較すると、圧力が2倍（$2p_1$）になると、
溶ける質量も2倍となる。したがって、同じp_1における値を計算すると、体積も2倍となる。
しかし、$2p_1$における値を計算すると、体積は1/2に圧縮されるから、
結局「圧力を変えても溶ける体積は変わらない」ことになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.3 蒸気圧・沸点

a）蒸発・凝縮

【閉じた容器の液体】

- ある温度に保たれた真空容器中に液体を入れた場合：
  液体が蒸発→ 平衡に達する。（蒸発速度＝凝縮速度）このときの状態を飽和，
  蒸気の圧力を（飽和）蒸気圧という。蒸気圧は温度とともに増加する。（表1.6 ）

- 空気とともに水が存在する場合：
  水蒸気は空気の影響を受けずに存在する。すなわち、このときの気相は水蒸気と
  空気 との混合気体であり、ドルトンの法則が成立し、水蒸気分圧がその温度における
  飽和 水蒸気圧に等しくなるまで蒸発が続く。

【例題1.8】

（これを加熱すると・・・）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考情報）

- 加熱する場合：

  温度とともに蒸気圧が上昇（表1.6）

  ⇓

  液体が膨張するため 液体の密度が減少

  ⇓

  蒸気密度＝残っている液体の密度

  ⇓

  2相間の表面が消滅。これが臨界　この温度以上を超臨界

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

【開いた容器の液体】

- 加熱→蒸気圧が上昇→蒸気圧＝外圧→液体内部まで全体にわたって蒸発できるようになる。
  これが沸騰で、このときの温度が沸点。
  （閉じた容器では液体を加熱しても沸騰は生じない。）
- つまり、沸点とは液体の飽和蒸気圧が液面上の全圧に等しくなる温度ということができる。
- **標準沸点**：標準大気圧（ 0.1013MPa ）における沸点

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.8】

- 水蒸気が凝縮しても空気の物質量は変化しないことに着目
- （別解） 題意より両温度における全圧、分圧は

	全圧（kPa）	水蒸気の分圧（kPa）	空気の分圧（kPa）
25℃	p_o	3.17	$p_o-3.17$
0℃	89.96	0.611	89.96−0.611

水蒸気および空気の物質量を求める
（1.23）式　$p_i=n_iRT/V_{mix}$　を用いて

- 0℃で：$(89.96-0.611)\times10^3\times10\times10^{-3}=n_{air}\times R\times273$　→ $n_{air}=0.394$ mol
- 25℃で：$3.17\times10^3\times10\times10^{-3}=n_{H2O}\times R\times298$　→ $n_{H2O}=0.0128$ mol

25℃の混合気体に対して
（1.24）式　$p=n_{mix}RT/V_{mix}$　を用いて

$p_o=(0.394+0.0128)\times R\times298/10\times10^{-3}=1.008\times10^5$（Pa）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）蒸発熱（気化熱）

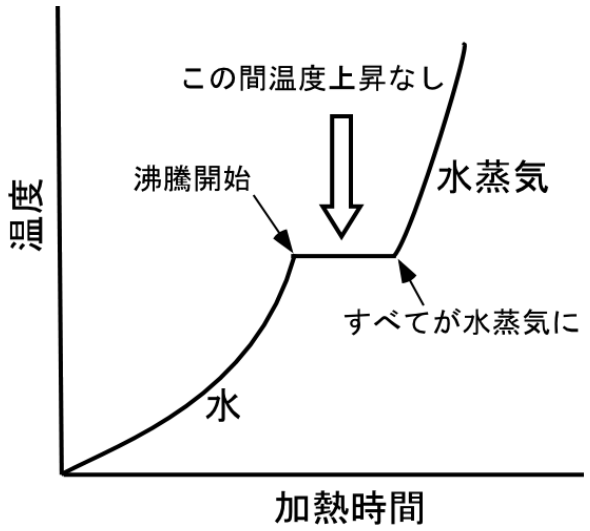
➢ 蒸発熱：

液体が気化すると体積が増大→外部に対して仕事をする→このためのエネルギーが必要

（液体中の分子間の相互作用を断ち切るためのエネルギー）

蒸発熱は液体が蒸発するときの温度によって異なる。

水を加熱する場合



（参考情報図）

沸騰が終了するまでは温度一定。
この間，外からの熱は相変化のみに使われる。

→ 潜熱

物質の温度上昇，すなわち分子の
運動エネルギーの増加に使われる熱量

→ 顕熱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 気体の熱力学

2.1 エネルギーの保存則

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.1 系と状態量

➢ 系

- 開いた系（流れ系）　：（物質、エネルギーとも出入り可）
- 閉じた系（非流れ系）：（エネルギーの出入りはあるが、物質の出入りなし）
- 孤立系　　：（物質、エネルギーとも出入りなし）

➢ 状態量

- 系の状態を定める物理量を状態量という。（p, V, T, n など）
- 系の状態が変化すると，状態量も当然変化するが、状態量は系の状態によって一義的に決められるので，系の状態が変化する経路には無関係に，系の終わりと始めの状態だけに関係する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 熱と仕事とエネルギー

- ランダムな運動をしている原子、分子などの粒子が持っている運動エネルギーの総和が熱である。
- 粒子の熱運動は温度が高いほど激しい。
- 熱はエネルギーの1つの形態で、これを熱エネルギーという。
  粒子が持っている熱エルギーの総量を熱量という。
- 熱と仕事は等価である。（ジュールの実験）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 熱と仕事とエネルギー（つづき）

仕事とエネルギー

- 力 F で水平にl　だけ移動する場合

W：仕事

$$W = F \cdot l$$

- 垂直に h だけ移動する場合

$$W = F \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

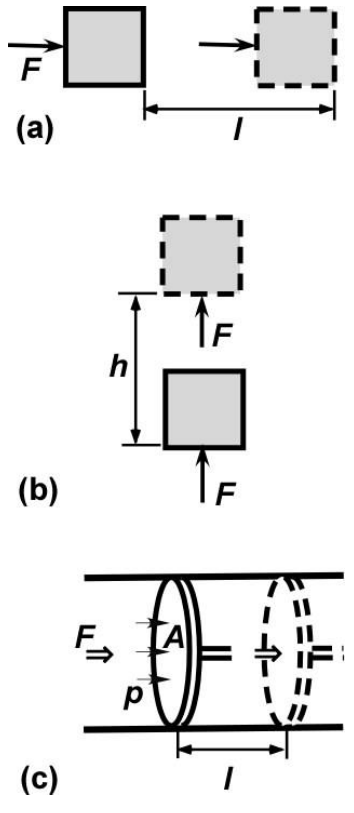
- 熱の出入りにより気体が膨張する場合

$$W = F \cdot l$$

$$F = p \cdot A \quad （A：シリンダの断面積）$$

$$\therefore W = p \cdot A \cdot l = p \cdot (A \cdot l) = p \cdot V$$

（参考情報）

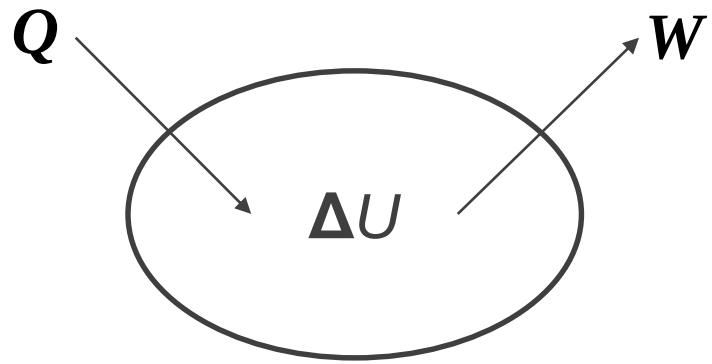


【乙 text 】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

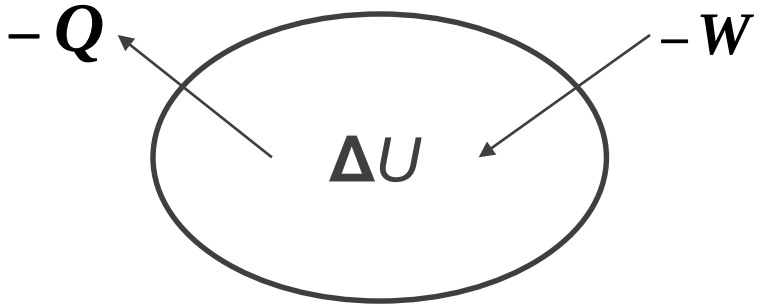
2.1.4 熱力学の第一法則

エネルギー保存則



$$Q = \Delta U + W \qquad (2.1a)$$

$$dQ = dU + dW \qquad (2.1b)$$



$$-Q = \Delta U - W$$

$$Q = \Delta U + W$$

Q	：熱量
ΔU	：内部エネルギー変化
W	：仕事

★ 熱、仕事の符号に注意（2.1.3 の脚注）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 熱力学の第一法則

エネルギー保存則（つづき）

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{Q} &= \Delta \boldsymbol{U} + \boldsymbol{W} \\ \mathbf{d}\boldsymbol{Q} &= \mathbf{d}\boldsymbol{U} + \mathbf{d}\boldsymbol{W} \end{aligned}\right\} \quad (2.1)$$

式（2.1）における仕事について、もしこの系が閉じた系の場合、
可逆的に体積を変化させるに要した仕事といえる。すなわち

$$\mathbf{d}\boldsymbol{W} = \boldsymbol{p}\,\mathbf{d}\boldsymbol{V} \qquad (2.1.4\ 脚注)$$

これを、絶対仕事 という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

内部エネルギー

- 分子運動（運動エネルギー、振動エネルギー）
- 分子間相互作用（分子間の位置のエネルギー）などの総和（2.1.3 上3行）
- 内部エネルギーは状態量である。（2.1.3 上4行）

★理想気体では

- 分子間の相互作用のエネルギー＝0 （分子間力）
- 分子の運動エネルギーがそのまま温度に対応する。

∴「内部エネルギーは温度にのみ依存する。」（温度一定ならば $\Delta U = 0$ ）

（このことは、理想気体の定義の一つでもある。（参考情報）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 エンタルピー

★ 式（2.7）の上の記述から、閉じた系の定圧変化では

$$W = p\,(V_2 - V_1) = p \cdot \Delta V$$

（p =const.）

したがって、熱力学第１法則は

$$\begin{aligned} Q &= \Delta U + W && (2.1a) \\ &= \Delta U + p \cdot \Delta V && (2.7) \\ &= (U_2 - U_1) + p(V_2 - V_1) \\ &= (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1) \end{aligned}$$

すなわち、状態１→２ の変化の間に吸収される熱量 Qは、
最初の状態と最後の状態だけに関係する量といえる。
そこで、（$U + pV$）をひとまとめにし、１つの量として扱うと便利。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 エンタルピー

★（$U + pV$）をまとめて、一つの量 H で表すと

$H = U + pV$　（2.4）　H：エンタルピー（状態量）

$$\therefore\ \Delta H = \Delta(U + pV) = \Delta U + \Delta(pV)$$

★ p = const. の場合

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV)$$

$$= \Delta U + p\,\Delta V$$

2.1.3 脚注などから $p\Delta V = W$ だから上式の右辺は

$$\Delta U + p\Delta V = \Delta U + W$$

となり、式（2.1 a）から、これは Q に等しい。よって、

$$Q = \Delta H = \Delta U + p\,\Delta V$$　（2.1），（2.1.6 脚注＊2）

（定圧、閉じた系、）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開いた系（流通系）における熱力学第一法則

（参考情報）

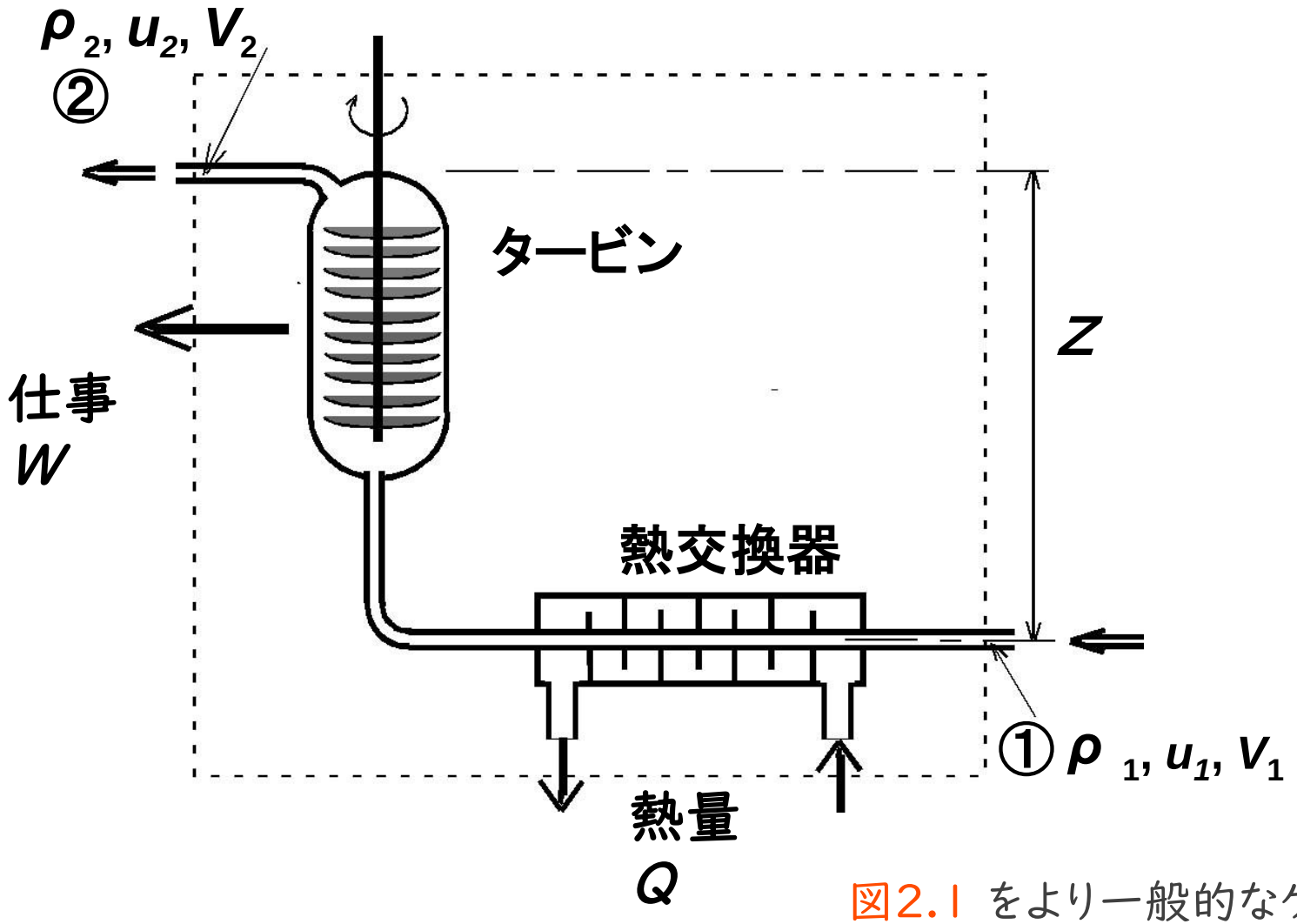


図2.1 をより一般的なケースに拡張した図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開いた系のエネルギー保存則

（参考情報）

単位時間、単位量の系内のエネルギー変化は、周囲から入った熱量Ｑと、
周囲へなした仕事Ｗから

$$\Delta U + g \cdot \Delta Z + \Delta \frac{u^2}{2} = Q - W \qquad ①$$

ここで、仕事 Ｗは工業仕事 Ｗt と流動仕事とからなる。

流動仕事：（気体を系内に押し込んだり、系から押し出したりするための仕事）

流動仕事＝（断面にかかる力）×（体積 Ｖの流体が系に出入りするための移動距離）

$$= (p \cdot A) \times (V / A) = p \cdot V$$

（V：単位量の占める体積、A：流路の断面積）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開いた系のエネルギー保存則

（参考情報）

したがって　$$W = W_t + (p_2V_2 - p_1V_1) = W_t + \Delta(pV)$$

これを用いると①式は

$$\Delta U + \Delta(pV) + g \cdot \Delta Z + \Delta\frac{u^2}{2} = Q - W_t \qquad ②$$

ここで、$H=U+pV$, すなわち　$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV)$　を使うと

$$\Delta H + g \cdot \Delta Z + \Delta\frac{u^2}{2} = Q - W_t \qquad ③$$

これが開いた系における熱力学第Ⅰ法則の数学的表現

★ 開いた系においては U よりも H の方が重要。

★ p 一定で閉じた系では $Wt = 0$ だから 式（2.3）や 式（2.5）から $Q = \Delta H$（式（2.6））となる。

★ ②式、③式で位置のエネルギー、運動エネルギーの項が 0 の場合 text 式（2.3），（2.5）となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.6 定圧モル熱容量と定容モル熱容量

- 1mol の気体の温度を 1K 上げるのに必要な熱量をモル熱容量といい、
  C_m [J/(mol·K)] で表す。
- 気体では圧力一定の場合と体積一定の場合で、必要な熱量が異なる。(1.1.2 参照)
  - 圧力一定 ：定圧モル熱容量　$C_{m,p}$
  - 体積一定 ：定容モル熱容量　$C_{m,V}$
- 2つのモル熱容量の間には

  $$C_{m,p} - C_{m,V} = R \qquad (2.12)$$

  の関係が成り立つ。(マイヤーの関係)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

基本：熱力学の第一法則（エネルギー保存則）

$$\mathbf{d}Q = \mathbf{d}U + \mathbf{d}W = \mathbf{d}U + p\,\mathbf{d}V \quad (2.1\text{b})\ (2.7)$$

＊ 定容変化では：外部には仕事をしないので上式において

$\mathrm{d}W = p\,\mathrm{d}V = 0 \quad \therefore\ \mathrm{d}Q = \mathrm{d}U$

したがって 式（1.16） $\mathrm{d}Q = n\,C_{\mathrm{m}}\,\mathrm{d}T$ を参考に

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = nC_{\mathrm{m},V} \qquad (2.9)$$

$$\therefore\ \mathbf{d}U = nC_{\mathrm{m},V}\,\mathbf{d}T$$

理想気体では、内部エネルギー U は温度だけの関数であり、V、p に依存せず、上の枠内の関係が常に成立する。（2.1.6）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

基本：熱力学の第一法則（エネルギー保存則）

＊ 定圧変化では：

$$H = U + pV \quad \Rightarrow \quad \mathrm{d}H = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V + V\,\mathrm{d}p$$ （p39 脚注 ）

$\mathrm{d}p = 0$ だから $\mathrm{d}H = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V$ ①

式（2.7）から $\mathrm{d}Q = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V$ ②

①、②式から、$\mathrm{d}Q = \mathrm{d}H$ ，よって定義（例えば 式（1.16））から

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p + p\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = nC_{\mathrm{m},p} \quad \cdots \quad (2.10)$$

$$\therefore \quad \mathrm{d}H = nC_{\mathrm{m},p}\,\mathrm{d}T$$

理想気体ではエンタルピーは温度だけの関数であるので、上の枠内の関係が常に成立する。（2.1.6）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

基本：熱力学の第一法則（エネルギー保存則）

＊ 式（2.10）からマイヤーの関係を導くことができる。

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p + p\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = nC_{\mathrm{m},p} \quad (2.10)$$

U は温度だけの関数で、
圧力には関係なく、

$$\mathrm{d}U = nC_{\mathrm{m},V}\,\mathrm{d}T$$

の関係が常に成立するので、
この項は $n\,C\mathrm{m},V$ となる。

理想気体では $p\,V = n\,R\,T$
が成立するので、この項は
$n\,R$ となる。

したがって、式（2.12）のマイヤーの関係が得られる。

$$C_{\mathrm{m},V} + R = C_{\mathrm{m},p} \quad (2.12)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

理想気体では

（参考情報）

- 内部エネルギーは温度によってのみ決まり、体積や圧力には依存しない。

つまり $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T = 0$

- 同様にエンタルピーについても、

$H = U + pV = U + RT$ だから

$\left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0$ $\because RT=const.$

$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T = 0$

となる。つまりエンタルピーは温度だけの関数である

∴ 温度一定のとき $\Delta U=0$, $\Delta H=0$ である。(2.1.6)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 熱力学の第二法則

- 種々の言い方（2.2.2）
- 機械的仕事が摩擦によって熱に容易に変わるのに対し、熱を機械的仕事に変える場合には、熱エネルギーのすべてではなく、その一部だけが機械的仕事に変わるにすぎない。

つまり、

- 「自然界に何も変化を残さないで、ある熱源の熱を連続して機械的仕事に変える熱機関」、すなわち第二種の永久機関は存在しない。
（「連続（サイクル）」でなければ可能： 例; 等温変化 式（2.52） ･･･
熱源からの熱量 Q が完全に仕事 W に変わる。）
- 「エネルギーを費やすことなく連続して仕事をする熱機関」を第一種の永久機関といい、熱力学の第一法則からこれは存在しない。
（ サイクルの1周期では $\Delta U = 0$、また燃料を用いないで仕事を取り出すためには $Q = 0$ であるから、
第一法則 式（2.1a）より、$W = 0$ となる。）

熱力学の第一法則 ： 第一種永久機関
熱力学の第二法則 ： 第二種永久機関
} の存在を否定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 エントロピー

- 熱力学の第二法則の数学的表現のためエントロピー（entropy）S が用いられる。

$$\mathrm{d}S = \frac{\mathrm{d}Q}{T} \quad (2.15)$$

- 孤立系（物質、エネルギー両方の出入りがない系）では

可逆変化 ： $\Delta S = 0$

不可逆変化： $\Delta S > 0$

} ①

- 孤立系において自然に起こる変化の方向はエントロピー S が増す方向で、
S が極大に達したときにそれ以上は増加できず系は平衡になる。

（2.3 最後の段落、式（2.25）式の上の段落）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 自由エネルギーと化学ポテンシャル

2.4.1 熱力学の第三法則

ネルンスト（Nernst）の熱定理：

「純粋な完全結晶体のエントロピーは絶対零度において零である。」

↓

任意の状態におけるエントロピーの絶対値を求めることができる。

- $C_{m,p}$ = const. の場合

$$S_m(T) = \int_0^T \frac{C_{m,p}}{T} dT + \sum \frac{\lambda_x}{T_x}$$

λ_x：融解、蒸発などの相変化に伴う熱量（潜熱）

- $C_{m,p}$ が固相（S）、液相（L）、気相（V）の各相で異なる場合

$$S_m = \int C_{m,p,S}\, d\ln T + \frac{\lambda_f}{T_f} + \int C_{m,p,L}\, d\ln T + \frac{\lambda_{Vap}}{T_{Vap}} + \int C_{m,p,V}\, d\ln T \quad \cdots (2.16)$$

（ f：融解（fusion）、蒸発（vaporization） ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.2 自由エネルギーと化学平衡（自由エネルギー1）

自由エネルギー： 反応の進行方向や平衡などについて検討するための状態量

- $F=U-TS$ （F： ヘルムホルツエネルギー）（2.17） 定温、定容
- $G=H-TS$ （G： ギブズエネルギー） （2.18） 定温、定圧

自発的変化が起こる方向

- $\Delta H<0$ （高エネルギー状態→低エネルギー状態）
- $\Delta S>0$ （エントロピー増大の原理（2.2.3 最後の段落））

この両者を考慮した新しい状態量がGである。

温度一定、圧力一定では

$\Delta G=\Delta H-T\Delta S$（式（2.23）で $dT=0$）

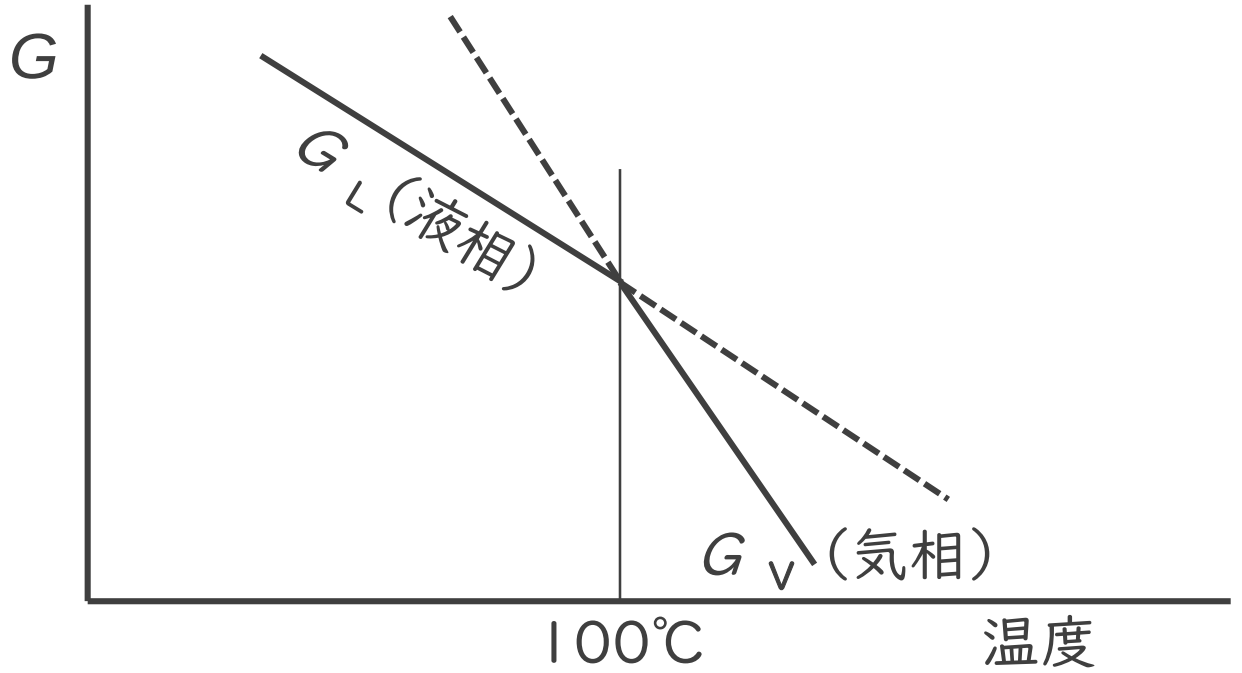
ΔHが負、ΔSが正の場合ΔGは負となる。
つまり、系はΔGが減少する方向に自然に変化し、$\Delta G=0$のとき平衡となる。
・・・・・式（2.29）、式（2.25）の下の記述

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

「自由エネルギーと平衡」の1例

（参考情報）

自然変化ではΔG <0、つまりG が小さい相（100℃以下では液相、100℃以上では気相）が安定である。
また、沸点では両相が平衡であるので $G_L = G_V$ つまりΔG =0 を満足している。



水の自由エネルギー（大気圧）

【 小島和夫：化学技術者のための 熱力学, p 80（培風館、昭和54年）より 】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.2 自由エネルギーと化学平衡（つづき）

$$G = H - TS \quad \therefore \ \mathrm{d}G = \mathrm{d}H - T\,\mathrm{d}S - S\,\mathrm{d}T \qquad (2.18)$$

$$H = U + pV \quad \therefore \ \mathrm{d}H = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V + V\,\mathrm{d}p \qquad (2.4)$$

式（2.7）、（2.15） $$\mathrm{d}U = T\,\mathrm{d}S - p\,\mathrm{d}V \qquad (2.19)$$

これら 3 式から

$$\mathrm{d}G = V\,\mathrm{d}p - S\,\mathrm{d}T \qquad (2.24)$$

- 式（2.24）から、ギブズエネルギーは、
  反応や状態変化に対する温度と圧力の影響を検討するのに便利。
- 定温、定圧（$\mathrm{d}p = 0$, $\mathrm{d}T = 0$）で $\mathrm{d}G = 0$ となる。
  すなわち、定温、定圧において平衡時に次式が成立する。

$$(\mathrm{d}G)_{p,T} = 0 \qquad (2.29)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 化学ポテンシャルとフガシティー

a）化学ポテンシャルと平衡

μの導入

開いた系におけるG

成分1,2,・・が系に入るとき、その物質量nの増分をdn_1、dn_2・・とする。
このとき系のギブスエネルギーはdn_iに比例して増加すると考えられる。
この比例定数をμ_iとすると

$$dG = -SdT + Vdp + \sum \mu_i \, dn_i \qquad (2.32)$$

M_iを物質 iの化学ポテンシャルという。この式から

$$\left(\frac{\partial G}{\partial n_1} \right)_{p,T,n_2,n_3,\cdots} = \mu_1 \qquad (2.31)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学ポテンシャル2

- 化学ポテンシャルは、多成分系において、ある成分の出し入れに対するギブズエネルギーの変化とも言える。　（開いた系を想定）
- 化学ポテンシャルはGが組成とともにどのように変化するかを示す。

純粋また組成一定の場合は(2.24)式を用いれば良いが、

一般に化学で扱う系は、反応によって組成が変化するので μ を用いる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学ポテンシャル3

★純粋な物質（1成分系）に対して

$$G = nG_{\mathrm{m}}$$

だから

$$\mu = \left(\frac{\partial nG_{\mathrm{m}}}{\partial n} \right)_{T,p} = G_{\mathrm{m}}$$

n：物質量

G_{m}：モルギブズエネルギー

となり、1成分系については、化学ポテンシャルはモルギブズエネルギーに等しい。
（式（2.42）の下の記述）

★2つまたはそれ以上の物質が系中に存在して異なる化学ポテンシャルをもつとき、
化学ポテンシャルを等しくしようとする変化を生じる。
→化学ポテンシャルを用いて、化学反応や化学平衡について考察することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学ポテンシャル4

(2.32)式を $cC + dD \rightarrow sS + rR$ (2.30)

の反応に適用すると、反応の前後で温度、圧力の変化がない場合

$$\Delta G = \underbrace{-c\mu_C - d\mu_D}_{\text{反応物}} + \underbrace{s\mu_S + r\mu_R}_{\text{生成物}} \qquad (2.33)$$

- すなわち、反応ギブズエネルギー ΔG は、生成物と反応物の化学ポテンシャルの差と解釈できる。
- 化学ポテンシャルは組成に依存するから(たとえば(2.31)式)、ΔG は反応の進行度とともに変化する。(μ は化学種がどの程度変化を起こしたがっているかを知る尺度とも言える。)
  一方、反応は G が減少する方向($\Delta G < 0$ の方向)に進むから((2.25)式の下の記述)、
  μ(反応物) $>$ μ(生成物)なら、「反応物→生成物」の反応が自発的に進む。
  $\Delta G = 0$ のとき、反応はどちらの方向にも進まず平衡となる。つまり、この条件が起こるのは
  μ(反応物) $=$ μ(生成物)のときである。この条件が成立するような組成を見つけることができれば、平衡にある反応混合物組成を求めることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 b）フガシティーと活量

（参考情報）

d G= Vd p− Sd T　　（2.24）

等温（d T=0）では　d G= Vd p　であり、理想気体では

$$\mathrm{d}G = V\,\mathrm{d}p = nRT\frac{dp}{p} = nRT\ d\ln p \qquad ①$$

両辺を n で 除したときの左辺はモルギブズエネルギーとなり、「純粋成分の化学ポテンシャルはモルギブズエネルギーに等しい」（式（2.36）の下）から、多成分中での成分 I のモル体積を $V_{m\,I}$ とすると $\mu_{\,I}$ に対して ① 式と同様の式（2.37）が得られる。

$$\mathrm{d}\mu_1 = V_{m,1}\,\mathrm{d}p = \left(\frac{RT}{p}\right)dp = RT\ d\ln\ p \qquad (2.37)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 b）フガシティーと活量

- 実在気体：前スライドで導いた理想気体の式　　（2.37）

$$\mathrm{d}\mu^{*} = RT\,\mathrm{d}\ln p$$

は成立しないが、これと同様の式で実在気体の μ が表せると好都合であるので、p を f で置き換えて、成分 I に対し

$$\mathrm{d}\mu_1 = RT\,\mathrm{d}\ln f_1 \qquad (2.36)$$

➢ フガシティー f （逃 散 能）

式（2.36）を等温下で積分すると

フガシティーの導入

$$\Delta\mu_1 = RT\cdot\ln\frac{f_1}{f^{\circ}} = RT\cdot\ln a_1 \qquad (2.39)$$

（f°：標準大気圧下でのフガシティーで 標準大気圧 p°に等しい）　（2.4.3 b）

$$a_1 = f_1 / f_1^{\circ} \quad (a:\text{活量}) \qquad (2.40)$$

$$f = \phi p \quad (\phi:\text{フガシティー係数}) \qquad (1.59)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 c）蒸気圧の温度依存性

「純粋成分の化学ポテンシャル＝モルギブスエネルギー」

だから、式（2.24）より ある任意の相 *i* において*dp*、*dT*の変化に伴う化学ポテンシャルの変化は

$$\mathrm{d}\mu i = \mathrm{d}G i = V_{\mathrm{m},i}\,\mathrm{d}p - S_{\mathrm{m},i}\,\mathrm{d}T \quad （2.43）（\ \mathrm{i}：任意の相\ ）$$

したがって例えば、液体　⇒ 気体の相転移（蒸発）では、液相Lと気相Vの両相が平衡にあり、平衡においては

$\mu_{\mathrm{L}} = \mu_{\mathrm{V}}$　すなわち　$\mathrm{d}\mu_{\mathrm{L}} = \mathrm{d}\mu_{\mathrm{V}}$　だから（2.43）式から

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}T} = \frac{S_{\mathrm{m,V}} - S_{\mathrm{m,L}}}{V_{\mathrm{m,V}} - V_{\mathrm{m,L}}} = \frac{\lambda_{\mathrm{V}}}{T\,\Delta V} \qquad （2.46）$$

λ_{V}：温度 *T* における蒸発熱

（2.46）式を クラウジウスークラペイロンの式 という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 c）蒸気圧の温度依存性（その2）

ここで、$\Delta V = V_{m,G} - V_{m,L} \approx V_{m,G} = RT/p$ を用いて（2.46）式を解くと

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = -\frac{\lambda_V}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \qquad (2.48)$$

すなわち、

- $\ln p$ と $1/T$ との関係は狭い温度範囲で直線となる。
- したがって、2つの温度における蒸気圧の値から蒸発熱 λ_V を求めることができる。また、【例題2.1】のように、一つの温度での蒸気圧と λ_V とから、他の温度での蒸気圧を知ることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 c）蒸気圧の温度依存性（その2）

（参考情報）

次に図1.3の相境界線の傾きに着目すると、

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}T}=\frac{(S_{\mathrm{m,V}}-S_{\mathrm{m,L}})}{(V_{\mathrm{m,V}}-V_{\mathrm{m,L}})}=\frac{\lambda_{\mathrm{V}}}{T\Delta V} \qquad (2.46)$$

★液体 ⇒ 気体の相転移（蒸発）

$\Delta V>0$ ⇒ 液体/気体の境界線の勾配は正。

★固体 ⇒ 液体の相転移（融解）

多くの物質で $\Delta V>0$ ⇒ 境界の傾きは正

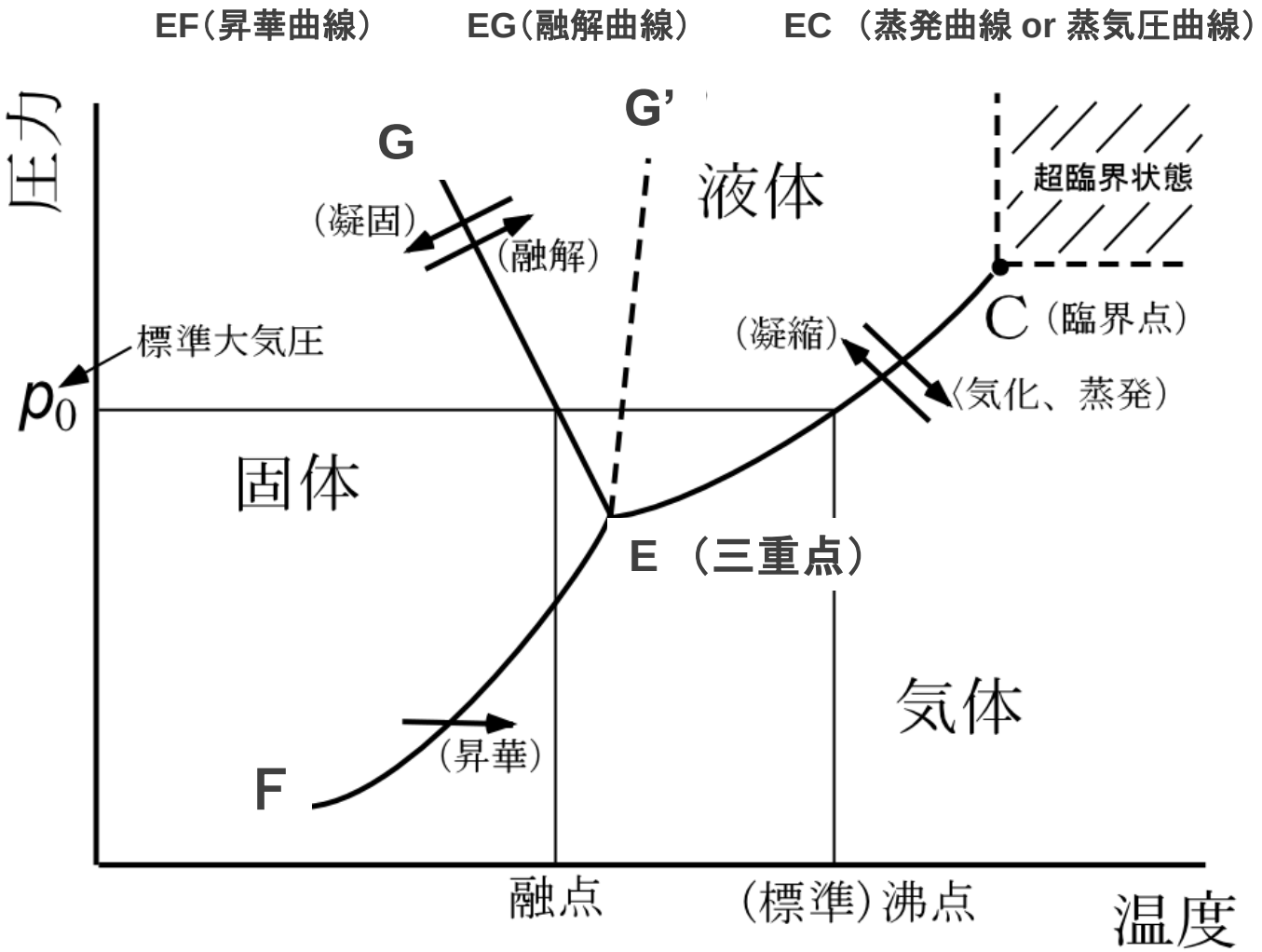
水では $\Delta V<0$ ⇒ 境界の傾きは負

（他には、Ge、Bi,Gaなど少数）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 c）蒸気圧の温度依存性（その2）

図1.3



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5 気体の状態変化

2.5.1 $p-V$線図と仕事

a）$p-V$線図

状態変化の過程における圧力、温度、体積などの状態量の間の関係を示したのが熱力学的線図で、特に縦軸に圧力 p、横軸に体積 Vをとって示したのが$p-V$線図。（図2.2）

b）仕事（状態①→②の変化）

★ 閉じた系

全仕事 W＝ 工業仕事 W_t＋ 流動仕事 $\Delta(pV)$ において流動仕事はないから $W = W_t$ となる。そして、仕事が体積変化のみの場合

$$W_{12}=\int_1^2 p\,dV \qquad (2.49)$$ （絶対仕事）

注）流動仕事についてはスライド「開いた系でのエネルギー保存則」（参考情報）に説明

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5 気体の状態変化

★ 開いた系

$$\mathrm{d}Q = \mathrm{d}H + \mathrm{d}W_{\mathrm{t}} \qquad (2.6)$$

第Ⅰ法則から $\mathrm{d}Q = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V$ (2.7) 熱力の第一基礎式

$$\mathrm{d}H = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V + V\,\mathrm{d}p \qquad (2.1.5脚注) or (2.4) 式の微分形$$

これら3つの式から

$$W_{\mathrm{t}} = -\int_1^2 V\,\mathrm{d}p \qquad (2.50)$$ 工業仕事

また、式(2.50)を式(2.6)に代入すると

$$\mathrm{d}Q = \mathrm{d}H - V\,\mathrm{d}p \qquad (2.8)$$ 熱力の第二基礎式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

絶対仕事と工業仕事

（参考情報）

絶対仕事

$$W_{12} = \int_1^2 p\,\mathrm{d}V$$

＝ 面積Ⅰ＋面積Ⅱ

工業仕事

$$W_t = -\int_1^2 V\,\mathrm{d}\,p \qquad (2.8)\ (2.50)$$

＝ 面積Ⅰ＋面積Ⅲ

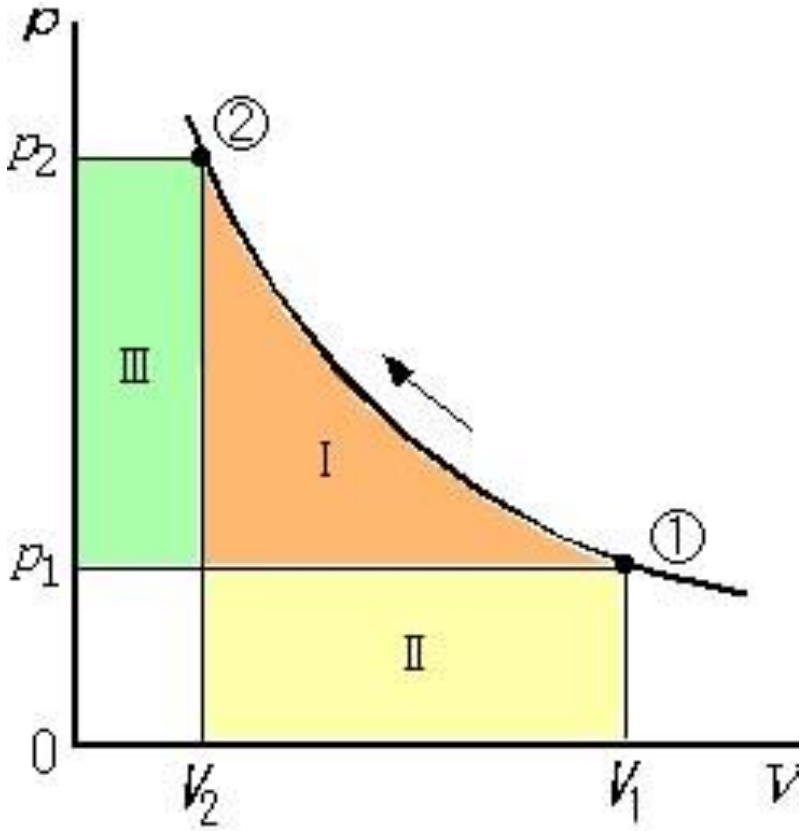


図 2.2

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5.2 理想気体の状態変化（閉じた系）

基本は第一法則

$$Q = \Delta U + W = \Delta U + p \cdot \Delta V \quad \cdots (2.1a)$$

a）等温変化

$$\Delta U = 0$$

$$Q = W \qquad (2.52), (2.53)$$

$$= \int p \, dV = nRT \ln (V_2 / V_1) = nRT \ln (p_1 / p_2)$$

加えられた熱量はすべて気体が外部になす仕事に使われる。

b）定圧変化

$$Q = \Delta U + p \cdot \Delta V$$

$$= \Delta H \qquad (2.1.6脚注)$$

$$= n \cdot C_{m,p} \cdot \Delta T \qquad (2.55)$$

加えられた熱量はエンタルピーの増加に使われる。

また、仕事 $W = p \cdot \Delta V = n \cdot R \cdot \Delta T$ (2.54)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5.2 理想気体の状態変化（閉じた系）

c）定容変化

$$W = p \cdot \Delta V = 0$$

$$Q = \Delta U$$

$$= n \cdot C_{m,V} \cdot \Delta T \qquad (2.56)$$

加えられた熱量は
内部エネルギーの増加に使われる。

d）可逆断熱変化

$$Q = 0$$

$$W = -\Delta U \qquad (2.57)\ 上行$$

可逆断熱圧縮：　気体になされた仕事は内部エネルギーの増加に使われる。
そのため温度が上昇する。 式（2.34）参照

可逆断熱膨張：　気体がなす仕事は内部エネルギーからまかなわれる。
そのため温度が降下する。 式（2.34）参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可逆断熱変化つづき その1

第1法則　$Q = \Delta U + p\Delta V$　においてQ＝0だから

$$\Delta U + p\Delta V = 0$$

これへ　$\Delta U = n \cdot C_{\mathrm{m},V} \cdot \Delta T$ ，　$p = \dfrac{nRT}{V}$　を代入

$$C_{\mathrm{m},V} \cdot \Delta T + RT\frac{\Delta V}{V} = 0$$

（参考情報）

$$\therefore \quad \frac{dT}{T} = -\frac{R}{C_{\mathrm{m},V}} \cdot \frac{dV}{V}$$

積分し，　$R = C_{\mathrm{m},p} - C_{\mathrm{m},V}$ ，　$\gamma = C_{\mathrm{m},p} / C_{\mathrm{m},V}$　を用いて整理すると（導出過程略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可逆断熱変化つづき その2

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

① （ 2.5.2 d）脚注2 ）

$$p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$$

を代入して整理すると（式（1.10） ）

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

②

②より： 断熱膨張 ⇒ 温度降下
断熱圧縮 ⇒ 温度上昇

①, ②を等置すると

$$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)=\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$$

③

【例題2.2】

つまり $p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma} = p V^{\gamma}$ ＝ 一定

④ (2.58) 上行

γ ： 比熱容量の比 （断熱指数 とも 2.5.2 d）脚注）

★ 式①②は式④と式（1.10）からも導くことができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可逆断熱変化つづき その3

仕事について，

$$W = p \cdot \Delta V = -\Delta U = -n \cdot C_{\mathrm{m},V} \cdot \Delta T \qquad ⑤$$

また，

$$C_{\mathrm{m},V} = \frac{R}{\gamma - 1} \qquad (1.21)$$

したがって ⑤式は（1.12），②式，④式などから

$$W = -n \cdot C_{\mathrm{m},V} \cdot \Delta T = -n \cdot \frac{R}{\gamma - 1} \cdot \Delta T = \frac{n R (T_1 - T_2)}{\gamma - 1}$$

$$= \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{\gamma - 1} = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1}\left\{1 - \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}\right\} = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1}\left\{1 - \frac{T_2}{T_1}\right\} \qquad (2.57)$$

$$= \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1}\left\{1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}\right\} = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1}\left\{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}\right\} \qquad (2.58)$$

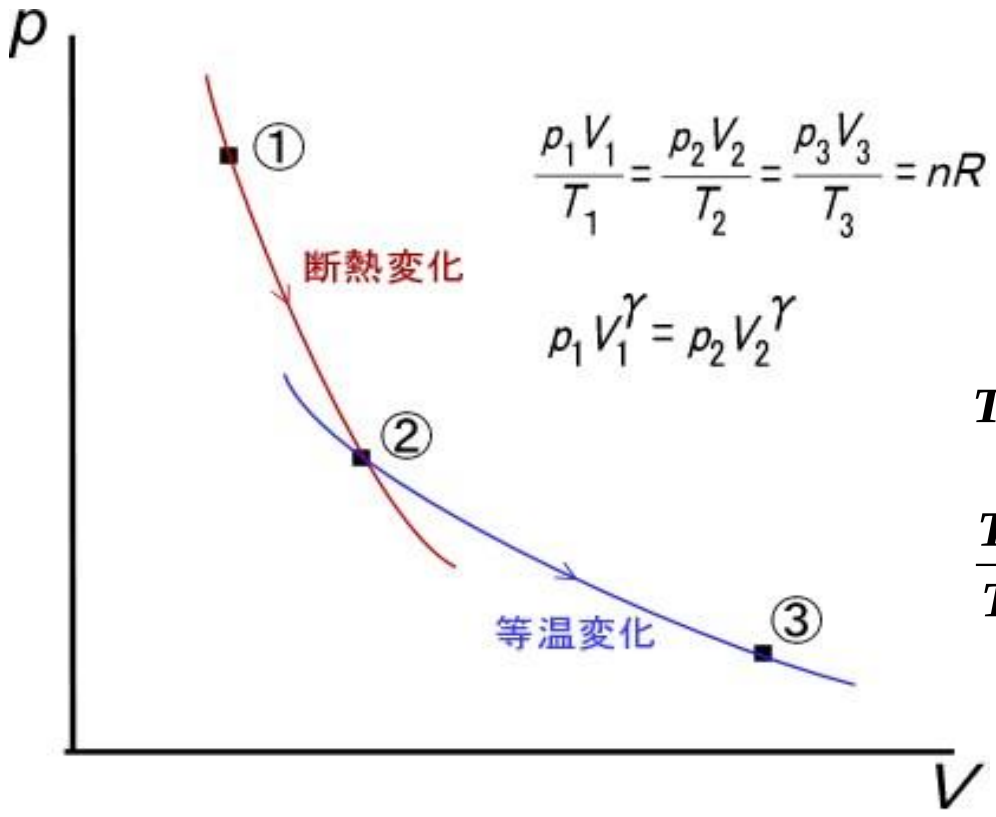
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題2.2】

- 変化の過程にかかわらず、①、②、③ の各状態において、ボイルーシャルルの法則（下図の（ｉ）式）が成立する。

- 状態変化図



$$\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}=\frac{p_3V_3}{T_3}=nR \qquad (i)$$

$$p_1V_1^{\gamma}=p_2V_2^{\gamma}$$

$$T_2=T_3$$

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

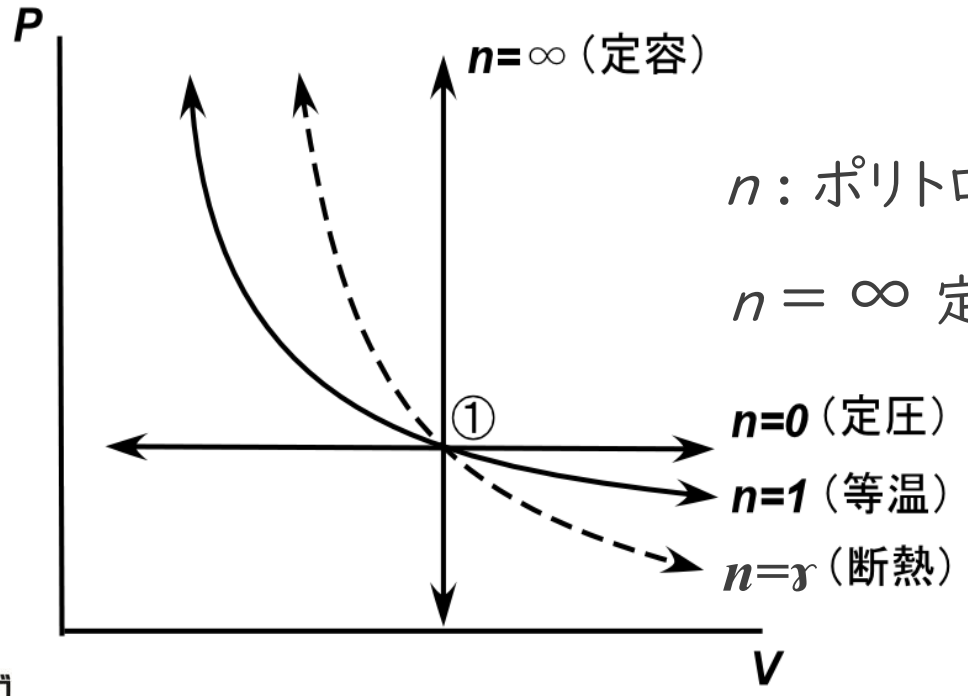
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

e）ポリトロープ変化

実際に気体が状態変化する場合は、完全な等温変化や断熱変化はなく、その中間的な変化となる。この中間的な変化を含めた一般的な状態変化をポリトロープ変化という。

図の状態①から状態②までのポリトロープ変化は次式で表される。

$$p_1 V_1^{\,n} = p_2 V_2^{\,n} = pV^n = \text{一定}$$



n：ポリトロープ指数

$n = \infty$ 定容変化（ $p^{1/n} V = const.$ ）

往復圧縮機で圧縮される場合は
$1 < n < \kappa$ となる。

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.6 カルノーサイクル（Carnot cycle）

サイクル後に最初の状態に戻るから、
内部エネルギーの変化はない。

したがって、第一法則からWは1サイクルの間に出入りする熱量差に等しい。

すなわち、

$$W = Q_2 - Q_1 \quad (2.52)\,(2.59)$$

理想気体の可逆サイクル
（すべての状態変化が可逆変化である。）

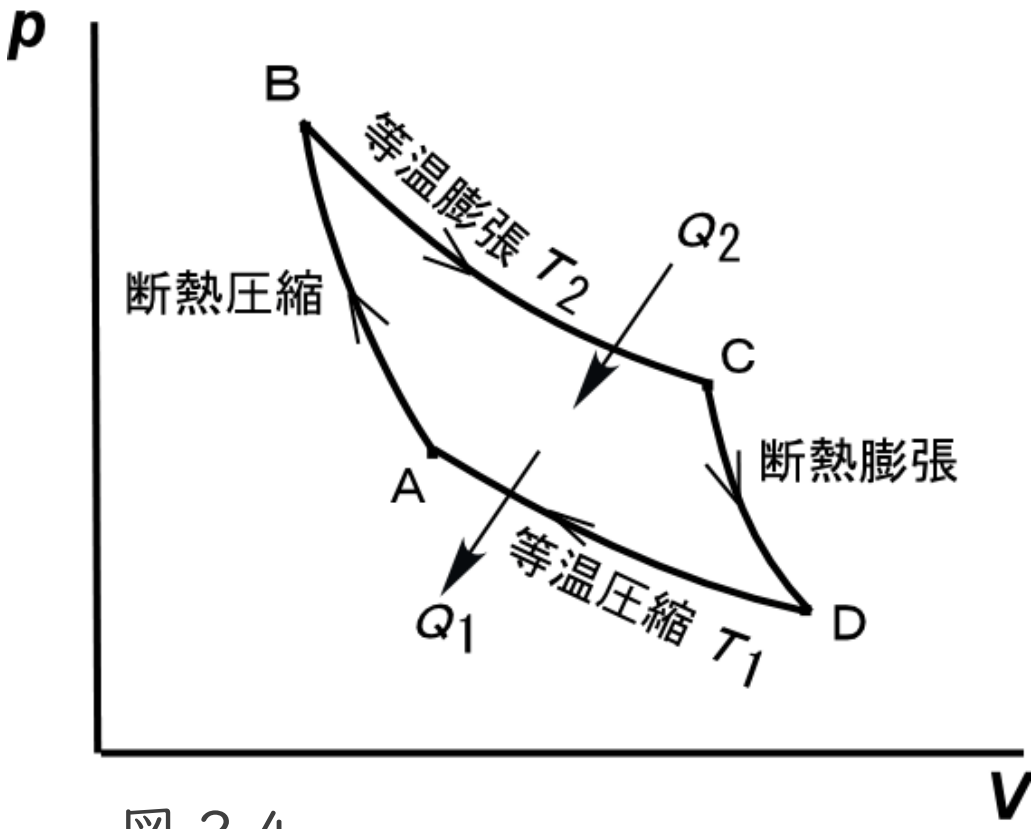


図 2.4

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

カルノーサイクルを簡単に説明する場合 その2

- （2.53）式から,等温過程では それぞれ

$$Q_1 = W_{DA} = nRT_1 \ln(p_A / p_D)$$
$$Q_2 = W_{BC} = nRT_2 \ln(p_B / p_C) \qquad (2.61)$$

ここで、p.48 の脚注により

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{p_D}{p_C} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/(\gamma-1)} \quad \text{すなわち} \quad \frac{p_A}{p_D} = \frac{p_B}{p_C}$$

- カルノーサイクルの効率 η を考えると

効率 η ＝（仕事W）/（吸収熱量Q_2）

$$= \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{T_1 \ln(p_A / p_D)}{T_2 \ln(p_B / p_C)} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \qquad (2.62)\ (2.63)$$

＊ 可逆カルノーサイクルの効率は高熱源、低熱源の温度だけで決まる。

＊ 効率決定されれば T_2/T_1 が決定される。

→基準温度 T_1 を定めれば他方の温度 T_2 が決まる。このように定義された温度が熱力学温度。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.8 実在気体のフガシティー

2.8.1 純粋成分のフガシティー係数

a）フガシティー係数線図

フガシティーは式（2.36）で定義されるが、この式から直接フガシティーを計算するには、詳細な pVT データが必要であり容易ではない。

そこで、「純粋成分の化学ポテンシャルはモルギブスエネルギーと等しい」ことなどから図2.5が書け、この図を用いて $f/p=\Phi$ を求める。

Φ：フガシティー係数

（理想気体では $f=p$ だから $\Phi=1$ である。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.8.2 多成分系のフガシティーと化学平衡

$$c\mathrm{C} + d\mathrm{D} \rightarrow s\mathrm{S} + r\mathrm{R} \qquad (2.30)$$

の反応において、反応の前後で温度、圧力の変化がない場合

$$\Delta G = -c\mu_{\mathrm{C}} - d\mu_{\mathrm{D}} + s\mu_{\mathrm{S}} + r\mu_{\mathrm{R}} \qquad (2.33)$$

標準大気圧、反応温度下での反応ギブズエネルギー変化 ΔG°

$$\Delta G^{\circ} = -c\mu_{\mathrm{C}}{}^{\circ} - d\mu_{\mathrm{D}}{}^{\circ} + s\mu_{\mathrm{S}}{}^{\circ} + r\mu_{\mathrm{R}}{}^{\circ} \qquad (2.111)$$

(2.33)式から(2.111)式を引いて、次式(式(2.39))

$$\mu_1 - \mu_1^{\circ} = RT \ln a_1$$

を用いて整理すると

$$\Delta G - \Delta G^{\circ} = -cRT \ln a_{\mathrm{C}} - dRT \ln a_{\mathrm{D}} + sRT \ln a_{\mathrm{S}} + rRT \ln a_{\mathrm{R}} \qquad (2.113)$$

(肩の°は標準大気圧の状態であることを示す)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

前スライドで導いた式（2.113）

$$\Delta G - \Delta G^{\circ} = -cRT \rightleftarrows \ln \rightleftarrows a_C - dRT\ln a_D + sRT\ln a_S + rRTln a_R$$

において、平衡では　$\Delta G = 0$ だから

$$-\Delta G^{\circ} = RTln\frac{a_S^s \cdot a_R^r}{a_C^c \cdot a_D^d} = RTlnK \qquad (2.114)$$

ここで　$$K = \frac{a_S^s \cdot a_R^r}{a_C^c \cdot a_D^d} \qquad (2.115)$$

K：（ 活量で定義される）平衡定数

【例題2.5】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

$$K = \frac{a_S^s \cdot a_R^r}{a_C^c \cdot a_D^d}$$ に対して

$$\begin{cases} a_1 = \dfrac{f_1}{f_1^\circ} & (2.40) \\ f_1 = y_1 \cdot p \cdot \phi_1 & (2.110) \end{cases}$$

f	：フガシティー
a	：活量
Φ	：フガシティー係数
y	：モル分率

の関係を用いると

フガシティー表示の平衡定数K_f (2.118)
モル分率についての平衡定数 K_y (2.122)
フガシティー係数についての平衡定数 K_ϕ (2.123)

が定義できる。

圧平衡定数 $K_p = \dfrac{(p_S)^s \cdot (p_R)^r}{(p_C)^c \cdot (p_D)^d}$ (2.126)

平衡については「3. 気体の化学反応」で説明がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.8.3 反応のエンタルピー変化（ΔH ）と反応ギブズエネルギー（ΔG）の計算

ΔHについては3章で説明があるので、ここでは ΔGのみに着目。

- Gの絶対値を知ることはできない。しかし、反応の前後のギブズエネルギーの差分を知ることで、反応がどちらの方向に進むのかの見通しが立つようになる。
- そのために、標準状態圧力で一番安定な単体から物質 1mol を生成する反応の ΔGを利用する。25℃のときの値を標準生成ギブズエネルギー ΔG_f°とよび、巻末（付録 表1）に与えられている。
- 理想気体では、式（2.111）のμ°（標準化学ポテンシャル）は標準状態圧力におけるモルギブズエネルギーに等しいから、式（2.111）のμ°に ΔG_f°の値を代入すれば反応のギブズエネルギー変化 ΔG°を計算できる。
（ 2.8.3）（【例題 2.5】参照）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

前のスライドの最後の段落の例

（参考情報）

反応におけるギブズエネルギー変化は

ΔG°＝（生成物のΔG_f°の合計）－（反応物の ΔG_f°の合計）で算出できる。

たとえば　a A → b B　なる反応において

$$\Delta G^\circ = b\Delta G_f{}^\circ\text{（生成物）} - a\Delta G_f{}^\circ\text{（反応物）}$$

（もしΔG°が負のときは、標準状態で自然に反応が進行することになる。
正の場合は、加熱等外部から何らかの仕事を与えないと進行しない。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題2.5】

1. 標準状態圧力 0.101325MPa, 温度300K におけるメタノール合成反応のギブズエネルギー変化 ΔG° を求めよ。

<解答> 理想気体の場合、μ はモルギブスエネルギーに等しい（式（2.111）の下）から、式（2.111）中の μ° に問題中の表に与えられている $\Delta G_{f,500}$ を代入。

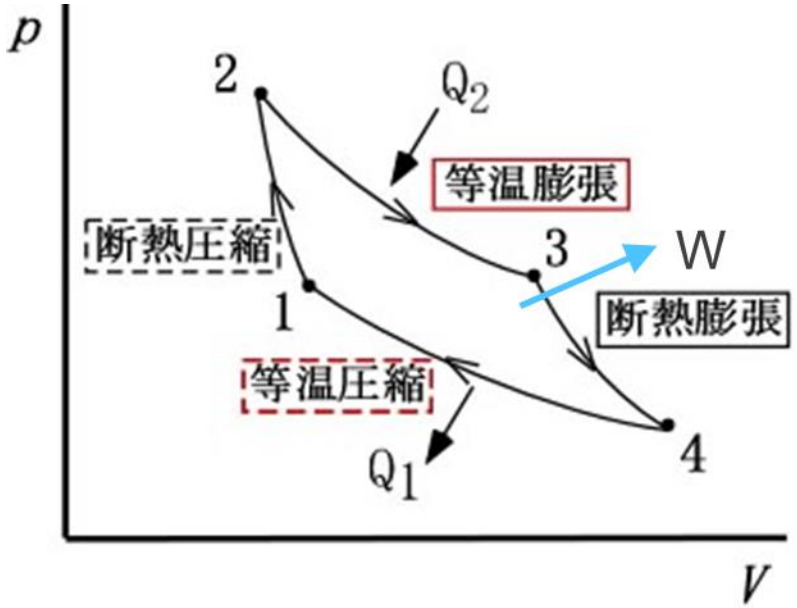
2. 反応温度500Kにおける 平衡定数 K を求めよ。

<解答> 式（2.114）、$-\Delta G^\circ = RT \ln K$ に数値を代入。

以下省略

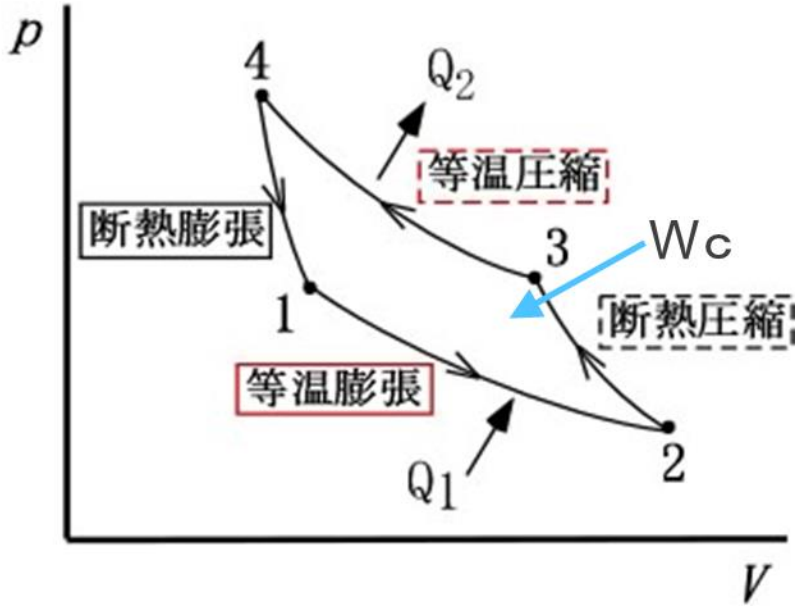
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.9.3 カルノー冷凍サイクル



カルノーサイクル

高温熱源から熱を受け取り、
その一部を仕事 *W* として取り出し
残りの熱を低温熱源に放出する
理想熱機関。(図2.4)



カルノー冷凍サイクル
(逆カルノーサイクル)

仕事 *Wc* を使って低温熱源の
熱を高温熱源にくみ上げる
理想冷凍機。(図2.9)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.9.3 カルノー冷凍サイクル

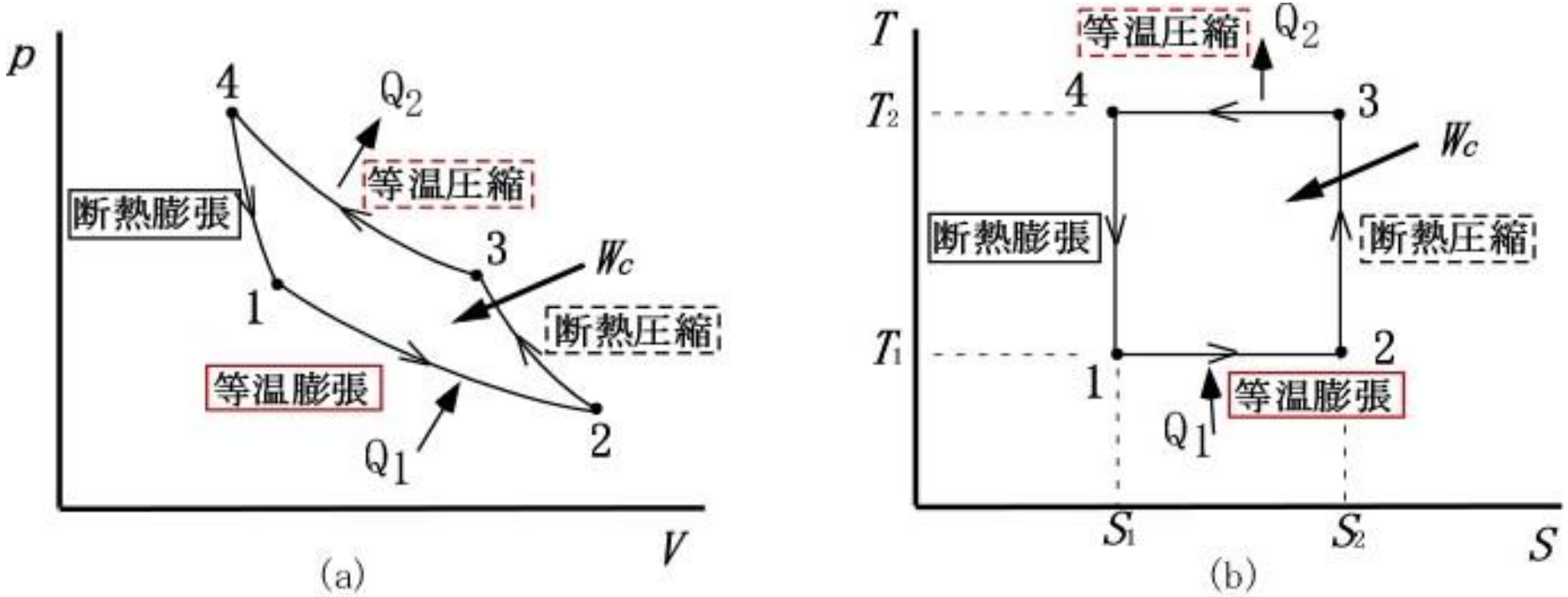


図2.9　逆カルノーサイクル

- 断熱過程では式（2.15）で dQ ＝ 0 からdS ＝ 0 となるので、T-S 線図が（b）図のようになる。
  ⇒ S3−S4=S2−S1
- サイクル変化ではΔU ＝ 0 であるから、第一法則より式（2.142）が得られる。
- これらから、冷凍機の成績係数（効率に相当）が式（2.144）のように求められる。（導入過程省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安協会　甲種化学・機械講習

11. 高圧設備〔pp.311-355〕
11.5～11.8

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11. 高圧設備

11.5 圧縮機とポンプ

作動原理、圧縮機の構造および特徴、ポンプの構造および特徴

11.6 流体の漏えい防止

流体の漏れ量、静的機器の漏えい防止、動的機器の漏えい防止

11.7 低温装置

冷凍機、ガス液化装置

11.8 計装

計装制御システム、検出部、調節部、操作部、伝送部、安全計装、計装の実例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機とポンプ

流体に機械的エネルギーを与え、その圧力を高めて移送する

作動原理

a）容積形

押しのけ室の容積減少 ⇒ 流体の昇圧・圧送

1） 1段理論圧縮のサイクル（正味の仕事）

断熱圧縮：$W(\mathrm{ABCD}) = \frac{r}{r-1}\frac{RT_1}{M}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{r-1}{r}} - 1\right]$ [J/kg]（11.6）

等温圧縮：$W(\mathrm{ABCD}) = \frac{RT_1}{M}\ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$ [J/kg]（11.7）

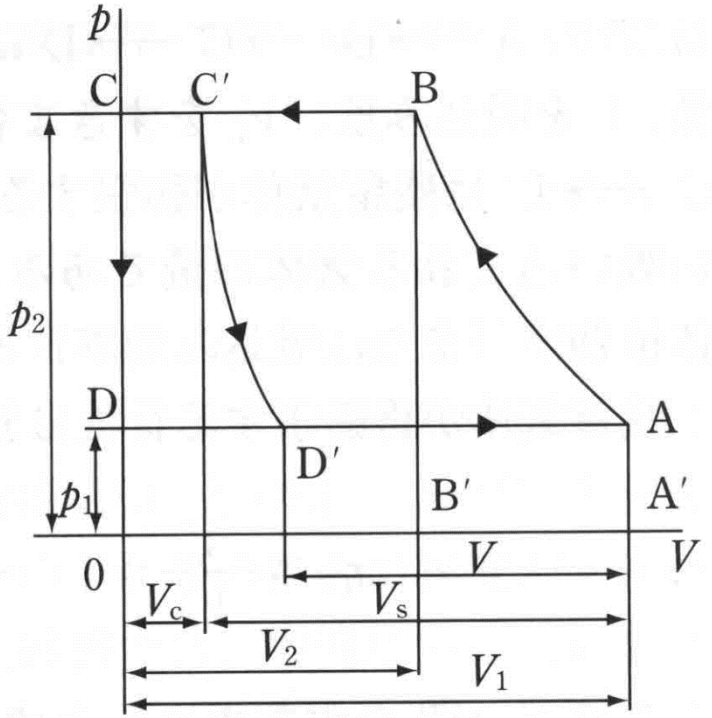


図11.75　1段圧縮理論サイクル

2） 実際のサイクル（D’A=V）

3） 動力

圧縮動力 $P = \frac{P_{th}}{\mu} = \frac{GW}{\mu}$ [W]（11.11）

W ：正味の仕事[J/kg]、P_{th}：理論圧縮動力[W]、 G ：質量流量[kg/s]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機とポンプ

4）多段圧縮機の理論（仕事が最小になる圧縮比）

2段圧縮の場合、

$$\pi = \frac{p_1}{p_0} = \frac{p_2}{p_1} = \sqrt{\frac{p_2}{p_0}} \quad (11.13)$$

Z 段圧縮の場合、

$$\pi_z = \sqrt[z]{\frac{p_e}{p_0}} \quad (\ p_e：\text{最終圧力}\ ) \quad (11.14)$$

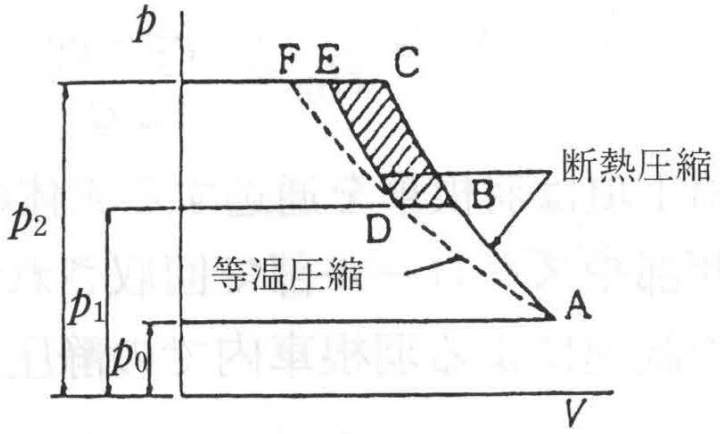


図11.77　2 段圧縮の理想的 p-V 線図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

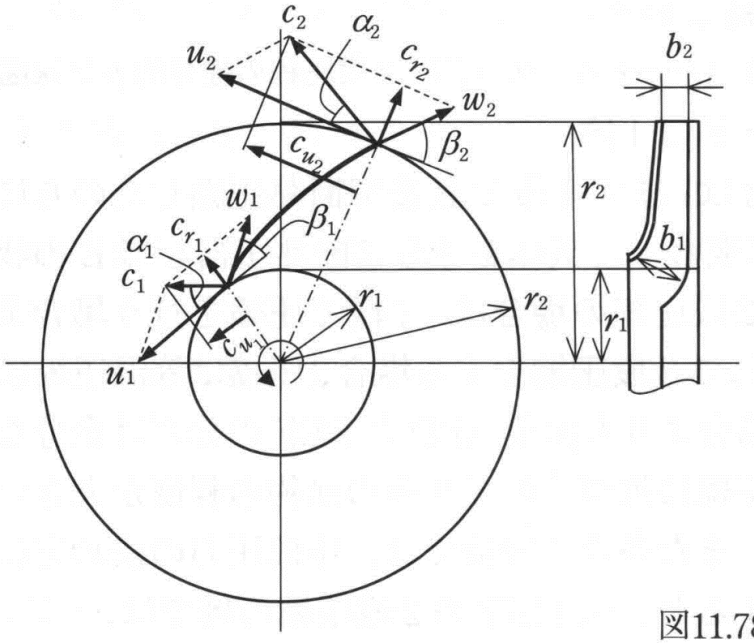
b）ターボ形

羽根車の回転運動エネルギー ⇒ 流体の速度･圧力の上昇 ⇒ 移送

1）オイラーの式

$$H_{th} = \frac{1}{g}\left(u_2 C_{u2} - u_1 C_{u_1}\right)[m] \quad (11.18)$$

H_{th}： 理論ヘッド



u ＝ 羽根車の円周速度	b_1 ＝ 羽根入口幅
G ＝ 羽根車内流量	b_2 ＝ 羽根出口幅
c ＝ 流れの絶対速度	α ＝ uとcのなす角
c_u ＝ 流れの円周方向速度	β ＝ uとwのなす角
c_r ＝ 流れの半径方向速度	ρ ＝ 流体の密度
w ＝ 流れの相対速度	r ＝ 羽根車半径
添字 1 ：羽根入口	添字 2 ：羽根出口

図11.78　羽根車の速度線図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機とポンプ

2）羽根車の特性（理論ヘッドと羽根車出口角の関係）

$$H_{th} = \frac{u_2^2}{g}\left(1 - \frac{g}{2\pi r_2 u_2 b_2 \tan\beta_2}\right)\ [m] \quad (11.22)$$

3）ヘッドと圧力上昇の関係

圧縮性流体：実際のヘッド $H = \frac{H_0}{\eta_0}\ [m]$ （11.24b） H_0：理論圧縮ヘッド　η_0：効率

H_{ad}：断熱ヘッド$[m]$

断熱圧縮の場合、$H_0 = H_{ad} = \frac{r}{r-1}\frac{RT_1}{Mg}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{r-1}{r}} - 1\right]\ [m]$ （11.25），効率$\eta_0 = \eta_{ad}$ （11.26）

H_{pol}：ポリトロープヘッド$[m]$、η_{pol}：ポリトロープ効率

ポリトロープ圧縮の場合、

$H_0 = H_{pol} = \frac{n}{n-1}\frac{RT_1}{Mg}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right]\ [m]$ （11.27），　効率$\eta_0 = \eta_{pol}$ （11.28）$\Rightarrow$ $H = \frac{H_{\mathrm{pol}}}{\eta_{\mathrm{pol}}}\ [m]$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機とポンプ

4）動力

ターボ形圧縮機：内部動力$P = gGH\ \ [w]$（11.31），軸動力$P_{sh} = P_m + P\ \ [w]$（11.32）

H: 実際のヘッド $[m]$ 、G：質量流用[kg/s]、 P_m：機械的な諸損失 $[w]$

5）比速度

ターボ形圧縮機 ：$N_S = N\frac{\sqrt{Q}}{H_{ad}^{3/4}}$ （11.33a）

N: 回転数[rpm]、 Q: 流量[m^3/min]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機の構造および特徴

a）ターボ形圧縮機

1）遠心圧縮機

一つのケーシングの段数

- 軸の危険回転数によって制約を受ける
- 段数が多い場合は数個のケーシングに分ける

（1）構造

羽根車（インペラ）、軸（シャフト）、静止流路 etc.

（2）性能

サージング現象とその防止

（3）容量調整

① バイパスコントロール

② 吐出し絞り

⑤ 速度制御

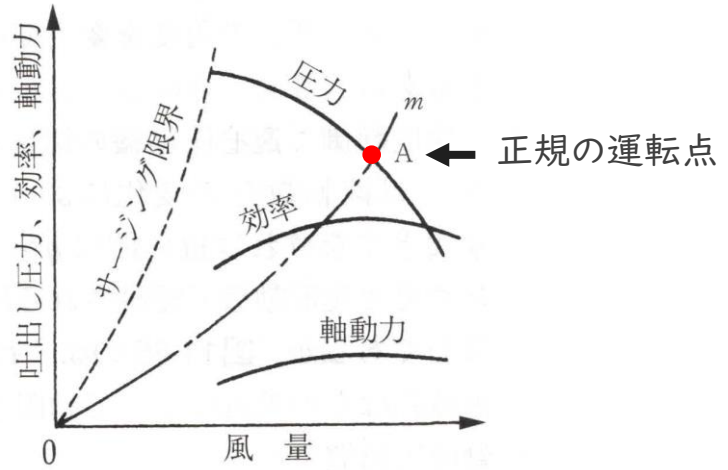


図 11.82-1　遠心圧縮機性能曲線

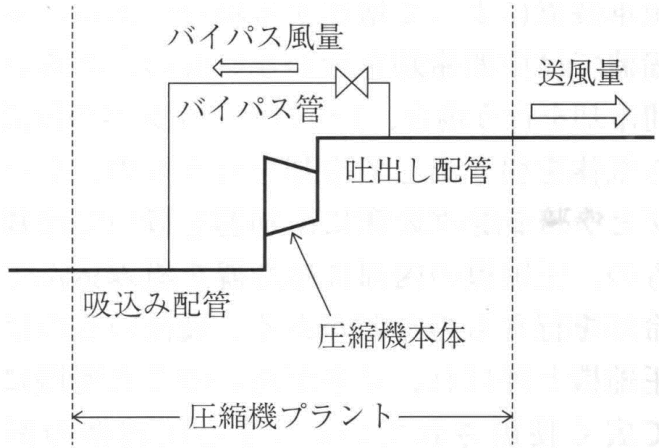


図 11.82-2　バイパスコントロール・フロー図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機の構造および特徴

b）容積形圧縮機

1）往復圧縮機

無給油圧縮機

② ラビリンスピストン式

（1）構造

② ピストンロッドパキン ③ 弁

（2）容量調整

③ 速度制御方式

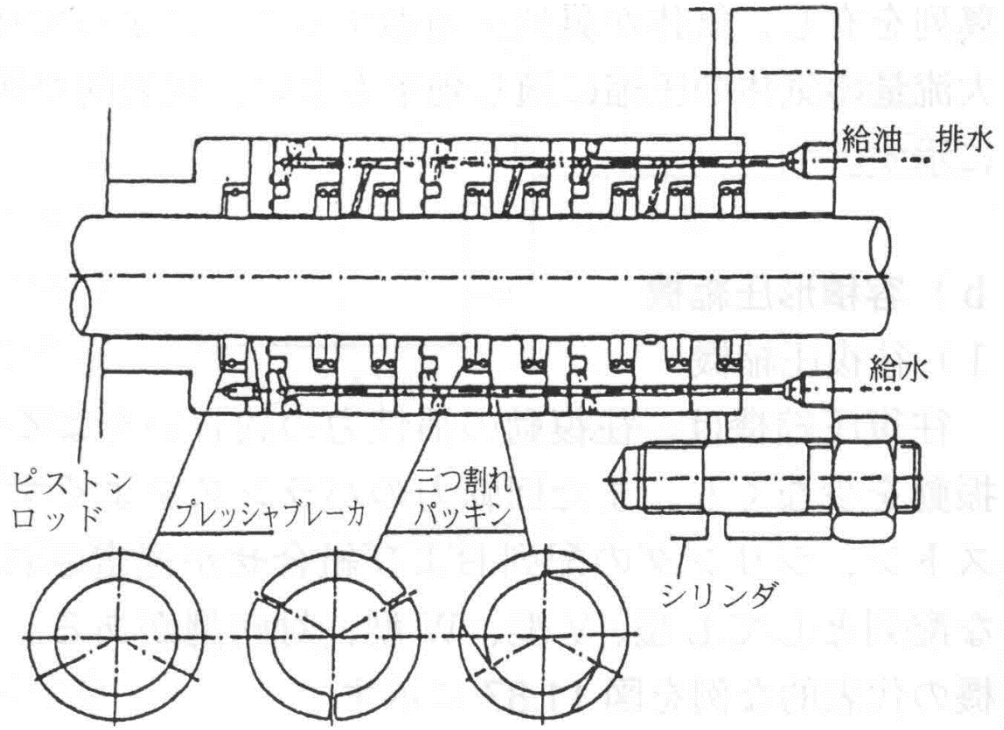


図11.88 セグメント型ロッドパッキン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機の構造および特徴

c）運転管理

1）異常と処置

（1）ターボ形圧縮機
振動発生の原因

（2）容積形圧縮機
① 圧力の異常

表 11.7 振動発生の原因と処置

原因	振動の主周波数f	処置
回転体のアンバランス増大 • 製作時のアンバランス • 汚れの付着 • 腐食･摩耗の進行	$f = N$ （N:回転数）	• ロータの清掃手入れ • 部品の交換 • 再バランス修正
振動発生 • 軸受すき間の増大 • 油圧、油温、油量の変化	$f = N$: 危険速度接近 $f = {}^1/_2\,N$:オイルホワール $f = N_{el}$:オイルホイップ	• 軸受の手入れまたは交換 • 油圧、油温、油量の適性化
軸シール、油切との接触 • 変形 • 熱膨張 • 組立不良	f=N、$2N$、$3N$、${}^1/_2\,N$、0.3～0.5N、0.5N～N、N_{el}	• 部品の交換 • 接触要因の除去
心ずれ • 据付不良 • 基礎の変形	f=N、$2N$、$3N$	• 心出し修正 • 基礎補強
不安定運転 • サージング運転		サージング防止装置の設置 または再調整

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

表 11.8 各種ポンプの特徴

項目	遠心ポンプ	往復ポンプ	回転ポンプ
吐出し状況	安定している	脈動がある	安定している
スラリー液	特殊な対策により使用可	使用不可	使用不可
粘性液	効率低下が大きい	効率低下はほとんどない	効率低下が小さい
適用圧力	広い範囲に使用	広い範囲に使用	中圧まで使用可
適用容量	広い範囲に使用	大容量には適さない	大容量には適さない
配管抵抗の増大	流量が減少	流量はほとんど不変	流量はほとんど不変
配管抵抗の減少	流量が増大	流量はほとんど不変	流量はほとんど不変
流量調整	吐出し弁の開閉により可能	バイパスまたは回転数、 ストローク長さの変更により行う	バイパスまたは回転数変更により行う
圧力調整	圧力変更範囲が狭い	圧力変更範囲が大きい	圧力変更範囲が大きい
特徴	渦巻型、ディフューザ形、 小型から大型までいろいろある	しゅう動部分が多いので、補修費がかかる	小型軽量で価格が安い
主な用途	低揚程から高揚程まで適用範囲が広い 石油、石油化学プラント 一般産業用	高粘度、高揚程小容量の用途に適している 石油化学プラント 石油製油所	中揚程小容量の用途に適している 燃料ポンプ、水循環用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

3）各種ポンプの特徴

（2）全揚程

全揚程$h = h_a + h_{fd} + h_{fs} + h_o$ ［m］（11.34）

h_a ：実揚程
h_{fd} ：吐出し管系の摩擦損失水頭
h_{fs} ：吸込み管系の摩擦損失水頭
h_o ：$v_{do}^2/2g$：残留速度水頭
（v_{do}：吐出し管端の流出速度）

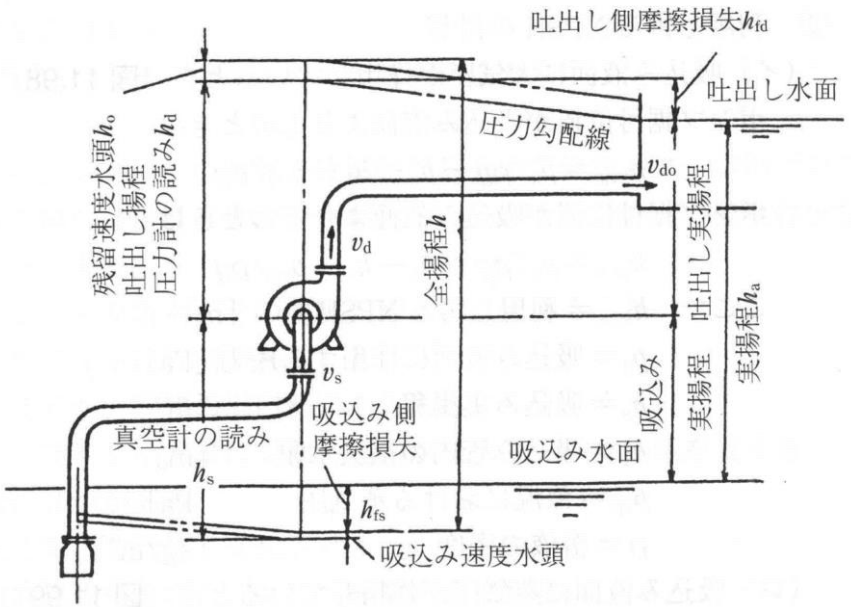


図11.97　ポンプの全揚程と実揚程

（3）動力

軸動力$P = \frac{P_o}{\eta_p} = \frac{qpgh}{\eta_p}$ ［W］（11.36）

P_o：理論動力［W］
η_p：ポンプ効率
q：吐出し量［m^3/s］
f：揚液の密度［kg/m^3］
h：全揚程［m］
g：重力加速度［m/g^2］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

（4）キャビテーション

② 利用し得るNPSHの計算

（イ）吸込み液面に大気圧が作用しているとき

- ポンプ据付位置が吸込み液面より上のとき、$h_{\mathrm{sv.a}} = P_{\mathrm{a}}/\rho g - h_{\mathrm{s}} - h_1 - p_{\mathrm{vp}}/\rho g\ [m]$（11.37）
- ポンプ据付位置が吸込み液面より下のとき、$h_{sv.a} = P_a/\rho g + h_s - h_1 - p_{vp}/\rho g\ [m]$（11.38）

$h_{sv.a}$ ：　　p_{vp}：

P_{a} ：　　？：

h_s ：

h_1 ：

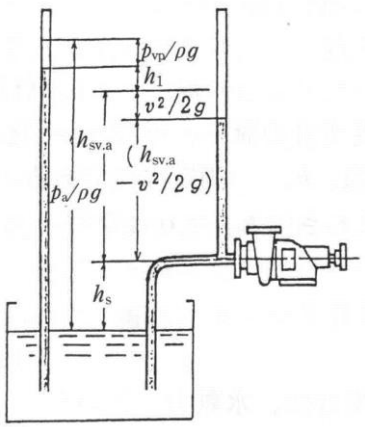


図11.98　吸水面に大気圧が作用している場合の NPSH

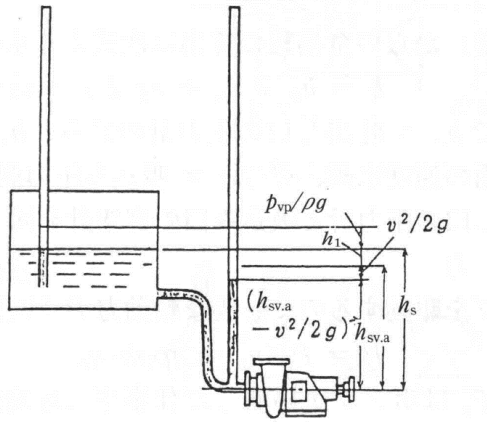


図11.99　密閉吸水槽に飽和蒸気圧力が作用している場合の NPSH

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

（ロ）吸込み液面に蒸気圧が作用しているとき、$h_{sv.a} = h_s - h_1$ ［m］（$p_a/\rho g = p_{vp}/\rho g$）

③ キャビテーションの発生防止

（ロ），（ニ），（ホ）

（5）サージング

サージング現象とその防止法

①，②，③

（6）水撃作用

水撃作用とその防止法

① ～ ⑧，③

$\frac{1}{2}\rho u^{-2} + p = Const.$ Eq.(7.24) p.169

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

(7) 並列・直列運転

① 並列運転

(イ) 同一特性のポンプの並列運転

(ロ) 特性の異なるポンプの並列運転（図11.101）

② 直列運転（図11.102）

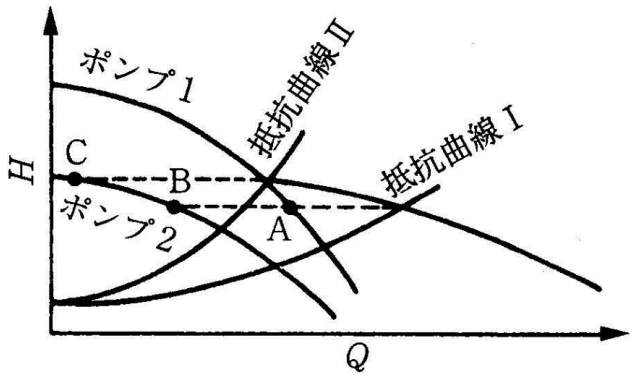


図11.101　特性の異なるポンプの並列運転

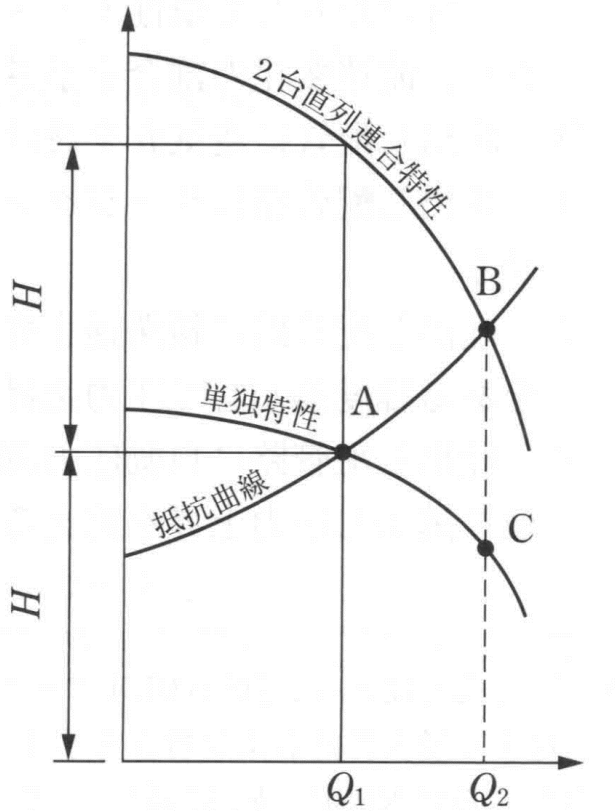


図11.102　同一特性のポンプの直列運転

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

運転および保守

（1）運転管理

③ 原動機の過負荷

吐出し量と軸動力の関係

遠心ポンプ vs. 軸流ポンプ

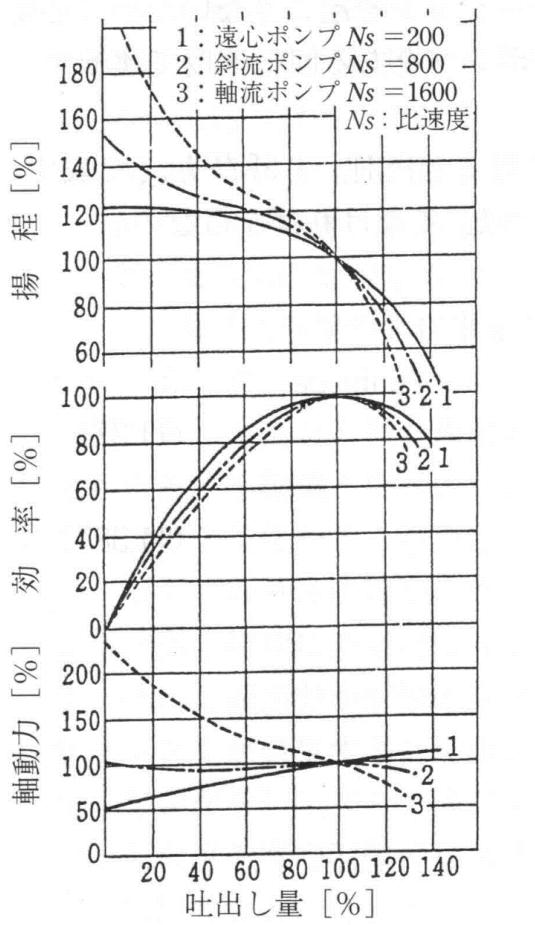


図11.96　ポンプの特性曲線

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

流体の漏えい防止

流体の漏れ量

ガスケット（静止面シール）　：機器の静止部分（フランジなど）からの漏えい防止
パッキン（運動面シール）　：機器の運動部分（往復・回転）からの漏えい防止

a）ガスケット設計締付け応力とガスケット係数

- ガスケット設計締付け応力
  ガスケット締め付け力/ガスケットの有効面積
- ガスケット係数
  m ＝ 最小必要残留圧縮応力/内圧（JIS参照）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

流体の漏えい防止

流体の漏れ量

b）漏れ量

1）ピンホールなどから漏えいする場合：$q = \bar{u} \cdot A = \frac{\pi}{128} \cdot \frac{\Delta p\, D^4}{\mu L}$（11.43）

q[ ]：　　$\bar{u}$[ ]：

A[ ]：　　μ[ ]：

Δp[ ]：　　L[ ]：

D[ ]：

2）破断口から漏えいする場合：$q = CA\sqrt{2gh}\,[m^3/s]$（11.44）

C[ ]：

A[ ]：

g[ ]：

h[ ]：

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

静的機器の漏えい防止（フランジガスケット）

ガスケットの漏れ止め性能

フランジ表面粗さ、締付け圧力、ガスケットの種類に依存する

a）塔・槽

ジョイントシート（低圧）、メタルジャケット（MJ）（中圧）、
渦巻型ガスケット（SW）/金属リングガスケット（MR）（高温高圧）
自己緊密式（大口径端部、超高圧装置）

b）熱交換器

ジョイントシート/メタルジャケット（MJ）、
金属リングガスケット（MR）（ノズル、シェルカバー）

c） 配管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

静的機器の漏えい防止（フランジガスケット）

d）バルブ

弁座漏れ（シートの中漏れ）のチェック：JIS B 2003

e）ボルトの締付け管理

- 締め付け方法（①、②トルク法、③、④、⑤伸び測定法）
- 金属リングガスケットとホットボルディング（高温配管）

11.9 弁座漏れ量の区分および許容量

試験流体	区分			
	レートA	レートB	レートC	レートD
水	漏れのないこと	0.01 mm^3/s×バルブの呼び径	0.03 mm^3/s×バルブの呼び径	0.1 mm^3/s×バルブの呼び径
空気	漏れのないこと	0.3 mm^3/s×バルブの呼び径	3mm^3/s × バルブの呼び径	30 mm^3/s × バルブの呼び径

注）1．バルブの呼び径は、A 呼びを使用する。

2．漏れの許容量は、大気に放出する場合とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

静的機器の漏えい防止（フランジガスケット）

表11.10 各機器のフランジ形式例、ガスケット例

機器	接合部 開放部	フランジの形式		ガスケット例	
		低圧	中・高圧	低圧	中・高圧
塔槽	マンホール	平面座	はめこみ形・溝形	シートガスケット	MJ、MR
	ノズル	平面座	溝形	シートガスケット	MJ、MR
貯槽	ノズル	平面座	溝形	シートガスケット	MJ、MR
	マンホール	平面座	溝形	MJ、シートガスケット	MJ、MR
熱交換器	ノズル	平面座	溝形	シートガスケット	SW、MR
	シェルカバー	平面座	はめこみ形・溝形	シートガスケット	MJ
配管	フランジ	平面座	溝形	シートガスケット	MJ、MR
バルブ	フランジ	平面座	はめこみ形・溝形	シートガスケット	MJ、MR

注）MJ　：メタルジャケットガスケット
　　MR　：メタルリングガスケット（オーバル型、オクタゴナル型など）
　　SW　：スパイラルワウンドガスケット（渦巻形成形品）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

a）往復圧縮機の軸封装置

1）構造

パッキンの材質：銅合金（給油式）、カーボン、テフロン（無給油式）

ラビリンス形式（図11.106）

2）保守

ロッド外周傷 → パッキン損耗、ピストンロッドへの注油（冷却 etc.）

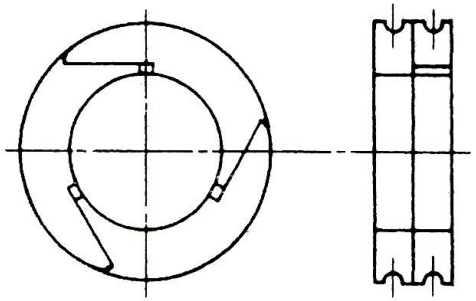


図11.105　ピストンロッドパッキン
（セグメントタイプ）

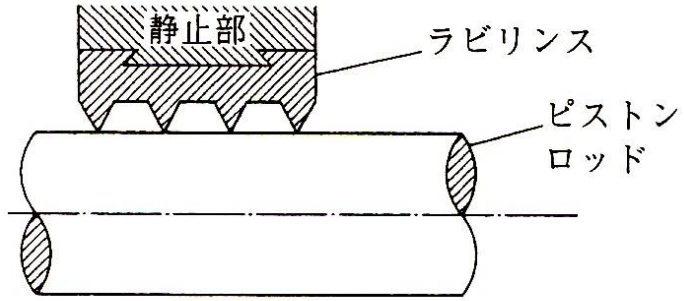


図11.106　ラビリンス部の詳細例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

b）遠心圧縮機の軸封装置

1）構造

（1）ラビリンスシール（液体のような非圧縮性流体には不適）（図11.107）

（2）オイルフィルムシール（水素ガス、アンモニアガスに適用）（図11.109（d））

（3）ドライガスシール（しゅう動面に動圧溝設置）（図11.110, 111）

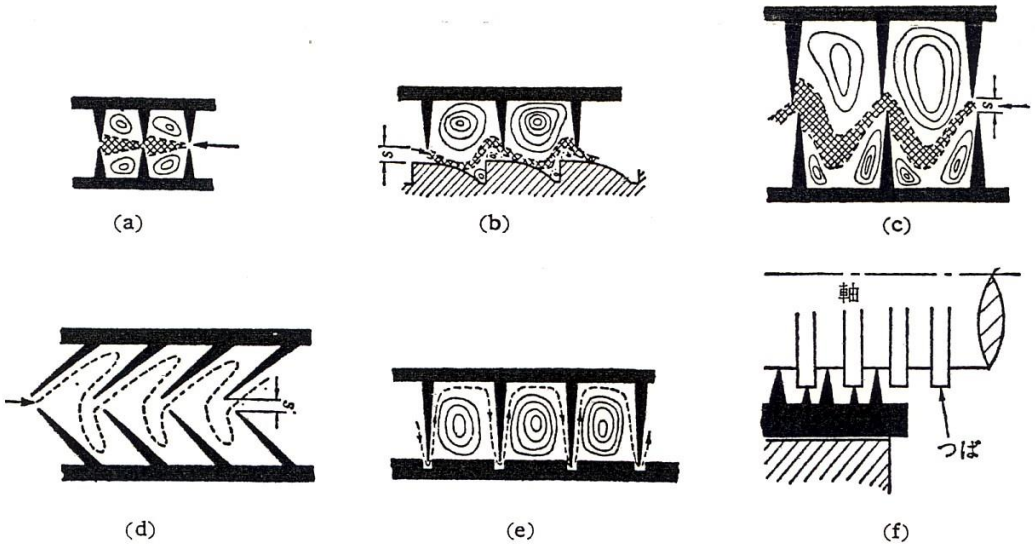


図11.107　ラビリンスシールの種類例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

b）遠心圧縮機の軸封装置

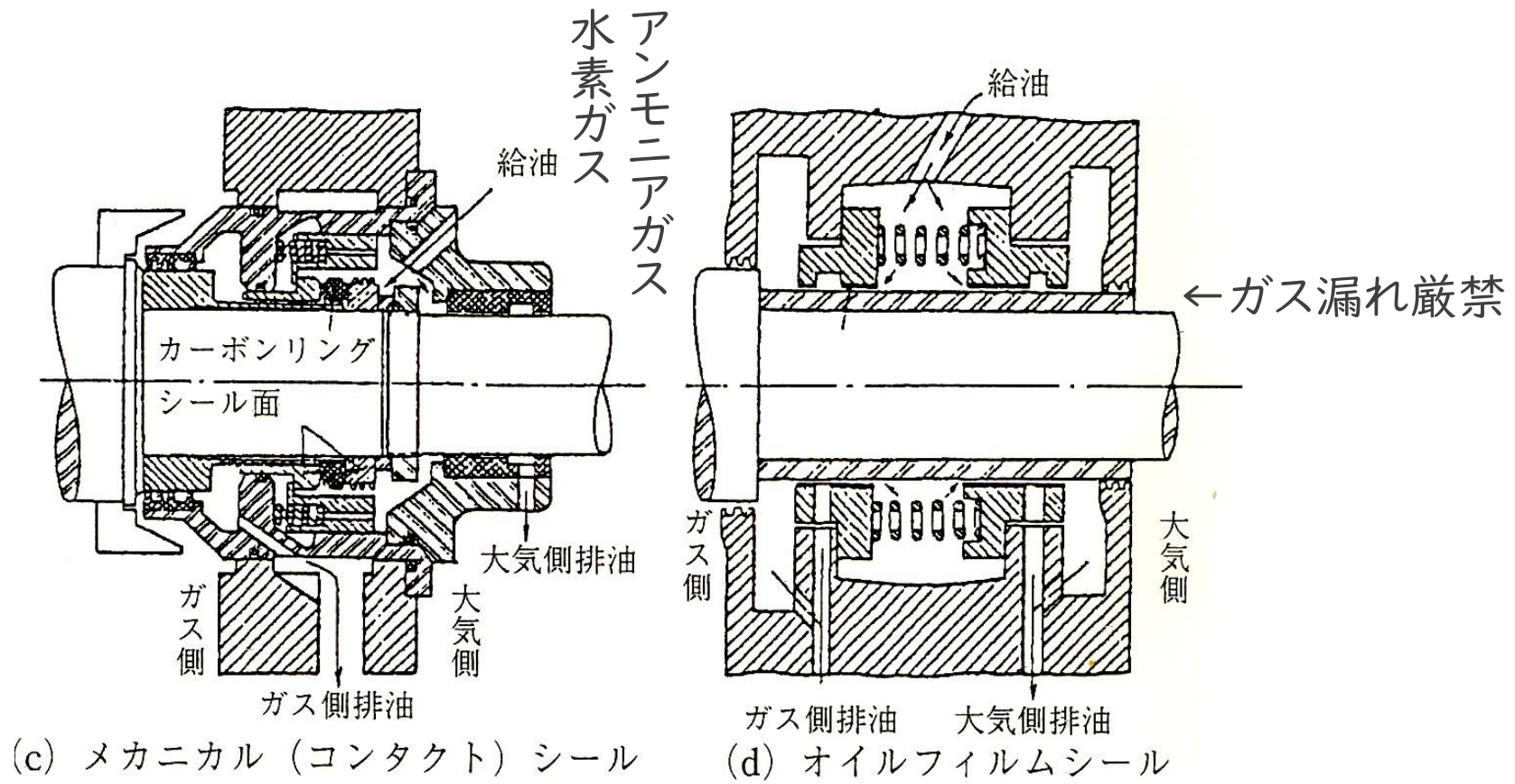


図11.109　各種軸封機構（APIより）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

b）遠心圧縮機の軸封装置

2）保守

振動発生、ガスによる汚染、オーバーヒート、サージング、etc.

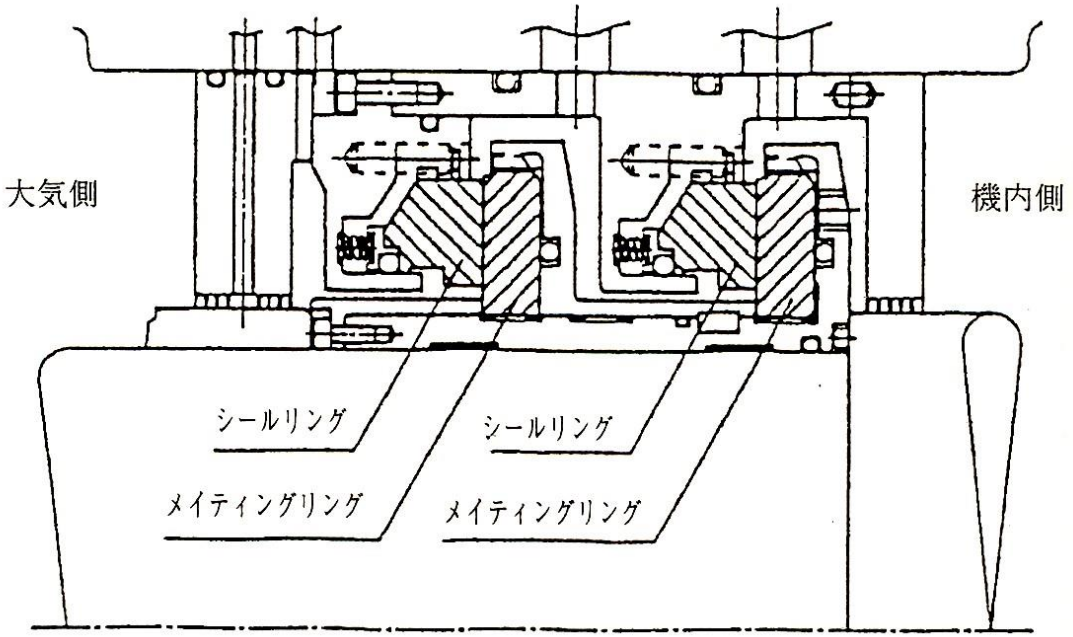


図11.110　圧縮機用ドライガスシール

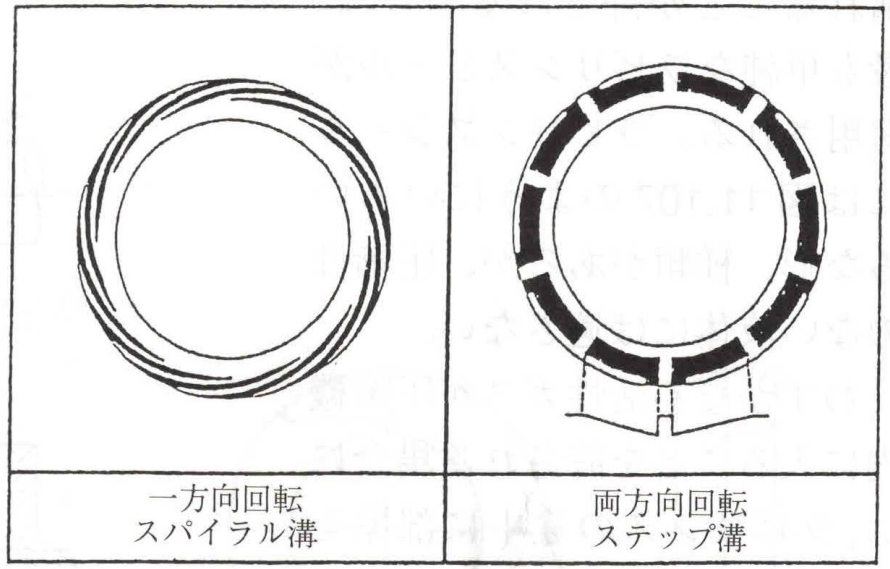


図11.111　ドライガスシールのシール面の動圧溝形状

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

d）遠心ポンプの軸封装置

1）メカニカルシール（図11.114）

冷却・潤滑の方法

フラッシング、クーリング、クエンチング

2）保守

漏えいと摩擦の調整

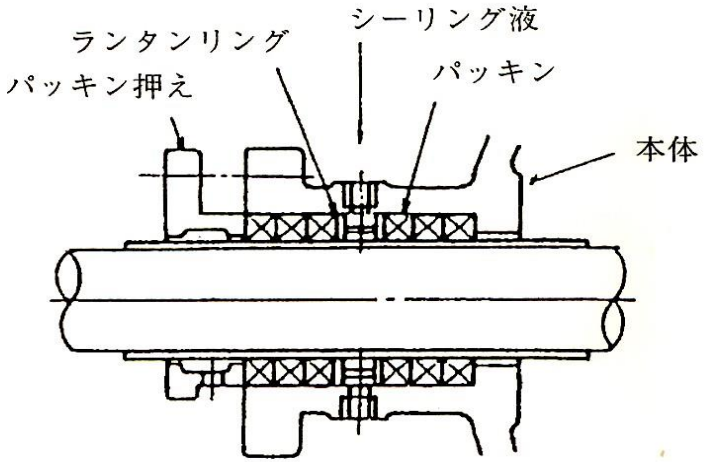
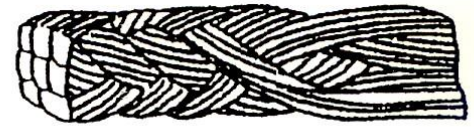
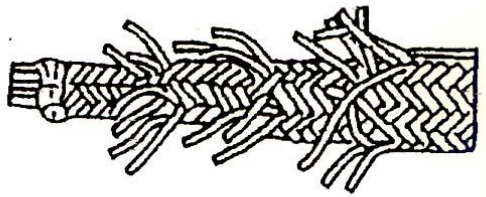


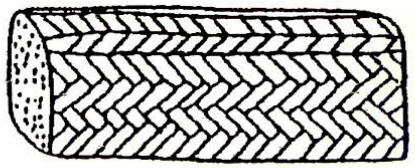
図11.112　ランタンリング型グランドパッキン構造図



八つ編み



袋編み



格子編み

編組パッキン

図11.113　グランドパッキン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

d）遠心ポンプの軸封装置

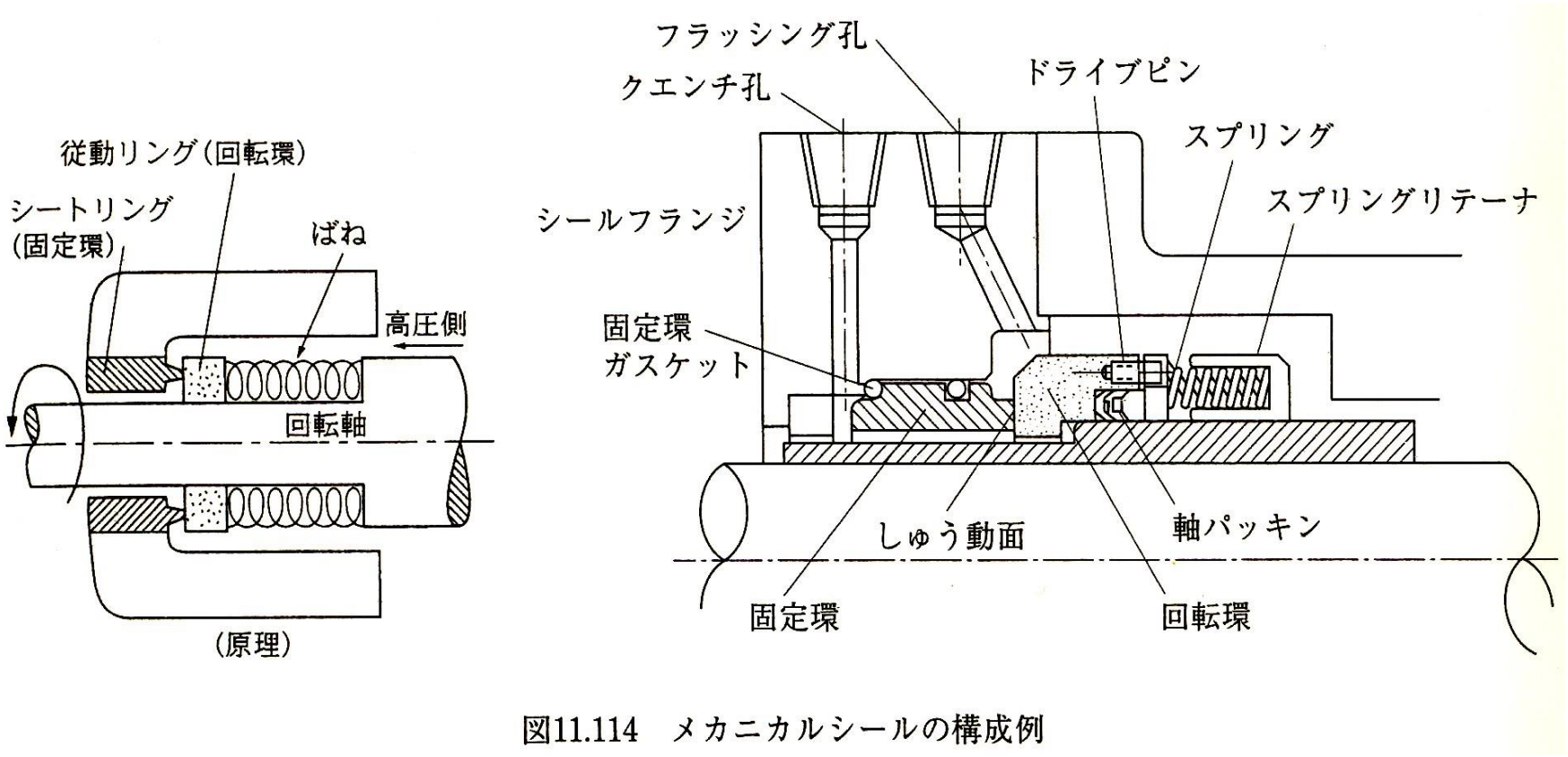


図11.114　メカニカルシールの構成例

可燃性、毒性液体 → ほぼ完全漏えい防止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

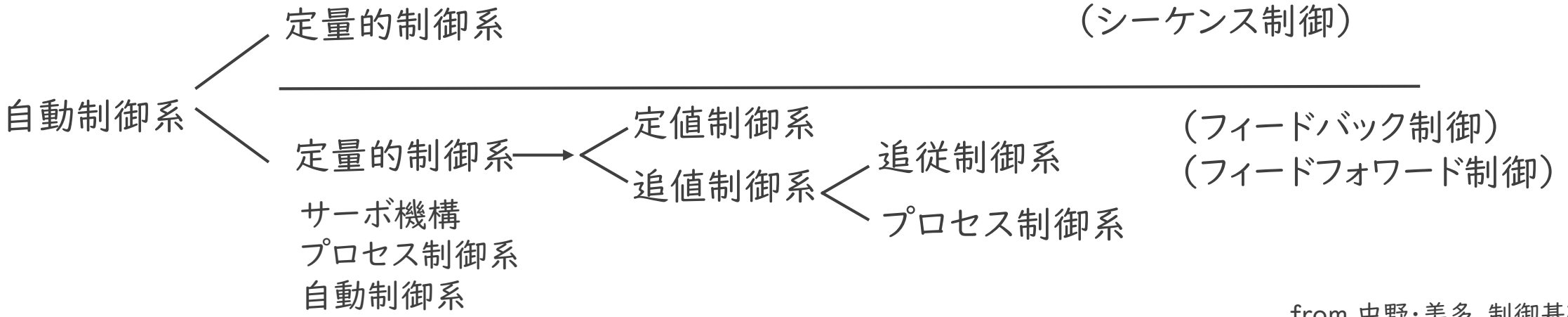
低温装置

- 冷凍機
  液化した低温低圧の冷媒が等圧で蒸発するとき、周囲から熱を奪い冷凍を行う
  a）蒸気圧縮式
  b）吸収式
  c）冷媒（アンモニア、フルオロカーボン、etc.）
- ガス液化装置
  大気圧、常温の気体を液化機により液化して大気圧、沸点の液体にする
  冷媒：ガス自身

b）ガス液化サイクル（クロードサイクル）
  圧縮機（圧縮）⇒ 熱交換器（冷却）⇒
  膨張機（J-T 膨張、一部液化）⇒ 熱交換器（加温）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自動制御系の分類



from 中野・美多 制御基礎理論

- 機械制御系（ex. サーボ機構）：組立産業の製造工程で位置・速度・角度などを制御
- プロセス制御系：プロセス産業の製造工程で温度・圧力・流量などを制御

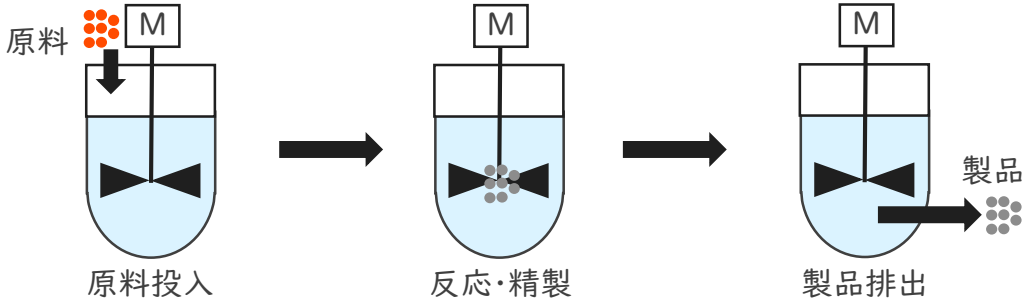
- 連続プロセス：少品種大量生産、フィードバック制御（＋フィードフォワード制御）
- バッチプロセス：多品種少量生産、シーケンス制御

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

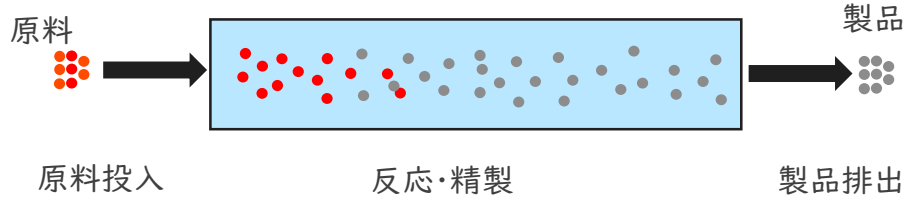
バッチ生産

反応開始前に全ての原材料等を投入し、反応・精製操作を繰り返し、全過程が終了した後に製品（生成物）を排出



連続生産

連続的に原料を投入、反応・精製、製品（生成物）を排出



	バッチ生産	連続生産
原料投入/製品の回収	原料を非連続的に工程へ投入、操作が完了後、製品（生成物）をまとめて取り出す	原料を連続的に工程に投入し、一定時間後から連続的に順次、製品（生成物）を取り出す
製造工程	単位操作ごとにスタート/ストップを繰り返し、運転員の操作が伴う	単位操作を連結し自動化を導入することで、運転員の操作を伴わずに生産が継続する
生産設備面積	広い	省スペース
スケールアップ	開発中およびバリデーションで、スケールごとに検証作業と専用設備、商業生産用設備が必要となる	開発向けの機器を実生産に合わせて設計し、実生産では生産時間を調整することで、速やかな商業生産への移行が可能となる

出所 独立行政法人医薬品医療機器総合機構「革新的な技術の創生に対するPDMAの取り組み」を基に三井物産戦略研究所作成

from 三井物産戦略研究所レポート

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

計装制御システム

◆検出部

プロセス変数（温度、圧力、流量、組成等）の計量⇒ 電気信号への変換 ⇒ 発信

◆調節部

各種制御方式による制御量の制御

◆操作部

制御信号の受信 ⇒ 制御操作

◆伝送部

アナログ／デジタル信号と各種伝送方式の組合わせ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

調節部

a）プロセスと制御方式

1）フィードバック制御
2）フィードフォワード制御
3）カスケード制御
4）比率制御
5）プログラム制御
6）シーケンス制御
7）アドバンスト制御

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

調節部

1）フィードバック制御

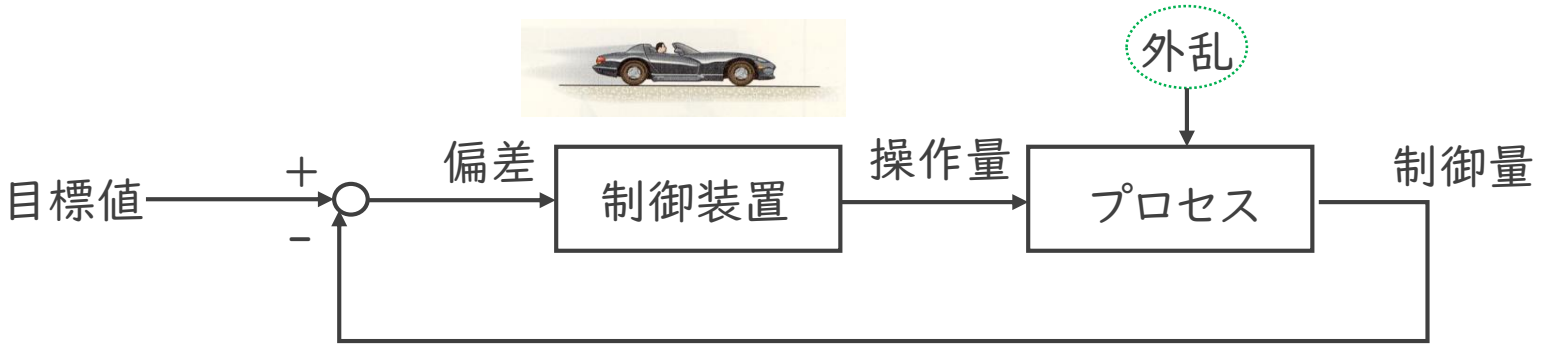


図11.120 フィードバック制御系

2）フィードフォワード制御（予測制御）

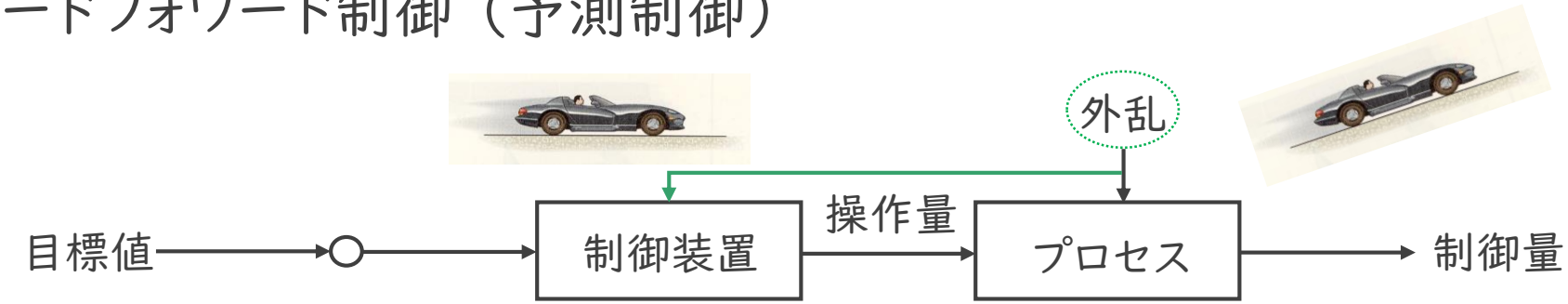
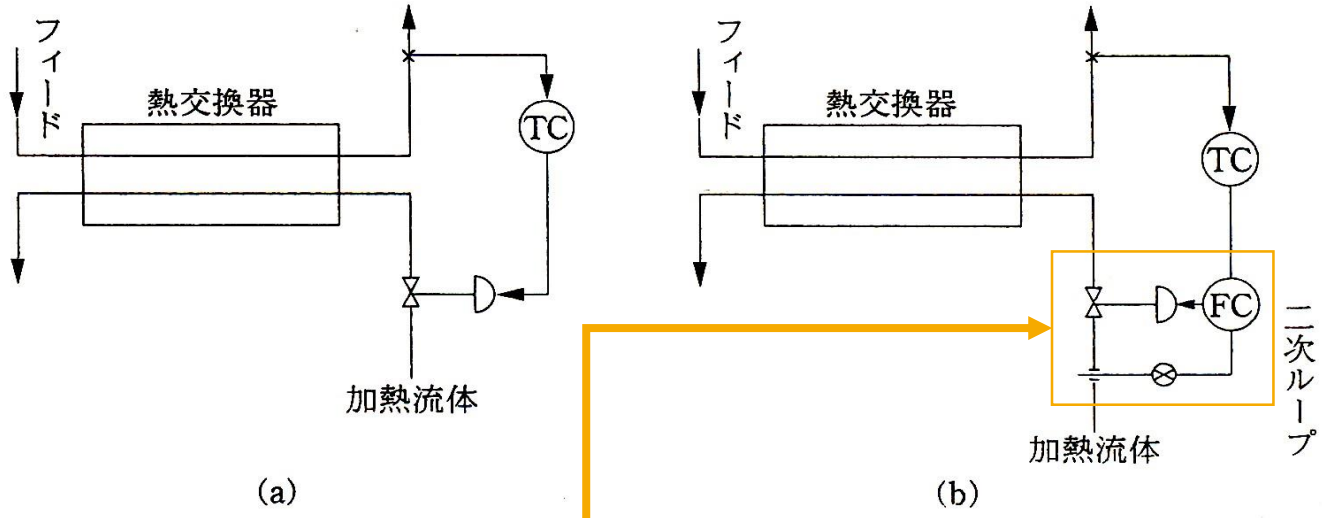


図11.121フィードフォワード制御系

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3）カスケード制御



圧力変化（外乱）⇒ 流量変化 ⇒ 熱量変化 ⇒ 温度変化

図11.122 カスケード制御によるフィード出口温度コントロールの例

- 追従制御の一種で、一つの制御系の出力信号によって別の制御系の設定値が与えられる（二重制御ループ）
- 単純なフィードバック制御系よりも外乱による温度の乱れを迅速に抑制できる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

調節部

4）比率制御

基準の流量に対して，あらかじめ定められた比率を乗じた値を追従する側の流量制御系の目標値とする制御である．

例えば、

- 加熱炉，ボイラなどにおける燃料流量と空気流量との比率
- 化学プロセスにおける原料の比率などを一定に維持するための制御方式

5）プログラム制御

6）シーケンス制御

7）アドバンスト制御

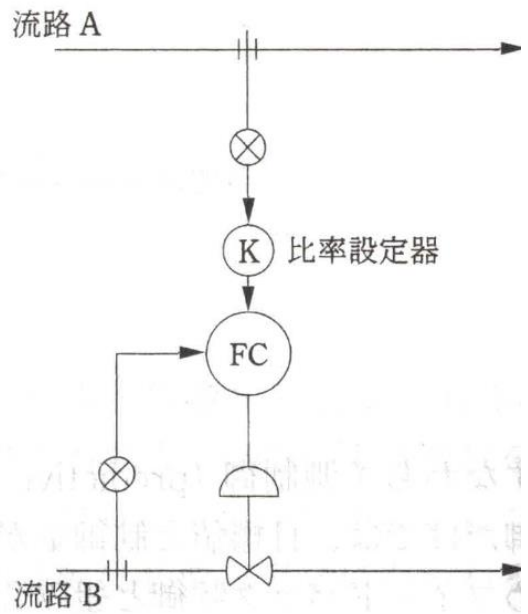


図11.123　比率制御の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）制御動作

制御偏差を打ち消すために行う制御装置の動作

1）オンオフ動作

目標値に対する制御量の大小に応じて調節弁を全開あるいは全閉にする

持続的振動（サイクリング）の発生

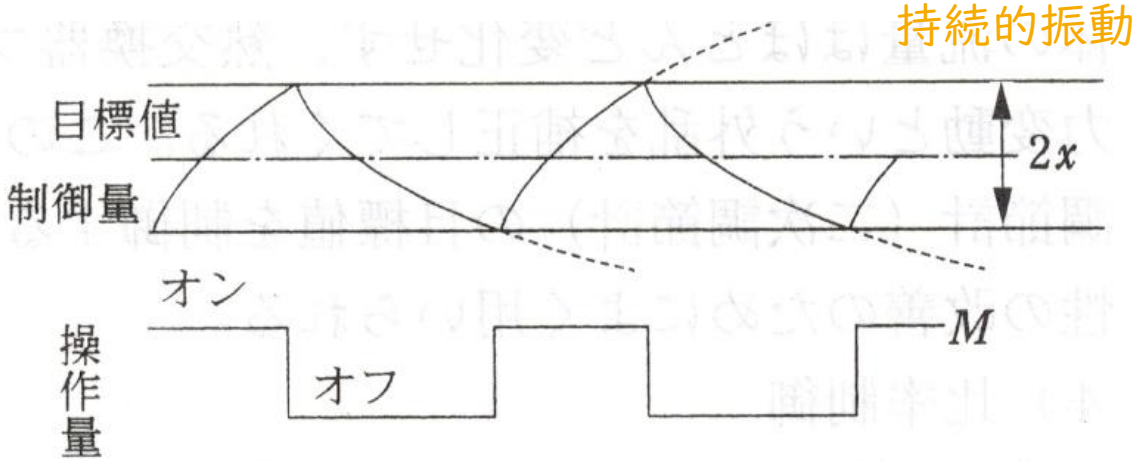


図11.124　オンオフ制御の応答

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）比例動作（ P動作）

操作量を現在の偏差に比例して変化させる

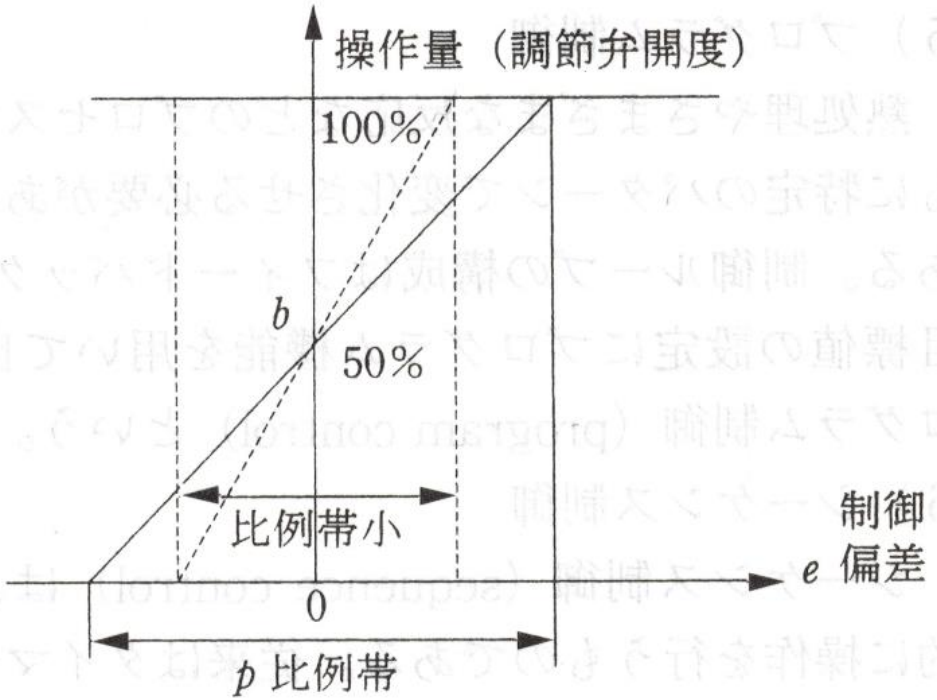


図11.125　比例帯

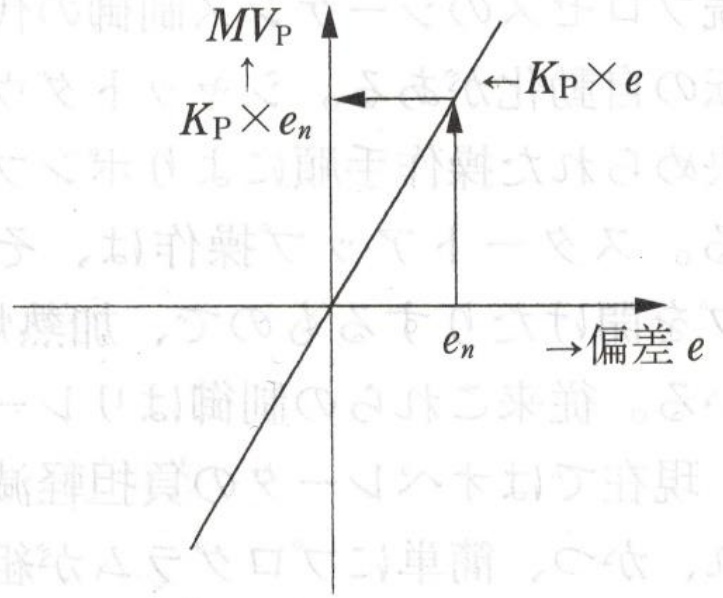


図11.126　P動作の出力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3）積分動作（Ｉ動作）

操作量を偏差の時間積分値に比例して変化させる

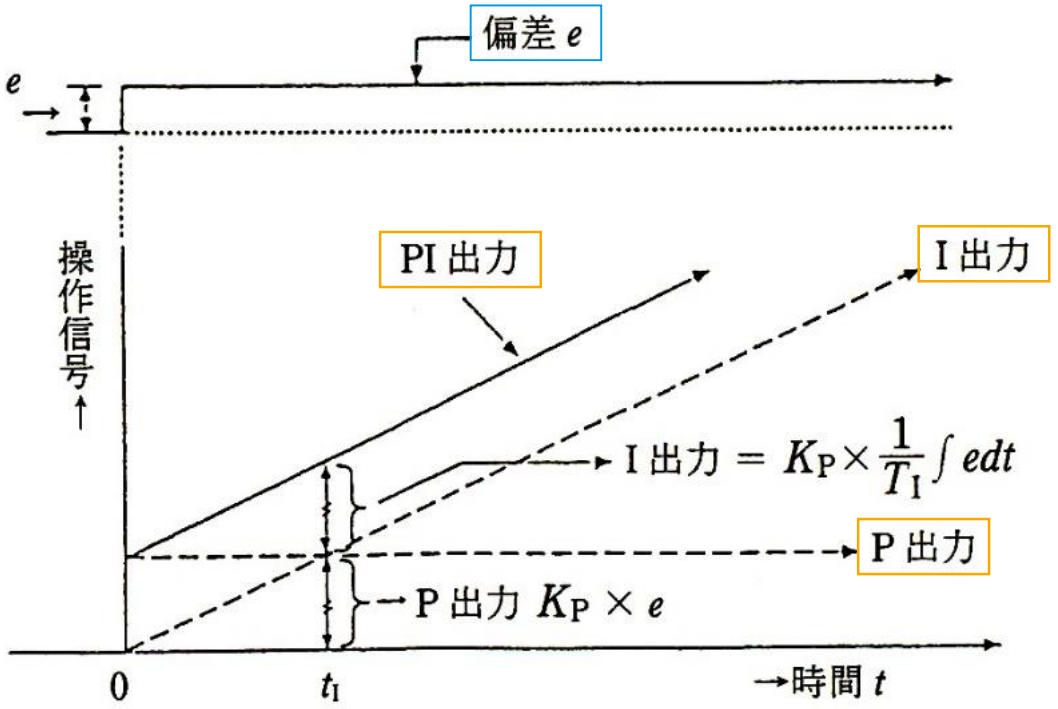


図 11.127　ステップ偏差 e が入ったときの PI 動作の操作信号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4）微分動作（ D動作）

操作量を偏差の微分値に比例して変化させる

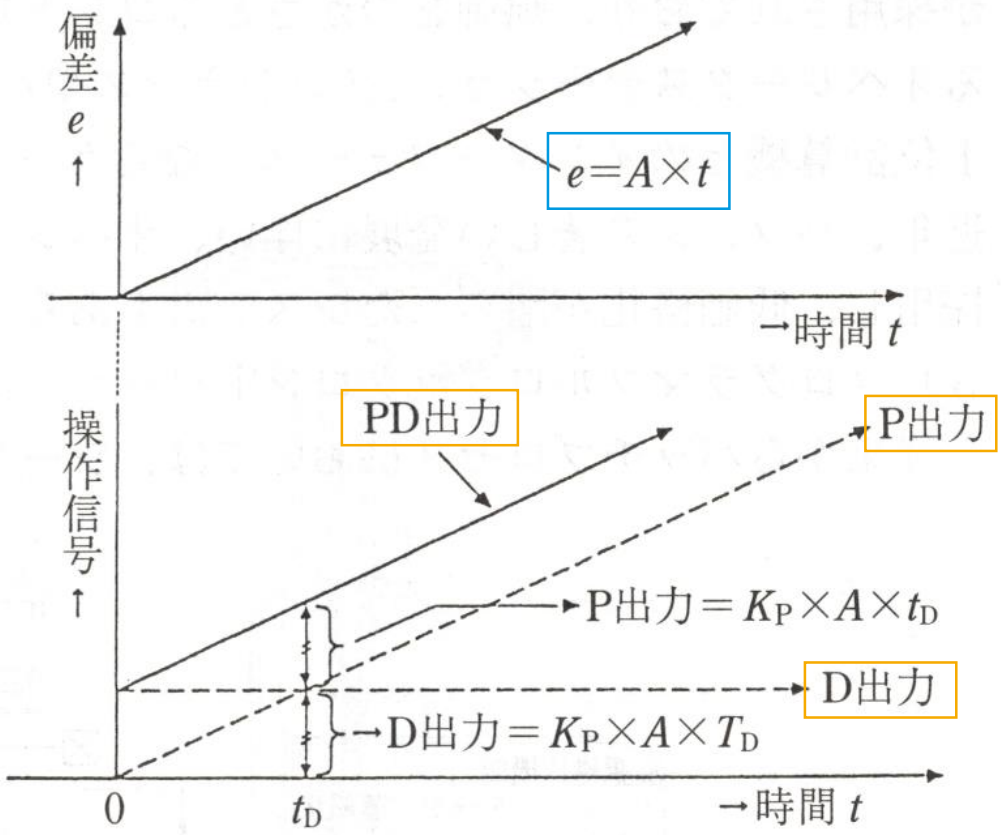


図 11.128　ランプ偏差が入ったときのPD動作の信号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5）比例・積分・微分動作（ PID 動作）

基本制御（ P 動作）＋オフセット消去（ I 動作）＋修正（ D 動作）

⇒ 最も融通性のある制御

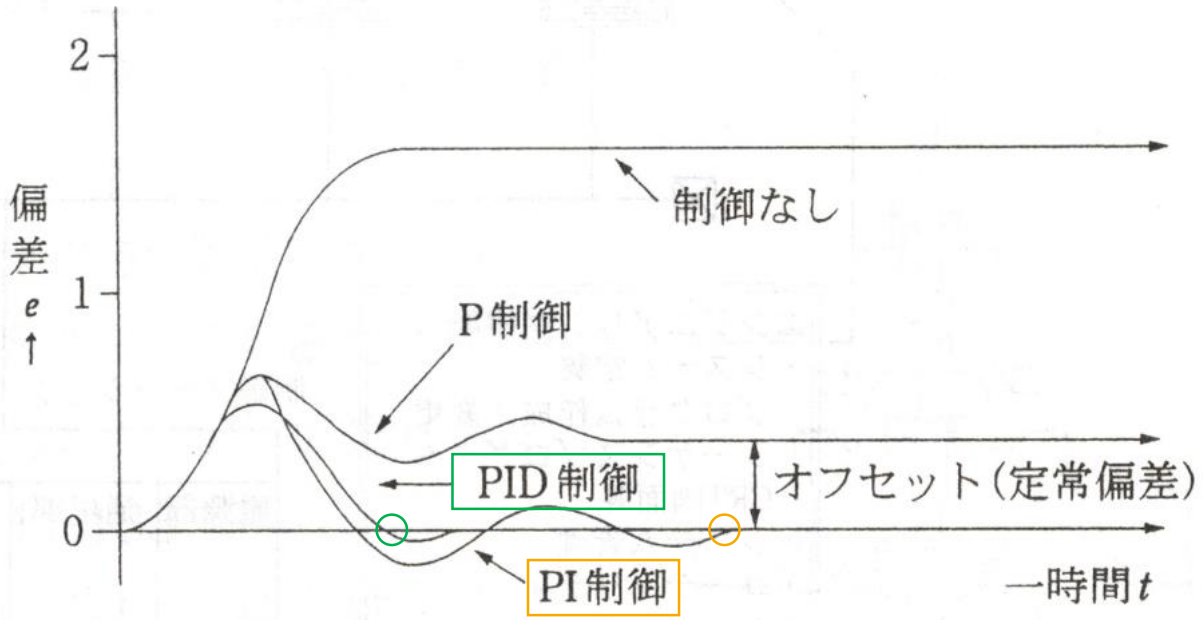


図 11.129　負荷が変化したときの偏差の比較

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

調節部

c）制御機器

1）ワンループ調節計

1つの閉じたループ（プロセス → 検出部 → 本調節計 → 操作部 → プロセス）を制御する調節計

2）分散型制御システム（DCS: Distributed Control System）

大規模プロセスプラントの制御装置

3）プログラマブルロジックコントローラー （PLC: Programmable Logic Controller）

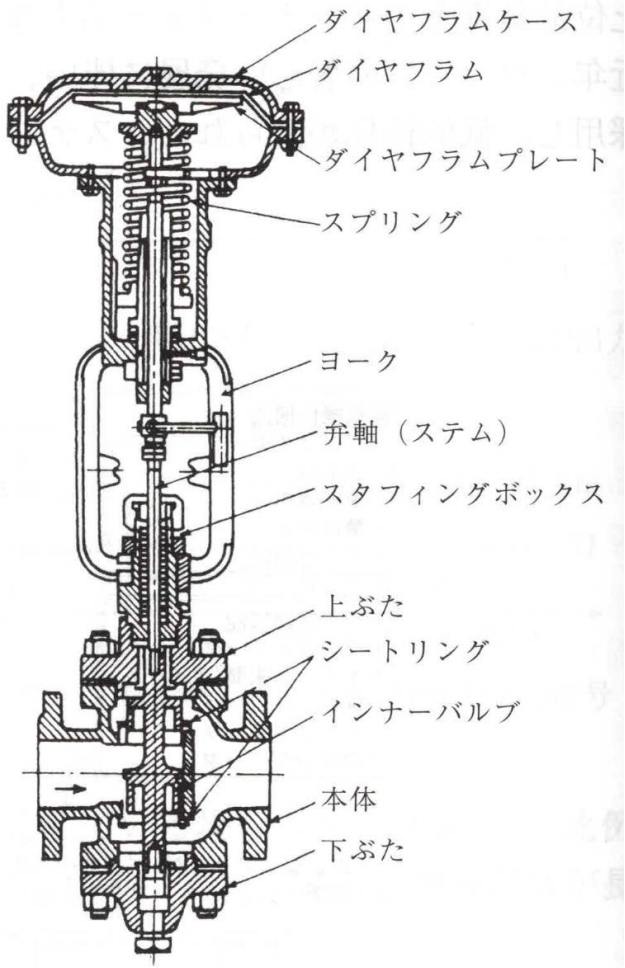
シーケンサとワンループ調節計を一体化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

操作部

a）駆動部

- 自力式
- 他力式
  - 空気式
  - 電気式
  - 油圧式



ダイヤフラム形調節弁

図11.131　空気式調節弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）調節弁の弁構造と流量特性

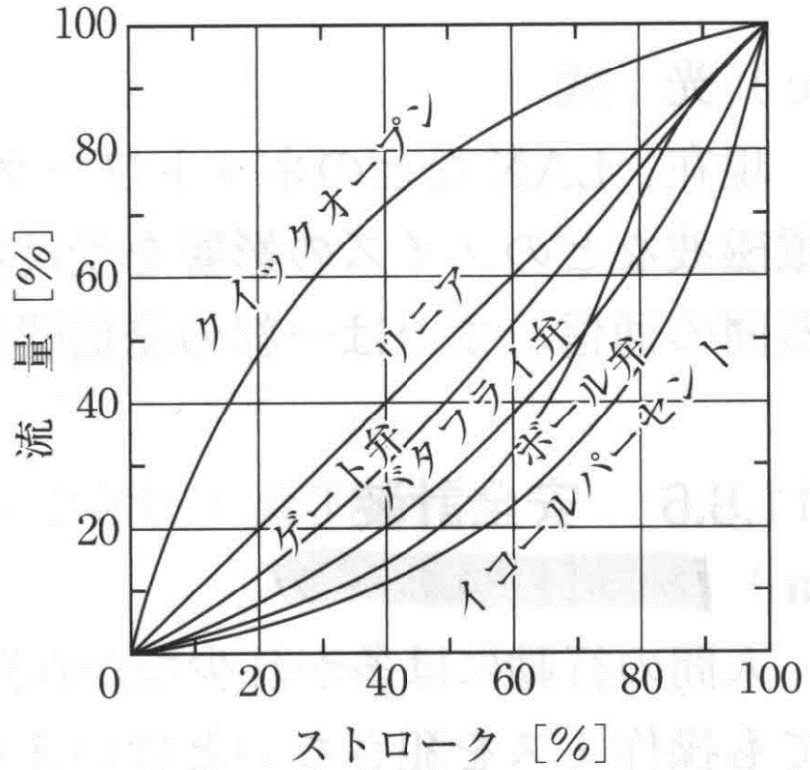


図 11.135　固有流量特性

（調節弁前後の差圧 = 一定）

有効流量特性

（調節弁前後の差圧 ≠ 一定）

- イコールパーセント特性 ⇨ リニア特性
- リニア特性 ⇨ クイックオープン特性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

伝送方式

a) 空気式
　アナログ信号

b) 電気式
　アナログ信号、デジタル信号、アナログデジタル併用

c) 光式
　デジタル信号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全計装

a）フール・プルーフ

- 人為的に不適切な操作および過失を犯さないよう機器に対して配慮する
  （ex.スイッチや押ボタンの色変化による操作区別、カバー付与）
- 仮にミス（誤操作）を犯しても、機器の安全性が確保されるように配慮する
  （ex. 計装機器、インターロックシステム）

b）フェール・セーフ

機器・設備に異常／故障が生じても、装置の安全性が確保される（安全な状態になる）ように配慮する
（ex. 弁駆動部、信号線の断線、逆信号伝送器、警報器）

c）冗長システム

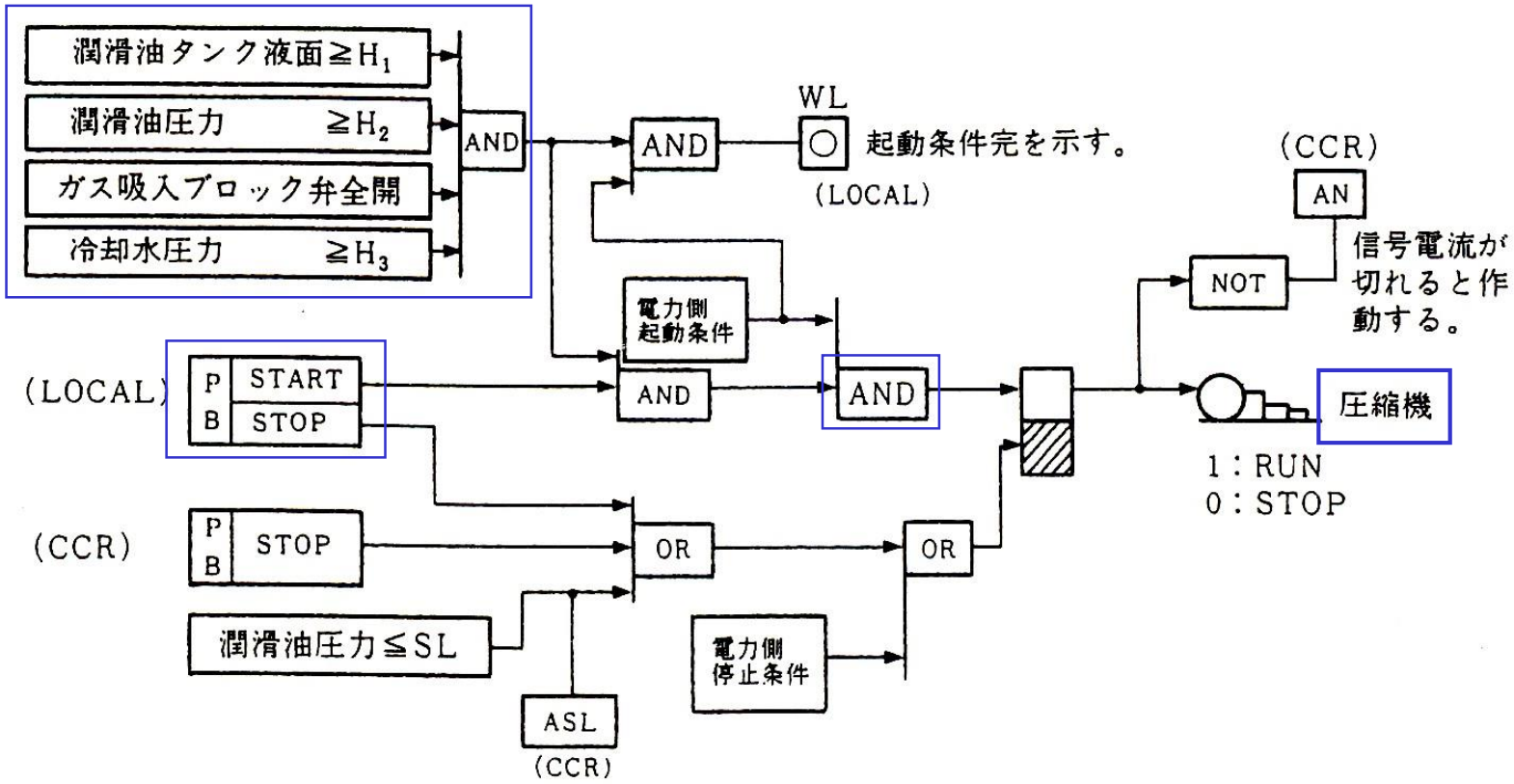
計装制御システム全体の信頼性を向上させるために同一機器を複数配置する
（ex. 並列冗長系、m/n冗長系、待機冗長系）

d）警報システム

プロセス変数値の異常や計装設備の故障等の発生時に注意を喚起する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全計装



凡例　LOCAL……現場計器盤
CCR……計器室計器盤
START……起動
STOP……停止
P
B ……押ボタン

WL……白ランプ
AN……アナンシエータ
ASL……SUPER LOW警報

A
B 記憶 { A：セット信号 / B：リセット信号

図 11.136　インターロック（一部シャットダウンシーケンスを含む。）論理回路図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

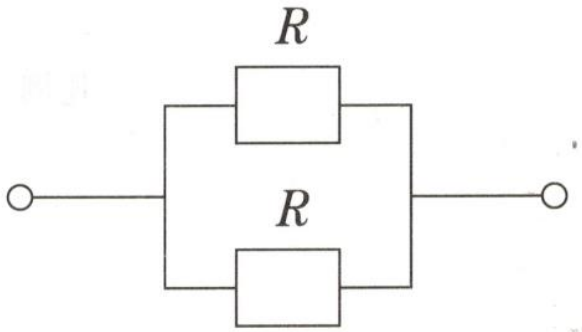
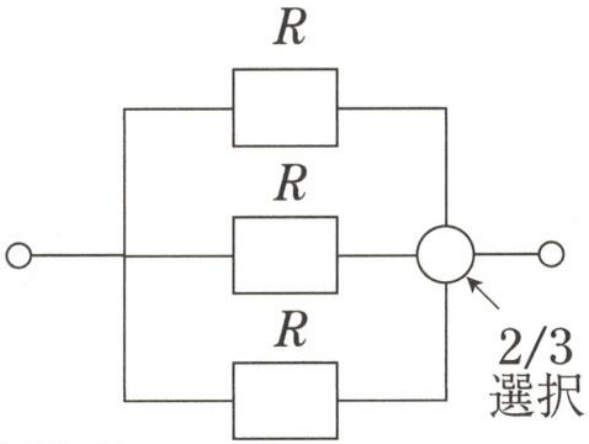
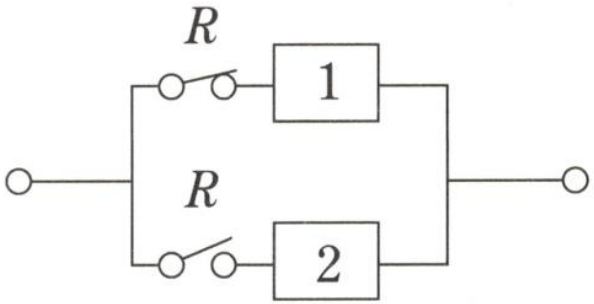


図11.138　並列冗長系



3ユニットのうち2ユニットが
動作していれば合格

図11.139　m/n 冗長系



1が故障したら2はスイッチオン

図11.140　待機冗長系

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者（甲種）機械

講習会資料

辻　知章（中央大学）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

目次

8. 材料の力学と強度 (197)

8.1 変形と破壊

8.1.1 応力とひずみ

8.1.2 破損と破壊

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

8.1.4 強度と破壊

8.2 設計の基本事項 (213)

8.2.1 許容応力と安全率

8.2.2 静的および動的強度設計

8.3 円筒胴の強度 (216)

8.3.1 薄肉円筒胴

8.3.2 厚肉円筒胴

8.4 球形胴の強度 (222)

8.5 鏡板，平板，管の強度 (224)

8.5.1 鏡板

8.5.2 円形平板

8.5.3 管

9. 高圧装置用材料 (229)

9.1 金属材料 (229)

9.1.1 鉄系金属材料

9.1.2 非鉄系金属材料

9.1.3 高温用材料

9.1.4 低温用材料

9.2 非金属材料 (240)

9.2.1 有機材料

9.2.2 無機材料

9.2.3 複合材料

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

目次

10. 材料の劣化 (249)

10.1 材料の経年劣化 (249)

10.2 腐食と防食 (249)

10.2.1 湿食

10.2.1 高温ガス腐食（乾食）

10.2.3 腐食対策

10.3 摩耗とエロージョン (263)

10.3.1 摩耗

11. 高圧設備 (267)

11.1 高圧設備の設計・製作検査 (267)

11.2 加工 (268)

11.2.1 加工の方法

11.2.2 溶接加工

11.3 高圧装置 (277)

11.3.1 塔・槽・射精

11.3.2 反応器

11.3.3 熱交換器

11.3.4 高圧ガス容器および附属品

11.3.5 管・管継手

11.3.6 バルブ

11.4 計測機器 (299)

11.4.1 温度計

11.4.2 圧力計

11.4.3 流量計

11.4.4 液面計

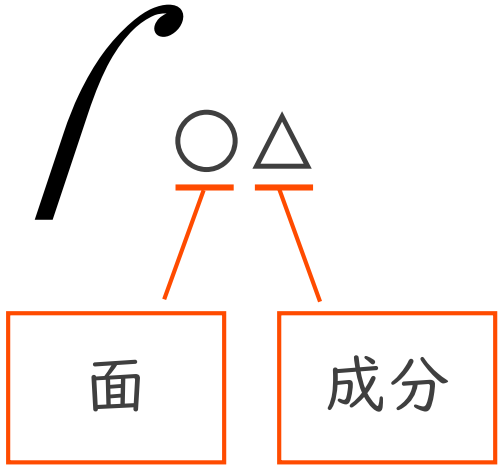
11.4.5 分析計（ガス濃度分析）

（P.123）

テキストのページ番号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

a）弾性体の3次元応力 （P.197）



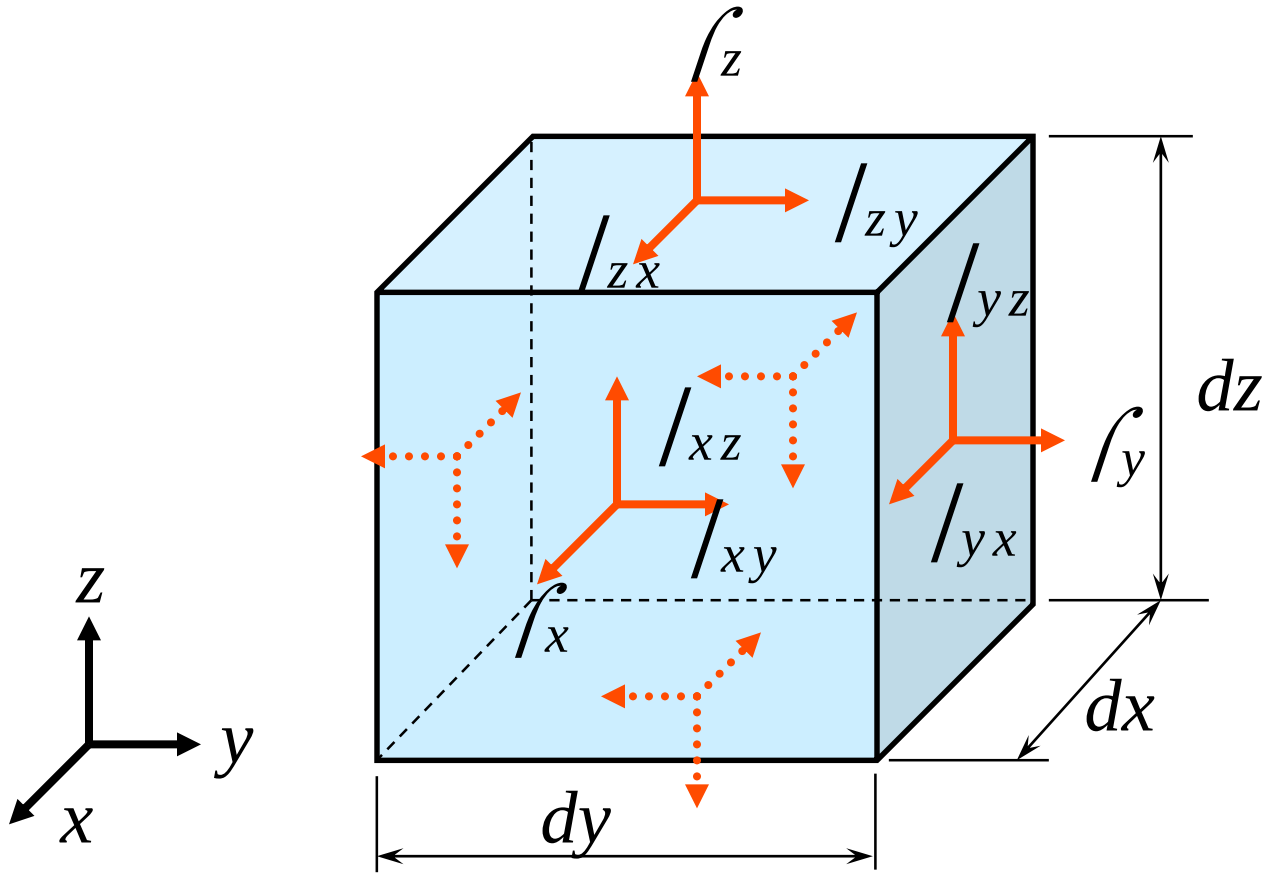


図8.1 三次元の応力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1 変形と破壊

3次元のフックの法則（Hooke's law）　（P.198）

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}\{\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)\} \quad 、\ \gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy}$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E}\{\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)\} \quad 、\ \gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz}$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}\{\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)\} \quad 、\ \gamma_{zx} = \frac{1}{G}\tau_{zx}$$

（8.1）

$$\sigma_x = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}\{(1-\nu)\varepsilon_x + \nu(\varepsilon_y + \varepsilon_z)\} \quad 、\ \tau_{xy} = G\gamma_{xy}$$

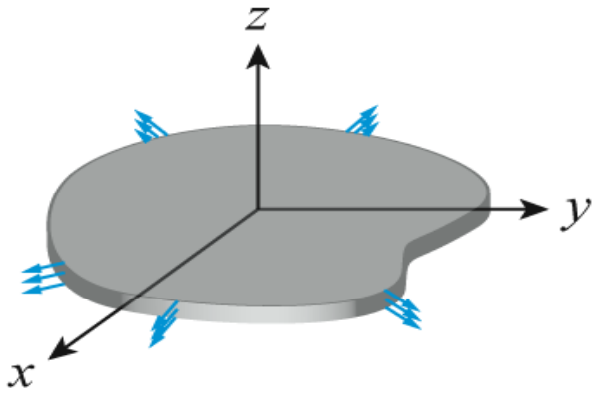
$$\sigma_y = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}\{(1-\nu)\varepsilon_y + \nu(\varepsilon_z + \varepsilon_x)\} \quad 、\ \tau_{yz} = G\gamma_{yz}$$

$$\sigma_z = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}\{(1-\nu)\varepsilon_z + \nu(\varepsilon_x + \varepsilon_y)\} \quad 、\ \tau_{zx} = G\gamma_{zx}$$

（8.2）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b) 平面応力 (plane stress) (P.198)



薄い板状の問題

$$\sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{zx} = \tau_{yz} = \tau_{zy} = 0$$

フックの法則 (Hooke's law)

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\sigma_y)、\quad \varepsilon_y = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_x)、\quad \varepsilon_z = -\frac{\nu}{E}(\sigma_x + \sigma_y)$$

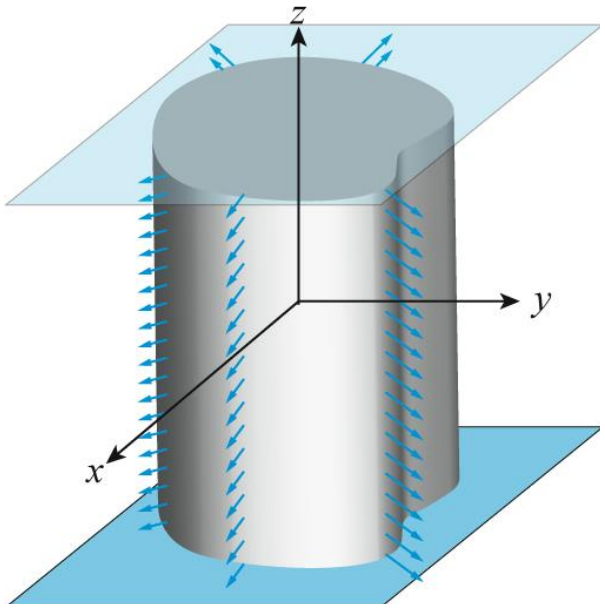
$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}、\quad \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$$

(8.3)

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y)、\quad \sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x)、\quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy} \qquad (8.4)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c) 平面ひずみ (plane strain) (P.198)



金太郎飴

$$\varepsilon_z = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$$

$$\sigma_z = \nu(\sigma_x + \sigma_y)$$

フックの法則 (Hooke's law)

$$\varepsilon_x = \frac{1+\nu}{E}\{(1-\nu)\sigma_x - \nu\sigma_y\} \quad 、 \quad \gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy}$$

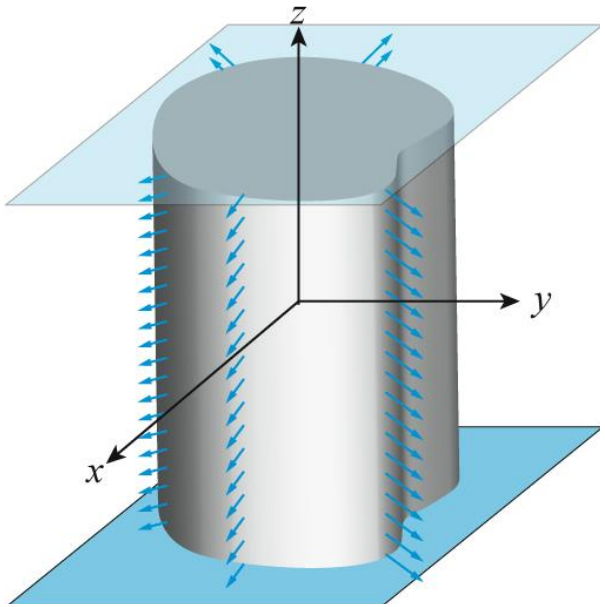
$$\varepsilon_y = \frac{1+\nu}{E}\{(1-\nu)\sigma_y - \nu\sigma_x\} \quad 、 \quad \varepsilon_z = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$$

(8.6)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1 変形と破壊

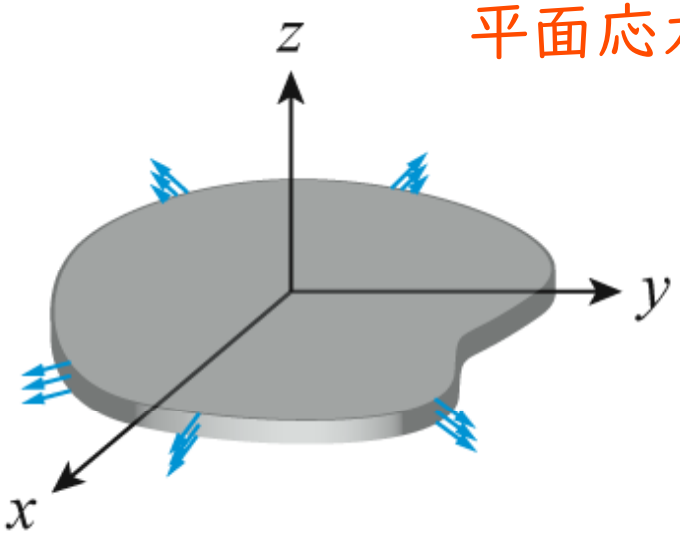
平面応力と平面ひずみ (P.198)



平面ひずみ

$$E \to \frac{1+2\nu}{(1+\nu)^2}E$$

$$\nu \to \frac{\nu}{1+\nu}$$



平面応力

$$E \to \frac{E}{1-\nu^2}$$

$$\nu \to \frac{\nu}{1-\nu}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d) 主応力と主せん断応力 (P.199)

2次元

主応力

$$\left.\begin{matrix}\sigma_1\\ \sigma_2\end{matrix}\right\} = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \qquad (8.8)$$

主せん断応力

$$\tau_1 = \pm\frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} = \pm\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \qquad (8.11)$$

3次元

主応力

$$s_1,\ s_2,\ s_3 \Rightarrow \sigma_{\max} = \max\{\sigma_1,\ \sigma_2,\ \sigma_3\}$$

主せん断応力

$$\tau_1 = \pm\frac{1}{2}(\sigma_2 - \sigma_3),$$

$$\tau_2 = \pm\frac{1}{2}(\sigma_3 - \sigma_1), \Rightarrow \tau_{\max} = \max\left\{\frac{|\sigma_2 - \sigma_3|}{2},\ \frac{|\sigma_3 - \sigma_1|}{2},\ \frac{|\sigma_1 - \sigma_2|}{2}\right\}$$

$$\tau_3 = \pm\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \qquad (8.13)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1 変形と破壊

e) ひずみエネルギー　三次元応力状態におけるひずみエネルギー　(P.200)

垂直応力，ひずみによる単位体積あたりのひずみエネルギー

$$U_n = \frac{1}{2}\left(\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \sigma_z \varepsilon_z\right) \tag{8.14}$$

せん断応力，せん断ひずみによる単位体積あたりのひずみエネルギー

$$U_S = \frac{1}{2G}\left(\tau_{xy}{}^2 + \tau_{yz}{}^2 + \tau_{zx}{}^2\right) \tag{8.16}$$

せん断ひずみエネルギー：形状変化に関する項

$$U_d = \frac{1}{3G}\left(\tau_1{}^2 + \tau_2{}^2 + \tau_3{}^2\right) \tag{8.20}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.2 破損と破壊

a）破損学説 （P.201）

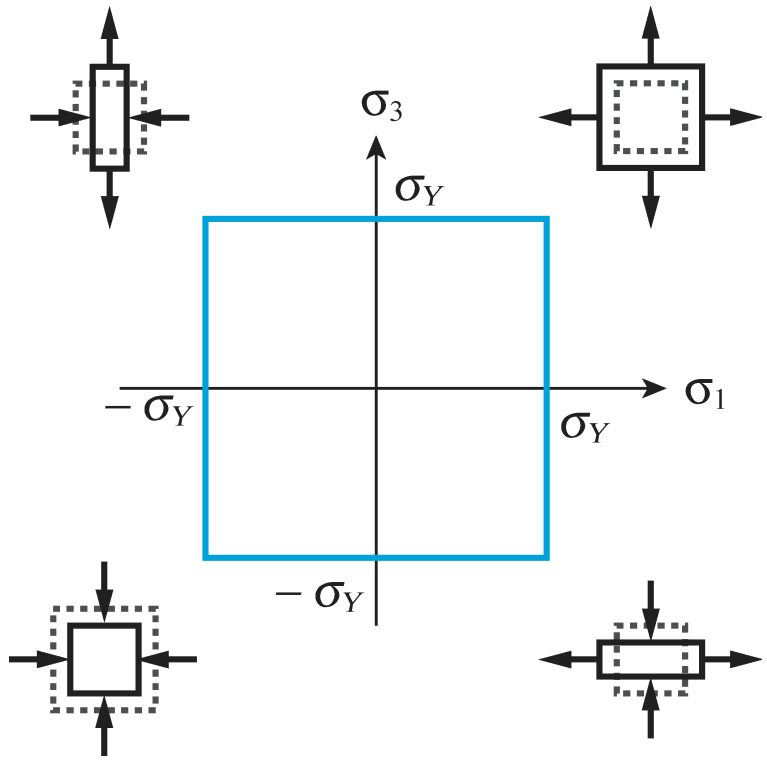
1）最大主応力説

最大主応力がその材料の限界値に達すると
破壊するという説.

特徴：

鋳鉄のような脆性材料では実験結果と
よく一致するが，軟鋼のような延性材料には
当てはまらない事が多い.

$$\max\left(|\sigma_1|,\ |\sigma_2|,\ |\sigma_3|\right) = \sigma_Y$$



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.2 破損と破壊

a）破損学説 （P.201）

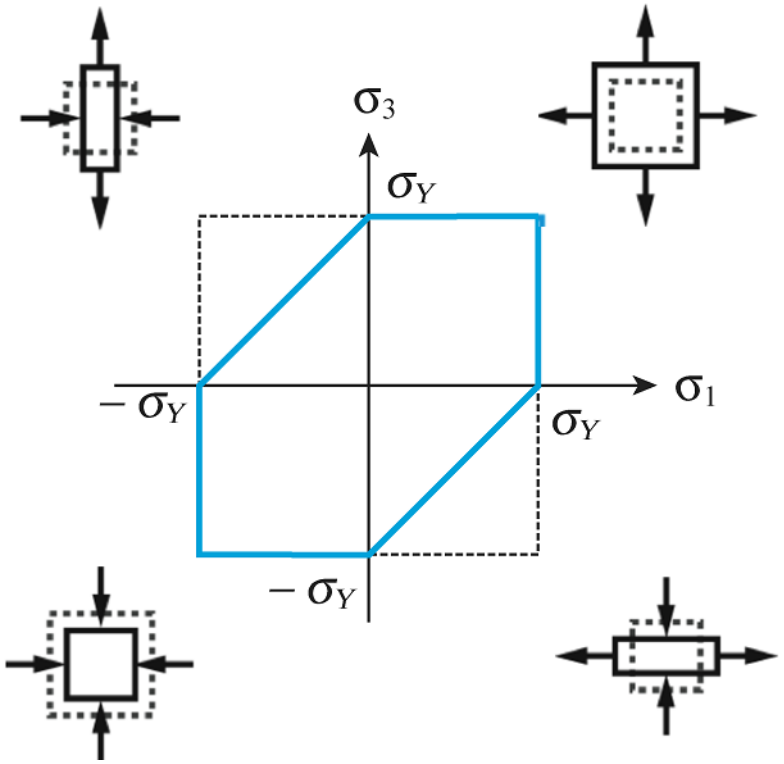
2）最大せん断応力説

主せん断応力の最大値がせん断応力の限界値 σ_e に達した時に破断するという説.

特徴：

延性材料の破損に対して実験とよく一致し，トレスカの降伏条件（Tresca yield criterion）と言われている.

$$\max(\tau_1, \tau_2, \tau_3) = \sigma_e = \frac{\sigma_Y}{2}$$



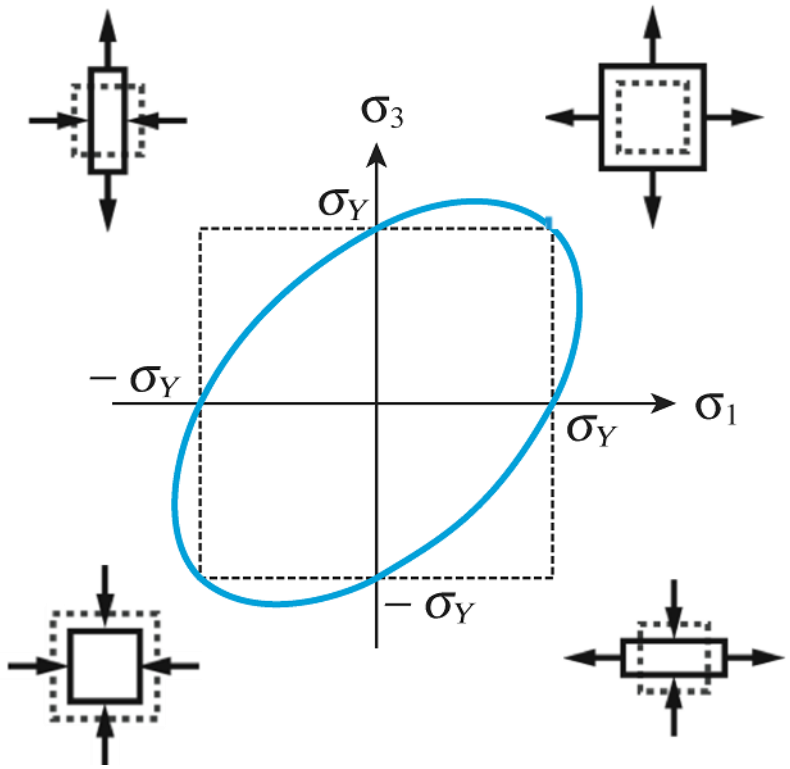
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.2 破損と破壊

a）破損学説 （P.201）

3）最大せん断ひずみエネルギー説
せん断ひずみエネルギの値が，
その材料の限界値に達すると破損する．
体積変化によるひずみエネルギを
全ひずみエネルギから差し引く事により
求められる．

$$(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2=2\sigma_Y{}^2$$



特徴：
ミーゼスの降伏条件（von Mises yield criterion）
と呼ばれている．延性材料が高い静水圧を受けても
破損が起こらないという実験結果と一致し，
延性材料の破損条件として最も広く用いられている．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

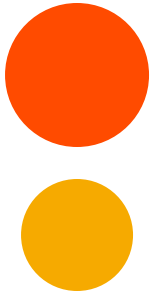
8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力

熱応力：自由膨張ひずみ

- 温度が上がると，膨張！
- 温度が下がると，収縮！

応力＝0



$T_0 \rightarrow T_1$

$$\varepsilon_T = \alpha(T_1 - T_0) = \alpha \cdot \Delta T \qquad (8.26)$$

ε_T ：自由膨張ひずみ

α [1/K, 1/ºC] ：線膨張係数

ΔT [K, ºC] ：温度変化（上昇を正）

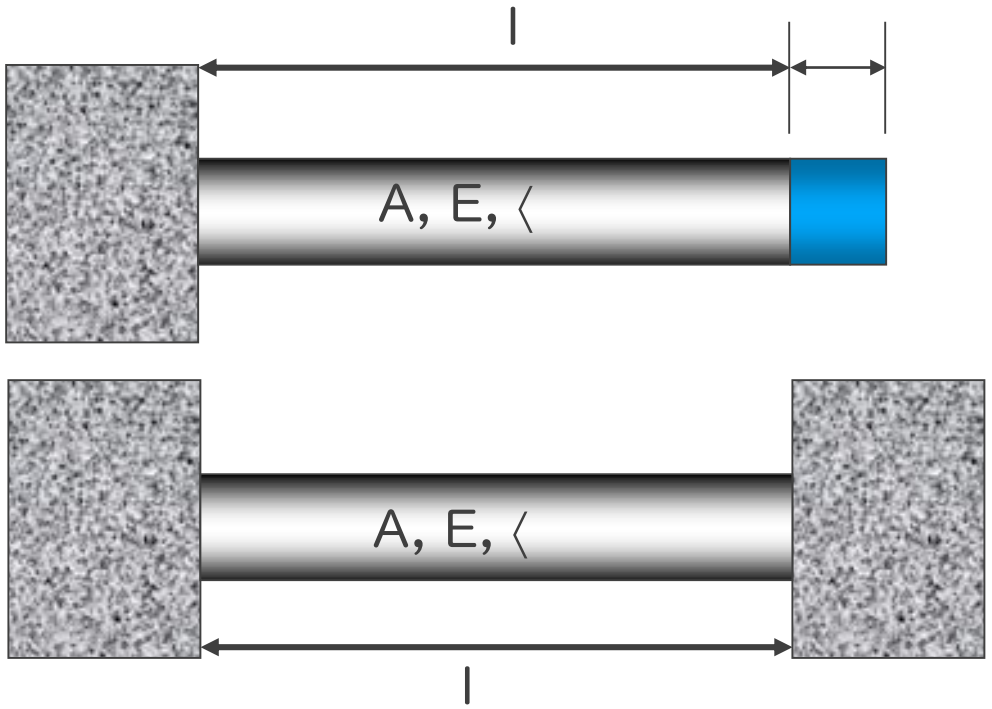
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力

熱応力の問題

$$T_0 \rightarrow T_1 \quad \Longleftrightarrow \quad \Delta T = T_1 - T_0$$



ひずみはあるが応力無し

拘束無し

$$\lambda_T = \varepsilon_T l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l$$

応力=0

拘束あり

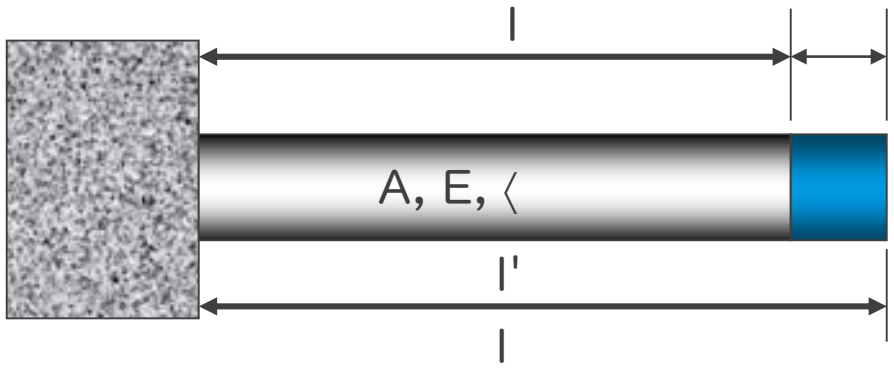
応力≠0

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力 （P.203）

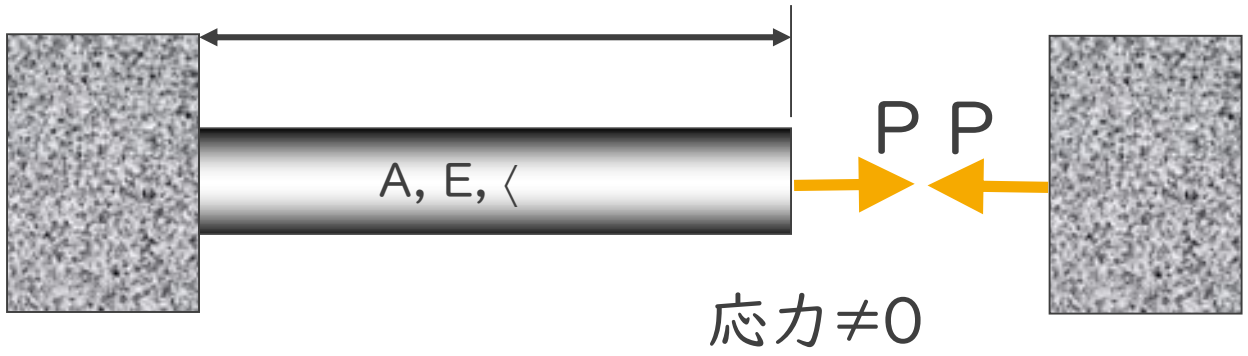
熱応力：拘束がある場合



応力≠0

$$\lambda_x = \varepsilon_x l = \alpha \Delta T l$$

応力=0



$$\varepsilon_x = \sigma_x / E + \alpha \Delta T = 0 \quad (8.27)$$

$$\sigma_x = -\alpha E \Delta T \quad (8.28)$$

$\Delta T < 0$：引張
$\Delta T > 0$：圧縮

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力 （P.203）

並列棒の熱応力

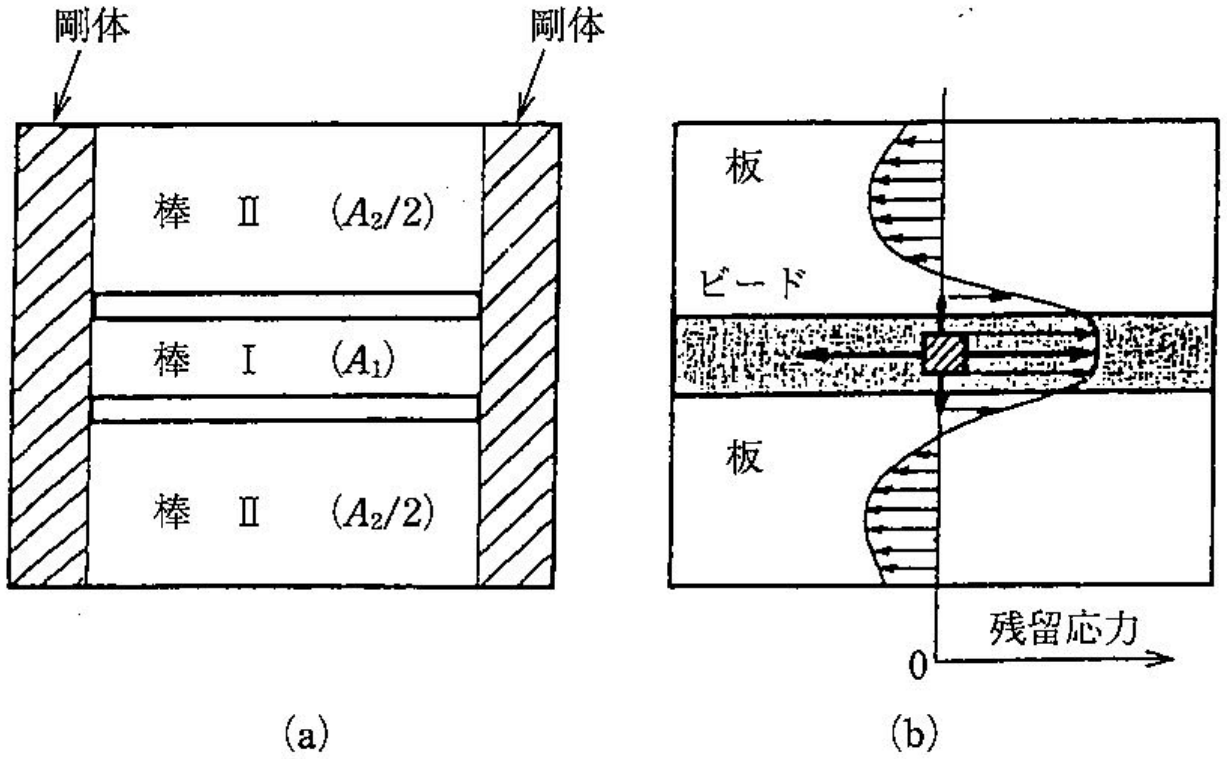


図8.3 並列構造と溶接残留応力

棒II: 室温， 棒I ΔT高い → 棒Ⅰの温度をΔT下げる

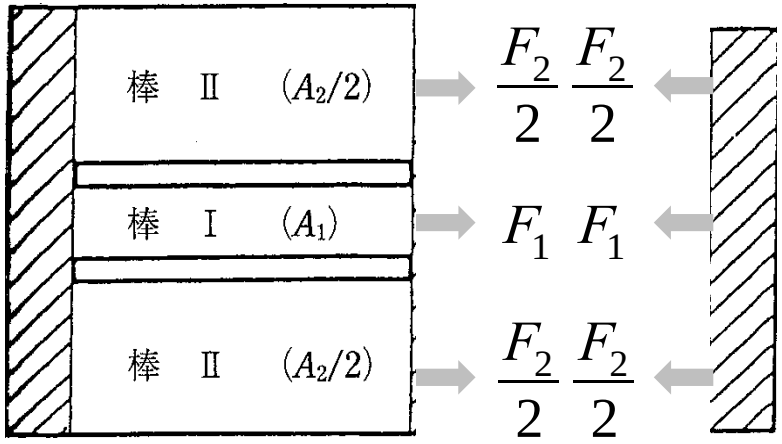
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力

並列棒の熱応力

接合してから，棒Ⅰのみ温度が ΔT 下がった



各棒の伸び

$$\lambda_1 = \left(\frac{\sigma_{x1}}{E} - \alpha\Delta T\right) l_1$$

$$\lambda_2 = \frac{\sigma_{x2}}{E} l_2$$

$$l_1 = l_2$$

荷重

$$F_1 = \sigma_1 E$$

$$F_2 = \sigma_2 E$$

拘束条件 $\lambda_1 = \lambda_2$

力の釣合い $F_1 + F_2 = 0$

$$\sigma_{x1} - \sigma_{x2} = E\alpha\Delta T$$

$$\sigma_{x1} A_1 + \sigma_{x2} A_2 = 0$$

$$\sigma_{x1} = \frac{\alpha E \Delta T l}{\left(1 + A_1 / A_2\right)} \qquad \sigma_{x2} = -\frac{\alpha E \Delta T l}{\left(1 + A_2 / A_1\right)}$$

(8.30)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

b）丸棒のねじり（torsion）　（P.204）

表面のせん断ひずみ

$$\gamma_0 = \frac{\widehat{bc}}{ab} = \frac{\widehat{bc}}{dx} \quad (8.31)$$

表面のせん断応力

$$\tau_0 = G\gamma_0 = G\frac{\widehat{bc}}{dx} = \frac{1}{2}Gd\frac{d\phi}{dx} \quad (8.32)$$

$$t_0 = \frac{1}{2}Gdq \quad (8.33)$$

r の面のせん断応力

$$t = \left(\frac{2r}{d}\right)t_0 = Grq \quad (8.34)$$

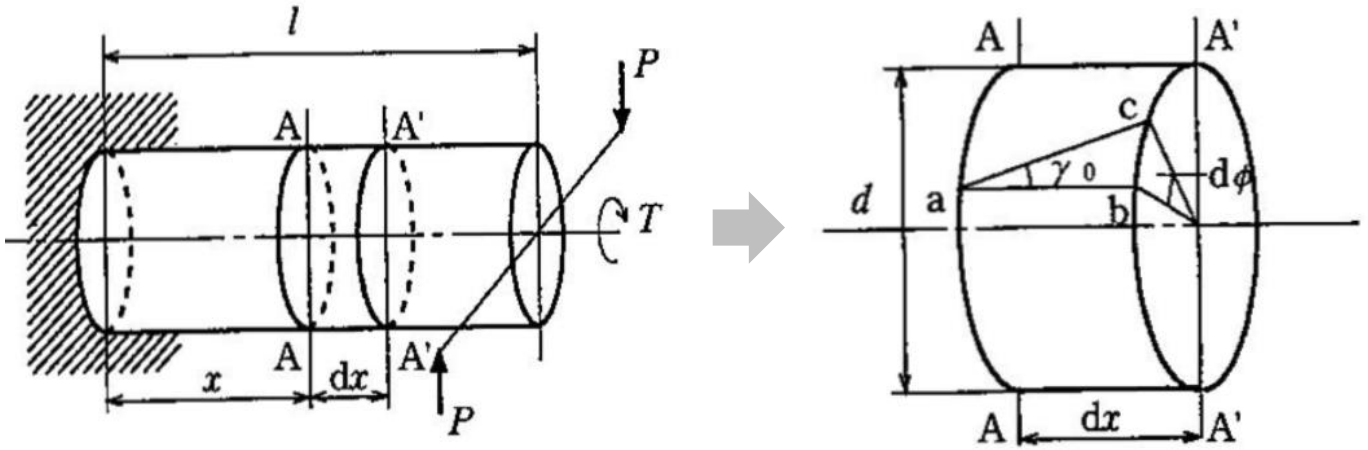


図8.4　丸棒のねじり

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）丸棒のねじり（torsion）

せん断応力

$$\tau = \tau_0 \frac{2r}{d} = \frac{32T}{\pi d^3} r = \frac{T}{I_p} r$$

ねじりモーメント

$$T = \int_0^{d/2} \tau r \times 2\pi r \, \mathrm{d}r = \frac{4\pi\tau_0}{d} \int_0^{d/2} r^3 \, \mathrm{d}r = \frac{\pi d^3 \tau_0}{16} \quad (8.35)$$

断面二次極モーメント

$$\tau_{max} = \frac{T}{I_p} \frac{d}{2}$$

最大せん断応力

$$t_{\max} = \frac{16T}{pd^3} \quad (8.36)$$

比ねじれ角
（単位長さあたりのねじれ角）

$$\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}x} = q = \frac{32T}{pd^4G} \quad (8.37)$$

ねじれ角（単位：ラジアン）

$$f = \int_0^l \frac{32T}{pd^4G} \mathrm{d}x = \frac{32lT}{pd^4G} \quad (8.38)$$

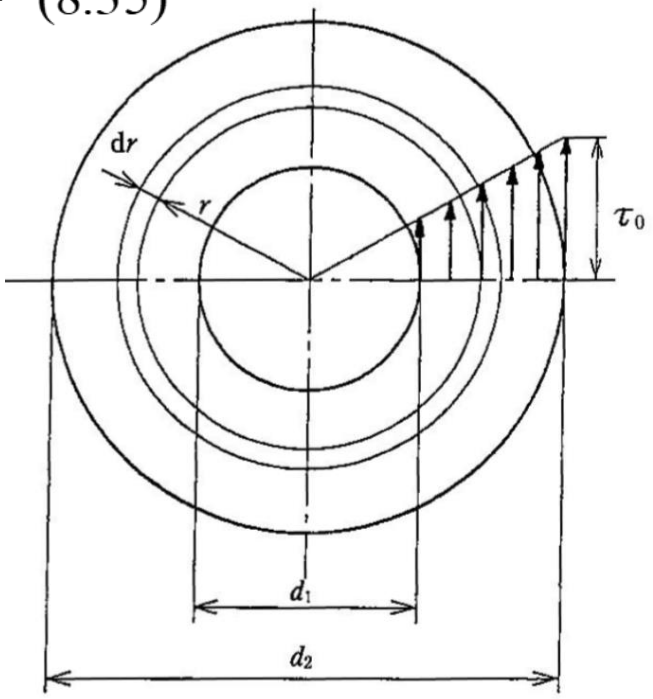


図8.5　中空丸棒のねじり

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

中空の場合

$$T = \int_{d_1/2}^{d_2/2} \frac{2r\tau_0}{d_2} \times r \times 2\pi r \, \mathrm{d}r$$

$$= \frac{\pi\tau_0}{16d_2}\left(d_2{}^4 - d_1{}^4\right) \quad (8.40)$$

ねじれ角

$$\phi = \frac{Tl}{GI_p} \quad (8.39)$$

ねじりモーメント

最大せん断応力

$$\tau_{max} = \frac{16d_2T}{\pi\left(d_2{}^4 - d_1{}^4\right)} \quad (8.41)$$

断面二次極モーメント

$$I_p = \frac{\pi}{32}\left(d_2{}^4 - d_1{}^4\right)$$

ねじれ角

$$f = \frac{32lT}{p\left(d_2{}^4 - d_1{}^4\right)G} \quad (8.42)$$

中実の場合

$$T = \int_0^{d/2} \tau r \times 2\pi r \, \mathrm{d}r$$

$$= \frac{4\pi\tau_0}{d}\int_0^{d/2} r^3 \, \mathrm{d}r$$

$$= \frac{\pi d^3\tau_0}{16} \quad (8.35)$$

$$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (8.36)$$

$$I_p = \frac{\pi}{32}d^4$$

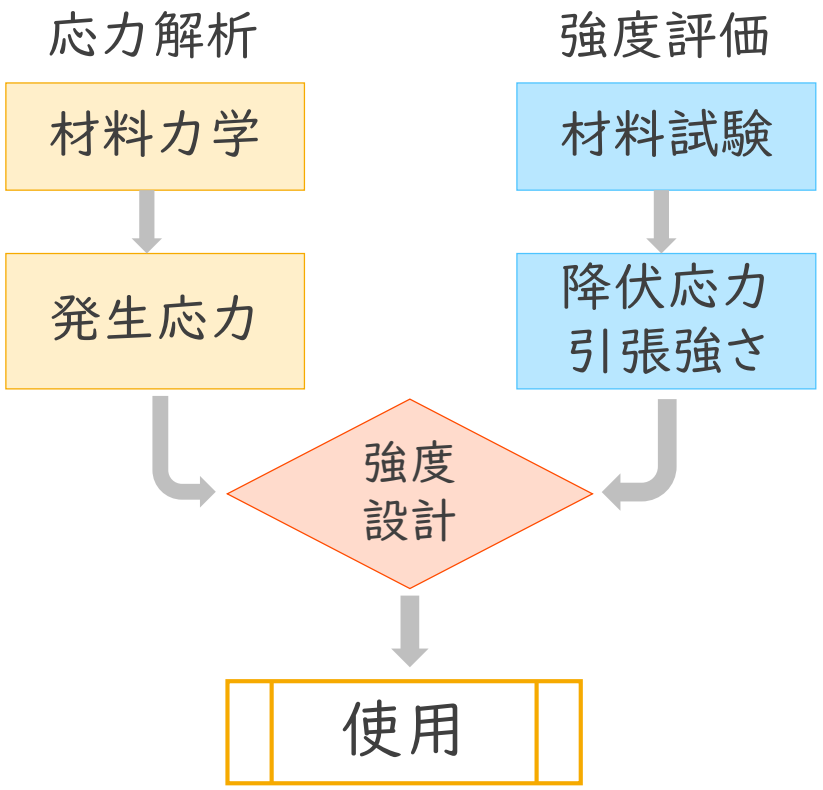
$$f = \int_0^l \frac{32T}{pd^4G}\mathrm{d}x = \frac{32lT}{pd^4G} \quad (8.38)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2 設計の基礎事項

8.2.1 許容応力と安全率 (P.213)

部材に生じる最大の応力が許容応力に収まるように部材の形状や寸法を決定する.



使用応力 :通常の使用で生じる応力
許容応力 :安全に使用できる最大の応力
安全率 :基準強さ／許容応力
基準強さ :極限強さ, 疲労限度, 降伏点, クリープ強さ等

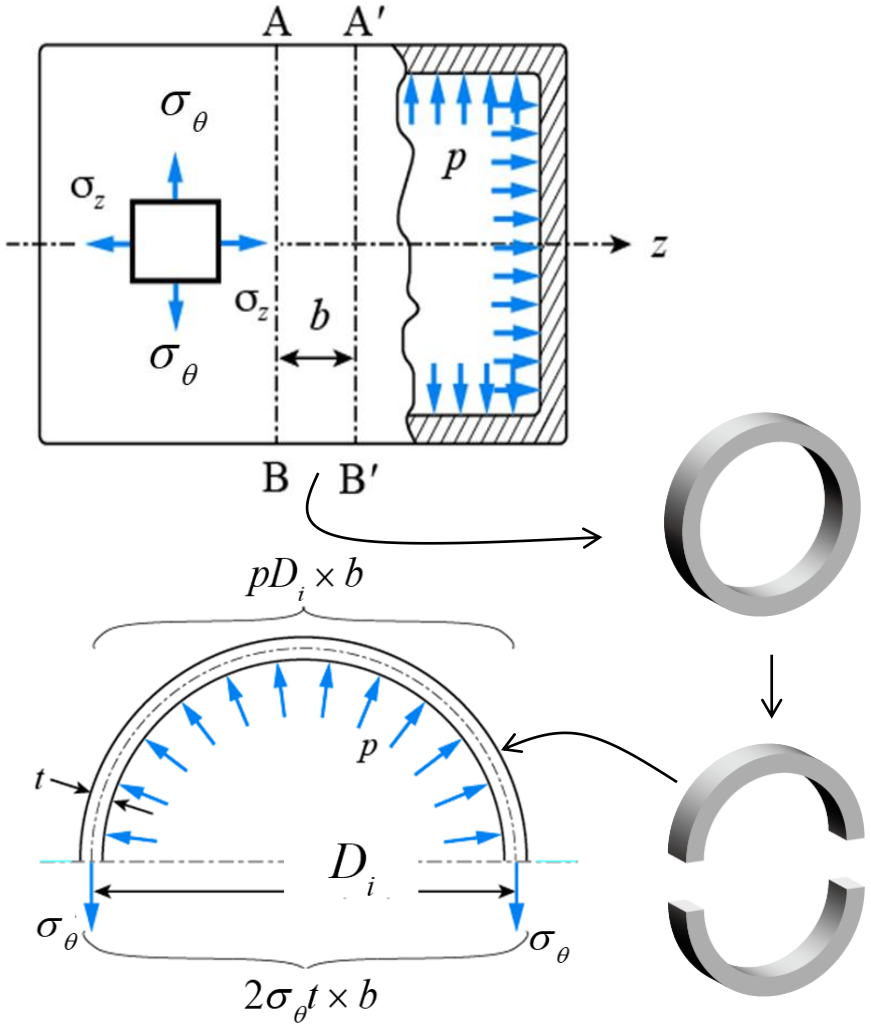
使用応力 / 計算応力 $\leq$ 許容応力 $=$ 基準強さ / 安全率

$$s_{all} = \min\left\{\frac{s_B}{4}, \frac{s_y}{1.5} \; or \; \frac{s_{0.2\%}}{1.5}\right\}$$ ASME Sec. VIII Div. 1 (8.69)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴



薄肉　$t/D_i \ll 1$　肉厚方向に応力ほぼ一定

厚肉　肉厚方向に応力が変化，厳密

(1) 円周方向応力

半径方向の力の釣り合い

$$2s_q t = pD_i \rightarrow s_q = \frac{pD_i}{2t} \leftarrow \text{最大応力}$$

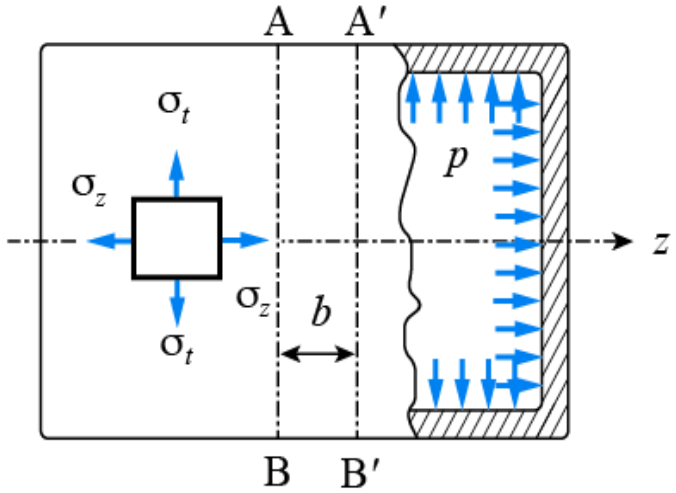
$$s_q > s_z > s_r$$

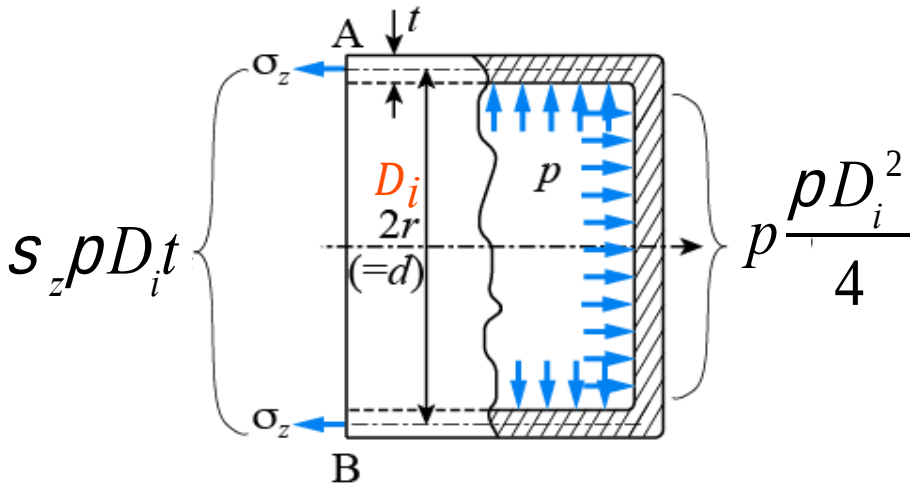
(8.77)　(8.78)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴 (P.216)





(2) 半径方向応力

他の応力に比べて小さいので無視

(3) 軸方向応力

薄い板と考える ＝ 平面応力！

Z 方向の力の釣り合い

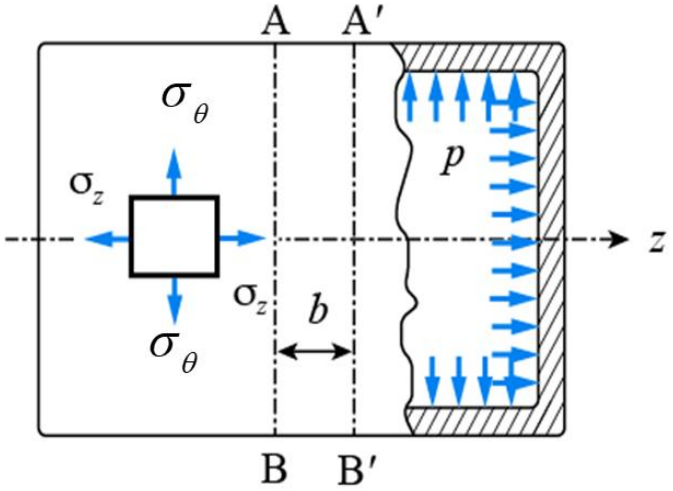
$$s_z \pi D_i t = p\frac{\pi D_i^2}{4} \qquad (8.79)$$

$$s_z = \frac{pD_i}{4t} \qquad (8.80)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴：円周ひずみと円周応力



$$s_q = \frac{pD_i}{2t} \qquad s_z = \frac{pD_i}{4t}$$

(8.78)　　(8.80)

円周ひずみと内圧の関係

周方向のひずみ⇔直径の変化

$$\varepsilon_\theta = \frac{\pi(D_i + \Delta D) - \pi D_i}{\pi D_i} = \frac{\Delta D}{D_i} \qquad (8.83)$$

平面応力のフックの法則　　$x \to \theta, y \to z$

$$\varepsilon_\theta = \frac{1}{E}(\sigma_\theta - \nu\sigma_z) = \frac{2-\nu}{2E}\sigma_\theta \qquad (8.84)$$

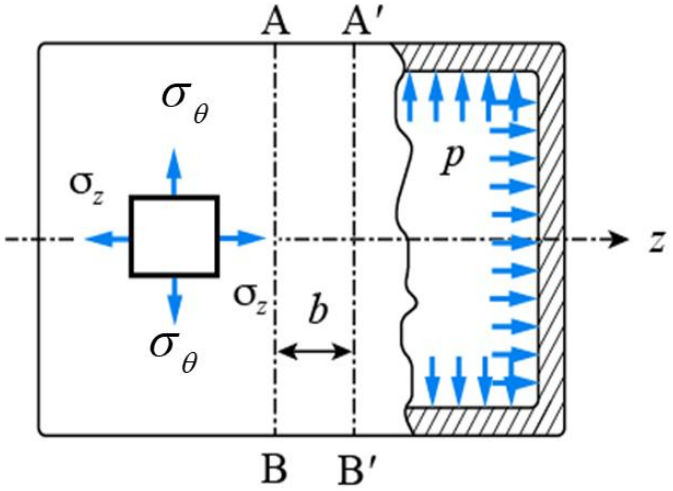
$$\varepsilon_\theta = \frac{2-\nu}{4E}\frac{D_i}{t}p$$

ひずみより
内圧がわかる！

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴：内径，全長の増分



$$s_q = \frac{pD_i}{2t} \qquad s_z = \frac{pD_i}{4t}$$

(8.78)　(8. 80)

内径の増分

$$\Delta D = \varepsilon_\theta D_i = \frac{2-\nu}{2E}\sigma_\theta D_i = \frac{2-\nu}{4E}\frac{pD_i^2}{t} \qquad (8.85)$$

Z方向のひずみ

⇅

全長 L の増分

$$\Delta L = \varepsilon_z L = \frac{1-2\nu}{2E}\sigma_\theta L$$

$$= \frac{1-2\nu}{4E}\frac{pD_i L}{t} \qquad (8.88)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴：必要厚さ

使用する内圧 p，許容応力 σ_aから必要厚さが求まる

$$\sigma_q > \sigma_z > \sigma_r$$

一番大きい応力が許容応力以下になるように考える

$$\sigma_q = \frac{pD_i}{2t} \quad \text{Þ} \quad \frac{p(D_i + 2\beta t)}{2t}$$

$$\text{Þ} \quad \frac{p(D_i + 1.2t)}{2t} = \sigma_a \eta \qquad (8.93)$$

一般化：
- $\beta = 0$　（内径基準）
- $\beta = 0.5$（平均系基準）
- $\beta = 0$　（外径基準）

厚肉円筒を考慮 $\beta = 0.6$，継手効率 η を考慮

必要厚さ

$$t = \frac{pD_i}{2\sigma_a \eta - 1.2p} \qquad (8.94)$$

必要な最小厚さ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.4 球形胴の強度

8.4.1 薄肉球形胴 (P.222)

断面に垂直方向の力のつり合い

$$\sigma_\theta \pi D_i t = p\frac{\pi D_i^2}{4} \quad (8.127)$$

⇓

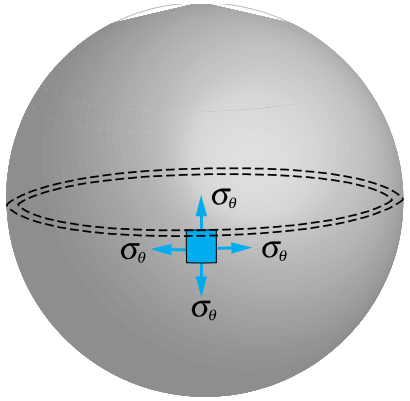
断面の応力 $$\sigma_\theta = \frac{pD_i}{4t} \quad (8.128)$$

円周の変化⇔直径の変化⇔ひずみ

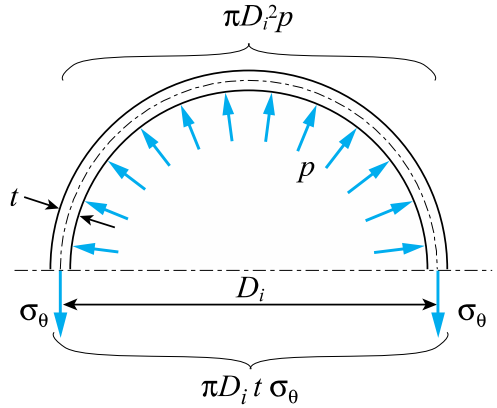
$$\varepsilon_\theta = \frac{\Delta D}{D_i} = \frac{\sigma_\theta - \nu\sigma_\theta}{E} = \frac{1-\nu}{E}\sigma_\theta \quad (8.130)$$

⇓

直径の変化 $$\Delta D = \frac{1-\nu}{4E}\frac{pD_i^2}{t} \quad (8.131)$$



(a)



(b)

必要厚さ $$t = \frac{pD_i}{4\sigma_a \eta - 0.4p} \quad (8.135)$$

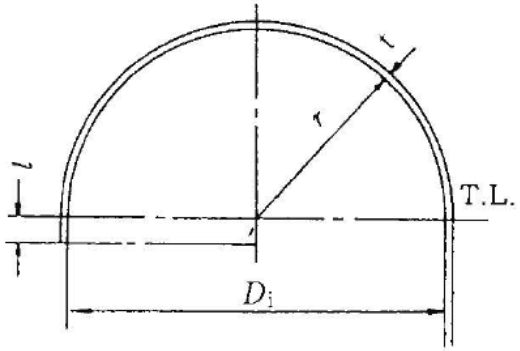
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.5 鏡板，平板，管の強度（内圧，許容応力より厚さが決まる）

8.5.1 鏡板 （P.224）

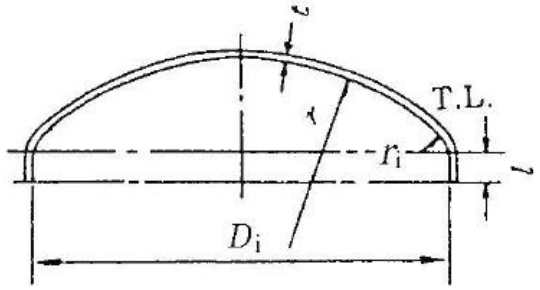
圧力容器の円筒胴の両端に取り付ける．

図8.18 鏡板の形状



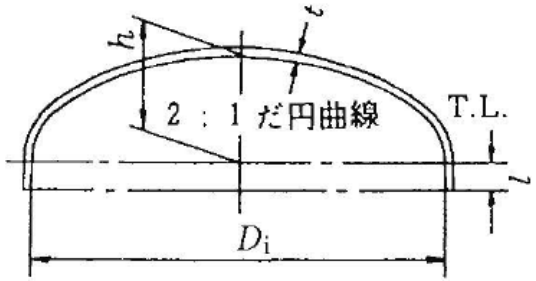
$D_i = 2r$

（a）全半球



$r_i \geqq 3t$ かつ $r_i \geqq 0.06\,(D_i + 2t)$、
$r \leqq 1.5\,(D_i + 2t)$

（b）皿形



$\frac{D_i}{2h} \leqq 3$

（c）半だ円形

必要厚さ

（薄?の場合）

$$t = \frac{pD_i}{4s_a h - 0.4p} \qquad (8.135)$$

$$t = \frac{pD_i}{4s_a h - 0.4p} M \qquad (8.146)$$

$$M = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{D_i}{2r_i}}\right) \qquad (8.147)$$

$$t = \frac{pD_i}{2s_a h - 0.2p} K \qquad (8.149)$$

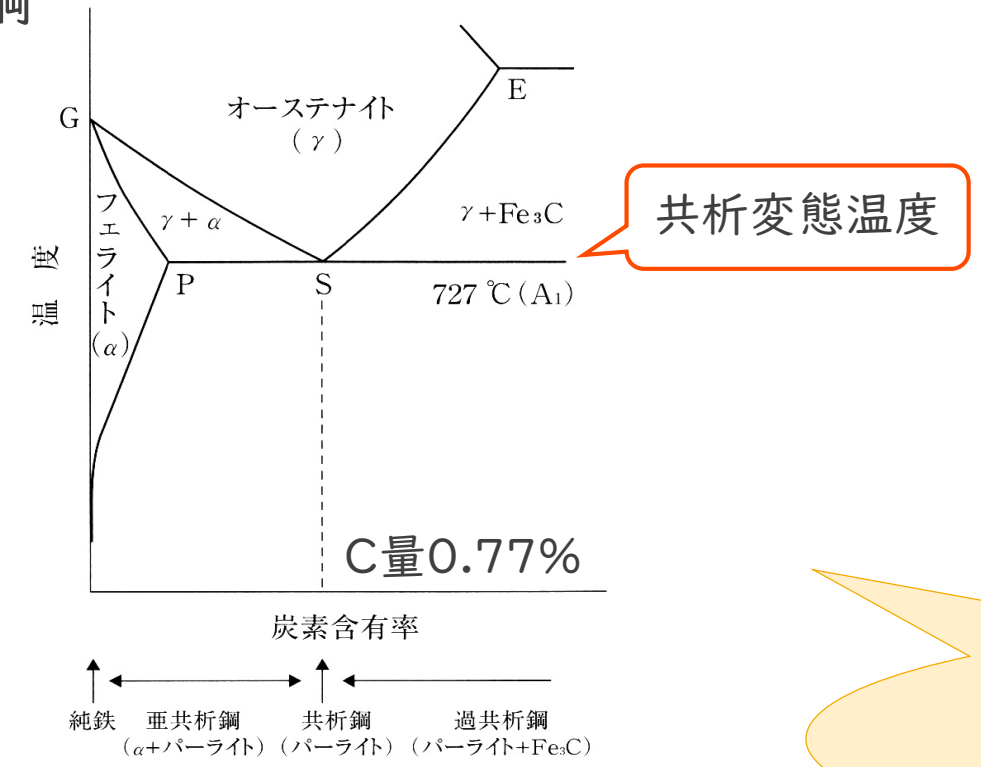
$$K = \frac{1}{6}\left\{2 + \left(\frac{D_i}{2h}\right)^2\right\} \qquad (8.150)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料 (P.229)

9.1.1 鉄系金属材料

a) 炭素鋼



共析変態温度

図9.1 Fe-C 系状態図および金属組織

状態図上の詳細

	温度[℃]	炭素含有率[%]
P点	727	0.02
S点		0.77
E点	1147	2.14

フェライト	Fe と C の固溶体, α
共析鋼 (パーライト)	フェライトとセメンタイトの共析組織
セメンタイト	Fe と C の化合物, Fe_3C

急冷すると異なる組織
(マルテンサイト, ベイナイト) が出来る

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料 (P.229)

a) 炭素鋼

1) 炭素鋼の機械的性質

亜共析鋼		共析鋼		過共析鋼
フェライトとパーライト	<	C: 0.77%	<	セメンタイトとパーライト
		全体がフェライトとセメンタイトの層状		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料 (P.229)

a) 炭素鋼

2) 炭素鋼の種類

- 炭素鋼は溶接の急熱急冷により硬化し、さらに靭性が低下する傾向にある。
  C量の含有率の上限を0.2-0.3%として溶接性を確保(JIS規格等)

- 炭素鋼の製鋼方法による分類
  - リムド鋼　　：主にMn を用いて軽く脱酸
  - キルド鋼　　：Mn のほかにAlやSi を使って十分脱酸
  - セミキルド鋼　：リムドとキルドの中間

- 炭素鋼の強度による分類(他の強度の大きさによる分類もある)
  - 高張力鋼　　：引張強さ490MPa以上の鋼
  - 調質高張力鋼：引張強さ590MPa以上の鋼

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 鉄系金属材料

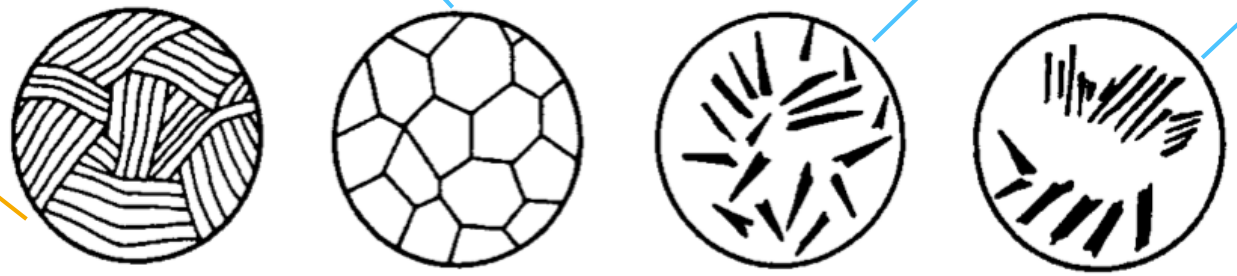
金属組織（鋼）

fcc構造，高温

bcc構造，急冷

パーライトとマルテンサイトの中間

フェライトとFe_3Cの共析組織



(a) 模式図
(鋼のおはなし　日本規格協会)

(b) 亜共析鋼(C量0.40%)の実際の例

白く見えるフェライト
白黒層状に見えるパーライト
(黒く見えるセメンタイト)

C と Feの固溶体

フェライトとFe_3Cの共析組織

Fe_3C
（C との化合物）

図 8.9　金属組織の例

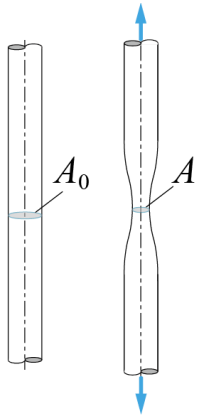
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料 (P.230)

1）炭素鋼の機械的性質と C 量の関係

炭素含有量	小	大
引張強さ	小	大
硬さ	小	大
衝撃に対する強度	大	小
低温での強さ	大	小
絞り	大	小



絞り

$$f = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\ [\%]$$

図9.7参照

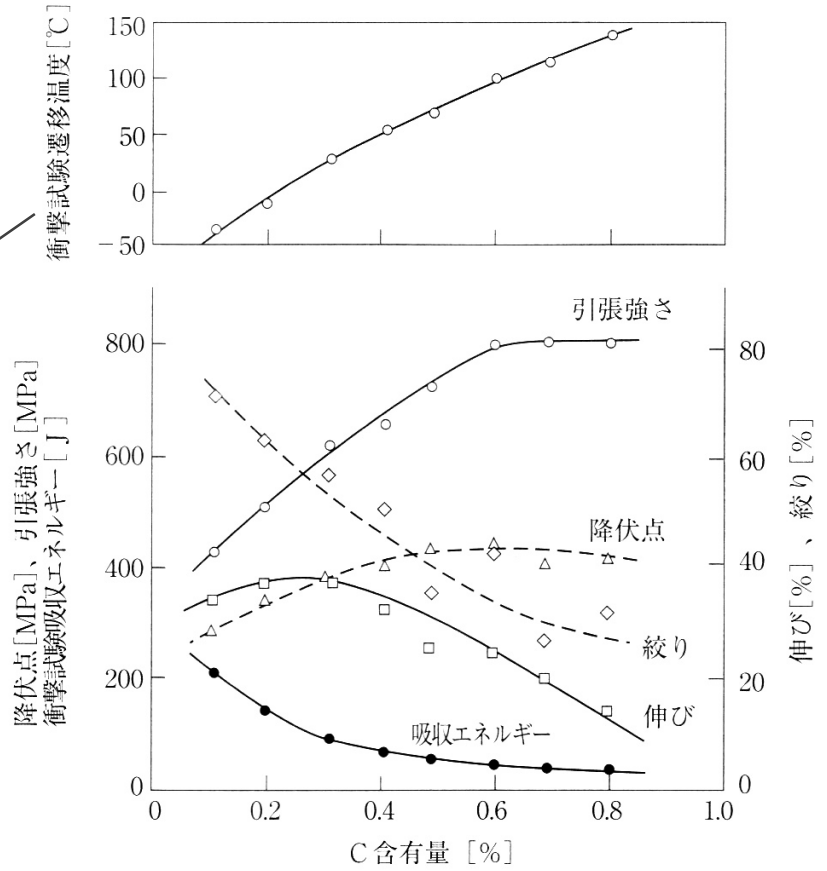


図9.2 焼ならした炭素鋼の機械的性質
（引張試験、衝撃試験）におよぼす炭素含有量の影響

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 鉄系金属材料 (P.230)

2) 炭素鋼の種類（熱処理）

- 鋼を加熱したり，冷却したりする熱操作
- 鋼の材質を変化させて鋼に所用の性質を与える．
- 炭素鋼を合金させた鋼は，熱処理により，非常に広い範囲で強さ，硬さ，ねばさを変えられる．

熱処理の種類

名称	特徴
焼ならし	静かな大気中で空冷．結晶粒の微細化，炭化物調整，内部応力の除去を目的． 靭性の改善＝軟化．非切削性の改善．
焼なまし	加熱処理後ゆっくり冷やす．種々の方法がある． 内部応力の除去．異常組織の改善．
焼入れ	急冷する．平衡状態図とは異なる組織（マルテンサイト）が出来る． 硬化．内部応力が残留する．
焼もどし	焼入れした鋼を再加熱してから冷却する．組織と性質の調整，残留した応力を除去する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 鉄系金属材料 (P.232)

b) 低合金鋼

1) 合金元素の役割

- C 以外の合金元素を少量点かした鋼の総称
- 特別な性質を与える目的で Cr, Mo, Ni, Cu などを総量5%以下添加.

#		性質の変化	適用, 備考
(1)	C	降伏点, 引張強さ, 硬さ ⇨ 増加 伸び, 絞り, 靭性値 ⇨ 減少	溶接を行うものは 0.35%以上の C を 含んではならない
(4)	Ni	炭化物を形成しないでフェライトに固溶. フェライト地の強度と靭性を増加.	強度と靭性が要求される材料. 低温用材料.
(5)	Cr	高温強度の増加. 耐酸化性の増加.	Moと組み合わせて400~650℃で 用いられる
(6)	Mo		高温用鋼, 低合金高張力鋼

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料 (P.233)

2) 低合金鋼の種類および一般的用途

調質高張力鋼

- 強度を重点に作られた.
- 焼きれ, 焼き戻し (調質) により590MPa以上の引張強さを確保した鋼の総称
- Mn, Si, Ni, Cr, Mo 等を少量添加し焼き入れ,
  焼き戻し熱処理により靭性および溶接性を確保
- 降伏比 (降伏点／引張強さ) が大きい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料

c) ステンレス鋼

- 11%以上の Cr を含有し耐食性を目的.

1000℃前後に加熱するとC量が少ない場合はフェライトに、
多い場合はオーステナイト. さらに焼き入れするとマルテンサイトに
*C量：オーステナイトフォーマー（C,N,Ni等）の量

- Cr により, 表面に非常に薄くて（数nm）安定な不動態皮膜（腐食作用に抵抗する酸化被膜）が形成され, 環境によってほとんど腐食しない.

	主な種類	特徴
フェライト系（Fe-Cr系）C量小	SUS405 SUS430	溶接部の靭性確保が難しい
マルテンサイト系（Fe-Cr系）C量大	SUS410 SUS440	局部腐食を生じない S（硫黄）を含むガスまたは水溶液に対して耐蝕性能が優れている.
オーステナイト系（Fe-Cr-Ni系）	SUS304	耐食性, 加工性, 溶接性が良い. 高温強度, 低温じん性に優れている. 局部破壊を生じる（粒界腐食, 孔食, 応力腐食割れ）
	SUS316,317	耐食性の向上（Mo添加）
	SUS321,347	耐粒界腐食の改善（Ti または Nb を添加）
	SUS304L	耐粒界腐食性の改善（C量を低減）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 鉄系金属材料 (P.235)

d) 鋳鉄および鋳鋼

(1) 鋳鉄

図9.1のE点＝オーストナイト中へのCの溶融限度2.14% 以上のCを含む Fe-C系合金の総称

(1) ねずみ鋳鉄
(2) 球状黒鉛鋳鉄
(3) 可鍛鋳鉄
(4) 合金鋳鉄

(2) 鋳鋼

溶鋼を耐火物鋳型に注入して作られた構造用製品．バルブやポンプに用いられる．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.2 非鉄系金属材料 (P.236)

a) 銅および銅合金

Cu, Cu合金	電気,熱の良導体,加工性が良好,耐食性が良好 注)アセチレンのガス設備での使用が制限
黄銅 Cu-Zn系	Zn(亜鉛) 40% 以下含有(実用) Al 添加により耐食性が良好(アルミブラス)
青銅 Cu-Sn系	Sn(錫) 3.5~9%含有 強度,延性が高い
アルミニウム青銅 Cu-Al系	Al(アルミニウム)6~12%以下含有 機械的性質,耐食性,耐熱性が黄銅,青銅よりすぐれる

b) アルミニウムおよびアルミニウム合金

Al, Al合金	低温脆化が無いので,極低温機器材料として用いられる
Al-Mg系	A5052:中程度の強度.疲労強度が高い A5083:溶接構造用.高強度.低温用タンクや圧力容器などに用いられる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 高温用材料 (P.237)

a) 耐クリープ性

ある温度以上ではクリープが強度を支配

一般的な(中常温用)炭素鋼の使用最高温度：
350℃(623K)＝クリープが問題にならない温度

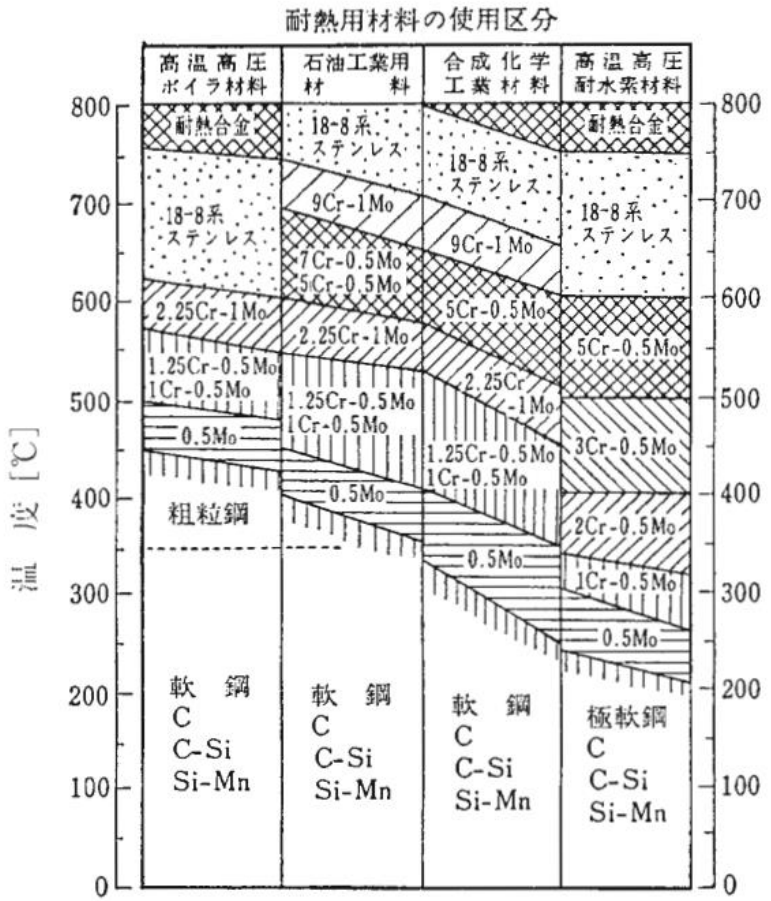


図9.6 各種用途における適用鋼種と温度[2)]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 高温用材料 (P.237)

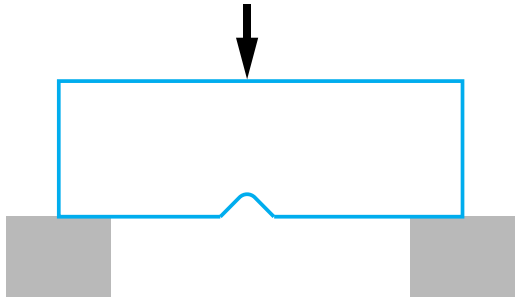
b) 耐熱鋼および合金

名称	種類	用途	特徴
1) 低合金鋼	Mo鋼, Cr-Mo鋼, Mo-V鋼, ・・・	ボイラー, 蒸気タービン, 高温圧力容器	少量のMo, Cr の添加によりクリープ強度が著しく改善. Cr-Mo鋼の焼もどし脆化(325~575℃で保持除冷).
2) 高Cr鋼	SUH21 (19Cr系) SUH446	あまり高温強度を 必要としない 炉の部品, 熱交換器	Cr16%以上のフェライト系耐熱鋼. 耐食性に優れている. 370~540℃に加熱すると常温での硬さが増し, 伸びが減少し脆くなる⇒「475℃脆性」 Cr15%以上, 540~815℃で硬くて脆弱なσ相が生じる!
3) オーステナイト 系耐食耐熱鋼	SUS304 SUS309	圧力容器	耐酸化性, 高温強度ともに優れる. 800℃以下で使用可能.
4) 耐熱合金	Fe基, Ni基, Co基	800℃以上の 高温での使用	

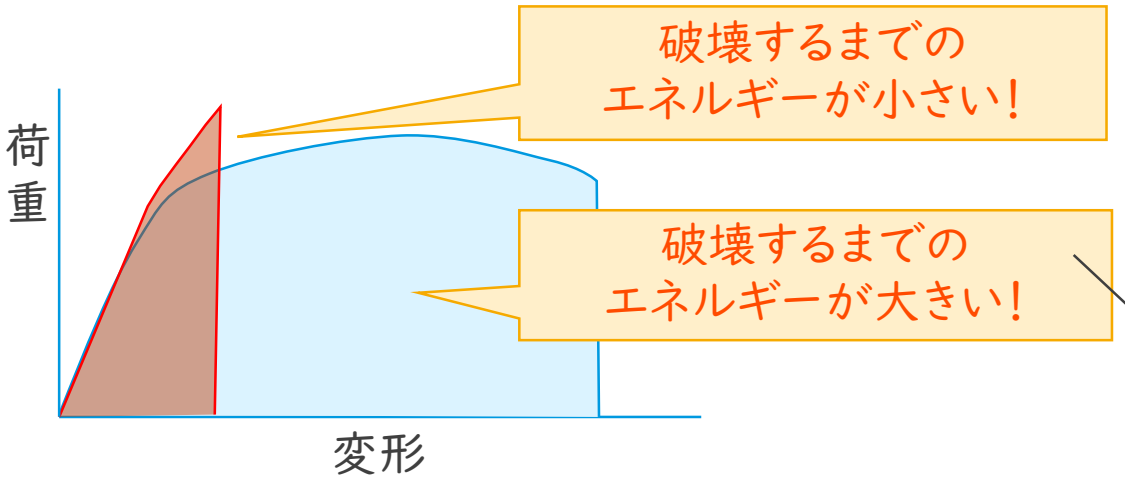
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.4 低温用材料（設計温度で脆性（低温脆性）を示さないことが必要!）　（P.239）

Vノッチのシャルピー衝撃試験を所定の温度で行い，吸収エネルギーが所定の値以上であることがJIS B 8265で規定されている.



シャルピー衝撃試験



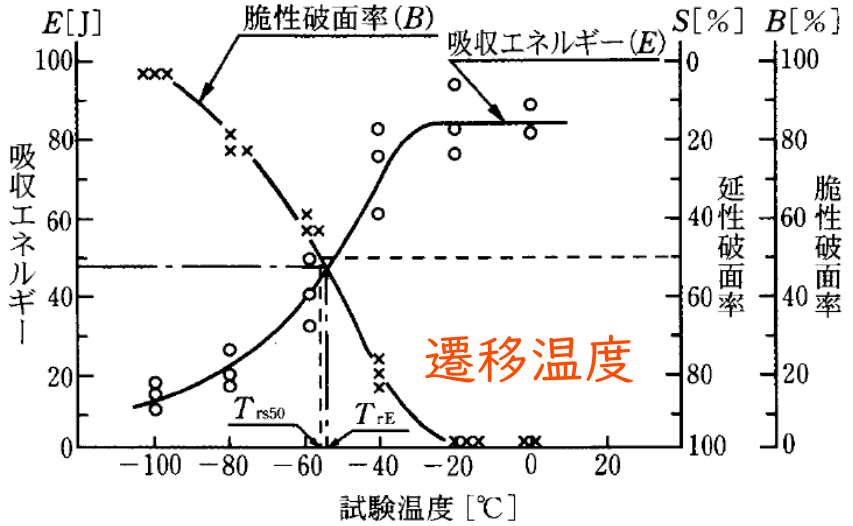


図 9.7　衝撃試験結果の例（JIS Z 2242）

低温脆性を示さない材料 ：低温に適する=fcc構造
- ◎ アルミニウム
- ◎ アルミニウム合金
- ◎ オーステナイト系ステンレス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.2 非金属材料

9.2.1 有機材料

（P.240）

有機材料	利点	欠点
熱可塑性樹脂 熱硬化性樹脂 エラストマー	軽い，熱伝導率が小さい，酸に対する耐食性	耐熱性，耐燃焼性，許容応力値が低い，弾性率が小さい

9.2.2 無機材料

無機材料	利点	欠点
セラミックス カーボン ガラスライニング	耐熱性，耐酸性，耐アルカリ性（ガラスを除く），強度，硬い	脆い，衝撃に弱い，加工が容易でない

9.2.3 複合材料

FRP

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食 (P.249)

腐食
- 湿食：水中，地中，大気中での腐食．比較的低温で起こる．水分を伴う．
- 乾食：高温の空気 or 反応ガスによる広義の酸化．水分を伴わない．

イオン化傾向：金属が水と接してイオンになる傾向

Mg > Al > Zn > Cr > Fe > Ni > Sn > Pb > H > Cu > Ag > Pt > Au

大 ← → 小

湿食は電池の生成によって進行する．
この大小に関連はするが，皮膜の性質などによる
他の要因も多い．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

種々の金属の腐食特性

- ステンレス鋼
  約11% 以上のCr を含有し、耐食性を目的

  多くの環境において不動態皮膜（特殊な酸化物）が生成し，極めて良い耐食性
  - 酸性環境で皮膜が溶解⇒耐食性を失う
  - 中性でも，環境が塩化物イオン（Cl^-）を限度以上含むと局部的に不動態皮膜が破壊
    ⇒孔食などの局部腐食
- 炭素鋼
  - アルカリ（コンクリート），濃硫酸，濃硝酸⇒不動態皮膜
  - 中性，酸性⇒腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

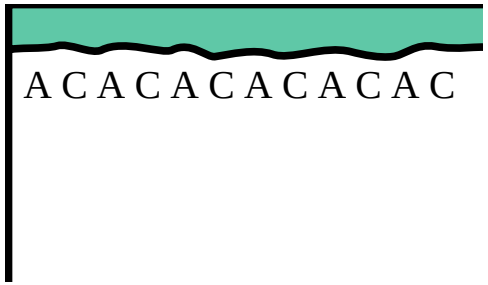
10.2.1 湿食 (P.249)

a) 湿食の特徴

- 水が必要．イオンが存在し移動ができること．
- 水蒸気，氷では起こらない．

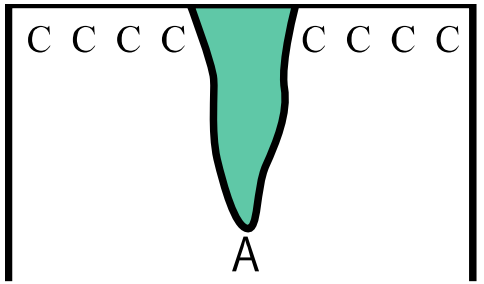
湿食は電池の生成によって進行する．

ミクロ腐食電池



炭素鋼だけでも，
炭素表面に生じる
不均一生により
浸食環境中で無数の
＋極，－極を作り浸食．

マクロ腐食電池



＋極，－極が
目に見える大きさ
（マクロ）であって
基本的に位置が
固定されている．

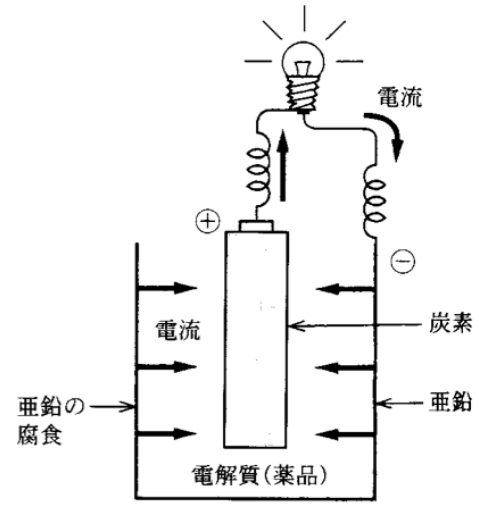


図 9.1　乾電池（腐食電池のモデル）

ファラデーの法則

腐食量[質量,g] =
定数[k] x 電流[A] x 時間[s]

腐食量⇔電流x時間

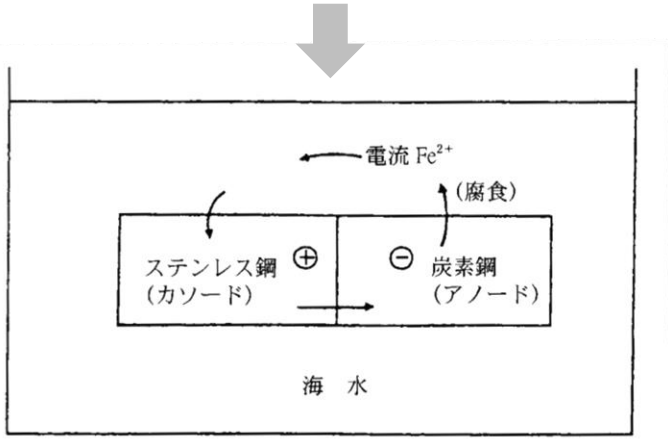


図 9.2　ステンレス鋼と炭素鋼の接触でできる腐食電池

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

10.2.1 湿食 （P.251）

d）金属・合金の耐蝕特性の分類

表10.1　金属・合金の耐蝕特性の分類

グループ	金属・合金の例	特性
1	亜鉛、銅、銅合金	初期の軽微な腐食によって、保護性のある薄い（1 μm 程度）皮膜を形成し、良い耐食性を示す。
2	ステンレス鋼、チタン、アルミニウム、アルミニウム合金	ただちに不動態皮膜と呼ばれるごく薄い（1 nm 程度）皮膜を形成し、極めてよい耐食性を示す。
3	鉄、炭素鋼	腐食によって錆層を形成するが、保護性は小さく、かなりの速度で腐食を続ける。

注1）アルミニウムやその合金，一般的なスレンレス鋼：
塩化物イオンの高い環境下では不動態皮膜が局所的に破壊ー>海水中で孔食

注2）アルミニウム，亜鉛はアルカリ性環境下で腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.254)

d) 金属・合金の耐蝕特性の分類

表 10.2　金属・合金の耐食特性

金属・合金	濃硝酸 濃硫酸	塩　酸 希硫酸	酸性溶液 (pH3～5)	中性溶液 淡　水*1	海　水	アルカリ 性溶液
亜　鉛	腐　食	腐　食	腐　食	保護皮膜	保護皮膜	腐　食*3
銅	腐　食	安　定*2	保護皮膜	保護皮膜	保護皮膜	保護皮膜
アルミニウム	不動態	腐　食	腐　食	不動態	不動態(孔食)	腐　食*4
ステンレス鋼	不動態	腐　食	不動態	不動態	不動態(孔食)	不動態
クロム	不動態	腐　食	不動態	不動態	不動態	不動態
チタン	不動態	腐　食	不動態	不動態	不動態	不動態
炭素鋼	不動態	腐　食	腐　食	腐　食	腐　食	不動態

＊1　塩化物イオンはごく低い環境
＊2　溶存酸素があれば腐食
＊3　pH 約 13 以上で腐食
＊4　pH 約 8.5 以上で腐食

不動態皮膜

【この表で色々分かる！】
- 生成する皮膜による分類
- 孔食による局部腐食
- 腐食環境による違い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.255)

e) 種々の湿食

1) 均一腐食（全面腐食）

例） 酸に溶かされる. 炭素鋼が大気中で腐食する.

2) 異種金属接触腐食

例) ステンレス鋼+炭素鋼（腐食電池, 図10.1）

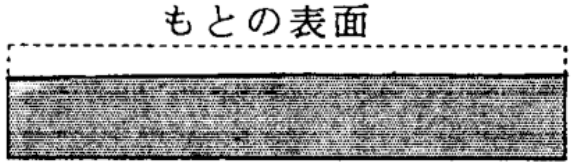
腐食電位列の（卑）側の金属が腐食

一極に対する+極の面積比が大きいと促進

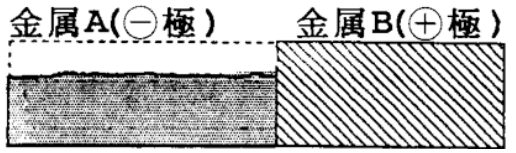
3) 材料の不均一による腐食

選択的な腐食である.

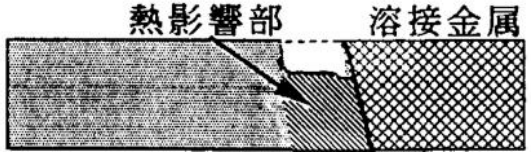
例) 溶接部.



a) 均一腐食
対象：金属全般



b) 異種金属接触腐食
対象：金属全般。亜鉛、アルミニウム（合金）、炭素鋼に多い。



c) 材質不均一による腐食①
対象：炭素鋼など。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.255)

2) 異種金属接触腐食

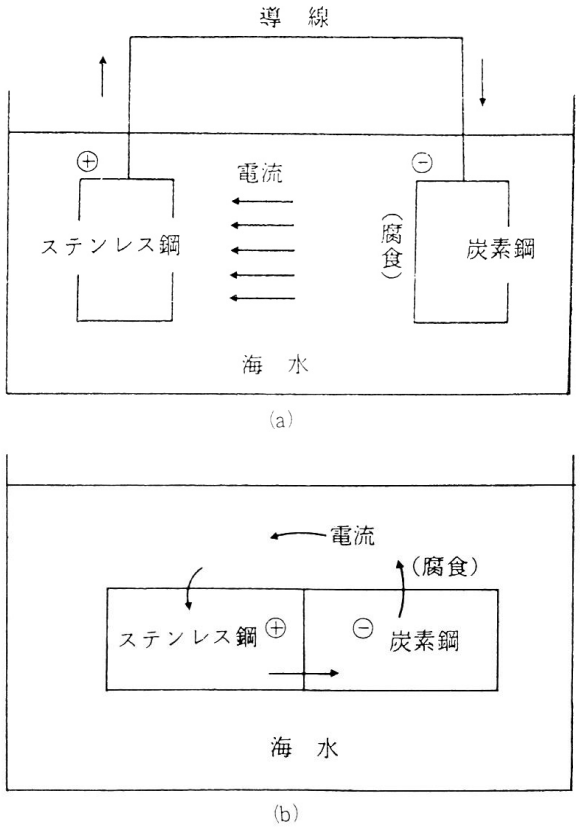


図10.1 ステンレス鋼と炭素鋼で形成する腐食電池

貴側は守られる

（貴）SUS 316（不動態）
SUS 304（不動態）
チタン
モネル（70%Ni－30%Cu）
Alloy 600（76%Ni－16%Cr－7%Fe）
ニッケル（不動態）
銅
アルミニウム青銅
黄銅
ニッケル（活性態）
鉛
SUS 316（活性態）
SUS 304（活性態）
SUS 410（活性態）
鋳鉄
炭素鋼
アルミニウム・アルミニウム合金
亜鉛
（卑）マグネシウム・マグネシウム合金

卑側が腐食

一極に対して+極の
面積比が大きいと促進！

大気中，淡水では
腐食が生じる範囲が狭い！

表10.3 流動海水中における金属・合金の腐食電位列

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

10.2.1 湿食 (P.256)

e）種々の湿食

4）通気差腐食

炭素鋼が溶存酸素により腐食するとき，付着物が存在するなどして溶存酸素の供給が悪い部分があるとき，マクロ電池が形成され腐食．孔状に浸食

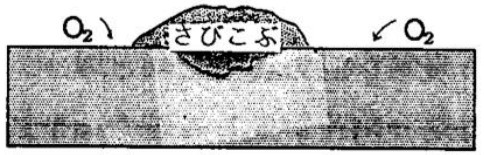
通気性の異なる2つの土壌にまたがる配管→
低抵抗の部分が選択的に腐食→孔食へ

5）孔食

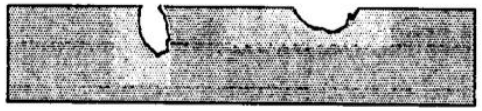
局部的に生じる孔状の浸食．塩化物環境にあるスレンレス鋼で顕著．
不動態皮膜が Cl^- により局部的に破壊されるのが原因．
通気差腐食の要因多い．

6）すき間腐食

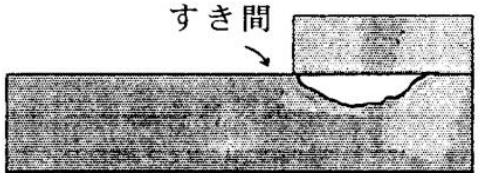
不動態皮膜の接触面における破壊でマクロ腐食電池の形成．
接触部がすき間状に腐食．



d）通期差腐食
対象：炭素鋼、銅（合金）。



e）孔食
対象：金属全般。



f）すき間腐食
対象：主にステンレス鋼、
アルミニウム（合金）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.256)

e) 種々の湿食

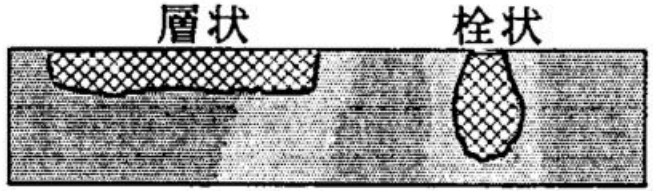
7) 粒界腐食

溶接などによる熱の影響で鋼中のクロムと炭素の結合による
クロム濃度の低下で不動態皮膜が形成できなくなる（鋭敏化）.
鋭敏化によるマクロ電池の形成

g) 粒界腐食
対象：主にステンレス鋼、
高ニッケル合金。
（黄銅、アルミニウム）

8) 脱成分腐食

- 脱亜鉛腐食:
  黄銅から亜鉛だけが選択的に失われる腐食.
  亜鉛の腐食生成物が残るので減肉しないが強度や伸びが低下.
- ねずみ鋳鉄の黒鉛化腐食:
  鉄分が腐食し、腐食生成物が黒鉛のネットワークを埋める。
  腐食したようには見えないが、衝撃を受けると破損する



h) 脱亜鉛腐食
対象：黄銅。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.257)

e) 種々の湿食

9) 応力腐食割れ

引張応力下にある金属が腐食により割れる現象.
腐食環境:金属により生じる環境が限定される.

種類	起こる環境
黄銅	アンモニア
オーステナイト系ステンレス鋼	高温塩化物(高温海水)
炭素鋼	高温硝酸塩

フェライト系ステンレス鋼では起こりにくい

i) 応力腐食割れ
対象:金属全般。

10) 腐食疲労

繰り返し応力下での腐食による割れ.
腐食環境:腐食性があれば環境は限定されない.

j) 腐食疲労
対象:金属全般。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）

高温のガス中で金属が環境と反応して起こる，マクロ腐食電池は形成されない．

乾食機構	対象金属	環境	対性金属
1）酸化	Cr, Ni, Al, 炭素鋼	高温の空気（酸素），水蒸気，二酸化炭素	酸化物皮膜で保護性あり
2）ハロゲンガス腐食	Cr, 炭素鋼, ステンレス鋼	高温の塩素ガスや塩化水素ガス．耐用温度200℃（炭素鋼）	
3）硫化	Ni, 炭素鋼	硫化水素やこれを含む高温ガス硫化	アルミニウム，クロム
4）水素浸食	鋼	水素が炭化物（セメンタイト）と反応し，メタンガス発生：脱炭脆化．使用できる温度の限界を示した図：ネルソン線図	クロム―モリブデン系の低，中合金鋼
5）浸炭,脱炭	炭素鋼, ステンレス鋼	高温の CO-CO2, CH4-H2 などのガス環境	
6）窒化	炭素鋼	高温の窒化ガスにより窒化物生成．脆化．	オーステナイト系ステンレス，Niが多いほど良好，SUS304
7）（1）バナジウム腐食	炭素鋼, ステンレス鋼	バナジウムの多い燃料の使用により発生する燃焼ガス	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）（P.258）

（b）高温ガスによる腐食・劣化

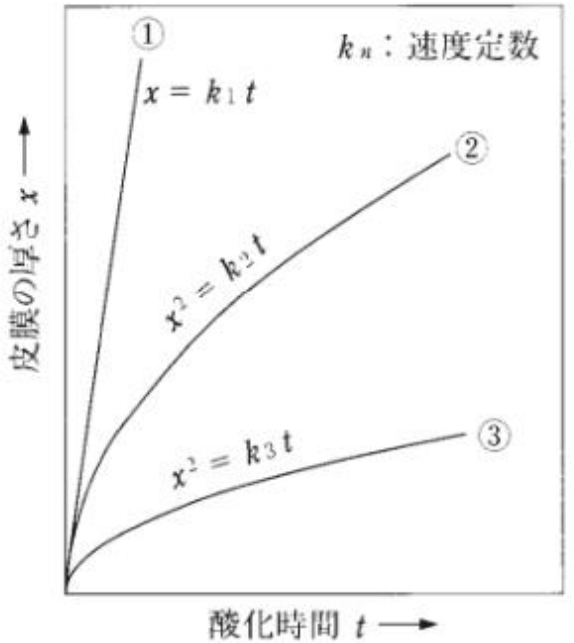
1）酸化

Cr, Ni, Al, 炭素鋼

酸化皮膜の比容積

小（Ca, Mg） ＝ 保護性小 ＝直線則

大（Cr,Ni,Al） ＝ 保護性大 ＝放物線則



①直線則に従う場合
②放物線則に従う場合(1)
③放物線則に従う場合(2)
耐酸化性は、(2)>(1)

図 10.9 高温酸化における酸化時間と皮膜の厚さの関係

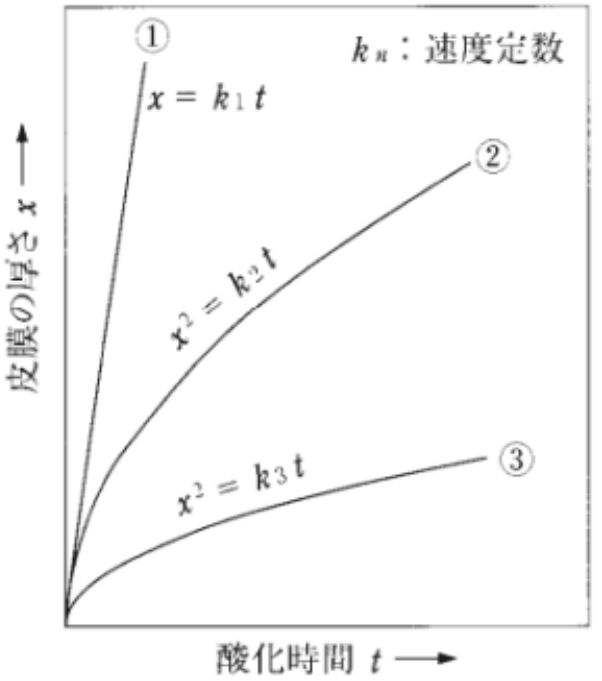
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）（P.259）

1）酸化：酸化時間と皮膜の関係

- 皮膜の比容積が小さい　＝　保護性小　皮膜が破れる
  - 直線則（酸化が進む）
  - カルシウム，マグネシウム
- 比容積が大きい＝保護性あり　皮膜で保護
  - クロム，ニッケル，アルミニウム，コバルト
  - 放物線則
  - 耐酸化性がある
- 炭素鋼の耐酸化性はクロム，アルミニウム，ケイ素等を加えると向上．



①直線則に従う場合
②放物線則に従う場合(1)
③放物線則に従う場合(2)
耐酸化性は、(2)>(1)

図 10.9　高温酸化における酸化時間と皮膜の厚さの関係

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食） （P.259）

金属酸化物の融点以上の温度で酸化物が昇華＝激しい腐食

2）ハロゲンガス腐食

- ハロゲンガス（塩素ガス，塩化水素ガス等）
- 高温で強い腐食性を示す
- 融点以上の温度→昇華→表面が無防備→激しく腐食
- 耐用温度　：200℃（塩素ガス中の炭素鋼）
  300℃（塩素ガス中のSUS304）
- ニッケル基合金でも数年の耐用期間

3）硫化

- 炭素鋼，ニッケルは硫化水素を含む高温ガスによって硫化物を生成して腐食する．
- 例）硫黄分の多い原油の精製プラント：250 ℃で2mm/year

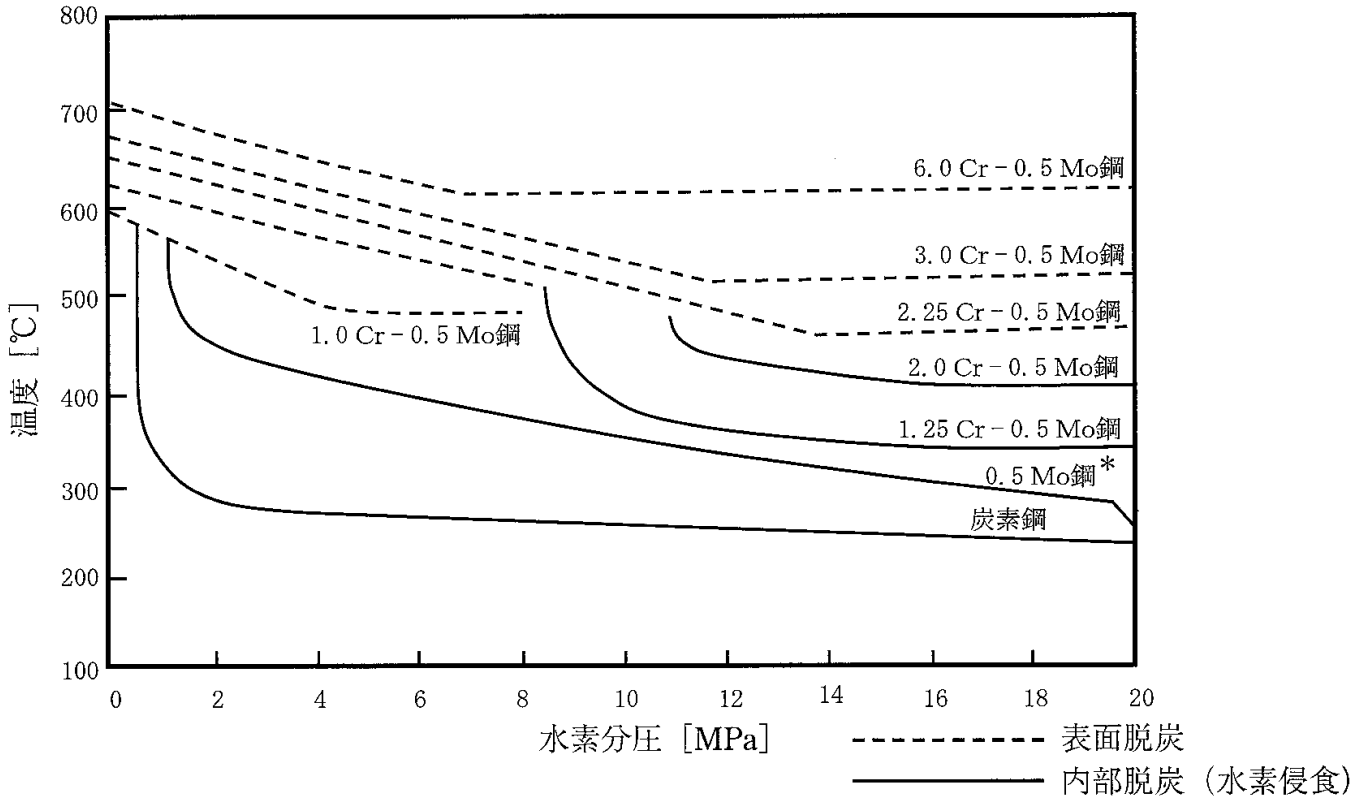
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）（P.259）

4）水素浸食　ネルソン線図

水素分圧と温度について
使用限界を定めた図



＊　0.5Mo鋼のラインについては組織炭化物の状態によっては使用不可
（炭素鋼のラインを使用）

図 10.10　水素侵食による使用限界（ネルソン線図）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食） （P.260）

4）水素浸食

$Fe_3C + 4H \rightarrow 3Fe + CH_4$

炭化物（セメンタイト）　水素　鉄

水素が鋼中に侵入

↓

メタンガス発生

↓

圧力上昇

↓

微小き裂発生

ネルソン線図

- Cr、Mo 、Nb 、Ti 、V などを添加すると
  より安定な炭化物を作るため、
  耐水素侵食性は向上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）（P.260）

6）窒化

- 高温の窒素ガスに接する金属に窒素が侵入し窒化物を生成する結果，金属が脆くなる現象．
- オーステナイト系ステンレス鋼は耐窒化性に優れる．Niが多いほど良好．

7）（1）バナジウム腐食

- バナジウムの多い燃料の使用により発生する燃焼ガスにより発生するバナジウム系の化合物が酸化物の皮膜に付着し，融点以上で皮膜を離脱し腐食が激しくなる．
- 対策として燃料にMgO,CaOを加え化合物の融点を上げる方法がある．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.3 腐食対策 （P.261）

- 防食の基本は，腐食が起こりにくい構造設計
- すきま，凹みをさける．
- 液の滞留や沈殿物の堆積を生じさせない．
- 局部的な温度差，濃度差，流速差を生じないように．
- 局部的な材質の変化を少なく．

c）防食法

1）有機皮膜	有機材料による防食．塗料，プラスチックなどのライニング
2）金属皮膜	めっき．炭素鋼の亜鉛めっき．亜鉛が腐食して炭素鋼は防食．
3）環境処理	有害物質の除去．防食効果のある薬剤添加．
4）電気防食	カソード防食法（圧倒的に多い．環境から電気を流す） アノード防食法
5）耐食金属の利用	より耐食性のある金属を使う

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.3 摩耗とエロージョン

（P.265）

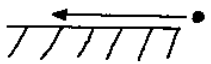
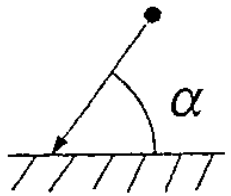
摩耗：

固体どうしの摩擦により生じる

エロージョン：

固体に流体が衝突することにより生じる

表10.5　摩耗とエロージョンの相違点

摩耗	エロージョン
固体－固体間	固体－流体間
摩　擦	衝　突
$\alpha=0^\circ$ 	$0^\circ < \alpha \leqq 90^\circ$ 
荷重（力） すべり速度	運動エネルギー （質　量 衝突速度）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11 高圧設備

11.1 高圧設備の設計・制作・検査

（P.270）

設計 ⇒ 制作 ⇒ 検査

11.2 加工の方法

一次加工 ：鋳造，鍛造

二次加工 ：機械加工（切削，研磨），
塑性加工（曲げ，プレス），
溶接

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.271）

a）溶接の種類

圧接　：
加熱し圧力を加えて接合

ろう接：
母材より低い融点をもつろう材を
溶融させて接合.
アルミニウム合金の熱交換器

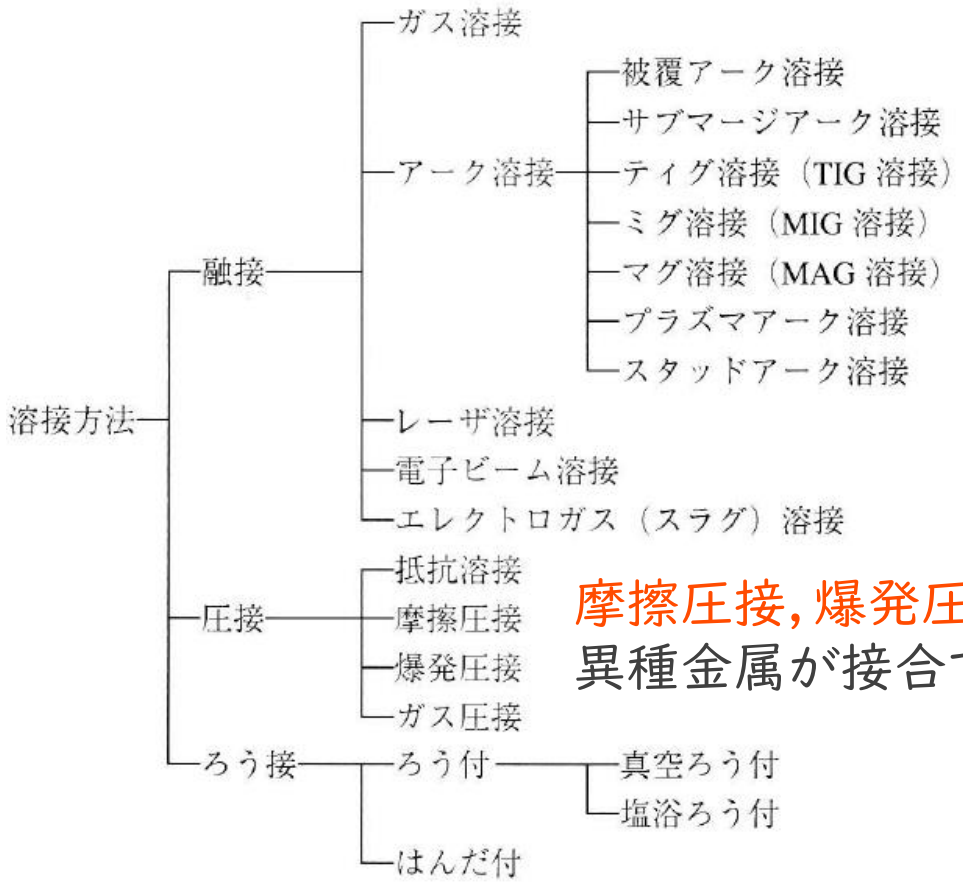


図11.1　主な溶接方法の種類

摩擦圧接，爆発圧接：
異種金属が接合できる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.271）

溶接接合部の機械的性質

熱の影響により機械的性質（硬さ，強度等）が変化する

変化を少なくして，飛躍的に発展

注） 機械的性質が急激に変化する部分では応力集中が生じる．

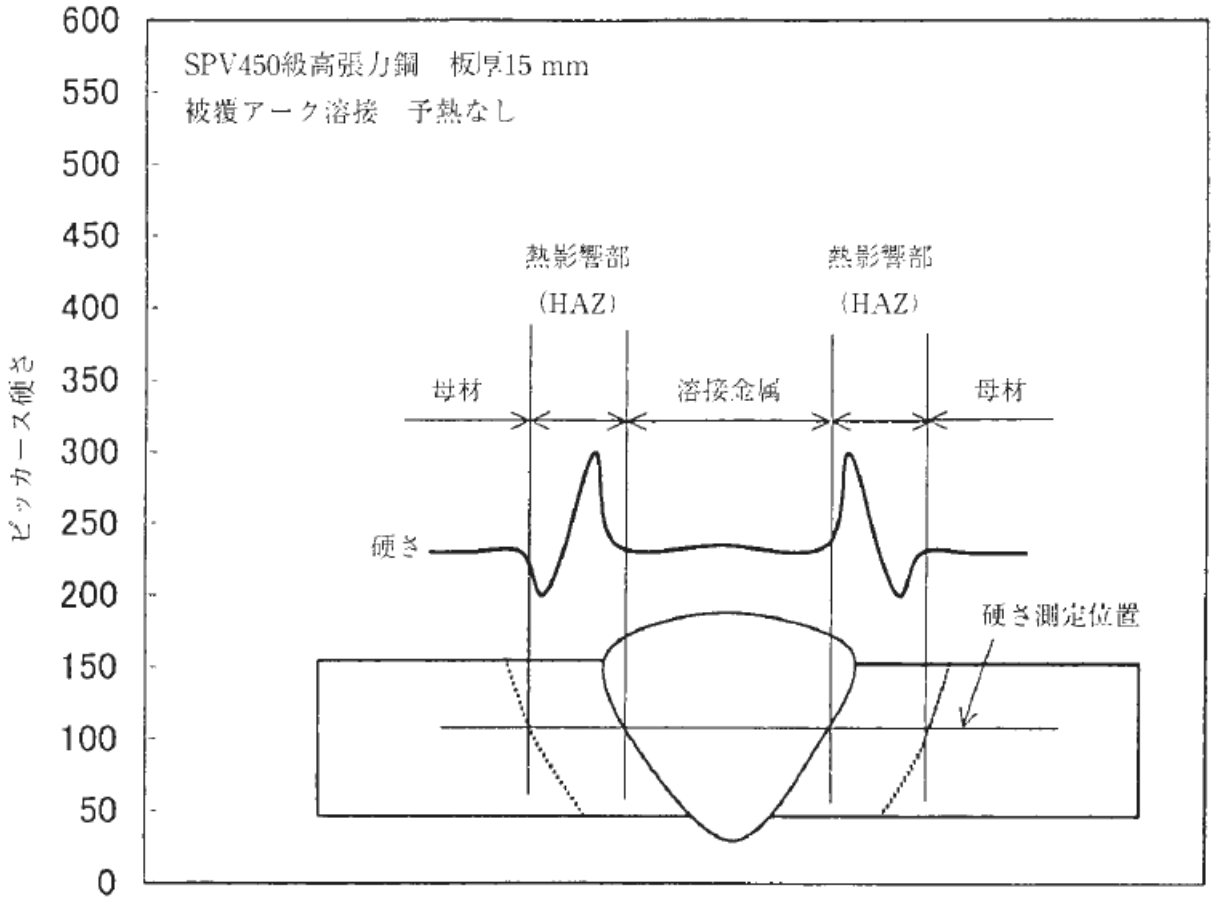


図11.2 溶接部横断面および熱影響部の硬化例（模式図）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.272）

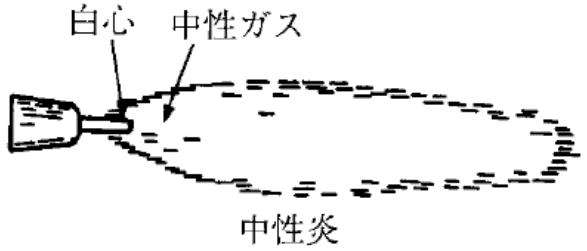
1）ガス溶接

可燃性ガスの燃焼を利用して溶接を行う.
（酸素アセチレン溶接）

火炎低温（3000°C程度）:
アーク溶接に比べ格段に低温

⬇

熱影響部が広範囲.（広範囲の領域がダメージを受ける）
熱効率が悪い.



（酸素とアセチレンガス、約１：１）

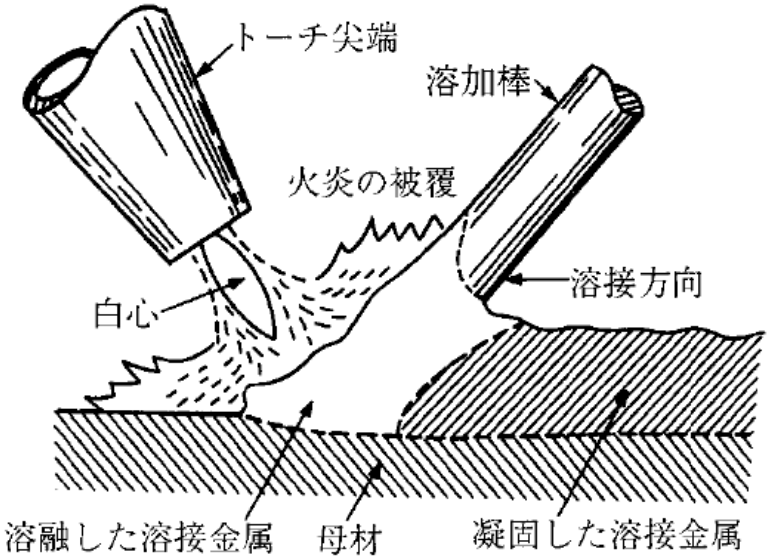


図 10.3　酸素アセチレン溶接の状態

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.272）

2）アーク溶接

- アーク放電、または、電弧放電（でんこほうでん）
  電極に電位差が生じることにより、電極間にある気体に持続的に発生する放電（絶縁破壊）の一種。

- アーク溶接：アーク放電を利用した溶接
  （1）被覆アーク溶接
  （2）ティグ溶接
  （3）サブマージアーク溶接
  （4）ガスシールド消耗電極式アーク溶接
  （ミグ溶接，マグ溶接）
  （5）プラズマアーク溶接

アーク火炎温度：
非常な高温（5000～50000℃）

↓

大気中の酸素や窒素により
溶接金属が酸化，窒化する悪影響

↓

解決策：
大気からのアークの遮断，電極の工夫

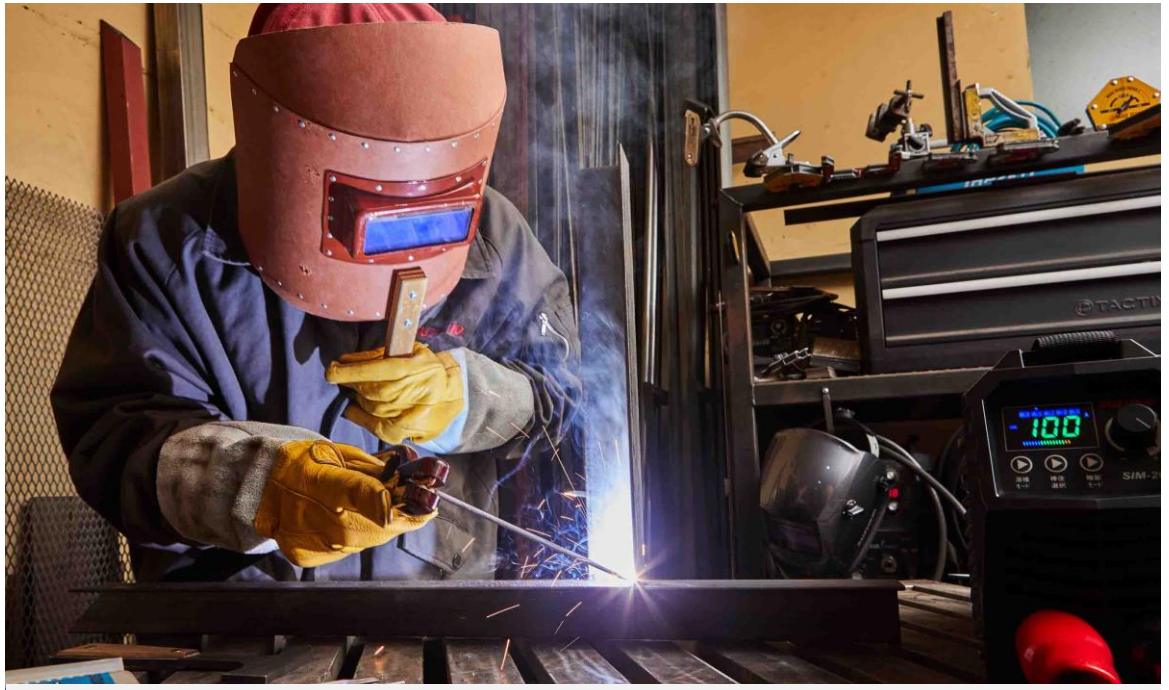
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 (P.270)

(1) 被覆アーク溶接

- 被覆アーク溶接棒と被覆部との間にアークを発生させて溶接を行う.
- 最も広範囲に使用されている手動のアーク溶接.
- 主に, 鉄鋼, ステンレス鋼に用いる.



提供:スター電器製造㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 (P.270)

電源：垂下特性電源（電圧が高くなると電流が減少）.
一般に交流だが、定電流特性電源の直流が普及してきた。

被覆材（フラックス）
- ガス発生剤　：ガスで空気の侵入を阻止
- アーク安定剤　：アークの再点弧，安定性の維持
- 脱酸材　：酸素のスラグとしての除去
- 合金材　：溶接金属の成分微調整

提供：スター電器製造㈱

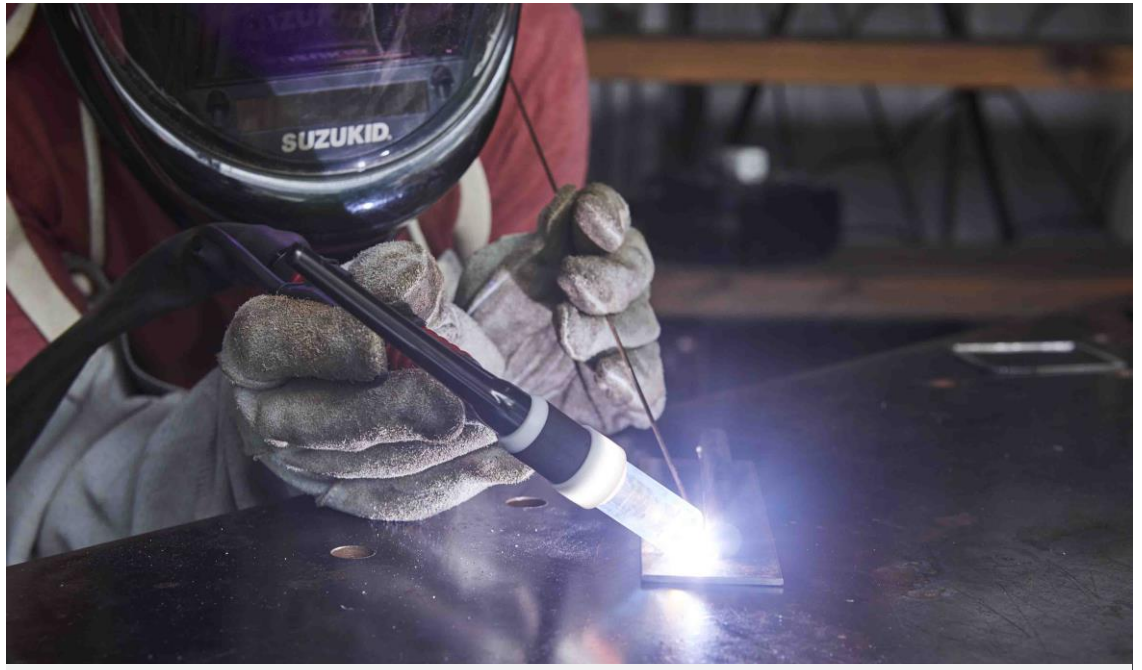
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 (P.271)

(2) ティグ (TIG) 溶接

- 不活性ガスのシールドガスで覆いながらタングステン電極と被溶接部との間にアークを発生させ，ほぼ母材と同成分の溶加棒を溶かしながら溶接．
- 通常手動で行う．
- 多くの金属に対応．
- タングステン電極はほとんど消耗しない．



提供：スター電器製造㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.271）

(2) ティグ（TIG）溶接

- 高電圧発生装置が必要：
  電極を母材に接触させることなくアークをスタートさせるため．
  （理由：タングステン電極を母材にタッチさせアークをスタートすると電極先端形状が損なわれたり，タングステンが溶接部に巻き込まれる．）
- アルミニウムやその合金は酸化膜が溶接を阻害．
  交流電圧を使うと陰極点の熱により酸化皮膜を破壊し，
  清浄な面となり溶接可能．（これをクリーニング作用という）

提供：スター電器製造㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 (P.272)

(3) サブマージアーク溶接

- あらかじめ散布された粒状のフラックス中にワイヤ(電極)送信給しワイヤ先端と母材との間にアークを発生させ溶接を行う.
- フラックスは(1)被覆アーク溶接と同じ役割+過剰なフラックス,スパッタ,アーク光が外部に漏れるのを防ぐ.
- 自動で行われる.

提供:㈱ダイヘン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 (P.274)

(4) ガスシールド消耗電極式 アーク溶接(ミグ溶接, マグ溶接)

- 自動的に供給されたワイヤの先端と母材の間にアークを発生させ, アークおよび溶接金属をシールドガスで覆い大気から保護して溶接を行う.
- ガスの種類でミグとマグが異なる
- ガスの種類、溶接電流の大きさがアーク安定性、溶融金属の移行形態、溶込み形状、スパッタの発生量、溶接部外観に影響 ⇒ 適正な選択が必要.

	シールドガス	ガスの種類
ミグ溶接	不活性ガス※	アルゴン等
マグ溶接	酸化性ガス	炭酸ガス, 炭酸ガスとアルゴンガスとの混合

アルミニウムに適用

※酸素を2%混合する場合もある

提供:㈱ダイヘン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.275）

(5) プラズマアーク溶接，キーホール溶接

- ティグ溶接と基本原理は同じ
- 冷却によるアーク中心の高温化
  （熱的ピンチ効果）により高温（2～5万℃）
- 高温のアークにより裏側まで貫通させて穴
  が開いた状態で
  溶接する場合は
  キーホール溶接
  とも呼ばれる．

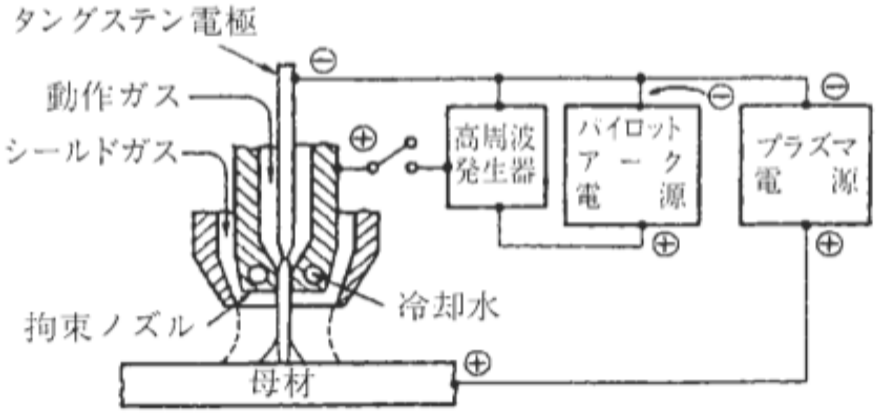


図11.7　プラズマアーク溶接

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.275）

b）溶接施工技術

2）溶接加工管理

溶接前 ：溶接材料の乾燥，母材の確認，開先形状の確認

溶接中 ：余熱およびパス間温度，電流，電圧，溶接速度の確認

溶接後 ：応力除去（焼きなまし）が必要な場合は温度と保持時間の確認

残留応力：溶接後に溶接部周りに生じる応力

溶接線上：引張残留応力→
破壊靭性値の低下，応力腐食割れ

38mmを
超える厚板 ➡ 応力除去
焼きなましが必要

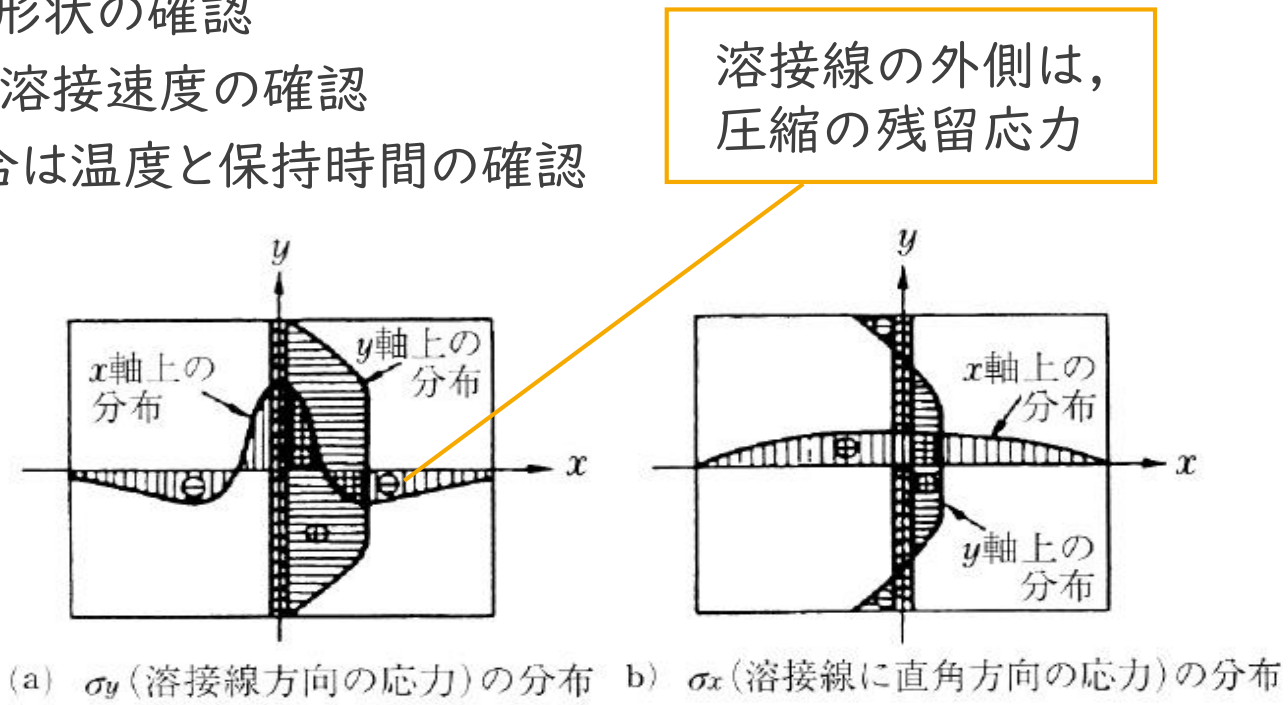


図11.8 突合せ継手の溶接残留応力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.276）

b）溶接施工技術

3）溶接部の検査

1. 外観検査，目違いなどの寸法測定

2. 遅れ割れなどの発生時間を考慮して所定時間経過後，
浸透探傷試験，磁気探傷試験（磁粉探傷試験），放射線透過試験，超音波試験などの
非破壊検査

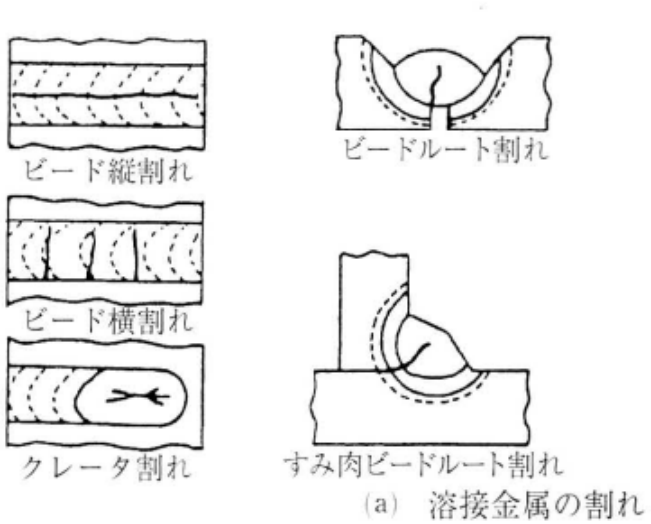
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

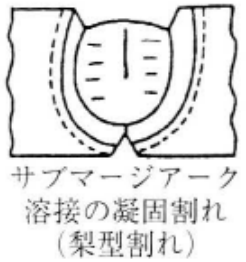
11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.276）

b）溶接施工技術

4）溶接部の欠陥・変形の防止および補修





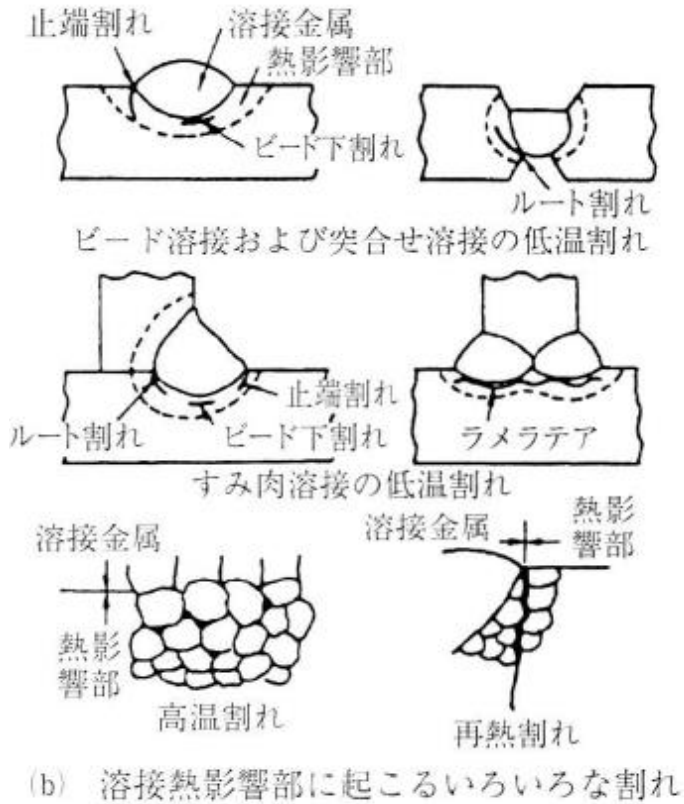


図11.9 溶接部の割れ

特にA6061 アルミニウム合金では
クレータ部（溶接の最期に凝固する）に生じやすい．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.277）

低温割れ高温割れ

低温割れ：200～300°C以下で発生する割れ．溶接直後に発生する場合と発生直後，
しばらく時間が経過した後に発生（検知には通常24～48時間の経過が必要）

［対象］高張力鋼，低合金鋼などで起こりやすい

［原因］硬化組織，溶接金属中の拡散性水素および溶接残留応力に起因

溶接硬化部に拡散性水素拡散 ⇒ 凝集して高圧 ⇒ 応力＋溶接残留応力 ⇒ 割れ

［防止］

低炭素当量の材料選定	：硬化を防ぐ
低水素系の溶接棒の使用	：拡散性水素の低減
予熱，後熱の実施	：拡散性水素の放出
拘束を小さくする	：応力を低減する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.277）

高温割れ：溶接中および冷却中の高温域で発生.
溶接直後に発生.

［対象］オーステナイト系ステンレス鋼，アルミニウム合金の溶接部で起こりやすい.
特にA6061 アルミニウム合金ではクレータ部（溶接の最期に凝固する）に生じやすい.

［原因］溶接金属中の低融点化学成分が原因.

［防止］一般的対策として鋼材中の不純物の減少

結晶粒界液化割れ

- アルミニウム（A6061合金で起こりやすい）
- 熱影響部にも生じる
- 母材の結晶粒界＝低融点成分が多い→溶接の熱で融解＝凝固するときに生じる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

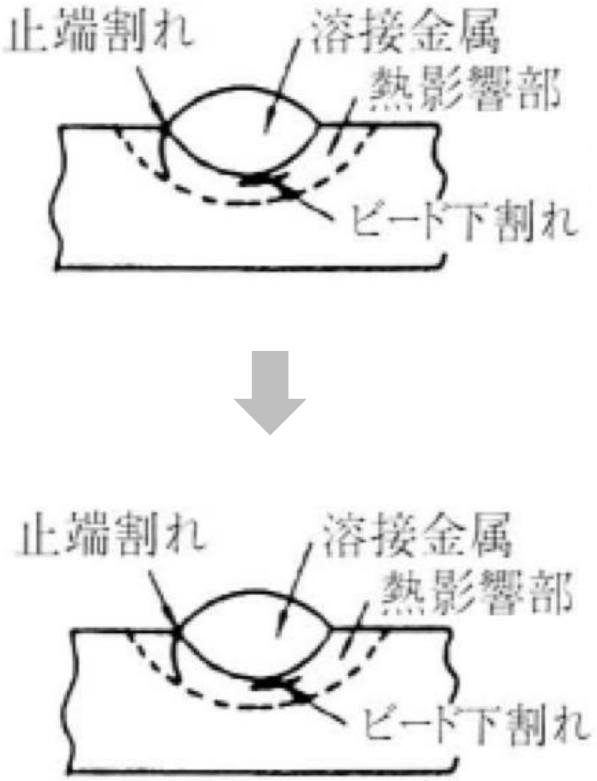
11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.278）

繰り返し応力による割れ

疲労割れ

- 適　応　：　設備使用中に生じる
- 原　因　：　繰り返し応力により生じる
- 場　所　：　溶接ビートと母材との境界部（止端部）などの応力集中箇所が起点となり発生
- 防止策：　溶接完了後にビードの整形により止端部をなめからにする.
  場合によっては母材面まで溶接ビードを切削.



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 (P.278)

応力腐食割れ（溶接後の運用時に起こる）

- 対象　：　オーステナイト系ステンレス鋼
- 適応　：　腐食環境下で応力が働く場合
- 概説　：　鋭敏化で耐食性劣化→結晶粒界→き裂進展
- 防止策　：　固溶化熱処理（鋭敏化組織を回復）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.279)

塔　　：内部にトレイや充てん物をもつ縦型円筒形のもの

槽　　：内部にトレイや充てん物を持たない，
　　縦型および横型円筒形のもの

提供：太陽石油㈱

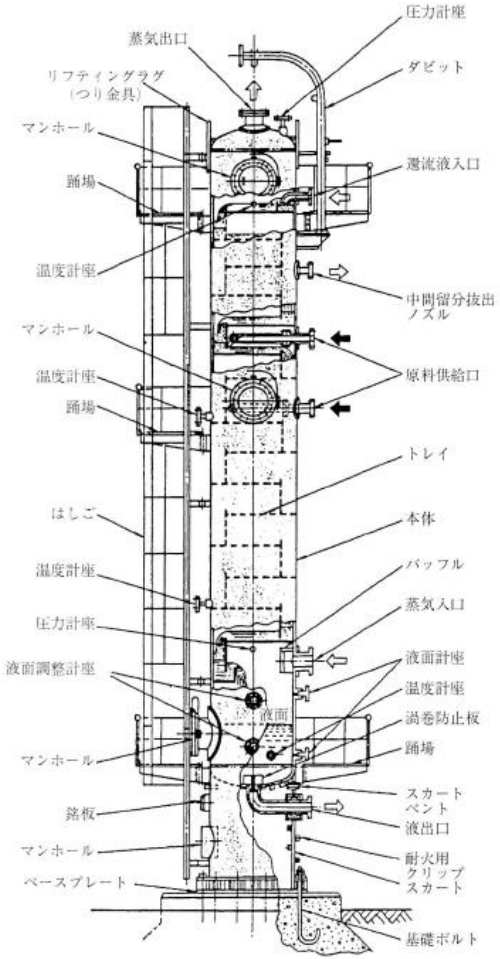


図11.11　棚段塔の構造（化学装置研究会：「絵とき　化学装置・機器の実務知識」p.74、オーム社（1997））

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.279)

貯槽　：原料や製品などを貯蔵する比較的大容量のもの

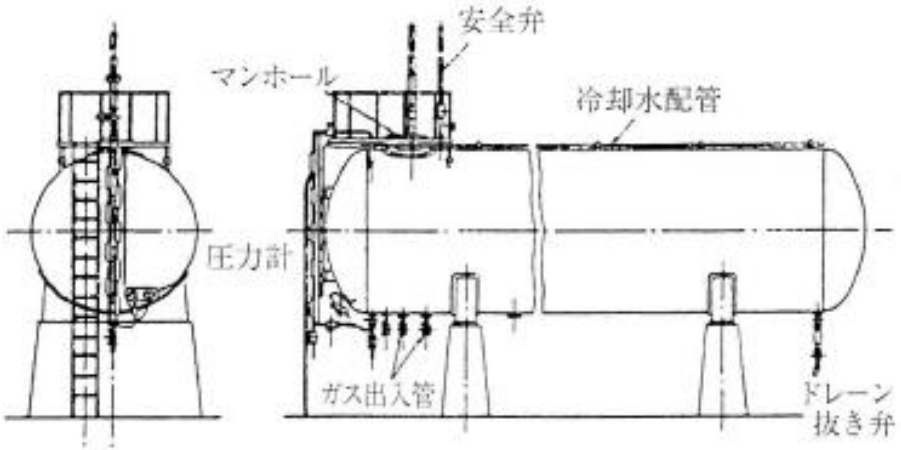


図11.16　横置型円筒形貯槽（化学工学協会：「プロセス機器構造設計シリーズ５貯槽」p.88、丸善（1973））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.279)

a) 塔

1) 塔の用途による分類

分類	原理	例, 用途
(1) 蒸留塔	多成分系の混合溶液を揮発性の違い(沸点の違いと考えてもよい。)を利用して分離する。	原油の蒸留 常圧, 減圧, 高圧蒸留
(2) 精留塔	蒸留と区別は無い. 通常沸点差の少ない場合に精留と呼ぶ	
(3) 吸収塔 ・再生塔	気体と吸収液を接触させ液に気体を溶解させる.	ガスの精製, 有用物質の回収, 有害物質の除去
(4) 抽出塔	一部の成分を抽出剤(液体, 固体)を用いて抽出分離する	蒸留や蒸発では分離困難な場合. 芳香族炭化水素
(5) 吸着塔	固体の接触界面に液体や気体中の特定の成分が選択的に濃縮される現象を用いている.	混合キシレンからパラキシレンを分離
(6) 反応塔	反応器ともよぶ. 反応を起こさせる.	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.280)

2) 塔の構造

- 棚段塔　：トレイ（棚段）がある
- 充てん塔　：充てん物（規則，不規則）を有する

トレイの種類

十字流接触型 ：
シーブトレイ，バブルキャップトレイ，
バルブトレイ

向流接触型　：
デュアルフロートレイ
（ダウンカマーのないシーブトレイ）

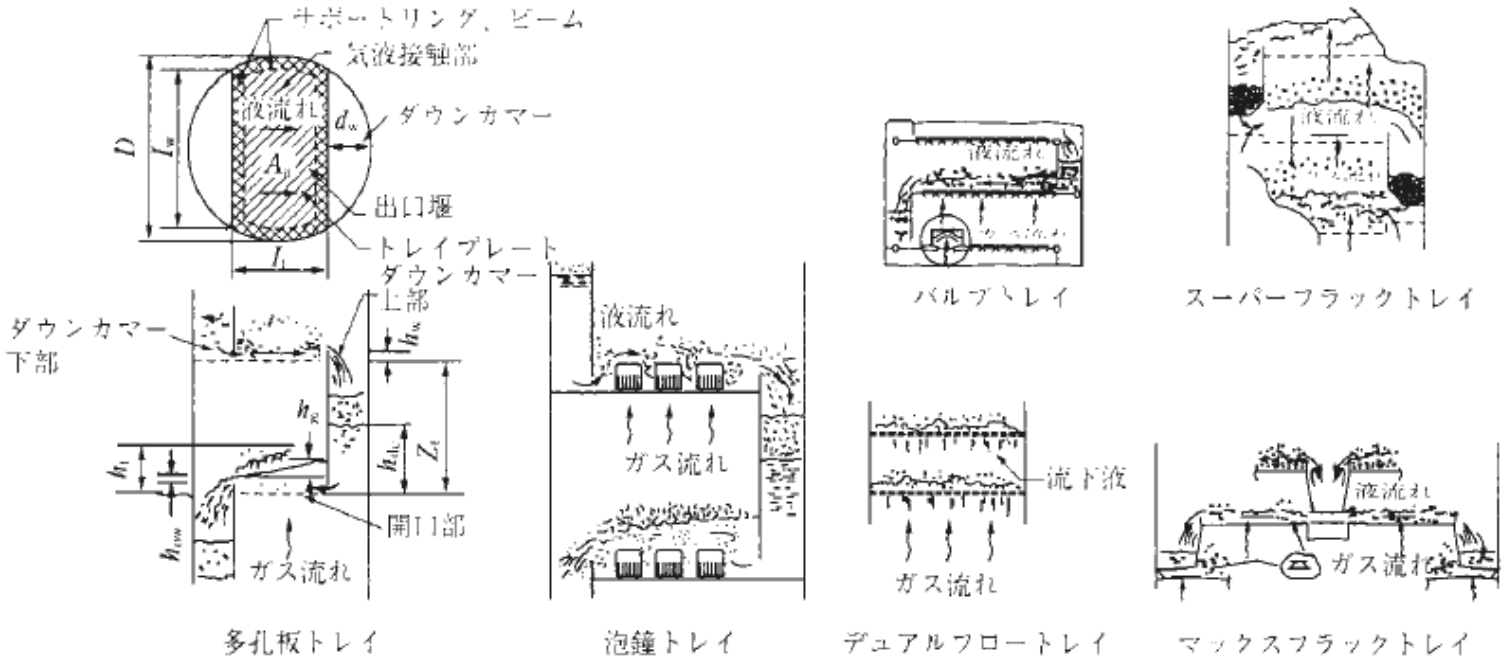


図11.12　トレイの種類（化学工学会：「化学工学便覧」p.564、丸善（1999））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.282)

c) 貯槽

（単殻式は常温用、二重殻式は低温用）　◯：最適　△：適　×：不適

貯槽形式					適用内容物					
形状形式	機能別	屋根	簡略図	使用圧力範囲	低圧ガス	高圧ガス	液化ガス	水・不揮発性	低揮発性	高揮発性
球形貯槽			（単殻式） （二重殻式）	低圧－高圧	◯ ×	◯ ×	◯ ◯	× ×	△ ×	◯ ×
円筒形貯槽	横置型縦型		（単殻式） （二重殻式）	低圧－高圧	◯ ×	◯ ×	◯ ◯	◯ ×	◯ ×	◯ ×
平底円筒形貯槽	固定屋根式貯槽	円錐型（コーン）		貯蔵液自重測圧	×	×	×	◯	△	×
		球面型（ドーム）	（単殻式） （二重殻式）	貯蔵液自重測圧	× ×	× ×	× ◯	◯ ×	◯ ×	× ×
	浮屋根式貯槽	シングルデッキ型		貯蔵液自重測圧	×	×	×	×	◯	◯
		ダブルデッキ型		貯蔵液自重測圧	×	×	×	×	◯	◯
	固定屋根付浮屋根式貯槽			貯蔵液自重測圧	×	×	×	×	◯	◯

表11.2 貯槽構造、形式による分類

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

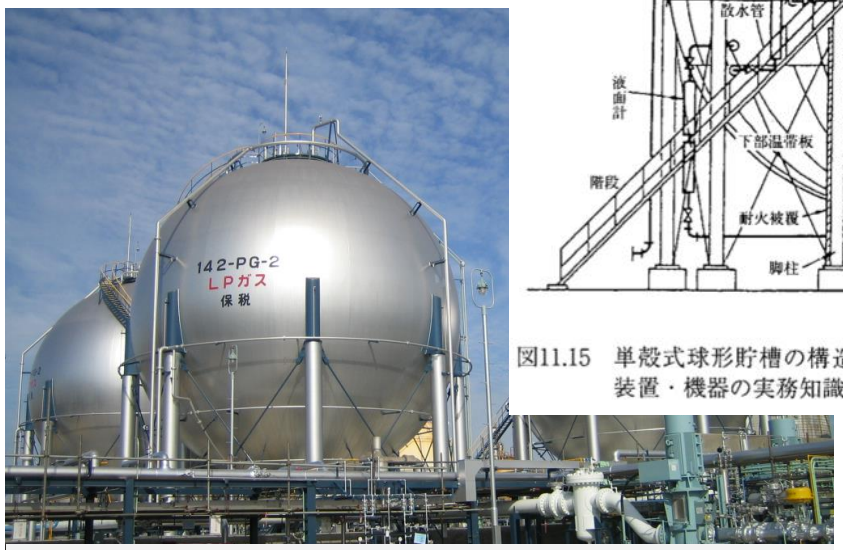
11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.282)

1）球形貯槽

単殻式

- 用途　：天然ガス，都市ガス等の圧縮ガス，液化ガスを常温高圧で大容量貯蔵
- 材料　：高張力鋼
- 構造　：赤道面に支柱を取り付け固定．支柱同士は斜材により連結し横からの強度を増加．
- 加工法：綱板を球面状にプレスし，溶接して球形にする．



提供：ENEOS㈱

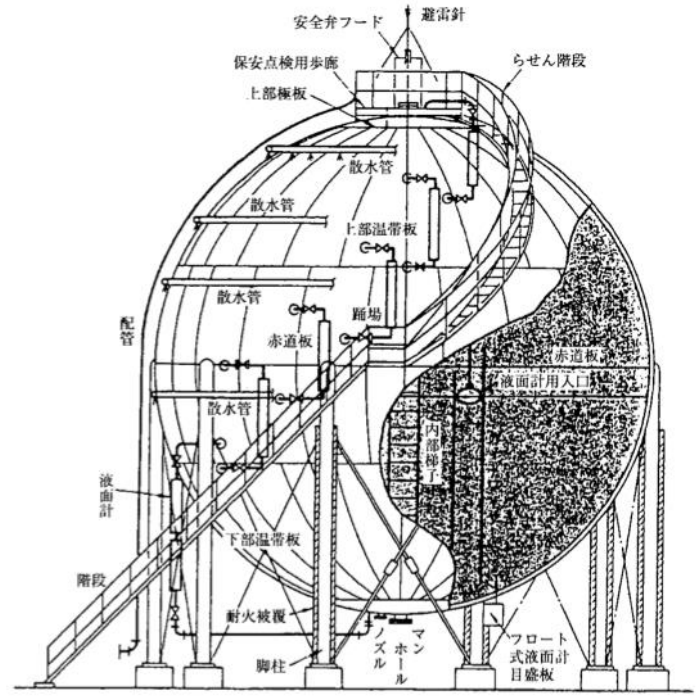


図11.15　単殻式球形貯槽の構造（化学装置研究会：「絵とき　化学装置・機器の実務知識」p.194、オーム社（1997））

Copyright © The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.2 反応器 (P.284)

a) バッチ式反応器

バッチ式反応器は、機能的に反応操作が連続式にできない場合や小容量を取り扱う装置に用いられる。この反応器には振動を与えたり、容器を回転、あるいは撹拌翼によって反応を促進させるものが多い。

b) 連続式反応器

連続式反応器には、触媒を使用する形式と触媒を使用しない形式がある。
触媒を使用する形式の反応器では、触媒が反応器内で移動せず固定されている固定床式と、触媒が流動する流動床式がある。また触媒を使用しない形式の反応器には、加熱炉管内で反応操作を行う管式反応器などがある。

1) 固定床式反応器, 2) 流動床式反応器, 3) 再生塔, 4) 管式反応器,

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.3 熱交換器 (P.285)

- プロセス流体の加熱または冷却といった操作を行うための手段
- 純粋に熱伝導による熱交換器：
  多管円筒形熱交換器、二重管式熱交換器、プレート式熱交換器、空冷式熱交換器、蒸発器...

熱交換器の使用目的

① 熱交換器 ：プラント内における熱エネルギーの有効利用を目的とし、
温度を上げたい流体と下げたい流体の間で熱交換を行う。
② 冷却器 ：流体を所定温度まで下げることを目的とする。
③ 凝縮器 ：気体流体を冷却し液体に凝縮する。
④ 再沸器 ：蒸留搭塔底液などを加熱し再沸させる。
⑤ 加熱器 ：流体の加熱を目的としたもの。
⑥ 深冷器 ：流体を常温以下まで冷却するもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.3 熱交換器 (P.286)

a) 多管円筒形熱交換器

熱交換器の構造として最も多く
用いられるものである。
基本構造としては互いに熱交換をする
2流体が管板に取り付けられた
多数の伝熱管内と胴側をそれぞれ流れ、
伝熱管を通して熱交換を行う。
多くのバリエーションがある.

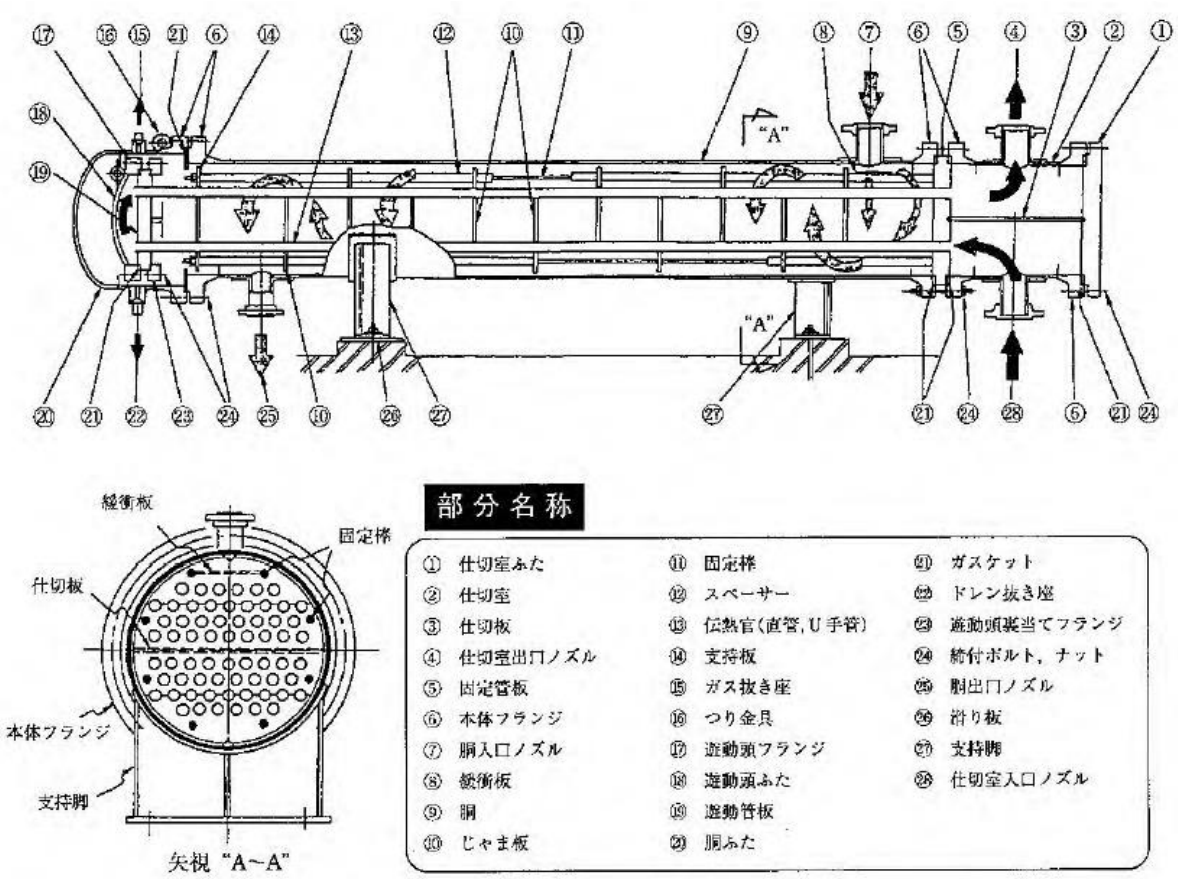


図11.22 遊動頭形熱交換器（化学装置研究会：「絵とき 化学装置・機器の実務知識」p2、オーム社（1997））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.3 熱交換器 （P.286）

b）二重管式熱交換器

比較的熱交換量の小さなものが要求される場合.

二重管とグランドから構成され、外管と内管をそれぞれ熱交換する2 流体が流れ、内管を通して熱交換を行う。清掃や点検が容易.

熱膨張や振動などに起因し外管側流体が漏えいする危険性があるため、外管側には一般に冷却水などの危険性のない流体を流す。

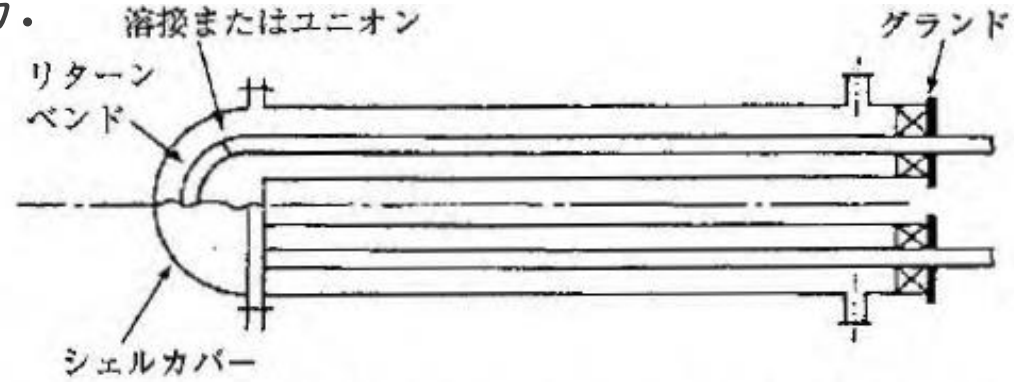


図11.23 Uチューブ式二重管（日本プラントメンテナンス協会：「入門・機械＆保全ブックス③熱交換器の本」p.10、日本プラントメンテナンス協会（1996））

Uチューブ式二重管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.3 熱交換器 (P.286)

c) プレート式熱交換器

プレス加工などの方法で波形模様を刻んだ多数のプレートをガスケットなどを介して重ね合わせ、間隔2-6mm の各プレート間を1 枚おきに高温流体と低温流体が流れ、プレートを介して熱交換をする構造となっている。

利点：①多管円筒形に比べて小型化が図れる、②分解・組立が容易であり清掃しやすい、
③プレートの追加などによる処理能力の融通性がある、④滞留液量が少ない

欠点：圧力損失が大きいということと、ガスケットを介している構造上、温度・圧力条件、流体性状に制限があるという欠点もある。

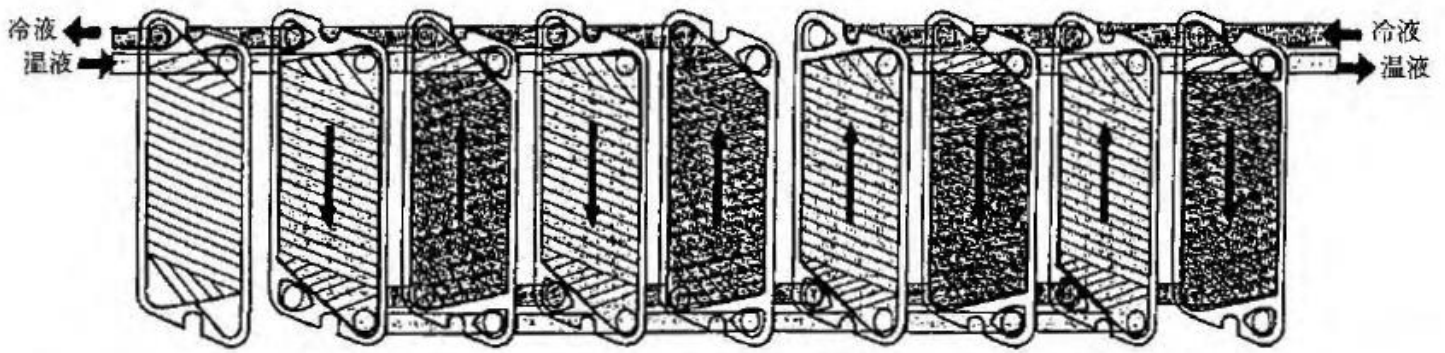


図11.26　プレート式熱交換器（化学装置研究会：「絵とき　化学装置・機器の実務知識」p.7、オーム社（1997））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.3 熱交換器 (P.286)

d) 空冷式熱交換器

冷媒側が外気（空気）であり、
圧力を保持する容器は高温側流体のためのものとなる。冷媒側に空気を使用するため、その熱伝導率・比熱の低さを補う目的で、通常は伝熱管外側（空気側）にフインを設けて伝熱面積を大きくしている。

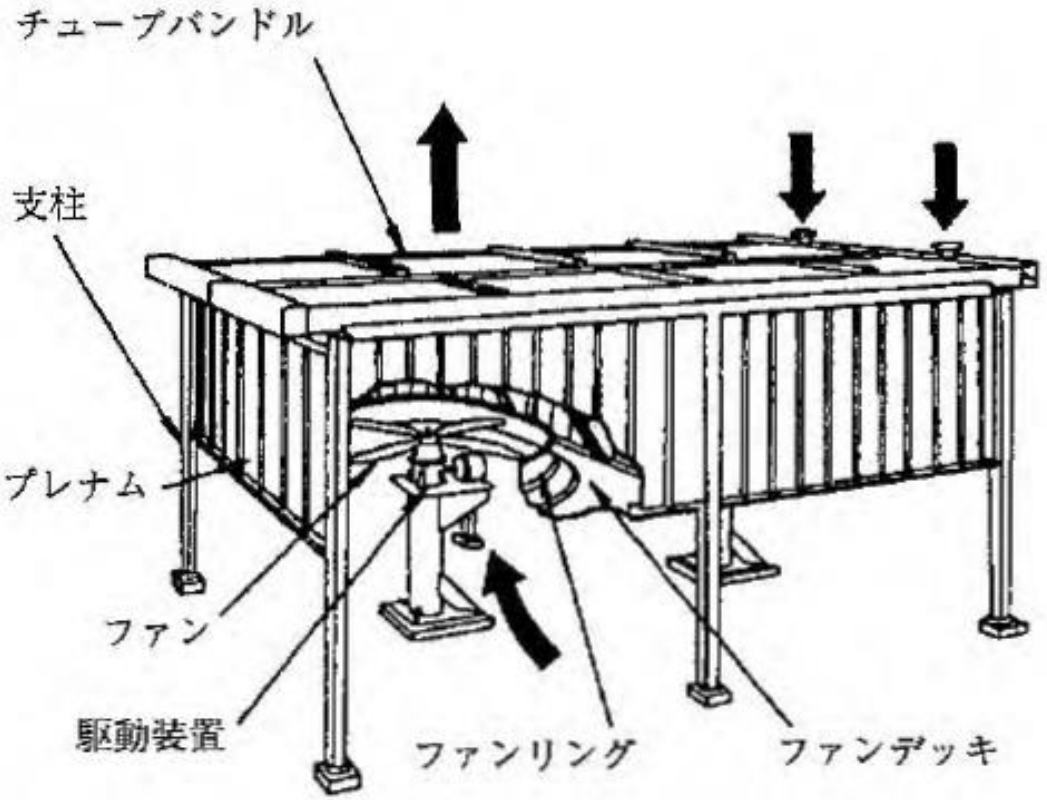


図11.27　押込通風型空冷式熱交換器
（化学装置研究会：「絵とき　化学装置・機器の実務知識」p.10、オーム社（1997））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.3 熱交換機 (P.289)

e) 蒸発器

蒸発器は、液化ガスを強制的に気化させガスとして消費する目的で使用される。
供給熱源により温水式、蒸気式、電熱式、空温式（利点：運転において熱源を必要としない）に分けられる。

種類	熱源	設置面積	初期コスト
温水式	水	小	小
空温式	空気	大	大

温水式

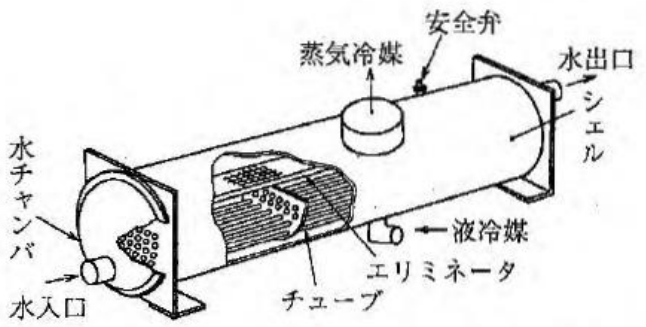


図11.29 満液式シェル・アンド・チューブ型蒸発器
（日本機械学会：「機械工学便覧」p.B8-18、丸善（1998））

空温式

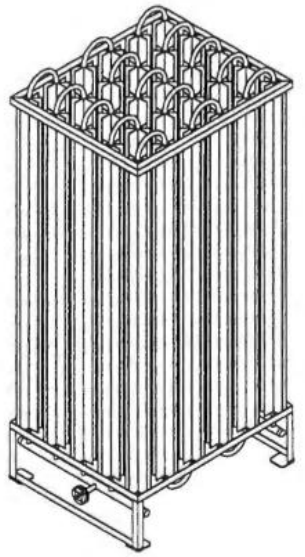


図11.30 空温式フィン・アンド・チューブ型蒸発器
（日本機械学会：「機械工学便覧」p.B8-18、丸善（1998））

提供：I・T・O㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.3 熱交換器（まとめ）

種類	特徴
a）多管円筒形熱交換器	多くのバリエーション. 最も一般的
b）二重管式熱交換器	熱容量が小さい. 外管と内管で熱交換
c）プレート式熱交換器	分解組立が容易. 温度,圧力,液体性状に条件あり.圧力損失が大きい.
d）空冷式熱交換器	冷媒側に空気を使う.
e）蒸発器	液化ガスを強制的に気化させガスとして消費する目的で使用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および付属品 （P.289）

- 高圧ガスを充てんするための入れ物であって、地盤面に対して移動すること
- 容器の軽量化・大型化、腐食対策のための非金属材料の採用が行われている。

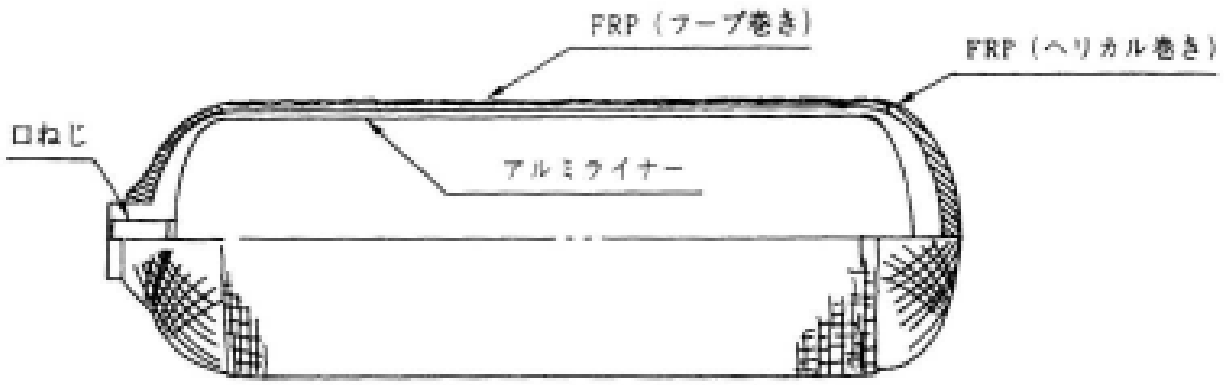


図11.34　繊維強化プラスチック複合容器の形状の例

（燃料電池自動車用複合容器）
提供：サムテック㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および附属品 (P.290)

a) 容器の分類と形状・構造

1) 製造方法・材料などによる分類

#	名称	作成法, 特徴	主な用途
(1)	継目なし容器 (シームレス容器)	マンネスマン式 (鍛造整形) エルハルト式 (押し出し)	圧縮ガス 中, 小型, 可搬
(2)	溶接容器	鋼板を冷間加工で整形+溶接接合. 高張力鋼により軽量化.	蒸気圧が比較的低い 常温液化ガス
(3)	超低温容器	溶接容器と同様の方法で製造される. 内層と外層からなる. 断熱材. 真空引き. 内装:オーステナイト系ステンレス	-50℃以下の液化ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および付属品 (P.290)

a) 容器の分類と形状・構造

1) 製造方法・

材料などによる分類

提供：高圧昭和ボンベ㈱

継目なし容器

提供：中国工業㈱

溶接容器

超低温容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および附属品 (P.291)

b) 輸送形態・荷姿などによる分類

1) 可搬容器

車両などに固定せずに積載し運搬されるもの.

可搬中容器：LPガス用50kg型容器（内容積118L）
圧縮酸素ガス容器（内容積47L）

可搬大容器：塩素1トン容器, LPガス500kg容器

カードル　：可搬中容器を数本から数十本単位で枠組

2) タンクローリ容器

3) バルク容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および附属品 (P.292)

c) 刻印・表示

1) 刻印：定められた刻印をしなければならない

2) 表示

(1) 容器外面の塗色（容器の表面積の1／2以上）

黒色	酸素ガス
赤色	水素ガス
緑色	液化炭酸ガス
白色	液化アンモニア
黄色	液化塩素
かっ色	アセチレンガス
ねずみ色	その他の種類の高圧ガス

(2) 容器の外面への明示

ガスの名称，性質（「燃」，「毒」），所有者の氏名など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.5 管・管継手 (P.292)

- 配管系を構成する管、管継手、バルブなど
  配管部品の種類、構造、特徴、用途について理解しておく必要がある。
- 配管系は運転状態において内圧、温度および重量、熱、振動、風、地震など
  配管におよぼす諸影響を考慮して十分な強度を有しなければならない。
  また、保守管理を考慮し、安全、かつ、容易に保守点検作業ができるような
  配管設備計画および配管設計を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.5 管・管継手 (P.295)

c) 配管設計上の注意

1) 重量に対する考慮

- 圧力、重量およびその他の負荷荷重により発生する長手方向応力が許容応力値に納まるよう適切なサポートを設けなければならない。
- 重量による荷重としては、輸送される流体、試験流体、雪および氷の荷重からなる変動荷重と配管部品、保温保冷材、計装品のような附属物など配管系にかかる永久荷重からなる静荷重を考慮しなければならない。

座屈の考慮も必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.5 管・管継手 (P.295)

2) コールドスプリング

- 配管組立時に故意に配管系に熱変位方向とは逆向きの変形を与えておき、最高運転温度における最大変位を軽減させる方法.
- 固定端や拘束部の反力やモーメントを変えるのに有効
- 配管系の熱変位合成応力は応力範囲で評価されるが、コールドスプリング施工時点で既に変位応力が発生していることに注意する。

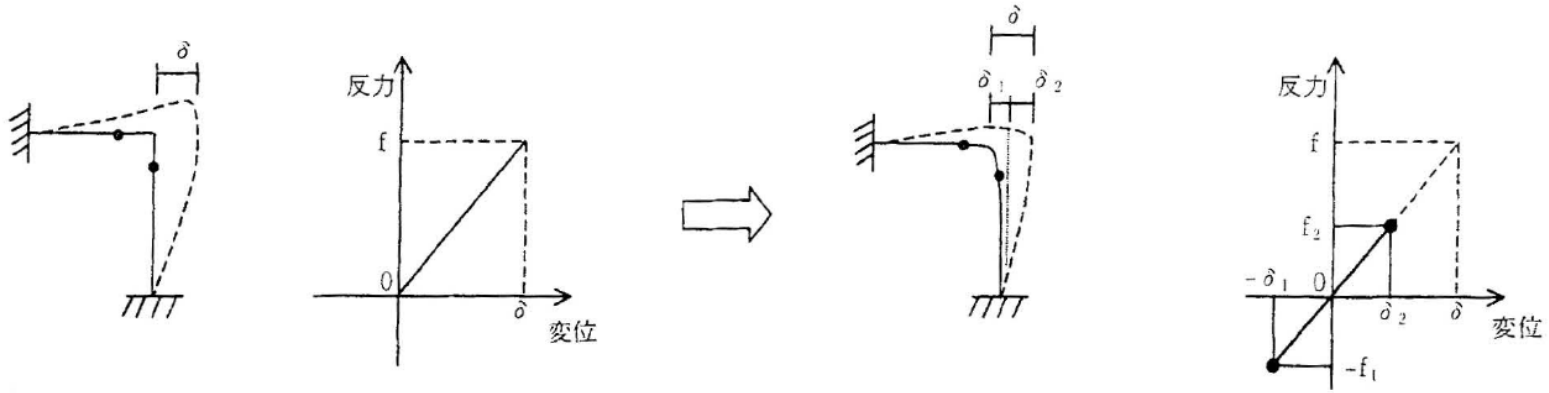


図11.39-(b) コールドスプリングの効果

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.5 管・管継手 (P.296)

3) 振動に対する考慮

- 配管系は往復圧縮機などの圧力脈動、機械振動との共振や衝撃などに起因する振動などの悪影響を受けないように配管ルートの設定やサポートの配置を行わなければならない。
- 共振をさける：サポート, 防振機

その他の考慮

4) 風に対する考慮,

5) 地震に対する考慮,

6) 毒性ガス配管

7) エルボレス配管
(配管ベント工法により加工)
(曲げ箇所の減肉←強度確保←初期管肉厚の選定)

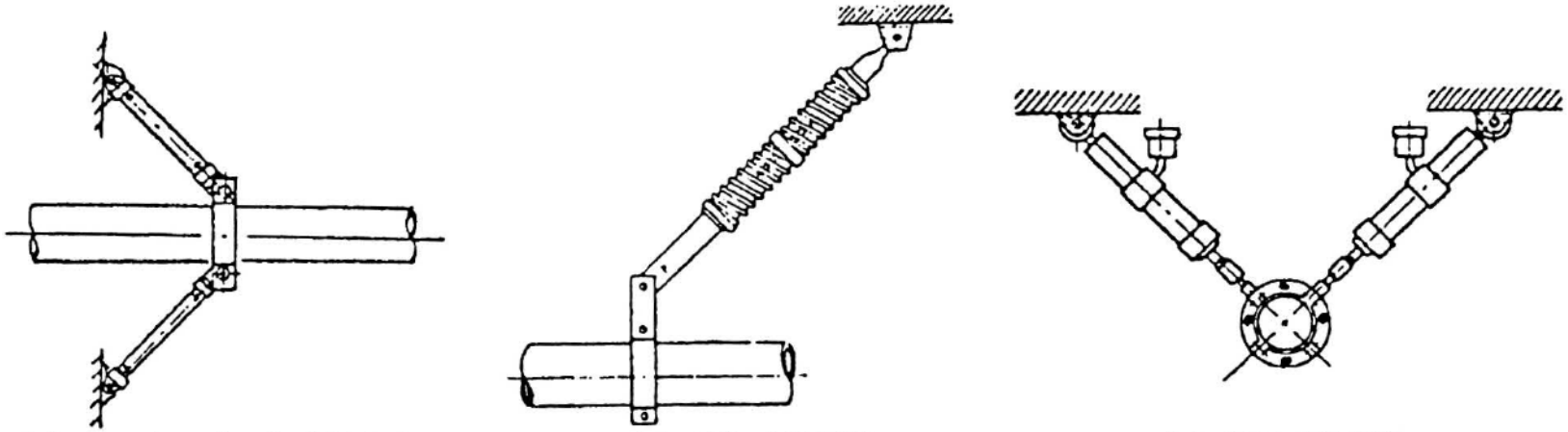


図11.39-(c)配管防振器の例(高圧ガス保管協会編 KHKS0801(2004)高圧ガスの配管に関する基準)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.1 温度計 (P.301)

a）ガラス製温度計

b）バイメタル式温度計

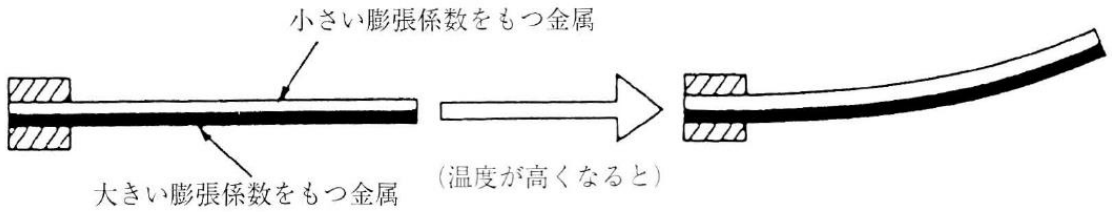


図11.41-（a）バイメタル式温度計の原理

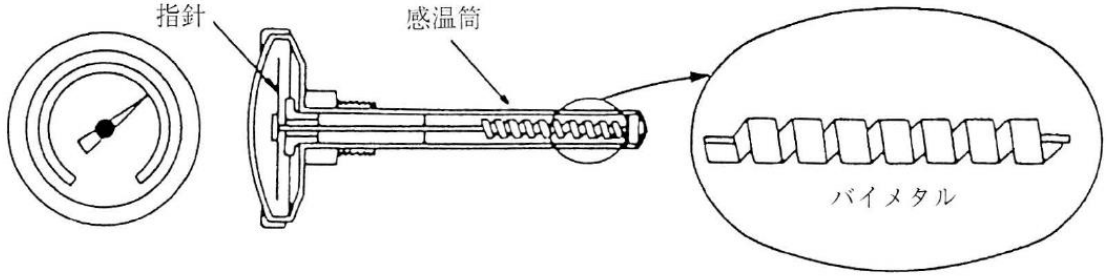


図11.41-（b）バイメタル式温度計の構造

提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.1 温度計 (P.302)

c) 液体充満圧力式指示温度計

封入液体の温度膨張をブルドン管により測定.

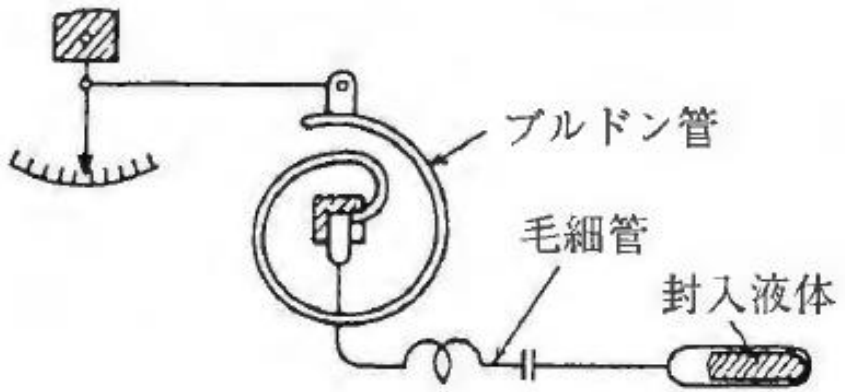


図11.42 液体充満圧力式温度計

提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.1 温度計 (P.302)

d) 熱電温度計

2種類の導体を電気的に接続. 異なる温度にさらすと
温度差に比例した電圧が発生 (ゼーベック効果).
この起電力を測定して温度を得る.

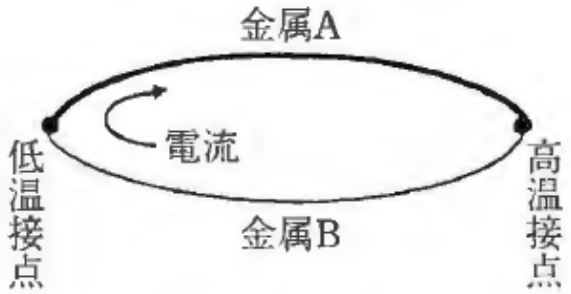


図11.43 熱電温度計の原理

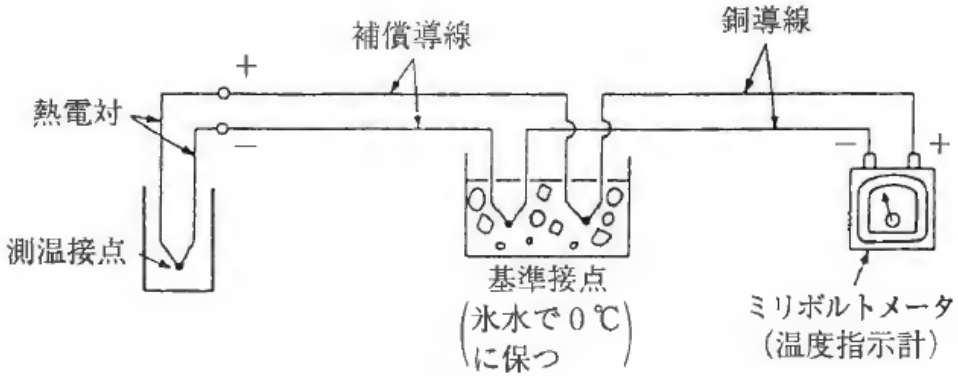


図11.44 熱電温度計の基本的構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.1 温度計 （P.303）

e）抵抗温度計

金属の電気抵抗は温度上昇とともに変化する。金属線の材質によって温度と抵抗値の間に一定の関係があり、金属線の電気抵抗を測定することにより温度を測定することができる。
金属としては、白金、ニッケル、銅が使用されるが、材料として最も適しているのは白金であり、JIS C 1604「測温抵抗体」では白金測温抵抗体について規定されている。
使用温度範囲は −196～600℃ であり区分により低温、中温、高温、超高温用に分けられている。熱電対と同様、測温抵抗体は保護管に入れてプラント内では使用され、シース測温抵抗体もよく使われている。

バイメタル温度計より
計測時間が早い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.1 温度計 (P.303)

f) その他の温度計

1) 放射温度計

非測定物からの放射エネルギーを利用し
温度を計測

放射温度計

2) 赤外線温度計

放射温度計の一種.
赤外線をとらえて温度計測.
温度分布がわかるサーモグラフィがある.

サーモグラフィ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.2 圧力計 (P.303)

a) U字管圧力計（マノメータ）

b) 重錘式圧力計

c) ブルドン管圧力計

- 高圧ガス製造設備に最も広く用いられている弾性式圧力計の一つ.
- 断面がだ円、平円形などの金属管を円弧状に曲げた管に圧力を加えると一直線になるように外側に向かって変形する現象を利用。
- 変形を拡大機構で拡大し読みとる

d) 隔膜式圧力計

e) ベローズ式圧力計

f) 差圧発信器

提供：長野計器㈱

提供：長野計器㈱

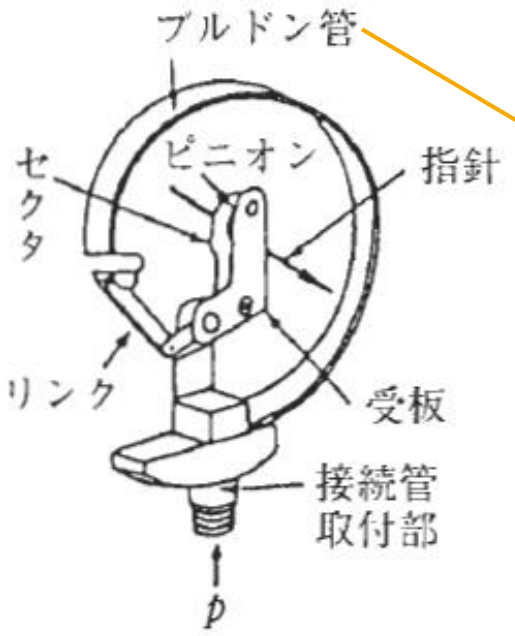


図11.50　ブルドン管圧力計

ピロピロ笛と同じ機構！

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.303)

a) U字管圧力計(マノメータ)

構造, 原理　：ガラス管をU字型に曲げたものに液体を入れ,
液面の高さの差 Δh より圧力差を測定.

特徴　：最も構造が簡単. 液体としては水や水銀が用いられる.

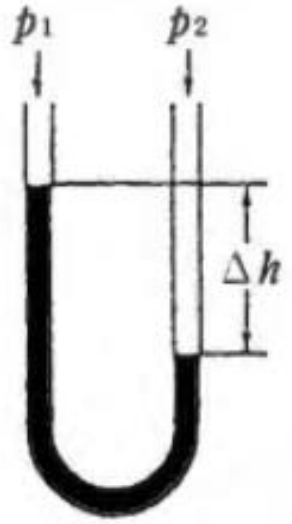


図11.48　U 字管圧力計の原理

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \rho g \Delta h \quad [\mathrm{Pa}]$$

ρ：液体の密度 [kg/m^3]、g：重力加速度 [m/s^2]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.304)

b) 重錘式圧力計

重錘によりラム下面に生じる力
→ ゲージ圧力を求める.

$$p_g = \frac{mg}{A}$$

精度が高く,ブルドン管圧力計を検査するための圧力基準器に用いられる.

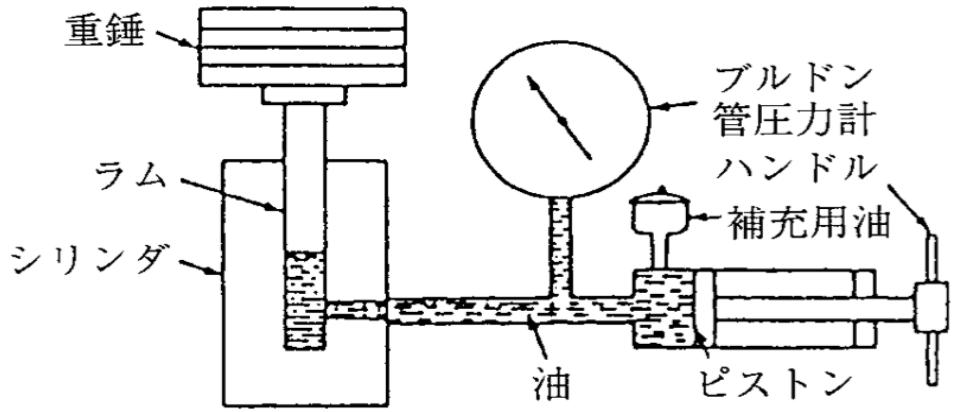


図11.49 重錘式圧力計の原理

提供:長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.304)

d) 隔膜式圧力計

用途：
腐食性流体、高粘度流体、スラリーなどの固形物が混入した流体、凝固しやすい流体などの特殊流体。

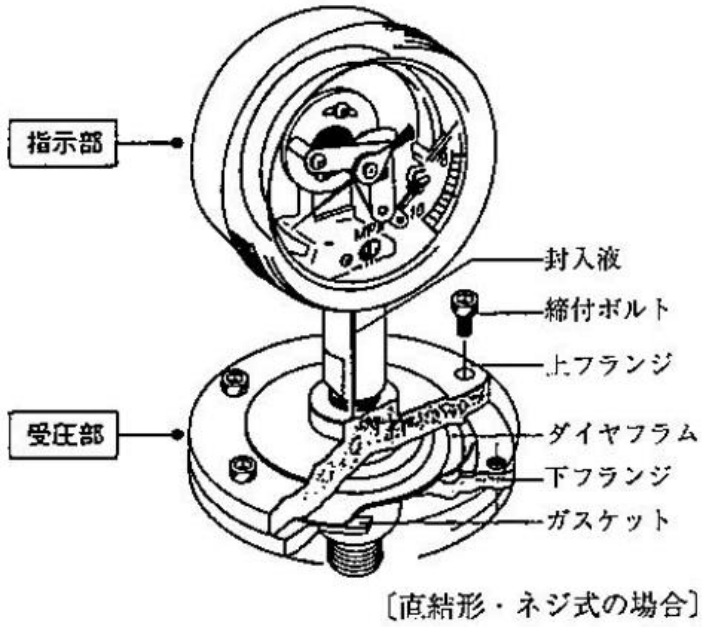


図11.51 隔膜式圧力計

提供：長野計器㈱

提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.304)

d) 隔膜式圧力計

構造：
ブルゾン管圧力計に隔膜部（ダイヤフラム）を設け、隔膜部とブルドン管の間にシリコーンオイルなどの液体を封入したもので、ダイヤフラムで受けた圧力を、封入液を圧力媒体としてブルドン管に伝達して、ブルドン管を変位させることにより圧力を検出する

特徴：
受圧面積が広いため感度が高く低圧測定に適している、測定流体がブルドン管の中に入らないため上記特殊流体の測定に適しているなどが挙げられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.305)

e) ベローズ式圧力計

ベローズ(bellows) はひだのある蛇腹形のもので、リン青銅、ステンレスなどの金属で作られる。

ベローズに圧力が加えられた場合の伸縮量をセクタで拡大し、目盛板の上で読み取る構造である(図11.52 参照)。

ベローズそのものは圧力計としてよりも、自動制御機器の圧力検出要素として多く用いられる。

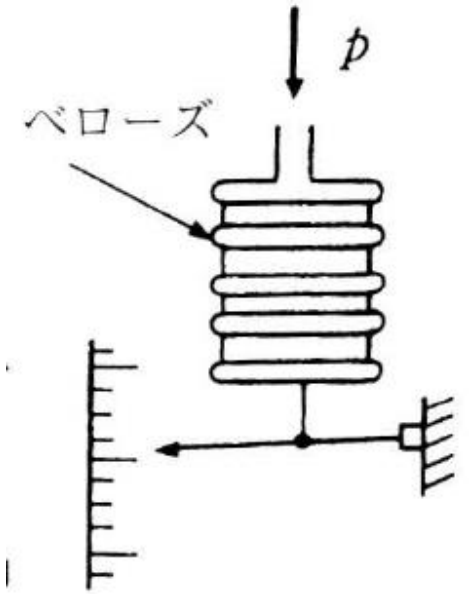
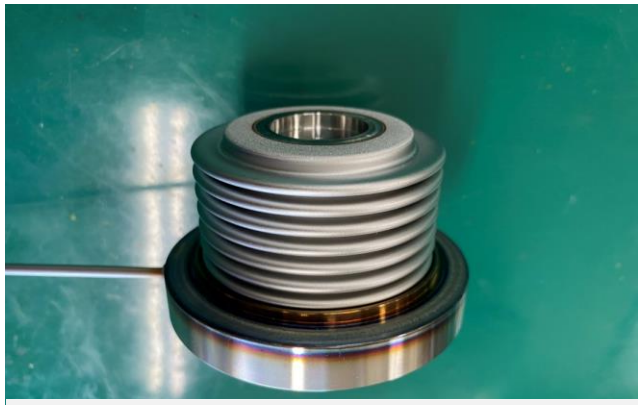


図11.52 ベローズ式圧力計の原理



提供:旭計器工業㈱

提供:旭計器工業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.305)

f) 差圧発信器

1) 電子式差圧発信器(静電容量式)

圧力差
↓
電極移動
↓
静電気量変化

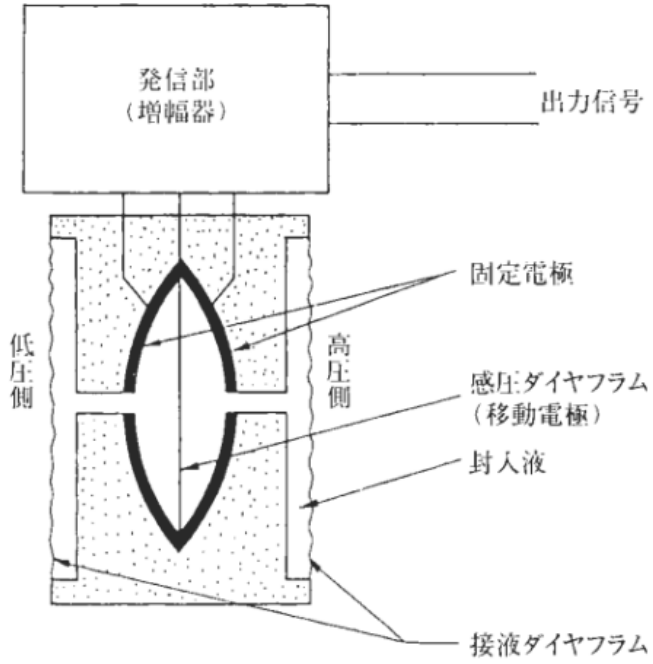


図11.54 静電容量式差圧発信器

2) 電子式差圧発信器(半導体式)

圧力差
↓
ひずみ
↓
抵抗変化

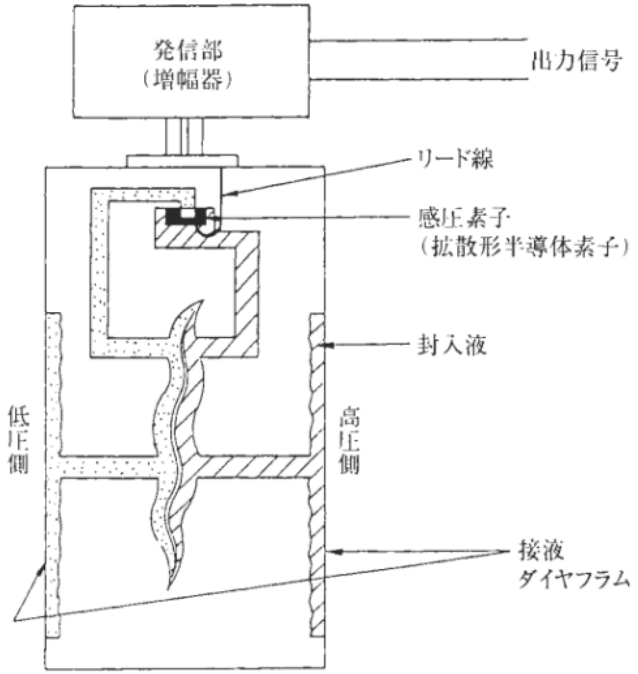


図11.55 半導体式差圧発信器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.306)

a) 差圧式流量計

b) 面積式流量計

c) 渦流量計

d) 容積式流量計

e) タービン式流量計

f) コリオリ式質量流量計

g) 電磁流量計

h) 超音波式流量計

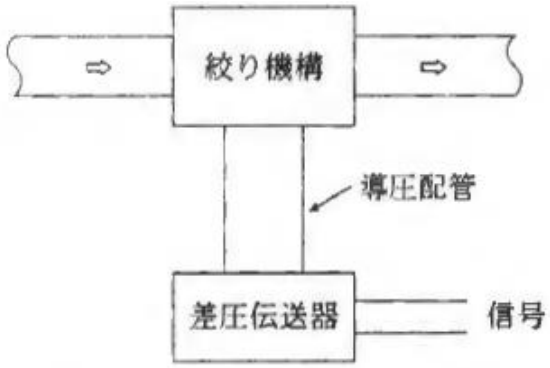
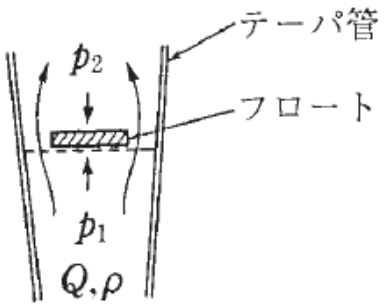


図11.57 差圧流量計の構成



A：すき間の断面積

図11.62 面積式流量計の原理

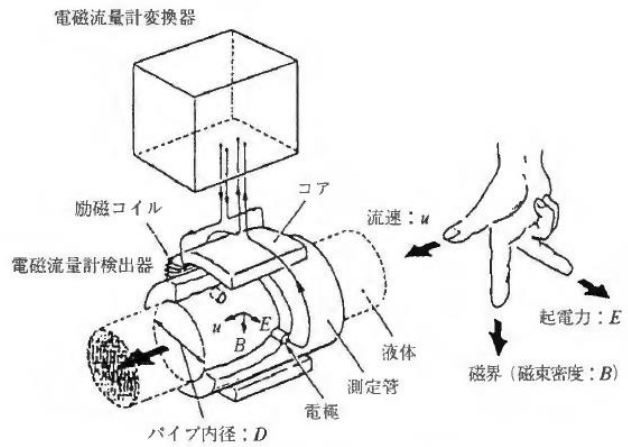


図11.67 電磁流量計の原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 （P.306）

a）差圧式流量計

原理　：管路内に絞り機構（オリフィス、ベンチユリ管など）を設け、流量の大きさに応じた差圧を測定して流量を求める。

特徴　：構造が簡単で、液体、気体、蒸気などいずれにも適用できるので、プラント内の流量計測に多く使われている

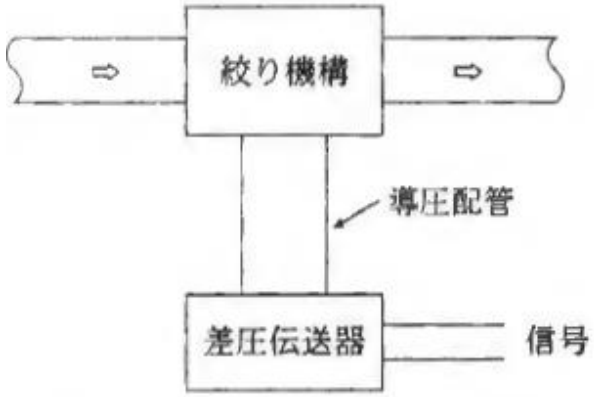


図11.57　差圧流量計の構成

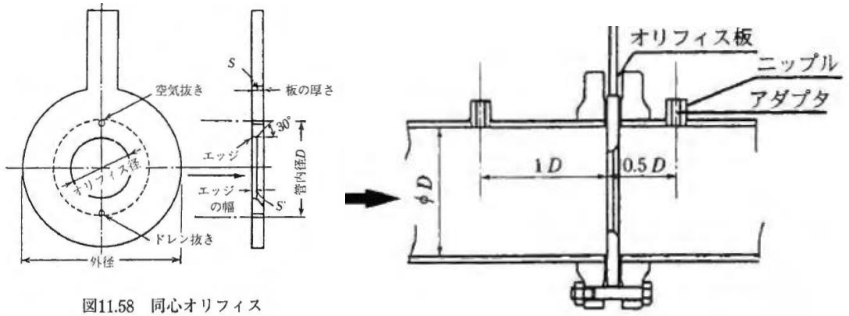


図11.58　同心オリフィス

1）オリフイス流量計

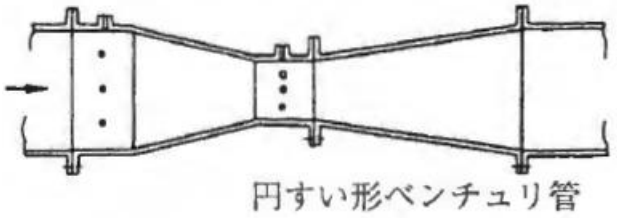


図11.60　ベンチュリ管

2）ベンチュリ管

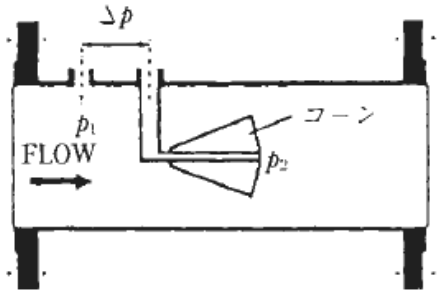


図11.61　Vコーンの構造

3）Vコーン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.3 流量計 (P.306)

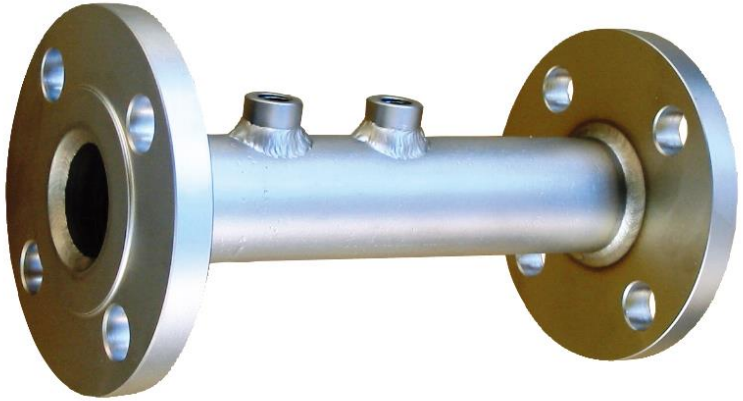
a) 差圧式流量計

提供：フロー㈱

1）オリフイス流量計

提供：東京メータ㈱

2）ベンチュリ管



提供：東京計装㈱

3）V コーン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.307)

b) 面積式流量計

原理 ：鉛直に置かれたテーパ管の中を測定流体が下から上に向かつて流れると、テーパ管内に置かれたフロートは流量の変化に応じて上下に移動する。
このフロートの動きを検出して流量を求める。

特徴 ：差圧式流量計に比べて、小流量、高粘度の流量測定が可能である。

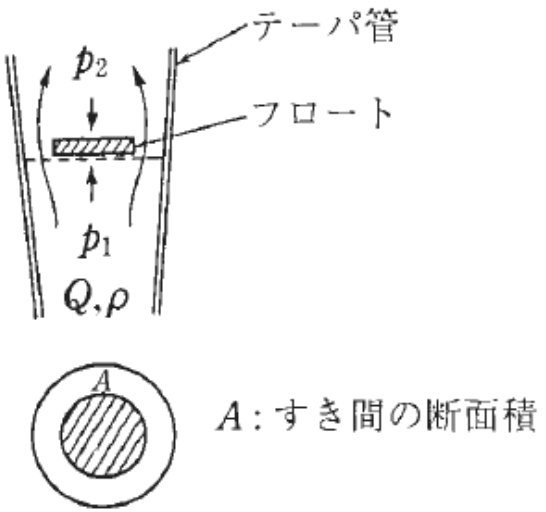


図11.62 面積式流量計の原理

提供：東京計装㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.308)

c) 渦流量計

原理 ：流れに垂直に柱状物体（渦発生体）を挿入するとその物体の両側から
互いに逆回転の渦が交互に発生し、下流にカルマン渦列が発生する。
この渦列の周波数と流速の関係より，流量を測定

特徴 ：広いレイノルズ数の範囲に対応

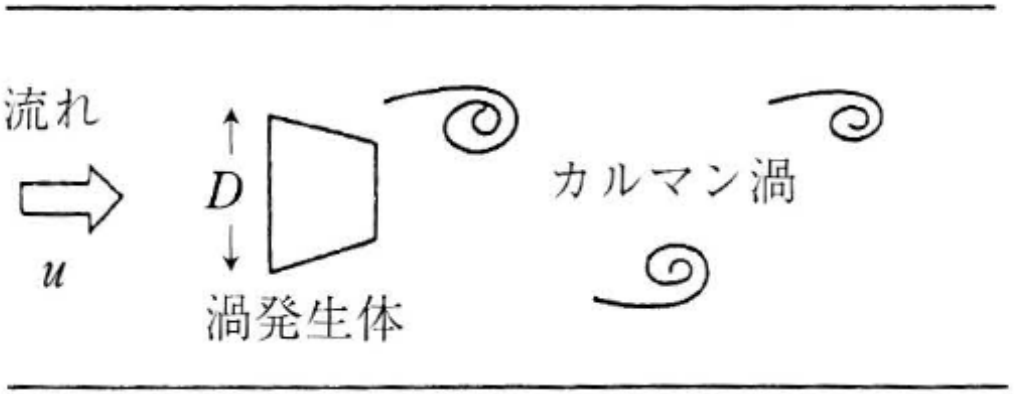


図11.63 渦流量計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.308)

f) コリオリ式質量流量計

- 両端を固定した配管（チューブ）を加振しておき、
  この中に液体を流すと流入側と流出側にそれぞれ反対方向に
  コリオリ力（*Fc*）が生じチューブがねじられる。
  このねじれ角。は、配管内の質量流量に比例し、ねじれ角を
  振動センサにより振動の位相差（時間差）信号として検出する.
- 流体の物性に影響を受けず直接「質量流量」が測定できる
- 精度が高い
- レンジアビリティが広い（1：100）
- 経年劣化する部品がない
- スラリー流体でも測定が可能

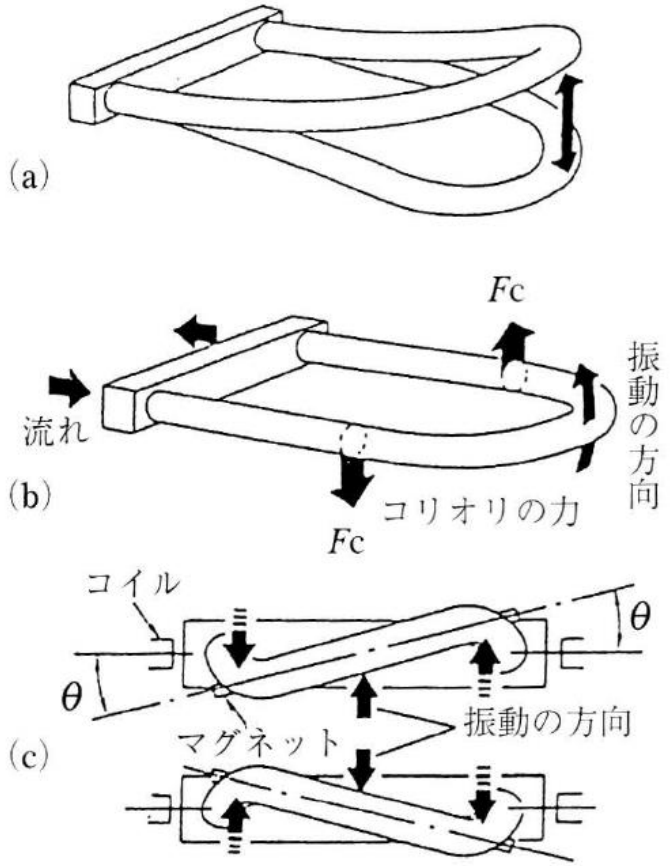


図11.66　コリオリ式流量計の原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.309)

g) 電磁流量計

- 磁界の中に導電性流体を流すと、
  ファラデーの電磁誘導の法則により、
  起電力が発生する。
- 起電力が、管内径、磁界（磁束密度）、
  平均流速に比例することを利用し、流速、
  すなわち流量を測定する.
- 圧力損失がほとんどない、
  導電性の液体であれば物性に影響なく
  流量が測定できる、混入物を含む流体、
  腐食性流体の測定が可能であるなどが挙げられる。

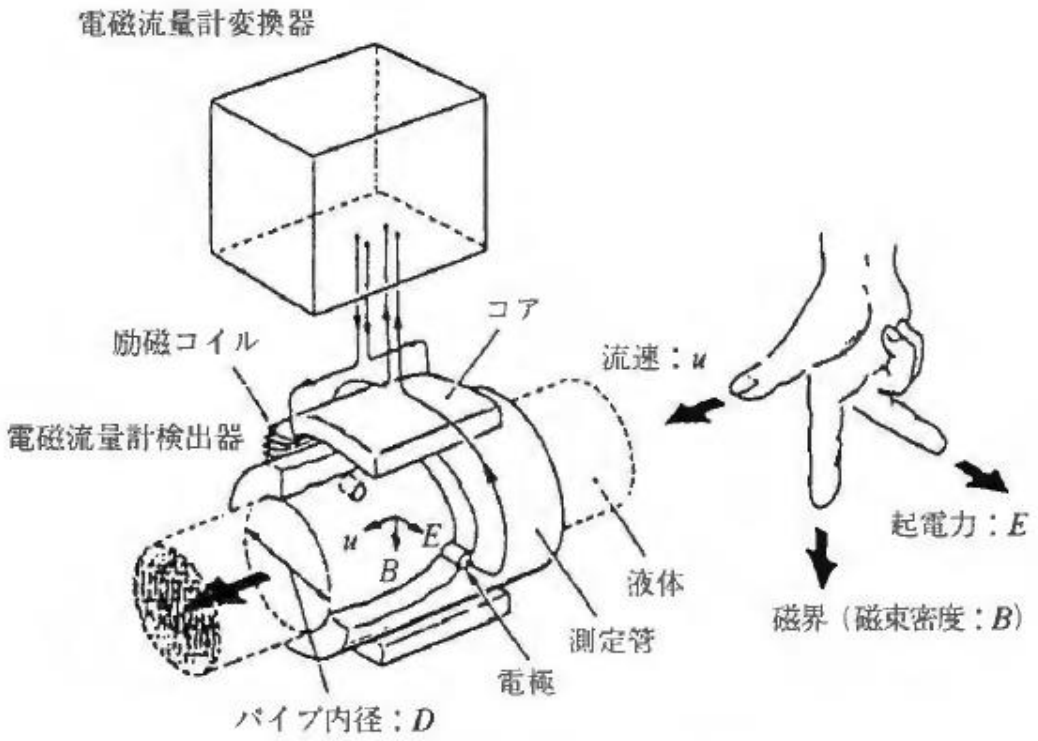


図11.67 電磁流量計の原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.309)

h) 超音波式量流量計

- 伝搬時間作法
  - 管内液体の流速の変化により超音波の伝搬速度が変化.
    伝搬時間差を測定する.
- ドップラー法
  - 液体の混入物に超音波を当てる.流速による送信周波数と
    反射周波数の変化を計測.

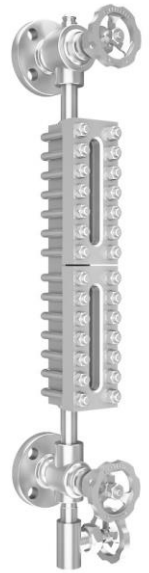
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.4 液面計 (P.309)

a) ゲージグラス

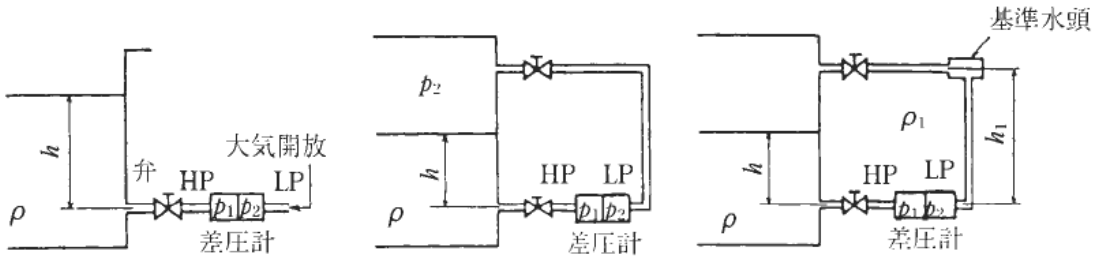
ガラスを通して液面を直視するもので、最も確実な液面計として、
単独または他の液面計の確認用として広く用いられる。



提供：日本クリンゲージ㈱

b) 差圧式液面計

圧力差を測定して，液面の高さを求める．
最近 ：リモートシール型差圧発信器液面計



(a) 大気開放のとき　(b) 基準水頭なし　(c) 基準水頭つき

図 11.70 差圧式液面計

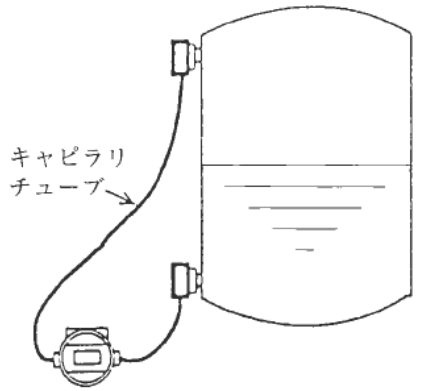


図 11.71 リモートシール型差圧発信器液面計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.4 液面計 (P.311)

c) ディスプレーサ式液面計

ディスプレーサはフロートとは異なり必ずしも液面上に浮かせる必要はない.

界面の測定にも使用できる

d) タンクゲージ

フロート式, ワイヤードラム式 (精度が高く, 保守性良), マイクロ波式, 静電容量式.

e) 金属管式マグネットゲージ

ガラスなどの破損の危険性がない

f) その他のゲージ

1) 電気式 (電極式、静電容量式) 液面計

2) 放射線式液面計

3) 超音波式液面計

4) マイクロ波式液面計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.4 液面計 (P.311)

c) ディスプレーサ式液面計

原理 ：
円筒状のディスプレーサを液中に浸した場合，液中に沈む深さに比例して浮力を受ける．

特徴 ：
ディスプレーサはフロートとは異なり必ずしも液面上に浮かせる必要はない．
界面の測定にも使用できる（例：水と油の界面）．

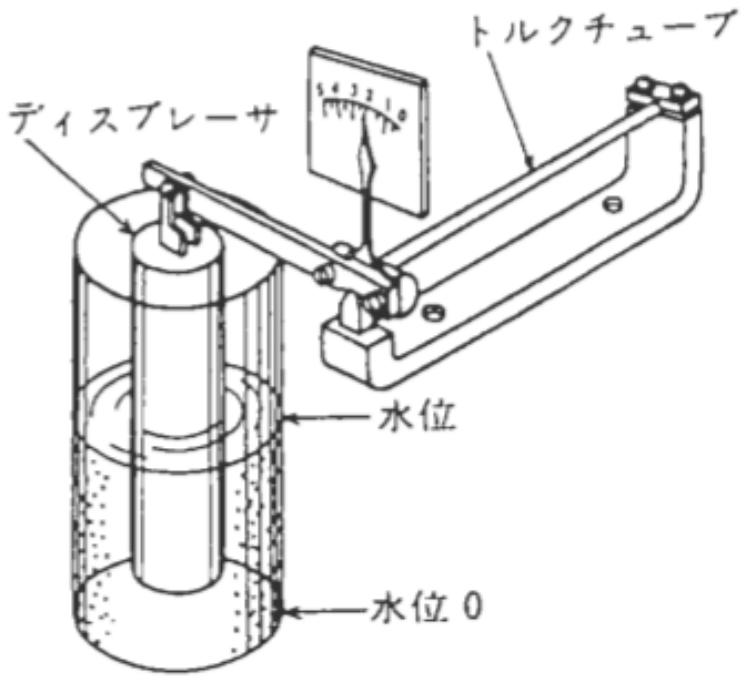


図 11.72　ディスプレーサ式液面計

提供：東京計装㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.5 分析計（ガス濃度分析）　（P.312）

a）ガスクロマトグラフ

ガスの種類により，カラムを通過する時間が異なることからガスを分離し濃度が測定できる．

b）赤外線分析計

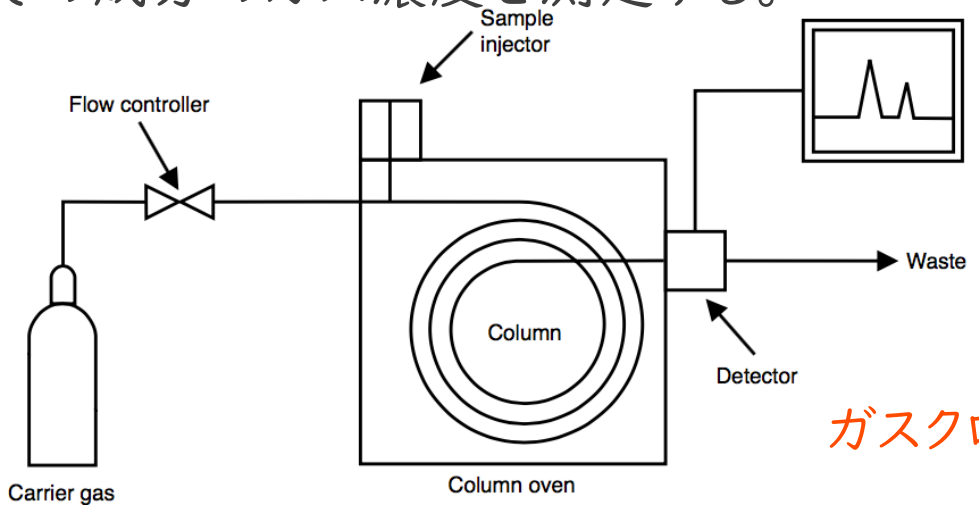
H_2、N_2、O_2　：吸収されない

CO 、CO_2、CH_4　：特定の波長の赤外線を吸収する測定対象の分子に関する赤外線吸収量を測定することにより、その成分のガス濃度を測定する。

c）熱伝導式分析計

d）ジルコニア式分析計

e）磁気式酸素計



ガスクロマトグラフ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安協会　甲種化学・機械講習

毒性ガス　ガス各論　分離

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

目次

5. 毒性ガス

5.1. 気体の毒性

6. ガス各論

6.1. 水素、一酸化炭素及び二酸化炭素
6.2. 酸素、窒素及び希ガス
6.3. 炭化水素ガス
6.4. アンモニア及び窒素化合物
6.5. 硫黄化合物
6.6. 塩素及び塩素化合物
6.7. 臭素化合物
6.8. フッ素及びフッ素化合物
6.9. 特殊材料ガス

7. 流動・電熱・分離

7.3. 分離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1 気体の毒性 ～曝露限界値

■「毒性ガス」の定義

① 一般則第2条、コンビ則第2条で掲名するガス

② 毒物及び劇物取締法第2条第1項に規定する毒物のうち、ガス（吸入）で評価された毒物であって、高圧法第2条の定義による高圧ガスであるもの。

長時間曝露時	毒性ガスを長時間吸入することによる健康障害発生予防のための長期曝露限界値は、「1日8時間、週40時間の単一物質の曝露で、労働負荷が強くない労働条件下であれば、ほとんどすべての労働者に悪い健康影響を発生させないと考えられる濃度」としてACGIHより、「時間加重平均曝露限界閾値（TLV-TWA）」等が示されている。
短時間曝露時	刺激や不快などの軽度の健康障害発生予防のための短期曝露限界値は、短時間でも超えてはいけない濃度や最大許容濃度がある。 • 15分間の時間加重平均濃度として、「短時間曝露限界値（TLV-STEL）」 • 呼吸保護具装着が必須である濃度として「30分間曝露で生命・健康危険レベル（IDLH）」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.1 水 素／Hydrogen H_2

性質 特徴	• 無色、無臭の可燃性ガス、全ガス中最小の密度、粘度小さい、熱伝導率非常に大。 爆発範囲も広く、最小発火エネルギーは極小。熱には安定で完全分離させるには5000℃必要。 • 拡散速度が大きく、空気中に拡散、混合しやすい。水素と酸素体積比2:1混合で 水素爆鳴気生成、塩素との塩化水素生成、フッ素とのフッ化水素生成等が爆発的に進む。 • 還元性が強く、高温で金属の酸化物、塩化物と反応し金属を遊離
用途	• 化学工学：アンモニア合成、メタノール合成、塩酸等の製造 • 石油（化学）工業：分解、脱硫等の水素化反応。 • 半導体工業：高純度シリコン製造用。燃料電池用燃料

基礎原料　：天然ガス、ナフサ、石炭等の炭化水素

合成ルート/プロセスの特徴　：炭化水素の分解（水蒸気改質法及び部分酸化法）
工業的には、主に天然ガスの他に、ナフサ、石炭、重質油などの
水蒸気改質及び部分酸化によって合成される。

- 水蒸気改質法 ： $C_mH_n + mH_2O \rightarrow mCO + (n/2+m)H_2$
- 部分酸化法 ： $C_mH_n + (m/2)O_2 \rightarrow mCO + (n/2)H_2$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.2 一酸化炭素／Carbon monoxide CO

性質 特徴	• 無色、無臭の可燃性ガスであり、かつ、毒性の高いガスである。炭化水素系燃料の不完全燃焼、石炭、石油のガス化の際に水素とともに発生する。 吸入すれば、赤血球のヘモグロビンと結びついて赤血球の機能を破壊し死に至らしめる。 • 還元性が強く、金属の酸化物を還元して単体金属に変える。鉄とは高圧で反応して鉄カルボニルを生成することで鉄を侵食する。
用途	• メタノール合成（原料ガスを5～10MPa、250℃程度、Cu-ZnO−Al_2O_3系触媒上で反応させる）、酢酸合成（メタノールのカルボニル化反応により、高い選択率で酢酸を合成する）

基礎原料　：石油、石炭

合成ルート/プロセスの特徴　：木炭やコークスなどの不完全燃焼で発生するが、工業的には石油や石炭をガス化して得られる水性ガスおよび製鉄所からの副生ガスから回収する方法でつくられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.3 二酸化炭素／Carbon dioxide CO_2

性質 特徴	• 無色、無臭のガスで不燃性である。 • 乾燥したガスは鋼材に対してほとんど影響を与えないが、水分を含むと炭酸を生じるため鋼材を腐食させる。酸素が共存したり、高圧になると腐食はさらに激しくなる。 • 単純窒息性ガスであり、空気中の濃度が2%以上になると呼吸障害を起こし、3%以上では、呼吸困難、頭痛、めまい、嘔吐、10%以上では、視力障害、けいれん、25%以上では昏睡や死に至る危険がある。
用途	• 多くは尿素、ソーダ灰の製造に用いるが、炭酸マグネシウム、重炭酸アンモニウムなどの炭酸塩の製造にも用いる。 • ドライアイス、溶接用の保護ガスや清涼飲料水に広く使用される。

基礎原料　：石油、石炭

合成ルート/プロセスの特徴　：石油及び石炭からの水素製造の際の副生物として、多量に回収される。
回収した二酸化炭素を完全に脱硫、脱臭したのちに、圧縮液化することにより、液化二酸化炭素が得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.1 酸素／Oxygen O_2

性質 特徴	• 地殻中に最も多量（質量の割合約50%）に存在する元素である。空気中には約21%含まれ、生物の存在に欠くことのできないガスで支燃性がある。 • 無色、無臭のガスで、水にはわずかに溶ける。ガス、液体、固体を問わず常磁性を示す。 • 酸素は化学的に活性な元素で、酸化剤として作用する。
用途	• 主な用途は、合成ガス製造用（石油、石炭の部分酸化）、製鋼用（転炉、平炉および電気炉への酸素吹込み）および溶断、溶接用酸素であり、他に化学工業における酸化反応用、水処理における曝気用、オゾン発生用などに用いられる。

基礎原料　：空気

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には空気の液化分離法によって製造するが、中・小規模では吸着分離法も行われる

① 空気の液化分離：酸素の沸点は−183℃、窒素の沸点は−195.8℃であるので、液体空気を精留すれば、窒素が精留塔の塔頂より、酸素が塔底より得られる。

② PSA法による空気分離：PSA法は、適当な固体吸着剤を用い、加圧下で吸着、次に減圧して脱着を行う

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.2 窒素／Nitrogen N_2

性質 特徴	• 色、無味、無臭のガス、空気中に78．1％含まれる • 分子上の窒素は安定であるが、原子上の窒素にすると化学的に活性が高い • 高温、高圧では触媒上で水素と反応してアンモニアとなる • 高温では酸素と反応して酸化窒素となる。 このため、空気中で燃焼が起こると窒素酸化物（NOx）が発生する • 窒息性ガスともいわれ、狭いところで使用する場合等は酸素欠乏症にならないように 十分換気しなければならない
用途	• アンモニア合成用に大量に使用される • 化学工業及び電子工業においては、装置のパージ用、雰囲気ガスあるいはキャリアガスとして 大量に用いられる。 • 液化窒素は低温発生用に用いられる

基礎原料　　：空気

合成ルート/プロセスの特徴　：空気液化分離法やPSA法などによって製造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.3 アルゴン／Argon Ar

性質 特徴	• アルゴンは、総称として希ガス（Rare gases）、貴ガスとも呼ばれる1種で、周期表の最右列（第18族）に並ぶ元素である。これらは原子価0で化学的には極めて不活性である。 空気中に微量に存在することから希ガスと名づけられた。（空気中存在量：9340ppm） • 希ガス類はいずれも無色、無臭のガスである。アルゴンを放電管に入れて放電させると、青色に発光する。化学的には極めて不活性である。
用途	• 希ガス類は放電管中で特有の発光をするので、ネオンサインなどの管球用ガスとして用いられる。 アルゴンは電球、放電管用封入ガスとして用いられる。

基礎原料　：空気

合成ルート/プロセスの特徴　：アルゴンは酸素と窒素の中間の－186℃の沸点をもっており、空気液化分離装置の精留塔から比較的アルゴンの多い部分を抜き出し、別の精留塔で蒸留すると95～98%の粗アルゴンが得られる。
粗アルゴン中の酸素は水素を加え触媒上で水に変え、窒素と過剰の水素はさらに精留して除き99.999%の精製アルゴンを得る。
⇒　酸素の沸点；－183℃、窒素の沸点；－195.8℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.3 ヘリウム／Helium He

性質 特徴	• ヘリウムは、総称として希ガス（Rare gases）、貴ガスとも呼ばれる1種で、周期表の最右列（第18族）に並ぶ元素である。これらは原子価0で化学的には極めて不活性である。 空気中に微量に存在することから希ガスと名づけられた。（空気中存在量：5.24ppm） • 水素に次いで軽いガス（空気に対する比重は約1/7）であり、液体ヘリウムは沸点が−268.9℃と物質の中で最も低い値である。 水素の沸点；−252.7℃
用途	• ヘリウムは気球用ガスとして、また、ガスクロマトグラフ分析用キャリヤーガスやリークテスト用ガスとして用いられる。また、沸点が物質の中で最も低いので、極低温の物性研究や医療用の磁気共鳴画像診断装置（MRI）の超伝導マグネットの冷却等に用いられる。

基礎原料　：天然ガス

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には米国やカナダなどで産出する天然ガス中のヘリウム（0.2～3%程度含有）を液化、吸着等の方法で回収したものを輸入している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.3 その他希ガスの性質

名称	性質
ネオン	• 無色、無臭のガスである。（空気中存在量：18.2ppm） • ネオンを放電管に入れて放電させると、赤橙色に発光する。 化学的には全く不活性で反応性はない。 • 空気液化分離装置では、ネオンを高濃度含む窒素ガスとして取り出し、 さらに低温で液化分離にて精製する。
クリプトン	• 無色、無臭のガスである。（空気中存在量：1.14ppm） • クリプトンを放電管に入れて放電させると、紫色に発光する。 反応性はないとされていたが、KrF2などのフッ化物をつくると報告されている。 • 空気液化分離装置では、酸素より沸点が高いので、 液化酸素中から精留により分離される。
キセノン	• 無色、無臭のガスである。（空気中存在量：0.087ppm） • キセノンを放電管に入れて放電させると、白色に発光する。 • クリプトンと同様に、空気液化分離装置では、酸素より沸点が高いので、 液化酸素中から精留により分離される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.1 メタン／Methane CH_4

性質 特徴	• 無色、無臭、可燃性のガスであり、空気中でよく燃え、淡青色の炎を発する。 • ニッケル触媒を用い高温で酸素あるいは水蒸気と反応させると、 一酸化炭素と水素を生成する。
用途	• 天然ガスとして、発電用及び都市ガス用として燃料に用いる。 また、天然ガスの燃焼はクリーンで有害物をほとんど排出しないため、自動車燃料としての 利用が増加している。（CNG自動車）

発生源 ：原油とともに存在する油田ガス、微生物の発酵を起源とする水溶性ガス、
石炭に随伴する炭田ガスおよび無機起源ガス（深層天然ガス）があり、メタンのみから構成されるものもあれば、低級炭化水素を含むものもある。
寒冷地の地下や海底下には水和物であるメタンハイドレートが大量に分布しており、
有望な資源として期待されている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.2 エタン／Ethane C_2H_6

性質 特徴	• メタンと同様に比較的反応性が低い • 無色、無臭、可燃性で空気に対する比重がほぼ1のガス • 高濃度のガスの吸入で中枢神経機能の低下がみられる。 5%程度以下の濃度では、全身症状は認められない
用途	• エタンを塩素化すると塩化エチルなどの塩化物が得られる • 塩化エチルは、塩素系溶剤や有機金属化合物などの有機化学品の製造原料に使われる

発生源 ：石油に随伴する天然ガス中に含まれている。また、石油精製工程における接触分解、熱分解、水素化分解工程や、ナフサ分解において発生する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.3 LPガス／Liquefied Petroleum Gas

性質 特徴	• 炭素数3～4の炭化水素の混合物 • 無色、無臭、可燃性のガスで空気中でよく燃える • LPガスは液化ガスとして貯蔵、輸送される • ガス密度は空気の1.5～2倍であるため、低い所に滞留し易く引火爆発の危険性高い • 液状のLPガスは電気絶縁性が良く、流動、滴下、噴霧あるいは漏れなどの際に発生する静電気が蓄積されやすく、その放電による火花で発火する危険があるので注意が必要。
用途	• LPガスは家庭用及び工業用燃料、自動車燃料及び都市ガス用あるいはその増熱用として多量に消費されている • 燃焼排出物に硫黄分などの有害物が含まれないため、クリーンなエネルギー源とされ、利用の分野が拡大している

発生源 ：・天然ガス及び原油からの回収
天然ガス中でC2以上の炭化水素を含む油田や原油に随伴して得られるガスを圧縮冷却法（濃厚ガスの場合）、吸収油（軽油）による吸収法及び活性炭による吸着法（希薄ガスの場合）などによって回収する
・他に製油所からの回収、ナフサ分解生成物からの回収がある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.4 エチレン／Ethylene $CH_2=CH_2$

性質 特徴	• 特有の甘い臭いをもつ無色の可燃性気体。水にはほとんど溶けないが、アルコール、エーテルにはよく溶ける。
用途	• 二重結合をもつため、反応性に富み、ハロゲン、ハロゲン化水素、硫酸、水などと付加化合物をつくり、また触媒存在下で重合してポリエチレンとなる。 このほか、アセトアルデヒド、酸化エチレン、エタノール、高級アルコール、酢酸ビニルなど多くの有機化学製品が製造される。 以上のように、エチレンは、石油化学工業の最も基本となる原料として重要な位置にあり、エチレンからさまざまな化学品が製造される。

基礎原料　：炭化水素（主にナフサあるいは天然ガス、プロパン、ブタンなど）

合成ルート/プロセスの特徴　：炭化水素を水蒸気とともに、分解炉にて800～900℃、0.2-0.6秒で熱分解させ、エチレン、水素及びほかの炭化水素を生成させた後、急冷して分離・精製してエチレンを得る。ナフサを原料とする場合のエチレン収率は24-32%である。エチレンプラントは、石油化学コンビナートの中心であり生産規模が大きいほど有利で、30～40万t/年のものが稼働している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.4 アセトアルデヒド／CH_3CHO

性質 特徴	• 沸点20.3℃、可燃性で引火点-38℃、発火温度155℃、爆発範囲（室温、大気圧、空気中） 4.0～60vol%
用途	• 酢酸エチル、酢酸、無水酢酸、過酢酸、クロトンアルデヒドなどの有機合成中間体の原料として用いられる

基礎原料　：エチレン、酸素（または空気）

合成ルート/プロセスの特徴　：かってアセチレンの水和により製造されていたが、現在ではエチレンを直接酸化するヘキストーワッカー法によって製造されている。
これは塩化パラジウムを用いて直接酸化する方法。
反応温度は100～110℃、反応圧力は1～1.2MPa

$$CH_2=CH_2 + 1/2O_2 \rightarrow CH_3CHO$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.4 酸化エチレン／Ethylene oxide C_2H_4O

性質 特徴	• 無色でエーテル臭（高濃度では刺激臭）のある可燃性ガスで分解爆発性がある。 毒性ガス。水、アルコール、エーテルおよび大部分の有機溶剤にすべての割合で溶解する。 10℃以下の低温で液体になる。（b.p.10.4℃） • 爆発範囲が3.0～100%で、静電気等によって爆発を起こす分解爆発性があるため、 容器内には窒素や二酸化炭素のような不活性ガスを希釈剤として加えておかなければならない。 また容器内から取り出すときは液相から取り出す必要がある。
用途	• 反応性に富み、水、アルコール、酸、アミンなどとよく反応し、多くの誘導体を生成する。 エチレングリコール（ポリエチレングリコール）が最大用途、他にエタノールアミンなどの原料。

基礎原料　：エチレン、酸素（または空気）

合成ルート/プロセスの特徴　：エチレンを空気または酸素により直接酸化することによって製造できるが、普通は酸素を用いる。
アルミナ担体に銀を担持させた触媒を用いて、1～3Mpa、200～300℃で反応させ生成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.5 プロピレン／Propylene C_3H_6

性質 特徴	• エチレン製造の際に多量に副生する。 不飽和結合を1つ有しているので、エチレンと類似の反応性を示す。
用途	• 重合によりポリプロピレン、水素化によりプロパン、水和により2−プロパノールとなる。 塩素化により塩化アリルあるいは、1,2−ジクロロプロパン（二塩化プロピレン）となり、 ベンゼンに付加させるとクメンが得られる。接触酸化することによりアクロレインを生成する。 アクリロニトリルの原料

基礎原料　　：ナフサ、天然ガス等

合成ルート/プロセスの特徴　：エチレン製造のときの副生成物として得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.5 アクリロニトリル／CH_2=CHCN

性質 特徴	• 沸点77.3℃
用途	• アクリロニトリルの用途は80%以上が合成繊維及び合成樹脂で、アクリル繊維、ABS樹脂（アクリロニトリルーブタジエンースチレン共重合体）、NBR（ニトリルゴム）、ポリアミド66、アクリルアミドなどの製造に用いられる。

基礎原料　：プロピレン、アンモニア、空気

合成ルート/プロセスの特徴　：アクリロニトリル（ CH_3CN ）はプロピレンとアンモニアを空気とともに流動触媒床を用い、400-500℃、0.3MPa以下、接触時間2～25秒で気相接触反応を行わせることにより得られる（Sohio法）

$$2CH_2=CH-CH_3 + 2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2CH_2=CH-CN + 6H_2O$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.7 ブタジエン／Butadiene $CH_2=CH-CH=CH_2$

性質 特徴	• 無色で、微かな芳香のある可燃性のガスである。常温でも空気中の酸素と反応して徐々に重合性の過酸化物をつくる。比較的容易に二量体を生成し、更には重合体を形成する。長時間貯蔵する場合は低温に保ち、また、重合防止剤を添加する。 • 麻酔性があるほか、最近は発がん性が指摘されている。
用途	• 重合によりブタジエンゴム、共重合によりスチレンーブタジエンゴム、アクリロニトリルーブタジエンゴムなどが製造される。 • 塩素化により得られるクロロプレンの重合によりクロロプレンゴムなども製造される。

基礎原料　：ブタン、ナフサの熱分解ガス

合成ルート/プロセスの特徴　：ブタンを脱水素すればブテンとなり、さらに脱水素するとブタジエンが得られる。
約600℃の温度で減圧または水蒸気の存在下で反応させる。
触媒にはCr203-AI203系などが用いられる。
ナフサの熱分解ガス中のC4留分には25-40%のブタジエンが含まれている。
これから抽出蒸留法により分離精製する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.8 アセチレン／Acetylene HC≡CH

性質 特徴	• 無色のガスで純粋なものはエーテルのような香気を有する。 • 爆発範囲が2.5～100%と広く、吸熱化合物であり、分解爆発性があるので、容器には多孔質物を詰めアセトン等を染み込ませた上アセチレンを溶解ガスとして充填するなどの特別な注意がいる。 • 銅・銀とは爆発性の金属アセチリドをつくる。これらは極めて敏感で容易に分解を起こす。
用途	• 酸素と燃焼させると高温の炎をつくるので、金属の溶断・溶接用に使われる。

基礎原料　：カルシウムカーバイト、水

合成ルート/プロセスの特徴　：① カルシウムカーバイドに水を作用させて得る方法

$CaC_2+2H_2O \rightarrow C_2H_2+Ca(OH)_2$

不純物のリン化水素や硫化水素を除くため、
塩素水とカセイソーダ水溶液とで洗浄して清浄化する。

② 熱分解させて造る方法

ナフサ、メタン等を高温で熱分解してアセチレンを得る製造法がいくつも開発されてきた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.1 アンモニア／Ammonia NH_3

性質 特徴	• 強い刺激臭をもつ無色の可燃性で、かつ毒性のガス。水に非常によく溶け、水溶性は弱アルカリ性を示す。酸素中で黄色い炎をあげて燃え、窒素と水を生じる。 • 空気中で20ppmで感知され、高濃度アンモニアを吸入すると死亡する恐れがある。液化アンモニアは低温の為、皮膚や粘膜に触れると炎症や凍傷の危険性がある。 • アンモニアは空気中で可燃性を有するが爆発範囲が狭く発火エネルギーが大きいため、バーナ火炎の形成は容易ではない。しかし、アンモニアと空気との混合ガスに着火すると爆発を起す。
用途	• 尿素、硝酸、工業薬品、アクリロニトリルやカプロラクタムなどの合成繊維の原料のほか、フルオロカーボンの代替としての冷凍機冷媒、金属精錬用など広い用途をもつ。

基礎原料　：窒素（あるいは空気）と水素

合成ルート/プロセスの特徴　：ハーバーとボッシュがミッタシュの協力を得て、アンモニア合成プラントを工業化

$1／2N_2+3／2H_2→NH_3$

アンモニア合成は圧力が高いほうが化学平衡的に有利で通常、15～30MPaの高圧下で行われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.2 亜酸化窒素／ N_2O

性質 特徴	• 無色のガスで若干の甘味があり、医療用麻酔ガスに広く使われており、 吸入すると顔面がけいれんして笑ったように見えるので、笑気ガスとも呼ばれている。 • 物理的性質は二酸化炭素に非常によく似ている。液体の亜酸化窒素をノズルから噴出させて 断熱膨張を起こさせると冷却して固体の亜酸化窒素が得られる。 アルコールにはよく溶け・水溶液を低温で加圧すると水和物$N_2O \cdot 6H_2O$を生成する。
用途	• 主として医療用麻酔剤に使用されている。 • 分解爆発性であることを利用した自動車用のエアバッグ・インフレーターにも使われている。

基礎原料　：硝酸アンモニウム、アンモニア、酸素

合成ルート/プロセスの特徴　：① 硝酸アンモニウム分解法

約260℃の硝酸カリウム、硝酸ナトリウムの混合物に硝酸アンモニウムを添加して分解することによって得られる。

② アンモニア酸化法

アンモニアを酸素とともに、300～350℃で、Mn_2O_3あるいはBi_2O_3触媒中を通して酸化することによっても得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.3 一酸化窒素／NO

性質 特徴	• 常温では無色無臭のガス • 不対電子をもつラジカル分子であり、ガスは常磁性を示す。低温の固体では反磁性 • 常温付近で不均化反応が進行するが、高圧にするほど進みやすくなるため、 高圧容器への充填圧も3MPa程度に低く抑えられている
用途	• 一酸化窒素はオレフィンなどのラジカル反応防止剤に使われる • 半導体の製造では亜酸化窒素と同じようにシリコン酸化膜の成膜に使われている

基礎原料　　：アンモニア、空気

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には硝酸の中間原料であり、アンモニアの空気酸化により大量に作られているが、殆どがそのまま酸化され、二酸化窒素を経由して硝酸になる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.4 メチルアミン

性質 特徴	• メチルアミンには、モノメチルアミン（CH_3NH_2）、ジメチルアミン（$(CH_3)_2NH$）、トリメチルアミン（$(CH_3)_3N$）がある。いずれも無色の可燃性かつ毒性のガスで、液化すれば無色の液体となる。 • 濃度が高いとｱﾝﾓﾆｱ臭を示すが、濃度が薄くなると独特の魚臭。 • 水またはアルコールによく溶ける。液化メチルアミンは多くの無機化合物の良い溶剤。
用途	• ジメチルアミンが全体の需要の75%を占める。 ジメチルホルムアルデヒド（DMF：$HCON(CH_3)_2$）製造用に用いられる

基礎原料　：メタノールとアンモニア

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には、メタノールとアンモニアの気相反応によって製造。
400～450℃、1.4～2MPaにおいてシリカ/アルミナ触媒上で反応

$$CH_3OH + NH_3 \rightarrow CH_3NH_2 + H_2O$$
$$CH_3OH + CH_3NH_2 \rightarrow (CH_3)_2NH + H_2O$$
$$CH_3OH + (CH_3)_2NH \rightarrow (CH_3)_3N + H_2O$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.5 シアン化水素／Hydrogen cyanide HCN

性質 特徴	• 無色、透明、可燃性のガス（沸点25.7℃）で、特有のアーモンド臭。 • 純粋なシアン化水素は安定であるが水分又はアルカリ性物質を含むと重合が促進され褐色の固体を生成する。 • 猛毒で、中枢神経に作用し、呼吸機能を麻痺させる。270PPMを吸引すると5分以内に死ぬといわれる。 • 水に溶けると弱酸性を示す。酸による加水分解でギ酸とアンモニアになる。
用途	• メタクリル酸メチル（アクリル樹脂）、ヘキサメチレンジアミン、乳酸、青化ソーダ、フェロシアン化物などの合成。

基礎原料　：プロピレンまたはメタン（天然ガス）、アンモニア

合成ルート/プロセスの特徴　：プロピレンからアクリロニトリル製造（Sohio法）の際に、次式の副反応で生成し、これを副生物として回収。

$$CH_2=CHCH_3+3NH_3+3O_2 \rightarrow 3HCN+6H_2O$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.5.1 硫化水素／Hydrogen sulfide H_2S

性質 特徴	• 無色、特有の腐卵臭を有する可燃性、かつ、毒性のガスである。火山の噴気中に含まれ、硫黄泉においては水に溶けて湧出する。空気中で青い炎をあげて燃え、二酸化硫黄を生成する。 • 還元性が強く、種々の酸化物を還元する。特に、濃硝酸、発煙硝酸などの酸化剤とは激しく反応する。乾燥した状態では常温で金属と反応しないが、湿気を含む空気中では、金、白金以外のほとんどの金属と作用して硫化物をつくる。 • 毒性が強く、高濃度ガスを多量に吸入した場合は即死する。低濃度でも中枢神経を麻痺させるため、失神したり、呼吸停止を起こすことがある。
用途	• 硫化水素は金属精練、蛍光物質原料（硫化亜鉛、硫化カドミウム）の製造、工業薬品、医薬、農薬などの製造に利用される

基礎原料　　：石油

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には、合成ガス製造の際の精製装置および石油の水素化脱硫装置から回収される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.5.2/3 二酸化硫黄、六フッ化硫黄の性質

名称	性質
二酸化硫黄	• 強い刺激臭をもつ無色、不燃性で毒性の高いガスである。 • 安定なガスであり、水に溶けて酸性を示す。液化二酸化硫黄は純粋であれば、電気伝導度は小さいが、溶解性の塩を少量加えると電気伝導度が非常に高くなる。 • 用途は大部分、硫酸の製造用である。
六フッ化硫黄	• 無臭のガスで、不燃性で毒性もない。化学的に安定で、電気絶縁特性が優れている。しかし、大気中での安定性も高く、地球温暖化に影響するとして使用の削減が求められている。 • 非常に安定なガスで、水、アリカリ、アンモニアあるいは塩酸とも反応しない。 • 電気絶縁性が極めて優れているため、変圧器、ガス遮断器、粒子加速器などに主として用いられるほか、トレーサーガス、エッチング剤などにも使用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.6.1 塩素／Chlorine Cl_2

性質 特徴	• 激しい刺激臭がある黄緑色の気体。空気より重く、毒性が極めて強く支燃性である。 水素との等体積混合気体（塩素爆鳴気）は、日光の直射、紫外線で爆発的に反応する。 • 化学的に非常に活性で、希ガス、酸素、窒素、炭素以外のすべての元素と直接化合して、 塩化物をつくる。 • 水分を含んだ塩素ガスは常温でも極めて腐食性が強く、チタン以外のほとんどの金属材料を 激しく腐食する
用途	• 塩化ビニル、塩化ビニリデン、塩素系溶剤（トリクロロエチレン、パークロロエチレン等）の 製造など多くの用途がある。他に、水道水の殺菌や廃水処理に用いられる。

基礎原料　：食塩水（食塩＋水）を電気分解して製造

合成ルート/プロセスの特徴　：イオン交換膜法による食塩水の電気分解
陽極と陰極とを陽イオン交換膜で仕切って食塩電解を行うもので、
精製食塩水を陽極室側に供給すると、陽極で塩素を発生し、
ナトリウムイオンと水のみがイオン交換膜を通過して陰極室に入り、
陰極でカセイソーダを生成して水素を発生する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.6.2 塩化水素／Hydrogen chloride HCl

性質 特徴	• 無色で、刺激臭のある気体で、湿った空気中では発煙する。毒性があり、 濃厚な塩化水素または塩酸ミストを吸入すると、喉、目、鼻を刺激しせきが出る。 多量に吸入すると中毒を起こす。 • 水に溶けると塩酸となり、強酸性を示し、イオン化傾向が水素より大きい金属は、 塩化水素に侵食され、水素を発生して塩化物となる。特に、水分が存在するとその作用が激しい。
用途	• グルタミン酸ナトリウムおよび醤油などの調味料の製造、香料、染料、医薬、農薬および その中間体の製造、各種化学薬品の製造、鋼板や鋼材のさび取りなどに用いられる。

基礎原料　：塩素と水素

合成ルート/プロセスの特徴　：食塩水の電解によって得られる塩素と水素とを燃焼炉に吹き込み
燃焼させると塩化水素ガスが生成する。

$Cl_2+H_2 \rightarrow 2HCl$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.6.3 ホスゲン／Phosgene $COCl_2$

性質 特徴	• 無色で独特の青草臭をもつ極めて毒性の強いガス • 加水分解して、二酸化炭素と塩酸を生じる。 • 水酸化ナトリウムには極めて速やかに吸収される。 • 常温において乾燥状態では通常の金属材料をほとんど腐食しないが、水分が存在すると加水分解して塩酸が生じる為に金属を腐食する。 • 可燃性ガス、支燃性ガスのいずれでもない。 • 50ppm以上存在する空気中で呼吸すると30分以内で死亡する。
用途	• ジアミンとの反応によりジイソシアネートを合成し、ポリウレタン弾性繊維、接着剤、塗料などの原料とする。 • アルコールまたはフェノールとの反応性を利用して、医薬、農薬などを製造。

基礎原料　　：一酸化炭素と塩素

合成ルート/プロセスの特徴　：一酸化炭素と塩素を50～150℃で活性炭触媒を用いて反応させると得られる。

$$CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.7.1 臭化水素／HBr

性質 特徴	• 刺激臭のある無色、毒性のあるガス。不燃性のガス • 水と共沸混合物をつくり、非常によく溶けて臭化水素酸となる • 臭化水素酸は塩酸と同様に強酸 • 塩酸に比べて分解し易く、分解して臭素を生成し着色する • 人体に対する有害性は塩化水素に似て粘膜への刺激が強く、呼吸器への作用あり • 常温常圧においても水分が存在すると強い腐食性を示し、多くの金属を腐食する
用途	• 無機の臭化物及び臭化アルキルの製造、医薬、有機中間体の製造などに用いられる。

基礎原料　　：窒素と水素

合成ルート/プロセスの特徴　：臭素と水素の混合ガスを白金触媒存在下高温で直接反応させることで製造する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.8.1 フッ素／ Fluorine F_2

性質 特徴	• 常温では塩素様の特有な刺激臭をもつ。淡黄色で、極めて強い毒性のある支燃性ガス。 • 全ての元素の中で最も強い酸化力を持つ元素。希ガスであるキセノン、ラドン、クリプトンとも直接反応してフッ化物をつくる。強力な支燃性ガス。水素とは冷暗所においても混合により発火爆発を起こす。炭素とは室温でも反応し発火する。 • 腐食性が強く常温でもほとんどの金属と反応してフッ化物をつくる。 • 皮膚に接触すると組織を激しく刺激し腐食を起こし、吸入すると微量でも気管を刺激し、肺の充血を起こす。
用途	• 六フッ化ウラン、六フッ化硫黄、フッ化炭化水素などの製造。

基礎原料　：蛍石、氷晶石

合成ルート/プロセスの特徴　：天然に存在する蛍石、氷晶石を原料として、フッ化水素やフッ化カリウムをつくり、フッ化水素カリウムの融解混合物を電解して製造する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.8.2 フッ化水素／ Hydrogen fluoride HF

性質 特徴	• 沸点が19.5℃の無色で刺激臭のあるガスで、腐食性が強く、毒性が高い。 塩化水素と同じように空気中で発煙する。 • 熱的に安定であるが、会合性が強く、ガス状でもHFと2～6分子の会合体との混合物になっている。水に容易に溶け、水溶液はフッ化水素酸、または、フッ酸と呼ばれる。また、反応性が高く、種々の金属、酸化物、水素化物、炭酸塩などと反応してフッ化物をつくる。有機化合物とも反応して、フッ素化物になる。 • 皮膚に触れると激しい痛みを伴い、体内に浸透して腐食が進む。
用途	• 無機および有機合成におけるフッ素化剤としても使われており、種々のフルオロカーボン類、フッ素樹脂のモノマーなどの製造に用いられる。 • 石油化学のアルキル化、重合、縮合、異性化反応などの触媒に使われる。

基礎原料　：蛍石、濃硫酸

合成ルート/プロセスの特徴　：蛍石（主成分CaF_2）と濃硫酸を加熱するとフッ化水素が発生するので、硫酸ミストや水分を除去し、精留すると高純度のガスが得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.8.3 フルオロカーボン

性質 特徴	• 脂肪族炭化水素の一部あるいは全てをフッ素で置換した化合物 • CFC（クロロフルオロカーボン）： 脂肪族炭化水素の水素をフッ素と塩素で置換。大気中に放出されても殆ど分解しない。 オゾン層の破壊、地球温暖化のため、製造廃止。 • HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）： 分子中に塩素が含まれるためオゾン層の破壊力はゼロではない。 • HFC（ハイドロフルオロカーボン）： 炭化水素の一部の水素をフッ素に置換したもの • 全般に常温では無色のガスあるいは液体で、無臭あるいはわずかに芳香がある。
用途	• 冷凍空調における冷媒等

命名法

- フルオロカーボンの番号表記法
- 基本は3桁の数字
  1桁目：『炭素原子の数−1』、2桁目：『水素原子の数＋1』、3桁目：『フッ素原子の数』。
  但し炭素数が1のメタン誘導体は1桁目が0なので、省略して2桁で表す

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9 特殊材料ガス

- 半導体素子や光ファイバー、ファインセラミックスなどのいわゆる先端産業において数多くのガスが使用されているが、その中には、従来工業的には殆ど利用されていなかった新規なものが多数あり、しかも、極めて高い毒性をもつものが多く、可燃性あるいは自然発火性、分解爆発の危険性を持つものなども含まれている。
- そこで、KHKではこれらのガスの中から39種を選び、「特殊材料ガス」と命名して、その安全な取扱いに関する自主基準を作成した。
- その後、特殊材料ガスの中から、可燃性で毒性危険性の高いモノシラン、ジシラン、アルシン、ホスフィン、ジボラン、セレン化水素、モノゲルマンの7種類のガスを高圧法において、「特殊高圧ガス」に指定して、その製造、販売、移動、消費などを規制する条文が加えられた。
- 特殊材料ガスについては、燃焼性（自然発火性）、自己分解爆発性、毒性、反応性、取り扱い上の注意事項など共通事項についてよく理解すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.1 シラン／Silane SiH_4

性質 特徴	• 常温で気体であり、空気中で自然発火する。シランは、Ar、N2、Heなどの不活性ガスを用いて低濃度に希釈した場合でも空気中で爆発するが、一方で、高速で空気中に流出した場合などには発火しないでそのまま空気と混合し、シランと空気の可燃性雰囲気が生じるため、発火により激しく爆発する危険性が高い。 • 常温では安定で370℃で分解を始める。反応性が高く、塩素および臭素とは常温で爆発的に反応する。
用途	• シランおよびジシランは、半導体素子の製造において、エピタキシャル薄膜製造やCVD工程などに、またアモルファスシリコンの成膜などに用いられる。

基礎原料　　：ケイ砂、コークス、水素など

合成ルート/プロセスの特徴　：ケイ化マグネシウムを原料とする方法、
四塩化ケイ素を原料とする合成方法がある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.2 アルシン／Arsine AsH_3

性質 特徴	• ヒ素系の特殊材料ガスである。にらのような不快臭をもつ無色のガスで、可燃性であり、極めて毒性が強い。 • 常温では安定であり、230～240℃付近から分解が始まる。 • 塩素とは激しく反応して、塩化水素とヒ素を生じる。 • アルシンを吸入すると血液中のヘモグロビンを結合し、溶結作用を起こす。濃度0.5ppmで急性中毒を起こし、250ppmでは30分以内に死亡すると言われている。
用途	• 半導体製造におけるドーピングガス

基礎原料　：

合成ルート/プロセスの特徴　：ヒ化亜鉛などのヒ素化合物に希塩酸を作用させたり、ヒ化ナトリウムに水を作用させて製造するが、国内では工業的には生産されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.3 ホスフィン／ Phosphine PH_3

性質 特徴	• リン系の特殊材料ガスである。無色の不快臭をもつガスで、室温の空気中で自然発火する。 • 常温では安定であり、約300℃から分解が始まる。フッ素、塩素、硝酸などとは爆発的に反応する。また、加水分解性があり、水蒸気と反応してリン酸、亜リン酸、水素を生じる。この反応は300℃付近では速くなる。 • 極めて毒性の強い気体で、吸入すると肺水腫や発作的な昏睡状態を起こす。
用途	• ホスフィンなどのリン系の特殊材料ガスは、シリコン半導体の製造におけるドーピング用ガスとしてエピタキシャル、拡散、CVDおよびイオン注入の各工程で用いられており、半導体レーザーや発光ダイオードなどの化合物半導体の製造においても用いられる。

基礎原料　：黄リン

合成ルート/プロセスの特徴　：黄リンをリン酸などの酸あるいは水酸化カリウムなどのアルカリを触媒として高温で加水分解するか、黄リンを水酸化ナトリウム水溶液と反応させてつくられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.4 ジボラン／Diborane B_2H_6

性質 特徴	• ホウ素系の特殊材料ガスである。無色の特有な臭気をもつ極めて毒性の強いガスで、可燃性である。 • 熱的には不安定で、室温でも徐々に分解して水素及び高級ボラン化合物を生成する。 • 常温付近では発火しないが、80℃付近で自然発火を起こす。 • 極めて有毒で、吸入すれば肺への障害を起こし、また肝臓あるいは腎臓を侵す。15分曝露における致死量は159ppmといわれている。
用途	• 半導体製造におけるドーピングガス

基礎原料　：

合成ルート/プロセスの特徴　：ジボランは三フッ化ホウ素をエーテルやTHF（テトラヒドロフラン）などの溶媒中で、水素化リチウムや水素化ホウ素ナトリウムによって還元してつくられる

$$8BF_3 + 6LiH \rightarrow B_2H_6 + 6LiBF_4$$

$$4BF_3 + 3NaBH_4 \rightarrow 2B_2H_6 + 3NaBF_4$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.5 金属水素化物系特殊材料ガス／モノゲルマンGeH_4

性質 特徴	• 無色、吐き気を催すような不快臭のあるガス、毒性あり • 常温では安定であるが、350℃以上では殆ど完全にゲルマニウムと水素に分解 • 空気中では約90℃で自然発火を起こす • 低圧における酸素との反応では、230～330℃で水とGeO_2を生成し、 さらに高い温度では爆発的に反応する • 分解爆発を起こす危険性が高い • 吸入すると溶血作用があり、腎臓障害を起こす
用途	• 太陽電池などに使われるアモルファスシリコンのCVD成膜工程で用いられる

基礎原料　：

合成ルート/プロセスの特徴　：二酸化ゲルマニウムと水素化ホウ酸ナトリウムなどの塩を弱酸中で
水と反応させてつくる方法や、四塩化ゲルマニウムを
水素化アルミニウムリチウムなどの還元剤と反応させてつくる方法がある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.6 三フッ化窒素／NF_3

性質 特徴	• ハロゲン系の特殊材料ガスである。無色の支燃性ガスで、毒性がある。 • 常温では比較的反応性に乏しいが、高温では強力な酸化剤となる。 • 酸素と同じように可燃性のグリースやオイルなどが接触すると発火する危険性がある • 三フッ化窒素は、吸入すると気管、粘膜を刺激し、またヘモグロビンの機能を低下させる。 三フッ化窒素を排出する場合は、高温にして分解しなければならない。
用途	• 半導体製造におけるクリーニング用ガス等

基礎原料　：

合成ルート/プロセスの特徴　：銅触媒を用いてアンモニアとフッ素を反応させる方法、亜酸化窒素を無水フッ化水素中でフッ素化する方法などでつくられる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 分離

ガスの
分離・精製方法

- 蒸留
  - 揮発性の差を利用して分離する分離法
    （主要な分離操作として工業的に広く用いられる）
- ガス吸収
  - ガス中の特定成分を液体に吸収除去させる
    分離法（ガスの分離精製に用いられている）
- 吸着
  - 特定成分を固体などに吸着除去させる分離法
- 膜分離
  - 膜材に対する特定成分の透過性の違いを
    利用した分離法（ガス分離に適用される）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.1 蒸留

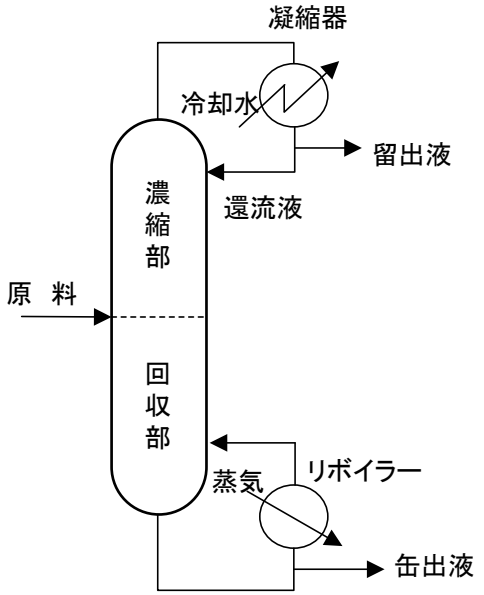
- 蒸留の原理と特徴

  揮発性の異なる液体混合物を蒸発させると蒸気中に低沸点物質（揮発性物質）を、
  液中に高沸点物質（揮発しにくい物質）を濃縮させることができる。
  このような物質の揮発性の違い利用して混合物を各成分に分離する方法を蒸留という。

- 蒸留塔の構成

  蒸留塔の塔頂に留出ガスを冷却して凝縮させて回収する
  凝縮器と塔底に流出液を気化させるリボイラーが設置されている。

  原料は蒸留塔内で分離され、塔頂から低沸点成分に富んだ液が、
  塔底から高沸点成分に富んだ液が取り出される。



蒸留塔の基本構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.2 ガス吸収

- ガス吸収

  混合気体中のある物質（溶質）が、液体（吸収液）に溶解するとすれば、両者を接触させることによってその物質を分離することができる。

  このように気体の溶解性の違いを利用して混合気体から溶質を分離する操作をガス吸収という。

  溶質の吸収速度を大きくするには、溶解度の大きい吸収液を選ぶか、操作温度を低くして溶解度を大きくする必要がある。

- 化学吸収と物理吸収

  化学吸収とは、溶質と反応する物質を吸収液に添加し、溶解した溶質を化学反応によって直ちに除去することで、液層内の溶質濃度および吸収速度を一定に保つ方法である。

  酸性ガス（二酸化炭素や二酸化硫黄）に対し、種々の化学吸収プロセスが開発されている。

  物理吸収とは化学吸収を用いない方法で溶解度が大きく取れる高圧プロセスでよく用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.3 吸着

- 吸着する物（吸着剤）の表面に気体あるいは液体の分子（吸着質）が付着する現象を吸着という。吸着剤には、多孔質で内部表面積の大きな物質である活性炭、活性アルミナ、シリカゲル、ゼオライトがある。
- 吸着量は吸着質の種類と吸着剤の組合せで決まるが、気相あるいは液相での濃度、圧力及び温度でも決まる。
- 吸着には化学吸着（化学変化を起こして付着）と物理吸着（ファン・デル・ワールス力、静電気力等による付着）がある。
- 物理吸着においては、吸着量の圧力あるいは温度の依存性を利用し、吸着剤を加熱するか、雰囲気の圧力を下げることで吸着した分子を吸着剤から引き離し再生ができる。これにより吸着剤を使い捨てにすることなく、吸着⇔再生を繰返し操作し 連続化できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.4 膜

- 工業的にガスを分離する方法として気体分離膜を用いる方法がある。
- 膜として高分子素材やセラミックス、場合によっては金属などの膜がある。
  それぞれの素材に対する各種ガス分子の透過性の違いを利用して分離される。
- 膜には構造によって多孔質膜と非多孔質膜がある。
  多孔質膜は、膜にある小さな孔による分子ふるい流の機構や毛管凝縮流、
  自由分子流などの機構で分子が細孔内を移動することを利用して気体を分離する。
  非多孔質は、気体が膜を透過（膜内に溶解し、反対側から脱溶解）する際に、
  膜素材に対する気体分子の溶解・拡散のしやすさ（＝親和性）の違いで分離される。
- 対称膜（膜の厚み方向に関し表裏とも対象構造）と非対象膜（分子が透過する方向に関して構造が変化）にも分類される。非対象膜の強度を強化したものに複合膜がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：4. 燃焼・爆発（91頁）

4.1.1 燃焼と爆発の定義

燃焼	物質が酸素あるいは空気などと反応し、光と熱を発生しながら急速に進行する現象。
爆発	圧力が急激に発生するかまたは解放されることによって、大きな音とともにガスが激しく膨張する現象。 化学的な爆発と物理的な爆発がある。
爆ごう	非常に激しい爆発、火炎が超音速で空間を伝ぱ、そのために衝撃波を伴う。
爆燃	火炎の伝ぱ速度が音速以下の通常の爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：4. 燃焼・爆発（92頁）

可燃性ガスと支燃性ガス（安全の観点での分類）

可燃性	自ら燃焼するガス（還元性のガス）
支燃性ガス	自らは燃焼しないが燃焼を支えるガス（酸化力の強い酸化性のガス）
不活性ガス	燃焼の場にあっても化学反応（燃焼）に関与しないガス、 例：希ガス、窒素、二酸化炭素
分解爆発性ガス	可燃性、支燃性に関係なく、そのガス単独の状態で分解反応によって多量の熱を発生、火炎を発生し爆発となる性質のガス 例：アセチレン、ゲルマン、オゾン、等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2　火炎と火災の種類（91頁）

構造での分類
拡散火炎と予混合火炎

形態での分類	
①伝ぱ火炎	空気と混合した可燃性ガスあるいは可燃性液体の蒸気、 ミストまたは粉じん雲を伝わって伝ぱする火炎
②噴流火炎	ジェット火炎とも呼ばれ、 高圧のガスや液体などが空気中に勢いよく噴出しながら燃焼している火炎
③プール火炎	可燃性液体がプール状に溜まった状態にあり、 その液面上で燃焼している火炎
④ファイアーボール	大量の可燃性のガスあるいは蒸気が空気中に放出されたのちに発火して 生じる火炎であり、未反応の可燃性ガスや蒸気が拡散燃焼を起こしながら 比較的長時間持続するため、空中に浮遊してできる球状の火炎

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 爆発の種類（92頁）

① 混合ガス爆発

② 液滴噴霧（スプレー）爆発

③ 蒸気雲爆発

④ 粉塵の爆発

⑤ 分解爆発性物質の爆発

⑥ 液体、固体爆発物の爆発

⑦ 高圧設備の破裂

⑧ 蒸気爆発（BLEVE）

⑨ 電線の爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 発火現象（97-100頁）

a）自然発火

可燃性混合ガスを容器に入れておき、ある温度以上に保持するとおこる。

熱発火理論と連鎖発火理論

b）発火源による発火

可燃性混合ガスが外部からエネルギーを受けると発火する。

1） 電気火花
2） 静電気放電
3） 裸火
4） 高温物体（熱面）
5） 断熱圧縮
6） 衝撃波
7） レーザ光などの光線

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 燃焼・爆発の反応（93頁）

4.2.1 総括反応と素反応

例えば、水素ガスが空気中で燃焼する反応は

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

のように書かれる。これを総括化学反応式という。実際の水素と酸素の反応は、H_2分子がO_2分子と衝突して直接反応しH_2O分子が生成するというようなことではなく、種々のラジカルや分子が入り乱れて起こるいろいろな反応が同時に進行し、その総和としての収支をとると上の式のような反応になっているということである。その際に起こる個々の反応のことを素反応という。

素反応の例として、水素の発火現象を考える際に特に重要な反応としては、次の4つの素反応がある。（M:反応の第三体）

$$OH + H_2 \rightarrow H_2O + H$$
$$H + O_2 \rightarrow OH + O$$
$$O + H_2 \rightarrow OH + H$$
$$H + O_2 + M \rightarrow HO_2 + M$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 火炎温度（94、95頁）

a）燃焼熱

可燃性ガスが酸素などの支燃性ガスと反応すると熱を発生する。これを燃焼熱Q_Cという。通常、標準状態圧力0.101325 MPa、25 ℃での燃焼熱Q_Cは燃焼反応式における反応物の25℃での標準生成熱（標準生成エンタルピー）ΔH_f°の総和から生成物の標準生成熱ΔH_f°の総和を差し引いて求める。標準生成熱ΔH_f°というのは、1 mol の化合物がそれぞれの標準状態圧力0.101325 MPa にある成分元素から等温条件（通常は25 ℃）で合成されるときの反応熱（反応のエンタルピー変化）ΔHである。

b）火炎温度

燃焼反応が起こると燃焼熱が発生するために、反応によって生成した化学物質は加熱され高温の状態になる。その温度を火炎温度または燃焼温度という。例えば、適当な濃度の可燃性ガス－空気混合ガスを密閉容器中に入れて点火すれば爆発し、温度および圧力が上昇する。通常、この温度および圧力の計算は、熱損失はなく燃焼熱はすべて生成物の加熱に使用されると仮定して行う。この温度を断熱火炎温度という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 燃焼・爆発の発生（97頁）

4.3.1 発火現象

a）自然発火

容器の中に可燃性ガスと空気を入れて混ぜておき、容器温度をある温度以上に保持すると発火が起こる。その温度は可燃性ガスの種類、濃度、圧力などに依存する。
このように、特に発火源なしで発火するような場合を自然発火という。こうした状況下での発火現象を説明するのに、熱発火理論と連鎖発火理論とがある。

熱発火理論　：可燃性ガスと空気の混合ガスを容器に入れ容器（壁）をある温度に保持したときに、容器の中で起こる化学反応による発熱と容器壁を通して外へ逃げる熱とのバランスによって発火するかどうかが決まるという考え方。

連鎖発火理論　：温度の代わりに燃焼反応を支配する活性化学種の増減で議論する。反応が活性化学種の数を増やすような状況であれば発火に至るし、活性種 を減少させるような状況では発火しないという考え方。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.1 燃焼・爆発危険性の評価（101－104頁）

a）燃焼速度 ：

可燃性ガスの燃焼に関連した物理量、火炎面が未燃混合ガスに対して面に垂直に進む速度。

b）発火温度 ：

可燃性ガスが空気中で自然発火を起こす最低の温度、最小自然発火温度、発火点とも呼ぶ。

c）爆発限界（表4.4）：

可燃性混合ガスに点火して爆発するときの濃度範囲を爆発範囲といい、
その範囲の最低濃度を爆発下限界、最高濃度を爆発上限界という。

e）最小発火エネルギー（表4.5）

可燃性混合ガスに点火するための最小のエネルギーの値。混合ガス組成 に大きく依存し、
化学量論組成付近で最も小さくなる。

消炎距離（表4.5）

可燃性混合ガス中を伝ぱする火炎は、あまり細い管や狭いすき間を通り抜けることはできない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 爆発限界（104、105頁）

c）爆発限界に関する法則

ルシャトリエの法則

複数の可燃性ガスの混合ガスの爆発限界をそれぞれのガスの爆発限界から予測する法則。

それぞれL_1, L_2, L_3, ・・・の爆発限界濃度[vol%]を持つガスが、
C_1, C_2, C_3, ・・・の濃度[vol%]で混合している場合、
混合ガスの爆発限界濃度L[vol%]は、

$$\frac{100}{L} = \frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \frac{C_3}{L_3} + \cdots$$

で表わされる。

ただし、$C_1 + C_2 + C_3 + \cdots = 100$ である。

類似したガスの場合には比較的精度が良い。

下限界は精度が良いが上限界は精度が低下する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（108頁）

火炎と火災の影響 ： 周囲に対して影響を与える主要なものは熱放射

a）ガス放射：

高温の火炎では、ガス放射は燃焼ガス中に含まれる二酸化炭素と水蒸気からの放射が大きく寄与する。二酸化炭素では2.7、4.3および15 μmの、水蒸気では2.7、6.3および20 μm付近の波長帯で起こる。

b）固体放射：

炭素原子を含む可燃性のガスの火炎中ではススが生成する。火炎中の高温のススは熱を放射する。固体からの放射は、ステファンーボルツマンの式で与えられる（σ：ステファンボルツマン定数、T:温度[K]）。

$$E_{\mathrm{b}} = \sigma T^4$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（109頁）

爆発の場合は、火炎からの熱放射に加えて、
爆発に伴ういわゆる爆風の影響を考えなければならない。
爆風による被害はピーク過圧ばかりでなく、
爆風の持続時間にも依存する。

爆ごうによる爆風圧は、爆心から一定の距離を置いて
観測していると、**図4.7**に示すように爆風の到達とともに
急に立ち上がり、また元の圧力p_0に戻るが、その途中で
一度負圧にまで下がりそれからp_0に戻っていくことが知られている。

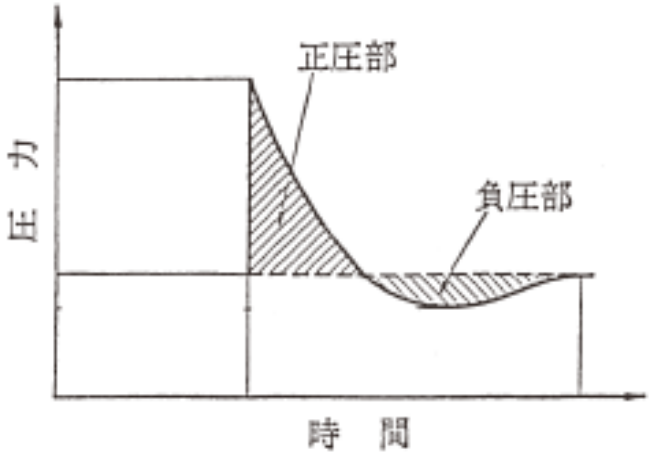


図4.7
爆心から離れた位置における
爆風圧の変化

ホプキンソンの三乗根法則：
次式で定義される換算距離 λ が等しければ、距離Rにおける爆発によるピーク過圧は等しくなる
（M：爆発物質量）。

$$\lambda = \frac{R}{\sqrt[3]{M}}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：3. 気体の化学反応（63頁）

均一等温反応	気体中、液体中または固体中で起こり、それぞれ、気相反応、液相反応または固相反応と呼ばれる
不均一反応	2つ以上の相が関連して起こる化学反応で、化学反応と物理的な物質の移動過程が組み合わさって起こる。 そのために、不均一反応の反応速度式やその解析は均一反応のそれに比べて複雑となることが多い。
非等温反応	反応系の温度が時間的または空間的に変化する場合で、 化学反応とともに熱の移動が起こり、その解析は等温反応に比べて複雑となる。
可逆反応と不可逆反応	可逆反応は、生成物が生成する正反応と分解する逆反応が同時に進行、不可逆反応は、平衡が生成系に大きく片寄った可逆反応であるとして平衡を論じることができる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1 化学量論（63頁）

化学量論	化学反応に関与する単体または化合物の定量的関係を論ずる分野
化学反応式	あらゆる元素に関して反応の前後において各元素の原子数が等しい（質量保存の法則）ことが成立している場合に、反応式または量論反応式と称される。
反応生成物	完全燃焼生成物：C、H、OおよびNを含む物質→CO_2、H_2O およびN_2 不完全燃焼および爆発的分解の生成物：C、H、OおよびNを含む物質 → まずN_2、H_2O、CO_2の順に生成すると仮定、酸素がなくなったら、余った原子は単体状態での生成物とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 熱化学（65頁）

反応熱	化学反応が起こると熱の放出または吸収が起こる。 この反応に伴って生ずる熱を反応熱または反応のエンタルピーと呼ぶ。
反応の エンタルピー変化	反応のエンタルピー変化ΔHは等圧反応時に系が得る 熱量として定義されており、系が熱量を得たときにその符号が正となる。
反応熱ΔH	反応熱を反応のエンタルピー変化とする場合*
反応熱Q	発熱反応のときを正、吸熱反応のときを負とする場合*

*：この教科書での定義。反応熱ΔHと反応熱Qの符号が逆になる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 生成エンタルピー（65頁）

標準生成エンタルピー

標準生成熱または標準生成エンタルピー ΔH_f° は、1 mol の化合物が
標準状態圧力0.1013 MPa にある成分元素の単体から等温的に生成するときに
吸収する熱で、エンタルピー変化であり、kJ/mol の単位で表される。
温度は25℃がよく選ばれている。
なお、記号の肩の ° は標準状態圧力（標準大気圧）の状態であることを示す。
単体は、メタン（CH_4）の場合は炭素（C、グラファイト）と水素（H_2）であり、
メタノール（CH_3OH）であれば炭素、水素および酸素である。

標準生成エンタルピーは、その値が負で大きい物質ほどエネルギー的に低い
（図3.1）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 反応熱（67頁）

反応熱の計算方法

量論的反応式および反応物と生成物の生成熱がわかっているときには、
次の関係式を用いて反応熱を計算することができる。

反応熱 ΔH ＝（生成物の生成熱 ΔH_f の和）－（反応物の生成熱 ΔH_f の和）

例）$CO + 1/2O_2 \rightarrow CO_2$ の25℃での反応熱（ΔH_f°）

$$\Delta H_f^\circ = \Delta H_f^\circ(CO_2) - \left\{\Delta H_f^\circ(CO) + \frac{1}{2}\Delta H_f^\circ(O_2)\right\}$$

$$= -393.5 - \left\{-(-110.5) + \frac{1}{2} \times (0)\right\} = -283.0 \text{ kJ/mol}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 化学平衡（69頁）

3.3.1 可逆反応と化学平衡

多くの化学反応は可逆反応である。一定温度、圧力で可逆反応を行わせると、反応混合物の組成は時間とともに一定値に近づく。これは、正反応と逆反応の速度が等しくなるからである。このような状態を平衡状態と呼ぶ。

質量作用の法則

平衡状態にある系の平衡濃度の間には定量的な関係があり、全生成物の濃度の積を全反応物の濃度の積で割ると、その値（平衡定数）は温度以外の条件が変わっても不変である。（C, p :各成分の濃度および圧力）

$$aA + bB \quad cC + dD$$

平衡定数 $K_C = \dfrac{C_C^c C_D^d}{C_A^a C_B^b}$　　圧平衡定数 $K_p = \dfrac{p_C^c p_D^d}{p_A^a p_B^b}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 化学平衡（69頁）

3.3.1 化学平衡に影響する因子

ル・シャトリエの法則：1つの系が平衡状態にあるとき、
系の状態の変化によって平衡濃度は変化の効果を吸収する方向に変化する。

平衡に及ぼす温度の影響

発熱反応では、温度を上げると平衡は左（原料側）へ移動、温度を下げると平衡は右（生成物側）へ移動。吸熱反応では、温度を上げると平衡は右へ移動、温度を下げると左へ移動。

平衡に及ぼす圧力の影響

気相の物質量の増す反応では、圧力を増すと平衡は左（原料側）に移動、圧力を下げると平衡は右（生成物側）に移動。気体の物質量が減る反応では、圧力を増すと平衡は右（生成物側）に移動、圧力を下げると平衡は左（原料側）に移動。気体の物質量の増減のない反応では、圧力を変えても平衡は移動しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 反応速度（75頁）

3.4.1 反応速度式

化学反応の速さは、反応に関与する物質の量、濃度または圧力が単位時間内にどれだけ変化するかという値で示される。

$$aA + bB \rightleftarrows cC + dD$$

という反応では、化学反応の速さr（反応速度）は原料A およびB の消費速度であり、またC およびD の生成速度である。

$$r = -\frac{1}{a}\frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b}\frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{c}\frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{d}\frac{d[D]}{dt}$$

[X]: 成分Xの濃度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 反応速度（75頁）

3.4.3 反応次数

反応速度は反応に関与する物質の濃度や圧力のベキ関数として表せる場合が多い。
実測された反応速度が反応の濃度について全体で何次であるかを反応次数という。

例えば、反応速度が、

$$r = k[\mathrm{A}]^m[\mathrm{B}]^n$$

で表されたときは、この反応の次数は（$m+n$）次である。
反応次数は整数でない場合もある。

[X]: 成分Xの濃度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 反応速度（75頁）

3.4.3 反応速度定数と活性化エネルギー

反応速度式 $r = k[\mathrm{A}]^m[\mathrm{B}]^n$ における反応速度定数kは、通常アレニウス式で表される。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Aは頻度因子または前指数因子、E_aは活性化エネルギーで、実験的には絶対温度の逆数（$1/T$）に対して反応速度定数の対数（$\ln k$）をプロットするとAおよびE_aを求めることができる。

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.4 反応速度解析法 （b）理論解析（78頁）

1）0次反応　A⟶B　の反応速度式

$$-\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k \quad \text{を積分して} \quad [\mathrm{A}] = -kt + [\mathrm{A}]_0$$

2）1次不可逆反応　A⟶B

$$-\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k[\mathrm{A}] \quad \text{より} \qquad [\mathrm{A}] = [\mathrm{A}]_0 \exp(-kt)$$

3）1次可逆反応　$\mathrm{A} \overset{k_1}{\underset{k_{-1}}{\rightleftarrows}} \mathrm{B}$

$$-\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k_1[\mathrm{A}] - k_{-1}[\mathrm{B}] = (k_1 + k_{-1})[\mathrm{A}] - k_{-1}[\mathrm{A}]_0 \quad \text{より}$$

$$-\ln\left(\frac{[\mathrm{A}]-[\mathrm{A}]_\mathrm{e}}{[\mathrm{A}]_0-[\mathrm{A}]_\mathrm{e}}\right) = (k_1 + k_{-1})t$$

[X]　：成分Xの濃度
$[\mathrm{X}]_0$　：成分Xの初期濃度
$[\mathrm{X}]_\mathrm{e}$　：成分Xの平衡での濃度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.4 反応速度解析法 （b）理論解析（78頁）

4）2次反応①、②の反応速度式は

① $2\mathrm{A} \longrightarrow \mathrm{B}$　$-\frac{1}{2}\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k[\mathrm{A}]^2$　より　$\frac{1}{[\mathrm{A}]} - \frac{1}{[\mathrm{A}]_0} = 2kt$

② $\mathrm{A}+\mathrm{B} \longrightarrow \mathrm{C}$　$-\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k[\mathrm{A}][\mathrm{B}]$　より　$\ln \frac{[\mathrm{B}]_0[\mathrm{A}]}{[\mathrm{A}]_0[\mathrm{B}]} = ([\mathrm{A}]_0 - [\mathrm{B}]_0)kt$

5）逐次反応　$\mathrm{A} \xrightarrow{k_1} \mathrm{B} \xrightarrow{k_2} \mathrm{C}$

$$\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = -k_1[\mathrm{A}] \quad [\mathrm{A}] = [\mathrm{A}]_0 \exp(-k_1 t)$$

$$\frac{d[\mathrm{B}]}{dt} = k_1[\mathrm{A}] - k_2[\mathrm{B}] \quad [\mathrm{B}] = \frac{k_1}{k_1 - k_2}[\mathrm{A}]_0\{\exp(-k_2 t) - \exp(-k_1 t)\}$$

$$\frac{d[\mathrm{C}]}{dt} = k_2[\mathrm{B}] \quad [\mathrm{C}] = [\mathrm{A}]_0\left\{1 + \frac{k_2}{k_1 - k_2}\exp(-k_1 t) - \frac{k_1}{k_1 - k_2}\exp(-k_2 t)\right\}$$

$[\mathrm{X}]$　：成分Xの濃度
$[\mathrm{X}]_0$　：成分Xの初期濃度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.4 反応速度解析法 （c）定常状態法（82頁）

1）単純定常状態法

$A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ の反応において、

$k_1 \ll k_2$ の時、定常状態近似によって解析を容易にすることができる。

$k_1 \ll k_2$ の時、$\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_2[B] = 0$ と近似することができ、

$[B] = \frac{k_1}{k_2}[A] = \frac{k_1}{k_2}[A]_0 \exp(-k_1 t)$ 、$[C] = [A]_0\{1 - \exp(-k_1 t)\}$ となる。

2）連鎖反応

連鎖反応では、反応中間体である遊離基の濃度は低く、反応中ほとんどの期間その濃度は一定であり、定常状態法が適用可能である。

3）数値解析法

微分方程式の解析解が得られない場合、あるいは成分の数が多すぎて計算が困難である場合は近似式をつくり、コンピュータによる数値計算が行われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：4. 燃焼・爆発（91頁）

4.1.1 燃焼と爆発の定義

燃焼	物質が酸素あるいは空気などと反応し、光と熱を発生しながら急速に進行する現象。
爆発	圧力が急激に発生するかまたは解放されることによって、大きな音とともにガスが激しく膨張する現象。 化学的な爆発と物理的な爆発がある。
爆ごう	非常に激しい爆発、火炎が超音速で空間を伝ぱ、そのために衝撃波を伴う。
爆燃	火炎の伝ぱ速度が音速以下の通常の爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：4. 燃焼・爆発（92頁）

可燃性ガスと支燃性ガス（安全の観点での分類）

可燃性	自ら燃焼するガス（還元性のガス）
支燃性ガス	自らは燃焼しないが燃焼を支えるガス（酸化力の強い酸化性のガス）
不活性ガス	燃焼の場にあっても化学反応（燃焼）に関与しないガス、 例：希ガス、窒素、二酸化炭素
分解爆発性ガス	可燃性、支燃性に関係なく、そのガス単独の状態で分解反応によって多量の熱を発生、火炎を発生し爆発となる性質のガス 例：アセチレン、ゲルマン、オゾン、等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2　火炎と火災の種類（91頁）

構造での分類
拡散火炎と予混合火炎

形態での分類	
①伝ぱ火炎	空気と混合した可燃性ガスあるいは可燃性液体の蒸気、 ミストまたは粉じん雲を伝わって伝ぱする火炎
②噴流火炎	ジェット火炎とも呼ばれ、 高圧のガスや液体などが空気中に勢いよく噴出しながら燃焼している火炎
③プール火炎	可燃性液体がプール状に溜まった状態にあり、 その液面上で燃焼している火炎
④ファイアーボール	大量の可燃性のガスあるいは蒸気が空気中に放出されたのちに発火して 生じる火炎であり、未反応の可燃性ガスや蒸気が拡散燃焼を起こしながら 比較的長時間持続するため、空中に浮遊してできる球状の火炎

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 爆発の種類（92頁）

① 混合ガスの爆発
可燃性ガスと空気、酸素などの支燃性ガスの混合物の爆発

② 液滴噴霧（スプレー）の爆発
可燃性の液体が液滴状になって空気中に浮遊している状態で発火、可燃性ガスと同様の爆発

③ 蒸気雲爆発
空気中に可燃性の液体の蒸気およびミストなどが白雲状に広がった状態で発火し爆発。
混合ガスと液滴噴霧の共存する爆発

④ 粉塵の爆発（粉塵爆発）
炭塵、小麦粉、プラスチックの粉、金属粉などの可燃性の細かい粉が空気中などに浮遊している状態で発火し爆発

⑤ 分解爆発性物質の爆発
アセチレン、ゲルマン、オゾンなどは、空気や酸素などの支燃性ガスがなくても、
単独のガスが発火により分解反応を起こして爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 爆発の種類（92頁）

⑥ 液体または固体爆発物の爆発
火薬類や、ニトロメタン、過酸化物などの分子内酸化による爆発、
あるいは可燃性物質と酸化剤の混合物などの爆発

⑦ 高圧設備の破裂
高圧設備に設計圧力以上の高圧が加わり、内圧に耐えられなくなって急激に破壊し、
内部の高圧ガスが爆音とともに噴出し爆風などを生じる現象。容器内部に異常反応が起こり
内圧が異常に上昇し、容器壁の耐圧限界を超えて破裂に至る例もある

⑧ 蒸気爆発
加圧下で加熱された状態の液体があるときに、その圧力が急に解放されると、気液平衡が
くずれて突沸状態になって液体が爆発的に蒸発する現象。蒸気爆発は物理的な爆発

⑨ 電線の爆発
電線などに急激に大電流が流されると、電線の温度が急上昇して爆発音とともに蒸発する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 燃焼・爆発の反応（93頁）

4.2.1 総括反応と素反応

例えば、水素ガスが空気中で燃焼する反応は

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

のように書かれる。これを総括化学反応式という。実際の水素と酸素の反応は、H_2分子がO_2分子と衝突して直接反応しH_2O分子が生成するというようなことではなく、種々のラジカルや分子が入り乱れて起こるいろいろな反応が同時に進行し、その総和としての収支をとると上の式のような反応になっているということである。その際に起こる個々の反応のことを素反応という。

素反応の例として、水素の発火現象を考える際に特に重要な反応としては、次の4つの素反応がある。（M:反応の第三体）

$$OH + H_2 \rightarrow H_2O + H$$
$$H + O_2 \rightarrow OH + O$$
$$O + H_2 \rightarrow OH + H$$
$$H + O_2 + M \rightarrow HO_2 + M$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 火炎温度（94、95頁）

a）燃焼熱

可燃性ガスが酸素などの支燃性ガスと反応すると熱を発生する。これを燃焼熱Q_Cという。通常、標準状態圧力0.101325 MPa、25 ℃での燃焼熱Q_Cは燃焼反応式における反応物の25℃での標準生成熱（標準生成エンタルピー）ΔH_f°の総和から生成物の標準生成熱ΔH_f°の総和を差し引いて求める。標準生成熱ΔH_f°というのは、1 mol の化合物がそれぞれの標準状態圧力0.101325 MPa にある成分元素から等温条件（通常は25 ℃）で合成されるときの反応熱（反応のエンタルピー変化）ΔHである。

b）火炎温度

燃焼反応が起こると燃焼熱が発生するために、反応によって生成した化学物質は加熱され高温の状態になる。その温度を火炎温度または燃焼温度という。例えば、適当な濃度の可燃性ガス－空気混合ガスを密閉容器中に入れて点火すれば爆発し、温度および圧力が上昇する。通常、この温度および圧力の計算は、熱損失はなく燃焼熱はすべて生成物の加熱に使用されると仮定して行う。この温度を断熱火炎温度という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 燃焼・爆発の発生（97頁）

4.3.1 発火現象

a）自然発火

容器の中に可燃性ガスと空気を入れて混ぜておき、容器温度をある温度以上に保持すると発火が起こる。その温度は可燃性ガスの種類、濃度、圧力などに依存する。
このように、特に発火源なしで発火するような場合を自然発火という。こうした状況下での発火現象を説明するのに、熱発火理論と連鎖発火理論とがある。

熱発火理論　：可燃性ガスと空気の混合ガスを容器に入れ容器（壁）をある温度に保持したときに、容器の中で起こる化学反応による発熱と容器壁を通して外へ逃げる熱とのバランスによって発火するかどうかが決まるという考え方。

連鎖発火理論　：温度の代わりに燃焼反応を支配する活性化学種の増減で議論する。反応が活性化学種の数を増やすような状況であれば発火に至るし、活性種 を減少させるような状況では発火しないという考え方。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 発火現象（97-100頁）

b）発火源による発火

可燃性混合ガスが外部からエネルギーを受けると発火する。

発火源としては、1）～7）

1） 電気火花
2） 静電気放電
3） 裸火
4） 高温物体（熱面）
5） 断熱圧縮
6） 衝撃波
7） レーザ光などの光線

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.2 爆ごうの発生

長い管の一端で水素−空気の爆発性混合気に点火すると、
はじめは通常の燃焼波して伝ぱし始めるが、あるところで爆ごうに転移する。

初期の燃焼波は層流火炎であるが、管壁との相互作用やガスの膨張による
波面の乱れなどによって次第に燃焼速度が加速する。

一方、火炎面から前方に向かって圧縮波が先行するが、燃焼速度が
次第に加速するために、後から発生する圧縮波は先行する圧縮波に追いつき重なって、
やがて爆ごうに転移する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.1 燃焼・爆発危険性の評価（101－104頁）

a）燃焼速度

可燃性ガスの燃焼に関連した物理量、火炎面が未燃混合ガスに対して面に垂直に進む速度。

b）発火温度

可燃性ガスが空気中で自然発火を起こす最低の温度、最小自然発火温度、発火点とも呼ぶ。

c）爆発限界（表4.4）

可燃性混合ガスに点火して爆発するときの濃度範囲を爆発範囲といい、
その範囲の最低濃度を爆発下限界、最高濃度を爆発上限界という。

d）引火点

可燃性液体に炎を近づけると発火する現象を引火という。引火点というのは可燃性
液体の飽和蒸気圧が空気との間に爆発性混合気を形成する　のに十分な値になる温度。
したがって、引火点は沸点や分子量と強い相関をもつことになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.1 燃焼・爆発危険性の評価（101－104頁）

e）最小発火エネルギー（表4.5）

可燃性混合ガスに点火するための最小のエネルギーの値。混合ガス組成に大きく依存し、化学量論組成付近で最も小さくなる。

消炎距離および消炎直径（表4.5）

爆発性混合ガス中を伝ぱする火炎は、あまり細い管や狭いすき間を通り抜けることはできない。隙間の限界寸法を消炎距離といい、細管の限界寸法を消炎直径という。

f）安全すきま

容器内で発生した火炎が狭い隙間を通り抜けて外部に伝ぱするときは進行方向に背圧がかかり、均一な圧力下における場合と比べてより狭い隙間にしなければ火炎を消炎することができない。その隙間の値は濃度によって異なってくるので、火炎を消炎できる隙間の最大値をもって最大安全すきま（MESG）といっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 爆発限界（104、105頁）

b）爆発限界に関する法則

ルシャトリエの法則
複数の可燃性ガスの混合ガスの爆発限界をそれぞれのガスの爆発限界から予測する法則。

それぞれL_1, L_2, L_3, ・・・の爆発限界濃度[vol%]を持つガスが、
C_1, C_2, C_3, ・・・の濃度[vol%]で混合している場合、
混合ガスの爆発限界濃度L[vol%]は、

$$\frac{100}{L} = \frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \frac{C_3}{L_3} + \cdots$$

で表わされる。

ただし、$C_1 + C_2 + C_3 + \cdots = 100$ である。
類似したガスの場合には比較的精度が良い。
下限界は精度が良いが上限界は精度が低下する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（108頁）

火炎と火災の影響 ： 周囲に対して影響を与える主要なものは熱放射

a）ガス放射

高温の火炎では、ガス放射は燃焼ガス中に含まれる二酸化炭素と水蒸気からの放射が大きく寄与する。二酸化炭素では2.7、4.3および15 μmの、水蒸気では2.7、6.3および20 μm付近の波長帯で起こる。

b）固体放射

炭素原子を含む可燃性のガスの火炎中ではススが生成する。
火炎中の高温のススは熱を放射する。
固体からの放射は、ステファンーボルツマンの式で与えられる
（σ：ステファンボルツマン定数、T:温度[K]）。

$$E_{\mathrm{b}} = \sigma T^4$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（109頁）

爆発の場合は、火炎からの熱放射に加えて、
爆発に伴ういわゆる爆風の影響を考えなければならない。
爆風による被害はピーク過圧ばかりでなく、
爆風の持続時間にも依存する。

爆ごうによる爆風圧は、爆心から一定の距離を置いて
観測していると、**図4.7**に示すように爆風の到達とともに
急に立ち上がり、また元の圧力 p_0 に戻るが、その途中で
一度負圧にまで下がりそれからp_0に戻っていくことが知られている。

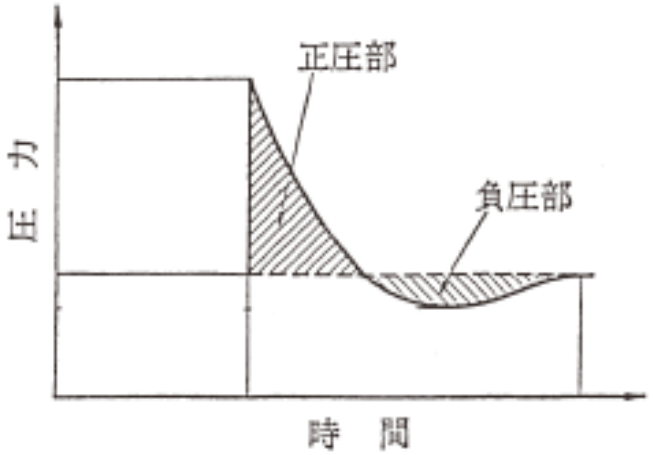


図4.7
爆心から離れた位置における
爆風圧の変化

ホプキンソンの三乗根法則：
次式で定義される換算距離 λ が等しければ、距離Rにおける爆発によるピーク過圧は等しくなる
（M：爆発物質量）。

$$\lambda = \frac{R}{\sqrt[3]{M}}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（109頁）

TNT換算量、TNT当量、TNT収率	爆風による被害の大きさを理解するのに用いられる量。
TNT換算量	事故などの際に、貯槽やプラントなどから漏れ出して爆発に加わる可能性のあった爆発物の総エネルギーと同じエネルギーを発生するTNT火薬の質量。
TNT当量	ある爆発で実際に発生したエネルギーと同じエネルギーを発生するTNT火薬の質量。
TNT 収率	TNT当量をTNT換算量で割った値

【例題4.5】同じ爆発物を、次のイ、ロ、ハのように異なる量で爆発させ、それぞれ爆発中心から異なる距離で観測したとき、ピーク過圧の大きさはどのような順序になるか。

イ．　爆発物の質量27 kg；　爆発中心からの距離 100 m

ロ．　〃　125 kg；　〃　200 m

ハ．　〃　1000 kg；　〃　500 m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（110頁）

【例題4.5】同じ爆発物を、次のイ、ロ、ハのように異なる量で爆発させ、それぞれ爆発中心から異なる距離で観測したとき、ピーク過圧の大きさはどのような順序になるか。

イ．　爆発物の質量27 kg；　爆発中心からの距離 100 m

ロ．　〃　125 kg；　〃　200 m

ハ．　〃　1000 kg；　〃　500 m

【解】爆風のピーク過圧は換算距離の単調関数であり、
換算距離が大きくなればピーク過圧は小さくなる。

イの場合、　$\lambda = \frac{R}{\sqrt[3]{M}}$　=100/3 =33.3

ロの場合、　〃　=200/5 =40

ハの場合、　〃　=500/10=50

したがって、ピーク過圧の大きさの順は イ>ロ>ハ である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（110頁）

【例題4.6】エチレン500 kgが爆発したときのTNT当量を求めよ。
ただし、エチレンの燃焼熱は1320 kJ/mol、TNTの爆発熱は4.19×10^3 kJ/kg、
エチレンのTNT収率は6.4%とする。

【解】題意により、エチレン500 kg が爆発したときの全爆発熱量Q は、

$$Q = 1320\times(500000/28) = 2.36\times10^7 \text{ kJ}$$

これをTNTの爆発熱 4.19×10^3 kJ/kg で割ると、

$$\text{TNT換算量} = 2.36\times10^7 \text{ kJ}/(4.19\times10^3 \text{ kJ/kg}) = 5.63\times10^3 \text{ kg}$$

これにTNT収率の6.4 %を掛けると、

$$\text{TNT当量} = 5.63\times10^3 \text{ kg}\times0.064 = 360 \text{ kg}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者

甲種化学・機械講習

保安管理技術

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

講習内容

高圧ガス保安管理技術 第17次 改訂版

序論

1. 高圧ガスの定義と分類
2. 単位

Ⅰ.学識

1. 気体の一般的性質
2. 気体の熱力学
3. 気体の化学反応
4. 燃焼・爆発
5. 毒性ガス
6. ガス各論
7. 流動・伝熱・分離
8. 材料の力学と強度
9. 高圧装置用材料
10. 材料の劣化
11. 高圧設備

Ⅱ.保安管理技術

1. 安全設計・管理
2. 保安・防災設備
3. 運転管理
4. 設備管理
5. 環境管理
6. 高圧ガス関連の災害事故

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全設計・管理

1.1 安全設計

1.2 リスクマネジメントと安全管理

1.3 安全管理組織

1.4 保安規程

1.5 教育

1.6 防災管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1 安全設計

1.1.1 工場立地

高圧ガスの製造工場を新設する場合には、以下の事項を十分に考慮して、
立地場所を選定する。

- 立地する地域の自然条件
- ユーティリティの確保
- 公共施設や民家などとの保安距離の確保
- 近接工場からの災害の波及防止

など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.1 工場立地

a） 一般的な工場立地因子

起業計画に基づいて長期的に重要な因子を選び、それらを重点的満足するように、候補地のうちから最適地を選び出す。

- 経済的因子
- 自然的因子
- 地域的因子

立地因子	検討する事項
A. 経済的因子	
(1) 原料、副原料	量、質、価格
(2) 副産物処理	難易
(3) 電力、用水、ガス	量、質、価格
(4) 港湾	水深、水際線の長さ
(5) 道路、鉄道、航空	便・不便
(6) 消費地	近隣・遠隔
(7) 労働力、協力会社	量、質

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.1 工場立地

b） 防災上配慮すべき因子

1） 自然的因子

- 工場敷地を保安物件や産業道路などの風下へ配置する。
- 過去の災害事例をよく調査し、台風・地震などの被害が少ない地域を選ぶ。
- 地震については、耐震告示に定める地域係数の低い地域に立地する。

立地因子	検討する事項
B. 自然的因子	
(1) 敷地	広さ、形状、地盤高さ、地質、価格
(2) 気象	気温、風向、風速（卓越風）、降雨、降雪
(3) 海象	潮流、満干潮、平均水位
(4) 自然災害	雷、台風、高潮、洪水、地震・津波

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.1 工場立地

b） 防災上配慮すべき因子

2） 地域的因子

- 災害発生時に及ぼす影響を軽微なものにするため、保安距離の確保が重要。
- 河川・湖沼・海などの自然条件の利用、出島方式の埋立地、緑地帯・空地の確保が有効。

立地因子	検討する事項
C. 地域的因子	
(1) 敷地近隣の近況	市街地・住宅地（保安物件）、近隣工場
(2) 立地行政	国土計画・都市計画など、立地規制（アセスメント）、誘致政策
(3) 環境問題	大気汚染、水質汚濁、産業廃棄物処理など
(4) 各種権益	漁業権、第三者の優先使用権など
(5) サービス機関	消防、警察、医療機関
(6) 厚生福祉	住宅事情、教育機関、文化施設

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

機能面から配慮するとともに、防災面からも事故が発生してもその拡大波及を防止できるよう配慮する。

- 工場敷地をいくつかの地区に分割して設備群をブロック化。
- 防災活動が容易に行えるように構内道路を適切に配置。
- 工場敷地の周辺には緑地などを配置し、地域社会との調和を考慮。

全体配置および機器配置

経験豊富なプロジェクトの長を中心にして、プロセス設計技術者、
建設・保全関係技術者などの衆知を集めて、十分検討し、決定。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

a） 全体配置

1） 基本的な考え方

（1）災害の防止

万一事故が発生しても、それが拡大波及しないように配置する。

① 工場敷地を面積の大きさに応じて適宜構内道路でブロックに区分する。

② 1ブロック（保安区画≦2万m^2）当たりの高圧ガス設備の貯蔵設備および処理設備の燃焼熱量の値を一定数値以下（$\Sigma K \cdot W \times 4.18605 \times 10^3 \leqq 2.5 \times 10^{12}$ J）とする。

③ 生産施設面積を一定比率以下に抑え、工場敷地の周辺部には緑地などの環境施設を適切に配置する。

④ 保安物件に対して必要な保安距離を確保する。

（2）災害時の救急活動

災害発生時における防災活動や救護活動が容易に行えるように、構内道路、空地などを適切に設ける。

（3）機能性

操業の安全を図るため、原料の受入れ・貯蔵、製造、製品の貯蔵・出荷の流れが交錯しない配置とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

a） 全体配置

2） 保安距離

（1） 可燃性ガス製造施設の保安距離

貯蔵設備および処理設備の外面から当該事業所の境界線に対して50m または次式で計算される距離のいずれか大きい距離以上を確保する。

$$X = 0.5763\sqrt{K \cdot W} \quad (1.1)$$

X ：有しなければならない距離［m］

K ：ガスの種類および常用の温度の区分に応じて定める値を1000 倍した値

W ：ガスの停滞量［t］

（2） 毒性ガスの製造施設の保安距離

毒性ガスについては、まず製造施設の外面から事業所の境界線まで20m 以上の距離をとる。

なお、可燃性、かつ、毒性ガスの場合は、（1）または（2）のいずれか大きいほうの距離をとる。

（3） その他のガスの製造施設の保安距離

可燃性ガスの最小距離とされている50m を、貯蔵設備および処理設備の外面から保安物件に対して確保する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

b） 地区配置

地区の分類	主に配置されている設備	地区配置の考え方
(1) 事務管理施設地区	事務所、厚生施設、研究試験施設 修理工場、資材倉庫など	①　正門近くに、機能上集中的に配置する。 ②　製造施設地区および貯蔵施設地区から離し、 卓越風向に対し風上に配置する。
(2) 用役施設地区	ボイラ設備、受発電設備、用水設備 (工業用水、海水)、空気供給設備 (計装用空気、作業用空気)、 不活性ガス供給設備など	①　緊急時に必要な用役を支障なく供給できるように配置する。 特に重要な緊急用設備は、工場内に分散配置する。 ②　ボイラおよび受発電設備は、製造施設地区および貯蔵施設地区から 離し、卓越風向に対し風上に配置する。
(3) 製造施設地区	製造装置および付帯設備	①　保安物件、事業所境界線に対して保安上必要な距離を確保する。 ②　製造設備間に必要な距離をとる。 ③　地区内に配置する機器などは、プロセスの流れに応じて 機能的にするとともに、通路で適宜ブロック化し、 各ブロックの周辺には適切なセットバックを設ける。 ④　運転上および保全上の見地から、作業上必要な空間および空地を 確保する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

b） 地区配置

地区の分類	主に配置されている設備	地区配置の考え方
（4） 貯蔵施設地区	貯槽、タンクおよび付帯設備	① 保安物件、事業所境界線に対して保安上必要な距離を確保する。 ② 貯槽間に必要な距離をとる。 ③ 事務管理施設地区および製造施設地区から距離をとり、地盤高さは両地区より高くしない。
（5） 入出荷施設地区	船舶、タンク車、貨車、タンクローリ、トラック、導管などで原料・副原料を受け入れ、または製品を出荷するための設備	製造施設地区および貯蔵施設地区を通過しないで入出荷作業が行えるように、工場の周辺に配置する。
（6） その他施設地区	上記以外の地区、例えば、フレアースタック、グランドフレアー、焼却炉、排水処理設備など	① フレアースタック、焼却炉などは着火源となるおそれがあるので、製造施設地区、貯蔵施設地区から離し、かつ、卓越風向に対し風上に配置する。 ② 環境対策施設は、保安物件およびそれに面する事業所境界線に対して、できる限り距離を確保する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

c） 構内道路の配置

1） 工場敷地は、構内道路により数個の長方形ブロックに分割する。敷地面積が大きいときは、その一端が直接公道に接続する幹線道路で、敷地をほぼ等面積に分割する。

幹線道路の配置基準（石災法レイアウト省令）

工場の敷地面積 A[m^2]	幹線道路の幅員 W[m]	敷地分割数 N[−]
50 万 ≦ A ＜100 万	W ≧ 10	N ≧ 2
100 万 ≦ A	W ≧ 12	N ≧ 4

2） 構内道路はループ状で行き止まりがなく、
工場内のいずれのブロックにも2つの異なった方向から接近できるように配置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

c） 構内道路の配置

3） 消防活動、保全作業に支障がないように配置する。幹線となる構内道路には他の設備が突き出して設置されないようにし、縦断勾配を5%以下にし、曲がり角部に隅切りを設ける。

構内道路の配置基準（石災法レイアウト省令）

施設地区		構内道路（石災法の特定通路）	
区分	面積 A[m^2]	幅員 W[m]	配置
製造施設地区	A＜2万 2万≦A＜4万 4万≦A＜6万 6万≦A	W≧6 W≧8 W≧10 W≧12	4辺
貯蔵施設地区	A＜1万 1万≦A＜2万 2万≦A＜4万 4万≦A	W≧6 W≧8 W≧10 W≧12	4辺
用役 事務管理	−	W≧6	2辺以上
入出荷施設地区	−	W≧6	1辺以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

c） 構内道路の配置

4） 公道から入出荷施設地区または事務管理施設地区に通じる構内道路は、
製造施設地区または貯蔵施設地区と接しないように配置することを原則とする。

5） 構内道路は、公道に2箇所以上接続することが望ましい。

6） 必要に応じ、隣接事業所との境界線に連絡道路（約1km間隔に1箇所）を設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

1） 機器配置の考え方

建設しやすく、運転しやすく、保全もしやすいことが保安上好ましい。

（1）製造装置の配置（共通事項）

① プロセスの流れと運転方法を事前に十分検討し、機器をプロセスの流れに沿うように配置する。
② 直線配置では、主架台または配管架台を直線的に配置し、塔槽類・熱交換器・ポンプなどをそれに沿って配置する。
③ 統合製造装置では、直線配置のブロックを複数並列配置し、主配管架台で統合的に接続する。
④ 機器の配置にあたっては、所要の設備間距離を確保する。
⑤ 建設方法も考慮し、塔・反応器などの大型機器の位置を決定する。
⑥ 運転操作・点検のための通路として、適切な幅と高さの空間を確保する。
⑦ 保全作業のため、分解修理・クレーン車の進入などを考慮し、適切な作業用の空地・通路などを設ける。
⑧ 将来の増設用の空地を適宜確保する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

（2）製造装置の配置（カテゴリー別事項）

① 塔槽類	保有量の大きな槽は原則として地上配置とする。反応器には、触媒の交換・ふるい分け作業のための空地を設ける。
② 熱交換器類	できる限り地上配置とし、チャンネル側にチューブバンドル抜出し用の空地を設ける。主架台上に設置する場合には、保全作業用にチャンネル側の踊場を広くする。
③ 加熱炉	製造施設地区周辺部であって、かつ、卓越風向に対し風上側に配置するとともに、他の可燃性流体取扱機器からできる限り離す。
④ 圧縮機	屋外設置が望ましい。上屋を設ける場合にも、壁を吹抜け構造とする。また、卓越風向に対し風下側に配置し、可燃性ガスの場合には加熱炉から離す。
⑤ ポンプ	高圧張込用・低温用などのポンプは、他の主要機器・ポンプから離す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

（2）製造装置の配置（カテゴリー別事項）

⑥ 主要配管	プロセス主配管、ブローダウンヘッダーなどの大口径配管は、設置スペースを優先的に確保する。また、消火用配管（水・泡）はループ状に配置する。
⑦ 主要操作弁	通常および緊急時の操作を考慮して、パトロール通路に面して配置する。
⑧ 計器室	製造施設地区周辺部に配置し、可燃性または毒性流体の取扱設備が卓越風向に対し風上側にならないように配置する。 出入口は、緊急時における運転員の避難が可能なように、2 箇所以上設ける。 窓は保安上必要な最小限にし、製造設備に近接した方向に面して設けない。 製造する可燃性ガスの危険の程度に応じて、計器室内は、外部からのガス侵入を防ぐために例えば必要な圧力を保持させるなどの措置を講じる。
⑨ セットバック	製造施設地区内の各ブロックの外周に適切な空地幅を確保し、ケーブルピット・埋設排水管・埋設の用水配管・消火用配管などの施工・補修が容易に行えるようにする。

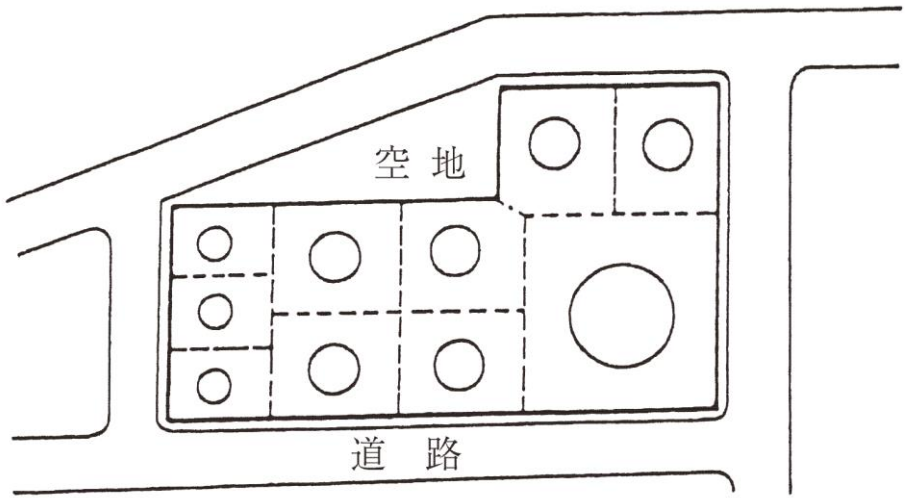
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

（3）貯蔵施設の配置

① 貯槽は相互間に必要な距離を確保する。
② 貯槽は原則として、ブロック内2 列配置（大型は1 列配置が望ましい。）とし、周辺の構内道路から消火活動などが容易に行えるようにする。
③ 横置円筒形貯槽の長手方向には、重要な製造装置や建物がないように配置する。



貯槽の配置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

2） 設備間距離

貯槽間の距離は、貯槽の最大直径の和の1/4または1m のいずれか大きいほうの距離以上を確保する。
一般則・液石則の規定に基づくその他の設備間距離と合わせて示すと、その概略は以下のとおり。

	施設など	距離をとる対象施設など		設備間距離X［m］
可燃性ガス	製造設備又は貯蔵所の貯槽など（可燃性ガスの通る部分に限る）	火気取扱施設		X ≧8
	高圧ガス設備（液石則の適用を受ける製造設備に係るものを除く）	高圧ガス設備*1	可燃性ガス	X ≧5
			酸素	X ≧10
		特定圧縮水素スタンドの処理設備及び貯蔵設備		X ≧6
	貯槽（貯蔵能力≧ 300 m^3 又は3 t）	貯槽	可燃性ガス	$X \geqq (D_1+D_2)/4$ または X≧1の大きいほう
			酸素	
	防液堤（貯蔵能力≧ 1000 t）	防液堤の外側に設置される設備又は施設*2		X ＞10
	液化石油ガス又は特殊高圧ガスの特定高圧ガス消費施設に係る貯蔵設備等	火気を使用する場所		X ≧ 8

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

2） 設備間距離（つづき）

	施設など		距離をとる対象施設など	設備間距離X［m］
酸素	防液堤（貯蔵能力≧1000 t）		防液堤の外側に設置される設備又は施設*2	X＞10
毒性ガス	防液堤（貯蔵能力≧５t）	可燃性ガスでもあるもの	防液堤の外側に設置される設備又は施設*2	X＞10（６～10）※
		可燃性ガスでないの		X＞８（４～８）※

（注） ＊1… 可燃性ガスの通る部分に限り、特定圧縮水素スタンドの処理設備及び貯蔵設備を除く。
＊2… 防液堤内の貯槽の附属設備その他の設備又は施設であって、
製造細目告示第2条第2項第2号に定めるものを除く設備又は施設。
※ … （ ）内は貯槽の貯蔵能力が1000 t 以下の場合で貯蔵能力によって異なる。
詳細については、一般則及び液石則並びにこれらの関係例示基準によられたい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

2） 設備間距離（つづき）

コンビ則には、一般則・液石則の規定に上乗せした規定があり、その概略は以下のとおり。

施設など		距離をとる対象施設など	設備間距離X［m］
製造設備*1		隣接する事業所境界線	X ≧20
保安区画内の高圧ガス設備		隣接する保安区画内の高圧ガス設備	X ≧30
可燃性ガス貯槽*2		貯槽以外の高圧ガス設備*2 圧縮機（処理能力≧ 20 万Nm^3）	X ≧30
防液堤	可燃性ガス（500 t ≦貯蔵能力＜ 1000 t）	防液堤の外側に設置される設備又は施設*3	X ＞8

（注） ＊1… 製造細目告示第1条の10に規定するものを除く。

＊2… 燃焼熱量の数値が50.2 GJ以上のものに限る。

＊3… 防液堤内の貯槽の附属設備その他の設備又は施設であって、製造細目告示第2条第2第2号に定めるものを除く設備又は施設。

詳細については、コンビ則及びコンビ則関係例示基準の他、製造細目告示によられたい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

高圧ガス製造施設における土木建築関係の建造物

① 計器室、製造室、貯蔵室などの建物
② 機器・配管を支持する架構（架台）
③ 排水設備など

建物および架構は、一般に建築基準法に基づいて安全設計が行われる。

建築構造物の用途に応じて

① 可燃性ガスなどが漏えいしたときに滞留しないための通風・換気
② 火災・爆発が発生したときに被害が拡大しないための耐火構造、防爆構造などの採用を十分考慮する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

一般に、建物の換気とは、建物内の汚染、悪化した空気を清浄な外気と
入れ替えることをいう。

換気には、在室する人間にとって快適で安全な空気環境を保つための
人間換気と生産活動に伴う製造、貯蔵、取扱いなどのための工程換気とがある。

一般の建物では人間換気が行われ、高圧ガスを取り扱う工場では両者が併用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

1） 換気の方法

換気の方法は、換気の原動力によって、自然換気と機械換気（強制換気）とに分けられる。

（1）自然換気

自然換気は、自然風の圧力および室内外の温度差による浮力を利用した換気で、外部動力を必要としないが、変動する自然力に頼っているため、常に一定の換気量を保つことができない。

自然換気は、機械換気を特に必要としない建物または圧縮機室、容器置場など開口部が大きく取れる建物もしくは高温物を取り扱う工場の建物に利用される。

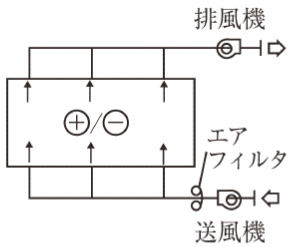
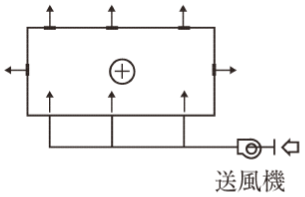
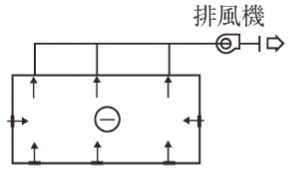
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気

機械換気は、送風機、排風機などの機械力を利用した換気で、常に一定の換気が行われるが、動力費がかかる。機械換気は、下表に示すように3つの方式に分類される。

換気方式	第１種機械換気	第２種機械換気	第３種機械換気
概念図			
圧力状態	風量により正圧または負圧	大気圧より正圧	大気圧より負圧
特　徴	確実な換気量を確保できるが、大規模な空気調和装置が必要。	汚染空気の流入が許されない清浄室に適する。	外部にみだりに汚染空気の排気が許されない汚染室に適する。
適用例	研究棟	計器室、内圧防爆室	毒性ガス貯蔵・取扱室

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

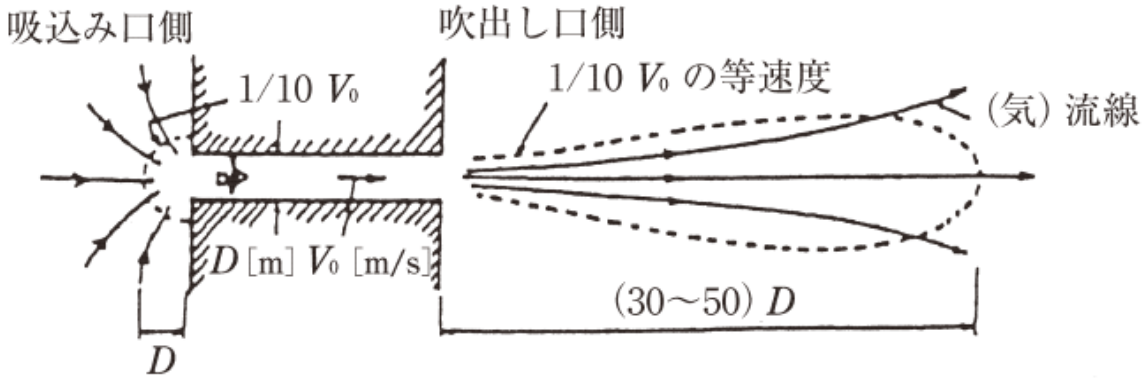
1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気（つづき）

換気を行う場合、吸込み口および吹出し口周辺の気流の様相は下図に示すように大きく異なる。吸込み口で、汚染空気を効率よく捕集するためには、排出フードが必要となる。吹出し口では、拡散の促進と流速の低下を図るため、拡散板、偏向板などが必要となる。一般的に、有害ガスの発生源が室内に広く分布する場合には、室全体の換気、すなわち全体換気を計画する。

発生源が固定され、特定できる場合には、各発生源の特性に応じた排出フード（囲い形フード、外付け形フードなど）を設置し、局所的に汚染空気を排除する局所排気を計画する。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

2） 換気量

（1）自然換気

建物に風速 u［m/s］の風が当たると、通常風上側には正圧が、風下側および側面には負圧が作用し、室内圧と両側の外気との間には式（1.2）で与えられる圧力差 Δp［Pa］を生じる。

$$\Delta p = a(C_1 - C_2)\frac{\rho}{2} g u^2 \quad \fallingdotseq a\,(C_1 - C_2)\frac{u}{4}\quad)^2 \qquad (1.2)$$

C_1、C_2：風上側、風下側の風力係数 、ρ：空気の密度［kg/m^3］、
g：重力加速度＝ 9.8 m/s^2 、 a：圧力係数である。
建物の開口の前後に圧力差 Δp があると、式（1.3）に示される換気量 q［ m^3/s］が流れる。

$$q = \alpha A \sqrt{\frac{2}{\rho} g \Delta p} \fallingdotseq 4\alpha A = \sqrt{\Delta p} \qquad (1.3)$$

α：流量係数 ≒ 0.6 、 A：開口面積［m^2］、αA：実効面積［m^2］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気

室内で有害ガスが発生し、除去されないと次第に蓄積してその濃度が増加するが、
その間に全体換気が行われ、有害ガスと外気が完全混合するものと仮定すれば、有害ガスの濃度の増加は時間とともに緩やかになり、ついには平衡状態に達して濃度は一定となる。
時間 t[s]後の有害ガスの濃度を c[m³/m³]とすると、

$$c = c_0 + (1 - e^{-\frac{q}{V}t}) \cdot \frac{q_0}{q} + (c_1 - c_0)\, e^{-\frac{q}{V}t} \qquad (1.4)$$

c_0[m³/m³]：外気中のガスの濃度、c_1[m³/m³]：室内の初期ガス濃度、
V[m³]：室の容積、q_0[m³/s]：ガスの発生量、q[m³/s]：換気量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気（つづき）

$c_1 = c_0$、すなわち、室内の初期ガス濃度が外気中の濃度と等しいとすれば、

$$c = c_0 + (1 - e^{-\frac{q}{V}t}) \cdot \frac{q_0}{q} \qquad (1.5)$$

$c_1 = c_0 = 0$、すなわち、最初の室内にも外気中にも問題となるガスがない場合には、

$$c = (1 - e^{-\frac{q}{V}t}) \cdot \frac{q_0}{q} \qquad (1.6)$$

平衡に達した状態では、式（1.5）で $t = \infty$ として、

$$c = c_0 + \frac{q_0}{q} \qquad \therefore\ q = \frac{q_0}{c - c_0} \qquad (1.7)$$

毒性ガスを取り扱う場合には、$c_0 = 0$ と考えるべきであるから、

$$q = \frac{q_0}{c} \qquad (1.8)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気（つづき）

一般に、換気計画の目標濃度は、換気しても完全混合しないことを考えて、許容濃度に対して適当な安全率（1/2 ～1/5 程度）を見込んだ値をとる。

右表に主な毒性ガスの換気計画の目標値を示す。

ガス名	目標値[ppm]
一酸化炭素	20
亜硫酸ガス	0.1
酸化窒素（NO）	0.15
塩素	0.03
硫化水素	7
ホルムアルデヒド	0.1
フッ化水素	7
アンモニア	5

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

3） 法令の規制

高圧法の一般則、液石則およびコンビ則では、可燃性ガスを取り扱う製造設備を設置する室、容器置場および消費設備を設置する室は、ガスが漏えいしたときに滞留しないような構造にすることが規定されている。

ガス密度によって開口位置が異なるが、十分な面積をもつ2方向以上の開口部による自然換気が行われる例が多い。

コンビ則の適用を受けるエチレン、プロピレン、塩化ビニルなど特定の可燃性ガスの製造設備に係る計器室内は、外部からのガスの侵入を防ぐための措置として、扉を二重扉とすることなどにより計器室内を必要な圧力に保持することなどが定められている。

一般に、計器室は、高所から清浄な空気を取り入れる第2種機械換気が行われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

可燃性ガス、可燃性液体などを貯蔵し、または取り扱う建築物などは、
万一火災が発生しても、火災時の加熱に対し相当時間耐えられるように、
主要構造部（壁、柱、床など）を耐火構造とするか、それに準じた準耐火構造にする。

また、塔槽類のスカート部、機器・配管類を支える鋼構造物（架台）などについては、
火災時の耐力低下を防止するため、耐火被覆を施工する必要がある。

1） 耐火構造

建築基準法では、耐火構造の概念について、長時間火災に耐えられるもので、
火災後も小修理によって再使用できる構造のものとしている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

（1）耐火構造などの性能

建築基準法の施行令では、壁、柱、床、はり、屋根について、下表に示す時間以上耐えられる性能のものと定めている。

（注）建築基準法施行令第107 条による。

建築物の部分＼建築物の階		最上階及び最上階から数えた階数が2 以上で4 以内の階	最上階から数えた階数が5 以上で14 以内の階	最上階から数えた階数が15以上の階
壁	間仕切壁（耐力壁に限る）	1時間	2時間	2時間
	外壁（耐力壁に限る）	1時間	2時間	2時間
柱		1時間	2時間	3時間
床		1時間	2時間	2時間
はり		1時間	2時間	3時間
屋根		30 分間		
階段		30 分間		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

（1）耐火構造などの性能（つづき）

防火戸の構造方法を下表に示す。

特定防火設備	防火設備
骨組鉄製：両面鉄板 $t \geqq 0.5$ mm	－
鉄製：鉄板 $t \geqq 1.5$ mm	鉄製：鉄板 $1.5 \text{ mm} > t \geqq 0.8$ mm
鉄骨コンクリート製 鉄筋コンクリート製 $t \geqq 35$mm	鉄骨コンクリート製 鉄筋コンクリート製 $t < 35$mm
－	鉄および網入ガラス製
－	骨組：防火塗装木材 内面：木毛セメント板 $t \geqq 12$ mm または石膏ボード $t \geqq 9$ mm 外面：亜鉛引鉄板

（注）建設省告示第1360 号（平成12 年5 月24 日）、同第1369 号（同年5 月25 日）による。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

（2）耐火構造の適用

コンビ則の適用を受ける計器室

① 室全体を建築基準法施行令第107 条で定める耐火性能に関する技術的基準に適合する耐火構造とし、不燃材料で内装する。

② 出入口を2 箇所以上設け、うち1 箇所は安全な側に設ける。扉は建築基準法施行令第109 条の2 で定める遮炎性能に関する技術的基準に適合する防火戸とする。

③ 窓ガラスは、網入りまたは強化ガラスとし、製造設備に面した側の窓の数を最小限に止める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

2） 耐火被覆

耐火被覆は、被害の拡大防止のために初期消火を行う間、火災により耐力が低下しないように、鋼構造物を保護するとともに、火災後の鋼構造物の機能低下を一定限度以下に抑えるために施工するものである。

（1）耐火被覆の性能

可燃性ガスなどを取り扱う製造施設の耐火被覆は、1 ～ 2 時間程度の火災に対して、耐火被覆された構造物が無傷であり、耐火被覆が簡単な修理で再使用できる程度を目標とする。このため、柱、はりなどの耐火被覆は、2 時間以上の耐火性能をもつ構造とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

（2）耐火被覆の適用

① 主架台・機器架台
塔槽類、熱交換器類などを支える架台の柱およびはりの耐火被覆は、原則として、地盤面から機器の荷重が加わる最高の高さまで施工する。

② 配管架台
プラント地区の配管架台の柱およびはりは、通常、最下段の配管を受けるはりおよびそれを受ける柱のみ耐火被覆し、長手方向のつなぎばり、配管を受けるはりの上面および筋かいは耐火被覆しないことが多い。

③ 塔・縦形槽のスカート
塔および縦形槽の鋼製スカートは、本体との取付部からベースリングまで外面の耐火被覆を行う。
スカート内部は、内部にフランジ接続部があるときのみ耐火被覆を行うのが普通である。

④ 加熱炉の支持部
高架式の加熱炉は、長時間荷重を受ける支持部材について、地盤面から炉床までの間を耐火被覆する。

⑤ 貯槽の支柱
貯槽の高さ1 m 以上の支柱は、一般に支柱の全長について耐火被覆をする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

c） 排水設備

排水設備は、工場で発生する不用な水を排出するための設備である。
排水設備は工場の立地場所、業種、製造施設の種類、形式、規模などにより著しく異なる。

1） 一般的事項
工場の排水設備は、排水の性状から次の4 系統に分類される。

(1) クリーン（雨水）排水系
建物屋根、緑地、空地などの降雨水で、無処理で排出可能

(2) プロセス排水系
製造プラントなどの処理を要する排水

(3) 冷却排水系
一過性の冷却用水

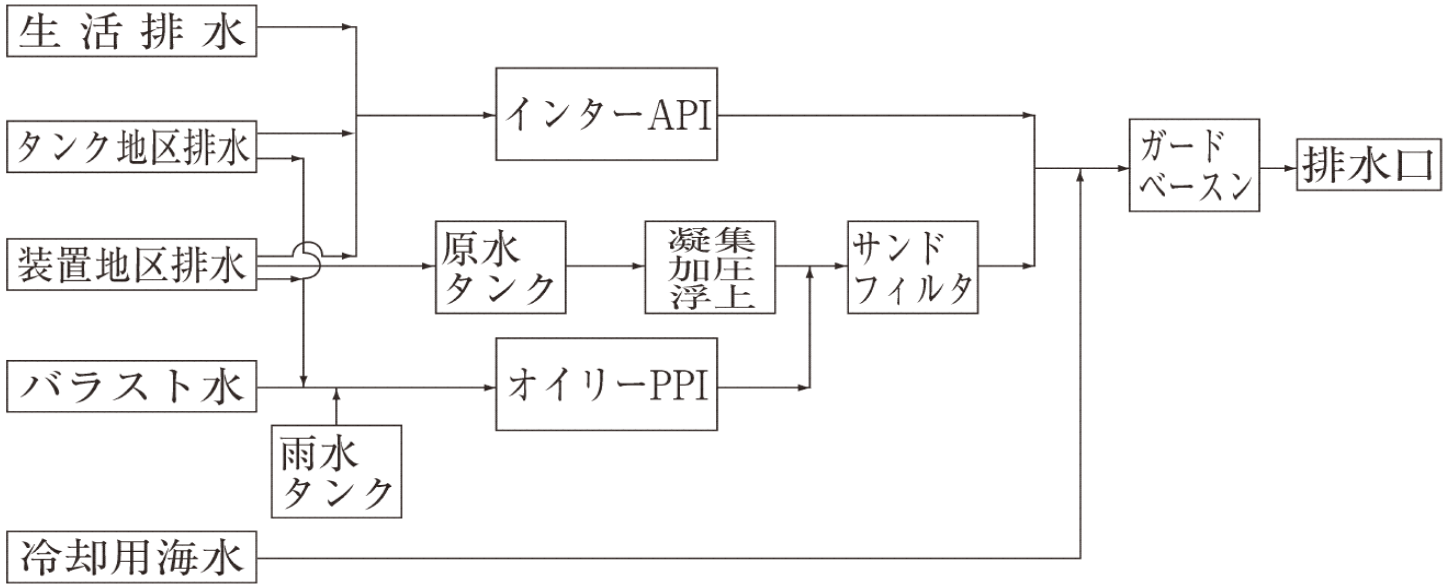
(4) 生活排水系
浄化槽、食堂、浴室などから発生する排水

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

c） 排水設備（つづき）

石油精製工場の排水系統の分類例を下図に示す。



（注）油分の多いプロセス排水のみ凝集加圧浮上装置にて高度処理を行っている例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

c） 排水設備（つづき）

設計排水量は、各排水系統の発生源の排水の排出状況に応じ、予想される空間的、時間的組合せのうち最大量を採用する。

排水路には、暗渠と開渠があるが、油などが流れ着火する危険性を考慮し、原則として暗渠が採用される。排水方式は、自然流下方式が一般的であるが、地盤高さが低いときは強制排水方式が採用される。また、地下汚染を防止するために、プロセス排水は処理設備まで保全容易な地上配管にするのが望ましい。

排水経路は、各系統の発生源から処理設備まで原則として独立経路とする。

処理設備以降は、保安上および管理上の見地から、統合できるものはできる限り統合し、放流端出口の数を極力少なくする。放流端が河川、海域のときは、放流端渠下面を低水位以上とし、その位置および構造が付近の構造物、船舶などに影響を与えないようにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

c） 排水設備（つづき）

2） プラント排水設備

（1）ガスシール

各機器、ユニット、プラントごとに火気を遮断し、定期修理工事などを安全に行えるようにするために、プラントのオイリー系は各機器至近の排水ます内にガスシールを行う。
また、排水ますの蓋およびプラント地区のオイリー系末端に設ける油水分離器の蓋は、ガスシール機構付きとする。

（2）ガス検知

プラント地区の冷却排水系のうち、冷却器、凝縮器などプロセス側から可燃性ガスが漏れるおそれのある系統には、その系統の排水ますなどにガス漏えい検知警報設備を設置し、ガス漏れの早期発見が可能になるようにすることが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

d） 基礎

高圧ガス設備の基礎は、不同沈下などにより高圧ガス設備に有害なひずみが生じないように、地盤調査に基づき、地盤の許容支持力度または基礎ぐいの先端の地盤の許容支持力を調査のうえ、設計する。

1） 地盤調査

地盤調査は、過去の調査結果などに基づく第一次地盤調査および地盤の許容支持力度および基礎ぐいの先端の地盤の許容支持力を求める第二次地盤調査からなる。

（1）第一次地盤調査

第一次地盤調査は、当該調査場所における過去の不同沈下などの実績調査などにより行い、調査の結果、その場所が湿潤な土地、埋立地で軟弱な土地、出水のおそれのある土地、がけ崩れのおそれのある土地、その他地すべり、不同沈下などを起こしやすい土地である場合にあっては、その程度に応じて盛土、地盤改良、擁壁の設置などを行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

d） 基礎

（2）第二次地盤調査

第一次地盤調査の調査結果に基づく対策を行った後、必要に応じて、地盤の許容支持力度または基礎ぐいの先端の地盤の許容支持力を求めるため、ボーリング調査、標準貫入試験、ベーン試験、土質試験、平板載荷試験、くい載荷試験などにより、第二次地盤調査を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

d） 基礎

2） 基礎の設計荷重

第二次地盤調査の結果に基づき、地盤の許容支持力度は計算式または地盤の種類に応じて求めることができる。基礎は、地盤の許容支持力度の値が、高圧ガス設備およびその内容物ならびにその基礎による単位面積当たりの荷重を、上回るように設計する。

また、地盤の許容支持力度の値による方法では保安上支障のある地盤にあっては、基礎ぐいで補強したうえで基礎工事を行う。この場合においても、基礎は、基礎ぐいの先端の地盤の許容支持力度もしくは基礎ぐいと周囲の地盤との摩擦力または基礎ぐいの許容支持力度の値が、高圧ガス設備およびその内容物ならびにその基礎の荷重を、上回るように工事を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

d） 基礎

3） 貯槽の基礎

貯槽（貯蔵能力が100 ㎥ または1 トン以上のもの）の支柱は、
同一の基礎に緊結し、水平な基礎面に設置する。緊結は、アンカーボルトまたは
アンカーストラップ（基礎中の鉄筋に溶接し、もしくはコンクリートにより
基礎に固定したものなど）により行う。

横置円筒形貯槽の架台の支持間隔が 5 m 以上のものにあっては、
当該貯槽の遊動側の架台に対し、基礎据付面と架台底面との間にすべり板を設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.1 高圧ガス製造施設の安全管理

高圧ガス製造施設では、可燃性、毒性等の危険性を有する物質が、高温、高圧の状態で大量に取り扱われるため、施設内にはさまざまな危険源（以下、ハザードという。）が潜んでいる。

これらのハザードが顕在化すると、物質の漏えいや火災などの事象が発生して重大事故に発展する可能性があり、人的被害、設備的被害、生産機会の損失など、財産、経営に直接の損失を与えるだけでなく、顧客の信頼や社会的企業イメージの失墜、環境被害をもたらして企業に大きなダメージを与える。

したがって、高圧ガス製造施設の安全管理には、現場でプラントに従事する人、現場管理者だけでなく、経営トップも関与するリスクマネジメントを取り入れた総合的な安全管理が行われることが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

高圧ガス製造施設には、さまざまなハザードが潜んでいる。
これらのハザードを解析してリスクの大きさを評価し、ハザードが顕在化しないよう
事前に対応策を講じておくことや、ハザードが顕在化したときに危害を拡大させない策を
事前に講じておくことがリスクマネジメントである。

リスクマネジメントはリスクアセスメント、リスク対応、リスクの受容、リスクコミュニケーション
という4つで構成されており、リスクアセスメントはリスクマネジメントの構成の1つである。

リスクマネジメントは、リスクアセスメントで洗い出された高圧ガス製造施設に潜む
ハザードについて、リスク低減策を検討した結果を具体的な対処方法を決めて実行する
ことであり、いわば企業の経営判断である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

a） リスクアセスメントの構成

リスクアセスメントは、高圧ガス製造施設のリスクを知るために、ハザードを特定し、その危害の起こりやすさ（発生確率）と危害の影響度（損害の大きさ）の組合せからリスクの大きさ（リスクレベル）を見積るものである。

その見積りを行うためには、物質、プロセスシステム、設備およびこれらにかかわる人を含めた総合的な解析が必要である。

リスクアセスメントは、リスク解析とリスク評価で構成される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

a） リスクアセスメントの構成 （つづき）

1） リスク解析（ハザードの特定、リスクの見積り）

リスクアセスメントにおけるリスク解析は、ハザードの特定とリスクの見積りで構成される。
ハザードの特定は、事故や異常な現象に至るシナリオとそのシナリオに関与するハザードを解析するリスクアセスメントで最も重要なプロセスである。ハザードの特定では、高圧ガス製造施設で発生する可能性のある事故や異常な現象に至るシナリオについて、物質や温度、圧力の状態等を勘案して解析し（事故の原因、要因を特定し、事故の影響を想定する。）、そのシナリオに関与するハザードを特定する。
ハザードの特定を行うことで、解析対象の高圧ガス製造施設で起こりうる事故や異常な現象を抽出できるとともに、シナリオを解析することで、事故や異常な現象に至る前の異常な状態も抽出できる。ハザードの特定では、起こりうる事象を細かく段階的につないでいくことでシナリオを解析し、各段階で関与するハザードを抽出していく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

a） リスクアセスメントの構成 （つづき）

1） リスク解析（ハザードの特定、リスクの見積り）

ハザードの具体例としては、可燃性物質、毒性物質、腐食性物質などの物質の特性が危害の潜在的な源となる物質ハザード、高圧、低圧、高温、低温などの設備の機能や、設備そのものが危害の潜在的な源となる設備ハザード、加熱、冷却などの運転ハザードが挙げられる。
さらには、物質ハザードにならない異物であっても、さびやスケールなどの混入が原因で、熱交換器での異常加熱、配管の閉塞による冷却不足、反応器でのホットスポットといった事象を引き起こし、危害の潜在的な源となることがある。
リスクの見積りは、ハザードの特定で解析された危害について、起こりやすさ（発生確率）と影響度（損害の大きさ）を評価し、その組合せからリスクの大きさ（リスクレベル）を見積るものである。

2） リスク評価

リスク評価は、リスク解析で見積ったリスクの大きさを、リスク許容基準と比較することにより、許容できるか否かを評価するものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

b） リスク対応

リスク対応は、リスクアセスメントの結果を受けて、企業としてどのようにリスクに対応するかを決定するプロセスである。
リスク対応には以下の4項目があり、どの対応を採用するかは企業の経営判断となる。

- リスクの低減 ：起こりやすさや影響度を変えて、リスクの低減をはかること。例として安全装置を追加して発生確率を小さくしてリスクの低減をはかることが挙げられる。
- リスクの移転 ：他社・他事業所などとリスクを共有すること。
  例として、他事業所への一部事業の移転や保険を掛けることなどが挙げられる。
- リスクの回避 ：ある特定のリスクにさらされないため、ある活動に参画しない、
  またはある活動から撤退することをいう。
  例としてビジネスからの撤退などが挙げられる。
- リスクの保有 ：情報に基づいた意思決定により、リスクを保有すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

c） リスクの受容

リスクの受容は、残留するリスクを企業として受け入れることである。

b）リスク対応におけるリスクの回避以外は、リスク対応後にリスクが残留することになる。

この残留するリスクを、リスク受容で企業が受け入れることになる。

つまりリスク受容は、リスク対応と平行して決定されるものである。

リスク対応、リスク受容での決定事項は、企業としての対応策として実行に移される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

d） リスクコミュニケーション

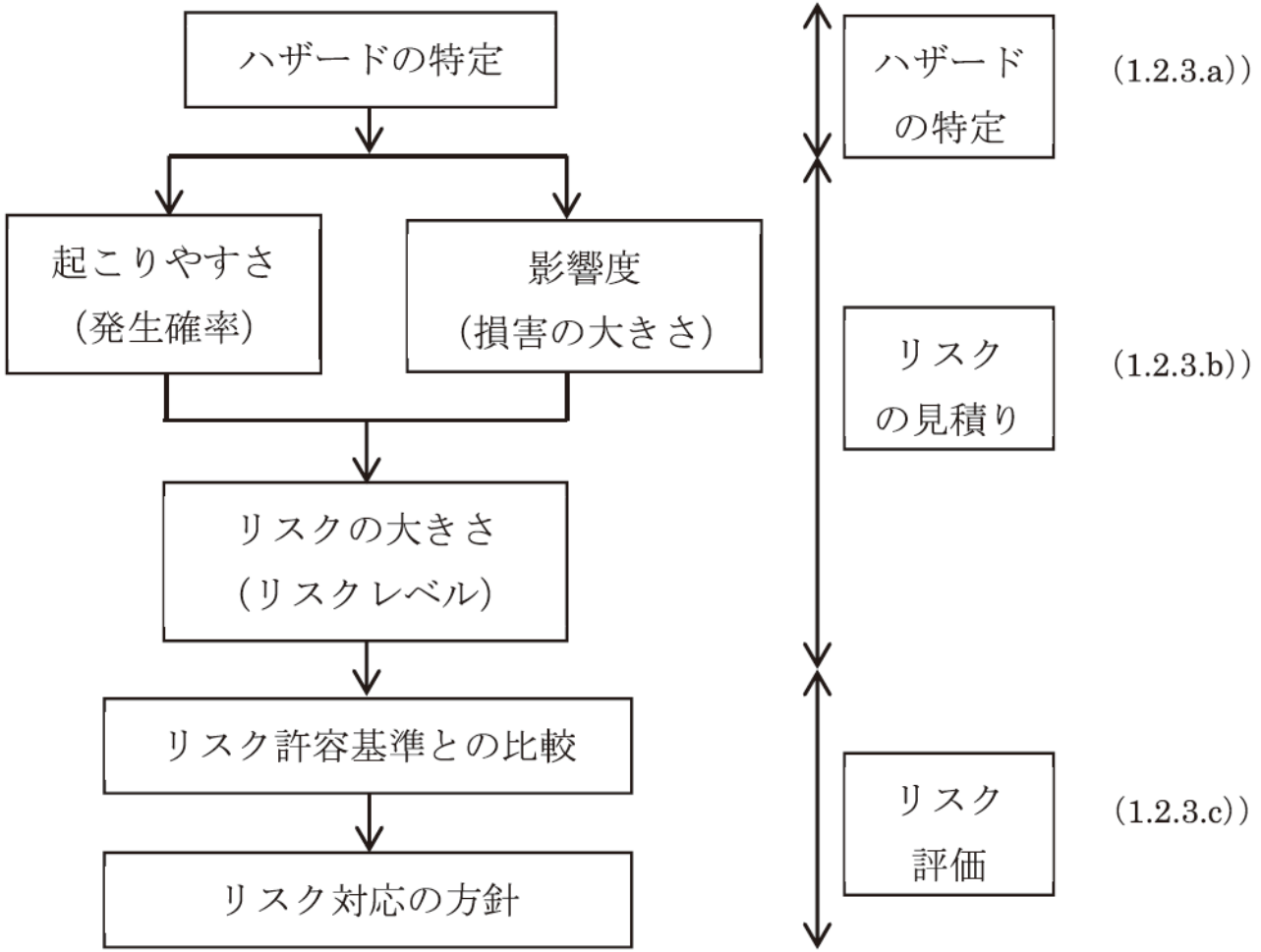
リスクコミュニケーションでは、内部と外部に対してリスクの対話と共有を行い、
リスクの受容を周囲に理解してもらうことが重要である。

内部とは企業内、事業所内の関係者であり、外部とは行政、取引先、
事業所の近隣住民などが該当する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

リスクアセスメントの流れを
右図に示す。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

a） ハザードの特定

ハザードの特定において用いられる代表的なリスク解析手法を下表に示す。
これらの手法にはそれぞれ特徴があるため、目的によって使い分けることが必要である。

手　法		概　要	特　徴
HAZOP (Hazard and Operability)	連続系 HAZOP （定常系）	連続プロセスの定常運転状態を対象として適用される。プロセスプラントを構成する1本のラインまたは機器に着目し、流量、温度、圧力、液レベルといったプロセスパラメータの正常状態からのずれを想定する。次に、ずれの原因となる機器故障、誤操作などを洗い出し、それらが発生した場合のプラントへの影響を解析し、ハザードを特定する手法である。ずれの想定にあたってはNO またはNOT、Less、More などのガイドワードとプロセスパラメータを組み合わせる。	○ システムの状態変位に対して、構成要素のかかわり方を知るのに便利。 ○ FTA の頂上事象の選定に便利。
	バッチ系 HAZOP （非定常系）	バッチ反応プロセスおよびプラントのスタートアップ、シャットダウン、加熱炉の点火操作といった非定常操作を対象としたHAZOP 手法である。バッチ反応HAZOPにおいては、バッチの手順に示されている操作におけるずれを想定してハザードを特定する。また、プラントのスタートアップ操作などに対する手順HAZOP においては、操作手順書（要領書）に示されている操作におけるずれを想定してハザードを特定する。連続系HAZOP のガイドワードに加えて、タイミングと時間に関するずれを想定するためにSooner than、Longer than といったガイドワードも使用する。	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

a） ハザードの特定

手　法	概　要	特　徴
What−if	「もし……したら、どうなる。」という質問を繰り返すことにより、設備面、運転面でのハザードを特定し、それに対する安全対策を検討することによりシステムの安全化を図る手法。	○ 機器故障や誤操作などの正常状態と異なった事象発生の影響を考えるのに便利。 ○ 複数の事象の組合せを想定することも可能。
FTA（Fault Tree Analysis）	対象とするシステムの危険事象を頂上事象として設定し、頂上事象の原因を機器、部品レベルまで次々に掘り下げ、原因と結果を論理記号（AND、ORなど）で結びつけツリー状に表現する。 次に、頂上事象の原因となる機器、部品の組み合わせを解析した後、機器、部品の故障確率を与えることにより頂上事象の発生確率を解析する。	○ 要因相互の因果関係や、各要因の事故に対する寄与の度合いを知るのに便利。 ○ 事故発生確率の推定も可能。 ○ 事故の波及伝ぱ経路（排水、配管、配線など）の明確なシステム向き。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

a） ハザードの特定

手　法	概　要	特　徴
ETA （Event Tree Analysis）	冷却水ポンプ停止といった引金事象が、どのように拡大していくかを、安全・防災設備および緊急対応の成功と失敗を考慮して過程を解析し、最終的に到達する災害事象をツリー状に表現する。	○ 小規模のトラブルの波及拡大過程を解析するのに便利。 ○ 1つの引金事象が事故、災害に拡大する確率の推定も可能。
FMEA （Failure Mode and Effects Analysis）	システムを構成する機器に着目し、その機器に考えられる故障モード（例えばバルブでは、故障全開、故障全閉、操作不能など）をとりあげ、故障がシステムに及ぼす影響と安全対策を解析する手法。 FMEA 評価対象部位の故障率データを取り入れた場合は、FMECA（Failure Mode, Effects and Criticality Analysis：故障モード影響、致命度評価）といいシステムに致命的な影響を与える故障モードを定量的に評価できる。	○ 重要なシステムを構成する部品の管理方針を考えるのに便利。 ○ FTA の際に、頂上事象に関係する構成基本事象の選択に便利。
チェックリスト方式	過去の経験や知見に基づくチェックリストにより、網羅的にリスクの有無と程度を調査する手法。	○ リスク低減策が実施されているかの確認に便利。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

b） リスクの見積り

リスクの見積りは、ハザードの特定で解析した事故に至るシナリオについて、事故の起こりやすさ（発生確率）と影響度（損害の大きさ）を決定し、その組合せからリスクの大きさ（リスクレベル）を見積るものである。
事故の起こりやすさ（発生確率）は、作業の頻度、引金事象の発生確率（機器故障、誤操作など）、安全対策による低減率（インターロック、安全弁など）などを考慮し決定する。

起こりやすさ（発生頻度）の分類表の例

起こりやすさのレベル	発生頻度
A	1年に1回以上発生
B	1～10年に1回発生
C	10 ～100年に1回発生
D	100年に1回以下発生

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

b） リスクの見積り

事故の影響度（損害の大きさ）は、
その事故で被る人的被害、機器の被害、
生産損失、周囲への被害、環境被害などを
考慮して被害を解析する。
解析された被害の大きさは、影響度の
分類表を用いてその事故を分類する。

人的被害及び経済的損失に係る影響度の分類表の例

影響度レベル		人的被害及び経済的損失
Ⅰ	壊滅的	以下のいずれかの状態が発生する場合 • 事業所内または事業所外で死者が発生 • 損害額と生産損失が1億円以上
Ⅱ	深刻	以下のいずれかの状態が発生する場合 • 複数の負傷者が発生 • 損害額と生産損失が1千万円から1億円
Ⅲ	中程度	以下のいずれかの状態が発生する場合 • 1名の負傷者が発生 • 損害額と生産損失が1百万円から1千万円
Ⅳ	軽度	以下のいずれかの状態が発生する場合 • 死傷者なし • 損害額と生産損失が1百万円以下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

b） リスクの見積り

リスクの大きさ（リスクレベル）は、事故の起こりやすさのレベルと影響度のレベルの組合せを示したリスクマトリックスに当てはめることで決定される。

リスクマトリックスの例

		事故の起こりやすさのレベル			
		A	B	C	D
影響度レベル	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	2
	Ⅱ	Ⅰ	2	3	3
	Ⅲ	2	3	4	4
	Ⅳ	3	4	4	4

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

c） リスク評価

リスク評価は、リスクの見積りで見積もったリスクレベルを、リスク判定基準と比較することで、そのリスクが許容できるかを評価するものである。

リスクレベルの判定基準と対応の例

リスクレベル	判定基準	対　　応
1	許容不可	ただちに根本的なリスク低減対策をとり、リスクレベルを3以下にする必要がある。
2	望ましくない	一定期間以内に設備的なリスク低減対策をとり、リスクレベルを3以下にする必要がある。
3	管理することにより許容可能	適切な手順または管理方法を確立する必要がある。
4	許容可能	特にリスク低減対策は必要なし。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

c） リスク評価

リスク評価の結果、リスクレベルが許容できない場合は、リスク対応の方針を検討することとなる。
リスク対応の方針の検討では、発生頻度の低減と影響度の低減を検討する。

発生頻度の低減対策には、ハード面では機器の信頼性向上など、ソフト面では人的要因の排除などがある。

影響度の低減対策には、ハード面では火災などに対する被害低減対策や毒性物質の保有量低減など、ソフト面では自動シャットダウン操作などがある。検討された対策案は、その対策案によってリスクレベルが下がるかどうか確認するとともに、あらたに追加された対策によって新しいハザードが発生しないかを確認することも重要である。

ここで確立された対策案がリスク対応の方針となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.4 リスクアセスメント実施における留意事項

a） 参加メンバー

リスクアセスメントでは、ハザードをもれなく網羅的に抽出して特定するために、多様な視点からの検討が必要となってくる。
網羅性を高くするためには、製造部門のみならず設備保全部門や技術スタッフ部門などの、多様で異なる分野の専門家からなるチームを編成して検討を行うことが重要である。
また、さらに網羅性を高めるためには、外部コンサルタント、本社、プラントの建設を担当したエンジニアリング会社、機器メーカーなどの参加も望ましい。

b） 解析結果の周知・教育

リスクアセスメントで得られた結果は、詳細を記録に残す。
さらに、ケーススタディとしてわかりやすく作成し直し、それを関係者（運転員から保全担当者に至るまで）へ周知し、全員が結果を共有し、活用できるようにする。このことにより、関係者全員がリスクについて、より一層理解を深めることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.4 リスクアセスメント実施における留意事項

c） 変更管理

変更や更新時には多くの事故が発生しており、その都度確実な変更管理を行うことが重要である。
変更管理においては、リスクアセスメントを行うことが必要不可欠である。

変更管理において、設備や製造方法などを変更する場合には、直接的にプロセスパラメータの変化をもたらすとともに、スタートアップ操作、シャットダウン操作、緊急シャットダウン操作などの内容、手順の変更にも繋がることから、すでに実施しているリスクアセスメントの見直しが必須となる。

運転方法を変更する場合のハザードには、運転員の学習（経験）不足や運転マニュアルの改正不備なども挙げられる。

このため、設備、製造方法などの変更後は、定常運転に対するリスクアセスメントのみならず、非定常運転に対してもリスクアセスメントを実施し、ハザードの特定、リスク解析、リスク評価、現状の対策の確認、必要に応じて対策案の立案を行う必要がある。また、この対策案によって新たなリスクが発生していないことを確認する必要もある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

安全管理とは、潜在する危険性を顕在化させないための方策を講じることであり、
恒常的なシステムとして運用しなければならない。

このため、研究開発、設計、運転操作、設備保全、教育、安全活動、マニュアル化など
さまざまな管理のシステムを規程、基準などに文書化し、実績を記録することが重要である。

またこれら文書、記録についても文書分類と定期的な改訂手順や保存期間を定め
文書管理することが一般的となっている。

管理は定められたシステムに従い、
Plan（計画策定）－ Do（実行）－ Check（評価）－ Action（見直し修正）という
PDCA サイクル（管理の輪という。）を確実に回し、継続的に改善を図っていくことが
必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

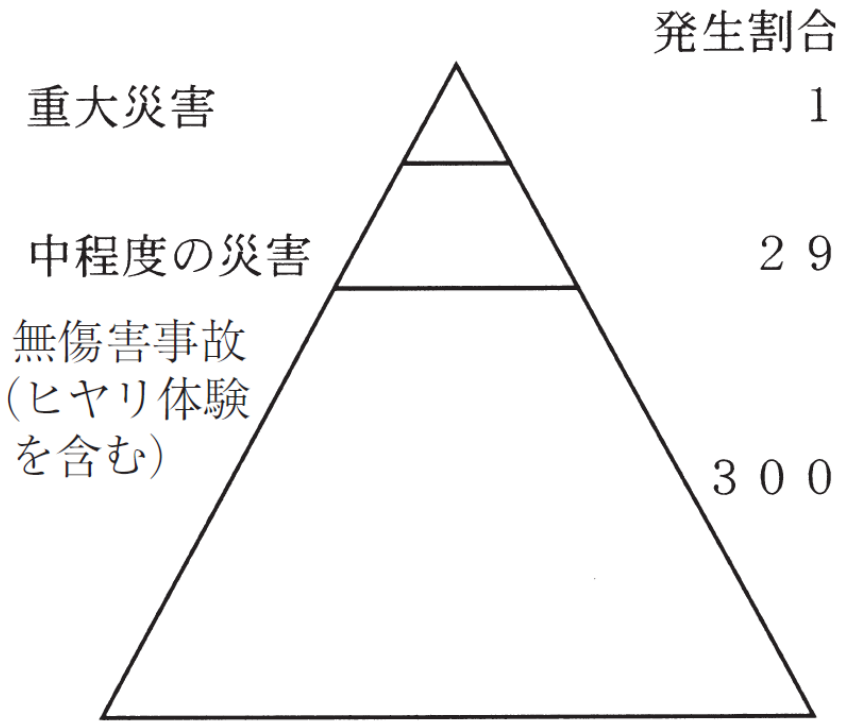
1.2.5 安全管理

a） 安全理論

1） ハインリッヒの法則

同一の潜在要因による重大な災害1件当たり、
中程度の災害が29件、
無傷害事故300件という比率になる。

この法則から学べることは、ヒヤリの段階で
危険な要因を排除しておくことは、
重大災害の発生の予防対策の1つとして
重要なことである。



ハインリッヒの法則の概念図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

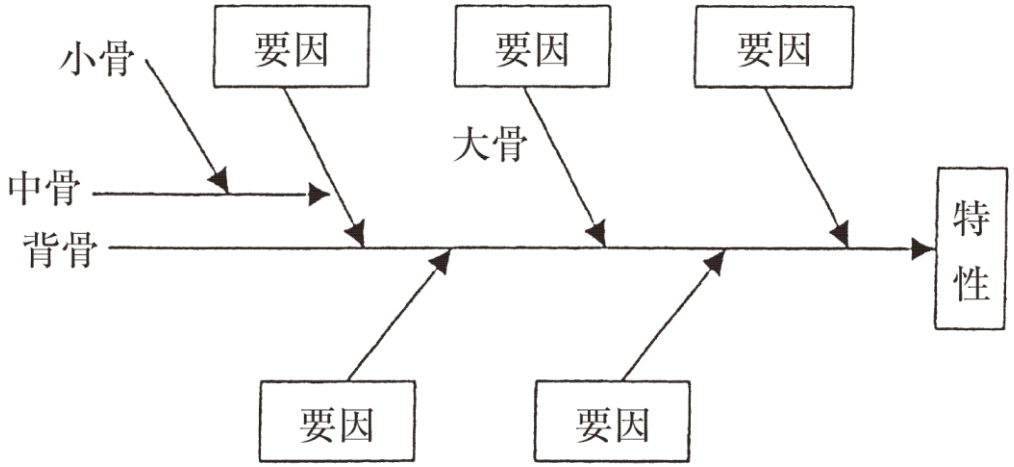
a） 安全理論

2） 特性要因図（魚の骨）

重大な災害を解析する1つの方法として、特性要因図（characteristic diagram, cause and effect diagram）がある。

特性要因図は、問題とする特性（問題点、事故など）とそれに影響していると思われる要因（原因）との関連を整理して、魚の骨のような図にまとめたものである。

特性要因図（魚の骨）



事故原因などを分類整理し、どこに管理の重点を置いたらよいかを知るのに便利であるが、要因相互の因果関係を明確に把握することはできない。

特性要因図を作成するには、問題とする特性を明確にし、特性に影響する要因を数項目に分類してこれを大骨とし、個々の項目ごとに階層的に中骨、小骨と細分化して記入していく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

a） 安全理論

3） 災害連鎖の防止

- 高圧ガス施設などの製造プロセスの構成は複雑。
  - 反応、分離回収、洗浄、精製、排ガス・排水処理などの工程。
  - 未反応原料や溶媒のリサイクル。
- プロセスの一部に不具合が発生した場合、その上流、下流にもその影響が及ぶ。
- 主要な部分で制御限界を超えた変動があった場合に、機器ごとまたは工程ごとに自動停止、自動遮断ができるシステムを構築しトラブルの連鎖を防止。
- 災害連鎖の防止
  - 緊急停止した場合の後処置方法基準化。
  - 定期的な訓練。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

a） 安全理論

4） 4M

事故の原因分析や対策検討の際に人間工学の面から、
要因を4つのジャンル（4M）に整理することにより原因の本質を捉える。

- MAN（人）
  本人および本人以外の直接関与した人のヒューマンファクタに関与する要因。
- MACHINE（機械）
  設備、機器などの物的な因子が関与した要因。
- MEDIA（媒体または環境）
  作業環境、マニュアル、作業情報といった、主としてMAN とMACHINE の媒体となるものが関与した要因。
- MANAGEMENT（管理）
  管理システム、方法が関与した要因。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

a） 安全理論

5） フェーズ理論

人間の信頼性は意識レベルに依存している。この意識レベルを5段階のフェーズに分けた考え方。

フェーズ	意識の状態	注意のモード	生理的状態
0	無意識、失神	ゼロ	睡眠、脳発作
I	意識ぼけ	不注意状態	疲労、単調、居眠り
II	リラックス状態 思考は内界に向かう	不活性 注意リズム低下	安静起居生活・休息時 他律的リズムに同期
III	積極的活動、 前向き思考、意欲的	活性 注意野は広い	情報処理は柔軟で速い 予測の見直し、情動の自制
IV	過緊張、情動興奮	注意は焦点に固着	緊急防衛反応、慌てる→パニック状態

不注意ミスを起こさないためにはフェーズⅢで作業する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

b） 安全推進手法

1） ヒヤリ・ハット

ヒヤリ・ハット活動とは、日常の業務の中で「ヒヤリ」としたり、思わず「ハット」するような危うい経験をお互いに報告しあい、全員の経験として注意を喚起する活動である。
小さなうちに事故の芽を摘み、中程度さらには重大な事故への誘発を防ぐことを目的としている。また、各人がそうした事故の芽を摘む努力をすることにより、安全に対する意識を高めることも狙っている。

2） 5S活動

設備の健全性維持や職場環境の改善として安全活動の基本。
3S（整理、整頓、清掃）+2S（清潔、躾）

- 3Sがおろそかな職場は潜在危険の温床。
  職場、プラントを大切にしようとする社員の意識も低下。
- TPM（Total Productive Maintenance）活動にも取り入れられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

I.2.5 安全管理

b） 安全推進手法

3） 指差呼称

行おうとしている作業が間違いないこと、現場の状況が作業に適合していることなどを
確認するために、対象を指で差し、それが正しいことを確認したら「ヨシ」と声を出していうことによって
誤操作を防止するために励行する習慣。
対象を指で差し、大声で確認する行動によって集中力を高めるため、誤操作防止手法として重要。

4） 危険予知

作業開始前に経験と想像力を働かせ、起こる可能性のある危険を想定し、
その危険を回避する対策を立てることによって災害を未然に防止する手法。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

c） 安全監査

安全管理の遂行にあたっては、自主的に管理の実態を評価し、安全管理システムの改善および安全レベルの向上を目指すことが大切である。そのために、安全管理のPDCA における C（Check：評価）として、安全管理システムがどのように機能しているかを確認する安全監査を実施することが重要である。

監査の方法は、会社や事業所において規程化することが必要である。

また、安全担当役員や事業所長なども監査に参加することで、経営者自らが安全に強い意識をもつことを示す重要な機会にもなる。

安全監査では、あらかじめ設定された監査項目やチェックリストに基づき、事業所の安全管理システムがどのように整備され、決められたとおりに実行されているかを具体的な文書、記録を確認することにより網羅的かつ実質的に確認するのが一般的であるが、監査の都度テーマを定め、重点的な調査を行うといった方法も実施されている。最近は、監査の専門チームを編成して細部までチェックするという方法も行われている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 安全管理組織

1.3.1 組織の維持と運用

高圧ガス保安法では、保安統括者等の配置・職務について次のように規程している。

1）高圧ガス製造事業所は、規模に応じて保安統括者等を配置する。

2）保安統括者等には、代理者をあらかじめ選任し、保安統括者等の不在時に支障がないようにする。

3）保安統括者は、高圧ガスの製造に係る保安に関する業務を統括管理する。

4）保安技術管理者は、保安統括者を補佐して、高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的な事項を管理する。

5）保安主任者は、保安技術管理者を補佐して、保安係員を指揮する。

6）保安係員は、製造施設の維持、製造方法の監視その他高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的事項を管理する。

7）保安企画推進員は、危害予防規程の立案・整備、保安教育計画の立案・推進その他高圧ガスの製造に係る保安に関する業務に関し、保安統括者を補佐する。

8）保安統括者等は、誠実にその業務を行う。

9）高圧ガスの製造などの従事者は、保安統括者等の指示に従わなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

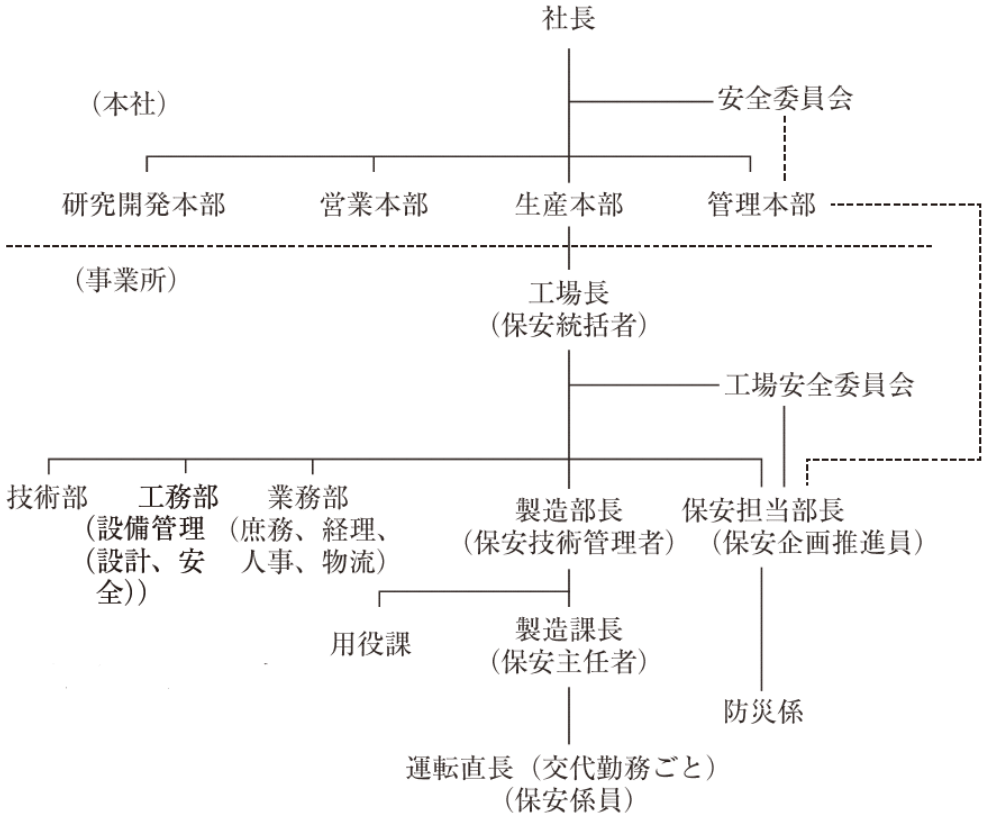
1.3.1 組織の維持と運用

高圧ガス製造事業所における業務組織と保安統括者等の配置の例

工場長は保安統括者として、事業所の安全管理全般を統括する最高責任者であり、保安・安全に関する技術的事項については、法定資格を有する保安技術管理者（製造部長など）に管理させなければならない（自らが法定資格を有する場合は保安技術管理者は選任不要）。

保安係員は、製造施設の定められた区分ごと、かつ交替制の場合は直ごとに、第一線の保安責任者（通常は現場監督者）から選任する。製造方法や定期自主検査を監督し、一般的に、緊急の事態に応急措置を行うことなどが職務であり、法定資格が必要である。

特定の事業所では、保安主任者（製造課長など）と保安企画推進員（事業所の保安担当スタッフ部門の長など）を選任しなければならない。保安主任者は、保安技術管理者を補佐し、保安係員を指揮するラインの立場にあり、保安企画推進員は、保安統括者を補佐するスタッフとして、保安に関する事業所の諸計画、諸規程などを企画立案し推進する立場にある。



本社と事業所の組織例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 安全管理組織

1.3.1 組織の維持と運用

保安・安全活動を事業所全体で取り組む上で、安全に関する情報を共有化することは重要なことであり、次のような委員会組織や会議を情報共有化の場として活用する。

① 安全衛生委員会をはじめとする各種委員会

② 部長、課長など職制にかかわる委員会

③ 安全、製造、設備、工事にかかわる担当者ベースの打合せ

④ その他、所内外の事故情報、ヒヤリ・ハット情報などの周知

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

a） 製造部門

製造部門はラインの根幹であり、安全管理上重要な位置にある。安全上の基本的な要素としては、取扱物質、設備、作業者の3 つがあり、これらを結びつけて管理することが最も重要なポイントとなる。

取扱物質については、安全性の評価や取扱方法、設備については、点検、補修などの確認、作業者については、作業内容、教育、作業環境などが具体的な管理項目となる。

製造に関する専門技術的知識を必要とされるところであり、とかく設備技術（ハードウェア）的発想に偏りがちであるが、労務管理、人間関係といった設備以外の管理技術（ソフトウェア）も併せて考慮し、ハードとソフトの相互補完を管理に取り入れたほうがよい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

b） 保安管理部門

事業所のスタッフ部門として、事業所における保安・安全の基本方針・施策の策定や保安教育の企画・推進を行う部門である。

具体的には、安全管理体制・安全関係規程類の立案・改訂、安全会議・行事の企画・運営・推進、保安・安全確保のための査察・調査、保安教育の計画・推進、事故・災害時の原因調査・対策検討、法令に基づく申請・届出・折衝、設備の新設・変更時における安全審査、事故事例・防災データなどの安全情報収集などの業務を担当する。

事業所内の各部門と連携するだけでなく、本社、関係事業所、行政機関などとの間で情報交換するなど安全管理上幅広い活動が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

c） 設備保全部門

専門的な立場で製造設備を設計し、保全管理する部門であり、機械、土木、建築、計装、電気などの専門知識、技術が必要とされる安全管理上重要な部門である。

設計部門は新設設備の設計時には、製造部門の技術者との連携を図りながら、運転条件、点検・保全方法などを十分に考慮し、配置、材質選定、設計条件などできる限り本質安全の考え方に立って設計する必要がある。
また、運転性能の向上や増設・改造の際には、実際の使用状態のデータを解析したうえで、最初の設計思想に立ち返って、専門的な立場で安全性をチェックし設計する必要がある。

設備保全部門は、製造部門が行う日常点検の状況を把握し、日常の補修を行うだけでなく、定期的または必要に応じ、より専門的な立場で設備診断を行い、経年劣化や余寿命予測などの解析を基に検査計画、定期修理計画、設備更新計画を立案する。

製造部門との緊密な情報交換を行い、設備の状況に応じて検査方法を見直し、設備異常を早期に発見し対策をとることが事故防止につながり、同時に効率的な保全を行うことができる。

また、保全上の問題点、改善などを設計部門にフィードバックし、設計情報として蓄積することで、より健全性の高い設備設計に反映することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

d） 用役部門

電気、蒸気、水、空気、窒素などの用役（ユーティリティ）は、製造部門の安定操業と安全にとって欠くことのできないものであり、製造部門と同等の重要な位置を占める。それぞれの用役がどのような経路で高圧ガス製造設備に供給されているか、供給能力と使用量のバランスはどうなっているか、高圧ガス製造設備の操業状態とどのようなかかわりをもっているかなどを勘案し、日常の管理のみでなく、緊急時における保安用用役の確保に努めなければならない。

e） 防災部門

事業所の日常の入出門管理や非常時の救急、消火活動などを受けもつ防災部門は、事業所の防災管理上欠くことのできない部門である。
夜間、休日においては、宿日直者などとの連携が必要になることはいうまでもない。
防災資機材の整備や防災要員の訓練などが日常の主な仕事となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

f） 物流部門

製造部門で取り扱う原料、製品、中間製品などの貯蔵、入出荷、輸送を担当しているので、
生産に密着した部門である。製造部門の協力のもとに良質な管理が要求される。
特に、入出荷業務は、生産と物流、事業所と輸送業者の接点となる部分で、
管理の盲点になりやすい。相互の作業方法や接点の確認が安全上の重要なポイントとなる。

g） 技術スタッフ部門

工場内の配置計画、新技術の開発、新設備の企画、生産計画の策定、製品などの供給計画の
立案などにあたって、安全管理部門とよく相談し、事前に安全を確保する気配りが必要となる。
新しい物質や製法の安全性の確認に関しては、社内の検査試験部門、研究開発部門または
社外の試験研究機関との接触が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

h） 事務管理部門

事業所全体としての安全管理の連携と協力を得るためには、事務管理スタッフにも安全についての認識をもってもらうことが肝要である。

庶務部門は広報活動など、人事部門は従業員の安全関係全般、経理部門は安全に関する費用の確保など、それぞれがその重要性を認識する必要がある。

以上に述べたように、事業所の安全活動は、事業所内外の諸部門、諸機関とのネットワークの中で達成されるものである。

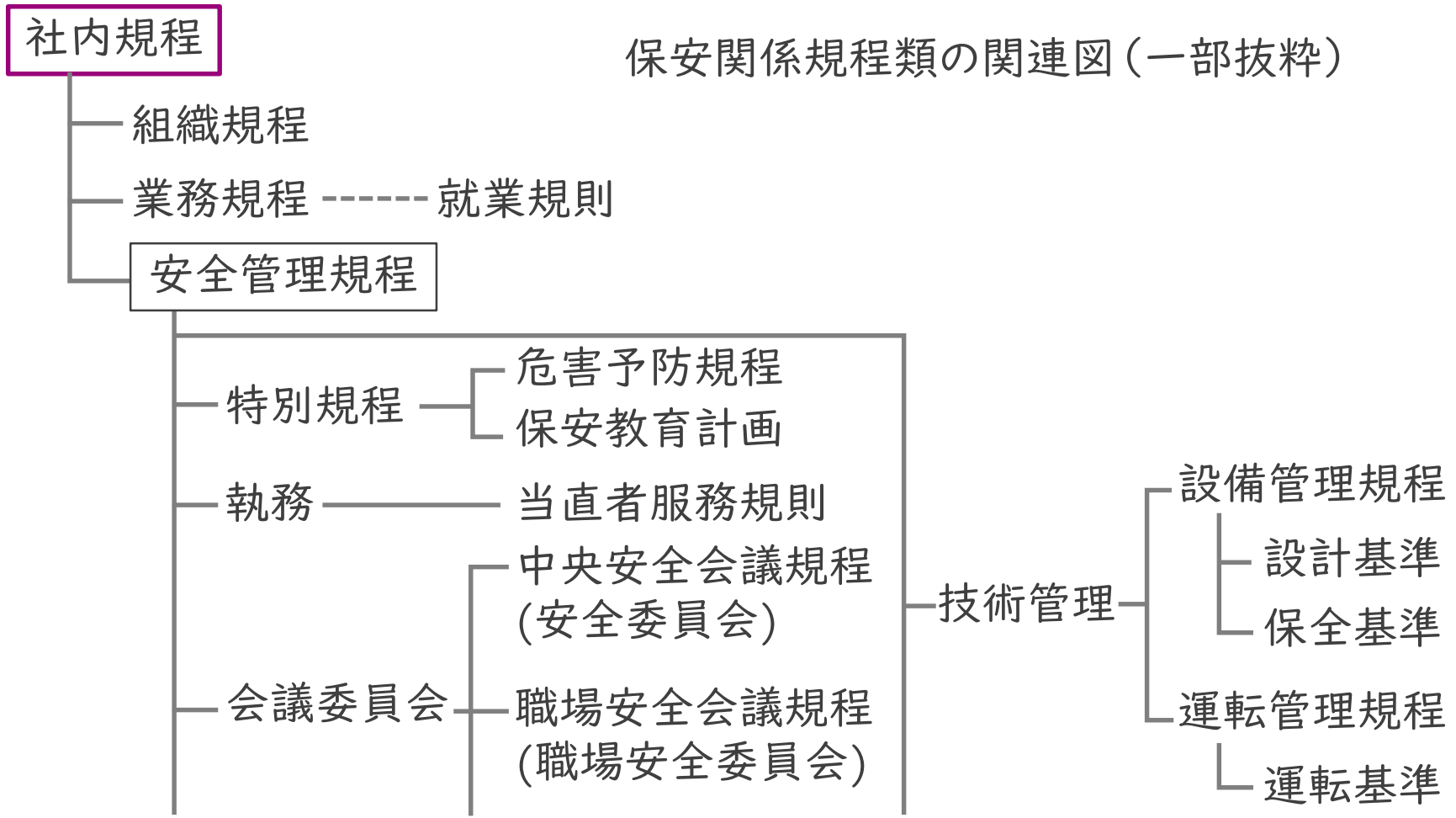
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安規程

法律で義務づけ

- 危害予防規程（高圧法）
- 保安教育計画（高圧法）

保安関係規程類の関連図（一部抜粋）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.1 保安教育訓練

高圧法においては、第一種製造者は、危害予防規程と一体のものとして、
保安教育計画を制定することを定めている。

製造現場における保安教育訓練は、職場の日常業務に密着した
職場内教育（OJT：On the Job Training）を中心に位置づけており、
必ずしも独立したカリキュラムとして設置するのではなく、各種教育訓練の中に
保安の要素（意識、知識、技術、技能など）を組み込んで実施することが多い。

OJTを補完するために、階層別の職場外教育（OFF-JT）により保安に関する意識、
知識教育を組み合わせている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.2 計画と体制

教育は生産活動を支えるための重要な業務であって、事業所全体の管理システムとして計画的に実施しなければならない。教育に関する規程を設け、教育委員会を設置して、関係部門の分担と役割を認識させ、現場からの教育のニーズを基に年度教育計画を策定することが望ましい。

教育はOJT とOFF-JTの組合せにより実施されるので、事業所全体のOFF-JTは教育推進部門が、OJTは職場がそれぞれの教育計画に基づき推進する。

教育対象者、教育内容などによって最も適した教材や方法を選び、効率的に体系的に行わなければならない。

また、自己啓発を促進するため通信教育の導入や、外部講習への参画などを奨励し、援助する制度を設けることも効果的な方法である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.3 方法と時期

一般に、保安も含めた生産技術教育の主体はOJTにある。
管理者や監督者が部下に教えるだけでなく、業務のローテーションによって生ずる熟練者と未熟者の間でも教え合うことを活用し、他人に教えるための整理や準備をすることが最大の勉学の機会であることを悟らせる必要がある。また、視聴覚教材の活用やプロセスシミュレータによる訓練も効果的である。

協力会社社員の教育については、まず、基本的な基準を教育することが必要となるが、社員の職場内教育と同様に、実務作業手順などについては、自らのルールを作らせ、学ばせ、守らせることによって自立精神を育てるほうが好ましい結果を得ることが多い。
防災訓練などにも参加させ、事業所内の一体感を育むことも必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.4 教育内容

現業部門の監督者と一般従業者については、それぞれ初心者、熟練者などの階層別に、教育のカリキュラム、目標進度、標準履修時間や回数などを定めておくとよい。
テキストや運転基準（SOP）などによる学習だけでなく、討議方式によるヒヤリ・ハットの解析、災害想定訓練または非常処置訓練や実務を通じた体得などを含めて考えたほうが効果的である。

監督者については、実技や法令知識に習熟しているだけでなく、仕事の教え方、人の扱い方などの職場管理技法を身につけている必要がある。

協力会社員に対しては、工場内に潜在する取扱物質などの危険性や作業規律について十分理解させる必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.5 評価と記録

教育訓練でもPDCA（Plan-Do-Check-Action）のサイクルが肝要である。

教育効果の評価判定は、教育活動サイクルの重要なかなめとなる。評価・判定の方法としては、自由討議の発言、異常措置と報告、改善提案の出し方、実務実技の状況などをリーダーがチェックする方法もあるが、筆記テスト、レポート提出、アンケート調査、個人面接、自己判定や自己申告、チェックリストによるチェックなどが目的に応じて使われる。

教育の記録としては、個人別カードのように履修者が保持すべきものと、グループや職場単位でとりまとめた実施記録とがあり、それぞれ自己管理と集団管理のために使われる。
記録内容としては、教育訓練項目、実施時期、進捗度または熟練度、評価者や実施者の意見などが含まれる。グループで行う集合教育、緊急訓練、講習などの記録では、講師やチームリーダーの反省、問題点などのコメントが次回の教育を考えるうえで役に立つ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.1 緊急事態発生時の組織

事業所において、事故・災害が発生し、
それが初期段階で制御・鎮圧できずに
長期化しまたは規模の拡大が予想される
ときには、全事業所を挙げてこれに
対処するため、災害対策本部組織を
編成する。

緊急時の災害対策本部組織の編成例
（一部抜粋）

本部・班	処　理　業　務　概　要
災害対策本部	1．災害対策本部組織の統括指揮 2．現場本部、各班、各組織からの情報収集、情報伝達および指令 3．関係官庁、報道機関への公式発表 4．本社、他社、共同防災協議会、海上共同防災協議会への連絡、応援要請 5．避難命令 6．社員、協力会社従業員への広報 7．災害時の各職場の記録まとめ
現　場　本　部	1．災害現場の状況把握 2．本部への状況報告 3．現場における消防警備班、作業班への指示 4．災害発生職場、隣接職場への指示
消 防 警 備 班	1．人命救助 2．火災拡大防止、鎮圧 3．流出油拡大防止、回収処理 4．非常線設置 5．緊急車誘導

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.2 保安に関する関係事業所との協定

石災法では、特定の事業所に対し、自衛防災組織の設置を義務づけているが、関係事業所共同の防災組織とすることが認められている。この場合、それは共同防災規程によって運営される。
また、特別防災区域協議会を設置しているところでは、災害の発生防止と拡大防止に関する自主基準の作成、技術研究、教育訓練などが共同で行われている。

高圧法においても、コンビナート製造事業所は、関係事業所から緊急時の応援を受けられるようにしておくことになっており、相互応援協定は、事業所間の結束を固めるのに役立つ。

都道府県などの行政指導によって、事業所と行政機関との間に保安協定などを締結しているところや保安に関する協会などの機関を設置して、情報交換や防災研究、講演会などの活動を行っているところもある。業界団体の自主活動の1つとして、高圧ガス移動中に事故が発生したときに備え、地域防災協議会を結成して相互に応援する協定を結んでいるところもある。

コンビナート製造事業所には、原料などの高圧ガスを導管で授受されている事業所があるが、日常および緊急時の連絡方法や措置方法などについて、相互によく打ち合わせ、相互援助協定などで明確にしておく必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

2.1 電気設備

2.2 保安装置

2.3 防災設備

2.4 用役設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.1 電気設備の概要

高圧ガス製造設備において電気設備を使用する場合、製造設備を安全に運転、操業するために必要な電気設備の設置義務がコンビ則などで規定されており、また、その仕様、構造などについてガス防爆指針（自主基準）に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

- 設置場所および爆発性ガスの種類、量、状態などにより、それぞれの場所が危険箇所として区分されており、この爆発危険箇所の区分に応じ適用できる電気機器の防爆構造が決められている。
- コンビ則などには、設置場所およびガスの種類に応じた防爆性能を有する構造の電気機器の使用が規定されており、設計時にはこれらの制約を踏まえた設備計画を立てなければならない。
- 電気機器はできるだけ非危険箇所に設置するように計画するのが望ましいが、爆発危険箇所に設置せざるを得ない場合は、設置機器の選定などの考え方を参考にして計画する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

a） 爆発性ガスの分類

爆発性ガスは、その危険性によって次のように分類される。防爆電気機器はその分類された区分に応じて、対応する構造の機器を選定する。

1） 発火温度による分類

発火温度とは、爆発性ガスと空気との混合ガスの温度を高めたときに、燃焼または爆発を起こす最低温度であり、防爆電気機器の最高表面温度は対象の爆発性ガスの発火温度より低くなければならない。爆発性ガスの発火温度の違いに対応して、最高表面温度は6等級の温度等級に分類されている。

2） 最大安全すきまによる分類

最大安全すきまとは、爆発性雰囲気の中に置かれた標準容器の接合面のすき間を通って、爆発の火炎が内部から外部へ伝ぱすることを阻止しうる最大すき間の値であって、ガスに固有の値である。この値は耐圧防爆電気機器の選定に用いられる。

3） 最小点火電流による分類

最小点火電流とは、爆発性雰囲気が電気火花によって爆発を起こしうる最小の回路電流の値であって、爆発性ガスの種類によって異なる。この値は本質安全防爆構造の電気機器の選定に用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

b） 爆発危険箇所の区分

爆発性ガスの存在状態によって次のように区分。

① **特別危険箇所**
爆発性雰囲気が通常の状態において、連続し長時間にわたり、
または頻繁に可燃性ガス蒸気が爆発の危険のある濃度に達する場所。

② **第一類危険箇所**
通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成するおそれがある場所。

③ **第二類危険箇所**
通常の状態において、爆発性雰囲気を生成するおそれが少なく、
また、生成した場合でも短時間しか持続しない場所。

④ **非危険箇所**
①～③以外の場所。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

1） 耐圧防爆構造

電気機器を収納する全閉構造の容器の内部に爆発性ガスが侵入し、容器内部で
爆発を起こしても、容器が爆発圧力に耐える強度をもち、かつ、爆発によって生じた火炎や
高温ガスが容器の本体と蓋との接合面やねじ結合部などの接合部から逸走せず、
周囲の爆発性ガスに点火しないようにした構造である。

また、容器の表面温度は爆発性ガスが触れても発火することがないように、
対象とする爆発性ガスの発火温度に対応して定められた値を超えないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

2） 安全増防爆構造

正常に運転され、または通電されている場合に、火花、アークを発生することがなく、
または高温部をもたない、あるいはその両方の電気機器（電気を通じない部分を除く）に
適用する防爆構造で、外部からの損傷に対する機械的強度の増加、絶縁劣化を
防止するための絶縁性能の増強、および高温の発生を抑制するための温度上昇防止対策を
施して安全性を高めた構造である。

さらに、容器の表面温度はもちろん、容器内部についても爆発性ガスが触れるおそれのある
すべての部分の温度が、対象とする爆発性ガスの発火温度に対応して定められた値を
超えないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

3） 本質安全防爆構造

計測機器の発信器のように、低電圧、低電流回路をもつ弱電機器について、短絡、地絡、断線などの故障時においても回路から流出するエネルギーを、対象とする爆発性ガスの最小発火エネルギーより小さくするための安全保持回路を付加した、本質的に安全な構造である。

本質安全保持回路と本質安全防爆配線が一体となったシステムで防爆性能が確保される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

4） 内圧防爆構造

爆発性ガスに対して電気機器を容器で囲み、容器内の空気や不活性ガスなどの保護ガスを外部の雰囲気の圧力より高く保持することにより、または容器内の爆発性ガスの濃度を爆発下限界より十分低いレベルに希釈することによって、防爆性能を確保する構造である。

保護ガスを封入した内圧防爆構造の容器は、保護ガスの圧力に耐え、かつ、保護ガスが漏えいしにくい構造でなければならない。

また、容器内を加圧する保護ガスの圧力が低下し、爆発性ガスが侵入すると、容器内部で爆発を起こし、容器が破損して周囲の爆発性ガスに点火するおそれがあるので、容器内部の圧力が所定の圧力以下になった場合に作動する保護装置が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

5） 油入防爆構造

爆発性ガスに対して点火源となるおそれがある火花、アークを発生するもの、
または高温部をもつもの、あるいはその両方の電気機器を構成する部分を絶縁油の中に納め、
油面上や容器の外部に存在する爆発性ガスに点火しないようにした構造である。

点火源を収納する容器は、塵埃、湿気などによって絶縁油が汚染されないように保護された
構造で、かつ、爆発性ガス雰囲気に触れるすべての部分および油温は、対象とする
爆発性ガスの発火温度に対応して定められた値を超えないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

6） 樹脂充てん防爆構造

電気機器を構成する部分であって、点火源となるおそれがある火花、アークを発生するもの、または高温部をもつもの、あるいはその両方を樹脂の中に納めることにより爆発性ガスに点火しないようにした構造である。樹脂により爆発性ガス雰囲気と点火源とを隔離する手法により、爆発性ガス雰囲気への点火のリスクを抑えた構造といえる。

充てんする樹脂は、適切な厚さを有することや吸水性がなく熱安定性を有することなどの要件があり、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂などが使用されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

7） 非点火防爆構造

正常に運転され、または通電されている場合に、火花、アークを発生することがなく、
または高温部をもたない、あるいはその両方の電気機器や、火花、アークを発生し、
または高温となって、あるいはその両方により点火源となるおそれのある部分を保護することにより爆発性ガスに点火しないようにした構造である。点火源を封じて隔離する手法、構造により爆発性雰囲気の侵入をしにくくした構造などがある。設置場所は第二類危険箇所に限定されているため、この防爆構造に適用される要件は、他の防爆構造に比べ簡易的な場合がある。
主に第二類危険箇所を想定した安全度を強化した手法により爆発性ガス雰囲気への点火のリスクを抑えた構造といえる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

8） 特殊防爆構造

上記以外の防爆構造で、爆発性ガスに対して防爆性能を有することが公的機関の試験などによって確認された構造である。

例えば、国際電気標準会議規格（IEC 規格）で規定されている「粉体充てん防爆構造」などは、この特殊防爆構造の取扱いを受ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

d） 防爆電気機器の選定

爆発性ガスの存在確率と放出源による危険箇所の分類の考え方と、密閉した場所、ガスの滞留、風通しなど電気機器を設置しようとする場所の環境条件を勘案して、危険箇所の区分を決定し、その危険箇所に応じた防爆構造の電気機器を選定し使用する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

e） 防爆電気工事

適切な防爆機器を選定し設置しても、機器に電気を供給したり信号を取り出したりする工事において機器の防爆グレードに合わせた工事がなされないと、設備全体として防爆性能が発揮できない。

したがって、電気工事においても防爆機器に応じた工事の仕様が要求される。

すなわち機器のケーブル接続部分や危険箇所の屋外から非危険箇所の屋内にケーブルを引き込む場合、さらには機器と機器とを接続する電線を保護する電線管路などで、決められた施工方法を実施する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

a） 受電･配電設備

電力設備は、電力会社から電力の供給を受ける受電設備と、
受電した電気を負荷として必要とするそれぞれの設備に、適切な電力を供給する
配電設備で構成されている。

- 受電設備
  電力会社からの電源を事業所の使用に適した電圧に変換。
- 配電設備
  それぞれの負荷側に合わせた電源に変電するとともに、事故や異常があった場合、
  電源を遮断するなどして、それがほかに波及しないよう最小限にとどめるための
  安全対策が施されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

b） 自家発電設備

事業所内に発電機を設置して、事業所で使用する電力の一部またはほとんどを供給するために発電を行う設備で、そのほとんどに三相交流同期発電機が使用されている。

自家発電設備

事業所の電力の一部として、電力会社が供給する電力と電圧、周波数などを連系させ、常時供給する常用発電設備と、電力会社の停電などの非常時に作動して電力を供給する非常用発電設備に大別される。

○ 常用発電の原動機
スチームタービンや最近ではガスタービンが使用され、さらに大規模になるとこれらの組合せ（コンバインド）が使用されるようになってきた。

○ 非常用発電の原動機
ディーゼル機関、ガソリン機関などの内燃機関などが主流。

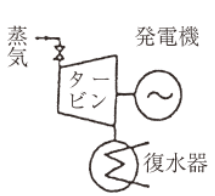
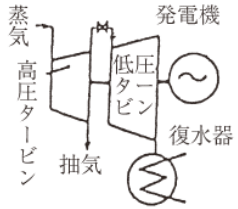
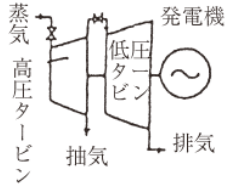
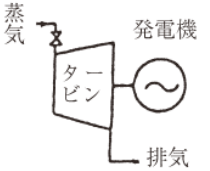
最近ではマイクロガスタービン発電や小規模燃料電池設備も実用化されて、常用および非常用分散型自家用発電設備として採用されるようになってきた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

b） 自家発電設備

1） スチームタービン

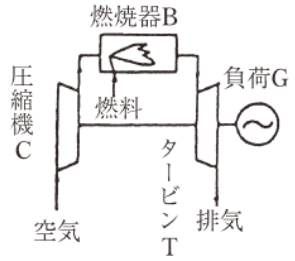
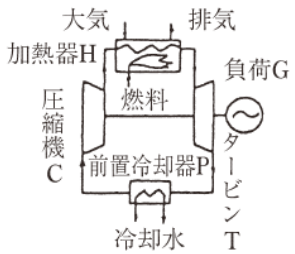
項目＼形式	復水タービン	抽気復水タービン	抽気背圧タービン	背圧タービン
概　念　図				
工場蒸気	工場蒸気が不要な場合	一定圧力の工場蒸気が必要な場合	2 以上の一定圧力の工場蒸気が必要な場合	一定圧力の工場蒸気が必要な場合
蒸気の負荷変動	負荷に無関係で出力一定の運転が可能	負荷変動があっても出力一定の運転が可能	負荷変動率が大きいと設備の利用率が低下	同　左
所要電力	所要電力量を常に確保する必要がある場合	工場蒸気量に相当する発電量以上の電力が必要な場合	工場蒸気量に相当する発電量で差し支えない場合	同　左
経　済　性	排気熱量が全冷却水に取り去られるので不経済	復水タービンに比べ抽気の熱量を利用できる分、経済的	抽気・排気の熱量を有効に利用できるので経済的	排気の熱量を有効に利用できるので経済的
冷却水源	多量の冷却水を必要とする	同　左	冷却水源については考慮の必要なし	同　左
スチーム圧力	一般に高圧	高圧または中圧	中圧または低圧	同　左

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

b） 自家発電設備

2） ガスタービン

項目＼形式	オープンサイクル	クローズドサイクル
原　理　図		
構　　造	ガスタービン本体は比較的大きいが、圧力レベルが低いため軽量にでき、付属設備も少なくてよい。	圧力レベルが高いためガスタービン本体は小さいが、大きな燃焼室・前置冷却器を必要とする。
効　　率	大気温度が上がれば出力および効率が下がる。	冷却水温度が上がれば効率が下がり、大気温度には関係しない。
負荷追従性	良　好	圧力レベルの変更により行うため遅い。
始動時期	急速始動可能	ケーシングおよび配管の肉厚が大であり、また、熱交換器があるため熱容量が大で、始動に時間を要する。
用　　途	ピーク負荷用に適している。	比較的利用率の高いところに適している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

b） 自家発電設備

3） 内燃機関

エンジンの駆動力により発電する。
ガソリンエンジン駆動のものは、極小規模の発電設備に利用されているが、
ディーゼルエンジン駆動のものは、中規模以上のものに採用されている。

エンジンの始動方式としては、蓄電池からの電気でセルモータを駆動する
電気始動式と空気源からの圧縮空気で駆動する空気始動式がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

c） 蓄電池設備

物質の化学反応において放出されるエネルギーを電気エネルギーの形で取り出す設備を電池と呼び、一次電池、二次電池、燃料電池などに大別される。

一次電池

一度放電する（使い切る）と再使用できない電池で、乾電池が代表的。

二次電池

充電を行えば繰り返し使用可能な電池で、蓄電池と呼ばれる。

非常用電源としては、二次電池として鉛蓄電池やニッケル・カドミウムアルカリ蓄電池（単にアルカリ蓄電池と呼ぶことが多い。）などが使用されるが、電池の容量としては、設備を安全に停止できる保安面から決定する。一般的に非常用発電設備が設置されている場合は5～10分、設置されていない場合は30分程度として、電力の供給が計画されている。

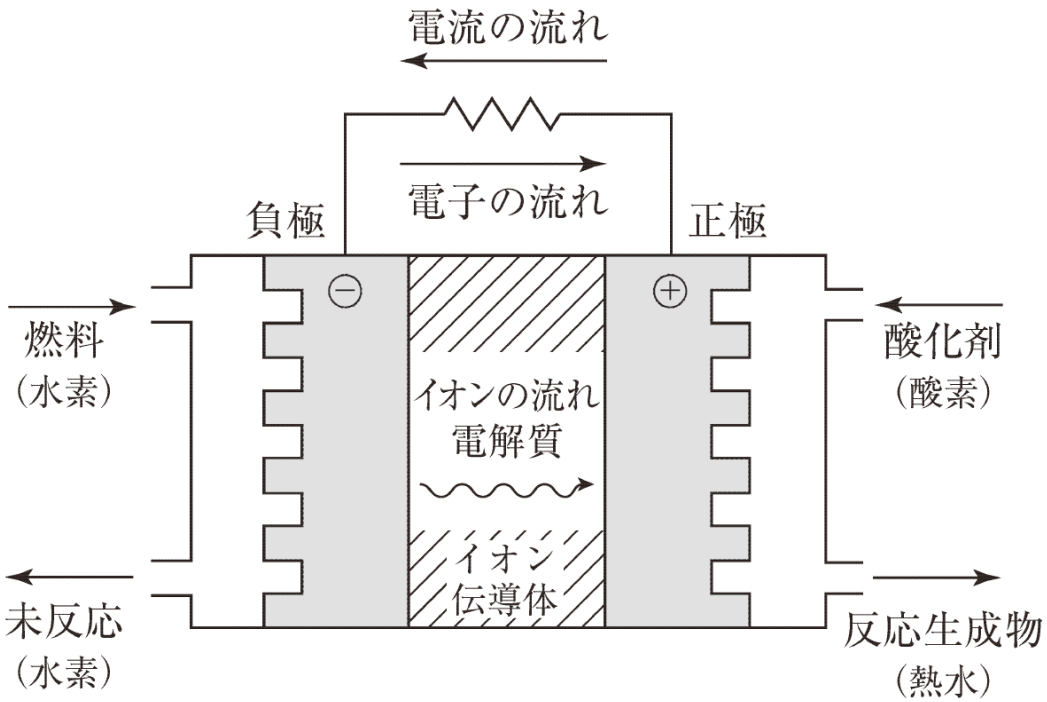
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

d） 燃料電池

燃料電池は、燃料となる物質と酸素などの酸化剤を化学的に反応させ、化学的エネルギーを電気の形で取り出すもので種々の形式のものがある。

【代表的な燃料電池の構成】
負極に燃料となる水素、正極に酸化剤として空気中の酸素を供給し、水素と酸素の酸化（燃焼）反応（水の電気分解の逆）により電気を取り出す。
電気を取り出した後の反応による生成物は水だけであり、環境に優しい電源として自家発電設備にも採用されてきている。



燃料電池の概念図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

e） 無停電電源設備

設備の安全上、コンピュータや電子機器などの制御装置や緊急安全装置など瞬時の停電も許されないものには、非常用電源として無停電電源設備または蓄電池から電源を供給し、常用の電源が停電しても、これら装置には連続して電力を供給できるように計画する。
この無停電電源装置をUPS（Uninterruptible Power System）と称する。

無停電電源装置　UPS（Uninterruptible Power System）

常時常用（商用）電源と接続されており、常時は常用電源から電力を受けて整流し、直流に変換して蓄電池に充電するとともに再度交流に変換して、常用電源と同一の周波数で、かつ、電圧の変動がない安定した電力を供給。

こうすることで、常用電源が停電しても、蓄電池から交流に変換した周波数と電圧の安定した電力が無瞬断（連続して）で負荷に供給できる。ただし、UPS はあくまで非常用電源としての用途であることから、通常は設備が安全に処置できる時間、30分間以上供給するものとして蓄電池の容量を決定する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

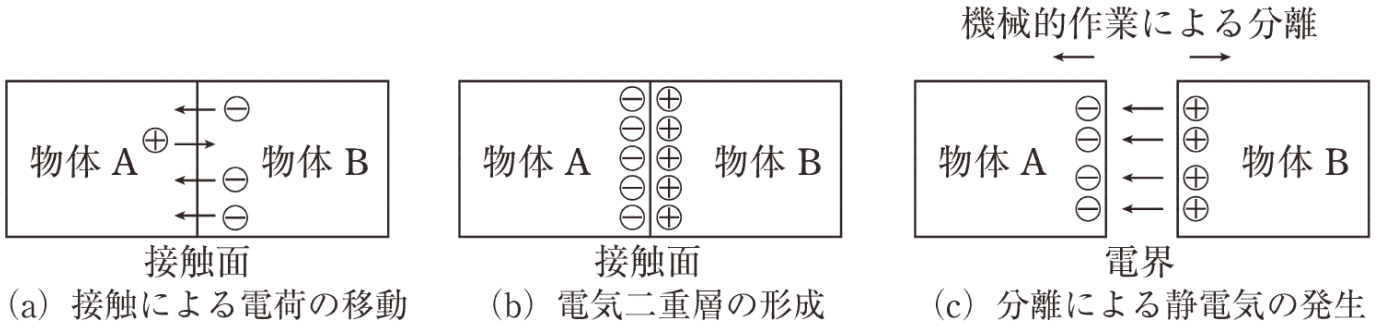
2.1.4 接地計画

接地とは、地上の構造物などと大地に埋設設置した導体とを金属導体でつないで、大地電位と同電位にすることであり、その目的の違いにより静電接地、保安接地、避雷接地などがある。

a） 静電接地

1） 静電気の発生と帯電

物質に力学的運動による流動や摩擦などがはたらくと、本来電気的に中性である物質の中で正または負のどちらか一方の電荷が他方よりも過剰となる現象が起こる。この過剰な電荷を静電気といい、発生した静電気が物質上に滞留、蓄積することを静電気の帯電という。



(a) 接触による電荷の移動　(b) 電気二重層の形成　(c) 分離による静電気の発生

接触・分離による静電気の発生

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

1） 静電気の発生と帯電

（1）摩擦による帯電　：物質相互の摩擦による接触面相互の帯電
（2）剥離による帯電　：密着している物質の引きはがしによる物質相互の帯電
（3）流動による帯電　：配管中を液体が流れるとき配管と液体に帯電
（4）混合・撹拌による帯電　：混合・撹拌する物質の相互や容器に帯電
（5）噴出による帯電　：流体がノズルなどから噴出するときの噴出口との摩擦、噴出流体相互の衝突などによる流体、噴出口の帯電
（6）誘導帯電　：帯電した物質の付近に他の物質を近づけると、近づけた物質が静電誘導を受けて物質中の電荷が不均一になり、帯電したのと等価になる現象

そのほか滴下帯電、飛沫帯電、沈降・浮上帯電、衝突帯電、粉砕帯電など多くの静電気発生過程がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

1） 静電気の発生と帯電 （つづき）

静電気が発生してもそれ以後に電荷の供給がなければ、物質中の電荷の中和や外部への導電によって電荷は減少していく（静電気の緩和）。
物質にはそれぞれ固有の導電率（S/m：ジーメンス/ メートル：体積抵抗率Ω・m の逆数）があり、長期間放置しておけば、帯電した電荷は導電による物質中の中和や、気中や大地に漏えいして減少していく。

- 導体の導電率が高い物質（金属など）
  絶縁されて電荷が帯電していても、あるいは一部に電荷が帯電し電位に片寄りが起こっても、早く等電位となり、接地をとることで帯電電荷を大地に素早く逃がすことが可能。電荷の蓄積は起こらず帯電もしない。
- 導電率の低い不導体
  物質中の電荷が片寄り、あるいはほかから帯電した場合、電荷の移動が緩慢でなかなか等電位になりにくく、接地をとっても帯電した電荷は導体に比べて逃がしにくい。

静電気安全指針では静電気上の導体と不導体の目安を、導電率が10^{-8} S/m より大きいか
または体積抵抗率10^{8} Ω・m 未満を導体、これら以外を不導体としている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

2） 静電気による火災・爆発の発生限界

（1）最小発火エネルギー

設備や装置内で火災・爆発が起こるのは、そこに可燃性物質があるだけではなく濃度が爆発範囲内にあり、しかもそれを発火させることが可能な発火エネルギーが与えられた場合だけである。

可燃性物質の発火エネルギーは、可燃性物質の濃度や空気や酸素などの支燃性物質の状態などにより異なるが、防災上は、その可燃性物質と支燃性物質を常温・常圧で混合し、最も発火しやすい状態で、発火に必要な最小エネルギーを最小発火エネルギーという場合が多い。したがって、静電気による火花放電を起こしたときに火災・爆発を起こさないようにするには、発生した火花放電のエネルギーが、可燃性物質の最小発火エネルギーよりも小さくなるようにしておく必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

（2）帯電物質の放電エネルギーと火災・爆発の発生限界

帯電物質が導体である場合

放電によって失う放電エネルギーは、帯電物質が放電の直前にもっていた静電エネルギーW［J：ジュール］とほぼ等しく、式（2.1）で与えられる。

$$W = \frac{CV^2}{2} = \frac{QV}{2} = \frac{Q^2}{2C} \qquad (2.1)$$

C：帯電導体の静電容量［F：ファラド］、V：電位［V：ボルト］、Q：電荷量［C：クーロン］

災害発生限界の帯電電位 Vc［V］、帯電電荷量を Qc［C］は式（2.2）式（2.3）で与えられる。

$$Vc = \sqrt{\frac{2W_M}{C}} \qquad (2.2)$$

$$Qc = \sqrt{2CW_M} \qquad (2.3)$$

W_M：最小発火エネルギー

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a) 静電接地

3) 静電気災害の防止

(1) 防止対策

対策項目	具体的防止対策
1. 静電気の発生の抑制	(1) 液体類の流速(初速、最大流速)制限 (2) 液体類、気体類の中の夾雑物の除去 (3) 液体類、気体類の吹出し防止
2. 静電気の緩和、除去の促進	(1) 接地、ボンディングの実施 (2) 静置時間の設定 (3) 空気のイオン化(除電器) (4) 湿度の付与 (5) 絶縁体への導電性付与(帯電防止剤) (6) 作業者の帯電防止(静電靴、静電作業衣)
3. 爆発性ガスの形成防止	(1) 不活性ガスの注入 (2) 液温管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

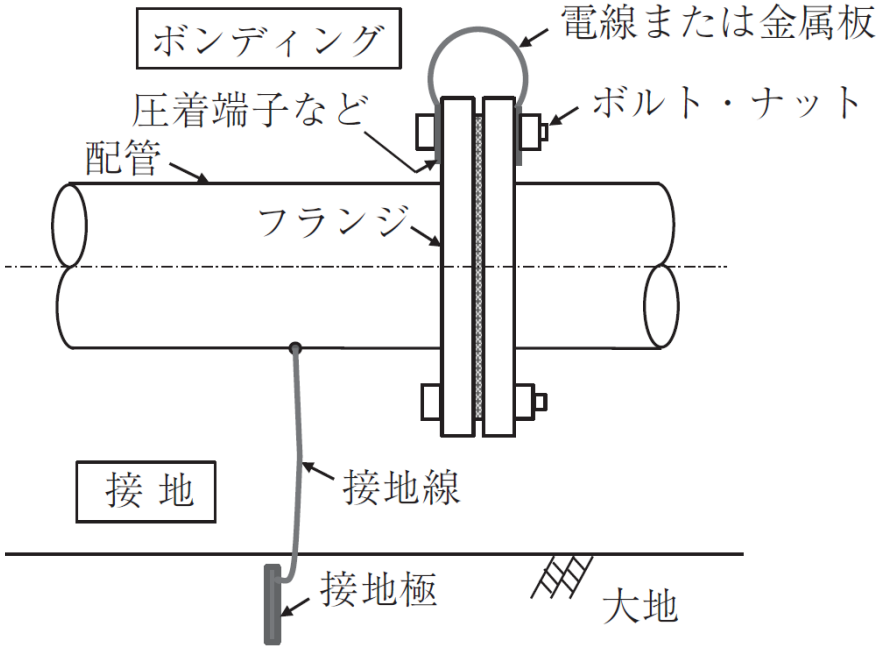
（2）静電接地とボンディング

静電接地

金属導体に帯電した静電気を電線などの導体を用いて速やかに大地に逃がし、金属導体と大地間を同電位にして火花放電を防止する。帯電防止のための接地抵抗値は1000Ω以下にすることが望ましい。
接地抵抗値は100Ω以下として接地することがコンビ則などの関係例示基準に示されている。

ボンディング

複数の金属導体を電気的に同電位にするために、電線などを用いて互いに接続すること。配管などの金属導体同士をボルトなどで接続した場合は、ボンディングしたのと同じ効果が得られている場合もある。



接地とボンディングの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

（3）静置時間の設定

一般に石油製品などの可燃性液体のうち、原油や重油は体積抵抗率が10^8 Ω・m 以下で静電気に関する問題は少ないが、その他石油製品は10^{12} Ω・m 前後のものが多く、静電気が帯電しやすい物質である。このような物質がタンク（導体）内に貯蔵される場合、流入時の摩擦により物質に静電気が発生し、表面に電荷が帯電する。帯電した電荷（静電気）は周囲（タンク壁）の導体に向かって徐々に移動（漏えい）し、時間とともに減少するが、物質の体積抵抗率が高いために短時間では減少しない。したがって、短時間ではタンク壁面から離れた部分の物質表面には多くの電荷が残って、電位が高い場所ができ、物質の取扱操作で接触機会などがあると火花放電に至り危険であるので、静置時間を設けて、静電気の帯電を緩和する処置を実施後にハンドリングを行う。

帯電物体の導電率［S/m］	帯電物体の容積［m^3］			
	10 以下	10 ～ 50	50 ～ 5000	5000 以上
10^{-8} 以上	1 以上	1 以上	1 以上	2 以上
10^{-12} ～ 10^{-8}	2 〃	3 〃	10 〃	30 〃
10^{-14} ～ 10^{-12}	4 〃	5 〃	60 〃	120 〃
10^{-14} 以下	10 〃	10 〃	120 〃	240 〃

帯電物質の導電率・容積の違いによる静置時間の推奨値
［単位：分］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

b） 保安接地

機器に故障や異常があった場合、他に波及しないよう、機器に接地をとり、
人体の保護や機器の保護を行う接地を保安接地という。

接地の種類

接地の種類	接　地　抵　抗　値
A 種接地	10Ω以下
B 種接地	変圧器の高圧側または特別高圧側の電路の1線地絡電流のアンペア数で150（変圧器の高圧側の電路または使用電圧が35000V以下の特別高圧側の電路と低圧側の電路との混触により低圧電路の対地電圧が150Vを超えた場合に、1秒を超え2秒以内に自動的に高圧電路または使用電圧が35000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは300、1秒以内に自動的に高圧電路または使用電圧が35000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは600）を除した値に等しいオーム数以下
C 種接地	10Ω以下（低圧電路において、当該電路に地絡を生じた場合に0.5秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500Ω以下）
D 種接地	100Ω以下（低圧電路において、当該電路に地絡を生じた場合に0.5秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500Ω以下）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

b） 保安接地

接地工事の区分

接地の種類	接　地　工　事　区　分
A 種接地	高圧および高圧の金属製機械器具、外箱などの接地
B 種接地	高圧および高圧電路と低圧電路とを結合する 変圧器の中性点または一端子などの接地
C 種接地	300 V 超過の低圧の金属製機械器具、外箱などの接地
D 種接地	300 V 以下の低圧の金属製機械器具、外箱などの接地

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

c） 避雷接地

1） 避雷設備

雷雲が発生したときに落雷を避雷設備に誘導することにより、他の設備に影響を与えないように保護する役目をもっている。
建築基準法では避雷設備の構造をJIS A 4201「建築物等の雷保護」に規定する外部雷保護システムに適合する構造とするように定めている。外部雷保護システムは受雷部システム、引下げ導線システムおよび接地システムからなっている。
受雷部は被保護物に雷撃が侵入しないよう施設するものであり、回転球体法、保護角法、メッシュ法のいずれかの方法またはこれらの組み合わせによって、被保護物が保護範囲内に入るように施設する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

c） 避雷接地

1） 避雷設備（つづき）

避雷設備の受雷部の種類

名　称	受 雷 部 の 特 徴
1．一般の避雷設備	被保護物に直接、(1)または(2)の受雷部を設置。 (1)突針部：空中に突出させて設置。 (2)むね上げ導体：むね、パラペット、屋根などの上に沿って設置。
2．独立避雷針	被保護物から離して、地上に独立した突針を受雷部として設置。
3．独立架空地線	全体が被保護物から独立しており、被保護物の上方に、 これと適当な距離をおいて架線した導体を受雷部として設置。
4．ケージ	被保護物全体を包む連続的な網状導体を設置。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

c） 避雷接地

2） 避雷接地

避雷接地は、避雷設備に雷撃を受けたとき、その雷電流を危険な過電圧を生じることなく大地へ放流させる目的で使用される。落雷時の接地電位上昇を抑制するために、接地極の接地抵抗値を極力小さくすることが必要であるが、それ以上に重要なことは被保護物とその周辺の接地電位を一様にし、被害の発生を防止することである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.5 通報設備

事業所内で緊急時に必要な連絡を速やかに行う設備として種々のものがあるが、
主要な通報設備としては、ページング設備、放送設備、電話、トランシーバなどである。
ページング装置ではヘッドセット式のもので、作業者の手が自由になるメリットがあり、
どこでもいつでも同時に多数との連絡が行える無線ページングが広く普及し、
使用されるようになってきている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 保安装置

2.2.1 安全装置

高圧ガス設備等内の圧力が許容圧力を超えた場合に、直ちにその圧力を
許容圧力以下に降下させ、設備の破損、破壊を防止する。

- 安全弁
- 破裂板
- 逃し弁（アンローダ（unloader）を含む。）
- 自動圧力制御装置

このほか容器に用いられる安全弁（ばね式安全弁、破裂板式安全弁、溶栓式安全弁）などがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

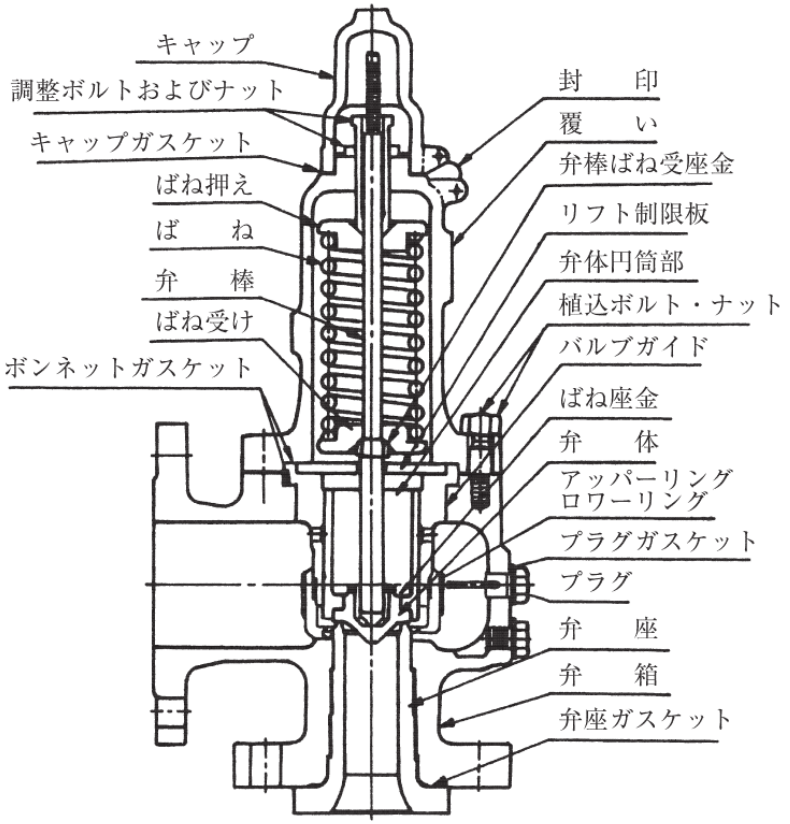
a） 安全装置の種類

1） 安全弁（safety valve）

バルブの入口側の圧力が上昇してあらかじめ定められた圧力になったとき自動的に作動し、弁体が開き、流体を排出し、圧力が所定の値に降下すれば、再び弁体が閉じる機能をもつバルブ。作動機構により、ばね式とおもり式（てこ式）に分けられる。

ばね式安全弁は、円筒コイルばねにより弁体を弁座に押し付けておき、内圧がばねの力より大きくなると弁体が上がり内部流体を放出し圧力を降下させる。内圧が降下するとばねの力のほうが大きくなり、弁体を下げ弁座に押し付けて閉じるようになっている。

リフト形式による分類　　：揚程式安全弁、全量式安全弁
流体の排出状態による分類：開放型安全弁、密閉型安全弁



ばね式安全弁の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

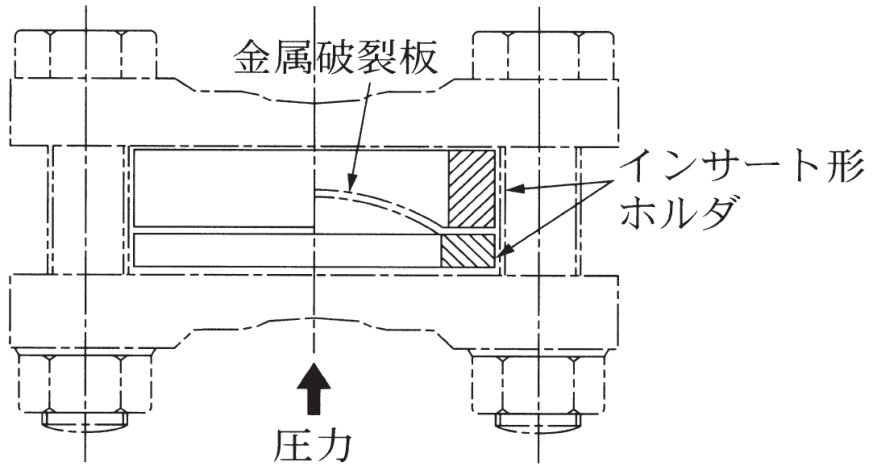
2.2.1 安全装置

a） 安全装置の種類

2） 破裂板

圧力容器、配管系、ダクトなどの密閉された設備が
過剰圧力または負圧により破損することを防止する。
過剰圧力の場合は破裂板が破裂することにより
設備内部流体を放出し圧力を下げる。
単独またはばね式安全弁や溶栓式安全弁と併用して
使用される破裂板には、金属板またはグラファイト製の
ものがあり、これをホルダで固定し、気密が保持され
設置されている。

金属破裂板の例



破裂板には、ドーム形、反転形および平板形があり、ホルダには、インサート形（カプセル形）、
全面座形、ユニオン形、スクリュー形（プラグ形）などがある。
破裂板は製作ロット毎に、決められた数を試験してその作動圧力を確認する措置などがとられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

a） 安全装置の種類

2） 破裂板

ばね式安全弁と比較した場合の破裂板の特徴は次のとおりである。

（1） 構造が単純で、吹出し抵抗が小さい。
（2） 内部圧力が設定圧力以上に上昇すると薄板が破裂し、内部圧力を降下させるまでの時間が極めて短時間であることから、異常圧力の上昇速度が速く、ばね式安全弁を取り付けることが不適当な場合に効果的である。
（3） 取扱い、点検が容易であり弁座漏れがない。
（4） 高粘性や固着性の流体に適している。
（5） プラスチックや金属ライニングなどの防食処理が容易であるため、腐食性流体に適している。
（6） 一度作動すると設備内部の圧力が降下しても吹き止まることがないので、運転を停止し、新しい破裂板と取り替える必要がある。
（7） 定期的に破裂板を交換する必要がある。その交換頻度は、形状、破裂板の材料、雰囲気の腐食性、運転温度、圧力および背圧の変動、使用破裂圧力に対する運転圧力の比率、耐クリープ性および耐疲労性ならびにその他の運転条件を考慮する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

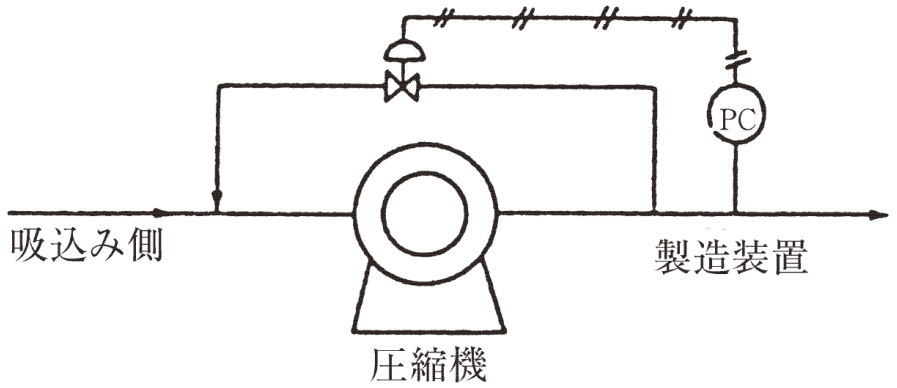
2.2.1 安全装置

a） 安全装置の種類

3） 逃し弁（relief valve）

- 一般にポンプや液体配管などに設置。
- 設定圧力になると、自動的に弁が開き、内部の流体を放出して圧力を下げる。
- 構造、機能は、ばね式安全弁と同様。

圧縮機吐出し圧力の自動制御の例



4） 自動圧力制御装置

- 設備内に流入する流体量を自動的に制御して、圧力の異常上昇を防止する設備。

5） その他

溶栓

- 規定温度以上になると可溶合金が溶融して、内部の流体を外部に放出し、破壊を防止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

b） 安全装置の選定

（1） 気体の圧力の上昇を防止する場合（反応生成物の性状などにより
ばね式安全弁を設けることが不適当な場合を除く。）は、ばね式安全弁または
自動圧力制御装置

（2） 急激な圧力の上昇のおそれのある場合または反応生成物の性状などにより
ばね式安全弁を設けることが不適当な場合は、破裂板または自動圧力制御装置

（3） ポンプおよび配管における液体の圧力の上昇を防止する場合は、
逃し弁（アンローダを含む。）、ばね式安全弁または自動圧力制御装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

c） 安全装置の設置

安全装置は、高圧ガス設備等のうち常用の圧力を相当程度異にし、
または異にするおそれのある区分ごとに設ける。

圧力区分の例

（1）圧力を上昇させ、または圧力を有する気体を発生する設備の下流部分を1つの圧力区分とする。
（例：圧縮機・ポンプの吐出し側、反応炉・分解炉の下流）

（2）減圧弁または減圧を行う設備があるときは、その低圧側を高圧側とは別の圧力区分とする。

（3）弁などで遮断される部分であって、加熱、化学反応などによって圧力上昇が予想される
部分は1つの圧力区分とする。

（4）多段式往復圧縮機においては、その各段をそれぞれ別の圧力区分とする。

（5）貯槽は1つの圧力区分とする。

（6）導管は1つの圧力区分とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

d） 安全装置の設計と用法

1） 所要吹出し量

ばね式安全弁、破裂板または逃し弁の所要吹出し量は、一般則例示基準などに定められている。

（1）液化ガスの高圧ガス設備（ポンプまたは圧縮機を除く。）にあっては、貯槽、蒸留塔などが火災などで加熱され、その内部の液化ガスが蒸発する量以上の量を1時間当たりの所要吹出し量とする。

（2）圧縮ガスの高圧ガス設備（ポンプまたは圧縮機を除く。）にあっては、導入管内の圧縮ガスの流速、ガスの密度などを用いて計算した数値を1 時間当たりの所要吹出し量とする。

（3）ポンプまたは圧縮機にあっては、1時間当たりの吐出し量を1時間当たりの所要吹出し量とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 保安装置

2.2.1 安全装置

d） 安全装置の設計と用法

ばね式安全弁・破裂板、逃し弁の規定吹出し量の算出式

（1）ばね式安全弁・破裂板

$$W = CKp_1A\sqrt{\frac{M}{ZT}} \quad \text{または} \quad W = 5580Kp_1A\sqrt{\frac{K}{K-1}\left\{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{K}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{K+1}{K}}\right\}}\sqrt{\frac{M}{ZT}}$$

W：規定吹出し量、C：定められた数値、K：吹出し係数、K：断熱指数の数値、p_1、p_2：圧力、A：吹き出し面積、M：ガスの分子量、Z：圧縮係数、T：ガスの温度

（2）逃し弁

$$W = 16100\,KA\sqrt{pG}$$

W：流出量、K：総括流出係数、A：流出面積、p：差圧、G：流体の比重

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

d） 安全装置の設計と用法

3） ばね式安全弁の取付方法

安全弁の取付けにあたっては、次の点を考慮する。

（1）目視点検が容易な位置に、弁軸を鉛直方向にして取り付ける。

（2）弁の入口配管は、異物による安全弁の作動を妨げないように、
できるだけ異物が混入しない場所から取り出す。例えば、配管の場合、配管の上側から取り出す。

（3）入口配管は、弁の呼び径と同じかそれ以上の管径とし、ポケットを設けない。

（4）入口配管での圧力損失は、できるだけ小さくする（不必要に長くしない）。

（5）ガスを大気中に放出する場合、その放出口は通路や発火源となるものに向けない。

（6）出口配管をフレアーシステムに接続する場合、出口配管にポケットや絞り部を設けず、
また出口配管での圧力損失は、規定吹出し量算出式における背圧にみ合う値以上にしない。

（7）弁を取り付ける架台は、吹出し時の反力に耐えるようにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

d） 安全装置の設計と用法

4） 逃し弁

逃し弁は、吐出し配管の長さや液体の粘性に応じて逃し弁本体に加わる差圧が変わり、
逃し弁にかかわる規定吹出し量（流出量）を算出するときに影響を与えるので、
これを取り付けるにあたっては、ばね式安全弁で述べた（1）、（2）、（3）、（4）、（7）の
内容と同じくし、また、出口配管にポケットや絞り部を設けず、また出口配管での圧力損失は、
規定吹出し量算出式における背圧に見合う値以上にしないよう考慮する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

緊急遮断装置は、高圧ガス製造設備において、ガス漏えい、火災などの災害が発生した場合、この災害の拡大防止のためにこの製造設備をブロック化したり、原材料の供給を遮断するための装置であり、可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の貯槽、特殊反応設備、一定容量以上の高圧ガス設備、コンビナート製造事業所間の導管系などにそれぞれ設けることがコンビ則などに規定されている。

なお、コンビ則の適用を受ける貯槽以外の貯槽の液化ガス受入れ専用の配管にあっては、緊急遮断弁に代えて逆止弁を使用することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

1） 構成

緊急遮断装置は、遮断弁本体、遮断弁の操作部、遮断弁の開閉状態の表示部より構成されている。

（1）遮断弁本体

遮断弁は、ダイヤフラム、ピストンなどに空気圧、油圧、電気またはばね（手動）を動力として用い、弁を急速に開閉する構造になっている。なお、緊急遮断弁には、貯槽の本体に直接取り付ける内装式のものと配管に取り付ける外装式のものがある。

（2）遮断弁の操作部

動力としての空気圧、油圧または電気を供給するための設備と遮断弁を操作するためのスイッチ、レバーなどがある。

（3）遮断弁の開閉状態の表示部

遮断弁の開閉状態を識別できるように、計器室内等にシグナルランプなどで表示する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

2） 機 能

（1）作動形式

① 特定製造事業所（コンビ則適用事業所）の特殊反応設備などに設ける緊急遮断装置は、自動または計器室からの遠隔操作のいずれかで作動できるようにしておかなければならない。

② 貯槽用の緊急遮断装置は、遠隔作動できるようにしておかなければならない。遮断操作を行う場所は、貯槽の外面から5m以上（コンビ則の適用を受ける場合は10m以上）離れた位置（防液堤を設けてある場合は、その外側）であり、かつ、予想される液化ガスの大量流出に対して十分安全な位置とする。

③ コンビナート製造事業所間の導管にかかわる緊急遮断装置は、自動または遠隔操作のいずれでも作動できるようにしておくことが望ましい。

④ 地震防災遮断弁を兼ねる場合は、対象機器の重要度に応じて、地震計と連動させるなど、地震時に確実に作動できるようにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

（2）遮断特性

① 緊急遮断弁については、製造または修理時にJIS B 2003「バルブの検査通則」による弁座の漏れ検査を行うほか、取り付けられた状態のものについて、定期的に弁座漏れ検査および作動検査を行い、漏れ量が保安上支障のない量以下であること、および円滑かつ確実に開閉を行うことができる作動機能を有することを確認する必要がある。

② 遮断弁の閉止に要する時間は通常短いほどよいが、遮断弁または後述の逆止弁（逆止め弁）が急速に閉まると、そこで管内の流体の流動が阻止され、局部的に圧力上昇をもたらす（ウォータハンマ）。ウォータハンマは短距離配管ではほとんど問題にならないが、長距離配管では弁の閉止時間が短か過ぎないよう、十分に注意する必要がある。

③ 緊急遮断弁は、定期的な作動チェックや弁座漏れ検査が可能なように、設置時に配慮しておく。特に、運転中にこれらの試験を行う必要がある場合、バイパス弁や操作機構のバイパス装置を設置するが、これらは通常時に確実に閉止状態に保つよう管理する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

（3）信頼性

緊急遮断装置は、緊急時に確実に閉止できるよう、動力源（計装電源や空気）の供給信頼性や動力源喪失時の挙動などに配慮しておく。特に、地震時に確実に遮断を行う必要のある地震防災遮断弁を兼ねる場合については、弁本体や操作部などに所定の耐震性をもたせる。高圧ガスの塔槽類に接続する配管、内容積が3m^{3}以上の配管については、その地震防災上の重要度に応じて、機器本体に準じた耐震設計を行う必要がある。このときの配管の区切りとして用いられるのが地震防災遮断弁である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

3） 緊急遮断装置の設置

（1）設置箇所

① 一般則の適用を受ける可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の液化ガスの貯槽（内容積が5000L未満の貯槽を除く。）、コールド・エバポレータの貯槽、酸素の移動式製造設備の容器および特殊高圧ガスの貯蔵設備に取り付けた配管（このうち、ガスを受け入れるためのみに用いられる配管にあっては逆止弁をもって替えることができる。）。

② 液石則の適用を受ける貯槽（内容積が5000L未満のものを除く。）に取り付けた配管（このうち、液状の液化石油ガスを受け入れるためのみに用いられる配管にあっては逆止弁をもって替えることができる。）。

③ コンビ則の適用を受ける可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の液化ガスの貯槽（内容積が5000L未満の貯槽を除く。）およびコールド・エバポレータの貯槽に取り付けた配管。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

（1）設置箇所（つづき）

④ コンビ則の適用を受ける事業所の可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の高圧ガス設備（貯槽を除く。）のうち特殊反応設備またはその他の高圧ガス設備であって、当該高圧ガスに係る事故の発生が直ちに他の製造設備に波及するおそれのあるもの。

⑤ 可燃性ガス、毒性ガス（塩素を除く。）または酸素の液化ガスを充填する内容積が4000L以上の容器または高圧ガス運送自動車用容器（タンクローリの容器）。

⑥ コンビナート製造事業所間の導管で、市街地、主要河川、湖沼などを横断するもの（不活性ガスに係るものを除く）。

（2）設置上の注意事項

緊急遮断装置は貯槽元弁の外側に近接して設置し、その架台は貯槽本体と同一基礎上とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

b） 逆流防止装置

逆流防止装置とは、反応設備または消費設備内で生成された反応生成物または未反応のガスが減圧設備または容器などに逆流することを防止する装置のことであり、以下のような各種の方法などの中から当該消費設備の実状に応じて最も安全で確実な方法がとられる。

1） 逆流防止装置の設置

① 倒立U 字管を反応液面より所定の高さに設ける。
② 倒立U 字管を高くできないときは、液タンク（例えば、塩素の場合は硫酸タンク）を設ける。
③ 逆流してくる反応生成物の全量を収容しうる空槽を設ける。
④ 真空破壊弁または逆止弁を設ける。
⑤ 圧力または温度を検出して自動的に遮断する装置を設ける。
⑥ 2 段階で圧力を下げる減圧装置を設ける。ただし、この場合において常時各段階の圧力を監視すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

b） 逆流防止装置

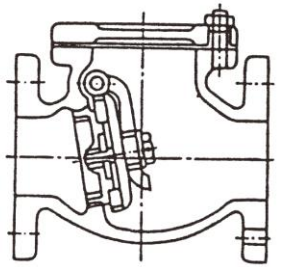
2） 逆止弁（逆止め弁）の構造

弁体が流体の背圧によって逆流を防止するように作動するバルブを逆止弁（逆止め弁、チェック弁、ノンリターン弁）といい、リフト逆止弁とスイング逆止弁のほかにボール逆止弁などがある。

（1）構造・機能

【スイング逆止弁】

弁体がちょうつがい（ヒンジ）によって弁箱に取り付けられている。
弁体は正常な流れの方向のみに開き、流体が逆流すると閉まるように作動する。
水平配管、垂直配管に用いられる。ただし、垂直配管の場合は、下から上向きに流れるように取り付ける必要がある。

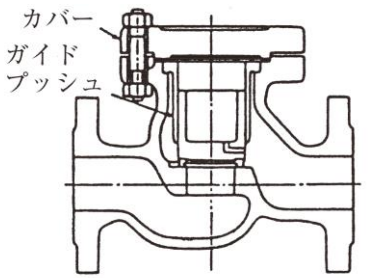


スイング逆止弁

提供：㈱キッツ

【リフト逆止弁】

弁体が弁箱またはふたに設けられたガイドによって、弁座に対して垂直に作動する。
図に示すリフト逆止弁は水平配管に設け、垂直配管などには設けられない。



リフト逆止弁

提供：㈱キッツ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.3 貯槽の負圧防止対策

大気圧付近の圧力で取り扱われる低温の液化ガス貯槽は、運転の状況によっては、貯槽圧力が大気圧以下に降下（負圧となる。）し、貯槽がつぶれることもある。このように負圧の発生が考えられるときは（プロセスの製造設備でも同様）、負圧防止対策を講じて、破壊を防止する必要がある。

一般則例示基準およびコンビ則例示基準には、可燃性ガス低温貯槽の負担を防止する措置として以下の（a）～（c）を行うことと例示されている。

（a）圧力計の設置
（b）圧力警報設備の設置
（c）その他（次のうちのいずれか1以上を設ける。）
　（1）真空安全弁
　（2）他の貯槽または施設からのガス導入配管（均圧管）
　　他の貯槽または施設が開放検査中であっても利用できるものが望ましい。
　（3）圧力と連動する緊急遮断装置を設けた冷凍制御設備
　（4）圧力と連動する緊急遮断装置を設けた送液設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.1 防消火設備

可燃性ガスなどの製造施設の防火および消火のために使用する設備。

- **防火設備**
  水噴霧装置、散水装置、放水装置（固定式放水銃、移動式放水銃、放水砲および消火栓）などをいい、火災の予防および火災による類焼を防止する設備。
- **消火設備**
  消火薬剤を放射する設備および不活性ガスなどによる拡散設備をいい、直接消火する設備。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 防災設備

2.3.1 防消火設備

a） 防消火設備

一般的に、高圧ガス製造設備におけるガス火災は、その状況にもよるが消火が困難なことがあり、消火できたとしても噴出するガスを止めない限り、再発火または大気中に漏えいしたガスによる爆発が起こりうる。したがって、ガス火災では、その火災を受けて加熱される装置を注水冷却し、装置の破壊による二次的な火災の発生を予防し、
類焼を防止することが重要である。

1） 防火設備の性能

防火設備である散水設備、固定式放水銃、移動式放水銃、放水砲、消火栓および
スチームカーテンの性能の詳細については一般則、液石則およびコンビ則関係例示
基準を参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.1 防消火設備

a） 防消火設備

2） 消火設備の性能

（1）粉末消火器は、可搬性または動力車搭載のものであって、
能力単位B－10以上のものとする。

（2）不活性ガスなどによる拡散設備は、常時、十分な量を十分な供給圧力で
供給できるものとする。

（3）建屋内の高圧ガス設備では、上記の粉末消火器に代えて不活性ガスなどによる
拡散設備を設けることができる。

3） 防火設備、消火設備の設置、防火用水供給設備

一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準、ならびに石災法適用の場合は関係指針類を参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

高圧ガスの貯槽が周辺の火災で加熱されると、その温度が上昇し内部のガスの圧力が上昇する。
液化ガス貯槽では、液化ガスが存在する液相部分の温度上昇より気相部分の温度上昇が大きくなる。

液化石油ガス貯槽の火災の事故例によれば、火災によって加熱された貯槽の頂上部が650 ℃程度にまで温度上昇したため、その材料の許容応力が低下し、貯槽は頂上部から縦に破裂し、内部の液化石油ガスが蒸気爆発を起こして、被害を一層大きくしたことが報告されている。これをブレビー（BLEVE）という。

炭素鋼の引張強さは300 ℃付近から急激に低下して、600 ℃では常温の約1/3になる。また、伸びが250 ℃付近で最も小さくなる青熱脆性という性質もある。したがって、貯槽が火災で加熱された場合に、その材料の温度をこの温度以下に保つことができれば、安全性は極めて大きくなる。

このような貯槽の温度上昇を防止するための対策としては、耐熱構造（断熱材による被覆）、または冷却装置（水噴霧装置もしくは散水装置または消火栓）の設置がある。

なお、可燃性ガス貯槽同士、または可燃性ガス貯槽と酸素貯槽の貯槽間距離を短縮する目的（コンビ則が適用されない場合に限る。）、または液化ガス貯槽の安全装置（ばね式安全弁など）の所要吹出し量を低減する目的で、貯槽に水噴霧装置を設置することもある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

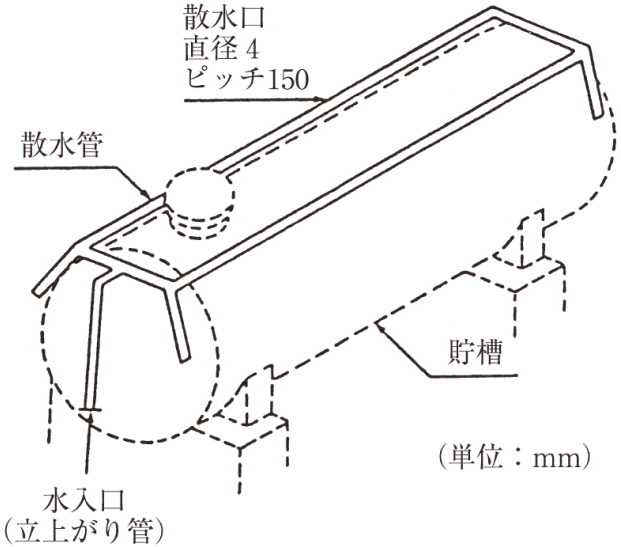
a） 液化ガス貯槽の温度上昇防止、耐熱および冷却上有効な措置（冷却用散水装置など）

1） 冷却用水噴霧装置もしくは散水装置
水噴霧装置や散水装置は固定した装置であって、
貯槽に付属する液面計、バルブなどを含む全表面に
水を放射できるものとする。水量は次による。

（1）断熱措置を講じない貯槽
貯槽の表面積 1m²当たり5L/minの割合で計算した水量以上

（2）準耐火構造貯槽
（厚さ25mm 以上のロックウールまたはこれと同等以上の
耐火性能を有する断熱材で被覆し、その外側を厚さ0.35mm以上
の亜鉛鉄板で被覆したものなど）
貯槽の表面積1m²当たり2.5L/minの割合で計算した水量以上 散水装置の冷却水の操作弁は、
火災の際も安全に操作できる位置（当該貯槽およびその支柱の外面から5m以上離す。）に設置する。

散水装置の例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

a） 液化ガス貯槽の温度上昇防止、耐熱および冷却上有効な措置（冷却用散水装置など）

2） 消火栓

当該貯槽の外面から40m以内に、貯槽に対していずれの方向からも放水できる消火栓を設ける。筒先圧力、放水能力、設置個数などは、一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準を参照のこと。

3） 支柱の温度上昇防止措置

高さ1 m 以上の支柱に対して、厚さ50 mm 以上の耐火コンクリートまたはこれと同等以上の耐火性能を有する不燃性の断熱材で被覆する。ただし、1）の水噴霧装置もしくは散水装置または 2）の消火栓を支柱に対して水を放射できるように設けた場合には、断熱材の被覆に代えることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

b） 圧縮ガス貯槽およびその支柱の温度上昇防止措置

圧縮ガスの貯槽および支柱のいずれの部分に対しても放水できるよう、
安全な場所に消火栓を設けるか、または消防ポンプ自動車を備える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

c） 液化ガスの貯槽の火災時の入熱量と水噴霧装置

貯槽に限らず、液化ガスを取り扱う設備が火災を受けた場合の安全弁などの所要吹出し量を決定するための火災入熱量は、断熱措置の有無、水噴霧装置（全表面に7L/min以上の水を噴霧するもの）または10L/min以上の水を放射する散水設備の有無に応じて、次のように算出する。

（1）断熱措置が講じられている場合（耐熱性構造）：

$$入熱量[kW] = 2.61 \cdot A^{0.82}(650 - t)\,\lambda / \sigma$$

（2）水噴霧装置または10L /（m^2・min）以上の散水設備がある場合：

$$入熱量[kW] = 42.7 \cdot A^{0.82}$$

（3）断熱措置も水噴霧装置や散水設備も設けられていない場合：

$$入熱量[kW] = 71.1 \cdot A^{0.82}$$

A＝外表面積［m^2］、t＝吹出し量決定圧力における内部温度［℃］

λ＝断熱材の熱伝導率［kW/（m・℃）］、σ＝断熱材の厚さ［m］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

d） 水源の容量

水噴霧装置等（水噴霧装置、散水装置または消火栓）は、同時に放射を必要とする最大水量を30 分間以上連続して供給できる水量を有する水源に接続されているものとする。

また、石災法適用の場合も、停電時でも送水ポンプの運転が可能であることが要求される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

e） 断熱材の選定

貯槽本体に対しては、一般にロックウールなどの不燃性の無機質の被覆材が使用され、支柱に対しては、耐火断熱コンクリートの耐火被覆が施工される。
断熱材としての必要条件は次のとおりである。

（1）熱伝導率が小さいこと。
（2）吸湿性が小さく、腐食性が少ないこと。
（3）長時間の使用により老化、変形が少ないこと。
（4）設備内の流体が漏えいしても、これと反応し老化しないこと。
（5）作業性がよく、施工が容易なこと。
（6）必要な機械的強度を有し、不燃性であること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.3 火災報知設備

火災報知設備は、火災の発生を従業員その他に知らせる設備であり、例えば、感知器、発信器、受信機、音響装置・表示灯などにより構成されている（詳細は消防法参照のこと）。

a） 感知器

火災により発生した熱、煙、火炎などをキャッチして自動的に火災の発生を感知し、受信器へ信号を送るものである。これには熱感知器、煙感知器、炎感知器などがあり、目的に応じて型式を選定し、設置場所、取付位置などの決定には十分注意しなければならない。

b） 発信器

火災発見者などが手動で火災の発生を知らせるもので、押しボタン式（P型）と電話式（T型）とがあり受信機に送信するもので、屋内型と屋外型とがある。

c） 受信器

感知器、発信器からの信号や音声を直接あるいは中継器を介して受信し、火災発生現場の表示、ブザーあるいは音声で従業員などに知らせるものである。この受信器は警備室、計器室、管理室など常時人がいる場所に設置されている。最近ではガス漏れ火災警報設備もあり、この受信器に含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

検知警報設備は、種々の原理を用いてガス濃度を認識し、これを電気信号に変換し警報などを発するが、この変換部分は検知部といわれ、検知素子（検知エレメントまたはセンサともいわれる。）と呼ばれる構造体が主要構成部品である。

可燃性ガス検知部の種類

接触燃焼式、半導体式、光波干渉式、赤外線吸収式　など

毒性ガス検知部および酸素検知部の種類

定電位電解式、電量式（クーロメトリ）、隔膜イオン電極式、半導体（セラミック）式、ガルバニ電池式　など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

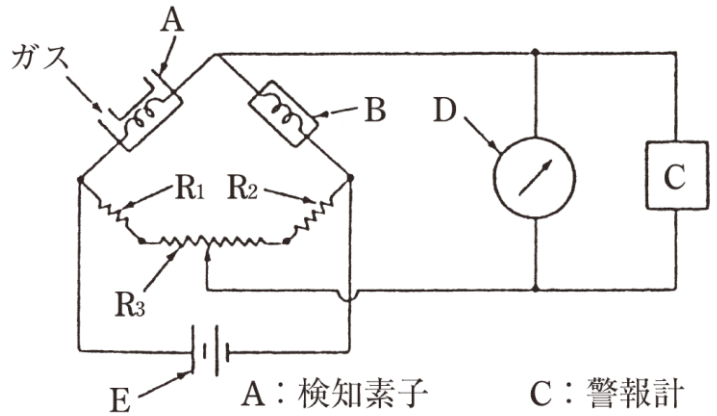
a） 検知警報設備の原理

1） 接触燃焼式

接触燃焼式は、可燃性ガスの検知に使用されるもので、白金線コイルにセラミックスをビード状に被覆し、その上に活性触媒をコーティングした検知素子と、不活性物質をコーティングした補償素子および一対の固定抵抗から構成され、ホイートストンブリッジが組まれている。

測定原理としては、可燃性ガスが存在すると、爆発下限界以下の濃度であっても、検知素子表面で接触燃焼反応が起こり、その燃焼熱によってビードの温度が上昇し、そのため白金コイルの電気抵抗値が増大することを利用している。

接触燃焼式の回路



A：検知素子　C：警報計
B：補償素子　D：指示計
R1, R2：固定抵抗　E：電　源
R3：可変抵抗

可燃性ガスの存在しない雰囲気中では、ブリッジには常時300 ～400 mAの電流が流れ、電気的平衡を保ち、電圧出力は発生しない。可燃性ガスが存在すると、白金コイルの電気抵抗値の増加により、ブリッジの電気的平衡がくずれ、電圧出力が発生する。
この出力は、ガス成分に無関係に大体一定であり、かつ、ガス濃度にほぼ比例する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

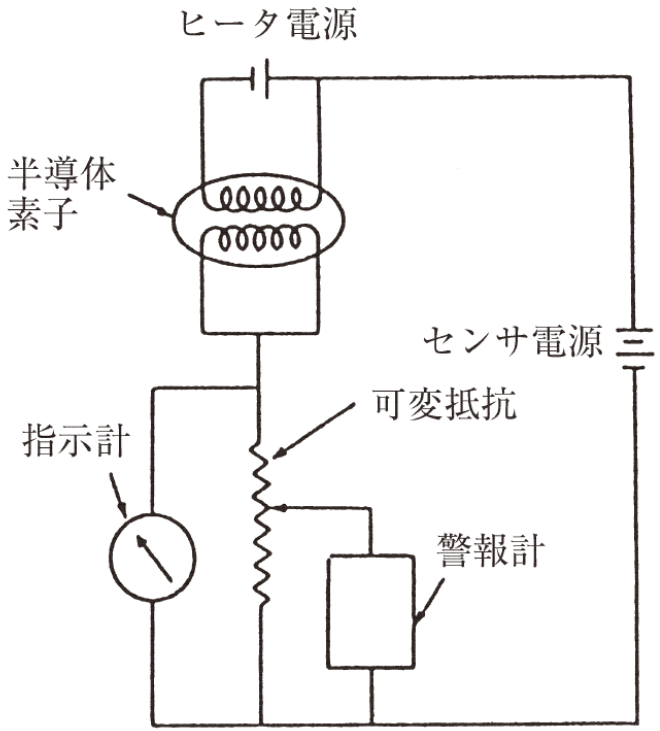
2） 半導体式（セラミック式）

半導体式は、焼結された金属酸化物の半導体（SnO_2、ZnO、NiO_2など）をヒータ電源を用いて100 ～500℃に加熱しておき、これに触れる可燃性ガスなどの濃度が増加すると、金属酸化物の電気抵抗値が、n形半導体の場合は大幅に減少し、p形半導体の場合は増加する現象を利用したものである。

可燃性ガスには、主としてSnO_2を主成分にしたn形半導体素子が使用されている。この方式では、不活性ガス以外の酸化性、還元性のいずれのガスも原理上は検知可能であるが、空気中では還元性ガスの検知に有利である。可燃性ガス、毒性ガスのほとんどすべてのガスを検知することができる。

素子の加熱は素子内に組み込んだ貴金属抵抗線によって行われ、検知素子にシリーズに接続した負荷抵抗間の電圧変化として信号を取り出す。この出力はボルト単位であり大きく、またガス濃度と出力の関係が、ほぼ対数的関係であるため、低濃度のガス検知に優れている。

半導体式の回路



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

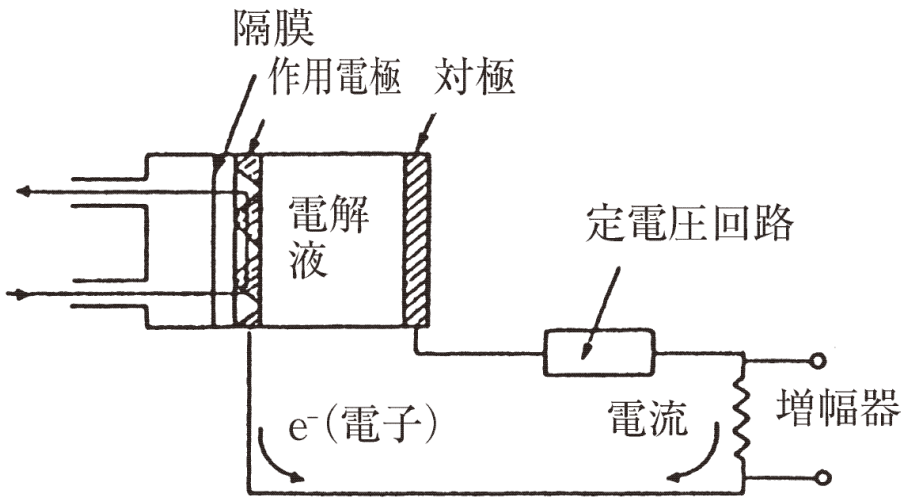
3） 定電位電解式

図に示すように、プラスチック製容器に隔膜、作用電極、対極および電解液を満たした構造になっている。

あらかじめ、この2 極間に定電圧電源によって酸化電位を与えておき、検知ガスが隔膜を通って侵入すると、作用電極と電解液の界面において酸化反応が生じ、検知ガスの濃度に対応した電子が対極に到達し、2 極間に拡散電流が流れる。

この電流はガス濃度に比例する関係がある。
一酸化炭素、硫化水素などの毒性ガスの測定に適している。

定電位電解式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

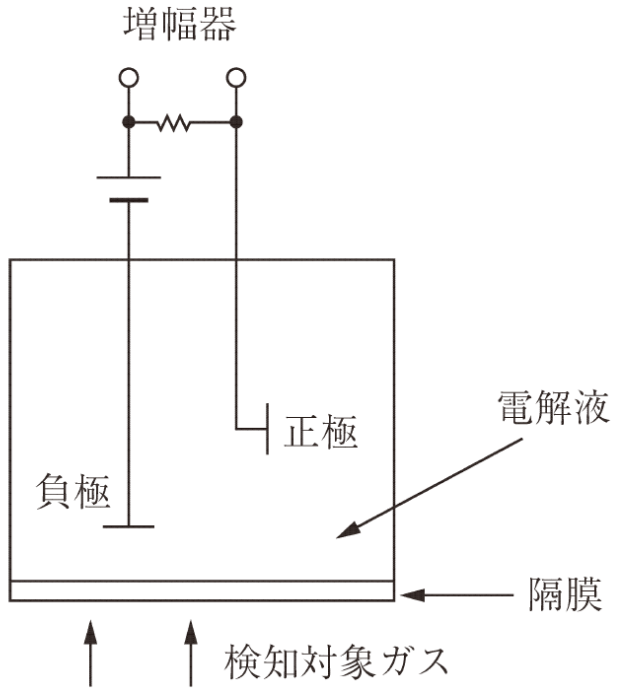
4） 電量式

図に示すように電圧を印加された電極間に溶液を満たし、
溶液とガスが反応した際に流れる電流を測定するものであり、
毒性ガスの検知に適している。

具体的には、塩素を含むガスの場合、
白金電極間に臭化物の水溶液を介在させ、
そこに塩素を含むガスを接触させると、臭化イオンの酸化、
臭素と水素の反応により電流が流れる。

この電流は電解液に溶け込む塩素の量に比例するので、
この電流を測定することによって、
塩素ガスの濃度を知ることができる。

電量式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

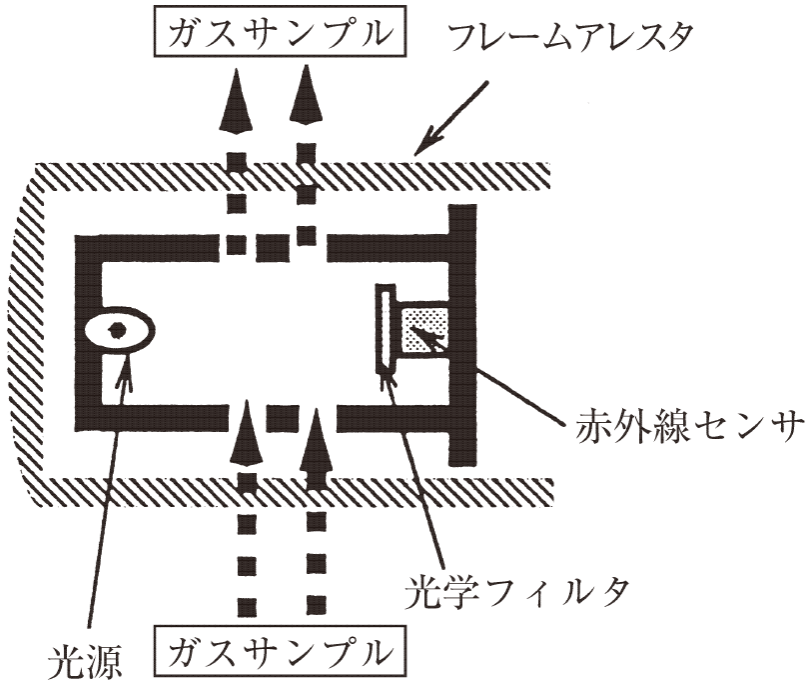
5） 赤外線式

赤外線式ガス検知器の原理は非分散型赤外線吸収法で、
図に示すように、赤外光源、赤外センサと干渉フィルタを用いて、
特定の赤外線領域における光吸収を測定する方法である。
赤外光源から発した赤外線がガスセルの中を通過し、
赤外センサに到達する際に炭化水素ガスによる赤外線吸収を
測定する構造・原理である。

赤外センサの前には、光学フィルタを取り付けて
炭化水素に吸収される赤外線の波長だけを透過させる。

したがって炭化水素と赤外線を吸収する波長が異なる
炭酸ガスなどの干渉はない。
赤外線式は接触燃焼式などに比べ、
被毒物が吸着することなどがないため感度変化をほとんど起こさない。

赤外線式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

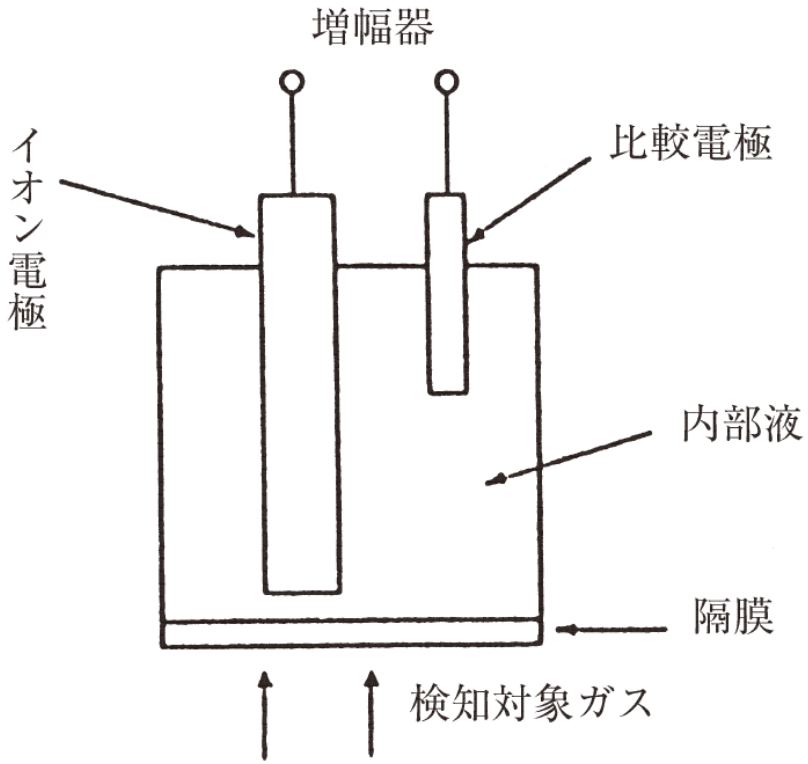
6） 隔膜イオン電極式

検知電極と比較電極を内部液とともに隔膜で
カバーしたもので、検知ガスが隔膜を透過して
内部液に溶解し、イオン化して、そのイオンが
イオン電極に作用して生ずる起電力を測定するもの
であり、毒性ガスの検知に適している。

図に示すように、内部液に吸収されたガスによって、
内部液の水素イオン濃度が変化する。

これをイオン電極と比較電極を用いて検出し、
ガス濃度を測定する。

隔膜イオン電極式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

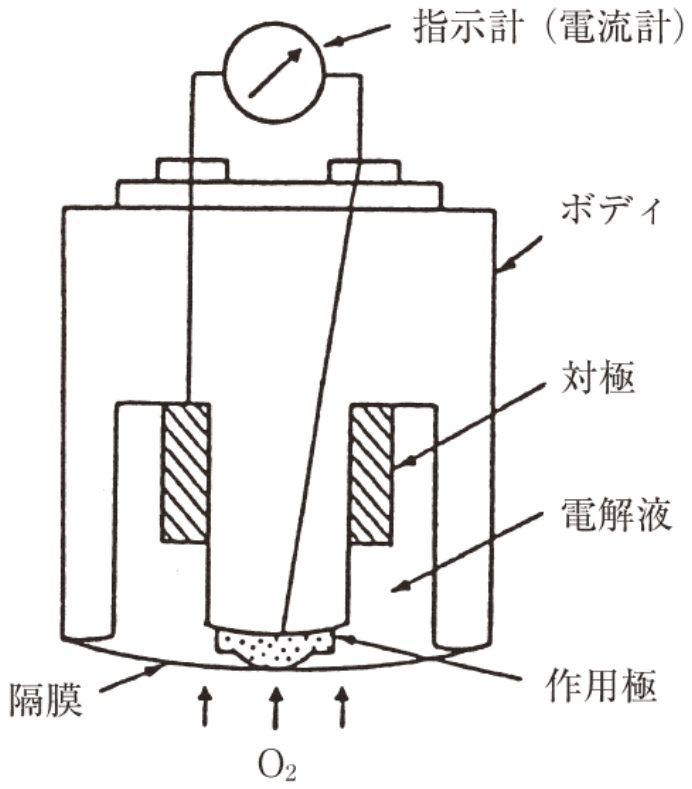
7） ガルバニ電池式

ガルバニ電池式は、図に示すように、作用極、対極、
電解液およびガス透過性隔膜より構成される。電極材質や電解液、
ガス透過膜の種類を選択することにより、
酸素をはじめ各種のガスの検知に適用される。

酸素検知の場合には、作用極に白金、金または銀のような貴金属が、
また、対極には鉛などの卑金属が用いられ、これらの電極を
電解液に浸し、作用極はガス透過性隔膜で覆ってある。

検知ガス中の酸素が電解液中へ溶解すると、
電解液中の溶存酸素濃度に比例した還元電流が発生する。
この還元電流を測定して、酸素濃度を知ることができる。

ガルバニ電池式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

毒性ガスなどの検知器への適用例

ガスの種類		爆発下限界 [vol%]	許容濃度 [vol ppm]	目盛 [vol ppm]	適用検知器
硫化水素	H_2S	4.0	1	0～30 0～180	定電位電解式、電量式、半導体式
塩素	Cl_2	-	0.5	0～15 0～3	定電位電解式、隔膜イオン電極式、電量式、
亜硫酸ガス（二酸化硫黄）	SO_2	-	0.25※1	0～15	定電位電解式、電量式
一酸化炭素	CO	12.5	25	0～150	定電位電解式、半導体式
アクリロニトリル	CH_2=CHCN	3.0	（皮）※3 2	0～60	半導体式
二硫化炭素	CS_2	1.3	（皮）1	0～60	半導体式
ベンゼン	C_6H_6	1.3	（皮）0.5	0～75	半導体式
酸化エチレン（エチレンオキシド）	$(CH_2)_2O$	3.0	（皮）1	0～150	半導体式
アンモニア	NH_3	15	25	0～150	隔膜イオン電極式
シアン化水素	HCN	5.6	4.7※2	0～30	隔膜イオン電極式
酸素	O_2	-	-	0～50%	ガルバニ電池式

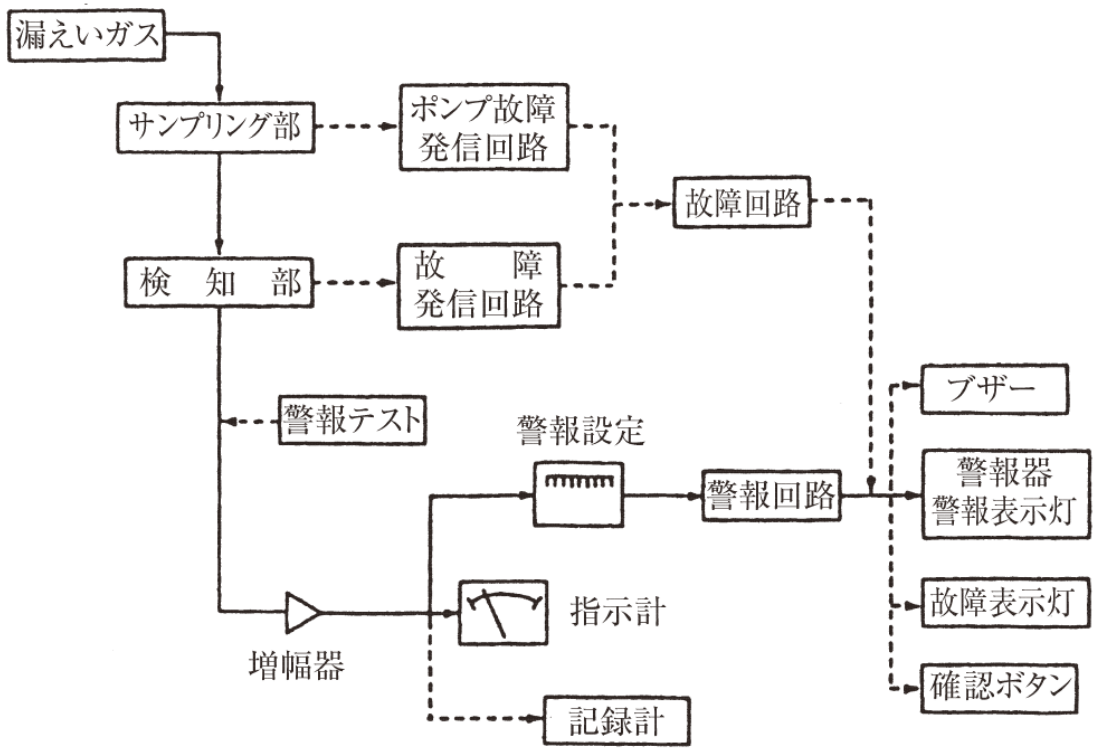
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

b） 検知警報設備の構成

1） 検知警報設備のシステム

検知警報設備は、サンプリング部、検知部、増幅部、指示・警報部、電源部などによって構成されている。



検知警報設備の構成例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

b） 検知警報設備の構成

2）サンプリング部

（1）拡散型

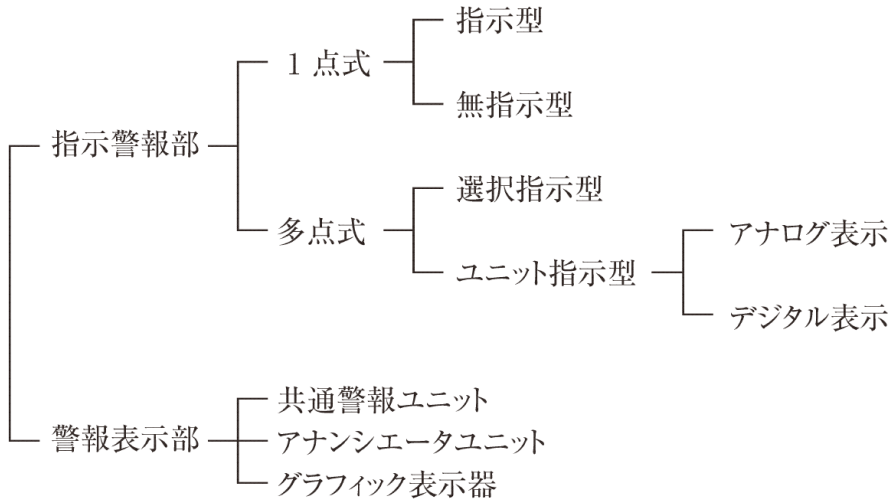
検知すべきガスが自然拡散によって検知部へ到達して検知される。この型は、検知素子と端子箱からなっており、屋外防雨、防爆構造である。屋外設置では、フレームアレスタがぬれると目が詰まり応答が遅くなる。
また、防爆構造上からも防雨ケースが必要である。

（2）吸引型

ガスがポンプなど（ダイヤフラム式モータポンプまたはエゼクタ）によって吸引されて検知される。ポンプ吸引型は、吸引機構としてダイヤフラム式モータポンプを用いたものである。エゼクタ吸引型は、空気エゼクタを使用してガスを吸引するもので、いずれも拡散型に比べ検知時間遅れが少ない。

3） 指示・警報部

指示・警報部を機能的に分類して右図に示す。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

c） 検知警報設備の機能と構造の基準（一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準より抜粋）

1）あらかじめ設定されたガス濃度（以下「警報設定値」という。）において、
自動的に警報を発するものとする。

2）警報設定値は、設置場所の周囲の雰囲気濃度において次の値とする。
また、警報設定値は任意に設定ができるものであることが必要である。

（1）可燃性ガス ：爆発下限界の1/4 以下の値
（2）酸素 ：25 %
（3）毒性ガス ：許容濃度以下の値
（ただし、アンモニア、塩素、その他これらに類する毒性ガスであって、試験用標準ガスの調製が困難なものにあっては、許容濃度の2倍の値以下）

3）警報精度、発信に至るまでの遅れ、指示計の目盛については省略する。

4）警報を発したあとは、原則として、雰囲気中のガス濃度が変化しても、警報を発信し続け、
その確認または対策を講ずることにより警報が停止するものであること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

c） 検知警報設備の機能と構造の基準（一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準より抜粋）

5）防爆性については、労働安全衛生法第44条の検定に合格したものとする。

6）2つ以上の検出端部からの警報を受信する場合、受信回路は、他が警報を発し回路が作動している場合においても、当該検知警報設備が作動すべき条件の場合は、警報を発することができ、かつ、当該場所が識別できるものとする。

7）警報は、ランプの点灯または点滅と同時に警報を発するものとする。

8）受信回路は、作動状態にあることが容易に識別できるものとする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

d） 検知警報設備の設置箇所（コンビ則関係例示基準より抜粋）

1） 検出端部の設置場所および個数（製造施設（配管を除く。）の場合）

（1）建物の中に設置されている圧縮機、ポンプ、反応設備、貯槽その他ガスが漏えいしやすい高圧ガス設備（（3）に掲げるものを除く。）が設置してある場所の周囲であって、漏えいしたガスが滞留しやすい場所
・・・これらの設備群の周囲10mにつき1個以上の割合で計算した数

（2）建物の外に設置されている前項に掲げる高圧ガス設備が他の高圧ガス設備、壁その他の構造物に接近し、またはピットなどの内部に設けられている場合、漏えいしたガスが滞留するおそれのある場所
・・・その設備群の周囲20mにつき1個以上の割合で計算した数

（3）特殊反応設備の周囲のガスの滞留しやすい場所
・・・その周囲10mにつき1個以上の割合で計算した数

（4）加熱炉などの火源を含む製造施設の周囲のガスの滞留しやすい場所
・・・その周囲20mにつき1個以上の割合で計算した数

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

d） 検知警報設備の設置箇所（コンビ則関係例示基準より抜粋）

1） 検出端部の設置場所および個数（製造施設（配管を除く。）の場合）

（5）計器室内部

・・・1個以上（漏えいしたガスが侵入するおそれがないような措置を講じた場合を除く。）

漏えいしたガスが侵入するおそれがないような措置を講じた場合とは、
原則として次のいずれかの措置をいう。

① 計器室内を外部からのガスの侵入を防ぐために必要な圧力を保持すること。
② 空気より重いガスのみに係る計器室であって入口の床面の位置を地上より2.5m以上にすること。

（6）毒性ガスの充塡用接続口1 群の周囲・・・1個以上

2） 検出端部を設置する高さ

・・・当該ガスの比重、周囲の状況、ガス設備の高さなどの条件に応じて定める。

3） 警報部を設置する場所

・・・関係者が常駐する場所であって、警報があったのち、各種の対策を講ずるのに適切な場所とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

e） 設置上の注意事項

1） 検知警報設備の設置場所については、屋外の場合、風向、風速によって影響されることが多く、その選定には注意を要する。拡散型にするか吸引型にするかについては、圧縮機、ポンプなどの場合、漏えいしやすい場所（例えば、メカニカルシール部）まで導管を引いて吸引する方法が確実である。吸引型では、応答速度30秒以内ということを考えると、1つの検出器で2箇所までが限度である。検知警報設備の検出端部の設置高さの選定については、ガスの比重、性状などを十分考慮して決めなければならない。センサは水分を嫌うので、降雨時に水に浸ったり雨しぶきやスチーム吹出しを受ける場所は避ける。

2） 不活性ガス中の可燃性ガスを接触燃焼式ガス検知部で測定する場合は、エアーミキサを取り付けて測定することが必要である。

3） マンホールやピット内の測定で、水位が大幅に変化する場合は、吸引口の位置が自動的に変わる方法を考える必要がある。

4） 警報装置には、グラフィックパネルを設け、検知部の位置をランプで表示し、しかも、アラームランプと兼用し、警報時に漏えい箇所が直ちに判別できるようにすることが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

f） 保守管理事項

1） 検知器の機能維持（標準ガスによる指示確認、応答時間、サンプリングシステム）

（1）センサの劣化（雨水、塵埃、腐食性ガス、経年劣化）
（2）応答時間のテストは検知部と指示警報部の組合せで実施

2） 指示警報部（警報動作、回路の絶縁、接続端子の緩み、その他）

（1）警報設定精度は、警報設定値に対し可燃性ガス用は±25%以下、酸素用にあっては±5%以下、毒性ガス用にあっては± 30 %以下のものであること
（2）検知警報設備（検知部+ 指示警報部）の応答時間は、警報設定値の1.6倍の濃度において、通常30秒以内であること、ただし検知警報設備の構造上、理論上これより遅れる特定のガス（アンモニア、一酸化炭素その他これらに類するガス）にあっては1分以内とする。

3） 検査の周期

（1）特殊高圧ガスにかかわる検知警報設備の指示校正は6か月に1回以上
（2）検知警報設備は、1 か月に1 回以上警報回路の検査を実施することおよび1年に1回以上検知および警報にかかわる検査を実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.5 地震検知システムと設備停止

a） 地震計の種類と特徴

1） 地震センサの分類

振子の構造や信号の変換方式の違いによる分類がある。通常の振動センサは圧電型が多く採用されているが、地震計では動電型センサとサーボ型加速度センサが主に使用される。

2） 主要地震計の種類と特徴

地震動の精密計測には、サーボ型に代表されるサイズモ系方式の地震センサが必要になるが、単に地震の大きさだけを検出することを目的とした地震計の代表的なものが落球型感震器（地震センサ）である。

地震計の種類

種　類	特　徴
サーボ型地震計	• 速度地震計、加速度地震計などがある • 有感地震など比較的強い地震動を観測する • 低周波域での特性改善された広域速度地震計として微小地震観測用もある
感震器	• 地震事象を検知するもの • 検知部は振子式、球体の落下式、磁石式、機械式などがある • 設定値以上の地震が検知されたとき、警報を発生したり、システムを停止する機能を有する • 比較的安価で簡便に防災システムが構築できる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.5 地震検知システムと設備停止

b） 地震の発生と製造施設の停止

1） 製造施設の緊急停止システム
緊急停止システムとは、インターロック機構や緊急遮断装置などにより高圧ガス製造施設を安全に停止するシステムをいう。

2） 地震計との連動停止システム
地震計との連動システムとは、地震発生時に地震計の信号より緊急停止システムが連動し、高圧ガス製造施設を停止するシステムをいう。

3） 地震計の設置は地震発生時に停止する施設の範囲と地震計の設置場所、設置個数などを検討することが必要で、以下の項目を配慮すること。

（1）地震以外の振動などの影響を受けない。
（2）対象施設の地盤の状況、基礎などの状況を把握し設置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.5 地震検知システムと設備停止

b） 地震の発生と製造施設の停止

4） 地震計との連動停止システム構築
地震発生時に連動停止のシステム全体が確実に作動することおよび運転中に誤作動しないシステムの構築が必要である。

（1）地震計の複数設置による誤停止の回避（冗長化）
（2）システムの駆動源（電源、駆動空気）の信頼性確保
（3）地震発生によるシステムの制御ケーブルなどの損傷を配慮した制御回路の設計・施工
（4）運転中に容易にシステムの機能を確認（テスト）できるシステム

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

a） 防液堤

可燃性ガス、毒性ガス、酸素の液化ガスの貯槽から万一内容物が漏えいしても、
液化ガスが貯槽の周囲の限られた範囲を超えて流出しないようにし、
被害が広範囲に拡大するのを防止する設備。

貯蔵能力500t（一般則および液石則適用は1000t）以上の可燃性ガス、
5t以上の毒性ガス、1000t 以上の酸素の各液化ガスの貯槽に設置。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

a） 防液堤

1） 容 量

貯槽の貯蔵能力に相当する容積（貯蔵能力相当容積）以上の容積を防液堤の容量とするのが原則であるが、次のように取り扱われている。

（1）防液堤の貯槽内の液化ガスが大気中に漏えいした場合の等エンタルピー膨張による気化量を貯蔵能力相当容積から差し引いた容積を防液堤の容量とする。
一般則およびコンビ則関係例示基準には、貯蔵能力相当容積に乗じて防液堤の容量を求めるための比率が示されている。比率が明記されていないものは計算によって求める。

（2）液化酸素の貯槽の場合、貯蔵能力相当容積の60 %以上の容量

（3）2 基以上の貯槽を集合防液堤内に設置する場合の容量の決定は、一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

a） 防液堤

2） 構造（一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準より抜粋）

（1）防液堤の材料は、鉄筋コンクリート、鉄骨・鉄筋コンクリート、金属、土またはこれらの組合せによる。
（2）防液堤は液密なものであること。
（3）毒性ガスの貯槽にかかわる防液堤の高さは、防液堤内における貯槽などの保全および防災活動に支障のない範囲において、防液堤内にたまる液の表面積ができる限り小さくなるように定める。
（4）防液堤の周囲には、昇降のための階段、はしごまたは土砂の盛り上げなどによる出入口を周長50mにつき1箇所、全周については2箇所以上を分散して設ける。
（5）配管の貫通部は、間隙からの漏えい防止および防食の措置を講ずる。
（6）防液堤内の滞水を外部に排水するための措置を講ずる。排水の措置は、防液堤外において排水および遮断の操作が行えるものであり、排水時以外は閉止しておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

a） 防液堤

3） 防液堤に接近して設けてはならない設備など

貯槽に付設する機械、装置で防液堤の内側およびその外面から一定の距離以内に設けることのできるものは製造細目告示で制限されている。

また、防液堤の付近は可燃性物質、器材などの置場として利用してはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

b） スチームカーテンなど

配管に設けた多数の噴射口からスチームなどを噴出させ、スチームなどの幕を形成し、漏えいした可燃性ガスと付近の加熱炉など火気を大量に取り扱う機器とを遮断したり、漏えいした酸素ガスと付近の可燃性物質とを遮断したりする装置であり、防火設備の一種である。スチームの代わりに窒素ガス、水、空気などを使用することもある。スチームカーテンなどには次の効果がある。

（1）拡散してきた漏えいガスの流れを遮断する。
（2）スチームなどにより漏えいガスを希釈する。
（3）漏えいガスを上空へ拡散させる（上方噴射の場合）。

設置にあたっては、次の配慮が必要である。

（1）多量のスチームなどを必要とするので、例えば、ボイラ容量、他の場所の防消火のための必要量など、総合的な判断のもとに、噴射量を決定する必要がある。

（2）噴出管の設計には、気温、風速、噴出口径およびピッチを考慮し、スチームなどの噴出に伴う静電気の除去措置などの対策が必要であり、実際のテストに基づいて設置することが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

c） 防火壁

可燃性ガス製造設備と火気を取り扱う施設（火気を使用する場所）との間に、8m以上の距離を確保できない場合の措置の1つとして、流動防止措置がある。

その措置の例として、一般則の例示基準には、高さ2m以上の防火壁（障壁を含む。）を設け、両者の間の迂回水平距離を8 m 以上とすることにより、漏えいガスの火気使用場所への流動を防止することが示されている。

また、火気を使用する場所が不燃性の建物である場合の例として、製造設備からの水平距離が8m以内にある当該建物の開口部を防火戸または網入りガラスを使用して閉鎖し、人の出入りする開口部については二重扉を使用することが示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.7 障壁

爆発の影響が拡大するのを防止するものとして障壁がある。爆発による被害は、衝撃波、熱風、音、放射熱、火炎などが複雑に作用するものであるが、障壁を設けることによって、万一の場合の被害を軽減することができる。

1） 障壁を設置する場合（代表例）

（1）アセチレンガスの圧縮機、圧縮アセチレンガスを容器に充塡する場所、
およびその圧縮アセチレンガスの充塡容器置場のそれぞれ相互の間
（2）圧縮機と圧力10 MPa（ゲージ圧力）以上の圧縮ガスを容器に充塡する場所
またはその圧縮ガスの充塡容器置場との間
（3）容器置場の置場距離を短縮する場合
（4）容器置場の周囲2 m 以内に火気があり、または引火・発火性のものが置かれている場合

2） 障壁の構造

鉄筋コンクリート製障壁、コンクリートブロック製障壁および鋼板製障壁があり、
設置目的に応じて一般則などの関係例示基準に詳細が示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.8 危険事態発生防止装置など

コンビ則に規定される特殊反応設備には危険事態発生防止装置の設置が、また、緊急遮断装置を設置する大容量機器や特殊反応設備には緊急移送設備が、さらに、可燃性ガスもしくは毒性ガスの製造設備またはこれらの製造設備にかかる計装回路には、保安上重要な箇所にインターロック機構の設置が義務づけられている。

a） 危険事態発生防止装置

特殊反応設備は、異常反応が発生した場合または発生しつつある場合に、爆発などの災害を未然に防止し安全を確保する必要がある。そのため、製造する高圧ガスの種類、温度、圧力および特殊反応設備の態様に応じ、異常事態が発生した場合に、遠隔操作または自動的に作動する次のような装置を設ける。

（1）当該特殊反応設備に対する原材料の供給を遮断し、またはその内容物を放出するための装置
（2）不活性ガス、冷却用水または反応停止剤などを供給するための装置

なお、これらの装置のうち、最も有効な装置については、遠隔操作または自動的に作動するものでなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.8 危険事態発生防止装置など

b） 緊急移送設備

大容量の高圧ガス設備や特殊反応設備には、緊急遮断装置の設置が必要であるが、
これらの機器に異常事態が発生した場合に、当該設備内の内容物を当該設備外に緊急、
かつ、安全に移送し、処理することができる設備を設ける。

緊急移送設備に付属する処理設備は、移送した内容物を次の方法により処理するものとする。

（1）安全に燃焼させる（フレアースタックについては、次項参照）。
（2）除害したのち、安全に放出する。
（3）安全な場所に設置した貯槽などに一時的に移送する。
（4）安全に放出させる（ベントスタックについては、次項参照）。

そのほか、高圧ガスを放出または移送する場合、減圧などにより、空気が流入することを
防止する措置、配管内にドレンが滞留することを防止する措置を講ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.8 危険事態発生防止装置など

c） インターロック機構

インターロック（interlock）機構とは、適正な手順以外の手順による操作が行われることを防止し、または正常な製造条件を逸脱したとき自動的に製造設備に対する原材料などの供給を遮断するなど設備内の製造を制御する機構。

1） 設計・施工

（1）検出端、制御回路、操作端など必要に応じ冗長化を実施する。
（2）インターロック機構の駆動源（制御電源、操作空気など）は二重化などを実施し信頼性を維持するとともに、万一駆動源を喪失しても対象設備が安全に停止できる機能を有していること。
（3）温度、湿度、振動、腐食性ガスなど、設置環境を配慮した設計・施工を実施すること。

2） 保守管理

（1）検出端、設定器などの機能維持（精度、絶縁、その他）
（2）制御回路の機能維持（リレーの接触抵抗、回路の絶縁、接続端子の緩み、その他）
（3）制御ケーブルの機能維持（導通、絶縁、その他）
（4）操作端の機能維持（接液部の漏れ、作動、電気・電子部の絶縁、緩み、その他）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

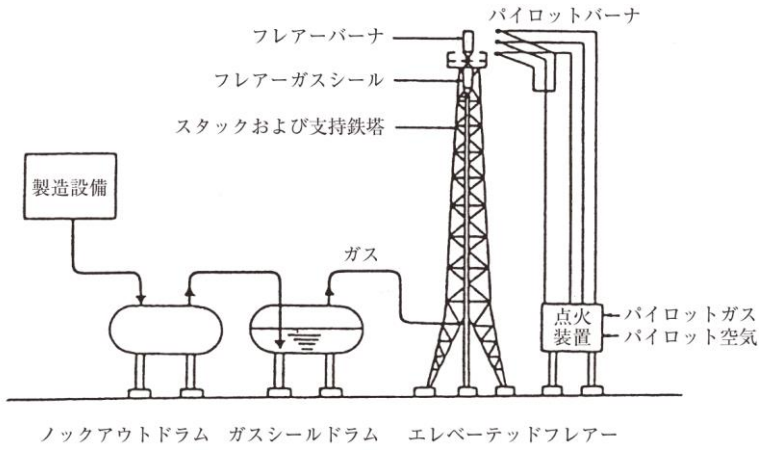
2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

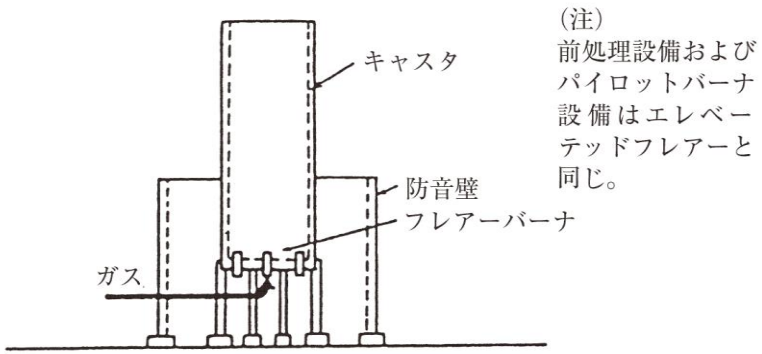
高圧ガス製造設備から排出される廃ガスは、可燃性、毒性、臭気などを有するものが多く、フレアースタック（flare stack）はこれらの廃ガス（毒性ガスの場合は燃焼により無害化されるものに限る。）を燃焼させ、安全に、かつ、環境を汚染しないように大気中に放出する目的で設置されるものである。

フレアー装置としては、高所において焼却する塔型のエレベーテッドフレアー（elevated flare）と、地上で焼却する燃焼炉式のグランドフレアー（ground flare）に大別される。

最近はエレベーテッドフレアーから発生する黒煙、明るさ、騒音などが公害として取り上げられ、これらをなくすことができる安全性の高いグランドフレアーが使用されている。



エレベーテッドフレアースタック



グランドフレアースタック

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

1） 燃焼炎の安定性

エレベーテッドフレアーの燃焼機構は通常の拡散式ガスバーナと同様である。
ガス流速がガス固有の燃焼速度に比べて過大になると火炎が吹き消えてしまい、
一方流速が燃焼速度を下回ると空気が燃焼筒内に逆流混合し逆火現象が起きる。
正常な燃焼状態では火炎が目で見える状態で、このときには、火炎はスタックの端面から浮き上がった位置で安定している。これを浮上りという。

安定燃焼のためには、噴出ガス流速が燃焼速度より大きく、かつ、ガス流速と音速との比（マッハ数）が0.2程度になるように設計することが推奨されている。浮上りと逆火の起こる流速は、燃焼速度の大きいガスほど大きい。なお、炭化水素に少量の水素を添加すると、浮上り速度の増大が逆火速度の増大よりも大きいため、火炎の安定域が広くなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

2） 黒煙発生の防止

一般に炭化水素が燃焼すると、炎の中に存在する白熱した炭素粒子のために輝度の大きな炎となるが、特に重質の炭化水素の場合や空気比が低い場合は、この炭素粒子が輝炎から放出されて黒煙となる。黒煙発生の防止方法としては次のものがある。

（1）予混合バーナ（premix burner）を使用する。
（2）スチームの吹込みを行う。
（3）小バーナを多数使用する。（multijet design）

通常は、スチーム吹込み方式が利用されている。スチームの吹込みにより空気を吸引し、空気の混合比率を上げ、燃焼効率を向上させるとともに、水性ガス反応を利用して黒煙の抑制および火炎の長さの減少を図るものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

3） 逆火防止

フレアー装置の逆火現象が上流側に波及すると、これにつながるプラントが危険な状態になるため、消火や着火遅れのないよう考慮する。逆火防止には、ドライシール、水封（シールドラム）および不活性ガスによるパージ設備などの方法が利用される。

このほかに、フレームアレスタによる方法もあるが、金網などを利用しているので詰まりを生じやすいため、その適用は、ガスが腐食性でなく、乾燥していて、凝縮性のガスが含まれていない場合に限定される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

4） 騒音の防止

黒煙発生防止のためのスチーム放出の際に、高周波の騒音が発生する。
通常は、スチームノズル部にマフラを設置して騒音防止を図っている。

一方、低周波の騒音も問題となることがある。これは脈動燃焼と呼ばれる現象で、
ガスシールドラム内のシールヘッドの形状不良や吹込みスチーム量の過多などにより、
火炎が息つぎを起こし、低周波の騒音（振動）を発生するものである。
防止方法としては、ガスシールドラム内のシールヘッド部の形状を鋸刃型から
パンチングホール型に変更すること、黒煙を生じない程度でスチーム量を調節するなどが
必要である。

最近では、ガス流量に見合ったスチーム量を自動的に調節するシステムが用いられるように
なってきている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

5） 放射熱

コンビ則例示基準では人体に対する許容放射熱量は、4.65 kW/m^2 とされており、地上でこれを超える放射熱を受ける部分は立入り禁止の措置をとる必要がある。

設備に対しては、通常その設備位置の直下の地表面での放射熱がそれぞれの許容値以下になるような高さにする。

一般に、放射熱の発生熱源と周囲の物体（人体）との距離は、最小距離をl［m］、廃ガスの放射係数をF、放出ガスの総発熱量をQ［kW］、許容放射熱量をK[kW/m^2]とすると、l は次式で与えられる。

$$l = \sqrt{FQ/(4\pi K)}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

6） パイロットの燃焼ガス系統

パイロットバーナへの燃焼用ガスの供給は、確実性の高いことが必要である。

製造プロセスから燃焼ガスを供給している場合には、このガスの供給が断たれることもありうるから、バックアップする燃料を確保できるようにしておき、常用の燃焼用ガスの圧力が低下した場合にも、バックアップガスが供給できるように配慮することが要求される。

燃焼ガスとしては、低カロリーの廃ガスや燃焼特性の悪いものは避けるべきである。

また、パイロットバーナは消してはならないので、吹消え防止と自動点火装置の機能が完全に維持されるよう管理する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

b） ベントスタック（コンビ則関係例示基準より抜粋）

1） 緊急用ベントスタック

可燃性ガスは（1）、（3）～（6）（毒性を有する場合（1）～（6））、
毒性ガスは（2）、（3）、（5）、（6）が適用される。

（1） 可燃性ガスのベントスタックの高さは、放出されたガスの着地濃度が爆発下限界未満になるような十分な高さとする。
（2） 毒性ガスのベントスタックからの放出は、コンビ則関係例示基準「30.除害のための措置（アルシン等を除く。）」に基づいて行う。この場合、放出されたガスの着地濃度が許容濃度以下となるように行なう。
（3） ベントスタックの放出口の位置は、作業員が定常作業を行うために必要な場所および作業員が通常通行する場所の直下またはこれらの場所から10 m 以内の範囲にないようにする。
（4） 可燃性ガスのベントスタックには、静電気または落雷などによる着火を防止する措置を講ずるものとし、万一着火した場合においても、直ちに消火することができる措置を講ずる。
（5） ベントスタックまたはそのベントスタックにかかわる配管内には、ドレンの滞留を防止するための措置を講ずる。
（6） 液化ガスが同伴して放出され、または急冷されるおそれのあるベントスタックには、当該ベントスタックにかかわる高圧ガス設備に近接して気液分離器を設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

b） ベントスタック（コンビ則関係例示基準より抜粋）

2） その他のベントスタック

（1）可燃性ガスのベントスタックの高さは、着地濃度が爆発下限界未満になるような十分な高さとする
この場合、毒性を有するガスにあっては、除害した後に放出する。

（2）ベントスタックの放出口の位置は、作業員が定常作業を行うために必要な場所および作業員が
通常通行する場所の直下またはその5m以内の範囲にないようにする。

（3）可燃性ガスのベントスタックには、静電気または落雷などにより着火した場合、
直ちに消火することができる措置を講ずる。

（4）ベントスタックまたはそのベントスタックに係る配管内には、ドレンの滞留を防止するための
措置を講ずる。

（5）液化ガスが同伴して放出され、または急冷されるおそれのあるベントスタックには、
液化ガスが同伴することのないような措置を講ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

b） ベントスタック（コンビ則関係例示基準より抜粋）

2） その他のベントスタック

API（American Petroleum Institute、米国石油学会）によれば、
ベントスタックから放出するガス流速が音速以下で、152m/s以上であれば、
静止空気中へ放出されたガスは直ちに乱流域に入り、空気で希釈され安全域（燃焼範囲外）に入るとされている。

この場合、スタック端面からX[m]の距離における可燃性ガスと空気の混合物をq_m[kg/s]、放出ガス量を$q_{m,o}$[kg/s]、スタック端の直径をD[m]とすれば、
これらの間には次の関係式が成立する。

$$q_m / q_{m,o} = 0.264\ X/D$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

a） 拡散の防止

毒性ガスの種類および設備の状況に応じて、適切な1または2以上のものを選んで行う。

（1）水溶性があり、または水により毒性が希釈されるガスにあっては、
漏えいした液化ガスを水などの溶媒によって希釈し、ガスの蒸気圧を低下させる。

（2）設備内の液化ガスまたは設備外に漏えいした液化ガスを他の貯槽または処理設備などの
安全な場所へ移送する。

（3）漏えいした液化ガスの液面を吸着剤、吸収剤、中和剤（以下、「除害剤」という。）または
気泡性液体もしくは浮遊小球などによって覆い、液化ガスの蒸発気化をできるだけ少なくする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

a） 拡散の防止（つづき）

（4）不燃性の毒性ガスの製造設備などにあっては、
次の基準に適合した建物で覆うなどの措置を講ずる。

① 漏えいした液化ガスが外部に漏えいしにくい構造であって、建物の内部のガスを吸引除害する設備と接合したものであること。
② 建物を防液堤と組み合わせた場合には、建物と防液堤の接合はガスが外部に漏えいしにくい構造とすること。
③ 建物は、バルブ操作等の作業に必要な広さを有すること。
④ 建物は、その出入口を不燃性扉とし、かつ、密閉構造とすること。ただし、密閉構造とすることについては、建物内部のガスを吸引する装置を設けた場合は、この限りでない。

（5）障壁または局所排気装置などにより周辺へのガスの拡散を防止する。

（6）次のb）の除害措置を速やかに行うことによって、ガスの拡散を防止する。

（7）集液溝または防液堤によって他への流出を防止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

b） 除害措置

除害措置は、次の措置のうち、適切な1または2以上のものを選んで行う。

（1）水または吸収剤もしくは中和剤によって吸収または中和する。

（2）吸着剤によって吸着除去する。

（3）貯槽の周囲に設けた誘導溝により集液溝、ピットなどに回収された液化ガスをポンプなどの移送設備によって、安全に製造設備に返送する。

（4）アンモニアまたはシアン化水素にあっては、燃焼設備（フレアースタック、ボイラなど）で安全に燃焼させる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

c） 除害設備

（1）加圧式、動力式などによって作動することのできる除害剤散布装置または散水装置

（2）ガスを吸引し、これを除害剤と接触させる装置

前者の例としては、塩素の除害に用いられる消石灰を微粉化したものを動力
または加圧により散布する装置がある。

後者の例として、塩素の吸収塔がある。
この吸収塔には、吸収液としてカセイソーダ水溶液（濃度15%）
または石灰乳（石灰濃度80～120 kg/m^3）が用いられ、吸収塔としては、
ラシヒリングの充塡塔や吸収効率の高い特殊な棚段式吸収塔も使用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

d） 除害剤

毒性ガスの種類に応じて、
表に示すもののうちから適切な
1以上のものを同表に示す数量
以上保有する。

毒性ガス名	除外剤名	数量[kg]
塩素	カセイソーダ水溶液 炭酸ソーダ水溶液 石灰乳（消石灰）	670 870 620
ホスゲン	カセイソーダ水溶液 石灰乳（消石灰）	390 360
硫化水素	カセイソーダ水溶液 炭酸ソーダ水溶液	1140 1500
シアン化水素	カセイソーダ水溶液	250
亜硫酸ガス	カセイソーダ水溶液 炭酸ソーダ水溶液 大量の水	530 700
アンモニア	大量の水	
酸化エチレン	大量の水	
クロルメチル	大量の水	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

e） 除害作業に必要な保護具

（1）空気呼吸器、送気式マスクまたは酸素呼吸器（いずれも全面形とする。）
空気呼吸器（酸素呼吸器）は、送気式マスクに比べて行動は比較的自由であるが、
容器に充てんされている空気（酸素）量により時間的な制約を受ける。

（2）隔離式防毒マスク（全面高濃度形）
毒性ガスの濃度により吸着剤が破過するまでの時間が異なる。
特に高濃度になる場合には、使用できないことがあるので、注意する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

e） 除害作業に必要な保護具

（3）保護手袋、保護長靴、保護衣（ゴム製または合成樹脂製）

① 保管場所
毒性ガスが漏えいするおそれのある場所に近い管理の容易な場所であって、
かつ、緊急時に毒性ガスに接することなく取り出すことができる場所とする。

② 保管方法
常に清潔かつ良好な状態に保つとともに、消耗品は定期的にまたは使用後に点検し、
更新・補充を行なう。

③ 着用者への教育および訓練
作業員に対して、保護具の機能などに関して教育を行なうとともに、保護具の装着訓練を行い、
使用方法を習熟させる。

④ 記録の保管
保護具の点検およびこれに伴う更新・補充または着用者への教育および訓練の実績は、
記録して保管する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.11 防災資機材の備蓄

a） 消防自動車

石災法・消防法により一定規模以上の石油などを貯蔵し、取り扱っている事業所は自衛消防組織を設置するとともに消防自動車を置くことが義務づけられている。

規模に応じて化学消防自動車、防災要員ならびに防災資機材を備えておかなければならない。最近では、自動化された新型の化学消防自動車が開発されており、防災要員の削減も可能となっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.11 防災資機材の備蓄

b） 防災資機材

1） 消火薬剤

泡消火原液（蛋白質系、界面活性剤系または水成膜系）は、石災法・消防法などによる規定数量以上を、
粉末消火剤は、コンビ則関係例示基準などによる規定数量以上をそれぞれ保有しなければならない。

2） 流出油処理機材

オイルフェンスは、石災法などに基づき、検定品を規定長さ以上保有しなければならない。
流出油処理剤には、低毒性の認定品を、また、流出油吸着材には、ポリプロピレン製のものなどを回収資機材と
併せて保有しておく。

3） 応急工事用資機材

災害の拡大を防止するため、応急工具一式を用意しておく。製造設備、タンクヤードの周辺には、流出防止用の砂、
土のう、シャベルなどを配置しておくことが望ましい。
また、夜間作業に備えて投光器などもできれば準備しておく。

4） 保護具など

各種保護具、空気呼吸器、携帯用ガス検知器、懐中電灯、担架、救急箱などを各職場に配備し、
常時使用可能な状態に整備しておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 用役設備

- 電力

  動力用、照明用、計装回路、制御回路など

- 蒸気

  タービン駆動、蒸留設備の加熱、熱交換器等の加熱用、スチームカーテンなど

- 水

  熱交換器などの冷却用、ボイラー用水、散水設備、消火用水、ウォータカーテンなど

- 空気

  計装用空気、作業用空気など

- 窒素

  タンク、製造装置などのシール、荷役時の窒素置換、緊急時の保安用窒素など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 用役設備

2.4.1 電気設備（非常用電源設備）

用役の中でも最も重要なものが電気の確保である。

他の用役を作るためにもその大元になるものであり、停電を防止するためにあらゆる箇所で2系統化を図っている。

例えば、コンビ則例示基準では
保安電力などとして表に示すように原則として同種のものを含み2種類以上を保有することが規定されている。

保安電力など

設備＼保安電力等	買電	自家発電	蓄電池装置	エンジン駆動発電	スチームタービン駆動発電	空気又は窒素だめ
自動制御装置	○	○	○			◎
緊急遮断装置	○	○	○			◎
散水装置	○	○	○	○	○	
防消火設備	○	○	○	○	○	
冷却水ポンプ	○	○	○	○	○	
水噴霧装置	○	○	○	○	○	
毒性ガス除害設備	○	○	○	○	○	
非常照明設備	○	○	○			
ガス漏えい検知警報設備	○	○	○			
通報設備	○	○	○			
過充填防止装置	○	○	○			◎
運転自動停止装置	○	○	○			◎
圧力リリーフ弁	○	○	○			◎
感震装置	○	○	○			
火災検知警報装置	○	○	○			
温度上昇検知警報装置	○	○	○			
蓄圧器内の圧縮水素を放出する措置に係る設備	○	○	○			

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.1 電気設備（非常用電源設備）

a） 製造施設ごとの非常用電源

常用の電源のほかに、万一の停電を想定し自主的に非常用電源を確保する。

b） 直流電源装置

常用電源、自主的保安電源が全停電の場合でも、保安上必要なインターロック設備、
非常用照明電源および異常反応または暴走反応を防止するための設備などを
30分間以上確保できる容量の直流電源装置を設置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.1 電気設備（非常用電源設備）

c） 瞬停保護対策

雷の発生時などにおける瞬時停電により必要回転機器が停止するのを防止するため遅延リレーを設置し、瞬時停電対策を実施する。

d） 計装電源の無停電電源装置設置

保安上重要な計装システムには、無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）を採用し、常用電源、保安電源が全停電の場合でも、計装電源を30分間以上確保できる容量の電源装置を設置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.1 電気設備（非常用電源設備）

e） ディーゼル発電機の設置

防消火設備にあたる消火用水ポンプ、散水装置などを有事の際に必ず確保できるようディーゼル発電機を設置する。この場合、日頃からのディーゼル発電機の保守管理をしっかり行っておくことが重要である。
なお、停電時の電源確保を30分間以上とあるのは、安全に製造装置を停止するために必要な最低限の時間であり、各装置ごとに必要な時間を決めておくことが望ましい。
コンビ則関係例示基準には次のように規定されている。

（1）停電などにより設備の機能が失われないための措置とは、停電などの場合、製造設備、消費設備の保安を維持し、安全に停止するために必要な容量を備えた電力または空気などをいう（以下保安電力などという）。

（2）保安電力などは停電などにより製造設備、消費設備の機能が失われることのないよう、直ちに、これに切り替えることができる方式とし、保安の確保に必要な設備に対して同種のものを含み2以上のもの（通常時に使用する電力などを含む。）を保有する措置を講ずるものとする。

（3）保安電力などはその機能を定期的に検査し、使用する場合は支障のないようにしておくものとする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.2 用水設備

水は工業用水として受け入れ、プロセス冷却用として多く利用されている。また、水処理設備を通してボイラ給水用としても使用されている。一方、防災面としては、各機器の散水設備、ウォータカーテン、防消火用水などに重要な役割をもっている。工業用水の代わりに海水を使用しているところもある。

散水設備は、主に支柱などの温度の上昇を防止するための冷却用、ガスまたは炎の遮断を目的とする設備である。また、ウォータカーテンは、熱放射防止、ガスの侵入防止および水溶性毒ガスの除害を目的として使用される設備である。

コンビ則では、可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の製造をする特定製造事業所に対し、災害の未然防止、または災害時の迅速なる対処の観点からすべての製造施設が危険な状態になったときであっても、災害を発生させることなく安全な状態に移行できるように、所定の防消火設備を作動させるに必要な量を常時保有することになっている。

なお、コンビ則関係例示基準に、防消火設備の作動のための水量の供給設備は、他の設備の事故による被害によって機能を失うことのないように安全な位置に設置するとともに、停電時においてもその機能を保持するための保安電力などを保有しておかなければならないと示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 空気供給設備

計装用空気は、空気式計器の情報伝達用、空気式調節弁などの作動用に使用されており、製造施設の制御のために非常に重要である。

計装用空気は、清浄な乾燥した空気が必要である。油分、水分などの混入による空気式計器の故障を回避し、計装用空気の質の確保およびその供給の安定を図るため、次のような配慮が必要である。

(1) 計装用空気に油が混入しないように、無給油タイプのスクリュー圧縮機を採用する。
また、脱湿器を用いて、計装用空気の露点を最低気温より10 ℃以上低い値に保つことが大切である。

(2) 計装用空気を使用している各プラントの入口配管には、メインフィルタを設けるとともに、個々の計装用計器の空気取入口配管に個別フィルタを設ける。また、メインフィルタ以降は、亜鉛引き鋼管などを採用し異物が混入しないようにする。

(3) エアーレシーバを設置し、空気圧力の脈動緩衝、凝縮水の除去を行う。また、万一大元の計装用空気が停止した場合には、施設を安全に停止できるだけの必要な時間において空気貯蔵の役割をもたせることが重要である。

(4) 計装用空気圧縮機は、蒸気タービン駆動やモータ駆動などがある。常用の圧縮機の駆動源が喪失した場合に備え他の駆動源をもつ自動起動の予備機をもつことは、安定供給を確保する1つの方法である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.4 不活性ガス供給設備

窒素ガスなどの不活性ガスは、可燃性流体を取り扱う製造装置の運転停止時・開始時、
または修理工事時のガス置換用、酸化しやすい物質を保有する機器・貯槽の加圧シール用および
可燃性流体貯槽の負圧防止用などに使用されている。

窒素などの不活性ガスまたはスチームは、製造事業所のすべての製造施設が危険な状態となり
応急の措置を講ずる事態になったときを想定し、そのとき必要となる量とその圧力を考慮して常時保有するか、
供給を確実に受けるための措置を講じておくことが重要である。

また、必要量の算出にあたっては、全製造施設を同時にガス置換するために必要な数量を基礎に、
緊急時の必要量の時間的変化を考慮して行うことが必要である。

なお、コンビ則例示基準などに不活性ガスまたはスチームの供給設備は、他の設備の事故による被害に
よって、機能を失うことのないように安全な位置に設置するとともに、停電時においてもその機能を保持する
ための保安電力を保有しておかなければならないと示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.5 蒸気設備

蒸気（水蒸気）は、スチームタービンの動力用や、プロセス加熱用に欠かせないものであるが、防災面ではスチームカーテンとして使用される。

スチームカーテンは、スチームを噴出させてスチームの幕を張り、ガスの侵入の遮断およびスチームによるガス濃度の希釈を図る設備である。

また、バーナなどのスチームアトマイジングやフレアースタックの黒煙防止などにも利用されている。スチームの確保についての法的根拠は上記不活性ガスの項と同じである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

3.1 組織・基準類

3.2 製造設備の定常運転

3.3 誤操作防止

3.4 漏えいの防止

3.5 緊急措置

3.6 運転操作ミスによる事故例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.1 組織

a） 運転管理組織

高圧ガス製造設備の運転は生産活動の基本であり、生産にかかわる各階層の管理者（職制の長）は、事業所長を保安統括者とし、ラインとして保安技術管理者、保安主任者、保安係員およびスタッフとして保安企画推進員が生産活動の組織と対応するよう適切に配置され、かつ、法定管理者の責任権限が支障なく機能し、指揮命令系統が明確に確保されていなければならない。

そして、高圧ガスの保安確保について事業所長が積極的な姿勢をもち、その姿勢が従業員のすべてに浸透しており、高圧ガスの保安確保に重要な部門である運転、保全（設備）および保安管理部門は、それぞれ独立していて、おのおのの意見、施策が他部門に反映されるよう運用することが重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.1 組織

b） 各種会議および委員会など

上記三部門は、定期的に会議などを開き、保安確保に関して実質的な討議を行い、
その結果を運転管理全般に活用することが肝要である。

そのほか、事業所における生産技術（設備の新・増設または改造の検討（安全審査）事項、
事故などの諸対策事項を含む。）、安全点検・監査、教育推進に関する諸会議および
安全衛生に関して事業所長の諮問を受けて答申し、もしくは意見を具申する
安全・衛生委員会をはじめ、職場における安全推進のための諸会議などが適切に運用され、
高圧ガスの保安確保に寄与する体制が確立していることも重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.2 規程・基準類

a） 規程・基準類

高圧ガスを安全に製造するためには、製造施設を与えられた条件で適正に運転しなければならない。適正な運転を行うための1つの方法として運転操作の標準化がある。標準化した方法を運転操作基準として成文化することにより、作業内容の正確な伝達や作業方法の統一化が図れ、作業の範囲・責任の所在が明確になり、安全の確保に役立たせることができる。そのほかに作業方法の改善、技術の伝承・保存、的確な教育・訓練の実施などの目的を達成することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.2 規程・基準類

b） 作業標準化の必要性

高圧ガスの製造に携わる者の責務は、製造設備を安全に運転し、品質の優れた製品を安定して製造することにある。製造設備の運転に際し操作する人間が判断や操作を誤れば所定の品質、生産量が確保できないばかりか、場合によっては大きな事故や災害を引き起こすことにもなりかねない。

この意味から、運転基準類は、運転員の判断、操作において、定常的、普遍的に操作されるものは可能な限り普遍化、標準化を行い、個人差により発生する操作上のばらつきをなくし、適正な操業を推持し、事故などの防止を図ることを目的として制定する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

a） 運転技術基準

記述すべき項目、内容。

（1）物性

… 物理的性質、化学的性質、人体に対する有害性、環境影響、取扱い上の注意事項など

（2）物質収支

… プロセスごとの各種物質の移動の状態、プロセス全体の物質収支

（3）熱収支

… プロセスごとの温度、圧力、熱量など、プロセス全体の熱収支

（4）設備配置

… 製造施設全体配置、機器・装置、構造物の名称または略号、番号

（5）機器の構造機能など

… 主要諸元および能力、機能、内部構造の概要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

a） 運転技術基準（つづき）

（6）計装系統図
… 全工程図および部分（細部）工程図に次の事項を記載した系統図機器などと配管の連絡系統図、配管の口径・等級およびバルブ類とそのタグナンバー、保温（冷）の断熱措置、計装設備、保安設備の位置

（7）設備などの使用条件
… 機器・装置の構造の概要および諸元、材料の特性と使用許容範囲

（8）保安・防災設備など
… 保安設備および防災設備の概要、保護具・緊急用具の機能、配備場所、使用方法、点検方法など、救急措置方法および取扱い物質ごとの救急方法

（9）製品などの規格と管理
… 製品（中間生成物を含む。）の規格とその管理限界、原材料の受入れ規格限界

（10）関係法規
… 高圧法はじめ関連する保安法規類

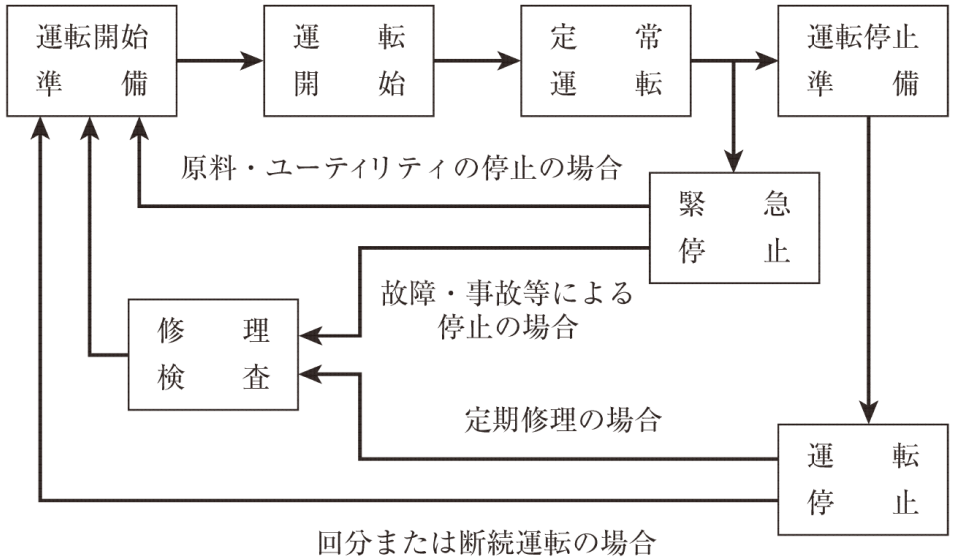
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

b） 運転操作基準

運転操作基準は、運転開始準備、運転開始、定常運転、緊急停止、運転停止準備、および運転停止操作の各操作に関し、作業手順と方法、操作管理限界、操作（作業）範囲などを明示し、さらに、おのおのの操作について運転管理組織のどの職位が指示し、誰が実施するかの指揮命令系統ならびに責任を明確にしておくものである。

1）運転開始準備
2）運転開始
3）定常運転
4）減量運転（ロードダウン）
5）不調時の措置
6）緊急停止
7）運転停止準備
8）運転停止操作



運転操作のサイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

c） 標準運転操作基準

装置全般にかかる運転操作以外の機器単体および単位作業の操作手順についておのおの基準を作成する。

（1）単位機器操作基準

各機器の仕様書、構造図、起動・停止操作手順、使用許容範囲

（2）単位作業操作基準

バルブの開閉、荷受け（払い）作業、ドレン（ベント）のブローと回収、ストレーナの切替え作業などの単位作業ならびに分析、サンプリング、測定などの手順、方法、評価と判定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

d） 緊急措置基準

1） 責任権限の所在の明確化

（1）緊急停止発令の判断基準、発令者
（2）連絡すべき事項、連絡先、連絡方法および連絡者
（3）緊急操作は必要最低限とし、手順、方法、操作範囲および関連操作がある場合は連絡事項

2） 処置、処理

（1）異常時のインターロック（シャットダウン条件と回路の構成、調節弁の作動原理など）
（2）製造設備を安全な状態で停止するための必要最低限の操作手順、方法
（3）高圧ガスなどの漏えい（漏えい後の火災・爆発を含む。）時は、漏えい箇所前後の絶縁操作、系内のパージ、不活性ガスを導入する手順、操作方法
（4）漏えい、火災・爆発発生時の初期消火および連絡通報
（5）緊急作業に必要な者以外の避難、時期、通路、場所、方向
（6）地震発生時などの緊急時の措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

e） その他の基準

作業の安全基準、特殊作業基準、現場試験基準なども運転基準類の中に含まれるが、これらの基準の種類および内容については、あらかじめ系統的な検討を加えて整合性のあるものとし、各基準が高圧ガス製造設備の保安確保に的確に機能するよう作成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.4 運転基準の作成方法

a） 作成者など

一般に新設プラントの場合は、建設グループの技術スタッフが原案を作成し、
運転担当のグループ、経験者などと検討のうえ成案を作成し、製造課長などが決定し、
事業所長の承認をもって制定する。

運転基準類は理論ばかりではなく実績・経験のほかに類似プロセス、機器・装置の
過去におけるトラブル・事故例などを幅広く調査し、その原因と対策のデータを
組み入れることが重要なため、運転に関して広い知識と経験を有する者が作成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.4 運転基準の作成方法

b） 作成方式

（1）記述方式

この方式は、運転・操作の順序を項目立てて説明しているので、相当に分厚い基準書となり、熟読すればよく理解できる。運転技術基準書のように、工程図や設備の図面などと併用してプロセスを説明する場合に適している。

（2）フローチャート方式

この方式は記述事項が少ないが、複雑な操作手順が視覚的に理解できるところに最大の特徴がある。連続しておよび多数の操作を行う場合、判断を要する操作を行う場合に適している。

（3）箇条書き方式

この方式は、フローチャート方式より若干記述が多くボリュームが増えるため、複雑な操作はわかりにくくなる面もあるが、習熟すれば使いよい面が多い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.5 運転基準の運用と改訂

a） 運転基準の運用

運転基準の重要度に応じて配布範囲を定め、
配布後は基準内容の教育・訓練を行い、周知・徹底を図る。

b） 運転基準の改訂

1） 運転基準の管理責任者
運転基準の管理責任者を指定し、見直し、改訂の手続き、保管などの業務を行わせる。

2） 運転基準の改訂
改訂案の作成または提案、検討、承認、改訂後の実施手続きなどは規程類管理規程に則り実施する。この場合、関係する他の運転基準の該当する箇所との整合性を保つよう関係する基準も見直しを行い、また、改訂案の検討は、運転員を含めた委員会方式で行うのが重要である。なお、改訂の際には、改訂の理由または経過（沿革）を付記する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.5 運転基準の運用と改訂

b） 運転基準の改訂（つづき）

3） 時期

既存の設備などには変更がなくとも毎年1回以上定期的に見直しを行い、その結果、運転基準に変更の必要がある場合および設備、運転方法などに変更がある場合には、遅滞なく改訂する。改訂が急を要する場合には、指示書または掲示などによって対応し、実施の実績を加えて早い機会に改訂案を作成し手続きに則り改訂する。

4） 改訂後の徹底など

改訂後の周知徹底の方法（教育、訓練を含む。）を教育・訓練に関する規程類の中で規定しておき、教育の場を設け、徹底を図る。改訂後は運転員の意見を聴取し、評価し、以後の改訂の参考にすることが大切である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.1 製造設備の運転開始

a) 運転開始準備

1) 関係者打合せ会の開催
2) 運転開始指示書の発行
3) 運転要員の手配
4) 必要資材の手配と投入
5) 装置の点検
6) 気密試験の実施
7) 系内の置換
8) 各種ユーティリティの受入れ
9) 保安、防災用具の整備
10) 環境整備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.1 製造設備の運転開始

b） 運転開始

1） 原料ガス導入
原料ガスを装置に導入するにあたり、前もって原料ガスを指定された方法により分析し、その組成が基準値を満足していることを確認する。

2） 運転開始
運転操作基準に則り、定められた手順に従い、逐次原料ガスなどを導入し、所定の温度、圧力、流量などを確保する。

3） 現場の巡回
運転開始時には、現場の巡回の頻度を多くして、ガスや液の漏えい、振動の発生、過熱（冷）、ユーティリティの供給状態などの異常の有無に注意する。

4） 起動時における異常事態発生の対策
昇温、昇圧過程においては、その速度に注意を払い、過剰操作にならないように操作することが大切である。温度、圧力の過上昇、過降下、薬液の循環不調などの異常の早期発見に努め、これらの異常が生じたときは、定められた処置方法に従って速やかに処置をとる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

a） 定常運転中の操作

（1）温度、圧力、流量、液面などの運転諸元が管理限界内にあることを確認する。

（2）運転諸元の変動の早期発見に努め、偏差がある場合には正常に復帰させる操作を行う。

（3）現場の巡回・点検を行い、設備・機器に異常のないことを確認するほか、定時的な作業を行う。

b） 減量運転（ロードダウン）

原料や製品の需給事情あるいは電力事情などにより減量運転を行う場合は、機器の性能やプロセスの特性に応じた運転方法（ダウンスピードを含む。）を確立しておき、それに従って操作する。減量運転では、運転諸元の変動を注意深く監視して対応することが大切である。

c） 不調時の措置

（1）不調の原因が操作の不良によるものか、設備・機器の不調によるものかを判断する。

（2）操作不良によって起こった異常の場合は、温度、圧力または流量の関係を確認して正常に復帰する操作を行う。

（3）設備・機器が不調の場合には、予備機への切替えなどの操作を行い、運転継続の可否を判断する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常

1） 回転機器などの振動、異音の発生

ガス圧縮機などの回転機器は、多数の部品で組み立ててあり、正常な状態にあっても機械特有の音を出しながら稼働している。このうち部品のいずれかに欠陥があれば振動、異音が発生する。
機器構成部品に異常がなくとも、遠心圧縮機のサージング、遠心ポンプのキャビテーションの発生により振動、異音が発生する。 また、配管でも内部流体の流動と共振を起こして振動することがある。

2） 配管における流路閉塞

流体成分のいずれかが氷結、凝固または析出したり、含有される固形成分または不純物が
流速の減少で沈着したり、流体成分が反応して固形物を生成するなど固体が配管内に蓄積して
流路を閉塞することがある。
稀ではあるが設備内部に人為的に残置されたウエスなどによる閉塞の危険もある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常（つづき）

3） 塔の運転中に発生する異常

① 飛沫同伴（エントレインメント）	塔内の蒸気速度が速くなると、液滴が蒸気に同伴して上のトレイまで到達する現象で、トレイの段効率低下の原因となる。
② 溢汪現象（フラッディング）	塔内の蒸気速度がさらに増加すると、トレイ上の泡沫層が高くなり飛沫同伴量が増大して、ついには降下液が上段に運ばれる現象で、この場合は、精製が行われず物質収支が合わなくなり、塔底液引抜量が減少して運転が困難となる。
③ 脈　動（パルセーション）	塔のトレイ上の液（段液）の液深が深い場合あるいは蒸気量が少ない場合、蒸気がトレイから断続的に吹き出すため、液面が脈動する現象である。この場合も段効率が低下する。
④ ブローイング	塔の液量が少ない場合あるいは段液の液深が浅い場合、蒸気によって液が吹き飛ばされる現象で、多孔板トレイの場合をブローイングという。溢汪現象、脈動と同様に段効率は低下し、物質収支も合わなくなる。
⑤ ダンピングとウィーピング	塔の蒸気量が減少すると、トレイの蒸気上昇用の開口部から段液が漏れて下降する現象で、多孔板トレイでの激しい液降下をダンピング、軽度の液降下をウィーピングという。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常（つづき）

4） 加熱炉、反応器に起きる異常

加熱炉において、加熱管の一部がロングフレームにより過熱されたり、スケールが沈着して伝熱が阻害されるとその部分は過熱状態となり、周囲より輝度が大きくなるためホットスポットと呼ばれる。ホットスポットができると強度が低下して破壊するおそれが生ずる。また、反応器においては、触媒などが不均一に充填されると、反応器内を反応流体が不均一に流れ、その流れの状態により、局部的に反応が進行してその反応熱によりホットスポットを生ずることがあり、場合によっては異常反応が起こる危険がある。
一般に触媒を充填した反応器などでは、原料などの供給過剰があると反応が制御限界を超えて暴走する危険があり、アンモニア合成など反応熱が発生する設備は「特殊反応設備」として原料の供給停止、冷却、放出の操作その他の保安措置を義務づけている。

5） 遠心圧縮機に起きる異常

遠心圧縮機においては、流量が低下したり、吐出し圧力が上昇するサージングが起こり、
運転が困難になる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常 （つづき）

6） ポンプに起きる異常

ポンプの空引き現象とは、所定の揚程、流量に達せず、ハンチング（不安定な脈動）を起こす現象である。これはケーシング内に液が満たされず、気体が溜まったときに起こる

① 液温が沸点に近いかまたは沸点以上で液が気化した場合

② 吸込み側においてストレーナの詰まり、バルブの開度不十分、または液面が低下した場合など吸込み圧力が低下し、液から分離したガス、もしくは負圧状態で空気が配管内部に漏れ込んだ場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常 （つづき）

7） 低温液化ガス貯槽に起きる異常

LNG（液化天然ガス）貯槽の場合、密度の小さい（温度の高い）LNG が残留していて、そこへ密度の大きい（温度が低い）LNG を下部から静かに注入すると、この密度の異なる LNG は上下2液層に分化し安定な境界面をつくる。

貯槽の壁面を通して熱の侵入があると、上下液層内のそれぞれに自然対流が発生して、液層の界面を通して熱・物質の移動が起こる。さらに、上層のLNG 表面から蒸発が起こって温度が低下し、密度差が小さくなると、下層の対流の壁面に沿う上昇流れの上層への侵入が大きくなり、2液層が上下反転する、あるいは急激な混合にいたることがある。

これをロールオーバという。超低温液体でこの現象が起きると急激な蒸発を起こし、大量のガスを発生させることになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常（つづき）

8） 霜着き

低温装置などの外表面に空気中の水蒸気が凝縮し氷結して霜状に付着する現象を霜着きという。

これは、装置内部の低温のガスまたは液化ガスの漏えい、バルブの内漏れなどで装置が異常に低温になったり、あるいは低温装置の断熱不良などにより起こることがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 日常点検

a） 日常点検の準備

（1）保全、保安部門などの関係部門と打合せを行い、十分検討したうえで、
点検計画を作成し、運転部門の行う日常点検の内容、範囲、方法、
頻度などを定め、責任の所在を明らかにしておく。

（2）点検計画に基づき、点検のチェックシートを作成し、運転員に教育、徹底しておく。

（3）点検結果の判断基準、処置、報告を明示しておく。

（4）点検に使用する工具、測定器具、保護具などを定めておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 日常点検

b） 点検項目と頻度

製造するガスの種類および製造設備の態様に応じて1 日1 回以上頻繁に点検する。

（1）製造設備などからの漏えい
（2）計器類の指示、警報、制御の状態
（3）製造設備などの温度、圧力、流量などの運転諸元の変動およびその傾向ならびに温度、圧力の異常上昇（降下）、流量の異常増加（減少）の有無
（4）製造設備などの外部腐食、摩耗、き裂その他の損傷の有無
（5）回転機械の振動、異常音、異常昇温の発生その他の異常の有無
（6）塔槽類、配管などの振動および異常音の有無
（7）ガス漏えい検知警報設備の作動状態
（8）貯槽の液面の指示
（9）接地接続線の断線その他の損傷の有無
（10）その他の異常の有無と措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 日常点検

c） 点検結果、異常を認めた場合の措置

1） 危険を防止する措置

① 異常を認めた設備の原因の排除
② 予備機への切替え
③ 負荷の低下
④ 異常を認めた設備または機器を含む工程を停止して行う補修
⑤ すべての工程を停止して行う補修

2） 原因の究明および対策

装置、機器などの異常により運転を停止して装置などを補修した場合は、異常の原因を究明し、適切な対策を講じて安全を確保したうえで運転を再開する。

3） 補修などの記録と活用

製造設備および機器などの点検結果、補修などの実績は、設備台帳に記録、保存するとともに、これらのデータを集約、検討し、設備の劣化傾向その他の特性を把握して、次回の点検、補修などの計画または設備の改良に活用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.4 運転停止

a） 運転停止準備

1） 運転停止のための打合せ会合開催
製造設備およびユーティリティ部門の検査、修理など保全関係の工事の手配と工期およびそれらの着手可能な日時などを勘案して定期修理計画工程表を作成する。これには原料受入れ停止、不活性ガスおよび空気置換、工事着手可能時期までの工程を記述し、これに基づいて運転停止連絡書を発行して関係者に周知徹底する。

2） 運転停止指示書の発行
運転開始の場合と同様に、運転員に対して運転停止指示書を発行する。

3） 運転要員の手配
運転開始の項に準じて手配する。

4） 必要な資器材の準備
置換用不活性ガス、仕切板、仮配管、内容物の抜取り容器、不時の排水などの処理装置などが準備されていることを確認する。その他分析用具、ガス検知器などを準備する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.4 運転停止

b） 運転停止操作

l） 停止操作の実施

①原料の供給停止
②回転機の停止
③圧力降下などのバルブ操作
④液化ガスの移送、内部ガスの放出
⑤ユーティリティ供給設備の停止
⑥工事安全確保のための措置
⑦運転停止後の点検

ⅰ）運転停止の直前における各設備の運転状況
ⅱ）運転停止後における製造設備などの内部にある残留物の状況
ⅲ）製造設備内のガス、液などの不活性ガスなどによる置換状況
ⅳ）開放する製造設備と他の製造設備などとの遮断状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.4 運転停止

b） 運転停止操作（つづき）

2） 不活性ガスなどによる置換、空気による再置換
停止操作終了後の修理工事などのため、最終的には作業者が装置内部で作業可能な状態まで空気で置換する。可燃性ガスは、不活性ガスなどで置換後空気で再置換する。
毒性ガスの場合は除害措置を行う。

3） 装置の開放、工事着手の指示
以上の操作結果を確認し、工事着手が可能な状態としたうえで着工の指示を与える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.5 貯槽、容器への高圧ガスの充塡

a） 貯槽への充塡

液化ガスの貯槽の貯蔵能力は、以下の式で規定されており、
充塡する際は液面を監視し規制値を超えないようにしなければならない。

$$W = CwV[\mathrm{kg}]$$

W：貯蔵能力［kg］
C　：0.9（低温貯槽にあっては、その内容積に対する液化ガスの貯蔵が可能な部分の容積の比の値）
w：貯槽の常用の温度における液化ガスの密度［kg/L］
V　：貯槽の内容積［L］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.5 貯槽、容器への高圧ガスの充塡

b） 容器への充塡

1） 高圧ガスを充塡する容器
容器は所定の刻印および表示がなされていることおよび容器再検査期間を経過していないものであること。その他容器の強度に影響のある損傷などのないことなどの要件を満たしたものであること。

2） 充塡してはならないガス　可燃性ガス中の酸素濃度または酸素中の可燃性ガス濃度が一定濃度を超えるガス。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.5 貯槽、容器への高圧ガスの充塡

b） 容器への充塡（つづき）

3） 充塡圧力、充塡量

（1）圧縮ガスの場合は、温度35℃（アセチレンの場合は15℃）において、その容器の最高充塡圧力（FP）以下であること。

（2）液化ガスにあっては、次式により計算した質量以下の充塡量。

$G = V/C$[kg]

G：充塡できる液化ガスの質量[kg]、V：容器の内容積[L]

C：容器則においてガスごとに定められた数値または定数

この式によって与えられた質量を超える質量を充塡することを過充塡といい、過充塡になると容器内に液が充満する温度が容器の安全装置（溶栓）が作動する温度より低くなるため、安全装置が作動せず、容器の破壊の原因となる。したがって、過充塡は絶対に避けなければならない。

（3）反応性の高い特殊高圧ガスなどは、容器内で異常反応が起きても、その圧力が容器の耐圧強度以下に止まるよう最大充塡量を定めている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.5 貯槽、容器への高圧ガスの充塡

b） 容器への充塡（つづき）

4） その他の注意事項

（1）充塡工場に戻される容器にはガスが残留している場合があるので、
不用意にバルブを開放すると予期せぬ事故を起こす危険があるため、
バルブは静かに開放する。

（2）バルブが開いたまま戻ってきた容器は、
水分が浸入して内部が腐食している危険があるので、内部を検査する。

（3）長期停滞容器は特に外観検査を念入りに行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

a） 共通事項

（1）バルブ操作に携わる運転員は、教育計画に基づき運転マニュアルなどに従った教育・訓練を受けた者であり、未熟者に対しては、十分な訓練期間を経過するまでは経験者が監督し、必要に応じて指導、助言する。

（2）運転開始など重要な操作または通常と異なる操作には、バルブチャートやバルブチェックリストなどを準備して確認しながら操作を行う。

（3）他の製造設備に影響のあるバルブの操作は、定められた事項の連絡・報告を確実に励行する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

b） 締切り用バルブの操作上の注意

流体が液体である配管のバルブを急激に閉止すると液体の慣性力が運動エネルギーに変化して配管、バルブに衝撃（水撃作用、ウォータハンマ）を与え、さらに閉止したバルブの下流側では配管内に液柱分離が起こり、背圧があると真空部に液体が逆流し、衝突力が衝撃となり、構造破壊を起こすのに十分な大きさとなるおそれがある。

衝撃の大きさは、閉止するバルブの径、その上流側の配管の長さ、流体の流速および質量にほぼ比例し、バルブの閉止時間に反比例する。下流側でも同様な衝撃力を示し、さらに背圧の影響が加算される。

液体を長い距離移送する大口径の配管は、バルブ閉止時の衝撃を定量的に把握し、締切りバルブの閉止速度を確定しておき、手動、自動を問わずこの確定速度以下で操作する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

c） 手動バルブの操作

（1）バルブ操作は、開閉操作に伴う振動、異音、漏れなどがないことを確認しながら行う。また、直近に圧力計、温度計、流量計、液面計などの計器がある場合には、その指示を見ながら操作する。

（2）バルブを操作する場合は、バルブの材質、構造および内部流体を熟知し、過大な力を加えてはならない。

（3）ハンドルまたはレバーを外して運転しているバルブを操作する場合は、所定のハンドルなどを装着して操作する。

（4）液化ガス配管のバルブ操作は、配管が液封状態にならない手順で閉止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

d） 自動バルブの操作

（1）遠隔で操作する自動バルブは、その機構、能力、特性などを十分理解したうえで操作する。

（2）操作開始時および操作中は、計器が正常に作動していることを確認して行う。

（3）緊急時に手動操作に切り替える必要のあるバルブについては、運転基準類などで明確にしておき、その規定するところに従い操作する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

e） ハンドル廻しの使用制限

1） 当該バルブの材質、構造および大きさなどに対して十分安全であることを確認した開閉に必要な標準（制限）トルクを求め、そのトルクにみ合う長さを定めたハンドル廻しまたはトルクレンチ（単能型であるもの）によって操作する。この場合、バルブにはそのバルブに適したハンドル廻しなどのサイズを標示し、ハンドル廻しなどにも所定の標示をしておくこと。

2） ハンドル廻しなどでバルブの開閉操作を行う場合は、腕の力に限って操作し、異常な姿勢または多勢の運転員によって制限トルクを超える過大な力を加えないこと。特に閉止の際の最終段階で、過大な力または衝撃を加えないこと。

3） 手または規定のハンドル廻しなどによる開閉操作が非常に硬くて困難な場合は、高温での焼付き、低温での氷結などによることが多いため、このような場合には無理な操作をせず、速やかに運転責任者に報告する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

e） ハンドル廻しの使用制限（つづき）

4） その他の注意事項

（1）バルブ操作の速度

緊急を要するバルブ以外の開閉操作は徐々に行うのが大原則である。急激なバルブ操作により流体の流量が変動すると、自動制御装置がその能力を超えて追従できず、運転上のトラブルを引き起こす。また、液体の場合は前述の水撃作用も起こる。

常温の液化ガスを常圧に近い容器へ移送する場合などは、急激なバルブ操作で噴出した液化ガスは蒸発して液温が沸点近くまで急激に低下して容器が収縮し、き裂を生ずる危険がある。

容器（ボンベ）のバルブを急激に開けると容器バルブと調整器との間の気体が断熱圧縮され、瞬間的に高温になるから、酸素の場合は油脂などの可燃物があれば容易に発火して事故を起こし、アセチレンの場合は分解爆発を起こす危険がある。したがって、バルブの操作は自動、手動を問わずその操作によって変動する状況の推移を見ながら徐々に行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

e） ハンドル廻しの使用制限

4） その他の注意事項（つづき）

（2）作業架台の設置

バルブ操作は、操作する運転員の安全を確保し、適正な操作トルクで操作が行える作業架台などを設置して操作する。

（3）照度の確保

夜間または暗所にあっては、バルブ、配管内部流体などの標示が識別できる程度以上の照明のもとで操作する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1 誤操作の発生要因

a) ヒューマンエラー

もともと人間の特性として、ある行動・動作を行う場合には基本的に直裁的、
省力的であり、忘れる、思い込みをする、錯覚するなどのマイナスの特性や盲点をもっている。

人間は、外界の情報を認知してから、近い未来の状況を予測し希望する状態にするため、
認知した情報を判断し、意思を決定して行動するわけであるが、この過程の中に、
以下のヒューマンエラーが介入する機会を否定することはできない。

① 情報の認知エラー　……聞き違い、見間違い、見落とし
② 判断のエラー　……考え違い、思い違い
③ 意思決定のエラー　……忘れ、思い入れ
④ 行動のエラー　……言い違い、手違い

認知のエラーは判断のエラーを誘発し、さらに操作のエラーを引き起こす。
つまり、ヒューマンエラーは連鎖するので操作の前で連鎖を断ち切れば、事故は回避できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1 誤操作の発生要因

b） ヒューマンエラーの防止

最近の研究では、聴覚、視覚、触覚などによってもたらされる外界情報の覚知能力は非常に高く、これに反し脳での情報処理能力は極めて小さいが訓練や経験に支えられて相当な早さで行動するといわれている。

そこで誤操作を防止するためには、エラーのない認知、判断、意思決定、行動が肝要であり、その確保のためには、人間の特性および盲点を考慮した設備や適切な周辺環境の整備と教育・訓練が重要である。

また、人間個々の特性ばかりではなく、集団としての特性も重要で、特に職場において良好なコミュニケーションを維持することは、指示・命令の的確な伝達、相互協力・援助に役立つので職場の上下関係、同僚との関係を良好にしておくことは重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.2 信頼性の向上

a） 単調な作業

信頼性の低下、すなわち、エラーの起こしやすさは精神的、肉体的な状態、
仕事の内容や状況、時間帯によってかなり違ってくる。

自動化された化学プラントでは、計器類と対面して視覚・聴覚による監視作業が多く、
単調となりやすいので、一定時間ごとに測定値の記録や現場パトロールによる
点検作業などを行い、作業リズムに変化をもたせるなどの刺激が信頼性の向上に
有効である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.2 信頼性の向上

b） 緊急時の作業

緊急事態に直面して興奮し、パニック状態に陥るようなときには、異常な行動をして信頼性がなくなり、作業効率が極度に低下する。そのため、重要な装置には複雑な操作を必要とせず、簡単に操作できる緊急遮断装置・緊急脱圧装置・緊急停止装置などを効果的に設置することや、操作面では緊急事態においてなすべき最低限度の作業を大書きして計器室に掲示するなどの措置が望ましい。

現場においても緊急に開閉するバルブにはその旨の標示を行い、さらに次に操作すべき場所を表示するなどの措置は記憶をバックアップする方法として有効である。

また、日頃から各種のケースを想定した緊急措置訓練を重ね、緊急時にもパニックに陥ることなく確実に操作できる自信を運転員にもたせることも必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.2 信頼性の向上

c） 監視作業

自動化されたプラントの監視業務は、運転員が信頼性のある作業を長時間続けることを可能ならしめるために人間工学的対策を十分配慮し、快適な操作性を確保することが重要である。

d） 現場作業

現場作業における指差呼称は、指で操作対象を指して確認し、大きな声を出すことによって脳に刺激を与え、活性化を図ることになり誤操作（認知・確認および操作のミス）を防止し、信頼性を向上する有効な手段の1つであり、エラーの発生確率を低下させることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

a） マン・マシン・インターフェース

1） 環境の整備

コンソールの構造、例えば運転員の眼とCRTの位置・角度、机、椅子の高さ、CRT の明るさ、色彩、ディスプレイおよびキーボードの配置、グレア、部屋の照明の位置と照度、換気、騒音といった作業環境を快適に構築することも重要な要件である。

2） 情報の整備

CRTに表示される情報はプラントの規模が大きくなるとそれだけ複雑になり、いったん緊急時になると、どのような情報をどのように表示したらよいか、運転員が迅速、かつ、的確に判断できる情報はどうあるべきかということが問題となる。

ディスプレイ上の情報は、運転員の行動を決定するものであるから経験的なものであれば簡潔なデータでよく、知識を必要とするものであれば文章表現が必要となってくる。したがって、全ての運転状況や運転員に対応した決定的なディスプレイの表示方式はなく、そのプラントを運転する運転員の技術レベルに合わせ、運転員全員がミスのない操作ができるよう運転員の総意で表示内容を検討してディスプレイに反映することがもっとも重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

b） 機器の配列など

回分操作のプラントでは、運転中の反応釜と休止中の反応釜とを間違えてバルブを操作したり、ポンプの切替操作において稼働中のポンプを停止したり、身近な例ではユーティリティステーションで作業用空気と窒素を間違えて連結するといった事故が報告されている。

このようなエラーには、複数の反応釜がある場合はバルブをブロック化して配置する、塗色を変える、表示をするなどの対策、ポンプの誤操作には、ポンプとローカルスイッチを1対1で対応させて配置する、また、コネクションミスには、ユーティリティごとにサイズやコネクションタイプを変えるといった対策でエラーを避けることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

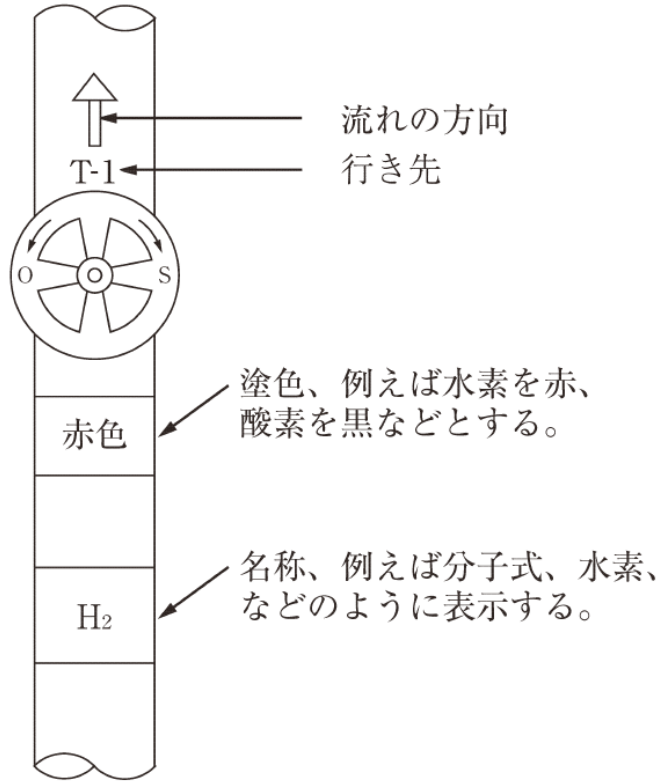
c） 表示・標識など

操作する機器などに表示・標識を行う。

例えば、機器には機番を表示し、操作バルブには
タグナンバーを付し、バルブには開閉方向を表示し、
その真近に内部流体の名称、流れ方向、行き先などを表示し、
さらにそれが常時開なのか閉なのかを表示することは
誤操作防止対策として重要な対策である。

運転中、部分修理などのため、その部分のバルブを閉止し、
または開放して、そのバルブなどに操作禁止の標示（禁札）を
取り付けることは、事故防止に有効である。

表示・標識は退色、汚損しやすいので常に見やすいよう
管理することも重要である。



流体の名称、流れ方向の表示の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

d） スイッチなどの保護

計器パネルまたはコンソールなどに設けた運転上または保安上重要なスイッチなど
（例えば緊急停止スイッチ）は誤って接触したり、操作しないようにカバーをかけ、
またはダブルアクションでなければ作動しないよう保護したり、施錠したりする。
現場においても運転上、保安上重要なバルブ、例えば安全弁の元バルブのハンドルに
施錠したり、ハンドルを外すなどの措置を施す。これらの場合にはその理由を表示しておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

e） 警報

警報は音や光を発するもので、ガス漏えい検知警報設備の警報は音と光を同時に発するものであることと規定されている。

警報音は音量、音質、高低、連続、断続で区分し、光は色彩、光量、連続、断続で区分し、これらの組合せで警報内容の軽重、対応の緊急度に対応させている。

最近のプラントでは、これらの警報を発すると同時に、合成音で対応すべき操作を指示するボイスアラームシステムの採用が増えてきている。

なお、警報の種類（異常の状態）によっては、ガス漏えい検知警報システムのように異常内容を確認するか、措置が終わるまでは発報条件から外れ正常に回復しても警報が停止しないシステムとしなければならないものもある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

f） 設備の安全計装

1） インターロック
2） フール・プルーフ
3） フェール・セーフ
4） 冗長化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.4 運転上の対策

a） 運転管理上の対策

（1）運転条件の変更などの徹底
重要な運転条件の変更については、書類、ミーティング、連絡会で説明し、指示を徹底する。

（2）交替引継ぎ
運転基準などに引継ぎを行うべき項目、内容を定め、その内容ごとに書類、掲示、口頭説明などの伝達方法も明確に定めておく。特に、非定常作業の引継ぎは確実に行う必要がある。また、重要事項については現場で立会いのうえ、問題点を現物で指示して、明確に申し送ることが大切である。

（3）非定常作業
非定常作業においては、関係者が協議し、安全対策、操作手順を検討、成案を文書化して運転員に徹底し、責任者を指名のうえ実施する。

b） 運転操作上の対策

（1）確認の励行
（2）基準の遵守

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.5 管理的対策

a） 誤操作防止手法の活用

b） 新入社員および配転社員に対する教育・訓練

c） 運転員の健康管理など

d） 小さな異常の報告

e） 事故例の活用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.1 漏えいの原因

a） 腐食による漏えい

b） 破壊による漏えい

c） 接続部の気密性能の低下による漏えい

d） 運転操作に起因する漏えい

e） その他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 気密性能保持の方法

a） 破壊による漏えいの例と防止対策

腐食性物質を扱う高圧ガス製造設備が腐食・減肉、鋼材の劣化などにより強度不足をきたして破壊した例には、FCC 装置で曲管がエロージョン・コロージョンで減肉して破裂した例や特殊なシール構造をもつ熱交換器でカバーの押え金具に応力が集中して破壊した例もある。また腐食に至らなくても貯槽の高張力鋼に応力腐食割れが発見された例がある。このような事例に対しては、次の対策を実施し、未然に事故を防止することが大切である。

（1）点検・検査のグレードアップ
（2）装置の適正な組立
（3）操業条件の維持
（4）研究開発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 気密性能保持の方法

b） 圧力、温度の異常上昇による破壊の例と防止対策

異常圧力上昇の例としては、真夏にCE 装置の安全弁の元バルブを含むすべてのバルブを閉切りにしたため、圧力が上昇して破裂した例がある。異常温度上昇の例としては、アクリロニトリルの水和工程で異常反応が起き高温が発生してポンプが損傷した例や、アセチレン水添装置の異常反応による反応槽の温度上昇などの例がある。

このような事故は運転操作、運転管理の不備によるもので、運転基準などの整備と遵守、特に異常反応発生時の措置を明確化するなど管理体制を強化し、原因と結果の因果関係などを運転員に熟知させることが重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 気密性能保持の方法

c） 緩みや摩耗による漏えいの例と対策

1） 緩みの対策

運転後の温度上昇の幅が大きいものは、運転開始時の昇温過程でホットボルティングを適切に実施など。

(1) フランジは互いに配管に直角で軸心に狂いがないこと。
(2) フランジ面およびガスケットの当たり面に傷や付着物がないこと。
(3) マンホールなどの大口径フランジではひずみがなく平滑であること。
(4) ガスケットの材質、形状は内容物および使用温度・圧力に応じて適切に選択すること。
(5) フランジボルトは適正なトルクで均一に締めること。
(6) 配管の振動に対しては、適切な振れ止めを施工すること。
(7) 点検、補修を適切に実施すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 気密性能保持の方法

c） 緩みや摩耗による漏えいの例と対策（つづき）

2） 摩耗の対策

（1）潤滑油の管理（質と量の確保）
（2）ピストンロッドやシャフトなどしゅう動部の摩耗しやすい部分の材質の適正な選定および摩耗状態の管理
（3）メタリックパッキンなどの材質、加工方法などの適正化
（4）パッキンの材質、形状の適切な選択
（5）点検、補修の適切な実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.3 増し締めの危険

フランジのわずかな漏れは増し締めで止まることがあるが、加圧下での増し締めは、片締めを起こし、許容応力を超える締付け力でボルトが伸び、あるいはガスケットの損傷を起こし、かえって漏えい量が増加する危険があるので、大気圧まで減圧し、ガスケット、フランジ面を点検のうえ締め付け直すことが肝要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.1 異常状態

(a) 不調 ： 正常でない乱れた状態であるが、運転を停止することなく、正常に戻しうる状態
(b) 故障 ： 設備を正常な手順により停止して、補修などの措置を要するが、人身に損傷がなく、
また、その設備以外には損害を及ぼさない状態
(c) 事故 ： 破壊、漏えい、火災または爆発が起こり緊急措置を必要とし、設備に若干の損害を生ずるが、
事業所自らの措置により、人身に損傷がなく、かつ、第三者に脅威を及ぼさない状態
(d) 災害 ： 大きい事故または自然災害などにより人身、設備などに損害を及ぼし、第三者に脅威を与え、
あるいは、外部に援助を要請するような状態

このうち、(a) 不調および (b) 故障では、運転員が早期にその兆候をつかみ、適切な対応策をとればプラントは停止に至らず、また、事故・災害を未然に防止することができる。

しかし、一般的に緊急非常事態（エマージェンシー）と呼ばれる次項の場合には、その状況に応じて、プラント停止などの緊急措置が必要であり、発災現場の運転員および事業所内の関係者が一致協力し、事故・災害による被害を最小限に止めるよう努めなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

a） 緊急に運転を停止する場合

1）原料供給停止

2）用役停止
- (1) 停電（買電・自家発電）
- (2) 計装用空気供給停止
- (3) 断水（海水・工水・循環冷却水）
- (4) スチーム供給停止
- (5) 保安用不活性ガス供給停止

3）機器・配管などの設備からの相当な量の漏えい

4）反応器の異常反応または反応の暴走

5）プラント内、近接プラントまたは自事業所内における火災・爆発

6）近隣事業所における火災などの事故・災害

7）天災
- (1) 地震・津波
- (2) 台風・高潮
- (3) 落雷その他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

運転緊急停止の要因が前述のいずれの場合であっても、現実に直面するとパニック状態に陥りやすい。運転責任者の指揮のもと、統制ある行動により迅速な措置がとれるよう運転基準などで運転責任区分、措置範囲を運転操作基準などで明確にしておくことが重要である。

1） 原料・ユーティリティの供給停止による緊急停止操作

原料などの圧力、流量を検出し、規定値以下になるとシャットダウンシーケンスが作動して緊急遮断弁などは安全側に作動して開閉し、機器なども停止手順どおりに停止する。停止後は手動バルブを確実に操作し、必要がある場合には、内容液の移送、脱圧、不活性ガス置換などを実施するほか、供給再開に備え運転開始準備操作を実施する。

自動停止システムが装備されていない製造設備では、運転基準類に従って停止させる。加熱炉の加熱管などは急激な速度で冷却すると加熱管の硬化を起こし、損傷するおそれがあるので規定の冷却速度を厳守しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

2） 漏えいまたは火災・爆発による緊急停止操作

漏えいした可燃性ガスまたは可燃性液体が発火し、火災・爆発などが発生した場合は損傷箇所の前後のバルブを閉止して孤立化させ、その系内の高圧ガスをフレアースタックまたはベントスタックに導いて放出し、不活性ガスを導入してパージするのが原則である。

可燃性ガス、毒性ガスおよび酸素の場合は、大気中に放出される量を極力減少させ、災害のポテンシャルを低下させる。この操作は迅速に行う必要があるため、通常は一定の高圧ガスなどの保有量ごとに装置をブロック化し、そのブロックごとの前後に閉止バルブ、放出バルブおよび不活性ガス導入バルブが設置されていて、緊急時には自動的に、または遠隔操作で作動するようシーケンスが組まれている。
自動化されていない場合には、手順に従いこの操作を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

3） 異常反応または反応の暴走による緊急停止操作

原料の供給および反応触媒の投入を停止するほか、反応抑制剤、希釈剤の投入、
不活性ガスの導入、冷却などの措置を行うほか、内容物をダンプタンク（緊急放出槽）などに
放出するなどの操作を行う。この操作は、シャットダウンシーケンスに組み込まれていて
自動的に操作される場合が多い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

4） 地震発生時の緊急停止操作

地震の規模または震度などに対応した点検、緊急停止などの操作を基準化しておくことが原則である。高圧ガス製造設備は耐震設計がなされているが、地震が発生した場合は次の措置を行う。なお、液面で制御するシステムがある場合、液面の揺動（スロッシング）により影響を受け、運転に支障をきたすことが予想されるので注意を要する。

（1）製造設備の点検と被害の有無の確認

地震動が発生した場合、まず身の安全を図り、地震動が収束したのち、製造設備の点検を行い、漏えいの有無を確認し、漏えいなどが発生している場合は前述2）の措置を行う。毒性ガスの製造設備では、呼吸保護具を装着し、2 人以上で実施することを原則とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

4） 地震発生時の緊急停止操作（つづき）

（2）加熱炉などの消火

可燃性ガスを製造する設備で加熱炉などがある場合は、地震動で設備が破壊され漏えいした可燃性ガスが加熱炉などの裸火により発火する危険があるので、自動手動を問わずまず加熱炉を消火する。
漏えいがある場合には、スチームカーテンを作動させる。

（3）安全停止

地震計を設置し、一定震度などで停止するシステムを採用している製造設備では、原料、ユーティリティなどが自動的に供給を停止するので、前述1）の手順に従って停止し、安全側に維持する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

5） その他天災による停止操作

地震以外の天災でも津波、落雷、台風およびそれに伴う高潮などが被害をもたらすと予測される場合には、天災の来襲以前に通常の停止操作により、部分または全停止操作を行い、製造設備を安全な状態（スローダウン、系内脱圧、パージなど）にしておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 防災活動

a） 連絡通報など

（1）プラント内連絡と状況の確認

漏えい、火災などを発見した者は、大声をあげて周辺にいる者に告げ、最寄りの通報設備を使用して事故の状況を計器室に報告する。発災箇所の状況確認は、極めて少数の者が注意しながら行う。

（2）事業所内連絡

計器室などから発災職場全域に向け、ページング設備など（一般則例示基準32参照）で事故発生を通報するとともに、防災センターなど事業所の中枢部に連絡する。

（3）人員の点呼・確認

連絡を受けた発災職場の運転員は、いったん計器室などに集合し、直長の人員確認の点呼および緊急操作の指示を受ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 防災活動

a） 連絡通報など（つづき）

（4）防災組織の編成

通報を受けた事業所長（所長不在のときは代行者）は、速やかに緊急対策組織の編成のため、事業所内へ通報するとともに、組織要員の招集を行い、組織を編成する。
事業所外にある者または夜間・休日などにあっては、緊急呼出しにより呼集し、
到着順に組織し、対応する。

（5）外部通報

緊急連絡系統に定める順序に従い、関係官公庁への通報、関係事業所への発災の連絡、相互応援出動要請など。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 防災活動

b） 初期消火活動

ガス火災は、いったん消火しても漏えいが続く限り、大気中で爆発性雰囲気を形成し、再発火、爆発して二次災害を引き起こす危険があるため、ごく小規模の火炎（開放空間に限る。）以外は消火してはならない。

ガス火災は、火炎の放射熱による周辺への延焼または影響を抑止するため、散水冷却を行い、並行して、漏えい量を減少させるための装置内の残ガスの放出、不活性ガスによる希釈などの操作を優先させることが重要である。

（1）初期消火

初期消火は配備してある粉末消火器などにより実施する。

（2）延焼防止など

散水冷却は、固定式散水設備を作動させるほか、消火栓からの放水、可搬式放水銃（砲）などにより効果的に行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 防災活動

c） 立入禁止

ガス漏えいなど事故の発生現場には、緊急措置を行う者以外の立入りを禁止する。
このため立入禁止区域を設定し、監視人を配置し、または表示などで設定区域への
出入りを規制するほか、直接防災活動に関係のない者は退去させるなどの措置を行う。

d） 避難

毒性ガスの漏えい時には、除害などの措置に携わる者以外の者は風上の安全な場所に
避難させる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6 運転操作ミスによる事故例

3.6.1 事故の概要

1992年8月の夜、北海道の食品工場に設置されていた液化窒素（コールドエバポレータ（CE））の貯槽（二重殻式円筒形超低温貯槽）が突然破裂した。

CEの仕様

- 最高使用圧力　9.5kg/cm^2（0.93MPa）
- 設計温度　　−196℃
- 充塡量　　7500L
- 材質　　外槽SS400、内槽SUS304

CE の破裂した食品工場

事故発生は夜間で、死傷者はなかったが、当工場は半壊し、周辺の建物25棟が損壊し、車両36台他に被害を与えた。飛散物の最大飛翔距離は、外槽上部の鏡板部破片（重さ380kg）で、約350mであった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.2 事故原因の推定

事故調査委員会の調査の結果、ばね式安全弁（設定圧力11.0 kg/cm²（1.08MPa））
および破裂板（設定圧力17.5～22.5 kg/cm²（1.72～2.21MPa））の各元弁を含めて、
すべてのバルブが閉止されていた。

これらのことから最後の定期検査が行われた1991年9月以降の何れかの時点で、
ばね式安全弁が作動し、または何らかの別の理由により元弁が人為的に閉止され、
その後、破裂板が破裂し、元弁が人為的に閉止されたものと推定された。

このような密封状態で、外部からの進入熱により液化窒素の圧力が経時的に上昇し、
内槽が破裂し、引き続き外槽も破壊に至ったものと判断された。

これを計算式を使って求めた結果、50～80日で圧力は70kg/cm²（6.9 MPa、推定破裂圧力）
程度に上昇することが推定され、内槽が破裂する可能性は十分あったと判断された。

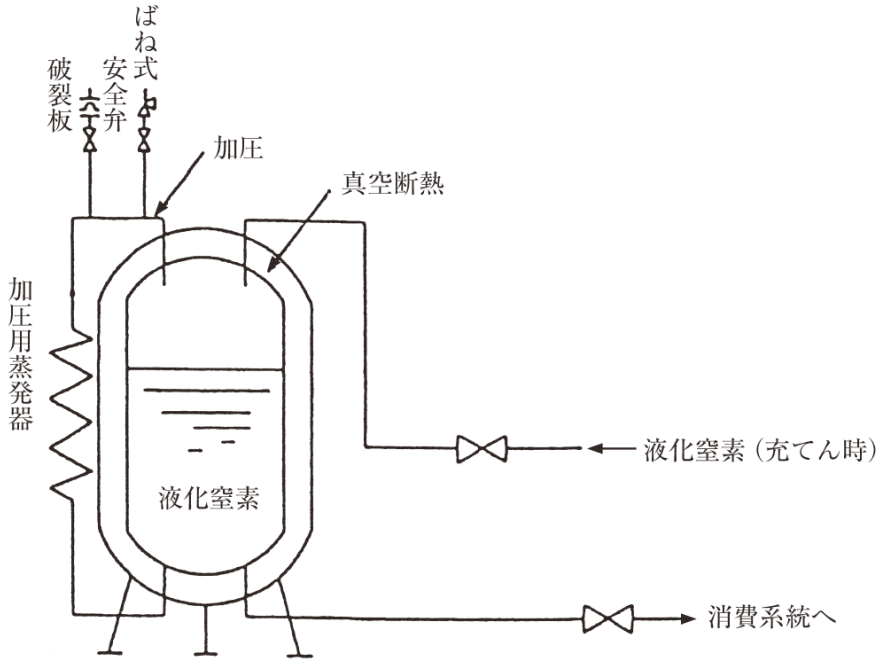
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.3 事故防止のための方策

① 安全弁、破裂板の元弁は、常時開にしておかなければならない。元弁には「常時開」などの標示を行い、元弁のハンドルを外しておくか、または封印などの処置を講じておく。

② 日常点検は、設備の使用開始時および使用終了後に異常の有無を点検するほか、1 日に1 回以上設備の状況を点検する。またその結果は必ず点検記録表に記入する。なお、点検の結果、圧力が異常に上昇しているときは、ブローするなどして圧力を降下させるための適切な処置を行う。

③ 保安にかかわる責任の所在および指揮系統を明確化するため、責任者を定める。従業員に対しては、使用するガスの知識、設備の保全管理および非常時の対応方法などの保安教育や訓練を実施し、保安意識の高揚をはかる。



CEの概念図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

4.1 組織・基準類

4.2 設備の検査

4.3 設備の診断・寿命予測

4.4 工事管理

4.5 設備管理ミスによる事故例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.1 組織体系

a） 事業所における設備管理部門の位置づけ

1） 集中設備管理体制

事業所長（工場長）の下に設備管理部門が直属し、製造部門、保全管理部門のみならず、他の生産計画などの設備運転に関連する部門を統合した組織であり、比較的小規模の事業所または1つの事業所しかない場合によくとられる管理体制であり目が行き届きやすい利点があるといわれる。

2） 分散設備管理体制

事業所またはいくつかの製造所がある場合は、本社機構の生産部門長の下に設備管理部門があり、その中で製造部門と保全管理部門が独立した部門として存在し、お互いに設備管理に寄与するような組織。全社にまたがる課題などの対応には本社機構の機能が重要になる。

3） 折衷型設備管理体制

日々の運転で必要な日常保全部門（例えば機器のバックアップの少ない機械の保全）のみを製造部門に所属させ、専門保全または大掛かりな保全部門は別組織にする組織。
この場合、保全部門のどの分野を運転部門に属させるかは、企業の規模、プロセスなどによって異なる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.1 組織体系

b） 保全管理部門の分類

（1）配置による分類

集中保全　：保全を担当する人を組織的、地理的に1 つに集めた組織
地域保全　：保全を担当する人を組織的には統合されているが配置的には地域に分散した組織
部門保全　：組織的、配置的に製造部門監督者の下に位置づけた組織
折衷型保全：集中管理されるグループと地域に配置されるグループをもった組織

（2）工学的専門技術による分類

材料、機械、電気、制御、建築、土木などに分化した組織

（3）設備管理機能による分類

計画管理、検査診断、工事管理、整備・修理などに分化した組織

これらのうち検査診断の専門的な領域は、技術の高度化・維持を勘案して本社機能として、集中して配置しておくことが多い。

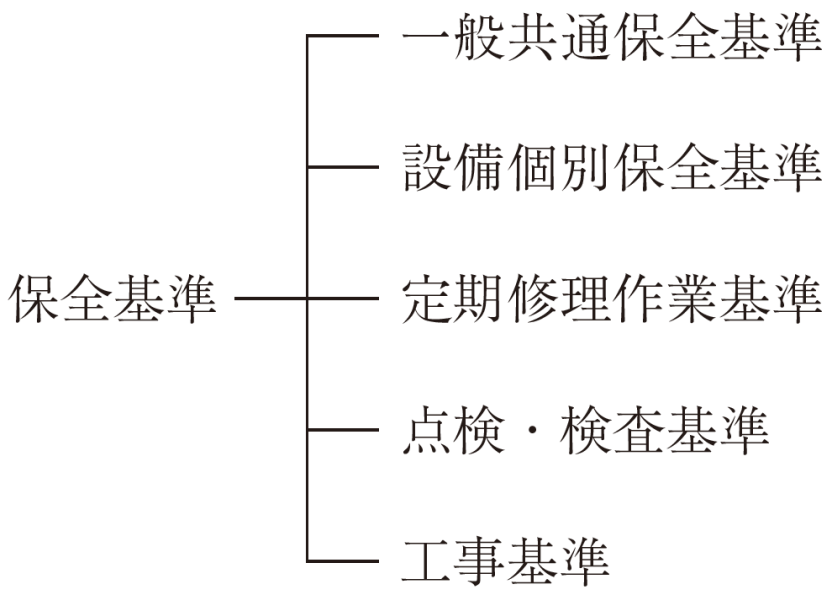
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2 規程類の整備

a） 設備管理規程

設備管理規程は、組織の運営上定められた各社の社内規程の中で、安全管理規程の中の技術管理の項に位置づけられることが多い。規程体系例によると、この設備管理規程は、設計基準と保全基準に大別される。

これらの基準は、確実な運用を図るとともに、技術の革新または設備の改造・変更などに対応できるように、改訂の手順、方法、時期および改訂後の処理などについてあらかじめ定めておき、制定、改訂後には教育により周知徹底を図ることが肝要である。



保全基準の構成例

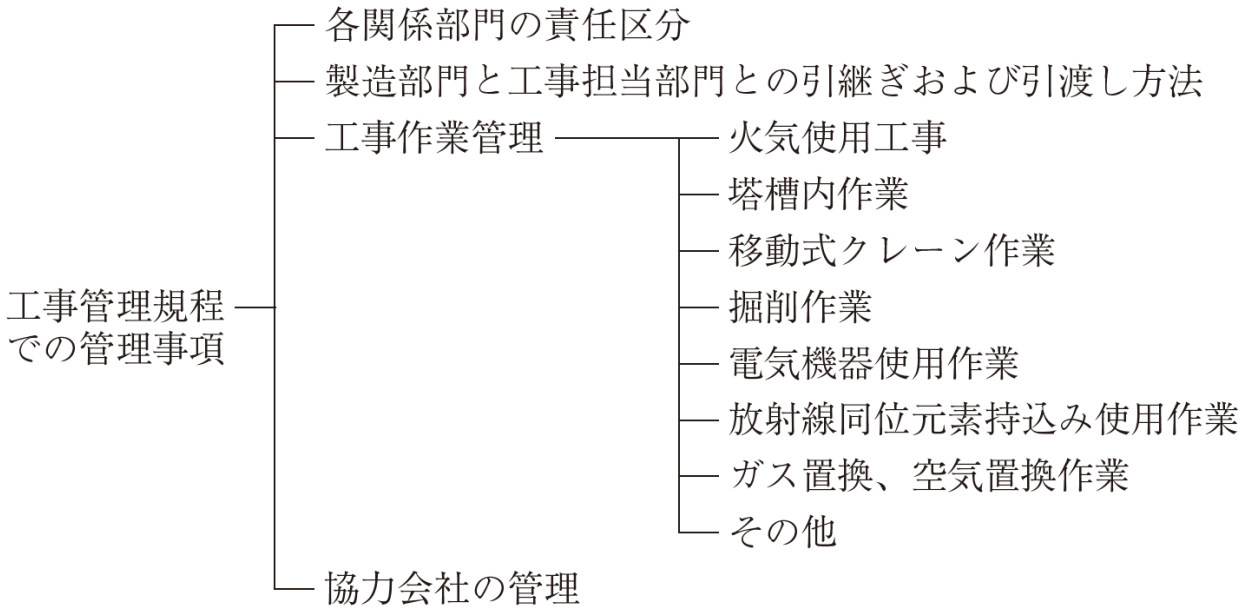
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2 規程類の整備

b） 工事管理規程

この規程は、主に保全部門における工事実施時での管理事項として次の項目を含めて整備する。下記に表記する工事作業管理のうち、火気使用工事から放射性同位元素持込み使用作業までの各項目は、事業所の保安部門を含んだ部署の許可手続きを必要とするのが一般的である。

工事管理規程の例



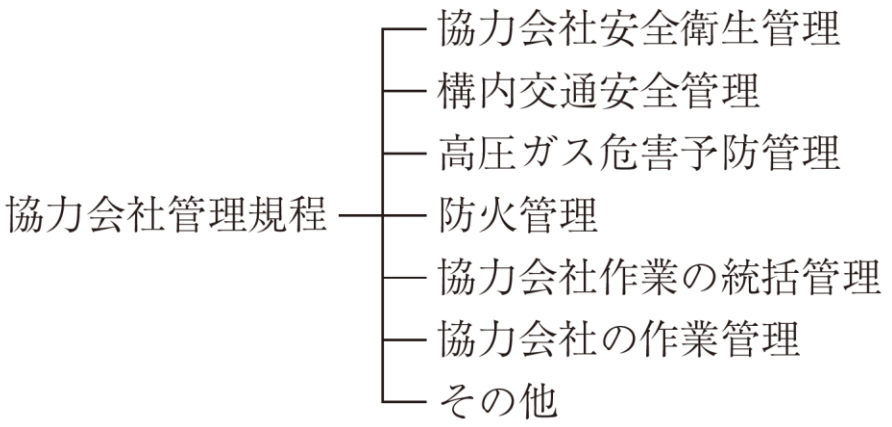
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2 規程類の整備

c） 協力会社管理規程

実際の定期修理などの作業は、専門的技術、設備・機材などをもつ構内または外部の工事事業者に委託して行うことが多い。これらの事業者は協力会社と呼ばれている。この協力会社は作業の規模、期間により構内に常駐する場合もあるし構外に事務所を設置して工事期間中のみ入構する場合もある。協力会社管理規程は、これら協力会社の従業者による作業を円滑に進め、かつ、作業の安全を確保することを目的とするもので、
一例として次の項目より構成される。

協力会社管理規程の例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

a） 対象設備の明確化

保全計画の対象とする設備と管理単位（機器単位、部品単位）を明確にする。
これは構成部品単位数が少ない塔槽・熱交換器と膨大な部品にて構成されている
制御・コンピュータなどの電子機器とで管理単位の分け方を変えたほうが管理しやすい。

b） 重要度ランクの設定

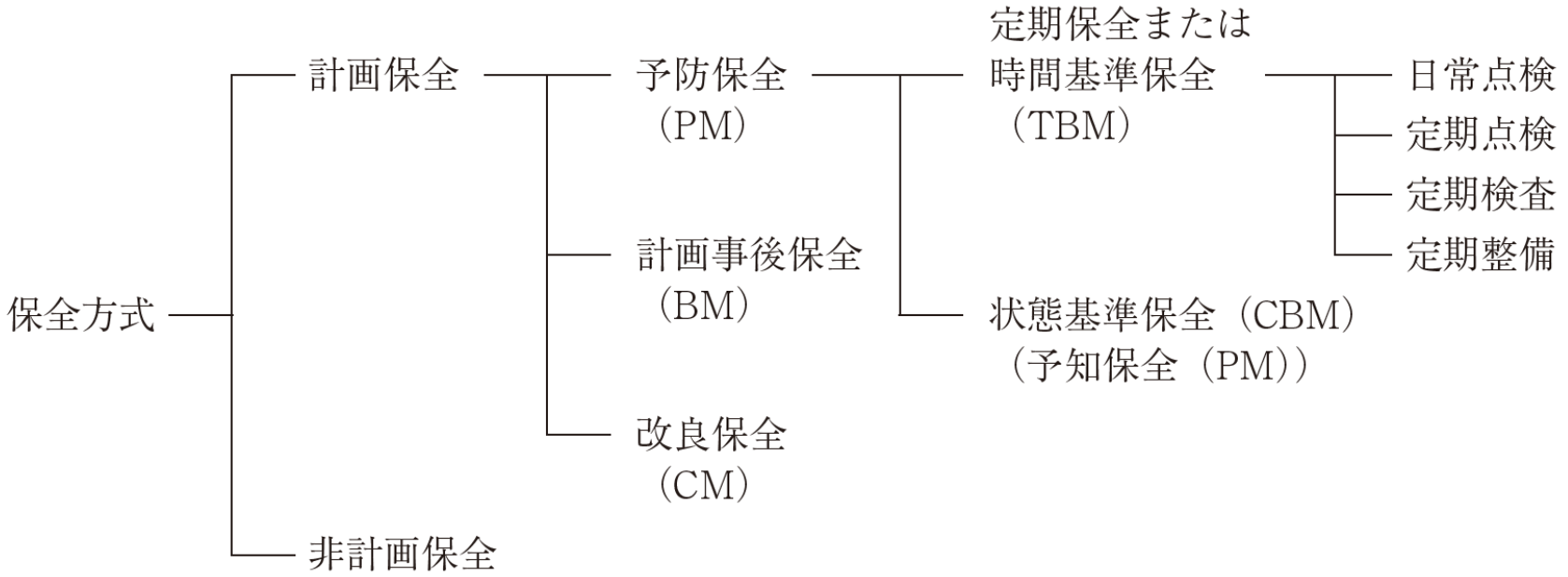
製造設備を安全性（物性、環境影響、形態、爆発等級、危険度、温度、圧力）、
生産性（品質、生産量への影響）、保全性（修復期間、予備機の有無、予備品の手配、
修復費用）などの観点により、A、B、C またはA、B、C、D などの重要ランクに分類することが
行われている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

c） 保全方式の決定

機器、部品の重要度、経済性、故障予知技術（診断技術）の有無に応じて保全方式を決める。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

c） 保全方式の決定

1） 予防保全（Preventive Maintenance ＝ PM）

設備が機能を停止するかまたは要求された性能の低下をきたす前に計画的に設備を整備し、突発故障を防止することを目的とする方式。定期保全（時間基準保全）と状態基準保全がある。

（1）定期保全（時間基準保全）（Time Based Maintenance ＝TBM）

あらかじめ定めた周期ごとに部品交換または修理を行う方式。周期は摩耗、詰まり、腐食、劣化などの要因を考慮して実績や同種設備の事例を参考に決める。
点検など周期途中の保全工数は少なくなるが、周期を安全サイドにとればオーバーメンテナンスになり、長すぎれば突発故障につながるので周期はよく検討して決めなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

c） 保全方式の決定

1） 予防保全（Preventive Maintenance = PM）

（2）状態基準保全（Condition Based Maintenance =CBM）

予知保全（Predictive Maintenance=PM）ともいい、検出技術、評価技術、設備診断技術などにより、設備の劣化傾向を連続的または定期的に監視、把握しながら設備の寿命などを予測し、次の整備の時期を決める方式。監視事象には温度、振動、詰まり（総括伝熱係数、圧力損失）、電流変化、グリース劣化度、腐食進行状況などがある。

モニタリングシステムの構築や定期的な監視のための設備・工数が必要になるが、異常の早期発見に対し信頼性が高いので、重要な設備や故障の発生と時間との相関が小さい設備に適用される。各種センサの発達やコンピュータ利用によるデータ管理技術の進歩により検出設備の信頼性向上とともに採用が増えている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

c） 保全方式の決定

2） 計画事後保全（Scheduled Breakdown Maintenance ＝ BM）

設備が故障または要求された性能の低下をきたしてから整備、修理を行うことを前提に
計画的に管理する方式。一般的には寿命まで設備を使い切るので費用は小さく、
重要度ランクの低い設備に適用される。

予防保全（PM）の導入初期においては否定された方式であるが近年は重要度に応じて
あらかじめ適用機器を決めておくことにより修繕費の効率的な配分を行うことが可能となる。

3） 改良保全（Corrective Maintenance ＝ CM）

設備の性能や健全性、保全性などを向上させる目的で設備を改善する方式。
この中には保全工事内容の対応のみならず、機器設計上の改良点を提案し、
再設計する行為も含むことがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

d） 長期計画の作成

設備の劣化には進行が速いものと遅いものがある。一般的に塗装や、劣化の進行が遅く対象範囲が広い腐食は、更新費用も大きくなるので長期計画を立てて実施される。
また、設置後の技術進歩によって設備が陳腐化し、周囲の設備の要求する機能が不足する場合にも計画的に更新が行われる。

e） 保全カレンダーの作成

上記の保全計画と長期計画に基づいて当該年度に実施する保全活動の実施時期を操業計画と調整して年間計画を作成し、資材や工事の発注計画を立てることが行われている。

f） 発注先の選定

工事の発注先は専門技術力、経験などを評価し、信頼できる会社を選定する。
工事計画のみならず現場での工事実行段階までの技術・体制を確認する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.1 各種検査

a） 事業所の受入検査

製造メーカーから設備・機器、部品などが納入されたとき、その材質、寸法、構造などが仕様書、承認図および検査などの要求事項に適合していることを確認するのが受入検査である。
特定設備にあっては、特定設備検査合格証または特定設備基準適合証の交付を受けたものであって、その旨が表示されていること、また、認定試験者の試験にかかわるものにあっては、認定試験者試験等成績書および所定の表示がなされていることを確認する。
その他の高圧ガス設備は、事業所で耐圧試験、気密試験および必要に応じて非破壊試験を行う。

b） 社内検査

受入検査後、設備の据付けが完了すれば、一部の回転機械などにあっては配管との接続を行ったのち、試験運転を行い、また、配管のループチェック、設備全体の気密試験などを行う。

c ）都道府県知事などの完成検査

上記の社内検査が終了、合格すれば、都道府県知事などの完成検査を受け、完成検査に合格したのち、高圧ガスの製造運転を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.2 製造設備の維持管理のための検査

a） 日常検査

法で規定する使用開始・終了時および運転中の点検以外の、主として設備管理部門の検査担当者が検査用機器を用いて設備の運転中に行う検査。OSI（On Stream Inspection）といわれる。
製造設備の異常は、運転中でないと発見しにくい場合があり、定期検査のみでは、運転中の経時的変化を的確に把握できにくいので、このような短所を補うものとしてOSI の意義がある。

b） 定期検査

製造設備の維持管理のため、定期検査（修理も同時に行うことがあるので定期修理ともいわれ、高圧法では定期自主検査といわれる。）は、1 年に1 回以上行わなければならない。検査の方法などについては高圧ガス保安協会規格（KHKS）の定期自主検査指針に指針として示されている。

c） 保安検査

高圧法では第一種製造者は、都道府県知事などが1 年に1 回行う保安検査を受けなければならない。ただし、期間延長が認められているものもある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

a） 日常検査

1） 検査内容などの決定

先に定めた設備の重要度ランクに応じて検査内容や周期を定める。その際には設備の使用環境での損傷要因、過去の検査データ、運転条件の変化、国内外の類似設備での事故情報などを参考にして検査内容を決定する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

a） 日常検査

2） 検査に使用する機器

日常検査には、聴音棒、簡易振動計、ガス検知器、超音波厚み計などが用いられるが、配管の検査には、超音波厚み計のほかに、赤外線サーモグラフィー、放射線透過試験による減肉量のチェック、また、塔槽類では、アコースティック・エミッション（AE：Acoustic emission）によるチェック、コロゾメーターによる塔槽、熱交換器、伝熱管などの減肉傾向をチェックすることも行われる。
また、赤外線温度計により外面の温度分布を測定し、内面ライニングに用いられているキャスタブル耐火物の剥離、脱落を確認することも行われる。また運転部門でも日常検査として、ドレン水での鉄分分析、腐食成分分析などを行い、運転面からの変動の有無を検査する。これらは運転状況での設備変化をとらえるとともに、定期検査における追加検査・工事の検討に有用である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

1） 気密性能の検査

（1）高圧ガス設備を開放した場合の気密試験

原則として、気密試験圧力は常用の圧力以上とし、危険性のない気体を用いて行う。
ただし、運転状態の高圧ガスを用いることが適当な場合には、当該高圧ガス設備の
運転状態の圧力で、運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

1） 気密性能の検査

(2) 高圧ガス設備を開放しない場合の気密試験

① 気密試験は、原則として空気その他の危険性のない気体の圧力によって行う。
② 気密試験は、当該設備が脆性破壊を起こすおそれのない温度において行わなければならない。
③ 気密試験圧力は、常用の圧力以上とし、漏えいの確認は、規定圧力を10分以上保持した後に行う。
④ 検査の状況によって危険がないと判断される場合は、当該高圧ガス設備によって貯蔵または処理される気体を使用して気密試験を行うことができる。この場合、圧力は段階的に上げ異常のないことを確認しながら昇圧する。
⑤ 気密試験は、気密試験圧力において漏えいなどの異常がないとき、これを合格とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

2） 耐圧性能および強度の検査

定期検査では原則として耐圧試験は実施しない。したがって高圧ガス設備の耐圧性能・強度に係る検査は耐圧性能・強度に支障を及ぼす減肉、劣化損傷、その他の異常がないことを次の目視検査および非破壊検査により確認する。なお、配管に代表されるような設備の大きさ、形状、内部の構造などにより内部からの検査を行うことができない設備では、外部からの適切な検査方法により内部の減肉、劣化損傷がないことを確認する。

（1）目視検査

設備内部および外部表面の腐食、膨れ、割れなどの異常の有無を目視により観察し、設備の健全性を評価する。直接目視によるほか、必要に応じファイバースコープなどの検査器具類を使用する。また非破壊検査の必要性についても検討を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

2） 耐圧性能および強度の検査

（2）非破壊検査

非破壊検査には、肉厚測定のほかに各種の方法があり、劣化損傷の検出に対して適切な方法を選定する。
なお、溶接補修または設備の一部取り替えなどにより耐圧試験を実施する場合がある。

① 耐圧試験は、原則として水を用いた液圧試験によって行う。
② 耐圧試験において、やむを得ない理由で水を満たすことが不適当な場合には、
空気またはその他の危険性のない気体の圧力によって行うことができる。
③ 耐圧試験を空気その他の気体によって行う場合には、あらかじめ長手継手、周継手について
放射線透過試験を行い、その等級分類がJISで定める1類または2類であることを確認する。
④ 耐圧試験は、当該設備が脆性破壊を起こすおそれのない温度において行わなければならない。
⑤ 特に定める設備を除き耐圧試験圧力は、液体で行う場合は常用の圧力の1.5倍以上、
気体で行う場合は常用の圧力の1.25 倍以上とし、規定圧力保持時間は、5～20分を標準とする。
⑥ 耐圧試験は、耐圧試験圧力においてふくらみ、伸び、漏えいなどの異常がないとき、これを合格とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

3） 音響検査

音響検査は、高圧ガスを継目なし容器に充填するとき、あらかじめテストハンマなどで容器を軽く叩いて、その音色によって欠陥の有無を判定するものであるが、製造設備では、はめあい部分、ボルトナットの緩みなどの点検にも利用できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

定期検査時には、この検査と並行して、熱交換器の清掃、触媒の更新、加熱炉の耐火れんがの張替えなどの性能維持の工事や腐食の著しい配管、熱交換器チューブの交換などの部分補修などの工事、
また、設備改良などの工事が同時に行われることが多い。

a） 気密試験

定期検査における気密試験は、分解整備などのため取り外された小配管、計測機器などが取り付けられた運転開始直前、すなわち定期検査最終段階で行われるのが一般的である。
前述の方法によって製造設備に圧力を加え、石けん水などを用いて、フランジ部などの継手部、バルブグランド部などを重点に漏えいのないことを確認する。場合によっては、製造設備に圧力を加え、長時間放置した場合の圧力降下を調べることもある。
熱交換器や冷却器などは、取り外して清掃したのち、機器単独で気密試験を行い、接続配管と接合したのちガスケット部、管板部などに漏えいのないことを確認する。
試験の結果、漏えいを認めた場合には、部品取替え、補修などの処置を講じて再度、気密試験を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

b） 耐圧性能および強度

塔槽類の内部腐食の検査は、塔槽を開放し検査員が入槽するなど開放箇所から内部の状況を調べる開放検査で行われる。開放検査では目視検査を主体に、腐食、溶接部の割れなどの非破壊検査を行う。

肉厚測定には超音波厚み計が利用されるが、測定するための定点を定めておき、その箇所で肉厚を測定し、過去の測定値と比較して肉厚の現状、肉厚減少の傾向などを把握する。

渦電流探傷試験（渦流探傷試験）による検査の結果、例えば腐食などが著しいと思われる熱交換器などのチューブは、取り外した後、切断して肉厚を確認し、その結果に基づき措置を講ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

c） 安全装置

1） ばね式安全弁

ばね式安全弁を設備から取り外す場合は、必要に応じて分解整備したうえで、窒素などの安全なガスを用いて加圧し、作動圧力が所定の値になるように設定する。
ばね部での傷の有無などを点検し、損傷が見られたら交換する。特に、腐食ガス環境でのばね式安全弁は割れを引き起こすことがあるので、材料チェックと傷の点検は重要である。

2） 破裂板

外観を検査し、異常が認められるものは、抜取り検査などによりあらかじめ性能を確認してある破裂板と交換する。

3） 逃し弁

ばね式安全弁に準じて検査し整備する。

4） 自動圧力制御装置

部品の分解整備を行い、作動状況を確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

d） 緊急遮断装置

貯槽配管の緊急遮断装置は緊急時の遮断に重要な装置であり、定期保全は欠かせない。目視検査の他作動検査とその緊急遮断装置にかかる貯槽の開放時などに弁座の漏れ検査を行う。一部の事業所では運転中にも保全できるように二重化あるいはバイパスして孤立化している所もある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

e） 回転機械

1） 往復圧縮機

（1）軸受の検査と調整

（2）ピストンロッドの摩耗状況とメタリックパッキンの状況

（3）シリンダの摩耗・腐食状況、ピストンリングの状況

（4）吸込み弁、吐出し弁の分解整備

2） 遠心圧縮機

（1）羽根車の摩耗などの検査を行い、摩耗などの状況によっては、バランス検査と調整を行う。
このバランスには高速バランスと低速バランスがある。

（2）軸受、軸封部の検査と調整は、回転部よりのシール性に大きく影響を与える検査で
あるので軸受の傷の検査、軸封部のパッキン交換を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

e） 回転機械

3） 圧縮機共通項目

（1）冷却器は取り外して分解し、腐食状況、肉厚の測定などを行い、汚染している場合には清掃する。補機といえども本体に不可欠であるので、熱交換器の検査に準じて行う。

（2）潤滑油系統では、給油ポンプ、逆止弁などの分解整備を行う。詰まりのないようにフィルタの清掃も行う。

4） ポンプおよびブロワの検査項目

圧縮機に準ずるが、特に軸受については分解点検にて検査を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

f） バルブ類

貯槽の配管に設けたバルブについては耐圧性能および強度にかかる検査と作動検査を行う。主要検査項目を次に示す。

（1）弁箱などの内部腐食状況

…… これは耐圧性能に影響する。

（2）弁棒の摩耗状況とグランドパッキンの状況

…… これは漏れに影響し、開放検査の際にはグランドパッキンは交換する。

（3）弁棒のねじの摩耗状況

…… これは閉切りなどのバルブの閉止作動機能に影響を与える。

（4）シール部分の傷、エロージョンなどの状況

…… これは漏れなどのシール性に影響を与える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

g） 計測器、インターロック機構

1） 計測器

(1) 圧力計

目視および精度検査を行う。目視検査は圧力計に破損、変形その他の異常がないことを目視により確認する。精度検査は圧力計精度確認用器具を用いて精度を測定し、圧力計の誤差が許容差以内であることを確認する。なお、許容差は、JIS 規格に定める許容差またはこれと同等程度以上、もしくは当該圧力計の2 分の1 目量以内などであること。ただし、特別な場合には代替比較検査で精度検査に代えることができる。

(2) 温度計

圧力計と同様に、目視および精度検査を行う。目視検査は圧力計と同様である。精度検査についても圧力計と同様に、温度計精度確認用器具を用いて精度を測定し、温度計の誤差が許容差以内であることを確認する。なお許容差は、JIS 規格に定める許容差またはこれと同等程度以上、当該温度計の1目量以内などであること。

ただし、特別な場合には代替比較検査で精度検査に代えることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

g） 計測器、インターロック機構

1） 計測器

（3）その他の計測器は、それぞれの構造、機能に応じて検査する。
なお、高圧ガス設備に設ける圧力計や温度計の基準については製造細目告示に定められている。

2） インターロック機構

インターロックを構成する遮断弁などの目視検査およびインターロック機構の作動検査を行い、
円滑、確実に作動することを確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

h） ガス漏えい検知警報設備

1） 目視検査

外観に腐食、損傷、変形その他の異常がないことを目視により確認する。

2） 作動検査

検知および警報に係る作動検査を行い正常に作動することを確認する。

（1）作動検査は試験用標準ガスにより実施する。（特殊高圧ガスに係る指示値の校正は半年に1回以上行う。）

（2）検知警報設備の発信に至るまでの遅れは警報設定値の1.6 倍の濃度において通常30秒以内であること。ただし特定のガス（アンモニア、一酸化炭素、その他これらに類するガス）については60 秒以内であること。

（3）表示灯、指示計の指針・検知部の状態、サンプリング系の状態等必要な点検事項を確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

i) その他

上記以外については、設備が多岐にわたるため詳細は省略するが以下に項目のみを記す。

(1) 防災設備(消火・散水設備、警報設備など)
(2) 除害措置のための設備(除害剤散布装置、散水装置、ガス吸収装置など)
(3) 電源装置(保安電源、緊急電源装置など)
(4) 港湾などの設備
(5) 道路・側溝などの設備
(6) 基礎地盤沈下状況の測定(不等沈下、陥没など)
(7) タンクなど貯槽設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.5 定期検査の結果の記録

これらの記録は必要事項を記載するとともに、整備、保存し、設備管理へ反映しなければならない。
定期検査の結果記録には、一般則、液石則およびコンビ則により、次の事項を記載しなければならない。

① 検査をしたガス設備
② 検査をしたガス設備ごとの検査方法および結果
③ 検査年月日
④ 検査の実施について監督を行った保安係員の氏名

なお、一般的には、上記の各項目以外に、設備の製作所名および製作年月日ならびに今回の検査に至る間に取替え補修などを行った場合は、その内容および補修後の検査結果、検査担当者の氏名、次回検査予定日などを記録した設備台帳を整備することが行われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

試験とは、何らかの方法で製品および部品の特性を調べることであり、
検査とは、品物を何らかの方法で試験した結果を、品質判定基準と比較して個々の品物の良品・不良品の判定を下すことである。

対象とする設備の異常や劣化状態を的確に把握するために行う試験は、大きく分けると
設備を一部切断して試験片を加工し試験する方法（破壊試験）と、
設備を壊さずに試験する方法（非破壊試験）とに分けられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

破壊試験方法と得られる情報（診断技術）

試験方法	試験方式	得られる情報（診断技術）
引張試験	引張り	引張強度、降伏強度、延性、伸び、絞り（材料劣化度：強度低下、延性低下）
衝撃試験	シャルピー式 アイゾット式	延性、遷移温度、膨出量、破面、vTrs（材料劣化度：延性低下、変形能）
クリープ試験	大気クリープ 環境クリープ	クリープ破断時間、残存クリープ強度、クリープ延性、クリープひずみ速度 （クリープ余寿命、クリープ損傷度）
疲労試験	両振幅負荷 片振幅負荷 圧縮引張り	残存疲労強度、累積疲労強度（疲労余寿命、疲労損傷度）
硬さ試験	圧痕試験（ビッカース）	硬度分布（表面変化、熱処理状況、溶接熱影響）
分　析	化学組成分析	化学組成、不純物（劣化感受性：焼もどし脆化）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

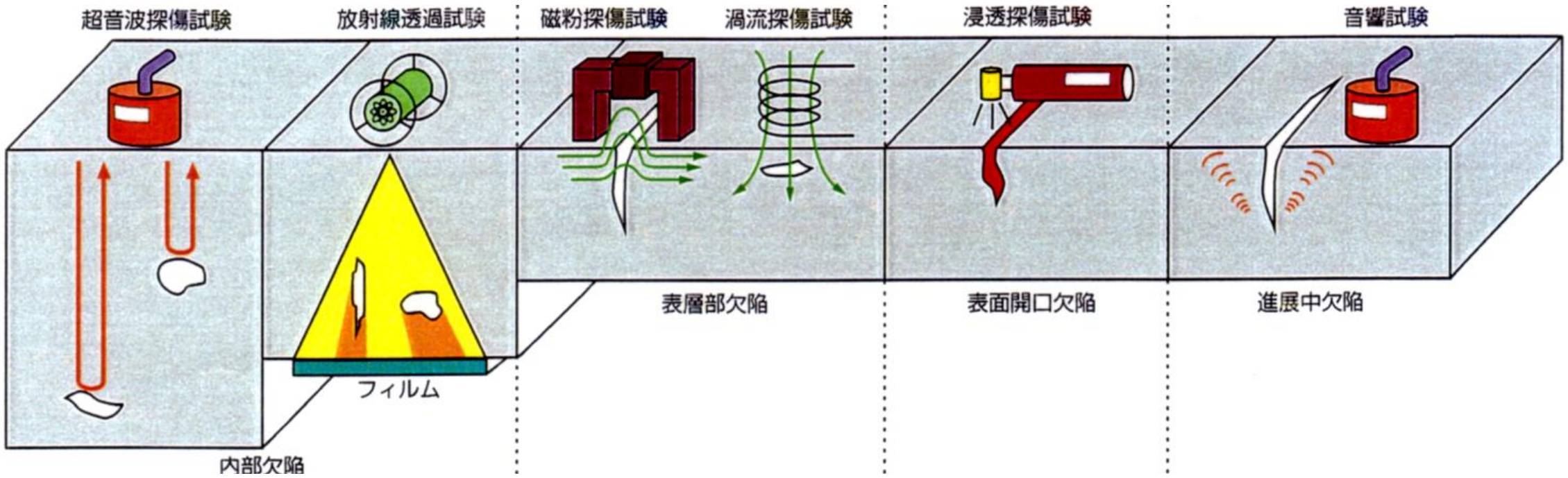
非破壊試験方法と得られる情報

試験方法	試験方式	得られる情報
形状測定	メジャー・ノギス	変形（曲がり、膨れ、扁平）
ひずみ	ゲージ法、X 線回折法	ひずみ分布、残留応力
磁　化	渦流磁化・磁化	割れ、腐食、表面変化、物性変化
超音波	音速・減衰、後方散乱・周波数、ノイズ解析、TOFD 法	物性変化、ボイド、微視および巨視的割れ、厚み、深さ方向の変化、転移、欠陥の種類
放射線	X 線、γ線　他	内部欠陥、ブローホール、溶込不良、割れ、残留応力
密　度	体積法	ボイド、空孔、成分変化
化学成分	溶解、火花	不純物、化学成分（炭素量ほか）
電気抵抗	交流電位差法（ACPD）、直流電位差	割れ、組織変化、析出物、内部応力
電気化学	抵抗値・ノイズ、電位変化・分極抵抗	腐食抵抗性、割れ感受性、皮膜安定性、粒界偏析
転　写	レプリカフィルム	組織変化、微細割れ、ボイド
赤外線	赤外線放射カメラ	温度分布、腐食部位

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

非破壊試験方法と得られる情報

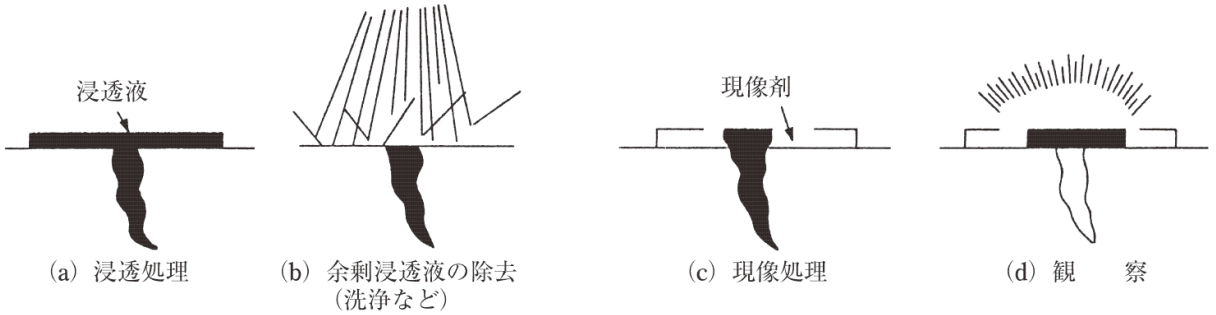


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

a） 浸透探傷試験

浸透探傷試験は、試験体の表面に開口している微小な割れ、孔、巣など、肉眼では確認できない微細な欠陥を検出するのに最も広く用いられている方法である。浸透探傷試験には、浸透液の種類により、染色浸透探傷試験（カラーチェック）および蛍光浸透探傷試験がある。
工程は4 つの段階からなり、まず、試験体の表面の油脂などを除去したのち、試験体表面に染色浸透液または蛍光浸透液を塗り欠陥部に浸透させる。



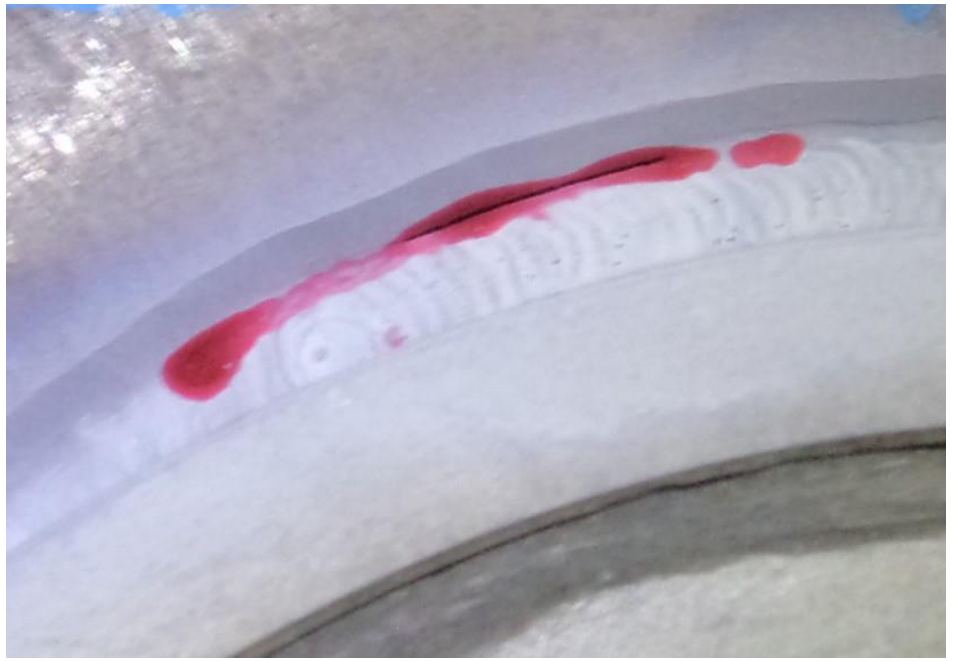
浸透探傷試験の基本原理と工程

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

a） 浸透探傷試験

次に、表面の余分な浸透液を除去し、欠陥部に浸透した浸透液を現像剤により吸い上げる。最後に、現像剤によって吸い上げられた欠陥の形状などを観察する。染色浸透液を用いる場合は明るいところで観察し、蛍光浸透液を用いる場合は暗いところで紫外線照射装置（ブラックライト）を用いて観察する。欠陥の検出精度は蛍光浸透液による方法のほうが若干高い。
浸透探傷試験は金属に限らず、プラスチック、
ガラス、セラミックスなどにも適用できる。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

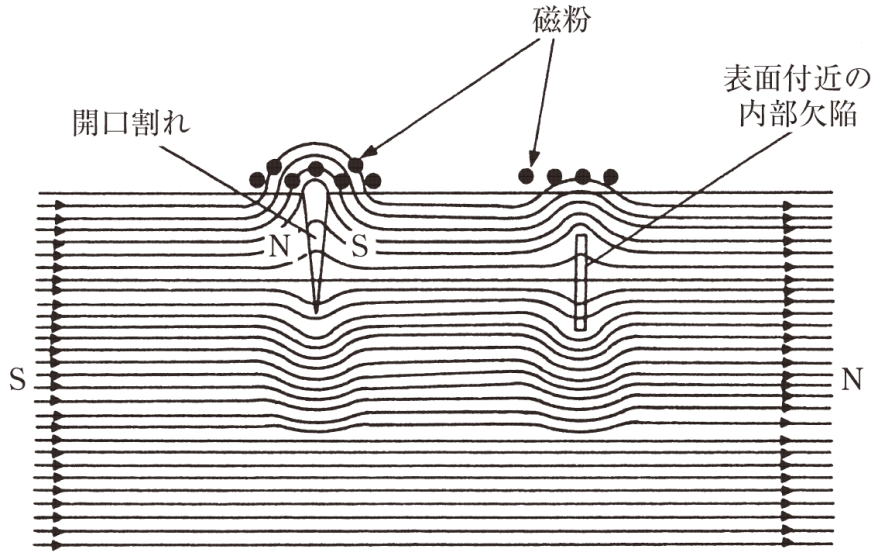
4.3.1 試験・検査

b） 磁気探傷試験（磁粉探傷試験）

磁気探傷試験（磁粉探傷試験）は、試験体を磁化して、欠陥部に生じた磁極により強磁性体の微粉末（磁粉）が付着することを利用して、試験体の表面または表面近くにある欠陥の位置や形状を検出する方法である。

金属材料を磁化したとき、欠陥部の磁気抵抗は欠陥のない健全な部分に比べて大きいため、磁束は欠陥部でわん曲され一部が漏えいする。磁束が漏えいした部分では、局部的な磁極が発生するため、その周囲に磁粉があると欠陥部に磁粉が吸い寄せられ、肉眼でも欠陥の位置や形状が確認できる。
磁粉に蛍光性を与え、紫外線照射によって観察する方法もあり、このほうがより検出精度が高い。

しかし、磁気探傷試験（磁粉探傷試験）は、オーステナイト系ステンレス鋼などの非磁性体材料には適用できない。



磁気探傷試験の基本原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

浸透探傷試験及び磁気探傷試験（磁粉探傷試験）の欠陥検出例

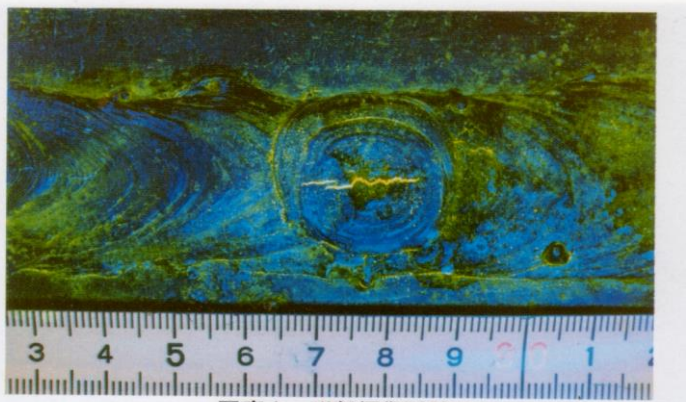


写真１　磁粉探傷試験

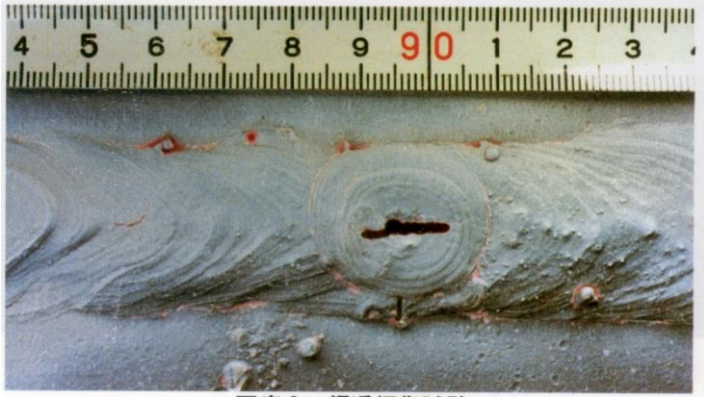


写真２　浸透探傷試験

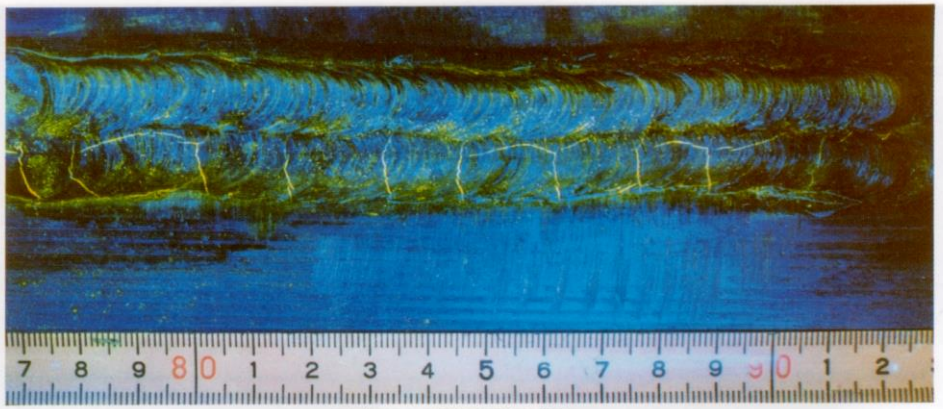


写真１　磁粉探傷試験

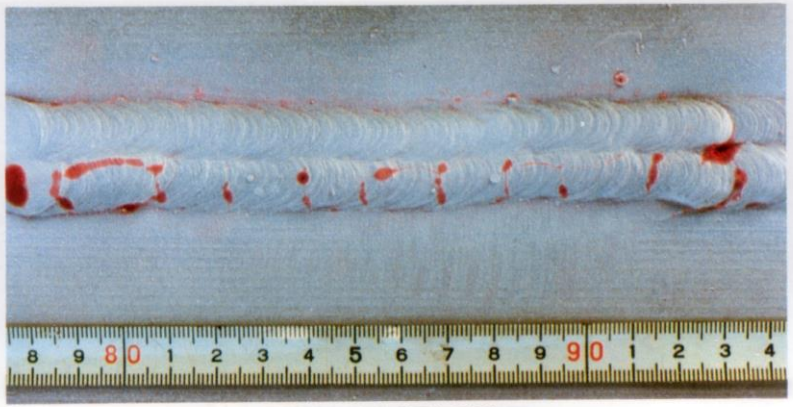


写真２　浸透探傷試験

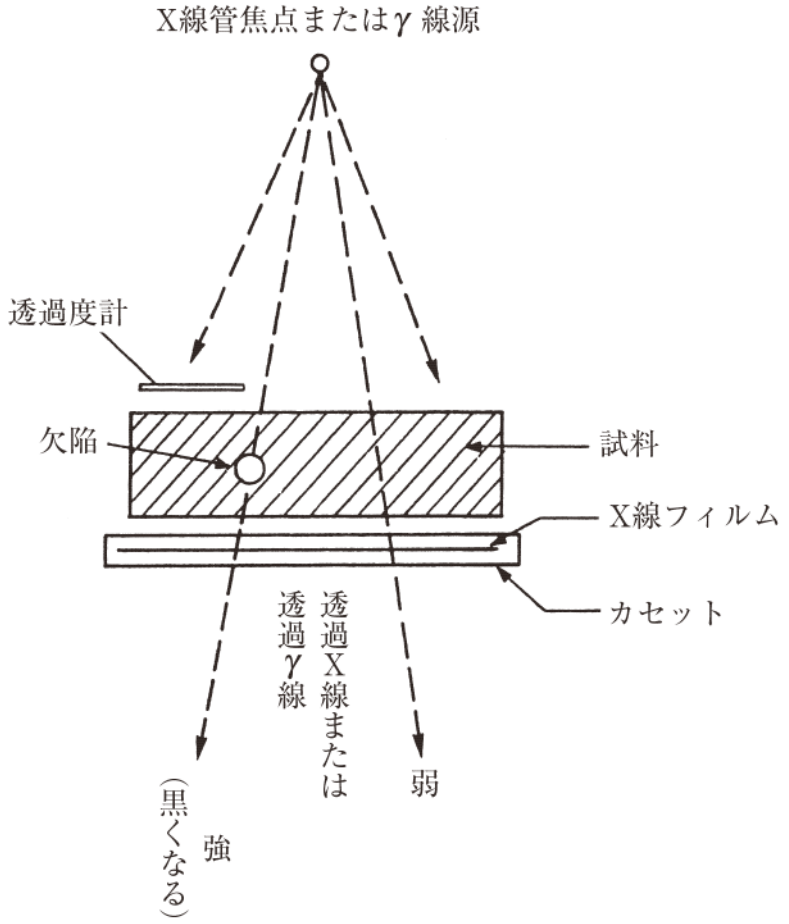
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

c） 放射線透過試験

放射線には、物質を透過する性質があり、その透過の程度は物質の種類、厚さによって異なる。

また、放射線には、写真フィルムに作用し感光させる能力がある。これらの性質を利用して、試験体に放射線を照射し、透過後の放射線の強さの差を写真フィルム上に濃淡の像で現し、欠陥の有無や形状を検査するのが放射線透過試験である。試験に用いられる放射線は、主にX線装置によるX線、放射性同位元素（$^{192}\mathrm{Ir}$、^{60}Coなど）からのγ線である。



放射線透過試験の基本原理

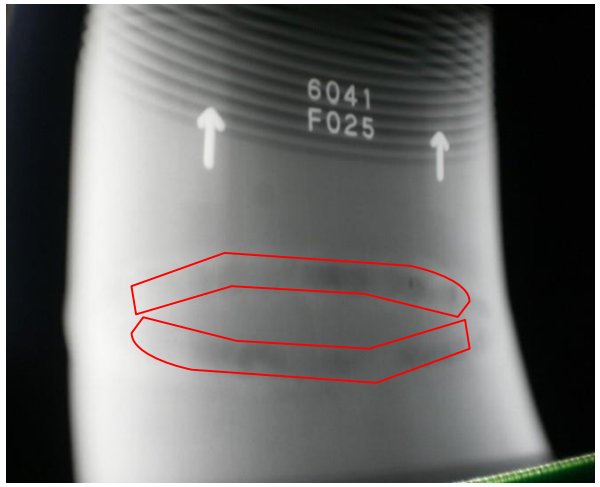
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

c） 放射線透過試験

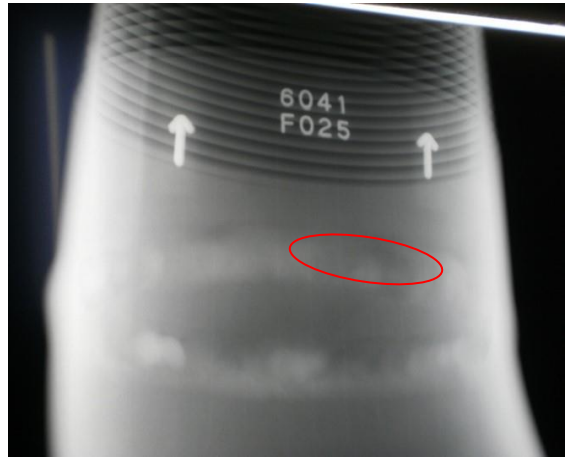
放射線透過試験は、材料中の内部欠陥、特に溶接部や鋳物おける検査に広く用いられている。しかし、放射線入射方向に直角な面にある微細欠陥や、薄くて平面的に広がりのある欠陥の検出には不向きである。

溶け込み不良（内面） 写真



溶け込み不良（内面） フィルム

アンダーカット（外面） 写真



アンダーカット（外面） フィルム

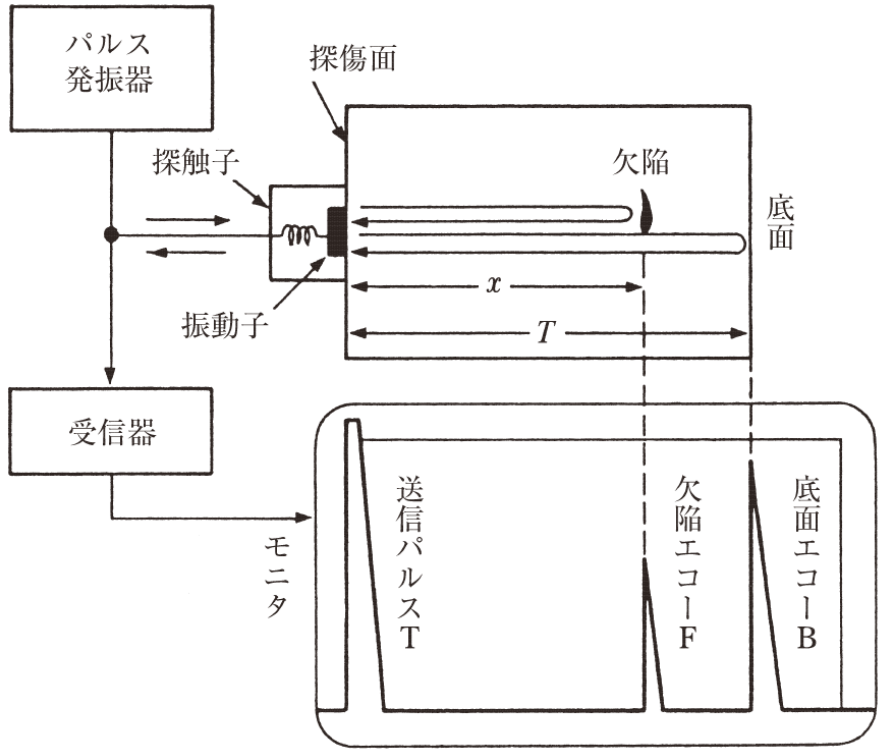
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

d） 超音波探傷試験

試験体に超音波を入射すると、試験体中に欠陥が存在する場合は、その欠陥によって超音波は反射または散乱する。この超音波の反射、散乱から試験体中の欠陥の有無や形状を検査するのが、超音波探傷試験である。音波の中でも波長の短い超音波を使用するのは、指向性が強くなり、また欠陥による反射率が大きくなり、欠陥の位置検出精度を高めることができるからである。

パルス発振器からの電圧で振動子が振動し、超音波パルスが発生する。この超音波パルスは試験体中に欠陥がなければ、底面で反射されて底面エコーB となる。欠陥がある場合は、欠陥部に超音波パルスが入射され欠陥部で反射し、欠陥エコーFとなり、底面エコーBとは異なる位置に表示される。探触子を試験体表面で走査し、欠陥エコーの現れる位置とブラウン管上の底面エコーの位置との関連から、深さ方向の位置を求め、試験体の欠陥位置を同定することができる。また、表面波を用いて表面欠陥を検出する方法もある。

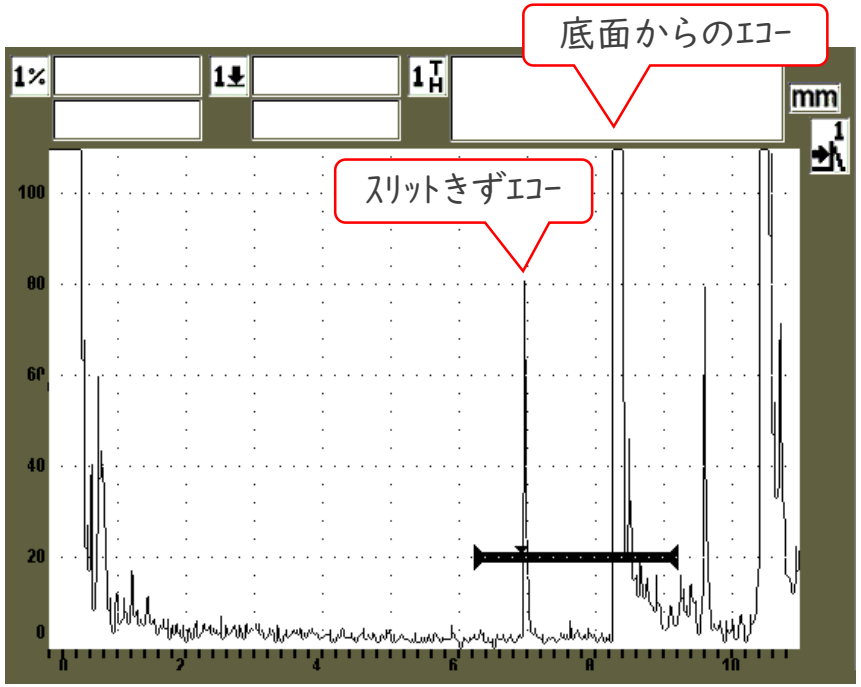


超音波探傷試験の基本原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

d） 超音波探傷試験



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

e） 渦電流探傷試験（渦流探傷試験）

電磁誘導試験の一種で、交流電流を流したコイルにより時間的に変化する磁場を試験体（導体）に加えたとき、試験体に生じる渦電流が試験体中の欠陥、形状・寸法、電気伝導率などにより変化することを利用して、試験体の欠陥の有無、形状・寸法の変化、組成などを検査する方法である。

渦電流探傷試験は、線、棒などの製品の表面きずや熱交換器チューブの割れや腐食の検出などに用いられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

f） アコースティック・エミッション（AE）試験

材料が外力を受けて変形し、また破壊するときにエネルギーが解放され、
その一部が弾性波、主に超音波として放出される。
この音波の放出をアコースティック・エミッションと呼び、発生したAE をセンサを用いて検知することによって、材料の変化（加わる外力や欠陥）を知る試験方法である。
AE 試験は、材料に外力が加えられている状態、あるいは材料中に応力が生じている状態でなければ実施することができないなど、他の非破壊試験とは本質的に異なる特徴を有している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.2 設備診断技術

設備診断技術とは、対象とする設備の異常や劣化状態を的確に把握し、これに機器の使用環境や材料の特性などを加味していつまで使用可能であるかを予測し、設備の健全性を総合的に診断する技術である。

最近は寿命予測のみならず、運転・設計への改善提案までを含んだ設備診断技術ということも多い。設備診断技術は異常や劣化の兆候を測定するセンサやコンピュータなどの発達による信号処理技術の進展と現場での事例の積み重ねにより、適用が拡大してきた。

配管および塔槽類の診断技術の例

想定現象	想定原因	診断方法	診断機器など
破　壊	潜在割れ 異常圧力	音響 運転記録	AE 圧力計
漏えい	腐食減肉、割れ 接合部漏えい、摩擦	肉厚測定、目視、 ガス検知、発泡液	UT、MT、PT ガス検知器
振　動	外部より伝ぱ 気液振動、共振	振動計測 運転条件解析	振動計、運転記録 周波数解析
汚　れ	腐食、内部流体反応	運転条件 製品分析	放射線透過 分析計
閉　塞	内部異物 弁の作動不良	差圧測定	圧力計 放射線透過
膨　れ	異常温度、過大応力	変位量	温度計、赤外線
曲がり	熱応力	温度測定	温度計、赤外線

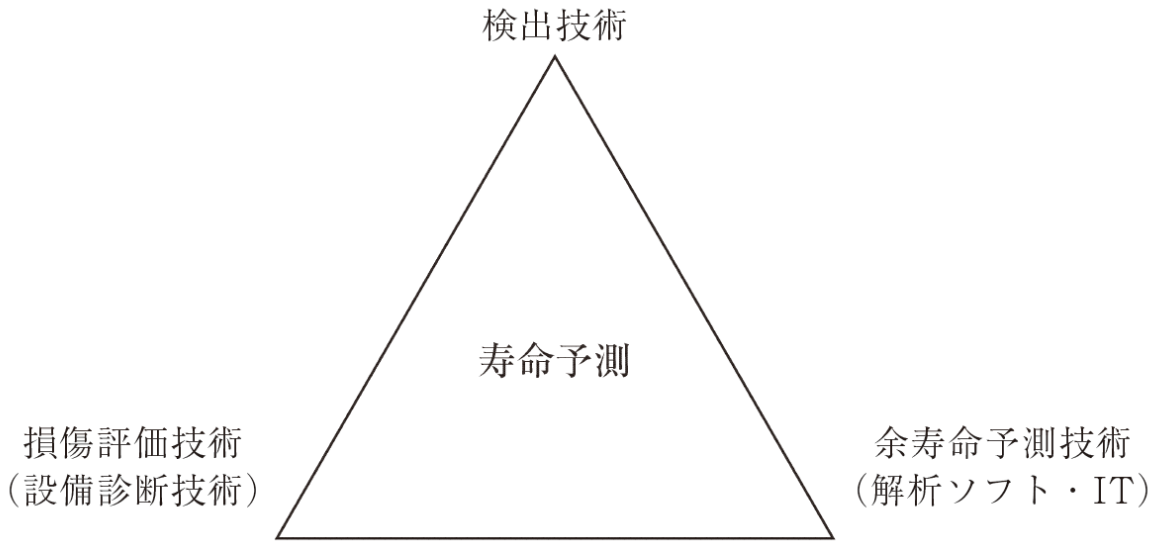
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.3 寿命予測

寿命予測の要素技術としては検出技術、損傷評価技術（設備診断技術）と余寿命予測技術が挙げられる。

設備の寿命予測は、検出技術における各種センサの開発によってオンラインでの機器情報が得られるようになったことや高感度分析機器の開発、疲労における累積疲労損傷概念による寿命予測、クリープ損傷におけるラーソンミラーパラメータ、マンソンヘイワード法などの各種評価技術手法の発達によって、精度よく求められるようになってきている。

しかしながら、設備更新時期については、単に設備の寿命だけでなく、機器再設計・機器調達・製作・工事期間などを考慮して区別されるべきであり、当然のことながら、設備寿命に至る前に更新を行うことが必要である。



寿命予測を支える技術

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.1 工事計画管理の一般的事項

a） 工事計画

工事の計画担当部門は、製造、用役、保全、保安の各部門から工事項目のみならず工事に関係する運転操作項目などを提出させ、関係者間の打合せを行って工事計画を作成する。
計画の内容は工事に関係する者に周知徹底する。

b） 工事管理組織

前記の各部門および協力会社を含めた工事管理組織を編成する。
協力会社には工事安全管理組織を編成させる。

c） 工事作業許可手続

環境確保、工事着手、工事完了、工事用火気使用、塔槽内作業などに関する許可手続などを制度化しておき、工事に関する安全確保を図る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

a） 作業内容の周知

（1）工事内容の周知

工事内容は、工事仕様書などの書面で示し、口頭で内容を補足するとともに、
工事対象の設備を現地で関係者立会いのもとで確認する。

また最近では、工事現場にその週の作業計画とその日の工事内容を記載したボードを
掲示し、関係者への周知徹底とともに、周囲への作業内容の理解、注意喚起を図っている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

a） 作業内容の周知

（2）工事の確認・必要事項の伝達

工事期間中は毎日始業時および終業時に各担当者による定期的なミーティングを行い、工事状況の確認、必要事項の伝達を行う。特に工事が始まってからの工事内容の変更や工程の変更は思わぬ事故を起こすので、十分に関係者への通知、特に末端作業者まで周知されていることが望まれる。

毎朝のツールボックスミーティングにおいて、当日の作業内容での危険想定事象を全員で考えて事故防止を図る活動は、作業員の安全意識の共有化のために有効である。

また、危険未然防止のため、作業工程の区切りごとにヒヤリ・ハット事例として、大きな災害に至らなかったが、もし間違っていたら大事故になった事例の勉強会などは事故防止のために有用である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

b） 工事の各段階における安全確認

（1）運転部門における工事前作業

主に工事を行うために必要な工事安全環境の確保（危険物の除去、可燃性ガス・有毒ガスのパージ、既設運転地区への通行封鎖処置など）を行う。

（2）運転部門から保全部門への引渡し

工事が着工できる環境確保がなされた時点で関係者が安全確認を行い、保全部門への引渡しがなされる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

b） 工事の各段階における安全確認

（3）工事の施工

中工事施工中は、毎日作業着手前に工事環境の確保がなされているか関係部門と連携をとり確認後、作業に着手する。
特に工事が長期間にわたる際には、当初確認した工事安全確保の状況が変化していることがあるので、注意が必要である。また毎日の作業中でも、周囲の運転状態の変化により安全環境が脅かされることがあるので、常に工事部分のみならず周囲の環境変化に注意を払う必要がある。
施工に試運転を含むことがあるが、その際には事前に試運転計画書を提出し、運転部門と連携して、安全に試運転を行う必要がある。

（4）保全部門から運転部門への引渡し

試運転・作業検収が終わり工事が完了したら、設備を運転部門へ引き渡すが、その際には工事による変更事項の内容を運転部門と確認（設備仕様台帳の変更など）するとともに、運転するのに必要な要領などの変更がなされているかどうかを確認することが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

c） 火気工事とその管理

（1）裸火と称される火気の管理

溶接作業におけるアーク発生、ガス切断、アークガウジングなどによる溶断や、工事用の簡易発電機などに用いる内燃機関の火気、作業員休憩所にて使用するストーブ類などの火気の使用がある。
これらの使用に際しては、火気工事許可の条件として、安全環境の確保と消火器などの設置、マフラーの取付け、溶接時の火花飛散防止処置（飛散防止シート、囲いなど）、緊急時の措置などを条件に許可される。

（2）火花の管理

電気器具の使用によるショート、工具（ハンマ、タガネ、グラインダなど）の使用による衝撃火花、摩擦火花などがある。これらは防爆器具または安全工具の使用とともに安全環境の確保、飛散防止対策と消火器などの設置をもって許可される。

（3）高熱物の管理

工事には、燃焼器、電動機、ヒータなどの発熱体で代表される外部温度が極めて高い機器類を使用することがある。このようなものは、安全環境の確保が第一であり、運転部門とともに周囲の環境確保（可燃性ガスに対する遮断、スチームカーテンなど）を図る必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

d） 置換作業（塔槽内での工事安全管理）

塔槽内（貯槽を含む。）での工事の際には、作業者の安全確保とともに作業環境安全確保のために、ガス置換作業が行われる。ガス置換作業は、設備内のガスを不活性ガスなどに置換する「ガス置換」と、不活性ガスなどに置換後作業者が槽内に入るためにこれを空気に置換する「再置換」の2 段階に分けられる。これらの置換作業は、可燃性ガスが存在すると静電気放電などの発火源により爆発事故を起こすことがあるのでそれを避ける目的と、作業者の酸素欠乏による窒息、有害ガスによる事故、有機溶剤中毒などを防ぐ目的の両面をもつ。

ガス置換には、窒素などの不活性ガスが使用されるが、可燃性ガスや毒性ガスの設備では、置換と内部清掃を兼ねた水による置換も可能である。ただし、水で置換する場合は水に微量溶解したガスが、水を排出する際に大気中に放出されることになるので、監視と必要に応じて措置を講じる。

また、塔槽内での作業中の事故を防止するため、入槽箇所には目立つ場所に「入槽作業中」、「立入り禁止」などの標示や、入槽時の作業環境確保確認の掲示を行うとともに、現在の入槽者の氏名がわかるボードを設置しなければならない。酸素欠乏危険作業主任者を選任し、監視人を決める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

d） 置換作業（塔槽内での工事安全管理）

（1）ガス置換

ガス置換完了の確認は、可燃性ガス、毒性ガス、酸素ガスなどの、それぞれの塔槽におけるガス濃度を測定して行う。
ガスの残存、内部燃焼による二酸化炭素の発生などに注意し、有害ガスなどの除去を確認する。
また置換ガスに窒素を用いた際には、滞留部に窒素がたまることがあるのでガス検知は設備の内部構造を考慮して、適切な測定箇所を定めて行う。
なお、ガス置換に水やスチームを使用した場合、水洗が不十分なために内部に残存する硫化鉄の燃焼により有害ガスが発生することがあるので注意する。また、水はその廃水処理においても、処理設備におけるCOD、SSなどの負荷を考慮する必要がある。

ガス置換完了確認のガス濃度

ガスの種類	ガス置換完了確認のガス濃度	空気再置換完了後に作業員が設備の内部へ入る場合に確認するガス濃度	
可燃性ガス	爆発下限界の1/4 以下の値	—	酸素18 ～ 22 vol% （修理などの作業期間中も確）
毒性ガス	許容濃度以下の値	許容濃度以下（入る直前に再確認）	
酸素ガス	酸素22 vol%以下の値	—	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

d） 置換作業（塔槽内での工事安全管理）

（2）再置換

不活性ガスや水などで置換された塔槽設備の中に作業者が入って工事ができるように、工事着工前の環境安全確保として空気による再置換は重要である。作業環境確保には設備内部の酸素濃度が18~22 vol%の範囲でなければならず、当該作業の期間中も酸素濃度の確認を行わなければならない。また、空気で再置換する前に、空気と接触して燃焼または毒性ガスを発生する内部残留物がないように十分確認しなければならない。

毒性ガスの設備の場合は、空気による再置換後の入槽直前に、設備内部の毒性ガスの濃度が許容値以下であることを再確認し、必要に応じて保護具を着用して入槽しなければならない。

なお、再置換には、運転または保管のため再度不活性ガスと置換する作業がある。

これは、空気により置換された設備に可燃性ガスなどのプロセス流体を導入させる際、爆発混合気体を形成しないようにするためで、酸素濃度に注意して十分に窒素ガスと置換した後に導入することが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

d） 置換作業（塔槽内での工事安全管理）

（3）配管のガス遮断

設備を開放し、人がその設備の中に入って修理、検査などを行う場合には、設備の他の部分からのガスの漏れ込みを防止するため、開放する部分の前後のバルブを確実に閉止し、
かつ、開放する部分におけるバルブまたは配管の継手に仕切板を挿入する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

e） 酸素欠乏症（酸欠）の防止

酸欠は、環境における酸素濃度の低下により呼吸によって取り込まれる酸素が少ないため肺にて血液中へ供給される酸素が欠乏することにより起きる症状であり、その程度により思考能力低下、意識欠乏、卒倒など、はなはだしくは死に至ることがある。

工事中に発生する酸欠には前述のような塔槽類での内部作業のみならず、掘削作業でのくぼ地での例、バクテリアなどの腐敗による閉所での例など、換気が十分でない箇所での発生が多い。

酸欠を防ぐには、十分な換気を行えるような強制換気設備（ブロワ、ファンなど）の設置が有効である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

f） 工事管理の記録・保存

工事管理の記録には、日々の日報管理、週報管理、月報管理など時間による管理記録と工事出来高による管理記録がある。
これらの記録は工事中の作業工程管理に用いるだけではなく、作業量の平準化による作業者の負荷低減、工事内容による安全管理のポイントなどに活用できる。工事終了後にこれらのデータを整理し、工事管理・安全管理のポイントなど関係者と協議し、記録として残しておくと有用である。
これらの記録は工事記録として保存し、今後の同種工事の際に工事管理の参考に用いることができる。
最近のコンピュータおよびITの発達により、各種記録を電子情報化してホストコンピュータにて一元管理して、設備管理部門の共通の情報データベースとして構築することが可能となった。
このことにより、運転データの保全部門からの閲覧または保全部門データの運転部門からの閲覧と双方向の情報のやり取りが可能となり、属人的および属組織的な情報の取扱いから脱却して、各専門分野の目で見ることを可能としている。これら膨大な情報量の設備管理情報のデータ加工までをシステム化し、自動的に必要なアクションを連絡するためには、抜けのない設備管理への反映が可能なシステムづくりが必要となる。

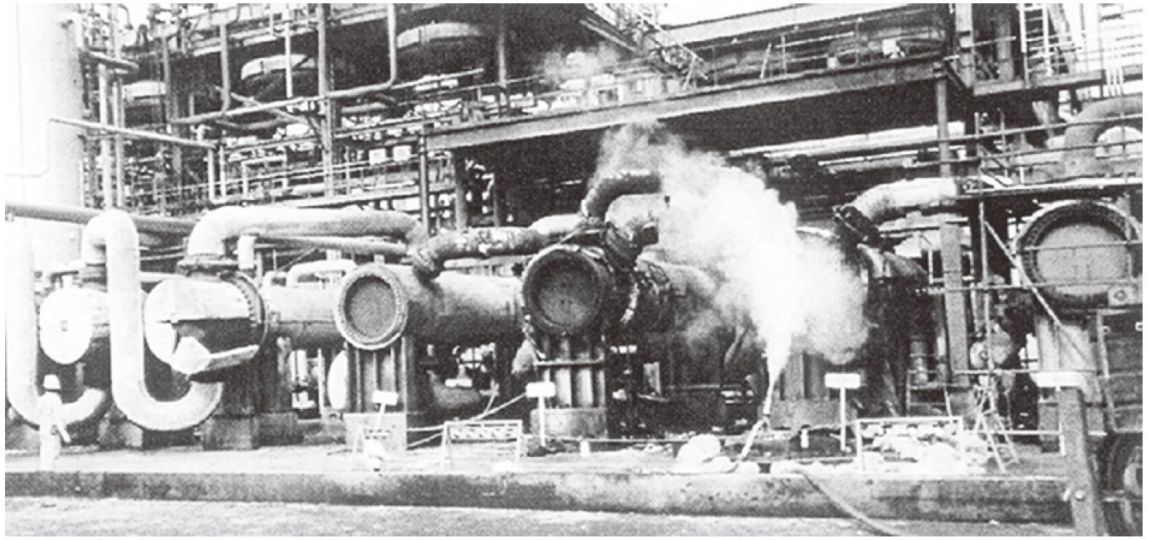
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5.1 事故の概要

1992年10月、千葉県内の製油所で、重油間接脱硫装置を触媒交換のため休止し、
運転を再開した直後、熱交換器の検知孔から水素ガスが漏えいし、火災、爆発が発生した。

そのときチャンネルカバー（約1900kg）が約130m飛翔した。

事故による被害は死者10名、負傷者7名、
同製油所および隣接工場の設備が
一部破損した。



熱交換器付近の鎮火状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5.2 事故原因の推定

a） 水素ガスの漏えい

（1）発災熱交換器のガスケットリテイナの直径が、熱交換器の昇温、降温の熱サイクルおよび開放の繰返しにより減少した。

（2）その結果、ガスケット溝にガスケットリテイナが収まらなくなったため、前年開放時に各角部をグラインダで補修した。

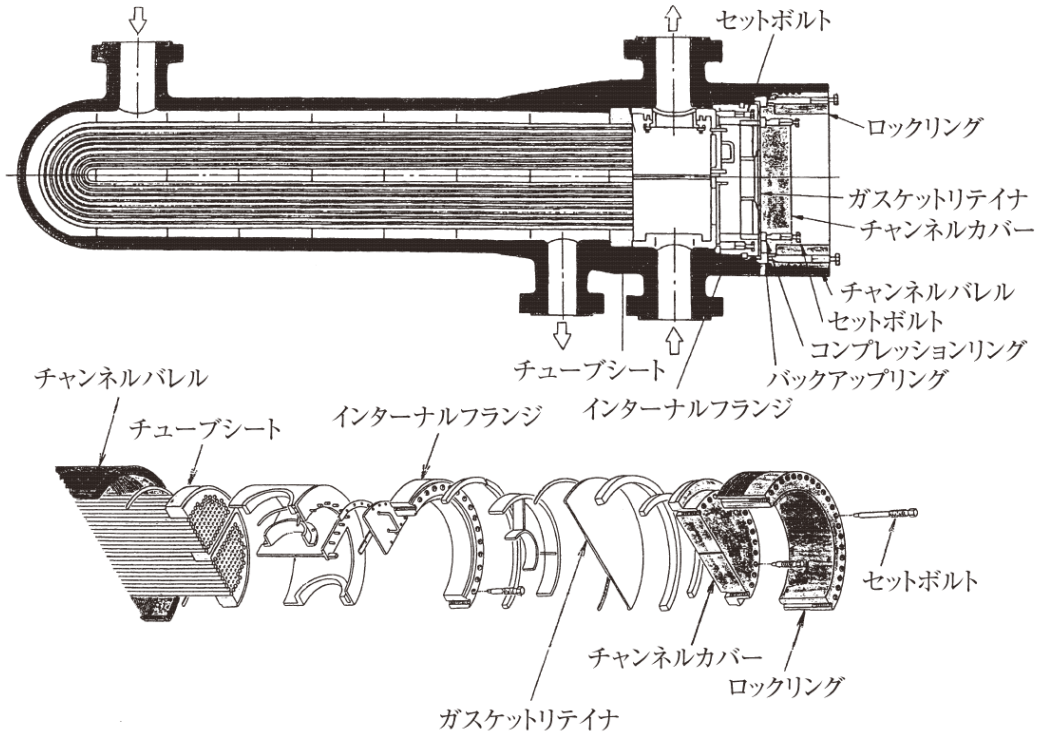
（3）今回の降温時にガスケットリテイナの直径がさらに減少し、ガスケット溝角部に乗り上げ、昇温、昇圧の開始とともに水素ガスの漏えいが始まったものと推定された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5.2 事故原因の推定

b） 熱交換器の部品が離脱、飛散した原因の推定

ロックリングの変形と、水素ガスの漏えいにより
内圧（74.5kg/cm^2（7.31 MPa））近くまで
昇圧したことによる熱交換器本体の膨張変形が
複合した結果、ロックリングとチャンネルバレルの
ねじ山のかみ合せ高さが減少し、
塑性破壊により熱交換器の部品が離脱、
飛散したものと推定された。



熱交換器の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5.3 事故防止のための方策

(1) 開放検査ごとに、ガスケットリテイナの点検を行い、管理範囲を上回る直径の減少および変形が認められる場合にはガスケットリテイナを交換する。

(2) ガスケット溝などの補修が適切に行われていたか再点検し、もし不適切と認められる場合は、ガスケット溝の角部を適切な方法で再補修する。

(3) ロックリングの寸法を測定し、設計許容範囲を超える変形が見られる場合は、交換する。

(4) インターナルフランジセットボルトの交換基準を定め、適切に行う。

(5) 事業者は設備メーカーに点検整備を依頼するときは、保守管理にかかわる役割分担を明確にし、安全性に対し漏れが生じないようにする。

この複雑な構造をもった熱交換器の事故事例を参考にして、熱交換器に限らずいろいろな機器に対しても、各部品について厳密な定期点検を行い、適切な保全管理を行う必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 環境管理

5.1 大気汚染物質と関連法規

5.2 大気汚染の発生と環境影響

5.3 環境マネジメントシステム

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1.1 大気汚染防止法の概要

大気汚染防止法は、1970 年のいわゆる「公害国会」において大幅な改正を行い、
無過失損害賠償の導入（1972 年）、総量規制（1974 年）が導入され、その後の大気環境保全施策の基本として役割を果たしてきた。

大気汚染防止法は1996 年に改正が行われ、有害大気汚染物質が指定され、
広範な化学物質について環境保全の観点から適切な管理が必要とされるようになった。

大気汚染防止法の規制の対象

① 物の燃焼に伴うばい煙
② 物の破砕などに伴う粉じん、継続的な摂取が人の健康を損なうおそれのある有害大気汚染物質
③ 自動車の排出ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1.2 化学物質の審査および製造などの規制に関する法律

化審法は、化学物質による環境汚染、健康被害の広がりを背景として化学物質の製造または輸入に際し事前にその化学物質が難分解性、慢性毒性などの性状を有するかどうかを審査する法律であり、環境を経由して人に健康影響を及ぼすおそれのある化学物質を規制している。

第一種特定化学物質とは、難分解性、高蓄積性及び長期毒性または高次捕食動物への慢性毒性を有する化学物質で、ポリ塩化ビフェニル（PCB）など33物質（平成30年4月1日、新たに2物質が追加された。）であり、事実上製造・輸入・使用が禁止されている。第二種特定化学物質は製造・輸入に数量などの事前届出が義務づけられ、製造・貯蔵・使用などの際、取扱いに関する注意義務が課せられている物質で、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、四塩化炭素のほか、有機スズ化合物（20 種）であり、合計23物質が該当する。

また、平成29年6月に改正化審法が公布され、新規化学物質の審査特例制度における全国数量上限と製造・輸入数量から用途分類別の排出係数を導入した環境排出量とするとともに、新規化学物質のうち、毒性が特に強いためその取扱いに関して特に注意が必要なものについて、所要の措置を講ずることとされた。

このほか、PRTR 法（Pollutant Release and Transfer Registers）による環境汚染のおそれのある化学物質の排出・移動登録制度、安全データシート制度（SDS）など、化学物質の環境管理に関する法律などがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1.3 悪臭防止法と悪臭物質

工場、事業所や農業畜産あるいはゴミ、下水処理など、いろいろな悪臭物質は、微量でも人に不快感を与える。典型7 公害のうち、自治体の環境部署に寄せられる地域住民からの苦情件数が騒音に次いで多く、身近な環境問題の1 つである。

悪臭防止法では悪臭の原因となる悪臭物質として22 物質を特定し、工場や事業所からの排出を規制している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.1 大気汚染防止法における大気汚染物質の種類と発生源

a） ばい煙発生施設

ばい煙はさらに、① 硫黄酸化物、② ばいじん（いわゆるスス）、③ 有害物質の3種類に区分して定義され、それぞれについて排出基準を定め、規制措置を定めている。
対象設備としてボイラなど32施設が定められている。
有害物質としては、① カドミウム（Cd）およびその化合物、② 塩素（Cl_2）、塩化水素（HCl）、③ フッ素（F_2）、フッ化水素（HF）、フッ化ケイ素（SiF_4）④ 鉛（Pb）およびその化合物、⑤ 窒素酸化物が定められている。

b） 一般粉じん発生施設

工場または事業所に設置される施設で一般粉じんを発生および排出し、または飛散させるもので、大気汚染の原因となるものとして政令により、コークス炉など5種類の施設が定められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.1 大気汚染防止法における大気汚染物質の種類と発生源

c） 特定粉じん発生施設

粉じんのうち、石綿そのほかの人の健康にかかわる被害を生じるおそれがあるものを特定粉じんとし、現在、政令で定められているのは石綿である。

d ）特定施設

物の合成、分解その他の化学的処理に伴い発生する物質のうち、人の健康または生活環境に被害を生ずるおそれのある物質を発生する施設を対象としたもので、特定物質として下記の28 物質が定められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.2 環境基準とモニタリング

環境基準は人の健康を保護する観点から11 種の物質について定められている。
このうち、二酸化硫黄、一酸化炭素、光化学オキシダント、浮遊粒子状物質と二酸化窒素については
連続測定器による常時モニタリングが行われ、
トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、
ベンゼン、ジクロロメタンについては
月1～2 回の24時間測定が
行われている。

大気環境基準

二酸化硫黄	1 時間値の 1 日平均値が 0.04 ppm 以下であり、かつ、1 時間値が 0.1 ppm 以下であること
一酸化炭素	1 時間値の 1 日平均値が 10 ppm 以下であり、かつ、1 時間値の 8 時間平均値が 20 ppm 以下であること
二酸化窒素	1 時間値の 1 日平均値が 0.04 ～ 0.06 ppm までのゾーン内またはそれ以下であること
光化学オキシダント	1 時間値が 0.06 ppm 以下であること
浮遊粒子状物質	1 時間値の 1 日平均値が 0.10 mg/m^3 以下で、かつ、1 時間値が 0.20 mg/m^3 以下であること
トリクロロエチレン	1 年平均値が 0.13 mg/m^3 以下であること
テトラクロロエチレン	1 年平均値が 0.2 mg/m^3 以下であること
ベンゼン	1 年平均値が 0.003 mg/m^3 以下であること
ジクロロメタン	1 年平均値が 0.15 mg/m^3 以下であること
ダイオキシン類	1 年平均値が 0.6 pg-TEQ/m^3 以下であること
微小粒子状物質	1 年平均値が 15 μg/m^3 以下であり、かつ、1 日平均値が 35 μg/m^3 以下であること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.3 有害大気汚染物質の環境挙動と環境保全対策

有害大気汚染物質は、微量でも長期暴露されることによって発ガンなどの健康リスクを増大させる大気汚染物質で、ベンゼンなど揮発性有機化合物（VOC：Volatile Organic Compound）が約60 %を占める。

a） 有害大気汚染物質の発生源形態の多様性と対策の特徴

有害大気汚染物質の固定発生源では、煙突などの排出口から燃焼生成物、未燃焼物質、燃焼以外の化学反応により生成する物質が排出されるほか、洗浄剤、溶剤として使用された物質が、局所排気装置、換気扇など煙突以外の排出口から排出される場合もある。

さらに、貯蔵、輸送などに伴う排出、建築物からの漏れについても問題とされており、これらについても何らかの対策が要請されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.3 有害大気汚染物質の環境挙動と環境保全対策

b） 排出抑制対策の手法

各種有害大気汚染物質の抑制対策については、従来型の排出口排ガスを対象とした排ガス処理、無害化処理が行われるほか、代替物質への転換、排出の少ない設備への転換（回収装置、クローズドシステムの採用）、製品の改良（低ベンゼン燃料）など、それぞれの物質の性状および排出形態などの特性に応じて多様な対策を講じる必要がある。

c） 揮発性有機化合物の発生源特性、環境寿命

有害大気汚染物質の多くを占める揮発性有機化合物は環境大気中で化学反応することが知られており、反応性の高いものは対流圏オゾン生成の寄与が大きく、反応性の低いものは環境中に長時間滞留することになる。環境寿命は化学物質として環境負荷の評価因子となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.4 地球規模の環境問題と気体物質

a） 地球温暖化と温室効果ガス

地球上には太陽の放射エネルギーが降り注いでおり、一部は地球上の雪氷、砂漠、雲などによって反射され、残りは地球表面の海洋、陸地に吸収される。大気中の水蒸気、二酸化炭素、オゾン、メタン、亜酸化窒素などは赤外線を吸収する性質をもっている。これらの気体に吸収された赤外線は再び大気中に放出されるが、地表面や大気に吸収され、大気から熱放射を受けることになる。このため、これらの気体を温室効果ガスという。

温室効果ガスは二酸化炭素など、自然界に存在する物質もあるが、フロン（フルオロカーボン）など人為化学物質にも温室効果があり、大気中での寿命が長い物質に関しては温暖化防止の観点から排出低減の措置がとられることになる。温室効果は物質によって異なり、大気中の存在濃度と地球温暖化係数（GWP：Global Warming Potential）によって温室効果の寄与度が算出される。GWPは各温室ガス1 kg の一定期間における温室効果を二酸化炭素を1として表したものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.4 地球規模の環境問題と気体物質

b） 成層圏オゾン層保護問題とフロン規制

オゾン層は対流圏の外側を取り巻く成層圏幅約50kmの中で高度20～40kmの間に非常に希薄なオゾンガスで構成されている。オゾンの存在量は全大気の約100万分の1で、これを0℃1気圧の標準状態に換算すると0.2～0.5mmの厚さに相当する。オゾン層の働きは紫外線を吸収することであるが、太陽光の紫外線は波長領域によって短波長領域（280nm 以下、UV－C）、
中波長領域（280～320nm、UV－B）、長波長領域（320～400 nm、UV－A）に分けられ、
オゾンはこのうち有害なC 領域の紫外線を吸収し、生体を破壊する有害な作用（例えば、染色体のDNAや細胞の破壊など）から保護している。
クロロフルオロカーボン類は直接吸入した場合などの人体への健康影響は極めて少ない安全性の高い物質であり、洗浄用、冷媒などとして広く用いられてきた。非常に安定であるため、対流圏では分解されず、大気中に蓄積されるが、成層圏で紫外線によって分解し、オゾンと反応するラジカルを生成する一連の反応が起こり、オゾンが消滅していくことが明らかになり、フロン規制が行われることになった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1 背景

環境問題には、産業活動や生活活動により定常的に環境に排出されているものが、地形や気象状況により引き起こされる公害と、火災・爆発に代表される事故による環境汚染がある。そのいずれの場合も管理を十分に行うことにより未然に防止することが可能となる。そのため、マネジメントシステムを構築し、環境に対する管理を行うことが重要となっている。
また、人類の生活レベルが向上したことに伴い資源およびエネルギーの使用量が増加し、それに伴う廃棄物の増加、二酸化炭素の増加による地球温暖化、フルオロカーボンの漏出などによるオゾン層の破壊など地球環境問題が顕在化してきている。
特に、廃棄物については、例えば、焼却処理に伴うダイオキシンの発生、最終処分場の逼迫や、過去の埋立てによる土壌・地下水汚染といった問題が山積している。
政府は、これら地球環境問題を解決するために大量生産・大量消費・大量廃棄を改め、循環型経済社会を構築することが必要であるとして法制度を整備した。事業者がこれに取り組むためには、規制的手段よりも自主的取組みのほうが効果的に対応できるものもあることから、自主的にマネジメントシステムを構築することがますます重要となっている。
また、社会全体が環境問題に関心をもつようになってきたことから、事業者には環境問題にいかに取り組んでいるかを事業の関係先や地域住民など利害関係者に情報を開示し、説明することが求められている。
この観点からも、環境マネジメントシステムの構築が不可欠となってきている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

化学産業は化学物質を扱う産業であることから環境保全、保安防災、化学品安全、労働安全衛生および物流安全の全分野を一体とした総合管理が必要である。レスポンシブル・ケア（RC：Responsible Care4））とは化学物質を総合安全管理し、その結果を社会と対話する自主管理活動である（これは、RCの取組み状況について地域住民に代表される利害関係者と対話することにより、活動の透明性を確保し、信頼性の向上を目指すものである。）。

すなわち、RCはマネジメントシステムの構築とその成果であるパフォーマンスの両方を重視した活動である。

一方、ISO 14001は環境マネジメントシステムの仕様を定めた規格であり、RCの環境保全分野と重なっている（また、RCはISO 14001に比べ広い範囲にわたるマネジメントシステムを構築することが必要なことから、ISO 14001がRCのマネジメントシステムを構築するのに極めて有効となる）。

したがって、ISO 14001の認証を取得することは、まさにRCの環境保全分野のマネジメントシステムについて第三者認証を取得することにほかならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

a） ISO 14001

1） ISO 14001の構成

ISO 14001の構成は、環境方針、計画、実施および運用、点検および是正措置の順になっている。ISO 14001の文章は簡潔に書かれているので、「利用の手引き」を参照するのがよい。

2） 環境方針

環境方針は経営者が環境保全を継続的に改善していくことを示す非常に重要なものである。
事業活動、製品またはサービスの性質、規模、環境影響に対する妥当性、継続的改善、
汚染の予防に関する約束、関連する環境法規制などを順守することへの約束、ならびに
環境目的および環境目標の設定、見直しの枠組、従業員への周知が求められている。
また、一般の人がこの環境方針を入手することが可能であることも求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

3） 計画

（1）環境側面

計画の中で重要なのが環境側面の把握である。環境側面とは環境に影響を与える要因のことである。組織の活動が環境に対して、過去、現在、さらに将来にどのような影響を与えたかまたは与えるかを判定する手順を決めることが求められている。そして何が著しい環境影響をもつかあるいはもちうるかを決定することが求められている。

（2）法的およびその他の要求事項

組織に関する法規制およびそのほかの要求事項を明確にする手順が求められている。
どの法令が組織のどこに適用されるのかを明確にするとともに、新たな改正法令の情報が的確に入手できる手順を確立することが求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

3） 計画

（3）目的、目標および実施計画

特定された著しい環境側面、法的そのほかの要求事項、対応する技術の選択肢、財政上および事業上の状況、利害関係者の見解を総合的に考慮して、環境方針と整合した環境目的および目標を定めることが求められている。さらに、環境目標および目的を達成するため計画を立てる必要がある。その計画には手段、時間的枠組み、責任の所在を明確化させることが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

4） 実施および運用

（1）資源、役割、責任および権限
経営者には環境マネジメントシステムを実施していくうえで必要な人材、対応技術および財源を確保することが、また、具体的に環境マネジメントシステムを推進し、その実施状況を報告する管理責任者を任命するよう求められている。

（2）力量、教育訓練および自覚
目的および目標の推進に関係するすべての要員に環境マネジメントシステムの推進の重要性を教育し、理解させることを求めている。特に著しい環境影響となりうる作業に携わる要員には、適切な教育・経験に基づく能力をもたせることも求めている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

4） 実施および運用

（3）コミュニケーション

環境に関する情報について、組織内部の部署およびライン間での情報交換、および外部の利害関係者と情報交換を行う手順を確立することが求められている。

（4）文書類

環境マネジメントシステムの要求事項を具体化する手順を定めた文書体系がどのようになっているか、さらに細かい手順を定めた文書との関係が一目でわかるような体系図が求められている。

（5）文書管理

必要な文書はいつも最新のものに更新し、その保管場所を明確にし、不要な文書は速やかに廃棄するよう責任が明確化されていることが求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

4） 実施および運用

（6）運用管理

環境方針、目的、目標を達成するため、決められた手順に従って確実に実施されているかどうか管理することが求められている。

（7）緊急事態への準備および対応

将来起こるかも知れない事故などによる環境影響を予測し、防止する対策が求められている。また、可能なら訓練することも求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

5） 点検

（1） 監視及び測定

環境目的および目標との適合性、法規制への適合性、パフォーマンスおよび関連の運用管理を追跡するための情報の記録を日常的に監視し、測定する手順を確立することが求められている。

（2） 順守評価

法的およびその他の要求事項の順守を定期的に評価することが求められている。

（3） 不適合並びに是正処理および予防措置

発生した不適合に対する是正措置と、これから発生するかもしれない不適合の予防措置について責任と権限を定めるよう求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

5） 点検（つづき）

（4）記録の管理

環境マネジメントシステムが継続的に運営されていることを示す記録類の管理が求められている。

（5）内部監査

規格の要求事項を含め、環境管理計画に適合しているか、適切に実施されているかを監査することが求められている。

6） マネジメントレビュー

経営者は一定期間ごとに環境マネジメントシステムを見直す必要がある。環境マネジメントシステム監査の結果、変化している周囲の状況、継続的改善の観点から、必要なら方針、目的、そのほか環境マネジメントシステムの要素を変更することが求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

b） RC

RC とは「化学物質を製造し、また取り扱う事業者が、自己決定・自己責任の原則に基づき、化学物質の開発から、製造、流通、使用、最終消費を経て廃棄に至る全ライフサイクルにわたって、環境・健康・安全を確保することを経営方針において公約し、安全・健康・環境面の対策を実施し改善を図っていく自主管理活動」である。

RC コードは具体的には次に示す7 つのコードから構成されている。

① マネジメントシステムコード
② 環境保護コード
③ 保安防災コード
④ 労働安全衛生コード
⑤ 物流安全コード
⑥ 化学品安全コード
⑦ 社会との対話コード

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 高圧ガス関連の災害事故

6.1 災害事故の推移

6.2 事故原因別災害事故例

6.3 大事故事例の解析と対策

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1 災害事故の推移

昭和20 年代の復興期には食糧確保のため、アンモニア合成工業を含めた肥料工業が発展。高圧設備の製作技術がまだ十分でなかったところがあり、アンモニア合成工場で大きな事故が発生し、多数の死傷者を出した。

昭和30 年代に入ると、石炭から石油へとエネルギー転換がなされ、石油化学工業がコンビナートの建設とともに発展していった。また、この時代にはアセチレン容器内での分解爆発などによる破裂事故が多発したが、容器内に入れる多孔質物を改良することにより減少した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1 災害事故の推移

昭和50年代に入ると、事業所の事故が徐々に減少し、全体の災害事故件数も年間100件以下と減少したが、それでも少ない年で60 数件は発生していた。この間、産業界は旺盛な需要に対応して規模を拡大し、高稼働率を続けた。一方、半導体関連の精密製品の産業が飛躍的に発展していった年代でもあった。昭和57 年（1982 年）には、宮崎でプラズマCVD 装置の排気ダクトからの火災（負傷者5 名）のような新しい産業の事故も発生するようになった。

昭和60年代に入り、年間災害事故件数は90 件以下で推移していたが、平成3年（1991年）に100件を超え、しばらくは100件前後の状況が続いた。ところが、平成13年（2001年）に122件と再び100件を超えてからは、災害事故件数は平成16年（2004年）に158件、平成18年（2006年）に195件、平成22年（2010年）に406件と増加が続き、さらに平成23年（2011年）は東日本大震災の影響もあり490件と大幅に増加した。その後3年間の災害事故件数は減少傾向にあったが、平成27年（2015年）、平成28年（2016年）と増加に転じている。
特に平成28年は、熊本地震や台風10号などによる自然災害の影響も大きかった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1 災害事故の推移

昭和40 年代に入ると、経済が好況に向かい、設備が次々と大型化していったが、それに伴い
高圧の熱交換器や鋼製球形タンクの脆性破壊などの新たな事故も発生した。
これらは大型構造物に限界があることを示した事故であった。一方、高圧ガス関係の事故（災害事故）全般をみると、昭和40 年代の後半は、災害事故件数が年間100 件以上と大幅に増加した。

特に昭和48 年（1973 年）には、新潟で塩化ビニルモノマー製造装置での爆発（死者1名、負傷者23名、家屋の破損660戸）、川崎で自社技術により開発した製造装置の火災（死者2名、負傷者2名）、千葉でポリプロピレン製造装置の爆発（死者4名、負傷者9名）など、コンビナートなどで死傷者を伴う重大事故が続発した。昭和49年（1974年）には、水島で重油タンクの底板破損による海上への重油流出事故が発生し、瀬戸内海の約1/3が汚染されるという空前の事態となり、昭和50年（1975年）にコンビ則が、昭和51年（1976年）には特定則が、また、同年に
石油コンビナート等災害防止法が施行されるきっかけとなった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

a） 設備の施工管理不良の例

LP ガス充塡所の構内施設点検時に、残ガス回収用アフタークーラ内からの気泡の発生を発見した。漏えいの措置として、アフタークーラ内の破損した銅コイル管を撤去し、プラグ止めを行った。原因はアフタークーラ内の銅コイル管が隣接する圧縮機の振動により接触を繰り返したため破損したと推定される。再発防止対策として、今後、銅コイル管の取り付けの際には、スポンジカバー（15 mmφ×120 mm）を取り付けて振動による破損を防止することとした。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b） 設備の腐食管理不良の例

事業所に8 基設置されている低温液化天然ガス貯槽のうち、No.4 貯槽の頂部に設置されているタンク内槽安全弁のパイロットライン溶接部のき裂から微小（カニ泡程度）のガス漏えいが当該安全弁の作動試験準備中に発見された。
直ちに安全弁元弁及びパイロットライン元弁の閉操作を実施した。原因はステンレス鋼の応力腐食割れと推定される。再発防止対策として、溶接部については保護塗装を施工して塩化物付着の防止を図り、かつ全LNG タンクのステンレス裸管について応力腐食割れ調査及び保護塗装を実施した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c） 操作基準等の不備の例

解体中の建物（3 階建て）の屋上で、工事事業者が鉄筋を切断中、アセチレンガス容器の圧力調整器の部分から火が噴いた。この炎により酸素ガス容器が加熱されて破裂した。破裂により約12 m 離れた場所にいた1 人が軽傷を負った。原因は溶断中に溶融した鉄が落下し、階下にあったアセチレンホースを溶かして着火したものと推定される。再発防止対策として、①操作基準の見直し②アセチレンガス及び酸素ガスを使用する際の安全指導の徹底等を実施した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d） 誤操作・誤判断と操作基準の不備の例

LNG 運搬船配管の冷却試験を行うため、LNG 運搬船を岸壁に係留し、タンクローリから窒素ガスをLNG 運搬船に供給していた。その窒素ガスが、原因不明の不具合で開いていたLNG 運搬船配管の安全弁を通してカーゴタンク上のドームハウス内に充満した。ドームハウスの入口に立入禁止の表示はあったが、工具を取りにこの建屋に入った従業員が酸素欠乏症により昏倒・死亡した。原因は、①安全弁は設置の段階で弁体の浮き上がりを確認していたが、冷却試験中に安全弁を通じて窒素ガスがドームハウス内に充満することを想定できなかった。②「冷却試験中につき立入禁止」の表示があったが、酸欠の可能性及び危険性の周知が不十分だったと推定される。再発防止対策として、①窒素ガスによる酸欠の危険性の再教育②立入禁止及び酸素濃度チェック要領の再周知③冷却試験の開始前に、全カーゴタンクからドームハウスを一時撤去及びマンホールを閉鎖④冷却試験の開始前に、カーゴタンク安全弁の健全性を確認等を立案・実施した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

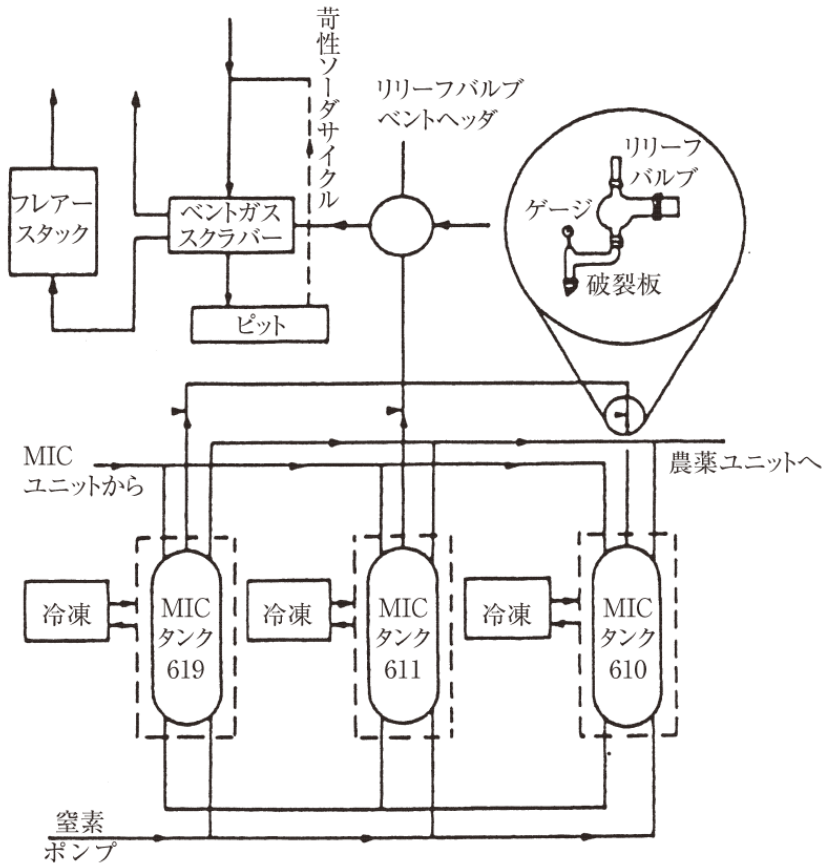
e） 自然災害の例

地震（東日本大震災）により、事業所内に設置していたアーク炉用
アルゴンCE（コールドエバポレータ）のレグと基礎を固定しているアンカーボルトが
抜け、アンカーボルト自身が最大で15 mm 程度浮き上がった。レグは3 本であり、
それぞれ2 本のアンカーボルトで固定しているが、そのうち3 本が抜けた。幸いにして、
貯槽の傾きやアルゴンの漏えいは無かった。再発防止対策として、
2 本のアンカーボルトに加えて4 本のケミカルアンカーボルトによる補強を実施した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.1 事故の概要

1984年12月2日23時30分頃、インド中央部のボパール市にあるUnion Carbide India社（UCIL）の農薬工場から猛毒の中間原料であるメチルイソシアネート（MIC）が貯槽より漏えいし、北西の風に乗って、工場の南東市街40km^2 にわたって広がり、事故直後約3千人が死亡、その後死者は2万人を超え、約60万人が後遺症に苦しむ大惨事となった。



MIC貯槽周辺の概略系統図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.2 メチルイソシアネートの物性と貯槽および関連設備の概略仕様

a） メチルイソシアネート（methyl isocyanate）の物性

分子式　　：CH_3NCO
分子量　　：57.1
沸点　　：39.1 ～40.1℃
TLV-TWA　：0.02 vol ppm

反応性に富む化合物で、揮発性、燃焼性、毒性が高い。
水と反応したり、自己付加反応で三量体になりやすく、発熱反応であるので、
暴走反応を起こす可能性がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.2 メチルイソシアネートの物性と貯槽および関連設備の概略仕様

b） 貯槽および関連設備の概略仕様

基数　　：3基、横置枕型
大きさ　　：直径2.4m、長さ12m、約57m^3
材質　　：SUS 304
設計圧力　：2.8 kg/cm^2（0.27MPa、121℃）
冷却系　　：30 トン冷凍設備（0 ℃に保持）
安全設備　：安全弁、破裂板、窒素与圧
除害設備　：ベントガススクラバ（VGS）、フレアースタック

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.3 事故前の状況と事故の経過

MIC 製造設備は10月22日から休止し、貯槽の冷却系も7月から停止していた。
ベントガススクラバは10月23日から循環ポンプを停止し、フレアースタックは6日前から補修のため、配管が取り外されていた。

12月2日22時30分、貯槽圧力は2psi（14kPa）で正常であったが、
23時00分に10psi（69kPa）に上昇するも正常と判断。
23時30分漏えいに気づくも、お茶休憩中であったので処置しなかった。

翌3日0時45分MICの流出が増加し、圧力55psi（0.39MPa）となった。
スクラバを起動しようとしたが、起動しなかった。

その後、制御室もMIC ガスが充満し、圧力計、温度計はスケールアウトした。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.4 事故原因の調査

事故後インド捜査当局は、事故関係物件の押収、関係者との面談を制限したため、
事故の真相は十分明確になっていない。しかし、推論の部分もあるが、次の報告が出された。

① Union Carbide 社（UCC 米国）の事故調査報告（1985年3月）
② 国際自由労連などの労働団体、市民団体による事故調査報告（1985年8月）
③ インド政府の事故調査報告書（1985年12月）

この事故はいずれの報告も、タンクに流入した大量の水とMIC が反応して温度が上昇し、
次に何らかの原因で存在した鉄イオンの触媒作用でMIC が三量化反応を起こして発熱し、
ついには暴走反応となって、温度、圧力が急上昇したところまでは同じ見解であった。
しかし、水の入った原因および鉄イオンが発生した原因については、三者の報告での見解は
異なっていた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.5 事故原因の解析と対策

a） 危険有毒物の大量貯蔵とその取扱い

親会社であるUCC 本社（米国）の危険有毒物管理に対するハード的およびソフト的な対策が不十分であったと推察される。

b） 安全処理設備の不備

貯槽内にMIC が貯蔵されていたにもかかわらず、ベントガススクラバは停止し、
フレアースタックの配管は外して使用できない状態になっていた。
また、ベントガススクラバ、フレアースタック、散水設備などの諸設備の処理能力が、暴走反応時には不足であった。そのうえ自動化されていなく、ガス漏えい検知警報設備も設置されていなかった。

c） 運転管理の不備

冷凍機の停止など貯槽内MIC の温度管理がなされていなかった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.5 事故原因の解析と対策

d） 設備保全管理レベルの低さ

バルブからのガス漏れが日常化しており、設備の変更も十分検討がなされないで行われていた。

e） 現場の実態を無視した人事労務管理

教育訓練レベルの低下、現場の実態を考えない人事異動、熟練技術者および作業員の削減や交替。

f） 安全意識の欠如

安全設備が稼働していなかったうえに、すぐに稼働させることもできなかった。
また、異常事態が発生していたにもかかわらず、休憩中とのことで処置しなかったなど、安全意識が欠如していた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者講習

法令Ⅰ

高圧ガス保安法①
（含む　施行令、一般則、容器則の一部）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

講師：元　高圧ガス保安協会
宇都宮　敏

製造保安責任者免状と保安統括者等

（参考-1）

<table>
<tr><th>製造保安
責任者免状 ＼ 保安統括者等</th><th colspan="2">保安
統括者</th><th>保安技術管理者</th><th>保安主任者</th><th>保安企画推進員</th><th>保安
係員</th></tr>
<tr><td colspan="2">甲種化学・甲種機械</td><td rowspan="3">免状不要</td><td>○</td><td>○</td><td rowspan="3">免状不要

保安技術管理者
3年以上
保安主任者等
5年以上
保安係員等
7年以上</td><td>○</td></tr>
<tr><td>乙種化学
・
乙種機械</td><td>丙種化学
（液石丙化）</td><td>△

保安用不活性ガス以外のガスの処理能力100（貯槽有・充塡200）万m³未満（不活性ガス・空気は各4倍の数値）に限り、液石丙化は液化石油ガスに限る。</td><td>○

液石丙化は液化石油ガスに限る。</td><td>○</td></tr>
<tr><td colspan="2">丙種化学</td><td>×</td><td>×</td><td>○</td></tr>
</table>

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧法令受講の意義（1）

（参考-2）

法第31条、試験則
第8条、9条1項、2項

1．製造保安責任者試験における試験科目

① 甲、乙、丙種（特別）化学製造保安責任者

1）高圧法に係る法令

2）高圧ガスの製造に必要な［化学に関する高度の（甲）、化学に関する通常の（乙）、基礎的な（丙）］保安管理技術

3）高圧ガスの製造に必要な［高度の応用化学（甲）、通常の応用化学（乙）、基礎的な応用化学及び機械工学（丙）］

② 甲、乙種機械製造保安責任者

1）高圧法に係る法令

2）高圧ガスの製造に必要な機械に関する［高度の（甲）、通常の（乙）］保安管理技術

3）高圧ガスの製造に必要な［高度の（甲）、通常の（乙）］機械工学

2．製造保安責任者試験の受験方法

① 1．①又は②のうち 1）～3）の全科目受験

② 科目免除受験 1．①又は②のうち 1）の高圧法に係る法令のみ受験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧法令受講の意義（2）

（参考-3）

法第31条第3項、
試験則第4条、5条、8条

1．製造保安責任者試験における受験科目免除講習

① 甲、乙種化学（機械）、丙種（特別）化学講習

1）高圧法に係る法令　7時間以上

2）高圧ガスの製造に必要な［化学（機械）に関する高度の（甲）、化学（機械）に関する通常の（乙）、基礎的な（丙）］保安管理技術　7時間以上

3）高圧ガスの製造に必要な［高度の応用化学（機械工学）（甲）、通常の応用化学（機械工学）（乙）、基礎的な応用化学及び機械工学（丙）］　7時間以上

受講

② 甲、乙種化学（機械）、丙種化学特別技術検定

2）高圧ガスの製造に必要な［化学（機械）に関する高度の（甲）、化学（機械）に関する通常の（乙）、基礎的な（丙）］保安管理技術

3）高圧ガスの製造に必要な［高度な応用化学（機械工学）（甲）、通常の応用化学（機械工学）（乙）、基礎的な応用化学及び機械工学（丙）］

合格

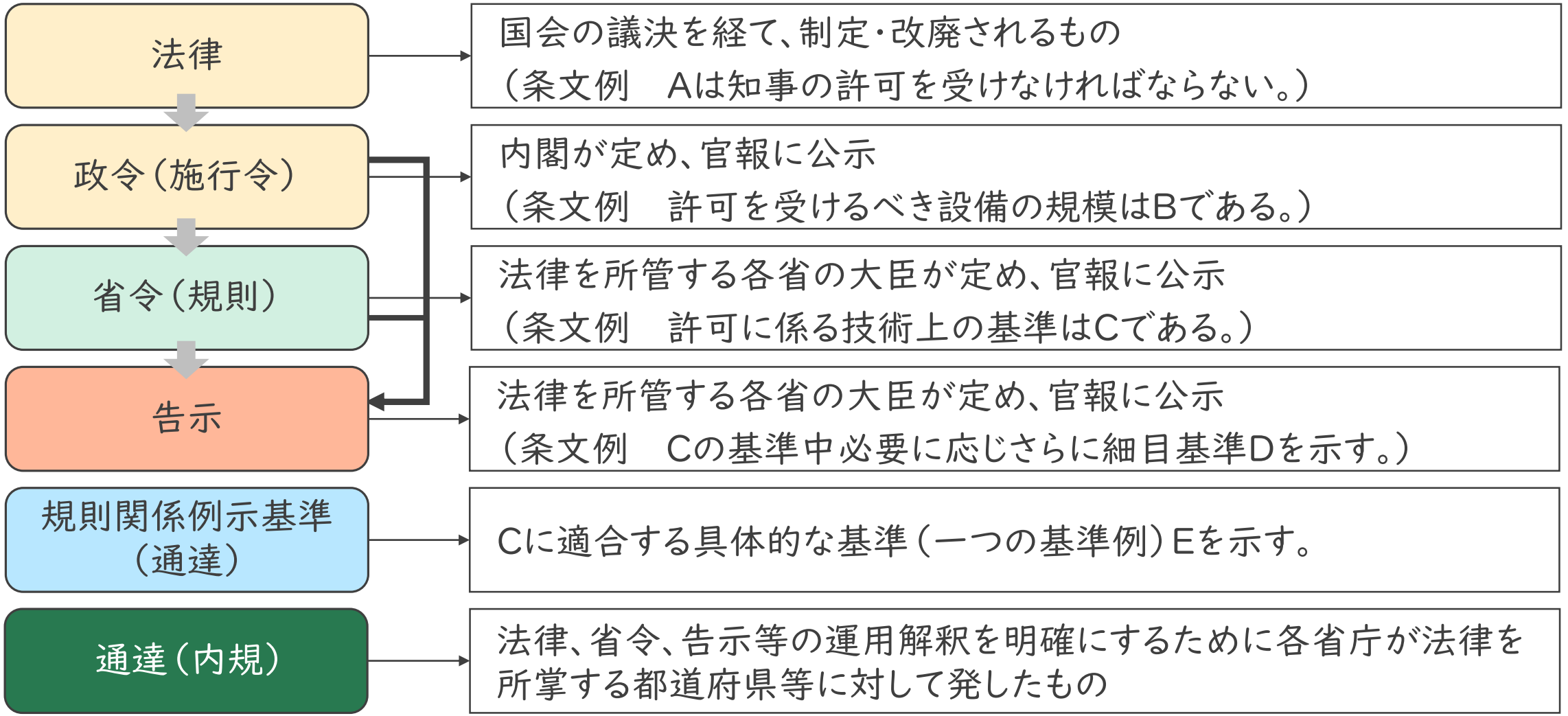
2．製造保安責任者試験における受験科目

1.①1）　高圧法に係る法令

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令等の構成

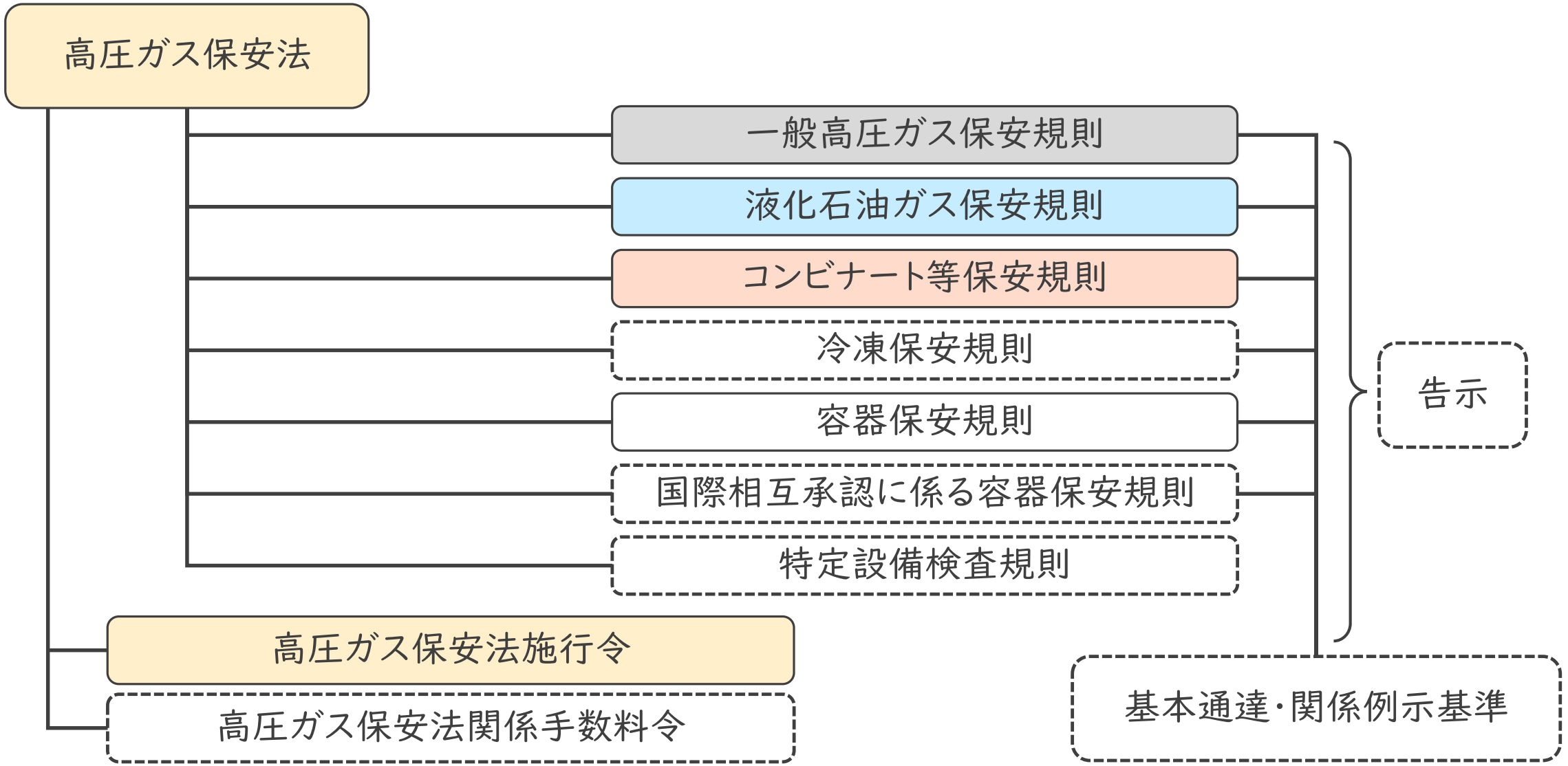
図１



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法令の構成（主要なもの）

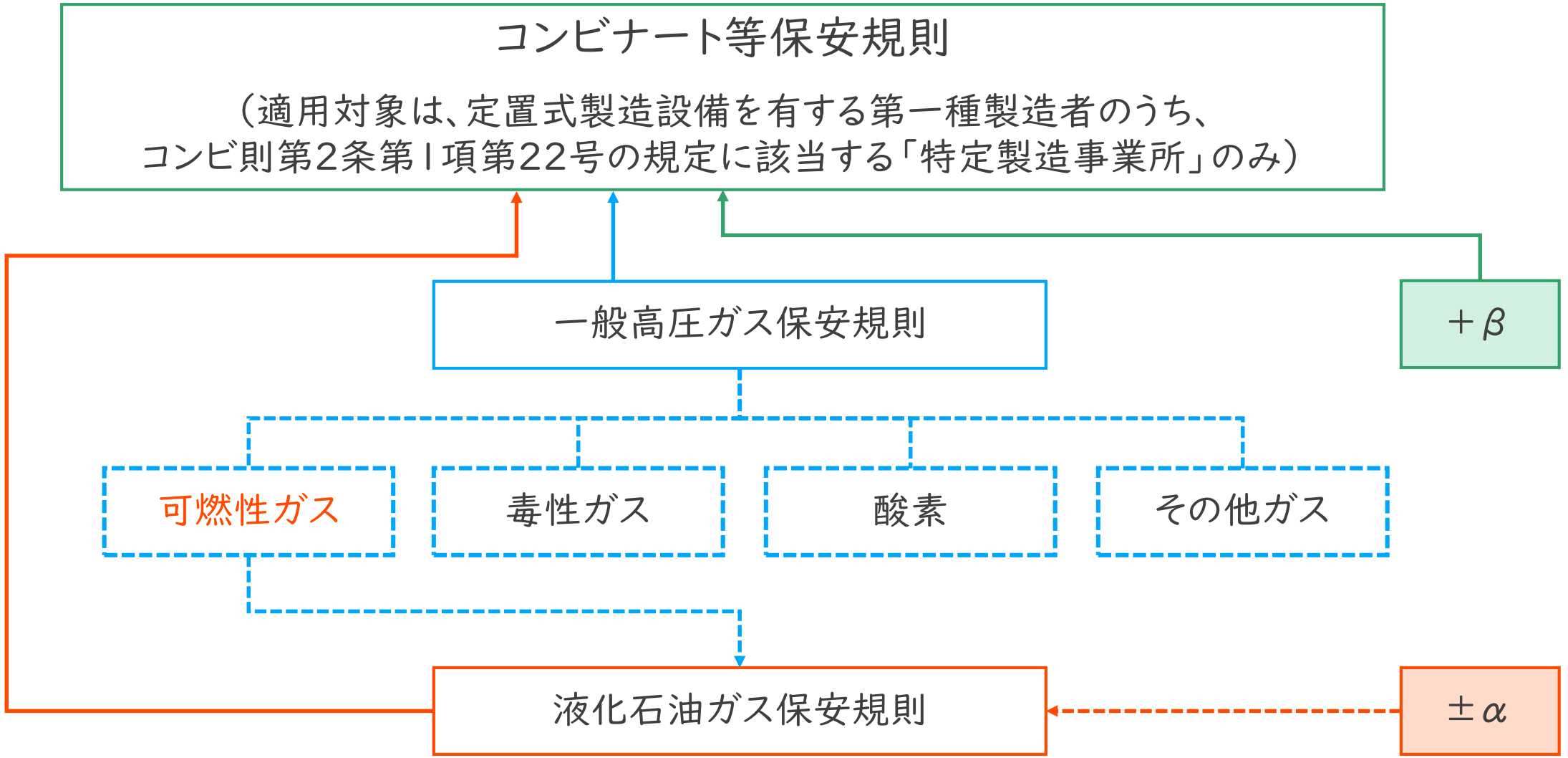
図2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

各保安規則の関連

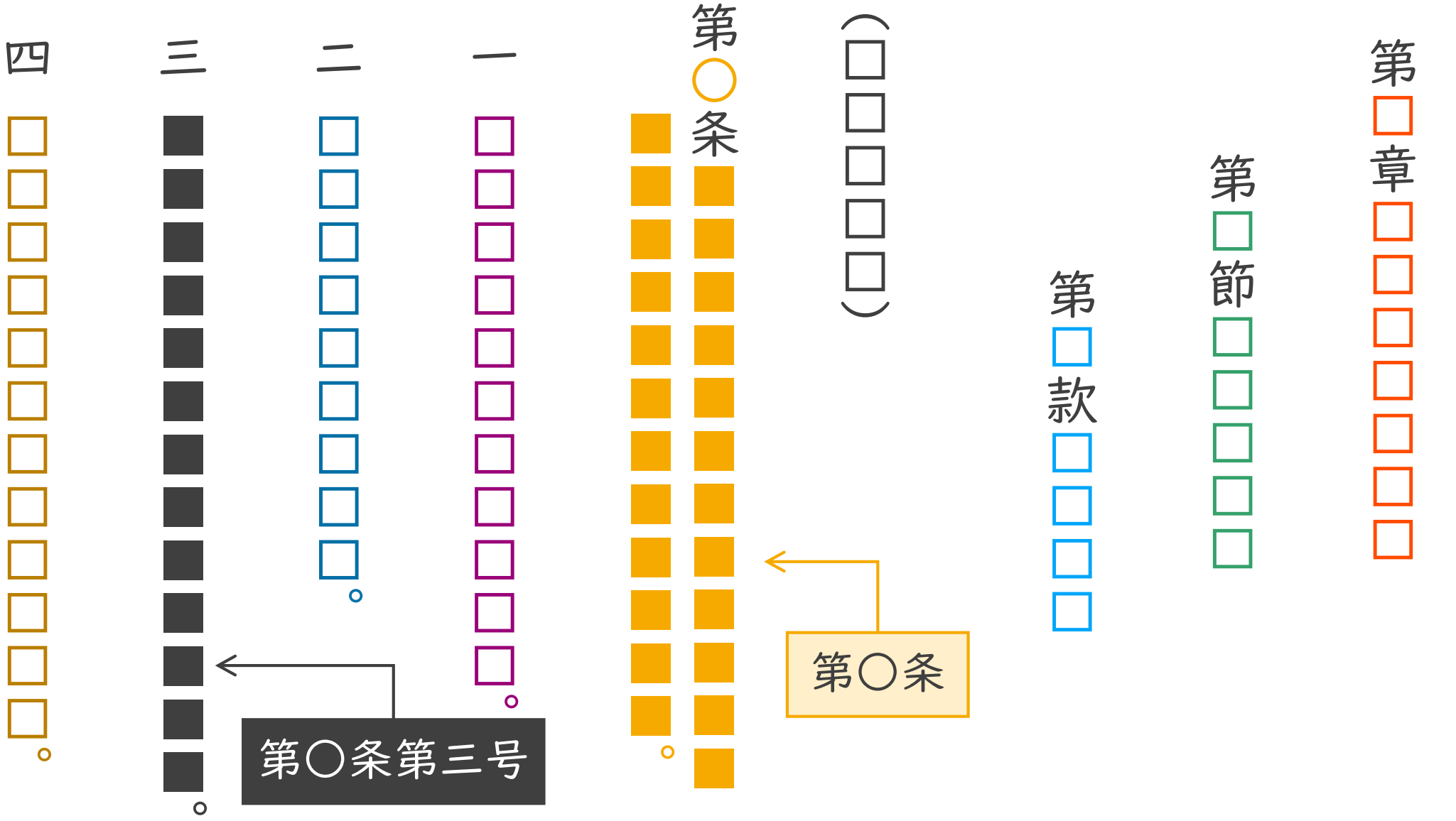
図3



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

条項号の呼び方の例（1）

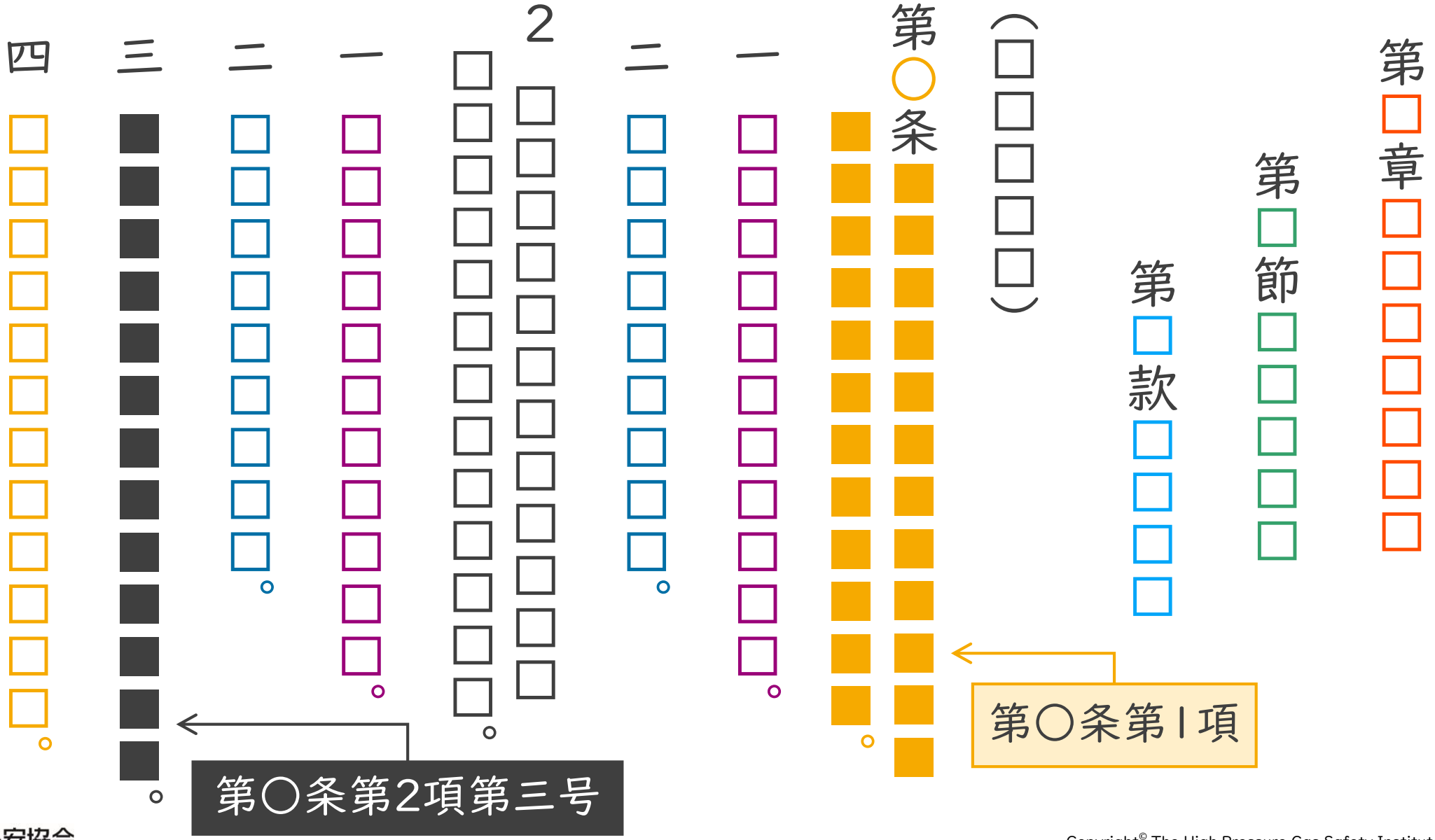
図4-1



高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

条項号の呼び方の例（2）

図4-2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

スライドの見方

（参考-4）

スライド

法第〇条△項×号

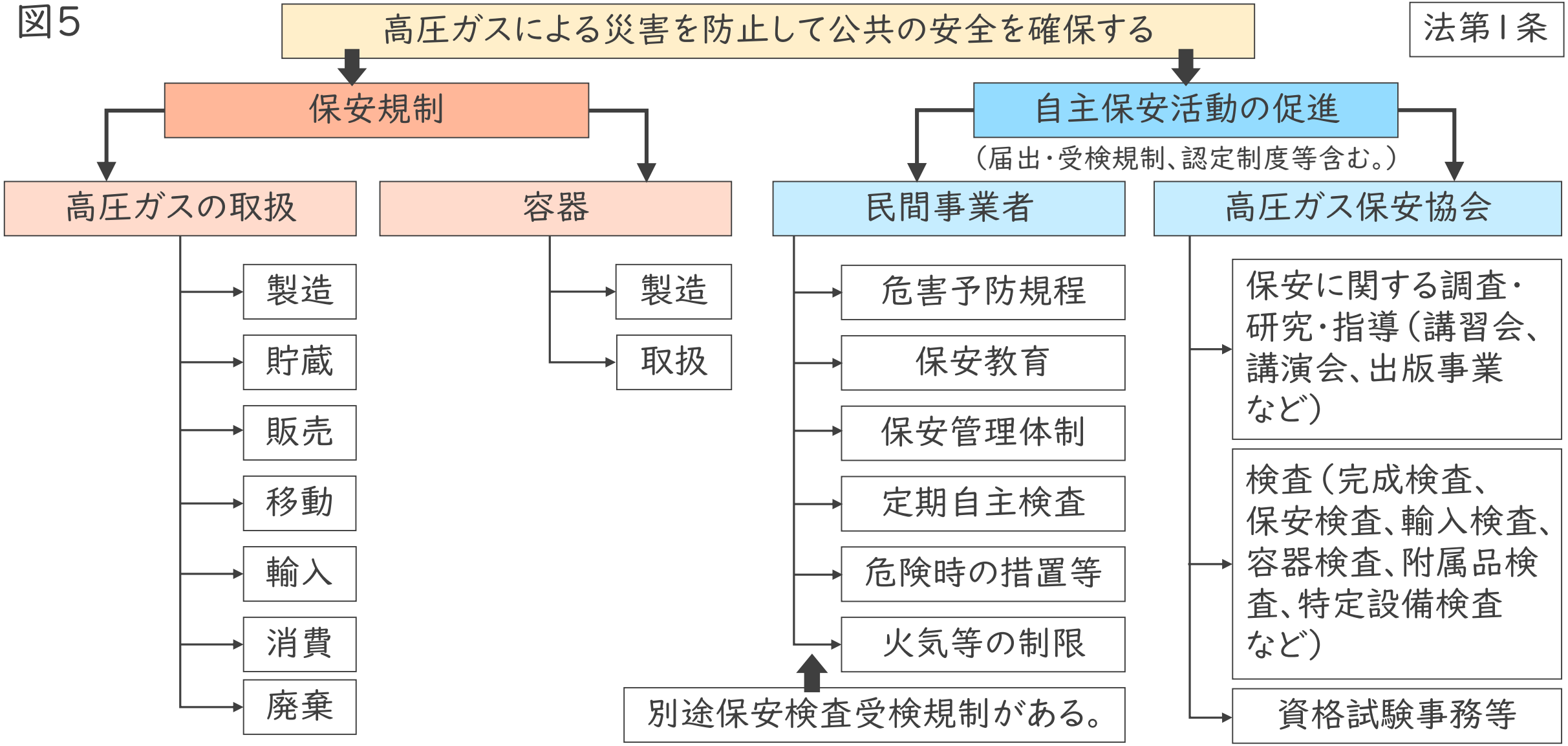
【根拠条文】

- 法　　：法律
- 政　　：政令
- 一般　：一般高圧ガス保安規則
- 液石　：液化石油ガス保安規則
- コンビ：コンビナート等保安規則
- 容器　：容器保安規則

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の目的と主な規制事項等

図5



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造とは（法第5条関係（6）通達（内規）

法第1条、第5条

- **圧力を変化させる場合**
  - 高圧ガスでないガスを高圧ガスに！ — 圧縮機等
  - 高圧ガスをさらに昇圧！ — 圧縮機等
  - 高圧ガスを圧力の低い高圧ガスに降圧！ — 減圧弁等
  - 高圧ガス状態の液化ガスをポンプ又は気体によりさらに加圧！ — ポンプ・CE等
- **状態を変化させる場合**
  - ガスを液化させ、高圧ガス状態の液化ガスに！ — 液化機等
  - 高圧ガス状態の液化ガスを気化させ、高圧ガスに！ — 気化器等
- **容器に高圧ガスを充填する場合** — 充填機・移充填等

高圧ガスを蓄圧せず、火薬類を消費することによって高圧ガスを瞬間的に生成することは、高圧ガスの製造には該当しない。また、樹脂、ゴム及び金属の内部に高圧ガスを一時的に留めて成形又は加工に用いる金型等へ当該ガスを充填することは、高圧ガスの製造には該当しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（1）

参考図1

法第1条、第5条

特定製造事業所（コンビナート事業所）

高圧ガスの分離、反応、精製等
（エチレン製造プラント）

液化水素製造プラント

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（2）

参考図2

法第1条、第5条

特定製造事業所（LPガス一次基地）

タンクローリ充填場

液化塩素1トン容器への充填

液化塩素50 kg容器への充填

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（3）

参考図3

法第1条、第5条

一般高圧ガス製造事業所

圧縮水素の充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（4）

参考図4

法第1条、第5条

一般高圧ガス製造事業所

移動式製造設備（CE貯槽に送り出し）

酸素ガスの充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（5）

参考図5

法第1条、第5条

アセチレンガス製造事業所

アセチレンガスホルダー

精溜・分溜塔

充塡場

散水冷却

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（6）

参考図6

法第1条、第5条

LPガス充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの貯蔵

参考図7

法第1条、第15条、
第16条、第17条の2

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの移動

参考図8

法第1条、第23条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの消費

参考図9

法第1条、第24条の2、第24条の5

★ 消費とは：

高圧ガスを廃棄以外の一定の目的のために減圧設備のみにより瞬時に高圧ガスから高圧ガスでないガスにして引き続きそのガスを使用すること★（法第24条の2関係通達）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義

図7

法第2条1～4号　政第1条

高圧ガスの区分	定義	具体的なガス名（例）
〔法第2条第1号〕 圧縮ガス （圧縮アセチレンガスを除く。）	常用の温度において圧力（ゲージ圧力。以下同じ）が1メガパスカル以上で現に1メガパスカル以上であるもの （図8のAガス、Cガス） 又は温度35度で1メガパスカル以上となるもの （図8のBガス）	アルゴン、一酸化炭素、空気、酸素、水素、窒素、ヘリウム、メタンほか
〔法第2条第2号〕 圧縮アセチレンガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの（図8のAガス、Cガス）又は温度15度で0.2メガパスカル以上となるもの（図8のBガス）	アセチレン
〔法第2条第3号〕 液化ガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの （図9のAガス）又は圧力が0.2メガパスカルとなる場合の温度が35度以下であるもの（図9のBガス）	（いずれも「液化」を冠す） アンモニア、塩素、二酸化硫黄、二酸化炭素、液化石油ガス、フルオロカーボン、酸素、窒素、アルゴンほか
〔法第2条第4号〕 第3号に掲げるものを除くほか、右の定義に該当する液化ガス	温度35度において圧力が0パスカルを超える液化ガスのうち、液化シアン化水素、液化ブロムメチル又はその他のガスであって、政令で定めるもの （図10-1の3種類のガス）	液化シアン化水素 液化ブロムメチル 液化酸化エチレン

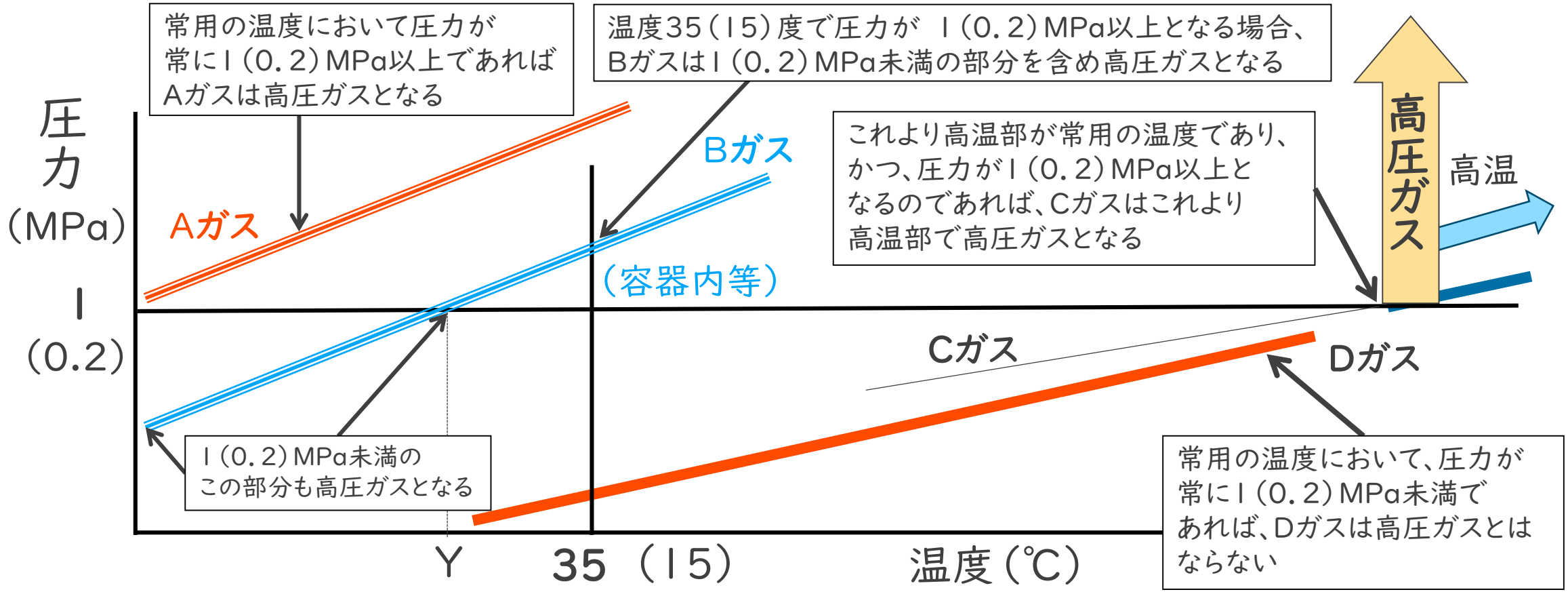
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは（1）

法第2条1、2号

図8

＊ 圧縮ガス〔（ ）内の数値は、圧縮アセチレンガス〕



＊ 常用の温度 ：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧力のSI単位

参考図10

法第5条関係
基本通達

$$Y(MPa)=X(kgf/cm^2)\times(9.80665\times10^{-2})$$

1（MPa） （メガパスカル）	＝	10.2（kgf／cm²）

（圧力単位の大きさの目安）

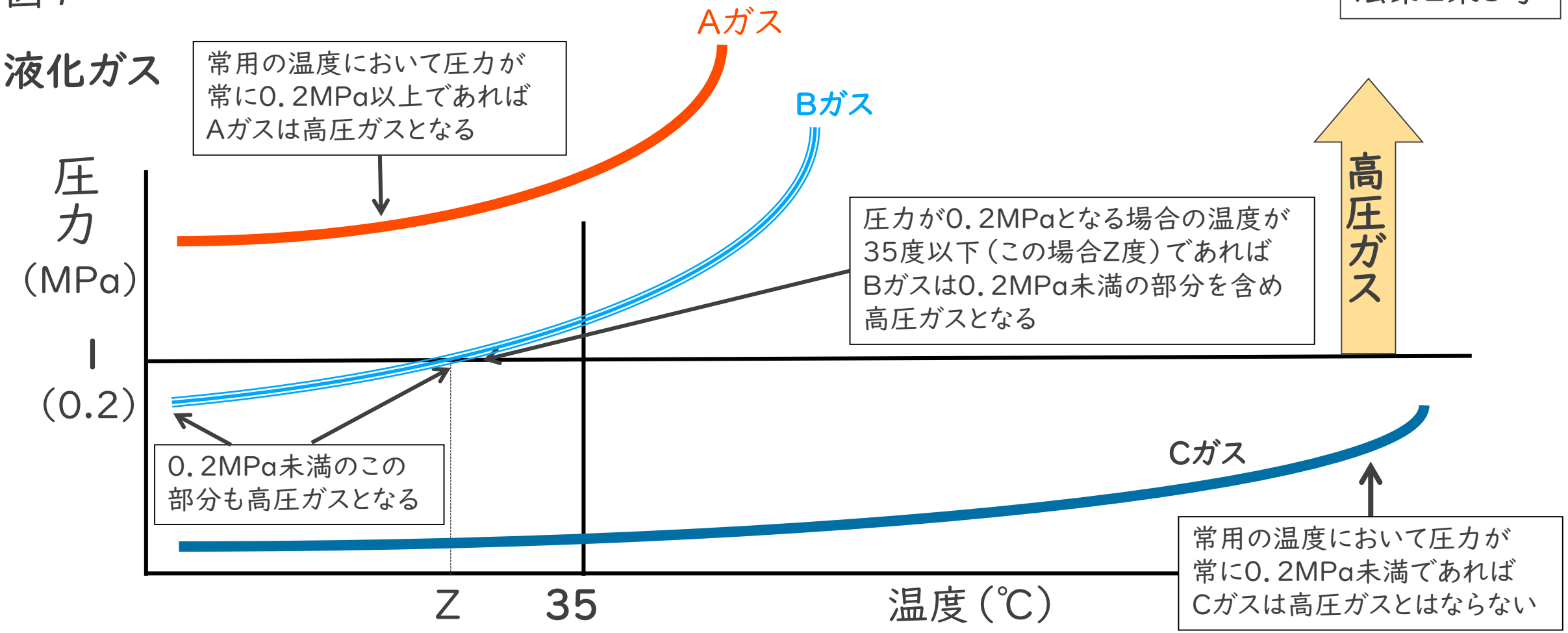
1MPaは、重さ1トン程度の自動車を片手に載せたときの、その掌（面積が100c㎡と仮定）にかかる圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは（2）

図9

法第2条3号



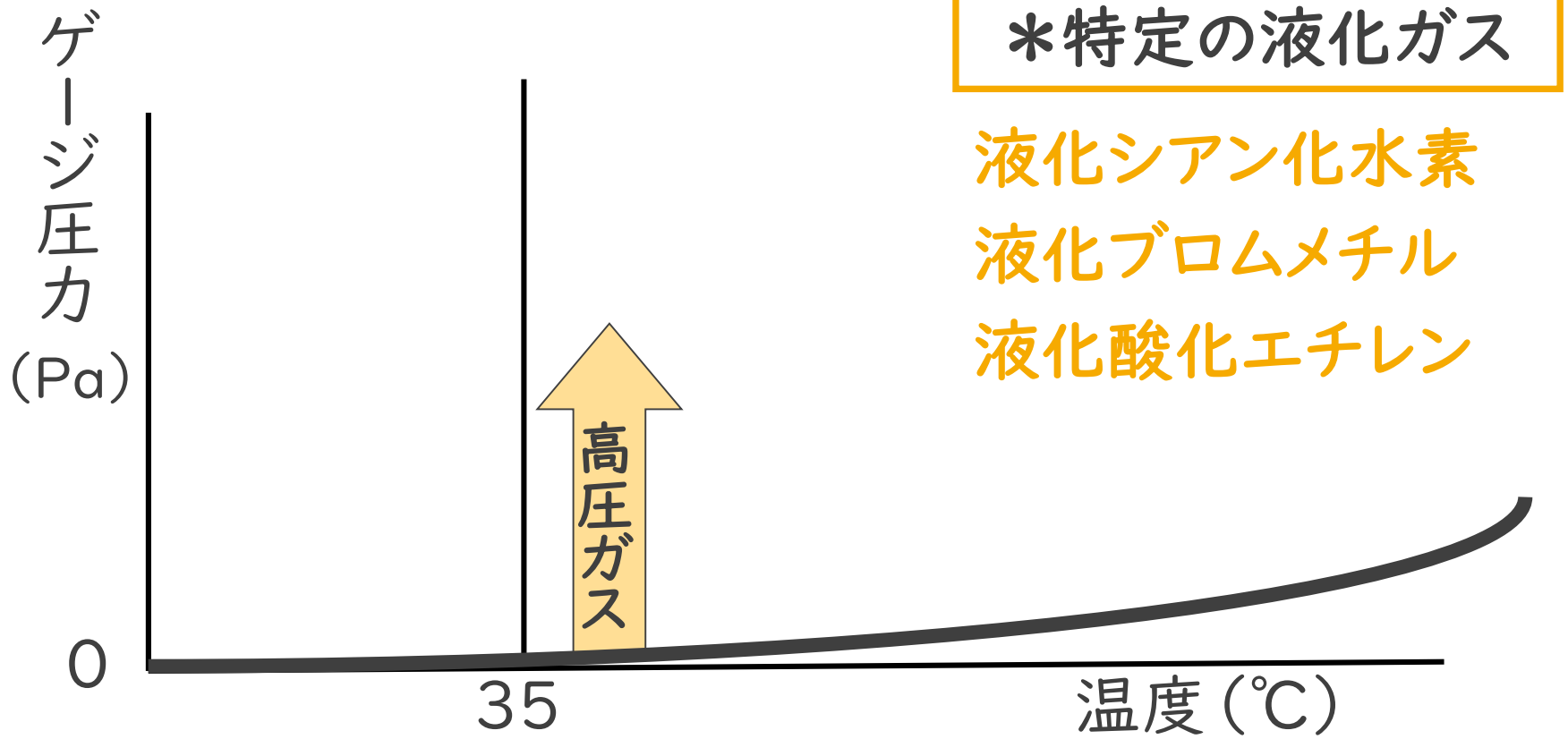
＊ 常用の温度 ：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは（3）

法第2条4号
政第1条

図10-1



＊特定の液化ガス

液化シアン化水素
液化ブロムメチル
液化酸化エチレン

特定の液化ガス（3種類）の場合は、温度35度において
圧力0パスカルを超えるものであれば「高圧ガス」と定義される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガスの定義（法第2条関係基本通達）

図10-2

「液化ガス」とは、**現に液体であって**次のいずれかに該当するものをいう。

① 大気圧下における沸点
（当該液体が純物質か混合物であるか否かにかかわらず、当該液体の蒸気圧が大気圧と等しくなる温度をいう。以下②において同じ。）が40℃以下のもの

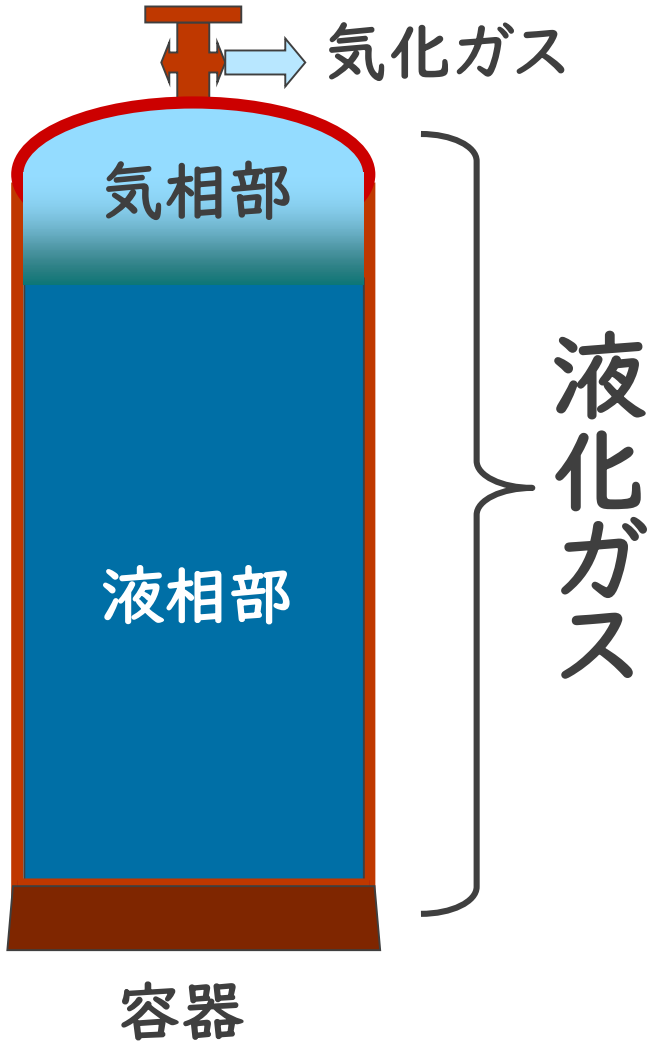
② 大気圧下における沸点が40℃を超える液体が、その沸点以上かつ1MPa以上の状態にある場合のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガスとは

参考図１１

法第2条関係運用・解釈



貯槽、容器、配管内等における液相部を有するガスは、液相部及び気相部を併せて「液化ガス」として取り扱う。

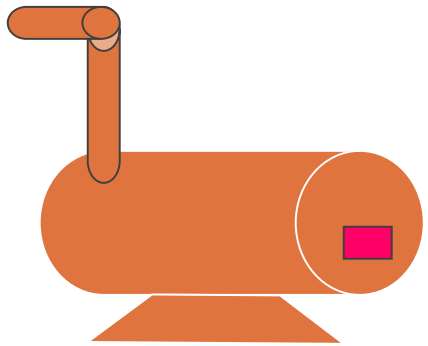
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（1）

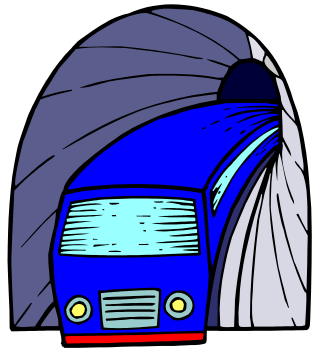
図1.1-1

法第3条

高圧ボイラー・
同導管内の高圧蒸気

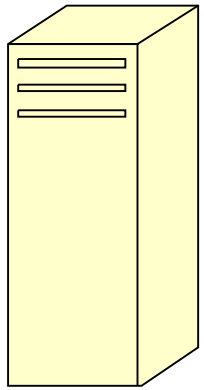


鉄道車両の
エアコン内の高圧ガス

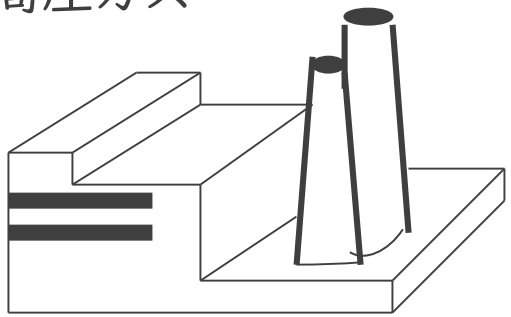


航空機内の高圧ガス

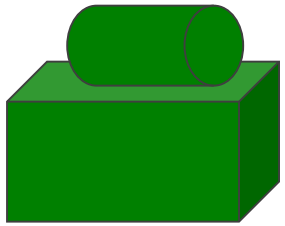
3トン（二酸化炭素、不活性のフルオロカーボンは5トン）未満の冷凍設備内の高圧ガス



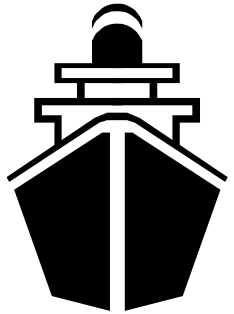
原子炉・同附属施設内の
高圧ガス



電気工作物内の
高圧ガス



船舶内の高圧ガス



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

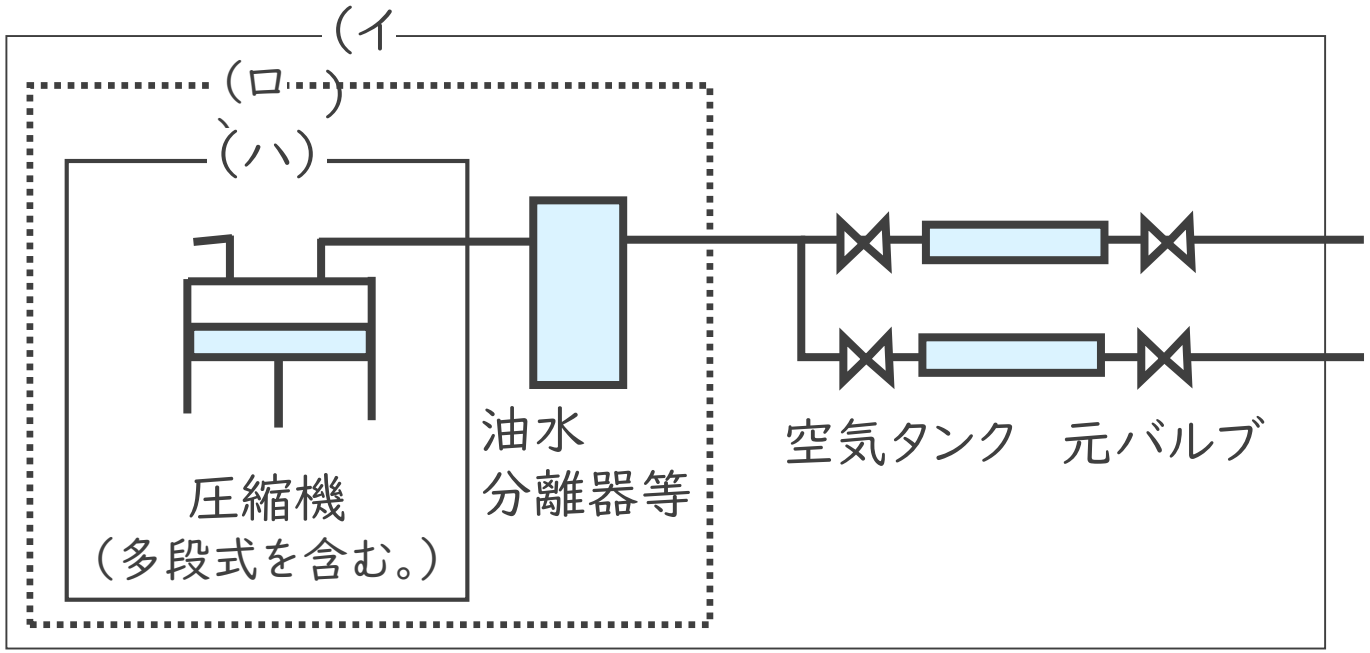
高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（2）

図Ⅱ-2

法第3条、政第2条3項1号、2号

① *圧縮装置内（圧縮機と同様の圧縮機構で空気を圧縮し、同装置内で加工、成形する機器類を含む。また、空気分離装置に用いられているものを除く。）の温度35℃における圧力が**5MPa以下の空気**

② 圧縮装置（空気分離装置に用いられているものを除く。設置条件有り。）内の温度35℃における圧力が**5MPa以下の不活性ガス**



*圧縮装置とは、設備の配置からみて一体として管理されるものとして設計されたもので（イ）、（ロ）又は（ハ）の範囲内の装置をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（3）

図11-3

法第3条、
政第2条3項5号、6号

① 液化ブロムメチルの製造のための設備外における当該ガス

② 常時他の設備と配管により接続されていないオートクレーブ（バッチ式反応釜）内における高圧ガス
（ただし、水素、アセチレン及び塩化ビニルを除く。→適用除外されない！）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（4）

図11-4

法第3条、
政第2条3項9号

ガスを圧縮、液化その他の方法で処理する設備内の高圧ガスであって、当該設備内のガスの容積が0.15m^{3}以下のもののうち、告示で定めるもの
（政令第2条第3項第9号）（施行令関係告示第4条の2）

1. 分析機器内における高圧ガス（分析機器の例→超臨界流体クロマトグラフ分析装置）
2. エアバッグガス発生器内における高圧ガス
3. 銃砲刀剣類所持等取締法に規定する空気銃又は準空気銃内における高圧ガス
4. 消火活動のため使用される放水銃内における高圧ガス
5. 3及び4に規定する空気銃、準空気銃、又は放水銃へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス
6. 冷凍設備へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス

（1～6のいずれも該当条件があるが記載省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造許可・製造事業届

図12-1

法第5条1項1号、2項1号

- 第一種製造者

処理能力が所定の値以上の設備で高圧ガスの製造をしようとする者 → 事業所ごとに、知事等に許可申請 → 知事等の許可 → 施設の設置工事着工

- 第二種製造者

処理能力が所定の値の範囲内の設備で高圧ガスの製造をしようとする者 → 事業所ごとに、製造開始の日の20日前までに知事等に届出

ただし

事業所内製造施設の処理能力は、原則合算する。

*複数の処理設備がある場合、

① 同一の処理設備が並列で設置され、同時に稼働できないことが確実な場合は合算しなくてよい。

② 処理能力の値が100m³（第一種ガスの場合は300m³）未満の場合であって他の製造施設とガス設備で接続されていないもので、かつ、他の製造施設の機能に支障を及ぼすおそれのないもの等にあっては、これらの処理能力を合算しなくてよいものとする。この場合、当該製造施設は、それぞれ法第5条第2項の適用（第二種製造者＝製造事業届出が必要）を受けることとなる。

（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

一般第3条他

平成29年11月15日付経済産業省令第83号による改正（平成30年4月1日施行）
容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則等の改正

（第一種製造者に係る製造の許可の申請）〔**一般則の例**〕

第3条　法第5条第1項の規定により許可を受けようとする者は、様式第1の高圧ガス製造許可申請書に製造計画書を添えて、事業所の所在地（移動式製造設備を使用する者にあっては、当該設備の使用の本拠の所在地。以下同じ。）を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。（以下略。第2項略）

↓条文は説明用に編集してあるので、正式な条文とは異なる。

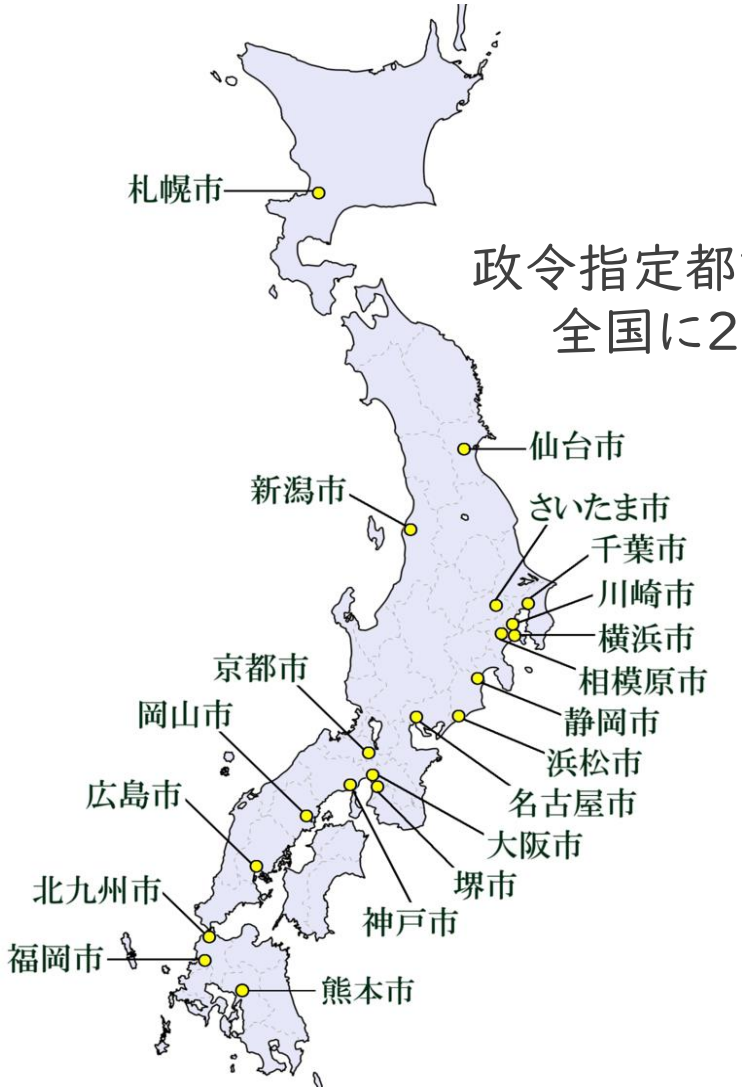
都道府県知事（当該事業所が地方自治法第252条の19第1項の指定都市（以下「指定都市」という。）の区域内にある場合であつて、当該事業所に係る事務が高圧ガス保安法施行令第22条に規定する事務（高圧ガスを取り扱う事業所の集積の程度、高圧ガスの処理量その他の高圧ガスの取扱いの状況を考慮して経済産業大臣が定める区域に所在する事業所（コンビ則適用事業所）並びに液化石油ガス法に規定する施設等に係る事務）に該当しない場合にあっては、当該事業所の所在地を管轄する指定都市の長。以下、第二種製造者の届出、承継の届出、変更の工事等の許可の申請、同軽微な変更の届出、第一種貯蔵所の設置の許可の申請、第二種貯蔵所の設置の届出、完成検査の申請、販売業者の販売の事業の届出、高圧ガスの製造の開始又は廃止の届出、特定高圧ガスの消費者に係る消費の届出、危害予防規程の届出等、保安統括者等の選任等の届出、保安検査の申請等、事故届等において同じ。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考（続き）

地方自治法第252条の
19第1項の指定都市とは

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、
政令で指定された場合に、
一般市から移行が成される。
これを「指定都市」という。



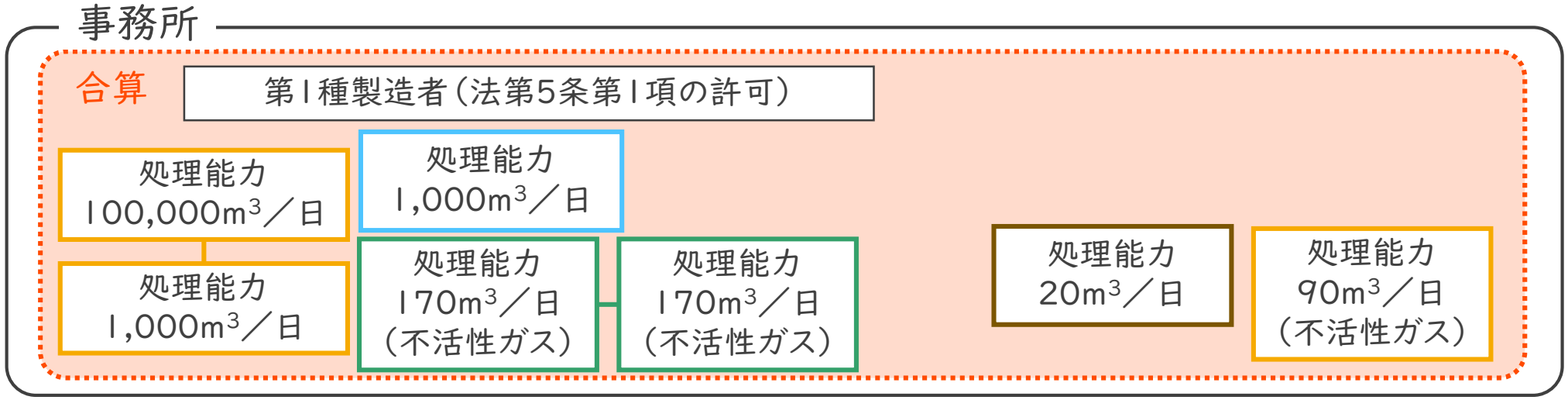
政令指定都市の位置。
全国に20ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

処理量合算の考え方について

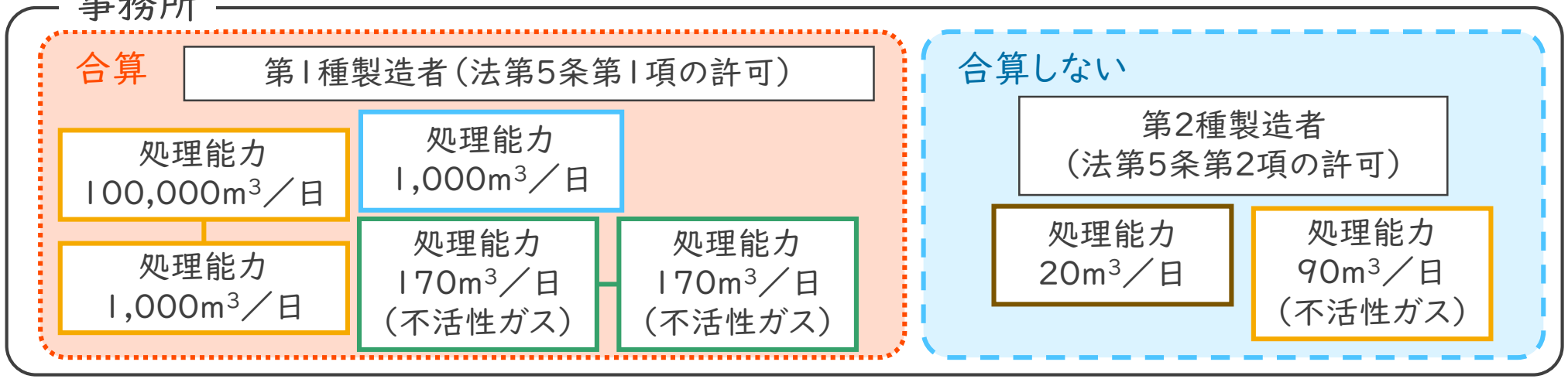
図12-2

平成28年
10月31日まで



許可施設はその処理能力を合算し、届出施設は合算しない。

平成28年
11月1日以降



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所ごと

法第5条

参考図12

（同一敷地内）

一般ガス製造施設
（処理能力A）

指定設備の製造施設
（処理能力B）

液化石油ガス製造施設
（処理能力C）

← 事業所の範囲

事業所の処理能力

A+C=X

（処理能力が小規模で接続されていない場合等は合算しないことがあり得る。（図12−1及び図12−2参照））

第一種製造者相当の製造施設、第二種製造者相当の製造施設及び指定設備は、1つのものとして許可対象になる。ただし、指定設備の処理能力は加算されない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

指定設備（冷凍に係るものを除く。）とは

参考図4

法第5条、56条の7、政第15条、一般第94条の3

窒素を製造するため、空気を液化して高圧ガスの製造をする設備であって、ユニット形のもの
のうち、経済産業大臣が定めるもの

［政令関係告示第6条第1項で、経済産業大臣が定めるものは、次のいずれにも該当する設備］

① 定置式製造設備（窒素のみを製造）で、処理能力 100 m^3/日以上のものであること。

② 原料空気圧縮機の吐出圧力が、1MPa未満であること。

③ 原料空気の不純物を精製除去するための吸着方式の設備を有すること。

④ 空気液化分離器は、二重殻密閉構造のものであること。

指定設備のみの事業所では、その処理能力に関係なく第二種製造者の製造設備として扱われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造事業所の許可、届出等の区分

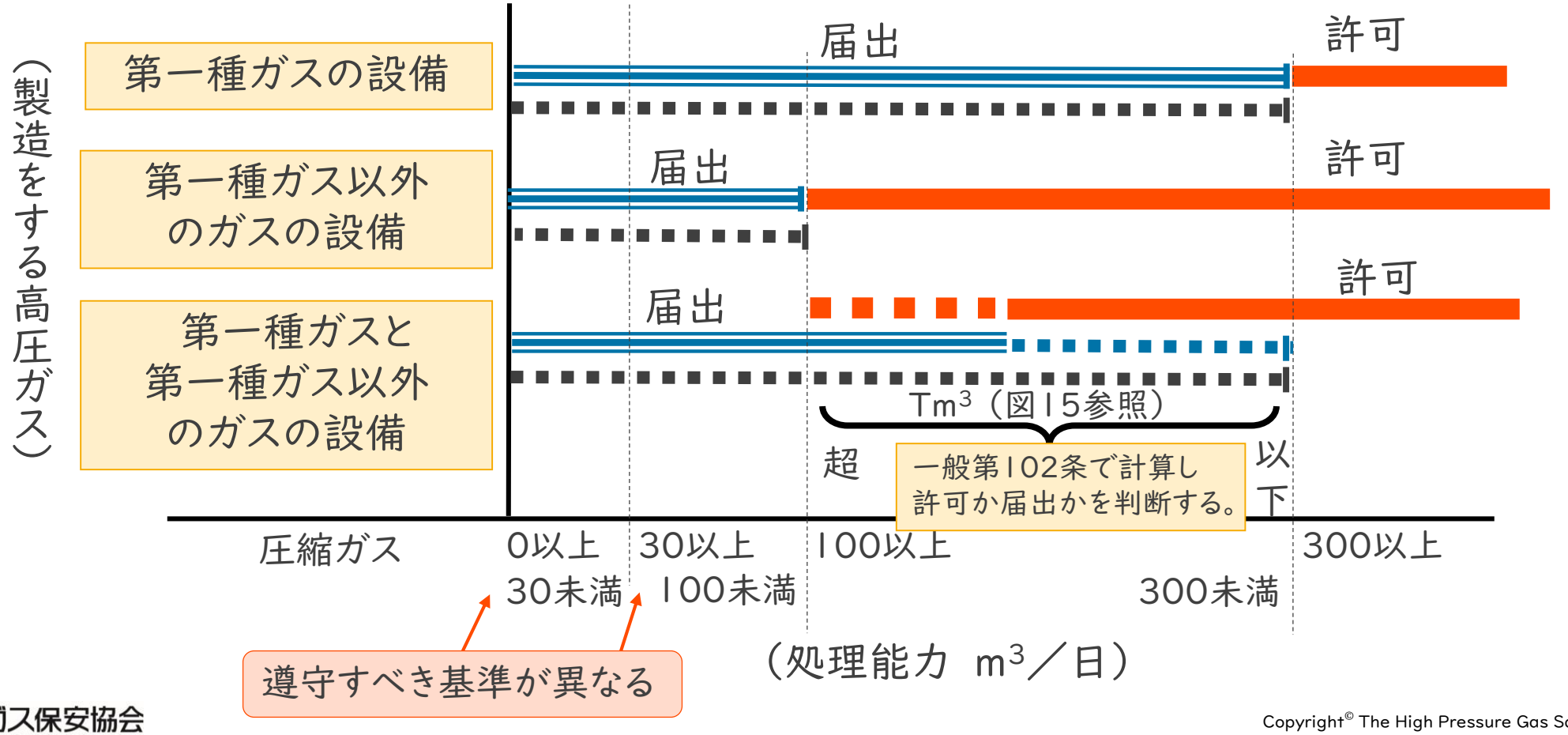
図13

法第5条、政第3条、一般第102条

：第一種製造者【知事等の製造許可＋製造基準の遵守】

：第二種製造者【知事等へ製造事業の届出＋製造基準の遵守】
（製造を業とする者ー事業開始の日の20日前までに知事等に届出）

：製造を業としないその他の製造者【製造基準の遵守のみ】



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

処理能力算定式の例

参考図14

一般第2条1項18号
液石第2条1項15号
コンビ第2条1項19号

処理能力（Q）：

圧縮、液化その他の方法で1日に処理することができるガスの容積
（温度0℃、圧力0Paに換算した容積（m^3））（主なもの）

ポンプ　$Q_1 = W_1 \times 24 \times \rho \times 22.4 / M$
圧縮機　$Q_2 = W_2 \times 24$
蒸発器　$Q_3 = W_3 \times 24 \times 22.4 / M$
凝縮器　$Q_4 = W_4 \times 24 \times 22.4 / M$

W_1　：ポンプの最大吐出し量（L／時）
W_2　：圧縮機の最大吐出し量（m^3／時）
W_3　：蒸発器の公称能力（ kg／時）
W_4　：凝縮器の公称能力（kg／時）
ρ　：液密度（kg ／ L）
M　：分子量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスとは

図14-1

法第5条、政第3条、
一般第101条

比較的災害の発生のおそれが小さいものとして指定された次の10種類の高圧ガス

＊ ヘリウム
＊ ネオン
＊ アルゴン
＊ クリプトン
＊ フルオロカーボン
（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）

＊ 空気

＊ キセノン
＊ ラドン
＊ 窒素
＊ 二酸化炭素

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの燃焼性、毒性等による区分（一般則第2条「用語の定義」）

図14-2

可燃性ガス

一般則第2条第1項第1号に掲名したガス（アクリロニトリル以下39種類＝改正なし）及びその他のガスであって、次のイ又はロに該当するもの（フルオロカーボンであって経済産業大臣が定めるものを除く。）

イ 爆発限界の下限が10%以下のもの

ロ 爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの

毒性ガス

一般則第2条第1項第2号に掲名したガス（アクリロニトリル以下33種類）及び毒物及び劇物取締法第2条第1項に規定する毒物

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの燃焼性、毒性等による区分（一般則第2条「用語の定義」）

図14-3

不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号に掲名したガスヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。→不燃性、難燃性のものが該当）

（可燃性ガスに該当しないフルオロカーボンとして、フルオロオレフィン1234yf、フルオロオレフィン1234ze及びフルオロカーボン32（爆発下限界13.8%、同上限界29.9%）が含まれる。（政令第3条表中第1号、一般則第101条、製造細目告示第15条参照→これら規定により「第一種ガス」となる。））

特定不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号の2により、特定不活性ガス　不活性ガスのうち、
フルオロカーボンであって、温度60度、圧力0パスカルにおいて着火したときに火炎伝ぱを
発生させるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの設備とその他のガスの設備の両方の設備を併設している場合

図15

法第5条、政第3条、
一般第102条

事業所の1日の処理能力の合算値が、100 m^3を超え、
300 m^3以下であって、次の計算式の計算値（T）と比べて、

- T 以上の場合 → 許可（第一種製造者）
- T 未満の場合 → 届出（第二種製造者）

$$T = 100 + \frac{2}{3} \times S$$

S ：第一種ガスの処理能力（ m^3／日 ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの設備とその他のガスの設備の両方の設備を併設している場合の計算例

一般第102条

図15（続き）

① 酸素50 m^3／日、窒素210 m^3／日の場合

合計処理能力＝50+210=260（m^3／日）

T＝100+2／3×210=240

T（240m^3／日）≦ 260（m^3／日）

∴第一種製造者

② 水素 20m^3／日、二酸化炭素 180m^3／日の場合

合計処理能力＝20+180=200（m^3／日）

T＝100+2／3×180=220

T（220 m^3／日）>200（m^3／日）

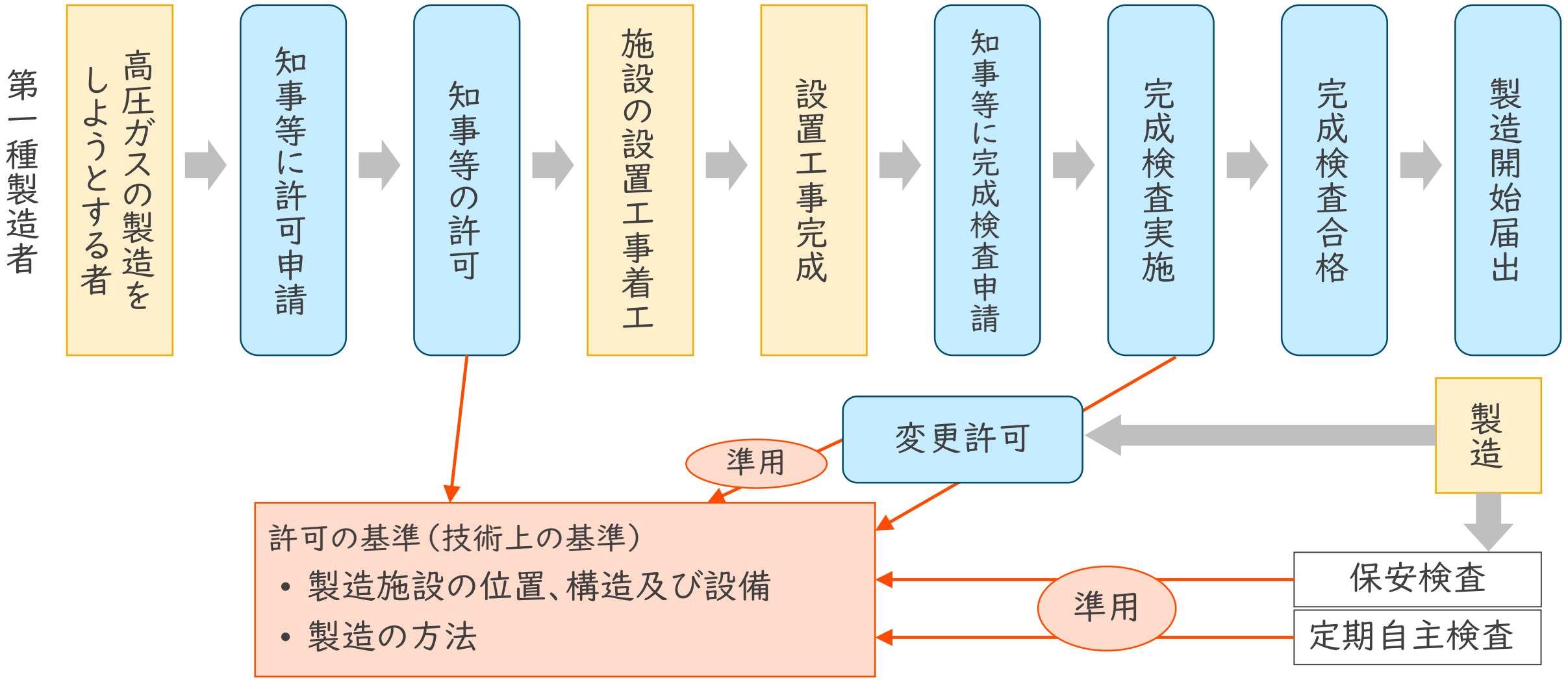
∴第二種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造の許可基準

図16

法第8条、14条2項、35条2項、一般第83条3項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設に係る技術上の基準の区分

参考図15

一般則第6条～8条の2、
液石則第6条～9条、
コンビ則第5条～7条の3

区分 / 製造設備	一般高圧ガス製造事業所	液化石油ガス製造事業所	特定製造事業所
	一般高圧ガス保安規則	液化石油ガス保安規則	コンビナート等保安規則
定置式製造設備	① ②～⑤を除く一般ガス製造設備 ② コールド・エバポ レータ製造設備 ③ 圧縮天然ガススタンド ④ 液化天然ガススタンド ⑤ 圧縮水素スタンド	① ②を除く液化石油ガス製造設備 （第一種製造設備 第二種製造設備） ② 液化石油ガススタンド	① ②～⑥を除く製造設備 ② コールド・エバポレータ製造設備 ③ 特定液化石油ガススタンド ④ 圧縮天然ガススタンド ⑤ 液化天然ガススタンド ⑥ 圧縮水素スタンド
移動式製造設備	① 移動式圧縮水素スタンド ② ①以外の移動式製造設備	① ポンプ付液化石油ガスタンクローリ ② ①以外の移動式製造設備	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造許可等の承継

図17

法第10条、10条の2、17条、20条の4の2

◎は、承継する。

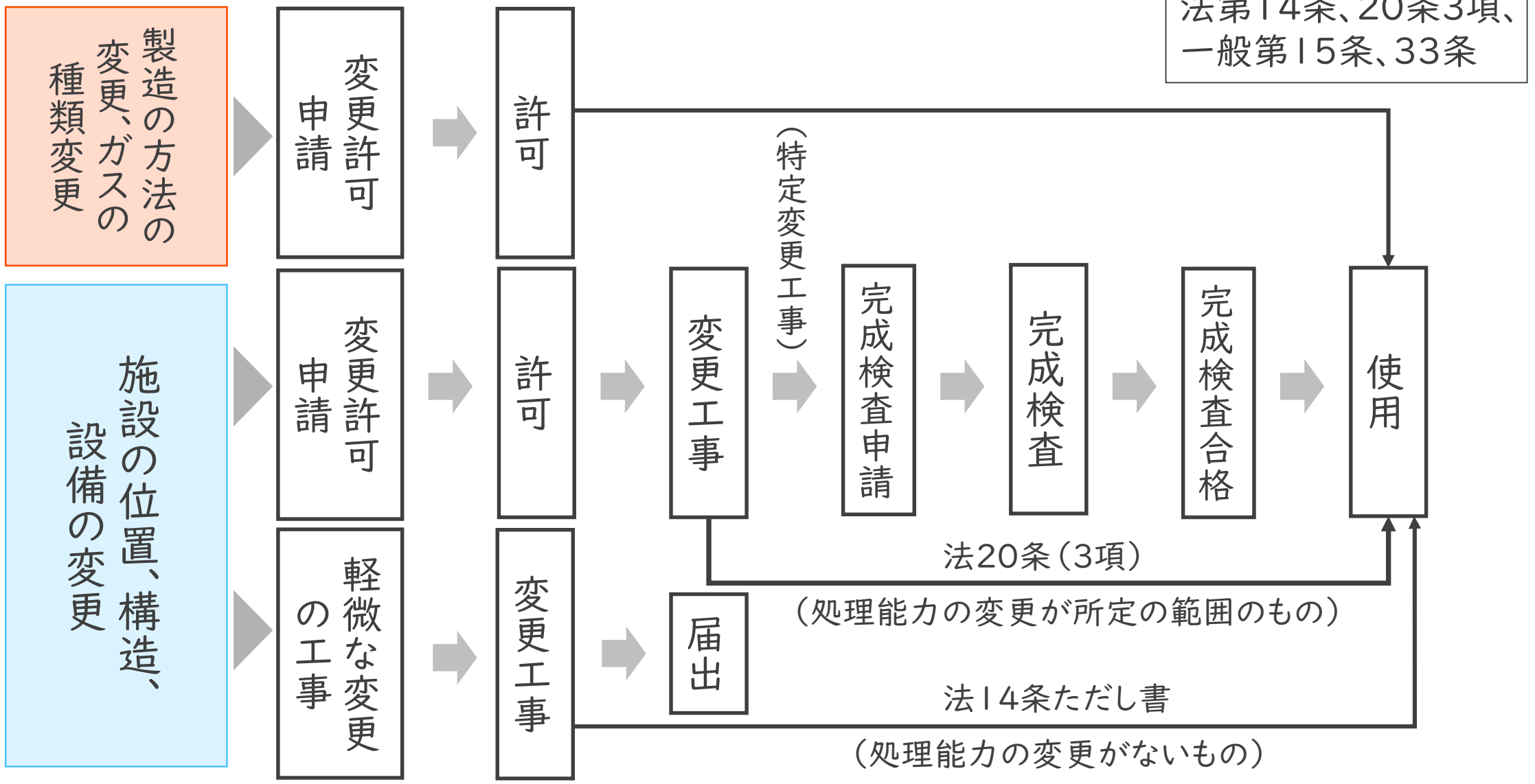
	合併、分割、相続	譲渡し	引渡し
第一種製造者の許可	◎		
第二種製造者の事業	◎	◎	
第一種貯蔵所の許可		◎	◎
販売業者の事業	◎	◎	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設等の変更許可・届出

図18

法第14条、20条3項、
一般第15条、33条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者講習

法令Ⅱ

高圧ガス保安法②
（含む　施行令、一般則、容器則の一部）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

講師：元　高圧ガス保安協会
宇都宮　敏

第一種貯蔵所・第二種貯蔵所・その他貯蔵<貯蔵能力による区分>

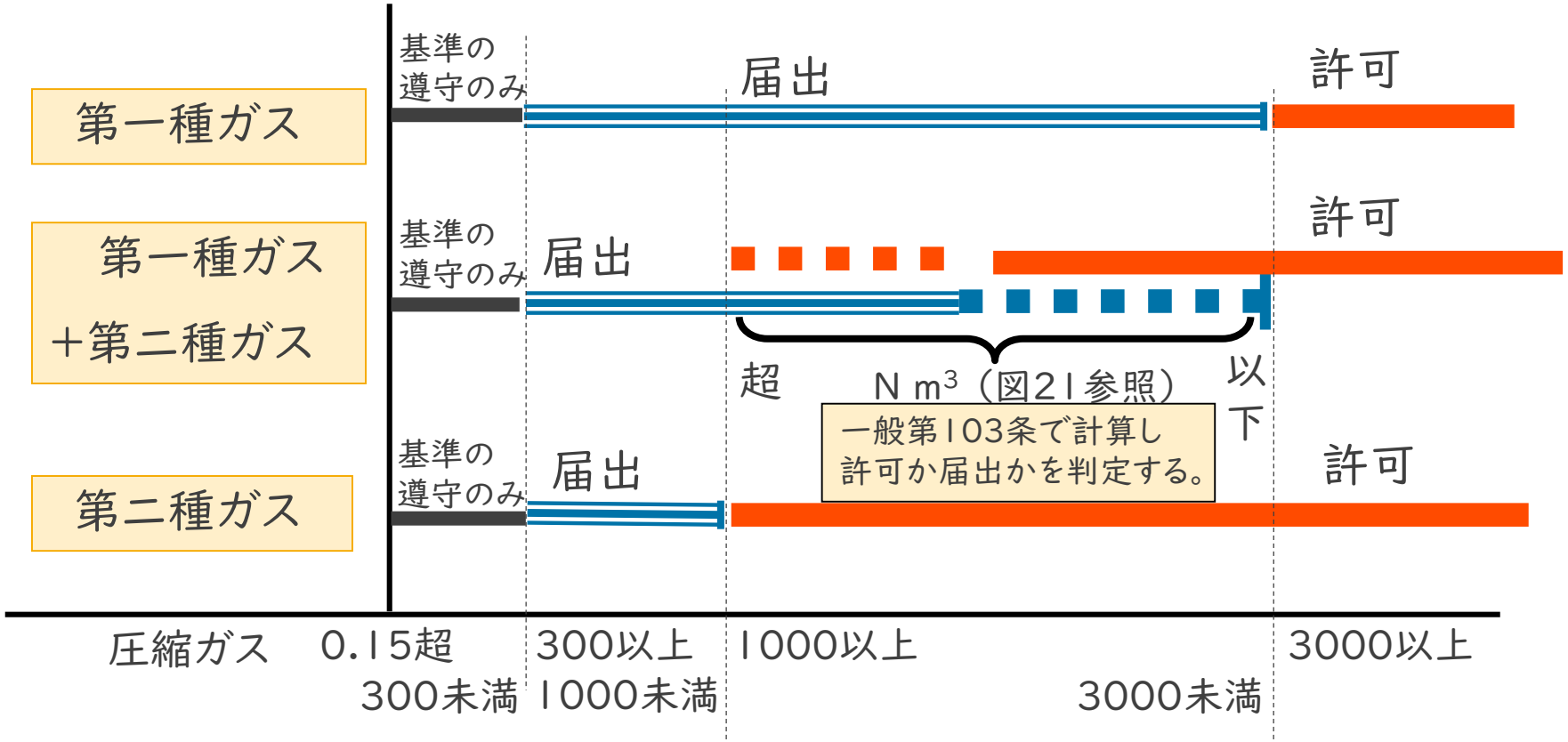
図19-1

法第15条、第16条、第17条の2、政第5条、一般第103条

：第一種貯蔵所 【知事等の許可+貯蔵基準の遵守】

：第二種貯蔵所 【知事等へ届出+貯蔵基準の遵守】

：上記貯蔵所以外での貯蔵 【 貯蔵基準の遵守のみ】



貯蔵数量 m^3［液化ガスは10kgを1m^3とする。］

注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容積（貯蔵量）の合算について（法第16条関係基本通達）→図19−3 参照

図19−2

① 消火設備内高圧ガス（不活性ガスに限る。）とそれ以外の高圧ガスは区分し、両者は合算しない。また、消火設備内高圧ガスについては、設備が配管で接続されている場合のみ合算する。

② 消火設備内高圧ガス以外の高圧ガスについては、次のいずれかの場合は合算する。

イ 容器又は容器以外の貯蔵設備（以下「設備」という）が配管で接続されている場合

ロ 設備が配管で接続されないときであって次の場合

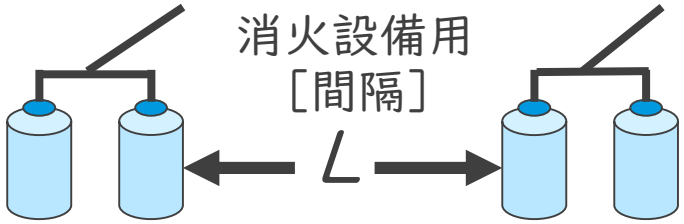
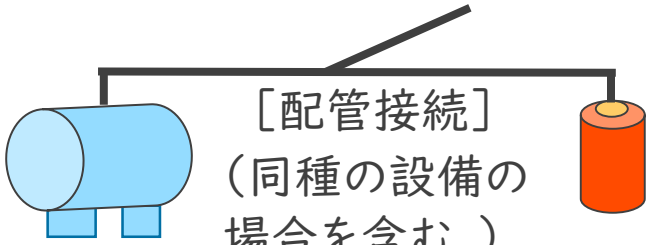
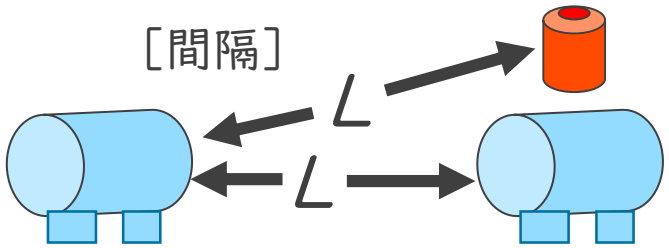
（ｉ）容器以外の貯蔵設備同士又は容器と容器以外の貯蔵設備との間が30m以下である場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵能力の合算

図19-3

法第16条関係基本通達

①		設備（容器）の間隔（L）に関係なく、配管接続のもののみ一つの貯蔵として合算する。 また、消火設備以外の高圧ガスとは合算しない。
② イ		容器又は容器以外の貯蔵設備が配管接続の場合は、その間隔に関係なく、一つの貯蔵として合算する。
② ロ （ｉ）		容器以外の貯蔵設備と容器以外の貯蔵設備又は容器と容器以外の貯蔵設備との間（L）が30m以下の場合は、一つの貯蔵として合算する。
② ロ （ⅱ）		容器と容器との間（L）が22.5m以下である場合は一つの貯蔵として合算する。 →図19−4の記述参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵能力の合算

図19-4

（ii）容器と容器の間（多層階の場合、建物内の上下関係を含む。）が
22.5m（次のa及びbの場合は、それぞれに示す距離）以下である場合

a 容器と容器の間に厚さ12cm以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁（bにおいて単に「障壁」という。）が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所（容器置場の6面が閉鎖されているのではなく、両者が有効に遮断されていれば側面や上方は開放されていてもよい。bにおいて同じ。）に設置されている場合（bの場合を除く。） 11.25m

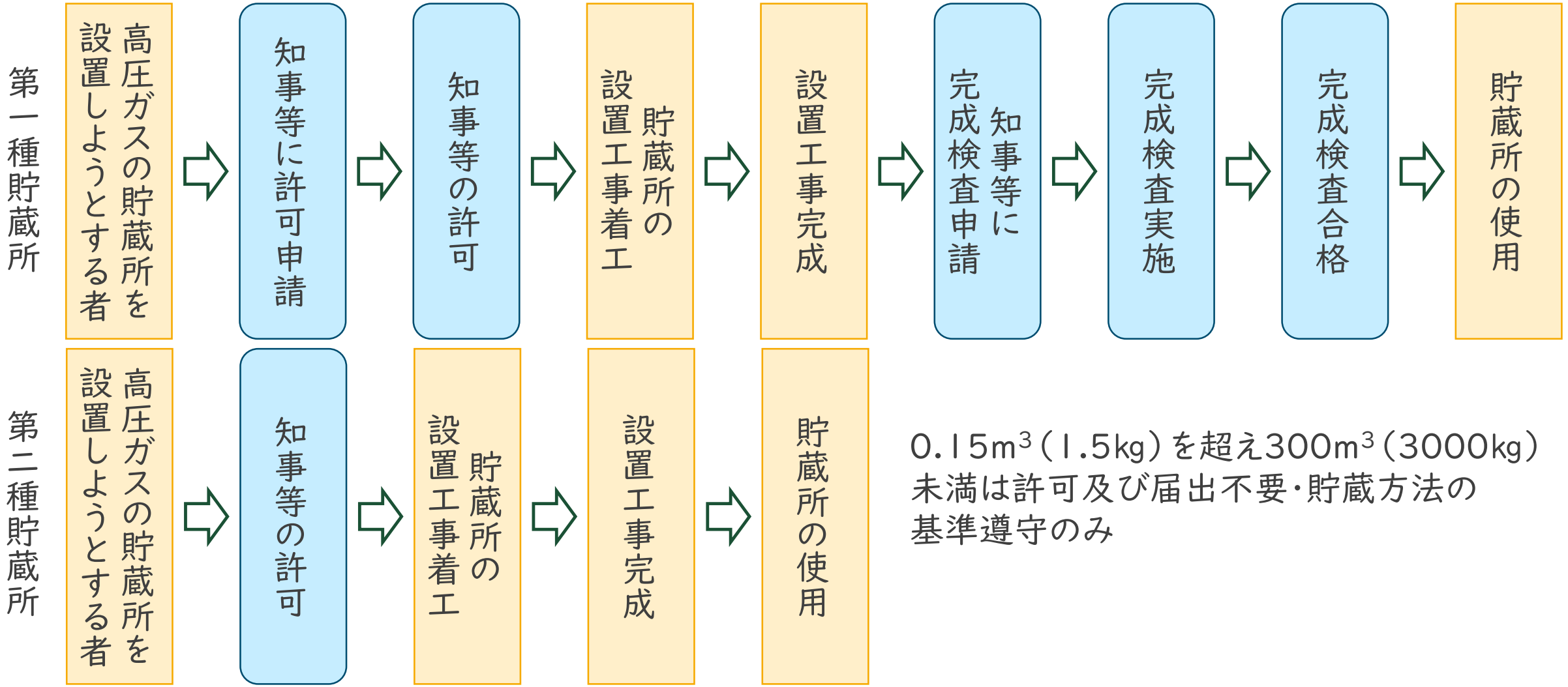
b それぞれの容器置場の面積が8㎡以下の場合であって、容器と容器の間に障壁が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所に設置されている場合 6.36m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所の設置の許可・届出

図20

法第16条、17条の2



0.15m³（1.5kg）を超え300m³（3000kg）未満は許可及び届出不要・貯蔵方法の基準遵守のみ

（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵している場合

法第16条、17条の2、
政第5条、一般第103条

図21

合計貯蔵数量が1000m³を超え、3000m³以下であって、
実際の合計貯蔵数量が次の計算式の計算値（N）と比べて、

- N 以上の場合 → 許可（第一種貯蔵所）
- N 未満の場合 → 届出（第二種貯蔵所）

$$N = 1000 + \frac{2}{3} \times M$$

M：第一種ガスの処理能力（m³）

（液化ガス10kgを1m³とする。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵している場合の計算例

図21（続き）

一般第103条

① 水素500m³、二酸化炭素2100m³の場合

合計貯蔵数量＝500+2100＝2600（m³）

N＝1000+2／3×2100＝2400

N（2400 m³）≦ 2600（m³）

∴第一種貯蔵所

② 水素 200m³、二酸化炭素 1800m³ の場合

合計貯蔵数量＝200+1800＝2000（m³）

N＝1000+2／3×1800＝2200

N（2200 m³）＞2000（m³）

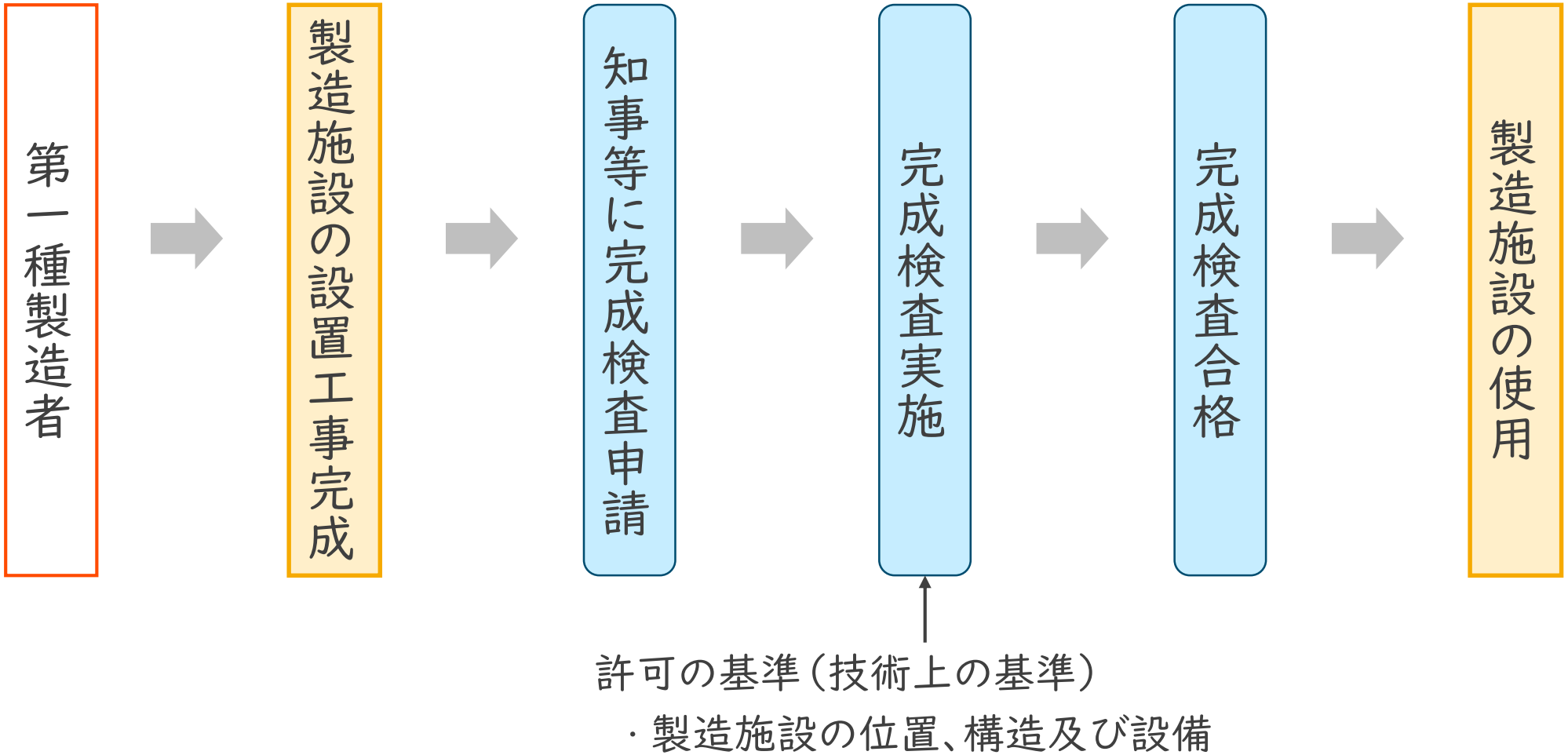
∴第二種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設設置許可に係る完成検査

図22

法第20条1項、(8条1号)

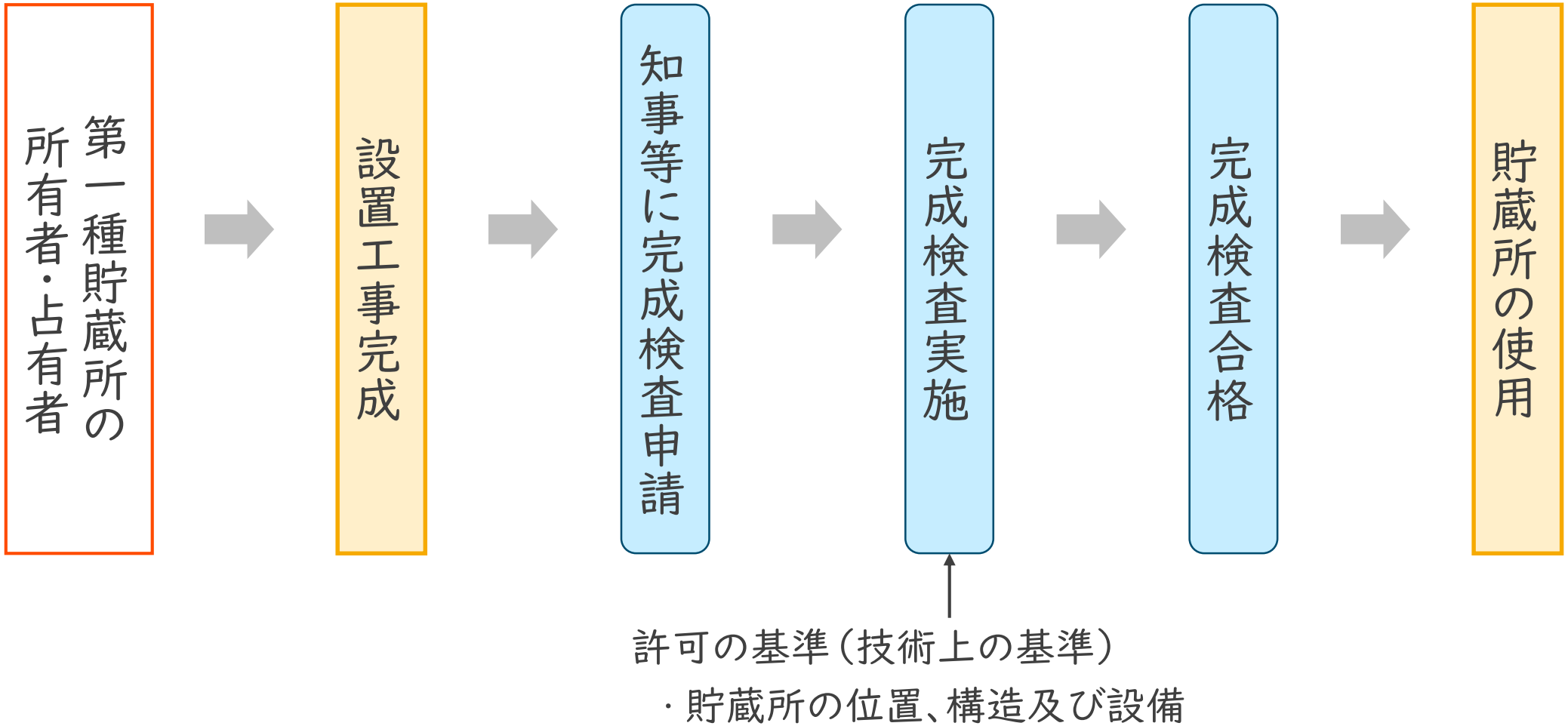


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所設置許可に係る完成検査

図23

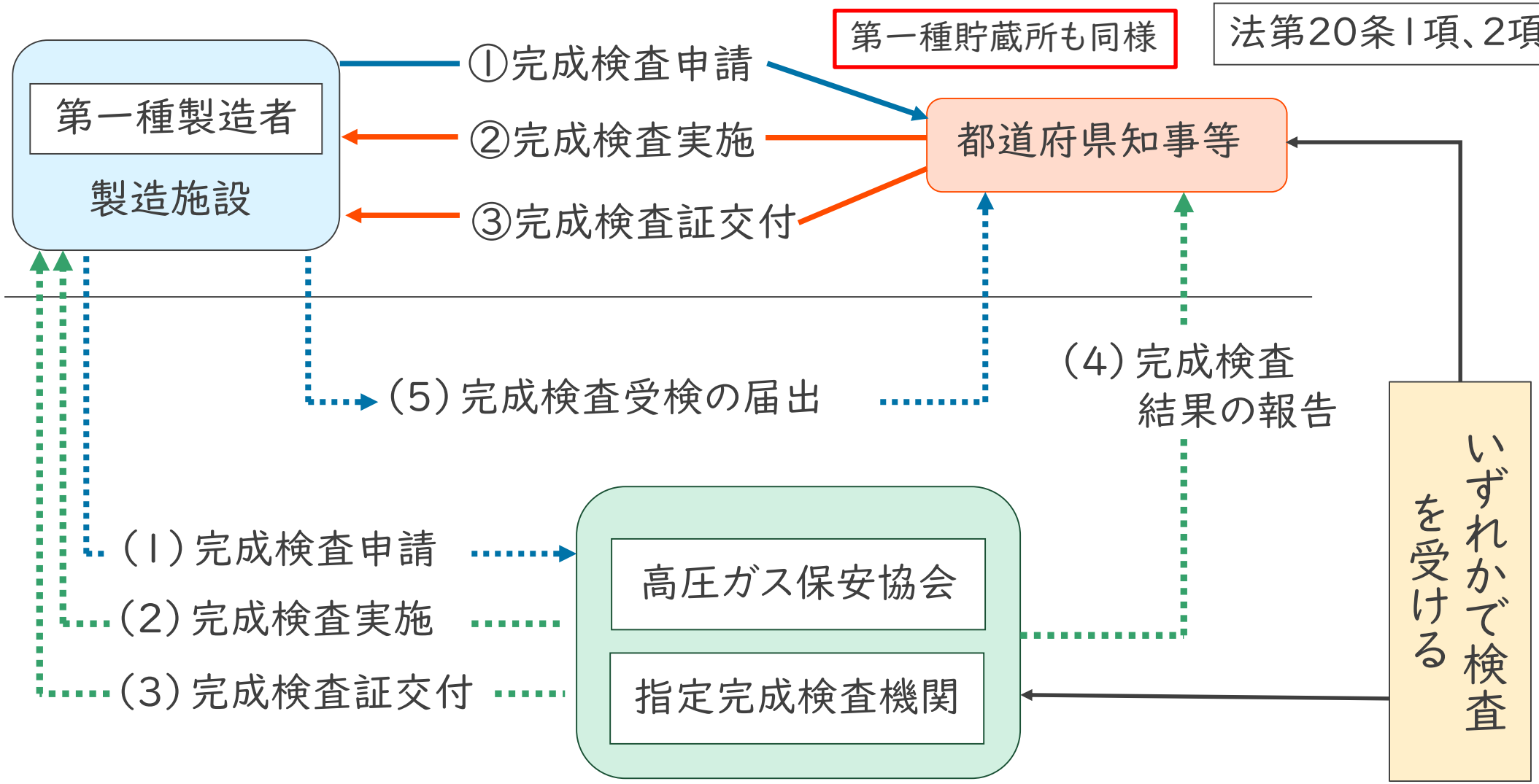
法第20条1項、(16条2項)



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設設置（新規）の完成検査の手続等

図24



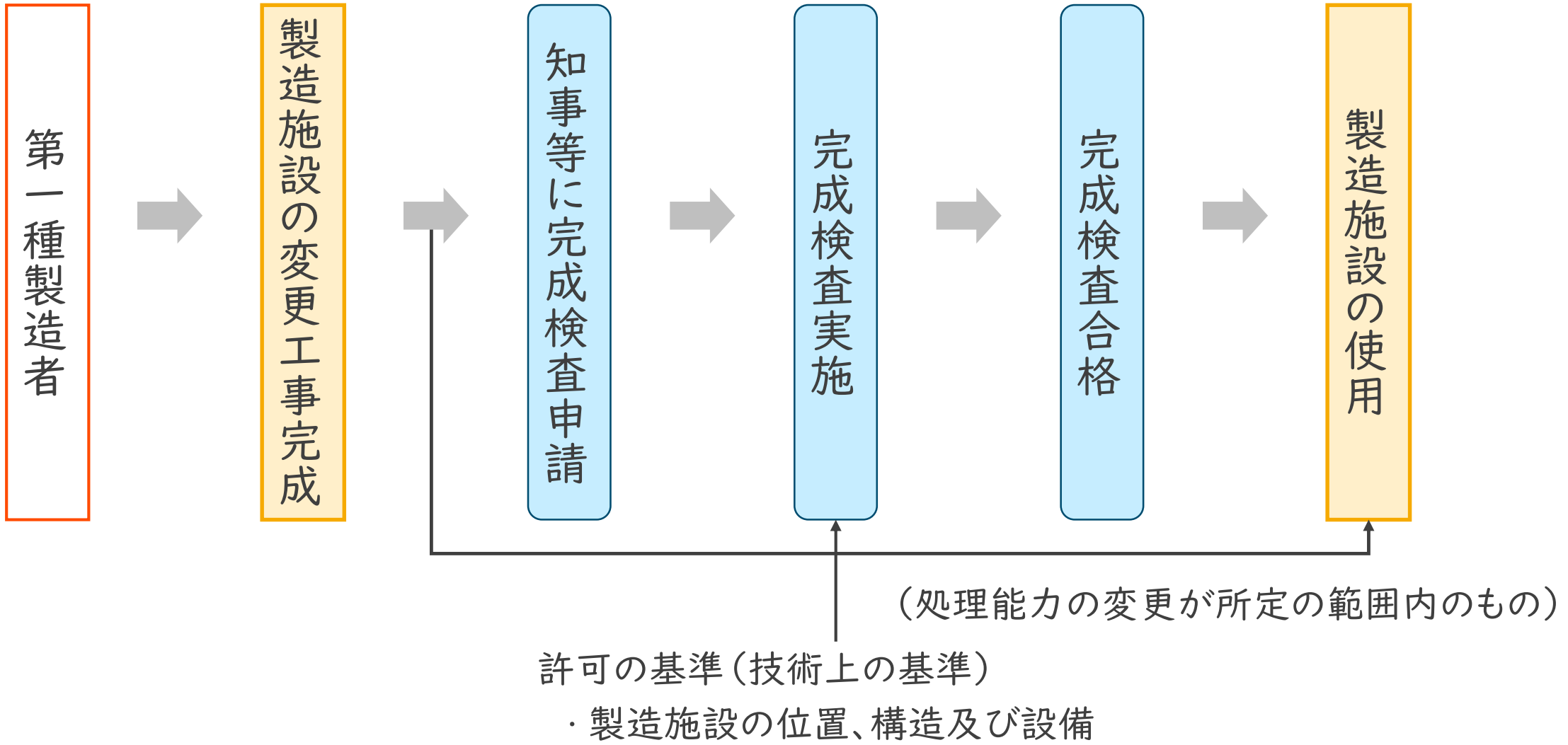
＊例外：完成検査に合格している既設施設の譲受者で、新規許可を受けた場合は、完成検査不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設の変更許可に係る完成検査

図25

法第20条3項、14条3項（8条1号）

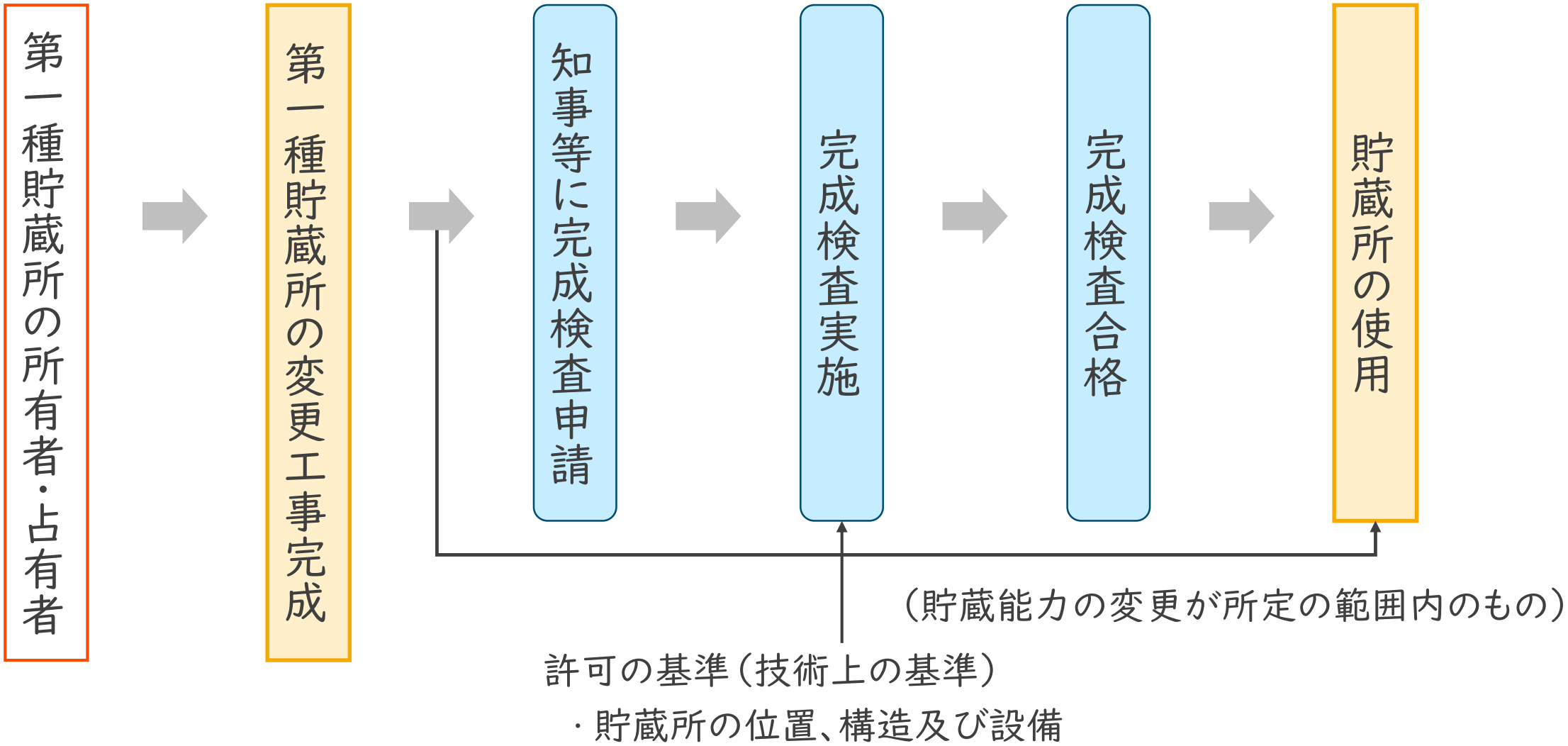


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所の変更許可に係る完成検査

図26

法第20条3項、19条3項（16条2項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設の変更工事

図27

法第14条、第20条3項、第20条の2、の3、
一般第33条、液石第34条、コンビ第17条

変更工事

- 許可
  - 完成検査→必要 → 特定変更工事
  - 完成検査→不要 （※）（製造細目告示第12条の14）

（※）許可を要するが完成検査不要のもの

① ガス設備（耐震設計構造物に係る特定設備を除く。）の取替え又は設置位置の変更（高圧ガス設備の取替えを伴うものにあっては大臣認定品への取替えに限り、特定設備の取替えを伴うものにあっては検査合格品又は基準適合品への取替えに限る。）の工事であって、当該設備の処理能力の変更が20%以内の範囲であるもの

② 処理能力が100m³／日（不活性ガス又は空気は300m³／日）未満の製造設備（耐震設計構造物に係るものを除き、特定設備である場合は検査合格品又は基準適合品に限る。）である製造施設の追加に係る変更工事であって、他の製造施設とガス設備で接続されていないもので、かつ、他の製造施設の機能に支障を及ぼすおそれのないもの

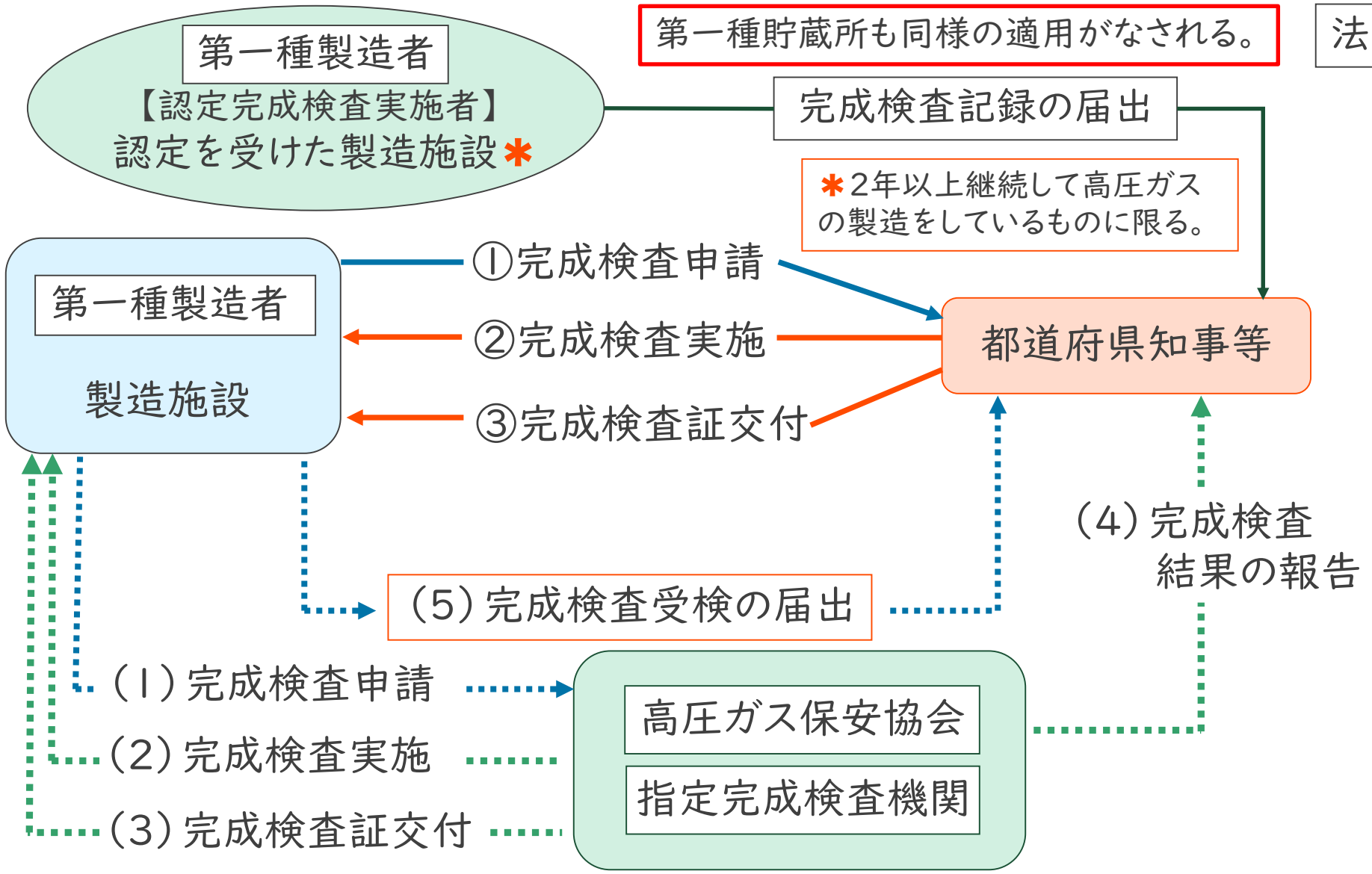
- 届出（軽微な変更の工事）
  - 処理能力の変更がないもの等の所定の工事（一般15条、液石16条、コンビ14条）

第一種貯蔵所についても、上記と同様の適用がなされる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定変更工事の完成検査の手続等

図28



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売事業届

図29

法第20条の4

販売業者

高圧ガスの販売事業を
営もうとする者

→

販売所ごとに事業開始の日の
20日前までに知事等に届出

① 第一種製造者（冷凍のため高圧ガスの製造をする者を除く。）であって、その事業所で製造した高圧ガスをその事業所で販売するとき、又は、所定のガスを貯蔵量常時5m^{3}未満の販売所で販売するときは、知事等への届出不要。

② 販売事業について知事等へ届け出た者を「販売業者」といい、①の第一種製造者を含めて「販売業者等」という。この販売業者等には、周知義務及び販売の方法の技術上の基準の遵守義務がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売業者等の周知義務

図30

法第20条の5、
一般第38条、39条、
液石第39条、40条

＊自ら製造したガスを自らの製造事業所で販売する第一種製造者
＊販売業者

高圧ガスの用途・種類

＊溶接・熱切断用のアセチレン、酸素、天然ガス、液化石油ガス
＊在宅酸素療法用の液化酸素
＊スクーバ用等呼吸用の空気
＊スクーバ呼吸用のガス（$O_2+N_2 \geqq 98vol\%$、$O_2 \geqq 21vol\%$）
＊燃料用の液化石油ガス

販売

＊購入して消費する者
（第一種製造者、販売業者、特定高圧ガス消費者を除く。）

周知の時期：販売契約時、前回の周知から1年以上経過して高圧ガスを引き渡したときごと。

周知すべき事項

高圧ガスによる災害発生防止のための、
＊消費設備に対するガスの適応性
＊消費設備の操作、管理、点検
＊消費設備の使用場所の環境
＊消費設備の変更
＊ガス漏れ等の緊急時の措置、連絡

周知

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成16年6月4日、長野県木曽郡。
LPガス容器に酸素ガスを移充塡中に爆発、作業者の左手首を切断。腕と肋骨を骨折（重傷）した。

資料1－1

現場の状況（軽トラックの後部には爆破処理するLPガス容器が現存）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成16年6月4日、長野県木曽郡。
LPガス容器に酸素ガスを移充塡中に爆発、作業者の左手首を切断。腕と肋骨を骨折（重傷）した。

資料1-2

発災容器（LPガス10kg容器）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成16年6月4日、長野県木曽郡。
LPガス容器に酸素ガスを移充塡中に爆発、作業者の左手首を切断。腕と肋骨を骨折（重傷）した。

資料1-3

安全のため爆破処理した10kgLPガス容器（2本）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売の方法の技術上の基準

図31

法第20条の6、
一般第40条、
液石第41条

1　販売先の保安台帳の常備

→ 高圧ガスの引渡し先の保安状況を明記した台帳（圧縮水素を燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器に充塡する圧縮水素を販売する場合を除く。）

2　充塡容器等の引渡し（販売）制限

→ ① 充塡容器等の引渡し（販売）は、外面に使用上支障のある腐食、割れ、すじ、しわ等がなく、かつ、ガスが漏えいしていないもの

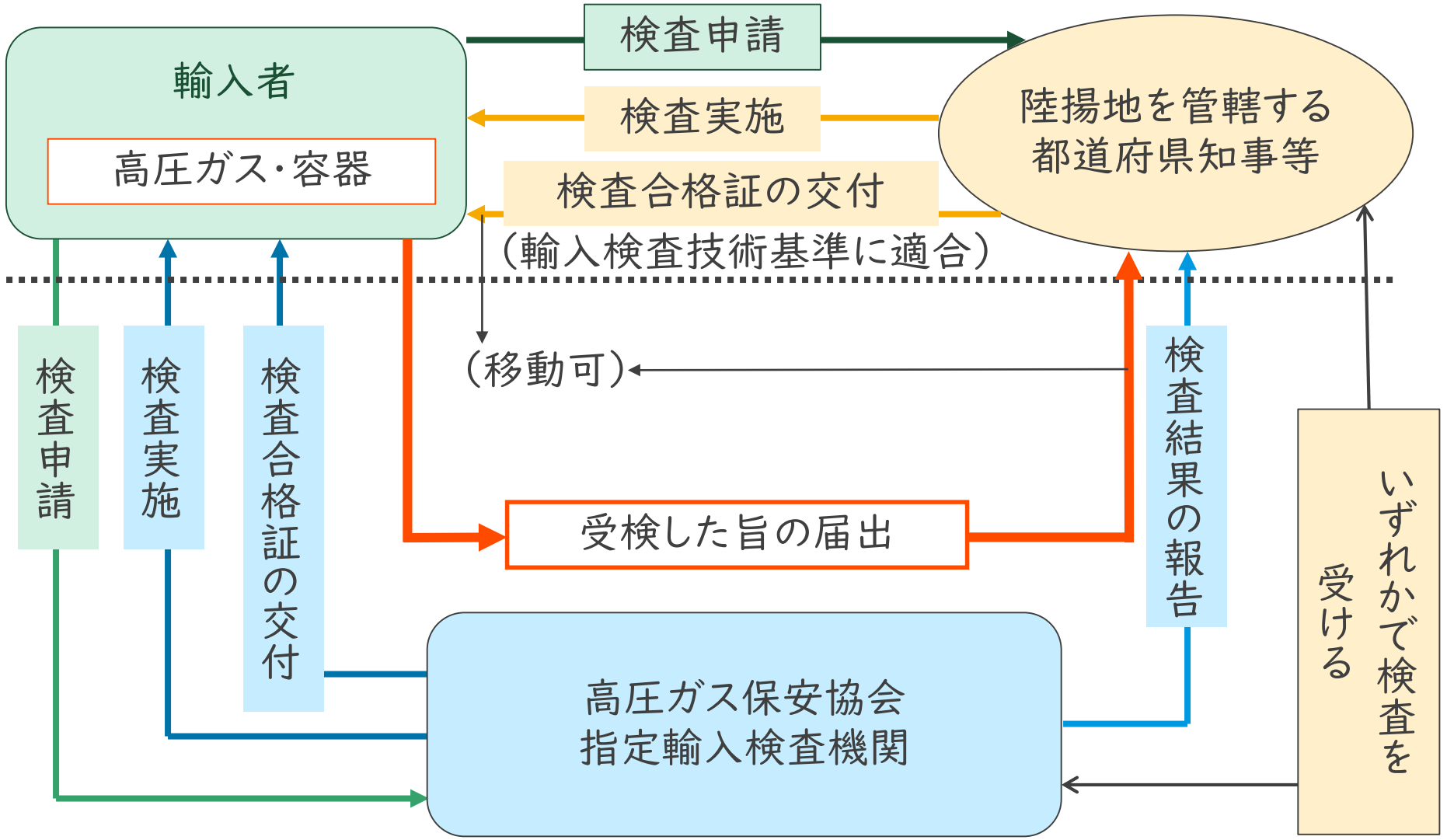
② 圧縮天然ガス、液化石油ガスの充塡容器等は、容器再検査期間を6か月以上経過していないものであり、かつ、その旨を明示したもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの輸入検査手続等

図32

法第22条



検査免除：高圧ガスを船舶から導管により陸揚輸入ほか

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの移動

図33

法第23条、
一般第48条～51条、
液石第47条～50条

［移動に係る技術上の基準］

1　容器について保安上必要な措置

2　車両による移動の場合
→　①　積載方法
　　②　移動方法

3　導管による移動の場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガスの消費者

図34

法第24条の2、政第7条

特定高圧ガスの消費者→消費開始の日の20日前までに知事等へ届出要

消費する高圧ガスの種類	消費事業所に貯蔵する数量（貯蔵能力）
① 特殊高圧ガス	容積にかかわらず
② 圧縮水素	容積 300m^3 以上
③ 圧縮天然ガス	容積 300m^3 以上
④ 液化酸素	質量 3000kg 以上
⑤ 液化アンモニア	質量 3000kg 以上
⑥ 液化石油ガス	質量 3000kg 以上 （注：液化石油ガス法の適用を受ける業務用消費者の場合は、10000kg以上の場合に特定高圧ガスの消費者となる。）
⑦ 液化塩素	質量 1000kg 以上
⑧ 上記①～⑦の高圧ガス	消費事業所に貯蔵せずに他事業所から導管で供給を受けて消費する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特殊高圧ガスの種類

図35

法第24条の2、政第7条、
一般第2条1項3号

燃

7種類の高圧ガス
モノシラン
ホスフィン
アルシン
シボラン
セレン化水素
モノゲルマン
ジシラン

毒

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガス消費届

図36

法第24条の2

特定高圧ガス消費者

特定高圧ガスを消費する者

事業所ごとに消費開始の日の
20日前までに知事等に届出

第一種製造者、第二種製造者、第一種貯蔵所の所有者等、第二種貯蔵所の所有者等、販売業者であっても、特定高圧ガス消費者となれば、別途届出が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガス消費者以外の高圧ガスの消費者

図37

法第24条の5、
一般第59条、
液石第57条

消費の方法基準の遵守のみ

［基準に従って消費すべき高圧ガス］

○「一般高圧ガス保安規則」

→ 可燃性ガス（高圧ガスを燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用のみに消費される高圧ガスを除く。）、毒性ガス、酸素、空気

○「液化石油ガス保安規則」

→ 液化石油ガス（液化石油ガスを燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用のみに消費される液化石油ガスを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの廃棄

図38

法第25条、
一般第61条、62条、
液石第59条、60条

廃棄の方法基準の遵守のみ

［基準に従って廃棄すべき高圧ガス］

○「一般高圧ガス保安規則」

→ 可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素

○「液化石油ガス保安規則」

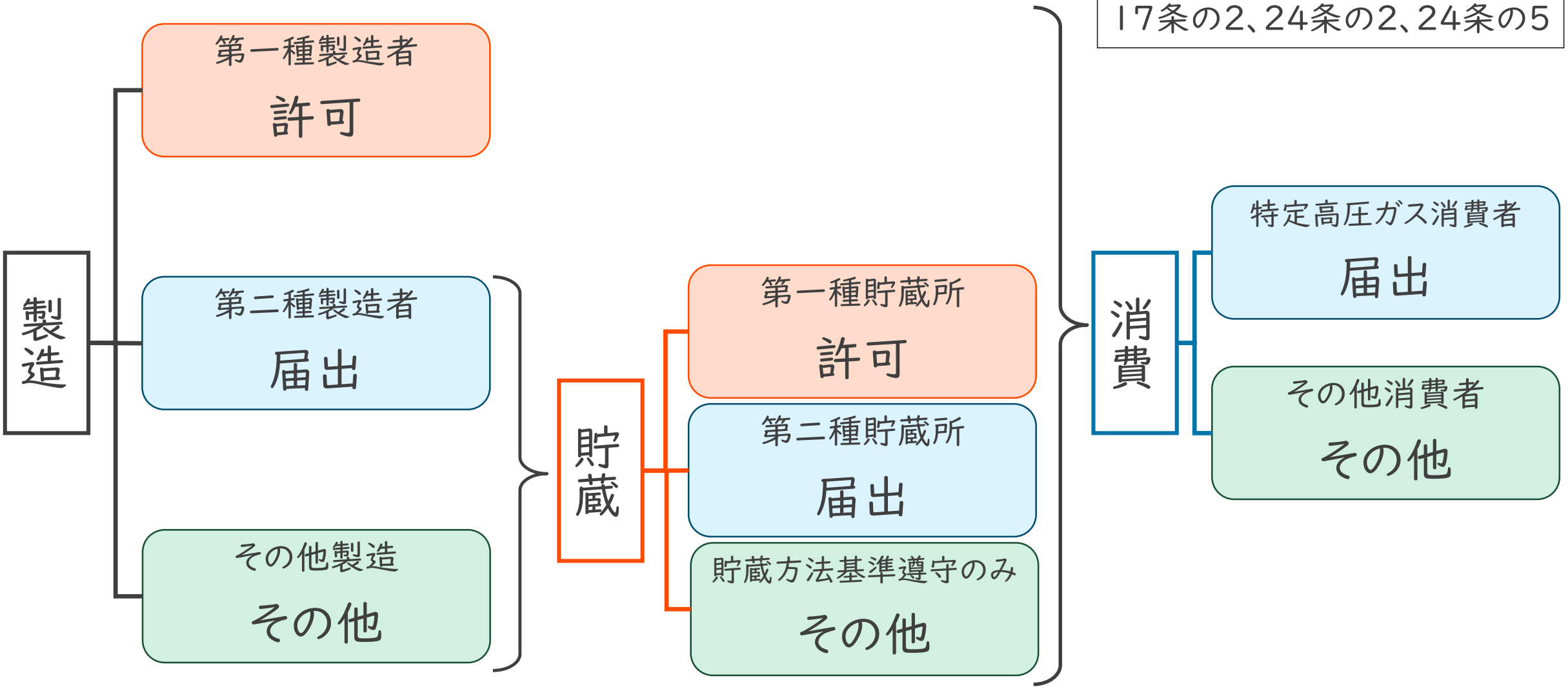
→ 液化石油ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造・貯蔵・消費の規制関連

図39

法第5条、13条、15条、16条、17条の2、24条の2、24条の5



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程

図40

法第26条

第一種製造者 ➡ 危害予防規程を定め、都道府県知事等に届出

▼ 遵守

第一種製造者とその従業者

危害予防規程は変更したときも届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（1）

図41-1

一般第63条、
液石第61条、
コンビ第22条

1. 製造施設の位置、構造、設備・製造の方法の基準
2. 保安管理体制・保安統括者等の職務
3. 製造設備の安全な運転、操作
4. 製造施設の保安のための巡視、点検
5. 製造施設の新増設工事、修理作業の管理
6. 危険時の措置・訓練方法
7. 大規模な地震に係る防災及び減災対策
8. 協力会社の作業管理
9. 従業者に対する危害予防規程の周知方法、規程違反者の措置
10. 保安関係の記録
11. 危害予防規程の作成、変更の手続
12. その他災害の発生の防止に必要な事項
13. 製造施設の新設、変更時の安全審査［→コンビ則適用事業所のみ］

＊ 大規模地震対策特別措置法の地震防災対策強化地域は、警戒宣言発令時の措置等
＊ 南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の指定地域は、津波からの避難、訓練、教育に関する細目

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（2）

図41-2

一般第63条、
液石第61条、
コンビ第22条

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合

該当事業所は、図41－1の事項のほか、次の事項の細目について定めること。

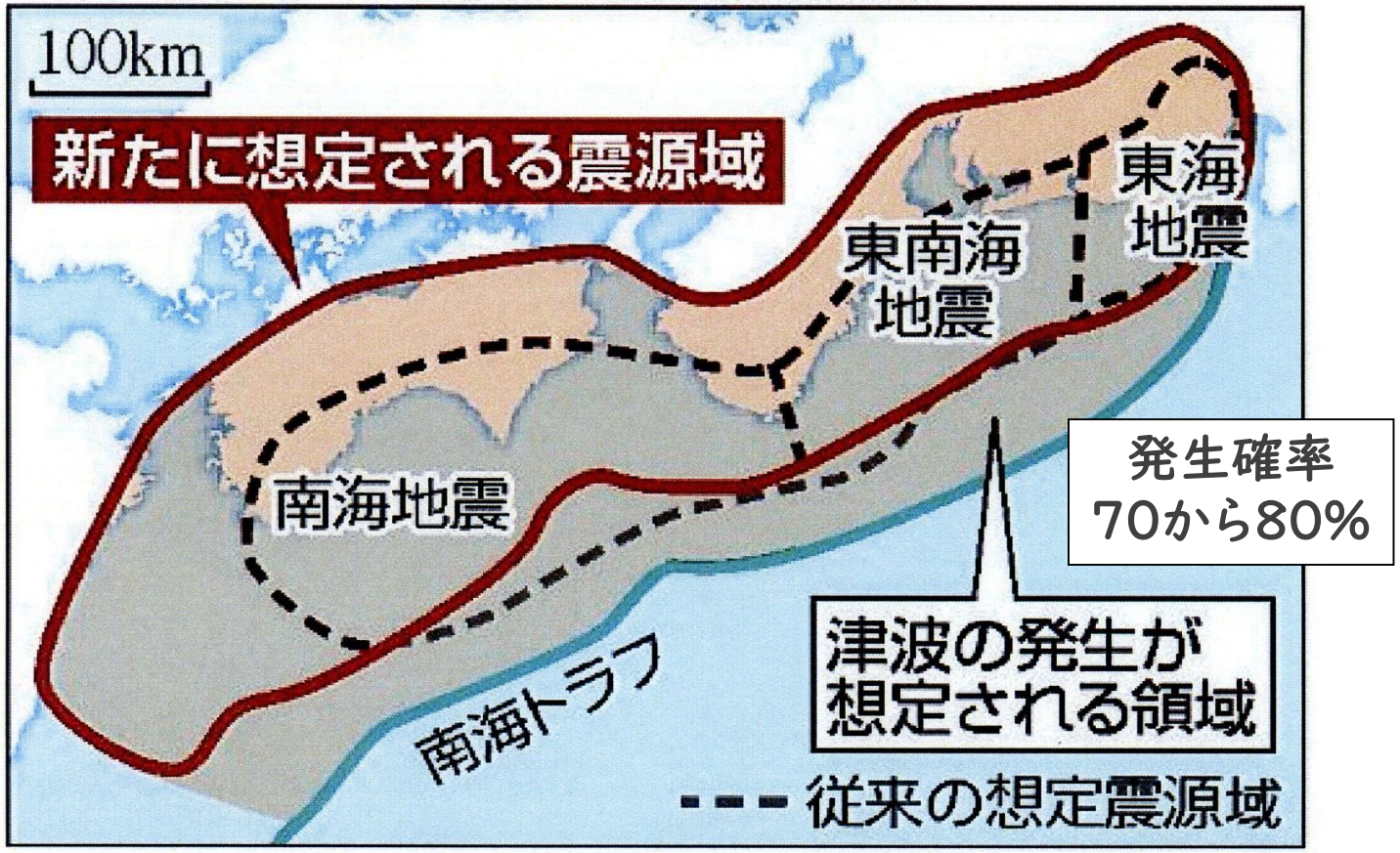
1. 津波に関する警報が発令された場合における当該警報の伝達方法、避難場所、避難の経路その他の避難に関すること。
2. 津波に関する警報が発令された場合における作業の速やかな停止、設備の安全な停止並びに避難時間の確保に係る判断基準、手順及び権限に関すること。
3. 津波に関する防災に係る必要な教育、訓練及び広報に関すること。
4. 津波による製造設備又は貯蔵設備の破損又は流出による事業所内及び周辺地域において想定される被害並びに当該被害が及ぶと
想定される地域を管轄する都道府県知事及び市町村長に対する当該被害の想定に係る情報提供に関すること（当該事業所の所在地における津波浸水想定が3mを超える場合に限る。）。
5. 充塡容器等（高圧ガスを燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器を除く。）の事業所からの流出防止を図るための措置並びに流出した充塡容器等（同）の回収方針に関すること（当該事業所の所在地における津波浸水想定が1m（車両に固定した容器に係る事項にあっては、2m）を超える場合に限る。）。
6. 津波に関する警報が発令された場合における緊急遮断装置、防消火設備、通報設備、防液堤その他の保安に関する設備等の作業手順及び当該設備等の機能が喪失した場合における対応策に関すること。
7. 津波による被害を受けた製造施設の保安確保の方法に関すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

内閣府有識者会議 中間報告

参考資料

南海トラフ巨大地震の震源地



（今後30年以内に発生する確率＝政府の地震調査委員会）　（2011.12.27 読売新聞より）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

従業者に対する保安教育

図42

法第27条

第一種製造者

第二種製造者

第一種貯蔵所の
所有・占有者

第二種貯蔵所の
所有・占有者

販売業者

特定高圧ガス消費者

従業者に対する保安教育計画（作成・忠実に実行）

都道府県知事等への届出不要

保安教育計画作成不要

従業者に保安教育を施すこと。

高圧ガス保安協会

教育の基準となるべき
事項を定め、公表

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令Ⅲ

高圧ガス保安法③
（含む　施行令、一般則、容器則の一部）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

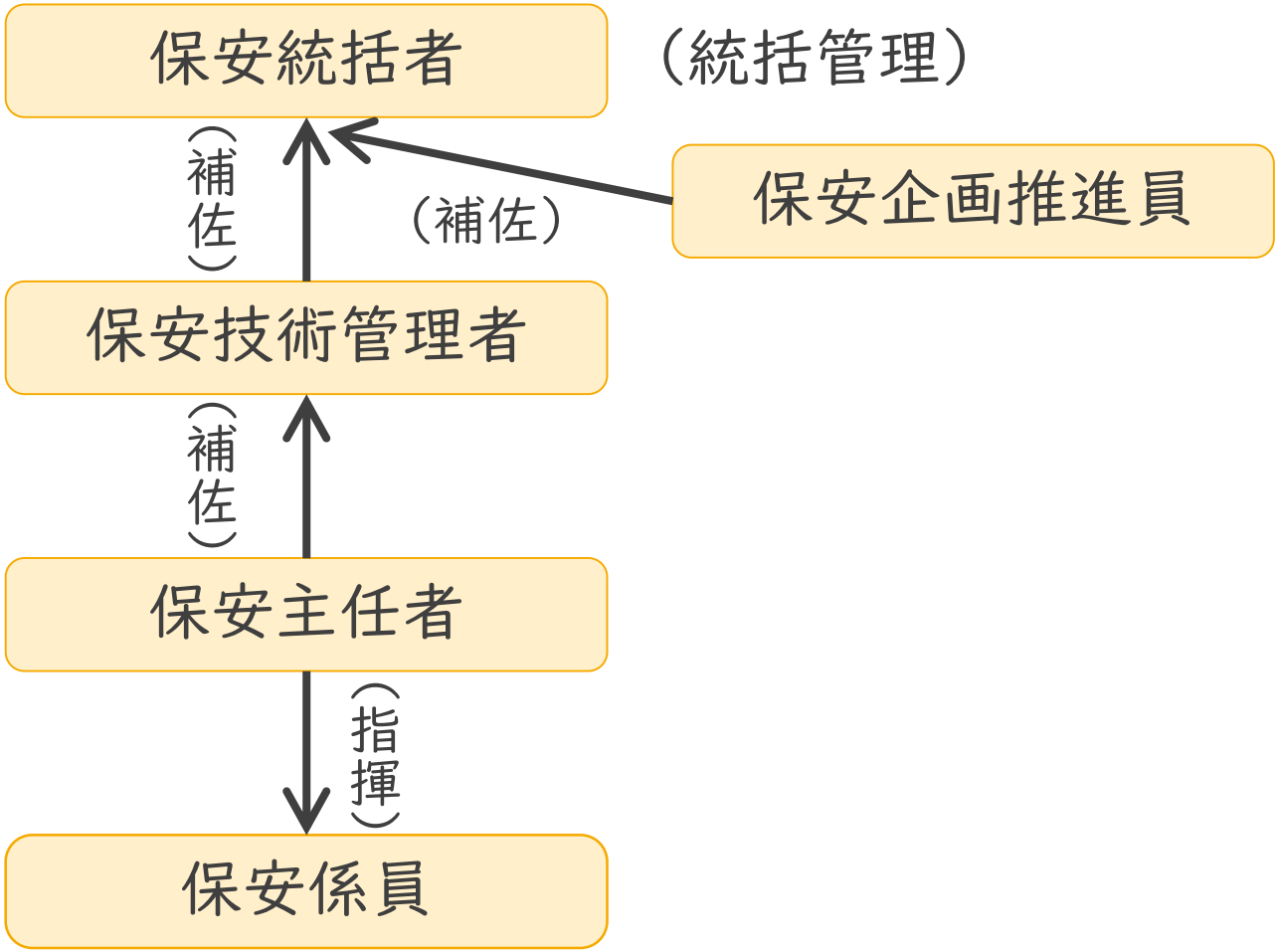
講師：元　高圧ガス保安協会
宇都宮　敏

保安管理体制

図43

［保安統括者等の選任］ その代理者の選任も必要

法第27条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の職務

図44

法第32条、一般第76条、77条、
液石第74条、75条、コンビ第31条、32条

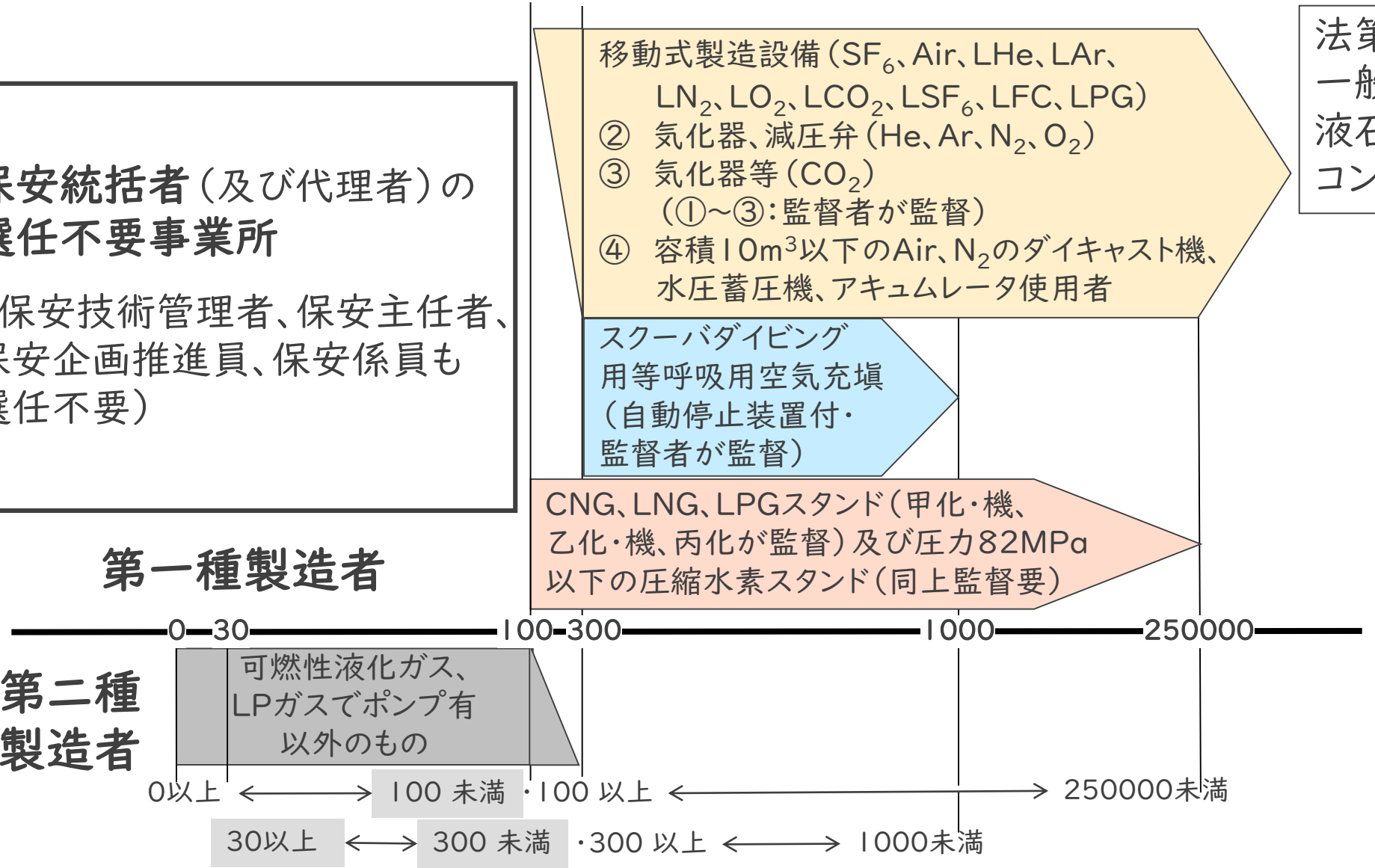
保安統括者	保安業務の統括管理
保安技術管理者	保安統括者を補佐し、技術的事項を管理
保安企画推進員	保安統括者を補佐し、危害予防規程・保安教育計画の企画・立案・推進、 作業標準等の基準類の指導・勧告、防災訓練の企画・推進、保安情報収集
保安主任者	技術的事項について保安技術管理者（保安統括者）を補佐し、保安係員を指揮
保安係員	施設（構造・設備等）及び作業（製造方法）の監督・巡視・点検、応急措置・ 作業標準等の基準作成の助言、応急措置の実施、定期自主検査の実施の監督

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45

保安統括者（及び代理者）の
選任不要事業所

（保安技術管理者、保安主任者、
保安企画推進員、保安係員も
選任不要）

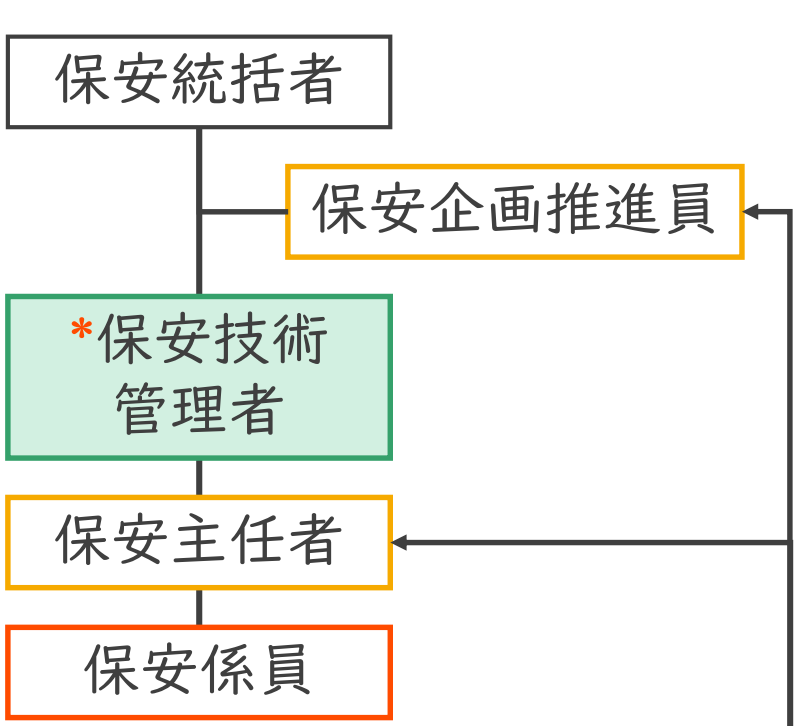


法第27条の2、
一般第64条2、3項、
液石第62条2、3項、
コンビ第23条2項

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の選任体系

図46



法第27条の2、
一般第64条～66条、69条、70条、
液石第62条～64条、67条、68条、
コンビ第23条～25条、28条、29条

製造する高圧ガスの容積
100万（貯槽を設置し、専ら充填は200万）m^3／日以上

＊保安技術管理者選任不要

① 保安統括者が所定の免状・経験を保有
② 可燃性・毒性ガスの気化器、減圧弁による製造・燃焼消費のための製造：（処理能力25万m^3／日未満
③ 移動式製造設備による製造：（一般則、液石則）
④ 可燃性、毒性ガス以外のガスの製造：（処理能力25万m^3／日未満）
⑤ 特定液化石油ガスの充填、CNGスタンドにおける充填：（処理能力25万 m^3／日未満）（コンビ則）
⑥ 液石則は、燃焼消費のための製造、専ら充填：（処理能力：50万m^3／日未満 ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等及びそれらの代理者の選任条件等

図47

法第27条の2、27条の3、(33条)

名称	選任区分	資格等	*義務講習
保安統括者	事業所ごと	事業の統括管理者	
(保安統括者の代理者)		(統括管理者の補佐職位)	
保安技術管理者	事業所ごと	免状と経験	
(保安技術管理者の代理者)			
保安企画推進員	事業所ごと	知識と経験	有り
(保安企画推進員の代理者)			
保安主任者	施設区分ごと	免状と経験	有り
(保安主任者の代理者)			
保安係員	施設区分ごと交替制ごと	免状と経験	有り
(保安係員の代理者)			

*義務講習:高圧ガス保安協会又は指定講習機関が行う講習

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安技術管理者の資格等

図48

法第27条の2、一般第65条、
液石第63条、コンビ第24条

［ ］は（特定）液化石油ガスの製造事業所に限る。

規模	処理能力：100万m^3／日以上 （貯槽有・充填のみは200万m^3／日以上 ）	処理能力：100万m^3／日未満 （貯槽有・充填のみは200万m^3／日未満 ）
資格	甲化・甲機	甲化・甲機、乙化・乙機、［丙液］
経験	① 1種類以上の圧縮ガスと2種類 ［液化石油ガスと1種類］以上の液化ガス：1年以上 ② 圧縮機3000m^3/h超又はポンプ ［液化石油ガスに限る］300m^3 /h超：1年以上 ③ 35℃、20MPa超：1年以上 ④ 設計、施工、管理、検査及び試運転 ：①～③［液化石油ガスは①、②］と同等以上	① 1種類以上のガス ［液化石油ガスに限る］：1年以上 ② 圧縮機又はポンプ ［液化石油ガスに限る］：1年以上 ③ 設計、施工、管理、検査及び試運転 ：①又は②と同等以上

処理能力＝　保安用不活性ガス以外のガスの処理能力
（不活性ガス及び空気については、その処理能力に4分の1を乗じて得た容積）をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安主任者の資格等

図49

法第27条の3、一般第69条、
液石第67条、コンビ第28条

[ ]は(特定)液化石油ガスの製造事業所に限る。

規模	製造する高圧ガスの容積:100万m^3／日以上 (貯槽有・充塡のみは200万m^3／日以上)(ガスの種類を問わない。) 高圧ガスの容積 ＝ 保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の4分の3 並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
資格	甲化・甲機、乙化・乙機、[丙液]
経験	① 1種類以上のガス[液化石油ガスに限る]:1年以上 ② 圧縮機又はポンプ:1年以上 ③ 設計、施工、管理、検査及び試運転:①又は②[液化石油ガスは①]と同等以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安企画推進員の資格等

図50

法第27条の3、一般第70条、
液石第68条、コンビ第29条

規模	製造する高圧ガスの容積：100万m^3／日以上 （貯槽有・充塡のみは200万m^3／日以上 ）（ガスの種類を問わない。） 高圧ガスの容積 ＝　保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の4分の3 並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
資格	製造保安責任者免状は不要
経験	① 保安技術管理者 ：3年以上 ② 保安主任者等 ：5年以上 ③ 保安係員等 ：7年以上 ④ 保安企画指導 ：3年以上 ⑤ 大学、高専等（化学、物理、工学）卒（同等の課程を修了した場合を含む。）、 製造保安経験 ：7年以上 ⑥ 高校等（工業）卒、製造保安経験 ：10年以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安係員の資格等

図5－1

法第27条の2、一般第66条、
液石第64条、コンビ第25条

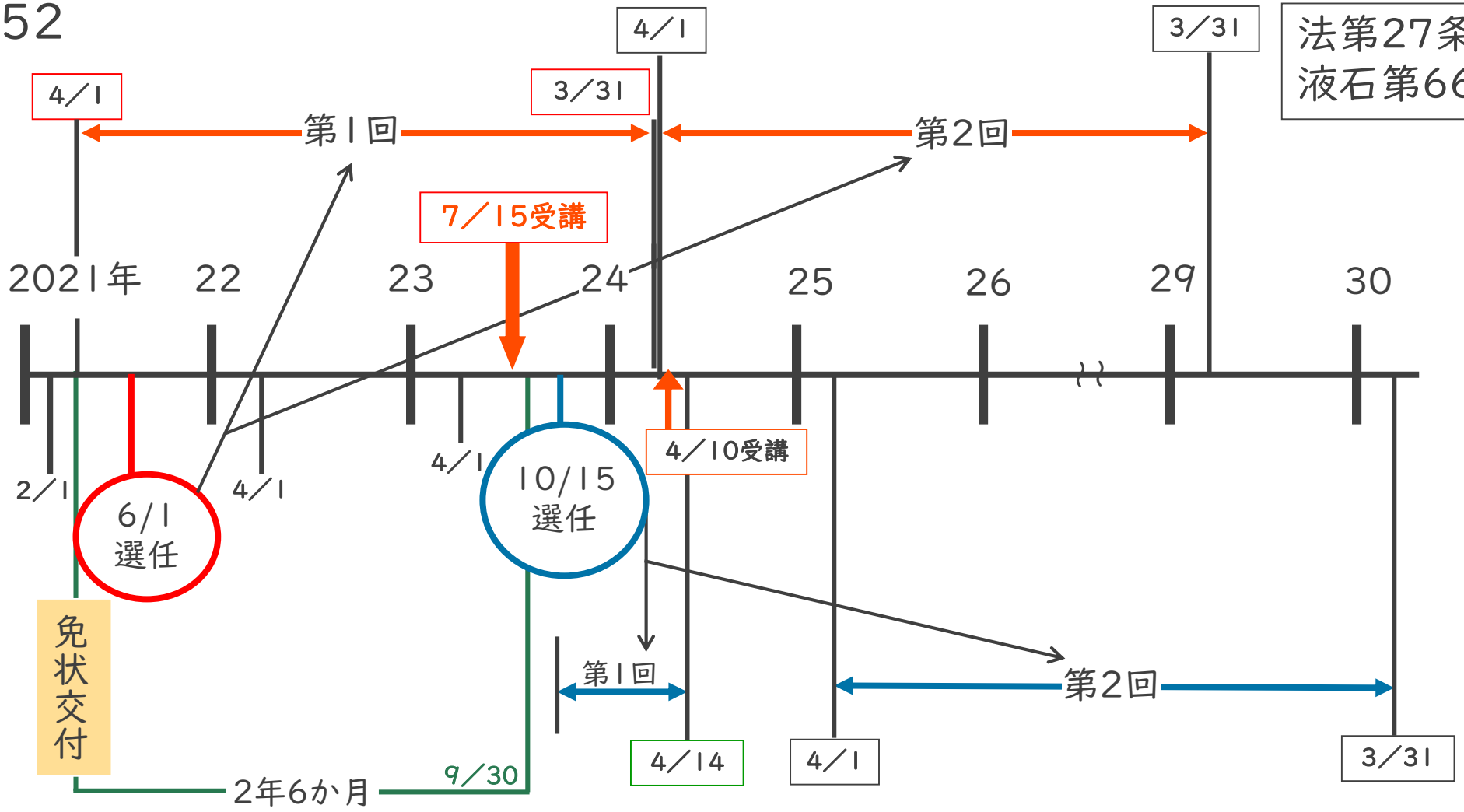
［丙液］は法令上すべてのガス対象であるが、液石則適用事業所以外の事業所における選任に当たっては知事等に確認のこと。

規模	保安統括者の選任が必要な事業所
資格	甲化・甲機、乙化・乙機、［丙液］、丙特
経験	① 1種類以上のガス［液化石油ガス又は可燃性ガス］：1年以上 ② 圧縮機又はポンプ：1年以上 ③ 設計、施工、管理、検査及び試運転：①又は②［液化石油ガスは①］と同等以上 ④ ①～③にかかわらず、乙化、丙液、丙特で高圧ガスの製造1年以上は、そのガス区分（可燃性・毒性ガス、可燃性ガス、毒性ガス、酸素、その他）に選任できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安主任者、保安係員の講習受講期間の例

図52



保安企画推進員：選任日から6月以内に第1回を受講。第2回以降は保安主任者、保安係員と同じ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の代理者の資格等及び職場での職位

図53

法第33条、一般第78条、液石第76条、コンビ第33条

保安統括者の代理者	保安統括者に選任されている者を直接補佐する職位
保安技術管理者の代理者	保安技術管理者に選任されている者を直接補佐する職位で、かつ、所定の免状・経験
保安係員の代理者	保安係員の担当製造施設に従事する者で、かつ、所定の免状・経験
保安主任者の代理者	保安主任者に選任されている者を直接補佐する職位で、かつ、所定の免状・経験
保安企画推進員の代理者	職位に関係なく、所定の知識・経験

職位は、高圧ガスの製造保安関係組織上でなく、事業体の職務関係上である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等及びそれらの代理者並びに販売主任者等の選解任届出

図54

法第27条の2 5、6項、
27条の3 3項、33条3項、
（28条）、一般第67条2項

保安統括者等		都道府県知事等への届出手続
（正）	代理者	
保安統括者	○	選解任した都度、遅滞なく届出
保安技術管理者	★	その年の前年の8月1日からその年の7月31日までに選解任した者について、その年の8月1日以後、遅滞なく（まとめて）届出
保安企画推進員	★	
保安主任者	★	
保安係員	★	
（販売主任者） （特定高圧ガス取扱主任者）		（選解任した都度、遅滞なく届出）

○の代理者は選解任届出必要　★の代理者は選解任届出不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売主任者・特定高圧ガス取扱主任者の資格等

図55

法第28条、一般第72条、73条、
液石第70条、71条

［販売主任者］

	選任対象ガス	資格	経験
第一種販売主任者	アセチレンほか 21種類の一般高圧ガス	甲種化・機、乙種化・ 機責任者免状、 第一種販売主任者免状	所定のガスの製造 又は販売6か月以上
第二種販売主任者	液化石油ガス	甲種化・機、乙種化・機、 丙種化学（液石）責任者免状、 第二種販売主任者免状	液化石油ガスの製造 又は販売6か月以上

［特定高圧ガス取扱主任者］

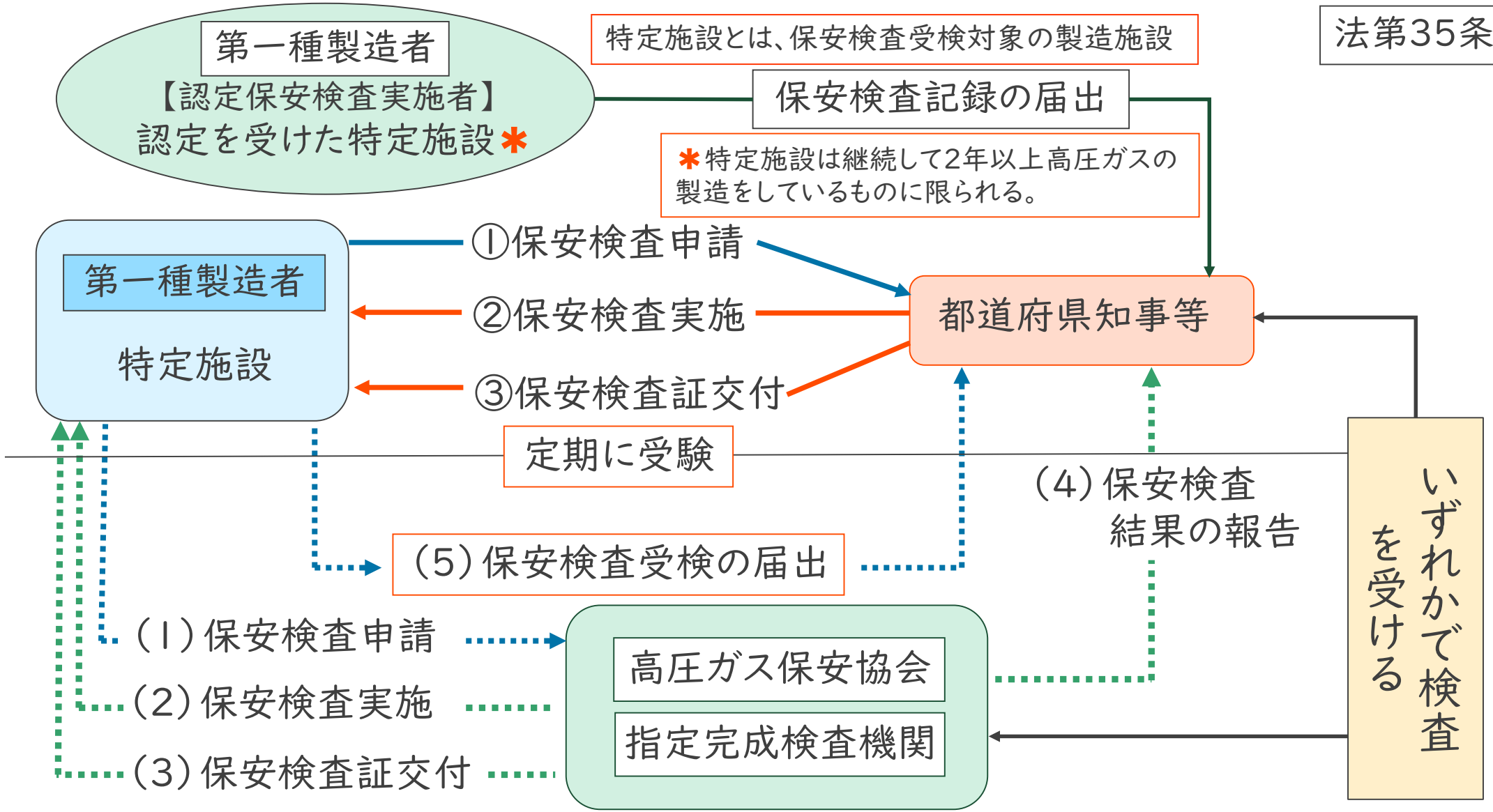
特定高圧ガス	資　格　等
特殊高圧ガス、 圧縮水素、 圧縮天然ガス、 液化酸素、 液化アンモニア、 液化塩素、 液化石油ガス	① 選任対象の特定高圧ガスの製造又は消費の1年以上の経験 ② 大学ほか所定の学校卒業者（同等の課程修了者を含む。） ③ 高圧ガス保安協会の所定の講習修了者 ④ 高校又は旧工業高校卒業で特定高圧ガスの製造又は消費の6か月以上の経験 ⑤ 甲種化・機、乙種化・機、丙種化学責任者免状、第一種販売主任者免状 （液化石油ガス以外の主任者への選任に限る。）の保有者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安検査の受検手続等

図56

法第35条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査

図57

法第35条の2、一般第83条、
液石第81条、コンビ第38条

施設の技術上の基準（耐圧試験を除く。）について
年1回以上実施、記録の作成・保存

液化石油ガスの第一種製造者
液化石油ガスの第二種製造者（処理能力30m³以上）
すべての特定高圧ガス消費者

一般高圧ガスの第一種製造者
一般高圧ガスの第二種製造者（処理能力30m³以上）
特定製造者（処理能力30m³以上を含む。）
認定指定設備のみの第二種製造者

検査範囲 ： 製造施設のガス設備のみ

検査範囲 ： 製造施設全体・特定高圧ガス消費施設全体

特定高圧ガス消費施設の検査実施監督者は取扱主任者

製造施設の検査実施監督者は保安係員

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者に対する規制

図58

法第5条、11条、14条、20条、21条、26条、27条、27条の2、27条の3、35条、35条の2、60条

事前に

- 製造許可
- 完成検査の受検
- 危害予防規程の制定・届出
- 保安統括者等選任の届出
- 製造開始の届出
- 製造の廃止の届出

＊ 施設等の変更許可・軽微変更届

＊ 技術上の基準の遵守・維持

＊ 危害予防規程の遵守

＊ 保安教育計画の作成

＊ 保安教育計画に従って従業者を教育

＊ 保安検査の受検（認定事業者の場合自ら実施可）

＊ 定期自主検査の実施・記録・保存
（年1回以上自ら実施）

＊ 帳簿の記載・保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種製造者に対する規制

図59

法第5条、12条、13条、14条、
21条、27条、27条の2、35条の2

第二種製造者

事業開始の日の20日前までに

製造事業の届出

保安統括者等選任の届出

処理能力 30m³以上で可燃性の
液化ガスをポンプで加圧するものに限る。

製造事業廃止の届出

その他の製造者

※の事項のみ適用

＊製造施設等の変更の届出

＊技術上の基準の遵守・維持※

＊従業者に保安教育実施

＊定期自主検査の実施、記録

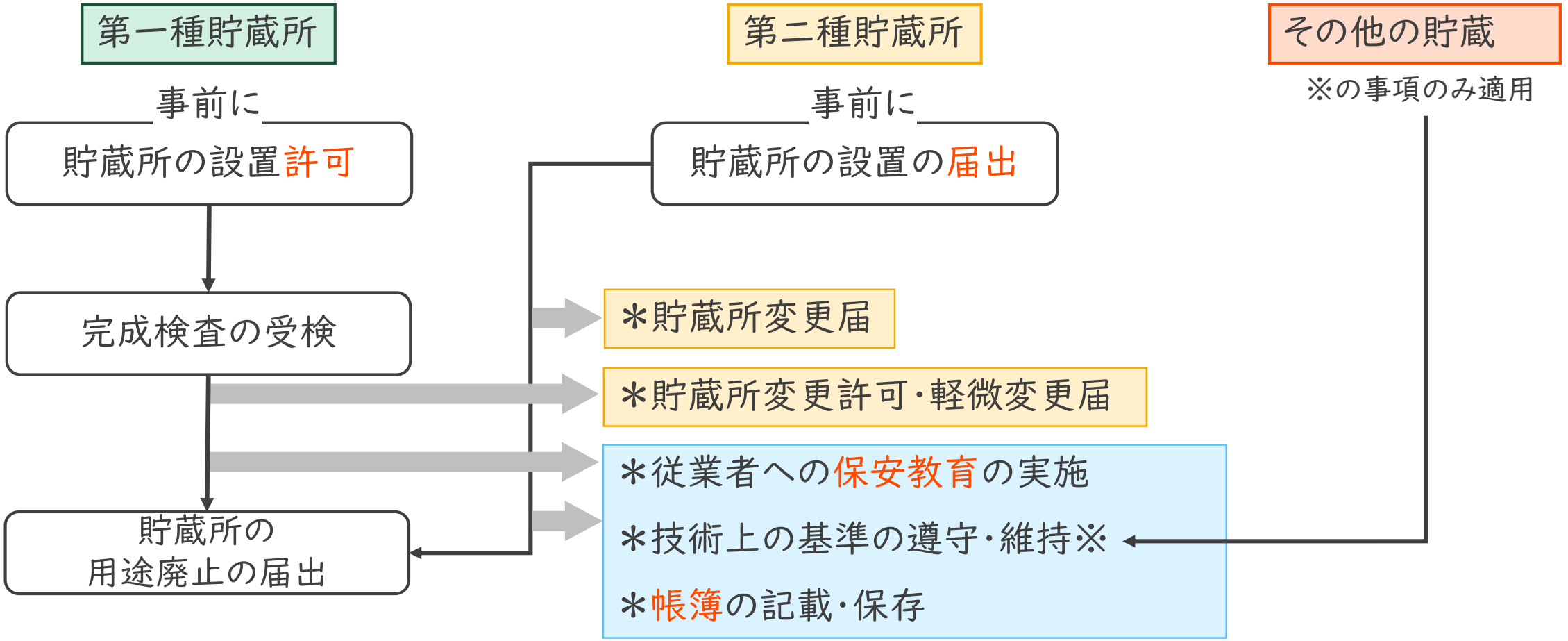
・保存（処理能力 30m³以上・指定設備に限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵に関する規制

図60

法第15条、16条、17条の2、18条、19条、20条、27条、60条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売に関する規制

図61

法第20条の4、の5、の6、の7、21条、27条、28条、60条

事業開始の日の20日前までに

販売事業の届出

販売主任者の選任の届出

販売事業廃止の届出

定められた高圧ガスの販売所に限る

＊ガスの種類変更届

＊従業員に対して保安教育の実施

＊販売の方法の基準の遵守※

＊帳簿の記載・保存

＊消費者への周知［定められた用途※及び高圧ガスの消費者に限る。］

※の事項のみ適用

販売事業の届出が不要の第一種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

消費に関する規制

図62

法第24条の2、の3、の4、の5、27条、35条の2、

消費開始の日の20日前までに

特定高圧ガス消費の届出

取扱主任者の選任の届出

特定高圧ガス消費の廃止の届出

＊特定高圧ガス消費施設等の変更届

＊従業者への保安教育の実施

＊技術上の基準の遵守・維持※

＊定期自主検査の実施、記録・保存

その他の消費

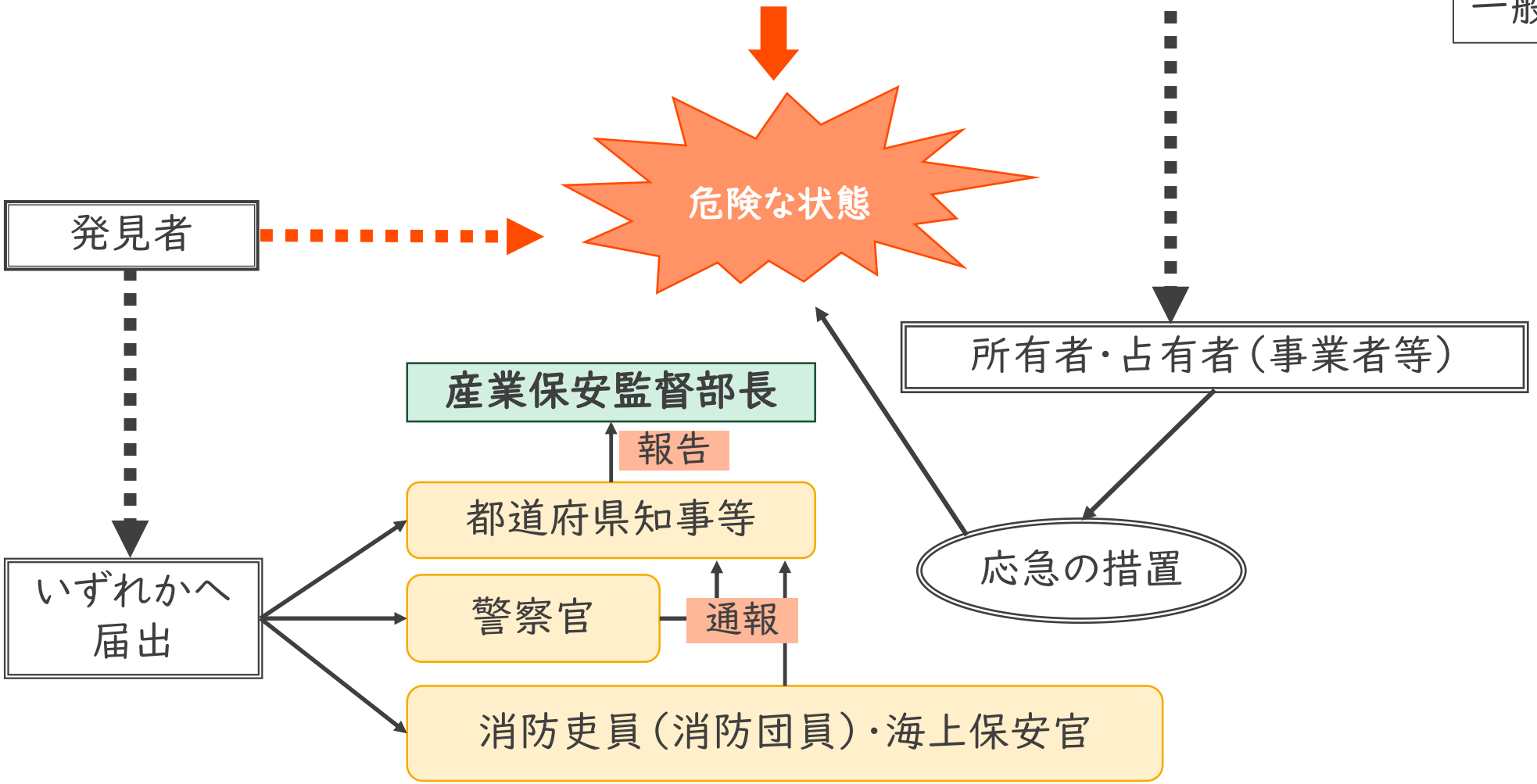
※の事項のみ適用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険時の措置・届出

図63

法第36条、第74条、
政第19条1項8号、
一般第98条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険時の措置

図64

一般第84条、
液石第82条、
コンビ第39条

- 製造施設・消費施設
  応急の措置→作業中止、ガスを移送・大気放出（安全に）、作業要員以外の退避

  措置不能 → 付近住民に退避を警告

- 第一種貯蔵所、第二種貯蔵所、充填容器等
  応急の措置→充填容器等の移動（安全に）、作業要員以外の退避

  措置不能 → 付近住民に退避を警告

- 充填容器等が外傷・火災
  応急の措置→一般則・液石則適用のものは、各規則の廃棄に係る技術上の基準に従って 措置コンビ則適用のものは、一般則の廃棄に係る技術上の基準に準じた措置

  措置不能 → 水中に沈める・地中に埋める

防災キャップ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業内の火気等制限

図65

法第37条

［高圧ガス取扱事業所］

製造事業所（一種、二種）、貯蔵所（一種、二種）、販売所、特定高圧ガス消費事業所、
液化石油ガス販売所（液石法）

① 火気制限場所の指定：高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者

② 指定場所内では、何人も火気取扱禁止

③ 指定場所内に、発火しやすい物を携帯しての立入禁止
ただし、指定した者の承諾を得れば立入可能

“何人”には、高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者、従業者、一般人が含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所内の火気等制限の標示例

参考図16

法第37条

高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者が場所（区域）を指定する。
第一種製造者は危害予防規程に定めているのが一般的である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

認定保安検査実施者（認定完成検査実施者も同じ。）

図66

法第39条の2、39条の4、
39条の5、39条の9、39条の10

1　対象特定施設
　2年以上継続して高圧ガスの製造

2　認定基準の適合
　① 保安検査のための組織
　② 保安検査の方法（規程）
　③ 検査実施者の数

3　変更の届出（変更後遅滞なく）
　① 保安検査のための組織
　② 保安検査の方法

4　認定保安検査実施者の義務
　① 検査実施者は所定の知識経験を有する者（規程）
　② 検査記録の作成、保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の帳簿

図67

法第60条、
一般第95条、
液石第93条、
コンビ第50条

記載事項と保存期間

① 高圧ガスを容器に充塡した場合→記載の日から2年間保存
- 充塡容器の記号及び番号
- 充塡年月日
- 高圧ガスの種類（一般高圧ガスのみ）
- 充塡圧力（一般高圧ガスの圧縮ガスのみ）
- 充塡質量（液化ガスのみ）

② 高圧ガスを容器により授受した場合→記載の日から2年間保存
- 充塡容器の記号及び番号
- 授受先・授受年月日
- 高圧ガスの種類（一般高圧ガスのみ）
- 充塡圧力（一般高圧ガスの圧縮ガスのみ）
- 充塡質量（液化ガスのみ）

③ 製造施設に異常があった場合→記載の日から10年間保存
- 異常があった年月日
- 異常に対してとった措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

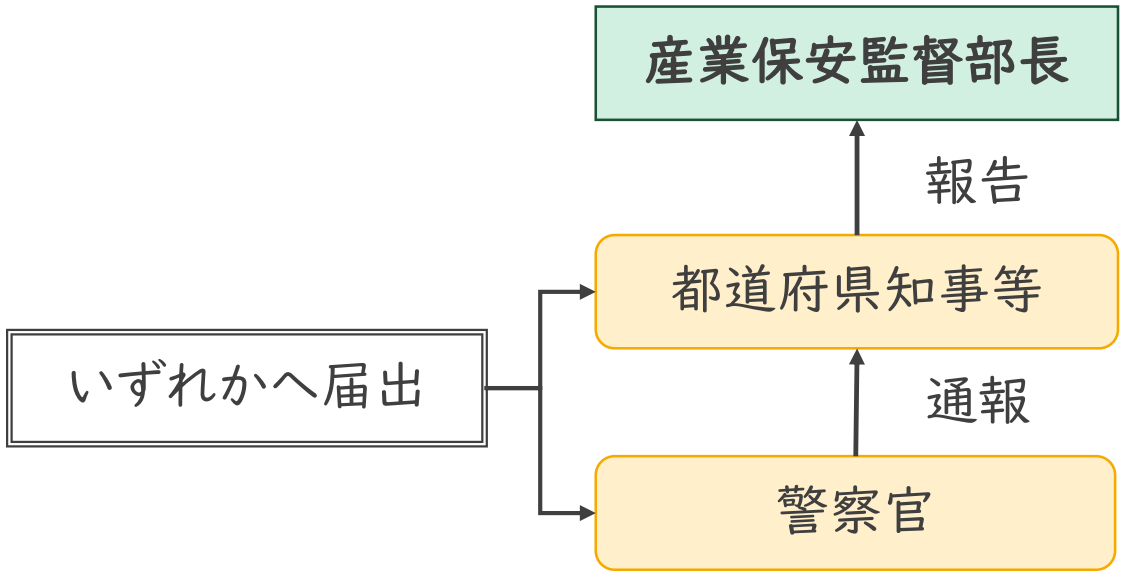
事故届

図68

法第63条、第74条
政第19条1項8号

第一種製造者・第二種製造者・販売業者・貯蔵する者・消費する者・
容器製造業者・容器の輸入者・その他高圧ガス又は容器の取扱者

高圧ガスの災害発生
高圧ガス又は容器＊を
喪失、盗難



＊「容器」については、高圧ガスが充塡されているか否かにかかわらず喪失、盗難等の場合の届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令Ⅳ

容器関係
（法律・容器保安規則）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

講師：元　高圧ガス保安協会
宇都宮　敏

容器の種類（主なもの）

図69

容器第2条、
一般第60条1項19号、
液石第58条11号

溶接部を有する容器	溶接容器［液化石油ガス、アセチレンなど］
	超低温容器［液化酸素、液化窒素、液化アルゴンなど］
	低温容器［液化炭酸ガスなど］
	ろう付け容器［圧力の低いガス］
	自動車燃料装置用容器［液化天然ガス、液化石油ガスなど］
継目なし容器	一般継目なし容器［酸素ガス、窒素ガスなど］
	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器
	自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス］
複合容器	一般複合容器［液化石油ガス用（水中使用不可）、陸上用空気呼吸器など］
	自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス、圧縮水素など］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一般継目なし容器の例

参考図17

容器第2条10号

圧縮酸素用47L容器のカットモデル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

溶接容器の例

参考図18

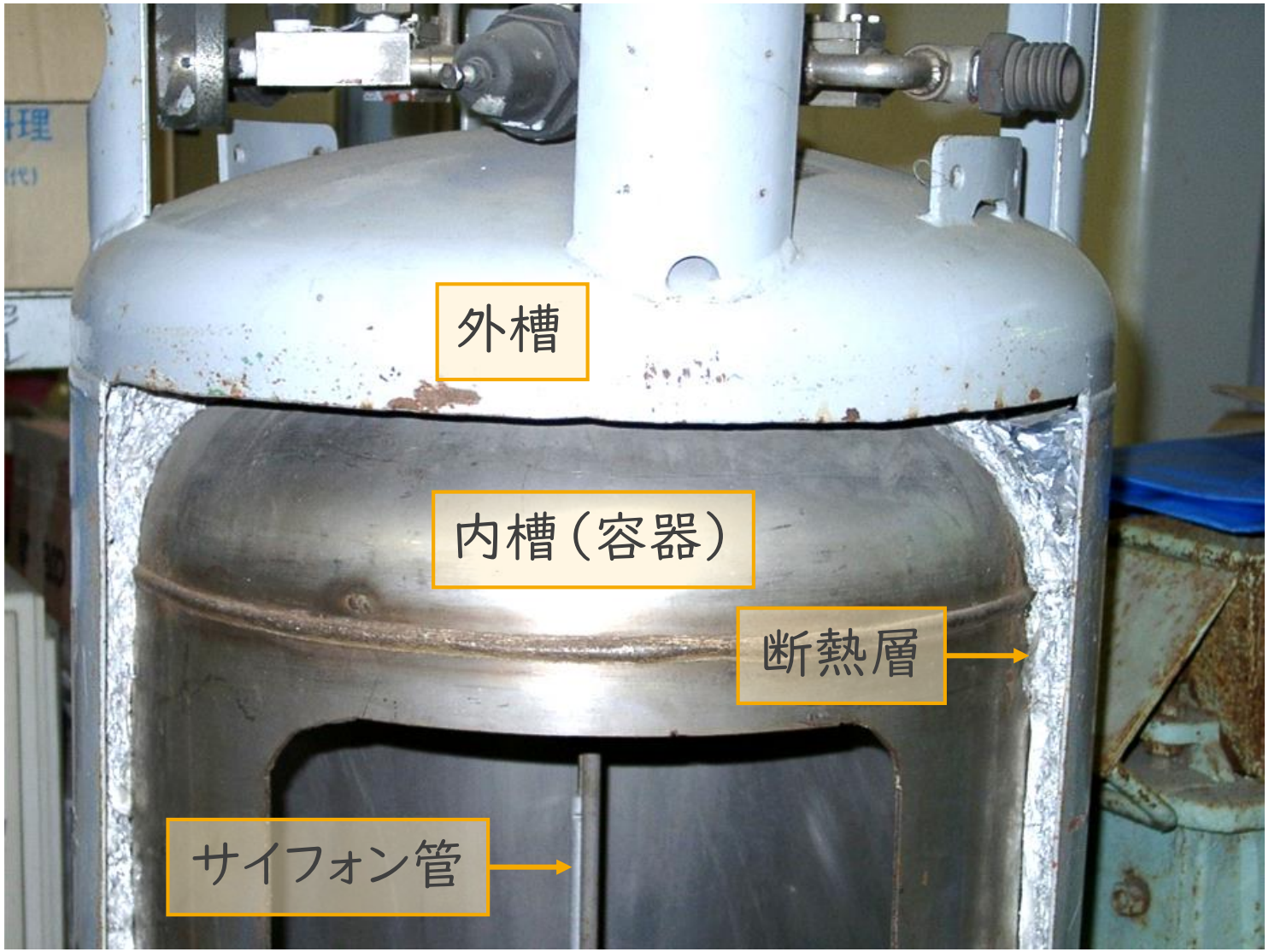
容器第2条2号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

超低温容器の例（カットモデル）

参考図19

容器第2条3号



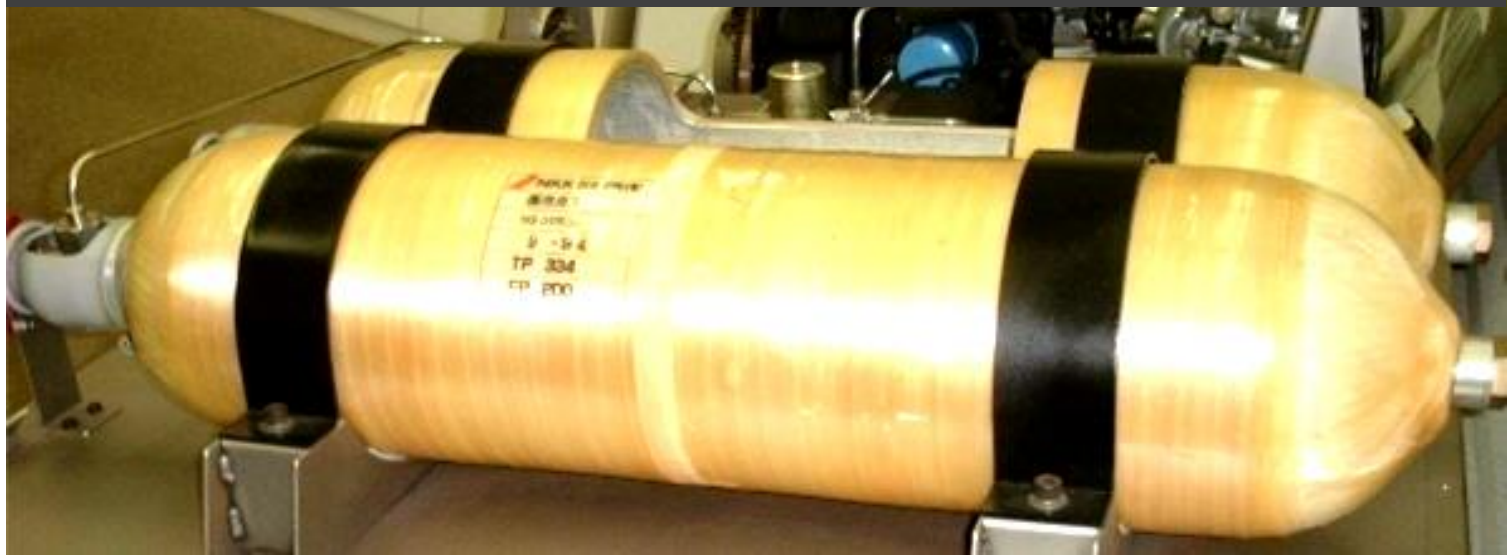
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

複合容器の例（カットモデル）

参考図20

容器第2条12号

圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガス用一般複合容器の例

参考図21

（カップリング付容器用弁を装置した内容積25L以下の容器（右））

液化石油ガス用容器の外観の比較

左は鋼製の溶接容器（8kg型容器、容器だけの質量は9.6kg）

右は一般複合容器（7.5kg型容器、容器だけの質量は4.4kg）

液化石油ガス用一般複合容器の定義

（容器保安規則第2条第11号の2）
「プラスティックライナー製一般複合容器のうち、液化石油ガス（炭素数3又は4の炭化水素を主成分とするものに限る。）を充塡するための容器（ケーシングを有するものに限る。）」

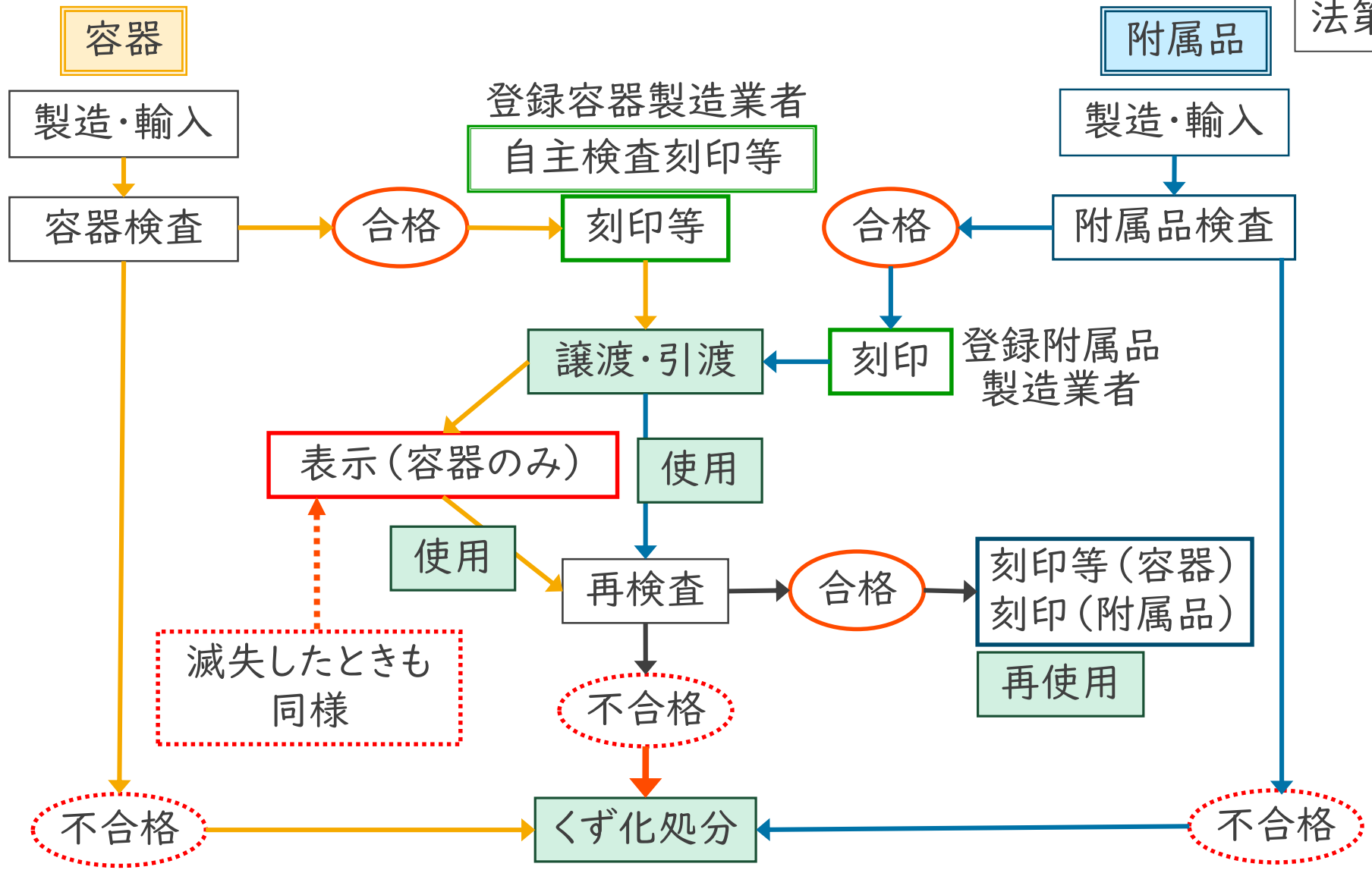
（注）容器再検査期間、充塡可能期限の適用上は容器保安規則第2条第11号の「一般複合容器」に含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器・附属品に対する規制

図70

法第41条～56条



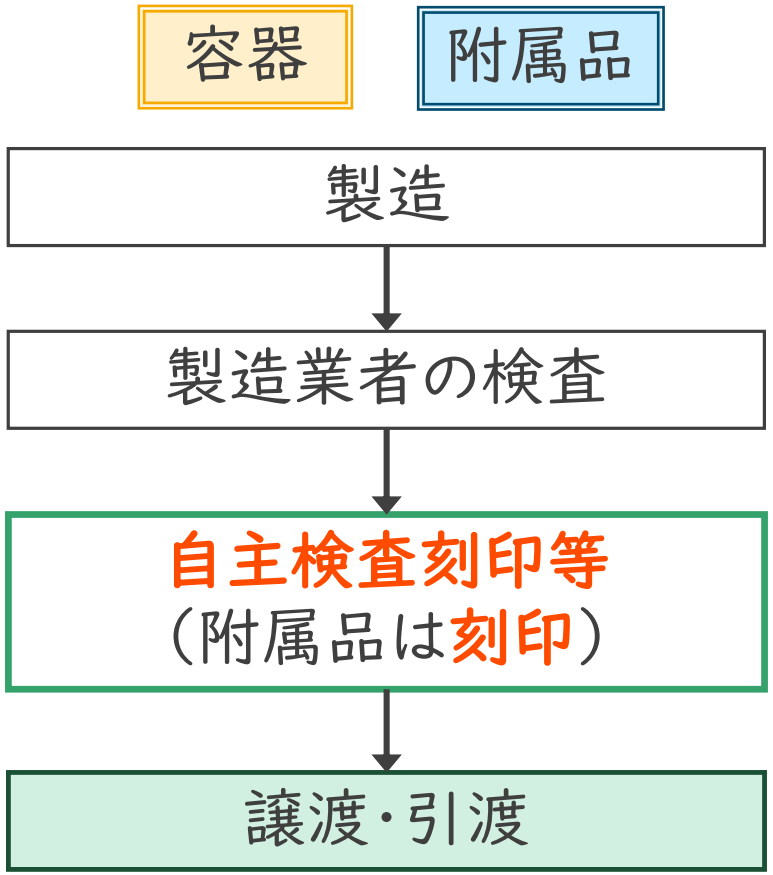
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自主検査刻印等

図71

法第49条の5、
49条の25

登録容器製造業者・登録附属品製造業者の場合



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（1）

図72

容器第8条

図72中「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

＊ **検査実施者の名称の符号**

＊ **容器製造業者の名称又はその符号**（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は名称のみ）

＊ **充填すべき高圧ガスの種類**：PG（ヘリウム、ネオン等）、SG（特殊高圧ガス）、FC1、FC2、FC3（以上フルオロカーボン）、CNG（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器）、CHG（圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪及び圧縮水素運送自動車用容器）、LNG（液化天然ガス自動車燃料装置用容器）（さらに詳細刻印あり＝ 略）、 その他の容器は高圧ガスの名称、略称又は分子式

＊ **容器の記号（LPガス容器は3文字以下）及び番号**：アルファベットと数字（LPガス容器は5けた以下）

＊ **内容積**：（記号 V 、単位 リットル）

＊ **附属品（取りはずしのできるものに限る。）を含まない容器の質量**：（記号 W 、単位 kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊ **アセチレンガスを充填する容器の質量**：前記質量に多孔質物及び附属品の質量を加えた質量
（記号 TW 、単位 kg）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（2）

図72（続き）

容器第8条

＊ **容器検査合格年月**：（内容積4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、合格年月日）

＊ **充填可能期限年月日**（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は充填可能期限年月）：（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に限る。）

＊ **耐圧試験における圧力**：（記号 TP、単位 MPa）及びM （超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊ **最高充填圧力**：（記号 FP、単位 MPa）及びM （圧縮ガス用容器、 超低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器に限る。）

＊ **高強度鋼（記号 HT）、アルミニウム合金（記号AL）であることの記号**：（高強度鋼、アルミニウム合金で製造された容器（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）に限る。）

＊ **容器の胴部の肉厚**：（記号 t 、単位 mm）（内容積500L超の容器に限る。）

＊ **胴部の繊維強化プラスチック部分の許容傷深さ**：（記号 DC、単位 mm）
（繊維強化プラスチック複合容器に限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則における最高充塡圧力（FP－M）の定義（主なもの）

図73

容器第2条25号

1　**圧縮ガス**を充塡する容器
（SG容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器を除く。）

① **アセチレンガス**を充塡する**容器以外の容器**温度35℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

② **アセチレンガス**を充塡する容器温度15℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

2　SG（特殊高圧ガス及びこれらの混合ガス）容器
容器則で定められた耐圧試験圧力の5分の3倍の圧力の数値

3　超低温容器、低温容器又は液化天然ガス自動車燃料装置用容器
常用の圧力のうち最高のものの数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則における最高充塡圧力（FP－M）の定義（主なもの）

図73（続き）

4　2及び3の容器以外の容器で、液化ガスを充塡するもの
　　耐圧試験圧力の5分の3倍（再充塡禁止容器は同5分の4倍）の圧力の数値

5　国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器
　　燃料の充塡中にその容器にかかるガスの圧力のうち最高のものの数値であって別に
　　定める公称使用圧力の4分の5倍の圧力の数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

溶接容器の主な刻印の例

参考図22

アセチレンガス容器

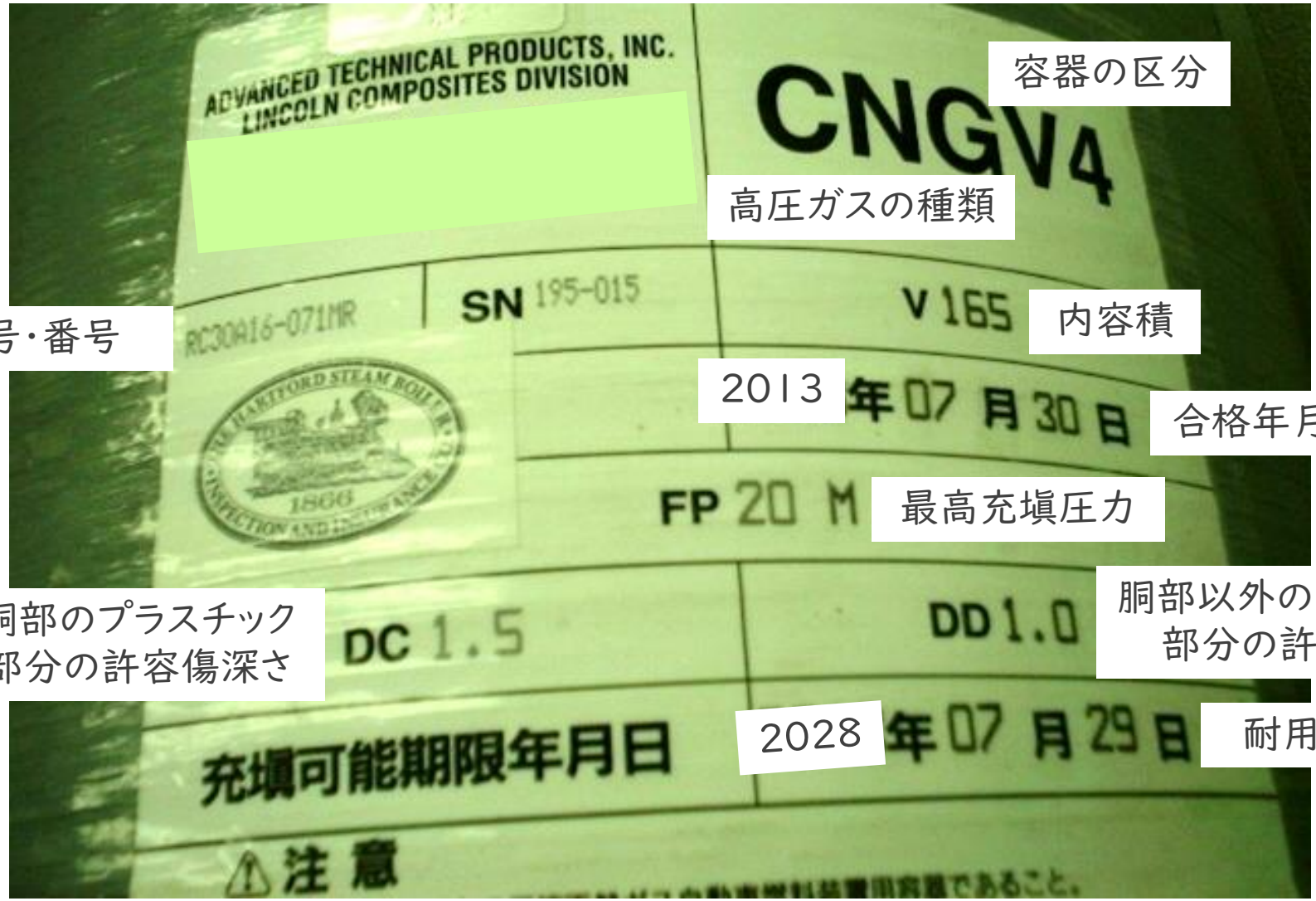
容器第8条1項
7～9号、11、12号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガス自動車燃料装置用複合容器の標章の例

参考図23

容器第8条3項3号



容器の区分

高圧ガスの種類

記号・番号

内容積

合格年月日

最高充填圧力

胴部のプラスチック部分の許容傷深さ

胴部以外のプラスチック部分の許容傷深さ

耐用期限

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（1）

図74

法第49条の3容器第18条

＊ 附属品検査合格年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器に装置されるべき附属品は、年月）

＊ 検査実施者の名称の符号

＊ 附属品製造業者の名称又はその符号

＊ 附属品の記号・番号

＊ 附属品の質量：（記号 W、単位 kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されるべき附属品を除く。）

＊ 耐圧試験における圧力：（記号 TP、単位 MPa）及びM

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（2）

図74（続き）

法第49条の3容器第18条

＊ **附属品が装置されるべき容器の種類：**

圧縮アセチレンガス用容器	→	記号	AG
圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号	CNGV
圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号	CHGV
国際圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号	CHGGV
圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	→	記号	CHGTV
圧縮水素運送自動車用容器	→	記号	CHGT
圧縮ガスを充塡する容器（上記の各容器を除く。）	→	記号	PG
液化ガスを充塡する容器（以下の各容器を除く。）	→	記号	LG
液化石油ガスを充塡する容器（下記LT容器を除く。）	→	記号	LPG
超低温容器及び低温容器	→	記号	LT
液化天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号	LNGV

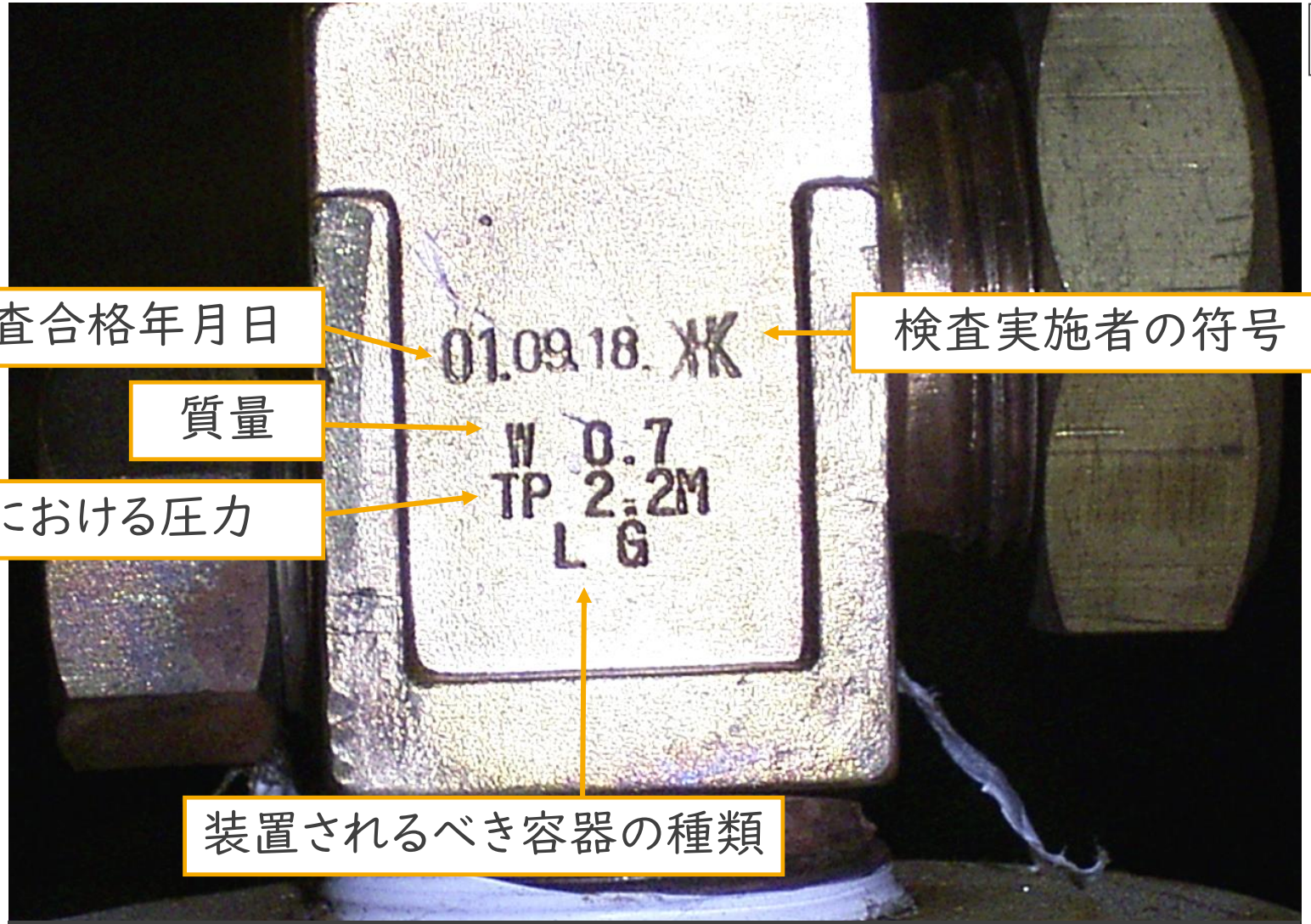
＊ **液化水素運送自動車用容器に装置する安全弁：** → 記号 LTL又はLTH

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の主な刻印の例

参考図24

容器第13条、第18条



液化ガス容器用バルブ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の表示事項

図75

法第46条、
容器第10条

＊ 容器の外表面積の1／2以上について所定の塗色

＊ 高圧ガスの名称

＊ 高圧ガスの性質を示す文字：可燃性ガスは「燃」、毒性ガスは「毒」

＊ 所有者又は管理業務受託者の氏名等（KHKの登録記号・番号でも可）

＊ 高圧ガスを容器により輸入した場合であって、輸入検査に合格したときは、
その容器に表示をしなければならない。（法第46条第2項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の塗色表示（容器の表面積の50%以上を塗色）

図76

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かっ色
その他の種類の高圧ガス	※ ねずみ色

※ 水素ガスを充塡する容器のうち、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器並びにその他のガスを充塡する容器のうち着色加工していないアルミニウム製、アルミニウム合金製及びステンレス鋼製の容器、LPガスの容器並びに圧縮天然ガス自動車燃料装置用の容器は、塗色表示規制なし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の期間（1）

図77

容器第24条、26条、一般第6条2項2号ヌ、
液石第6条2項1号へ、容器則細目告示第4条

容器の種類 ＼ 経過年数	溶接容器、超低温容器及びろう付け容器	一般継目なし容器	一般複合容器（液化石油ガス用一般複合容器を含む。）	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器＊（容器則26条1項参照）	液化石油ガス自動車燃料装置用容器（溶接）
起算日	検査合格月の前月の末日（4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器は刻印された容器検査合格月日の前日）				
4年以下	5年	5年	3年	1年1月	6年
4年を超え、20年未満	（特に定める容器＊（容器則24条1項2号）は6年）		ただし15年経過したものは充塡禁止	ただし、4年1月を経過して最初の再検査時は本体及びねじ部を検査することとし、それ以外の再検査時はねじ部のみの検査	
20年以上	2年				2年

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の期間（2）

図77（続き）

容器第24条、一般第6条2項2号ヌ

＊ 圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、
液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器
⇒経過年数4年以下のものは4年、経過年数4年を超えるものは2年2月

＊ 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器
⇒経過年数4年1月以下のものは4年1月、経過年数4年1月を超えるものは2年3月

（注）一般則第6条第2項第2号ヌの規定により、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器にあっては、刻印等に示された年月から15年を経過したもの又は充塡可能期限年月又は充塡可能期限年月日を経過したものには充塡しないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の規格の主なもの

図78

法第49条2項、容器第26条

1 アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器、一般継目なし容器、溶接容器、ろう付け容器及び一般複合容器

↓

耐圧試験 → 容器ごと（例外：アセチレンの容器は製造ロットごとに1個）

2 超低温容器

↓

気密試験 / 断熱性能試験 → いずれも容器ごと

3 圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、圧縮水素運送自動車用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器

↓

漏えい試験（液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、漏えい試験に加えて断熱性能試験又は保冷性能試験）

→ いずれも容器ごと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品再検査の期間

図79

法第49条の4、容器第27条

製造後の経過年数	容器の種類	容器に装置されているもの ①LPG用容器で内容積4000L未満のもの（高圧ガス運送自動車用容器、鉄道車両に固定された容器を除く。）	容器に装置されているもの ②LPG自動車燃料装置用容器（車両に固定されているものに限る。）	容器に装置されているもの ③国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	容器に装置されているもの ①、②及び③以外のもの	容器に装置されていないもの
6年6月以下		附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格月からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格月の前月の末日から2年を経過して最初に受ける容器再検査までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査までの間 （アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器は、容器検査等合格月の前月の末日から起算して4年1か月経過して最初に受ける容器再検査までの間）	2年
6年6月超 7年6月以下		1年				
7年6月超			1年			

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品再検査の規格の主なもの

図80

法第49条の4　2項、容器第29条

1　バルブ（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器に装置されるもの）

▼

開閉操作が容易であり、かつ、円滑に作動するもの

2　安全弁（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されているもの並びに破裂板及び溶栓を除く。）

▼

所定の圧力を加えた場合作動するもの

3　緊急しゃ断装置

▼

遠隔操作により作動することができるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器・附属品のくず化処分

図81

法第56条

① 容器検査・附属品検査に不合格の容器・附属品であって、充塡するガスの種類、圧力を変更しても規格不適合のもの

② 容器再検査・附属品再検査に不合格の容器・附属品であって、（容器については3か月以内に）刻印等・刻印がされないもの

③ 廃棄する容器・附属品 （使用過程のもの（ガスが充 塡されているか、充塡されていないかにかかわらず。）、未使用のもの（新品を含む。））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器への高圧ガスの充塡

図82

法第48条

高圧ガスを充塡する容器の条件	
1 容器検査に合格し、容器に刻印等がされていること、又は自主検査刻印等がされていること。 2 表示がしてあること。 3 附属品検査に合格し刻印がされている附属品が容器に装置されていること。	
4 使用過程で容器再検査期間が経過したもの →容器再検査に合格し刻印等がされていること。 5 使用過程で附属品再検査期間が経過したもの →附属品再検査に合格し刻印がされている附属品が装置されていること。	容器再検査期間を経過したにもかかわらず容器再検査を受けず、容器再検査に合格した旨の刻印等がなされていない容器には、高圧ガスを充塡してはならない。

容器に充塡する高圧ガスの条件	
容器の刻印で示されたガスの種類であることに加え、 1 圧縮ガス→最高充塡圧力「FP－M」(MPa)以下のものであること。	
2 液化ガス→$G=\frac{V}{C}$(kg)以下のものであること。(容器則第22条)	G:液化ガスの質量(kg) V:容器の内容積(L) C:ガスの種類に応じた定数(容器則22条)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.4.21山口県萩市 圧縮空気充塡所容器破裂事故

資料2-1

充塡所においてフルオロカーボン22容器に圧縮空気を充塡中容器が破裂し、作業者1名重傷、充塡依頼者が軽傷を負った。

写真1 破裂後の状況

写真2 破裂容器の状況(その1)

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.4.21山口県萩市 圧縮空気充塡所容器破裂事故

資料2-2

【事故原因】

- 容器バルブは空気用のものに取り替えられていた。
- 充塡時に刻印内容を確認せず。
- 容器は再検査期限が切れていた。
- 「TP33」の刻印を「TP33－m」と勘違いした。
- 耐圧試験圧力33kg/㎠の容器に120kg/㎠以上の充塡圧力をかけたため破裂したもの。

KHKーHP「事故情報」事故事例より

写真３ 破裂容器の状況（その２）

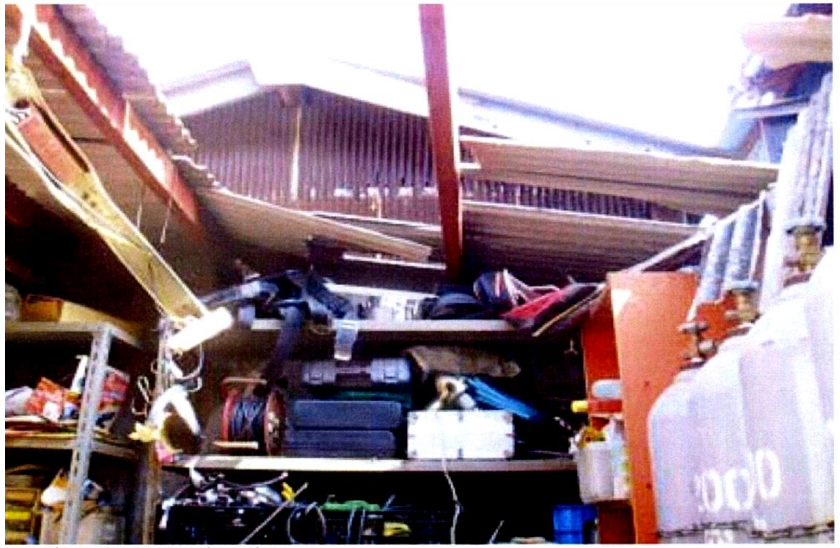


写真４ 充てん所内部の状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.4.21山口県萩市 圧縮空気充塡所容器破裂事故

資料2-3

（事故再発防止対策）

- 充塡時、刻印、表示等の確認を励行する。
- 容器と容器バルブの種類を確認する。
- 容器に刻印されている圧力単位に注意する。（特に「M」）
- 充塡所では、充塡、販売に関する帳簿を作成、保存する。
- 日常作業がマンネリにならないように、作業の危険性を常に認識し、法令、基本作業、安全作業を遵守する。

写真５ 充てん現場（水槽の外で充てん）

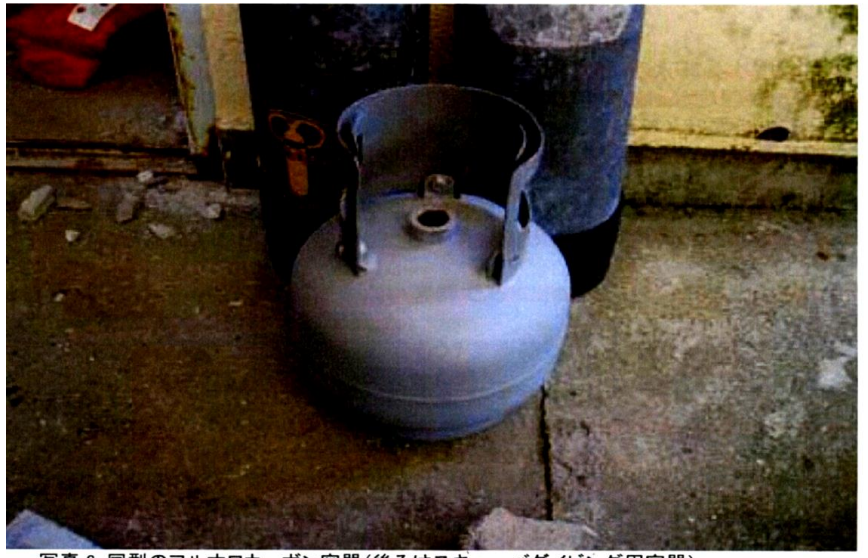


写真６ 同型のフルオロカーボン容器（後ろはスキューバダイビング用容器）

KHK－HP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

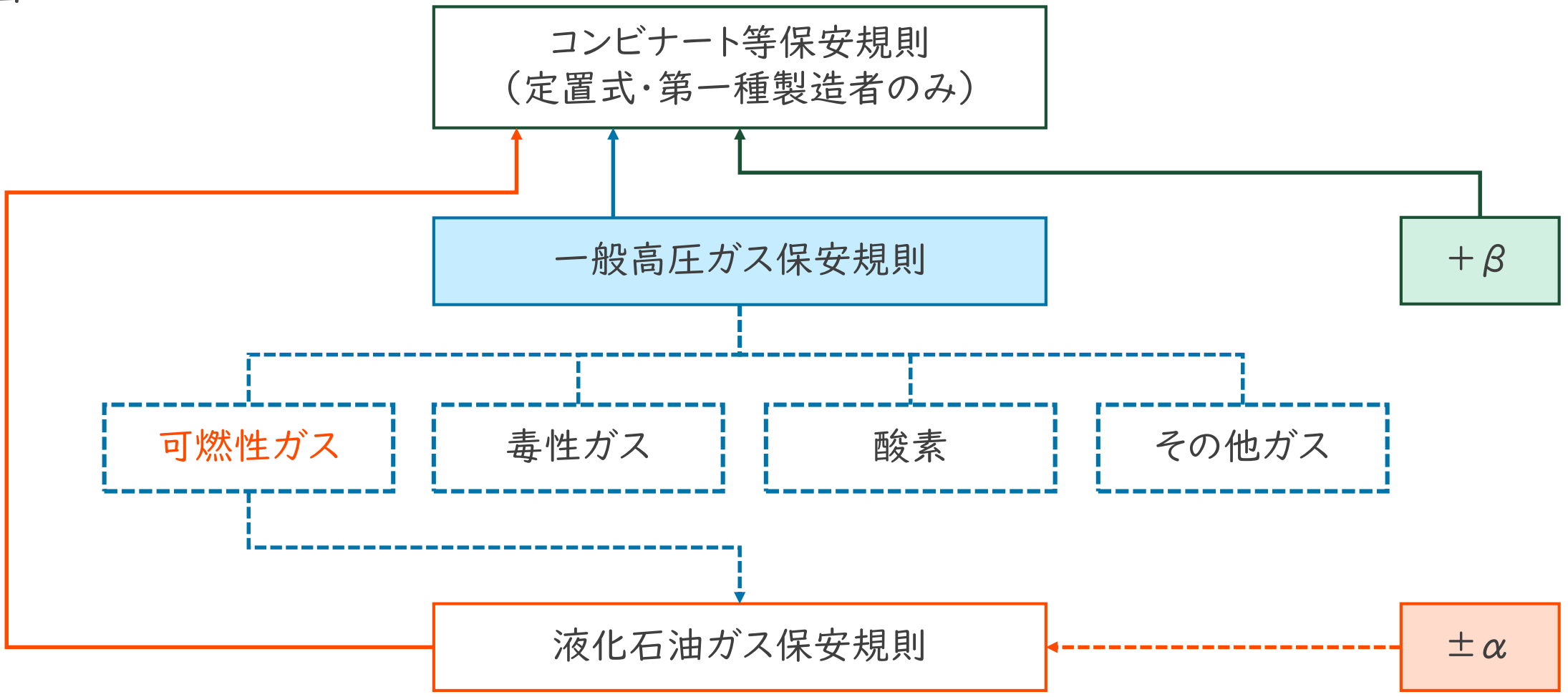
法令Ⅴ

一般高圧ガス保安規則①

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

各保安規則の関連

参考図1



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

スライドの見方

（参考-1）

根拠条文
3規則で同じ規定である。

→ 一般第〇条△項×号
液石第〇条△項×号
コンビ第〇条△項×号

スライドの見方

例示基準
例示基準
例示基準

は、法令ではなく、通達（規則関係例示基準）で示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種保安物件・第二種保安物件

図１

一般第2条１項5号、6号、
液石第2条１項１号、2号、
コンビ第2条１項5号、6号、7号

第一種保安物件

高圧ガスによる災害が発生した場合、周辺の不特定多数の者又は保護すべき者の安全を確保するために、これらの者が利用する病院等施設や学校等から所定の距離を有して高圧ガス設備［第一種設備距離］や容器置場［第一種置場距離］などを設置することとされている。これらの施設等を第一種保安物件という。

第二種保安物件

第一種保安物件と同様な趣旨で、周辺に居住している者の安全を保護するために、その住居から所定の距離を有して高圧ガス設備［第二種設備距離］や容器置場［第二種置場距離］などを設置することとされている。この住居を第二種保安物件という。

注 ：コンビ則では、第一種保安物件及び第二種保安物件から保安のための宿直施設を除いたものを「保安物件」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

充塡容器・残ガス容器の定義

図2

一般第2条1項10号、11号、第6条1項42号、
液石第2条1項7号、8号、第6条1項35号、
コンビ第2条1項11号、12号、第5条1項65号

- 充塡容器
  現に高圧ガスを充塡してある容器であって、その質量が充塡時の質量の2分の1以上減少していないものをいう。

- 残ガス容器
  現に高圧ガスを充塡してある容器であって、充塡容器以外　のものをいう。

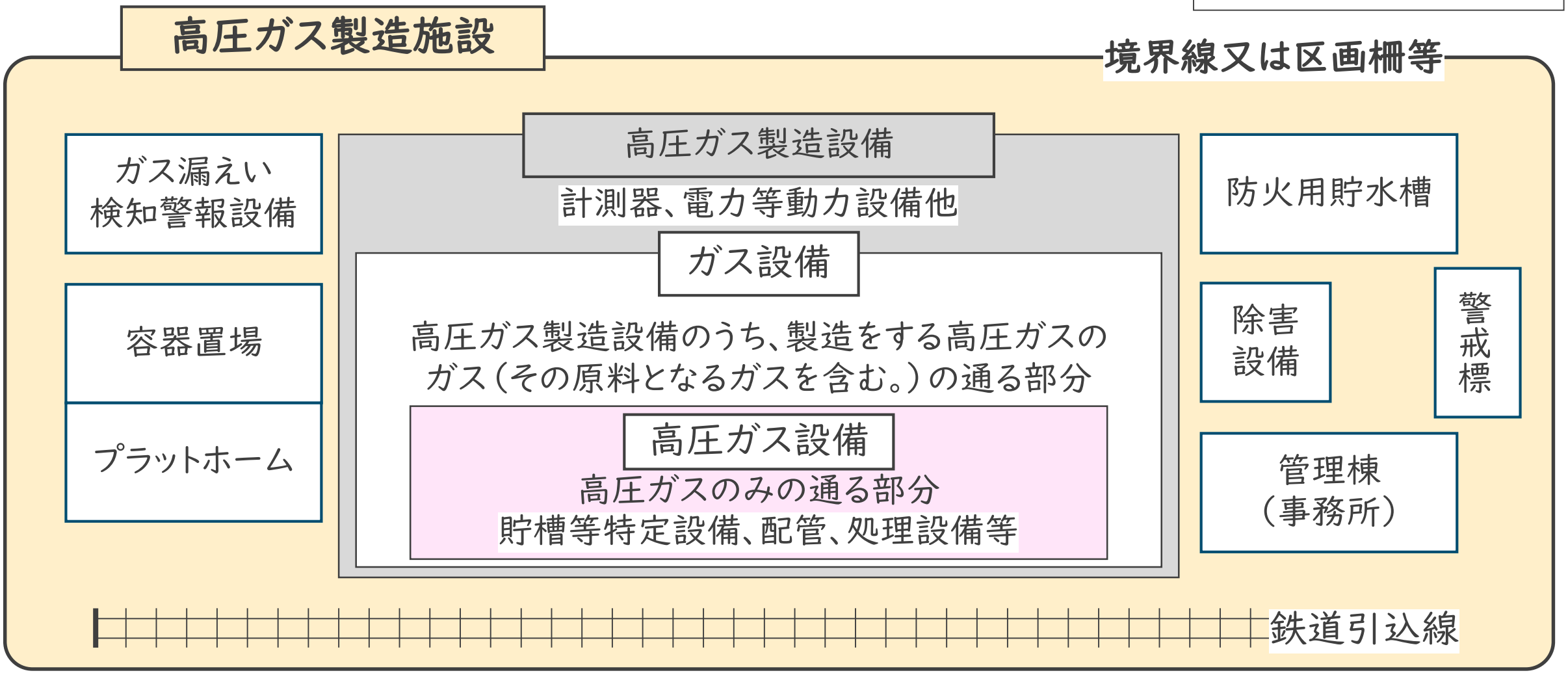
充塡容器と残ガス容器の両方を含めて「充塡容器等」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造施設の概念

図3

一般第2条、液石第2条、
コンビ第2条

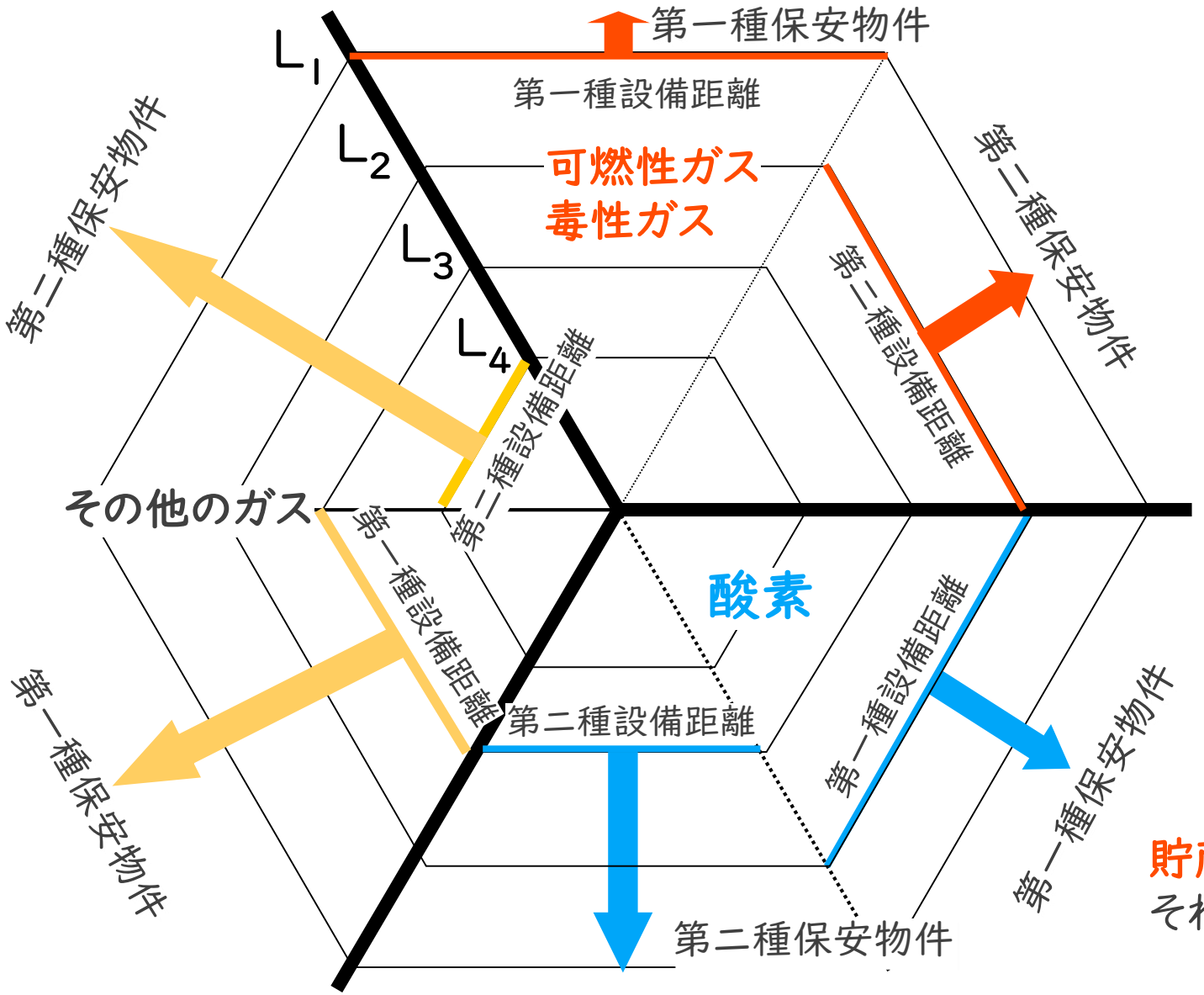


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

設備距離（貯蔵設備・処理設備・減圧設備の外面から（液化石油ガスのものを除く。））

図4

一般第2条1項19号、20号



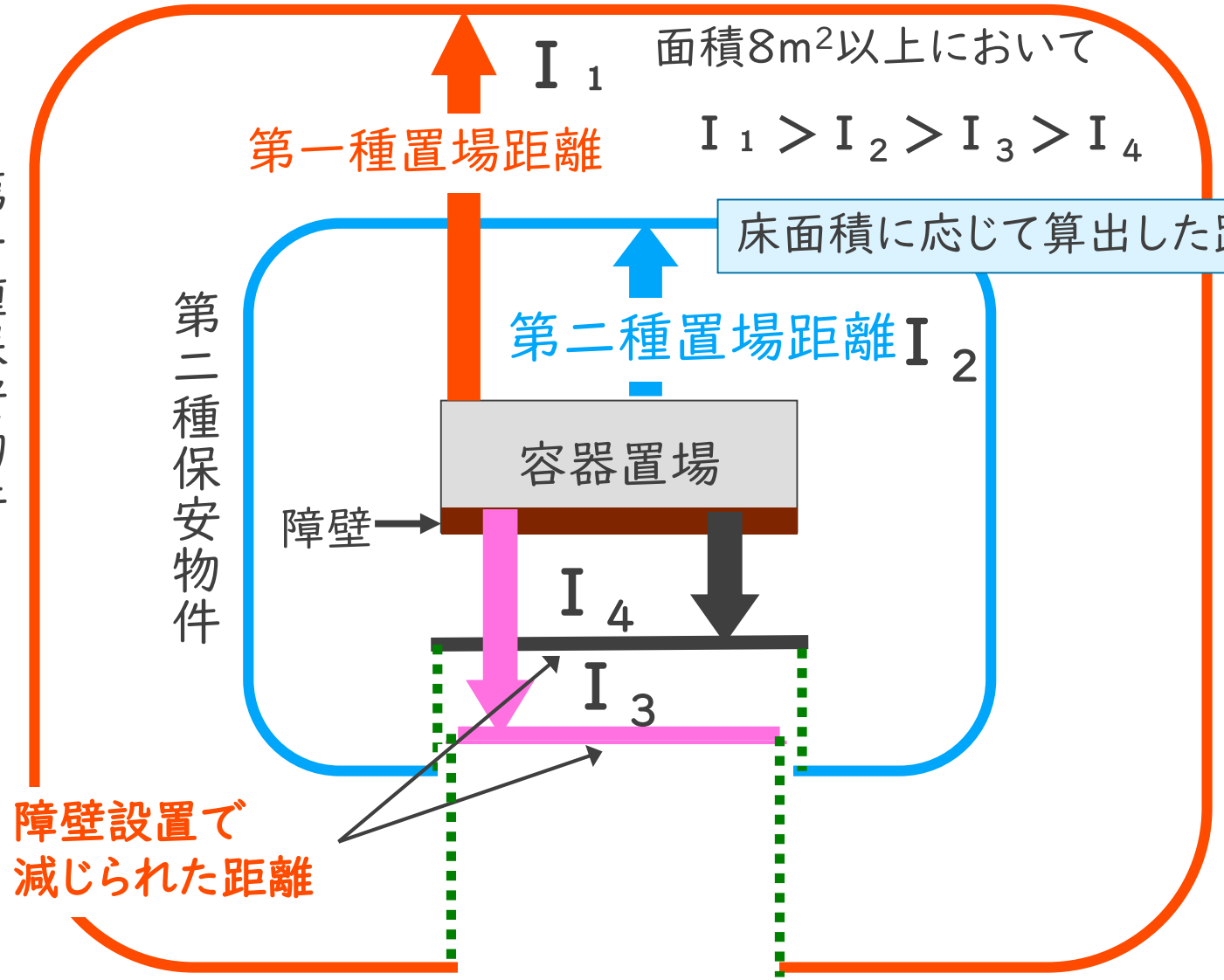
$L_1 > L_2 > L_3 > L_4$

貯蔵能力及び**処理能力**
それぞれに応じて算出した距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種置場距離・第二種置場距離（容器置場の外面から）

図5



可燃性ガス（液化石油ガスを含む）及び毒性ガス以外の高圧ガスのもので、面積が25㎡未満のものは、障壁の有無に関係なく距離不要

一般第2条1項21号、22号、第6条1項42号ハ、ニ、液石第2条1項18号、19号、第6条1項35号ハ、ニ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所の境界線の明示・警戒標掲示

図6

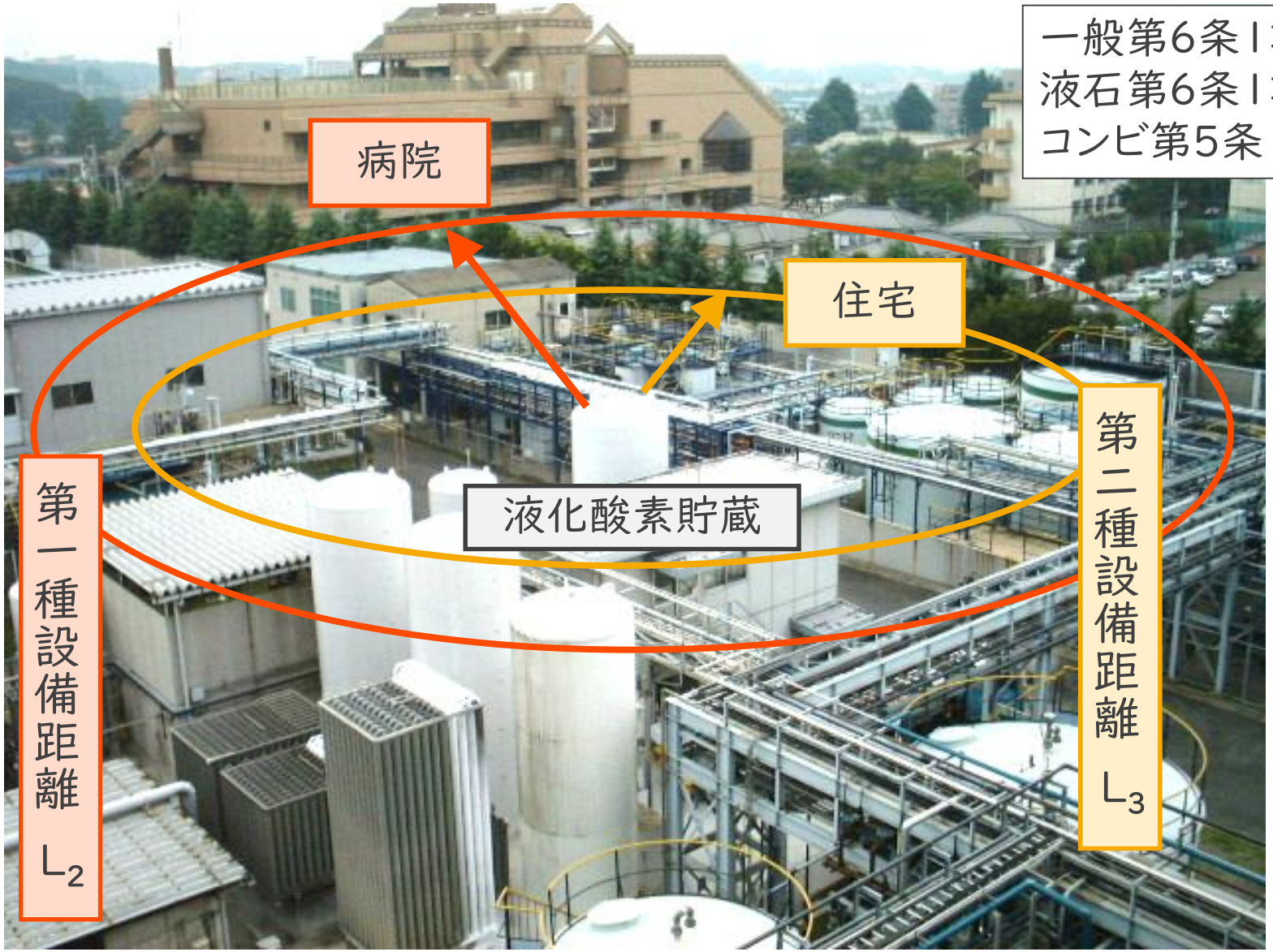
一般第6条1項1号、
液石第6条1項1号、
コンビ第5条1項1号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

設備距離（貯蔵能力・処理能力に応じて算出した距離）の例

図7

一般第6条1項2号、
液石第6条1項2号、3号
コンビ第5条1項2号、6号、7号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一般第6条1項3号、
液石第6条1項7号、
コンビ第5条1項14号

図8

次の①～③のいずれかの措置等

①製造設備の外面（岩盤貯槽は配管竪坑の内面）から8m以上の距離

②漏えいガス流動防止措置

③漏えい検知連動火気消火措置

迂回水平距離が8m以上となるように設置すればよい。

（漏えいガス）流動防止措置

例示基準

防火壁

8ｍ未満の場合

火気取扱施設

（事業所以外のものも対象）

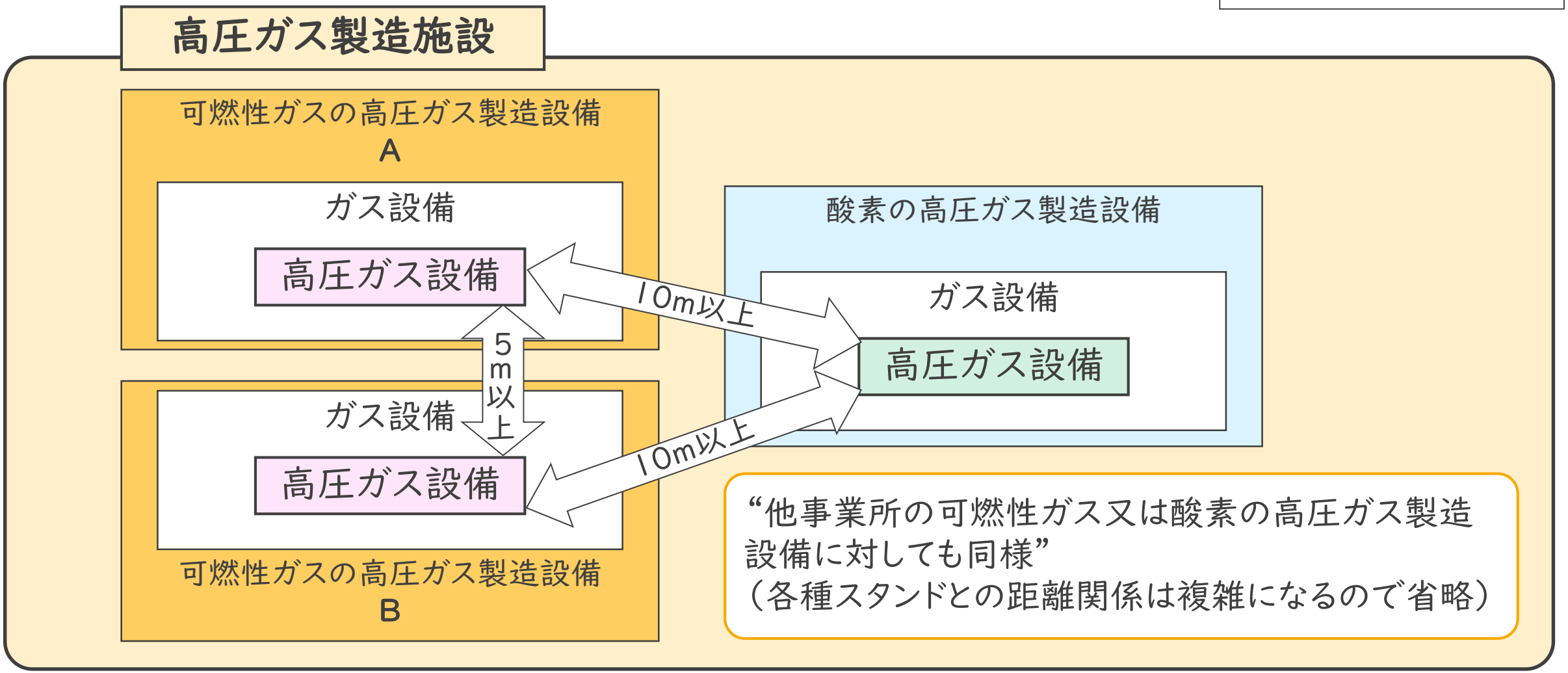
（漏えい検知）連動火気消火装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備間距離

図9

一般第6条1項4号、
コンビ第5条1項11号



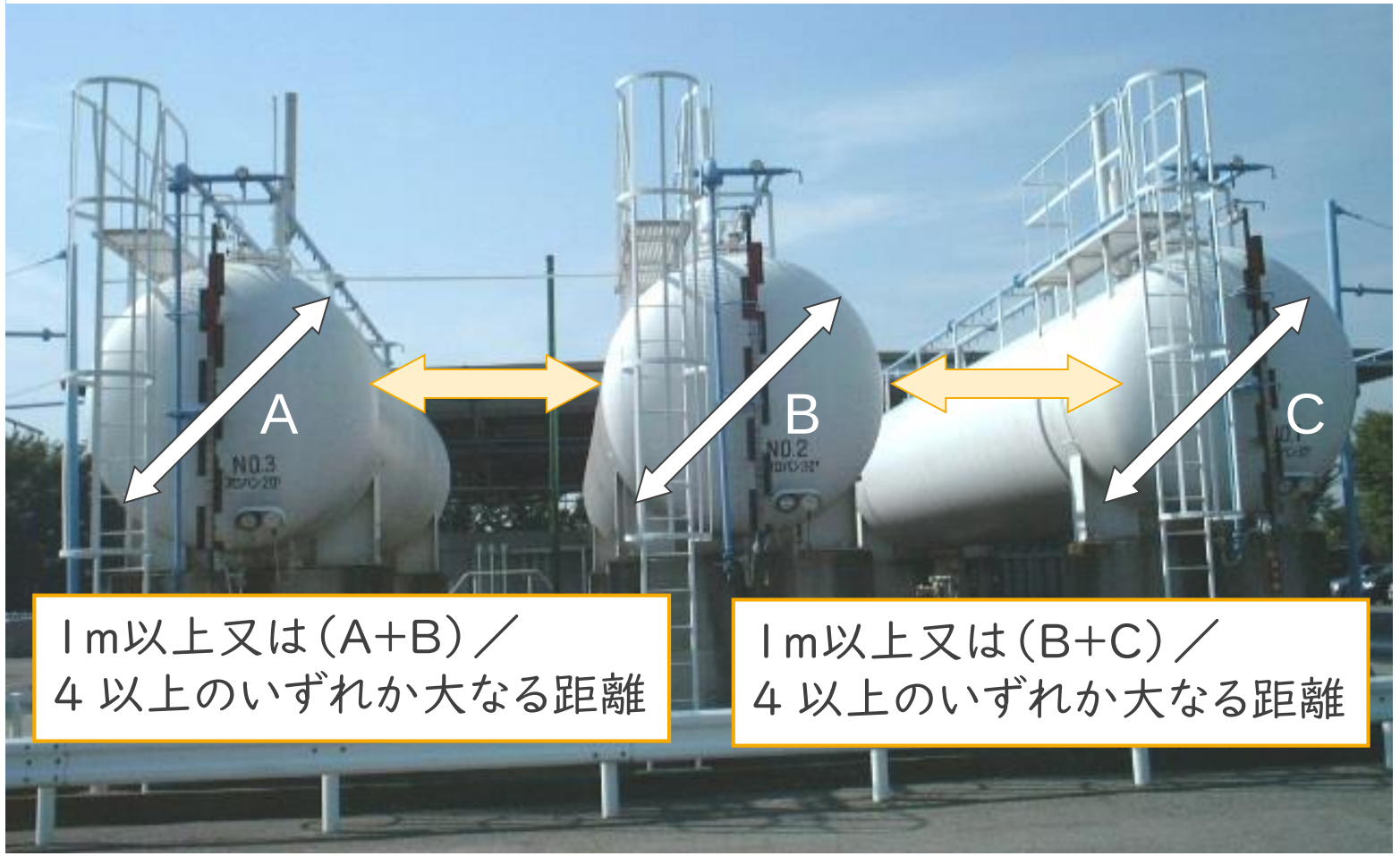
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽間距離を有する措置（貯槽の外面から、岩盤貯槽は配管竪坑の内面間）

図10

可燃性ガス（液化石油ガスを含む）貯槽間相互又は可燃性ガス（液化石油ガスを含む）貯槽と酸素の貯槽間の距離
→貯蔵能力が300m3以上又は3000kg以上の貯槽に必要

一般第6条1項5号、
液石第6条1項8号、
コンビ第5条1項13号



例外：貯槽に、防火上、消火上有効な措置（水噴霧装置、散水設備）を講じた場合は距離不要
［コンビ則適用の貯槽はこの措置を講じても距離必要］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス貯槽（液化石油ガス貯槽）又は特定不活性ガス貯槽の識別措置

図11

地下埋設貯槽も識別措置が必要

一般第6条1項6号、
液石第6条1項9号、
コンビ第5条1項29号

例示基準

可燃性ガスの貯槽にあってはガス名の朱書き又は貯槽直径の1／10以上の幅の帯状の赤色塗装（液化石油ガス貯槽は朱書きのみ）特定不活性ガスはガス名を橙色で書き、又は貯槽直径の1／10以上の幅の帯状の橙色塗色地下埋設貯槽は標識の掲示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

漏えい液化ガスの流出防止措置

図12

一般第6条1項7号、
液石第6条1項10号、
コンビ第5条1項35号

防波堤の内外に設備の設置制限有り

- 可燃性液化ガス貯槽
- 液化石油ガス貯槽
- 液化酸素貯槽

貯蔵能力1000トン以上
[コンビ則適用の貯槽のうち、可燃性ガスのものは500トン以上に規制強化]

- 毒性液化ガス貯槽 → 貯蔵能力5トン以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス又は特定不活性ガスの製造設備を設置する室の構造

図13

漏えいガスが滞留しない構造

一般第6条1項9号、
液石第6条1項12号、
コンビ第5条1項51号

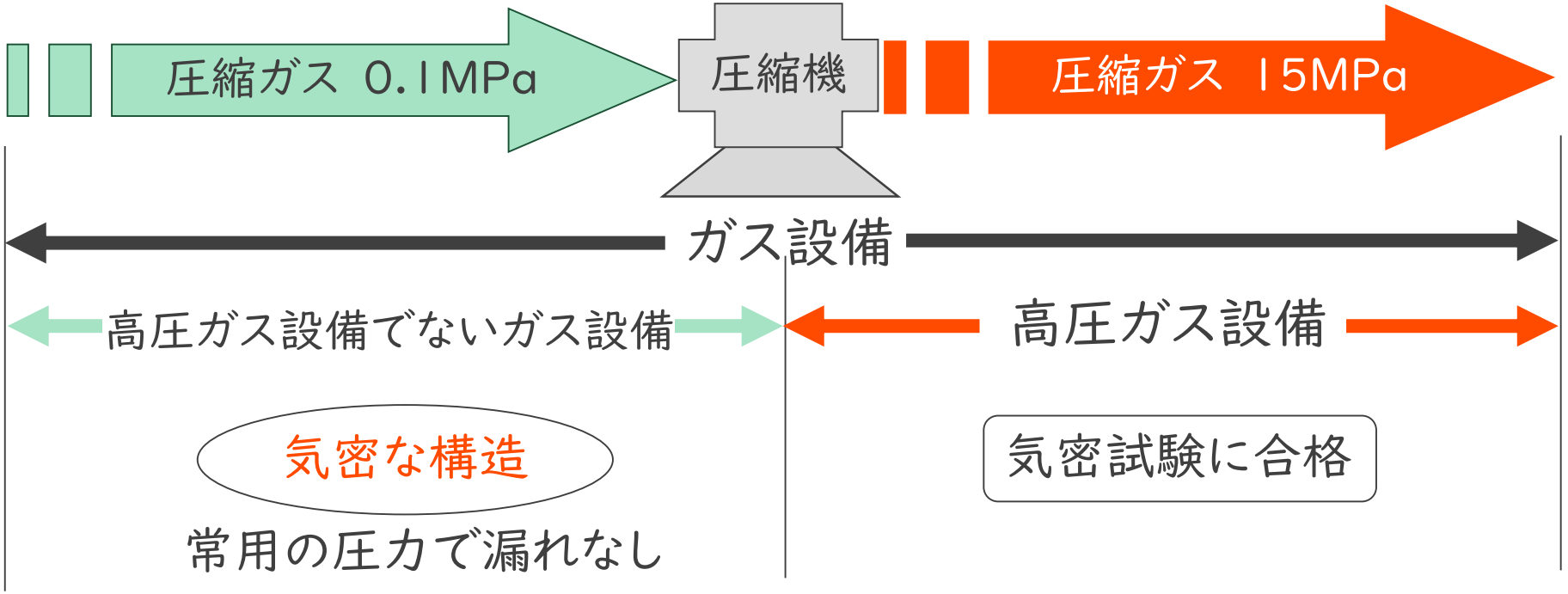
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備（高圧ガス設備を除く）の気密な構造

図14

一般第6条1項10号、
液石第6条1項13号、
コンビ第5条1項15号

可燃性ガス（液化石油ガスを含む）、毒性ガス、酸素（空気取入口を除く。）のものに限る。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の耐圧試験圧力

図15

一般則第6条1項11号
コンビ則第5条1項17号

＊ 第二種特定設備等以外の高圧ガス設備（第一種特定設備を含む。）

1. 水その他の安全な液体を使用 → 常用の圧力×1.5以上の圧力
2. 空気、窒素等の気体を使用 → 常用の圧力×1.25以上の圧力

＊ 第二種特定設備等

1. 水その他の安全な液体を使用 → 常用の圧力×1.3以上の圧力
2. 空気、窒素等の気体を使用 → 常用の圧力×1.1以上の圧力

- 第一種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を4として設計した設備
（特定設備検査規則第2条16号、第11条1項、第14条1項）
- 第二種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を3.5として設計した設備
（特定設備検査規則第2条17号、第11条2項、第14条3項）
- 第二種特定設備等とは、第二種特定設備その他設計上常用の圧力の1.5倍より小さい圧力で耐圧試験を行う必要のある設備
（設備の例→圧縮水素スタンドの蓄圧器等＝耐圧試験圧力は常用の圧力の1.3倍の圧力）をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.8.4
新潟市、窒素ガスによる耐圧試験中の都市ガス管（閉止板）破裂事故（死者1名、負傷者3名）

（資料1-1）

（耐圧試験圧力3MPa） 重さ840kgのガス管が約10m飛んだ。管端閉止板の溶接不良とその強度確認不足によるものと推定。（ガス導管はガス工作物であるが、仮設の閉止板はガス工作物の適用外。高圧の窒素ガスを使う作業は高圧ガス保安法の適用を受ける。）

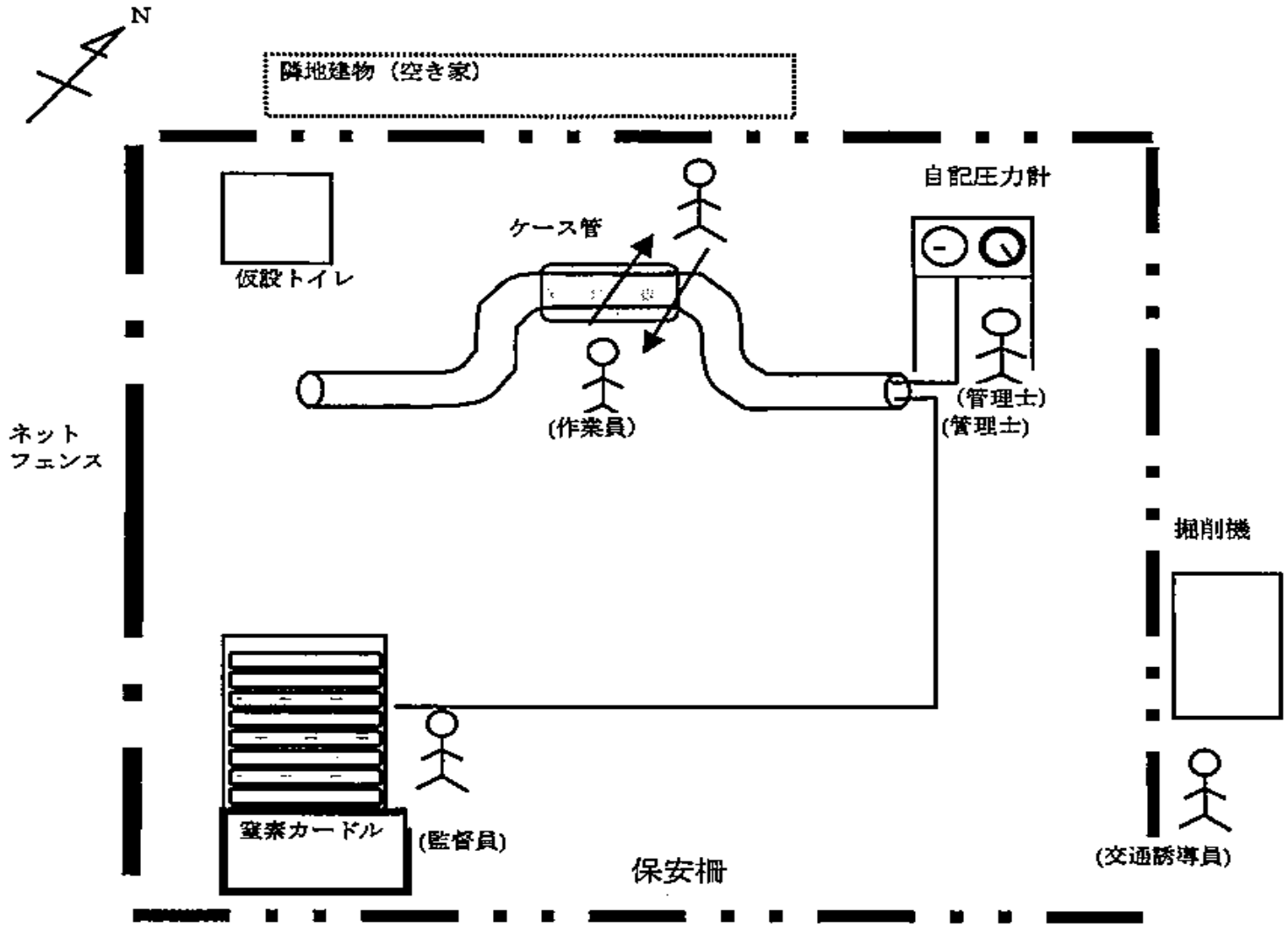
写真1　事故時の状況（吹き飛んだ閉止板側）

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐圧試験時の状況

（資料1-2）

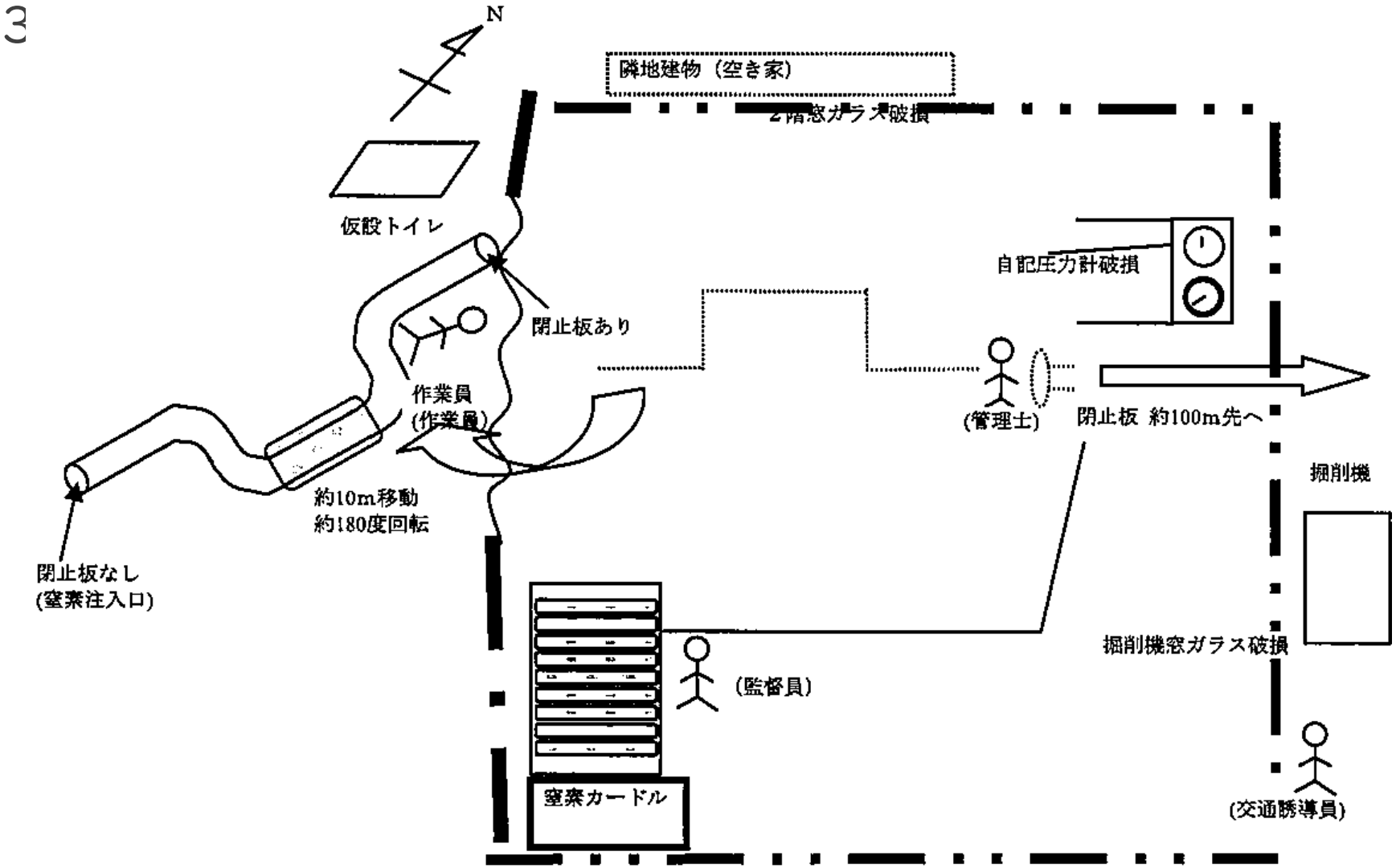


KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故直後の状況

（資料1-3



KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐圧試験時等の保安確保に関する法規制（上記事故に関する基準）

（資料1-4）

コンビナート等保安規則関係例示基準

一般高圧ガス保安規則関係例示基準

液化石油ガス保安規則関係例示基準

「耐圧試験及び気密試験」

1. 耐圧試験（気密試験も同様）

1.6 耐圧試験に従事する者は、作業に必要な最少限度の人数の者とし、観測等の場合、適切な障害物を設け、そのかげで行うようにすること。

1.7 耐圧試験を行う場所及びその付近は、よく整頓して、緊急の場合の避難の便を図るとともに二次的な人体への危害が生じないように行うこと。

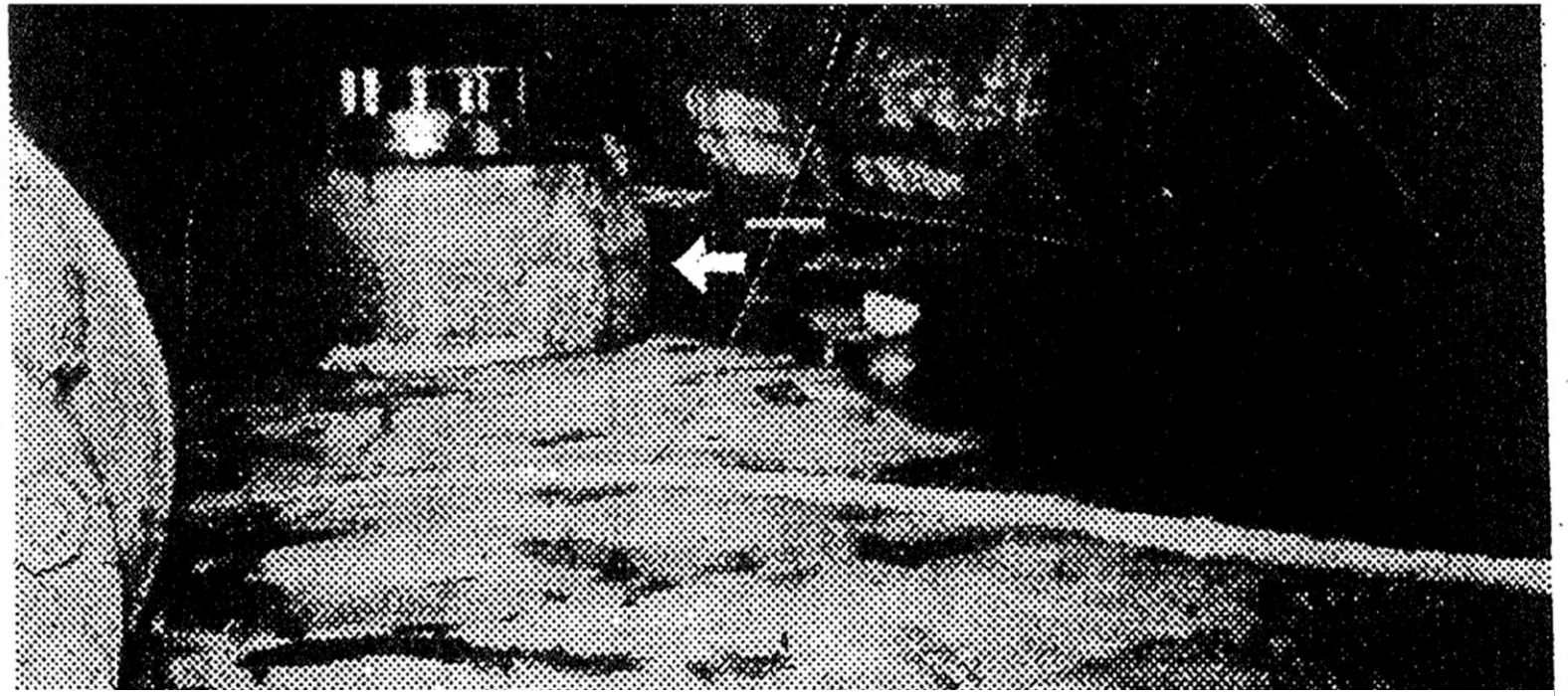
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

昭和44年11月25日 広島県呉市の製鋼工場における水による耐圧試験中の多層円筒容器鏡板破裂事故 死者2名、負傷者4名

（資料1-5）

上記基準の新設要因となった事故

胴板と鏡板との溶接部が不完全であったものと考えられる。耐圧試験のために水を封入したが容器の内部に残留空気があり、その空気を加圧したことによる鏡板溶接部周辺からの破壊と推定
（470kg／c㎡、30分後破壊。10m飛んだ鏡板の重量約1トン）



事故のあった製かん工場（矢印が吹っ飛んだ高圧多層容器のキャップ）

昭和44.11.26 中国新聞朝刊社会面

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の気密試験

図16

一般第6条1項12号、
液石第6条1項18号、
コンビ第5条1項18号

・常用の圧力*以上の圧力

例示基準

試験方法等

① 空気、その他の危険性のない気体の圧力により行う。

② 当該高圧ガス設備がぜい性破壊を起こすおそれのない温度で行う。

③ 気密試験圧力は、常用の圧力以上の圧力とし、漏えいの確認はその圧力を10分間以上保持した後に行う。

④ 試験の状況によって危険がないと判断される場合は、当該高圧ガス設備によって貯蔵又は処理される高圧ガスを使用して行うことができる。

＊ 常用の圧力： 設備の正常な使用状態における最高の圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1-6）

- 設備の気密試験のため、移動式液化窒素製造設備で加圧中、11.3MPaまで昇圧した際に、耐圧ホースの根元が破裂した（人的被害なし）。
- このローリ車には気密試験用ホースとして、高圧用（16MPa、1/2インチ）と低圧用（3MPa、3/4インチ）の2種類の耐圧ホースを積載しており、双方の色は黒であり、太さの違いで区別していた。

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1-7）

- 発災時は、他にも数台のローリ車が気密試験用の窒素を設備に供給しており、3/4インチの耐圧ホースが使用されていた。
- 事故車の運転手は、1/2インチの高圧用ホースを使用すべきところ、他社に倣い、3/4インチのホースを使用するものと思いこみ、低圧用ホースを使用した。
- なお、気密試験時のローリ車の作業について、作業手順書及び点検表が定められていなかったため、耐圧ホースの誤使用を防止できなかった。
- 発災したローリ車は、元請け事業者からの発注を受けて孫請け事業者が作業を実施しており、製造事業者の管理が行き届いていない状況であった。

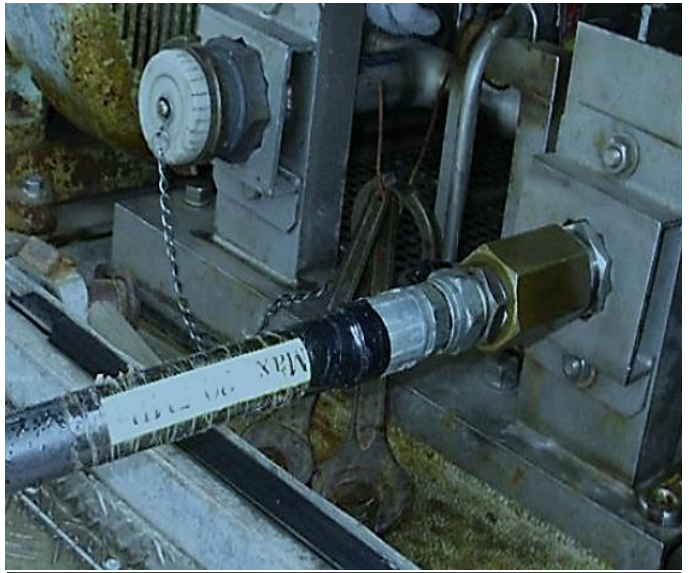


写真4 発災後の耐圧ホース拡大

（事故後の対策）耐圧ホースに、最高使用圧力を表示した。

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

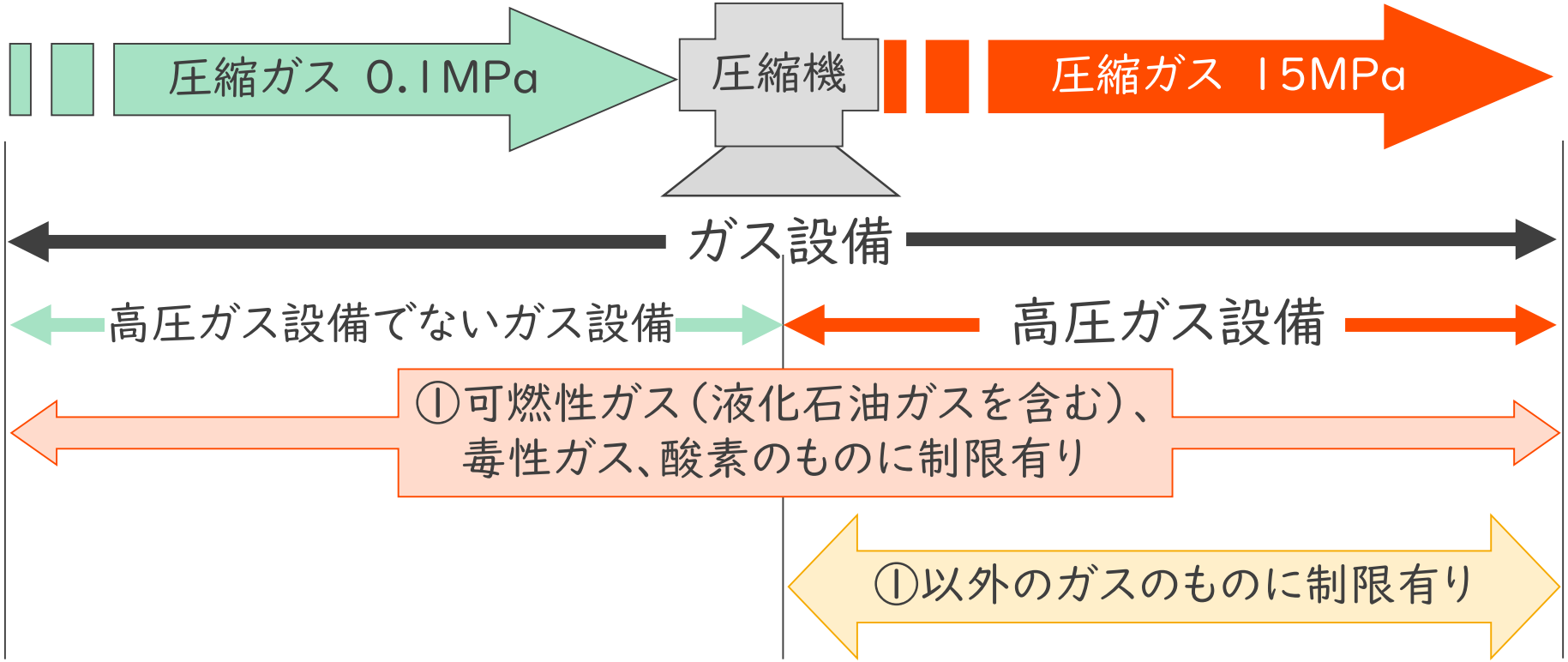
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備に使用する材料の制限

図17

一般第6条1項14号、
液石第6条1項14号、
コンビ第5条1項16号

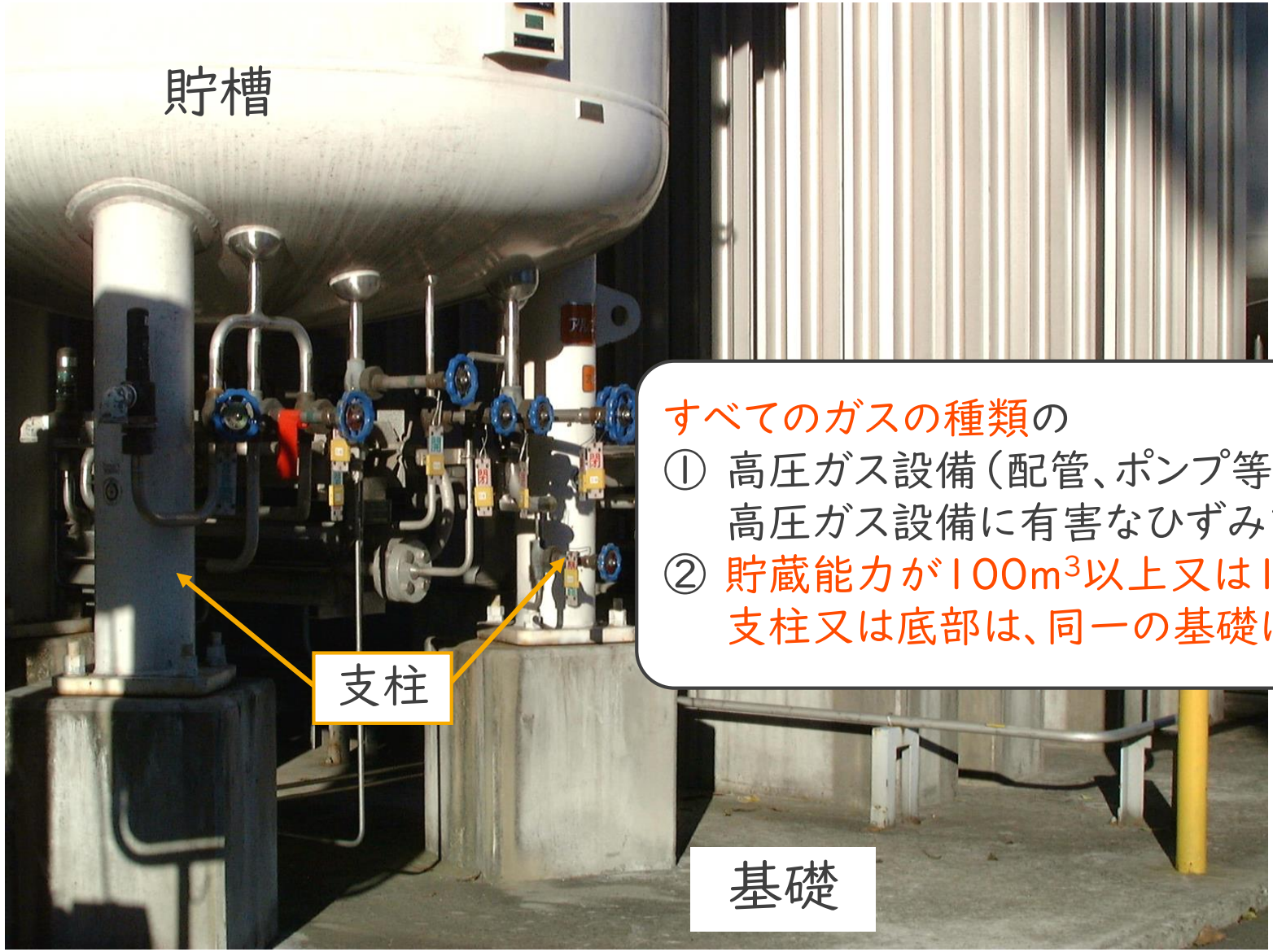
材料に及ぼす化学的影響・物理的影響に対し安全な化学的成分・機械的性質を有するもの



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の基礎

図18



一般第6条1項15号、
液石第6条1項15号、
コンビ第5条1項23号

すべてのガスの種類の
① 高圧ガス設備（配管、ポンプ等を除く）の基礎は、高圧ガス設備に有害なひずみを生じないもの
② 貯蔵能力が100m^{3}以上又は1トン以上の貯槽の支柱又は底部は、同一の基礎に緊結

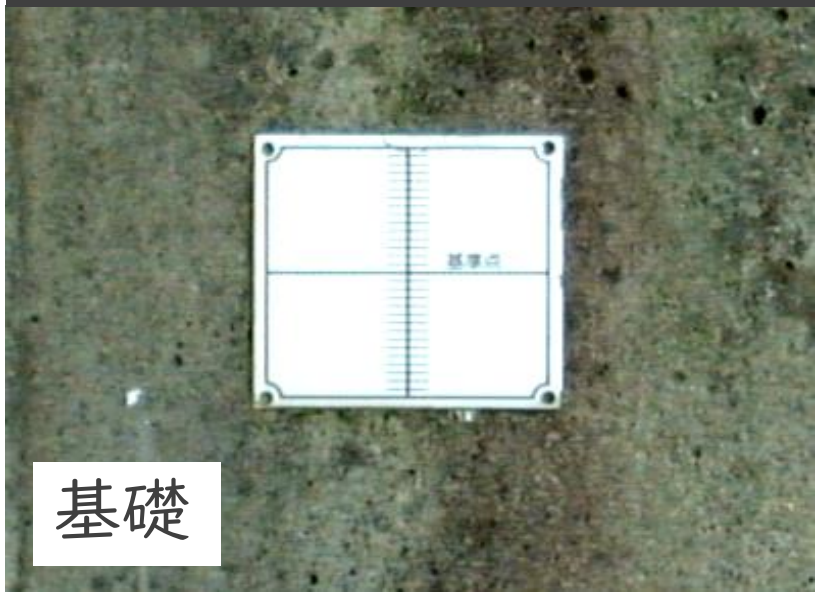
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の沈下状況を測定する措置

図19

一般第6条1項16号、
液石第6条1項16号、
コンビ第5条1項64号

沈下測定基準点



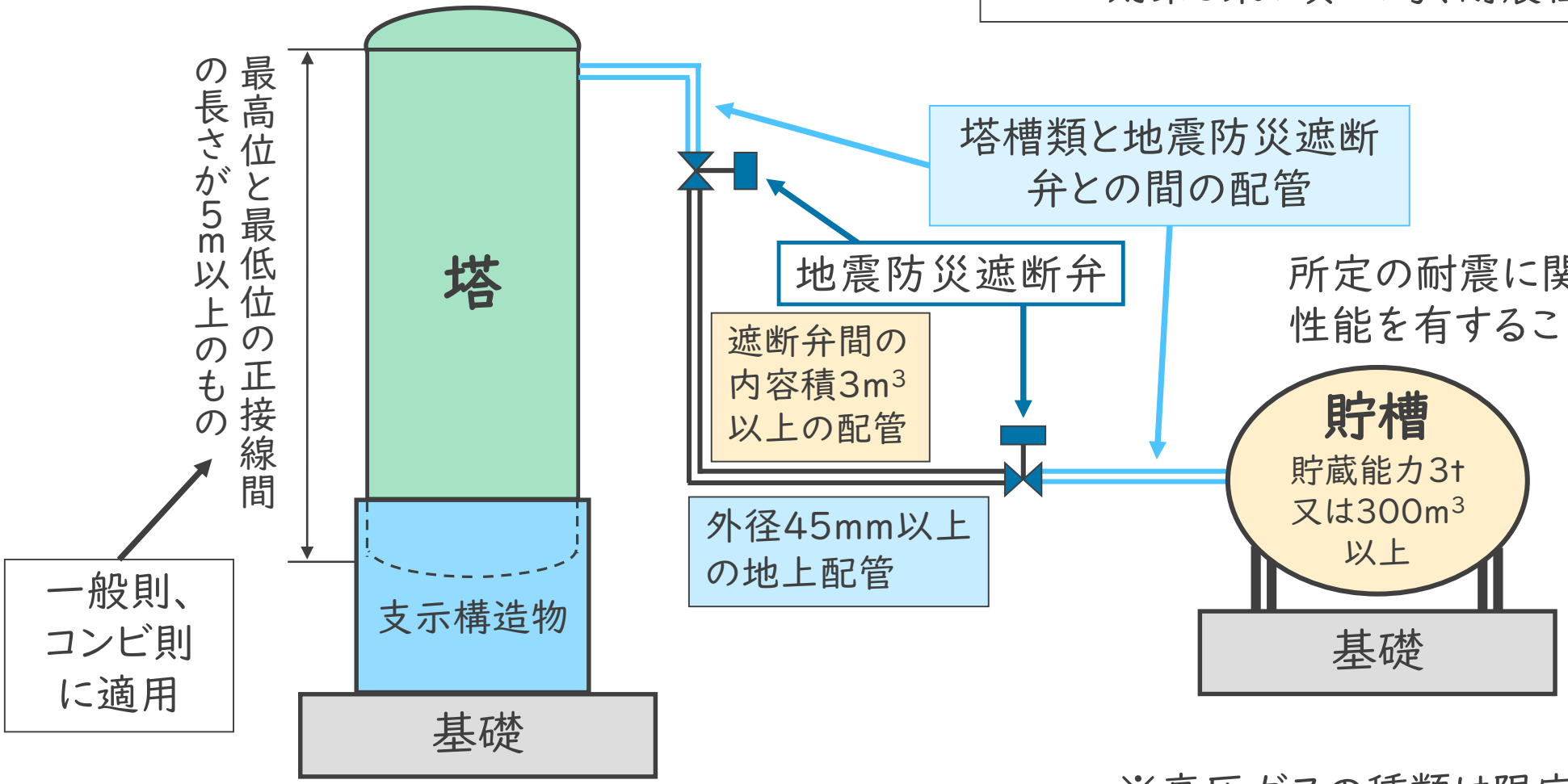
貯槽の沈下状況の測定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐震に関する性能を有すべき設備等

図20

一般則第6条1項17号、液石則第6条1項20号、
コンビ則第5条1項24号、耐震性能を定める告示

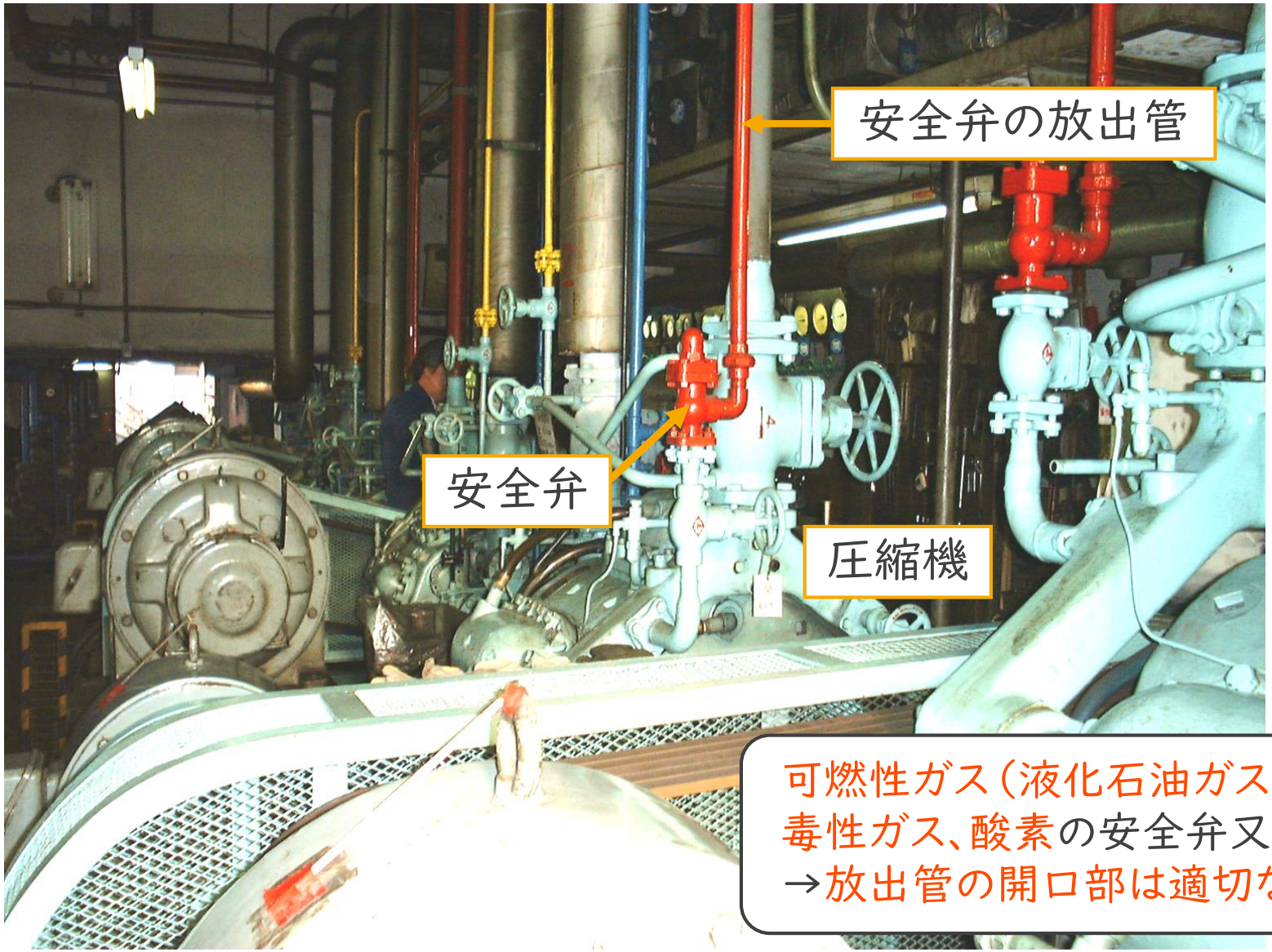


※高圧ガスの種類は限定されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備に安全装置（許容圧力を超えたとき、許容圧力以下に戻す）の設置

図21



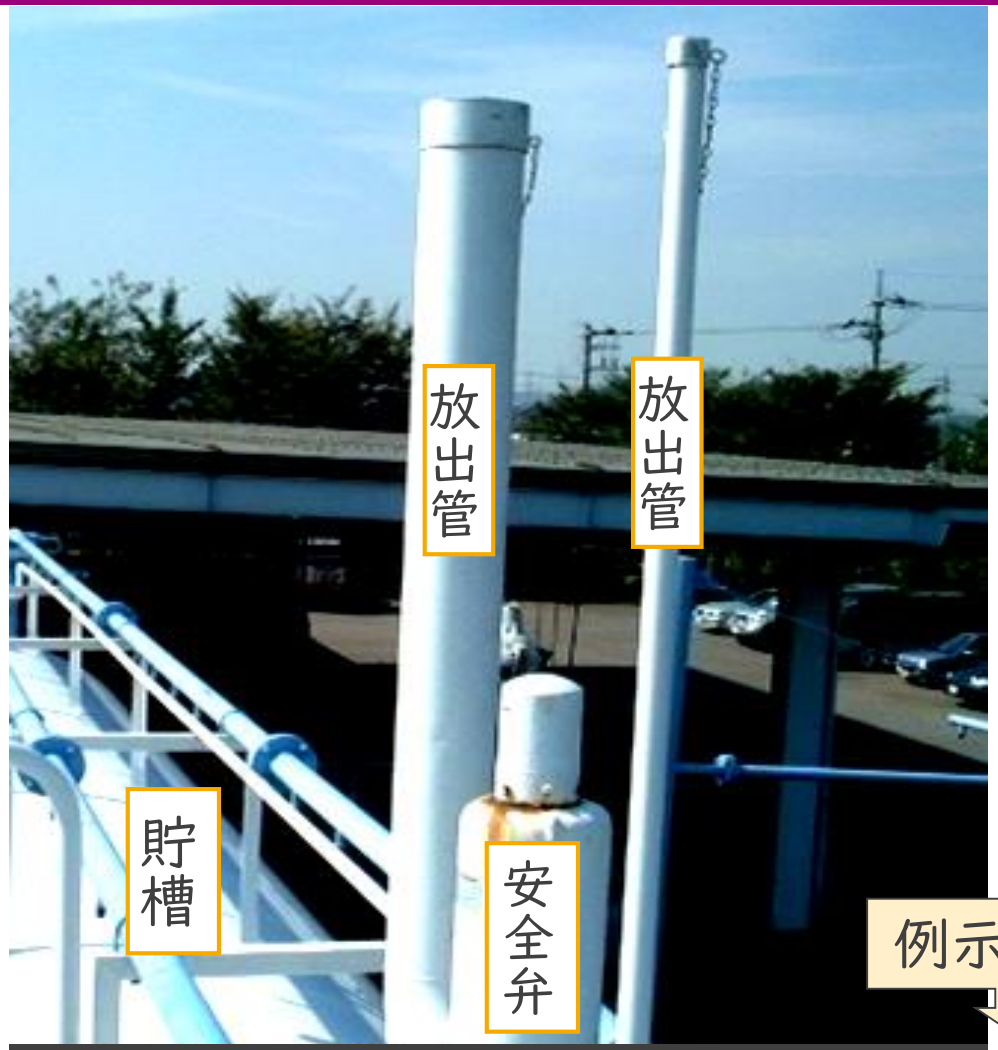
一般第6条1項19号、20号、
液石第6条1項21号、22号
コンビ第5条1項21号、22号

可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、特定不活性ガス、毒性ガス、酸素の安全弁又は破裂板に放出管を設置
→放出管の開口部は適切な位置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

放出管の開口部の例

図22



液化石油ガス貯槽と配管の放出管の開口部
→周囲に着火源のない所定の高さ以上

一般第6条1項20号、
液石第6条1項22号、
コンビ第5条1項22号

例示基準

アンモニア設備の放出管の開口部
→除害設備内に接続

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガス貯槽の液面計の例

参考図2

一般第6条1項22号、
コンビ第5条1項33号、
液石第6条1項24号

ガラス液面計
（液化石油ガス貯槽）

差圧式液面計
（超低温貯槽）

フロート式液面計
（地下埋設
液化石油ガス貯槽）

スリップチューブ式液面計
（地下埋設
液化石油ガス貯槽）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガス貯槽に液面計の設置（ガラス液面計（ゲージグラス）を設置する場合）

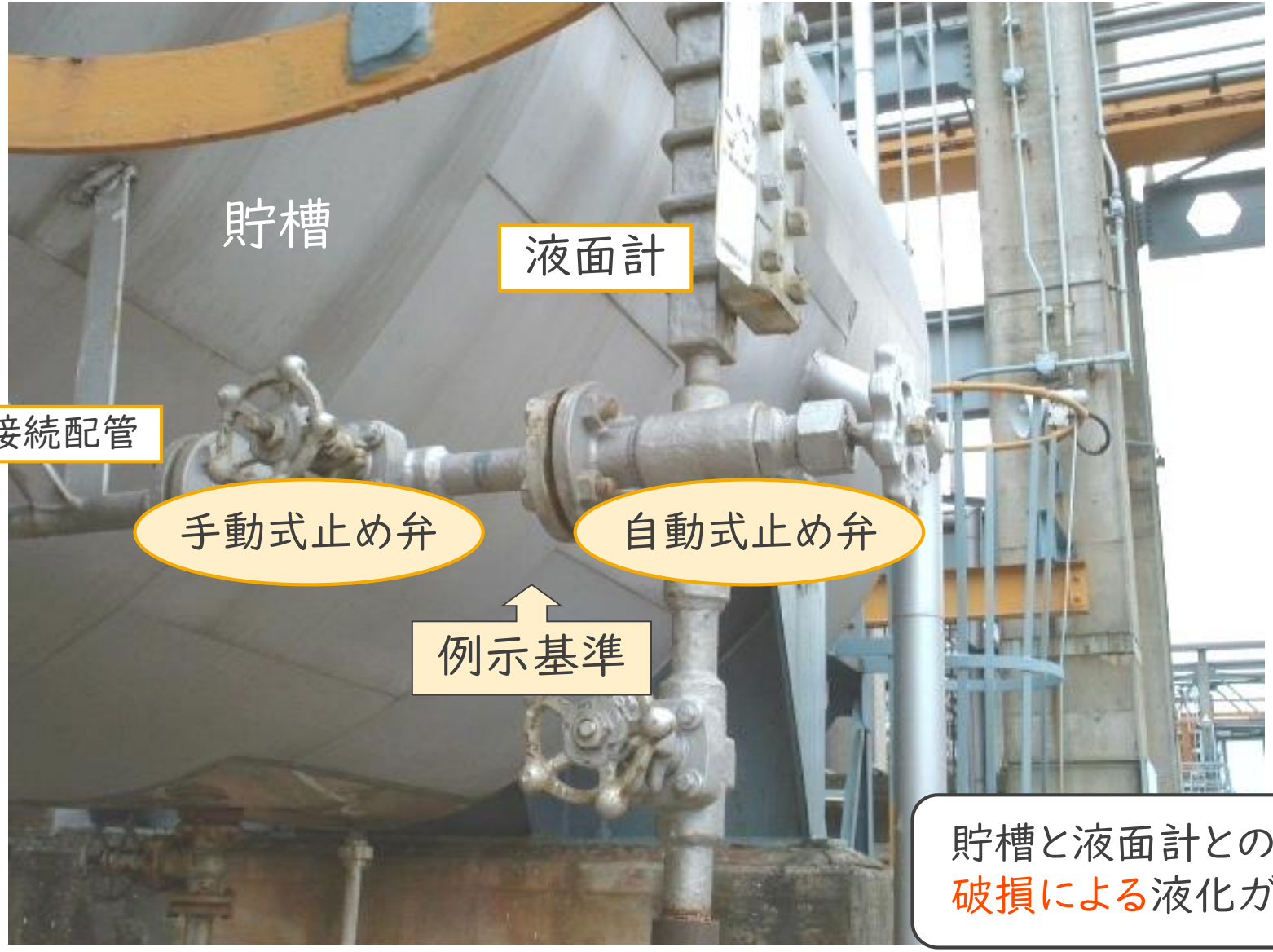
図23

一般第6条1項22号、
液石第6条1項24号、
コンビ第5条1項33号

丸形ガラス管液面計
→不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）
又は酸素の超低温貯槽以外の貯槽には使用禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図24



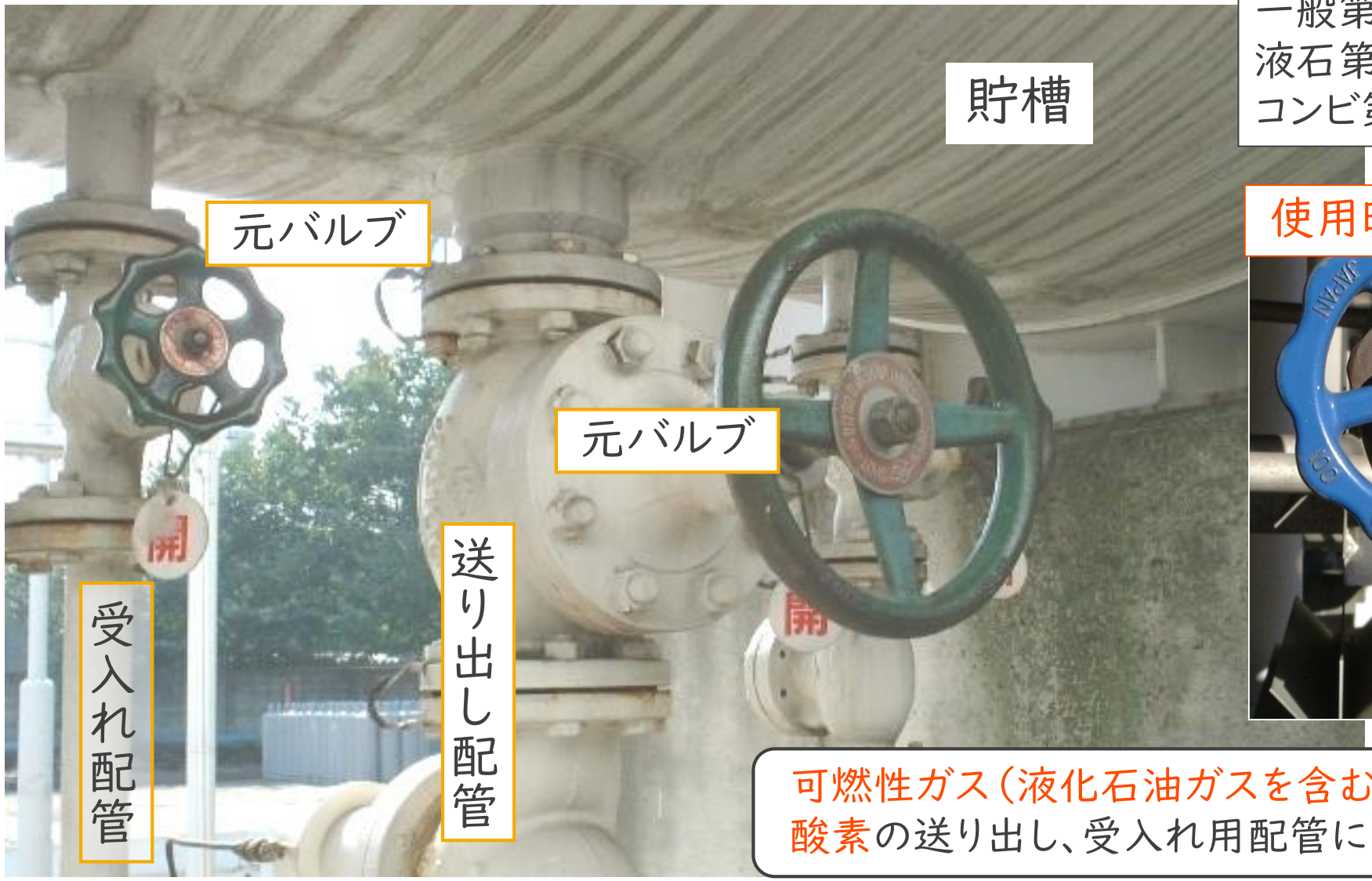
一般第6条1項22号、
液石第6条1項24号、
コンビ第5条1項33号

貯槽と液面計との接続配管に液面計の破損による液化ガス漏えい防止措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

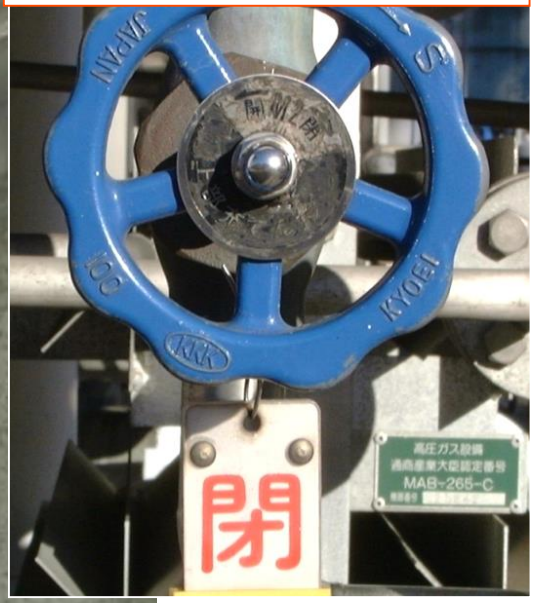
貯槽の送り出し、受入れ用配管には、貯槽の直近にバルブ（元バルブ）を設けるほか、同配管系統内に1つ以上のバルブを設置

図25-1



一般第6条1項24号、
液石第6条1項25号、
コンビ第5条1項43号

使用時以外は閉止



可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、毒性ガス、酸素の送り出し、受入れ用配管に必要

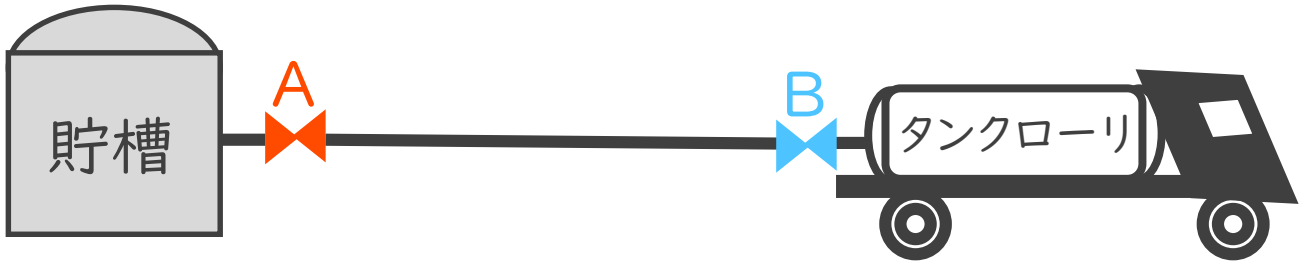
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガスの受入れ・送り出し配管のバルブの設置例

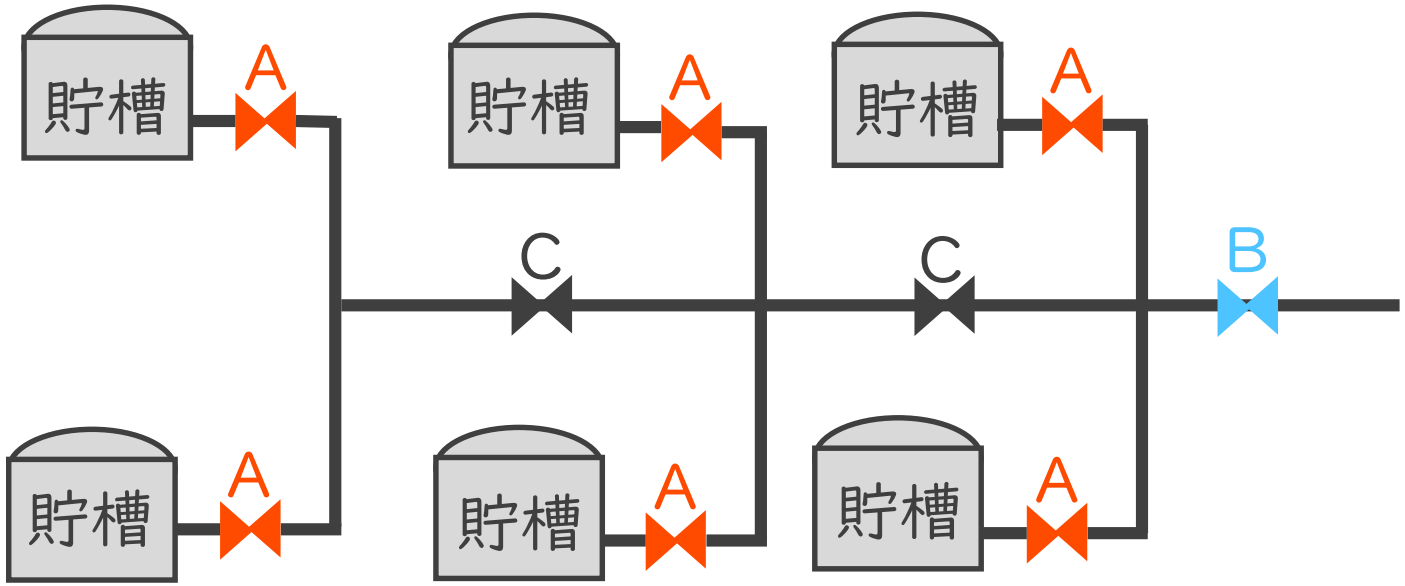
図25-2

一般第6条1項24号、
液石第6条1項25号、
コンビ第5条1項43号

（イ）



（ロ）



A　：貯槽の直近に設けたバルブ（元バルブ）
B　：他の一つのバルブ（二以上のバルブ）
C　：必ずしも設けなくてもよいバルブ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の送り出し、受入れ用配管に、液化ガス漏えい時に安全に速やかに遮断する措置

一般第6条1項25号、
液石第6条1項26号、
コンビ第5条1項44号

図26

可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、酸素の液化ガス貯槽であって、
内容積が5000 L以上のものに必要

緊急遮断装置の操作位置
（貯槽の外面から5m以上
（コンビ則のものは10m以上））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

電気設備の防爆構造

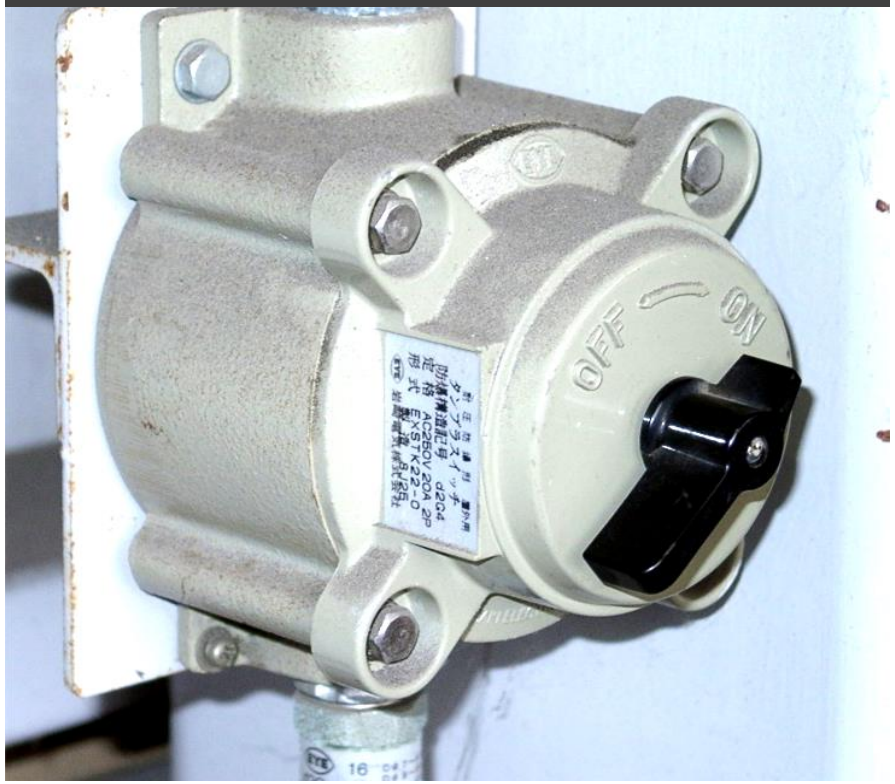
参考図3

一般第6条1項26号、コンビ第5条1項48号、液石第6条1項27号

可燃性ガス、液化石油ガスの高圧ガス設備に係る電気設備に必要

照明

スイッチ



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

停電等による製造設備機能の確保のための保安電力の常備

一般第6条1項27号、液石第6条1項32号、
コンビ第5条1項50号、第10条38号

図27

［対象設備等］

① 反応、分離、精製設備等の自動制御装置

② 製造施設の保安確保設備

（告示：防消火設備、緊急遮断装置、散水設備、水噴霧装置、ガス漏えい検知警報設備、通報設備、除害設備、過充塡防止装置、水封機能維持装置、保安上必要な冷却水ポンプ、非常用照明、コンビナート製造事業所間の導管系の運転監視装置、安全制御装置、ガス漏えい検知警報設備、除害設備、通報設備、非常用照明）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮アセチレンガスの充填施設

図28

一般第6条1項28号、29号
コンビ第5条1項58号、59号

火災等による容器の破裂防止措置（散水設備）

圧縮機室

障壁で区画

容器充填場

障壁で区画

充填容器の容器置場

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧力10 MPa以上の圧縮ガスの充塡施設（圧縮アセチレンガス以外）

図29

一般第6条1項30号、
コンビ第5条1項60号、

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス漏えい検知警報設備

参考図4

一般第6条1項31号、コンビ第5条1項53号、
液石第6条1項29号

空気より軽いガスの場合は漏えい検知部を天井付近等高い位置に、空気より重いガスの場合は漏えい検知部を地上付近の低い位置に設置する。

水素の漏えい検知部

液化石油ガスの漏えい検知部

可燃性ガス、液化石油ガス、
特定不活性ガス、毒性ガス
（経済産業大臣が告示で定めるものに限る。）の製造施設に設置

警報部

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽等の温度上昇防止措置等

図30

一般第6条1項32号、
液石第6条1項28号、
コンビ第5条1項31号、32号

① 可燃性ガス貯槽、毒性ガス貯槽とこれら貯槽の支柱

② 可燃性ガス貯槽の周辺にある酸素貯槽、不活性ガス貯槽又は空気貯槽とこれら貯槽の支柱

③ 可燃性物質を取り扱う設備の周辺にある酸素貯槽、不活性ガス貯槽又は空気貯槽とこれらの貯槽の支柱

例示基準

水噴霧装置、散水設備、耐熱被覆

④ 地盤面上設置の液化石油ガス貯槽とその貯槽の支柱

例示基準

耐熱性を有する措置（耐熱被覆）又は有効に冷却する措置（水噴霧装置、散水設備）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガス製造施設の識別措置と危険標識の掲示

図31

一般第6条1項33号、
コンビ第5条1項52号

例示基準

毒性ガス製造施設は他の製造施設と区分識別標示

ポンプ、バルブ等の漏えいのおそれのある
箇所に危険標識を掲示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガスの製造設備

図32

一般第6条1項35号、37号、
コンビ第5条1項41号、46号

- 毒性ガスのガス設備の配管等は溶接接合
  （例外：溶接接合が適当でない場合は、保安上必要な強度を有するフランジ接合又はねじ接合継手による接合）
- 製造設備に除害のための措置（特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等、亜硫酸ガス、アンモニア、塩素、クロルメチル、酸化エチレン、シアン化水素、ホスゲン、硫化水素の製造設備）

例示基準

アンモニア製造設備の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス及び特定不活性ガス製造設備の静電気除去措置

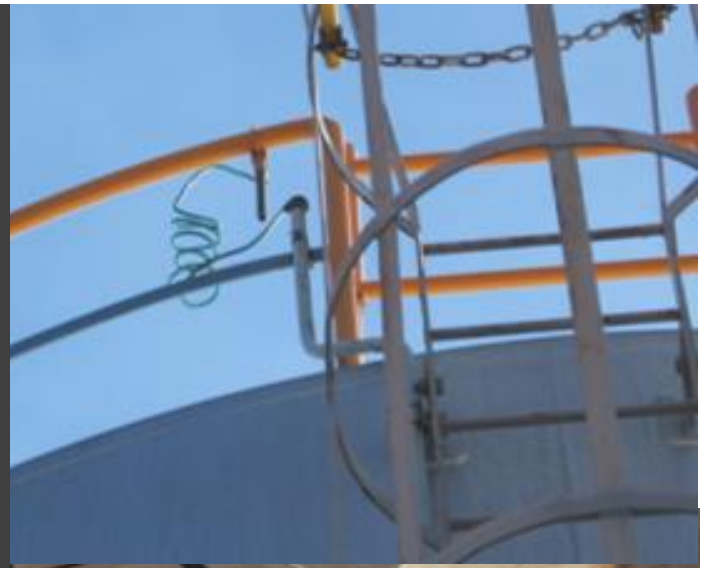
図33

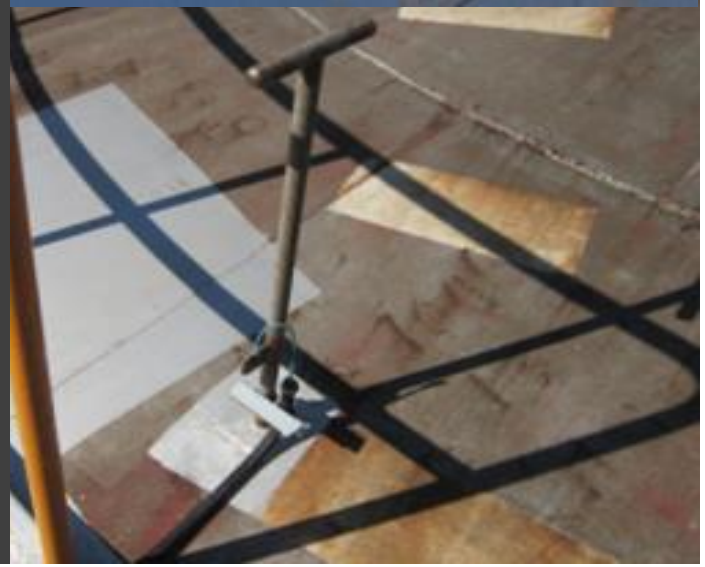
接地抵抗値は総合100 Ω
（避雷設備を設けるものは総合10Ω）以下

静電気除去用アースの例

例示基準

人体静電気除去用除電棒の例





一般第6条1項38号、
液石第6条1項30号、
コンビ第5条1項47号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

防消火設備（防火設備、消火設備）の設置

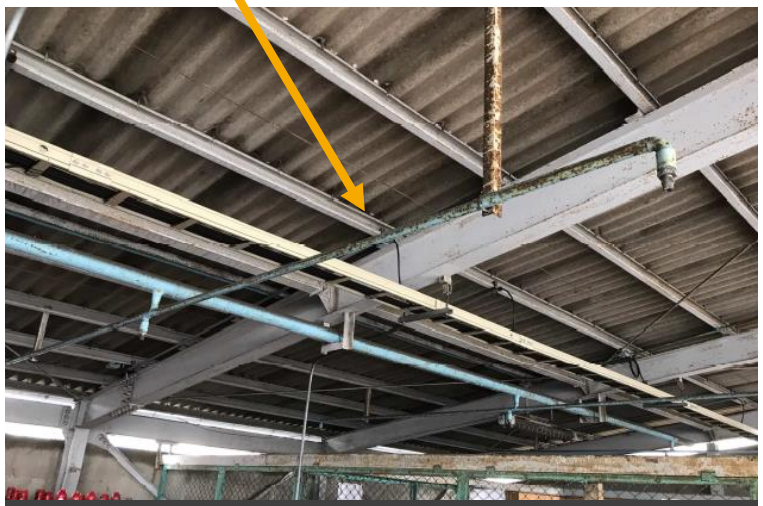
図34

一般第6条1項39号、39号の2、
液石第6条1項31号、
コンビ第5条1項54号、54号の2

- 可燃性ガス、液化石油ガス、酸素、三フッ化窒素の製造施設には、適切な防消火設備を適切な箇所に設置
  （コンビ則適用の毒性ガスの製造施設にも設置）
- 特定不活性ガスの製造施設には、適切な消火設備を適切な箇所に設置

例示基準

防火設備の例



散水設備

放水銃

消火設備の例

消化器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所に、緊急時に通報を速やかに行うための措置

図35

一般第6条1項40号、
液石第6条1項33号、
コンビ第5条1項63号

すべての製造事業所（ガスの種類、規模にかかわらず）に必要

例示基準

サイレン、構内放送設備等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

作業員がバルブ等を適切に操作できるような措置

一般第6条1項41号、
液石第6条1項34号、
コンビ第5条1項45号

図36

ガスの種類に関係なく、高圧ガス製造設備のすべてのバルブ、コック、操作ボタンに措置が必要

流体の種類、流れ方向

例示基準

例示基準

開閉方向、開閉表示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場の構造

一般第6条1項42号ロ、
液石第6条1項35号ロ、
コンビ第5条1項65号ロ

参考図5

1　**多層階**とすることができる充填容器等

① 不活性ガスのもの
② 圧縮空気のもの
③ 断熱材で被覆してあるもの
④ シリンダーキャビネットに収納されているもの

2　**2階建**とすることができる充填容器等

① 充填圧力が20MPa以下の圧縮水素のもののみ
② 酸素のもののみ
③ 同時に、①と不活性ガスのもの
④ 同時に、②と不活性ガスのもの
⑤ 液化石油ガスのもの

3　**1階建**としなければならない充填容器等

① 可燃性ガス（充填圧力が20MPa以下の圧縮水素のもの、1③及び1④のものを除く。）のもの
② 同時に、可燃性ガス（3①のものに限る。）と酸素（1③及び1④のものを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

シリンダーキャビネットの例

参考図6

一般第6条1項42号ホ、
コンビ第5条1項65号へ

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場に講じるべき措置等

図37

一般第6条1項42号ハ～ヘ、チ、ヌ、
液石第6条1項35号ハ～ヘ、チ、
コンビ第5条1項65号ニ～ト、リ、ル

- 第一種置場距離・第二種置場距離の保有
  → 障壁設置の場合は、減じられた距離の保有（可燃性ガス、液化石油ガス及び毒性ガス以外の充塡容器等のみで面積25m2未満のものは距離不要）
- 直射日光を遮る措置（爆風を上方向に解放できるもの）
  → 可燃性ガス、液化石油ガス及び酸素の充塡容器等
- 漏えいガスが滞留しない構造
  → 可燃性ガス、特定不活性ガス、液化石油ガスの充塡容器等のもの
- 除害の措置
  → 定められた毒性ガスの充塡容器等のもの
- 消火設備の設置
  → 可燃性ガス、液化石油ガス、特定不活性ガス、酸素、三フッ化窒素の充塡容器等のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

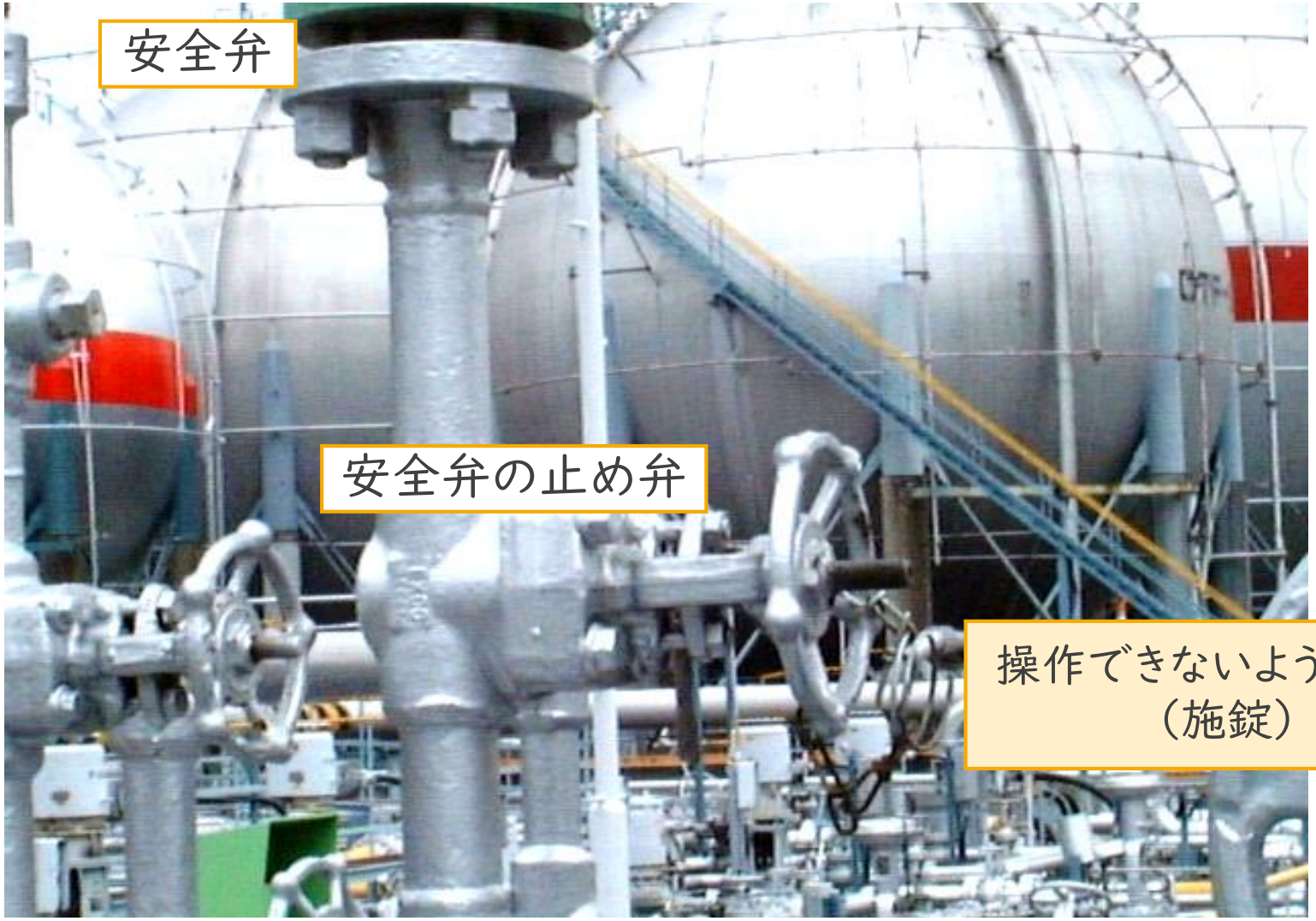
法令Ⅵ

一般高圧ガス保安規則②

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全弁・逃し弁の止め弁の常時開放

図38



一般第6条2項1号、
液石第6条2項1号、
コンビ第5条2項1号

例示基準

例外：安全弁・逃し弁の修理又は清掃で特に必要な場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの充塡方法

図39

一般第6条2項2号イ、ロ、ハ、
液石第6条2項1号ロ、ハ
コンビ第5条2項2号イ、ロ、ハ

- 貯槽への液化ガスの充塡
  → ① ガスの容量が（常用の温度で）
  その貯槽の内容積の90%を超えないこと
  ② 毒性ガスの場合は、90%を超えることを自動的に検知し、かつ、警報する措置も必要

- 継目なし容器への充塡
  → 充塡前に容器の音響検査（ アセチレン以外の圧縮ガス、液化アンモニア、液化炭酸ガス及び液化塩素のものに限る。）

- 車両に固定した容器への（送り出し）充塡、車両に固定した容器から貯槽等への（受入れ）充塡
  → 車止めで車両を固定（内容積4000L以上のものに限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アセチレンガスの充填方法

図40

例示基準

- 最高充填圧力：2.5MPa以下
- 充填後の措置：15℃で1.5MPa以下になるような措置（24時間静置等）

一般第6条2項2号ニ、
コンビ第5条2項2号ホ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図41

一般第6条2項2号へ、チ、
液石第6条2項1号ホ、
コンビ第5条2項2号ト、リ

酸素と三フッ化窒素の容器への充填方法

① あらかじめ、バルブ、容器及び充填用配管とバルブとの接触部に付着した石油類、油脂類、汚れ等を除去

② 容器とバルブとの間に可燃性のパッキン使用禁止

充填容器等、バルブ、充填用枝管の加熱方法

① 熱湯布

② 温度40℃以下の温湯　その他の液体（可燃性のもの又は有害なものを除く。）

③ 空気調和設備（温度40℃以下、自動制御装置を設けた所定の防爆性能を有するもの）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設・製造設備の日常点検

一般第6条2項4号、
液石第6条2項4号、
コンビ第5条2項5号

図42

1. 製造施設の点検

① 点検内容→製造施設の異常の有無
② 点検時期→製造設備の使用開始時及び使用終了時

2. 製造設備の点検

① 点検内容→製造設備の作動状況
② 点検時期→1日に1回以上頻繁に

3. 点検後の措置→異常があった場合は、危険を防止する措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備の修理、清掃作業における措置等

一般第6条2項5号イ、
液石第6条2項5号イ、
コンビ第5条2項6号イ

図43

1. 作業計画の作成

2. 作業責任者の決定

3. 作業の実施

① 作業計画に従う

② 作業責任者の監視の下、又は責任者と連絡できる措置

（貯蔵所、消費設備の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

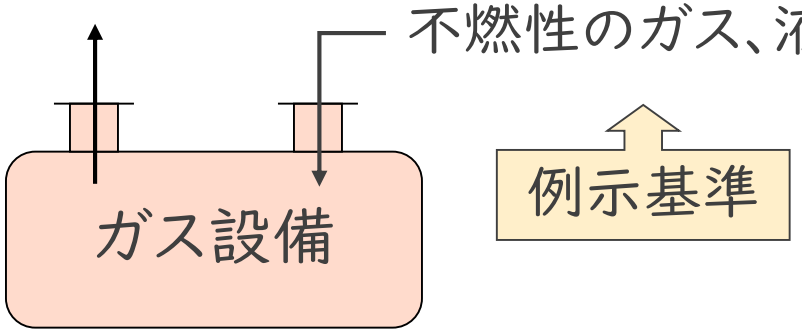
ガス設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置（1）

一般第6条2項5号ロハ、
液石第6条2項5号ロハ、
コンビ第5条2項6号ロハ

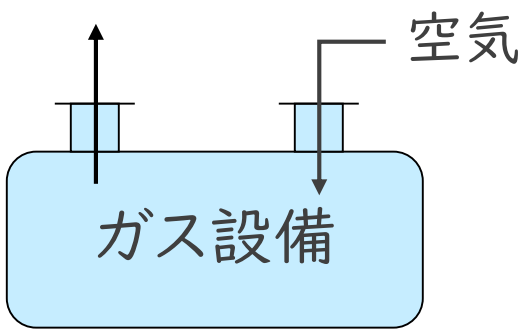
図44

可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素のガス設備

1 ガス置換



2 空気置換（再置換）



3 開放又は設備内に人が入る場合

① 可燃性ガス、特定不活性ガスのもの→酸素濃度が18～22%まで空気置換

② 毒性ガスのもの→酸素濃度が18～22%まで空気置換、入る直前にガス濃度測定、
特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等のものは空気呼吸器等呼吸用保護具を装着

（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

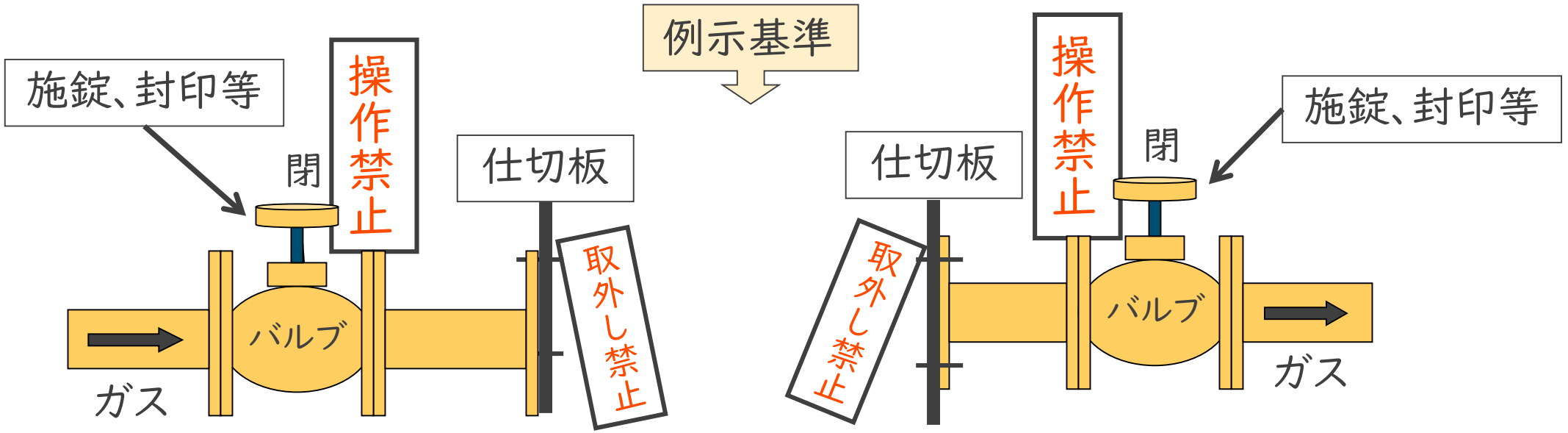
ガス設備の修理、清掃時の危険を防止する措置（2）

図45

一般第6条2項5号ニ、
液石第6条2項5号ニ、
コンビ第5条2項6号ニ

ガス設備を開放して修理、清掃時の措置

例示基準



修理、清掃する設備

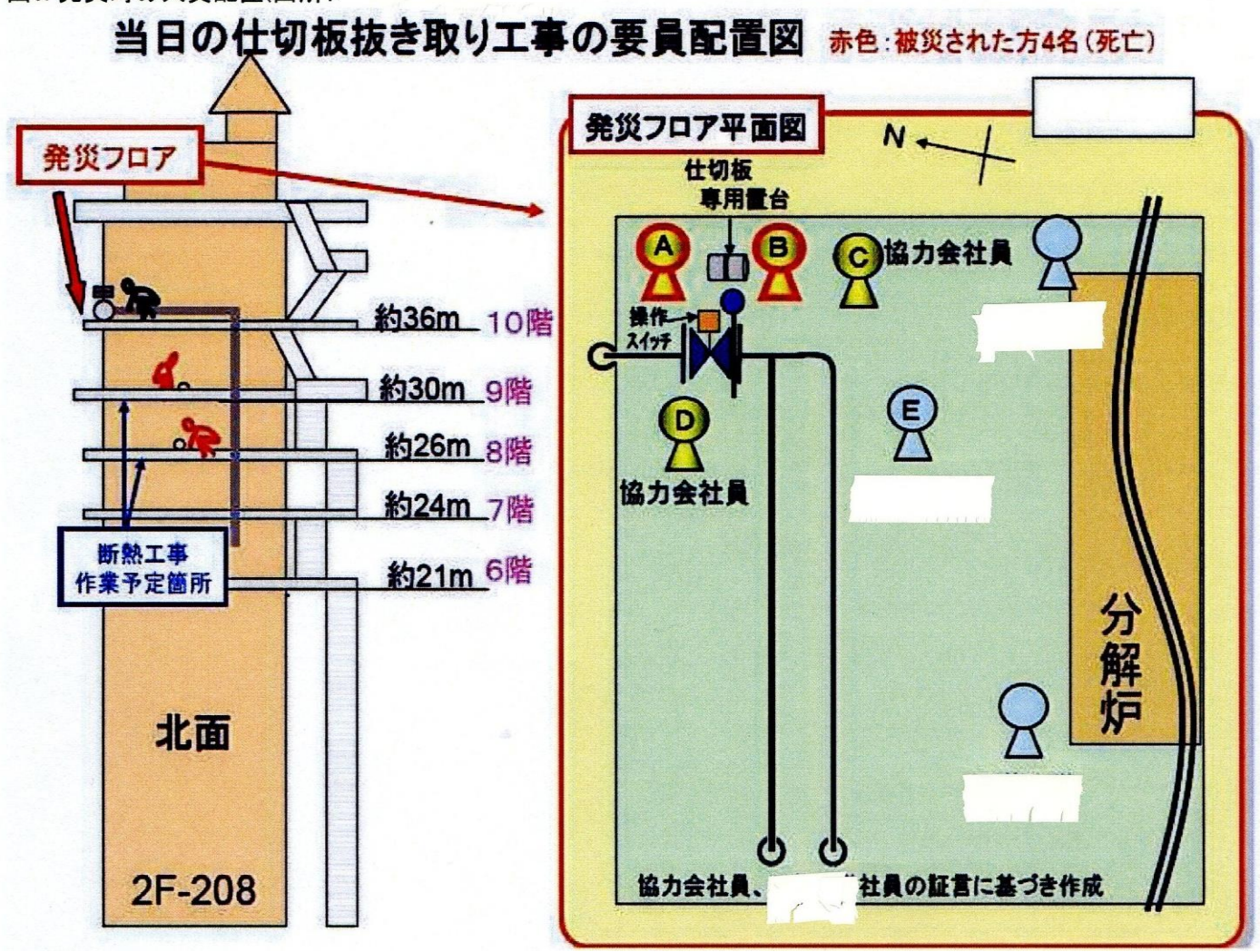
修理、清掃終了後の作動確認

（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2-1）

図6. 発災時の人員配置(出所:



出典：失敗知識データベース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2-2）

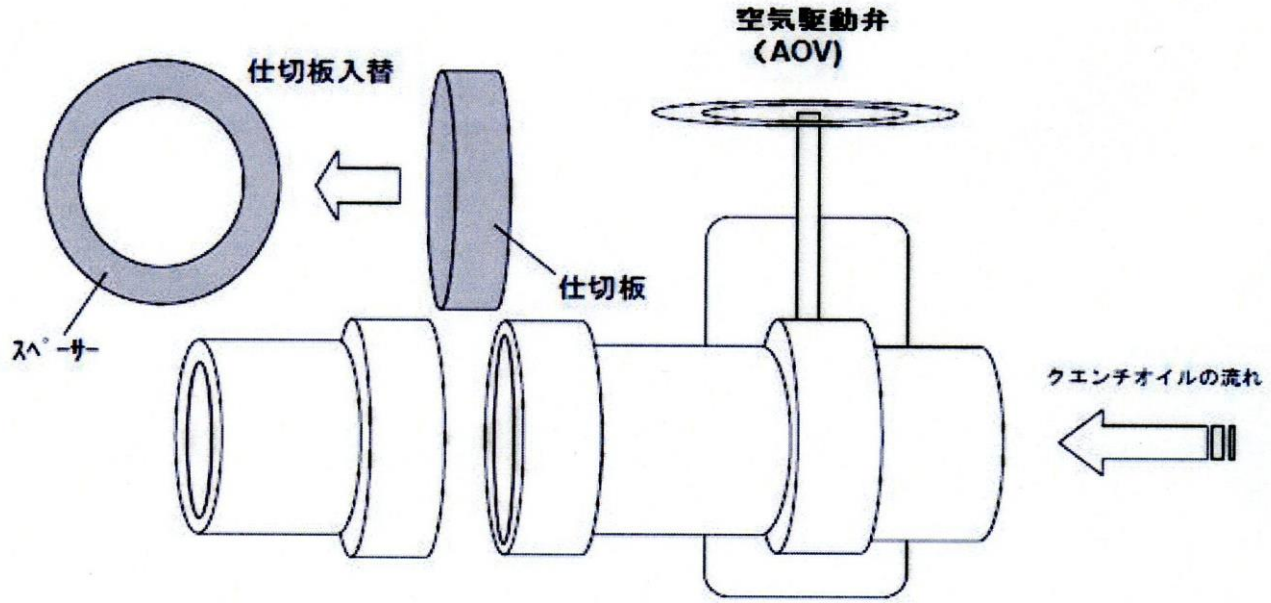
「フランジ部が開放状態になったとき、AOVが開けば多量の可燃物が漏れ、階下に流下する可能性がある」という単純な認識があれば、適切な工事管理により少なくとも階下の2人の被災は防げた可能性がある。

JST失敗知識データベース > 空気駆動弁（AOV）廻り概略図　1/1 ページ

失敗知識データベース

図4. 空気駆動弁（AOV）廻り概略図

約165トンもの多量のクエンチオイルが流出

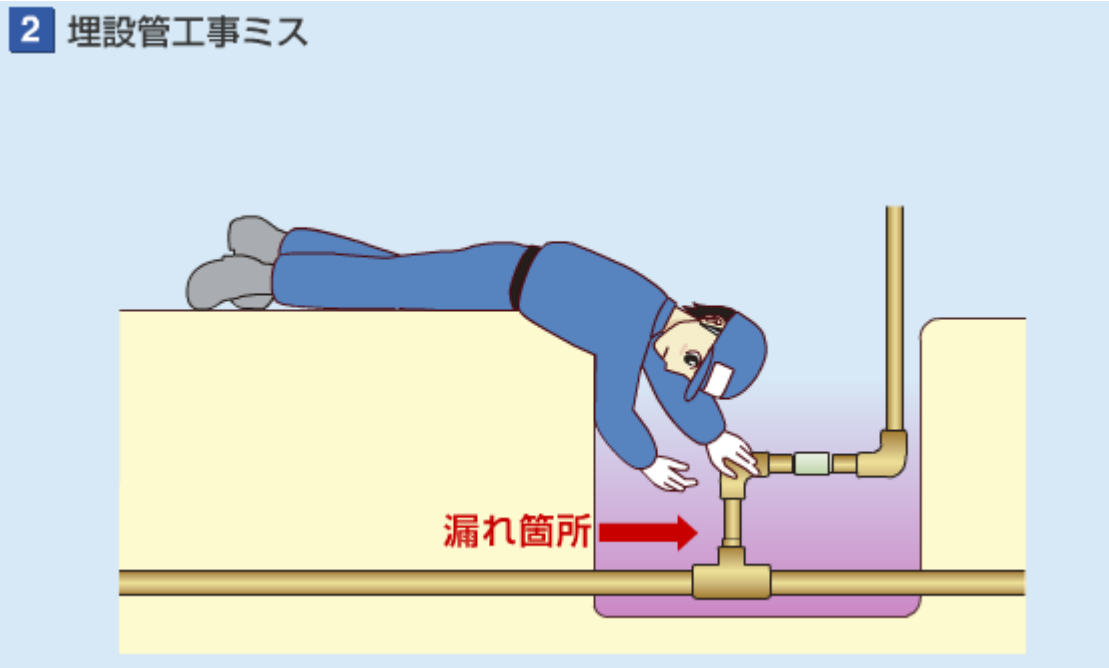


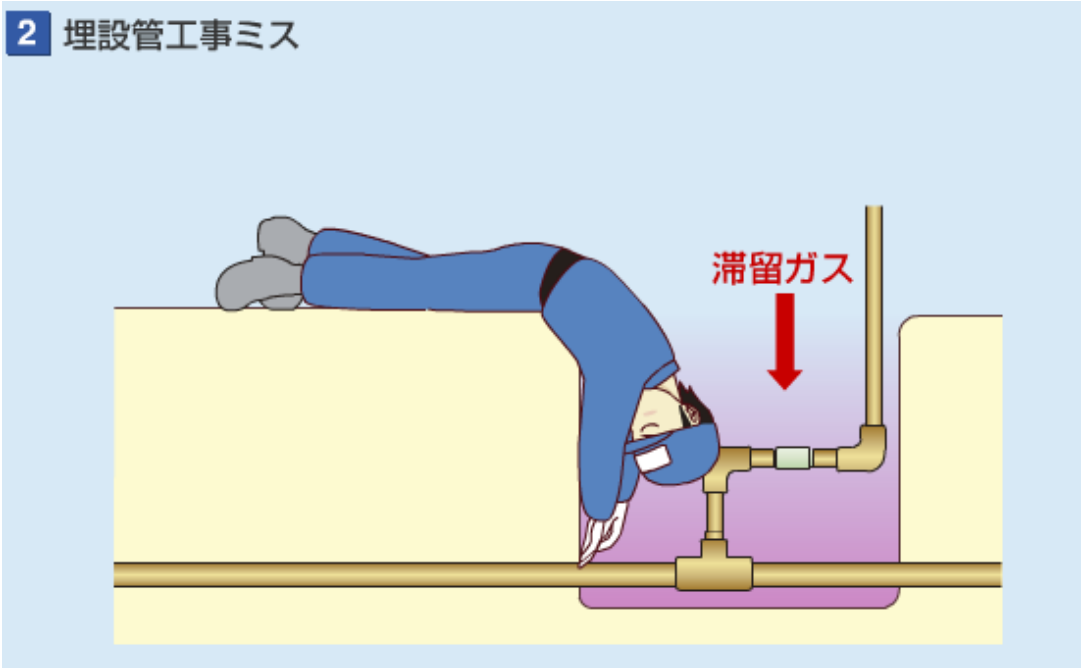
出典：失敗知識データベース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

埋設管工事ミスによる死亡事故例

（資料3）





消費者へのガスの供給を止めないまま、地面を掘削し、図のような体勢でのぞき込んだため、
滞留した漏えいガスを吸引して酸欠事故となった。

KHK 平成18年度学習プログラム「設備工事」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

昭和48年10月28 日　塩ビモノマー製造装置・ガス漏えい爆発事故

（資料4）

（被害概要）

死者1名、重傷者6名、軽傷者17名
民家等660棟が爆風により屋根、窓ガラス等に被害

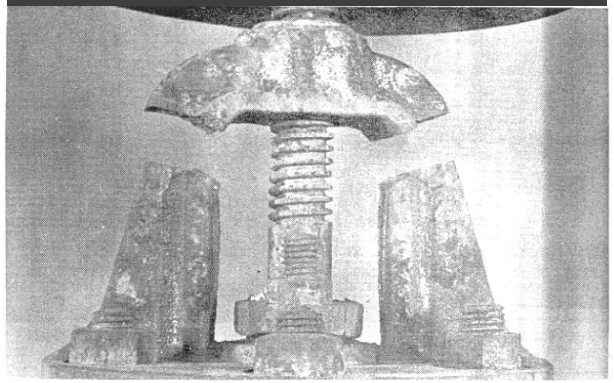
被害範囲　半径2.2km
爆発で発生した塩化水素ガスにより、
農作物被害16万㎡

（事故原因）

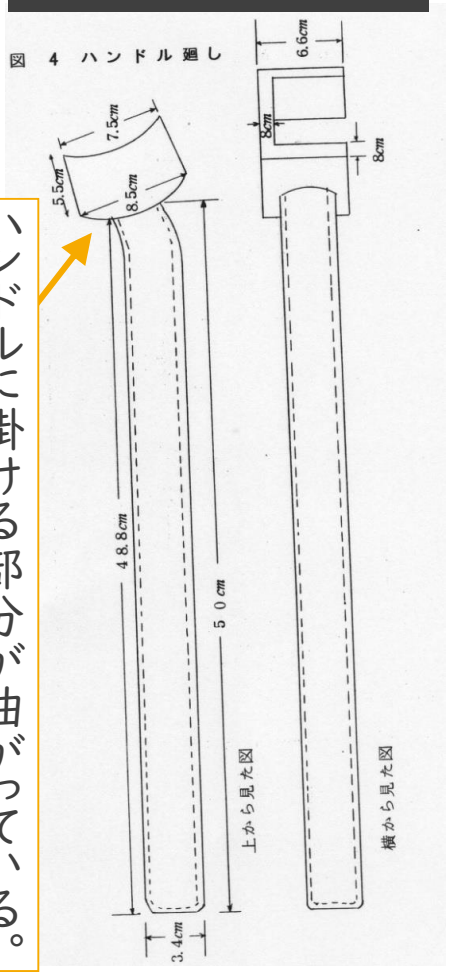
漏えい原因がバルブ座面の腐食孔によることに
気づかないで、漏えいを止めようとハンドル廻しを
用いてバルブに過大な力をかけたことにより、
バルブが破壊し、粗モノマーが約4トン漏えいした。

ガスは空気より重いので地上をはうように
塩ビ工場一帯に拡散した後、繰り返し爆発した。
47時間後鎮火。

弁のヨーク部の損傷状態



ハンドル廻し



出典：通産省、S化学工業（株）
N工場塩化ビニールモノマー製造装置事故調査報告書（1973）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

バルブ操作で過大な力を加えないような措置

参考図7

一般第6条2項6号、
液石第6条2項6号、
コンビ第5条2項7号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場に講じる措置、充塡容器等の貯蔵方法

図46

一般第6条2項8号、
液石第6条2項7号、
コンビ第5条2項5号

容器置場に講じる措置

1. 容器置場（不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）、空気のものを除く。）の周囲2m以内
   ① 火気使用禁止
   ② 引火性、発火性物を置くことの禁止 （例外：容器とこれら火気等を遮る措置を講じた場合）

充塡容器等の貯蔵方法

2. 充塡容器等の貯蔵方法
   ① 充塡容器と残ガス容器とを区分
   ② 可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素の充塡容器等をそれぞれ区分
   ③ 容器の温度40℃以下
   ④ 転落転倒防止（内容積5L超のものに限る。）
   ⑤ バルブの損傷防止
   ⑥ 粗暴な取扱い禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コールド・エバポレータ（CE）[送液ポンプが附属しないものに限る。]

参考図8

専ら液化アルゴン、液化炭酸ガス、液化窒素又は液化酸素の貯槽（二重殻真空断熱式構造のものに限る。）に接続された蒸発器により当該液化ガスを気化するための高圧ガス設備をいう。

一般第6条の2、コンビ第5条の2

一般第6条の2第1項

従来型 CE

充填

一般第8条第1項・第2項

従来型移動式製造設備

充填

一般第6条の2第2項

新型 CE

一般第8条第1項・第2項　扱い

充填

一般第8条第3項・第4項

新型移動式製造設備

（平成16年3月29日改正施行）
従来型に比べて安全装置等が追加されたことにより、貯槽等の保安距離基準が緩和されている。

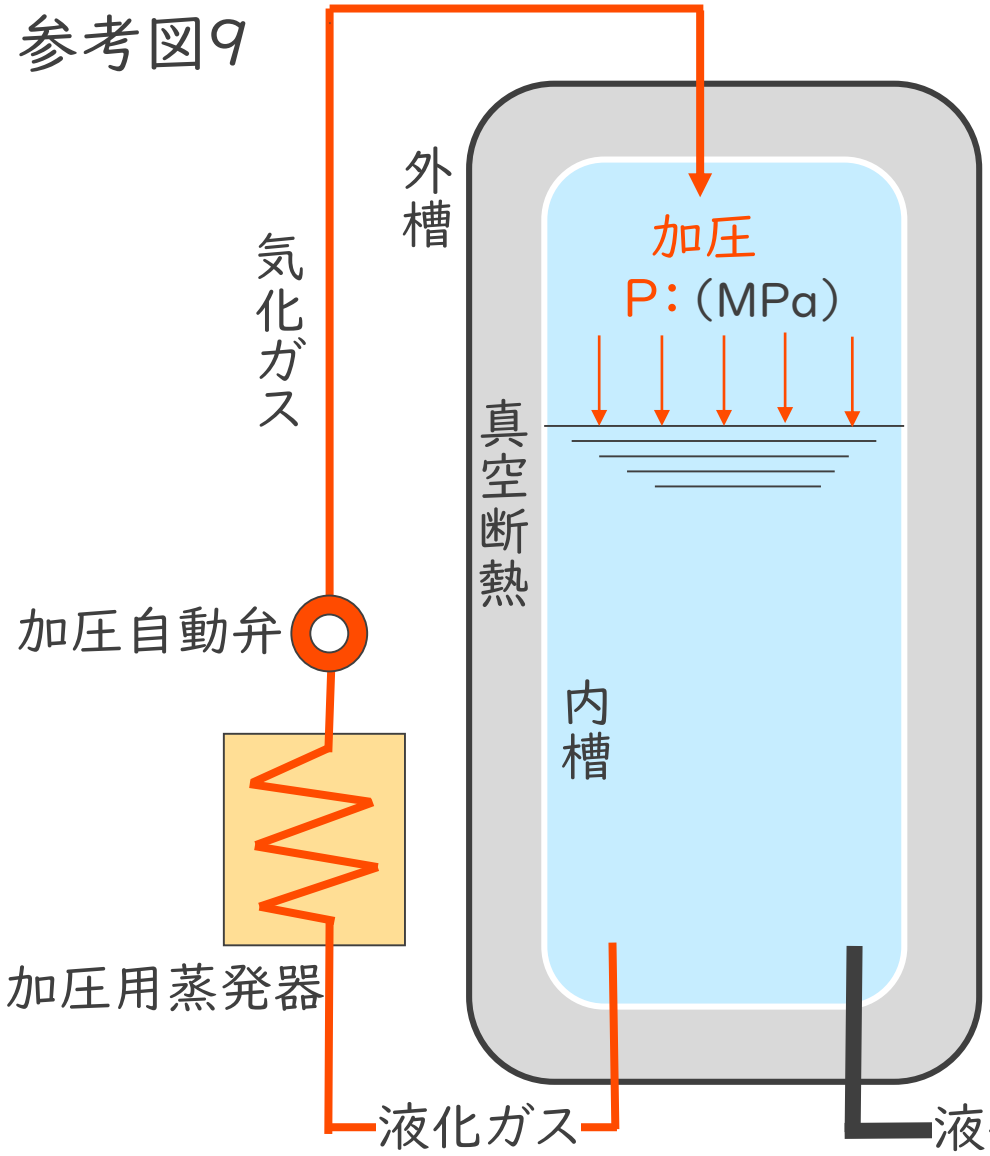
送液ポンプが附属するものは一般第6条、コンビ第5条で規制される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

CEにおける高圧ガスの製造とは

参考図9

一般第6条の2、コンビ第5条の2



＊製造：左図中の矢印のサイクル

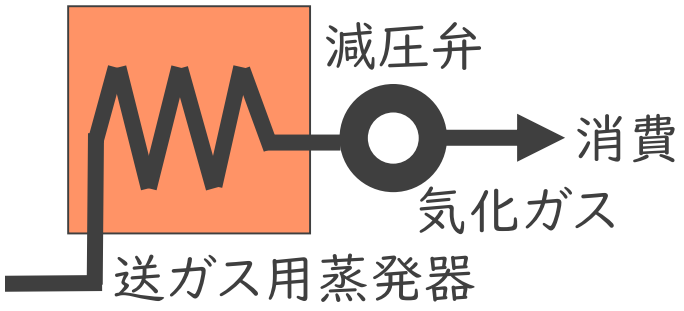
＊製造量（処理能力）：〔一般第2条1項18号ト（ハ）①（ii）〕

$$Q(m^3/日) = \frac{W\times(10P+1)\times 24}{\frac{22.4}{分子量}\times 液密度\times 1000}$$

W　：送ガス用蒸発器の公称能力の数値（単位　m^3/h）

P　：送ガス用蒸発器の常用の圧力の数値（単位　MPa）

［ ただし、送ガス用蒸発器の常用の圧力が
1MPa未満の場合］



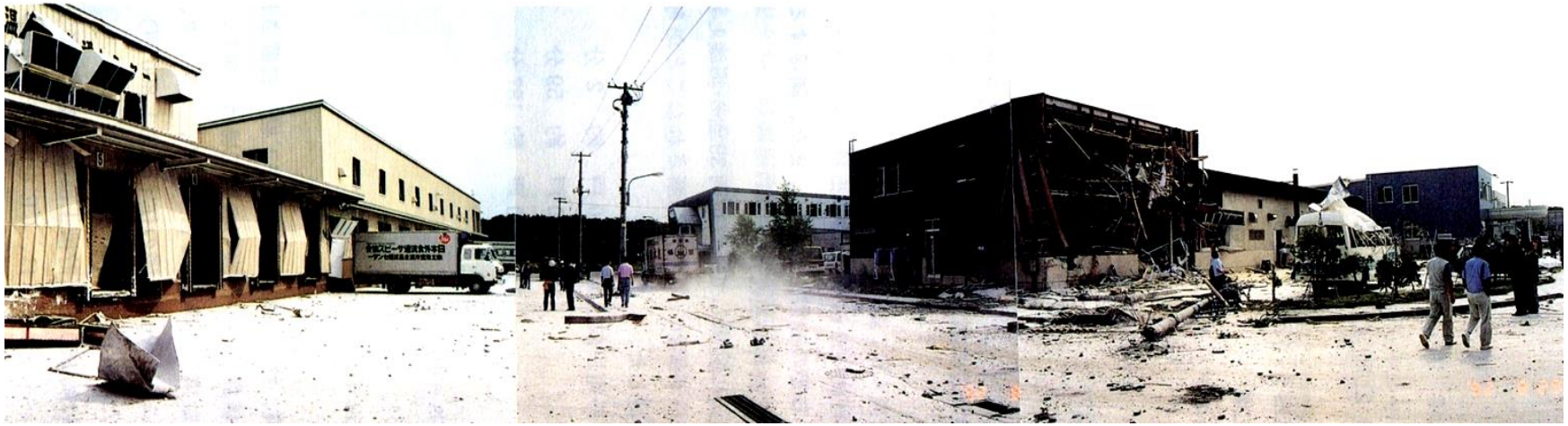
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故

（資料5-1）

北海道石狩町　食品工場　人的被害なし　被害金額　4億3600万円

- 液化窒素を7月2日充塡し、発災日まで約2ヶ月間放置
- 破裂板、バネ式安全弁の元弁等保安上重要な弁をすべて閉止
- 内圧上昇により貯槽が破壊（内槽7個、外槽11個に破断）
- 工場長のみが貯槽の弁類操作。従業員はノータッチ
- 社内保安教育されず、保安意識なし。保安マニュアル不十分
- 機器のメンテナンスは業者まかせ



KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故

（資料5-2）

KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故

（資料5-3）

KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガス（CNG）スタンドの例

参考図10

一般第7条2項、
コンビ第7条2項

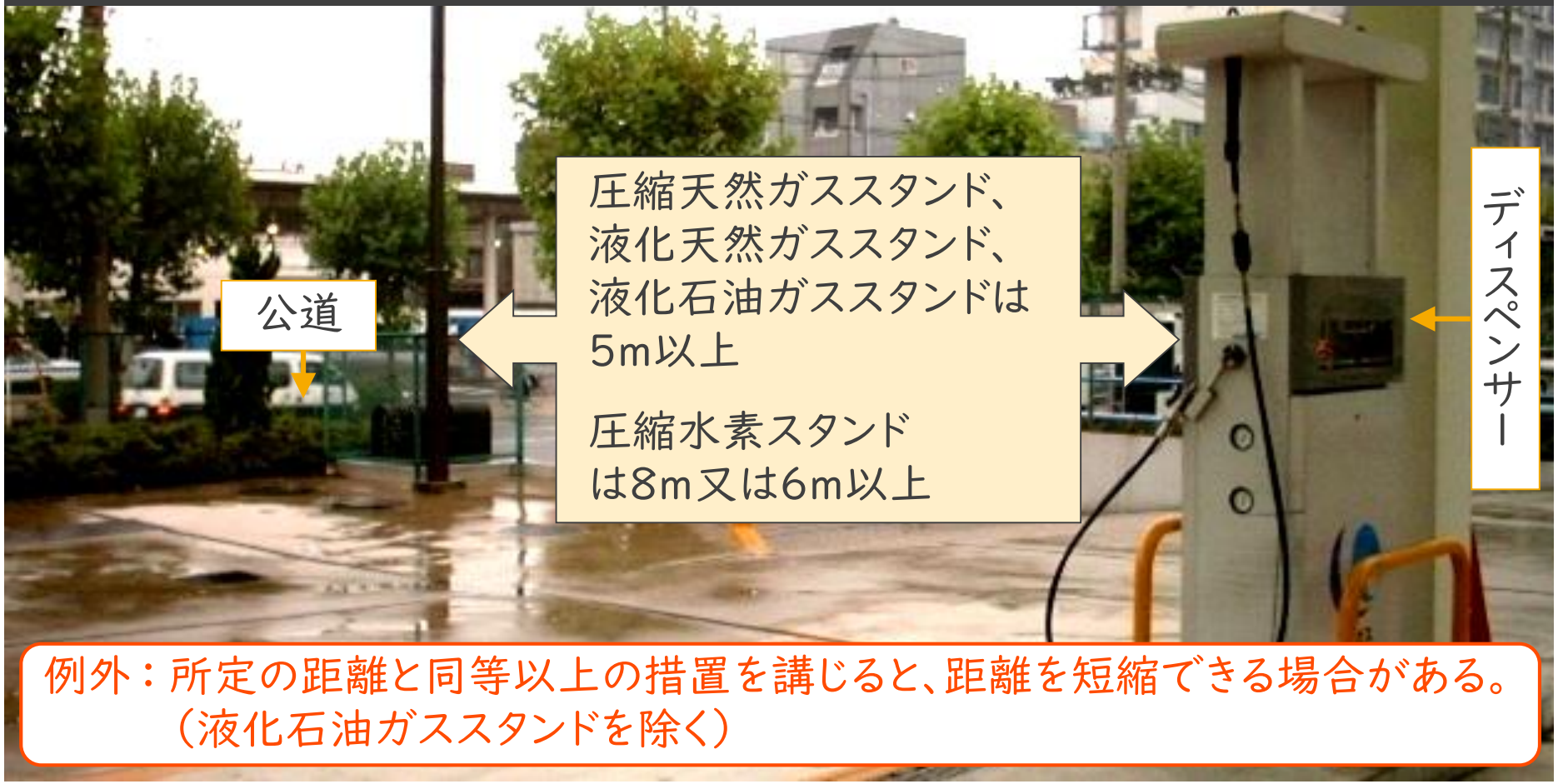
都市ガス導管から圧縮天然ガスの供給を受ける圧縮天然ガススタンド

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガススタンド等に係る技術上の基準の主なもの

図47

ディスペンサー外面から公道境界線まで所定の距離



例外：所定の距離と同等以上の措置を講じると、距離を短縮できる場合がある。
（液化石油ガススタンドを除く）

一般第7条1項2号、
2項4号、
7条の2第1項5号、
7条の3第1項2号、
2項2号
液石第8条1項2号
コンビ第7条1項2号、
2項4号、
7条の2第1項5号、
7条の3第1項2号、
2項2号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガススタンドに係る技術上の基準の主なもの（2）

図48

一般第7条2項、
コンビ7条2項

- 充塡設備に過充塡防止措置
- ディスペンサー上部の屋根は不燃性又は難燃性の材料で漏えいガスが滞留しない構造
- 貯槽の送り出し又は受入れ配管に、ガスを送り出し又は受入れるとき以外に自動遮断措置
- スタンドの車両出入口を除き、その周囲に高さ2m以上の防火壁の設置
（外部からガスを受入れるものに限る。）
- ディスペンサーに自動ガス遮断と漏えい防止措置（外部からガスを受入れるものに限る。）

自動減圧装置

- 圧縮天然ガスは、空気中の混入比率が容積で1000分の1において感知できる着臭

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素スタンドの例

参考図11

一般第7条の3、
コンビ第7条の3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動式製造設備の例

参考図12

一般第8条

天然ガス自動車CNG用充塡車

カードル、圧縮機搭載

液化酸素用ローリ

超低温容器、ポンプ搭載

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動式製造設備による高圧ガスの充填

図49

一般第8条2項、4項、
液石第9条2項

1. 可燃性ガス、毒性ガス、酸素の充填（従来型CEを含む。）
   → 第一種保安物件に対し15m以上の距離、第二種保安物件に対し10m以上の距離の確認
   （例外：許可を受け又は届出をした製造設備、貯蔵所の指定位置で充填するときは、
   その事業所内の第一種保安物件及び第二種保安物件に対しては距離不要。）

2. 新型CEに新型移動式製造設備から酸素を充填
   → 事業所敷地境界線まで4m以上の距離確認、周囲4m以内の火気使用禁止、引火性又は
   発火性物を置くことの禁止

3. 液化石油ガスを貯槽、容器に充填

   ① 内容積1000 Lを超える貯槽、容器には、液面計又は過充填防止装置が装置

   ② 内容積1000 L以下の貯槽、容器には、液面計と過充填防止装置が装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術上の基準の適用区分（製造）

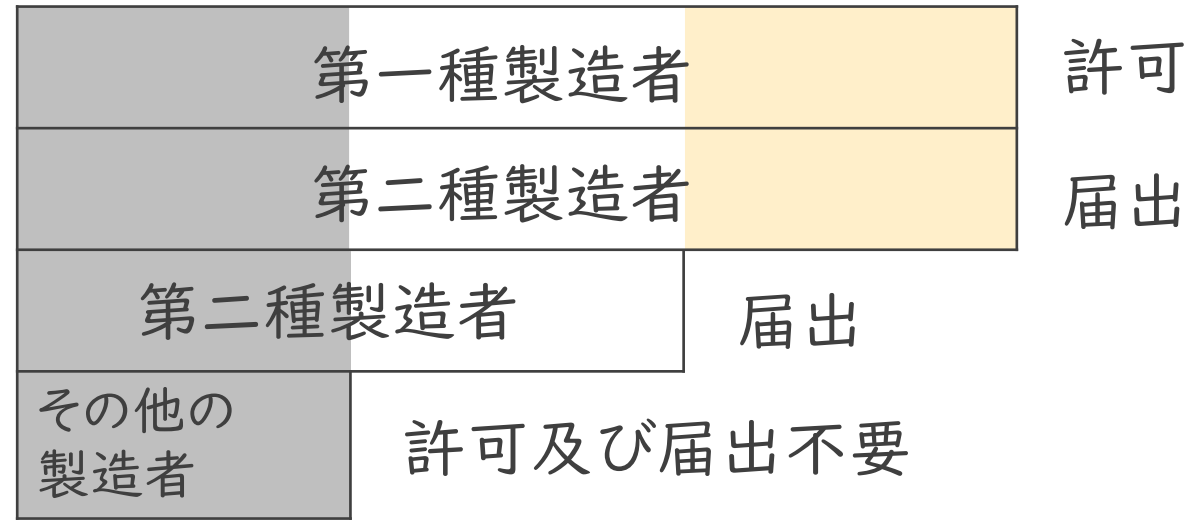
図50

法第11条、12条、13条、
一般第6条～8条の2、10条～13条、
液石第6条～9条、11条～14条

処理能力

第一種ガス（㎥／日）	その他のガス（㎥／日）
300以上	100以上
30以上 300未満	30以上 100未満
0以上 30未満	0以上 30未満

→ **技術上の基準** →



（A）‥すべての製造者に適用される技術上の基準
（B）‥第一種製造者とすべての第二種製造者に適用される技術上の基準
（C）‥第一種製造者と処理能力が30㎥／日以上の第二種製造者に適用される技術上の基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術上の基準の適用区分（貯蔵）

図51

一般第18条、21条、22条、23条、26条、
液石第19条、22条、23条、24条、27条

貯蔵数量

第一種ガス（m^3）	（注）第二種ガス	技術上の基準（A）	技術上の基準（B）
3000以上	1000以上	第一種貯蔵所	許可
300以上3000未満	300以上1000未満	第二種貯蔵所	届出
0.15超300未満	0.15超300未満	上記貯蔵所以外での貯蔵	許可届出不要

換算：10kg＝1m^3

（注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

（A）・・1.5kg 超のすべての貯蔵に適用される技術上の基準

（B）・・第一種貯蔵所と第二種貯蔵所に適用される技術上の基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

昭和47年5月25日、姫路市国道2号線上。

（資料6）

水素カードル車に大型トラックが追突し、
漏えいした水素ガスが爆発炎上。
死者2名、負傷者2名、
国道沿い民家等4棟類焼他

毎日新聞　昭和47年（1972年）5月26日　金曜日　（3）　総合

渋滞国道 火柱が走る

水素ガスローリー追突され爆発　姫路

通行人・民家も巻添え

4人が死傷、4軒全半焼

交通の激しい姫路市の国道2号で、二十五日午後、大型トラックが乗用車を押しつぶして大型ガスローリーに追突。ローリーが爆発し、乗用車、大型トラックが燃え、さらに沿道の民家四戸も全半焼。運転手や通行人ら四人が死傷した。

この記事は一部地域既報のため夏刊に掲載します。

同日午後一時二十七分ごろ、姫路市市川橋通二丁目の国道2号で、信号待ちのため停車していた

大型トラックに追突されて燃えあがるガスローリーと類焼の民家
―25日午後1時40分、姫路市市川橋通2丁目の国道2号で

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

集結容器の例

参考図13

一般第49条1項2号、7号~9号

圧縮水素カードル車の事故後新設され主な規制

1. 集結容器の構造等の基準
2. 容器後面、容器元弁、附属品操作箱と車両の後ろバンパとの水平距離
3. 附属品操作箱の基準等

操作部

圧縮水素の長尺容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

応急措置用の工具等の携行

参考図14

一般第49条1項14号、15号、50条9号、10号、
液石第48条12号、49条5号

ローリー車両、トラック車両による場合とも同様

- 可燃性ガス・特定不活性ガス・
  液化石油ガス・酸素・三フッ化窒素
  （少量（容器の内容積25L以下、
  合計50L以下）の場合携行義務免除）
  ↓
  消火設備、応急措置に必要な資材及び工具等

例示基準

資材及び工具等

消火設備

- 毒性ガス
  ↓
  防毒マスク、保護具、
  応急措置に必要な資材、薬剤及び工具等

防毒マスク、空気呼吸器等保護具

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動に対する規制（移動監視者等）

図52

一般第49条1項17号、50条13号、
液石第48条14号、49条8号

【移動方法について特別な規制を受けるガスの種類とその数量】

ガスの種類		数量
圧縮ガス	可燃性ガス、酸素	容積　300 m^3以上
	毒性ガス	容積　100 m^3以上
	特殊高圧ガス	容積　0を超える数量
液化ガス	可燃性ガス、液化石油ガス、 酸素	質量　3000 kg以上
	毒性ガス	質量　1000 kg以上
	圧縮水素スタンドの液化水素の貯槽に充塡する液化水素	質量　0を超える数量
	特殊高圧ガス	質量　0を超える数量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

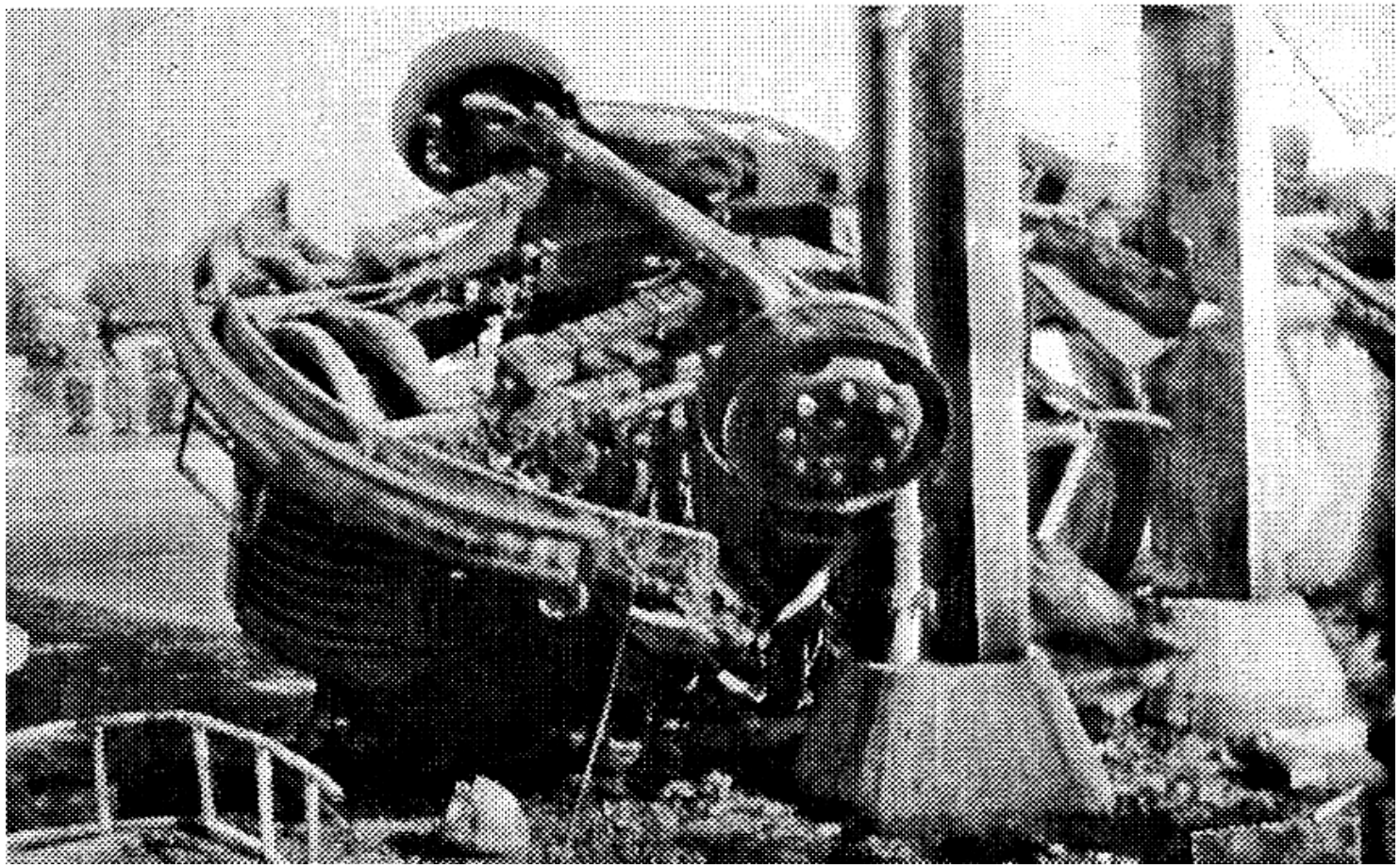
昭和40年10月26日西宮市第2阪神国道上

（資料7）

4.8トンLPガスタンクローリが横転し、漏えいしたLPガスが爆発炎上。

死者5名、負傷者26名、全焼21棟他

横転の原因は運転者の居眠り運転によるものと推定。



西宮市におけるタンクローリー車事故報告について（昭和40年）兵庫県商工労働部工業課 より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特別な規制を受ける高圧ガスの車両による移動において受ける特別な規制

一般第49条1項19号、20号、50条13号、液石第48条16号、17号、49条8号

図53

【特別な規制事項】

（必要な措置）

1. 移動監視者による移動中の監視
2. 事故が発生した場合、危険な状態となった場合の措置
   ① 荷送人に連絡する措置
   ② 応援を受ける措置

（移動方法）

1. 繁華街等を回避
2. 所定の運転時間を超える場合 → 運転者2人

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動監視者の乗務が必要なガスの移動について、これに加えて以下の場合、連続運転（移動）時間に応じ運転者2人乗務が必要

図54

一般第49条1項20号、50条13号、
液石第48条17号、49条8号

1人の運転者が、1回の中断（休憩）が
連続10分以上、かつ、合計30分以上の
中断（休憩）をしない場合であって

※10分未満の中断（休憩）
は、運転と見なされる。

←連続して4時間を超えて運転する場合→

1人の運転者が、4時間につき1回が連続10分以上、
かつ、合計30分以上の中断（休憩）をする場合も含み

←1日当たり9時間を超えて運転する場合→

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

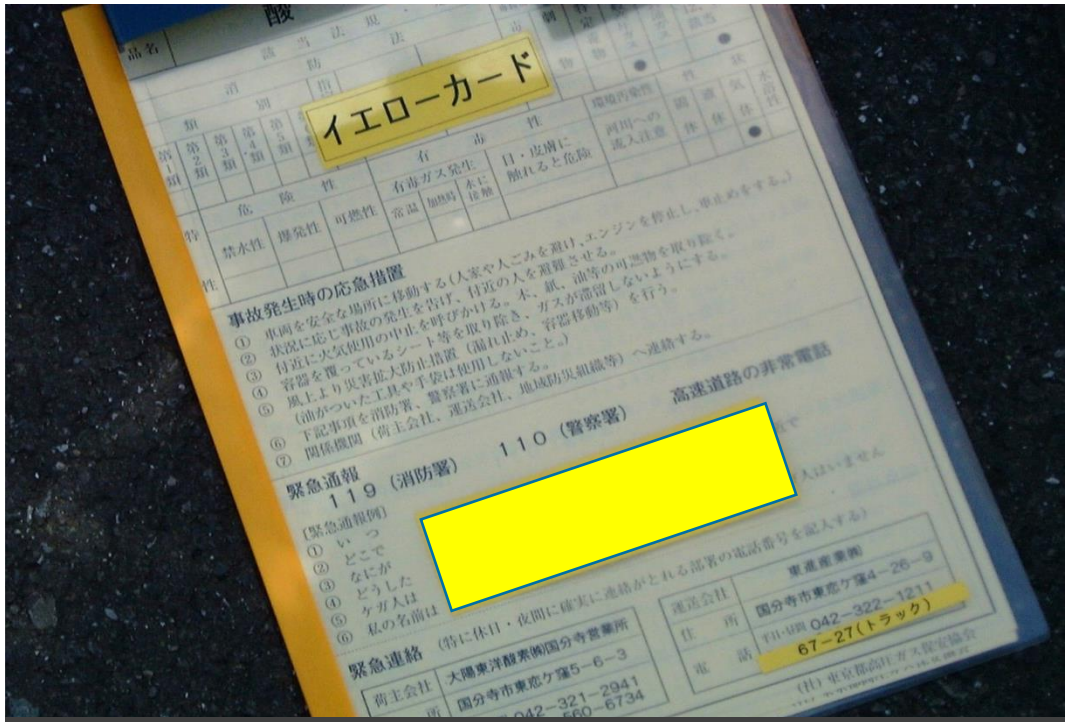
運転者に注意書面を交付、運転者はこれを携行・遵守

一般第49条1項21号、50条14号、
液石第48条18号、 49条9号

参考図15

移動する車両の運転者に、高圧ガスの名称、性状及び移動中の災害防止のために必要な注意事項を記載した書面（可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素）を交付、携帯させ、記載事項を遵守させる。

例示基準



俗称： 注意書面又はイエローカード

（少量（毒性ガスを除く容器（注意ラベル貼付のもの）の内容積25L以下、合計50L以下）の場合携帯不要。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

消費設備等の保安のための距離

一般第55条、60条、(第21条、26条)
液石第53条、58条、(第22条、27条)

図55

1. 特定高圧ガスの消費施設の貯蔵設備及び減圧設備の外面から第一種保安物件に対し第一種設備距離以上、第二種保安物件に対し第二種設備距離以上の距離［特に定められたCEは事業所境界線まで4m以上の距離］保有。

2. 特定高圧ガスの消費設備の貯蔵設備等の周囲5m以内［特に定められたCEは4m以内］では、火気使用禁止、引火性物又は発火性物を置くことの禁止。
ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置を講じた場合は距離不要。

3. 特定高圧ガスの消費設備以外の消費設備において、可燃性ガス(液化石油ガスを含む。)、酸素又は三フッ化窒素の貯蔵設備等の周囲5m以内では、喫煙禁止(一般ガスのみ)、火気使用禁止、引火性物、発火性物を置くことの禁止。
ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置は距離不要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図56

一般第62条
液石第60条

① **容器とともに廃棄することの禁止**。

② **可燃性ガス、特定不活性ガス又は液化石油ガスの廃**棄は、火気を取り扱う場所、引火性又は発火性の物をたい積した場所及びその付近（液化石油ガスは8m以内）を避け、大気中放出廃棄は、通風の良い場所で少量ずつ。

③ **可燃性ガス、特定不活性ガス、液化石油ガス又は毒性ガスの継続かつ反復廃棄**は、ガスの滞留を検知するための措置。

④ **酸素又は三フッ化窒素の廃棄**は、バルブ、器具類の石油類、油脂類その他の可燃性の物を除去。

⑤ **廃棄後の容器**は、バルブを閉止し、容器の転倒防止及びバルブの損傷防止措置（液化石油ガスのものは容器の転倒防止なし）。

⑥ **充填容器等、バルブ又は配管の加熱方法**は、熱湿布、40度以下の温湯等又は40度以下の空気調和設備。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

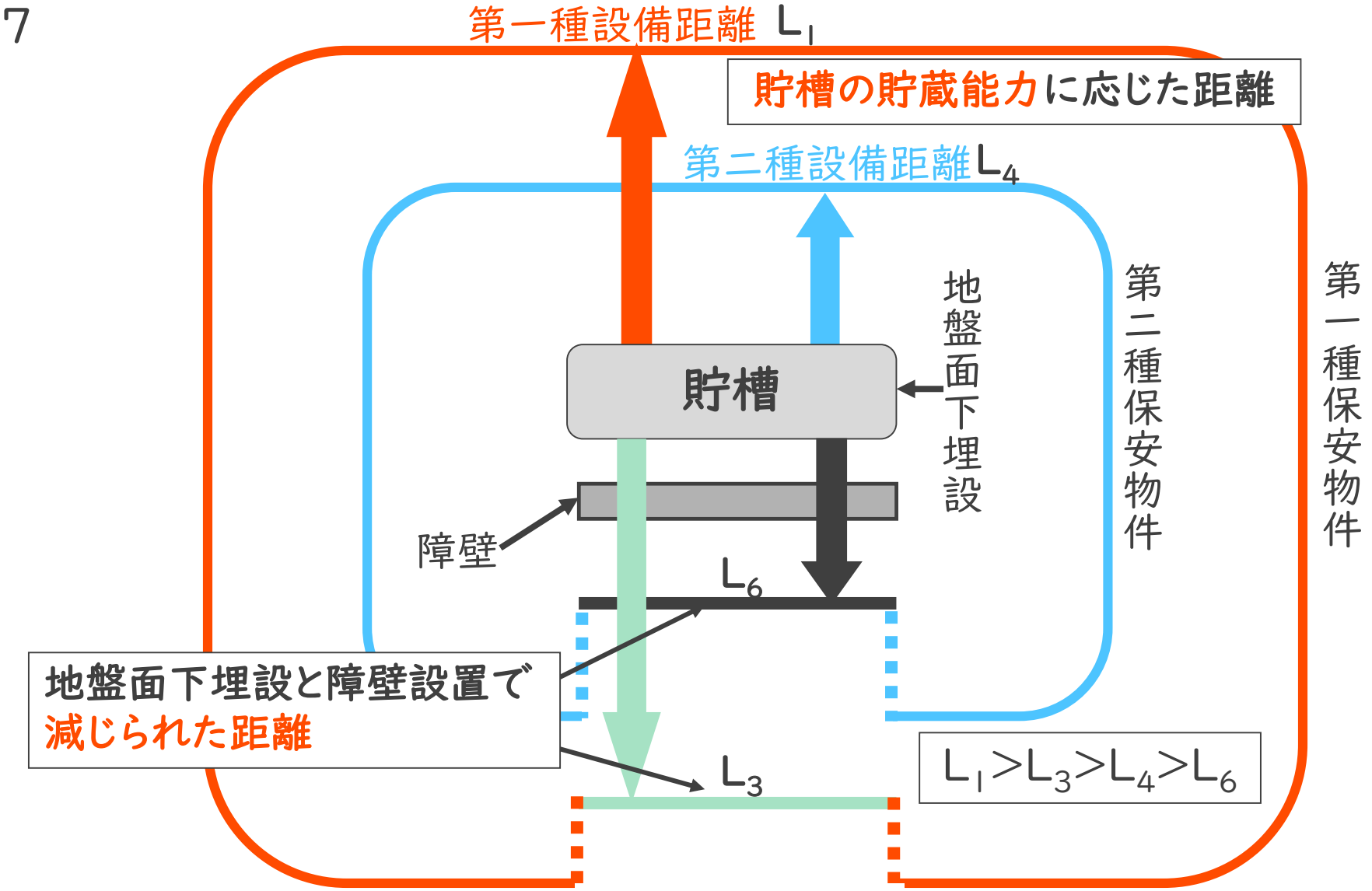
法令Ⅶ

液化石油ガス保安規則

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の外面から設備距離（1）

図57

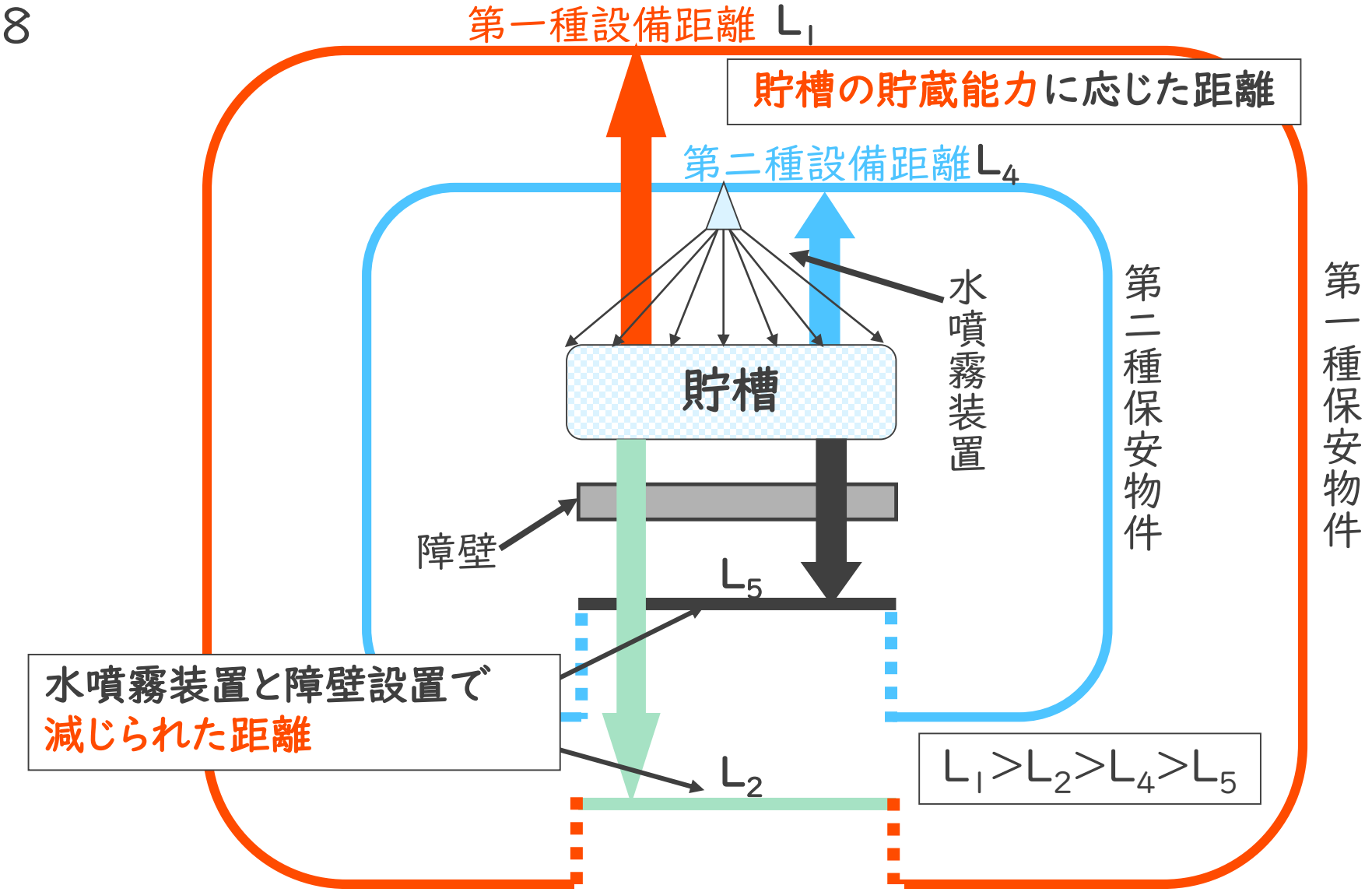


液石第2条1項16号、17号、第6条1項2号、3号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の外面から設備距離（2）

図58

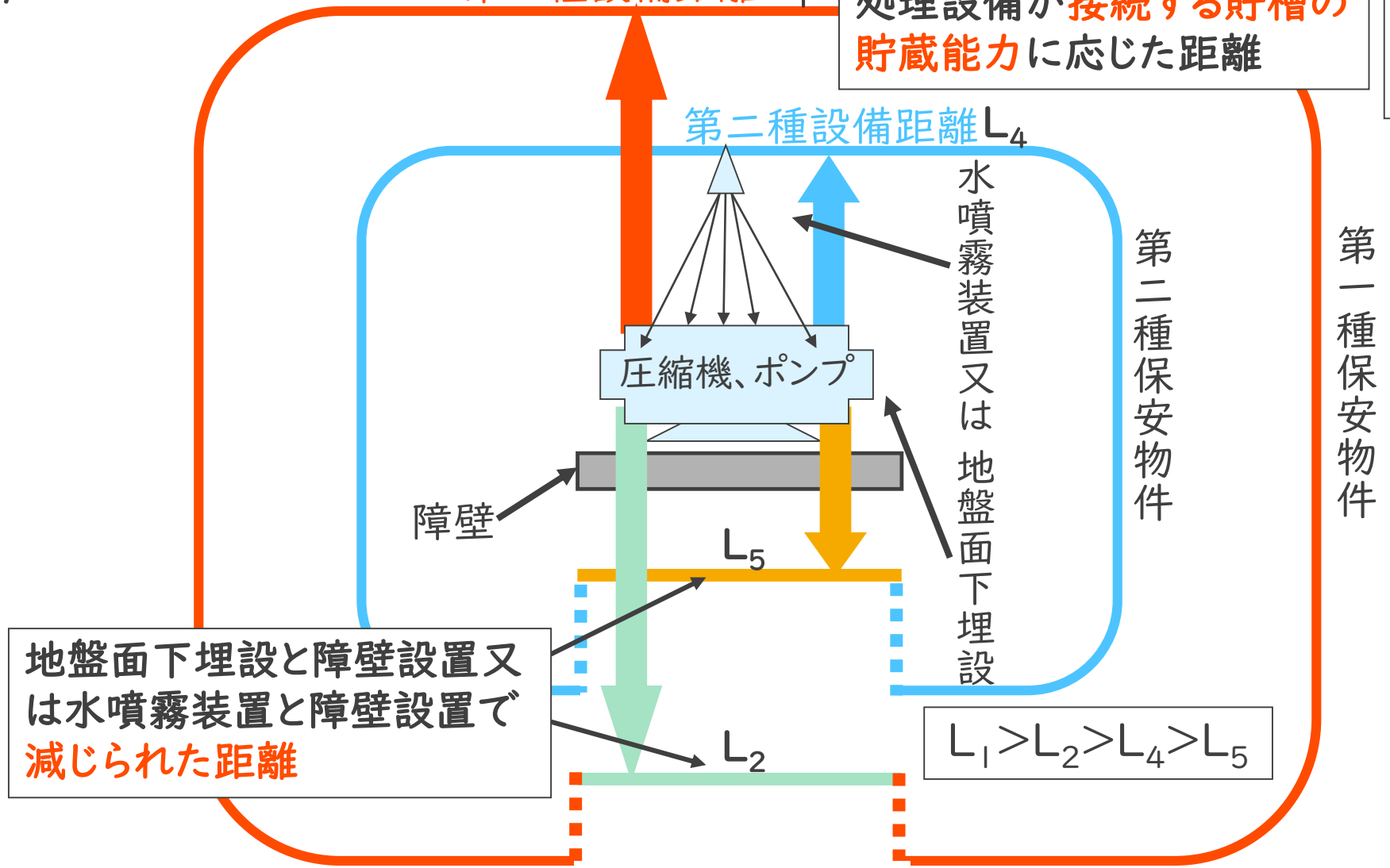


液石第2条1項16号、17号、第6条1項2号、3号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

処理設備の外面から設備距離

図59



処理設備が**接続する貯槽の貯蔵能力**に応じた距離

液石第2条1項16号、17号、第6条1項2号、3号

地盤面下埋設と障壁設置又は水噴霧装置と障壁設置で**減じられた距離**

$L_1 > L_2 > L_4 > L_5$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

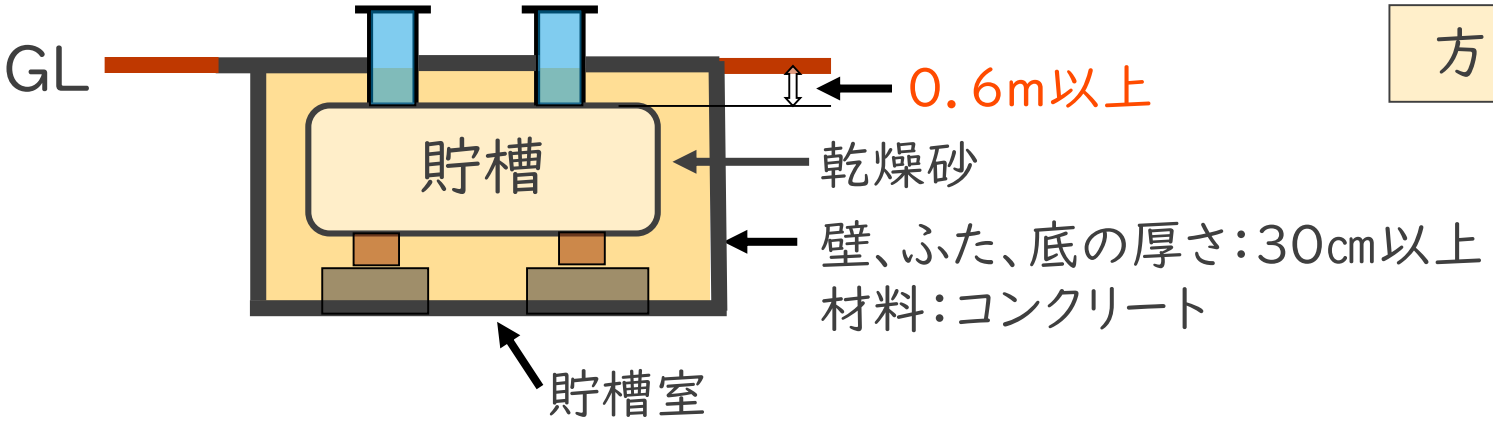
液化石油ガス（特定液化石油ガス）貯槽の地下埋設基準

参考図16

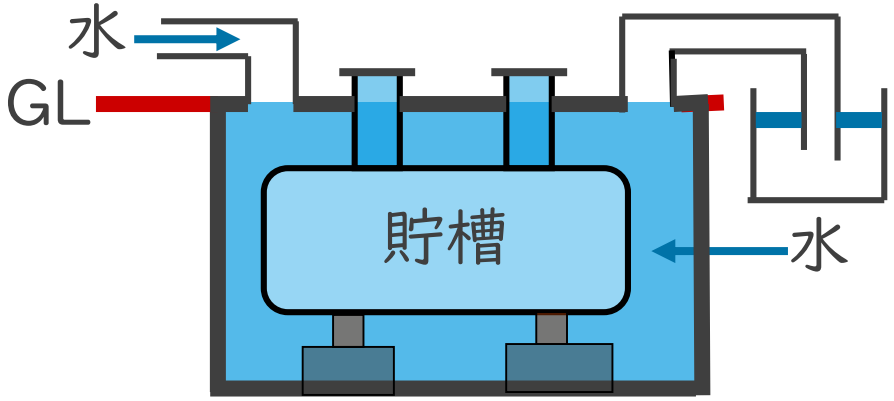
液石第6条1項5号、
コンビ第5条1項38号

方式→例示基準

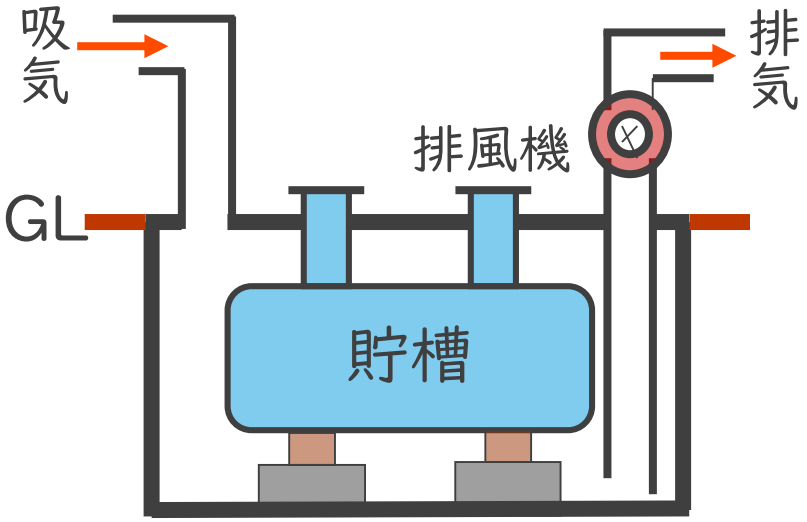
砂詰方式



水没方式



強制換気方式



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガススタンドに係る技術上の基準

液石第8条

図60

第一種製造設備の技術上の基準のほとんどが準用されているほか、
スタンドの基準が追加規定されている。

［主な追加規定］

① ディスペンサーの外面から公道の道路境界線まで5m以上の離隔距離

② 充塡を受ける車両は、
地盤面上設置の貯槽の外面から3m以上離れて停止させる措置、
又はガードレール等の防護措置

③ 充塡する液化石油ガスは、
空気中の混入比率が容量で1000分の1において感知できる着臭

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガスの特定高圧ガス消費事業所

図61

液石第53条、71条

［主な基準］

① 減圧設備の外面から第一種設備距離及び第二種設備距離
（減圧設備が接続する貯蔵設備（貯槽）の貯蔵能力に応じた距離）

② 消費設備の貯蔵設備等（貯蔵設備から減圧設備までの設備及び導管）の外面から消費設備外の火気を使用する場所に対し8m以上の離隔距離、若しくは漏えいガスの流動防止措置若しくは漏えい検知連動装置による使用火気の消火措置

③ 取扱主任者の資格等

イ　液化石油ガスの製造又は特定高圧ガスである液化石油ガスの消費について1年以上の経験者

ロ　製造保安責任者免状（甲、乙、丙種）の交付を受けている者

ハ　所定の講習修了者、所定の学歴・経験（同等の資格者を含む。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（資料8-1）

【LPガス充塡所　火災・爆発事故】

昭和61年5月17日　（三重県四日市市）

（充塡所の規模＝正職員13名及び臨時作業員2名）

人的被害	火傷3名
物的被害	充塡所、貯槽、容器多数焼損
第三者被害	同一構内施設車両等全焼、 充塡所隣接国道通行中の車両フロントガラス破損、 近隣飲食店窓ガラス破損他

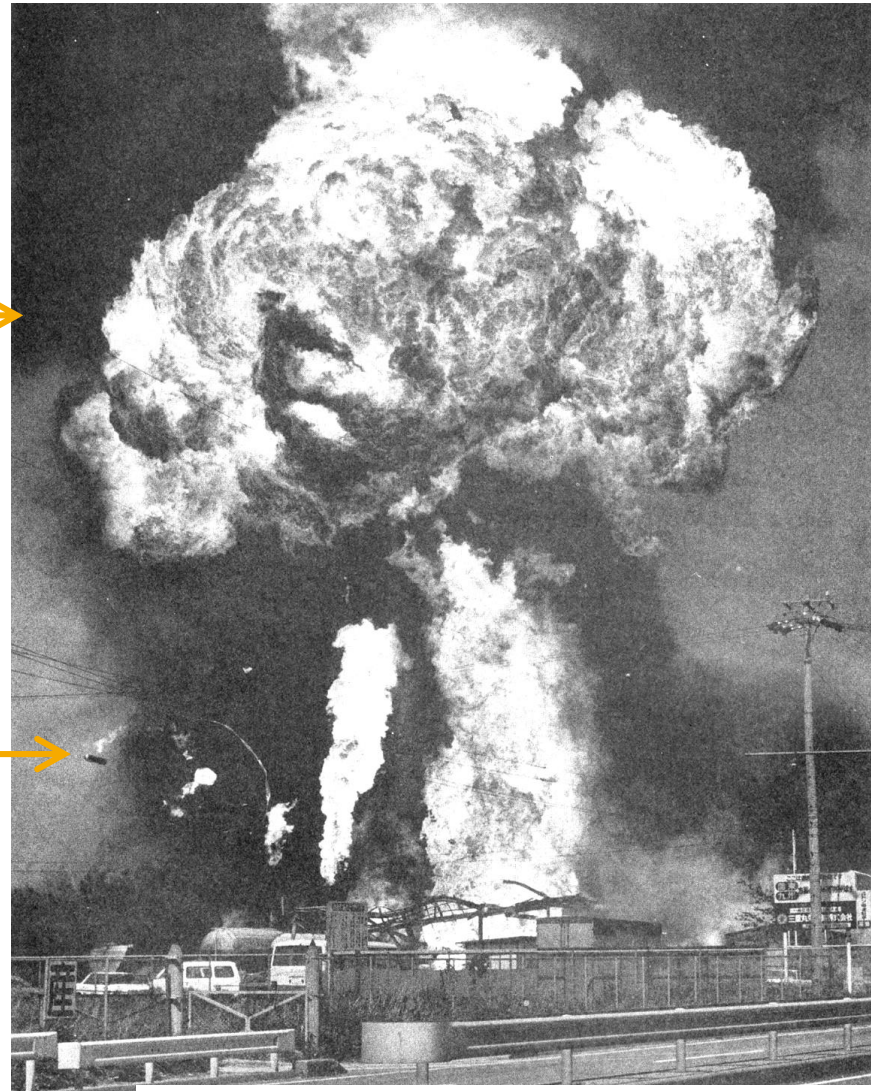
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（資料8-2）

充塡所プラットホームにあった
充塡容器の爆発により形成された
ファイアーボール

大爆発により破裂した容器が
半径160m内に飛び散った。
飛翔する50kg容器



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（資料8-3）

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

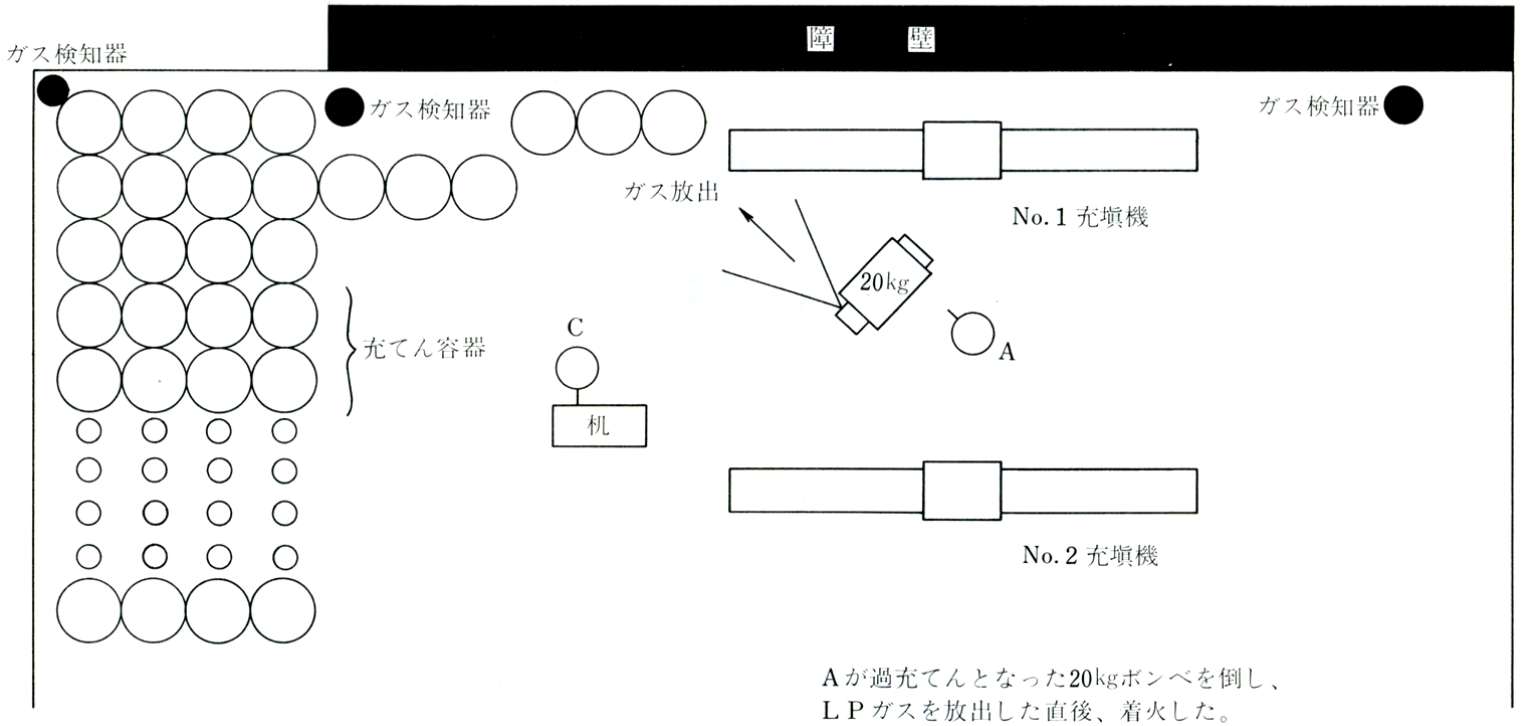
（資料8-4）

（事故原因）

作業員Aが20kg容器に充塡中、容器が計量器に正しくセットされていないことに気づき、容器を外してチェックしたところ、過充塡であることを確認。

そこで、作業員Aは容器を充塡機近辺で横に倒し、バルブを開け、液状のLPガスの放出を開始した直後、着火して火災が発生した。（当日保安係員等不在）

過充てんガスの放出位置（想像図）



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（資料8-5）

－　事故翌日の惨状　－

爆発炎上したプラットホームとは
対照的に貯槽は幸い爆発を免れた

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料8-6）

この事故の教訓

液化石油ガスを廃棄する場合は、次の各号の基準によるものとする。

2.（前略）

「また、液化石油ガスの充塡を行う事業所においては液状の液化石油ガスが充塡されている容器からの放出（立ち消え防止のために容器から少量ずつ行うエア抜きに係る放出並びにタンクローリスリップチューブ及びロータリー式液面計の操作に係る放出を除く。）を行ってはならない。」

（廃棄の基準としては、従前も「液状で放出しないこと」との規定がされていたが、昭和62年6月22日、当時の省令補完基準に、「　」の内容が追加された。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令Ⅷ

コンビナート等保安規則

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定製造事業所とは（コンビナート等保安規則の適用を受ける事業所）

図62

コンビ第2条1項13号、20号～24号

コンビナート地域内の製造事業所	コンビナート地域外の製造事業所	
A （コンビナート製造事業所でもある。）	B 地域にかかわらず（A及びCで除外された事業所、地域を含む。）	C 用途地域内（工業専用・工業地域を除く。）
次の①及び②の製造事業所を除いた製造事業所 ①専ら燃料用に供給し、又は専ら容器に充填するものであって、貯蔵能力が2000m³（20t）以上の可燃性ガス貯槽を設置していない製造事業所 ②専ら不活性ガス・空気の製造事業所 （コンビ第2条1項22号イ）	＊保安用不活性ガス以外の処理能力が100万m³／日（貯槽を有し、専ら充填は200万m³／日）以上 ＊不活性・空気は、処理能力が400万m³／日（貯槽を有し、充填は800万m³／日）以上 （コンビ第2条1項22号ロ）	＊保安用不活性ガス以外の処理能力が50万m³／日（貯槽を有し、専ら充填は100万m³／日）以上 ＊不活性・空気は、処理能力が200万m³／日（貯槽を有し、充填は400万m³／日）以上 （コンビ第2条1項22号ハ）
第一種製造者の定置式製造設備（処理設備を有するもの）である製造事業所		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス製造施設（小規模製造施設を除く。）の保安距離

図63

コンビ則第5条1項2号、3号

$X=0.480\sqrt[3]{K\cdot W}$　（最低50m）

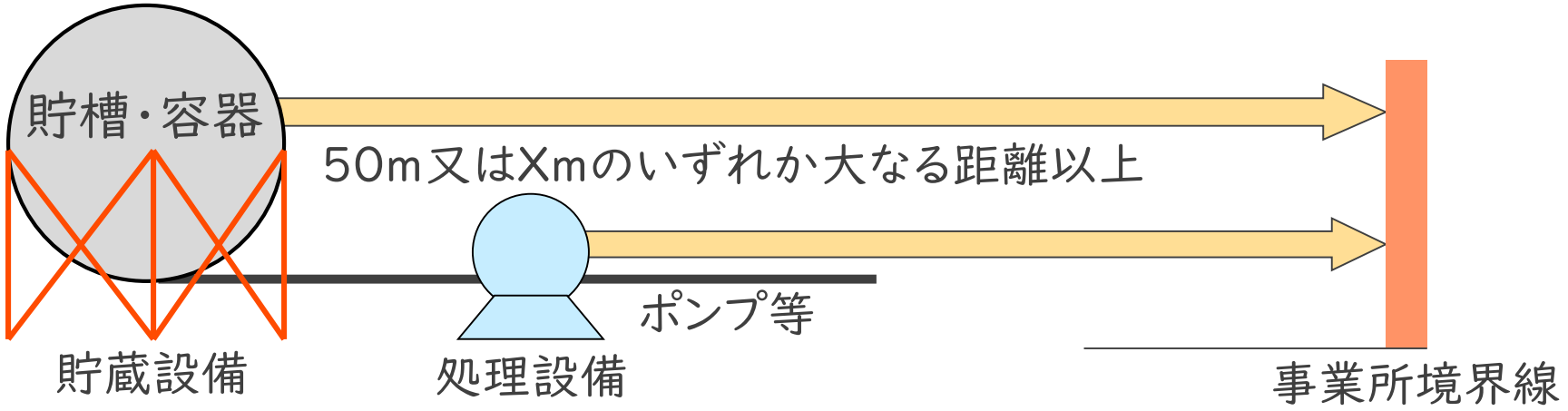
X：有しなければならない距離（m）

K：ガスの種類・温度による係数

W：貯蔵能力（計算要）又は処理設備内の質量（t）

※処理能力は保安距離には関係しない。

新設製造施設：0.480→0.576：保安距離は事業所境界線で確保



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガス製造施設から保安物件までの所定の距離

図64

コンビ第5条1項4号

イ　：製造施設（特に定められたものを除く。）の外面から当該特定製造事業所の境界線まで　20m以上

ロ　：ガス設備（配管を除く。）の外面から貯蔵能力又は処理能力に対応する距離であって次の算式により得られたもの

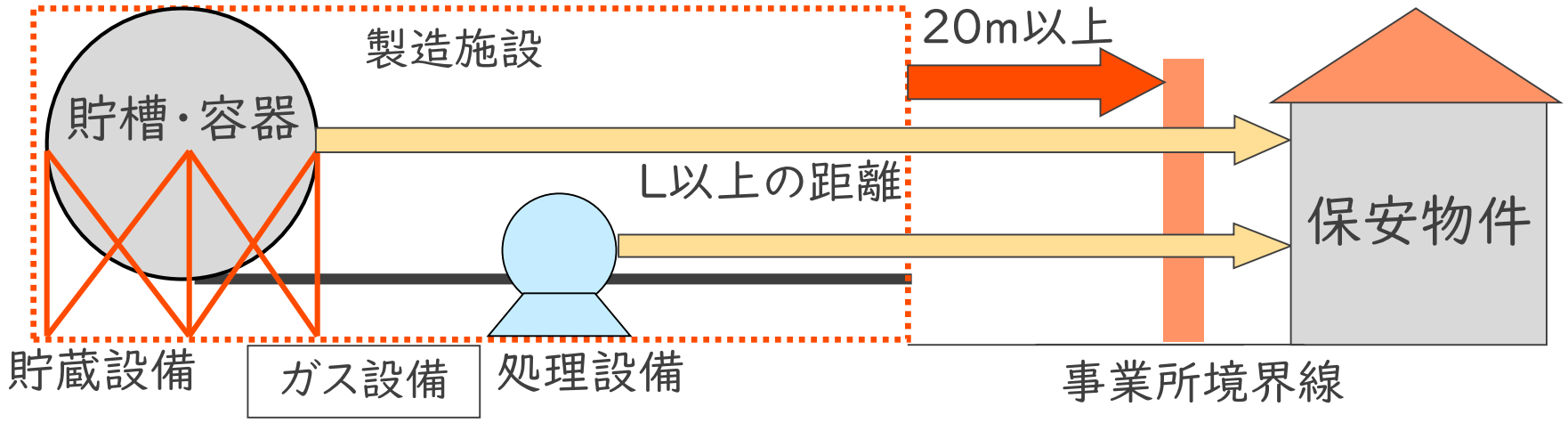
（イ）　$0 \leqq X < 1{,}000$ の場合　　$L = 70 + 4\sqrt{10}$

（ロ）$1{,}000 \leqq X < 10{,}000$ の場合　　$L = 70 + \frac{2}{5}\sqrt{X}$

（ハ）$10{,}000 \leqq X$ の場合　　$L = 110$

L　ガス設備の外面から保安物件までの距離（単位　m）

X　貯蔵能力（単位　圧縮ガスm^3、液化ガスkg）又は処理能力（単位　m^3）



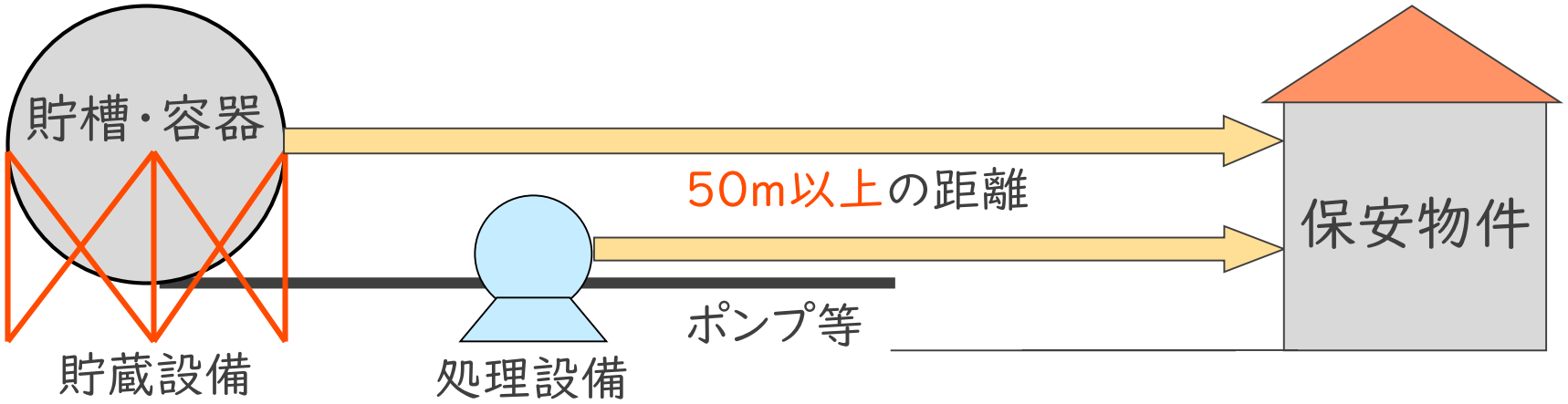
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス及び毒性ガス以外の製造施設の所要の距離

図65

コンビ第5条1項5号

※ 特に定められた不活性ガス、空気の製造施設を除く。



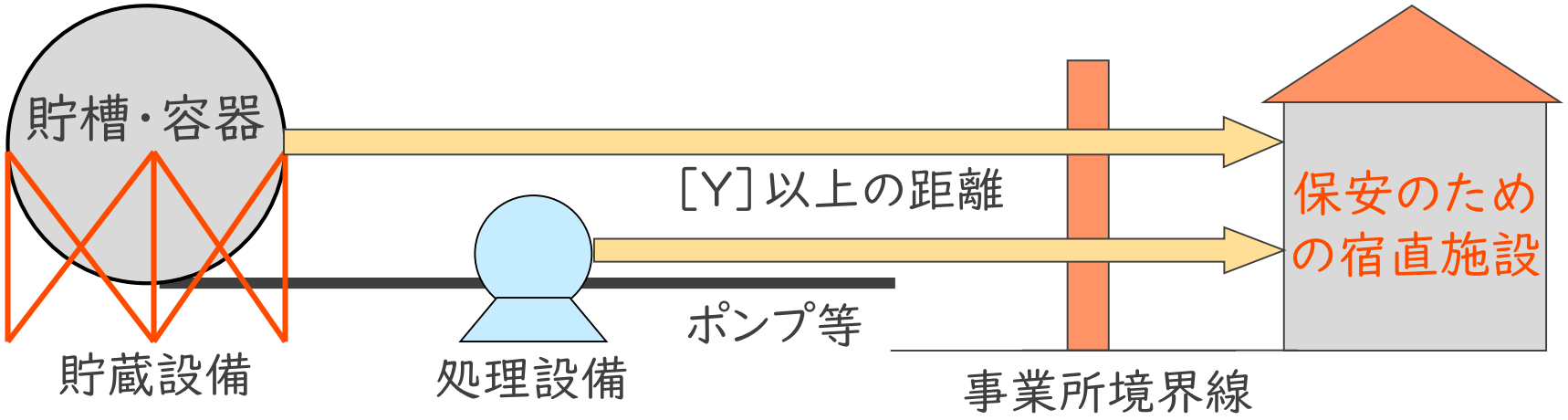
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

他事業所の保安のための宿直施設に対する所要の距離

図66

コンビ第5条1項7号

※ 一般高圧ガス保安規則（貯蔵能力又は処理能力に応じた距離）又は液化石油ガス保安規則（貯蔵能力に応じた距離）に規定する第二種設備距離［Y］以上の距離



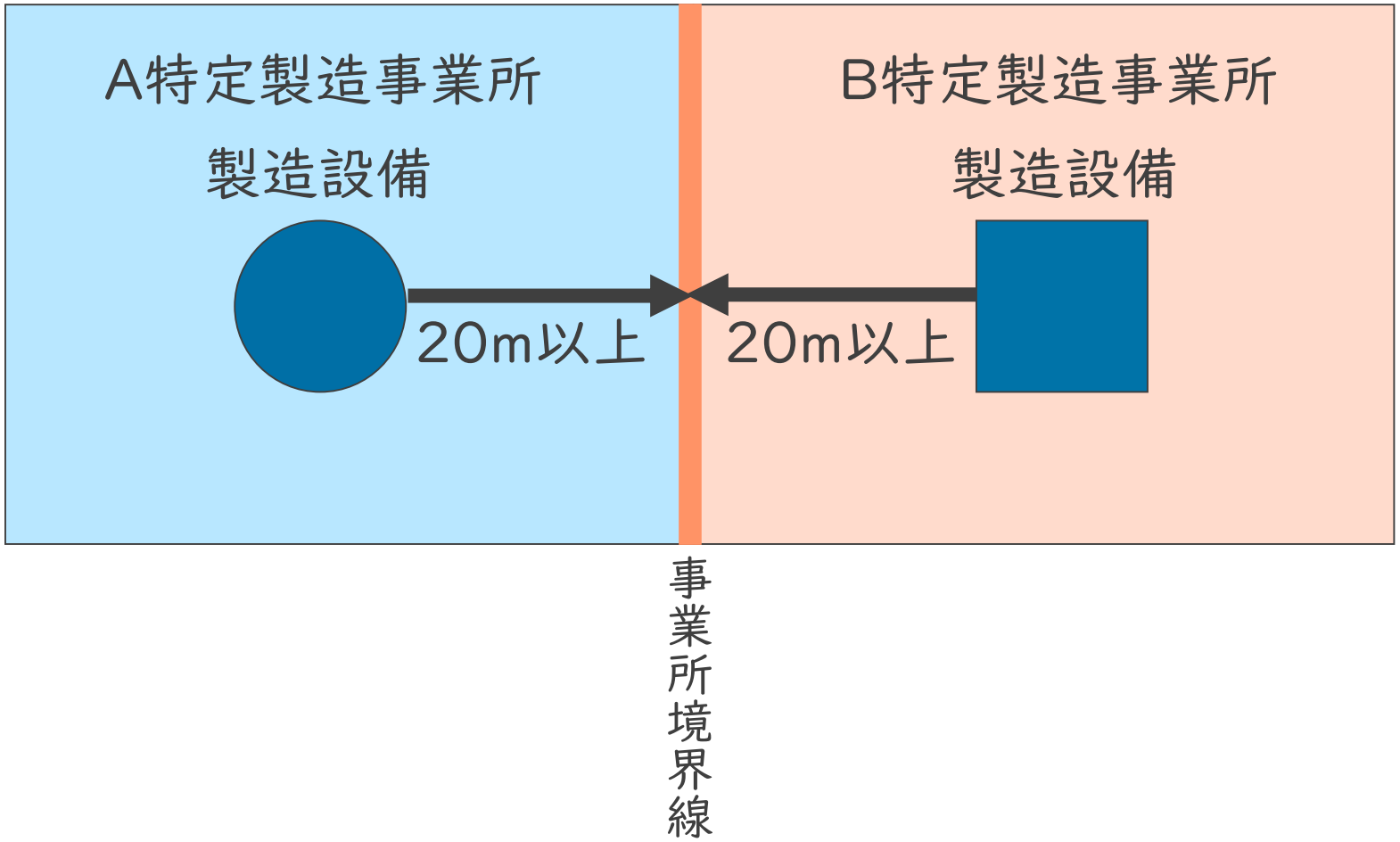
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定製造事業所の製造設備間の距離

図67

コンビ第5条1項8号

※特に定められた製造設備を除く。

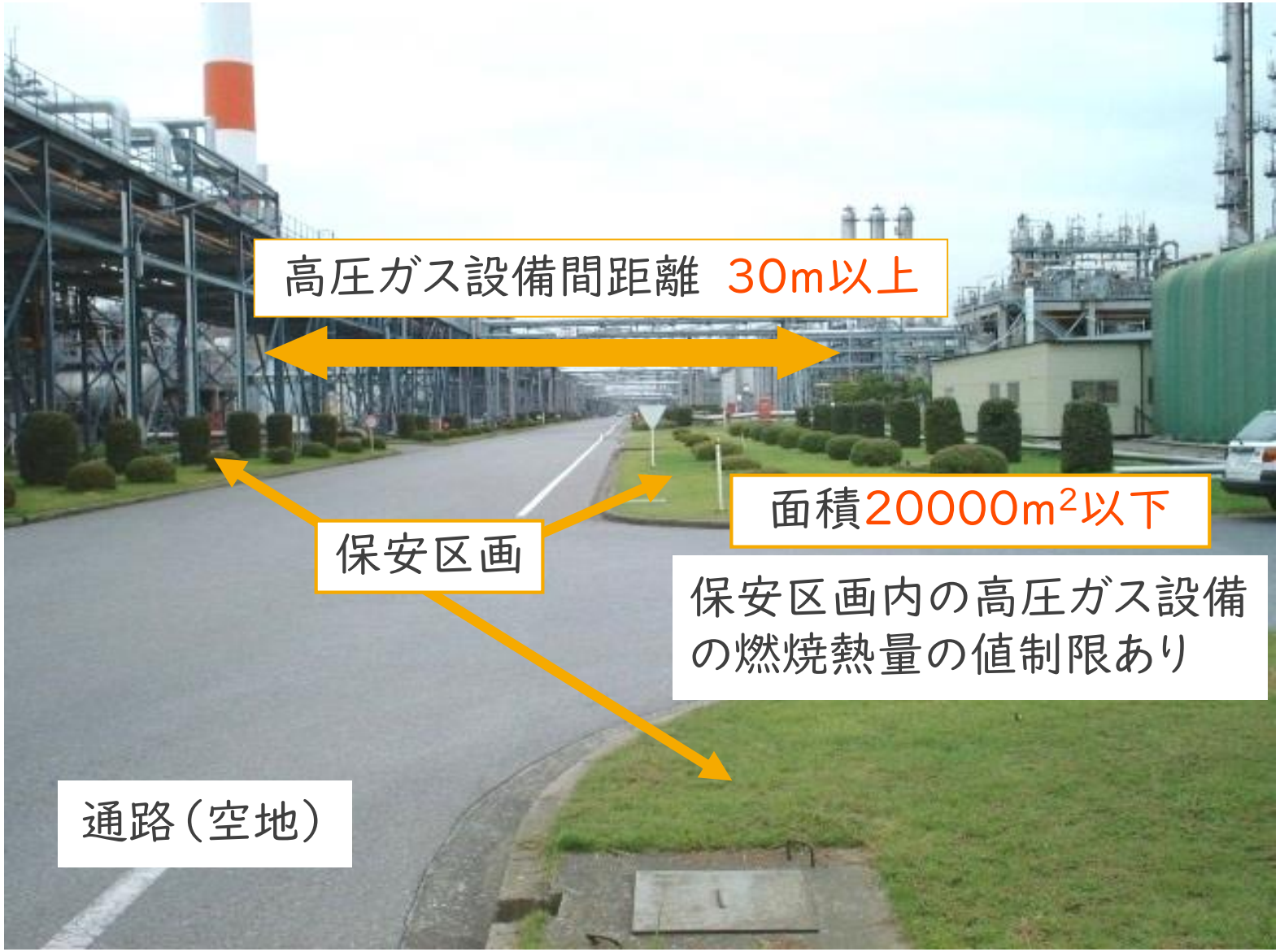


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安区画

図68

コンビ第5条1項9号、10号

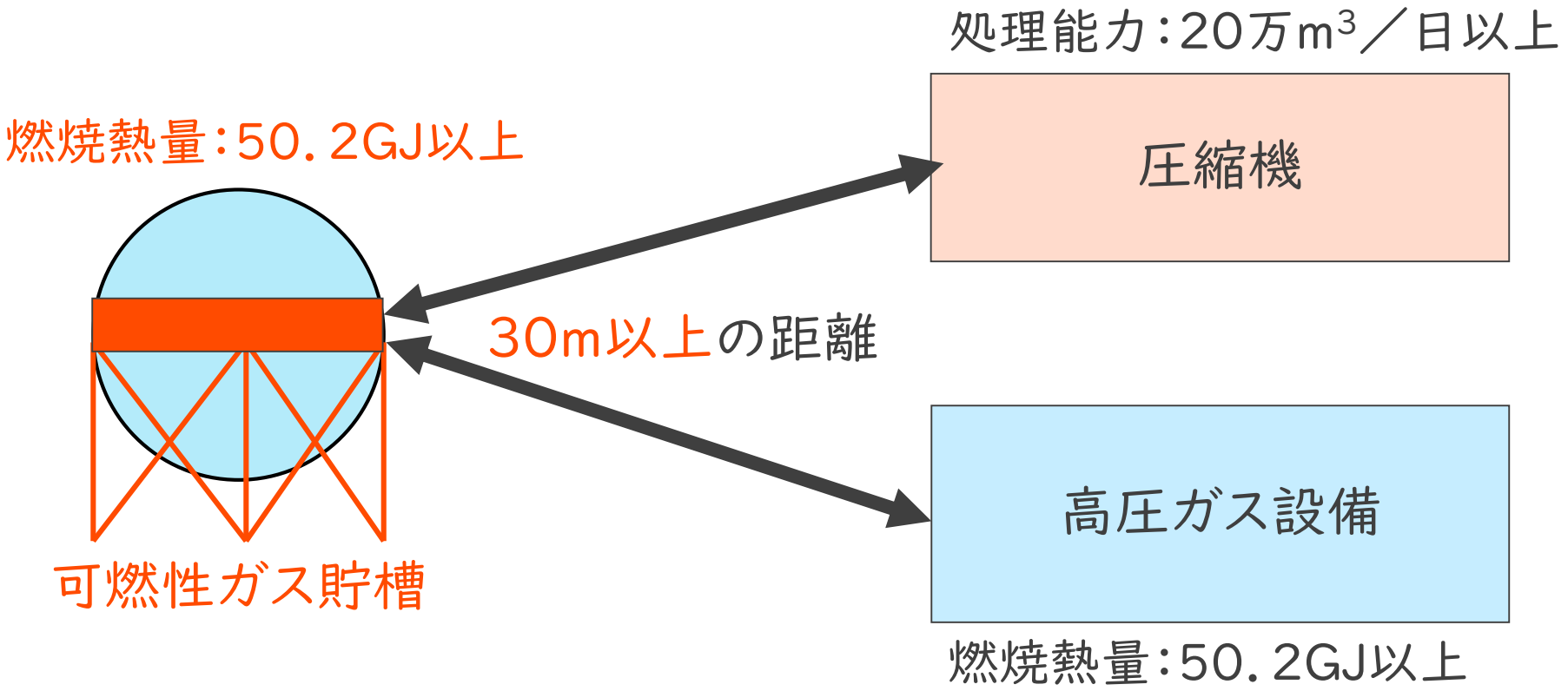


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス貯槽と高圧ガス設備間距離

図69

コンビ第5条1項12号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特殊反応設備等

図70

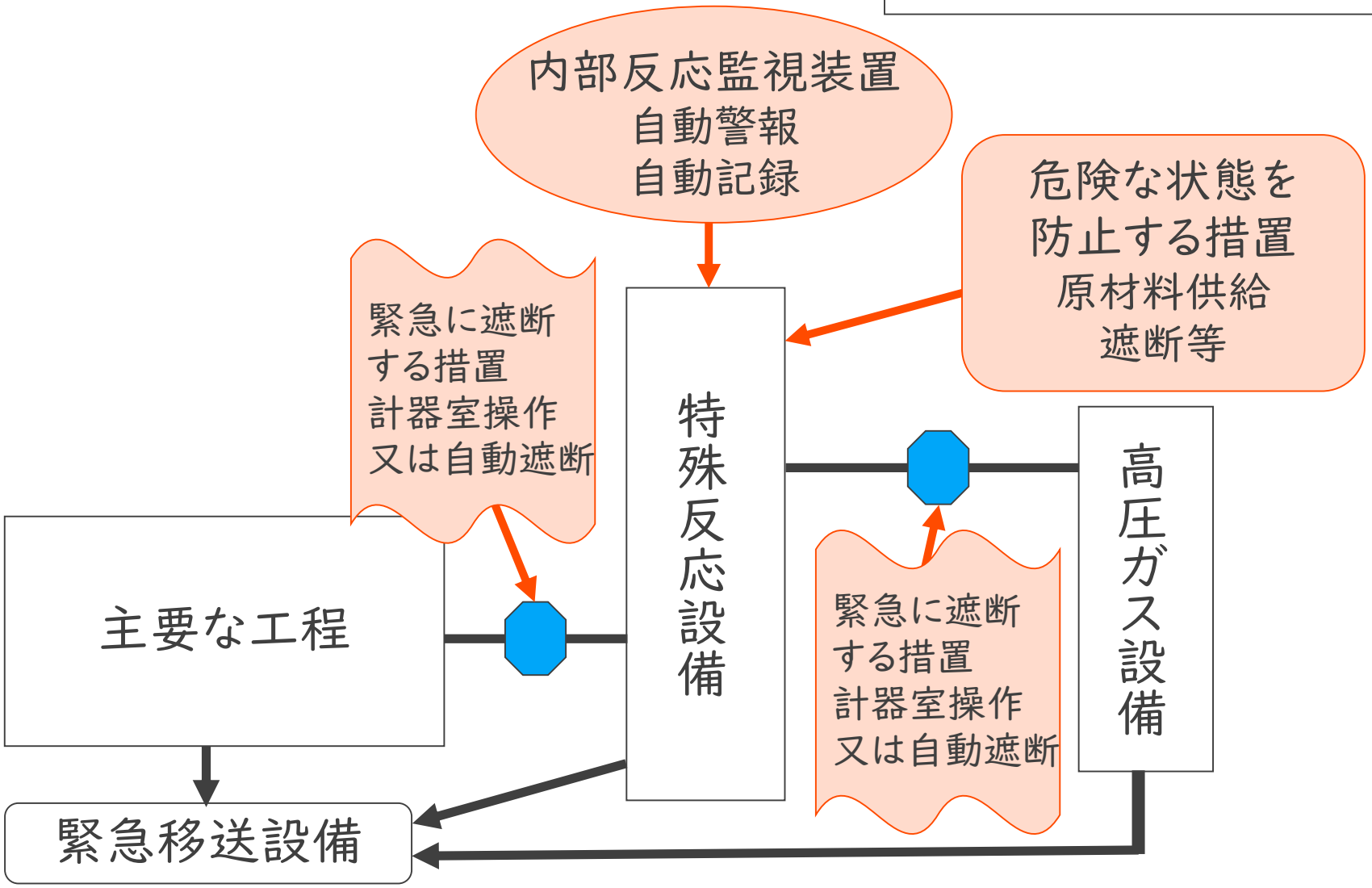
コンビ第5条1項25号～28号

［製造細目告示］

＊ アンモニアニ次改質炉

＊ エチレン製造施設の
アセチレン水添塔

＊ 石油精製の重油直接
水添脱硫反応器等



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特殊反応設備と遮断装置の例

参考図17

コンビ第5条1項25、26号

特殊反応設備

＊ アンモニア二次改質炉
＊ エチレン製造施設のアセチレン水添塔
＊ 石油精製の重油直接水添脱硫反応器等

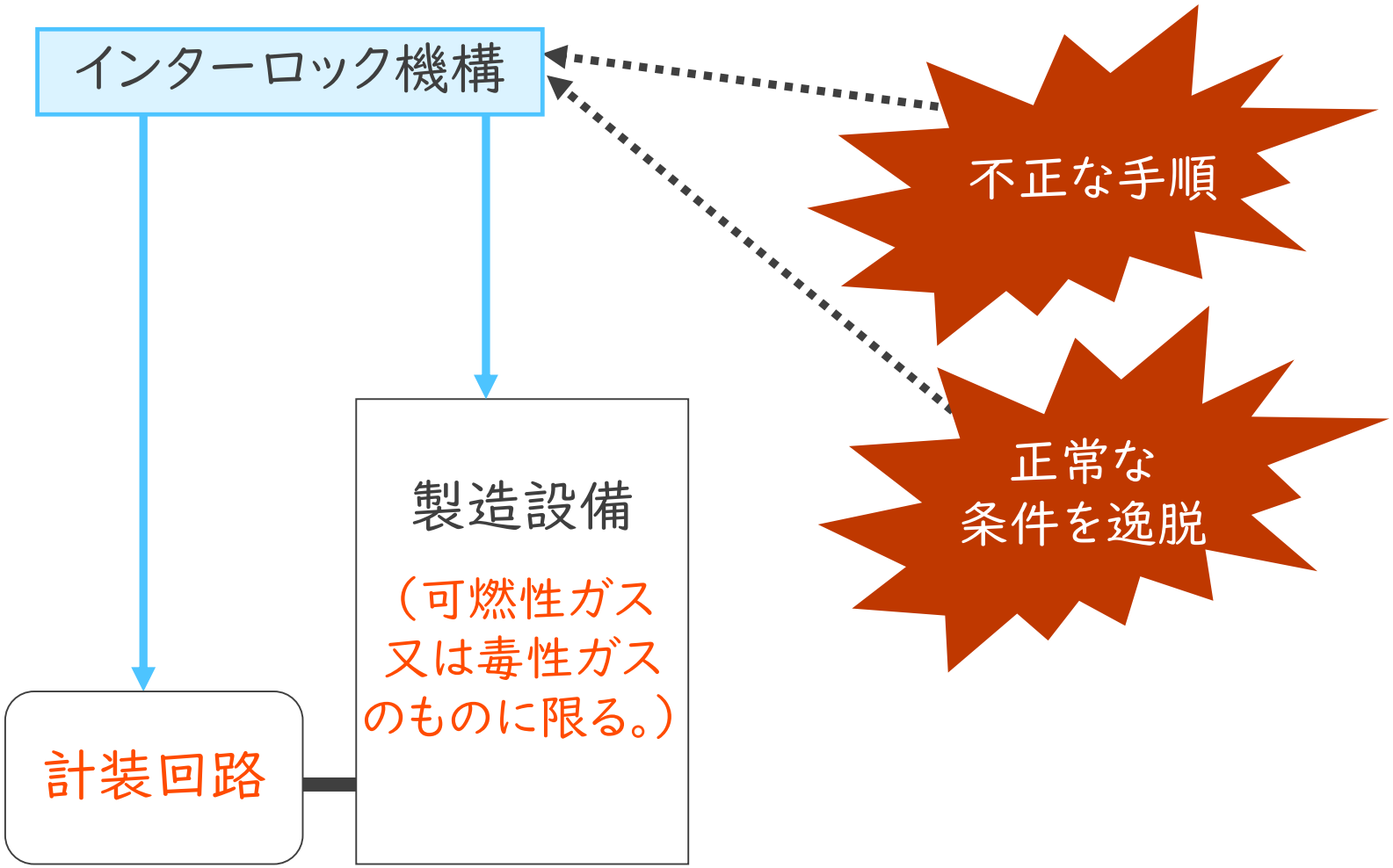
遮断装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

インターロック機構

図71

コンビ第5条1項49号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

フレアースタック・ベントスタック

参考図18

コンビ第5条1項55号、56号

フレアースタック

＊高さ
＊位置
＊燃焼能力
＊構造

ベントスタック

＊高さ
＊位置
＊ガスの放出方法

＊ ガスの種類・量・性状
＊ 周囲の状況に応じて適切なもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス製造設備の計器室

図72

コンビ第5条1項61号

① 安全な位置

② 安全な構造（扉及び窓は耐火構造）

③ 炭化水素類その他定められた可燃性ガスの製造施設の計器室は、
外部からのガスの侵入防止措置

例示基準

二重扉

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安のための保安用不活性ガス等の保有

図73

コンビ第5条1項62号

［対象］

可燃性ガス、毒性ガス、酸素の製造事業所

［不活性ガス等］

- すべての製造設備が危険な状態になった場合のガスのパージ、シール等の応急措置に必要な数量及び圧力の、窒素その他の不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）又はスチームを保有（他事業所から確実に供給を受けられる措置でも可）
- 防消火設備の作動に必要な数量の水は常時保有

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガスの置場距離

図74

コンビ第5条第1項第65号ハ

(イ)	$0 \leqq x < 9$の場合	$m = 54$
(ロ)	$9 \leqq x < 25$の場合	$m = 18\sqrt{x}$
(ハ)	$25 \leqq x$ の場合	$m = 90$

m ：容器置場の外面から保安物件までの距離(m)

X ：容器置場の面積(㎡)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の導管（1）

コンビ第10条

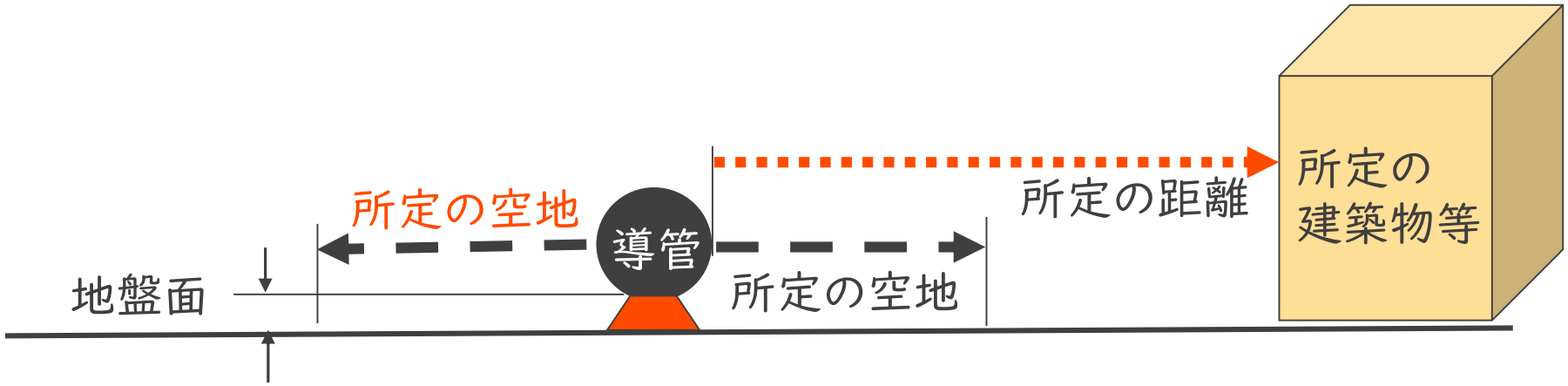
図75

［地盤面上設置の場合の主な基準］

① 標識（高圧ガスの種類、異常時の連絡先等）

② 住宅、学校、病院等の建築物等に対し所定の距離

③ 導管の両側に、所定の幅の空地の保有



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の導管（2）

コンビ第10条

図76

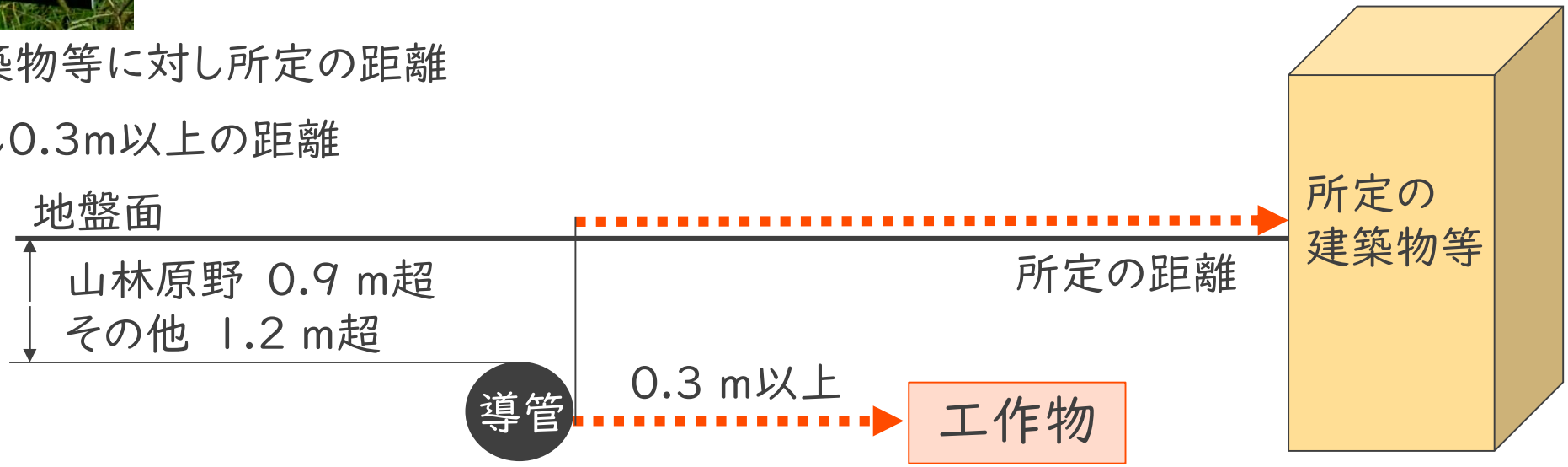
［地盤面下埋設設置の場合の主な基準］

① 標識（高圧ガスの種類、異常時の連絡先等）

② 地下街を含む建築物等に対し所定の距離

③ 他の工作物に対し0.3m以上の距離

④ 所定の深さ



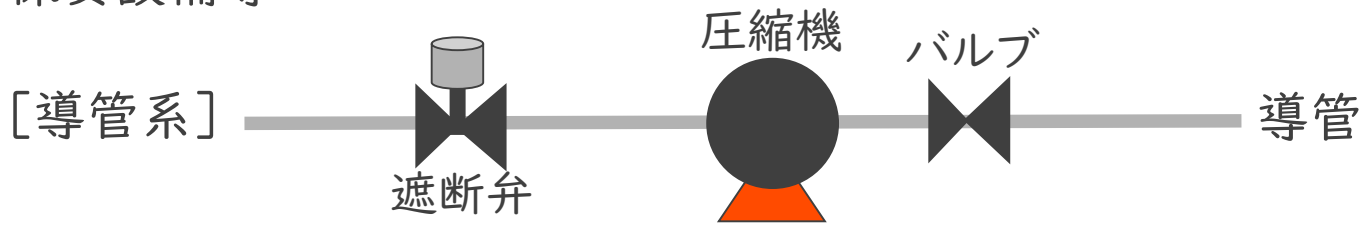
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の導管（3）

コンビ第10条26号～39号

図77

導管系の保安設備等



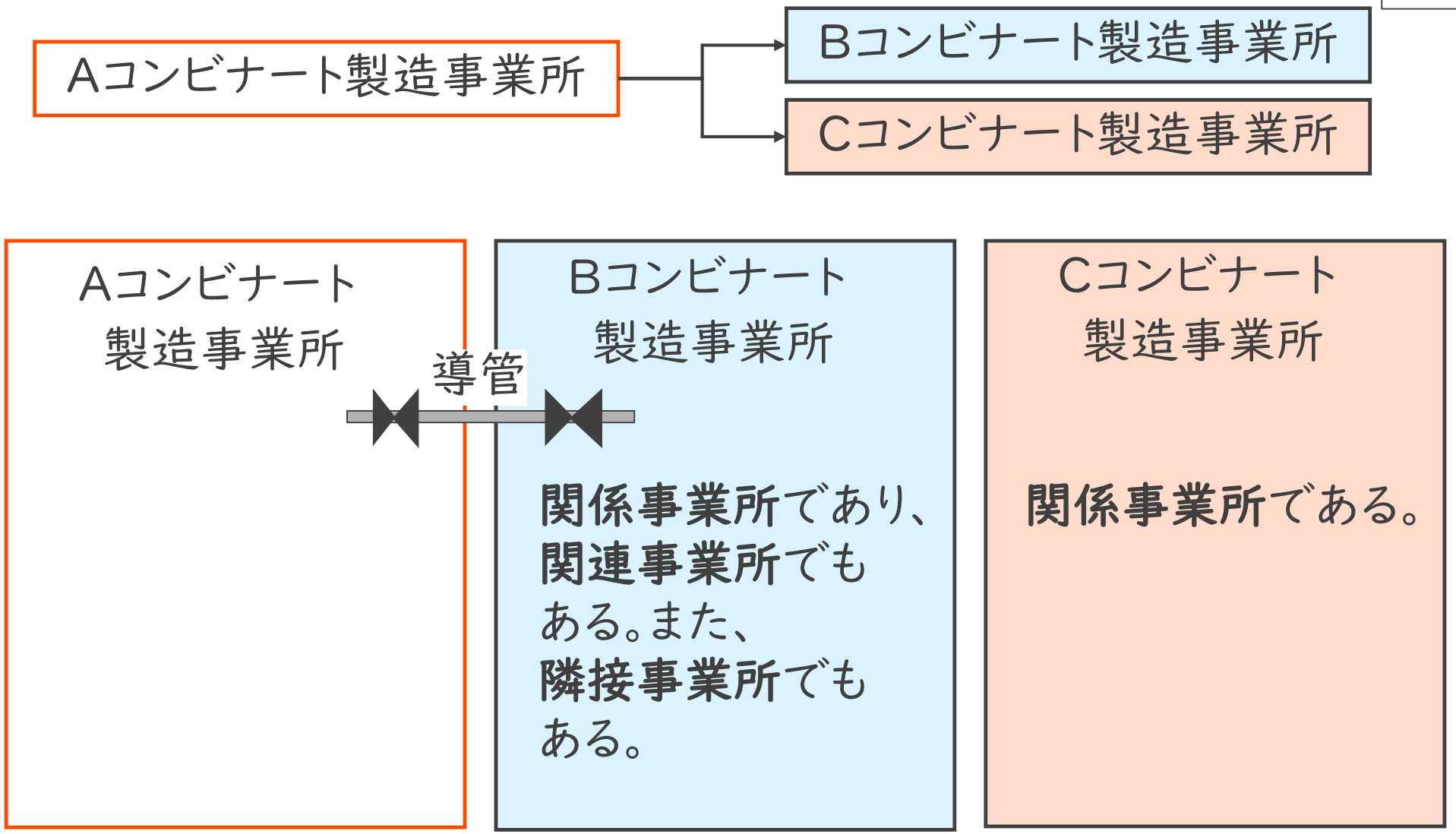
① 運転状態監視装置（圧縮機、ポンプ、バルブ）
② 異常事態の警報装置
③ 安全制御装置
④ ガス漏えい検知警報設備又は検知口（可燃性ガス、毒性ガス（告示で定めるものに限る。）又は特定不活性ガス）
⑤ 緊急遮断装置（市街地、主要河川、湖沼等を横断するものに限る。（不活性ガスのものを除く。））
⑥ ガス置換の措置
⑦ 感震装置
⑧ 避雷設備
⑨ 保安電力
⑩ 導管経路に巡回監視車、保安用資機材倉庫

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（1）

図78

コンビ第11条1項

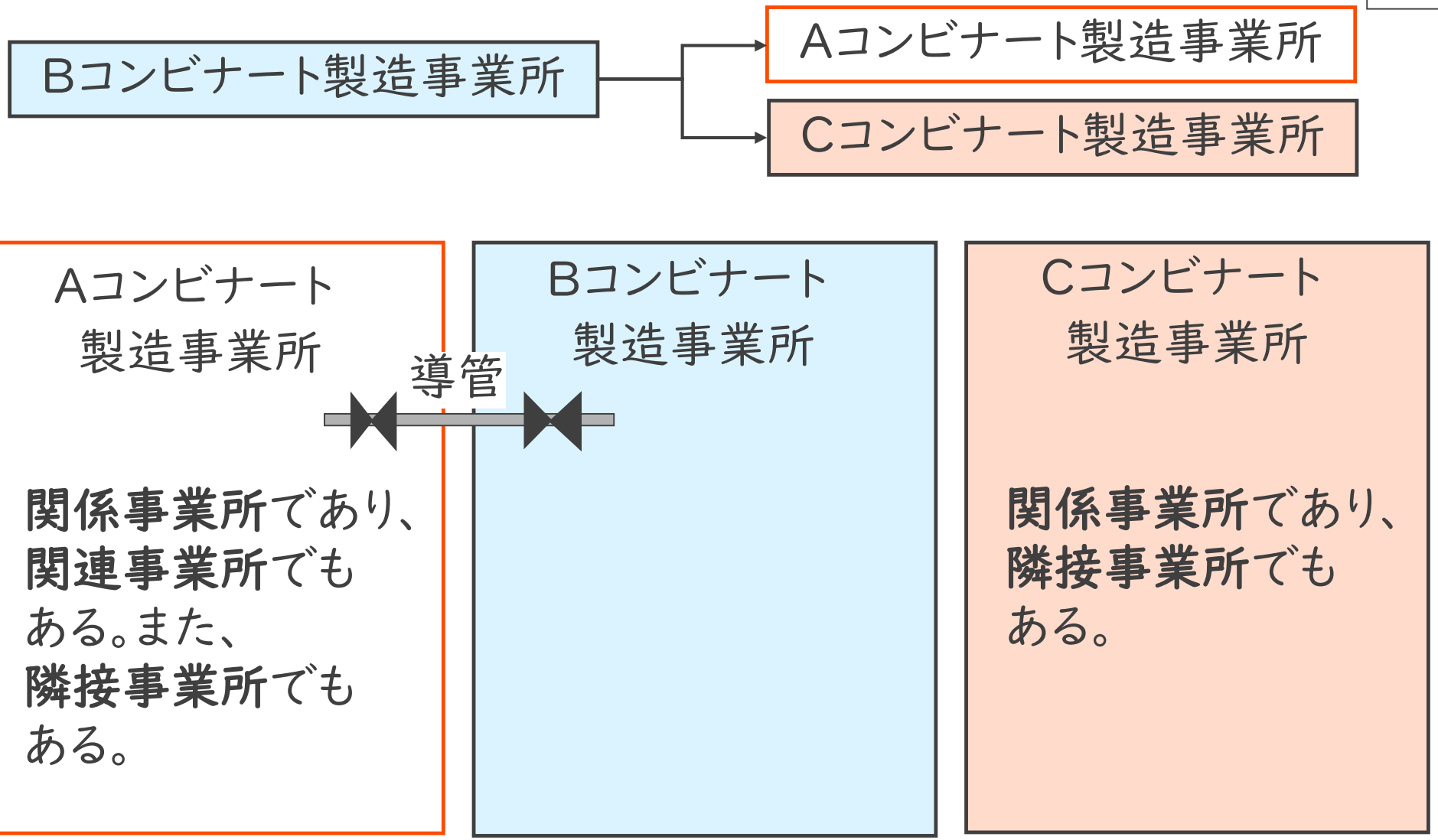


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（2）

図79

コンビ第11条1項

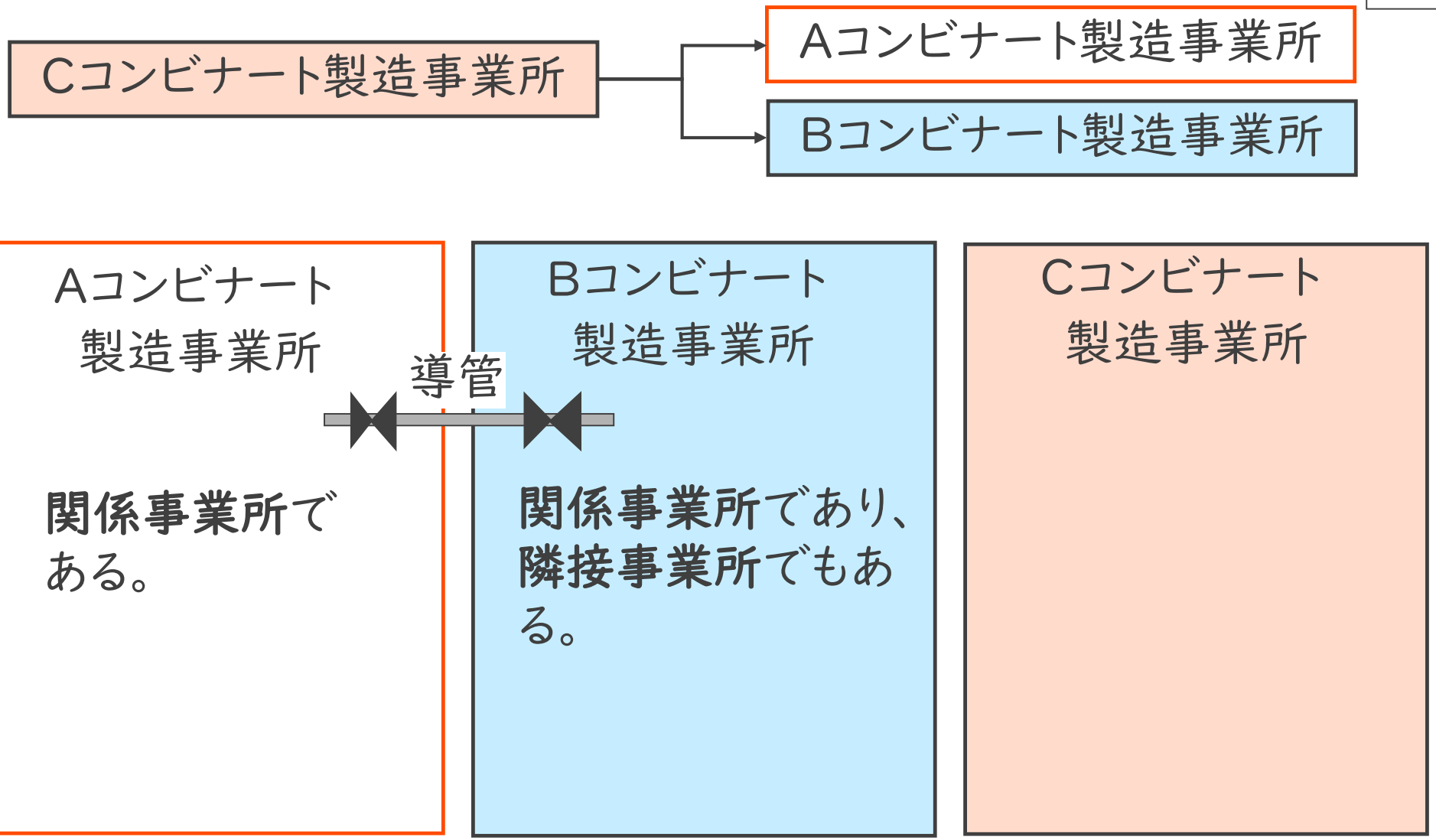


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（3）

図80

コンビ第11条1項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の連絡等

図81

コンビ第11条

隣接事業所に対し書面作成・送付

＊隣接境界内側100m以内の製造施設、危険物、毒劇物設備の設置、撤去。

＊隣接境界内側100m以内の可燃性ガスの放出設備、火気設備の設置、撤去。

＊隣接境界内側100m以内の消火栓、貯水槽等、通用門、避難場所の設置、撤去。

※境界線から所定距離内の高圧ガス設備の設置、着工、完成年月日、改修内容等の事前連絡。

関連事業所に対し

＊直通電話、無線又は有線通信設備の設置。

＊導管供給の開始・停止の事前連絡。

＊輸送ガスの種類、成分、圧力、流量等の重要な変更の事前連絡。

＊輸送高圧ガスの製造設備の運転停止の事前連絡。

関係事業所に対し

＊保安の連絡系統、連絡担当者、連絡方法を定め製造開始前に通知。

＊事故発生の連絡。

＊多量のガス放出の計画・実施の事前連絡。

＊異常な騒音・振動発生の事前連絡。

＊訓練の警報・火炎・発煙の事前連絡。

＊隣接境界内側50m以内の火気使用の事前連絡。

＊隣接境界内側100m以内の大量の火気使用の事前連絡。

＊その他特別事態発生時の連絡。

※ **関係事業所**から危険時・事故時の対応に関して緊急応援を受ける措置を事前に講じる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

END

ご静聴ありがとうございました。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

D－2　甲種機械講習　教材一例

高圧ガス保安協会　甲種化学・機械講習

高圧ガスの定義と分類単位、気体の一般的性質気体の熱力学

令和5年度

東京工業大学　名誉教授
津田　健

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義と分類

- 高圧法では

高圧ガス
- 圧縮ガス
- 圧縮アセチレンガス
- 液化ガス
- その他

これをさらに細かく分類すると（p.3～5, a）～ i））

- 可燃性ガス
- 毒性ガス
- 液化石油ガス
- 特殊高圧ガス　等々

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義と分類

法令にとらわれずに分類すると（p.5～6）

物理的状態	圧縮ガス	アルゴン，CO，酸素，水素・・
	液化ガス（常温）	液化アンモニア，液化炭酸ガス，液化塩素，液化石油ガス，・・
	液化ガス（低温）	液化ヘリウム，液化窒素，液化天然ガス，液化塩素・・
	溶解ガス	アセチレン
燃 焼 性	可燃性ガス	アセチレン，アンモニア，エタン，CO，エチレン，プロパン・・
	支燃性ガス	酸素，空気，フッ素，塩素，オゾン
	不活性ガス	アルゴン，窒素，ヘリウム、CO_2

注）支燃性ガス：自らは燃焼しないが燃焼を支えるガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義と分類

ガスの分類　つづき

生理学的性質	毒性ガス	アルシン, ジシラン, シボラン, CO, ホスフィン, モノゲルマン, モノシラン, 塩素, アンモニア, 酸化エチレン, 硫化水素 ・・
	単純窒息性ガス	アルゴン, エタン, 水素, 窒素, プロパン, ヘリウム, メタン ・・・
その他の分類	特殊材料ガス	特殊高圧ガス（7種類）, 五フッ化ヒ素等（7種類）, ジクロルシラン, 三塩化シラン, 四塩化ケイ素 ・・・
	自然発火性ガス	モノシラン, ジシラン, ホスフィン
	分解爆発性ガス	アセチレン, エチレン, オゾン, 酸化エチレン, モノゲルマン ・・・

- 単純窒息性ガス　：人体に中毒を起こさないが、多量混入により窒息するガス
- 自然発火性ガス　：可燃性ガスのうち発火温度が低く、空気中に流出すると直ちに発火するガス
- 分解爆発性ガス　：支燃性ガスがなくても、何らかの要因があると、単一のガス自身が分解を起こし爆発するガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単 位

2.1 国際単位系（SI）

2.1.1 SI 単位

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

SI単位（国際単位系）

基本単位（単位記号は原則ローマン体の小文字）		
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol

上記以外に、アンペア（A）、カンデラ（cd）を加え7個ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

SI単位（国際単位系）

組立単位
例：m^2、m^3、m/s、kg/m^3　など

接頭語					
10^9	G	ギガ	10^{-2}	c	センチ
10^6	M	メガ	10^{-3}	m	ミリ
10^3	k	キロ	10^{-6}	μ	マイクロ
10^2	h	ヘクト	10^{-9}	n	ナノ

例　：MPa、GPa、μm、km、mg　など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 SIに属さない単位

a） SI 単位と併用される単位 （表2.3）

分　　：　min
時　　：　h
日　　：　d
トン　　：　t
リットル　：　l or L

b） メートル法では用いられているが、SI単位との併用が認められていない単位

Torr（=mmHg）
atm
cal
P（ポアズ）（粘度の単位）
など（粘度のSI単位：（Pa･s:パスカル秒） 7.1.2 b））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 単位の表記上の注意

- 単位記号は原則としてローマン体の小文字を使う。
- しかし、人名・固有名詞に由来する単位名の先頭の一字と、他と紛らわしい時に使用してよい リットルL は大文字で書く。
  （例：Pa，J，W など）
- 乗算で作られる組立単位では、単位の間を中点（・）か間隙で区切る。
  （例：Pa･s，Pa s ）
- 除算で作られる組立単位では、水平の線、斜線、負の指数のどれかを使う。
  斜線を使うとき分母が2つ以上の単位の積になる場合は括弧で囲む。

$\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}}$ ， $\mathrm{J}/(\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K})$ ， $\mathrm{J}\cdot\mathrm{mol}^{-1}\cdot\mathrm{K}^{-1}$　（J / mol / K　とはしない）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 温度の単位

- 基本単位　：熱力学温度（実用上‘絶対温度’と同じ）
  K；ケルビン（通常 T で表す）
- 組み立て単位　：摂氏度
  ℃；セルシウス度（通常 t で表す）
- 両者の関係　：$t = T - 273.15$
- 温度差　：単位は基本的には K であるが ℃ も使える
  両者の温度刻みは同じであるので
  $\Delta T = \Delta t$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 力・圧力・応力 の単位

圧力（定義）：単位面積に垂直に作用する力

＊ 力（ちから）＝（質量）×（加速度）
　質量1kgの物体に作用して1m/s^2 の加速度を生じる力を1N（ニュートン）と定義。

　　∴ 1N ＝ 1 kg・m/s^2

＊ 1m^{2}に1Nの力が作用する圧力を1Pa（パスカル）と定義。

　　∴ 1Pa ＝ 1N/m^2 ＝ 1 kg/(m・s^2)

＊ Pa は応力の単位としても使われる。

＊ 標準大気圧 ＝ 101325 Pa ≒ 101.3 kPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

絶対圧力とゲージ圧力

絶対圧力（P）　　：絶対真空を基準とする圧力

ゲージ圧力（P_g）：大気圧（P_a）を基準とする圧力

$P = P_g + P_a$　　（2.2.2最後の段落）

★気体や熱力学の諸計算には　絶対圧力を、圧力容器の強度計算などには
ゲージ圧を使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.3 エネルギー・仕事・熱量・仕事率の単位

- エネルギー，仕事，熱量

  仕事 ＝（力）×（距離）

  1 J ＝ 1 N × 1 m　　J：ジュール

  $1\ N = 1\ kg \times 1\ m/s^2$

  $1\ Pa = 1\ N/m^2$

  したがって

  $1\ J = 1\ N \cdot m = 1\ Pa \cdot m^3 = 1\ kg \cdot m^2/s^2$

  ↑組立単位

- 仕事率・動力 （＝ 単位時間当たりの仕事）

  $1\ W = 1\ J/s = 1\ kg \cdot m^2/s^3$

  （ワット）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 気体の一般的性質

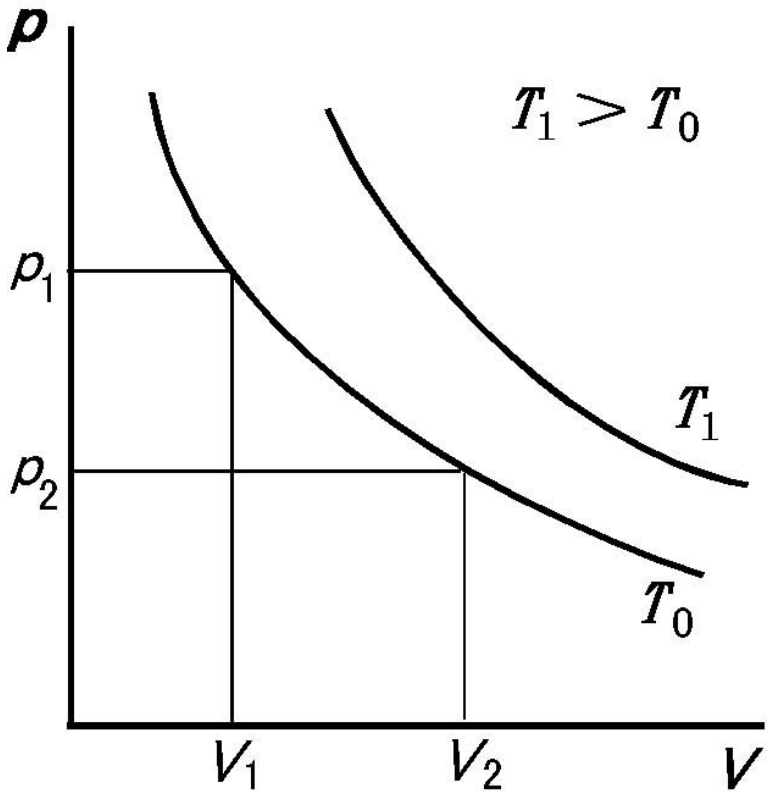
1.1　理想気体の性質

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

a）ボイルの法則（1662 年）

温度一定のもとで「気体の体積は圧力に反比例する」 すなわち，

$p \cdot V$＝一定　　（1.1）



直角双曲線

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）シャルルの法則（1787年）

圧力一定のもとで、
「一定量の気体の体積は温度が1℃上昇するごとに 0℃ の時の体積の1/273づつ増加する。」
すなわち，

$$V = V_0\left(\frac{t+273}{273}\right) \qquad (1.2)\ (1.3)$$

$$T = t + 273 \quad (T：絶対温度) \qquad (1.4)$$

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{T_t}{T_0} \quad \text{or} \quad \frac{V}{T} = 一定 \qquad (1.5)\ (1.6)$$

→ 1.1.1 b）最後の段落 の記述

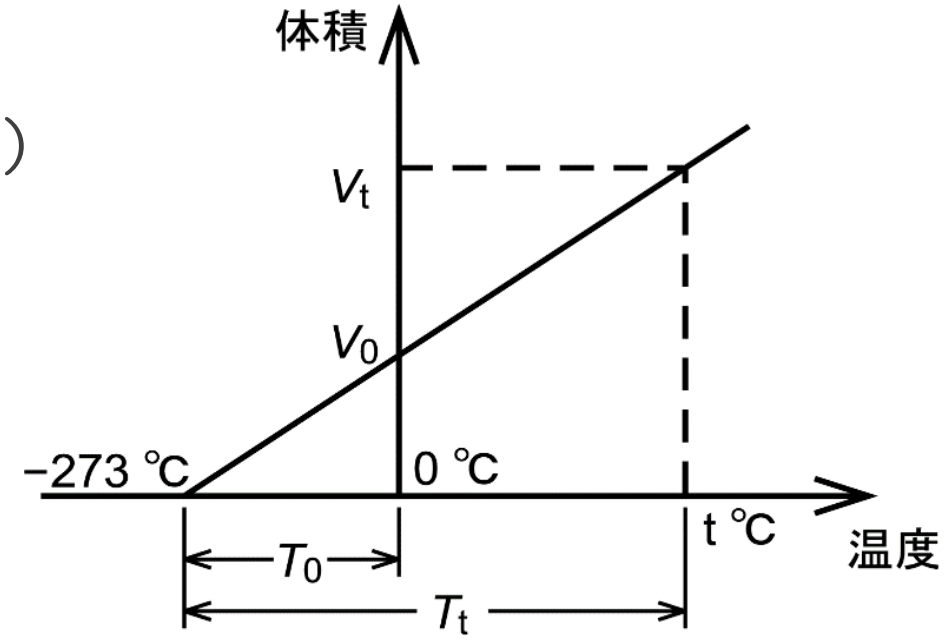


図１．１　シャルルの法則

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c）ボイルーシャルルの法則

- 状態①（T_1, p_1, V_1）から状態②（T_2, p_2, V_2）への変化

1段階： 温度一定で（T_1, p_1, V_1）⇒（T_1, p_2, V'）

$$p_1V_1 = p_2V' \quad (1.7)$$ ボイルの法則

2段階： 圧力一定で（T_1, p_2, V'）⇒（T_2, p_2, V_2）

$$\frac{V'}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (1.8)$$ シャルルの法則

- 両式から

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$ 一般的に $$\frac{pV}{T} = \text{一定}$$ (1.10)（ボイルーシャルルの法則）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d）状態方程式

式（1.10）の V に気体 1 mol 当たりの体積 V_m（モル体積）を用い、一定値を R とおくと

$$p V_m = R T \quad (1.11)$$

となる。

物質量が n [mol] の場合、$V_m = V/n$ であるから 一般に

$$p V = n R T \quad (1.12)$$

となる。式（1.11），（1.12）を理想気体の状態方程式という。

また、気体の質量を m（kg）、モル質量を M（kg/mol）

とすると、 $$n = \frac{m}{M} \quad (1.13a)$$ 表1.1

であるから $$pV = \frac{m}{M} RT \quad (1.13b)$$

【例題1.1】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

式（1.11）、（1.12）の const. の値を求める。（その1）

アボガドロの法則

「温度、圧力が同じであるなら、全ての気体の同体積中には同数の分子を含む。」

⇓

「温度、圧力が一定なら、6.022×10^{23} 個の分子を含む気体 （1モルという）は
すべて同体積を示す。」

（1.10）式の V を1モルの体積 V_m（m^3/mol）とし、一定値を R とおくと

$$\frac{pV_m}{T} = R$$ ① （1.11）と同じ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

式（1.11）、（1.12）の const. の値を求める。（その2）

標準状態（0℃, 101325Pa）で気体1モルの体積は22.4L（0.0224m^3）であるから式（1.11）において

$$R = \frac{p \cdot V_m}{T} = \frac{101325\,(\mathrm{Pa}) \times 0.0224\,(\mathrm{m^3/mol})}{273\,(\mathrm{K})} \approx 8.31\,(\mathrm{Pa \cdot m^3/mol \cdot K})$$

より正確な値を用いて

$R = 8.3145\ \mathrm{J/(mol \cdot K)}$　　（ $\mathrm{J = Pa \cdot m^3}$ ）

R：気体定数（Gas constant）

（1.1.1 d）脚注）$6.02214 \times 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$ をアボガドロ定数という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.1】

- 理想気体の状態方程式　式（1.12）
- 主な気体の分子量、モル質量（表1.1）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 熱容量と比熱容量・モル熱容量

- 熱容量　　：物質の温度を単位温度だけ上昇させるのに必要な熱量，C[J/K]
- 比熱容量（比熱）：単位質量当たりの熱容量，c [J/（kg･K）]
- モル熱容量　　：1mol 当たりの熱容量，C_m [J/（mol･K）]

したがって、温度を dT [K] 変化させるのに必要な熱量 dQ [J] は

$$\mathrm{d}Q = C\,\mathrm{d}T \qquad (1.14)$$

$$\mathrm{d}Q = mc\,\mathrm{d}T \qquad (1.15) \quad (m\text{:質量[kg]})$$

$$\mathrm{d}Q = nC_m\,\mathrm{d}T \qquad (1.16) \quad (n\text{:物質量[mol]})$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 熱容量と比熱容量・モル熱容量（つづき）

- 温度を T_1 から T_2 まで変化させる熱量は、例えば 式（1.15）から

$$Q = m\int_{T_1}^{T_2} c\,\mathrm{d}T \qquad (1.17)$$

- 比熱容量、モル熱容量は物質の種類によって異なり、温度の関数である。
  しかし、温度範囲が狭い場合は一定とみなすことができる。
- 温度範囲が広い場合でも、平均比熱容量 $\bar{c}$ や平均モル熱容量 $\bar{C}_m$ を用いれば、
  式（1.17）と同様の次式が適用できる。

$$Q = m\bar{c}\left(T_2 - T_1\right) = m\bar{c}\,\Delta T \qquad (1.18a)$$

$$Q = m\bar{C}_m\left(T_2 - T_1\right) = m\bar{C}_m\,\Delta T \qquad (1.18b)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 気体の場合、温度を上げるのに必要な熱量は，圧力一定で加熱する場合と，容積一定で加熱する場合とで異なる。そこで，前者の場合を定圧比熱容量（c_p），定圧モル熱容量（$C_{m,p}$），後者の場合を定容比熱容量（c_V），定容モル熱容量（$C_{m,V}$）と両者を区別する。

表1.2

- 定圧で加熱すると気体は膨張するため、気体自身の温度上昇および体積膨張分（外界への仕事）の熱量が必要。一方、定容で加熱する場合は、圧力が上昇するだけで膨張仕事分の熱量は必要ない。

$\Rightarrow \quad c_p > c_V \ 、 \ C_{m,p} > C_{m,V}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 比熱容量の比、モル熱容量の比 ： γ

$$\gamma = \frac{c_p}{c_V} = \frac{C_{\mathrm{m},p}}{C_{\mathrm{m},V}} \qquad (1.19)$$

- 両者のモル熱容量の差： マイヤーの関係（理想気体）

$$C_{\mathrm{m},p} - C_{\mathrm{m},V} = R \qquad (1.20a)$$

kg 基準の 比熱容量 について

$$c_p - c_V = \frac{R}{M} \qquad (1.20b)$$

- 式（1.19）（1.20a）から

$$C_{\mathrm{m},p} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} R \quad , \quad C_{\mathrm{m},V} = \frac{1}{\gamma - 1} R \qquad (1.21)$$

【例題1.2】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考情報）理想気体では

モル熱容量は気体分子を構成する原子の数に大きく依存する。

⇒ $C_{m,V}$ は室温において次の式で近似できる

- 単原子気体（He, Ne, Ar など）

$$U = \frac{3}{2}RT \qquad \text{(1.21)式から} \gamma = \frac{R}{C_{m,V}} + 1$$

$$\therefore C_{m,V} = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = \frac{3}{2}R \quad \rightarrow \quad \gamma = 1.67$$

- 2原子気体（H_2 , O_2, N_2 , CO など）（直線状分子）

$$C_{m,V} = \frac{5}{2}R \quad \rightarrow \quad \gamma = 1.40$$

- 多原子気体（H_2O, CO_2, NH_3 など）（非直線状分子）

$$C_{m,V} = 3R \quad \rightarrow \quad \gamma = 1.33$$

C_Vに対する上記の式は分子の並進、回転エネルギーの寄与から求めたものである。
実測値がこれら式による計算値と異なるのは振動の寄与が大きいためである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.2】

- 式（1.10）
- 式（1.18ｂ）
- （3）は 比熱容量の比 γ を用いて解いているが、
  もしも γ の値が与えられていなくても、マイヤーの関係を用いて解くことができる。

  つまり、 $nC_{m,V}(720-300)=nC_{m,p}(T_3-300)$

  の $C_{m,p}$ に マイヤーの関係 $C_{m,p}=C_{m,V}+R$ から求めた値を代入する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 混合気体

分圧

ある成分ガスのみが単独で混合物と同体積中に同温度で存在するとしたとき呈すべき圧力。

$$p_i = \frac{n_i RT}{V_{\mathrm{mix}}} \qquad ①\quad (1.23)$$

成分気体の体積

ある成分ガスのみが単独で混合物と同圧力、同温度で存在するとしたとき占めるべき体積。

$$V_i = \frac{n_i RT}{p} \qquad ②\quad (1.27)$$

＊「分圧」、「成分気体の体積」に対して加成性が成り立つ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

混合気体 その2

ドルトン
Daltonの法則

ガス混合物の呈する全圧は分圧の和に等しい。

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots\cdots \quad ③ \quad (1.22)$$

アマガー
Amagatの法則（法則の名称、‘Amagat ‘ は参考情報）

ガス混合物の占める全体積は各成分気体の体積の和に等しい。

$$V\mathrm{mix} = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots\cdots \quad ④ \quad (1.26)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

混合気体 その3

①、③式から

$$p = (n_1 + n_2 + n_3 + \cdots) \frac{RT}{V_{\mathrm{mix}}} \quad ⑤$$

①、⑤式から（*RT*/*V*を消去）

$$p_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3 + \cdots} \cdot p = y_1 \cdot p \quad ⑥(1.25)$$

（y_1：モル分率）

②、⑤式から（*RT*/ *p*を消去）

$$\frac{V_1}{V_{\mathrm{mix}}} = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3 + \cdots} = y_1 \quad ⑦(1.29)$$

（体積分率 ＝ モル分率）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

混合気体 その4

⑥、⑦式から

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \qquad (1.30)$$

分圧比 ＝ 体積比 ＝ 物質量比

【例題1.3】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.3】

- 混合気体でも理想気体の状態方程式が成り立つ。
- 質量基準の‘理想気体の状態方程式’：式（1.13b）
- 分圧の定義と、「分圧 ＝ 全圧 x その成分のモル分率」

  すなわち 式（1.25）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 実在気体の性質

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 実在気体の性質

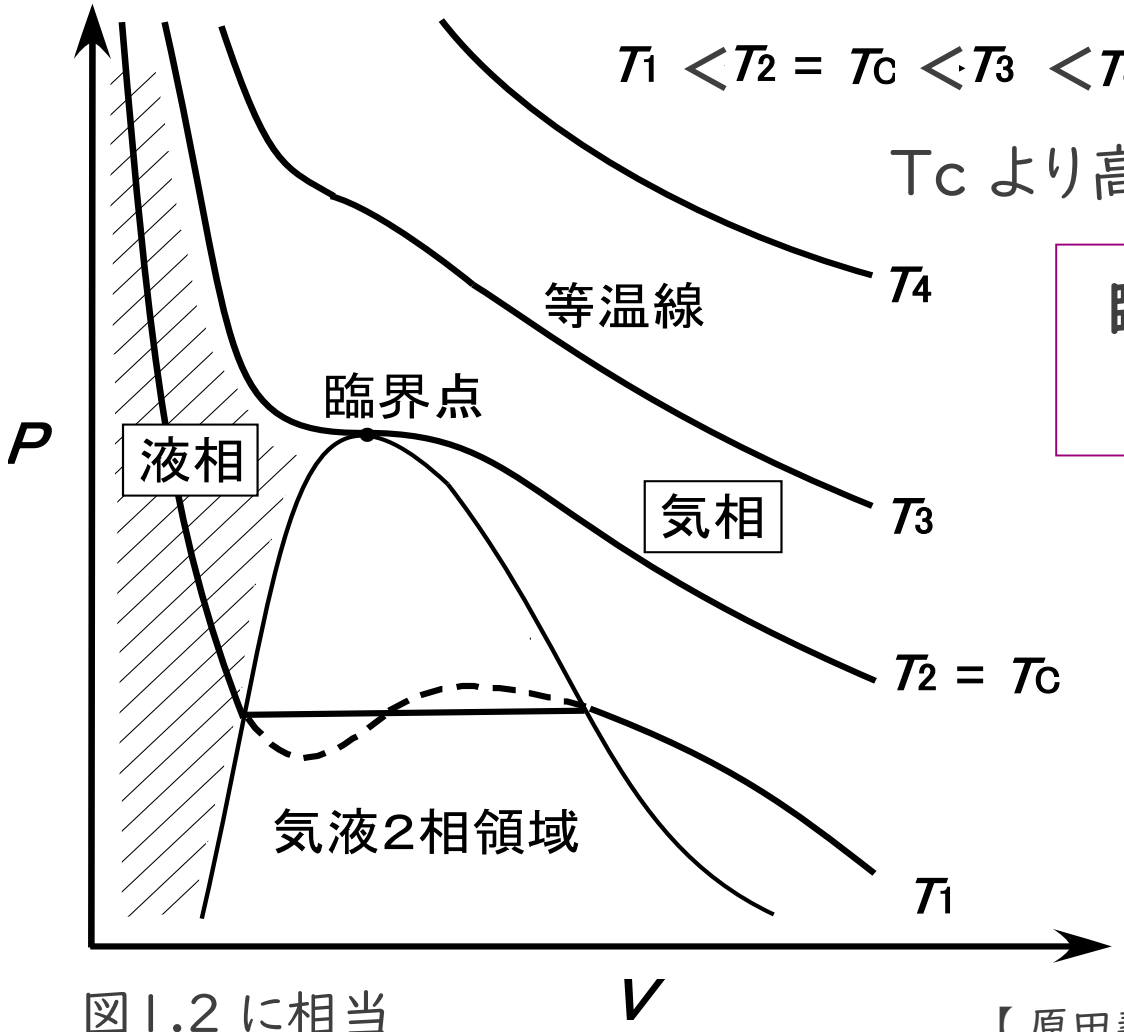
（参考情報）理想気体と実在気体の比較

	理想気体	実在気体
気体分子の大きさ	ゼロと見なす	無視できない
分子間力	なし	あり
冷却や圧縮により	液化も固化もしない	液化や固化を生じる
ボイル・シャルルの法則	成立する	厳密には成立しない

- 実在気体でも圧力が低く温度が高くなると理想気体に近づく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.1 実在気体のpVT関係



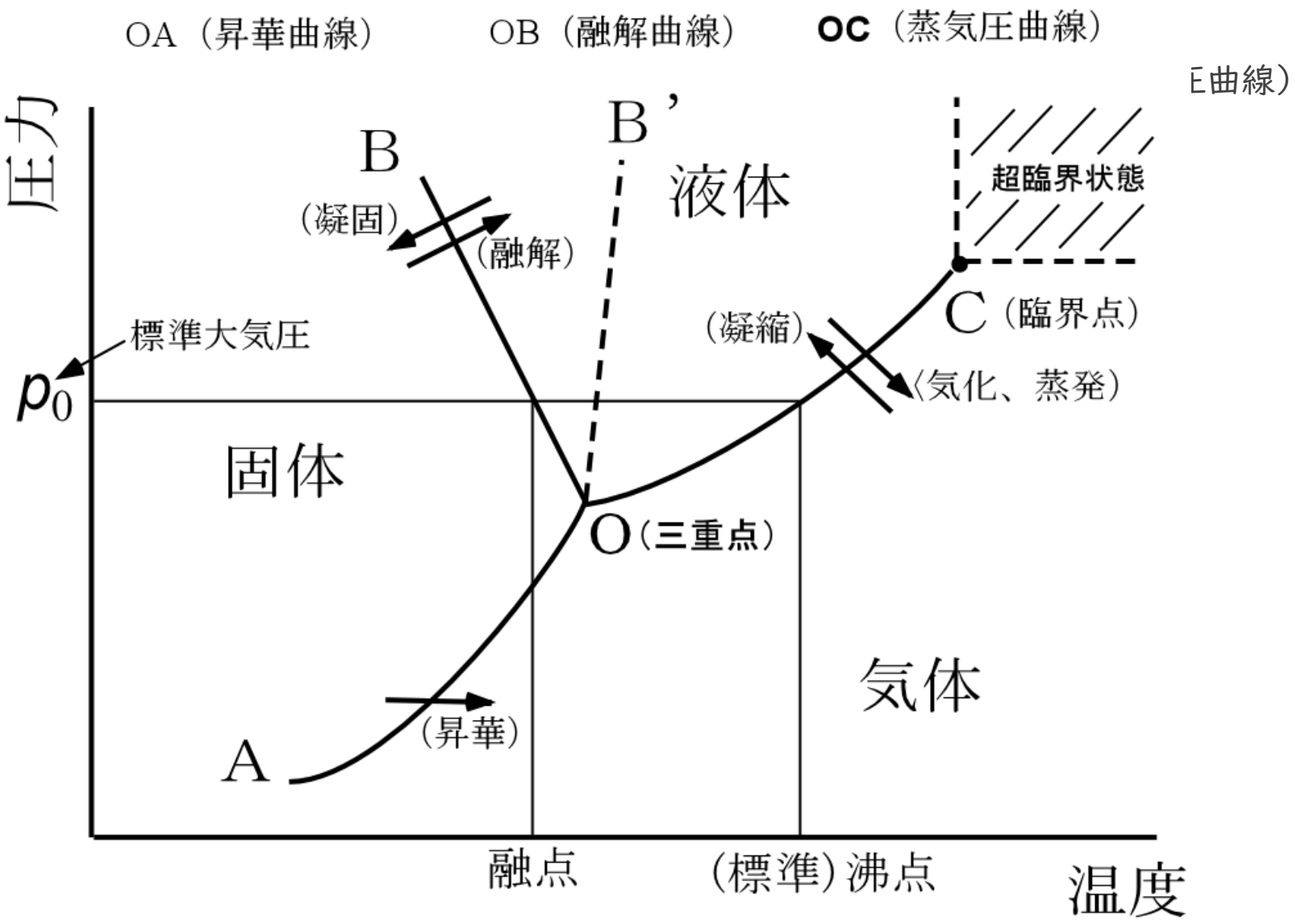
臨界点より高温・高圧側の流体を超臨界流体という

図1.2 に相当

【 原田義也「化学熱力学」(裳華房,昭和59) p21を 参考に作成 】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1.3 実在気体の ｐＶＴ関係（相図）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 実在気体の状態方程式

理想気体の法則は低温や密度の大きな高圧では適用できない。

a) ファン・デル・ワールス式

$$\left(p+\frac{a}{V_{\mathrm{m}}{}^{2}}\right)\left(V_{\mathrm{m}}-b\right)=RT \qquad (1.37\ \mathrm{a})$$

n [mol] の気体については $Vm = V/n$ だから

$$\left\{p+a\left(\frac{n}{V}\right)^{2}\right\}\left(V-nb\right)=nRT \qquad (1.37\ \mathrm{b})$$

(1.37) 式の根拠:

a: 分子間に引力が作用していることに対する補正
分子間の引力は2分子間に生じることから分子の数 (モル濃度 n/V) に比例して増加。
圧力はモル濃度の2乗に比例 して減少。

b: 分子が動きまわることのできる体積は分子の大きさ (体積) だけ狭くなる。(排除体積)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d）対応状態原理

van der Waals 式

$$\left(p+\frac{a}{V_{\mathrm{m}}{}^{2}}\right)(V_{\mathrm{m}}-b)=RT \qquad ①\ (1.37a)$$

臨界点Cでは、等温線の勾配は0、また変曲点でもあるから、

$$\left(\frac{\partial p}{\partial V_{\mathrm{m}}}\right)_{T_{\mathrm{C}}}=-\frac{RT_{\mathrm{c}}}{(V_{\mathrm{m,c}}-b)^{2}}+\frac{2a}{V_{\mathrm{m,c}}{}^{3}}=0 \qquad ②\ (1.39)$$

$$\left(\frac{\partial^{2} p}{\partial V_{\mathrm{m}}{}^{2}}\right)_{T_{\mathrm{c}}}=\frac{2RT_{\mathrm{c}}}{(V_{\mathrm{m,c}}-b)^{3}}-\frac{6a}{V_{\mathrm{m,c}}{}^{4}}=0 \qquad ③\ (1.40)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その2

②、③式から

$$a = \frac{9}{8} R T_c V_{m,c} = \frac{27 R^2 T_c^{\,2}}{64\, p_c} = 3\, p_c V_{m,c}^{\,2}$$

$$b = \frac{V_{m,c}}{3} = \frac{R T_c}{8\, p_c}$$

（1.41）

これらを（1.37）式に代入し、さらに、対臨界値

$$T_r = \frac{T}{T_c}\,,\ p_r = \frac{p}{p_c}\,,\ V_r = \frac{V_m}{V_{m,c}} \qquad (1.49)$$

を用いて整理すると 次式が得られる。

$$\left(p_r + \frac{3}{V_r^{\,2}} \right)\left(V_r - \frac{1}{3} \right) = \frac{8}{3} T_r \qquad ④\ (1.42)$$

T_r：対臨界温度，p_r：対臨界圧力，V_r：対臨界モル体積　（いずれも無次元）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その3

$$\left(p_{\mathrm{r}}+\frac{3}{V_{\mathrm{r}}^{2}}\right)\left(V_{\mathrm{r}}-\frac{1}{3}\right)=\frac{8}{3}T_{\mathrm{r}} \qquad ④$$

④式には物質定数(気体の種類に関係する定数)が含まれないから、
p, V, Tとして対臨界値を用いるとp–V–T関係はあらゆる物質に共通となる。
すなわち、対臨界値が同じ場合には、
p–V–T関係はあらゆる物質で一致することになる。

これを対応状態原理（principle of corresponding state）という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その4

実在気体の p V T 関係を表す方法として、次に示す圧縮係数 z を用いる方法がある。

$$pV_{\mathrm{m}} = zRT \qquad (1.50a)$$

$$pV = nzRT \qquad (1.50b)$$

圧縮係数は臨界点で臨界圧縮係数として $z_{\mathrm{c}} = p_{\mathrm{c}} V_{\mathrm{m,c}} / (RT_{\mathrm{c}})$ で表されるので

$$z = \frac{pV_{\mathrm{m}}}{RT} = \frac{p_{\mathrm{c}} V_{\mathrm{m,c}}}{RT_{\mathrm{c}}} \cdot \frac{p_{\mathrm{r}} V_{\mathrm{r}}}{T_{\mathrm{r}}} = z_{\mathrm{c}} \frac{p_{\mathrm{r}} V_{\mathrm{r}}}{T_{\mathrm{r}}} \qquad (1.51)$$

もしも z_c が定数であれば、p_r , T_r , V_r が同じ場合には圧縮係数 z も
気体の種類に関係なく同じ値をとることになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その5

Z_C は下表に示すように実際には定数ではない。
そこで、炭化水素類の平均値 Z_C=0.27 を基準に、一般化された線図（テキスト 図1.4）が作られている

表 1.4　　Zc の値

Zc	代表的な物質
0.232	水
0.24~0.26	アセトン、アンモニア、アルコール類
0.26~0.27	多く（60%）の炭化水素
0.28~0.30	酸素、窒素、一酸化炭素、メタン、ネオンなど

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

対応状態原理 その6

（参考情報図）

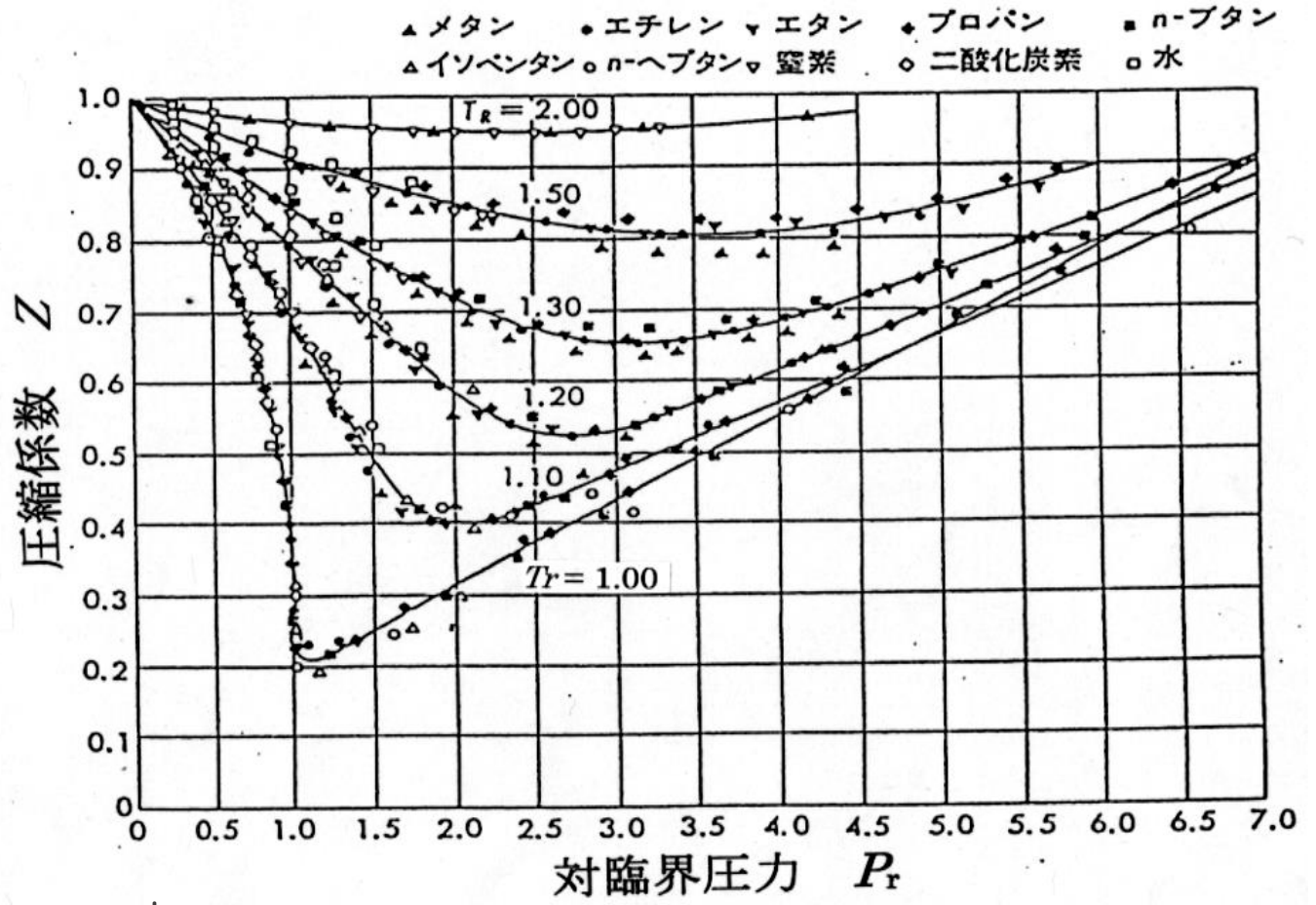


図1.4 の一部

【藤代亮一訳：バーロー 物理化学（上）p18（東京化学同人、1981】

＊図1.4 の使い方は e）を見ること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1 気液平衡（2成分系気液平衡）

温度一定（T_1）における気液平衡時の液相と気相の組成（モル分率）を種々の圧力で測定し、それを図示したのが図1.5。

図1.5 は、平衡温度 T_1 が両成分物質の臨界温度より低い場合の例である。
（全組成で明確な液相が存在）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

気液平衡 その2

- 全圧 p_a において、点Aの液組成がモル分率x_1、それと平衡な気相が点Bで、その組成がモル分率 y_1 である。
- 曲線 p_2^s–A–p_1^s を液相線、曲線p_2^s–B–p_1^s を気相線とよぶ。
- p_1^s と p_2^s はそれぞれ純成分1と純成分2の温度 T_1 における飽和蒸気圧である。
- 圧力が高いときに液相、低いときに気相が出現。
  → 液相線は気相線よりも常に高圧側にある。

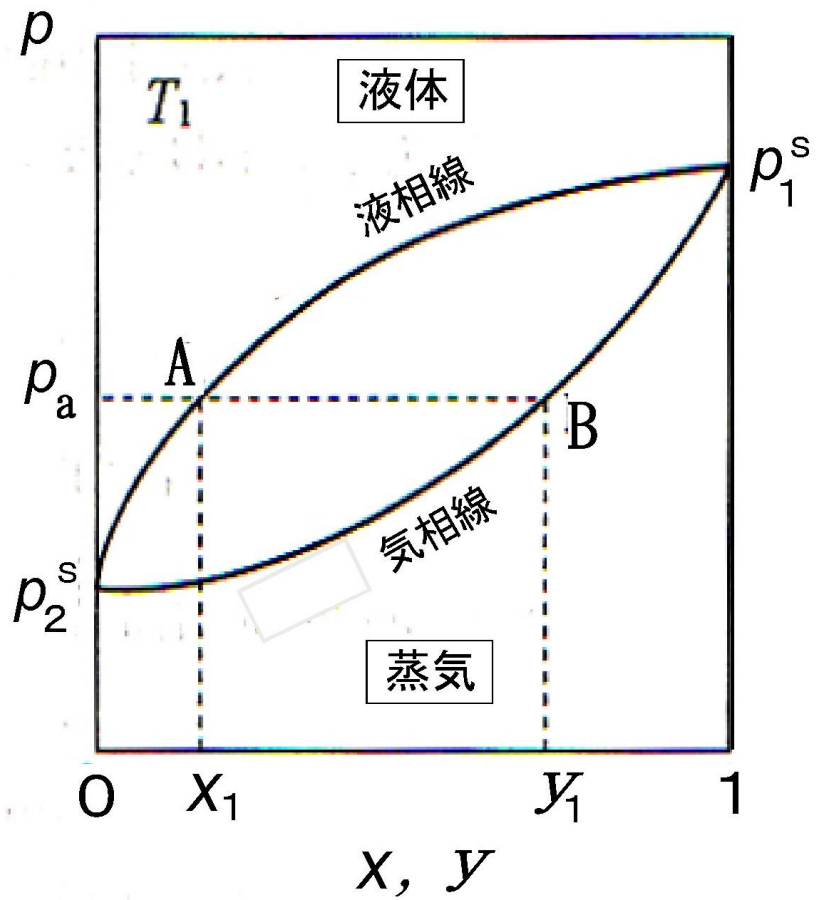


図 1.5 温度 T_1 における気液平衡

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

気液平衡 その3

- 組成 z_1 の気体を圧縮すると、圧力 p_Dで凝縮が始まり、さらに加圧をした圧力 p'ではいわゆる“てこの原理”により、気相および液相の物質量比は $n_V : n_L$ となる。
  さらに加圧を続け圧力が p_B に達すると、気相が消滅してすべてが液相となる。
- この挙動からも分かるように気相線と液相線で囲まれた領域は“気液2相領域”である。

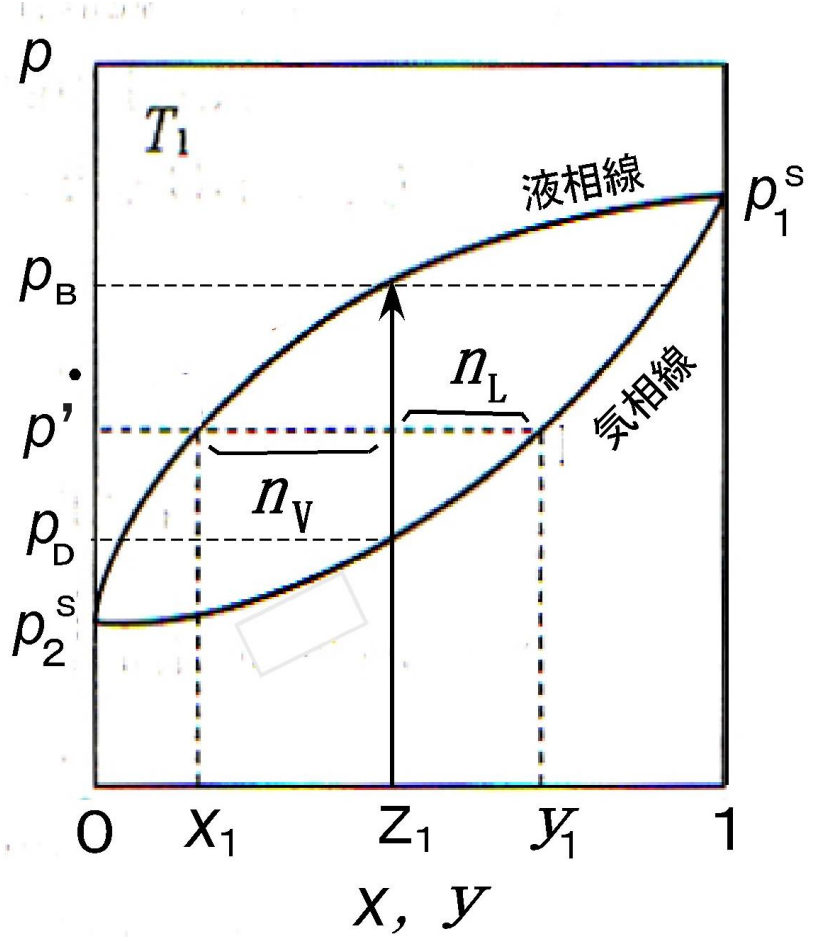


図 1.5

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

気液平衡 その4

理想溶液の場合、混合液中のある成分が示す蒸気圧は、同じ温度 T でのその成分単独の蒸気圧と、液相におけるモル分率の積に等しい。すなわち、次のラウールの法則が成り立つ。

$$p_i = x_i \cdot p_i^* \qquad (1.65)$$

p_i ： i 成分の分圧

p_i^*： 純 i 成分の温度 T における蒸気圧

x_i ： 液相における i 成分のモル分率

もし、この混合液が全圧 p の容器中にあり、気体が理想気体として扱える場合、
気相中のモル分率を y_i とすると

$$p_i = y_i\, p \qquad (1.25) \quad (1.65)\text{の一部}$$

が成り立つ。

（参考）理想溶液：溶液を構成する各成分が解離や会合を起こさず、また、成分間で化合や溶媒和を起こさないような液体。
溶媒和 ：溶媒分子と溶質分子の間に静電的作用によって弱い結合を生じ、その周囲に溶媒分子が配向する現象

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 気体の液体への溶解度ーヘンリーの法則

- 溶解度があまり大きくない気体の場合，気体成分が液相から蒸発する傾向の強さは濃度（モル分率）に比例し、一方、液体に溶け込む強さは気相の圧力（分圧）に比例するから，両方向の動きが釣り合った平衡時のモル分率 x_i と分圧 p_i の関係は次式で表される。

$$p_i = H_i \, x_i \qquad (1.66)$$

H_i はヘンリー定数と呼ばれる。

- 式（1.66）から、「希薄溶液が気相と平衡にあるとき、その濃度と溶質物質の分圧は比例関係にある」といえる。これを「ヘンリーの法則」という。

【例題1.7】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.7】

- 式（1.66）から液相中に溶解している酸素のモル分率 x_i は

  $x_i = 0.1013 / 4420 = 22.92\times10^{-6}$

- 次に、水1m^{3}の水は 997 kg で、この水溶液中の酸素のモル分率が 22.92×10^{-6} だから、酸素の溶解量を z [kg] とおくと

$$\text{酸素のモル分率} = \frac{\text{酸素の物質量}}{\text{水の物質量} + \text{酸素の物質量}} = \frac{z/(32\times10^{-3})}{997/(18\times10^{-3}) + z/(32\times10^{-3})} = 22.92\times10^{-6}$$

これより $z = 0.0406$ kg（=40.6 g）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 気体の溶解度は温度によって大きく異なる。
- 濃度を［kg/kg（溶液）］，［kg/m^3（溶液）］，［mol/m^3（溶液）］，
  モル分率 などで表わす場合は前頁の記述でよいが、溶ける気体の量を体積で
  表わす場合は注意が必要である。
  つまり、「気体の溶解度（体積）は、測定した圧力の下では常に一定である。」となる。

【参考情報】
要するに：圧力p_1と$2p_1$における場合を比較すると、圧力が2倍（$2p_1$）になると、
溶ける質量も2倍となる。したがって、同じp_1における値を計算すると、体積も2倍となる。
しかし、$2p_1$における値を計算すると、体積は1/2に圧縮されるから、
結局「圧力を変えても溶ける体積は変わらない」ことになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.3 蒸気圧・沸点

a）蒸発・凝縮

【閉じた容器の液体】

- ある温度に保たれた真空容器中に液体を入れた場合：
  液体が蒸発→ 平衡に達する。（蒸発速度＝凝縮速度）このときの状態を飽和，
  蒸気の圧力を（飽和）蒸気圧という。蒸気圧は温度とともに増加する。（表1.6 ）

- 空気とともに水が存在する場合：
  水蒸気は空気の影響を受けずに存在する。すなわち、このときの気相は水蒸気と
  空気 との混合気体であり、ドルトンの法則が成立し、水蒸気分圧がその温度における
  飽和 水蒸気圧に等しくなるまで蒸発が続く。

【例題1.8】

（これを加熱すると・・・）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考情報）

- 加熱する場合：

  温度とともに蒸気圧が上昇（表1.6）

  ⇓

  液体が膨張するため 液体の密度が減少

  ⇓

  蒸気密度＝残っている液体の密度

  ⇓

  2相間の表面が消滅。これが臨界　この温度以上を超臨界

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

【開いた容器の液体】

- 加熱→蒸気圧が上昇→蒸気圧＝外圧→液体内部まで全体にわたって蒸発できるようになる。
  これが沸騰で、このときの温度が沸点。
  （閉じた容器では液体を加熱しても沸騰は生じない。）
- つまり、沸点とは液体の飽和蒸気圧が液面上の全圧に等しくなる温度ということができる。
- **標準沸点**：標準大気圧（ 0.1013MPa ）における沸点

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題1.8】

- 水蒸気が凝縮しても空気の物質量は変化しないことに着目
- （別解） 題意より両温度における全圧、分圧は

	全圧（kPa）	水蒸気の分圧（kPa）	空気の分圧（kPa）
25℃	p_o	3.17	$p_o-3.17$
0℃	89.96	0.611	89.96−0.611

水蒸気および空気の物質量を求める
（1.23）式　$p_i=n_iRT/V_{mix}$　を用いて

- 0℃で：$(89.96-0.611)\times10^3\times10\times10^{-3}=n_{air}\times R\times273$　→ $n_{air}=0.394$ mol
- 25℃で：$3.17\times10^3\times10\times10^{-3}=n_{H2O}\times R\times298$　→ $n_{H2O}=0.0128$ mol

25℃の混合気体に対して
（1.24）式　$p=n_{mix}RT/V_{mix}$　を用いて

$p_o=(0.394+0.0128)\times R\times298/10\times10^{-3}=1.008\times10^5$（Pa）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）蒸発熱（気化熱）

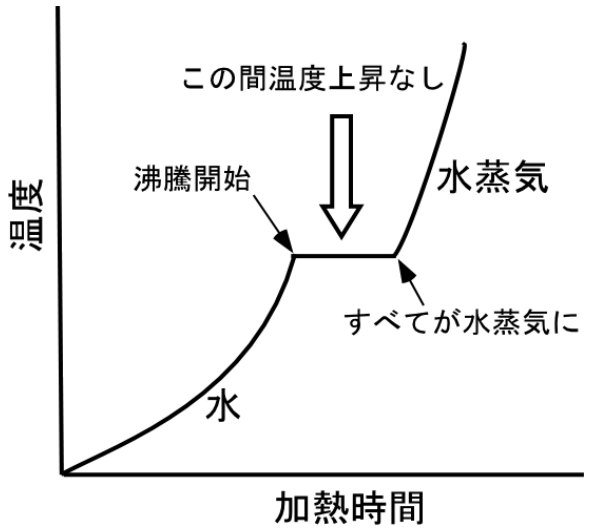
➢ 蒸発熱：

液体が気化すると体積が増大→外部に対して仕事をする→このためのエネルギーが必要

（液体中の分子間の相互作用を断ち切るためのエネルギー）

蒸発熱は液体が蒸発するときの温度によって異なる。

水を加熱する場合



（参考情報図）

沸騰が終了するまでは温度一定。
この間，外からの熱は相変化のみに使われる。

→ 潜熱

物質の温度上昇，すなわち分子の
運動エネルギーの増加に使われる熱量

→ 顕熱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 気体の熱力学

2.1 エネルギーの保存則

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.1 系と状態量

➢ 系

- 開いた系（流れ系）　：（物質、エネルギーとも出入り可）
- 閉じた系（非流れ系）：（エネルギーの出入りはあるが、物質の出入りなし）
- 孤立系　　：（物質、エネルギーとも出入りなし）

➢ 状態量

- 系の状態を定める物理量を状態量という。（p, V, T, n など）
- 系の状態が変化すると，状態量も当然変化するが、状態量は系の状態によって一義的に決められるので，系の状態が変化する経路には無関係に，系の終わりと始めの状態だけに関係する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 熱と仕事とエネルギー

- ランダムな運動をしている原子、分子などの粒子が持っている運動エネルギーの総和が熱である。
- 粒子の熱運動は温度が高いほど激しい。
- 熱はエネルギーの1つの形態で、これを熱エネルギーという。
  粒子が持っている熱エルギーの総量を熱量という。
- 熱と仕事は等価である。（ジュールの実験）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 熱と仕事とエネルギー（つづき）

仕事とエネルギー

- 力 F で水平にl　だけ移動する場合

W：仕事

$$W = F \cdot l$$

- 垂直に h だけ移動する場合

$$W = F \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

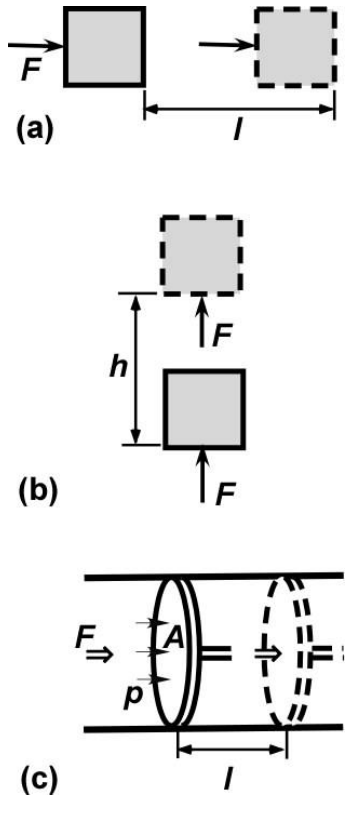
- 熱の出入りにより気体が膨張する場合

$$W = F \cdot l$$

$$F = p \cdot A \quad （A：シリンダの断面積）$$

$$\therefore W = p \cdot A \cdot l = p \cdot (A \cdot l) = p \cdot V$$

（参考情報）

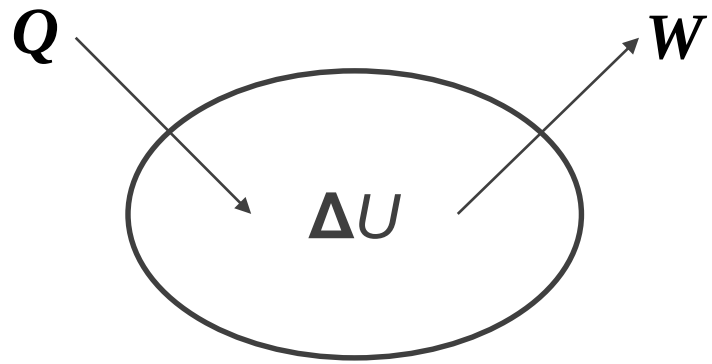


【乙 text 】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

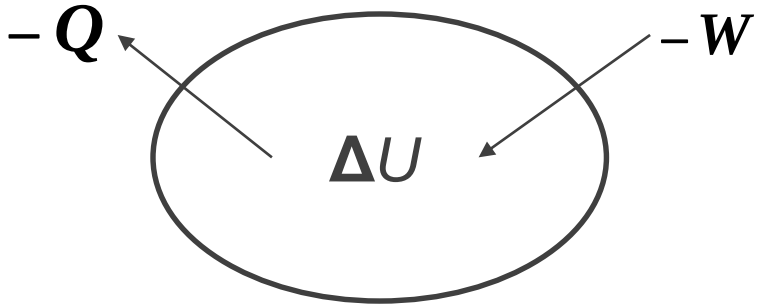
2.1.4 熱力学の第一法則

エネルギー保存則



$$Q = \Delta U + W \qquad (2.1a)$$

$$dQ = dU + dW \qquad (2.1b)$$



$$-Q = \Delta U - W$$

$$Q = \Delta U + W$$

Q	：熱量
ΔU	：内部エネルギー変化
W	：仕事

★ 熱、仕事の符号に注意（2.1.3 の脚注）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 熱力学の第一法則

エネルギー保存則（つづき）

$$\left.\begin{aligned} \boldsymbol{Q} &= \Delta \boldsymbol{U} + \boldsymbol{W} \\ \mathbf{d}\boldsymbol{Q} &= \mathbf{d}\boldsymbol{U} + \mathbf{d}\boldsymbol{W} \end{aligned}\right\} \quad (2.1)$$

式（2.1）における仕事について、もしこの系が閉じた系の場合、
可逆的に体積を変化させるに要した仕事といえる。すなわち

$$\mathbf{d}\boldsymbol{W} = \boldsymbol{p}\,\mathbf{d}\boldsymbol{V} \qquad (2.1.4\ 脚注)$$

これを、絶対仕事 という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

内部エネルギー

- 分子運動（運動エネルギー、振動エネルギー）
- 分子間相互作用（分子間の位置のエネルギー）などの総和（2.1.3 上3行）
- 内部エネルギーは状態量である。（2.1.3 上4行）

★理想気体では

- 分子間の相互作用のエネルギー＝0 （分子間力）
- 分子の運動エネルギーがそのまま温度に対応する。

∴「内部エネルギーは温度にのみ依存する。」（温度一定ならば $\Delta U = 0$ ）

（このことは、理想気体の定義の一つでもある。（参考情報）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 エンタルピー

★ 式（2.7）の上の記述から、閉じた系の定圧変化では

$$W = p\,(V_2 - V_1) = p \cdot \Delta V$$

（p =const.）

したがって、熱力学第１法則は

$$\begin{aligned} Q &= \Delta U + W && (2.1a) \\ &= \Delta U + p \cdot \Delta V && (2.7) \\ &= (U_2 - U_1) + p(V_2 - V_1) \\ &= (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1) \end{aligned}$$

すなわち、状態１→２ の変化の間に吸収される熱量 Qは、
最初の状態と最後の状態だけに関係する量といえる。
そこで、（$U + pV$）をひとまとめにし、１つの量として扱うと便利。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 エンタルピー

★（$U + pV$）をまとめて、一つの量 H で表すと

$H = U + pV$　（2.4）　H：エンタルピー（状態量）

$$\therefore\ \Delta H = \Delta(U + pV) = \Delta U + \Delta(pV)$$

★ p = const. の場合

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV)$$

$$= \Delta U + p\,\Delta V$$

2.1.3 脚注などから $p\Delta V = W$ だから上式の右辺は

$$\Delta U + p\Delta V = \Delta U + W$$

となり、式（2.1 a）から、これは Q に等しい。よって、

$$Q = \Delta H = \Delta U + p\,\Delta V$$　（2.1），（2.1.6 脚注＊2）

（定圧、閉じた系、）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開いた系（流通系）における熱力学第一法則

（参考情報）

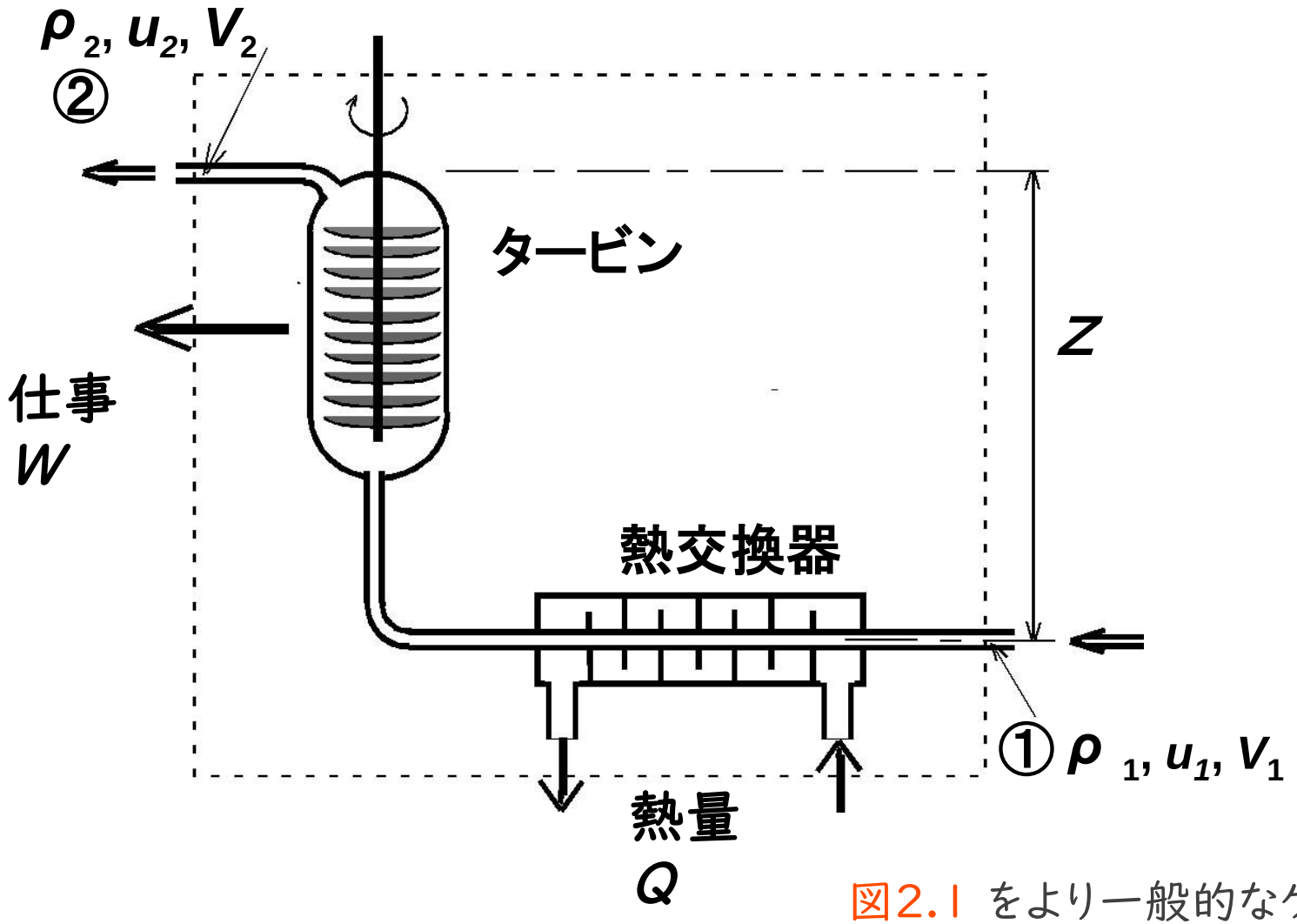


図2.1 をより一般的なケースに拡張した図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開いた系のエネルギー保存則

（参考情報）

単位時間、単位量の系内のエネルギー変化は、周囲から入った熱量Ｑと、
周囲へなした仕事Ｗから

$$\Delta U + g \cdot \Delta Z + \Delta \frac{u^2}{2} = Q - W \qquad ①$$

ここで、仕事 Ｗは工業仕事 Ｗt と流動仕事とからなる。

流動仕事：（気体を系内に押し込んだり、系から押し出したりするための仕事）

流動仕事＝（断面にかかる力）×（体積 Ｖの流体が系に出入りするための移動距離）

$$= (p \cdot A) \times (V / A) = p \cdot V$$

（V：単位量の占める体積、A：流路の断面積）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開いた系のエネルギー保存則

（参考情報）

したがって　$$W = W_t + (p_2V_2 - p_1V_1) = W_t + \Delta(pV)$$

これを用いると①式は

$$\Delta U + \Delta(pV) + g \cdot \Delta Z + \Delta\frac{u^2}{2} = Q - W_t \qquad ②$$

ここで、$H=U+pV$, すなわち　$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV)$　を使うと

$$\Delta H + g \cdot \Delta Z + \Delta\frac{u^2}{2} = Q - W_t \qquad ③$$

これが開いた系における熱力学第Ⅰ法則の数学的表現

★ 開いた系においては U よりも H の方が重要。

★ p 一定で閉じた系では $Wt = 0$ だから 式（2.3）や 式（2.5）から $Q = \Delta H$（式（2.6））となる。

★ ②式、③式で位置のエネルギー、運動エネルギーの項が 0 の場合 text 式（2.3），（2.5）となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.6 定圧モル熱容量と定容モル熱容量

- 1mol の気体の温度を 1K 上げるのに必要な熱量をモル熱容量といい、
  C_m [J/(mol·K)] で表す。
- 気体では圧力一定の場合と体積一定の場合で、必要な熱量が異なる。(1.1.2 参照)
  - 圧力一定 ：定圧モル熱容量　$C_{m,p}$
  - 体積一定 ：定容モル熱容量　$C_{m,V}$
- 2つのモル熱容量の間には

  $$C_{m,p} - C_{m,V} = R \qquad (2.12)$$

  の関係が成り立つ。(マイヤーの関係)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

基本：熱力学の第一法則（エネルギー保存則）

$$\mathbf{d}Q = \mathbf{d}U + \mathbf{d}W = \mathbf{d}U + p\,\mathbf{d}V \quad (2.1\text{b})\ (2.7)$$

＊ 定容変化では：外部には仕事をしないので上式において

$\mathrm{d}W = p\,\mathrm{d}V = 0 \quad \therefore\ \mathrm{d}Q = \mathrm{d}U$

したがって 式（1.16） $\mathrm{d}Q = n\,C_{\mathrm{m}}\,\mathrm{d}T$ を参考に

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = nC_{\mathrm{m},V} \qquad (2.9)$$

$$\therefore\ \mathbf{d}U = nC_{\mathrm{m},V}\,\mathbf{d}T$$

理想気体では、内部エネルギー U は温度だけの関数であり、V、p に依存せず、上の枠内の関係が常に成立する。（2.1.6）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

基本：熱力学の第一法則（エネルギー保存則）

＊ 定圧変化では：

$$H = U + pV \quad \Rightarrow \quad \mathrm{d}H = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V + V\,\mathrm{d}p$$ （p39 脚注 ）

$\mathrm{d}p = 0$ だから $\mathrm{d}H = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V$ ①

式（2.7）から $\mathrm{d}Q = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V$ ②

①、②式から、$\mathrm{d}Q = \mathrm{d}H$ ，よって定義（例えば 式（1.16））から

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p + p\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = nC_{\mathrm{m},p} \quad \cdots \quad (2.10)$$

$$\therefore \quad \mathrm{d}H = nC_{\mathrm{m},p}\,\mathrm{d}T$$

理想気体ではエンタルピーは温度だけの関数であるので、上の枠内の関係が常に成立する。（2.1.6）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

基本：熱力学の第一法則（エネルギー保存則）

＊ 式（2.10）からマイヤーの関係を導くことができる。

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p + p\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = nC_{\mathrm{m},p} \quad (2.10)$$

U は温度だけの関数で、
圧力には関係なく、

$$\mathrm{d}U = nC_{\mathrm{m},V}\,\mathrm{d}T$$

の関係が常に成立するので、
この項は $n\,C\mathrm{m},V$ となる。

理想気体では $p\,V = n\,R\,T$
が成立するので、この項は
$n\,R$ となる。

したがって、式（2.12）のマイヤーの関係が得られる。

$$C_{\mathrm{m},V} + R = C_{\mathrm{m},p} \quad (2.12)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

理想気体では

（参考情報）

- 内部エネルギーは温度によってのみ決まり、体積や圧力には依存しない。

つまり $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T = 0$

- 同様にエンタルピーについても、

$H = U + pV = U + RT$ だから

$\left(\frac{\partial H}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0$ $\because RT=const.$

$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_T = 0$

となる。つまりエンタルピーは温度だけの関数である

∴ 温度一定のとき $\Delta U=0$, $\Delta H=0$ である。(2.1.6)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 熱力学の第二法則

- 種々の言い方（2.2.2）
- 機械的仕事が摩擦によって熱に容易に変わるのに対し、熱を機械的仕事に変える場合には、熱エネルギーのすべてではなく、その一部だけが機械的仕事に変わるにすぎない。

つまり、

- 「自然界に何も変化を残さないで、ある熱源の熱を連続して機械的仕事に変える熱機関」、すなわち第二種の永久機関は存在しない。
（「連続（サイクル）」でなければ可能： 例; 等温変化 式（2.52） ･･･
熱源からの熱量 Q が完全に仕事 W に変わる。）
- 「エネルギーを費やすことなく連続して仕事をする熱機関」を第一種の永久機関といい、熱力学の第一法則からこれは存在しない。
（ サイクルの1周期では $\Delta U = 0$、また燃料を用いないで仕事を取り出すためには $Q = 0$ であるから、
第一法則 式（2.1a）より、$W = 0$ となる。）

熱力学の第一法則 ： 第一種永久機関
熱力学の第二法則 ： 第二種永久機関
} の存在を否定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 エントロピー

- 熱力学の第二法則の数学的表現のためエントロピー（entropy）S が用いられる。

$$\mathrm{d}S = \frac{\mathrm{d}Q}{T} \quad (2.15)$$

- 孤立系（物質、エネルギー両方の出入りがない系）では

可逆変化 ： $\Delta S = 0$

不可逆変化： $\Delta S > 0$

} ①

- 孤立系において自然に起こる変化の方向はエントロピー S が増す方向で、
S が極大に達したときにそれ以上は増加できず系は平衡になる。

（2.3 最後の段落、式（2.25）式の上の段落）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 自由エネルギーと化学ポテンシャル

2.4.1 熱力学の第三法則

ネルンスト（Nernst）の熱定理：

「純粋な完全結晶体のエントロピーは絶対零度において零である。」

↓

任意の状態におけるエントロピーの絶対値を求めることができる。

- $C_{m,p}$ = const. の場合

$$S_m(T) = \int_0^T \frac{C_{m,p}}{T} dT + \sum \frac{\lambda_x}{T_x}$$

λ_x：融解、蒸発などの相変化に伴う熱量（潜熱）

- $C_{m,p}$ が固相（S）、液相（L）、気相（V）の各相で異なる場合

$$S_m = \int C_{m,p,S}\, d\ln T + \frac{\lambda_f}{T_f} + \int C_{m,p,L}\, d\ln T + \frac{\lambda_{Vap}}{T_{Vap}} + \int C_{m,p,V}\, d\ln T \quad \cdots (2.16)$$

（ f：融解（fusion）、蒸発（vaporization） ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.2 自由エネルギーと化学平衡（自由エネルギー1）

自由エネルギー： 反応の進行方向や平衡などについて検討するための状態量

- $F=U-TS$ （F： ヘルムホルツエネルギー）（2.17） 定温、定容
- $G=H-TS$ （G： ギブズエネルギー） （2.18） 定温、定圧

自発的変化が起こる方向

- $\Delta H<0$ （高エネルギー状態→低エネルギー状態）
- $\Delta S>0$ （エントロピー増大の原理（2.2.3 最後の段落））

この両者を考慮した新しい状態量がGである。

温度一定、圧力一定では

$\Delta G=\Delta H-T\Delta S$（式（2.23）で $dT=0$）

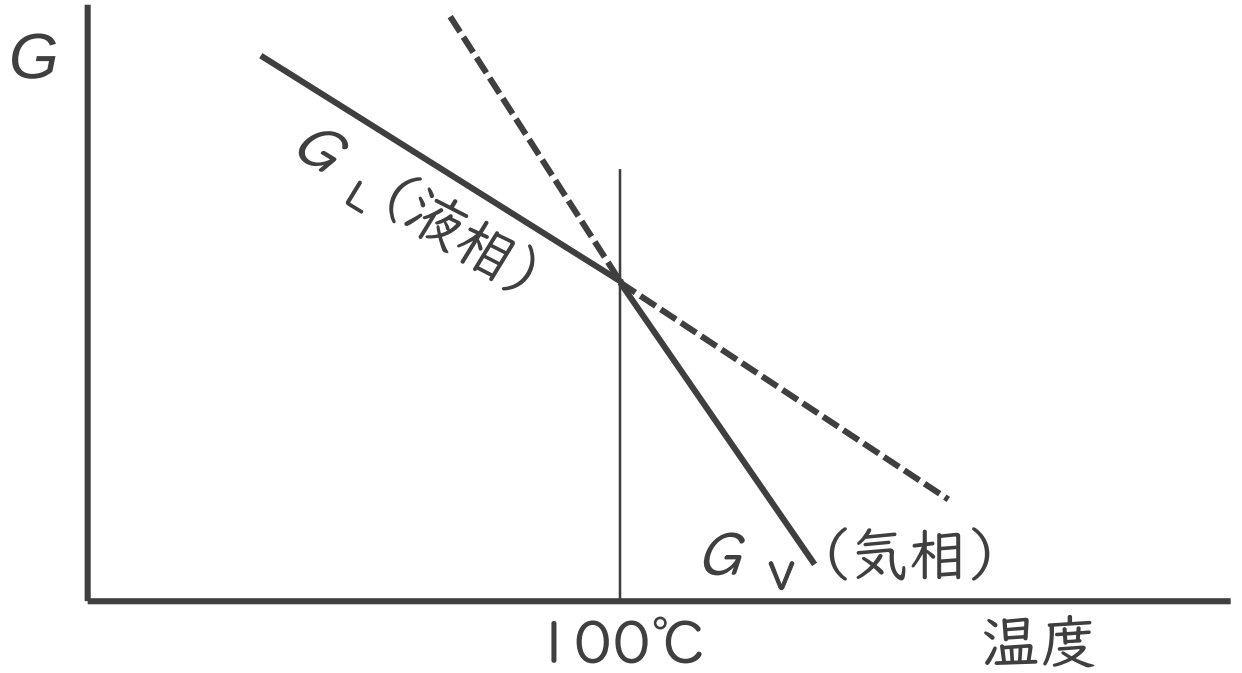
ΔHが負、ΔSが正の場合ΔGは負となる。
つまり、系はΔGが減少する方向に自然に変化し、$\Delta G=0$のとき平衡となる。
・・・・・式（2.29）、式（2.25）の下の記述

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

「自由エネルギーと平衡」の1例

（参考情報）

自然変化ではΔG <0、つまりG が小さい相（100℃以下では液相、100℃以上では気相）が安定である。
また、沸点では両相が平衡であるので $G_L = G_V$ つまりΔG =0 を満足している。



水の自由エネルギー（大気圧）

【 小島和夫：化学技術者のための 熱力学, p 80（培風館、昭和54年）より 】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.2 自由エネルギーと化学平衡（つづき）

$$G = H - TS \quad \therefore \ \mathrm{d}G = \mathrm{d}H - T\,\mathrm{d}S - S\,\mathrm{d}T \qquad (2.18)$$

$$H = U + pV \quad \therefore \ \mathrm{d}H = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V + V\,\mathrm{d}p \qquad (2.4)$$

式（2.7）、（2.15） $$\mathrm{d}U = T\,\mathrm{d}S - p\,\mathrm{d}V \qquad (2.19)$$

これら 3 式から

$$\mathrm{d}G = V\,\mathrm{d}p - S\,\mathrm{d}T \qquad (2.24)$$

- 式（2.24）から、ギブズエネルギーは、
  反応や状態変化に対する温度と圧力の影響を検討するのに便利。
- 定温、定圧（$\mathrm{d}p = 0$, $\mathrm{d}T = 0$）で $\mathrm{d}G = 0$ となる。
  すなわち、定温、定圧において平衡時に次式が成立する。

$$(\mathrm{d}G)_{p,T} = 0 \qquad (2.29)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 化学ポテンシャルとフガシティー

a）化学ポテンシャルと平衡

μの導入

開いた系におけるG

成分1,2,・・が系に入るとき、その物質量nの増分をdn_1、dn_2・・とする。
このとき系のギブスエネルギーはdn_iに比例して増加すると考えられる。
この比例定数をμ_iとすると

$$dG = -SdT + Vdp + \sum \mu_i \, dn_i \qquad (2.32)$$

M_iを物質 iの化学ポテンシャルという。この式から

$$\left(\frac{\partial G}{\partial n_1} \right)_{p,T,n_2,n_3,\cdots} = \mu_1 \qquad (2.31)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学ポテンシャル2

- 化学ポテンシャルは、多成分系において、ある成分の出し入れに対するギブズエネルギーの変化とも言える。　（開いた系を想定）
- 化学ポテンシャルはGが組成とともにどのように変化するかを示す。

純粋また組成一定の場合は(2.24)式を用いれば良いが、

一般に化学で扱う系は、反応によって組成が変化するので μ を用いる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学ポテンシャル3

★純粋な物質（1成分系）に対して

$$G = nG_{\mathrm{m}}$$

だから

$$\mu = \left(\frac{\partial nG_{\mathrm{m}}}{\partial n} \right)_{T,p} = G_{\mathrm{m}}$$

n：物質量

G_{m}：モルギブズエネルギー

となり、1成分系については、化学ポテンシャルはモルギブズエネルギーに等しい。
（式（2.42）の下の記述）

★2つまたはそれ以上の物質が系中に存在して異なる化学ポテンシャルをもつとき、
化学ポテンシャルを等しくしようとする変化を生じる。
→化学ポテンシャルを用いて、化学反応や化学平衡について考察することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学ポテンシャル4

(2.32)式を $cC + dD \rightarrow sS + rR$ (2.30)

の反応に適用すると、反応の前後で温度、圧力の変化がない場合

$$\Delta G = \underbrace{-c\mu_C - d\mu_D}_{\text{反応物}} + \underbrace{s\mu_S + r\mu_R}_{\text{生成物}} \qquad (2.33)$$

- すなわち、反応ギブズエネルギー ΔG は、生成物と反応物の化学ポテンシャルの差と解釈できる。
- 化学ポテンシャルは組成に依存するから(たとえば(2.31)式)、ΔG は反応の進行度とともに変化する。(μ は化学種がどの程度変化を起こしたがっているかを知る尺度とも言える。)
  一方、反応は G が減少する方向($\Delta G < 0$ の方向)に進むから((2.25)式の下の記述)、
  μ(反応物) $>$ μ(生成物)なら、「反応物→生成物」の反応が自発的に進む。
  $\Delta G = 0$ のとき、反応はどちらの方向にも進まず平衡となる。つまり、この条件が起こるのは
  μ(反応物) $=$ μ(生成物)のときである。この条件が成立するような組成を見つけることができれば、平衡にある反応混合物組成を求めることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 b）フガシティーと活量

（参考情報）

d G= Vd p− Sd T　　（2.24）

等温（d T=0）では　d G= Vd p　であり、理想気体では

$$\mathrm{d}G = V\,\mathrm{d}p = nRT\frac{dp}{p} = nRT\ d\ln p \qquad ①$$

両辺を n で 除したときの左辺はモルギブズエネルギーとなり、「純粋成分の化学ポテンシャルはモルギブズエネルギーに等しい」（式（2.36）の下）から、多成分中での成分 I のモル体積を $V_{m\,I}$ とすると $\mu_{\,I}$ に対して ① 式と同様の式（2.37）が得られる。

$$\mathrm{d}\mu_1 = V_{m,1}\,\mathrm{d}p = \left(\frac{RT}{p}\right)dp = RT\ d\ln\ p \qquad (2.37)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 b）フガシティーと活量

- 実在気体：前スライドで導いた理想気体の式　　（2.37）

$$\mathrm{d}\mu^{*} = RT\,\mathrm{d}\ln p$$

は成立しないが、これと同様の式で実在気体の μ が表せると好都合であるので、p を f で置き換えて、成分 I に対し

$$\mathrm{d}\mu_1 = RT\,\mathrm{d}\ln f_1 \qquad (2.36)$$

➢ フガシティー f （逃 散 能）

式（2.36）を等温下で積分すると

フガシティーの導入

$$\Delta\mu_1 = RT\cdot\ln\frac{f_1}{f^{\circ}} = RT\cdot\ln a_1 \qquad (2.39)$$

（f°：標準大気圧下でのフガシティーで 標準大気圧 p°に等しい）　（2.4.3 b）

$$a_1 = f_1 / f_1^{\circ} \quad (a:\text{活量}) \qquad (2.40)$$

$$f = \phi p \quad (\phi:\text{フガシティー係数}) \qquad (1.59)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 c）蒸気圧の温度依存性

「純粋成分の化学ポテンシャル＝モルギブスエネルギー」

だから、式（2.24）より ある任意の相 *i* において*dp*、*dT*の変化に伴う化学ポテンシャルの変化は

$$\mathrm{d}\mu i = \mathrm{d}G i = V_{\mathrm{m},i}\,\mathrm{d}p - S_{\mathrm{m},i}\,\mathrm{d}T \quad （2.43）（\ \mathrm{i}：任意の相\ ）$$

したがって例えば、液体　⇒ 気体の相転移（蒸発）では、液相Lと気相Vの両相が平衡にあり、平衡においては

$\mu_{\mathrm{L}} = \mu_{\mathrm{V}}$　すなわち　$\mathrm{d}\mu_{\mathrm{L}} = \mathrm{d}\mu_{\mathrm{V}}$　だから（2.43）式から

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}T} = \frac{S_{\mathrm{m,V}} - S_{\mathrm{m,L}}}{V_{\mathrm{m,V}} - V_{\mathrm{m,L}}} = \frac{\lambda_{\mathrm{V}}}{T\,\Delta V} \qquad （2.46）$$

λ_{V}：温度 *T* における蒸発熱

（2.46）式を クラウジウスークラペイロンの式 という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 c）蒸気圧の温度依存性（その2）

ここで、$\Delta V = V_{m,G} - V_{m,L} \approx V_{m,G} = RT/p$ を用いて（2.46）式を解くと

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = -\frac{\lambda_V}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \qquad (2.48)$$

すなわち、

- $\ln p$ と $1/T$ との関係は狭い温度範囲で直線となる。
- したがって、2つの温度における蒸気圧の値から蒸発熱 λ_V を求めることができる。また、【例題2.1】のように、一つの温度での蒸気圧と λ_V とから、他の温度での蒸気圧を知ることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 c）蒸気圧の温度依存性（その2）

（参考情報）

次に図1.3の相境界線の傾きに着目すると、

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}T}=\frac{(S_{\mathrm{m,V}}-S_{\mathrm{m,L}})}{(V_{\mathrm{m,V}}-V_{\mathrm{m,L}})}=\frac{\lambda_{\mathrm{V}}}{T\Delta V} \qquad (2.46)$$

★液体 ⇒ 気体の相転移（蒸発）

$\Delta V>0$ ⇒ 液体/気体の境界線の勾配は正。

★固体 ⇒ 液体の相転移（融解）

多くの物質で $\Delta V>0$ ⇒ 境界の傾きは正

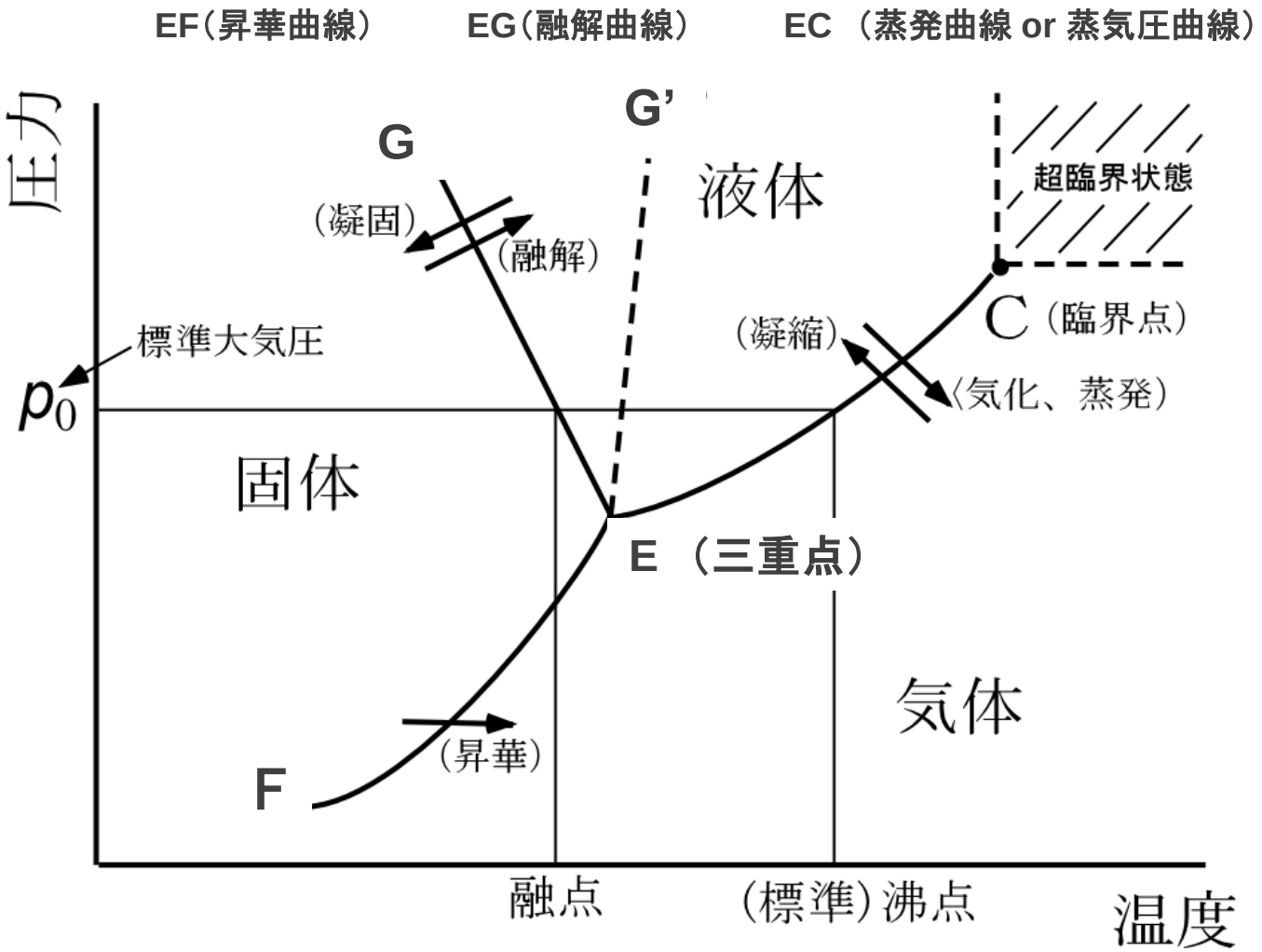
水では $\Delta V<0$ ⇒ 境界の傾きは負

（他には、Ge、Bi,Gaなど少数）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 c）蒸気圧の温度依存性（その2）

図1.3



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5 気体の状態変化

2.5.1 $p-V$線図と仕事

a）$p-V$線図

状態変化の過程における圧力、温度、体積などの状態量の間の関係を示したのが熱力学的線図で、特に縦軸に圧力 p、横軸に体積 Vをとって示したのが$p-V$線図。（図2.2）

b）仕事（状態①→②の変化）

★ 閉じた系

全仕事 W＝ 工業仕事 W_t＋ 流動仕事 $\Delta(pV)$ において流動仕事はないから $W = W_t$ となる。そして、仕事が体積変化のみの場合

$$W_{12}=\int_1^2 p\,dV \qquad (2.49)$$ （絶対仕事）

注）流動仕事についてはスライド「開いた系でのエネルギー保存則」（参考情報）に説明

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5 気体の状態変化

★ 開いた系

$$\mathrm{d}Q = \mathrm{d}H + \mathrm{d}W_{\mathrm{t}} \qquad (2.6)$$

第Ⅰ法則から $\mathrm{d}Q = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V$ (2.7) 熱力の第一基礎式

$$\mathrm{d}H = \mathrm{d}U + p\,\mathrm{d}V + V\,\mathrm{d}p \qquad (2.1.5脚注) or (2.4) 式の微分形$$

これら3つの式から

$$W_{\mathrm{t}} = -\int_1^2 V\,\mathrm{d}p \qquad (2.50)$$ 工業仕事

また、式(2.50)を式(2.6)に代入すると

$$\mathrm{d}Q = \mathrm{d}H - V\,\mathrm{d}p \qquad (2.8)$$ 熱力の第二基礎式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

絶対仕事と工業仕事

（参考情報）

絶対仕事

$$W_{12} = \int_1^2 p\,\mathrm{d}V$$

＝ 面積Ⅰ＋面積Ⅱ

工業仕事

$$W_t = -\int_1^2 V\,\mathrm{d}\,p \qquad (2.8)\ (2.50)$$

＝ 面積Ⅰ＋面積Ⅲ

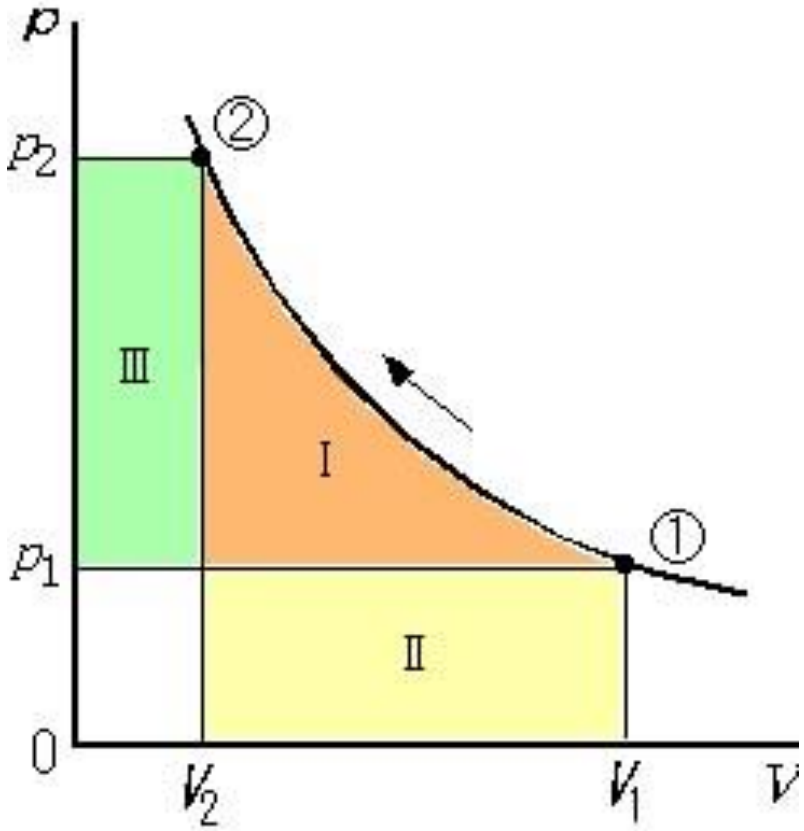


図 2.2

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5.2 理想気体の状態変化（閉じた系）

基本は第一法則

$$Q = \Delta U + W = \Delta U + p \cdot \Delta V \quad \cdots (2.1a)$$

a）等温変化

$$\Delta U = 0$$

$$Q = W \qquad (2.52), (2.53)$$

$$= \int p \, dV = nRT \ln (V_2 / V_1) = nRT \ln (p_1 / p_2)$$

加えられた熱量はすべて気体が外部になす仕事に使われる。

b）定圧変化

$$Q = \Delta U + p \cdot \Delta V$$

$$= \Delta H \qquad (2.1.6脚注)$$

$$= n \cdot C_{m,p} \cdot \Delta T \qquad (2.55)$$

加えられた熱量はエンタルピーの増加に使われる。

また、仕事 $W = p \cdot \Delta V = n \cdot R \cdot \Delta T$ (2.54)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5.2 理想気体の状態変化（閉じた系）

c）定容変化

$$W = p \cdot \Delta V = 0$$

$$Q = \Delta U$$

$$= n \cdot C_{m,V} \cdot \Delta T \qquad (2.56)$$

加えられた熱量は
内部エネルギーの増加に使われる。

d）可逆断熱変化

$$Q = 0$$

$$W = -\Delta U \qquad (2.57)\ 上行$$

可逆断熱圧縮：　気体になされた仕事は内部エネルギーの増加に使われる。
そのため温度が上昇する。 式（2.34）参照

可逆断熱膨張：　気体がなす仕事は内部エネルギーからまかなわれる。
そのため温度が降下する。 式（2.34）参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可逆断熱変化つづき その1

第1法則　$Q = \Delta U + p\Delta V$　においてQ＝0だから

$$\Delta U + p\Delta V = 0$$

これへ　$\Delta U = n \cdot C_{\mathrm{m},V} \cdot \Delta T$ ，　$p = \dfrac{nRT}{V}$　を代入

$$C_{\mathrm{m},V} \cdot \Delta T + RT\frac{\Delta V}{V} = 0$$

（参考情報）

$$\therefore \quad \frac{dT}{T} = -\frac{R}{C_{\mathrm{m},V}} \cdot \frac{dV}{V}$$

積分し，　$R = C_{\mathrm{m},p} - C_{\mathrm{m},V}$ ，　$\gamma = C_{\mathrm{m},p} / C_{\mathrm{m},V}$　を用いて整理すると（導出過程略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可逆断熱変化つづき その2

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

① （ 2.5.2 d）脚注2 ）

$$p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$$

を代入して整理すると（式（1.10） ）

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

②

②より： 断熱膨張 ⇒ 温度降下
断熱圧縮 ⇒ 温度上昇

①, ②を等置すると

$$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)=\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma}$$

③

【例題2.2】

つまり $p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma} = p V^{\gamma}$ ＝ 一定

④ (2.58) 上行

γ ： 比熱容量の比 （断熱指数 とも 2.5.2 d）脚注）

★ 式①②は式④と式（1.10）からも導くことができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可逆断熱変化つづき その3

仕事について，

$$W = p \cdot \Delta V = -\Delta U = -n \cdot C_{\mathrm{m},V} \cdot \Delta T \qquad ⑤$$

また，

$$C_{\mathrm{m},V} = \frac{R}{\gamma - 1} \qquad (1.21)$$

したがって ⑤式は（1.12），②式，④式などから

$$W = -n \cdot C_{\mathrm{m},V} \cdot \Delta T = -n \cdot \frac{R}{\gamma - 1} \cdot \Delta T = \frac{n R (T_1 - T_2)}{\gamma - 1}$$

$$= \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{\gamma - 1} = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1}\left\{1 - \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}\right\} = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1}\left\{1 - \frac{T_2}{T_1}\right\} \qquad (2.57)$$

$$= \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1}\left\{1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}\right\} = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1}\left\{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}\right\} \qquad (2.58)$$

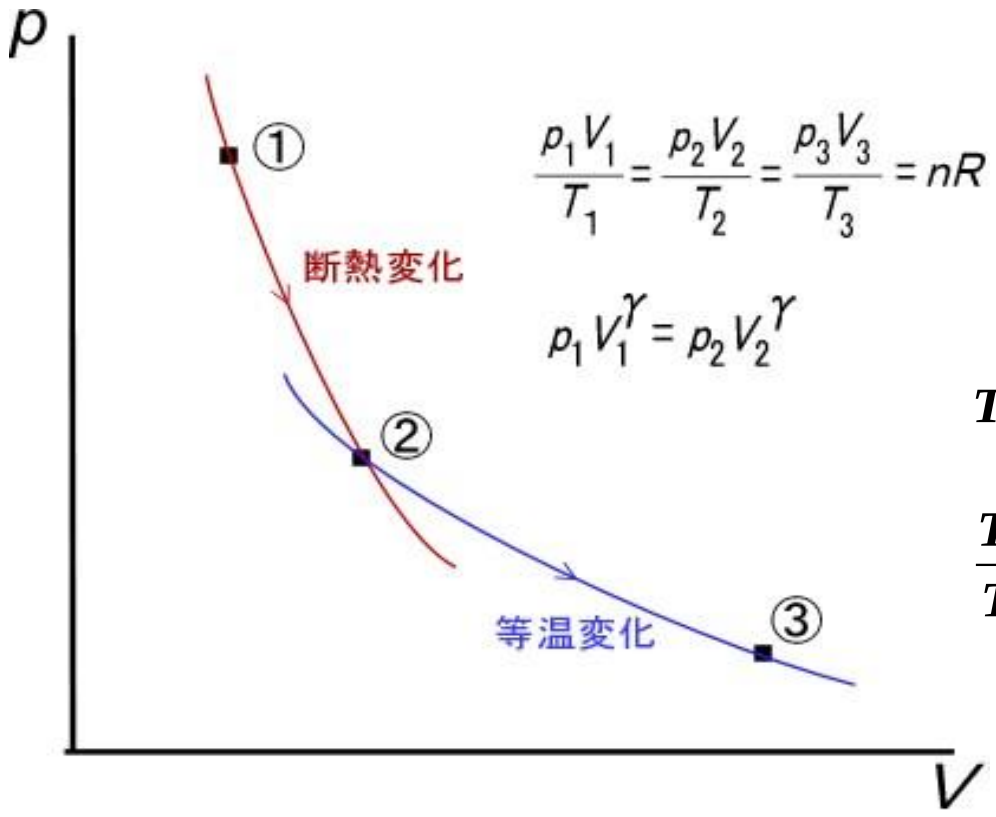
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題2.2】

- 変化の過程にかかわらず、①、②、③ の各状態において、ボイルーシャルルの法則（下図の（ｉ）式）が成立する。

- 状態変化図



$$\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}=\frac{p_3V_3}{T_3}=nR \qquad (i)$$

$$p_1V_1^{\gamma}=p_2V_2^{\gamma}$$

$$T_2=T_3$$

$$\frac{T_2}{T_1}=\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

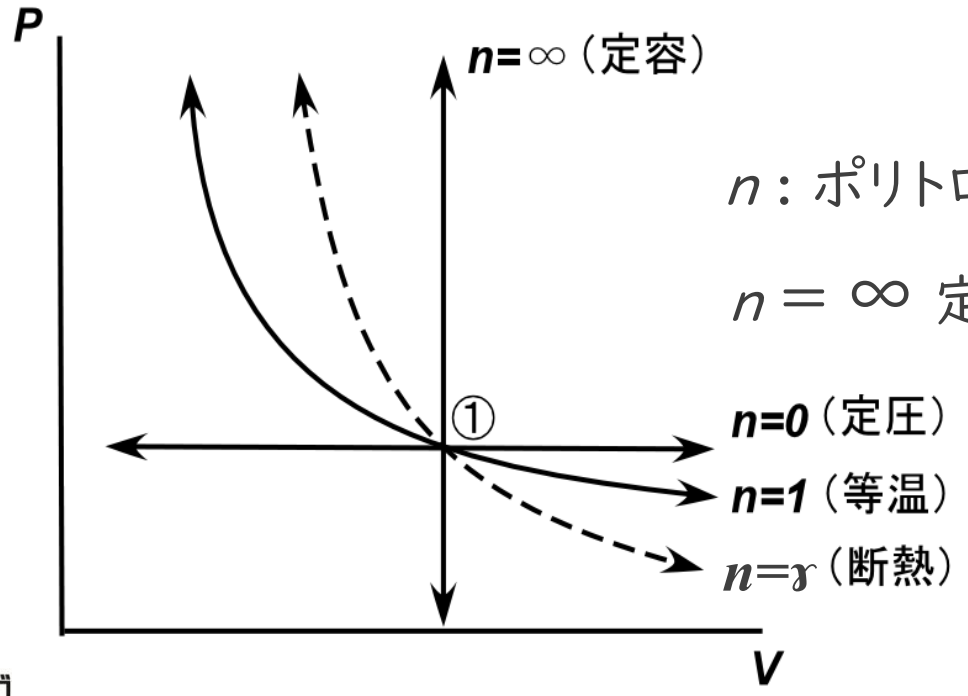
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

e）ポリトロープ変化

実際に気体が状態変化する場合は、完全な等温変化や断熱変化はなく、その中間的な変化となる。この中間的な変化を含めた一般的な状態変化をポリトロープ変化という。

図の状態①から状態②までのポリトロープ変化は次式で表される。

$$p_1 V_1^{\,n} = p_2 V_2^{\,n} = pV^n = \text{一定}$$



n：ポリトロープ指数

$n = \infty$ 定容変化（ $p^{1/n} V = const.$ ）

往復圧縮機で圧縮される場合は
$1 < n < \kappa$ となる。

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.6 カルノーサイクル（Carnot cycle）

サイクル後に最初の状態に戻るから、
内部エネルギーの変化はない。

したがって、第一法則からWは1サイクルの間に出入りする熱量差に等しい。

すなわち、

$$W = Q_2 - Q_1 \quad (2.52)\,(2.59)$$

理想気体の可逆サイクル
（すべての状態変化が可逆変化である。）

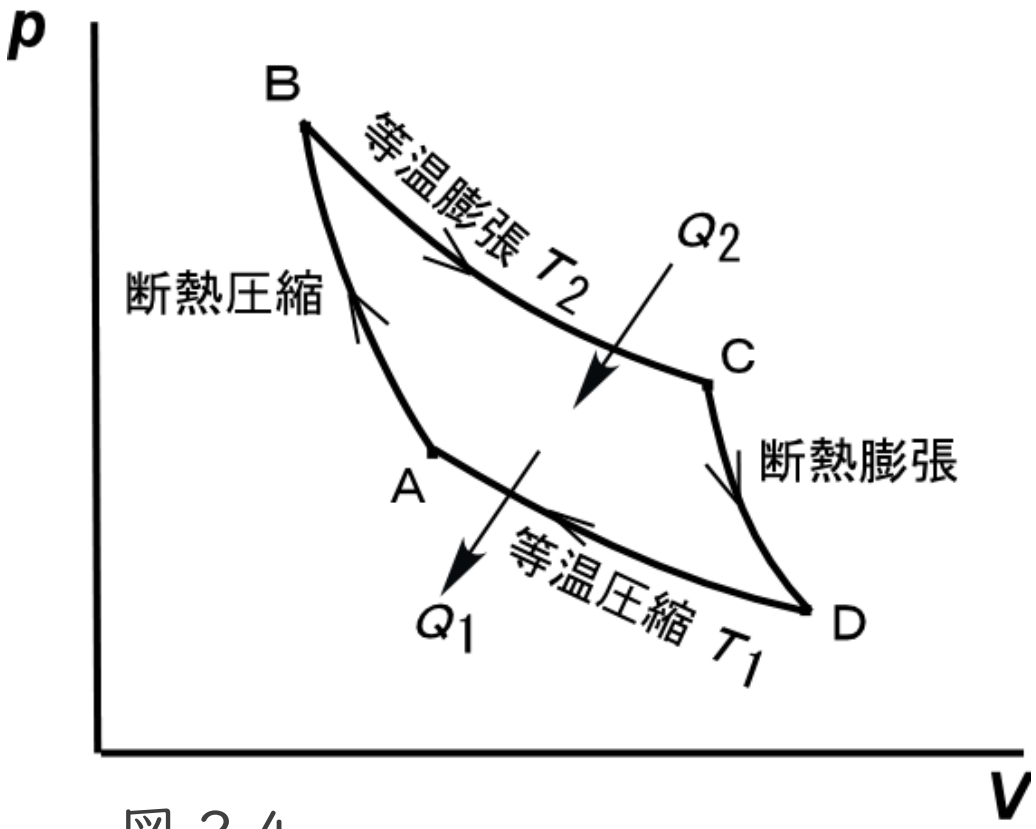


図 2.4

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

カルノーサイクルを簡単に説明する場合 その2

- （2.53）式から,等温過程では それぞれ

$$Q_1 = W_{DA} = nRT_1 \ln(p_A / p_D)$$
$$Q_2 = W_{BC} = nRT_2 \ln(p_B / p_C) \qquad (2.61)$$

ここで、p.48 の脚注により

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{p_D}{p_C} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma/(\gamma-1)} \quad \text{すなわち} \quad \frac{p_A}{p_D} = \frac{p_B}{p_C}$$

- カルノーサイクルの効率 η を考えると

効率 η ＝（仕事W）/（吸収熱量Q_2）

$$= \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{T_1 \ln(p_A / p_D)}{T_2 \ln(p_B / p_C)} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \qquad (2.62)\ (2.63)$$

＊ 可逆カルノーサイクルの効率は高熱源、低熱源の温度だけで決まる。

＊ 効率決定されれば T_2/T_1 が決定される。

→基準温度 T_1 を定めれば他方の温度 T_2 が決まる。このように定義された温度が熱力学温度。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.8 実在気体のフガシティー

2.8.1 純粋成分のフガシティー係数

a）フガシティー係数線図

フガシティーは式（2.36）で定義されるが、この式から直接フガシティーを計算するには、詳細な pVT データが必要であり容易ではない。

そこで、「純粋成分の化学ポテンシャルはモルギブスエネルギーと等しい」ことなどから図2.5が書け、この図を用いて $f/p=\Phi$ を求める。

Φ：フガシティー係数

（理想気体では $f=p$ だから $\Phi=1$ である。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.8.2 多成分系のフガシティーと化学平衡

$$c\mathrm{C} + d\mathrm{D} \rightarrow s\mathrm{S} + r\mathrm{R} \qquad (2.30)$$

の反応において、反応の前後で温度、圧力の変化がない場合

$$\Delta G = -c\mu_{\mathrm{C}} - d\mu_{\mathrm{D}} + s\mu_{\mathrm{S}} + r\mu_{\mathrm{R}} \qquad (2.33)$$

標準大気圧、反応温度下での反応ギブズエネルギー変化 ΔG°

$$\Delta G^{\circ} = -c\mu_{\mathrm{C}}{}^{\circ} - d\mu_{\mathrm{D}}{}^{\circ} + s\mu_{\mathrm{S}}{}^{\circ} + r\mu_{\mathrm{R}}{}^{\circ} \qquad (2.111)$$

(2.33)式から(2.111)式を引いて、次式(式(2.39))

$$\mu_1 - \mu_1^{\circ} = RT \ln a_1$$

を用いて整理すると

$$\Delta G - \Delta G^{\circ} = -cRT \ln a_{\mathrm{C}} - dRT \ln a_{\mathrm{D}} + sRT \ln a_{\mathrm{S}} + rRT \ln a_{\mathrm{R}} \qquad (2.113)$$

(肩の°は標準大気圧の状態であることを示す)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

前スライドで導いた式（2.113）

$$\Delta G - \Delta G^{\circ} = -cRT \rightleftarrows \ln \rightleftarrows a_C - dRT\ln a_D + sRT\ln a_S + rRTln a_R$$

において、平衡では　$\Delta G = 0$ だから

$$-\Delta G^{\circ} = RTln\frac{a_S^s \cdot a_R^r}{a_C^c \cdot a_D^d} = RTlnK \qquad (2.114)$$

ここで　$$K = \frac{a_S^s \cdot a_R^r}{a_C^c \cdot a_D^d} \qquad (2.115)$$

K：（ 活量で定義される）平衡定数

【例題2.5】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

$$K = \frac{a_S^s \cdot a_R^r}{a_C^c \cdot a_D^d}$$ に対して

$$\begin{cases} a_1 = \dfrac{f_1}{f_1^\circ} & (2.40) \\ f_1 = y_1 \cdot p \cdot \phi_1 & (2.110) \end{cases}$$

f	：フガシティー
a	：活量
Φ	：フガシティー係数
y	：モル分率

の関係を用いると

フガシティー表示の平衡定数K_f (2.118)
モル分率についての平衡定数 K_y (2.122)
フガシティー係数についての平衡定数 K_ϕ (2.123)

が定義できる。

圧平衡定数 $K_p = \dfrac{(p_S)^s \cdot (p_R)^r}{(p_C)^c \cdot (p_D)^d}$ (2.126)

平衡については「3. 気体の化学反応」で説明がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.8.3 反応のエンタルピー変化（ΔH ）と反応ギブズエネルギー（ΔG）の計算

ΔHについては3章で説明があるので、ここでは ΔGのみに着目。

- Gの絶対値を知ることはできない。しかし、反応の前後のギブズエネルギーの差分を知ることで、反応がどちらの方向に進むのかの見通しが立つようになる。
- そのために、標準状態圧力で一番安定な単体から物質 1mol を生成する反応の ΔGを利用する。25℃のときの値を標準生成ギブズエネルギー ΔG_f°とよび、巻末（付録 表1）に与えられている。
- 理想気体では、式（2.111）のμ°（標準化学ポテンシャル）は標準状態圧力におけるモルギブズエネルギーに等しいから、式（2.111）のμ°に ΔG_f°の値を代入すれば反応のギブズエネルギー変化 ΔG°を計算できる。
（ 2.8.3）（【例題 2.5】参照）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

前のスライドの最後の段落の例

（参考情報）

反応におけるギブズエネルギー変化は

ΔG°＝（生成物のΔG_f°の合計）－（反応物の ΔG_f°の合計）で算出できる。

たとえば　a A → b B　なる反応において

$$\Delta G^\circ = b\Delta G_f{}^\circ\text{（生成物）} - a\Delta G_f{}^\circ\text{（反応物）}$$

（もしΔG°が負のときは、標準状態で自然に反応が進行することになる。
正の場合は、加熱等外部から何らかの仕事を与えないと進行しない。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

例題 解法のポイント

【例題2.5】

1. 標準状態圧力 0.101325MPa, 温度300K におけるメタノール合成反応のギブズエネルギー変化 ΔG° を求めよ。

<解答> 理想気体の場合、μ はモルギブスエネルギーに等しい（式（2.111）の下）から、式（2.111）中の μ° に問題中の表に与えられている $\Delta G_{f,500}$ を代入。

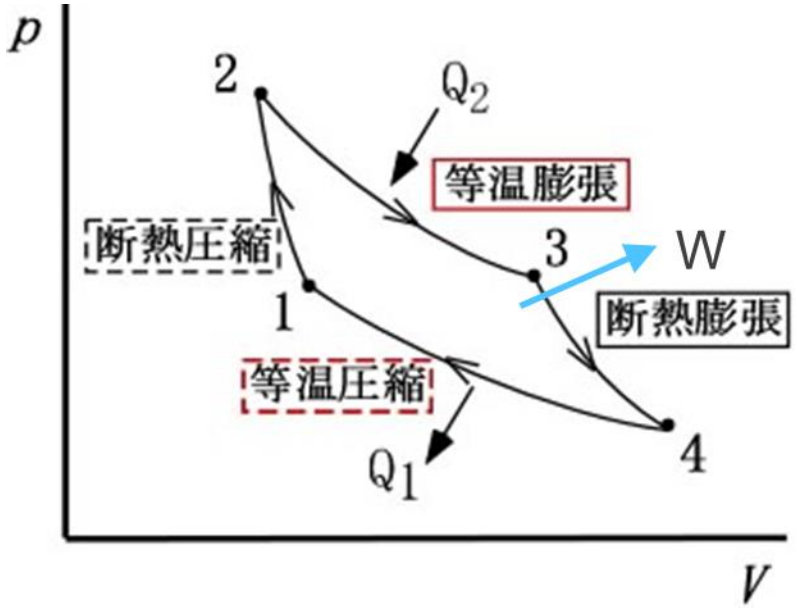
2. 反応温度500Kにおける 平衡定数 K を求めよ。

<解答> 式（2.114）、$-\Delta G^\circ = RT \ln K$ に数値を代入。

以下省略

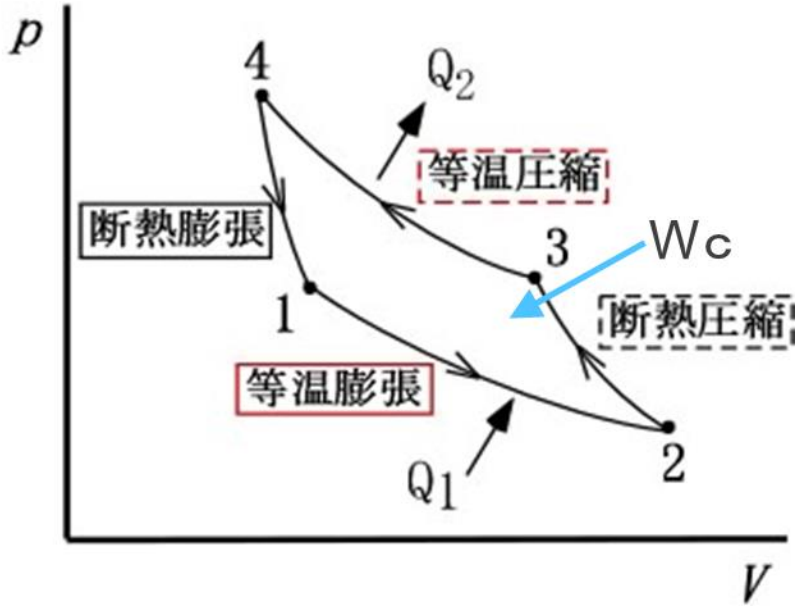
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.9.3 カルノー冷凍サイクル



カルノーサイクル

高温熱源から熱を受け取り、
その一部を仕事 *W* として取り出し
残りの熱を低温熱源に放出する
理想熱機関。(図2.4)



カルノー冷凍サイクル
(逆カルノーサイクル)

仕事 *Wc* を使って低温熱源の
熱を高温熱源にくみ上げる
理想冷凍機。(図2.9)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.9.3 カルノー冷凍サイクル

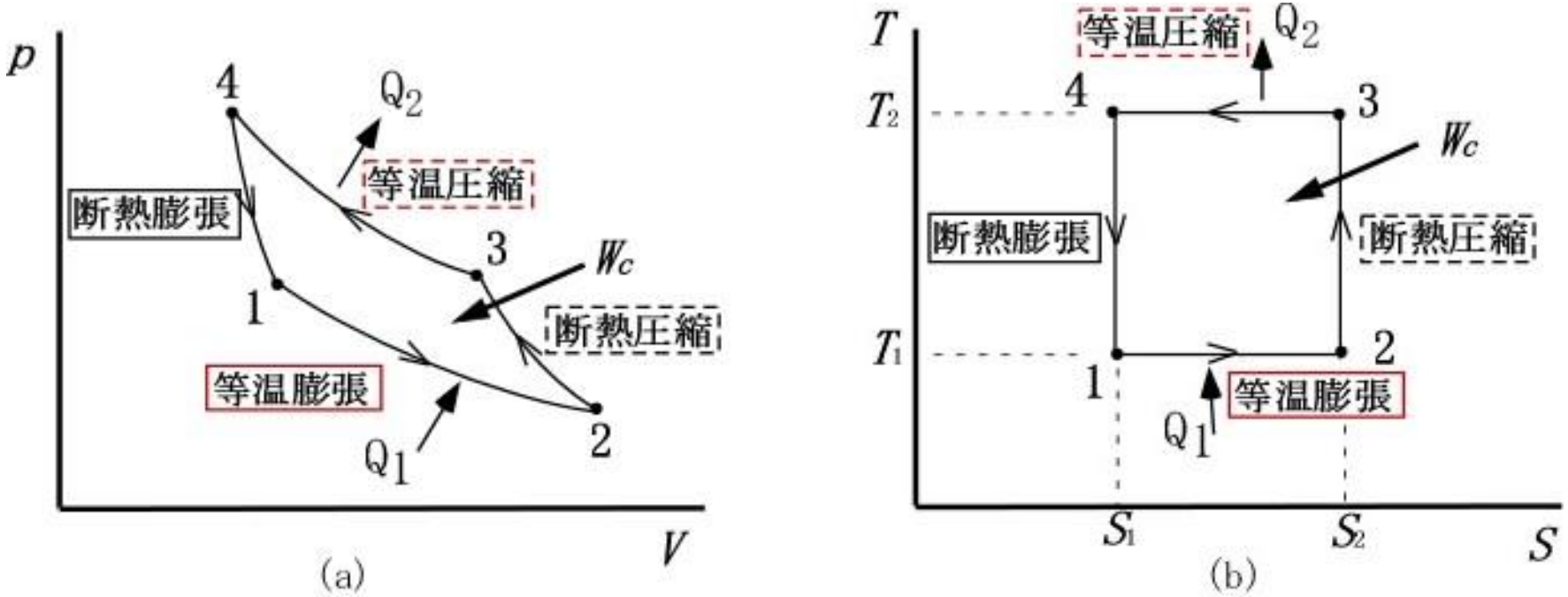


図2.9　逆カルノーサイクル

- 断熱過程では式（2.15）で dQ ＝ 0 からdS ＝ 0 となるので、T-S 線図が（b）図のようになる。
  ⇒ S3−S4=S2−S1
- サイクル変化ではΔU ＝ 0 であるから、第一法則より式（2.142）が得られる。
- これらから、冷凍機の成績係数（効率に相当）が式（2.144）のように求められる。（導入過程省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安協会　甲種化学・機械講習

11. 高圧設備〔pp.311-355〕
11.5～11.8

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11. 高圧設備

11.5 圧縮機とポンプ

作動原理、圧縮機の構造および特徴、ポンプの構造および特徴

11.6 流体の漏えい防止

流体の漏れ量、静的機器の漏えい防止、動的機器の漏えい防止

11.7 低温装置

冷凍機、ガス液化装置

11.8 計装

計装制御システム、検出部、調節部、操作部、伝送部、安全計装、計装の実例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機とポンプ

流体に機械的エネルギーを与え、その圧力を高めて移送する

作動原理

a）容積形

押しのけ室の容積減少 ⇒ 流体の昇圧・圧送

1） 1段理論圧縮のサイクル（正味の仕事）

断熱圧縮：$W(\mathrm{ABCD}) = \frac{r}{r-1}\frac{RT_1}{M}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{r-1}{r}} - 1\right]$ [J/kg]（11.6）

等温圧縮：$W(\mathrm{ABCD}) = \frac{RT_1}{M}\ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$ [J/kg]（11.7）

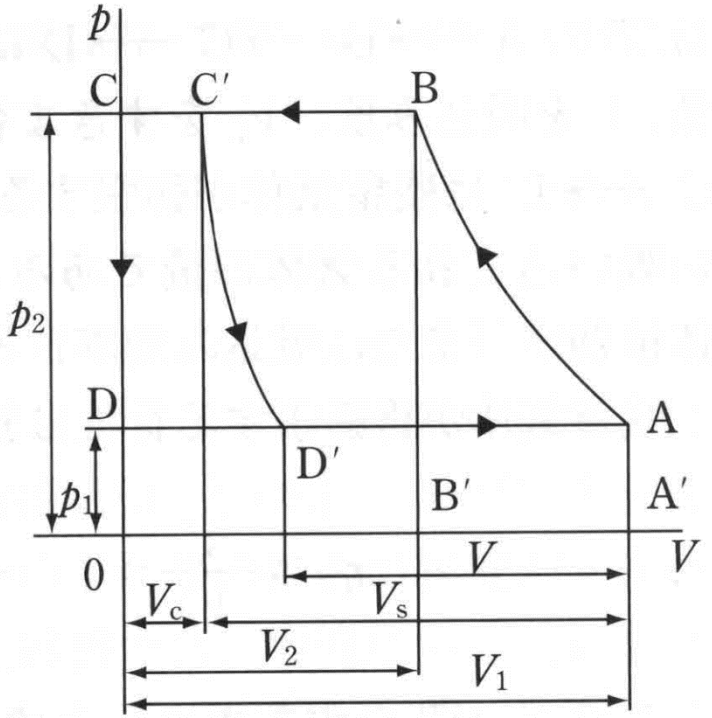


図11.75　1段圧縮理論サイクル

2） 実際のサイクル（D’A=V）

3） 動力

圧縮動力 $P = \frac{P_{th}}{\mu} = \frac{GW}{\mu}$ [W]（11.11）

W ：正味の仕事[J/kg]、P_{th}：理論圧縮動力[W]、 G ：質量流量[kg/s]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機とポンプ

4）多段圧縮機の理論（仕事が最小になる圧縮比）

2段圧縮の場合、

$$\pi = \frac{p_1}{p_0} = \frac{p_2}{p_1} = \sqrt{\frac{p_2}{p_0}} \quad (11.13)$$

Z 段圧縮の場合、

$$\pi_z = \sqrt[z]{\frac{p_e}{p_0}} \quad (\ p_e：\text{最終圧力}\ ) \quad (11.14)$$

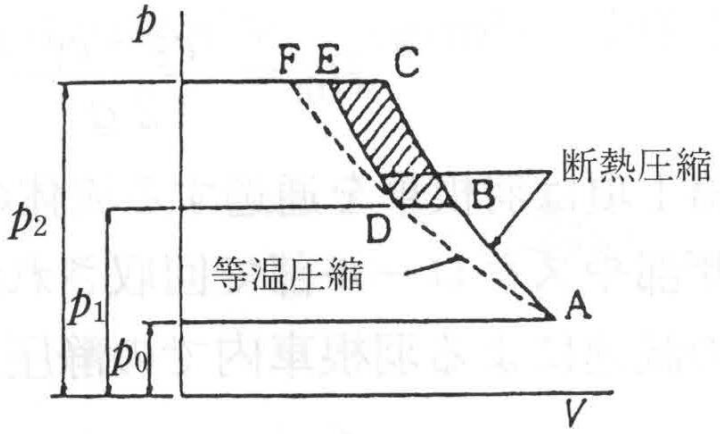


図11.77　2 段圧縮の理想的 p-V 線図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

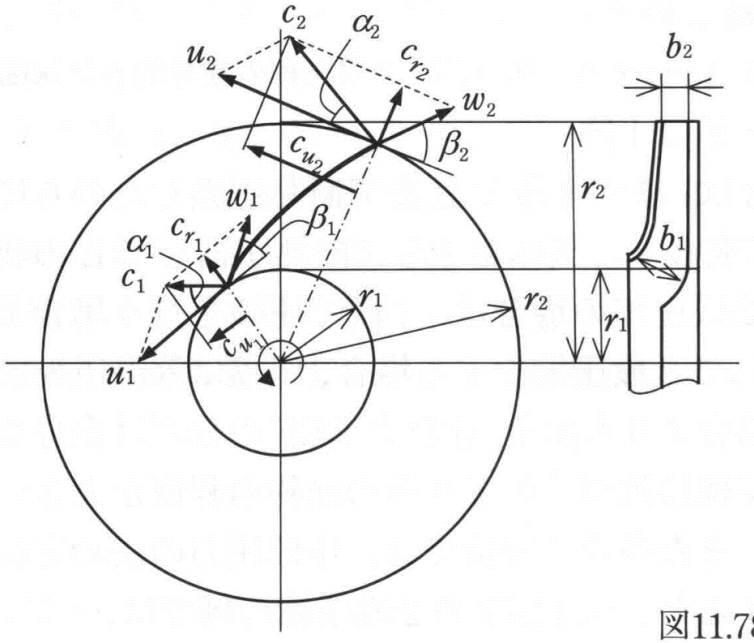
b）ターボ形

羽根車の回転運動エネルギー ⇒ 流体の速度･圧力の上昇 ⇒ 移送

1）オイラーの式

$$H_{th} = \frac{1}{g}\left(u_2 C_{u2} - u_1 C_{u_1}\right)[m] \quad (11.18)$$

H_{th}： 理論ヘッド



u ＝ 羽根車の円周速度	b_1 ＝ 羽根入口幅
G ＝ 羽根車内流量	b_2 ＝ 羽根出口幅
c ＝ 流れの絶対速度	α ＝ uとcのなす角
c_u ＝ 流れの円周方向速度	β ＝ uとwのなす角
c_r ＝ 流れの半径方向速度	ρ ＝ 流体の密度
w ＝ 流れの相対速度	r ＝ 羽根車半径
添字 1 ：羽根入口	添字 2 ：羽根出口

図11.78　羽根車の速度線図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機とポンプ

2）羽根車の特性（理論ヘッドと羽根車出口角の関係）

$$H_{th} = \frac{u_2^2}{g}\left(1 - \frac{g}{2\pi r_2 u_2 b_2 \tan\beta_2}\right)\ [m] \quad (11.22)$$

3）ヘッドと圧力上昇の関係

圧縮性流体：実際のヘッド $H = \frac{H_0}{\eta_0}\ [m]$ （11.24b） H_0：理論圧縮ヘッド　η_0：効率

H_{ad}：断熱ヘッド$[m]$

断熱圧縮の場合、$H_0 = H_{ad} = \frac{r}{r-1}\frac{RT_1}{Mg}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{r-1}{r}} - 1\right]\ [m]$ （11.25），効率$\eta_0 = \eta_{ad}$ （11.26）

H_{pol}：ポリトロープヘッド$[m]$、η_{pol}：ポリトロープ効率

ポリトロープ圧縮の場合、

$H_0 = H_{pol} = \frac{n}{n-1}\frac{RT_1}{Mg}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right]\ [m]$ （11.27），　効率$\eta_0 = \eta_{pol}$ （11.28）$\Rightarrow$ $H = \frac{H_{\mathrm{pol}}}{\eta_{\mathrm{pol}}}\ [m]$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機とポンプ

4）動力

ターボ形圧縮機：内部動力$P = gGH\ \ [w]$（11.31），軸動力$P_{sh} = P_m + P\ \ [w]$（11.32）

H: 実際のヘッド $[m]$ 、G：質量流用[kg/s]、 P_m：機械的な諸損失 $[w]$

5）比速度

ターボ形圧縮機 ：$N_S = N\frac{\sqrt{Q}}{H_{ad}^{3/4}}$ （11.33a）

N: 回転数[rpm]、 Q: 流量[m^3/min]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機の構造および特徴

a）ターボ形圧縮機

1）遠心圧縮機

一つのケーシングの段数

- 軸の危険回転数によって制約を受ける
- 段数が多い場合は数個のケーシングに分ける

（1）構造

羽根車（インペラ）、軸（シャフト）、静止流路 etc.

（2）性能

サージング現象とその防止

（3）容量調整

① バイパスコントロール

② 吐出し絞り

⑤ 速度制御

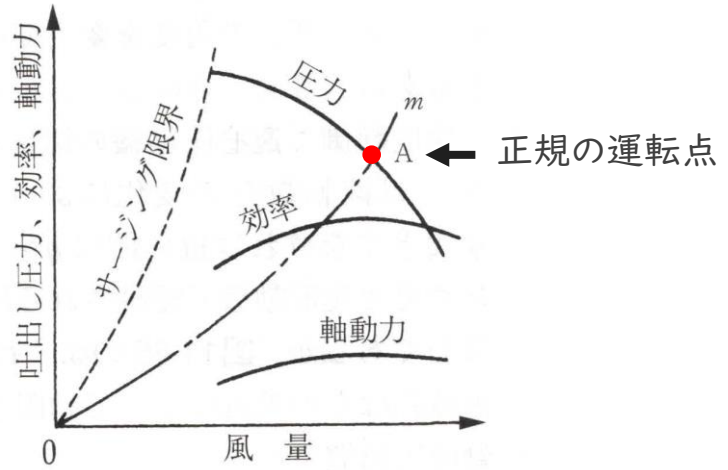


図 11.82-1　遠心圧縮機性能曲線

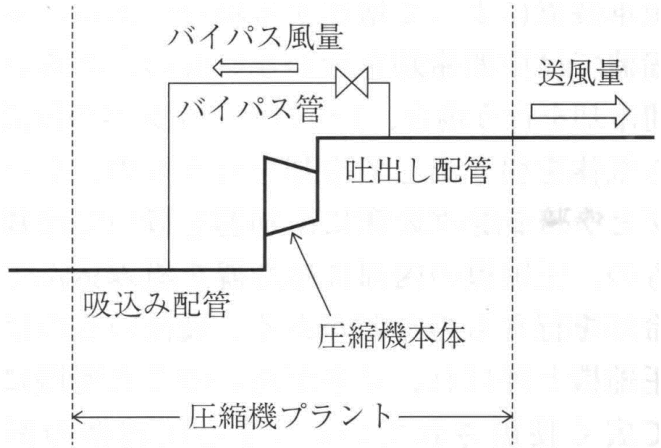


図 11.82-2　バイパスコントロール・フロー図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機の構造および特徴

b）容積形圧縮機

1）往復圧縮機

無給油圧縮機

② ラビリンスピストン式

（1）構造

② ピストンロッドパキン ③ 弁

（2）容量調整

③ 速度制御方式

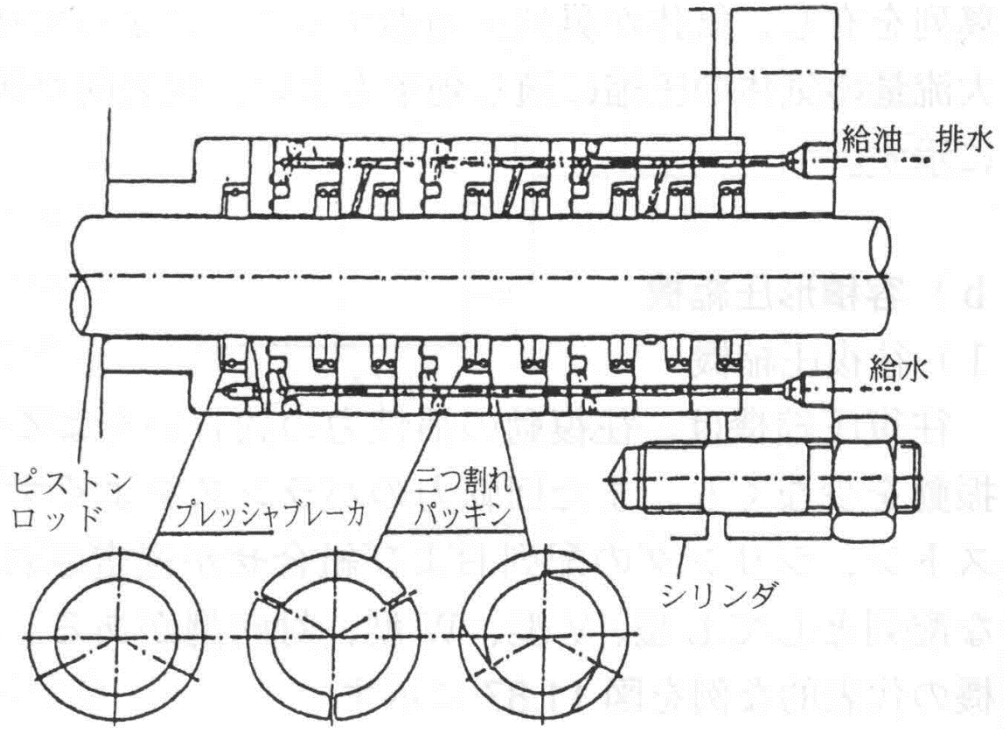


図11.88 セグメント型ロッドパッキン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮機の構造および特徴

c）運転管理

1）異常と処置

（1）ターボ形圧縮機
振動発生の原因

（2）容積形圧縮機
① 圧力の異常

表 11.7 振動発生の原因と処置

原因	振動の主周波数f	処置
回転体のアンバランス増大 • 製作時のアンバランス • 汚れの付着 • 腐食･摩耗の進行	$f = N$ （N:回転数）	• ロータの清掃手入れ • 部品の交換 • 再バランス修正
振動発生 • 軸受すき間の増大 • 油圧、油温、油量の変化	$f = N$: 危険速度接近 $f = {}^1/_2\,N$:オイルホワール $f = N_{el}$:オイルホイップ	• 軸受の手入れまたは交換 • 油圧、油温、油量の適性化
軸シール、油切との接触 • 変形 • 熱膨張 • 組立不良	f=N、$2N$、$3N$、${}^1/_2\,N$、0.3～0.5N、0.5N～N、N_{el}	• 部品の交換 • 接触要因の除去
心ずれ • 据付不良 • 基礎の変形	f=N、$2N$、$3N$	• 心出し修正 • 基礎補強
不安定運転 • サージング運転		サージング防止装置の設置 または再調整

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

表 11.8 各種ポンプの特徴

項目	遠心ポンプ	往復ポンプ	回転ポンプ
吐出し状況	安定している	脈動がある	安定している
スラリー液	特殊な対策により使用可	使用不可	使用不可
粘性液	効率低下が大きい	効率低下はほとんどない	効率低下が小さい
適用圧力	広い範囲に使用	広い範囲に使用	中圧まで使用可
適用容量	広い範囲に使用	大容量には適さない	大容量には適さない
配管抵抗の増大	流量が減少	流量はほとんど不変	流量はほとんど不変
配管抵抗の減少	流量が増大	流量はほとんど不変	流量はほとんど不変
流量調整	吐出し弁の開閉により可能	バイパスまたは回転数、 ストローク長さの変更により行う	バイパスまたは回転数変更により行う
圧力調整	圧力変更範囲が狭い	圧力変更範囲が大きい	圧力変更範囲が大きい
特徴	渦巻型、ディフューザ形、 小型から大型までいろいろある	しゅう動部分が多いので、補修費がかかる	小型軽量で価格が安い
主な用途	低揚程から高揚程まで適用範囲が広い 石油、石油化学プラント 一般産業用	高粘度、高揚程小容量の用途に適している 石油化学プラント 石油製油所	中揚程小容量の用途に適している 燃料ポンプ、水循環用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

3）各種ポンプの特徴

（2）全揚程

全揚程$h = h_a + h_{fd} + h_{fs} + h_o$ ［m］（11.34）

h_a ：実揚程
h_{fd} ：吐出し管系の摩擦損失水頭
h_{fs} ：吸込み管系の摩擦損失水頭
h_o ：$v_{do}^2/2g$：残留速度水頭
（v_{do}：吐出し管端の流出速度）

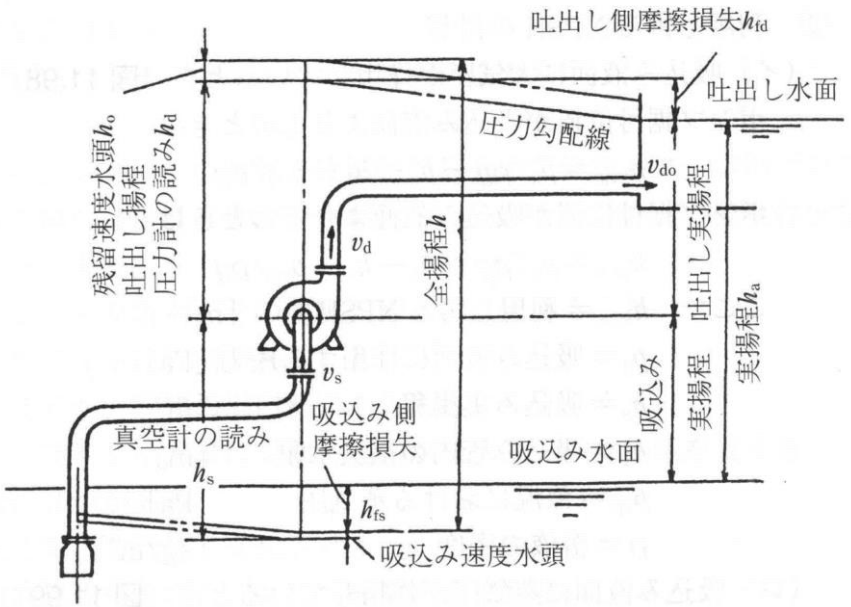


図11.97　ポンプの全揚程と実揚程

（3）動力

軸動力$P = \frac{P_o}{\eta_p} = \frac{qpgh}{\eta_p}$ ［W］（11.36）

P_o：理論動力［W］
η_p：ポンプ効率
q：吐出し量［m^3/s］
f：揚液の密度［kg/m^3］
h：全揚程［m］
g：重力加速度［m/g^2］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

（4）キャビテーション

② 利用し得るNPSHの計算

（イ）吸込み液面に大気圧が作用しているとき

- ポンプ据付位置が吸込み液面より上のとき、$h_{\mathrm{sv.a}} = P_{\mathrm{a}}/\rho g - h_{\mathrm{s}} - h_1 - p_{\mathrm{vp}}/\rho g\ [m]$（11.37）
- ポンプ据付位置が吸込み液面より下のとき、$h_{sv.a} = P_a/\rho g + h_s - h_1 - p_{vp}/\rho g\ [m]$（11.38）

$h_{sv.a}$ ：　　p_{vp}：

P_{a} ：　　？：

h_s ：

h_1 ：

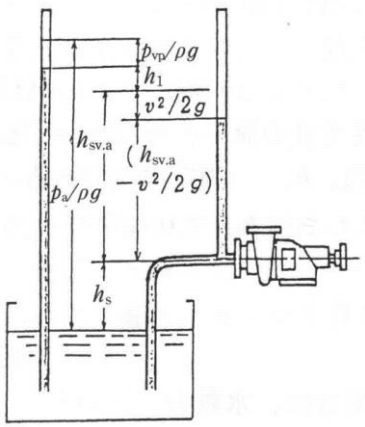


図11.98　吸水面に大気圧が作用している場合の NPSH

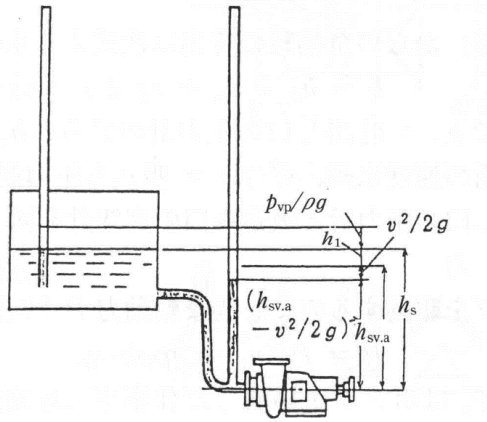


図11.99　密閉吸水槽に飽和蒸気圧力が作用している場合の NPSH

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

（ロ）吸込み液面に蒸気圧が作用しているとき、$h_{sv.a} = h_s - h_1$ ［m］（$p_a/\rho g = p_{vp}/\rho g$）

③ キャビテーションの発生防止

（ロ），（ニ），（ホ）

（5）サージング

サージング現象とその防止法

①，②，③

（6）水撃作用

水撃作用とその防止法

① ～ ⑧，③

$\frac{1}{2}\rho u^{-2} + p = Const.$ Eq.(7.24) p.169

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

(7) 並列・直列運転

① 並列運転

(イ) 同一特性のポンプの並列運転

(ロ) 特性の異なるポンプの並列運転（図11.101）

② 直列運転（図11.102）

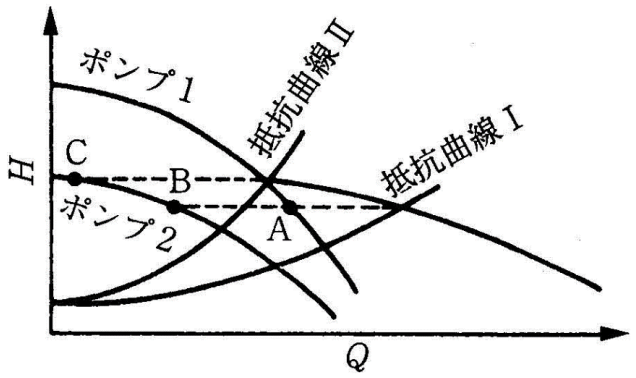


図11.101　特性の異なるポンプの並列運転

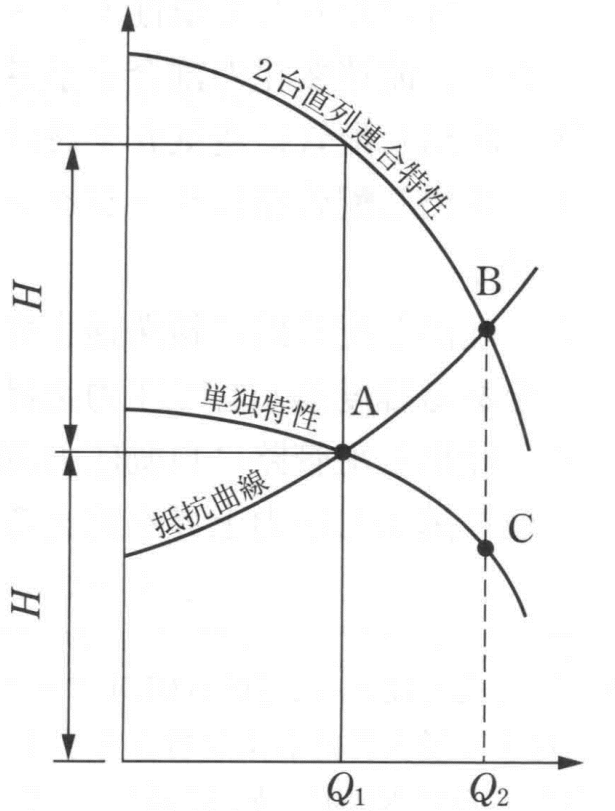


図11.102　同一特性のポンプの直列運転

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの構造および特徴

a）ターボ形ポンプ

運転および保守

（1）運転管理

③ 原動機の過負荷

吐出し量と軸動力の関係

遠心ポンプ vs. 軸流ポンプ

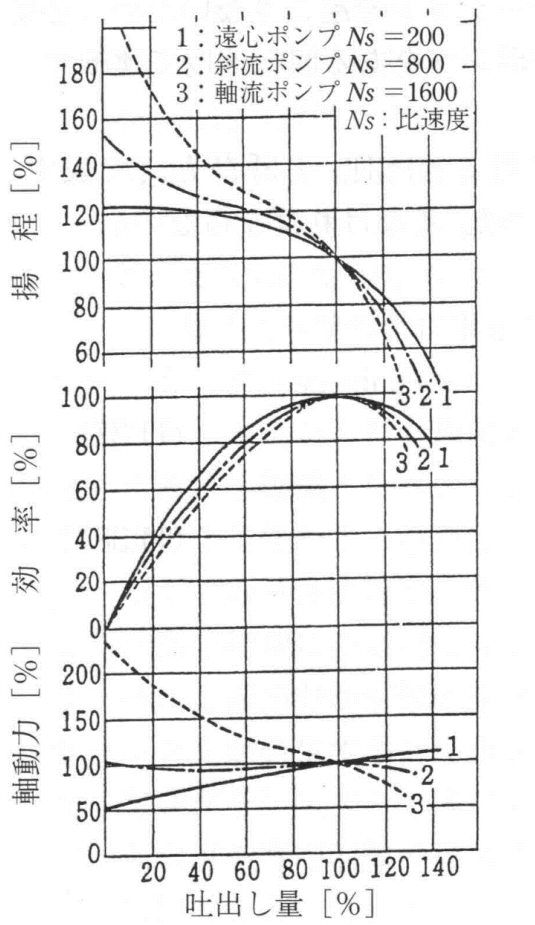


図11.96　ポンプの特性曲線

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

流体の漏えい防止

流体の漏れ量

ガスケット（静止面シール）　：機器の静止部分（フランジなど）からの漏えい防止
パッキン（運動面シール）　：機器の運動部分（往復・回転）からの漏えい防止

a）ガスケット設計締付け応力とガスケット係数

- ガスケット設計締付け応力
  ガスケット締め付け力/ガスケットの有効面積
- ガスケット係数
  m ＝ 最小必要残留圧縮応力/内圧（JIS参照）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

流体の漏えい防止

流体の漏れ量

b）漏れ量

1）ピンホールなどから漏えいする場合：$q = \bar{u} \cdot A = \frac{\pi}{128} \cdot \frac{\Delta p\, D^4}{\mu L}$（11.43）

q[ ]：　　$\bar{u}$[ ]：

A[ ]：　　μ[ ]：

Δp[ ]：　　L[ ]：

D[ ]：

2）破断口から漏えいする場合：$q = CA\sqrt{2gh}\,[m^3/s]$（11.44）

C[ ]：

A[ ]：

g[ ]：

h[ ]：

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

静的機器の漏えい防止（フランジガスケット）

ガスケットの漏れ止め性能

フランジ表面粗さ、締付け圧力、ガスケットの種類に依存する

a）塔・槽

ジョイントシート（低圧）、メタルジャケット（MJ）（中圧）、
渦巻型ガスケット（SW）/金属リングガスケット（MR）（高温高圧）
自己緊密式（大口径端部、超高圧装置）

b）熱交換器

ジョイントシート/メタルジャケット（MJ）、
金属リングガスケット（MR）（ノズル、シェルカバー）

c） 配管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

静的機器の漏えい防止（フランジガスケット）

d）バルブ

弁座漏れ（シートの中漏れ）のチェック：JIS B 2003

e）ボルトの締付け管理

- 締め付け方法（①、②トルク法、③、④、⑤伸び測定法）
- 金属リングガスケットとホットボルディング（高温配管）

11.9 弁座漏れ量の区分および許容量

試験流体	区分			
	レートA	レートB	レートC	レートD
水	漏れのないこと	0.01 mm^3/s×バルブの呼び径	0.03 mm^3/s×バルブの呼び径	0.1 mm^3/s×バルブの呼び径
空気	漏れのないこと	0.3 mm^3/s×バルブの呼び径	3mm^3/s × バルブの呼び径	30 mm^3/s × バルブの呼び径

注）1．バルブの呼び径は、A 呼びを使用する。

2．漏れの許容量は、大気に放出する場合とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

静的機器の漏えい防止（フランジガスケット）

表11.10 各機器のフランジ形式例、ガスケット例

機器	接合部 開放部	フランジの形式		ガスケット例	
		低圧	中・高圧	低圧	中・高圧
塔槽	マンホール	平面座	はめこみ形・溝形	シートガスケット	MJ、MR
	ノズル	平面座	溝形	シートガスケット	MJ、MR
貯槽	ノズル	平面座	溝形	シートガスケット	MJ、MR
	マンホール	平面座	溝形	MJ、シートガスケット	MJ、MR
熱交換器	ノズル	平面座	溝形	シートガスケット	SW、MR
	シェルカバー	平面座	はめこみ形・溝形	シートガスケット	MJ
配管	フランジ	平面座	溝形	シートガスケット	MJ、MR
バルブ	フランジ	平面座	はめこみ形・溝形	シートガスケット	MJ、MR

注）MJ　：メタルジャケットガスケット
　　MR　：メタルリングガスケット（オーバル型、オクタゴナル型など）
　　SW　：スパイラルワウンドガスケット（渦巻形成形品）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

a）往復圧縮機の軸封装置

1）構造

パッキンの材質：銅合金（給油式）、カーボン、テフロン（無給油式）

ラビリンス形式（図11.106）

2）保守

ロッド外周傷 → パッキン損耗、ピストンロッドへの注油（冷却 etc.）

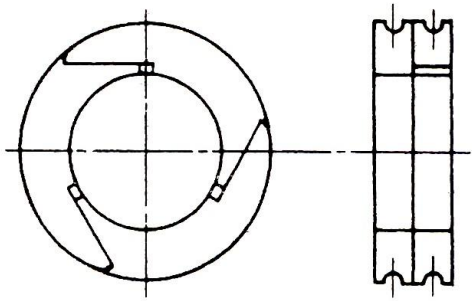


図11.105　ピストンロッドパッキン
（セグメントタイプ）

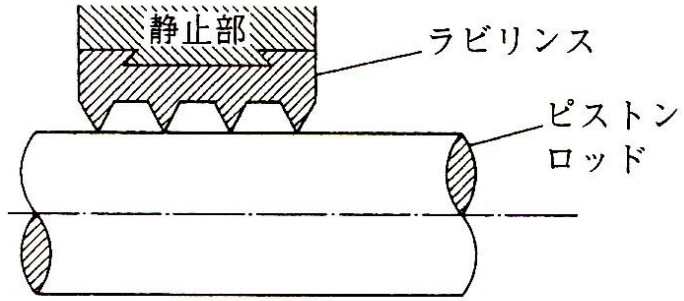


図11.106　ラビリンス部の詳細例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

b）遠心圧縮機の軸封装置

1）構造

（1）ラビリンスシール（液体のような非圧縮性流体には不適）（図11.107）

（2）オイルフィルムシール（水素ガス、アンモニアガスに適用）（図11.109（d））

（3）ドライガスシール（しゅう動面に動圧溝設置）（図11.110, 111）

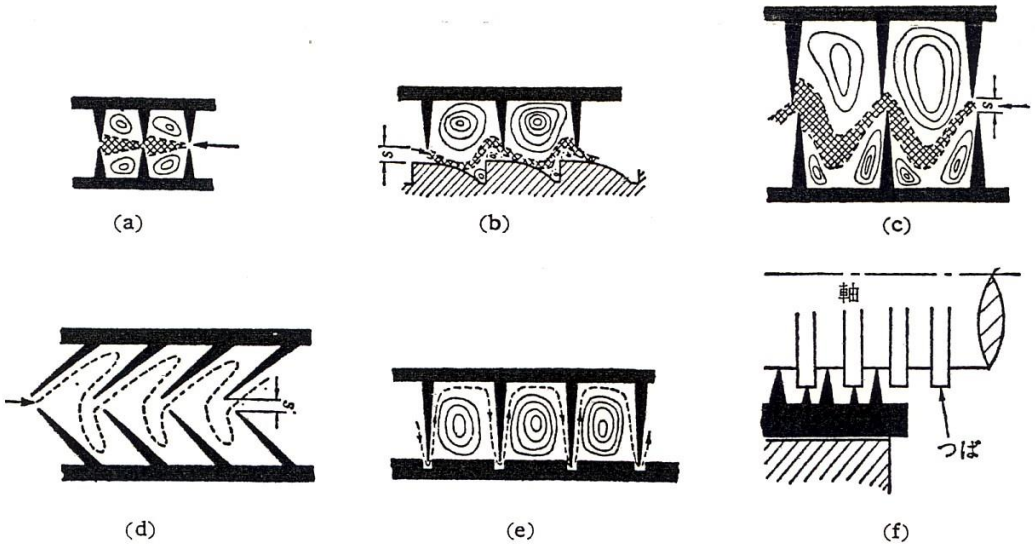


図11.107　ラビリンスシールの種類例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

b）遠心圧縮機の軸封装置

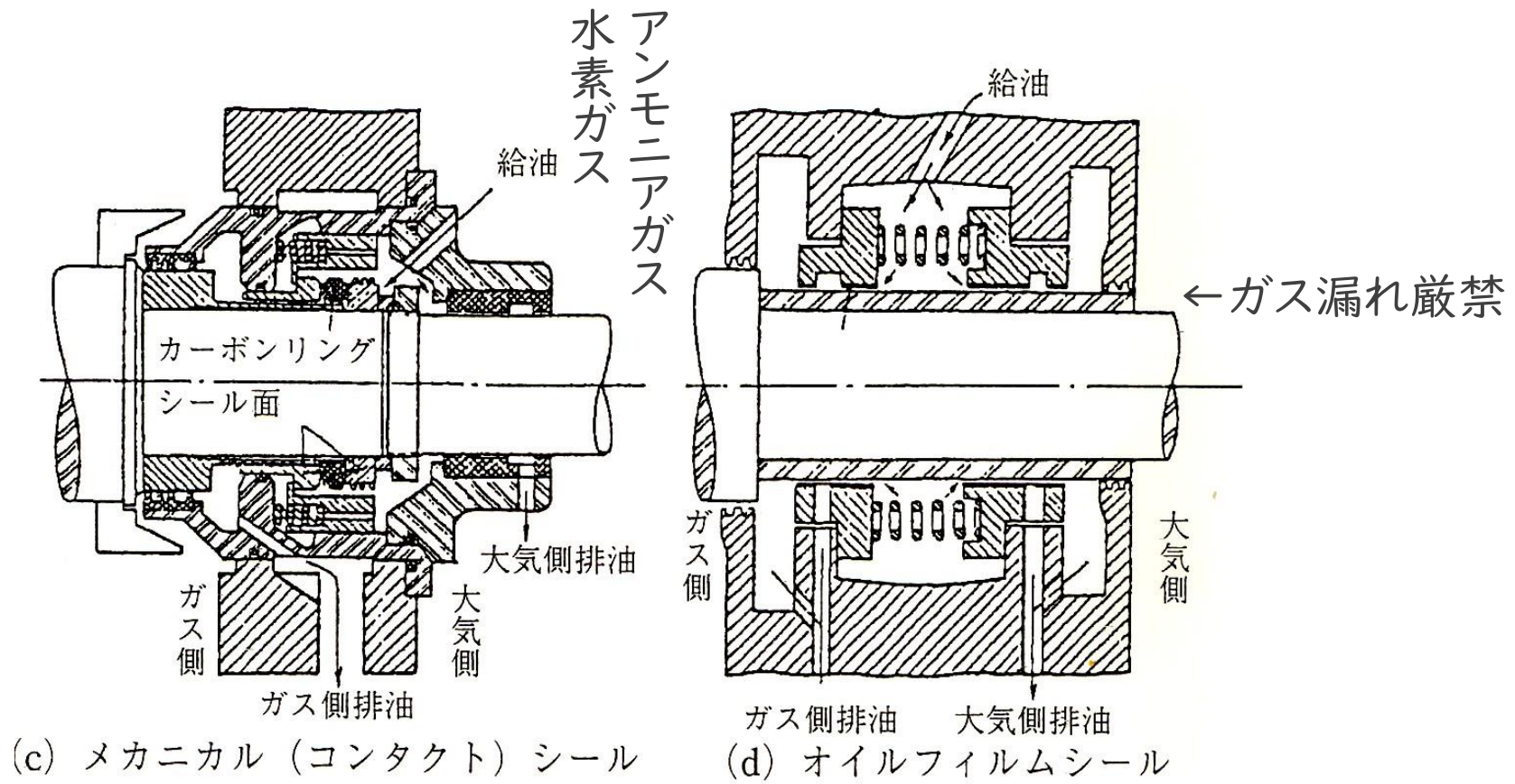


図11.109　各種軸封機構（APIより）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

b）遠心圧縮機の軸封装置

2）保守

振動発生、ガスによる汚染、オーバーヒート、サージング、etc.

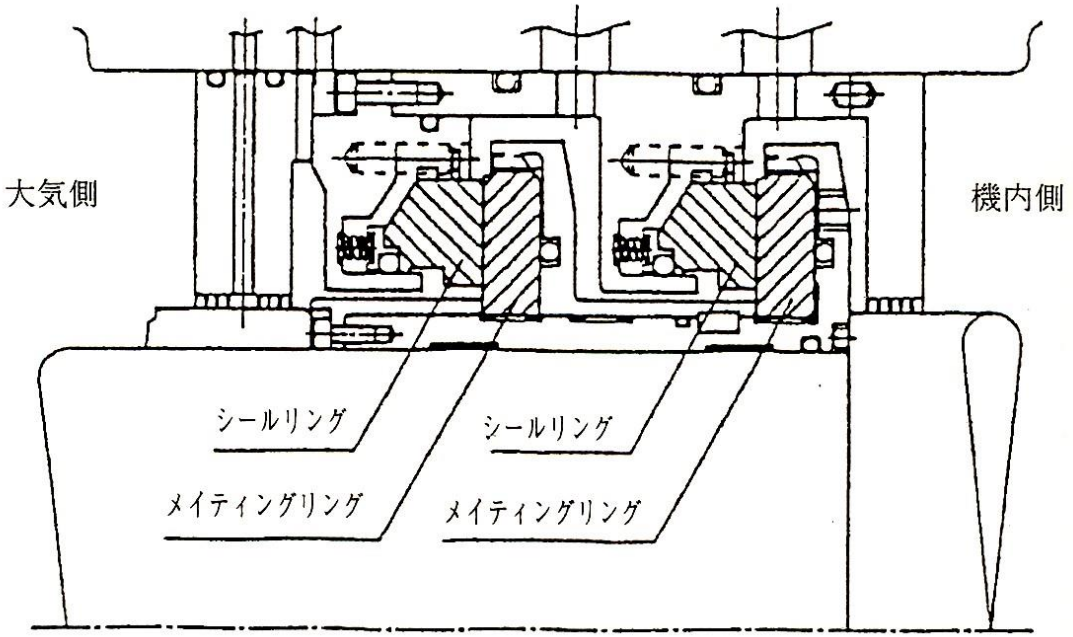


図11.110　圧縮機用ドライガスシール

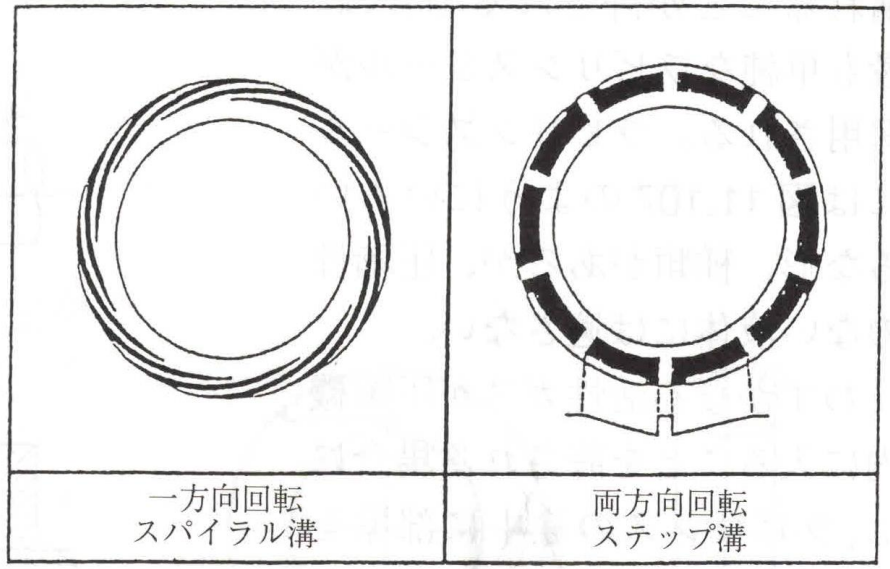


図11.111　ドライガスシールのシール面の動圧溝形状

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

d）遠心ポンプの軸封装置

1）メカニカルシール（図11.114）

冷却・潤滑の方法

フラッシング、クーリング、クエンチング

2）保守

漏えいと摩擦の調整

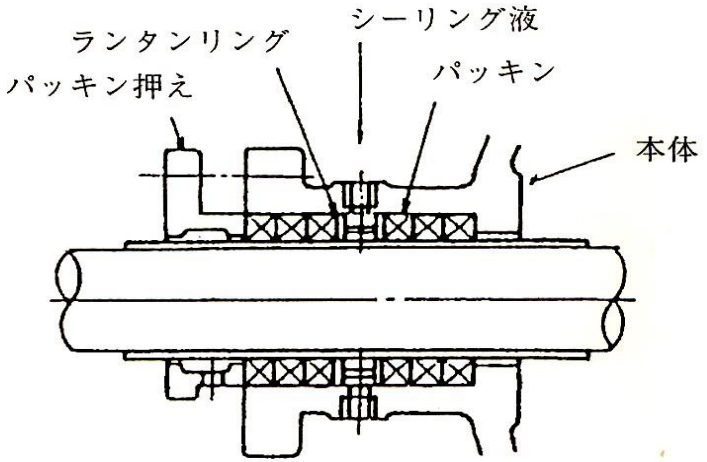
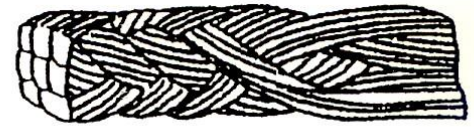
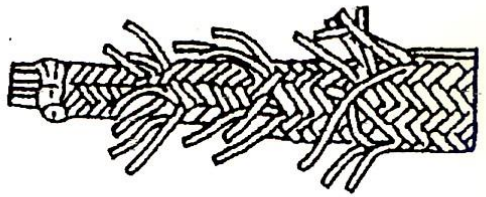


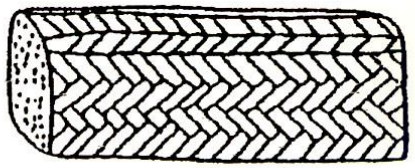
図11.112　ランタンリング型グランドパッキン構造図



八つ編み



袋編み



格子編み

編組パッキン

図11.113　グランドパッキン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

動的機器の漏えい防止

d）遠心ポンプの軸封装置

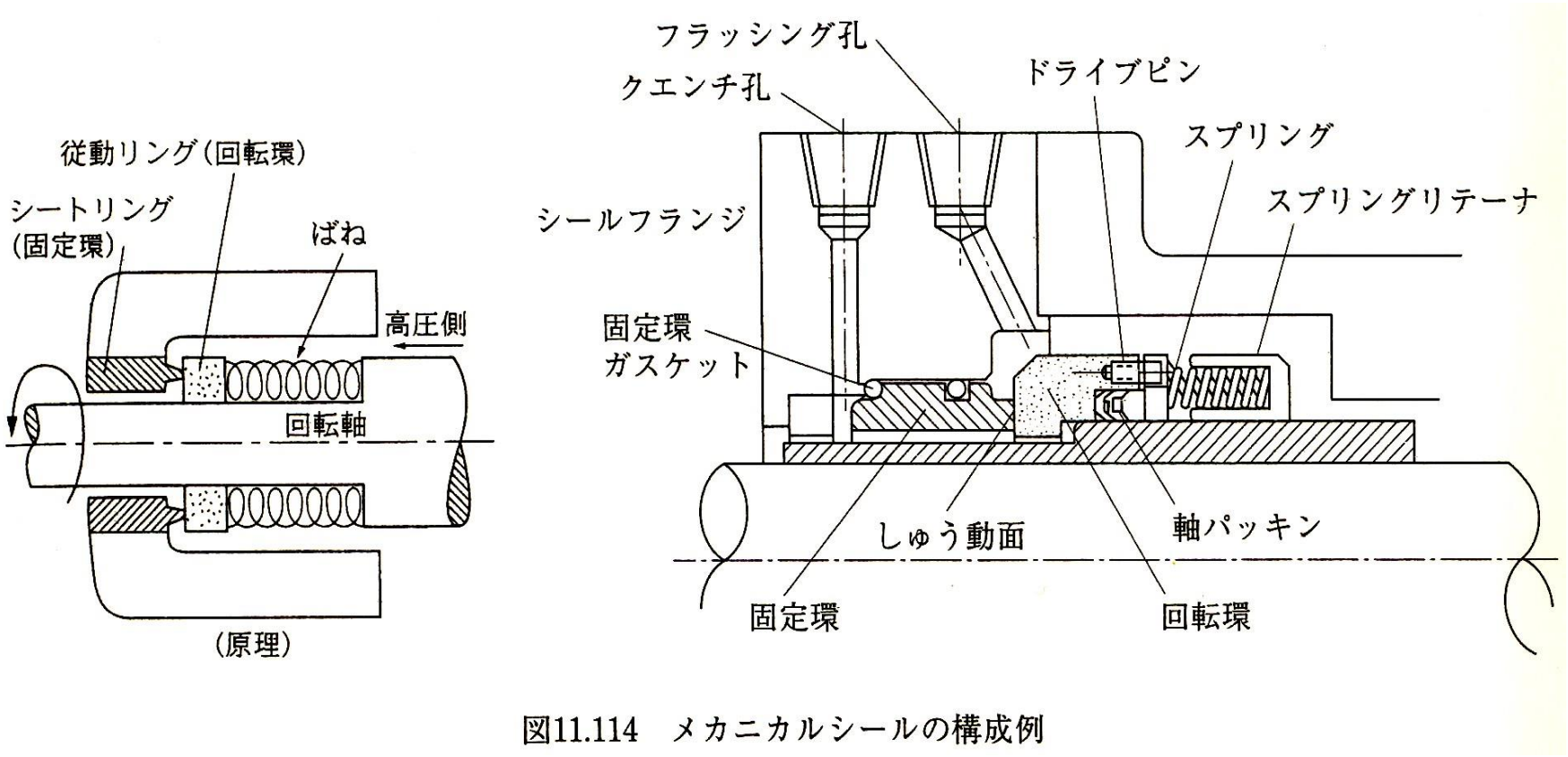


図11.114　メカニカルシールの構成例

可燃性、毒性液体 → ほぼ完全漏えい防止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

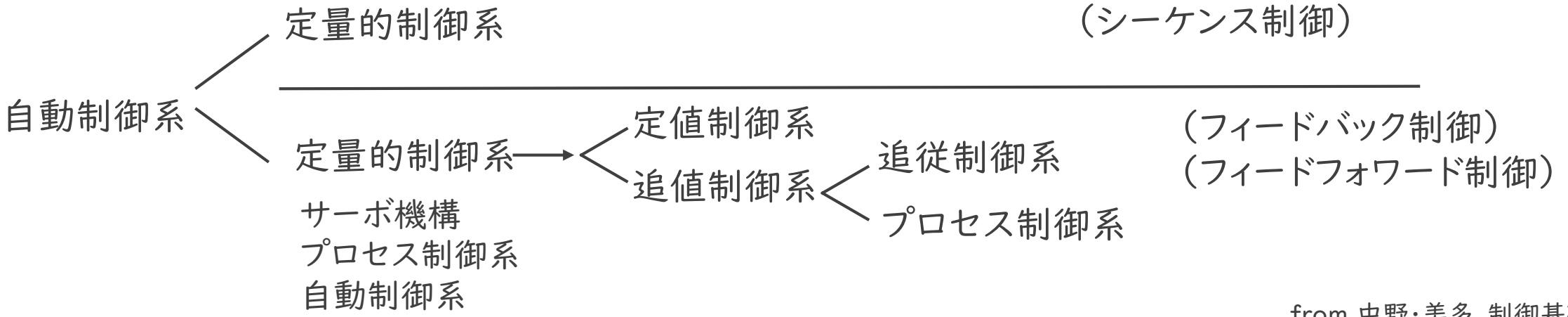
低温装置

- 冷凍機
  液化した低温低圧の冷媒が等圧で蒸発するとき、周囲から熱を奪い冷凍を行う
  a）蒸気圧縮式
  b）吸収式
  c）冷媒（アンモニア、フルオロカーボン、etc.）
- ガス液化装置
  大気圧、常温の気体を液化機により液化して大気圧、沸点の液体にする
  冷媒：ガス自身

b）ガス液化サイクル（クロードサイクル）
  圧縮機（圧縮）⇒ 熱交換器（冷却）⇒
  膨張機（J-T 膨張、一部液化）⇒ 熱交換器（加温）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自動制御系の分類



from 中野・美多 制御基礎理論

- 機械制御系（ex. サーボ機構）：組立産業の製造工程で位置・速度・角度などを制御
- プロセス制御系：プロセス産業の製造工程で温度・圧力・流量などを制御

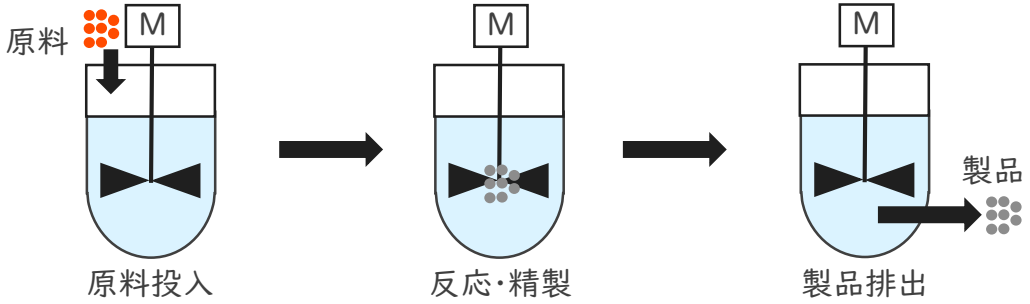
- 連続プロセス：少品種大量生産、フィードバック制御（＋フィードフォワード制御）
- バッチプロセス：多品種少量生産、シーケンス制御

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

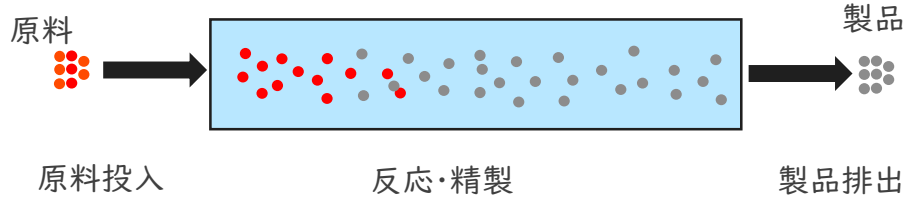
バッチ生産

反応開始前に全ての原材料等を投入し、反応・精製操作を繰り返し、全過程が終了した後に製品（生成物）を排出



連続生産

連続的に原料を投入、反応・精製、製品（生成物）を排出



	バッチ生産	連続生産
原料投入/製品の回収	原料を非連続的に工程へ投入、操作が完了後、製品（生成物）をまとめて取り出す	原料を連続的に工程に投入し、一定時間後から連続的に順次、製品（生成物）を取り出す
製造工程	単位操作ごとにスタート/ストップを繰り返し、運転員の操作が伴う	単位操作を連結し自動化を導入することで、運転員の操作を伴わずに生産が継続する
生産設備面積	広い	省スペース
スケールアップ	開発中およびバリデーションで、スケールごとに検証作業と専用設備、商業生産用設備が必要となる	開発向けの機器を実生産に合わせて設計し、実生産では生産時間を調整することで、速やかな商業生産への移行が可能となる

出所 独立行政法人医薬品医療機器総合機構「革新的な技術の創生に対するPDMAの取り組み」を基に三井物産戦略研究所作成

from 三井物産戦略研究所レポート

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

計装制御システム

◆検出部

プロセス変数（温度、圧力、流量、組成等）の計量⇒ 電気信号への変換 ⇒ 発信

◆調節部

各種制御方式による制御量の制御

◆操作部

制御信号の受信 ⇒ 制御操作

◆伝送部

アナログ／デジタル信号と各種伝送方式の組合わせ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

調節部

a）プロセスと制御方式

1）フィードバック制御
2）フィードフォワード制御
3）カスケード制御
4）比率制御
5）プログラム制御
6）シーケンス制御
7）アドバンスト制御

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

調節部

1）フィードバック制御

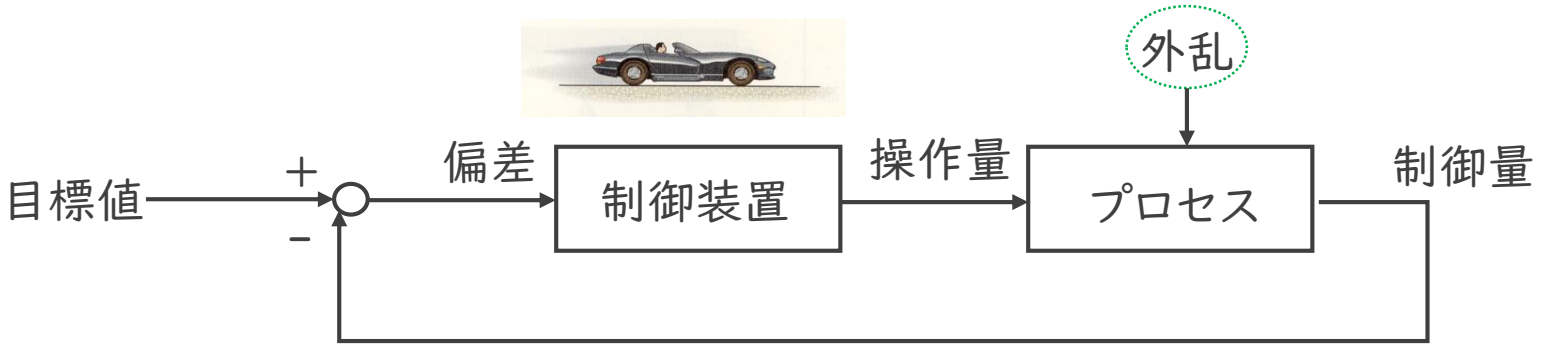


図11.120 フィードバック制御系

2）フィードフォワード制御（予測制御）

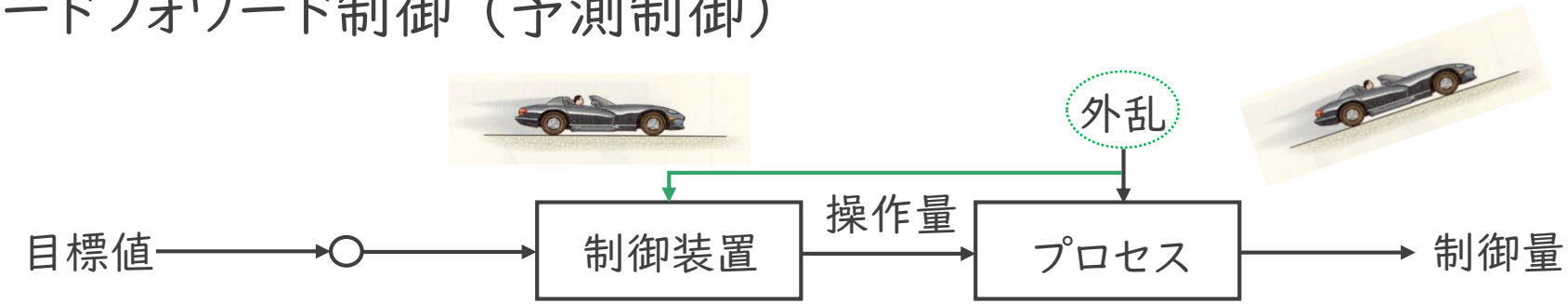
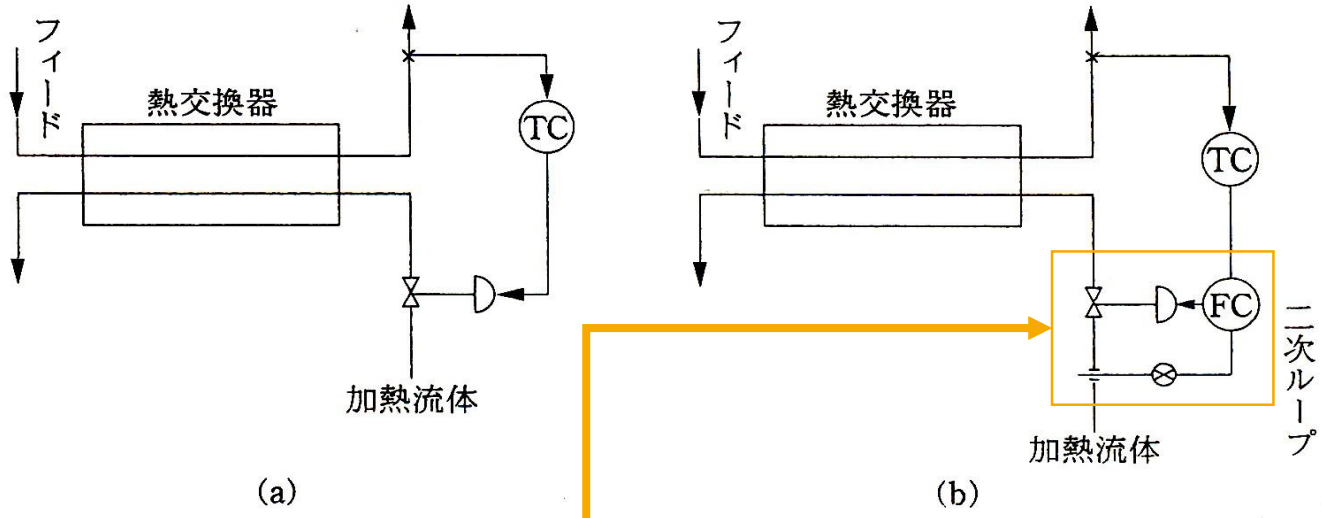


図11.121フィードフォワード制御系

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3）カスケード制御



圧力変化（外乱）⇒ 流量変化 ⇒ 熱量変化 ⇒ 温度変化

図11.122 カスケード制御によるフィード出口温度コントロールの例

- 追従制御の一種で、一つの制御系の出力信号によって別の制御系の設定値が与えられる（二重制御ループ）
- 単純なフィードバック制御系よりも外乱による温度の乱れを迅速に抑制できる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

調節部

4）比率制御

基準の流量に対して，あらかじめ定められた比率を乗じた値を追従する側の流量制御系の目標値とする制御である．

例えば、

- 加熱炉，ボイラなどにおける燃料流量と空気流量との比率
- 化学プロセスにおける原料の比率などを一定に維持するための制御方式

5）プログラム制御

6）シーケンス制御

7）アドバンスト制御

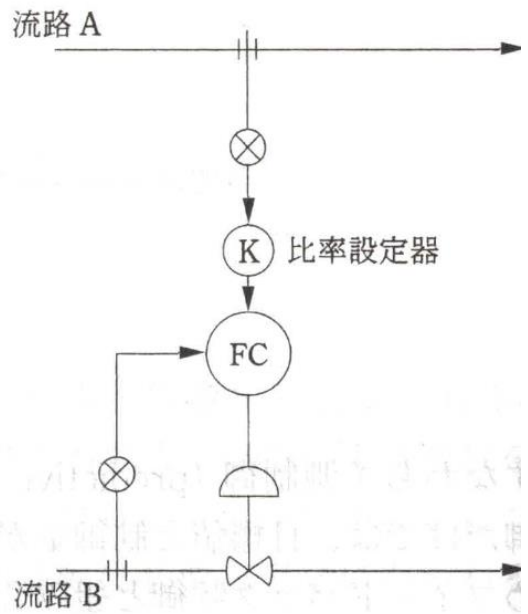


図11.123　比率制御の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）制御動作

制御偏差を打ち消すために行う制御装置の動作

1）オンオフ動作

目標値に対する制御量の大小に応じて調節弁を全開あるいは全閉にする

持続的振動（サイクリング）の発生

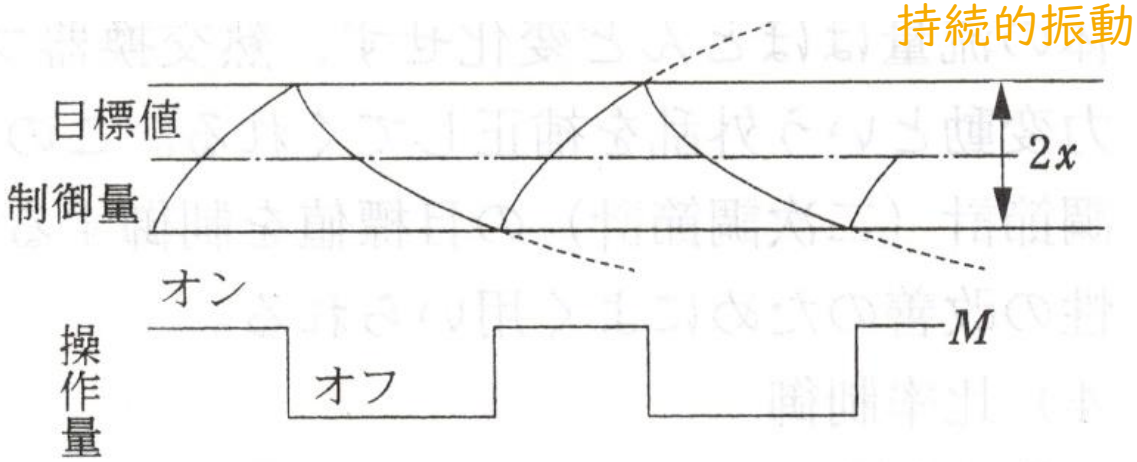


図11.124　オンオフ制御の応答

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）比例動作（ P動作）

操作量を現在の偏差に比例して変化させる

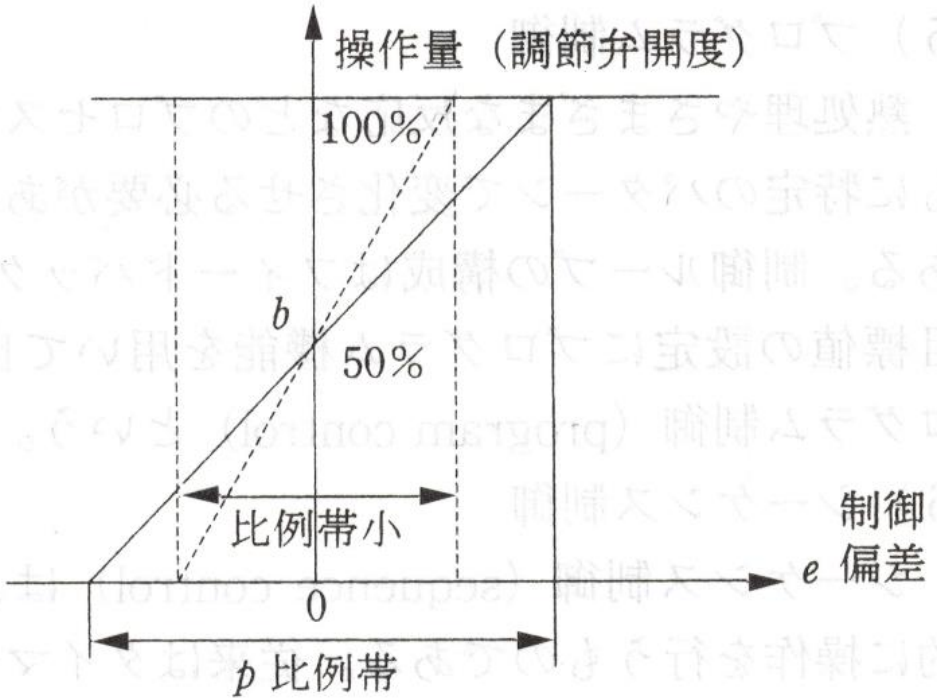


図11.125　比例帯

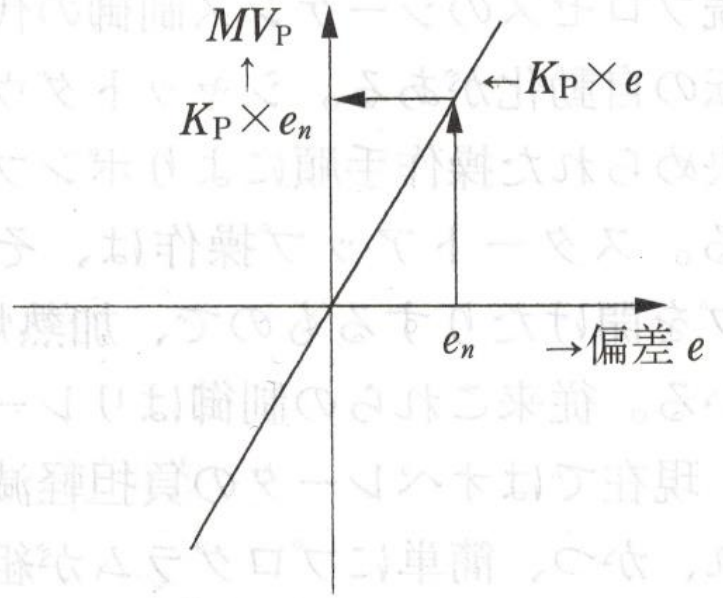


図11.126　P動作の出力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3）積分動作（Ｉ動作）

操作量を偏差の時間積分値に比例して変化させる

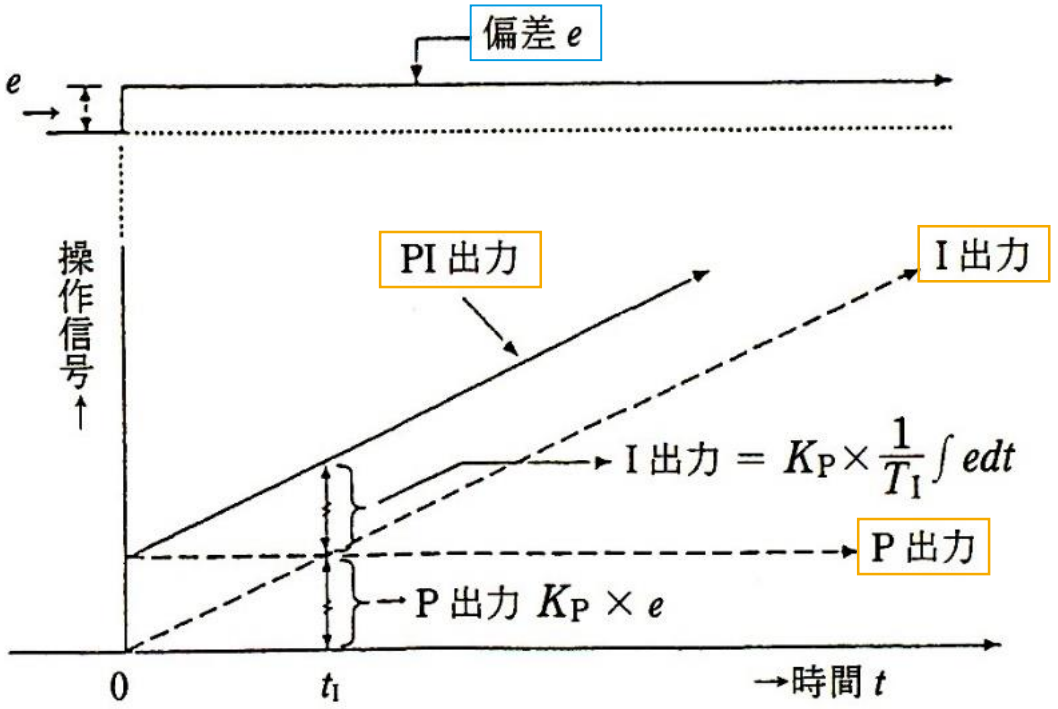


図 11.127　ステップ偏差 e が入ったときの PI 動作の操作信号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4）微分動作（ D動作）

操作量を偏差の微分値に比例して変化させる

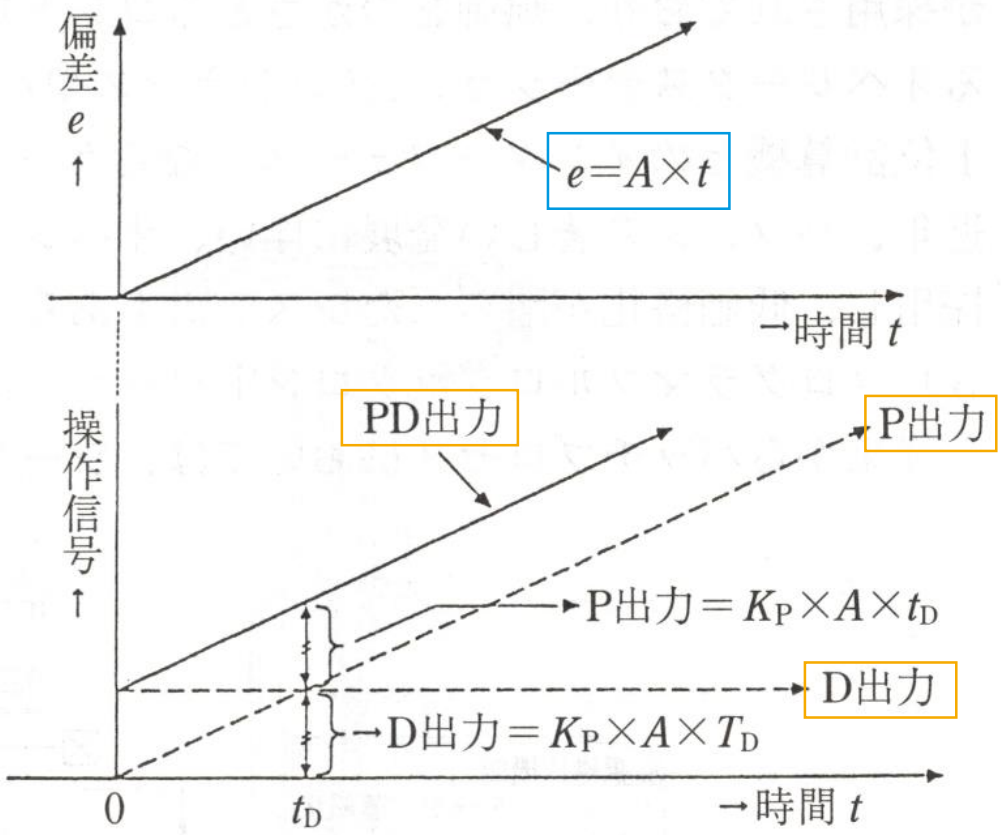


図 11.128　ランプ偏差が入ったときのPD動作の信号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5）比例・積分・微分動作（ PID 動作）

基本制御（ P 動作）＋オフセット消去（ I 動作）＋修正（ D 動作）

⇒ 最も融通性のある制御

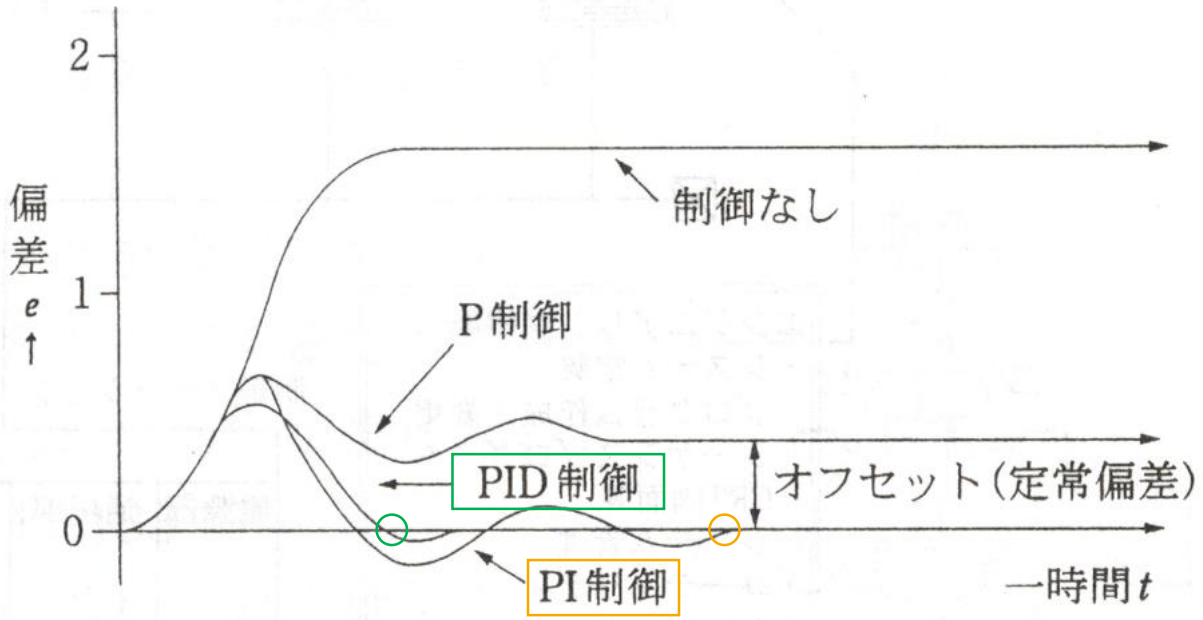


図 11.129　負荷が変化したときの偏差の比較

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

調節部

c）制御機器

1）ワンループ調節計

1つの閉じたループ（プロセス → 検出部 → 本調節計 → 操作部 → プロセス）を制御する調節計

2）分散型制御システム（DCS: Distributed Control System）

大規模プロセスプラントの制御装置

3）プログラマブルロジックコントローラー （PLC: Programmable Logic Controller）

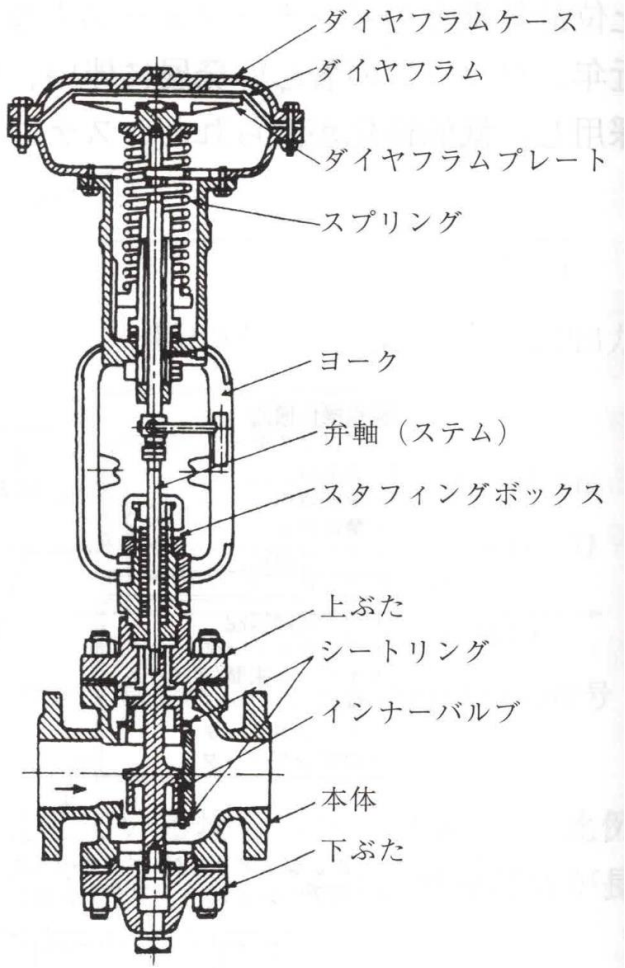
シーケンサとワンループ調節計を一体化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

操作部

a）駆動部

- 自力式
- 他力式
  - 空気式
  - 電気式
  - 油圧式



ダイヤフラム形調節弁

図11.131　空気式調節弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）調節弁の弁構造と流量特性

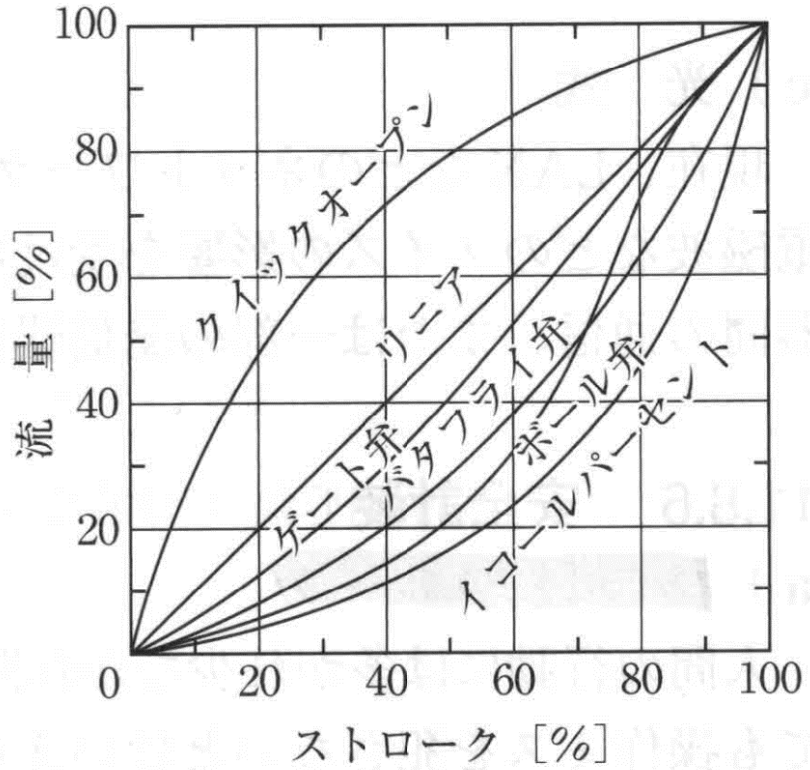


図 11.135　固有流量特性

（調節弁前後の差圧 = 一定）

有効流量特性

（調節弁前後の差圧 ≠ 一定）

- イコールパーセント特性 ⇨ リニア特性
- リニア特性 ⇨ クイックオープン特性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

伝送方式

a) 空気式
　アナログ信号

b) 電気式
　アナログ信号、デジタル信号、アナログデジタル併用

c) 光式
　デジタル信号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全計装

a）フール・プルーフ

- 人為的に不適切な操作および過失を犯さないよう機器に対して配慮する
  （ex.スイッチや押ボタンの色変化による操作区別、カバー付与）
- 仮にミス（誤操作）を犯しても、機器の安全性が確保されるように配慮する
  （ex. 計装機器、インターロックシステム）

b）フェール・セーフ

機器・設備に異常／故障が生じても、装置の安全性が確保される（安全な状態になる）ように配慮する
（ex. 弁駆動部、信号線の断線、逆信号伝送器、警報器）

c）冗長システム

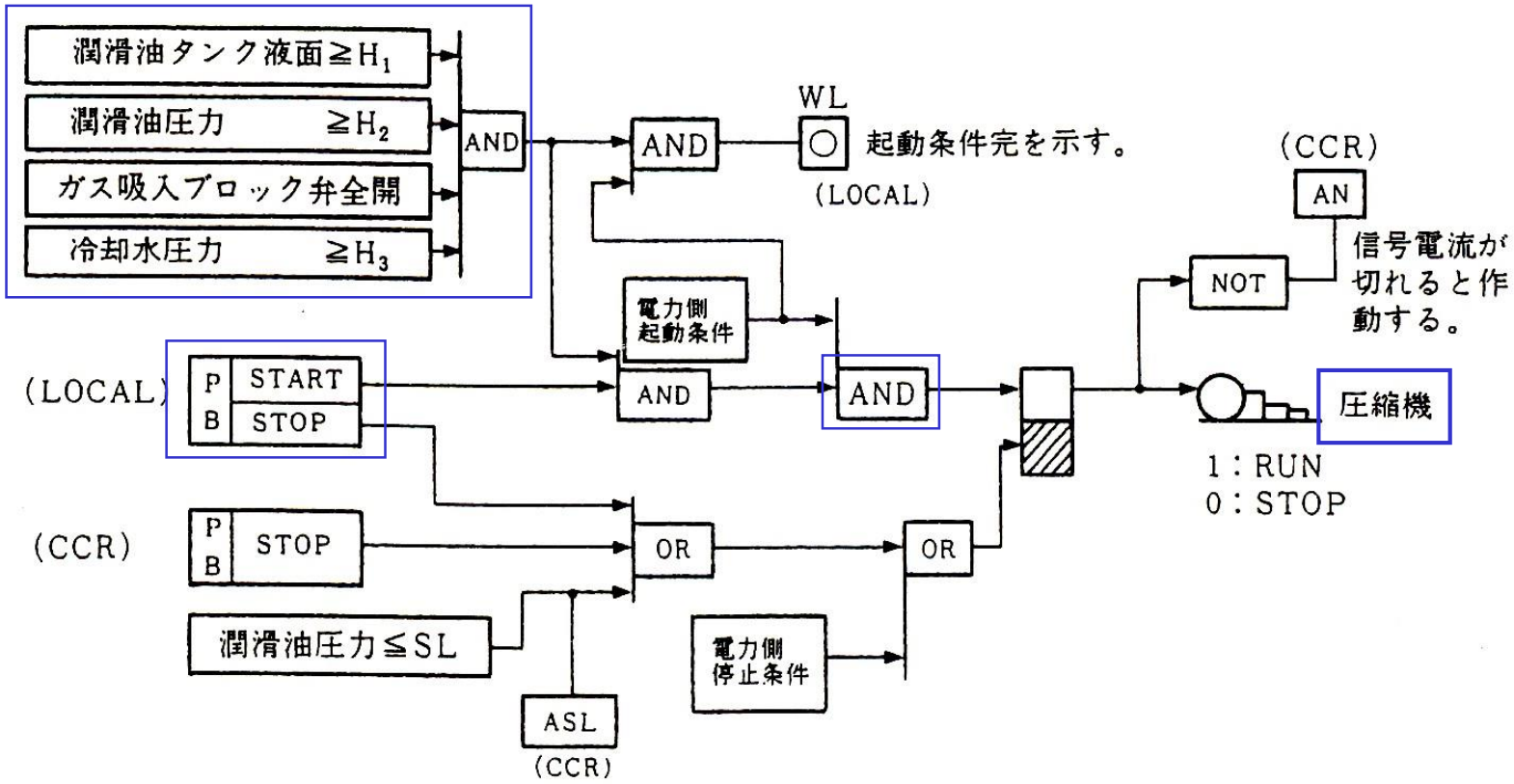
計装制御システム全体の信頼性を向上させるために同一機器を複数配置する
（ex. 並列冗長系、m/n冗長系、待機冗長系）

d）警報システム

プロセス変数値の異常や計装設備の故障等の発生時に注意を喚起する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全計装



凡例　LOCAL……現場計器盤
CCR……計器室計器盤
START……起動
STOP……停止
P
B ……押ボタン

WL……白ランプ
AN……アナンシエータ
ASL……SUPER LOW警報

A
B 記憶 { A：セット信号 / B：リセット信号

図 11.136　インターロック（一部シャットダウンシーケンスを含む。）論理回路図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

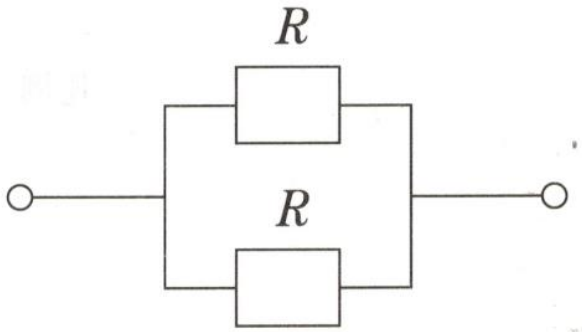
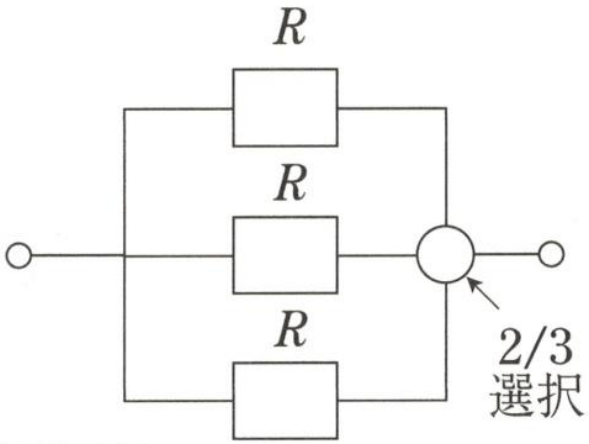
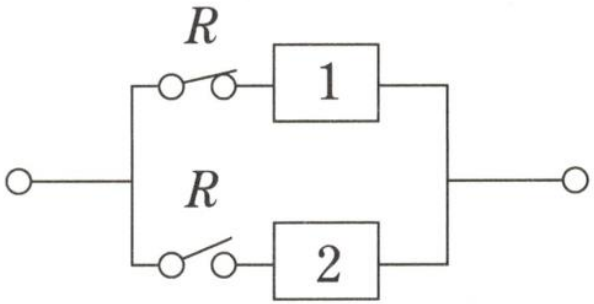


図11.138　並列冗長系



3ユニットのうち2ユニットが
動作していれば合格

図11.139　m/n 冗長系



1が故障したら2はスイッチオン

図11.140　待機冗長系

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者（甲種）機械

講習会資料

辻　知章（中央大学）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

目次

8. 材料の力学と強度 (197)

8.1 変形と破壊

8.1.1 応力とひずみ

8.1.2 破損と破壊

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

8.1.4 強度と破壊

8.2 設計の基本事項 (213)

8.2.1 許容応力と安全率

8.2.2 静的および動的強度設計

8.3 円筒胴の強度 (216)

8.3.1 薄肉円筒胴

8.3.2 厚肉円筒胴

8.4 球形胴の強度 (222)

8.5 鏡板，平板，管の強度 (224)

8.5.1 鏡板

8.5.2 円形平板

8.5.3 管

9. 高圧装置用材料 (229)

9.1 金属材料 (229)

9.1.1 鉄系金属材料

9.1.2 非鉄系金属材料

9.1.3 高温用材料

9.1.4 低温用材料

9.2 非金属材料 (240)

9.2.1 有機材料

9.2.2 無機材料

9.2.3 複合材料

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

目次

10. 材料の劣化 (249)

10.1 材料の経年劣化 (249)

10.2 腐食と防食 (249)

10.2.1 湿食

10.2.1 高温ガス腐食（乾食）

10.2.3 腐食対策

10.3 摩耗とエロージョン (263)

10.3.1 摩耗

11. 高圧設備 (267)

11.1 高圧設備の設計・製作検査 (267)

11.2 加工 (268)

11.2.1 加工の方法

11.2.2 溶接加工

11.3 高圧装置 (277)

11.3.1 塔・槽・射精

11.3.2 反応器

11.3.3 熱交換器

11.3.4 高圧ガス容器および附属品

11.3.5 管・管継手

11.3.6 バルブ

11.4 計測機器 (299)

11.4.1 温度計

11.4.2 圧力計

11.4.3 流量計

11.4.4 液面計

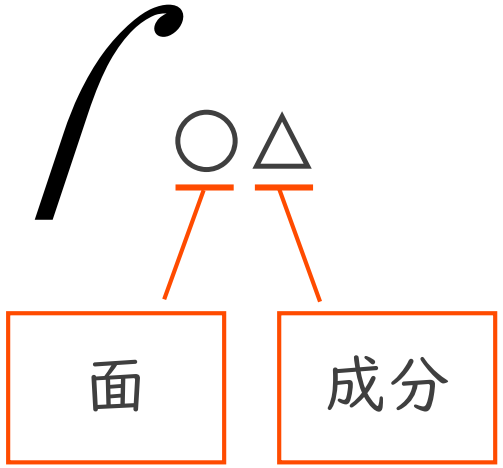
11.4.5 分析計（ガス濃度分析）

（P.123）

テキストのページ番号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

a）弾性体の3次元応力 （P.197）



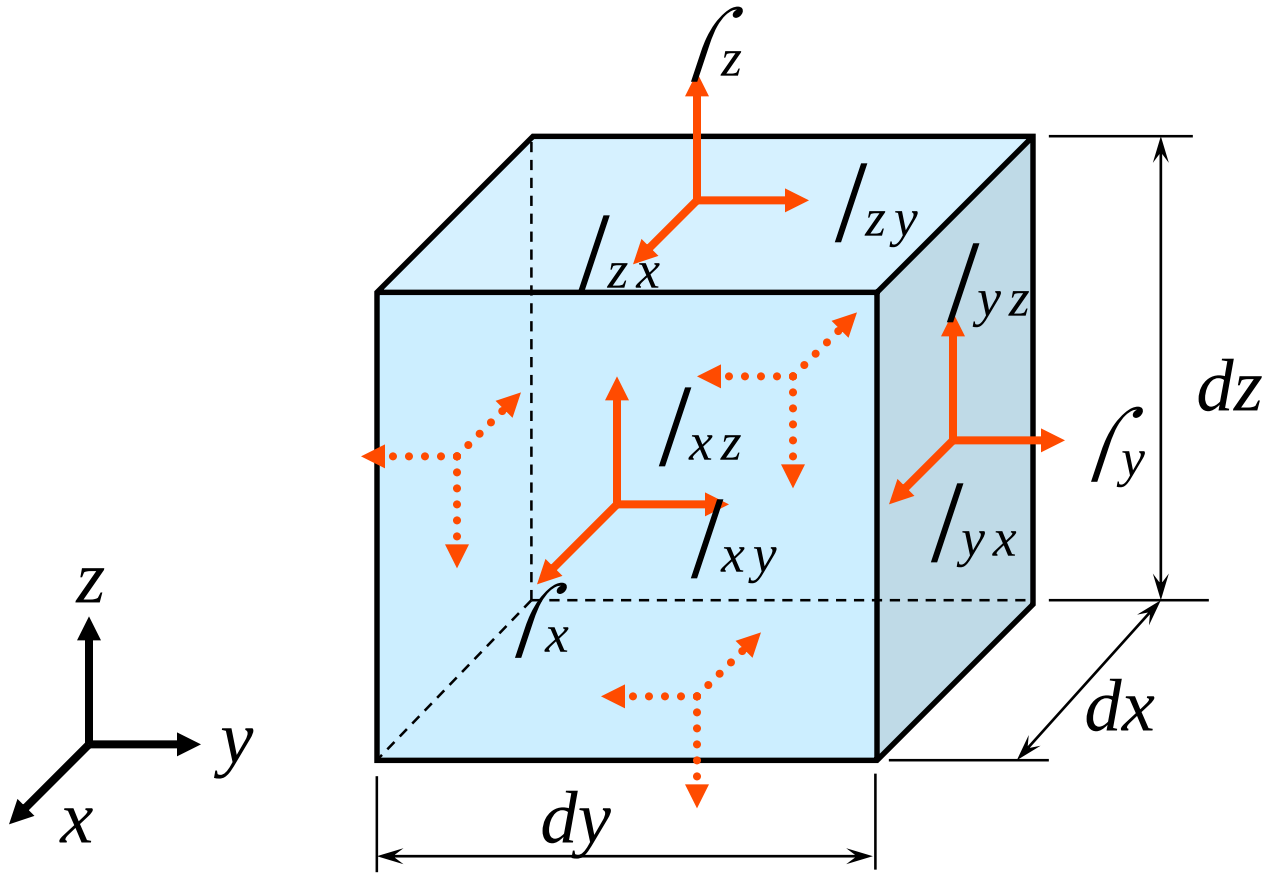


図8.1 三次元の応力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1 変形と破壊

3次元のフックの法則（Hooke's law）　（P.198）

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}\{\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)\} \quad 、\ \gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy}$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E}\{\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)\} \quad 、\ \gamma_{yz} = \frac{1}{G}\tau_{yz}$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}\{\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)\} \quad 、\ \gamma_{zx} = \frac{1}{G}\tau_{zx}$$

（8.1）

$$\sigma_x = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}\{(1-\nu)\varepsilon_x + \nu(\varepsilon_y + \varepsilon_z)\} \quad 、\ \tau_{xy} = G\gamma_{xy}$$

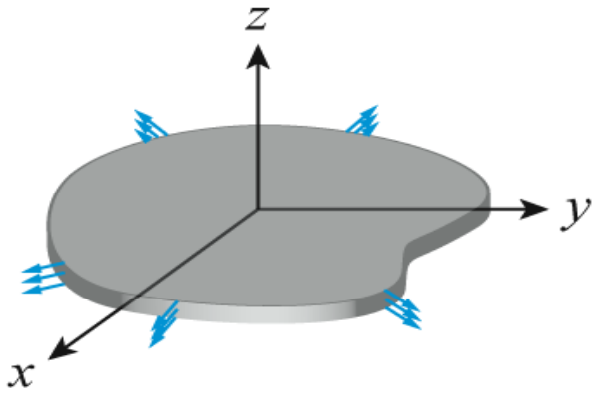
$$\sigma_y = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}\{(1-\nu)\varepsilon_y + \nu(\varepsilon_z + \varepsilon_x)\} \quad 、\ \tau_{yz} = G\gamma_{yz}$$

$$\sigma_z = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}\{(1-\nu)\varepsilon_z + \nu(\varepsilon_x + \varepsilon_y)\} \quad 、\ \tau_{zx} = G\gamma_{zx}$$

（8.2）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b) 平面応力 (plane stress) (P.198)



薄い板状の問題

$$\sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{zx} = \tau_{yz} = \tau_{zy} = 0$$

フックの法則 (Hooke's law)

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\sigma_y)、\quad \varepsilon_y = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_x)、\quad \varepsilon_z = -\frac{\nu}{E}(\sigma_x + \sigma_y)$$

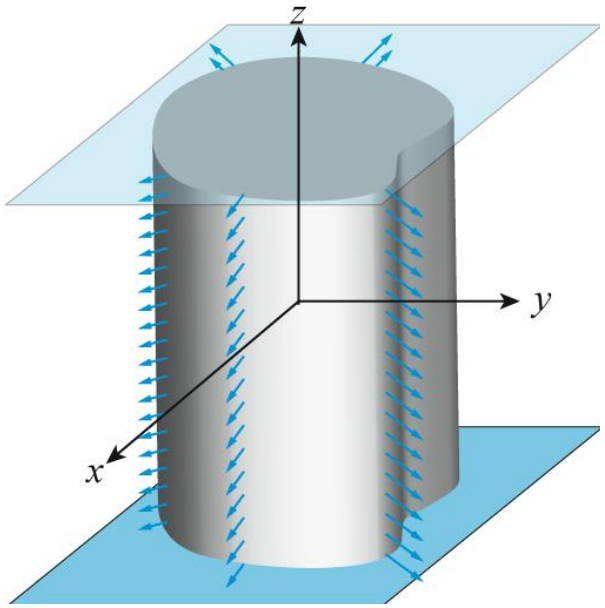
$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}、\quad \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$$

(8.3)

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y)、\quad \sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x)、\quad \tau_{xy} = G\gamma_{xy} \qquad (8.4)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c) 平面ひずみ (plane strain) (P.198)



金太郎飴

$$\varepsilon_z = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$$

$$\sigma_z = \nu(\sigma_x + \sigma_y)$$

フックの法則 (Hooke's law)

$$\varepsilon_x = \frac{1+\nu}{E}\{(1-\nu)\sigma_x - \nu\sigma_y\} \quad 、 \quad \gamma_{xy} = \frac{1}{G}\tau_{xy}$$

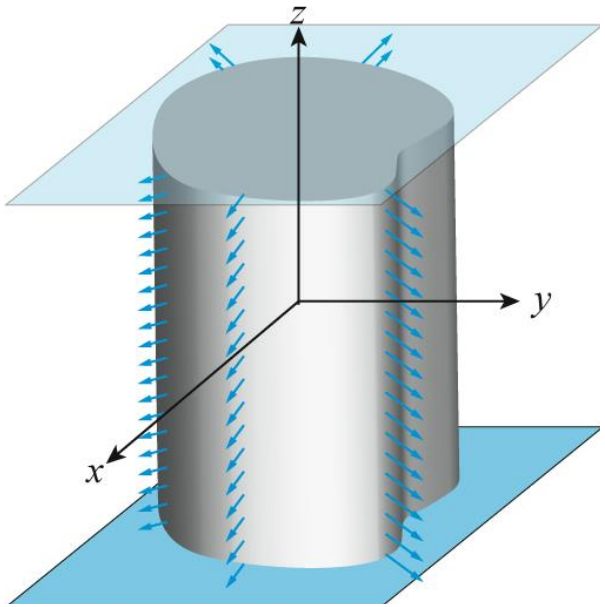
$$\varepsilon_y = \frac{1+\nu}{E}\{(1-\nu)\sigma_y - \nu\sigma_x\} \quad 、 \quad \varepsilon_z = \gamma_{yz} = \gamma_{zx} = 0$$

(8.6)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1 変形と破壊

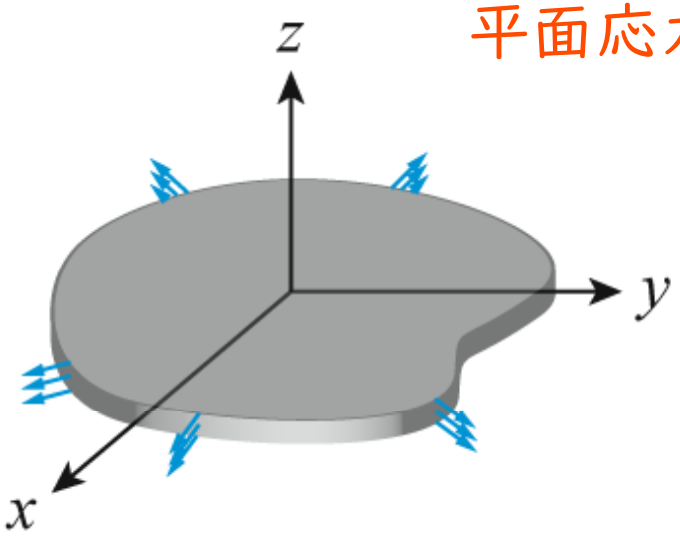
平面応力と平面ひずみ (P.198)



平面ひずみ

$$E \to \frac{1+2\nu}{(1+\nu)^2}E$$

$$\nu \to \frac{\nu}{1+\nu}$$



平面応力

$$E \to \frac{E}{1-\nu^2}$$

$$\nu \to \frac{\nu}{1-\nu}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d) 主応力と主せん断応力 (P.199)

2次元

主応力

$$\left.\begin{matrix}\sigma_1\\ \sigma_2\end{matrix}\right\} = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \qquad (8.8)$$

主せん断応力

$$\tau_1 = \pm\frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} = \pm\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \qquad (8.11)$$

3次元

主応力

$$s_1,\ s_2,\ s_3 \Rightarrow \sigma_{\max} = \max\{\sigma_1,\ \sigma_2,\ \sigma_3\}$$

主せん断応力

$$\tau_1 = \pm\frac{1}{2}(\sigma_2 - \sigma_3),$$

$$\tau_2 = \pm\frac{1}{2}(\sigma_3 - \sigma_1), \Rightarrow \tau_{\max} = \max\left\{\frac{|\sigma_2 - \sigma_3|}{2},\ \frac{|\sigma_3 - \sigma_1|}{2},\ \frac{|\sigma_1 - \sigma_2|}{2}\right\}$$

$$\tau_3 = \pm\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \qquad (8.13)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1 変形と破壊

e) ひずみエネルギー　三次元応力状態におけるひずみエネルギー　(P.200)

垂直応力，ひずみによる単位体積あたりのひずみエネルギー

$$U_n = \frac{1}{2}\left(\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \sigma_z \varepsilon_z\right) \tag{8.14}$$

せん断応力，せん断ひずみによる単位体積あたりのひずみエネルギー

$$U_S = \frac{1}{2G}\left(\tau_{xy}{}^2 + \tau_{yz}{}^2 + \tau_{zx}{}^2\right) \tag{8.16}$$

せん断ひずみエネルギー：形状変化に関する項

$$U_d = \frac{1}{3G}\left(\tau_1{}^2 + \tau_2{}^2 + \tau_3{}^2\right) \tag{8.20}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.2 破損と破壊

a）破損学説 （P.201）

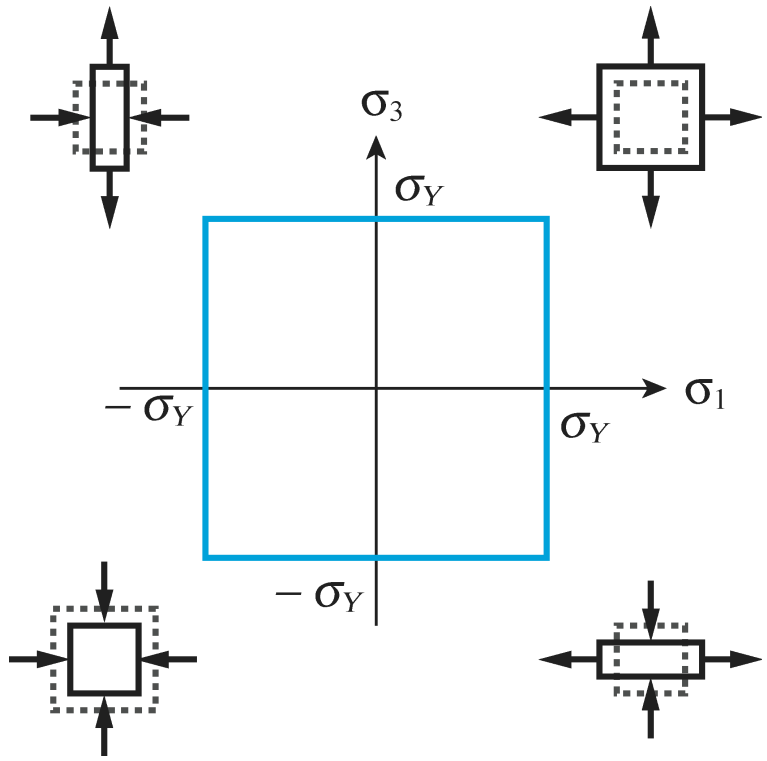
1）最大主応力説

最大主応力がその材料の限界値に達すると
破壊するという説.

特徴：

鋳鉄のような脆性材料では実験結果と
よく一致するが，軟鋼のような延性材料には
当てはまらない事が多い.

$$\max\left(|\sigma_1|,\ |\sigma_2|,\ |\sigma_3|\right) = \sigma_Y$$



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.2 破損と破壊

a）破損学説 （P.201）

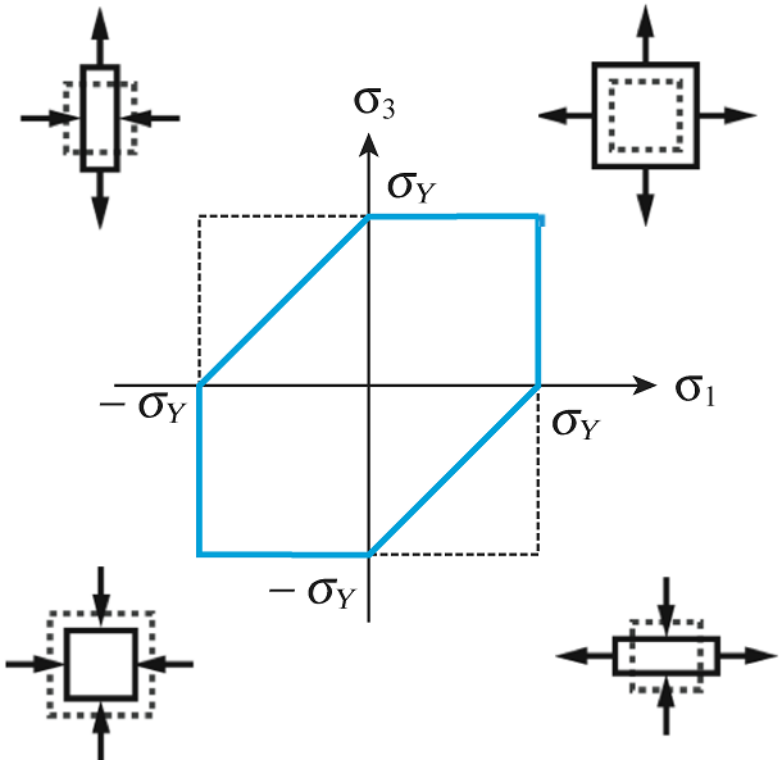
2）最大せん断応力説

主せん断応力の最大値がせん断応力の限界値 σ_e に達した時に破断するという説.

特徴：

延性材料の破損に対して実験とよく一致し，トレスカの降伏条件（Tresca yield criterion）と言われている.

$$\max(\tau_1, \tau_2, \tau_3) = \sigma_e = \frac{\sigma_Y}{2}$$



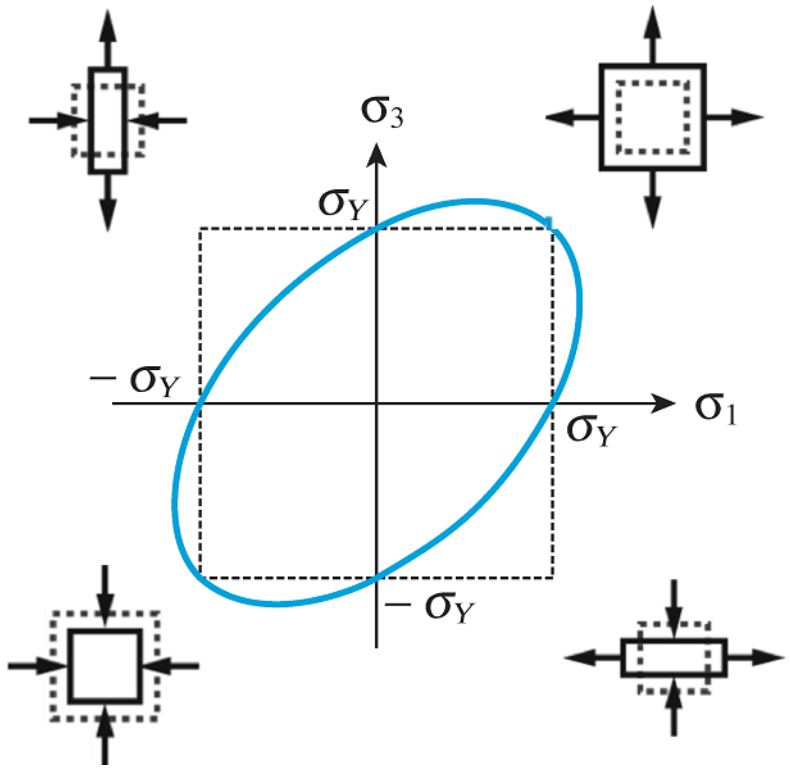
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.2 破損と破壊

a）破損学説 （P.201）

3）最大せん断ひずみエネルギー説
せん断ひずみエネルギの値が，
その材料の限界値に達すると破損する．
体積変化によるひずみエネルギを
全ひずみエネルギから差し引く事により
求められる．

$$(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2=2\sigma_Y{}^2$$



特徴：
ミーゼスの降伏条件（von Mises yield criterion）
と呼ばれている．延性材料が高い静水圧を受けても
破損が起こらないという実験結果と一致し，
延性材料の破損条件として最も広く用いられている．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

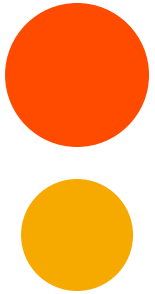
8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力

熱応力：自由膨張ひずみ

- 温度が上がると，膨張！
- 温度が下がると，収縮！

応力＝0



$T_0 \rightarrow T_1$

$$\varepsilon_T = \alpha(T_1 - T_0) = \alpha \cdot \Delta T \qquad (8.26)$$

ε_T ：自由膨張ひずみ

α [1/K, 1/ºC] ：線膨張係数

ΔT [K, ºC] ：温度変化（上昇を正）

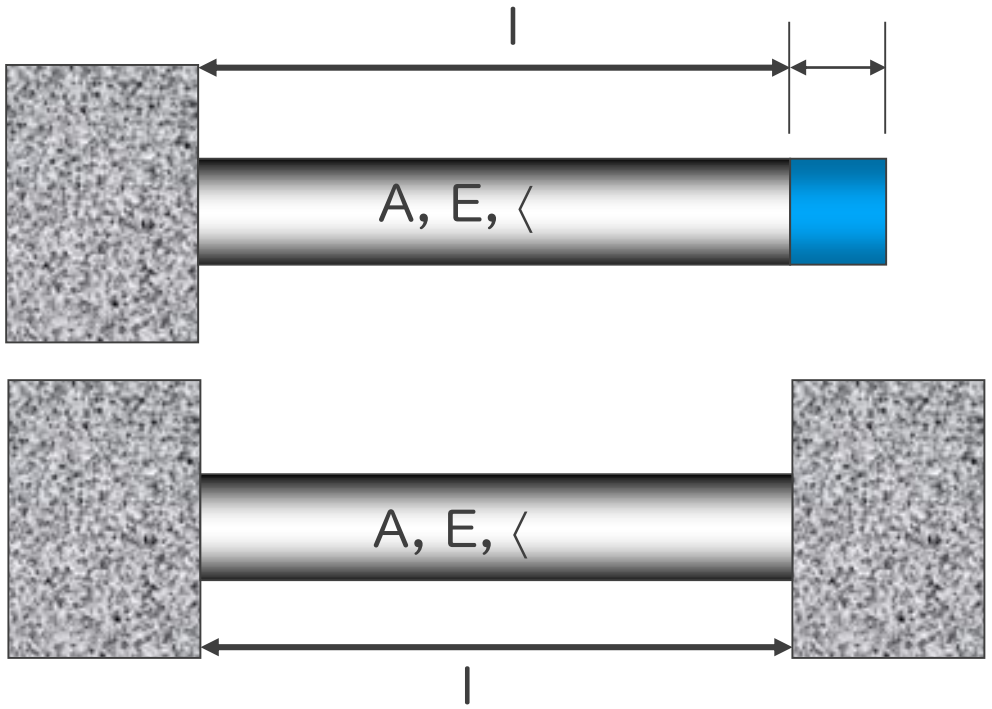
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力

熱応力の問題

$$T_0 \rightarrow T_1 \quad \Longleftrightarrow \quad \Delta T = T_1 - T_0$$



ひずみはあるが応力無し

拘束無し

$$\lambda_T = \varepsilon_T l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l$$

応力=0

拘束あり

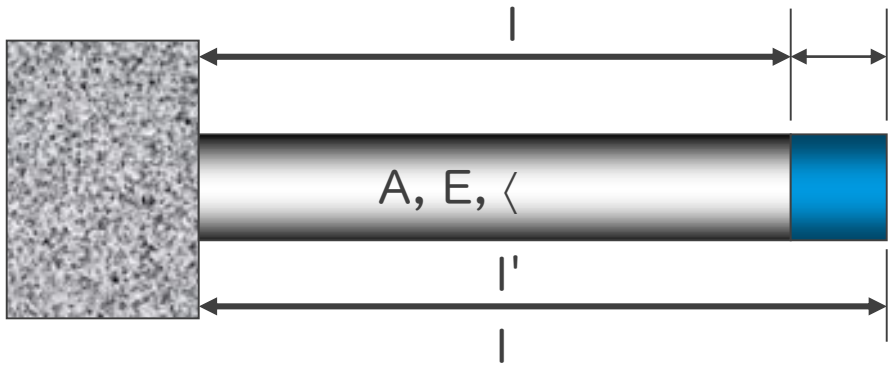
応力≠0

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力 （P.203）

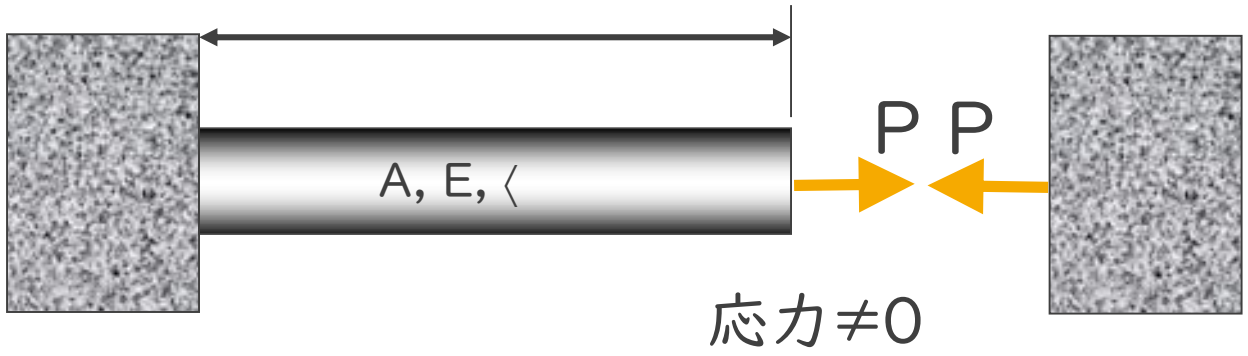
熱応力：拘束がある場合



応力≠0

$$\lambda_x = \varepsilon_x l = \alpha \Delta T l$$

応力=0



$$\varepsilon_x = \sigma_x / E + \alpha \Delta T = 0 \quad (8.27)$$

$$\sigma_x = -\alpha E \Delta T \quad (8.28)$$

$\Delta T < 0$：引張
$\Delta T > 0$：圧縮

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力 （P.203）

並列棒の熱応力

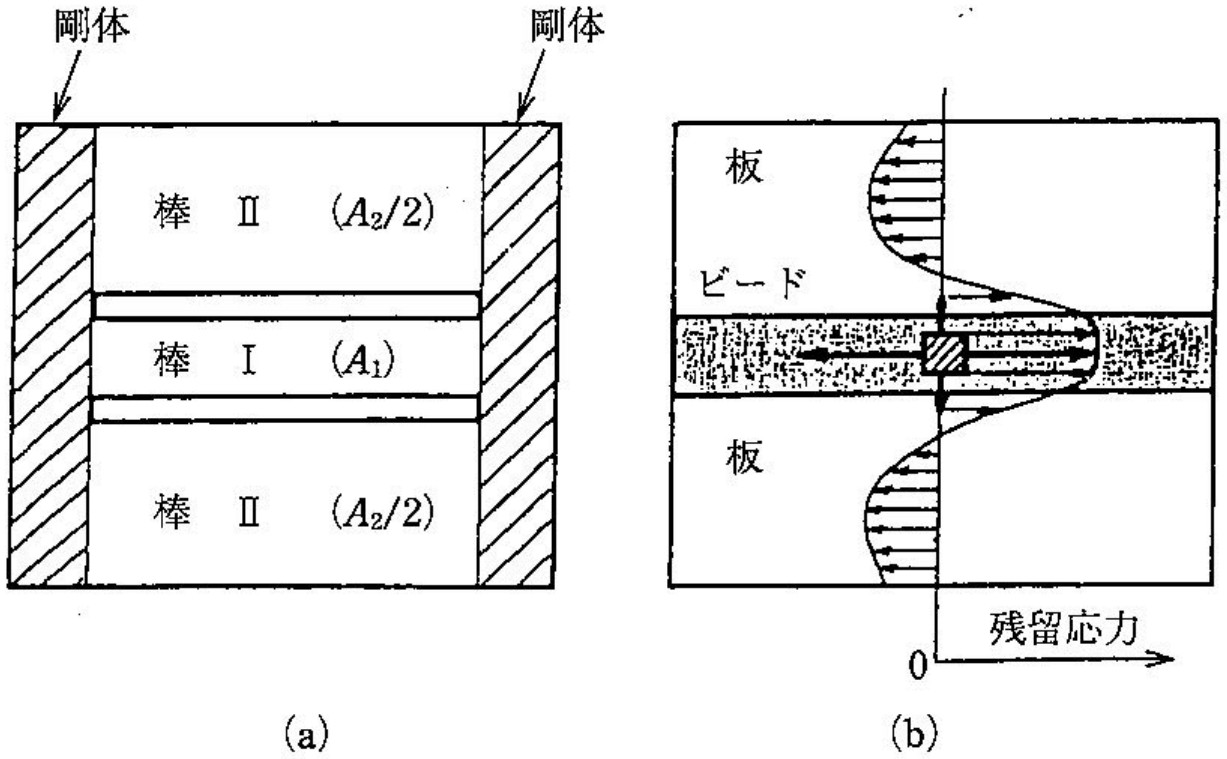


図8.3 並列構造と溶接残留応力

棒II: 室温， 棒I ΔT高い → 棒Ⅰの温度をΔT下げる

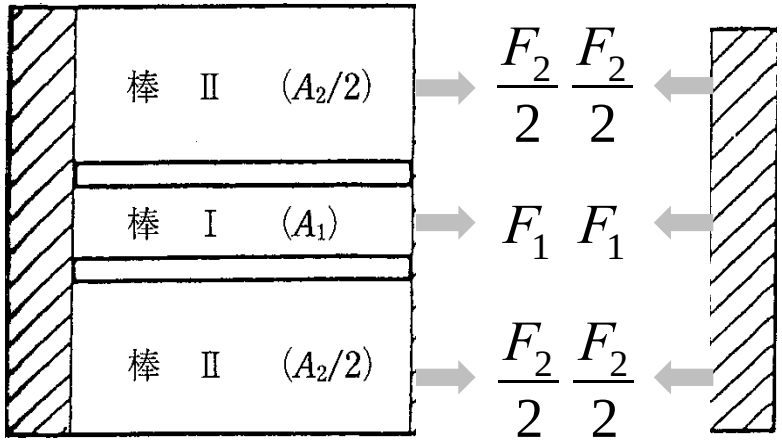
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

a）熱応力

並列棒の熱応力

接合してから，棒Ⅰのみ温度が ΔT 下がった



各棒の伸び

$$\lambda_1 = \left(\frac{\sigma_{x1}}{E} - \alpha\Delta T\right) l_1$$

$$\lambda_2 = \frac{\sigma_{x2}}{E} l_2$$

$$l_1 = l_2$$

荷重

$$F_1 = \sigma_1 E$$

$$F_2 = \sigma_2 E$$

拘束条件 $\lambda_1 = \lambda_2$

力の釣合い $F_1 + F_2 = 0$

$$\sigma_{x1} - \sigma_{x2} = E\alpha\Delta T$$

$$\sigma_{x1} A_1 + \sigma_{x2} A_2 = 0$$

$$\sigma_{x1} = \frac{\alpha E \Delta T l}{\left(1 + A_1 / A_2\right)} \qquad \sigma_{x2} = -\frac{\alpha E \Delta T l}{\left(1 + A_2 / A_1\right)}$$

(8.30)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

b）丸棒のねじり（torsion）　（P.204）

表面のせん断ひずみ

$$\gamma_0 = \frac{\widehat{bc}}{ab} = \frac{\widehat{bc}}{dx} \quad (8.31)$$

表面のせん断応力

$$\tau_0 = G\gamma_0 = G\frac{\widehat{bc}}{dx} = \frac{1}{2}Gd\frac{d\phi}{dx} \quad (8.32)$$

$$t_0 = \frac{1}{2}Gdq \quad (8.33)$$

r の面のせん断応力

$$t = \left(\frac{2r}{d}\right)t_0 = Grq \quad (8.34)$$

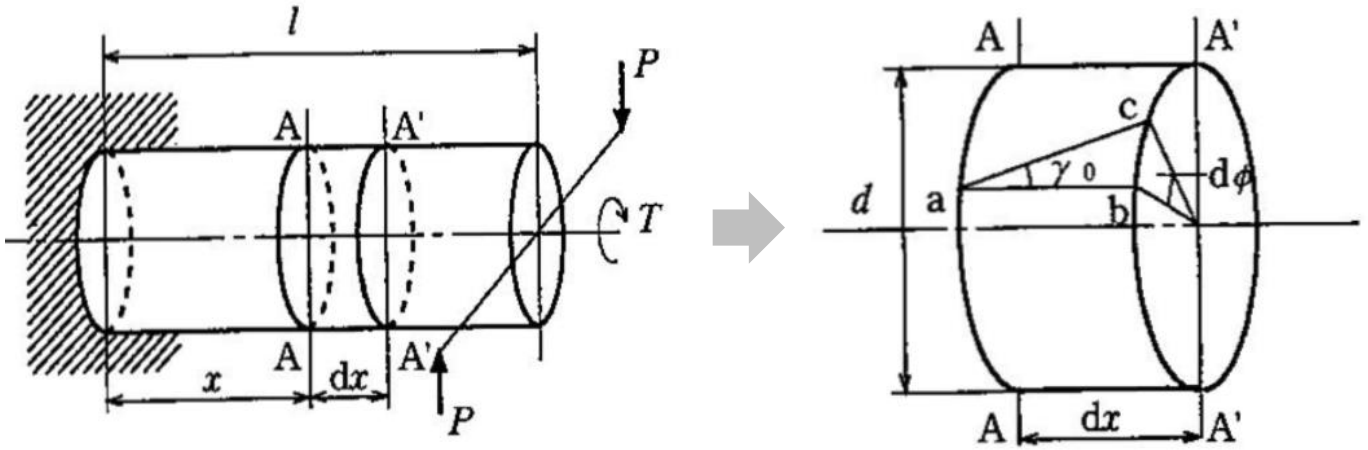


図8.4　丸棒のねじり

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）丸棒のねじり（torsion）

せん断応力

$$\tau = \tau_0 \frac{2r}{d} = \frac{32T}{\pi d^3} r = \frac{T}{I_p} r$$

ねじりモーメント

$$T = \int_0^{d/2} \tau r \times 2\pi r \, \mathrm{d}r = \frac{4\pi\tau_0}{d} \int_0^{d/2} r^3 \, \mathrm{d}r = \frac{\pi d^3 \tau_0}{16} \quad (8.35)$$

断面二次極モーメント

$$\tau_{max} = \frac{T}{I_p} \frac{d}{2}$$

最大せん断応力

$$t_{\max} = \frac{16T}{pd^3} \quad (8.36)$$

比ねじれ角
（単位長さあたりのねじれ角）

$$\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}x} = q = \frac{32T}{pd^4G} \quad (8.37)$$

ねじれ角（単位：ラジアン）

$$f = \int_0^l \frac{32T}{pd^4G} \mathrm{d}x = \frac{32lT}{pd^4G} \quad (8.38)$$

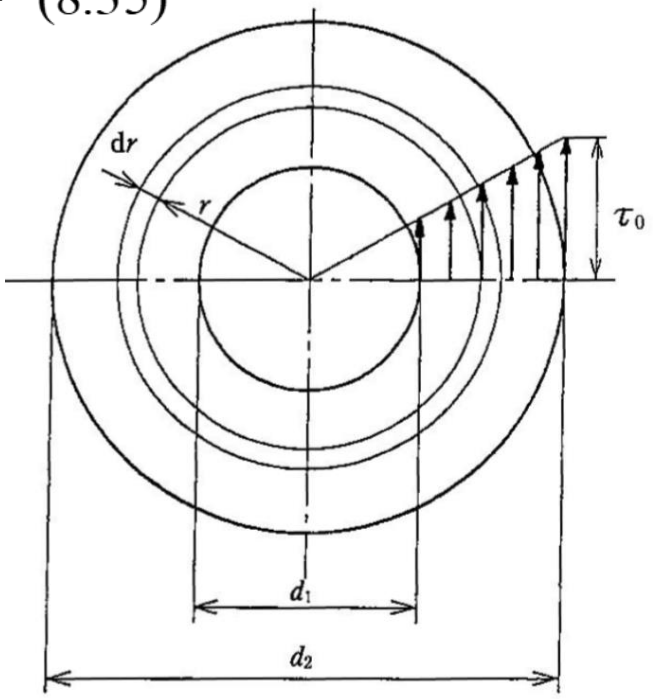


図8.5　中空丸棒のねじり

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1.3 熱や荷重による応力と変形

中空の場合

$$T = \int_{d_1/2}^{d_2/2} \frac{2r\tau_0}{d_2} \times r \times 2\pi r \, \mathrm{d}r$$

$$= \frac{\pi\tau_0}{16d_2}\left(d_2{}^4 - d_1{}^4\right) \quad (8.40)$$

ねじれ角

$$\phi = \frac{Tl}{GI_p} \quad (8.39)$$

ねじりモーメント

最大せん断応力

$$\tau_{max} = \frac{16d_2T}{\pi\left(d_2{}^4 - d_1{}^4\right)} \quad (8.41)$$

断面二次極モーメント

$$I_p = \frac{\pi}{32}\left(d_2{}^4 - d_1{}^4\right)$$

ねじれ角

$$f = \frac{32lT}{p\left(d_2{}^4 - d_1{}^4\right)G} \quad (8.42)$$

中実の場合

$$T = \int_0^{d/2} \tau r \times 2\pi r \, \mathrm{d}r$$

$$= \frac{4\pi\tau_0}{d}\int_0^{d/2} r^3 \, \mathrm{d}r$$

$$= \frac{\pi d^3\tau_0}{16} \quad (8.35)$$

$$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (8.36)$$

$$I_p = \frac{\pi}{32}d^4$$

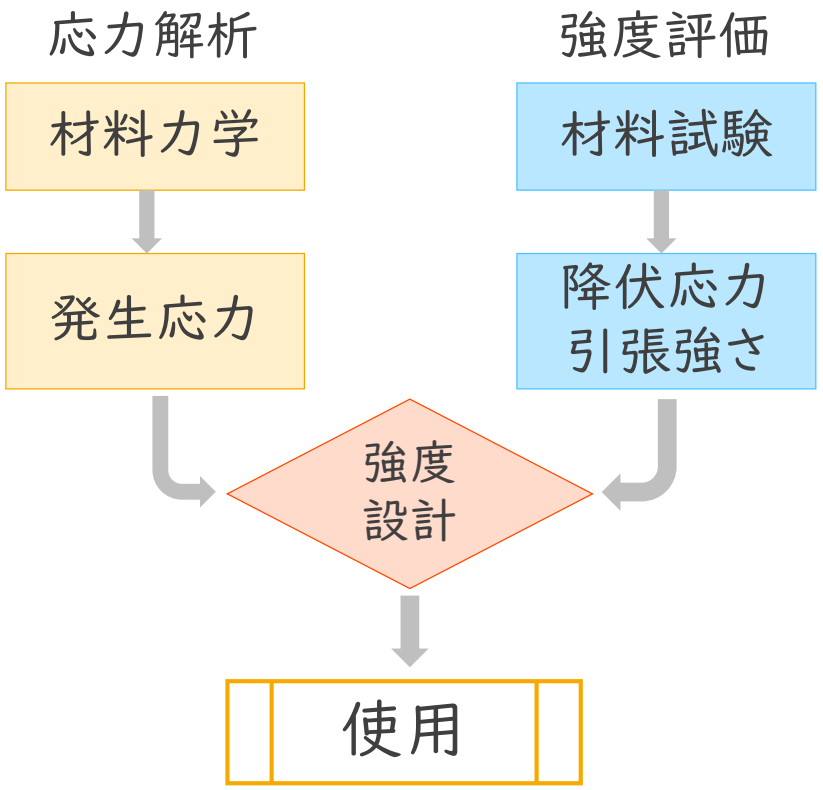
$$f = \int_0^l \frac{32T}{pd^4G}\mathrm{d}x = \frac{32lT}{pd^4G} \quad (8.38)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2 設計の基礎事項

8.2.1 許容応力と安全率 (P.213)

部材に生じる最大の応力が許容応力に収まるように部材の形状や寸法を決定する.



使用応力 :通常の使用で生じる応力
許容応力 :安全に使用できる最大の応力
安全率 :基準強さ／許容応力
基準強さ :極限強さ, 疲労限度, 降伏点, クリープ強さ等

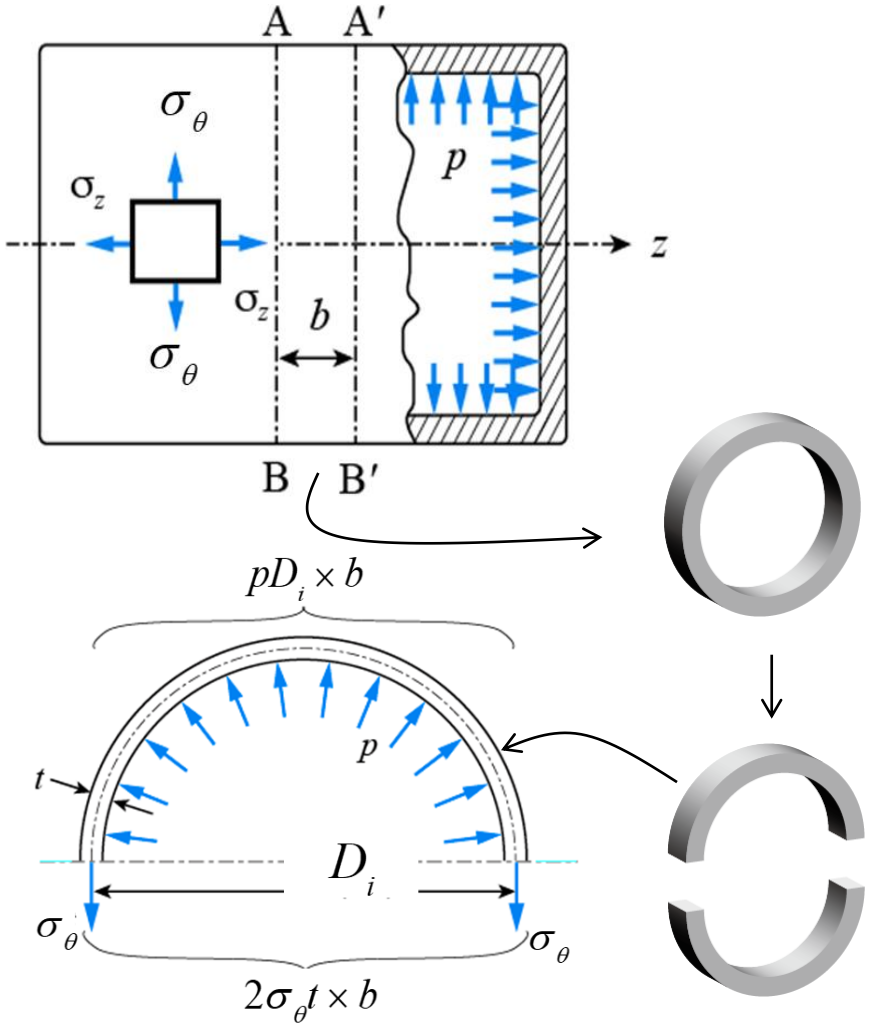
使用応力 / 計算応力 $\leq$ 許容応力 $=$ 基準強さ / 安全率

$$s_{all} = \min\left\{\frac{s_B}{4}, \frac{s_y}{1.5} \; or \; \frac{s_{0.2\%}}{1.5}\right\}$$ ASME Sec. VIII Div. 1 (8.69)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴



薄肉　$t/D_i \ll 1$　肉厚方向に応力ほぼ一定

厚肉　肉厚方向に応力が変化，厳密

(1) 円周方向応力

半径方向の力の釣り合い

$$2s_q t = pD_i \rightarrow s_q = \frac{pD_i}{2t} \leftarrow \text{最大応力}$$

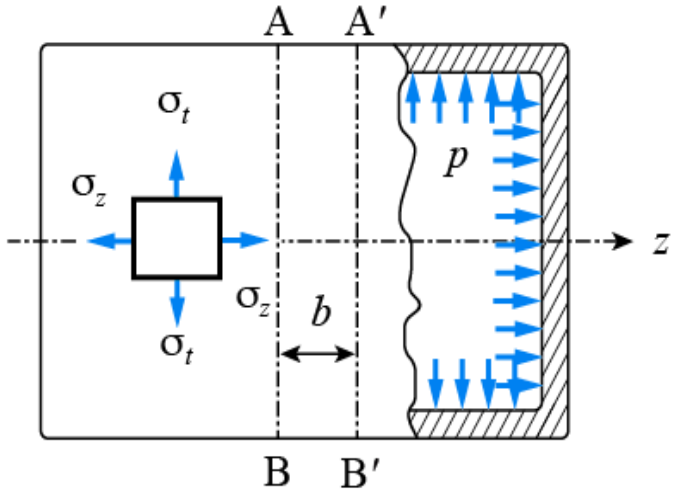
$$s_q > s_z > s_r$$

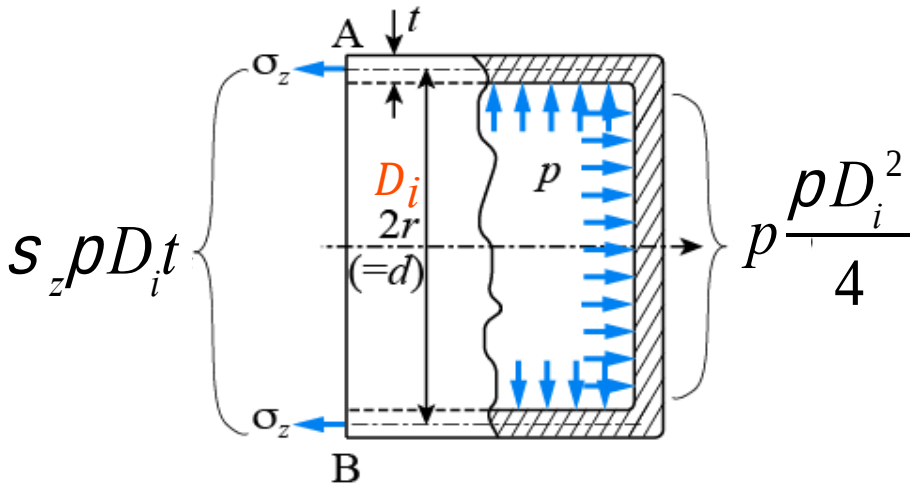
(8.77)　(8.78)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴 (P.216)





(2) 半径方向応力

他の応力に比べて小さいので無視

(3) 軸方向応力

薄い板と考える ＝ 平面応力！

Z 方向の力の釣り合い

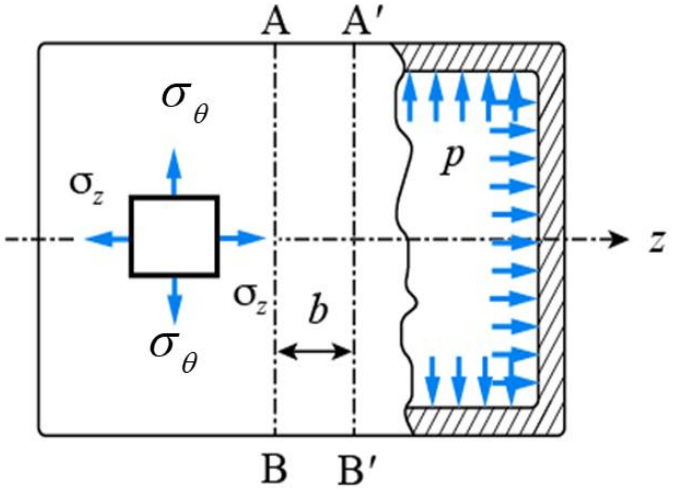
$$s_z \pi D_i t = p\frac{\pi D_i^2}{4} \qquad (8.79)$$

$$s_z = \frac{pD_i}{4t} \qquad (8.80)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴：円周ひずみと円周応力



$$s_q = \frac{pD_i}{2t} \qquad s_z = \frac{pD_i}{4t}$$

(8.78)　　(8.80)

円周ひずみと内圧の関係

周方向のひずみ⇔直径の変化

$$\varepsilon_\theta = \frac{\pi(D_i + \Delta D) - \pi D_i}{\pi D_i} = \frac{\Delta D}{D_i} \qquad (8.83)$$

平面応力のフックの法則　　$x \to \theta, y \to z$

$$\varepsilon_\theta = \frac{1}{E}(\sigma_\theta - \nu\sigma_z) = \frac{2-\nu}{2E}\sigma_\theta \qquad (8.84)$$

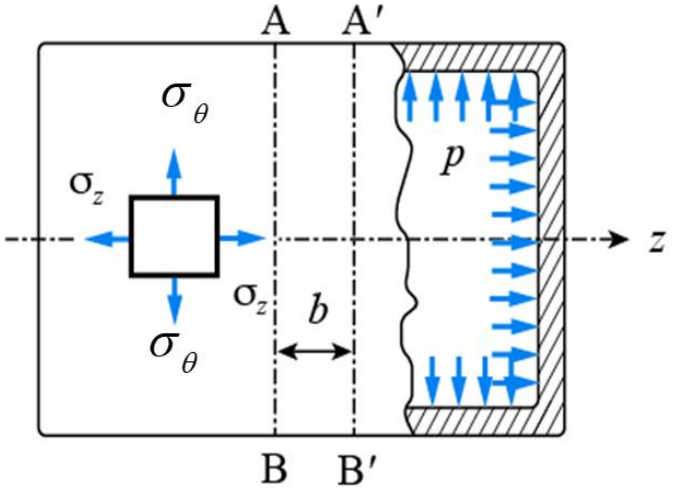
$$\varepsilon_\theta = \frac{2-\nu}{4E}\frac{D_i}{t}p$$

ひずみより
内圧がわかる！

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴：内径，全長の増分



$$s_q = \frac{pD_i}{2t} \qquad s_z = \frac{pD_i}{4t}$$

(8.78)　(8. 80)

内径の増分

$$\Delta D = \varepsilon_\theta D_i = \frac{2-\nu}{2E}\sigma_\theta D_i = \frac{2-\nu}{4E}\frac{pD_i^2}{t} \qquad (8.85)$$

Z方向のひずみ

⇅

全長 L の増分

$$\Delta L = \varepsilon_z L = \frac{1-2\nu}{2E}\sigma_\theta L$$

$$= \frac{1-2\nu}{4E}\frac{pD_i L}{t} \qquad (8.88)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 円筒胴の強度

8.3.1 薄肉円筒胴：必要厚さ

使用する内圧 p，許容応力 σ_aから必要厚さが求まる

$$\sigma_q > \sigma_z > \sigma_r$$

一番大きい応力が許容応力以下になるように考える

$$\sigma_q = \frac{pD_i}{2t} \quad \text{Þ} \quad \frac{p(D_i + 2\beta t)}{2t}$$

$$\text{Þ} \quad \frac{p(D_i + 1.2t)}{2t} = \sigma_a \eta \qquad (8.93)$$

一般化：
- $\beta = 0$　（内径基準）
- $\beta = 0.5$（平均系基準）
- $\beta = 0$　（外径基準）

厚肉円筒を考慮 $\beta = 0.6$，継手効率 η を考慮

必要厚さ

$$t = \frac{pD_i}{2\sigma_a \eta - 1.2p} \qquad (8.94)$$

必要な最小厚さ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.4 球形胴の強度

8.4.1 薄肉球形胴 (P.222)

断面に垂直方向の力のつり合い

$$\sigma_\theta \pi D_i t = p\frac{\pi D_i^2}{4} \quad (8.127)$$

⇓

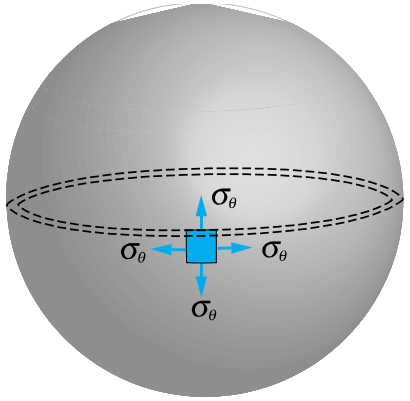
断面の応力 $$\sigma_\theta = \frac{pD_i}{4t} \quad (8.128)$$

円周の変化⇔直径の変化⇔ひずみ

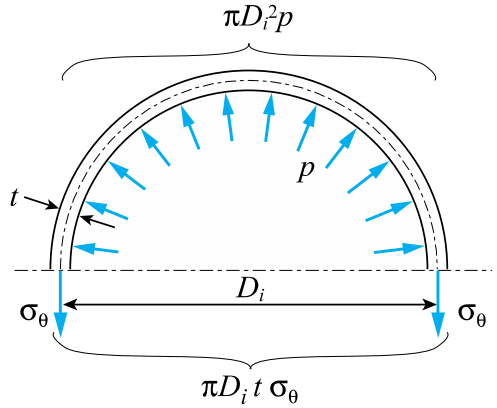
$$\varepsilon_\theta = \frac{\Delta D}{D_i} = \frac{\sigma_\theta - \nu\sigma_\theta}{E} = \frac{1-\nu}{E}\sigma_\theta \quad (8.130)$$

⇓

直径の変化 $$\Delta D = \frac{1-\nu}{4E}\frac{pD_i^2}{t} \quad (8.131)$$



(a)



(b)

必要厚さ $$t = \frac{pD_i}{4\sigma_a \eta - 0.4p} \quad (8.135)$$

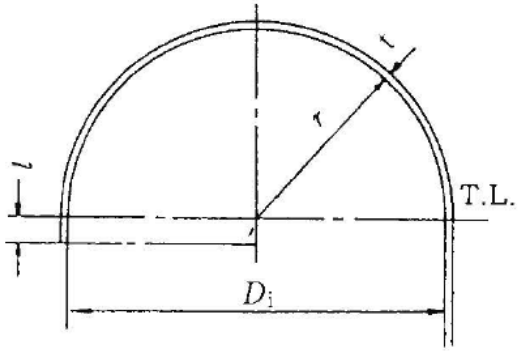
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.5 鏡板，平板，管の強度（内圧，許容応力より厚さが決まる）

8.5.1 鏡板 （P.224）

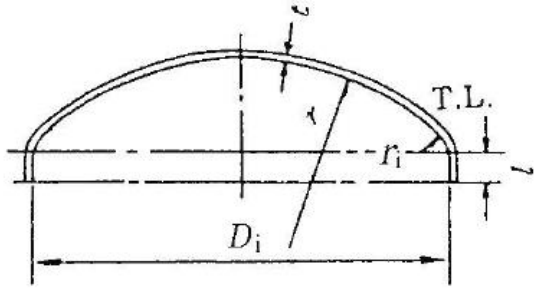
圧力容器の円筒胴の両端に取り付ける．

図8.18 鏡板の形状



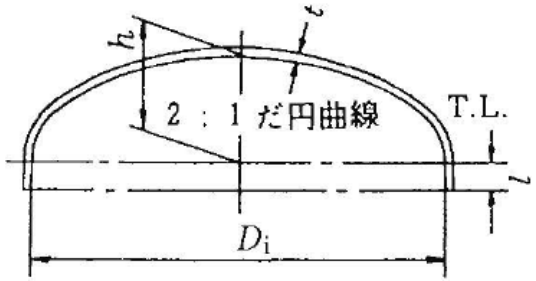
$D_i = 2r$

（a）全半球



$r_i \geqq 3t$ かつ $r_i \geqq 0.06\,(D_i + 2t)$、
$r \leqq 1.5\,(D_i + 2t)$

（b）皿形



$\frac{D_i}{2h} \leqq 3$

（c）半だ円形

必要厚さ

（薄?の場合）

$$t = \frac{pD_i}{4s_a h - 0.4p} \qquad (8.135)$$

$$t = \frac{pD_i}{4s_a h - 0.4p} M \qquad (8.146)$$

$$M = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{D_i}{2r_i}}\right) \qquad (8.147)$$

$$t = \frac{pD_i}{2s_a h - 0.2p} K \qquad (8.149)$$

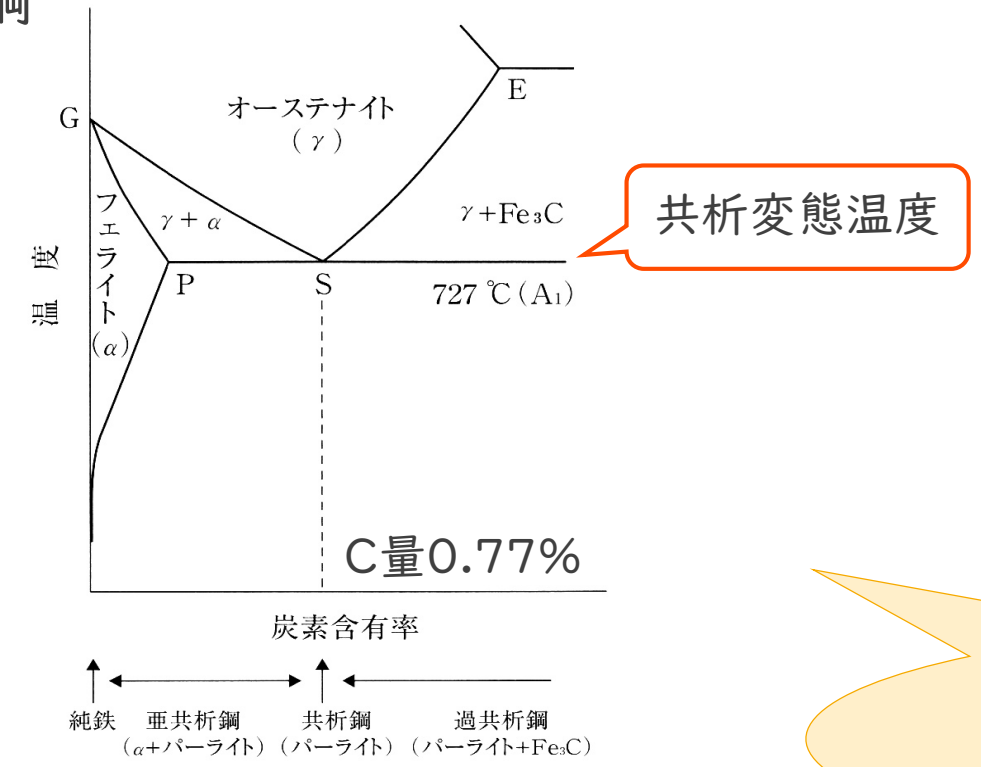
$$K = \frac{1}{6}\left\{2 + \left(\frac{D_i}{2h}\right)^2\right\} \qquad (8.150)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料 (P.229)

9.1.1 鉄系金属材料

a) 炭素鋼



共析変態温度

図9.1 Fe-C 系状態図および金属組織

状態図上の詳細

	温度[℃]	炭素含有率[%]
P点	727	0.02
S点		0.77
E点	1147	2.14

フェライト	Fe と C の固溶体, α
共析鋼 (パーライト)	フェライトとセメンタイトの共析組織
セメンタイト	Fe と C の化合物, Fe_3C

急冷すると異なる組織
(マルテンサイト, ベイナイト) が出来る

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料 (P.229)

a) 炭素鋼

1) 炭素鋼の機械的性質

亜共析鋼		共析鋼		過共析鋼
フェライトとパーライト	<	C: 0.77%	<	セメンタイトとパーライト
		全体がフェライトとセメンタイトの層状		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料 (P.229)

a) 炭素鋼

2) 炭素鋼の種類

- 炭素鋼は溶接の急熱急冷により硬化し、さらに靭性が低下する傾向にある。
  C量の含有率の上限を0.2-0.3%として溶接性を確保(JIS規格等)

- 炭素鋼の製鋼方法による分類
  - リムド鋼　　：主にMn を用いて軽く脱酸
  - キルド鋼　　：Mn のほかにAlやSi を使って十分脱酸
  - セミキルド鋼　：リムドとキルドの中間

- 炭素鋼の強度による分類(他の強度の大きさによる分類もある)
  - 高張力鋼　　：引張強さ490MPa以上の鋼
  - 調質高張力鋼：引張強さ590MPa以上の鋼

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 鉄系金属材料

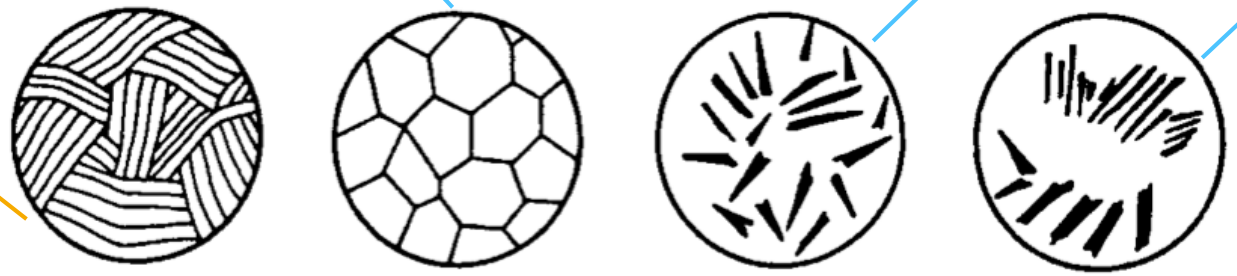
金属組織（鋼）

fcc構造，高温

bcc構造，急冷

パーライトとマルテンサイトの中間

フェライトとFe_3Cの共析組織



(a) 模式図
(鋼のおはなし　日本規格協会)

(b) 亜共析鋼(C量0.40%)の実際の例

白く見えるフェライト
白黒層状に見えるパーライト
(黒く見えるセメンタイト)

C と Feの固溶体

フェライトとFe_3Cの共析組織

Fe_3C
（C との化合物）

図 8.9　金属組織の例

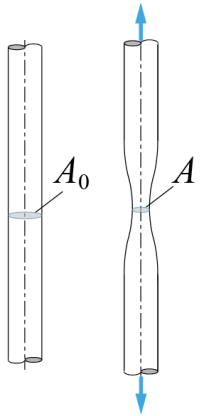
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料 (P.230)

1）炭素鋼の機械的性質と C 量の関係

炭素含有量	小	大
引張強さ	小	大
硬さ	小	大
衝撃に対する強度	大	小
低温での強さ	大	小
絞り	大	小



絞り

$$f = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\ [\%]$$

図9.7参照

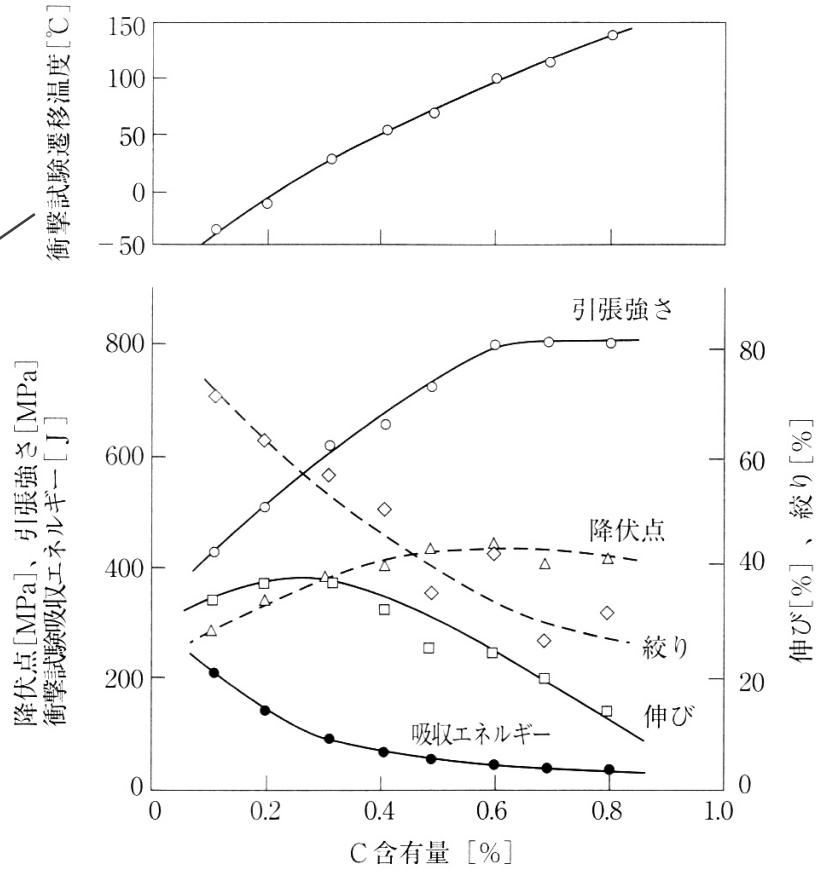


図9.2 焼ならした炭素鋼の機械的性質
（引張試験、衝撃試験）におよぼす炭素含有量の影響

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 鉄系金属材料 (P.230)

2) 炭素鋼の種類（熱処理）

- 鋼を加熱したり，冷却したりする熱操作
- 鋼の材質を変化させて鋼に所用の性質を与える．
- 炭素鋼を合金させた鋼は，熱処理により，非常に広い範囲で強さ，硬さ，ねばさを変えられる．

熱処理の種類

名称	特徴
焼ならし	静かな大気中で空冷．結晶粒の微細化，炭化物調整，内部応力の除去を目的． 靭性の改善＝軟化．非切削性の改善．
焼なまし	加熱処理後ゆっくり冷やす．種々の方法がある． 内部応力の除去．異常組織の改善．
焼入れ	急冷する．平衡状態図とは異なる組織（マルテンサイト）が出来る． 硬化．内部応力が残留する．
焼もどし	焼入れした鋼を再加熱してから冷却する．組織と性質の調整，残留した応力を除去する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 鉄系金属材料 (P.232)

b) 低合金鋼

1) 合金元素の役割

- C 以外の合金元素を少量点かした鋼の総称
- 特別な性質を与える目的で Cr, Mo, Ni, Cu などを総量5%以下添加.

#		性質の変化	適用, 備考
(1)	C	降伏点, 引張強さ, 硬さ ⇨ 増加 伸び, 絞り, 靭性値 ⇨ 減少	溶接を行うものは 0.35%以上の C を 含んではならない
(4)	Ni	炭化物を形成しないでフェライトに固溶. フェライト地の強度と靭性を増加.	強度と靭性が要求される材料. 低温用材料.
(5)	Cr	高温強度の増加. 耐酸化性の増加.	Moと組み合わせて400~650℃で 用いられる
(6)	Mo		高温用鋼, 低合金高張力鋼

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料 (P.233)

2) 低合金鋼の種類および一般的用途

調質高張力鋼

- 強度を重点に作られた.
- 焼きれ, 焼き戻し (調質) により590MPa以上の引張強さを確保した鋼の総称
- Mn, Si, Ni, Cr, Mo 等を少量添加し焼き入れ,
  焼き戻し熱処理により靭性および溶接性を確保
- 降伏比 (降伏点／引張強さ) が大きい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1 金属材料

9.1.1 鉄系金属材料

c) ステンレス鋼

- 11%以上の Cr を含有し耐食性を目的.

1000℃前後に加熱するとC量が少ない場合はフェライトに、
多い場合はオーステナイト. さらに焼き入れするとマルテンサイトに
*C量：オーステナイトフォーマー（C,N,Ni等）の量

- Cr により, 表面に非常に薄くて（数nm）安定な不動態皮膜（腐食作用に抵抗する酸化被膜）が形成され, 環境によってほとんど腐食しない.

	主な種類	特徴
フェライト系（Fe-Cr系）C量小	SUS405 SUS430	溶接部の靭性確保が難しい
マルテンサイト系（Fe-Cr系）C量大	SUS410 SUS440	局部腐食を生じない S（硫黄）を含むガスまたは水溶液に対して耐蝕性能が優れている.
オーステナイト系（Fe-Cr-Ni系）	SUS304	耐食性, 加工性, 溶接性が良い. 高温強度, 低温じん性に優れている. 局部破壊を生じる（粒界腐食, 孔食, 応力腐食割れ）
	SUS316,317	耐食性の向上（Mo添加）
	SUS321,347	耐粒界腐食の改善（Ti または Nb を添加）
	SUS304L	耐粒界腐食性の改善（C量を低減）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 鉄系金属材料 (P.235)

d) 鋳鉄および鋳鋼

(1) 鋳鉄

図9.1のE点＝オーストナイト中へのCの溶融限度2.14% 以上のCを含む Fe-C系合金の総称

(1) ねずみ鋳鉄
(2) 球状黒鉛鋳鉄
(3) 可鍛鋳鉄
(4) 合金鋳鉄

(2) 鋳鋼

溶鋼を耐火物鋳型に注入して作られた構造用製品．バルブやポンプに用いられる．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.2 非鉄系金属材料 (P.236)

a) 銅および銅合金

Cu, Cu合金	電気,熱の良導体,加工性が良好,耐食性が良好 注)アセチレンのガス設備での使用が制限
黄銅 Cu-Zn系	Zn(亜鉛) 40% 以下含有(実用) Al 添加により耐食性が良好(アルミブラス)
青銅 Cu-Sn系	Sn(錫) 3.5~9%含有 強度,延性が高い
アルミニウム青銅 Cu-Al系	Al(アルミニウム)6~12%以下含有 機械的性質,耐食性,耐熱性が黄銅,青銅よりすぐれる

b) アルミニウムおよびアルミニウム合金

Al, Al合金	低温脆化が無いので,極低温機器材料として用いられる
Al-Mg系	A5052:中程度の強度.疲労強度が高い A5083:溶接構造用.高強度.低温用タンクや圧力容器などに用いられる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 高温用材料 (P.237)

a) 耐クリープ性

ある温度以上ではクリープが強度を支配

一般的な(中常温用)炭素鋼の使用最高温度：
350℃(623K)＝クリープが問題にならない温度

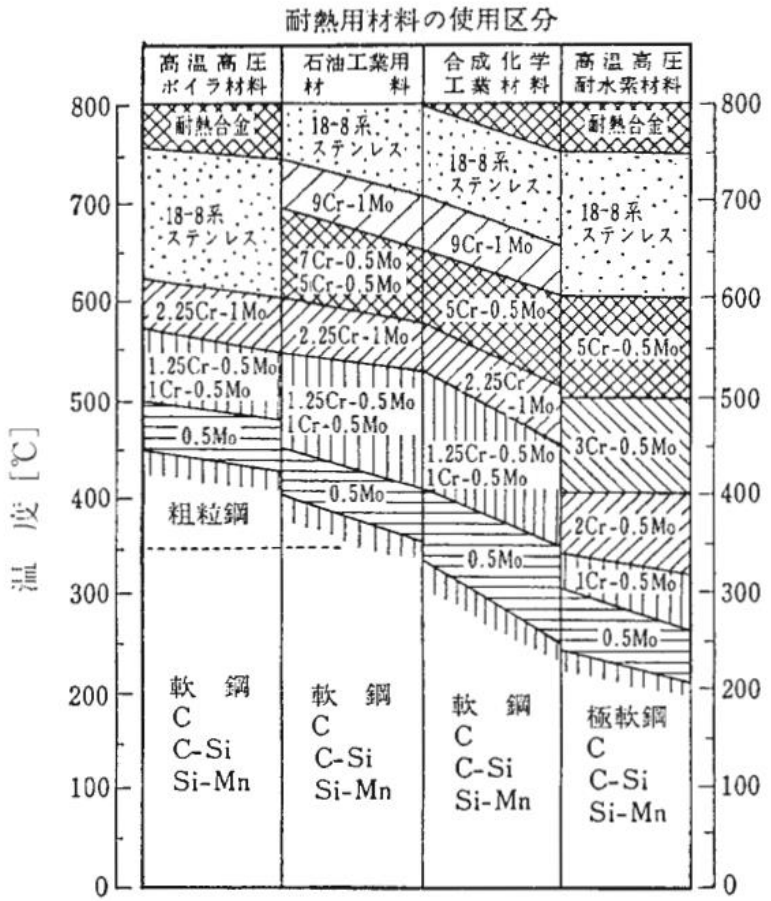


図9.6 各種用途における適用鋼種と温度[2)]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 高温用材料 (P.237)

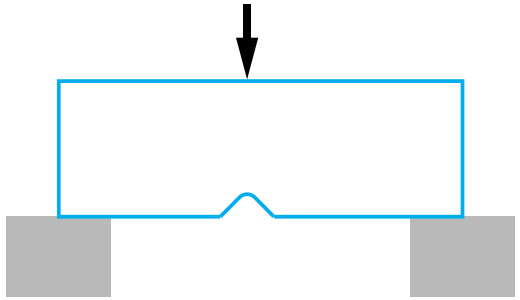
b) 耐熱鋼および合金

名称	種類	用途	特徴
1) 低合金鋼	Mo鋼, Cr-Mo鋼, Mo-V鋼, ・・・	ボイラー, 蒸気タービン, 高温圧力容器	少量のMo, Cr の添加によりクリープ強度が著しく改善. Cr-Mo鋼の焼もどし脆化(325~575℃で保持除冷).
2) 高Cr鋼	SUH21 (19Cr系) SUH446	あまり高温強度を 必要としない 炉の部品, 熱交換器	Cr16%以上のフェライト系耐熱鋼. 耐食性に優れている. 370~540℃に加熱すると常温での硬さが増し, 伸びが減少し脆くなる⇒「475℃脆性」 Cr15%以上, 540~815℃で硬くて脆弱なσ相が生じる!
3) オーステナイト 系耐食耐熱鋼	SUS304 SUS309	圧力容器	耐酸化性, 高温強度ともに優れる. 800℃以下で使用可能.
4) 耐熱合金	Fe基, Ni基, Co基	800℃以上の 高温での使用	

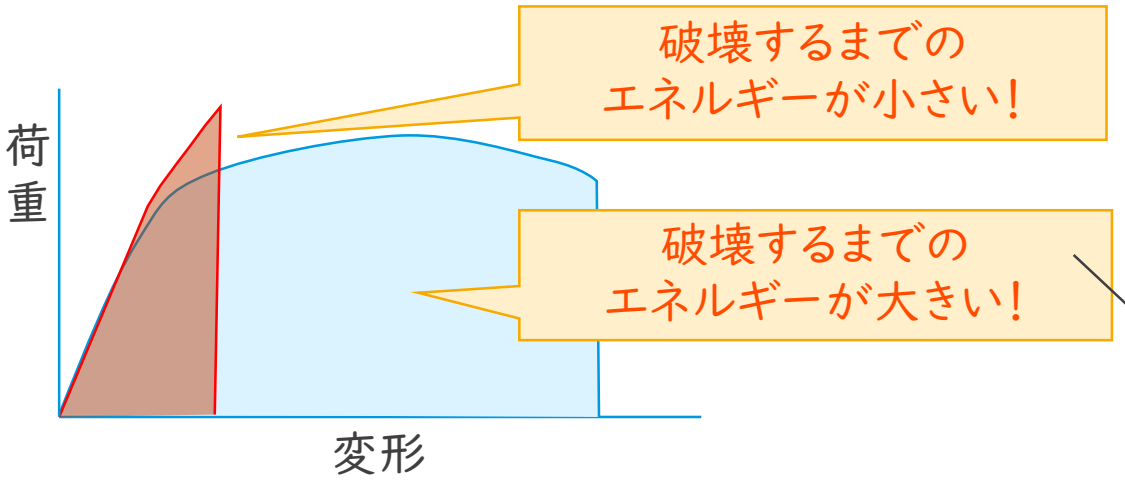
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.4 低温用材料（設計温度で脆性（低温脆性）を示さないことが必要!）　（P.239）

Vノッチのシャルピー衝撃試験を所定の温度で行い，吸収エネルギーが所定の値以上であることがJIS B 8265で規定されている.



シャルピー衝撃試験



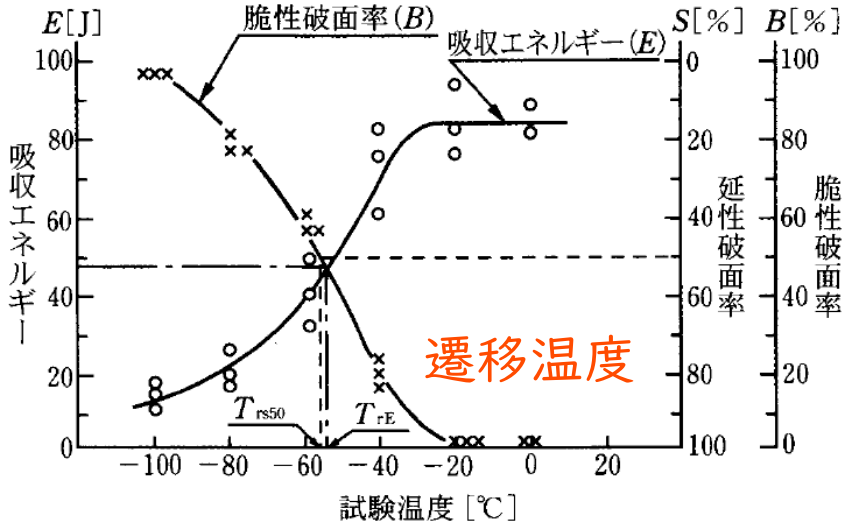


図 9.7　衝撃試験結果の例（JIS Z 2242）

低温脆性を示さない材料 ：低温に適する=fcc構造
- ◎ アルミニウム
- ◎ アルミニウム合金
- ◎ オーステナイト系ステンレス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.2 非金属材料

9.2.1 有機材料

（P.240）

有機材料	利点	欠点
熱可塑性樹脂 熱硬化性樹脂 エラストマー	軽い，熱伝導率が小さい，酸に対する耐食性	耐熱性，耐燃焼性，許容応力値が低い，弾性率が小さい

9.2.2 無機材料

無機材料	利点	欠点
セラミックス カーボン ガラスライニング	耐熱性，耐酸性，耐アルカリ性（ガラスを除く），強度，硬い	脆い，衝撃に弱い，加工が容易でない

9.2.3 複合材料

FRP

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食 (P.249)

腐食
- 湿食：水中，地中，大気中での腐食．比較的低温で起こる．水分を伴う．
- 乾食：高温の空気 or 反応ガスによる広義の酸化．水分を伴わない．

イオン化傾向：金属が水と接してイオンになる傾向

Mg > Al > Zn > Cr > Fe > Ni > Sn > Pb > H > Cu > Ag > Pt > Au

大 ← → 小

湿食は電池の生成によって進行する．
この大小に関連はするが，皮膜の性質などによる
他の要因も多い．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

種々の金属の腐食特性

- ステンレス鋼
  約11% 以上のCr を含有し、耐食性を目的

  多くの環境において不動態皮膜（特殊な酸化物）が生成し，極めて良い耐食性
  - 酸性環境で皮膜が溶解⇒耐食性を失う
  - 中性でも，環境が塩化物イオン（Cl^-）を限度以上含むと局部的に不動態皮膜が破壊
    ⇒孔食などの局部腐食
- 炭素鋼
  - アルカリ（コンクリート），濃硫酸，濃硝酸⇒不動態皮膜
  - 中性，酸性⇒腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

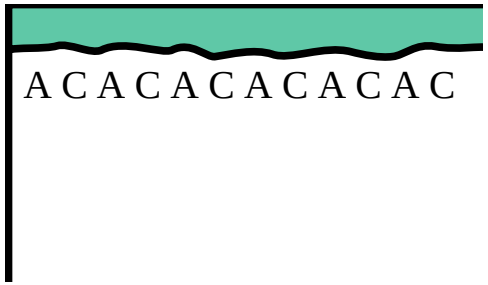
10.2.1 湿食 (P.249)

a) 湿食の特徴

- 水が必要．イオンが存在し移動ができること．
- 水蒸気，氷では起こらない．

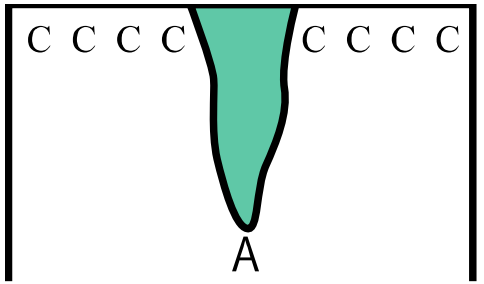
湿食は電池の生成によって進行する．

ミクロ腐食電池



炭素鋼だけでも，
炭素表面に生じる
不均一生により
浸食環境中で無数の
＋極，－極を作り浸食．

マクロ腐食電池



＋極，－極が
目に見える大きさ
（マクロ）であって
基本的に位置が
固定されている．

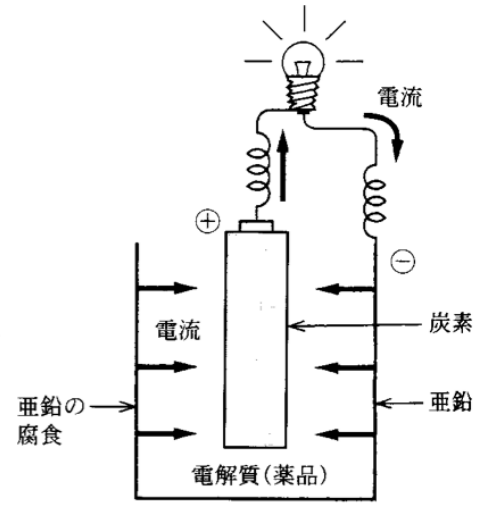


図 9.1　乾電池（腐食電池のモデル）

ファラデーの法則

腐食量[質量,g] =
定数[k] x 電流[A] x 時間[s]

腐食量⇔電流x時間

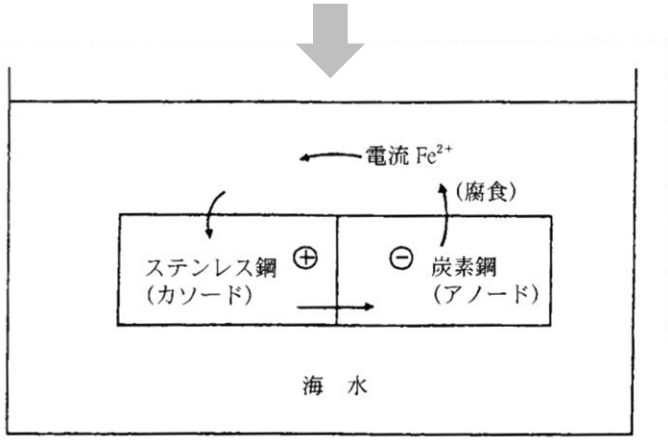


図 9.2　ステンレス鋼と炭素鋼の接触でできる腐食電池

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

10.2.1 湿食 （P.251）

d）金属・合金の耐蝕特性の分類

表10.1　金属・合金の耐蝕特性の分類

グループ	金属・合金の例	特性
1	亜鉛、銅、銅合金	初期の軽微な腐食によって、保護性のある薄い（1 μm 程度）皮膜を形成し、良い耐食性を示す。
2	ステンレス鋼、チタン、アルミニウム、アルミニウム合金	ただちに不動態皮膜と呼ばれるごく薄い（1 nm 程度）皮膜を形成し、極めてよい耐食性を示す。
3	鉄、炭素鋼	腐食によって錆層を形成するが、保護性は小さく、かなりの速度で腐食を続ける。

注1）アルミニウムやその合金，一般的なスレンレス鋼：
塩化物イオンの高い環境下では不動態皮膜が局所的に破壊ー>海水中で孔食

注2）アルミニウム，亜鉛はアルカリ性環境下で腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.254)

d) 金属・合金の耐蝕特性の分類

表 10.2　金属・合金の耐食特性

金属・合金	濃硝酸 濃硫酸	塩　酸 希硫酸	酸性溶液 (pH3～5)	中性溶液 淡　水*1	海　水	アルカリ 性溶液
亜　鉛	腐　食	腐　食	腐　食	保護皮膜	保護皮膜	腐　食*3
銅	腐　食	安　定*2	保護皮膜	保護皮膜	保護皮膜	保護皮膜
アルミニウム	不動態	腐　食	腐　食	不動態	不動態(孔食)	腐　食*4
ステンレス鋼	不動態	腐　食	不動態	不動態	不動態(孔食)	不動態
クロム	不動態	腐　食	不動態	不動態	不動態	不動態
チタン	不動態	腐　食	不動態	不動態	不動態	不動態
炭素鋼	不動態	腐　食	腐　食	腐　食	腐　食	不動態

＊1　塩化物イオンはごく低い環境
＊2　溶存酸素があれば腐食
＊3　pH 約 13 以上で腐食
＊4　pH 約 8.5 以上で腐食

不動態皮膜

【この表で色々分かる！】
- 生成する皮膜による分類
- 孔食による局部腐食
- 腐食環境による違い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.255)

e) 種々の湿食

1) 均一腐食（全面腐食）

例） 酸に溶かされる. 炭素鋼が大気中で腐食する.

2) 異種金属接触腐食

例) ステンレス鋼+炭素鋼（腐食電池, 図10.1）

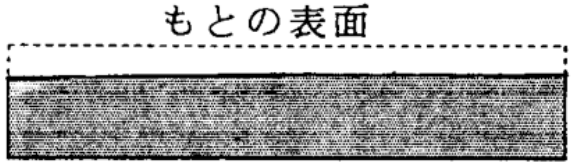
腐食電位列の（卑）側の金属が腐食

一極に対する+極の面積比が大きいと促進

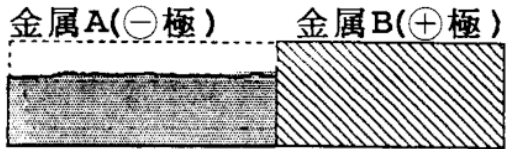
3) 材料の不均一による腐食

選択的な腐食である.

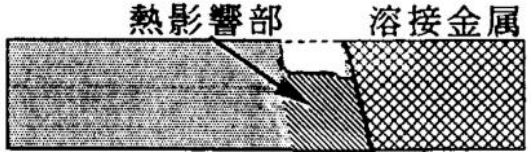
例) 溶接部.



a) 均一腐食
対象：金属全般



b) 異種金属接触腐食
対象：金属全般。亜鉛、アルミニウム（合金）、炭素鋼に多い。



c) 材質不均一による腐食①
対象：炭素鋼など。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.255)

2) 異種金属接触腐食

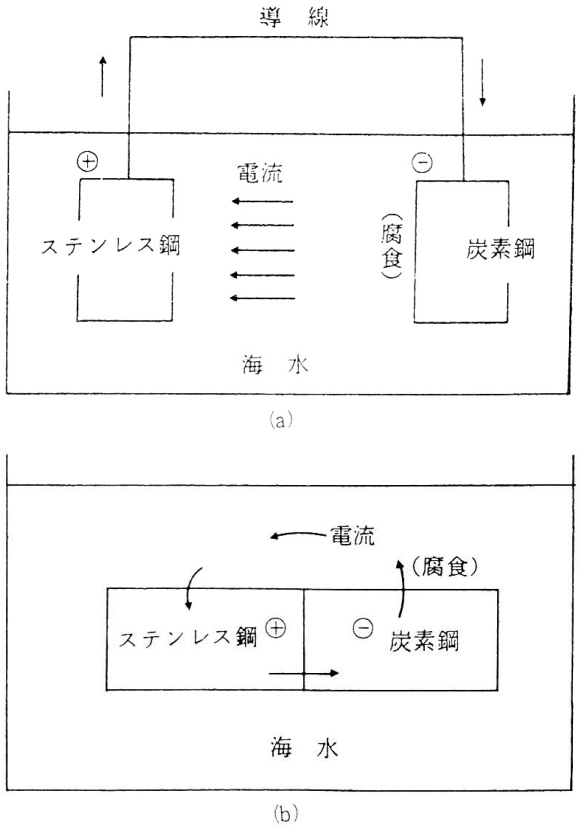


図10.1 ステンレス鋼と炭素鋼で形成する腐食電池

貴側は守られる

（貴）SUS 316（不動態）
SUS 304（不動態）
チタン
モネル（70%Ni－30%Cu）
Alloy 600（76%Ni－16%Cr－7%Fe）
ニッケル（不動態）
銅
アルミニウム青銅
黄銅
ニッケル（活性態）
鉛
SUS 316（活性態）
SUS 304（活性態）
SUS 410（活性態）
鋳鉄
炭素鋼
アルミニウム・アルミニウム合金
亜鉛
（卑）マグネシウム・マグネシウム合金

卑側が腐食

一極に対して+極の
面積比が大きいと促進！

大気中，淡水では
腐食が生じる範囲が狭い！

表10.3 流動海水中における金属・合金の腐食電位列

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

10.2.1 湿食 (P.256)

e）種々の湿食

4）通気差腐食

炭素鋼が溶存酸素により腐食するとき，付着物が存在するなどして溶存酸素の供給が悪い部分があるとき，マクロ電池が形成され腐食．孔状に浸食

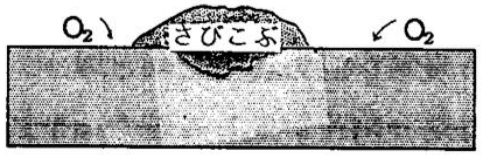
通気性の異なる2つの土壌にまたがる配管→
低抵抗の部分が選択的に腐食→孔食へ

5）孔食

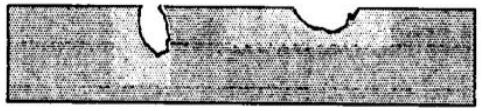
局部的に生じる孔状の浸食．塩化物環境にあるスレンレス鋼で顕著．
不動態皮膜が Cl^- により局部的に破壊されるのが原因．
通気差腐食の要因多い．

6）すき間腐食

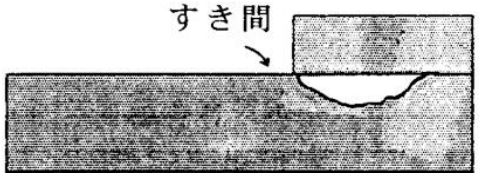
不動態皮膜の接触面における破壊でマクロ腐食電池の形成．
接触部がすき間状に腐食．



d）通期差腐食
対象：炭素鋼、銅（合金）。



e）孔食
対象：金属全般。



f）すき間腐食
対象：主にステンレス鋼、
アルミニウム（合金）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.256)

e) 種々の湿食

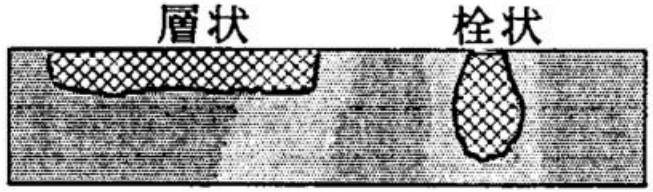
7) 粒界腐食

溶接などによる熱の影響で鋼中のクロムと炭素の結合による
クロム濃度の低下で不動態皮膜が形成できなくなる（鋭敏化）.
鋭敏化によるマクロ電池の形成

g) 粒界腐食
対象：主にステンレス鋼、
高ニッケル合金。
（黄銅、アルミニウム）

8) 脱成分腐食

- 脱亜鉛腐食:
  黄銅から亜鉛だけが選択的に失われる腐食.
  亜鉛の腐食生成物が残るので減肉しないが強度や伸びが低下.
- ねずみ鋳鉄の黒鉛化腐食:
  鉄分が腐食し、腐食生成物が黒鉛のネットワークを埋める。
  腐食したようには見えないが、衝撃を受けると破損する



h) 脱亜鉛腐食
対象：黄銅。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.1 湿食 (P.257)

e) 種々の湿食

9) 応力腐食割れ

引張応力下にある金属が腐食により割れる現象.
腐食環境:金属により生じる環境が限定される.

種類	起こる環境
黄銅	アンモニア
オーステナイト系ステンレス鋼	高温塩化物(高温海水)
炭素鋼	高温硝酸塩

フェライト系ステンレス鋼では起こりにくい

i) 応力腐食割れ
対象:金属全般。

10) 腐食疲労

繰り返し応力下での腐食による割れ.
腐食環境:腐食性があれば環境は限定されない.

j) 腐食疲労
対象:金属全般。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）

高温のガス中で金属が環境と反応して起こる，マクロ腐食電池は形成されない．

乾食機構	対象金属	環境	対性金属
1）酸化	Cr, Ni, Al, 炭素鋼	高温の空気（酸素），水蒸気，二酸化炭素	酸化物皮膜で保護性あり
2）ハロゲンガス腐食	Cr, 炭素鋼, ステンレス鋼	高温の塩素ガスや塩化水素ガス．耐用温度200℃（炭素鋼）	
3）硫化	Ni, 炭素鋼	硫化水素やこれを含む高温ガス硫化	アルミニウム，クロム
4）水素浸食	鋼	水素が炭化物（セメンタイト）と反応し，メタンガス発生：脱炭脆化．使用できる温度の限界を示した図：ネルソン線図	クロム―モリブデン系の低，中合金鋼
5）浸炭,脱炭	炭素鋼, ステンレス鋼	高温の CO-CO2, CH4-H2 などのガス環境	
6）窒化	炭素鋼	高温の窒化ガスにより窒化物生成．脆化．	オーステナイト系ステンレス，Niが多いほど良好，SUS304
7）（1）バナジウム腐食	炭素鋼, ステンレス鋼	バナジウムの多い燃料の使用により発生する燃焼ガス	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）（P.258）

（b）高温ガスによる腐食・劣化

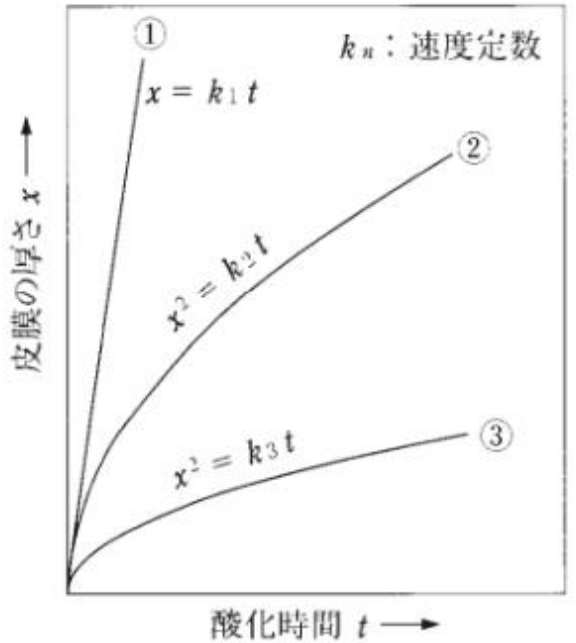
1）酸化

Cr, Ni, Al, 炭素鋼

酸化皮膜の比容積

小（Ca, Mg） ＝ 保護性小 ＝直線則

大（Cr,Ni,Al） ＝ 保護性大 ＝放物線則



①直線則に従う場合
②放物線則に従う場合(1)
③放物線則に従う場合(2)
耐酸化性は、(2)>(1)

図 10.9 高温酸化における酸化時間と皮膜の厚さの関係

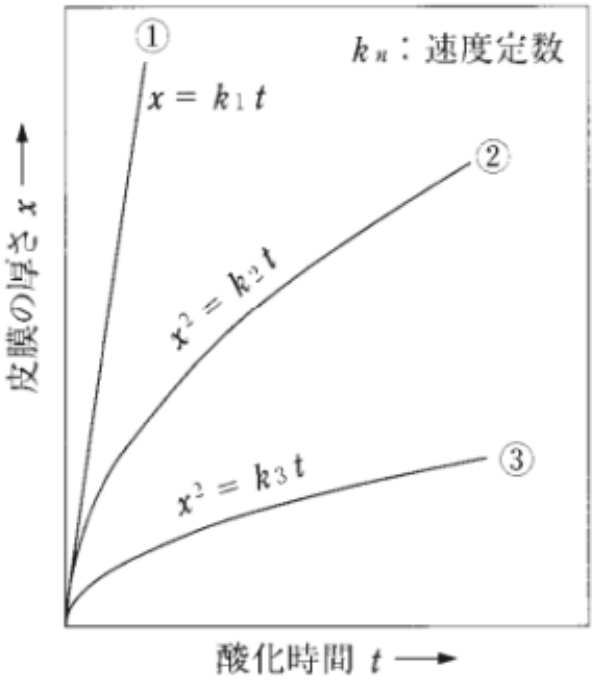
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）（P.259）

1）酸化：酸化時間と皮膜の関係

- 皮膜の比容積が小さい　＝　保護性小　皮膜が破れる
  - 直線則（酸化が進む）
  - カルシウム，マグネシウム
- 比容積が大きい＝保護性あり　皮膜で保護
  - クロム，ニッケル，アルミニウム，コバルト
  - 放物線則
  - 耐酸化性がある
- 炭素鋼の耐酸化性はクロム，アルミニウム，ケイ素等を加えると向上．



①直線則に従う場合
②放物線則に従う場合(1)
③放物線則に従う場合(2)
耐酸化性は、(2)>(1)

図 10.9　高温酸化における酸化時間と皮膜の厚さの関係

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食） （P.259）

金属酸化物の融点以上の温度で酸化物が昇華＝激しい腐食

2）ハロゲンガス腐食

- ハロゲンガス（塩素ガス，塩化水素ガス等）
- 高温で強い腐食性を示す
- 融点以上の温度→昇華→表面が無防備→激しく腐食
- 耐用温度　：200℃（塩素ガス中の炭素鋼）
  300℃（塩素ガス中のSUS304）
- ニッケル基合金でも数年の耐用期間

3）硫化

- 炭素鋼，ニッケルは硫化水素を含む高温ガスによって硫化物を生成して腐食する．
- 例）硫黄分の多い原油の精製プラント：250 ℃で2mm/year

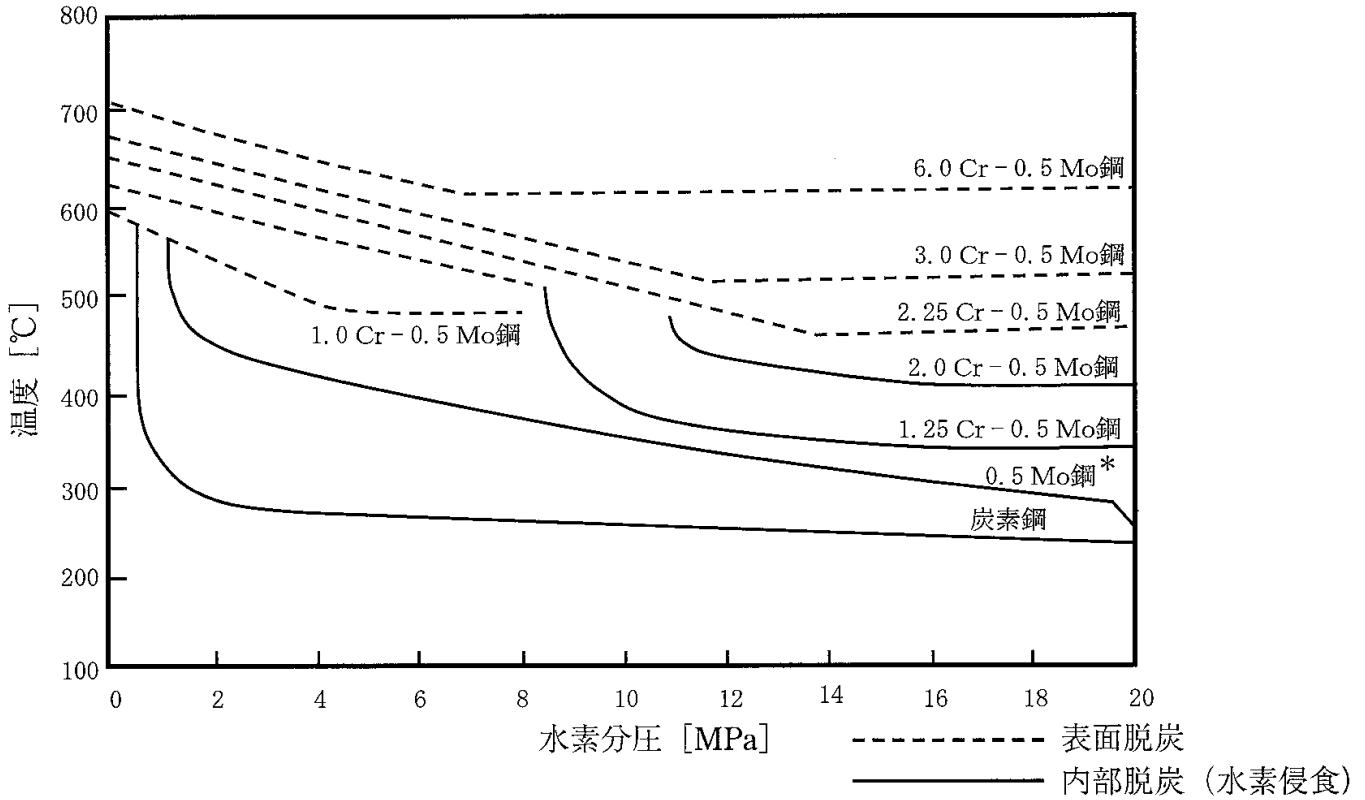
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 腐食と防食

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）（P.259）

4）水素浸食　ネルソン線図

水素分圧と温度について
使用限界を定めた図



＊　0.5Mo鋼のラインについては組織炭化物の状態によっては使用不可
（炭素鋼のラインを使用）

図 10.10　水素侵食による使用限界（ネルソン線図）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）（P.260）

4）水素浸食

$Fe_3C + 4H \rightarrow 3Fe + CH_4$

炭化物（セメンタイト）　水素　鉄

水素が鋼中に侵入

↓

メタンガス発生

↓

圧力上昇

↓

微小き裂発生

ネルソン線図

- Cr、Mo 、Nb 、Ti 、V などを添加すると
  より安定な炭化物を作るため、
  耐水素侵食性は向上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 高温ガス腐食（乾食）（P.260）

6）窒化

- 高温の窒素ガスに接する金属に窒素が侵入し窒化物を生成する結果，金属が脆くなる現象．
- オーステナイト系ステンレス鋼は耐窒化性に優れる．Niが多いほど良好．

7）（1）バナジウム腐食

- バナジウムの多い燃料の使用により発生する燃焼ガスにより発生するバナジウム系の化合物が酸化物の皮膜に付着し，融点以上で皮膜を離脱し腐食が激しくなる．
- 対策として燃料にMgO,CaOを加え化合物の融点を上げる方法がある．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.3 腐食対策 （P.261）

- 防食の基本は，腐食が起こりにくい構造設計
- すきま，凹みをさける．
- 液の滞留や沈殿物の堆積を生じさせない．
- 局部的な温度差，濃度差，流速差を生じないように．
- 局部的な材質の変化を少なく．

c）防食法

1）有機皮膜	有機材料による防食．塗料，プラスチックなどのライニング
2）金属皮膜	めっき．炭素鋼の亜鉛めっき．亜鉛が腐食して炭素鋼は防食．
3）環境処理	有害物質の除去．防食効果のある薬剤添加．
4）電気防食	カソード防食法（圧倒的に多い．環境から電気を流す） アノード防食法
5）耐食金属の利用	より耐食性のある金属を使う

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.3 摩耗とエロージョン

（P.265）

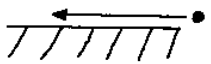
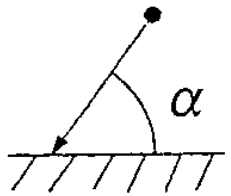
摩耗：

固体どうしの摩擦により生じる

エロージョン：

固体に流体が衝突することにより生じる

表10.5　摩耗とエロージョンの相違点

摩耗	エロージョン
固体－固体間	固体－流体間
摩　擦	衝　突
$\alpha=0^\circ$ 	$0^\circ < \alpha \leqq 90^\circ$ 
荷重（力） すべり速度	運動エネルギー （質　量 衝突速度）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11 高圧設備

11.1 高圧設備の設計・制作・検査

（P.270）

設計 ⇒ 制作 ⇒ 検査

11.2 加工の方法

一次加工 ：鋳造，鍛造

二次加工 ：機械加工（切削，研磨），
塑性加工（曲げ，プレス），
溶接

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.271）

a）溶接の種類

圧接　：
加熱し圧力を加えて接合

ろう接：
母材より低い融点をもつろう材を
溶融させて接合.
アルミニウム合金の熱交換器

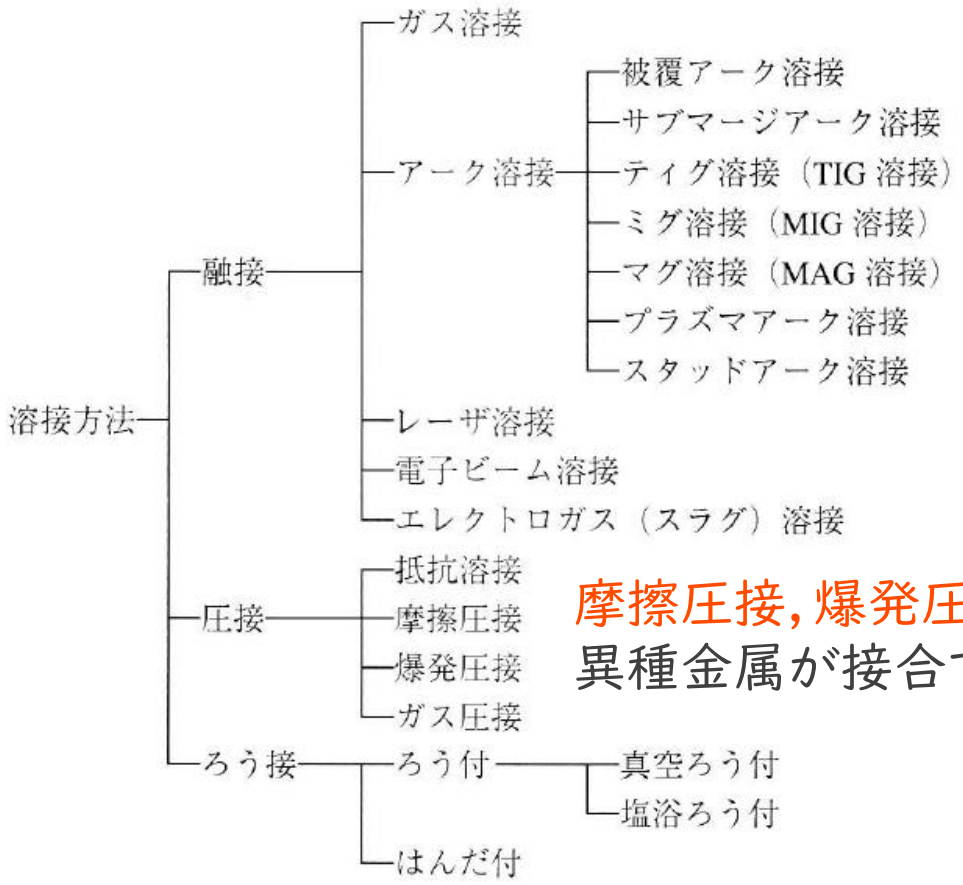


図11.1　主な溶接方法の種類

摩擦圧接，爆発圧接：
異種金属が接合できる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.271）

溶接接合部の機械的性質

熱の影響により機械的性質（硬さ，強度等）が変化する

変化を少なくして，飛躍的に発展

注） 機械的性質が急激に変化する部分では応力集中が生じる．

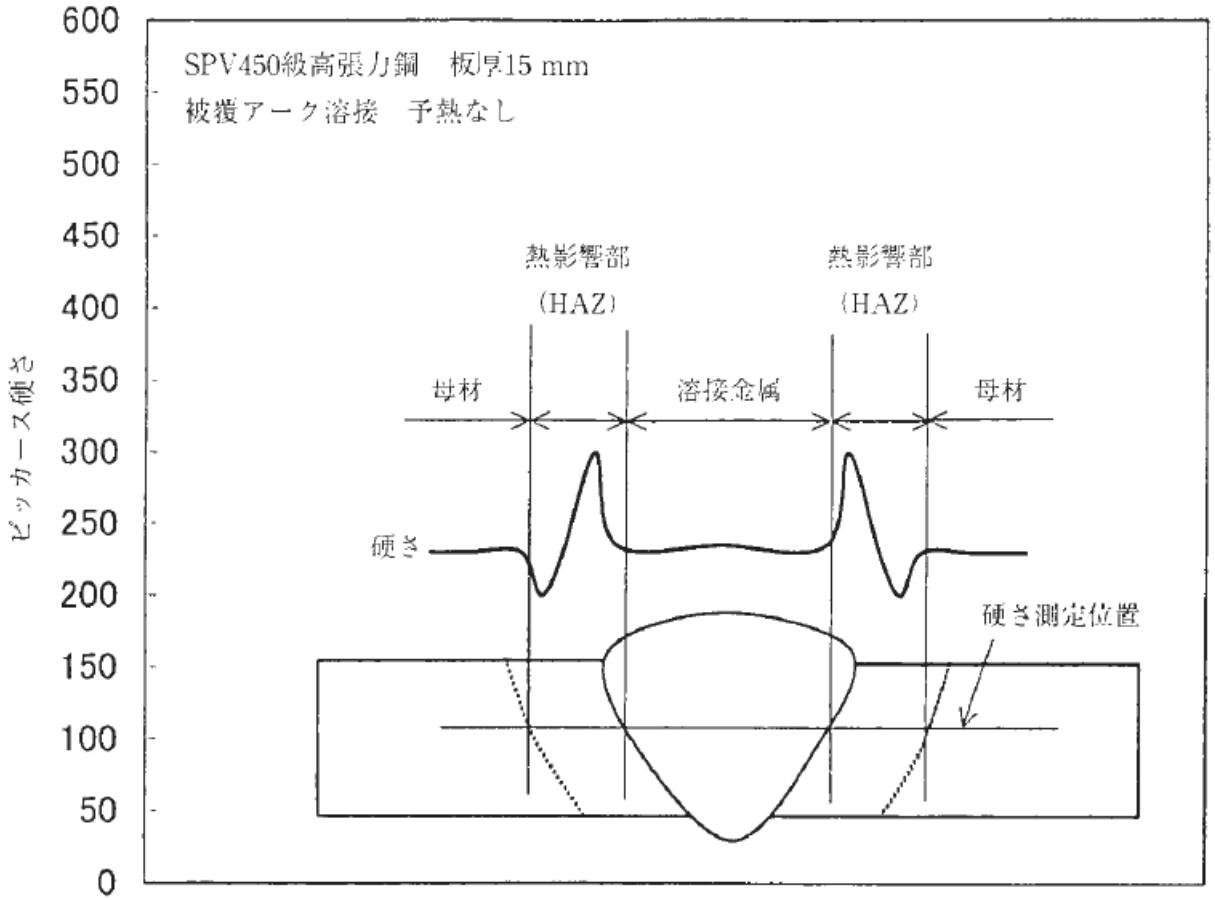


図11.2 溶接部横断面および熱影響部の硬化例（模式図）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.272）

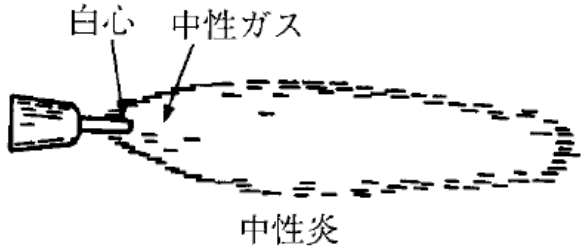
1）ガス溶接

可燃性ガスの燃焼を利用して溶接を行う.
（酸素アセチレン溶接）

火炎低温（3000°C程度）:
アーク溶接に比べ格段に低温

⬇

熱影響部が広範囲.（広範囲の領域がダメージを受ける）
熱効率が悪い.



（酸素とアセチレンガス、約１：１）

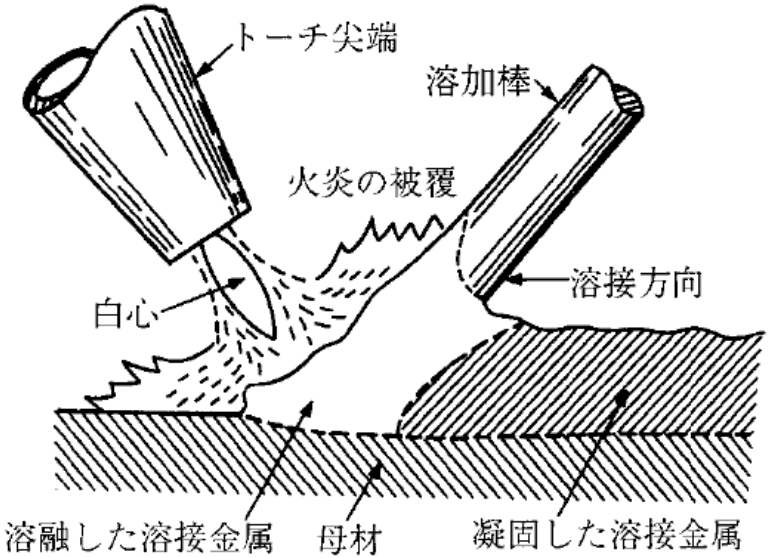


図 10.3　酸素アセチレン溶接の状態

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.272）

2）アーク溶接

- アーク放電、または、電弧放電（でんこほうでん）
  電極に電位差が生じることにより、電極間にある気体に持続的に発生する放電（絶縁破壊）の一種。

- アーク溶接：アーク放電を利用した溶接
  （1）被覆アーク溶接
  （2）ティグ溶接
  （3）サブマージアーク溶接
  （4）ガスシールド消耗電極式アーク溶接
  （ミグ溶接，マグ溶接）
  （5）プラズマアーク溶接

アーク火炎温度：
非常な高温（5000～50000℃）

↓

大気中の酸素や窒素により
溶接金属が酸化，窒化する悪影響

↓

解決策：
大気からのアークの遮断，電極の工夫

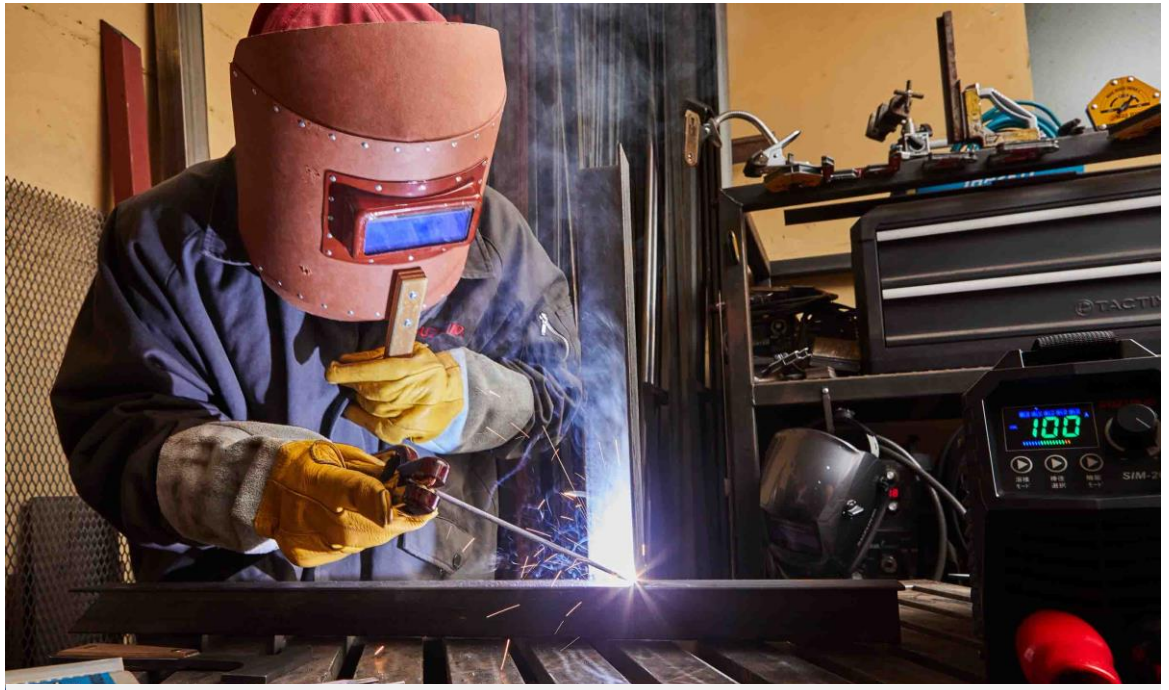
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 (P.270)

(1) 被覆アーク溶接

- 被覆アーク溶接棒と被覆部との間にアークを発生させて溶接を行う.
- 最も広範囲に使用されている手動のアーク溶接.
- 主に, 鉄鋼, ステンレス鋼に用いる.



提供:スター電器製造㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 (P.270)

電源：垂下特性電源（電圧が高くなると電流が減少）.
一般に交流だが、定電流特性電源の直流が普及してきた。

被覆材（フラックス）
- ガス発生剤　：ガスで空気の侵入を阻止
- アーク安定剤　：アークの再点弧，安定性の維持
- 脱酸材　：酸素のスラグとしての除去
- 合金材　：溶接金属の成分微調整

提供：スター電器製造㈱

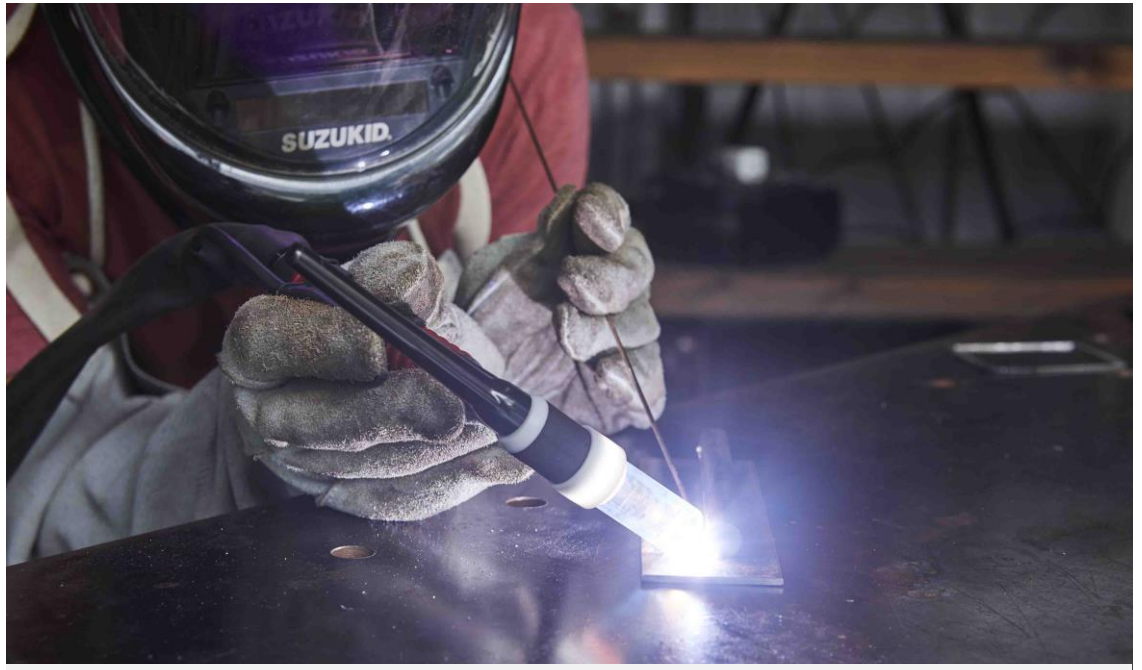
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 (P.271)

(2) ティグ (TIG) 溶接

- 不活性ガスのシールドガスで覆いながらタングステン電極と被溶接部との間にアークを発生させ，ほぼ母材と同成分の溶加棒を溶かしながら溶接．
- 通常手動で行う．
- 多くの金属に対応．
- タングステン電極はほとんど消耗しない．



提供：スター電器製造㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.271）

(2) ティグ（TIG）溶接

- 高電圧発生装置が必要：
  電極を母材に接触させることなくアークをスタートさせるため．
  （理由：タングステン電極を母材にタッチさせアークをスタートすると電極先端形状が損なわれたり，タングステンが溶接部に巻き込まれる．）
- アルミニウムやその合金は酸化膜が溶接を阻害．
  交流電圧を使うと陰極点の熱により酸化皮膜を破壊し，
  清浄な面となり溶接可能．（これをクリーニング作用という）

提供：スター電器製造㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 (P.272)

(3) サブマージアーク溶接

- あらかじめ散布された粒状のフラックス中にワイヤ(電極)送信給しワイヤ先端と母材との間にアークを発生させ溶接を行う.
- フラックスは(1)被覆アーク溶接と同じ役割+過剰なフラックス,スパッタ,アーク光が外部に漏れるのを防ぐ.
- 自動で行われる.

提供:㈱ダイヘン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 (P.274)

(4) ガスシールド消耗電極式 アーク溶接(ミグ溶接, マグ溶接)

- 自動的に供給されたワイヤの先端と母材の間にアークを発生させ, アークおよび溶接金属をシールドガスで覆い大気から保護して溶接を行う.
- ガスの種類でミグとマグが異なる
- ガスの種類、溶接電流の大きさがアーク安定性、溶融金属の移行形態、溶込み形状、スパッタの発生量、溶接部外観に影響 ⇒ 適正な選択が必要.

	シールドガス	ガスの種類
ミグ溶接	不活性ガス※	アルゴン等
マグ溶接	酸化性ガス	炭酸ガス, 炭酸ガスとアルゴンガスとの混合

アルミニウムに適用

※酸素を2%混合する場合もある

提供:㈱ダイヘン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.275）

(5) プラズマアーク溶接，キーホール溶接

- ティグ溶接と基本原理は同じ
- 冷却によるアーク中心の高温化
  （熱的ピンチ効果）により高温（2～5万℃）
- 高温のアークにより裏側まで貫通させて穴
  が開いた状態で
  溶接する場合は
  キーホール溶接
  とも呼ばれる．

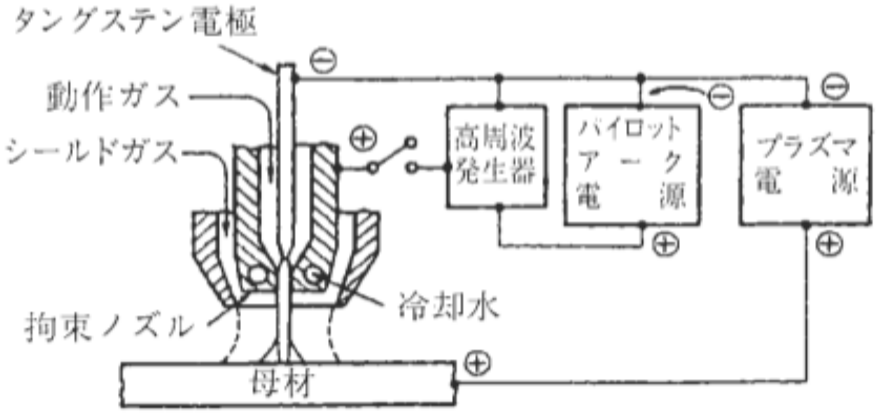


図11.7　プラズマアーク溶接

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.275）

b）溶接施工技術

2）溶接加工管理

溶接前 ：溶接材料の乾燥，母材の確認，開先形状の確認

溶接中 ：余熱およびパス間温度，電流，電圧，溶接速度の確認

溶接後 ：応力除去（焼きなまし）が必要な場合は温度と保持時間の確認

残留応力：溶接後に溶接部周りに生じる応力

溶接線上：引張残留応力→
破壊靭性値の低下，応力腐食割れ

38mmを
超える厚板 ➡ 応力除去
焼きなましが必要

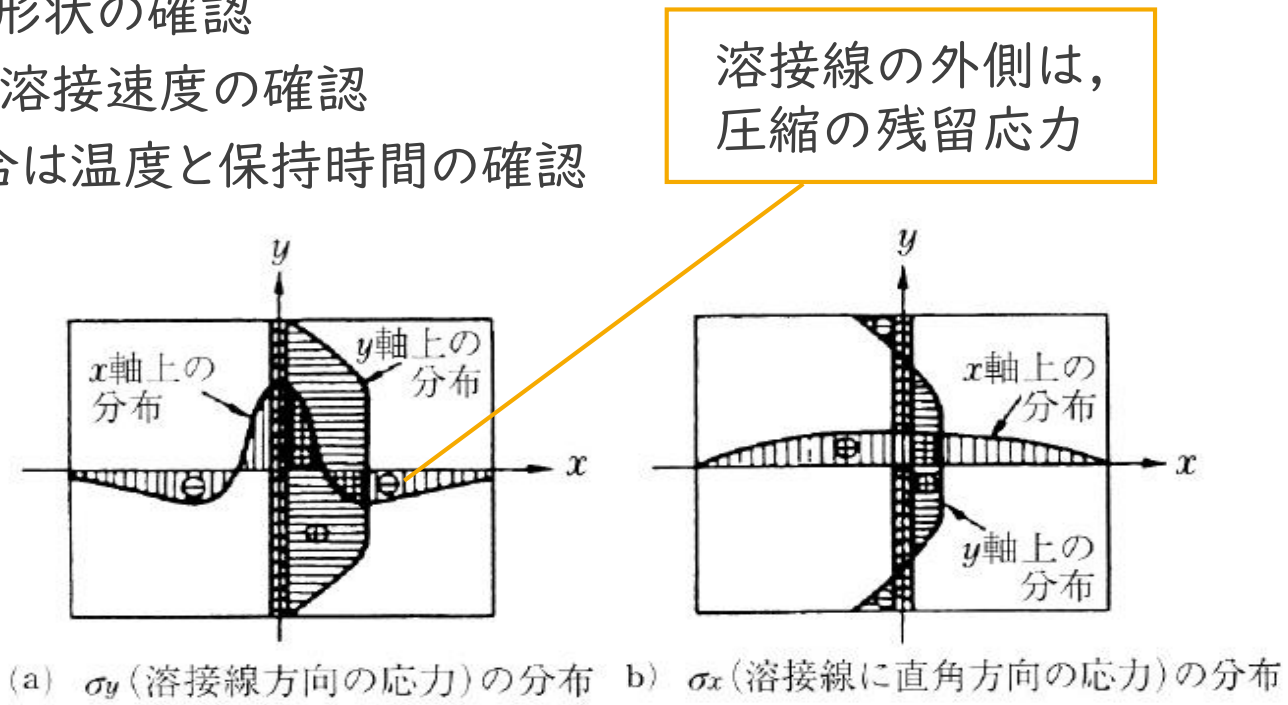


図11.8 突合せ継手の溶接残留応力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.276）

b）溶接施工技術

3）溶接部の検査

1. 外観検査，目違いなどの寸法測定

2. 遅れ割れなどの発生時間を考慮して所定時間経過後，
浸透探傷試験，磁気探傷試験（磁粉探傷試験），放射線透過試験，超音波試験などの
非破壊検査

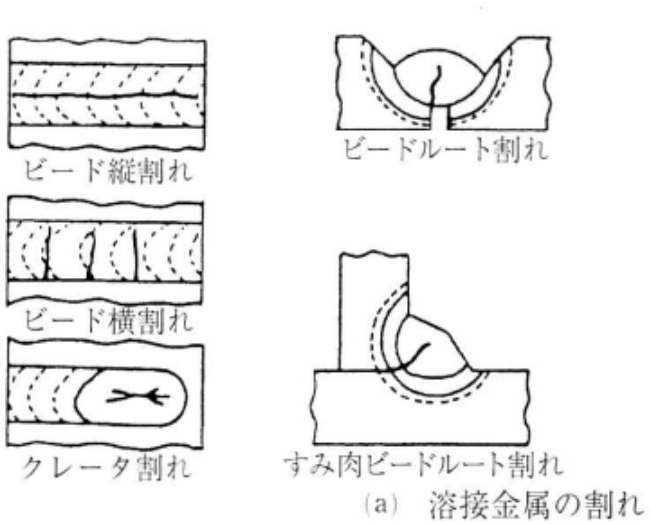
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

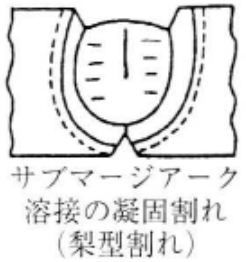
11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.276）

b）溶接施工技術

4）溶接部の欠陥・変形の防止および補修





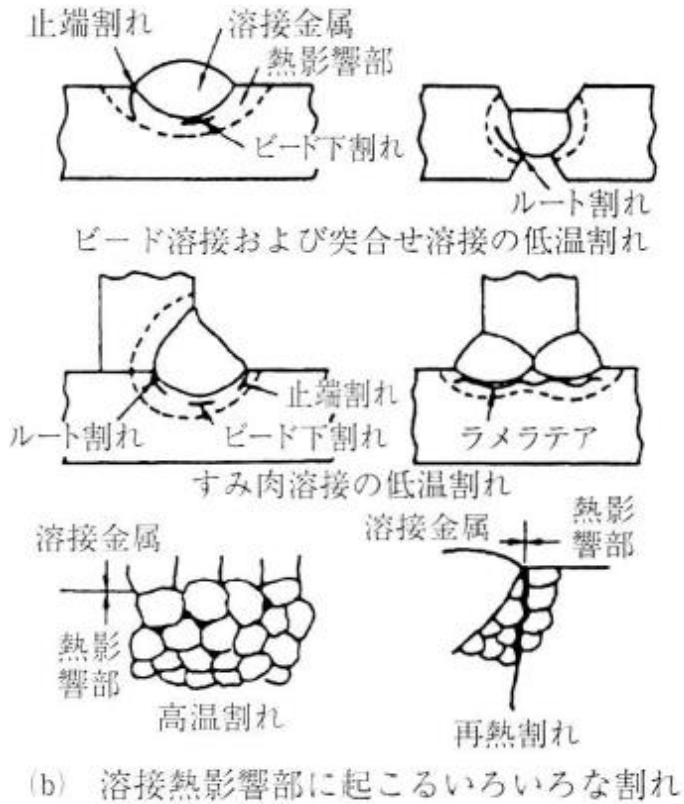


図11.9 溶接部の割れ

特にA6061 アルミニウム合金では
クレータ部（溶接の最期に凝固する）に生じやすい．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 （P.277）

低温割れ高温割れ

低温割れ：200～300°C以下で発生する割れ．溶接直後に発生する場合と発生直後，
しばらく時間が経過した後に発生（検知には通常24～48時間の経過が必要）

［対象］高張力鋼，低合金鋼などで起こりやすい

［原因］硬化組織，溶接金属中の拡散性水素および溶接残留応力に起因

溶接硬化部に拡散性水素拡散 ⇒ 凝集して高圧 ⇒ 応力＋溶接残留応力 ⇒ 割れ

［防止］

低炭素当量の材料選定	：硬化を防ぐ
低水素系の溶接棒の使用	：拡散性水素の低減
予熱，後熱の実施	：拡散性水素の放出
拘束を小さくする	：応力を低減する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.277）

高温割れ：溶接中および冷却中の高温域で発生.
溶接直後に発生.

［対象］オーステナイト系ステンレス鋼，アルミニウム合金の溶接部で起こりやすい.
特にA6061 アルミニウム合金ではクレータ部（溶接の最期に凝固する）に生じやすい.

［原因］溶接金属中の低融点化学成分が原因.

［防止］一般的対策として鋼材中の不純物の減少

結晶粒界液化割れ

- アルミニウム（A6061合金で起こりやすい）
- 熱影響部にも生じる
- 母材の結晶粒界＝低融点成分が多い→溶接の熱で融解＝凝固するときに生じる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

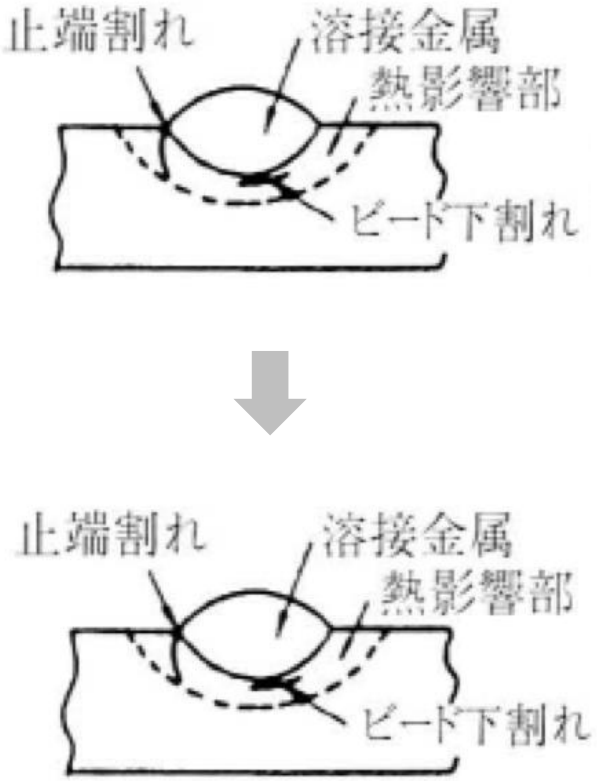
11.2 加工の方法

11.2.2 溶接加工 （P.278）

繰り返し応力による割れ

疲労割れ

- 適　応　：　設備使用中に生じる
- 原　因　：　繰り返し応力により生じる
- 場　所　：　溶接ビートと母材との境界部（止端部）などの応力集中箇所が起点となり発生
- 防止策：　溶接完了後にビードの整形により止端部をなめからにする.
  場合によっては母材面まで溶接ビードを切削.



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2.2 溶接加工 (P.278)

応力腐食割れ（溶接後の運用時に起こる）

- 対象　：　オーステナイト系ステンレス鋼
- 適応　：　腐食環境下で応力が働く場合
- 概説　：　鋭敏化で耐食性劣化→結晶粒界→き裂進展
- 防止策　：　固溶化熱処理（鋭敏化組織を回復）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.279)

塔　　：内部にトレイや充てん物をもつ縦型円筒形のもの

槽　　：内部にトレイや充てん物を持たない，
　　縦型および横型円筒形のもの

提供：太陽石油㈱

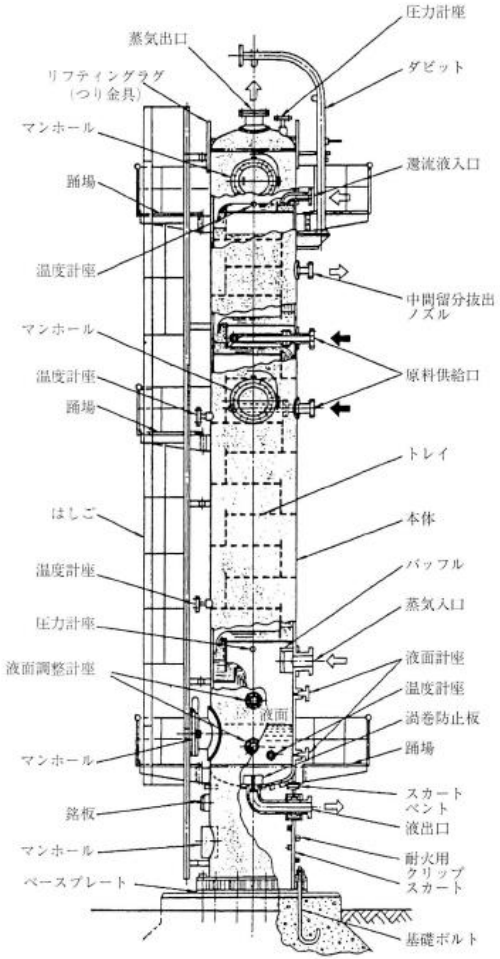


図11.11　棚段塔の構造（化学装置研究会：「絵とき　化学装置・機器の実務知識」p.74、オーム社（1997））

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.279)

貯槽　：原料や製品などを貯蔵する比較的大容量のもの

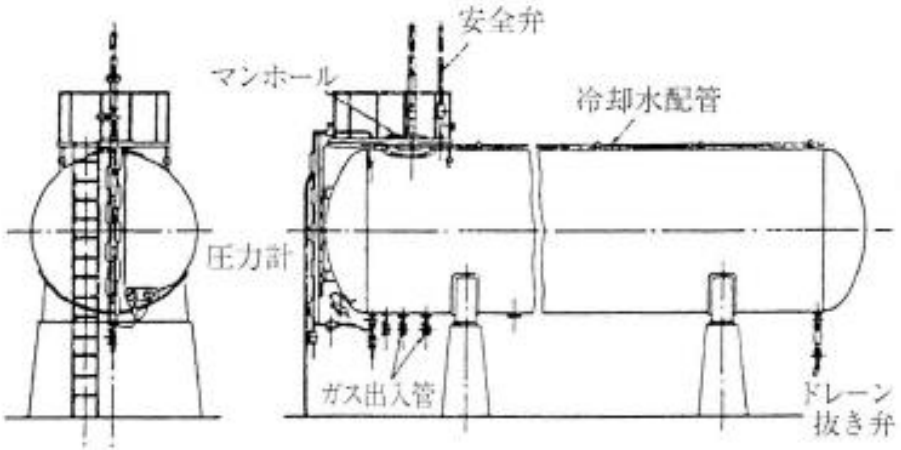


図11.16　横置型円筒形貯槽（化学工学協会：「プロセス機器構造設計シリーズ５貯槽」p.88、丸善（1973））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.279)

a) 塔

1) 塔の用途による分類

分類	原理	例, 用途
(1) 蒸留塔	多成分系の混合溶液を揮発性の違い(沸点の違いと考えてもよい。)を利用して分離する。	原油の蒸留 常圧, 減圧, 高圧蒸留
(2) 精留塔	蒸留と区別は無い. 通常沸点差の少ない場合に精留と呼ぶ	
(3) 吸収塔 ・再生塔	気体と吸収液を接触させ液に気体を溶解させる.	ガスの精製, 有用物質の回収, 有害物質の除去
(4) 抽出塔	一部の成分を抽出剤(液体, 固体)を用いて抽出分離する	蒸留や蒸発では分離困難な場合. 芳香族炭化水素
(5) 吸着塔	固体の接触界面に液体や気体中の特定の成分が選択的に濃縮される現象を用いている.	混合キシレンからパラキシレンを分離
(6) 反応塔	反応器ともよぶ. 反応を起こさせる.	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.280)

2) 塔の構造

- 棚段塔　：トレイ（棚段）がある
- 充てん塔　：充てん物（規則，不規則）を有する

トレイの種類

十字流接触型 ：
シーブトレイ，バブルキャップトレイ，
バルブトレイ

向流接触型　：
デュアルフロートレイ
（ダウンカマーのないシーブトレイ）

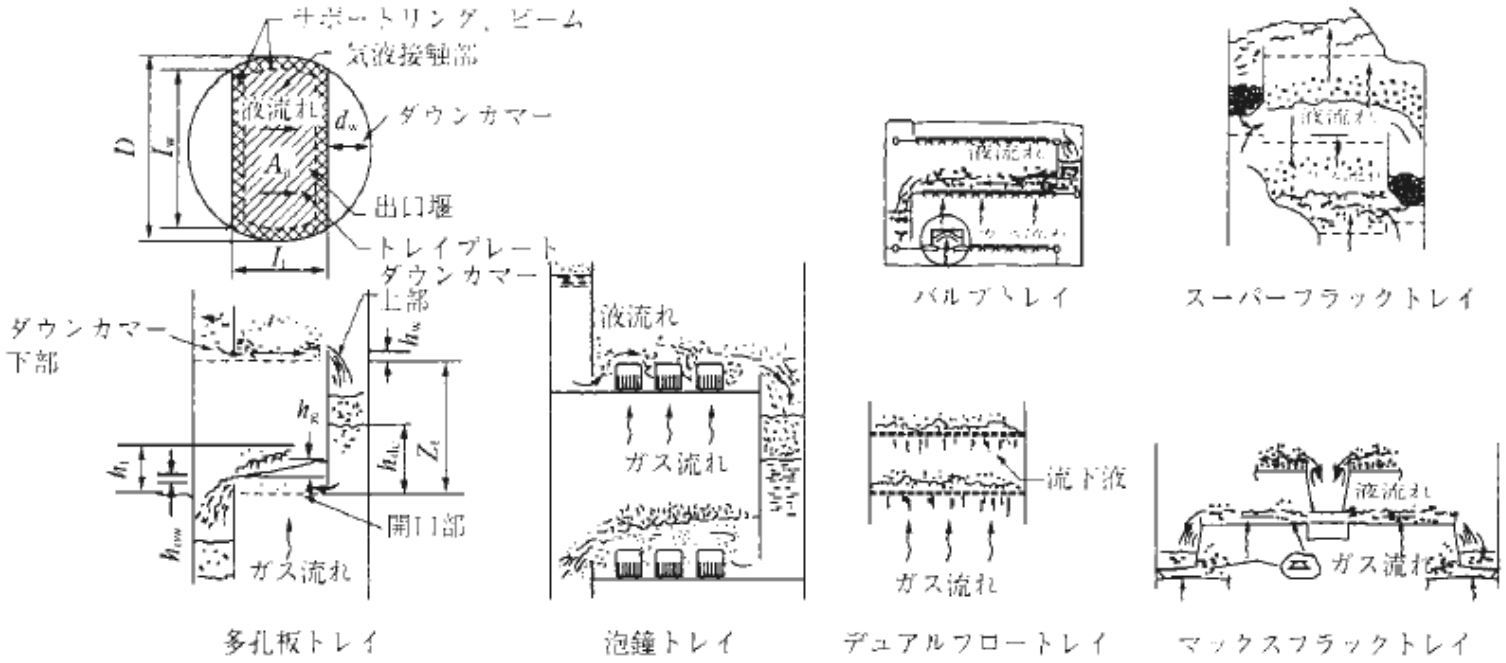


図11.12　トレイの種類（化学工学会：「化学工学便覧」p.564、丸善（1999））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.282)

c) 貯槽

（単殻式は常温用、二重殻式は低温用）　◯：最適　△：適　×：不適

貯槽形式					適用内容物					
形状形式	機能別	屋根	簡略図	使用圧力範囲	低圧ガス	高圧ガス	液化ガス	水・不揮発性	低揮発性	高揮発性
球形貯槽			（単殻式） （二重殻式）	低圧－高圧	◯ ×	◯ ×	◯ ◯	× ×	△ ×	◯ ×
円筒形貯槽	横置型縦型		（単殻式） （二重殻式）	低圧－高圧	◯ ×	◯ ×	◯ ◯	◯ ×	◯ ×	◯ ×
平底円筒形貯槽	固定屋根式貯槽	円錐型（コーン）		貯蔵液自重測圧	×	×	×	◯	△	×
		球面型（ドーム）	（単殻式） （二重殻式）	貯蔵液自重測圧	× ×	× ×	× ◯	◯ ×	◯ ×	× ×
	浮屋根式貯槽	シングルデッキ型		貯蔵液自重測圧	×	×	×	×	◯	◯
		ダブルデッキ型		貯蔵液自重測圧	×	×	×	×	◯	◯
	固定屋根付浮屋根式貯槽			貯蔵液自重測圧	×	×	×	×	◯	◯

表11.2 貯槽構造、形式による分類

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

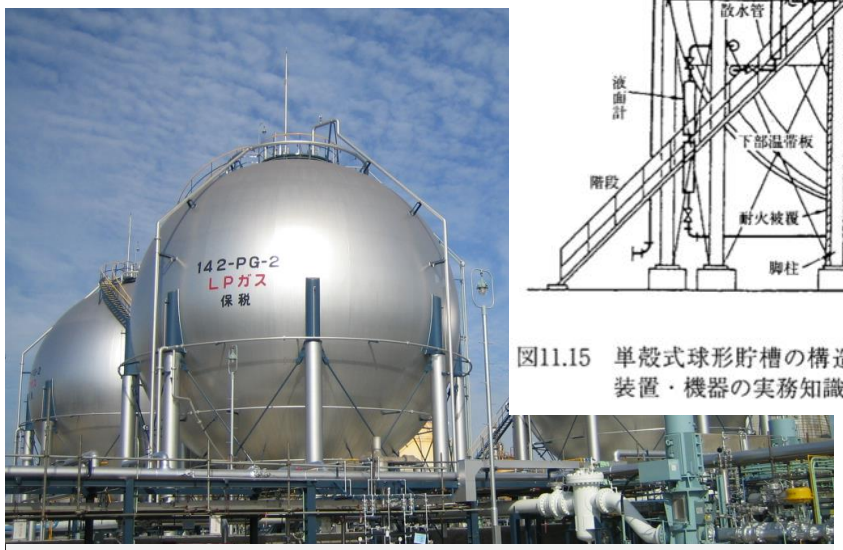
11.3 高圧装置

11.3.1 塔・槽・貯槽 (P.282)

1）球形貯槽

単殻式

- 用途　：天然ガス，都市ガス等の圧縮ガス，液化ガスを常温高圧で大容量貯蔵
- 材料　：高張力鋼
- 構造　：赤道面に支柱を取り付け固定．支柱同士は斜材により連結し横からの強度を増加．
- 加工法：綱板を球面状にプレスし，溶接して球形にする．



提供：ENEOS㈱

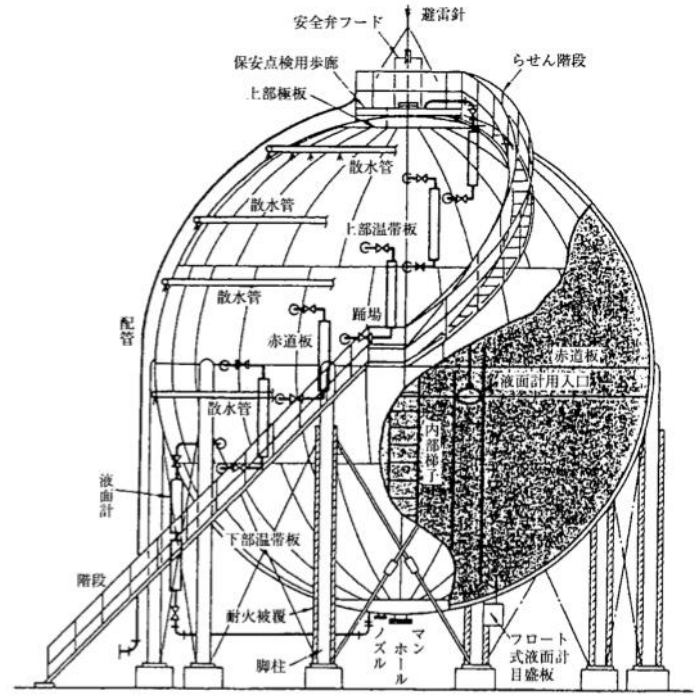


図11.15　単殻式球形貯槽の構造（化学装置研究会：「絵とき　化学装置・機器の実務知識」p.194、オーム社（1997））

Copyright © The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.2 反応器 (P.284)

a) バッチ式反応器

バッチ式反応器は、機能的に反応操作が連続式にできない場合や小容量を取り扱う装置に用いられる。この反応器には振動を与えたり、容器を回転、あるいは撹拌翼によって反応を促進させるものが多い。

b) 連続式反応器

連続式反応器には、触媒を使用する形式と触媒を使用しない形式がある。
触媒を使用する形式の反応器では、触媒が反応器内で移動せず固定されている固定床式と、触媒が流動する流動床式がある。また触媒を使用しない形式の反応器には、加熱炉管内で反応操作を行う管式反応器などがある。

1) 固定床式反応器, 2) 流動床式反応器, 3) 再生塔, 4) 管式反応器,

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.3 熱交換器 (P.285)

- プロセス流体の加熱または冷却といった操作を行うための手段
- 純粋に熱伝導による熱交換器：
  多管円筒形熱交換器、二重管式熱交換器、プレート式熱交換器、空冷式熱交換器、蒸発器...

熱交換器の使用目的

① 熱交換器 ：プラント内における熱エネルギーの有効利用を目的とし、
温度を上げたい流体と下げたい流体の間で熱交換を行う。
② 冷却器 ：流体を所定温度まで下げることを目的とする。
③ 凝縮器 ：気体流体を冷却し液体に凝縮する。
④ 再沸器 ：蒸留搭塔底液などを加熱し再沸させる。
⑤ 加熱器 ：流体の加熱を目的としたもの。
⑥ 深冷器 ：流体を常温以下まで冷却するもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.3 熱交換器 (P.286)

a) 多管円筒形熱交換器

熱交換器の構造として最も多く
用いられるものである。
基本構造としては互いに熱交換をする
2流体が管板に取り付けられた
多数の伝熱管内と胴側をそれぞれ流れ、
伝熱管を通して熱交換を行う。
多くのバリエーションがある.

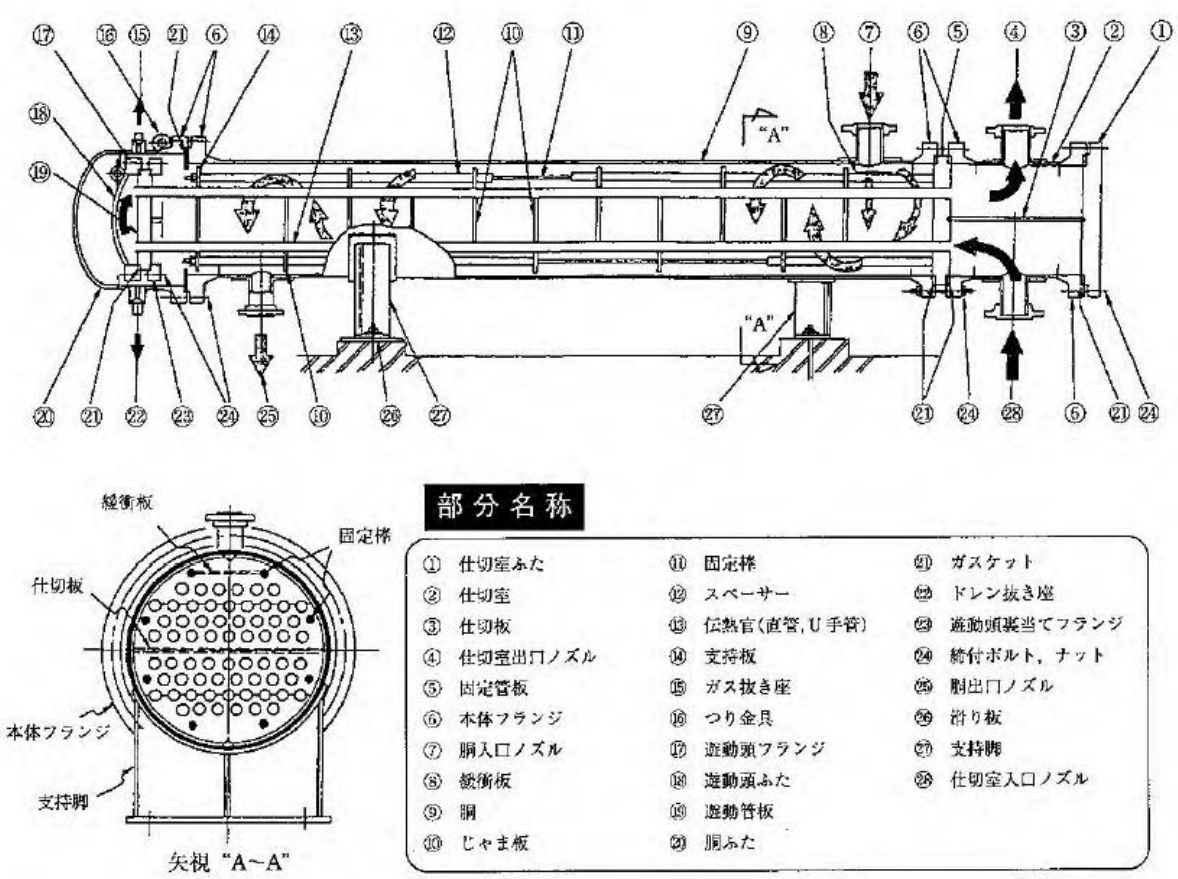


図11.22 遊動頭形熱交換器（化学装置研究会：「絵とき 化学装置・機器の実務知識」p2、オーム社（1997））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.3 熱交換器 （P.286）

b）二重管式熱交換器

比較的熱交換量の小さなものが要求される場合.

二重管とグランドから構成され、外管と内管をそれぞれ熱交換する2 流体が流れ、内管を通して熱交換を行う。清掃や点検が容易.

熱膨張や振動などに起因し外管側流体が漏えいする危険性があるため、外管側には一般に冷却水などの危険性のない流体を流す。

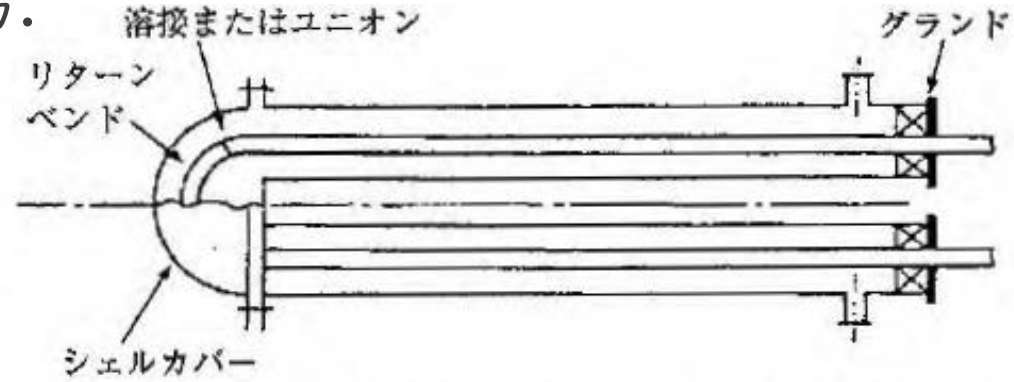


図11.23 Uチューブ式二重管（日本プラントメンテナンス協会：「入門・機械＆保全ブックス③熱交換器の本」p.10、日本プラントメンテナンス協会（1996））

Uチューブ式二重管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.3 熱交換器 (P.286)

c) プレート式熱交換器

プレス加工などの方法で波形模様を刻んだ多数のプレートをガスケットなどを介して重ね合わせ、間隔2-6mm の各プレート間を1 枚おきに高温流体と低温流体が流れ、プレートを介して熱交換をする構造となっている。

利点：①多管円筒形に比べて小型化が図れる、②分解・組立が容易であり清掃しやすい、
③プレートの追加などによる処理能力の融通性がある、④滞留液量が少ない

欠点：圧力損失が大きいということと、ガスケットを介している構造上、温度・圧力条件、流体性状に制限があるという欠点もある。

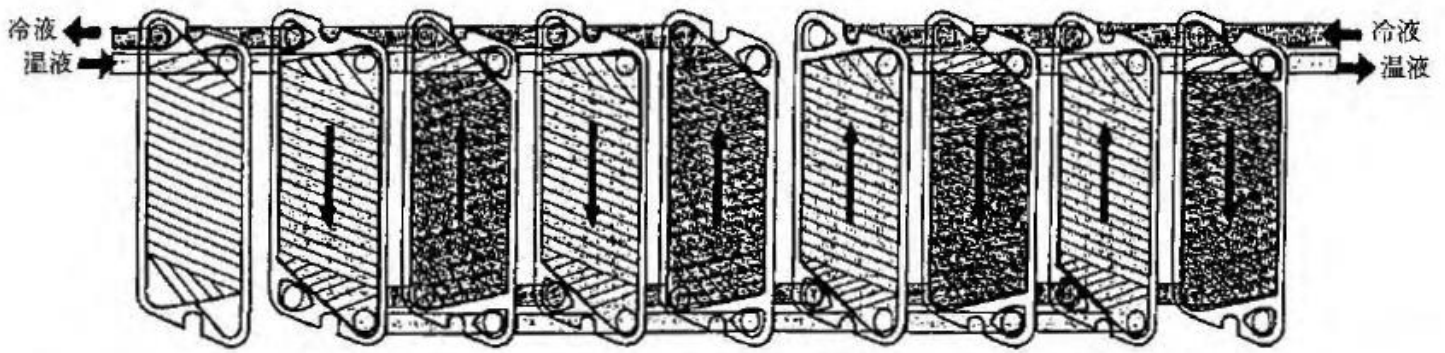


図11.26　プレート式熱交換器（化学装置研究会：「絵とき　化学装置・機器の実務知識」p.7、オーム社（1997））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.3 熱交換器 (P.286)

d) 空冷式熱交換器

冷媒側が外気（空気）であり、
圧力を保持する容器は高温側流体のためのものとなる。冷媒側に空気を使用するため、その熱伝導率・比熱の低さを補う目的で、通常は伝熱管外側（空気側）にフインを設けて伝熱面積を大きくしている。

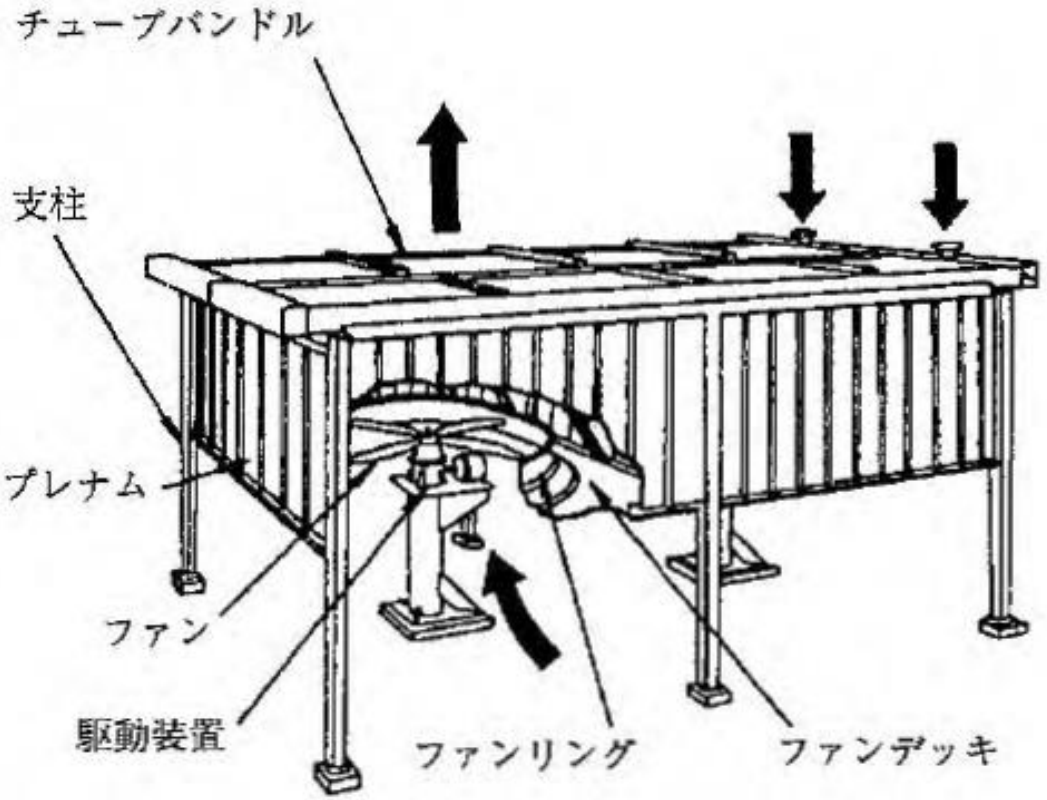


図11.27　押込通風型空冷式熱交換器
（化学装置研究会：「絵とき　化学装置・機器の実務知識」p.10、オーム社（1997））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.3 熱交換機 (P.289)

e) 蒸発器

蒸発器は、液化ガスを強制的に気化させガスとして消費する目的で使用される。
供給熱源により温水式、蒸気式、電熱式、空温式（利点：運転において熱源を必要としない）に分けられる。

種類	熱源	設置面積	初期コスト
温水式	水	小	小
空温式	空気	大	大

温水式

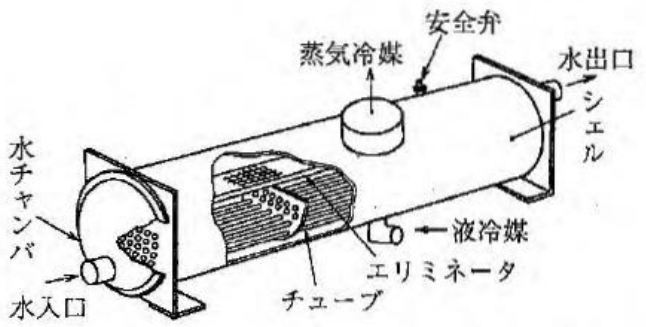


図11.29 満液式シェル・アンド・チューブ型蒸発器
（日本機械学会：「機械工学便覧」p.B8-18、丸善（1998））

空温式

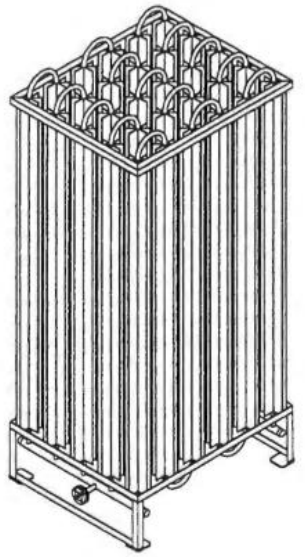


図11.30 空温式フィン・アンド・チューブ型蒸発器
（日本機械学会：「機械工学便覧」p.B8-18、丸善（1998））

提供：I・T・O㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.3 熱交換器（まとめ）

種類	特徴
a）多管円筒形熱交換器	多くのバリエーション. 最も一般的
b）二重管式熱交換器	熱容量が小さい. 外管と内管で熱交換
c）プレート式熱交換器	分解組立が容易. 温度,圧力,液体性状に条件あり.圧力損失が大きい.
d）空冷式熱交換器	冷媒側に空気を使う.
e）蒸発器	液化ガスを強制的に気化させガスとして消費する目的で使用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および付属品 （P.289）

- 高圧ガスを充てんするための入れ物であって、地盤面に対して移動すること
- 容器の軽量化・大型化、腐食対策のための非金属材料の採用が行われている。

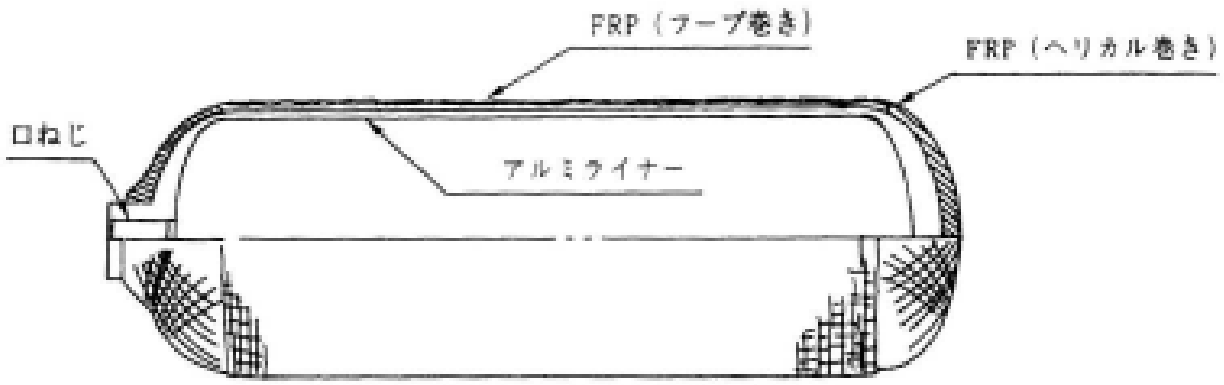


図11.34　繊維強化プラスチック複合容器の形状の例

（燃料電池自動車用複合容器）
提供：サムテック㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および附属品 (P.290)

a) 容器の分類と形状・構造

1) 製造方法・材料などによる分類

#	名称	作成法, 特徴	主な用途
(1)	継目なし容器 (シームレス容器)	マンネスマン式 (鍛造整形) エルハルト式 (押し出し)	圧縮ガス 中, 小型, 可搬
(2)	溶接容器	鋼板を冷間加工で整形+溶接接合. 高張力鋼により軽量化.	蒸気圧が比較的低い 常温液化ガス
(3)	超低温容器	溶接容器と同様の方法で製造される. 内層と外層からなる. 断熱材. 真空引き. 内装:オーステナイト系ステンレス	-50℃以下の液化ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および付属品 (P.290)

a) 容器の分類と形状・構造

1) 製造方法・

材料などによる分類

提供：高圧昭和ボンベ㈱

継目なし容器

提供：中国工業㈱

溶接容器

超低温容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および附属品 (P.291)

b) 輸送形態・荷姿などによる分類

1) 可搬容器

車両などに固定せずに積載し運搬されるもの.

可搬中容器：LPガス用50kg型容器（内容積118L）
圧縮酸素ガス容器（内容積47L）

可搬大容器：塩素1トン容器, LPガス500kg容器

カードル　：可搬中容器を数本から数十本単位で枠組

2) タンクローリ容器

3) バルク容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 高圧装置

11.3.4 高圧ガス容器および附属品 (P.292)

c) 刻印・表示

1) 刻印：定められた刻印をしなければならない

2) 表示

(1) 容器外面の塗色（容器の表面積の1／2以上）

黒色	酸素ガス
赤色	水素ガス
緑色	液化炭酸ガス
白色	液化アンモニア
黄色	液化塩素
かっ色	アセチレンガス
ねずみ色	その他の種類の高圧ガス

(2) 容器の外面への明示

ガスの名称，性質（「燃」，「毒」），所有者の氏名など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.5 管・管継手 (P.292)

- 配管系を構成する管、管継手、バルブなど
  配管部品の種類、構造、特徴、用途について理解しておく必要がある。
- 配管系は運転状態において内圧、温度および重量、熱、振動、風、地震など
  配管におよぼす諸影響を考慮して十分な強度を有しなければならない。
  また、保守管理を考慮し、安全、かつ、容易に保守点検作業ができるような
  配管設備計画および配管設計を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.5 管・管継手 (P.295)

c) 配管設計上の注意

1) 重量に対する考慮

- 圧力、重量およびその他の負荷荷重により発生する長手方向応力が許容応力値に納まるよう適切なサポートを設けなければならない。
- 重量による荷重としては、輸送される流体、試験流体、雪および氷の荷重からなる変動荷重と配管部品、保温保冷材、計装品のような附属物など配管系にかかる永久荷重からなる静荷重を考慮しなければならない。

座屈の考慮も必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.5 管・管継手 (P.295)

2) コールドスプリング

- 配管組立時に故意に配管系に熱変位方向とは逆向きの変形を与えておき、最高運転温度における最大変位を軽減させる方法.
- 固定端や拘束部の反力やモーメントを変えるのに有効
- 配管系の熱変位合成応力は応力範囲で評価されるが、コールドスプリング施工時点で既に変位応力が発生していることに注意する。

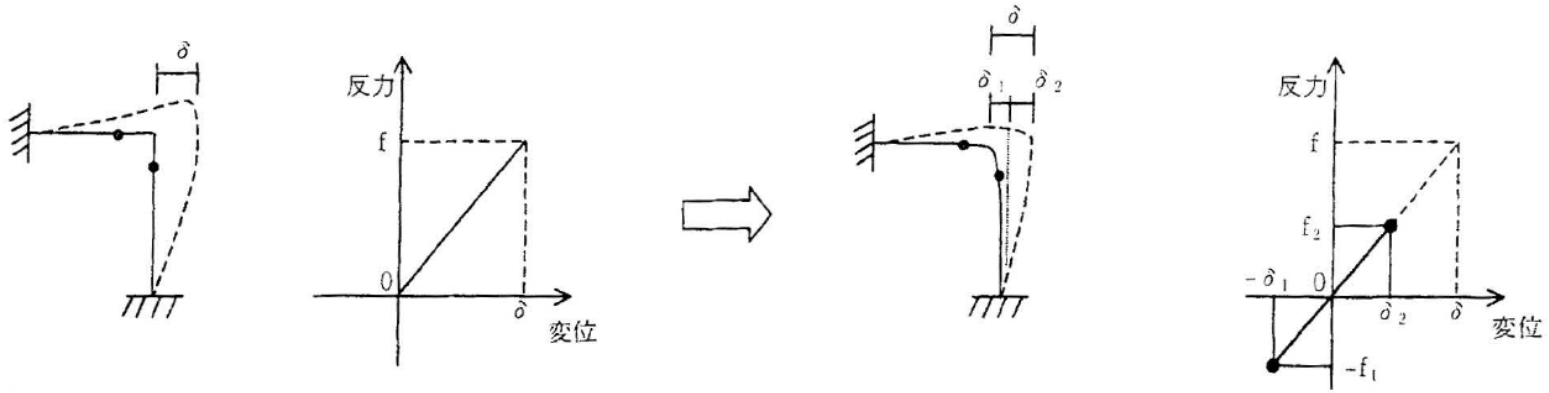


図11.39-(b) コールドスプリングの効果

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3.5 管・管継手 (P.296)

3) 振動に対する考慮

- 配管系は往復圧縮機などの圧力脈動、機械振動との共振や衝撃などに起因する振動などの悪影響を受けないように配管ルートの設定やサポートの配置を行わなければならない。
- 共振をさける：サポート, 防振機

その他の考慮

4) 風に対する考慮,

5) 地震に対する考慮,

6) 毒性ガス配管

7) エルボレス配管
(配管ベント工法により加工)
(曲げ箇所の減肉←強度確保←初期管肉厚の選定)

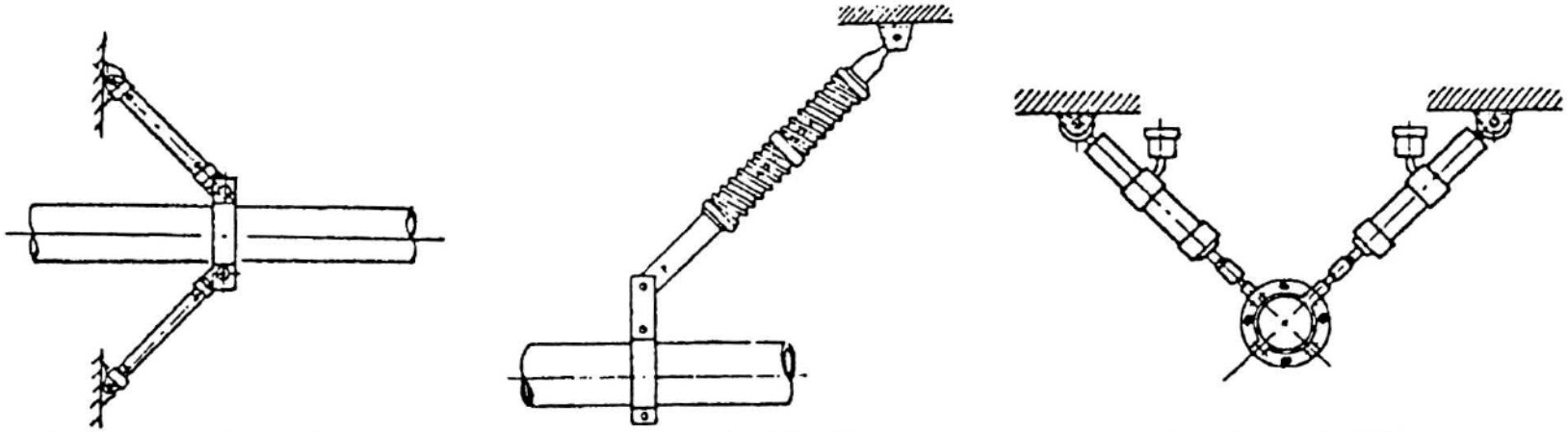


図11.39-(c)配管防振器の例(高圧ガス保管協会編 KHKS0801(2004)高圧ガスの配管に関する基準)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.1 温度計 (P.301)

a）ガラス製温度計

b）バイメタル式温度計

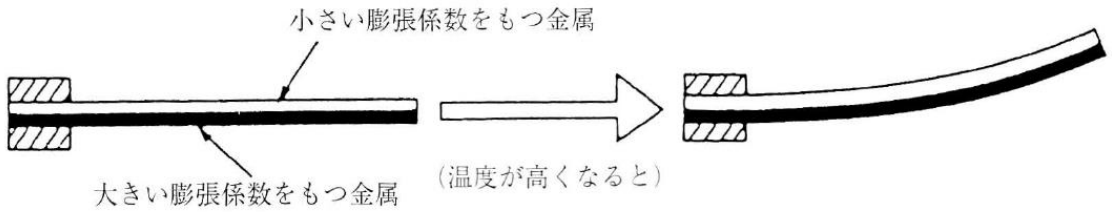


図11.41-（a）バイメタル式温度計の原理

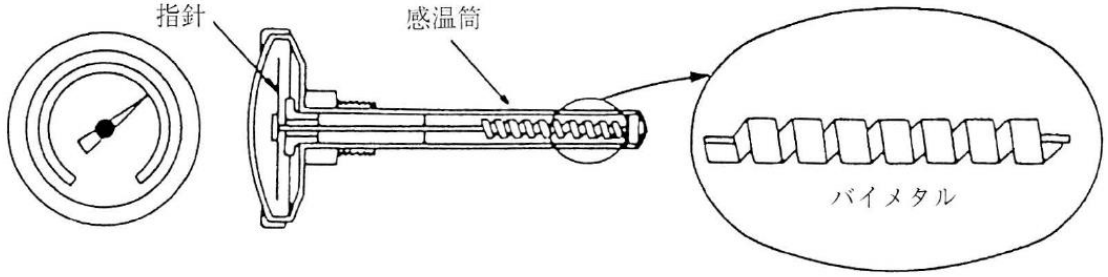


図11.41-（b）バイメタル式温度計の構造

提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.1 温度計 (P.302)

c) 液体充満圧力式指示温度計

封入液体の温度膨張をブルドン管により測定.

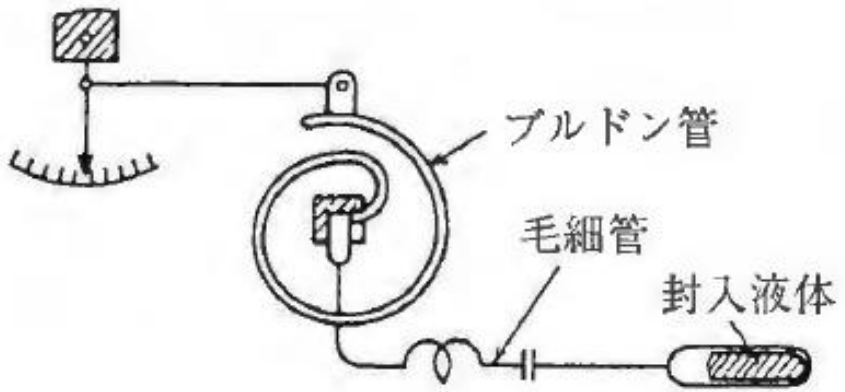


図11.42 液体充満圧力式温度計

提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.1 温度計 (P.302)

d) 熱電温度計

2種類の導体を電気的に接続. 異なる温度にさらすと
温度差に比例した電圧が発生 (ゼーベック効果).
この起電力を測定して温度を得る.

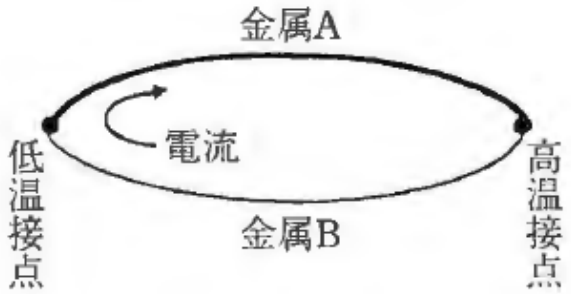


図11.43 熱電温度計の原理

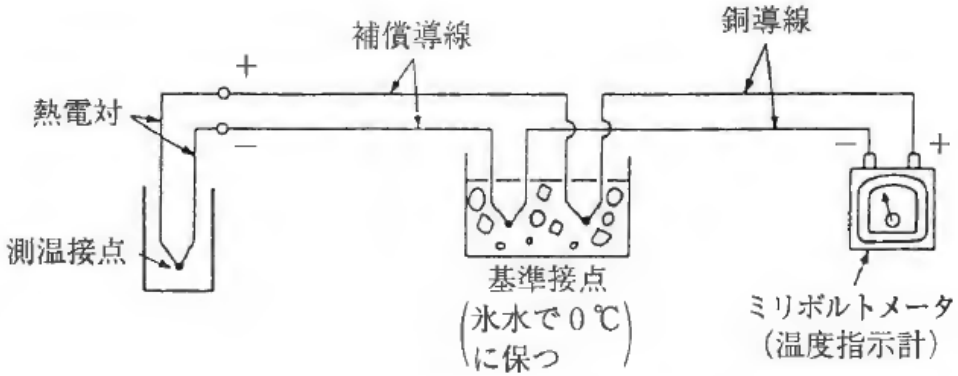


図11.44 熱電温度計の基本的構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.1 温度計 （P.303）

e）抵抗温度計

金属の電気抵抗は温度上昇とともに変化する。金属線の材質によって温度と抵抗値の間に一定の関係があり、金属線の電気抵抗を測定することにより温度を測定することができる。
金属としては、白金、ニッケル、銅が使用されるが、材料として最も適しているのは白金であり、JIS C 1604「測温抵抗体」では白金測温抵抗体について規定されている。
使用温度範囲は −196～600℃ であり区分により低温、中温、高温、超高温用に分けられている。熱電対と同様、測温抵抗体は保護管に入れてプラント内では使用され、シース測温抵抗体もよく使われている。

バイメタル温度計より
計測時間が早い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.1 温度計 (P.303)

f) その他の温度計

1) 放射温度計

非測定物からの放射エネルギーを利用し
温度を計測

放射温度計

2) 赤外線温度計

放射温度計の一種.
赤外線をとらえて温度計測.
温度分布がわかるサーモグラフィがある.

サーモグラフィ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.2 圧力計 (P.303)

a) U字管圧力計（マノメータ）

b) 重錘式圧力計

c) ブルドン管圧力計

- 高圧ガス製造設備に最も広く用いられている弾性式圧力計の一つ.
- 断面がだ円、平円形などの金属管を円弧状に曲げた管に圧力を加えると一直線になるように外側に向かって変形する現象を利用。
- 変形を拡大機構で拡大し読みとる

d) 隔膜式圧力計

e) ベローズ式圧力計

f) 差圧発信器

提供：長野計器㈱

提供：長野計器㈱

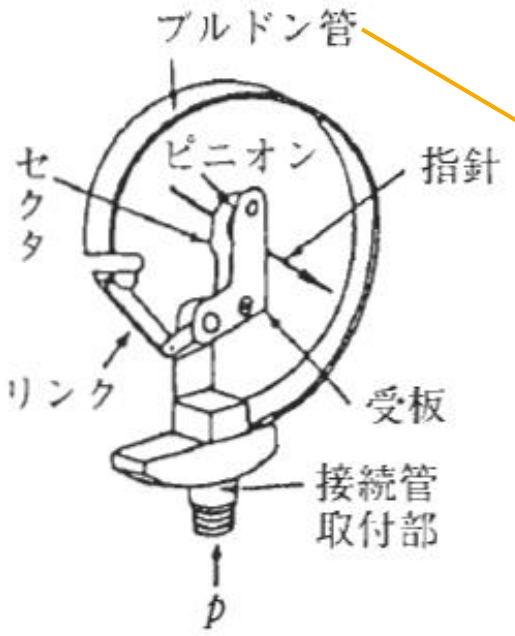


図11.50　ブルドン管圧力計

ピロピロ笛と同じ機構！

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.303)

a) U字管圧力計(マノメータ)

構造, 原理　：ガラス管をU字型に曲げたものに液体を入れ,
液面の高さの差 Δh より圧力差を測定.

特徴　：最も構造が簡単. 液体としては水や水銀が用いられる.

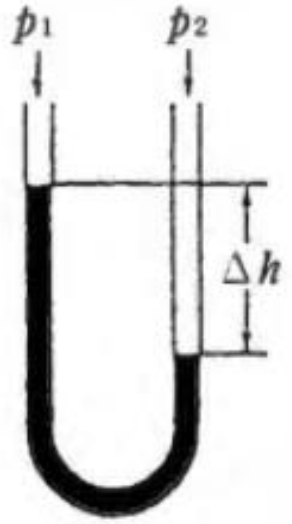


図11.48　U 字管圧力計の原理

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \rho g \Delta h \quad [\mathrm{Pa}]$$

ρ：液体の密度 [kg/m^3]、g：重力加速度 [m/s^2]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.304)

b) 重錘式圧力計

重錘によりラム下面に生じる力
→ ゲージ圧力を求める.

$$p_g = \frac{mg}{A}$$

精度が高く,ブルドン管圧力計を検査するための圧力基準器に用いられる.

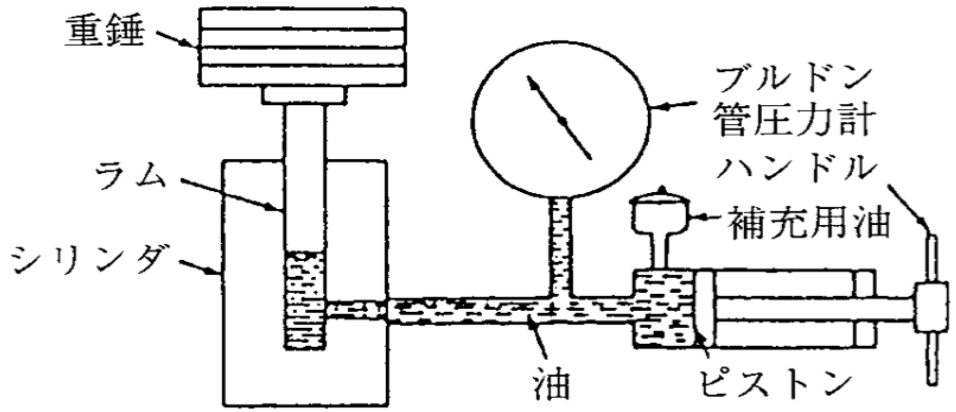


図11.49 重錘式圧力計の原理

提供:長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.304)

d) 隔膜式圧力計

用途：
腐食性流体、高粘度流体、スラリーなどの固形物が混入した流体、凝固しやすい流体などの特殊流体。

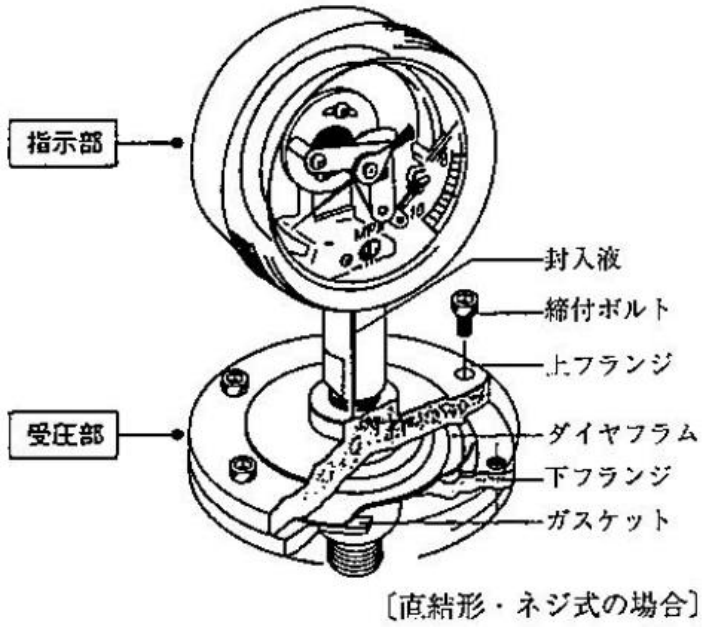


図11.51 隔膜式圧力計

提供：長野計器㈱

提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.304)

d) 隔膜式圧力計

構造：
ブルゾン管圧力計に隔膜部（ダイヤフラム）を設け、隔膜部とブルドン管の間にシリコーンオイルなどの液体を封入したもので、ダイヤフラムで受けた圧力を、封入液を圧力媒体としてブルドン管に伝達して、ブルドン管を変位させることにより圧力を検出する

特徴：
受圧面積が広いため感度が高く低圧測定に適している、測定流体がブルドン管の中に入らないため上記特殊流体の測定に適しているなどが挙げられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.305)

e) ベローズ式圧力計

ベローズ(bellows) はひだのある蛇腹形のもので、リン青銅、ステンレスなどの金属で作られる。

ベローズに圧力が加えられた場合の伸縮量をセクタで拡大し、目盛板の上で読み取る構造である(図11.52 参照)。

ベローズそのものは圧力計としてよりも、自動制御機器の圧力検出要素として多く用いられる。

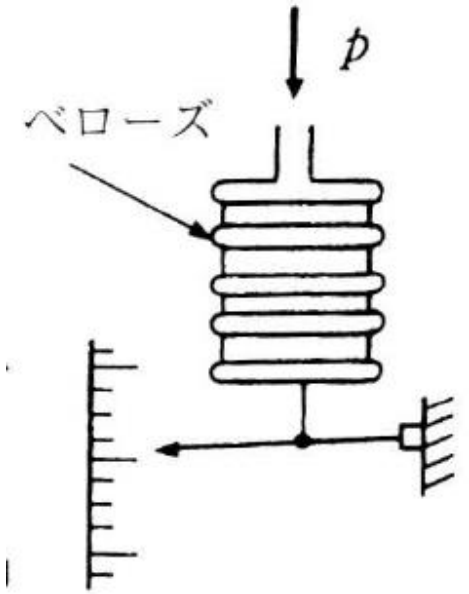
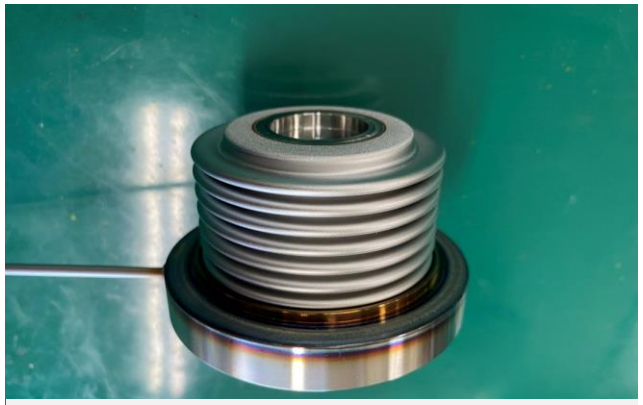


図11.52 ベローズ式圧力計の原理



提供:旭計器工業㈱

提供:旭計器工業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.2 圧力計 (P.305)

f) 差圧発信器

1) 電子式差圧発信器(静電容量式)

圧力差
↓
電極移動
↓
静電気量変化

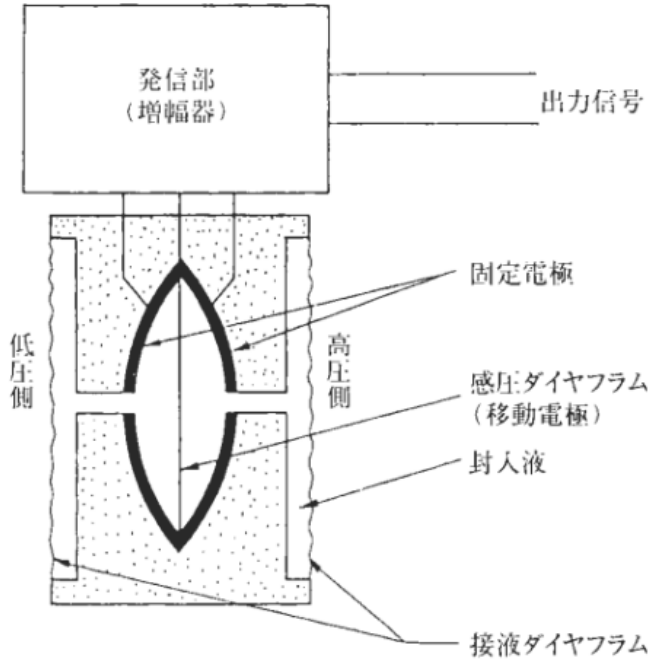


図11.54 静電容量式差圧発信器

2) 電子式差圧発信器(半導体式)

圧力差
↓
ひずみ
↓
抵抗変化

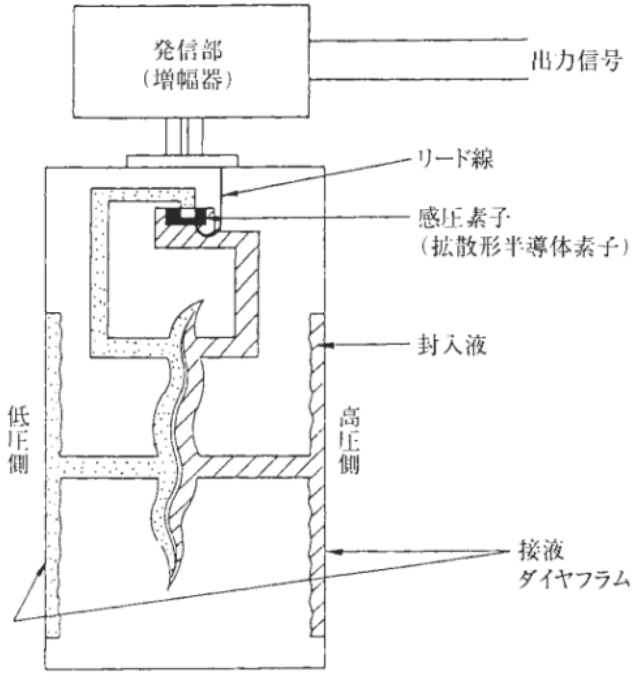


図11.55 半導体式差圧発信器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.306)

a) 差圧式流量計

b) 面積式流量計

c) 渦流量計

d) 容積式流量計

e) タービン式流量計

f) コリオリ式質量流量計

g) 電磁流量計

h) 超音波式流量計

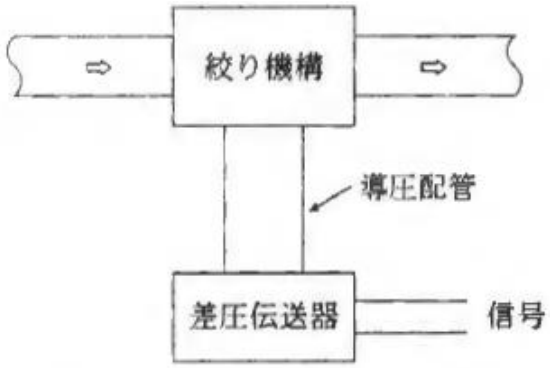
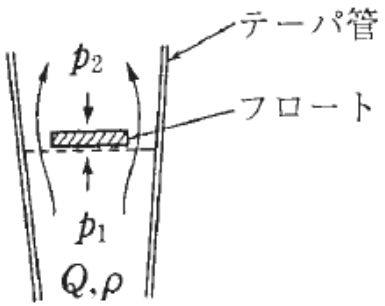


図11.57 差圧流量計の構成



A：すき間の断面積

図11.62 面積式流量計の原理

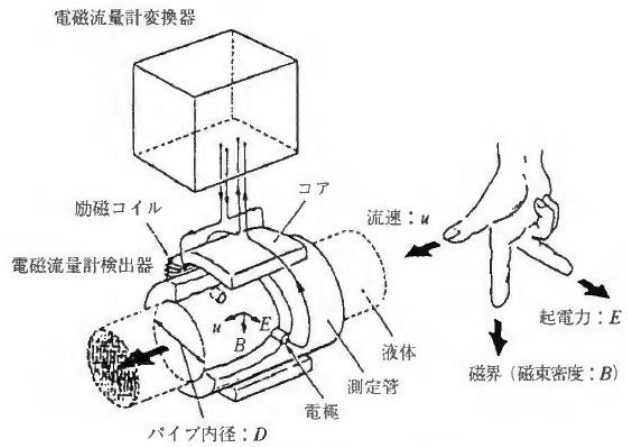


図11.67 電磁流量計の原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 （P.306）

a）差圧式流量計

原理　：管路内に絞り機構（オリフィス、ベンチユリ管など）を設け、流量の大きさに応じた差圧を測定して流量を求める。

特徴　：構造が簡単で、液体、気体、蒸気などいずれにも適用できるので、プラント内の流量計測に多く使われている

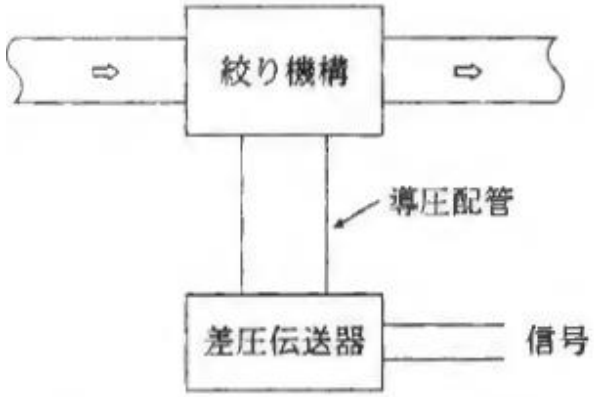


図11.57　差圧流量計の構成

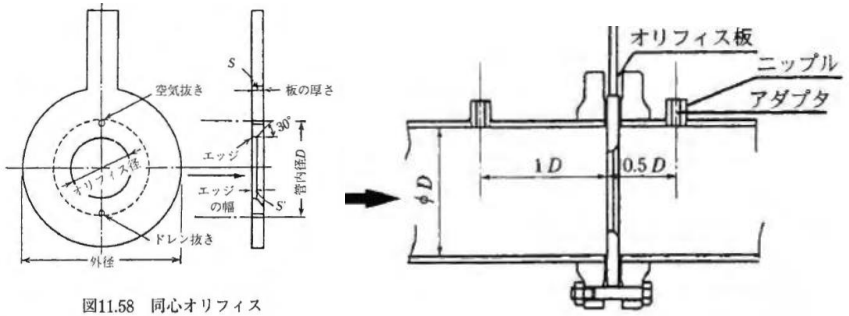


図11.58　同心オリフィス

1）オリフイス流量計

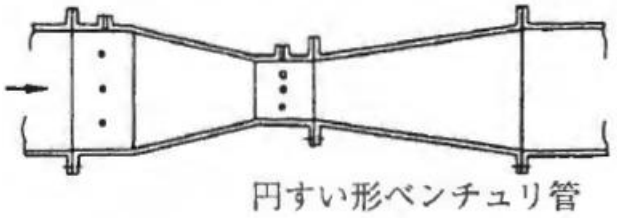


図11.60　ベンチュリ管

2）ベンチュリ管

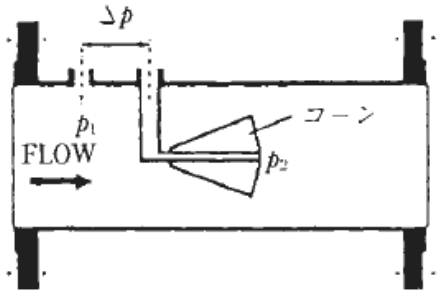


図11.61　Vコーンの構造

3）Vコーン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.3 流量計 (P.306)

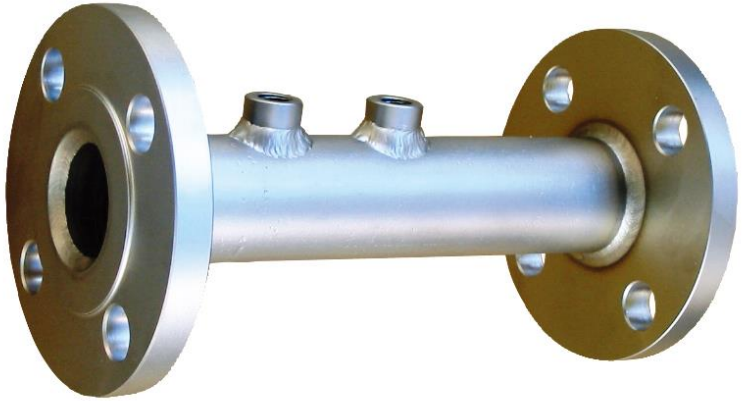
a) 差圧式流量計

提供：フロー㈱

1）オリフイス流量計

提供：東京メータ㈱

2）ベンチュリ管



提供：東京計装㈱

3）V コーン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.307)

b) 面積式流量計

原理 ：鉛直に置かれたテーパ管の中を測定流体が下から上に向かつて流れると、テーパ管内に置かれたフロートは流量の変化に応じて上下に移動する。
このフロートの動きを検出して流量を求める。

特徴 ：差圧式流量計に比べて、小流量、高粘度の流量測定が可能である。

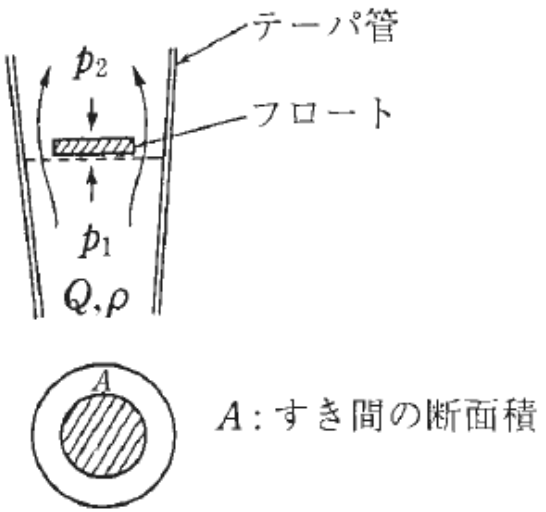


図11.62 面積式流量計の原理

提供：東京計装㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.308)

c) 渦流量計

原理 ：流れに垂直に柱状物体（渦発生体）を挿入するとその物体の両側から
互いに逆回転の渦が交互に発生し、下流にカルマン渦列が発生する。
この渦列の周波数と流速の関係より，流量を測定

特徴 ：広いレイノルズ数の範囲に対応

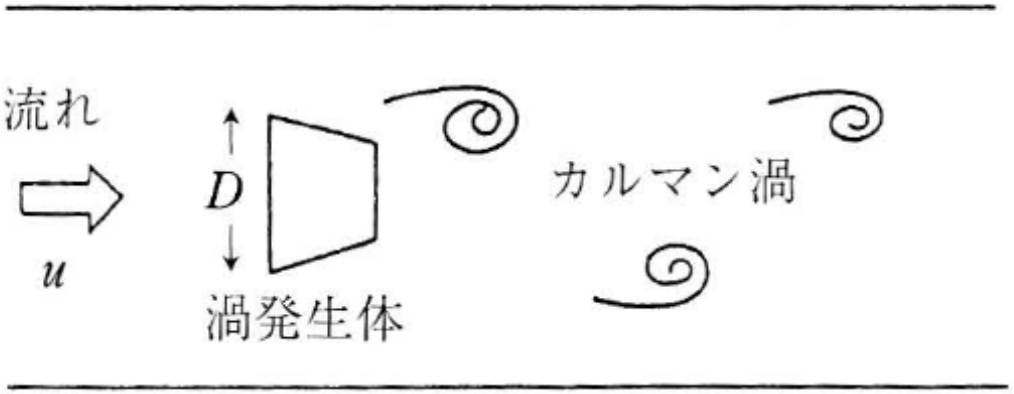


図11.63 渦流量計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.308)

f) コリオリ式質量流量計

- 両端を固定した配管（チューブ）を加振しておき、
  この中に液体を流すと流入側と流出側にそれぞれ反対方向に
  コリオリ力（*Fc*）が生じチューブがねじられる。
  このねじれ角。は、配管内の質量流量に比例し、ねじれ角を
  振動センサにより振動の位相差（時間差）信号として検出する.
- 流体の物性に影響を受けず直接「質量流量」が測定できる
- 精度が高い
- レンジアビリティが広い（1：100）
- 経年劣化する部品がない
- スラリー流体でも測定が可能

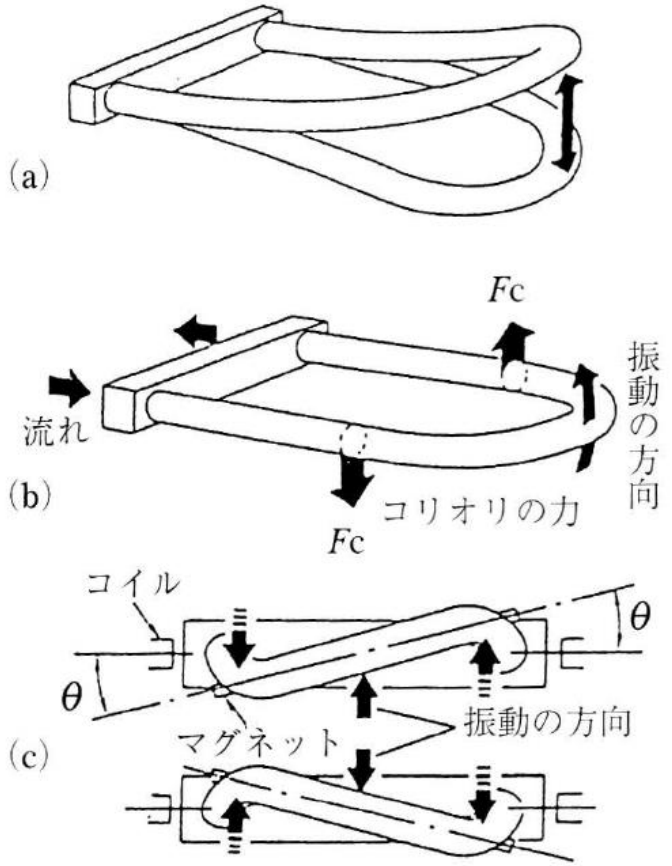


図11.66　コリオリ式流量計の原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.309)

g) 電磁流量計

- 磁界の中に導電性流体を流すと、
  ファラデーの電磁誘導の法則により、
  起電力が発生する。
- 起電力が、管内径、磁界（磁束密度）、
  平均流速に比例することを利用し、流速、
  すなわち流量を測定する.
- 圧力損失がほとんどない、
  導電性の液体であれば物性に影響なく
  流量が測定できる、混入物を含む流体、
  腐食性流体の測定が可能であるなどが挙げられる。

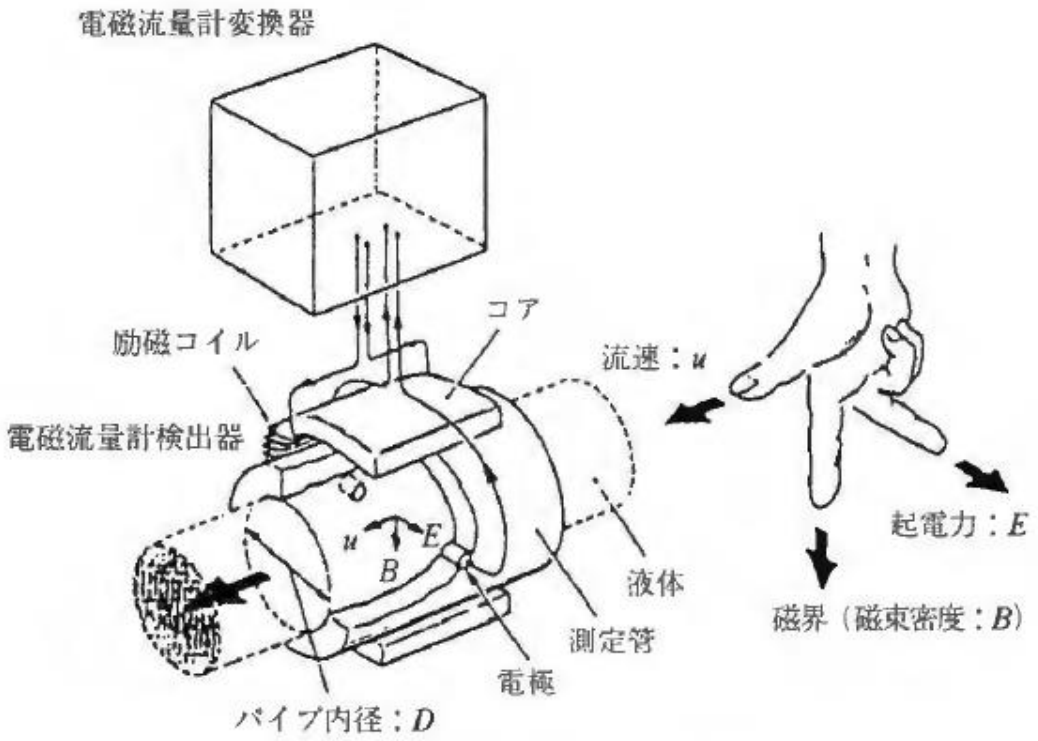


図11.67 電磁流量計の原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.3 流量計 (P.309)

h) 超音波式量流量計

- 伝搬時間作法
  - 管内液体の流速の変化により超音波の伝搬速度が変化.
    伝搬時間差を測定する.
- ドップラー法
  - 液体の混入物に超音波を当てる.流速による送信周波数と
    反射周波数の変化を計測.

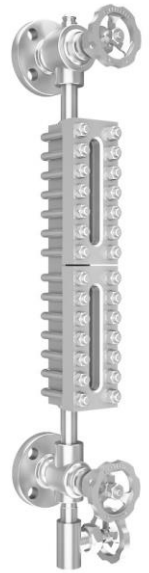
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 計測機器

11.4.4 液面計 (P.309)

a) ゲージグラス

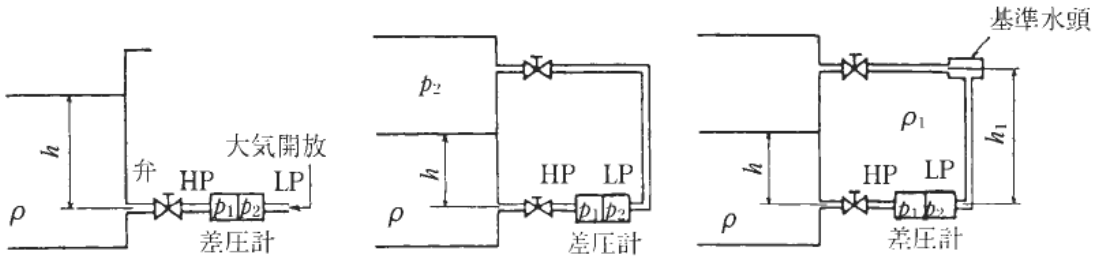
ガラスを通して液面を直視するもので、最も確実な液面計として、
単独または他の液面計の確認用として広く用いられる。



提供：日本クリンゲージ㈱

b) 差圧式液面計

圧力差を測定して，液面の高さを求める．
最近 ：リモートシール型差圧発信器液面計



(a) 大気開放のとき　(b) 基準水頭なし　(c) 基準水頭つき

図 11.70 差圧式液面計

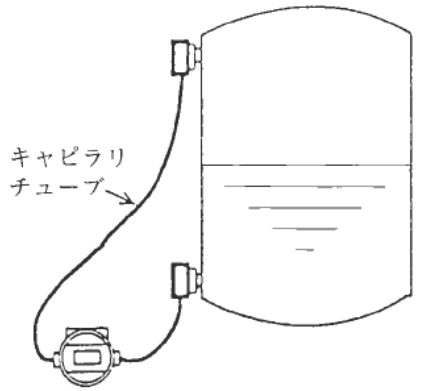


図 11.71 リモートシール型差圧発信器液面計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.4 液面計 (P.311)

c) ディスプレーサ式液面計

ディスプレーサはフロートとは異なり必ずしも液面上に浮かせる必要はない.

界面の測定にも使用できる

d) タンクゲージ

フロート式, ワイヤードラム式 (精度が高く, 保守性良), マイクロ波式, 静電容量式.

e) 金属管式マグネットゲージ

ガラスなどの破損の危険性がない

f) その他のゲージ

1) 電気式 (電極式、静電容量式) 液面計

2) 放射線式液面計

3) 超音波式液面計

4) マイクロ波式液面計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.4 液面計 (P.311)

c) ディスプレーサ式液面計

原理 ：
円筒状のディスプレーサを液中に浸した場合，液中に沈む深さに比例して浮力を受ける．

特徴 ：
ディスプレーサはフロートとは異なり必ずしも液面上に浮かせる必要はない．
界面の測定にも使用できる（例：水と油の界面）．

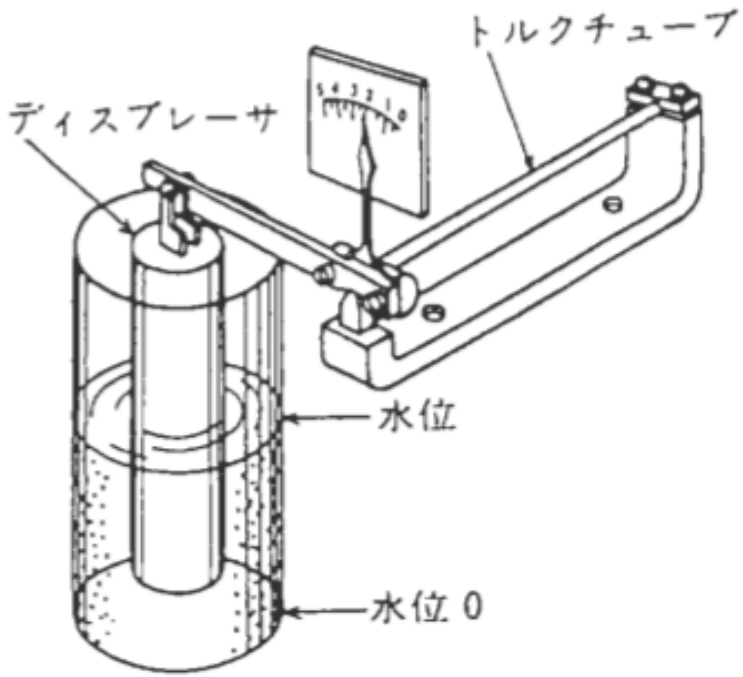


図 11.72　ディスプレーサ式液面計

提供：東京計装㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4.5 分析計（ガス濃度分析）　（P.312）

a）ガスクロマトグラフ

ガスの種類により，カラムを通過する時間が異なることからガスを分離し濃度が測定できる．

b）赤外線分析計

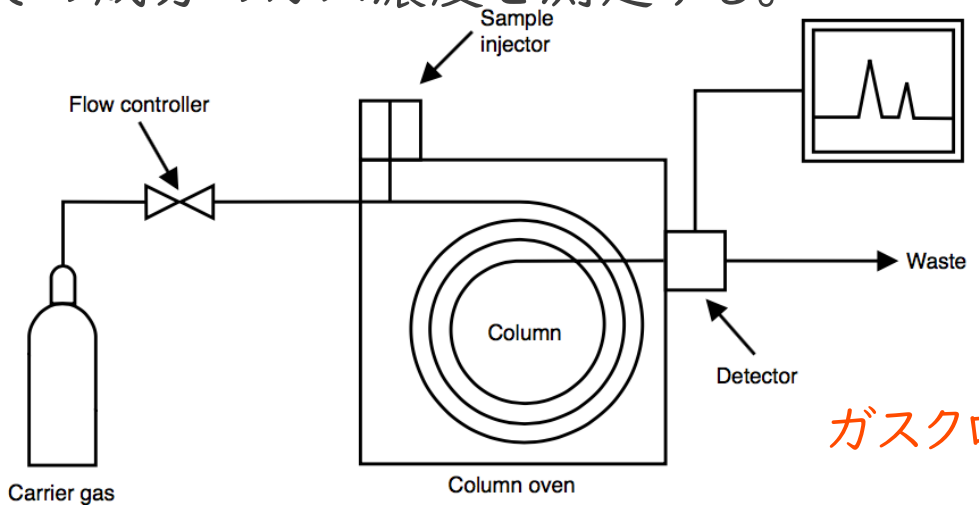
H_2、N_2、O_2　：吸収されない

CO 、CO_2、CH_4　：特定の波長の赤外線を吸収する測定対象の分子に関する赤外線吸収量を測定することにより、その成分のガス濃度を測定する。

c）熱伝導式分析計

d）ジルコニア式分析計

e）磁気式酸素計



ガスクロマトグラフ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安協会　甲種化学・機械講習

毒性ガス　ガス各論　分離

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

目次

5. 毒性ガス

5.1. 気体の毒性

6. ガス各論

6.1. 水素、一酸化炭素及び二酸化炭素
6.2. 酸素、窒素及び希ガス
6.3. 炭化水素ガス
6.4. アンモニア及び窒素化合物
6.5. 硫黄化合物
6.6. 塩素及び塩素化合物
6.7. 臭素化合物
6.8. フッ素及びフッ素化合物
6.9. 特殊材料ガス

7. 流動・電熱・分離

7.3. 分離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1 気体の毒性 ～曝露限界値

■「毒性ガス」の定義

① 一般則第2条、コンビ則第2条で掲名するガス

② 毒物及び劇物取締法第2条第1項に規定する毒物のうち、ガス（吸入）で評価された毒物であって、高圧法第2条の定義による高圧ガスであるもの。

長時間曝露時	毒性ガスを長時間吸入することによる健康障害発生予防のための長期曝露限界値は、「1日8時間、週40時間の単一物質の曝露で、労働負荷が強くない労働条件下であれば、ほとんどすべての労働者に悪い健康影響を発生させないと考えられる濃度」としてACGIHより、「時間加重平均曝露限界閾値（TLV-TWA）」等が示されている。
短時間曝露時	刺激や不快などの軽度の健康障害発生予防のための短期曝露限界値は、短時間でも超えてはいけない濃度や最大許容濃度がある。 • 15分間の時間加重平均濃度として、「短時間曝露限界値（TLV-STEL）」 • 呼吸保護具装着が必須である濃度として「30分間曝露で生命・健康危険レベル（IDLH）」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.1 水 素／Hydrogen H_2

性質 特徴	• 無色、無臭の可燃性ガス、全ガス中最小の密度、粘度小さい、熱伝導率非常に大。 爆発範囲も広く、最小発火エネルギーは極小。熱には安定で完全分離させるには5000℃必要。 • 拡散速度が大きく、空気中に拡散、混合しやすい。水素と酸素体積比2:1混合で 水素爆鳴気生成、塩素との塩化水素生成、フッ素とのフッ化水素生成等が爆発的に進む。 • 還元性が強く、高温で金属の酸化物、塩化物と反応し金属を遊離
用途	• 化学工学：アンモニア合成、メタノール合成、塩酸等の製造 • 石油（化学）工業：分解、脱硫等の水素化反応。 • 半導体工業：高純度シリコン製造用。燃料電池用燃料

基礎原料　：天然ガス、ナフサ、石炭等の炭化水素

合成ルート/プロセスの特徴　：炭化水素の分解（水蒸気改質法及び部分酸化法）
工業的には、主に天然ガスの他に、ナフサ、石炭、重質油などの
水蒸気改質及び部分酸化によって合成される。

- 水蒸気改質法 ： $C_mH_n + mH_2O \rightarrow mCO + (n/2+m)H_2$
- 部分酸化法 ： $C_mH_n + (m/2)O_2 \rightarrow mCO + (n/2)H_2$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.2 一酸化炭素／Carbon monoxide CO

性質 特徴	• 無色、無臭の可燃性ガスであり、かつ、毒性の高いガスである。炭化水素系燃料の不完全燃焼、石炭、石油のガス化の際に水素とともに発生する。 吸入すれば、赤血球のヘモグロビンと結びついて赤血球の機能を破壊し死に至らしめる。 • 還元性が強く、金属の酸化物を還元して単体金属に変える。鉄とは高圧で反応して鉄カルボニルを生成することで鉄を侵食する。
用途	• メタノール合成（原料ガスを5～10MPa、250℃程度、Cu-ZnO−Al_2O_3系触媒上で反応させる）、酢酸合成（メタノールのカルボニル化反応により、高い選択率で酢酸を合成する）

基礎原料　：石油、石炭

合成ルート/プロセスの特徴　：木炭やコークスなどの不完全燃焼で発生するが、工業的には石油や石炭をガス化して得られる水性ガスおよび製鉄所からの副生ガスから回収する方法でつくられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.3 二酸化炭素／Carbon dioxide CO_2

性質 特徴	• 無色、無臭のガスで不燃性である。 • 乾燥したガスは鋼材に対してほとんど影響を与えないが、水分を含むと炭酸を生じるため鋼材を腐食させる。酸素が共存したり、高圧になると腐食はさらに激しくなる。 • 単純窒息性ガスであり、空気中の濃度が2%以上になると呼吸障害を起こし、3%以上では、呼吸困難、頭痛、めまい、嘔吐、10%以上では、視力障害、けいれん、25%以上では昏睡や死に至る危険がある。
用途	• 多くは尿素、ソーダ灰の製造に用いるが、炭酸マグネシウム、重炭酸アンモニウムなどの炭酸塩の製造にも用いる。 • ドライアイス、溶接用の保護ガスや清涼飲料水に広く使用される。

基礎原料　：石油、石炭

合成ルート/プロセスの特徴　：石油及び石炭からの水素製造の際の副生物として、多量に回収される。
回収した二酸化炭素を完全に脱硫、脱臭したのちに、圧縮液化することにより、液化二酸化炭素が得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.1 酸素／Oxygen O_2

性質 特徴	• 地殻中に最も多量（質量の割合約50%）に存在する元素である。空気中には約21%含まれ、生物の存在に欠くことのできないガスで支燃性がある。 • 無色、無臭のガスで、水にはわずかに溶ける。ガス、液体、固体を問わず常磁性を示す。 • 酸素は化学的に活性な元素で、酸化剤として作用する。
用途	• 主な用途は、合成ガス製造用（石油、石炭の部分酸化）、製鋼用（転炉、平炉および電気炉への酸素吹込み）および溶断、溶接用酸素であり、他に化学工業における酸化反応用、水処理における曝気用、オゾン発生用などに用いられる。

基礎原料　：空気

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には空気の液化分離法によって製造するが、中・小規模では吸着分離法も行われる

① 空気の液化分離：酸素の沸点は−183℃、窒素の沸点は−195.8℃であるので、液体空気を精留すれば、窒素が精留塔の塔頂より、酸素が塔底より得られる。

② PSA法による空気分離：PSA法は、適当な固体吸着剤を用い、加圧下で吸着、次に減圧して脱着を行う

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.2 窒素／Nitrogen N_2

性質 特徴	• 色、無味、無臭のガス、空気中に78．1％含まれる • 分子上の窒素は安定であるが、原子上の窒素にすると化学的に活性が高い • 高温、高圧では触媒上で水素と反応してアンモニアとなる • 高温では酸素と反応して酸化窒素となる。 このため、空気中で燃焼が起こると窒素酸化物（NOx）が発生する • 窒息性ガスともいわれ、狭いところで使用する場合等は酸素欠乏症にならないように 十分換気しなければならない
用途	• アンモニア合成用に大量に使用される • 化学工業及び電子工業においては、装置のパージ用、雰囲気ガスあるいはキャリアガスとして 大量に用いられる。 • 液化窒素は低温発生用に用いられる

基礎原料　　：空気

合成ルート/プロセスの特徴　：空気液化分離法やPSA法などによって製造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.3 アルゴン／Argon Ar

性質 特徴	• アルゴンは、総称として希ガス（Rare gases）、貴ガスとも呼ばれる1種で、周期表の最右列（第18族）に並ぶ元素である。これらは原子価0で化学的には極めて不活性である。 空気中に微量に存在することから希ガスと名づけられた。（空気中存在量：9340ppm） • 希ガス類はいずれも無色、無臭のガスである。アルゴンを放電管に入れて放電させると、青色に発光する。化学的には極めて不活性である。
用途	• 希ガス類は放電管中で特有の発光をするので、ネオンサインなどの管球用ガスとして用いられる。 アルゴンは電球、放電管用封入ガスとして用いられる。

基礎原料　：空気

合成ルート/プロセスの特徴　：アルゴンは酸素と窒素の中間の－186℃の沸点をもっており、空気液化分離装置の精留塔から比較的アルゴンの多い部分を抜き出し、別の精留塔で蒸留すると95～98%の粗アルゴンが得られる。
粗アルゴン中の酸素は水素を加え触媒上で水に変え、窒素と過剰の水素はさらに精留して除き99.999%の精製アルゴンを得る。
⇒　酸素の沸点；－183℃、窒素の沸点；－195.8℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.3 ヘリウム／Helium He

性質 特徴	• ヘリウムは、総称として希ガス（Rare gases）、貴ガスとも呼ばれる1種で、周期表の最右列（第18族）に並ぶ元素である。これらは原子価0で化学的には極めて不活性である。 空気中に微量に存在することから希ガスと名づけられた。（空気中存在量：5.24ppm） • 水素に次いで軽いガス（空気に対する比重は約1/7）であり、液体ヘリウムは沸点が−268.9℃と物質の中で最も低い値である。 水素の沸点；−252.7℃
用途	• ヘリウムは気球用ガスとして、また、ガスクロマトグラフ分析用キャリヤーガスやリークテスト用ガスとして用いられる。また、沸点が物質の中で最も低いので、極低温の物性研究や医療用の磁気共鳴画像診断装置（MRI）の超伝導マグネットの冷却等に用いられる。

基礎原料　：天然ガス

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には米国やカナダなどで産出する天然ガス中のヘリウム（0.2～3%程度含有）を液化、吸着等の方法で回収したものを輸入している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.3 その他希ガスの性質

名称	性質
ネオン	• 無色、無臭のガスである。（空気中存在量：18.2ppm） • ネオンを放電管に入れて放電させると、赤橙色に発光する。 化学的には全く不活性で反応性はない。 • 空気液化分離装置では、ネオンを高濃度含む窒素ガスとして取り出し、 さらに低温で液化分離にて精製する。
クリプトン	• 無色、無臭のガスである。（空気中存在量：1.14ppm） • クリプトンを放電管に入れて放電させると、紫色に発光する。 反応性はないとされていたが、KrF2などのフッ化物をつくると報告されている。 • 空気液化分離装置では、酸素より沸点が高いので、 液化酸素中から精留により分離される。
キセノン	• 無色、無臭のガスである。（空気中存在量：0.087ppm） • キセノンを放電管に入れて放電させると、白色に発光する。 • クリプトンと同様に、空気液化分離装置では、酸素より沸点が高いので、 液化酸素中から精留により分離される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.1 メタン／Methane CH_4

性質 特徴	• 無色、無臭、可燃性のガスであり、空気中でよく燃え、淡青色の炎を発する。 • ニッケル触媒を用い高温で酸素あるいは水蒸気と反応させると、 一酸化炭素と水素を生成する。
用途	• 天然ガスとして、発電用及び都市ガス用として燃料に用いる。 また、天然ガスの燃焼はクリーンで有害物をほとんど排出しないため、自動車燃料としての 利用が増加している。（CNG自動車）

発生源 ：原油とともに存在する油田ガス、微生物の発酵を起源とする水溶性ガス、
石炭に随伴する炭田ガスおよび無機起源ガス（深層天然ガス）があり、メタンのみから構成されるものもあれば、低級炭化水素を含むものもある。
寒冷地の地下や海底下には水和物であるメタンハイドレートが大量に分布しており、
有望な資源として期待されている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.2 エタン／Ethane C_2H_6

性質 特徴	• メタンと同様に比較的反応性が低い • 無色、無臭、可燃性で空気に対する比重がほぼ1のガス • 高濃度のガスの吸入で中枢神経機能の低下がみられる。 5%程度以下の濃度では、全身症状は認められない
用途	• エタンを塩素化すると塩化エチルなどの塩化物が得られる • 塩化エチルは、塩素系溶剤や有機金属化合物などの有機化学品の製造原料に使われる

発生源 ：石油に随伴する天然ガス中に含まれている。また、石油精製工程における接触分解、熱分解、水素化分解工程や、ナフサ分解において発生する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.3 LPガス／Liquefied Petroleum Gas

性質 特徴	• 炭素数3～4の炭化水素の混合物 • 無色、無臭、可燃性のガスで空気中でよく燃える • LPガスは液化ガスとして貯蔵、輸送される • ガス密度は空気の1.5～2倍であるため、低い所に滞留し易く引火爆発の危険性高い • 液状のLPガスは電気絶縁性が良く、流動、滴下、噴霧あるいは漏れなどの際に発生する静電気が蓄積されやすく、その放電による火花で発火する危険があるので注意が必要。
用途	• LPガスは家庭用及び工業用燃料、自動車燃料及び都市ガス用あるいはその増熱用として多量に消費されている • 燃焼排出物に硫黄分などの有害物が含まれないため、クリーンなエネルギー源とされ、利用の分野が拡大している

発生源 ：・天然ガス及び原油からの回収
天然ガス中でC2以上の炭化水素を含む油田や原油に随伴して得られるガスを圧縮冷却法（濃厚ガスの場合）、吸収油（軽油）による吸収法及び活性炭による吸着法（希薄ガスの場合）などによって回収する
・他に製油所からの回収、ナフサ分解生成物からの回収がある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.4 エチレン／Ethylene $CH_2=CH_2$

性質 特徴	• 特有の甘い臭いをもつ無色の可燃性気体。水にはほとんど溶けないが、アルコール、エーテルにはよく溶ける。
用途	• 二重結合をもつため、反応性に富み、ハロゲン、ハロゲン化水素、硫酸、水などと付加化合物をつくり、また触媒存在下で重合してポリエチレンとなる。 このほか、アセトアルデヒド、酸化エチレン、エタノール、高級アルコール、酢酸ビニルなど多くの有機化学製品が製造される。 以上のように、エチレンは、石油化学工業の最も基本となる原料として重要な位置にあり、エチレンからさまざまな化学品が製造される。

基礎原料　：炭化水素（主にナフサあるいは天然ガス、プロパン、ブタンなど）

合成ルート/プロセスの特徴　：炭化水素を水蒸気とともに、分解炉にて800～900℃、0.2-0.6秒で熱分解させ、エチレン、水素及びほかの炭化水素を生成させた後、急冷して分離・精製してエチレンを得る。ナフサを原料とする場合のエチレン収率は24-32%である。エチレンプラントは、石油化学コンビナートの中心であり生産規模が大きいほど有利で、30～40万t/年のものが稼働している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.4 アセトアルデヒド／CH_3CHO

性質 特徴	• 沸点20.3℃、可燃性で引火点-38℃、発火温度155℃、爆発範囲（室温、大気圧、空気中） 4.0～60vol%
用途	• 酢酸エチル、酢酸、無水酢酸、過酢酸、クロトンアルデヒドなどの有機合成中間体の原料として用いられる

基礎原料　：エチレン、酸素（または空気）

合成ルート/プロセスの特徴　：かってアセチレンの水和により製造されていたが、現在ではエチレンを直接酸化するヘキストーワッカー法によって製造されている。
これは塩化パラジウムを用いて直接酸化する方法。
反応温度は100～110℃、反応圧力は1～1.2MPa

$$CH_2=CH_2 + 1/2O_2 \rightarrow CH_3CHO$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.4 酸化エチレン／Ethylene oxide C_2H_4O

性質 特徴	• 無色でエーテル臭（高濃度では刺激臭）のある可燃性ガスで分解爆発性がある。 毒性ガス。水、アルコール、エーテルおよび大部分の有機溶剤にすべての割合で溶解する。 10℃以下の低温で液体になる。（b.p.10.4℃） • 爆発範囲が3.0～100%で、静電気等によって爆発を起こす分解爆発性があるため、 容器内には窒素や二酸化炭素のような不活性ガスを希釈剤として加えておかなければならない。 また容器内から取り出すときは液相から取り出す必要がある。
用途	• 反応性に富み、水、アルコール、酸、アミンなどとよく反応し、多くの誘導体を生成する。 エチレングリコール（ポリエチレングリコール）が最大用途、他にエタノールアミンなどの原料。

基礎原料　：エチレン、酸素（または空気）

合成ルート/プロセスの特徴　：エチレンを空気または酸素により直接酸化することによって製造できるが、普通は酸素を用いる。
アルミナ担体に銀を担持させた触媒を用いて、1～3Mpa、200～300℃で反応させ生成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.5 プロピレン／Propylene C_3H_6

性質 特徴	• エチレン製造の際に多量に副生する。 不飽和結合を1つ有しているので、エチレンと類似の反応性を示す。
用途	• 重合によりポリプロピレン、水素化によりプロパン、水和により2−プロパノールとなる。 塩素化により塩化アリルあるいは、1,2−ジクロロプロパン（二塩化プロピレン）となり、 ベンゼンに付加させるとクメンが得られる。接触酸化することによりアクロレインを生成する。 アクリロニトリルの原料

基礎原料　　：ナフサ、天然ガス等

合成ルート/プロセスの特徴　：エチレン製造のときの副生成物として得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.5 アクリロニトリル／CH_2=CHCN

性質 特徴	• 沸点77.3℃
用途	• アクリロニトリルの用途は80%以上が合成繊維及び合成樹脂で、アクリル繊維、ABS樹脂（アクリロニトリルーブタジエンースチレン共重合体）、NBR（ニトリルゴム）、ポリアミド66、アクリルアミドなどの製造に用いられる。

基礎原料　：プロピレン、アンモニア、空気

合成ルート/プロセスの特徴　：アクリロニトリル（ CH_3CN ）はプロピレンとアンモニアを空気とともに流動触媒床を用い、400-500℃、0.3MPa以下、接触時間2～25秒で気相接触反応を行わせることにより得られる（Sohio法）

$$2CH_2=CH-CH_3 + 2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2CH_2=CH-CN + 6H_2O$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.7 ブタジエン／Butadiene $CH_2=CH-CH=CH_2$

性質 特徴	• 無色で、微かな芳香のある可燃性のガスである。常温でも空気中の酸素と反応して徐々に重合性の過酸化物をつくる。比較的容易に二量体を生成し、更には重合体を形成する。長時間貯蔵する場合は低温に保ち、また、重合防止剤を添加する。 • 麻酔性があるほか、最近は発がん性が指摘されている。
用途	• 重合によりブタジエンゴム、共重合によりスチレンーブタジエンゴム、アクリロニトリルーブタジエンゴムなどが製造される。 • 塩素化により得られるクロロプレンの重合によりクロロプレンゴムなども製造される。

基礎原料　：ブタン、ナフサの熱分解ガス

合成ルート/プロセスの特徴　：ブタンを脱水素すればブテンとなり、さらに脱水素するとブタジエンが得られる。
約600℃の温度で減圧または水蒸気の存在下で反応させる。
触媒にはCr203-AI203系などが用いられる。
ナフサの熱分解ガス中のC4留分には25-40%のブタジエンが含まれている。
これから抽出蒸留法により分離精製する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.8 アセチレン／Acetylene HC≡CH

性質 特徴	• 無色のガスで純粋なものはエーテルのような香気を有する。 • 爆発範囲が2.5～100%と広く、吸熱化合物であり、分解爆発性があるので、容器には多孔質物を詰めアセトン等を染み込ませた上アセチレンを溶解ガスとして充填するなどの特別な注意がいる。 • 銅・銀とは爆発性の金属アセチリドをつくる。これらは極めて敏感で容易に分解を起こす。
用途	• 酸素と燃焼させると高温の炎をつくるので、金属の溶断・溶接用に使われる。

基礎原料　：カルシウムカーバイト、水

合成ルート/プロセスの特徴　：① カルシウムカーバイドに水を作用させて得る方法

$CaC_2+2H_2O \rightarrow C_2H_2+Ca(OH)_2$

不純物のリン化水素や硫化水素を除くため、
塩素水とカセイソーダ水溶液とで洗浄して清浄化する。

② 熱分解させて造る方法

ナフサ、メタン等を高温で熱分解してアセチレンを得る製造法がいくつも開発されてきた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.1 アンモニア／Ammonia NH_3

性質 特徴	• 強い刺激臭をもつ無色の可燃性で、かつ毒性のガス。水に非常によく溶け、水溶性は弱アルカリ性を示す。酸素中で黄色い炎をあげて燃え、窒素と水を生じる。 • 空気中で20ppmで感知され、高濃度アンモニアを吸入すると死亡する恐れがある。液化アンモニアは低温の為、皮膚や粘膜に触れると炎症や凍傷の危険性がある。 • アンモニアは空気中で可燃性を有するが爆発範囲が狭く発火エネルギーが大きいため、バーナ火炎の形成は容易ではない。しかし、アンモニアと空気との混合ガスに着火すると爆発を起す。
用途	• 尿素、硝酸、工業薬品、アクリロニトリルやカプロラクタムなどの合成繊維の原料のほか、フルオロカーボンの代替としての冷凍機冷媒、金属精錬用など広い用途をもつ。

基礎原料　：窒素（あるいは空気）と水素

合成ルート/プロセスの特徴　：ハーバーとボッシュがミッタシュの協力を得て、アンモニア合成プラントを工業化

$1／2N_2+3／2H_2→NH_3$

アンモニア合成は圧力が高いほうが化学平衡的に有利で通常、15～30MPaの高圧下で行われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.2 亜酸化窒素／ N_2O

性質 特徴	• 無色のガスで若干の甘味があり、医療用麻酔ガスに広く使われており、 吸入すると顔面がけいれんして笑ったように見えるので、笑気ガスとも呼ばれている。 • 物理的性質は二酸化炭素に非常によく似ている。液体の亜酸化窒素をノズルから噴出させて 断熱膨張を起こさせると冷却して固体の亜酸化窒素が得られる。 アルコールにはよく溶け・水溶液を低温で加圧すると水和物$N_2O \cdot 6H_2O$を生成する。
用途	• 主として医療用麻酔剤に使用されている。 • 分解爆発性であることを利用した自動車用のエアバッグ・インフレーターにも使われている。

基礎原料　：硝酸アンモニウム、アンモニア、酸素

合成ルート/プロセスの特徴　：① 硝酸アンモニウム分解法

約260℃の硝酸カリウム、硝酸ナトリウムの混合物に硝酸アンモニウムを添加して分解することによって得られる。

② アンモニア酸化法

アンモニアを酸素とともに、300～350℃で、Mn_2O_3あるいはBi_2O_3触媒中を通して酸化することによっても得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.3 一酸化窒素／NO

性質 特徴	• 常温では無色無臭のガス • 不対電子をもつラジカル分子であり、ガスは常磁性を示す。低温の固体では反磁性 • 常温付近で不均化反応が進行するが、高圧にするほど進みやすくなるため、 高圧容器への充填圧も3MPa程度に低く抑えられている
用途	• 一酸化窒素はオレフィンなどのラジカル反応防止剤に使われる • 半導体の製造では亜酸化窒素と同じようにシリコン酸化膜の成膜に使われている

基礎原料　　：アンモニア、空気

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には硝酸の中間原料であり、アンモニアの空気酸化により大量に作られているが、殆どがそのまま酸化され、二酸化窒素を経由して硝酸になる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.4 メチルアミン

性質 特徴	• メチルアミンには、モノメチルアミン（CH_3NH_2）、ジメチルアミン（$(CH_3)_2NH$）、トリメチルアミン（$(CH_3)_3N$）がある。いずれも無色の可燃性かつ毒性のガスで、液化すれば無色の液体となる。 • 濃度が高いとｱﾝﾓﾆｱ臭を示すが、濃度が薄くなると独特の魚臭。 • 水またはアルコールによく溶ける。液化メチルアミンは多くの無機化合物の良い溶剤。
用途	• ジメチルアミンが全体の需要の75%を占める。 ジメチルホルムアルデヒド（DMF：$HCON(CH_3)_2$）製造用に用いられる

基礎原料　：メタノールとアンモニア

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には、メタノールとアンモニアの気相反応によって製造。
400～450℃、1.4～2MPaにおいてシリカ/アルミナ触媒上で反応

$$CH_3OH + NH_3 \rightarrow CH_3NH_2 + H_2O$$
$$CH_3OH + CH_3NH_2 \rightarrow (CH_3)_2NH + H_2O$$
$$CH_3OH + (CH_3)_2NH \rightarrow (CH_3)_3N + H_2O$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.5 シアン化水素／Hydrogen cyanide HCN

性質 特徴	• 無色、透明、可燃性のガス（沸点25.7℃）で、特有のアーモンド臭。 • 純粋なシアン化水素は安定であるが水分又はアルカリ性物質を含むと重合が促進され褐色の固体を生成する。 • 猛毒で、中枢神経に作用し、呼吸機能を麻痺させる。270PPMを吸引すると5分以内に死ぬといわれる。 • 水に溶けると弱酸性を示す。酸による加水分解でギ酸とアンモニアになる。
用途	• メタクリル酸メチル（アクリル樹脂）、ヘキサメチレンジアミン、乳酸、青化ソーダ、フェロシアン化物などの合成。

基礎原料　：プロピレンまたはメタン（天然ガス）、アンモニア

合成ルート/プロセスの特徴　：プロピレンからアクリロニトリル製造（Sohio法）の際に、次式の副反応で生成し、これを副生物として回収。

$$CH_2=CHCH_3+3NH_3+3O_2 \rightarrow 3HCN+6H_2O$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.5.1 硫化水素／Hydrogen sulfide H_2S

性質 特徴	• 無色、特有の腐卵臭を有する可燃性、かつ、毒性のガスである。火山の噴気中に含まれ、硫黄泉においては水に溶けて湧出する。空気中で青い炎をあげて燃え、二酸化硫黄を生成する。 • 還元性が強く、種々の酸化物を還元する。特に、濃硝酸、発煙硝酸などの酸化剤とは激しく反応する。乾燥した状態では常温で金属と反応しないが、湿気を含む空気中では、金、白金以外のほとんどの金属と作用して硫化物をつくる。 • 毒性が強く、高濃度ガスを多量に吸入した場合は即死する。低濃度でも中枢神経を麻痺させるため、失神したり、呼吸停止を起こすことがある。
用途	• 硫化水素は金属精練、蛍光物質原料（硫化亜鉛、硫化カドミウム）の製造、工業薬品、医薬、農薬などの製造に利用される

基礎原料　　：石油

合成ルート/プロセスの特徴　：工業的には、合成ガス製造の際の精製装置および石油の水素化脱硫装置から回収される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.5.2/3 二酸化硫黄、六フッ化硫黄の性質

名称	性質
二酸化硫黄	• 強い刺激臭をもつ無色、不燃性で毒性の高いガスである。 • 安定なガスであり、水に溶けて酸性を示す。液化二酸化硫黄は純粋であれば、電気伝導度は小さいが、溶解性の塩を少量加えると電気伝導度が非常に高くなる。 • 用途は大部分、硫酸の製造用である。
六フッ化硫黄	• 無臭のガスで、不燃性で毒性もない。化学的に安定で、電気絶縁特性が優れている。しかし、大気中での安定性も高く、地球温暖化に影響するとして使用の削減が求められている。 • 非常に安定なガスで、水、アリカリ、アンモニアあるいは塩酸とも反応しない。 • 電気絶縁性が極めて優れているため、変圧器、ガス遮断器、粒子加速器などに主として用いられるほか、トレーサーガス、エッチング剤などにも使用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.6.1 塩素／Chlorine Cl_2

性質 特徴	• 激しい刺激臭がある黄緑色の気体。空気より重く、毒性が極めて強く支燃性である。 水素との等体積混合気体（塩素爆鳴気）は、日光の直射、紫外線で爆発的に反応する。 • 化学的に非常に活性で、希ガス、酸素、窒素、炭素以外のすべての元素と直接化合して、 塩化物をつくる。 • 水分を含んだ塩素ガスは常温でも極めて腐食性が強く、チタン以外のほとんどの金属材料を 激しく腐食する
用途	• 塩化ビニル、塩化ビニリデン、塩素系溶剤（トリクロロエチレン、パークロロエチレン等）の 製造など多くの用途がある。他に、水道水の殺菌や廃水処理に用いられる。

基礎原料　：食塩水（食塩＋水）を電気分解して製造

合成ルート/プロセスの特徴　：イオン交換膜法による食塩水の電気分解
陽極と陰極とを陽イオン交換膜で仕切って食塩電解を行うもので、
精製食塩水を陽極室側に供給すると、陽極で塩素を発生し、
ナトリウムイオンと水のみがイオン交換膜を通過して陰極室に入り、
陰極でカセイソーダを生成して水素を発生する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.6.2 塩化水素／Hydrogen chloride HCl

性質 特徴	• 無色で、刺激臭のある気体で、湿った空気中では発煙する。毒性があり、 濃厚な塩化水素または塩酸ミストを吸入すると、喉、目、鼻を刺激しせきが出る。 多量に吸入すると中毒を起こす。 • 水に溶けると塩酸となり、強酸性を示し、イオン化傾向が水素より大きい金属は、 塩化水素に侵食され、水素を発生して塩化物となる。特に、水分が存在するとその作用が激しい。
用途	• グルタミン酸ナトリウムおよび醤油などの調味料の製造、香料、染料、医薬、農薬および その中間体の製造、各種化学薬品の製造、鋼板や鋼材のさび取りなどに用いられる。

基礎原料　：塩素と水素

合成ルート/プロセスの特徴　：食塩水の電解によって得られる塩素と水素とを燃焼炉に吹き込み
燃焼させると塩化水素ガスが生成する。

$Cl_2+H_2 \rightarrow 2HCl$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.6.3 ホスゲン／Phosgene $COCl_2$

性質 特徴	• 無色で独特の青草臭をもつ極めて毒性の強いガス • 加水分解して、二酸化炭素と塩酸を生じる。 • 水酸化ナトリウムには極めて速やかに吸収される。 • 常温において乾燥状態では通常の金属材料をほとんど腐食しないが、水分が存在すると加水分解して塩酸が生じる為に金属を腐食する。 • 可燃性ガス、支燃性ガスのいずれでもない。 • 50ppm以上存在する空気中で呼吸すると30分以内で死亡する。
用途	• ジアミンとの反応によりジイソシアネートを合成し、ポリウレタン弾性繊維、接着剤、塗料などの原料とする。 • アルコールまたはフェノールとの反応性を利用して、医薬、農薬などを製造。

基礎原料　　：一酸化炭素と塩素

合成ルート/プロセスの特徴　：一酸化炭素と塩素を50～150℃で活性炭触媒を用いて反応させると得られる。

$$CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.7.1 臭化水素／HBr

性質 特徴	• 刺激臭のある無色、毒性のあるガス。不燃性のガス • 水と共沸混合物をつくり、非常によく溶けて臭化水素酸となる • 臭化水素酸は塩酸と同様に強酸 • 塩酸に比べて分解し易く、分解して臭素を生成し着色する • 人体に対する有害性は塩化水素に似て粘膜への刺激が強く、呼吸器への作用あり • 常温常圧においても水分が存在すると強い腐食性を示し、多くの金属を腐食する
用途	• 無機の臭化物及び臭化アルキルの製造、医薬、有機中間体の製造などに用いられる。

基礎原料　　：窒素と水素

合成ルート/プロセスの特徴　：臭素と水素の混合ガスを白金触媒存在下高温で直接反応させることで製造する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.8.1 フッ素／ Fluorine F_2

性質 特徴	• 常温では塩素様の特有な刺激臭をもつ。淡黄色で、極めて強い毒性のある支燃性ガス。 • 全ての元素の中で最も強い酸化力を持つ元素。希ガスであるキセノン、ラドン、クリプトンとも直接反応してフッ化物をつくる。強力な支燃性ガス。水素とは冷暗所においても混合により発火爆発を起こす。炭素とは室温でも反応し発火する。 • 腐食性が強く常温でもほとんどの金属と反応してフッ化物をつくる。 • 皮膚に接触すると組織を激しく刺激し腐食を起こし、吸入すると微量でも気管を刺激し、肺の充血を起こす。
用途	• 六フッ化ウラン、六フッ化硫黄、フッ化炭化水素などの製造。

基礎原料　：蛍石、氷晶石

合成ルート/プロセスの特徴　：天然に存在する蛍石、氷晶石を原料として、フッ化水素やフッ化カリウムをつくり、フッ化水素カリウムの融解混合物を電解して製造する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.8.2 フッ化水素／ Hydrogen fluoride HF

性質 特徴	• 沸点が19.5℃の無色で刺激臭のあるガスで、腐食性が強く、毒性が高い。 塩化水素と同じように空気中で発煙する。 • 熱的に安定であるが、会合性が強く、ガス状でもHFと2～6分子の会合体との混合物になっている。水に容易に溶け、水溶液はフッ化水素酸、または、フッ酸と呼ばれる。また、反応性が高く、種々の金属、酸化物、水素化物、炭酸塩などと反応してフッ化物をつくる。有機化合物とも反応して、フッ素化物になる。 • 皮膚に触れると激しい痛みを伴い、体内に浸透して腐食が進む。
用途	• 無機および有機合成におけるフッ素化剤としても使われており、種々のフルオロカーボン類、フッ素樹脂のモノマーなどの製造に用いられる。 • 石油化学のアルキル化、重合、縮合、異性化反応などの触媒に使われる。

基礎原料　：蛍石、濃硫酸

合成ルート/プロセスの特徴　：蛍石（主成分CaF_2）と濃硫酸を加熱するとフッ化水素が発生するので、硫酸ミストや水分を除去し、精留すると高純度のガスが得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.8.3 フルオロカーボン

性質 特徴	• 脂肪族炭化水素の一部あるいは全てをフッ素で置換した化合物 • CFC（クロロフルオロカーボン）： 脂肪族炭化水素の水素をフッ素と塩素で置換。大気中に放出されても殆ど分解しない。 オゾン層の破壊、地球温暖化のため、製造廃止。 • HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）： 分子中に塩素が含まれるためオゾン層の破壊力はゼロではない。 • HFC（ハイドロフルオロカーボン）： 炭化水素の一部の水素をフッ素に置換したもの • 全般に常温では無色のガスあるいは液体で、無臭あるいはわずかに芳香がある。
用途	• 冷凍空調における冷媒等

命名法

- フルオロカーボンの番号表記法
- 基本は3桁の数字
  1桁目：『炭素原子の数−1』、2桁目：『水素原子の数＋1』、3桁目：『フッ素原子の数』。
  但し炭素数が1のメタン誘導体は1桁目が0なので、省略して2桁で表す

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9 特殊材料ガス

- 半導体素子や光ファイバー、ファインセラミックスなどのいわゆる先端産業において数多くのガスが使用されているが、その中には、従来工業的には殆ど利用されていなかった新規なものが多数あり、しかも、極めて高い毒性をもつものが多く、可燃性あるいは自然発火性、分解爆発の危険性を持つものなども含まれている。
- そこで、KHKではこれらのガスの中から39種を選び、「特殊材料ガス」と命名して、その安全な取扱いに関する自主基準を作成した。
- その後、特殊材料ガスの中から、可燃性で毒性危険性の高いモノシラン、ジシラン、アルシン、ホスフィン、ジボラン、セレン化水素、モノゲルマンの7種類のガスを高圧法において、「特殊高圧ガス」に指定して、その製造、販売、移動、消費などを規制する条文が加えられた。
- 特殊材料ガスについては、燃焼性（自然発火性）、自己分解爆発性、毒性、反応性、取り扱い上の注意事項など共通事項についてよく理解すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.1 シラン／Silane SiH_4

性質 特徴	• 常温で気体であり、空気中で自然発火する。シランは、Ar、N2、Heなどの不活性ガスを用いて低濃度に希釈した場合でも空気中で爆発するが、一方で、高速で空気中に流出した場合などには発火しないでそのまま空気と混合し、シランと空気の可燃性雰囲気が生じるため、発火により激しく爆発する危険性が高い。 • 常温では安定で370℃で分解を始める。反応性が高く、塩素および臭素とは常温で爆発的に反応する。
用途	• シランおよびジシランは、半導体素子の製造において、エピタキシャル薄膜製造やCVD工程などに、またアモルファスシリコンの成膜などに用いられる。

基礎原料　　：ケイ砂、コークス、水素など

合成ルート/プロセスの特徴　：ケイ化マグネシウムを原料とする方法、
四塩化ケイ素を原料とする合成方法がある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.2 アルシン／Arsine AsH_3

性質 特徴	• ヒ素系の特殊材料ガスである。にらのような不快臭をもつ無色のガスで、可燃性であり、極めて毒性が強い。 • 常温では安定であり、230～240℃付近から分解が始まる。 • 塩素とは激しく反応して、塩化水素とヒ素を生じる。 • アルシンを吸入すると血液中のヘモグロビンを結合し、溶結作用を起こす。濃度0.5ppmで急性中毒を起こし、250ppmでは30分以内に死亡すると言われている。
用途	• 半導体製造におけるドーピングガス

基礎原料　：

合成ルート/プロセスの特徴　：ヒ化亜鉛などのヒ素化合物に希塩酸を作用させたり、ヒ化ナトリウムに水を作用させて製造するが、国内では工業的には生産されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.3 ホスフィン／ Phosphine PH_3

性質 特徴	• リン系の特殊材料ガスである。無色の不快臭をもつガスで、室温の空気中で自然発火する。 • 常温では安定であり、約300℃から分解が始まる。フッ素、塩素、硝酸などとは爆発的に反応する。また、加水分解性があり、水蒸気と反応してリン酸、亜リン酸、水素を生じる。この反応は300℃付近では速くなる。 • 極めて毒性の強い気体で、吸入すると肺水腫や発作的な昏睡状態を起こす。
用途	• ホスフィンなどのリン系の特殊材料ガスは、シリコン半導体の製造におけるドーピング用ガスとしてエピタキシャル、拡散、CVDおよびイオン注入の各工程で用いられており、半導体レーザーや発光ダイオードなどの化合物半導体の製造においても用いられる。

基礎原料　：黄リン

合成ルート/プロセスの特徴　：黄リンをリン酸などの酸あるいは水酸化カリウムなどのアルカリを触媒として高温で加水分解するか、黄リンを水酸化ナトリウム水溶液と反応させてつくられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.4 ジボラン／Diborane B_2H_6

性質 特徴	• ホウ素系の特殊材料ガスである。無色の特有な臭気をもつ極めて毒性の強いガスで、可燃性である。 • 熱的には不安定で、室温でも徐々に分解して水素及び高級ボラン化合物を生成する。 • 常温付近では発火しないが、80℃付近で自然発火を起こす。 • 極めて有毒で、吸入すれば肺への障害を起こし、また肝臓あるいは腎臓を侵す。15分曝露における致死量は159ppmといわれている。
用途	• 半導体製造におけるドーピングガス

基礎原料　：

合成ルート/プロセスの特徴　：ジボランは三フッ化ホウ素をエーテルやTHF（テトラヒドロフラン）などの溶媒中で、水素化リチウムや水素化ホウ素ナトリウムによって還元してつくられる

$$8BF_3 + 6LiH \rightarrow B_2H_6 + 6LiBF_4$$

$$4BF_3 + 3NaBH_4 \rightarrow 2B_2H_6 + 3NaBF_4$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.5 金属水素化物系特殊材料ガス／モノゲルマンGeH_4

性質 特徴	• 無色、吐き気を催すような不快臭のあるガス、毒性あり • 常温では安定であるが、350℃以上では殆ど完全にゲルマニウムと水素に分解 • 空気中では約90℃で自然発火を起こす • 低圧における酸素との反応では、230～330℃で水とGeO_2を生成し、 さらに高い温度では爆発的に反応する • 分解爆発を起こす危険性が高い • 吸入すると溶血作用があり、腎臓障害を起こす
用途	• 太陽電池などに使われるアモルファスシリコンのCVD成膜工程で用いられる

基礎原料　：

合成ルート/プロセスの特徴　：二酸化ゲルマニウムと水素化ホウ酸ナトリウムなどの塩を弱酸中で
水と反応させてつくる方法や、四塩化ゲルマニウムを
水素化アルミニウムリチウムなどの還元剤と反応させてつくる方法がある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.9.6 三フッ化窒素／NF_3

性質 特徴	• ハロゲン系の特殊材料ガスである。無色の支燃性ガスで、毒性がある。 • 常温では比較的反応性に乏しいが、高温では強力な酸化剤となる。 • 酸素と同じように可燃性のグリースやオイルなどが接触すると発火する危険性がある • 三フッ化窒素は、吸入すると気管、粘膜を刺激し、またヘモグロビンの機能を低下させる。 三フッ化窒素を排出する場合は、高温にして分解しなければならない。
用途	• 半導体製造におけるクリーニング用ガス等

基礎原料　：

合成ルート/プロセスの特徴　：銅触媒を用いてアンモニアとフッ素を反応させる方法、亜酸化窒素を無水フッ化水素中でフッ素化する方法などでつくられる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 分離

ガスの
分離・精製方法

- 蒸留
  - 揮発性の差を利用して分離する分離法
    （主要な分離操作として工業的に広く用いられる）
- ガス吸収
  - ガス中の特定成分を液体に吸収除去させる
    分離法（ガスの分離精製に用いられている）
- 吸着
  - 特定成分を固体などに吸着除去させる分離法
- 膜分離
  - 膜材に対する特定成分の透過性の違いを
    利用した分離法（ガス分離に適用される）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.1 蒸留

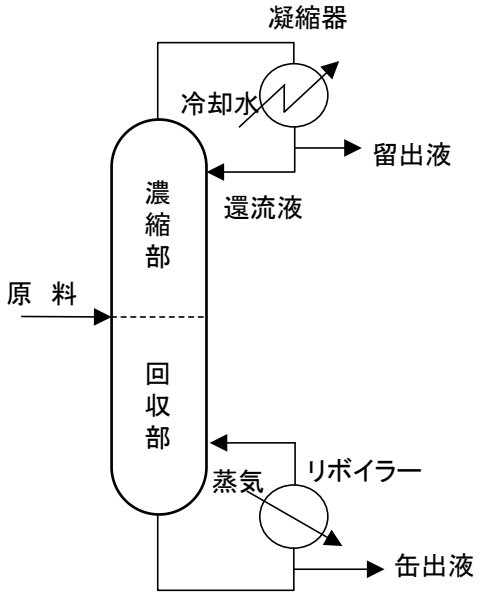
- 蒸留の原理と特徴

  揮発性の異なる液体混合物を蒸発させると蒸気中に低沸点物質（揮発性物質）を、
  液中に高沸点物質（揮発しにくい物質）を濃縮させることができる。
  このような物質の揮発性の違い利用して混合物を各成分に分離する方法を蒸留という。

- 蒸留塔の構成

  蒸留塔の塔頂に留出ガスを冷却して凝縮させて回収する
  凝縮器と塔底に流出液を気化させるリボイラーが設置されている。

  原料は蒸留塔内で分離され、塔頂から低沸点成分に富んだ液が、
  塔底から高沸点成分に富んだ液が取り出される。



蒸留塔の基本構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.2 ガス吸収

- ガス吸収

  混合気体中のある物質（溶質）が、液体（吸収液）に溶解するとすれば、両者を接触させることによってその物質を分離することができる。

  このように気体の溶解性の違いを利用して混合気体から溶質を分離する操作をガス吸収という。

  溶質の吸収速度を大きくするには、溶解度の大きい吸収液を選ぶか、操作温度を低くして溶解度を大きくする必要がある。

- 化学吸収と物理吸収

  化学吸収とは、溶質と反応する物質を吸収液に添加し、溶解した溶質を化学反応によって直ちに除去することで、液層内の溶質濃度および吸収速度を一定に保つ方法である。

  酸性ガス（二酸化炭素や二酸化硫黄）に対し、種々の化学吸収プロセスが開発されている。

  物理吸収とは化学吸収を用いない方法で溶解度が大きく取れる高圧プロセスでよく用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.3 吸着

- 吸着する物（吸着剤）の表面に気体あるいは液体の分子（吸着質）が付着する現象を吸着という。吸着剤には、多孔質で内部表面積の大きな物質である活性炭、活性アルミナ、シリカゲル、ゼオライトがある。
- 吸着量は吸着質の種類と吸着剤の組合せで決まるが、気相あるいは液相での濃度、圧力及び温度でも決まる。
- 吸着には化学吸着（化学変化を起こして付着）と物理吸着（ファン・デル・ワールス力、静電気力等による付着）がある。
- 物理吸着においては、吸着量の圧力あるいは温度の依存性を利用し、吸着剤を加熱するか、雰囲気の圧力を下げることで吸着した分子を吸着剤から引き離し再生ができる。これにより吸着剤を使い捨てにすることなく、吸着⇔再生を繰返し操作し 連続化できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.4 膜

- 工業的にガスを分離する方法として気体分離膜を用いる方法がある。
- 膜として高分子素材やセラミックス、場合によっては金属などの膜がある。
  それぞれの素材に対する各種ガス分子の透過性の違いを利用して分離される。
- 膜には構造によって多孔質膜と非多孔質膜がある。
  多孔質膜は、膜にある小さな孔による分子ふるい流の機構や毛管凝縮流、
  自由分子流などの機構で分子が細孔内を移動することを利用して気体を分離する。
  非多孔質は、気体が膜を透過（膜内に溶解し、反対側から脱溶解）する際に、
  膜素材に対する気体分子の溶解・拡散のしやすさ（＝親和性）の違いで分離される。
- 対称膜（膜の厚み方向に関し表裏とも対象構造）と非対象膜（分子が透過する方向に関して構造が変化）にも分類される。非対象膜の強度を強化したものに複合膜がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：4. 燃焼・爆発（91頁）

4.1.1 燃焼と爆発の定義

燃焼	物質が酸素あるいは空気などと反応し、光と熱を発生しながら急速に進行する現象。
爆発	圧力が急激に発生するかまたは解放されることによって、大きな音とともにガスが激しく膨張する現象。 化学的な爆発と物理的な爆発がある。
爆ごう	非常に激しい爆発、火炎が超音速で空間を伝ぱ、そのために衝撃波を伴う。
爆燃	火炎の伝ぱ速度が音速以下の通常の爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：4. 燃焼・爆発（92頁）

可燃性ガスと支燃性ガス（安全の観点での分類）

可燃性	自ら燃焼するガス（還元性のガス）
支燃性ガス	自らは燃焼しないが燃焼を支えるガス（酸化力の強い酸化性のガス）
不活性ガス	燃焼の場にあっても化学反応（燃焼）に関与しないガス、 例：希ガス、窒素、二酸化炭素
分解爆発性ガス	可燃性、支燃性に関係なく、そのガス単独の状態で分解反応によって多量の熱を発生、火炎を発生し爆発となる性質のガス 例：アセチレン、ゲルマン、オゾン、等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2　火炎と火災の種類（91頁）

構造での分類
拡散火炎と予混合火炎

形態での分類	
①伝ぱ火炎	空気と混合した可燃性ガスあるいは可燃性液体の蒸気、 ミストまたは粉じん雲を伝わって伝ぱする火炎
②噴流火炎	ジェット火炎とも呼ばれ、 高圧のガスや液体などが空気中に勢いよく噴出しながら燃焼している火炎
③プール火炎	可燃性液体がプール状に溜まった状態にあり、 その液面上で燃焼している火炎
④ファイアーボール	大量の可燃性のガスあるいは蒸気が空気中に放出されたのちに発火して 生じる火炎であり、未反応の可燃性ガスや蒸気が拡散燃焼を起こしながら 比較的長時間持続するため、空中に浮遊してできる球状の火炎

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 爆発の種類（92頁）

① 混合ガス爆発

② 液滴噴霧（スプレー）爆発

③ 蒸気雲爆発

④ 粉塵の爆発

⑤ 分解爆発性物質の爆発

⑥ 液体、固体爆発物の爆発

⑦ 高圧設備の破裂

⑧ 蒸気爆発（BLEVE）

⑨ 電線の爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 発火現象（97-100頁）

a）自然発火

可燃性混合ガスを容器に入れておき、ある温度以上に保持するとおこる。

熱発火理論と連鎖発火理論

b）発火源による発火

可燃性混合ガスが外部からエネルギーを受けると発火する。

1） 電気火花
2） 静電気放電
3） 裸火
4） 高温物体（熱面）
5） 断熱圧縮
6） 衝撃波
7） レーザ光などの光線

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 燃焼・爆発の反応（93頁）

4.2.1 総括反応と素反応

例えば、水素ガスが空気中で燃焼する反応は

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

のように書かれる。これを総括化学反応式という。実際の水素と酸素の反応は、H_2分子がO_2分子と衝突して直接反応しH_2O分子が生成するというようなことではなく、種々のラジカルや分子が入り乱れて起こるいろいろな反応が同時に進行し、その総和としての収支をとると上の式のような反応になっているということである。その際に起こる個々の反応のことを素反応という。

素反応の例として、水素の発火現象を考える際に特に重要な反応としては、次の4つの素反応がある。（M:反応の第三体）

$$OH + H_2 \rightarrow H_2O + H$$
$$H + O_2 \rightarrow OH + O$$
$$O + H_2 \rightarrow OH + H$$
$$H + O_2 + M \rightarrow HO_2 + M$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 火炎温度（94、95頁）

a）燃焼熱

可燃性ガスが酸素などの支燃性ガスと反応すると熱を発生する。これを燃焼熱Q_Cという。通常、標準状態圧力0.101325 MPa、25 ℃での燃焼熱Q_Cは燃焼反応式における反応物の25℃での標準生成熱（標準生成エンタルピー）ΔH_f°の総和から生成物の標準生成熱ΔH_f°の総和を差し引いて求める。標準生成熱ΔH_f°というのは、1 mol の化合物がそれぞれの標準状態圧力0.101325 MPa にある成分元素から等温条件（通常は25 ℃）で合成されるときの反応熱（反応のエンタルピー変化）ΔHである。

b）火炎温度

燃焼反応が起こると燃焼熱が発生するために、反応によって生成した化学物質は加熱され高温の状態になる。その温度を火炎温度または燃焼温度という。例えば、適当な濃度の可燃性ガス－空気混合ガスを密閉容器中に入れて点火すれば爆発し、温度および圧力が上昇する。通常、この温度および圧力の計算は、熱損失はなく燃焼熱はすべて生成物の加熱に使用されると仮定して行う。この温度を断熱火炎温度という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 燃焼・爆発の発生（97頁）

4.3.1 発火現象

a）自然発火

容器の中に可燃性ガスと空気を入れて混ぜておき、容器温度をある温度以上に保持すると発火が起こる。その温度は可燃性ガスの種類、濃度、圧力などに依存する。
このように、特に発火源なしで発火するような場合を自然発火という。こうした状況下での発火現象を説明するのに、熱発火理論と連鎖発火理論とがある。

熱発火理論　：可燃性ガスと空気の混合ガスを容器に入れ容器（壁）をある温度に保持したときに、容器の中で起こる化学反応による発熱と容器壁を通して外へ逃げる熱とのバランスによって発火するかどうかが決まるという考え方。

連鎖発火理論　：温度の代わりに燃焼反応を支配する活性化学種の増減で議論する。反応が活性化学種の数を増やすような状況であれば発火に至るし、活性種 を減少させるような状況では発火しないという考え方。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.1 燃焼・爆発危険性の評価（101－104頁）

a）燃焼速度 ：

可燃性ガスの燃焼に関連した物理量、火炎面が未燃混合ガスに対して面に垂直に進む速度。

b）発火温度 ：

可燃性ガスが空気中で自然発火を起こす最低の温度、最小自然発火温度、発火点とも呼ぶ。

c）爆発限界（表4.4）：

可燃性混合ガスに点火して爆発するときの濃度範囲を爆発範囲といい、
その範囲の最低濃度を爆発下限界、最高濃度を爆発上限界という。

e）最小発火エネルギー（表4.5）

可燃性混合ガスに点火するための最小のエネルギーの値。混合ガス組成 に大きく依存し、
化学量論組成付近で最も小さくなる。

消炎距離（表4.5）

可燃性混合ガス中を伝ぱする火炎は、あまり細い管や狭いすき間を通り抜けることはできない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 爆発限界（104、105頁）

c）爆発限界に関する法則

ルシャトリエの法則

複数の可燃性ガスの混合ガスの爆発限界をそれぞれのガスの爆発限界から予測する法則。

それぞれL_1, L_2, L_3, ・・・の爆発限界濃度[vol%]を持つガスが、
C_1, C_2, C_3, ・・・の濃度[vol%]で混合している場合、
混合ガスの爆発限界濃度L[vol%]は、

$$\frac{100}{L} = \frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \frac{C_3}{L_3} + \cdots$$

で表わされる。

ただし、$C_1 + C_2 + C_3 + \cdots = 100$ である。

類似したガスの場合には比較的精度が良い。

下限界は精度が良いが上限界は精度が低下する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（108頁）

火炎と火災の影響 ： 周囲に対して影響を与える主要なものは熱放射

a）ガス放射：

高温の火炎では、ガス放射は燃焼ガス中に含まれる二酸化炭素と水蒸気からの放射が大きく寄与する。二酸化炭素では2.7、4.3および15 μmの、水蒸気では2.7、6.3および20 μm付近の波長帯で起こる。

b）固体放射：

炭素原子を含む可燃性のガスの火炎中ではススが生成する。火炎中の高温のススは熱を放射する。固体からの放射は、ステファンーボルツマンの式で与えられる（σ：ステファンボルツマン定数、T:温度[K]）。

$$E_{\mathrm{b}} = \sigma T^4$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（109頁）

爆発の場合は、火炎からの熱放射に加えて、
爆発に伴ういわゆる爆風の影響を考えなければならない。
爆風による被害はピーク過圧ばかりでなく、
爆風の持続時間にも依存する。

爆ごうによる爆風圧は、爆心から一定の距離を置いて
観測していると、**図4.7**に示すように爆風の到達とともに
急に立ち上がり、また元の圧力p_0に戻るが、その途中で
一度負圧にまで下がりそれからp_0に戻っていくことが知られている。

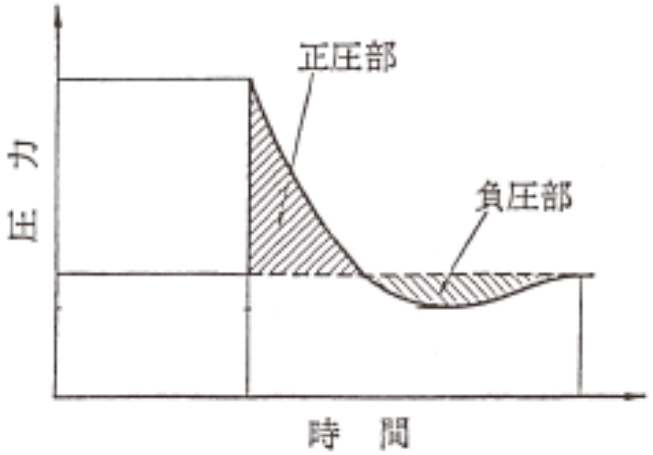


図4.7
爆心から離れた位置における
爆風圧の変化

ホプキンソンの三乗根法則：
次式で定義される換算距離 λ が等しければ、距離Rにおける爆発によるピーク過圧は等しくなる
（M：爆発物質量）。

$$\lambda = \frac{R}{\sqrt[3]{M}}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：3. 気体の化学反応（63頁）

均一等温反応	気体中、液体中または固体中で起こり、それぞれ、気相反応、液相反応または固相反応と呼ばれる
不均一反応	2つ以上の相が関連して起こる化学反応で、化学反応と物理的な物質の移動過程が組み合わさって起こる。 そのために、不均一反応の反応速度式やその解析は均一反応のそれに比べて複雑となることが多い。
非等温反応	反応系の温度が時間的または空間的に変化する場合で、 化学反応とともに熱の移動が起こり、その解析は等温反応に比べて複雑となる。
可逆反応と不可逆反応	可逆反応は、生成物が生成する正反応と分解する逆反応が同時に進行、不可逆反応は、平衡が生成系に大きく片寄った可逆反応であるとして平衡を論じることができる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1 化学量論（63頁）

化学量論	化学反応に関与する単体または化合物の定量的関係を論ずる分野
化学反応式	あらゆる元素に関して反応の前後において各元素の原子数が等しい（質量保存の法則）ことが成立している場合に、反応式または量論反応式と称される。
反応生成物	完全燃焼生成物：C、H、OおよびNを含む物質→CO_2、H_2O およびN_2 不完全燃焼および爆発的分解の生成物：C、H、OおよびNを含む物質 → まずN_2、H_2O、CO_2の順に生成すると仮定、酸素がなくなったら、余った原子は単体状態での生成物とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 熱化学（65頁）

反応熱	化学反応が起こると熱の放出または吸収が起こる。 この反応に伴って生ずる熱を反応熱または反応のエンタルピーと呼ぶ。
反応の エンタルピー変化	反応のエンタルピー変化ΔHは等圧反応時に系が得る 熱量として定義されており、系が熱量を得たときにその符号が正となる。
反応熱ΔH	反応熱を反応のエンタルピー変化とする場合*
反応熱Q	発熱反応のときを正、吸熱反応のときを負とする場合*

*：この教科書での定義。反応熱ΔHと反応熱Qの符号が逆になる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 生成エンタルピー（65頁）

標準生成エンタルピー

標準生成熱または標準生成エンタルピー ΔH_f° は、1 mol の化合物が
標準状態圧力0.1013 MPa にある成分元素の単体から等温的に生成するときに
吸収する熱で、エンタルピー変化であり、kJ/mol の単位で表される。
温度は25℃がよく選ばれている。
なお、記号の肩の ° は標準状態圧力（標準大気圧）の状態であることを示す。
単体は、メタン（CH_4）の場合は炭素（C、グラファイト）と水素（H_2）であり、
メタノール（CH_3OH）であれば炭素、水素および酸素である。

標準生成エンタルピーは、その値が負で大きい物質ほどエネルギー的に低い
（図3.1）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 反応熱（67頁）

反応熱の計算方法

量論的反応式および反応物と生成物の生成熱がわかっているときには、
次の関係式を用いて反応熱を計算することができる。

反応熱 ΔH ＝（生成物の生成熱 ΔH_f の和）－（反応物の生成熱 ΔH_f の和）

例）$CO + 1/2O_2 \rightarrow CO_2$ の25℃での反応熱（ΔH_f°）

$$\Delta H_f^\circ = \Delta H_f^\circ(CO_2) - \left\{\Delta H_f^\circ(CO) + \frac{1}{2}\Delta H_f^\circ(O_2)\right\}$$

$$= -393.5 - \left\{-(-110.5) + \frac{1}{2} \times (0)\right\} = -283.0 \text{ kJ/mol}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 化学平衡（69頁）

3.3.1 可逆反応と化学平衡

多くの化学反応は可逆反応である。一定温度、圧力で可逆反応を行わせると、反応混合物の組成は時間とともに一定値に近づく。これは、正反応と逆反応の速度が等しくなるからである。このような状態を平衡状態と呼ぶ。

質量作用の法則

平衡状態にある系の平衡濃度の間には定量的な関係があり、全生成物の濃度の積を全反応物の濃度の積で割ると、その値（平衡定数）は温度以外の条件が変わっても不変である。（C, p :各成分の濃度および圧力）

$$aA + bB \quad cC + dD$$

平衡定数 $K_C = \dfrac{C_C^c C_D^d}{C_A^a C_B^b}$　　圧平衡定数 $K_p = \dfrac{p_C^c p_D^d}{p_A^a p_B^b}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 化学平衡（69頁）

3.3.1 化学平衡に影響する因子

ル・シャトリエの法則：1つの系が平衡状態にあるとき、
系の状態の変化によって平衡濃度は変化の効果を吸収する方向に変化する。

平衡に及ぼす温度の影響

発熱反応では、温度を上げると平衡は左（原料側）へ移動、温度を下げると平衡は右（生成物側）へ移動。吸熱反応では、温度を上げると平衡は右へ移動、温度を下げると左へ移動。

平衡に及ぼす圧力の影響

気相の物質量の増す反応では、圧力を増すと平衡は左（原料側）に移動、圧力を下げると平衡は右（生成物側）に移動。気体の物質量が減る反応では、圧力を増すと平衡は右（生成物側）に移動、圧力を下げると平衡は左（原料側）に移動。気体の物質量の増減のない反応では、圧力を変えても平衡は移動しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 反応速度（75頁）

3.4.1 反応速度式

化学反応の速さは、反応に関与する物質の量、濃度または圧力が単位時間内にどれだけ変化するかという値で示される。

$$aA + bB \rightleftarrows cC + dD$$

という反応では、化学反応の速さr（反応速度）は原料A およびB の消費速度であり、またC およびD の生成速度である。

$$r = -\frac{1}{a}\frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b}\frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{c}\frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{d}\frac{d[D]}{dt}$$

[X]: 成分Xの濃度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 反応速度（75頁）

3.4.3 反応次数

反応速度は反応に関与する物質の濃度や圧力のベキ関数として表せる場合が多い。
実測された反応速度が反応の濃度について全体で何次であるかを反応次数という。

例えば、反応速度が、

$$r = k[\mathrm{A}]^m[\mathrm{B}]^n$$

で表されたときは、この反応の次数は（$m+n$）次である。
反応次数は整数でない場合もある。

[X]: 成分Xの濃度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 反応速度（75頁）

3.4.3 反応速度定数と活性化エネルギー

反応速度式 $r = k[\mathrm{A}]^m[\mathrm{B}]^n$ における反応速度定数kは、通常アレニウス式で表される。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Aは頻度因子または前指数因子、E_aは活性化エネルギーで、実験的には絶対温度の逆数（$1/T$）に対して反応速度定数の対数（$\ln k$）をプロットするとAおよびE_aを求めることができる。

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.4 反応速度解析法 （b）理論解析（78頁）

1）0次反応　A⟶B　の反応速度式

$$-\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k \quad \text{を積分して} \quad [\mathrm{A}] = -kt + [\mathrm{A}]_0$$

2）1次不可逆反応　A⟶B

$$-\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k[\mathrm{A}] \quad \text{より} \qquad [\mathrm{A}] = [\mathrm{A}]_0 \exp(-kt)$$

3）1次可逆反応　$\mathrm{A} \overset{k_1}{\underset{k_{-1}}{\rightleftarrows}} \mathrm{B}$

$$-\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k_1[\mathrm{A}] - k_{-1}[\mathrm{B}] = (k_1 + k_{-1})[\mathrm{A}] - k_{-1}[\mathrm{A}]_0 \quad \text{より}$$

$$-\ln\left(\frac{[\mathrm{A}]-[\mathrm{A}]_\mathrm{e}}{[\mathrm{A}]_0-[\mathrm{A}]_\mathrm{e}}\right) = (k_1 + k_{-1})t$$

[X]　：成分Xの濃度
$[\mathrm{X}]_0$　：成分Xの初期濃度
$[\mathrm{X}]_\mathrm{e}$　：成分Xの平衡での濃度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.4 反応速度解析法 （b）理論解析（78頁）

4）2次反応①、②の反応速度式は

① $2\mathrm{A} \longrightarrow \mathrm{B}$　$-\frac{1}{2}\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k[\mathrm{A}]^2$　より　$\frac{1}{[\mathrm{A}]} - \frac{1}{[\mathrm{A}]_0} = 2kt$

② $\mathrm{A}+\mathrm{B} \longrightarrow \mathrm{C}$　$-\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = k[\mathrm{A}][\mathrm{B}]$　より　$\ln \frac{[\mathrm{B}]_0[\mathrm{A}]}{[\mathrm{A}]_0[\mathrm{B}]} = ([\mathrm{A}]_0 - [\mathrm{B}]_0)kt$

5）逐次反応　$\mathrm{A} \xrightarrow{k_1} \mathrm{B} \xrightarrow{k_2} \mathrm{C}$

$$\frac{d[\mathrm{A}]}{dt} = -k_1[\mathrm{A}] \quad [\mathrm{A}] = [\mathrm{A}]_0 \exp(-k_1 t)$$

$$\frac{d[\mathrm{B}]}{dt} = k_1[\mathrm{A}] - k_2[\mathrm{B}] \quad [\mathrm{B}] = \frac{k_1}{k_1 - k_2}[\mathrm{A}]_0\{\exp(-k_2 t) - \exp(-k_1 t)\}$$

$$\frac{d[\mathrm{C}]}{dt} = k_2[\mathrm{B}] \quad [\mathrm{C}] = [\mathrm{A}]_0\left\{1 + \frac{k_2}{k_1 - k_2}\exp(-k_1 t) - \frac{k_1}{k_1 - k_2}\exp(-k_2 t)\right\}$$

$[\mathrm{X}]$　：成分Xの濃度
$[\mathrm{X}]_0$　：成分Xの初期濃度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.4 反応速度解析法 （c）定常状態法（82頁）

1）単純定常状態法

$A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C$ の反応において、

$k_1 \ll k_2$ の時、定常状態近似によって解析を容易にすることができる。

$k_1 \ll k_2$ の時、$\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_2[B] = 0$ と近似することができ、

$[B] = \frac{k_1}{k_2}[A] = \frac{k_1}{k_2}[A]_0 \exp(-k_1 t)$ 、$[C] = [A]_0\{1 - \exp(-k_1 t)\}$ となる。

2）連鎖反応

連鎖反応では、反応中間体である遊離基の濃度は低く、反応中ほとんどの期間その濃度は一定であり、定常状態法が適用可能である。

3）数値解析法

微分方程式の解析解が得られない場合、あるいは成分の数が多すぎて計算が困難である場合は近似式をつくり、コンピュータによる数値計算が行われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：4. 燃焼・爆発（91頁）

4.1.1 燃焼と爆発の定義

燃焼	物質が酸素あるいは空気などと反応し、光と熱を発生しながら急速に進行する現象。
爆発	圧力が急激に発生するかまたは解放されることによって、大きな音とともにガスが激しく膨張する現象。 化学的な爆発と物理的な爆発がある。
爆ごう	非常に激しい爆発、火炎が超音速で空間を伝ぱ、そのために衝撃波を伴う。
爆燃	火炎の伝ぱ速度が音速以下の通常の爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

学識：4. 燃焼・爆発（92頁）

可燃性ガスと支燃性ガス（安全の観点での分類）

可燃性	自ら燃焼するガス（還元性のガス）
支燃性ガス	自らは燃焼しないが燃焼を支えるガス（酸化力の強い酸化性のガス）
不活性ガス	燃焼の場にあっても化学反応（燃焼）に関与しないガス、 例：希ガス、窒素、二酸化炭素
分解爆発性ガス	可燃性、支燃性に関係なく、そのガス単独の状態で分解反応によって多量の熱を発生、火炎を発生し爆発となる性質のガス 例：アセチレン、ゲルマン、オゾン、等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2　火炎と火災の種類（91頁）

構造での分類
拡散火炎と予混合火炎

形態での分類	
①伝ぱ火炎	空気と混合した可燃性ガスあるいは可燃性液体の蒸気、 ミストまたは粉じん雲を伝わって伝ぱする火炎
②噴流火炎	ジェット火炎とも呼ばれ、 高圧のガスや液体などが空気中に勢いよく噴出しながら燃焼している火炎
③プール火炎	可燃性液体がプール状に溜まった状態にあり、 その液面上で燃焼している火炎
④ファイアーボール	大量の可燃性のガスあるいは蒸気が空気中に放出されたのちに発火して 生じる火炎であり、未反応の可燃性ガスや蒸気が拡散燃焼を起こしながら 比較的長時間持続するため、空中に浮遊してできる球状の火炎

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 爆発の種類（92頁）

① 混合ガスの爆発
可燃性ガスと空気、酸素などの支燃性ガスの混合物の爆発

② 液滴噴霧（スプレー）の爆発
可燃性の液体が液滴状になって空気中に浮遊している状態で発火、可燃性ガスと同様の爆発

③ 蒸気雲爆発
空気中に可燃性の液体の蒸気およびミストなどが白雲状に広がった状態で発火し爆発。
混合ガスと液滴噴霧の共存する爆発

④ 粉塵の爆発（粉塵爆発）
炭塵、小麦粉、プラスチックの粉、金属粉などの可燃性の細かい粉が空気中などに浮遊している状態で発火し爆発

⑤ 分解爆発性物質の爆発
アセチレン、ゲルマン、オゾンなどは、空気や酸素などの支燃性ガスがなくても、
単独のガスが発火により分解反応を起こして爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 爆発の種類（92頁）

⑥ 液体または固体爆発物の爆発
火薬類や、ニトロメタン、過酸化物などの分子内酸化による爆発、
あるいは可燃性物質と酸化剤の混合物などの爆発

⑦ 高圧設備の破裂
高圧設備に設計圧力以上の高圧が加わり、内圧に耐えられなくなって急激に破壊し、
内部の高圧ガスが爆音とともに噴出し爆風などを生じる現象。容器内部に異常反応が起こり
内圧が異常に上昇し、容器壁の耐圧限界を超えて破裂に至る例もある

⑧ 蒸気爆発
加圧下で加熱された状態の液体があるときに、その圧力が急に解放されると、気液平衡が
くずれて突沸状態になって液体が爆発的に蒸発する現象。蒸気爆発は物理的な爆発

⑨ 電線の爆発
電線などに急激に大電流が流されると、電線の温度が急上昇して爆発音とともに蒸発する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 燃焼・爆発の反応（93頁）

4.2.1 総括反応と素反応

例えば、水素ガスが空気中で燃焼する反応は

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

のように書かれる。これを総括化学反応式という。実際の水素と酸素の反応は、H_2分子がO_2分子と衝突して直接反応しH_2O分子が生成するというようなことではなく、種々のラジカルや分子が入り乱れて起こるいろいろな反応が同時に進行し、その総和としての収支をとると上の式のような反応になっているということである。その際に起こる個々の反応のことを素反応という。

素反応の例として、水素の発火現象を考える際に特に重要な反応としては、次の4つの素反応がある。（M:反応の第三体）

$$OH + H_2 \rightarrow H_2O + H$$
$$H + O_2 \rightarrow OH + O$$
$$O + H_2 \rightarrow OH + H$$
$$H + O_2 + M \rightarrow HO_2 + M$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 火炎温度（94、95頁）

a）燃焼熱

可燃性ガスが酸素などの支燃性ガスと反応すると熱を発生する。これを燃焼熱Q_Cという。通常、標準状態圧力0.101325 MPa、25 ℃での燃焼熱Q_Cは燃焼反応式における反応物の25℃での標準生成熱（標準生成エンタルピー）ΔH_f°の総和から生成物の標準生成熱ΔH_f°の総和を差し引いて求める。標準生成熱ΔH_f°というのは、1 mol の化合物がそれぞれの標準状態圧力0.101325 MPa にある成分元素から等温条件（通常は25 ℃）で合成されるときの反応熱（反応のエンタルピー変化）ΔHである。

b）火炎温度

燃焼反応が起こると燃焼熱が発生するために、反応によって生成した化学物質は加熱され高温の状態になる。その温度を火炎温度または燃焼温度という。例えば、適当な濃度の可燃性ガス－空気混合ガスを密閉容器中に入れて点火すれば爆発し、温度および圧力が上昇する。通常、この温度および圧力の計算は、熱損失はなく燃焼熱はすべて生成物の加熱に使用されると仮定して行う。この温度を断熱火炎温度という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 燃焼・爆発の発生（97頁）

4.3.1 発火現象

a）自然発火

容器の中に可燃性ガスと空気を入れて混ぜておき、容器温度をある温度以上に保持すると発火が起こる。その温度は可燃性ガスの種類、濃度、圧力などに依存する。
このように、特に発火源なしで発火するような場合を自然発火という。こうした状況下での発火現象を説明するのに、熱発火理論と連鎖発火理論とがある。

熱発火理論　：可燃性ガスと空気の混合ガスを容器に入れ容器（壁）をある温度に保持したときに、容器の中で起こる化学反応による発熱と容器壁を通して外へ逃げる熱とのバランスによって発火するかどうかが決まるという考え方。

連鎖発火理論　：温度の代わりに燃焼反応を支配する活性化学種の増減で議論する。反応が活性化学種の数を増やすような状況であれば発火に至るし、活性種 を減少させるような状況では発火しないという考え方。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 発火現象（97-100頁）

b）発火源による発火

可燃性混合ガスが外部からエネルギーを受けると発火する。

発火源としては、1）～7）

1） 電気火花
2） 静電気放電
3） 裸火
4） 高温物体（熱面）
5） 断熱圧縮
6） 衝撃波
7） レーザ光などの光線

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.2 爆ごうの発生

長い管の一端で水素−空気の爆発性混合気に点火すると、
はじめは通常の燃焼波して伝ぱし始めるが、あるところで爆ごうに転移する。

初期の燃焼波は層流火炎であるが、管壁との相互作用やガスの膨張による
波面の乱れなどによって次第に燃焼速度が加速する。

一方、火炎面から前方に向かって圧縮波が先行するが、燃焼速度が
次第に加速するために、後から発生する圧縮波は先行する圧縮波に追いつき重なって、
やがて爆ごうに転移する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.1 燃焼・爆発危険性の評価（101－104頁）

a）燃焼速度

可燃性ガスの燃焼に関連した物理量、火炎面が未燃混合ガスに対して面に垂直に進む速度。

b）発火温度

可燃性ガスが空気中で自然発火を起こす最低の温度、最小自然発火温度、発火点とも呼ぶ。

c）爆発限界（表4.4）

可燃性混合ガスに点火して爆発するときの濃度範囲を爆発範囲といい、
その範囲の最低濃度を爆発下限界、最高濃度を爆発上限界という。

d）引火点

可燃性液体に炎を近づけると発火する現象を引火という。引火点というのは可燃性
液体の飽和蒸気圧が空気との間に爆発性混合気を形成する　のに十分な値になる温度。
したがって、引火点は沸点や分子量と強い相関をもつことになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.1 燃焼・爆発危険性の評価（101－104頁）

e）最小発火エネルギー（表4.5）

可燃性混合ガスに点火するための最小のエネルギーの値。混合ガス組成に大きく依存し、化学量論組成付近で最も小さくなる。

消炎距離および消炎直径（表4.5）

爆発性混合ガス中を伝ぱする火炎は、あまり細い管や狭いすき間を通り抜けることはできない。隙間の限界寸法を消炎距離といい、細管の限界寸法を消炎直径という。

f）安全すきま

容器内で発生した火炎が狭い隙間を通り抜けて外部に伝ぱするときは進行方向に背圧がかかり、均一な圧力下における場合と比べてより狭い隙間にしなければ火炎を消炎することができない。その隙間の値は濃度によって異なってくるので、火炎を消炎できる隙間の最大値をもって最大安全すきま（MESG）といっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 爆発限界（104、105頁）

b）爆発限界に関する法則

ルシャトリエの法則
複数の可燃性ガスの混合ガスの爆発限界をそれぞれのガスの爆発限界から予測する法則。

それぞれL_1, L_2, L_3, ・・・の爆発限界濃度[vol%]を持つガスが、
C_1, C_2, C_3, ・・・の濃度[vol%]で混合している場合、
混合ガスの爆発限界濃度L[vol%]は、

$$\frac{100}{L} = \frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \frac{C_3}{L_3} + \cdots$$

で表わされる。

ただし、$C_1 + C_2 + C_3 + \cdots = 100$ である。
類似したガスの場合には比較的精度が良い。
下限界は精度が良いが上限界は精度が低下する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（108頁）

火炎と火災の影響 ： 周囲に対して影響を与える主要なものは熱放射

a）ガス放射

高温の火炎では、ガス放射は燃焼ガス中に含まれる二酸化炭素と水蒸気からの放射が大きく寄与する。二酸化炭素では2.7、4.3および15 μmの、水蒸気では2.7、6.3および20 μm付近の波長帯で起こる。

b）固体放射

炭素原子を含む可燃性のガスの火炎中ではススが生成する。
火炎中の高温のススは熱を放射する。
固体からの放射は、ステファンーボルツマンの式で与えられる
（σ：ステファンボルツマン定数、T:温度[K]）。

$$E_{\mathrm{b}} = \sigma T^4$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（109頁）

爆発の場合は、火炎からの熱放射に加えて、
爆発に伴ういわゆる爆風の影響を考えなければならない。
爆風による被害はピーク過圧ばかりでなく、
爆風の持続時間にも依存する。

爆ごうによる爆風圧は、爆心から一定の距離を置いて
観測していると、**図4.7**に示すように爆風の到達とともに
急に立ち上がり、また元の圧力 p_0 に戻るが、その途中で
一度負圧にまで下がりそれからp_0に戻っていくことが知られている。

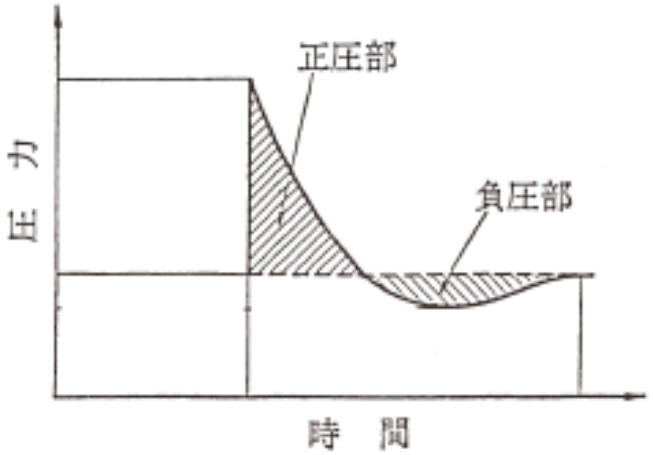


図4.7
爆心から離れた位置における
爆風圧の変化

ホプキンソンの三乗根法則：
次式で定義される換算距離 λ が等しければ、距離Rにおける爆発によるピーク過圧は等しくなる
（M：爆発物質量）。

$$\lambda = \frac{R}{\sqrt[3]{M}}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（109頁）

TNT換算量、TNT当量、TNT収率	爆風による被害の大きさを理解するのに用いられる量。
TNT換算量	事故などの際に、貯槽やプラントなどから漏れ出して爆発に加わる可能性のあった爆発物の総エネルギーと同じエネルギーを発生するTNT火薬の質量。
TNT当量	ある爆発で実際に発生したエネルギーと同じエネルギーを発生するTNT火薬の質量。
TNT 収率	TNT当量をTNT換算量で割った値

【例題4.5】同じ爆発物を、次のイ、ロ、ハのように異なる量で爆発させ、それぞれ爆発中心から異なる距離で観測したとき、ピーク過圧の大きさはどのような順序になるか。

イ．　爆発物の質量27 kg；　爆発中心からの距離 100 m

ロ．　〃　125 kg；　〃　200 m

ハ．　〃　1000 kg；　〃　500 m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（110頁）

【例題4.5】同じ爆発物を、次のイ、ロ、ハのように異なる量で爆発させ、それぞれ爆発中心から異なる距離で観測したとき、ピーク過圧の大きさはどのような順序になるか。

イ．　爆発物の質量27 kg；　爆発中心からの距離 100 m

ロ．　〃　125 kg；　〃　200 m

ハ．　〃　1000 kg；　〃　500 m

【解】爆風のピーク過圧は換算距離の単調関数であり、
換算距離が大きくなればピーク過圧は小さくなる。

イの場合、　$\lambda = \frac{R}{\sqrt[3]{M}}$　=100/3 =33.3

ロの場合、　〃　=200/5 =40

ハの場合、　〃　=500/10=50

したがって、ピーク過圧の大きさの順は イ>ロ>ハ である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 燃焼・爆発の影響（110頁）

【例題4.6】エチレン500 kgが爆発したときのTNT当量を求めよ。
ただし、エチレンの燃焼熱は1320 kJ/mol、TNTの爆発熱は4.19×10^3 kJ/kg、
エチレンのTNT収率は6.4%とする。

【解】題意により、エチレン500 kg が爆発したときの全爆発熱量Q は、

$$Q = 1320\times(500000/28) = 2.36\times10^7 \text{ kJ}$$

これをTNTの爆発熱 4.19×10^3 kJ/kg で割ると、

$$\text{TNT換算量} = 2.36\times10^7 \text{ kJ}/(4.19\times10^3 \text{ kJ/kg}) = 5.63\times10^3 \text{ kg}$$

これにTNT収率の6.4 %を掛けると、

$$\text{TNT当量} = 5.63\times10^3 \text{ kg}\times0.064 = 360 \text{ kg}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者

甲種化学・機械講習

保安管理技術

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

講習内容

高圧ガス保安管理技術 第17次 改訂版

序論

1. 高圧ガスの定義と分類
2. 単位

Ⅰ.学識

1. 気体の一般的性質
2. 気体の熱力学
3. 気体の化学反応
4. 燃焼・爆発
5. 毒性ガス
6. ガス各論
7. 流動・伝熱・分離
8. 材料の力学と強度
9. 高圧装置用材料
10. 材料の劣化
11. 高圧設備

Ⅱ.保安管理技術

1. 安全設計・管理
2. 保安・防災設備
3. 運転管理
4. 設備管理
5. 環境管理
6. 高圧ガス関連の災害事故

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全設計・管理

1.1 安全設計

1.2 リスクマネジメントと安全管理

1.3 安全管理組織

1.4 保安規程

1.5 教育

1.6 防災管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1 安全設計

1.1.1 工場立地

高圧ガスの製造工場を新設する場合には、以下の事項を十分に考慮して、
立地場所を選定する。

- 立地する地域の自然条件
- ユーティリティの確保
- 公共施設や民家などとの保安距離の確保
- 近接工場からの災害の波及防止

など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.1 工場立地

a） 一般的な工場立地因子

起業計画に基づいて長期的に重要な因子を選び、それらを重点的満足するように、候補地のうちから最適地を選び出す。

- 経済的因子
- 自然的因子
- 地域的因子

立地因子	検討する事項
A. 経済的因子	
(1) 原料、副原料	量、質、価格
(2) 副産物処理	難易
(3) 電力、用水、ガス	量、質、価格
(4) 港湾	水深、水際線の長さ
(5) 道路、鉄道、航空	便・不便
(6) 消費地	近隣・遠隔
(7) 労働力、協力会社	量、質

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.1 工場立地

b） 防災上配慮すべき因子

1） 自然的因子

- 工場敷地を保安物件や産業道路などの風下へ配置する。
- 過去の災害事例をよく調査し、台風・地震などの被害が少ない地域を選ぶ。
- 地震については、耐震告示に定める地域係数の低い地域に立地する。

立地因子	検討する事項
B. 自然的因子	
(1) 敷地	広さ、形状、地盤高さ、地質、価格
(2) 気象	気温、風向、風速（卓越風）、降雨、降雪
(3) 海象	潮流、満干潮、平均水位
(4) 自然災害	雷、台風、高潮、洪水、地震・津波

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.1 工場立地

b） 防災上配慮すべき因子

2） 地域的因子

- 災害発生時に及ぼす影響を軽微なものにするため、保安距離の確保が重要。
- 河川・湖沼・海などの自然条件の利用、出島方式の埋立地、緑地帯・空地の確保が有効。

立地因子	検討する事項
C. 地域的因子	
(1) 敷地近隣の近況	市街地・住宅地（保安物件）、近隣工場
(2) 立地行政	国土計画・都市計画など、立地規制（アセスメント）、誘致政策
(3) 環境問題	大気汚染、水質汚濁、産業廃棄物処理など
(4) 各種権益	漁業権、第三者の優先使用権など
(5) サービス機関	消防、警察、医療機関
(6) 厚生福祉	住宅事情、教育機関、文化施設

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

機能面から配慮するとともに、防災面からも事故が発生してもその拡大波及を防止できるよう配慮する。

- 工場敷地をいくつかの地区に分割して設備群をブロック化。
- 防災活動が容易に行えるように構内道路を適切に配置。
- 工場敷地の周辺には緑地などを配置し、地域社会との調和を考慮。

全体配置および機器配置

経験豊富なプロジェクトの長を中心にして、プロセス設計技術者、
建設・保全関係技術者などの衆知を集めて、十分検討し、決定。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

a） 全体配置

1） 基本的な考え方

（1）災害の防止

万一事故が発生しても、それが拡大波及しないように配置する。

① 工場敷地を面積の大きさに応じて適宜構内道路でブロックに区分する。

② 1ブロック（保安区画≦2万m^2）当たりの高圧ガス設備の貯蔵設備および処理設備の燃焼熱量の値を一定数値以下（$\Sigma K \cdot W \times 4.18605 \times 10^3 \leqq 2.5 \times 10^{12}$ J）とする。

③ 生産施設面積を一定比率以下に抑え、工場敷地の周辺部には緑地などの環境施設を適切に配置する。

④ 保安物件に対して必要な保安距離を確保する。

（2）災害時の救急活動

災害発生時における防災活動や救護活動が容易に行えるように、構内道路、空地などを適切に設ける。

（3）機能性

操業の安全を図るため、原料の受入れ・貯蔵、製造、製品の貯蔵・出荷の流れが交錯しない配置とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

a） 全体配置

2） 保安距離

（1） 可燃性ガス製造施設の保安距離

貯蔵設備および処理設備の外面から当該事業所の境界線に対して50m または次式で計算される距離のいずれか大きい距離以上を確保する。

$$X = 0.5763\sqrt{K \cdot W} \quad (1.1)$$

X ：有しなければならない距離［m］

K ：ガスの種類および常用の温度の区分に応じて定める値を1000 倍した値

W ：ガスの停滞量［t］

（2） 毒性ガスの製造施設の保安距離

毒性ガスについては、まず製造施設の外面から事業所の境界線まで20m 以上の距離をとる。

なお、可燃性、かつ、毒性ガスの場合は、（1）または（2）のいずれか大きいほうの距離をとる。

（3） その他のガスの製造施設の保安距離

可燃性ガスの最小距離とされている50m を、貯蔵設備および処理設備の外面から保安物件に対して確保する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

b） 地区配置

地区の分類	主に配置されている設備	地区配置の考え方
(1) 事務管理施設地区	事務所、厚生施設、研究試験施設 修理工場、資材倉庫など	①　正門近くに、機能上集中的に配置する。 ②　製造施設地区および貯蔵施設地区から離し、 卓越風向に対し風上に配置する。
(2) 用役施設地区	ボイラ設備、受発電設備、用水設備 (工業用水、海水)、空気供給設備 (計装用空気、作業用空気)、 不活性ガス供給設備など	①　緊急時に必要な用役を支障なく供給できるように配置する。 特に重要な緊急用設備は、工場内に分散配置する。 ②　ボイラおよび受発電設備は、製造施設地区および貯蔵施設地区から 離し、卓越風向に対し風上に配置する。
(3) 製造施設地区	製造装置および付帯設備	①　保安物件、事業所境界線に対して保安上必要な距離を確保する。 ②　製造設備間に必要な距離をとる。 ③　地区内に配置する機器などは、プロセスの流れに応じて 機能的にするとともに、通路で適宜ブロック化し、 各ブロックの周辺には適切なセットバックを設ける。 ④　運転上および保全上の見地から、作業上必要な空間および空地を 確保する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

b） 地区配置

地区の分類	主に配置されている設備	地区配置の考え方
（4） 貯蔵施設地区	貯槽、タンクおよび付帯設備	① 保安物件、事業所境界線に対して保安上必要な距離を確保する。 ② 貯槽間に必要な距離をとる。 ③ 事務管理施設地区および製造施設地区から距離をとり、地盤高さは両地区より高くしない。
（5） 入出荷施設地区	船舶、タンク車、貨車、タンクローリ、トラック、導管などで原料・副原料を受け入れ、または製品を出荷するための設備	製造施設地区および貯蔵施設地区を通過しないで入出荷作業が行えるように、工場の周辺に配置する。
（6） その他施設地区	上記以外の地区、例えば、フレアースタック、グランドフレアー、焼却炉、排水処理設備など	① フレアースタック、焼却炉などは着火源となるおそれがあるので、製造施設地区、貯蔵施設地区から離し、かつ、卓越風向に対し風上に配置する。 ② 環境対策施設は、保安物件およびそれに面する事業所境界線に対して、できる限り距離を確保する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

c） 構内道路の配置

1） 工場敷地は、構内道路により数個の長方形ブロックに分割する。敷地面積が大きいときは、その一端が直接公道に接続する幹線道路で、敷地をほぼ等面積に分割する。

幹線道路の配置基準（石災法レイアウト省令）

工場の敷地面積 A[m^2]	幹線道路の幅員 W[m]	敷地分割数 N[−]
50 万 ≦ A ＜100 万	W ≧ 10	N ≧ 2
100 万 ≦ A	W ≧ 12	N ≧ 4

2） 構内道路はループ状で行き止まりがなく、
工場内のいずれのブロックにも2つの異なった方向から接近できるように配置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

c） 構内道路の配置

3） 消防活動、保全作業に支障がないように配置する。幹線となる構内道路には他の設備が突き出して設置されないようにし、縦断勾配を5%以下にし、曲がり角部に隅切りを設ける。

構内道路の配置基準（石災法レイアウト省令）

施設地区		構内道路（石災法の特定通路）	
区分	面積 A[m^2]	幅員 W[m]	配置
製造施設地区	A＜2万 2万≦A＜4万 4万≦A＜6万 6万≦A	W≧6 W≧8 W≧10 W≧12	4辺
貯蔵施設地区	A＜1万 1万≦A＜2万 2万≦A＜4万 4万≦A	W≧6 W≧8 W≧10 W≧12	4辺
用役 事務管理	−	W≧6	2辺以上
入出荷施設地区	−	W≧6	1辺以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

c） 構内道路の配置

4） 公道から入出荷施設地区または事務管理施設地区に通じる構内道路は、
製造施設地区または貯蔵施設地区と接しないように配置することを原則とする。

5） 構内道路は、公道に2箇所以上接続することが望ましい。

6） 必要に応じ、隣接事業所との境界線に連絡道路（約1km間隔に1箇所）を設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

1） 機器配置の考え方

建設しやすく、運転しやすく、保全もしやすいことが保安上好ましい。

（1）製造装置の配置（共通事項）

① プロセスの流れと運転方法を事前に十分検討し、機器をプロセスの流れに沿うように配置する。
② 直線配置では、主架台または配管架台を直線的に配置し、塔槽類・熱交換器・ポンプなどをそれに沿って配置する。
③ 統合製造装置では、直線配置のブロックを複数並列配置し、主配管架台で統合的に接続する。
④ 機器の配置にあたっては、所要の設備間距離を確保する。
⑤ 建設方法も考慮し、塔・反応器などの大型機器の位置を決定する。
⑥ 運転操作・点検のための通路として、適切な幅と高さの空間を確保する。
⑦ 保全作業のため、分解修理・クレーン車の進入などを考慮し、適切な作業用の空地・通路などを設ける。
⑧ 将来の増設用の空地を適宜確保する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

（2）製造装置の配置（カテゴリー別事項）

① 塔槽類	保有量の大きな槽は原則として地上配置とする。反応器には、触媒の交換・ふるい分け作業のための空地を設ける。
② 熱交換器類	できる限り地上配置とし、チャンネル側にチューブバンドル抜出し用の空地を設ける。主架台上に設置する場合には、保全作業用にチャンネル側の踊場を広くする。
③ 加熱炉	製造施設地区周辺部であって、かつ、卓越風向に対し風上側に配置するとともに、他の可燃性流体取扱機器からできる限り離す。
④ 圧縮機	屋外設置が望ましい。上屋を設ける場合にも、壁を吹抜け構造とする。また、卓越風向に対し風下側に配置し、可燃性ガスの場合には加熱炉から離す。
⑤ ポンプ	高圧張込用・低温用などのポンプは、他の主要機器・ポンプから離す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

（2）製造装置の配置（カテゴリー別事項）

⑥ 主要配管	プロセス主配管、ブローダウンヘッダーなどの大口径配管は、設置スペースを優先的に確保する。また、消火用配管（水・泡）はループ状に配置する。
⑦ 主要操作弁	通常および緊急時の操作を考慮して、パトロール通路に面して配置する。
⑧ 計器室	製造施設地区周辺部に配置し、可燃性または毒性流体の取扱設備が卓越風向に対し風上側にならないように配置する。 出入口は、緊急時における運転員の避難が可能なように、2 箇所以上設ける。 窓は保安上必要な最小限にし、製造設備に近接した方向に面して設けない。 製造する可燃性ガスの危険の程度に応じて、計器室内は、外部からのガス侵入を防ぐために例えば必要な圧力を保持させるなどの措置を講じる。
⑨ セットバック	製造施設地区内の各ブロックの外周に適切な空地幅を確保し、ケーブルピット・埋設排水管・埋設の用水配管・消火用配管などの施工・補修が容易に行えるようにする。

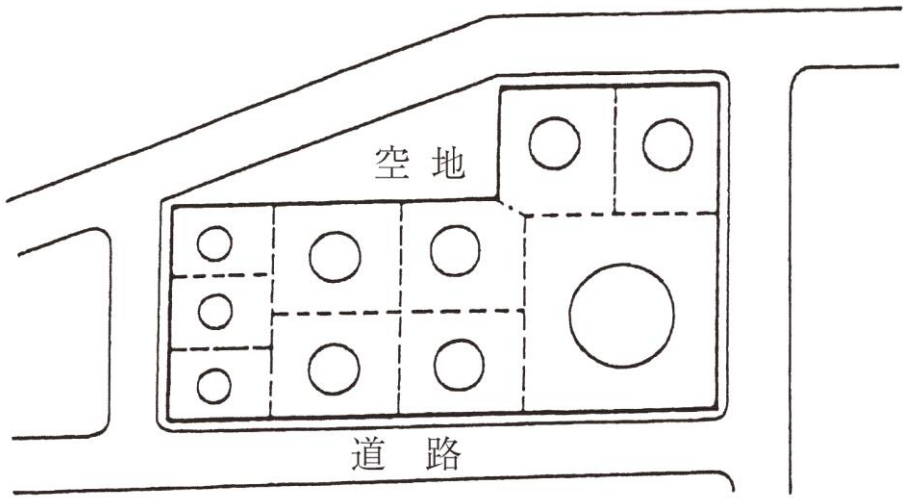
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

（3）貯蔵施設の配置

① 貯槽は相互間に必要な距離を確保する。
② 貯槽は原則として、ブロック内2 列配置（大型は1 列配置が望ましい。）とし、周辺の構内道路から消火活動などが容易に行えるようにする。
③ 横置円筒形貯槽の長手方向には、重要な製造装置や建物がないように配置する。



貯槽の配置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

2） 設備間距離

貯槽間の距離は、貯槽の最大直径の和の1/4または1m のいずれか大きいほうの距離以上を確保する。
一般則・液石則の規定に基づくその他の設備間距離と合わせて示すと、その概略は以下のとおり。

	施設など	距離をとる対象施設など		設備間距離X［m］
可燃性ガス	製造設備又は貯蔵所の貯槽など（可燃性ガスの通る部分に限る）	火気取扱施設		X ≧8
	高圧ガス設備（液石則の適用を受ける製造設備に係るものを除く）	高圧ガス設備*1	可燃性ガス	X ≧5
			酸素	X ≧10
		特定圧縮水素スタンドの処理設備及び貯蔵設備		X ≧6
	貯槽（貯蔵能力≧ 300 m^3 又は3 t）	貯槽	可燃性ガス	$X \geqq (D_1+D_2)/4$ または X≧1の大きいほう
			酸素	
	防液堤（貯蔵能力≧ 1000 t）	防液堤の外側に設置される設備又は施設*2		X ＞10
	液化石油ガス又は特殊高圧ガスの特定高圧ガス消費施設に係る貯蔵設備等	火気を使用する場所		X ≧ 8

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

2） 設備間距離（つづき）

	施設など		距離をとる対象施設など	設備間距離X［m］
酸素	防液堤（貯蔵能力≧1000 t）		防液堤の外側に設置される設備又は施設*2	X＞10
毒性ガス	防液堤（貯蔵能力≧５t）	可燃性ガスでもあるもの	防液堤の外側に設置される設備又は施設*2	X＞10（６～10）※
		可燃性ガスでないの		X＞８（４～８）※

（注） ＊1… 可燃性ガスの通る部分に限り、特定圧縮水素スタンドの処理設備及び貯蔵設備を除く。
＊2… 防液堤内の貯槽の附属設備その他の設備又は施設であって、
製造細目告示第2条第2項第2号に定めるものを除く設備又は施設。
※ … （ ）内は貯槽の貯蔵能力が1000 t 以下の場合で貯蔵能力によって異なる。
詳細については、一般則及び液石則並びにこれらの関係例示基準によられたい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 工場レイアウト

d） 機器配置

2） 設備間距離（つづき）

コンビ則には、一般則・液石則の規定に上乗せした規定があり、その概略は以下のとおり。

施設など		距離をとる対象施設など	設備間距離X［m］
製造設備*1		隣接する事業所境界線	X ≧20
保安区画内の高圧ガス設備		隣接する保安区画内の高圧ガス設備	X ≧30
可燃性ガス貯槽*2		貯槽以外の高圧ガス設備*2 圧縮機（処理能力≧ 20 万Nm^3）	X ≧30
防液堤	可燃性ガス（500 t ≦貯蔵能力＜ 1000 t）	防液堤の外側に設置される設備又は施設*3	X ＞8

（注） ＊1… 製造細目告示第1条の10に規定するものを除く。

＊2… 燃焼熱量の数値が50.2 GJ以上のものに限る。

＊3… 防液堤内の貯槽の附属設備その他の設備又は施設であって、製造細目告示第2条第2第2号に定めるものを除く設備又は施設。

詳細については、コンビ則及びコンビ則関係例示基準の他、製造細目告示によられたい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

高圧ガス製造施設における土木建築関係の建造物

① 計器室、製造室、貯蔵室などの建物
② 機器・配管を支持する架構（架台）
③ 排水設備など

建物および架構は、一般に建築基準法に基づいて安全設計が行われる。

建築構造物の用途に応じて

① 可燃性ガスなどが漏えいしたときに滞留しないための通風・換気
② 火災・爆発が発生したときに被害が拡大しないための耐火構造、防爆構造などの採用を十分考慮する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

一般に、建物の換気とは、建物内の汚染、悪化した空気を清浄な外気と
入れ替えることをいう。

換気には、在室する人間にとって快適で安全な空気環境を保つための
人間換気と生産活動に伴う製造、貯蔵、取扱いなどのための工程換気とがある。

一般の建物では人間換気が行われ、高圧ガスを取り扱う工場では両者が併用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

1） 換気の方法

換気の方法は、換気の原動力によって、自然換気と機械換気（強制換気）とに分けられる。

（1）自然換気

自然換気は、自然風の圧力および室内外の温度差による浮力を利用した換気で、外部動力を必要としないが、変動する自然力に頼っているため、常に一定の換気量を保つことができない。

自然換気は、機械換気を特に必要としない建物または圧縮機室、容器置場など開口部が大きく取れる建物もしくは高温物を取り扱う工場の建物に利用される。

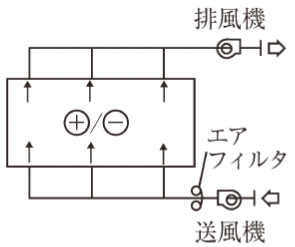
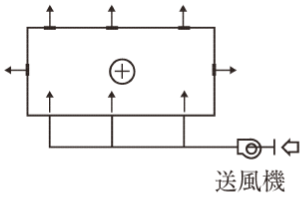
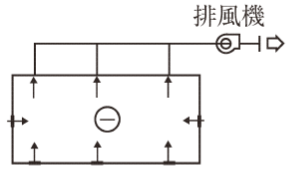
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気

機械換気は、送風機、排風機などの機械力を利用した換気で、常に一定の換気が行われるが、動力費がかかる。機械換気は、下表に示すように3つの方式に分類される。

換気方式	第１種機械換気	第２種機械換気	第３種機械換気
概念図			
圧力状態	風量により正圧または負圧	大気圧より正圧	大気圧より負圧
特　徴	確実な換気量を確保できるが、大規模な空気調和装置が必要。	汚染空気の流入が許されない清浄室に適する。	外部にみだりに汚染空気の排気が許されない汚染室に適する。
適用例	研究棟	計器室、内圧防爆室	毒性ガス貯蔵・取扱室

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

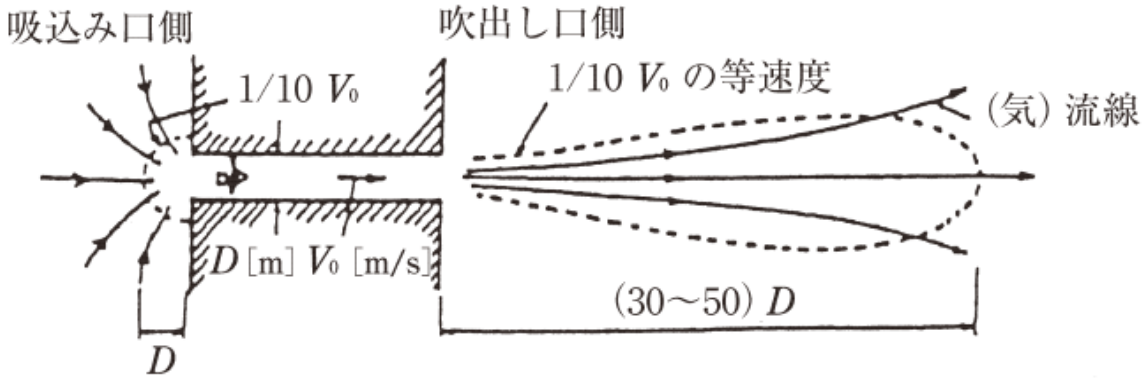
1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気（つづき）

換気を行う場合、吸込み口および吹出し口周辺の気流の様相は下図に示すように大きく異なる。吸込み口で、汚染空気を効率よく捕集するためには、排出フードが必要となる。吹出し口では、拡散の促進と流速の低下を図るため、拡散板、偏向板などが必要となる。一般的に、有害ガスの発生源が室内に広く分布する場合には、室全体の換気、すなわち全体換気を計画する。

発生源が固定され、特定できる場合には、各発生源の特性に応じた排出フード（囲い形フード、外付け形フードなど）を設置し、局所的に汚染空気を排除する局所排気を計画する。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

2） 換気量

（1）自然換気

建物に風速 u［m/s］の風が当たると、通常風上側には正圧が、風下側および側面には負圧が作用し、室内圧と両側の外気との間には式（1.2）で与えられる圧力差 Δp［Pa］を生じる。

$$\Delta p = a(C_1 - C_2)\frac{\rho}{2} g u^2 \quad \fallingdotseq a\,(C_1 - C_2)\frac{u}{4}\quad)^2 \qquad (1.2)$$

C_1、C_2：風上側、風下側の風力係数 、ρ：空気の密度［kg/m^3］、
g：重力加速度＝ 9.8 m/s^2 、 a：圧力係数である。
建物の開口の前後に圧力差 Δp があると、式（1.3）に示される換気量 q［ m^3/s］が流れる。

$$q = \alpha A \sqrt{\frac{2}{\rho} g \Delta p} \fallingdotseq 4\alpha A = \sqrt{\Delta p} \qquad (1.3)$$

α：流量係数 ≒ 0.6 、 A：開口面積［m^2］、αA：実効面積［m^2］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気

室内で有害ガスが発生し、除去されないと次第に蓄積してその濃度が増加するが、
その間に全体換気が行われ、有害ガスと外気が完全混合するものと仮定すれば、有害ガスの濃度の増加は時間とともに緩やかになり、ついには平衡状態に達して濃度は一定となる。
時間 t[s]後の有害ガスの濃度を c[m³/m³]とすると、

$$c = c_0 + (1 - e^{-\frac{q}{V}t}) \cdot \frac{q_0}{q} + (c_1 - c_0)\, e^{-\frac{q}{V}t} \qquad (1.4)$$

c_0[m³/m³]：外気中のガスの濃度、c_1[m³/m³]：室内の初期ガス濃度、
V[m³]：室の容積、q_0[m³/s]：ガスの発生量、q[m³/s]：換気量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気（つづき）

$c_1 = c_0$、すなわち、室内の初期ガス濃度が外気中の濃度と等しいとすれば、

$$c = c_0 + (1 - e^{-\frac{q}{V}t}) \cdot \frac{q_0}{q} \qquad (1.5)$$

$c_1 = c_0 = 0$、すなわち、最初の室内にも外気中にも問題となるガスがない場合には、

$$c = (1 - e^{-\frac{q}{V}t}) \cdot \frac{q_0}{q} \qquad (1.6)$$

平衡に達した状態では、式（1.5）で $t = \infty$ として、

$$c = c_0 + \frac{q_0}{q} \qquad \therefore\ q = \frac{q_0}{c - c_0} \qquad (1.7)$$

毒性ガスを取り扱う場合には、$c_0 = 0$ と考えるべきであるから、

$$q = \frac{q_0}{c} \qquad (1.8)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

（2）機械換気（つづき）

一般に、換気計画の目標濃度は、換気しても完全混合しないことを考えて、許容濃度に対して適当な安全率（1/2 ～1/5 程度）を見込んだ値をとる。

右表に主な毒性ガスの換気計画の目標値を示す。

ガス名	目標値[ppm]
一酸化炭素	20
亜硫酸ガス	0.1
酸化窒素（NO）	0.15
塩素	0.03
硫化水素	7
ホルムアルデヒド	0.1
フッ化水素	7
アンモニア	5

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

a） 換気

3） 法令の規制

高圧法の一般則、液石則およびコンビ則では、可燃性ガスを取り扱う製造設備を設置する室、容器置場および消費設備を設置する室は、ガスが漏えいしたときに滞留しないような構造にすることが規定されている。

ガス密度によって開口位置が異なるが、十分な面積をもつ2方向以上の開口部による自然換気が行われる例が多い。

コンビ則の適用を受けるエチレン、プロピレン、塩化ビニルなど特定の可燃性ガスの製造設備に係る計器室内は、外部からのガスの侵入を防ぐための措置として、扉を二重扉とすることなどにより計器室内を必要な圧力に保持することなどが定められている。

一般に、計器室は、高所から清浄な空気を取り入れる第2種機械換気が行われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

可燃性ガス、可燃性液体などを貯蔵し、または取り扱う建築物などは、
万一火災が発生しても、火災時の加熱に対し相当時間耐えられるように、
主要構造部（壁、柱、床など）を耐火構造とするか、それに準じた準耐火構造にする。

また、塔槽類のスカート部、機器・配管類を支える鋼構造物（架台）などについては、
火災時の耐力低下を防止するため、耐火被覆を施工する必要がある。

1） 耐火構造

建築基準法では、耐火構造の概念について、長時間火災に耐えられるもので、
火災後も小修理によって再使用できる構造のものとしている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

（1）耐火構造などの性能

建築基準法の施行令では、壁、柱、床、はり、屋根について、下表に示す時間以上耐えられる性能のものと定めている。

（注）建築基準法施行令第107 条による。

建築物の部分＼建築物の階		最上階及び最上階から数えた階数が2 以上で4 以内の階	最上階から数えた階数が5 以上で14 以内の階	最上階から数えた階数が15以上の階
壁	間仕切壁（耐力壁に限る）	1時間	2時間	2時間
	外壁（耐力壁に限る）	1時間	2時間	2時間
柱		1時間	2時間	3時間
床		1時間	2時間	2時間
はり		1時間	2時間	3時間
屋根		30 分間		
階段		30 分間		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

（1）耐火構造などの性能（つづき）

防火戸の構造方法を下表に示す。

特定防火設備	防火設備
骨組鉄製：両面鉄板 $t \geqq 0.5$ mm	－
鉄製：鉄板 $t \geqq 1.5$ mm	鉄製：鉄板 $1.5 \text{ mm} > t \geqq 0.8$ mm
鉄骨コンクリート製 鉄筋コンクリート製 $t \geqq 35$mm	鉄骨コンクリート製 鉄筋コンクリート製 $t < 35$mm
－	鉄および網入ガラス製
－	骨組：防火塗装木材 内面：木毛セメント板 $t \geqq 12$ mm または石膏ボード $t \geqq 9$ mm 外面：亜鉛引鉄板

（注）建設省告示第1360 号（平成12 年5 月24 日）、同第1369 号（同年5 月25 日）による。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

（2）耐火構造の適用

コンビ則の適用を受ける計器室

① 室全体を建築基準法施行令第107 条で定める耐火性能に関する技術的基準に適合する耐火構造とし、不燃材料で内装する。

② 出入口を2 箇所以上設け、うち1 箇所は安全な側に設ける。扉は建築基準法施行令第109 条の2 で定める遮炎性能に関する技術的基準に適合する防火戸とする。

③ 窓ガラスは、網入りまたは強化ガラスとし、製造設備に面した側の窓の数を最小限に止める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

2） 耐火被覆

耐火被覆は、被害の拡大防止のために初期消火を行う間、火災により耐力が低下しないように、鋼構造物を保護するとともに、火災後の鋼構造物の機能低下を一定限度以下に抑えるために施工するものである。

（1）耐火被覆の性能

可燃性ガスなどを取り扱う製造施設の耐火被覆は、1 ～ 2 時間程度の火災に対して、耐火被覆された構造物が無傷であり、耐火被覆が簡単な修理で再使用できる程度を目標とする。このため、柱、はりなどの耐火被覆は、2 時間以上の耐火性能をもつ構造とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

b） 耐火構造、耐火被覆

（2）耐火被覆の適用

① 主架台・機器架台
塔槽類、熱交換器類などを支える架台の柱およびはりの耐火被覆は、原則として、地盤面から機器の荷重が加わる最高の高さまで施工する。

② 配管架台
プラント地区の配管架台の柱およびはりは、通常、最下段の配管を受けるはりおよびそれを受ける柱のみ耐火被覆し、長手方向のつなぎばり、配管を受けるはりの上面および筋かいは耐火被覆しないことが多い。

③ 塔・縦形槽のスカート
塔および縦形槽の鋼製スカートは、本体との取付部からベースリングまで外面の耐火被覆を行う。
スカート内部は、内部にフランジ接続部があるときのみ耐火被覆を行うのが普通である。

④ 加熱炉の支持部
高架式の加熱炉は、長時間荷重を受ける支持部材について、地盤面から炉床までの間を耐火被覆する。

⑤ 貯槽の支柱
貯槽の高さ1 m 以上の支柱は、一般に支柱の全長について耐火被覆をする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

c） 排水設備

排水設備は、工場で発生する不用な水を排出するための設備である。
排水設備は工場の立地場所、業種、製造施設の種類、形式、規模などにより著しく異なる。

1） 一般的事項
工場の排水設備は、排水の性状から次の4 系統に分類される。

(1) クリーン（雨水）排水系
建物屋根、緑地、空地などの降雨水で、無処理で排出可能

(2) プロセス排水系
製造プラントなどの処理を要する排水

(3) 冷却排水系
一過性の冷却用水

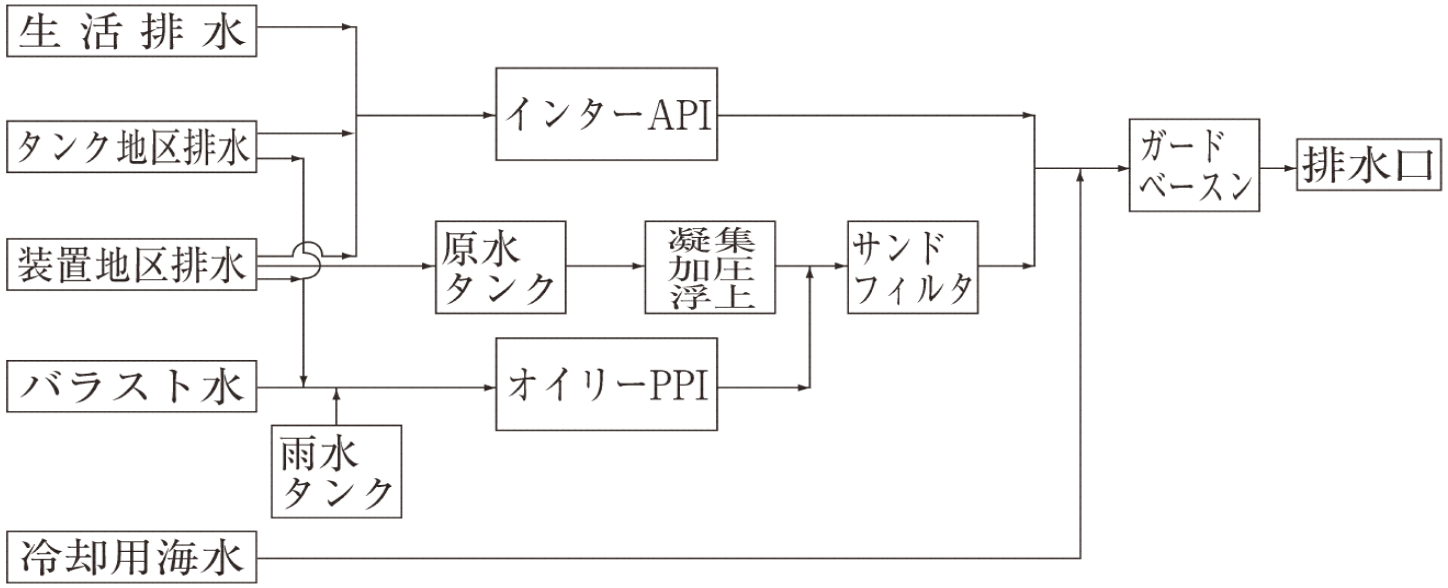
(4) 生活排水系
浄化槽、食堂、浴室などから発生する排水

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

c） 排水設備（つづき）

石油精製工場の排水系統の分類例を下図に示す。



（注）油分の多いプロセス排水のみ凝集加圧浮上装置にて高度処理を行っている例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

c） 排水設備（つづき）

設計排水量は、各排水系統の発生源の排水の排出状況に応じ、予想される空間的、時間的組合せのうち最大量を採用する。

排水路には、暗渠と開渠があるが、油などが流れ着火する危険性を考慮し、原則として暗渠が採用される。排水方式は、自然流下方式が一般的であるが、地盤高さが低いときは強制排水方式が採用される。また、地下汚染を防止するために、プロセス排水は処理設備まで保全容易な地上配管にするのが望ましい。

排水経路は、各系統の発生源から処理設備まで原則として独立経路とする。

処理設備以降は、保安上および管理上の見地から、統合できるものはできる限り統合し、放流端出口の数を極力少なくする。放流端が河川、海域のときは、放流端渠下面を低水位以上とし、その位置および構造が付近の構造物、船舶などに影響を与えないようにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

c） 排水設備（つづき）

2） プラント排水設備

（1）ガスシール

各機器、ユニット、プラントごとに火気を遮断し、定期修理工事などを安全に行えるようにするために、プラントのオイリー系は各機器至近の排水ます内にガスシールを行う。
また、排水ますの蓋およびプラント地区のオイリー系末端に設ける油水分離器の蓋は、ガスシール機構付きとする。

（2）ガス検知

プラント地区の冷却排水系のうち、冷却器、凝縮器などプロセス側から可燃性ガスが漏れるおそれのある系統には、その系統の排水ますなどにガス漏えい検知警報設備を設置し、ガス漏れの早期発見が可能になるようにすることが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

d） 基礎

高圧ガス設備の基礎は、不同沈下などにより高圧ガス設備に有害なひずみが生じないように、地盤調査に基づき、地盤の許容支持力度または基礎ぐいの先端の地盤の許容支持力を調査のうえ、設計する。

1） 地盤調査

地盤調査は、過去の調査結果などに基づく第一次地盤調査および地盤の許容支持力度および基礎ぐいの先端の地盤の許容支持力を求める第二次地盤調査からなる。

（1）第一次地盤調査

第一次地盤調査は、当該調査場所における過去の不同沈下などの実績調査などにより行い、調査の結果、その場所が湿潤な土地、埋立地で軟弱な土地、出水のおそれのある土地、がけ崩れのおそれのある土地、その他地すべり、不同沈下などを起こしやすい土地である場合にあっては、その程度に応じて盛土、地盤改良、擁壁の設置などを行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

d） 基礎

（2）第二次地盤調査

第一次地盤調査の調査結果に基づく対策を行った後、必要に応じて、地盤の許容支持力度または基礎ぐいの先端の地盤の許容支持力を求めるため、ボーリング調査、標準貫入試験、ベーン試験、土質試験、平板載荷試験、くい載荷試験などにより、第二次地盤調査を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

d） 基礎

2） 基礎の設計荷重

第二次地盤調査の結果に基づき、地盤の許容支持力度は計算式または地盤の種類に応じて求めることができる。基礎は、地盤の許容支持力度の値が、高圧ガス設備およびその内容物ならびにその基礎による単位面積当たりの荷重を、上回るように設計する。

また、地盤の許容支持力度の値による方法では保安上支障のある地盤にあっては、基礎ぐいで補強したうえで基礎工事を行う。この場合においても、基礎は、基礎ぐいの先端の地盤の許容支持力度もしくは基礎ぐいと周囲の地盤との摩擦力または基礎ぐいの許容支持力度の値が、高圧ガス設備およびその内容物ならびにその基礎の荷重を、上回るように工事を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 建物などの安全設計

d） 基礎

3） 貯槽の基礎

貯槽（貯蔵能力が100 ㎥ または1 トン以上のもの）の支柱は、
同一の基礎に緊結し、水平な基礎面に設置する。緊結は、アンカーボルトまたは
アンカーストラップ（基礎中の鉄筋に溶接し、もしくはコンクリートにより
基礎に固定したものなど）により行う。

横置円筒形貯槽の架台の支持間隔が 5 m 以上のものにあっては、
当該貯槽の遊動側の架台に対し、基礎据付面と架台底面との間にすべり板を設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.1 高圧ガス製造施設の安全管理

高圧ガス製造施設では、可燃性、毒性等の危険性を有する物質が、高温、高圧の状態で大量に取り扱われるため、施設内にはさまざまな危険源（以下、ハザードという。）が潜んでいる。

これらのハザードが顕在化すると、物質の漏えいや火災などの事象が発生して重大事故に発展する可能性があり、人的被害、設備的被害、生産機会の損失など、財産、経営に直接の損失を与えるだけでなく、顧客の信頼や社会的企業イメージの失墜、環境被害をもたらして企業に大きなダメージを与える。

したがって、高圧ガス製造施設の安全管理には、現場でプラントに従事する人、現場管理者だけでなく、経営トップも関与するリスクマネジメントを取り入れた総合的な安全管理が行われることが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

高圧ガス製造施設には、さまざまなハザードが潜んでいる。
これらのハザードを解析してリスクの大きさを評価し、ハザードが顕在化しないよう
事前に対応策を講じておくことや、ハザードが顕在化したときに危害を拡大させない策を
事前に講じておくことがリスクマネジメントである。

リスクマネジメントはリスクアセスメント、リスク対応、リスクの受容、リスクコミュニケーション
という4つで構成されており、リスクアセスメントはリスクマネジメントの構成の1つである。

リスクマネジメントは、リスクアセスメントで洗い出された高圧ガス製造施設に潜む
ハザードについて、リスク低減策を検討した結果を具体的な対処方法を決めて実行する
ことであり、いわば企業の経営判断である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

a） リスクアセスメントの構成

リスクアセスメントは、高圧ガス製造施設のリスクを知るために、ハザードを特定し、その危害の起こりやすさ（発生確率）と危害の影響度（損害の大きさ）の組合せからリスクの大きさ（リスクレベル）を見積るものである。

その見積りを行うためには、物質、プロセスシステム、設備およびこれらにかかわる人を含めた総合的な解析が必要である。

リスクアセスメントは、リスク解析とリスク評価で構成される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

a） リスクアセスメントの構成 （つづき）

1） リスク解析（ハザードの特定、リスクの見積り）

リスクアセスメントにおけるリスク解析は、ハザードの特定とリスクの見積りで構成される。
ハザードの特定は、事故や異常な現象に至るシナリオとそのシナリオに関与するハザードを解析するリスクアセスメントで最も重要なプロセスである。ハザードの特定では、高圧ガス製造施設で発生する可能性のある事故や異常な現象に至るシナリオについて、物質や温度、圧力の状態等を勘案して解析し（事故の原因、要因を特定し、事故の影響を想定する。）、そのシナリオに関与するハザードを特定する。
ハザードの特定を行うことで、解析対象の高圧ガス製造施設で起こりうる事故や異常な現象を抽出できるとともに、シナリオを解析することで、事故や異常な現象に至る前の異常な状態も抽出できる。ハザードの特定では、起こりうる事象を細かく段階的につないでいくことでシナリオを解析し、各段階で関与するハザードを抽出していく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

a） リスクアセスメントの構成 （つづき）

1） リスク解析（ハザードの特定、リスクの見積り）

ハザードの具体例としては、可燃性物質、毒性物質、腐食性物質などの物質の特性が危害の潜在的な源となる物質ハザード、高圧、低圧、高温、低温などの設備の機能や、設備そのものが危害の潜在的な源となる設備ハザード、加熱、冷却などの運転ハザードが挙げられる。
さらには、物質ハザードにならない異物であっても、さびやスケールなどの混入が原因で、熱交換器での異常加熱、配管の閉塞による冷却不足、反応器でのホットスポットといった事象を引き起こし、危害の潜在的な源となることがある。
リスクの見積りは、ハザードの特定で解析された危害について、起こりやすさ（発生確率）と影響度（損害の大きさ）を評価し、その組合せからリスクの大きさ（リスクレベル）を見積るものである。

2） リスク評価

リスク評価は、リスク解析で見積ったリスクの大きさを、リスク許容基準と比較することにより、許容できるか否かを評価するものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

b） リスク対応

リスク対応は、リスクアセスメントの結果を受けて、企業としてどのようにリスクに対応するかを決定するプロセスである。
リスク対応には以下の4項目があり、どの対応を採用するかは企業の経営判断となる。

- リスクの低減 ：起こりやすさや影響度を変えて、リスクの低減をはかること。例として安全装置を追加して発生確率を小さくしてリスクの低減をはかることが挙げられる。
- リスクの移転 ：他社・他事業所などとリスクを共有すること。
  例として、他事業所への一部事業の移転や保険を掛けることなどが挙げられる。
- リスクの回避 ：ある特定のリスクにさらされないため、ある活動に参画しない、
  またはある活動から撤退することをいう。
  例としてビジネスからの撤退などが挙げられる。
- リスクの保有 ：情報に基づいた意思決定により、リスクを保有すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

c） リスクの受容

リスクの受容は、残留するリスクを企業として受け入れることである。

b）リスク対応におけるリスクの回避以外は、リスク対応後にリスクが残留することになる。

この残留するリスクを、リスク受容で企業が受け入れることになる。

つまりリスク受容は、リスク対応と平行して決定されるものである。

リスク対応、リスク受容での決定事項は、企業としての対応策として実行に移される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 リスクマネジメント

d） リスクコミュニケーション

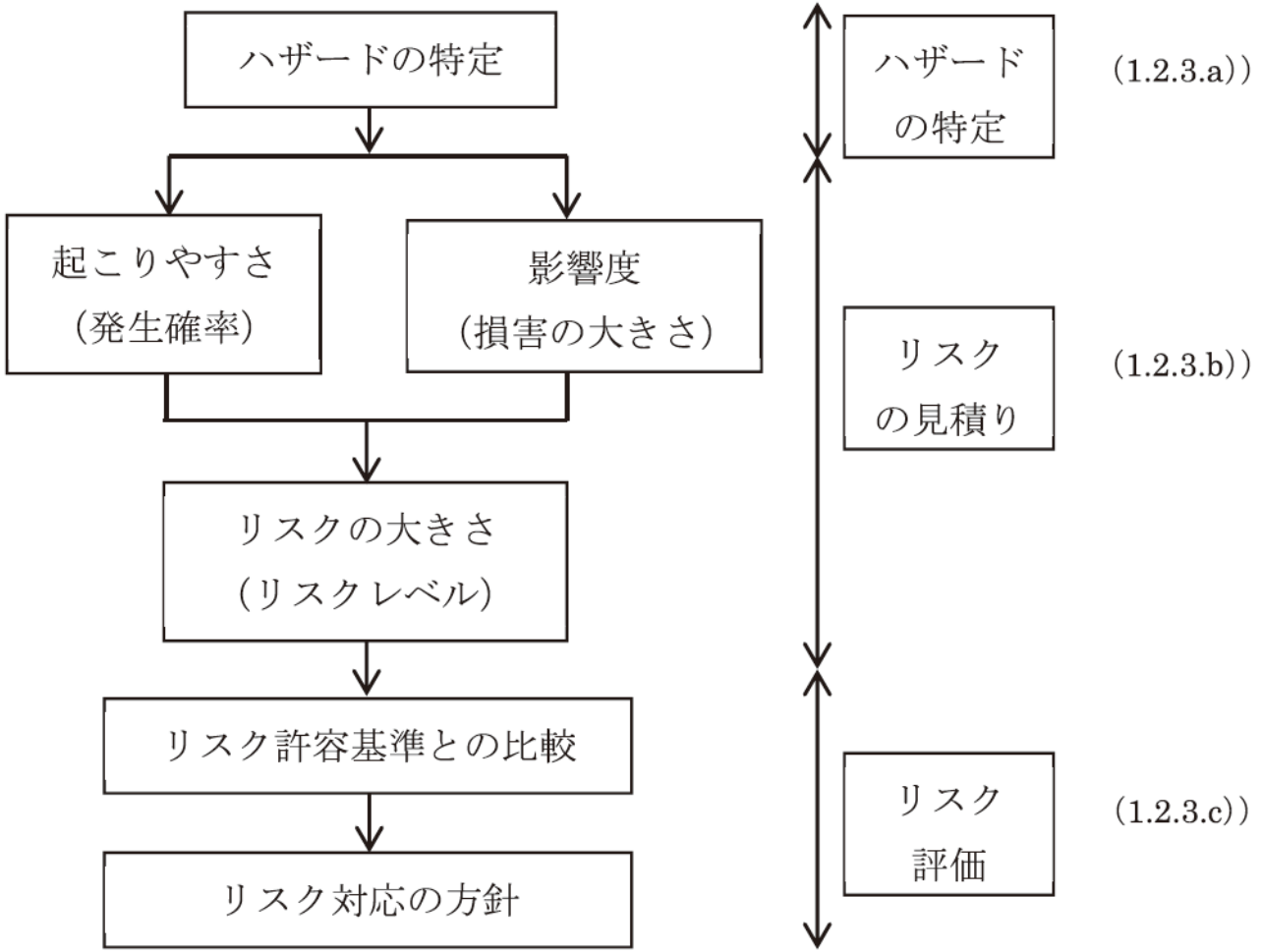
リスクコミュニケーションでは、内部と外部に対してリスクの対話と共有を行い、
リスクの受容を周囲に理解してもらうことが重要である。

内部とは企業内、事業所内の関係者であり、外部とは行政、取引先、
事業所の近隣住民などが該当する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

リスクアセスメントの流れを
右図に示す。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

a） ハザードの特定

ハザードの特定において用いられる代表的なリスク解析手法を下表に示す。
これらの手法にはそれぞれ特徴があるため、目的によって使い分けることが必要である。

手　法		概　要	特　徴
HAZOP (Hazard and Operability)	連続系 HAZOP （定常系）	連続プロセスの定常運転状態を対象として適用される。プロセスプラントを構成する1本のラインまたは機器に着目し、流量、温度、圧力、液レベルといったプロセスパラメータの正常状態からのずれを想定する。次に、ずれの原因となる機器故障、誤操作などを洗い出し、それらが発生した場合のプラントへの影響を解析し、ハザードを特定する手法である。ずれの想定にあたってはNO またはNOT、Less、More などのガイドワードとプロセスパラメータを組み合わせる。	○ システムの状態変位に対して、構成要素のかかわり方を知るのに便利。 ○ FTA の頂上事象の選定に便利。
	バッチ系 HAZOP （非定常系）	バッチ反応プロセスおよびプラントのスタートアップ、シャットダウン、加熱炉の点火操作といった非定常操作を対象としたHAZOP 手法である。バッチ反応HAZOPにおいては、バッチの手順に示されている操作におけるずれを想定してハザードを特定する。また、プラントのスタートアップ操作などに対する手順HAZOP においては、操作手順書（要領書）に示されている操作におけるずれを想定してハザードを特定する。連続系HAZOP のガイドワードに加えて、タイミングと時間に関するずれを想定するためにSooner than、Longer than といったガイドワードも使用する。	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

a） ハザードの特定

手　法	概　要	特　徴
What−if	「もし……したら、どうなる。」という質問を繰り返すことにより、設備面、運転面でのハザードを特定し、それに対する安全対策を検討することによりシステムの安全化を図る手法。	○ 機器故障や誤操作などの正常状態と異なった事象発生の影響を考えるのに便利。 ○ 複数の事象の組合せを想定することも可能。
FTA（Fault Tree Analysis）	対象とするシステムの危険事象を頂上事象として設定し、頂上事象の原因を機器、部品レベルまで次々に掘り下げ、原因と結果を論理記号（AND、ORなど）で結びつけツリー状に表現する。 次に、頂上事象の原因となる機器、部品の組み合わせを解析した後、機器、部品の故障確率を与えることにより頂上事象の発生確率を解析する。	○ 要因相互の因果関係や、各要因の事故に対する寄与の度合いを知るのに便利。 ○ 事故発生確率の推定も可能。 ○ 事故の波及伝ぱ経路（排水、配管、配線など）の明確なシステム向き。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

a） ハザードの特定

手　法	概　要	特　徴
ETA （Event Tree Analysis）	冷却水ポンプ停止といった引金事象が、どのように拡大していくかを、安全・防災設備および緊急対応の成功と失敗を考慮して過程を解析し、最終的に到達する災害事象をツリー状に表現する。	○ 小規模のトラブルの波及拡大過程を解析するのに便利。 ○ 1つの引金事象が事故、災害に拡大する確率の推定も可能。
FMEA （Failure Mode and Effects Analysis）	システムを構成する機器に着目し、その機器に考えられる故障モード（例えばバルブでは、故障全開、故障全閉、操作不能など）をとりあげ、故障がシステムに及ぼす影響と安全対策を解析する手法。 FMEA 評価対象部位の故障率データを取り入れた場合は、FMECA（Failure Mode, Effects and Criticality Analysis：故障モード影響、致命度評価）といいシステムに致命的な影響を与える故障モードを定量的に評価できる。	○ 重要なシステムを構成する部品の管理方針を考えるのに便利。 ○ FTA の際に、頂上事象に関係する構成基本事象の選択に便利。
チェックリスト方式	過去の経験や知見に基づくチェックリストにより、網羅的にリスクの有無と程度を調査する手法。	○ リスク低減策が実施されているかの確認に便利。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

b） リスクの見積り

リスクの見積りは、ハザードの特定で解析した事故に至るシナリオについて、事故の起こりやすさ（発生確率）と影響度（損害の大きさ）を決定し、その組合せからリスクの大きさ（リスクレベル）を見積るものである。
事故の起こりやすさ（発生確率）は、作業の頻度、引金事象の発生確率（機器故障、誤操作など）、安全対策による低減率（インターロック、安全弁など）などを考慮し決定する。

起こりやすさ（発生頻度）の分類表の例

起こりやすさのレベル	発生頻度
A	1年に1回以上発生
B	1～10年に1回発生
C	10 ～100年に1回発生
D	100年に1回以下発生

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

b） リスクの見積り

事故の影響度（損害の大きさ）は、
その事故で被る人的被害、機器の被害、
生産損失、周囲への被害、環境被害などを
考慮して被害を解析する。
解析された被害の大きさは、影響度の
分類表を用いてその事故を分類する。

人的被害及び経済的損失に係る影響度の分類表の例

影響度レベル		人的被害及び経済的損失
Ⅰ	壊滅的	以下のいずれかの状態が発生する場合 • 事業所内または事業所外で死者が発生 • 損害額と生産損失が1億円以上
Ⅱ	深刻	以下のいずれかの状態が発生する場合 • 複数の負傷者が発生 • 損害額と生産損失が1千万円から1億円
Ⅲ	中程度	以下のいずれかの状態が発生する場合 • 1名の負傷者が発生 • 損害額と生産損失が1百万円から1千万円
Ⅳ	軽度	以下のいずれかの状態が発生する場合 • 死傷者なし • 損害額と生産損失が1百万円以下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

b） リスクの見積り

リスクの大きさ（リスクレベル）は、事故の起こりやすさのレベルと影響度のレベルの組合せを示したリスクマトリックスに当てはめることで決定される。

リスクマトリックスの例

		事故の起こりやすさのレベル			
		A	B	C	D
影響度レベル	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	2
	Ⅱ	Ⅰ	2	3	3
	Ⅲ	2	3	4	4
	Ⅳ	3	4	4	4

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

c） リスク評価

リスク評価は、リスクの見積りで見積もったリスクレベルを、リスク判定基準と比較することで、そのリスクが許容できるかを評価するものである。

リスクレベルの判定基準と対応の例

リスクレベル	判定基準	対　　応
1	許容不可	ただちに根本的なリスク低減対策をとり、リスクレベルを3以下にする必要がある。
2	望ましくない	一定期間以内に設備的なリスク低減対策をとり、リスクレベルを3以下にする必要がある。
3	管理することにより許容可能	適切な手順または管理方法を確立する必要がある。
4	許容可能	特にリスク低減対策は必要なし。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 リスクアセスメントの具体的手順

c） リスク評価

リスク評価の結果、リスクレベルが許容できない場合は、リスク対応の方針を検討することとなる。
リスク対応の方針の検討では、発生頻度の低減と影響度の低減を検討する。

発生頻度の低減対策には、ハード面では機器の信頼性向上など、ソフト面では人的要因の排除などがある。

影響度の低減対策には、ハード面では火災などに対する被害低減対策や毒性物質の保有量低減など、ソフト面では自動シャットダウン操作などがある。検討された対策案は、その対策案によってリスクレベルが下がるかどうか確認するとともに、あらたに追加された対策によって新しいハザードが発生しないかを確認することも重要である。

ここで確立された対策案がリスク対応の方針となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.4 リスクアセスメント実施における留意事項

a） 参加メンバー

リスクアセスメントでは、ハザードをもれなく網羅的に抽出して特定するために、多様な視点からの検討が必要となってくる。
網羅性を高くするためには、製造部門のみならず設備保全部門や技術スタッフ部門などの、多様で異なる分野の専門家からなるチームを編成して検討を行うことが重要である。
また、さらに網羅性を高めるためには、外部コンサルタント、本社、プラントの建設を担当したエンジニアリング会社、機器メーカーなどの参加も望ましい。

b） 解析結果の周知・教育

リスクアセスメントで得られた結果は、詳細を記録に残す。
さらに、ケーススタディとしてわかりやすく作成し直し、それを関係者（運転員から保全担当者に至るまで）へ周知し、全員が結果を共有し、活用できるようにする。このことにより、関係者全員がリスクについて、より一層理解を深めることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.4 リスクアセスメント実施における留意事項

c） 変更管理

変更や更新時には多くの事故が発生しており、その都度確実な変更管理を行うことが重要である。
変更管理においては、リスクアセスメントを行うことが必要不可欠である。

変更管理において、設備や製造方法などを変更する場合には、直接的にプロセスパラメータの変化をもたらすとともに、スタートアップ操作、シャットダウン操作、緊急シャットダウン操作などの内容、手順の変更にも繋がることから、すでに実施しているリスクアセスメントの見直しが必須となる。

運転方法を変更する場合のハザードには、運転員の学習（経験）不足や運転マニュアルの改正不備なども挙げられる。

このため、設備、製造方法などの変更後は、定常運転に対するリスクアセスメントのみならず、非定常運転に対してもリスクアセスメントを実施し、ハザードの特定、リスク解析、リスク評価、現状の対策の確認、必要に応じて対策案の立案を行う必要がある。また、この対策案によって新たなリスクが発生していないことを確認する必要もある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

安全管理とは、潜在する危険性を顕在化させないための方策を講じることであり、
恒常的なシステムとして運用しなければならない。

このため、研究開発、設計、運転操作、設備保全、教育、安全活動、マニュアル化など
さまざまな管理のシステムを規程、基準などに文書化し、実績を記録することが重要である。

またこれら文書、記録についても文書分類と定期的な改訂手順や保存期間を定め
文書管理することが一般的となっている。

管理は定められたシステムに従い、
Plan（計画策定）－ Do（実行）－ Check（評価）－ Action（見直し修正）という
PDCA サイクル（管理の輪という。）を確実に回し、継続的に改善を図っていくことが
必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

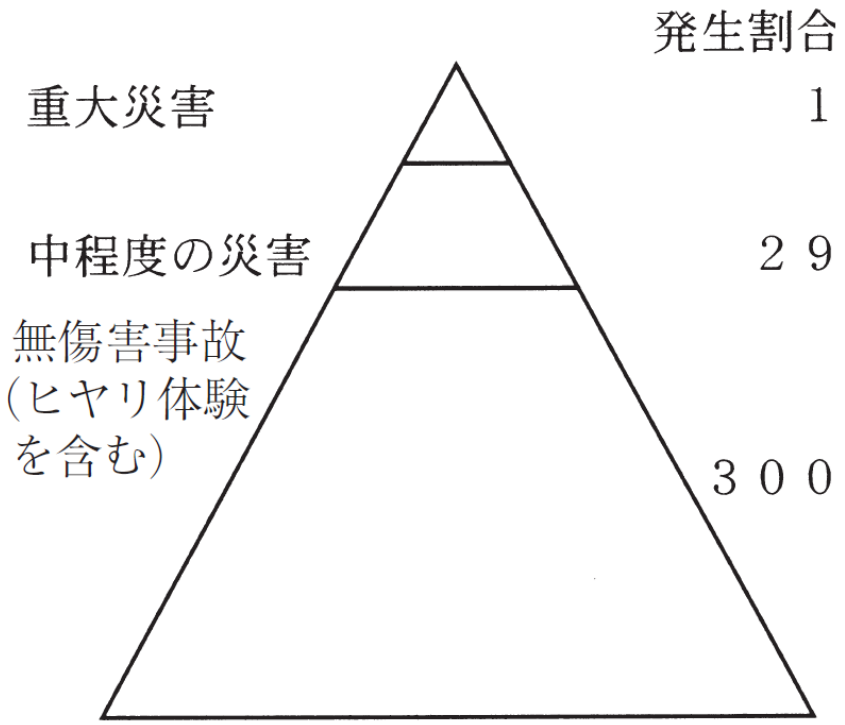
1.2.5 安全管理

a） 安全理論

1） ハインリッヒの法則

同一の潜在要因による重大な災害1件当たり、
中程度の災害が29件、
無傷害事故300件という比率になる。

この法則から学べることは、ヒヤリの段階で
危険な要因を排除しておくことは、
重大災害の発生の予防対策の1つとして
重要なことである。



ハインリッヒの法則の概念図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

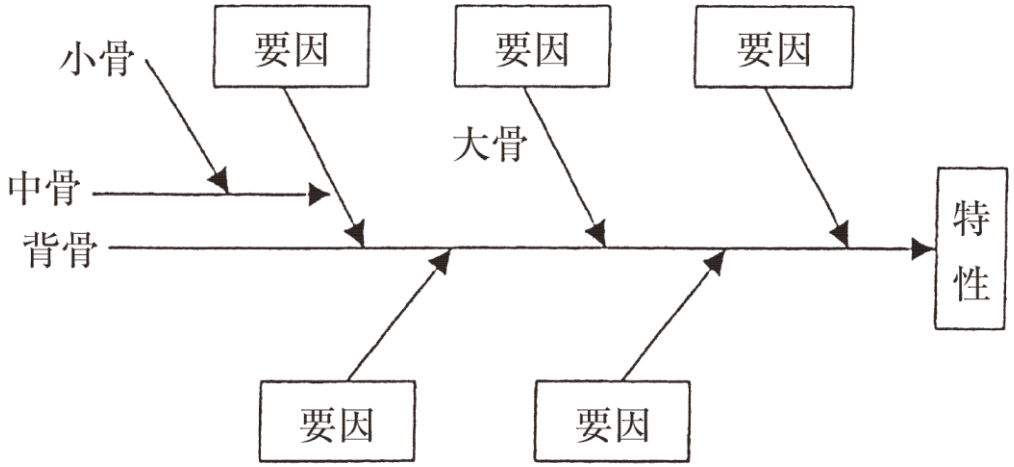
a） 安全理論

2） 特性要因図（魚の骨）

重大な災害を解析する1つの方法として、特性要因図（characteristic diagram, cause and effect diagram）がある。

特性要因図は、問題とする特性（問題点、事故など）とそれに影響していると思われる要因（原因）との関連を整理して、魚の骨のような図にまとめたものである。

特性要因図（魚の骨）



事故原因などを分類整理し、どこに管理の重点を置いたらよいかを知るのに便利であるが、要因相互の因果関係を明確に把握することはできない。

特性要因図を作成するには、問題とする特性を明確にし、特性に影響する要因を数項目に分類してこれを大骨とし、個々の項目ごとに階層的に中骨、小骨と細分化して記入していく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

a） 安全理論

3） 災害連鎖の防止

- 高圧ガス施設などの製造プロセスの構成は複雑。
  - 反応、分離回収、洗浄、精製、排ガス・排水処理などの工程。
  - 未反応原料や溶媒のリサイクル。
- プロセスの一部に不具合が発生した場合、その上流、下流にもその影響が及ぶ。
- 主要な部分で制御限界を超えた変動があった場合に、機器ごとまたは工程ごとに自動停止、自動遮断ができるシステムを構築しトラブルの連鎖を防止。
- 災害連鎖の防止
  - 緊急停止した場合の後処置方法基準化。
  - 定期的な訓練。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

a） 安全理論

4） 4M

事故の原因分析や対策検討の際に人間工学の面から、
要因を4つのジャンル（4M）に整理することにより原因の本質を捉える。

- MAN（人）
  本人および本人以外の直接関与した人のヒューマンファクタに関与する要因。
- MACHINE（機械）
  設備、機器などの物的な因子が関与した要因。
- MEDIA（媒体または環境）
  作業環境、マニュアル、作業情報といった、主としてMAN とMACHINE の媒体となるものが関与した要因。
- MANAGEMENT（管理）
  管理システム、方法が関与した要因。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

a） 安全理論

5） フェーズ理論

人間の信頼性は意識レベルに依存している。この意識レベルを5段階のフェーズに分けた考え方。

フェーズ	意識の状態	注意のモード	生理的状態
0	無意識、失神	ゼロ	睡眠、脳発作
I	意識ぼけ	不注意状態	疲労、単調、居眠り
II	リラックス状態 思考は内界に向かう	不活性 注意リズム低下	安静起居生活・休息時 他律的リズムに同期
III	積極的活動、 前向き思考、意欲的	活性 注意野は広い	情報処理は柔軟で速い 予測の見直し、情動の自制
IV	過緊張、情動興奮	注意は焦点に固着	緊急防衛反応、慌てる→パニック状態

不注意ミスを起こさないためにはフェーズⅢで作業する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

b） 安全推進手法

1） ヒヤリ・ハット

ヒヤリ・ハット活動とは、日常の業務の中で「ヒヤリ」としたり、思わず「ハット」するような危うい経験をお互いに報告しあい、全員の経験として注意を喚起する活動である。
小さなうちに事故の芽を摘み、中程度さらには重大な事故への誘発を防ぐことを目的としている。また、各人がそうした事故の芽を摘む努力をすることにより、安全に対する意識を高めることも狙っている。

2） 5S活動

設備の健全性維持や職場環境の改善として安全活動の基本。
3S（整理、整頓、清掃）+2S（清潔、躾）

- 3Sがおろそかな職場は潜在危険の温床。
  職場、プラントを大切にしようとする社員の意識も低下。
- TPM（Total Productive Maintenance）活動にも取り入れられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

I.2.5 安全管理

b） 安全推進手法

3） 指差呼称

行おうとしている作業が間違いないこと、現場の状況が作業に適合していることなどを
確認するために、対象を指で差し、それが正しいことを確認したら「ヨシ」と声を出していうことによって
誤操作を防止するために励行する習慣。
対象を指で差し、大声で確認する行動によって集中力を高めるため、誤操作防止手法として重要。

4） 危険予知

作業開始前に経験と想像力を働かせ、起こる可能性のある危険を想定し、
その危険を回避する対策を立てることによって災害を未然に防止する手法。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.5 安全管理

c） 安全監査

安全管理の遂行にあたっては、自主的に管理の実態を評価し、安全管理システムの改善および安全レベルの向上を目指すことが大切である。そのために、安全管理のPDCA における C（Check：評価）として、安全管理システムがどのように機能しているかを確認する安全監査を実施することが重要である。

監査の方法は、会社や事業所において規程化することが必要である。

また、安全担当役員や事業所長なども監査に参加することで、経営者自らが安全に強い意識をもつことを示す重要な機会にもなる。

安全監査では、あらかじめ設定された監査項目やチェックリストに基づき、事業所の安全管理システムがどのように整備され、決められたとおりに実行されているかを具体的な文書、記録を確認することにより網羅的かつ実質的に確認するのが一般的であるが、監査の都度テーマを定め、重点的な調査を行うといった方法も実施されている。最近は、監査の専門チームを編成して細部までチェックするという方法も行われている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 安全管理組織

1.3.1 組織の維持と運用

高圧ガス保安法では、保安統括者等の配置・職務について次のように規程している。

1）高圧ガス製造事業所は、規模に応じて保安統括者等を配置する。

2）保安統括者等には、代理者をあらかじめ選任し、保安統括者等の不在時に支障がないようにする。

3）保安統括者は、高圧ガスの製造に係る保安に関する業務を統括管理する。

4）保安技術管理者は、保安統括者を補佐して、高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的な事項を管理する。

5）保安主任者は、保安技術管理者を補佐して、保安係員を指揮する。

6）保安係員は、製造施設の維持、製造方法の監視その他高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的事項を管理する。

7）保安企画推進員は、危害予防規程の立案・整備、保安教育計画の立案・推進その他高圧ガスの製造に係る保安に関する業務に関し、保安統括者を補佐する。

8）保安統括者等は、誠実にその業務を行う。

9）高圧ガスの製造などの従事者は、保安統括者等の指示に従わなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

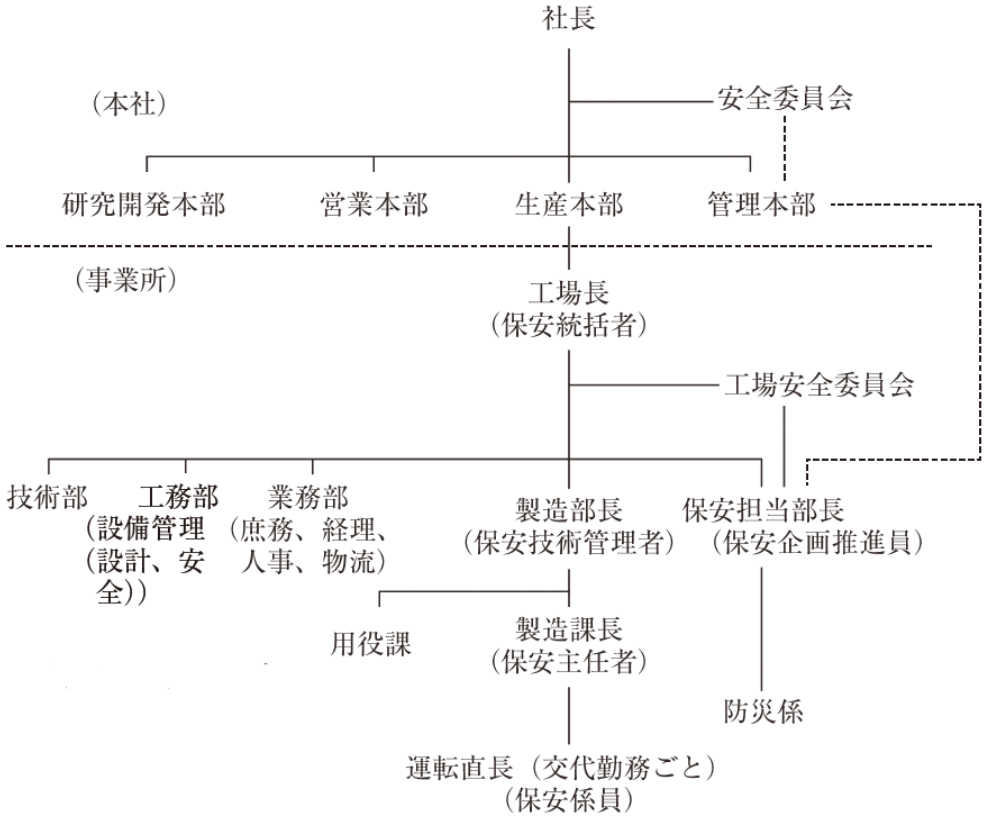
1.3.1 組織の維持と運用

高圧ガス製造事業所における業務組織と保安統括者等の配置の例

工場長は保安統括者として、事業所の安全管理全般を統括する最高責任者であり、保安・安全に関する技術的事項については、法定資格を有する保安技術管理者（製造部長など）に管理させなければならない（自らが法定資格を有する場合は保安技術管理者は選任不要）。

保安係員は、製造施設の定められた区分ごと、かつ交替制の場合は直ごとに、第一線の保安責任者（通常は現場監督者）から選任する。製造方法や定期自主検査を監督し、一般的に、緊急の事態に応急措置を行うことなどが職務であり、法定資格が必要である。

特定の事業所では、保安主任者（製造課長など）と保安企画推進員（事業所の保安担当スタッフ部門の長など）を選任しなければならない。保安主任者は、保安技術管理者を補佐し、保安係員を指揮するラインの立場にあり、保安企画推進員は、保安統括者を補佐するスタッフとして、保安に関する事業所の諸計画、諸規程などを企画立案し推進する立場にある。



本社と事業所の組織例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 安全管理組織

1.3.1 組織の維持と運用

保安・安全活動を事業所全体で取り組む上で、安全に関する情報を共有化することは重要なことであり、次のような委員会組織や会議を情報共有化の場として活用する。

① 安全衛生委員会をはじめとする各種委員会

② 部長、課長など職制にかかわる委員会

③ 安全、製造、設備、工事にかかわる担当者ベースの打合せ

④ その他、所内外の事故情報、ヒヤリ・ハット情報などの周知

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

a） 製造部門

製造部門はラインの根幹であり、安全管理上重要な位置にある。安全上の基本的な要素としては、取扱物質、設備、作業者の3 つがあり、これらを結びつけて管理することが最も重要なポイントとなる。

取扱物質については、安全性の評価や取扱方法、設備については、点検、補修などの確認、作業者については、作業内容、教育、作業環境などが具体的な管理項目となる。

製造に関する専門技術的知識を必要とされるところであり、とかく設備技術（ハードウェア）的発想に偏りがちであるが、労務管理、人間関係といった設備以外の管理技術（ソフトウェア）も併せて考慮し、ハードとソフトの相互補完を管理に取り入れたほうがよい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

b） 保安管理部門

事業所のスタッフ部門として、事業所における保安・安全の基本方針・施策の策定や保安教育の企画・推進を行う部門である。

具体的には、安全管理体制・安全関係規程類の立案・改訂、安全会議・行事の企画・運営・推進、保安・安全確保のための査察・調査、保安教育の計画・推進、事故・災害時の原因調査・対策検討、法令に基づく申請・届出・折衝、設備の新設・変更時における安全審査、事故事例・防災データなどの安全情報収集などの業務を担当する。

事業所内の各部門と連携するだけでなく、本社、関係事業所、行政機関などとの間で情報交換するなど安全管理上幅広い活動が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

c） 設備保全部門

専門的な立場で製造設備を設計し、保全管理する部門であり、機械、土木、建築、計装、電気などの専門知識、技術が必要とされる安全管理上重要な部門である。

設計部門は新設設備の設計時には、製造部門の技術者との連携を図りながら、運転条件、点検・保全方法などを十分に考慮し、配置、材質選定、設計条件などできる限り本質安全の考え方に立って設計する必要がある。
また、運転性能の向上や増設・改造の際には、実際の使用状態のデータを解析したうえで、最初の設計思想に立ち返って、専門的な立場で安全性をチェックし設計する必要がある。

設備保全部門は、製造部門が行う日常点検の状況を把握し、日常の補修を行うだけでなく、定期的または必要に応じ、より専門的な立場で設備診断を行い、経年劣化や余寿命予測などの解析を基に検査計画、定期修理計画、設備更新計画を立案する。

製造部門との緊密な情報交換を行い、設備の状況に応じて検査方法を見直し、設備異常を早期に発見し対策をとることが事故防止につながり、同時に効率的な保全を行うことができる。

また、保全上の問題点、改善などを設計部門にフィードバックし、設計情報として蓄積することで、より健全性の高い設備設計に反映することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

d） 用役部門

電気、蒸気、水、空気、窒素などの用役（ユーティリティ）は、製造部門の安定操業と安全にとって欠くことのできないものであり、製造部門と同等の重要な位置を占める。それぞれの用役がどのような経路で高圧ガス製造設備に供給されているか、供給能力と使用量のバランスはどうなっているか、高圧ガス製造設備の操業状態とどのようなかかわりをもっているかなどを勘案し、日常の管理のみでなく、緊急時における保安用用役の確保に努めなければならない。

e） 防災部門

事業所の日常の入出門管理や非常時の救急、消火活動などを受けもつ防災部門は、事業所の防災管理上欠くことのできない部門である。
夜間、休日においては、宿日直者などとの連携が必要になることはいうまでもない。
防災資機材の整備や防災要員の訓練などが日常の主な仕事となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

f） 物流部門

製造部門で取り扱う原料、製品、中間製品などの貯蔵、入出荷、輸送を担当しているので、
生産に密着した部門である。製造部門の協力のもとに良質な管理が要求される。
特に、入出荷業務は、生産と物流、事業所と輸送業者の接点となる部分で、
管理の盲点になりやすい。相互の作業方法や接点の確認が安全上の重要なポイントとなる。

g） 技術スタッフ部門

工場内の配置計画、新技術の開発、新設備の企画、生産計画の策定、製品などの供給計画の
立案などにあたって、安全管理部門とよく相談し、事前に安全を確保する気配りが必要となる。
新しい物質や製法の安全性の確認に関しては、社内の検査試験部門、研究開発部門または
社外の試験研究機関との接触が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 各部門の役割

h） 事務管理部門

事業所全体としての安全管理の連携と協力を得るためには、事務管理スタッフにも安全についての認識をもってもらうことが肝要である。

庶務部門は広報活動など、人事部門は従業員の安全関係全般、経理部門は安全に関する費用の確保など、それぞれがその重要性を認識する必要がある。

以上に述べたように、事業所の安全活動は、事業所内外の諸部門、諸機関とのネットワークの中で達成されるものである。

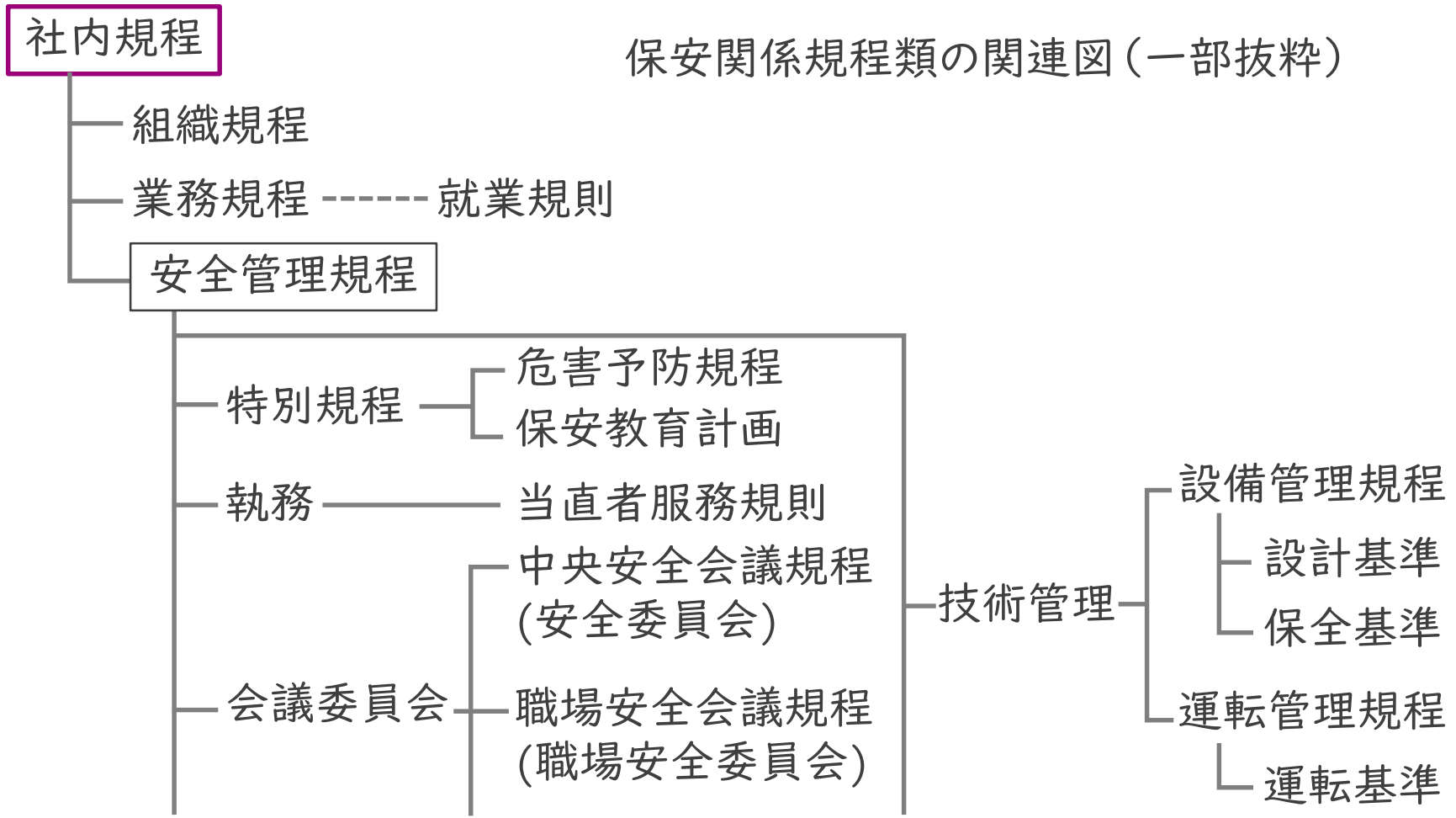
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安規程

法律で義務づけ

- 危害予防規程（高圧法）
- 保安教育計画（高圧法）

保安関係規程類の関連図（一部抜粋）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.1 保安教育訓練

高圧法においては、第一種製造者は、危害予防規程と一体のものとして、
保安教育計画を制定することを定めている。

製造現場における保安教育訓練は、職場の日常業務に密着した
職場内教育（OJT：On the Job Training）を中心に位置づけており、
必ずしも独立したカリキュラムとして設置するのではなく、各種教育訓練の中に
保安の要素（意識、知識、技術、技能など）を組み込んで実施することが多い。

OJTを補完するために、階層別の職場外教育（OFF-JT）により保安に関する意識、
知識教育を組み合わせている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.2 計画と体制

教育は生産活動を支えるための重要な業務であって、事業所全体の管理システムとして計画的に実施しなければならない。教育に関する規程を設け、教育委員会を設置して、関係部門の分担と役割を認識させ、現場からの教育のニーズを基に年度教育計画を策定することが望ましい。

教育はOJT とOFF-JTの組合せにより実施されるので、事業所全体のOFF-JTは教育推進部門が、OJTは職場がそれぞれの教育計画に基づき推進する。

教育対象者、教育内容などによって最も適した教材や方法を選び、効率的に体系的に行わなければならない。

また、自己啓発を促進するため通信教育の導入や、外部講習への参画などを奨励し、援助する制度を設けることも効果的な方法である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.3 方法と時期

一般に、保安も含めた生産技術教育の主体はOJTにある。
管理者や監督者が部下に教えるだけでなく、業務のローテーションによって生ずる熟練者と未熟者の間でも教え合うことを活用し、他人に教えるための整理や準備をすることが最大の勉学の機会であることを悟らせる必要がある。また、視聴覚教材の活用やプロセスシミュレータによる訓練も効果的である。

協力会社社員の教育については、まず、基本的な基準を教育することが必要となるが、社員の職場内教育と同様に、実務作業手順などについては、自らのルールを作らせ、学ばせ、守らせることによって自立精神を育てるほうが好ましい結果を得ることが多い。
防災訓練などにも参加させ、事業所内の一体感を育むことも必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.4 教育内容

現業部門の監督者と一般従業者については、それぞれ初心者、熟練者などの階層別に、教育のカリキュラム、目標進度、標準履修時間や回数などを定めておくとよい。
テキストや運転基準（SOP）などによる学習だけでなく、討議方式によるヒヤリ・ハットの解析、災害想定訓練または非常処置訓練や実務を通じた体得などを含めて考えたほうが効果的である。

監督者については、実技や法令知識に習熟しているだけでなく、仕事の教え方、人の扱い方などの職場管理技法を身につけている必要がある。

協力会社員に対しては、工場内に潜在する取扱物質などの危険性や作業規律について十分理解させる必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.5 評価と記録

教育訓練でもPDCA（Plan-Do-Check-Action）のサイクルが肝要である。

教育効果の評価判定は、教育活動サイクルの重要なかなめとなる。評価・判定の方法としては、自由討議の発言、異常措置と報告、改善提案の出し方、実務実技の状況などをリーダーがチェックする方法もあるが、筆記テスト、レポート提出、アンケート調査、個人面接、自己判定や自己申告、チェックリストによるチェックなどが目的に応じて使われる。

教育の記録としては、個人別カードのように履修者が保持すべきものと、グループや職場単位でとりまとめた実施記録とがあり、それぞれ自己管理と集団管理のために使われる。
記録内容としては、教育訓練項目、実施時期、進捗度または熟練度、評価者や実施者の意見などが含まれる。グループで行う集合教育、緊急訓練、講習などの記録では、講師やチームリーダーの反省、問題点などのコメントが次回の教育を考えるうえで役に立つ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.1 緊急事態発生時の組織

事業所において、事故・災害が発生し、
それが初期段階で制御・鎮圧できずに
長期化しまたは規模の拡大が予想される
ときには、全事業所を挙げてこれに
対処するため、災害対策本部組織を
編成する。

緊急時の災害対策本部組織の編成例
（一部抜粋）

本部・班	処　理　業　務　概　要
災害対策本部	1．災害対策本部組織の統括指揮 2．現場本部、各班、各組織からの情報収集、情報伝達および指令 3．関係官庁、報道機関への公式発表 4．本社、他社、共同防災協議会、海上共同防災協議会への連絡、応援要請 5．避難命令 6．社員、協力会社従業員への広報 7．災害時の各職場の記録まとめ
現　場　本　部	1．災害現場の状況把握 2．本部への状況報告 3．現場における消防警備班、作業班への指示 4．災害発生職場、隣接職場への指示
消 防 警 備 班	1．人命救助 2．火災拡大防止、鎮圧 3．流出油拡大防止、回収処理 4．非常線設置 5．緊急車誘導

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.2 保安に関する関係事業所との協定

石災法では、特定の事業所に対し、自衛防災組織の設置を義務づけているが、関係事業所共同の防災組織とすることが認められている。この場合、それは共同防災規程によって運営される。
また、特別防災区域協議会を設置しているところでは、災害の発生防止と拡大防止に関する自主基準の作成、技術研究、教育訓練などが共同で行われている。

高圧法においても、コンビナート製造事業所は、関係事業所から緊急時の応援を受けられるようにしておくことになっており、相互応援協定は、事業所間の結束を固めるのに役立つ。

都道府県などの行政指導によって、事業所と行政機関との間に保安協定などを締結しているところや保安に関する協会などの機関を設置して、情報交換や防災研究、講演会などの活動を行っているところもある。業界団体の自主活動の1つとして、高圧ガス移動中に事故が発生したときに備え、地域防災協議会を結成して相互に応援する協定を結んでいるところもある。

コンビナート製造事業所には、原料などの高圧ガスを導管で授受されている事業所があるが、日常および緊急時の連絡方法や措置方法などについて、相互によく打ち合わせ、相互援助協定などで明確にしておく必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

2.1 電気設備

2.2 保安装置

2.3 防災設備

2.4 用役設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.1 電気設備の概要

高圧ガス製造設備において電気設備を使用する場合、製造設備を安全に運転、操業するために必要な電気設備の設置義務がコンビ則などで規定されており、また、その仕様、構造などについてガス防爆指針（自主基準）に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

- 設置場所および爆発性ガスの種類、量、状態などにより、それぞれの場所が危険箇所として区分されており、この爆発危険箇所の区分に応じ適用できる電気機器の防爆構造が決められている。
- コンビ則などには、設置場所およびガスの種類に応じた防爆性能を有する構造の電気機器の使用が規定されており、設計時にはこれらの制約を踏まえた設備計画を立てなければならない。
- 電気機器はできるだけ非危険箇所に設置するように計画するのが望ましいが、爆発危険箇所に設置せざるを得ない場合は、設置機器の選定などの考え方を参考にして計画する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

a） 爆発性ガスの分類

爆発性ガスは、その危険性によって次のように分類される。防爆電気機器はその分類された区分に応じて、対応する構造の機器を選定する。

1） 発火温度による分類

発火温度とは、爆発性ガスと空気との混合ガスの温度を高めたときに、燃焼または爆発を起こす最低温度であり、防爆電気機器の最高表面温度は対象の爆発性ガスの発火温度より低くなければならない。爆発性ガスの発火温度の違いに対応して、最高表面温度は6等級の温度等級に分類されている。

2） 最大安全すきまによる分類

最大安全すきまとは、爆発性雰囲気の中に置かれた標準容器の接合面のすき間を通って、爆発の火炎が内部から外部へ伝ぱすることを阻止しうる最大すき間の値であって、ガスに固有の値である。この値は耐圧防爆電気機器の選定に用いられる。

3） 最小点火電流による分類

最小点火電流とは、爆発性雰囲気が電気火花によって爆発を起こしうる最小の回路電流の値であって、爆発性ガスの種類によって異なる。この値は本質安全防爆構造の電気機器の選定に用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

b） 爆発危険箇所の区分

爆発性ガスの存在状態によって次のように区分。

① **特別危険箇所**
爆発性雰囲気が通常の状態において、連続し長時間にわたり、
または頻繁に可燃性ガス蒸気が爆発の危険のある濃度に達する場所。

② **第一類危険箇所**
通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成するおそれがある場所。

③ **第二類危険箇所**
通常の状態において、爆発性雰囲気を生成するおそれが少なく、
また、生成した場合でも短時間しか持続しない場所。

④ **非危険箇所**
①～③以外の場所。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

1） 耐圧防爆構造

電気機器を収納する全閉構造の容器の内部に爆発性ガスが侵入し、容器内部で
爆発を起こしても、容器が爆発圧力に耐える強度をもち、かつ、爆発によって生じた火炎や
高温ガスが容器の本体と蓋との接合面やねじ結合部などの接合部から逸走せず、
周囲の爆発性ガスに点火しないようにした構造である。

また、容器の表面温度は爆発性ガスが触れても発火することがないように、
対象とする爆発性ガスの発火温度に対応して定められた値を超えないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

2） 安全増防爆構造

正常に運転され、または通電されている場合に、火花、アークを発生することがなく、
または高温部をもたない、あるいはその両方の電気機器（電気を通じない部分を除く）に
適用する防爆構造で、外部からの損傷に対する機械的強度の増加、絶縁劣化を
防止するための絶縁性能の増強、および高温の発生を抑制するための温度上昇防止対策を
施して安全性を高めた構造である。

さらに、容器の表面温度はもちろん、容器内部についても爆発性ガスが触れるおそれのある
すべての部分の温度が、対象とする爆発性ガスの発火温度に対応して定められた値を
超えないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

3） 本質安全防爆構造

計測機器の発信器のように、低電圧、低電流回路をもつ弱電機器について、短絡、地絡、断線などの故障時においても回路から流出するエネルギーを、対象とする爆発性ガスの最小発火エネルギーより小さくするための安全保持回路を付加した、本質的に安全な構造である。

本質安全保持回路と本質安全防爆配線が一体となったシステムで防爆性能が確保される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

4） 内圧防爆構造

爆発性ガスに対して電気機器を容器で囲み、容器内の空気や不活性ガスなどの保護ガスを外部の雰囲気の圧力より高く保持することにより、または容器内の爆発性ガスの濃度を爆発下限界より十分低いレベルに希釈することによって、防爆性能を確保する構造である。

保護ガスを封入した内圧防爆構造の容器は、保護ガスの圧力に耐え、かつ、保護ガスが漏えいしにくい構造でなければならない。

また、容器内を加圧する保護ガスの圧力が低下し、爆発性ガスが侵入すると、容器内部で爆発を起こし、容器が破損して周囲の爆発性ガスに点火するおそれがあるので、容器内部の圧力が所定の圧力以下になった場合に作動する保護装置が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

5） 油入防爆構造

爆発性ガスに対して点火源となるおそれがある火花、アークを発生するもの、
または高温部をもつもの、あるいはその両方の電気機器を構成する部分を絶縁油の中に納め、
油面上や容器の外部に存在する爆発性ガスに点火しないようにした構造である。

点火源を収納する容器は、塵埃、湿気などによって絶縁油が汚染されないように保護された
構造で、かつ、爆発性ガス雰囲気に触れるすべての部分および油温は、対象とする
爆発性ガスの発火温度に対応して定められた値を超えないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

6） 樹脂充てん防爆構造

電気機器を構成する部分であって、点火源となるおそれがある火花、アークを発生するもの、または高温部をもつもの、あるいはその両方を樹脂の中に納めることにより爆発性ガスに点火しないようにした構造である。樹脂により爆発性ガス雰囲気と点火源とを隔離する手法により、爆発性ガス雰囲気への点火のリスクを抑えた構造といえる。

充てんする樹脂は、適切な厚さを有することや吸水性がなく熱安定性を有することなどの要件があり、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂などが使用されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

7） 非点火防爆構造

正常に運転され、または通電されている場合に、火花、アークを発生することがなく、
または高温部をもたない、あるいはその両方の電気機器や、火花、アークを発生し、
または高温となって、あるいはその両方により点火源となるおそれのある部分を保護することにより爆発性ガスに点火しないようにした構造である。点火源を封じて隔離する手法、構造により爆発性雰囲気の侵入をしにくくした構造などがある。設置場所は第二類危険箇所に限定されているため、この防爆構造に適用される要件は、他の防爆構造に比べ簡易的な場合がある。
主に第二類危険箇所を想定した安全度を強化した手法により爆発性ガス雰囲気への点火のリスクを抑えた構造といえる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

c） 電気機器の防爆構造

8） 特殊防爆構造

上記以外の防爆構造で、爆発性ガスに対して防爆性能を有することが公的機関の試験などによって確認された構造である。

例えば、国際電気標準会議規格（IEC 規格）で規定されている「粉体充てん防爆構造」などは、この特殊防爆構造の取扱いを受ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

d） 防爆電気機器の選定

爆発性ガスの存在確率と放出源による危険箇所の分類の考え方と、密閉した場所、ガスの滞留、風通しなど電気機器を設置しようとする場所の環境条件を勘案して、危険箇所の区分を決定し、その危険箇所に応じた防爆構造の電気機器を選定し使用する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 電気設備計画

e） 防爆電気工事

適切な防爆機器を選定し設置しても、機器に電気を供給したり信号を取り出したりする工事において機器の防爆グレードに合わせた工事がなされないと、設備全体として防爆性能が発揮できない。

したがって、電気工事においても防爆機器に応じた工事の仕様が要求される。

すなわち機器のケーブル接続部分や危険箇所の屋外から非危険箇所の屋内にケーブルを引き込む場合、さらには機器と機器とを接続する電線を保護する電線管路などで、決められた施工方法を実施する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

a） 受電･配電設備

電力設備は、電力会社から電力の供給を受ける受電設備と、
受電した電気を負荷として必要とするそれぞれの設備に、適切な電力を供給する
配電設備で構成されている。

- 受電設備
  電力会社からの電源を事業所の使用に適した電圧に変換。
- 配電設備
  それぞれの負荷側に合わせた電源に変電するとともに、事故や異常があった場合、
  電源を遮断するなどして、それがほかに波及しないよう最小限にとどめるための
  安全対策が施されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

b） 自家発電設備

事業所内に発電機を設置して、事業所で使用する電力の一部またはほとんどを供給するために発電を行う設備で、そのほとんどに三相交流同期発電機が使用されている。

自家発電設備

事業所の電力の一部として、電力会社が供給する電力と電圧、周波数などを連系させ、常時供給する常用発電設備と、電力会社の停電などの非常時に作動して電力を供給する非常用発電設備に大別される。

○ 常用発電の原動機
スチームタービンや最近ではガスタービンが使用され、さらに大規模になるとこれらの組合せ（コンバインド）が使用されるようになってきた。

○ 非常用発電の原動機
ディーゼル機関、ガソリン機関などの内燃機関などが主流。

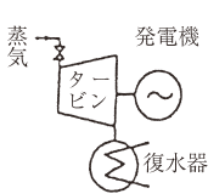
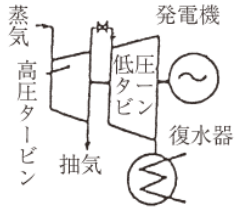
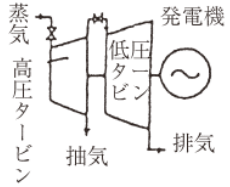
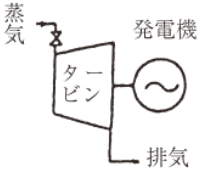
最近ではマイクロガスタービン発電や小規模燃料電池設備も実用化されて、常用および非常用分散型自家用発電設備として採用されるようになってきた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

b） 自家発電設備

1） スチームタービン

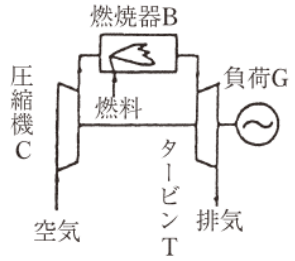
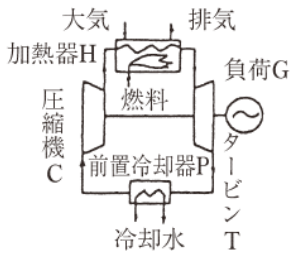
項目＼形式	復水タービン	抽気復水タービン	抽気背圧タービン	背圧タービン
概　念　図				
工場蒸気	工場蒸気が不要な場合	一定圧力の工場蒸気が必要な場合	2 以上の一定圧力の工場蒸気が必要な場合	一定圧力の工場蒸気が必要な場合
蒸気の負荷変動	負荷に無関係で出力一定の運転が可能	負荷変動があっても出力一定の運転が可能	負荷変動率が大きいと設備の利用率が低下	同　左
所要電力	所要電力量を常に確保する必要がある場合	工場蒸気量に相当する発電量以上の電力が必要な場合	工場蒸気量に相当する発電量で差し支えない場合	同　左
経　済　性	排気熱量が全冷却水に取り去られるので不経済	復水タービンに比べ抽気の熱量を利用できる分、経済的	抽気・排気の熱量を有効に利用できるので経済的	排気の熱量を有効に利用できるので経済的
冷却水源	多量の冷却水を必要とする	同　左	冷却水源については考慮の必要なし	同　左
スチーム圧力	一般に高圧	高圧または中圧	中圧または低圧	同　左

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

b） 自家発電設備

2） ガスタービン

項目＼形式	オープンサイクル	クローズドサイクル
原　理　図		
構　　造	ガスタービン本体は比較的大きいが、圧力レベルが低いため軽量にでき、付属設備も少なくてよい。	圧力レベルが高いためガスタービン本体は小さいが、大きな燃焼室・前置冷却器を必要とする。
効　　率	大気温度が上がれば出力および効率が下がる。	冷却水温度が上がれば効率が下がり、大気温度には関係しない。
負荷追従性	良　好	圧力レベルの変更により行うため遅い。
始動時期	急速始動可能	ケーシングおよび配管の肉厚が大であり、また、熱交換器があるため熱容量が大で、始動に時間を要する。
用　　途	ピーク負荷用に適している。	比較的利用率の高いところに適している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

b） 自家発電設備

3） 内燃機関

エンジンの駆動力により発電する。
ガソリンエンジン駆動のものは、極小規模の発電設備に利用されているが、
ディーゼルエンジン駆動のものは、中規模以上のものに採用されている。

エンジンの始動方式としては、蓄電池からの電気でセルモータを駆動する
電気始動式と空気源からの圧縮空気で駆動する空気始動式がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

c） 蓄電池設備

物質の化学反応において放出されるエネルギーを電気エネルギーの形で取り出す設備を電池と呼び、一次電池、二次電池、燃料電池などに大別される。

一次電池

一度放電する（使い切る）と再使用できない電池で、乾電池が代表的。

二次電池

充電を行えば繰り返し使用可能な電池で、蓄電池と呼ばれる。

非常用電源としては、二次電池として鉛蓄電池やニッケル・カドミウムアルカリ蓄電池（単にアルカリ蓄電池と呼ぶことが多い。）などが使用されるが、電池の容量としては、設備を安全に停止できる保安面から決定する。一般的に非常用発電設備が設置されている場合は5～10分、設置されていない場合は30分程度として、電力の供給が計画されている。

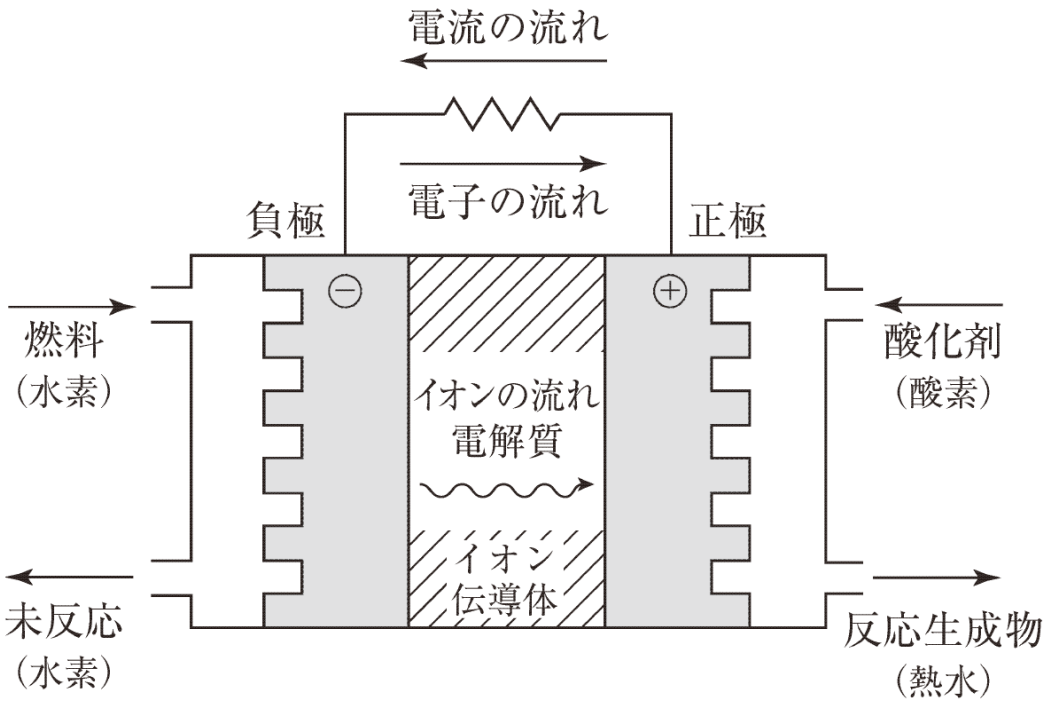
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

d） 燃料電池

燃料電池は、燃料となる物質と酸素などの酸化剤を化学的に反応させ、化学的エネルギーを電気の形で取り出すもので種々の形式のものがある。

【代表的な燃料電池の構成】
負極に燃料となる水素、正極に酸化剤として空気中の酸素を供給し、水素と酸素の酸化（燃焼）反応（水の電気分解の逆）により電気を取り出す。
電気を取り出した後の反応による生成物は水だけであり、環境に優しい電源として自家発電設備にも採用されてきている。



燃料電池の概念図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 保安電力など

e） 無停電電源設備

設備の安全上、コンピュータや電子機器などの制御装置や緊急安全装置など瞬時の停電も許されないものには、非常用電源として無停電電源設備または蓄電池から電源を供給し、常用の電源が停電しても、これら装置には連続して電力を供給できるように計画する。
この無停電電源装置をUPS（Uninterruptible Power System）と称する。

無停電電源装置　UPS（Uninterruptible Power System）

常時常用（商用）電源と接続されており、常時は常用電源から電力を受けて整流し、直流に変換して蓄電池に充電するとともに再度交流に変換して、常用電源と同一の周波数で、かつ、電圧の変動がない安定した電力を供給。

こうすることで、常用電源が停電しても、蓄電池から交流に変換した周波数と電圧の安定した電力が無瞬断（連続して）で負荷に供給できる。ただし、UPS はあくまで非常用電源としての用途であることから、通常は設備が安全に処置できる時間、30分間以上供給するものとして蓄電池の容量を決定する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

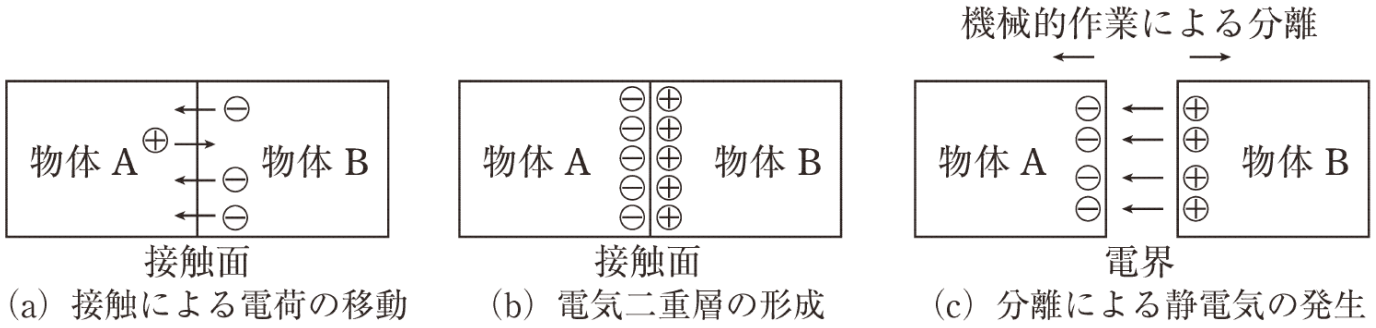
2.1.4 接地計画

接地とは、地上の構造物などと大地に埋設設置した導体とを金属導体でつないで、大地電位と同電位にすることであり、その目的の違いにより静電接地、保安接地、避雷接地などがある。

a） 静電接地

1） 静電気の発生と帯電

物質に力学的運動による流動や摩擦などがはたらくと、本来電気的に中性である物質の中で正または負のどちらか一方の電荷が他方よりも過剰となる現象が起こる。この過剰な電荷を静電気といい、発生した静電気が物質上に滞留、蓄積することを静電気の帯電という。



(a) 接触による電荷の移動　(b) 電気二重層の形成　(c) 分離による静電気の発生

接触・分離による静電気の発生

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

1） 静電気の発生と帯電

（1）摩擦による帯電　：物質相互の摩擦による接触面相互の帯電
（2）剥離による帯電　：密着している物質の引きはがしによる物質相互の帯電
（3）流動による帯電　：配管中を液体が流れるとき配管と液体に帯電
（4）混合・撹拌による帯電　：混合・撹拌する物質の相互や容器に帯電
（5）噴出による帯電　：流体がノズルなどから噴出するときの噴出口との摩擦、噴出流体相互の衝突などによる流体、噴出口の帯電
（6）誘導帯電　：帯電した物質の付近に他の物質を近づけると、近づけた物質が静電誘導を受けて物質中の電荷が不均一になり、帯電したのと等価になる現象

そのほか滴下帯電、飛沫帯電、沈降・浮上帯電、衝突帯電、粉砕帯電など多くの静電気発生過程がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

1） 静電気の発生と帯電 （つづき）

静電気が発生してもそれ以後に電荷の供給がなければ、物質中の電荷の中和や外部への導電によって電荷は減少していく（静電気の緩和）。
物質にはそれぞれ固有の導電率（S/m：ジーメンス/ メートル：体積抵抗率Ω・m の逆数）があり、長期間放置しておけば、帯電した電荷は導電による物質中の中和や、気中や大地に漏えいして減少していく。

- 導体の導電率が高い物質（金属など）
  絶縁されて電荷が帯電していても、あるいは一部に電荷が帯電し電位に片寄りが起こっても、早く等電位となり、接地をとることで帯電電荷を大地に素早く逃がすことが可能。電荷の蓄積は起こらず帯電もしない。
- 導電率の低い不導体
  物質中の電荷が片寄り、あるいはほかから帯電した場合、電荷の移動が緩慢でなかなか等電位になりにくく、接地をとっても帯電した電荷は導体に比べて逃がしにくい。

静電気安全指針では静電気上の導体と不導体の目安を、導電率が10^{-8} S/m より大きいか
または体積抵抗率10^{8} Ω・m 未満を導体、これら以外を不導体としている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

2） 静電気による火災・爆発の発生限界

（1）最小発火エネルギー

設備や装置内で火災・爆発が起こるのは、そこに可燃性物質があるだけではなく濃度が爆発範囲内にあり、しかもそれを発火させることが可能な発火エネルギーが与えられた場合だけである。

可燃性物質の発火エネルギーは、可燃性物質の濃度や空気や酸素などの支燃性物質の状態などにより異なるが、防災上は、その可燃性物質と支燃性物質を常温・常圧で混合し、最も発火しやすい状態で、発火に必要な最小エネルギーを最小発火エネルギーという場合が多い。したがって、静電気による火花放電を起こしたときに火災・爆発を起こさないようにするには、発生した火花放電のエネルギーが、可燃性物質の最小発火エネルギーよりも小さくなるようにしておく必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

（2）帯電物質の放電エネルギーと火災・爆発の発生限界

帯電物質が導体である場合

放電によって失う放電エネルギーは、帯電物質が放電の直前にもっていた静電エネルギーW［J：ジュール］とほぼ等しく、式（2.1）で与えられる。

$$W = \frac{CV^2}{2} = \frac{QV}{2} = \frac{Q^2}{2C} \qquad (2.1)$$

C：帯電導体の静電容量［F：ファラド］、V：電位［V：ボルト］、Q：電荷量［C：クーロン］

災害発生限界の帯電電位 Vc［V］、帯電電荷量を Qc［C］は式（2.2）式（2.3）で与えられる。

$$Vc = \sqrt{\frac{2W_M}{C}} \qquad (2.2)$$

$$Qc = \sqrt{2CW_M} \qquad (2.3)$$

W_M：最小発火エネルギー

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a) 静電接地

3) 静電気災害の防止

(1) 防止対策

対策項目	具体的防止対策
1. 静電気の発生の抑制	(1) 液体類の流速(初速、最大流速)制限 (2) 液体類、気体類の中の夾雑物の除去 (3) 液体類、気体類の吹出し防止
2. 静電気の緩和、除去の促進	(1) 接地、ボンディングの実施 (2) 静置時間の設定 (3) 空気のイオン化(除電器) (4) 湿度の付与 (5) 絶縁体への導電性付与(帯電防止剤) (6) 作業者の帯電防止(静電靴、静電作業衣)
3. 爆発性ガスの形成防止	(1) 不活性ガスの注入 (2) 液温管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

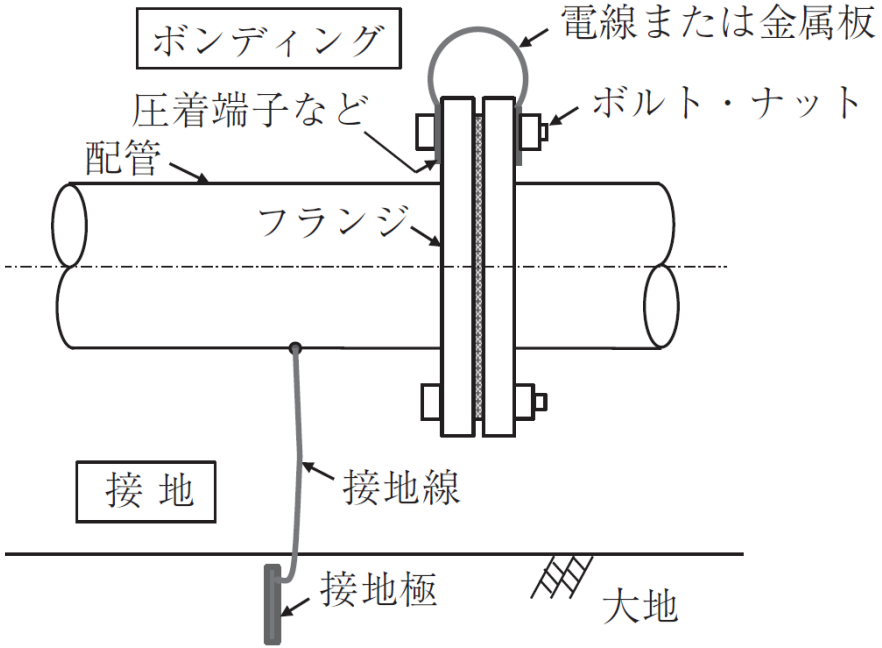
（2）静電接地とボンディング

静電接地

金属導体に帯電した静電気を電線などの導体を用いて速やかに大地に逃がし、金属導体と大地間を同電位にして火花放電を防止する。帯電防止のための接地抵抗値は1000Ω以下にすることが望ましい。
接地抵抗値は100Ω以下として接地することがコンビ則などの関係例示基準に示されている。

ボンディング

複数の金属導体を電気的に同電位にするために、電線などを用いて互いに接続すること。配管などの金属導体同士をボルトなどで接続した場合は、ボンディングしたのと同じ効果が得られている場合もある。



接地とボンディングの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

a） 静電接地

（3）静置時間の設定

一般に石油製品などの可燃性液体のうち、原油や重油は体積抵抗率が10^8 Ω・m 以下で静電気に関する問題は少ないが、その他石油製品は10^{12} Ω・m 前後のものが多く、静電気が帯電しやすい物質である。このような物質がタンク（導体）内に貯蔵される場合、流入時の摩擦により物質に静電気が発生し、表面に電荷が帯電する。帯電した電荷（静電気）は周囲（タンク壁）の導体に向かって徐々に移動（漏えい）し、時間とともに減少するが、物質の体積抵抗率が高いために短時間では減少しない。したがって、短時間ではタンク壁面から離れた部分の物質表面には多くの電荷が残って、電位が高い場所ができ、物質の取扱操作で接触機会などがあると火花放電に至り危険であるので、静置時間を設けて、静電気の帯電を緩和する処置を実施後にハンドリングを行う。

帯電物体の導電率［S/m］	帯電物体の容積［m^3］			
	10 以下	10 ～ 50	50 ～ 5000	5000 以上
10^{-8} 以上	1 以上	1 以上	1 以上	2 以上
10^{-12} ～ 10^{-8}	2 〃	3 〃	10 〃	30 〃
10^{-14} ～ 10^{-12}	4 〃	5 〃	60 〃	120 〃
10^{-14} 以下	10 〃	10 〃	120 〃	240 〃

帯電物質の導電率・容積の違いによる静置時間の推奨値
［単位：分］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

b） 保安接地

機器に故障や異常があった場合、他に波及しないよう、機器に接地をとり、
人体の保護や機器の保護を行う接地を保安接地という。

接地の種類

接地の種類	接　地　抵　抗　値
A 種接地	10Ω以下
B 種接地	変圧器の高圧側または特別高圧側の電路の1線地絡電流のアンペア数で150（変圧器の高圧側の電路または使用電圧が35000V以下の特別高圧側の電路と低圧側の電路との混触により低圧電路の対地電圧が150Vを超えた場合に、1秒を超え2秒以内に自動的に高圧電路または使用電圧が35000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは300、1秒以内に自動的に高圧電路または使用電圧が35000V以下の特別高圧電路を遮断する装置を設けるときは600）を除した値に等しいオーム数以下
C 種接地	10Ω以下（低圧電路において、当該電路に地絡を生じた場合に0.5秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500Ω以下）
D 種接地	100Ω以下（低圧電路において、当該電路に地絡を生じた場合に0.5秒以内に自動的に電路を遮断する装置を施設するときは、500Ω以下）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

b） 保安接地

接地工事の区分

接地の種類	接　地　工　事　区　分
A 種接地	高圧および高圧の金属製機械器具、外箱などの接地
B 種接地	高圧および高圧電路と低圧電路とを結合する 変圧器の中性点または一端子などの接地
C 種接地	300 V 超過の低圧の金属製機械器具、外箱などの接地
D 種接地	300 V 以下の低圧の金属製機械器具、外箱などの接地

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

c） 避雷接地

1） 避雷設備

雷雲が発生したときに落雷を避雷設備に誘導することにより、他の設備に影響を与えないように保護する役目をもっている。
建築基準法では避雷設備の構造をJIS A 4201「建築物等の雷保護」に規定する外部雷保護システムに適合する構造とするように定めている。外部雷保護システムは受雷部システム、引下げ導線システムおよび接地システムからなっている。
受雷部は被保護物に雷撃が侵入しないよう施設するものであり、回転球体法、保護角法、メッシュ法のいずれかの方法またはこれらの組み合わせによって、被保護物が保護範囲内に入るように施設する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

c） 避雷接地

1） 避雷設備（つづき）

避雷設備の受雷部の種類

名　称	受 雷 部 の 特 徴
1．一般の避雷設備	被保護物に直接、(1)または(2)の受雷部を設置。 (1)突針部：空中に突出させて設置。 (2)むね上げ導体：むね、パラペット、屋根などの上に沿って設置。
2．独立避雷針	被保護物から離して、地上に独立した突針を受雷部として設置。
3．独立架空地線	全体が被保護物から独立しており、被保護物の上方に、 これと適当な距離をおいて架線した導体を受雷部として設置。
4．ケージ	被保護物全体を包む連続的な網状導体を設置。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.4 接地計画

c） 避雷接地

2） 避雷接地

避雷接地は、避雷設備に雷撃を受けたとき、その雷電流を危険な過電圧を生じることなく大地へ放流させる目的で使用される。落雷時の接地電位上昇を抑制するために、接地極の接地抵抗値を極力小さくすることが必要であるが、それ以上に重要なことは被保護物とその周辺の接地電位を一様にし、被害の発生を防止することである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.5 通報設備

事業所内で緊急時に必要な連絡を速やかに行う設備として種々のものがあるが、
主要な通報設備としては、ページング設備、放送設備、電話、トランシーバなどである。
ページング装置ではヘッドセット式のもので、作業者の手が自由になるメリットがあり、
どこでもいつでも同時に多数との連絡が行える無線ページングが広く普及し、
使用されるようになってきている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 保安装置

2.2.1 安全装置

高圧ガス設備等内の圧力が許容圧力を超えた場合に、直ちにその圧力を
許容圧力以下に降下させ、設備の破損、破壊を防止する。

- 安全弁
- 破裂板
- 逃し弁（アンローダ（unloader）を含む。）
- 自動圧力制御装置

このほか容器に用いられる安全弁（ばね式安全弁、破裂板式安全弁、溶栓式安全弁）などがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

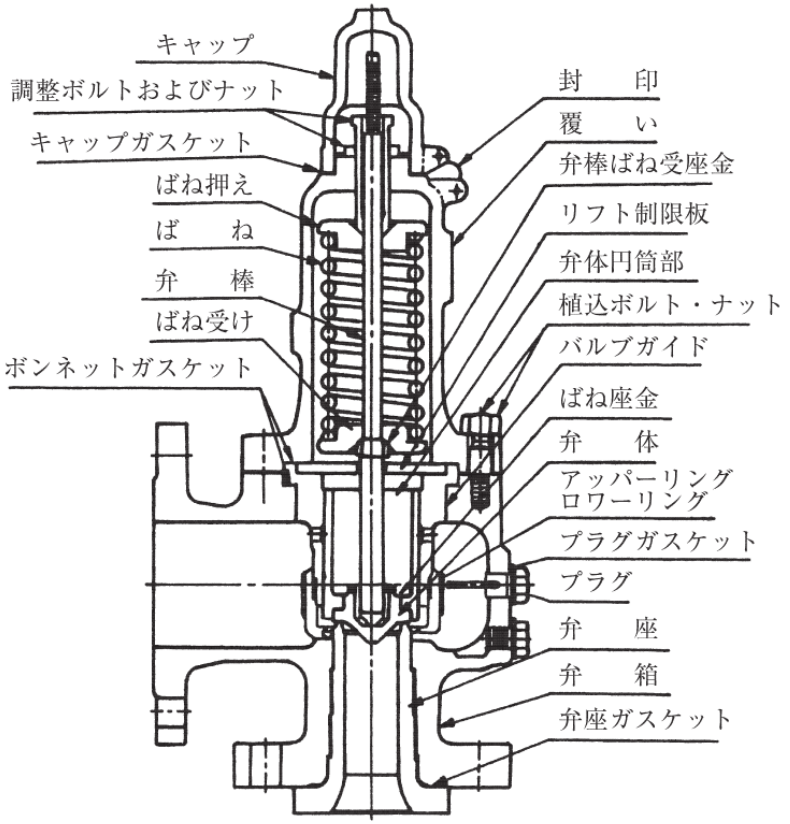
a） 安全装置の種類

1） 安全弁（safety valve）

バルブの入口側の圧力が上昇してあらかじめ定められた圧力になったとき自動的に作動し、弁体が開き、流体を排出し、圧力が所定の値に降下すれば、再び弁体が閉じる機能をもつバルブ。作動機構により、ばね式とおもり式（てこ式）に分けられる。

ばね式安全弁は、円筒コイルばねにより弁体を弁座に押し付けておき、内圧がばねの力より大きくなると弁体が上がり内部流体を放出し圧力を降下させる。内圧が降下するとばねの力のほうが大きくなり、弁体を下げ弁座に押し付けて閉じるようになっている。

リフト形式による分類　　：揚程式安全弁、全量式安全弁
流体の排出状態による分類：開放型安全弁、密閉型安全弁



ばね式安全弁の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

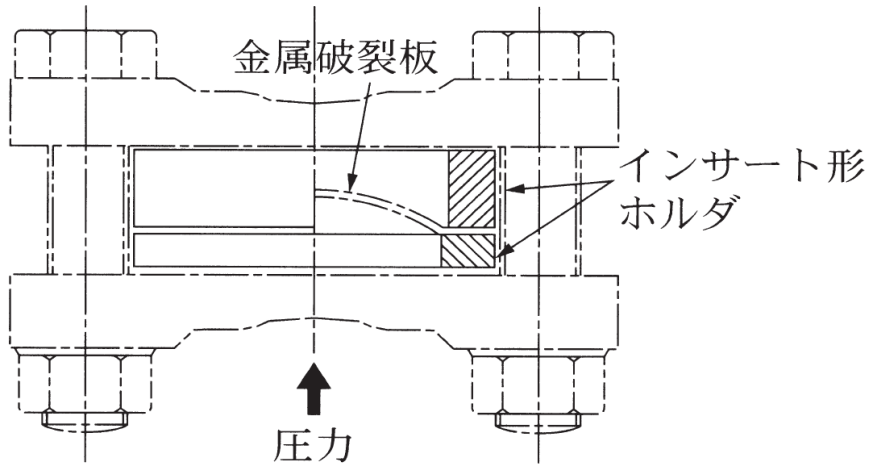
2.2.1 安全装置

a） 安全装置の種類

2） 破裂板

圧力容器、配管系、ダクトなどの密閉された設備が
過剰圧力または負圧により破損することを防止する。
過剰圧力の場合は破裂板が破裂することにより
設備内部流体を放出し圧力を下げる。
単独またはばね式安全弁や溶栓式安全弁と併用して
使用される破裂板には、金属板またはグラファイト製の
ものがあり、これをホルダで固定し、気密が保持され
設置されている。

金属破裂板の例



破裂板には、ドーム形、反転形および平板形があり、ホルダには、インサート形（カプセル形）、
全面座形、ユニオン形、スクリュー形（プラグ形）などがある。
破裂板は製作ロット毎に、決められた数を試験してその作動圧力を確認する措置などがとられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

a） 安全装置の種類

2） 破裂板

ばね式安全弁と比較した場合の破裂板の特徴は次のとおりである。

（1） 構造が単純で、吹出し抵抗が小さい。
（2） 内部圧力が設定圧力以上に上昇すると薄板が破裂し、内部圧力を降下させるまでの時間が極めて短時間であることから、異常圧力の上昇速度が速く、ばね式安全弁を取り付けることが不適当な場合に効果的である。
（3） 取扱い、点検が容易であり弁座漏れがない。
（4） 高粘性や固着性の流体に適している。
（5） プラスチックや金属ライニングなどの防食処理が容易であるため、腐食性流体に適している。
（6） 一度作動すると設備内部の圧力が降下しても吹き止まることがないので、運転を停止し、新しい破裂板と取り替える必要がある。
（7） 定期的に破裂板を交換する必要がある。その交換頻度は、形状、破裂板の材料、雰囲気の腐食性、運転温度、圧力および背圧の変動、使用破裂圧力に対する運転圧力の比率、耐クリープ性および耐疲労性ならびにその他の運転条件を考慮する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

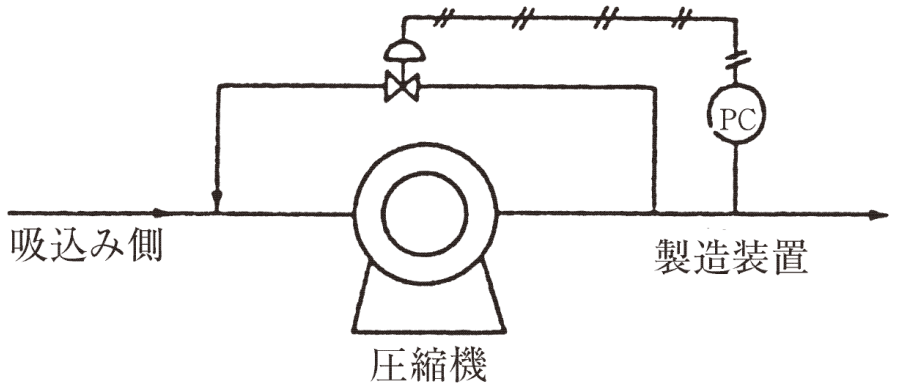
2.2.1 安全装置

a） 安全装置の種類

3） 逃し弁（relief valve）

- 一般にポンプや液体配管などに設置。
- 設定圧力になると、自動的に弁が開き、内部の流体を放出して圧力を下げる。
- 構造、機能は、ばね式安全弁と同様。

圧縮機吐出し圧力の自動制御の例



4） 自動圧力制御装置

- 設備内に流入する流体量を自動的に制御して、圧力の異常上昇を防止する設備。

5） その他

溶栓

- 規定温度以上になると可溶合金が溶融して、内部の流体を外部に放出し、破壊を防止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

b） 安全装置の選定

（1） 気体の圧力の上昇を防止する場合（反応生成物の性状などにより
ばね式安全弁を設けることが不適当な場合を除く。）は、ばね式安全弁または
自動圧力制御装置

（2） 急激な圧力の上昇のおそれのある場合または反応生成物の性状などにより
ばね式安全弁を設けることが不適当な場合は、破裂板または自動圧力制御装置

（3） ポンプおよび配管における液体の圧力の上昇を防止する場合は、
逃し弁（アンローダを含む。）、ばね式安全弁または自動圧力制御装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

c） 安全装置の設置

安全装置は、高圧ガス設備等のうち常用の圧力を相当程度異にし、
または異にするおそれのある区分ごとに設ける。

圧力区分の例

（1）圧力を上昇させ、または圧力を有する気体を発生する設備の下流部分を1つの圧力区分とする。
（例：圧縮機・ポンプの吐出し側、反応炉・分解炉の下流）

（2）減圧弁または減圧を行う設備があるときは、その低圧側を高圧側とは別の圧力区分とする。

（3）弁などで遮断される部分であって、加熱、化学反応などによって圧力上昇が予想される
部分は1つの圧力区分とする。

（4）多段式往復圧縮機においては、その各段をそれぞれ別の圧力区分とする。

（5）貯槽は1つの圧力区分とする。

（6）導管は1つの圧力区分とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

d） 安全装置の設計と用法

1） 所要吹出し量

ばね式安全弁、破裂板または逃し弁の所要吹出し量は、一般則例示基準などに定められている。

（1）液化ガスの高圧ガス設備（ポンプまたは圧縮機を除く。）にあっては、貯槽、蒸留塔などが火災などで加熱され、その内部の液化ガスが蒸発する量以上の量を1時間当たりの所要吹出し量とする。

（2）圧縮ガスの高圧ガス設備（ポンプまたは圧縮機を除く。）にあっては、導入管内の圧縮ガスの流速、ガスの密度などを用いて計算した数値を1 時間当たりの所要吹出し量とする。

（3）ポンプまたは圧縮機にあっては、1時間当たりの吐出し量を1時間当たりの所要吹出し量とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 保安装置

2.2.1 安全装置

d） 安全装置の設計と用法

ばね式安全弁・破裂板、逃し弁の規定吹出し量の算出式

（1）ばね式安全弁・破裂板

$$W = CKp_1A\sqrt{\frac{M}{ZT}} \quad \text{または} \quad W = 5580Kp_1A\sqrt{\frac{K}{K-1}\left\{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{K}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{K+1}{K}}\right\}}\sqrt{\frac{M}{ZT}}$$

W：規定吹出し量、C：定められた数値、K：吹出し係数、K：断熱指数の数値、p_1、p_2：圧力、A：吹き出し面積、M：ガスの分子量、Z：圧縮係数、T：ガスの温度

（2）逃し弁

$$W = 16100\,KA\sqrt{pG}$$

W：流出量、K：総括流出係数、A：流出面積、p：差圧、G：流体の比重

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

d） 安全装置の設計と用法

3） ばね式安全弁の取付方法

安全弁の取付けにあたっては、次の点を考慮する。

（1）目視点検が容易な位置に、弁軸を鉛直方向にして取り付ける。

（2）弁の入口配管は、異物による安全弁の作動を妨げないように、
できるだけ異物が混入しない場所から取り出す。例えば、配管の場合、配管の上側から取り出す。

（3）入口配管は、弁の呼び径と同じかそれ以上の管径とし、ポケットを設けない。

（4）入口配管での圧力損失は、できるだけ小さくする（不必要に長くしない）。

（5）ガスを大気中に放出する場合、その放出口は通路や発火源となるものに向けない。

（6）出口配管をフレアーシステムに接続する場合、出口配管にポケットや絞り部を設けず、
また出口配管での圧力損失は、規定吹出し量算出式における背圧にみ合う値以上にしない。

（7）弁を取り付ける架台は、吹出し時の反力に耐えるようにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.1 安全装置

d） 安全装置の設計と用法

4） 逃し弁

逃し弁は、吐出し配管の長さや液体の粘性に応じて逃し弁本体に加わる差圧が変わり、
逃し弁にかかわる規定吹出し量（流出量）を算出するときに影響を与えるので、
これを取り付けるにあたっては、ばね式安全弁で述べた（1）、（2）、（3）、（4）、（7）の
内容と同じくし、また、出口配管にポケットや絞り部を設けず、また出口配管での圧力損失は、
規定吹出し量算出式における背圧に見合う値以上にしないよう考慮する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

緊急遮断装置は、高圧ガス製造設備において、ガス漏えい、火災などの災害が発生した場合、この災害の拡大防止のためにこの製造設備をブロック化したり、原材料の供給を遮断するための装置であり、可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の貯槽、特殊反応設備、一定容量以上の高圧ガス設備、コンビナート製造事業所間の導管系などにそれぞれ設けることがコンビ則などに規定されている。

なお、コンビ則の適用を受ける貯槽以外の貯槽の液化ガス受入れ専用の配管にあっては、緊急遮断弁に代えて逆止弁を使用することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

1） 構成

緊急遮断装置は、遮断弁本体、遮断弁の操作部、遮断弁の開閉状態の表示部より構成されている。

（1）遮断弁本体

遮断弁は、ダイヤフラム、ピストンなどに空気圧、油圧、電気またはばね（手動）を動力として用い、弁を急速に開閉する構造になっている。なお、緊急遮断弁には、貯槽の本体に直接取り付ける内装式のものと配管に取り付ける外装式のものがある。

（2）遮断弁の操作部

動力としての空気圧、油圧または電気を供給するための設備と遮断弁を操作するためのスイッチ、レバーなどがある。

（3）遮断弁の開閉状態の表示部

遮断弁の開閉状態を識別できるように、計器室内等にシグナルランプなどで表示する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

2） 機 能

（1）作動形式

① 特定製造事業所（コンビ則適用事業所）の特殊反応設備などに設ける緊急遮断装置は、自動または計器室からの遠隔操作のいずれかで作動できるようにしておかなければならない。

② 貯槽用の緊急遮断装置は、遠隔作動できるようにしておかなければならない。遮断操作を行う場所は、貯槽の外面から5m以上（コンビ則の適用を受ける場合は10m以上）離れた位置（防液堤を設けてある場合は、その外側）であり、かつ、予想される液化ガスの大量流出に対して十分安全な位置とする。

③ コンビナート製造事業所間の導管にかかわる緊急遮断装置は、自動または遠隔操作のいずれでも作動できるようにしておくことが望ましい。

④ 地震防災遮断弁を兼ねる場合は、対象機器の重要度に応じて、地震計と連動させるなど、地震時に確実に作動できるようにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

（2）遮断特性

① 緊急遮断弁については、製造または修理時にJIS B 2003「バルブの検査通則」による弁座の漏れ検査を行うほか、取り付けられた状態のものについて、定期的に弁座漏れ検査および作動検査を行い、漏れ量が保安上支障のない量以下であること、および円滑かつ確実に開閉を行うことができる作動機能を有することを確認する必要がある。

② 遮断弁の閉止に要する時間は通常短いほどよいが、遮断弁または後述の逆止弁（逆止め弁）が急速に閉まると、そこで管内の流体の流動が阻止され、局部的に圧力上昇をもたらす（ウォータハンマ）。ウォータハンマは短距離配管ではほとんど問題にならないが、長距離配管では弁の閉止時間が短か過ぎないよう、十分に注意する必要がある。

③ 緊急遮断弁は、定期的な作動チェックや弁座漏れ検査が可能なように、設置時に配慮しておく。特に、運転中にこれらの試験を行う必要がある場合、バイパス弁や操作機構のバイパス装置を設置するが、これらは通常時に確実に閉止状態に保つよう管理する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

（3）信頼性

緊急遮断装置は、緊急時に確実に閉止できるよう、動力源（計装電源や空気）の供給信頼性や動力源喪失時の挙動などに配慮しておく。特に、地震時に確実に遮断を行う必要のある地震防災遮断弁を兼ねる場合については、弁本体や操作部などに所定の耐震性をもたせる。高圧ガスの塔槽類に接続する配管、内容積が3m^{3}以上の配管については、その地震防災上の重要度に応じて、機器本体に準じた耐震設計を行う必要がある。このときの配管の区切りとして用いられるのが地震防災遮断弁である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

3） 緊急遮断装置の設置

（1）設置箇所

① 一般則の適用を受ける可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の液化ガスの貯槽（内容積が5000L未満の貯槽を除く。）、コールド・エバポレータの貯槽、酸素の移動式製造設備の容器および特殊高圧ガスの貯蔵設備に取り付けた配管（このうち、ガスを受け入れるためのみに用いられる配管にあっては逆止弁をもって替えることができる。）。

② 液石則の適用を受ける貯槽（内容積が5000L未満のものを除く。）に取り付けた配管（このうち、液状の液化石油ガスを受け入れるためのみに用いられる配管にあっては逆止弁をもって替えることができる。）。

③ コンビ則の適用を受ける可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の液化ガスの貯槽（内容積が5000L未満の貯槽を除く。）およびコールド・エバポレータの貯槽に取り付けた配管。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

a） 緊急遮断装置

（1）設置箇所（つづき）

④ コンビ則の適用を受ける事業所の可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の高圧ガス設備（貯槽を除く。）のうち特殊反応設備またはその他の高圧ガス設備であって、当該高圧ガスに係る事故の発生が直ちに他の製造設備に波及するおそれのあるもの。

⑤ 可燃性ガス、毒性ガス（塩素を除く。）または酸素の液化ガスを充填する内容積が4000L以上の容器または高圧ガス運送自動車用容器（タンクローリの容器）。

⑥ コンビナート製造事業所間の導管で、市街地、主要河川、湖沼などを横断するもの（不活性ガスに係るものを除く）。

（2）設置上の注意事項

緊急遮断装置は貯槽元弁の外側に近接して設置し、その架台は貯槽本体と同一基礎上とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

b） 逆流防止装置

逆流防止装置とは、反応設備または消費設備内で生成された反応生成物または未反応のガスが減圧設備または容器などに逆流することを防止する装置のことであり、以下のような各種の方法などの中から当該消費設備の実状に応じて最も安全で確実な方法がとられる。

1） 逆流防止装置の設置

① 倒立U 字管を反応液面より所定の高さに設ける。
② 倒立U 字管を高くできないときは、液タンク（例えば、塩素の場合は硫酸タンク）を設ける。
③ 逆流してくる反応生成物の全量を収容しうる空槽を設ける。
④ 真空破壊弁または逆止弁を設ける。
⑤ 圧力または温度を検出して自動的に遮断する装置を設ける。
⑥ 2 段階で圧力を下げる減圧装置を設ける。ただし、この場合において常時各段階の圧力を監視すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 緊急遮断装置・逆流防止装置

b） 逆流防止装置

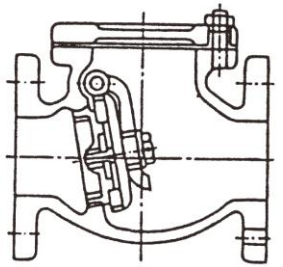
2） 逆止弁（逆止め弁）の構造

弁体が流体の背圧によって逆流を防止するように作動するバルブを逆止弁（逆止め弁、チェック弁、ノンリターン弁）といい、リフト逆止弁とスイング逆止弁のほかにボール逆止弁などがある。

（1）構造・機能

【スイング逆止弁】

弁体がちょうつがい（ヒンジ）によって弁箱に取り付けられている。
弁体は正常な流れの方向のみに開き、流体が逆流すると閉まるように作動する。
水平配管、垂直配管に用いられる。ただし、垂直配管の場合は、下から上向きに流れるように取り付ける必要がある。

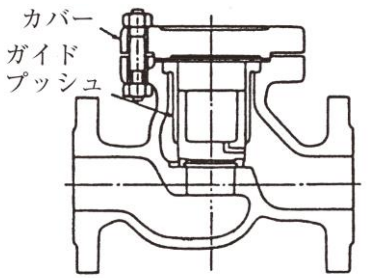


スイング逆止弁

提供：㈱キッツ

【リフト逆止弁】

弁体が弁箱またはふたに設けられたガイドによって、弁座に対して垂直に作動する。
図に示すリフト逆止弁は水平配管に設け、垂直配管などには設けられない。



リフト逆止弁

提供：㈱キッツ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.3 貯槽の負圧防止対策

大気圧付近の圧力で取り扱われる低温の液化ガス貯槽は、運転の状況によっては、貯槽圧力が大気圧以下に降下（負圧となる。）し、貯槽がつぶれることもある。このように負圧の発生が考えられるときは（プロセスの製造設備でも同様）、負圧防止対策を講じて、破壊を防止する必要がある。

一般則例示基準およびコンビ則例示基準には、可燃性ガス低温貯槽の負担を防止する措置として以下の（a）～（c）を行うことと例示されている。

（a）圧力計の設置
（b）圧力警報設備の設置
（c）その他（次のうちのいずれか1以上を設ける。）
　（1）真空安全弁
　（2）他の貯槽または施設からのガス導入配管（均圧管）
　　他の貯槽または施設が開放検査中であっても利用できるものが望ましい。
　（3）圧力と連動する緊急遮断装置を設けた冷凍制御設備
　（4）圧力と連動する緊急遮断装置を設けた送液設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.1 防消火設備

可燃性ガスなどの製造施設の防火および消火のために使用する設備。

- **防火設備**
  水噴霧装置、散水装置、放水装置（固定式放水銃、移動式放水銃、放水砲および消火栓）などをいい、火災の予防および火災による類焼を防止する設備。
- **消火設備**
  消火薬剤を放射する設備および不活性ガスなどによる拡散設備をいい、直接消火する設備。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 防災設備

2.3.1 防消火設備

a） 防消火設備

一般的に、高圧ガス製造設備におけるガス火災は、その状況にもよるが消火が困難なことがあり、消火できたとしても噴出するガスを止めない限り、再発火または大気中に漏えいしたガスによる爆発が起こりうる。したがって、ガス火災では、その火災を受けて加熱される装置を注水冷却し、装置の破壊による二次的な火災の発生を予防し、
類焼を防止することが重要である。

1） 防火設備の性能

防火設備である散水設備、固定式放水銃、移動式放水銃、放水砲、消火栓および
スチームカーテンの性能の詳細については一般則、液石則およびコンビ則関係例示
基準を参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.1 防消火設備

a） 防消火設備

2） 消火設備の性能

（1）粉末消火器は、可搬性または動力車搭載のものであって、
能力単位B－10以上のものとする。

（2）不活性ガスなどによる拡散設備は、常時、十分な量を十分な供給圧力で
供給できるものとする。

（3）建屋内の高圧ガス設備では、上記の粉末消火器に代えて不活性ガスなどによる
拡散設備を設けることができる。

3） 防火設備、消火設備の設置、防火用水供給設備

一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準、ならびに石災法適用の場合は関係指針類を参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

高圧ガスの貯槽が周辺の火災で加熱されると、その温度が上昇し内部のガスの圧力が上昇する。
液化ガス貯槽では、液化ガスが存在する液相部分の温度上昇より気相部分の温度上昇が大きくなる。

液化石油ガス貯槽の火災の事故例によれば、火災によって加熱された貯槽の頂上部が650 ℃程度にまで温度上昇したため、その材料の許容応力が低下し、貯槽は頂上部から縦に破裂し、内部の液化石油ガスが蒸気爆発を起こして、被害を一層大きくしたことが報告されている。これをブレビー（BLEVE）という。

炭素鋼の引張強さは300 ℃付近から急激に低下して、600 ℃では常温の約1/3になる。また、伸びが250 ℃付近で最も小さくなる青熱脆性という性質もある。したがって、貯槽が火災で加熱された場合に、その材料の温度をこの温度以下に保つことができれば、安全性は極めて大きくなる。

このような貯槽の温度上昇を防止するための対策としては、耐熱構造（断熱材による被覆）、または冷却装置（水噴霧装置もしくは散水装置または消火栓）の設置がある。

なお、可燃性ガス貯槽同士、または可燃性ガス貯槽と酸素貯槽の貯槽間距離を短縮する目的（コンビ則が適用されない場合に限る。）、または液化ガス貯槽の安全装置（ばね式安全弁など）の所要吹出し量を低減する目的で、貯槽に水噴霧装置を設置することもある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

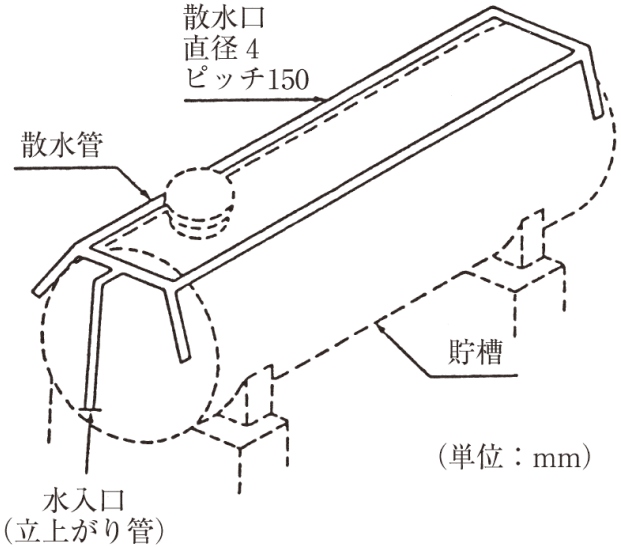
a） 液化ガス貯槽の温度上昇防止、耐熱および冷却上有効な措置（冷却用散水装置など）

1） 冷却用水噴霧装置もしくは散水装置
水噴霧装置や散水装置は固定した装置であって、
貯槽に付属する液面計、バルブなどを含む全表面に
水を放射できるものとする。水量は次による。

（1）断熱措置を講じない貯槽
貯槽の表面積 1m²当たり5L/minの割合で計算した水量以上

（2）準耐火構造貯槽
（厚さ25mm 以上のロックウールまたはこれと同等以上の
耐火性能を有する断熱材で被覆し、その外側を厚さ0.35mm以上
の亜鉛鉄板で被覆したものなど）
貯槽の表面積1m²当たり2.5L/minの割合で計算した水量以上 散水装置の冷却水の操作弁は、
火災の際も安全に操作できる位置（当該貯槽およびその支柱の外面から5m以上離す。）に設置する。

散水装置の例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

a） 液化ガス貯槽の温度上昇防止、耐熱および冷却上有効な措置（冷却用散水装置など）

2） 消火栓

当該貯槽の外面から40m以内に、貯槽に対していずれの方向からも放水できる消火栓を設ける。筒先圧力、放水能力、設置個数などは、一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準を参照のこと。

3） 支柱の温度上昇防止措置

高さ1 m 以上の支柱に対して、厚さ50 mm 以上の耐火コンクリートまたはこれと同等以上の耐火性能を有する不燃性の断熱材で被覆する。ただし、1）の水噴霧装置もしくは散水装置または 2）の消火栓を支柱に対して水を放射できるように設けた場合には、断熱材の被覆に代えることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

b） 圧縮ガス貯槽およびその支柱の温度上昇防止措置

圧縮ガスの貯槽および支柱のいずれの部分に対しても放水できるよう、
安全な場所に消火栓を設けるか、または消防ポンプ自動車を備える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

c） 液化ガスの貯槽の火災時の入熱量と水噴霧装置

貯槽に限らず、液化ガスを取り扱う設備が火災を受けた場合の安全弁などの所要吹出し量を決定するための火災入熱量は、断熱措置の有無、水噴霧装置（全表面に7L/min以上の水を噴霧するもの）または10L/min以上の水を放射する散水設備の有無に応じて、次のように算出する。

（1）断熱措置が講じられている場合（耐熱性構造）：

$$入熱量[kW] = 2.61 \cdot A^{0.82}(650 - t)\,\lambda / \sigma$$

（2）水噴霧装置または10L /（m^2・min）以上の散水設備がある場合：

$$入熱量[kW] = 42.7 \cdot A^{0.82}$$

（3）断熱措置も水噴霧装置や散水設備も設けられていない場合：

$$入熱量[kW] = 71.1 \cdot A^{0.82}$$

A＝外表面積［m^2］、t＝吹出し量決定圧力における内部温度［℃］

λ＝断熱材の熱伝導率［kW/（m・℃）］、σ＝断熱材の厚さ［m］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

d） 水源の容量

水噴霧装置等（水噴霧装置、散水装置または消火栓）は、同時に放射を必要とする最大水量を30 分間以上連続して供給できる水量を有する水源に接続されているものとする。

また、石災法適用の場合も、停電時でも送水ポンプの運転が可能であることが要求される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 冷却装置など

e） 断熱材の選定

貯槽本体に対しては、一般にロックウールなどの不燃性の無機質の被覆材が使用され、支柱に対しては、耐火断熱コンクリートの耐火被覆が施工される。
断熱材としての必要条件は次のとおりである。

（1）熱伝導率が小さいこと。
（2）吸湿性が小さく、腐食性が少ないこと。
（3）長時間の使用により老化、変形が少ないこと。
（4）設備内の流体が漏えいしても、これと反応し老化しないこと。
（5）作業性がよく、施工が容易なこと。
（6）必要な機械的強度を有し、不燃性であること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.3 火災報知設備

火災報知設備は、火災の発生を従業員その他に知らせる設備であり、例えば、感知器、発信器、受信機、音響装置・表示灯などにより構成されている（詳細は消防法参照のこと）。

a） 感知器

火災により発生した熱、煙、火炎などをキャッチして自動的に火災の発生を感知し、受信器へ信号を送るものである。これには熱感知器、煙感知器、炎感知器などがあり、目的に応じて型式を選定し、設置場所、取付位置などの決定には十分注意しなければならない。

b） 発信器

火災発見者などが手動で火災の発生を知らせるもので、押しボタン式（P型）と電話式（T型）とがあり受信機に送信するもので、屋内型と屋外型とがある。

c） 受信器

感知器、発信器からの信号や音声を直接あるいは中継器を介して受信し、火災発生現場の表示、ブザーあるいは音声で従業員などに知らせるものである。この受信器は警備室、計器室、管理室など常時人がいる場所に設置されている。最近ではガス漏れ火災警報設備もあり、この受信器に含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

検知警報設備は、種々の原理を用いてガス濃度を認識し、これを電気信号に変換し警報などを発するが、この変換部分は検知部といわれ、検知素子（検知エレメントまたはセンサともいわれる。）と呼ばれる構造体が主要構成部品である。

可燃性ガス検知部の種類

接触燃焼式、半導体式、光波干渉式、赤外線吸収式　など

毒性ガス検知部および酸素検知部の種類

定電位電解式、電量式（クーロメトリ）、隔膜イオン電極式、半導体（セラミック）式、ガルバニ電池式　など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

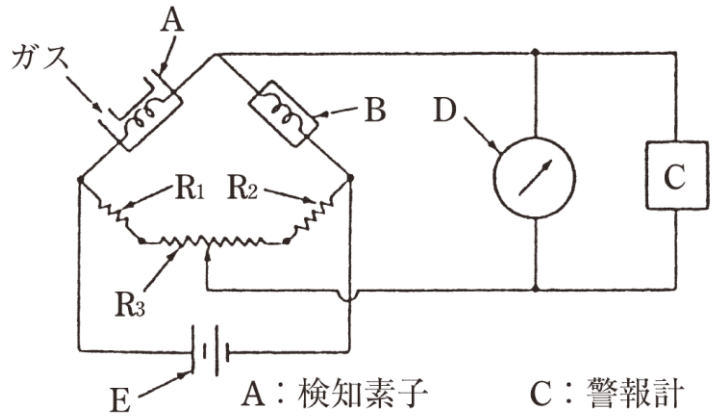
a） 検知警報設備の原理

1） 接触燃焼式

接触燃焼式は、可燃性ガスの検知に使用されるもので、白金線コイルにセラミックスをビード状に被覆し、その上に活性触媒をコーティングした検知素子と、不活性物質をコーティングした補償素子および一対の固定抵抗から構成され、ホイートストンブリッジが組まれている。

測定原理としては、可燃性ガスが存在すると、爆発下限界以下の濃度であっても、検知素子表面で接触燃焼反応が起こり、その燃焼熱によってビードの温度が上昇し、そのため白金コイルの電気抵抗値が増大することを利用している。

接触燃焼式の回路



A：検知素子　C：警報計
B：補償素子　D：指示計
R1, R2：固定抵抗　E：電　源
R3：可変抵抗

可燃性ガスの存在しない雰囲気中では、ブリッジには常時300 ～400 mAの電流が流れ、電気的平衡を保ち、電圧出力は発生しない。可燃性ガスが存在すると、白金コイルの電気抵抗値の増加により、ブリッジの電気的平衡がくずれ、電圧出力が発生する。
この出力は、ガス成分に無関係に大体一定であり、かつ、ガス濃度にほぼ比例する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

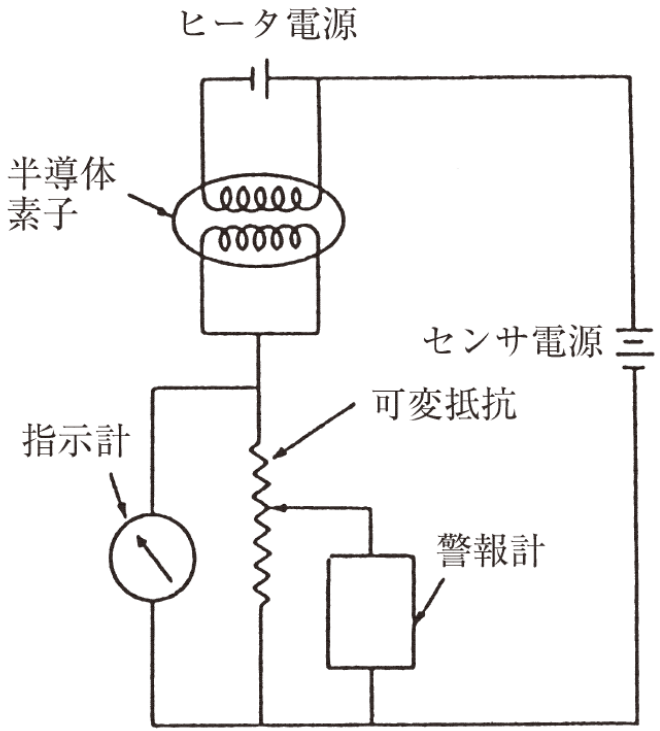
2） 半導体式（セラミック式）

半導体式は、焼結された金属酸化物の半導体（SnO_2、ZnO、NiO_2など）をヒータ電源を用いて100 ～500℃に加熱しておき、これに触れる可燃性ガスなどの濃度が増加すると、金属酸化物の電気抵抗値が、n形半導体の場合は大幅に減少し、p形半導体の場合は増加する現象を利用したものである。

可燃性ガスには、主としてSnO_2を主成分にしたn形半導体素子が使用されている。この方式では、不活性ガス以外の酸化性、還元性のいずれのガスも原理上は検知可能であるが、空気中では還元性ガスの検知に有利である。可燃性ガス、毒性ガスのほとんどすべてのガスを検知することができる。

素子の加熱は素子内に組み込んだ貴金属抵抗線によって行われ、検知素子にシリーズに接続した負荷抵抗間の電圧変化として信号を取り出す。この出力はボルト単位であり大きく、またガス濃度と出力の関係が、ほぼ対数的関係であるため、低濃度のガス検知に優れている。

半導体式の回路



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

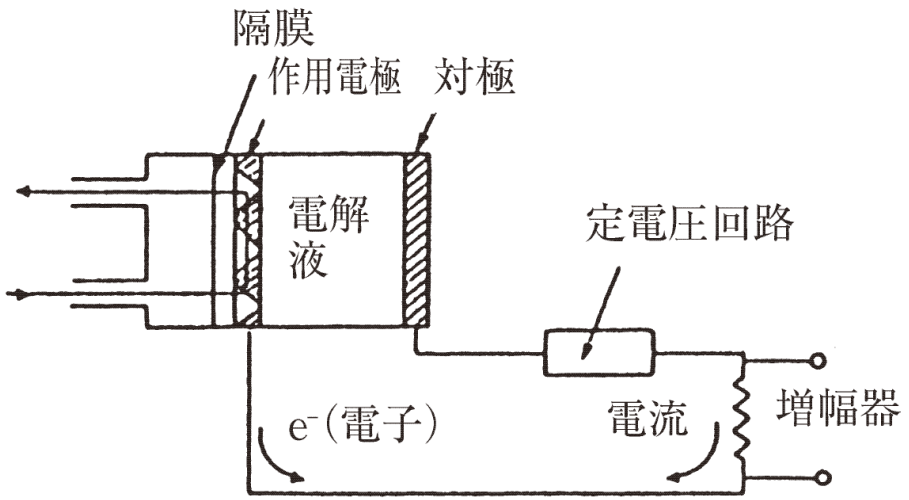
3） 定電位電解式

図に示すように、プラスチック製容器に隔膜、作用電極、対極および電解液を満たした構造になっている。

あらかじめ、この2 極間に定電圧電源によって酸化電位を与えておき、検知ガスが隔膜を通って侵入すると、作用電極と電解液の界面において酸化反応が生じ、検知ガスの濃度に対応した電子が対極に到達し、2 極間に拡散電流が流れる。

この電流はガス濃度に比例する関係がある。
一酸化炭素、硫化水素などの毒性ガスの測定に適している。

定電位電解式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

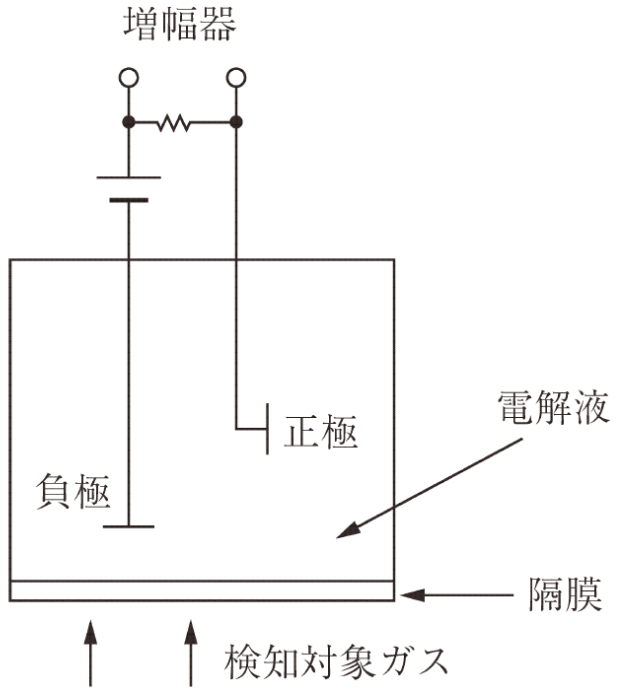
4） 電量式

図に示すように電圧を印加された電極間に溶液を満たし、
溶液とガスが反応した際に流れる電流を測定するものであり、
毒性ガスの検知に適している。

具体的には、塩素を含むガスの場合、
白金電極間に臭化物の水溶液を介在させ、
そこに塩素を含むガスを接触させると、臭化イオンの酸化、
臭素と水素の反応により電流が流れる。

この電流は電解液に溶け込む塩素の量に比例するので、
この電流を測定することによって、
塩素ガスの濃度を知ることができる。

電量式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

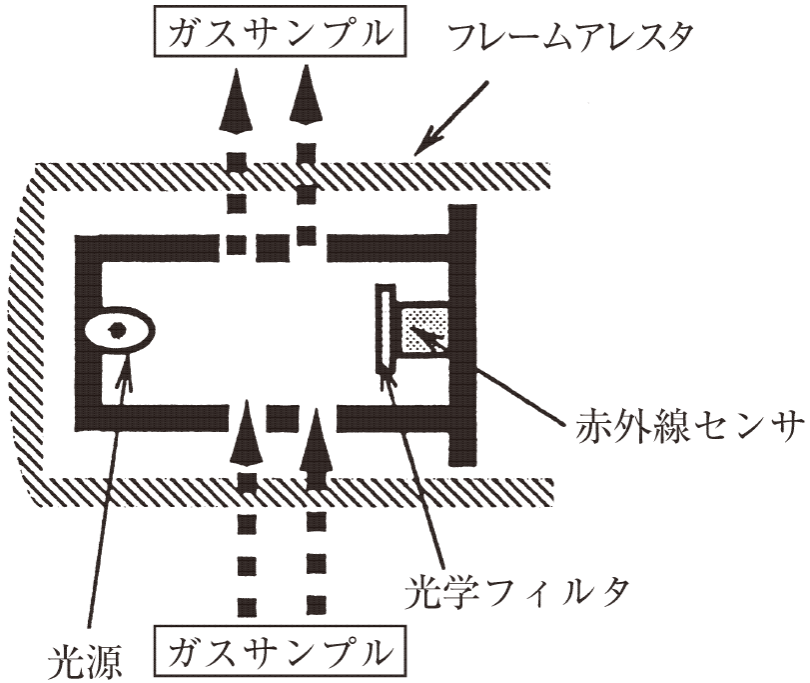
5） 赤外線式

赤外線式ガス検知器の原理は非分散型赤外線吸収法で、
図に示すように、赤外光源、赤外センサと干渉フィルタを用いて、
特定の赤外線領域における光吸収を測定する方法である。
赤外光源から発した赤外線がガスセルの中を通過し、
赤外センサに到達する際に炭化水素ガスによる赤外線吸収を
測定する構造・原理である。

赤外センサの前には、光学フィルタを取り付けて
炭化水素に吸収される赤外線の波長だけを透過させる。

したがって炭化水素と赤外線を吸収する波長が異なる
炭酸ガスなどの干渉はない。
赤外線式は接触燃焼式などに比べ、
被毒物が吸着することなどがないため感度変化をほとんど起こさない。

赤外線式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

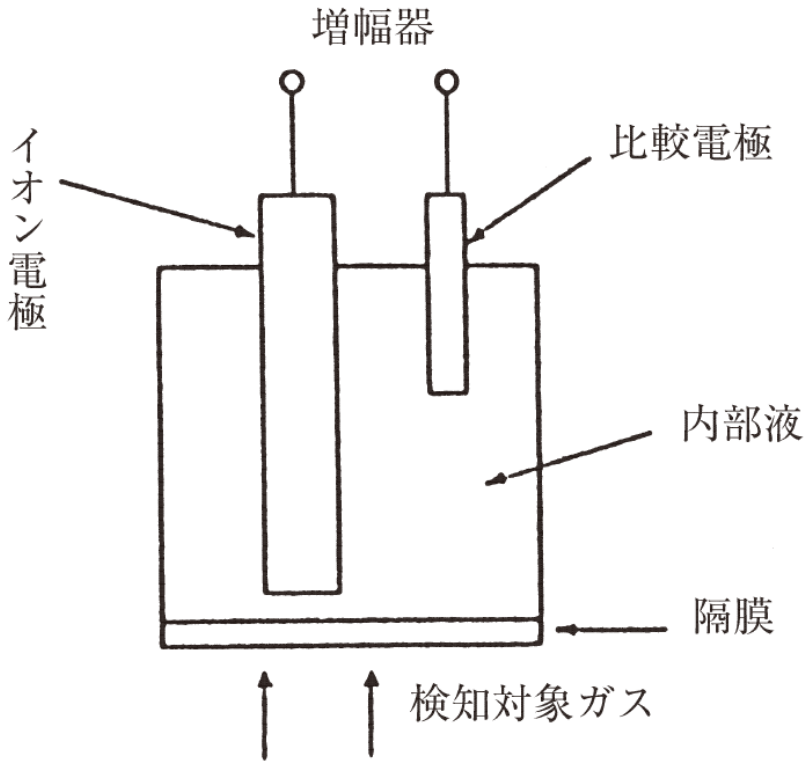
6） 隔膜イオン電極式

検知電極と比較電極を内部液とともに隔膜で
カバーしたもので、検知ガスが隔膜を透過して
内部液に溶解し、イオン化して、そのイオンが
イオン電極に作用して生ずる起電力を測定するもの
であり、毒性ガスの検知に適している。

図に示すように、内部液に吸収されたガスによって、
内部液の水素イオン濃度が変化する。

これをイオン電極と比較電極を用いて検出し、
ガス濃度を測定する。

隔膜イオン電極式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

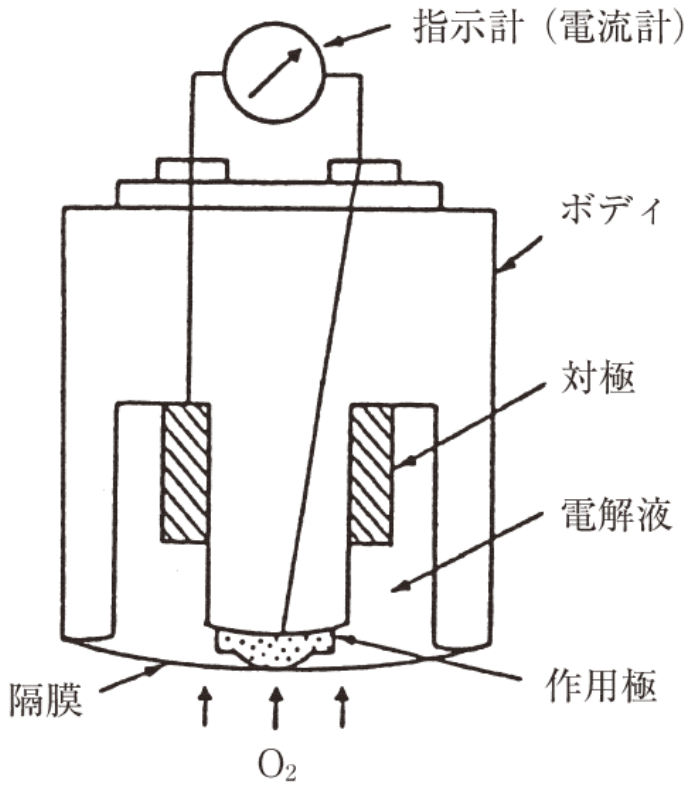
7） ガルバニ電池式

ガルバニ電池式は、図に示すように、作用極、対極、
電解液およびガス透過性隔膜より構成される。電極材質や電解液、
ガス透過膜の種類を選択することにより、
酸素をはじめ各種のガスの検知に適用される。

酸素検知の場合には、作用極に白金、金または銀のような貴金属が、
また、対極には鉛などの卑金属が用いられ、これらの電極を
電解液に浸し、作用極はガス透過性隔膜で覆ってある。

検知ガス中の酸素が電解液中へ溶解すると、
電解液中の溶存酸素濃度に比例した還元電流が発生する。
この還元電流を測定して、酸素濃度を知ることができる。

ガルバニ電池式の原理



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

a） 検知警報設備の原理

毒性ガスなどの検知器への適用例

ガスの種類		爆発下限界 [vol%]	許容濃度 [vol ppm]	目盛 [vol ppm]	適用検知器
硫化水素	H_2S	4.0	1	0～30 0～180	定電位電解式、電量式、半導体式
塩素	Cl_2	-	0.5	0～15 0～3	定電位電解式、隔膜イオン電極式、電量式、
亜硫酸ガス（二酸化硫黄）	SO_2	-	0.25※1	0～15	定電位電解式、電量式
一酸化炭素	CO	12.5	25	0～150	定電位電解式、半導体式
アクリロニトリル	CH_2=CHCN	3.0	（皮）※3 2	0～60	半導体式
二硫化炭素	CS_2	1.3	（皮）1	0～60	半導体式
ベンゼン	C_6H_6	1.3	（皮）0.5	0～75	半導体式
酸化エチレン（エチレンオキシド）	$(CH_2)_2O$	3.0	（皮）1	0～150	半導体式
アンモニア	NH_3	15	25	0～150	隔膜イオン電極式
シアン化水素	HCN	5.6	4.7※2	0～30	隔膜イオン電極式
酸素	O_2	-	-	0～50%	ガルバニ電池式

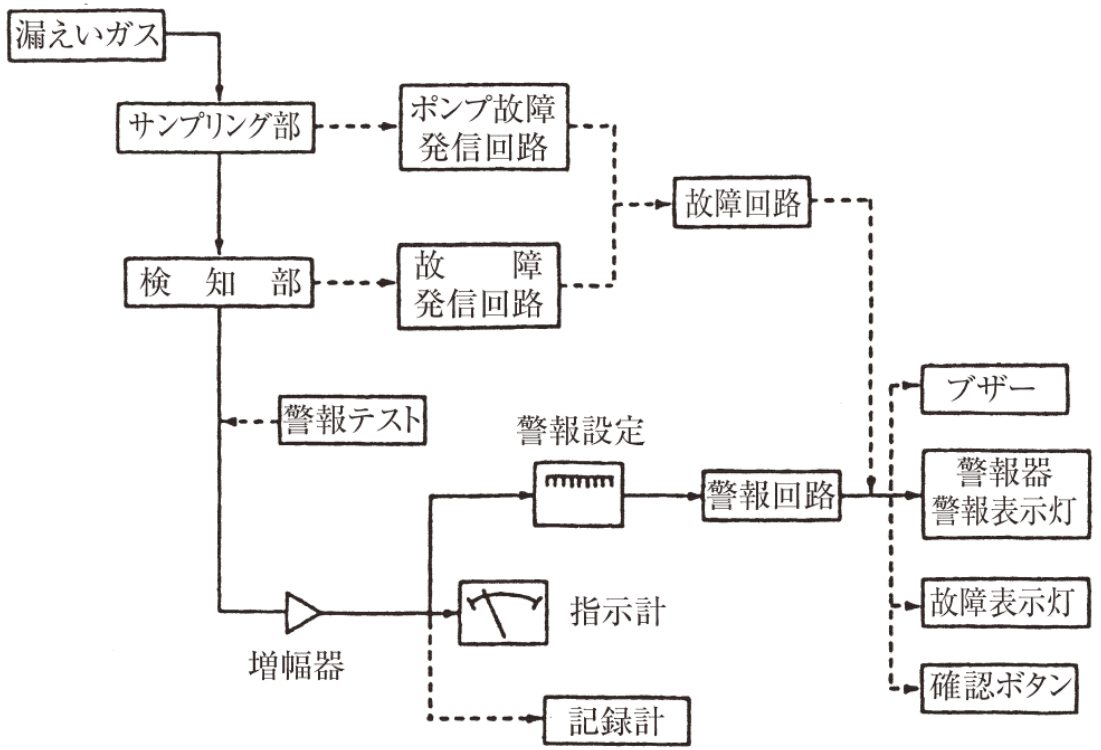
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

b） 検知警報設備の構成

1） 検知警報設備のシステム

検知警報設備は、サンプリング部、検知部、増幅部、指示・警報部、電源部などによって構成されている。



検知警報設備の構成例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

b） 検知警報設備の構成

2）サンプリング部

（1）拡散型

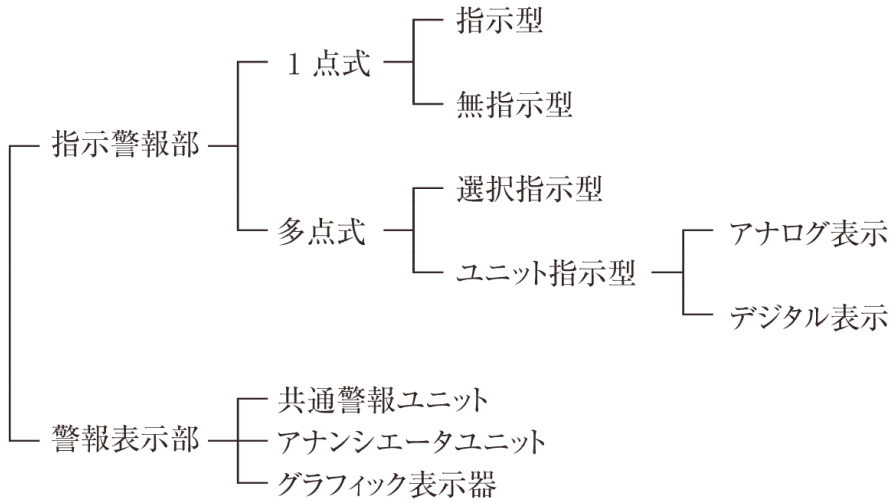
検知すべきガスが自然拡散によって検知部へ到達して検知される。この型は、検知素子と端子箱からなっており、屋外防雨、防爆構造である。屋外設置では、フレームアレスタがぬれると目が詰まり応答が遅くなる。
また、防爆構造上からも防雨ケースが必要である。

（2）吸引型

ガスがポンプなど（ダイヤフラム式モータポンプまたはエゼクタ）によって吸引されて検知される。ポンプ吸引型は、吸引機構としてダイヤフラム式モータポンプを用いたものである。エゼクタ吸引型は、空気エゼクタを使用してガスを吸引するもので、いずれも拡散型に比べ検知時間遅れが少ない。

3） 指示・警報部

指示・警報部を機能的に分類して右図に示す。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

c） 検知警報設備の機能と構造の基準（一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準より抜粋）

1）あらかじめ設定されたガス濃度（以下「警報設定値」という。）において、
自動的に警報を発するものとする。

2）警報設定値は、設置場所の周囲の雰囲気濃度において次の値とする。
また、警報設定値は任意に設定ができるものであることが必要である。

（1）可燃性ガス ：爆発下限界の1/4 以下の値
（2）酸素 ：25 %
（3）毒性ガス ：許容濃度以下の値
（ただし、アンモニア、塩素、その他これらに類する毒性ガスであって、試験用標準ガスの調製が困難なものにあっては、許容濃度の2倍の値以下）

3）警報精度、発信に至るまでの遅れ、指示計の目盛については省略する。

4）警報を発したあとは、原則として、雰囲気中のガス濃度が変化しても、警報を発信し続け、
その確認または対策を講ずることにより警報が停止するものであること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

c） 検知警報設備の機能と構造の基準（一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準より抜粋）

5）防爆性については、労働安全衛生法第44条の検定に合格したものとする。

6）2つ以上の検出端部からの警報を受信する場合、受信回路は、他が警報を発し回路が作動している場合においても、当該検知警報設備が作動すべき条件の場合は、警報を発することができ、かつ、当該場所が識別できるものとする。

7）警報は、ランプの点灯または点滅と同時に警報を発するものとする。

8）受信回路は、作動状態にあることが容易に識別できるものとする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

d） 検知警報設備の設置箇所（コンビ則関係例示基準より抜粋）

1） 検出端部の設置場所および個数（製造施設（配管を除く。）の場合）

（1）建物の中に設置されている圧縮機、ポンプ、反応設備、貯槽その他ガスが漏えいしやすい高圧ガス設備（（3）に掲げるものを除く。）が設置してある場所の周囲であって、漏えいしたガスが滞留しやすい場所
・・・これらの設備群の周囲10mにつき1個以上の割合で計算した数

（2）建物の外に設置されている前項に掲げる高圧ガス設備が他の高圧ガス設備、壁その他の構造物に接近し、またはピットなどの内部に設けられている場合、漏えいしたガスが滞留するおそれのある場所
・・・その設備群の周囲20mにつき1個以上の割合で計算した数

（3）特殊反応設備の周囲のガスの滞留しやすい場所
・・・その周囲10mにつき1個以上の割合で計算した数

（4）加熱炉などの火源を含む製造施設の周囲のガスの滞留しやすい場所
・・・その周囲20mにつき1個以上の割合で計算した数

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

d） 検知警報設備の設置箇所（コンビ則関係例示基準より抜粋）

1） 検出端部の設置場所および個数（製造施設（配管を除く。）の場合）

（5）計器室内部

・・・1個以上（漏えいしたガスが侵入するおそれがないような措置を講じた場合を除く。）

漏えいしたガスが侵入するおそれがないような措置を講じた場合とは、
原則として次のいずれかの措置をいう。

① 計器室内を外部からのガスの侵入を防ぐために必要な圧力を保持すること。
② 空気より重いガスのみに係る計器室であって入口の床面の位置を地上より2.5m以上にすること。

（6）毒性ガスの充塡用接続口1 群の周囲・・・1個以上

2） 検出端部を設置する高さ

・・・当該ガスの比重、周囲の状況、ガス設備の高さなどの条件に応じて定める。

3） 警報部を設置する場所

・・・関係者が常駐する場所であって、警報があったのち、各種の対策を講ずるのに適切な場所とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

e） 設置上の注意事項

1） 検知警報設備の設置場所については、屋外の場合、風向、風速によって影響されることが多く、その選定には注意を要する。拡散型にするか吸引型にするかについては、圧縮機、ポンプなどの場合、漏えいしやすい場所（例えば、メカニカルシール部）まで導管を引いて吸引する方法が確実である。吸引型では、応答速度30秒以内ということを考えると、1つの検出器で2箇所までが限度である。検知警報設備の検出端部の設置高さの選定については、ガスの比重、性状などを十分考慮して決めなければならない。センサは水分を嫌うので、降雨時に水に浸ったり雨しぶきやスチーム吹出しを受ける場所は避ける。

2） 不活性ガス中の可燃性ガスを接触燃焼式ガス検知部で測定する場合は、エアーミキサを取り付けて測定することが必要である。

3） マンホールやピット内の測定で、水位が大幅に変化する場合は、吸引口の位置が自動的に変わる方法を考える必要がある。

4） 警報装置には、グラフィックパネルを設け、検知部の位置をランプで表示し、しかも、アラームランプと兼用し、警報時に漏えい箇所が直ちに判別できるようにすることが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.4 ガス漏えい検知警報設備

f） 保守管理事項

1） 検知器の機能維持（標準ガスによる指示確認、応答時間、サンプリングシステム）

（1）センサの劣化（雨水、塵埃、腐食性ガス、経年劣化）
（2）応答時間のテストは検知部と指示警報部の組合せで実施

2） 指示警報部（警報動作、回路の絶縁、接続端子の緩み、その他）

（1）警報設定精度は、警報設定値に対し可燃性ガス用は±25%以下、酸素用にあっては±5%以下、毒性ガス用にあっては± 30 %以下のものであること
（2）検知警報設備（検知部+ 指示警報部）の応答時間は、警報設定値の1.6倍の濃度において、通常30秒以内であること、ただし検知警報設備の構造上、理論上これより遅れる特定のガス（アンモニア、一酸化炭素その他これらに類するガス）にあっては1分以内とする。

3） 検査の周期

（1）特殊高圧ガスにかかわる検知警報設備の指示校正は6か月に1回以上
（2）検知警報設備は、1 か月に1 回以上警報回路の検査を実施することおよび1年に1回以上検知および警報にかかわる検査を実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.5 地震検知システムと設備停止

a） 地震計の種類と特徴

1） 地震センサの分類

振子の構造や信号の変換方式の違いによる分類がある。通常の振動センサは圧電型が多く採用されているが、地震計では動電型センサとサーボ型加速度センサが主に使用される。

2） 主要地震計の種類と特徴

地震動の精密計測には、サーボ型に代表されるサイズモ系方式の地震センサが必要になるが、単に地震の大きさだけを検出することを目的とした地震計の代表的なものが落球型感震器（地震センサ）である。

地震計の種類

種　類	特　徴
サーボ型地震計	• 速度地震計、加速度地震計などがある • 有感地震など比較的強い地震動を観測する • 低周波域での特性改善された広域速度地震計として微小地震観測用もある
感震器	• 地震事象を検知するもの • 検知部は振子式、球体の落下式、磁石式、機械式などがある • 設定値以上の地震が検知されたとき、警報を発生したり、システムを停止する機能を有する • 比較的安価で簡便に防災システムが構築できる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.5 地震検知システムと設備停止

b） 地震の発生と製造施設の停止

1） 製造施設の緊急停止システム
緊急停止システムとは、インターロック機構や緊急遮断装置などにより高圧ガス製造施設を安全に停止するシステムをいう。

2） 地震計との連動停止システム
地震計との連動システムとは、地震発生時に地震計の信号より緊急停止システムが連動し、高圧ガス製造施設を停止するシステムをいう。

3） 地震計の設置は地震発生時に停止する施設の範囲と地震計の設置場所、設置個数などを検討することが必要で、以下の項目を配慮すること。

（1）地震以外の振動などの影響を受けない。
（2）対象施設の地盤の状況、基礎などの状況を把握し設置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.5 地震検知システムと設備停止

b） 地震の発生と製造施設の停止

4） 地震計との連動停止システム構築
地震発生時に連動停止のシステム全体が確実に作動することおよび運転中に誤作動しないシステムの構築が必要である。

（1）地震計の複数設置による誤停止の回避（冗長化）
（2）システムの駆動源（電源、駆動空気）の信頼性確保
（3）地震発生によるシステムの制御ケーブルなどの損傷を配慮した制御回路の設計・施工
（4）運転中に容易にシステムの機能を確認（テスト）できるシステム

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

a） 防液堤

可燃性ガス、毒性ガス、酸素の液化ガスの貯槽から万一内容物が漏えいしても、
液化ガスが貯槽の周囲の限られた範囲を超えて流出しないようにし、
被害が広範囲に拡大するのを防止する設備。

貯蔵能力500t（一般則および液石則適用は1000t）以上の可燃性ガス、
5t以上の毒性ガス、1000t 以上の酸素の各液化ガスの貯槽に設置。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

a） 防液堤

1） 容 量

貯槽の貯蔵能力に相当する容積（貯蔵能力相当容積）以上の容積を防液堤の容量とするのが原則であるが、次のように取り扱われている。

（1）防液堤の貯槽内の液化ガスが大気中に漏えいした場合の等エンタルピー膨張による気化量を貯蔵能力相当容積から差し引いた容積を防液堤の容量とする。
一般則およびコンビ則関係例示基準には、貯蔵能力相当容積に乗じて防液堤の容量を求めるための比率が示されている。比率が明記されていないものは計算によって求める。

（2）液化酸素の貯槽の場合、貯蔵能力相当容積の60 %以上の容量

（3）2 基以上の貯槽を集合防液堤内に設置する場合の容量の決定は、一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

a） 防液堤

2） 構造（一般則、液石則およびコンビ則関係例示基準より抜粋）

（1）防液堤の材料は、鉄筋コンクリート、鉄骨・鉄筋コンクリート、金属、土またはこれらの組合せによる。
（2）防液堤は液密なものであること。
（3）毒性ガスの貯槽にかかわる防液堤の高さは、防液堤内における貯槽などの保全および防災活動に支障のない範囲において、防液堤内にたまる液の表面積ができる限り小さくなるように定める。
（4）防液堤の周囲には、昇降のための階段、はしごまたは土砂の盛り上げなどによる出入口を周長50mにつき1箇所、全周については2箇所以上を分散して設ける。
（5）配管の貫通部は、間隙からの漏えい防止および防食の措置を講ずる。
（6）防液堤内の滞水を外部に排水するための措置を講ずる。排水の措置は、防液堤外において排水および遮断の操作が行えるものであり、排水時以外は閉止しておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

a） 防液堤

3） 防液堤に接近して設けてはならない設備など

貯槽に付設する機械、装置で防液堤の内側およびその外面から一定の距離以内に設けることのできるものは製造細目告示で制限されている。

また、防液堤の付近は可燃性物質、器材などの置場として利用してはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

b） スチームカーテンなど

配管に設けた多数の噴射口からスチームなどを噴出させ、スチームなどの幕を形成し、漏えいした可燃性ガスと付近の加熱炉など火気を大量に取り扱う機器とを遮断したり、漏えいした酸素ガスと付近の可燃性物質とを遮断したりする装置であり、防火設備の一種である。スチームの代わりに窒素ガス、水、空気などを使用することもある。スチームカーテンなどには次の効果がある。

（1）拡散してきた漏えいガスの流れを遮断する。
（2）スチームなどにより漏えいガスを希釈する。
（3）漏えいガスを上空へ拡散させる（上方噴射の場合）。

設置にあたっては、次の配慮が必要である。

（1）多量のスチームなどを必要とするので、例えば、ボイラ容量、他の場所の防消火のための必要量など、総合的な判断のもとに、噴射量を決定する必要がある。

（2）噴出管の設計には、気温、風速、噴出口径およびピッチを考慮し、スチームなどの噴出に伴う静電気の除去措置などの対策が必要であり、実際のテストに基づいて設置することが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.6 流動・流出および拡散を防止する設備

c） 防火壁

可燃性ガス製造設備と火気を取り扱う施設（火気を使用する場所）との間に、8m以上の距離を確保できない場合の措置の1つとして、流動防止措置がある。

その措置の例として、一般則の例示基準には、高さ2m以上の防火壁（障壁を含む。）を設け、両者の間の迂回水平距離を8 m 以上とすることにより、漏えいガスの火気使用場所への流動を防止することが示されている。

また、火気を使用する場所が不燃性の建物である場合の例として、製造設備からの水平距離が8m以内にある当該建物の開口部を防火戸または網入りガラスを使用して閉鎖し、人の出入りする開口部については二重扉を使用することが示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.7 障壁

爆発の影響が拡大するのを防止するものとして障壁がある。爆発による被害は、衝撃波、熱風、音、放射熱、火炎などが複雑に作用するものであるが、障壁を設けることによって、万一の場合の被害を軽減することができる。

1） 障壁を設置する場合（代表例）

（1）アセチレンガスの圧縮機、圧縮アセチレンガスを容器に充塡する場所、
およびその圧縮アセチレンガスの充塡容器置場のそれぞれ相互の間
（2）圧縮機と圧力10 MPa（ゲージ圧力）以上の圧縮ガスを容器に充塡する場所
またはその圧縮ガスの充塡容器置場との間
（3）容器置場の置場距離を短縮する場合
（4）容器置場の周囲2 m 以内に火気があり、または引火・発火性のものが置かれている場合

2） 障壁の構造

鉄筋コンクリート製障壁、コンクリートブロック製障壁および鋼板製障壁があり、
設置目的に応じて一般則などの関係例示基準に詳細が示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.8 危険事態発生防止装置など

コンビ則に規定される特殊反応設備には危険事態発生防止装置の設置が、また、緊急遮断装置を設置する大容量機器や特殊反応設備には緊急移送設備が、さらに、可燃性ガスもしくは毒性ガスの製造設備またはこれらの製造設備にかかる計装回路には、保安上重要な箇所にインターロック機構の設置が義務づけられている。

a） 危険事態発生防止装置

特殊反応設備は、異常反応が発生した場合または発生しつつある場合に、爆発などの災害を未然に防止し安全を確保する必要がある。そのため、製造する高圧ガスの種類、温度、圧力および特殊反応設備の態様に応じ、異常事態が発生した場合に、遠隔操作または自動的に作動する次のような装置を設ける。

（1）当該特殊反応設備に対する原材料の供給を遮断し、またはその内容物を放出するための装置
（2）不活性ガス、冷却用水または反応停止剤などを供給するための装置

なお、これらの装置のうち、最も有効な装置については、遠隔操作または自動的に作動するものでなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.8 危険事態発生防止装置など

b） 緊急移送設備

大容量の高圧ガス設備や特殊反応設備には、緊急遮断装置の設置が必要であるが、
これらの機器に異常事態が発生した場合に、当該設備内の内容物を当該設備外に緊急、
かつ、安全に移送し、処理することができる設備を設ける。

緊急移送設備に付属する処理設備は、移送した内容物を次の方法により処理するものとする。

（1）安全に燃焼させる（フレアースタックについては、次項参照）。
（2）除害したのち、安全に放出する。
（3）安全な場所に設置した貯槽などに一時的に移送する。
（4）安全に放出させる（ベントスタックについては、次項参照）。

そのほか、高圧ガスを放出または移送する場合、減圧などにより、空気が流入することを
防止する措置、配管内にドレンが滞留することを防止する措置を講ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.8 危険事態発生防止装置など

c） インターロック機構

インターロック（interlock）機構とは、適正な手順以外の手順による操作が行われることを防止し、または正常な製造条件を逸脱したとき自動的に製造設備に対する原材料などの供給を遮断するなど設備内の製造を制御する機構。

1） 設計・施工

（1）検出端、制御回路、操作端など必要に応じ冗長化を実施する。
（2）インターロック機構の駆動源（制御電源、操作空気など）は二重化などを実施し信頼性を維持するとともに、万一駆動源を喪失しても対象設備が安全に停止できる機能を有していること。
（3）温度、湿度、振動、腐食性ガスなど、設置環境を配慮した設計・施工を実施すること。

2） 保守管理

（1）検出端、設定器などの機能維持（精度、絶縁、その他）
（2）制御回路の機能維持（リレーの接触抵抗、回路の絶縁、接続端子の緩み、その他）
（3）制御ケーブルの機能維持（導通、絶縁、その他）
（4）操作端の機能維持（接液部の漏れ、作動、電気・電子部の絶縁、緩み、その他）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

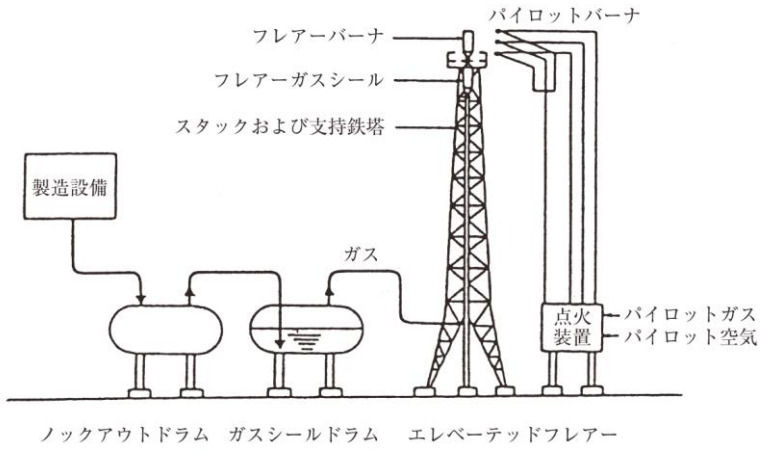
2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

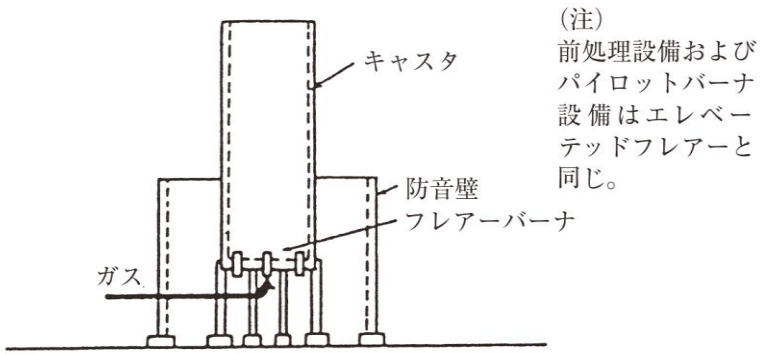
高圧ガス製造設備から排出される廃ガスは、可燃性、毒性、臭気などを有するものが多く、フレアースタック（flare stack）はこれらの廃ガス（毒性ガスの場合は燃焼により無害化されるものに限る。）を燃焼させ、安全に、かつ、環境を汚染しないように大気中に放出する目的で設置されるものである。

フレアー装置としては、高所において焼却する塔型のエレベーテッドフレアー（elevated flare）と、地上で焼却する燃焼炉式のグランドフレアー（ground flare）に大別される。

最近はエレベーテッドフレアーから発生する黒煙、明るさ、騒音などが公害として取り上げられ、これらをなくすことができる安全性の高いグランドフレアーが使用されている。



エレベーテッドフレアースタック



グランドフレアースタック

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

1） 燃焼炎の安定性

エレベーテッドフレアーの燃焼機構は通常の拡散式ガスバーナと同様である。
ガス流速がガス固有の燃焼速度に比べて過大になると火炎が吹き消えてしまい、
一方流速が燃焼速度を下回ると空気が燃焼筒内に逆流混合し逆火現象が起きる。
正常な燃焼状態では火炎が目で見える状態で、このときには、火炎はスタックの端面から浮き上がった位置で安定している。これを浮上りという。

安定燃焼のためには、噴出ガス流速が燃焼速度より大きく、かつ、ガス流速と音速との比（マッハ数）が0.2程度になるように設計することが推奨されている。浮上りと逆火の起こる流速は、燃焼速度の大きいガスほど大きい。なお、炭化水素に少量の水素を添加すると、浮上り速度の増大が逆火速度の増大よりも大きいため、火炎の安定域が広くなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

2） 黒煙発生の防止

一般に炭化水素が燃焼すると、炎の中に存在する白熱した炭素粒子のために輝度の大きな炎となるが、特に重質の炭化水素の場合や空気比が低い場合は、この炭素粒子が輝炎から放出されて黒煙となる。黒煙発生の防止方法としては次のものがある。

（1）予混合バーナ（premix burner）を使用する。
（2）スチームの吹込みを行う。
（3）小バーナを多数使用する。（multijet design）

通常は、スチーム吹込み方式が利用されている。スチームの吹込みにより空気を吸引し、空気の混合比率を上げ、燃焼効率を向上させるとともに、水性ガス反応を利用して黒煙の抑制および火炎の長さの減少を図るものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

3） 逆火防止

フレアー装置の逆火現象が上流側に波及すると、これにつながるプラントが危険な状態になるため、消火や着火遅れのないよう考慮する。逆火防止には、ドライシール、水封（シールドラム）および不活性ガスによるパージ設備などの方法が利用される。

このほかに、フレームアレスタによる方法もあるが、金網などを利用しているので詰まりを生じやすいため、その適用は、ガスが腐食性でなく、乾燥していて、凝縮性のガスが含まれていない場合に限定される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

4） 騒音の防止

黒煙発生防止のためのスチーム放出の際に、高周波の騒音が発生する。
通常は、スチームノズル部にマフラを設置して騒音防止を図っている。

一方、低周波の騒音も問題となることがある。これは脈動燃焼と呼ばれる現象で、
ガスシールドラム内のシールヘッドの形状不良や吹込みスチーム量の過多などにより、
火炎が息つぎを起こし、低周波の騒音（振動）を発生するものである。
防止方法としては、ガスシールドラム内のシールヘッド部の形状を鋸刃型から
パンチングホール型に変更すること、黒煙を生じない程度でスチーム量を調節するなどが
必要である。

最近では、ガス流量に見合ったスチーム量を自動的に調節するシステムが用いられるように
なってきている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

5） 放射熱

コンビ則例示基準では人体に対する許容放射熱量は、4.65 kW/m^2 とされており、地上でこれを超える放射熱を受ける部分は立入り禁止の措置をとる必要がある。

設備に対しては、通常その設備位置の直下の地表面での放射熱がそれぞれの許容値以下になるような高さにする。

一般に、放射熱の発生熱源と周囲の物体（人体）との距離は、最小距離をl［m］、廃ガスの放射係数をF、放出ガスの総発熱量をQ［kW］、許容放射熱量をK[kW/m^2]とすると、l は次式で与えられる。

$$l = \sqrt{FQ/(4\pi K)}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

a） フレアースタック

6） パイロットの燃焼ガス系統

パイロットバーナへの燃焼用ガスの供給は、確実性の高いことが必要である。

製造プロセスから燃焼ガスを供給している場合には、このガスの供給が断たれることもありうるから、バックアップする燃料を確保できるようにしておき、常用の燃焼用ガスの圧力が低下した場合にも、バックアップガスが供給できるように配慮することが要求される。

燃焼ガスとしては、低カロリーの廃ガスや燃焼特性の悪いものは避けるべきである。

また、パイロットバーナは消してはならないので、吹消え防止と自動点火装置の機能が完全に維持されるよう管理する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

b） ベントスタック（コンビ則関係例示基準より抜粋）

1） 緊急用ベントスタック

可燃性ガスは（1）、（3）～（6）（毒性を有する場合（1）～（6））、
毒性ガスは（2）、（3）、（5）、（6）が適用される。

（1） 可燃性ガスのベントスタックの高さは、放出されたガスの着地濃度が爆発下限界未満になるような十分な高さとする。
（2） 毒性ガスのベントスタックからの放出は、コンビ則関係例示基準「30.除害のための措置（アルシン等を除く。）」に基づいて行う。この場合、放出されたガスの着地濃度が許容濃度以下となるように行なう。
（3） ベントスタックの放出口の位置は、作業員が定常作業を行うために必要な場所および作業員が通常通行する場所の直下またはこれらの場所から10 m 以内の範囲にないようにする。
（4） 可燃性ガスのベントスタックには、静電気または落雷などによる着火を防止する措置を講ずるものとし、万一着火した場合においても、直ちに消火することができる措置を講ずる。
（5） ベントスタックまたはそのベントスタックにかかわる配管内には、ドレンの滞留を防止するための措置を講ずる。
（6） 液化ガスが同伴して放出され、または急冷されるおそれのあるベントスタックには、当該ベントスタックにかかわる高圧ガス設備に近接して気液分離器を設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

b） ベントスタック（コンビ則関係例示基準より抜粋）

2） その他のベントスタック

（1）可燃性ガスのベントスタックの高さは、着地濃度が爆発下限界未満になるような十分な高さとする
この場合、毒性を有するガスにあっては、除害した後に放出する。

（2）ベントスタックの放出口の位置は、作業員が定常作業を行うために必要な場所および作業員が
通常通行する場所の直下またはその5m以内の範囲にないようにする。

（3）可燃性ガスのベントスタックには、静電気または落雷などにより着火した場合、
直ちに消火することができる措置を講ずる。

（4）ベントスタックまたはそのベントスタックに係る配管内には、ドレンの滞留を防止するための
措置を講ずる。

（5）液化ガスが同伴して放出され、または急冷されるおそれのあるベントスタックには、
液化ガスが同伴することのないような措置を講ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.9 フレアースタック、ベントスタック

b） ベントスタック（コンビ則関係例示基準より抜粋）

2） その他のベントスタック

API（American Petroleum Institute、米国石油学会）によれば、
ベントスタックから放出するガス流速が音速以下で、152m/s以上であれば、
静止空気中へ放出されたガスは直ちに乱流域に入り、空気で希釈され安全域（燃焼範囲外）に入るとされている。

この場合、スタック端面からX[m]の距離における可燃性ガスと空気の混合物をq_m[kg/s]、放出ガス量を$q_{m,o}$[kg/s]、スタック端の直径をD[m]とすれば、
これらの間には次の関係式が成立する。

$$q_m / q_{m,o} = 0.264\ X/D$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

a） 拡散の防止

毒性ガスの種類および設備の状況に応じて、適切な1または2以上のものを選んで行う。

（1）水溶性があり、または水により毒性が希釈されるガスにあっては、
漏えいした液化ガスを水などの溶媒によって希釈し、ガスの蒸気圧を低下させる。

（2）設備内の液化ガスまたは設備外に漏えいした液化ガスを他の貯槽または処理設備などの
安全な場所へ移送する。

（3）漏えいした液化ガスの液面を吸着剤、吸収剤、中和剤（以下、「除害剤」という。）または
気泡性液体もしくは浮遊小球などによって覆い、液化ガスの蒸発気化をできるだけ少なくする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

a） 拡散の防止（つづき）

（4）不燃性の毒性ガスの製造設備などにあっては、
次の基準に適合した建物で覆うなどの措置を講ずる。

① 漏えいした液化ガスが外部に漏えいしにくい構造であって、建物の内部のガスを吸引除害する設備と接合したものであること。
② 建物を防液堤と組み合わせた場合には、建物と防液堤の接合はガスが外部に漏えいしにくい構造とすること。
③ 建物は、バルブ操作等の作業に必要な広さを有すること。
④ 建物は、その出入口を不燃性扉とし、かつ、密閉構造とすること。ただし、密閉構造とすることについては、建物内部のガスを吸引する装置を設けた場合は、この限りでない。

（5）障壁または局所排気装置などにより周辺へのガスの拡散を防止する。

（6）次のb）の除害措置を速やかに行うことによって、ガスの拡散を防止する。

（7）集液溝または防液堤によって他への流出を防止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

b） 除害措置

除害措置は、次の措置のうち、適切な1または2以上のものを選んで行う。

（1）水または吸収剤もしくは中和剤によって吸収または中和する。

（2）吸着剤によって吸着除去する。

（3）貯槽の周囲に設けた誘導溝により集液溝、ピットなどに回収された液化ガスをポンプなどの移送設備によって、安全に製造設備に返送する。

（4）アンモニアまたはシアン化水素にあっては、燃焼設備（フレアースタック、ボイラなど）で安全に燃焼させる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

c） 除害設備

（1）加圧式、動力式などによって作動することのできる除害剤散布装置または散水装置

（2）ガスを吸引し、これを除害剤と接触させる装置

前者の例としては、塩素の除害に用いられる消石灰を微粉化したものを動力
または加圧により散布する装置がある。

後者の例として、塩素の吸収塔がある。
この吸収塔には、吸収液としてカセイソーダ水溶液（濃度15%）
または石灰乳（石灰濃度80～120 kg/m^3）が用いられ、吸収塔としては、
ラシヒリングの充塡塔や吸収効率の高い特殊な棚段式吸収塔も使用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

d） 除害剤

毒性ガスの種類に応じて、
表に示すもののうちから適切な
1以上のものを同表に示す数量
以上保有する。

毒性ガス名	除外剤名	数量[kg]
塩素	カセイソーダ水溶液 炭酸ソーダ水溶液 石灰乳（消石灰）	670 870 620
ホスゲン	カセイソーダ水溶液 石灰乳（消石灰）	390 360
硫化水素	カセイソーダ水溶液 炭酸ソーダ水溶液	1140 1500
シアン化水素	カセイソーダ水溶液	250
亜硫酸ガス	カセイソーダ水溶液 炭酸ソーダ水溶液 大量の水	530 700
アンモニア	大量の水	
酸化エチレン	大量の水	
クロルメチル	大量の水	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

e） 除害作業に必要な保護具

（1）空気呼吸器、送気式マスクまたは酸素呼吸器（いずれも全面形とする。）
空気呼吸器（酸素呼吸器）は、送気式マスクに比べて行動は比較的自由であるが、
容器に充てんされている空気（酸素）量により時間的な制約を受ける。

（2）隔離式防毒マスク（全面高濃度形）
毒性ガスの濃度により吸着剤が破過するまでの時間が異なる。
特に高濃度になる場合には、使用できないことがあるので、注意する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.10 除害のための措置

e） 除害作業に必要な保護具

（3）保護手袋、保護長靴、保護衣（ゴム製または合成樹脂製）

① 保管場所
毒性ガスが漏えいするおそれのある場所に近い管理の容易な場所であって、
かつ、緊急時に毒性ガスに接することなく取り出すことができる場所とする。

② 保管方法
常に清潔かつ良好な状態に保つとともに、消耗品は定期的にまたは使用後に点検し、
更新・補充を行なう。

③ 着用者への教育および訓練
作業員に対して、保護具の機能などに関して教育を行なうとともに、保護具の装着訓練を行い、
使用方法を習熟させる。

④ 記録の保管
保護具の点検およびこれに伴う更新・補充または着用者への教育および訓練の実績は、
記録して保管する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.11 防災資機材の備蓄

a） 消防自動車

石災法・消防法により一定規模以上の石油などを貯蔵し、取り扱っている事業所は自衛消防組織を設置するとともに消防自動車を置くことが義務づけられている。

規模に応じて化学消防自動車、防災要員ならびに防災資機材を備えておかなければならない。最近では、自動化された新型の化学消防自動車が開発されており、防災要員の削減も可能となっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.11 防災資機材の備蓄

b） 防災資機材

1） 消火薬剤

泡消火原液（蛋白質系、界面活性剤系または水成膜系）は、石災法・消防法などによる規定数量以上を、
粉末消火剤は、コンビ則関係例示基準などによる規定数量以上をそれぞれ保有しなければならない。

2） 流出油処理機材

オイルフェンスは、石災法などに基づき、検定品を規定長さ以上保有しなければならない。
流出油処理剤には、低毒性の認定品を、また、流出油吸着材には、ポリプロピレン製のものなどを回収資機材と
併せて保有しておく。

3） 応急工事用資機材

災害の拡大を防止するため、応急工具一式を用意しておく。製造設備、タンクヤードの周辺には、流出防止用の砂、
土のう、シャベルなどを配置しておくことが望ましい。
また、夜間作業に備えて投光器などもできれば準備しておく。

4） 保護具など

各種保護具、空気呼吸器、携帯用ガス検知器、懐中電灯、担架、救急箱などを各職場に配備し、
常時使用可能な状態に整備しておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 用役設備

- 電力

  動力用、照明用、計装回路、制御回路など

- 蒸気

  タービン駆動、蒸留設備の加熱、熱交換器等の加熱用、スチームカーテンなど

- 水

  熱交換器などの冷却用、ボイラー用水、散水設備、消火用水、ウォータカーテンなど

- 空気

  計装用空気、作業用空気など

- 窒素

  タンク、製造装置などのシール、荷役時の窒素置換、緊急時の保安用窒素など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 用役設備

2.4.1 電気設備（非常用電源設備）

用役の中でも最も重要なものが電気の確保である。

他の用役を作るためにもその大元になるものであり、停電を防止するためにあらゆる箇所で2系統化を図っている。

例えば、コンビ則例示基準では
保安電力などとして表に示すように原則として同種のものを含み2種類以上を保有することが規定されている。

保安電力など

設備＼保安電力等	買電	自家発電	蓄電池装置	エンジン駆動発電	スチームタービン駆動発電	空気又は窒素だめ
自動制御装置	○	○	○			◎
緊急遮断装置	○	○	○			◎
散水装置	○	○	○	○	○	
防消火設備	○	○	○	○	○	
冷却水ポンプ	○	○	○	○	○	
水噴霧装置	○	○	○	○	○	
毒性ガス除害設備	○	○	○	○	○	
非常照明設備	○	○	○			
ガス漏えい検知警報設備	○	○	○			
通報設備	○	○	○			
過充填防止装置	○	○	○			◎
運転自動停止装置	○	○	○			◎
圧力リリーフ弁	○	○	○			◎
感震装置	○	○	○			
火災検知警報装置	○	○	○			
温度上昇検知警報装置	○	○	○			
蓄圧器内の圧縮水素を放出する措置に係る設備	○	○	○			

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.1 電気設備（非常用電源設備）

a） 製造施設ごとの非常用電源

常用の電源のほかに、万一の停電を想定し自主的に非常用電源を確保する。

b） 直流電源装置

常用電源、自主的保安電源が全停電の場合でも、保安上必要なインターロック設備、
非常用照明電源および異常反応または暴走反応を防止するための設備などを
30分間以上確保できる容量の直流電源装置を設置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.1 電気設備（非常用電源設備）

c） 瞬停保護対策

雷の発生時などにおける瞬時停電により必要回転機器が停止するのを防止するため遅延リレーを設置し、瞬時停電対策を実施する。

d） 計装電源の無停電電源装置設置

保安上重要な計装システムには、無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）を採用し、常用電源、保安電源が全停電の場合でも、計装電源を30分間以上確保できる容量の電源装置を設置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.1 電気設備（非常用電源設備）

e） ディーゼル発電機の設置

防消火設備にあたる消火用水ポンプ、散水装置などを有事の際に必ず確保できるようディーゼル発電機を設置する。この場合、日頃からのディーゼル発電機の保守管理をしっかり行っておくことが重要である。
なお、停電時の電源確保を30分間以上とあるのは、安全に製造装置を停止するために必要な最低限の時間であり、各装置ごとに必要な時間を決めておくことが望ましい。
コンビ則関係例示基準には次のように規定されている。

（1）停電などにより設備の機能が失われないための措置とは、停電などの場合、製造設備、消費設備の保安を維持し、安全に停止するために必要な容量を備えた電力または空気などをいう（以下保安電力などという）。

（2）保安電力などは停電などにより製造設備、消費設備の機能が失われることのないよう、直ちに、これに切り替えることができる方式とし、保安の確保に必要な設備に対して同種のものを含み2以上のもの（通常時に使用する電力などを含む。）を保有する措置を講ずるものとする。

（3）保安電力などはその機能を定期的に検査し、使用する場合は支障のないようにしておくものとする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.2 用水設備

水は工業用水として受け入れ、プロセス冷却用として多く利用されている。また、水処理設備を通してボイラ給水用としても使用されている。一方、防災面としては、各機器の散水設備、ウォータカーテン、防消火用水などに重要な役割をもっている。工業用水の代わりに海水を使用しているところもある。

散水設備は、主に支柱などの温度の上昇を防止するための冷却用、ガスまたは炎の遮断を目的とする設備である。また、ウォータカーテンは、熱放射防止、ガスの侵入防止および水溶性毒ガスの除害を目的として使用される設備である。

コンビ則では、可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の製造をする特定製造事業所に対し、災害の未然防止、または災害時の迅速なる対処の観点からすべての製造施設が危険な状態になったときであっても、災害を発生させることなく安全な状態に移行できるように、所定の防消火設備を作動させるに必要な量を常時保有することになっている。

なお、コンビ則関係例示基準に、防消火設備の作動のための水量の供給設備は、他の設備の事故による被害によって機能を失うことのないように安全な位置に設置するとともに、停電時においてもその機能を保持するための保安電力などを保有しておかなければならないと示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.3 空気供給設備

計装用空気は、空気式計器の情報伝達用、空気式調節弁などの作動用に使用されており、製造施設の制御のために非常に重要である。

計装用空気は、清浄な乾燥した空気が必要である。油分、水分などの混入による空気式計器の故障を回避し、計装用空気の質の確保およびその供給の安定を図るため、次のような配慮が必要である。

(1) 計装用空気に油が混入しないように、無給油タイプのスクリュー圧縮機を採用する。
また、脱湿器を用いて、計装用空気の露点を最低気温より10 ℃以上低い値に保つことが大切である。

(2) 計装用空気を使用している各プラントの入口配管には、メインフィルタを設けるとともに、個々の計装用計器の空気取入口配管に個別フィルタを設ける。また、メインフィルタ以降は、亜鉛引き鋼管などを採用し異物が混入しないようにする。

(3) エアーレシーバを設置し、空気圧力の脈動緩衝、凝縮水の除去を行う。また、万一大元の計装用空気が停止した場合には、施設を安全に停止できるだけの必要な時間において空気貯蔵の役割をもたせることが重要である。

(4) 計装用空気圧縮機は、蒸気タービン駆動やモータ駆動などがある。常用の圧縮機の駆動源が喪失した場合に備え他の駆動源をもつ自動起動の予備機をもつことは、安定供給を確保する1つの方法である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.4 不活性ガス供給設備

窒素ガスなどの不活性ガスは、可燃性流体を取り扱う製造装置の運転停止時・開始時、
または修理工事時のガス置換用、酸化しやすい物質を保有する機器・貯槽の加圧シール用および
可燃性流体貯槽の負圧防止用などに使用されている。

窒素などの不活性ガスまたはスチームは、製造事業所のすべての製造施設が危険な状態となり
応急の措置を講ずる事態になったときを想定し、そのとき必要となる量とその圧力を考慮して常時保有するか、
供給を確実に受けるための措置を講じておくことが重要である。

また、必要量の算出にあたっては、全製造施設を同時にガス置換するために必要な数量を基礎に、
緊急時の必要量の時間的変化を考慮して行うことが必要である。

なお、コンビ則例示基準などに不活性ガスまたはスチームの供給設備は、他の設備の事故による被害に
よって、機能を失うことのないように安全な位置に設置するとともに、停電時においてもその機能を保持する
ための保安電力を保有しておかなければならないと示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4.5 蒸気設備

蒸気（水蒸気）は、スチームタービンの動力用や、プロセス加熱用に欠かせないものであるが、防災面ではスチームカーテンとして使用される。

スチームカーテンは、スチームを噴出させてスチームの幕を張り、ガスの侵入の遮断およびスチームによるガス濃度の希釈を図る設備である。

また、バーナなどのスチームアトマイジングやフレアースタックの黒煙防止などにも利用されている。スチームの確保についての法的根拠は上記不活性ガスの項と同じである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

3.1 組織・基準類

3.2 製造設備の定常運転

3.3 誤操作防止

3.4 漏えいの防止

3.5 緊急措置

3.6 運転操作ミスによる事故例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.1 組織

a） 運転管理組織

高圧ガス製造設備の運転は生産活動の基本であり、生産にかかわる各階層の管理者（職制の長）は、事業所長を保安統括者とし、ラインとして保安技術管理者、保安主任者、保安係員およびスタッフとして保安企画推進員が生産活動の組織と対応するよう適切に配置され、かつ、法定管理者の責任権限が支障なく機能し、指揮命令系統が明確に確保されていなければならない。

そして、高圧ガスの保安確保について事業所長が積極的な姿勢をもち、その姿勢が従業員のすべてに浸透しており、高圧ガスの保安確保に重要な部門である運転、保全（設備）および保安管理部門は、それぞれ独立していて、おのおのの意見、施策が他部門に反映されるよう運用することが重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.1 組織

b） 各種会議および委員会など

上記三部門は、定期的に会議などを開き、保安確保に関して実質的な討議を行い、
その結果を運転管理全般に活用することが肝要である。

そのほか、事業所における生産技術（設備の新・増設または改造の検討（安全審査）事項、
事故などの諸対策事項を含む。）、安全点検・監査、教育推進に関する諸会議および
安全衛生に関して事業所長の諮問を受けて答申し、もしくは意見を具申する
安全・衛生委員会をはじめ、職場における安全推進のための諸会議などが適切に運用され、
高圧ガスの保安確保に寄与する体制が確立していることも重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.2 規程・基準類

a） 規程・基準類

高圧ガスを安全に製造するためには、製造施設を与えられた条件で適正に運転しなければならない。適正な運転を行うための1つの方法として運転操作の標準化がある。標準化した方法を運転操作基準として成文化することにより、作業内容の正確な伝達や作業方法の統一化が図れ、作業の範囲・責任の所在が明確になり、安全の確保に役立たせることができる。そのほかに作業方法の改善、技術の伝承・保存、的確な教育・訓練の実施などの目的を達成することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.2 規程・基準類

b） 作業標準化の必要性

高圧ガスの製造に携わる者の責務は、製造設備を安全に運転し、品質の優れた製品を安定して製造することにある。製造設備の運転に際し操作する人間が判断や操作を誤れば所定の品質、生産量が確保できないばかりか、場合によっては大きな事故や災害を引き起こすことにもなりかねない。

この意味から、運転基準類は、運転員の判断、操作において、定常的、普遍的に操作されるものは可能な限り普遍化、標準化を行い、個人差により発生する操作上のばらつきをなくし、適正な操業を推持し、事故などの防止を図ることを目的として制定する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

a） 運転技術基準

記述すべき項目、内容。

（1）物性

… 物理的性質、化学的性質、人体に対する有害性、環境影響、取扱い上の注意事項など

（2）物質収支

… プロセスごとの各種物質の移動の状態、プロセス全体の物質収支

（3）熱収支

… プロセスごとの温度、圧力、熱量など、プロセス全体の熱収支

（4）設備配置

… 製造施設全体配置、機器・装置、構造物の名称または略号、番号

（5）機器の構造機能など

… 主要諸元および能力、機能、内部構造の概要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

a） 運転技術基準（つづき）

（6）計装系統図
… 全工程図および部分（細部）工程図に次の事項を記載した系統図機器などと配管の連絡系統図、配管の口径・等級およびバルブ類とそのタグナンバー、保温（冷）の断熱措置、計装設備、保安設備の位置

（7）設備などの使用条件
… 機器・装置の構造の概要および諸元、材料の特性と使用許容範囲

（8）保安・防災設備など
… 保安設備および防災設備の概要、保護具・緊急用具の機能、配備場所、使用方法、点検方法など、救急措置方法および取扱い物質ごとの救急方法

（9）製品などの規格と管理
… 製品（中間生成物を含む。）の規格とその管理限界、原材料の受入れ規格限界

（10）関係法規
… 高圧法はじめ関連する保安法規類

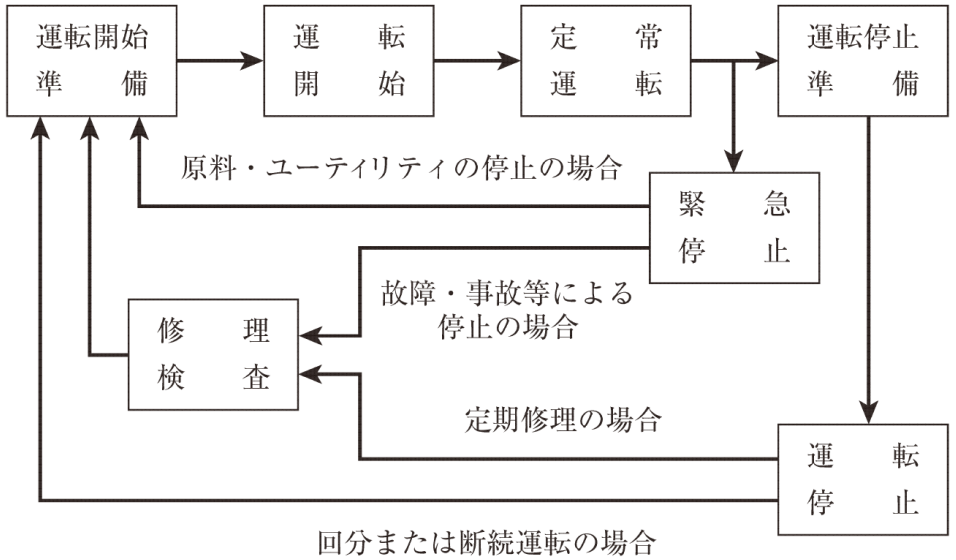
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

b） 運転操作基準

運転操作基準は、運転開始準備、運転開始、定常運転、緊急停止、運転停止準備、および運転停止操作の各操作に関し、作業手順と方法、操作管理限界、操作（作業）範囲などを明示し、さらに、おのおのの操作について運転管理組織のどの職位が指示し、誰が実施するかの指揮命令系統ならびに責任を明確にしておくものである。

1）運転開始準備
2）運転開始
3）定常運転
4）減量運転（ロードダウン）
5）不調時の措置
6）緊急停止
7）運転停止準備
8）運転停止操作



運転操作のサイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

c） 標準運転操作基準

装置全般にかかる運転操作以外の機器単体および単位作業の操作手順についておのおの基準を作成する。

（1）単位機器操作基準

各機器の仕様書、構造図、起動・停止操作手順、使用許容範囲

（2）単位作業操作基準

バルブの開閉、荷受け（払い）作業、ドレン（ベント）のブローと回収、ストレーナの切替え作業などの単位作業ならびに分析、サンプリング、測定などの手順、方法、評価と判定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

d） 緊急措置基準

1） 責任権限の所在の明確化

（1）緊急停止発令の判断基準、発令者
（2）連絡すべき事項、連絡先、連絡方法および連絡者
（3）緊急操作は必要最低限とし、手順、方法、操作範囲および関連操作がある場合は連絡事項

2） 処置、処理

（1）異常時のインターロック（シャットダウン条件と回路の構成、調節弁の作動原理など）
（2）製造設備を安全な状態で停止するための必要最低限の操作手順、方法
（3）高圧ガスなどの漏えい（漏えい後の火災・爆発を含む。）時は、漏えい箇所前後の絶縁操作、系内のパージ、不活性ガスを導入する手順、操作方法
（4）漏えい、火災・爆発発生時の初期消火および連絡通報
（5）緊急作業に必要な者以外の避難、時期、通路、場所、方向
（6）地震発生時などの緊急時の措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 運転基準類の内容

e） その他の基準

作業の安全基準、特殊作業基準、現場試験基準なども運転基準類の中に含まれるが、これらの基準の種類および内容については、あらかじめ系統的な検討を加えて整合性のあるものとし、各基準が高圧ガス製造設備の保安確保に的確に機能するよう作成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.4 運転基準の作成方法

a） 作成者など

一般に新設プラントの場合は、建設グループの技術スタッフが原案を作成し、
運転担当のグループ、経験者などと検討のうえ成案を作成し、製造課長などが決定し、
事業所長の承認をもって制定する。

運転基準類は理論ばかりではなく実績・経験のほかに類似プロセス、機器・装置の
過去におけるトラブル・事故例などを幅広く調査し、その原因と対策のデータを
組み入れることが重要なため、運転に関して広い知識と経験を有する者が作成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.4 運転基準の作成方法

b） 作成方式

（1）記述方式

この方式は、運転・操作の順序を項目立てて説明しているので、相当に分厚い基準書となり、熟読すればよく理解できる。運転技術基準書のように、工程図や設備の図面などと併用してプロセスを説明する場合に適している。

（2）フローチャート方式

この方式は記述事項が少ないが、複雑な操作手順が視覚的に理解できるところに最大の特徴がある。連続しておよび多数の操作を行う場合、判断を要する操作を行う場合に適している。

（3）箇条書き方式

この方式は、フローチャート方式より若干記述が多くボリュームが増えるため、複雑な操作はわかりにくくなる面もあるが、習熟すれば使いよい面が多い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.5 運転基準の運用と改訂

a） 運転基準の運用

運転基準の重要度に応じて配布範囲を定め、
配布後は基準内容の教育・訓練を行い、周知・徹底を図る。

b） 運転基準の改訂

1） 運転基準の管理責任者
運転基準の管理責任者を指定し、見直し、改訂の手続き、保管などの業務を行わせる。

2） 運転基準の改訂
改訂案の作成または提案、検討、承認、改訂後の実施手続きなどは規程類管理規程に則り実施する。この場合、関係する他の運転基準の該当する箇所との整合性を保つよう関係する基準も見直しを行い、また、改訂案の検討は、運転員を含めた委員会方式で行うのが重要である。なお、改訂の際には、改訂の理由または経過（沿革）を付記する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.5 運転基準の運用と改訂

b） 運転基準の改訂（つづき）

3） 時期

既存の設備などには変更がなくとも毎年1回以上定期的に見直しを行い、その結果、運転基準に変更の必要がある場合および設備、運転方法などに変更がある場合には、遅滞なく改訂する。改訂が急を要する場合には、指示書または掲示などによって対応し、実施の実績を加えて早い機会に改訂案を作成し手続きに則り改訂する。

4） 改訂後の徹底など

改訂後の周知徹底の方法（教育、訓練を含む。）を教育・訓練に関する規程類の中で規定しておき、教育の場を設け、徹底を図る。改訂後は運転員の意見を聴取し、評価し、以後の改訂の参考にすることが大切である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.1 製造設備の運転開始

a) 運転開始準備

1) 関係者打合せ会の開催
2) 運転開始指示書の発行
3) 運転要員の手配
4) 必要資材の手配と投入
5) 装置の点検
6) 気密試験の実施
7) 系内の置換
8) 各種ユーティリティの受入れ
9) 保安、防災用具の整備
10) 環境整備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.1 製造設備の運転開始

b） 運転開始

1） 原料ガス導入
原料ガスを装置に導入するにあたり、前もって原料ガスを指定された方法により分析し、その組成が基準値を満足していることを確認する。

2） 運転開始
運転操作基準に則り、定められた手順に従い、逐次原料ガスなどを導入し、所定の温度、圧力、流量などを確保する。

3） 現場の巡回
運転開始時には、現場の巡回の頻度を多くして、ガスや液の漏えい、振動の発生、過熱（冷）、ユーティリティの供給状態などの異常の有無に注意する。

4） 起動時における異常事態発生の対策
昇温、昇圧過程においては、その速度に注意を払い、過剰操作にならないように操作することが大切である。温度、圧力の過上昇、過降下、薬液の循環不調などの異常の早期発見に努め、これらの異常が生じたときは、定められた処置方法に従って速やかに処置をとる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

a） 定常運転中の操作

（1）温度、圧力、流量、液面などの運転諸元が管理限界内にあることを確認する。

（2）運転諸元の変動の早期発見に努め、偏差がある場合には正常に復帰させる操作を行う。

（3）現場の巡回・点検を行い、設備・機器に異常のないことを確認するほか、定時的な作業を行う。

b） 減量運転（ロードダウン）

原料や製品の需給事情あるいは電力事情などにより減量運転を行う場合は、機器の性能やプロセスの特性に応じた運転方法（ダウンスピードを含む。）を確立しておき、それに従って操作する。減量運転では、運転諸元の変動を注意深く監視して対応することが大切である。

c） 不調時の措置

（1）不調の原因が操作の不良によるものか、設備・機器の不調によるものかを判断する。

（2）操作不良によって起こった異常の場合は、温度、圧力または流量の関係を確認して正常に復帰する操作を行う。

（3）設備・機器が不調の場合には、予備機への切替えなどの操作を行い、運転継続の可否を判断する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常

1） 回転機器などの振動、異音の発生

ガス圧縮機などの回転機器は、多数の部品で組み立ててあり、正常な状態にあっても機械特有の音を出しながら稼働している。このうち部品のいずれかに欠陥があれば振動、異音が発生する。
機器構成部品に異常がなくとも、遠心圧縮機のサージング、遠心ポンプのキャビテーションの発生により振動、異音が発生する。 また、配管でも内部流体の流動と共振を起こして振動することがある。

2） 配管における流路閉塞

流体成分のいずれかが氷結、凝固または析出したり、含有される固形成分または不純物が
流速の減少で沈着したり、流体成分が反応して固形物を生成するなど固体が配管内に蓄積して
流路を閉塞することがある。
稀ではあるが設備内部に人為的に残置されたウエスなどによる閉塞の危険もある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常（つづき）

3） 塔の運転中に発生する異常

① 飛沫同伴（エントレインメント）	塔内の蒸気速度が速くなると、液滴が蒸気に同伴して上のトレイまで到達する現象で、トレイの段効率低下の原因となる。
② 溢汪現象（フラッディング）	塔内の蒸気速度がさらに増加すると、トレイ上の泡沫層が高くなり飛沫同伴量が増大して、ついには降下液が上段に運ばれる現象で、この場合は、精製が行われず物質収支が合わなくなり、塔底液引抜量が減少して運転が困難となる。
③ 脈　動（パルセーション）	塔のトレイ上の液（段液）の液深が深い場合あるいは蒸気量が少ない場合、蒸気がトレイから断続的に吹き出すため、液面が脈動する現象である。この場合も段効率が低下する。
④ ブローイング	塔の液量が少ない場合あるいは段液の液深が浅い場合、蒸気によって液が吹き飛ばされる現象で、多孔板トレイの場合をブローイングという。溢汪現象、脈動と同様に段効率は低下し、物質収支も合わなくなる。
⑤ ダンピングとウィーピング	塔の蒸気量が減少すると、トレイの蒸気上昇用の開口部から段液が漏れて下降する現象で、多孔板トレイでの激しい液降下をダンピング、軽度の液降下をウィーピングという。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常（つづき）

4） 加熱炉、反応器に起きる異常

加熱炉において、加熱管の一部がロングフレームにより過熱されたり、スケールが沈着して伝熱が阻害されるとその部分は過熱状態となり、周囲より輝度が大きくなるためホットスポットと呼ばれる。ホットスポットができると強度が低下して破壊するおそれが生ずる。また、反応器においては、触媒などが不均一に充填されると、反応器内を反応流体が不均一に流れ、その流れの状態により、局部的に反応が進行してその反応熱によりホットスポットを生ずることがあり、場合によっては異常反応が起こる危険がある。
一般に触媒を充填した反応器などでは、原料などの供給過剰があると反応が制御限界を超えて暴走する危険があり、アンモニア合成など反応熱が発生する設備は「特殊反応設備」として原料の供給停止、冷却、放出の操作その他の保安措置を義務づけている。

5） 遠心圧縮機に起きる異常

遠心圧縮機においては、流量が低下したり、吐出し圧力が上昇するサージングが起こり、
運転が困難になる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常 （つづき）

6） ポンプに起きる異常

ポンプの空引き現象とは、所定の揚程、流量に達せず、ハンチング（不安定な脈動）を起こす現象である。これはケーシング内に液が満たされず、気体が溜まったときに起こる

① 液温が沸点に近いかまたは沸点以上で液が気化した場合

② 吸込み側においてストレーナの詰まり、バルブの開度不十分、または液面が低下した場合など吸込み圧力が低下し、液から分離したガス、もしくは負圧状態で空気が配管内部に漏れ込んだ場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常 （つづき）

7） 低温液化ガス貯槽に起きる異常

LNG（液化天然ガス）貯槽の場合、密度の小さい（温度の高い）LNG が残留していて、そこへ密度の大きい（温度が低い）LNG を下部から静かに注入すると、この密度の異なる LNG は上下2液層に分化し安定な境界面をつくる。

貯槽の壁面を通して熱の侵入があると、上下液層内のそれぞれに自然対流が発生して、液層の界面を通して熱・物質の移動が起こる。さらに、上層のLNG 表面から蒸発が起こって温度が低下し、密度差が小さくなると、下層の対流の壁面に沿う上昇流れの上層への侵入が大きくなり、2液層が上下反転する、あるいは急激な混合にいたることがある。

これをロールオーバという。超低温液体でこの現象が起きると急激な蒸発を起こし、大量のガスを発生させることになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 運転中の操作など

d） 運転中に起こりうる異常（つづき）

8） 霜着き

低温装置などの外表面に空気中の水蒸気が凝縮し氷結して霜状に付着する現象を霜着きという。

これは、装置内部の低温のガスまたは液化ガスの漏えい、バルブの内漏れなどで装置が異常に低温になったり、あるいは低温装置の断熱不良などにより起こることがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 日常点検

a） 日常点検の準備

（1）保全、保安部門などの関係部門と打合せを行い、十分検討したうえで、
点検計画を作成し、運転部門の行う日常点検の内容、範囲、方法、
頻度などを定め、責任の所在を明らかにしておく。

（2）点検計画に基づき、点検のチェックシートを作成し、運転員に教育、徹底しておく。

（3）点検結果の判断基準、処置、報告を明示しておく。

（4）点検に使用する工具、測定器具、保護具などを定めておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 日常点検

b） 点検項目と頻度

製造するガスの種類および製造設備の態様に応じて1 日1 回以上頻繁に点検する。

（1）製造設備などからの漏えい
（2）計器類の指示、警報、制御の状態
（3）製造設備などの温度、圧力、流量などの運転諸元の変動およびその傾向ならびに温度、圧力の異常上昇（降下）、流量の異常増加（減少）の有無
（4）製造設備などの外部腐食、摩耗、き裂その他の損傷の有無
（5）回転機械の振動、異常音、異常昇温の発生その他の異常の有無
（6）塔槽類、配管などの振動および異常音の有無
（7）ガス漏えい検知警報設備の作動状態
（8）貯槽の液面の指示
（9）接地接続線の断線その他の損傷の有無
（10）その他の異常の有無と措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 日常点検

c） 点検結果、異常を認めた場合の措置

1） 危険を防止する措置

① 異常を認めた設備の原因の排除
② 予備機への切替え
③ 負荷の低下
④ 異常を認めた設備または機器を含む工程を停止して行う補修
⑤ すべての工程を停止して行う補修

2） 原因の究明および対策

装置、機器などの異常により運転を停止して装置などを補修した場合は、異常の原因を究明し、適切な対策を講じて安全を確保したうえで運転を再開する。

3） 補修などの記録と活用

製造設備および機器などの点検結果、補修などの実績は、設備台帳に記録、保存するとともに、これらのデータを集約、検討し、設備の劣化傾向その他の特性を把握して、次回の点検、補修などの計画または設備の改良に活用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.4 運転停止

a） 運転停止準備

1） 運転停止のための打合せ会合開催
製造設備およびユーティリティ部門の検査、修理など保全関係の工事の手配と工期およびそれらの着手可能な日時などを勘案して定期修理計画工程表を作成する。これには原料受入れ停止、不活性ガスおよび空気置換、工事着手可能時期までの工程を記述し、これに基づいて運転停止連絡書を発行して関係者に周知徹底する。

2） 運転停止指示書の発行
運転開始の場合と同様に、運転員に対して運転停止指示書を発行する。

3） 運転要員の手配
運転開始の項に準じて手配する。

4） 必要な資器材の準備
置換用不活性ガス、仕切板、仮配管、内容物の抜取り容器、不時の排水などの処理装置などが準備されていることを確認する。その他分析用具、ガス検知器などを準備する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.4 運転停止

b） 運転停止操作

l） 停止操作の実施

①原料の供給停止
②回転機の停止
③圧力降下などのバルブ操作
④液化ガスの移送、内部ガスの放出
⑤ユーティリティ供給設備の停止
⑥工事安全確保のための措置
⑦運転停止後の点検

ⅰ）運転停止の直前における各設備の運転状況
ⅱ）運転停止後における製造設備などの内部にある残留物の状況
ⅲ）製造設備内のガス、液などの不活性ガスなどによる置換状況
ⅳ）開放する製造設備と他の製造設備などとの遮断状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.4 運転停止

b） 運転停止操作（つづき）

2） 不活性ガスなどによる置換、空気による再置換
停止操作終了後の修理工事などのため、最終的には作業者が装置内部で作業可能な状態まで空気で置換する。可燃性ガスは、不活性ガスなどで置換後空気で再置換する。
毒性ガスの場合は除害措置を行う。

3） 装置の開放、工事着手の指示
以上の操作結果を確認し、工事着手が可能な状態としたうえで着工の指示を与える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.5 貯槽、容器への高圧ガスの充塡

a） 貯槽への充塡

液化ガスの貯槽の貯蔵能力は、以下の式で規定されており、
充塡する際は液面を監視し規制値を超えないようにしなければならない。

$$W = CwV[\mathrm{kg}]$$

W：貯蔵能力［kg］
C　：0.9（低温貯槽にあっては、その内容積に対する液化ガスの貯蔵が可能な部分の容積の比の値）
w：貯槽の常用の温度における液化ガスの密度［kg/L］
V　：貯槽の内容積［L］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.5 貯槽、容器への高圧ガスの充塡

b） 容器への充塡

1） 高圧ガスを充塡する容器
容器は所定の刻印および表示がなされていることおよび容器再検査期間を経過していないものであること。その他容器の強度に影響のある損傷などのないことなどの要件を満たしたものであること。

2） 充塡してはならないガス　可燃性ガス中の酸素濃度または酸素中の可燃性ガス濃度が一定濃度を超えるガス。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.5 貯槽、容器への高圧ガスの充塡

b） 容器への充塡（つづき）

3） 充塡圧力、充塡量

（1）圧縮ガスの場合は、温度35℃（アセチレンの場合は15℃）において、その容器の最高充塡圧力（FP）以下であること。

（2）液化ガスにあっては、次式により計算した質量以下の充塡量。

$G = V/C$[kg]

G：充塡できる液化ガスの質量[kg]、V：容器の内容積[L]

C：容器則においてガスごとに定められた数値または定数

この式によって与えられた質量を超える質量を充塡することを過充塡といい、過充塡になると容器内に液が充満する温度が容器の安全装置（溶栓）が作動する温度より低くなるため、安全装置が作動せず、容器の破壊の原因となる。したがって、過充塡は絶対に避けなければならない。

（3）反応性の高い特殊高圧ガスなどは、容器内で異常反応が起きても、その圧力が容器の耐圧強度以下に止まるよう最大充塡量を定めている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.5 貯槽、容器への高圧ガスの充塡

b） 容器への充塡（つづき）

4） その他の注意事項

（1）充塡工場に戻される容器にはガスが残留している場合があるので、
不用意にバルブを開放すると予期せぬ事故を起こす危険があるため、
バルブは静かに開放する。

（2）バルブが開いたまま戻ってきた容器は、
水分が浸入して内部が腐食している危険があるので、内部を検査する。

（3）長期停滞容器は特に外観検査を念入りに行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

a） 共通事項

（1）バルブ操作に携わる運転員は、教育計画に基づき運転マニュアルなどに従った教育・訓練を受けた者であり、未熟者に対しては、十分な訓練期間を経過するまでは経験者が監督し、必要に応じて指導、助言する。

（2）運転開始など重要な操作または通常と異なる操作には、バルブチャートやバルブチェックリストなどを準備して確認しながら操作を行う。

（3）他の製造設備に影響のあるバルブの操作は、定められた事項の連絡・報告を確実に励行する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

b） 締切り用バルブの操作上の注意

流体が液体である配管のバルブを急激に閉止すると液体の慣性力が運動エネルギーに変化して配管、バルブに衝撃（水撃作用、ウォータハンマ）を与え、さらに閉止したバルブの下流側では配管内に液柱分離が起こり、背圧があると真空部に液体が逆流し、衝突力が衝撃となり、構造破壊を起こすのに十分な大きさとなるおそれがある。

衝撃の大きさは、閉止するバルブの径、その上流側の配管の長さ、流体の流速および質量にほぼ比例し、バルブの閉止時間に反比例する。下流側でも同様な衝撃力を示し、さらに背圧の影響が加算される。

液体を長い距離移送する大口径の配管は、バルブ閉止時の衝撃を定量的に把握し、締切りバルブの閉止速度を確定しておき、手動、自動を問わずこの確定速度以下で操作する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

c） 手動バルブの操作

（1）バルブ操作は、開閉操作に伴う振動、異音、漏れなどがないことを確認しながら行う。また、直近に圧力計、温度計、流量計、液面計などの計器がある場合には、その指示を見ながら操作する。

（2）バルブを操作する場合は、バルブの材質、構造および内部流体を熟知し、過大な力を加えてはならない。

（3）ハンドルまたはレバーを外して運転しているバルブを操作する場合は、所定のハンドルなどを装着して操作する。

（4）液化ガス配管のバルブ操作は、配管が液封状態にならない手順で閉止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

d） 自動バルブの操作

（1）遠隔で操作する自動バルブは、その機構、能力、特性などを十分理解したうえで操作する。

（2）操作開始時および操作中は、計器が正常に作動していることを確認して行う。

（3）緊急時に手動操作に切り替える必要のあるバルブについては、運転基準類などで明確にしておき、その規定するところに従い操作する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

e） ハンドル廻しの使用制限

1） 当該バルブの材質、構造および大きさなどに対して十分安全であることを確認した開閉に必要な標準（制限）トルクを求め、そのトルクにみ合う長さを定めたハンドル廻しまたはトルクレンチ（単能型であるもの）によって操作する。この場合、バルブにはそのバルブに適したハンドル廻しなどのサイズを標示し、ハンドル廻しなどにも所定の標示をしておくこと。

2） ハンドル廻しなどでバルブの開閉操作を行う場合は、腕の力に限って操作し、異常な姿勢または多勢の運転員によって制限トルクを超える過大な力を加えないこと。特に閉止の際の最終段階で、過大な力または衝撃を加えないこと。

3） 手または規定のハンドル廻しなどによる開閉操作が非常に硬くて困難な場合は、高温での焼付き、低温での氷結などによることが多いため、このような場合には無理な操作をせず、速やかに運転責任者に報告する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

e） ハンドル廻しの使用制限（つづき）

4） その他の注意事項

（1）バルブ操作の速度

緊急を要するバルブ以外の開閉操作は徐々に行うのが大原則である。急激なバルブ操作により流体の流量が変動すると、自動制御装置がその能力を超えて追従できず、運転上のトラブルを引き起こす。また、液体の場合は前述の水撃作用も起こる。

常温の液化ガスを常圧に近い容器へ移送する場合などは、急激なバルブ操作で噴出した液化ガスは蒸発して液温が沸点近くまで急激に低下して容器が収縮し、き裂を生ずる危険がある。

容器（ボンベ）のバルブを急激に開けると容器バルブと調整器との間の気体が断熱圧縮され、瞬間的に高温になるから、酸素の場合は油脂などの可燃物があれば容易に発火して事故を起こし、アセチレンの場合は分解爆発を起こす危険がある。したがって、バルブの操作は自動、手動を問わずその操作によって変動する状況の推移を見ながら徐々に行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.6 バルブの操作

e） ハンドル廻しの使用制限

4） その他の注意事項（つづき）

（2）作業架台の設置

バルブ操作は、操作する運転員の安全を確保し、適正な操作トルクで操作が行える作業架台などを設置して操作する。

（3）照度の確保

夜間または暗所にあっては、バルブ、配管内部流体などの標示が識別できる程度以上の照明のもとで操作する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1 誤操作の発生要因

a) ヒューマンエラー

もともと人間の特性として、ある行動・動作を行う場合には基本的に直裁的、
省力的であり、忘れる、思い込みをする、錯覚するなどのマイナスの特性や盲点をもっている。

人間は、外界の情報を認知してから、近い未来の状況を予測し希望する状態にするため、
認知した情報を判断し、意思を決定して行動するわけであるが、この過程の中に、
以下のヒューマンエラーが介入する機会を否定することはできない。

① 情報の認知エラー　……聞き違い、見間違い、見落とし
② 判断のエラー　……考え違い、思い違い
③ 意思決定のエラー　……忘れ、思い入れ
④ 行動のエラー　……言い違い、手違い

認知のエラーは判断のエラーを誘発し、さらに操作のエラーを引き起こす。
つまり、ヒューマンエラーは連鎖するので操作の前で連鎖を断ち切れば、事故は回避できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1 誤操作の発生要因

b） ヒューマンエラーの防止

最近の研究では、聴覚、視覚、触覚などによってもたらされる外界情報の覚知能力は非常に高く、これに反し脳での情報処理能力は極めて小さいが訓練や経験に支えられて相当な早さで行動するといわれている。

そこで誤操作を防止するためには、エラーのない認知、判断、意思決定、行動が肝要であり、その確保のためには、人間の特性および盲点を考慮した設備や適切な周辺環境の整備と教育・訓練が重要である。

また、人間個々の特性ばかりではなく、集団としての特性も重要で、特に職場において良好なコミュニケーションを維持することは、指示・命令の的確な伝達、相互協力・援助に役立つので職場の上下関係、同僚との関係を良好にしておくことは重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.2 信頼性の向上

a） 単調な作業

信頼性の低下、すなわち、エラーの起こしやすさは精神的、肉体的な状態、
仕事の内容や状況、時間帯によってかなり違ってくる。

自動化された化学プラントでは、計器類と対面して視覚・聴覚による監視作業が多く、
単調となりやすいので、一定時間ごとに測定値の記録や現場パトロールによる
点検作業などを行い、作業リズムに変化をもたせるなどの刺激が信頼性の向上に
有効である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.2 信頼性の向上

b） 緊急時の作業

緊急事態に直面して興奮し、パニック状態に陥るようなときには、異常な行動をして信頼性がなくなり、作業効率が極度に低下する。そのため、重要な装置には複雑な操作を必要とせず、簡単に操作できる緊急遮断装置・緊急脱圧装置・緊急停止装置などを効果的に設置することや、操作面では緊急事態においてなすべき最低限度の作業を大書きして計器室に掲示するなどの措置が望ましい。

現場においても緊急に開閉するバルブにはその旨の標示を行い、さらに次に操作すべき場所を表示するなどの措置は記憶をバックアップする方法として有効である。

また、日頃から各種のケースを想定した緊急措置訓練を重ね、緊急時にもパニックに陥ることなく確実に操作できる自信を運転員にもたせることも必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.2 信頼性の向上

c） 監視作業

自動化されたプラントの監視業務は、運転員が信頼性のある作業を長時間続けることを可能ならしめるために人間工学的対策を十分配慮し、快適な操作性を確保することが重要である。

d） 現場作業

現場作業における指差呼称は、指で操作対象を指して確認し、大きな声を出すことによって脳に刺激を与え、活性化を図ることになり誤操作（認知・確認および操作のミス）を防止し、信頼性を向上する有効な手段の1つであり、エラーの発生確率を低下させることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

a） マン・マシン・インターフェース

1） 環境の整備

コンソールの構造、例えば運転員の眼とCRTの位置・角度、机、椅子の高さ、CRT の明るさ、色彩、ディスプレイおよびキーボードの配置、グレア、部屋の照明の位置と照度、換気、騒音といった作業環境を快適に構築することも重要な要件である。

2） 情報の整備

CRTに表示される情報はプラントの規模が大きくなるとそれだけ複雑になり、いったん緊急時になると、どのような情報をどのように表示したらよいか、運転員が迅速、かつ、的確に判断できる情報はどうあるべきかということが問題となる。

ディスプレイ上の情報は、運転員の行動を決定するものであるから経験的なものであれば簡潔なデータでよく、知識を必要とするものであれば文章表現が必要となってくる。したがって、全ての運転状況や運転員に対応した決定的なディスプレイの表示方式はなく、そのプラントを運転する運転員の技術レベルに合わせ、運転員全員がミスのない操作ができるよう運転員の総意で表示内容を検討してディスプレイに反映することがもっとも重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

b） 機器の配列など

回分操作のプラントでは、運転中の反応釜と休止中の反応釜とを間違えてバルブを操作したり、ポンプの切替操作において稼働中のポンプを停止したり、身近な例ではユーティリティステーションで作業用空気と窒素を間違えて連結するといった事故が報告されている。

このようなエラーには、複数の反応釜がある場合はバルブをブロック化して配置する、塗色を変える、表示をするなどの対策、ポンプの誤操作には、ポンプとローカルスイッチを1対1で対応させて配置する、また、コネクションミスには、ユーティリティごとにサイズやコネクションタイプを変えるといった対策でエラーを避けることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

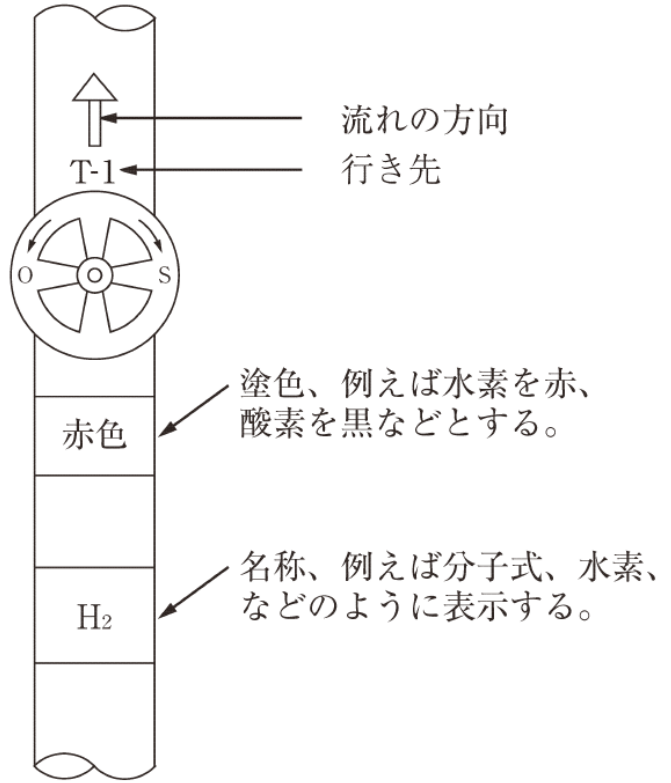
c） 表示・標識など

操作する機器などに表示・標識を行う。

例えば、機器には機番を表示し、操作バルブには
タグナンバーを付し、バルブには開閉方向を表示し、
その真近に内部流体の名称、流れ方向、行き先などを表示し、
さらにそれが常時開なのか閉なのかを表示することは
誤操作防止対策として重要な対策である。

運転中、部分修理などのため、その部分のバルブを閉止し、
または開放して、そのバルブなどに操作禁止の標示（禁札）を
取り付けることは、事故防止に有効である。

表示・標識は退色、汚損しやすいので常に見やすいよう
管理することも重要である。



流体の名称、流れ方向の表示の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

d） スイッチなどの保護

計器パネルまたはコンソールなどに設けた運転上または保安上重要なスイッチなど
（例えば緊急停止スイッチ）は誤って接触したり、操作しないようにカバーをかけ、
またはダブルアクションでなければ作動しないよう保護したり、施錠したりする。
現場においても運転上、保安上重要なバルブ、例えば安全弁の元バルブのハンドルに
施錠したり、ハンドルを外すなどの措置を施す。これらの場合にはその理由を表示しておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

e） 警報

警報は音や光を発するもので、ガス漏えい検知警報設備の警報は音と光を同時に発するものであることと規定されている。

警報音は音量、音質、高低、連続、断続で区分し、光は色彩、光量、連続、断続で区分し、これらの組合せで警報内容の軽重、対応の緊急度に対応させている。

最近のプラントでは、これらの警報を発すると同時に、合成音で対応すべき操作を指示するボイスアラームシステムの採用が増えてきている。

なお、警報の種類（異常の状態）によっては、ガス漏えい検知警報システムのように異常内容を確認するか、措置が終わるまでは発報条件から外れ正常に回復しても警報が停止しないシステムとしなければならないものもある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 設備的対策

f） 設備の安全計装

1） インターロック
2） フール・プルーフ
3） フェール・セーフ
4） 冗長化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.4 運転上の対策

a） 運転管理上の対策

（1）運転条件の変更などの徹底
重要な運転条件の変更については、書類、ミーティング、連絡会で説明し、指示を徹底する。

（2）交替引継ぎ
運転基準などに引継ぎを行うべき項目、内容を定め、その内容ごとに書類、掲示、口頭説明などの伝達方法も明確に定めておく。特に、非定常作業の引継ぎは確実に行う必要がある。また、重要事項については現場で立会いのうえ、問題点を現物で指示して、明確に申し送ることが大切である。

（3）非定常作業
非定常作業においては、関係者が協議し、安全対策、操作手順を検討、成案を文書化して運転員に徹底し、責任者を指名のうえ実施する。

b） 運転操作上の対策

（1）確認の励行
（2）基準の遵守

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.5 管理的対策

a） 誤操作防止手法の活用

b） 新入社員および配転社員に対する教育・訓練

c） 運転員の健康管理など

d） 小さな異常の報告

e） 事故例の活用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.1 漏えいの原因

a） 腐食による漏えい

b） 破壊による漏えい

c） 接続部の気密性能の低下による漏えい

d） 運転操作に起因する漏えい

e） その他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 気密性能保持の方法

a） 破壊による漏えいの例と防止対策

腐食性物質を扱う高圧ガス製造設備が腐食・減肉、鋼材の劣化などにより強度不足をきたして破壊した例には、FCC 装置で曲管がエロージョン・コロージョンで減肉して破裂した例や特殊なシール構造をもつ熱交換器でカバーの押え金具に応力が集中して破壊した例もある。また腐食に至らなくても貯槽の高張力鋼に応力腐食割れが発見された例がある。このような事例に対しては、次の対策を実施し、未然に事故を防止することが大切である。

（1）点検・検査のグレードアップ
（2）装置の適正な組立
（3）操業条件の維持
（4）研究開発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 気密性能保持の方法

b） 圧力、温度の異常上昇による破壊の例と防止対策

異常圧力上昇の例としては、真夏にCE 装置の安全弁の元バルブを含むすべてのバルブを閉切りにしたため、圧力が上昇して破裂した例がある。異常温度上昇の例としては、アクリロニトリルの水和工程で異常反応が起き高温が発生してポンプが損傷した例や、アセチレン水添装置の異常反応による反応槽の温度上昇などの例がある。

このような事故は運転操作、運転管理の不備によるもので、運転基準などの整備と遵守、特に異常反応発生時の措置を明確化するなど管理体制を強化し、原因と結果の因果関係などを運転員に熟知させることが重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 気密性能保持の方法

c） 緩みや摩耗による漏えいの例と対策

1） 緩みの対策

運転後の温度上昇の幅が大きいものは、運転開始時の昇温過程でホットボルティングを適切に実施など。

(1) フランジは互いに配管に直角で軸心に狂いがないこと。
(2) フランジ面およびガスケットの当たり面に傷や付着物がないこと。
(3) マンホールなどの大口径フランジではひずみがなく平滑であること。
(4) ガスケットの材質、形状は内容物および使用温度・圧力に応じて適切に選択すること。
(5) フランジボルトは適正なトルクで均一に締めること。
(6) 配管の振動に対しては、適切な振れ止めを施工すること。
(7) 点検、補修を適切に実施すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 気密性能保持の方法

c） 緩みや摩耗による漏えいの例と対策（つづき）

2） 摩耗の対策

（1）潤滑油の管理（質と量の確保）
（2）ピストンロッドやシャフトなどしゅう動部の摩耗しやすい部分の材質の適正な選定および摩耗状態の管理
（3）メタリックパッキンなどの材質、加工方法などの適正化
（4）パッキンの材質、形状の適切な選択
（5）点検、補修の適切な実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.3 増し締めの危険

フランジのわずかな漏れは増し締めで止まることがあるが、加圧下での増し締めは、片締めを起こし、許容応力を超える締付け力でボルトが伸び、あるいはガスケットの損傷を起こし、かえって漏えい量が増加する危険があるので、大気圧まで減圧し、ガスケット、フランジ面を点検のうえ締め付け直すことが肝要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.1 異常状態

(a) 不調 ： 正常でない乱れた状態であるが、運転を停止することなく、正常に戻しうる状態
(b) 故障 ： 設備を正常な手順により停止して、補修などの措置を要するが、人身に損傷がなく、
また、その設備以外には損害を及ぼさない状態
(c) 事故 ： 破壊、漏えい、火災または爆発が起こり緊急措置を必要とし、設備に若干の損害を生ずるが、
事業所自らの措置により、人身に損傷がなく、かつ、第三者に脅威を及ぼさない状態
(d) 災害 ： 大きい事故または自然災害などにより人身、設備などに損害を及ぼし、第三者に脅威を与え、
あるいは、外部に援助を要請するような状態

このうち、(a) 不調および (b) 故障では、運転員が早期にその兆候をつかみ、適切な対応策をとればプラントは停止に至らず、また、事故・災害を未然に防止することができる。

しかし、一般的に緊急非常事態（エマージェンシー）と呼ばれる次項の場合には、その状況に応じて、プラント停止などの緊急措置が必要であり、発災現場の運転員および事業所内の関係者が一致協力し、事故・災害による被害を最小限に止めるよう努めなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

a） 緊急に運転を停止する場合

1）原料供給停止

2）用役停止
- (1) 停電（買電・自家発電）
- (2) 計装用空気供給停止
- (3) 断水（海水・工水・循環冷却水）
- (4) スチーム供給停止
- (5) 保安用不活性ガス供給停止

3）機器・配管などの設備からの相当な量の漏えい

4）反応器の異常反応または反応の暴走

5）プラント内、近接プラントまたは自事業所内における火災・爆発

6）近隣事業所における火災などの事故・災害

7）天災
- (1) 地震・津波
- (2) 台風・高潮
- (3) 落雷その他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

運転緊急停止の要因が前述のいずれの場合であっても、現実に直面するとパニック状態に陥りやすい。運転責任者の指揮のもと、統制ある行動により迅速な措置がとれるよう運転基準などで運転責任区分、措置範囲を運転操作基準などで明確にしておくことが重要である。

1） 原料・ユーティリティの供給停止による緊急停止操作

原料などの圧力、流量を検出し、規定値以下になるとシャットダウンシーケンスが作動して緊急遮断弁などは安全側に作動して開閉し、機器なども停止手順どおりに停止する。停止後は手動バルブを確実に操作し、必要がある場合には、内容液の移送、脱圧、不活性ガス置換などを実施するほか、供給再開に備え運転開始準備操作を実施する。

自動停止システムが装備されていない製造設備では、運転基準類に従って停止させる。加熱炉の加熱管などは急激な速度で冷却すると加熱管の硬化を起こし、損傷するおそれがあるので規定の冷却速度を厳守しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

2） 漏えいまたは火災・爆発による緊急停止操作

漏えいした可燃性ガスまたは可燃性液体が発火し、火災・爆発などが発生した場合は損傷箇所の前後のバルブを閉止して孤立化させ、その系内の高圧ガスをフレアースタックまたはベントスタックに導いて放出し、不活性ガスを導入してパージするのが原則である。

可燃性ガス、毒性ガスおよび酸素の場合は、大気中に放出される量を極力減少させ、災害のポテンシャルを低下させる。この操作は迅速に行う必要があるため、通常は一定の高圧ガスなどの保有量ごとに装置をブロック化し、そのブロックごとの前後に閉止バルブ、放出バルブおよび不活性ガス導入バルブが設置されていて、緊急時には自動的に、または遠隔操作で作動するようシーケンスが組まれている。
自動化されていない場合には、手順に従いこの操作を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

3） 異常反応または反応の暴走による緊急停止操作

原料の供給および反応触媒の投入を停止するほか、反応抑制剤、希釈剤の投入、
不活性ガスの導入、冷却などの措置を行うほか、内容物をダンプタンク（緊急放出槽）などに
放出するなどの操作を行う。この操作は、シャットダウンシーケンスに組み込まれていて
自動的に操作される場合が多い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

4） 地震発生時の緊急停止操作

地震の規模または震度などに対応した点検、緊急停止などの操作を基準化しておくことが原則である。高圧ガス製造設備は耐震設計がなされているが、地震が発生した場合は次の措置を行う。なお、液面で制御するシステムがある場合、液面の揺動（スロッシング）により影響を受け、運転に支障をきたすことが予想されるので注意を要する。

（1）製造設備の点検と被害の有無の確認

地震動が発生した場合、まず身の安全を図り、地震動が収束したのち、製造設備の点検を行い、漏えいの有無を確認し、漏えいなどが発生している場合は前述2）の措置を行う。毒性ガスの製造設備では、呼吸保護具を装着し、2 人以上で実施することを原則とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

4） 地震発生時の緊急停止操作（つづき）

（2）加熱炉などの消火

可燃性ガスを製造する設備で加熱炉などがある場合は、地震動で設備が破壊され漏えいした可燃性ガスが加熱炉などの裸火により発火する危険があるので、自動手動を問わずまず加熱炉を消火する。
漏えいがある場合には、スチームカーテンを作動させる。

（3）安全停止

地震計を設置し、一定震度などで停止するシステムを採用している製造設備では、原料、ユーティリティなどが自動的に供給を停止するので、前述1）の手順に従って停止し、安全側に維持する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 緊急運転停止

b） 運転停止操作

5） その他天災による停止操作

地震以外の天災でも津波、落雷、台風およびそれに伴う高潮などが被害をもたらすと予測される場合には、天災の来襲以前に通常の停止操作により、部分または全停止操作を行い、製造設備を安全な状態（スローダウン、系内脱圧、パージなど）にしておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 防災活動

a） 連絡通報など

（1）プラント内連絡と状況の確認

漏えい、火災などを発見した者は、大声をあげて周辺にいる者に告げ、最寄りの通報設備を使用して事故の状況を計器室に報告する。発災箇所の状況確認は、極めて少数の者が注意しながら行う。

（2）事業所内連絡

計器室などから発災職場全域に向け、ページング設備など（一般則例示基準32参照）で事故発生を通報するとともに、防災センターなど事業所の中枢部に連絡する。

（3）人員の点呼・確認

連絡を受けた発災職場の運転員は、いったん計器室などに集合し、直長の人員確認の点呼および緊急操作の指示を受ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 防災活動

a） 連絡通報など（つづき）

（4）防災組織の編成

通報を受けた事業所長（所長不在のときは代行者）は、速やかに緊急対策組織の編成のため、事業所内へ通報するとともに、組織要員の招集を行い、組織を編成する。
事業所外にある者または夜間・休日などにあっては、緊急呼出しにより呼集し、
到着順に組織し、対応する。

（5）外部通報

緊急連絡系統に定める順序に従い、関係官公庁への通報、関係事業所への発災の連絡、相互応援出動要請など。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 防災活動

b） 初期消火活動

ガス火災は、いったん消火しても漏えいが続く限り、大気中で爆発性雰囲気を形成し、再発火、爆発して二次災害を引き起こす危険があるため、ごく小規模の火炎（開放空間に限る。）以外は消火してはならない。

ガス火災は、火炎の放射熱による周辺への延焼または影響を抑止するため、散水冷却を行い、並行して、漏えい量を減少させるための装置内の残ガスの放出、不活性ガスによる希釈などの操作を優先させることが重要である。

（1）初期消火

初期消火は配備してある粉末消火器などにより実施する。

（2）延焼防止など

散水冷却は、固定式散水設備を作動させるほか、消火栓からの放水、可搬式放水銃（砲）などにより効果的に行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 防災活動

c） 立入禁止

ガス漏えいなど事故の発生現場には、緊急措置を行う者以外の立入りを禁止する。
このため立入禁止区域を設定し、監視人を配置し、または表示などで設定区域への
出入りを規制するほか、直接防災活動に関係のない者は退去させるなどの措置を行う。

d） 避難

毒性ガスの漏えい時には、除害などの措置に携わる者以外の者は風上の安全な場所に
避難させる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6 運転操作ミスによる事故例

3.6.1 事故の概要

1992年8月の夜、北海道の食品工場に設置されていた液化窒素（コールドエバポレータ（CE））の貯槽（二重殻式円筒形超低温貯槽）が突然破裂した。

CEの仕様

- 最高使用圧力　9.5kg/cm^2（0.93MPa）
- 設計温度　　−196℃
- 充塡量　　7500L
- 材質　　外槽SS400、内槽SUS304

CE の破裂した食品工場

事故発生は夜間で、死傷者はなかったが、当工場は半壊し、周辺の建物25棟が損壊し、車両36台他に被害を与えた。飛散物の最大飛翔距離は、外槽上部の鏡板部破片（重さ380kg）で、約350mであった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.2 事故原因の推定

事故調査委員会の調査の結果、ばね式安全弁（設定圧力11.0 kg/cm²（1.08MPa））
および破裂板（設定圧力17.5～22.5 kg/cm²（1.72～2.21MPa））の各元弁を含めて、
すべてのバルブが閉止されていた。

これらのことから最後の定期検査が行われた1991年9月以降の何れかの時点で、
ばね式安全弁が作動し、または何らかの別の理由により元弁が人為的に閉止され、
その後、破裂板が破裂し、元弁が人為的に閉止されたものと推定された。

このような密封状態で、外部からの進入熱により液化窒素の圧力が経時的に上昇し、
内槽が破裂し、引き続き外槽も破壊に至ったものと判断された。

これを計算式を使って求めた結果、50～80日で圧力は70kg/cm²（6.9 MPa、推定破裂圧力）
程度に上昇することが推定され、内槽が破裂する可能性は十分あったと判断された。

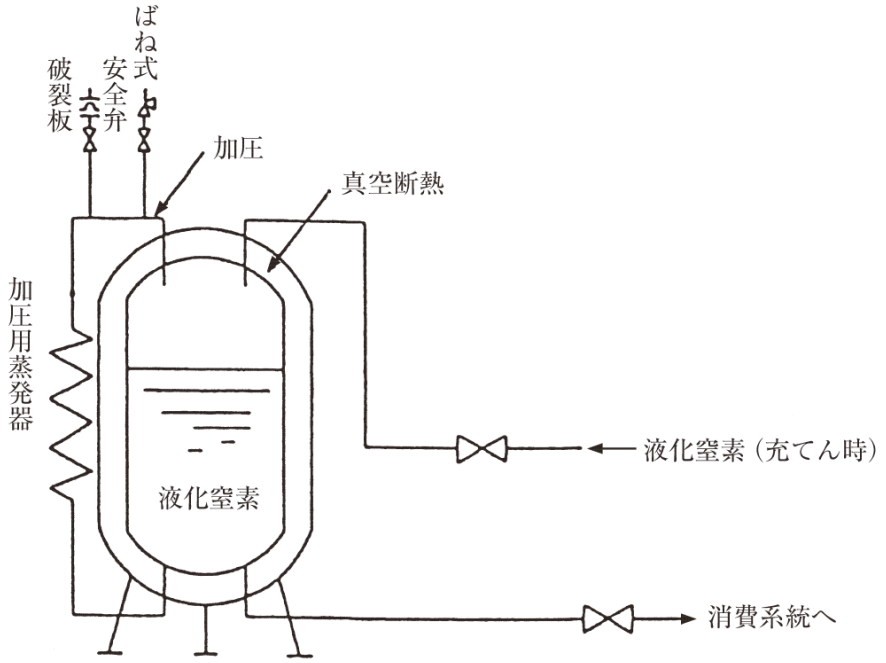
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.3 事故防止のための方策

① 安全弁、破裂板の元弁は、常時開にしておかなければならない。元弁には「常時開」などの標示を行い、元弁のハンドルを外しておくか、または封印などの処置を講じておく。

② 日常点検は、設備の使用開始時および使用終了後に異常の有無を点検するほか、1 日に1 回以上設備の状況を点検する。またその結果は必ず点検記録表に記入する。なお、点検の結果、圧力が異常に上昇しているときは、ブローするなどして圧力を降下させるための適切な処置を行う。

③ 保安にかかわる責任の所在および指揮系統を明確化するため、責任者を定める。従業員に対しては、使用するガスの知識、設備の保全管理および非常時の対応方法などの保安教育や訓練を実施し、保安意識の高揚をはかる。



CEの概念図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

4.1 組織・基準類

4.2 設備の検査

4.3 設備の診断・寿命予測

4.4 工事管理

4.5 設備管理ミスによる事故例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.1 組織体系

a） 事業所における設備管理部門の位置づけ

1） 集中設備管理体制

事業所長（工場長）の下に設備管理部門が直属し、製造部門、保全管理部門のみならず、他の生産計画などの設備運転に関連する部門を統合した組織であり、比較的小規模の事業所または1つの事業所しかない場合によくとられる管理体制であり目が行き届きやすい利点があるといわれる。

2） 分散設備管理体制

事業所またはいくつかの製造所がある場合は、本社機構の生産部門長の下に設備管理部門があり、その中で製造部門と保全管理部門が独立した部門として存在し、お互いに設備管理に寄与するような組織。全社にまたがる課題などの対応には本社機構の機能が重要になる。

3） 折衷型設備管理体制

日々の運転で必要な日常保全部門（例えば機器のバックアップの少ない機械の保全）のみを製造部門に所属させ、専門保全または大掛かりな保全部門は別組織にする組織。
この場合、保全部門のどの分野を運転部門に属させるかは、企業の規模、プロセスなどによって異なる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.1 組織体系

b） 保全管理部門の分類

（1）配置による分類

集中保全　：保全を担当する人を組織的、地理的に1 つに集めた組織
地域保全　：保全を担当する人を組織的には統合されているが配置的には地域に分散した組織
部門保全　：組織的、配置的に製造部門監督者の下に位置づけた組織
折衷型保全：集中管理されるグループと地域に配置されるグループをもった組織

（2）工学的専門技術による分類

材料、機械、電気、制御、建築、土木などに分化した組織

（3）設備管理機能による分類

計画管理、検査診断、工事管理、整備・修理などに分化した組織

これらのうち検査診断の専門的な領域は、技術の高度化・維持を勘案して本社機能として、集中して配置しておくことが多い。

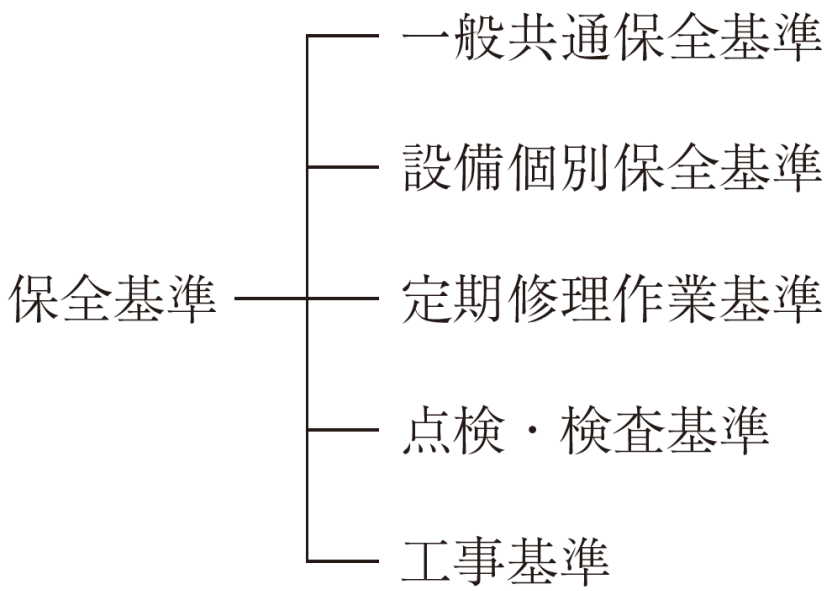
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2 規程類の整備

a） 設備管理規程

設備管理規程は、組織の運営上定められた各社の社内規程の中で、安全管理規程の中の技術管理の項に位置づけられることが多い。規程体系例によると、この設備管理規程は、設計基準と保全基準に大別される。

これらの基準は、確実な運用を図るとともに、技術の革新または設備の改造・変更などに対応できるように、改訂の手順、方法、時期および改訂後の処理などについてあらかじめ定めておき、制定、改訂後には教育により周知徹底を図ることが肝要である。



保全基準の構成例

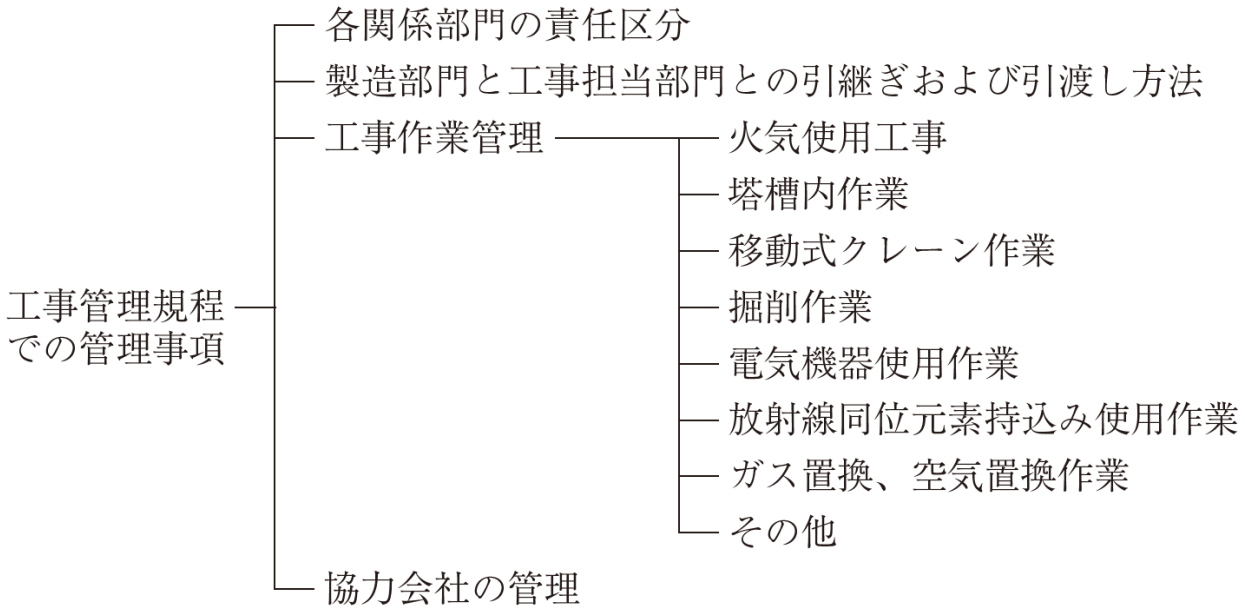
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2 規程類の整備

b） 工事管理規程

この規程は、主に保全部門における工事実施時での管理事項として次の項目を含めて整備する。下記に表記する工事作業管理のうち、火気使用工事から放射性同位元素持込み使用作業までの各項目は、事業所の保安部門を含んだ部署の許可手続きを必要とするのが一般的である。

工事管理規程の例



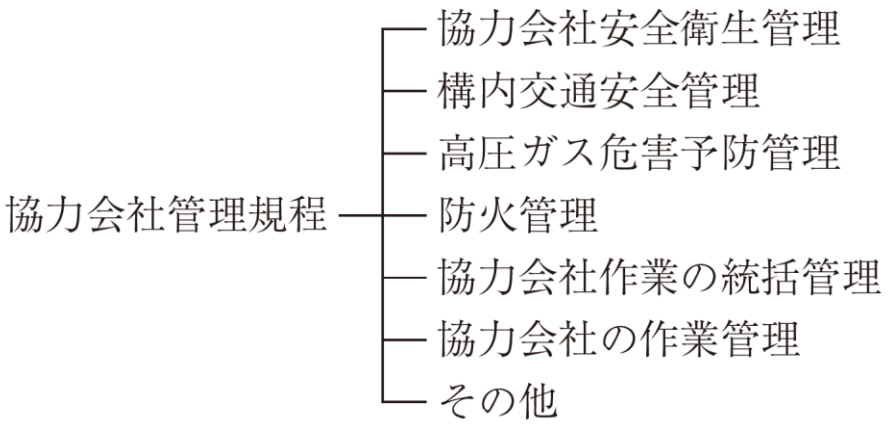
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2 規程類の整備

c） 協力会社管理規程

実際の定期修理などの作業は、専門的技術、設備・機材などをもつ構内または外部の工事事業者に委託して行うことが多い。これらの事業者は協力会社と呼ばれている。この協力会社は作業の規模、期間により構内に常駐する場合もあるし構外に事務所を設置して工事期間中のみ入構する場合もある。協力会社管理規程は、これら協力会社の従業者による作業を円滑に進め、かつ、作業の安全を確保することを目的とするもので、
一例として次の項目より構成される。

協力会社管理規程の例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

a） 対象設備の明確化

保全計画の対象とする設備と管理単位（機器単位、部品単位）を明確にする。
これは構成部品単位数が少ない塔槽・熱交換器と膨大な部品にて構成されている
制御・コンピュータなどの電子機器とで管理単位の分け方を変えたほうが管理しやすい。

b） 重要度ランクの設定

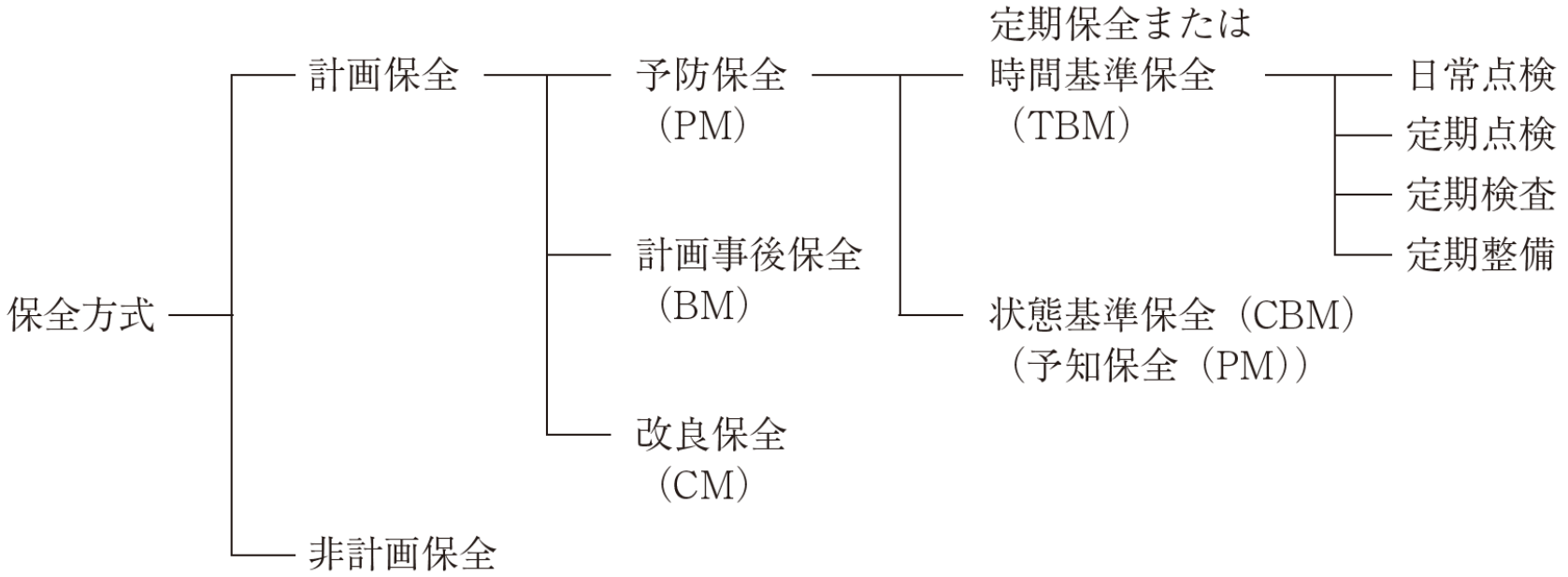
製造設備を安全性（物性、環境影響、形態、爆発等級、危険度、温度、圧力）、
生産性（品質、生産量への影響）、保全性（修復期間、予備機の有無、予備品の手配、
修復費用）などの観点により、A、B、C またはA、B、C、D などの重要ランクに分類することが
行われている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

c） 保全方式の決定

機器、部品の重要度、経済性、故障予知技術（診断技術）の有無に応じて保全方式を決める。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

c） 保全方式の決定

1） 予防保全（Preventive Maintenance ＝ PM）

設備が機能を停止するかまたは要求された性能の低下をきたす前に計画的に設備を整備し、突発故障を防止することを目的とする方式。定期保全（時間基準保全）と状態基準保全がある。

（1）定期保全（時間基準保全）（Time Based Maintenance ＝TBM）

あらかじめ定めた周期ごとに部品交換または修理を行う方式。周期は摩耗、詰まり、腐食、劣化などの要因を考慮して実績や同種設備の事例を参考に決める。
点検など周期途中の保全工数は少なくなるが、周期を安全サイドにとればオーバーメンテナンスになり、長すぎれば突発故障につながるので周期はよく検討して決めなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

c） 保全方式の決定

1） 予防保全（Preventive Maintenance = PM）

（2）状態基準保全（Condition Based Maintenance =CBM）

予知保全（Predictive Maintenance=PM）ともいい、検出技術、評価技術、設備診断技術などにより、設備の劣化傾向を連続的または定期的に監視、把握しながら設備の寿命などを予測し、次の整備の時期を決める方式。監視事象には温度、振動、詰まり（総括伝熱係数、圧力損失）、電流変化、グリース劣化度、腐食進行状況などがある。

モニタリングシステムの構築や定期的な監視のための設備・工数が必要になるが、異常の早期発見に対し信頼性が高いので、重要な設備や故障の発生と時間との相関が小さい設備に適用される。各種センサの発達やコンピュータ利用によるデータ管理技術の進歩により検出設備の信頼性向上とともに採用が増えている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

c） 保全方式の決定

2） 計画事後保全（Scheduled Breakdown Maintenance ＝ BM）

設備が故障または要求された性能の低下をきたしてから整備、修理を行うことを前提に
計画的に管理する方式。一般的には寿命まで設備を使い切るので費用は小さく、
重要度ランクの低い設備に適用される。

予防保全（PM）の導入初期においては否定された方式であるが近年は重要度に応じて
あらかじめ適用機器を決めておくことにより修繕費の効率的な配分を行うことが可能となる。

3） 改良保全（Corrective Maintenance ＝ CM）

設備の性能や健全性、保全性などを向上させる目的で設備を改善する方式。
この中には保全工事内容の対応のみならず、機器設計上の改良点を提案し、
再設計する行為も含むことがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 保全計画

d） 長期計画の作成

設備の劣化には進行が速いものと遅いものがある。一般的に塗装や、劣化の進行が遅く対象範囲が広い腐食は、更新費用も大きくなるので長期計画を立てて実施される。
また、設置後の技術進歩によって設備が陳腐化し、周囲の設備の要求する機能が不足する場合にも計画的に更新が行われる。

e） 保全カレンダーの作成

上記の保全計画と長期計画に基づいて当該年度に実施する保全活動の実施時期を操業計画と調整して年間計画を作成し、資材や工事の発注計画を立てることが行われている。

f） 発注先の選定

工事の発注先は専門技術力、経験などを評価し、信頼できる会社を選定する。
工事計画のみならず現場での工事実行段階までの技術・体制を確認する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.1 各種検査

a） 事業所の受入検査

製造メーカーから設備・機器、部品などが納入されたとき、その材質、寸法、構造などが仕様書、承認図および検査などの要求事項に適合していることを確認するのが受入検査である。
特定設備にあっては、特定設備検査合格証または特定設備基準適合証の交付を受けたものであって、その旨が表示されていること、また、認定試験者の試験にかかわるものにあっては、認定試験者試験等成績書および所定の表示がなされていることを確認する。
その他の高圧ガス設備は、事業所で耐圧試験、気密試験および必要に応じて非破壊試験を行う。

b） 社内検査

受入検査後、設備の据付けが完了すれば、一部の回転機械などにあっては配管との接続を行ったのち、試験運転を行い、また、配管のループチェック、設備全体の気密試験などを行う。

c ）都道府県知事などの完成検査

上記の社内検査が終了、合格すれば、都道府県知事などの完成検査を受け、完成検査に合格したのち、高圧ガスの製造運転を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.2 製造設備の維持管理のための検査

a） 日常検査

法で規定する使用開始・終了時および運転中の点検以外の、主として設備管理部門の検査担当者が検査用機器を用いて設備の運転中に行う検査。OSI（On Stream Inspection）といわれる。
製造設備の異常は、運転中でないと発見しにくい場合があり、定期検査のみでは、運転中の経時的変化を的確に把握できにくいので、このような短所を補うものとしてOSI の意義がある。

b） 定期検査

製造設備の維持管理のため、定期検査（修理も同時に行うことがあるので定期修理ともいわれ、高圧法では定期自主検査といわれる。）は、1 年に1 回以上行わなければならない。検査の方法などについては高圧ガス保安協会規格（KHKS）の定期自主検査指針に指針として示されている。

c） 保安検査

高圧法では第一種製造者は、都道府県知事などが1 年に1 回行う保安検査を受けなければならない。ただし、期間延長が認められているものもある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

a） 日常検査

1） 検査内容などの決定

先に定めた設備の重要度ランクに応じて検査内容や周期を定める。その際には設備の使用環境での損傷要因、過去の検査データ、運転条件の変化、国内外の類似設備での事故情報などを参考にして検査内容を決定する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

a） 日常検査

2） 検査に使用する機器

日常検査には、聴音棒、簡易振動計、ガス検知器、超音波厚み計などが用いられるが、配管の検査には、超音波厚み計のほかに、赤外線サーモグラフィー、放射線透過試験による減肉量のチェック、また、塔槽類では、アコースティック・エミッション（AE：Acoustic emission）によるチェック、コロゾメーターによる塔槽、熱交換器、伝熱管などの減肉傾向をチェックすることも行われる。
また、赤外線温度計により外面の温度分布を測定し、内面ライニングに用いられているキャスタブル耐火物の剥離、脱落を確認することも行われる。また運転部門でも日常検査として、ドレン水での鉄分分析、腐食成分分析などを行い、運転面からの変動の有無を検査する。これらは運転状況での設備変化をとらえるとともに、定期検査における追加検査・工事の検討に有用である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

1） 気密性能の検査

（1）高圧ガス設備を開放した場合の気密試験

原則として、気密試験圧力は常用の圧力以上とし、危険性のない気体を用いて行う。
ただし、運転状態の高圧ガスを用いることが適当な場合には、当該高圧ガス設備の
運転状態の圧力で、運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

1） 気密性能の検査

(2) 高圧ガス設備を開放しない場合の気密試験

① 気密試験は、原則として空気その他の危険性のない気体の圧力によって行う。
② 気密試験は、当該設備が脆性破壊を起こすおそれのない温度において行わなければならない。
③ 気密試験圧力は、常用の圧力以上とし、漏えいの確認は、規定圧力を10分以上保持した後に行う。
④ 検査の状況によって危険がないと判断される場合は、当該高圧ガス設備によって貯蔵または処理される気体を使用して気密試験を行うことができる。この場合、圧力は段階的に上げ異常のないことを確認しながら昇圧する。
⑤ 気密試験は、気密試験圧力において漏えいなどの異常がないとき、これを合格とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

2） 耐圧性能および強度の検査

定期検査では原則として耐圧試験は実施しない。したがって高圧ガス設備の耐圧性能・強度に係る検査は耐圧性能・強度に支障を及ぼす減肉、劣化損傷、その他の異常がないことを次の目視検査および非破壊検査により確認する。なお、配管に代表されるような設備の大きさ、形状、内部の構造などにより内部からの検査を行うことができない設備では、外部からの適切な検査方法により内部の減肉、劣化損傷がないことを確認する。

（1）目視検査

設備内部および外部表面の腐食、膨れ、割れなどの異常の有無を目視により観察し、設備の健全性を評価する。直接目視によるほか、必要に応じファイバースコープなどの検査器具類を使用する。また非破壊検査の必要性についても検討を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

2） 耐圧性能および強度の検査

（2）非破壊検査

非破壊検査には、肉厚測定のほかに各種の方法があり、劣化損傷の検出に対して適切な方法を選定する。
なお、溶接補修または設備の一部取り替えなどにより耐圧試験を実施する場合がある。

① 耐圧試験は、原則として水を用いた液圧試験によって行う。
② 耐圧試験において、やむを得ない理由で水を満たすことが不適当な場合には、空気またはその他の危険性のない気体の圧力によって行うことができる。
③ 耐圧試験を空気その他の気体によって行う場合には、あらかじめ長手継手、周継手について放射線透過試験を行い、その等級分類がJISで定める1類または2類であることを確認する。
④ 耐圧試験は、当該設備が脆性破壊を起こすおそれのない温度において行わなければならない。
⑤ 特に定める設備を除き耐圧試験圧力は、液体で行う場合は常用の圧力の1.5倍以上、気体で行う場合は常用の圧力の1.25 倍以上とし、規定圧力保持時間は、5～20分を標準とする。
⑥ 耐圧試験は、耐圧試験圧力においてふくらみ、伸び、漏えいなどの異常がないとき、これを合格とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 検査の方法

b） 定期検査

3） 音響検査

音響検査は、高圧ガスを継目なし容器に充填するとき、あらかじめテストハンマなどで容器を軽く叩いて、その音色によって欠陥の有無を判定するものであるが、製造設備では、はめあい部分、ボルトナットの緩みなどの点検にも利用できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

定期検査時には、この検査と並行して、熱交換器の清掃、触媒の更新、加熱炉の耐火れんがの張替えなどの性能維持の工事や腐食の著しい配管、熱交換器チューブの交換などの部分補修などの工事、
また、設備改良などの工事が同時に行われることが多い。

a） 気密試験

定期検査における気密試験は、分解整備などのため取り外された小配管、計測機器などが取り付けられた運転開始直前、すなわち定期検査最終段階で行われるのが一般的である。
前述の方法によって製造設備に圧力を加え、石けん水などを用いて、フランジ部などの継手部、バルブグランド部などを重点に漏えいのないことを確認する。場合によっては、製造設備に圧力を加え、長時間放置した場合の圧力降下を調べることもある。
熱交換器や冷却器などは、取り外して清掃したのち、機器単独で気密試験を行い、接続配管と接合したのちガスケット部、管板部などに漏えいのないことを確認する。
試験の結果、漏えいを認めた場合には、部品取替え、補修などの処置を講じて再度、気密試験を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

b） 耐圧性能および強度

塔槽類の内部腐食の検査は、塔槽を開放し検査員が入槽するなど開放箇所から内部の状況を調べる開放検査で行われる。開放検査では目視検査を主体に、腐食、溶接部の割れなどの非破壊検査を行う。

肉厚測定には超音波厚み計が利用されるが、測定するための定点を定めておき、その箇所で肉厚を測定し、過去の測定値と比較して肉厚の現状、肉厚減少の傾向などを把握する。

渦電流探傷試験（渦流探傷試験）による検査の結果、例えば腐食などが著しいと思われる熱交換器などのチューブは、取り外した後、切断して肉厚を確認し、その結果に基づき措置を講ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

c） 安全装置

1） ばね式安全弁

ばね式安全弁を設備から取り外す場合は、必要に応じて分解整備したうえで、窒素などの安全なガスを用いて加圧し、作動圧力が所定の値になるように設定する。
ばね部での傷の有無などを点検し、損傷が見られたら交換する。特に、腐食ガス環境でのばね式安全弁は割れを引き起こすことがあるので、材料チェックと傷の点検は重要である。

2） 破裂板

外観を検査し、異常が認められるものは、抜取り検査などによりあらかじめ性能を確認してある破裂板と交換する。

3） 逃し弁

ばね式安全弁に準じて検査し整備する。

4） 自動圧力制御装置

部品の分解整備を行い、作動状況を確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

d） 緊急遮断装置

貯槽配管の緊急遮断装置は緊急時の遮断に重要な装置であり、定期保全は欠かせない。目視検査の他作動検査とその緊急遮断装置にかかる貯槽の開放時などに弁座の漏れ検査を行う。一部の事業所では運転中にも保全できるように二重化あるいはバイパスして孤立化している所もある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

e） 回転機械

1） 往復圧縮機

（1）軸受の検査と調整

（2）ピストンロッドの摩耗状況とメタリックパッキンの状況

（3）シリンダの摩耗・腐食状況、ピストンリングの状況

（4）吸込み弁、吐出し弁の分解整備

2） 遠心圧縮機

（1）羽根車の摩耗などの検査を行い、摩耗などの状況によっては、バランス検査と調整を行う。
このバランスには高速バランスと低速バランスがある。

（2）軸受、軸封部の検査と調整は、回転部よりのシール性に大きく影響を与える検査で
あるので軸受の傷の検査、軸封部のパッキン交換を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

e） 回転機械

3） 圧縮機共通項目

（1）冷却器は取り外して分解し、腐食状況、肉厚の測定などを行い、汚染している場合には清掃する。補機といえども本体に不可欠であるので、熱交換器の検査に準じて行う。

（2）潤滑油系統では、給油ポンプ、逆止弁などの分解整備を行う。詰まりのないようにフィルタの清掃も行う。

4） ポンプおよびブロワの検査項目

圧縮機に準ずるが、特に軸受については分解点検にて検査を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

f） バルブ類

貯槽の配管に設けたバルブについては耐圧性能および強度にかかる検査と作動検査を行う。主要検査項目を次に示す。

（1）弁箱などの内部腐食状況

…… これは耐圧性能に影響する。

（2）弁棒の摩耗状況とグランドパッキンの状況

…… これは漏れに影響し、開放検査の際にはグランドパッキンは交換する。

（3）弁棒のねじの摩耗状況

…… これは閉切りなどのバルブの閉止作動機能に影響を与える。

（4）シール部分の傷、エロージョンなどの状況

…… これは漏れなどのシール性に影響を与える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

g） 計測器、インターロック機構

1） 計測器

(1) 圧力計

目視および精度検査を行う。目視検査は圧力計に破損、変形その他の異常がないことを目視により確認する。精度検査は圧力計精度確認用器具を用いて精度を測定し、圧力計の誤差が許容差以内であることを確認する。なお、許容差は、JIS 規格に定める許容差またはこれと同等程度以上、もしくは当該圧力計の2 分の1 目量以内などであること。ただし、特別な場合には代替比較検査で精度検査に代えることができる。

(2) 温度計

圧力計と同様に、目視および精度検査を行う。目視検査は圧力計と同様である。精度検査についても圧力計と同様に、温度計精度確認用器具を用いて精度を測定し、温度計の誤差が許容差以内であることを確認する。なお許容差は、JIS 規格に定める許容差またはこれと同等程度以上、当該温度計の1目量以内などであること。

ただし、特別な場合には代替比較検査で精度検査に代えることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

g） 計測器、インターロック機構

1） 計測器

（3）その他の計測器は、それぞれの構造、機能に応じて検査する。
なお、高圧ガス設備に設ける圧力計や温度計の基準については製造細目告示に定められている。

2） インターロック機構

インターロックを構成する遮断弁などの目視検査およびインターロック機構の作動検査を行い、
円滑、確実に作動することを確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

h） ガス漏えい検知警報設備

1） 目視検査

外観に腐食、損傷、変形その他の異常がないことを目視により確認する。

2） 作動検査

検知および警報に係る作動検査を行い正常に作動することを確認する。

（1）作動検査は試験用標準ガスにより実施する。（特殊高圧ガスに係る指示値の校正は半年に1回以上行う。）

（2）検知警報設備の発信に至るまでの遅れは警報設定値の1.6 倍の濃度において通常30秒以内であること。ただし特定のガス（アンモニア、一酸化炭素、その他これらに類するガス）については60 秒以内であること。

（3）表示灯、指示計の指針・検知部の状態、サンプリング系の状態等必要な点検事項を確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 定期検査の要点

i) その他

上記以外については、設備が多岐にわたるため詳細は省略するが以下に項目のみを記す。

(1) 防災設備(消火・散水設備、警報設備など)
(2) 除害措置のための設備(除害剤散布装置、散水装置、ガス吸収装置など)
(3) 電源装置(保安電源、緊急電源装置など)
(4) 港湾などの設備
(5) 道路・側溝などの設備
(6) 基礎地盤沈下状況の測定(不等沈下、陥没など)
(7) タンクなど貯槽設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.5 定期検査の結果の記録

これらの記録は必要事項を記載するとともに、整備、保存し、設備管理へ反映しなければならない。
定期検査の結果記録には、一般則、液石則およびコンビ則により、次の事項を記載しなければならない。

① 検査をしたガス設備
② 検査をしたガス設備ごとの検査方法および結果
③ 検査年月日
④ 検査の実施について監督を行った保安係員の氏名

なお、一般的には、上記の各項目以外に、設備の製作所名および製作年月日ならびに今回の検査に至る間に取替え補修などを行った場合は、その内容および補修後の検査結果、検査担当者の氏名、次回検査予定日などを記録した設備台帳を整備することが行われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

試験とは、何らかの方法で製品および部品の特性を調べることであり、
検査とは、品物を何らかの方法で試験した結果を、品質判定基準と比較して個々の品物の良品・不良品の判定を下すことである。

対象とする設備の異常や劣化状態を的確に把握するために行う試験は、大きく分けると
設備を一部切断して試験片を加工し試験する方法（破壊試験）と、
設備を壊さずに試験する方法（非破壊試験）とに分けられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

破壊試験方法と得られる情報（診断技術）

試験方法	試験方式	得られる情報（診断技術）
引張試験	引張り	引張強度、降伏強度、延性、伸び、絞り（材料劣化度：強度低下、延性低下）
衝撃試験	シャルピー式 アイゾット式	延性、遷移温度、膨出量、破面、vTrs（材料劣化度：延性低下、変形能）
クリープ試験	大気クリープ 環境クリープ	クリープ破断時間、残存クリープ強度、クリープ延性、クリープひずみ速度 （クリープ余寿命、クリープ損傷度）
疲労試験	両振幅負荷 片振幅負荷 圧縮引張り	残存疲労強度、累積疲労強度（疲労余寿命、疲労損傷度）
硬さ試験	圧痕試験（ビッカース）	硬度分布（表面変化、熱処理状況、溶接熱影響）
分　析	化学組成分析	化学組成、不純物（劣化感受性：焼もどし脆化）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

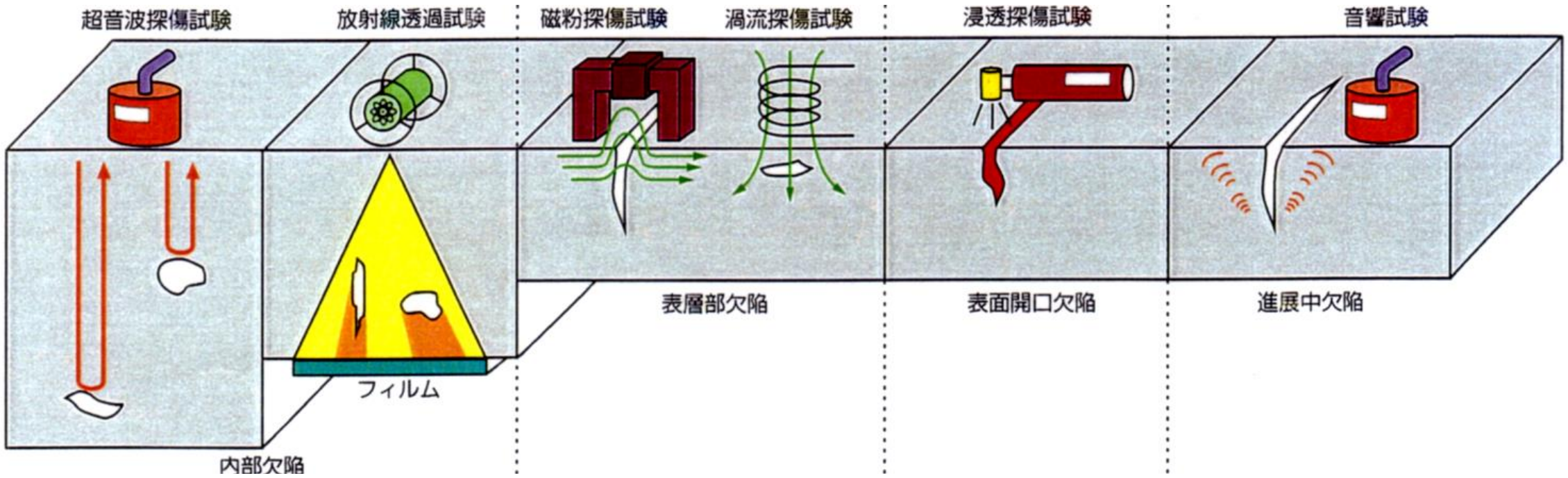
非破壊試験方法と得られる情報

試験方法	試験方式	得られる情報
形状測定	メジャー・ノギス	変形（曲がり、膨れ、扁平）
ひずみ	ゲージ法、X 線回折法	ひずみ分布、残留応力
磁　化	渦流磁化・磁化	割れ、腐食、表面変化、物性変化
超音波	音速・減衰、後方散乱・周波数、ノイズ解析、TOFD 法	物性変化、ボイド、微視および巨視的割れ、厚み、深さ方向の変化、転移、欠陥の種類
放射線	X 線、γ線　他	内部欠陥、ブローホール、溶込不良、割れ、残留応力
密　度	体積法	ボイド、空孔、成分変化
化学成分	溶解、火花	不純物、化学成分（炭素量ほか）
電気抵抗	交流電位差法（ACPD）、直流電位差	割れ、組織変化、析出物、内部応力
電気化学	抵抗値・ノイズ、電位変化・分極抵抗	腐食抵抗性、割れ感受性、皮膜安定性、粒界偏析
転　写	レプリカフィルム	組織変化、微細割れ、ボイド
赤外線	赤外線放射カメラ	温度分布、腐食部位

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

非破壊試験方法と得られる情報

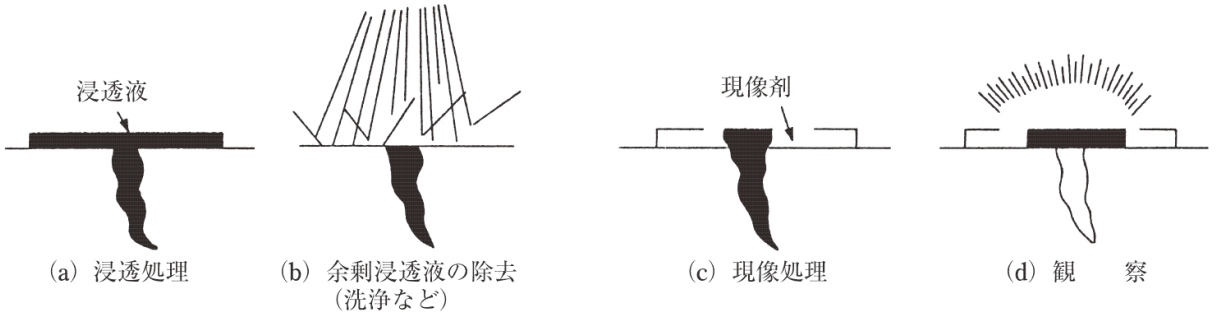


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

a） 浸透探傷試験

浸透探傷試験は、試験体の表面に開口している微小な割れ、孔、巣など、肉眼では確認できない微細な欠陥を検出するのに最も広く用いられている方法である。浸透探傷試験には、浸透液の種類により、染色浸透探傷試験（カラーチェック）および蛍光浸透探傷試験がある。
工程は4 つの段階からなり、まず、試験体の表面の油脂などを除去したのち、試験体表面に染色浸透液または蛍光浸透液を塗り欠陥部に浸透させる。



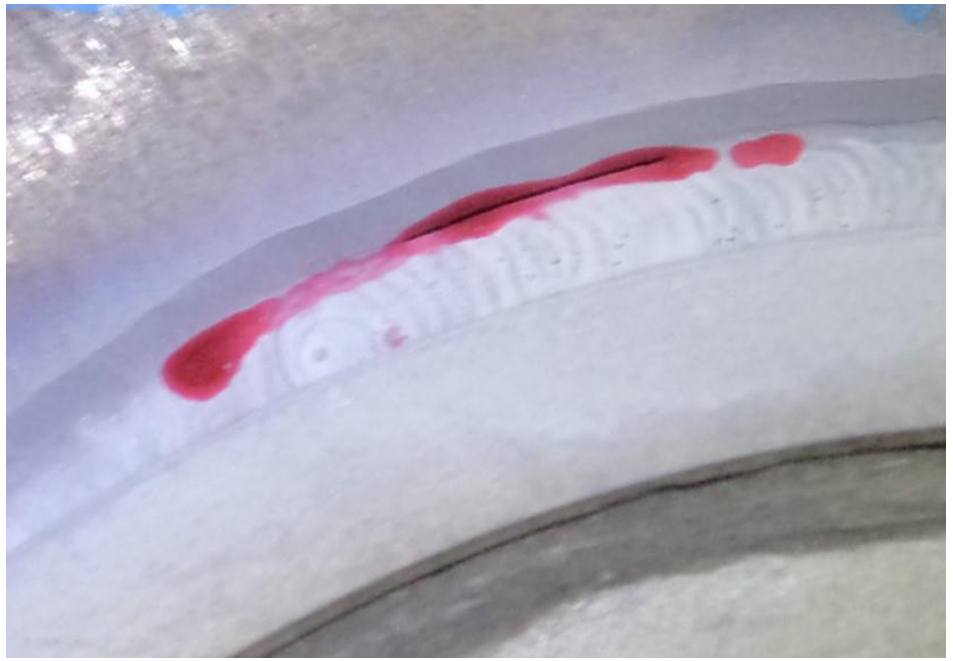
浸透探傷試験の基本原理と工程

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

a） 浸透探傷試験

次に、表面の余分な浸透液を除去し、欠陥部に浸透した浸透液を現像剤により吸い上げる。最後に、現像剤によって吸い上げられた欠陥の形状などを観察する。染色浸透液を用いる場合は明るいところで観察し、蛍光浸透液を用いる場合は暗いところで紫外線照射装置（ブラックライト）を用いて観察する。欠陥の検出精度は蛍光浸透液による方法のほうが若干高い。
浸透探傷試験は金属に限らず、プラスチック、
ガラス、セラミックスなどにも適用できる。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

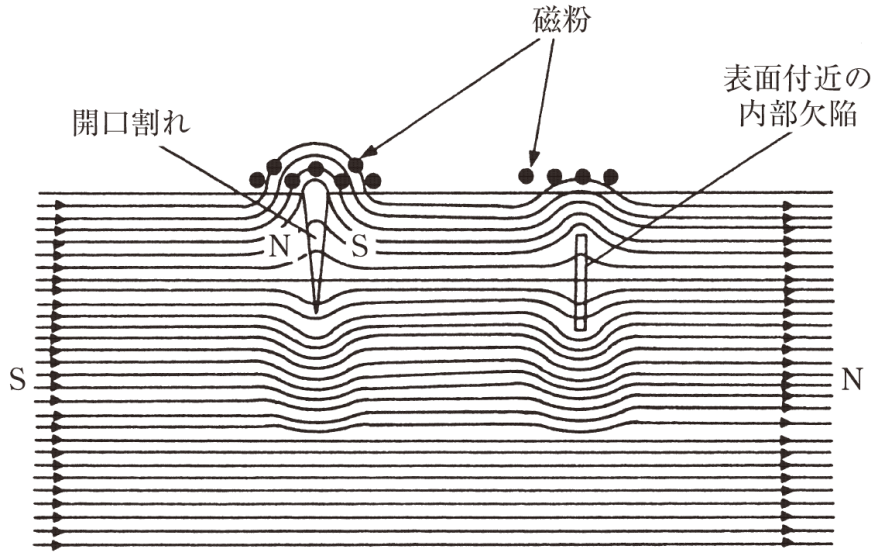
4.3.1 試験・検査

b） 磁気探傷試験（磁粉探傷試験）

磁気探傷試験（磁粉探傷試験）は、試験体を磁化して、欠陥部に生じた磁極により強磁性体の微粉末（磁粉）が付着することを利用して、試験体の表面または表面近くにある欠陥の位置や形状を検出する方法である。

金属材料を磁化したとき、欠陥部の磁気抵抗は欠陥のない健全な部分に比べて大きいため、磁束は欠陥部でわん曲され一部が漏えいする。磁束が漏えいした部分では、局部的な磁極が発生するため、その周囲に磁粉があると欠陥部に磁粉が吸い寄せられ、肉眼でも欠陥の位置や形状が確認できる。
磁粉に蛍光性を与え、紫外線照射によって観察する方法もあり、このほうがより検出精度が高い。

しかし、磁気探傷試験（磁粉探傷試験）は、オーステナイト系ステンレス鋼などの非磁性体材料には適用できない。



磁気探傷試験の基本原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

浸透探傷試験及び磁気探傷試験（磁粉探傷試験）の欠陥検出例

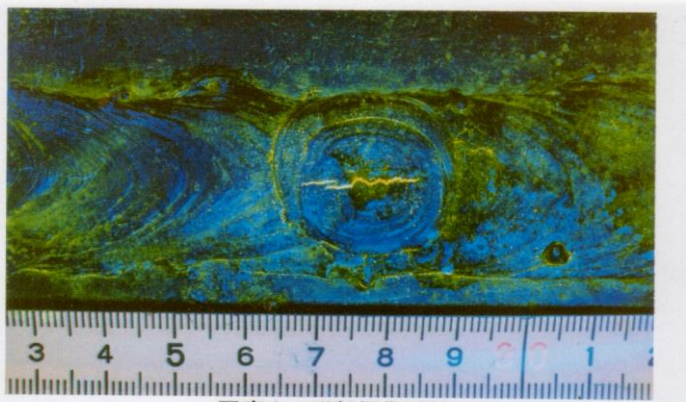


写真１　磁粉探傷試験

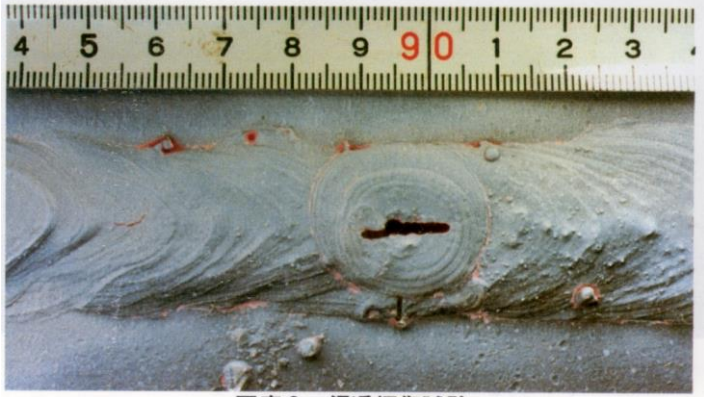


写真２　浸透探傷試験

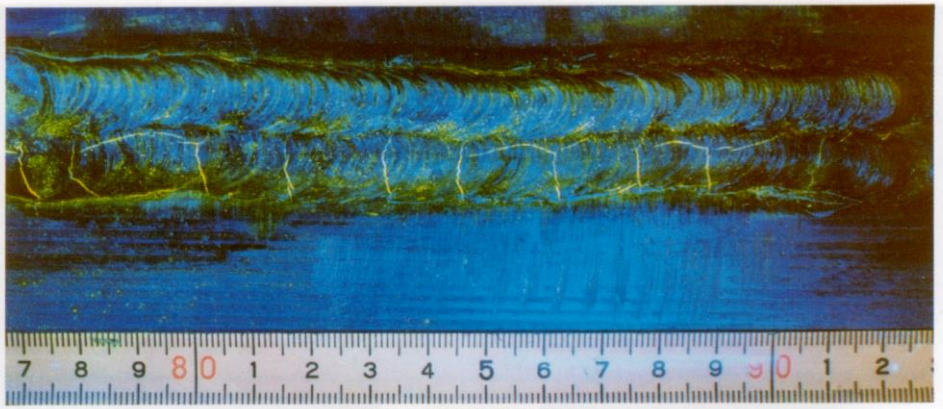


写真１　磁粉探傷試験

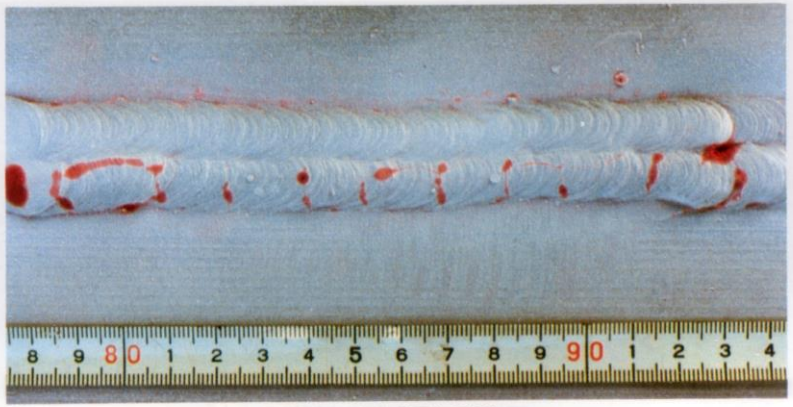


写真２　浸透探傷試験

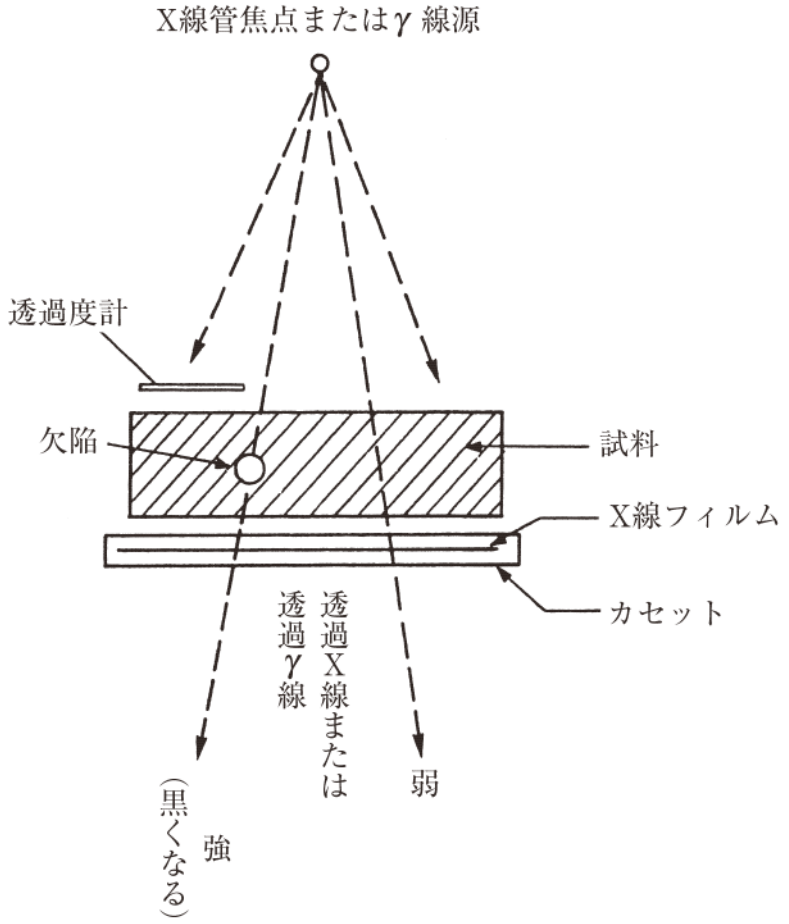
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

c） 放射線透過試験

放射線には、物質を透過する性質があり、その透過の程度は物質の種類、厚さによって異なる。

また、放射線には、写真フィルムに作用し感光させる能力がある。これらの性質を利用して、試験体に放射線を照射し、透過後の放射線の強さの差を写真フィルム上に濃淡の像で現し、欠陥の有無や形状を検査するのが放射線透過試験である。試験に用いられる放射線は、主にX線装置によるX線、放射性同位元素（$^{192}\mathrm{Ir}$、^{60}Coなど）からのγ線である。



放射線透過試験の基本原理

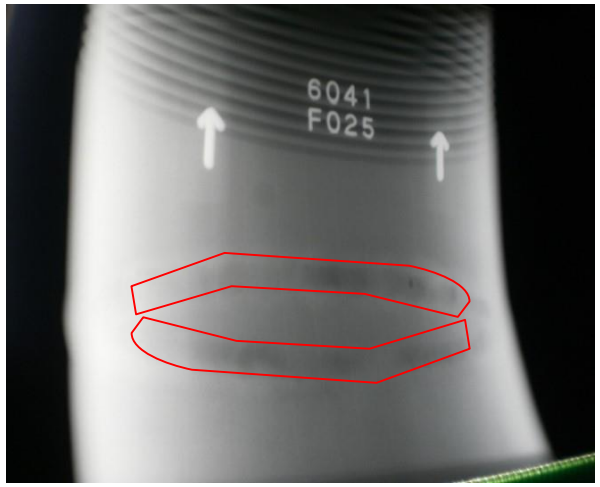
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

c） 放射線透過試験

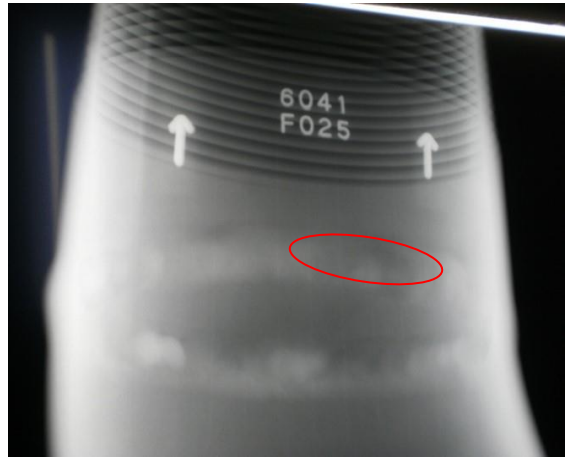
放射線透過試験は、材料中の内部欠陥、特に溶接部や鋳物おける検査に広く用いられている。しかし、放射線入射方向に直角な面にある微細欠陥や、薄くて平面的に広がりのある欠陥の検出には不向きである。

溶け込み不良（内面） 写真



溶け込み不良（内面） フィルム

アンダーカット（外面） 写真



アンダーカット（外面） フィルム

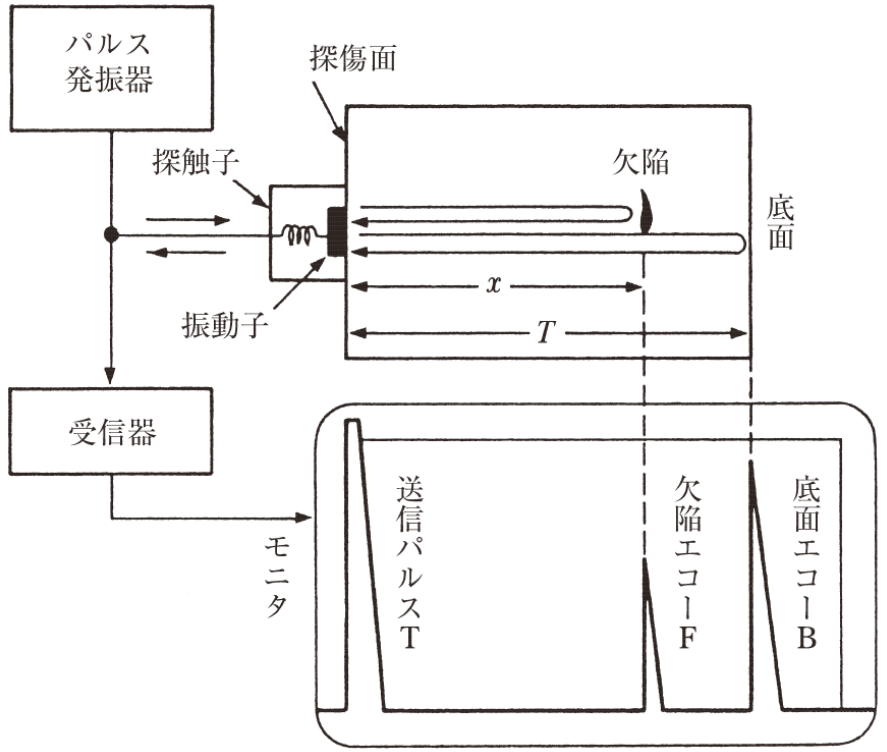
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

d） 超音波探傷試験

試験体に超音波を入射すると、試験体中に欠陥が存在する場合は、その欠陥によって超音波は反射または散乱する。この超音波の反射、散乱から試験体中の欠陥の有無や形状を検査するのが、超音波探傷試験である。音波の中でも波長の短い超音波を使用するのは、指向性が強くなり、また欠陥による反射率が大きくなり、欠陥の位置検出精度を高めることができるからである。

パルス発振器からの電圧で振動子が振動し、超音波パルスが発生する。この超音波パルスは試験体中に欠陥がなければ、底面で反射されて底面エコーB となる。欠陥がある場合は、欠陥部に超音波パルスが入射され欠陥部で反射し、欠陥エコーFとなり、底面エコーBとは異なる位置に表示される。探触子を試験体表面で走査し、欠陥エコーの現れる位置とブラウン管上の底面エコーの位置との関連から、深さ方向の位置を求め、試験体の欠陥位置を同定することができる。また、表面波を用いて表面欠陥を検出する方法もある。

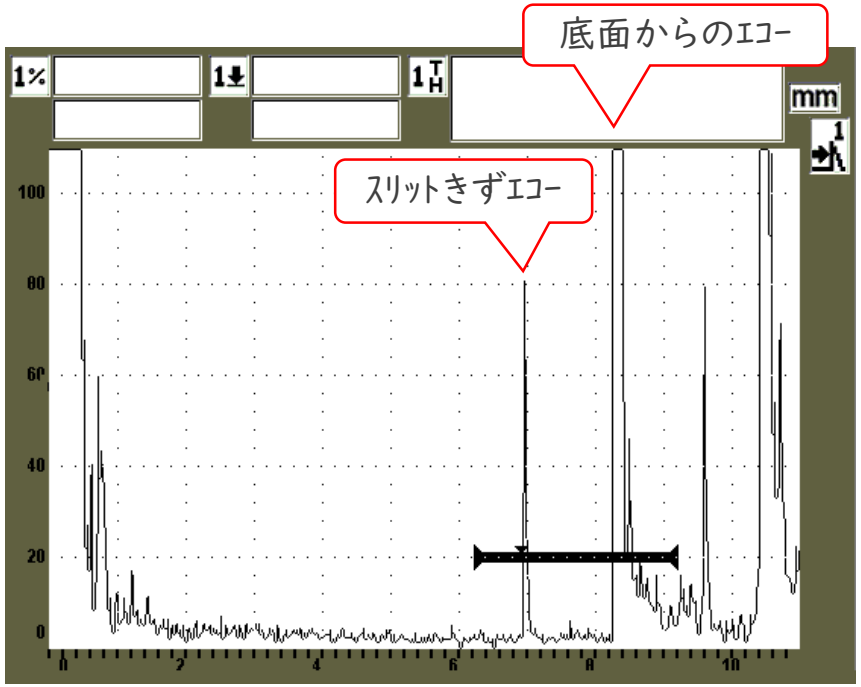


超音波探傷試験の基本原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

d） 超音波探傷試験



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

e） 渦電流探傷試験（渦流探傷試験）

電磁誘導試験の一種で、交流電流を流したコイルにより時間的に変化する磁場を試験体（導体）に加えたとき、試験体に生じる渦電流が試験体中の欠陥、形状・寸法、電気伝導率などにより変化することを利用して、試験体の欠陥の有無、形状・寸法の変化、組成などを検査する方法である。

渦電流探傷試験は、線、棒などの製品の表面きずや熱交換器チューブの割れや腐食の検出などに用いられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1 試験・検査

f） アコースティック・エミッション（AE）試験

材料が外力を受けて変形し、また破壊するときにエネルギーが解放され、
その一部が弾性波、主に超音波として放出される。
この音波の放出をアコースティック・エミッションと呼び、発生したAE をセンサを用いて検知することによって、材料の変化（加わる外力や欠陥）を知る試験方法である。
AE 試験は、材料に外力が加えられている状態、あるいは材料中に応力が生じている状態でなければ実施することができないなど、他の非破壊試験とは本質的に異なる特徴を有している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.2 設備診断技術

設備診断技術とは、対象とする設備の異常や劣化状態を的確に把握し、これに機器の使用環境や材料の特性などを加味していつまで使用可能であるかを予測し、設備の健全性を総合的に診断する技術である。

最近は寿命予測のみならず、運転・設計への改善提案までを含んだ設備診断技術ということも多い。設備診断技術は異常や劣化の兆候を測定するセンサやコンピュータなどの発達による信号処理技術の進展と現場での事例の積み重ねにより、適用が拡大してきた。

配管および塔槽類の診断技術の例

想定現象	想定原因	診断方法	診断機器など
破　壊	潜在割れ 異常圧力	音響 運転記録	AE 圧力計
漏えい	腐食減肉、割れ 接合部漏えい、摩擦	肉厚測定、目視、 ガス検知、発泡液	UT、MT、PT ガス検知器
振　動	外部より伝ぱ 気液振動、共振	振動計測 運転条件解析	振動計、運転記録 周波数解析
汚　れ	腐食、内部流体反応	運転条件 製品分析	放射線透過 分析計
閉　塞	内部異物 弁の作動不良	差圧測定	圧力計 放射線透過
膨　れ	異常温度、過大応力	変位量	温度計、赤外線
曲がり	熱応力	温度測定	温度計、赤外線

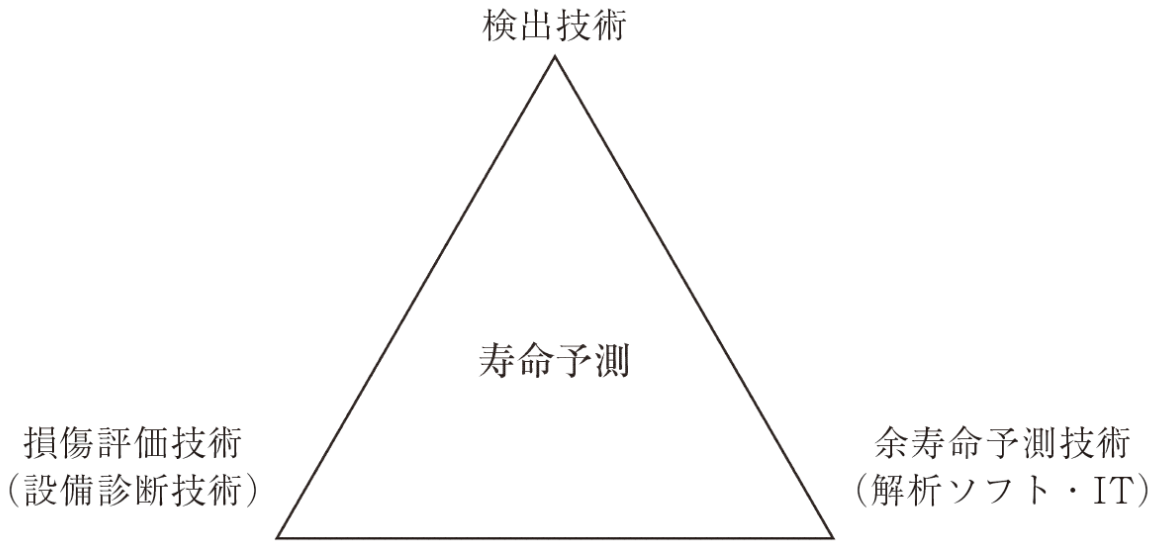
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.3 寿命予測

寿命予測の要素技術としては検出技術、損傷評価技術（設備診断技術）と余寿命予測技術が挙げられる。

設備の寿命予測は、検出技術における各種センサの開発によってオンラインでの機器情報が得られるようになったことや高感度分析機器の開発、疲労における累積疲労損傷概念による寿命予測、クリープ損傷におけるラーソンミラーパラメータ、マンソンヘイワード法などの各種評価技術手法の発達によって、精度よく求められるようになってきている。

しかしながら、設備更新時期については、単に設備の寿命だけでなく、機器再設計・機器調達・製作・工事期間などを考慮して区別されるべきであり、当然のことながら、設備寿命に至る前に更新を行うことが必要である。



寿命予測を支える技術

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.1 工事計画管理の一般的事項

a） 工事計画

工事の計画担当部門は、製造、用役、保全、保安の各部門から工事項目のみならず工事に関係する運転操作項目などを提出させ、関係者間の打合せを行って工事計画を作成する。
計画の内容は工事に関係する者に周知徹底する。

b） 工事管理組織

前記の各部門および協力会社を含めた工事管理組織を編成する。
協力会社には工事安全管理組織を編成させる。

c） 工事作業許可手続

環境確保、工事着手、工事完了、工事用火気使用、塔槽内作業などに関する許可手続などを制度化しておき、工事に関する安全確保を図る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

a） 作業内容の周知

（1）工事内容の周知

工事内容は、工事仕様書などの書面で示し、口頭で内容を補足するとともに、
工事対象の設備を現地で関係者立会いのもとで確認する。

また最近では、工事現場にその週の作業計画とその日の工事内容を記載したボードを
掲示し、関係者への周知徹底とともに、周囲への作業内容の理解、注意喚起を図っている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

a） 作業内容の周知

（2）工事の確認・必要事項の伝達

工事期間中は毎日始業時および終業時に各担当者による定期的なミーティングを行い、工事状況の確認、必要事項の伝達を行う。特に工事が始まってからの工事内容の変更や工程の変更は思わぬ事故を起こすので、十分に関係者への通知、特に末端作業者まで周知されていることが望まれる。

毎朝のツールボックスミーティングにおいて、当日の作業内容での危険想定事象を全員で考えて事故防止を図る活動は、作業員の安全意識の共有化のために有効である。

また、危険未然防止のため、作業工程の区切りごとにヒヤリ・ハット事例として、大きな災害に至らなかったが、もし間違っていたら大事故になった事例の勉強会などは事故防止のために有用である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

b） 工事の各段階における安全確認

（1）運転部門における工事前作業

主に工事を行うために必要な工事安全環境の確保（危険物の除去、可燃性ガス・有毒ガスのパージ、既設運転地区への通行封鎖処置など）を行う。

（2）運転部門から保全部門への引渡し

工事が着工できる環境確保がなされた時点で関係者が安全確認を行い、保全部門への引渡しがなされる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

b） 工事の各段階における安全確認

（3）工事の施工

中工事施工中は、毎日作業着手前に工事環境の確保がなされているか関係部門と連携をとり確認後、作業に着手する。
特に工事が長期間にわたる際には、当初確認した工事安全確保の状況が変化していることがあるので、注意が必要である。また毎日の作業中でも、周囲の運転状態の変化により安全環境が脅かされることがあるので、常に工事部分のみならず周囲の環境変化に注意を払う必要がある。
施工に試運転を含むことがあるが、その際には事前に試運転計画書を提出し、運転部門と連携して、安全に試運転を行う必要がある。

（4）保全部門から運転部門への引渡し

試運転・作業検収が終わり工事が完了したら、設備を運転部門へ引き渡すが、その際には工事による変更事項の内容を運転部門と確認（設備仕様台帳の変更など）するとともに、運転するのに必要な要領などの変更がなされているかどうかを確認することが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

c） 火気工事とその管理

（1）裸火と称される火気の管理

溶接作業におけるアーク発生、ガス切断、アークガウジングなどによる溶断や、工事用の簡易発電機などに用いる内燃機関の火気、作業員休憩所にて使用するストーブ類などの火気の使用がある。
これらの使用に際しては、火気工事許可の条件として、安全環境の確保と消火器などの設置、マフラーの取付け、溶接時の火花飛散防止処置（飛散防止シート、囲いなど）、緊急時の措置などを条件に許可される。

（2）火花の管理

電気器具の使用によるショート、工具（ハンマ、タガネ、グラインダなど）の使用による衝撃火花、摩擦火花などがある。これらは防爆器具または安全工具の使用とともに安全環境の確保、飛散防止対策と消火器などの設置をもって許可される。

（3）高熱物の管理

工事には、燃焼器、電動機、ヒータなどの発熱体で代表される外部温度が極めて高い機器類を使用することがある。このようなものは、安全環境の確保が第一であり、運転部門とともに周囲の環境確保（可燃性ガスに対する遮断、スチームカーテンなど）を図る必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

d） 置換作業（塔槽内での工事安全管理）

塔槽内（貯槽を含む。）での工事の際には、作業者の安全確保とともに作業環境安全確保のために、ガス置換作業が行われる。ガス置換作業は、設備内のガスを不活性ガスなどに置換する「ガス置換」と、不活性ガスなどに置換後作業者が槽内に入るためにこれを空気に置換する「再置換」の2 段階に分けられる。これらの置換作業は、可燃性ガスが存在すると静電気放電などの発火源により爆発事故を起こすことがあるのでそれを避ける目的と、作業者の酸素欠乏による窒息、有害ガスによる事故、有機溶剤中毒などを防ぐ目的の両面をもつ。

ガス置換には、窒素などの不活性ガスが使用されるが、可燃性ガスや毒性ガスの設備では、置換と内部清掃を兼ねた水による置換も可能である。ただし、水で置換する場合は水に微量溶解したガスが、水を排出する際に大気中に放出されることになるので、監視と必要に応じて措置を講じる。

また、塔槽内での作業中の事故を防止するため、入槽箇所には目立つ場所に「入槽作業中」、「立入り禁止」などの標示や、入槽時の作業環境確保確認の掲示を行うとともに、現在の入槽者の氏名がわかるボードを設置しなければならない。酸素欠乏危険作業主任者を選任し、監視人を決める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

d） 置換作業（塔槽内での工事安全管理）

（1）ガス置換

ガス置換完了の確認は、可燃性ガス、毒性ガス、酸素ガスなどの、それぞれの塔槽におけるガス濃度を測定して行う。
ガスの残存、内部燃焼による二酸化炭素の発生などに注意し、有害ガスなどの除去を確認する。
また置換ガスに窒素を用いた際には、滞留部に窒素がたまることがあるのでガス検知は設備の内部構造を考慮して、適切な測定箇所を定めて行う。
なお、ガス置換に水やスチームを使用した場合、水洗が不十分なために内部に残存する硫化鉄の燃焼により有害ガスが発生することがあるので注意する。また、水はその廃水処理においても、処理設備におけるCOD、SSなどの負荷を考慮する必要がある。

ガス置換完了確認のガス濃度

ガスの種類	ガス置換完了確認のガス濃度	空気再置換完了後に作業員が設備の内部へ入る場合に確認するガス濃度	
可燃性ガス	爆発下限界の1/4 以下の値	—	酸素18 ～ 22 vol% （修理などの作業期間中も確）
毒性ガス	許容濃度以下の値	許容濃度以下（入る直前に再確認）	
酸素ガス	酸素22 vol%以下の値	—	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

d） 置換作業（塔槽内での工事安全管理）

（2）再置換

不活性ガスや水などで置換された塔槽設備の中に作業者が入って工事ができるように、工事着工前の環境安全確保として空気による再置換は重要である。作業環境確保には設備内部の酸素濃度が18~22 vol%の範囲でなければならず、当該作業の期間中も酸素濃度の確認を行わなければならない。また、空気で再置換する前に、空気と接触して燃焼または毒性ガスを発生する内部残留物がないように十分確認しなければならない。

毒性ガスの設備の場合は、空気による再置換後の入槽直前に、設備内部の毒性ガスの濃度が許容値以下であることを再確認し、必要に応じて保護具を着用して入槽しなければならない。

なお、再置換には、運転または保管のため再度不活性ガスと置換する作業がある。

これは、空気により置換された設備に可燃性ガスなどのプロセス流体を導入させる際、爆発混合気体を形成しないようにするためで、酸素濃度に注意して十分に窒素ガスと置換した後に導入することが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

d） 置換作業（塔槽内での工事安全管理）

（3）配管のガス遮断

設備を開放し、人がその設備の中に入って修理、検査などを行う場合には、設備の他の部分からのガスの漏れ込みを防止するため、開放する部分の前後のバルブを確実に閉止し、
かつ、開放する部分におけるバルブまたは配管の継手に仕切板を挿入する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

e） 酸素欠乏症（酸欠）の防止

酸欠は、環境における酸素濃度の低下により呼吸によって取り込まれる酸素が少ないため肺にて血液中へ供給される酸素が欠乏することにより起きる症状であり、その程度により思考能力低下、意識欠乏、卒倒など、はなはだしくは死に至ることがある。

工事中に発生する酸欠には前述のような塔槽類での内部作業のみならず、掘削作業でのくぼ地での例、バクテリアなどの腐敗による閉所での例など、換気が十分でない箇所での発生が多い。

酸欠を防ぐには、十分な換気を行えるような強制換気設備（ブロワ、ファンなど）の設置が有効である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 工事上の注意事項

f） 工事管理の記録・保存

工事管理の記録には、日々の日報管理、週報管理、月報管理など時間による管理記録と工事出来高による管理記録がある。
これらの記録は工事中の作業工程管理に用いるだけではなく、作業量の平準化による作業者の負荷低減、工事内容による安全管理のポイントなどに活用できる。工事終了後にこれらのデータを整理し、工事管理・安全管理のポイントなど関係者と協議し、記録として残しておくと有用である。
これらの記録は工事記録として保存し、今後の同種工事の際に工事管理の参考に用いることができる。
最近のコンピュータおよびITの発達により、各種記録を電子情報化してホストコンピュータにて一元管理して、設備管理部門の共通の情報データベースとして構築することが可能となった。
このことにより、運転データの保全部門からの閲覧または保全部門データの運転部門からの閲覧と双方向の情報のやり取りが可能となり、属人的および属組織的な情報の取扱いから脱却して、各専門分野の目で見ることを可能としている。これら膨大な情報量の設備管理情報のデータ加工までをシステム化し、自動的に必要なアクションを連絡するためには、抜けのない設備管理への反映が可能なシステムづくりが必要となる。

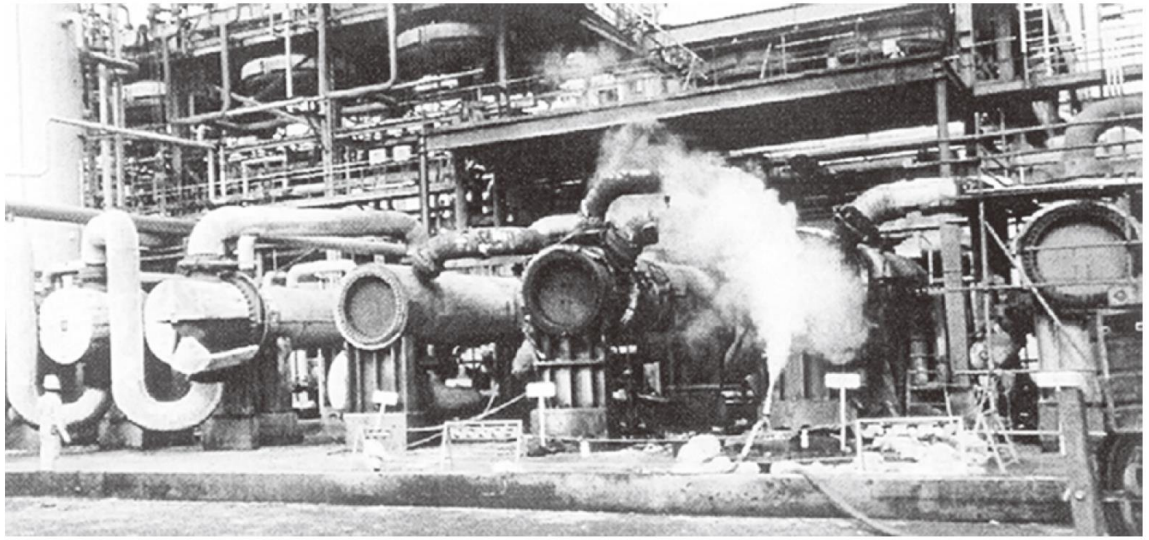
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5.1 事故の概要

1992年10月、千葉県内の製油所で、重油間接脱硫装置を触媒交換のため休止し、
運転を再開した直後、熱交換器の検知孔から水素ガスが漏えいし、火災、爆発が発生した。

そのときチャンネルカバー（約1900kg）が約130m飛翔した。

事故による被害は死者10名、負傷者7名、
同製油所および隣接工場の設備が
一部破損した。



熱交換器付近の鎮火状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5.2 事故原因の推定

a） 水素ガスの漏えい

（1）発災熱交換器のガスケットリテイナの直径が、熱交換器の昇温、降温の熱サイクルおよび開放の繰返しにより減少した。

（2）その結果、ガスケット溝にガスケットリテイナが収まらなくなったため、前年開放時に各角部をグラインダで補修した。

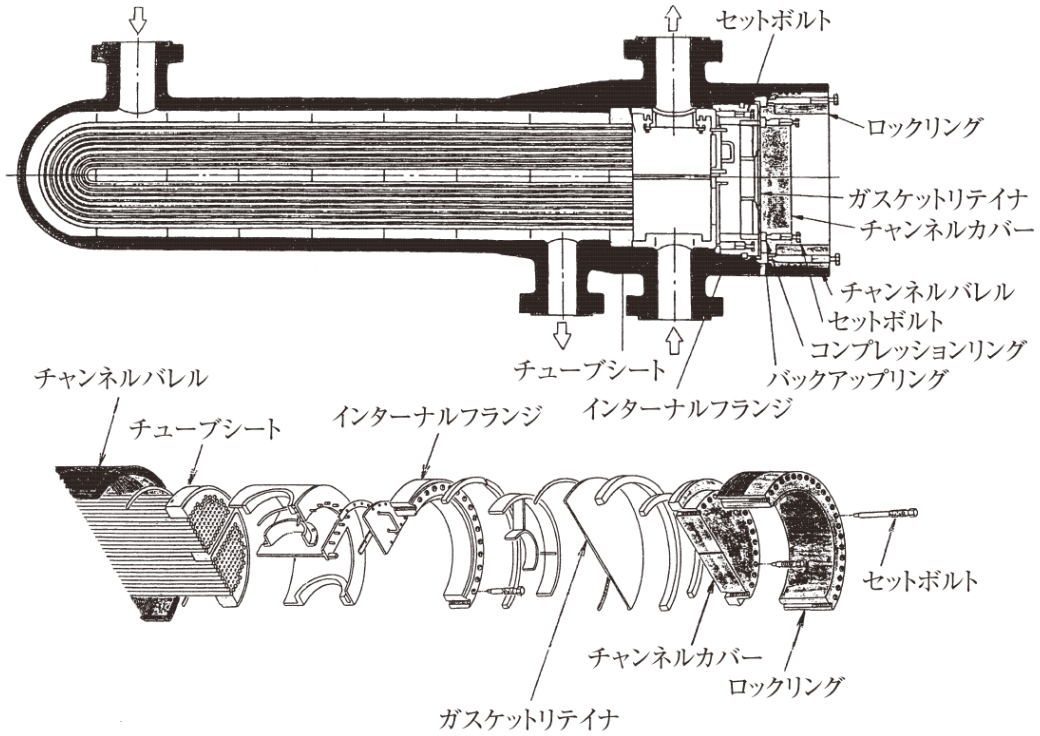
（3）今回の降温時にガスケットリテイナの直径がさらに減少し、ガスケット溝角部に乗り上げ、昇温、昇圧の開始とともに水素ガスの漏えいが始まったものと推定された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5.2 事故原因の推定

b） 熱交換器の部品が離脱、飛散した原因の推定

ロックリングの変形と、水素ガスの漏えいにより
内圧（74.5kg/cm^2（7.31 MPa））近くまで
昇圧したことによる熱交換器本体の膨張変形が
複合した結果、ロックリングとチャンネルバレルの
ねじ山のかみ合せ高さが減少し、
塑性破壊により熱交換器の部品が離脱、
飛散したものと推定された。



熱交換器の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5.3 事故防止のための方策

(1) 開放検査ごとに、ガスケットリテイナの点検を行い、管理範囲を上回る直径の減少および変形が認められる場合にはガスケットリテイナを交換する。

(2) ガスケット溝などの補修が適切に行われていたか再点検し、もし不適切と認められる場合は、ガスケット溝の角部を適切な方法で再補修する。

(3) ロックリングの寸法を測定し、設計許容範囲を超える変形が見られる場合は、交換する。

(4) インターナルフランジセットボルトの交換基準を定め、適切に行う。

(5) 事業者は設備メーカーに点検整備を依頼するときは、保守管理にかかわる役割分担を明確にし、安全性に対し漏れが生じないようにする。

この複雑な構造をもった熱交換器の事故事例を参考にして、熱交換器に限らずいろいろな機器に対しても、各部品について厳密な定期点検を行い、適切な保全管理を行う必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 環境管理

5.1 大気汚染物質と関連法規

5.2 大気汚染の発生と環境影響

5.3 環境マネジメントシステム

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1.1 大気汚染防止法の概要

大気汚染防止法は、1970 年のいわゆる「公害国会」において大幅な改正を行い、
無過失損害賠償の導入（1972 年）、総量規制（1974 年）が導入され、その後の大気環境保全施策の基本として役割を果たしてきた。

大気汚染防止法は1996 年に改正が行われ、有害大気汚染物質が指定され、
広範な化学物質について環境保全の観点から適切な管理が必要とされるようになった。

大気汚染防止法の規制の対象

① 物の燃焼に伴うばい煙
② 物の破砕などに伴う粉じん、継続的な摂取が人の健康を損なうおそれのある有害大気汚染物質
③ 自動車の排出ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1.2 化学物質の審査および製造などの規制に関する法律

化審法は、化学物質による環境汚染、健康被害の広がりを背景として化学物質の製造または輸入に際し事前にその化学物質が難分解性、慢性毒性などの性状を有するかどうかを審査する法律であり、環境を経由して人に健康影響を及ぼすおそれのある化学物質を規制している。

第一種特定化学物質とは、難分解性、高蓄積性及び長期毒性または高次捕食動物への慢性毒性を有する化学物質で、ポリ塩化ビフェニル（PCB）など33物質（平成30年4月1日、新たに2物質が追加された。）であり、事実上製造・輸入・使用が禁止されている。第二種特定化学物質は製造・輸入に数量などの事前届出が義務づけられ、製造・貯蔵・使用などの際、取扱いに関する注意義務が課せられている物質で、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、四塩化炭素のほか、有機スズ化合物（20 種）であり、合計23物質が該当する。

また、平成29年6月に改正化審法が公布され、新規化学物質の審査特例制度における全国数量上限と製造・輸入数量から用途分類別の排出係数を導入した環境排出量とするとともに、新規化学物質のうち、毒性が特に強いためその取扱いに関して特に注意が必要なものについて、所要の措置を講ずることとされた。

このほか、PRTR 法（Pollutant Release and Transfer Registers）による環境汚染のおそれのある化学物質の排出・移動登録制度、安全データシート制度（SDS）など、化学物質の環境管理に関する法律などがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1.3 悪臭防止法と悪臭物質

工場、事業所や農業畜産あるいはゴミ、下水処理など、いろいろな悪臭物質は、微量でも人に不快感を与える。典型7 公害のうち、自治体の環境部署に寄せられる地域住民からの苦情件数が騒音に次いで多く、身近な環境問題の1 つである。

悪臭防止法では悪臭の原因となる悪臭物質として22 物質を特定し、工場や事業所からの排出を規制している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.1 大気汚染防止法における大気汚染物質の種類と発生源

a） ばい煙発生施設

ばい煙はさらに、① 硫黄酸化物、② ばいじん（いわゆるスス）、③ 有害物質の3種類に区分して定義され、それぞれについて排出基準を定め、規制措置を定めている。
対象設備としてボイラなど32施設が定められている。
有害物質としては、① カドミウム（Cd）およびその化合物、② 塩素（Cl_2）、塩化水素（HCl）、③ フッ素（F_2）、フッ化水素（HF）、フッ化ケイ素（SiF_4）④ 鉛（Pb）およびその化合物、⑤ 窒素酸化物が定められている。

b） 一般粉じん発生施設

工場または事業所に設置される施設で一般粉じんを発生および排出し、または飛散させるもので、大気汚染の原因となるものとして政令により、コークス炉など5種類の施設が定められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.1 大気汚染防止法における大気汚染物質の種類と発生源

c） 特定粉じん発生施設

粉じんのうち、石綿そのほかの人の健康にかかわる被害を生じるおそれがあるものを特定粉じんとし、現在、政令で定められているのは石綿である。

d ）特定施設

物の合成、分解その他の化学的処理に伴い発生する物質のうち、人の健康または生活環境に被害を生ずるおそれのある物質を発生する施設を対象としたもので、特定物質として下記の28 物質が定められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.2 環境基準とモニタリング

環境基準は人の健康を保護する観点から11 種の物質について定められている。
このうち、二酸化硫黄、一酸化炭素、光化学オキシダント、浮遊粒子状物質と二酸化窒素については
連続測定器による常時モニタリングが行われ、
トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、
ベンゼン、ジクロロメタンについては
月1～2 回の24時間測定が
行われている。

大気環境基準

二酸化硫黄	1 時間値の 1 日平均値が 0.04 ppm 以下であり、かつ、1 時間値が 0.1 ppm 以下であること
一酸化炭素	1 時間値の 1 日平均値が 10 ppm 以下であり、かつ、1 時間値の 8 時間平均値が 20 ppm 以下であること
二酸化窒素	1 時間値の 1 日平均値が 0.04 ～ 0.06 ppm までのゾーン内またはそれ以下であること
光化学オキシダント	1 時間値が 0.06 ppm 以下であること
浮遊粒子状物質	1 時間値の 1 日平均値が 0.10 mg/m^3 以下で、かつ、1 時間値が 0.20 mg/m^3 以下であること
トリクロロエチレン	1 年平均値が 0.13 mg/m^3 以下であること
テトラクロロエチレン	1 年平均値が 0.2 mg/m^3 以下であること
ベンゼン	1 年平均値が 0.003 mg/m^3 以下であること
ジクロロメタン	1 年平均値が 0.15 mg/m^3 以下であること
ダイオキシン類	1 年平均値が 0.6 pg-TEQ/m^3 以下であること
微小粒子状物質	1 年平均値が 15 μg/m^3 以下であり、かつ、1 日平均値が 35 μg/m^3 以下であること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.3 有害大気汚染物質の環境挙動と環境保全対策

有害大気汚染物質は、微量でも長期暴露されることによって発ガンなどの健康リスクを増大させる大気汚染物質で、ベンゼンなど揮発性有機化合物（VOC：Volatile Organic Compound）が約60 %を占める。

a） 有害大気汚染物質の発生源形態の多様性と対策の特徴

有害大気汚染物質の固定発生源では、煙突などの排出口から燃焼生成物、未燃焼物質、燃焼以外の化学反応により生成する物質が排出されるほか、洗浄剤、溶剤として使用された物質が、局所排気装置、換気扇など煙突以外の排出口から排出される場合もある。

さらに、貯蔵、輸送などに伴う排出、建築物からの漏れについても問題とされており、これらについても何らかの対策が要請されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.3 有害大気汚染物質の環境挙動と環境保全対策

b） 排出抑制対策の手法

各種有害大気汚染物質の抑制対策については、従来型の排出口排ガスを対象とした排ガス処理、無害化処理が行われるほか、代替物質への転換、排出の少ない設備への転換（回収装置、クローズドシステムの採用）、製品の改良（低ベンゼン燃料）など、それぞれの物質の性状および排出形態などの特性に応じて多様な対策を講じる必要がある。

c） 揮発性有機化合物の発生源特性、環境寿命

有害大気汚染物質の多くを占める揮発性有機化合物は環境大気中で化学反応することが知られており、反応性の高いものは対流圏オゾン生成の寄与が大きく、反応性の低いものは環境中に長時間滞留することになる。環境寿命は化学物質として環境負荷の評価因子となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.4 地球規模の環境問題と気体物質

a） 地球温暖化と温室効果ガス

地球上には太陽の放射エネルギーが降り注いでおり、一部は地球上の雪氷、砂漠、雲などによって反射され、残りは地球表面の海洋、陸地に吸収される。大気中の水蒸気、二酸化炭素、オゾン、メタン、亜酸化窒素などは赤外線を吸収する性質をもっている。これらの気体に吸収された赤外線は再び大気中に放出されるが、地表面や大気に吸収され、大気から熱放射を受けることになる。このため、これらの気体を温室効果ガスという。

温室効果ガスは二酸化炭素など、自然界に存在する物質もあるが、フロン（フルオロカーボン）など人為化学物質にも温室効果があり、大気中での寿命が長い物質に関しては温暖化防止の観点から排出低減の措置がとられることになる。温室効果は物質によって異なり、大気中の存在濃度と地球温暖化係数（GWP：Global Warming Potential）によって温室効果の寄与度が算出される。GWPは各温室ガス1 kg の一定期間における温室効果を二酸化炭素を1として表したものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.4 地球規模の環境問題と気体物質

b） 成層圏オゾン層保護問題とフロン規制

オゾン層は対流圏の外側を取り巻く成層圏幅約50kmの中で高度20～40kmの間に非常に希薄なオゾンガスで構成されている。オゾンの存在量は全大気の約100万分の1で、これを0℃1気圧の標準状態に換算すると0.2～0.5mmの厚さに相当する。オゾン層の働きは紫外線を吸収することであるが、太陽光の紫外線は波長領域によって短波長領域（280nm 以下、UV－C）、
中波長領域（280～320nm、UV－B）、長波長領域（320～400 nm、UV－A）に分けられ、
オゾンはこのうち有害なC 領域の紫外線を吸収し、生体を破壊する有害な作用（例えば、染色体のDNAや細胞の破壊など）から保護している。
クロロフルオロカーボン類は直接吸入した場合などの人体への健康影響は極めて少ない安全性の高い物質であり、洗浄用、冷媒などとして広く用いられてきた。非常に安定であるため、対流圏では分解されず、大気中に蓄積されるが、成層圏で紫外線によって分解し、オゾンと反応するラジカルを生成する一連の反応が起こり、オゾンが消滅していくことが明らかになり、フロン規制が行われることになった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1 背景

環境問題には、産業活動や生活活動により定常的に環境に排出されているものが、地形や気象状況により引き起こされる公害と、火災・爆発に代表される事故による環境汚染がある。そのいずれの場合も管理を十分に行うことにより未然に防止することが可能となる。そのため、マネジメントシステムを構築し、環境に対する管理を行うことが重要となっている。
また、人類の生活レベルが向上したことに伴い資源およびエネルギーの使用量が増加し、それに伴う廃棄物の増加、二酸化炭素の増加による地球温暖化、フルオロカーボンの漏出などによるオゾン層の破壊など地球環境問題が顕在化してきている。
特に、廃棄物については、例えば、焼却処理に伴うダイオキシンの発生、最終処分場の逼迫や、過去の埋立てによる土壌・地下水汚染といった問題が山積している。
政府は、これら地球環境問題を解決するために大量生産・大量消費・大量廃棄を改め、循環型経済社会を構築することが必要であるとして法制度を整備した。事業者がこれに取り組むためには、規制的手段よりも自主的取組みのほうが効果的に対応できるものもあることから、自主的にマネジメントシステムを構築することがますます重要となっている。
また、社会全体が環境問題に関心をもつようになってきたことから、事業者には環境問題にいかに取り組んでいるかを事業の関係先や地域住民など利害関係者に情報を開示し、説明することが求められている。
この観点からも、環境マネジメントシステムの構築が不可欠となってきている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

化学産業は化学物質を扱う産業であることから環境保全、保安防災、化学品安全、労働安全衛生および物流安全の全分野を一体とした総合管理が必要である。レスポンシブル・ケア（RC：Responsible Care4））とは化学物質を総合安全管理し、その結果を社会と対話する自主管理活動である（これは、RCの取組み状況について地域住民に代表される利害関係者と対話することにより、活動の透明性を確保し、信頼性の向上を目指すものである。）。

すなわち、RCはマネジメントシステムの構築とその成果であるパフォーマンスの両方を重視した活動である。

一方、ISO 14001は環境マネジメントシステムの仕様を定めた規格であり、RCの環境保全分野と重なっている（また、RCはISO 14001に比べ広い範囲にわたるマネジメントシステムを構築することが必要なことから、ISO 14001がRCのマネジメントシステムを構築するのに極めて有効となる）。

したがって、ISO 14001の認証を取得することは、まさにRCの環境保全分野のマネジメントシステムについて第三者認証を取得することにほかならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

a） ISO 14001

1） ISO 14001の構成

ISO 14001の構成は、環境方針、計画、実施および運用、点検および是正措置の順になっている。ISO 14001の文章は簡潔に書かれているので、「利用の手引き」を参照するのがよい。

2） 環境方針

環境方針は経営者が環境保全を継続的に改善していくことを示す非常に重要なものである。
事業活動、製品またはサービスの性質、規模、環境影響に対する妥当性、継続的改善、
汚染の予防に関する約束、関連する環境法規制などを順守することへの約束、ならびに
環境目的および環境目標の設定、見直しの枠組、従業員への周知が求められている。
また、一般の人がこの環境方針を入手することが可能であることも求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

3） 計画

（1）環境側面

計画の中で重要なのが環境側面の把握である。環境側面とは環境に影響を与える要因のことである。組織の活動が環境に対して、過去、現在、さらに将来にどのような影響を与えたかまたは与えるかを判定する手順を決めることが求められている。そして何が著しい環境影響をもつかあるいはもちうるかを決定することが求められている。

（2）法的およびその他の要求事項

組織に関する法規制およびそのほかの要求事項を明確にする手順が求められている。
どの法令が組織のどこに適用されるのかを明確にするとともに、新たな改正法令の情報が的確に入手できる手順を確立することが求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

3） 計画

（3）目的、目標および実施計画

特定された著しい環境側面、法的そのほかの要求事項、対応する技術の選択肢、財政上および事業上の状況、利害関係者の見解を総合的に考慮して、環境方針と整合した環境目的および目標を定めることが求められている。さらに、環境目標および目的を達成するため計画を立てる必要がある。その計画には手段、時間的枠組み、責任の所在を明確化させることが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

4） 実施および運用

（1）資源、役割、責任および権限
経営者には環境マネジメントシステムを実施していくうえで必要な人材、対応技術および財源を確保することが、また、具体的に環境マネジメントシステムを推進し、その実施状況を報告する管理責任者を任命するよう求められている。

（2）力量、教育訓練および自覚
目的および目標の推進に関係するすべての要員に環境マネジメントシステムの推進の重要性を教育し、理解させることを求めている。特に著しい環境影響となりうる作業に携わる要員には、適切な教育・経験に基づく能力をもたせることも求めている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

4） 実施および運用

（3）コミュニケーション

環境に関する情報について、組織内部の部署およびライン間での情報交換、および外部の利害関係者と情報交換を行う手順を確立することが求められている。

（4）文書類

環境マネジメントシステムの要求事項を具体化する手順を定めた文書体系がどのようになっているか、さらに細かい手順を定めた文書との関係が一目でわかるような体系図が求められている。

（5）文書管理

必要な文書はいつも最新のものに更新し、その保管場所を明確にし、不要な文書は速やかに廃棄するよう責任が明確化されていることが求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

4） 実施および運用

（6）運用管理

環境方針、目的、目標を達成するため、決められた手順に従って確実に実施されているかどうか管理することが求められている。

（7）緊急事態への準備および対応

将来起こるかも知れない事故などによる環境影響を予測し、防止する対策が求められている。また、可能なら訓練することも求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

5） 点検

（1） 監視及び測定

環境目的および目標との適合性、法規制への適合性、パフォーマンスおよび関連の運用管理を追跡するための情報の記録を日常的に監視し、測定する手順を確立することが求められている。

（2） 順守評価

法的およびその他の要求事項の順守を定期的に評価することが求められている。

（3） 不適合並びに是正処理および予防措置

発生した不適合に対する是正措置と、これから発生するかもしれない不適合の予防措置について責任と権限を定めるよう求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

5） 点検（つづき）

（4）記録の管理

環境マネジメントシステムが継続的に運営されていることを示す記録類の管理が求められている。

（5）内部監査

規格の要求事項を含め、環境管理計画に適合しているか、適切に実施されているかを監査することが求められている。

6） マネジメントレビュー

経営者は一定期間ごとに環境マネジメントシステムを見直す必要がある。環境マネジメントシステム監査の結果、変化している周囲の状況、継続的改善の観点から、必要なら方針、目的、そのほか環境マネジメントシステムの要素を変更することが求められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 ISO 14001 とレスポンシブル・ケア（RC）

b） RC

RC とは「化学物質を製造し、また取り扱う事業者が、自己決定・自己責任の原則に基づき、化学物質の開発から、製造、流通、使用、最終消費を経て廃棄に至る全ライフサイクルにわたって、環境・健康・安全を確保することを経営方針において公約し、安全・健康・環境面の対策を実施し改善を図っていく自主管理活動」である。

RC コードは具体的には次に示す7 つのコードから構成されている。

① マネジメントシステムコード
② 環境保護コード
③ 保安防災コード
④ 労働安全衛生コード
⑤ 物流安全コード
⑥ 化学品安全コード
⑦ 社会との対話コード

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 高圧ガス関連の災害事故

6.1 災害事故の推移

6.2 事故原因別災害事故例

6.3 大事故事例の解析と対策

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1 災害事故の推移

昭和20 年代の復興期には食糧確保のため、アンモニア合成工業を含めた肥料工業が発展。高圧設備の製作技術がまだ十分でなかったところがあり、アンモニア合成工場で大きな事故が発生し、多数の死傷者を出した。

昭和30 年代に入ると、石炭から石油へとエネルギー転換がなされ、石油化学工業がコンビナートの建設とともに発展していった。また、この時代にはアセチレン容器内での分解爆発などによる破裂事故が多発したが、容器内に入れる多孔質物を改良することにより減少した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1 災害事故の推移

昭和50年代に入ると、事業所の事故が徐々に減少し、全体の災害事故件数も年間100件以下と減少したが、それでも少ない年で60 数件は発生していた。この間、産業界は旺盛な需要に対応して規模を拡大し、高稼働率を続けた。一方、半導体関連の精密製品の産業が飛躍的に発展していった年代でもあった。昭和57 年（1982 年）には、宮崎でプラズマCVD 装置の排気ダクトからの火災（負傷者5 名）のような新しい産業の事故も発生するようになった。

昭和60年代に入り、年間災害事故件数は90 件以下で推移していたが、平成3年（1991年）に100件を超え、しばらくは100件前後の状況が続いた。ところが、平成13年（2001年）に122件と再び100件を超えてからは、災害事故件数は平成16年（2004年）に158件、平成18年（2006年）に195件、平成22年（2010年）に406件と増加が続き、さらに平成23年（2011年）は東日本大震災の影響もあり490件と大幅に増加した。その後3年間の災害事故件数は減少傾向にあったが、平成27年（2015年）、平成28年（2016年）と増加に転じている。
特に平成28年は、熊本地震や台風10号などによる自然災害の影響も大きかった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1 災害事故の推移

昭和40 年代に入ると、経済が好況に向かい、設備が次々と大型化していったが、それに伴い
高圧の熱交換器や鋼製球形タンクの脆性破壊などの新たな事故も発生した。
これらは大型構造物に限界があることを示した事故であった。一方、高圧ガス関係の事故（災害事故）全般をみると、昭和40 年代の後半は、災害事故件数が年間100 件以上と大幅に増加した。

特に昭和48 年（1973 年）には、新潟で塩化ビニルモノマー製造装置での爆発（死者1名、負傷者23名、家屋の破損660戸）、川崎で自社技術により開発した製造装置の火災（死者2名、負傷者2名）、千葉でポリプロピレン製造装置の爆発（死者4名、負傷者9名）など、コンビナートなどで死傷者を伴う重大事故が続発した。昭和49年（1974年）には、水島で重油タンクの底板破損による海上への重油流出事故が発生し、瀬戸内海の約1/3が汚染されるという空前の事態となり、昭和50年（1975年）にコンビ則が、昭和51年（1976年）には特定則が、また、同年に
石油コンビナート等災害防止法が施行されるきっかけとなった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

a） 設備の施工管理不良の例

LP ガス充塡所の構内施設点検時に、残ガス回収用アフタークーラ内からの気泡の発生を発見した。漏えいの措置として、アフタークーラ内の破損した銅コイル管を撤去し、プラグ止めを行った。原因はアフタークーラ内の銅コイル管が隣接する圧縮機の振動により接触を繰り返したため破損したと推定される。再発防止対策として、今後、銅コイル管の取り付けの際には、スポンジカバー（15 mmφ×120 mm）を取り付けて振動による破損を防止することとした。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b） 設備の腐食管理不良の例

事業所に8 基設置されている低温液化天然ガス貯槽のうち、No.4 貯槽の頂部に設置されているタンク内槽安全弁のパイロットライン溶接部のき裂から微小（カニ泡程度）のガス漏えいが当該安全弁の作動試験準備中に発見された。
直ちに安全弁元弁及びパイロットライン元弁の閉操作を実施した。原因はステンレス鋼の応力腐食割れと推定される。再発防止対策として、溶接部については保護塗装を施工して塩化物付着の防止を図り、かつ全LNG タンクのステンレス裸管について応力腐食割れ調査及び保護塗装を実施した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c） 操作基準等の不備の例

解体中の建物（3 階建て）の屋上で、工事事業者が鉄筋を切断中、アセチレンガス容器の圧力調整器の部分から火が噴いた。この炎により酸素ガス容器が加熱されて破裂した。破裂により約12 m 離れた場所にいた1 人が軽傷を負った。原因は溶断中に溶融した鉄が落下し、階下にあったアセチレンホースを溶かして着火したものと推定される。再発防止対策として、①操作基準の見直し②アセチレンガス及び酸素ガスを使用する際の安全指導の徹底等を実施した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d） 誤操作・誤判断と操作基準の不備の例

LNG 運搬船配管の冷却試験を行うため、LNG 運搬船を岸壁に係留し、タンクローリから窒素ガスをLNG 運搬船に供給していた。その窒素ガスが、原因不明の不具合で開いていたLNG 運搬船配管の安全弁を通してカーゴタンク上のドームハウス内に充満した。ドームハウスの入口に立入禁止の表示はあったが、工具を取りにこの建屋に入った従業員が酸素欠乏症により昏倒・死亡した。原因は、①安全弁は設置の段階で弁体の浮き上がりを確認していたが、冷却試験中に安全弁を通じて窒素ガスがドームハウス内に充満することを想定できなかった。②「冷却試験中につき立入禁止」の表示があったが、酸欠の可能性及び危険性の周知が不十分だったと推定される。再発防止対策として、①窒素ガスによる酸欠の危険性の再教育②立入禁止及び酸素濃度チェック要領の再周知③冷却試験の開始前に、全カーゴタンクからドームハウスを一時撤去及びマンホールを閉鎖④冷却試験の開始前に、カーゴタンク安全弁の健全性を確認等を立案・実施した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

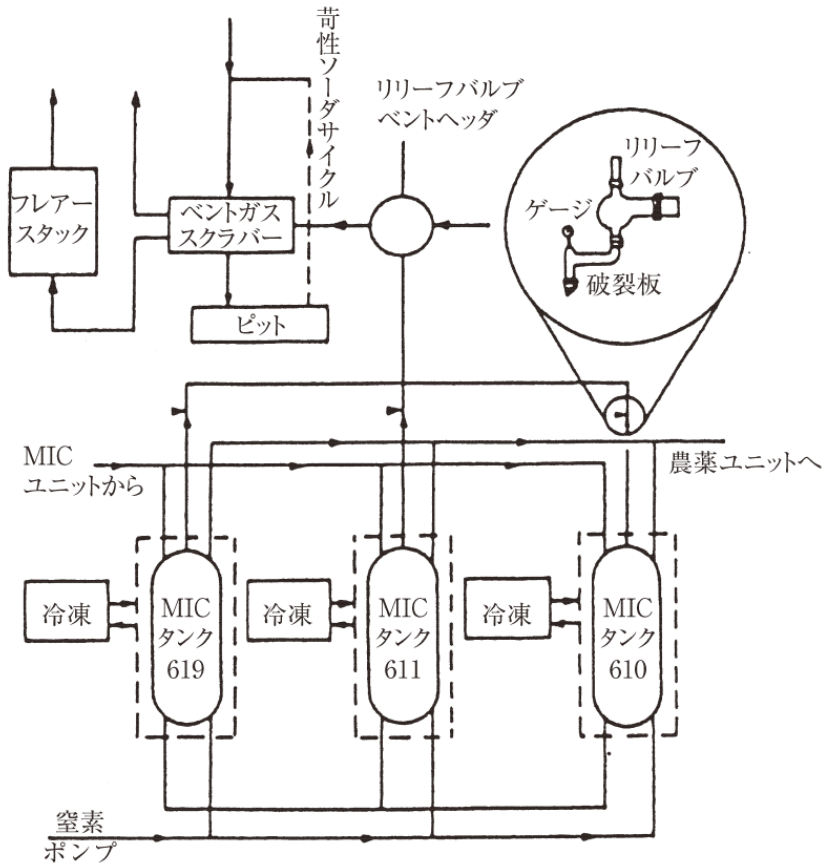
e） 自然災害の例

地震（東日本大震災）により、事業所内に設置していたアーク炉用
アルゴンCE（コールドエバポレータ）のレグと基礎を固定しているアンカーボルトが
抜け、アンカーボルト自身が最大で15 mm 程度浮き上がった。レグは3 本であり、
それぞれ2 本のアンカーボルトで固定しているが、そのうち3 本が抜けた。幸いにして、
貯槽の傾きやアルゴンの漏えいは無かった。再発防止対策として、
2 本のアンカーボルトに加えて4 本のケミカルアンカーボルトによる補強を実施した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.1 事故の概要

1984年12月2日23時30分頃、インド中央部のボパール市にあるUnion Carbide India社（UCIL）の農薬工場から猛毒の中間原料であるメチルイソシアネート（MIC）が貯槽より漏えいし、北西の風に乗って、工場の南東市街40km^2 にわたって広がり、事故直後約3千人が死亡、その後死者は2万人を超え、約60万人が後遺症に苦しむ大惨事となった。



MIC貯槽周辺の概略系統図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.2 メチルイソシアネートの物性と貯槽および関連設備の概略仕様

a） メチルイソシアネート（methyl isocyanate）の物性

分子式　　：CH_3NCO
分子量　　：57.1
沸点　　：39.1 ～40.1℃
TLV-TWA　：0.02 vol ppm

反応性に富む化合物で、揮発性、燃焼性、毒性が高い。
水と反応したり、自己付加反応で三量体になりやすく、発熱反応であるので、
暴走反応を起こす可能性がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.2 メチルイソシアネートの物性と貯槽および関連設備の概略仕様

b） 貯槽および関連設備の概略仕様

基数　　：3基、横置枕型
大きさ　　：直径2.4m、長さ12m、約57m^3
材質　　：SUS 304
設計圧力　：2.8 kg/cm^2（0.27MPa、121℃）
冷却系　　：30 トン冷凍設備（0 ℃に保持）
安全設備　：安全弁、破裂板、窒素与圧
除害設備　：ベントガススクラバ（VGS）、フレアースタック

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.3 事故前の状況と事故の経過

MIC 製造設備は10月22日から休止し、貯槽の冷却系も7月から停止していた。
ベントガススクラバは10月23日から循環ポンプを停止し、フレアースタックは6日前から補修のため、配管が取り外されていた。

12月2日22時30分、貯槽圧力は2psi（14kPa）で正常であったが、
23時00分に10psi（69kPa）に上昇するも正常と判断。
23時30分漏えいに気づくも、お茶休憩中であったので処置しなかった。

翌3日0時45分MICの流出が増加し、圧力55psi（0.39MPa）となった。
スクラバを起動しようとしたが、起動しなかった。

その後、制御室もMIC ガスが充満し、圧力計、温度計はスケールアウトした。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.4 事故原因の調査

事故後インド捜査当局は、事故関係物件の押収、関係者との面談を制限したため、
事故の真相は十分明確になっていない。しかし、推論の部分もあるが、次の報告が出された。

① Union Carbide 社（UCC 米国）の事故調査報告（1985年3月）
② 国際自由労連などの労働団体、市民団体による事故調査報告（1985年8月）
③ インド政府の事故調査報告書（1985年12月）

この事故はいずれの報告も、タンクに流入した大量の水とMIC が反応して温度が上昇し、
次に何らかの原因で存在した鉄イオンの触媒作用でMIC が三量化反応を起こして発熱し、
ついには暴走反応となって、温度、圧力が急上昇したところまでは同じ見解であった。
しかし、水の入った原因および鉄イオンが発生した原因については、三者の報告での見解は
異なっていた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.5 事故原因の解析と対策

a） 危険有毒物の大量貯蔵とその取扱い

親会社であるUCC 本社（米国）の危険有毒物管理に対するハード的およびソフト的な対策が不十分であったと推察される。

b） 安全処理設備の不備

貯槽内にMIC が貯蔵されていたにもかかわらず、ベントガススクラバは停止し、
フレアースタックの配管は外して使用できない状態になっていた。
また、ベントガススクラバ、フレアースタック、散水設備などの諸設備の処理能力が、暴走反応時には不足であった。そのうえ自動化されていなく、ガス漏えい検知警報設備も設置されていなかった。

c） 運転管理の不備

冷凍機の停止など貯槽内MIC の温度管理がなされていなかった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.3.5 事故原因の解析と対策

d） 設備保全管理レベルの低さ

バルブからのガス漏れが日常化しており、設備の変更も十分検討がなされないで行われていた。

e） 現場の実態を無視した人事労務管理

教育訓練レベルの低下、現場の実態を考えない人事異動、熟練技術者および作業員の削減や交替。

f） 安全意識の欠如

安全設備が稼働していなかったうえに、すぐに稼働させることもできなかった。
また、異常事態が発生していたにもかかわらず、休憩中とのことで処置しなかったなど、安全意識が欠如していた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者講習

法令Ⅰ

高圧ガス保安法①
（含む　施行令、一般則、容器則の一部）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

講師：元　高圧ガス保安協会
宇都宮　敏

製造保安責任者免状と保安統括者等

（参考-1）

<table>
<tr><th>製造保安
責任者免状 ＼ 保安統括者等</th><th colspan="2">保安
統括者</th><th>保安技術管理者</th><th>保安主任者</th><th>保安企画推進員</th><th>保安
係員</th></tr>
<tr><td colspan="2">甲種化学・甲種機械</td><td rowspan="3">免状不要</td><td>○</td><td>○</td><td rowspan="3">免状不要

保安技術管理者
3年以上
保安主任者等
5年以上
保安係員等
7年以上</td><td>○</td></tr>
<tr><td>乙種化学
・
乙種機械</td><td>丙種化学
（液石丙化）</td><td>△

保安用不活性ガス以外のガスの処理能力100（貯槽有・充塡200）万m³未満（不活性ガス・空気は各4倍の数値）に限り、液石丙化は液化石油ガスに限る。</td><td>○

液石丙化は液化石油ガスに限る。</td><td>○</td></tr>
<tr><td colspan="2">丙種化学</td><td>×</td><td>×</td><td>○</td></tr>
</table>

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧法令受講の意義（1）

（参考-2）

法第31条、試験則
第8条、9条1項、2項

1．製造保安責任者試験における試験科目

① 甲、乙、丙種（特別）化学製造保安責任者

1）高圧法に係る法令

2）高圧ガスの製造に必要な［化学に関する高度の（甲）、化学に関する通常の（乙）、基礎的な（丙）］保安管理技術

3）高圧ガスの製造に必要な［高度の応用化学（甲）、通常の応用化学（乙）、基礎的な応用化学及び機械工学（丙）］

② 甲、乙種機械製造保安責任者

1）高圧法に係る法令

2）高圧ガスの製造に必要な機械に関する［高度の（甲）、通常の（乙）］保安管理技術

3）高圧ガスの製造に必要な［高度の（甲）、通常の（乙）］機械工学

2．製造保安責任者試験の受験方法

① 1．①又は②のうち 1）～3）の全科目受験

② 科目免除受験 1．①又は②のうち 1）の高圧法に係る法令のみ受験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧法令受講の意義（2）

（参考-3）

法第31条第3項、
試験則第4条、5条、8条

1．製造保安責任者試験における受験科目免除講習

① 甲、乙種化学（機械）、丙種（特別）化学講習

1）高圧法に係る法令　7時間以上

2）高圧ガスの製造に必要な［化学（機械）に関する高度の（甲）、化学（機械）に関する通常の（乙）、基礎的な（丙）］保安管理技術　7時間以上

3）高圧ガスの製造に必要な［高度の応用化学（機械工学）（甲）、通常の応用化学（機械工学）（乙）、基礎的な応用化学及び機械工学（丙）］　7時間以上

受講

② 甲、乙種化学（機械）、丙種化学特別技術検定

2）高圧ガスの製造に必要な［化学（機械）に関する高度の（甲）、化学（機械）に関する通常の（乙）、基礎的な（丙）］保安管理技術

3）高圧ガスの製造に必要な［高度な応用化学（機械工学）（甲）、通常の応用化学（機械工学）（乙）、基礎的な応用化学及び機械工学（丙）］

合格

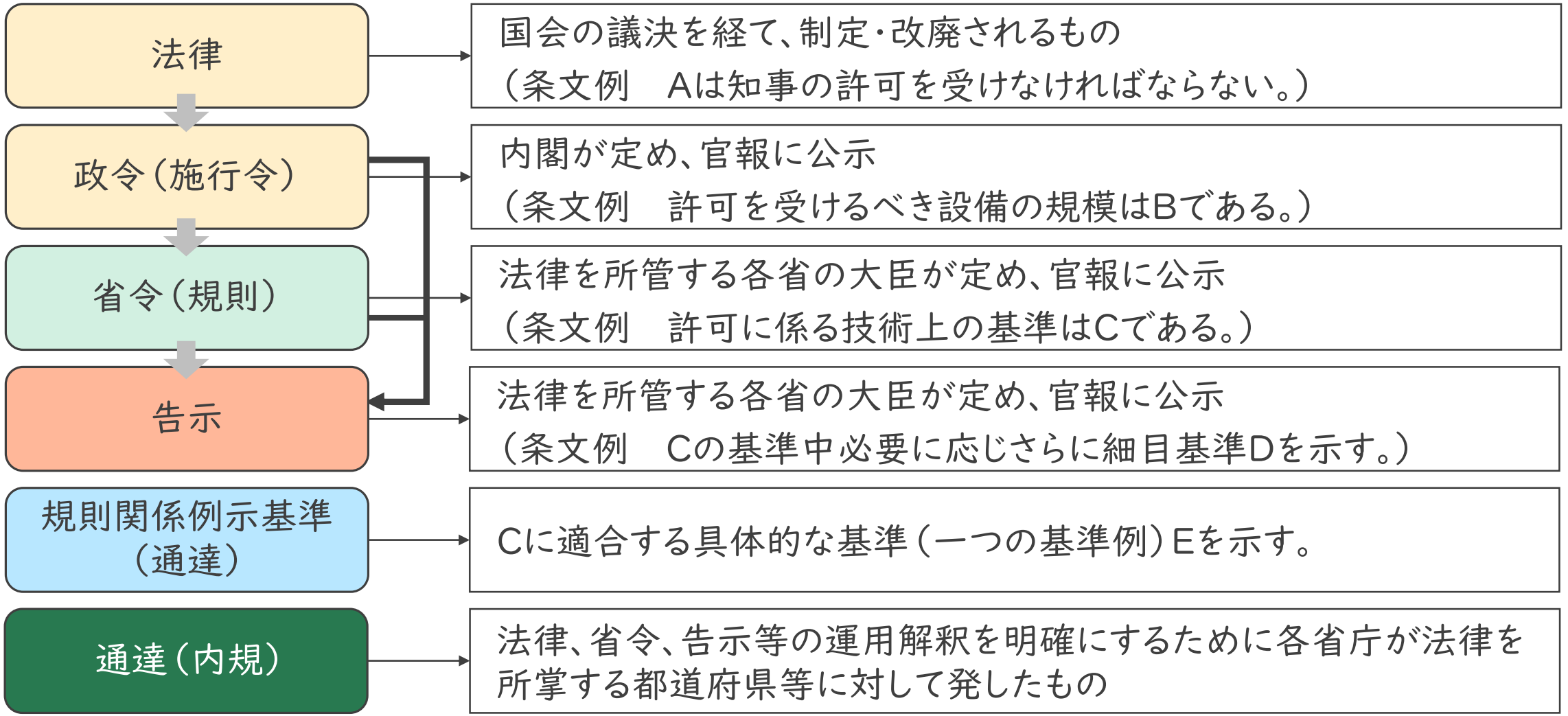
2．製造保安責任者試験における受験科目

1.①1）　高圧法に係る法令

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令等の構成

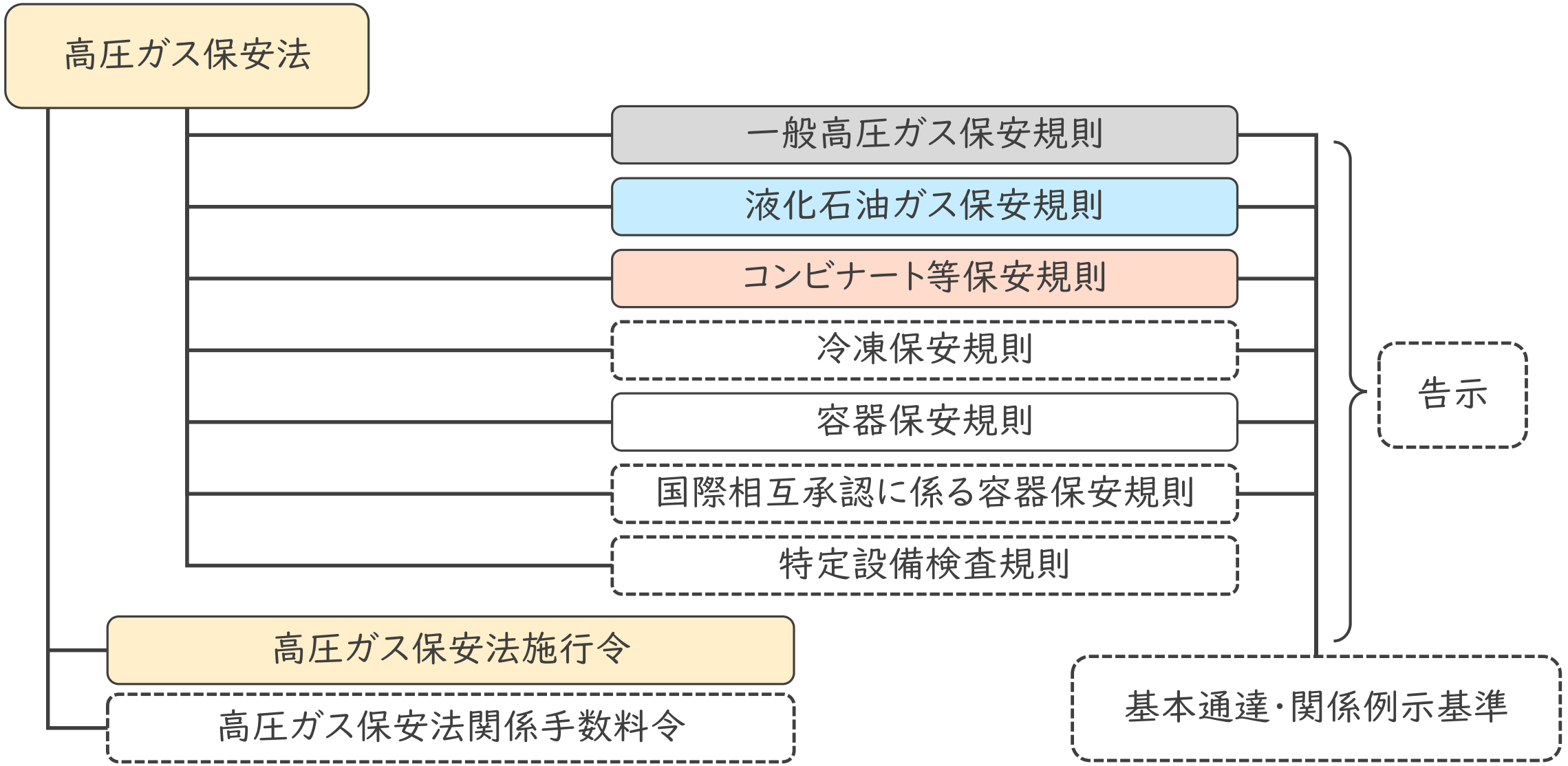
図１



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法令の構成（主要なもの）

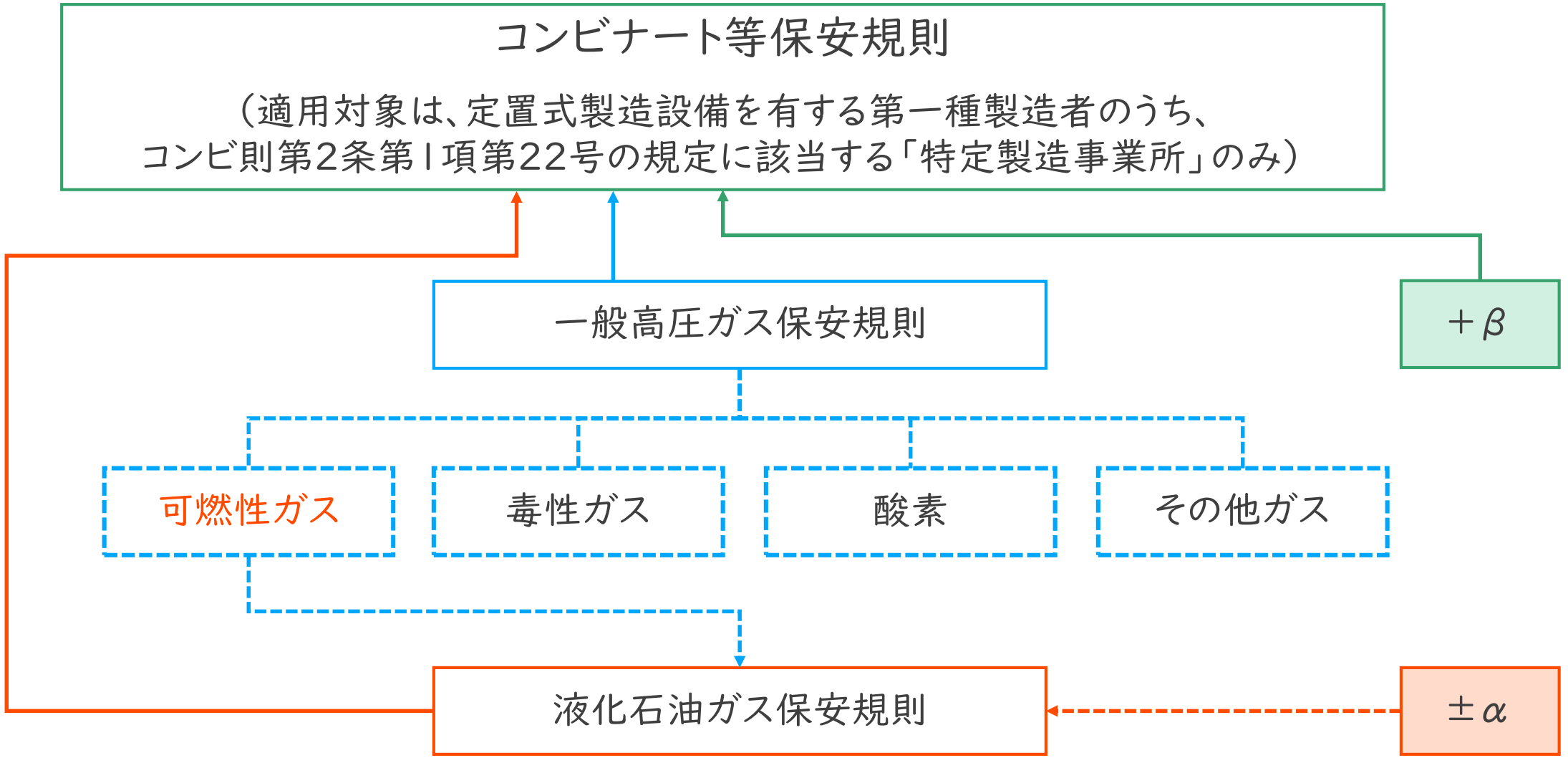
図2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

各保安規則の関連

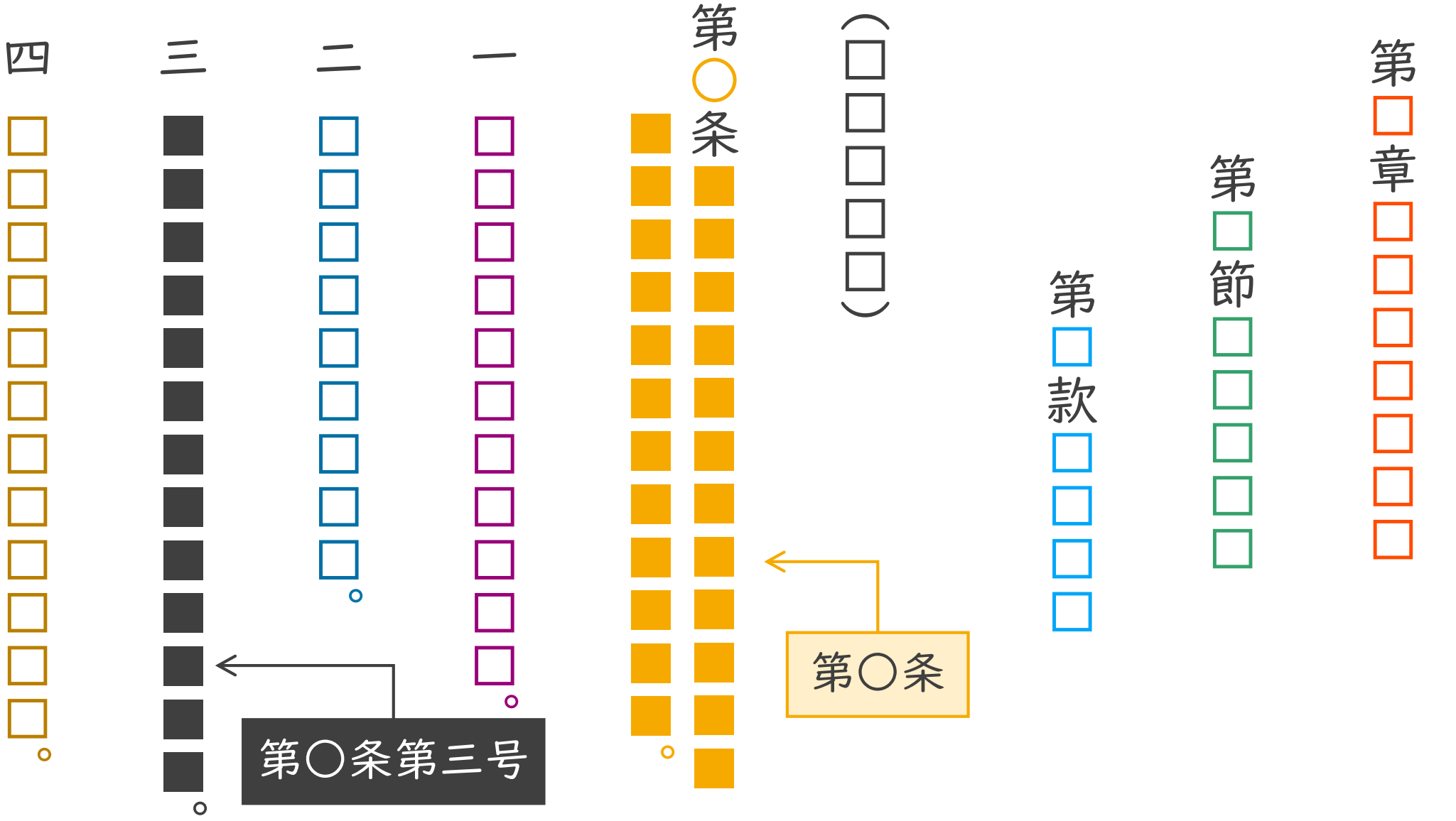
図3



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

条項号の呼び方の例（1）

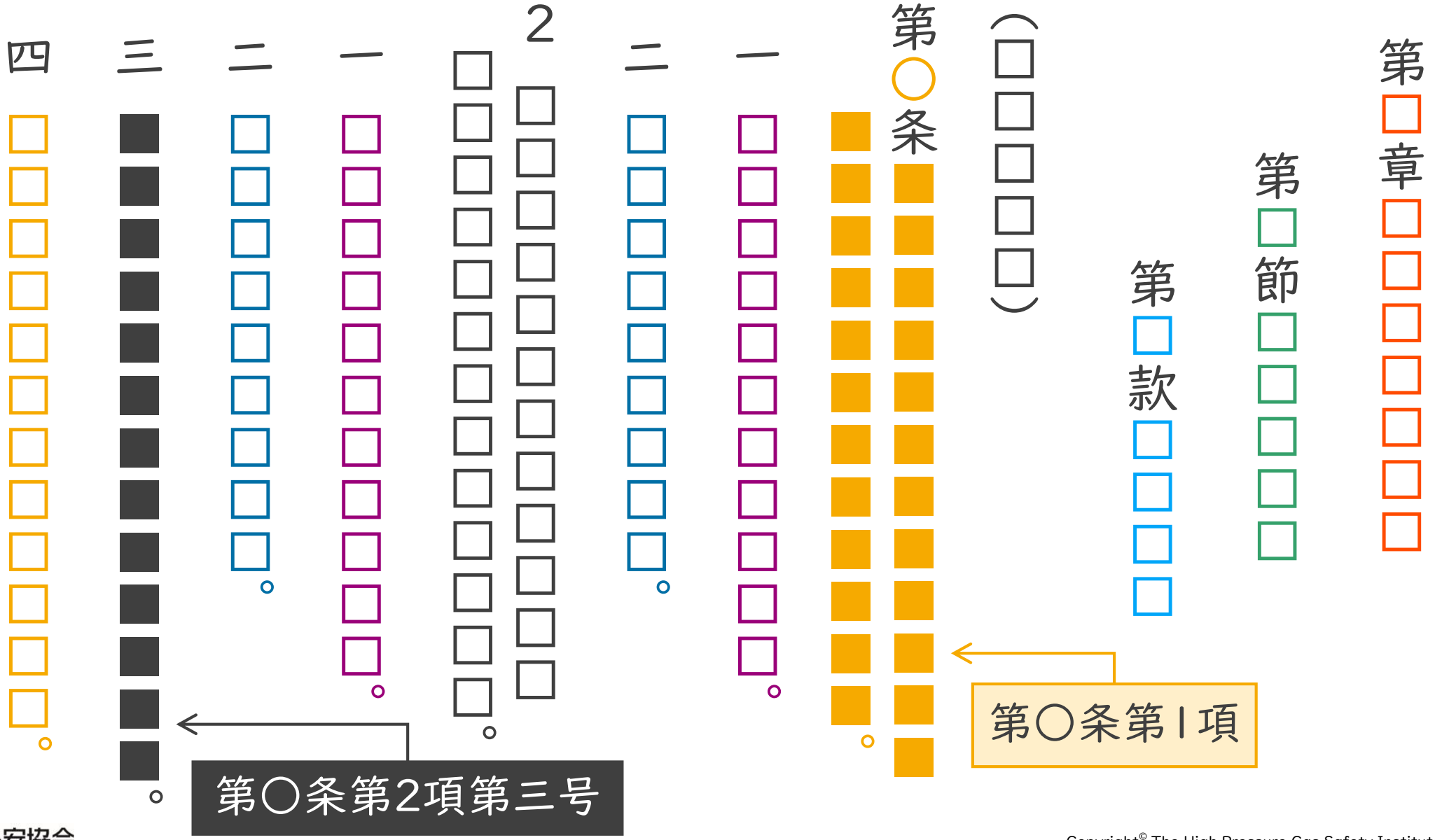
図4-1



高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

条項号の呼び方の例（2）

図4-2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

スライドの見方

（参考-4）

スライド

法第〇条△項×号

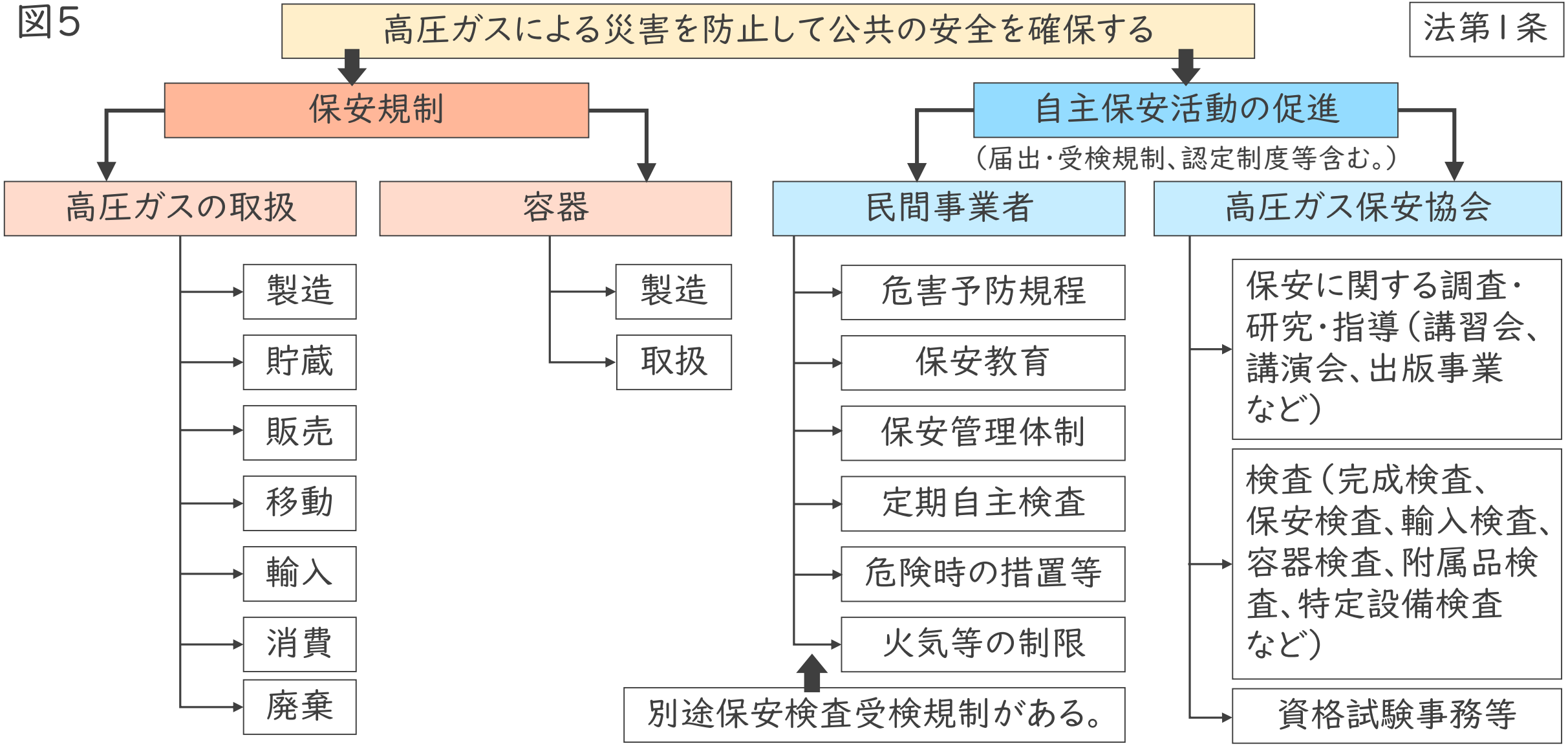
【根拠条文】

- 法　　：法律
- 政　　：政令
- 一般　：一般高圧ガス保安規則
- 液石　：液化石油ガス保安規則
- コンビ：コンビナート等保安規則
- 容器　：容器保安規則

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の目的と主な規制事項等

図5



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造とは（法第5条関係（6）通達（内規）

法第1条、第5条

- **圧力を変化させる場合**
  - 高圧ガスでないガスを高圧ガスに！ — 圧縮機等
  - 高圧ガスをさらに昇圧！ — 圧縮機等
  - 高圧ガスを圧力の低い高圧ガスに降圧！ — 減圧弁等
  - 高圧ガス状態の液化ガスをポンプ又は気体によりさらに加圧！ — ポンプ・CE等
- **状態を変化させる場合**
  - ガスを液化させ、高圧ガス状態の液化ガスに！ — 液化機等
  - 高圧ガス状態の液化ガスを気化させ、高圧ガスに！ — 気化器等
- **容器に高圧ガスを充填する場合** — 充填機・移充填等

高圧ガスを蓄圧せず、火薬類を消費することによって高圧ガスを瞬間的に生成することは、高圧ガスの製造には該当しない。また、樹脂、ゴム及び金属の内部に高圧ガスを一時的に留めて成形又は加工に用いる金型等へ当該ガスを充填することは、高圧ガスの製造には該当しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（1）

参考図1

法第1条、第5条

特定製造事業所（コンビナート事業所）

高圧ガスの分離、反応、精製等
（エチレン製造プラント）

液化水素製造プラント

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（2）

参考図2

法第1条、第5条

特定製造事業所（LPガス一次基地）

タンクローリ充填場

液化塩素1トン容器への充填

液化塩素50 kg容器への充填

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（3）

参考図3

法第1条、第5条

一般高圧ガス製造事業所

圧縮水素の充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（4）

参考図4

法第1条、第5条

一般高圧ガス製造事業所

移動式製造設備（CE貯槽に送り出し）

酸素ガスの充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（5）

参考図5

法第1条、第5条

アセチレンガス製造事業所

アセチレンガスホルダー

精溜・分溜塔

充塡場

散水冷却

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの製造（6）

参考図6

法第1条、第5条

LPガス充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの貯蔵

参考図7

法第1条、第15条、
第16条、第17条の2

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの移動

参考図8

法第1条、第23条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの消費

参考図9

法第1条、第24条の2、第24条の5

★ 消費とは：

高圧ガスを廃棄以外の一定の目的のために減圧設備のみにより瞬時に高圧ガスから高圧ガスでないガスにして引き続きそのガスを使用すること★（法第24条の2関係通達）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義

図7

法第2条1～4号　政第1条

高圧ガスの区分	定義	具体的なガス名（例）
〔法第2条第1号〕 圧縮ガス （圧縮アセチレンガスを除く。）	常用の温度において圧力（ゲージ圧力。以下同じ）が1メガパスカル以上で現に1メガパスカル以上であるもの （図8のAガス、Cガス） 又は温度35度で1メガパスカル以上となるもの （図8のBガス）	アルゴン、一酸化炭素、空気、酸素、水素、窒素、ヘリウム、メタンほか
〔法第2条第2号〕 圧縮アセチレンガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの（図8のAガス、Cガス）又は温度15度で0.2メガパスカル以上となるもの（図8のBガス）	アセチレン
〔法第2条第3号〕 液化ガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの （図9のAガス）又は圧力が0.2メガパスカルとなる場合の温度が35度以下であるもの（図9のBガス）	（いずれも「液化」を冠す） アンモニア、塩素、二酸化硫黄、二酸化炭素、液化石油ガス、フルオロカーボン、酸素、窒素、アルゴンほか
〔法第2条第4号〕 第3号に掲げるものを除くほか、右の定義に該当する液化ガス	温度35度において圧力が0パスカルを超える液化ガスのうち、液化シアン化水素、液化ブロムメチル又はその他のガスであって、政令で定めるもの （図10-1の3種類のガス）	液化シアン化水素 液化ブロムメチル 液化酸化エチレン

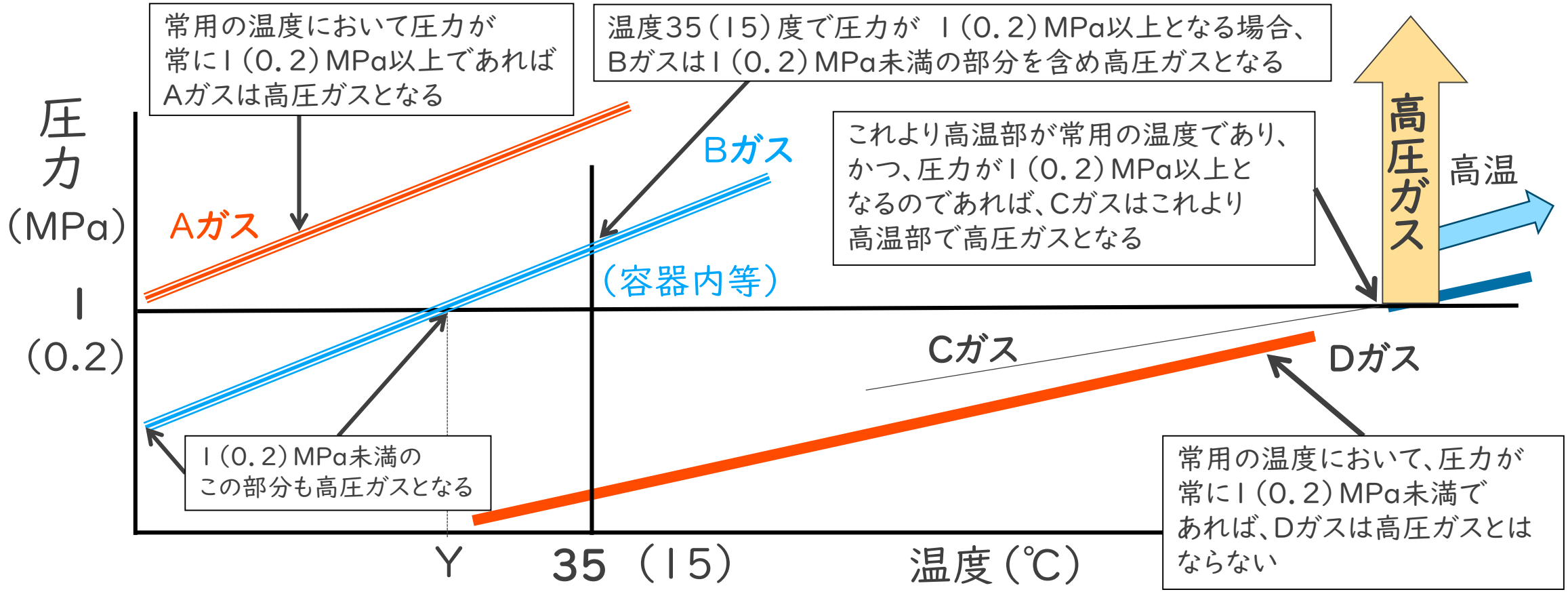
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは（1）

法第2条1、2号

図8

＊ 圧縮ガス〔（ ）内の数値は、圧縮アセチレンガス〕



＊ 常用の温度 ：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧力のSI単位

参考図10

法第5条関係
基本通達

$$Y(MPa)=X(kgf/cm^2)\times(9.80665\times10^{-2})$$

1（MPa） （メガパスカル）	＝	10.2（kgf／cm²）

（圧力単位の大きさの目安）

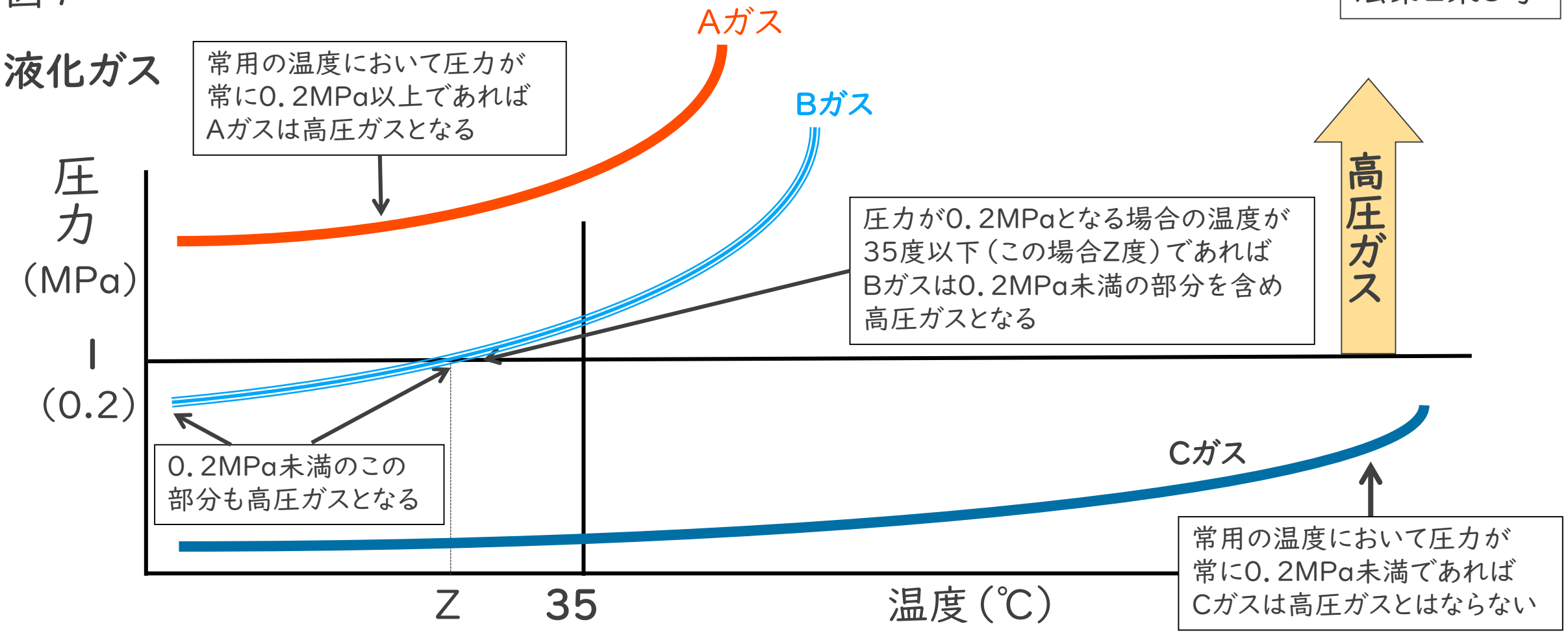
1MPaは、重さ1トン程度の自動車を片手に載せたときの、その掌（面積が100c㎡と仮定）にかかる圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは（2）

図9

法第2条3号



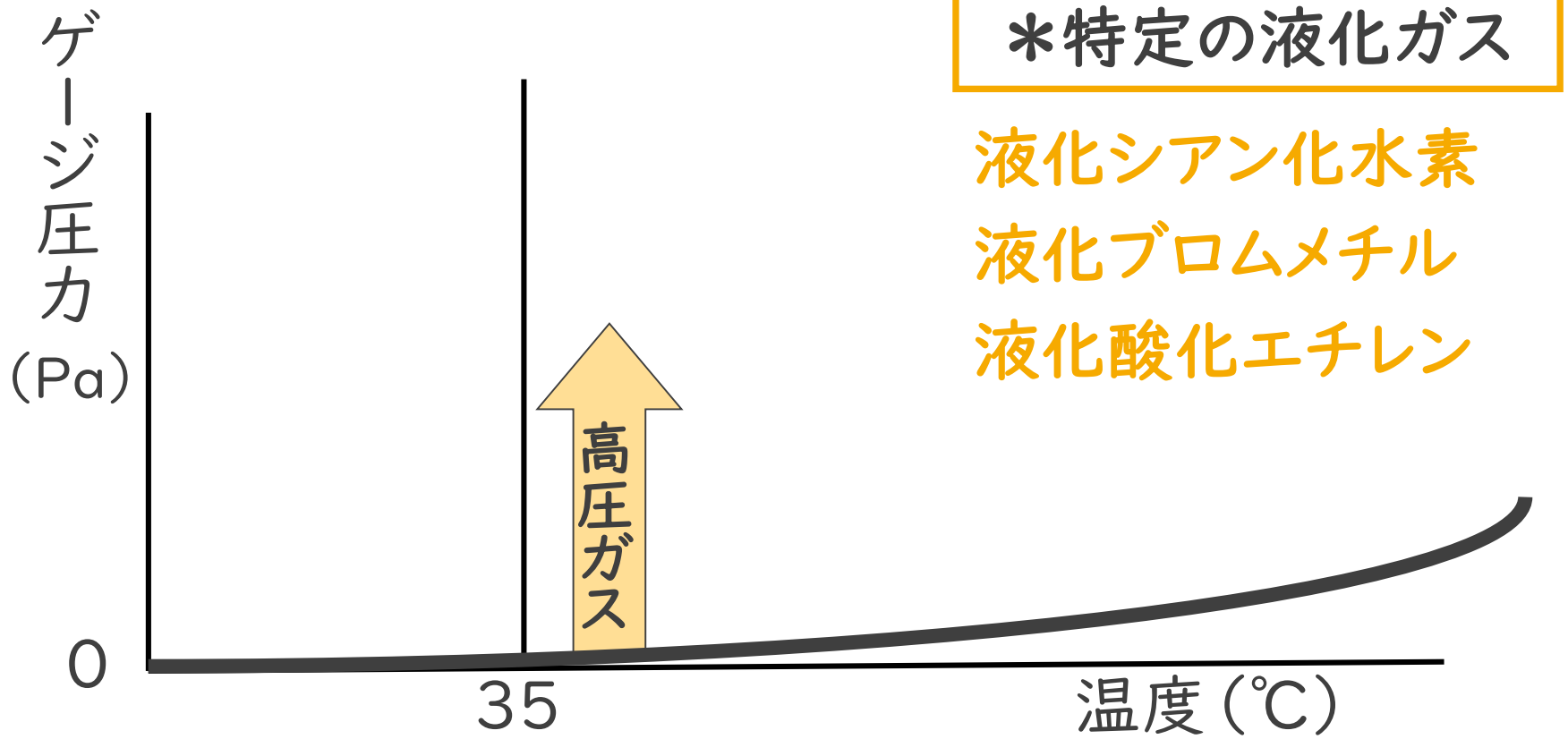
＊ 常用の温度 ：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは（3）

法第2条4号
政第1条

図10-1



＊特定の液化ガス

液化シアン化水素
液化ブロムメチル
液化酸化エチレン

特定の液化ガス（3種類）の場合は、温度35度において
圧力0パスカルを超えるものであれば「高圧ガス」と定義される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガスの定義（法第2条関係基本通達）

図10-2

「液化ガス」とは、**現に液体であって**次のいずれかに該当するものをいう。

① 大気圧下における沸点
（当該液体が純物質か混合物であるか否かにかかわらず、当該液体の蒸気圧が大気圧と等しくなる温度をいう。以下②において同じ。）が40℃以下のもの

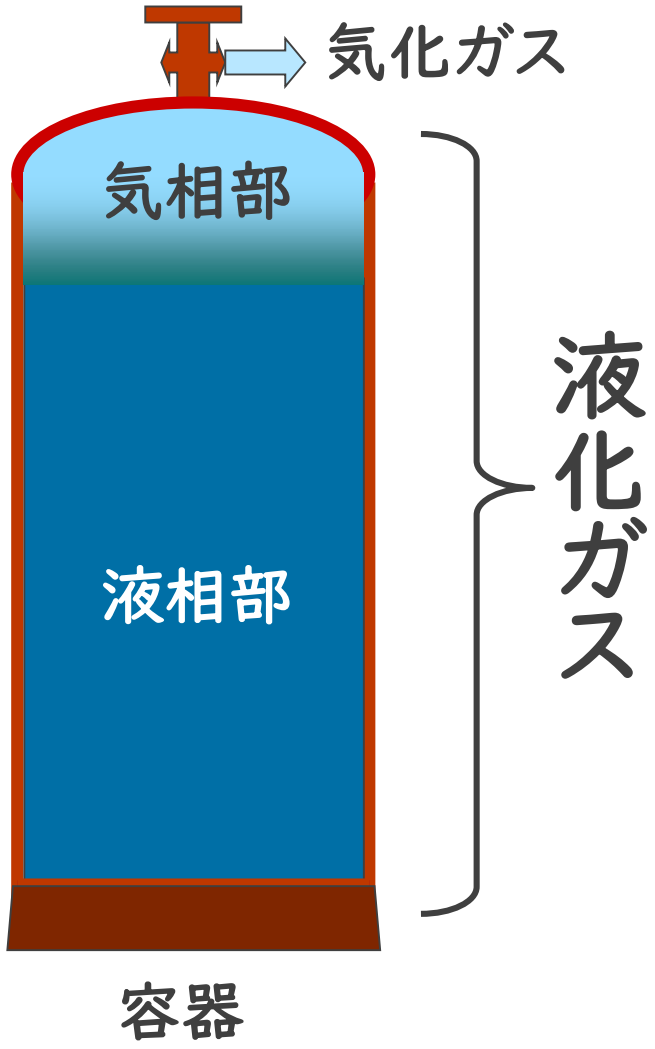
② 大気圧下における沸点が40℃を超える液体が、その沸点以上かつ1MPa以上の状態にある場合のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガスとは

参考図１１

法第2条関係運用・解釈



貯槽、容器、配管内等における液相部を有するガスは、液相部及び気相部を併せて「液化ガス」として取り扱う。

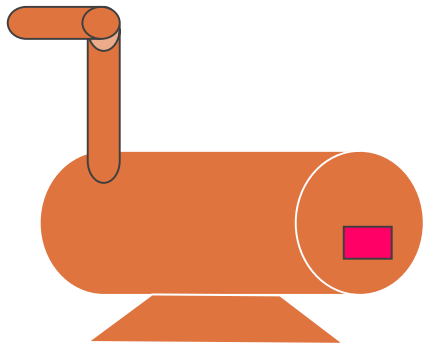
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（1）

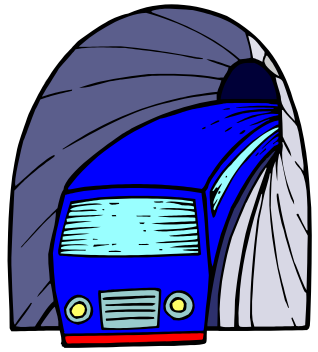
図1.1-1

法第3条

高圧ボイラー・
同導管内の高圧蒸気

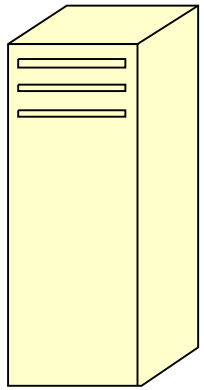


鉄道車両の
エアコン内の高圧ガス

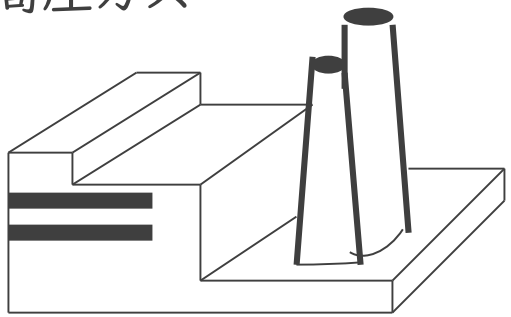


航空機内の高圧ガス

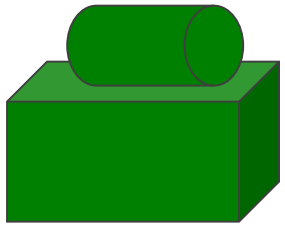
3トン（二酸化炭素、不活性のフルオロカーボンは5トン）未満の冷凍設備内の高圧ガス



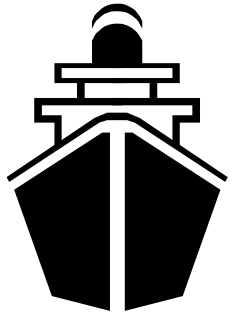
原子炉・同附属施設内の
高圧ガス



電気工作物内の
高圧ガス



船舶内の高圧ガス



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

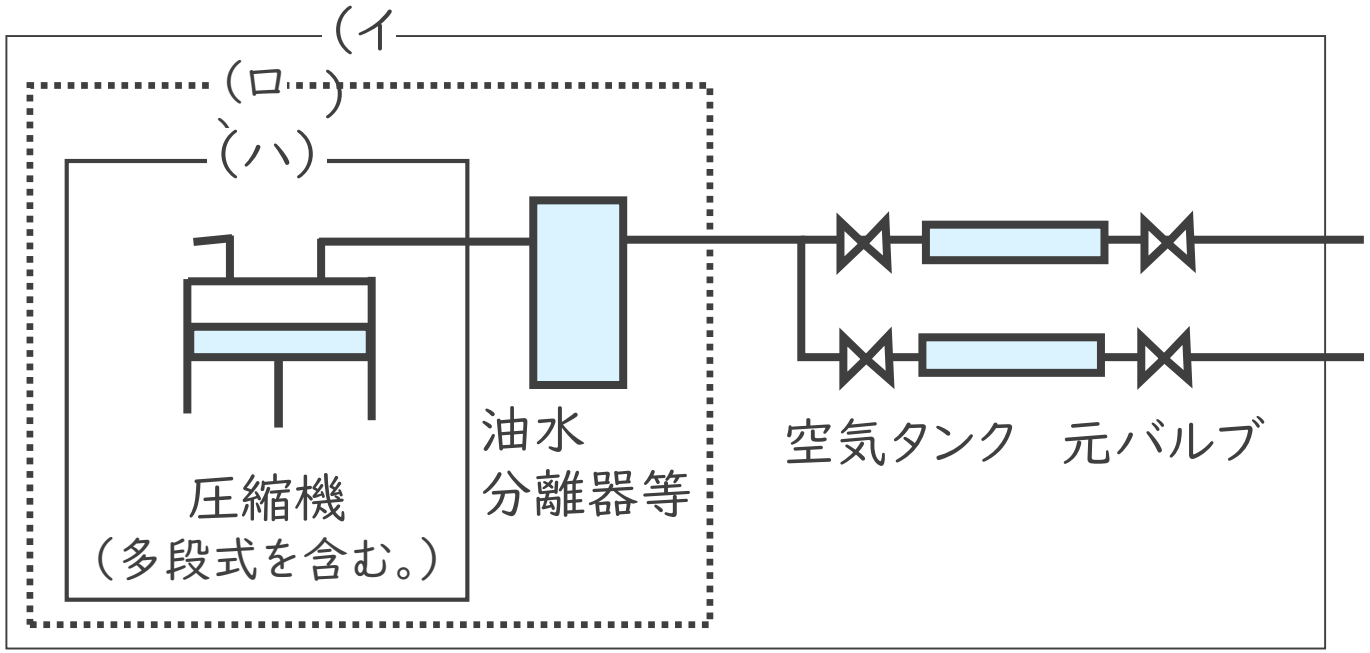
高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（2）

図Ⅱ-2

法第3条、政第2条3項1号、2号

① *圧縮装置内（圧縮機と同様の圧縮機構で空気を圧縮し、同装置内で加工、成形する機器類を含む。また、空気分離装置に用いられているものを除く。）の温度35℃における圧力が**5MPa以下の空気**

② 圧縮装置（空気分離装置に用いられているものを除く。設置条件有り。）内の温度35℃における圧力が**5MPa以下の不活性ガス**



*圧縮装置とは、設備の配置からみて一体として管理されるものとして設計されたもので（イ）、（ロ）又は（ハ）の範囲内の装置をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（3）

図11-3

法第3条、
政第2条3項5号、6号

① 液化ブロムメチルの製造のための設備外における当該ガス

② 常時他の設備と配管により接続されていないオートクレーブ（バッチ式反応釜）内における高圧ガス
（ただし、水素、アセチレン及び塩化ビニルを除く。→適用除外されない！）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（4）

図11-4

法第3条、
政第2条3項9号

ガスを圧縮、液化その他の方法で処理する設備内の高圧ガスであって、当該設備内のガスの容積が0.15m^{3}以下のもののうち、告示で定めるもの
（政令第2条第3項第9号）（施行令関係告示第4条の2）

1. 分析機器内における高圧ガス（分析機器の例→超臨界流体クロマトグラフ分析装置）
2. エアバッグガス発生器内における高圧ガス
3. 銃砲刀剣類所持等取締法に規定する空気銃又は準空気銃内における高圧ガス
4. 消火活動のため使用される放水銃内における高圧ガス
5. 3及び4に規定する空気銃、準空気銃、又は放水銃へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス
6. 冷凍設備へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス

（1～6のいずれも該当条件があるが記載省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造許可・製造事業届

図12-1

法第5条1項1号、2項1号

- 第一種製造者

処理能力が所定の値以上の設備で高圧ガスの製造をしようとする者 → 事業所ごとに、知事等に許可申請 → 知事等の許可 → 施設の設置工事着工

- 第二種製造者

処理能力が所定の値の範囲内の設備で高圧ガスの製造をしようとする者 → 事業所ごとに、製造開始の日の20日前までに知事等に届出

ただし

事業所内製造施設の処理能力は、原則合算する。

*複数の処理設備がある場合、

① 同一の処理設備が並列で設置され、同時に稼働できないことが確実な場合は合算しなくてよい。

② 処理能力の値が100m³（第一種ガスの場合は300m³）未満の場合であって他の製造施設とガス設備で接続されていないもので、かつ、他の製造施設の機能に支障を及ぼすおそれのないもの等にあっては、これらの処理能力を合算しなくてよいものとする。この場合、当該製造施設は、それぞれ法第5条第2項の適用（第二種製造者＝製造事業届出が必要）を受けることとなる。

（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

一般第3条他

平成29年11月15日付経済産業省令第83号による改正（平成30年4月1日施行）
容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則等の改正

（第一種製造者に係る製造の許可の申請）〔**一般則の例**〕

第3条　法第5条第1項の規定により許可を受けようとする者は、様式第1の高圧ガス製造許可申請書に製造計画書を添えて、事業所の所在地（移動式製造設備を使用する者にあっては、当該設備の使用の本拠の所在地。以下同じ。）を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。（以下略。第2項略）

↓条文は説明用に編集してあるので、正式な条文とは異なる。

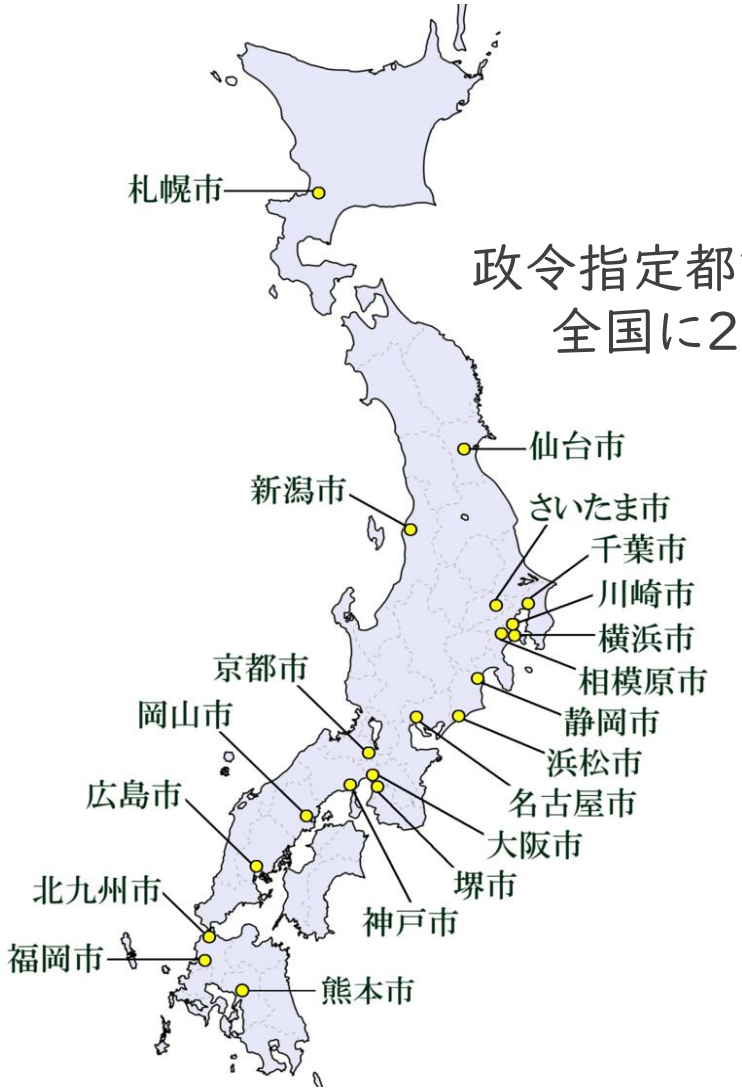
都道府県知事（当該事業所が地方自治法第252条の19第1項の指定都市（以下「指定都市」という。）の区域内にある場合であつて、当該事業所に係る事務が高圧ガス保安法施行令第22条に規定する事務（高圧ガスを取り扱う事業所の集積の程度、高圧ガスの処理量その他の高圧ガスの取扱いの状況を考慮して経済産業大臣が定める区域に所在する事業所（コンビ則適用事業所）並びに液化石油ガス法に規定する施設等に係る事務）に該当しない場合にあっては、当該事業所の所在地を管轄する指定都市の長。以下、第二種製造者の届出、承継の届出、変更の工事等の許可の申請、同軽微な変更の届出、第一種貯蔵所の設置の許可の申請、第二種貯蔵所の設置の届出、完成検査の申請、販売業者の販売の事業の届出、高圧ガスの製造の開始又は廃止の届出、特定高圧ガスの消費者に係る消費の届出、危害予防規程の届出等、保安統括者等の選任等の届出、保安検査の申請等、事故届等において同じ。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考（続き）

地方自治法第252条の
19第1項の指定都市とは

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、
政令で指定された場合に、
一般市から移行が成される。
これを「指定都市」という。



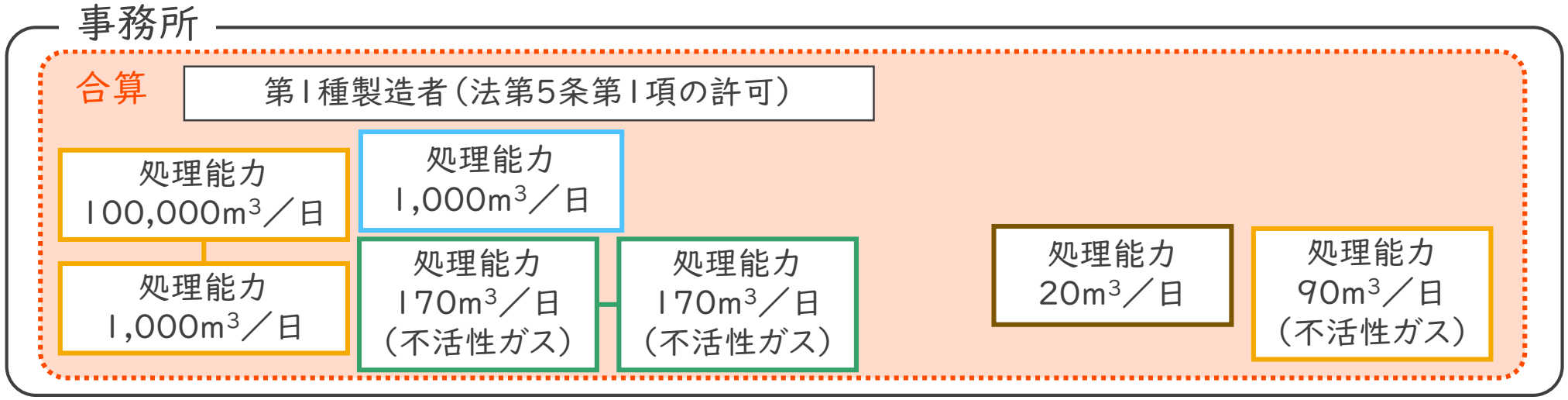
政令指定都市の位置。
全国に20ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

処理量合算の考え方について

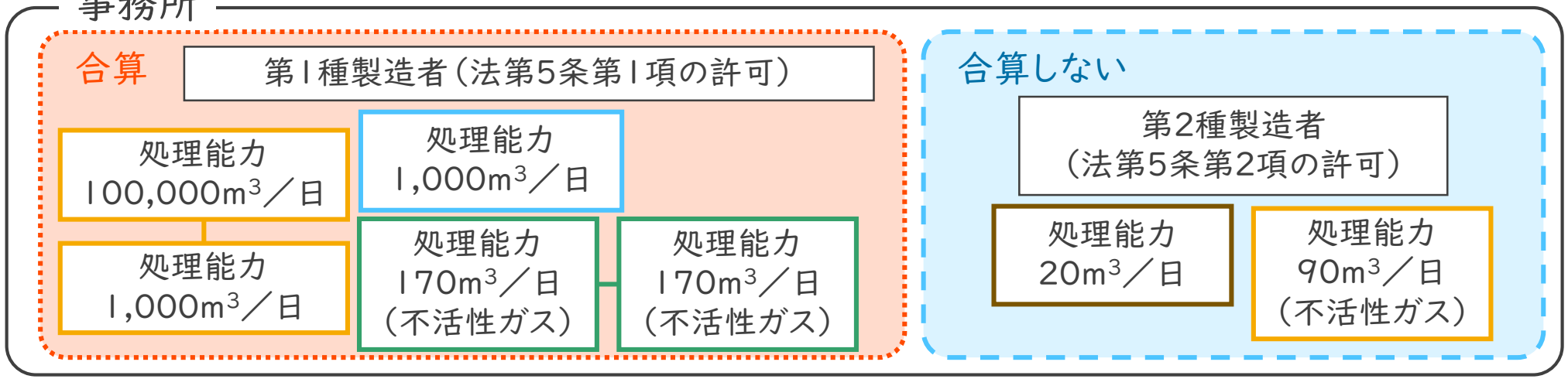
図12-2

平成28年
10月31日まで



許可施設はその処理能力を合算し、届出施設は合算しない。

平成28年
11月1日以降



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所ごと

法第5条

参考図12

（同一敷地内）

一般ガス製造施設
（処理能力A）

指定設備の製造施設
（処理能力B）

液化石油ガス製造施設
（処理能力C）

← 事業所の範囲

事業所の処理能力

A+C=X

（処理能力が小規模で接続されていない場合等は合算しないことがあり得る。（図12−1及び図12−2参照））

第一種製造者相当の製造施設、第二種製造者相当の製造施設及び指定設備は、1つのものとして許可対象になる。ただし、指定設備の処理能力は加算されない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

指定設備（冷凍に係るものを除く。）とは

参考図4

法第5条、56条の7、政第15条、一般第94条の3

窒素を製造するため、空気を液化して高圧ガスの製造をする設備であって、ユニット形のもの
のうち、経済産業大臣が定めるもの

［政令関係告示第6条第1項で、経済産業大臣が定めるものは、次のいずれにも該当する設備］

① 定置式製造設備（窒素のみを製造）で、処理能力 100 m^3/日以上のものであること。

② 原料空気圧縮機の吐出圧力が、1MPa未満であること。

③ 原料空気の不純物を精製除去するための吸着方式の設備を有すること。

④ 空気液化分離器は、二重殻密閉構造のものであること。

指定設備のみの事業所では、その処理能力に関係なく第二種製造者の製造設備として扱われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造事業所の許可、届出等の区分

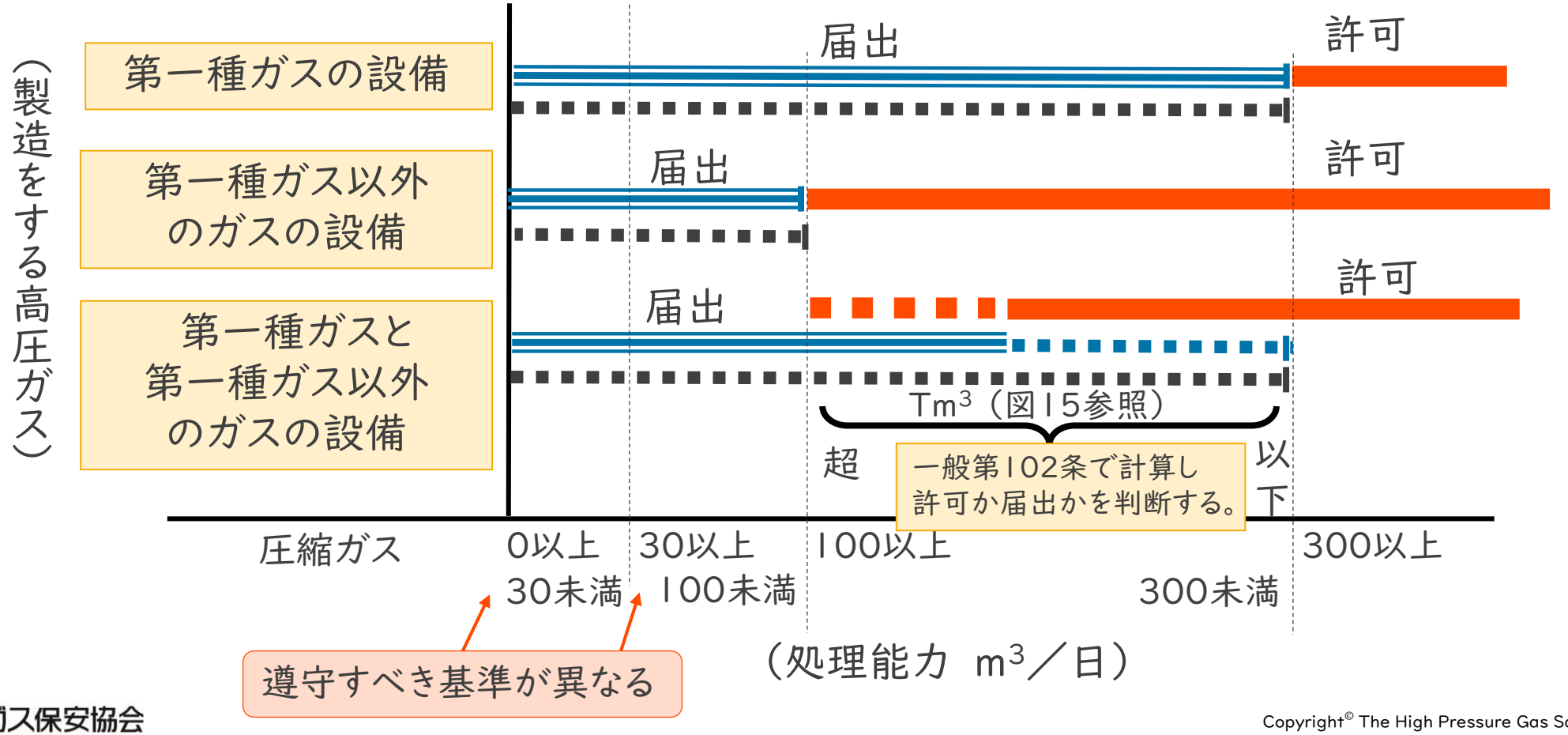
図13

法第5条、政第3条、一般第102条

：第一種製造者【知事等の製造許可＋製造基準の遵守】

：第二種製造者【知事等へ製造事業の届出＋製造基準の遵守】
（製造を業とする者ー事業開始の日の20日前までに知事等に届出）

：製造を業としないその他の製造者【製造基準の遵守のみ】



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

処理能力算定式の例

参考図14

一般第2条1項18号
液石第2条1項15号
コンビ第2条1項19号

処理能力（Q）：

圧縮、液化その他の方法で1日に処理することができるガスの容積
（温度0℃、圧力0Paに換算した容積（m^3））（主なもの）

ポンプ　$Q_1 = W_1 \times 24 \times \rho \times 22.4 / M$
圧縮機　$Q_2 = W_2 \times 24$
蒸発器　$Q_3 = W_3 \times 24 \times 22.4 / M$
凝縮器　$Q_4 = W_4 \times 24 \times 22.4 / M$

W_1　：ポンプの最大吐出し量（L／時）
W_2　：圧縮機の最大吐出し量（m^3／時）
W_3　：蒸発器の公称能力（ kg／時）
W_4　：凝縮器の公称能力（kg／時）
ρ　：液密度（kg ／ L）
M　：分子量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスとは

図14-1

法第5条、政第3条、
一般第101条

比較的災害の発生のおそれが小さいものとして指定された次の10種類の高圧ガス

＊ ヘリウム
＊ ネオン
＊ アルゴン
＊ クリプトン
＊ フルオロカーボン
（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）

＊ 空気

＊ キセノン
＊ ラドン
＊ 窒素
＊ 二酸化炭素

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの燃焼性、毒性等による区分（一般則第2条「用語の定義」）

図14-2

可燃性ガス

一般則第2条第1項第1号に掲名したガス（アクリロニトリル以下39種類＝改正なし）及びその他のガスであって、次のイ又はロに該当するもの（フルオロカーボンであって経済産業大臣が定めるものを除く。）

イ 爆発限界の下限が10%以下のもの

ロ 爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの

毒性ガス

一般則第2条第1項第2号に掲名したガス（アクリロニトリル以下33種類）及び毒物及び劇物取締法第2条第1項に規定する毒物

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの燃焼性、毒性等による区分（一般則第2条「用語の定義」）

図14-3

不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号に掲名したガスヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。→不燃性、難燃性のものが該当）

（可燃性ガスに該当しないフルオロカーボンとして、フルオロオレフィン1234yf、フルオロオレフィン1234ze及びフルオロカーボン32（爆発下限界13.8%、同上限界29.9%）が含まれる。（政令第3条表中第1号、一般則第101条、製造細目告示第15条参照→これら規定により「第一種ガス」となる。））

特定不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号の2により、特定不活性ガス　不活性ガスのうち、
フルオロカーボンであって、温度60度、圧力0パスカルにおいて着火したときに火炎伝ぱを
発生させるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの設備とその他のガスの設備の両方の設備を併設している場合

図15

法第5条、政第3条、
一般第102条

事業所の1日の処理能力の合算値が、100 m^3を超え、
300 m^3以下であって、次の計算式の計算値（T）と比べて、

- T 以上の場合 → 許可（第一種製造者）
- T 未満の場合 → 届出（第二種製造者）

$$T = 100 + \frac{2}{3} \times S$$

S ：第一種ガスの処理能力（ m^3／日 ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの設備とその他のガスの設備の両方の設備を併設している場合の計算例

一般第102条

図15（続き）

① 酸素50 m^3／日、窒素210 m^3／日の場合

合計処理能力＝50+210=260（m^3／日）

T＝100+2／3×210=240

T（240m^3／日）≦ 260（m^3／日）

∴第一種製造者

② 水素 20m^3／日、二酸化炭素 180m^3／日の場合

合計処理能力＝20+180=200（m^3／日）

T＝100+2／3×180=220

T（220 m^3／日）>200（m^3／日）

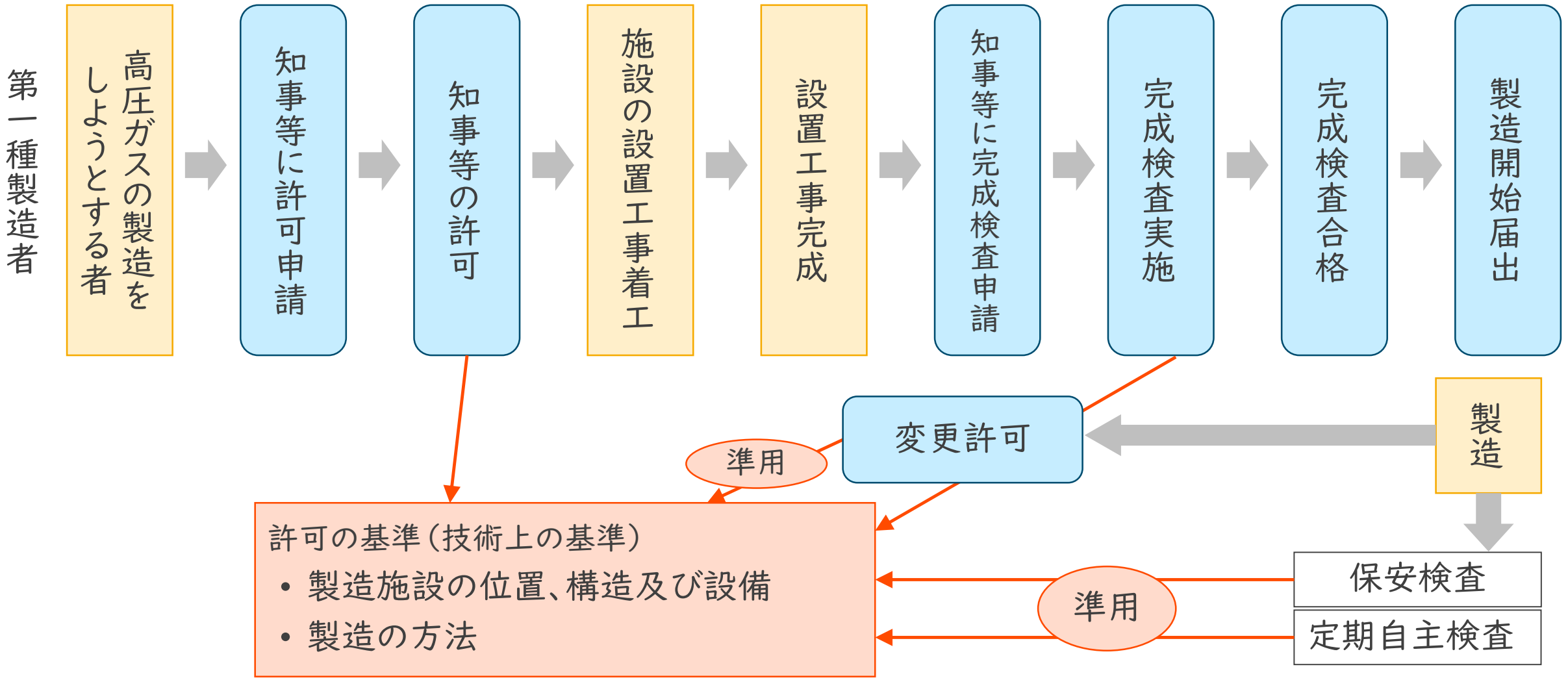
∴第二種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造の許可基準

図16

法第8条、14条2項、35条2項、一般第83条3項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設に係る技術上の基準の区分

参考図15

一般則第6条～8条の2、
液石則第6条～9条、
コンビ則第5条～7条の3

区分 / 製造設備	一般高圧ガス製造事業所	液化石油ガス製造事業所	特定製造事業所
	一般高圧ガス保安規則	液化石油ガス保安規則	コンビナート等保安規則
定置式製造設備	① ②～⑤を除く一般ガス製造設備 ② コールド・エバポ レータ製造設備 ③ 圧縮天然ガススタンド ④ 液化天然ガススタンド ⑤ 圧縮水素スタンド	① ②を除く液化石油ガス製造設備 （第一種製造設備 第二種製造設備） ② 液化石油ガススタンド	① ②～⑥を除く製造設備 ② コールド・エバポレータ製造設備 ③ 特定液化石油ガススタンド ④ 圧縮天然ガススタンド ⑤ 液化天然ガススタンド ⑥ 圧縮水素スタンド
移動式製造設備	① 移動式圧縮水素スタンド ② ①以外の移動式製造設備	① ポンプ付液化石油ガスタンクローリ ② ①以外の移動式製造設備	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造許可等の承継

図17

法第10条、10条の2、17条、20条の4の2

◎は、承継する。

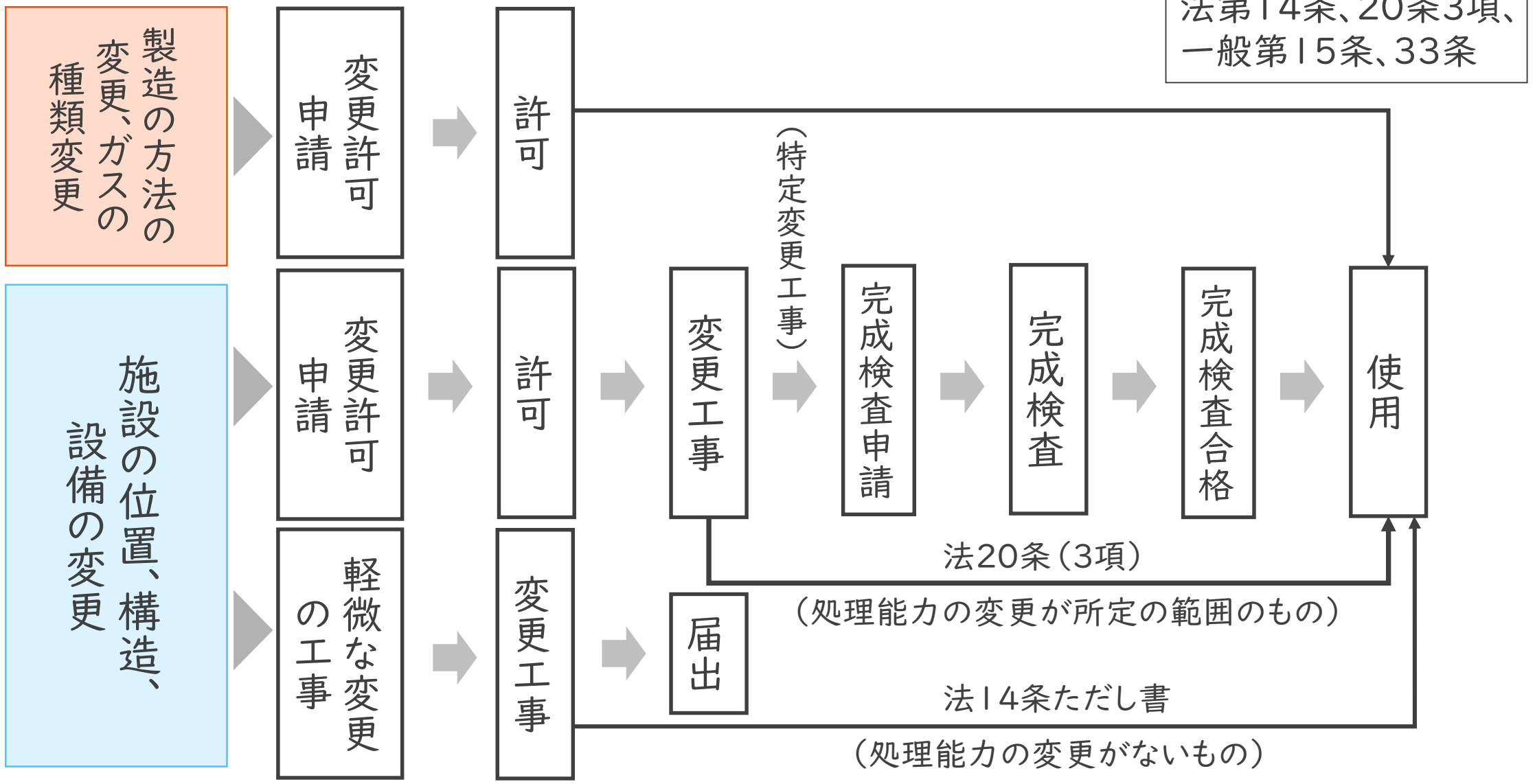
	合併、分割、相続	譲渡し	引渡し
第一種製造者の許可	◎		
第二種製造者の事業	◎	◎	
第一種貯蔵所の許可		◎	◎
販売業者の事業	◎	◎	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設等の変更許可・届出

図18

法第14条、20条3項、
一般第15条、33条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者講習

法令Ⅱ

高圧ガス保安法②
（含む　施行令、一般則、容器則の一部）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

講師：元　高圧ガス保安協会
宇都宮　敏

第一種貯蔵所・第二種貯蔵所・その他貯蔵<貯蔵能力による区分>

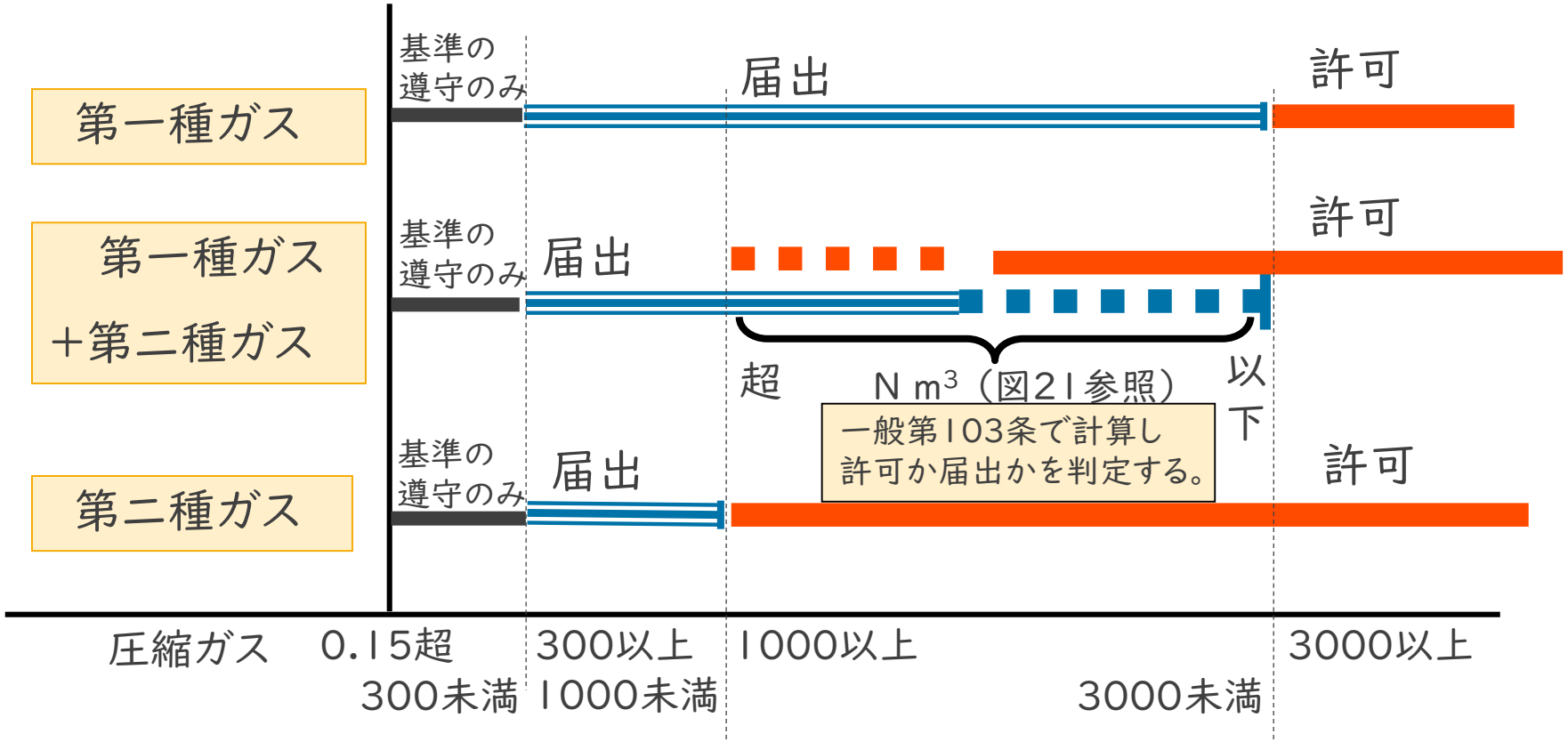
図19-1

法第15条、第16条、第17条の2、政第5条、一般第103条

：第一種貯蔵所 【知事等の許可+貯蔵基準の遵守】

：第二種貯蔵所 【知事等へ届出+貯蔵基準の遵守】

：上記貯蔵所以外での貯蔵 【 貯蔵基準の遵守のみ】



貯蔵数量 m^3［液化ガスは10kgを1m^3とする。］

注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容積（貯蔵量）の合算について（法第16条関係基本通達）→図19−3 参照

図19−2

① 消火設備内高圧ガス（不活性ガスに限る。）とそれ以外の高圧ガスは区分し、両者は合算しない。また、消火設備内高圧ガスについては、設備が配管で接続されている場合のみ合算する。

② 消火設備内高圧ガス以外の高圧ガスについては、次のいずれかの場合は合算する。

イ 容器又は容器以外の貯蔵設備（以下「設備」という）が配管で接続されている場合

ロ 設備が配管で接続されないときであって次の場合

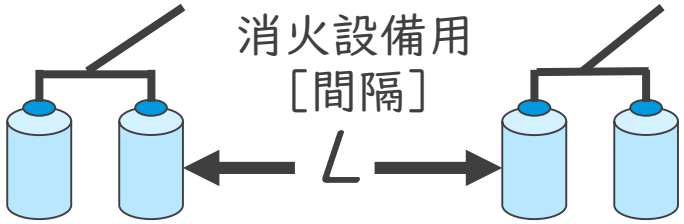
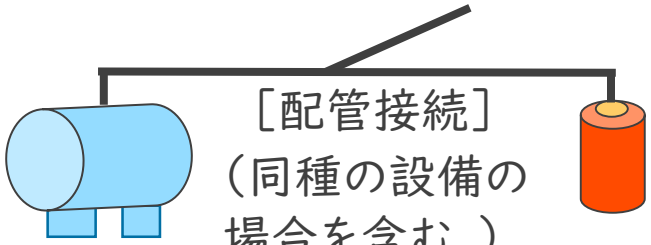
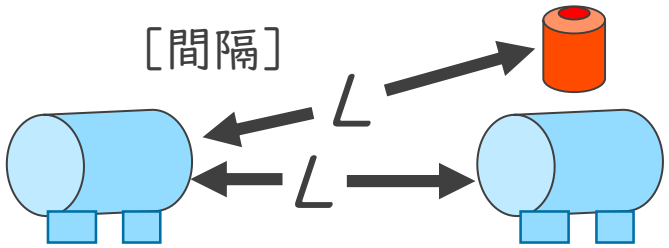
（ｉ）容器以外の貯蔵設備同士又は容器と容器以外の貯蔵設備との間が30m以下である場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵能力の合算

図19-3

法第16条関係基本通達

①		設備（容器）の間隔（L）に関係なく、配管接続のもののみ一つの貯蔵として合算する。 また、消火設備以外の高圧ガスとは合算しない。
② イ		容器又は容器以外の貯蔵設備が配管接続の場合は、その間隔に関係なく、一つの貯蔵として合算する。
② ロ （ｉ）		容器以外の貯蔵設備と容器以外の貯蔵設備又は容器と容器以外の貯蔵設備との間（L）が30m以下の場合は、一つの貯蔵として合算する。
② ロ （ⅱ）		容器と容器との間（L）が22.5m以下である場合は一つの貯蔵として合算する。 →図19−4の記述参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵能力の合算

図19-4

（ii）容器と容器の間（多層階の場合、建物内の上下関係を含む。）が
22.5m（次のa及びbの場合は、それぞれに示す距離）以下である場合

a 容器と容器の間に厚さ12cm以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁（bにおいて単に「障壁」という。）が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所（容器置場の6面が閉鎖されているのではなく、両者が有効に遮断されていれば側面や上方は開放されていてもよい。bにおいて同じ。）に設置されている場合（bの場合を除く。） 11.25m

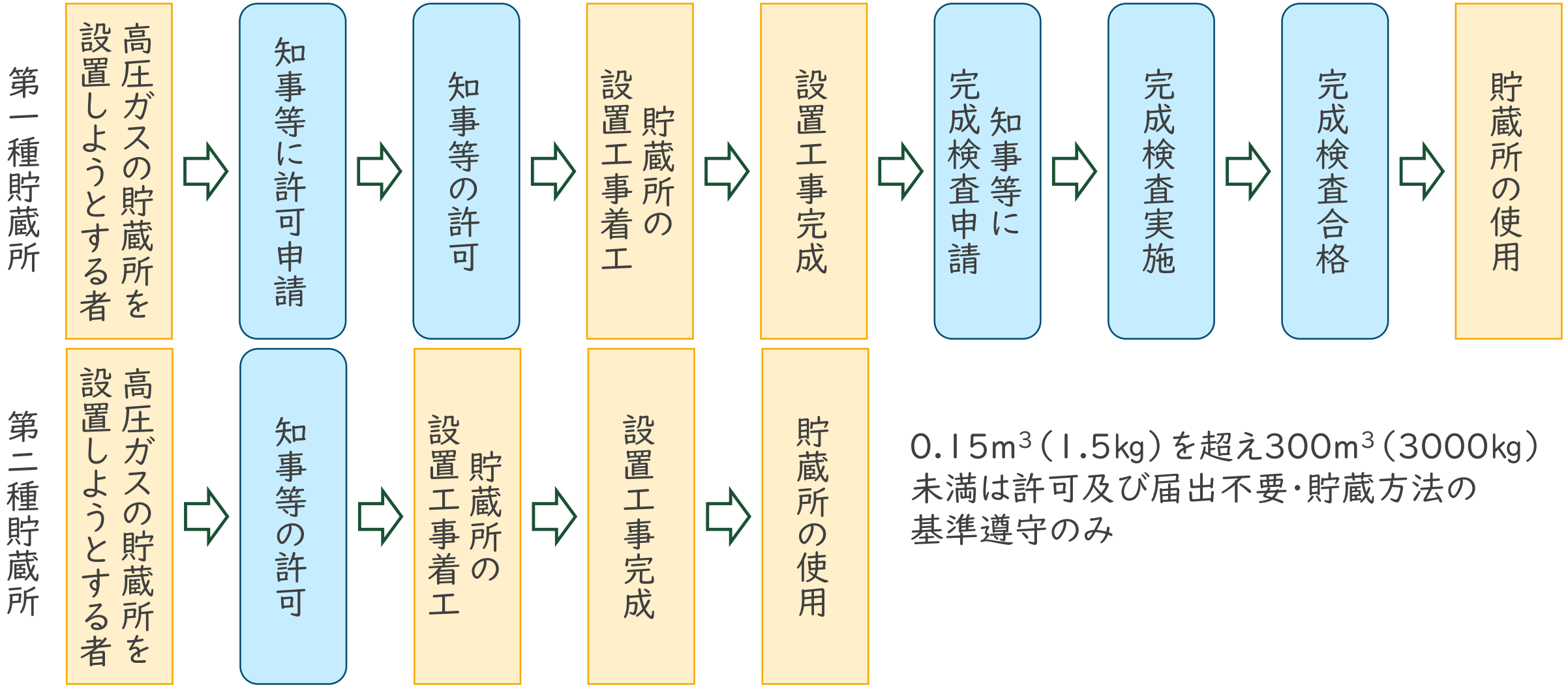
b それぞれの容器置場の面積が8㎡以下の場合であって、容器と容器の間に障壁が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所に設置されている場合 6.36m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所の設置の許可・届出

図20

法第16条、17条の2



0.15m³（1.5kg）を超え300m³（3000kg）未満は許可及び届出不要・貯蔵方法の基準遵守のみ

（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵している場合

法第16条、17条の2、
政第5条、一般第103条

図21

合計貯蔵数量が1000m³を超え、3000m³以下であって、
実際の合計貯蔵数量が次の計算式の計算値（N）と比べて、

- N 以上の場合 → 許可（第一種貯蔵所）
- N 未満の場合 → 届出（第二種貯蔵所）

$$N = 1000 + \frac{2}{3} \times M$$

M：第一種ガスの処理能力（m³）

（液化ガス10kgを1m³とする。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵している場合の計算例

図21（続き）

一般第103条

① 水素500m³、二酸化炭素2100m³の場合

合計貯蔵数量＝500+2100＝2600（m³）

N＝1000+2／3×2100＝2400

N（2400 m³）≦ 2600（m³）

∴第一種貯蔵所

② 水素 200m³、二酸化炭素 1800m³ の場合

合計貯蔵数量＝200+1800＝2000（m³）

N＝1000+2／3×1800＝2200

N（2200 m³）＞2000（m³）

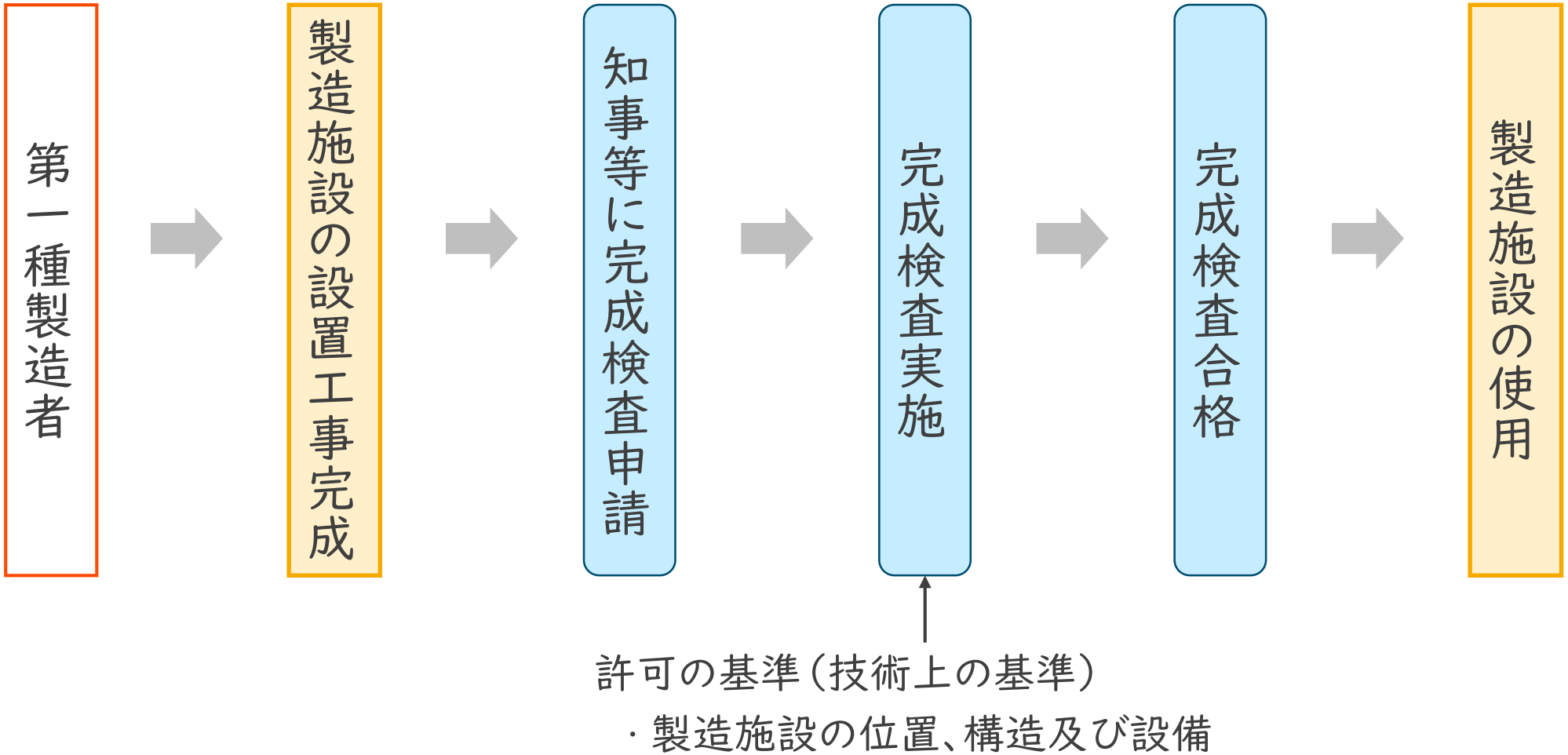
∴第二種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設設置許可に係る完成検査

図22

法第20条1項、(8条1号)

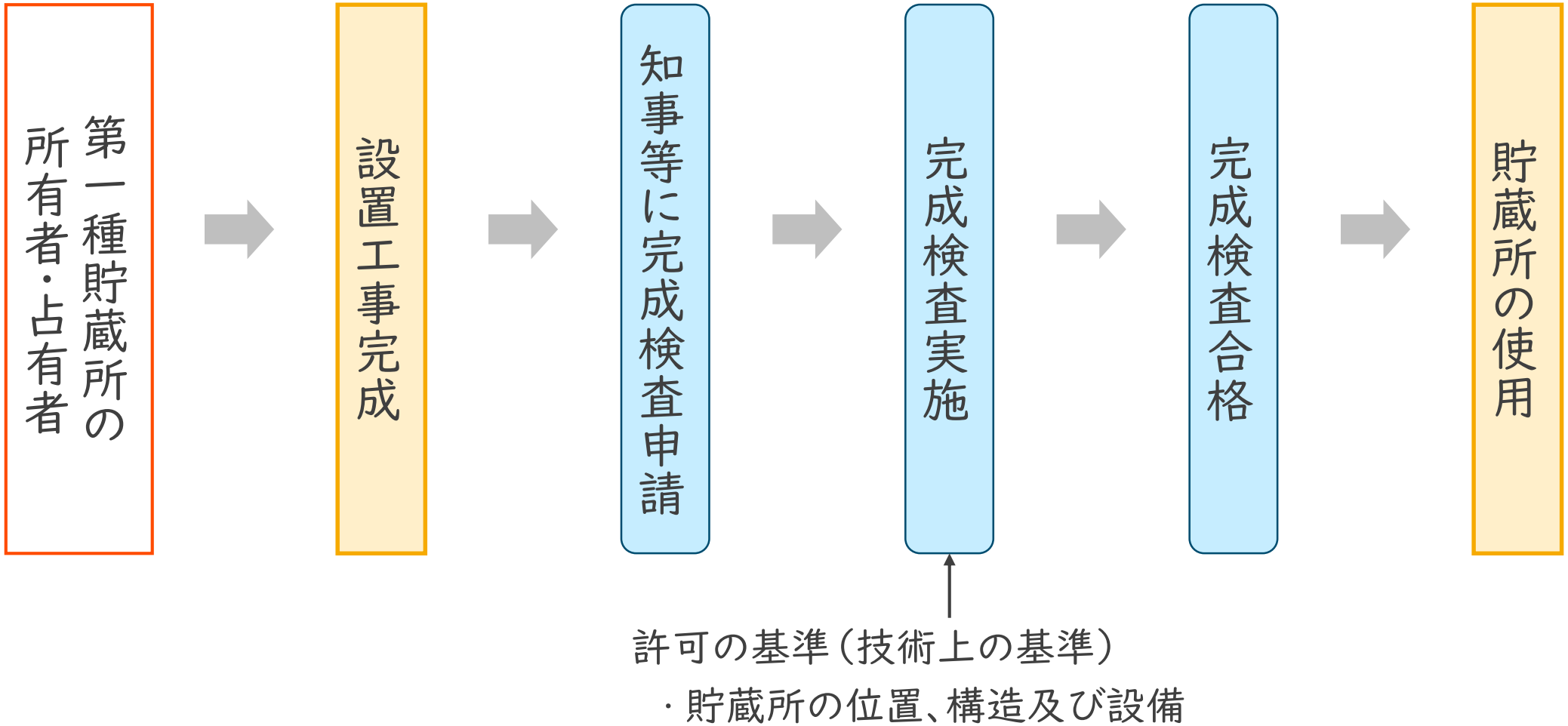


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所設置許可に係る完成検査

図23

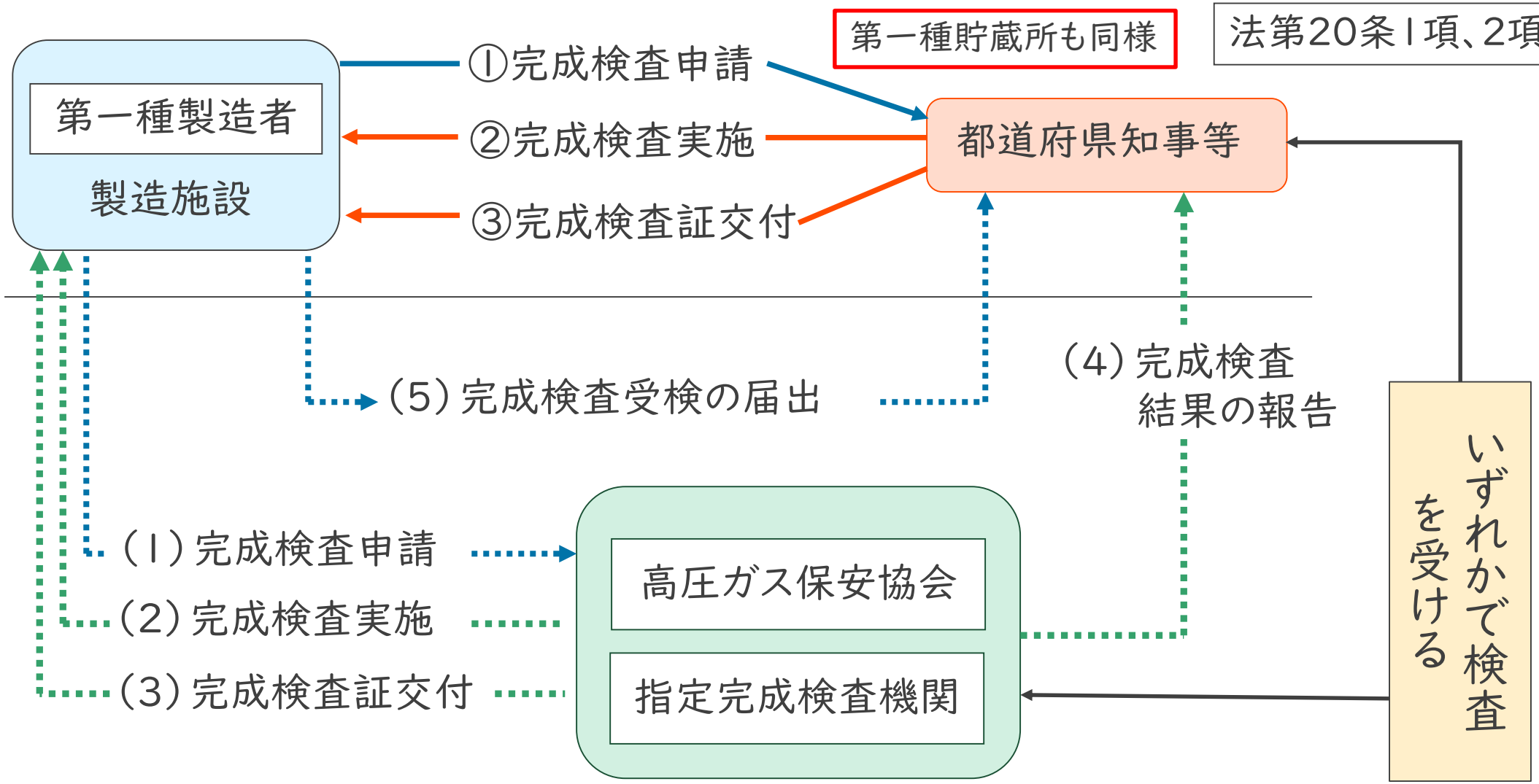
法第20条1項、(16条2項)



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設設置（新規）の完成検査の手続等

図24



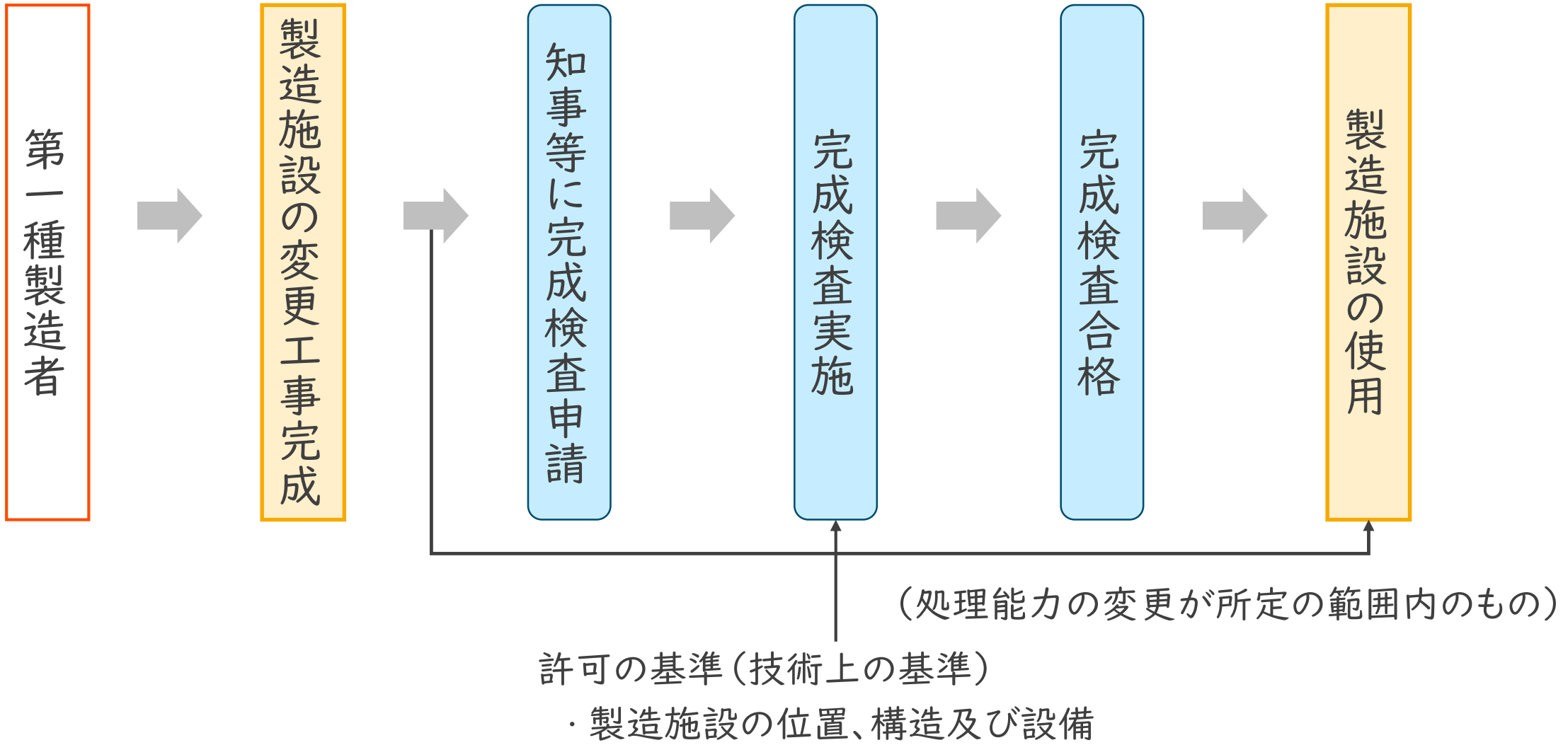
＊例外：完成検査に合格している既設施設の譲受者で、新規許可を受けた場合は、完成検査不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設の変更許可に係る完成検査

図25

法第20条3項、14条3項（8条1号）

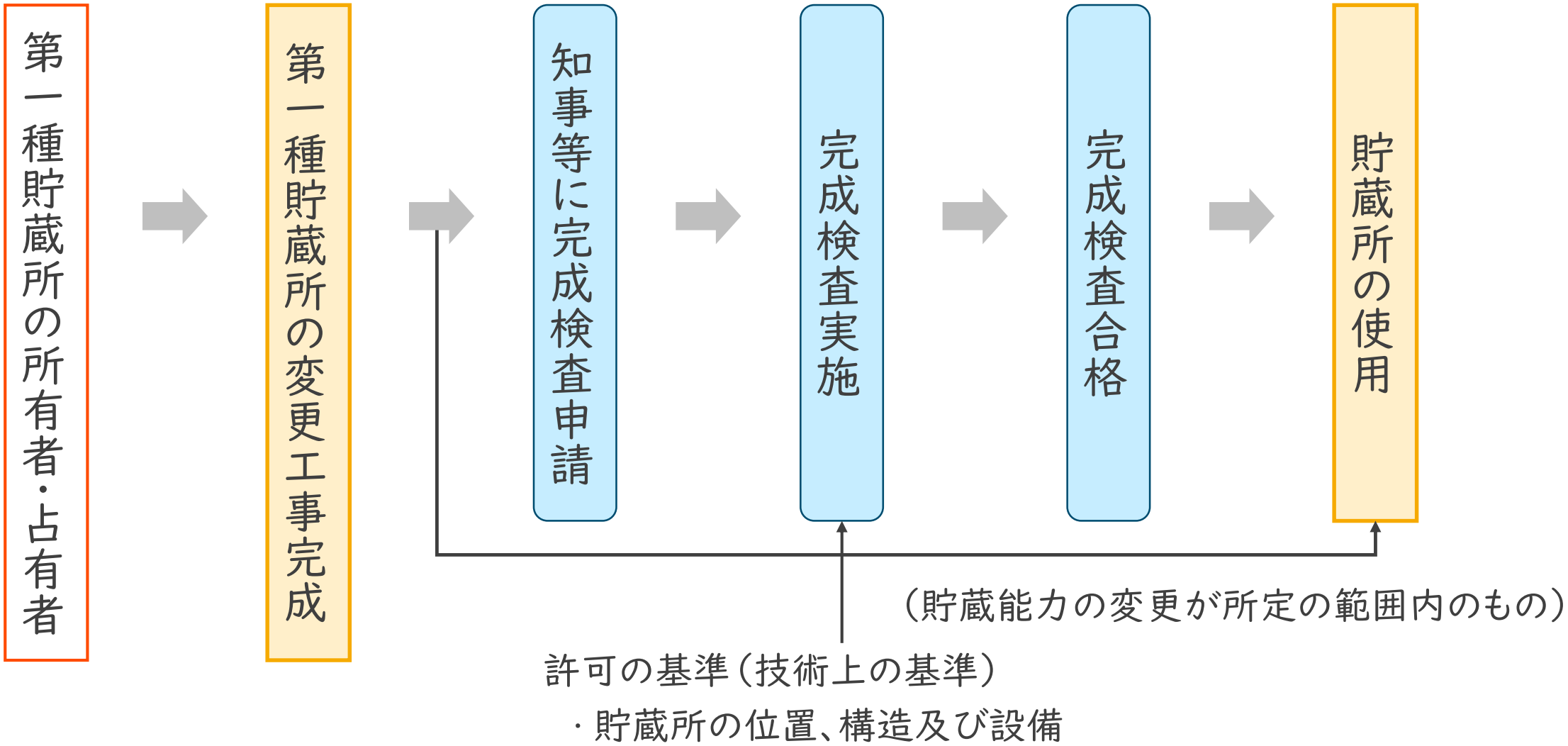


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所の変更許可に係る完成検査

図26

法第20条3項、19条3項（16条2項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設の変更工事

図27

法第14条、第20条3項、第20条の2、の3、
一般第33条、液石第34条、コンビ第17条

変更工事

- 許可
  - 完成検査→必要 → 特定変更工事
  - 完成検査→不要 （※）（製造細目告示第12条の14）

（※）許可を要するが完成検査不要のもの

① ガス設備（耐震設計構造物に係る特定設備を除く。）の取替え又は設置位置の変更（高圧ガス設備の取替えを伴うものにあっては大臣認定品への取替えに限り、特定設備の取替えを伴うものにあっては検査合格品又は基準適合品への取替えに限る。）の工事であって、当該設備の処理能力の変更が20%以内の範囲であるもの

② 処理能力が100m³／日（不活性ガス又は空気は300m³／日）未満の製造設備（耐震設計構造物に係るものを除き、特定設備である場合は検査合格品又は基準適合品に限る。）である製造施設の追加に係る変更工事であって、他の製造施設とガス設備で接続されていないもので、かつ、他の製造施設の機能に支障を及ぼすおそれのないもの

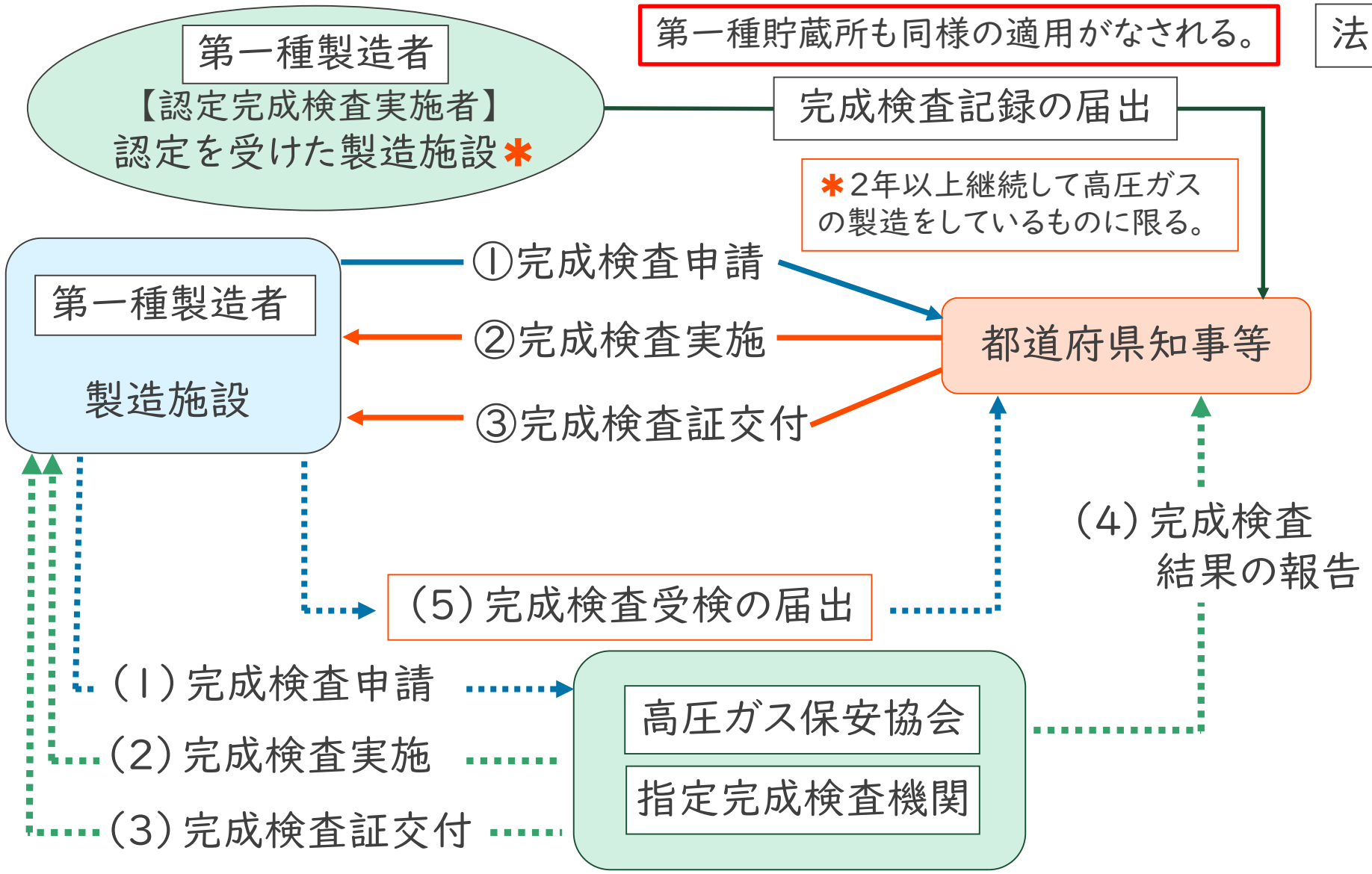
- 届出（軽微な変更の工事）
  - 処理能力の変更がないもの等の所定の工事（一般15条、液石16条、コンビ14条）

第一種貯蔵所についても、上記と同様の適用がなされる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定変更工事の完成検査の手続等

図28



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売事業届

図29

法第20条の4

販売業者

高圧ガスの販売事業を
営もうとする者

→

販売所ごとに事業開始の日の
20日前までに知事等に届出

① 第一種製造者（冷凍のため高圧ガスの製造をする者を除く。）であって、その事業所で製造した高圧ガスをその事業所で販売するとき、又は、所定のガスを貯蔵量常時5m^{3}未満の販売所で販売するときは、知事等への届出不要。

② 販売事業について知事等へ届け出た者を「販売業者」といい、①の第一種製造者を含めて「販売業者等」という。この販売業者等には、周知義務及び販売の方法の技術上の基準の遵守義務がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売業者等の周知義務

図30

法第20条の5、
一般第38条、39条、
液石第39条、40条

＊自ら製造したガスを自らの製造事業所で販売する第一種製造者
＊販売業者

高圧ガスの用途・種類

＊溶接・熱切断用のアセチレン、酸素、天然ガス、液化石油ガス
＊在宅酸素療法用の液化酸素
＊スクーバ用等呼吸用の空気
＊スクーバ呼吸用のガス（$O_2+N_2 \geqq 98vol\%$、$O_2 \geqq 21vol\%$）
＊燃料用の液化石油ガス

販売

＊購入して消費する者
（第一種製造者、販売業者、特定高圧ガス消費者を除く。）

周知の時期：販売契約時、前回の周知から1年以上経過して高圧ガスを引き渡したときごと。

周知すべき事項

高圧ガスによる災害発生防止のための、
＊消費設備に対するガスの適応性
＊消費設備の操作、管理、点検
＊消費設備の使用場所の環境
＊消費設備の変更
＊ガス漏れ等の緊急時の措置、連絡

周知

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成16年6月4日、長野県木曽郡。
LPガス容器に酸素ガスを移充塡中に爆発、作業者の左手首を切断。腕と肋骨を骨折（重傷）した。

資料1－1

現場の状況（軽トラックの後部には爆破処理するLPガス容器が現存）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成16年6月4日、長野県木曽郡。
LPガス容器に酸素ガスを移充塡中に爆発、作業者の左手首を切断。腕と肋骨を骨折（重傷）した。

資料1-2

発災容器（LPガス10kg容器）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成16年6月4日、長野県木曽郡。
LPガス容器に酸素ガスを移充塡中に爆発、作業者の左手首を切断。腕と肋骨を骨折（重傷）した。

資料1-3

安全のため爆破処理した10kgLPガス容器（2本）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売の方法の技術上の基準

図31

法第20条の6、
一般第40条、
液石第41条

1　販売先の保安台帳の常備

→ 高圧ガスの引渡し先の保安状況を明記した台帳（圧縮水素を燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器に充塡する圧縮水素を販売する場合を除く。）

2　充塡容器等の引渡し（販売）制限

→ ① 充塡容器等の引渡し（販売）は、外面に使用上支障のある腐食、割れ、すじ、しわ等がなく、かつ、ガスが漏えいしていないもの

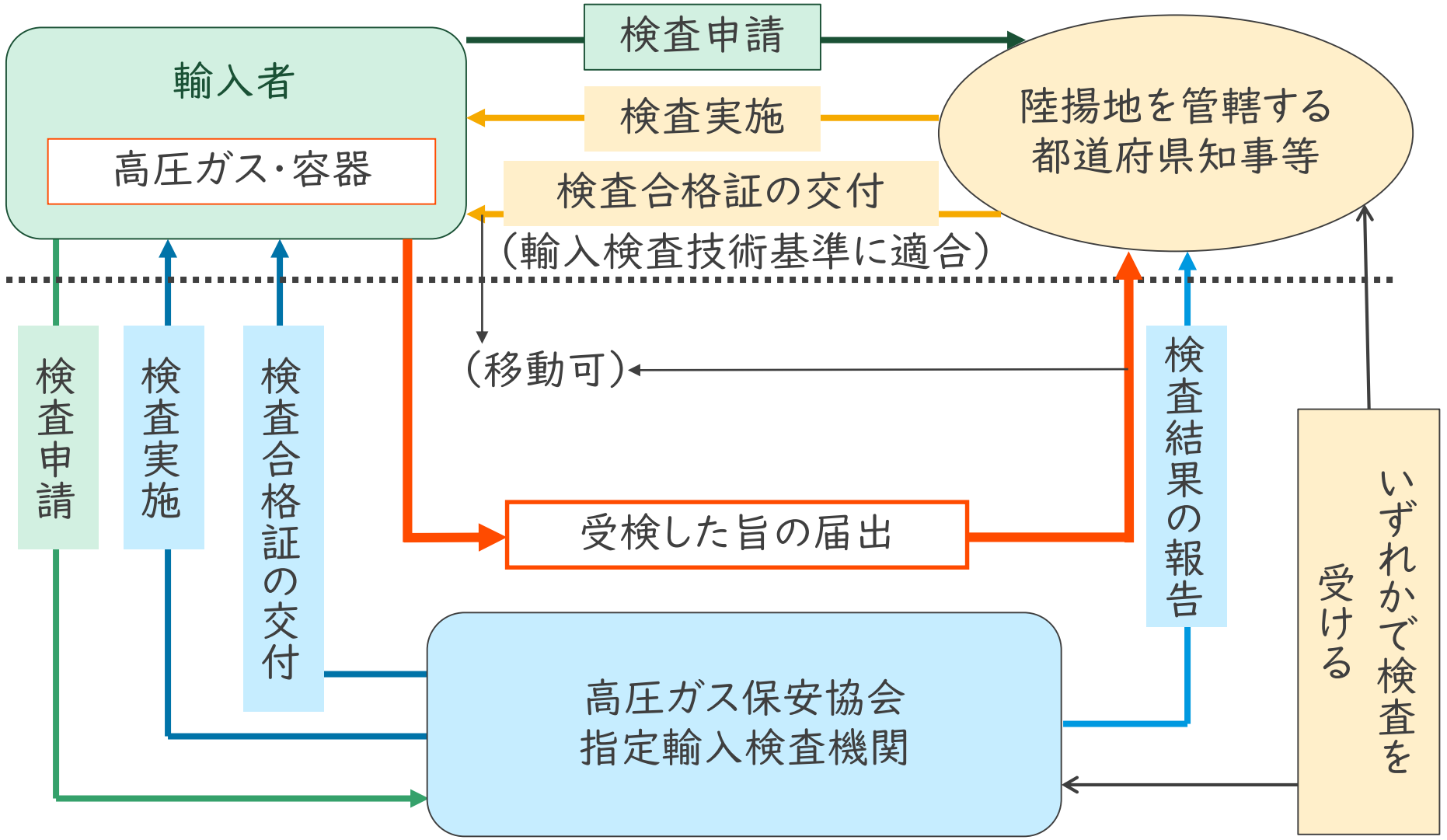
② 圧縮天然ガス、液化石油ガスの充塡容器等は、容器再検査期間を6か月以上経過していないものであり、かつ、その旨を明示したもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの輸入検査手続等

図32

法第22条



検査免除：高圧ガスを船舶から導管により陸揚輸入ほか

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの移動

図33

法第23条、
一般第48条～51条、
液石第47条～50条

［移動に係る技術上の基準］

1　容器について保安上必要な措置

2　車両による移動の場合
→　①　積載方法
　　②　移動方法

3　導管による移動の場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガスの消費者

図34

法第24条の2、政第7条

特定高圧ガスの消費者→消費開始の日の20日前までに知事等へ届出要

消費する高圧ガスの種類	消費事業所に貯蔵する数量（貯蔵能力）
① 特殊高圧ガス	容積にかかわらず
② 圧縮水素	容積 300m^3 以上
③ 圧縮天然ガス	容積 300m^3 以上
④ 液化酸素	質量 3000kg 以上
⑤ 液化アンモニア	質量 3000kg 以上
⑥ 液化石油ガス	質量 3000kg 以上 （注：液化石油ガス法の適用を受ける業務用消費者の場合は、10000kg以上の場合に特定高圧ガスの消費者となる。）
⑦ 液化塩素	質量 1000kg 以上
⑧ 上記①～⑦の高圧ガス	消費事業所に貯蔵せずに他事業所から導管で供給を受けて消費する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特殊高圧ガスの種類

図35

法第24条の2、政第7条、
一般第2条1項3号

燃

7種類の高圧ガス
モノシラン
ホスフィン
アルシン
シボラン
セレン化水素
モノゲルマン
ジシラン

毒

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガス消費届

図36

法第24条の2

特定高圧ガス消費者

特定高圧ガスを消費する者

事業所ごとに消費開始の日の
20日前までに知事等に届出

第一種製造者、第二種製造者、第一種貯蔵所の所有者等、第二種貯蔵所の所有者等、販売業者であっても、特定高圧ガス消費者となれば、別途届出が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガス消費者以外の高圧ガスの消費者

図37

法第24条の5、
一般第59条、
液石第57条

消費の方法基準の遵守のみ

［基準に従って消費すべき高圧ガス］

○「一般高圧ガス保安規則」

→ 可燃性ガス（高圧ガスを燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用のみに消費される高圧ガスを除く。）、毒性ガス、酸素、空気

○「液化石油ガス保安規則」

→ 液化石油ガス（液化石油ガスを燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用のみに消費される液化石油ガスを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの廃棄

図38

法第25条、
一般第61条、62条、
液石第59条、60条

廃棄の方法基準の遵守のみ

［基準に従って廃棄すべき高圧ガス］

○「一般高圧ガス保安規則」

→ 可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素

○「液化石油ガス保安規則」

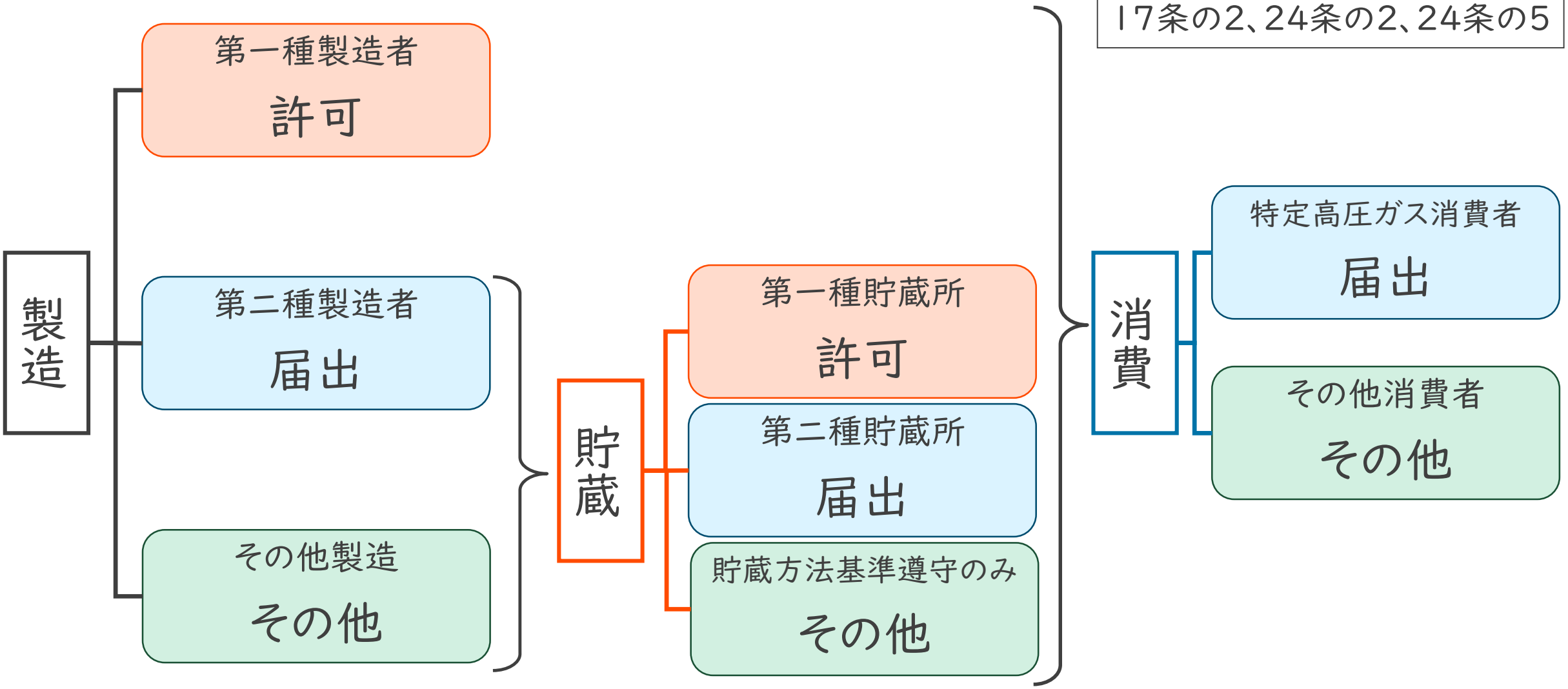
→ 液化石油ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造・貯蔵・消費の規制関連

図39

法第5条、13条、15条、16条、17条の2、24条の2、24条の5



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程

図40

法第26条

第一種製造者 ➡ 危害予防規程を定め、都道府県知事等に届出

▼ 遵守

第一種製造者とその従業者

危害予防規程は変更したときも届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（1）

図41-1

一般第63条、
液石第61条、
コンビ第22条

1. 製造施設の位置、構造、設備・製造の方法の基準
2. 保安管理体制・保安統括者等の職務
3. 製造設備の安全な運転、操作
4. 製造施設の保安のための巡視、点検
5. 製造施設の新増設工事、修理作業の管理
6. 危険時の措置・訓練方法
7. 大規模な地震に係る防災及び減災対策
8. 協力会社の作業管理
9. 従業者に対する危害予防規程の周知方法、規程違反者の措置
10. 保安関係の記録
11. 危害予防規程の作成、変更の手続
12. その他災害の発生の防止に必要な事項
13. 製造施設の新設、変更時の安全審査［→コンビ則適用事業所のみ］

＊ 大規模地震対策特別措置法の地震防災対策強化地域は、警戒宣言発令時の措置等
＊ 南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の指定地域は、津波からの避難、訓練、教育に関する細目

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（2）

図41-2

一般第63条、
液石第61条、
コンビ第22条

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合

該当事業所は、図41－1の事項のほか、次の事項の細目について定めること。

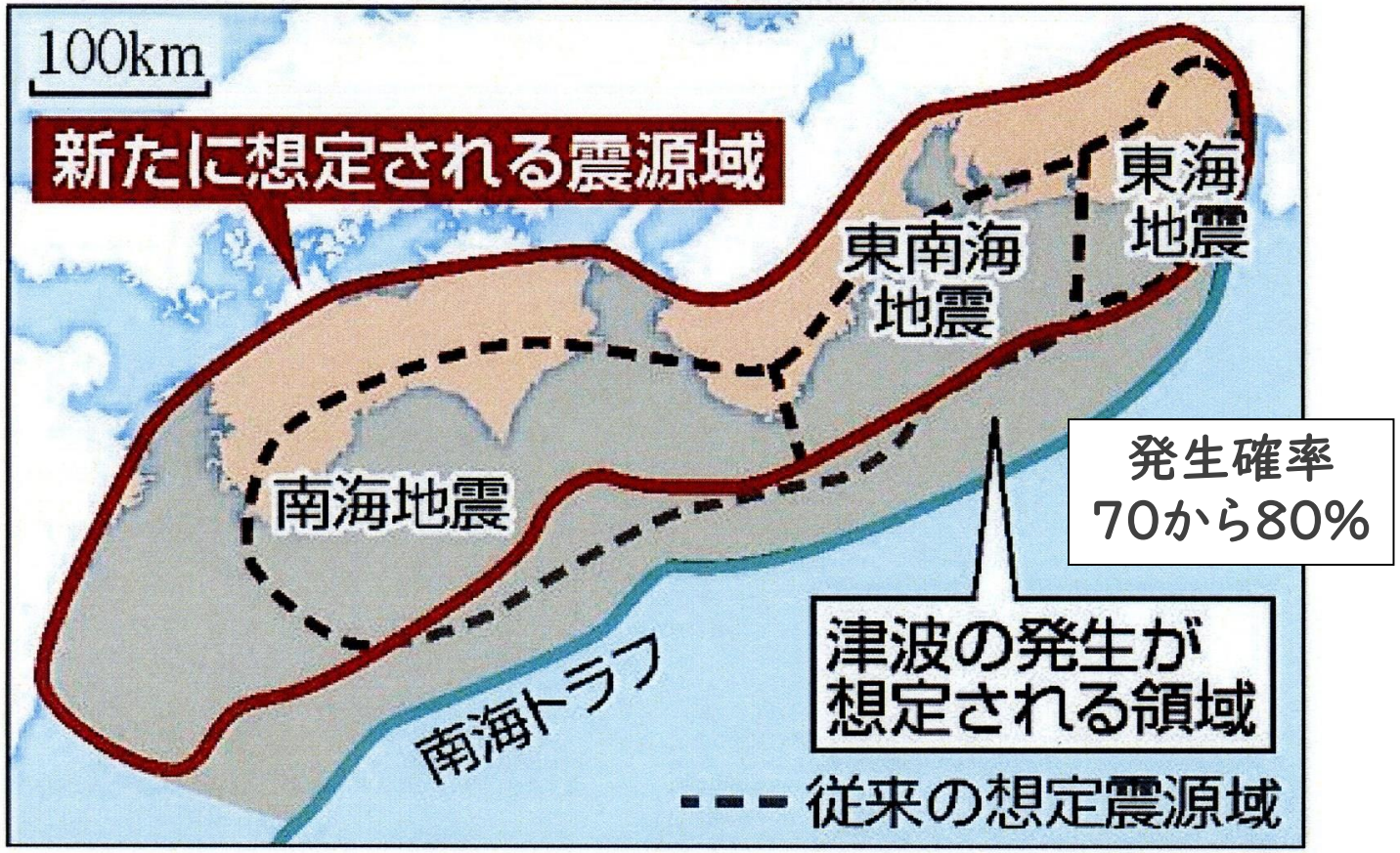
1. 津波に関する警報が発令された場合における当該警報の伝達方法、避難場所、避難の経路その他の避難に関すること。
2. 津波に関する警報が発令された場合における作業の速やかな停止、設備の安全な停止並びに避難時間の確保に係る判断基準、手順及び権限に関すること。
3. 津波に関する防災に係る必要な教育、訓練及び広報に関すること。
4. 津波による製造設備又は貯蔵設備の破損又は流出による事業所内及び周辺地域において想定される被害並びに当該被害が及ぶと
想定される地域を管轄する都道府県知事及び市町村長に対する当該被害の想定に係る情報提供に関すること（当該事業所の所在地における津波浸水想定が3mを超える場合に限る。）。
5. 充塡容器等（高圧ガスを燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器を除く。）の事業所からの流出防止を図るための措置並びに流出した充塡容器等（同）の回収方針に関すること（当該事業所の所在地における津波浸水想定が1m（車両に固定した容器に係る事項にあっては、2m）を超える場合に限る。）。
6. 津波に関する警報が発令された場合における緊急遮断装置、防消火設備、通報設備、防液堤その他の保安に関する設備等の作業手順及び当該設備等の機能が喪失した場合における対応策に関すること。
7. 津波による被害を受けた製造施設の保安確保の方法に関すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

内閣府有識者会議 中間報告

参考資料

南海トラフ巨大地震の震源地



（今後30年以内に発生する確率＝政府の地震調査委員会）　（2011.12.27 読売新聞より）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

従業者に対する保安教育

図42

法第27条

第一種製造者

第二種製造者

第一種貯蔵所の
所有・占有者

第二種貯蔵所の
所有・占有者

販売業者

特定高圧ガス消費者

従業者に対する保安教育計画（作成・忠実に実行）

都道府県知事等への届出不要

保安教育計画作成不要

従業者に保安教育を施すこと。

高圧ガス保安協会

教育の基準となるべき
事項を定め、公表

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令Ⅲ

高圧ガス保安法③
（含む　施行令、一般則、容器則の一部）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

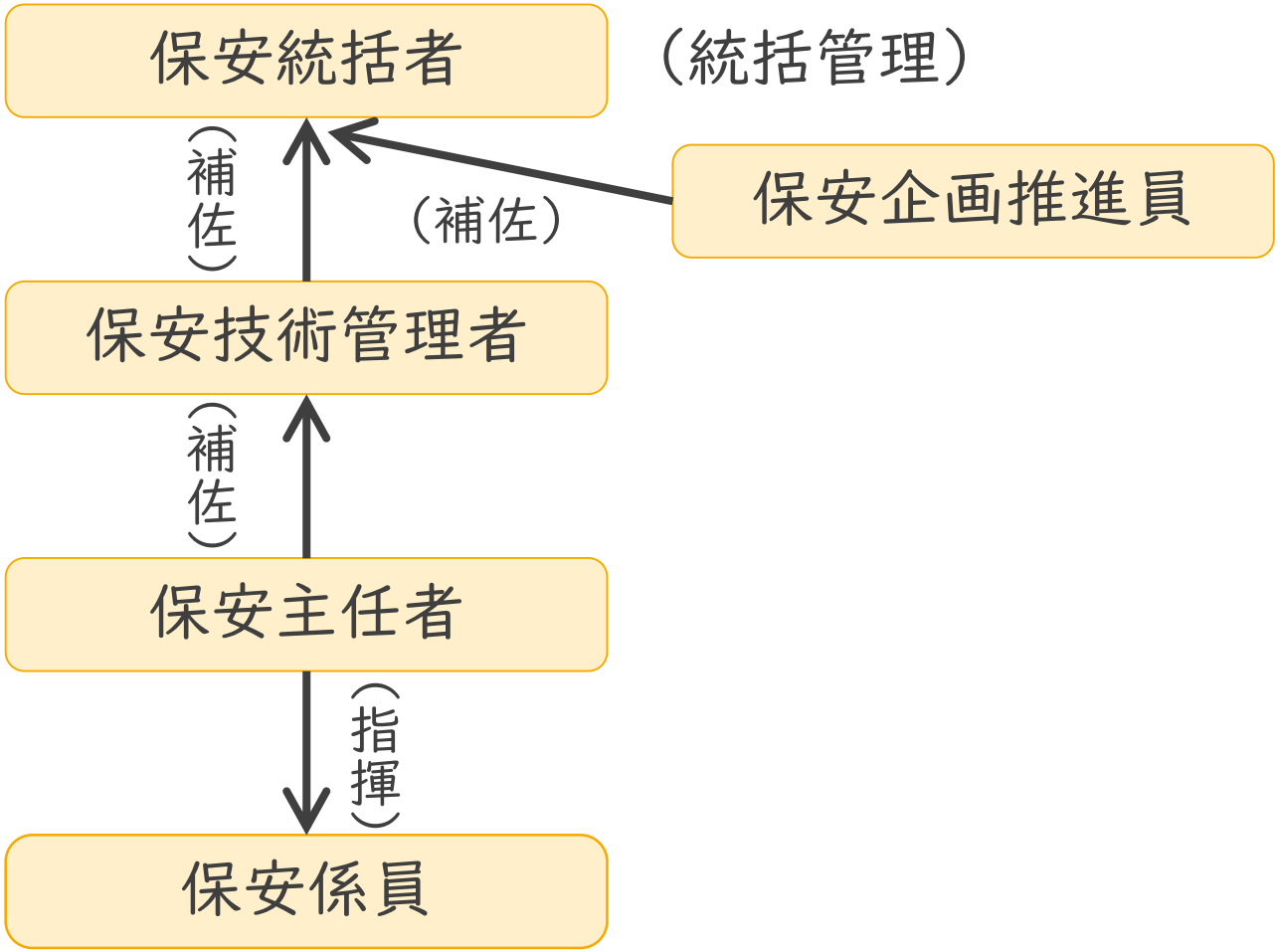
講師：元　高圧ガス保安協会
宇都宮　敏

保安管理体制

図43

［保安統括者等の選任］ その代理者の選任も必要

法第27条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の職務

図44

法第32条、一般第76条、77条、
液石第74条、75条、コンビ第31条、32条

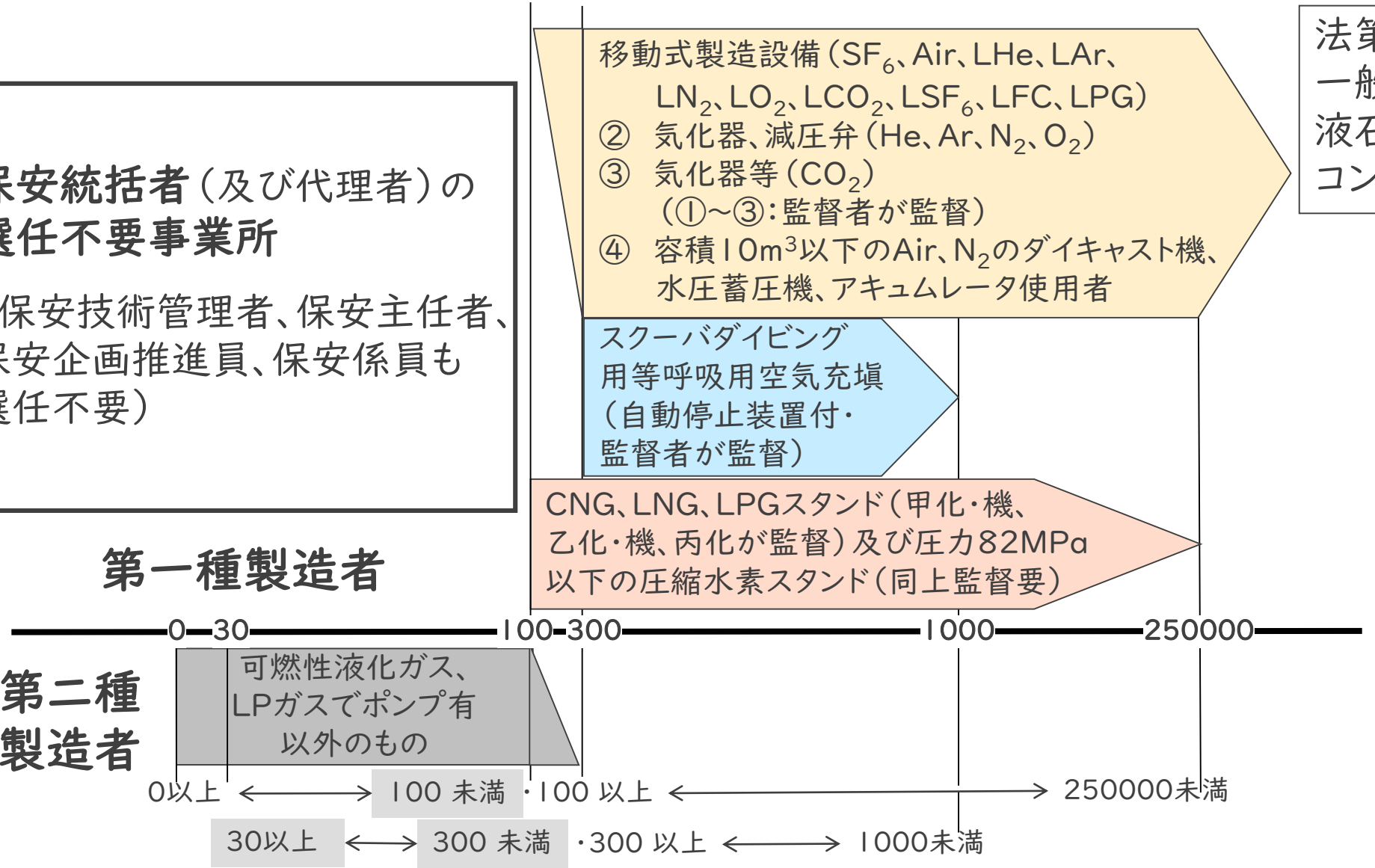
保安統括者	保安業務の統括管理
保安技術管理者	保安統括者を補佐し、技術的事項を管理
保安企画推進員	保安統括者を補佐し、危害予防規程・保安教育計画の企画・立案・推進、 作業標準等の基準類の指導・勧告、防災訓練の企画・推進、保安情報収集
保安主任者	技術的事項について保安技術管理者（保安統括者）を補佐し、保安係員を指揮
保安係員	施設（構造・設備等）及び作業（製造方法）の監督・巡視・点検、応急措置・ 作業標準等の基準作成の助言、応急措置の実施、定期自主検査の実施の監督

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45

保安統括者（及び代理者）の
選任不要事業所

（保安技術管理者、保安主任者、
保安企画推進員、保安係員も
選任不要）

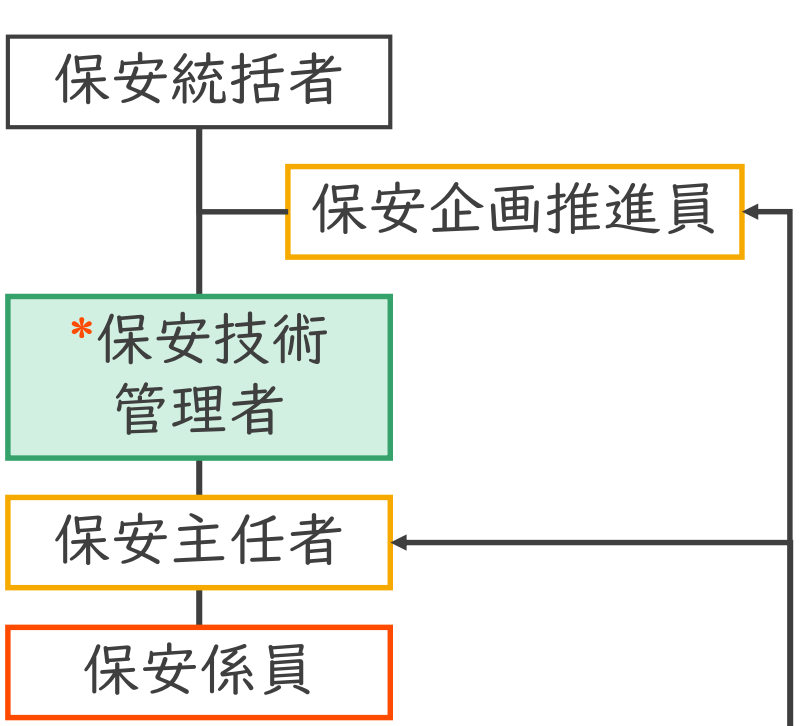


法第27条の2、
一般第64条2、3項、
液石第62条2、3項、
コンビ第23条2項

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の選任体系

図46



法第27条の2、
一般第64条～66条、69条、70条、
液石第62条～64条、67条、68条、
コンビ第23条～25条、28条、29条

製造する高圧ガスの容積
100万（貯槽を設置し、専ら充填は200万）m^3／日以上

＊保安技術管理者選任不要

① 保安統括者が所定の免状・経験を保有
② 可燃性・毒性ガスの気化器、減圧弁による製造・燃焼消費のための製造：（処理能力25万m^3／日未満
③ 移動式製造設備による製造：（一般則、液石則）
④ 可燃性、毒性ガス以外のガスの製造：（処理能力25万m^3／日未満）
⑤ 特定液化石油ガスの充填、CNGスタンドにおける充填：（処理能力25万 m^3／日未満）（コンビ則）
⑥ 液石則は、燃焼消費のための製造、専ら充填：（処理能力：50万m^3／日未満 ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等及びそれらの代理者の選任条件等

図47

法第27条の2、27条の3、(33条)

名称	選任区分	資格等	*義務講習
保安統括者	事業所ごと	事業の統括管理者	
(保安統括者の代理者)		(統括管理者の補佐職位)	
保安技術管理者	事業所ごと	免状と経験	
(保安技術管理者の代理者)			
保安企画推進員	事業所ごと	知識と経験	有り
(保安企画推進員の代理者)			
保安主任者	施設区分ごと	免状と経験	有り
(保安主任者の代理者)			
保安係員	施設区分ごと交替制ごと	免状と経験	有り
(保安係員の代理者)			

*義務講習:高圧ガス保安協会又は指定講習機関が行う講習

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安技術管理者の資格等

図48

法第27条の2、一般第65条、
液石第63条、コンビ第24条

［ ］は（特定）液化石油ガスの製造事業所に限る。

規模	処理能力：100万m^3／日以上 （貯槽有・充填のみは200万m^3／日以上 ）	処理能力：100万m^3／日未満 （貯槽有・充填のみは200万m^3／日未満 ）
資格	甲化・甲機	甲化・甲機、乙化・乙機、［丙液］
経験	① 1種類以上の圧縮ガスと2種類 ［液化石油ガスと1種類］以上の液化ガス：1年以上 ② 圧縮機3000m^3/h超又はポンプ ［液化石油ガスに限る］300m^3 /h超：1年以上 ③ 35℃、20MPa超：1年以上 ④ 設計、施工、管理、検査及び試運転 ：①～③［液化石油ガスは①、②］と同等以上	① 1種類以上のガス ［液化石油ガスに限る］：1年以上 ② 圧縮機又はポンプ ［液化石油ガスに限る］：1年以上 ③ 設計、施工、管理、検査及び試運転 ：①又は②と同等以上

処理能力＝　保安用不活性ガス以外のガスの処理能力
（不活性ガス及び空気については、その処理能力に4分の1を乗じて得た容積）をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安主任者の資格等

図49

法第27条の3、一般第69条、
液石第67条、コンビ第28条

[ ]は(特定)液化石油ガスの製造事業所に限る。

規模	製造する高圧ガスの容積:100万m^3／日以上 (貯槽有・充塡のみは200万m^3／日以上)(ガスの種類を問わない。) 高圧ガスの容積 ＝ 保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の4分の3 並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
資格	甲化・甲機、乙化・乙機、[丙液]
経験	① 1種類以上のガス[液化石油ガスに限る]:1年以上 ② 圧縮機又はポンプ:1年以上 ③ 設計、施工、管理、検査及び試運転:①又は②[液化石油ガスは①]と同等以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安企画推進員の資格等

図50

法第27条の3、一般第70条、
液石第68条、コンビ第29条

規模	製造する高圧ガスの容積：100万m^3／日以上 （貯槽有・充塡のみは200万m^3／日以上 ）（ガスの種類を問わない。） 高圧ガスの容積 ＝　保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の4分の3 並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
資格	製造保安責任者免状は不要
経験	① 保安技術管理者 ：3年以上 ② 保安主任者等 ：5年以上 ③ 保安係員等 ：7年以上 ④ 保安企画指導 ：3年以上 ⑤ 大学、高専等（化学、物理、工学）卒（同等の課程を修了した場合を含む。）、 製造保安経験 ：7年以上 ⑥ 高校等（工業）卒、製造保安経験 ：10年以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安係員の資格等

図5－1

法第27条の2、一般第66条、
液石第64条、コンビ第25条

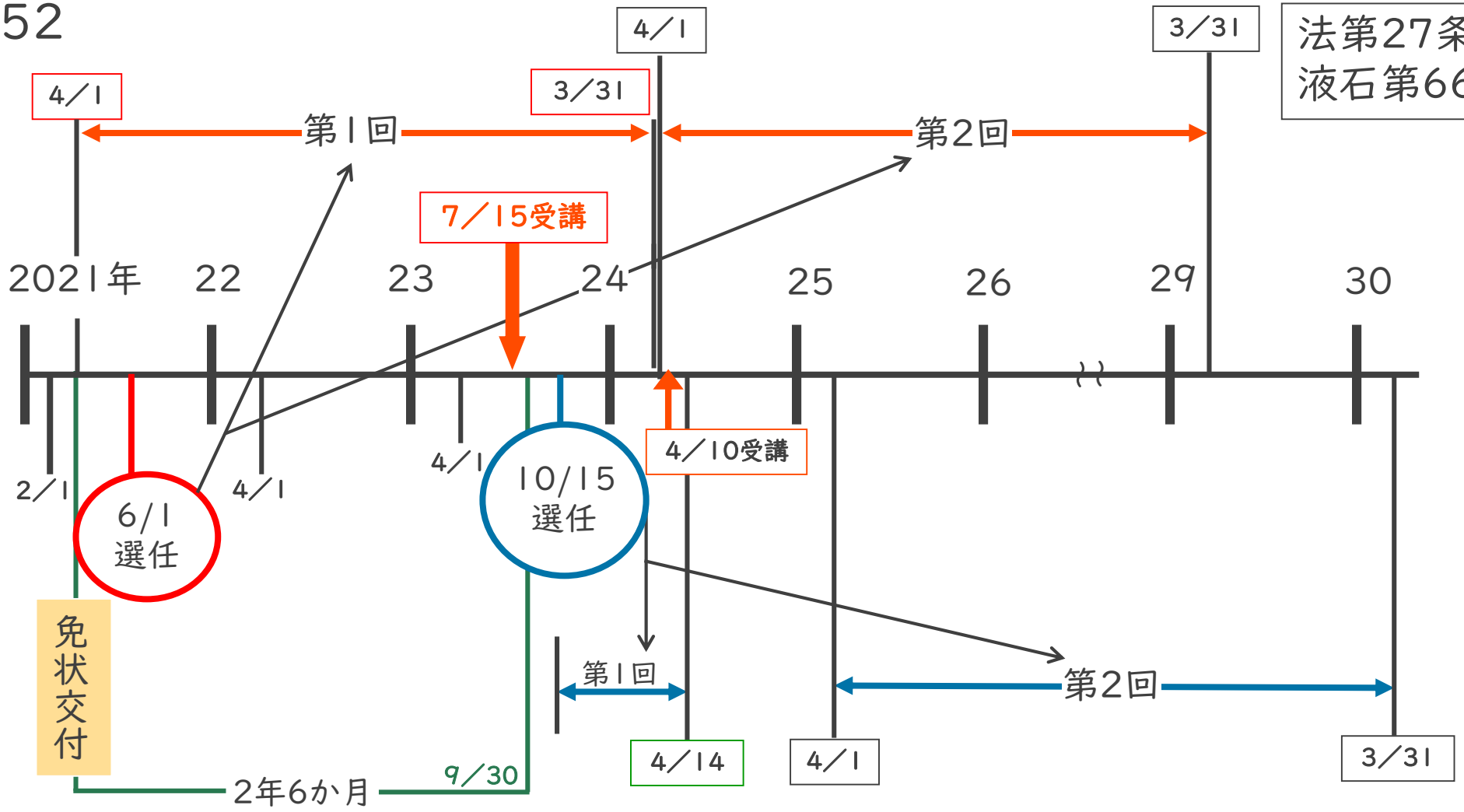
［丙液］は法令上すべてのガス対象であるが、液石則適用事業所以外の事業所における選任に当たっては知事等に確認のこと。

規模	保安統括者の選任が必要な事業所
資格	甲化・甲機、乙化・乙機、［丙液］、丙特
経験	① 1種類以上のガス［液化石油ガス又は可燃性ガス］：1年以上 ② 圧縮機又はポンプ：1年以上 ③ 設計、施工、管理、検査及び試運転：①又は②［液化石油ガスは①］と同等以上 ④ ①～③にかかわらず、乙化、丙液、丙特で高圧ガスの製造1年以上は、そのガス区分（可燃性・毒性ガス、可燃性ガス、毒性ガス、酸素、その他）に選任できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安主任者、保安係員の講習受講期間の例

図52



保安企画推進員：選任日から6月以内に第1回を受講。第2回以降は保安主任者、保安係員と同じ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の代理者の資格等及び職場での職位

図53

法第33条、一般第78条、液石第76条、コンビ第33条

保安統括者の代理者	保安統括者に選任されている者を直接補佐する職位
保安技術管理者の代理者	保安技術管理者に選任されている者を直接補佐する職位で、かつ、所定の免状・経験
保安係員の代理者	保安係員の担当製造施設に従事する者で、かつ、所定の免状・経験
保安主任者の代理者	保安主任者に選任されている者を直接補佐する職位で、かつ、所定の免状・経験
保安企画推進員の代理者	職位に関係なく、所定の知識・経験

職位は、高圧ガスの製造保安関係組織上でなく、事業体の職務関係上である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等及びそれらの代理者並びに販売主任者等の選解任届出

図54

法第27条の2 5、6項、
27条の3 3項、33条3項、
（28条）、一般第67条2項

保安統括者等		都道府県知事等への届出手続
（正）	代理者	
保安統括者	○	選解任した都度、遅滞なく届出
保安技術管理者	★	その年の前年の8月1日からその年の7月31日までに選解任した者について、その年の8月1日以後、遅滞なく（まとめて）届出
保安企画推進員	★	
保安主任者	★	
保安係員	★	
（販売主任者） （特定高圧ガス取扱主任者）		（選解任した都度、遅滞なく届出）

○の代理者は選解任届出必要　★の代理者は選解任届出不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売主任者・特定高圧ガス取扱主任者の資格等

図55

法第28条、一般第72条、73条、
液石第70条、71条

［販売主任者］

	選任対象ガス	資格	経験
第一種販売主任者	アセチレンほか 21種類の一般高圧ガス	甲種化・機、乙種化・ 機責任者免状、 第一種販売主任者免状	所定のガスの製造 又は販売6か月以上
第二種販売主任者	液化石油ガス	甲種化・機、乙種化・機、 丙種化学（液石）責任者免状、 第二種販売主任者免状	液化石油ガスの製造 又は販売6か月以上

［特定高圧ガス取扱主任者］

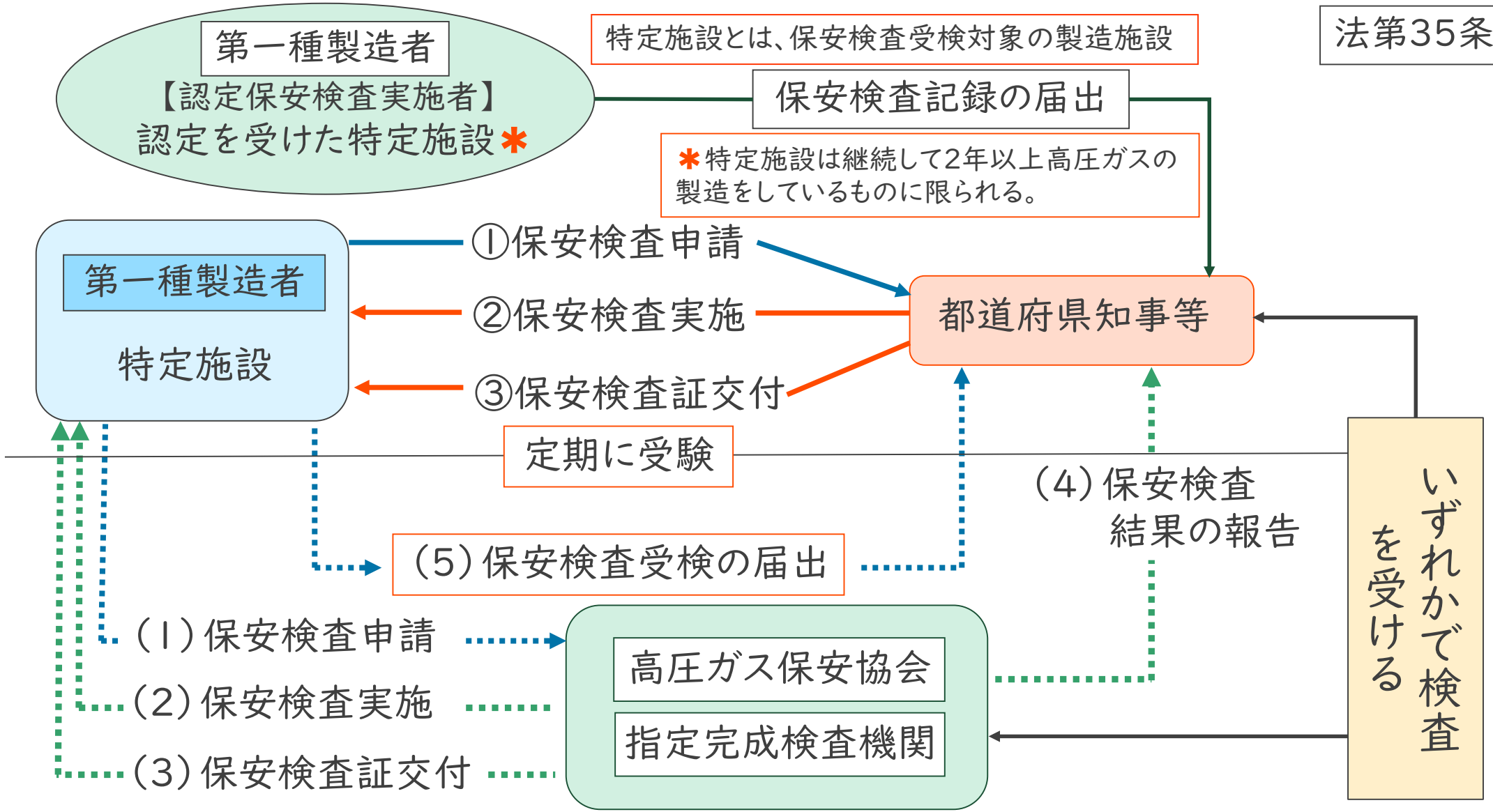
特定高圧ガス	資　格　等
特殊高圧ガス、 圧縮水素、 圧縮天然ガス、 液化酸素、 液化アンモニア、 液化塩素、 液化石油ガス	① 選任対象の特定高圧ガスの製造又は消費の1年以上の経験 ② 大学ほか所定の学校卒業者（同等の課程修了者を含む。） ③ 高圧ガス保安協会の所定の講習修了者 ④ 高校又は旧工業高校卒業で特定高圧ガスの製造又は消費の6か月以上の経験 ⑤ 甲種化・機、乙種化・機、丙種化学責任者免状、第一種販売主任者免状 （液化石油ガス以外の主任者への選任に限る。）の保有者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安検査の受検手続等

図56

法第35条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査

図57

法第35条の2、一般第83条、
液石第81条、コンビ第38条

施設の技術上の基準（耐圧試験を除く。）について
年1回以上実施、記録の作成・保存

液化石油ガスの第一種製造者
液化石油ガスの第二種製造者（処理能力30m³以上）
すべての特定高圧ガス消費者

一般高圧ガスの第一種製造者
一般高圧ガスの第二種製造者（処理能力30m³以上）
特定製造者（処理能力30m³以上を含む。）
認定指定設備のみの第二種製造者

検査範囲 ： 製造施設のガス設備のみ

検査範囲 ： 製造施設全体・特定高圧ガス消費施設全体

特定高圧ガス消費施設の検査実施監督者は取扱主任者

製造施設の検査実施監督者は保安係員

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者に対する規制

図58

法第5条、11条、14条、20条、21条、26条、27条、27条の2、27条の3、35条、35条の2、60条

事前に

- 製造許可
- 完成検査の受検
- 危害予防規程の制定・届出
- 保安統括者等選任の届出
- 製造開始の届出
- 製造の廃止の届出

＊ 施設等の変更許可・軽微変更届

＊ 技術上の基準の遵守・維持

＊ 危害予防規程の遵守

＊ 保安教育計画の作成

＊ 保安教育計画に従って従業者を教育

＊ 保安検査の受検（認定事業者の場合自ら実施可）

＊ 定期自主検査の実施・記録・保存
（年1回以上自ら実施）

＊ 帳簿の記載・保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種製造者に対する規制

図59

法第5条、12条、13条、14条、
21条、27条、27条の2、35条の2

第二種製造者

事業開始の日の20日前までに

製造事業の届出

保安統括者等選任の届出

処理能力 30m³以上で可燃性の
液化ガスをポンプで加圧するものに限る。

製造事業廃止の届出

その他の製造者

※の事項のみ適用

＊製造施設等の変更の届出

＊技術上の基準の遵守・維持※

＊従業者に保安教育実施

＊定期自主検査の実施、記録

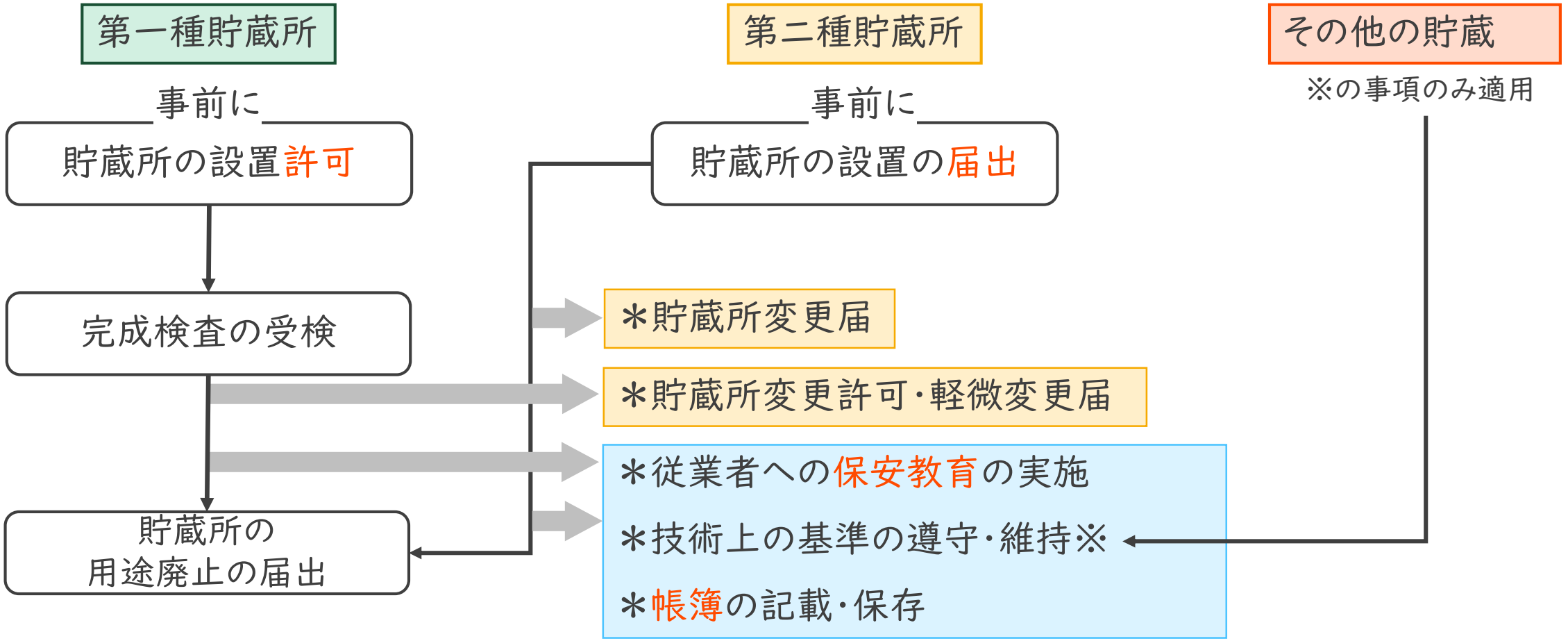
・保存（処理能力 30m³以上・指定設備に限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵に関する規制

図60

法第15条、16条、17条の2、18条、19条、20条、27条、60条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売に関する規制

図61

法第20条の4、の5、の6、の7、21条、27条、28条、60条

事業開始の日の20日前までに

販売事業の届出

販売主任者の選任の届出

販売事業廃止の届出

定められた高圧ガスの販売所に限る

＊ガスの種類変更届

＊従業員に対して保安教育の実施

＊販売の方法の基準の遵守※

＊帳簿の記載・保存

＊消費者への周知［定められた用途※及び高圧ガスの消費者に限る。］

※の事項のみ適用

販売事業の届出が不要の第一種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

消費に関する規制

図62

法第24条の2、の3、の4、の5、27条、35条の2、

消費開始の日の20日前までに

特定高圧ガス消費の届出

取扱主任者の選任の届出

特定高圧ガス消費の廃止の届出

＊特定高圧ガス消費施設等の変更届

＊従業者への保安教育の実施

＊技術上の基準の遵守・維持※

＊定期自主検査の実施、記録・保存

その他の消費

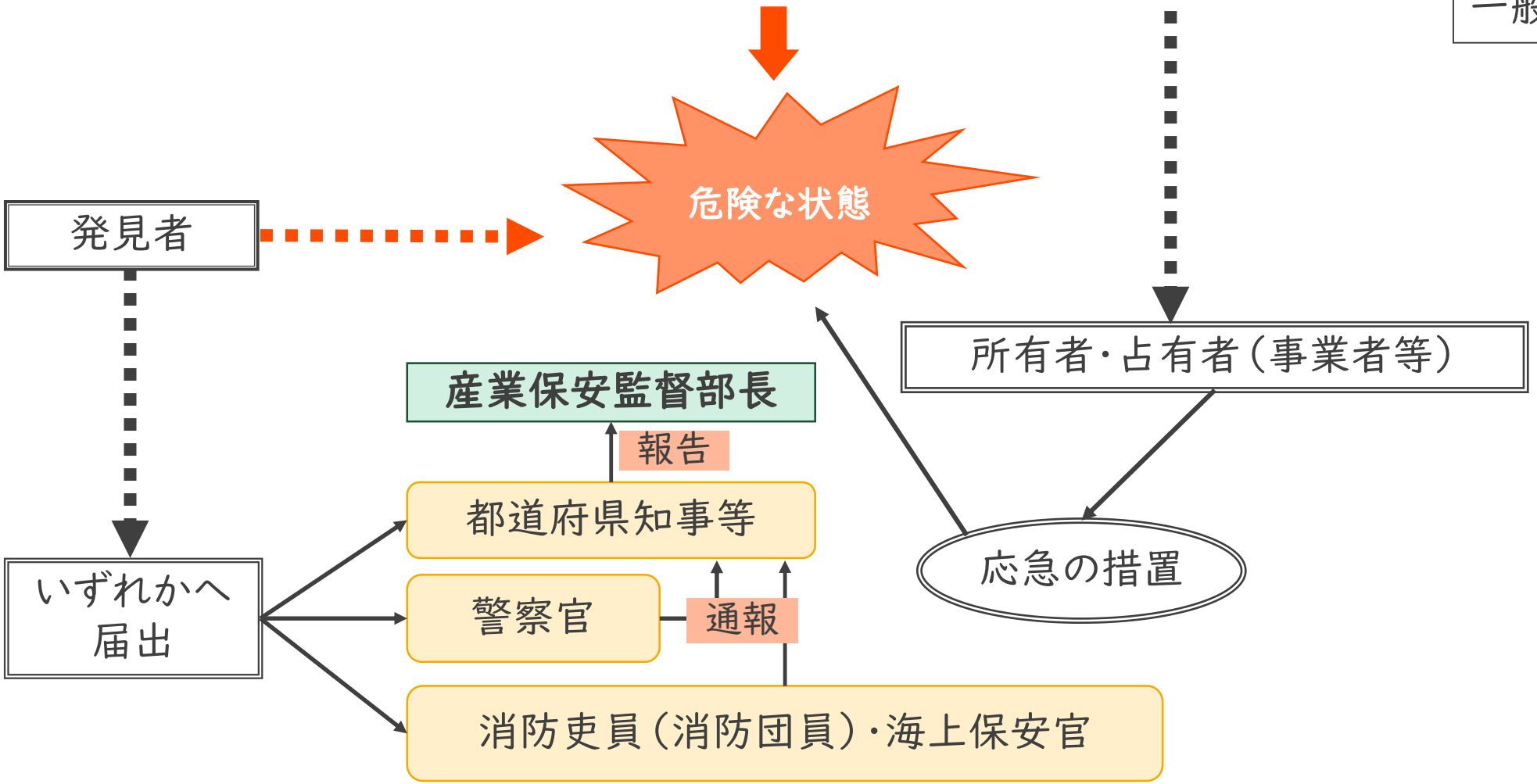
※の事項のみ適用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険時の措置・届出

図63

法第36条、第74条、
政第19条1項8号、
一般第98条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険時の措置

図64

一般第84条、
液石第82条、
コンビ第39条

- 製造施設・消費施設
  応急の措置→作業中止、ガスを移送・大気放出（安全に）、作業要員以外の退避

  措置不能 → 付近住民に退避を警告

- 第一種貯蔵所、第二種貯蔵所、充填容器等
  応急の措置→充填容器等の移動（安全に）、作業要員以外の退避

  措置不能 → 付近住民に退避を警告

- 充填容器等が外傷・火災
  応急の措置→一般則・液石則適用のものは、各規則の廃棄に係る技術上の基準に従って 措置コンビ則適用のものは、一般則の廃棄に係る技術上の基準に準じた措置

  措置不能 → 水中に沈める・地中に埋める

防災キャップ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業内の火気等制限

図65

法第37条

［高圧ガス取扱事業所］

製造事業所（一種、二種）、貯蔵所（一種、二種）、販売所、特定高圧ガス消費事業所、
液化石油ガス販売所（液石法）

① 火気制限場所の指定：高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者

② 指定場所内では、何人も火気取扱禁止

③ 指定場所内に、発火しやすい物を携帯しての立入禁止
ただし、指定した者の承諾を得れば立入可能

“何人”には、高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者、従業者、一般人が含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所内の火気等制限の標示例

参考図16

法第37条

高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者が場所（区域）を指定する。
第一種製造者は危害予防規程に定めているのが一般的である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

認定保安検査実施者（認定完成検査実施者も同じ。）

図66

法第39条の2、39条の4、
39条の5、39条の9、39条の10

1　対象特定施設
　2年以上継続して高圧ガスの製造

2　認定基準の適合
　① 保安検査のための組織
　② 保安検査の方法（規程）
　③ 検査実施者の数

3　変更の届出（変更後遅滞なく）
　① 保安検査のための組織
　② 保安検査の方法

4　認定保安検査実施者の義務
　① 検査実施者は所定の知識経験を有する者（規程）
　② 検査記録の作成、保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の帳簿

図67

法第60条、
一般第95条、
液石第93条、
コンビ第50条

記載事項と保存期間

① 高圧ガスを容器に充塡した場合→記載の日から2年間保存
- 充塡容器の記号及び番号
- 充塡年月日
- 高圧ガスの種類（一般高圧ガスのみ）
- 充塡圧力（一般高圧ガスの圧縮ガスのみ）
- 充塡質量（液化ガスのみ）

② 高圧ガスを容器により授受した場合→記載の日から2年間保存
- 充塡容器の記号及び番号
- 授受先・授受年月日
- 高圧ガスの種類（一般高圧ガスのみ）
- 充塡圧力（一般高圧ガスの圧縮ガスのみ）
- 充塡質量（液化ガスのみ）

③ 製造施設に異常があった場合→記載の日から10年間保存
- 異常があった年月日
- 異常に対してとった措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

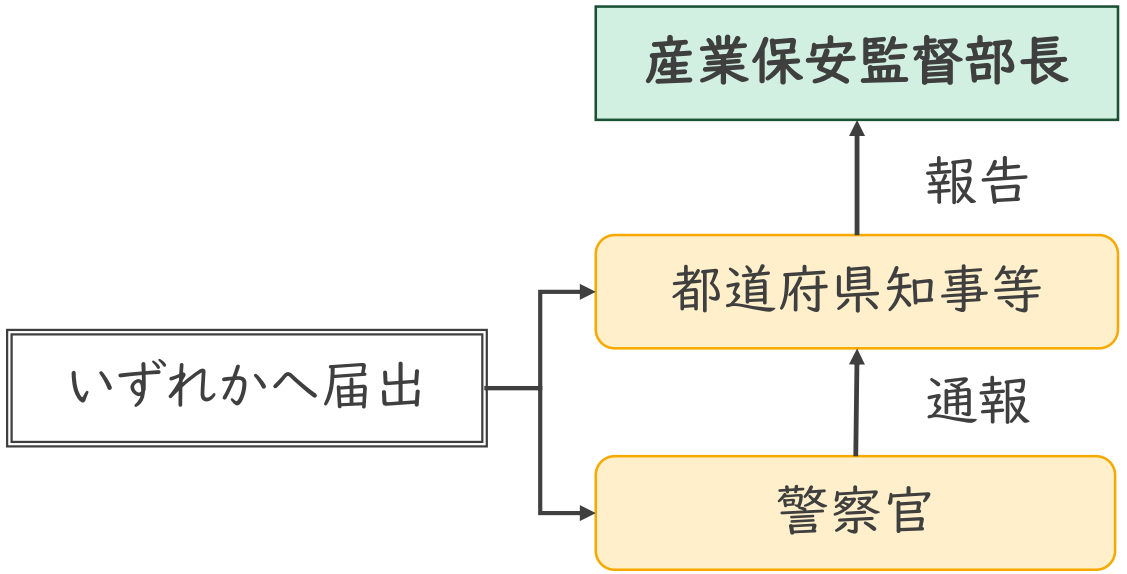
事故届

図68

法第63条、第74条
政第19条1項8号

第一種製造者・第二種製造者・販売業者・貯蔵する者・消費する者・
容器製造業者・容器の輸入者・その他高圧ガス又は容器の取扱者

高圧ガスの災害発生
高圧ガス又は容器＊を
喪失、盗難



＊「容器」については、高圧ガスが充塡されているか否かにかかわらず喪失、盗難等の場合の届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令Ⅳ

容器関係
（法律・容器保安規則）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

講師：元　高圧ガス保安協会
宇都宮　敏

容器の種類（主なもの）

図69

容器第2条、
一般第60条1項19号、
液石第58条11号

溶接部を有する容器	溶接容器［液化石油ガス、アセチレンなど］
	超低温容器［液化酸素、液化窒素、液化アルゴンなど］
	低温容器［液化炭酸ガスなど］
	ろう付け容器［圧力の低いガス］
	自動車燃料装置用容器［液化天然ガス、液化石油ガスなど］
継目なし容器	一般継目なし容器［酸素ガス、窒素ガスなど］
	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器
	自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス］
複合容器	一般複合容器［液化石油ガス用（水中使用不可）、陸上用空気呼吸器など］
	自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス、圧縮水素など］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一般継目なし容器の例

参考図17

容器第2条10号

圧縮酸素用47L容器のカットモデル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

溶接容器の例

参考図18

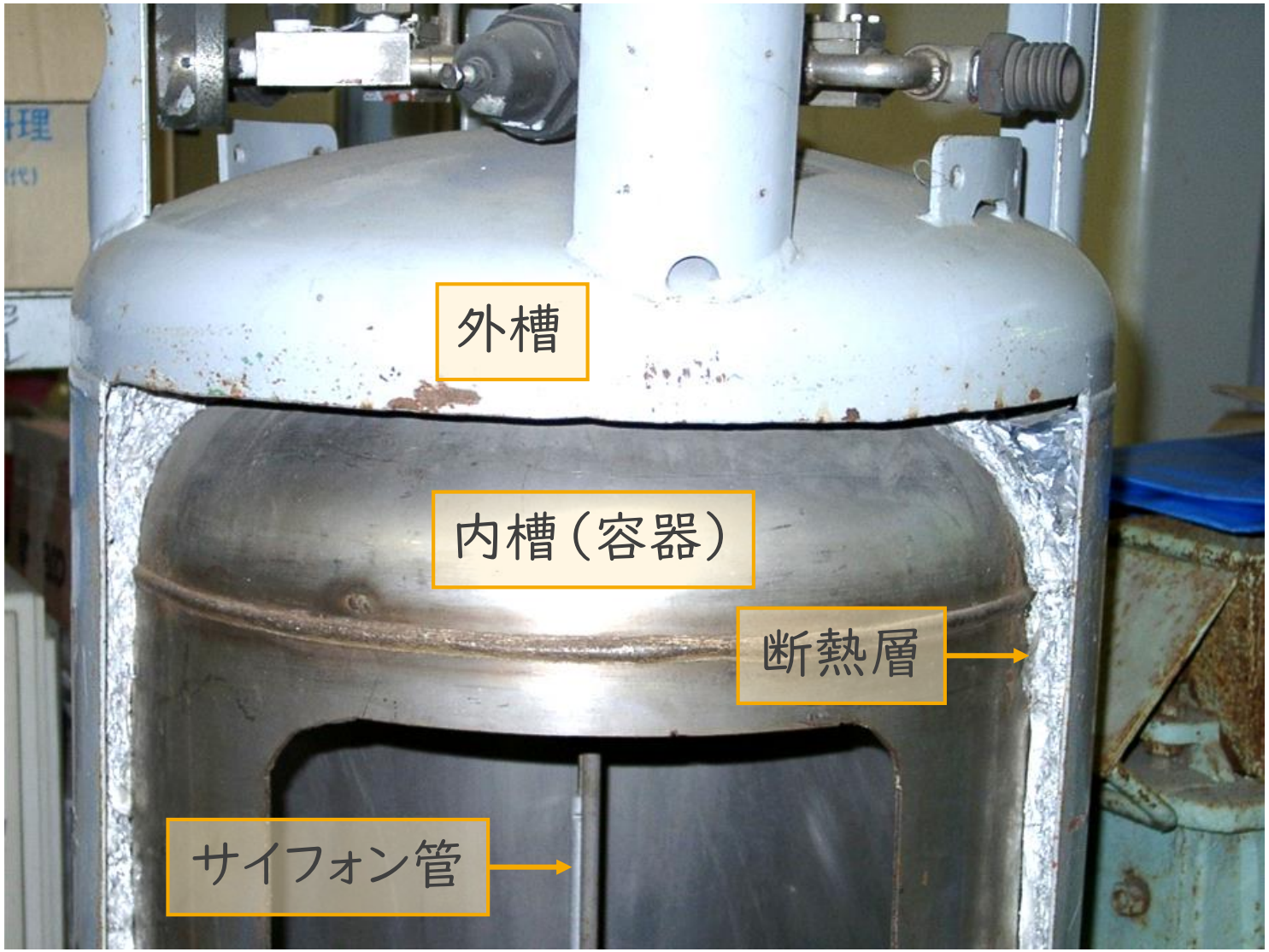
容器第2条2号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

超低温容器の例（カットモデル）

参考図19

容器第2条3号



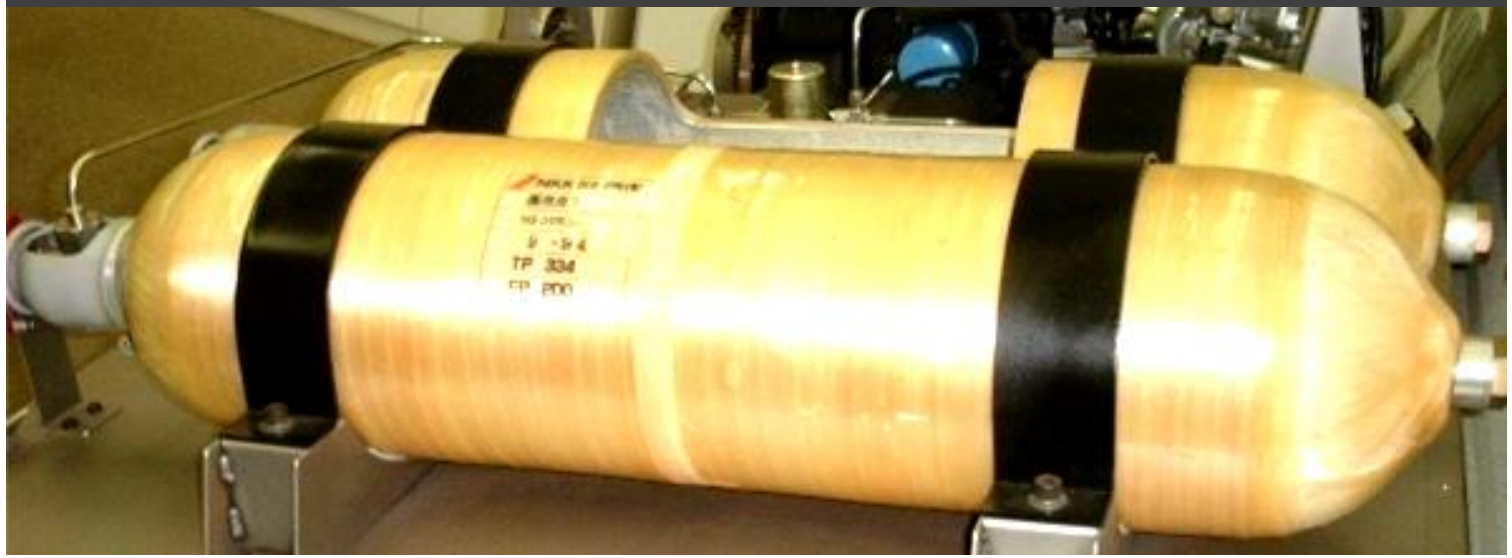
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

複合容器の例（カットモデル）

参考図20

容器第2条12号

圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガス用一般複合容器の例

参考図21

（カップリング付容器用弁を装置した内容積25L以下の容器（右））

液化石油ガス用容器の外観の比較

左は鋼製の溶接容器（8kg型容器、容器だけの質量は9.6kg）

右は一般複合容器（7.5kg型容器、容器だけの質量は4.4kg）

液化石油ガス用一般複合容器の定義

（容器保安規則第2条第11号の2）
「プラスティックライナー製一般複合容器のうち、液化石油ガス（炭素数3又は4の炭化水素を主成分とするものに限る。）を充塡するための容器（ケーシングを有するものに限る。）」

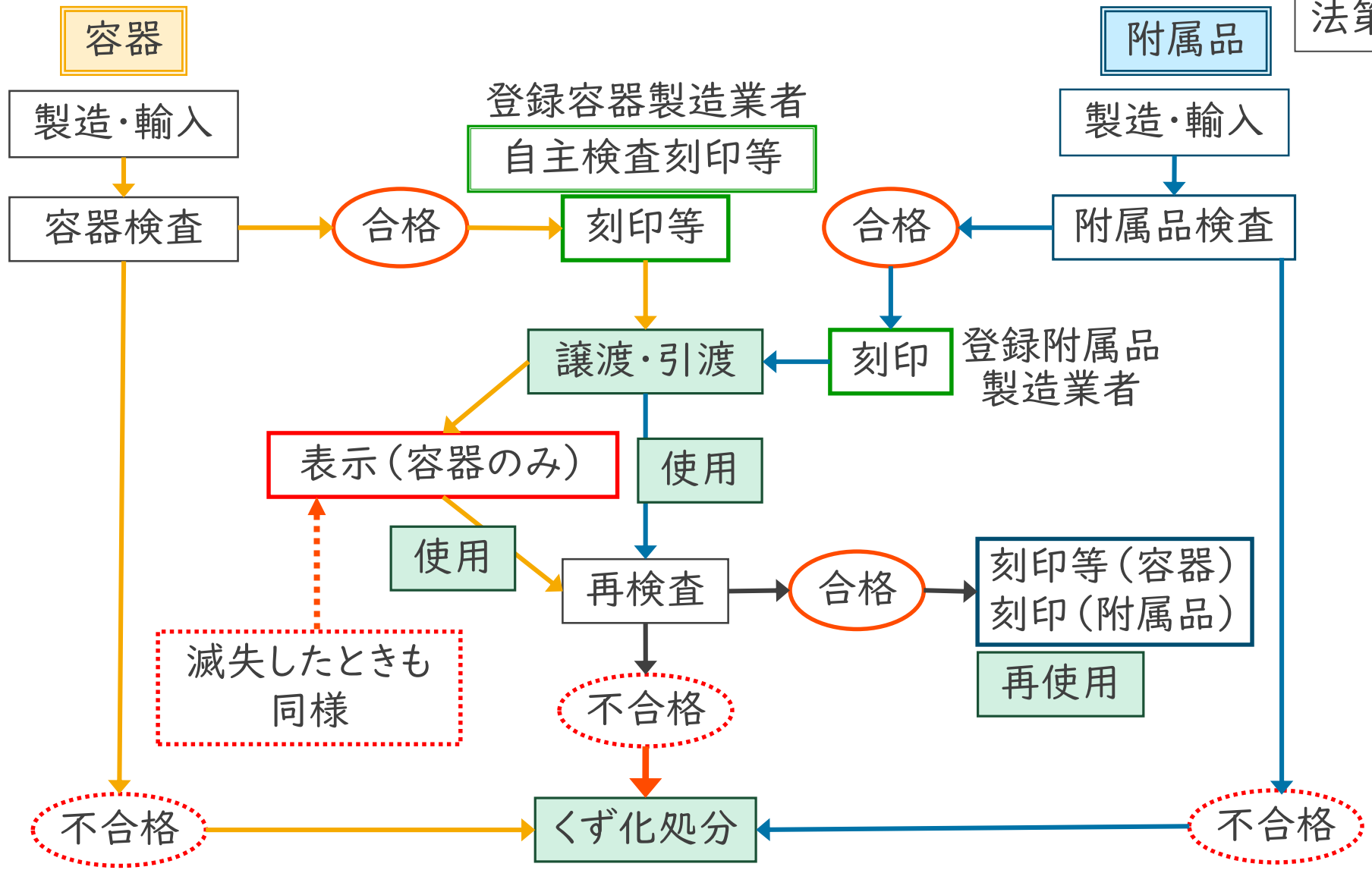
（注）容器再検査期間、充塡可能期限の適用上は容器保安規則第2条第11号の「一般複合容器」に含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器・附属品に対する規制

図70

法第41条～56条



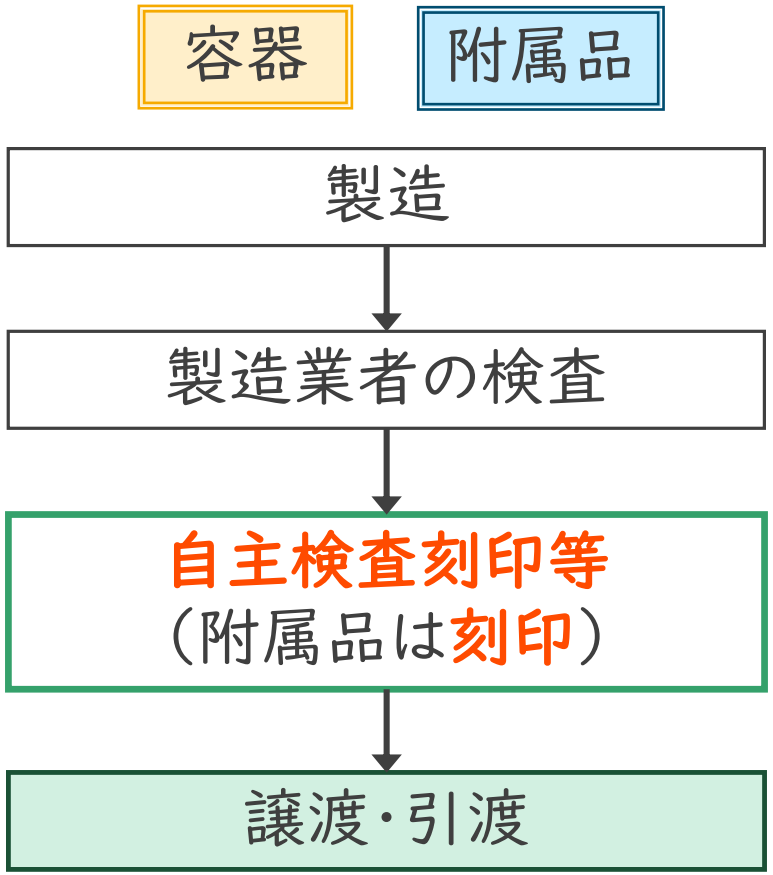
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自主検査刻印等

図71

法第49条の5、
49条の25

登録容器製造業者・登録附属品製造業者の場合



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（1）

図72

容器第8条

図72中「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

＊ **検査実施者の名称の符号**

＊ **容器製造業者の名称又はその符号**（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は名称のみ）

＊ **充填すべき高圧ガスの種類**：PG（ヘリウム、ネオン等）、SG（特殊高圧ガス）、FC1、FC2、FC3（以上フルオロカーボン）、CNG（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器）、CHG（圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪及び圧縮水素運送自動車用容器）、LNG（液化天然ガス自動車燃料装置用容器）（さらに詳細刻印あり＝ 略）、 その他の容器は高圧ガスの名称、略称又は分子式

＊ **容器の記号（LPガス容器は3文字以下）及び番号**：アルファベットと数字（LPガス容器は5けた以下）

＊ **内容積**：（記号 V 、単位 リットル）

＊ **附属品（取りはずしのできるものに限る。）を含まない容器の質量**：（記号 W 、単位 kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊ **アセチレンガスを充填する容器の質量**：前記質量に多孔質物及び附属品の質量を加えた質量
（記号 TW 、単位 kg）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（2）

図72（続き）

容器第8条

＊ **容器検査合格年月**：（内容積4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、合格年月日）

＊ **充填可能期限年月日**（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は充填可能期限年月）：（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に限る。）

＊ **耐圧試験における圧力**：（記号 TP、単位 MPa）及びM （超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊ **最高充填圧力**：（記号 FP、単位 MPa）及びM （圧縮ガス用容器、 超低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器に限る。）

＊ **高強度鋼（記号 HT）、アルミニウム合金（記号AL）であることの記号**：（高強度鋼、アルミニウム合金で製造された容器（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）に限る。）

＊ **容器の胴部の肉厚**：（記号 t 、単位 mm）（内容積500L超の容器に限る。）

＊ **胴部の繊維強化プラスチック部分の許容傷深さ**：（記号 DC、単位 mm）
（繊維強化プラスチック複合容器に限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則における最高充塡圧力（FP－M）の定義（主なもの）

図73

容器第2条25号

1　**圧縮ガス**を充塡する容器
（SG容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器を除く。）

① **アセチレンガス**を充塡する**容器以外の容器**温度35℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

② **アセチレンガス**を充塡する容器温度15℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

2　SG（特殊高圧ガス及びこれらの混合ガス）容器
容器則で定められた耐圧試験圧力の5分の3倍の圧力の数値

3　超低温容器、低温容器又は液化天然ガス自動車燃料装置用容器
常用の圧力のうち最高のものの数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則における最高充塡圧力（FP－M）の定義（主なもの）

図73（続き）

4　2及び3の容器以外の容器で、液化ガスを充塡するもの
　　耐圧試験圧力の5分の3倍（再充塡禁止容器は同5分の4倍）の圧力の数値

5　国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器
　　燃料の充塡中にその容器にかかるガスの圧力のうち最高のものの数値であって別に
　　定める公称使用圧力の4分の5倍の圧力の数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

溶接容器の主な刻印の例

参考図22

アセチレンガス容器

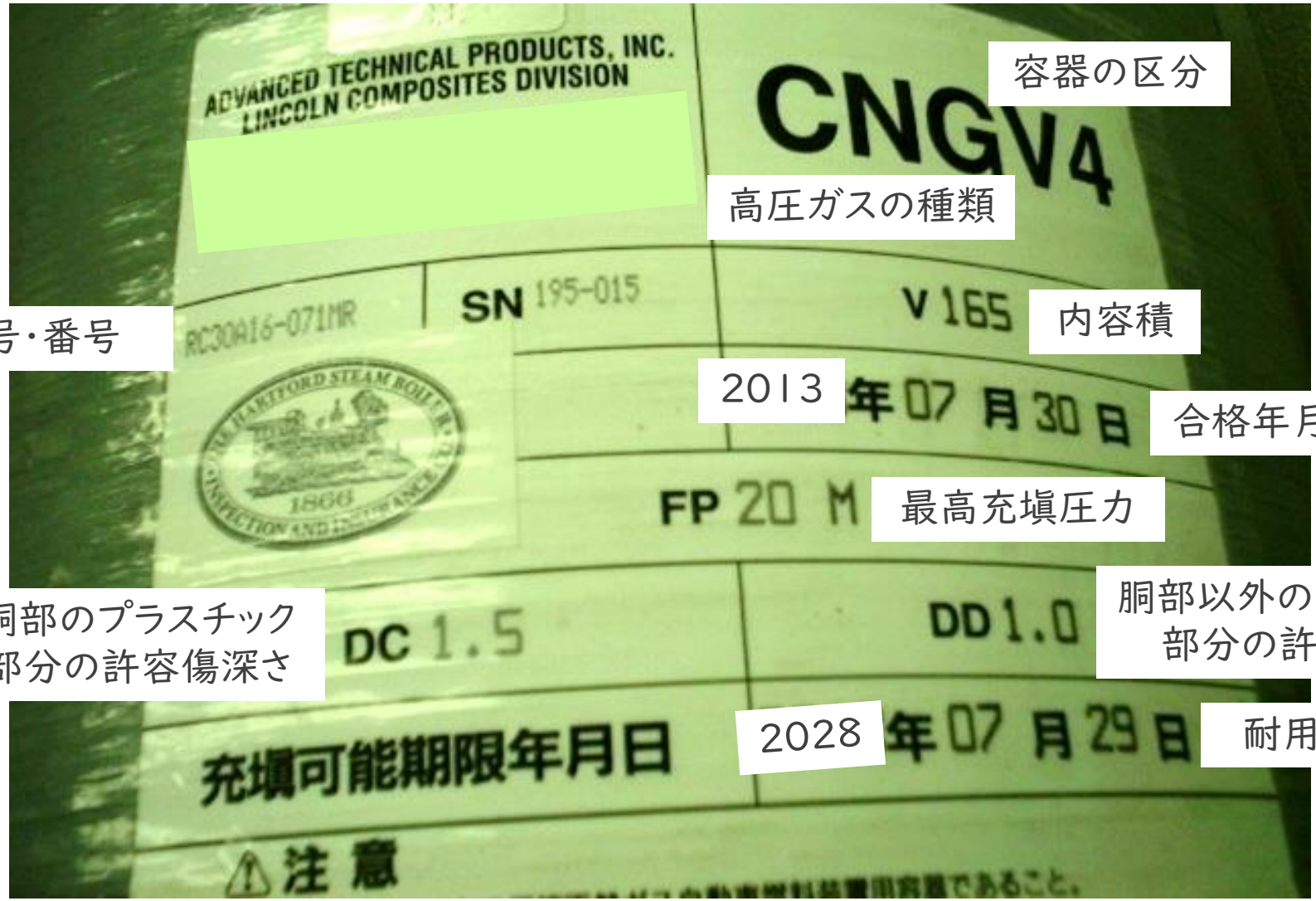
容器第8条1項
7～9号、11、12号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガス自動車燃料装置用複合容器の標章の例

参考図23

容器第8条3項3号



容器の区分

高圧ガスの種類

記号・番号

内容積

合格年月日

最高充填圧力

胴部のプラスチック部分の許容傷深さ

胴部以外のプラスチック部分の許容傷深さ

耐用期限

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（1）

図74

法第49条の3容器第18条

＊ 附属品検査合格年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器に装置されるべき附属品は、年月）

＊ 検査実施者の名称の符号

＊ 附属品製造業者の名称又はその符号

＊ 附属品の記号・番号

＊ 附属品の質量：（記号 W、単位 kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されるべき附属品を除く。）

＊ 耐圧試験における圧力：（記号 TP、単位 MPa）及びM

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（2）

図74（続き）

法第49条の3容器第18条

＊ **附属品が装置されるべき容器の種類：**

圧縮アセチレンガス用容器	→	記号	AG
圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号	CNGV
圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号	CHGV
国際圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号	CHGGV
圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	→	記号	CHGTV
圧縮水素運送自動車用容器	→	記号	CHGT
圧縮ガスを充塡する容器（上記の各容器を除く。）	→	記号	PG
液化ガスを充塡する容器（以下の各容器を除く。）	→	記号	LG
液化石油ガスを充塡する容器（下記LT容器を除く。）	→	記号	LPG
超低温容器及び低温容器	→	記号	LT
液化天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号	LNGV

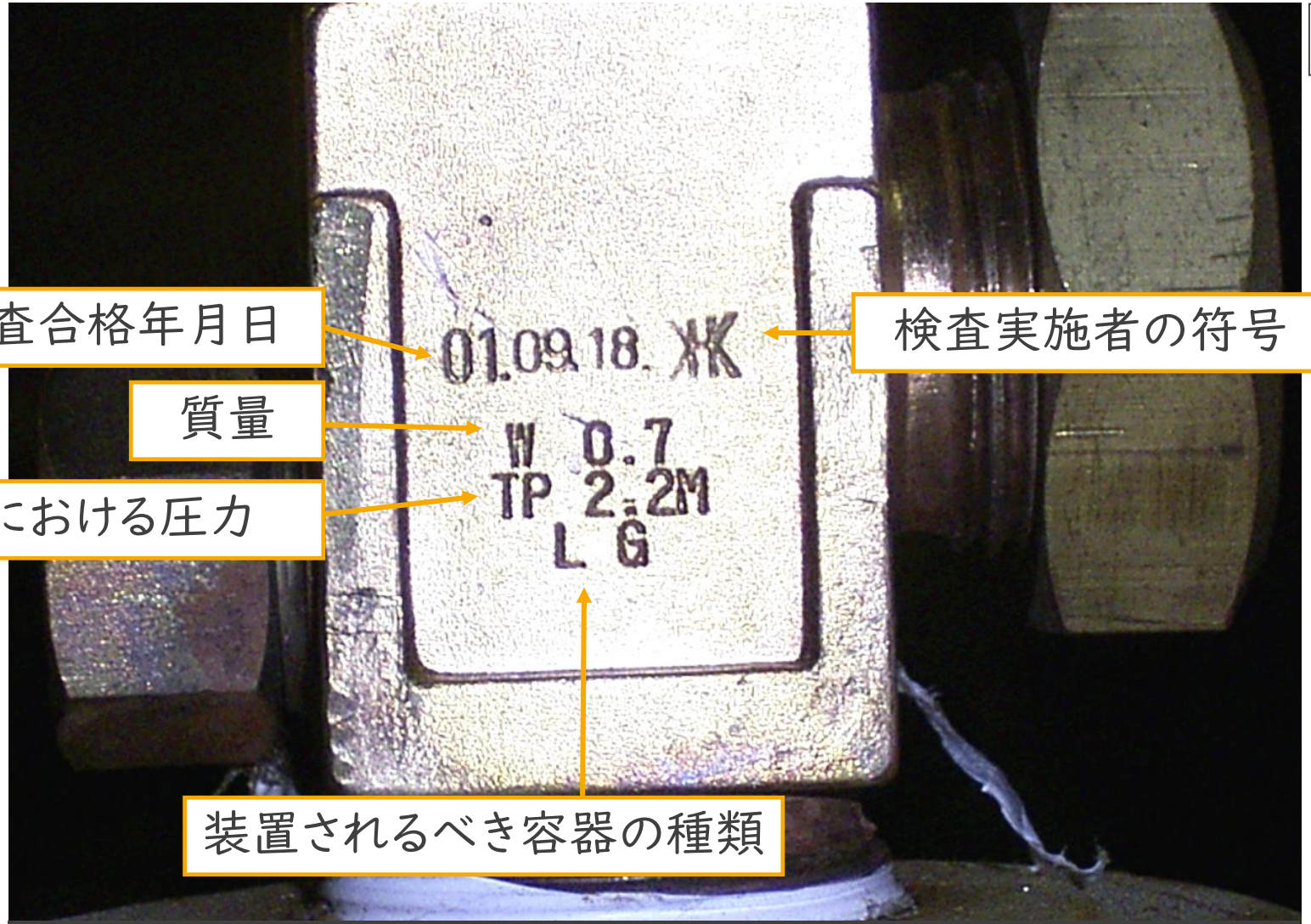
＊ **液化水素運送自動車用容器に装置する安全弁：** → 記号 LTL又はLTH

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の主な刻印の例

参考図24

容器第13条、第18条



液化ガス容器用バルブ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の表示事項

図75

法第46条、
容器第10条

＊ 容器の外表面積の1／2以上について所定の塗色

＊ 高圧ガスの名称

＊ 高圧ガスの性質を示す文字：可燃性ガスは「燃」、毒性ガスは「毒」

＊ 所有者又は管理業務受託者の氏名等（KHKの登録記号・番号でも可）

＊ 高圧ガスを容器により輸入した場合であって、輸入検査に合格したときは、
その容器に表示をしなければならない。（法第46条第2項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の塗色表示（容器の表面積の50%以上を塗色）

図76

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かっ色
その他の種類の高圧ガス	※ ねずみ色

※ 水素ガスを充塡する容器のうち、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器並びにその他のガスを充塡する容器のうち着色加工していないアルミニウム製、アルミニウム合金製及びステンレス鋼製の容器、LPガスの容器並びに圧縮天然ガス自動車燃料装置用の容器は、塗色表示規制なし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の期間（1）

図77

容器第24条、26条、一般第6条2項2号ヌ、
液石第6条2項1号へ、容器則細目告示第4条

容器の種類 ＼ 経過年数	溶接容器、超低温容器及びろう付け容器	一般継目なし容器	一般複合容器（液化石油ガス用一般複合容器を含む。）	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器＊（容器則26条1項参照）	液化石油ガス自動車燃料装置用容器（溶接）
起算日	検査合格月の前月の末日（4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器は刻印された容器検査合格月日の前日）				
4年以下	5年	5年	3年	1年1月	6年
4年を超え、20年未満	（特に定める容器＊（容器則24条1項2号）は6年）		ただし15年経過したものは充塡禁止	ただし、4年1月を経過して最初の再検査時は本体及びねじ部を検査することとし、それ以外の再検査時はねじ部のみの検査	
20年以上	2年				2年

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の期間（2）

図77（続き）

容器第24条、一般第6条2項2号ヌ

＊ 圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、
液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器
⇒経過年数4年以下のものは4年、経過年数4年を超えるものは2年2月

＊ 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器
⇒経過年数4年1月以下のものは4年1月、経過年数4年1月を超えるものは2年3月

（注）一般則第6条第2項第2号ヌの規定により、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器にあっては、刻印等に示された年月から15年を経過したもの又は充塡可能期限年月又は充塡可能期限年月日を経過したものには充塡しないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の規格の主なもの

図78

法第49条2項、容器第26条

1 アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器、一般継目なし容器、溶接容器、ろう付け容器及び一般複合容器

↓

耐圧試験 → 容器ごと（例外：アセチレンの容器は製造ロットごとに1個）

2 超低温容器

↓

気密試験 / 断熱性能試験 → いずれも容器ごと

3 圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、圧縮水素運送自動車用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器

↓

漏えい試験（液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、漏えい試験に加えて断熱性能試験又は保冷性能試験）

→ いずれも容器ごと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品再検査の期間

図79

法第49条の4、容器第27条

製造後の経過年数	容器の種類	容器に装置されているもの ①LPG用容器で内容積4000L未満のもの（高圧ガス運送自動車用容器、鉄道車両に固定された容器を除く。）	容器に装置されているもの ②LPG自動車燃料装置用容器（車両に固定されているものに限る。）	容器に装置されているもの ③国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	容器に装置されているもの ①、②及び③以外のもの	容器に装置されていないもの
6年6月以下		附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格月からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格月の前月の末日から2年を経過して最初に受ける容器再検査までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査までの間 （アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器は、容器検査等合格月の前月の末日から起算して4年1か月経過して最初に受ける容器再検査までの間）	2年
6年6月超 7年6月以下		1年				
7年6月超			1年			

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品再検査の規格の主なもの

図80

法第49条の4　2項、容器第29条

1　バルブ（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器に装置されるもの）

▼

開閉操作が容易であり、かつ、円滑に作動するもの

2　安全弁（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されているもの並びに破裂板及び溶栓を除く。）

▼

所定の圧力を加えた場合作動するもの

3　緊急しゃ断装置

▼

遠隔操作により作動することができるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器・附属品のくず化処分

図81

法第56条

① 容器検査・附属品検査に不合格の容器・附属品であって、充塡するガスの種類、圧力を変更しても規格不適合のもの

② 容器再検査・附属品再検査に不合格の容器・附属品であって、（容器については3か月以内に）刻印等・刻印がされないもの

③ 廃棄する容器・附属品 （使用過程のもの（ガスが充 塡されているか、充塡されていないかにかかわらず。）、未使用のもの（新品を含む。））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器への高圧ガスの充塡

図82

法第48条

高圧ガスを充塡する容器の条件	
1 容器検査に合格し、容器に刻印等がされていること、又は自主検査刻印等がされていること。 2 表示がしてあること。 3 附属品検査に合格し刻印がされている附属品が容器に装置されていること。	
4 使用過程で容器再検査期間が経過したもの →容器再検査に合格し刻印等がされていること。 5 使用過程で附属品再検査期間が経過したもの →附属品再検査に合格し刻印がされている附属品が装置されていること。	容器再検査期間を経過したにもかかわらず容器再検査を受けず、容器再検査に合格した旨の刻印等がなされていない容器には、高圧ガスを充塡してはならない。

容器に充塡する高圧ガスの条件	
容器の刻印で示されたガスの種類であることに加え、 1 圧縮ガス→最高充塡圧力「FP－M」(MPa)以下のものであること。	
2 液化ガス→$G=\frac{V}{C}$(kg)以下のものであること。(容器則第22条)	G:液化ガスの質量(kg) V:容器の内容積(L) C:ガスの種類に応じた定数(容器則22条)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.4.21山口県萩市 圧縮空気充塡所容器破裂事故

資料2-1

充塡所においてフルオロカーボン22容器に圧縮空気を充塡中容器が破裂し、作業者1名重傷、充塡依頼者が軽傷を負った。

写真1 破裂後の状況

写真2 破裂容器の状況(その1)

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.4.21山口県萩市 圧縮空気充塡所容器破裂事故

資料2-2

【事故原因】

- 容器バルブは空気用のものに取り替えられていた。
- 充塡時に刻印内容を確認せず。
- 容器は再検査期限が切れていた。
- 「TP33」の刻印を「TP33－m」と勘違いした。
- 耐圧試験圧力33kg/㎠の容器に120kg/㎠以上の充塡圧力をかけたため破裂したもの。

KHKーHP「事故情報」事故事例より

写真３ 破裂容器の状況（その２）

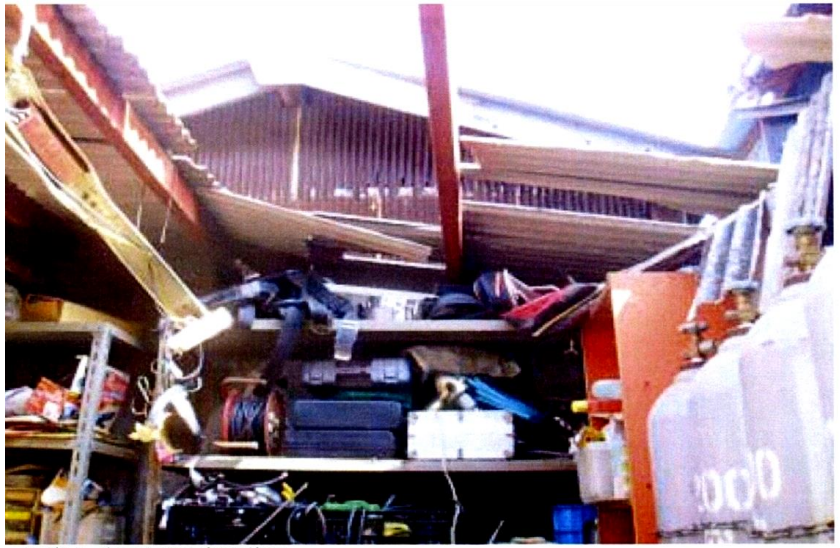


写真４ 充てん所内部の状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.4.21山口県萩市 圧縮空気充塡所容器破裂事故

資料2-3

（事故再発防止対策）

- 充塡時、刻印、表示等の確認を励行する。
- 容器と容器バルブの種類を確認する。
- 容器に刻印されている圧力単位に注意する。（特に「M」）
- 充塡所では、充塡、販売に関する帳簿を作成、保存する。
- 日常作業がマンネリにならないように、作業の危険性を常に認識し、法令、基本作業、安全作業を遵守する。

写真５ 充てん現場（水槽の外で充てん）

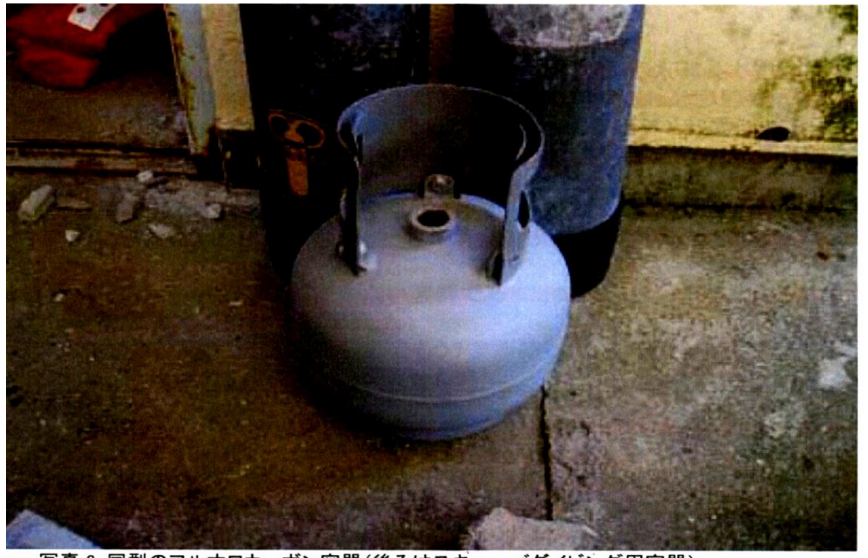


写真６ 同型のフルオロカーボン容器（後ろはスキューバダイビング用容器）

KHK－HP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

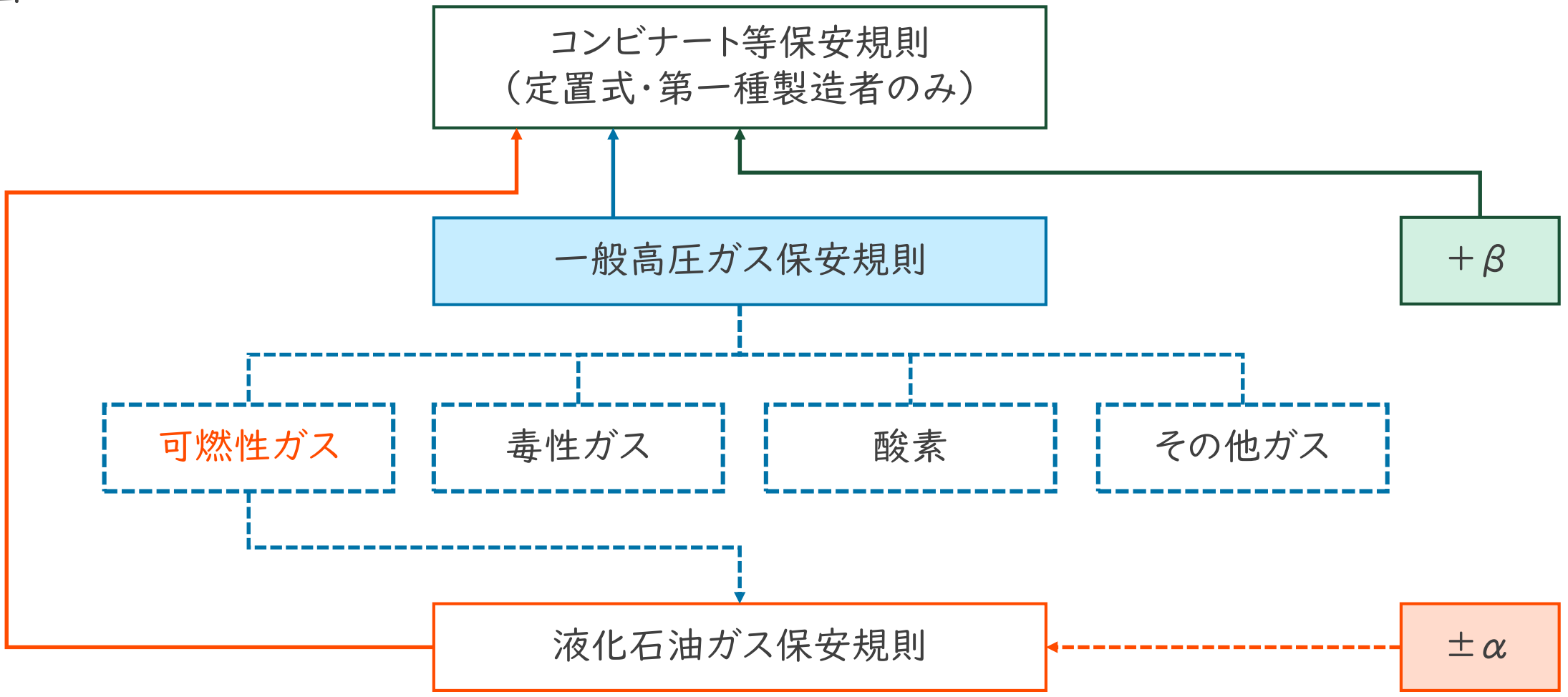
法令Ⅴ

一般高圧ガス保安規則①

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

各保安規則の関連

参考図1



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

スライドの見方

（参考-1）

根拠条文
3規則で同じ規定である。

→ 一般第〇条△項×号
液石第〇条△項×号
コンビ第〇条△項×号

スライドの見方

例示基準
例示基準
例示基準

は、法令ではなく、通達（規則関係例示基準）で示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種保安物件・第二種保安物件

図１

一般第2条１項5号、6号、
液石第2条１項１号、2号、
コンビ第2条１項5号、6号、7号

第一種保安物件

高圧ガスによる災害が発生した場合、周辺の不特定多数の者又は保護すべき者の安全を確保するために、これらの者が利用する病院等施設や学校等から所定の距離を有して高圧ガス設備［第一種設備距離］や容器置場［第一種置場距離］などを設置することとされている。これらの施設等を第一種保安物件という。

第二種保安物件

第一種保安物件と同様な趣旨で、周辺に居住している者の安全を保護するために、その住居から所定の距離を有して高圧ガス設備［第二種設備距離］や容器置場［第二種置場距離］などを設置することとされている。この住居を第二種保安物件という。

注 ：コンビ則では、第一種保安物件及び第二種保安物件から保安のための宿直施設を除いたものを「保安物件」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

充塡容器・残ガス容器の定義

図2

一般第2条1項10号、11号、第6条1項42号、
液石第2条1項7号、8号、第6条1項35号、
コンビ第2条1項11号、12号、第5条1項65号

- 充塡容器
  現に高圧ガスを充塡してある容器であって、その質量が充塡時の質量の2分の1以上減少していないものをいう。

- 残ガス容器
  現に高圧ガスを充塡してある容器であって、充塡容器以外　のものをいう。

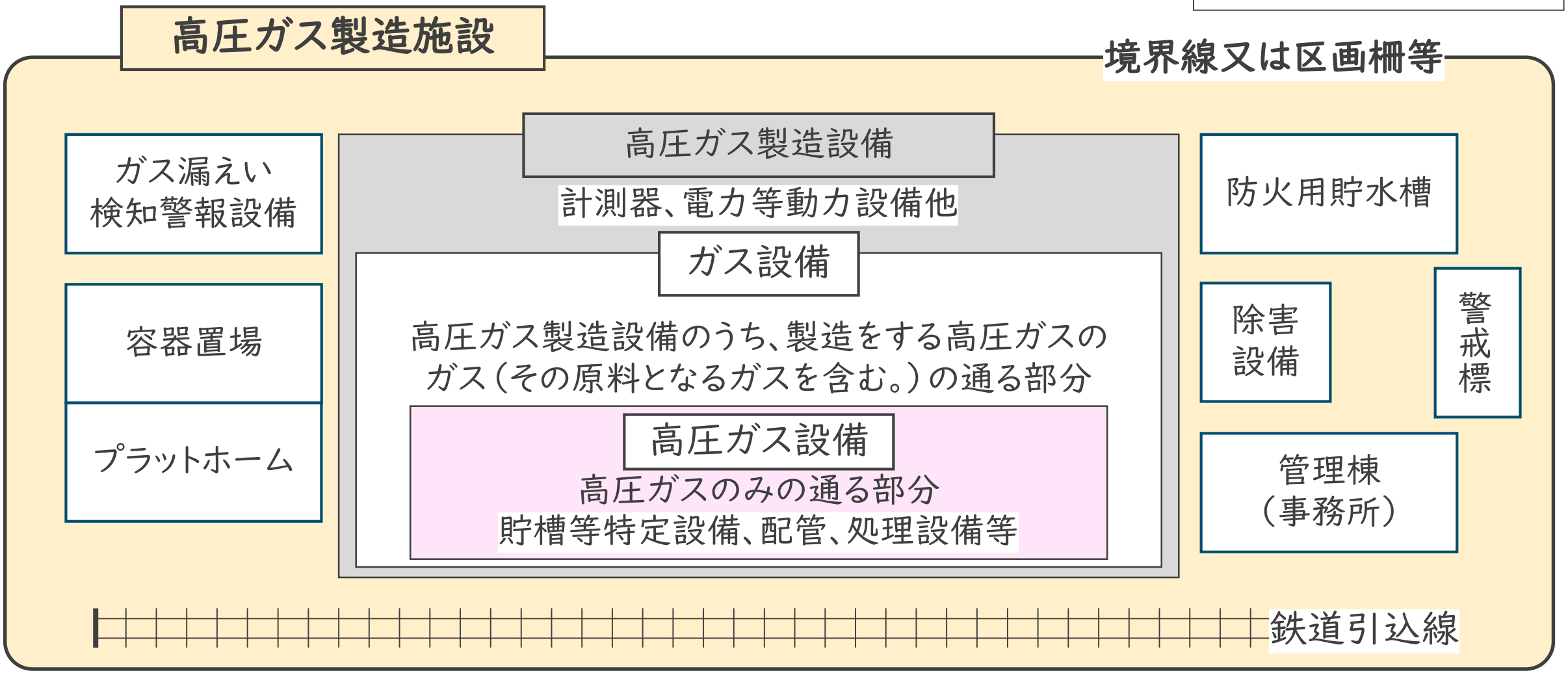
充塡容器と残ガス容器の両方を含めて「充塡容器等」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造施設の概念

図3

一般第2条、液石第2条、
コンビ第2条

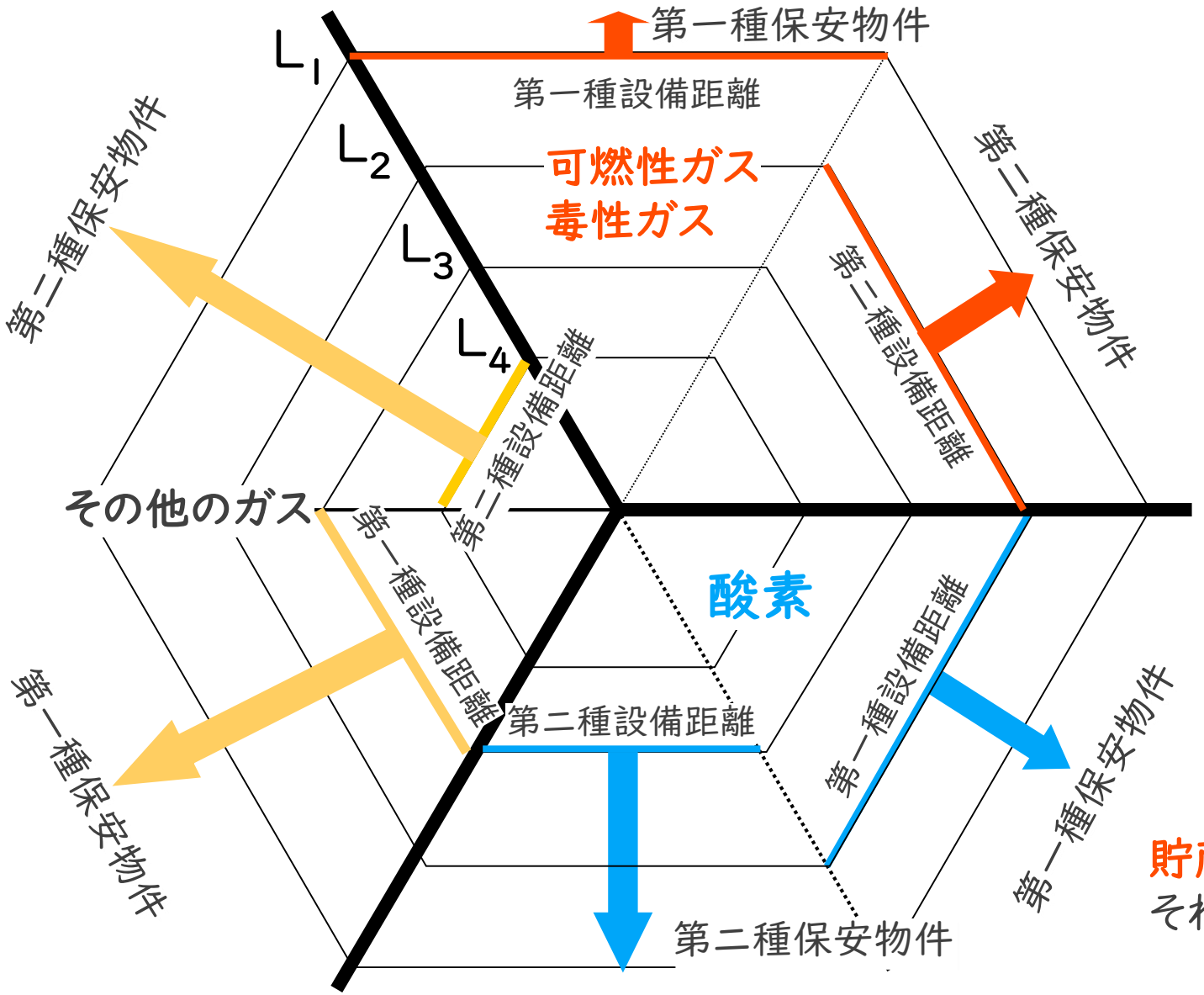


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

設備距離（貯蔵設備・処理設備・減圧設備の外面から（液化石油ガスのものを除く。））

図4

一般第2条1項19号、20号



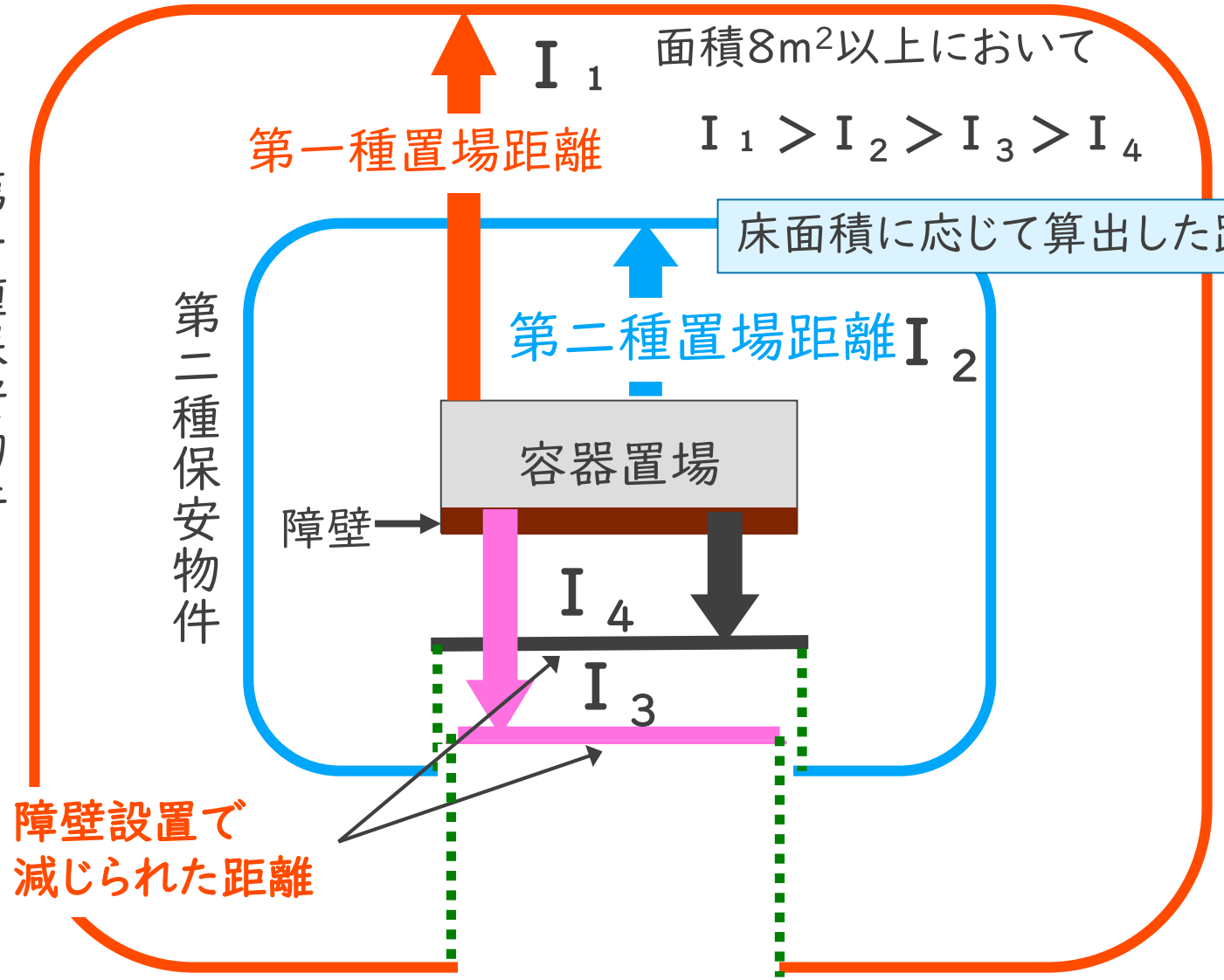
$L_1 > L_2 > L_3 > L_4$

貯蔵能力及び**処理能力**
それぞれに応じて算出した距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種置場距離・第二種置場距離（容器置場の外面から）

図5



可燃性ガス（液化石油ガスを含む）及び毒性ガス以外の高圧ガスのもので、面積が25㎡未満のものは、障壁の有無に関係なく距離不要

一般第2条1項21号、22号、第6条1項42号ハ、ニ、液石第2条1項18号、19号、第6条1項35号ハ、ニ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所の境界線の明示・警戒標掲示

図6

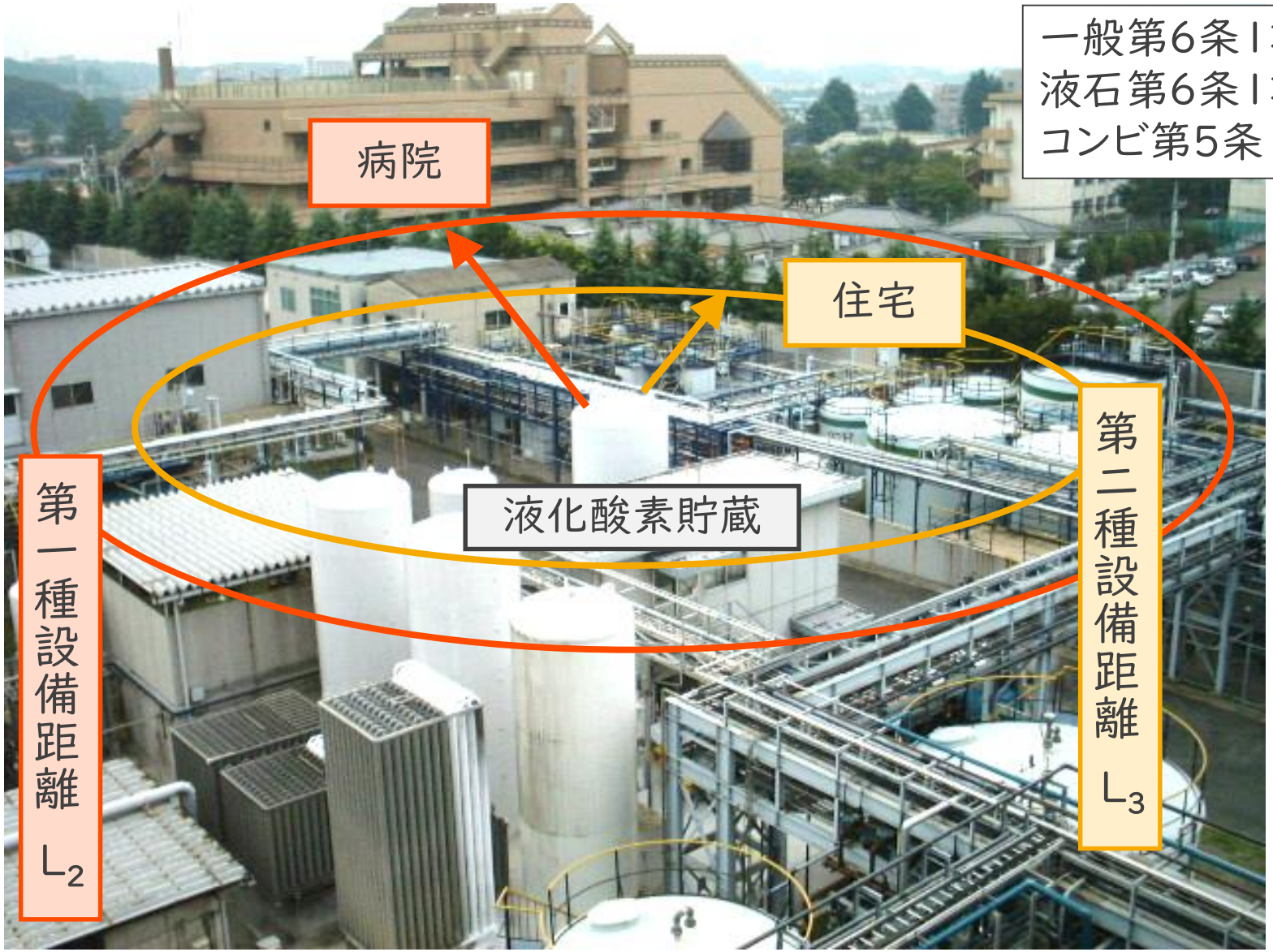
一般第6条1項1号、
液石第6条1項1号、
コンビ第5条1項1号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

設備距離（貯蔵能力・処理能力に応じて算出した距離）の例

図7

一般第6条1項2号、
液石第6条1項2号、3号
コンビ第5条1項2号、6号、7号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一般第6条1項3号、
液石第6条1項7号、
コンビ第5条1項14号

図8

次の①～③のいずれかの措置等

①製造設備の外面（岩盤貯槽は配管竪坑の内面）から8m以上の距離

②漏えいガス流動防止措置

③漏えい検知連動火気消火措置

迂回水平距離が8m以上となるように設置すればよい。

（漏えいガス）流動防止措置

例示基準

防火壁

8ｍ未満の場合

火気取扱施設

（事業所以外のものも対象）

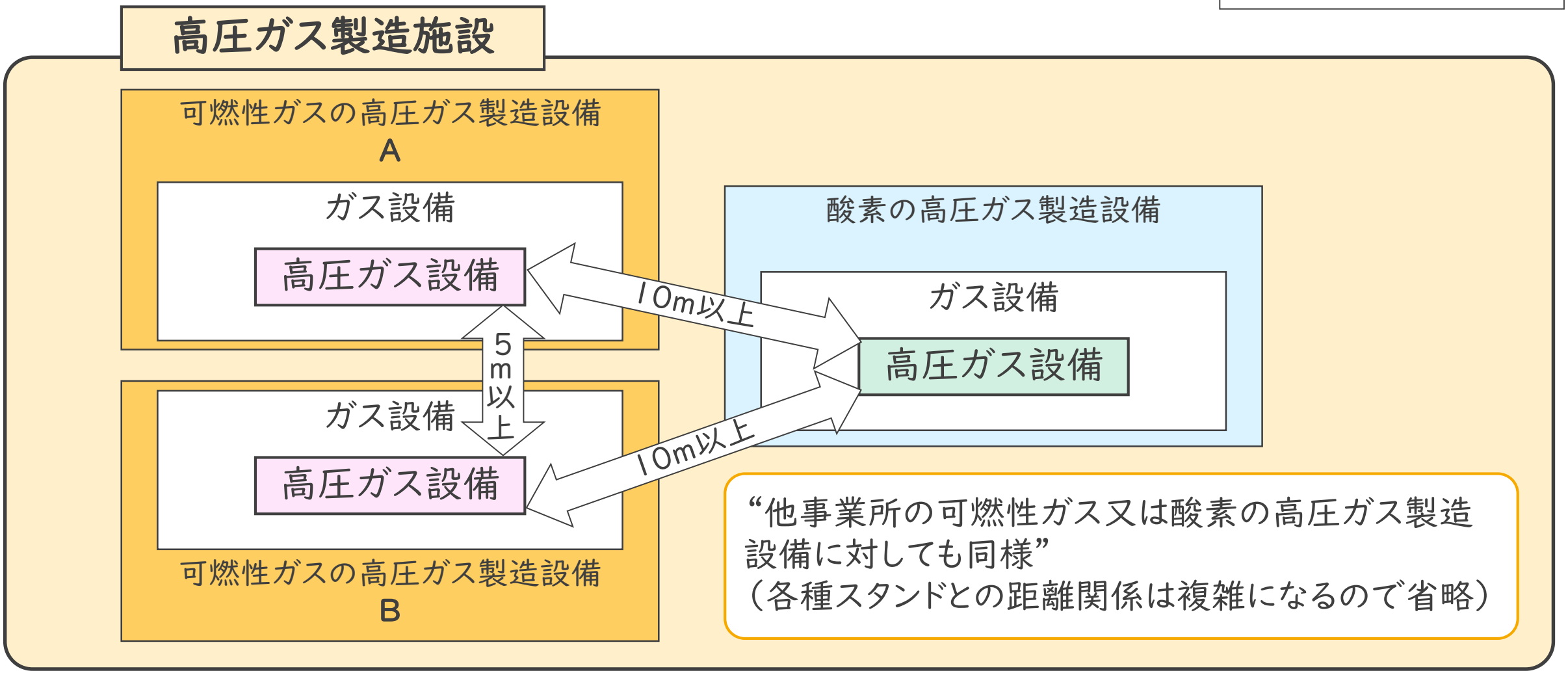
（漏えい検知）連動火気消火装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備間距離

図9

一般第6条1項4号、
コンビ第5条1項11号



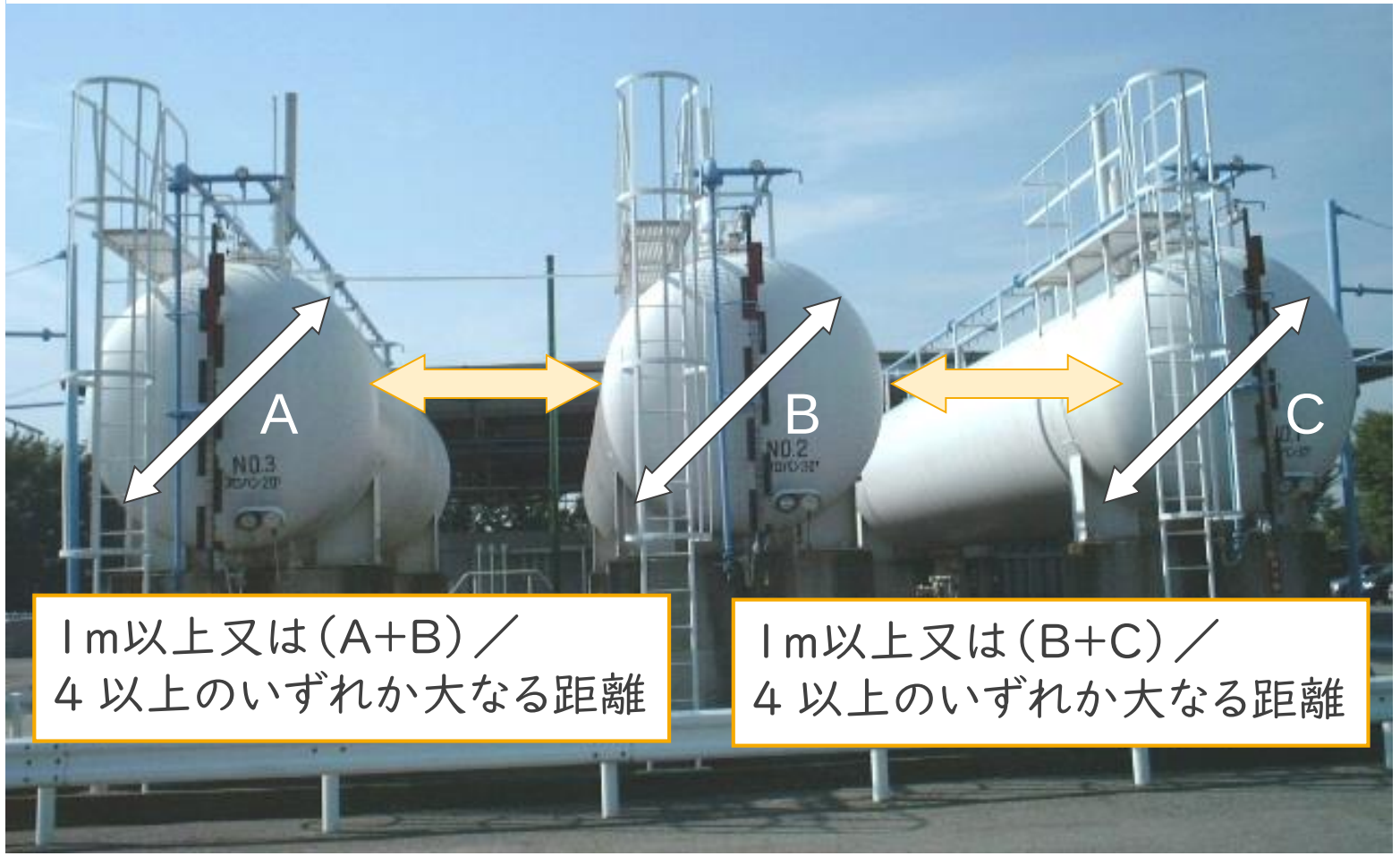
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽間距離を有する措置（貯槽の外面から、岩盤貯槽は配管竪坑の内面間）

図10

可燃性ガス（液化石油ガスを含む）貯槽間相互又は可燃性ガス（液化石油ガスを含む）貯槽と酸素の貯槽間の距離
→貯蔵能力が300m3以上又は3000kg以上の貯槽に必要

一般第6条1項5号、
液石第6条1項8号、
コンビ第5条1項13号



例外：貯槽に、防火上、消火上有効な措置（水噴霧装置、散水設備）を講じた場合は距離不要
［コンビ則適用の貯槽はこの措置を講じても距離必要］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス貯槽（液化石油ガス貯槽）又は特定不活性ガス貯槽の識別措置

図11

地下埋設貯槽も識別措置が必要

一般第6条1項6号、
液石第6条1項9号、
コンビ第5条1項29号

例示基準

可燃性ガスの貯槽にあってはガス名の朱書き又は貯槽直径の1／10以上の幅の帯状の赤色塗装（液化石油ガス貯槽は朱書きのみ）特定不活性ガスはガス名を橙色で書き、又は貯槽直径の1／10以上の幅の帯状の橙色塗色地下埋設貯槽は標識の掲示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

漏えい液化ガスの流出防止措置

図12

一般第6条1項7号、
液石第6条1項10号、
コンビ第5条1項35号

防波堤の内外に設備の設置制限有り

- 可燃性液化ガス貯槽
- 液化石油ガス貯槽
- 液化酸素貯槽

貯蔵能力1000トン以上
[コンビ則適用の貯槽のうち、可燃性ガスのものは500トン以上に規制強化]

- 毒性液化ガス貯槽 → 貯蔵能力5トン以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス又は特定不活性ガスの製造設備を設置する室の構造

図13

漏えいガスが滞留しない構造

一般第6条1項9号、
液石第6条1項12号、
コンビ第5条1項51号

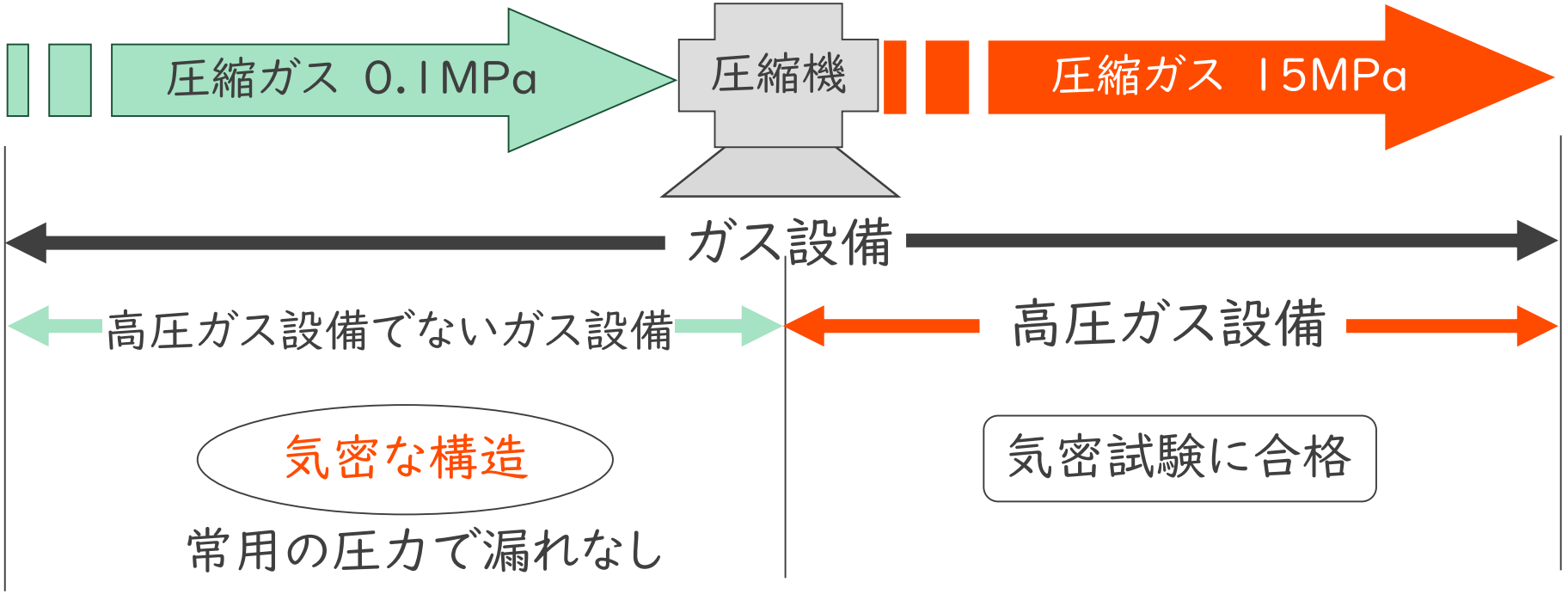
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備（高圧ガス設備を除く）の気密な構造

図14

一般第6条1項10号、
液石第6条1項13号、
コンビ第5条1項15号

可燃性ガス（液化石油ガスを含む）、毒性ガス、酸素（空気取入口を除く。）のものに限る。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の耐圧試験圧力

図15

一般則第6条1項11号
コンビ則第5条1項17号

＊ 第二種特定設備等以外の高圧ガス設備（第一種特定設備を含む。）

1. 水その他の安全な液体を使用 → 常用の圧力×1.5以上の圧力
2. 空気、窒素等の気体を使用 → 常用の圧力×1.25以上の圧力

＊ 第二種特定設備等

1. 水その他の安全な液体を使用 → 常用の圧力×1.3以上の圧力
2. 空気、窒素等の気体を使用 → 常用の圧力×1.1以上の圧力

- 第一種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を4として設計した設備
（特定設備検査規則第2条16号、第11条1項、第14条1項）
- 第二種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を3.5として設計した設備
（特定設備検査規則第2条17号、第11条2項、第14条3項）
- 第二種特定設備等とは、第二種特定設備その他設計上常用の圧力の1.5倍より小さい圧力で耐圧試験を行う必要のある設備
（設備の例→圧縮水素スタンドの蓄圧器等＝耐圧試験圧力は常用の圧力の1.3倍の圧力）をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.8.4
新潟市、窒素ガスによる耐圧試験中の都市ガス管（閉止板）破裂事故（死者1名、負傷者3名）

（資料1-1）

（耐圧試験圧力3MPa） 重さ840kgのガス管が約10m飛んだ。管端閉止板の溶接不良とその強度確認不足によるものと推定。（ガス導管はガス工作物であるが、仮設の閉止板はガス工作物の適用外。高圧の窒素ガスを使う作業は高圧ガス保安法の適用を受ける。）

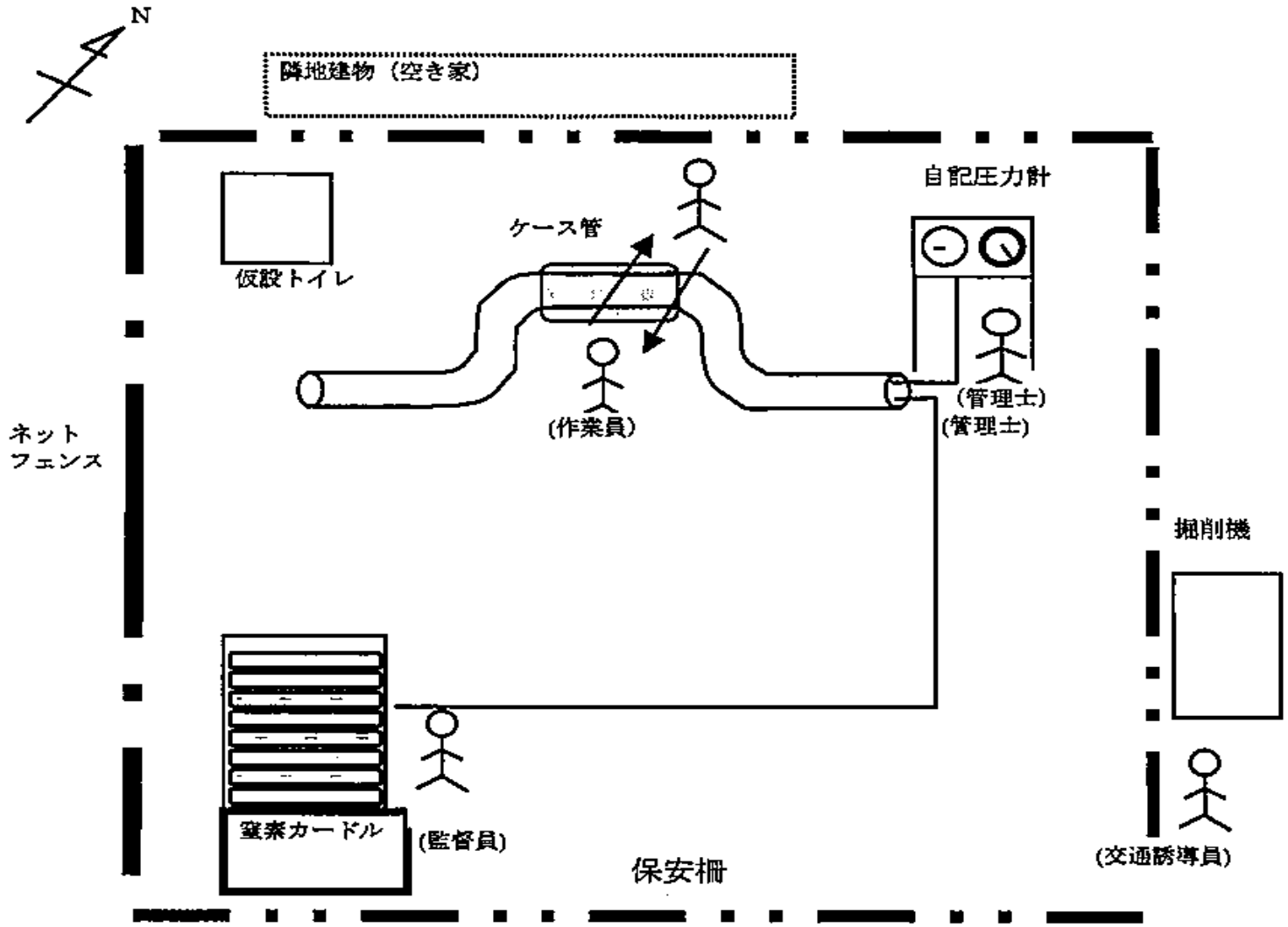
写真1　事故時の状況（吹き飛んだ閉止板側）

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐圧試験時の状況

（資料1-2）

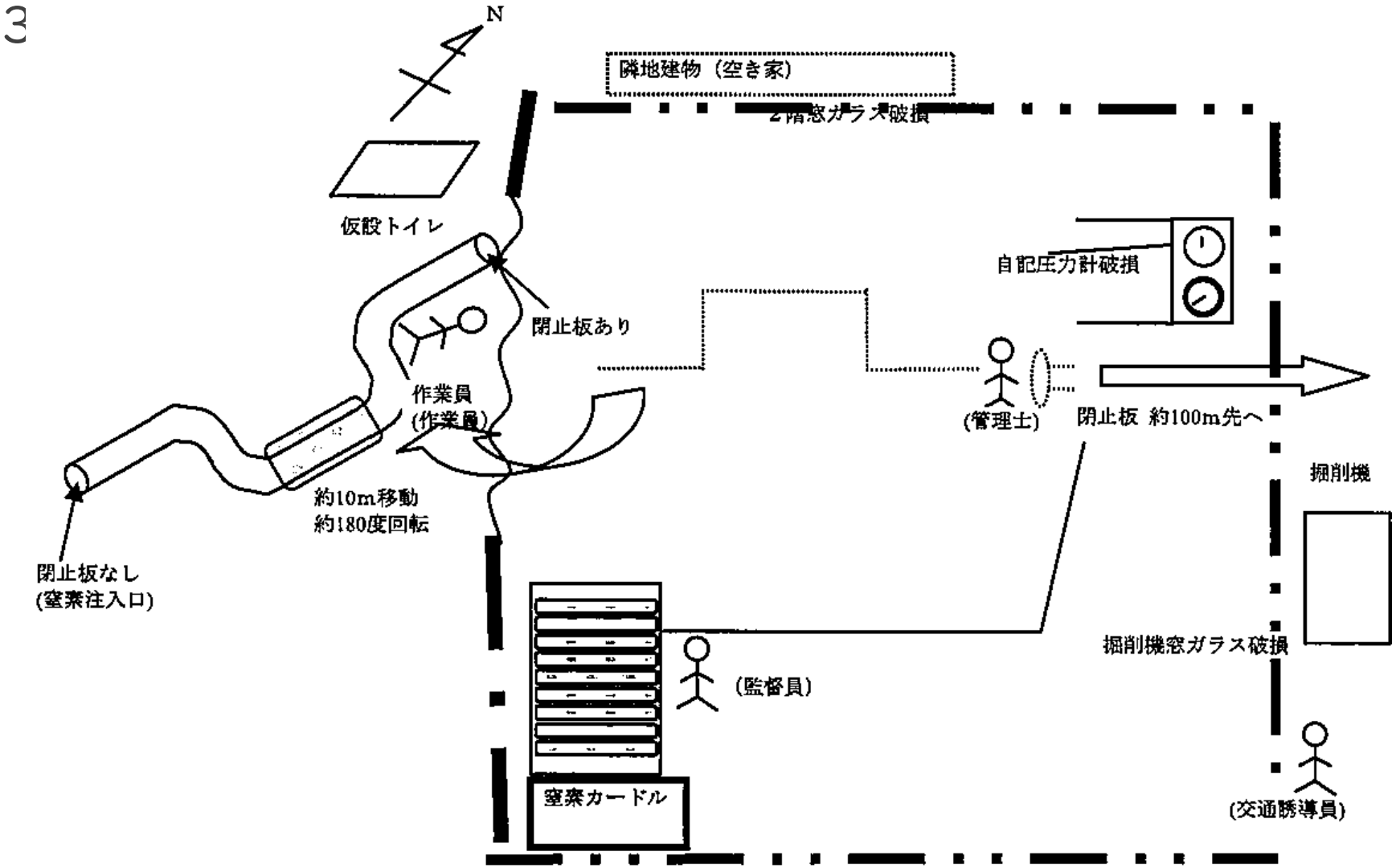


KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故直後の状況

（資料1-3



KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐圧試験時等の保安確保に関する法規制（上記事故に関する基準）

（資料1-4）

コンビナート等保安規則関係例示基準

一般高圧ガス保安規則関係例示基準

液化石油ガス保安規則関係例示基準

「耐圧試験及び気密試験」

1. 耐圧試験（気密試験も同様）

1.6 耐圧試験に従事する者は、作業に必要な最少限度の人数の者とし、観測等の場合、適切な障害物を設け、そのかげで行うようにすること。

1.7 耐圧試験を行う場所及びその付近は、よく整頓して、緊急の場合の避難の便を図るとともに二次的な人体への危害が生じないように行うこと。

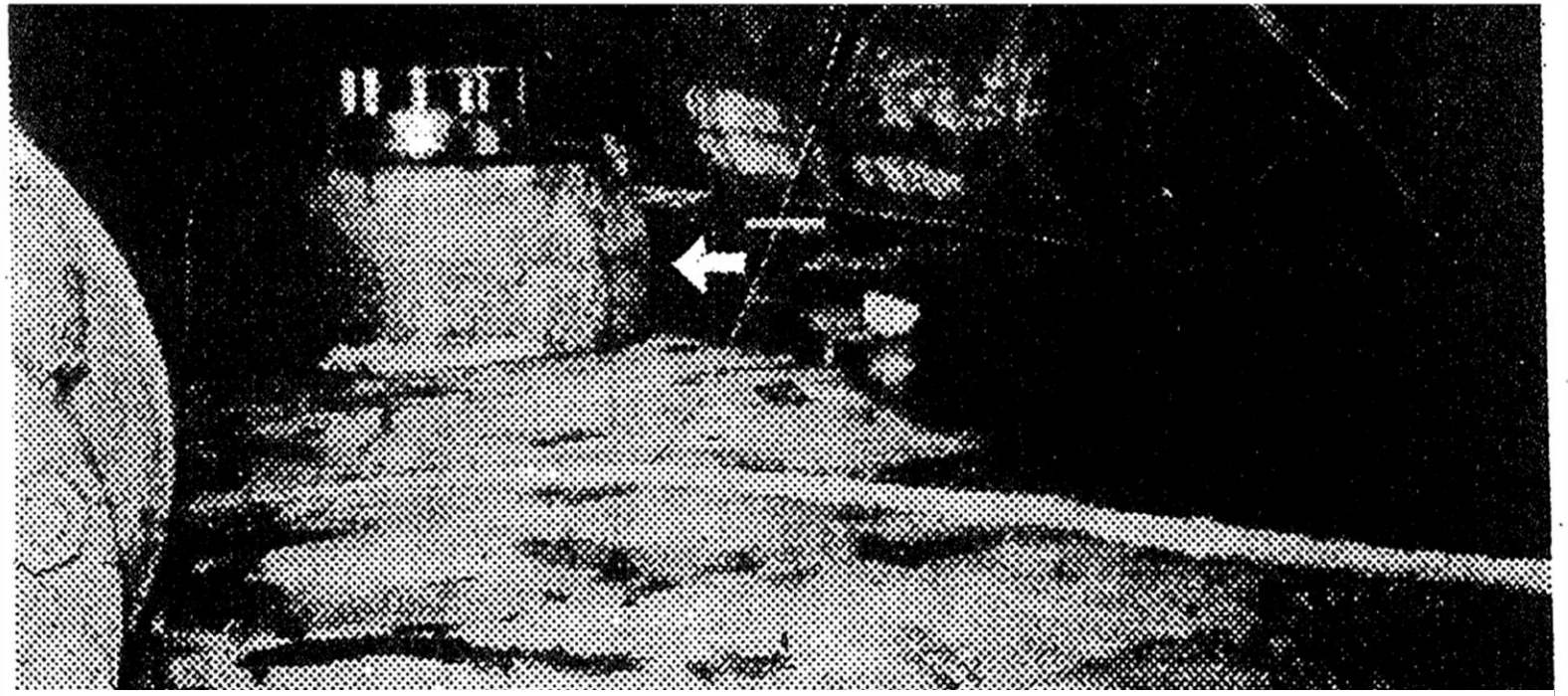
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

昭和44年11月25日 広島県呉市の製鋼工場における水による耐圧試験中の多層円筒容器鏡板破裂事故 死者2名、負傷者4名

（資料1-5）

上記基準の新設要因となった事故

胴板と鏡板との溶接部が不完全であったものと考えられる。耐圧試験のために水を封入したが容器の内部に残留空気があり、その空気を加圧したことによる鏡板溶接部周辺からの破壊と推定
（470kg／c㎡、30分後破壊。10m飛んだ鏡板の重量約1トン）



事故のあった製かん工場（矢印が吹っ飛んだ高圧多層容器のキャップ）

昭和44.11.26 中国新聞朝刊社会面

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の気密試験

図16

一般第6条1項12号、
液石第6条1項18号、
コンビ第5条1項18号

・常用の圧力*以上の圧力

例示基準

試験方法等

① 空気、その他の危険性のない気体の圧力により行う。

② 当該高圧ガス設備がぜい性破壊を起こすおそれのない温度で行う。

③ 気密試験圧力は、常用の圧力以上の圧力とし、漏えいの確認はその圧力を10分間以上保持した後に行う。

④ 試験の状況によって危険がないと判断される場合は、当該高圧ガス設備によって貯蔵又は処理される高圧ガスを使用して行うことができる。

＊ 常用の圧力： 設備の正常な使用状態における最高の圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1-6）

- 設備の気密試験のため、移動式液化窒素製造設備で加圧中、11.3MPaまで昇圧した際に、耐圧ホースの根元が破裂した（人的被害なし）。
- このローリ車には気密試験用ホースとして、高圧用（16MPa、1/2インチ）と低圧用（3MPa、3/4インチ）の2種類の耐圧ホースを積載しており、双方の色は黒であり、太さの違いで区別していた。

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1-7）

- 発災時は、他にも数台のローリ車が気密試験用の窒素を設備に供給しており、3/4インチの耐圧ホースが使用されていた。
- 事故車の運転手は、1/2インチの高圧用ホースを使用すべきところ、他社に倣い、3/4インチのホースを使用するものと思いこみ、低圧用ホースを使用した。
- なお、気密試験時のローリ車の作業について、作業手順書及び点検表が定められていなかったため、耐圧ホースの誤使用を防止できなかった。
- 発災したローリ車は、元請け事業者からの発注を受けて孫請け事業者が作業を実施しており、製造事業者の管理が行き届いていない状況であった。

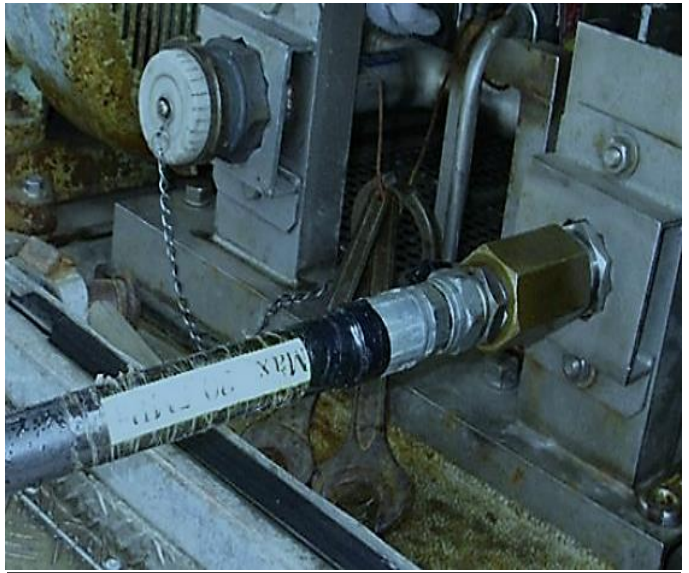


写真4 発災後の耐圧ホース拡大

（事故後の対策）耐圧ホースに、最高使用圧力を表示した。

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

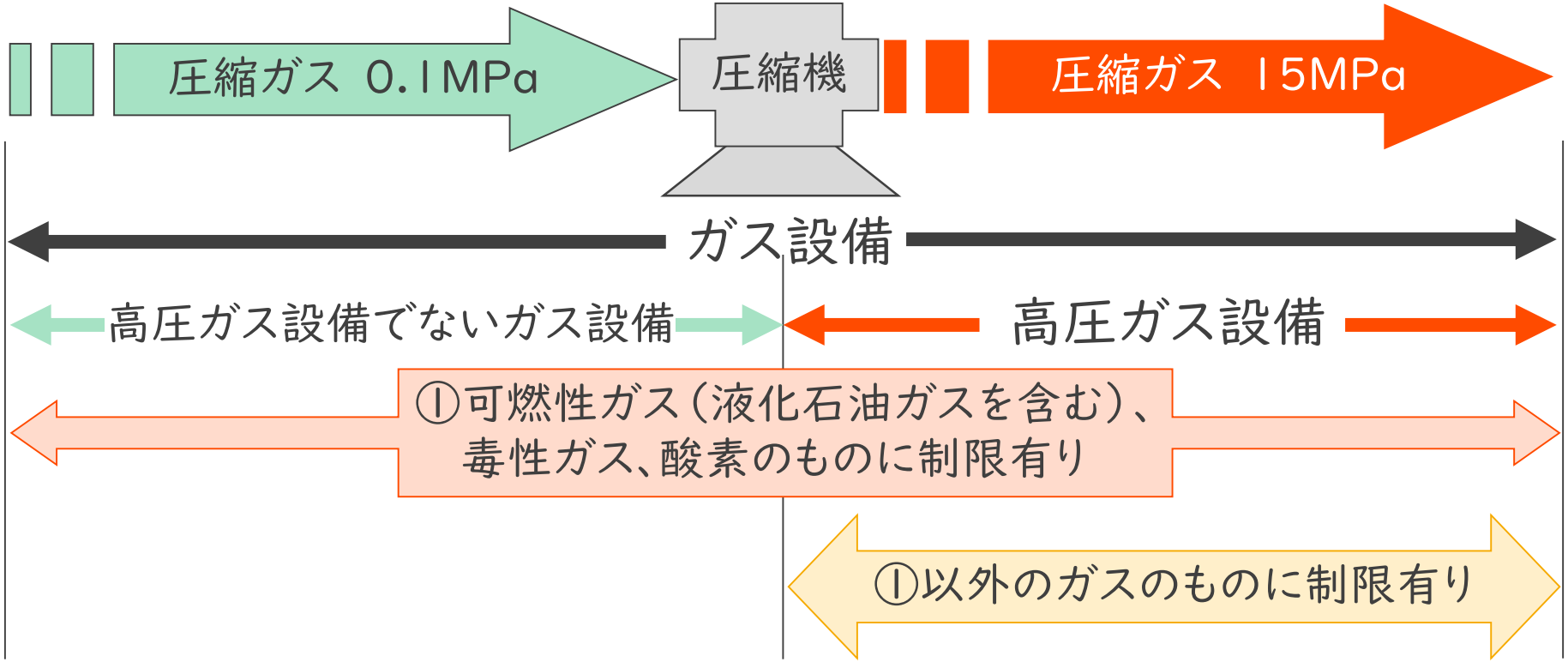
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備に使用する材料の制限

図17

一般第6条1項14号、
液石第6条1項14号、
コンビ第5条1項16号

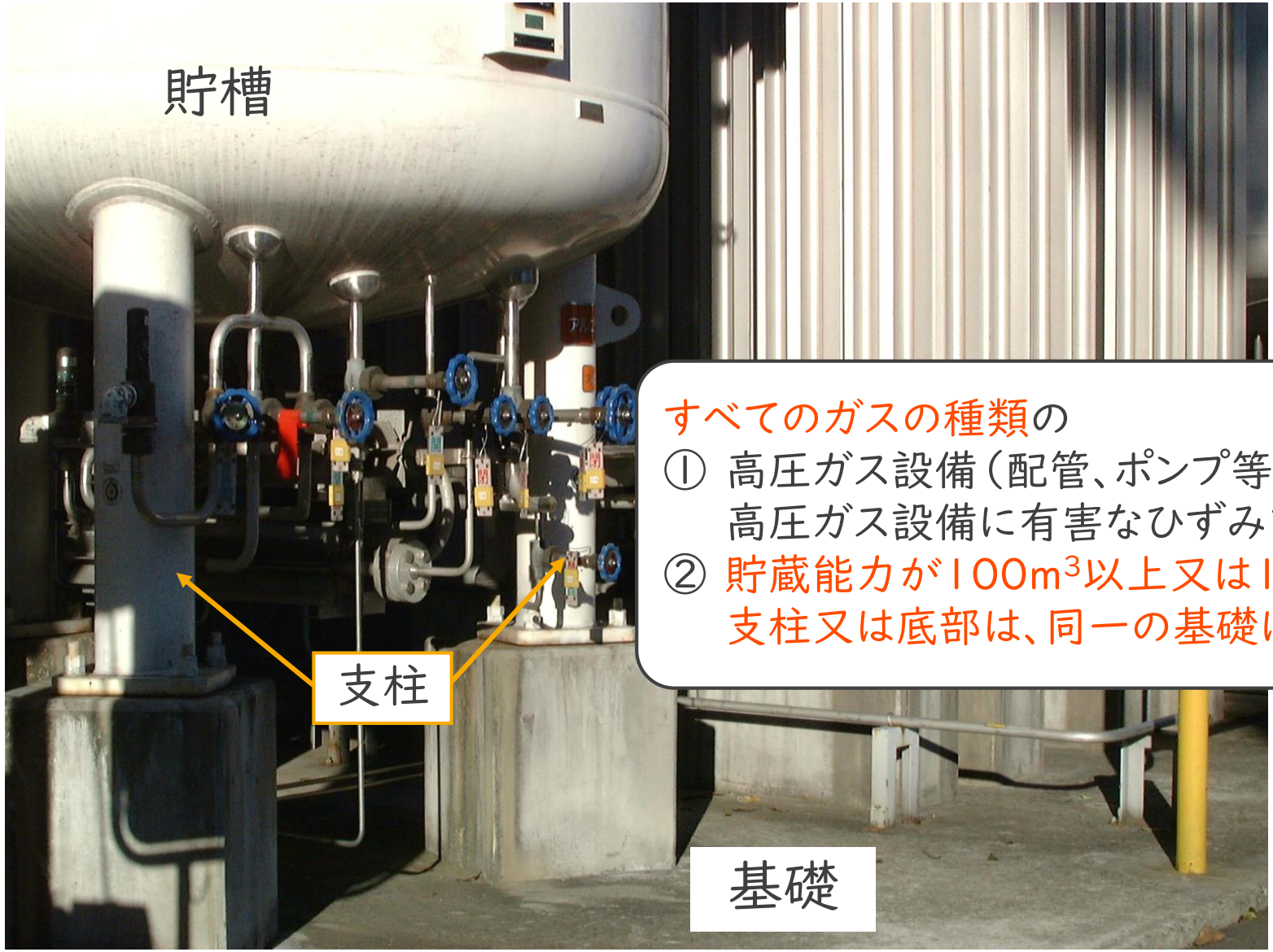
材料に及ぼす化学的影響・物理的影響に対し安全な化学的成分・機械的性質を有するもの



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の基礎

図18



一般第6条1項15号、
液石第6条1項15号、
コンビ第5条1項23号

すべてのガスの種類の
① 高圧ガス設備（配管、ポンプ等を除く）の基礎は、高圧ガス設備に有害なひずみを生じないもの
② 貯蔵能力が100m^{3}以上又は1トン以上の貯槽の支柱又は底部は、同一の基礎に緊結

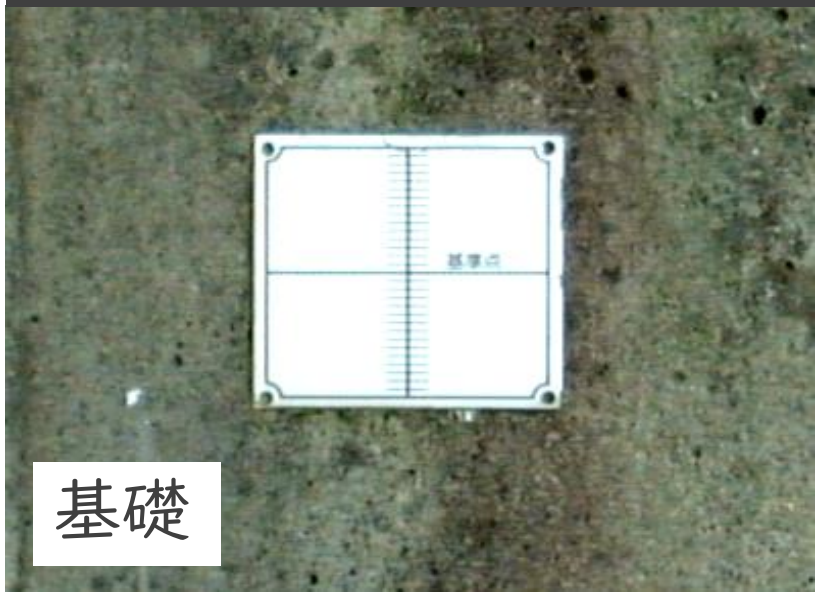
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の沈下状況を測定する措置

図19

一般第6条1項16号、
液石第6条1項16号、
コンビ第5条1項64号

沈下測定基準点



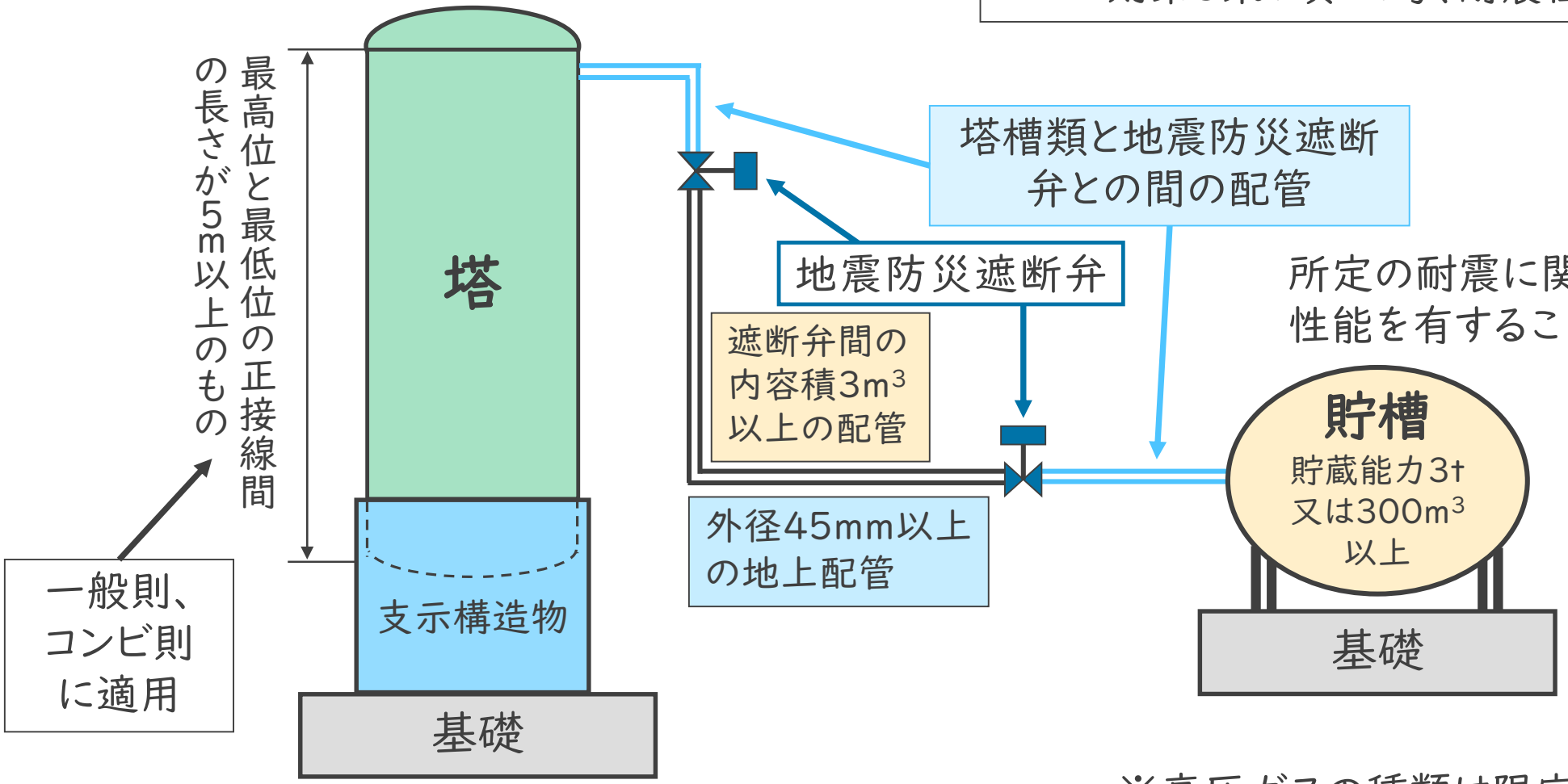
貯槽の沈下状況の測定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐震に関する性能を有すべき設備等

図20

一般則第6条1項17号、液石則第6条1項20号、
コンビ則第5条1項24号、耐震性能を定める告示

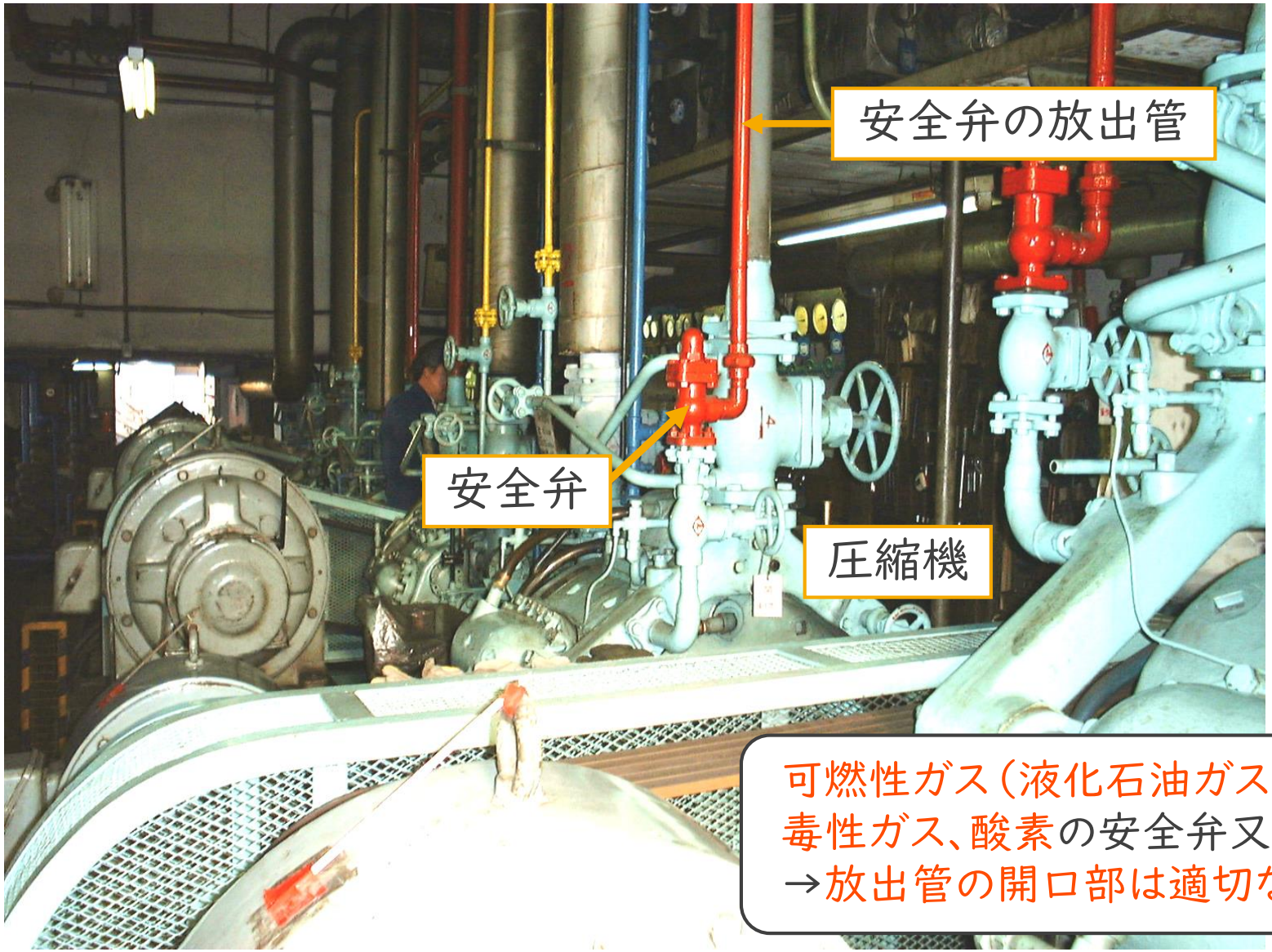


※高圧ガスの種類は限定されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備に安全装置（許容圧力を超えたとき、許容圧力以下に戻す）の設置

図21



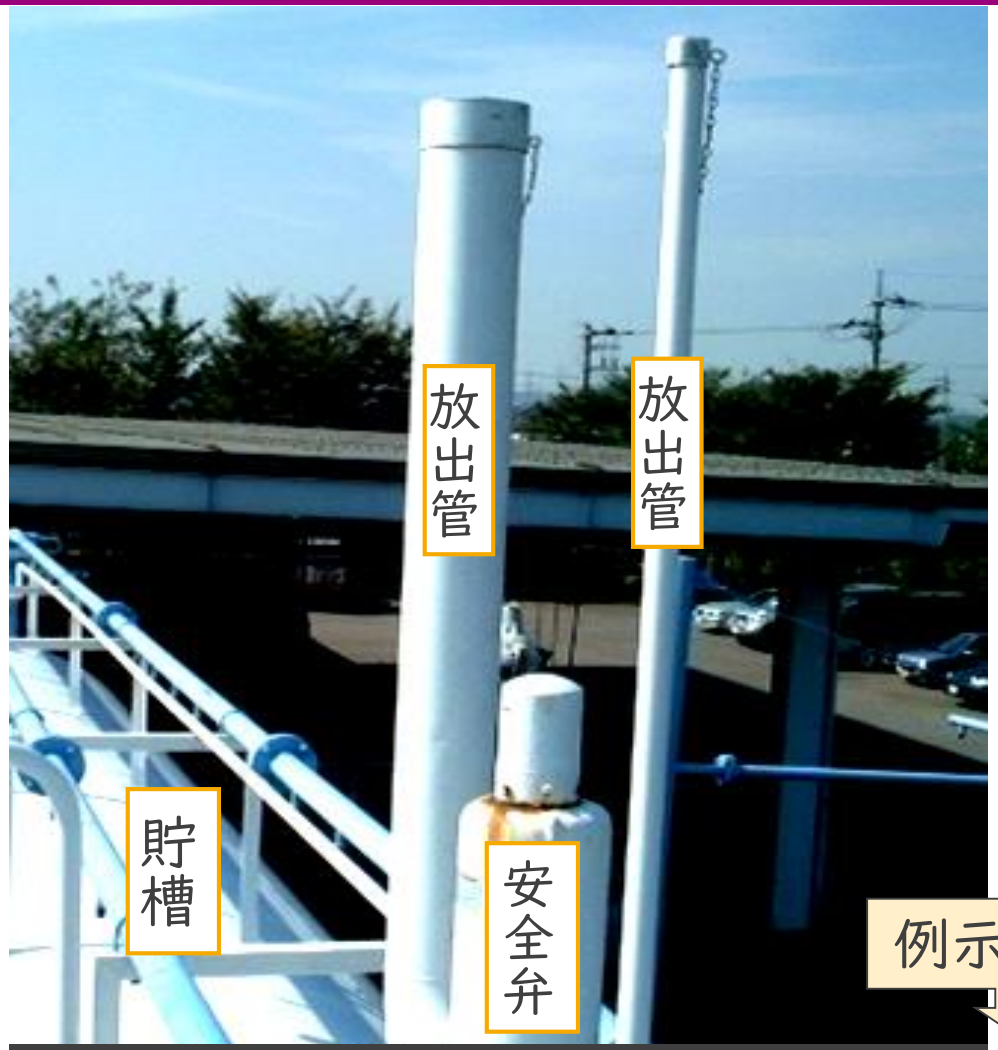
一般第6条1項19号、20号、
液石第6条1項21号、22号
コンビ第5条1項21号、22号

可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、特定不活性ガス、毒性ガス、酸素の安全弁又は破裂板に放出管を設置
→放出管の開口部は適切な位置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

放出管の開口部の例

図22



液化石油ガス貯槽と配管の放出管の開口部
→周囲に着火源のない所定の高さ以上

一般第6条1項20号、
液石第6条1項22号、
コンビ第5条1項22号

例示基準

アンモニア設備の放出管の開口部
→除害設備内に接続

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガス貯槽の液面計の例

参考図2

一般第6条1項22号、
コンビ第5条1項33号、
液石第6条1項24号

ガラス液面計
（液化石油ガス貯槽）

差圧式液面計
（超低温貯槽）

フロート式液面計
（地下埋設
液化石油ガス貯槽）

スリップチューブ式液面計
（地下埋設
液化石油ガス貯槽）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガス貯槽に液面計の設置（ガラス液面計（ゲージグラス）を設置する場合）

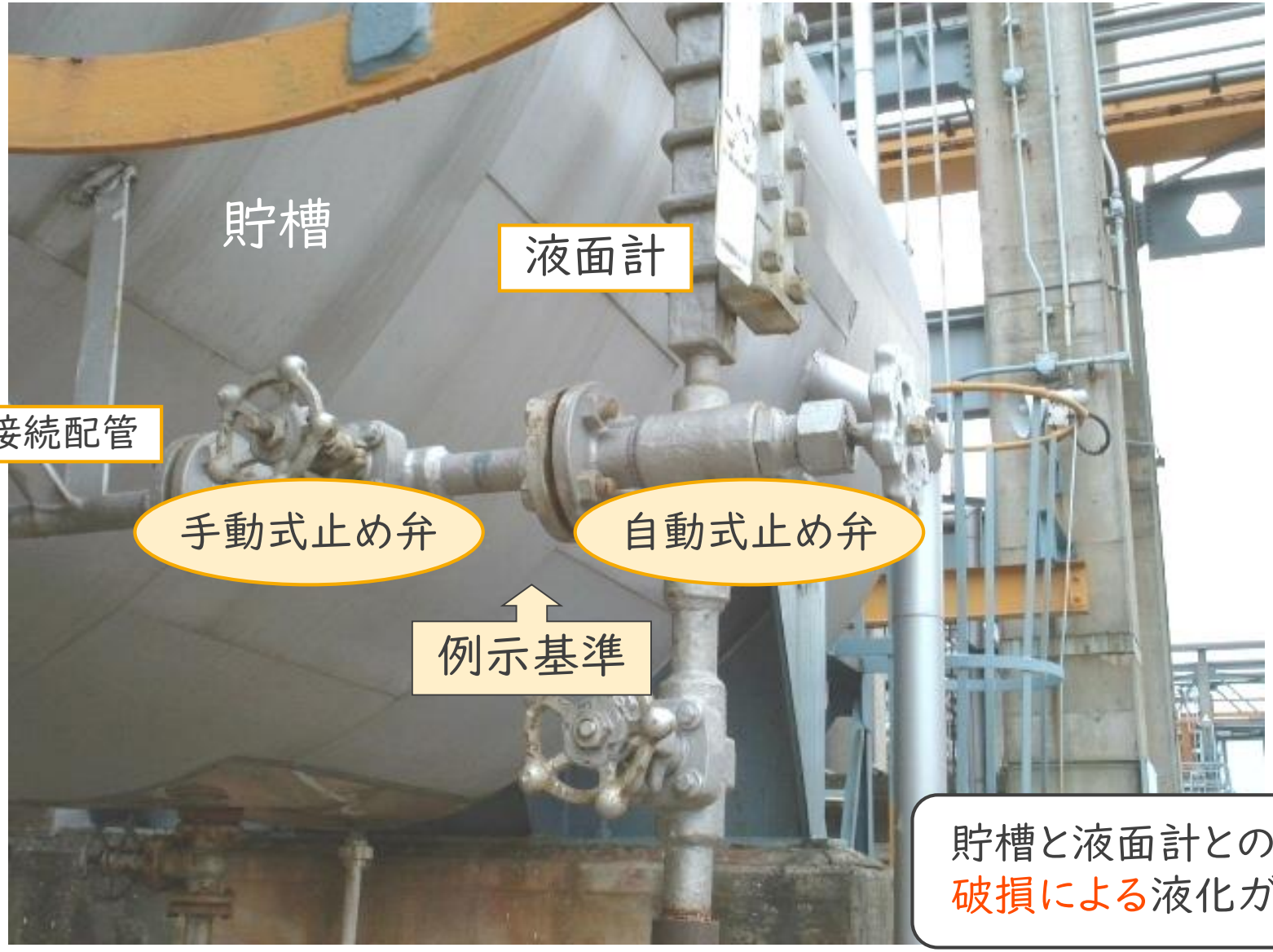
図23

一般第6条1項22号、
液石第6条1項24号、
コンビ第5条1項33号

丸形ガラス管液面計
→不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）
又は酸素の超低温貯槽以外の貯槽には使用禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図24



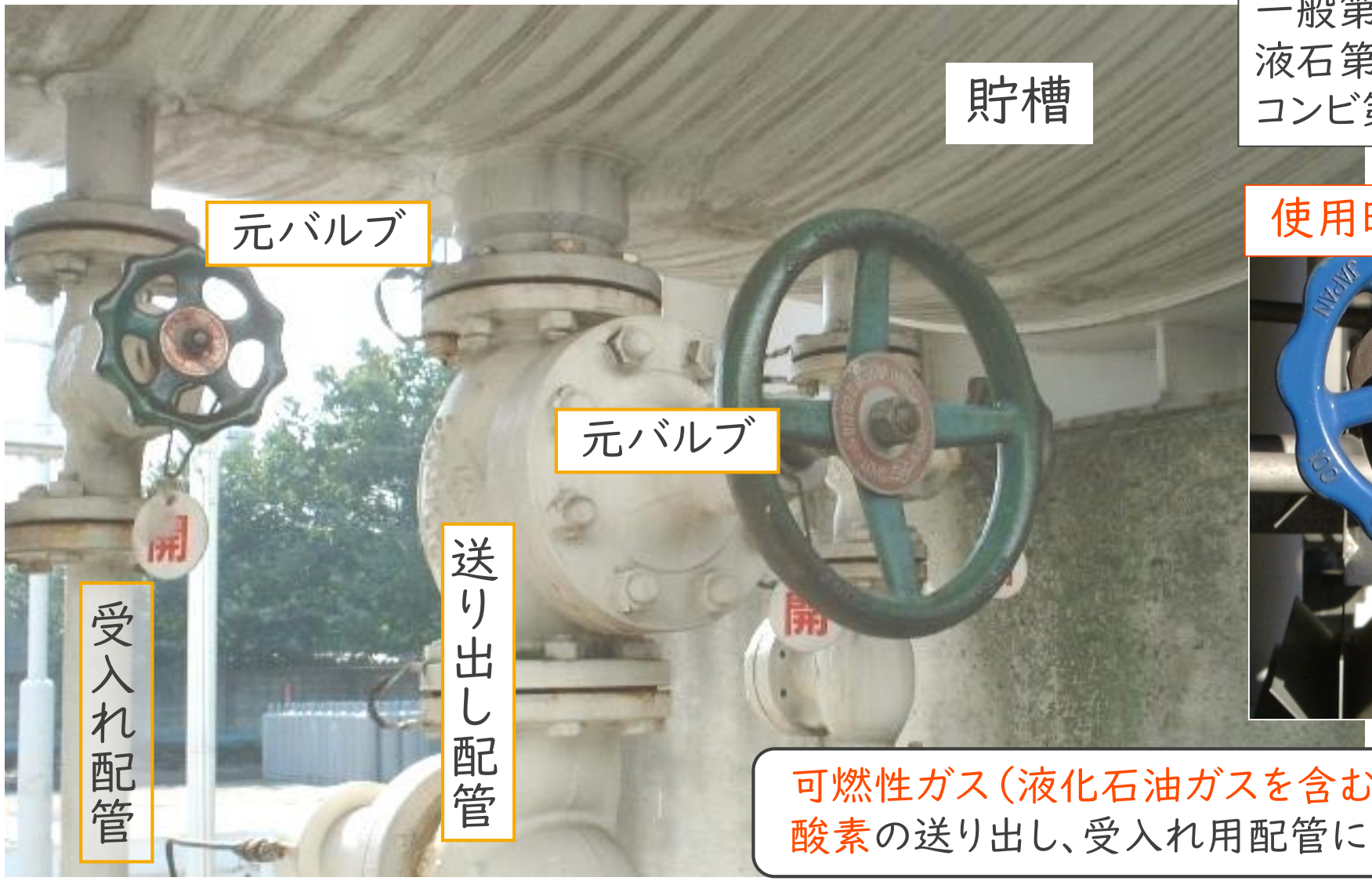
一般第6条1項22号、
液石第6条1項24号、
コンビ第5条1項33号

貯槽と液面計との接続配管に液面計の破損による液化ガス漏えい防止措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

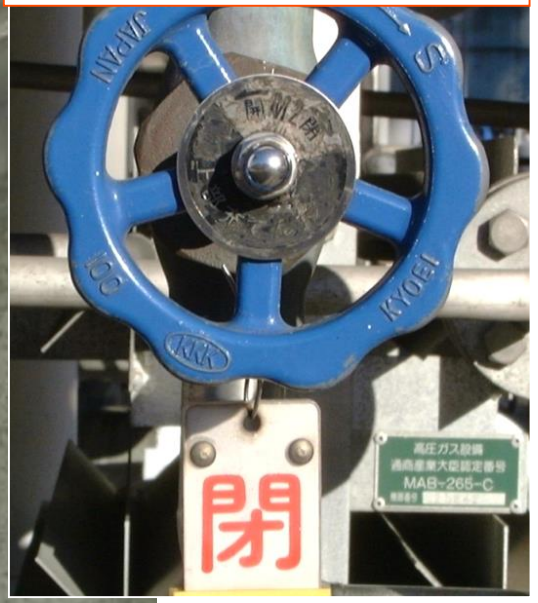
貯槽の送り出し、受入れ用配管には、貯槽の直近にバルブ（元バルブ）を設けるほか、同配管系統内に1つ以上のバルブを設置

図25-1



一般第6条1項24号、
液石第6条1項25号、
コンビ第5条1項43号

使用時以外は閉止



可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、毒性ガス、酸素の送り出し、受入れ用配管に必要

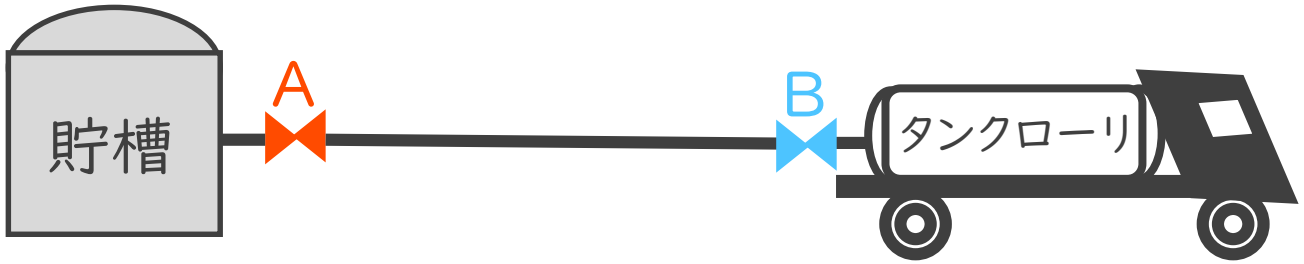
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガスの受入れ・送り出し配管のバルブの設置例

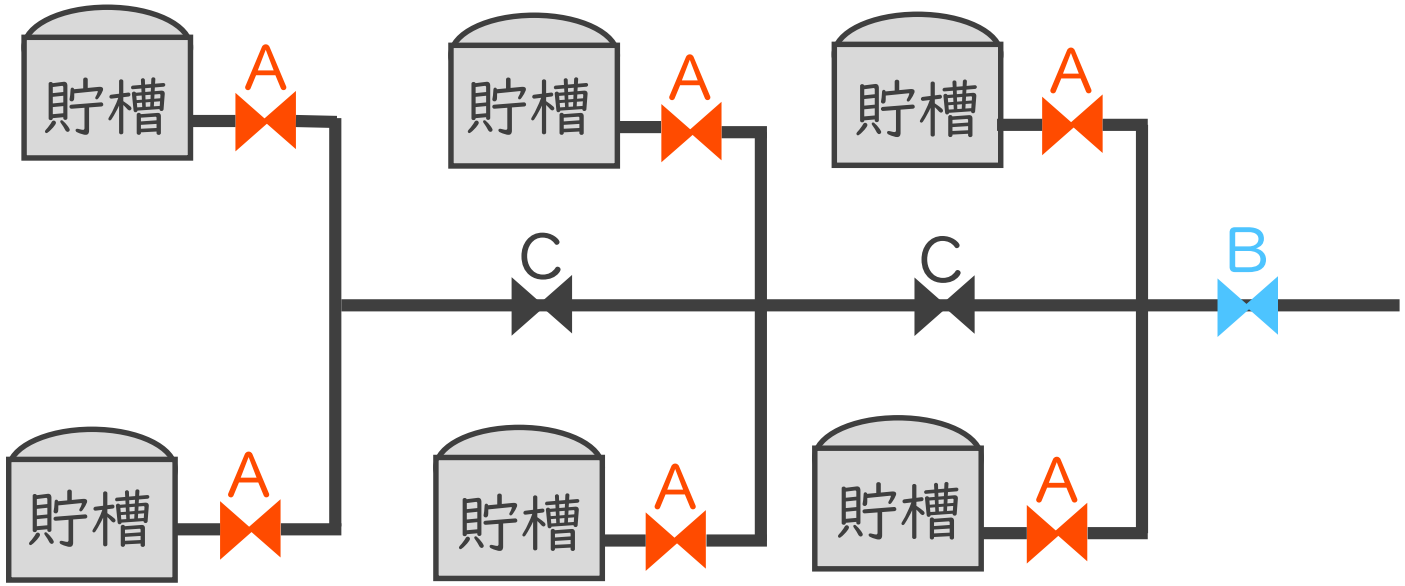
図25-2

一般第6条1項24号、
液石第6条1項25号、
コンビ第5条1項43号

（イ）



（ロ）



A　：貯槽の直近に設けたバルブ（元バルブ）
B　：他の一つのバルブ（二以上のバルブ）
C　：必ずしも設けなくてもよいバルブ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の送り出し、受入れ用配管に、液化ガス漏えい時に安全に速やかに遮断する措置

一般第6条1項25号、
液石第6条1項26号、
コンビ第5条1項44号

図26

可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、酸素の液化ガス貯槽であって、
内容積が5000 L以上のものに必要

緊急遮断装置の操作位置
（貯槽の外面から5m以上
（コンビ則のものは10m以上））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

電気設備の防爆構造

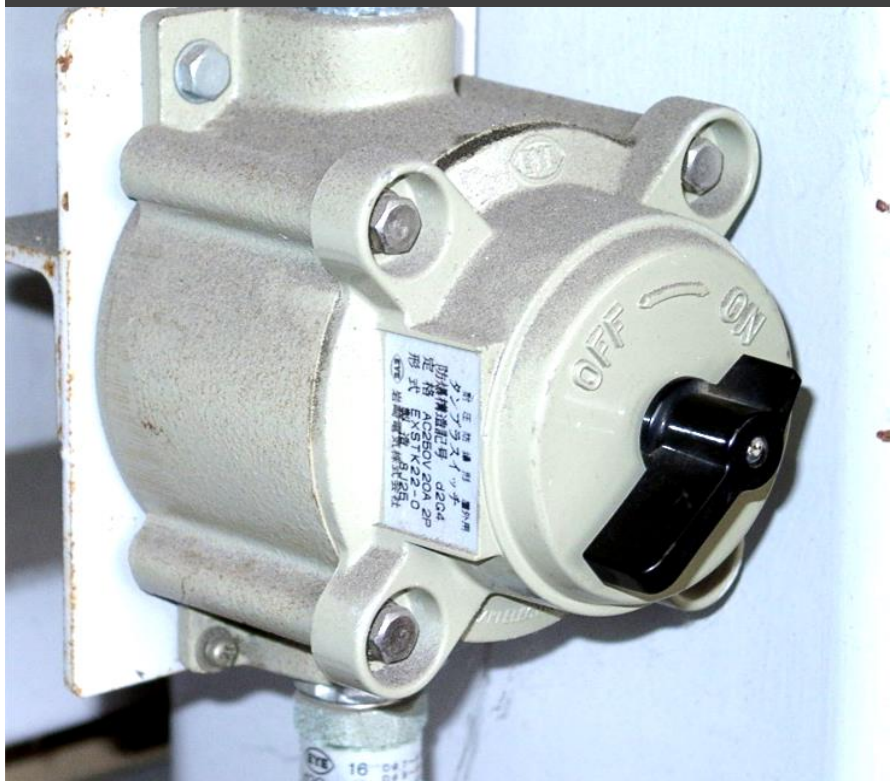
参考図3

一般第6条1項26号、コンビ第5条1項48号、液石第6条1項27号

可燃性ガス、液化石油ガスの高圧ガス設備に係る電気設備に必要

照明

スイッチ



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

停電等による製造設備機能の確保のための保安電力の常備

一般第6条1項27号、液石第6条1項32号、
コンビ第5条1項50号、第10条38号

図27

［対象設備等］

① 反応、分離、精製設備等の自動制御装置

② 製造施設の保安確保設備

（告示：防消火設備、緊急遮断装置、散水設備、水噴霧装置、ガス漏えい検知警報設備、通報設備、除害設備、過充塡防止装置、水封機能維持装置、保安上必要な冷却水ポンプ、非常用照明、コンビナート製造事業所間の導管系の運転監視装置、安全制御装置、ガス漏えい検知警報設備、除害設備、通報設備、非常用照明）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮アセチレンガスの充填施設

図28

一般第6条1項28号、29号
コンビ第5条1項58号、59号

火災等による容器の破裂防止措置（散水設備）

圧縮機室

障壁で区画

容器充填場

障壁で区画

充填容器の容器置場

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧力10 MPa以上の圧縮ガスの充塡施設（圧縮アセチレンガス以外）

図29

一般第6条1項30号、
コンビ第5条1項60号、

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス漏えい検知警報設備

参考図4

一般第6条1項31号、コンビ第5条1項53号、
液石第6条1項29号

空気より軽いガスの場合は漏えい検知部を天井付近等高い位置に、空気より重いガスの場合は漏えい検知部を地上付近の低い位置に設置する。

水素の漏えい検知部

液化石油ガスの漏えい検知部

可燃性ガス、液化石油ガス、
特定不活性ガス、毒性ガス
（経済産業大臣が告示で定めるものに限る。）の製造施設に設置

警報部

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽等の温度上昇防止措置等

図30

一般第6条1項32号、
液石第6条1項28号、
コンビ第5条1項31号、32号

① 可燃性ガス貯槽、毒性ガス貯槽とこれら貯槽の支柱

② 可燃性ガス貯槽の周辺にある酸素貯槽、不活性ガス貯槽又は空気貯槽とこれら貯槽の支柱

③ 可燃性物質を取り扱う設備の周辺にある酸素貯槽、不活性ガス貯槽又は空気貯槽とこれらの貯槽の支柱

例示基準

水噴霧装置、散水設備、耐熱被覆

④ 地盤面上設置の液化石油ガス貯槽とその貯槽の支柱

例示基準

耐熱性を有する措置（耐熱被覆）又は有効に冷却する措置（水噴霧装置、散水設備）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガス製造施設の識別措置と危険標識の掲示

図31

一般第6条1項33号、
コンビ第5条1項52号

例示基準

毒性ガス製造施設は他の製造施設と区分識別標示

ポンプ、バルブ等の漏えいのおそれのある
箇所に危険標識を掲示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガスの製造設備

図32

一般第6条1項35号、37号、
コンビ第5条1項41号、46号

- 毒性ガスのガス設備の配管等は溶接接合
  （例外：溶接接合が適当でない場合は、保安上必要な強度を有するフランジ接合又はねじ接合継手による接合）
- 製造設備に除害のための措置（特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等、亜硫酸ガス、アンモニア、塩素、クロルメチル、酸化エチレン、シアン化水素、ホスゲン、硫化水素の製造設備）

例示基準

アンモニア製造設備の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス及び特定不活性ガス製造設備の静電気除去措置

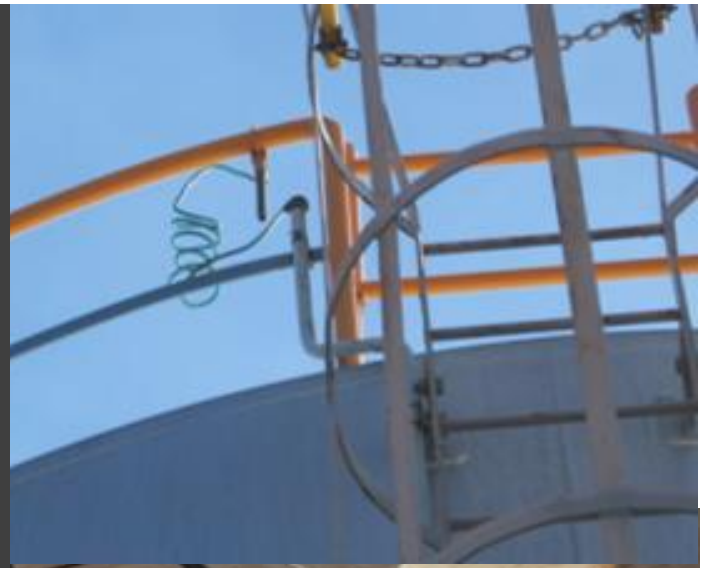
図33

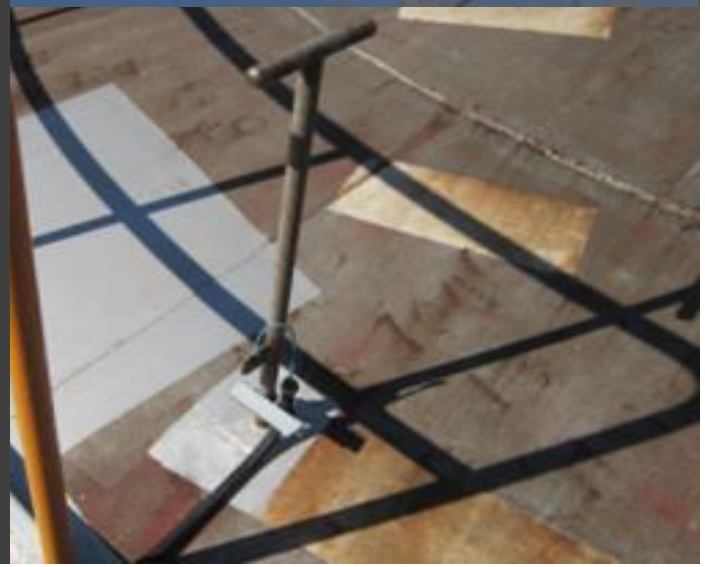
接地抵抗値は総合100 Ω
（避雷設備を設けるものは総合10Ω）以下

静電気除去用アースの例

例示基準

人体静電気除去用除電棒の例





一般第6条1項38号、
液石第6条1項30号、
コンビ第5条1項47号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

防消火設備（防火設備、消火設備）の設置

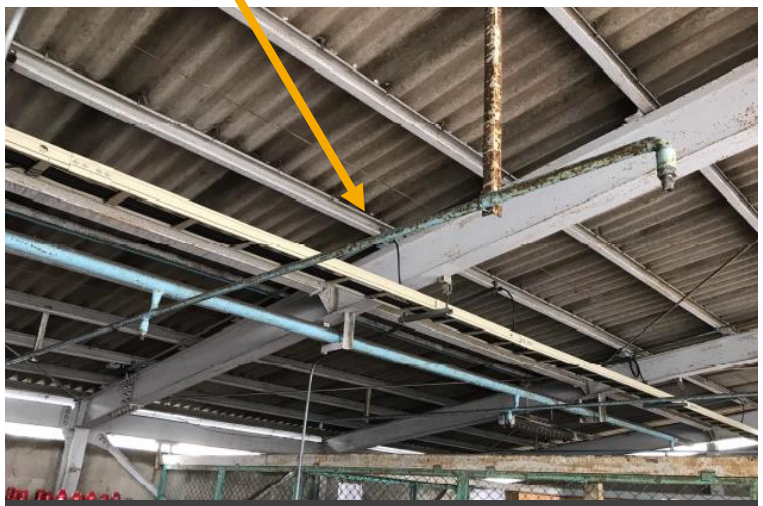
図34

一般第6条1項39号、39号の2、
液石第6条1項31号、
コンビ第5条1項54号、54号の2

- 可燃性ガス、液化石油ガス、酸素、三フッ化窒素の製造施設には、適切な防消火設備を適切な箇所に設置
  （コンビ則適用の毒性ガスの製造施設にも設置）
- 特定不活性ガスの製造施設には、適切な消火設備を適切な箇所に設置

例示基準

防火設備の例



散水設備

放水銃

消火設備の例

消化器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所に、緊急時に通報を速やかに行うための措置

図35

一般第6条1項40号、
液石第6条1項33号、
コンビ第5条1項63号

すべての製造事業所（ガスの種類、規模にかかわらず）に必要

例示基準

サイレン、構内放送設備等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

作業員がバルブ等を適切に操作できるような措置

一般第6条1項41号、
液石第6条1項34号、
コンビ第5条1項45号

図36

ガスの種類に関係なく、高圧ガス製造設備のすべてのバルブ、コック、操作ボタンに措置が必要

流体の種類、流れ方向

例示基準

例示基準

開閉方向、開閉表示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場の構造

一般第6条1項42号ロ、
液石第6条1項35号ロ、
コンビ第5条1項65号ロ

参考図5

1　**多層階**とすることができる充填容器等

① 不活性ガスのもの
② 圧縮空気のもの
③ 断熱材で被覆してあるもの
④ シリンダーキャビネットに収納されているもの

2　**2階建**とすることができる充填容器等

① 充填圧力が20MPa以下の圧縮水素のもののみ
② 酸素のもののみ
③ 同時に、①と不活性ガスのもの
④ 同時に、②と不活性ガスのもの
⑤ 液化石油ガスのもの

3　**1階建**としなければならない充填容器等

① 可燃性ガス（充填圧力が20MPa以下の圧縮水素のもの、1③及び1④のものを除く。）のもの
② 同時に、可燃性ガス（3①のものに限る。）と酸素（1③及び1④のものを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

シリンダーキャビネットの例

参考図6

一般第6条1項42号ホ、
コンビ第5条1項65号へ

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場に講じるべき措置等

図37

一般第6条1項42号ハ～ヘ、チ、ヌ、
液石第6条1項35号ハ～ヘ、チ、
コンビ第5条1項65号ニ～ト、リ、ル

- 第一種置場距離・第二種置場距離の保有
  → 障壁設置の場合は、減じられた距離の保有（可燃性ガス、液化石油ガス及び毒性ガス以外の充塡容器等のみで面積25m2未満のものは距離不要）
- 直射日光を遮る措置（爆風を上方向に解放できるもの）
  → 可燃性ガス、液化石油ガス及び酸素の充塡容器等
- 漏えいガスが滞留しない構造
  → 可燃性ガス、特定不活性ガス、液化石油ガスの充塡容器等のもの
- 除害の措置
  → 定められた毒性ガスの充塡容器等のもの
- 消火設備の設置
  → 可燃性ガス、液化石油ガス、特定不活性ガス、酸素、三フッ化窒素の充塡容器等のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

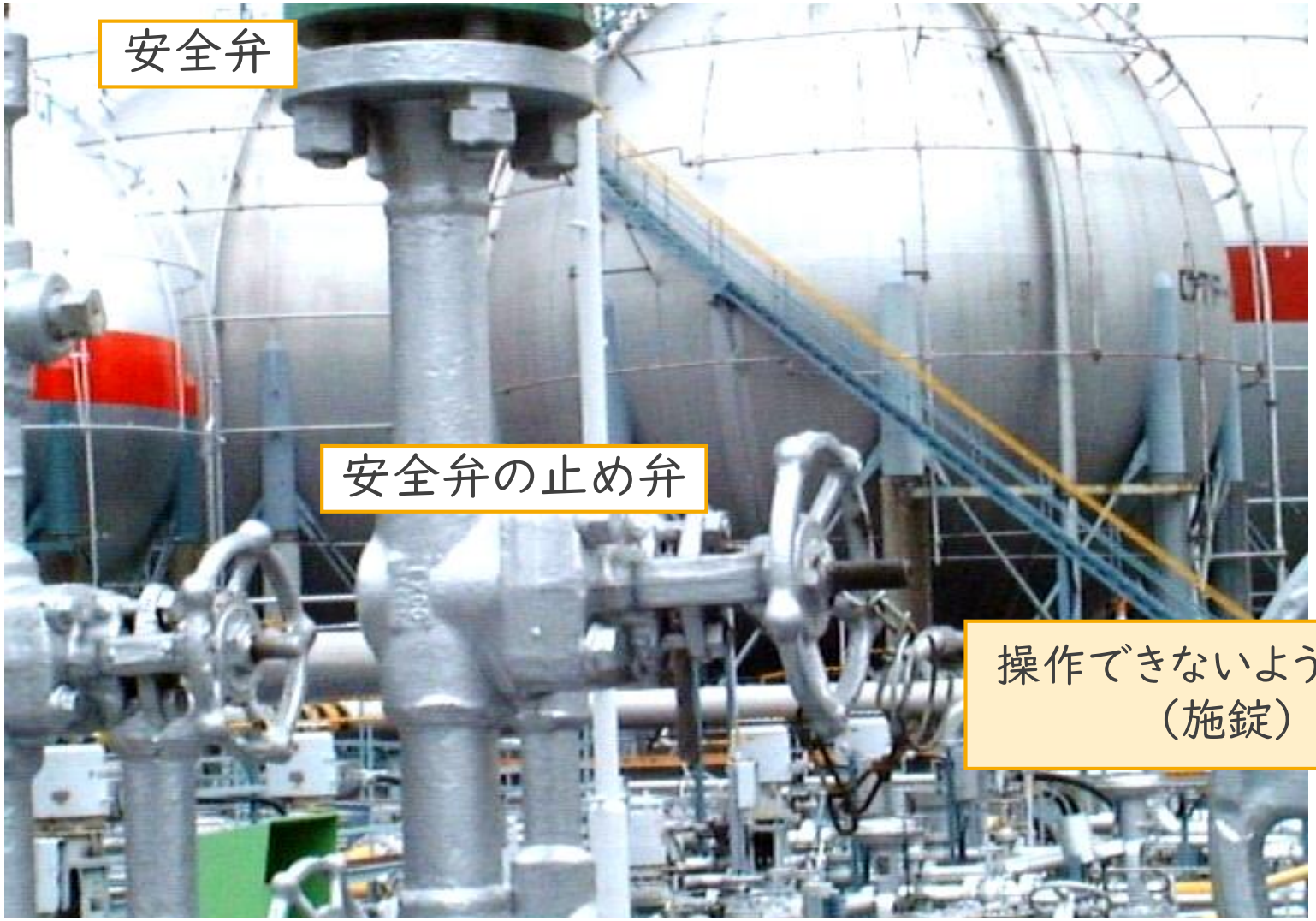
法令Ⅵ

一般高圧ガス保安規則②

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全弁・逃し弁の止め弁の常時開放

図38



一般第6条2項1号、
液石第6条2項1号、
コンビ第5条2項1号

例示基準

例外：安全弁・逃し弁の修理又は清掃で特に必要な場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの充塡方法

図39

一般第6条2項2号イ、ロ、ハ、
液石第6条2項1号ロ、ハ
コンビ第5条2項2号イ、ロ、ハ

- 貯槽への液化ガスの充塡
  → ① ガスの容量が（常用の温度で）
  その貯槽の内容積の90%を超えないこと
  ② 毒性ガスの場合は、90%を超えることを自動的に検知し、かつ、警報する措置も必要

- 継目なし容器への充塡
  → 充塡前に容器の音響検査（ アセチレン以外の圧縮ガス、液化アンモニア、液化炭酸ガス及び液化塩素のものに限る。）

- 車両に固定した容器への（送り出し）充塡、車両に固定した容器から貯槽等への（受入れ）充塡
  → 車止めで車両を固定（内容積4000L以上のものに限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アセチレンガスの充填方法

図40

例示基準

- 最高充填圧力：2.5MPa以下
- 充填後の措置：15℃で1.5MPa以下になるような措置（24時間静置等）

一般第6条2項2号ニ、
コンビ第5条2項2号ホ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図41

一般第6条2項2号へ、チ、
液石第6条2項1号ホ、
コンビ第5条2項2号ト、リ

酸素と三フッ化窒素の容器への充填方法

① あらかじめ、バルブ、容器及び充填用配管とバルブとの接触部に付着した石油類、油脂類、汚れ等を除去

② 容器とバルブとの間に可燃性のパッキン使用禁止

充填容器等、バルブ、充填用枝管の加熱方法

① 熱湯布

② 温度40℃以下の温湯　その他の液体（可燃性のもの又は有害なものを除く。）

③ 空気調和設備（温度40℃以下、自動制御装置を設けた所定の防爆性能を有するもの）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設・製造設備の日常点検

一般第6条2項4号、
液石第6条2項4号、
コンビ第5条2項5号

図42

1. 製造施設の点検

① 点検内容→製造施設の異常の有無
② 点検時期→製造設備の使用開始時及び使用終了時

2. 製造設備の点検

① 点検内容→製造設備の作動状況
② 点検時期→1日に1回以上頻繁に

3. 点検後の措置→異常があった場合は、危険を防止する措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備の修理、清掃作業における措置等

一般第6条2項5号イ、
液石第6条2項5号イ、
コンビ第5条2項6号イ

図43

1. 作業計画の作成

2. 作業責任者の決定

3. 作業の実施

① 作業計画に従う

② 作業責任者の監視の下、又は責任者と連絡できる措置

（貯蔵所、消費設備の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

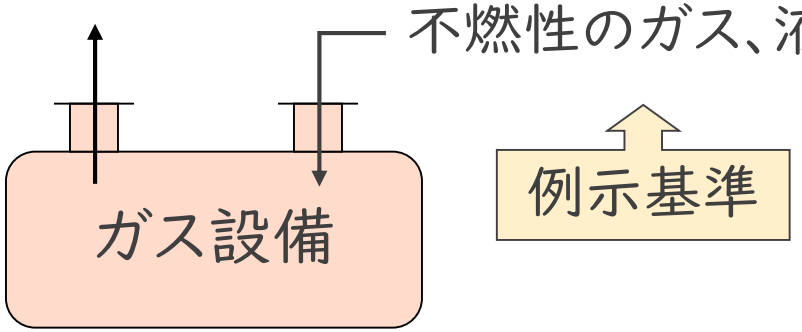
ガス設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置（1）

一般第6条2項5号ロハ、
液石第6条2項5号ロハ、
コンビ第5条2項6号ロハ

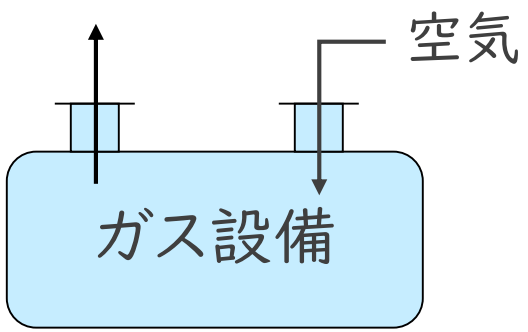
図44

可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素のガス設備

1 ガス置換



2 空気置換（再置換）



3 開放又は設備内に人が入る場合

① 可燃性ガス、特定不活性ガスのもの→酸素濃度が18～22%まで空気置換

② 毒性ガスのもの→酸素濃度が18～22%まで空気置換、入る直前にガス濃度測定、
特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等のものは空気呼吸器等呼吸用保護具を装着

（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

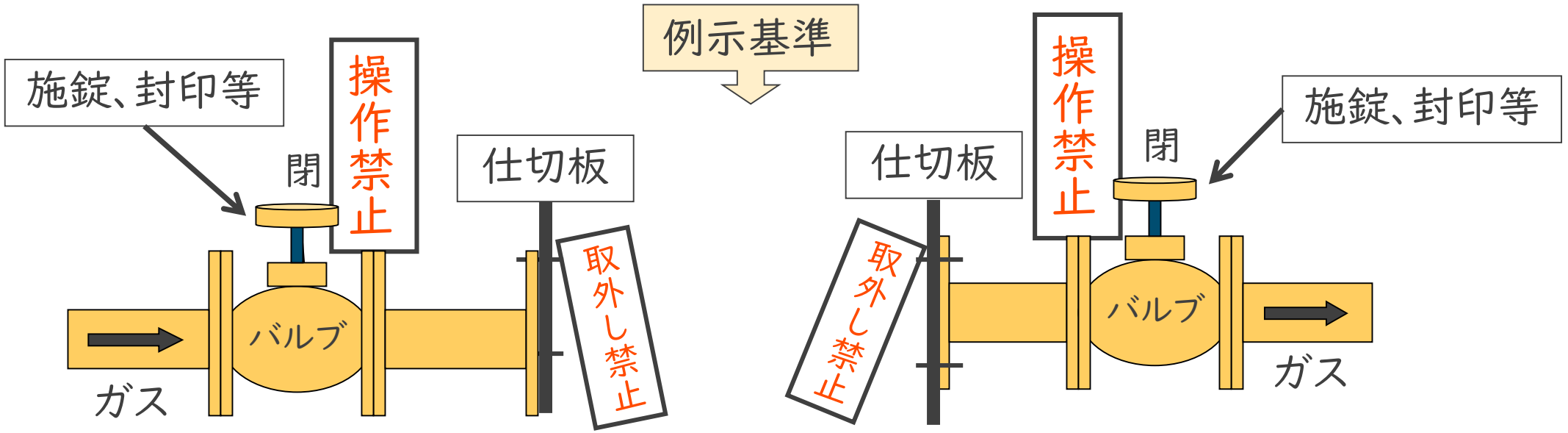
ガス設備の修理、清掃時の危険を防止する措置（2）

図45

一般第6条2項5号ニ、
液石第6条2項5号ニ、
コンビ第5条2項6号ニ

ガス設備を開放して修理、清掃時の措置

例示基準



修理、清掃する設備

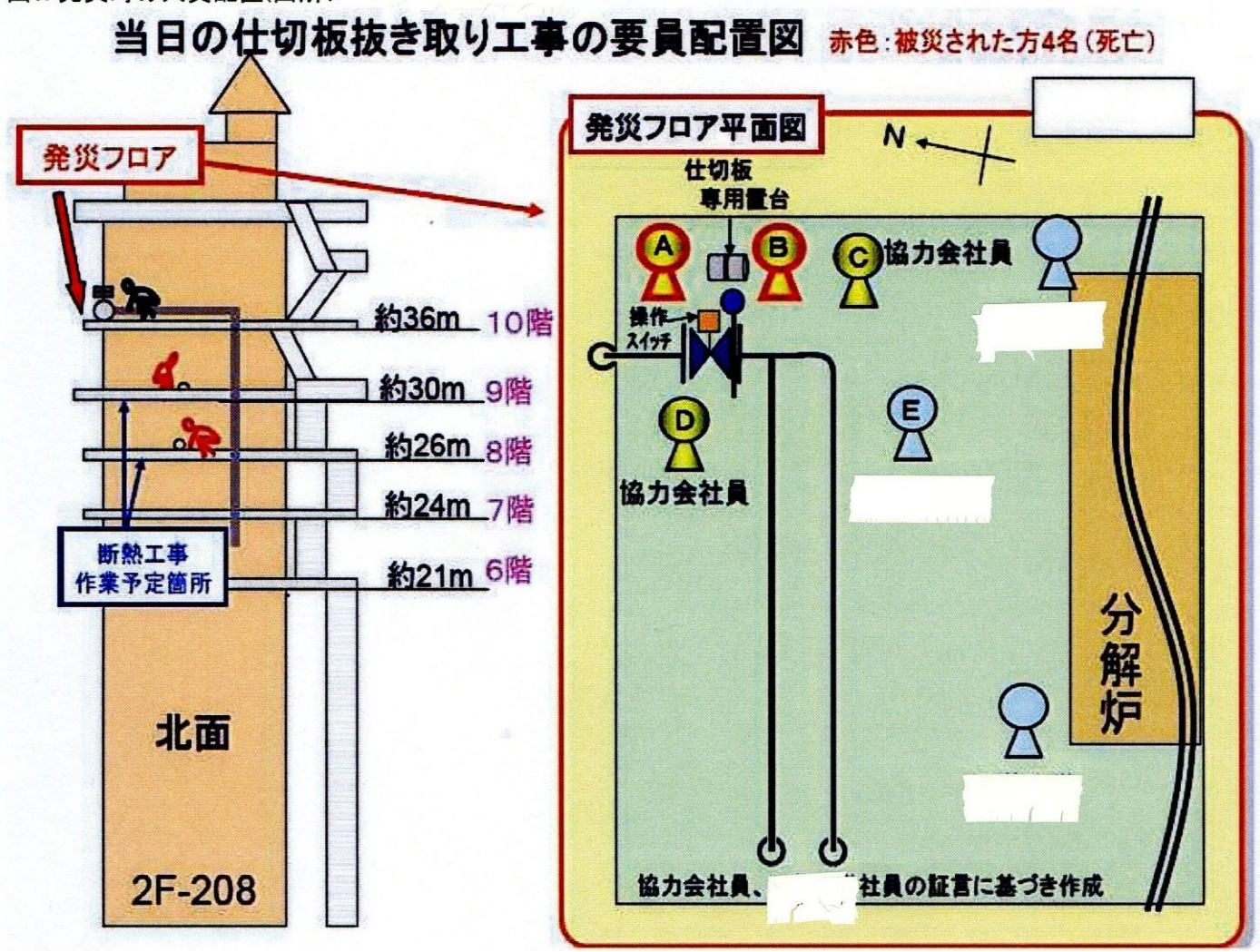
修理、清掃終了後の作動確認

（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2-1）

図6. 発災時の人員配置(出所:



出典：失敗知識データベース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2-2）

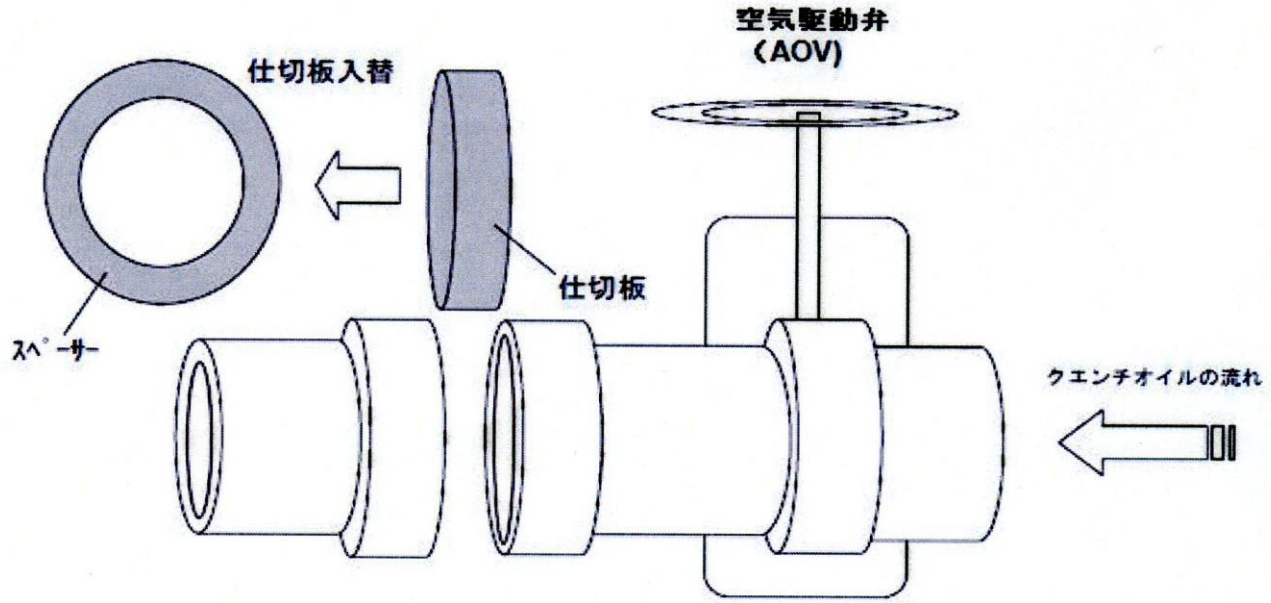
「フランジ部が開放状態になったとき、AOVが開けば多量の可燃物が漏れ、階下に流下する可能性がある」という単純な認識があれば、適切な工事管理により少なくとも階下の2人の被災は防げた可能性がある。

JST失敗知識データベース > 空気駆動弁（AOV）廻り概略図　1/1 ページ

失敗知識データベース

図4. 空気駆動弁（AOV）廻り概略図

約165トンもの多量のクエンチオイルが流出

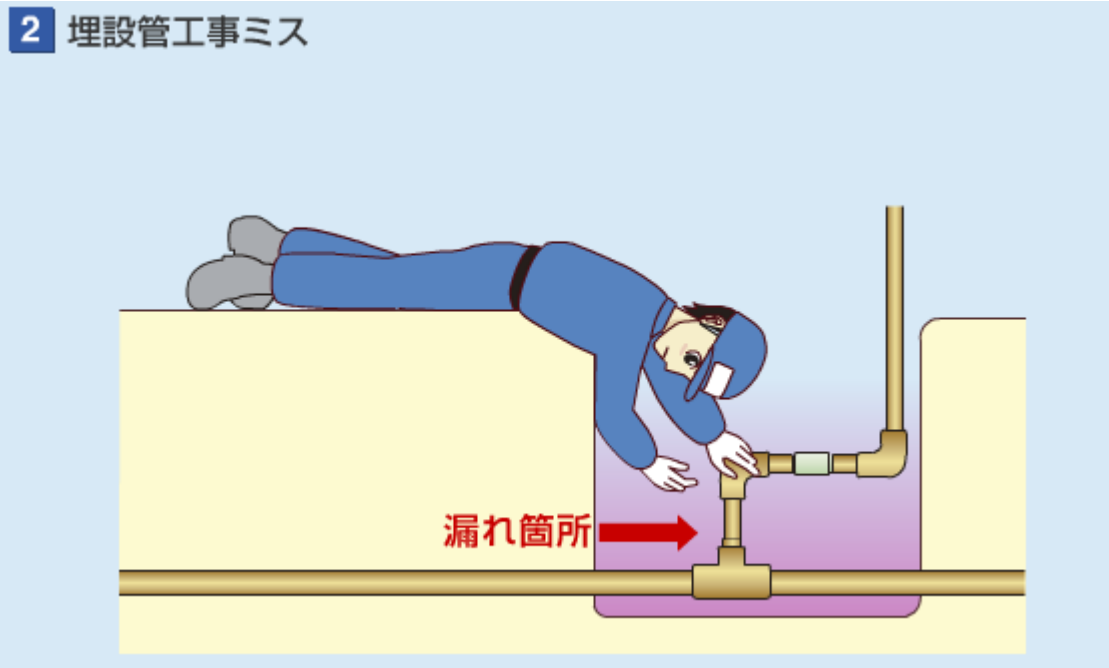


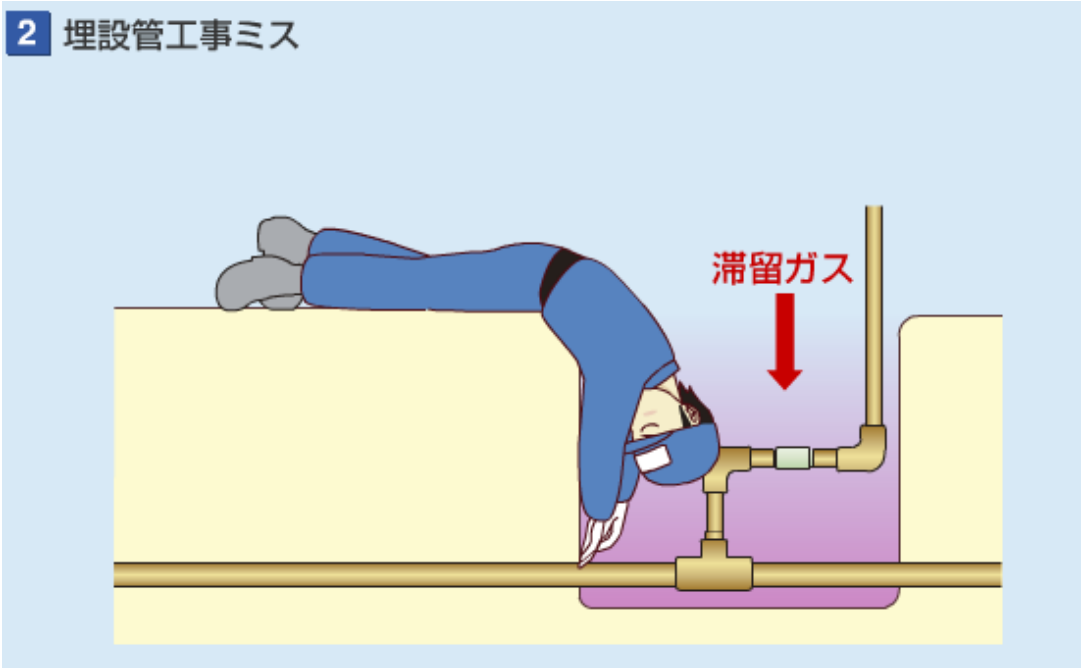
出典：失敗知識データベース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

埋設管工事ミスによる死亡事故例

（資料3）





消費者へのガスの供給を止めないまま、地面を掘削し、図のような体勢でのぞき込んだため、
滞留した漏えいガスを吸引して酸欠事故となった。

KHK 平成18年度学習プログラム「設備工事」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

昭和48年10月28 日　塩ビモノマー製造装置・ガス漏えい爆発事故

（資料4）

（被害概要）

死者1名、重傷者6名、軽傷者17名
民家等660棟が爆風により屋根、窓ガラス等に被害

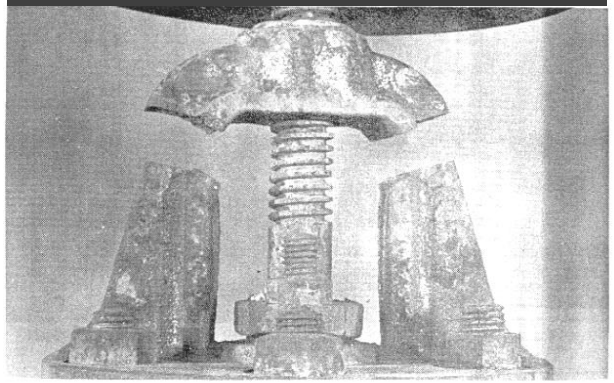
被害範囲　半径2.2km
爆発で発生した塩化水素ガスにより、
農作物被害16万㎡

（事故原因）

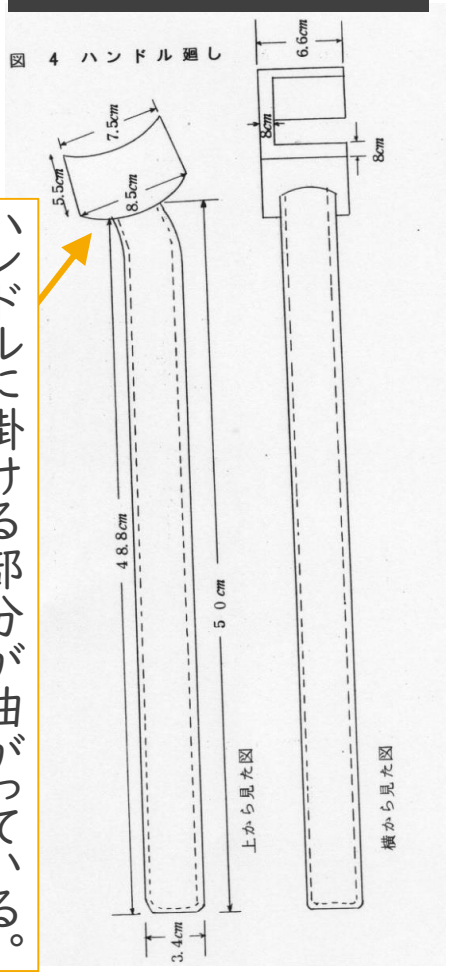
漏えい原因がバルブ座面の腐食孔によることに
気づかないで、漏えいを止めようとハンドル廻しを
用いてバルブに過大な力をかけたことにより、
バルブが破壊し、粗モノマーが約4トン漏えいした。

ガスは空気より重いので地上をはうように
塩ビ工場一帯に拡散した後、繰り返し爆発した。
47時間後鎮火。

弁のヨーク部の損傷状態



ハンドル廻し



出典：通産省、S化学工業（株）
N工場塩化ビニールモノマー製造装置事故調査報告書（1973）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

バルブ操作で過大な力を加えないような措置

参考図7

一般第6条2項6号、
液石第6条2項6号、
コンビ第5条2項7号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場に講じる措置、充塡容器等の貯蔵方法

図46

一般第6条2項8号、
液石第6条2項7号、
コンビ第5条2項5号

容器置場に講じる措置

1. 容器置場（不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）、空気のものを除く。）の周囲2m以内
   ① 火気使用禁止
   ② 引火性、発火性物を置くことの禁止 （例外：容器とこれら火気等を遮る措置を講じた場合）

充塡容器等の貯蔵方法

2. 充塡容器等の貯蔵方法
   ① 充塡容器と残ガス容器とを区分
   ② 可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素の充塡容器等をそれぞれ区分
   ③ 容器の温度40℃以下
   ④ 転落転倒防止（内容積5L超のものに限る。）
   ⑤ バルブの損傷防止
   ⑥ 粗暴な取扱い禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コールド・エバポレータ（CE）[送液ポンプが附属しないものに限る。]

参考図8

専ら液化アルゴン、液化炭酸ガス、液化窒素又は液化酸素の貯槽（二重殻真空断熱式構造のものに限る。）に接続された蒸発器により当該液化ガスを気化するための高圧ガス設備をいう。

一般第6条の2、コンビ第5条の2

一般第6条の2第1項

従来型 CE

充填

一般第8条第1項・第2項

従来型移動式製造設備

充填

一般第6条の2第2項

新型 CE

一般第8条第1項・第2項　扱い

充填

一般第8条第3項・第4項

新型移動式製造設備

（平成16年3月29日改正施行）
従来型に比べて安全装置等が追加されたことにより、貯槽等の保安距離基準が緩和されている。

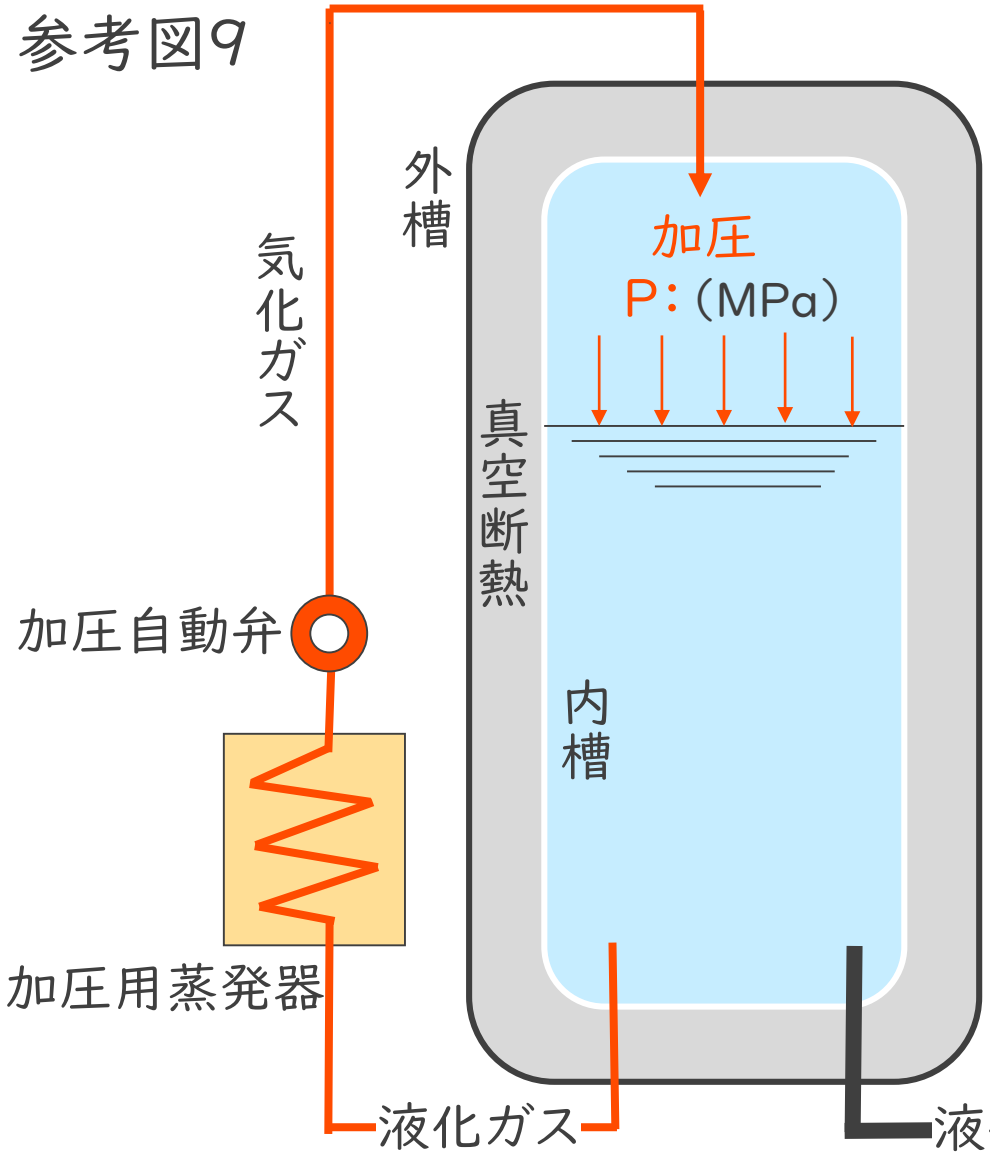
送液ポンプが附属するものは一般第6条、コンビ第5条で規制される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

CEにおける高圧ガスの製造とは

参考図9

一般第6条の2、コンビ第5条の2



＊製造：左図中の矢印のサイクル

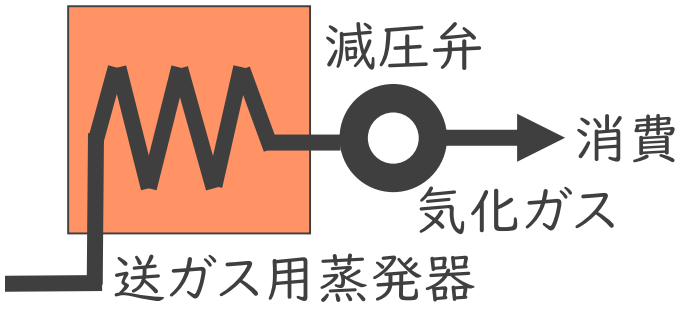
＊製造量（処理能力）：〔一般第2条1項18号ト（ハ）①（ii）〕

$$Q(m^3/日) = \frac{W\times(10P+1)\times 24}{\frac{22.4}{分子量}\times 液密度\times 1000}$$

W　：送ガス用蒸発器の公称能力の数値（単位　m^3/h）

P　：送ガス用蒸発器の常用の圧力の数値（単位　MPa）

［ ただし、送ガス用蒸発器の常用の圧力が
1MPa未満の場合］



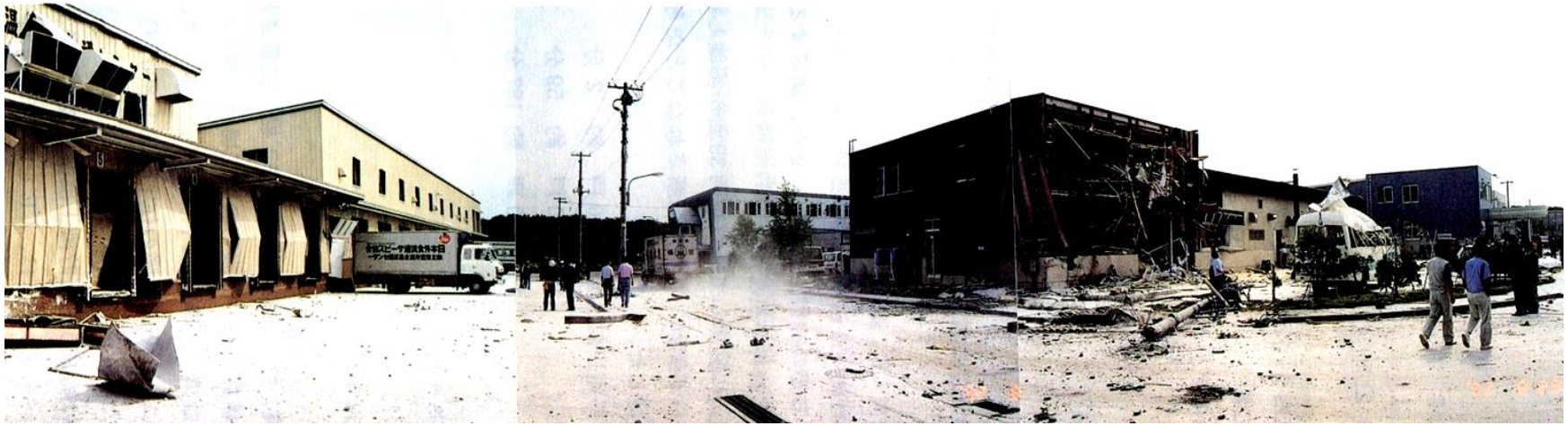
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故

（資料5-1）

北海道石狩町　食品工場　人的被害なし　被害金額　4億3600万円

- 液化窒素を7月2日充塡し、発災日まで約2ヶ月間放置
- 破裂板、バネ式安全弁の元弁等保安上重要な弁をすべて閉止
- 内圧上昇により貯槽が破壊（内槽7個、外槽11個に破断）
- 工場長のみが貯槽の弁類操作。従業員はノータッチ
- 社内保安教育されず、保安意識なし。保安マニュアル不十分
- 機器のメンテナンスは業者まかせ



KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故

（資料5-2）

KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故

（資料5-3）

KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガス（CNG）スタンドの例

参考図10

一般第7条2項、
コンビ第7条2項

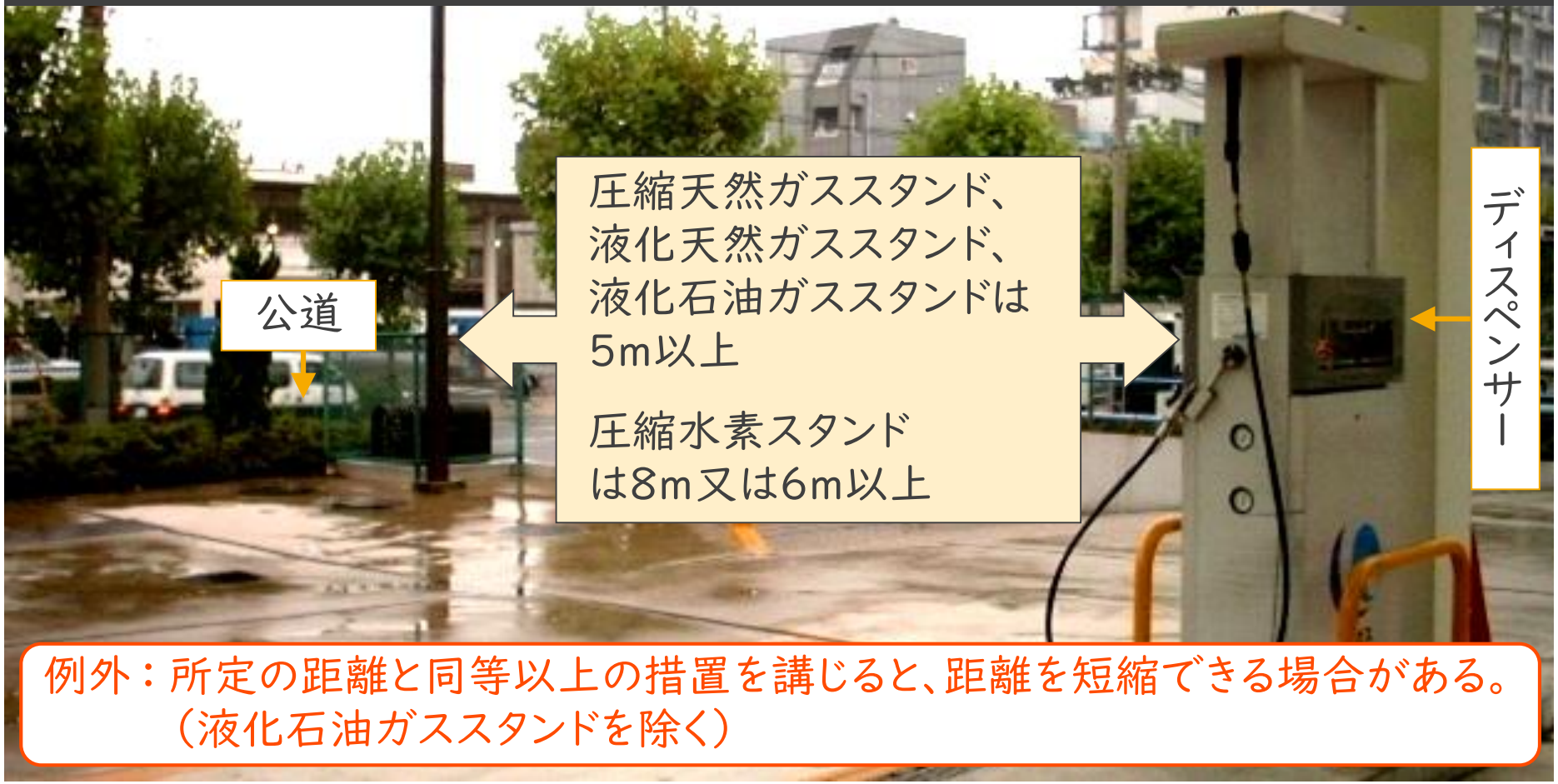
都市ガス導管から圧縮天然ガスの供給を受ける圧縮天然ガススタンド

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガススタンド等に係る技術上の基準の主なもの

図47

ディスペンサー外面から公道境界線まで所定の距離



例外：所定の距離と同等以上の措置を講じると、距離を短縮できる場合がある。
（液化石油ガススタンドを除く）

一般第7条1項2号、
2項4号、
7条の2第1項5号、
7条の3第1項2号、
2項2号
液石第8条1項2号
コンビ第7条1項2号、
2項4号、
7条の2第1項5号、
7条の3第1項2号、
2項2号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガススタンドに係る技術上の基準の主なもの（2）

図48

一般第7条2項、
コンビ7条2項

- 充塡設備に過充塡防止措置
- ディスペンサー上部の屋根は不燃性又は難燃性の材料で漏えいガスが滞留しない構造
- 貯槽の送り出し又は受入れ配管に、ガスを送り出し又は受入れるとき以外に自動遮断措置
- スタンドの車両出入口を除き、その周囲に高さ2m以上の防火壁の設置
（外部からガスを受入れるものに限る。）
- ディスペンサーに自動ガス遮断と漏えい防止措置（外部からガスを受入れるものに限る。）

自動減圧装置

- 圧縮天然ガスは、空気中の混入比率が容積で1000分の1において感知できる着臭

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素スタンドの例

参考図11

一般第7条の3、
コンビ第7条の3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動式製造設備の例

参考図12

一般第8条

天然ガス自動車CNG用充塡車

カードル、圧縮機搭載

液化酸素用ローリ

超低温容器、ポンプ搭載

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動式製造設備による高圧ガスの充填

図49

一般第8条2項、4項、
液石第9条2項

1. 可燃性ガス、毒性ガス、酸素の充填（従来型CEを含む。）
   → 第一種保安物件に対し15m以上の距離、第二種保安物件に対し10m以上の距離の確認
   （例外：許可を受け又は届出をした製造設備、貯蔵所の指定位置で充填するときは、
   その事業所内の第一種保安物件及び第二種保安物件に対しては距離不要。）

2. 新型CEに新型移動式製造設備から酸素を充填
   → 事業所敷地境界線まで4m以上の距離確認、周囲4m以内の火気使用禁止、引火性又は
   発火性物を置くことの禁止

3. 液化石油ガスを貯槽、容器に充填

   ① 内容積1000 Lを超える貯槽、容器には、液面計又は過充填防止装置が装置

   ② 内容積1000 L以下の貯槽、容器には、液面計と過充填防止装置が装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術上の基準の適用区分（製造）

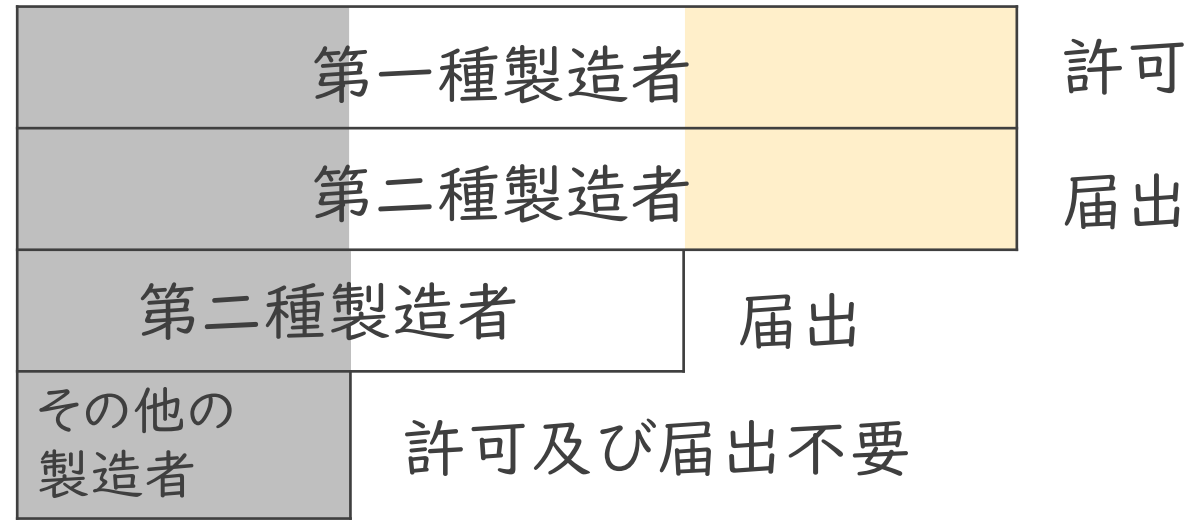
図50

法第11条、12条、13条、
一般第6条～8条の2、10条～13条、
液石第6条～9条、11条～14条

処理能力

第一種ガス（㎥／日）	その他のガス（㎥／日）
300以上	100以上
30以上 300未満	30以上 100未満
0以上 30未満	0以上 30未満

→ **技術上の基準** →



（A）‥すべての製造者に適用される技術上の基準
（B）‥第一種製造者とすべての第二種製造者に適用される技術上の基準
（C）‥第一種製造者と処理能力が30㎥／日以上の第二種製造者に適用される技術上の基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術上の基準の適用区分（貯蔵）

図51

一般第18条、21条、22条、23条、26条、
液石第19条、22条、23条、24条、27条

貯蔵数量

第一種ガス（m^3）	（注）第二種ガス	技術上の基準（A）	技術上の基準（B）
3000以上	1000以上	第一種貯蔵所	許可
300以上3000未満	300以上1000未満	第二種貯蔵所	届出
0.15超300未満	0.15超300未満	上記貯蔵所以外での貯蔵	許可届出不要

換算：10kg＝1m^3

（注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

（A）・・1.5kg 超のすべての貯蔵に適用される技術上の基準

（B）・・第一種貯蔵所と第二種貯蔵所に適用される技術上の基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

昭和47年5月25日、姫路市国道2号線上。

（資料6）

水素カードル車に大型トラックが追突し、
漏えいした水素ガスが爆発炎上。
死者2名、負傷者2名、
国道沿い民家等4棟類焼他

毎日新聞　昭和47年（1972年）5月26日　金曜日　（3）　総合

渋滞国道 火柱が走る

水素ガスローリー追突され爆発　姫路

通行人・民家も巻添え

4人が死傷、4軒全半焼

交通の激しい姫路市の国道2号で、二十五日午後、大型トラックが乗用車を押しつぶして大型ガスローリーに追突。ローリーが爆発し、乗用車、大型トラックが燃え、さらに沿道の民家四戸も全半焼。運転手や通行人ら四人が死傷した。

この記事は一部地域既報のため夏刊に掲載します。

同日午後一時二十七分ごろ、姫路市市川橋通二丁目の国道2号で、信号待ちのため停車していた

大型トラックに追突されて燃えあがるガスローリーと類焼の民家
―25日午後1時40分、姫路市市川橋通2丁目の国道2号で

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

集結容器の例

参考図13

一般第49条1項2号、7号~9号

圧縮水素カードル車の事故後新設され主な規制

1. 集結容器の構造等の基準
2. 容器後面、容器元弁、附属品操作箱と車両の後ろバンパとの水平距離
3. 附属品操作箱の基準等

操作部

圧縮水素の長尺容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

応急措置用の工具等の携行

参考図14

一般第49条1項14号、15号、50条9号、10号、
液石第48条12号、49条5号

ローリー車両、トラック車両による場合とも同様

- 可燃性ガス・特定不活性ガス・
  液化石油ガス・酸素・三フッ化窒素
  （少量（容器の内容積25L以下、
  合計50L以下）の場合携行義務免除）
  ↓
  消火設備、応急措置に必要な資材及び工具等

例示基準

資材及び工具等

消火設備

- 毒性ガス
  ↓
  防毒マスク、保護具、
  応急措置に必要な資材、薬剤及び工具等

防毒マスク、空気呼吸器等保護具

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動に対する規制（移動監視者等）

図52

一般第49条1項17号、50条13号、
液石第48条14号、49条8号

【移動方法について特別な規制を受けるガスの種類とその数量】

ガスの種類		数量
圧縮ガス	可燃性ガス、酸素	容積　300 m^3以上
	毒性ガス	容積　100 m^3以上
	特殊高圧ガス	容積　0を超える数量
液化ガス	可燃性ガス、液化石油ガス、 酸素	質量　3000 kg以上
	毒性ガス	質量　1000 kg以上
	圧縮水素スタンドの液化水素の貯槽に充塡する液化水素	質量　0を超える数量
	特殊高圧ガス	質量　0を超える数量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

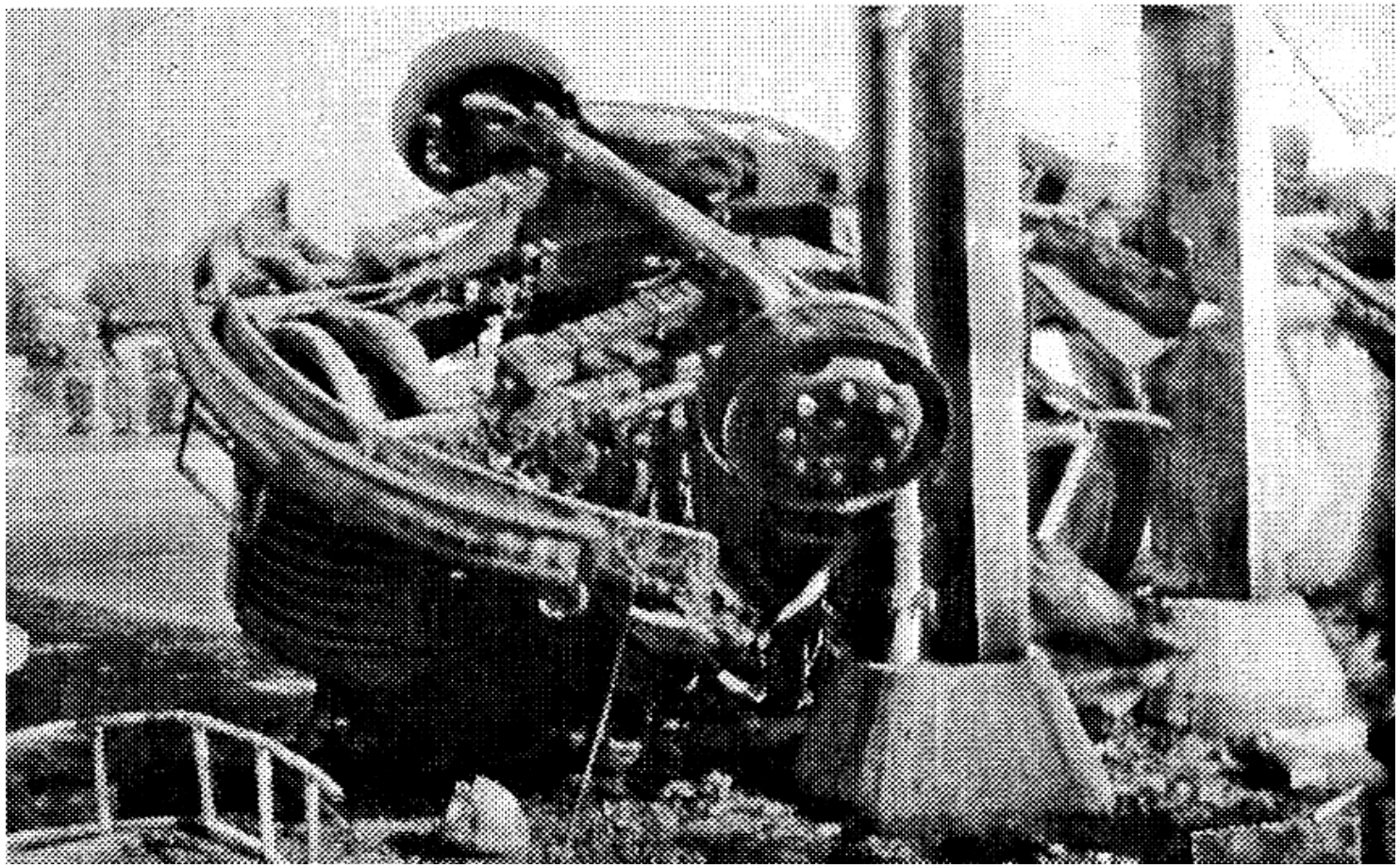
昭和40年10月26日西宮市第2阪神国道上

（資料7）

4.8トンLPガスタンクローリが横転し、漏えいしたLPガスが爆発炎上。

死者5名、負傷者26名、全焼21棟他

横転の原因は運転者の居眠り運転によるものと推定。



西宮市におけるタンクローリー車事故報告について（昭和40年）兵庫県商工労働部工業課 より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特別な規制を受ける高圧ガスの車両による移動において受ける特別な規制

一般第49条1項19号、20号、50条13号、液石第48条16号、17号、49条8号

図53

【特別な規制事項】

（必要な措置）

1. 移動監視者による移動中の監視
2. 事故が発生した場合、危険な状態となった場合の措置
   ① 荷送人に連絡する措置
   ② 応援を受ける措置

（移動方法）

1. 繁華街等を回避
2. 所定の運転時間を超える場合 → 運転者2人

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動監視者の乗務が必要なガスの移動について、これに加えて以下の場合、連続運転（移動）時間に応じ運転者2人乗務が必要

図54

一般第49条1項20号、50条13号、
液石第48条17号、49条8号

1人の運転者が、1回の中断（休憩）が
連続10分以上、かつ、合計30分以上の
中断（休憩）をしない場合であって

※10分未満の中断（休憩）
は、運転と見なされる。

←連続して4時間を超えて運転する場合→

1人の運転者が、4時間につき1回が連続10分以上、
かつ、合計30分以上の中断（休憩）をする場合も含み

←1日当たり9時間を超えて運転する場合→

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

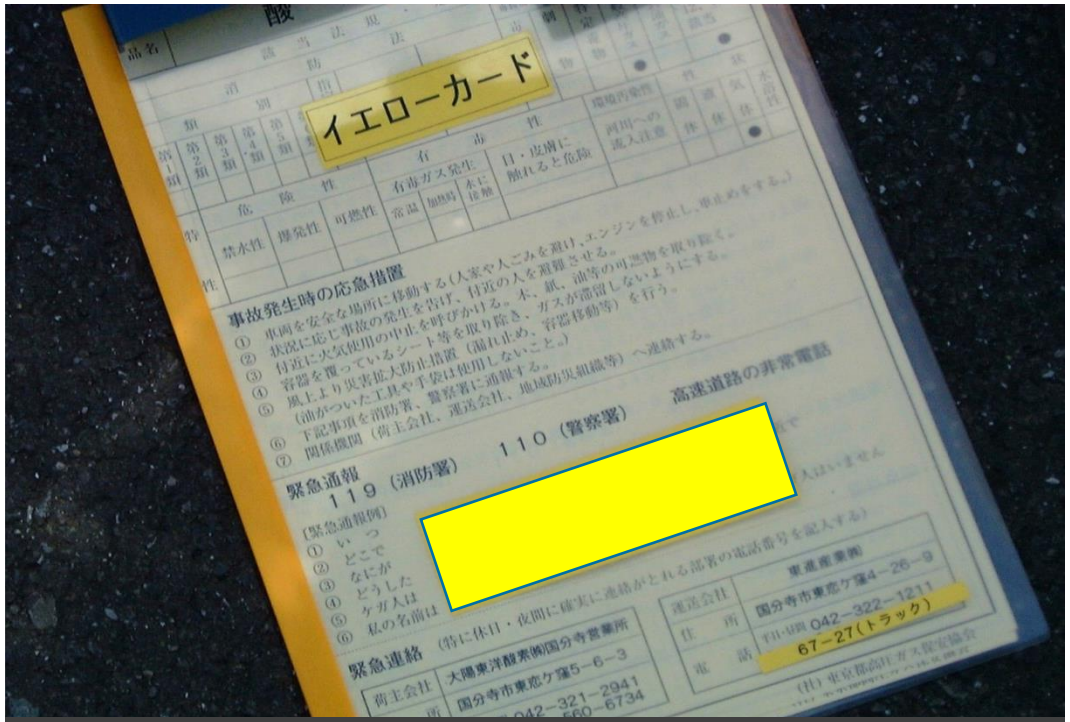
運転者に注意書面を交付、運転者はこれを携行・遵守

一般第49条1項21号、50条14号、
液石第48条18号、 49条9号

参考図15

移動する車両の運転者に、高圧ガスの名称、性状及び移動中の災害防止のために必要な注意事項を記載した書面（可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素）を交付、携帯させ、記載事項を遵守させる。

例示基準



俗称： 注意書面又はイエローカード

（少量（毒性ガスを除く容器（注意ラベル貼付のもの）の内容積25L以下、合計50L以下）の場合携帯不要。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

消費設備等の保安のための距離

一般第55条、60条、(第21条、26条)
液石第53条、58条、(第22条、27条)

図55

1. 特定高圧ガスの消費施設の貯蔵設備及び減圧設備の外面から第一種保安物件に対し第一種設備距離以上、第二種保安物件に対し第二種設備距離以上の距離［特に定められたCEは事業所境界線まで4m以上の距離］保有。

2. 特定高圧ガスの消費設備の貯蔵設備等の周囲5m以内［特に定められたCEは4m以内］では、火気使用禁止、引火性物又は発火性物を置くことの禁止。
ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置を講じた場合は距離不要。

3. 特定高圧ガスの消費設備以外の消費設備において、可燃性ガス(液化石油ガスを含む。)、酸素又は三フッ化窒素の貯蔵設備等の周囲5m以内では、喫煙禁止(一般ガスのみ)、火気使用禁止、引火性物、発火性物を置くことの禁止。
ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置は距離不要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図56

一般第62条
液石第60条

① **容器とともに廃棄することの禁止**。

② **可燃性ガス、特定不活性ガス又は液化石油ガスの廃**棄は、火気を取り扱う場所、引火性又は発火性の物をたい積した場所及びその付近（液化石油ガスは8m以内）を避け、大気中放出廃棄は、通風の良い場所で少量ずつ。

③ **可燃性ガス、特定不活性ガス、液化石油ガス又は毒性ガスの継続かつ反復廃棄**は、ガスの滞留を検知するための措置。

④ **酸素又は三フッ化窒素の廃棄**は、バルブ、器具類の石油類、油脂類その他の可燃性の物を除去。

⑤ **廃棄後の容器**は、バルブを閉止し、容器の転倒防止及びバルブの損傷防止措置（液化石油ガスのものは容器の転倒防止なし）。

⑥ **充填容器等、バルブ又は配管の加熱方法**は、熱湿布、40度以下の温湯等又は40度以下の空気調和設備。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

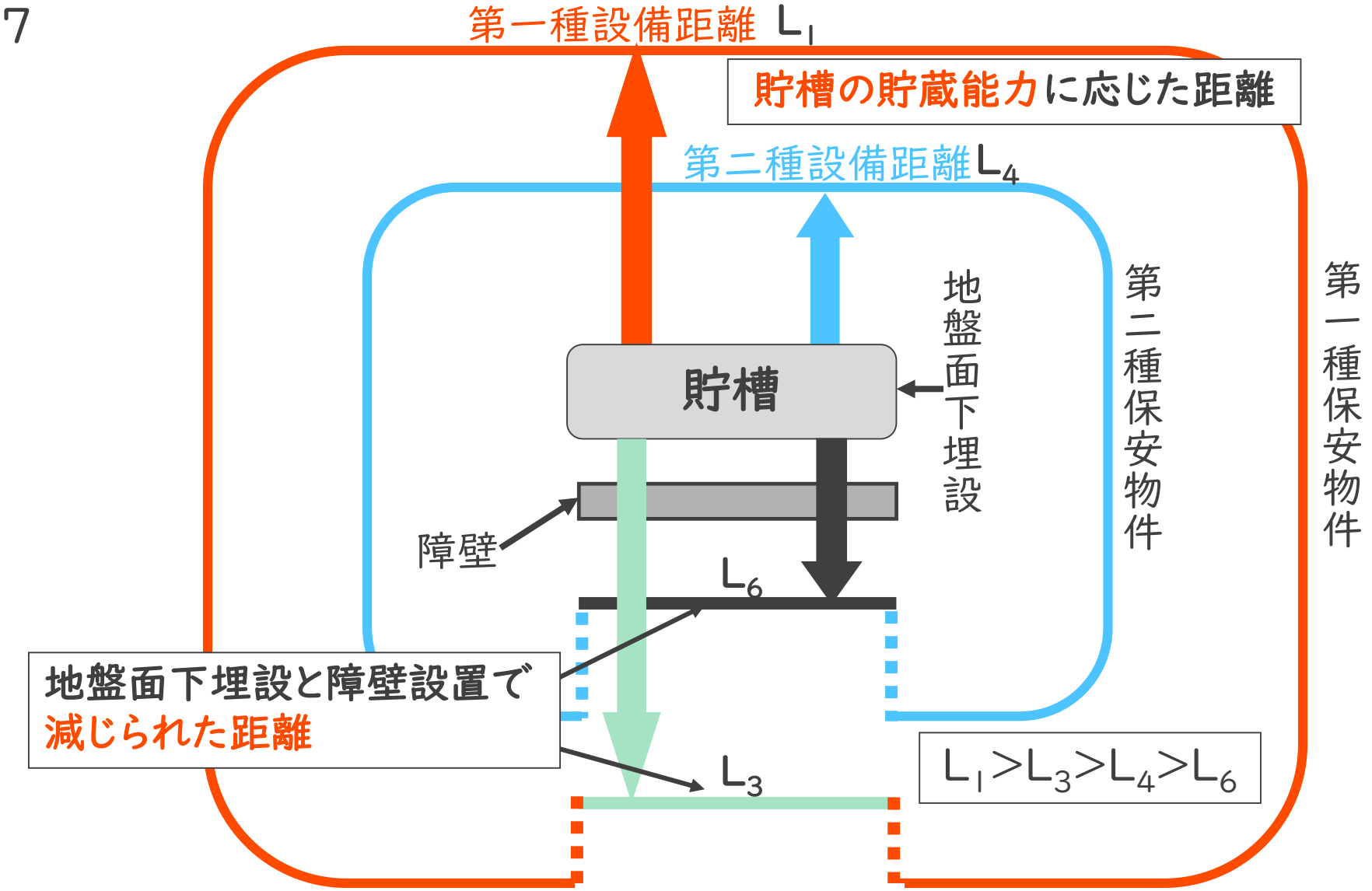
法令Ⅶ

液化石油ガス保安規則

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の外面から設備距離（1）

図57

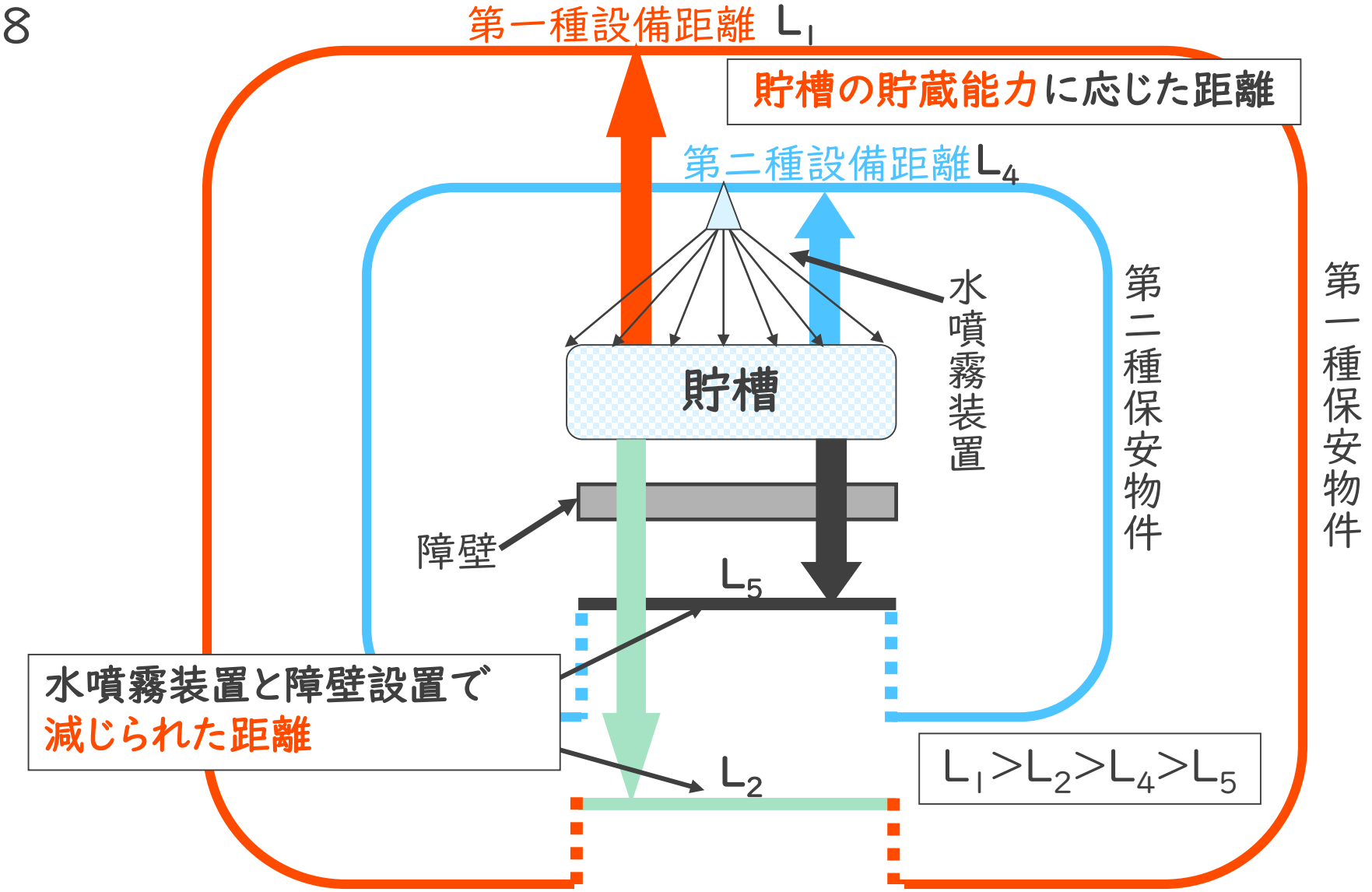


液石第2条1項16号、17号、第6条1項2号、3号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の外面から設備距離（2）

図58

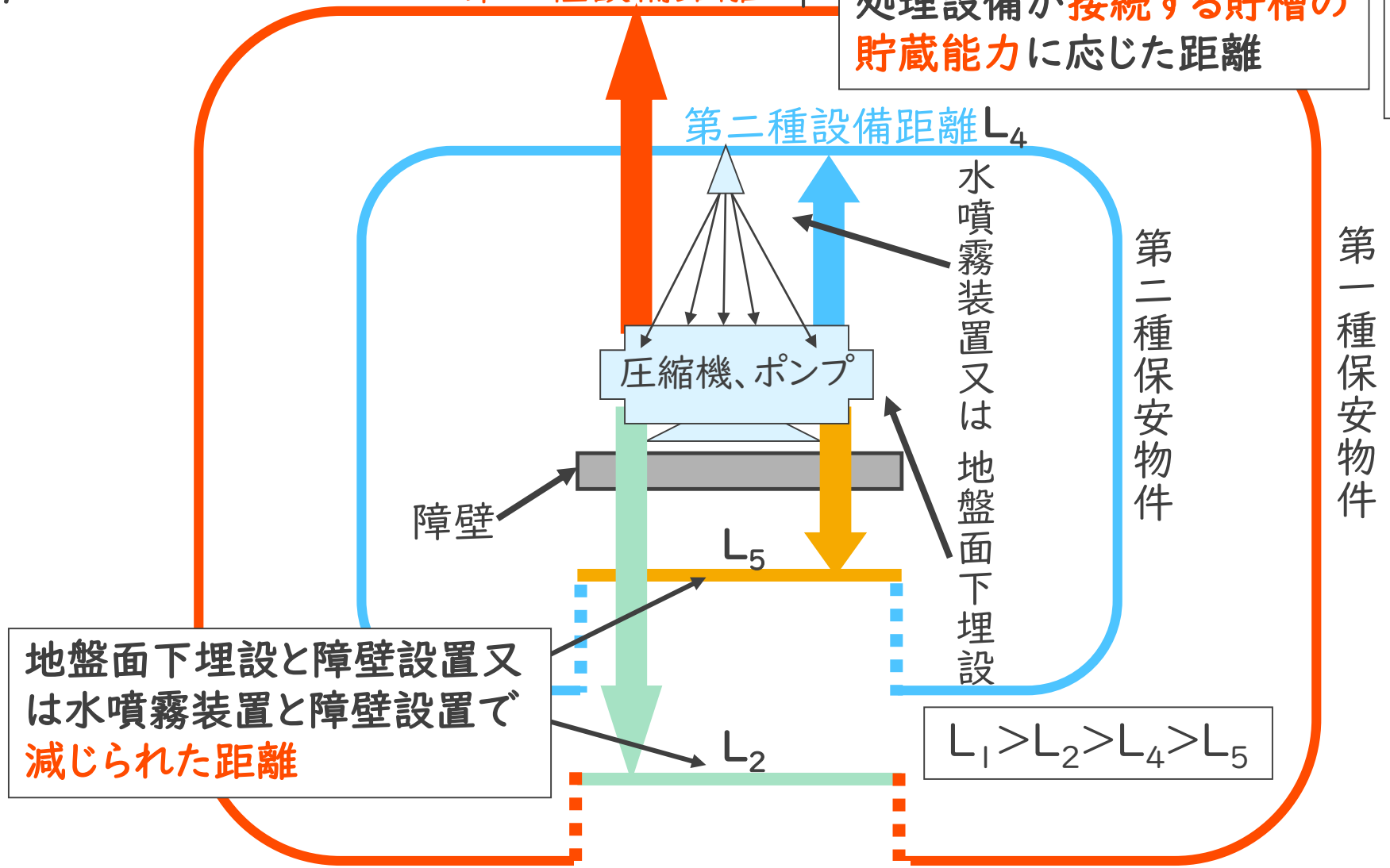


液石第2条1項16号、17号、第6条1項2号、3号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

処理設備の外面から設備距離

図59



処理設備が**接続する貯槽の貯蔵能力**に応じた距離

液石第2条1項16号、17号、第6条1項2号、3号

地盤面下埋設と障壁設置又は水噴霧装置と障壁設置で**減じられた距離**

$L_1 > L_2 > L_4 > L_5$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

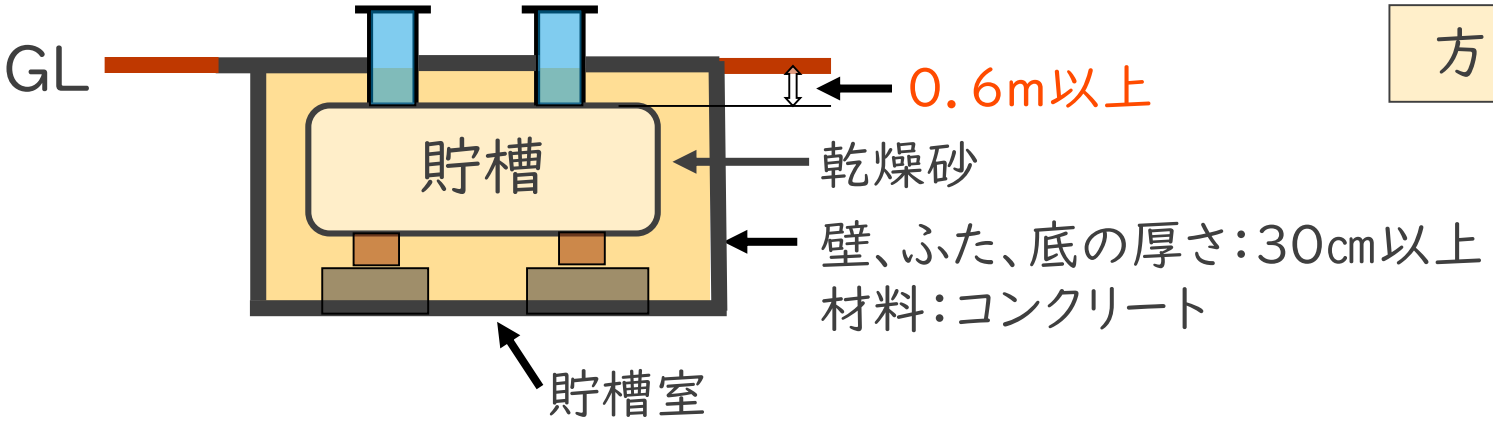
液化石油ガス（特定液化石油ガス）貯槽の地下埋設基準

参考図16

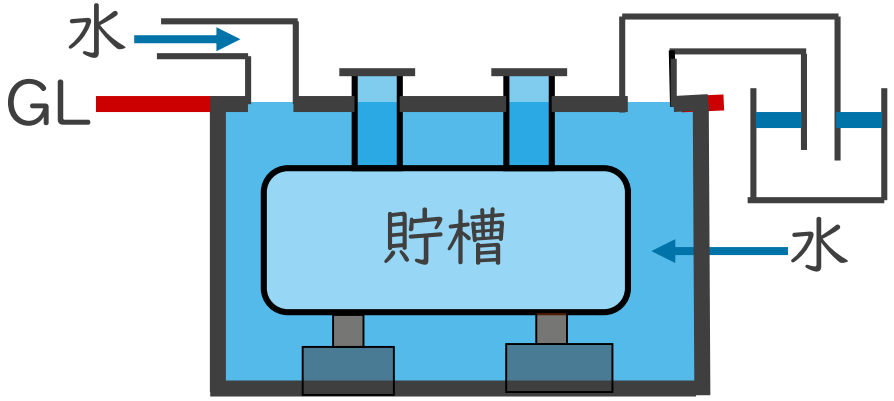
液石第6条1項5号、
コンビ第5条1項38号

方式→例示基準

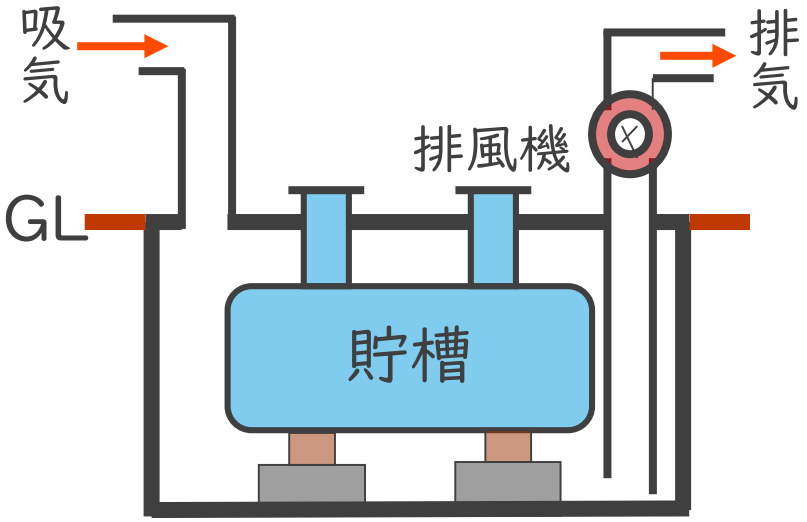
砂詰方式



水没方式



強制換気方式



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガススタンドに係る技術上の基準

液石第8条

図60

第一種製造設備の技術上の基準のほとんどが準用されているほか、
スタンドの基準が追加規定されている。

［主な追加規定］

① ディスペンサーの外面から公道の道路境界線まで5m以上の離隔距離

② 充塡を受ける車両は、
地盤面上設置の貯槽の外面から3m以上離れて停止させる措置、
又はガードレール等の防護措置

③ 充塡する液化石油ガスは、
空気中の混入比率が容量で1000分の1において感知できる着臭

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガスの特定高圧ガス消費事業所

図61

液石第53条、71条

［主な基準］

① 減圧設備の外面から第一種設備距離及び第二種設備距離
（減圧設備が接続する貯蔵設備（貯槽）の貯蔵能力に応じた距離）

② 消費設備の貯蔵設備等（貯蔵設備から減圧設備までの設備及び導管）の外面から消費設備外の火気を使用する場所に対し8m以上の離隔距離、若しくは漏えいガスの流動防止措置若しくは漏えい検知連動装置による使用火気の消火措置

③ 取扱主任者の資格等

イ　液化石油ガスの製造又は特定高圧ガスである液化石油ガスの消費について1年以上の経験者

ロ　製造保安責任者免状（甲、乙、丙種）の交付を受けている者

ハ　所定の講習修了者、所定の学歴・経験（同等の資格者を含む。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（資料8-1）

【LPガス充塡所　火災・爆発事故】

昭和61年5月17日　（三重県四日市市）

（充塡所の規模＝正職員13名及び臨時作業員2名）

人的被害	火傷3名
物的被害	充塡所、貯槽、容器多数焼損
第三者被害	同一構内施設車両等全焼、 充塡所隣接国道通行中の車両フロントガラス破損、 近隣飲食店窓ガラス破損他

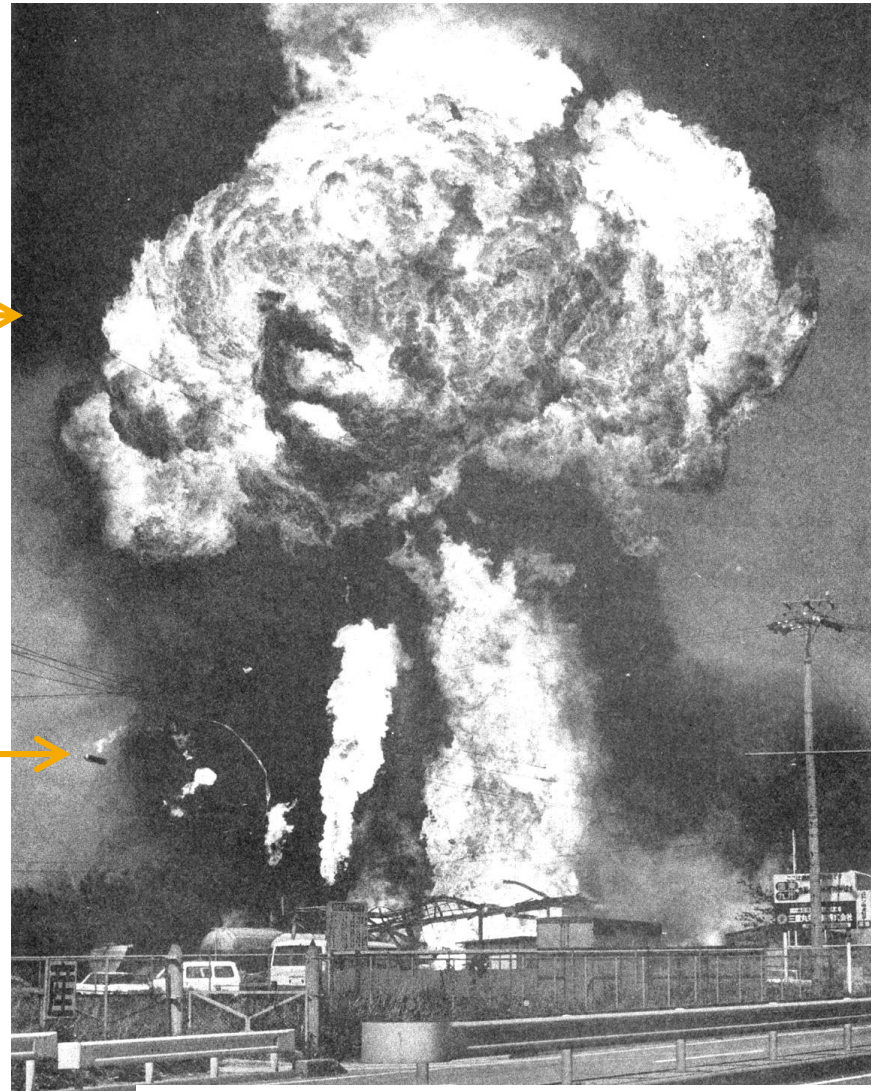
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（資料8-2）

充塡所プラットホームにあった
充塡容器の爆発により形成された
ファイアーボール

大爆発により破裂した容器が
半径160m内に飛び散った。
飛翔する50kg容器



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（資料8-3）

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

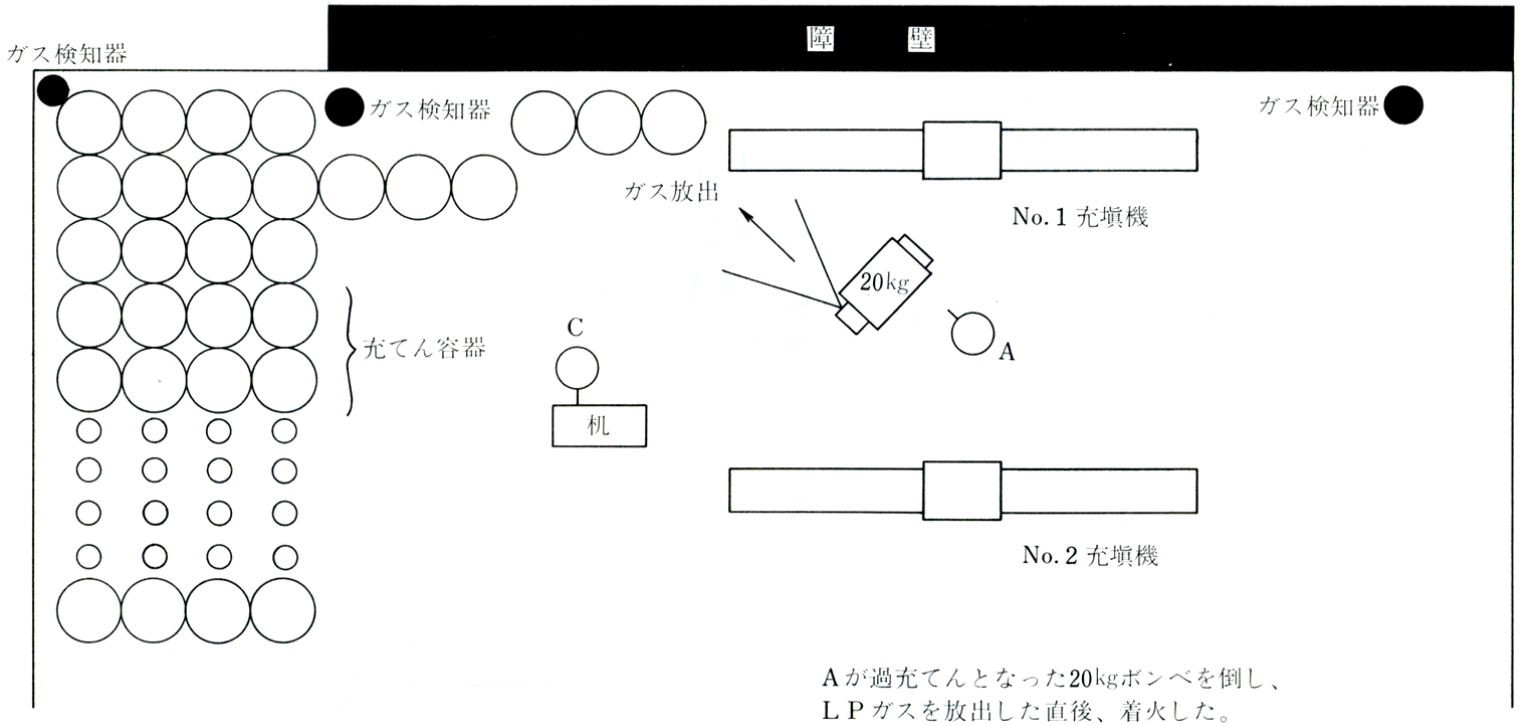
（資料8-4）

（事故原因）

作業員Aが20kg容器に充塡中、容器が計量器に正しくセットされていないことに気づき、容器を外してチェックしたところ、過充塡であることを確認。

そこで、作業員Aは容器を充塡機近辺で横に倒し、バルブを開け、液状のLPガスの放出を開始した直後、着火して火災が発生した。（当日保安係員等不在）

過充てんガスの放出位置（想像図）



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（資料8-5）

－　事故翌日の惨状　－

爆発炎上したプラットホームとは
対照的に貯槽は幸い爆発を免れた

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料8-6）

この事故の教訓

液化石油ガスを廃棄する場合は、次の各号の基準によるものとする。

2.（前略）

「また、液化石油ガスの充塡を行う事業所においては液状の液化石油ガスが充塡されている容器からの放出（立ち消え防止のために容器から少量ずつ行うエア抜きに係る放出並びにタンクローリスリップチューブ及びロータリー式液面計の操作に係る放出を除く。）を行ってはならない。」

（廃棄の基準としては、従前も「液状で放出しないこと」との規定がされていたが、昭和62年6月22日、当時の省令補完基準に、「　」の内容が追加された。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令Ⅷ

コンビナート等保安規則

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定製造事業所とは（コンビナート等保安規則の適用を受ける事業所）

図62

コンビ第2条1項13号、20号～24号

コンビナート地域内の製造事業所	コンビナート地域外の製造事業所	
A （コンビナート製造事業所でもある。）	B 地域にかかわらず（A及びCで除外された事業所、地域を含む。）	C 用途地域内（工業専用・工業地域を除く。）
次の①及び②の製造事業所を除いた製造事業所 ①専ら燃料用に供給し、又は専ら容器に充填するものであって、貯蔵能力が2000m³（20t）以上の可燃性ガス貯槽を設置していない製造事業所 ②専ら不活性ガス・空気の製造事業所 （コンビ第2条1項22号イ）	＊保安用不活性ガス以外の処理能力が100万m³／日（貯槽を有し、専ら充填は200万m³／日）以上 ＊不活性・空気は、処理能力が400万m³／日（貯槽を有し、充填は800万m³／日）以上 （コンビ第2条1項22号ロ）	＊保安用不活性ガス以外の処理能力が50万m³／日（貯槽を有し、専ら充填は100万m³／日）以上 ＊不活性・空気は、処理能力が200万m³／日（貯槽を有し、充填は400万m³／日）以上 （コンビ第2条1項22号ハ）
第一種製造者の定置式製造設備（処理設備を有するもの）である製造事業所		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス製造施設（小規模製造施設を除く。）の保安距離

図63

コンビ則第5条1項2号、3号

$X=0.480\sqrt[3]{K\cdot W}$　（最低50m）

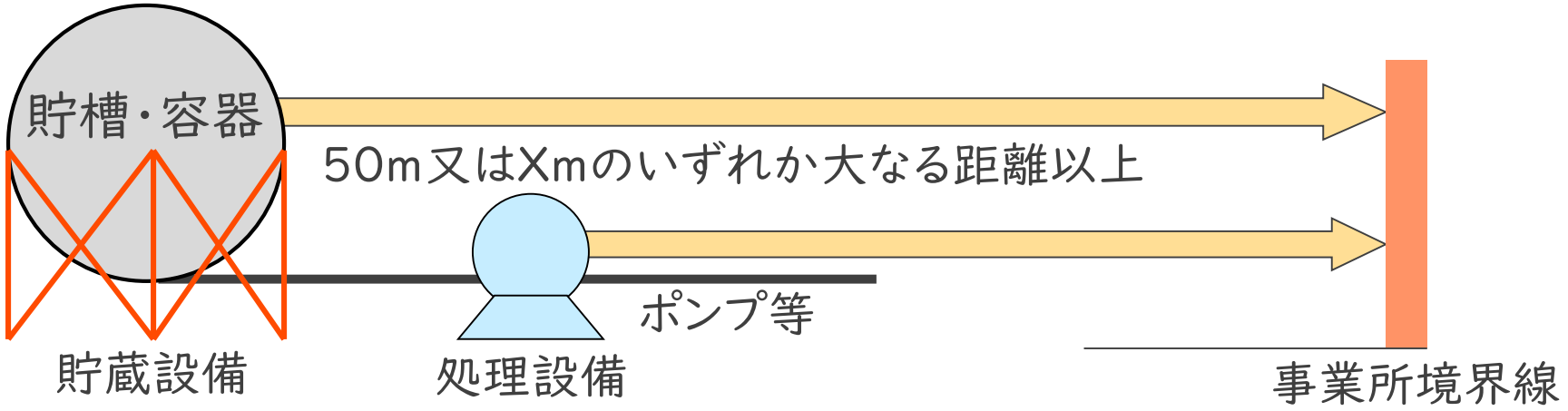
X：有しなければならない距離（m）

K：ガスの種類・温度による係数

W：貯蔵能力（計算要）又は処理設備内の質量（t）

※処理能力は保安距離には関係しない。

新設製造施設：0.480→0.576：保安距離は事業所境界線で確保



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガス製造施設から保安物件までの所定の距離

図64

コンビ第5条1項4号

イ　：製造施設（特に定められたものを除く。）の外面から当該特定製造事業所の境界線まで　20m以上

ロ　：ガス設備（配管を除く。）の外面から貯蔵能力又は処理能力に対応する距離であって次の算式により得られたもの

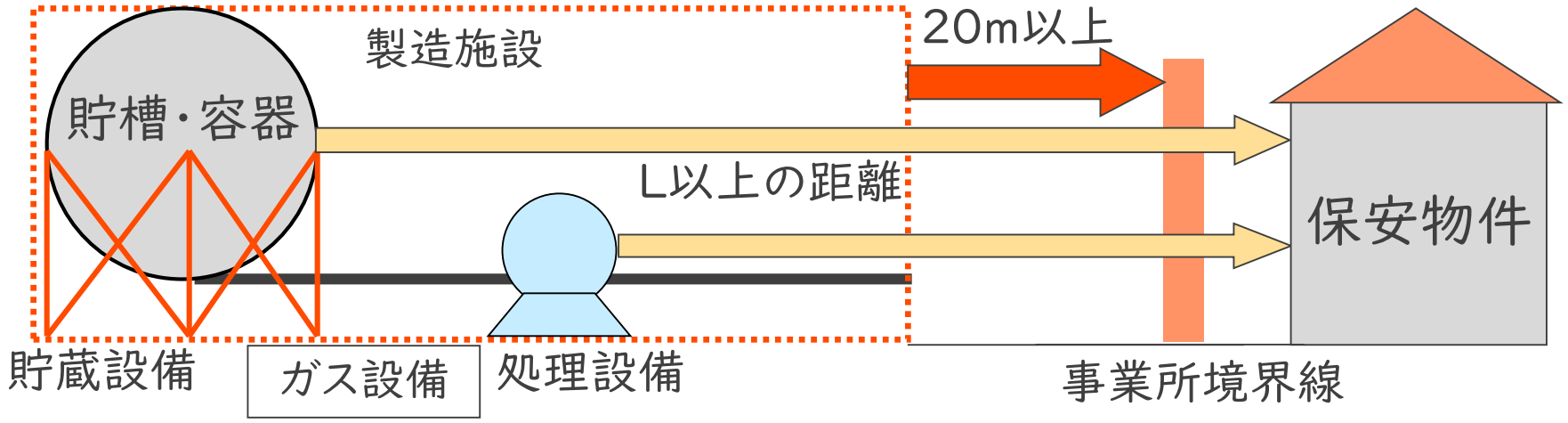
（イ）　$0 \leqq X < 1{,}000$ の場合　　$L = 70 + 4\sqrt{10}$

（ロ）$1{,}000 \leqq X < 10{,}000$ の場合　　$L = 70 + \frac{2}{5}\sqrt{X}$

（ハ）$10{,}000 \leqq X$ の場合　　$L = 110$

L　ガス設備の外面から保安物件までの距離（単位　m）

X　貯蔵能力（単位　圧縮ガスm^3、液化ガスkg）又は処理能力（単位　m^3）



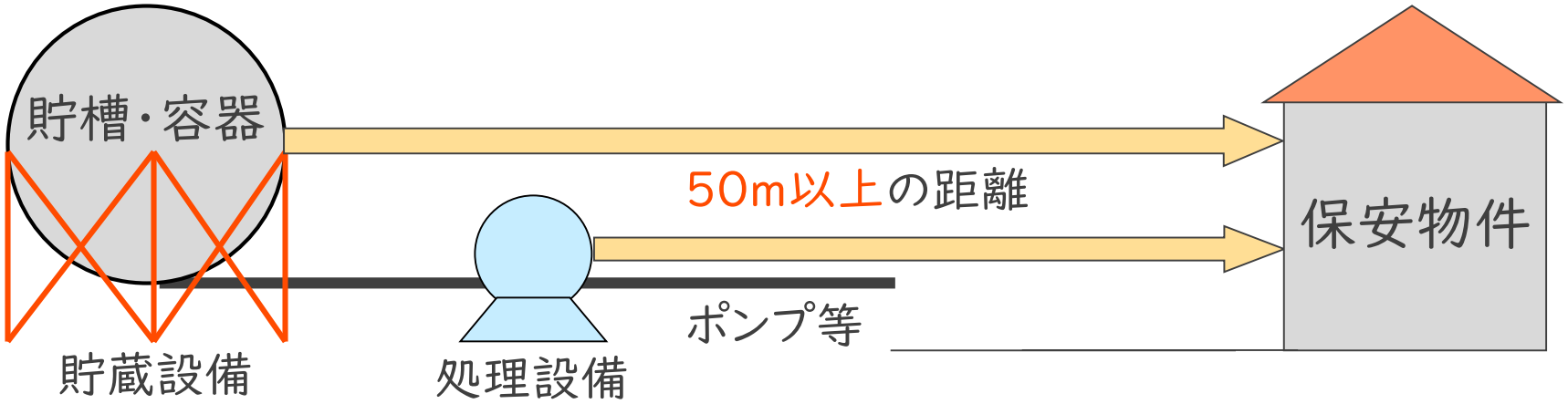
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス及び毒性ガス以外の製造施設の所要の距離

図65

コンビ第5条1項5号

※ 特に定められた不活性ガス、空気の製造施設を除く。



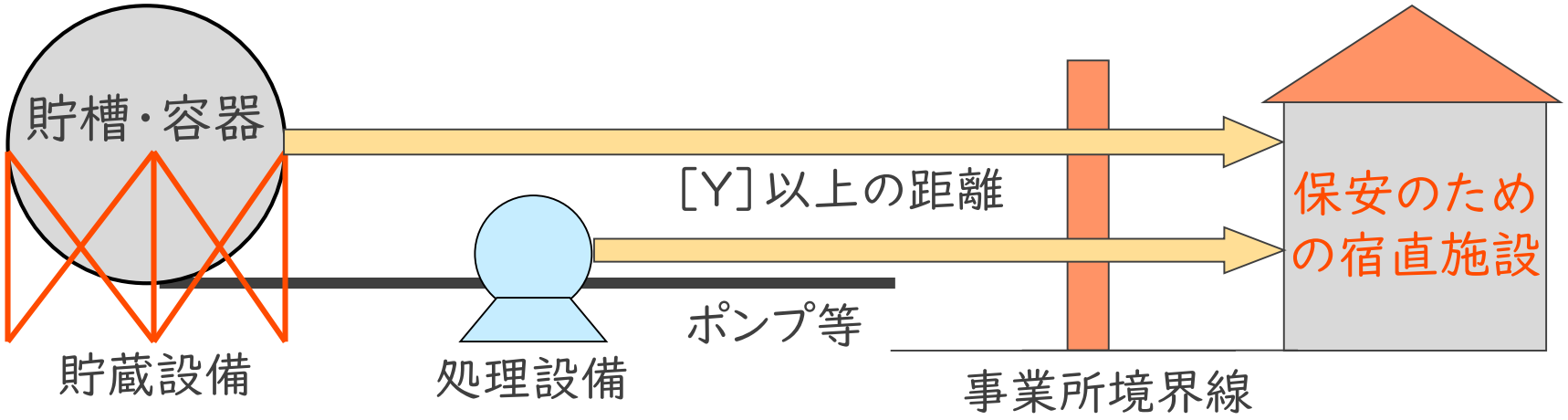
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

他事業所の保安のための宿直施設に対する所要の距離

図66

コンビ第5条1項7号

※ 一般高圧ガス保安規則（貯蔵能力又は処理能力に応じた距離）又は液化石油ガス保安規則（貯蔵能力に応じた距離）に規定する第二種設備距離［Y］以上の距離



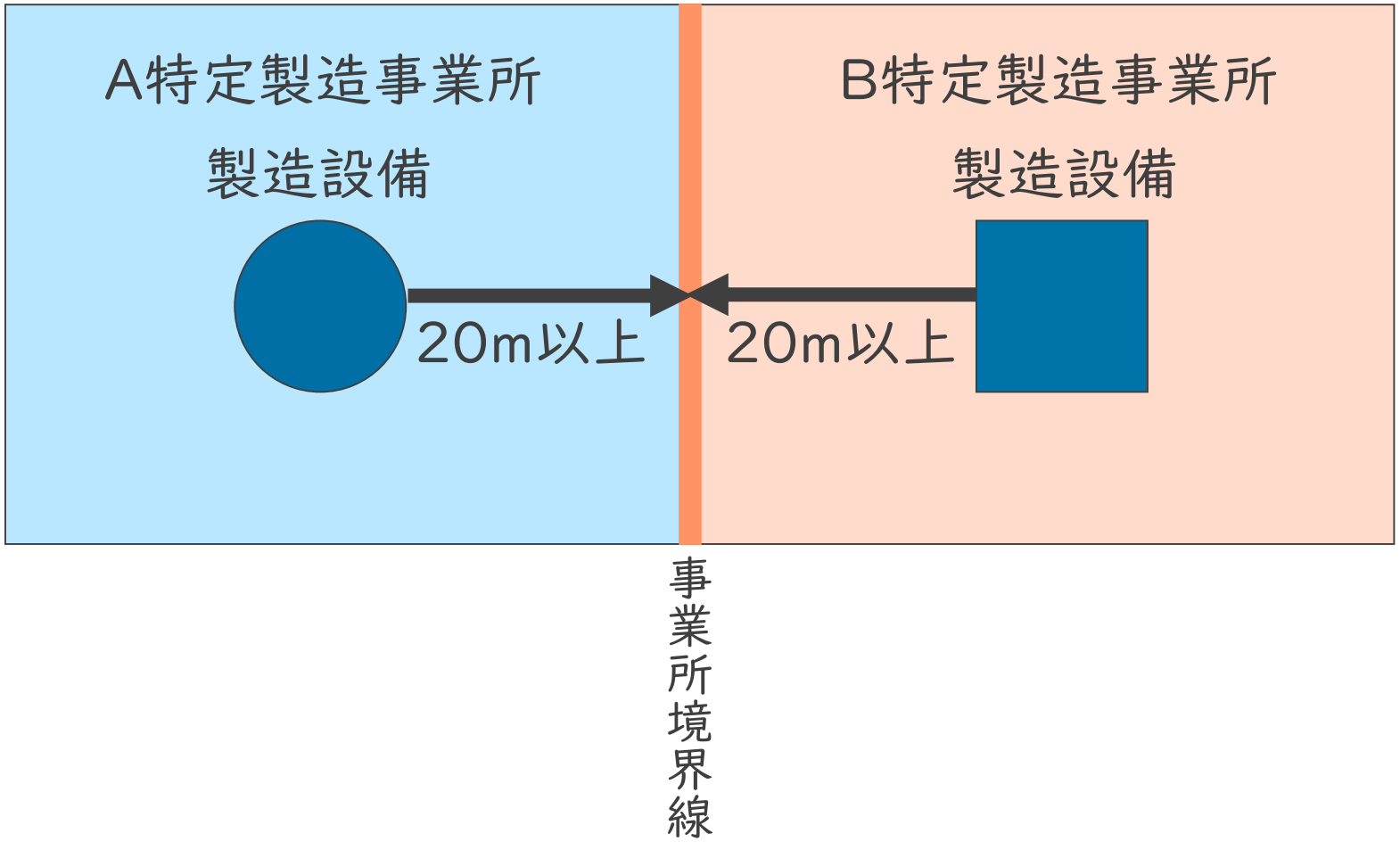
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定製造事業所の製造設備間の距離

図67

コンビ第5条1項8号

※特に定められた製造設備を除く。

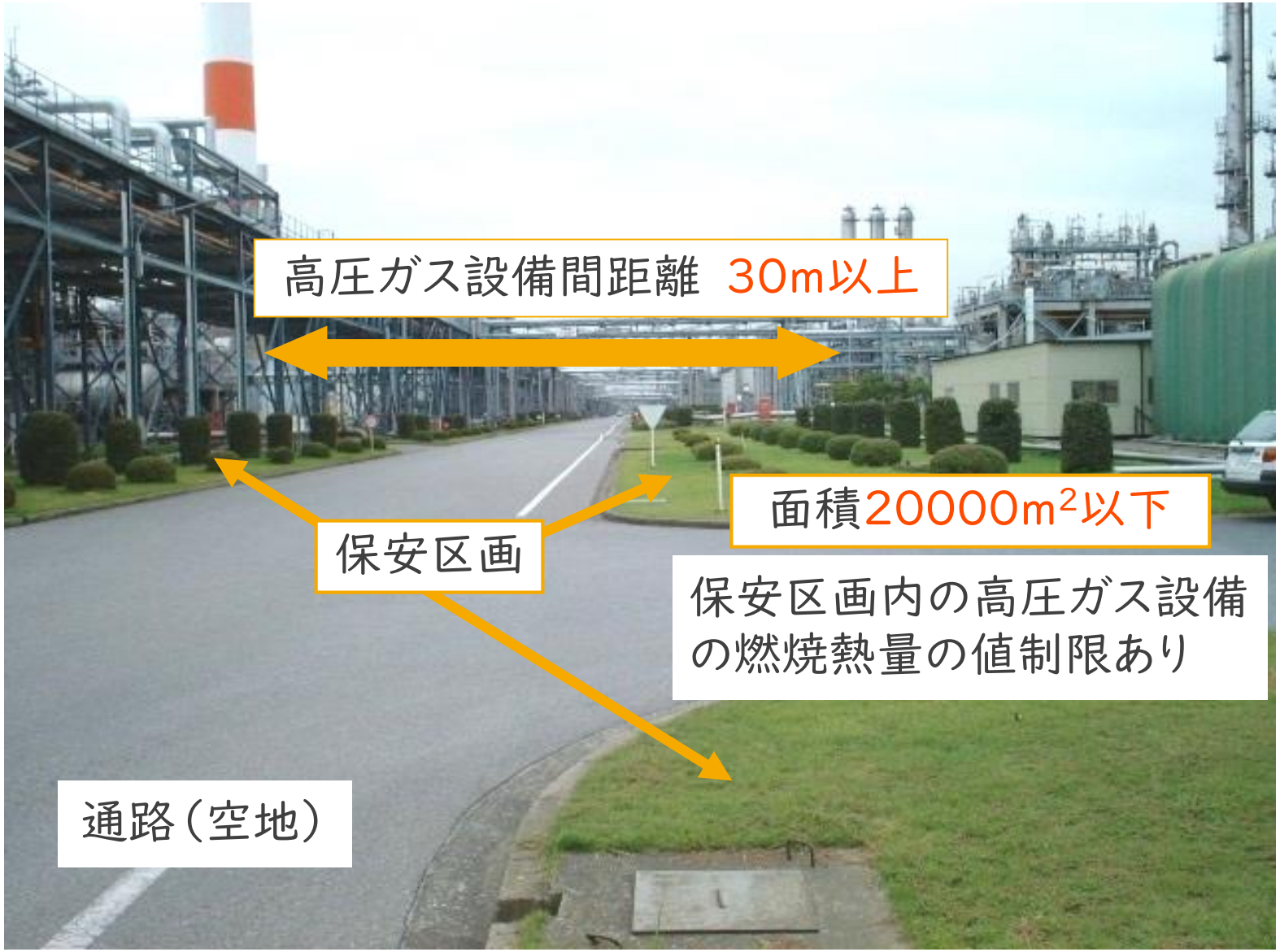


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安区画

図68

コンビ第5条1項9号、10号

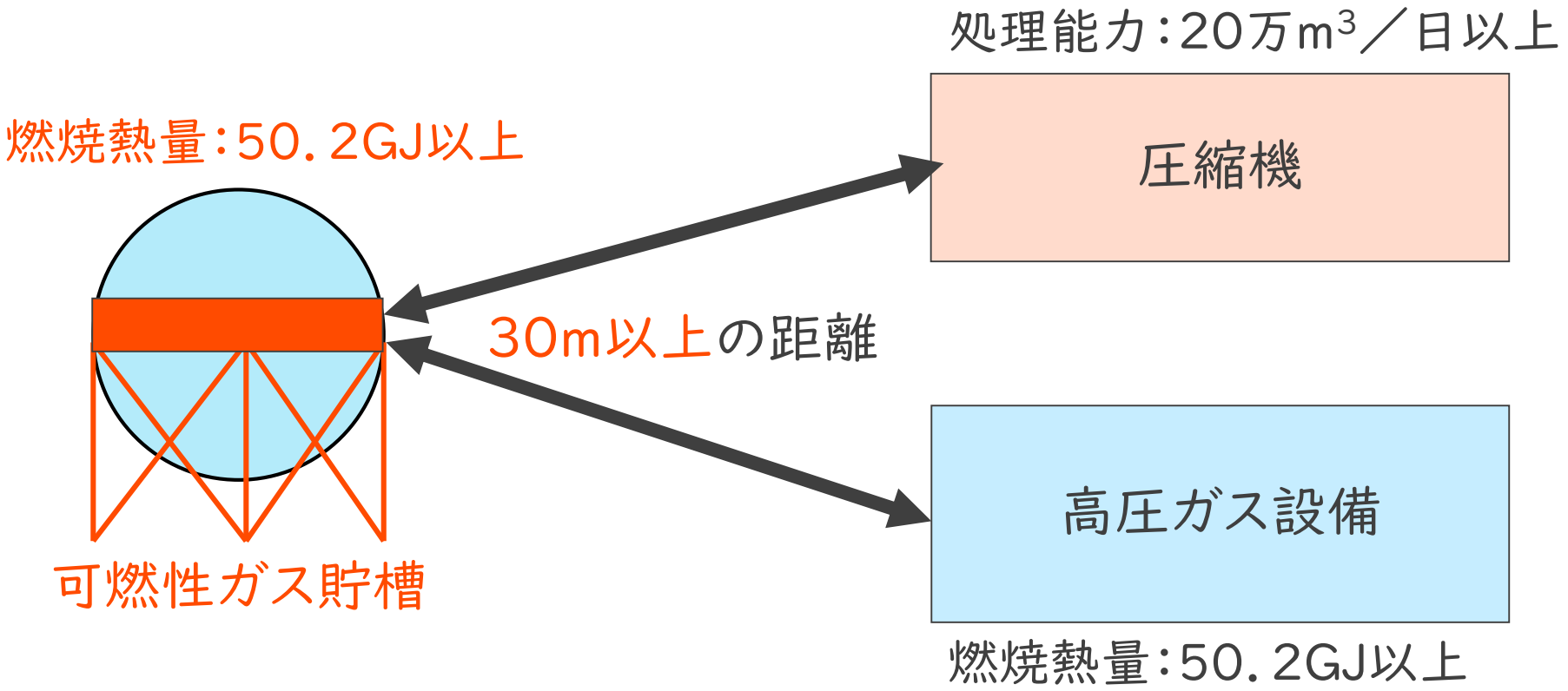


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス貯槽と高圧ガス設備間距離

図69

コンビ第5条1項12号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特殊反応設備等

図70

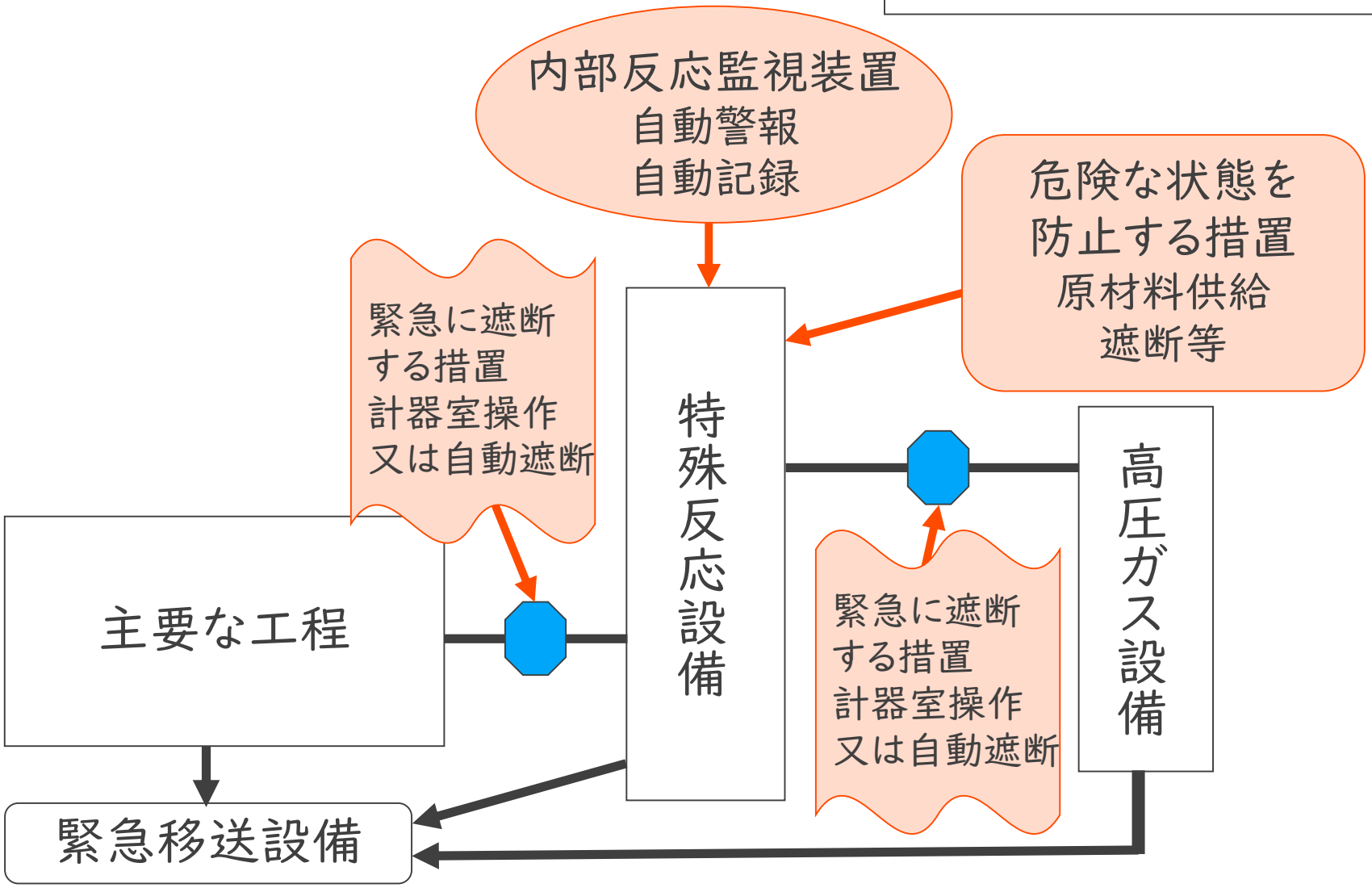
コンビ第5条1項25号～28号

［製造細目告示］

＊ アンモニアニ次改質炉

＊ エチレン製造施設の
アセチレン水添塔

＊ 石油精製の重油直接
水添脱硫反応器等



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特殊反応設備と遮断装置の例

参考図17

コンビ第5条1項25、26号

特殊反応設備

＊ アンモニア二次改質炉
＊ エチレン製造施設のアセチレン水添塔
＊ 石油精製の重油直接水添脱硫反応器等

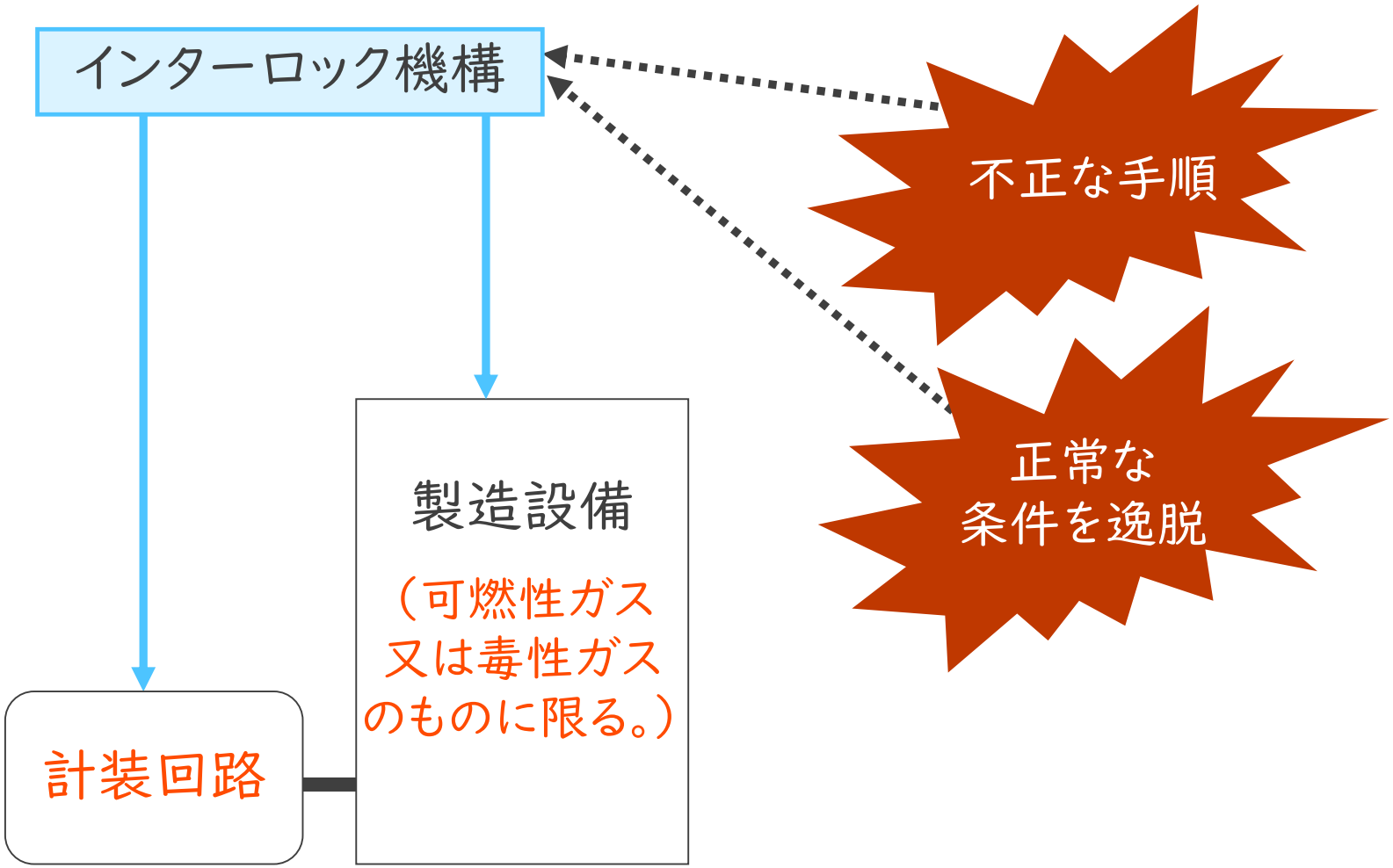
遮断装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

インターロック機構

図71

コンビ第5条1項49号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

フレアースタック・ベントスタック

参考図18

コンビ第5条1項55号、56号

フレアースタック

＊高さ
＊位置
＊燃焼能力
＊構造

ベントスタック

＊高さ
＊位置
＊ガスの放出方法

＊ ガスの種類・量・性状
＊ 周囲の状況に応じて適切なもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス製造設備の計器室

図72

コンビ第5条1項61号

① 安全な位置

② 安全な構造（扉及び窓は耐火構造）

③ 炭化水素類その他定められた可燃性ガスの製造施設の計器室は、
外部からのガスの侵入防止措置

例示基準

二重扉

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安のための保安用不活性ガス等の保有

図73

コンビ第5条1項62号

［対象］

可燃性ガス、毒性ガス、酸素の製造事業所

［不活性ガス等］

- すべての製造設備が危険な状態になった場合のガスのパージ、シール等の応急措置に必要な数量及び圧力の、窒素その他の不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）又はスチームを保有（他事業所から確実に供給を受けられる措置でも可）
- 防消火設備の作動に必要な数量の水は常時保有

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガスの置場距離

図74

コンビ第5条第1項第65号ハ

(イ)	$0 \leqq x < 9$の場合	$m = 54$
(ロ)	$9 \leqq x < 25$の場合	$m = 18\sqrt{x}$
(ハ)	$25 \leqq x$ の場合	$m = 90$

m ：容器置場の外面から保安物件までの距離(m)

X ：容器置場の面積(㎡)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の導管（1）

コンビ第10条

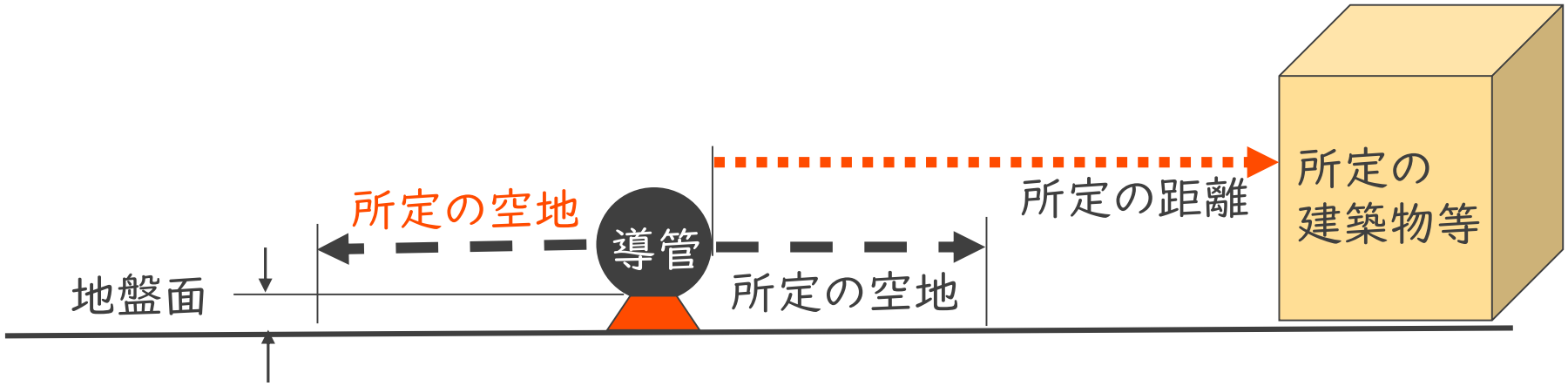
図75

［地盤面上設置の場合の主な基準］

① 標識（高圧ガスの種類、異常時の連絡先等）

② 住宅、学校、病院等の建築物等に対し所定の距離

③ 導管の両側に、所定の幅の空地の保有



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の導管（2）

コンビ第10条

図76

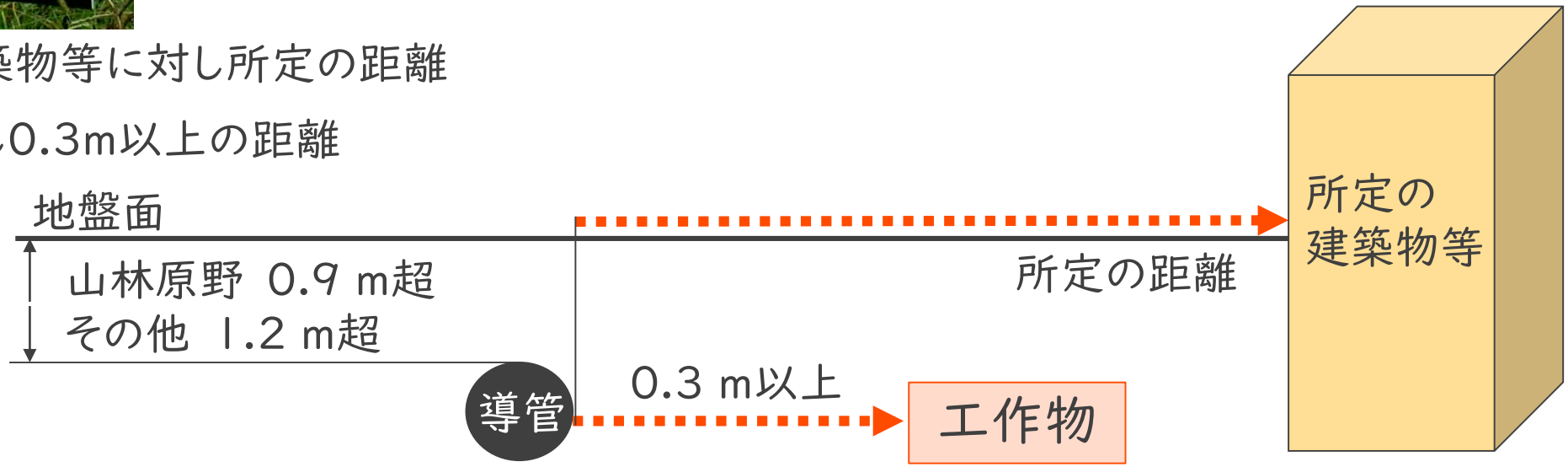
［地盤面下埋設設置の場合の主な基準］

① 標識（高圧ガスの種類、異常時の連絡先等）

② 地下街を含む建築物等に対し所定の距離

③ 他の工作物に対し0.3m以上の距離

④ 所定の深さ



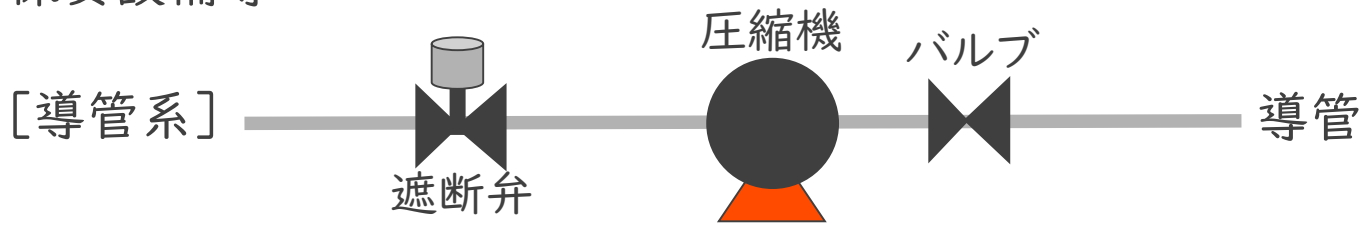
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の導管（3）

コンビ第10条26号～39号

図77

導管系の保安設備等



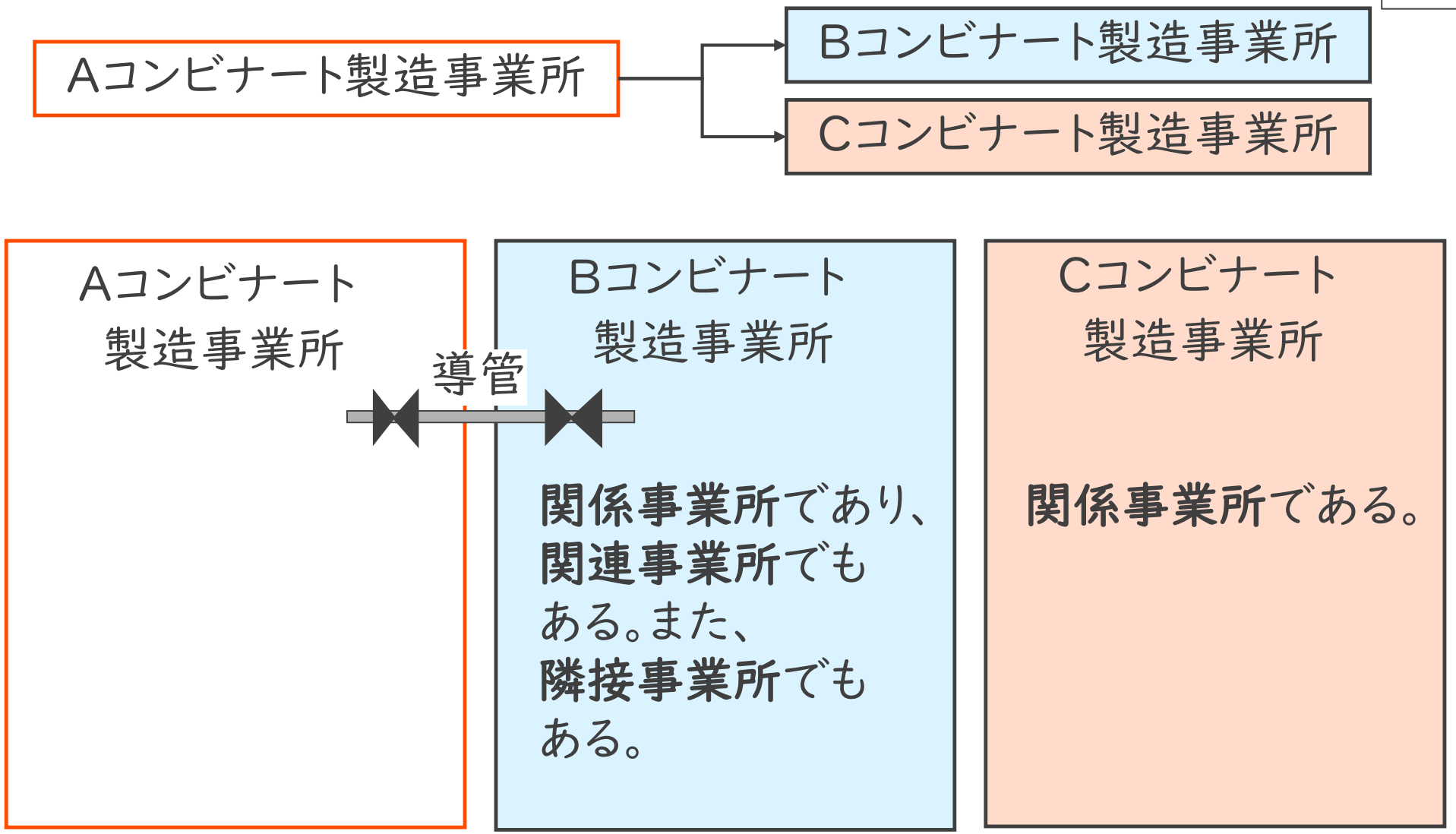
① 運転状態監視装置（圧縮機、ポンプ、バルブ）
② 異常事態の警報装置
③ 安全制御装置
④ ガス漏えい検知警報設備又は検知口（可燃性ガス、毒性ガス（告示で定めるものに限る。）又は特定不活性ガス）
⑤ 緊急遮断装置（市街地、主要河川、湖沼等を横断するものに限る。（不活性ガスのものを除く。））
⑥ ガス置換の措置
⑦ 感震装置
⑧ 避雷設備
⑨ 保安電力
⑩ 導管経路に巡回監視車、保安用資機材倉庫

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（1）

図78

コンビ第11条1項

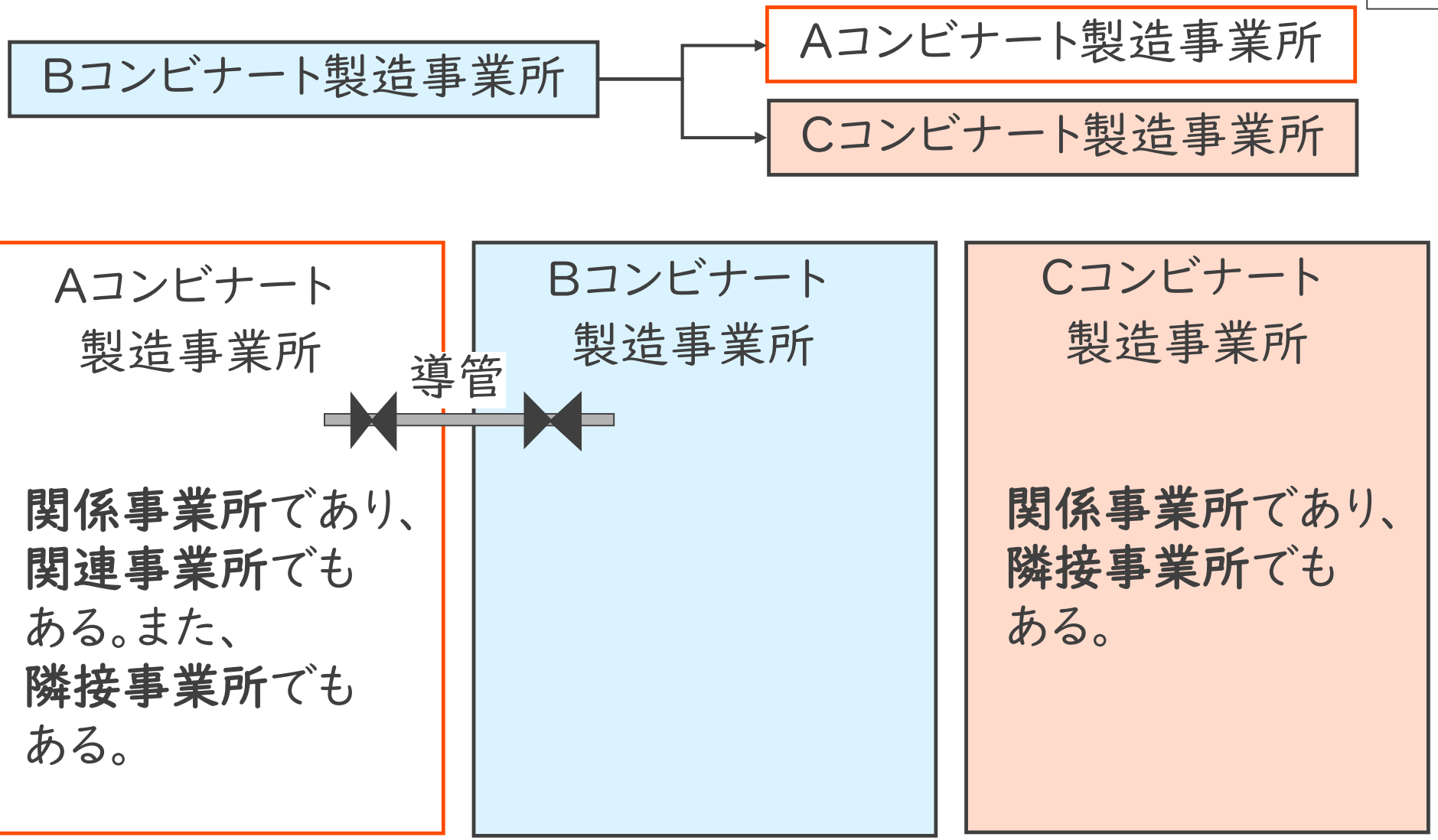


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（2）

図79

コンビ第11条1項

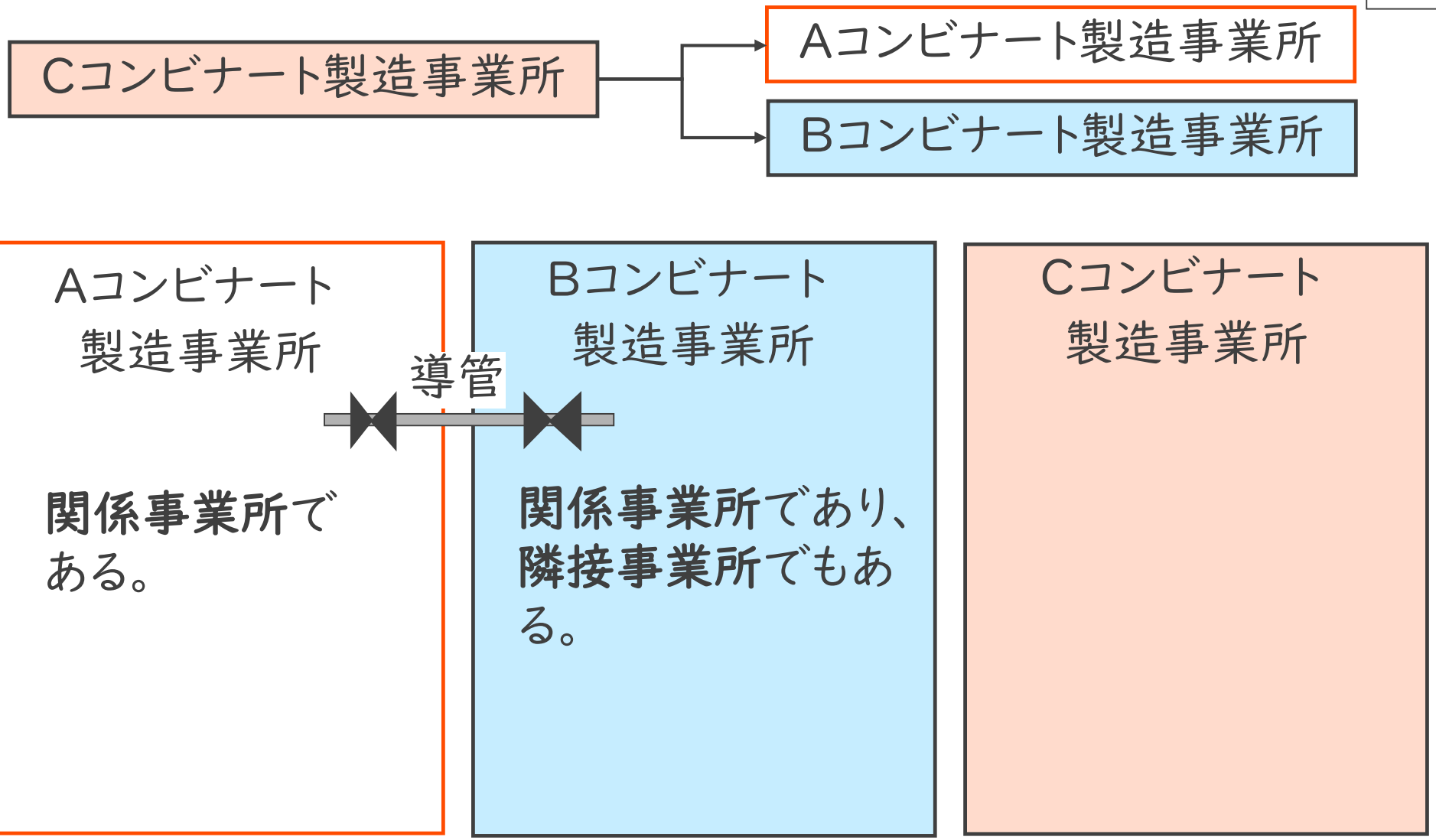


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（3）

図80

コンビ第11条1項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の連絡等

図81

コンビ第11条

隣接事業所に対し書面作成・送付

＊隣接境界内側100m以内の製造施設、危険物、毒劇物設備の設置、撤去。

＊隣接境界内側100m以内の可燃性ガスの放出設備、火気設備の設置、撤去。

＊隣接境界内側100m以内の消火栓、貯水槽等、通用門、避難場所の設置、撤去。

※境界線から所定距離内の高圧ガス設備の設置、着工、完成年月日、改修内容等の事前連絡。

関連事業所に対し

＊直通電話、無線又は有線通信設備の設置。

＊導管供給の開始・停止の事前連絡。

＊輸送ガスの種類、成分、圧力、流量等の重要な変更の事前連絡。

＊輸送高圧ガスの製造設備の運転停止の事前連絡。

関係事業所に対し

＊保安の連絡系統、連絡担当者、連絡方法を定め製造開始前に通知。

＊事故発生の連絡。

＊多量のガス放出の計画・実施の事前連絡。

＊異常な騒音・振動発生の事前連絡。

＊訓練の警報・火炎・発煙の事前連絡。

＊隣接境界内側50m以内の火気使用の事前連絡。

＊隣接境界内側100m以内の大量の火気使用の事前連絡。

＊その他特別事態発生時の連絡。

※ **関係事業所**から危険時・事故時の対応に関して緊急応援を受ける措置を事前に講じる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

END

ご静聴ありがとうございました。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

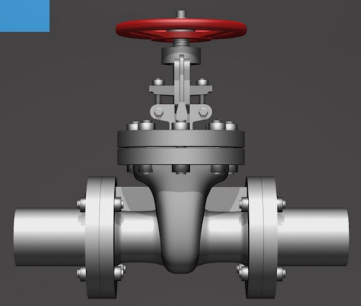
バルブの構造と機能

バルブの分類

- 仕切り弁
- ボール弁
- 玉形弁
- バタフライ弁
- 逆止め弁

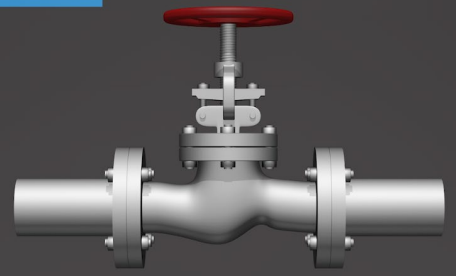
バルブの説明

仕切弁

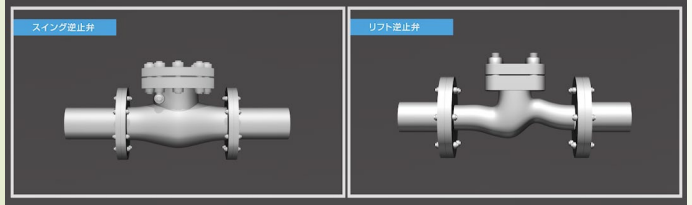


仕切弁は、弁体が流体の流路を垂直に仕切って開閉する構造で、流体の流れが一直線になるバルブの総称です。(gate valve、ゲート弁、スルース弁ともいいます。)

玉形弁

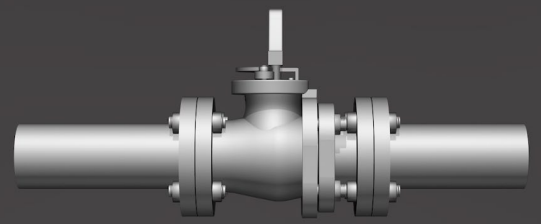


玉形弁は、一般に球形の弁箱をもち、入口の中心線と出口の中心線とが一直線上にあり、流体の流れがS字状となるバルブの総称です。(glove valveともいいます。)



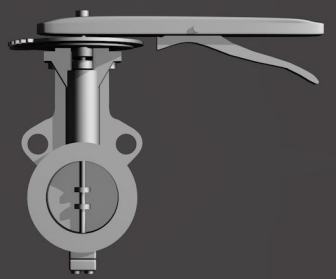
逆止弁は、弁体が流体の背圧によって逆流を防止するように作動するバルブの総称です。
(check valve、non-return valve、逆止め弁、チャッキ弁、チェッキ弁ともいいます。)

ボール弁



ボール弁は、弁箱内で弁棒を軸として球状の弁体が回転するバルブの総称です。
(floating ball valve、遊動ボール弁ともいいます。)

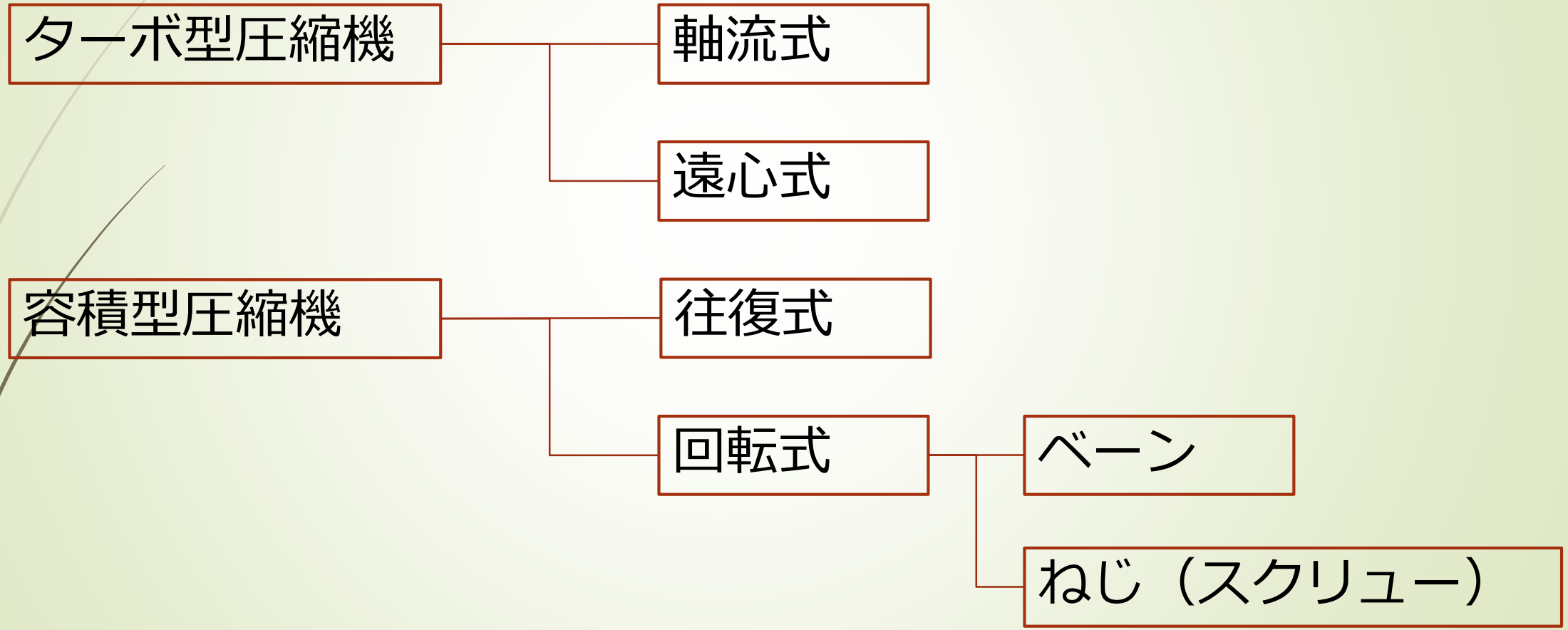
バタフライ弁



バタフライ弁は、弁箱内で弁棒を軸として円板状の弁体が回転するバルブの総称です。
(butterfly valve、ちょう形弁ともいいます。)

圧縮機の構造と機能

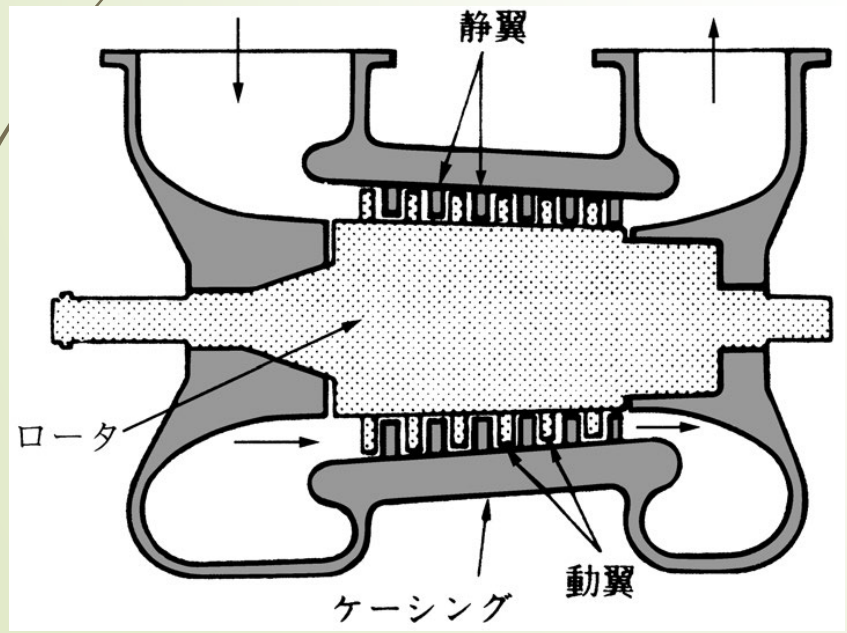
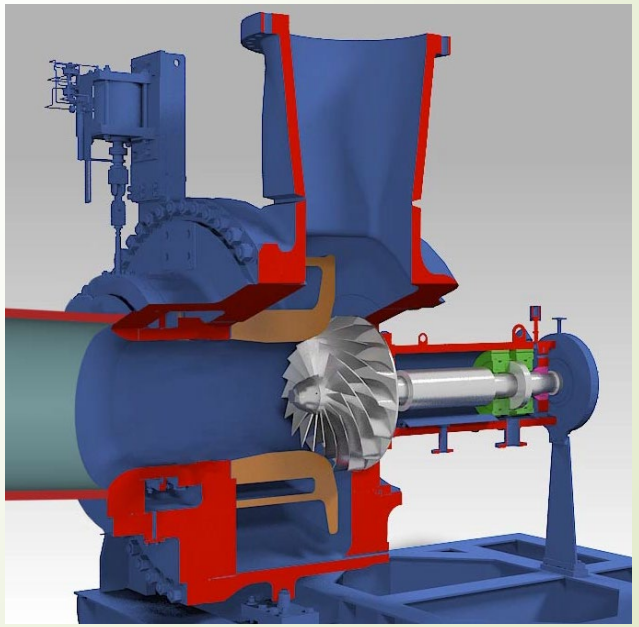
圧縮機の分類



ターボ型圧縮機

【作動原理】

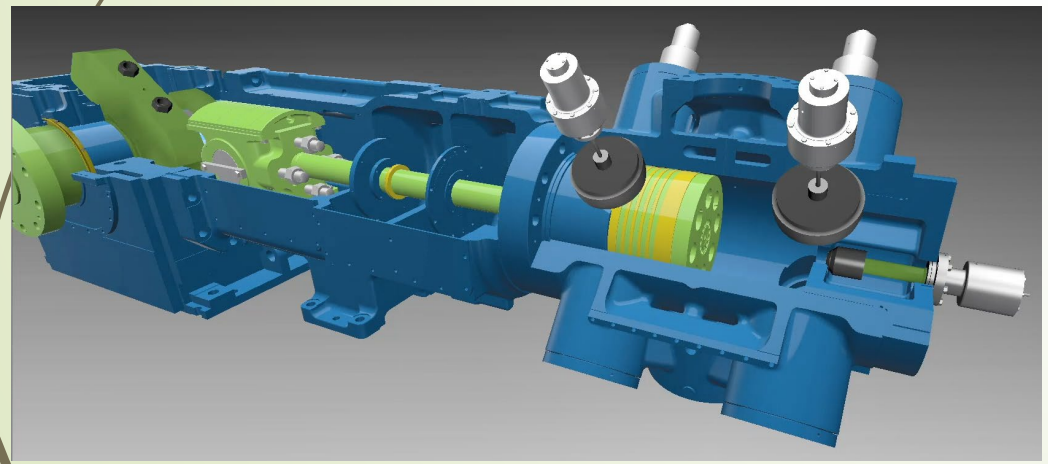
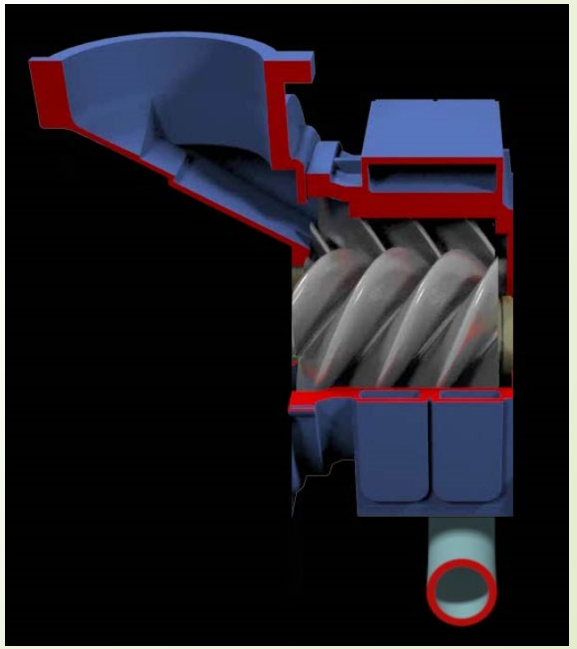
　羽根車の回転運動によって流体にエネルギーを与えて、流体の速度と圧力を増加させる

軸流式	遠心式
	

容積型圧縮機

【作動原理】

　押しのけ室の容積を減少させることによって流体を昇圧、圧送する

往復式	回転式（ねじ（スクリュー））
	

D－3　丙種化学液石講習　教材一例

丙種化学液石講習
講習科目：高圧ガス保安法

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－1）製造保安責任者免状と保安統括者等

製造保安責任者免状 ＼ 保安統括者等	保安統括者	保安技術管理者	保安主任者	保安企画推進員	保安係員
甲種化学・甲種機械	免状不要	○	○	免状不要 保安技術管理者 3年以上 保安主任者等 5年以上 保安係員等 7年以上	○
乙種化学・乙種機械	免状不要	△ 保安用不活性ガス以外のガスの処理能力100（貯槽有・充填200）万m³未満（不活性ガス・空気は各4倍の数値）に限り、液石丙化は液化石油ガスに限る。	○ 液石丙化は液化石油ガスに限る。	免状不要 保安技術管理者 3年以上 保安主任者等 5年以上 保安係員等 7年以上	○
丙種化学（液石丙化）	免状不要	×	×	免状不要 保安技術管理者 3年以上 保安主任者等 5年以上 保安係員等 7年以上	○
丙種化学	免状不要	×	×	免状不要 保安技術管理者 3年以上 保安主任者等 5年以上 保安係員等 7年以上	○

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－2） 高圧法令受講の意義（1）

法第31条第3項、
試験則第9条

1. 製造保安責任者試験における試験科目

丙種化学（液石）製造保安責任者
1）高圧法に係る法令
2）液化石油ガスの製造に必要な通常の保安管理技術
3）液化石油ガスの製造に必要な通常の応用化学及び基礎的な機械工学

2. 製造保安責任者試験の受験方法

① 1.1）～3）の全科目受験
② 科目免除受験［1.1）の高圧法に係る法令のみ受験］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－3） 高圧法令受講の意義（2）

法第31条第3項、
試験則第4条、5条、8条

1． 製造保安責任者試験における受験科目免除講習

① 丙種化学（液石）講習
- 1） 高圧法に係る法令　7時間以上
- 2） 液化石油ガスの製造に必要な通常の保安管理技術　7時間以上
- 3） 液化石油ガスの製造に必要な通常の応用化学及び基礎的な機械工学　7時間以上

受講

② 丙種化学（液石）技術検定
- ① 2） 液化石油ガスの製造に必要な通常の保安管理技術
- ① 3） 液化石油ガスの製造に必要な通常の応用化学及び基礎的な機械工学

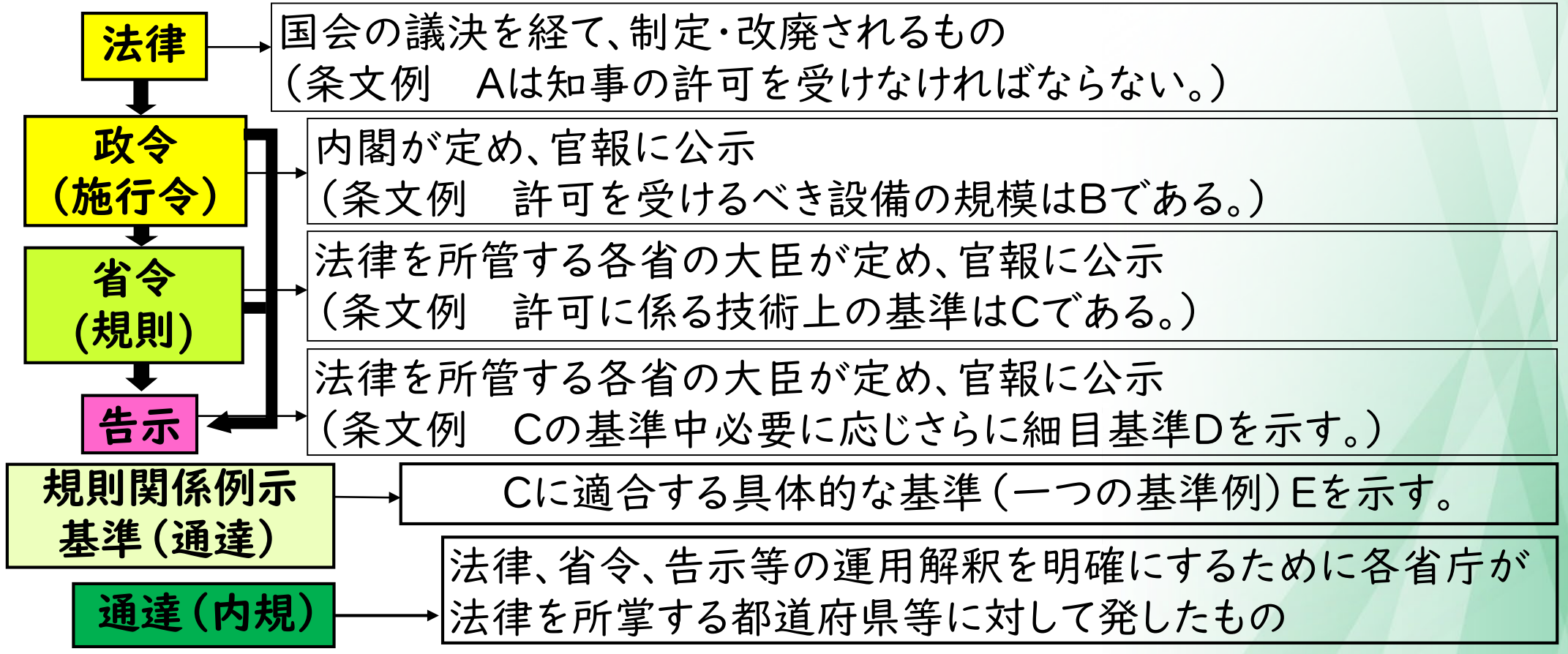
合格

2． 製造保安責任者試験における受験科目

1.①1） 高圧法に係る法令

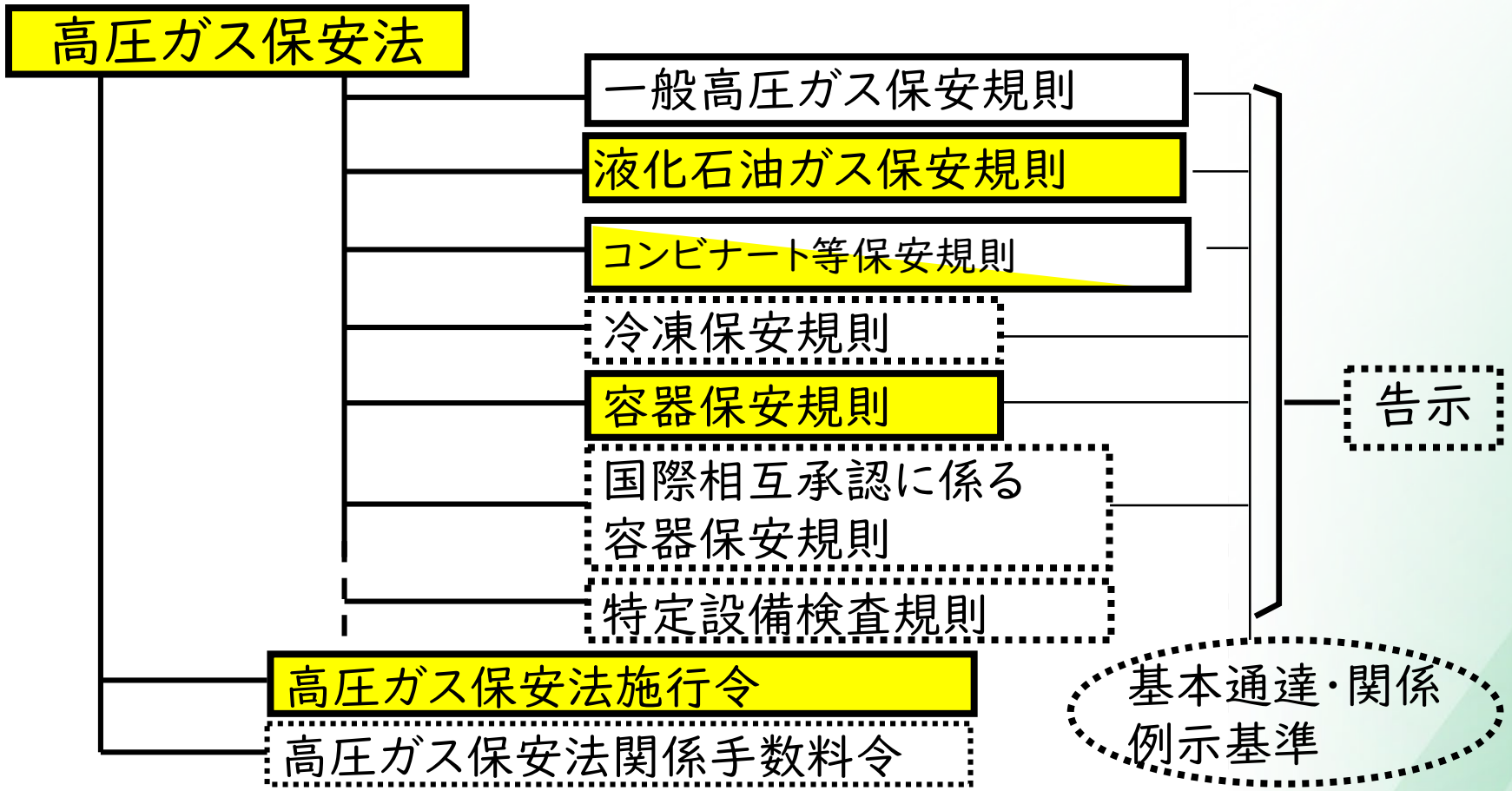
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図１　法令等の構成



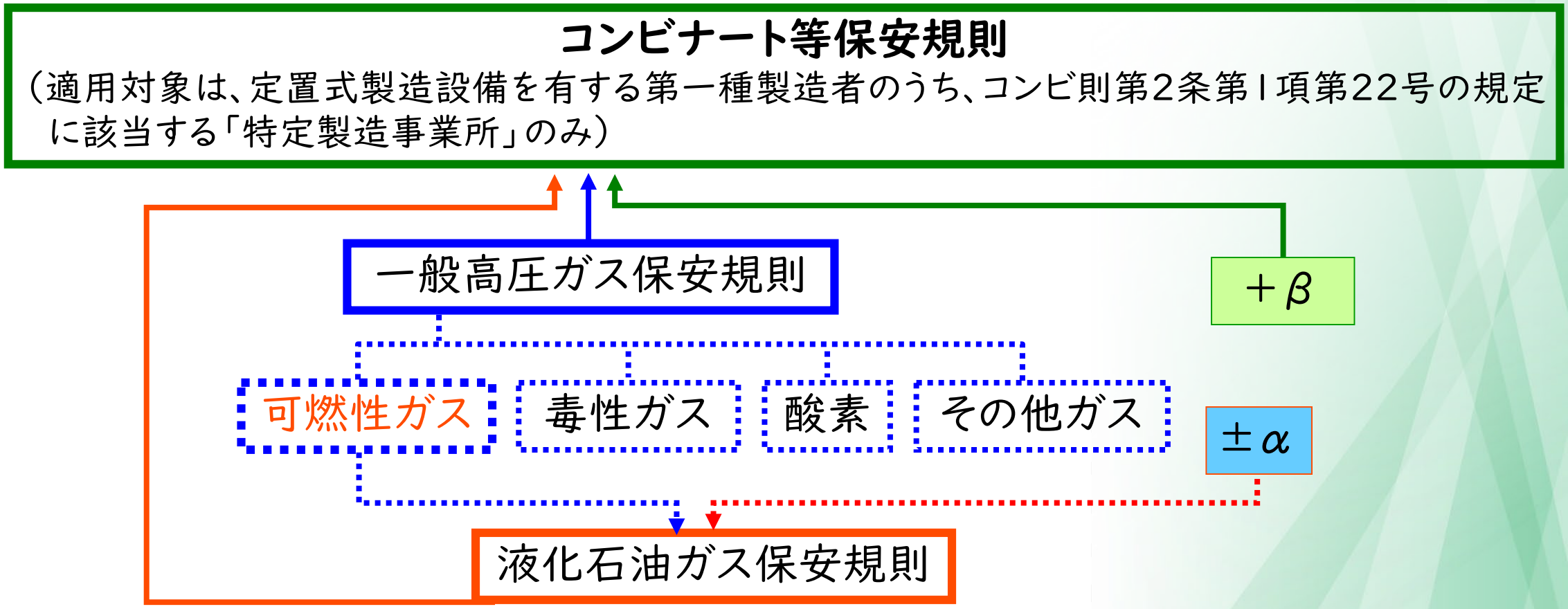
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2　高圧ガス保安法令の構成（主要なもの）



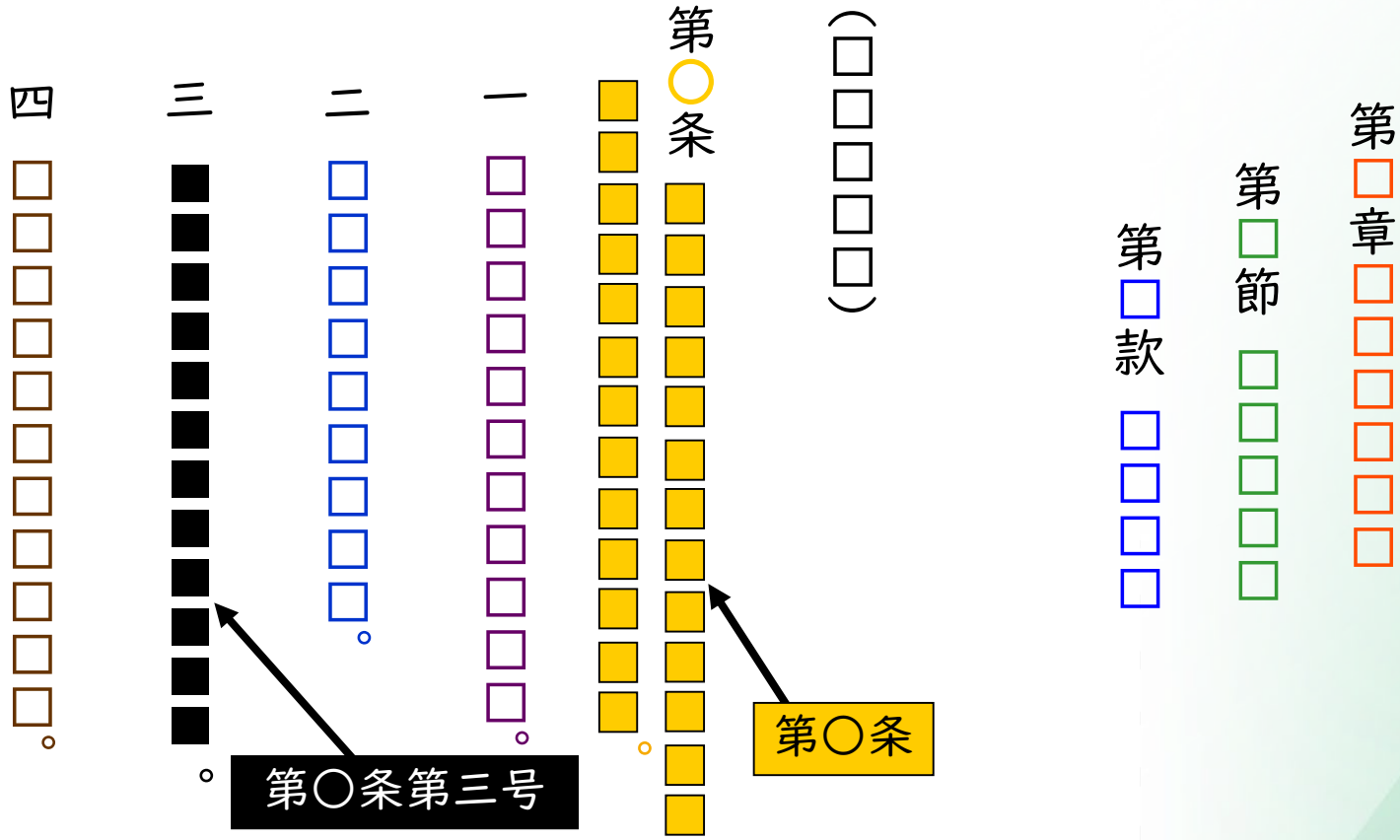
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図3 各保安規則の関連



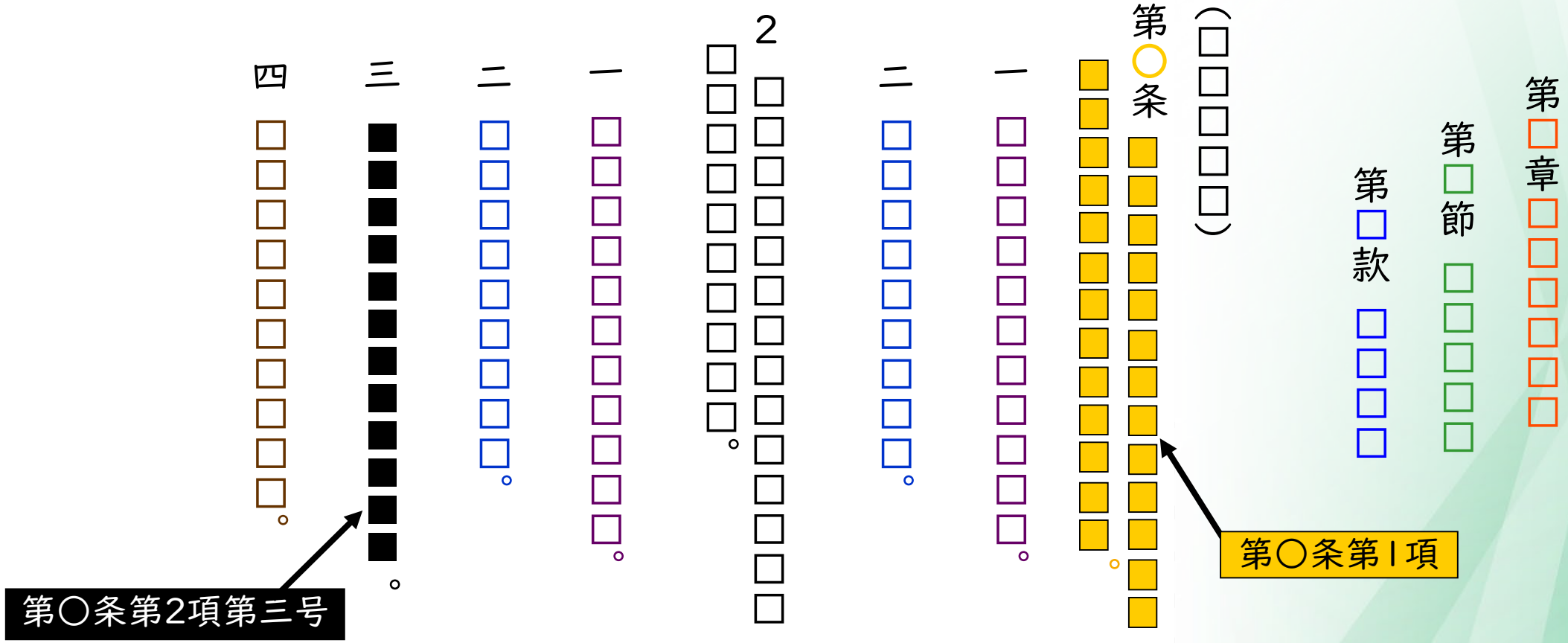
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図4－1　条項号の呼び方の例（1）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図4−2 条項号の呼び方の例（2）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－4）

根 拠 条 文
・法：法律
・政：政令
・液石：液化石油ガス保安規則
・一般：一般高圧ガス保安規則
・コンビ：コンビナート等保安規則
・容器：容器保安規則

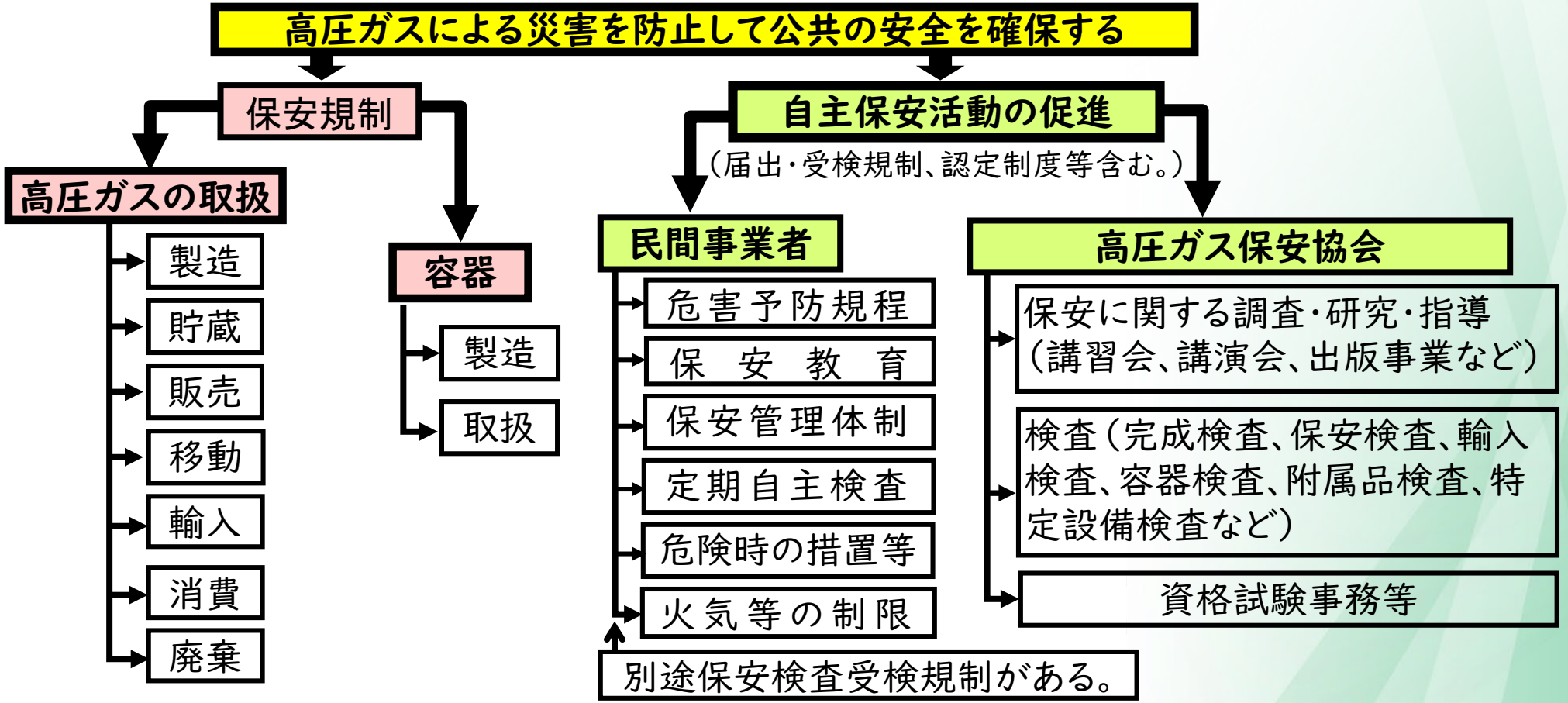
→ 法第〇条△項×号

スライド

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図5 高圧ガス保安法の目的と主な規制事項等

法第1条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図6 製造とは（法第5条関係（6）通達（内規））

法第1条、第5条

- 圧力を変化させる場合
  - ・高圧ガスでないガスを高圧ガスに！
  - ・高圧ガスをさらに昇圧！
  - ・高圧ガスを圧力の低い高圧ガスに降圧！
  - ・高圧ガス状態の液化ガスをポンプ又は気体によりさらに加圧！
- 状態を変化させる場合
  - ・ガスを液化させ、高圧ガス状態の液化ガスに！
  - ・高圧ガス状態の液化ガスを気化させ、高圧ガスに！
- 容器に高圧ガスを充填する場合

圧縮機等
圧縮機等
減圧弁等
ポンプ・CE等

液化機等
気化器等
充填機・移充填等

高圧ガスを蓄圧せず、火薬類を消費することによって高圧ガスを瞬間的に生成することは、高圧ガスの製造には該当しない。また、樹脂、ゴム及び金属の内部に高圧ガスを一時的に留めて成形又は加工に用いる金型等へ当該ガスを充填することは、高圧ガスの製造には該当しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図1　高圧ガスの製造（1）

法第1条、5条

高圧ガスの分離、反応、精製等
（エチレン製造プラント）

液化石油ガス一次基地
ローリー集荷基地

特定製造事業所（コンビナート製造事業所）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図2　高圧ガスの製造（2）

法第1条、5条

LPガス充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図3

高圧ガスの貯蔵（容器置場）

液石第6条1項35号、
コンビ第5条1項35号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

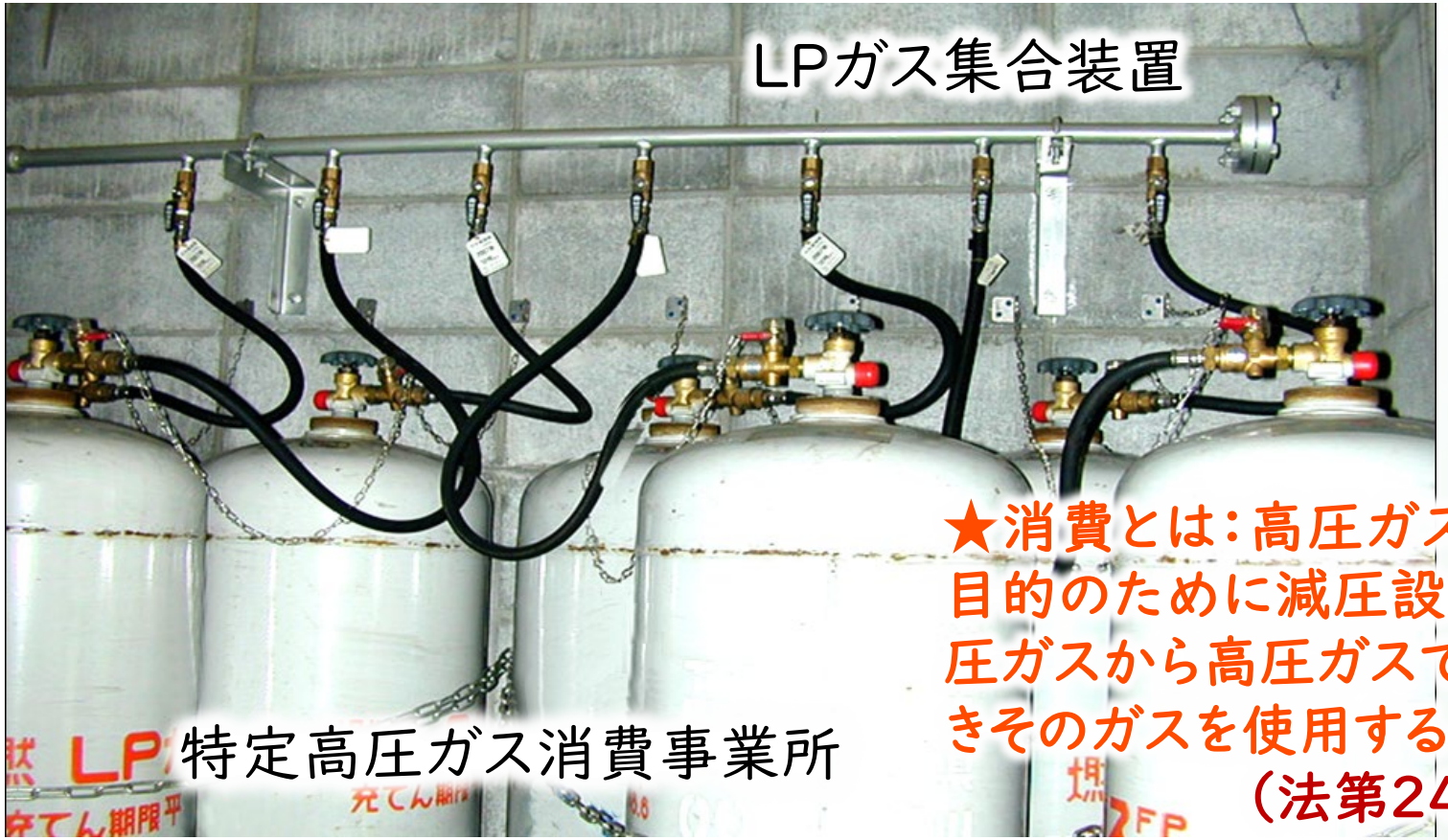
参考図4　高圧ガスの移動

法第1条、23条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図5　高圧ガスの消費

法第1条、24条の2、24条の5



★消費とは：高圧ガスを廃棄以外の一定の目的のために減圧設備のみにより瞬時に高圧ガスから高圧ガスでないガスにして引き続きそのガスを使用すること★

（法第24条の2関係基本通達）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7 高圧ガスの定義

法第2条1～4号政第1条

高圧ガスの区分	定　　義	具体的なガス名（例）
〔法第2条第1号〕 圧縮ガス （圧縮アセチレンガスを除く。）	常用の温度において圧力（ゲージ圧力。以下同じ）が1メガパスカル以上で現に1メガパスカル以上であるもの（図8のAガス、Cガス） 又は温度35度で1メガパスカル以上となるもの（図8のBガス）	アルゴン、一酸化炭素、空気、酸素、水素、窒素、ヘリウム、メタンほか
〔法第2条第2号〕 圧縮アセチレンガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの（図8のAガス、Cガス） 又は温度15度で0.2メガパスカル以上となるもの（図8のBガス）	アセチレン
〔法第2条第3号〕 液化ガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの （図9のAガス） 又は圧力が0.2メガパスカルとなる場合の温度が35度以下であるもの（図9のBガス）	（いずれも「液化」を冠す）アンモニア、塩素、二酸化硫黄、二酸化炭素、液化石油ガス、フルオロカーボン、酸素、窒素、アルゴンほか
〔法第2条第4号〕 第3号に掲げるものを除くほか、右の定義に該当する液化ガス	温度35度において圧力が0パスカルを超える液化ガスのうち、液化シアン化水素、液化ブロムメチル又はその他のガスであって、政令で定めるもの（図10－1の3種類のガス）	液化シアン化水素 液化ブロムメチル 液化酸化エチレン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

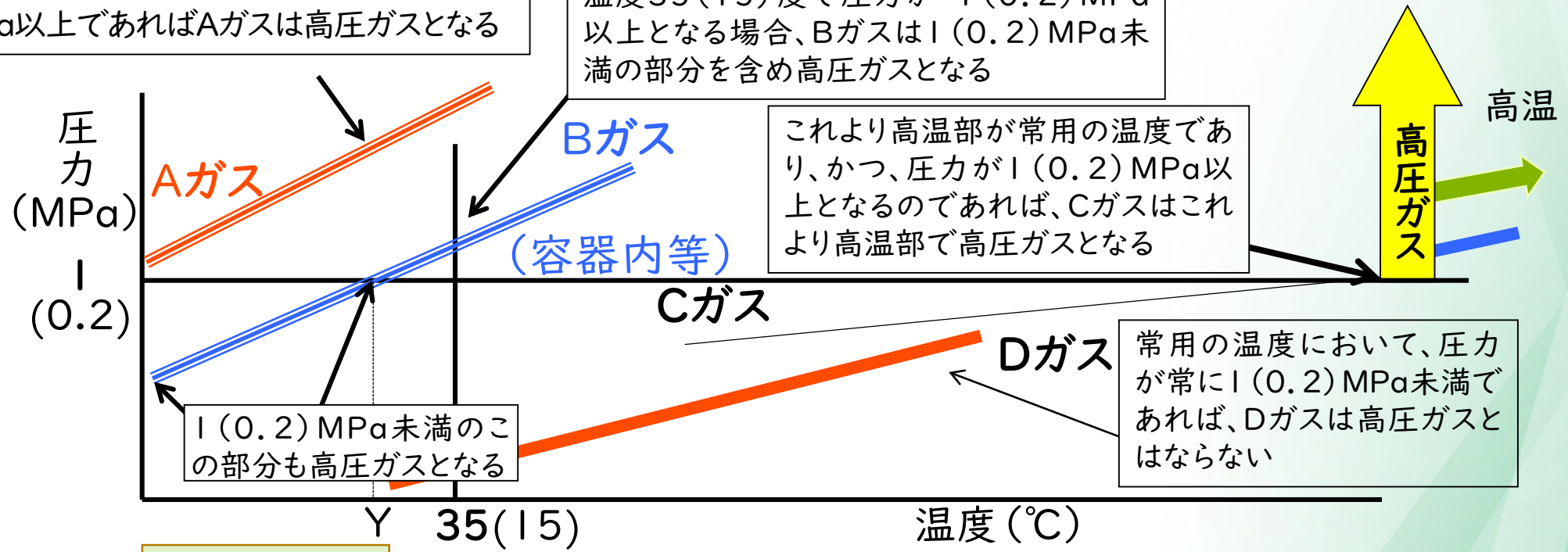
図8 高圧ガスとは（1）

＊圧縮ガス〔（ ）内の数値は、圧縮アセチレンガス〕

法第2条1、2号

常用の温度において圧力が常に1（0.2）MPa以上であればAガスは高圧ガスとなる

温度35（15）度で圧力が 1（0.2）MPa以上となる場合、Bガスは1（0.2）MPa未満の部分を含め高圧ガスとなる



これより高温部が常用の温度であり、かつ、圧力が1（0.2）MPa以上となるのであれば、Cガスはこれより高温部で高圧ガスとなる

常用の温度において、圧力が常に1（0.2）MPa未満であれば、Dガスは高圧ガスとはならない

＊常用の温度：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

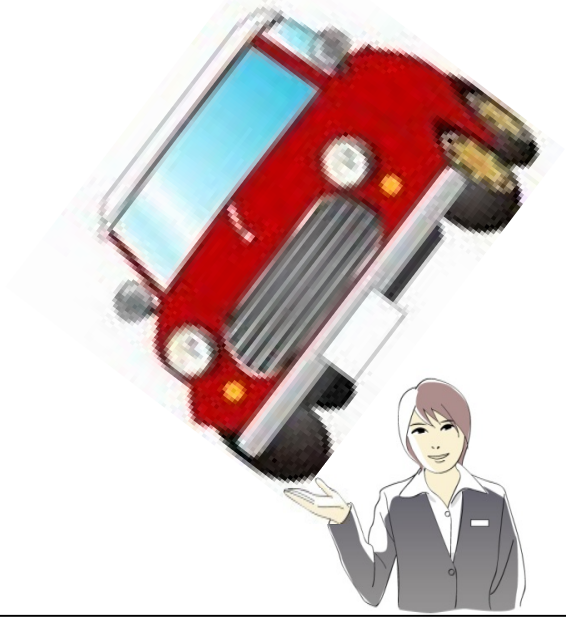
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図6　圧力のSI単位

法第5条関係
基本通達

$Y(MPa) = X(kgf/cm^2) \times (9.80665 \times 10^{-2})$

1（MPa）（メガパスカル）　＝　10.2（kgf／cm²）



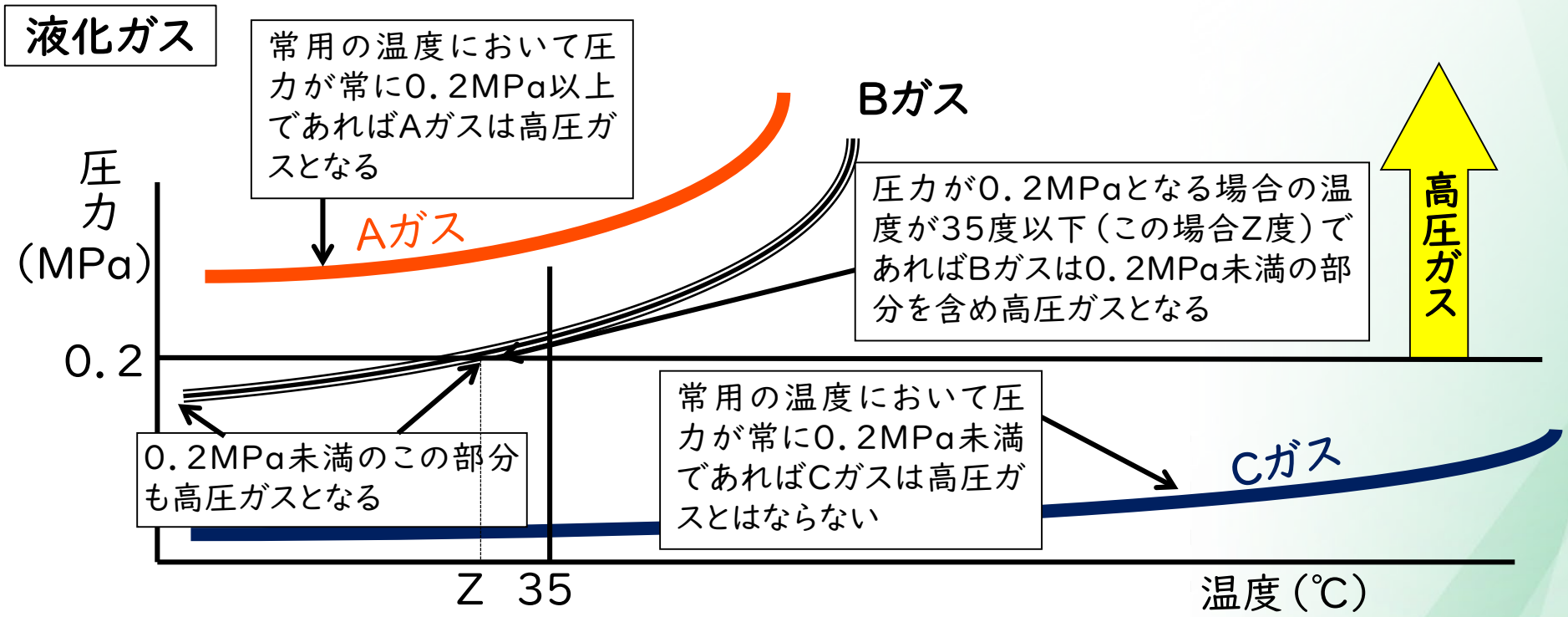
（圧力単位の大きさの目安）

1MPaは、重さ1トン程度の自動車を片手に載せたときの、その掌(面積が100cm²と仮定)にかかる圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9 高圧ガスとは（2）

法第2条3号

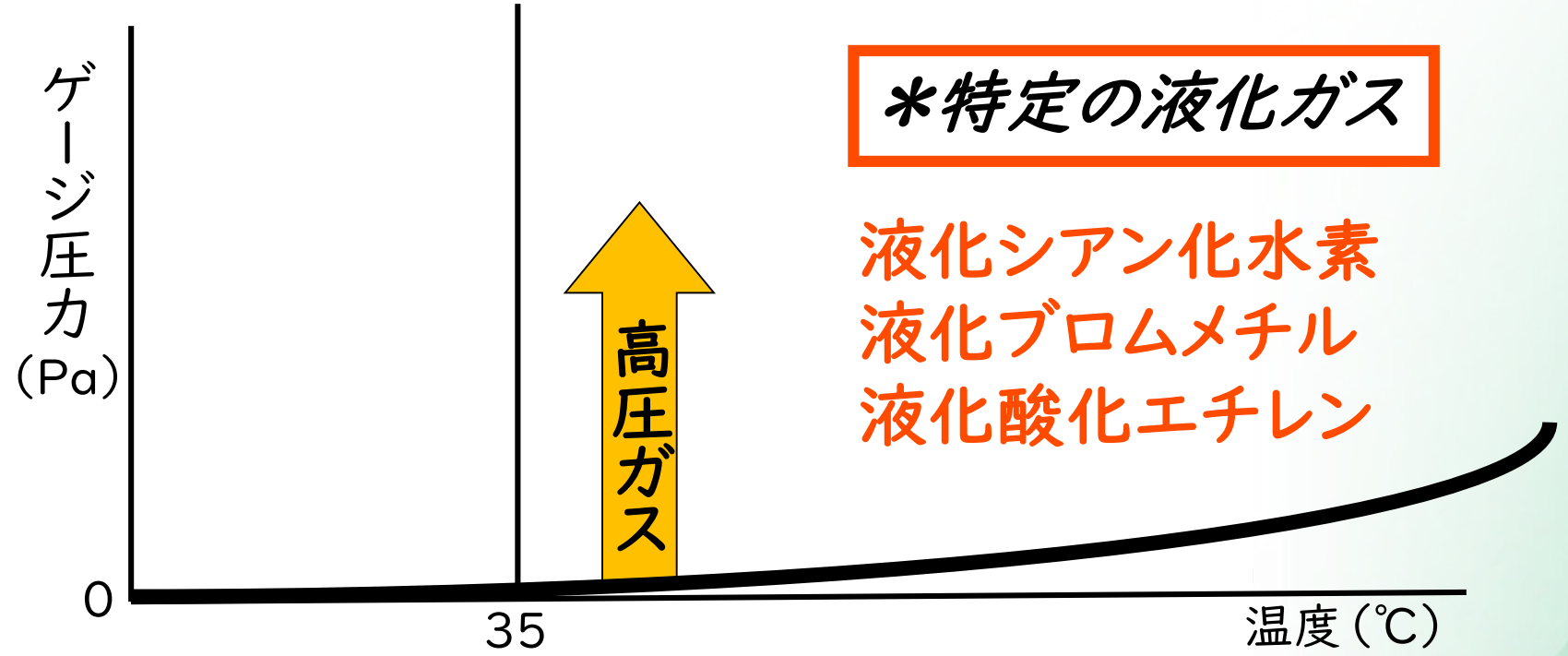


＊常用の温度：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10－1 **高圧ガスとは（3）**

法第2条4号、政第1条



＊特定の液化ガス

液化シアン化水素
液化ブロムメチル
液化酸化エチレン

特定の液化ガス（3種類）の場合は、温度35度において
圧力0パスカルを超えるものであれば「高圧ガス」と定義される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10−2

液化ガスの定義（法第2条関係基本通達）

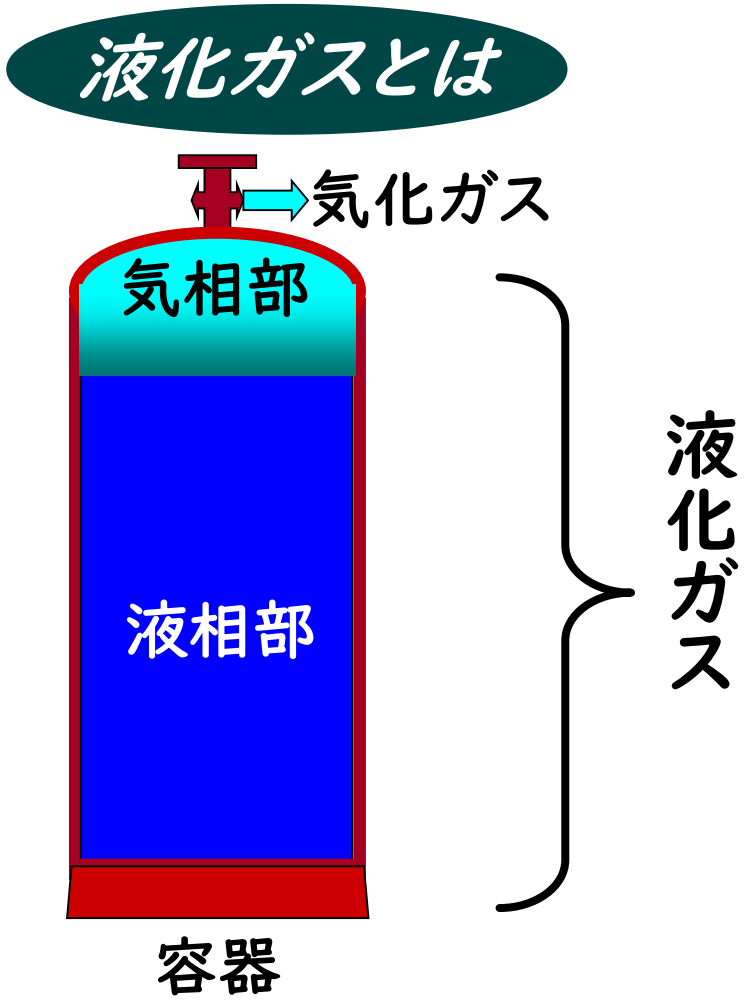
「液化ガス」とは、**現に液体であって**次のいずれかに該当するものをいう。

① 大気圧下における沸点（当該液体が純物質か混合物であるか否かにかかわらず、当該液体の蒸気圧が大気圧と等しくなる温度をいう。以下②において同じ。）が40℃以下のもの

② 大気圧下における沸点が40℃を超える液体が、その沸点以上かつ1MPa以上の状態にある場合のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図7



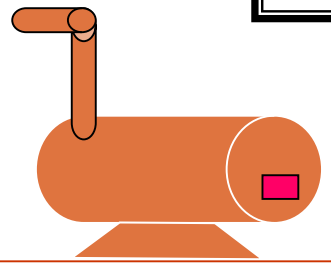
貯槽、容器、配管内等における液相部を有するガスは、液相部及び気相部を併せて「液化ガス」として取り扱う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図１１－１

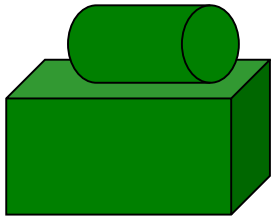
高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（１）

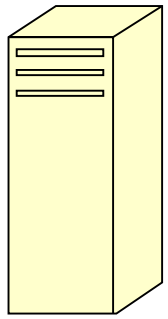
法第3条



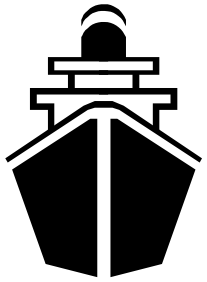
高圧ボイラー・同導管内の高圧蒸気

電気工作物内の高圧ガス

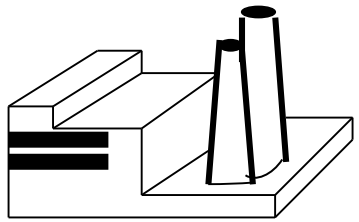




船舶内の高圧ガス

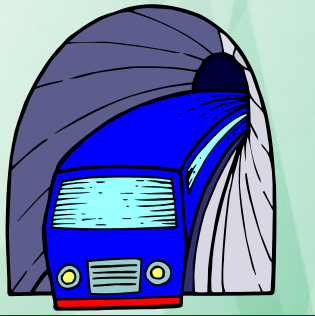


航空機内の高圧ガス



原子炉・同附属施設内の高圧ガス

3トン（二酸化炭素、不活性のフルオロカーボンは5トン）未満の冷凍設備内の高圧ガス



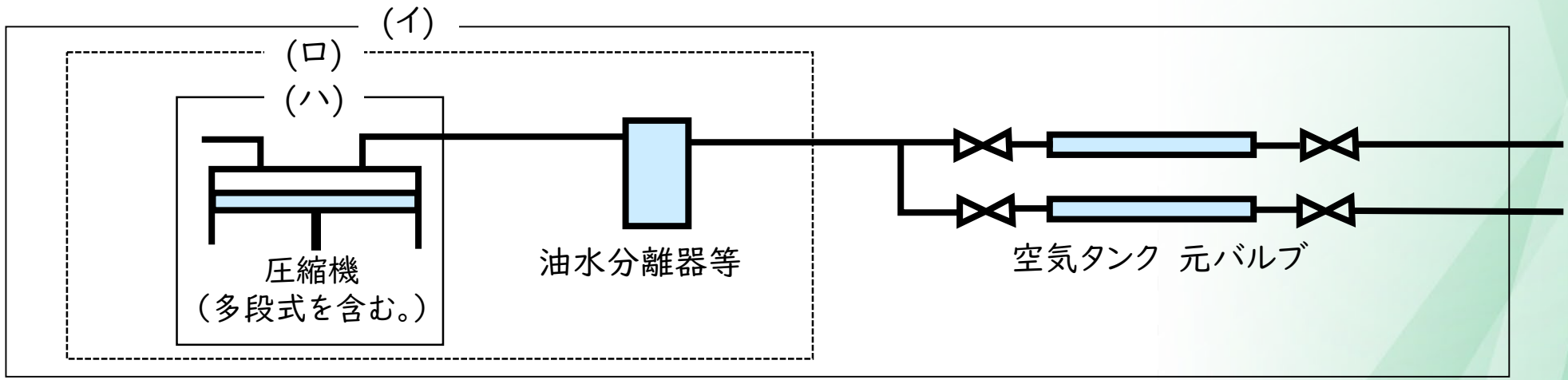
鉄道車両のエアコン内の高圧ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図Ⅱ−2 高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（2）

法第3条、政第2条3項1号、2号

①*圧縮装置内（圧縮機と同様の圧縮機構で空気を圧縮し、同装置内で加工、成形する機器類を含む。また、空気分離装置に用いられているものを除く。）の温度35℃における圧力が5MPa以下の空気
② 圧縮装置（空気分離装置に用いられているものを除く。設置条件有り。）内の温度35℃における圧力が5MPa以下の不活性ガス



*圧縮装置とは、設備の配置からみて一体として管理されるものとして設計されたもので（イ）、（ロ）又は（ハ）の範囲内の装置をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11−3 高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（3）

法第3条、政第2条3項5号、6号

① 液化ブロムメチルの製造のための設備外における当該ガス

② 常時他の設備と配管により接続されていないオートクレーブ（バッチ式反応釜）内における高圧ガス（ただし、水素、アセチレン及び塩化ビニルを除く。→適用除外されない！）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11−4 高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（4）

法第3条、政第2条3項9号

ガスを圧縮、液化その他の方法で処理する設備内の高圧ガスであって、当該設備内のガスの容積が0.15m^{3}以下のもののうち、告示で定めるもの（政令第2条第3項第9号）

（施行令関係告示第4条の2）

1. 分析機器内における高圧ガス（分析機器の例→超臨界流体クロマトグラフ分析装置）
2. エアバッグガス発生器内における高圧ガス
3. 銃砲刀剣類所持等取締法に規定する空気銃又は準空気銃内における高圧ガス
4. 消火活動のため使用される放水銃内における高圧ガス
5. 3及び4に規定する空気銃、準空気銃、又は放水銃へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス
6. 冷凍設備へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス

（1～6のいずれも該当条件があるが記載省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図12−1 製造許可・製造事業届

法第5条1項1号、2項1号

処理能力が所定の値以上の設備で高圧ガスの製造をしようとする者

事業所ごとに、知事等に許可申請

第一種製造者

知事等の許可

施設の設置工事着工

第二種製造者

処理能力が所定の値未満の設備で高圧ガスの製造の事業をしようとする者

事業所ごとに、事業開始の日の20日前までに知事等に届出

事業所内製造施設の処理能力は、原則合算する。

＊複数の処理設備がある場合、①同一の処理設備が並列で設置され、同時に稼働できないことが確実な場合は合算しなくてよい。②処理能力の値が100m³（第一種ガスの場合は300m³）未満の場合であって他の製造施設とガス設備で接続されていないもので、かつ、他の製造施設の機能に支障を及ぼすおそれのないもの等にあっては、これらの処理能力を合算しなくてよいものとする。この場合、当該製造施設は、それぞれ法第5条第2項の適用（第二種製造者＝製造事業届出が必要）を受けることとなる。

（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律の施行

液石第3条他

平成29年11月15日経済産業省令第83号により改正（平成30年4月1日施行）
容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則等の改正

（第一種製造者に係る製造の許可の申請）〔液石則の例〕
第3条　法第5条第1項の規定により、同項第1号の許可を受けようとする者は、様式第1の高圧ガス製造許可申請書に製造計画書を添えて、事業所の所在地（移動式製造設備を使用する者にあっては、当該設備の使用の本拠の所在地。以下同じ。）を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。（以下略。第2項略）

条文は説明用に編集してあるので、正式な条文とは異なる。

都道府県知事（当該事業所が地方自治法第252条の19第1項の指定都市（以下「指定都市」という。）の区域内にある場合であつて、当該事業所に係る事務が高圧ガス保安法施行令第22条に規定する事務（高圧ガスを取り扱う事業所の集積の程度、高圧ガスの処理量その他の高圧ガスの取扱いの状況を考慮して経済産業大臣が定める区域に所在する事業所（コンビ則適用事業所）並びに液化石油ガス法に規定する施設等に係る事務）に該当しない場合にあっては、当該事業所の所在地を管轄する指定都市の長。以下、第二種製造者の届出、承継の届出、変更の工事等の許可の申請、同軽微な変更の届出、第一種貯蔵所の設置の許可の申請、第二種貯蔵所の設置の届出、完成検査の申請、販売業者の販売の事業の届出、高圧ガスの製造の開始又は廃止の届出、特定高圧ガスの消費者に係る消費の届出、危害予防規程の届出等、保安統括者等の選任等の届出、保安検査の申請等、事故届等において同じ。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

地方自治法第252条の19第1項の指定都市とは

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、政令で指定された場合に、一般市から移行が成される。これを「指定都市」という。

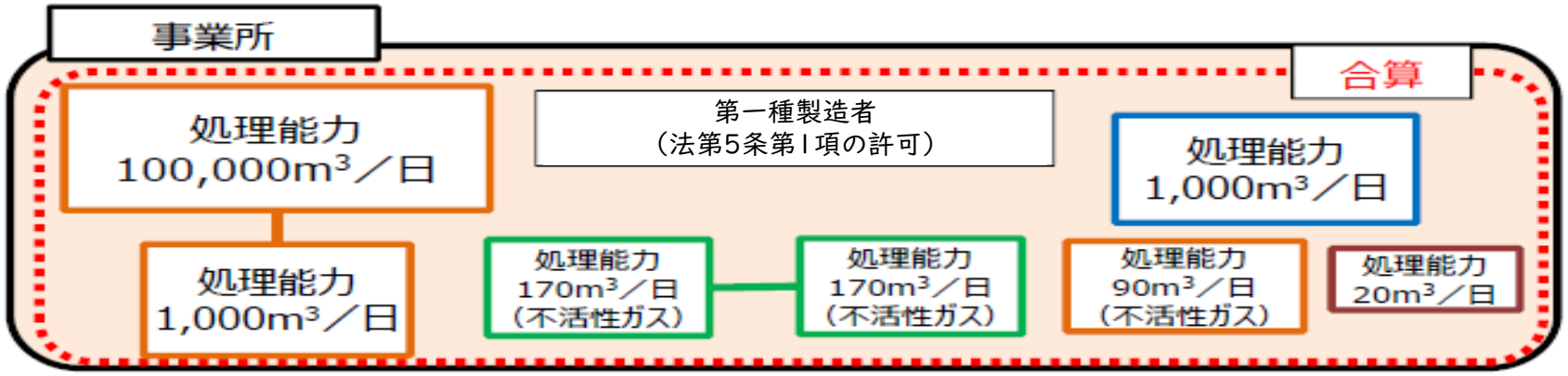
政令指定都市の位置。
全国に20ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図12−2

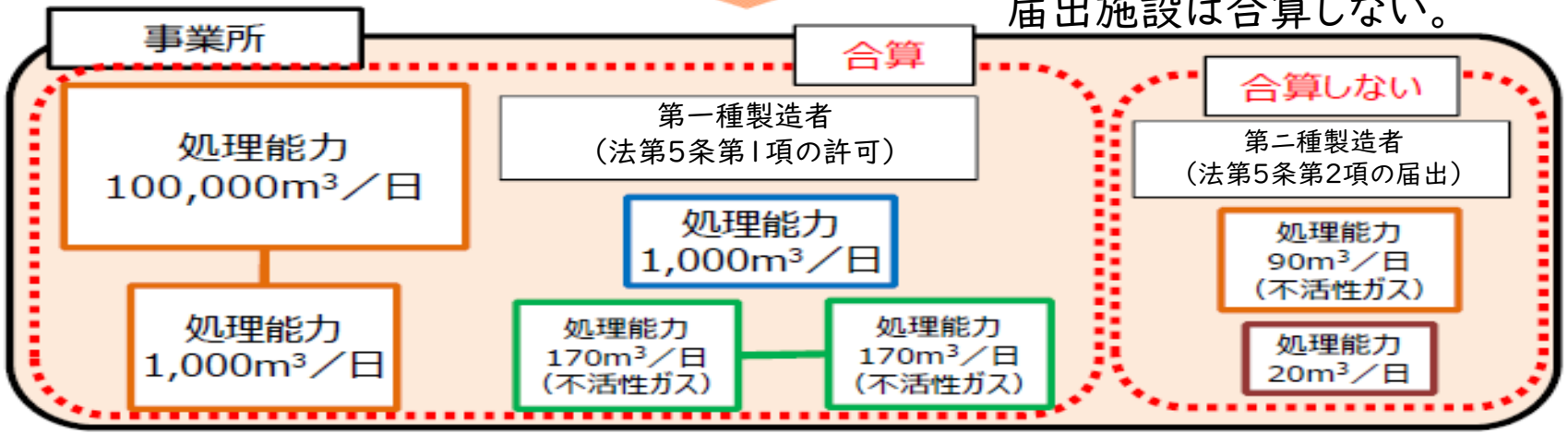
処理量合算の考え方について

平成28年
10月31日まで



許可施設はその処理能力を合算し、
届出施設は合算しない。

平成28年
11月1日以降



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図8　事業所ごと

法第5条

（同一敷地内）

一般ガス製造施設
（処理能力A）

指定設備の製造施設
（処理能力B）

液化石油ガス製造施設
（処理能力C）

事業所の範囲

事業所の処理能力

A+C=X

（処理能力が小規模で接続されていない場合等は合算しないことがあり得る。（図12−1及び図12−2参照））

第一種製造者相当の製造施設、第二種製造者相当の製造施設及び指定設備は、1つのものとして許可対象になる。ただし、指定設備の処理能力は加算されない。

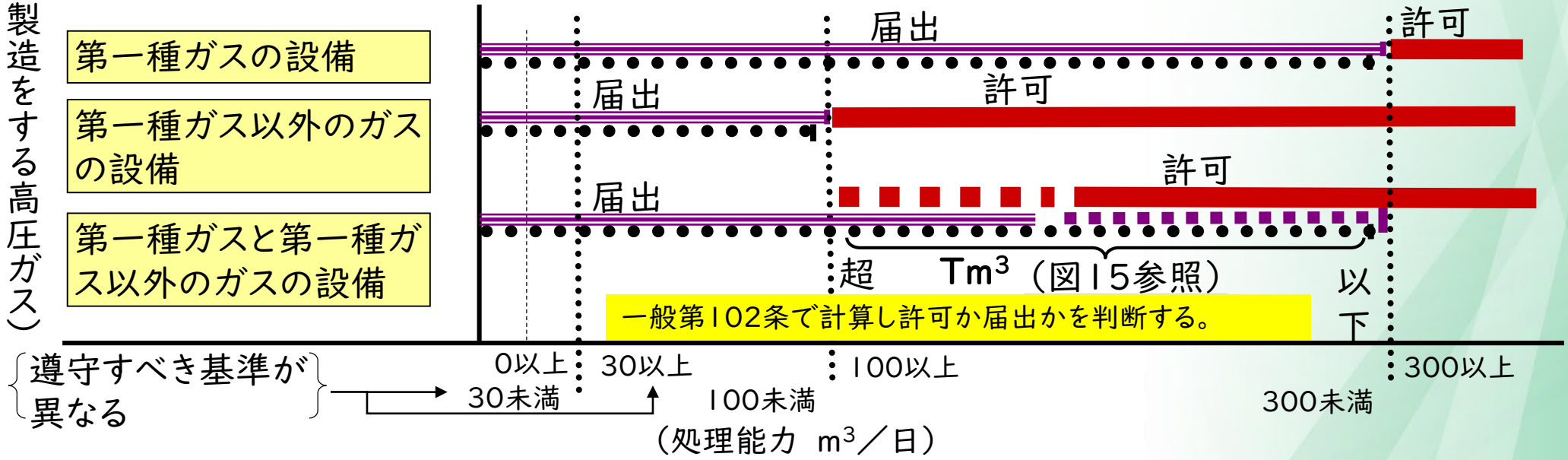
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13

高圧ガス製造事業所の許可、届出等の区分

法第5条、政第3条、一般第101、102条

：第一種製造者【知事等の製造許可＋製造基準の遵守】
：第二種製造者【知事等へ製造事業の届出＋製造基準の遵守】
（製造を業とする者ー事業開始の日の20日前までに知事等に届出）
：製造を業としないその他の製造者【製造基準の遵守のみ】



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図9　処理能力算定式の例

液石第2条1項15号

処理能力（Q）：圧縮、液化その他の方法で1日に処理することができるガスの容積（温度0℃、圧力0Paに換算した容積（m^3））（主なもの）

ポンプ　$Q_1=W_1\times24\times\rho\times22.4/M$

圧縮機　$Q_2=W_2\times24$

蒸発器　$Q_3=W_3\times24\times22.4/M$

凝縮器　$Q_4=W_4\times24\times22.4/M$

W_1：ポンプの最大吐出し量（L／時）
W_2：圧縮機の最大吐出し量（m^3／時）
W_3：蒸発器の公称能力（kg／時）
W_4：凝縮器の公称能力（kg／時）
ρ　：液密度（kg ／ L）
M　：分子量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14−1 **第一種ガスとは**

法第5条、政令第3条、一般第101条

・比較的災害の発生のおそれが小さいものとして指定された次の10種類の高圧ガス

＊ヘリウム
＊ネオン
＊アルゴン
＊クリプトン
＊フルオロカーボン
＊空気
＊キセノン
＊ラドン
＊窒素
＊二酸化炭素

（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14−2　高圧ガスの燃焼性、毒性等による区分（一般則第2条「用語の定義」）

可燃性ガス

一般則第2条第1項第1号に掲名したガス（アクリロニトリル以下39種類＝改正なし）及びその他のガスであって、次のイ又はロに該当するもの（フルオロカーボンであって経済産業大臣が定めるものを除く。）

イ　爆発限界の下限が10%以下のもの

ロ　爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの

毒性ガス

一般則第2条第1項第2号に掲名したガス（アクリロニトリル以下33種類）及び毒物及び劇物取締法第2条第1項に規定する毒物

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14−3

不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号に掲名したガス

ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。→不燃性、難燃性のものが該当）

（可燃性ガスに該当しないフルオロカーボンとして、フルオロオレフィン1234yf、フルオロオレフィン1234ze及びフルオロカーボン32（爆発下限界13.8%、同上限界29.9%）が含まれる。（政令第3条表中第1号、一般則第101条、製造細目告示第15条参照→これら規定により「第一種ガス」となる。））

特定不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号の2により、

特定不活性ガス　不活性ガスのうち、フルオロカーボンであって、温度60度、圧力0パスカルにおいて着火したときに火炎伝ぱを発生させるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図15　第一種ガスの設備とその他のガスの設備の両方の設備を併設している場合

法第5条、政第3条、一般第102条

事業所の1日の処理能力の合算値が、100 m^3を超え、300 m^3以下であって、次の計算式の計算値（T）と比べて、

- T 以上の場合 → 許可（第一種製造者）
- T 未満の場合 → 届出（第二種製造者）

$$T=100+\frac{2}{3}\times S$$

S：第一種ガスの処理能力（m^3／日）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの設備とその他のガスの設備の両方の設備を併設している場合の計算例

一般第102条

①液化石油ガス50m³／日、窒素210 m³／日の場合

合計処理能力＝50+210=260（m³／日）

T＝100+2／3×210=240

T（240m³／日）≦ 260（m³／日）　∴第一種製造者

② 液化石油ガス 20m³／日、二酸化炭素180m³／日の場合

合計処理能力＝20+180=200（m³／日）

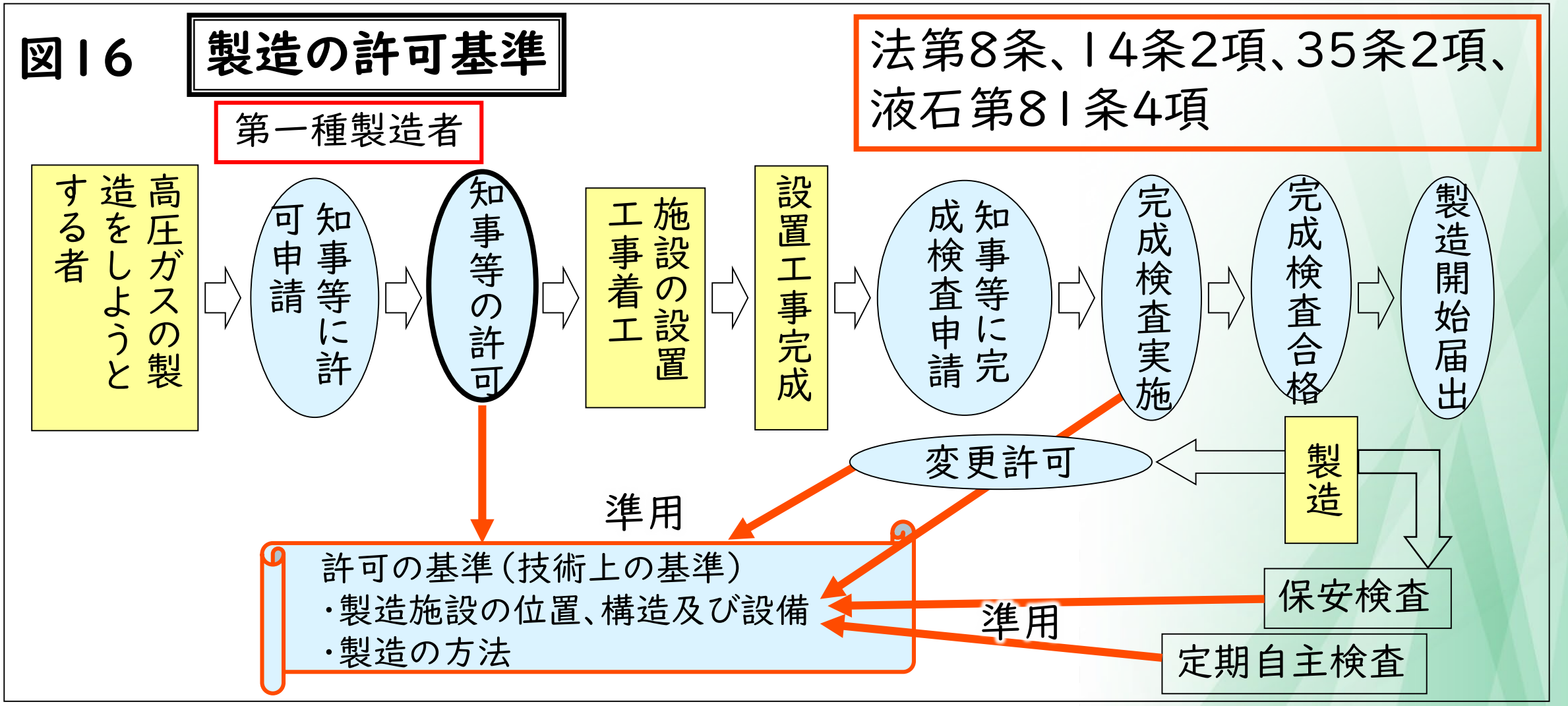
T＝100+2／3×180=220

T（220 m³／日）>200（m³／日）　∴第二種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16 製造の許可基準

法第8条、14条2項、35条2項、
液石第81条4項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図10　第一種製造者の製造施設に係る技術上の基準の区分

一般第6条～8条の2、
液石第6条～9条、
コンビ第5条～7条の3

区分 / 製造設備	一般高圧ガス製造事業所 一般高圧ガス保安規則	液化石油ガス製造事業所 液化石油ガス保安規則	特定製造事業所 コンビナート等保安規則
定置式製造設備	① ②～⑤を除く一般ガス製造設備 ② コールド・エバポ レータ製造設備 ③ 圧縮天然ガススタンド ④ 液化天然ガススタンド ⑤ 圧縮水素スタンド	① ②を除く液化石油ガス製造設備 （第一種製造設備 第二種製造設備） ② 液化石油ガススタンド	① ②～⑥を除く製造設備 ② コールド・エバポレータ製造設備 ③ 特定液化石油ガススタンド ④ 圧縮天然ガススタンド ⑤ 液化天然ガススタンド ⑥ 圧縮水素スタンド
移動式製造設備	① 移動式圧縮水素スタンド ② ①以外の移動式製造設備	① ポンプ付液化石油ガスタンクローリ ② ①以外の移動式製造設備	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図17　製造許可等の承継

法第10条、10条の2、17条、20条の4の2

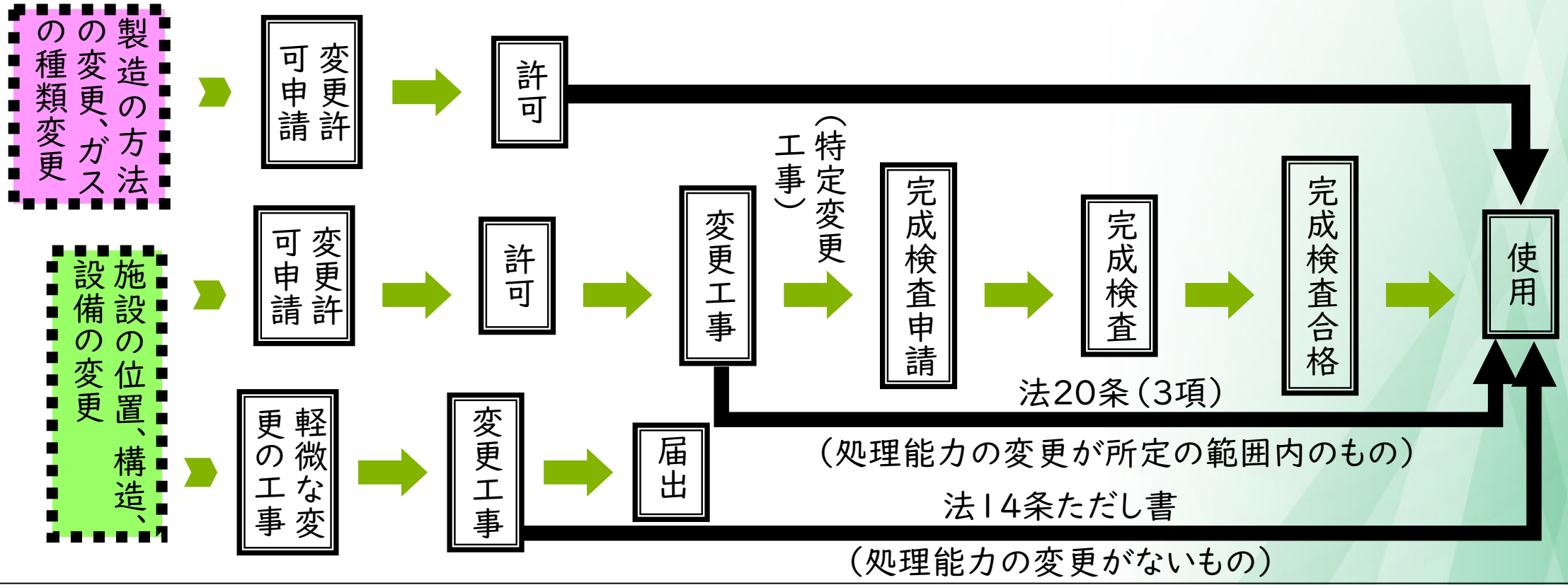
●は、承継する。

	合併、分割、相続	譲渡し	引渡し
第一種製造者の許可	●		
第二種製造者の事業	●	●	
第一種貯蔵所の許可		●	●
販売業者の事業	●	●	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図18　第一種製造者の製造施設等の変更許可・届出

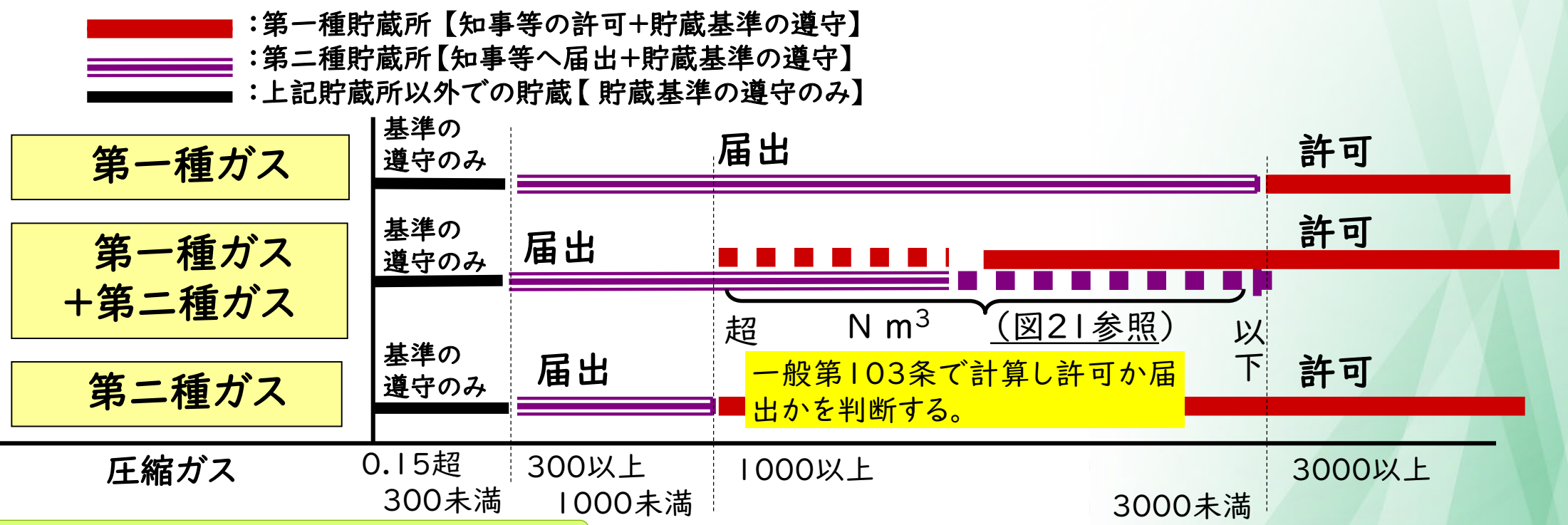
法第14条、20条3項、液石第16条、34条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19－1 第一種貯蔵所・第二種貯蔵所・その他貯蔵〈貯蔵能力による区分〉

法第15条、16条、17条の2、政第5条、一般第103条



（注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

貯蔵数量 m^3 [液化ガスは10kgを1m^3とする。]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19−2

容積（貯蔵量）の合算について
（法第16条関係基本通達）→図19−3 参照

① 消火設備内高圧ガス（不活性ガスに限る。）とそれ以外の高圧ガスは区分し、両者は合算しない。また、消火設備内高圧ガスについては、設備が配管で接続されている場合のみ合算する。

② 消火設備内高圧ガス以外の高圧ガスについては、次のいずれかの場合は合算する。

イ 容器又は容器以外の貯蔵設備（以下「設備」という）が配管で接続されている場合

ロ 設備が配管で接続されないときであって次の場合

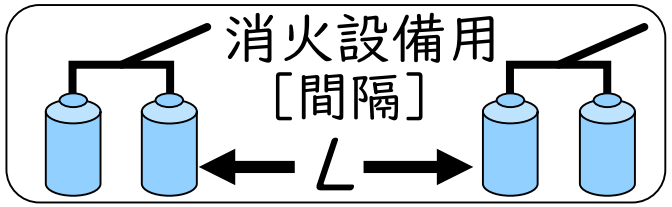
（ｉ）容器以外の貯蔵設備同士又は容器と容器以外の貯蔵設備との間が30m以下である場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19−3 貯蔵能力の合算

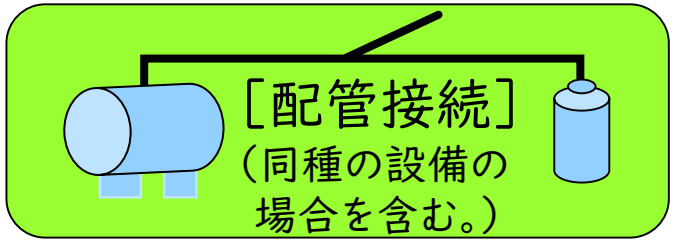
法第16条関係基本通達

①



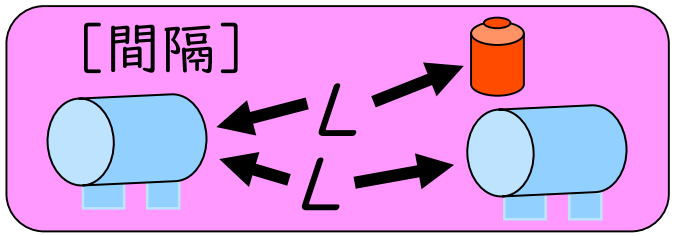
設備（容器）の間隔（L）に関係なく、配管接続のもののみ一つの貯蔵として合算する。また、消火設備以外の高圧ガスとは合算しない。

②イ



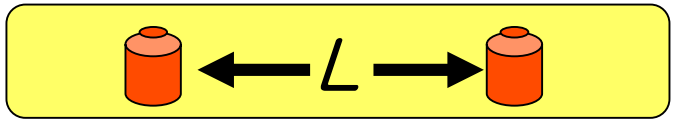
容器又は容器以外の貯蔵設備が配管接続の場合は、その間隔に関係なく、一つの貯蔵として合算する。

②ロ（ｉ）



容器以外の貯蔵設備と容器以外の貯蔵設備又は容器と容器以外の貯蔵設備との間（L）が30m以下の場合は、一つの貯蔵として合算する。

②ロ（ⅱ）



容器と容器との間（L）が22.5m以下である場合は一つの貯蔵として合算する。⇨ 図19−4の記述参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19−4

（ii）容器と容器の間（多層階の場合、建物内の上下関係を含む。）が22.5m（次のa及びbの場合は、それぞれに示す距離）以下である場合

a 容器と容器の間に厚さ12cm以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁（bにおいて単に「障壁」という。）が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所（容器置場の6面が閉鎖されているのではなく、両者が有効に遮断されていれば側面や上方は開放されていてもよい。bにおいて同じ。）に設置されている場合（bの場合を除く。） 11.25m

b それぞれの容器置場の面積が8㎡以下の場合であって、容器と容器の間に障壁が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所に設置されている場合 6.36m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図20 貯蔵所の設置の許可・届出

法第16条、17条の2

第一種貯蔵所

高圧ガスの貯蔵所を設置しようとする者
→ 知事等に許可申請
→ 知事等の許可
→ 貯蔵所の設置工事着工
→ 設置工事完成
→ 知事等に完成検査申請
→ 完成検査実施
→ 完成検査合格
→ 貯蔵所の使用

第二種貯蔵所

高圧ガスの貯蔵所を設置しようとする者
→ 知事等に届出
→ 貯蔵所の設置工事着工
→ 設置工事完成
→ 貯蔵所の使用

1.5kg（0.15m³）を超え3000kg（300m³）未満は許可及び届出不要・貯蔵方法の基準遵守のみ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図21　第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵している場合

法第16条、17条の2、
政第5条、一般第103条

合計貯蔵数量が1000m³を超え、3000m³以下であって、実際の合計貯蔵数量が次の計算式の計算値（N）と比べて、

- N 以上の場合 → （許可）第一種貯蔵所
- N 未満の場合 → （届出）第二種貯蔵所

$$N = 1000 + \frac{2}{3} \times M$$

M：第一種ガスの容積（m³）（液化ガス10 kgを1 m³とする。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵している場合の計算例

一般第103条

①液化石油ガス5000kg、二酸化炭素2100m³の場合

合計貯蔵数量＝500（換算）＋2100＝2600（m³）

N＝1000＋2／3×2100＝2400

N（2400m³）≦2600（m³）　∴第一種貯蔵所

② 液化石油ガス2000kg、二酸化炭素1800m3の場合

合計貯蔵数量＝200（換算）＋1800＝2000（m³）

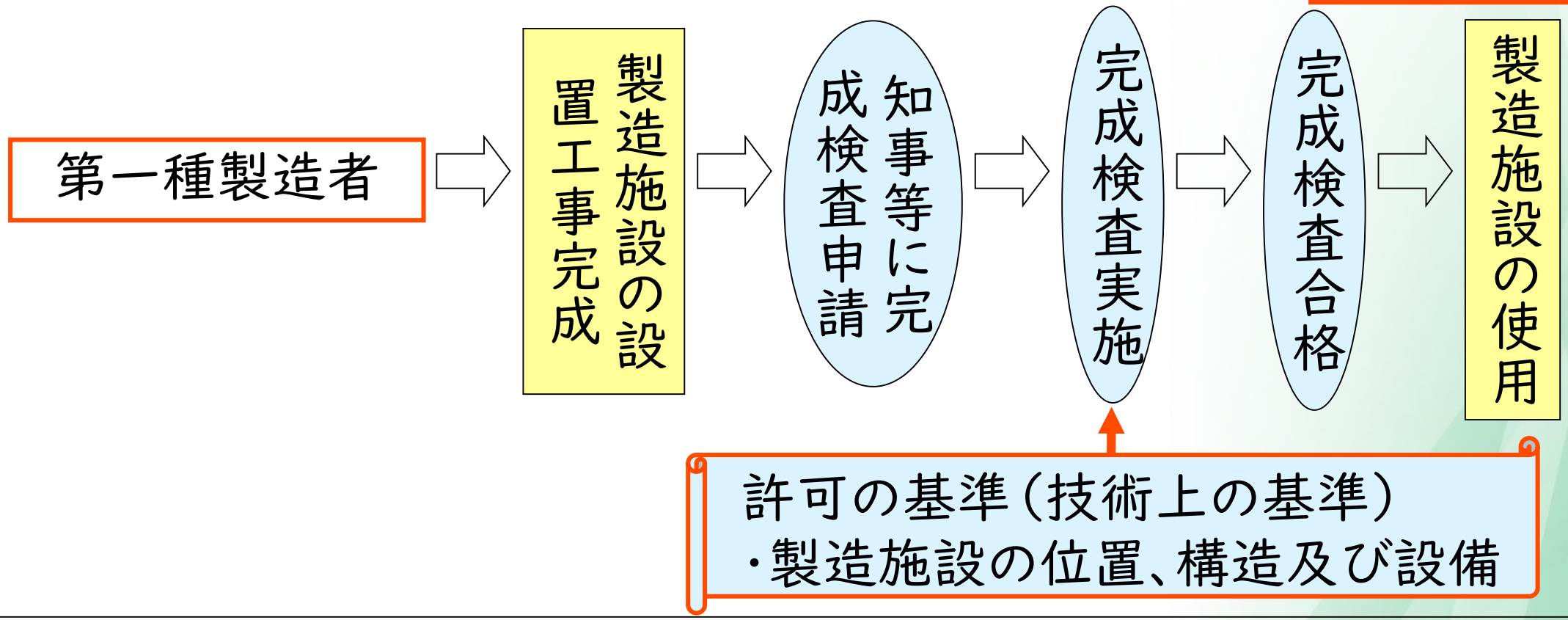
N＝1000＋2／3×1800＝2200

N（2200m³）＞2000（m³）　∴第二種貯蔵所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図22 製造施設設置許可に係る完成検査

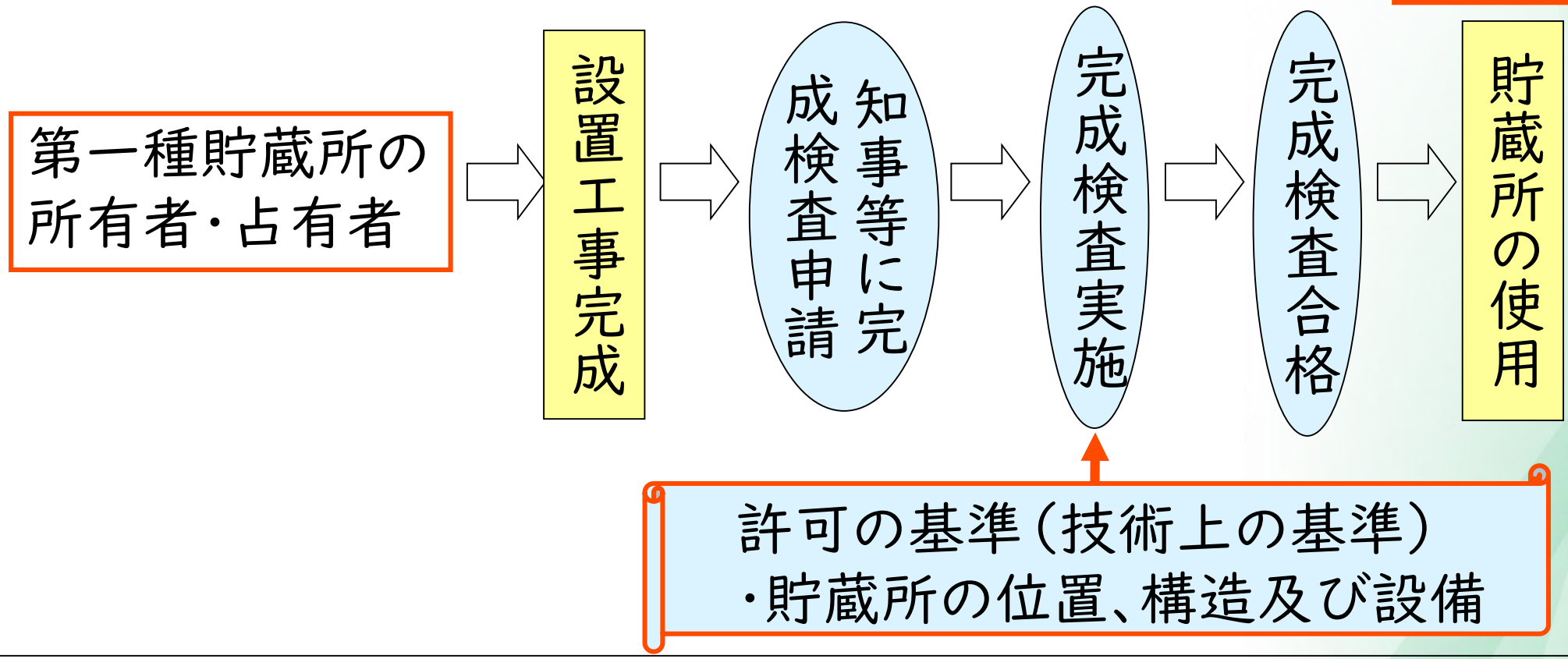
法第20条1項、
（16条2項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23 貯蔵所設置許可に係る完成検査

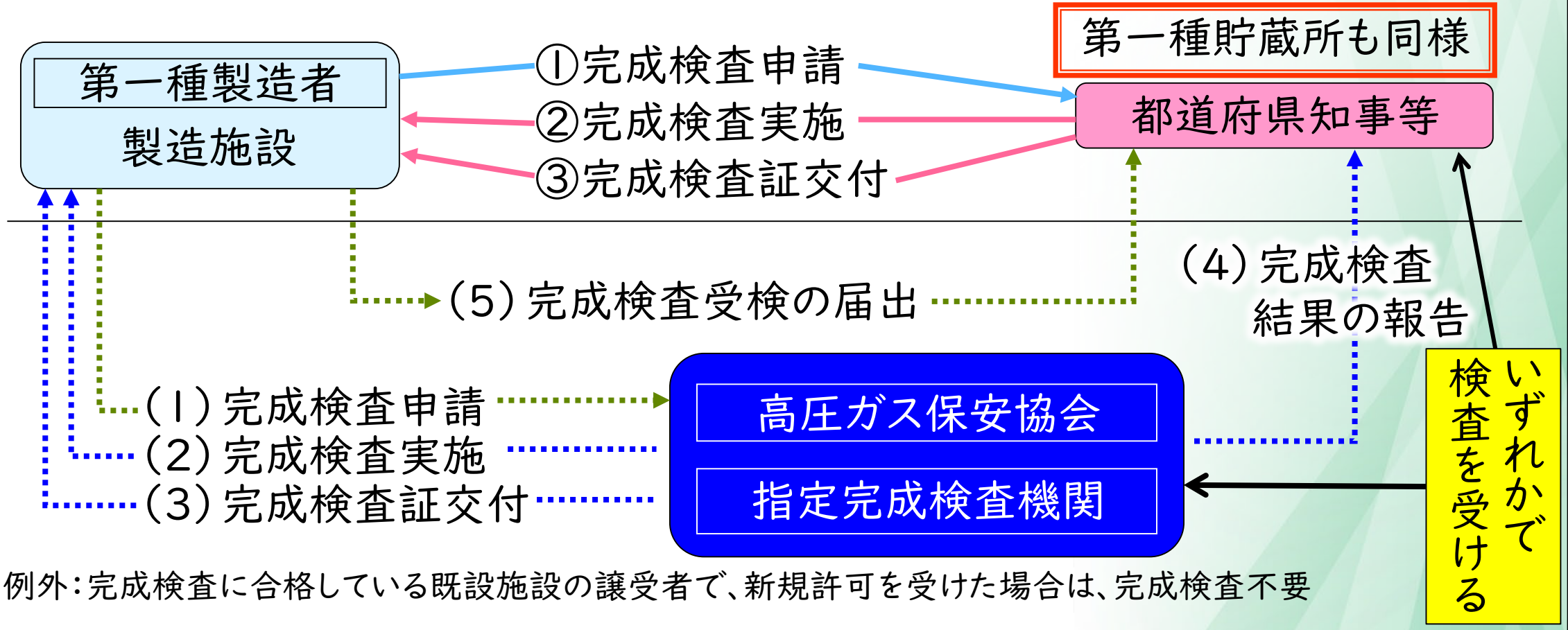
法第20条1項、
（16条2項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図24 製造施設設置（新規）の完成検査の手続等

法第20条1項、2項

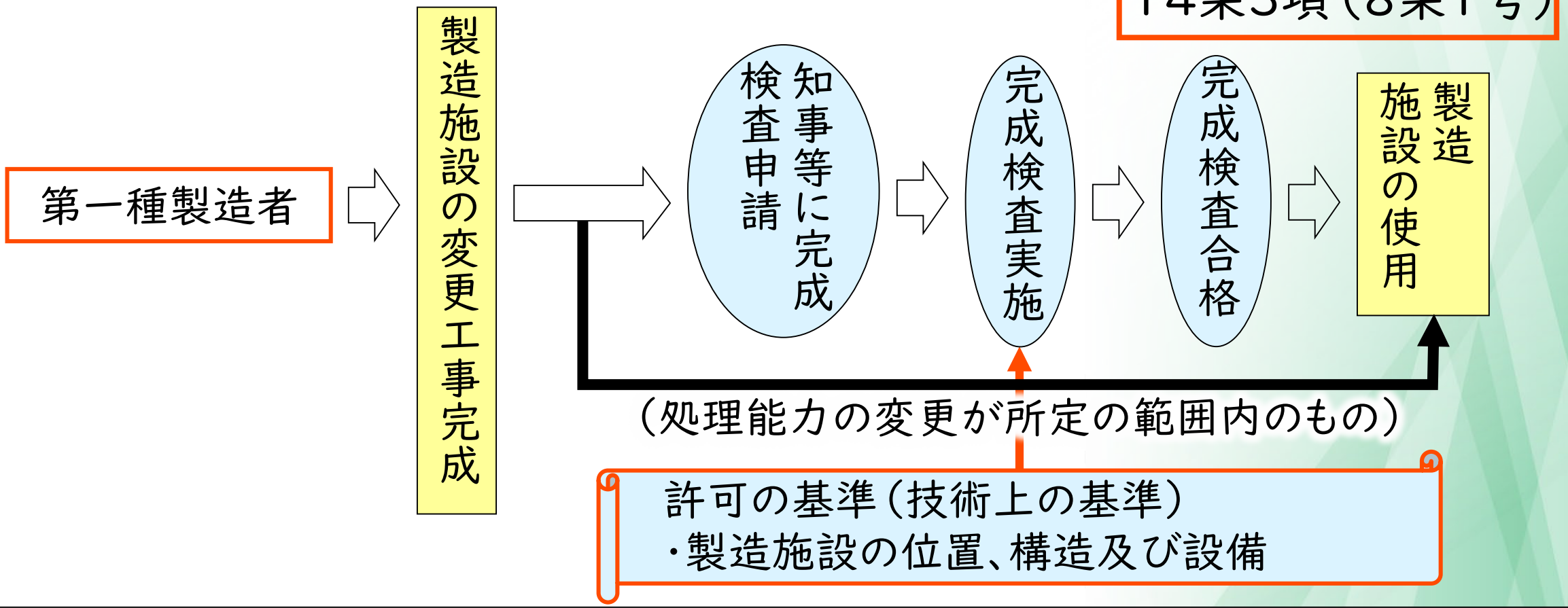


＊例外：完成検査に合格している既設施設の譲受者で、新規許可を受けた場合は、完成検査不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図25 製造施設の変更許可に係る完成検査

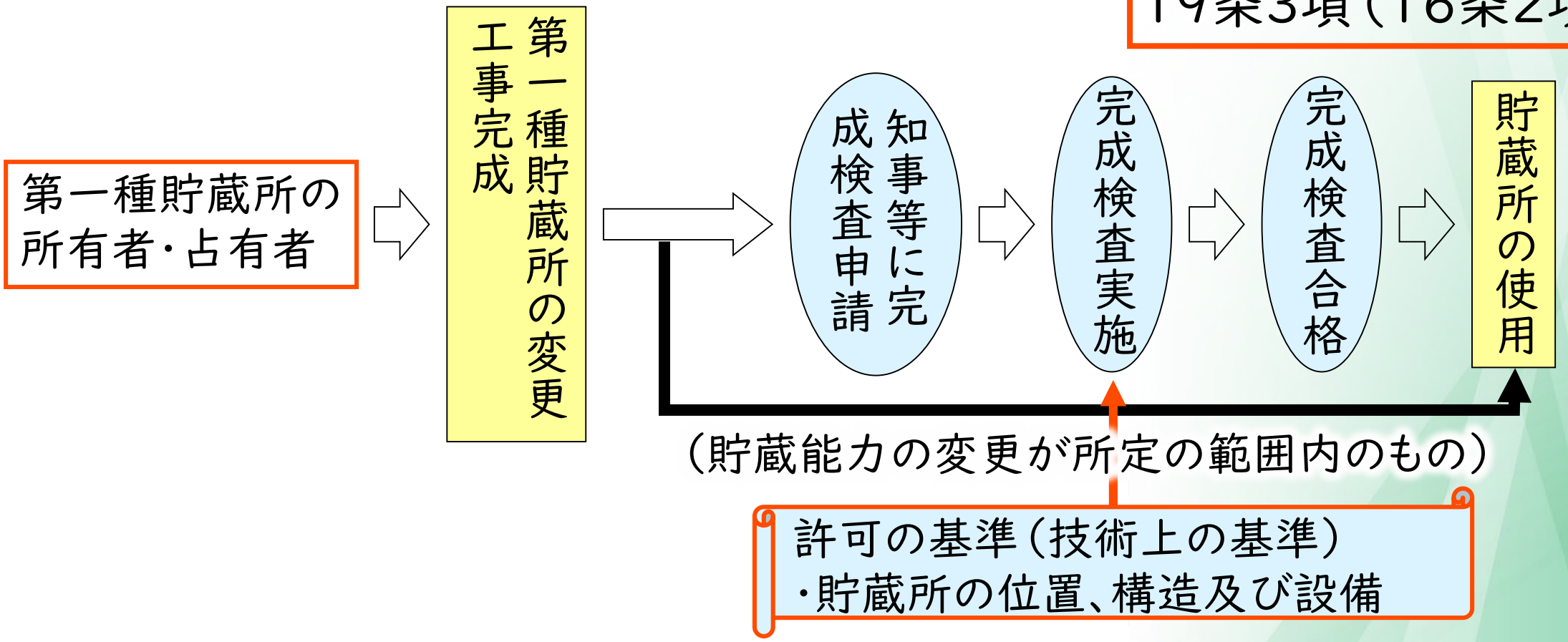
法第20条3項、
14条3項（8条1号）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26 貯蔵所の変更許可に係る完成検査

法第20条3項、
19条3項（16条2項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図27 第一種製造者の製造施設の変更工事

法第14条、第20条3項、第20条の2、の3、一般第33条、液石第34条、コンビ第17条

変更工事

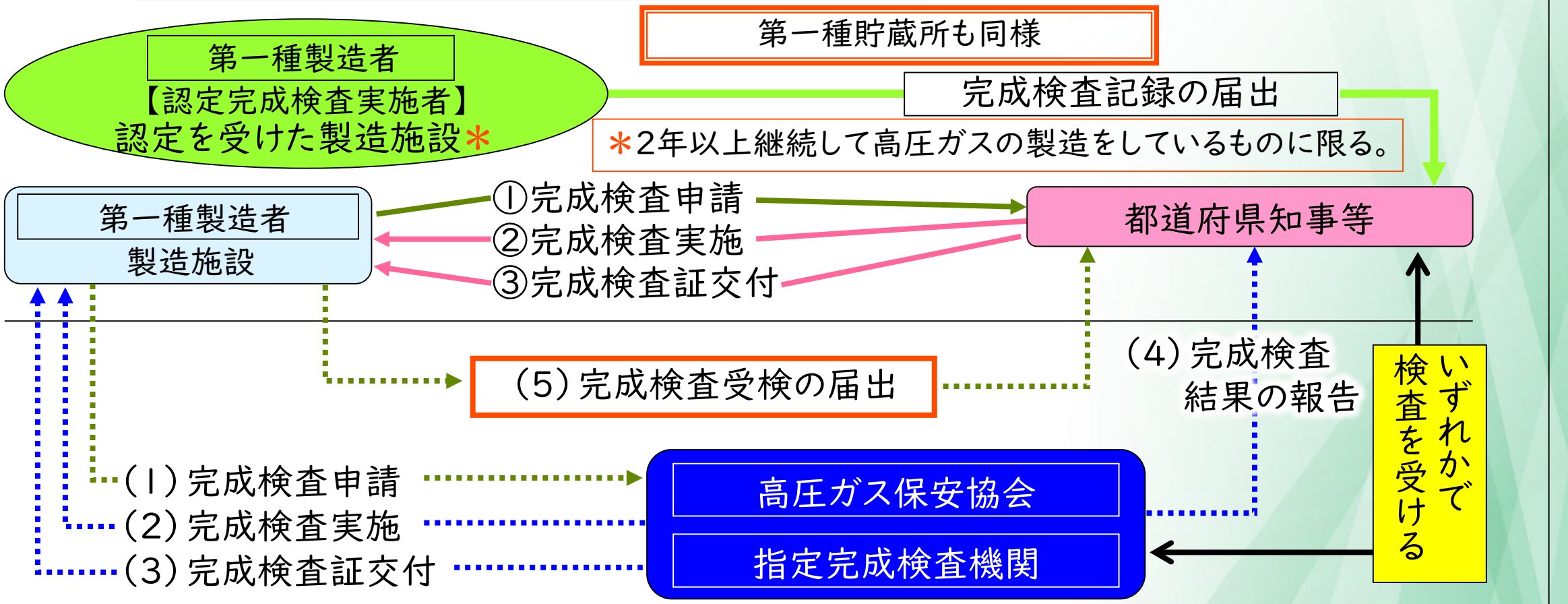
- 許可
  - 完成検査→必要 ➡ 特定変更工事
  - 完成検査→不要 （※）（製造細目告示第12条の14）
- （※）許可を要するが完成検査不要のもの
  - ① ガス設備（耐震設計構造物に係る特定設備を除く。）の取替え又は設置位置の変更（高圧ガス設備の取替えを伴うものにあっては大臣認定品への取替えに限り、特定設備の取替えを伴うものにあっては検査合格品又は基準適合品への取替えに限る。）の工事であって、当該設備の処理能力の変更が20%以内の範囲であるもの
  - ② 処理能力が100m³／日（不活性ガス又は空気は300m³／日）未満の製造設備（耐震設計構造物に係るものを除き、特定設備である場合は検査合格品又は基準適合品に限る。）である製造施設の追加に係る変更工事であって、他の製造施設とガス設備で接続されていないもので、かつ、他の製造施設の機能に支障を及ぼすおそれのないもの
- 届出（軽微な変更の工事）
  - 処理能力の変更がないもの等の所定の工事（一般15条、液石16条、コンビ14条）

第一種貯蔵所についても、上記と同様の適用がなされる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28 特定変更工事の完成検査の手続等

法第20条3項

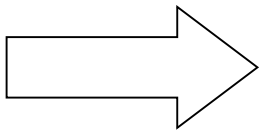


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図29 販売事業届

法第20条の4

高圧ガスの販売事業を営もうとする者



販売所ごとに事業開始の日の20日前までに知事等に届出

販売業者

① **第一種製造者**（冷凍のため高圧ガスの製造をする者を除く。）**であって、その事業所で製造した高圧ガスをその事業所で販売**するとき、又は、**所定のガスを貯蔵量常時5m³未満の販売所で販売するときは、都道府県知事等への届出不要**。

② 販売事業について知事等へ届け出た者を「**販売業者**」といい、①の第一種製造者を含めて「**販売業者等**」という。この販売業者等には、周知義務及び販売の方法の技術上の基準の遵守義務がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図30 販売業者等の周知義務

法第20条の5、液石第39条、40条

＊自ら製造したガスを自らの製造事業所で販売する第一種製造者
＊販売業者

液化石油ガスの用途・種類
＊溶接・熱切断用の液化石油ガス
＊燃料用の液化石油ガス

販売

＊購入して消費する者（第一種製造者、販売業者、特定高圧ガス消費者を除く。）

周知の時期：販売契約時、前回の周知から1年以上経過して液化石油ガスを引渡したときごと。

周知すべき事項

高圧ガスによる災害発生防止のための、
＊消費設備に対するガスの適応性
＊消費設備の操作、管理、点検
＊消費設備の使用場所の環境
＊消費設備の変更
＊ガス漏れ等の緊急時の措置、連絡

周知

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1－1）　平成16年6月4日、長野県木曽郡。

現場の状況（軽トラックの後部には爆破処理するLPガス容器が現存）

LPガス容器に酸素ガスを移充塡中に爆発、作業者の左手首を切断。腕と肋骨を骨折（重傷）した。

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料Ⅰ－2）　発災容器（LPガス10kg容器）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料Ⅰ－3）　安全のため爆破処理した10kgLPガス容器（2本）

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図31　販売の方法の技術上の基準

法第20条の6、液石第41条

1　販売先の保安台帳の常備

→液化石油ガス（高圧ガス）の引渡し先の保安状況を明記した台帳

2　充塡容器等の引渡し（販売）制限

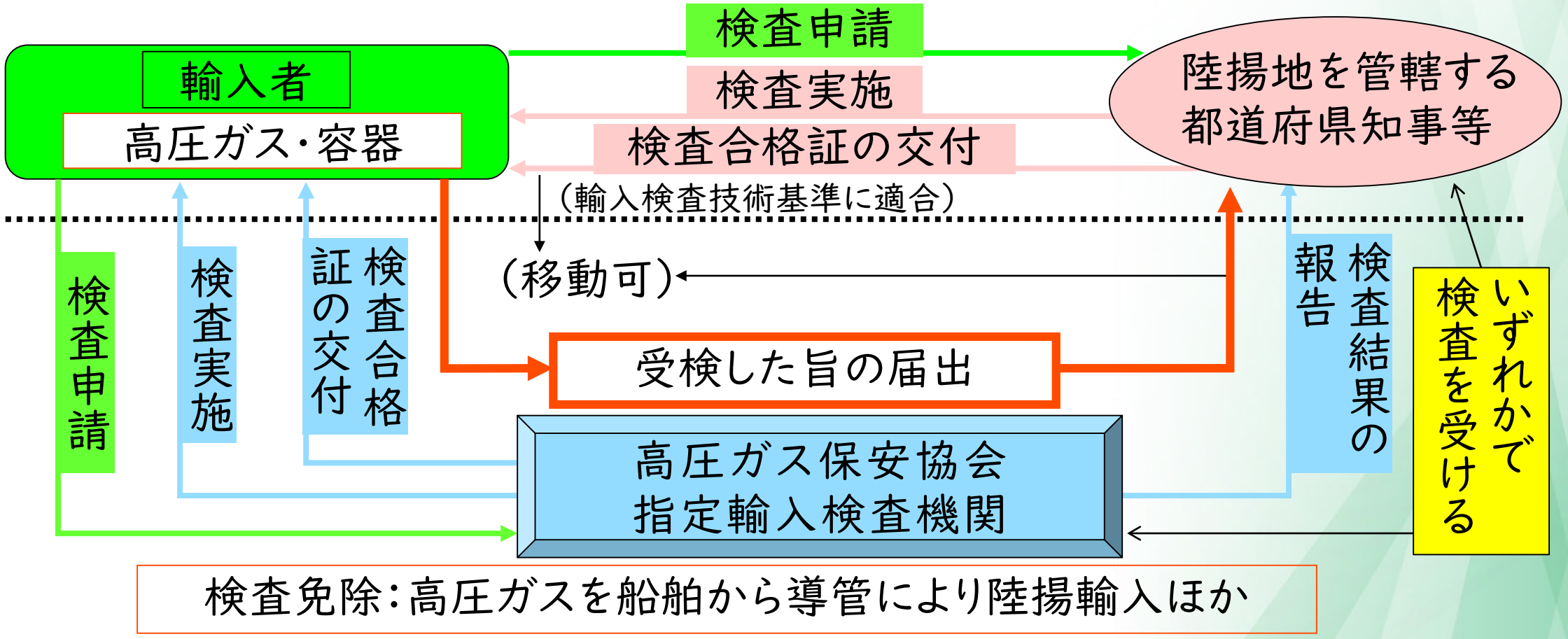
→①　液化石油ガスの充塡容器等の引渡し（販売）は、外面に使用上支障のある腐食、割れ、すじ、しわ等がなく、かつ、ガスが漏えいしていないもの

②　液化石油ガスの充塡容器等は、再検査期間を6か月以上経過していないもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図32 高圧ガスの輸入検査手続等

法第22条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図33 高圧ガスの移動

法第23条、液石第47条～50条

［移動に係る技術上の基準］

1　容器について保安上必要な措置

2　車両による移動の場合
→①　積載方法
　②　移動方法

3　導管による輸送の場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図34

消費開始の日の20日前までに知事等へ届出要

特定高圧ガスの消費者

法第24条の2、政第7条

消費する高圧ガスの種類	消費事業所に貯蔵する数量（貯蔵能力）
① 特殊高圧ガス	容積にかかわらず
② 圧縮水素	容積　300 m^3 以上
③ 圧縮天然ガス	容積　300 m^3 以上
④ 液化酸素	質量　3000 kg 以上
⑤ 液化アンモニア	質量　3000 kg 以上
⑥ 液化石油ガス	質量　3000 kg 以上 （注：液化石油ガス法の適用を受ける業務用消費者の場合は、10000kg以上の場合に特定高圧ガスの消費者となる。）
⑦ 液化塩素	質量　1000kg 以上
⑧ 上記①～⑦の高圧ガス	消費事業所に貯蔵せずに他事業所から導管で供給を受けて消費する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図35 特定高圧ガス消費届

法第24条の2

特定高圧ガスを消費する者

事業所ごとに消費開始の日の20日前までに知事等に届出

特定高圧ガス消費者

第一種製造者、第二種製造者、第一種貯蔵所の所有者等、第二種貯蔵所の所有者等、販売業者であっても、別途、届出が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図36 特定高圧ガス消費者以外の高圧ガスの消費者

法第24条の5、液石第57条、一般第59条、

消費の方法基準の遵守のみ

［基準に従って消費すべき高圧ガス］

○「液化石油ガス保安規則」

→液化石油ガス（液化石油ガスを燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用のみに消費される液化石油ガスを除く。）

○「一般高圧ガス保安規則」

→可燃性ガス（高圧ガスを燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用のみに消費される高圧ガスを除く。）、毒性ガス、酸素、空気

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図37 高圧ガスの廃棄

法第25条、液石第59条、60条、一般第61条、62条

廃棄の方法基準の遵守のみ

［基準に従って廃棄すべき高圧ガス］

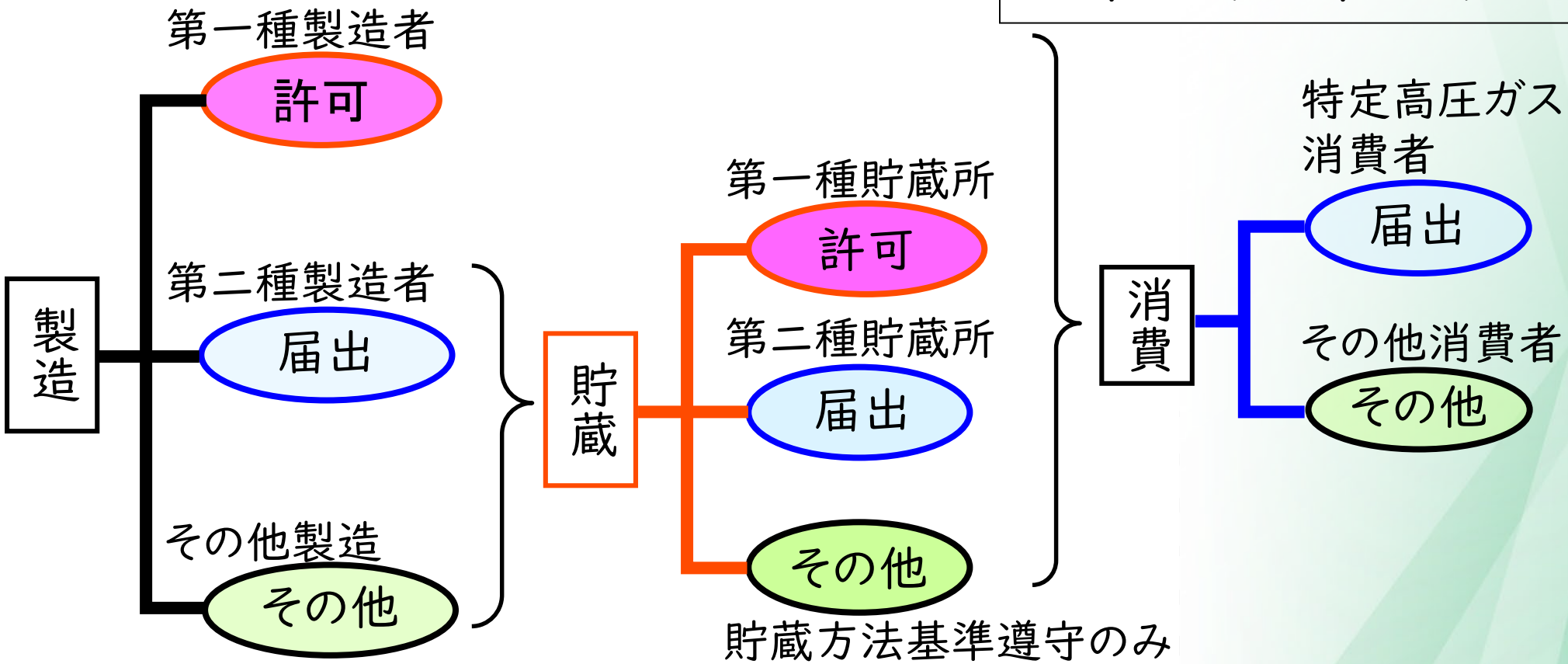
＊液化石油ガス保安規則
　→**液化石油ガス**

＊一般高圧ガス保安規則
　→**可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図38 製造・貯蔵・消費の規制関連

法第5条、13条、15条、16条、17条の2、24条の2、24条の5



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図39 危害予防規程

法第26条

第一種製造者 → 危害予防規程を定め、都道府県知事等に届出

遵守

第一種製造者とその従業者

危害予防規程は変更したときも届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図40－1 危害予防規程に定めるべき事項

液石第61条、一般第63条、コンビ第22条

1　製造施設の位置、構造、設備・製造の方法の基準
2　保安管理体制・保安統括者等の職務
3　製造設備の安全な運転、操作
4　製造施設の保安のための巡視、点検
5　製造施設の新増設工事、修理作業の管理
6　危険時の措置・訓練方法
7　大規模な地震に係る防災及び減災対策
8　協力会社の作業管理
9　従業者に対する危害予防規程の周知方法、規程違反者の措置
10 保安関係の記録
11 危害予防規程の作成、変更の手続
12 その他災害の発生の防止に必要な事項
13 製造施設の新設、変更時の安全審査［→コンビ則適用事業所のみ］

＊大規模地震対策特別措置法の地震防災対策強化地域は、警戒宣言発令時の措置等
＊南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の指定地域は、津波からの避難、訓練、教育に関する細目

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図40−2 危害予防規程に定めるべき事項（2）

液石第61条、一般第63条、コンビ第22条

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合

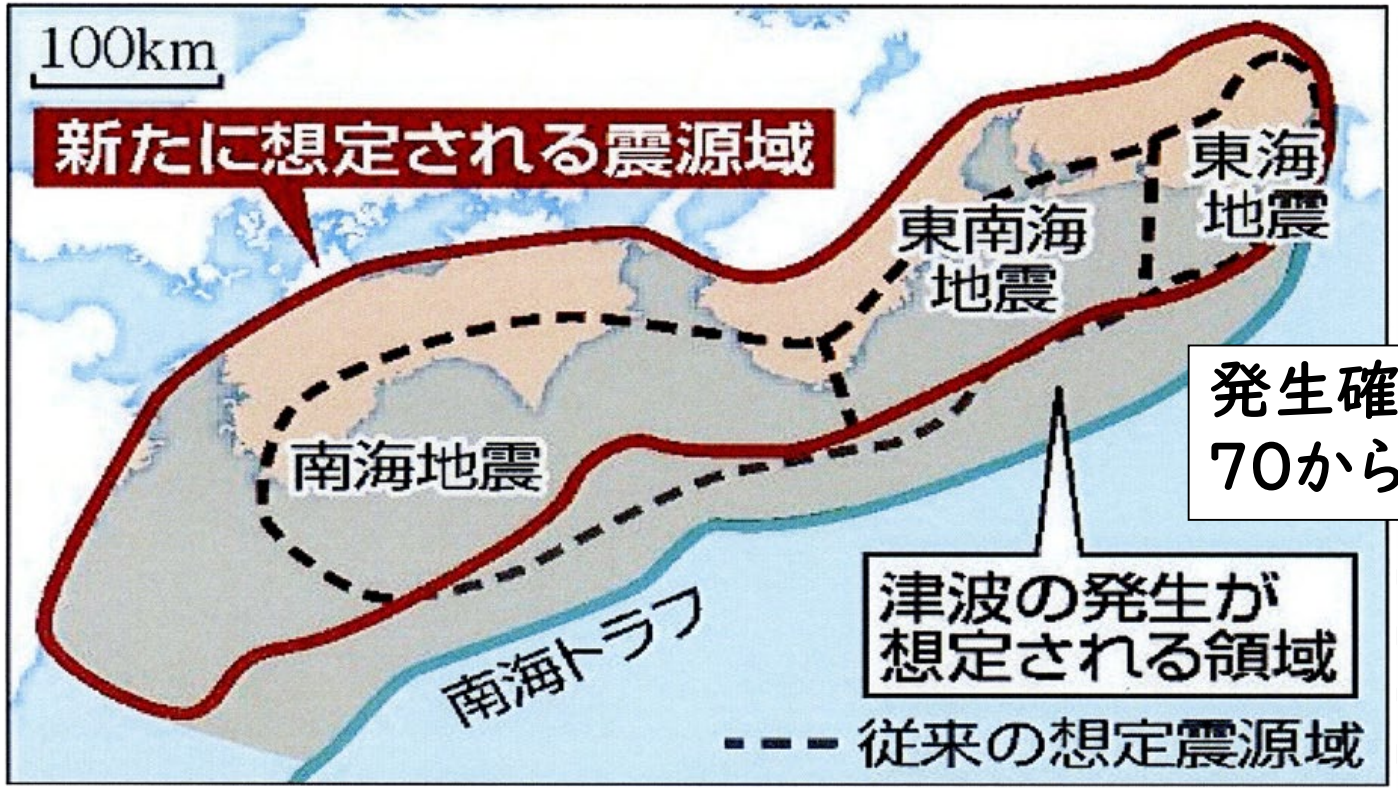
該当事業所は、図40−1の事項のほか、次の事項の細目について定めること。

1 津波に関する警報が発令された場合における当該警報の伝達方法、避難場所、避難の経路その他の避難に関すること。
2 津波に関する警報が発令された場合における作業の速やかな停止、設備の安全な停止並びに避難時間の確保に係る判断基準、手順及び権限に関すること。
3 津波に関する防災に係る必要な教育、訓練及び広報に関すること。
4 津波による製造設備又は貯蔵設備の破損又は流出による事業所内及び周辺地域において想定される被害並びに当該被害が及ぶと想定される地域を管轄する都道府県知事及び市町村長に対する当該被害の想定に係る情報提供に関すること（当該事業所の所在地における津波浸水想定が3mを超える場合に限る。）。
5 充塡容器等（高圧ガスを燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器を除く。）の事業所からの流出防止を図るための措置並びに流出した充塡容器等（同）の回収方針に関すること（当該事業所の所在地における津波浸水想定が1m（車両に固定した容器に係る事項にあっては、2m）を超える場合に限る。）。
6 津波に関する警報が発令された場合における緊急遮断装置、防消火設備、通報設備、防液堤その他の保安に関する設備等の作業手順及び当該設備等の機能が喪失した場合における対応策に関すること。
7 津波による被害を受けた製造施設の保安確保の方法に関すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考資料　内閣府有識者会議　中間報告

南海トラフ巨大地震の震源域



発生確率
70から80%

（今後30年以内に発生する確率＝政府の地震調査委員会）　（2011.12.27 読売新聞より）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図41　従業者に対する保安教育

法第27条

第一種製造者 → 従業者に対する保安教育計画（作成・忠実に実行）

都道府県知事等への届出不要

第二種製造者

第一種貯蔵所の所有・占有者

第二種貯蔵所の所有・占有者

販売業者

特定高圧ガス消費者

計画作成不要

従業者に保安教育実施

高圧ガス保安協会

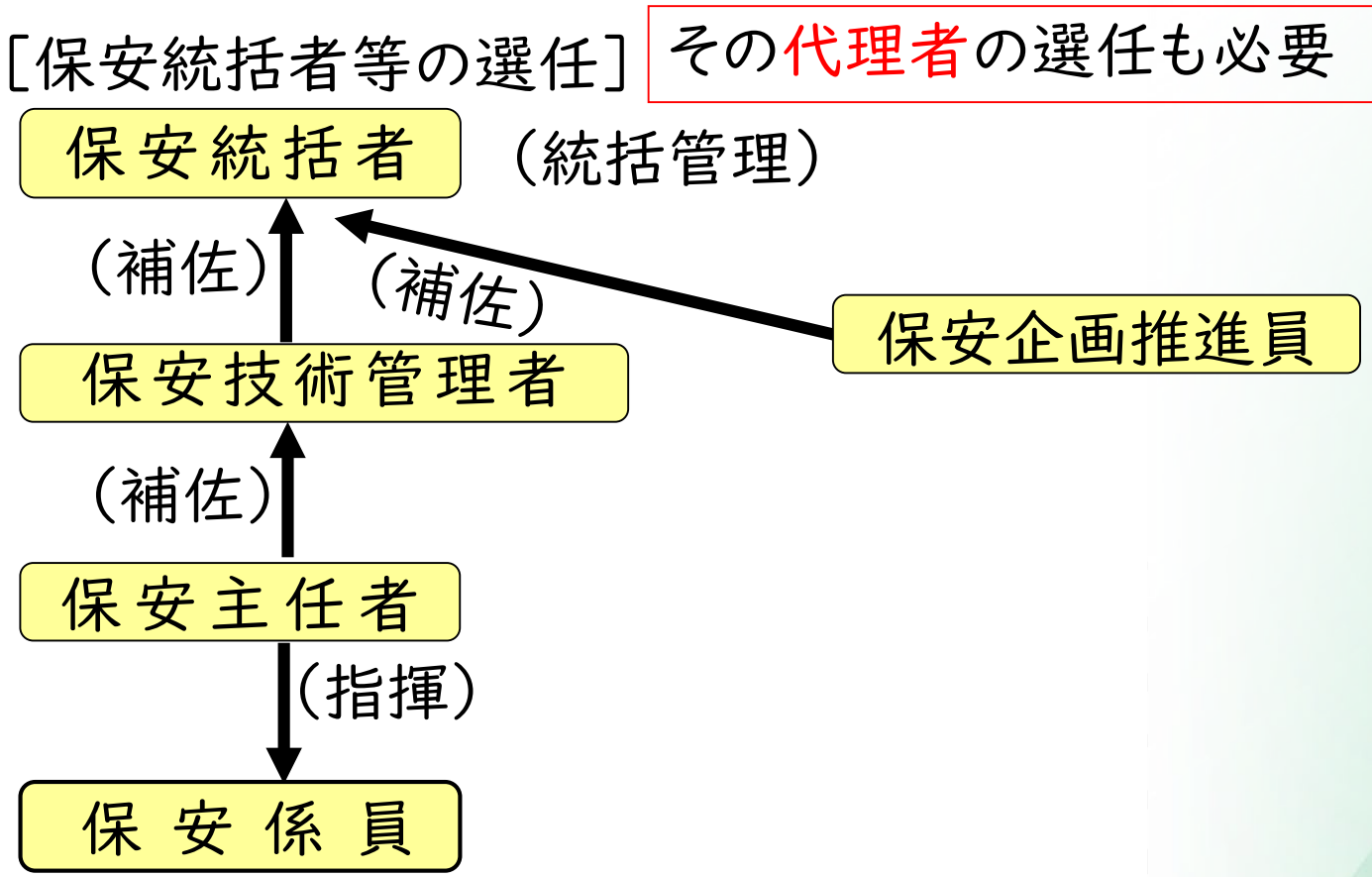
教育の基準となるべき事項を定め、公表

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図42

保安管理体制

法第27条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図43　保安統括者等の職務

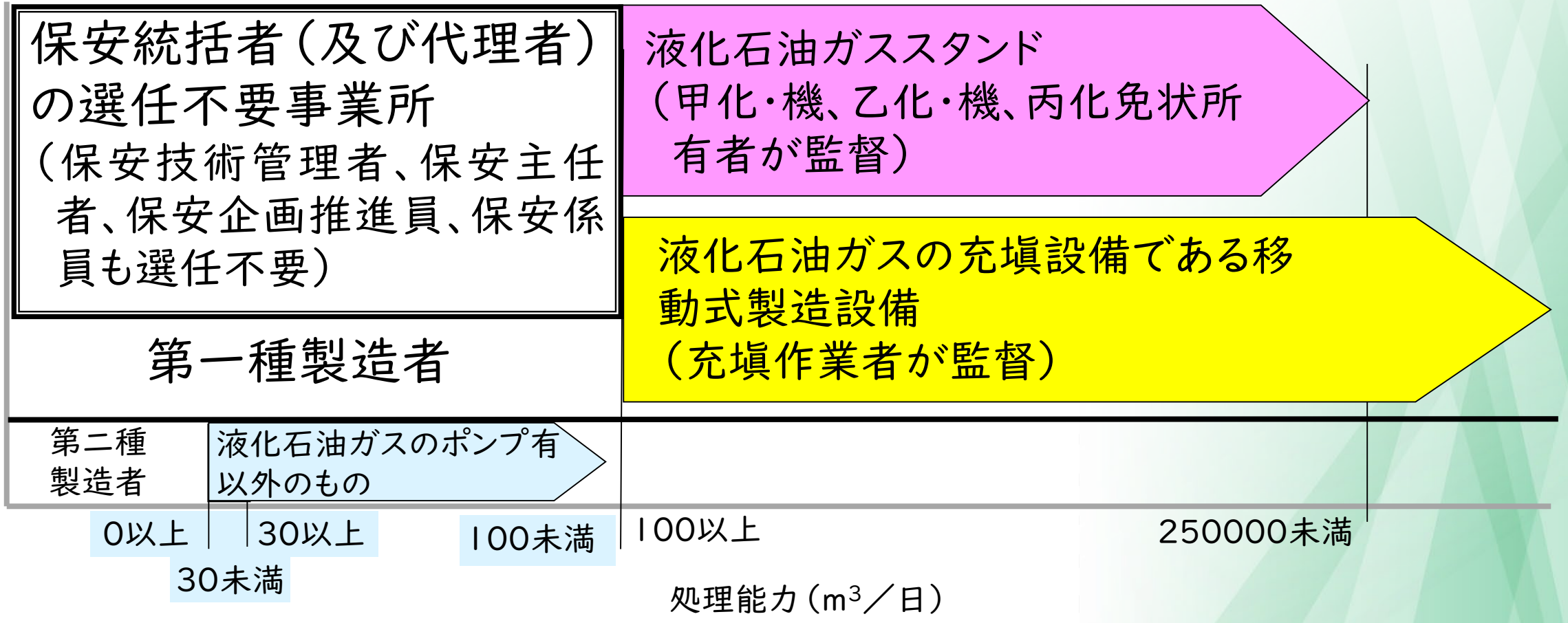
法第32条、液石第74条、75条、コンビ第31条、32条

保安統括者	保安業務の統括管理
保安技術管理者	保安統括者を補佐し、技術的事項を管理
保安企画推進員	保安統括者を補佐し、危害予防規程・保安教育計画の企画・立案・推進、作業標準等の基準類の指導・勧告、防災訓練の企画・推進、保安情報収集
保安主任者	技術的事項について保安技術管理者（保安統括者）を補佐し、保安係員を指揮
保安係員	施設（構造・設備等）及び作業（製造方法）の監督・巡視・点検、応急措置・作業標準等の基準作成の助言、応急措置の実施、定期自主検査の実施の監督

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

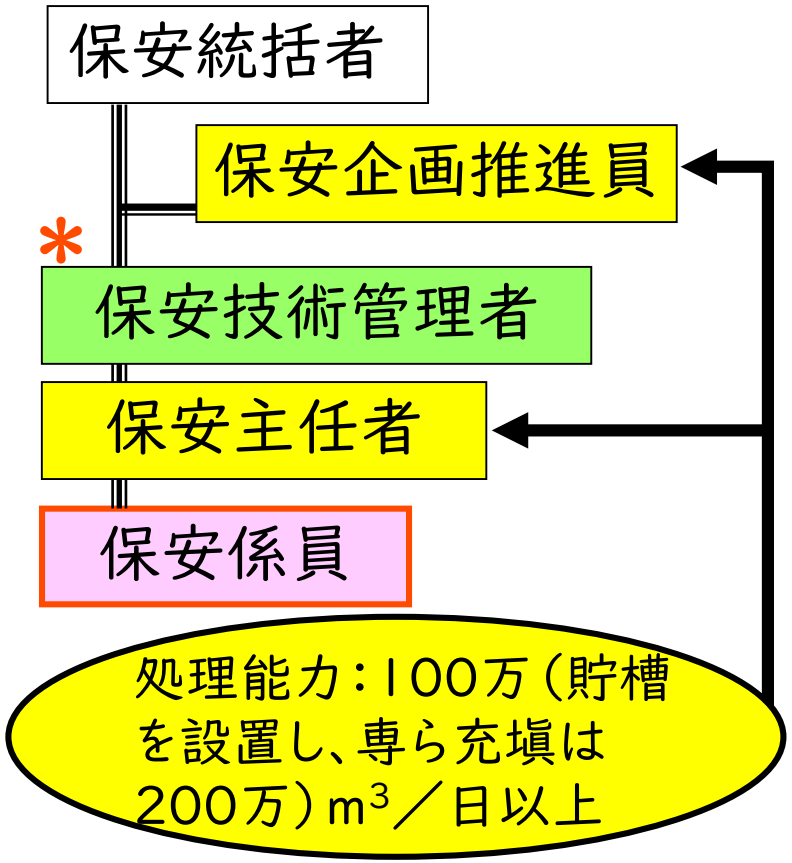
図44

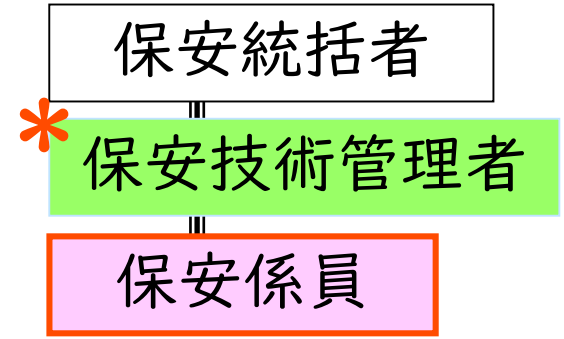
液石第62条 第2、3項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45 保安統括者等の選任体系





法第27条の2、一般第64条～66条、69条、70条、液石第62条～64条、67条、68条、コンビ第23条～25条、28条、29条

＊保安技術管理者選任不要

①保安統括者が所定の免状・経験を保有
②可燃性・毒性ガスの気化器、減圧弁による製造・燃焼消費のための製造：（処理能力25万m³／日未満 ）
③移動式製造設備による製造：（一般則、液石則）
④可燃性、毒性ガス以外のガスの製造：（処理能力25万m³／日未満）
⑤特定液化石油ガスの充塡、CNGスタンドにおける充塡：（処理能力25万 m³／日未満）（コンビ則）
⑥ 液石則は、燃焼消費のための製造、専ら充塡：（処理能力：50万m³／日未満）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図46 保安統括者等及びそれらの代理者の選任条件等

法第27条の2、27条の3、(33条)

名　　称	選任区分	資格等	＊義務講習
保　安　統　括　者 (保安統括者の代理者)	事業所ごと	事業の統括管理者 (統括管理者の補佐職位)	
保安技術管理者 (保安技術管理者の代理者)	事業所ごと	免状と経験	
保安企画推進員 (保安企画推進員の代理者)	事業所ごと	知識と経験	有り
保　安　主　任　者 (保安主任者の代理者)	施設区分ごと	免状と経験	有り
保　　安　　係　　員 (保安係員の代理者)	施設区分ごと 交替制ごと	免状と経験	有り

＊義務講習：高圧ガス保安協会又は指定講習機関が行う講習

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図47 保安技術管理者の資格等

法第27条の2、液石第63条、一般第65条、コンビ第24条

［　］は液石則適用事業所に限る。

規模	処理能力：100万m^3／日以上 （貯槽有・充填のみは200万m^3／日以上）	処理能力：100万m^3／日未満 （貯槽有・充填のみは200万m^3／日未満）
資格	甲化・甲機	甲化・甲機、乙化・乙機、［丙液］
経験	① 1種類以上の圧縮ガスと2種類［液化石油ガスと1種類］以上の液化ガス：1年以上 ② 圧縮機3000m^3/h超又はポンプ［液化石油ガスに限る］300m^3/h超：1年以上 ③ 35℃、20MPa超：1年以上 ④ 設計、施工、管理、検査及び試運転：①～③［液化石油ガスは①、②］と同等以上	① 1種類以上のガス［液化石油ガスに限る］：1年以上 ② 圧縮機又はポンプ［液化石油ガスに限る］：1年以上 ③ 設計、施工、管理、検査及び試運転：①又は②と同等以上

処理能力＝保安用不活性ガス以外のガスの処理能力（不活性ガス及び空気については、その処理能力に4分の1を乗じて得た容積）をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図48 保安主任者の資格等

法第27条の3、液石第67条、一般第69条、コンビ第28条

［　］は液石則適用事業所に限る。

規模	製造する高圧ガスの容積：100万m^3／日以上 （貯槽有・充塡のみは200万m^3／日以上）（ガスの種類を問わない。） 高圧ガスの容積＝保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の4分の3並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
資格	甲化・甲機、乙化・乙機、［丙液］
経験	① 1種類以上のガス［液化石油ガスに限る］：1年以上 ② 圧縮機又はポンプ：1年以上 ③ 設計、施工、管理、検査及び試運転：①又は②［液化石油ガスは①］と同等以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図49 保安企画推進員の資格等

法第27条の3、液石第68条、一般第70条、コンビ第29条

規模	製造する高圧ガスの容積：100万m^3／日以上 （貯槽有・充塡のみは200万m^3／日以上）（ガスの種類を問わない。） 高圧ガスの容積＝保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の4分の3並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
資格	製造保安責任者免状は不要
知識経験	① 保安技術管理者：3年以上　② 保安主任者等：5年以上 ③ 保安係員等：7年以上　④ 保安企画指導：3年以上 ⑤ 大学、高専等（化学、物理、工学）卒（同等の課程を修了した場合を含む。）、製造保安経験：7年以上 ⑥ 高校等（工業）卒、製造保安経験：10年以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図50 保安係員の資格等

法第27条の2、液石第64条、一般第66条、コンビ第25条

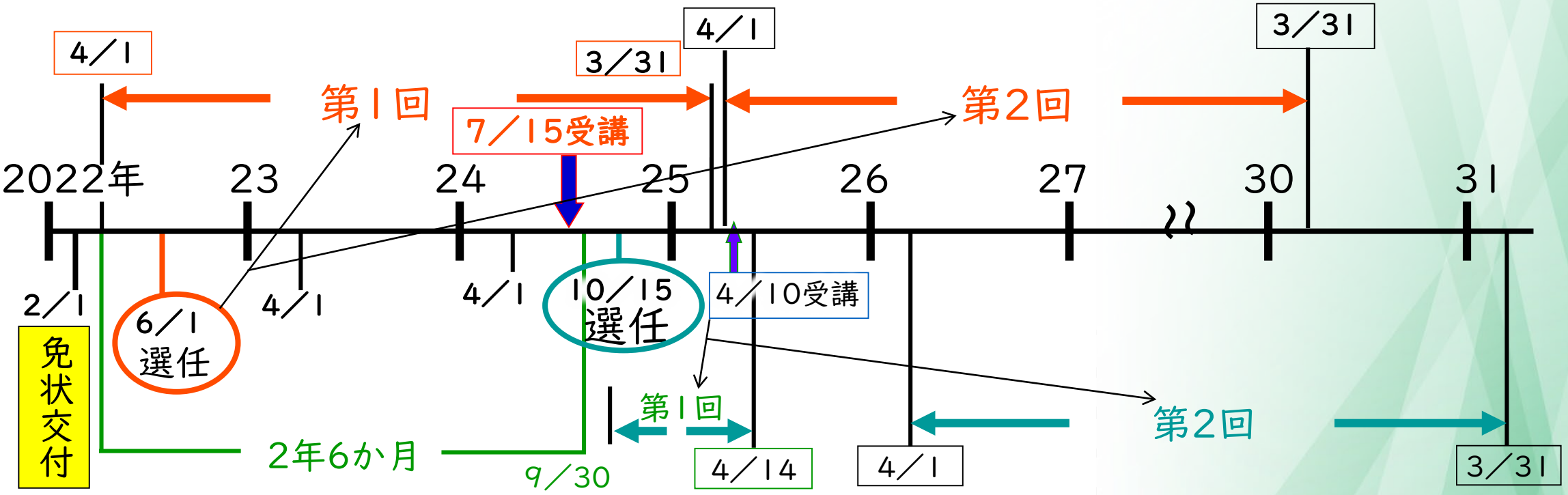
［　］は法令上すべてのガス対象であるが、液石則適用事業所以外の事業所の選任に当たっては知事等に確認のこと。

規模	保安統括者の選任が必要な事業所
資格	甲化・甲機、乙化・乙機、［丙液］、丙特
経験	① 1種類以上のガス［液化石油ガス又は可燃性ガス］：1年以上 ② 圧縮機又はポンプ：1年以上 ③ 設計、施工、管理、検査及び試運転：①又は②［液化石油ガスは①］と同等以上 ④ ①～③にかかわらず、乙化、丙液、丙特で高圧ガスの製造1年以上は、そのガス区分（可燃性・毒性ガス、可燃性ガス、毒性ガス、酸素、その他）に選任できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図51 保安主任者、保安係員の講習受講期間の例

法第27条の2、液石第66条、一般第68条、コンビ第27条



保安企画推進員：選任日から6月以内に第1回を受講。第2回以降は保安主任者、保安係員と同じ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図52 保安統括者等の代理者の資格等及び職場での職位

法第33条、液石第76条、一般第78条、コンビ第33条

保安統括者の代理者→保安統括者に選任されている者を直接補佐する職位

保安技術管理者の代理者→保安技術管理者に選任されている者を直接補佐する職位で、かつ、所定の免状・経験

保安係員の代理者→保安係員の担当製造施設に従事する者で、かつ、所定の免状・経験

保安主任者の代理者→保安主任者に選任されている者を直接補佐する職位で、かつ、所定の免状・経験

保安企画推進員の代理者→職位に関係なく、所定の知識・経験

職位は、高圧ガスの製造保安関係組織上でなく、事業体の職務関係上である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図53 保安統括者等及びそれらの代理者並びに販売主任者等の選解任届出

法第27条の2 5、6項、27条の3 3項、33条3項、(28条)、液石第65条2項

保安統括者等（正）	保安統括者等 代理者	都道府県知事等への届出手続
保安統括者	○	選解任した都度、遅滞なく届出
保安技術管理者	★	その年の前年の8月1日からその年の7月31日までに選解任した者について、その年の8月1日以後、遅滞なく(まとめて)届出
保安企画推進員	★	
保安主任者	★	
保安係員	★	
(販 売 主 任 者) (特定高圧ガス取扱主任者)		(選解任した都度、遅滞なく届出)

○の代理者は選解任届出必要　★の代理者は選解任届出不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図54 販売主任者・特定高圧ガス取扱主任者の資格等

法第28条、液石第70条、71条、一般第72条、73条

［販売主任者］

	選任対象ガス	資　格	経　験
第一種販売主任者	アセチレンほか21種類の一般高圧ガス	甲種化・機、乙種化・機責任者免状、第一種販売主任者免状	所定のガスの製造又は販売6か月以上
第二種販売主任者	液化石油ガス	甲種化・機、乙種化・機、**丙種（液石）責任者免状**、第二種販売主任者免状	**液化石油ガスの製造又は販売6か月以上**

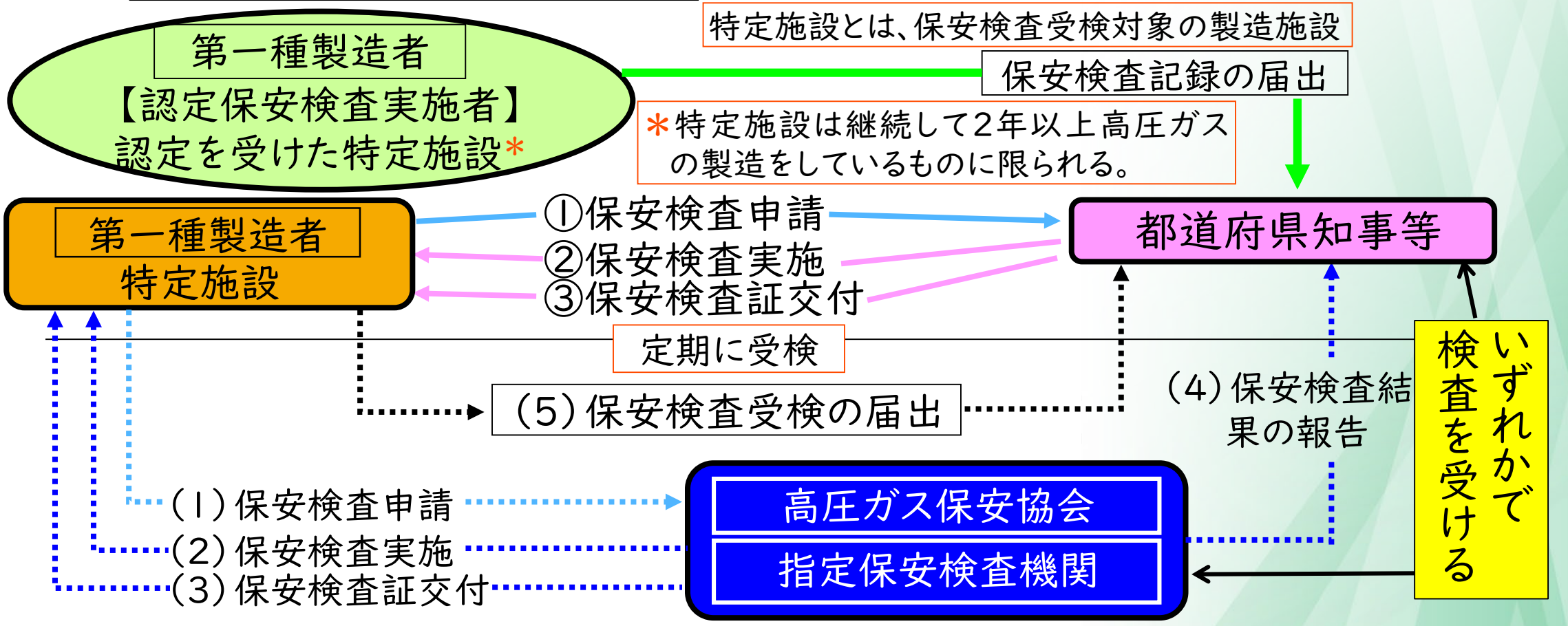
［特定高圧ガス取扱主任者］

特定高圧ガス	資　格　等
特殊高圧ガス、圧縮水素、圧縮天然ガス、液化酸素、液化アンモニア、液化塩素、液化石油ガス	①**選任対象の特定高圧ガスの製造又は消費1年以上** ②**大学ほか所定の学校卒業（同等の資格者を含む。）** ③**高圧ガス保安協会の所定の講習修了者** ④**高校又は旧工業高校卒業で特定高圧ガスの製造又は消費6か月以上** ⑤甲化・機、乙化・機、**丙化（液石・特別）責任者免状**、第一種販売主任者免状（液化石油ガス以外の主任者への選任に限る。）の保有者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図55 保安検査の受検手続等

法第35条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図56 定期自主検査

法第35条の2、液石第81条、
一般第83条、コンビ第38条

施設の技術上の基準（耐圧試験を除く。）について年1回以上実施、記録の作成・保存

特定高圧ガス消費施設の自主検査実施
監督者は取扱主任者

製造施設の自主検査実施
監督者は保安係員

液化石油ガスの第一種製造者
液化石油ガスの第二種製造者（処理能力30m^{3}以上）
すべての特定高圧ガス消費者

一般高圧ガスの第一種製造者
一般高圧ガスの第二種製造者（処理能力30m^{3}以上）
特定製造者（処理能力30m^{3}以上を含む。）
認定指定設備のみの第二種製造者

検査範囲：製造施設のガス設備のみ

検査範囲：製造施設全体・特定高圧ガス消費施設全体

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図57 第一種製造者に対する規制

法第5条、11条、14条、20条、21条、26条、27条、27条の2、27条の3、35条、35条の2、60条

製造許可

事前に

完成検査の受検

危害予防規程の制定・届出

保安統括者等選任の届出

製造開始の届出

製造の廃止の届出

＊施設等の変更許可・軽微変更届

＊技術上の基準の遵守・維持
＊危害予防規程の遵守
＊保安教育計画の作成
＊保安教育計画に従って従業者を教育

＊保安検査の受検（認定事業者の場合自ら実施可）
＊定期自主検査の実施・記録・保存（年1回以上自ら実施）

＊帳簿の記載・保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図58 第二種製造者等に対する規制

法第5条、12条、13条、14条、21条、27条、27条の2、35条の2、液石第62条、一般第64条

製造事業の届出

事業開始の日の20日前までに

保安統括者等選任の届出

処理能力 30m³／日以上で可燃性の液化ガス（液化石油ガス）をポンプで加圧するものに限る。

製造事業廃止の届出

＊製造施設等の変更の届出

＊技術上の基準の遵守・維持 ※
＊従業者に保安教育実施
＊定期自主検査の実施・記録・保存（処理能力 30m³／日以上・指定設備に限る。）

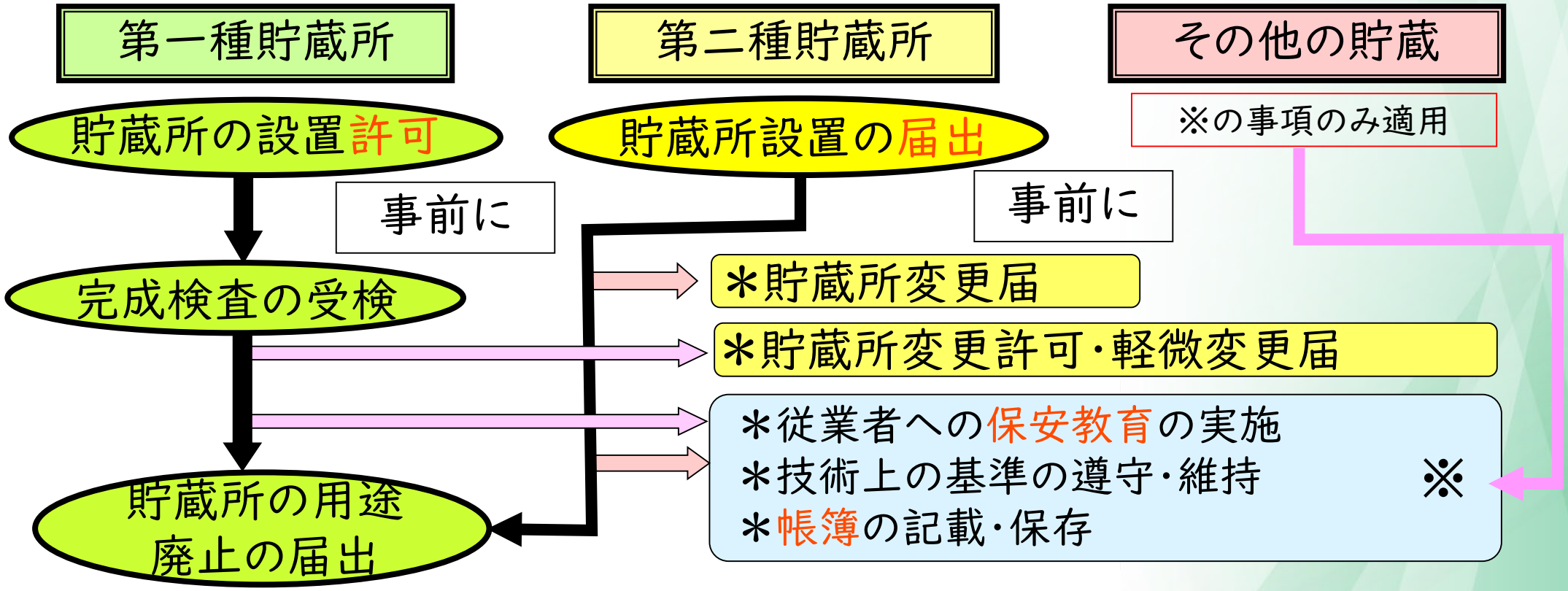
その他の製造者

※の事項のみ適用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図59 貯蔵に対する規制

法第15条、16条、17条の2、18条、19条、20条、27条、60条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図60 販売に対する規制

法第20条の4、の5、の6、の7、21条、27条、28条、60条

販売事業の届出

事業開始の日の20日前までに

販売主任者の選任の届出

＊ガスの種類変更届

＊従業員に対して保安教育の実施
＊販売の方法の基準の遵守　※
＊帳簿の記載・保存
＊消費者への周知［定められた用途 ※及び高圧ガスの消費者に限る。］

販売事業廃止の届出

定められた高圧ガスの販売所に限る

※の事項のみ適用

販売事業の届出が不要の第一種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図61　消費に対する規制

法第24条の2、の3、の4、の5、27条、35条の2、

特定高圧ガス消費の届出

消費開始の日の20日前までに

取扱主任者の選任の届出

特定高圧ガス消費の廃止の届出

その他の消費

※の事項のみ適用

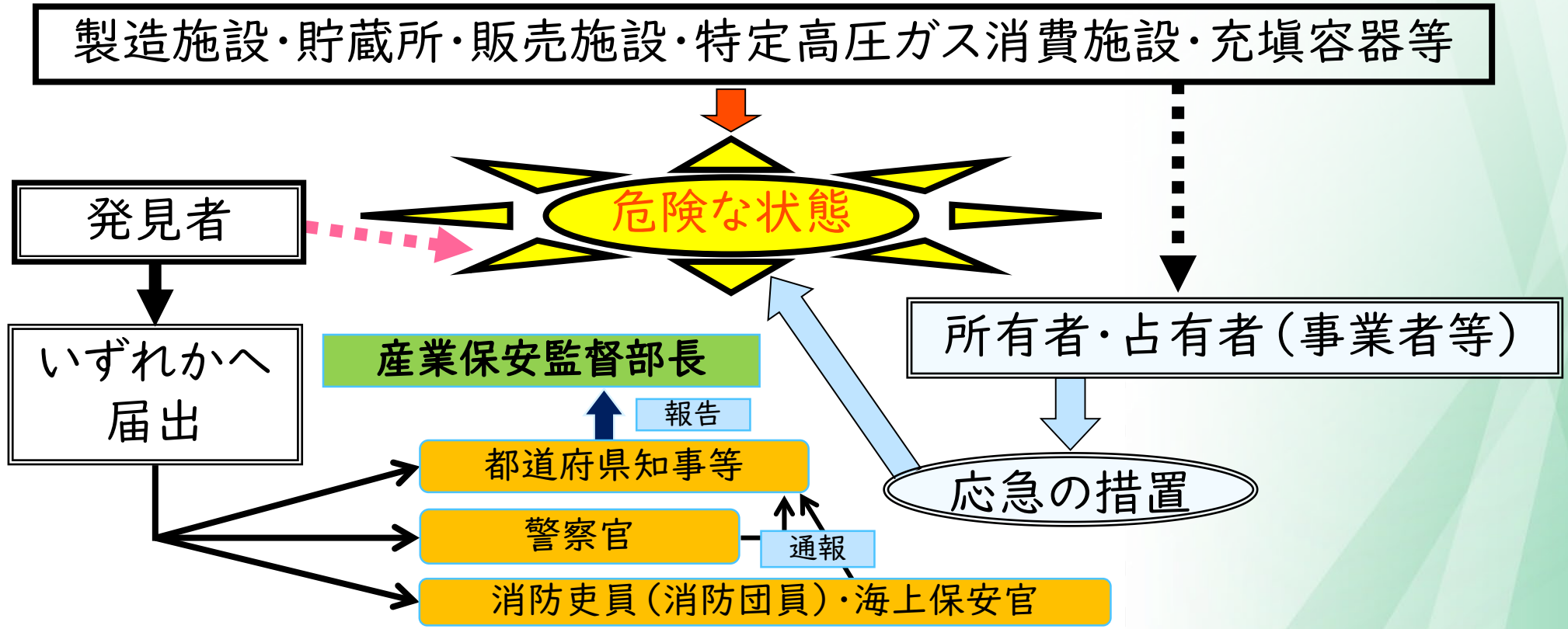
＊特定高圧ガス消費施設等の変更届

＊従業者への保安教育の実施
＊技術上の基準の遵守・維持　※
＊定期自主検査の実施・記録

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図62 危険時の措置・届出

法第36条、第74条、政第19条1項8号、液石第96条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図63 危険時の措置

液石第82条、一般第84条、コンビ第39条

製造施設・消費施設

応急の措置→作業中止、ガスを移送・大気放出（安全に）、作業要員以外の退避

措置不能 → 付近住民に退避を警告

第一種貯蔵所、第二種貯蔵所、充填容器等

応急の措置→充填容器等の移動（安全に）、作業要員以外の退避

措置不能 → 付近住民に退避を警告

充填容器等が外傷・火災

応急の措置→液石則又は一般則適用のものは、各規則の廃棄に係る技術上の基準に従って措置コンビ則適用のものは、一般則の廃棄に係る技術上の基準に準じた措置

措置不能 → 水中に沈める・地中に埋める

防災キャップ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図64 事業所内の火気等制限

法第37条

［高圧ガス取扱事業所］

製造事業所（一種、二種）、**貯蔵所**（一種、二種）、**販売所**、**特定高圧ガス消費事業所**、液化石油ガス販売所（液石法）

① 火気制限場所の指定：高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者

② **指定場所内では、何人も火気取扱禁止**

③ **指定場所内に、発火しやすい物を携帯しての立入禁止**

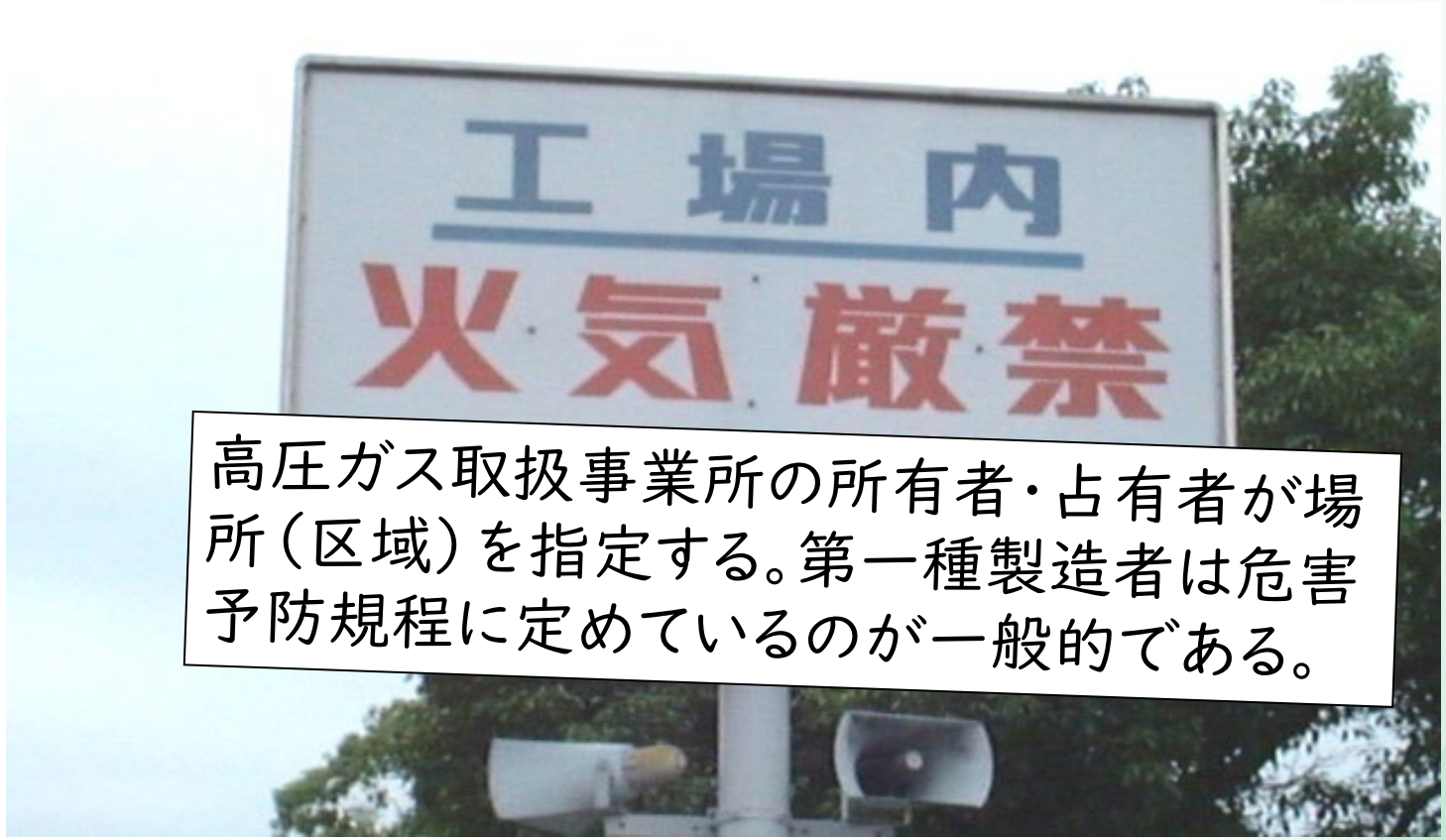
ただし、指定した者の承諾を得れば立入可能

“何人”には、高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者、従業者、一般人が含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図11　事業所内の火気等制限の標示例

法第37条



高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者が場所（区域）を指定する。第一種製造者は危害予防規程に定めているのが一般的である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図65 認定保安検査実施者

（認定完成検査実施者も同じ。）

法第39条の2、39条の4、39条の5、39条の9、39条の10

1 対象特定施設
2年以上継続して高圧ガスの製造

2 認定基準の適合
① 保安検査のための組織　② 保安検査の方法（規程）
③ 検査実施者の数

3 変更の届出（変更後遅滞なく）
① 保安検査のための組織　② 保安検査の方法

4 認定保安検査実施者の義務
① 検査実施者は所定の知識経験を有する者（規程）
② 検査記録の作成、保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図66 第一種製造者の帳簿

法第60条、液石第93条、一般第95条、コンビ第50条

記載事項と保存期間

① 液化石油ガス（高圧ガス）を容器に充塡した場合→記載の日から**2年間**保存
- 充塡容器の記号及び番号
- 充塡年月日
- 充塡質量（液化ガスのみ）

（・高圧ガスの種類（一般高圧ガスのみ）・充塡圧力（一般高圧ガスの圧縮ガスのみ））

② 液化石油ガス（高圧ガス）を容器により授受した場合→記載のから**2年間**保存
- 充塡容器の記号及び番号
- 授受先・授受年月日
- 充塡質量（液化ガスのみ）

（・高圧ガスの種類（一般高圧ガスのみ）・充塡圧力（一般高圧ガスの圧縮ガスのみ））

③ 製造施設に異常があった場合→記載の日から**10年間**保存
- 異常があった年月日
- 異常に対してとった措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図67 事故届

法第63条、第74条、政第19条1項8号

第一種製造者・第二種製造者・販売業者・貯蔵する者・消費する者・容器製造業者・容器の輸入者・その他高圧ガス又は容器の取扱者

高圧ガスの災害発生
高圧ガス又は容器＊を喪失、盗難

いずれかへ届出

- 産業保安監督部長
  - 報告
- 都道府県知事等
  - 通報
- 警察官

＊「容器」については、高圧ガスが充塡されているか否かにかかわらず喪失、盗難等の場合の届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

丙種化学（液石）編

容器関係（法律・容器保安規則）

講習科目：容器関係（法律・容器保安規則）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図68 容器の種類（主なもの）

容器第2条、一般第60条1項19号、
液石第58条11号

- 溶接部を有する容器
  - 溶接容器［液化石油ガス、アセチレンなど］
  - 超低温容器［液化酸素、液化窒素、液化アルゴンなど］
  - 低温容器［液化炭酸ガスなど］
  - ろう付け容器［圧力の低いガス］
  - 自動車燃料装置用容器［液化天然ガス、液化石油ガスなど］
- 継目なし容器
  - 一般継目なし容器［酸素ガス、窒素ガスなど］
  - アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器
  - 自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス］
- 複合容器
  - 一般複合容器［液化石油ガス用（水中使用不可）、陸上用空気呼吸器など］
  - 自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス、圧縮水素など］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図12 溶接容器の例

容器第2条2号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図13 一般継目なし容器の例

容器第2条10号

圧縮酸素用47L容器のカットモデル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

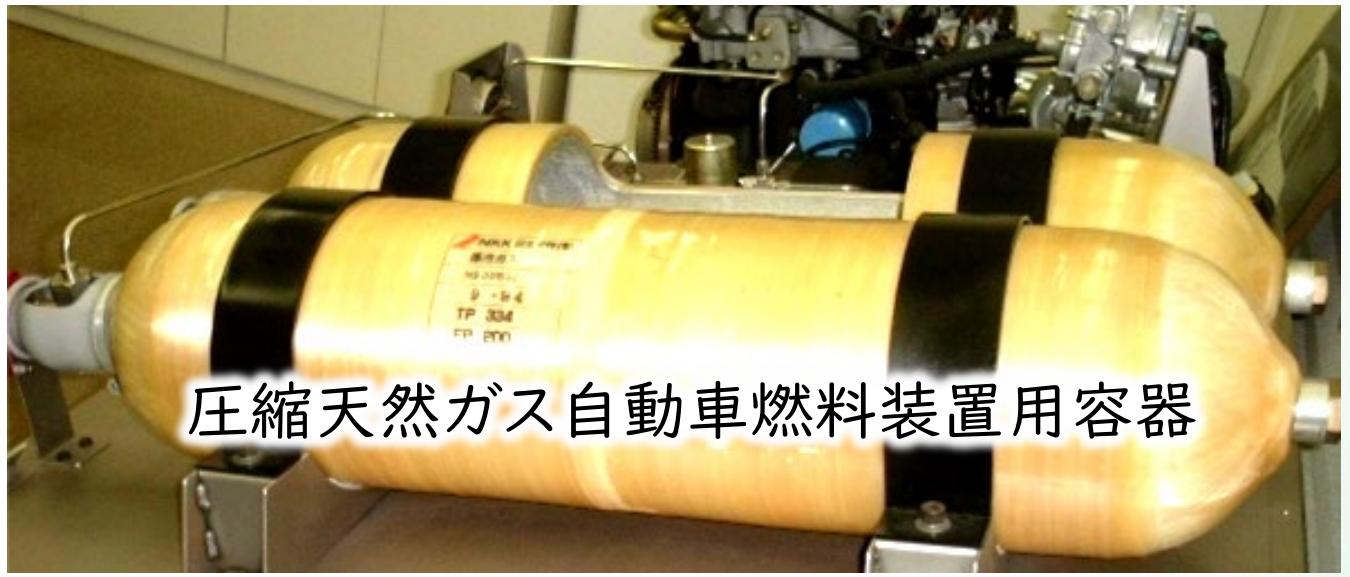
参考図14 超低温容器の例（カットモデル）

容器第2条3号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図15　複合容器の例（カットモデル）

容器第2条12号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図16　液化石油ガス用一般複合容器の例

（カップリング付容器用弁を装置した内容積25L以下の容器（右））

液化石油ガス用容器の外観の比較

左は鋼製の溶接容器（8kg型容器、容器だけの質量は9.6kg）
右は一般複合容器（7.5kg型容器、容器だけの質量は4.4kg）

液化石油ガス用
一般複合容器の定義

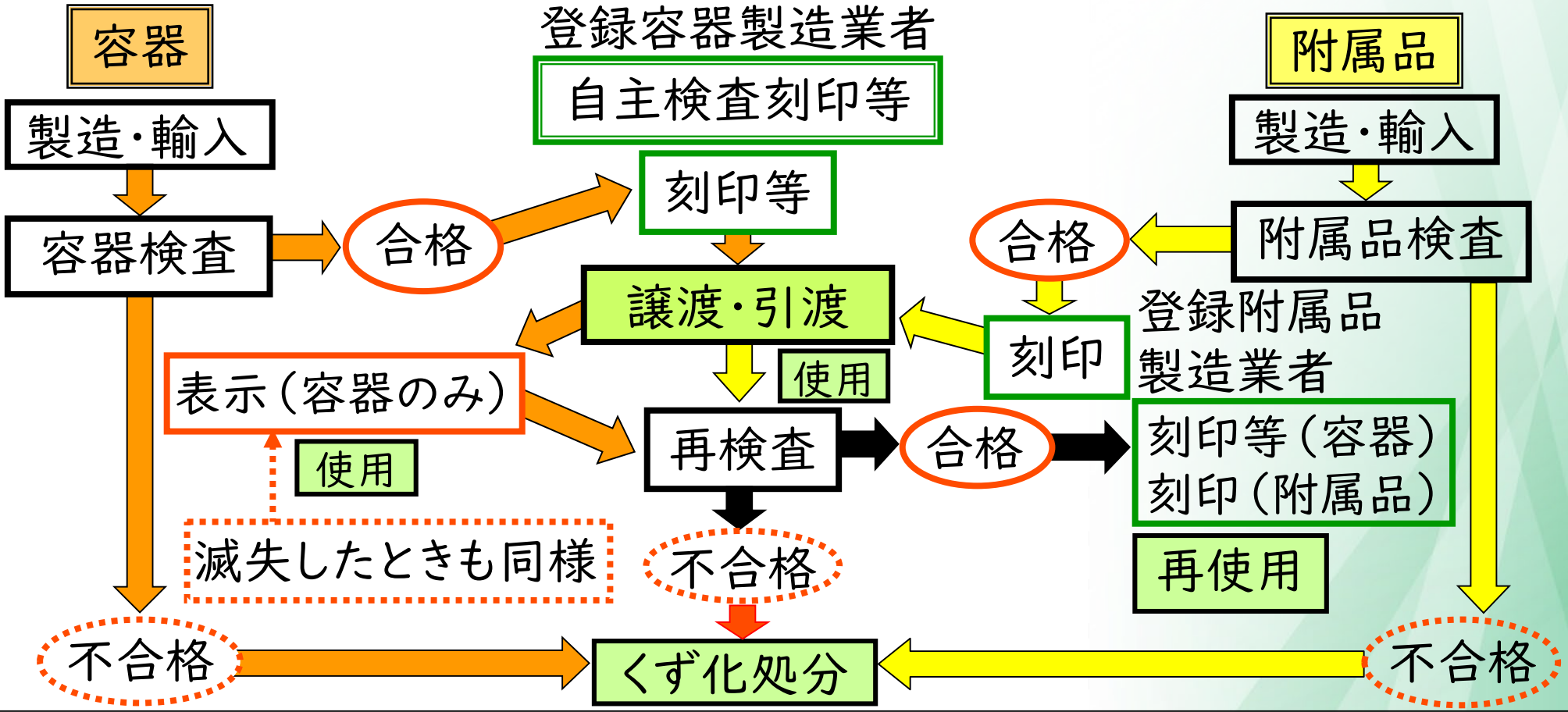
（容器保安規則第2条第11号の2）「プラスティックライナー製一般複合容器のうち、液化石油ガス（炭素数3又は4の炭化水素を主成分とするものに限る。）を充填するための容器（ケーシングを有するものに限る。）」

（注）容器再検査期間、充填可能期限の適用上は容器保安規則第2条第11号の「一般複合容器」に含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図69 容器・附属品に対する規制

法第41条～56条

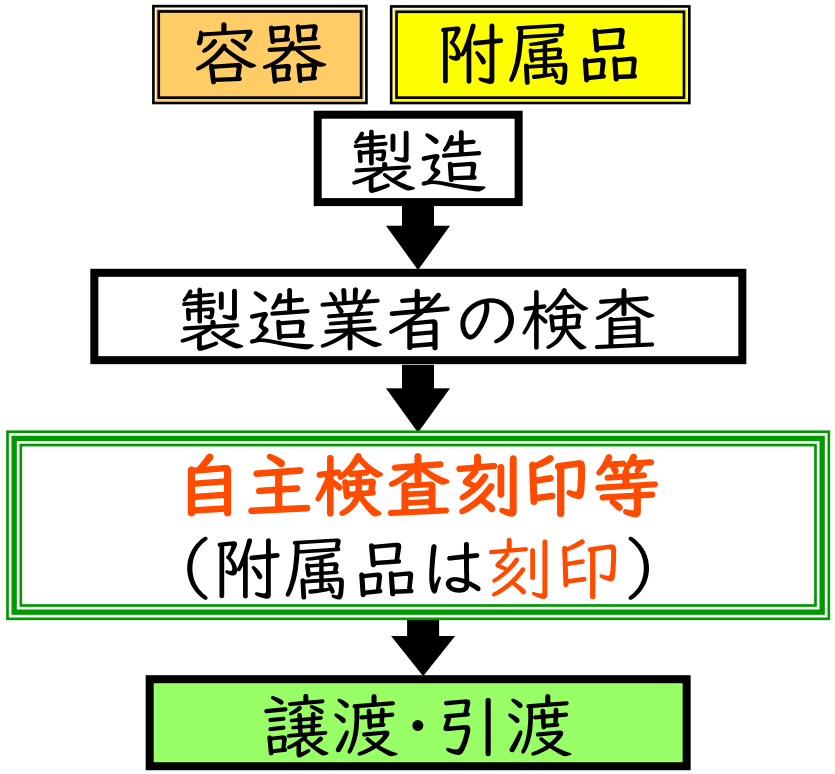


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図70 自主検査刻印等

法第49条の5、第49条の25

登録容器製造業者・登録附属品製造業者の場合



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図71　容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（1）

容器第8条

図71中「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

＊検査実施者の名称の符号
＊容器製造業者の名称又はその符号（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は名称のみ）
＊充塡すべき高圧ガスの種類：PG（ヘリウム、ネオン等）、SG（特殊高圧ガス）、FC1、FC2、FC3（以上フルオロカーボン）、CNG（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器）、CHG（圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪及び圧縮水素運送自動車用容器）、LNG（液化天然ガス自動車燃料装置用容器）（さらに詳細刻印あり＝ 略）、その他の容器は高圧ガスの名称、略称又は分子式
＊容器の記号（LPガス容器は3文字以下）及び番号：アルファベットと数字（LPガス容器は5けた以下）
＊内容積：（記号 V 、単位 リットル）
＊附属品（取りはずしのできるものに限る。）を含まない容器の質量：（記号 W 、単位 kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）
＊アセチレンガスを充塡する容器の質量：前記質量に多孔質物及び附属品の質量を加えた質量 （記号 TW 、単位 kg）
＊容器検査合格年月：（内容積4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、合格年月日）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図71（続き） 容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（2）

容器第8条

＊充塡可能期限年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は充塡可能期限年月）：
（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に限る。）

＊耐圧試験における圧力：（記号　TP、単位　MPa）及びM（超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊最高充塡圧力：（記号　FP、単位　MPa）及びM（圧縮ガス用容器、超低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器に限る。）

＊高強度鋼（記号　HT）、アルミニウム合金（記号　AL）であることの記号：
（高強度鋼、アルミニウム合金で製造された容器（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）に限る。）

＊容器の胴部の肉厚：（記号　ｔ、単位　㎜）（内容積500L超の容器に限る。）

＊胴部の繊維強化プラスチック部分の許容傷深さ：（記号　DC、単位　㎜）（繊維強化プラスチック複合容器に限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図72 容器則における最高充塡圧力（FP－M）の定義（主なもの）

容器第2条25号

1 圧縮ガスを充塡する容器（SG容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器を除く。）

① アセチレンガスを充塡する容器以外の容器
温度35℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

② アセチレンガスを充塡する容器
温度15℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

2 SG（特殊高圧ガス及びこれらの混合ガス）容器
容器則で定められた耐圧試験圧力の5分の3倍の圧力の数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図72（続き）

3 超低温容器、低温容器又は液化天然ガス自動車燃料装置用容器
常用の圧力のうち最高のものの数値

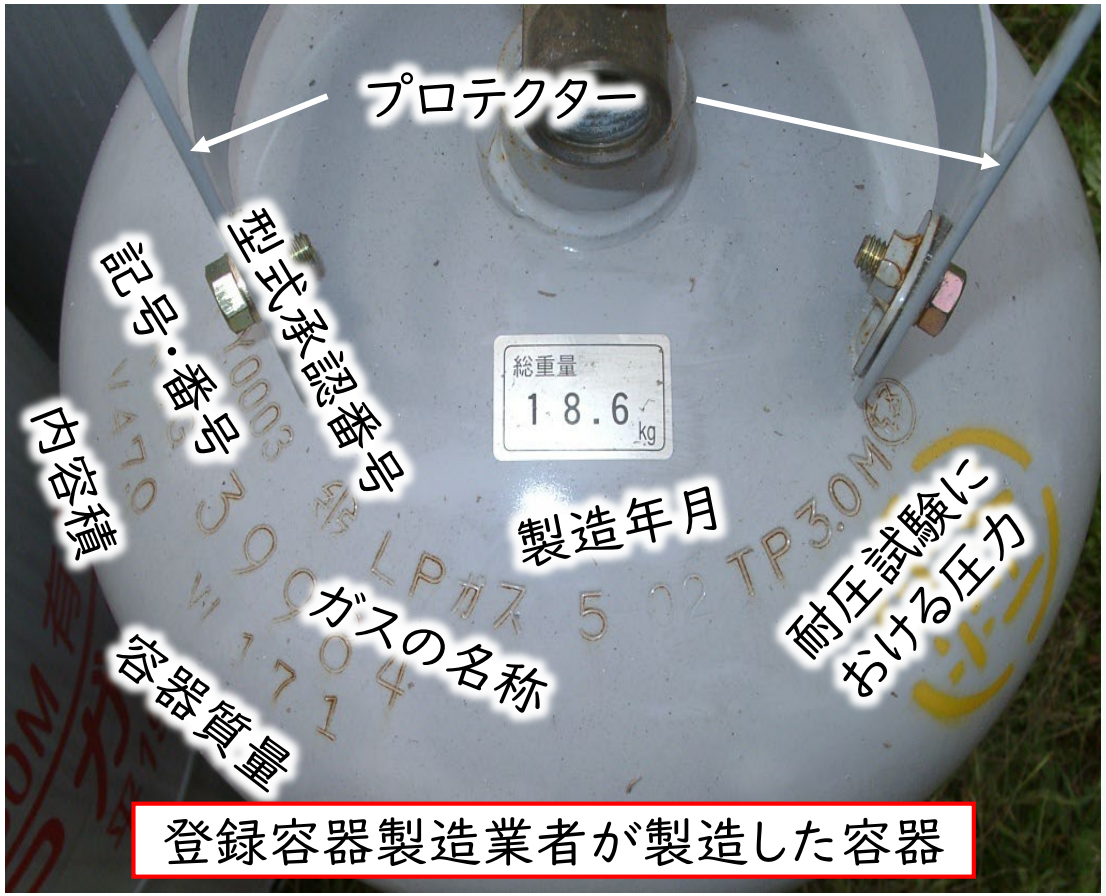
4 2及び3の容器以外の容器で、液化ガスを充塡するもの
耐圧試験圧力の5分の3倍（再充塡禁止容器は同5分の4倍）の圧力の数値

5 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器
燃料の充塡中にその容器にかかるガスの圧力のうち最高のものの数値であって別に定める公称使用圧力の4分の5倍の圧力の数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図17 LPガス用20kg型容器の自主検査刻印の例

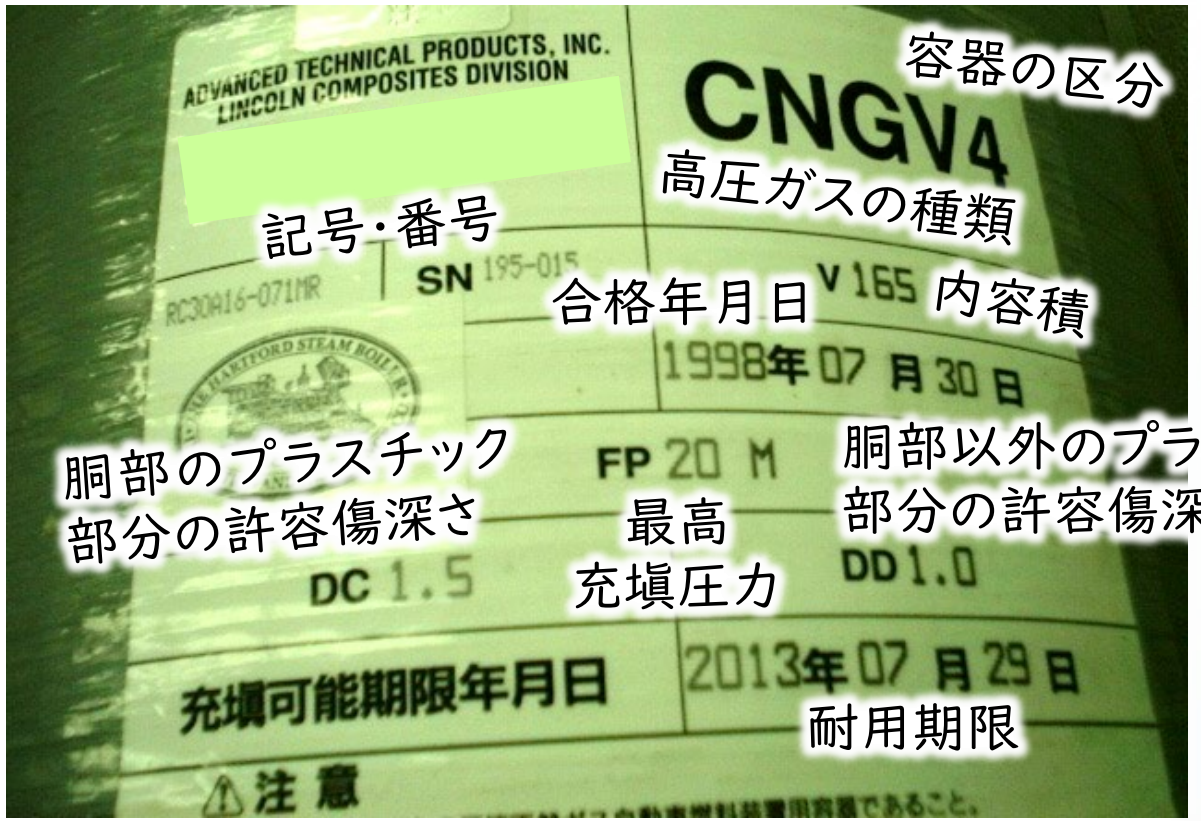
容器第8条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図18 圧縮天然ガス自動車燃料装置用複合容器の標章の例

容器第8条3項3号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図73 附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（1）

法第49条の3
容器第18条

＊附属品検査合格年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器に装置されるべき附属品は、年月）
＊検査実施者の名称の符号
＊附属品製造業者の名称又はその符号
＊附属品の記号・番号
＊附属品の質量：（記号　W、単位　kg）（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、 圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されるべき附属品を除く。）
＊耐圧試験における圧力：（記号　TP、単位　MPa）及びM

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図73（続き） 附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（2）

法第49条の3
容器第18条

＊附属品が装置されるべき容器の種類：

圧縮アセチレンガス用容器	→	記号 AG
圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号 CNGV
圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号 CHGV
国際圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号 CHGGV
圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	→	記号 CHGTV
圧縮水素運送自動車用容器	→	記号 CHGT
圧縮ガスを充塡する容器（上記の各容器を除く。）	→	記号 PG
液化ガスを充塡する容器（以下の各容器を除く。）	→	記号 LG
液化石油ガスを充塡する容器（下記LT容器を除く。）	→	記号 LPG
超低温容器及び低温容器	→	記号 LT
液化天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号 LNGV
＊液化水素運送自動車用容器に装置する安全弁：	→	記号 LTL又はLTH

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図19 附属品の刻印

容器第13条、18条

液化石油ガス容器用バルブの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図74 容器の表示事項

法第46条、容器第10条

＊容器の**外表面積の1／2以上について所定の塗色**
→液化石油ガスは「ねずみ色」であるが、塗色免除あり。

＊**高圧ガスの名称**

＊**高圧ガスの性質を示す文字：可燃性ガスは「燃」、毒性ガスは「毒」**

＊所有者又は管理業務受託者の氏名等（KHKの登録記号・番号でも可）

＊高圧ガスを容器により輸入した場合であって、輸入検査に合格したときは、その容器に表示をしなければならない。（法第46条第2項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図75　容器の塗色表示（容器の表面積の50%以上を塗色）

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かっ色
その他の種類の高圧ガス	※ ねずみ色

※水素ガスを充填する容器のうち、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器並びにその他のガスを充填する容器のうち着色加工していないアルミニウム製、アルミニウム合金製及びステンレス鋼製の容器、LPガスの容器並びに圧縮天然ガス自動車燃料装置用の容器は、塗色表示規制なし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図20 LPG容器の塗色例（塗色免除あり）

容器第10条

ねずみ色は義務付けではない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図76 容器再検査の期間

容器第24条、26条、一般第6条2項2号ヌ、液石第6条2項1号へ、容器則細目告示第4条

容器の種類 ＼ 経過年数	溶接容器、超低温容器及びろう付け容器	一般継目なし容器	一般複合容器（液化石油ガス用一般複合容器を含む。）	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器（容器則26条1項参照）	液化石油ガス自動車燃料装置用容器（溶接）
起算日	検査合格月の前月の末日（4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器は刻印された容器検査合格月日の前日）				
4年以下	5年（特に定める容器＊（容器則24条1項2号）は6年）	5年	3年 ただし15年経過したものは充塡禁止	1年1月。ただし、4年1月を経過して最初の再検査時は本体及びねじ部を検査することとし、それ以外の再検査時はねじ部のみの検査	6年
4年を超え、20年未満					
20年以上	2年				2年

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図77 容器再検査の規格の主なもの

法第49条2項、容器第26条

1 アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器、一般継目なし容器、溶接容器、ろう付け容器及び一般複合容器

↓

耐圧試験→容器ごと（例外：アセチレンの容器は製造ロットごとに1個）

2 超低温容器 → 気密試験 断熱性能試験 → いずれも容器ごと

3 圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、圧縮水素運送自動車用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器

↓

漏えい試験（液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、漏えい試験に加えて断熱性能試験又は保冷性能試験）

→ いずれも容器ごと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図78 附属品再検査の期間（主なもの）

法第49条の4、容器第27条

製造後の経過年数 ＼ 容器の種類	容器に装置されているもの			容器に装置されていないもの
	①液化石油ガス用容器で内容積4000L未満のもの（高圧ガス運送自動車用及び鉄道車両用を除く。）	②液化石油ガス自動車燃料装置用容器（車両に固定されているものに限る。）	①及び②以外の容器（圧縮水素自動車関係容器略）	
6年6か月以下	附属品検査等合格日からその装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格日からその装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格日からその装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間（アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器は、容器検査等合格月の前月の末日から起算して4年1か月経過して最初に受ける容器再検査の日までの期間）	2年
6年6か月超 7年6か月以下	1年	1年		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図79 附属品再検査の規格の主なもの

法第49条の4 2項、容器第29条

1 バルブ（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器に装置されるもの）

↓

開閉操作が容易であり、かつ、円滑に作動するもの

2 安全弁（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されているもの並びに破裂板及び溶栓を除く。）

↓

所定の圧力を加えた場合作動するもの

3 緊急しゃ断装置

↓

遠隔操作により作動することができるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図80 容器・附属品のくず化処分

法第56条

① 容器検査・附属品検査に不合格の容器・附属品であって、充塡するガスの種類、圧力を変更しても規格不適合のもの

② 容器再検査・附属品再検査に不合格の容器・附属品であって、（容器については3か月以内）に刻印等・刻印がされないもの

③ 廃棄する容器・附属品（使用過程のもの（ガスが充塡されているか、充塡されていないかにかかわらず。）、未使用のもの（新品を含む。））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図81 容器への高圧ガスの充塡

法第48条

高圧ガスを充塡する容器の条件

1 容器検査に合格し、容器に刻印等がされていること、又は自主検査刻印等がされていること。
2 表示がしてあること。
3 附属品検査に合格し刻印がされている附属品が容器に装置されていること。
4 使用過程で容器再検査期間が経過したもの→容器再検査に合格し刻印等がされていること。
5 使用過程で附属品再検査期間が経過したもの→附属品再検査に合格し刻印がされている附属品が装置されていること。

容器再検査期間を経過したにもかかわらず容器再検査を受けず、容器再検査に合格した旨の刻印がなされていない容器には、高圧ガスを充塡してはならない。

容器に充塡する高圧ガスの条件

容器の刻印で示されたガスの種類であることに加え、
1 圧縮ガス→最高充塡圧力「FP－M」(MPa)以下のものであること。
2 液化ガス→$G=\frac{V}{C}$ (kg)以下のものであること。(容器則第22条)

G：液化ガスの質量(kg)
V：容器の内容積(L)
C：ガスの種類に応じた定数(容器則22条)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〽法律、政令及び容器則終了〽

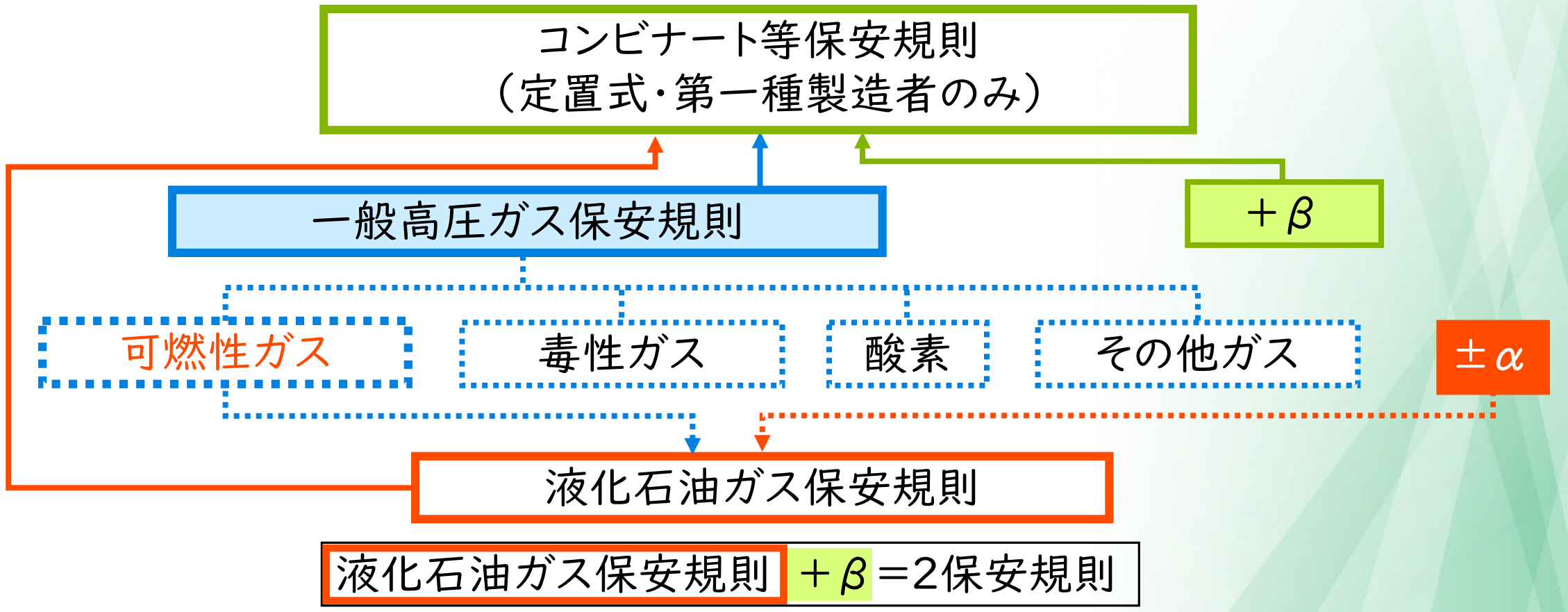
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

丙種化学液石講習

講習科目：液化石油ガス保安規則（液石則）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図1　各保安規則の関連



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－1）

根拠条文 → 液石第〇条△項×号、コンビ則第〇条△項×号

スライドの見方

例示基準

例示基準

例示基準

} は、法令ではなく、通達（規則関係例示基準）で示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1 第一種保安物件・第二種保安物件

液石第2条1項1号、2号、
コンビ第2条1項7号

第一種保安物件

液化石油ガス（高圧ガス）による災害が発生した場合、周辺の不特定多数の者又は保護すべき者の安全を確保するために、これらの者が利用する病院等施設や学校等から所定の距離を有して高圧ガス設備[第一種設備距離]や容器置場[第一種置場距離]などを設置することとされている。これらの施設等を第一種保安物件という。

第二種保安物件

第一種保安物件と同様な趣旨で、周辺に居住している者の安全を保護するために、その住居から所定の距離を有して高圧ガス設備[第二種設備距離]や容器置場[第二種置場距離]などを設置することとされている。この住居を第二種保安物件という。

注：コンビ則では、第一種保安物件及び第二種保安物件から保安のための宿直施設を除いたものを「保安物件」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2 充塡容器・残ガス容器の定義

液石第1項7号、8号
第6条1項35号

充塡容器

現に液化石油ガス（高圧ガス）を充塡してある容器であって、その質量が充塡時の2分の1以上減少していないものをいう。

残ガス容器

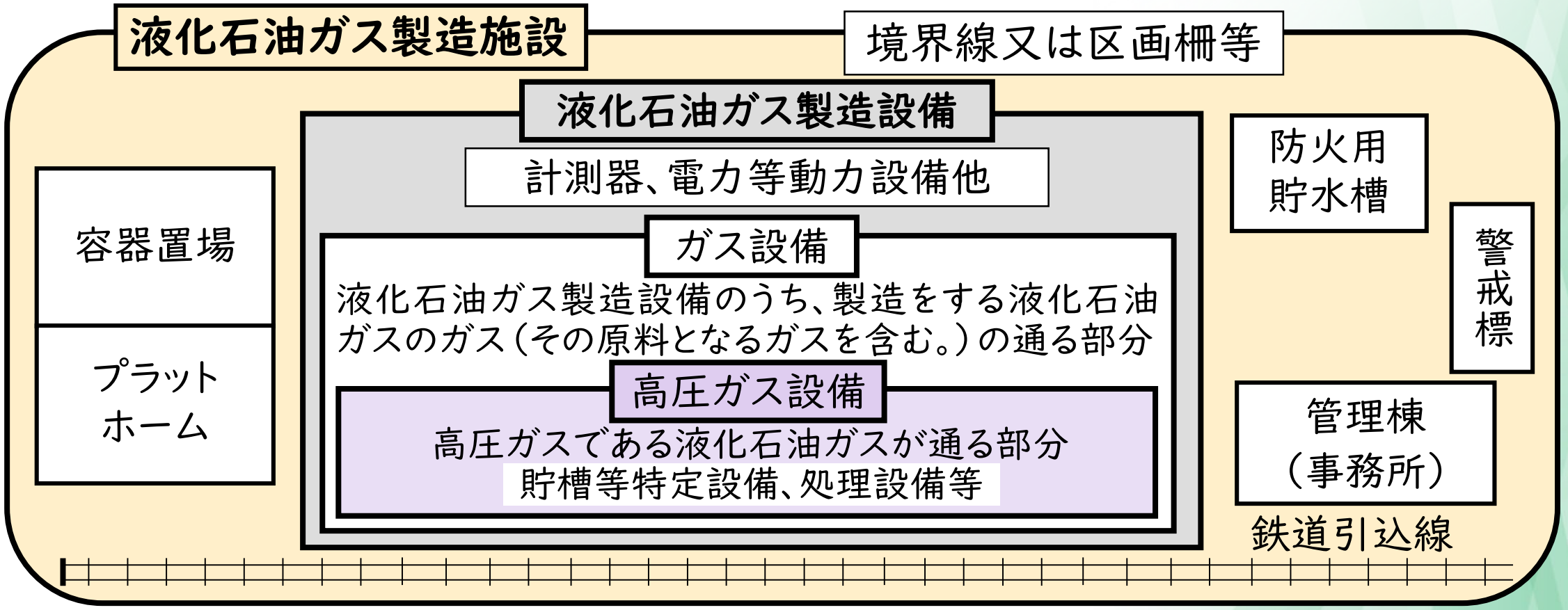
現に高圧ガスを充塡してある容器であって、充塡容器以外のものをいう。

充塡容器と残ガス容器の両方を含めて「充塡容器等」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図3 液化石油ガス製造施設の概念

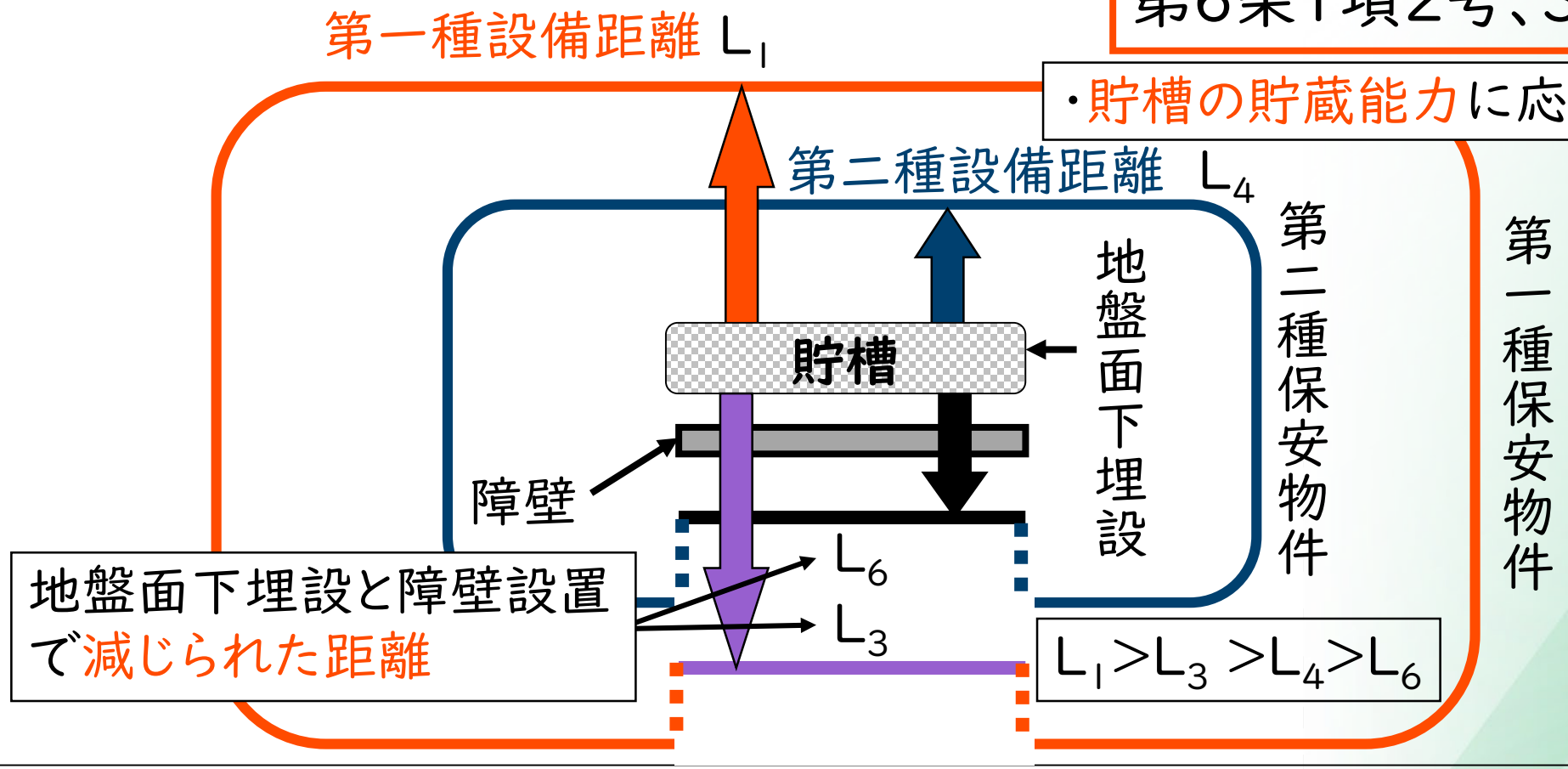
液石第2条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図4 貯槽の外面から設備距離（1）

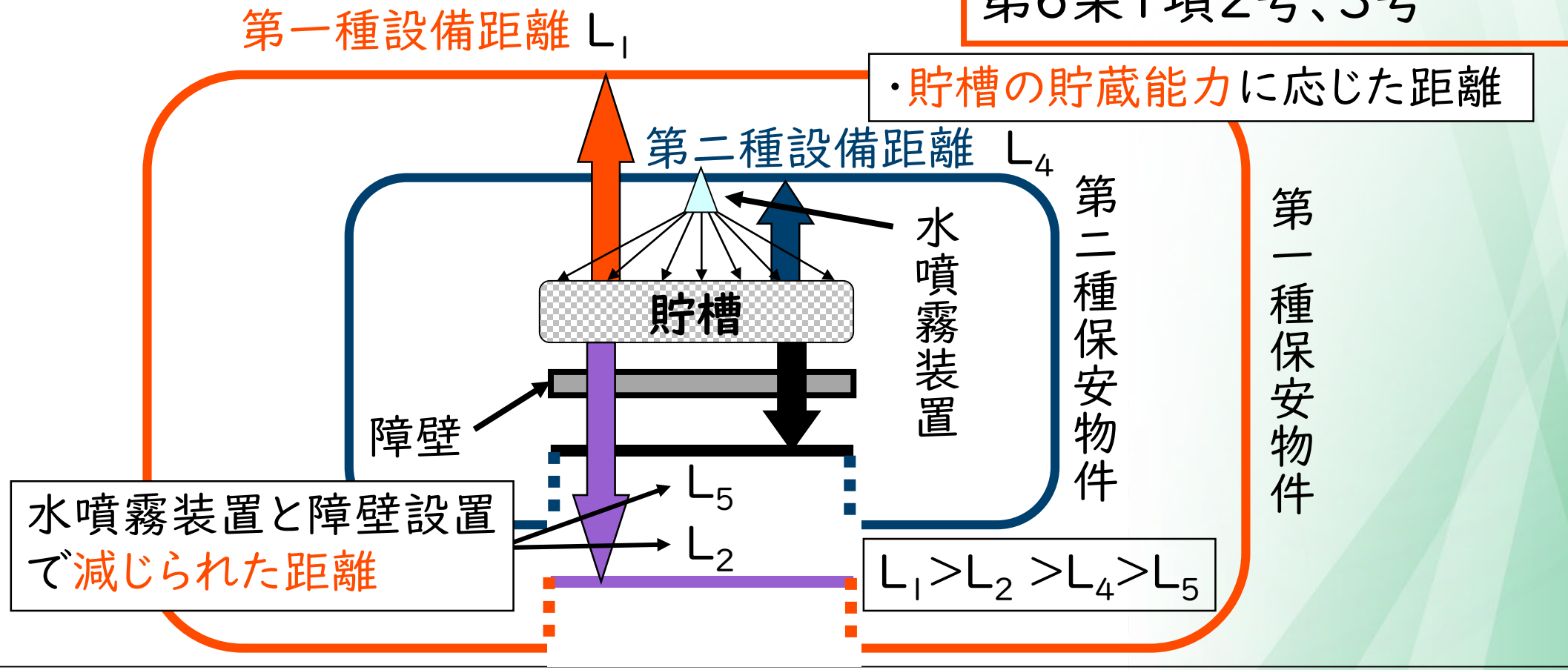
液石第2条1項16号、17号、
第6条1項2号、3号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図5 貯槽の外面から設備距離（2）

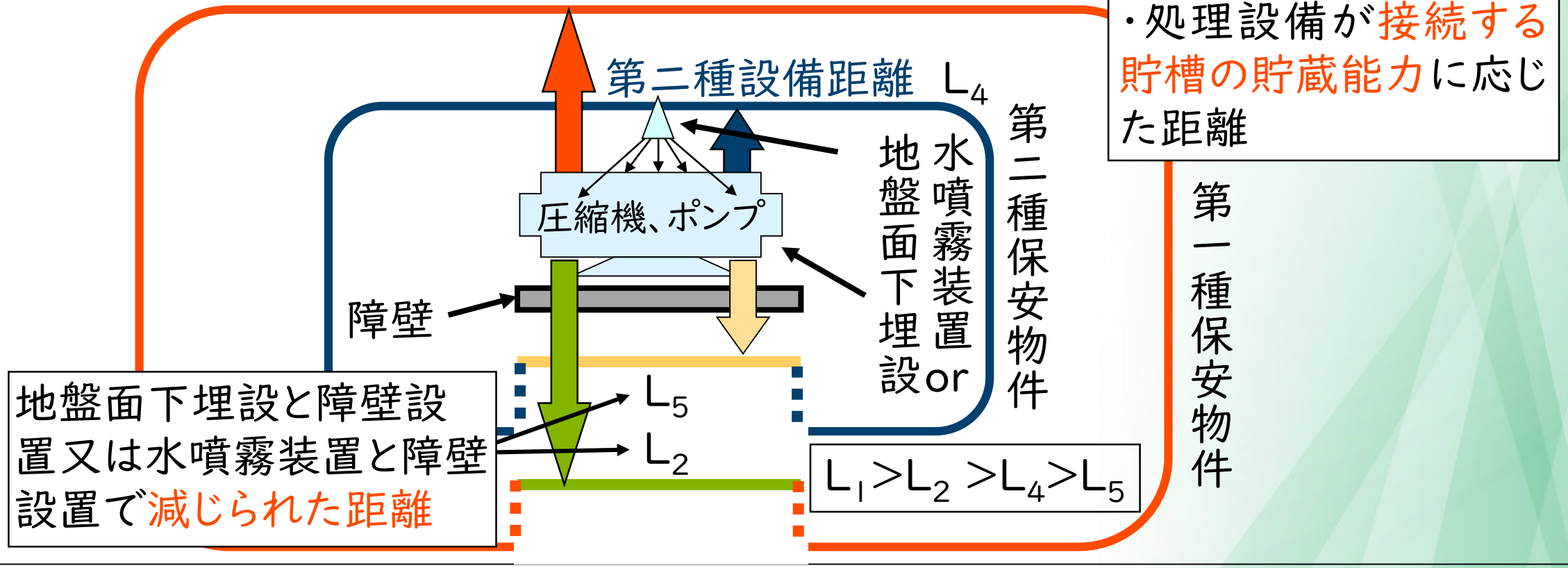
液石第2条1項16号、17号、
第6条1項2号、3号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図6 処理設備の外面から設備距離

液石第2条1項16号、17号、第6条1項2号、3号



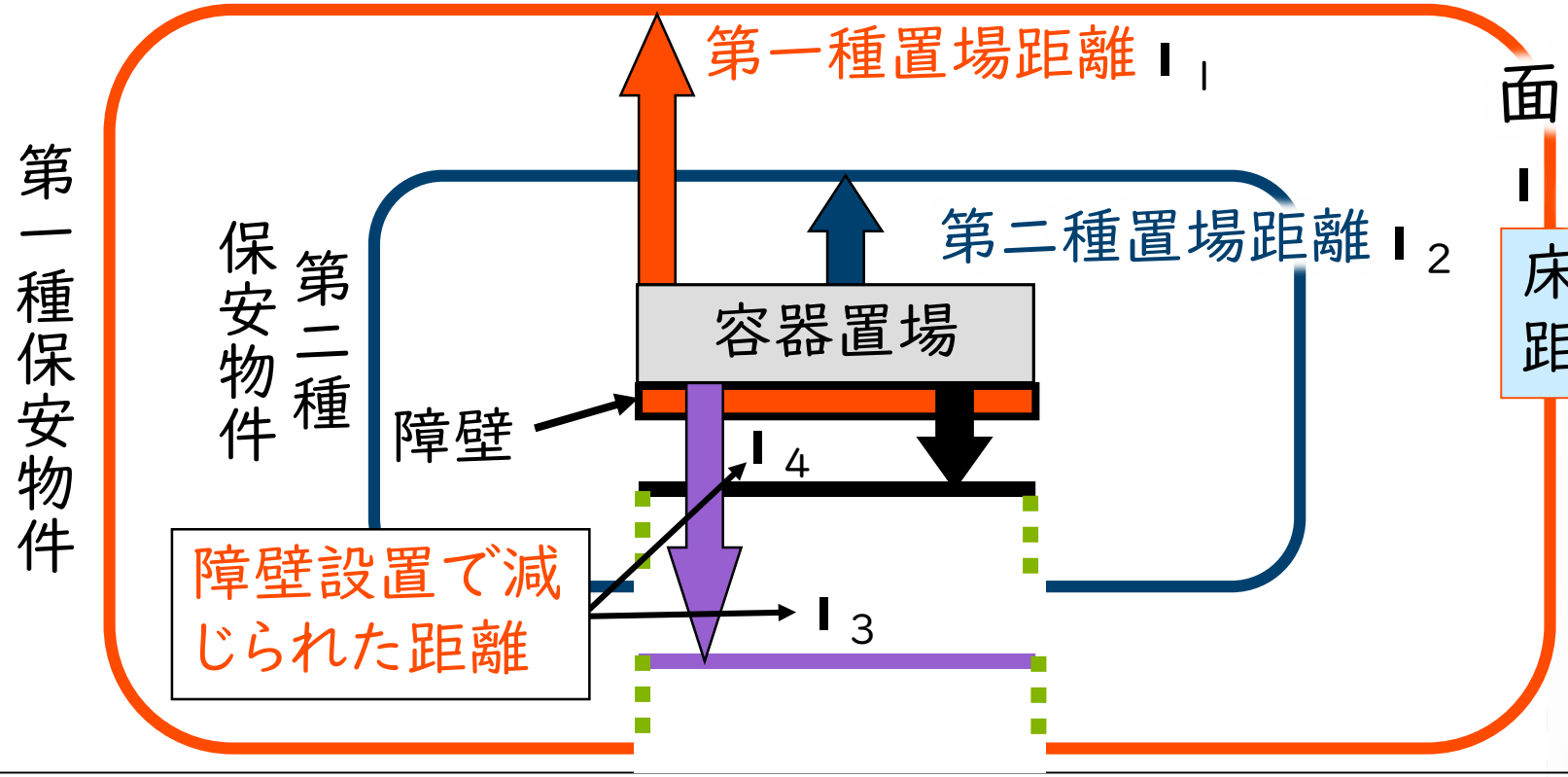
・処理設備が接続する貯槽の貯蔵能力に応じた距離

地盤面下埋設と障壁設置又は水噴霧装置と障壁設置で減じられた距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7 第一種置場距離・第二種置場距離（容器置場の外面から）

液石第2条1項18号、19号、6条1項35号ハ、ニ



面積8m²以上において

$l_1 > l_2 > l_3 > l_4$

床面積に応じて算出した距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図8 事業所の境界線の明示・警戒標掲示

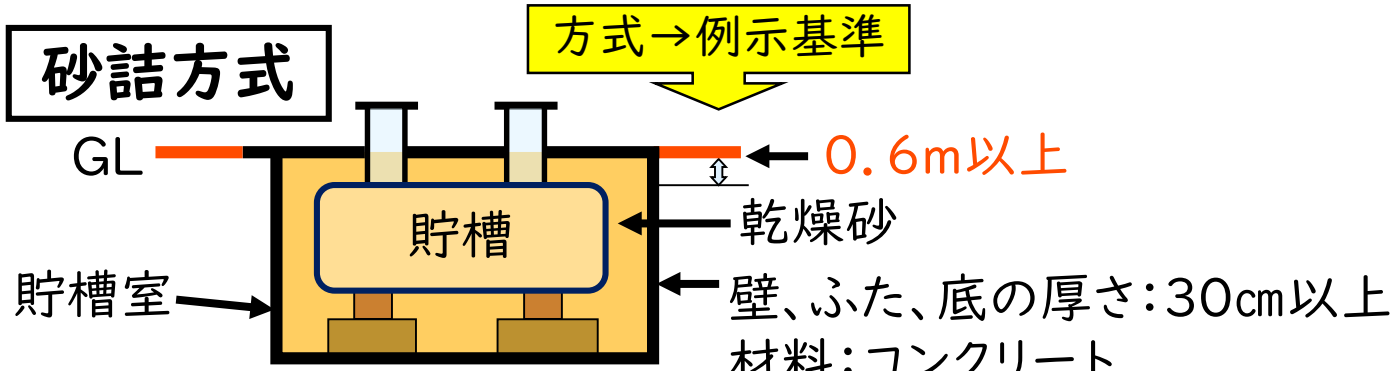
液石第6条1項1号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

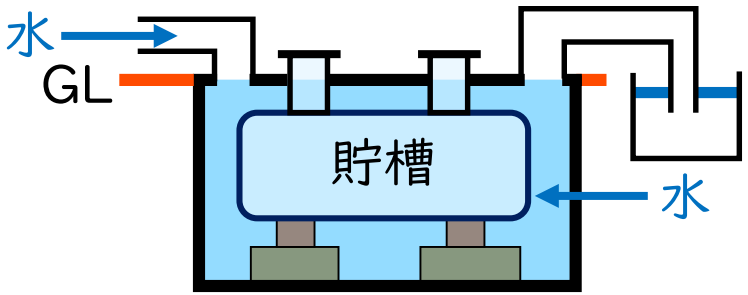
図9 液化石油ガス（特定液化石油ガス）貯槽の地下埋設基準

液石第6条1項5号、
コンビ第5条1項38号

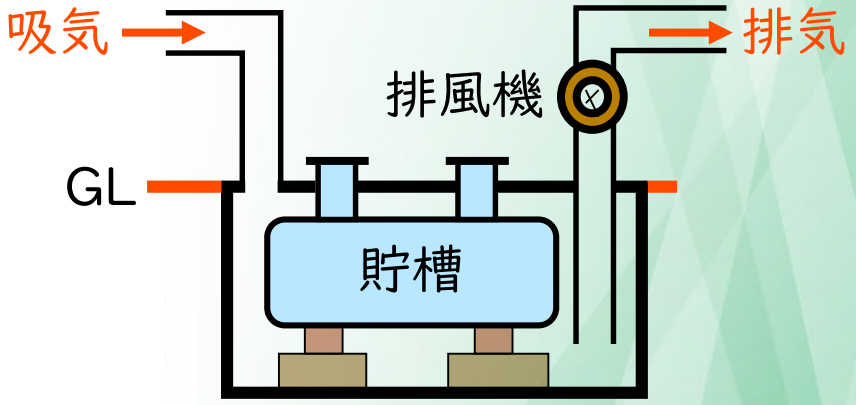
砂詰方式



水没方式



強制換気方式



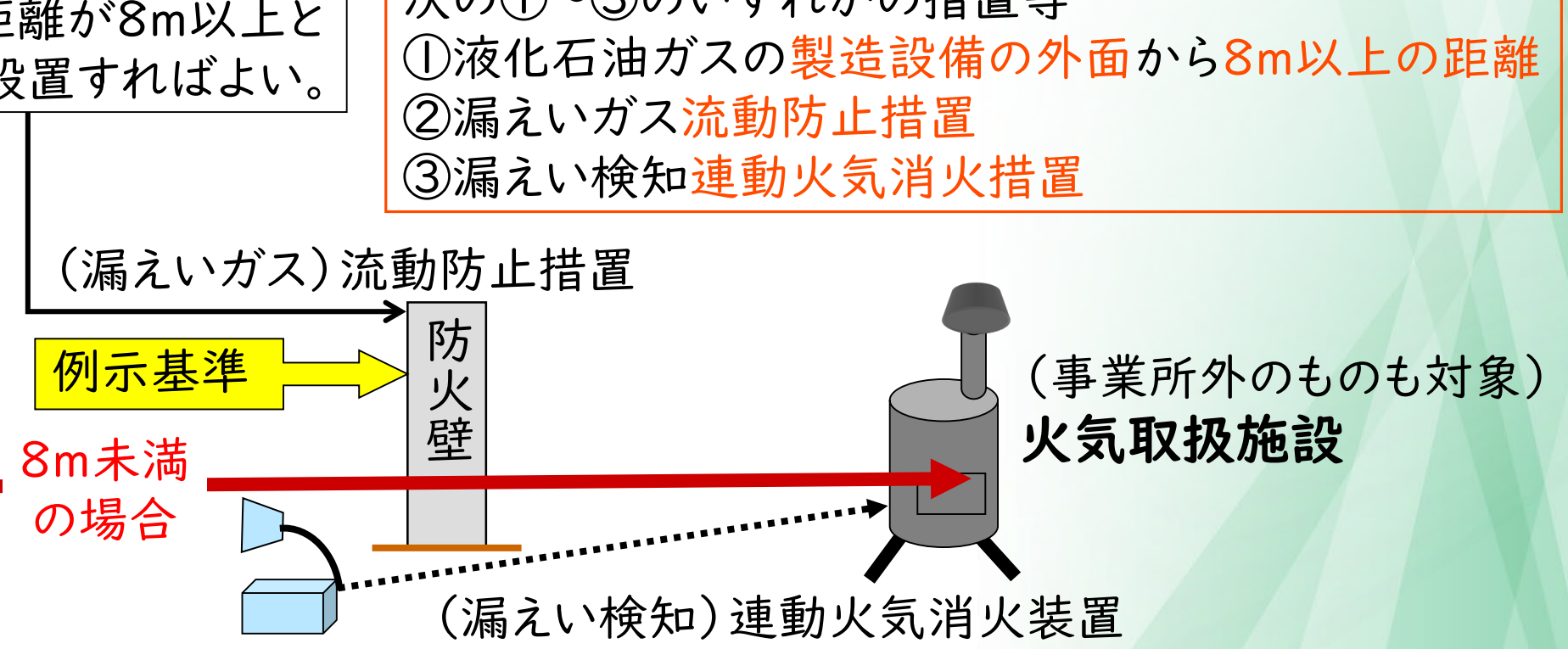
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10 液化石油ガスの製造設備から火気取扱施設に対する措置等

液石第6条1項7号

迂回水平距離が8m以上となるように設置すればよい。

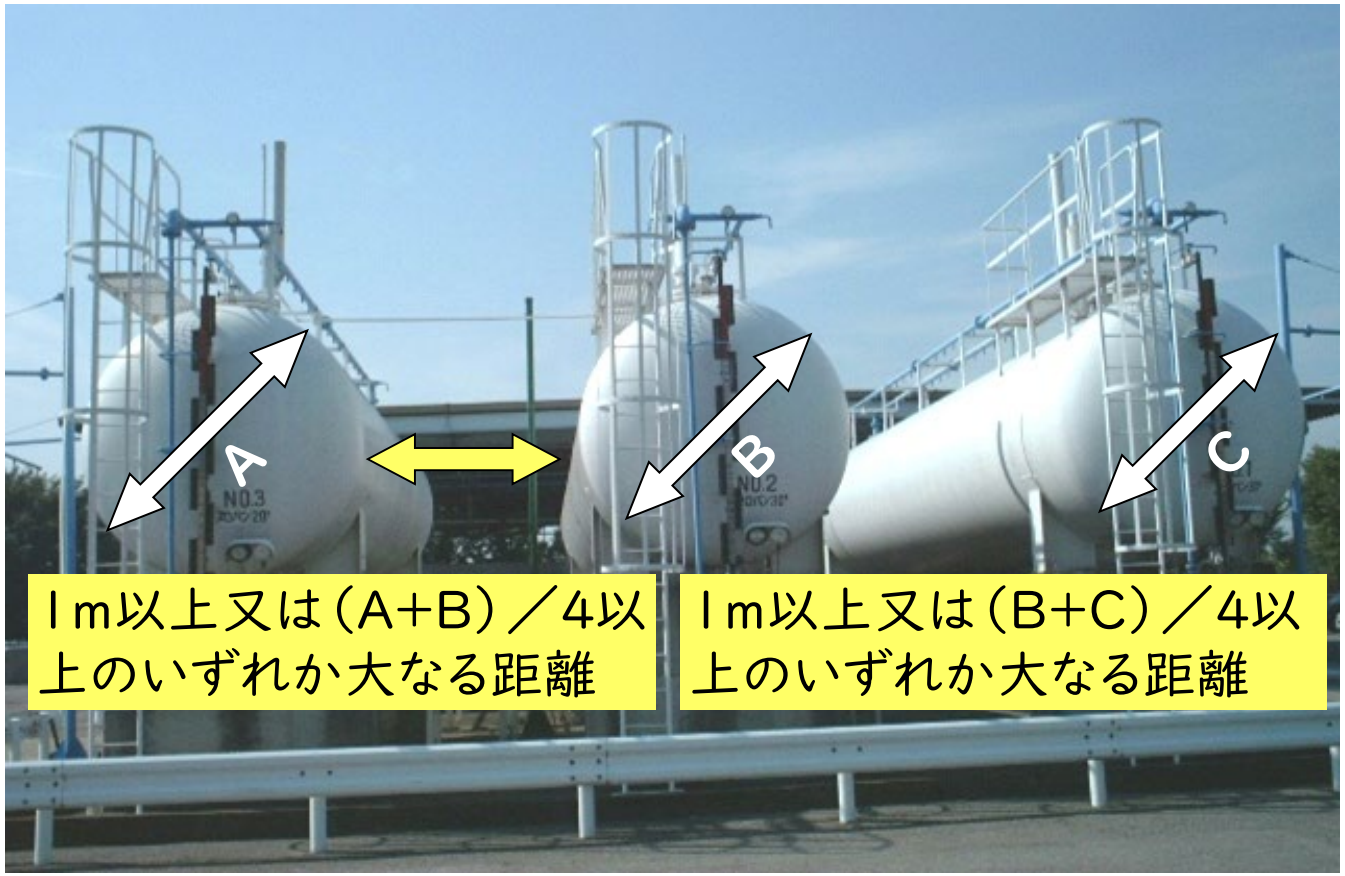
次の①～③のいずれかの措置等
①液化石油ガスの製造設備の外面から8m以上の距離
②漏えいガス流動防止措置
③漏えい検知連動火気消火措置



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11　貯槽間距離を有する措置

液石第6条1項8号



液化石油ガス貯槽間相互又は液化石油ガス貯槽と酸素の貯槽間の距離
→貯蔵能力が3000kg以上又は300m^{3}以上の貯槽に必要

例外：貯槽に、防火上、消火上有効な措置(水噴霧装置、散水設備)を講じた場合は距離不要
(コンビ則適用の貯槽はこの措置を講じても距離必要)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図12 液化石油ガス貯槽の識別標示

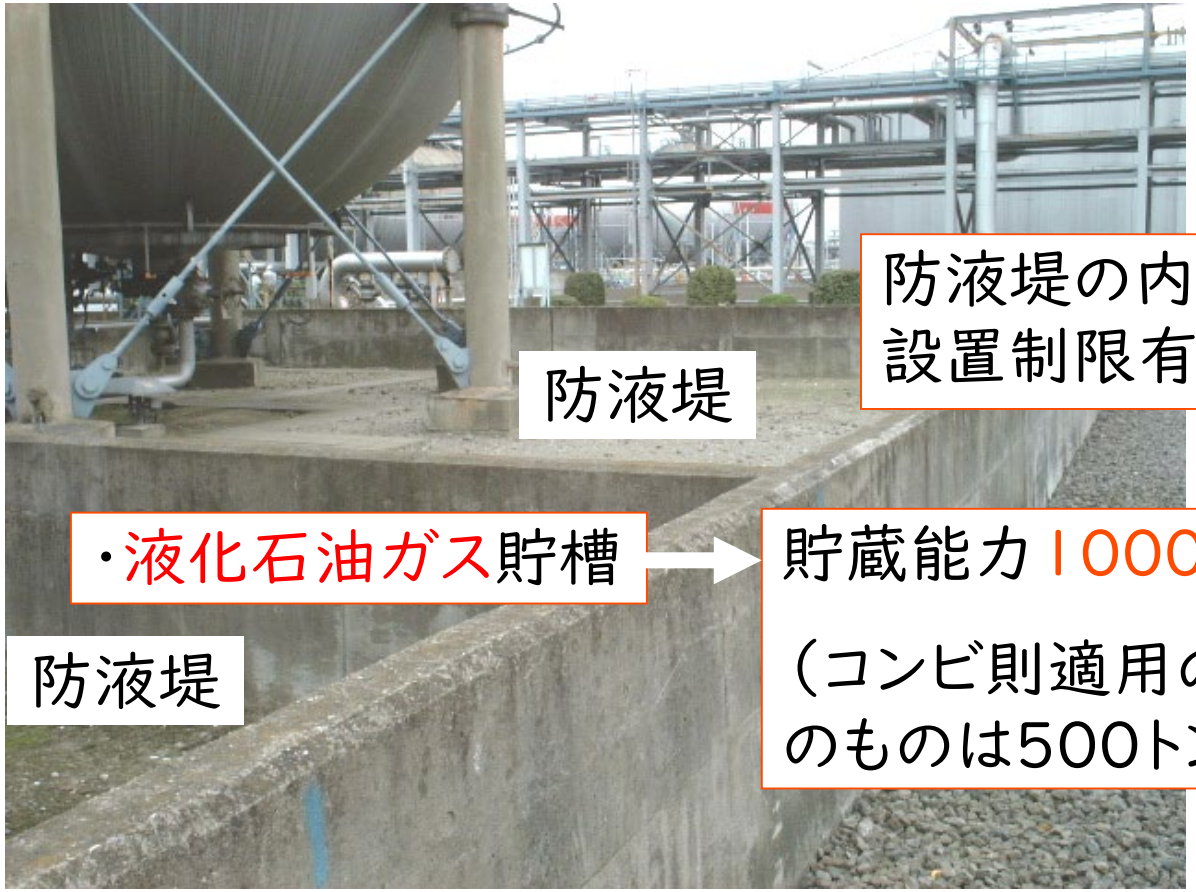
液石第6条1項9号

地下埋設貯槽も識別措置が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13 漏えい液化ガスの流出防止措置

液石第6条1項10号、
コンビ第5条1項35号



防液堤の内外に設備の
設置制限有り

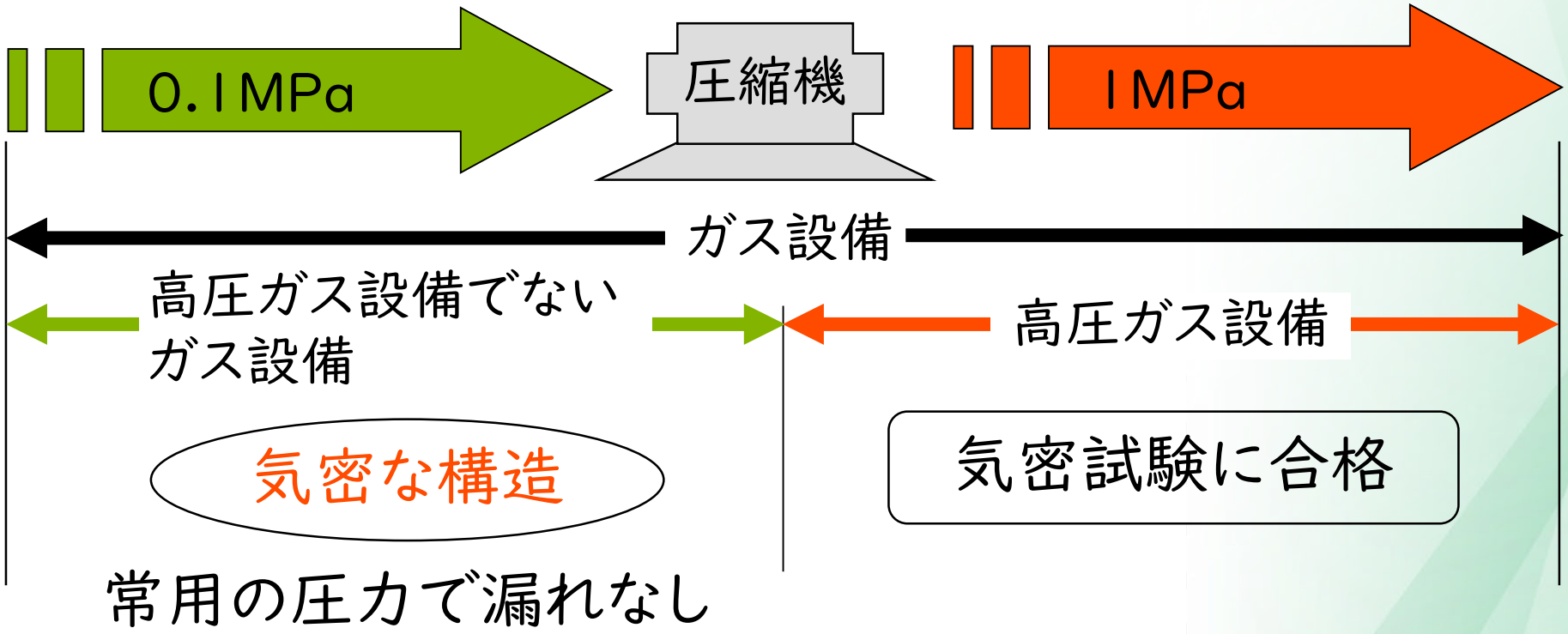
・液化石油ガス貯槽 → 貯蔵能力1000 トン以上

（コンビ則適用の貯槽は可燃性ガス
のものは500トン以上に規制強化）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14 ガス設備（高圧ガス設備を除く）の気密な構造

液石第6条1項13号

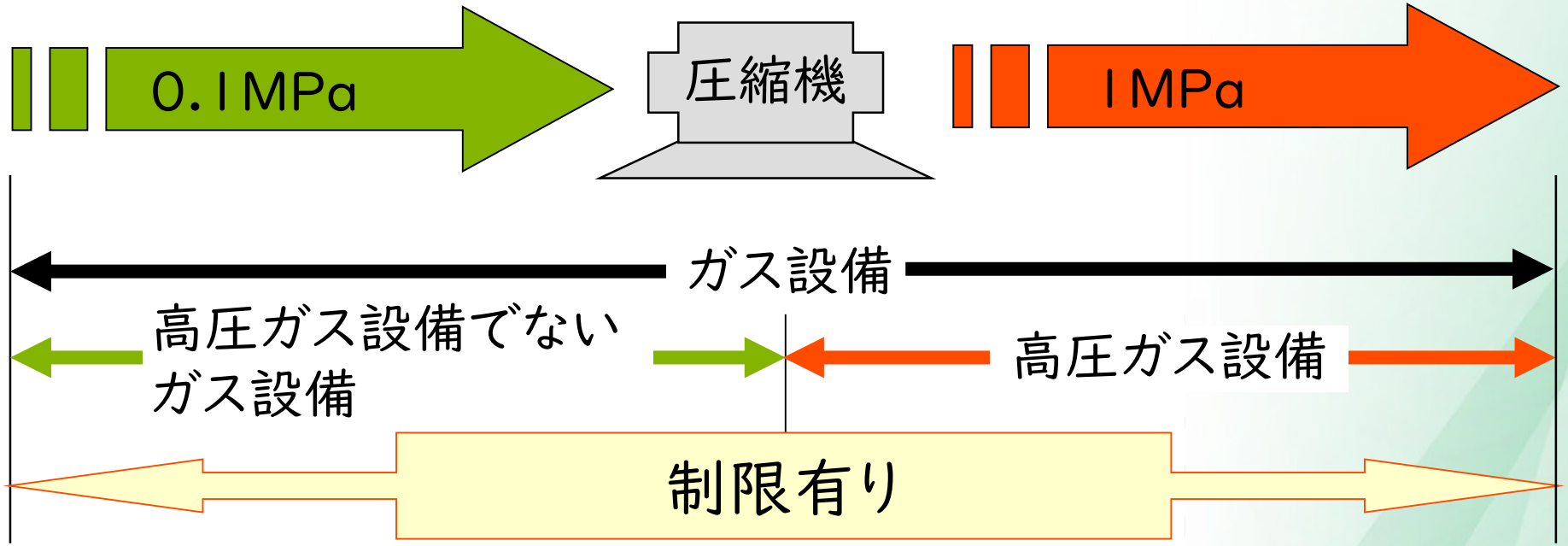


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図15 ガス設備に使用する材料の制限

液石第6条1項14号

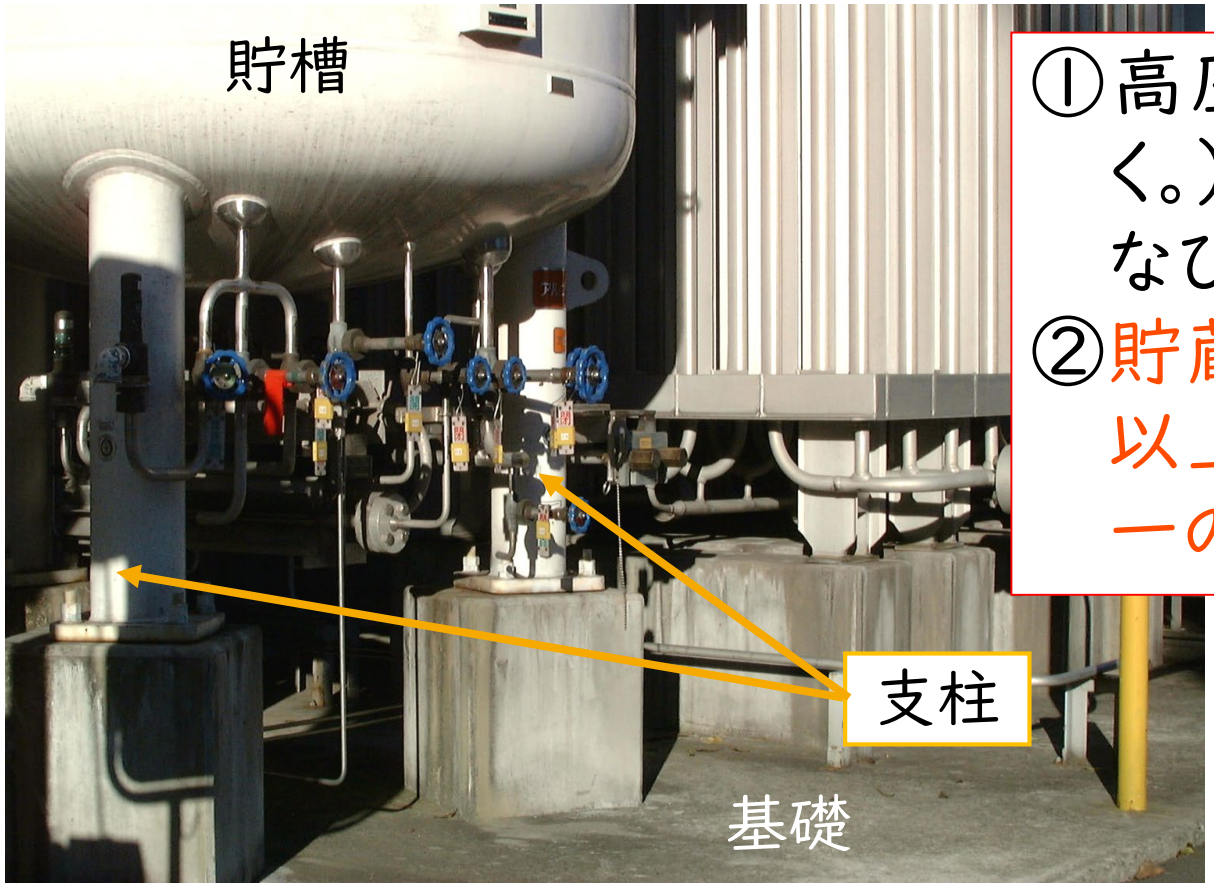
材料に及ぼす化学的影響・物理的影響に対し安全な化学的成分・機械的性質を有するもの



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16 高圧ガス設備の基礎

液石第6条1項15号

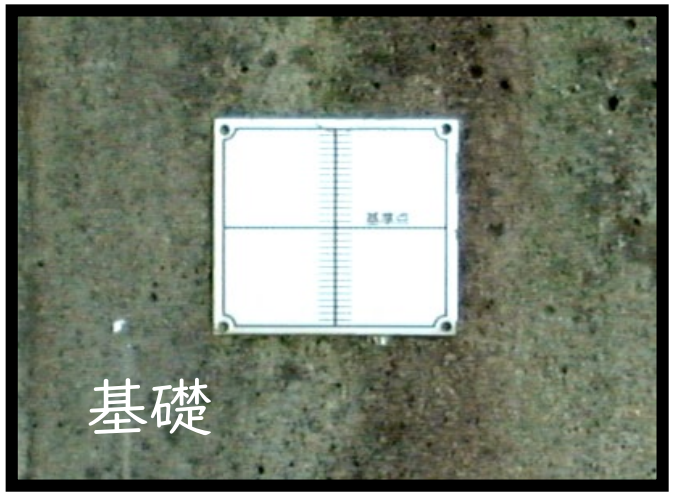


①高圧ガス設備（配管ポンプ等を除く。）の基礎は、高圧ガス設備に有害なひずみを生じないもの

②貯蔵能力が100m^{3}以上又は1トン以上の貯槽の支柱又は底部は、同一の基礎に緊結

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図17 貯槽の沈下状況を測定する措置



沈下測定基準点

貯槽の沈下状況の測定

貯槽の貯蔵能力100m³以上
又は1t 以上

一般第6条1項16号、
液石第6条1項16号、
コンビ第5条1項64号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図18 高圧ガス設備の耐圧試験圧力

液石第6条1項17号

＊第二種特定設備以外の高圧ガス設備（第一種特定設備を含む。）
[液化石油ガスの高圧ガス設備]
①水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.5倍以上の圧力
②空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.25倍以上の圧力

＊第二種特定設備
①水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.3以上の圧力
②空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.1以上の圧力

- 第一種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を4として設計した設備
  （特定設備検査規則第2条16号、第11条1項、第14条1項）
- 第二種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を3.5として設計した設備
  （特定設備検査規則第2条17号、第11条2項、第14条3項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1－1）

写真１　事故時の状況（吹き飛んだ閉止板側）

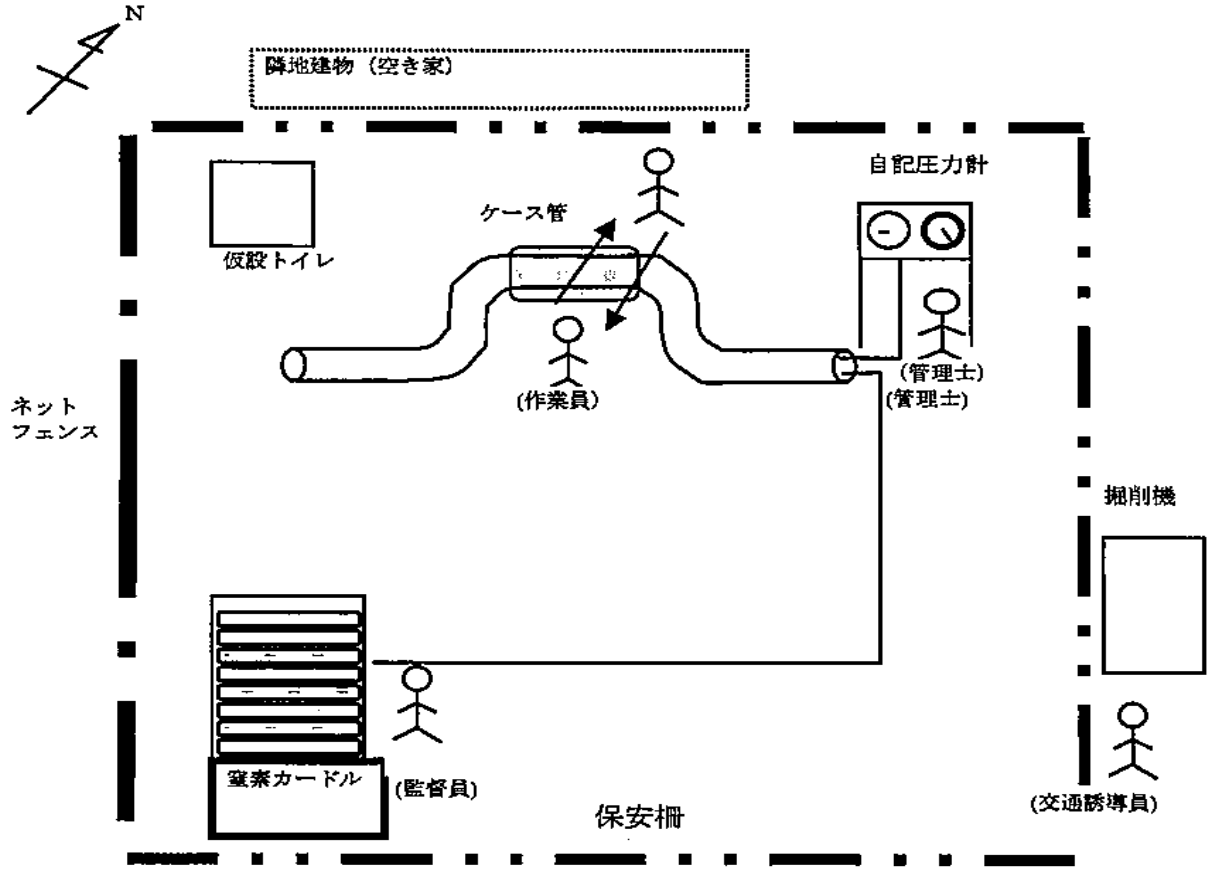
H20.8.4　新潟市、窒素ガスによる耐圧試験中の都市ガス管（閉止板）破裂事故（死者1名、負傷者3名）

（耐圧試験圧力3MPa）重さ840kgのガス管が約10m飛んだ。管端閉止板の溶接不良とその強度確認不足によるものと推定。（ガス導管はガス工作物であるが、仮設の閉止板はガス工作物の適用外。高圧の窒素ガスを使う作業は高圧ガス保安法の適用を受ける。）

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

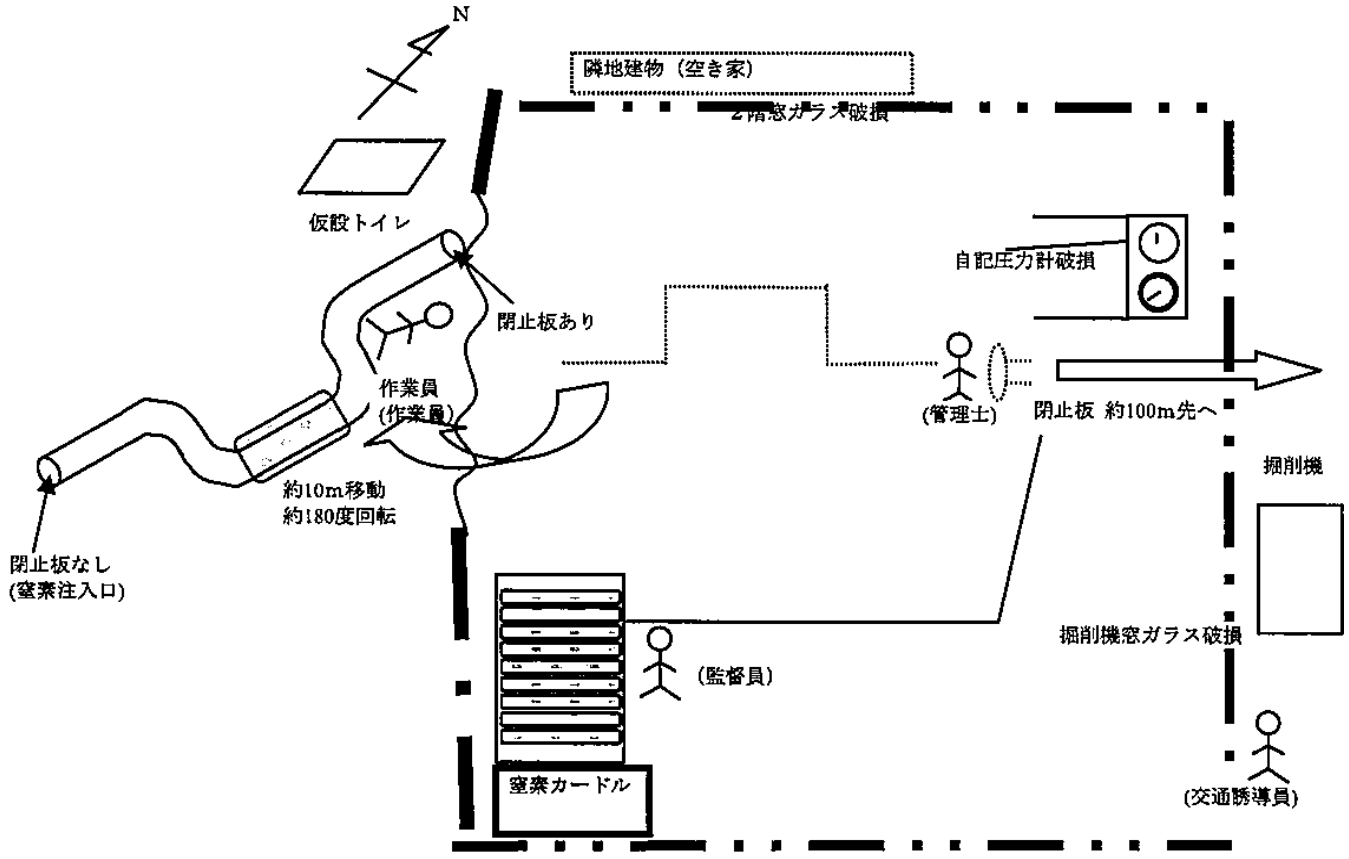
（資料１－２）耐圧試験時の状況



KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1－3）事故直後の状況



KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料Ⅰ－4）（耐圧試験時等の保安確保に関する法規制）（上記事故に関する基準）

コンビナート等保安規則関係例示基準
一般高圧ガス保安規則関係例示基準
液化石油ガス保安規則関係例示基準
「耐圧試験及び気密試験」

Ⅰ．耐圧試験（気密試験も同様）

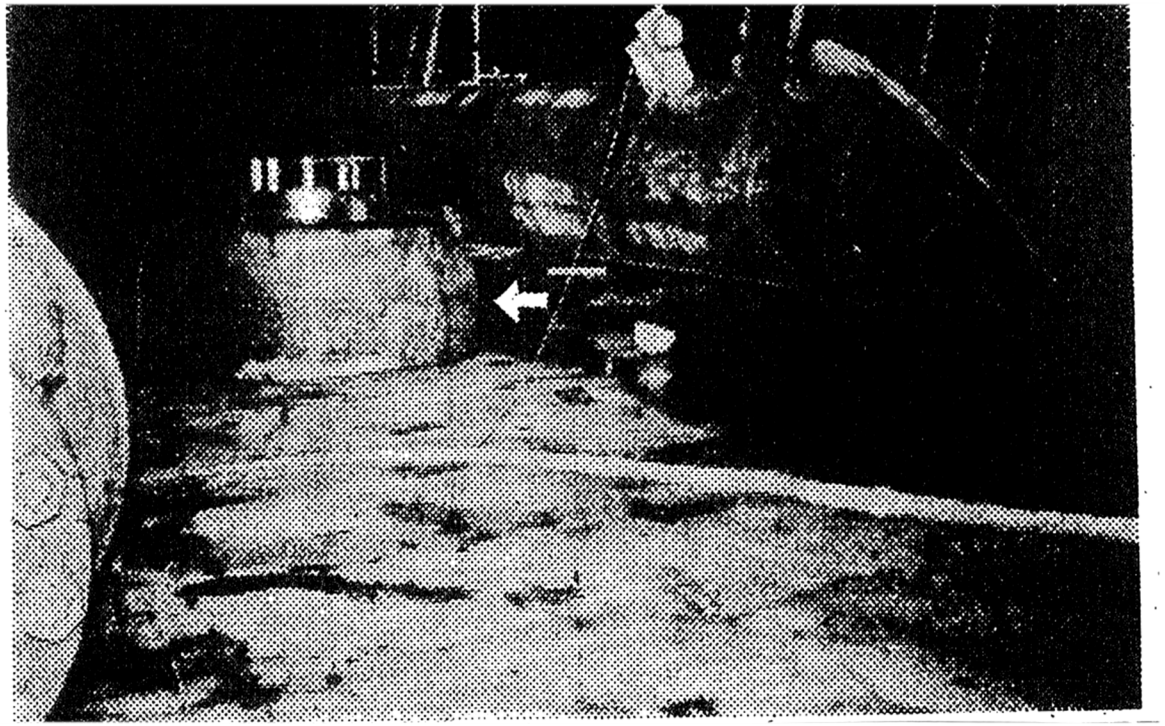
Ⅰ．６　耐圧試験に従事する者は、作業に必要な最少限度の人数の者とし、観測等の場合、適切な障害物を設け、そのかげで行うようにすること。

Ⅰ．７　耐圧試験を行う場所及びその付近は、よく整頓して、緊急の場合の避難の便を図るとともに二次的な人体への危害が生じないように行うこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1－5）上記基準の新設要因となった事故

昭和44年11月25日　広島県呉市の製鋼工場における水による耐圧試験中の多層円筒容器　鏡板破裂事故　死者2名、負傷者4名



事故のあった［　　］の製かん工場（矢印が吹っ飛んだ高圧多層容器のキャップの部分）

胴板と鏡板との溶接部が不完全であったものと考えられる。耐圧試験のために水を封入したが容器の内部に残留空気があり、その空気を加圧したことによる鏡板溶接部周辺からの破壊と推定（470kg／cm²、30分後破壊。10m飛んだ鏡板の重量約1トン）

昭和44.11.26 中国新聞朝刊社会面

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19 高圧ガス設備の気密試験

液石第6条1項18号

例示基準

・常用の圧力*以上の圧力

試験方法等

①空気、その他の危険性のない気体の圧力により行う。

②当該高圧ガス設備がぜい性破壊を起こすおそれのない温度で行う。

③気密試験圧力は、常用の圧力以上の圧力とし、漏えいの確認はその圧力を10分間以上保持した後に行う。

④試験の状況によって危険がないと判断される場合は、当該高圧ガス設備によって貯蔵又は処理される高圧ガスを使用して行うことができる。

＊常用の圧力：設備の正常な使用状態における最高の圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1－6）

H21.6.24新潟県新潟市
移動式液化窒素製造設備での気密試験中の耐圧ホース破裂事故

○設備の気密試験のため、移動式液化窒素製造設備で加圧中、11.3MPaまで昇圧した際に、耐圧ホースの根元が破裂した（人的被害なし）。

○このローリ車には気密試験用ホースとして、高圧用（16MPa、1／2インチ）と低圧用（3MPa、3／4インチ）の2種類の耐圧ホースを積載しており、双方の色は黒であり、太さの違いで区別していた。

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1－7）

○発災時は、他にも数台のローリ車が気密試験用の窒素を設備に供給しており、3／4インチの耐圧ホースが使用されていた。

○事故車の運転手は、1／2インチの高圧用ホースを使用すべきところ、他社に倣い、3／4インチのホースを使用するものと思いこみ、低圧用ホースを使用した。

○なお、気密試験時のローリ車の作業について、作業手順書及び点検表が定められていなかったため、耐圧ホースの誤使用を防止できなかった。

○発災したローリ車は、元請け事業者からの発注を受けて孫請け事業者が作業を実施しており、製造事業者の管理が行き届いていない状況であった。

（事故後の対策）耐圧ホースに、最高使用圧力を表示した。

写真４発災後の耐圧ホース拡大

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図20 高圧ガス設備に使用する材料の強度等

液石第6条1項19号

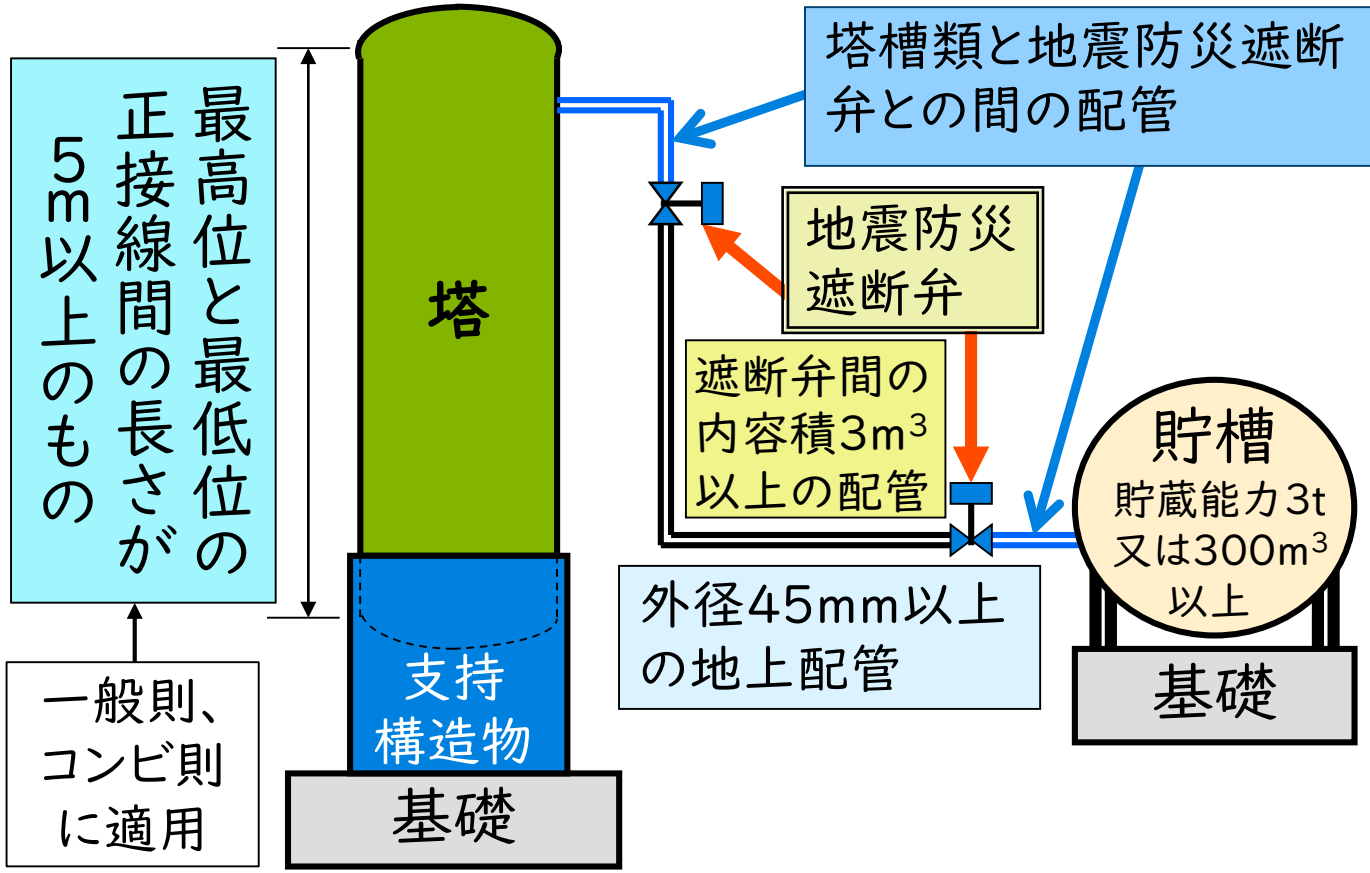
高圧ガス設備に使用する材料は、常用の圧力・常用の温度において発生する最大応力に対し十分な強度を有するもの

↓

肉厚

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図21 耐震に関する性能を有すべき設備等



一般則第6条1項17号、液石則第6条1項20号、コンビ則第5条1項24号、耐震性能を定める告示

所定の耐震に関する性能を有すること。

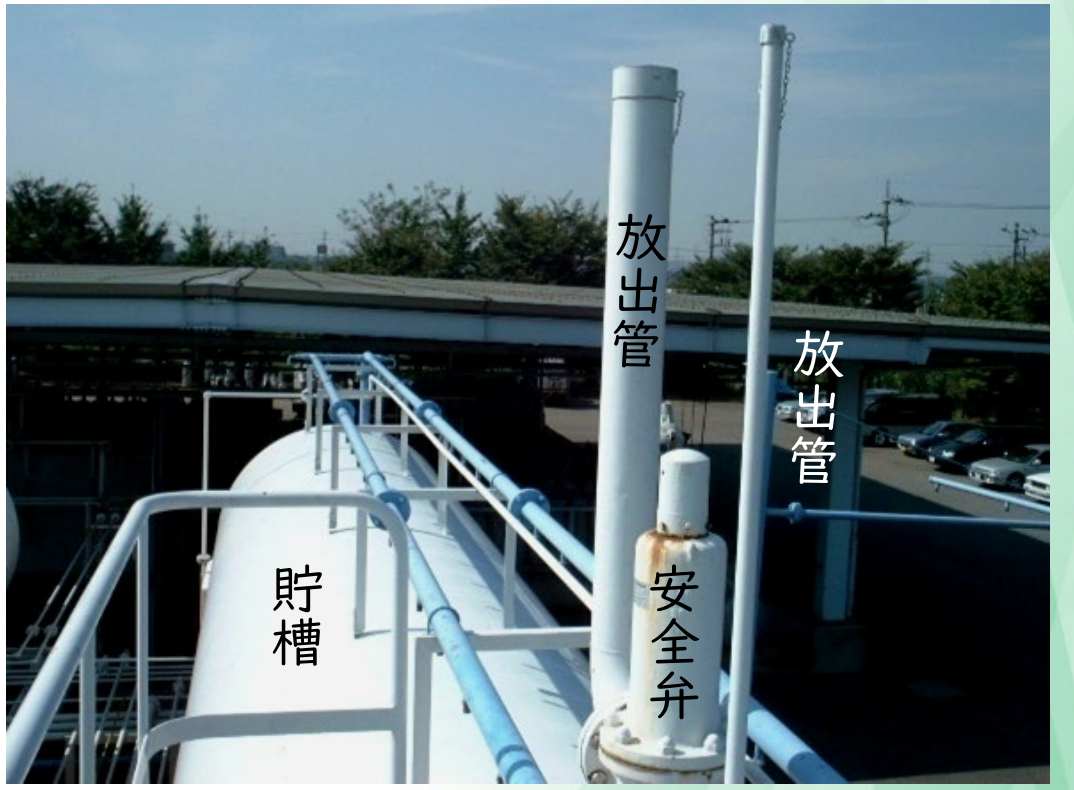
※高圧ガスの種類は限定されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図22 高圧ガス設備に安全装置（許容圧力を超えたとき、許容圧力以下に戻す）の設置

液石第6条1項
21号、22号

液化石油ガス（可燃性ガス）の安全弁又は破裂板には放出管を設置→放出管の開口部は周囲に着火源のない適切な位置



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図2　液化石油ガス貯槽の液面計の例

液石第6条1項24号

ガラス液面計

フロート式液面計
（地下埋設貯槽）

スリップチューブ式液面計（地下埋設貯槽）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23 液化石油ガス貯槽に液面計の設置（1）

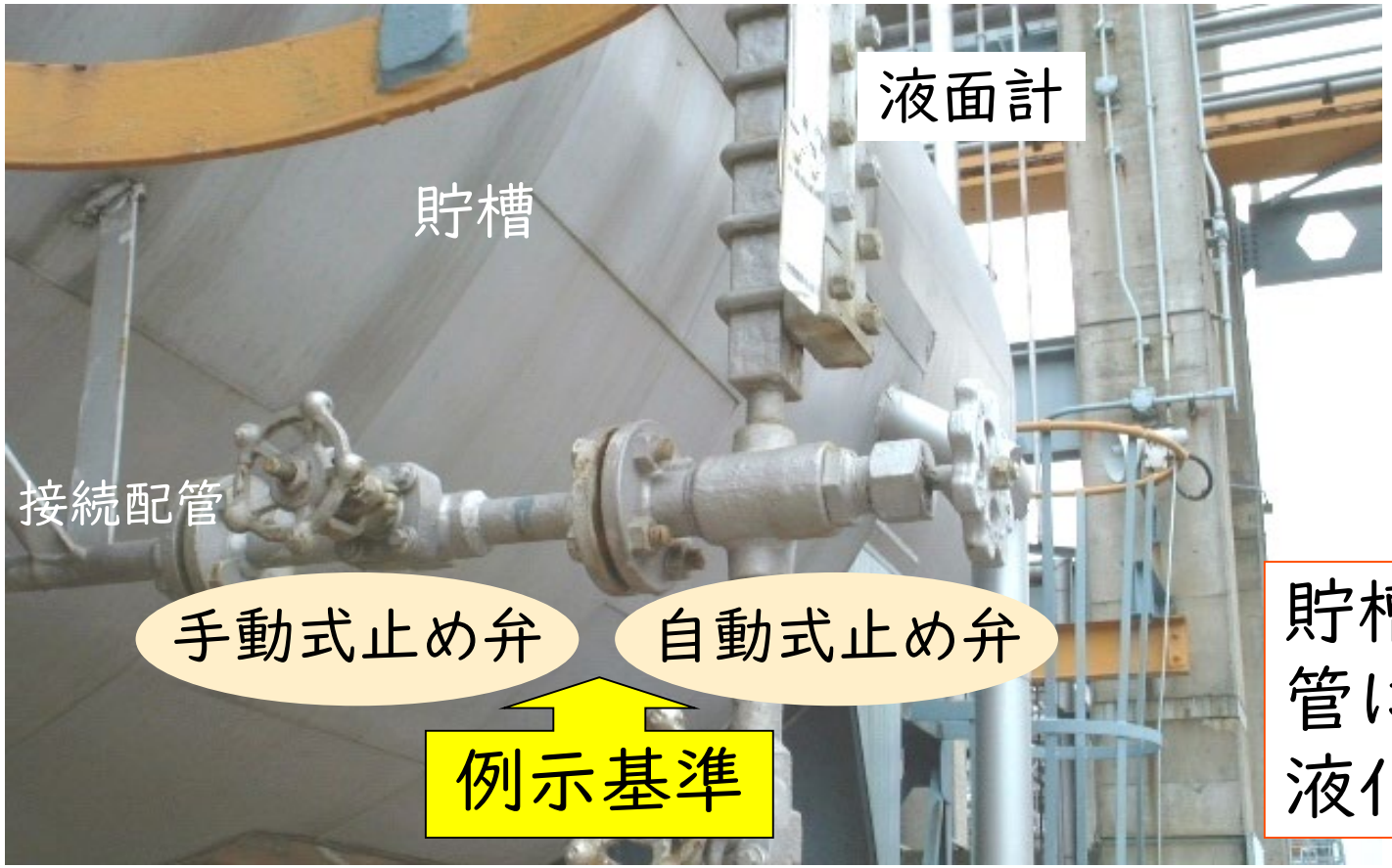
液石第6条1項24号

ガラス液面計を設置する場合
→丸形ガラス管液面計は使用禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図24 液化石油ガス貯槽に液面計の設置（2）

液石第6条1項24号



貯槽と液面計との接続配管に液面計の破損による液化ガス漏えい防止措置

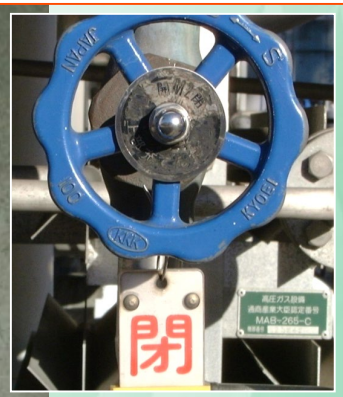
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図25－1 貯槽の送り出し用、受入れ用配管の貯槽の直近にバルブ（元バルブ）を設置

液石第6条1項25号

元バルブの同配管系統に1以上のバルブを設置

“使用時以外は閉止”

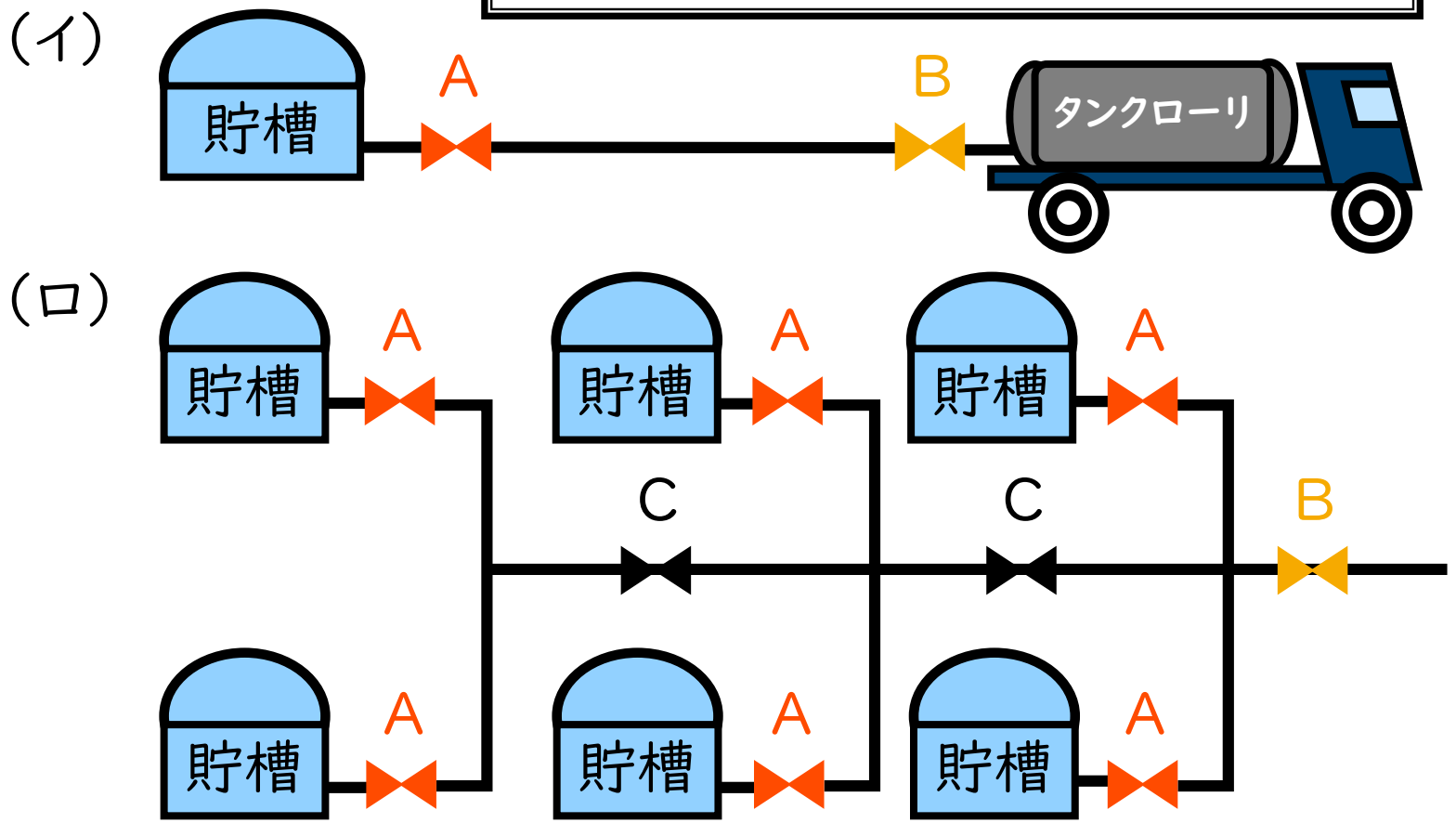


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図25-2

ガスの受入れ・払出し配管のバルブの設置例

液石第6条1項25号



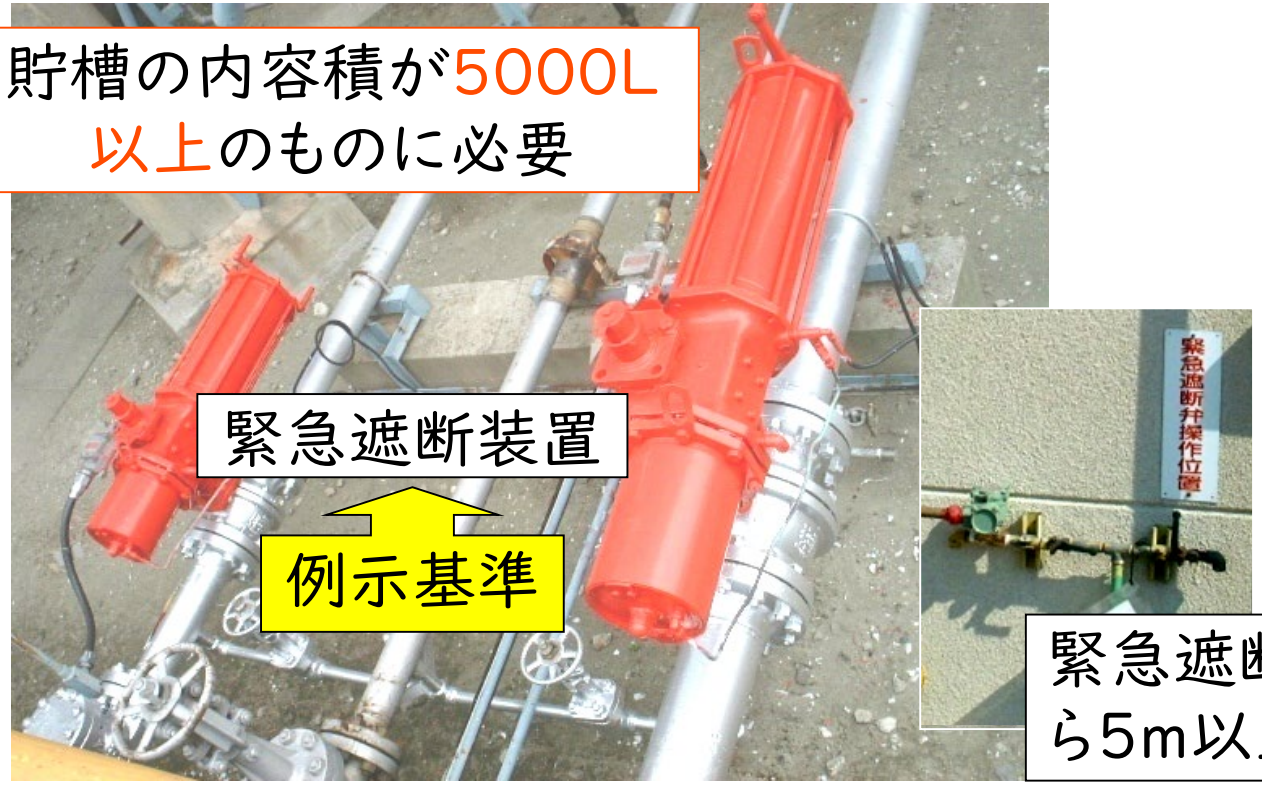
A：貯槽の直近に設けたバルブ（元バルブ）
B：他の一つのバルブ（二以上のバルブ）
C：必ずしも設けなくてもよいバルブ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26 貯槽の送り出し用、受入れ用配管に、液化ガス漏えい時に安全に速やかに遮断する措置

液石第6条1項26号

貯槽の内容積が5000L以上のものに必要



例示基準

緊急遮断装置の操作位置（貯槽の外面から5m以上（コンビ則のものは10m以上））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

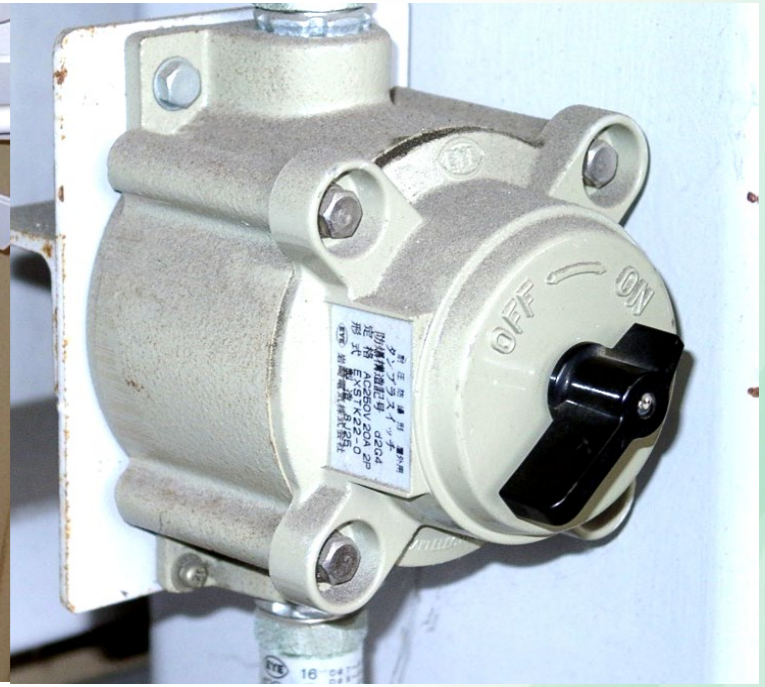
参考図3 電気設備の防爆構造

液石第6条1項27号

液化石油ガスの高圧ガス設備に係る電気設備に必要

照明

スイッチ



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図27 耐熱及び冷却に有効な措置

液石第6条1項28号

地盤面上設置の液化石油ガス貯槽とその貯槽の支柱に必要

例示基準

耐熱性を有する措置（耐熱被覆）又は有効に冷却する措置
（水噴霧装置、散水設備）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28 製造施設にガス漏えい検知警報設備の設置

液石第6条1項29号

液化石油ガスの漏えい検知部

警報部

漏えいしたガスが滞留しやすい場所（地表部分）等に検知部を所定個数設置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図29 製造設備の静電気除去措置

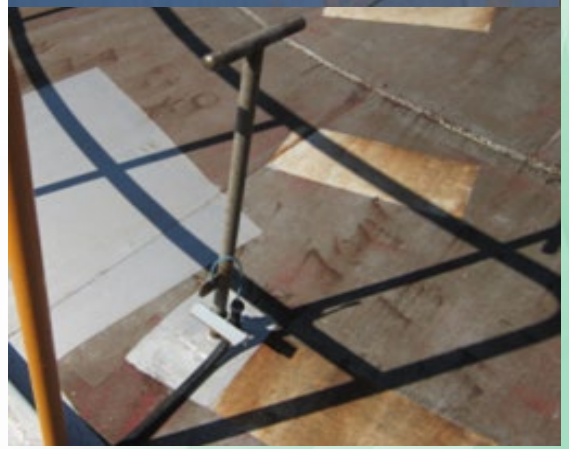
液石第6条1項30号

接地抵抗値は総合100Ω（避雷設備を設けるものは総合10Ω）以下

例示基準

静電気除去用アースの例

人体静電気除去用除電棒の例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図30 防消火設備（防火設備、消火設備）の設置

液石第6条1項31号

例示基準

防火設備の例

散水設備

消火設備の例

消火器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図31 停電等による製造設備機能の確保のための保安電力等の常備

液石第6条1項32号

製造施設の保安確保設備に必要
（告示：防消火設備、緊急遮断装置、散水設備、水噴霧装置、ガス漏えい検知警報設備、通報設備、除害設備、過充塡防止装置、水封機能維持装置、保安上必要な冷却水ポンプ、非常用照明）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図32　事業所に、緊急時に通報を速やかに行うための措置

液石第6条1項33号

例示基準 → サイレン、構内放送設備等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図33 バルブ等を適切に操作できる措置

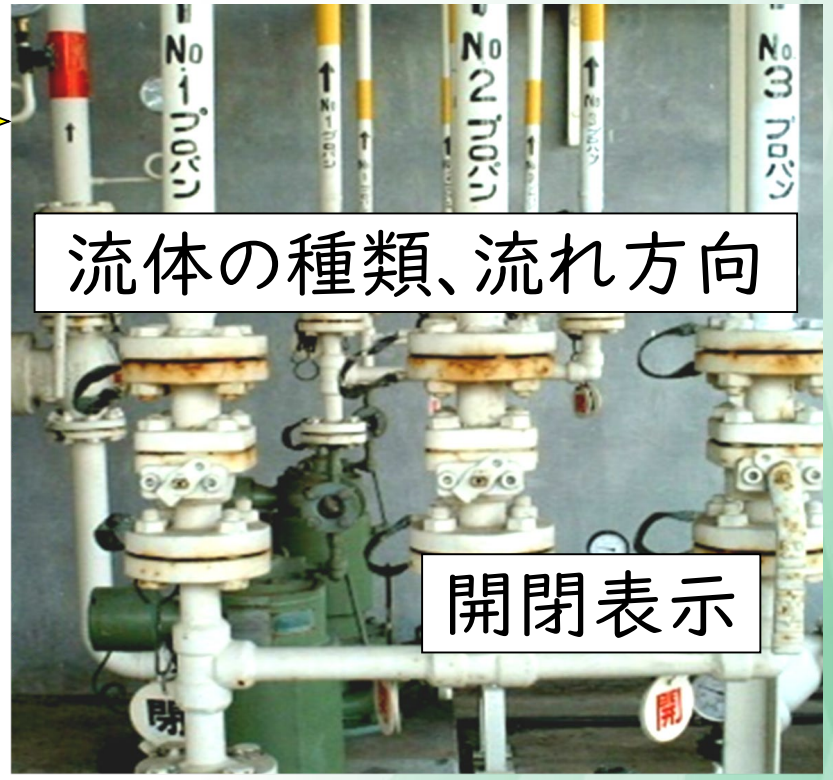
液石第6条1項34号

製造設備のすべてのバルブ、コック、操作ボタンに措置が必要

例示基準

流体の種類

例示基準



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図4 容器置場の構造

一般第6条1項42号ロ、
液石第6条1項35号ロ、
コンビ第5条1項65号ロ

1　多層階とすることができる充填容器等
① 不活性ガスのもの
② 圧縮空気のもの
③ 断熱材で被覆してあるもの
④ シリンダーキャビネットに収納されているもの

2　2階建とすることができる充填容器等
① 充填圧力が20MPa以下の圧縮水素のもののみ
② 酸素のもののみ
③ 同時に、①と不活性ガスのもの
④ 同時に、②と不活性ガスのもの
⑤ 液化石油ガスのもの

3　1階建としなければならない充填容器等
① 可燃性ガス（充填圧力が20MPa以下の圧縮水素のもの、1③及び1④のものを除く。）のもの
② 同時に、可燃性ガス（3①のものに限る。）と酸素（1③及び1④のものを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図34 容器置場の位置、構造等

液石第6条1項35号ハ～ヘ、チ

・第一種置場距離・第二種置場距離の保有
→障壁設置の場合は、減じられた距離

・直射日光を遮る措置
→爆風を上方向に解放できるもの

・漏えいガスが滞留しない構造

・消火設備の設置

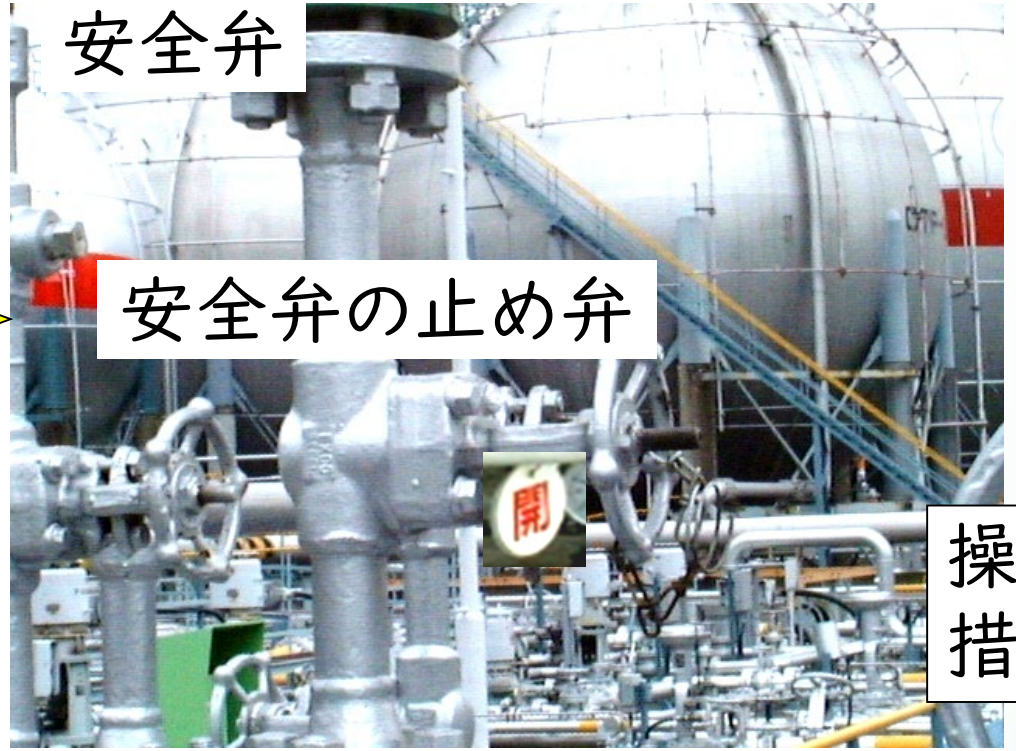
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図35 安全弁・逃し弁の止め弁の常時開放

液石第6条2項1号

例外：安全弁・逃し弁の修理又は清掃で特に必要な場合

例示基準



操作できないような措置（施錠の例）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2－1）
平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故
北海道石狩町　食品工場　　人的被害なし　被害金額　4億3600万円

・液化窒素を7月2日充塡し、発災日まで約2か月間放置
・破裂板、バネ式安全弁の元弁等保安上重要な弁をすべて閉止
・内圧上昇により貯槽が破壊（内槽7個、外槽11個に破断）
・工場長のみが貯槽の弁類操作。従業員はノータッチ
・社内保安教育されず、保安意識なし。保安マニュアル不十分
・機器のメンテナンスは業者まかせ

KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2−2）

KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2－3）

KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図36 貯槽・容器への液化石油ガスの充塡方法

液石第6条2項1号ロ、ハ、ニ

・貯槽への充塡
→容量が（常用の温度で）その貯槽の内容積の90%を超えないこと。

・車両に固定した容器への（送り出し）充塡、車両に固定した容器から貯槽等への（受入れ）充塡
→車止めで車両を固定（内容積4000L以上のものに限る。）すること。
→充塡中は、接続配管の接続部分の漏えい確認をすること。
→充塡後は、接続配管内の液化石油ガスを少量ずつ放出した後に配管を取り外すこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図37 充塡作業時の充塡容器等、バルブ又は充塡用枝管の加熱方法

液石第6条2項1号ホ

[次の①～③のいずれかの方法]

①熱湿布
②温度40℃以下の温湯 その他の液体（可燃性のもの又は有害なものを除く。）
③空気調和設備（温度40℃以下、自動制御装置を設けた所定の防爆性能を有するもの）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図38 製造時における製造施設・製造設備の日常点検

液石第6条2項4号

1 製造施設の点検
①点検内容→製造施設の異常の有無
②点検時期→製造設備の使用開始時及び使用終了時

2 製造設備の点検
①点検内容→製造設備の作動状況
②点検時期→1日に1回以上頻繁に

3 点検後の措置→異常があった場合は、危険を防止する措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図39 ガス設備の修理、清掃作業における措置等

液石第6条2項5号イ

1 作業計画の作成

2 作業責任者の決定

3 作業の実施
①作業計画に従う
②作業責任者の監視の下、又は責任者と連絡できる措置

（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図40 ガス設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置（1）

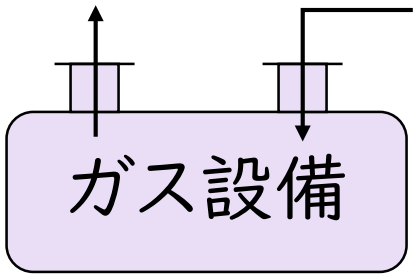
液石第6条2項5号ロハ

ガス設備のすべての修理、清掃作業

例示基準

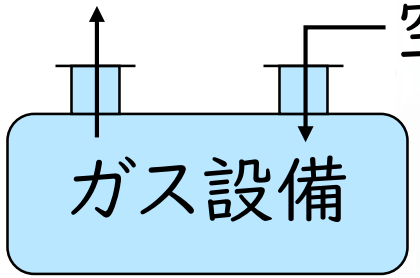
作業員がガス設備を開放し、又はガス設備内に入る場合

1 ガス置換



不燃性のガス
水・液体

2 空気置換（再置換）



酸素濃度が18～22%まで空気置換

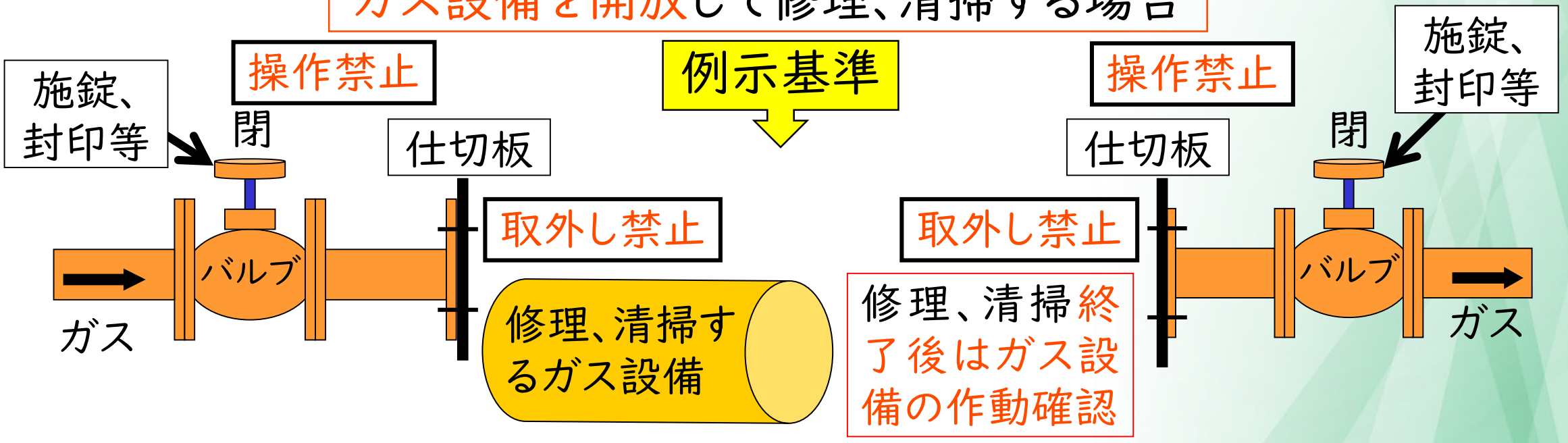
（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図41 ガス設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置（2）

液石第6条2項5号ニ、ホ

ガス設備を開放して修理、清掃する場合

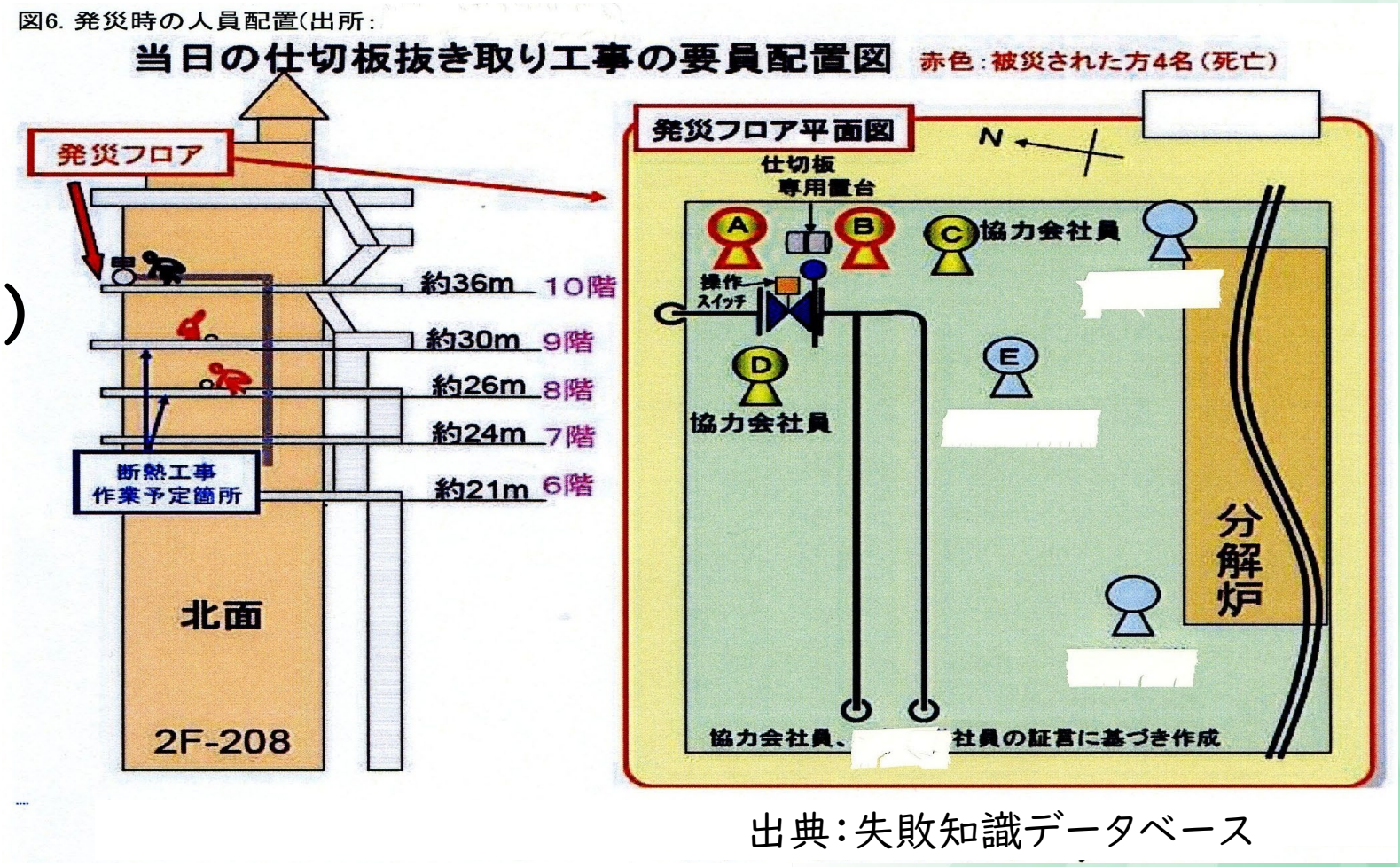


（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3－1）
平成19年12月21日
A社エチレンプラント
分解炉火災事故
死者4名（協力会社員）

図6. 発災時の人員配置(出所:



出典：失敗知識データベース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

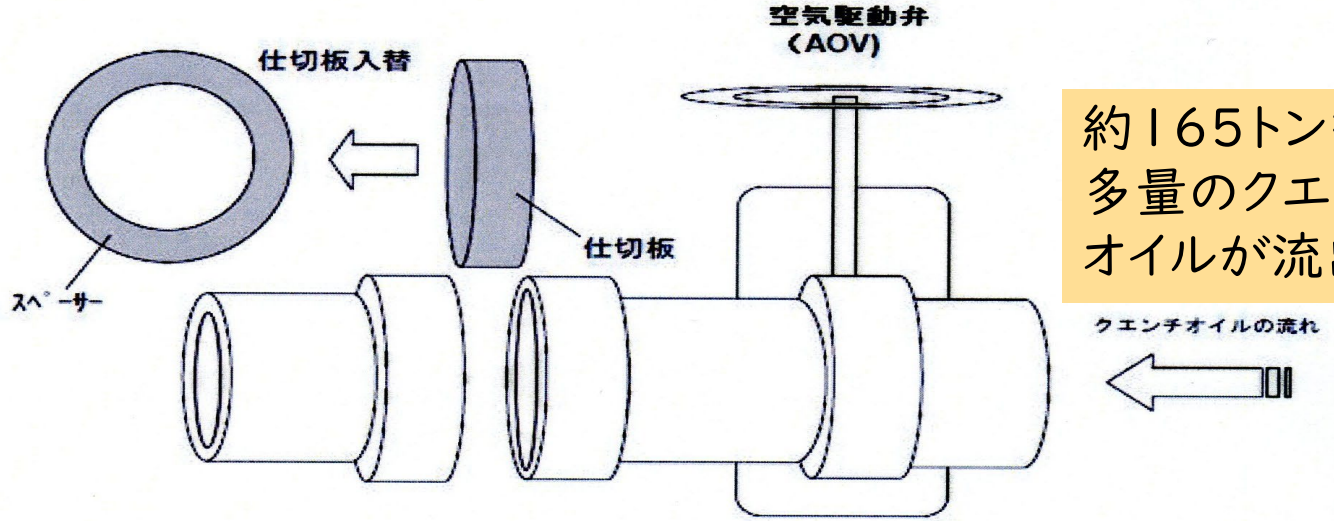
（資料3−2）

JST失敗知識データベース ＞ 空気駆動弁（AOV）廻り概略図　　1/1 ページ

失敗知識データベース

図4. 空気駆動弁（AOV）廻り概略図

「フランジ部が開放状態になった時、AOVが開けば多量の可燃物が漏れ、階下に流下する可能性がある」という単純な認識があれば、適切な工事管理により少なくとも階下の2人の被災は防げた可能性がある。

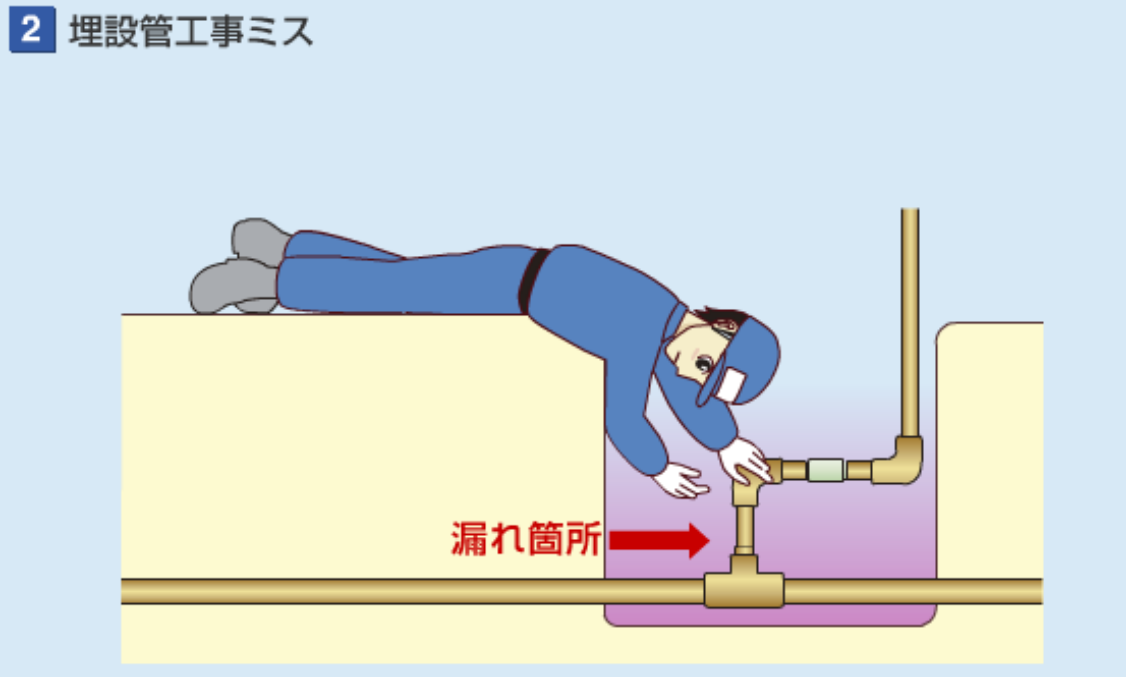


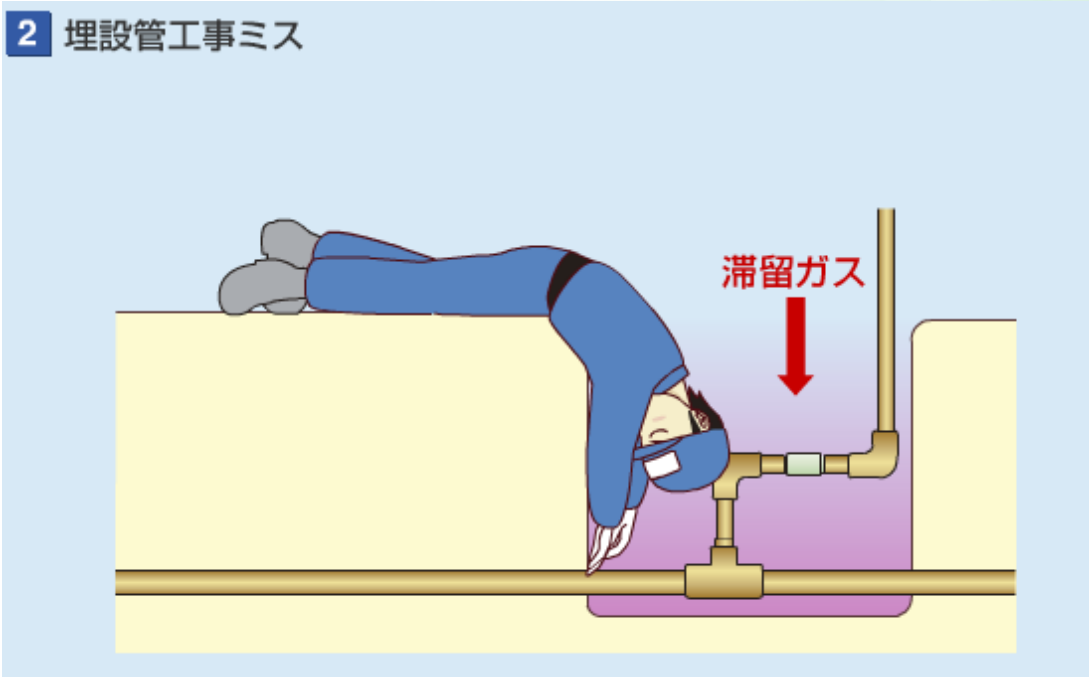
約165トンもの多量のクエンチオイルが流出

出典：失敗知識データベース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料　4）埋設管工事ミスによる死亡事故例





消費者へのガスの供給を止めないまま、地面を掘削し、図のような体勢でのぞき込んだため、滞留した漏えいガスを吸引して酸欠事故となった。

KHK　平成18年度学習プログラム「設備工事」より

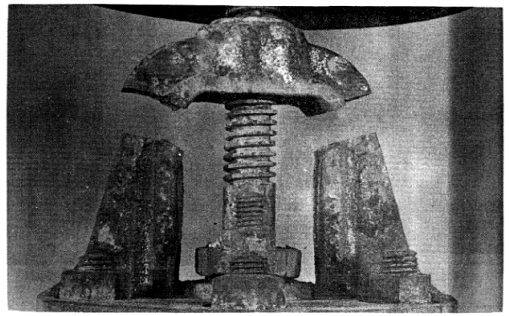
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料5）昭和48年10月28日　塩ビモノマー製造装置・ガス漏えい爆発事故

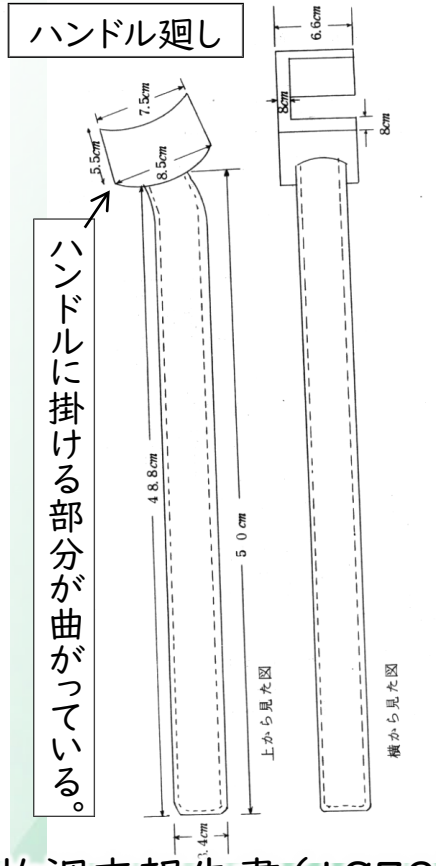
（被害概要）
死者1名、重傷者6名、軽傷者17名
民家等660棟が爆風により屋根、窓ガラス等に被害
被害範囲　半径2.2km
爆発で発生した塩化水素ガスにより、農作物被害16万㎡

（事故原因）漏えい原因がバルブ座面の腐食孔によることに気づかないで、漏えいを止めようとハンドル廻しを用いてバルブに過大な力をかけたことにより、バルブが破壊し、粗モノマーが約4トン漏えいした。ガスは空気より重いので地上をはうように塩ビ工場一帯に拡散した後、繰り返し爆発した。47時間後鎮火。

弁のヨーク部の損傷状態



ハンドル廻し



出典　通産省、S化学工業（株）N工場塩化ビニールモノマー製造装置事故調査報告書（1973）

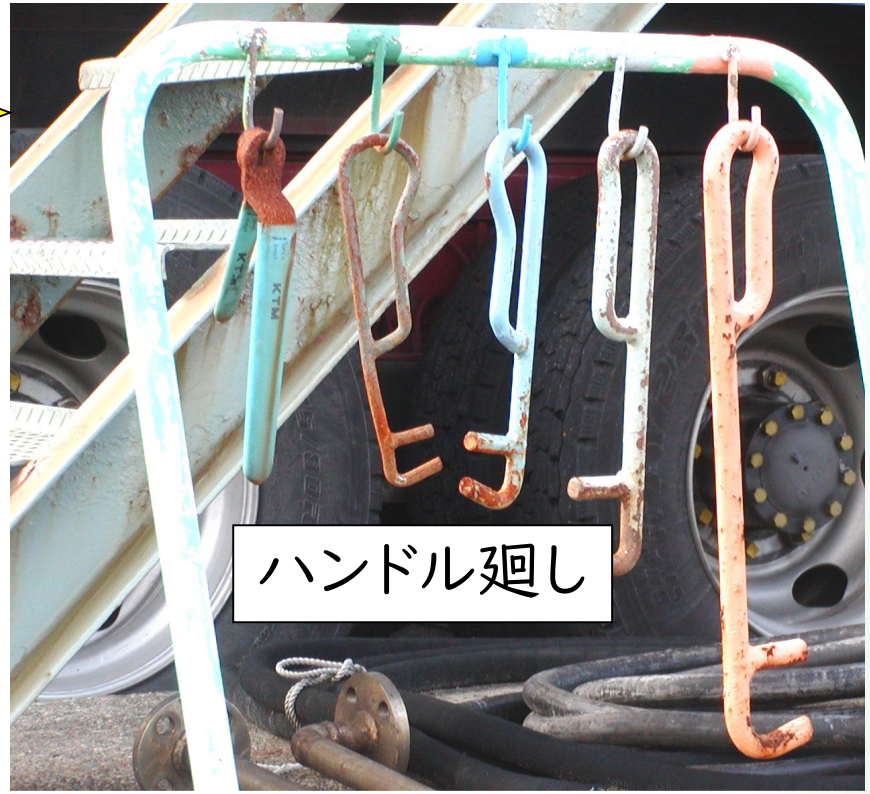
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図5

バルブ操作で過大な力を加えないような措置

液石第6条2項6号

例示基準



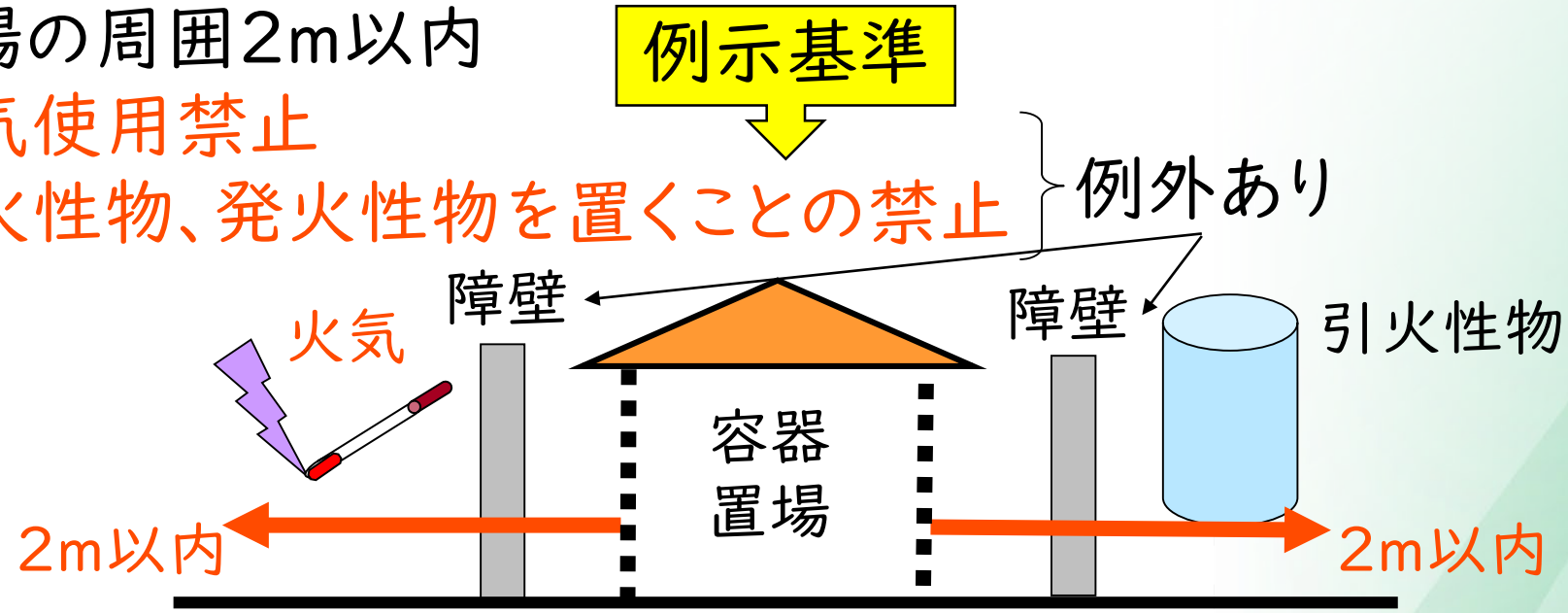
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図42 液化石油ガスの容器置場に講じる措置

液石第6条2項7号

＊容器置場内
→計量器等作業に必要な物以外の物を置くことの禁止

＊容器置場の周囲2m以内
→①火気使用禁止
②引火性物、発火性物を置くことの禁止



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図43 充塡容器等の貯蔵方法

液石第6条2項7号

充塡容器等の貯蔵方法

①充塡容器と残ガス容器とを区分

例示基準

②容器の温度40℃以下

③転落転倒防止

（内容積5L超のものに限る。）

例示基準

④バルブの損傷防止

⑤粗暴な取扱い禁止

⑥携帯電燈以外の燈火を携えての立ち入り禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図44 液化石油ガススタンド

液石第8条

第一種製造設備の技術上の基準のほとんどが準用されているほか、スタンドの基準が追加規定されている。

[主な追加規定]

①ディスペンサーの外面から公道の道路境界線まで5m以上の離隔距離

②充塡を受ける車両は、地盤面上設置の貯槽の外面から3m以上離れて停止させる措置、又はガードレール等の防護措置

③充塡する液化石油ガスは、空気中の混入比率が容量で1000分の1で感知できるよう着臭

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図6 液化石油ガススタンド

液石第8条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図7 移動式製造設備の例

液石第9条

バルクローリ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45 移動式製造設備による液化石油ガスの充填

液石第9条2項

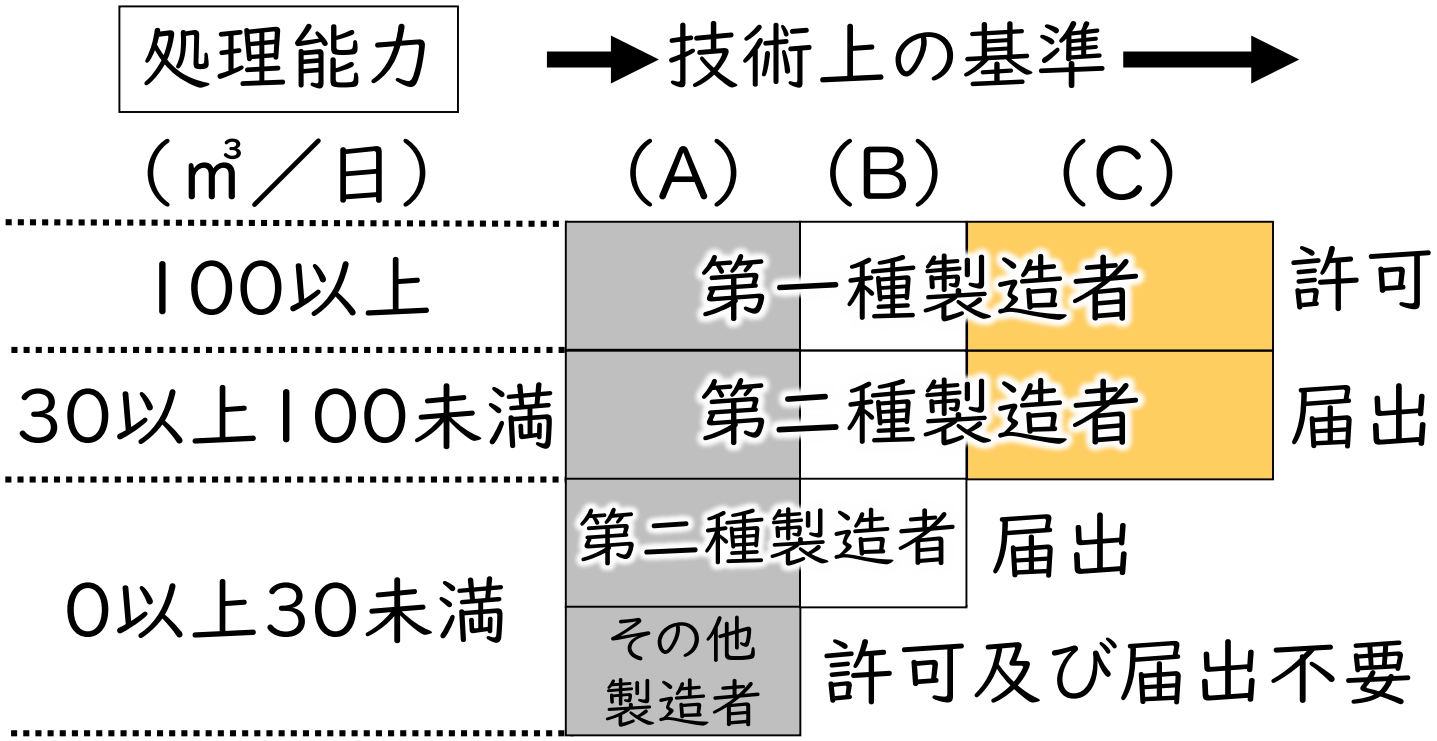
1 第一種保安物件に対し15m以上の距離、第二種保安物件に対し10m以上の距離の確認
（例外：許可を受け又は届出をした製造設備、貯蔵所の指定位置で充填するときは、その事業所内の第一種保安物件及び第二種保安物件に対しては距離不要。）

2 液化石油ガスを充填する貯槽、容器
①内容積1000 Lを超える貯槽、容器には、液面計又は過充填防止装置が装置
②内容積1000 L以下の貯槽、容器には、液面計と過充填防止装置が装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図46 技術上の基準の適用区分（液化石油ガスの製造）

法第11条、12条、13条、液石第6条～9条、11条～14条



（A）・・すべての製造者に適用される技術上の基準

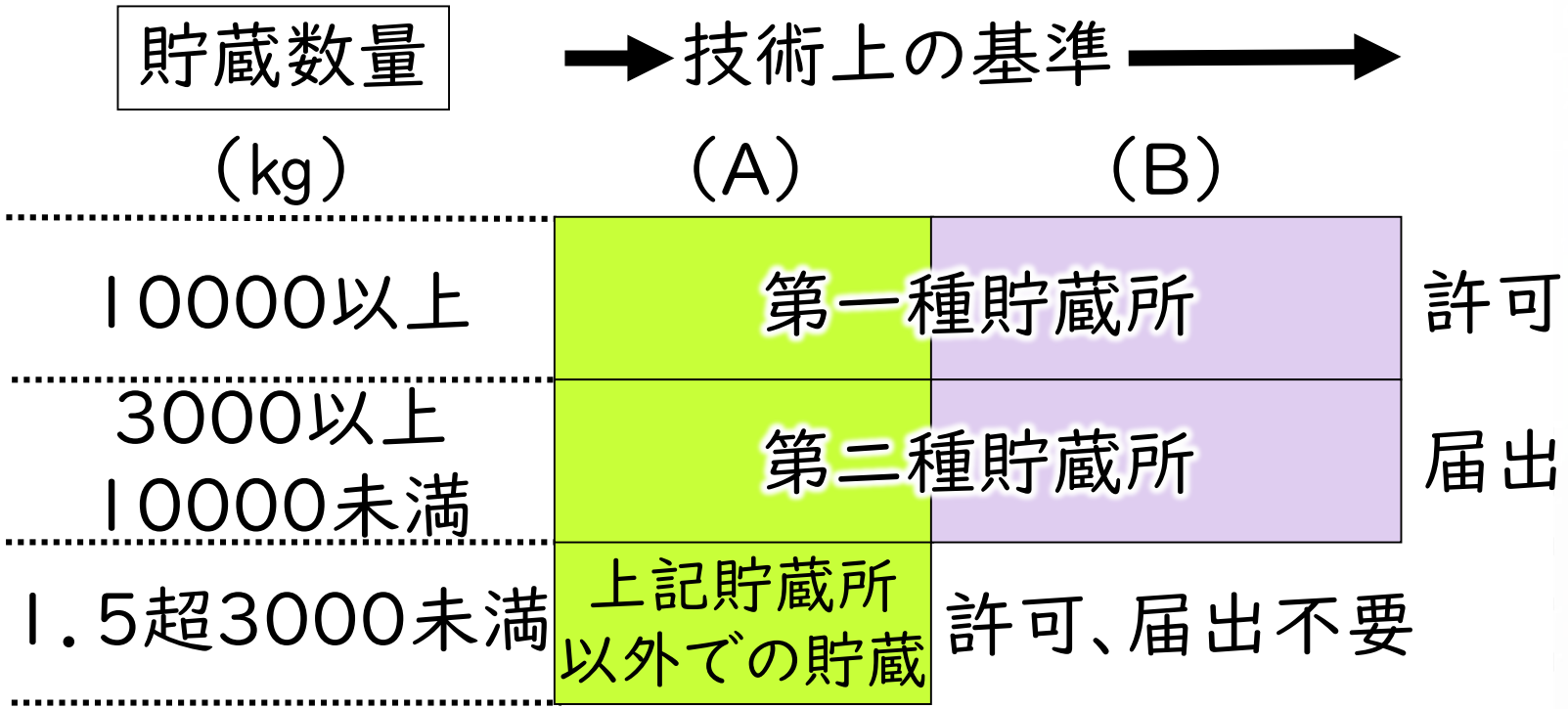
（B）・・第一種製造者とすべての第二種製造者に適用される技術上の基準

（C）・・第一種製造者と処理能力が30㎥／日以上の第二種製造者に適用される技術上の基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図46 技術上の基準の適用区分（液化石油ガスの貯蔵）

法第11条、12条、13条、液石第6条～9条、11条～14条



（A）・・1.5kg 超のすべての貯蔵に適用される技術上の基準

（B）・・第一種貯蔵所と第二種貯蔵所に適用される技術上の基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図8 液化石油ガスの移動

車両に固定した容器による移動→タンクローリ

法第23条、
液石第48条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図9　液化石油ガスの移動時の警戒標の例

法第23条、
液石第49条

ローリ車両、トラック車両による場合とも同様
（ただし、トラック車両で少量（容器の内容積25L以下、合計50L以下）移動の場合に警戒標不要）

充塡容器等を車両に積載して移動

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図10　液化石油ガスの移動

法第23条、
液石第49条

充塡容器等を車両に積載して移動

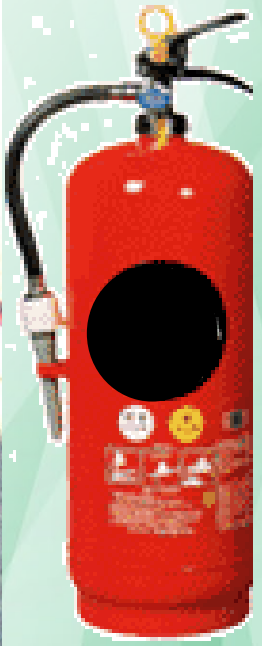
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図9 応急措置用の工具等の携行

例示基準

液石第48条12号、49条5号

ローリー車両、トラック車両による場合とも同様（ただし、トラック車両で少量（容器の内容積25L以下、合計50L以下）移動の場合に携行不要）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図48 車両による移動において特別な規制を受ける液化石油ガスの数量とその主な規制事項

液石第48条14号～17号、49条8号

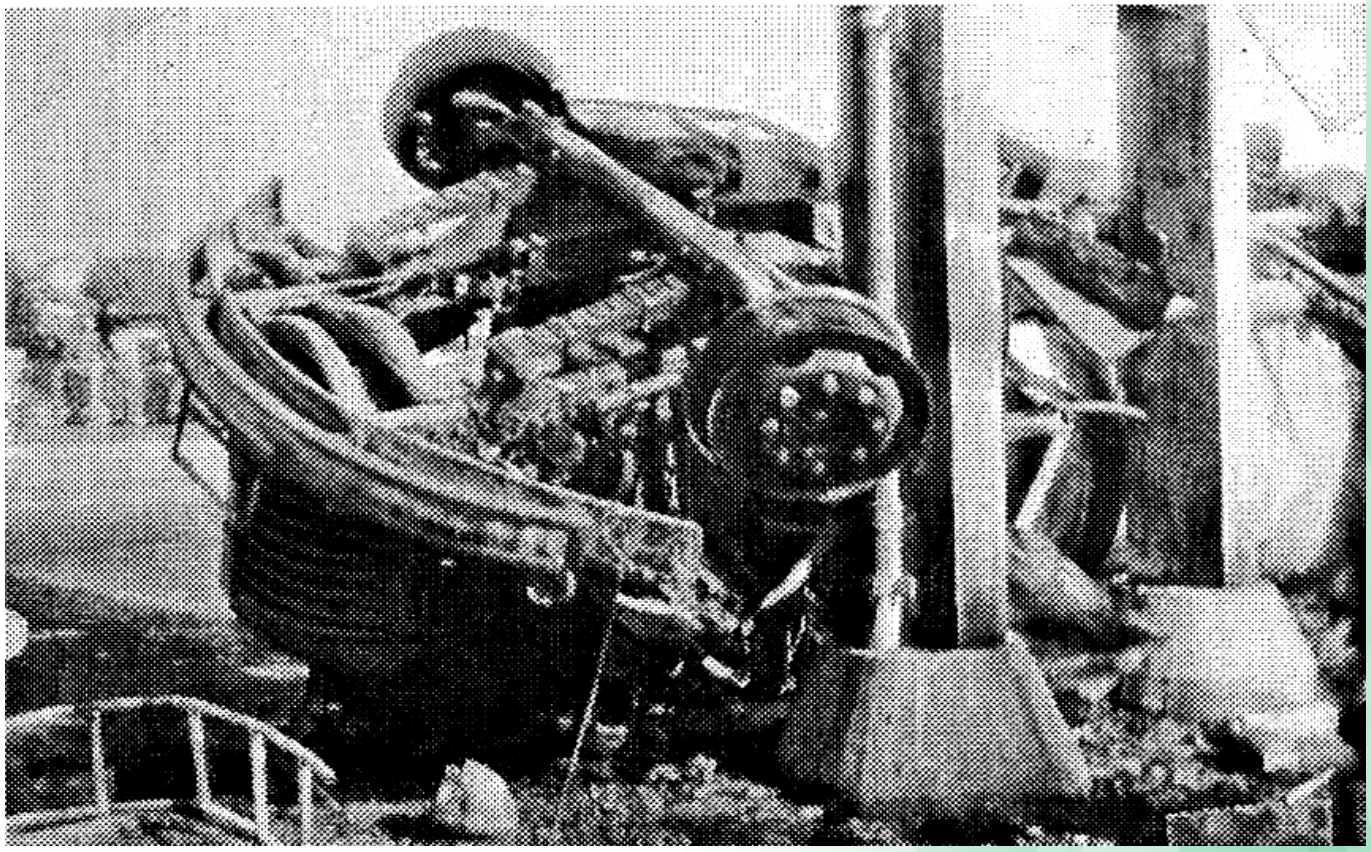
特別な規制を受ける液化石油ガスの数量
→質量3000kg以上

特別な規制事項の主なもの
→（講じる措置）
1 移動監視者による移動中の監視
2 事故が発生した場合、危険な状態となった場合の措置
　① 荷送人に連絡する措置
　② 応援を受ける措置
→（移動方法）
1 繁華街等を回避
2 所定の運転時間を超える場合：運転者2人

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料6）昭和40年10月26日西宮市第2阪神国道上。

4.8トンLPガスタンクローリが横転し、漏えいしたLPガスが爆発炎上。
死者5名、負傷者26名、全焼21棟他。
横転の原因は運転者の居眠り運転によるものと推定。



西宮市におけるタンクローリー車事故報告について（昭和40年）兵庫県商工労働部工業課 より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図49 **移動監視者の乗務が必要なガスの移動について、これに加えて以下の場合、連続運転（移動）時間に応じ運転者2人乗務が必要**

液石第48条17号、49条8号

1人の運転者が、1回の中断（休憩）が連続10分以上、かつ、合計30分以上の中断（休憩）をしない場合であって

※10分未満の中断（休憩）は、運転と見なされる。

← 連続して4時間を超えて運転する場合 →

1人の運転者が、4時間につき1回が連続10分以上、かつ、合計30分以上の中断（休憩）をする場合も含み

← 1日当たり9時間を超えて運転する場合 →

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

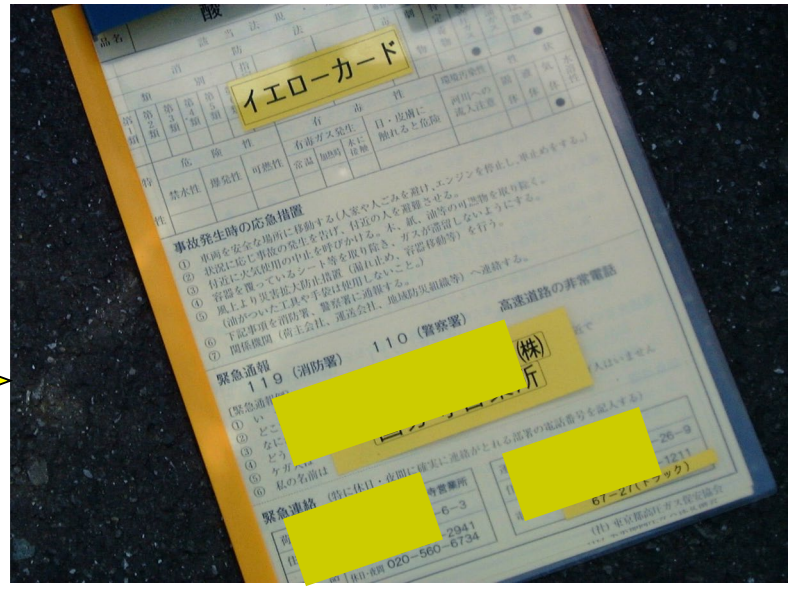
参考図12　運転者に注意書面を交付、運転者はこれを携行・遵守

液石第48条18号、49条9号

移動する液化石油ガスの車両の運転者に「移動中の災害防止のために必要な注意事項を記載した書面」を交付、携帯させ、記載事項を遵守させる。

俗称：注意書面又は
イエロー・カード

例示基準



（少量（注意ラベル貼付のもの）の内容積25L以下、合計50L以下）の場合携帯不要）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図50 液化石油ガスの特定高圧ガス消費事業所

液石第53条、71条

[主な基準]

①減圧設備の外面から第一種設備距離及び第二種設備距離（減圧設備が接続する貯蔵設備の貯蔵能力に応じた距離）

②消費設備の貯蔵設備等（貯蔵設備から減圧設備までの設備及び導管）の外面から次のいずれかの措置等

イ 消費設備外の火気を使用する場所に対し8m以上の離隔距離

ロ 漏えいガスの流動防止措置

ハ 漏えい検知連動装置による使用火気の消火措置

③取扱主任者は次のいずれかの資格等を有する者のうちから選任

イ 液化石油ガスの製造又は特定高圧ガスである液化石油ガスの消費について1年以上の経験者

ロ 製造保安責任者免状（甲、乙、丙種）の交付を受けている者

ハ 所定の講習修了者、所定の学歴・経験（同等の資格者を含む。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図51 液化石油ガスの廃棄方法

液石第60条

①容器とともに廃棄することの禁止。
②廃棄は、火気を取り扱う場所、引火性又は発火性の物をたい積した場所及びその周囲8m以内を避け、かつ、通風の良い場所で少量ずつ
③継続かつ反復廃棄は、液化石油ガスの滞留を検知するための措置
④廃棄後の容器は、バルブの損傷防止措置
⑤充塡容器等、バルブ又は配管の加熱方法
　イ　熱湿布
　ロ　温度40℃以下の温湯等
　ハ　温度40度以下の空気調和設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料7－1）過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

【LPガス充塡所　火災・爆発事故】
昭和61年5月17日
（三重県四日市市）

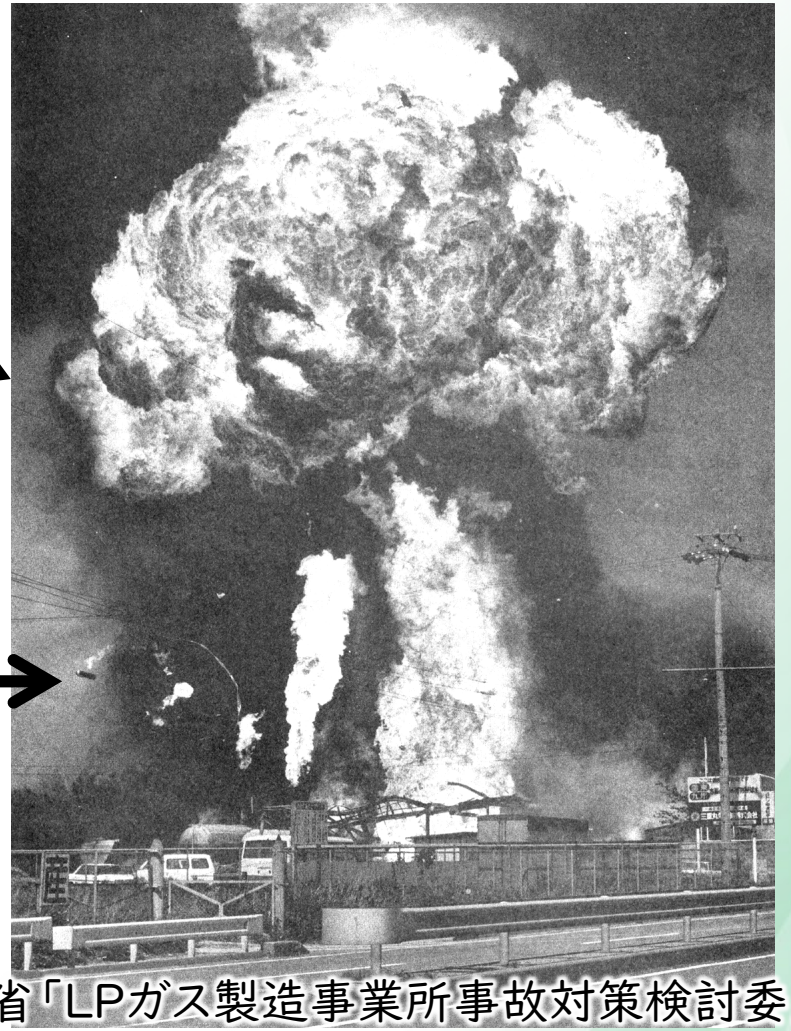
（充塡所の規模＝正職員13名及び臨時作業員2名）
人的被害　　火傷3名
物的被害　　充塡所、貯槽、容器多数焼損
第三者被害　　同一構内施設車両等全焼、充塡所隣接国道通行中の車両フロントガラス破損、近隣飲食店窓ガラス破損他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料7−2）

充塡所プラットホームにあった充塡容器の爆発により形成されたファイアーボール

大爆発により破裂した容器が半径160m内に飛び散った。飛翔する50kg容器



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

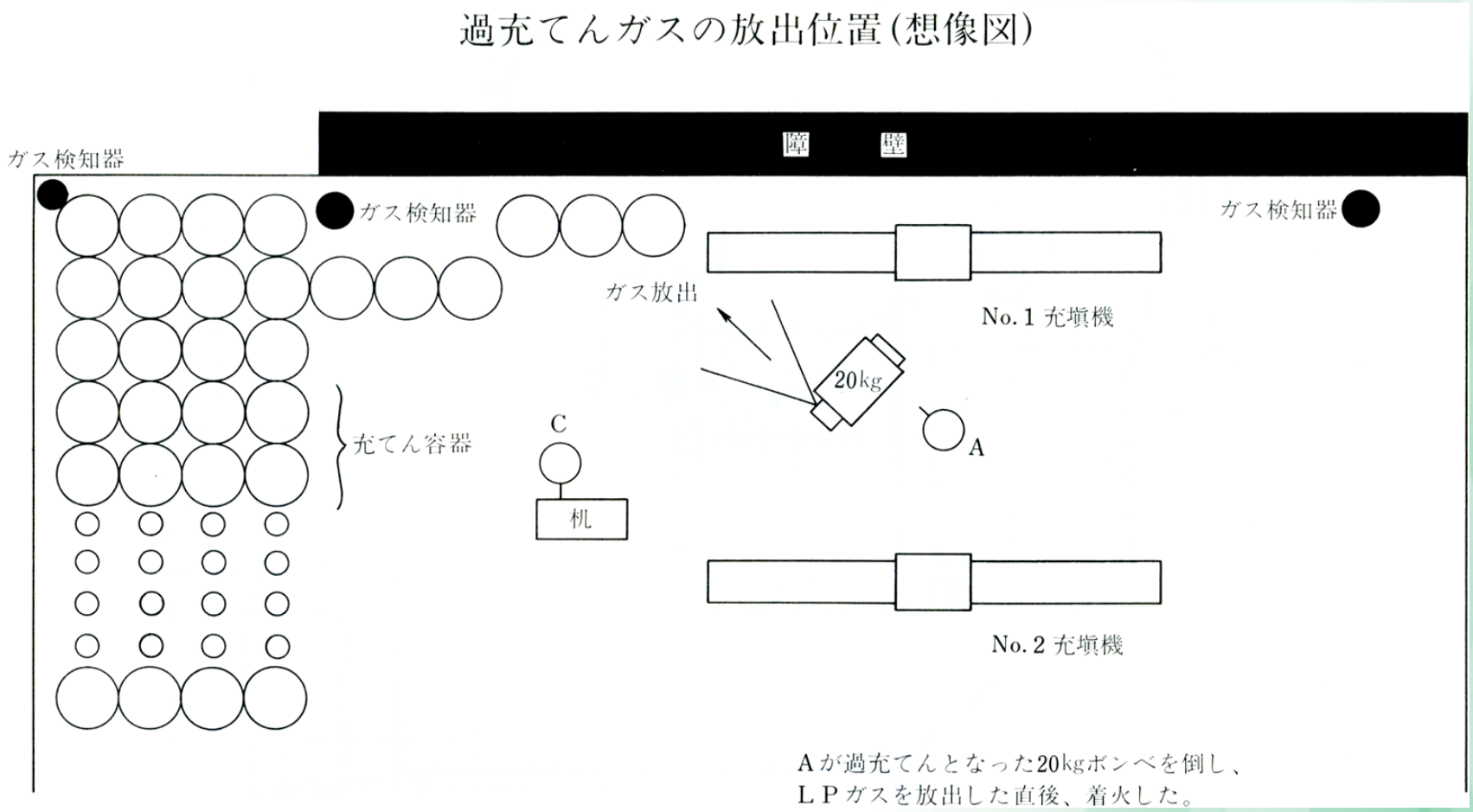
（資料7－3）

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料7－4）

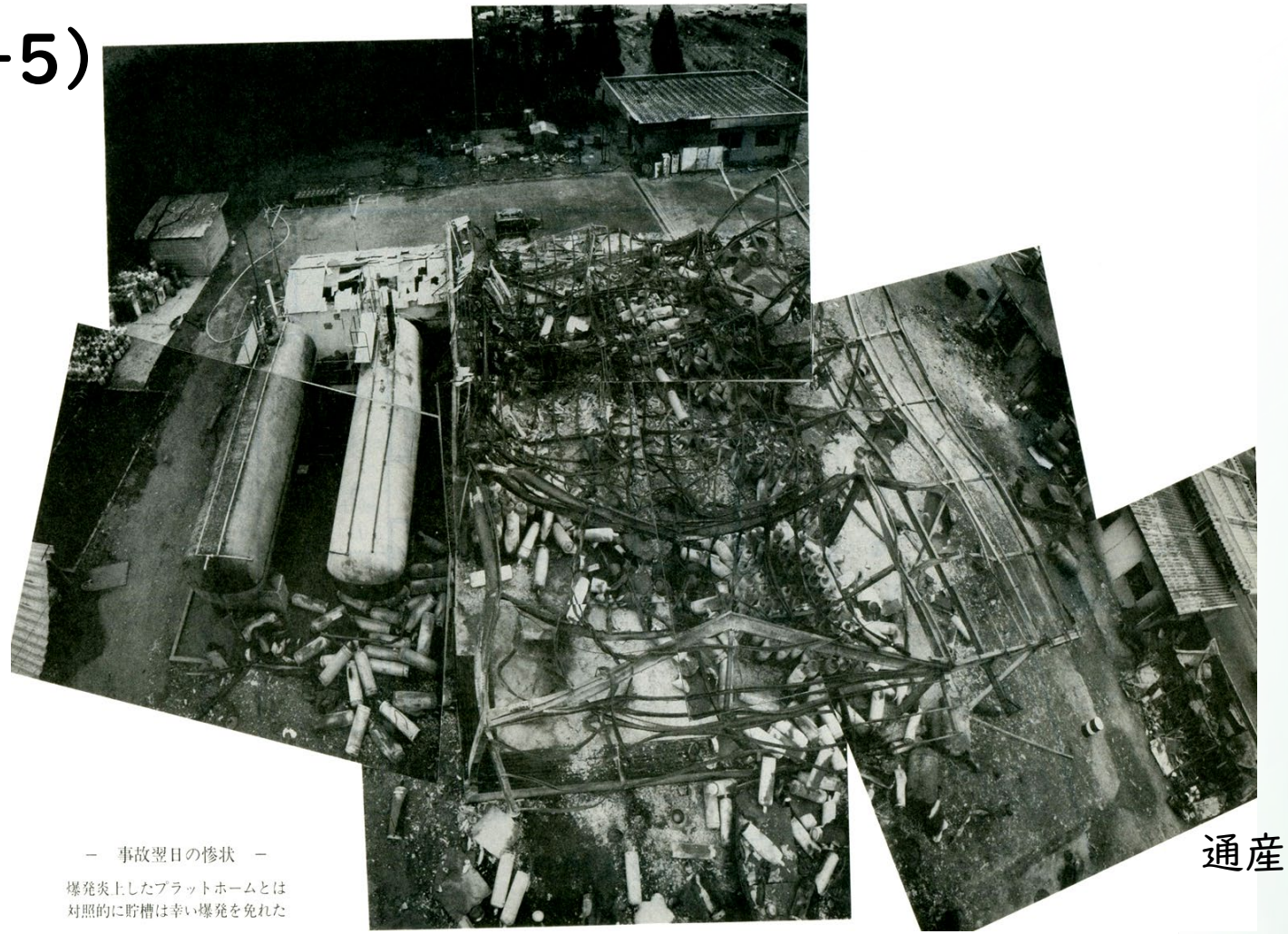
（事故原因） 作業員Aが20kg容器に充塡中、容器が計量器に正しくセットされていないことに気づき、容器を外してチェックしたところ、過充塡であることを確認。そこで、作業員Aは容器を充塡機近辺で横に倒し、バルブを開け、液状のLPガスの放出を開始した直後、着火して火災が発生した。（当日保安係員等不在）



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料7－5）



－　事故翌日の惨状　－

爆発炎上したプラットホームとは
対照的に貯槽は幸い爆発を免れた

通産省「LPガス製造事業所事故
対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料7－6）

この事故の教訓

廃棄の基準（抜すい）（液化石油ガス保安規則関係例示基準第57節）

液化石油ガスを廃棄する場合は、次の各号の基準によるものとする。

2.（前略）

「また、液化石油ガスの充塡を行う事業所においては液状の液化石油ガスが充塡されている容器からの放出（立ち消え防止のために容器から少量ずつ行うエア抜きに係る放出並びにタンクローリスリップチューブ及びロータリー式液面計の操作に係る放出を除く。）を行ってはならない。」

（廃棄の基準としては、従前も「液状で放出しないこと」との規定がされていたが、昭和62年6月22日、当時の省令補完基準に、「　」の内容が追加された。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〽液石則終了〽

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

丙種化学（液石）編

コンビナート等保安規則

講習科目：コンビナート等保安規則（コンビ則）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図52 特定製造事業所とは

コンビ第2条1項13号、20号～24号

コンビナート地域内の製造事業所	コンビナート地域外の製造事業所	
A（コンビナート製造事業所でもある。）	B 地域にかかわらず（A及びCで除外された事業所、地域を含む。）	C 用途地域内（工業専用・工業地域を除く。）
次の①及び②の製造事業所を除いた製造事業所 ①専ら燃料用に供給し、又は専ら容器に充填するものであって、貯蔵能力が2000m³（20t）以上の可燃性ガス貯槽を設置していない製造事業所 ②専ら不活性ガス・空気の製造事業所 （コンビ第2条1項22号イ）	＊保安用不活性ガス以外の処理能力が100万m³／日（貯槽を有し、専ら充填は200万m³／日）以上 ＊不活性・空気は、処理能力が400万m³／日（貯槽を有し、充填は800万m³／日）以上 （コンビ第2条1項22号ロ）	＊保安用不活性ガス以外の処理能力が50万m³／日（貯槽を有し、専ら充填は100万m³／日）以上 ＊不活性・空気は、処理能力が200万m³／日（貯槽を有し、充填は400万m³／日）以上 （コンビ第2条1項22号ハ）
第一種製造者の定置式製造設備（処理設備を有するもの）である製造事業所		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図53 可燃性ガス製造施設（小規模製造施設を除く。）の保安距離

コンビ則第5条1項2号、3号

$X=0.480\sqrt[3]{K\cdot W}$（最低50m）

X：有しなければならない距離（m）

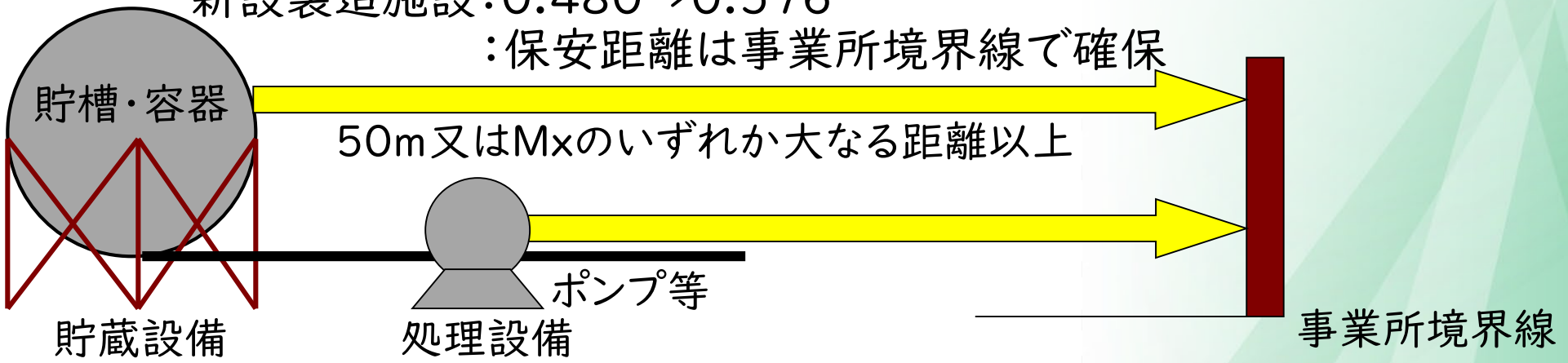
K：ガスの種類・温度による係数

W：貯蔵能力（計算要）又は処理設備内の質量（t）

※処理能力は保安距離には関係しない。

新設製造施設：0.480→0.576

：保安距離は事業所境界線で確保



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図54 毒性ガス製造施設から保安物件までの所定の距離

コンビ第5条1項4号

イ：製造施設（特に定められたものを除く。）の外面から当該特定製造事業所の境界線まで20m以上
ロ：ガス設備（配管を除く。）の外面から貯蔵能力又は処理能力に対応する距離であって次の算式により得られたもの

（イ）　0≦X＜1,000　の場合　　$L=70+4\sqrt{10}$

（ロ）1,000 ≦X＜10,000　の場合　$L=70+\frac{2}{5}\sqrt{X}$

（ハ）　10,000 ≦X　の場合　　L＝110

L　ガス設備の外面から保安物件までの距離（単位　m）

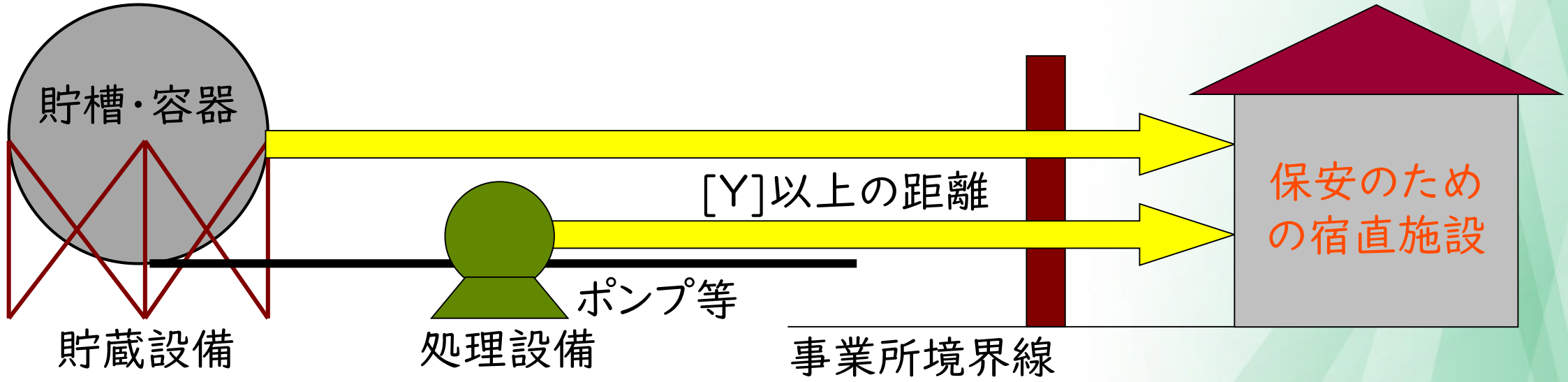
X　貯蔵能力（単位　圧縮ガスm³、液化ガスkg）又は処理能力（単位　m³）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図55 他事業所の保安のための宿直施設に対する所要の距離

コンビ第5条1項7号

※一般高圧ガス保安規則（貯蔵能力又は処理能力に応じた距離）又は液化石油ガス保安規則（貯蔵能力に応じた距離）に規定する第二種設備距離[Y]以上の距離

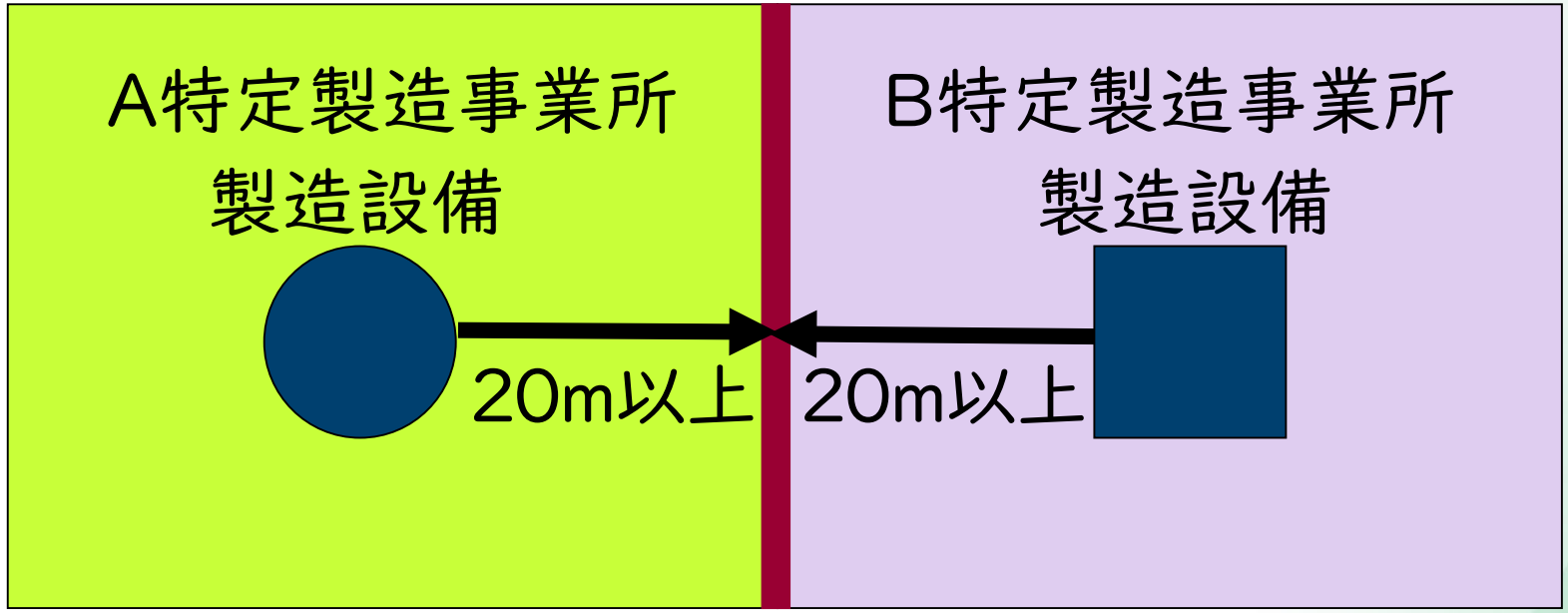


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図56 特定製造事業所の製造設備間の距離

コンビ第5条1項8号

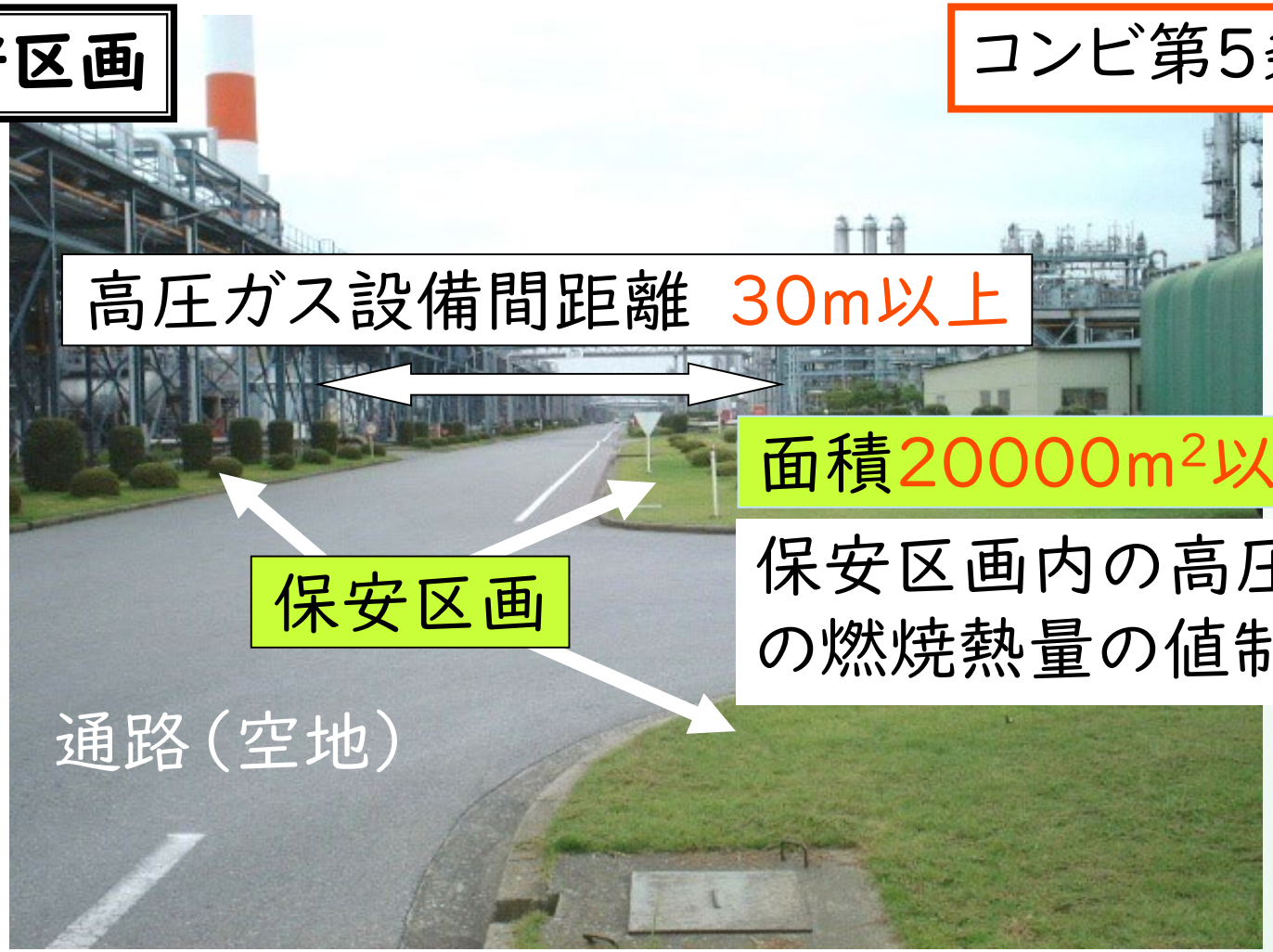
※特に定められた製造設備を除く。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図57 保安区画

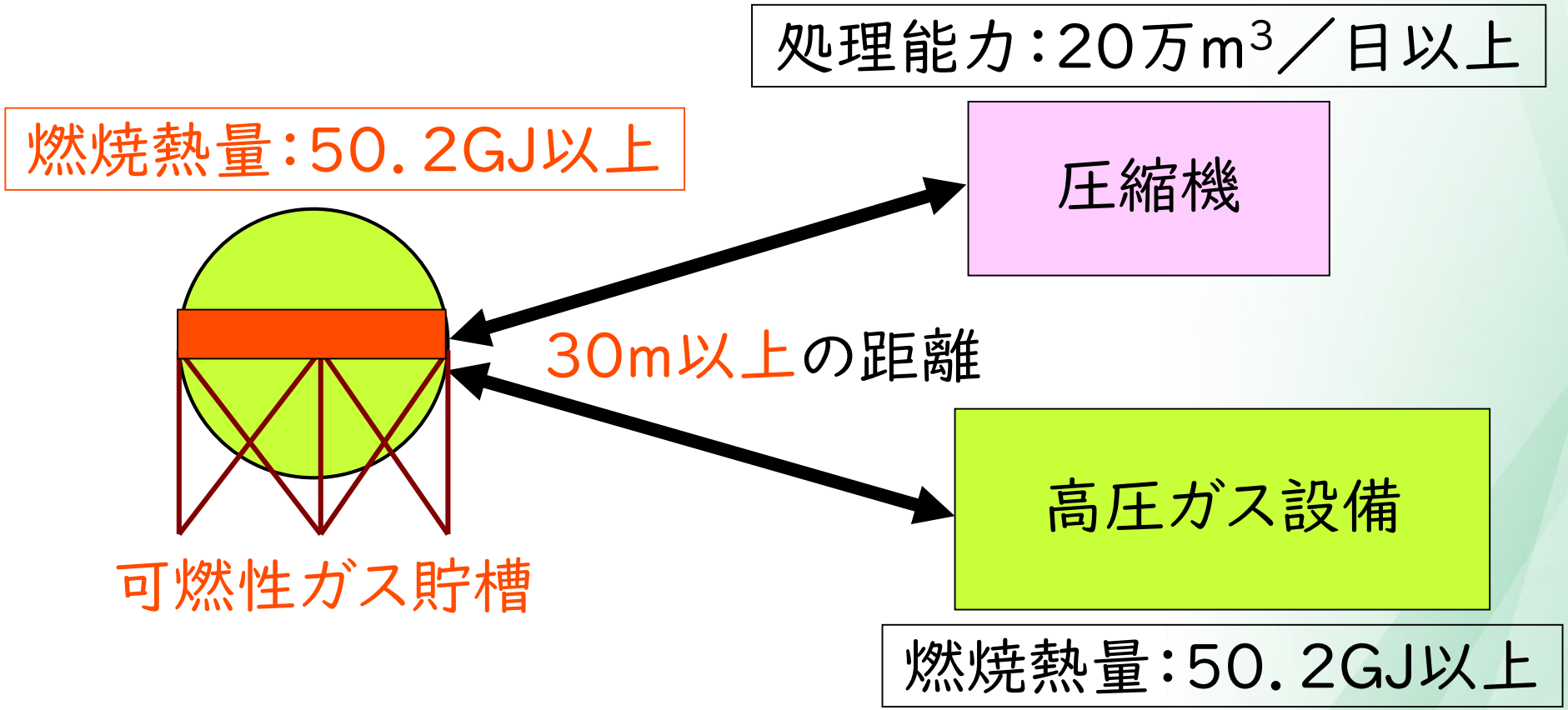
コンビ第5条1項9号、10号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図58 可燃性ガス貯槽と高圧ガス設備間距離

コンビ第5条1項12号

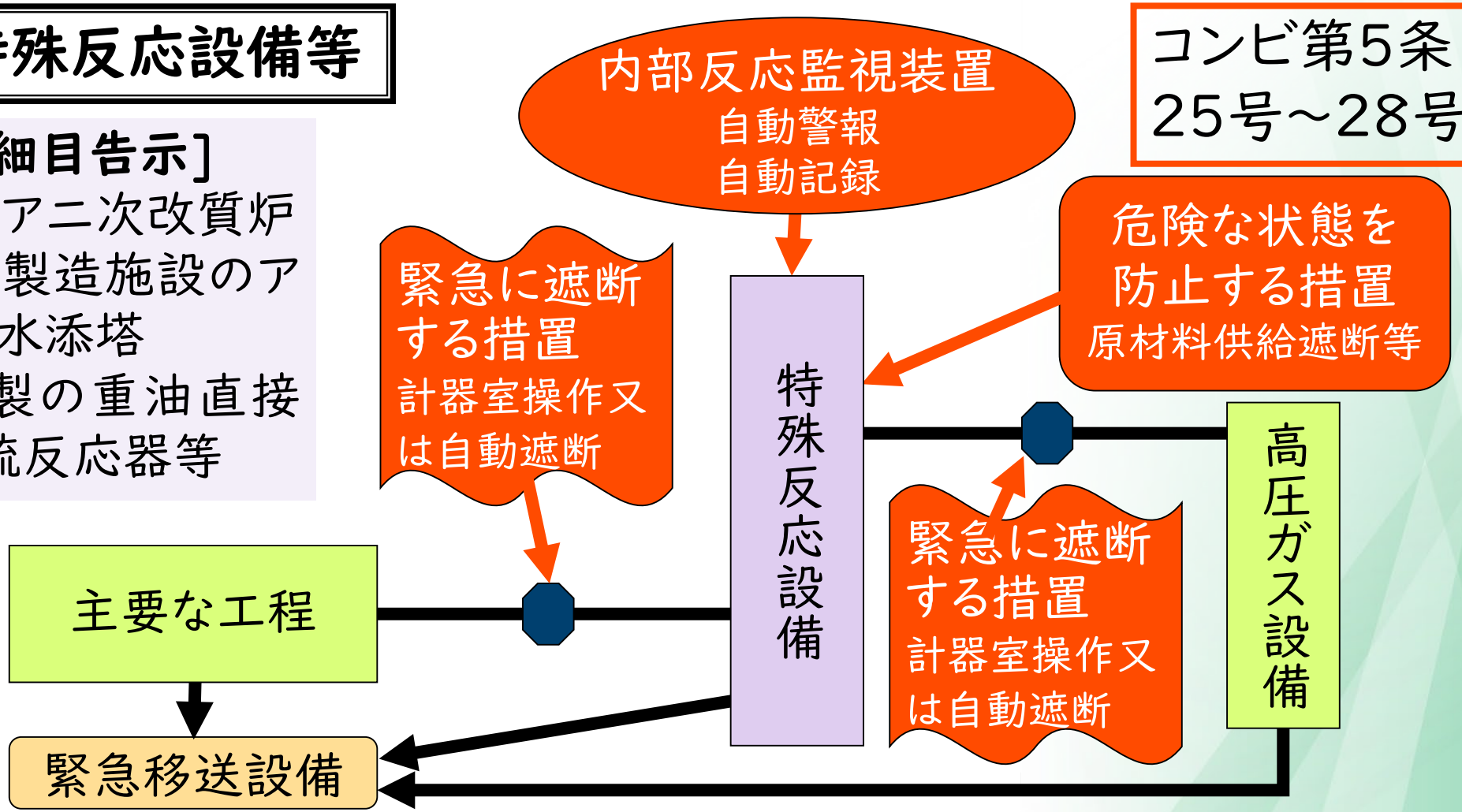


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図59 特殊反応設備等

[製造細目告示]

＊アンモニア二次改質炉
＊エチレン製造施設のアセチレン水添塔
＊石油精製の重油直接水添脱硫反応器等



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図13 特殊反応設備と遮断装置の例

コンビ第5条1項25、26号

＊アンモニアニ次改質炉
＊エチレン製造施設のアセチレン水添塔
＊石油精製の重油直接水添脱硫反応器等

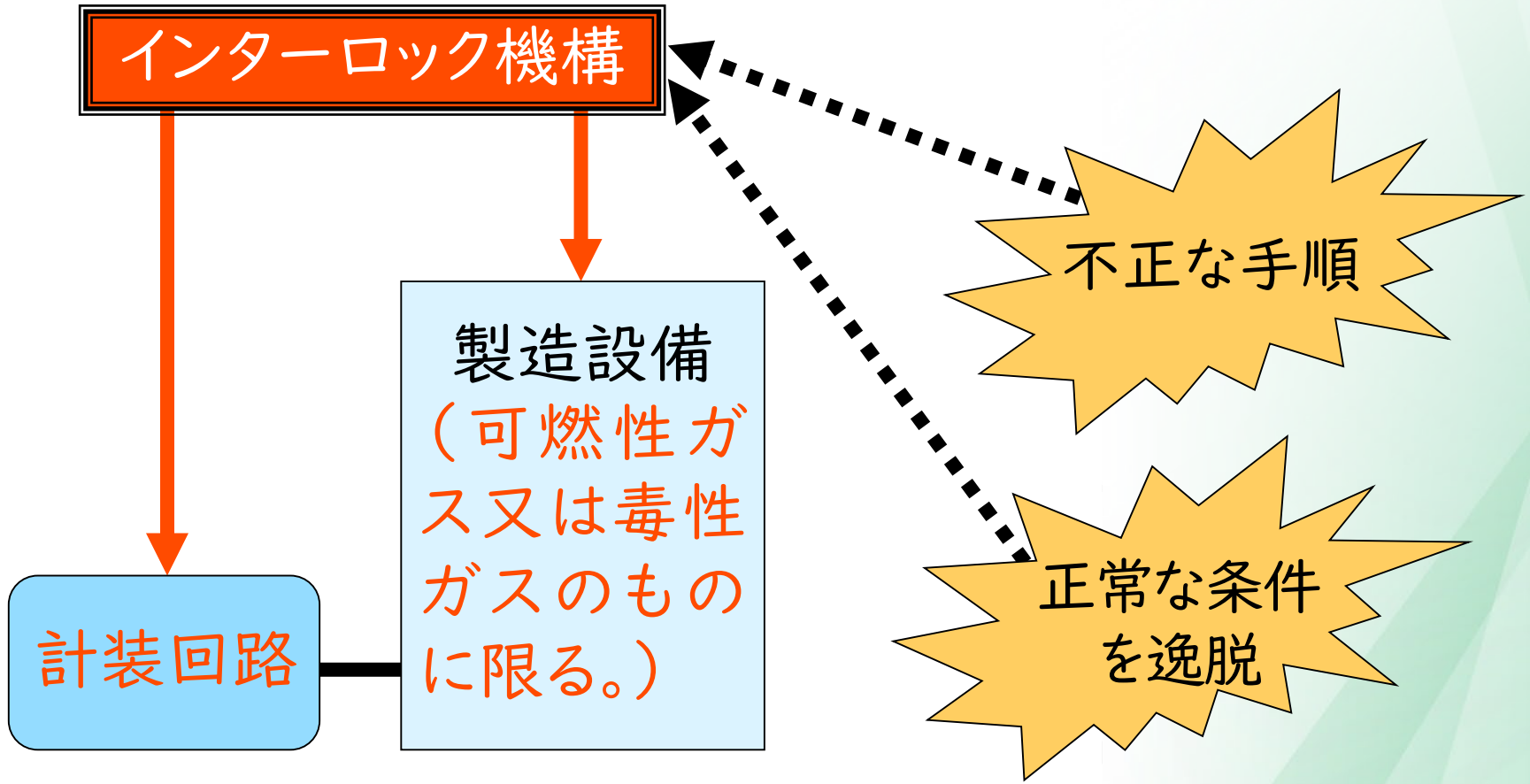
特殊反応設備

遮断装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図60 インターロック機構

コンビ第5条1項49号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

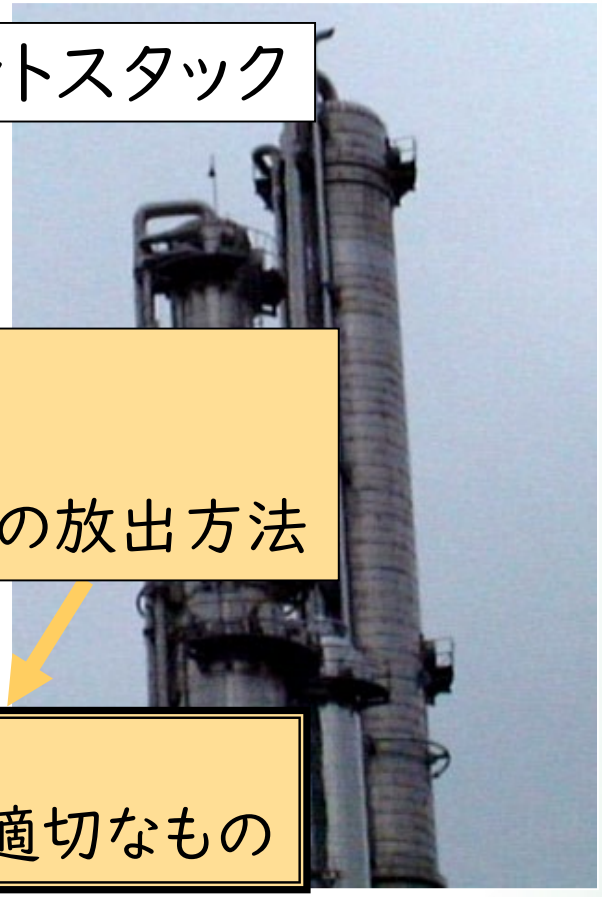
参考図14 フレアースタック・ベントスタック

コンビ第5条1項
55号、56号

フレアースタック

＊高さ
＊位置
＊燃焼能力
＊構造

ベントスタック



＊高さ
＊位置
＊ガスの放出方法

＊ガスの種類・量・性状
＊周囲の状況に応じて適切なもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図61 可燃性ガス製造設備の計器室

コンビ第5条1項61号

①安全な位置
②安全な構造（扉及び窓は耐火構造）
③炭化水素類その他定められた可燃性ガスの製造施設の計器室は、外部からのガスの侵入防止措置

例示基準

二重扉

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図62 保安のための保安用不活性ガス等の保有

コンビ第5条1項62号

[対象]
可燃性ガス、毒性ガス、酸素の製造事業所

[不活性ガス等]
・すべての製造設備が危険な状態になった場合のガスのパージ、シール等の応急措置に必要な数量及び圧力の、窒素その他の不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）又はスチームを保有（他事業所から確実に供給を受けられる措置でも可）
・防消火設備の作動に必要な数量の水は常時保有

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図63 毒性ガスの置場距離

コンビ第5条第1項第65号ハ

(イ)	0≦x<9の場合	m=54
(ロ)	9≦x<25の場合	$m=18\sqrt{x}$
(ハ)	25≦xの場合	m=90

m：容器置場の外面から保安物件までの距離（m）

X：容器置場の面積（㎡）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図64 コンビナート製造事業所間の導管（1）

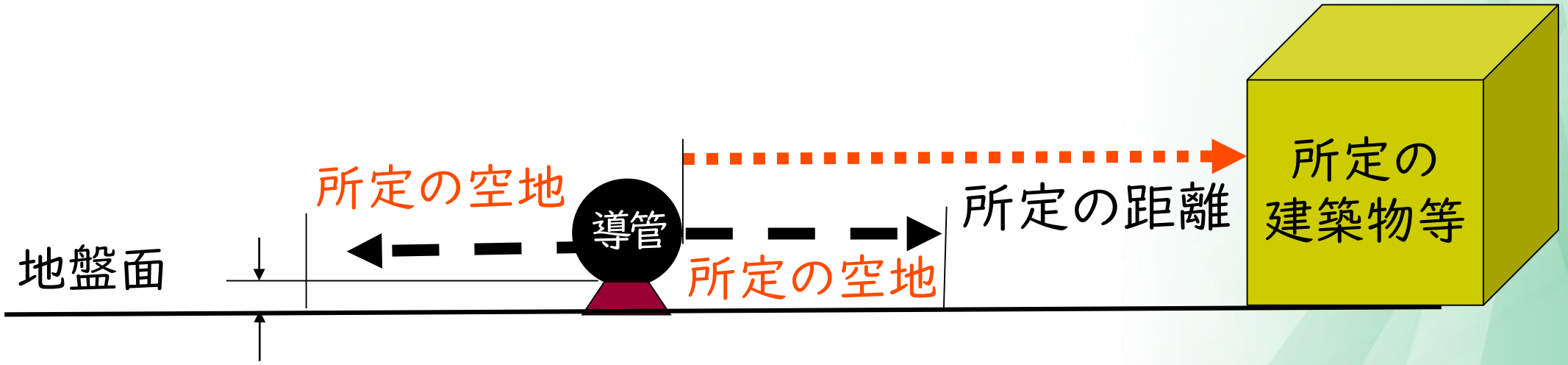
コンビ第10条

[地盤面上設置の場合の主な基準]

①標識（高圧ガスの種類、異常時の連絡先等）

②住宅、学校、病院等の建築物等に対し所定の距離

③導管の両側に、所定の幅の空地の保有



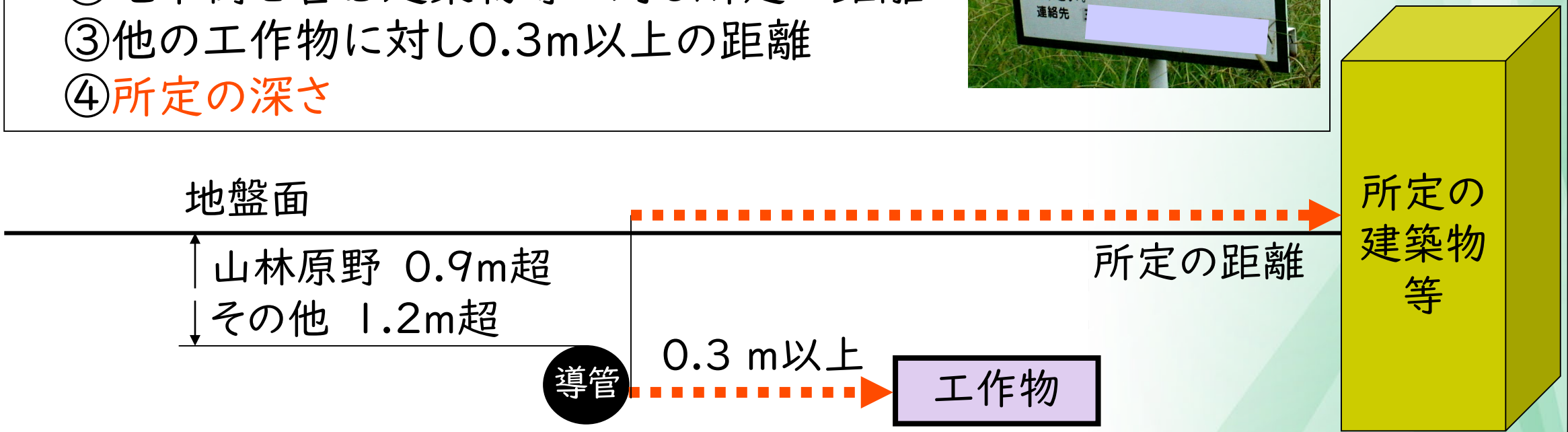
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図65 コンビナート製造事業所間の導管（2）

コンビ第10条

[地盤面下埋設設置の場合の主な基準]

①標識（高圧ガスの種類、異常時の連絡先等）
②地下街を含む建築物等に対し所定の距離
③他の工作物に対し0.3m以上の距離
④所定の深さ

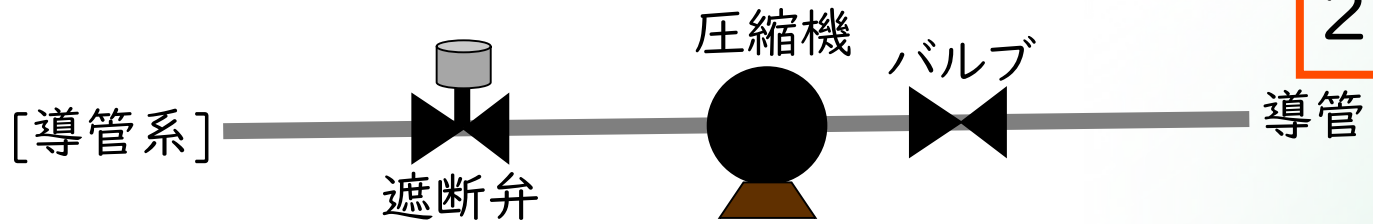


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図66 コンビナート製造事業所間の導管（3）

コンビ第10条
26号～39号

導管系の保安設備等

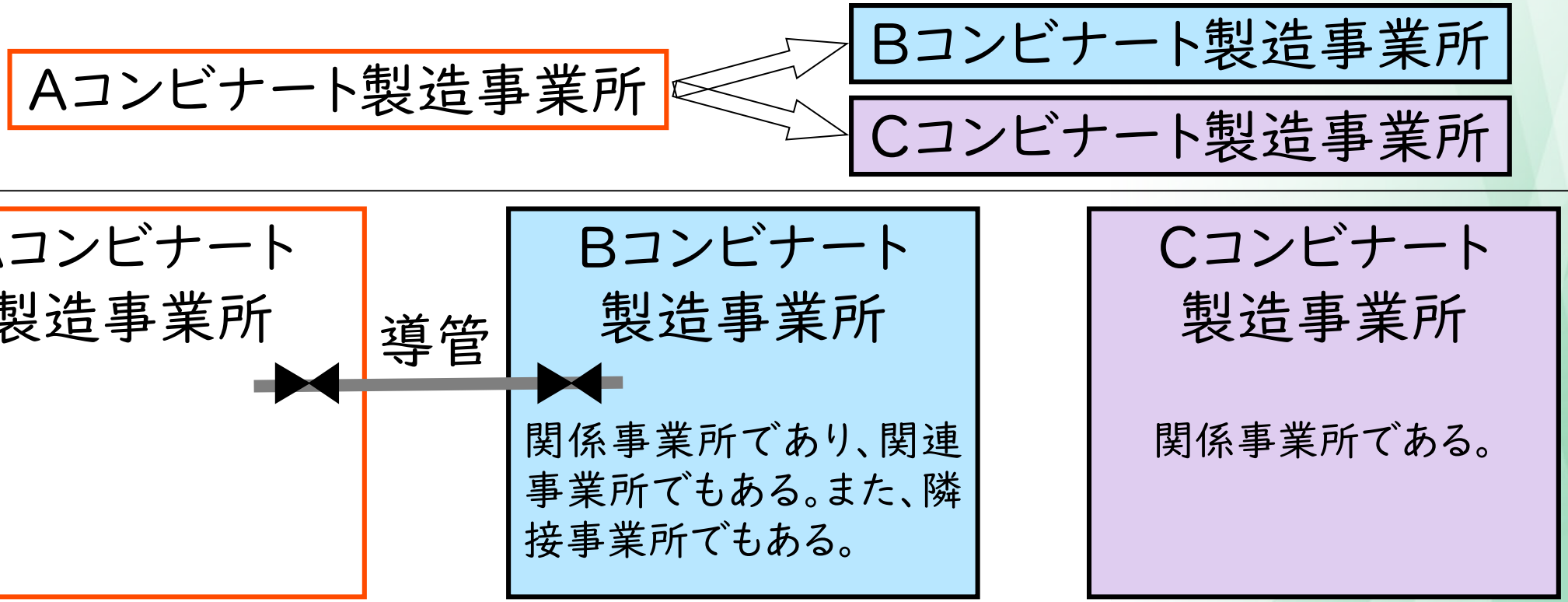


①運転状態監視装置（圧縮機、ポンプ、バルブ）
②異常事態の警報装置
③安全制御装置
④ガス漏えい検知警報設備又は検知口（可燃性ガス、毒性ガス（告示で定めるものに限る。）又は特定不活性ガス）
⑤緊急遮断装置（市街地、主要河川、湖沼等を横断するものに限る。（不活性ガスのものを除く。））
⑥ガス置換の措置
⑦感震装置
⑧避雷設備
⑨保安電力
⑩導管経路に巡回監視車、保安用資機材倉庫

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図67 コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（1）

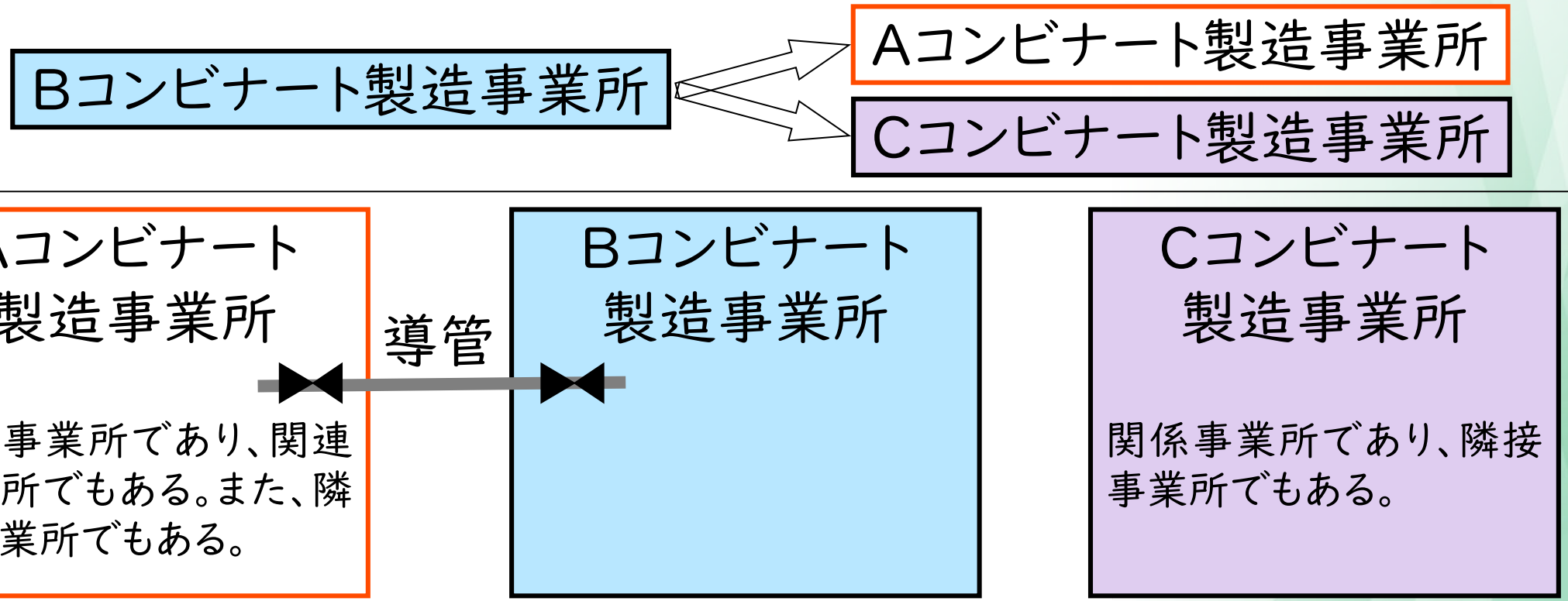
コンビ第11条1項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図68 コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（2）

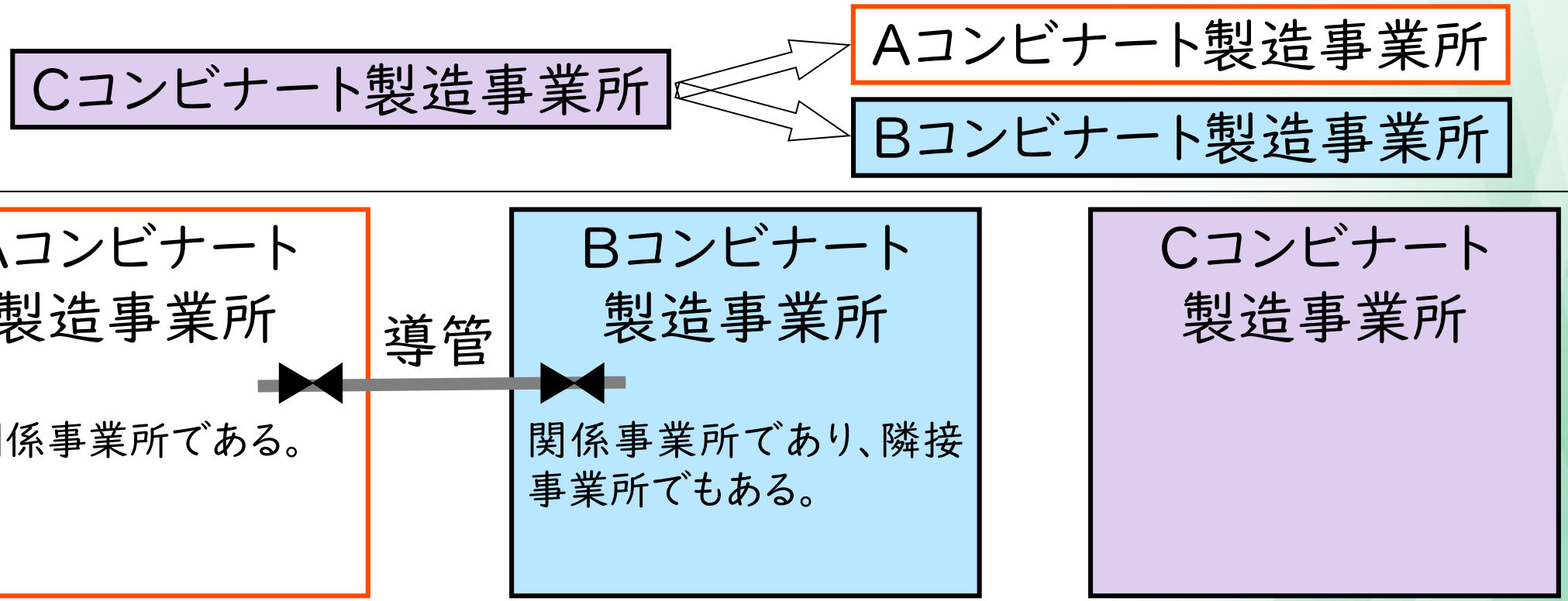
コンビ第11条1項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図69 コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（3）

コンビ第11条1項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図70 コンビナート製造事業所間の連絡等

コンビ第11条

隣接事業所に対し書面作成・送付

＊隣接境界内側100m以内の製造施設、危険物、毒劇物設備の設置、撤去。
＊隣接境界内側100m以内の可燃性ガスの放出設備、火気設備の設置、撤去。
＊隣接境界内側100m以内の消火栓、貯水槽等、通用門、避難場所の設置、撤去。
※境界線から所定距離内の高圧ガス設備の設置、着工、完成年月日、改修内容等の事前連絡。

関連事業所に対し

＊直通電話、無線又は有線通信設備の設置。
＊導管供給の開始・停止の事前連絡。
＊輸送ガスの種類、成分、圧力、流量等の重要な変更の事前連絡。
＊輸送高圧ガスの製造設備の運転停止の事前連絡。

※関係事業所から危険時・事故時の対応に関して緊急応援を受ける措置を事前に講じる。

関係事業所に対し

＊保安の連絡系統、連絡担当者、連絡方法を定め製造開始前に通知。
＊事故発生の連絡。
＊多量のガス放出の計画・実施の事前連絡。
＊異常な騒音・振動発生の事前連絡。
＊訓練の警報・火炎・発煙の事前連絡。
＊隣接境界内側50m以内の火気使用の事前連絡。
＊隣接境界内側100m以内の大量の火気使用の事前連絡。
＊その他特別事態発生時の連絡。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

END

ご静聴ありがとうございました。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

丙種化学液石講習
講習科目：保安管理技術

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．1　貯槽

3．1．1　定義と形式

（1）定義

（高圧ガス保安法）

液化石油ガスの貯蔵設備であって、地面に対して移動することができないもの

（高圧ガス保安法、液石則第2条第1項第3号）

受入れ、貯蔵、払出しは、（充塡・消費）貯槽の設置された位置で行われる容器であっても貯蔵設備として固定され、充塡・消費が容器が設置された位置で行われるならば、貯槽の規制となり、タンクローリは容量が大きくても移動するので、容器としての規制となる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.1　定義と形式

（2）貯槽の型式

1）横置円筒形貯槽

貯槽本体に溶接により取り付けた架台を、地盤面上に堅固に構築された鉄筋コンクリート基礎上に据え付けられている。

貯蔵能力は一般に10～70トン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.1　定義と形式

（2）貯槽の型式

2）球形貯槽

貯槽本体に溶接によって取付けられた支柱を地盤面上に堅固に構築された基礎上に載せ、貯槽の重心が各支柱の中心に来るように設置し、基礎ボルトにより支柱を固定する。

球形では大型であり、貯蔵能力が3000トン程度のものがある。

提供：ENEOS㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.2 貯槽の貯蔵能力と実際の貯蔵量

（1）貯蔵能力

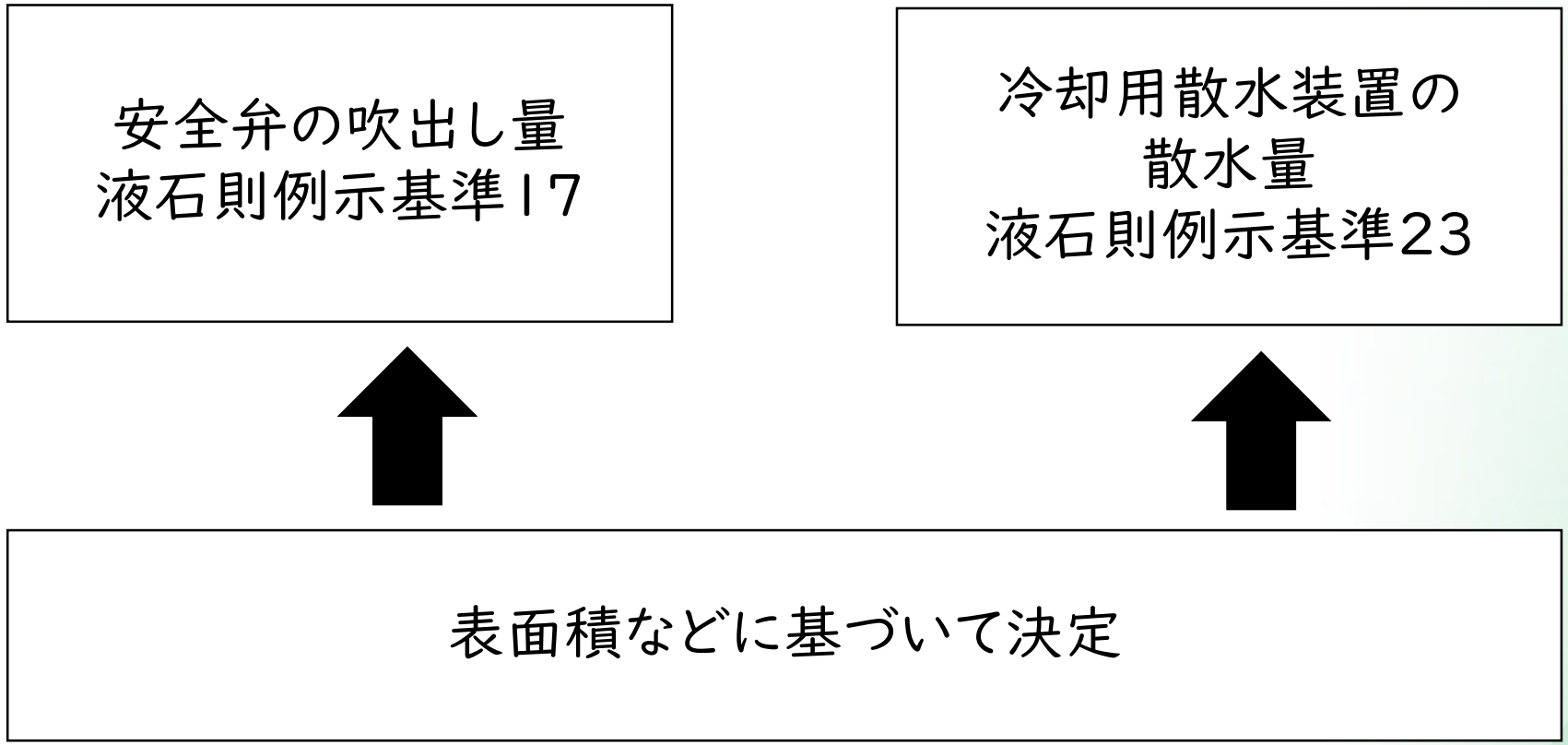
貯蔵能力W(Kg)は、
貯槽の常用温度におけるLPガスの液比重をw（Kg/L）
内容積をV(L)とすれば

$$W=0.9wV$$

0.9は90%を意味し、貯槽にLPガスを充填するときは、当該貯槽の常用温度（一般には40℃）において、内容積の90%を超えないように充填しなければならない。
これはLPガスの温度による液膨張が大きいことに対する対策である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.4 貯槽の表面積



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.5 貯槽の設計・製作

（1） 設計圧力など

(a) 貯槽の設計圧力

LPガスを常温で貯蔵する地上設置、横置円筒形貯槽規格

LPガスの種別	設計圧力（MPa）	LPガス飽和蒸気圧（48℃）
プロパン級	1.77	0.88MPaを超え1.53MPa以下
ブタン級	1.06	0.88MPa以下

(b) 貯槽の内容積

W=0.9wV　wは、設計温度（40℃）における液密度

LPガスの種別	液密度（Kg/L）
プロパン級	0.473
ブタン級	0.532

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.5 貯槽の設計・製作

(c) 設計圧力について

LPガスは混合物⇒組成に応じた飽和蒸気圧に対応した設計圧力を選択

(2) 製作

(a) 材料

圧力容器用鋼板：－10℃～350℃以下で使用が認められているもの

(b) 材料の検査と加工

材料試験成績表と照合し、外観検査　板厚測定　超音波探傷試験を行い、
材料に欠陥のないことが確認された後に必要寸法に切断
胴板はローラ加工　　鏡板はプレス加工

(c) 溶接

特に重要な作業　溶接責任者の選任と指示
残留応力除去　円筒形貯槽：焼きなまし　　球形貯槽：後熱処理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.5 貯槽の設計・製作

(d) 検査

ⅰ) 非破壊検査
ⅱ) 溶接部の機械試験
ⅲ) 外観検査
ⅳ) 耐圧検査
ⅴ) 気密試験

(e) 特定設備合格証と完成検査

特定設備が検査に合格　特定設備検査合格証が交付されてから3年の期間内に都道府県知事などの完成検査を受けることを要しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.6 貯槽の付属品（テキスト 取付け例の図参照）

（1）マンホール

検査・清掃時作業員が出入りするため

（2）安全弁ノズル

安全弁取付け用元弁は平常開（気相部）

（3）ガス放出ノズル

放出用のノズルには、元弁を取り付け、放出管を取り付ける。（気相部）

(a)放出管

貯槽頂部より2mまたは地上より5mのいずれか高い位置で上向きに開口

（b）ルーズレインキャップ

雨やほこりが入らないよう、吹き上げのときの爆風によって、飛ばないような措置

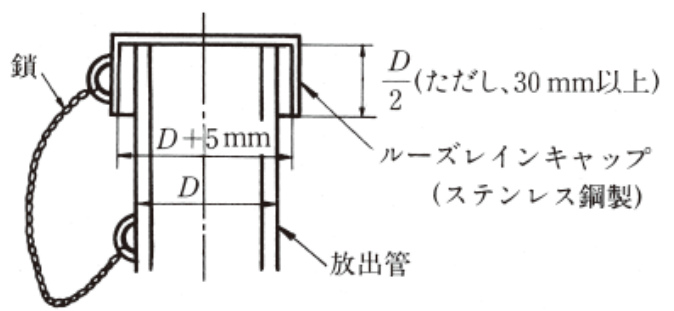


図　ルーズレインキャップの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.6 貯槽の付属品（テキスト 取付け例の図参照）

（4）通気ノズル

LPガス受入れ時の均圧作用のためのノズル（気相部）

（5）液受入ノズル

ローリーからの液受け入れるときに使用。貯槽元弁を介し液受け入れ用配管に接続

（6）液取出ノズル

(a)液取出ノズルの用途など

LPガスの液取出用のノズルで一般に貯槽下部（液相部）

（b）緊急遮断装置

内容積5000 L以上の液取り出し、または液受け入れ配管に設置。

緊急遮断装置に係るバルブ（緊急遮断弁）のほか、2つ以上のバルブを設け、その1つは、貯槽の直近に設置。

LPガス（液）受入れ専用配管には、逆止弁の設置でも可

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.6 貯槽の付属品（テキスト 取付け例の図参照）

（7）ポンプバイパスノズル

液送ポンプで液を取り出す際、余分な液を貯槽に戻す配管に接続。

（8）ドレンノズル

貯槽底部にたまった水などの不純物を放出するために設ける。

ドレンだめを設け2個の放出弁を直列に設ける。

ドレン放出時の凍結防止のため、2個のバルブを交互に開閉。（液相部）

（9）液面計ノズル

貯槽の頂部及び下部に設置し、液面計を取り付ける。

（10）圧力計ノズル

圧力計取付け用ノズル　交換修理、検査用に元弁を取り付ける。（気相部）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.6 貯槽の付属品（テキスト 取付け例の図参照）

（11）温度計ノズル
　　完全密閉構造で内部に温感部が挿入固定される 液相部

（12）その他の付属品

(a)散水装置
　散水装置は、地盤面上に設置する貯槽が火災により加熱される場合に散水。
　冷却し、貯槽が破壊することを防止する目的で設置される。
　貯槽の表面積1m^{3}当たり5L/min以上の水量で散水できるもの。

(b)接地端子板（アース端子板）
　貯槽を接地するための接地線を接続する。

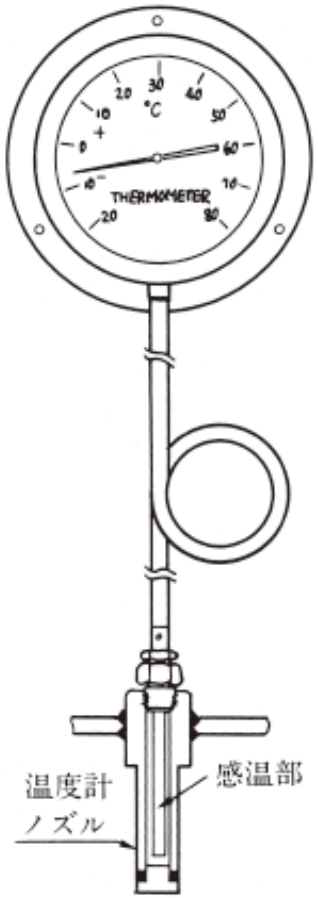


図　温度計ノズルおよび温度計の取付け例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.7 貯槽の基礎

基礎は、不同沈下などによる有害なひずみが生じないもの

一体型の基礎構造

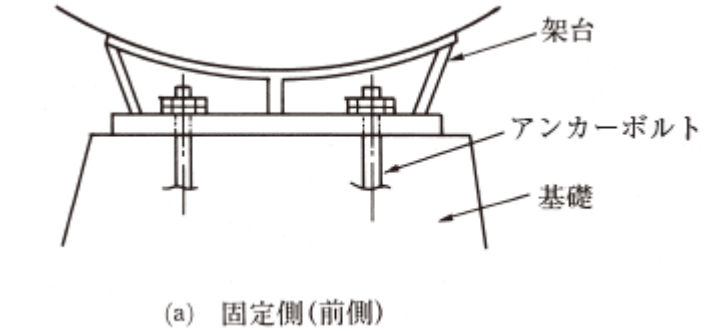
1トン以上の貯槽の架台は同一の一体型構造の基礎に緊結する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

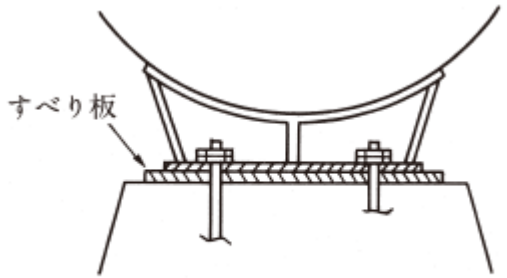
3.1.7 貯槽の基礎

すべり板の設置

貯槽の架台支持間隔が5m以上の貯槽には、温度による貯槽の膨張を考慮して、架台の一端（前側）を強固に固定し、他端を遊動できるようにするため、基礎据付面との間に、すべり板を設ける。



(a)　固定側(前側)



(b)　遊動側(後側)

図　　すべり板

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 貯槽附属弁類

3.2.1 貯槽元弁

(1) 元弁の用途とバルブの種類

1) LPガスを通し、また流れを遮断するためのもの。

2) 運転中の修理、点検などのためのもの。

(2) バルブの設計圧力

通常は、プロパン級の1.77MPa以上のものを使用。ブタン級であれば1.06MPa以上のものを使用。

(3) バルブの材料

液石例示基準「12.ガス設備等に使用する材料」に規定。

貯槽元弁など保安上重要な弁は、鋳鋼または鍛鋼を使用。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.1　貯槽元弁

(4) フランジ

両端フランジの面間距離とフランジ寸法は、取扱い上注意が必要。

(5) バルブの取付け上の注意

貯槽元弁に玉型弁を使用する場合、流れの方向に関係なくバルブ入口側を貯槽側に取り付ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 安全弁

貯槽気相部に安全弁を取り付けなければならない。
貯槽内部の圧力が許容圧力以上になった場合、貯槽の破裂防止

（1）ばね式安全弁
揚程式と全量式の2種類　近年は全量式が採用されている。

（2）取付けフランジ
貯槽用安全弁のガス入り口部はフランジ構造

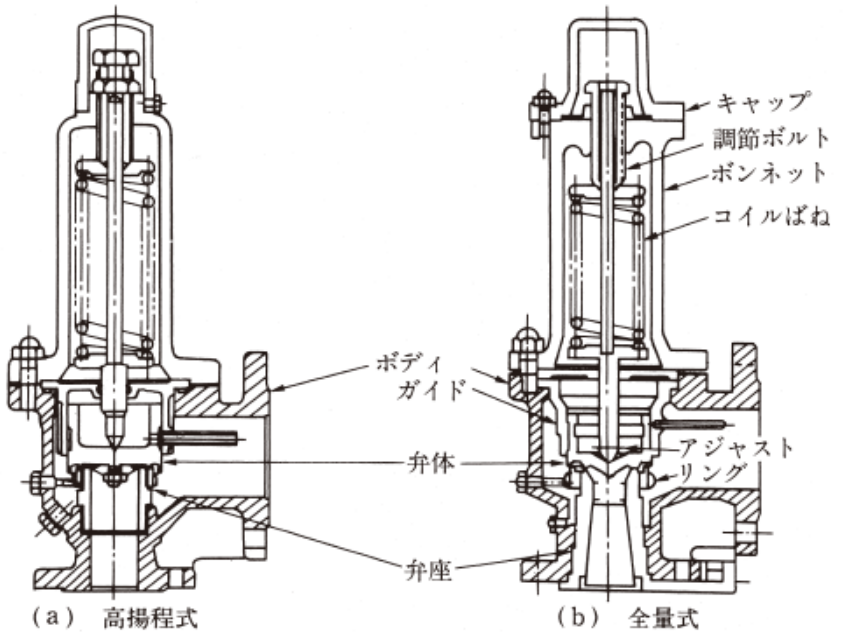


図　安全弁の構造概要図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 安全弁

(3) 安全弁の作動圧力

作動試験：空気または窒素を用いる。

設定圧力（p）：プロパン級設計圧力1.77MPaを標準

(a)吹始め圧力（p_1）

吹き始め（p_1）は、設定圧力（p）の90%を超え100%以下

(b) 吹出し量決定圧力（p_2）

定められた噴出し量を吹き出すときの圧力は

設定圧力（p）の120%以下

(c) 吹止まり圧力（p_3）

設定圧力（p）の80%以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 安全弁

(4) 安全弁の設置上の注意

(a) 圧力損失の少ないバルブ or 十分大きな口径の弁を使用

必要口径（吹出し面積）の計算方法：液石則例示基準17.参照

(b) 安全弁の放出管は3.1.6によるほか、噴出時のガスの作用で倒れないよう補強

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 緊急遮断装置

液配管に漏えいが発生した場合、緊急遮断弁を操作し、漏えいを止め被害の拡大を防止する。

(1) 緊急遮断装置の構成・種類

(a)構成

①緊急遮断弁

②緊急遮断弁の操作機構

③緊急遮断弁の操作動力源

(b)分類

動力源：油圧、空気圧
(窒素などのガスを含む)

取付方法：内装式、外装式

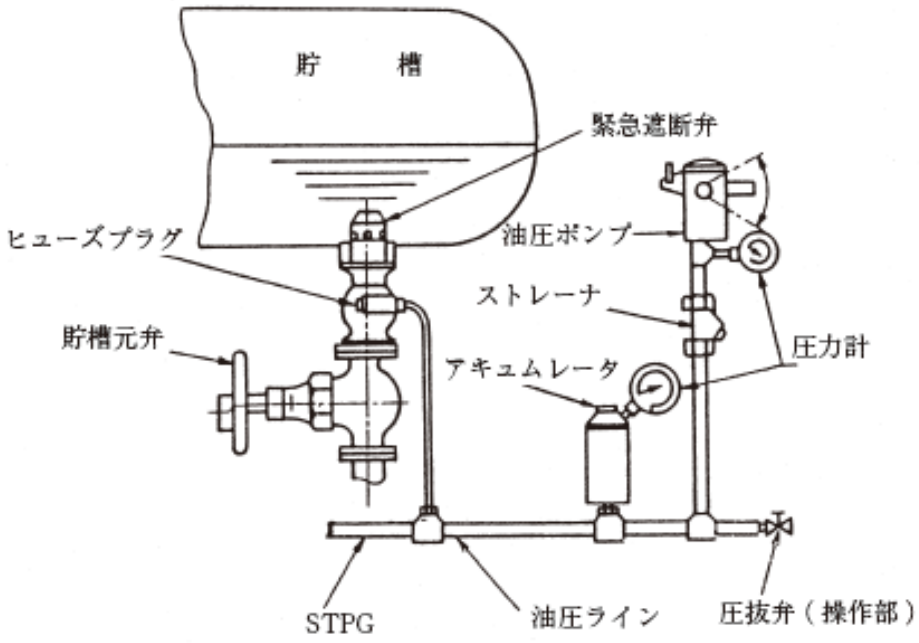


図　内装式緊急遮断弁(油圧式)設置例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 緊急遮断装置

(2) 緊急遮断弁の構造、機能

(a)構造

緊急遮断弁は、その動力源が断たれた（圧縮空気等または油圧を抜く）とき弁を閉じる（作動する）構造

周囲の異常に温度が高くなったときに作動する(ヒューズメタル)

(b)機能

急速に閉止を要する箇所に設置するバルブ

1）簡単で、すばやく操作ができること

2）周囲の温度が高くなったときに自動的に作動

3）自動的に作動する作動は安全側（弁が閉止する）に動く

4）動力源が断たれたとき安全側に働く

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 緊急遮断装置

(3) 緊急遮断装置の設置と維持管理

1) 遮断弁の操作位置は、貯槽から5m以上はなれた距離で防液堤の外側2箇所以上1か所は、事務所など関係者が常駐し操作しやすい位置

2) 配管周囲温度が110℃になる以前に自動的に遮断する可溶合金を設ける。

3) 弁の開閉の状態が外部からわかること

4) LPガス受入れ専用配管には、逆止弁の設置でも可

5) 遮断始動後、規定の時間内に確実に閉止

表　緊急遮断弁の閉になるまでの時間

呼び径〔A〕	閉止時間〔秒〕
すべてのサイズ	10 以下
ボール弁型200A以上の場合	15 以下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 緊急遮断装置

(3) 緊急遮断装置の設置と維持管理

6) 動力源の圧力：油圧式 3 ～ 5 MPa　空気圧式 0.3 ～ 0.5 MPa

7) 動力源の油圧配管の長さは管の呼び径によりおよその長さが決まる。

8) 動力源の漏れや膨張によるトラブルに注意する必要がある。

9) 月 1 回以上の作動検査、年 1 回以上の弁座漏えい検査

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 配管

3.3.1 配管材料

（1）鋼管

(a)圧力配管用炭素鋼鋼管（STPG）

高圧ガス配管に使用

ⅰ）スケジュール番号

鋼管の耐圧力を表示

番号が大きくなるにしたがって肉厚が増し、耐圧性能が良くなる。

ⅱ）管の標準寸法

SGP　STPG　呼び径で外形は同じ　肉厚により内径が変わる。

(b)配管用炭素鋼鋼管（SGP）

低圧配管に使用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1　配管材料

(2) 銅管
　油圧配管などに使用　外径基準で8mm、10mm、12mmなど
(3) 管継手
　(a) 取外し可能な継手
　　ねじ込み継手　フランジ継手など
　　振動を生じる場所などでの接続部の漏えい防止に注意を要するが、バルブなどの取外しが容易にできるという便利な面がある。
　(b) 取外し不可能な継手
　　溶接継手、ろう付継手
　　強度も確保でき、また、気密性能も高く、配管の質量を軽減することができるが、取外しが簡単ではないので不便である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1 配管材料

(3) 管継手

(c) 可とう継手（フレキシブルホース）

振動を生じる機器に配管を接続する場合

大型貯槽と配管の接続 ： 貯槽の保護

高圧ガス設備の管継手は配管の修理、清掃時などを考慮し取外し可能な継手以外は、溶接継手とする。

(4) 配管の膨張と収縮

配管は温度変化によって伸縮：可とう性のある配管、可とう継手などを介して接続する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1　配管材料

(5) ガスケット・充填材

静止部分に用いられるシール材⇒ガスケット

ねじ込み継手のシールに用いられている⇒充填材

(a) ガスケット

ⅰ) ジョイントシート

繊維にゴムバインダを混合し、厚紙状に加熱圧縮し成形したもの

ⅱ) その他のガスケット

(b) 充填材

ⅰ) 四フッ化エチレン製テープ

シールテープとも呼ばれ、気密性が良く、取外しも容易

ⅱ) ねじ部に塗布して使用するシール剤

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1　配管材料

(c)フランジボルトの締付力

ガスケットは、フランジ面に圧着して漏えいを防ぐ。
ガスケットには、弾性が残っていなければならない。
ガスケットの面圧力は、内圧より大きくなければならない。

(d)フランジボルトの締付方法

① 90度対角の位置にある4本のボルトを仮締め。
② 対角線上のボルトを3回以上に分けて締め込む。

最初のナットを強く締めすぎないこと!
均等に締め、片締めにならないよう注意!

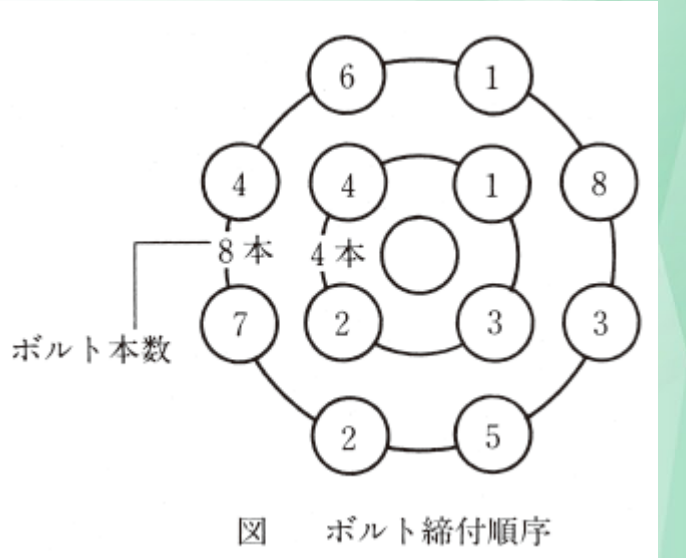


図　ボルト締付順序

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.2 配管の肉厚計算

(1) 設計圧力・・・常用の圧力を基準
(2) 肉厚計算式・・・テキスト参照
(3) 肉厚計算例・・・テキスト参照
(4) 配管の口径
　(a)配管の圧力損失と管径
　　計画流量を確保するために、適切な管径の選択が必要
　　LPガスの液送ポンプ吸込み側の圧力損失が大きいと、吸込み圧力が低下
　　ガス化しやすくなり、キャビテーションを起こす原因にもなる。

　(b)配管継手などによる圧力損失
　　バルブ、エルボ、その他の継手類　⇒　圧力損失が生じる
　　配管設計　⇒　継手などの圧力損失を考慮
　　継手の圧力損失　⇒　配管の長さに置き換えて計算

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 配管施工上の注意

（1）地上配管

1） 配管の最高点に放出弁、最低点にドレン抜き弁を設ける。
2） 地盤面または床面と管底部との間隔を十分にとる。
3） 通路を横断する架空配管の高さは3.8m（道路の高さ制限）以上
4） 架空配管の立ち上がり部には必ずサポートを設ける。
5） サポートは配管のたわみを考慮し、適切な間隔で設ける。
6） 配管は、基礎またはサポートに堅固に固定しない。
7） 地盤面上に多数の配管を設ける場合は、渡場を設ける。
8） 補修や点検を考慮し、必要な箇所はフランジ接続とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 配管施工上の注意

(2) 地下埋設配管

埋設は極力避ける。

やむを得ない場合は、以下の措置または、低圧配管の場合、プラスチック被覆鋼管、ガス用ポリエチレン管を使用

1) ねじ込み継手を使用しない。

2) 車両の通行する道路を横断する管の保護措置として、二重管とするか、または、トレンチ内配管とする。

3) 二重管の場合、埋設深さは、地表から管上面まで600mm以上

4) 保護管には、SGPまたはコンクリート管などを使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 配管施工上の注意

(3) 配管の安全弁

1) LPガスが液封状態になるおそれがある箇所

2) 入口側配管には元弁を設け、常時開とする。

3) 放出管に雨水、塵埃などを防ぐ措置を講じ、放出管には元弁を設けない。

(4) 貯槽などの接続配管

1) 貯槽から液送ポンプ吸込み側に向かう配管は、上り勾配にならないようにする。

2) 貯槽と配管の接続は、所定の場合を除き可とう継手を使用する。

3) 配管全体に耐震性を考慮する。

4) 液送ポンプ、圧縮機、蒸発器などの設備との接続配管は配管による異常な圧力がかからないようにする

5) 液送ポンプ、圧縮機の出口配管にはリリーフ弁または安全弁を設ける。
ただし、遠心ポンプには、リリーフ弁は不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 配管用弁類

3.4.1 玉型弁（グローブ弁）

流量の調整が容易に行うことができる。

貯槽元弁では、流体の入り口側を貯槽側へ向け、配管では流れの上流側へ向けて取り付ける。

全開時の圧力損失は大きい。

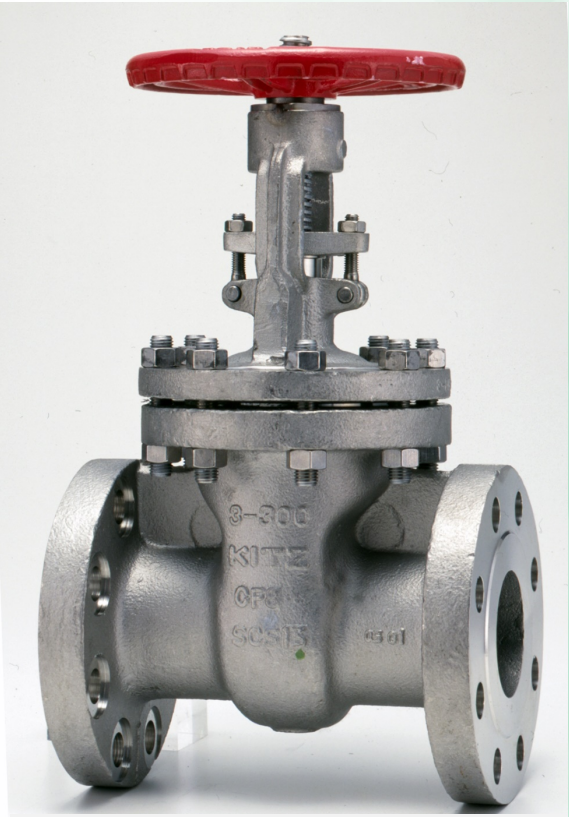
提供：㈱キッツ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 仕切り弁（ゲート弁）

弁体が流路の通路を垂直に仕切って開閉を行い、流体の流れが一直線上になるバルブ

- 全開または全閉で使用することが多い。
- 全開時の圧力損失は同一口径の玉形弁に比べて極めて小さい。
- 大規模プラントや長大な配管によく使用されている。



提供：㈱キッツ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.3 ボール弁

レバーの状況で開閉の状況が確認できる ON-OFF

・全開時の圧力損失は小さい。

提供：㈱キッツ

(ロングネック)
提供：㈱キッツ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

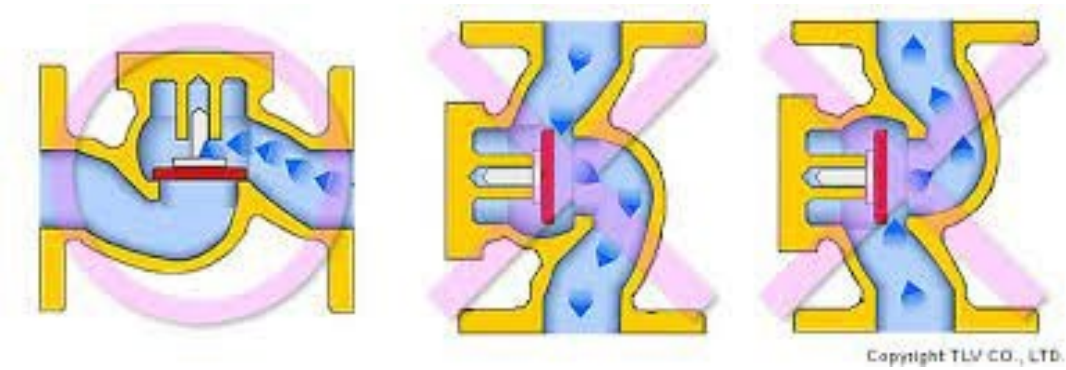
3.4.4 パッキン

回転運動や往復運動などの運動部に用い、流体の漏れを防止するためのもの
グランドパッキン、リブパッキン、Oリングなど

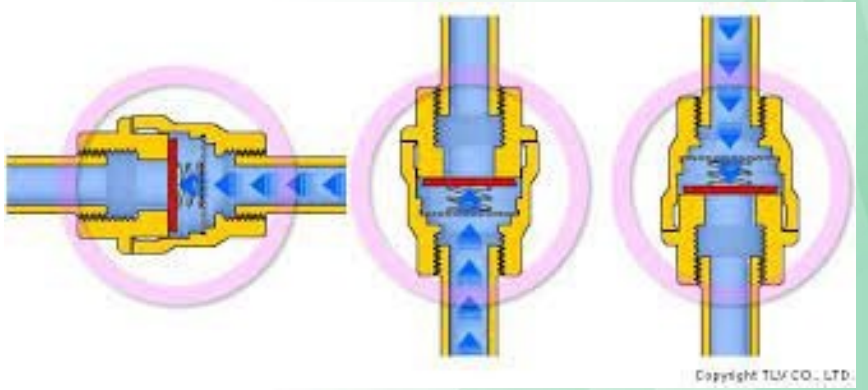
3.4.5 逆止弁

逆流を防止　リフト式：図中の逆止弁は垂直管に使用不可
スイング式：水平、垂直管使用可（垂直管に使用する場合は向きが限定）

リフト式



スイング式



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.6 リリーフ弁

液送ポンプで、LPガスを充填する際、余剰のLPガスを貯槽などに戻すことにより圧力の異常上昇を防止する。

3.4.7 ストレーナ

流体内の異物を分離、排除する。流体の流れの方向に対し取付ける。

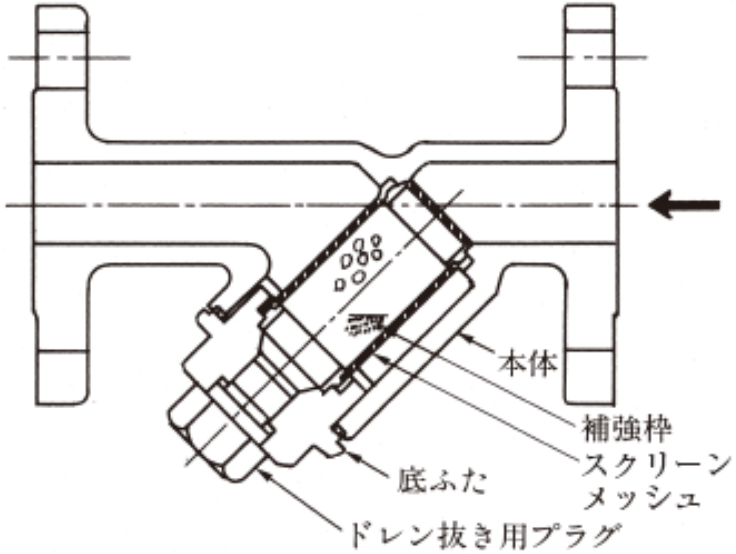


図　Y形ストレーナの構造例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.8 ローディングアームとカップリング

（1）ローディングアーム

LPガスを貯槽とタンクローリとの間で受払いするときの接続に使用される。

(a)特徴

1）金属なので損傷しにくく確実、安全。

2）360度屈曲可能なスイベルジョイントを使用。

3）重量があるので、バランス機能を有している。

4）寿命が長い。

(b)取扱上の注意

1）ジョイント部には定期的にグリースを注入する。

2）バランスが崩れたときは調整ナット等で調整。

3）バランス機構のチェーンなどには定期的にグリースを塗布。

4）スイベルジョイント部、バルブ、フランジ及びねじ込み接続部の漏えい検査を行う。

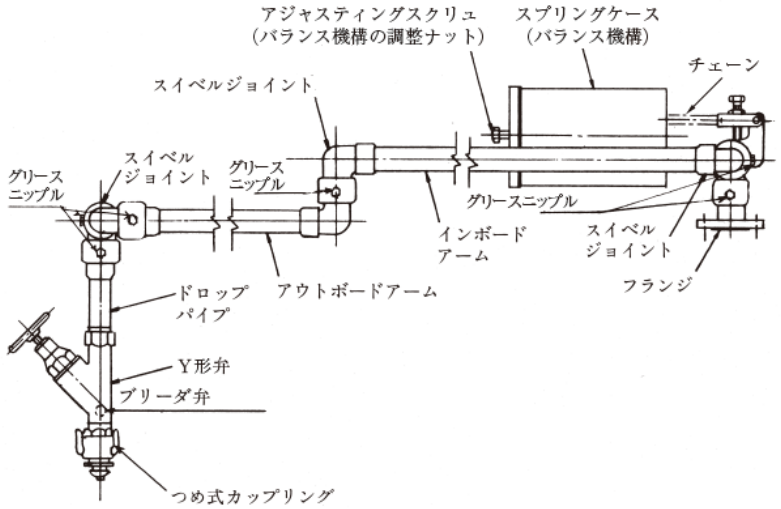


図　タンクローリ用ローディングアームの外観図の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.8 ローディングアームとカップリング

(2) カップリング

(a)種類・構造

カップリング雄　カップリング雌がある。

(b) 取扱い上の注意

1) つめなどを損傷しないようにする。

2) キャップを外すときは、必ずフリーダ弁を開き内部のガスを抜き取る。
カップリングを使用しないときは、必ずカップを取り付ける。

3) Oリングが正しく装着されており、耐油性グリースを塗布してある。

4) カップリングの連結は、確実に取り付けられたことを確認する。

5) 連結後、漏れの無いことを確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.8 ローディングアームとカップリング

(c) 維持管理上の注意

1) Oリングは、予備品を常備し、傷などがある場合、速やかに交換する。

2) つめは円滑に動き、かかり部に著しい摩耗がないか。

3) つめおよび固定装置のピンの穴の摩耗によるガタの大きなものは交換

4) ばねによってつめがかかる構造のもの

ばねの腐食、折損、へたりなどを点検

ばねの作用が確実であることを確認

5) 手動レバーによってつめがかかる構造のもの

レバーの曲がり、折損などの欠陥がないこと

固定装置によって確実に固定できることを確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5 液送ポンプ・圧縮機

3.5.1 LPガス設備としての液送ポンプ、圧縮機の選定

一般的な設備の状況

1）タンカーから二次基地の大容量貯槽への移送

2）二次基地の貯槽からタンクローリーなどへの移送

移送液量　50000～250000 L/h　渦巻ポンプ

3）タンクローリから三次基地小容量貯槽への移送

圧縮機　液送量が多いと液送ポンプ

4）容器への充塡のための移送

液送ポンプ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 液送ポンプ

（1） 種類

- ポンプ
  - ターボ型ポンプ
    - 遠心ポンプ
      - 渦巻ポンプ
      - ディフューザポンプ（タービンポンプ）
    - その他ポンプ
  - 容積型ポンプ
    - 往復ポンプ
    - 回転式ポンプ
      - ベーンポンプ
      - ギヤポンプ
      - スクリューポンプ
  - 特殊ポンプ
    - 略

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 液送ポンプ

(2) LPガス用ポンプ（液送ポンプ）

(a) 遠心ポンプ(ターボ型ポンプ)

ⅰ）原理・構造

羽根車から出た液体を直接渦室へ：渦巻ポンプ

液体を案内羽根を通してから渦室へ：ディフューザポンプ

ⅱ）特徴

1）吐出し液体にほとんど脈動がない。

2）往復ポンプに比べ同一容量では小型

3）流量が大きくなると軸動力大　吐出し圧力小

流量が少なくなると軸動力小　吐出し圧力やや小

吐出し側バルブを微開にして電動機を起動

4）自己吸引力がない（起動時に配管内とケーシング内を液状のLPガスで満たす必要あり）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 液送ポンプ

(b) 回転式ポンプ(容積形ポンプ)

ⅰ)ベーンポンプ(仕切板ポンプ)

①原理・構造

軸封装置としてメカニカルシールを使用

②耐用時間

作動時間に限度がある

ⅱ)ギヤポンプ(歯車ポンプ)

①原理・構造

外側かみ合式と内側かみ合式

内側かみ合式はギアの摩耗や損傷が小さい。

軸封装置としてメカニカルシールを使用。

②特徴

吐出し量が正確。連続運転可。振動小さい。回転音が高い。

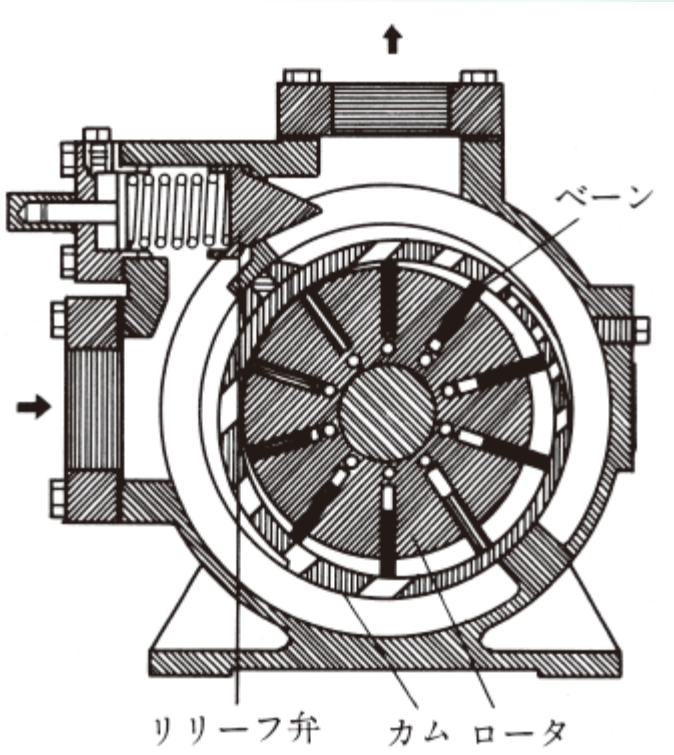


図　ベーンポンプの構造例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 液送ポンプ

ⅲ）回転式ポンプの特徴

1）吐出し液体の脈動は少ない。

2）特性

①揚程大 軸動力大 吐出し弁を閉じての運転
⇒ケーシングの強度以上に揚程が上昇

②吐出し弁を全開にしてから電動機を起動
リリーフ弁の設置が必要。

3）自己吸引作用が多少あり。

4）粘度の高い液体の移送に適する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 液送ポンプ

(c) 液中ポンプ (サブマージブルポンプ)

埋設貯槽に使用する遠心ポンプ

(3) 液送ポンプに関する注意すべき現象

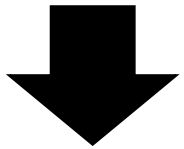
(a) キャビテーション

液中に空洞気泡を発生する現象

多数の気泡の生成消滅の繰り返し

⇒ 振動、騒音、羽根車にエローション

⇒ 吐出し量、揚程、効率が減少 ： 運転上、保安上の問題



ベーパロック

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 液送ポンプ

(b)液送ポンプの吸込みヘッド

ⅰ）有効吸込みヘッド（NPSH）

液を液送ポンプに押し込む力

ⅱ）必要NPSHと利用し得るNPSH

キャビテーションを起こさないために必要な水頭

必要NPSH（$NPSH_{REQ}$）といい、

貯槽から液送ポンプの吸い込み口に押し込む力

利用し得るNPSH（$NPSH_{AVA}$）という。

$NPSH_{AVA} > NPSH_{REQ}$ の関係が必要

液送ポンプ設置上の注意

1）液送ポンプの設置位置を低い位置とする。

2）吸込み管の摩擦損失を小さくする。

曲がりを少なく、長さを短く、管径を大きく

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 液送ポンプ

（4）軸封装置（メカニカルシール）

ポンプ軸がケーシングを貫通する箇所からのガス漏えいを防ぐ。

↓

メカニカル方式

空運転は、メカニカルシールを傷める。

破損は急速に起こるので注意が必要。

キャンドモータ方式の遠心ポンプ

ポンプ軸がケーシング内部に収納 ： 軸封部分がない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 液送ポンプ

(5) 液送ポンプの据付けと配管

(a)据付け上の注意

1) 点検、整備、運転管理に必要な空間の確保

2) 液送ポンプとモータが直結の場合、一体基礎上に共通のベースに設置

3) 共通ベースにしっかり固定

4) 液送ポンプとモータが直結　：液送ポンプとモータの芯を整合
　ベルト掛け　：プーリ面を整合

5) 据え付け後、手回しにより円滑に回ることを確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.3 液送ポンプ

(b) 配管上の注意

1）液送ポンプ回りの配管

液送ポンプ本体に不当な力、ひずみを与えない。

フレキシブル継手の設置など

2）バルブなどは操作しやすい位置に設置

3）$NPSH_{AVA}$を十分確保できる配管

4）吸込み配管は、液送ポンプ入口で太くしない。

細くする場合は、偏心レジューサを使用。

立上がり部を作らない。

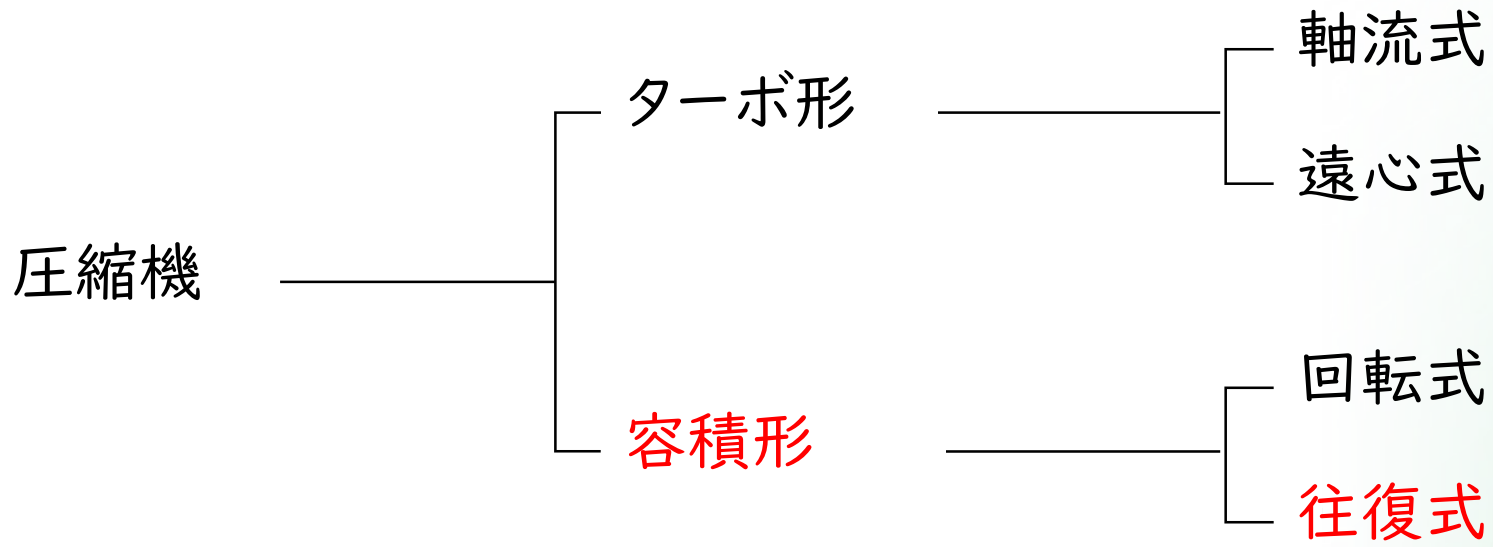
太いメインラインから吸い込み管の分岐は管の下部から分岐。

液送ポンプに向かって下がり勾配。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.4 圧縮機

（1）種類



LPガス充塡所などで、広く使用されているのは、往復式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.4 圧縮機

(2) 往復圧縮機

(a) 型式と分類

圧縮段数	単段	多段
圧縮作用	単動	複動
LPガス用	単動　1段圧縮	

(b) 作動原理

ピストンの運動によって、ガスをシリンダに吸い込み、圧縮して、圧縮ガスをシリンダから送り出す。

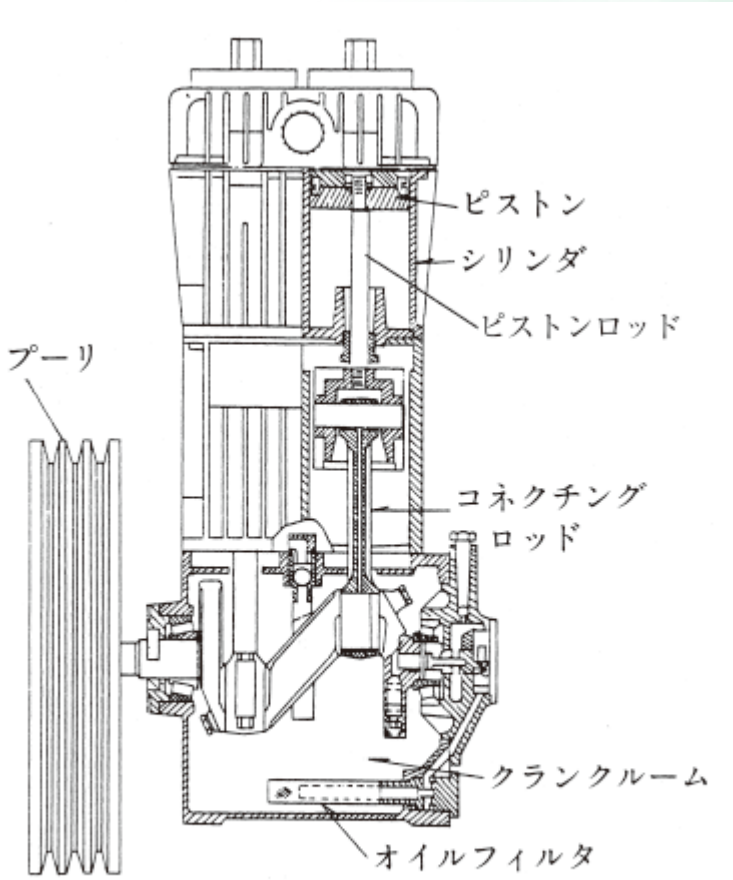


図　LPガス用圧縮機の例
(立形2気筒単段単動)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.4 圧縮機

(c) ガス圧縮の理論

p(Pa)という圧力に抵抗してピストンをΔs(m)だけ動かしたときの押しのけた微小の容量をΔv(m^3)とした場合の仕事は、

仕事 ＝ $p \times \Delta v$(N・m)

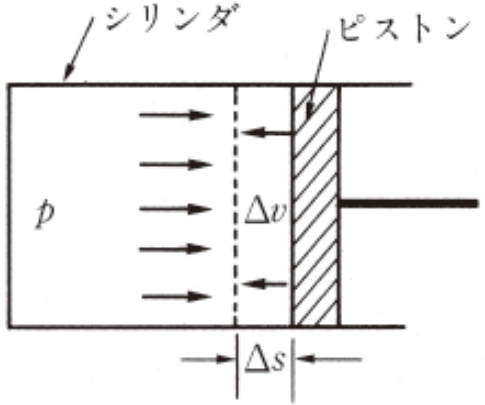


図　ピストンによる仕事の説明

ｉ) 断熱圧縮・等温圧縮・ポリトロープ圧縮

①断熱圧縮

圧縮時の発生する熱を外に出さず、外部の熱も入らないようにして圧縮生じた熱のすべてがガスの温度を上昇させる。

②等温圧縮

圧縮時の熱を完全に取り去る。

取り去られた熱量 ＝ 圧縮のために加えられた仕事量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.4 圧縮機

③ポリトロープ圧縮

実際の圧縮機内のガスの圧縮は、
等温圧縮と断熱圧縮の中間の状態

④三者の比較（三圧縮の比較）

圧縮に要する仕事量は、等温圧縮が最小
断熱圧縮が最大

圧縮に要する仕事の節減 ➡ 等温圧縮に近づける

シリンダの冷却　多段圧縮にして中間冷却

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.4 圧縮機

ⅱ）実際の圧縮機

①圧縮比

吐出し圧力(絶対圧力)と吸込圧力(絶対圧力)との比

仕事量は、圧縮比が大きいほど大きい。

吐き出し圧力の高い圧縮機 ： 多段圧縮で、圧縮比を小さく

②筒隙容積

シリンダヘッドとピストンの間の弁箱内に存在する空間

筒隙が大きいほど吸い込まれるガスの量は減少する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.4 圧縮機

③体積効率

「吸い込まれるガス量」と「シリンダ断面積×ピストン行程」の比を体積効率といい、体積効率を小さくする事項は、

- 筒隙容積などの影響を受けて圧縮機の容量が小さい。
- 回転数が高い。
- 圧縮比が大きい。
- 筒隙容積が大きい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.4 圧縮機

(d)圧縮機の附属品

ⅰ)リキッドトラップ(液分離器)・油分離器

①リキッドトラップ

LPガス吸込み管路に設置。

再液化したLPガスやドレンがシリンダ内に侵入することを防止する。

②油分離器

吐出し管路に設置。

シリンダオイルとガスを分離する。

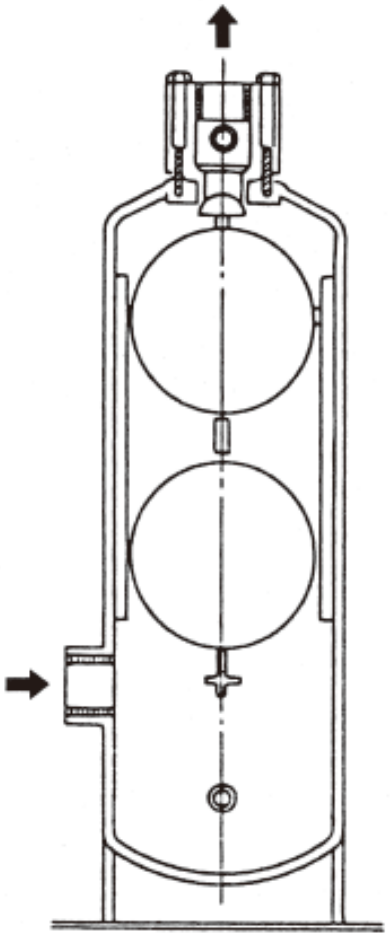


図　リキッドトラップの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.4 圧縮機

ii）高低圧圧力スイッチ

吐出し側または吸込み側の異常圧力を感知して作動

1）高低圧力スイッチの高圧側は、安全弁吹始め圧力より低く設定。
低圧側は、大気圧以下には設定しない。

2）作動時　低圧側は自動復帰　高圧側は手動復帰が多い。

3）入切差　低圧側は可変式。高圧側は固定式。

4）作動時、停止原因の調査、適切な措置後運転再開が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6 電気設備の防爆構造　静電気対策および保安電力

3.6.1 電気設備の防爆構造

（1）危険箇所区分

①特別危険個所　：爆発性雰囲気が通常の状態において、連続し長時間にわたり、または頻繁に可燃性ガス蒸気が爆発の危険のある濃度に達する場所

例　ふたが開放された容器内の引火性液体の液面付近

②第1類危険個所　：通常の状態において、危険雰囲気をしばしば生成するおそれがある場所　例　通常の運転、操作による製品の取り出し、ふたの開閉などによって可燃性ガス蒸気を放出する開口部付近など

③第2類危険箇所　：異常な状態において、爆発性雰囲気を生成するおそれが少なく、また、生成した場合でも短時間しか持続しない場所　例　ガスケットの劣化などのために可燃性ガス蒸気を漏出するおそれのある場所など

④非危険箇所　：①から③以外の場所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.1　電気設備の防爆構造

(2) 爆発性ガスの分類

危険度に従って 爆発等級 発火度が定められている。

(3) 防爆構造の種類

(a)耐圧防爆構造

全閉構造で容器の内部に爆発性ガスが侵入し爆発が起こった場合、その容器が爆発圧力に耐える強度をもち、かつ、容器外部の爆発性ガスに点火しないようにした構造

(b)内圧防爆構造

電気機器を容器で囲み、容器内部に保護ガス(空気または、不活性ガス)を入れ、外部の圧力より内圧を高く保持する、または容器内の爆発性ガスの濃度を爆発下限界より十分低いレベルに希釈することによって、防爆性能を確保した構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.1　電気設備の防爆構造

(c) 油入防爆構造

電気機器の電気火花または、アークを発生する部分を絶縁油中に納め、油面上などに存在する爆発性ガスに点火しないようにした構造

(d)安全増防爆構造

正常時または通電されている場合、火花、アーク、または、高温部をもたない電気機器に適用するもので機械的強度の増加、絶縁性能の増強、温度上昇防止対策を施した構造

(e) 本質安全増防爆構造

短絡などの故障時において流出するエネルギーを対象爆発性ガスの最少発火エネルギーより小さくする安全保持回路を付加した構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.1　電気設備の防爆構造

(f)樹脂充塡防爆構造
火花、アークを発生するもの、高温部を持つものを樹脂内に収めることにより爆発性ガスに点火しないようにした構造

(g)非点火防爆構造
正常時などで、火花、アークの発生がなく、または高温部をもたない、あるいは火花、アークの発生、高温にになることで発火源のおそれのある部分を保護した構造

(h)特殊防爆構造
(a)～(g)以外の防爆構造
爆発性ガスの点火を防止できることが公的機関において試験その他によって確認された構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.2 静電気対策

(1) 静電気の発生と帯電
　(a) 摩擦による帯電
　(b) 流動による帯電
　(c) 高圧ガスの噴出による帯電
　(d) 着衣による帯電

(2) 静電気の除去
　(a)静電気対策の基本
　　静電気の発生量を少なくする。
　　アースによる除電量を大きくする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.2 静電気対策

(b) 接地

1) ボンディング用接続線、接地接続線は、容易に腐食、断線しないもの
ろう付け、溶接、接続金具を使用する方法などによって確実に接続

2) 接地抵抗値は、総合100Ω以下
避雷針を設けるものは、総合10Ω以下

3) 貯槽、回転機械などは単独接地
機器が配管などで連結している場合、ボンディング用接続線を使用

4) 充填の用に供する貯槽、製造設備は接地しておく
ローリ及び充填用配管は、充填前に設置

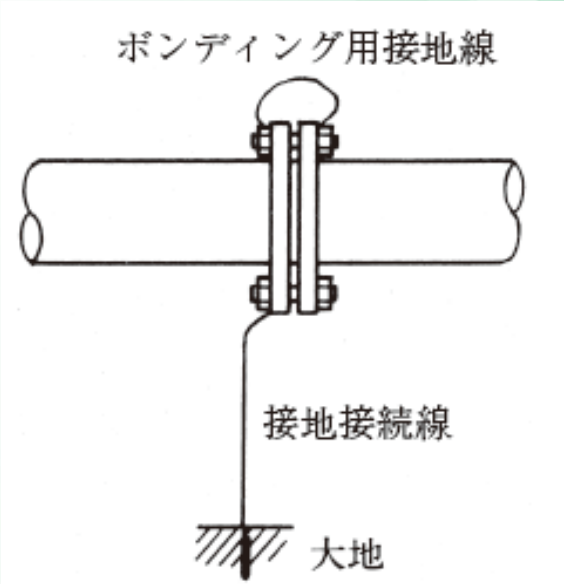


図　接地方法の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.3 保安電力等

停電時、保安の確保に必要な設備に対して2以上保有すること
LPガス設備ではガス漏えい検知警報設備および非常照明設備に対する保安電力として30分以上電力を供給できるものを設置

3.6.4 電気設備の保守点検

（1）定期点検
電気主任技術者の保安監督下での定期点検
または、電気保安協会による点検
必要な補修、修理を行い点検結果の記録を保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6.4 電気設備の保守点検

(2) 日常点検

所定のチェックリストに基づいて実施

(a) 電気配線などの過熱

配線の接続点接触不良による接触抵抗増加

過電流　短絡　➡　過熱

(b) 電動機の異常

温度、音、電流などで判断：過負荷 通風の悪い場所 ほこりの付着 放熱不十分

(c) 低圧配線の絶縁抵抗測定

100V・200V 0.1MΩ以上　三相200V 0.2MΩ以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1 圧力計

4.1.1 圧力計の分類

弾性式	ブルドン管式
	ベローズ式
	ダイヤフラム式
電気変換式	ひずみゲージ式
	静電容量式
	稼働インダクタん式
液柱式	U字管式（マノメータ）
	単管式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2 ブルドン管圧力計

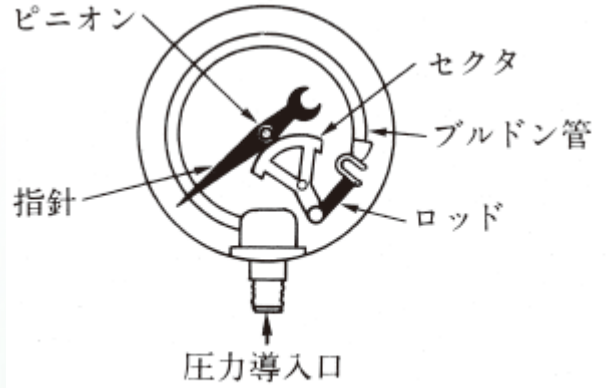


図　ブルドン管圧力計の構造

(1) 構造・機能

液相、気相の圧力計に広く利用

断面が楕円または扁平の中空の金属管を円弧状に曲げたブルドン管の一端を固定し、他端を密閉したもの。管内に圧力が作用すれば、ブルドン管の断面は円に近づき、変位が生じる。この変位をロッドなどにより拡大し、目盛板上の指針に伝えて圧力として表示する。

(2) ブルドン管の材料

耐食性を考慮：リン青銅、黄銅、特殊青銅、ステンレス鋼など

(3) 圧力計の選定

目的に応じた圧力を測定できるものを選定

（ブルドン管）
提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2 ブルドン管圧力計

（4）圧力計の設置

1）保守管理が容易で 温度変化、振動の少ない場所
圧力誘導管は短く

2）液送ポンプ、圧縮機の吐出し側に設置される圧力計
大きな振動を受ける ⇒ 短期間で部品を消耗
急激な脈圧 ⇒ ブルドン管の疲労

対策
ダンパまたはショックを吸収する装置の取付け
耐振型圧力計の設置

提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 ベローズ圧力計

・受圧部にベローズを使用
・蛇腹型の袋が内圧の変化に応じて伸縮することを利用
・主に微圧計に使用

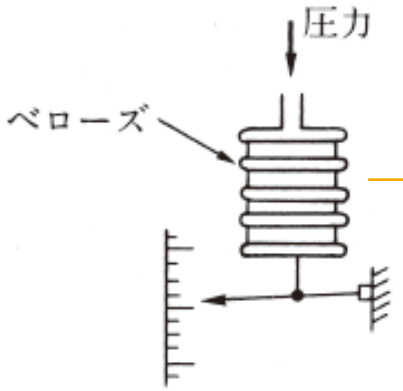
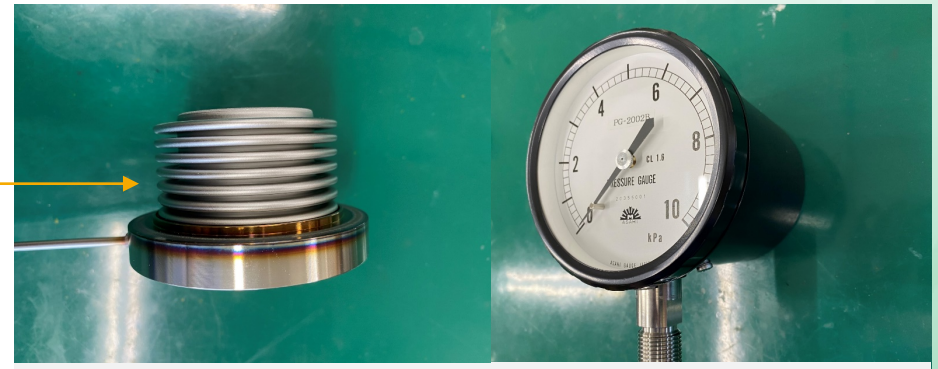


図　ベローズ圧力計



提供：旭計器工業㈱

4.1.4 ダイヤフラム圧力計

・ダイヤフラム（隔膜）の変化を利用
・微小圧の測定に使用

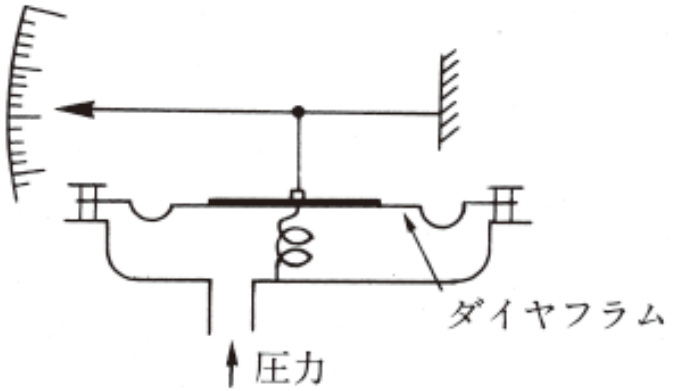


図　ダイヤフラム圧力計

提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 液面計

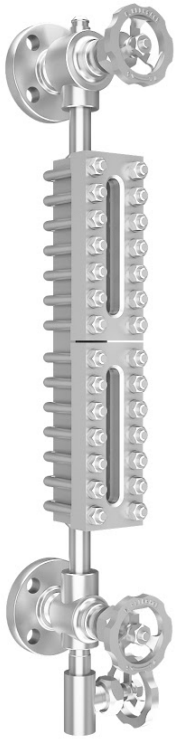
4.2.1 ガラス液面計

（1）液面計の種類と機能

・平形反射式ガラス液面計

・平形透視式ガラス液面計
→透明なLPガスは見にくい

・ガラスチューブ形液面計（丸形ガラス管液面計）
→破損しやすい。
→液石則：ガス製造設備での使用禁止



提供：日本クリンゲージ㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.1 ガラス液面計

(2) 液面計の設置

貯槽からノズルを出し、フランジ接続によることが原則

上下の取り付け部に手動の閉止弁を設置

かつ、ガラス破損時に自動でガス通路を閉じ、噴出を防ぐため

↓

自動閉止弁（ボールチェック弁）の設置

できるだけ元弁に近い位置

手動閉止弁と自動閉止弁の2つの機能をもつ液面計用バルブがある。

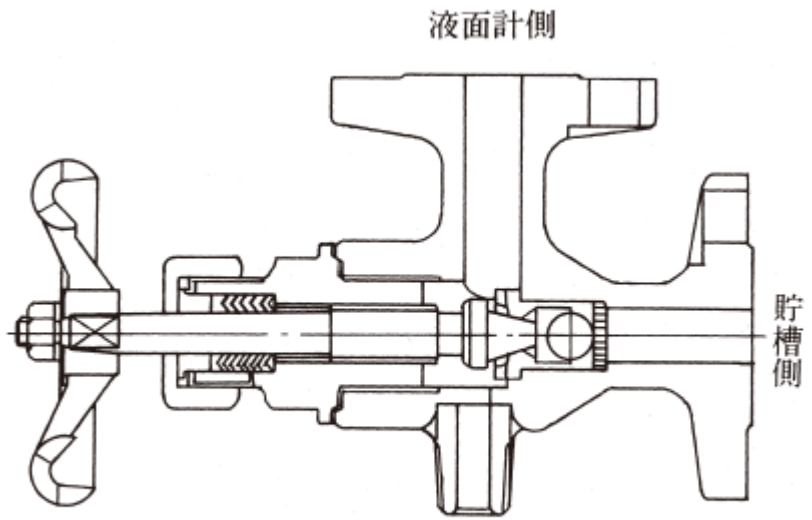


図　手動閉止と自動閉止の機能をもつ弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.2 マグネット式液面計

金属管（非磁性体）のチャンバ内の液面にマグネット内臓フロートを浮かべ、その上下により、ロータを反転させて液面の高さを表示する。

→漏えいの危険性が低く、保安上有効

→横置き円筒形貯槽での使用が増えている。

→正確な液面を読み取るには不適

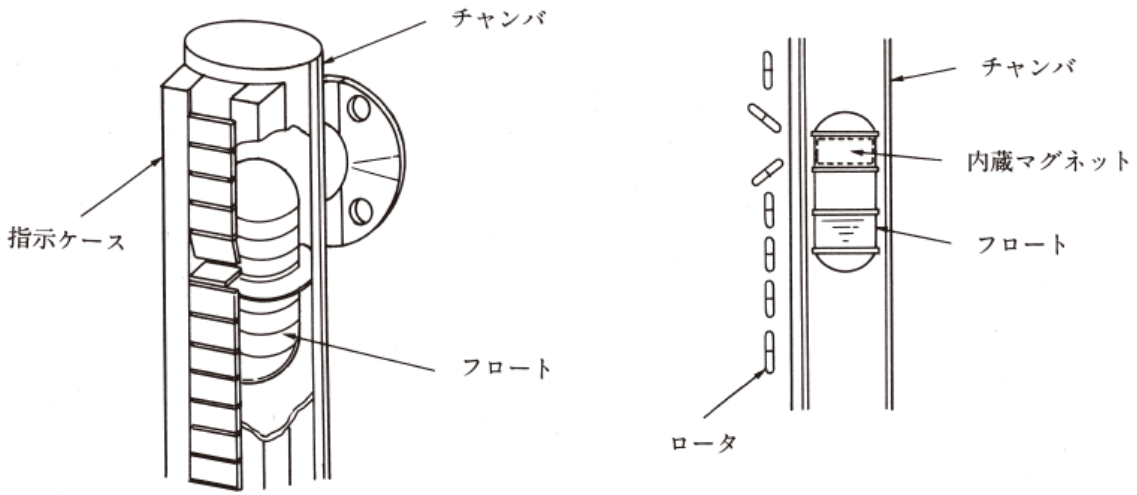
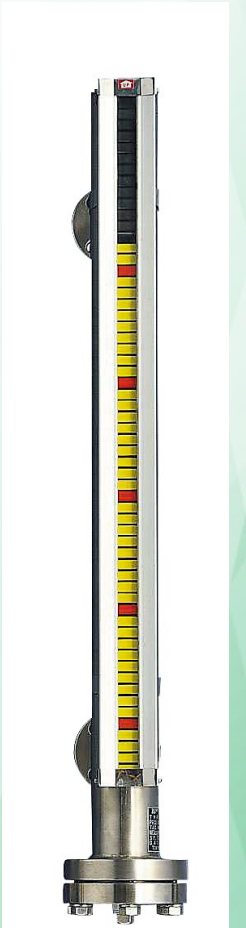


図　マグネット式液面計



提供：東京計装㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 フロート式液面計

フロートが液面に追従する位置で液面の高さを測定する。

テープ巻取式液面計

大型貯槽

スイング式フロート液面計

自動車用小型容器　大型容器

バルク貯槽

地下埋設貯槽

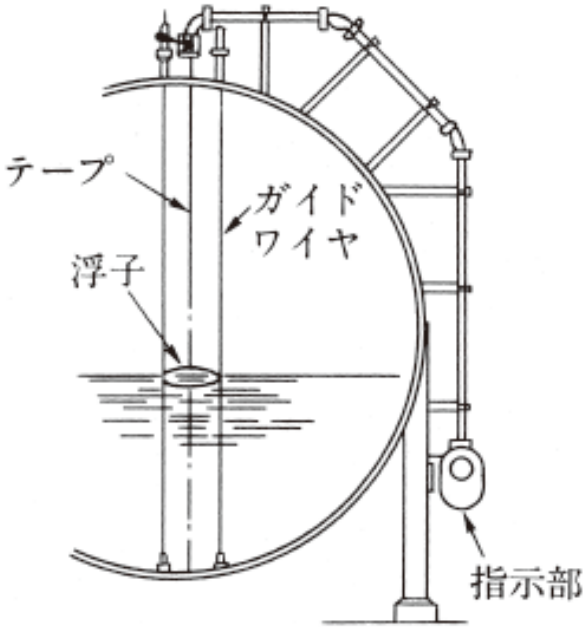


図　テープ巻取式フロート液面計

提供：東京計装(株)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.4 ロータリチューブ式液面計

主に大型容器（500Kg容器）に使用

回転軸は、機能上鏡板の中央
外部からハンドルを回転し、湾曲したチューブを回転

チューブの先端が　液相であれば液
気相であればガス
がプラグから出る。

これにより液面の高さを測るハンドルに目盛り

放出弁からは、ガスや液が放出されるので注意する。

図　ロータリチューブ式液面計

提供：㈱宮入バルブ製作所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.5 スリップチューブ式

大型タンクローリ、LPガススタンドの地下埋設貯槽に使用。

容器胴部の頂部、埋設貯槽の計器ドームに取り付け。

まっすぐなチューブを上下に動かし液面の高さを確認。

機能的には、ロータリチューブ式と同じ。

チューブに目盛りが刻まれている。

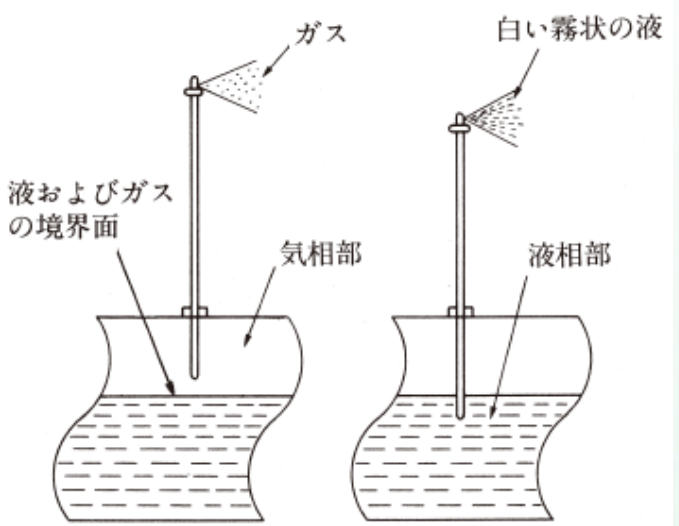


図　液面高さ測定法

提供：㈱宮入バルブ製作所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.6 超音波式液面計

バルク貯槽に用いられる。

貯槽底面に取り付けた超音波センサから超音波を発射

気相と液相の界面で反射する。

超音波を発射してから返ってくるまでの遅延時間を測定することで液面の位置を求める。

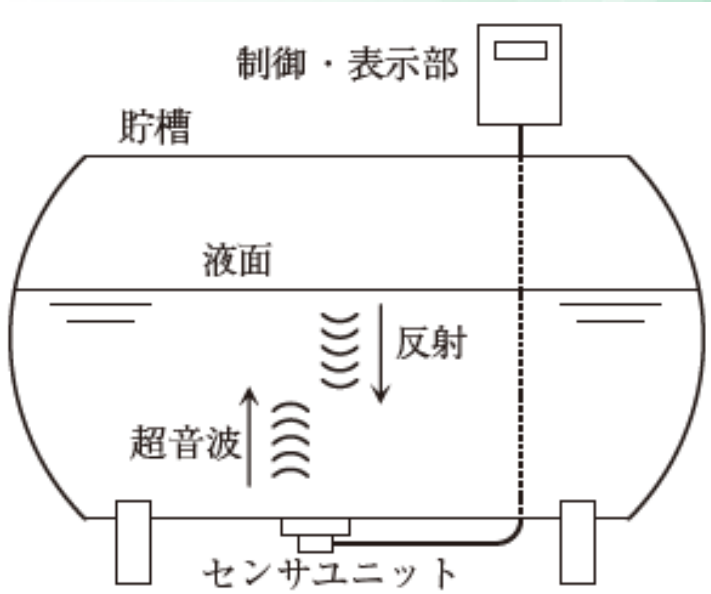


図　超音波式液面計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 温度計

4.3.1 液体の温度による膨張を利用した温度計

（1）ガラス製温度計

ガラスの毛細管の中に感温液を封入

感温液 ： アルコールなどの有機液体

感温液の膨張、収縮をガラス管の目盛りで読み取る。

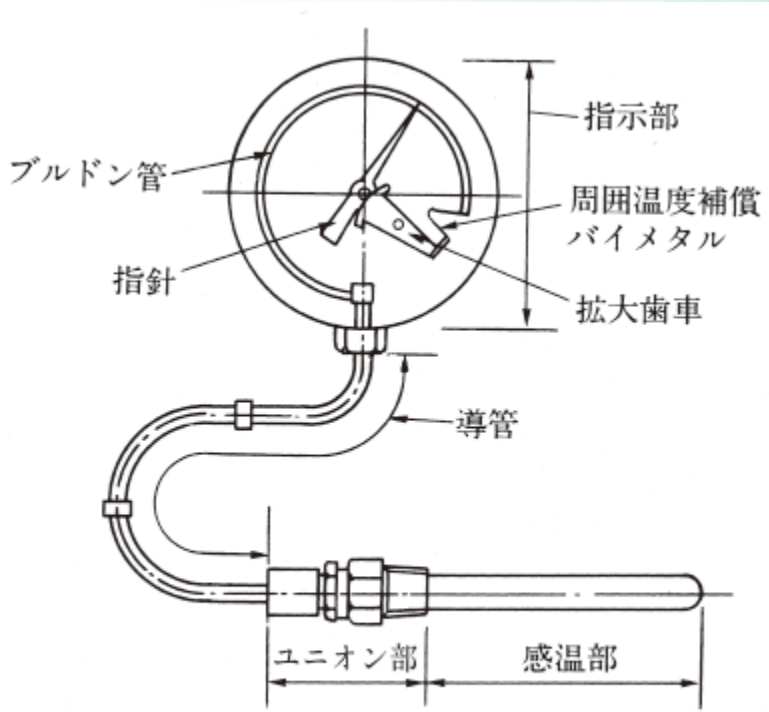


図　液体充満圧力式指示温度計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1　液体の温度による膨張を利用した温度計

(2) 液体充満圧力式指示温度計

LPガス貯槽に一般的に使用　水銀充満式と非水銀充満式があり

隔側温度計ともいう。

(a)構造・機能

指示部・温感部・これらを連結する導管(キャピラリチューブ)

温感部から指示部のブルドン管まで感温液が入れてある。

温感部の温度変化による感温液の膨張・収縮がブルドン管に伝わる。

温感部以外の温度も伝わるので、バイメタルによる補正がされている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3.1　液体の温度による膨張を利用した温度計

(b)温度測定範囲

LPガス用横置き円筒型貯槽

構造で規定している温度目盛りの指示範囲

－20℃～80℃　　寒冷地：－30℃～70℃

(c)保護管(サーモウエル)

温感部に圧力が作用 LPガス保有のまま定期点検･修理するため保護管を設置

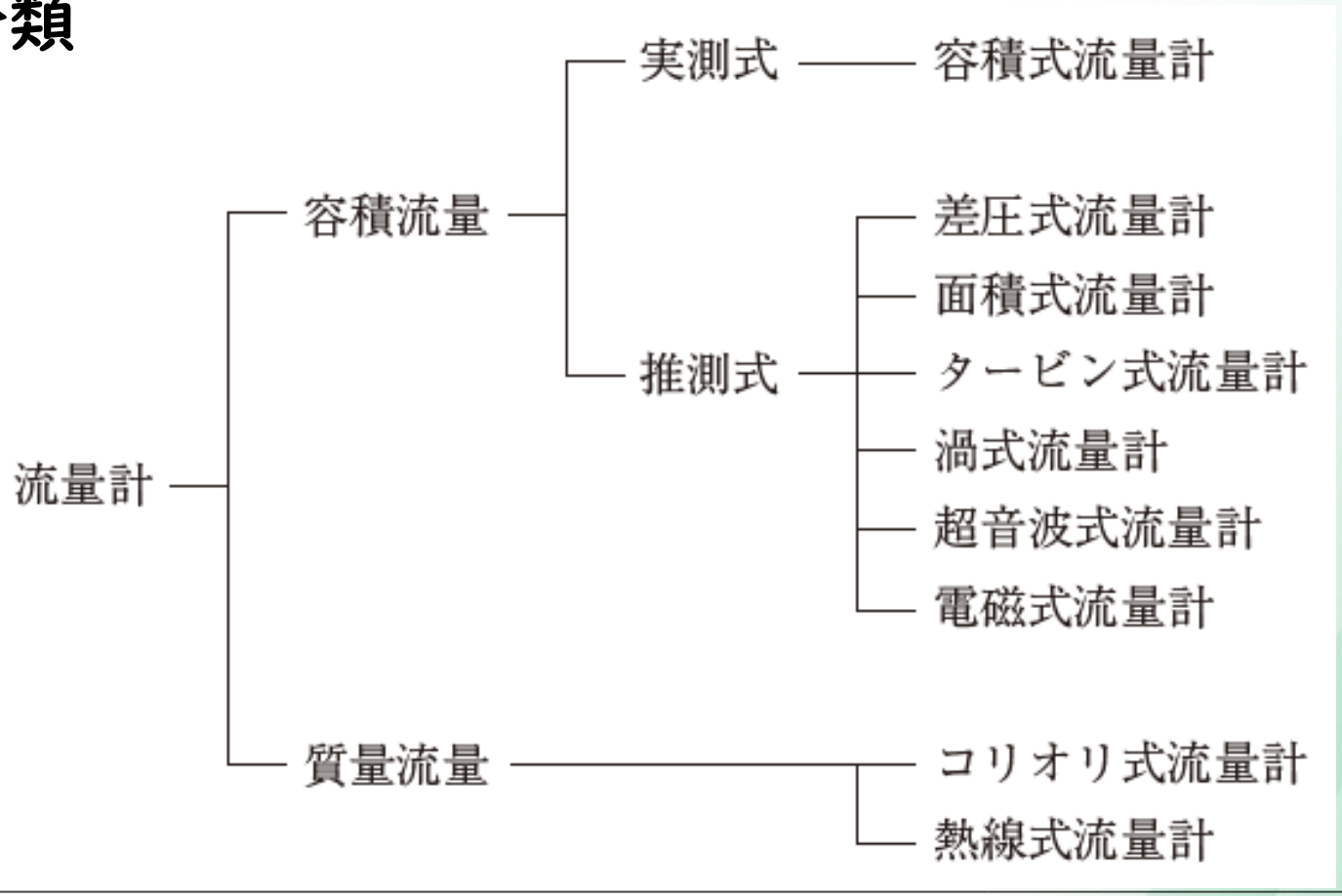
➡ 貯槽底部に溶接接合 感温部を挿入してユニオン部をねじ接合

旧式のものは保護管が設けていない場合がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4 流量計

4.4.1 流量計の分類



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.2 容積式流量計

（1） 構造・原理

一定容量の計量室を流量計内に設け、通過する流量を回転子の回転数で測定
オーバルギア式・ルーツ式がある。

（2） 特徴

ⅰ 精度が高い
ⅱ 低流量域では、低粘度の流体に漏れが生じ精度が低下。
ⅲ 電源は不要
ⅳ 異物に弱いので、上流にストレーナの設置が必要。

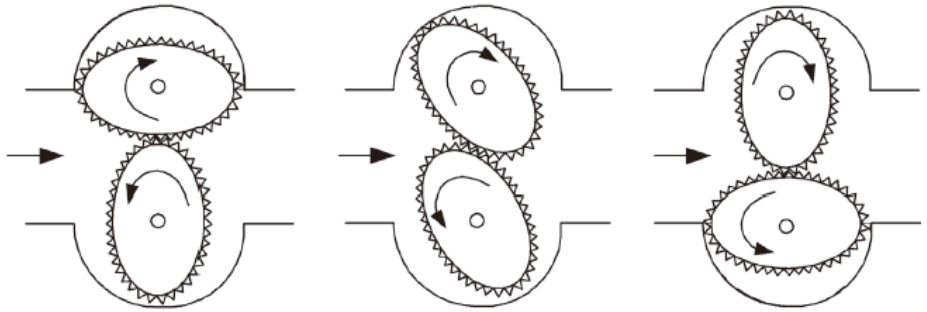


図　オーバルギア式流量計の構造
（工業技術社、計装cube（ウェブサイト））

(ルーツ式)
提供：トキコシステムソリューションズ㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4.3 タービン式流量計

（1）構造・原理

流管の中に羽根車を置き、流体の流速が羽根車の回転速度に比例することから、流量を測定

回転数を積算 ： 液体の積算流量

（2）特徴

ⅰ 高精度

ⅱ 低粘度の液体では測定範囲が広がる。

ⅲ 流速分布の偏りや流れの旋回などで測定誤差が大

流量計の前後に直管が必要。

ⅳ 小型軽量 圧力損失小 大容量の測定可

ⅴ 軸受けの摩耗が大きい。

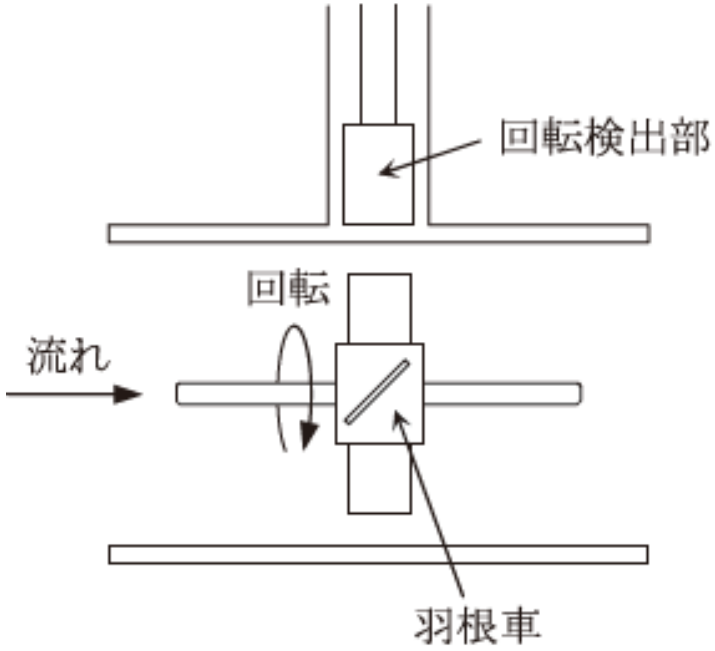


図　タービン式流量計の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5 計測器の保守管理

4.5.1 圧力計の検査

製造細目告示の規定により定期に比較検査を行い、合格したものを使用

4.5.2 液面計の検査

(1) ガラス液面計

高圧ガス保安協会「定期自主検査指針」により規定の検査を行い、合格したものを使用

(2) マグネット式液面計、フロート式液面計、スリップチューブ式液面計

上記に準ずる。

4.5.3 温度計の検査

製造細目告示の規定を準用し定期比較検査を行い、合格したものを使用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2 LPガスの払出・受入作業

提供：岩谷産業㈱

提供：岩谷産業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2 LPガスの払出・受入作業

5.2.2 タンクローリから貯槽への受入

（1）圧縮機を用いる方法（テキスト図5.3参照）

貯槽とタンクローリの液ラインを接続

圧縮機の吐出し側をタンクローリの通気弁と接続

貯槽気相部のLPガスを圧縮機で加圧しタンクローリに送入

貯槽の圧力を下げ、ローリの圧力を上げ、圧力差で液状のLPガスを貯槽へ

ローリに残ったガス状のLPガスを圧縮機で回収

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.2 タンクローリから貯槽への受入

(2) 液送ポンプによる受入方法（テキスト図5.4参照）

(a) 液送ポンプによる受入方法

貯槽とタンクローリの液相間は液送ポンプラインに接続

気相間は直接接続

(b) 移動式製造設備（バルクローリ）による受入の場合の注意事項

圧縮機を自動車のエンジンで運転

エンジンの火花防止装置（フレームアレスタ）が設置

排気管、消音器は保守点検

発火防止装置は、定期的にすすの除去

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.2 タンクローリから貯槽への受入

(3) 受入作業基準

(a)受入れ責任者など

1) 保安係員若しくは保安係員の指名を受けた者を受入責任者とする。

2) 受入作業は、受入責任者が行う。
移動監視者又は乗務員は、作業に立会い異常の有無を確認。異常が認められた場合、速やかに定められた措置を行い、直ちに保安係員に連絡する。

3) 受入れ作業中、受入責任者、移動監視者または乗務員は作業終了まで現場で監視する。

4) 受入作業時間外は、製造設備にタンクローリを接続したまま駐車してはならない。

5) 移動監視者または乗務員は受入責任者の許可なく充塡所の設備に触れてはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.2 タンクローリから貯槽への受入

(b)受入準備

1）緊急遮断弁の状態確認（空気圧式の場合、空気圧縮機の運転状態）

2）タンクローリを停車位置へ誘導

3）エンジン停止、サイドブレーキ、車止めの確認

4）警戒標識「受入作業中」の掲示、消火器の配置

5）ガス種、受入数量、貯蔵残液量確認

6）アースコード接続

7）ローディングアームの接続と漏えいの確認

8）バルブの開閉状況を指差確認

9）ローリ受入記録を作成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.2 タンクローリから貯槽への受入

(c) 圧縮機・液送ポンプの運転準備
(d) 圧縮機・液送ポンプの運転開始
(e) 液送開始の確認
(f) 受入中の監視
　1) 圧縮機・液送ポンプの運転、タンクローリ、受入貯槽の状態
　2) 受入配管、圧力計の確認
　3) 周囲の状況
　4) 安全装置の作動状態

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.2 タンクローリから貯槽への受入

(g)受入完了

1) 液送完了の確認

2) ベーパ回収

3) 液面計の液位が90%以下であることを確認

4) 圧縮機・液送ポンプの運転停止

5) 受入完了の確認

6) 受入関連開放バルブの閉止

7) ローディングアームなどの取外し

8) ガス漏えいの有無確認

9) ローリ受入記録作成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2.2 タンクローリから貯槽への受入

(h) タンクローリ側バルブなど確認

(i) アースコードおよび車止めの取外し

(j) タンクローリの発車および誘導

(k) 受入作業の中止

以下の場合、受入作業を中止する。

1) 雷雨荒天
2) ガス漏えい検知
3) 付近に火災発生
4) 地震発生
5) 圧力異常
6) 受入責任者が中止の必要を判断した場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3 LPガスの充塡作業

5.3.1 液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

(1) 運転開始前の点検
(2) 充塡準備
　1) 消火器などの配備
　2) 関連バルブの開放と開閉状態の確認
　3) 空気圧縮機の運転
　4) はかりの点検
　5) 充塡日誌の記入、残ガスの計量
　6) 空気圧の確認
　7) 充塡アダプタの点検

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1　液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

(3) 液送ポンプの始動と充塡圧力の調整

1) 液送ポンプを始動し、バイパス弁（容積形はリリーフ弁）で充塡圧力をセット
吸込み側バルブの開度が不十分だとキャビテーションの原因となる。

2) 容積形ポンプの吐出し側バルブを閉じたまま運転すると、異常圧力上昇
現在、主に使用されている遠心ポンプは異常圧力上昇を起こさない。

3) 容積形ポンプの場合、ポンプ能力と充塡量が不均衡になった場合リリーフ弁が作動している状態になる。
キャンドモータ式遠心ポンプの場合でも十数台の充塡機が同じ時期に充塡を完了した場合に発生する。
衝撃防止にリリーフ弁が設置されている例がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1　液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

(4) 充塡する容器の点検
充塡期間の確認

(5) 充塡する容器の外観検査
次のような容器には充塡してはならない。
1) スカート部の腐食、変形、摩耗、その他損傷が著しいもの
2) 溶接炎、火災または電弧傷を受けたもの
3) 深さ0.8 mm以上の傷または腐食のあるもの
4) 深さ8 mm以上のへこみのあるもの
溶接部を含まない部分については12mm以上
5) ネックリングが著しく傾斜しているもの
6) バルブ不良または破損のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1　液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

(6) 充塡（手動式の充塡機を用いる場合）

(a) 充塡開始

1) 容器を充塡機のはかりの中央に静かに正しく載せる
2) 充塡アダプタを確実に容器バルブに接続
3) 所定質量を正しくセット
4) 容器バルブを開き充塡機のスタートボタンを押す

(b) 充塡中の漏えい点検

容器バルブのネック漏れ、バック漏れのないことを確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1　液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

(c) 充塡終了

1) 容器バルブを閉じ、充塡アダプタを外す。

2) 所定質量で充塡が終了したことを確認

3) 容器をはかりから静かにおろす。

(d) 充塡後の漏えい点検およびキャップ（容器バルブ保護キャップ）の装着

1) シート漏れのないことを確認

2) プロテクタのない容器は、容器バルブ保護キャップを確実に装着

(e) 充塡容器の整理

所定の容器置き場に整理して置く。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1　液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

(f) 再計量

充塡機ごとに一定の数量を抜き取り再計量

過充塡のないことを確認

50 kg型容器用充塡機で充塡した質量販売用10 kg以下の容器

すべて再計量 ： 計量法

(7) 充塡完了

関連バルブの閉止などを確認

液封などが起こらないよう注意

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1　液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

（8）充塡上の注意事項

1）充塡アダプタがねじ込み式のものは、常に摩耗状態を点検

2）ワンタッチ式のものは、空気圧縮機の供給圧力が正常であることを確認

3）非自動はかり　：2年に一度の点検検定

自動はかり　　：適用外 非自動はかり同様、検査を受けることが望ましい。

4）充塡機の台上ローラ間の泥やごみは常に掃除をして取り除く。

（9）過充塡容器の処理

1）過充塡容器を発見したときは、速やかに保安係員に報告する。

保安係員または保安係員が指名した作業責任者が作業を行う。

作業中は現場を離れてはならない。処理作業が終了すればその旨保安係員に報告。

周辺にガスが滞留していないことを確認して作業終了。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1　液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

2）液状のLPガスを大気放出してはならない。
　ガス状のLPガスであっても直接大気に放出し大量廃棄してはならない。

3）過充塡した液の処理
　①空容器への移充塡
　　移充塡ホースを用いる。
　　移充塡完了後、再計量し規定量以下であることを確認

　②回収用貯槽への回収
　　回収ラインに接続し、過充塡した液を抜き出す。
　　回収用貯槽の圧力を下げ、差圧によって回収
　　作業終了後、再計量し規定量以下であることを確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1　液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

（10）容器の管理及び取り扱い

1）充塡容器と残ガス容器を区分して保管
2）充塡プラットホームを置き場にする場合、
　容器の保管区域を明示し、通風を良くし、通路を区分して設ける。
3）火気から2m以上離れた場所とする。
4）容器の底部が乾燥しやすいよう水はけの良い所
5）横置型容器にはストッパを置き、安全弁が気相部に位置するよう保管
6）サイズの異なる容器を並べる場合は、容器胴部が安全弁の噴出方向に位置しないよう保管
7）落下物、水平で転落・転倒のおそれがない場所に立てて置く。
8）容器は、倒さないように注意して取り扱う。（横置型容器を除く。）
9）容器と容器を強くぶつけないようにして取り扱う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.1　液送ポンプを用いる充塡作業の手順と注意事項

10）プロテクタのない容器には必ずキャップを取り付ける。
11）10kg型容器は原則2段積み以下、やむを得ず3段積みの場合はロープをかける。
12）プラットホームなど周囲より高い位置に置く場合、その端から1m以上離しておく。
13）硬い床面に容器を積みおろしする場合は、緩衝材を使用するなど衝撃を与えない。
14）静電気対策を実施
　ⅰ）プラットホームすべての入口に設置した除電棒などを素手で握って除電
　ⅱ）作業服、安全靴には静電対策品を用いる。
　ⅲ）床に用いる衝撃緩衝用ゴムには、静電対策品を用いる。
　ⅳ）相対湿度が40%以下の場合は床面に散水

（11）充塡作業の中止
　1）雷雨荒天　　2）ガス漏えい検知　　3）付近に火災発生
　4）地震発生　　5）計量が不調、不可能になったとき
　6）充塡担当責任者が中止の必要を判断した場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 自動充てん機

（1）定置式

（電子式）
提供：キヨエイ㈱

（機械式）
提供：大同興業(株)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3.2 自動充てん機

（2） 回転式

（電子式）
提供：キヨエイ(株)

（電子式）
提供：大同興業㈱

（機械式）
提供：大同興業(株)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4 保全管理

・製造設備に係る技術上の基準に適合するよう維持管理
・危害予防規程に従い点検計画を定め、チェックリストを作成
・使用開始時、使用終了時のほか、1日1回以上作動状況の確認
・巡視点検 ： 液送ポンプ、圧縮機などの運転状況、圧力、電流負荷などを確認

5.4.1 液送ポンプの保守管理

(1) 運転前の注意事項

1) 吸入、吐出し配管及び液送ポンプの内部が液で満たされていること
2) キャンドモータ式遠心ポンプの場合、ベアリングモニタを確認
3) 液送ポンプ回りの弁がすべて開であることを確認
4) 液中ポンプの場合、貯槽内液面やベアリングモニタを確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.1　液送ポンプの保守管理

（2）起動時の注意事項

1）吐出し弁を開にして約30秒間隔で3回ジョグ運転を行う。
異常音、振動がないことを確認

2）ジョグ運転終了後、再起動、吐出し側の圧力が規定値であることを確認

3）起動したら、バイパス弁、リリーフ弁が正常に設定されていることを確認

4）液中ポンプの場合、吐出し圧力、電流値、安全運転盤の確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.1　液送ポンプの保守管理

（3）運転時の注意事項

1）吐出し量、吐出し圧力は規定値か

2）異常音、振動がないか

3）モータ電流値が定格電流を超えていないか

4）モータが異常に発熱していないか

5）液中ポンプの場合、差圧、電流値、ベアリングモニタ、安全運転盤を確認

（4）長期停止後の起動

モータの絶縁測定後、（2）同様の操作をして起動

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.1　液送ポンプの保守管理

（5）巡視点検（日常点検）

チェックリストにより点検、記録すること

1）吐出し圧力が正常範囲であること

2）モータ電流値が正常範囲であること

3）異常音、振動が発生していないこと

4）ベアリングモニタの指針が赤色の範囲に入っていないこと

5）異常に発熱した箇所がないこと

6）キャンドモータ式遠心ポンプの場合
リバースサーキュレーションの電流量が正常であること

7）液漏れの箇所がないこと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.1　液送ポンプの保守管理

(6) 安全装置の説明

(a)地上型の場合

ⅰ) サーマルリレー (過負荷保護用の装置)

1) キャンドモータ式遠心ポンプの場合、定格電流を超えた場合緊急停止

2) 容積形ポンプの場合、電流設定値を超えると非常停止

ⅱ) 空転防止リレー

一定電流値まで電流が下がると作動して非常停止

ⅲ) サーモスタット (温度調整用装置)

モータが異常発熱したとき設定温度以下になるまで停止させる装置

ⅳ) 漏電リレー

漏電したとき非常停止させる装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.2 圧縮機の保守管理

（1）据付時の注意事項

(a)基礎

基礎上にアンカーボルトの緩みなどがなく、強固に固定されていることが必要

基礎に有害な沈下、割れがなく、ボルト、ナットに片締めや腐食がないこと

(b)配管

配管の支持方法を確認し、熱膨張の影響を与えないための可とう継手の使用

曲がりや断面変化による圧力損失をできるだけ小さく

（c）動力伝達

電源をOFFにして、手動でプーリ、カップリングの回転に異常がないことを確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.2 圧縮機の保守管理

(2) 試運転時の注意事項

(a)潤滑系

高荷重部と高速部では潤滑油、グリスなどが異なり、複数の潤滑油が必要

(b)油圧系

潤滑、冷却のための油圧が正常であることを確認

(c) 冷却系(水冷)

冷却器への通水、水量を圧力計などにより確認

(d) 配管系

配管に異常振動がないこと

(e) 電気・機械系

回転方向、騒音、振動、パッキン部、軸受部の温度変化を確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.2 圧縮機の保守管理

(3) 運転中の注意事項

定常運転では、データを運転記録（巡回点検表）に記録

1) 吸込み圧力、吐出し圧力
2) モータ電流値
3) 油圧、冷却水圧などの周辺状況
4) ピストンロッドなどからのガス漏れ
5) 振動値 ： 可能なかぎり測定する
6) 騒音値 ： 可能なかぎり測定する
7) 潤滑油面

運転開始、停止時刻の記入　延べ運転時間による交換、定期点検を実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.2 圧縮機の保守管理

(4) 圧縮機の保守点検

圧力計でオイルの送油圧力が規定圧力であることを確認
オイルゲージでオイル量を確認

↓

オイルの定期交換

タンクローリからの受け入れ時間が長くなった。
吸込み圧力、吐出し圧力の差圧が小さくなってきた。

↓

ピストンリング・Vパッキンの交換

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.2 圧縮機の保守管理

（5） 往復圧縮機の故障原因と対策

現象	原因	対策処置
モータが起動しない	停電	復旧を待つ、又は、自家発電機使用
	断線（欠相）	配線し直す。
	元電源がOFF	元電源をONにする。
	漏電ブレーカの作動 ヒューズ切れ	漏電ブレーカーON ヒューズの取替え 再度OFFの場合は電気系統の点検
	高圧圧力スイッチの作動	配管弁の開閉状態を正常にする。 リキッドトラップ内の液を回収 上昇したフロートを下げる。
	モータが故障	圧縮機をモータを分離し原因判断の上、分解修理または交換

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.2 圧縮機の保守管理

現象	原因	対策処理
モータがうなり、回転しない	マグネットスイッチの接点不良	マグネットスイッチの交換
	差圧が高く始動時にオーバーロード	スタート時バイパスを開として始動
	ベアリング、メタルなどのしゅう動部の焼付きによりオーバーロード	焼付きの場合、修理または交換 （内圧をゼロにして手回しし、回転しないもしくは重い場合は焼き付きが考えられる） 予防措置として、潤滑油の巡回点検を行い、定期的に潤滑油を交換
	再液化によりピストン下部に液が溜まる 手回しで回転しない	吐出し配管側からガスを徐々に放出してガスを抜く

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.2 圧縮機の保守管理

現象	原因	対策処置
金属的な音でスリップ音（キュッ、キュッ）がする	Vベルトのスリップ	Vベルト取替
	プーリ摩耗	プーリ取替

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.3 空気圧縮機の保守管理

空気圧縮機（エアコンプレッサ）は、
充塡機の空気作動開閉弁および充塡アダプタの動力源または
緊急遮断装置の動力源（空気圧式の場合）として重要な役割がある.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.5 配管系統（配管ライン）の保守管理

（1）バルブの操作・取扱い

作業者の誤操作防止措置

1）バルブには、名称、配管系統図に基づく記号番号などを明記した標示を行う。

バルブハンドルには開閉の方向を明示する。

2）バルブに係る配管には

内部の液体名称、塗色による表示、流れ方向の表示

3）開閉状態を明確に判断できる標示板の取付け

4）通常操作しないバルブに、施錠、封印など、禁札の取付けなどの措置

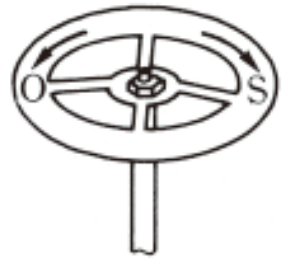


図　開閉方向の明示の例

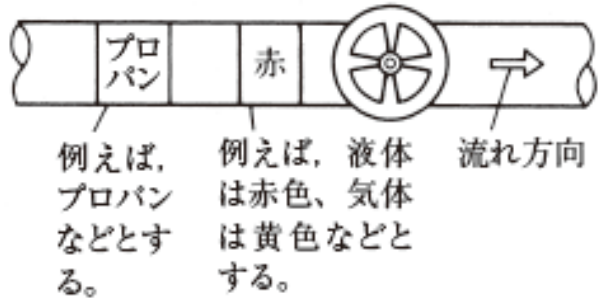


図　液体の流れ方向、名称の表示例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.5 配管系統（配管ライン）の保守管理

5）バルブ操作位置に足場の設置、照明の設置など

6）操作することにより関連製造設備に影響を与えるバルブ
　関係先と緊密な連絡を取り相互に確認

7）バルブ取扱いの注意
　①バルブの操作は直接手で行うことが原則　締め過ぎないよう
　②ハンドル廻しなどの補助具はバルブの大きさに適したもの
　③ハンドル廻しなど使用の際は制限トルクを超えないこと
　④液封状態になるようなバルブの閉止操作を行わないこと
　⑤開閉作業中に異常を感知したときは、速やかに保安係員に報告

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.6 巡視点検基準および措置

（1）巡視点検

巡視点検の回数は、供給開始時、作業中、作業終了時の計3回以上

(a)貯槽

1）塗装状況を目視で、さび、はく離などを点検

2）元弁、液面計、安全弁など貯槽附属品に異常のないことを目視点検

3）貯槽の周囲に不要物がないことを目視点検

4）アースが接続されていることを目視確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.6 巡視点検基準および措置

(b) 配管設備

1) バルブ開閉の状態は、作業開始時において作業に支障のないこと
作業終了時において配管内が液封にならないことを目視確認

2) フランジ部、バルブのグランド部、ねじ込み部、溶接部など漏えいがないこと
および異常振動がないこと

3) 塗装の状態、さび、はく離の有無

4) 流れ方向、液体名、バルブの開閉方向、開閉札の表示があること

5) ローリ受入設備付近の接地端子にアースが接続されていること

(c) 液送ポンプ、圧縮機

1) 異常振動、異常音、異常温度上昇および漏えいのないこと

2) 本体、基礎、据付状況に異常のないこと

3) アースの接続がなされていること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.6 巡視点検基準および措置

(d) 計量機（充塡機および再計量はかり）

1) 作業開始時、機械式はかりの場合はゼロ点調整
電子式はかりの場合はゼロリセットの確認

2) 作業中、充塡バルブ、高圧ホースからの漏れ確認

3) 随時計量し、適正な充塡量であること
10 kg型以下の容器は全再計量を行い過充塡がないことを記録

(e) ディスペンサ（スタンド併設の場合）
充塡ノズル、高圧ホース安全継手などから漏えいのないことを確認

(f) 緊急遮断装置
作業開始時、終了時に操作し、正常に作動することを確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4.6 巡視点検基準および措置

(g)散水装置
　作業開始時、散水元弁の開閉状態、貯水槽の水量確認
　冬季は、凍結防止措置がされていることを確認
(h)ガス漏えい検知警報設備
　作業開始時、外観、通電を確認。必要に応じテストを行う。
(i) 容器置場
　1) 作業終了時、充塡容器、残ガス容器が区分されていることを確認
　2) 容器がプラットホーム端部に置かれていないこと
　　2段積み以上している場合は正しい方法で実施されていること
　3) 床面の区画線、置き場の標識が明瞭であること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.5 修理・検査

5.5.1 修理工事、検査における作業管理

（1）作業計画など

修理・検査の実施

作業計画の作成 関係者に周知徹底 責任者監督下で実施

- ＊ 作業内容
- ＊ 日程
- ＊ 責任者（保安係員など）
- ＊ 作業分担区分
- ＊ 指揮系統
- ＊ 保安上の措置
- ＊ 所要資材 など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.5.1　修理工事、検査における作業管理

（2）貯槽内で作業する場合の保安管理

(a)貯槽内のガス排除

1）貯槽内のガスの圧力が大気圧近くになるまでガスを回収

2）貯槽に連結した配管から貯槽内にガスが漏えいしない措置
フランジ部に仕切板または、ブラインドフランジの取り付け

3）残留ガスは燃焼器で燃焼または徐々に大気中へ放出

4）ガスを大気中放出の場合、周辺着地濃度が爆発下限界の1/4以下にする。

5）貯槽内を水（または窒素ガス）で置換する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.5.1　修理工事、検査における作業管理

(b)貯槽内の酸欠事故防止対策

1）貯槽内で置換に使用した水(または窒素ガス)等を空気に再置換

2）貯槽内に人が入る場合は、

酸素測定器など→酸素濃度：20 vol%以上（18～22 vol%）

ガス検知器　　→LPガス濃度：爆発下限界の1/4以下

酸素欠乏危険作業主任者の選任が必要

(c)貯槽内作業の安全管理

1）保護具、作業服の着用

2）電気溶接など電気機器を使用の場合、アースを取るなど感電防止措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.5.1　修理工事、検査における作業管理

(3) 貯槽以外の設備の修理工事

(a)配管内などのガス排除

(b)作業中の安全確保

1) 修理実施箇所周囲に「作業中」を表示し、安全状態を維持

2) 作業を行う場所のガス濃度が、爆発下限界の1/4以下であることを測定確認

3) 火気制限区域内での溶接など火気使用作業は行わない。
やむを得ず行う場合は、消火器を手元に置き、ガス検知器で周囲8m以内のガス濃度が、爆発下限界の1/4以下の場合のみ行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.5.1　修理工事、検査における作業管理

(4) 修理完了後の検査
修理完了後作業責任者は次の検査をし、設備が正常に作動することを確認（溶接による補修など実施した場合）
1) 耐圧強度の確認
2) 気密試験
3) 計器類が正常に作動していること
4) 解放したバルブ類の開閉状態の確認
仕切板、ブラインドフランジの取外し、表示の撤去を確認
5) 安全弁、逆止弁、緊急遮断装置などの安全装置が所定の箇所で異常がないこと
6) 液送ポンプ、圧縮機などの回転機械の内部に異物がないこと
駆動状態が正常で、異常振動、異常音がないこと
7) 当該ガス設備内部が不活性ガスで置換されていること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1　地下貯槽

6.1.1　貯槽地下埋設基準

液石則例示基準

砂詰方式	貯槽の周囲に乾燥砂を詰める
水封方式	貯槽を水没させる
強制換気方式	貯槽室内を強制換気する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.2 砂詰方式

（1）外面腐食防止

貯槽室に設置しないで直接埋設する貯槽

さび止め塗装の上にアスファルトプライマを使用し、

アスファルトルーフィングまたはアスファルトの浸透する布を巻き付ける。

アスファルト塗布と交互に行い、厚さ10mm以上

貯槽室に設置し、その周囲に乾燥砂を詰める貯槽

防食措置は最良の工法で施工

場合によっては、電気防食措置も必要になる。

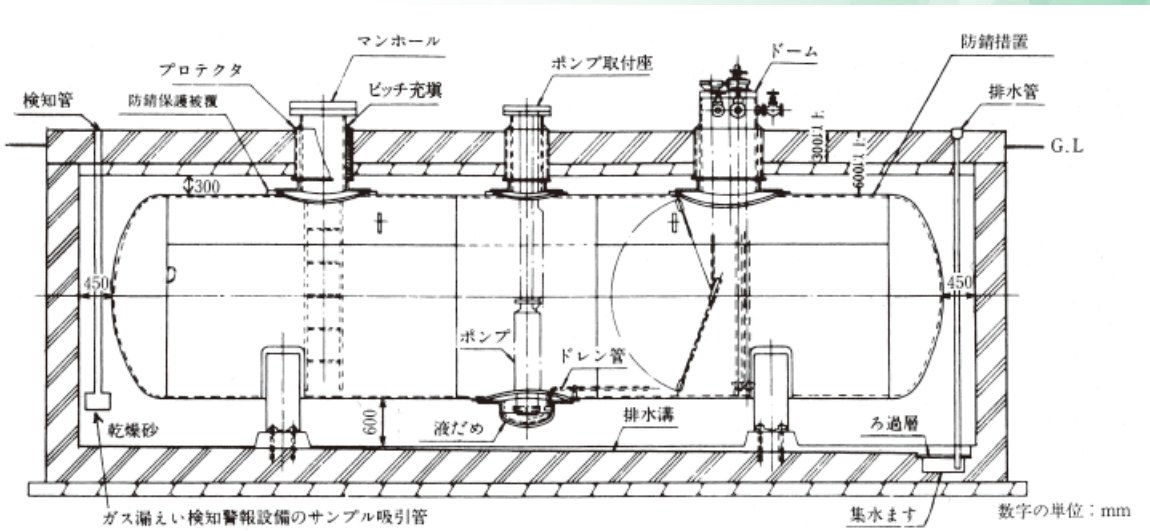


図　貯槽室に設置された地下貯槽（砂詰方式）の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.2 砂詰方式

（2）砂詰上の注意

1）防食用被覆材料を傷つけないように注意。

2）砂が経年沈下しないよう十分突込みをする。

3）十分乾燥した川砂を用いる。

川砂以外の砂を用いるとき、
ごみ、泥、有機不純物、塩分その他有害物を含まない。
十分に乾燥した砂

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.2 砂詰方式

（3）川砂、人工軽量骨材の選定の目安

1）川砂にあっては、JASS5「骨材品質規定」の砂I級の品質を満足するもの

2）人工軽量骨材にあっては、
国土交通省通達による「人工軽量骨材に用いる軽量コンクリートの使用基準」の適用について認定されたもの

3）川砂、人工骨材は、
最大粒径が10mm以下で、
90%以上が5mmのふるいを通過し、かつ
pHが6.5～8.5以内にあるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.2 砂詰方式

（4）ガス検知管

液石則例示基準

地下貯槽の周囲にガスの漏えいを検知するための管を設置

貯槽室を設置した場合	2か所以上
直接埋設した場合	4か所以上

事業所が定めた点検基準に基づき、定期的な点検が必要

（5）ガス漏えい検知警設備

1）検出端部の設置個数は貯槽1基当たり2個以上

2）検出端部は貯槽室底部から30cm以下

3）警報を発し、ランプの点灯点滅する場所は、関係者の常駐する場所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.3 強制換気方式

（1）貯槽室の構造

地下水による浮力の考慮

換気の空気取り入口、排出口を設置

換気の方式：

吸引（減圧）方式 、 送風（加圧）方式

点検マンホール、換気装置から雨水、漏えいガスが侵入しない構造

ガス漏えい時、貯槽室内に滞留したガスの放出に安全性の確保が必要

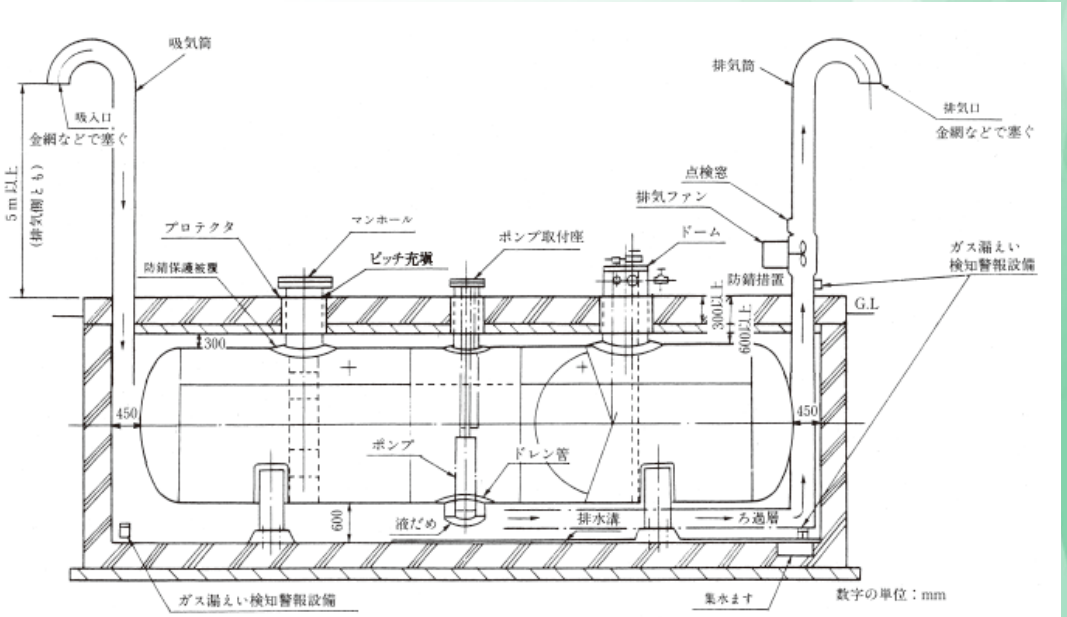


図　貯槽室に設置された地下貯槽（強制換気方式）の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.3 強制換気方式

(2) 機能

1) 換気設備

i　常時一定能力（最大能力の5 %以上のもの）で稼働
ガス漏えい検知警報設備が作動したとき最大能力で稼働
当該貯槽室の容積相当量を1日1回以上排出するまで自動的に稼働
作動停止時警報を発出　作動開始まで警報が停止しない。

ii　一定時間ごと最大能力で稼働　かつ
ガス漏えい検知警報設備が作動したとき最大能力で稼働　かつ
手動スイッチにより任意に作動できる、また
1日に4回以上等間隔で1回当たり20分以上作動

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.3 強制換気方式

4）換気設備の最大能力　貯槽室床面積1m^{3}当たり　1m^3/min以上

5）稼働中点灯する表示灯を設ける。

6）電気設備は専用回路とし、容易に電源が遮断されないこと。

7）保安電力への切替えにより、停電などにより機能が失われることがないようにする。

（3）構造

1）吸引式または送風式のいずれかとする。

2）換気筒は、不燃性または難燃性の材料を使用。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.3 強制換気方式

3）換気筒が鋼製の場合、貯槽室のふたまたは側壁を貫通する箇所に振動などによる火花の発生を防止する緩衝材を挿入すること

4）換気筒は、内部の状況が容易に確認できる構造

5）電気設備は耐圧防爆構造のものとし、静電気除去の措置を講ずる。

6）換気ファンなどのガスに接する部分は火花発生を防止できる構造
耐食性または耐食処理をした材料を使用

7）換気設備は最大能力で30分以上稼働できる保安電力を有すること

8）稼働が停止したとき、異常を示すランプが点灯し、警報を発すること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.3 強制換気方式

9）ガス漏えい警報検知設備が警報を発しているときに手動で、換気ファンの稼働を停止できない構造のものとする。

（4）設置

1）換気ファンは地上であって保守管理の容易な場所に設置

2）空気排出口は、周囲に着火源のない地盤面から5m以上の通風の良い場所

3）空気取入口は、地盤面から5m以上、空気排出口から2m以上離し、外部から雨水、漏えいしたガスの侵入しない構造

4）取入口は、貯槽室1室当たり2個以上または床面積20m^3当たり1個の計算数のうちいずれか多いほうの個数以上を適切な位置に設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.3 強制換気方式

(5) ガス漏えい検知警報設備
　空気の排出管内の貯槽室のふたを貫通する位置から換気ファンとの間に設ける。

(6) 貯槽室入室時の注意

1) 点検時は、十分な換気を行い
　LPガス濃度、酸素濃度を確認してから入室する。

2) 点検者は複数
　全員同時に入室をしない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.4 貯槽室の防水および排水

（1）防水措置

1）レディーミクストコンクリートを使用し、水密コンクリートとして施工する。

2）漏水のおそれがある場合は、無機質系浸透性塗布防水養護剤を塗布し防水

3）突出物の孔の部分に鋼板製のプロテクタを設ける。

4）プロテクタと突出物や孔の間に雨水等の侵入を防ぐため、ピッチ、アスファルトなどを充塡

（2）排水措置

集水枡を設け、水中ポンプなどで容易に排水できるようにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.5 液面計

地下貯槽では、ガラス液面計を使用することができない。

（1）スイング式フロート液面計
　　地下貯槽の液面計測用

（2）スリップチューブ式液面計
　　フロート液面計の校正用
　　最高液面位のチェックのため設置

6.1.6 ドレン管

ドレンは液中ポンプ用の「液だめ」の底部にたまる。ドレンは内圧を利用しドレン管を通し、頂部のノズルドーム内のドレンノズルから排出

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2 ディスペンサ

自動車用容器に充塡した量を計量する計量器
自動車用容器への充塡は、容量（L）の表示
取外し可能なフォークリフト用容器には充塡禁止

提供：トキコシステムソリューションズ㈱

6.2.1 ディスペンサの構造概要

（1）固定式ディスペンサ（アイランド方式）

充塡に最適な場所にアイランド（島）を構築し、堅固な基礎の上に設置
自動車の出入りの方向などを考慮し、

・接触事故による災害発生を防止するために適切な位置に設置
・その周囲には、保護さく、車止めを設けるなどの保安対策を講じておくことが必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.1 ディスペンサの構造概要

（2） 懸垂式ディスペンサ
キャノピー（上屋）から充填ホースを吊り下げる方式で、充填スペースが広くとれる。

（3） 固定式、懸垂式の選択

	固定式	懸垂式
充填スペース	制約がある	比較的フリー
メンテナンス	容易	高所作業 経費が割高
選択	充填台数が少ない 充填スペースに余裕があり 充填台数が多い	充填スペースに余裕がない 充填台数が多い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.2 主要構成機器

（1） 流量計

(a)容積式

オーバル形、ルーツ型のように一定の容積（L）を取り込む回数によりカウント

小流量から大流量まで精度の良い測定が可能

(b)推測(タービン)式

液体管路中の羽根車（タービン）の回転数と管径から流量をカウント

保守点検が容易

精度が高く液体に用いられることが多い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.2 主要構成機器

(2) ディスペンサにおけるLPガスの流れ

流れと各機器の機能説明

(a)ガスセパレータ（気液分離器）

極細かい金属メッシュのフィルターでごみ、スラッジを除去

液状のLPガスのみを流量計に送り込む。

発生したベーパ（ガス状のLPガス）は、ベーパラインに戻す。

↓

(b)ボール弁

通常運転は常時開

↓

(c)逆止弁

逆流を防止

↓

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(d)流量計

流量計・測温抵抗体・表示器内部に搭載された温度補正器から構成

温度補正器で流量、現在温度から液体の15℃換算し液流量を表示

↓

(e)背圧弁（過流防止装置）

計量部における気化を防止

高い計量精度を維持

計量部にガス圧より大きな液圧が作用しないと、内蔵弁が開かない。

↓

(f)電磁弁

液ラインの開閉を行う。

↓

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(g)安全継手

車両の誤発進による充塡ホース引張での漏えい事故防止

異常張力でセフティープラグが抜けガスを遮断

誤発進で分離した安全継手は原則再使用しない。

メンテナンス

1）付着した水分、汚れは必ずふき取る

2）傷、打痕、変形、メッキはがれがないことを確認

3）本体を回転させ固着していないことを確認

(h)充塡ノズル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(続き)

6.2.2 主要構成機器

(3) 安全装置

ディスペンサの安全装置として、次のようなものが使用されている。

(a)安全弁

配管内の圧力が異常に上昇した場合に自動的にLPガスを大気中に放出して、所定の圧力以下に低下させ設備の安全を維持する。

(b)過流出防止機能（背圧弁に内蔵）

出口配管などの破壊などにより一定の流速を超えると非常停止する機能。

(c)遠隔非常停止機能

事務所内の制御盤に設置された非常停止スイッチのことをいう。

(d)懸架装置リミットスイッチ（ノンスペース型のみ）

位置検出スイッチであり、充塡ホースが所定の位置に達したとき作動する。

(e)逆止弁および安全継手　(前述6.2.2(2))

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.3 検定

ディスペンサ使用頻度が高いので、その精度維持のためには、定期的自主検定も必要
型式承認された計量法による検定

1）検定の有効期間は4年
　衝量法、比較法により都道府県知事が検査を行う。

2）許容検定公差　1/100　以内
　使用公差　　2/100　以内

3）容積による計量のため、常に質量との比較が行われる。
　LPガス用密度計を準備
　LPガス受入都度、受入ガスの温度と液密度を測定し記録することが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.6 充塡作業

充塡作業は、資格の有無を問わず、充塡要員により整然と行う。
保安監督者は、充塡要員の中から充塡責任者を指名し、充塡作業の監視を行わせる。

1）充塡要員は、充塡を受ける車両を誘導し
黄色ペイントなどで明示された所定の位置に停車させる。
車両の誘導は車両の側面で行う。

2）充塡要員は、車両のエンジンを停止させ
エンジンキーを預かり、サイドブレーキをかけたことを確認

3）充塡要員は、容器が再検査期間内であることを確認する。
営業車は、1回目の期限が過ぎても車検まで充塡できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4）運転者には降車してもらう
5）充塡中が原則、運転者に立ち会わせる。
6）充塡要員は、充塡ノズルを確実に充塡口に接続する。
7）自動車容器の内圧が高くて充塡できないときは、必ずベーパーライン側に接続して均圧させる。
8）充塡要員は、容器、バルブ、液面計にガス漏れなど異常がないことを確認
作業中は担当車両から離れることなく監視する。
9）充塡中は、液面計を監視し、過充塡にならないよう留意する。
ガス漏えいが発生したときは、ガスの噴出量を最小限に止めなければならない。
10）充塡後は、充塡ノズルを外し、充塡口に保護キャップを装着しバルブ類、液面計に漏れのないこと、トランク内にガスの滞留がないことを確認。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11）充塡要員は、運転者に数量を確認させ、エンジンキーを返却して乗車してもらい、出発を誘導する

12）静電気対策を実施する。
①ディスペンサ周辺に除電棒を設置して除電する。
②作業服、安全靴は静電対策品を用いる。
③相対湿度が40%以下の場合には、床面に散水を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13）充塡作業の中止

①雷雨荒天の場合

②ガス漏えいを検知した場合

③付近に火災が発生した場合

④地震が発生した場合

⑤ディスペンサの故障で、計量が不調または不能となった場合

⑥その他、異常を発見し充塡要員が中止の必要があると判断した場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 強制気化による供給方式

7.3.1 設備の概要

自然気化方式と比較した利点

1）LPガスの組成に関係なく、蒸発器の気化能力範囲内で必要な量を十分に気化することができる。

2）熱源方式にかかわらず、発生するガスの組成は、一定で発熱量が均一。
供給圧力の変動も少なく、熱管理に有効。

3）設置本数を減らすことができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.2 蒸発器へのLPガス送入法

（1）容器内LPガスの自圧による方法
容器を使用する場合は、
500kg容器
サイフォン管付き50kg容器

（2）液送ポンプによる方法
・蒸発器に対し高い圧力
・必要な量のLPガスを送入したい場合
・ブタン分の多い圧力の低いLPガスを使用する場合
LPガスの組成は、蒸発器の出口圧力及び温度の関係で再液化しない組成を選ぶ必要がある。

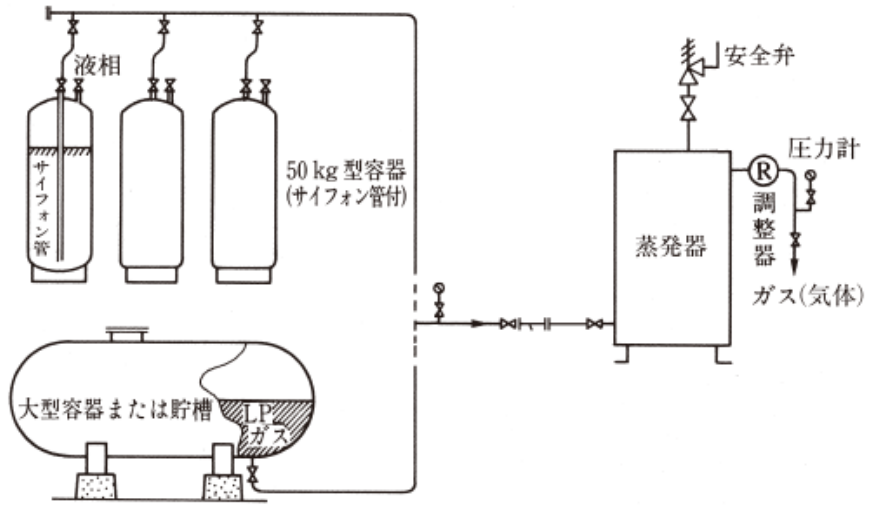


図　LP ガスの自圧による送入方式

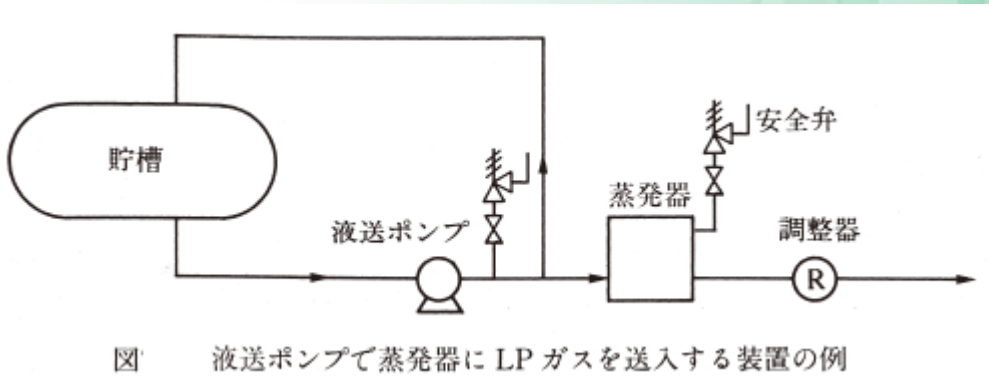


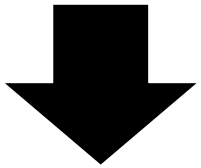
図　液送ポンプで蒸発器に LP ガスを送入する装置の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4 蒸発器

蒸発器（ベーパライザ）：LPガスを過熱気化させる装置

気化ガス圧力　1MPa未満
液化石油ガスバルク供給用附属機器型式認定合格蒸発器

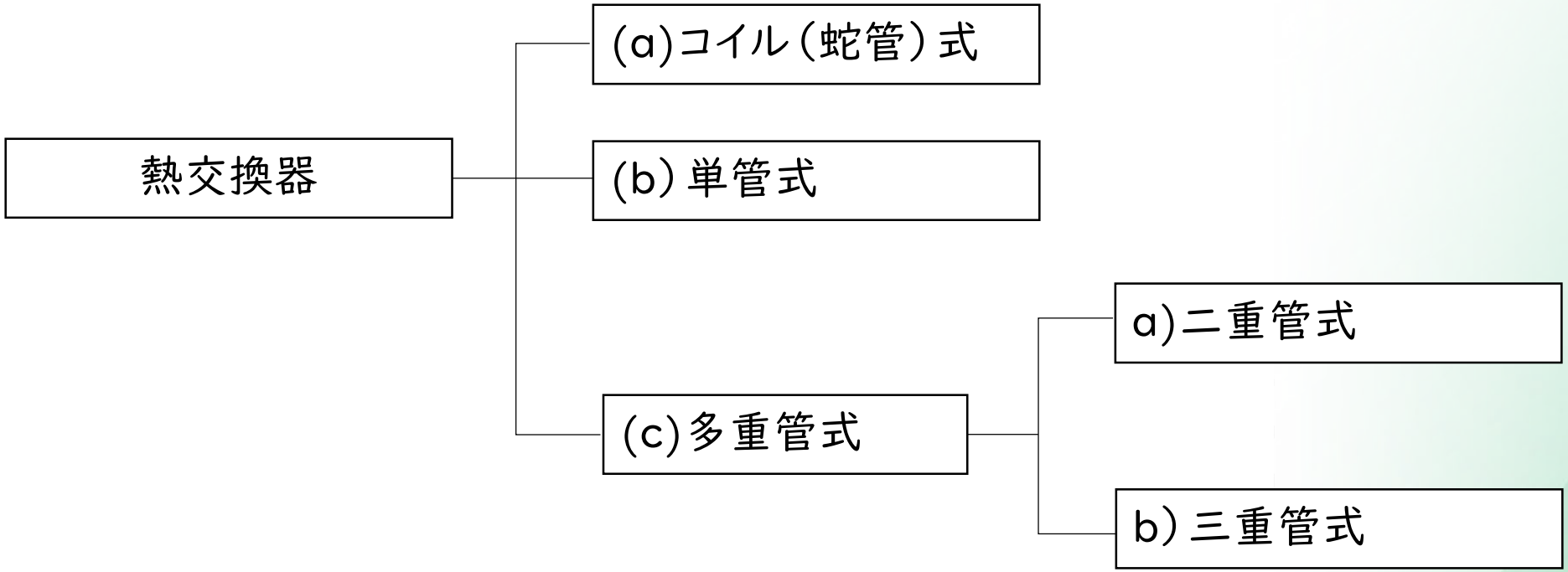


「LPガス消費型蒸発器」
消費設備に係るガス発生設備に用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.1　蒸発器の分類と構造

（1）蒸発器の構造による分類



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.1　蒸発器の分類と構造

(2) 熱源方式による分類と構造

間接加熱方式	電気式温水加温方式
	電気式金属加温方式
	温水加温循環方式
	スチーム式温水加温方式
大気温利用方式	空温式

(a) 電気式温水加温方式
　電気ヒータで温水を造り、熱交換器を加温して気化させる。

(b) 電気式金属加温（熱容量式）方式
　電気ヒータで、熱交換器と一体に構成された金属体を加温して気化させる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.1　蒸発器の分類と構造

(c) 温水加温循環方式
ボイラまたは他の熱源と水との熱交換により温水を造り、これを温水ポンプで循環させ、熱交換機を加温して気化させる。

(d)スチーム式温水加温方式
スチームにより温水を造り、熱交換器を加温して気化させる。

(e)空温式
熱交換器はフィンチューブで構成され、LPガス(液)をフラッシュさせ大気熱により気化させる。
大気温の低下で気化能力が著しく低下することがある。
液流出防止装置が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.1　蒸発器の分類と構造

（3）作動原理による分類

(a)加温・減圧方式

熱交換器に液状のLPガスを送り込む

気化したガスを調整器で減圧供給

(b)減圧・加温方式

液状のLPガスを気化調整弁または膨張弁でフラッシュ（減圧）

減圧、液温を下げて熱交換器に導入

温水または大気で加温し気化を行う

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.2 蒸発器の附属機器

(1)液流出防止装置

(a)液流出防止装置の機能

熱媒体加熱装置の停止
蒸発器の能力を超えて消費

↓

熱交換器下流側に液状のLPガスの流出を防止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.2 蒸発器の附属機器

(b)液流出防止装置の分類及び構造

ⅰ)液面検出型

1)熱交換器内の液面をフロートでとらえる。

フロートに連結した弁が熱交換器のガス出口を閉止

フロート下部の連結弁が熱交換器の液入口を閉止

2)熱交換器内の液面をフロートでとらえる。

フロートに連結されたフロートスイッチが電磁弁を作動

フロート弁により、

液制御弁またはガス出口弁に閉止用操作ガスを送る。

液入口またはガス出口を閉止する。

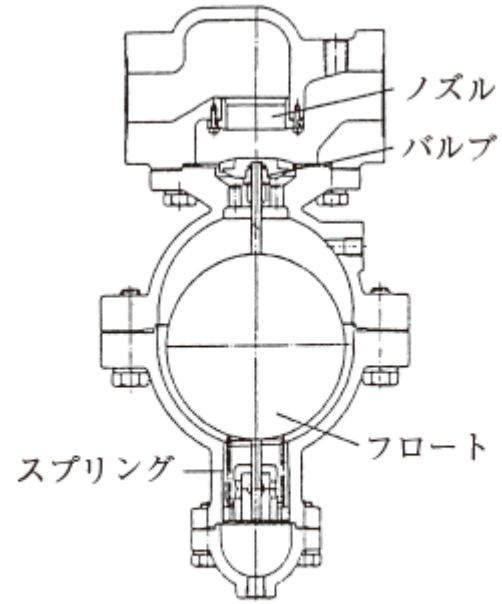


図　液面検出型（フロートによりガス出口を閉止する構造）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.2 蒸発器の附属機器

ⅱ）熱媒温度検出型
感熱部（センサ）で熱媒体の温度を計測
所定の温度より低下したとき　液入口またはガス出口を閉止

ⅲ）気化ガス温度検出型（主に空温式で使用）
熱交換器の上部または出口に感熱部（センサ）を設置
気化ガスの温度を測定
所定の温度以下に低下したとき 液入口またはガス出口を閉止

（2）調整器
気化されたガスを使用目的に適合する圧力に減圧

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.2 蒸発器の附属機器

(3) 熱媒体加熱装置

熱媒体 熱媒体供給機器 熱源を含めた範囲の装置

(4) 熱媒体制御機器

(a)温度制御スイッチ

熱媒体の温度調節 加熱装置の電気制御回路に組み込み

(b) 過熱防止スイッチ

熱媒体の異常温度上昇、空焚き防止 加熱装置の電気制御回路に組み込み

(c)水位スイッチ

熱媒体(温水)の水位監視 空焚き防止 加熱装置の電気制御回路に組み込み

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.2 蒸発器の附属機器

(d)スチームトラップ
熱媒体(スチーム)が熱交換後の復水を排出する機能

(e)温度調整弁
熱媒体温度を感熱部で検知し、熱源の供給を制御する機能

(5)操作用電気制御盤
熱媒体加熱装置の制御・各種警報の表示

(6)安全弁
蒸発器を異常な圧力から保護

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.5 蒸発器の取扱い上の注意

（1）熱媒体（温水）の管理

熱交換器の腐食抑制 ： 防錆剤 不凍液を投入

定期的点検 所定の期間での全量廃棄・交換などにより、防錆効果を維持

（2）熱交換器の腐食と防止対策

(a)腐食の発生原因

熱交換器の腐食は、局部電池の形成により生ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.5 蒸発器の取扱い上の注意

(b) 腐食防止対策

防食方法	① 適正材料の選択	耐食性材料の選定
	② 環境遮断	メッキ・ライニング
	③ 腐食環境の抑制	腐食抑制剤の使用 腐食促進成分の除去
	④ 電気防食	流電陽極法

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.4.5 蒸発器の取扱い上の注意

(3) 巡視点検

始業前、運転中、終業時に点検表を作成し点検、記録する。

点検項目の例

	点検項目		点検項目
1)	熱媒体(温水)の水位	2)	圧力計指示
3)	熱媒体温度または圧力 (温水循環圧力)	4)	LPガス入口圧力
5)	LPガス出口圧力	6)	バルブ類開閉の適否
7)	安全弁元弁「開」	8)	電圧・電流 (電熱式の場合)
9)	ガス漏れ	10)	ガスドレン点検・排出

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.5 燃焼装置

7.5.3 工業用バーナの分類と特徴

（1）LPガスと空気の混合割合による分類

(a)外部混合型ガスバーナ

（赤火式バーナ、拡散炎式バーナ、全二次空気式バーナ）

生ガスを直接大気中（または燃焼室）に噴出して燃焼する方式

逆火の危険がない。

家庭用には用いられない。

工業用炉にはノズルミキシングバーナが代表的に用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.5.3 工業用バーナの分類と特徴

(b)半混合型ガスバーナ
（ブンゼン式バーナ、大気圧バーナ）
一次空気として燃焼前に燃焼に必要な空気の30%～70%混合
必要な空気は、さらに炎の周囲から二次空気として供給
家庭用燃焼器に広く用いられている。

(c) セミブンゼン式ガスバーナ
一次空気の混合割合が、ブンゼン式ガスバーナより少ない。
逆火がなく、炎は概して安定
パイロットバーナなどに用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.5.3 工業用バーナの分類と特徴

(d)内部混合型ガスバーナ
（予混合型ガスバーナ、全一次空気式バーナ）
燃焼に必要な空気の全量をガスにあらかじめ混合
燃焼負荷大、火炎温度が高い
逆火の危険性がある。
家庭用　赤外線ストーブ
工業用　高熱処理炉用バーナ

(2)一次空気の混合方法による分類
(a)低圧式バーナ
拡散炎式およびブンゼン式の総称
バーナへ送入するガス圧力：一般家庭用　2.0kPa～3.3kPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.5.3 工業用バーナの分類と特徴

(b)中圧バーナ

ⅰ)中圧バーナ(ブンゼンバーナ)

バーナへのLPガス送入圧力　0.01～0.1MPa

業務用の多量の熱量を必要とする燃焼装置や工業用炉

自然気化では残ガスが多くなる。

ブタン成分が過多の場合、再液化に注意

ⅱ)強制予混合方式バーナ

中圧供給にて、強制的に一次空気、酸素を混合する。

酸素添加による溶断、加熱用、工業用高温炉

空気予熱添加　1800℃～1900℃

酸素添加　2200℃～2300℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.5.3 工業用バーナの分類と特徴

（c）直圧式バーナ

容器から発生するガスを調整器を通さず用いる。

供給圧力が変動する。

一定の燃焼状態を長時間維持することは困難

トーチバーナ用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.5.4 燃焼装置の取扱い上の注意

（1）燃料供給用LPガス設備の安全確保
　　LPガス設備の点検、整備、運転上注意を払う。

（2）燃焼装置における爆発の発生防止
　　1）点火前、燃焼炉など内部を空気で置換する（プレパージ操作）。
　　2）点火は1回の操作で速やかに確実に行う。
　　3）主バーナへの点火で、着火しなかったときは直ちにガスを止める。
　　再度プレパージ操作を行い、安全確認後点火
　　4）点火のたびごとに、着火の確認
　　5）燃焼停止、後炉内の残ガスを排除（ポストパージ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2 容器

8.2.1 容器の用途と分類

（1）構造上からの分類

(a)溶接容器

1）常温で比較的低い蒸気圧の液化ガス、溶解アセチレンを貯蔵する容器

2）内容積は一般に4.7L～31200L

3）鋼板を成形して鏡板と胴板などを溶接

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2.1　容器の用途と分類

(b) 継目なし容器

1) 圧力の高い圧縮ガスまたは臨界温度が常温に近いガスを充塡

2) 一体成型により作られたシームレス容器

LPガス用としては、アルミニュウム合金製の容器がある。

提供：高圧昭和ボンベ㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2.1　容器の用途と分類

(c) 繊維強化プラスチック複合(FRP)容器

1) 薄肉の金属またはプラスチック製の本体(ライナー)に樹脂含浸連続繊維を巻き付けた複合構造

2) FRP容器

圧縮天然ガス自動車、圧縮水素自動車
在宅医療用酸素容器、陸上用空気呼吸器
LPガス用としてプラスチックライナー製の複合容器が使用

燃料装置容器以外の容器を一般複合容器という。

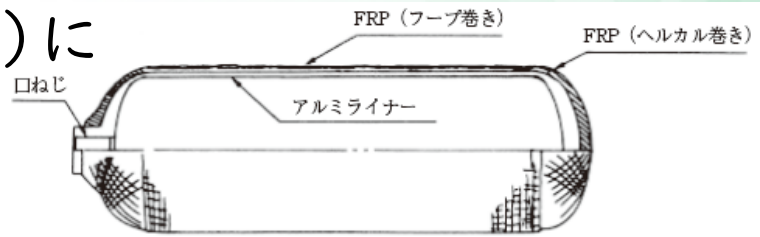


図　繊維強化プラスチック複合容器の例

（燃料電池自動車用複合容器）
提供：サムテック㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2.1　容器の用途と分類

(2) 容器の材料

(a) 溶接容器の材料

1) ①機械的性質に優れていること
②溶接性に優れていること
③加工性に優れていること
④耐食性に優れていること

2) 材料として、低炭素鋼板、軽量化目的の高張力鋼を使用

(b) 継目なし容器の材料

高い内圧に耐えられるよう、マンガン鋼、クロムモリブデン鋼
特殊用途向け→ステンレス鋼　アルミニウム合金が用いられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2.2 LPガス容器

（1）溶接容器の種別

(a)50kg型容器以下（内容積120 L未満）の小型容器

ⅰ）一般供給用容器

ⅱ）自動車燃料装置用容器

(b)500kg型容器などの大型容器

ⅰ）500kg型容器

ⅱ）バルク型容器

ⅲ）バルク容器

ⅳ）タンクローリ

（2）液化石油ガス用一般複合容器

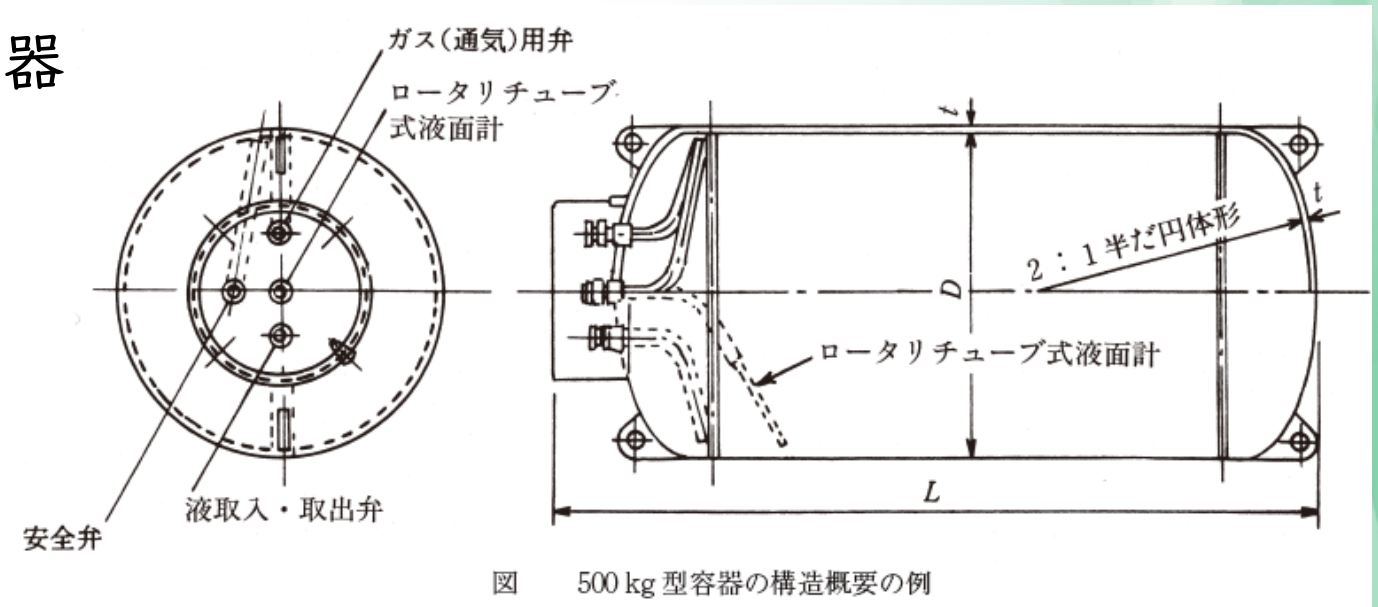


図　500 kg 型容器の構造概要の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2.2 LPガス容器

（1）溶接容器の種別
（2）液化石油ガス用一般複合容器

（20kg）

（7.5kg）

一般複合容器

（500kg型）

（50kg型
サイフォン管付）

（50kg型）

（20kg型）

（10kg型）

提供：中国工業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2.3 LPガス容器の充塡量

（1）容器の充塡量の算式

$$G = \frac{V}{C}$$

G：液化ガスの数量	単位　キログラム
V：容器の内容積	単位　リットル
C：液化ガスの定数	液化プロパン　2.35
	液化ブタン　2.05

定数は、48℃で容器の内容積の5%の空間が残るよう定められた数値
定数は、40℃で容器の内容積の10%の空間が残るよう定められた数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2.3 LPガス容器の充塡量

（2）容器の内容積と定数の関係
「い号」、「ろ号」、「は号」
厳密にいえば、それぞれの比重によって充塡係数は異なる。
LPガス用容器は、プロパンの充塡係数を用いて製造
3種類のLPガスに共用できる。

（3）過充塡の防止
プロパンの充塡定数2.35は、約60℃におけるプロパンの比体積の値
充塡容器等は40℃以下に保持しなければならない。
過充塡の場合、温度上昇による膨張で60℃以下でLPガスが安全弁から吹き出すことになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2.6 容器の刻印と標章の掲示

①検査実施者の名称の符号
②容器製造業者の名称または符号
③充塡すべき高圧ガスの種類
④容器の記号（3文字以下のものに限る）および
　番号（5桁以下のものに限る）
⑤内容積（記号：V　単位：L）
⑥附属品（取外しのできるものに限る）を含まない
　容器の質量（記号：W　単位：kg）
⑦容器検査に合格した年月
⑧耐圧試験における圧力（記号：TP　単位：MPa）およびM
⑨材料が　高強度鋼：HT　アルミニウム合金：AL
⑩内容積500Lを超える容器　胴板の肉厚（記号：t　単位：mm）

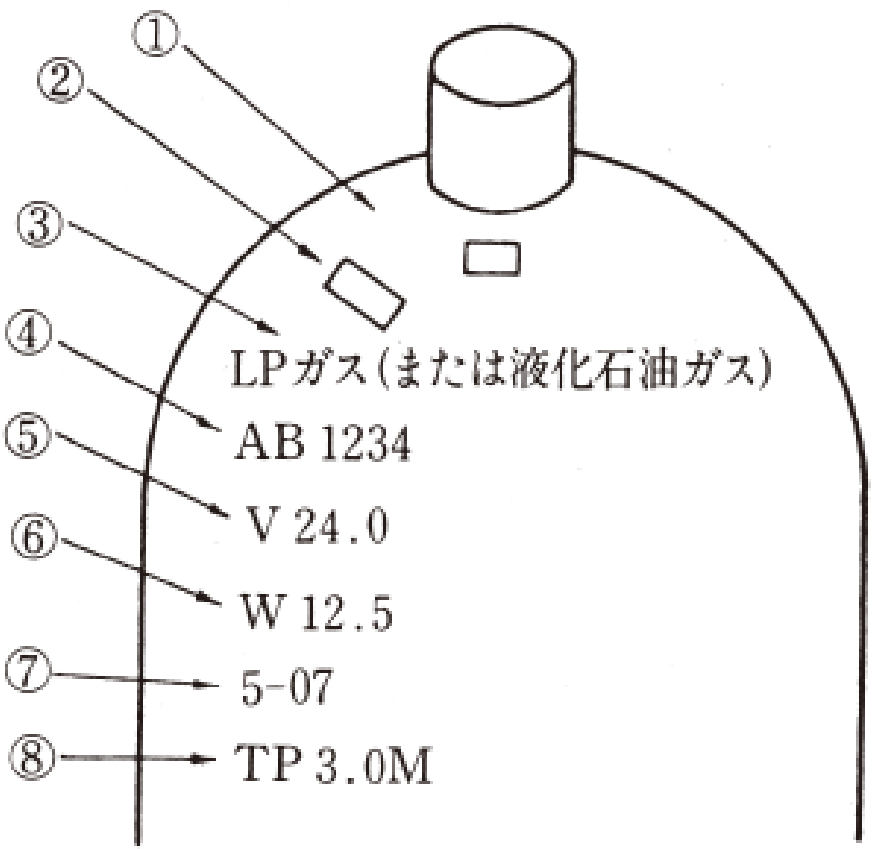


図　　LPガス用容器の刻印例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2.7 容器の表示

(1) 塗色による表示

1/2以上、容器則で定めた他の高圧ガスの塗色を行ってはならない

(2) ガスの名称及び性質の表示

「LPガス」または「液化石油ガス」　：胴部に赤色

「燃」　：胴部に赤色

(3) 容器に対する容器所有者及び充填期限の表示

容器所有者または管理受託者　名称　住所　電話番号を明示（赤色、黒色を除く）

変更があった場合は遅滞なく表示を変更する。

充填期限　西暦4桁ー月　赤色

充填期限を過ぎた容器には充填してはならない。

充填容器で、充填期限を6か月以上経過したものは一般消費者等の供給設備に接続できない。

10 kg型LPガス容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 附属品

8.3.1 溶接容器の容器用バルブの構造

（1）POL接続容器バルブ

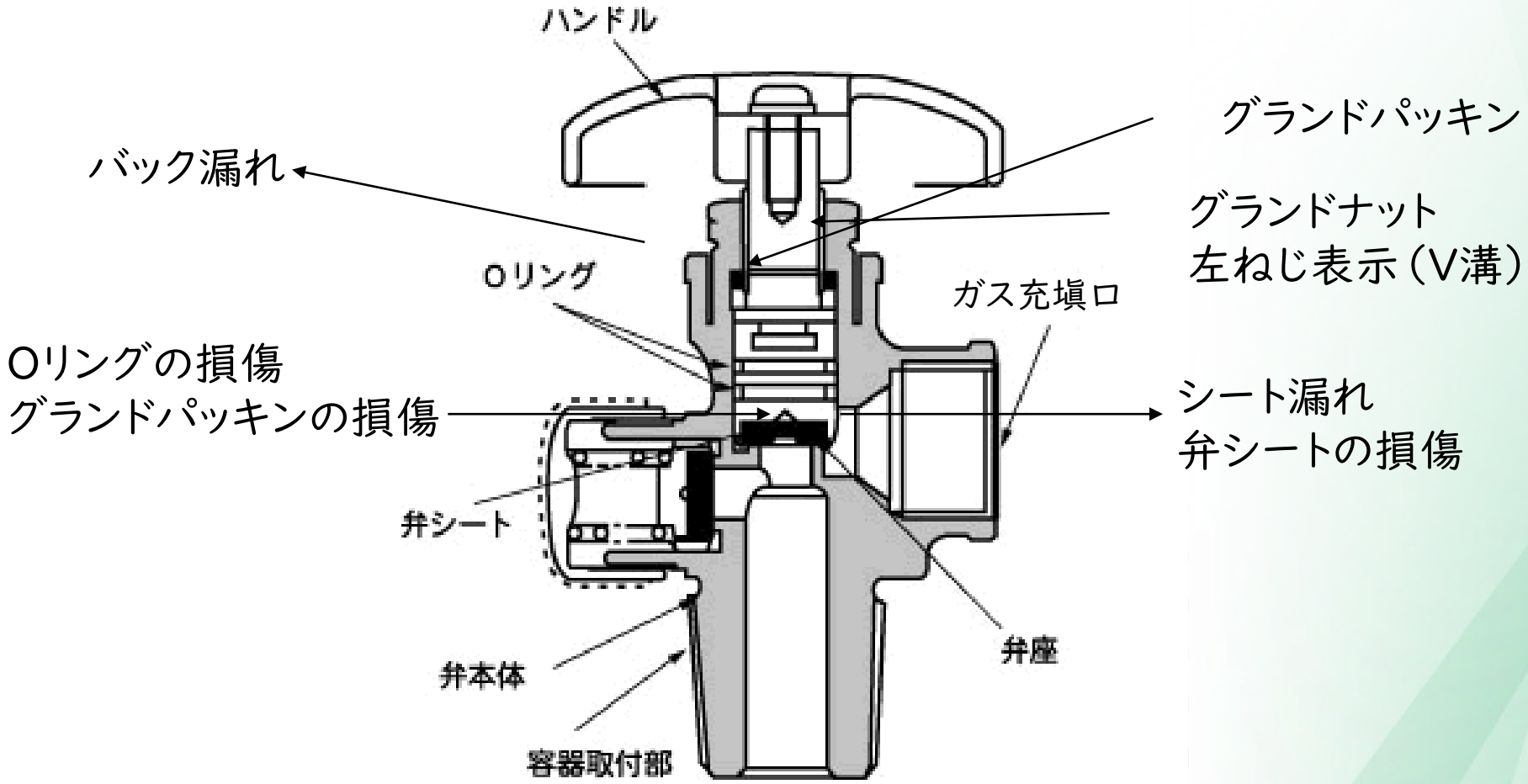
1）一般にOリング式構造でばね式安全弁が附属

2）ガス充塡口は左ねじ　容器取り付け部のねじはテーパねじ
充塡口には、POL接手が適合する構造

3）グランドナットを本体に取り付けるためのねじは左ねじのものと右ねじのものがある。
左ねじのものは、グランドナットの六角積部にV溝の切れ込み

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器バルブの気密保持主要部



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3.1　溶接容器の容器用バルブの構造

(2) カップリング接続容器バルブ

1) ばね式安全弁

2) ボディー、ボール、シート、O リング、弁体により気密が保たれる。

3) カップリングプラグ部の寸法、形状は、液化石油ガス容器用弁による。

4) カップリングの着脱がワンタッチ機器が外れても自動的にガスを遮断。

5) 弁構造がボールバブルのため開閉状況が容易に判断できる。

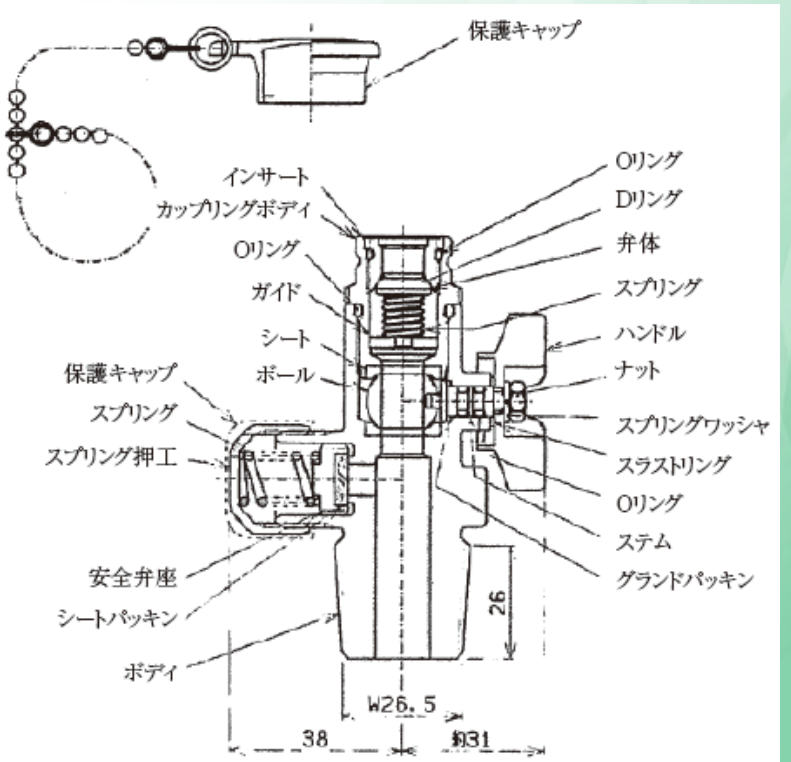


図　カップリング接続容器バルブ断面図の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3.2 附属品検査

(1)バルブの検査など

(a)外観検査　抜取方式

使用上支障のある腐食、割れ、しわなどがない

(b)材料検査　　試験片を採取

引張試験、衝撃試験、化学成分検査(アセチレン容器に限る)

(c)耐圧試験　気密試験(現在流通している一般のLPガス容器)

耐圧試験　：　3.0MPa以上　　気密試験　：　1.8MPa以上

(d)性能試験、その他の試験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3.2 附属品検査

(2) 安全弁の検査
抜取方式により高圧ガスの種類に応じた耐圧試験圧力の80%以下の圧力で作動すれば合格

吹始め圧力　　2.40MPa

吹止まり圧力　　1.80MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3.2 附属品検査

（3） バルブの刻印

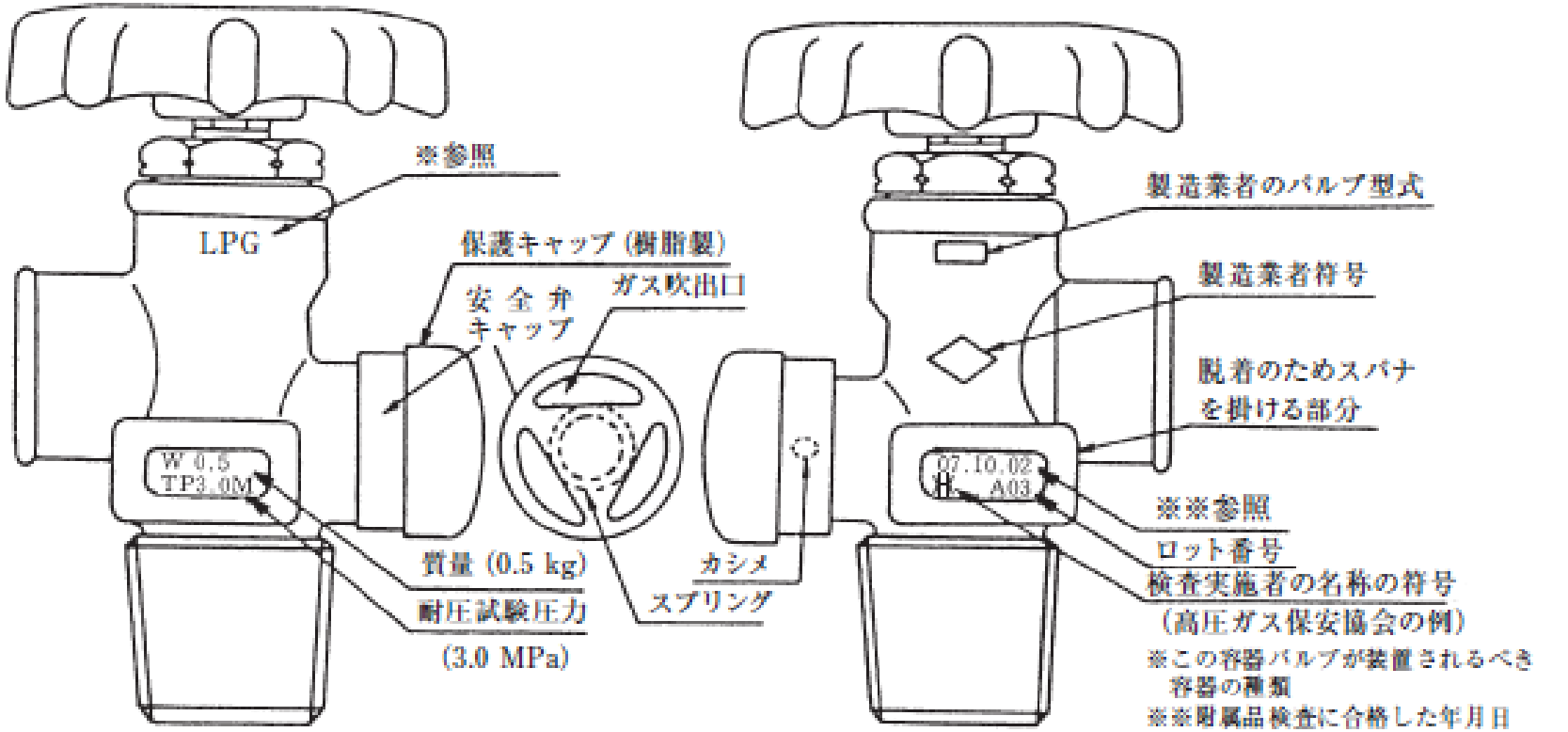
附属品検査に合格したバルブには、検査実施者により刻印が行われる。

①附属品検査に合格した年月日（製造年月日、型式承認番号）
②検査実施者の名称の符号
③製造業者の名称または符号（登録附属品製造業者名称または符号）
④附属品の記号及び番号
⑤質量（記号W　単位Kg）
⑥耐圧試験圧力（記号TP　単位MPa）およびM
⑦装置される容器の種類（LPガスの場合　記号LPG）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3.2 附属品検査

（3）バルブの刻印



ニ種販売講習テキストより

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.4 容器およびバルブの維持管理

8.4.2 バルブの維持管理

（1）バルブ取扱い上の注意

(a)バルブの機能と漏えい

1）バルブを閉じるとき強く締めすぎると弁シートを損傷

2）シート漏れ：弁シートと弁座の間から漏れる。弁シートの損傷

バック漏れ：スピンドルとグランドナットまたはグランドナットと本体の間から漏れる。Oリングの損傷など

3）石けん水、漏えい検知液、ガス検知器で漏えいを検査

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.4.2 バルブの維持管理

(b) 充填所におけるバルブ取扱い上の注意

1) 締付けは、運搬途中など振動でバルブが開かない程度
2) 充填時にバック漏れを起こした容器には充填しない。
3) 充填口は左ねじなので慣れが必要
4) グランドナットの緩んだバルブは絶対に使用しない。
5) 充填後の充填口には、ごみ、雨水の侵入防止でキャップシールまたはプラグ
6) 安全弁キャップは、みだりに回さない。
7) 安全弁キャップにはポリエチレンなどの保護キャップ
   紛失したときは直ちに取り付ける。
8) バルブのグリスは耐LPガス性のもの
9) 50kg型容器などプロテクタのない容器のバルブにはキャップを用いる。
10) バルブの修理は、メーカーまたは容器検査所に依頼
11) 再検査を行ったときは刻印を確認
12) 新しいバルブと交換の際は、刻印を確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.6 LPガスタンクローリ

8.6.1 概要

（1）タンクローリの積載量と区分（高圧法による）

1）液送ポンプまたは、圧縮機を搭載したもの

移動式製造設備

2）上記以外のタンクローリ

容器の取り扱い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.6.1 概要

（2） 最高充塡圧力

容器の耐圧試験圧力の 3/5 倍

現在製造のタンクローリ(2種類)

耐圧試験圧力	1.8	MPa
最高充塡圧力	1.08	MPa

耐圧試験圧力	3.5	MPa
最高充塡圧力	2.10	MPa

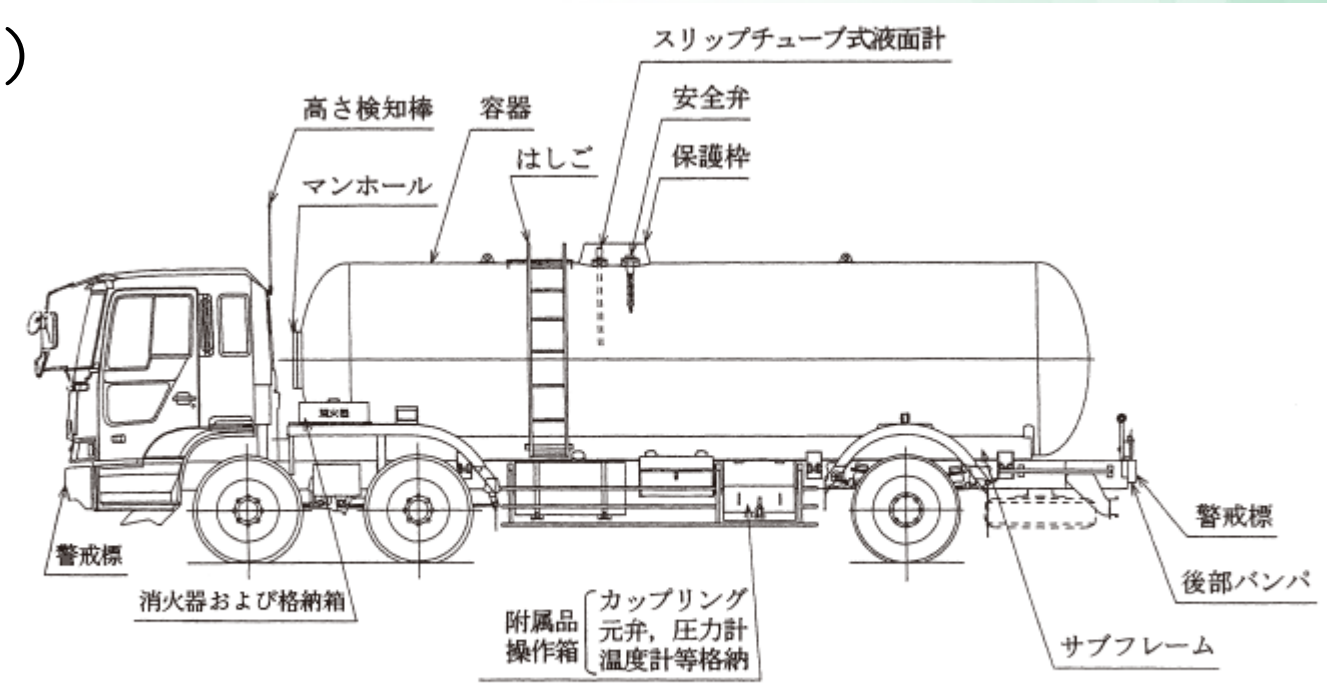


図　　LP ガスタンクローリの例
(JLPA 203（2011）「タンクローリ製造基準」から転載)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.6.4 容器の構造・附属品など

（1）容器の構造

(a)防波板

運行中に発生する液化石油ガスの液面揺動を防止

1）容器断面の40％以上
　タンク上部空間面積が断面積の20％以下

2）車両進行方向と直角に設ける

3）容器内容積3 m^3以下につき1個の設置

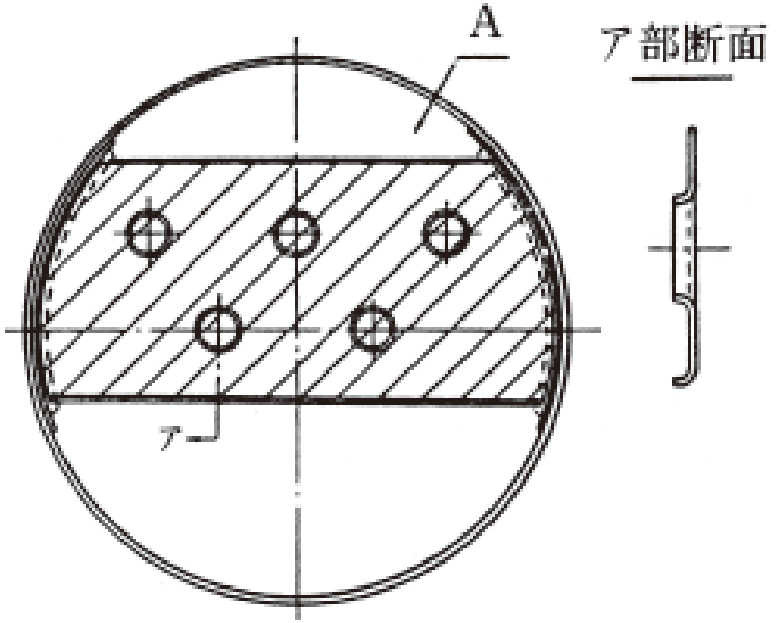


図　防波板の構造

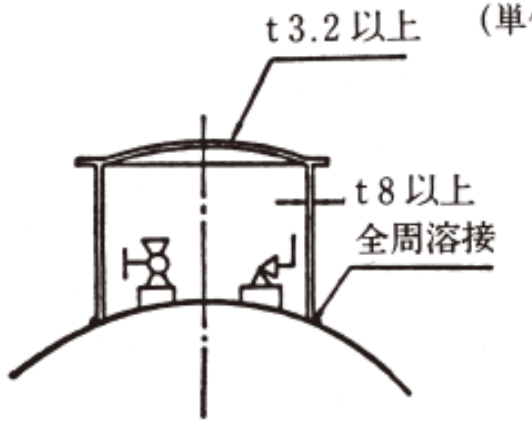
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.6.4 容器の構造・附属品など

(b)附属品操作箱
容器元弁、緊急遮断装置に係るバルブその他主要な附属品を収納

(c)突き出した附属品の損傷防止装置
容器の頂部に設けられたバルブ、安全弁、液面計などには保護枠を設ける

(d)高さ検知棒
可とう性があり、容器頂部の保護枠の上面より10cm以上高いこと



材料に SS400を用いた場合の例である。

図　頂部に突き出した附属品の損傷防止措置の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.6.4 容器の構造・附属品など

(2) 附属品など

(a) 装備される附属品など・・・テキスト参照

(b) 安全弁

1) 構造は容器内に装置できる内装式
放出口は頂部に突き出している。

2) 作動圧力は容器の耐圧試験圧力の80%以下

一般の容器は、

耐圧試験圧力　　3.5MPaで設計

安全弁作動圧力　2.8MPa 以下

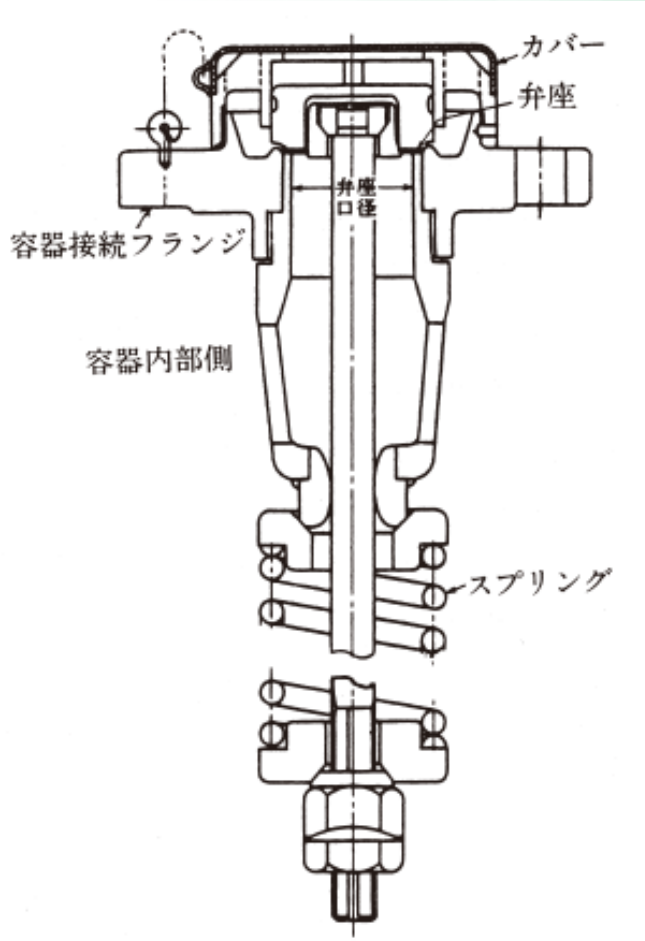


図　内装式安全弁の構造例

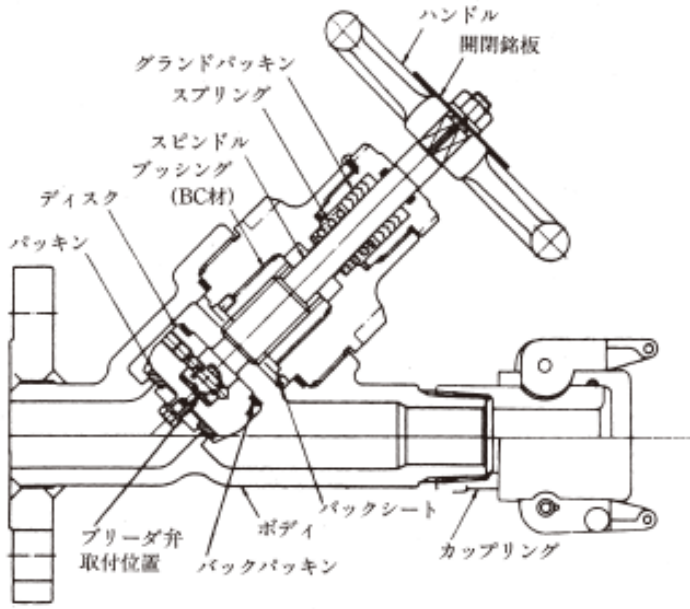
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（c）液取入取出弁・均圧弁
　車両の振動などで緩まないこと
　使用頻度が多いため、十分な強度があること

1）液用は、50A、ガス用は、25Aが一般的

2）Y型弁の場合、漏えい防止のため、バックシート式

3）弁体側面にブリーダ弁
　充塡作業前後に操作
　車両側の弁とホース側の弁との間にある空気または残ガスを放出



(a)　Y型弁

図　液取入取出弁・均圧弁の構造例
（JLPA 203 (2011)「タンクローリ製造基準」による。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(d) 緊急遮断装置

一般にローリ底部に設置(内装式)

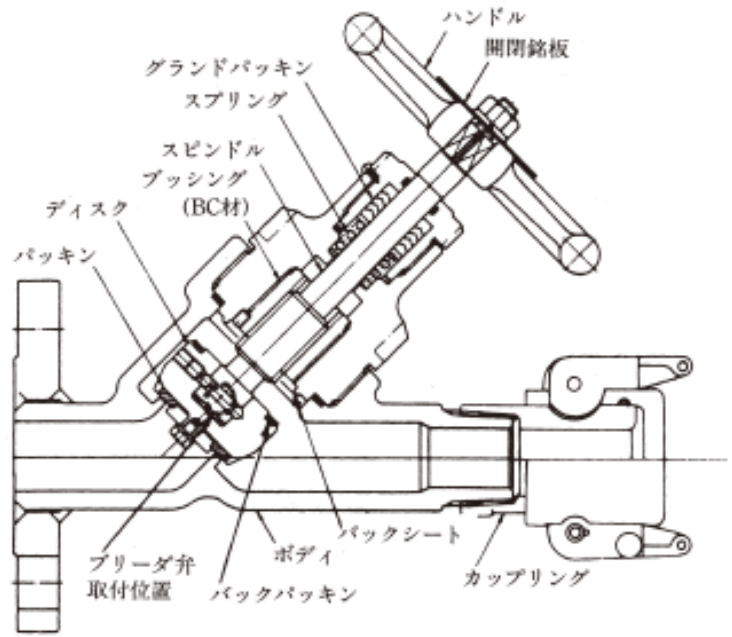
1) ワイヤ式(手動式)、油圧式が用いられる。

2) 遠隔操作ができるもの

可溶合金(110℃以下で溶融)が熱で焙られたとき自動閉止するための機能をもつこと。

(e) 液送ポンプ

事項(f)を参照。



(a)　Y型弁

図　液取入取出弁・均圧弁の構造例
(JLPA 203 (2011)「タンクローリ製造基準」による。)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(f) LPガスバルク用移動式製造設備の附属部品

ⅰ) 流量計

ⅱ) 充塡用ホース

1) 原則10m以下

2) 2層以上の多層構造で、原形保持性を有する。

3) 液封防止措置

ⅲ) ホースリール

ⅳ) カップリング用液流出防止装置（セーフティカップリング）

ⅴ) 誤発進防止装置

ⅵ) 液送ポンプまたは圧縮機

1) ポンプは電動のモータ

2) モータ、コンセントは第一類危険箇所に対応した防爆構造

3) モータ作動スイッチは、常用のものと緊急停止用のものを設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(g)計量器

ⅰ)圧力計

1)元弁を設け、気相部の圧力を測定

2)最大目盛りが2.5MPaのものが多く用いられている。

ⅱ)温度計

液体充満圧力式指示温度計(隔測温度計)

1)液相部の温度を測定

2)目盛範囲　−30℃ ～ 70℃　許容最高温度40℃に目印

ⅲ)液面計

フロート式もしくはスリップチューブ式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(h)タンクローリの携行品

ｉ）消火設備

消火器の種類　粉末消火剤 B-10以上

備付個数　車両の左右それぞれ1個以上

ii）資材および工具など

品　名	仕　様
赤旗	
赤色合図討又は懐中電灯	車両備付品でよい。
メガホン	
ロープ	15m以上、2本以上 トラ縞で径8mm以上
漏えい検知剤	
車輪止め	2個以上
革軍手	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1　保安用設備

9.1.1　防消火設備

（1）防火設備

火災の予防および火災による類焼を防止

高圧ガス設備においては、設備の注水冷却により、その破壊を防止、二次災害発生防止

1）主体となる設備

水噴霧装置、散水装置、放水銃（移動式、固定式）　放水砲

消火栓

2）付属設備

水源貯水槽、送水装置、給水管など、ノズル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

(a) 防火設備の機能

ⅰ）水噴霧装置

対象物：ガス設備、貯蔵設備、充填プラットホーム、タンクローリ停車位置など

対象設備に対して固定された噴霧ノズル付き配管よりに水を噴霧

対象物全表面積1m²当たり5L/min以上の水量を噴霧できるもの

ただし、所定のもので被覆した設備にあっては水量を1/2に減ずることができる。

ⅱ）散水装置

同様の対象設備に対して

固定された孔あき配管、散水ノズル付配管などにより散水

対象物全表面積1m²当たり5L/min以上の水量を散水できるもの

ただし、所定のもので被覆した設備にあっては水量を1/2に減ずることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1　防消火設備

iii）放水銃
①固定式放水銃
対象設備に対して固定して設置されたもの
放水ノズルの筒先圧力が、0.35MPa以上、放水能力400L/min以上
②移動式放水銃
ホースで消火栓に直結するもの
放水ノズルの筒先圧力が、0.35MPa以上、放水能力400L/min以上

iv）放水砲
消防車に搭載したものや動力車によりけん引するものなど
放水能力1900L/min以上

v）消火栓
屋外に設置され、ホース、筒先などの放水器具を備えたもの
放水ノズルの筒先圧力が、0.35MPa以上、放水能力400L/min以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

(b) 水源

貯水槽などで常時連続して正常な吸水または取水でき、防火設備として必要とする最大水量を30分以上連続して放水できる水量を確保できるもの

(c) 送水装置

ⅰ) エンジンポンプの種類

遠心ポンプ	渦巻ポンプ	単段または多段
	ディフューザポンプ	単段または多段

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

ii） エンジンポンプの構造

遠心ポンプ	真空ポンプ式	起動時に真空ポンプを作動させ吸水 取扱いが容易 凍結しにくい
	呼水式	起動時に呼水が必要 吸水管にフロート弁式のものを用いる
	自吸式	自吸機構により起動時にポンプ内に水が満たされる ポンプの効率が悪い 小型ポンプのみ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1　防消火設備

iii）エンジンポンプの設置上の注意

1）防振を考慮しポンプを固定

2）水源の近くに設置

3）吸水管の内径を太くするなど圧力損失を少なく

4）ポンプ本体に配管の力が加わらないよう設置

5）さびなどによる流水の摩擦損失を考慮した余裕のある管径の配管とする。

iv）装置の操作位置

一般に関係者が常駐する場所および対象施設から15m以上離れた位置
それぞれ1か所以上、速やかに操作できる位置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

v）エンジンポンプ保守上の注意事項

日常点検および月1回以上の通水試験

1）燃料の補給（連続30分以上連続運転可能な燃料）

2）潤滑油の補給

3）ポンプ内の排水

4）バッテリ点検

①電解液液面の点検

②充電状態の確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

(2) 消火設備

直接消火する目的である消火薬剤放射設備、不活性ガスなどの拡散設備

(b)粉末消火薬剤の種類と原理

ⅰ) 薬剤の種類

主成分	着色
炭酸水素ナトリウム	白色または淡黄色
炭酸水素カリウム	紫色
リン酸塩類	淡紅色
炭酸水素カリウムと尿素の反応生成物	灰色

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

ii）消火の原理と適応性

a)火災の種類

A火災	普通火災	木材、繊維製品などの火災
B火災	油火災	油類が燃える火災
C火災	電気火災	電気設備の火災

b）消火剤の適応性

1）粉末消火薬剤は「B火災」に対して消火能力が大きい。「C火災」に対しても適用できる。

2）粉末消火薬剤は「B火災」では、窒息効果、冷却作用、燃焼抑制効果

3）リン酸塩素系の粉末消火薬剤は、分解生成する化合物が被災物の表面を覆い冷却効果、窒息作用が「A火災」でも有効 ： ABC粉末消火薬剤

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

(c) 粉末消火器の構造

ⅰ) 加圧式粉末消火器

薬剤を充塡した本体容器と加圧源のガスを充塡した加圧用ガス容器からなる。

ⅱ) 蓄圧式粉末消火器

消火薬剤と放射圧力源の圧縮ガスが共存状態で充塡され、密封されている。

(d) 消火器の使用方法

レバーを強く握る操作によって、
加圧式は加圧用ガス容器の封板が破れ加圧される。
蓄圧式はバルブが開き薬剤が放射される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

(f)粉末消火器の性能および設置基準

ⅰ）粉末消火器の性能

能力単位B-10以上のもの

ⅱ）粉末消火器の設置基準

1）LPガス停滞量10トンにつきB-10　1個相当以上

最少数量はB-10　3個（容器置場にあっては2個）相当

2）貯槽

防液提設置のものはその周囲歩行距離75m　以下ごと

その他は、貯槽周囲の安全な場所にB-10　3個相当以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

(g)粉末消火器の維持基準

ⅰ)維持管理一般事項

1)設置基準に適合していること

2)消火器の異常を発見したら直ちに整備・修理を行うこと

3)40℃以上の高温の場所、直射日光は避けること

その他消火器の性能を低下させる恐れのある場所は保護のための措置をとること

4)充塡薬剤は指定されたものであること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

ii） 点検検査

1）外観点検

6か月ごとに点検

①設置状況の確認（設置場所など）

②規定された表示および標識の確認

③消火器各部に、変形、損傷などの異常のないことを確認

2）機能点検

製造年から3年を経過した加圧式の消火器

製造年から5年を経過した蓄圧式の消火器

6か月ごと、または外観点検で安全栓の封もしくは緊結部の異常が認められたもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.1 防消火設備

①容器本体　内面に腐食、防錆材料の脱落などがないこと
②粉末消火剤は、固化、変色など異常がなく、所定量であること
③加圧用ガス容器には著しい腐食がなく、所定量であること
④圧力調整器の調整圧力値または、指示圧力計の圧力値が正常であること
⑤その他各部について、変形、損傷など異常がなく、確実に作動すること
⑥薬剤放射能力に異常がないこと（抜取方式で実施）

3）耐圧性能の点検
製造から10年経過したものまたは本体に腐食が認められたものは3年ごと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

法令で定められている設備などで当該設備からガスが漏えいし、滞留する場所でのガス漏えいを検知し、警報するための設備 ： ガス漏えい検知警報設備
日常点検、保守管理、作業管理で使用 ： 携帯用ガス検知器

（1）ガス検知器などの一般的分類

(a)検知方式による分類

①接触燃焼式
②半導体式
③熱線型半導体式
④光干渉式
⑤検知管式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

(b)形態による分類

①定置測式（ガス漏えい検知警報設備）

接触燃焼式	拡散式 吸引式
熱線型半導体式	
半導体式	

②携帯用（ガス検知器）

接触燃焼式	吸引式
半導体式	
熱線型半導体式	
光干渉式	
検知管式	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

(2) ガス検知の原理

(a)接触燃焼式

爆発下限界以下の濃度のガスと空気との接触燃焼反応の燃焼熱を測定。

(特徴)

1) 爆発下限界以下のガス濃度の検知に用いる。
2) ガス濃度に対する電圧出力は小さい。
低濃度の検出は半導体式に劣る。
3) シリコン化合物、硫化物、塩化物などにより触媒が被毒すると感度低下。
4) ほとんどすべての可燃性ガスに対し使用可能。

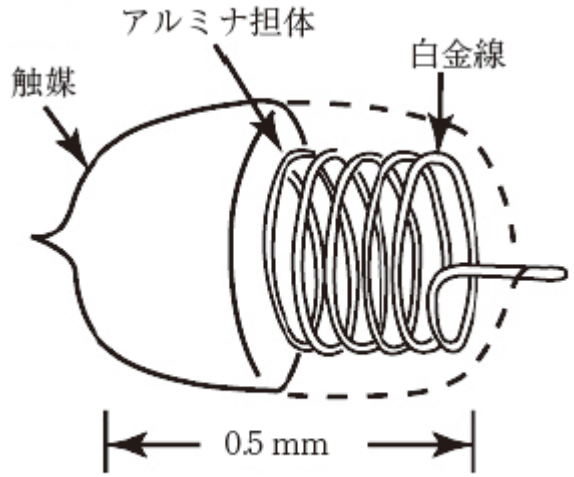


図　接触燃焼式のセンサ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

(b)半導体式

金属酸化物の半導体を加熱し、これに接触する可燃性ガスの濃度によって半導体の電気抵抗値が変化することを利用

（特徴）

1）非常に高感度。低濃度の警報に適している。
2）感度の変化が少なく長期安定、長寿命
3）空気中の水分、大気汚染物質などのガスにも反応
4）不活性ガス以外の酸化性、還元性ガスの検知が可能。

可燃性ガス、毒性ガスのほとんどすべてのガスに対しこの原理は利用できる。

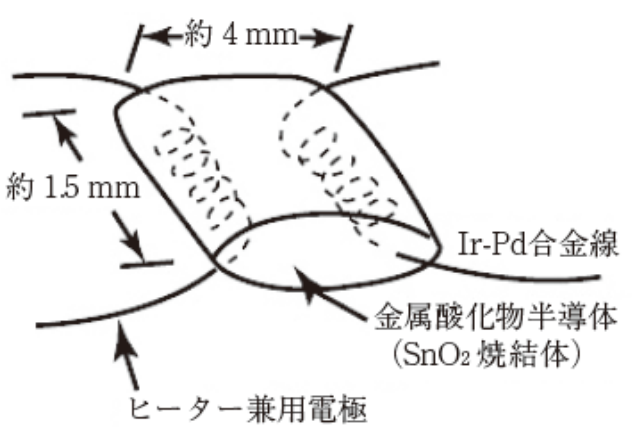


図　半導体式のセンサ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

(c) 熱線型半導体式
　接触燃焼式、半導体式センサの特徴をあわせもったセンサ

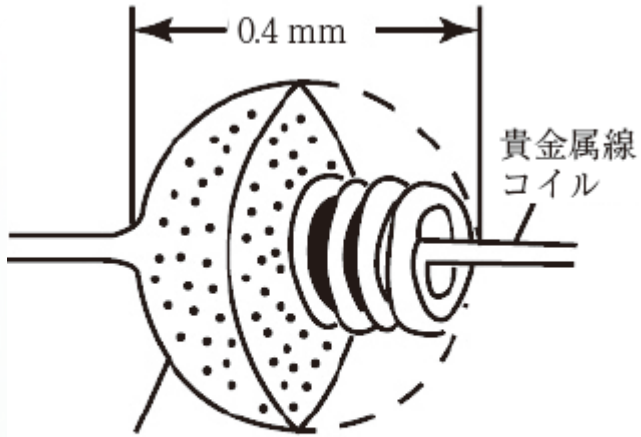


図　熱線型半導体式のセンサ

(d) 光干渉式
　空気とガスの光の屈折率の差を利用
　ガス濃度0%～100%全域の測定が可能

(e) 検知管式
　CO、CO_2などに接触すると変色する薬剤をガラス管に充填したものにガスを通す。
　ガス濃度により着色層の長さが異なることを利用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

(3) ガス漏えい検知警報設備

(a)構成

1) ガス検出端部

ガス濃度を電気的信号に変換

2) 指示警報器

警報設定値（あらかじめ設定されたガス濃度）で、警報回路、指示回路を作動

3) 電源部

必要な電力を供給する部分

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

(b)機能

1）あらかじめ設定された警報設定値で、自動的に警報を発する。

2）警報設定値は、LPガスの爆発下限界（LEL）の1/4以下

設置場所の周囲の雰囲気温度において、任意に設定

3）指示計の目盛りは、0～爆発下限界値（または爆発下限界値以下の適当な値）を目盛りの範囲に、明確に指示

4）警報を発した後は原則として

雰囲気空気中のガス濃度が変化しても警報を発信し続ける。

その確認または対策を講じることにより警報が停止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

(c) 構造一般

1) 防爆性：労働安全衛生法第44条による検定に合格したもの

検出端部は、「本質安全防爆構造」または「耐圧防爆構造」

指示警報部は防爆性能は要求されない。

2) 2以上の検出端部から警報を受信する受信回路は

他が警報を発し回路が作動している場合でも当該検知警報設備が警報を発する条件の場合、警報を発する。

警報を発している場所を識別できる。

3) 警報は、ランプの点灯または点滅と同時に警報を発する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

(d) ガス検出端部の構造

拡散式

・ガスの自然拡散で検知素子にガスが到達するのを検知

吸引式

・吸引ポンプが内蔵

・吸引口からポンプの作用でガスを検知素子に導く

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1.3 ガス漏えい検知警報設備とガス検知器

(8) 検知警報設備とガス検知器の保守点検

(a) 巡視点検

点検項目	点検内容	保守内容
表示ランプ	電源が入っているか 作動状態確認	ランプ、ヒューズの緩み 断線時の交換
指示計の指針	指針の動きを確認 零点移動、指示値	指示ブレは回路調整 零点移動時は再調整
警報作動テスト	テストボタンによる確認 警報作動・指示値	異常時は回路の点検、補修
検知部の状態 (拡散式)	検知部、取付金具などの腐食　フィルタの目詰まり、焼結金属の目詰まり	異常時は清掃、交換、補修
サンプリング系の状態 (吸引式)	検知部、取付金具などの腐食　配管、流量確認フィルタの目詰まり	異常時は清掃、交換、補修

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(b) 定期点検

1月に1回以上その警報に係る回路検査により警報を発すること

1年1回以上その検知及び警報にかかる検査

点検項目	点検内容	保守内容
零点の校正	周囲にガスのない状態で実施	調整ができない場合検知素子交換
サンプリング系の点検（吸引式）	配管の点検 流量の確認	ドレンの除去 フィルタの交換
実ガスによる警報作動テスト	警報設定濃度の1.6倍の濃度のチェックガスで警報を確認	警報を発しない場合は指示校正、または、検知素子の交換
応答速度	応答速度は30秒以内	30秒を超える場合はサンプリング系の再点検
指示校正	構成ガスによる濃度指示の校正	警報設定精度±25%以下
流量測定（吸引式）	検出部出口にフローメータを設置し基準値以内であることを確認	基準値以下の場合、サンプリング系、吸引ポンプの点検
保安電力	停電時に異常なく作動する	蓄電池などの機能点検、交換

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.3 点検・検査

9.3.3 検査

(2) 高圧設備の検査方法

(a)耐圧試験

原則、水圧で行う。常用圧力の1.5倍以上 圧力保持時間5～20分

やむを得ない場合、空気などの危険性のない気体で行う。1.25倍以上

(b)気密試験

空気または危険性のない気体で行う。

圧力は常用圧力以上で、10分以上保持した後漏えいの有無を確認。

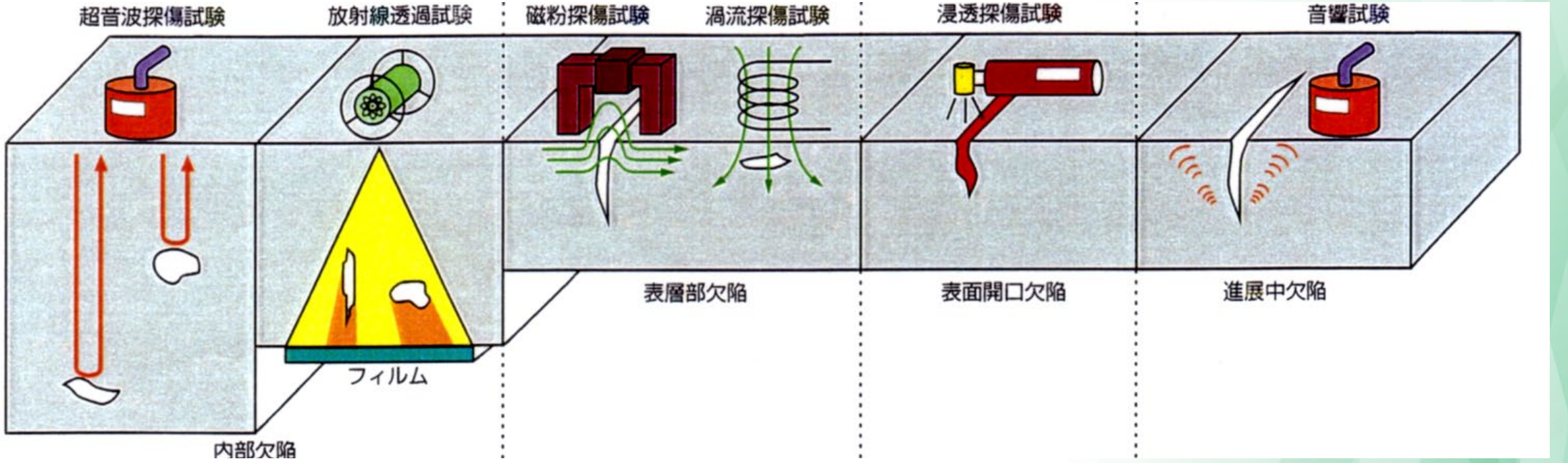
(c)漏えい検査

現に貯蔵されているLPガスの圧力によって発泡性溶液を塗布して行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.3.3 検査

(d)非破壊検査



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.3.3 検査

(d)非破壊検査

ⅰ)超音波による厚さ測定（超音波肉厚測定、UM）

材料さえ一定であれば厚さを直読でき、最小厚さを測定できる。

a)注意事項

1)試験体と同一の材料で、表示値を確認し、音速校正

2)測定面が粗い場合は、平滑にし、塗装、剥離性のさびを除去

3)異常値が出たら付近をさらに測定

4)試験体の温度が高いときは、試験体面または探触子を冷却

b)適用例：配管、貯槽などの肉厚測定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(d) 非破壊検査

ii) 磁気探傷試験(磁粉探傷試験) (MT)

強磁性体の試験体を磁化して、欠陥部では磁束がわい曲し一部漏えいすることを利用

表面の傷や凹み、「表皮効果」による内部の浅い傷の検出に使用

溶接部の溶接金属、母材の割れ、鍛造圧延品、鋳鉄の欠陥検査

非磁性材料には適用できない。

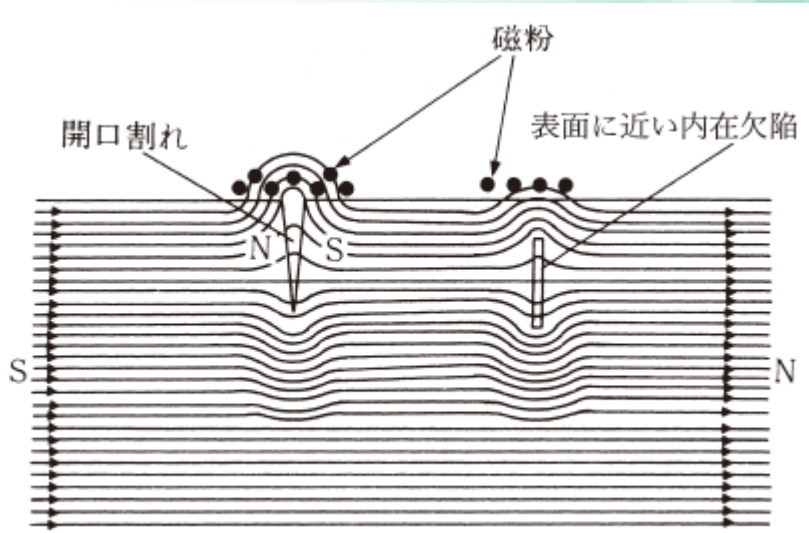


図　磁粉探傷試験の原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

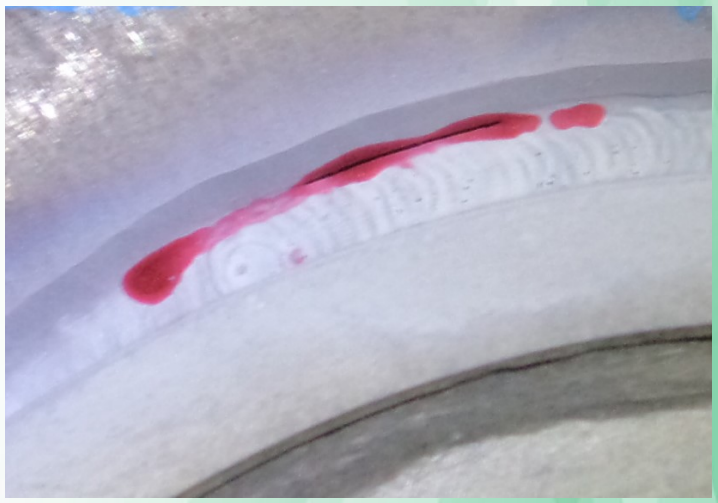
(d) 非破壊検査

iii) 浸透探傷試験 (PT)

浸み込んだ浸透液などにより、材料表面の微細な傷の検出

非導電性の材料にも使用

図　染色浸透探傷試験の基本原理と工程



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

磁気探傷試験（磁粉探傷試験）及び浸透探傷試験の欠陥検出例

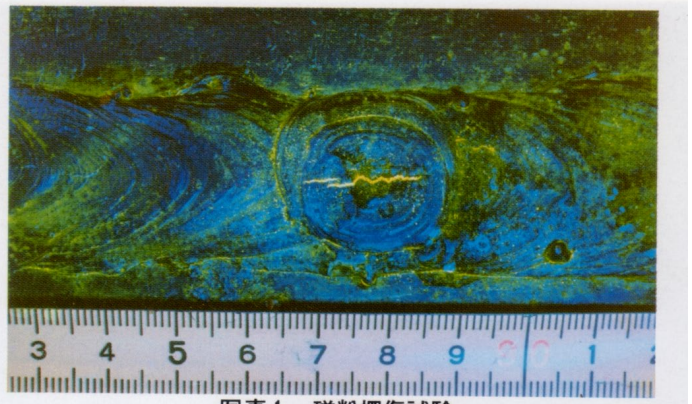


写真１　磁粉探傷試験

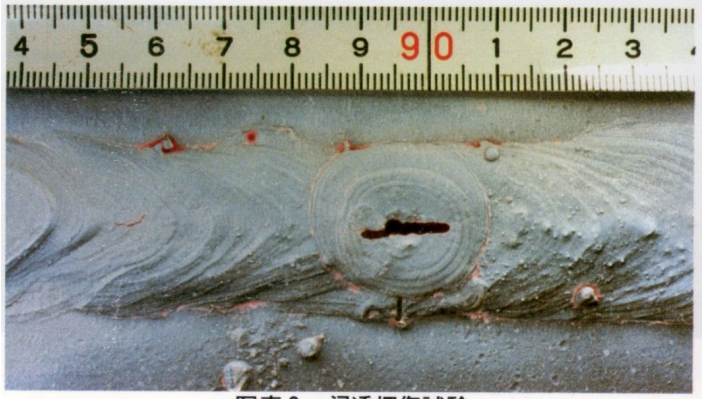


写真２　浸透探傷試験

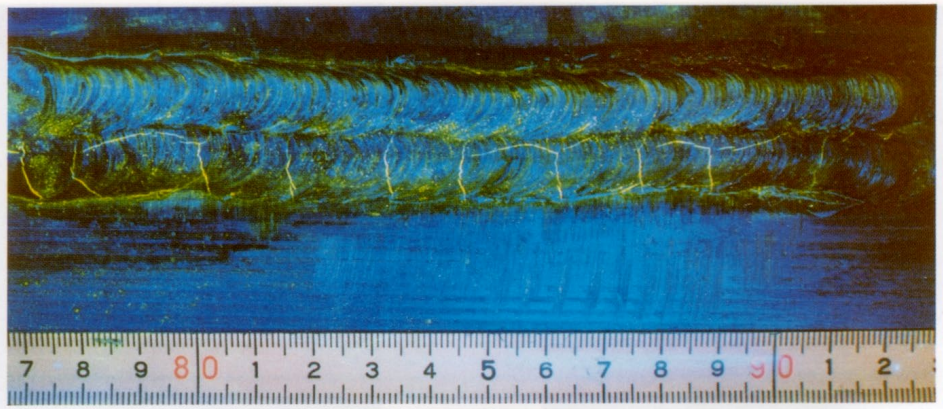


写真１　磁粉探傷試験

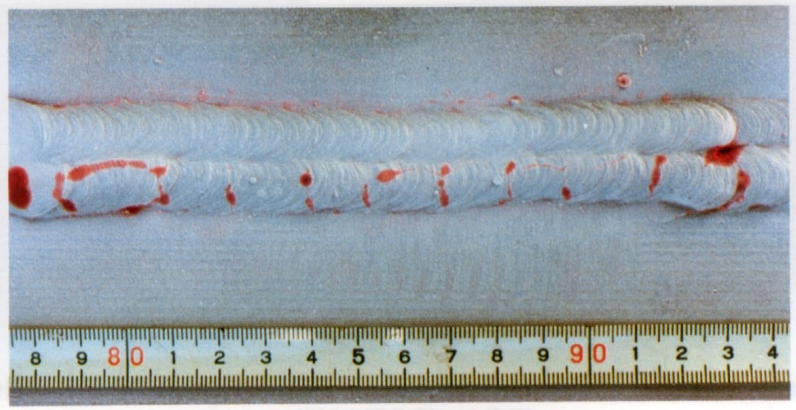


写真２　浸透探傷試験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(d) 非破壊検査

ⅳ) 放射線透過試験（RT）

物質を透過する放射線の強さを利用する。
材料の内部に存在する欠陥で、放射線の進行方向に対し平行に広がる欠陥は検出しやすいが、放射線の進行方向に垂直に広がる欠陥は検出しにくい。

溶け込み不良（内面）写真

溶け込み不良（内面）フィルム

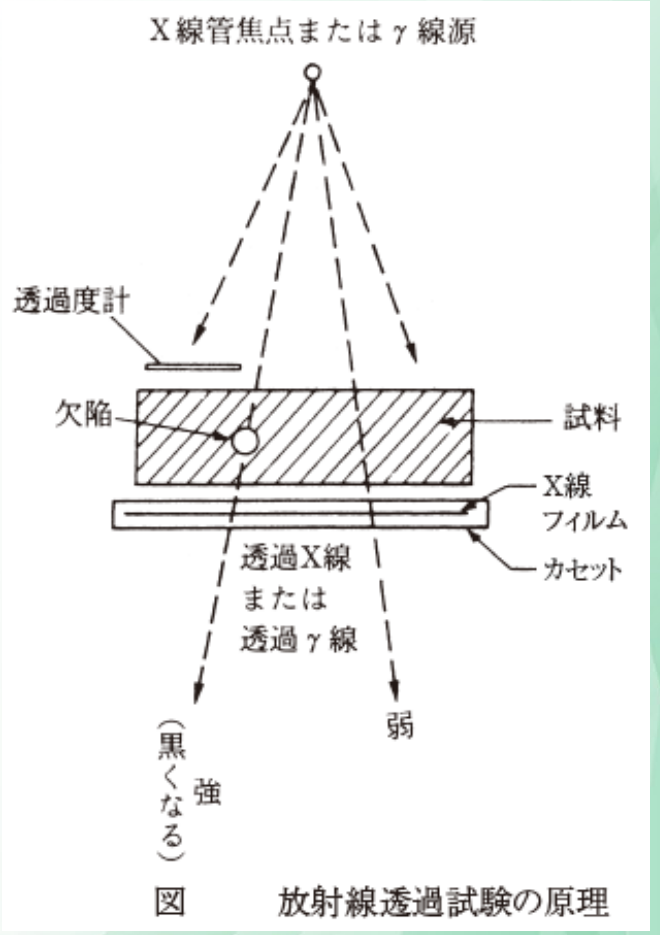


図　放射線透過試験の原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(d) 非破壊検査

v) 超音波探傷試験（UT)

材料内部の傷や凸凹、空洞の有無など材料内部の欠陥を検出。

超音波の進行方向に垂直に広がる欠陥は検出しやすい。

材料中の超音波の減衰から少ないため、厚肉の材料の検査に向いている。

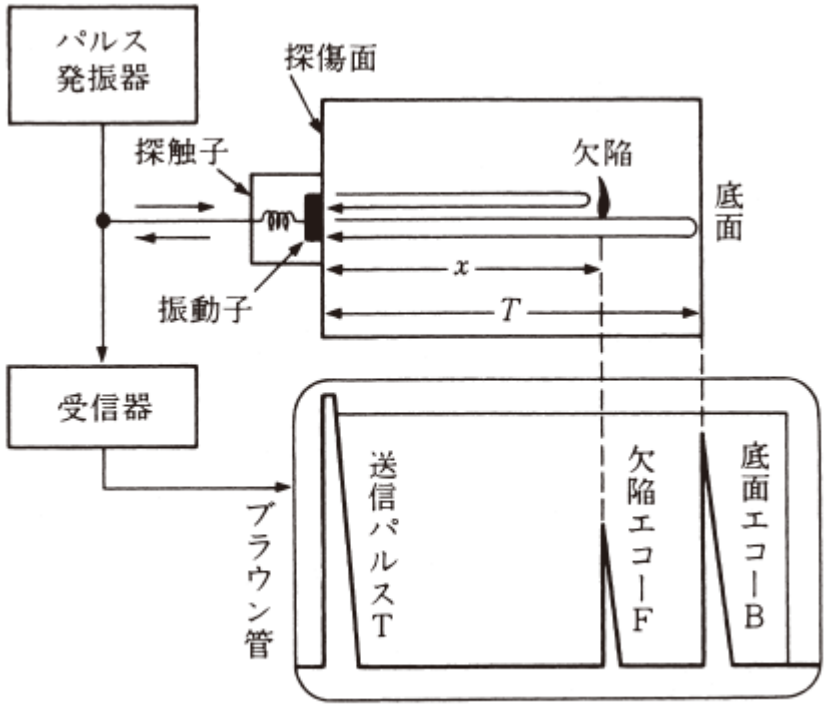
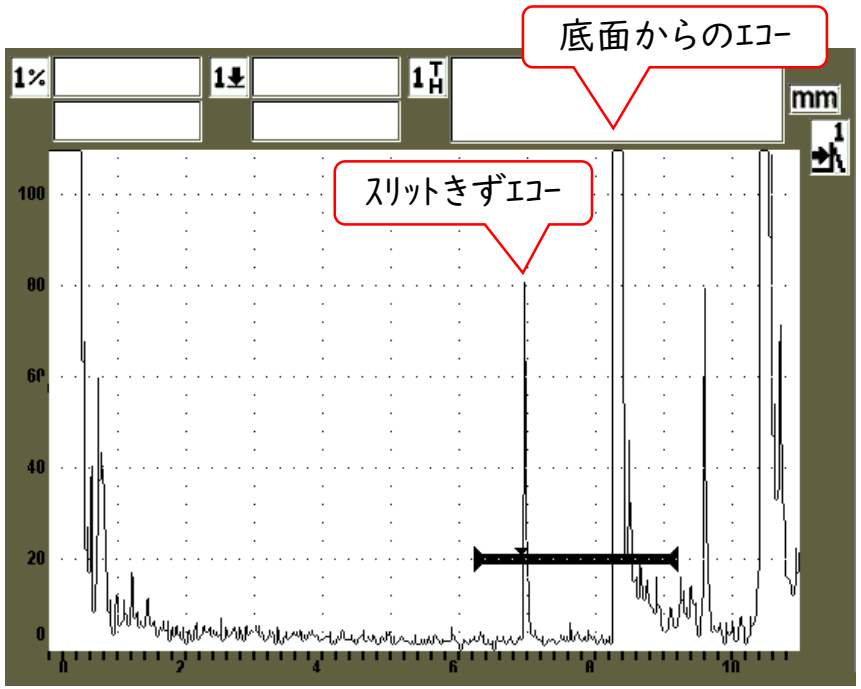


図　超音波探傷試験の原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(d) 非破壊検査

v) 超音波探傷試験 (UT)



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.4 設備修理時の保安

9.4.1 ガスの廃棄とガス置換

(1)ガスの廃棄

(a)残液の回収

圧縮機または液送ポンプにより、他の貯槽、タンクローリなどへほぼ大気圧近くになるまで、できる限り多くのガスを回収する。

(b)残ガスの処理

1)燃焼による処理

フレアースタックまたは、可搬式ガス燃焼装置を用いる。

ガス設備から8m以上離した位置に配置し、逆火防止器、絞り弁などを設ける。

燃焼器から3m以内の接続管には鋼管が望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.4.1　ガスの廃棄とガス置換

2）大気放出による処理

当該貯槽のガス放出管またはガス取出口（ブローロ、均圧口など）の放出口は、貯槽本体の頂部より2mまたは、地盤面から5mの高さのいずれか高い位置以上の高さで、周囲に着火源のない安全な位置とする。

放出したガスの着地濃度が爆発下限界の1/4以下になるよう放出管から徐々に放出する。

気象状況によっては広範囲に着地することもあるので、連絡用機材を準備

残ガス放出中は、監視員は周辺の車両の運行および通行人などに注意して監視する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.4.1　ガスの廃棄とガス置換

(2) 残ガスの置換

(a) 水または不活性ガスによる置換

1) 水によって置換された残ガスは、燃焼または放出によって処理

2) 満水時、耐震強度が不十分な貯槽に水を入れる場合、貯槽倒壊によるLPガス漏えい対策をするか、または水などを満たす時間を最小限にする。

3) 水によって置換が不適切な場合
不活性ガスによって置換する。
この場合も、残ガスは、燃焼または放出によって処理

4) 不活性ガス置換では、排ガス中のLPガス濃度が放出管の開口部から4方位で300mm離れた位置でガス検知を行いLPガス濃度が0.4vol%*以下になったことを確認したとき完了（*：JLPA「LPガスプラント検査技術者必須による。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.4.1 ガスの廃棄とガス置換

(b)空気置換

不活性ガスによる置換が完了した後

引き続き、各元弁およびマンホールカバーを開き、空気置換を実施

人が貯槽内部に入る場合は、必ず実施

1）送風機を用いて貯槽内に十分な空気送入し、内部の不活性ガスを排除する。

2）酸素濃度計で測定

酸素濃度が20 vol%以上になったことを確認したとき完了

＊液石則例示基準では酸素濃度が18～22 vol%になるまで空気による置換を行うことが定められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.4.2 火気使用の場合の注意

（1）火気使用前の措置

1）火気使用責任者を定め、その管理監督に当たらせる。
2）事業所で定めた「火気使用許可」手続きをとり、火気を使用する場所に「火気使用許可証」などを掲示
3）許可された火気以外の、一切の火気使用を禁止。
4）火災発生時における消火方法、連絡方法、避難方法などを全員に周知。
5）仕切板などによる他の設備との縁切りが十分になされていることを確認。
6）使用中の貯槽、配管などが火気使用場所に近接している場合、トタン板、防火シートなどで十分遮へい。特に下部を完全に遮へいする。
7）事業所内排水口、マンホールなどは完全にシール
8）火気使用場所およびその周辺には、引火性、可燃性の物を置かない。
9）消火器、消火用水は直ちに使用できるように用意。
10）火気使用直前にガス検知を行いLPガスの滞留がないことを確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 火気使用中の注意

1) 火気使用場所に「火気使用中」の掲示を行う。
2) 火気使用場所では、適切な散水、水打ちなどを行う。
3) 溶接、溶断などの火花が飛散しないような措置を講ずる。
　高所における火花の落下に対しては受皿、トタン板、防火シートなどにより飛散防止措置を講ずる。
4) 火気使用責任者は、作業中常時監視
　異常を発見した場合は、直ちに作業を中止する。
　ガス検知などを行い、原因を究明して、安全な措置を講じる。
5) 電気溶接をする場合は、被溶接部にアースをとる。
6) 溶接機、発電機、空気圧縮機などの機器にはアースをとり、マフラには金網を取り付ける。
7) 作業中断時および終了時には、工業用ガスなどの元栓を必ず閉じる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.4.3 貯槽内作業の場合の注意

（1）貯槽内作業における主任者の確認事項

1）換気装置、作業用具、保護具が整備されていること

2）貯槽の周囲が安全な状態になっていること

3）貯槽内の空気は、LPガス残存濃度が 0.4 vol%以下

4）貯槽内の空気は、酸素濃度20 vol%※以上

5）LPガスや有毒ガスを発生する残渣、さび、スケールなどがないこと

6）作業開始時には、強制換気装置によって貯槽内の全ての部分の換気を行う。
作業中も継続して換気が可能であること

7）「貯槽内作業中」の掲示を見やすい場所にすること

8）貯槽内の温度上昇を防止する対策が講じられていること

9）作業時間をあらかじめ定め、適度な休憩、水分、塩分の補給が取れるよう計画

※JLPA「LPガスプラント検査技術必須」による。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 貯槽内作業場の注意

1) 単独作業を避け、マンホール付近の貯槽外部に監視員を配置
貯槽内作業員との連絡に当たらせ、周辺の状況の監視を行わせる。

2) 転落の危険が予想される場所においての作業は墜落制止器具などを装着

3) 貯槽内作業中に貯槽内に異常が発生した場合、貯槽外部の監視員は責任者または他の作業員に連絡するまで貯槽に入ってはならない。
貯槽に入る場合は、酸素欠乏症に十分注意

4) 貯槽内の残渣、さび、スケールなどを除去し、換気、ガス検知、酸素濃度測定を行い作業環境を安全に保つ。

5) 作業を中断して再開する場合は、開放時の作業手順を繰り返して行い、安全であることを確認した後に、作業を開始する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.5 緊急時の措置

9.5.2 事故、災害時の応急措置

（1）LPガス漏えい

1）発見者は、大声で人を呼ぶ。
保安統括者または保安係員に至急通報

2）充塡所内の火気を消す。
液送ポンプ、圧縮機など運転停止　緊急遮断弁および貯槽元弁を閉止

3）漏えい箇所を明確にする。
近接バルブを閉止し、漏えい拡大防止措置を講ずる。

4）事業所の自衛消防組織により行動

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5）状況を判断し、関係官庁、地域防災組織などへ通報、応援を求める。
6）タンクローリなど車両はエンジンをかけることを禁止
　状況により、手押しなどの方法により構外へ運び出す。
7）散水装置、防消火設備は直ちに使用できるよう準備
8）漏えいしたガスは、滞留防止、着火防止に努める。
9）液状で漏えいした場合は、下水などへの流出防止措置
10）ガス検知器により、ガスの拡散、滞留状況を検知し、応急措置の目安にする。
11）大量に漏えいしたときは、充塡所周辺の住民に広報
　火気使用停止を要請、周辺道路交通を遮断
　状況により、付近住民、通行人を避難させ、危険地域への立入りを禁止する。
12）現場進入は、風上、風横より行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 地震

1) 直ちに操業を停止する。

2) 緊急遮断弁、貯槽元弁を閉止
　緊急停止ボタンを作動させる。

3) 直ちに施設内の火気を消す。

4) 地震時の状況を的確に把握する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5）状況によって講ずべき対策

①高圧ガス設備からの漏えい、その他施設の異常の有無を確認

②自衛消防組織の確立、各班ごとの活動を開始

③散水設備稼働の用意、消火器の用意

④タンクローリなどは、受払ホースなどを外し
　安全な場所への退避

⑤被害が発生した場合
　前項の措置を講ずる。
　関係官庁へ連絡

⑥その他必要な措置

⑦沿岸立地の場合は、津波情報などに十分注意

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

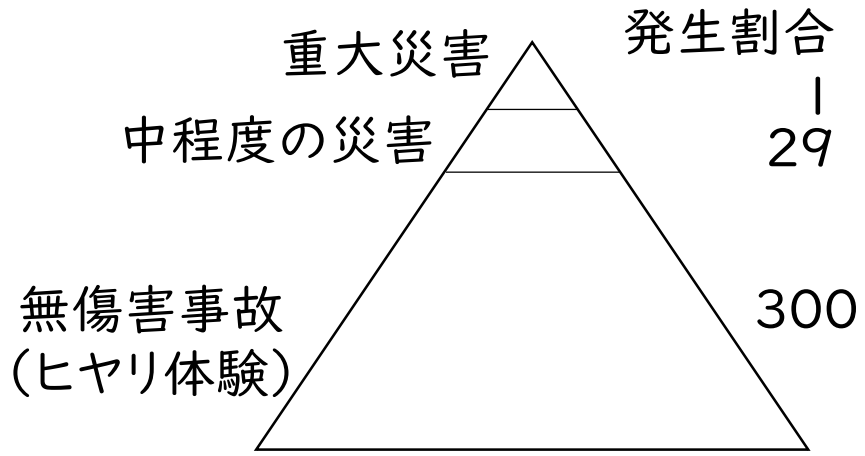
9.6 安全管理

9.6.1 安全管理

（1）ハインリッヒの法則

重大な災害1件当たり、中程度の災害29件 無傷害事故（ヒヤリ体験を含む）300件という比率

これをハインリッヒの法則（1：29：300）という。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.6.2 安全推進手法

（1）リスクマネジメント

1）リスクアセスメント
高圧ガス施設のリスクを認識のため、ハザードを特定し、発生確率と影響（損害の大きさ）からリスクレベルを見積る。

2）リスク対応
リスクの低減
リスクの移転
リスクの回避
リスクの保有

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.6.2 安全推進手法

3）リスクの受容

リスク回避以外は、リスク対応後にもリスクが残留する。
残留するリスクを組織として受け入れることをいう。

4）リスクコミュニケーション

内部と外部に対してリスクの対話と共有を行い、
リスク受容を周囲に理解してもらう。
内部は、企業内関係者
外部は、行政、取引業者、事業所の近隣住民

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.6.2 安全推進手法

(2) ヒヤリ・ハット活動

日常業務で、「ヒヤリ」としたり、「ハット」した危うい経験を報告

全員の経験として注意喚起する活動

ハインリッヒの法則に基づき

小さいうちに事故の芽を摘み重大な事故への誘発を防ぐ

「想定ヒヤリ・ハット」も設備、作業の潜在リスクを見出すために有効

(3) 5S活動

安全は、作業環境や設備が正しく維持管理され本来の機能を発揮できる状態

そのための要因

「整理」「整頓」「清掃」「清潔」「躾」または「習慣」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.6.2 安全推進手法

（4）指差呼称

作業開始前、行おうとしている作業が間違いないことを対象を指で差し、それが正しいことを確認したら「ヨシ!」と大声をだすことで誤作動防止をするために習慣として励行する安全活動

（5）危険予知

作業に際し、潜在的な危険に対して高い感受性を有し、正しい判断のもとに安全に作業を行う能力を開発するため危険予知訓練を行い、日常作業の場において危険予知活動を定着させることで作業員の危険に対する感受性を高める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.6.3 ヒューマンエラー（誤操作）

（1）ヒューマンエラーの発生要因

① 認知のエラー	技術、知識不足　見間違い、聞き違い
② 判断のエラー	考え違い、思い込み
③ 意思決定のエラー	迷い
④ 行動のエラー	技術未熟、勘違い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.6.3 ヒューマンエラー（誤操作）

（2）誤操作防止

いろいろな角度から、ヒューマンファクタを検討し、対策を講じる

（3）信頼性の向上

(a)単純な作業

一定所間ごとの測定記録や点検作業を行い作業に変化をもたせる。

(b)緊急時の作業

日頃から各種ケースを想定した「緊急措置訓練」を実施する。

(c)監視の作業

マン・マシン・インターフェイスに人間工学的対策を考慮し快適な操作性などを確保する。

(d)現場の作業

「指差呼称」は誤操作防止、信頼性向上に有効な手段

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.6.3 ヒューマンエラー（誤操作）

（4）設備上の対策

(a)マン・マシン・インターフェイス

ディスプレイ画面と運転員の配置などは、身体的特性に合わせた構成が必要

(b)機器の配列など

運転中と休止中を間違えるなどのエラー防止策として、

複数の設備がある場合

バルブをブロック化して配置。塗装を変える。表示をする。

ポンプ切り替え時の誤操作

ポンプとスイッチを1対1で対応させて配置

誤接続を起こすような用役設備の配管については用役設備ごとに配管サイズを統一する。

などの対応が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.6.3 ヒューマンエラー（誤操作）

(c)表示・標識など

誤操作防止の対策として

機器類に番号を表示し、操作バルブにタグナンバーを付し、

バルブの開閉方向を表示

バルブ直近の内部流体の名称、流れの方向、行先を表示

常時開、または、常時閉の標示

(d)スイッチ類の保護

緊急停止スイッチなど重要なスイッチには、ダブルアクションによる操作や施錠をするなどし、また安全弁の元弁のハンドルを取り外すなどの措置

(e)警報

音と光を同時に発する。

異常の軽量、緊急度に応じた区分が認識できるようにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

丙種化学液石講習
講習科目：学識

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1高圧ガスの種類

1.1.1　高圧ガスの定義

ある温度において一定以上の圧力をもつ圧縮ガス及び液化ガス

高圧ガスの定義　法第2条より

（1）圧縮ガス（圧縮アセチレンガスを除く）
常用の温度で　1MPa以上　and　現に1MPa以上　or
温度35度で1MPa以上

（2）圧縮アセチレンガス
常用の温度で　0.2MPa以上　and　現に0.2MPa以上　or
温度15度で0.2MPa以上

（3）液化ガス
常用の温度で　0.2MPa以上　and　現に0.2MPa以上　or
温度35度以下で0.2MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.2 状態による分類

（1） 圧縮ガス

水素、酸素、窒素などは、常温において気体。
圧縮されて取り扱われることが多い。

（2） 圧縮アセチレンガス

アセチレンは、それ自体不安定なガス　→　分解して爆発しやすい。
容器に多孔質物を詰め、それに浸透させたアセトンなどの溶剤に溶解させ充塡

（3） 液化ガス

常温において圧縮すれば容易に液化する物質
液化石油ガス（LPガス）、アンモニア、二酸化炭素（炭酸ガス）など
低温で圧縮し液化する低温液化ガス
水素、窒素、塩素など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.3 ガスの性質による分類

燃焼性による分類
（1）可燃性ガス：自ら燃焼するガス
（2）支燃性ガス：可燃性ガスとの混合で、燃焼や爆発を助ける性質
（3）不燃性ガス：自ら燃焼することがなく、燃焼を助けることもないガス

生理学的な性質による分類
（1）毒性ガス：人体に機能障害（中毒）などを起こさせるガス
（2）単純窒息性ガス：直接人体に機能障害（中毒）などを起こさせないが、
　空気中に多量に混入すると酸素欠乏による窒息を起こすガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.4 高圧ガスの分類

状態による分類

圧縮ガス		水素、酸素、窒素、メタン、アルゴンなど
液化ガス	（常温）	アンモニア、LPガス、二酸化炭素、塩素、液化アンモニアなど
	（深冷）	液化酸素、液化窒素、液化天然ガス、液化エチレンなど
溶解ガス		アセチレン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1.4 高圧ガスの分類

燃焼性による分類

可燃性ガス	水素、メタン、一酸化炭素、アセチレン、プロパン、ブタンなど
支燃性ガス	空気、酸素、オゾン、塩素など
不燃性ガス	窒素、アルゴン、ヘリウム、二酸化炭素（炭酸ガス）など

生理学的性質による分類

毒性ガス	塩素、二酸化硫黄、一酸化炭素、酸化エチレン、アンモニアなど
単純窒息性ガス	窒素、水素、メタン、エタン、プロパン、ブタンなど

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 化学の基礎知識

1.2.1 分子と原子

（1）分子と原子

分子を構成する単位となる粒子を原子という。
物質の成分としてみる場合、これを元素という。
「一定の基準によって定めた元素の原子の質量」を原子量という。
「一定の基準」とは、質量数12の炭素原子「 C 」を基準に相対質量として定めた。

物質としての性質をもって、1個の独立の粒子として行動すると考えられる最小の粒子を分子という。
物質は、分子の集合体。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.2.1　分子と原子

（2）単体と化合物

ⅰ）単体　1種類の元素からできている物質
酸素 O_2 、水素 H_2 、窒素 N_2

ⅱ）化合物　2種類以上の元素からできている物質
水 H_2O 、食塩 $NaCl$ 、エチルアルコール C_2H_5OH 、二酸化炭素 CO_2

ⅲ）混合物　2種類以上の物質が単に混じりあったもの
空気 $O_2 + N_2$ 、　食塩水　$NaCl + H_2O$
ガソリンなど石油製品もすべて混合物

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 原子量、分子量、物質量

（1） 原子量

「一定の基準によって定めた元素の原子の質量」を原子量という。

「一定の基準」とは、質量数12の炭素原子「C」を基準に相対質量として定めた。

元素名	元素記号	原子量	取扱原子量
水素	H	1.008	1
炭素	C	12.011	12
窒素	N	14.007	14
酸素	O	15.999	16

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 原子量、分子量、物質量

（2）分子式と分子量

（a）分子式

分子の組成を表すには、成分元素の記号を用い、1分子中に含まれる原子の種類と数を示した分子式を用いる。

原子の種類は、元素記号を用いて示し、その分子に含まれる原子の数の数値を添字で示す。

水の分子（水素2 原子と酸素1 原子）→H_2O

プロパン（炭素3原子と水素8原子）→C_3H_8

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 原子量、分子量、物質量

（b） 分子量

分子の大きさを示す尺度として相対的質量である分子量が用いられる。

分子量は、その分子を構成する原子の原子量の和に等しい。

例えば、プロパンの分子C_3H_8は、炭素原子3に水素原子8であるから、

$(12\times3)+(1\times8)=44$

ブタンの分子C_4H_{10}は、炭素原子4に水素原子10であるから、

$(12\times4)+(1\times10)=58$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 原子量、分子量、物質量

（3） 物質量

炭素原子の12g中に含まれる原子の数（アボガドロ数6.02×10^{23}）と同じ数の単位粒子を含む物質量を1mol（モル）と定義する。
すなわち、物質の分子量に（g）をつけた質量の分子を1モル(mol)という。

プロパン　C_3H_8　1molは、44g
水素　　H_2　　1molは、 2g

空気は、窒素78% 酸素21%の混合物（アルゴンなどを無視した場合）
したがって $N_2=14g\times2=28g$　$O_2=16g\times2=32g$
$28g\times78\%(0.78)+32g\times21\%(0.21)=28.29g$
空気　　Air　1molは、約29g

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 原子量、分子量、物質量

（4） アボカドロの法則
気体1molが占める体積は、アボカドロの法則で表される。

すべての気体1molは、標準状態（0℃、101.325kPa）でおよそ22.4Lの体積を占める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 原子量、分子量、物質量

〈例題 1〉　5 kg の液状のプロパンが蒸発してガスになった。このガスは標準状態でおよそ何 L の体積になるか。アボガドロの法則を用いて計算せよ。

〈解〉　5 kg のプロパンの物質量を求める。プロパン 1 mol の質量は 44 g であるから、

$$5000\ \mathrm{g} \div 44\ \mathrm{g/mol} \fallingdotseq 113.6\ \mathrm{mol}$$

したがって、題意のガス状のプロパンが占める体積は、

$$22.4\ \mathrm{L/mol} \times 113.6\ \mathrm{mol} = 2545\ \mathrm{L} \fallingdotseq 2550\ \mathrm{L}$$

答　2550 L

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 原子量、分子量、物質量

〈例題 2〉　標準状態で 3360 L の体積を占めるガス状のブタンの質量はいくらか。アボガドロの法則を用いて計算せよ。

〈解〉　ガス状のブタンの物質量を求める。ブタン 1 mol は標準状態でおよそ 22.4 L の体積を占めるから、

$$3360\ \mathrm{L} \div 22.4\ \mathrm{L/mol} = 150\ \mathrm{mol}$$

ブタン 1 mol の質量は 58 g であるから、求める質量は、

$$58\ \mathrm{g/mol} \times 150\ \mathrm{mol} = 8700\ \mathrm{g}$$

答　8700 g（または 8.7 kg）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.2 原子量、分子量、物質量

〈例題 3〉　標準状態で 448 L の体積を占めるプロパンとブタンの混合ガスがある。混合ガスの質量が 950 g であったとき、この混合ガスに含まれるプロパンとブタンの物質量は、それぞれおよそいくらか。

〈解〉　混合ガスの物質量を求める。混合ガスであってもアボガドロの法則は成り立つため、

$$448\ \mathrm{L} \div 22.4\ \mathrm{L/mol} = 20\ \mathrm{mol}$$

ここでプロパンの物質量を x〔mol〕とすると、ブタンの物質量は $20 - x$ と表すことができる。プロパン 1 mol の質量は 44 g、ブタン 1 mol の質量は 58 g であるから、

$$44\ \mathrm{g/mol} \times x + 58\ \mathrm{g/mol} \times (20 - x) = 950\ \mathrm{g}$$

これを解くと $x = 15$ となり、したがってプロパンの物質量は 15 mol である。

またブタンの物質量は、$20 - x = 5$ mol となる。

答　プロパン 15 mol、ブタン 5 mol

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2.3 化学反応式

水素2mol と 酸素1mol が化合すると、水2mol が生成する。
この化学変化を分子式を使って次のように表す。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

分子式を使った化学変化を表した式を化学反応式という。
分子式の前に付く数字を係数といい、それぞれの物質の物質量を示している。
化学反応式では、反応物質の質量の総和と生成物質の質量の総和は等しい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3　気体の一般的性質

1.3.1　温度と圧力

（1）　国際単位系（SI）

国際単位系とは、世界的に統一された単位系。

7個の基本単位と、これらを組み合わせ作られた組立単位で構成されている。

基本単位

長さ	質量	時間	電流	温度	光度	物質量
メートル	キログラム	秒	アンペア	ケルビン	カンデラ	モル
m	Kg	s	A	K	cd	mol

（参考）組立単位：N(ニュートン)、Pa(パスカル)　、J（ジュール）、W（ワット）など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1 温度と圧力

大きな数値や小さな数値をわかりやすくするための呼称として、SI接頭語がある。

M（メガ）	10^{6}（1,000,000）
k（キロ）	10^{3}（1,000）
c（センチ）	10^{-2}（1/100）
m（ミリ）	10^{-3}（1/1,000）
μ（マイクロ）	10^{-6}（1/1,000,000）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

（2）温度

熱力学温度（絶対温度）（量記号 T、単位記号K）

熱力学温度は、熱力学に基づいて定義された温度で、絶対零度は0 ケルビン（K）である。気体の温度、圧力、体積の変化を計算するときには、セルシウス温度ではなく熱力学温度を用いる必要がある。

セルシウス温度（摂氏温度）（量記号 t、単位記号℃）

セルシウス温度の目盛を決める標準となる0℃（標準大気圧のもとで純水の氷と純水が共存する温度）と100℃（標準大気圧のもとで純水が沸騰する温度）の間を百等分して1℃の目盛としている。

セルシウス温度を t（℃）、絶対温度を T（K）とすると、セルシウス温度と絶対温度の関係は、次のとおりとなる。

$$\text{セルシウス温度} t = \text{熱力学温度} T - 273$$（絶対零度−273℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

〈例題 4〉　温度に関する次の各問に答えよ。

イ．0 ℃は熱力学温度でいくらか。

ロ．－ 70 ℃は熱力学温度でいくらか。

ハ．300 K はセルシウス温度でいくらか。

〈解〉　上記の（1.1）式の関係を用いて換算する。

イ．0 ℃……$t = 0$ であるから、熱力学温度で示すと、$T = 0 + 273 = 273$ K

ロ．－ 70 ℃……$t = -70$ であるから、熱力学温度で示すと、

$T = (-70) + 273 = 203$ K

ハ．300 K を換算するには、（1.1）式を変形して、$t = T - 273$ によって求める。

したがって、$t = 300 - 273 = 27$ ℃

答　イ．273 K　ロ．203 K　ハ．27 ℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

(3) 圧力

圧力の単位

面に垂直に作用する力を圧力と呼び、単位面積当たりの強さを単位とする。

$$1Pa = 1N(ニュートン) / m^2 = 1kg \times 1m / s^2$$

圧力 (N／m^2) ＝力の大きさ (N) ／力を受ける面積 (m^2)

$$Pa = N/m^2 = 1kg / (m \cdot s^2)$$

$1m^2$当たり1Nの力が働いている。

	Pa=N/m^2	hPa／mbar	kPa	MPa=N/mm^2
Pa=N／m^2	1	100	1,000	1,000,000
hPa／mbar	0.01	1	10	10,000
kPa	0.001	0.1	1	1,000
MPa=N/mm^2	0.000001	0.001	0.001	1

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1 温度と圧力

(a) 大気圧とその表し方

地球を取り囲んでいる空気の重量によっておこる圧力が大気圧

大気圧（ゲージ圧力0（ゼロ））：

標準状態　1気圧atm　760mmHg　0.1013 MPa

水銀柱Hgによる大気圧の実験をトリチェリの実験という。

atm	Pa	kg/cm^2	mmH_2O	mmHg
1	101325	1.03323	10,332.3	760
9.869×10^{-6}	1	1.0197×10^{-5}	0.10197	7.501×10^{-3}

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

（b）液体の示す圧力

ガスの場合、密閉された容器の中のガスがその壁面に及ぼす力を圧力として取り扱う。
圧縮ガスの場合は、充塡量に比例して圧力が増加するが、液化ガスの場合は、充塡量にかかわりなく、その液化ガスの温度による固有の飽和蒸気圧力を示す。
液体の体積を収縮させるためには、大きな力が必要である。
密閉した容器に水を充満させ、少量の水を送り込むと圧力が急上昇する。
これを利用し、耐圧試験には水が使用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

（c）ゲージ圧力と絶対圧力

通常、圧力計で測る圧力は、大気圧を0とした圧力

・・・　ゲージ圧力

実際には、大気圧があるので、実際の圧力は圧力計で測った圧力より、大気圧だけ大きいことになる。

・・・　絶対圧力

大気圧：1atm(absolute)=0.1013 MPa(absolute)
→ゲージ圧力：0 MPa(gauge)

絶対圧力 ＝ 大気圧（0.1013MPa） ＋ ゲージ圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

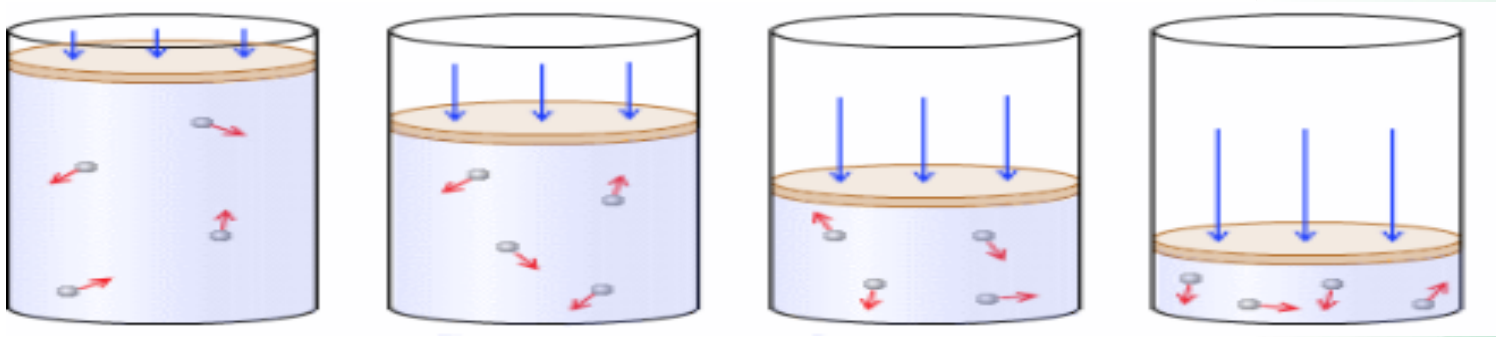
（4）ボイルの法則

一定量の気体の体積Vは、温度一定では、その絶対圧力pに反比例する。

$$pV = k(一定)$$

この法則を別の表現で表すと、温度と質量が一定の気体を状態1から状態2へ変更させるとき、

「$p_1V_1 = p_2V_2$ が成り立つ」となる。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

（5）シャルルの法則

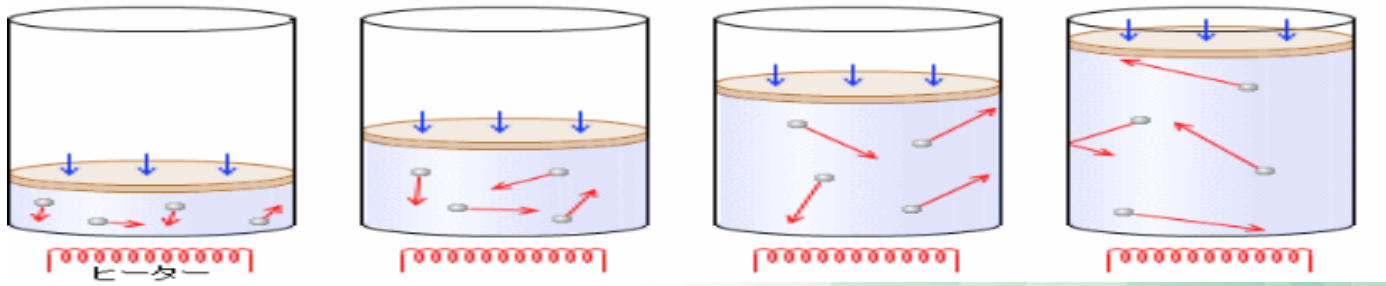
一定量の気体の体積Vは、圧力が一定では、その熱力学温度Tに比例する。

$$\frac{V}{T} = R(一定)$$

（一定量の気体の体積は、一定圧力のもとで温度が1℃上昇するごとに0℃のときの体積の $\frac{1}{273}$ ずつ」増加する。）

圧力と質量が一定の気体を状態1から状態2へ変化させるとき、下記の式が成り立つ。

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

（6）ボイルーシャルルの法則

一定量の気体の体積Vは、絶対圧力pに反比例し、熱力学温度Tに比例する。

一定量の気体を状態1から状態2へ変化させるとき、

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad 、 \quad \frac{pV}{T} = 一定$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

（7）理想気体の状態方程式

気体1molの場合、1molの気体の体積を　v(m^3/mol)、絶対圧力をp(Pa)、
絶対温度をT(K)、一定値をRとすると、　　$pv=RT$　・・・(1)
物質量n(mol)の気体は、$v=V/n$であるから、　　$pV=nRT$・・・(2)

(1)の式より、アボカドロの法則から、一定値Rを求めると、

$R=pv/T$=101325 Pa×0.0224 m^3/mol ／(273K) ≒ 8.31J/(mol･K)

このRを気体定数といい、気体定数は、気体の種類に無関係な定数である。
(1)(2)の式を、理想気体の状態方程式という

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

〈例題 5〉　内容積 47 m^3 の LP ガス貯槽の気密試験を行うために窒素を圧入し、その圧力を 1.0 MPa（ゲージ圧力）まで上げて放置した。このときの貯槽内のガス温度は 5 ℃であったが、その後直射日光のために温度が上昇し、圧力が 1.1 MPa（ゲージ圧力）となったとすれば、貯槽内の窒素の温度はおよそいくらになったか計算せよ。ただし、窒素は理想気体とし、この貯槽の内容積の変化はなく、漏えいはないものとする。

〈解〉　ボイル-シャルルの法則を表す（1.6）式を用いて温度を求める。

（1.6）式、$\dfrac{p_1 V_1}{T_1} = \dfrac{p_2 V_2}{T_2}$　において、

圧力はゲージ圧力であるから、これを絶対圧力に換算すると、

$p_1 = 1.0\,\mathrm{MPa} + 0.1013\,\mathrm{MPa} = 1.1013\,\mathrm{MPa}$

$p_2 = 1.1\,\mathrm{MPa} + 0.1013\,\mathrm{MPa} = 1.2013\,\mathrm{MPa}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

〈解〉続き

温度はセルシウス温度であるから、これを熱力学温度に換算すると、

$$T_1 = (5 + 273)\ \mathrm{K} = 278\ \mathrm{K}$$

容器の内容積つまり窒素の占める体積は変わらないから、

$$V_1 = V_2 = 47\ \mathrm{m}^3$$

T_2 を求める窒素の熱力学温度として、これらの値を（1.6）式に代入すれば、

$$\frac{1.1013 \times 47}{278} = \frac{1.2013 \times 47}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{1.2013 \times 47 \times 278}{1.1013 \times 47} \fallingdotseq 303\ \mathrm{K}$$

これを℃の単位に換算すると、　$303 - 273 = 30\ ℃$

答　30 ℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

〈例題 6〉　50 kg 型容器（内容積 118 L）に規定どおり充塡されたプロパンを消費した。27 ℃で残圧が 0.3 MPa（ゲージ圧力）であったとすれば消費したプロパンはおよそ何 kg か。理想気体として計算せよ。

〈解〉　27 ℃で残圧が 0.3 MPa（ゲージ圧力）であるということは、圧力が飽和蒸気圧以下であるから、残ったプロパンは全部ガス状である（飽和蒸気圧については、この章の 1.6.8 参照）。

最初に、容器内の残ガスの標準状態における体積を求め、次に、ガス状のプロパン 1 mol は標準状態でおよそ 22.4 L の体積を占め、その質量は 44 g であることを利用して、ガスの体積を質量に換算して答を求める。

①　残ガスの体積を求める。

(1.6) 式、$\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}$　に次の値を代入して V_1 を求める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

〈解〉続き

p_1 ＝ 0.1013 MPa（絶対圧力）　V_1 ＝求める残ガスの標準状態における体積〔L〕

T_1 ＝ 273 K　p_2 ＝ 0.3 MPa ＋ 0.1013 MPa ＝ 0.4013 MPa（絶対圧力）

V_2 ＝ 118 L（50 kg 型容器の内容積）　T_2 ＝（27 ＋ 273）K ＝ 300 K

$$\frac{0.1013 \times V_1}{273} = \frac{0.4013 \times 118}{300}$$

$$V_1 = \frac{0.4013 \times 118 \times 273}{300 \times 0.1013} \fallingdotseq 425\ \mathrm{L}$$

②　残ガスの質量から消費したLPガスの質量を求める。

標準状態で 425 L であるプロパンの質量は、

$$\frac{425\ \mathrm{L}}{22.4\ \mathrm{L}} \times 44\ \mathrm{g} = 835\ \mathrm{g} \fallingdotseq 0.84\ \mathrm{kg}$$

消費したプロパンの質量＝ 50 kg − 0.84 kg ＝ 49.16 kg

答　49.16 kg

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.1　温度と圧力

〈例題 6〉　は理想気体の状態方程式を用いて解くこともできる。

〈別解〉　まず消費後に容器内に残ったプロパンの物質量を求める。容器内の残圧を絶対圧力で表すと、

$$0.3 + 0.1013 = 0.4013\ \mathrm{MPa}$$

理想気体の状態方程式（1.9）式により、

$$n = \frac{0.4013 \times 10^6\ \mathrm{Pa} \times 0.118\ \mathrm{m}^3}{8.31\ \mathrm{J/(mol \cdot K)} \times 300\ \mathrm{K}} = 19.0\ \mathrm{mol}$$

容器内に残ったプロパンの質量は、

$$19.0\ \mathrm{mol} \times 44\ \mathrm{g/mol} = 836\ \mathrm{g} \fallingdotseq 0.84\ \mathrm{kg}$$

したがって、消費したプロパンの質量は、

$$50 - 0.84 = 49.16\ \mathrm{kg}$$

答　49.16 kg

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.3.1　温度と圧力

〈例題 7〉　内容積 47 L の容器に酸素 6.0 kg を充填した。この容器内のガス温度が 25 ℃であるとき、容器内の圧力（ゲージ圧力）はおよそいくらか。理想気体として計算せよ。なお、容器内の酸素はすべてガス状であり、容器からの漏えいはないものとする。

〈解〉　充填された酸素の物質量を求める。酸素の分子量は 32 なので、

$$n = 6000/32 = 187.5 \text{ mol}$$

理想気体の状態方程式（(1.9) 式）より、圧力（絶対圧力）を求める。

$$p = \frac{187.5 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J/(mol·K)} \times 298 \text{ K}}{0.047 \text{ m}^3} = 9.88 \times 10^6 \text{ Pa} = 9.88 \text{ MPa}$$

これをゲージ圧力に換算すると、

$$9.88 - 0.10 = 9.78 \text{ MPa}$$

答　9.78 MPa（ゲージ圧力）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 熱量と比熱

（1）熱量

物質の温度を上げたり下げたりするのに、熱を加えたり取り去る必要がある。
この熱量の単位としてジュール（Ｊ）が用いられる。
熱量ジュール（J）は、物体に力を加えて移動させる仕事に必要なエネルギーの量を表す単位。
1Jは、1Nの力が物体に作用して1mの距離を動かすときの仕事量であると定義される。

1J ＝ 1N･m

エネルギーの換算式

1J ＝ 1W･s　1kJ ＝ 1kW･s

・1J ＝1W･s　1kW･h ＝1000 W×3600 s ＝ 3,600,000J ＝ 3.6 MJ
・1kW･h ＝ 860 kcal（1cal ＝ 4.184 J）
・1MJ=860/3.6 kcal

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 熱量と比熱

（2）比熱

（a）比熱とその単位

単位質量の物質の温度を単位温度（通常1K）だけ上げるのに必要な熱量をその物質の比熱容量（比熱）という。

1kgの物質の温度を1Kあげるのに1Jの熱量を必要とした場合、その比熱は、

1J/（kg･K）

水は比熱が大きい　熱しにくく冷めにくい　　4.2kJ/（kg･K）

一般的に、固体＜液体

物質	比熱（kJ/(kg･K)：標準大気圧
アルミナ（25℃）	0.775
鉄（25℃）	0.447
銅（25℃）	0.385
水（25℃）	4.175

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 熱量と比熱

（2）比熱

（b）定容比熱・定圧比熱

気体は、温度変化で体積、圧力が変化する　定容比熱<定圧比熱がある。

定容比熱（c_v）：気体の体積を一定に保つ時の比熱

定圧比熱（c_p）：気体の圧力を一定に保つ時の比熱

標準大気圧における値　単位：kJ/（kg・K）

物質	定圧比熱（c_p）	定容比熱（c_v）
プロパン	1.67	1.48
n−ブタン	1.66	1.51
イソブタン	1.67	1.52
空気	1.01	0.72

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 熱量と比熱

〈例題 8〉　温度 15 ℃の水 200 kg を入れた浴槽に LP ガス用ふろがまを取り付け、1 時間で水温を 45 ℃になるまで加熱するには、LP ガスの消費量はおよそ何 kg/h 必要か。ただし、LP ガスの発熱量は 50 MJ/kg、水の比熱は 4.18 kJ/(kg·K)、ふろがまの熱効率は 60 %とする。

〈解〉　① 水の温度を 15 ℃から 45 ℃に上昇させるのに必要な熱量を求める。

水の比熱は 4.18 kJ/(kg·K) であり、このことは、水 1 kg の温度を 1 ℃上げるのに、4.18 kJ の熱量を必要とすることを表している。

したがって、水 200 kg の温度を (45 − 15) ℃〔K〕上げるのに必要な熱量を Q_0〔kJ〕とすると、

$$Q_0 = 200\,\text{kg} \times (45 - 15)\,\text{K} \times 4.18\,\text{kJ/(kg·K)}$$

$$= 25080\,\text{kJ}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.3.2 熱量と比熱

〈解〉続き

② ふろがまに供給すべき熱量を求める。

ふろがまの熱効率は 60 %である。このことは、ふろがまに供給すべき熱量の 60 %が水の温度上昇に役立つことを示している。ふろがまに供給すべき熱量を Q〔kJ〕とすると、

$$Q \times 0.6 = Q_0 = 25080\ \text{kJ} \qquad \therefore \quad Q = 25080\ \text{kJ} \div 0.6 = 41800\ \text{kJ}$$

③ LP ガス消費量を求める。

LP ガスの発熱量は 50 MJ/kg（50000 kJ/kg）であるから、41800 kJ の熱量を発生させる LP ガスの質量は、

$$41800\ \text{kJ} \div 50000\ \text{kJ/kg} = 0.84\ \text{kg}$$

この質量の LP ガスは、1 時間で消費されなければならないから、LP ガスの消費量はおよそ 0.84 kg/h である。

答　0.84 kg/h

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3.2 熱量と比熱

（3）熱による固体、液体の膨張

気体の体積の変化はボイルーシャルルの法則で求めることができる。

圧力が一定であれば、気体は、1℃に対し1/273ずつ増加する。

すなわち、1÷273=0.00366

熱による膨張は、一般的に：固体＜液体＜気体

液体のプロパンの体膨張率は、0.00422 で、非常に大きい。

表 20℃付近における体膨張率

水	0.20×10^{-3}／℃
アルコール	1.12×10^{-3}／℃
プロパン(液体)	4.22×10^{-3}／℃

液体のプロパンの体膨張率は、**水の20倍**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 液化石油ガス（LPガス）

1.4.1 液化石油ガスの定義と規格

（1）高圧法
炭素数が3の炭化水素：プロパン、プロピレンなど
炭素数が4の炭化水素：ブタン、ブチレンなど
主成分とするもの ： 液化石油ガス

（2）液石法における規格
プロパン、ブタン、プロピレンを主成分とするガスを液化したもの
液化石油ガスは、供給設備に腐食を生ずるおそれがある濃度以上の水銀を含有してはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4.2 炭化水素

炭化水素 ： 炭素原子と水素原子から構成されている化合物
分子中の炭素原子数 5以下 ： 低級炭化水素

メタン　CH_4　　エタン　C_2H_6　　エチレン　C_2H_4
プロパン　C_3H_8　　プロピレン　C_3H_6
ブタン　C_4H_{10}

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5 炭化水素の一般的性質

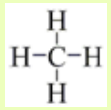
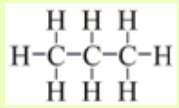
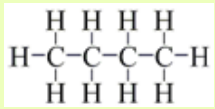
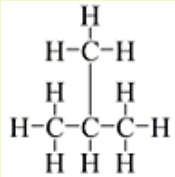
1.5.1 原子価

水素原子何個と結合しているか　　原子価

塩化水素 HCl → Cl：1価　　水 H_2O → O_2：2価

アンモニア NH_3 → N：3価　　メタンCH_4 → C：4価

1.5.2 構造式

	メタン	プロパン	ノルマルブタン	イソブタン
分子式	CH_4	C_3H_8	C_4H_{10}	C_4H_{10}
構造式				

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.3 異性体

炭化水素には、分子式は同じであっても炭素の結合状態によって異なる性質を示すものがある。このようなものを互いに異性体であるという。

ブタンには、炭素と炭素の結合状態が異なる2種類の異性体が存在する。
n－ブタンとイソブタンとでは、分子構造が異なるだけでなく、物理的性質や化学的性質も異な る。

	n－ブタン	イソ－ブタン
沸点	－0.5℃	－11.7 ℃
飽和蒸気圧(40℃)	0.38 MPa	0.53 MPa
水和物	生成しない	生成する。

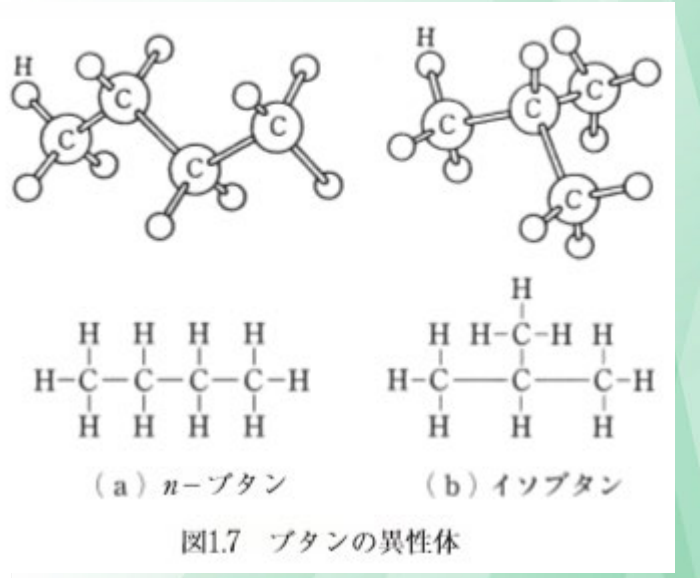


図1.7　ブタンの異性体

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.4 飽和結合と不飽和結合

●飽和結合（単結合）：隣り合う炭化水素が互いに1つの手（価標）で結合
飽和結合である炭化水素を飽和炭化水素という。
例：メタンCH_4　エタンC_2H_6　プロパンC_3H_8　ブタンC_4H_{10}　ペンタンC_5H_{12}　など

●不飽和結合：結合が不安定な状態であり、炭素と炭素の結合が飽和された状態にない結合
不飽和結合をもつ炭化水素を不飽和炭化水素という。

二重結合：2つの手で互いに結合しているもの
例：エチレンC_2H_4、プロピレンC_3H_6、など

三重結合：3つの手で互いに結合しているもの
例：アセチレンC_2H_2

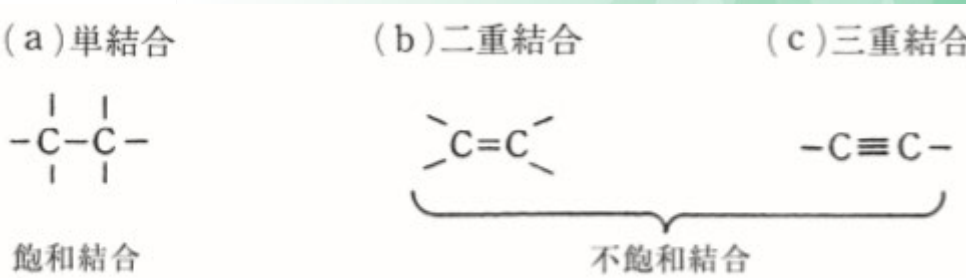


図1.8　構造式による結合の表し方

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.5 アルカンと一般的性質

アルカン(メタン系炭化水素)→飽和結合 C_nH_{2n+2} （nは1、2、3、4、…などの整数）
→メタン（CH_4）、エタン（C_2H_6）、プロパン（C_3H_8）、ブタン（C_4H_{10}）など

（1）異性体
炭素原子数が4以上になると異性体が存在する。
n－ブタンとイソブタンはこの例である。

（2）性　質
炭素原子数nが4以下のもの（C_3H_8など）→常温・常圧で気体
nが 5以上15までのもの→一般に液体
nが16以上のもの→一般に固体（パラフィンといわれる。）
水には極めて微量しか溶解しない。化学的にも極めて安定。常温でアルカリ類、硫酸、硝酸などに作用されない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.6 アルケンと一般的性質

アルケン(エチレン系炭化水素)→不飽和結合 C_nH_{2n} （nは2、3、4、…などの整数）
→エチレン（C_2H_4）、プロピレン（C_3H_6）、ブテン（ブチレン）（C_4H_8）など
→この系列の炭化水素は、分子内に二重結合を1つもっている。

（1）異性体
二重結合があるため、アルカンに比べて異性体の数が多くなる。

（2）性　質
水にはごく微量しか溶けない。
不飽和の二重結合をもっているので付加反応を起こしやすい。
同種あるいは他の種類のアルケンなどと結合して、分子量の大きな化合物を生成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5.7 その他の炭化水素

(1)アルキン（アセチレン系炭化水素）
→不飽和結合 C_nH_{2n-2} （nは2、3、4、…などの整数）
→アセチレン（C_2H_2）など
→分子内に三重結合を1つもっている

アセチレンの性質：アセトンに溶解する。
高圧にすると少しの衝撃でも分解爆発を起こす危険性が高い。
爆発範囲が広い（2.5～100 vol%、常温、大気圧、空気中）。
高圧容器 の内部に多孔質物を詰め、これにアセトンなどを浸み込ませた上、アセチレンを溶解充塡する方法 がとられている。

(2)ジエン
(3)芳香族炭化水素
} テキストを参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6 LPガスの性状

1.6.1 LPガスの一般的な性質

1）常温常圧で気体
常温で、比較的低い圧力で液化（10 ～ 15℃　1MPa（ゲージ圧力）以下で液化）

2）純粋なものは無色無臭
安全面から着臭
高圧ガス保安法では、
空気中混合比率が体積で1/1000でにおいを感知できるよう着臭（工業用以外）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.2 ガス密度

ガス密度：気体の単位体積当たりの質量をいう。

単位は、g／L　または、kg／m^3

モル質量(g／mol)÷22.4L／mol

プロパンC_3H_8のモル質量は、44g／mol

44g／mol÷22.4L／mol ＝ 1.96 g／L

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.2 ガス密度

〈例題 9〉　液状のプロパンが気化した場合、その密度は標準状態で約 2 kg/m^3 である。この値を計算で求めよ。

〈解〉　プロパン（C_3H_8）1 mol は 44 g である。

気体 1 mol は標準状態でおよそ 22.4 L の体積を占める。

したがって、密度は次のように求められる。

$$44\ \mathrm{g} \div 22.4\ \mathrm{L} = 1.96\ \mathrm{g/L} = 1.96\ \mathrm{kg/m^3}$$

この値を小数 1 位で四捨五入すれば、密度は約 2 kg/m^3 となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.2 ガス密度

〈例題 10〉プロパン 10 kg とブタン 5 kg とを混合した LP ガスの標準状態におけるガス密度はおよそ何 kg/m^3 か。

〈解〉　ガス状のプロパン 10 kg およびガス状のブタン 5 kg が標準状態で占める体積を求め、これを用いて密度を計算する。

標準状態においては、プロパン 44 kg はおよそ 22.4 m^3 の体積を占めるから、10 kg のプロパンが占める体積は、

$$22.4\ \mathrm{m^3} \times \frac{10\ \mathrm{kg}}{44\ \mathrm{kg}} = 5.09\ \mathrm{m^3}$$

同様にしてブタン 5 kg が占める体積は、

$$22.4\ \mathrm{m^3} \times \frac{5\ \mathrm{kg}}{58\ \mathrm{kg}} = 1.93\ \mathrm{m^3}$$

したがって、設問の混合ガスの全体積は、両者の体積を加えることによって得られる。

$$5.09\ \mathrm{m^3} + 1.93\ \mathrm{m^3} = 7.02\ \mathrm{m^3}$$

混合ガスの質量は、10 kg + 5 kg = 15 kg であるから、求める密度は次の値になる。

$$15\ \mathrm{kg} \div 7.02\ \mathrm{m^3} = 2.14\ \mathrm{kg/m^3}$$

（注）プロパン 1 mol の質量 44 g を 1000 倍すれば 44 kg となり、その占める体積は 22.4 L を 1000 倍して 22.4 m^3 となる。

答　2.14 kg/m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.3 ガスの比体積

ガスの比体積：ガス密度の逆数（気体の単位質量当たりの体積）

22.4L／mol ÷ モル質量(g／mol)

単位は　L／g　または、 ㎥／kg

22.4L／mol ÷ 44g／mol ＝ 0.51L／g

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.3 ガスの比体積

〈**例題 11**〉〈例題 9〉によって、ガス状のプロパンの標準状態における比体積を求めよ。

〈**解**〉　プロパン 1 mol の質量は 44 g であり、標準状態においておよそ 22.4 L の体積を占めることから、求める比体積は、

$$22.4\,\mathrm{L} \div 44\,\mathrm{g} \fallingdotseq 0.5\,\mathrm{L/g} = 0.5\,\mathrm{m^3/kg}$$

（注）ガス状のプロパンの密度が 2 kg/m³ であることを知っていれば、この逆数を計算すればよい。

$$\frac{1}{2\,\mathrm{kg/m^3}} = 0.5\,\mathrm{m^3/kg}$$

答　0.5 m³/kg

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.4 ガスの比重

ガスの比重とは、
ある気体と同体積の空気との標準状態（0℃、0.1013MPa）における質量比をいう。
平均分子量29の空気より、重い（＞1）か軽い（＜1）か。
プロパンC_3H_8（モル質量：44g／mol）のガスの比重は、
44g／mol ÷ 29g／mol ≒ 1.5
したがって、空気より重い。

表　乾燥空気の組成

成分		体積割合[%]
窒素	N_2	78.084
酸素	O_2	20.9476
アルゴン	Ar	0.934
二酸化炭素	CO_2	0.0314

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.4 ガスの比重

〈例題 12〉標準状態におけるブタンのガスの比重はいくらか。

〈解〉　標準状態において、ブタン 22.4 L の質量は 58 g であり、同じ条件の空気の質量は 29 g であるから、求めるガスの比重は、

$$58\ \mathrm{g} \div 29\ \mathrm{g} = 2.0$$

答　2

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.5 液密度と液比重

（1）液密度

液体の単位体積当たりの質量で、物質により異なる。

単位は kg／L 、kg／m^3など　プロパン:0.51kg／L　ブタン:0.58kg／L

（2）液比重

ある液体の密度とこれと同じ単位で表された4 ℃の水の密度との比をいう。

水は、1kg／L（4 ℃）

液比重は無単位で表す。　プロパン 0.51　ブタン 0.58

液比重 ＝ 液密度（kg/Lで表したときと、数値的に等しい。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.5 液密度と液比重

(3) 温度変化による液密度・液比体積の変化
プロパンの液密度
20℃:0.5 kg/L　　60℃:0.426 kg/L
液密度は、温度が上昇すると小さくなる。

プロパンの液の比体積は、液密度の逆数
15℃:1.97 L/kg　　60℃:2.34 L/kg
液の比体積は、温度が上昇すると大きくなる。

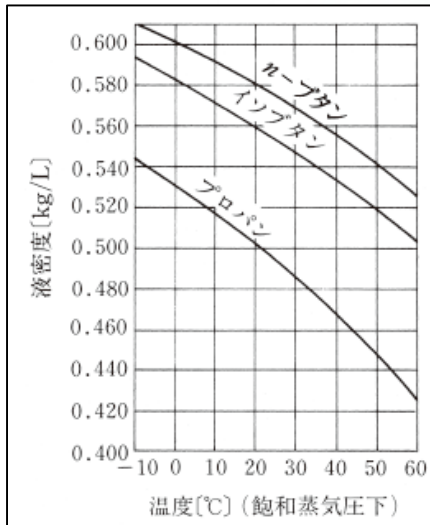


図1.13　プロパン、ブタンの液密度

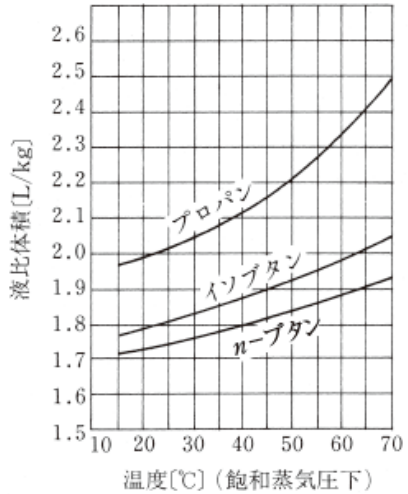


図1.14　プロパン、ブタンの液比体積

(4) 容器に充塡されたLPガスの占める体積と温度の関係
LPガス容器の必要内容積
内容積　V=C×G
V=内容積 L　C=2.35（液化プロパンの定数）　G=質量 kg

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.5 液密度と液比重

内容積118 Lの容器に液化石油ガスを充塡した場合、

G = V/C = 118/2.35 = 50.2 kg

プロパン、15℃の液の比体積は、1.97 L/kgであるから、50.2 kgの液化プロパンの占める体積は、

50.2 kg×1.97 L/kg = 98.9 L

内容積から、気体のプロパンが占める内容積は、

118 L − 98.9 L = 19.1 L

この液体のプロパンが容器に充満する場合の比体積を考えると、

118 L÷50 kg=2.36 L/kg

約60℃で、充満することになる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.5 液密度と液比重

〈例題 13〉内容積 120 L の LP ガス容器に 50 kg の液化プロパンを充塡した。この容器内が液状のプロパンで充満する温度は約何℃になるか。図 1.14 を用いて答えよ。

〈解〉　容器内が液状のプロパンで充満したときのプロパンの液比体積を求めると、

$$120\ \mathrm{L} \div 50\ \mathrm{kg} = 2.4\ \mathrm{L/kg}$$

図 1.14 から、プロパンの液比体積が 2.4 L/kg になる温度を読み取ると、約 65 ℃となる。

答　約 65 ℃

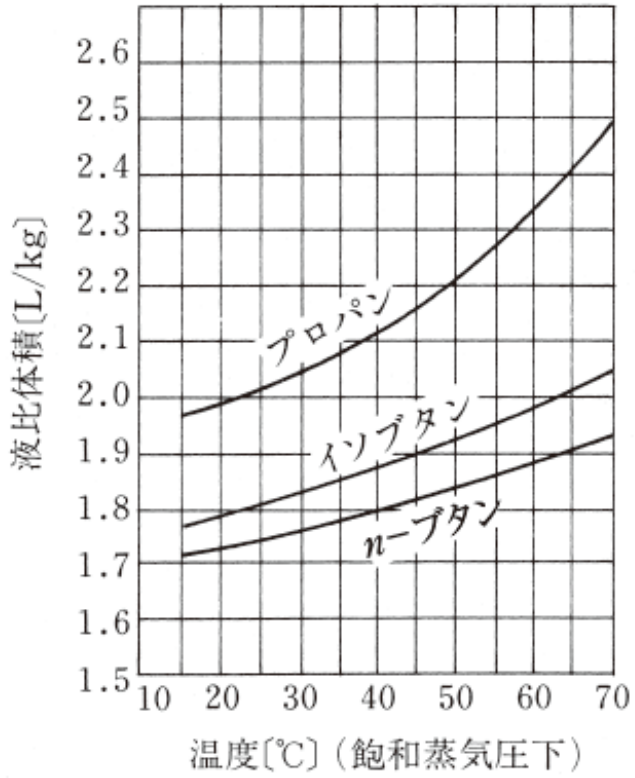


図1.14　プロパン、ブタンの液比体積

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.6 混合ガスの組成

2種類以上のガスが混合された混合ガスの組成の表示には、次の3通りがある。

$$\text{モル\%} = \frac{\text{ある成分の物質量}}{\text{混合ガス全体の物質量}} \times 100\,(\text{mol\%})$$

$$\text{体積\%} = \frac{\text{ある成分の体積}}{\text{混合ガス全体の体積}} \times 100\,(\text{vol\%})$$

$$\text{質量\%} = \frac{\text{ある成分の質量}}{\text{混合ガス全体の質量}} \times 100\,(\text{wt\%})$$

気体の場合、そのモル%と体積%は等しくなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.6 混合ガスの組成

〈例題 14〉あるLPガス(気体)の分析値がモル%で次の値であった。これを体積%、質量%で示せ。

プロパン　80 mol%　　ブ タ ン　20 mol%

〈解〉　(イ)　体積%を求める。

いま、この混合ガス 100 mol を考えると、題意の値から、プロパン 80 mol、ブタン 20 mol が混合していることになる。標準状態において、各ガス 1 mol はおよそ 22.4 L の体積を占めるから、それぞれの体積は、

プロパン　22.4 L/mol × 80 mol = 1792 L

ブ タ ン　22.4 L/mol × 20 mol = 448 L

したがって、ガスの全体積は次の値となる。

全体積〔L〕= 1792 L + 448 L = 2240 L

前記②により、各成分ガスの体積%は次のようになる。

プロパン　$\frac{1792\ \mathrm{L}}{2240\ \mathrm{L}} \times 100 = 80\ \mathrm{vol\%}$　　ブ タ ン　$\frac{448\ \mathrm{L}}{2240\ \mathrm{L}} \times 100 = 20\ \mathrm{vol\%}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.6 混合ガスの組成

〈解〉続き

（ロ）　質量％を求める。

各成分ガス 1 mol の質量は次の値である。

プロパン（C_3H_8）　44 g　　ブタン（C_4H_{10}）　58 g

混合ガス 100 mol 中の各ガスの質量を求めると、

プロパン　44 g/mol × 80 mol ＝ 3520 g　　ブタン　58 g/mol × 20 mol ＝ 1160 g

したがって、ガスの全質量は次の値となる。

全質量〔g〕＝ 3520 g ＋ 1160 g ＝ 4680 g

前記③により、各成分ガスの質量％は次のようになる。

プロパン　$\dfrac{3520\,\text{g}}{4680\,\text{g}} \times 100 = 75.2\,\text{wt\%}$　　ブタン　$\dfrac{1160\,\text{g}}{4680\,\text{g}} \times 100 = 24.8\,\text{wt\%}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.7 顕熱と潜熱ー蒸発熱

物質に熱を与えると 温度は上昇、また、熱を取り去ると 温度は下がる。
この物質の温度変化に関する熱を顕熱という。
これに対して、氷が水になったり水が水蒸気になるなどの物質の状態変化（相変化）だけに必要な熱を潜熱という。

液体が気体になる変化を蒸発という。
蒸発に必要な潜熱を蒸発熱(気化熱)という。

一般に蒸発熱は、沸点における数値で示される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.8 飽和蒸気圧

密閉した容器に液化ガスを入れると、その液体の一部は、蒸発して、液体が占める以外の空間を満たす。
しかし、容器内がある圧力に達すると、蒸発はなくなり、容器内は、液体と気体の平衡状態となる。このときの圧力を飽和蒸気圧という。
飽和蒸気圧は、物質によって異なり、同一物質の飽和蒸気圧は、温度が一定であれば、その液の多少にかかわらず一定である。
温度の上昇で、飽和蒸気圧の値は大きくなり、温度の低下で、その値は小さくなるが、物質により異なり、規則性はない。

プロパン・n-ブタンの蒸気圧（ゲージ圧力）

温度（℃）		0	10	20	30	40
飽和蒸気圧（MPa）	プロパン	0.37	0.53	0.73	0.97	1.25
	n-ブタン	0.002	0.05	0.11	0.18	0.28

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.8 飽和蒸気圧

(2) (a)ラウールの法則

混合液体において、各成分の蒸気圧（分圧）は、それらの成分が単独に存在するときの飽和蒸気圧と混合液体中におけるそれらの成分のモル分率との積にそれぞれ等しい。

例えば、

プロパン70mol%　n−ブタン30mol%　の混合液体　LPガスにおいて、30℃における飽和蒸気圧をラウールの法則によって求めることができる。

30℃における飽和蒸気圧は、プロパン　0.97　MPa（ゲージ圧力）ブタン　0.18MPa（ゲージ圧力）とすれば、

(0.97+0.101) MPa × 0.70 ＝ 0.750 MPa

(0.18+0.101) MPa × 0.30 ＝ 0.0843 MPa

したがって、このLPガスの飽和蒸気圧は、

0.750 MPa ＋ 0.0843 MPa ＝ 0.834 MPa（絶対圧力）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.8 飽和蒸気圧

表 1.10　プロパン、n－ブタンの飽和蒸気圧（ゲージ圧力）

温　度〔℃〕		0	10	20	30	40
飽和蒸気圧	プロパン	0.37	0.53	0.73	0.97	1.25
〔MPa〕	n－ブタン	0.002	0.047	0.11	0.18	0.28

〈例題 16〉プロパンと n－ブタンからなる LP ガスの 20 ℃における飽和蒸気圧を求めよ。ただし、液体中のプロパンは 80 mol%、n－ブタンは 20 mol%とし、単一成分の飽和蒸気圧は表 1.10 に示す値によるものとする。

〈解〉　上記の（1.13）式において、次の値を代入して π を求める

表 1.10 の値を絶対圧力に換算する。ただし、大気圧は近似的に 0.10 MPa

$p_p = 0.73 + 0.10 = 0.83$ MPa（絶対圧力）

$p_b = 0.11 + 0.10 = 0.21$ MPa（絶対圧力）

$$\pi = p_p \frac{x}{100} + p_b\left(1 - \frac{x}{100}\right) \text{〔MPa〕} \cdots (1.13)$$

（1.13）式における x は 80 mol%であるから、

$\frac{x}{100} = \frac{80}{100} = 0.8$ であり、$\left(1 - \frac{x}{100}\right) = \left(1 - \frac{80}{100}\right) = 0.2$ である。

したがって、$\pi = 0.83 \times 0.8 + 0.21 \times 0.2 = 0.71$ MPa（絶対圧力）

$\pi = 0.61$ MPa（ゲージ圧力）

答　0.61 MPa（ゲージ圧力）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.8 飽和蒸気圧

4 成分の場合の計算例

〈例題 18〉エタン、プロピレン、プロパン、*n*－ブタンからなる LP ガスの 20 ℃における飽和蒸気圧を求めよ。ただし、エタンは 2 mol %、プロピレンは 20 mol %、プロパンは 40 mol %とし、エタン、プロピレンの 20 ℃における飽和蒸気圧はそれぞれ 3.77 MPa（絶対圧力）、1.04 MPa（絶対圧力）とし、プロパン、*n*－ブタンの飽和蒸気圧は表 1.10 によるものとする。

〈解〉　〈例題 16〉に準じ、2 成分を 4 成分として計算すればよい。なお、*n*－ブタンの mol %はエタン、プロピレンおよびプロパンの mol %を 100 %から差し引いて求めることができる。

$$\pi = 3.77 \times \frac{2}{100} + 1.04 \times \frac{20}{100} + 0.83 \times \frac{40}{100} + 0.21 \times \left(1 - \frac{2+20+40}{100}\right)$$

$$= 0.70 \text{ MPa（絶対圧力）}$$

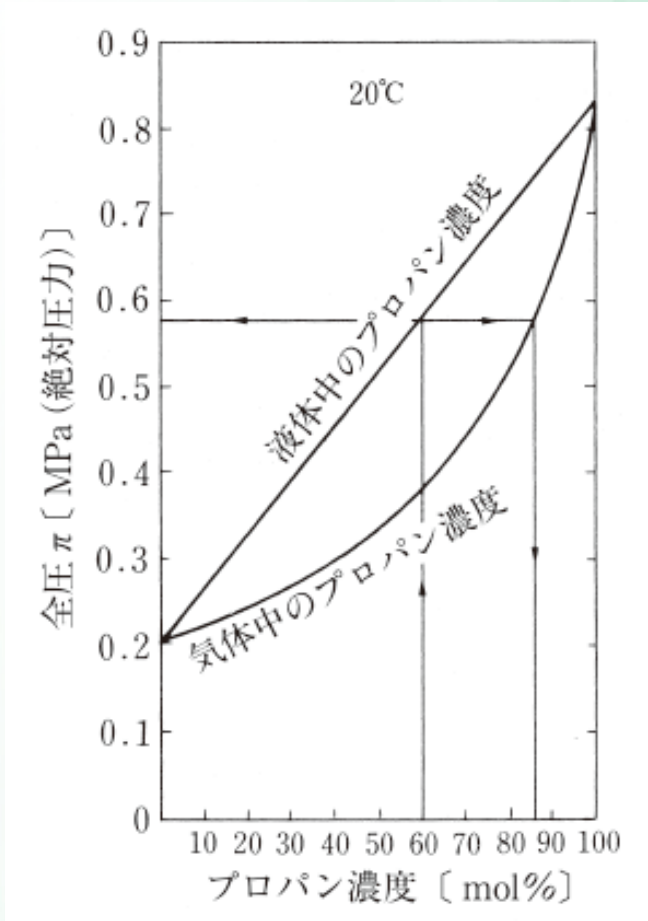
$$\fallingdotseq 0.60 \text{ MPa（ゲージ圧力）}$$

答　0.60 MPa（ゲージ圧力）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.9　容器内におけるLPガスの組成変化

LPガスを自然気化で使用すると、低沸点成分のプロパンのほうが高沸点成分のブタンより気化しやすい。
よって、ガス中のプロパンの濃度は、残液中のそれより高い。
残液は次第にプロパン濃度が低くなる。このため、組成変化、比重変化、発熱量の変化が発生する。
長時間連続して消費を続けると、気化熱を液自体から奪うため、液温が低下し、飽和蒸気圧は低下する。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.10 沸騰と沸点

液体の表面だけではなく、液体内部からも蒸発が起こる現象を沸騰といい、このときの温度を沸点という。
蒸気圧は、温度の上昇とともに上昇し、それが液面に作用する圧力と等しくなると、内部に気泡が発生し、沸騰が起こる。
液面に作用する圧力が標準大気圧のときを標準沸点という。
沸点は、液面に作用する圧力によって変わる。
　→水の沸点は、標準大気圧では、100℃であるが、富士山頂では沸点が90℃

1）炭素原子が多いほど沸点は高い傾向がある。
プロパンC_3H_8　沸点　−42℃（標準大気圧）
n−ブタンC_4H_{10}　沸点　−0.5℃（標準大気圧）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.10 沸騰と沸点

2）異性体間では、直鎖状炭化水素の沸点は、分岐した（側鎖上）炭化水素の沸点より高い。

n－ブタン　C_4H_{10}　沸点　－0.5℃（標準大気圧）
イソブタン　C_4H_{10}　沸点　－12℃（標準大気圧）

1.6.11 露点

水蒸気を含んだ大気の温度が低下すると、ある温度で、水蒸気が飽和状態になり、水蒸気の一部が凝縮し、容器壁面などに露（水滴）を結ぶようになる。
このときの温度を露点という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6.12 LPガス中の水分

LPガスに含まれる微量の水分が、氷または、固体水和物となって、調整器のノズルを閉塞することがある。これを調整器の内部凍結現象という。

この現象は、LPガスが調整器を通過する際に、調整器の温度が、容器・貯槽の温度より約5℃低くなっていると起こりやすく、冬季、春先など、気温の変化が大きい季節に起こりやすい。

防止対策としては、LPガス中にエタノールを添加することが有効とされている。

しかし、これは、LPガスに含まれる微量水分に関しての対策であり、流通過程においての水分混入を極力減らす必要がある。また、多量の水分混入可能性がある容器検査所などにおいては、容器内部の乾燥に十分配慮が必要。

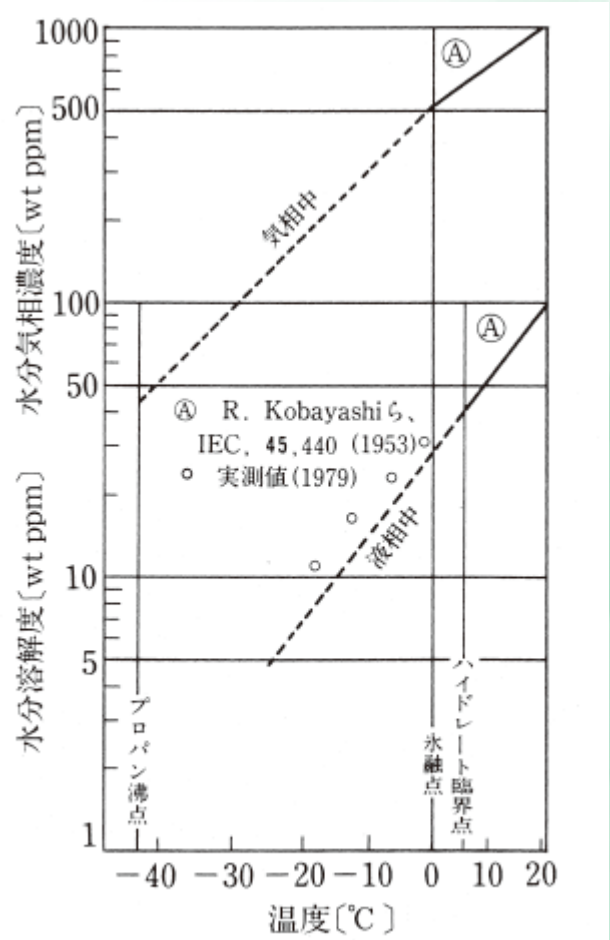


図1.20　プロパンと水の気液平衡関係

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.7 液化ガスの状態図

1.7.3　臨界点

・気相と液相の間に相転移が起こりうる温度および圧力の限界を臨界点といい、そのときの温度　を臨界温度、圧力を臨界圧力という。
・臨界温度以下で圧力を加えることで、液化する。
・臨界温度以上では、どのような高圧をかけても液化しない。
・プロパン、ブタンともに、臨界温度は常温よりも高く、常温で圧力を加えると容易に液化できる。
・液化天然ガスの主成分メタンは、臨界温度が低いため、超低温下による液化が必要となる。（ジュールートムソン効果・膨張機の利用）

	臨界温度	臨界圧力
プロパン	96.7℃	4.3MPa
n－ブタン	152℃	3.8MPa
メタン	－82.6℃	4.6MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8 LPガスの燃焼特性

燃焼の定義：燃焼とは 熱と光の発生を伴う化学反応で、酸化反応である。
燃焼の三要素　ⅰ）可燃物　ⅱ）支燃性ガス　ⅲ）着火源

爆発は、圧力が急激に発生または解放されたとき、
→大きな音ともにガスが激しく膨張する現象
物理的爆発　高圧容器の破裂など
化学的爆発　激しい燃焼反応など

火炎の伝ぱ速度が音速を超えて広がる爆発 → 爆ごう

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.1 ガスの燃焼

管の中に、可燃性ガスと空気の混合物（混合気）を入れ、 一端で、点火すると、火炎は他端に向かって伝ぱする。
火炎伝ぱの方向と、逆の方向に火炎伝ぱする速度と同じ速度で混合気を流せば、火炎伝ぱをある位置で、停止させることが可能である。

ガスの燃焼は、バーナーを使用して、炎口で火炎を安定させて燃焼

ガス流速が速くなると火炎が長くなり、
さらに、ガス流速を速くすると火炎は吹き消えを起こす。
ガス流速が遅くなると、火炎は短くなり、逆火を起こす。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.2 ガス爆発の種類

1）混合ガス爆発
可燃性ガスと空気、酸素などの支燃性ガスの混合物の爆発

2）蒸気雲爆発
大量の可燃性ガスが空気中に放出され、ガスや蒸気が拡散した状態で発火すると爆発する。ファイアボールを伴うことが多い。

3）蒸気爆発（BLEVE※）
加圧下で、貯蔵されているLPガスの貯槽や容器が破裂により急激に内圧が解放
→ 激しい沸騰が起こり爆発的に蒸発

※ Boilig Liquid Expanding Vapor Explosion の略

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.3 発火点と引火点

1) 発火点
着火源がなくても燃焼し始める温度を発火点（発火温度）という。
プロパン：450℃　　n－ブタン：372℃
ガソリン：210～300℃

2) 引火点
液体や固体を加熱した場合に、火炎を近づけると燃焼し始める温度を引火点という。
プロパン　－104℃　　n－ブタン　－60℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.4 爆発範囲（燃焼範囲）・最小発火エネルギー

（1）爆発範囲

爆発範囲（燃焼範囲）とは、一般に空気中において燃焼することができる可燃性ガスの濃度範囲

可燃性ガスの濃度が爆発範囲外では燃焼しない。

爆発範囲の低いほうの値を下限界、高いほうの値を上限界という。

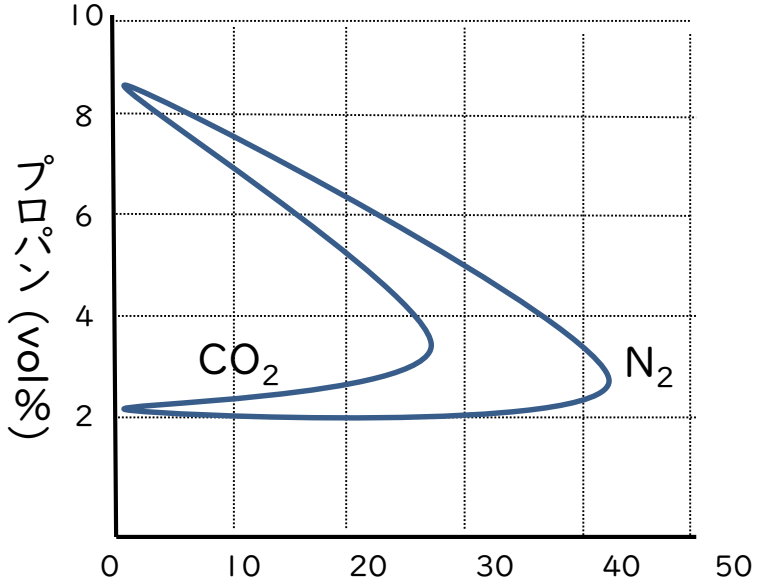
表　常温、大気圧の空気中における爆発範囲

爆発範囲	下限界（vol%）	上限界（vol%）
水素	4.0	75.0
メタン	5.0	15.0
プロピレン	2.0	11.1
プロパン	2.1	9.5
ブタン	1.8	8.4

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.4 爆発範囲（燃焼範囲）・最小発火エネルギー

（2）不活性ガスの添加による爆発・燃焼の抑制



プロパン―不活性ガス―空気混合気体の燃焼範囲
（大気圧　25℃）

不活性ガスを加えることにより、その割合が大きくなるにつれて爆発範囲は狭くなる。
窒素より二酸化炭素のほうが、少ない量で、爆発範囲外となる。

窒素N_2の濃度(vol%)が多くなるほど、可燃範囲が狭くなり、プロパン3vol%、$N_2$42vol%で上限界と、下限界が一致する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.4 爆発範囲（燃焼範囲）・最小発火エネルギー

（3）最小発火（着火・点火）エネルギー
燃焼範囲内の可燃性混合ガスに火花が飛んだときに発火が起こる最低エネルギーを最小発火エネルギーという。

小さな電気火花に相当するエネルギーでは、1気圧の空気中において、
水素の場合0.02mJ（ミリジュール）
プロパン、ブタンにあっては、その値は、約0.25mJ

（4）爆ごう
化学的な爆発の一種で、火炎の伝ぱ速度が、音速を超えて広がるものを爆ごうという。
超音速のため、火炎の前面に衝撃波を伴う。
衝撃波は破壊力が大きく、爆ごうが発生すると、被害が著しく大きい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.4 爆発範囲（燃焼範囲）・最小発火エネルギー

表　爆ごうと燃焼の特性の比較

特性	爆ごう	燃焼
伝ぱ速度	約1km/s～3km/s	約0.3m/s～100m/s
波面圧力	1MPa～5MPa	ほぼ一定
波面温度	1400℃～4000℃	1200℃～3500℃

表　爆ごう範囲（常温、大気圧、空気中vol%）

ガス名	下限界	上限界
メタン	6.5	12
プロパン	2.6	7.4
ブタン	2.0	6.2
アセチレン	4.2	50
水素	18.0	59

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.4 爆発範囲（燃焼範囲）・最小発火エネルギー

（5）(b)爆風の影響

爆風は、爆発や爆ごうで、周囲に広がる圧力波であり、爆ごうの場合は、衝撃波と、衝撃波が減退して音波となったものの両方を爆風と呼ぶ。

爆風の到達とともに急激に圧力が立ち上がり、最大圧に達した後、圧力が低下する。： 大気圧に戻る途中で一度負圧になることが多い。

爆発事故でガラスなどの破片が中心方向に飛散するのは負圧の発生によるもの

最大圧は、爆心から距離が離れると急激に低下 ： 最大圧と距離の間には一定の関係

↓

可燃性ガスの貯槽などの保安距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

(1) 燃焼が起こるための条件

1) 可燃性ガスと空気または酸素との混合割合が爆発範囲内

2) そのガスが、一定以上の温度または、発火エネルギーがあること

(2) 燃焼方程式

$$C + O_2 = CO_2 + 394kJ$$

炭素が燃焼する現象を式で書き表したものである。
炭素1molと酸素1molが化合して二酸化炭素1molと394kJの熱量が発生する。
これを燃焼方程式という。

可燃性ガスが完全燃焼したときに発生する熱量 ： 発熱量（燃焼熱）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

(3) 総発熱量と真発熱量

$$C + O_2 = CO_2 + 394kJ$$

この発熱量は、単位量の可燃性ガスが、大気圧下で、燃焼の始めと終わりの温度がともに25℃となる場合の発熱量
この場合、水を生成しないが、炭化水素の燃焼では水が生成する。
水は気体で、温度が25℃になる過程で、凝縮液化し、凝縮熱を放出する。

凝縮熱(潜熱)を含む発熱量 ： 総発熱量
凝縮熱(潜熱)を含まない発熱量 ： 真発熱量

(4) 完全燃焼と不完全燃焼

酸素が十分なときの燃焼・・・生成物質は安定…これ以上酸化反応しない：
完全燃焼
完全燃焼に必要な最少の酸素量：理論酸素量　空気換算量：理論空気量
酸素が不十分なときの燃焼・・・さらに燃焼(酸化)する物質を生成 ：
不完全燃焼

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

(5) プロパン、*n*－ブタンの燃焼

(a)プロパンの燃焼

プロパンの燃焼方程式

$$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O + 2219kJ$$

1) 1molのC_3H_8 を完全燃焼させるためには、5molの酸素が必要
結果、3molのCO_2と4molのH_2Oが生成し、2219kJ熱量を発生

2) プロパン1molの完全燃焼に必要な理論空気量は、
酸素5molは、5mol×22.4L/mol=112L
空気中の酸素21%　必要な空気量は、
112L÷(21%/100%)=533.3L
533.3L÷22.4L=23.8倍
プロパンの体積に対し、完全燃焼に必要な理論空気量は約24倍となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

3）プロパンの発熱量

1molのC_3H_8 つまり、44g、または、22.4L（標準状態）を燃焼させると、2219kJの熱量を発生する。

1kgを燃焼させると、

2219kJ×（1000g÷44g）＝50432kJ ≒ 50MJ

1m³（1000L）を燃焼させた場合、

2219kJ×（1000L÷22.4L）＝99063kJ ≒ 99MJ

（b）*n*－ブタンの燃焼

1）生成物および発熱量は、プロパンに準じて考えればよい。

2）理論酸素量は、$6\frac{1}{2}$molであり、理論空気量は、31倍の体積が必要になる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

3）ブタンの発熱量

1molのC_4H_{10} つまり、58g、または、22.4L（標準状態）を燃焼させると、2878kJの熱量を発生する。

1kgを燃焼させると、

2878kJ×（1000g÷58g）＝49621kJ ≒ 50MJ

1m^3（1000L）を燃焼させた場合、

2878kJ×（1000L÷22.4L）＝128482kJ ≒ 128MJ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

〈例題19〉　混合ガスの発熱量

n－ブタン30 vol%、プロパン40 vol%、エタン30 vol%組成のLPガスの発熱量はいくらか。ただし、発熱量をそれぞれ128MJ/m^3、99MJ/m^3、70MJ/m^3とする。

〈解〉 この混合ガスの体積を1m^3として考えると、

n－ブタン0.3m^3　プロパン0.4m^3　エタン0.3m^3となるから

n－ブタン	128 MJ/m^3	×	0.3 m^3	＝ 38.4 MJ
プロパン	99 MJ/m^3	×	0.4 m^3	＝ 39.6 MJ
エタン	70 MJ/m^3	×	0.3 m^3	＝ 21.0 MJ

合計　99.0 MJ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

〈例題20〉 ガス状のプロパンガス1 m^3を完全燃焼させると何 m^3の二酸化炭素が生成するか。

$$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O + 2219kJ$$

〈解〉 プロパンガス 1molを完全燃焼させると3molの二酸化炭素が生成する。
すべてのガス 1molは、22.4Lの体積を占める。
したがって、二酸化炭素は、3 m^3生成する。　　答　3 m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

〈例題21〉ガス状のプロパンガス1kgを完全燃焼させると何kgの水が生成するか。

〈解〉プロパンガス1mol（44g）を完全燃焼させると4molの水が生成する。
水1molは、18g　4molは、72g　1kgのプロパンガスは、約22.7molなので、
72g × 22.7 ≒ 1634g ≒ 1.6kg

答　1.6 kg

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

〈例題 22〉 間口、奥行きがそれぞれ 4 m、高さが 2.5 m の密閉された室に、次の質量のガス状のプロパンと空気を均一に混合した常温、大気圧の気体がある。常温、大気圧下において、爆発の危険があるものはどれか。

イ．500 g　ロ．1 kg　ハ．2.5 kg　ニ．6 kg

〈解〉　室内の空気と均一に混合したガス状のプロパンの体積％を求め、この値が爆発範囲内（2.1 ～ 9.5 vol％）にあるものを選べばよい。ここでは、標準状態の体積で計算することとする。密閉された室内にプロパンが常温、大気圧下で空気と均一に混合されているのであるから、室内のガス量は、室の容積と同一であることを考慮する必要がある。

室の容積……4 m × 4 m × 2.5 m ＝ 40 m^3（40000 L）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.8.5 完全燃焼と不完全燃焼

〈解〉続き

イ．（×）　500 g のプロパンのガス量……　(500 g ÷ 44 g) × 22.4 L ＝ 255 L

プロパンの混合ガス中の体積％……　(255 L ÷ 40000 L) × 100 ％ ＝ 0.6 ％

ロ．（×）　1 kg のプロパンのガス量……　(1000 g ÷ 44 g) × 22.4 L ＝ 509 L

プロパンの混合ガス中の体積％……　(509 L ÷ 40000 L) × 100 ％ ＝ 1.3 ％

ハ．（○）　2.5 kg のプロパンのガス量……　(2500 g ÷ 44 g) × 22.4 L ＝ 1273 L

プロパンの混合ガス中の体積％……　(1273 L ÷ 40000 L) × 100 ％ ＝ 3.2 ％

ニ．（○）　6 kg のプロパンのガス量……　(6000 g ÷ 44 g) × 22.4 L ＝ 3055 L

プロパンの混合ガス中の体積％……　(3055 L ÷ 40000 L) × 100 ％ ＝ 7.6 ％

したがって、爆発の危険のあるものは、「ハとニ」である。

答　ハ、ニ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.9 流動

1.9.1 円管内の流れ

（1）流量・流速・管径

流体が管内を流れるとき、管壁に近い部分は流速が遅く、中央に近づくにつれて次第に流速を増し、中心部で最大流速となる。

断面における平均した速さを平均速度、流速という。

任意の管の断面積を単位時間に通過する流体の量を流量という。

$$流量\,(m^3/s) = 断面積\,(m^2) \times 流速\,(m/s)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.9.1　円管内の流れ

〈例題 23〉 内径 100 mm の鋼管を用いて、水を 50.0 m^3/h の流量で送るとき、平均流速〔m/s〕はおよそいくらか。

〈解〉　1 h は 3600 s であるから、体積流量は、

$$q = 50.0\ m^3/h = 50.0 \times (1/3600)\ m^3/s = 1.39 \times 10^{-2}\ m^3/s$$

管内径 D は

$$D = 100\ mm = 0.10\ m$$

$$\bar{u} = \frac{q}{A} = \frac{4q}{\pi D^2}\ 〔m/s〕 \quad \cdots\cdots (1.22)$$

(1.22) 式より、平均流速 $\bar{u}$ は

$$\bar{u} = \frac{4q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 1.39 \times 10^{-2}\ m^3/s}{3.14 \times (0.10\ m)^2} = 1.77\ m/s$$

答　1.77 m/s

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.9.1　円管内の流れ

(2) 層流と乱流

流体が、

流体の各部が管壁に平行に流れている場合　層流　$Re < 2100$

不規則な方向に互いに入り乱れながら、流れている場合　乱流　$Re > 4000$

不安定な状態　層流になったり乱流になったり　遷移域$2100 < Re < 4000$

流体の流れを示す指標　レイノルズ数　Re ： 無次元（単位なし）

$$Re = \frac{D\bar{u}\rho}{\mu}$$

D：管の内径（m）　$\bar{u}$ ：流体の平均速度（m／s）

ρ ：流体の密度（kg／m^3）　μ ：流体の粘度（kg／（m・s））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.9.2 ベルヌーイの定理

任意の場所における温度、流速などが時間的に変化しない状態を定常状態といい、定常状態においては、任意の区画に入る全質量は、出る全質量に等しい。また、入るエネルギーは出るエネルギーに等しい。 ⇒エネルギー保存の法則
これを流体の流れに適用したものをベルヌーイの定理という。

非粘性・非圧縮性流体の定常な流れでは、流線上で次の式が成り立つ。

$$\bar{u}^2/2 + gh + p/\rho = 一定$$

（$\bar{u}$：流体の速さ　g：重力加速度の大きさ　h：高さ　p：圧力　ρ：密度）

この式は、「流体の速度が増加すると圧力が下がること」を示している。

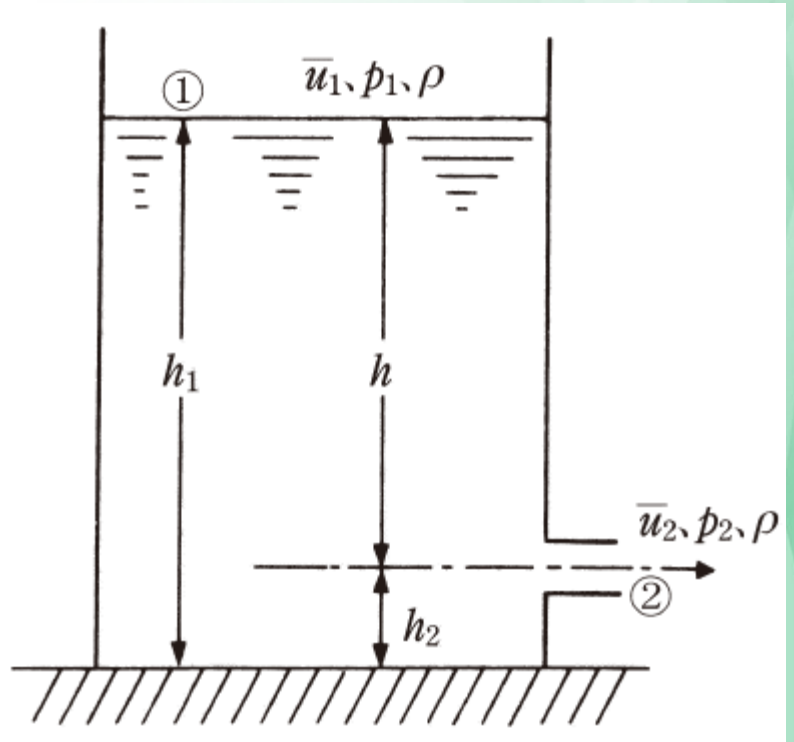
（質量保存の法則）
w（質量流量kg/s）＝A（流路の断面m^2）×$\bar{u}$（平均流速m/s）×ρ（密度kg/m^3）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.9.2 ベルヌーイの定理

図に示す水を満たした深さh_1の十分に大きいタンクがある。底面からh_2のところにある流出口における水の流出速度を求める。図で、水面①（常に水位は一定に保たれている。）と流出口②の間にベルヌーイの定理が成立するので、

$$\frac{\bar{u}_1^2}{2} + gh_1 + \frac{p_1}{\rho} = \frac{\bar{u}_2^2}{2} + gh_2 + \frac{p_2}{\rho} \qquad \cdots\cdots(1)$$



①、②はどちらも大気中に開放されているので$p_1 = p_2$

水面は動かないので$\bar{u}_1 = 0$であるから、(1)式は、

$$gh_1 = \frac{\bar{u}_2^2}{2} + gh_2 \qquad \cdots\cdots(2)$$

となる。$h_1 - h_2 = h$とすると、(2)式は、

$$\bar{u}_2 = \sqrt{2gh} \quad （トリチェリの定理）\qquad \cdots\cdots(3)$$

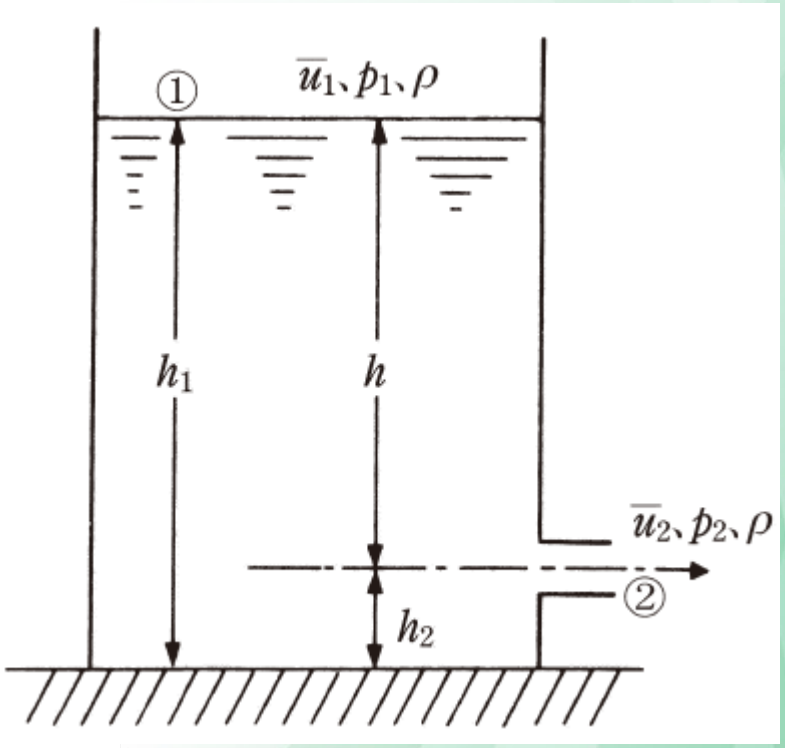
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〈例題24〉　図の水槽において、その水面から深さ2.5 mのところに流出口があるとき、ここから流出する水の流速はいくらか。

〈解〉 前頁（3）式において、$h_1 - h_2 = h = 2.5$ m 、$g = 9.8$ m/s^2 であるから、

$$\overline{u}_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 2.5} = \sqrt{49} = 7.0 \text{ m/s}$$

答　7.0 m/s



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.9.3 流れのエネルギー損失

（1）摩擦による損失

流体は粘性をもっており、流体が流動すれば、粘性抵抗として流れを妨げる。
管内壁面の凸凹と流体の間に生じる摩擦抵抗として流れを妨げる。
この2つの流体摩擦により流体のエネルギーを失い、機械的エネルギーの一部が熱に変化したりして損失を受ける。
この損失を流れのエネルギー損失という。
真直ぐな円管路内を流れる乱流での摩擦によるエネルギー損失Fを次の
ファニングの式で求めることができる。

$$F = 4f \cdot \bar{u}^2 / 2 \cdot L / D \ (\mathrm{J/kg})$$

圧力損失は、流速$\bar{u}$ に比例
圧力損失は、管の長さLに比例
圧力損失は、管径Dに反比例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.9.3 流れのエネルギー損失

〈例題 25〉円管内を水が乱流で流れている。水の平均流速が 3 倍になると、管摩擦係数を一定とすれば摩擦によるエネルギー損失は何倍になるか。

〈解〉　乱流における摩擦によるエネルギー損失はファニングの式

$$F = 4f \cdot \frac{\bar{u}^2}{2} \cdot \frac{L}{D}$$

で表される。L、D、f が一定の場合には

$$F \propto \bar{u}^2$$

となり、平均流速が 3 倍になれば、エネルギー損失は 9 倍になる。……(答)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.9.3 流れのエネルギー損失

(2) 摩擦以外のエネルギー損失
配管の屈曲折（エルボ、ベンドなど）、径の縮小・拡大、弁、コック、継手などの存在によって、エネルギーの損失が生じる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.11　LPガスの製造法および用途

1.11.1　LPガスの製造原料

天然ガス　　ガス田　　メタンを主成分　：　乾性ガス

油田地帯　プロパン、ブタンなどの成分　：　湿性ガス

近年シェールガスの随伴ガスとしてのLPガスが主流

1.11.2　LPガスの製造法

（1）天然ガスからの製造

→油田から回収された湿性ガスから液体炭化水素分を回収

→吸収液に接触吸収させ分離　低沸点成分を液状で分離

→蒸留によりプロパン、ブタンを回収

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.11.2 LPガスの製造法

(2) 製油所ガスからの製造

製油所ガス ： 石油を精製する工程で発生するガス

① 常圧蒸留ガス(トッピングガス)
常圧蒸留ガスで原油から各種石油系製品を製造するとき発生するガス
大部分が飽和炭化水素

② 改質ガス(リフォーミングガス)
オクタン価ガソリンに改質する装置から発生するガス
不飽和炭化水素をほとんど含まない。

③ 分解ガス(クラッキングガス)
重質油を分解して高オクタン価ガソリンを製造する装置から発生するガス
不飽和炭化水素も多く含まれる。

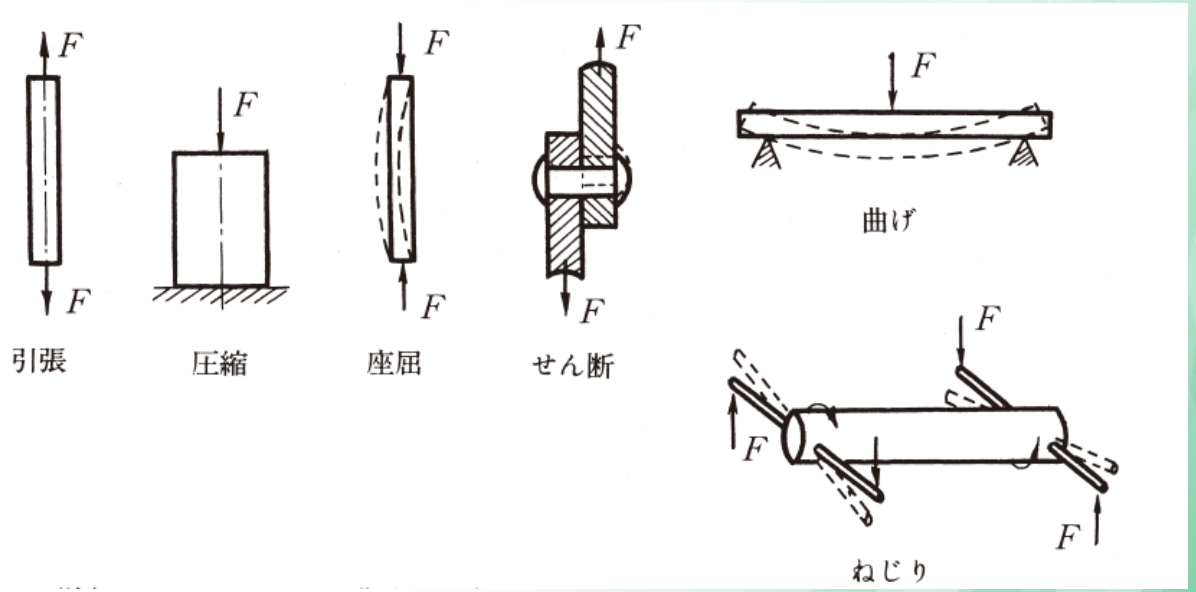
製油所ガスには、硫化水素など硫黄化合物が含まれ、カ性ソーダなどで洗浄し除去する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1　材料力学の基礎

2.1.1　荷重の種類

物体に作用する外力を荷重という。
荷重は、引張、圧縮、座屈、せん断、曲げ、
ねじりに分類



2.1.2　応力

材料に荷重が掛かると、
内部にその荷重と大きさが等しく荷重とは反対方向の抵抗力が生じる。
この抵抗力を材料の断面積で除した値を応力という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 応力

（1）引張応力

荷重F(N)、抵抗力F'、材料の断面積 A(㎡)、応力 σ (N／㎡) の関係は、

$$\sigma = \frac{F'}{A} = \frac{F}{A}$$

（2）せん断応力

例えば、リベットの胴部を直角に切断するように荷重Fが作用するとき、
リベットの断面に生じる応力をせん断応力（τ）という。

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 応力

〈例題 1〉 直径 60 mm の鋼の丸棒が 50000 N の引張荷重を受けたとき、およそ何 Pa の応力を生じるか。

$$\sigma = \frac{F'}{A} = \frac{F}{A} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2.1)$$

〈解〉 (2.1) 式に、$F = 50000\ \mathrm{N}$、$A = \pi D^2/4 = 3.14 \times (60 \times 10^{-3}\ \mathrm{m})^2/4 = 2.826 \times 10^{-3}\ \mathrm{m}^2$ を代入する。求める応力 σ は、

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{50000\ \mathrm{N}}{2.826 \times 10^{-3}\ \mathrm{m}^2} = 17.7 \times 10^6\ \mathrm{N/m^2} = 17.7 \times 10^6\ \mathrm{Pa} = 17.7\ \mathrm{MPa}$$

答　17.7 MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 ひずみとフックの法則

材料に荷重をかけると変形を起こす。元の長さに対する変形量の割合をひずみという。
荷重を徐々に増加させると、ある点までは応力に対し、ひずみも比例して増加する。
この比例して直線的に増加する限界点を比例限度という。

フックの法則
引張応力 σ と ひずみ ε との比を E とすれば、

$$\sigma = E\varepsilon$$

引張応力 σ は、ひずみ ε に比例する。

2.1.4 熱応力

温度変化による、膨張、収縮などによるひずみを外部的な拘束で妨げると、ひずみに対する応力が生じる。これを熱応力という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.5 応力ーひずみ線図

軟鋼材料の試験片を引張試験機に取り付け、次第に荷重を増し、材料が破断するまでの状態を示したものを応力ーひずみ線図という。
荷重を徐々に増加させると、ある点までは応力に対し、ひずみも比例して増加する。
この比例して直線的に増加する限界点（A点）を比例限度という。
荷重をゼロにすると、ひずみが消えて、材料が元の状態に戻る限界（B点）を弾性限度という。
弾性限度を超えて荷重が加わるとひずみは完全に戻らなくなる。これ（C-D点）を降伏点という。
さらに荷重が加われば、材料は破壊する（G点）。

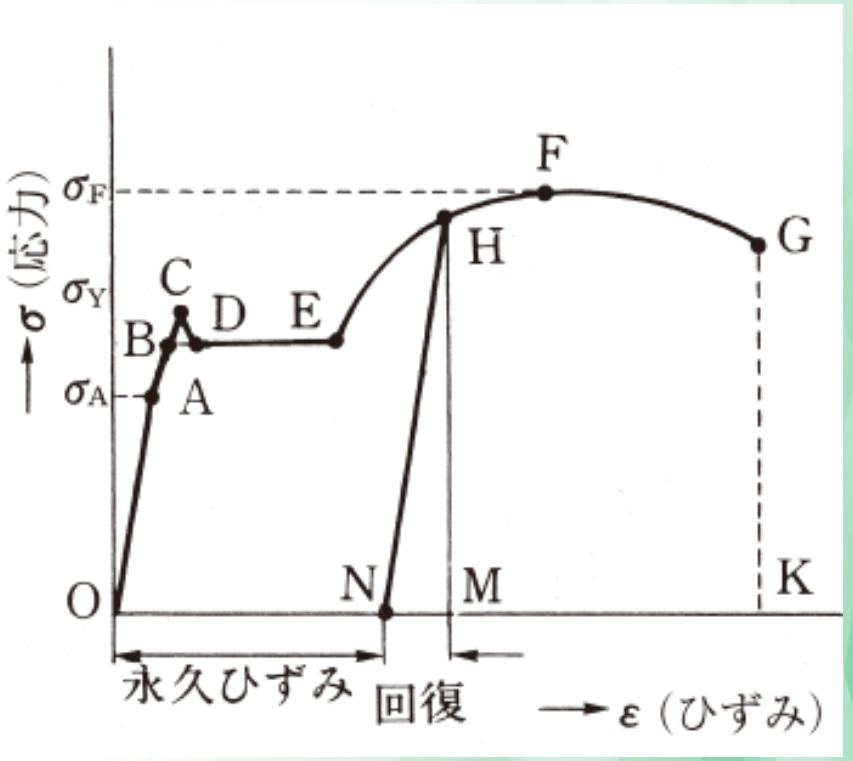


図　軟鋼材料の応力ーひずみ線図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.6 塑性、疲労、クリープ

(1) 塑性

物体に弾性限度を超えた荷重をかけたとき、荷重を取り去っても永久にもとの形に戻らない形状の変化を塑性変形という。
この性質を塑性という。

(2) 疲労

材料は、一般に繰返し荷重に対して、静荷重によるより小さい荷重で破壊する。
この現象を疲労という。
応力の小さいところでは、繰り返しても破壊を生じない上限の応力がある。
この応力を疲労限度という。

(3) クリープ

ある温度以上で、材料にある一定の荷重をかけたまま放置すれば、時間の経過とともにひずみが増大、破壊することがある。このように、時間の経過で、ひずみが増大する現象がクリープである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.7 残留応力

貯槽や、容器など、溶接などによって、外力を加えなくても、材料内に生じる応力を残留応力という。 このような場合、熱処理をすることで、材料のじん性*を回復させたり（焼入れ）、残留応力を低下（焼なまし）させることができる。
焼入れは、材料を硬くし、耐摩耗性、引張強さ、疲労強度の向上を目的に行う。

*じん性：靭性　物質の脆性破壊に対する抵抗の程度のことをいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.8 許容応力と安全率

材料を実際に利用し、その材料が破壊することなく安全である最大の応力を**許容応力**という。

$$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{S}$$

許容応力 σ_a は、材料の強さ σ_e を安全率 S で除した値で示される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.9 高圧設備の強度

・内圧を受ける薄肉円筒胴の強度

薄肉円筒が内圧を受ける場合、軸方向の応力は、円周方向の1／2となる。
円筒は内圧を受けると、円周方向に弱く、破断すると、円筒の軸線に平行に割れる。
円筒の強度は、円周方向について検討すれば足りる。
円周方向における引張応力
円周方向に生じる応力 σ 、円筒の肉厚 t 、内径 r 、内圧 p とすると、

$$\sigma = \frac{rp}{t}$$

① 肉厚（t）が大きいほど応力（σ）は小さくなる。
② 半径（r）、内圧（p）が大きいほど応力（σ）は大きくなる。
③ 薄肉円筒の強度は、応力（σ）が小さいほど強度がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.9 高圧設備の強度

〈例題 2〉次の寸法の同一材質の鋼管のうち、同一内圧に対して強いのはどれか。

	内半径〔mm〕	肉厚〔mm〕
（イ）	150	2.1
（ロ）	200	2.3

〈解〉　(2.11) 式によって円周方向応力を求め比較すればよい。

$$\sigma_t = \frac{rp}{t} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (2.11)$$

(2.11) 式に内半径および肉厚を代入して円周方向応力を求める。

（イ）の場合　$\sigma_t = \dfrac{150p}{2.1} = 71p$

（ロ）の場合　$\sigma_t = \dfrac{200p}{2.3} = 87p$

生じる応力の小さいほうが強いから、答は（イ）である。

答（イ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.9 高圧設備の強度

〈例題 3〉 次表の鋼管（イ）、（ロ）、（ハ）を耐圧力が大きいものから小さいものへ順に正しく並べよ。ただし、肉厚はいずれも 3 mm とする。

鋼管	内半径〔mm〕	引張強さ〔N/mm²〕
（イ）	30	400
（ロ）	35	500
（ハ）	50	600

$$\sigma_t = \frac{rp}{t} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2.11)$$

〈解〉　内圧によって鋼管が破壊するのは、内圧によって発生する応力がその材料の引張強さを超えるときである。したがって、(2.11) 式において、円周方向応力が引張強さを超えるときの圧力を求めて比較すればよい。

(2.11) 式を圧力を求める式に変形する。

(2.11) 式より、$\sigma_t = \dfrac{rp}{t}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.9 高圧設備の強度

〈解〉続き

これから、$p = \dfrac{\sigma_t \times t}{r}$

上式に σ_t、t、r の値をそれぞれ代入して、p を求める。

鋼管（イ）の場合、$\sigma_t = 400\ \mathrm{N/mm^2}$、$t = 3\ \mathrm{mm}$、$r = 30\ \mathrm{mm}$ であるから、

$$p = \frac{400\ \mathrm{N/mm^2} \times 3\ \mathrm{mm}}{30\ \mathrm{mm}} = 40\ \mathrm{N/mm^2}\ (\mathrm{MPa})$$

鋼管（ロ）の場合、$\sigma_t = 500\ \mathrm{N/mm^2}$、$t = 3\ \mathrm{mm}$、$r = 35\ \mathrm{mm}$ であるから、

$$p = \frac{500\ \mathrm{N/mm^2} \times 3\ \mathrm{mm}}{35\ \mathrm{mm}} = 43\ \mathrm{N/mm^2}\ (\mathrm{MPa})$$

鋼管（ハ）の場合、$\sigma_t = 600\ \mathrm{N/mm^2}$、$t = 3\ \mathrm{mm}$、$r = 50\ \mathrm{mm}$ であるから、

$$p = \frac{600\ \mathrm{N/mm^2} \times 3\ \mathrm{mm}}{50\ \mathrm{mm}} = 36\ \mathrm{N/mm^2}\ (\mathrm{MPa})$$

したがって、耐圧力の大きいものから小さいものへ順に並べると、（ロ）→（イ）→（ハ）の順になる。

答　（ロ）→（イ）→（ハ）

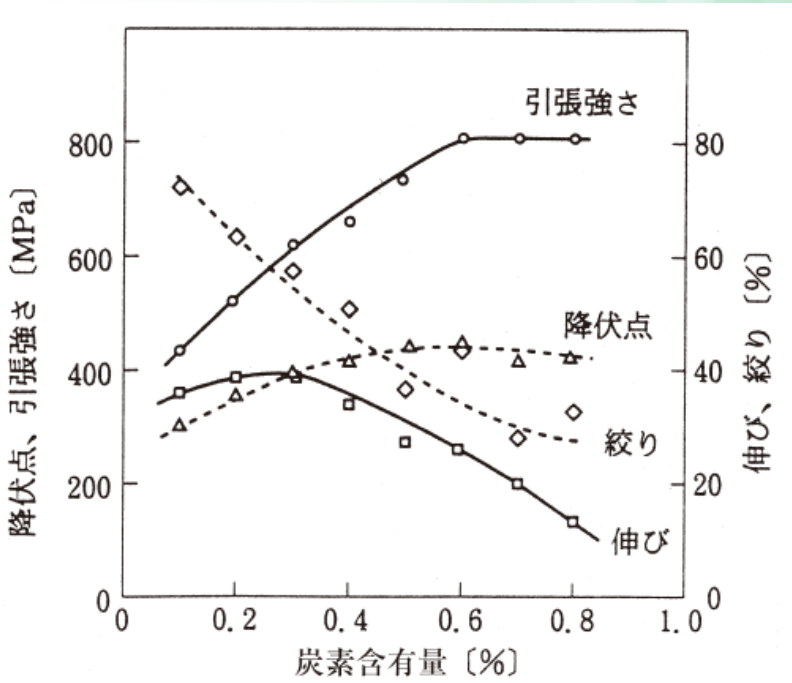
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 金属材料

2.2.1 炭素鋼

LPガス設備で最も多く使用されるのが鉄系の材料である。
鉄：純鉄は柔らかく構造材に不向き
炭素を加えると硬さが増す。
炭素鋼　比較的炭素量が少ない（0.02～2%）。
鋳　鉄　炭素量が多い。硬すぎると衝撃に弱い。

炭素鋼は炭素含有量（0.2～0.6%）が増えるにつれて、硬さ、引張強さ、降伏点が増加、また伸び、絞りは低下する傾向がある。



炭素鋼の炭素含有量と機械的性質
（鉄鋼便覧、日本鉄鋼協会）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 合金鋼

合金鋼は、炭素鋼にニッケル（Ni）、クロム（Cr）、マンガン（Mn）、モリブデン（Mo）などを加えて、機械的性質の改善や高温、低温、腐食性環境など特殊な目的に適する性質をもたせた鋼

（1）高張力鋼

引張強さ490MPa以上
溶接性および靭性などを重視
炭素（C）以外の合金元素を微量添加
溶接性を損なわずに強度を上げた鋼

↓

高圧ガス充塡容器材料（Mn：0.3～1.5%）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 合金鋼

(2) クロムモリブデン鋼

低炭素鋼、中炭素鋼に少量のクロムとモリブデンを添加。
高温での強度が高い。 溶接性、加工性がよい。

高温用圧力容器 高圧蒸気配管、高温用ボルトに使用

高温での靭性が要求されるタービン軸、翼には、さらに少量のニッケルを添加
ニッケルクロムモリブデン鋼が使用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.2 合金鋼

(3) ニッケル鋼

低炭素鋼、中炭素鋼に少量のニッケルを添加
低温での靭性が改善
9%ニッケル鋼は、低温の液化ガス設備の構造材に使用

(4) ステンレス鋼

11%以上のクロム(Cr)を含むさびにくい鋼
13クロムステンレス鋼・・・クロムを約13%含んだステンレス鋼　磁性をもつ。
18-8ステンレス鋼（SUS304）・・・クロム約18%、ニッケル約8%　通常、非磁性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.3 炭素鋼の熱処理

加熱温度 冷却速度　➡　金属組織が変化　性質も変わる
必要な機械的性質の改善 ： 熱処理を行う。

炭素鋼の熱処理
焼ならし ： 組織を微細化し正常化する。
焼なまし ： 内部ひずみの除去 軟化
焼入れ ： 硬化
焼もどし ： 焼入れ後の硬度の調整 靭性の改善

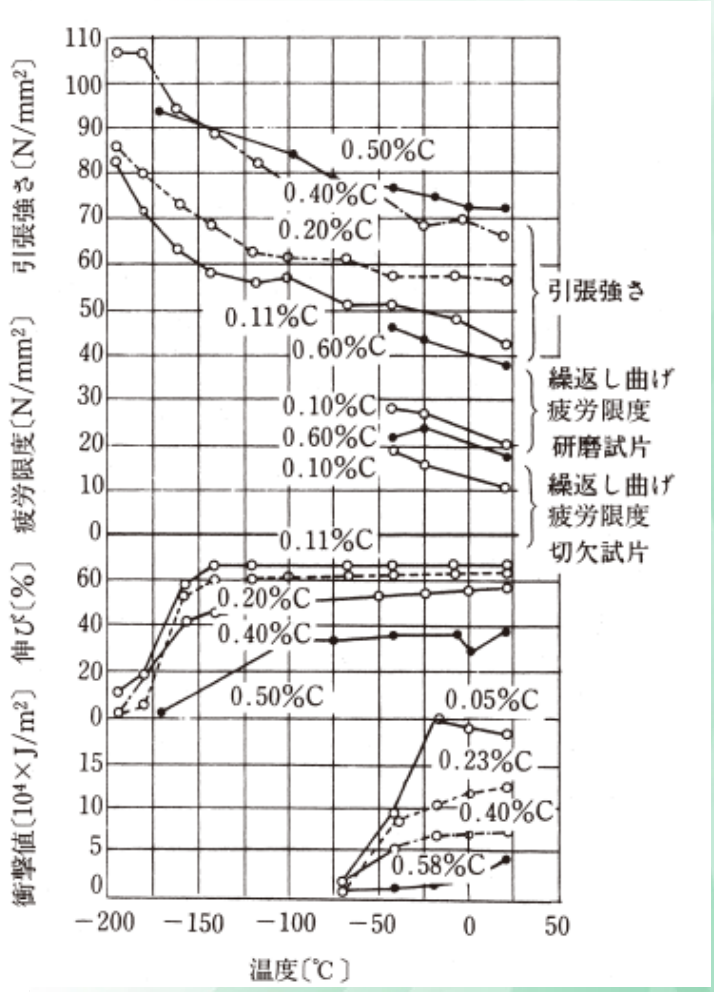
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.4 低温用材料

一般に炭素鋼は、温度が低くなると引張強さ、疲労限度が増加するが、逆に伸び、衝撃値は低下する。
ある温度以下→ 塑性低下を起こす ： 低温脆性
鉄鋼材料の低温特性に影響を与える化学成分
リン⇒著しく衝撃値を低下させる。
ニッケル、マンガン、ケイ素⇒低温において良い影響

低温装置用材料

ニッケル合金属　アルミキルド鋼
非鉄金属 ： 銅　黄銅　青銅　ニッケル



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.5 高温用材料

炭素鋼の機械的性質に及ぼす温度の影響
引張強さは約300℃程度までは、温度の上昇とともに増大する。
それ以上の温度では、著しく低下
700℃においては、常温の場合に比べて、1/4程度になり破壊を起こす。

従って、炭素鋼は、300℃以上の温度で使用することは不適当。

炭素鋼は300℃以上の高温になると、引張強さが低下するなど強度上の問題が生じる。

LPガス貯槽などでは、火災時などでの温度上昇を抑える対策が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.6 鋳鉄

炭素含有量 2.1～4.5%

圧縮荷重に強い。
鍛造性に欠ける。延性が小さい。衝撃に弱い。溶接が困難。
溶解して鋳造品として使用
鋳鉄の種類　ねずみ鋳鉄 可鍛鋳鉄 球状黒鉛鋳鉄など

2.2.7 鋳鋼

溶鋼を耐火鋳型に注入し構造用製品としたもの。
強靭性、熱処理性、溶接性を備えている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.8 銅および銅合金

柔らかく展延性に富む。加工性に優れている。耐食性がある。
高圧装置の管材料に使用。

黄銅（しんちゅう）⇒主に銅と亜鉛からなる合金
高圧装置の材料　接手類　弁類

青銅⇒主に銅とすずからなる合金
非常に強いので、鉄器の発明前までは武器として使用
現在は、美術品や、貨幣、寺院のつりがねなどとして使用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.9 アルミニウムおよびアルミニウム合金

アルミニウム

・代表的な軽金属(密度2700kg/m^3)
・酸、アルカリ、海水に侵される。
・アルミニウム（Al）は、純金属では強度が低い。

アルミニウム合金

・銅（Cu） ケイ素（Si） マグネシウム（Mg） などを添加。
・軽い。機械的性質が良好。低温での脆化現象がない。加工性が良い。
・高圧ガス装置 ： 極低温機器材料
・LPガス用機器 ： 蒸発器 LPガス容器
・水銀と接触するとアマルガムを形成し著しく腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.10 ガス設備に使用してはならない材料

LPガス製造設備に係るガス設備には、ガス種　常用の圧力などに応じ使用してはならない材料が規定されている。

液化石油ガス保安規則関係例示基準

［保安上好ましくない状態になることをあらかじめ防止
設備に使用される材料によるガスによる浸食、破壊による漏えいなど］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.11　金属材料の腐食

腐食 ： 金属が周りの環境と化学的に反応して、起こる現象
湿食 ： 水が作用
乾食 ： 高温で進行する酸化

（1）腐食の仕組み（電気化学的腐食・電食）
(a)鉄鋼の自然腐食
水が存在している媒体の中で、金属の腐食作用は、鉄はイオンとなって、媒体の中に溶け込み、媒体に酸素が存在すると、鉄イオンは水および酸素と反応して、電気化学的作用で錆に変わる。

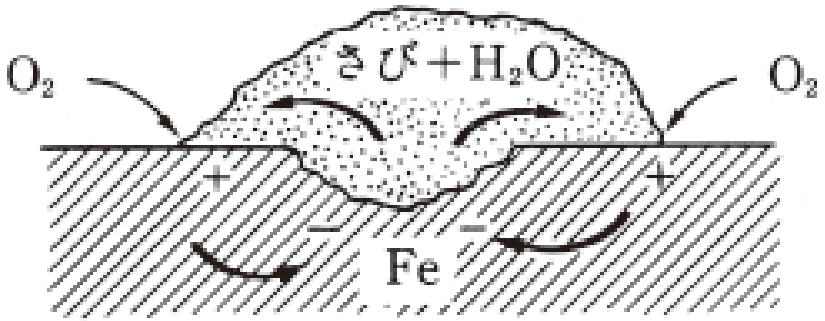


図　空気中におけるさびの進行状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.11　金属材料の腐食

異種金属接触腐食

電位の小さい金属と接触した金属は錆びやすい　。

【貴】(Cu)≒ステンレス鋼>(Ni)>(Fe)>(Zn)>(Al)>(Mg)>(K)【卑】

左のものほど電位は貴(正の電位が大)

右のものほど電位は卑(負の電位が大)

電位が小⇒腐食を受けやすい。

2 つの金属が電解質中で接触するとき、左側の金属は正極、右側の金属は負極となって電池を作り、負極の金属が腐食する。これを**異種金属接触腐食**という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.11　金属材料の腐食

マクロセル（巨大電池）腐食

●コンクリート中の鉄筋や鉄骨は、中性土壌中の鉄の電位より貴
⇒中性土壌中の鉄が腐食

●鋼管であっても表面が発錆したものと新品（表面研磨）とが接触した場合、
⇒発錆したもの貴となり、新品が腐食

電池作用による電流が流れる現象をマクロセル（巨大電池）といい負極となっている金属の腐食が促進されるとき、これをマクロセル腐食という。

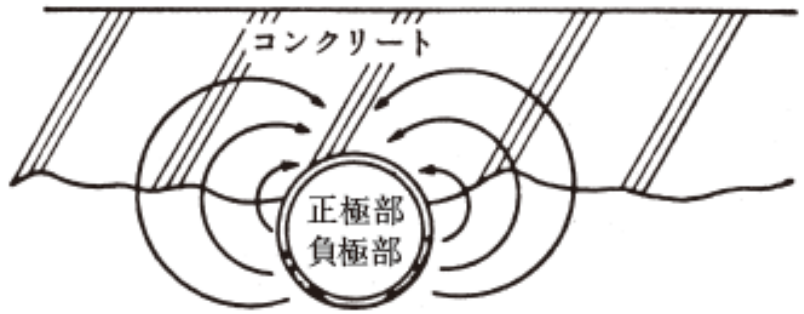


図　コンクリート貫通によって起こる腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.11　金属材料の腐食

マクロセル（巨大電池）腐食

異なった土質に接している場合に、通気の差が生じると通気差電池が形成されて、通気の悪い部分が負極部となって腐食する。

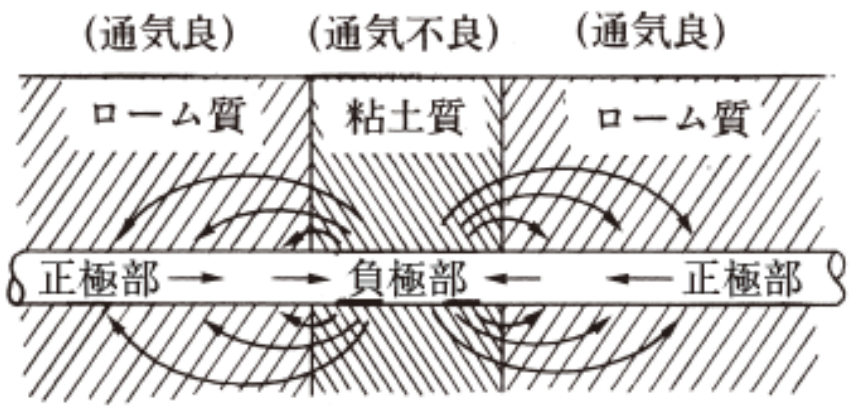


図　土質の違いに伴う通気差による腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.11　金属材料の腐食

ミクロセル（微小電池）腐食

金属表面の組成、環境などのわずかな違いにより
微視的な陽極部と陰極部からなるミクロセル（微小電池）が多数形成
腐食電流による腐食を**ミクロセル（微小電池）腐食**という。

酸性土壌：pH4以下の酸性土壌は、埋設管に激しい腐食を引き起こす。

バクテリア：鋼管類に影響を及ぼすバクテリアは、ほとんどが硫酸塩還元バクテリアであり、これは強い還元性の状態で繁殖しやすい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.11　金属材料の腐食

電食

埋設管に流入した迷走電流が土壌へ流出する地点にあたる部分は、激しい腐食を起こす。これを電食という。

例）電気鉄道など人為的電気設備からの直流電流に起因する腐食

迷走電流

レールから漏れた電流が埋設管に流入
再び地中に帰流する際、電流が流出する部分に
激しい腐食が発生

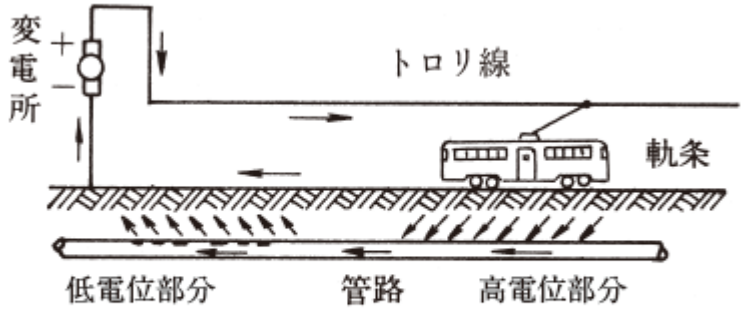


図　電鉄迷走電流による電食

干渉

防食電流の一部が流入し、流出点に腐食が発生

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.11　金属材料の腐食

(c)配管の防食

配管は可能な限り地上配管とし、必要なさび止めを行う。

錆びにくい環境（まとめ）

・埋設をしない

やむを得ず埋設する場合は、

・二重管とする。
・配管の外面を保護する。
・低圧配管には、プラスチック被覆鋼管やガス用ポリエチレン管を使用
・鉄（Fe）よりも卑な金属（マグネシウムなど）を接続し、両者間の電位差を利用して配管に防食電流を流す（流電陽極法）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2.11　金属材料の腐食

(2) 化学物質による腐食
　(a) 酸、アルカリによる腐食
　　硫酸、塩酸など
　(b) ガスによる腐食
　　亜硫酸ガス（SO_2）　塩素（Cl_2）など

(3) 応力腐食割れ
　腐食作用と引張応力が同時に作用したときに起こる金属の割れ

引張応力 ┬ 溶接の際の残留応力
　　　　└ 圧力容器に作用する内圧力よって起こる使用応力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 非金属材料

2.3.1 ゴム材料

(1) ニトリルゴム(NBR)

・耐LPガス性、耐油性に優れている。
・アクリルニトリルの含有量により、品質が異なる。
・LPガスの可動部のパッキンなどには、中高ニトリルゴムを使用。
・耐候性、耐オゾン性があまりよくない。
・屋外での使用には、直射日光を避ける措置が望ましい。

(2) クロロブレンゴム(CR)

・耐LPガス性、耐候性が比較的優れている。
・耐LPガス性は、NBRに劣る。
・耐候性はNBRより優れている。
・液面計のガスケットに使用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.1 ゴム材料

(3) フッ素ゴム (FR)

・耐LPガス性、耐寒性、耐薬品性に優れている。
・低温特性や耐ドレン性に優れている。
・圧力調整器のパッキン材などに使用。

(4) エチレンプロピレンゴム (EPDM)

・汎用ゴムで最も耐候性をもつ。
・ホースの外層ゴムに使用。
・耐LPガス性が弱い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 プラスチック材料

(1) 四フッ化エチレン樹脂 (PTFE)

・酸、アルカリに侵されず、有機溶剤に溶けない。
・耐LPガス、耐候性、熱的特性、耐寒性、耐薬品性
・非粘着性で摩擦係数が小さく、自己潤滑性：バルブパッキンに使用
・欠点：強度は大きくなく、変化しやすく摩耗しやすい。

(2) ポリアミド樹脂 (PTFE) ： ナイロン

・強度大きく、粘り強く、自己潤滑性、摩耗性に優れ、耐LPガス性も良い。
・容器バルブのシートパッキンに使用。
・欠点：吸水率が大きい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.2 プラスチック材料

(3) ポリビニルアルコール(PVA)

・引張強さ、圧縮強さ、耐衝撃性、耐摩擦性に優れている。

・バルブのシートパッキンに使用。

(4) 複合材料

・2種類以上の素材の組み合わせ ： 単独素材では得られない特性が得られる。

・FRP 強化繊維、素地としての樹脂、カップリング剤の3成分

1) 軽量、高強度、比強度、比弾性率が大きい。

2) 耐食性に優れ絶縁性が良い。

3) 低温脆性がない。圧力容器として破裂時、破片の飛散の危険性が少ない。

LPガス、水素などの高圧ガス容器材料

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.3 無機材料

工業用材料：ガラス、セメント、黒鉛、陶磁器、耐火物など

ガラスの用途⇒FRP

セメントの用途⇒コンクリート製煙突　水槽　LNGなどの液化ガス貯蔵槽材料

炭素・黒鉛材料：メカニカルシール、圧縮機運動部のシール、ステムパッキン、ガスケット

ガスケット・パッキン：ノンアスベストシート、 繊維と黒鉛やゴムを混合形成したパッキンも使用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

D－4　第一種冷凍機械講習　教材一例

一冷・二冷・三冷編
冷凍保安規則

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

スライドの見方

（参考-1）

根拠条文
- 冷凍第〇条△項×号
- 一般第〇条△項×号

スライドの見方

例示基準
例示基準
例示基準

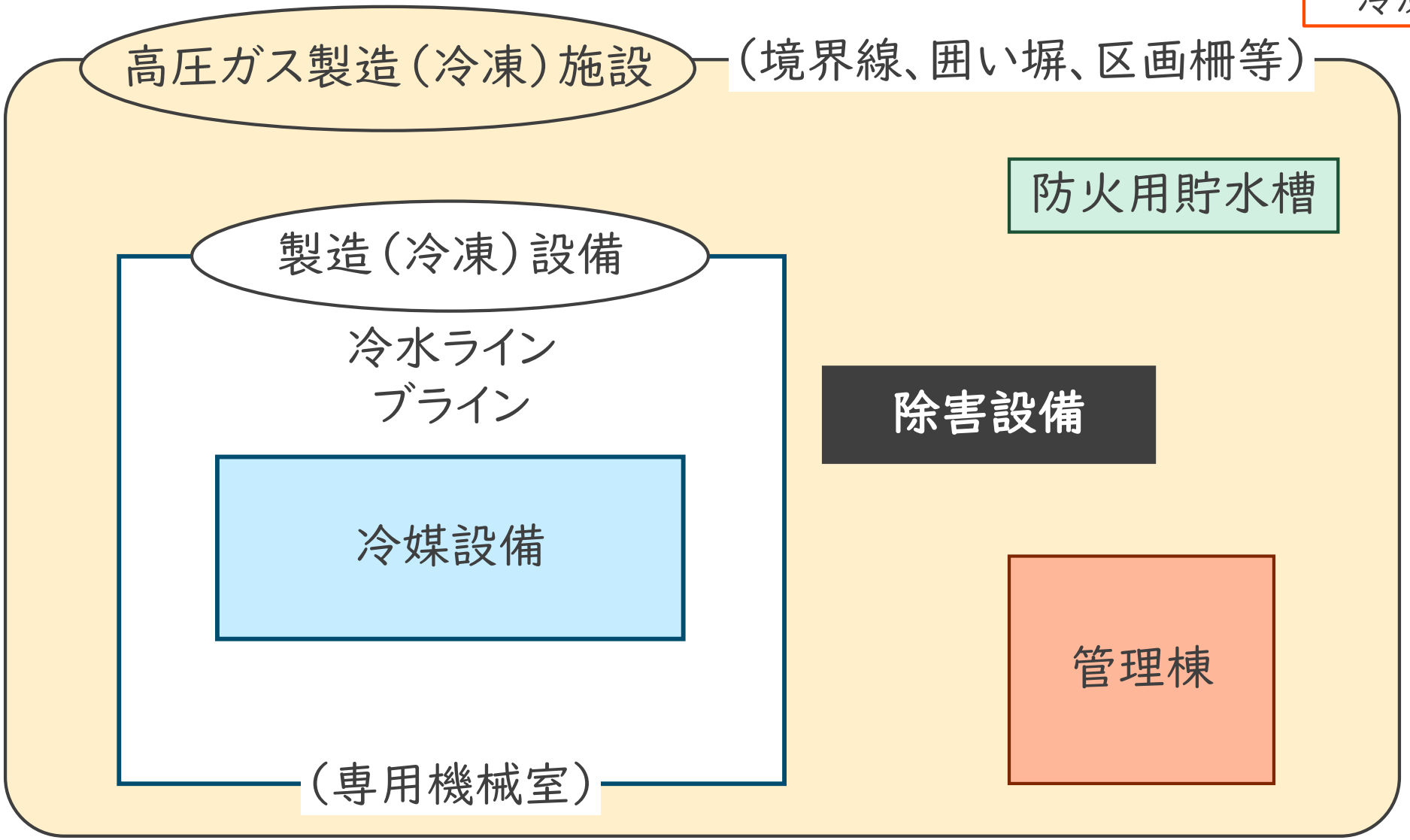
は、法令ではなく、通達（規則関係例示基準）で示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍施設（高圧ガス製造施設）の概念

図Ⅰ－Ⅰ

冷凍第2条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの燃焼性、毒性等による区分

図1-2

冷凍第2条 第1号～第3号の2

1. 可燃性ガス

アンモニア、イソブタン、エタン、エチレン、クロルメチル、水素、ノルマルブタン、プロパン、プロピレン及びその他のガスであって次のイ又はロに該当するもの
（フルオロオレフィン1234yf及びフルオロオレフィン1234zeを除く。）

イ　爆発限界（空気と混合した場合の爆発限界をいう。以下同じ。）の下限が10%以下のもの
ロ　爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの

2. 毒性ガス

アンモニア、クロルメチル及びその他のガスであって毒物及び劇物取締法2条第1項に規定する毒物

3. 不活性ガス　ヘリウム、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。）

3の2　特定不活性ガス

不活性ガスのうち、次に掲げるもの

イ　フルオロオレフィン1234yf
ロ　フルオロオレフィン1234ze
ハ　フルオロカーボン32

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍能力の算定基準（その1）

図2

冷凍第5条

I.　遠心式圧縮機を使用する製造設備

圧縮機の原動機の定格出力1.2kW ➡ 1トン／日

II.　吸収式冷凍設備

発生器を加熱する1時間の入熱量27800kJ ➡ 1トン／日

III. 自然環流式冷凍設備及び自然循環式冷凍設備

➡ R=QA　　トン／日

A ：蒸発器等の冷媒接触表面積（単位 m^2）

Q ：定数

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍能力の算定基準（その2）

図2（続き）

冷凍第5条

Ⅳ．往復動式等その他の圧縮機を使用する製造設備（Ⅰ～Ⅲ以外のもの）

➡ R=V／C

R ：1日の冷凍能力（単位 トン）の数値

V ：ピストン押しのけ（相当）量

① 多段圧縮、多元冷凍方式 ： VH+0.08VL

② 回転ピストン方式 ： 60×0.785tn（D2−d2）

③ その他の方式 ： 圧縮機の標準回転速度における1時間のピストン押しのけ量（単位 m^3）の数値

C ：冷媒ガスの種類に応じて定められた数値

Ⅴ．Ⅳ往復動式等その他の圧縮機を使用する製造設備により、Ⅲの自然循環式冷凍設備の冷媒ガスを冷凍する製造設備

➡ Ⅳ往復動式等その他の圧縮機を使用する製造設備の算定式に同じ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設の設置位置等

図3

冷凍第7条1項1号、2号

＊ **圧縮機、油分離器、凝縮器、受液器及びこれらの間の配管**の設置禁止場所

① 作業に不要な**引火性の物又は発火性の物を堆積した場所の付近**

② **火気（その設備内のものを除く。）の付近**
ただし、その火気に対して安全な措置を講じた場合は設置可

＊ **製造施設の外部**から見やすいように**警戒標**を掲示

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造設備の設置室とその製造設備の構造

図4

冷凍　第2条1項3号の2
　　第7条1項3号、4号

製造設備の設置室の構造

＊ 可燃性ガス、毒性ガス又は特定不活性ガスの製造設備の圧縮機、油分離器、凝縮器、受液器又はこれらの間の配管を設置する室
→冷媒ガスが漏えいしたとき滞留しない構造のもの

製造設備の構造

＊ 製造設備は、振動、衝撃、腐食等により冷媒ガスが漏れないもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐震に関する性能の保有

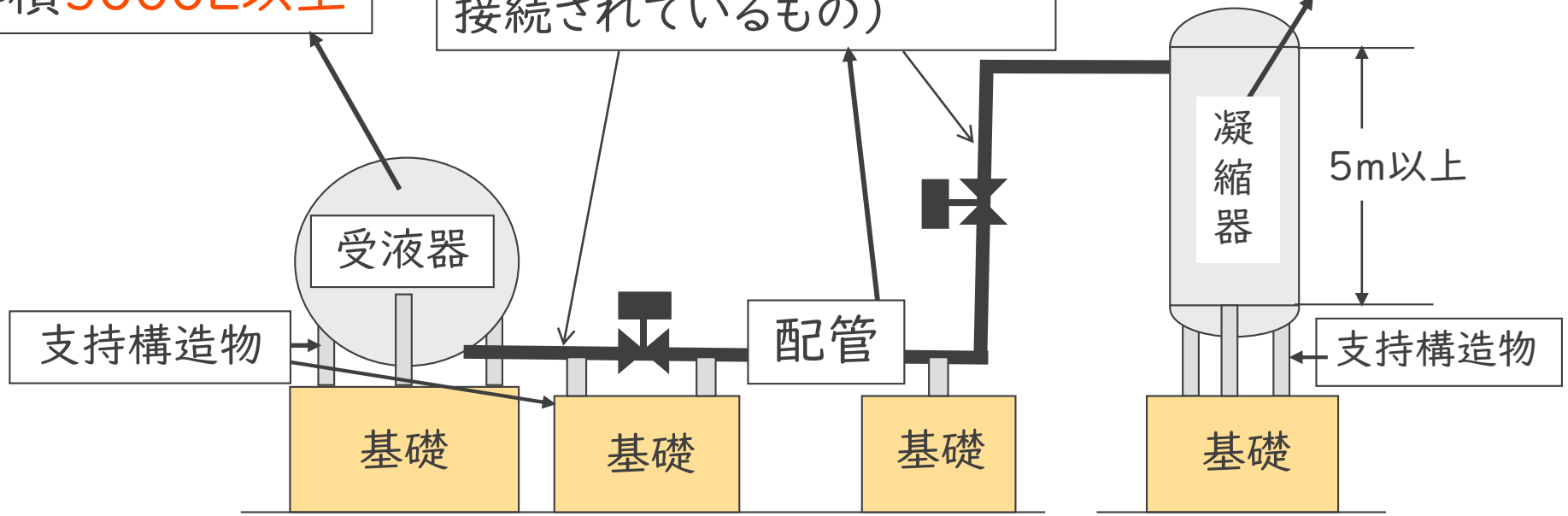
図5

冷凍第7条1項5号
耐震性能を定める告示

冷媒設備に係る地上配管：
（外径45㎜以上のもので内容積が3m³以上のもの又は凝縮器及び受液器に接続されているもの）

凝縮器：
縦置円筒形のもので、胴部の長さが5m以上のもの

受液器：
内容積5000L以上



設備とその支持構造物と基礎が対象

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒設備の気密・耐圧試験

図6

冷凍第7条1項6号

気密試験

＊ **許容圧力以上**の圧力

耐圧試験（配管を除く。）

1　水その他の安全な液体を使用

→ 許容圧力×1.5倍以上の圧力

2　空気、窒素等の気体を使用（液体使用が困難と認められた場合に限る。）

→ 許容圧力×1.25倍以上の圧力

経済産業大臣が認めた高圧ガス保安協会が行う試験も同様である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.8.4
新潟市、窒素ガスによる耐圧試験中の都市ガス管（閉止板）破裂事故（死者1名、負傷者3名）

資料1－1

（耐圧試験圧力3MPa） 重さ840kgのガス管が約10m飛んだ。
管端閉止板の溶接不良とその強度確認不足によるものと推定。
（ガス導管はガス工作物であるが、仮設の閉止板はガス工作物の適用外。高圧の窒素ガスを使う作業は高圧ガス保安法の適用を受ける。）

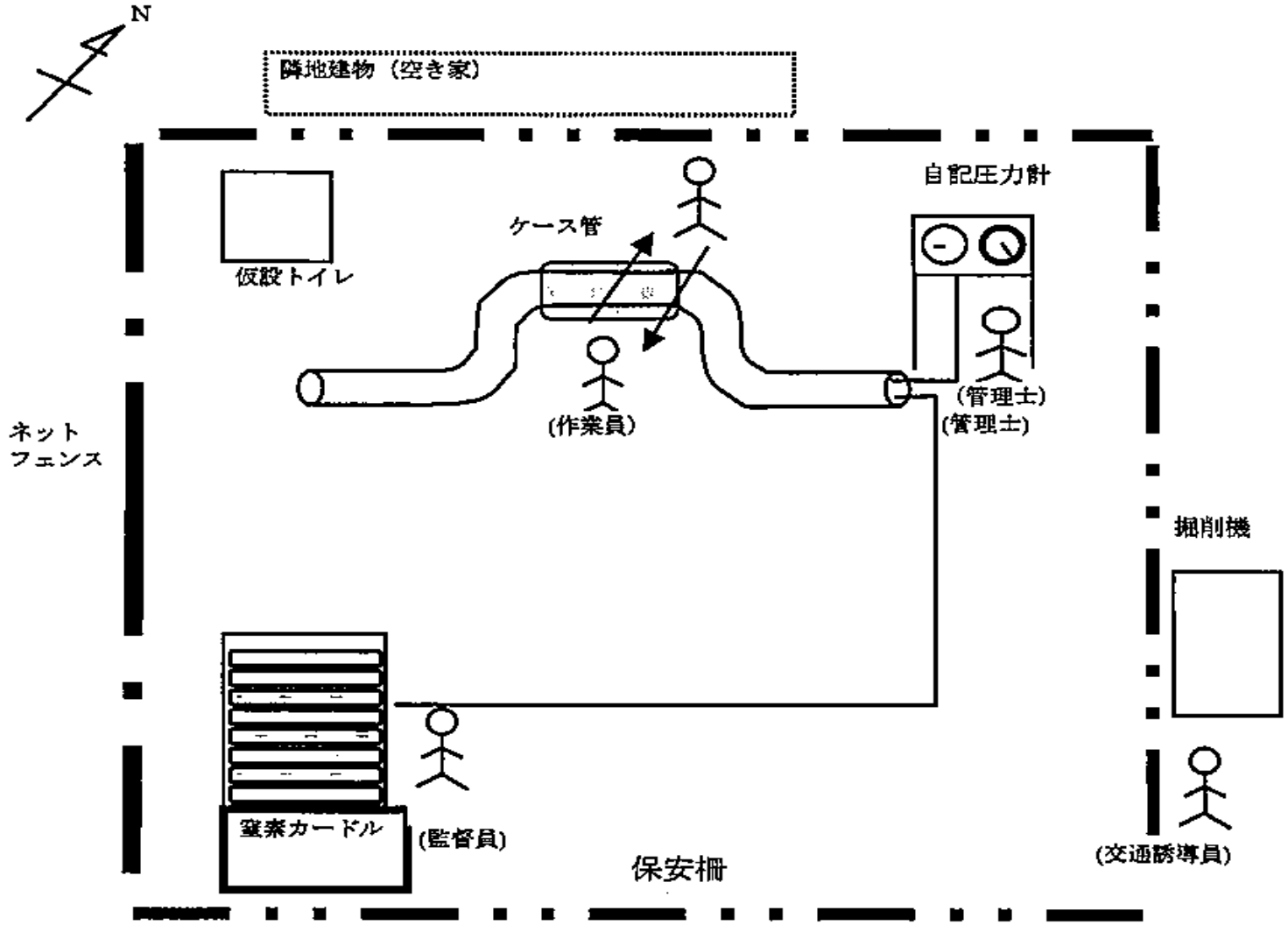
写真1　事故時の状況（吹き飛んだ閉止板側）

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐圧試験時の状況

資料1-2

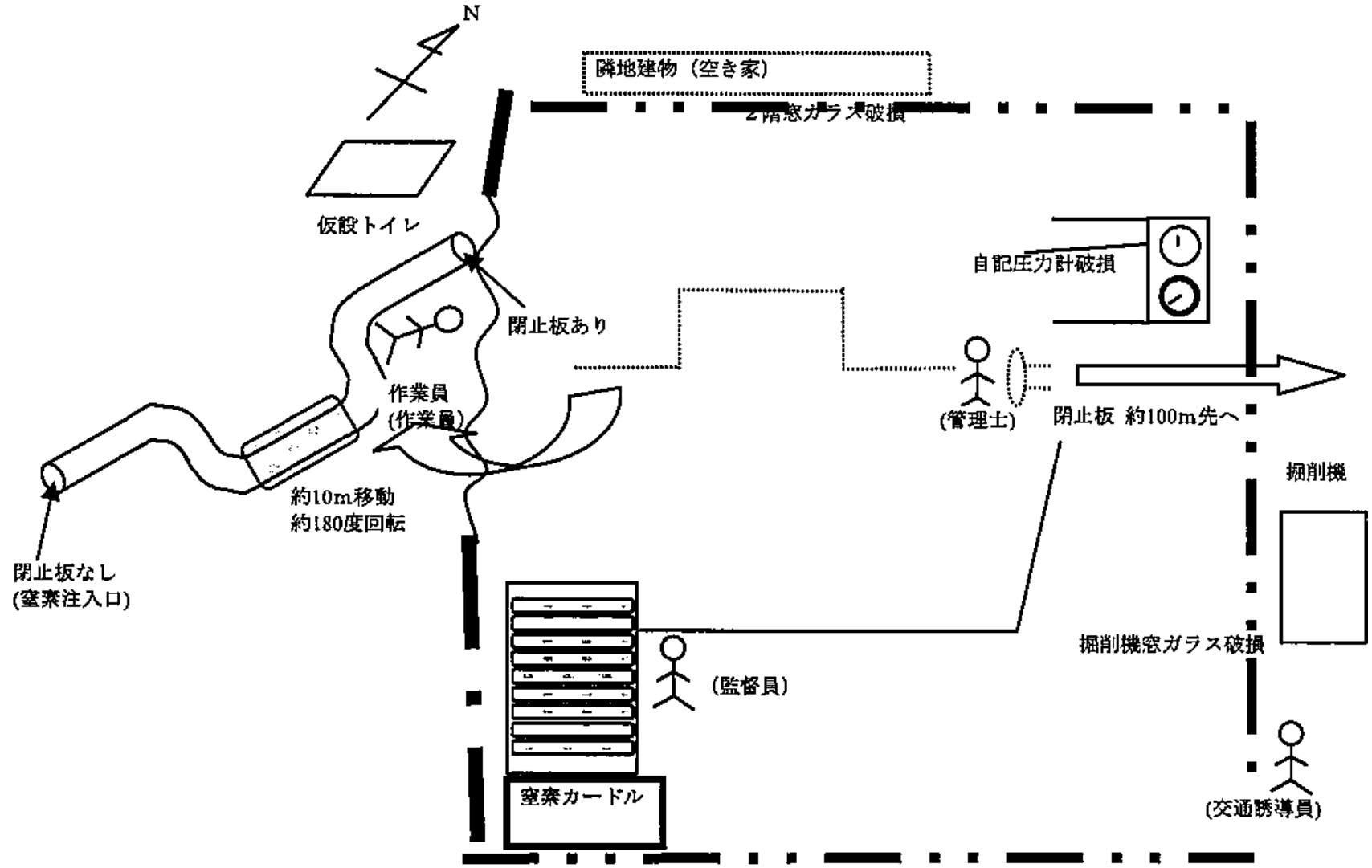


KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故直後の状況

資料1-3



KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

資料1-4

- 設備の気密試験のため、移動式液化窒素製造設備で加圧中、11.3MPaまで昇圧した際に、耐圧ホースの根元が破裂した（人的被害なし）。
- このローリ車には気密試験用ホースとして、高圧用（16MPa、1/2インチ）と低圧用（3MPa、3/4インチの2種類の耐圧ホースを積載しており、双方の色は黒であり、太さの違いで区別していた。

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H21.6.24
新潟県新潟市移動式液化窒素製造設備での気密試験中の耐圧ホース破裂事故

資料1-5

- 発災時は、他にも数台のローリ車が気密試験用の窒素を設備に供給しており、3/4インチの耐圧ホースが使用されていた。
- 事故車の運転手は、1/2インチの高圧用ホースを使用すべきところ、他社に倣い、3/4インチのホースを使用するものと思いこみ、低圧用ホースを使用した。
- なお、気密試験時のローリ車の作業について、作業手順書及び点検表が定められていなかったため、耐圧ホースの誤使用を防止できなかった。
- 発災したローリ車は、元請け事業者からの発注を受けて孫請け事業者が作業を実施しており、製造事業者の管理が行き届いていない状況であった。

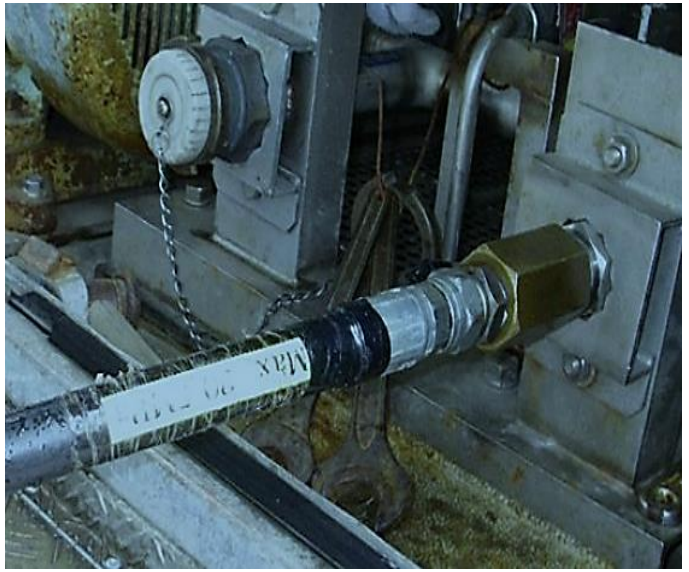


写真4 発災後の耐圧ホース拡大

（事故後の対策）耐圧ホースに、最高使用圧力を表示した。

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒設備の圧力計

図7

冷凍第7条1項7号

＊ 圧力計の設置が必要な製造設備

① 圧縮機が強制潤滑方式であって、潤滑油圧力の保護装置が**無い**もの →**油圧系統を含む冷媒設備**

② 圧縮機が強制潤滑方式であって、潤滑油圧力の保護装置が**有る**もの →油圧系統を除く**冷媒設備**

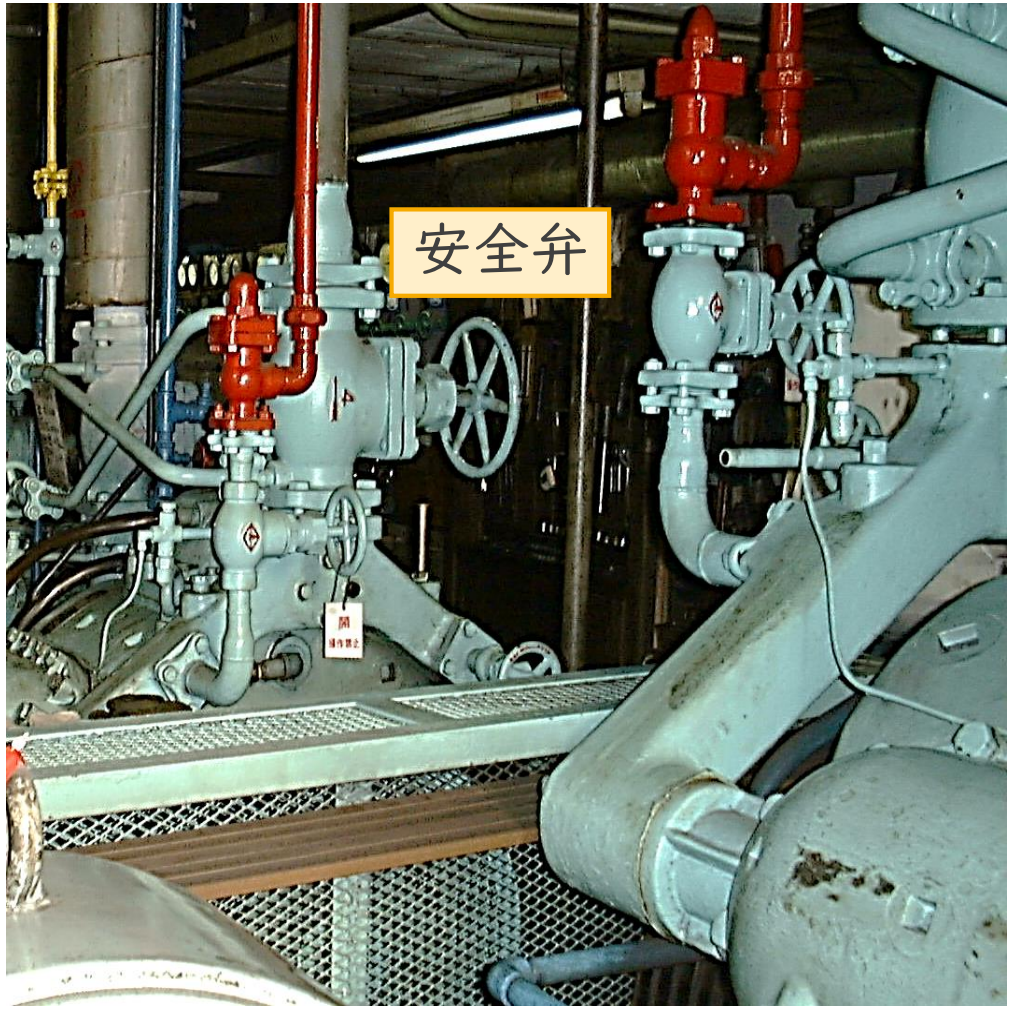
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒設備の安全装置

図8

冷凍第7条1項8号

＊ 冷媒設備には、冷媒ガスの圧力が
許容圧力を超えた場合に、直ちに、**許容圧力以下**に
戻す安全装置を設置



例示基準

＊ 安全装置：高圧遮断装置、安全弁、破裂板など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全弁、破裂板の放出管

図9

冷凍第7条1項9号

＊ 安全装置が、

→ ① 大気中に冷媒ガスを放出しないもの

② 冷媒ガスが不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）のもの

③ 特に定められた吸収式アンモニア冷凍機のもの

以外の冷媒設備の安全弁、破裂板に**放出管**を設置

＊ 安全弁、破裂板に設置した放出管の**開口部**

→ 放出するガスの種類に応じて**適切な位置**

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特に定められた吸収式アンモニア冷凍機（コンパクトで安全なものとしての緩和事項）

図10

冷凍第7条1項9号の2（9号、15号、16号）

- 吸収式アンモニア冷凍機は下記の規制が免除されている。
  - 放出管の設置不要
  - ガス漏えい検知警報設備の設置不要
  - 除害の措置不要
- 吸収式アンモニア冷凍機の主な要件
  - 安全弁　：ケーシング内設置で吹出し口は吸引排気口
  - 冷媒設備、発生器の加熱装置が一体組立、ケーシングされ運転中は常時換気（吸引排気）
  - アンモニア充塡量 ：25kg以下
  - 冷媒配管：屋外敷設
  - 発生器　：高温遮断装置、加熱装置の屋内停止操作、立ち消え安全装置
  - ブライン　：直接、空気・被冷却物に接触禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

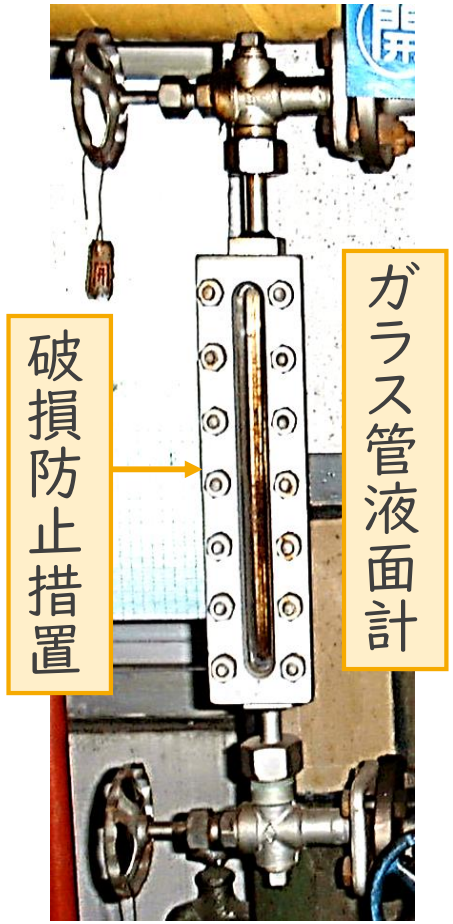
受液器の液面計

図11

冷凍第7条1項10号、11号

＊ 冷媒ガスが**可燃性ガス又は毒性ガス**の受液器

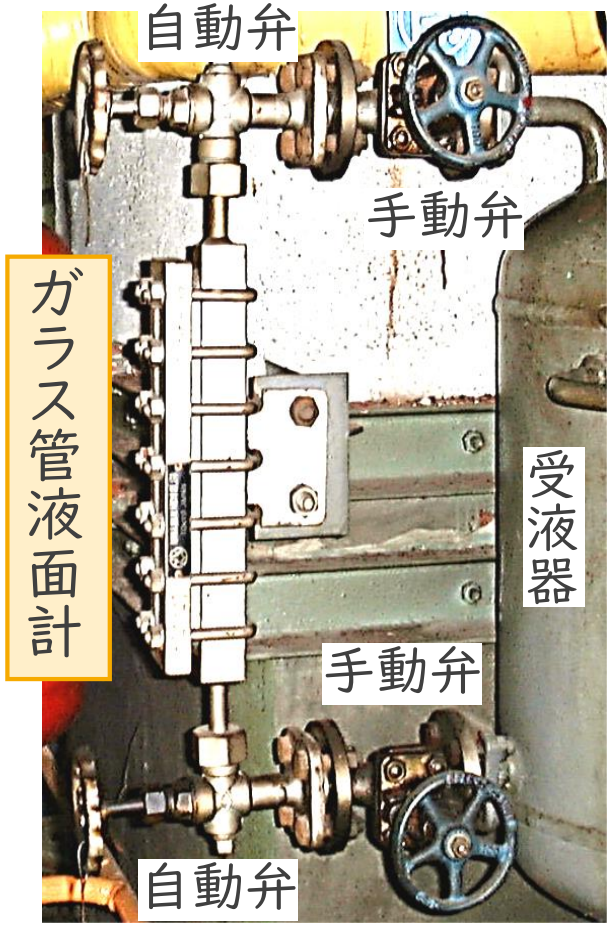
→「**丸形ガラス管液面計**」**禁止、丸形ガラス管以外のガラス管液面計は破損防止等必要**



丸形ガラス管以外のガラス管液面計を用いる場合は、当該ガラス管液面計の破損を防止する措置、受液器（可燃性、毒性に限る。）とガラス管液面計との接続配管には当該ガラス管液面計の破損による**ガス漏えい防止措置を講ずること。**

例示基準

破損によるガス漏えい防止措置



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガスの製造施設にその規模に応じた適切な消火設備を設置

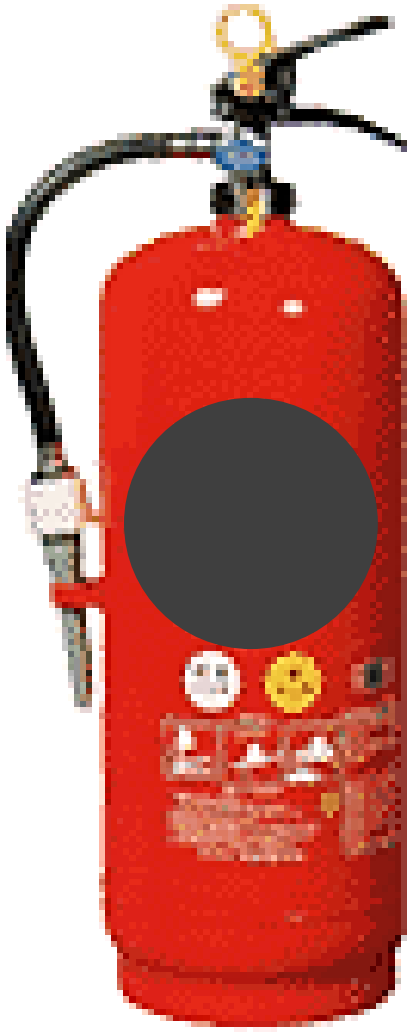
図12

冷凍第7条1項12号

例示基準

消火設備の例

消火器



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

受液器から漏えいした毒性ガスの液化ガス流出防止措置

図13

冷凍第7条1項13号

＊ 内容積10000L以上の**受液器**（**毒性ガス**のもの）
→漏えいした**液化ガスの流出を防止する措置**（例：防液堤の設置）

液化アンモニアの受液器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

電気設備の防爆構造

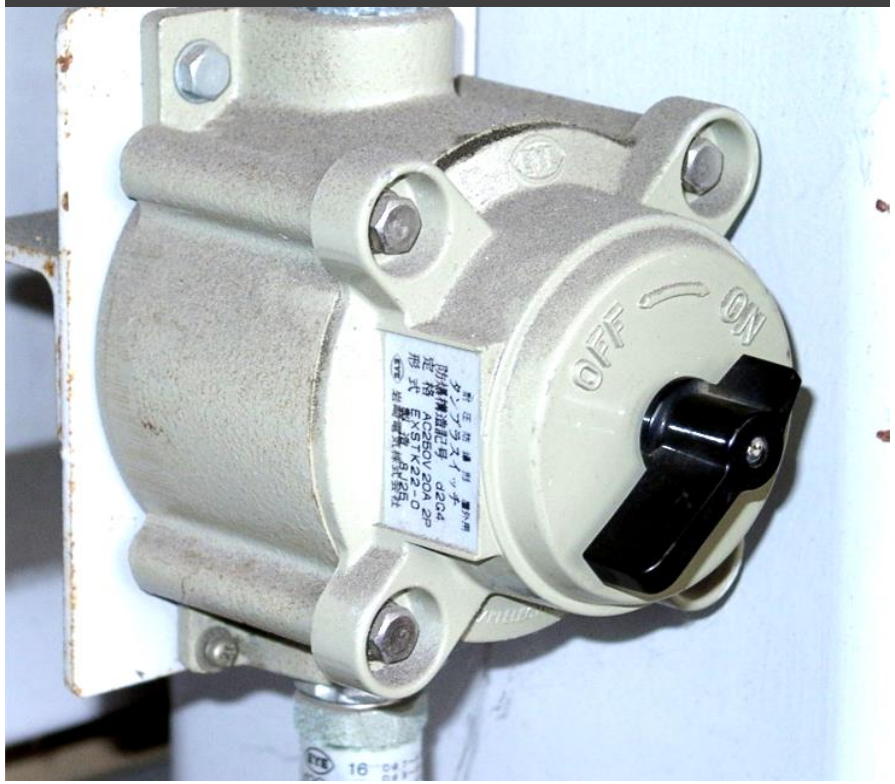
図14

冷凍第7条1項14号

可燃性ガス（アンモニアを除く。）の冷媒ガス設備に係る電気設備は防爆性能を有する構造のもの

照明

スイッチ



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス漏えい検知警報設備

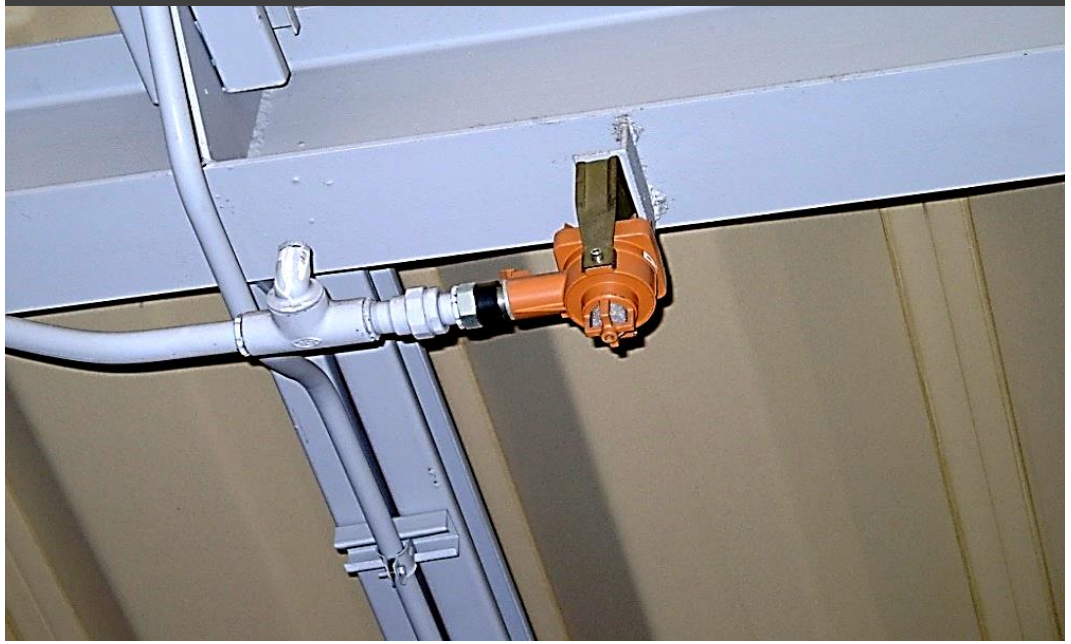
図15

冷凍第7条1項15号

＊ **可燃性ガス、毒性ガス又は特定不活性ガス**の製造施設の漏えいガスの滞留するおそれのある場所
→ガス漏えい検知警報設備を設置

例示基準

可燃性ガス漏えい検知部



警報盤

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガス製造設備の除害の措置

図16

冷凍第7条1項16号

例示基準

スクラバー（アンモニア）

保護具器材

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

資料2-1

海産物の冷凍冷蔵用アンモニア冷凍設備における、
低圧受液器のドレン弁からの
アンモニア漏えい・噴出による中毒事故

写真・図面

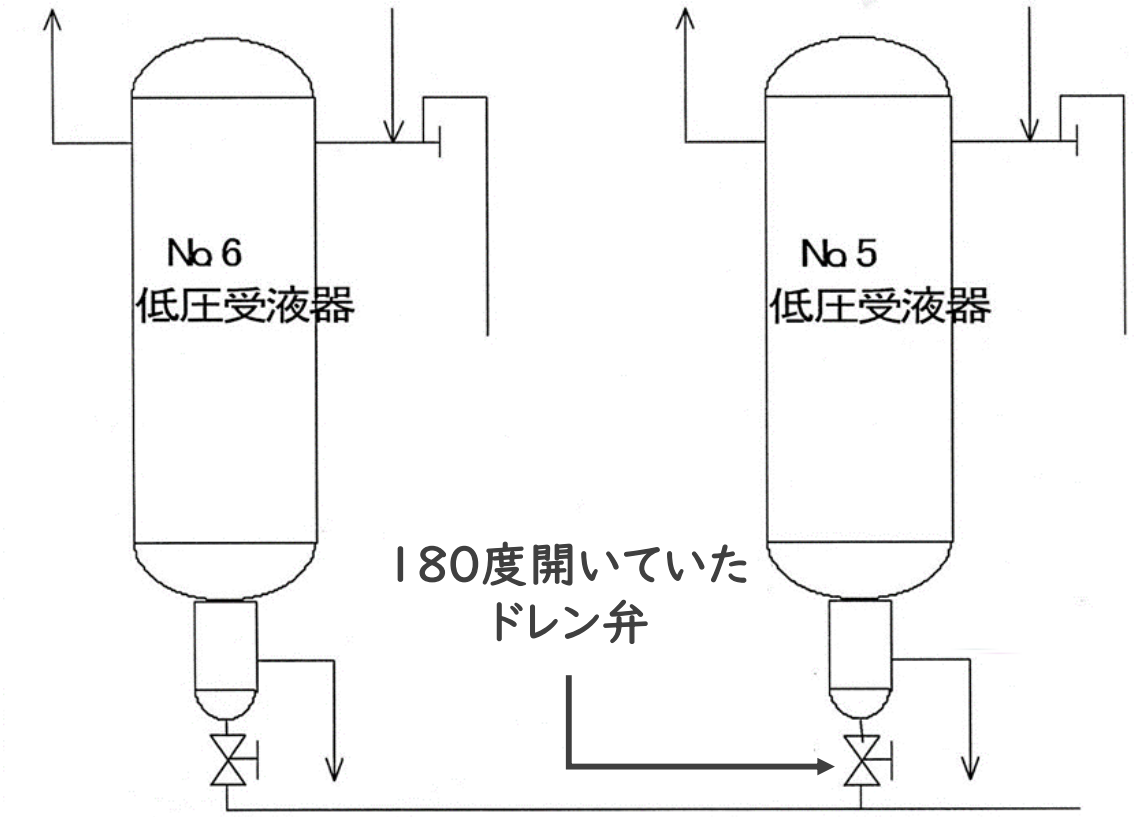


図1　低圧受液器の概略

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

資料2-2

冷凍保安責任者が朝交代出勤したら、
作業者（冷凍保安責任者代理者）が
コンプレッサーの間に倒れているのを発見。

病院に運ばれたがアンモニア中毒による
反射性呼吸抑制に伴う呼吸障害による
死亡が確認された。

機械室にアンモニアが充満、警報器不作動。

ドレン弁は180度近く開いていた。

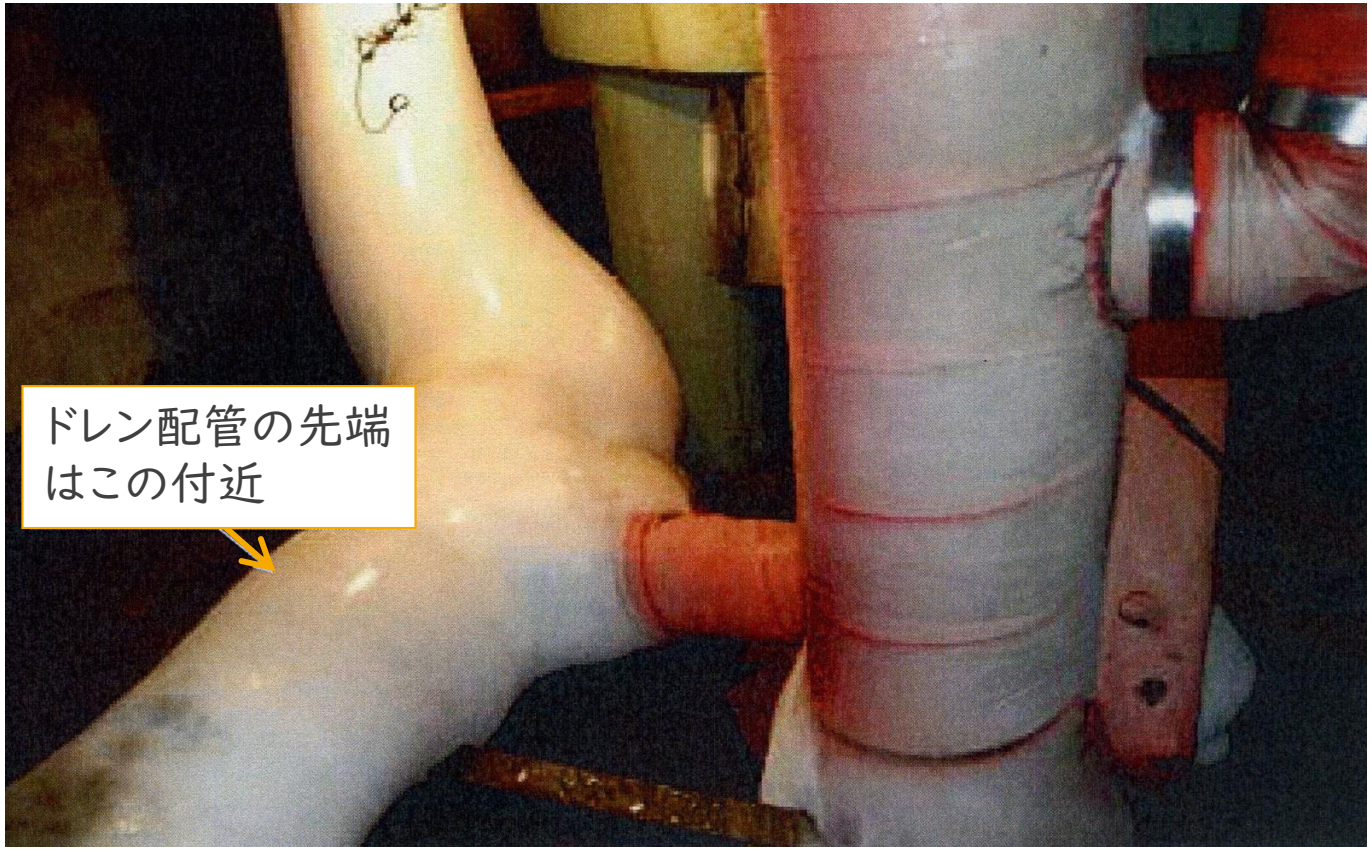


写真3 ドレン配管の先端付近

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

資料2-3

作業者はピットの裏側に回り込み
ドレン弁を開閉する。

足場（作業性）が悪い状況で、
ピット内に降りてペール缶に泡状の油を
受け、機械室の外のドラム缶に排出。

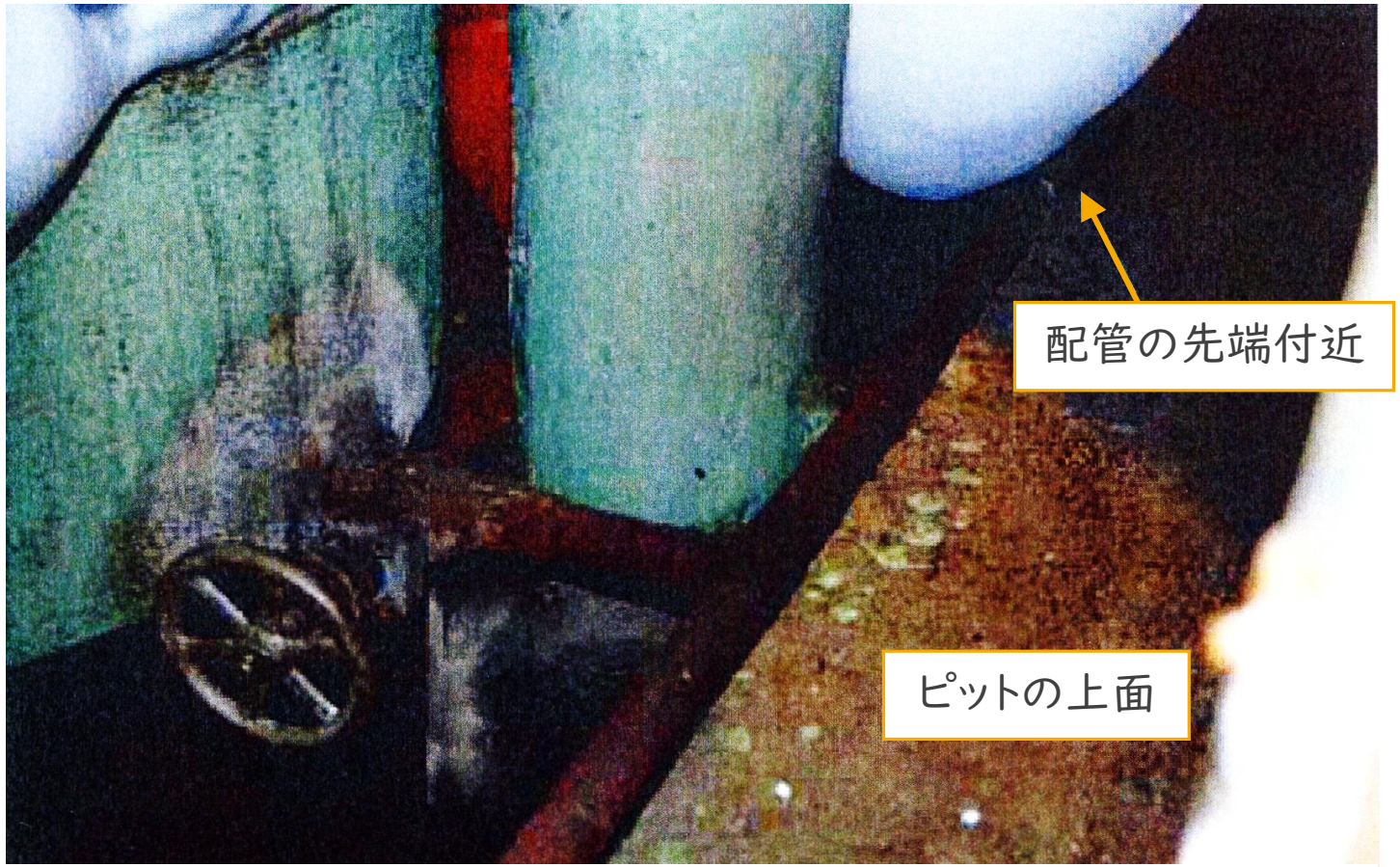


写真2 ドレン配管の先端

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造設備のバルブ、コック等の誤操作防止措置

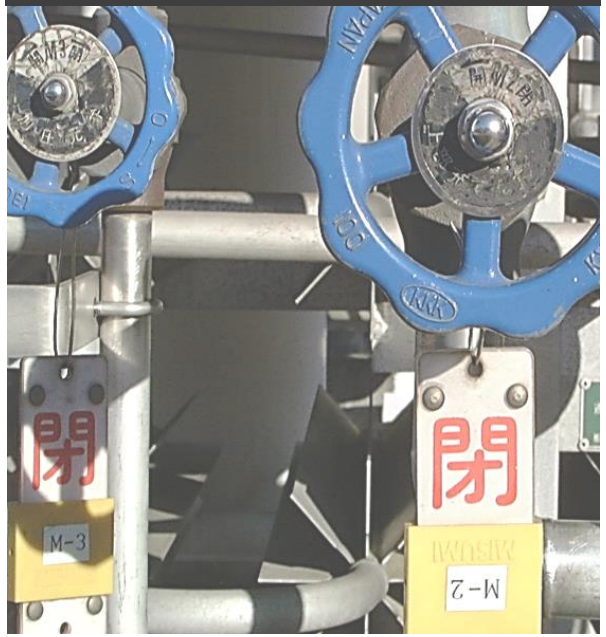
図17

冷凍第7条1項17号

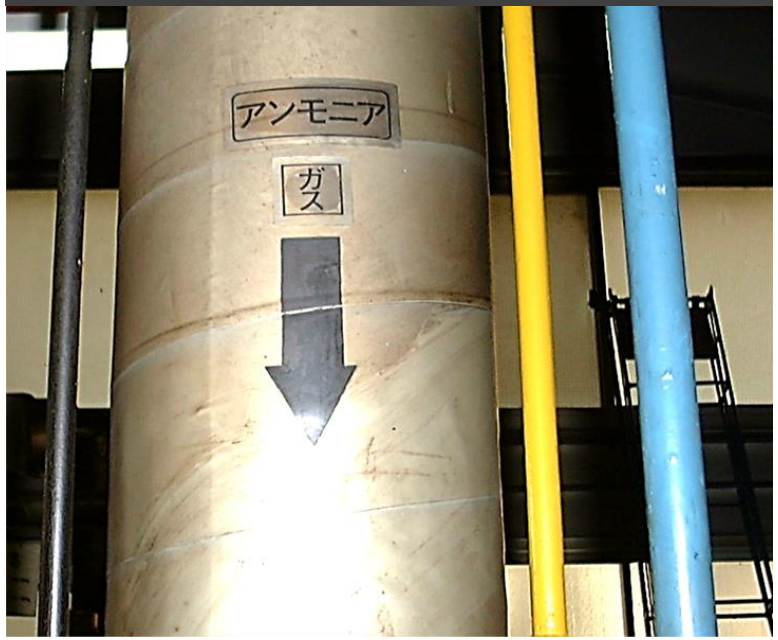
＊ 製造設備に設けた**バルブ**又は**コック**（自動制御のものを除く。）、**操作ボタン**（バルブ、コック）
→作業員が**適切に操作**することができる措置[注：製造設備には、冷水ライン、ブラインも含まれている。]

例示基準

開閉方向・開閉状態



流体の種類・流れ方向



操作できないような措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

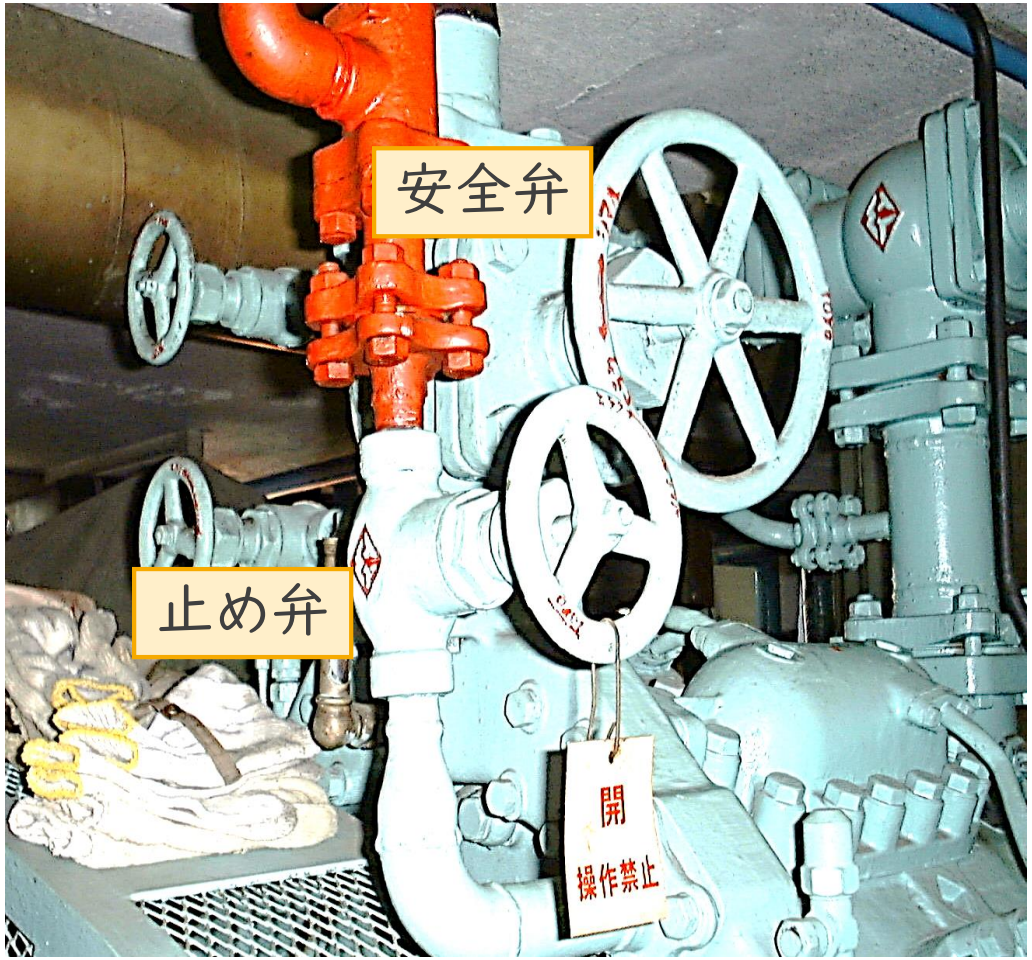
安全弁の止め弁の常時全開

図18

冷凍第9条1号

＊ 安全弁に付帯して設けた**止め弁**→ 修理、清掃のため必要な場合以外は**常に全開**

例示基準



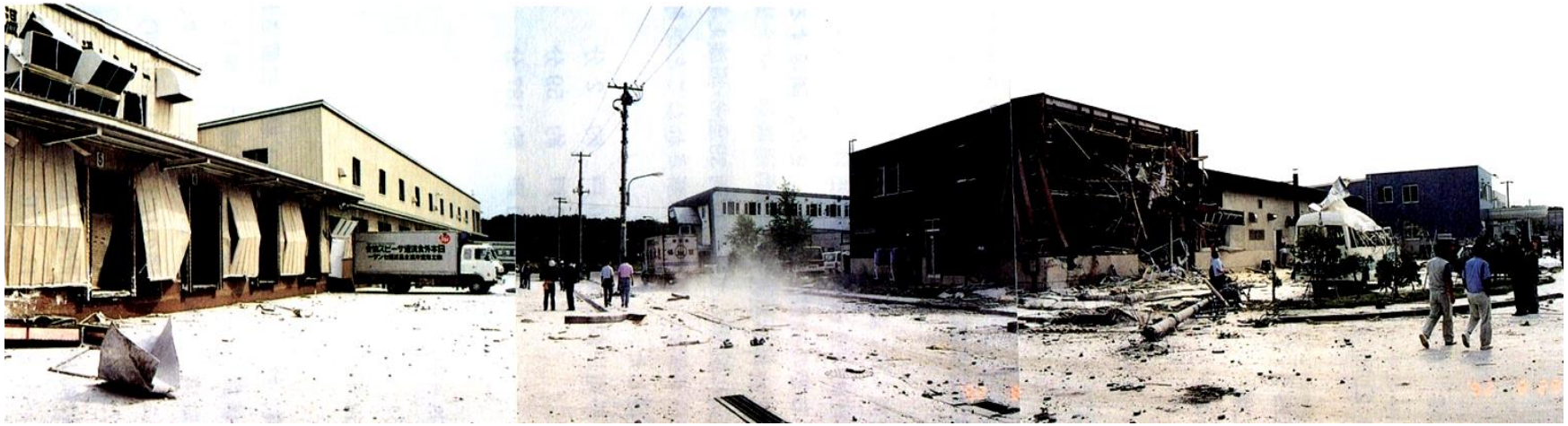
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故

資料3-1

北海道石狩町　食品工場　人的被害なし　被害金額　4億3600万円

- 液化窒素を7月2日充塡し、発災日まで約2か月間放置
- 破裂板、バネ式安全弁の元弁等保安上重要な弁をすべて閉止
- 内圧上昇により貯槽が破壊（内槽7個、外槽11個に破断）
- 工場長のみが貯槽の弁類操作。従業員はノータッチ
- 社内保安教育されず、保安意識なし。保安マニュアル不十分
- 機器のメンテナンスは業者まかせ



KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故

資料3-2

KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成4年8月28日　液化窒素貯槽破壊事故

資料3-3

KHK「液化窒素貯槽事故調査委員会報告書」より

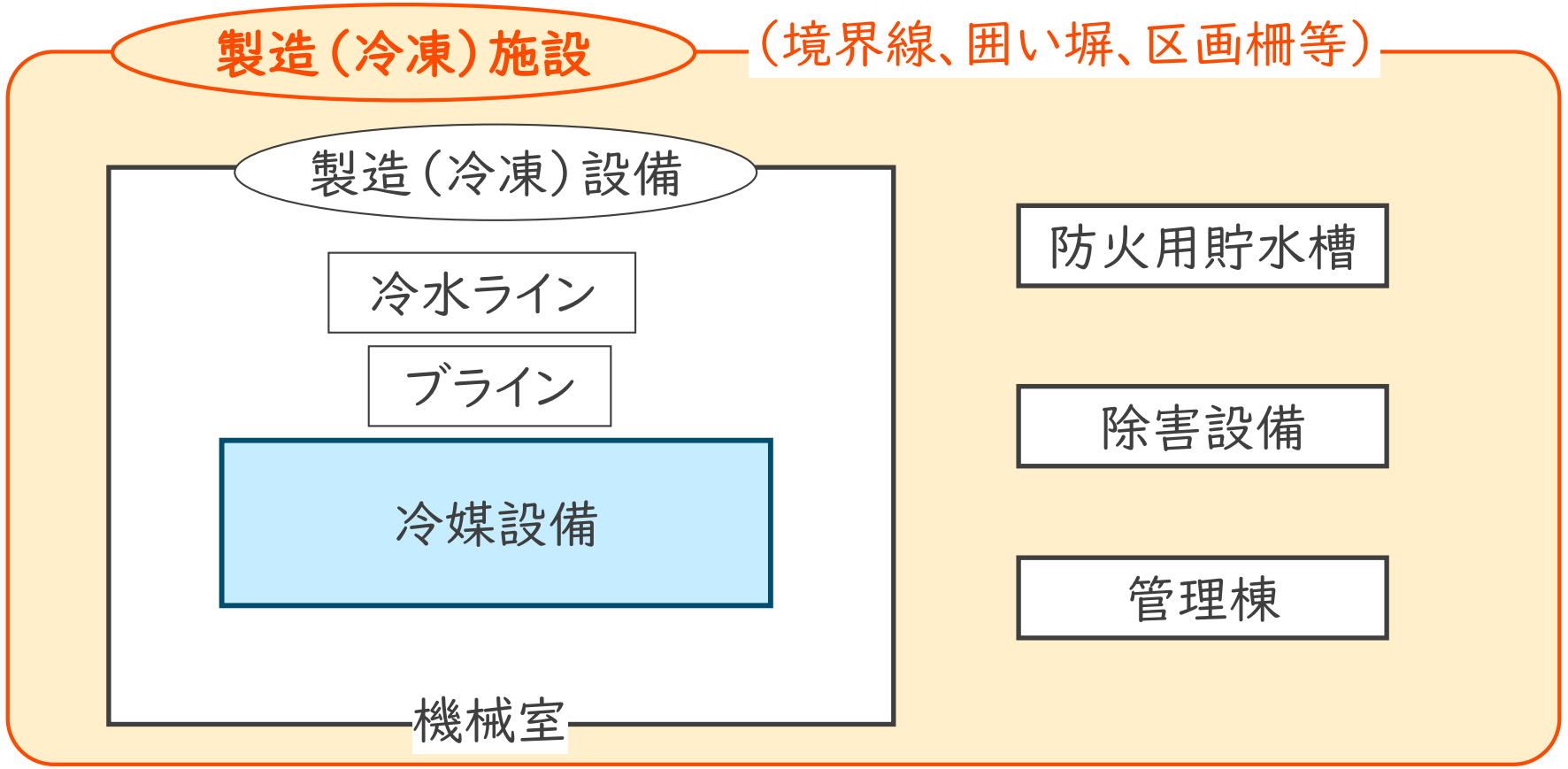
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設の日常点検

図19

冷凍第9条2号

＊ 1日に1回以上、頻繁に**製造施設の異常の有無**について点検→**異常**があるときは**危険を防止する措置**



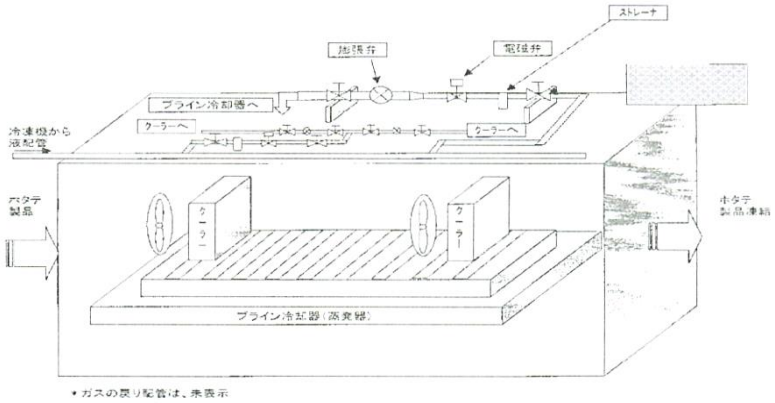
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

資料4-1

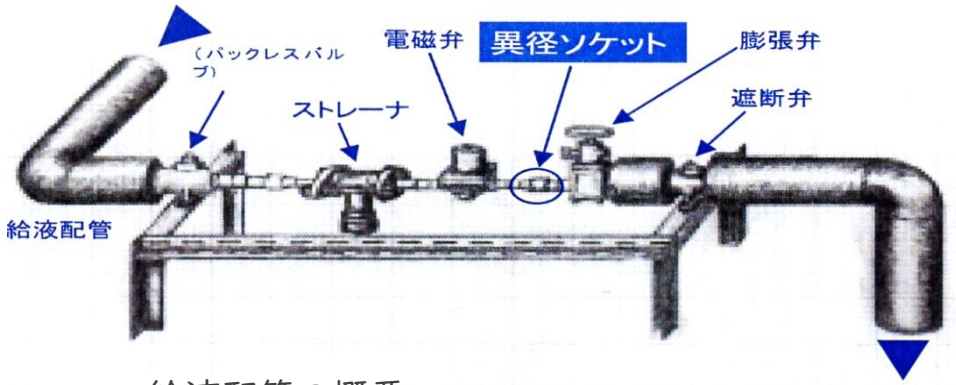
冷凍第9条1号

トンネルフリーザー給液配管の
異径ソケット部からガス漏えいし、
酸欠、異臭、喉の痛み、頭痛など発生

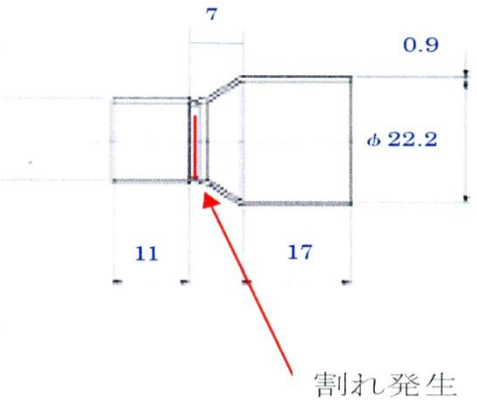
トンネルフリーザ入口



天井裏配管の概要



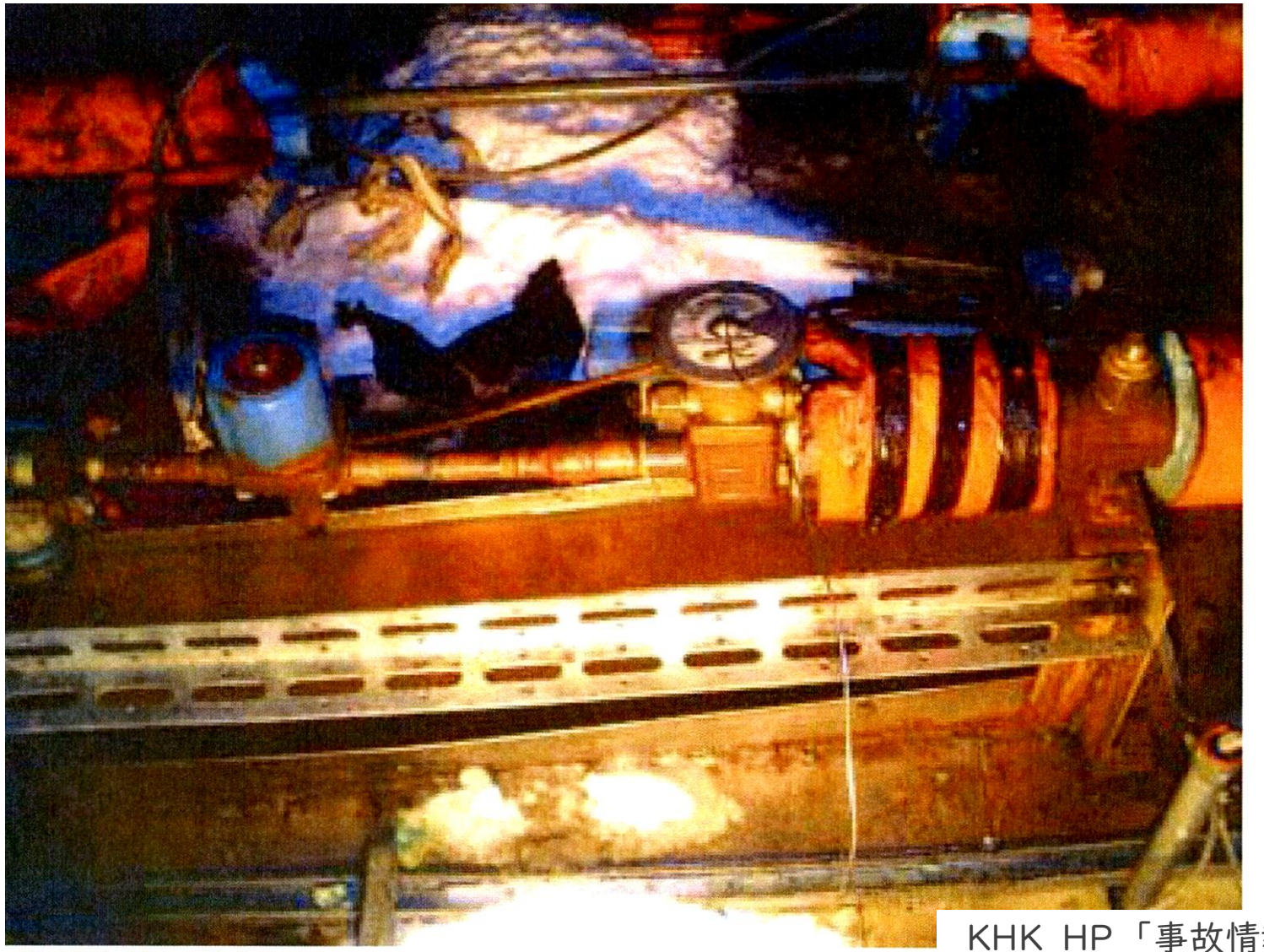
給液配管の概要



KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

資料4-2



発災直後の状況

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成17.9.10 福岡県久留米市液封によるアンモニアガスの大量漏えい事故

資料5-1

冷凍機の運転を停止したところ、電磁弁と逆止弁の間で液封状態となり、温度上昇に伴って配管内の圧力が高圧となった。このため、吐出弁本体が破損し、アンモニアガスが漏えいした。

人的被害なし。アンモニア漏えい量は160kg。

マニュアル通り操作したが、
液封となることは誰にも
理解されていなかった。

過去から繰り返し液封が
発生していた可能性あり。

破損した吹出弁

破損状況

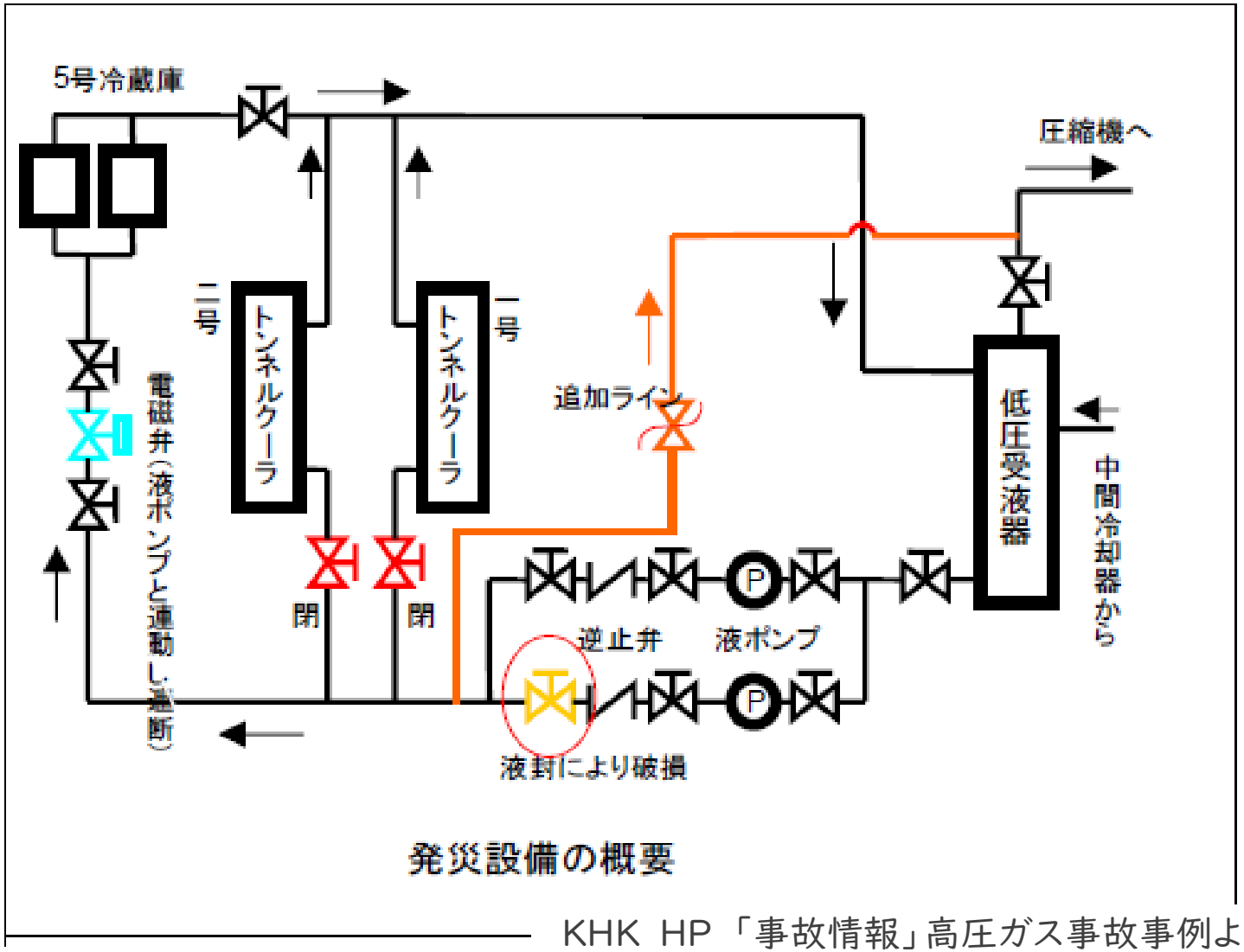
KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成17.9.10 福岡県久留米市液封によるアンモニアガスの大量漏えい事故

資料5-2

- 液封防止対策として、リリーフラインを追加する。
- 従業員に防災訓練、保安教育を実施する等の再発防止対策を図る。



発災設備の概要

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒設備の修理、清掃方法（1）

図20

冷凍第9条3号イ、ニ

作業実施前

＊ **作業計画**の作成
＊ **作業責任者**の決定

作業実施

＊ **作業計画に従って**作業
＊ **作業責任者の監視の下**、又は**責任者と連絡できる措置**を講じて作業

作業終了後

＊ 修理等に係る**冷媒設備が正常に作動することを確認**した 後に製造再開

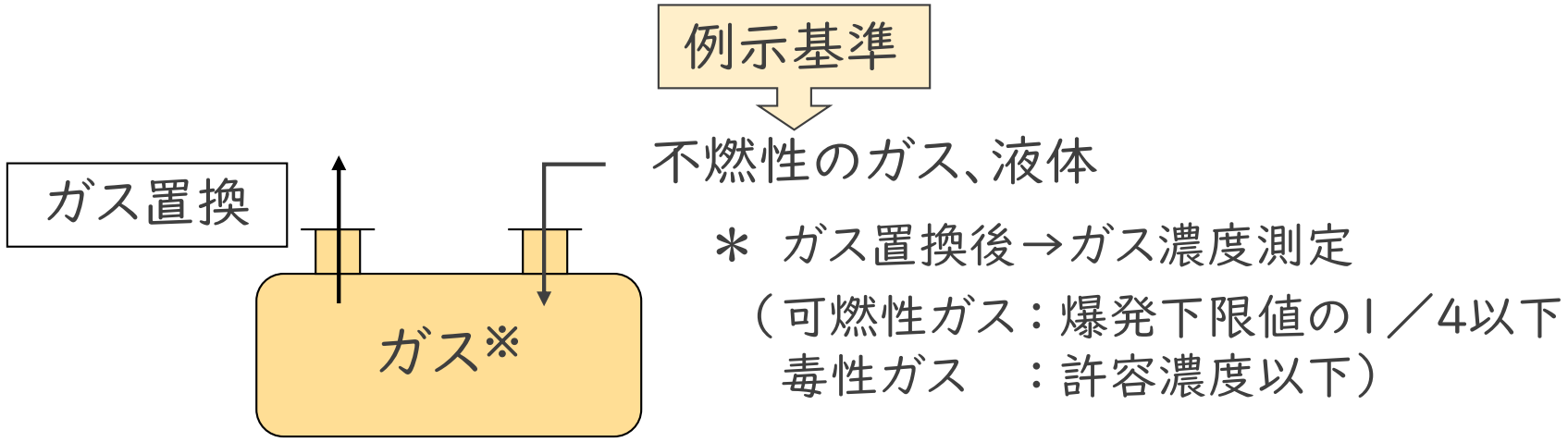
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒設備の修理、清掃方法（2）

図21

冷凍第9条3号ロ

＊ **可燃性ガス**又は**毒性ガスの冷媒設備**の修理、清掃 → **危険を防止する措置**



- ガス置換の免除（①～⑤の条件のすべてに適合のもの）
  - ① 冷媒設備等の全内容積が1m^{3}以下
  - ② 出入口のバルブが確実に閉止
  - ③ 人が設備内に入らない
  - ④ 火気を使用しない作業
  - ⑤ 簡易な清掃又はガスケット交換等の軽微な作業

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

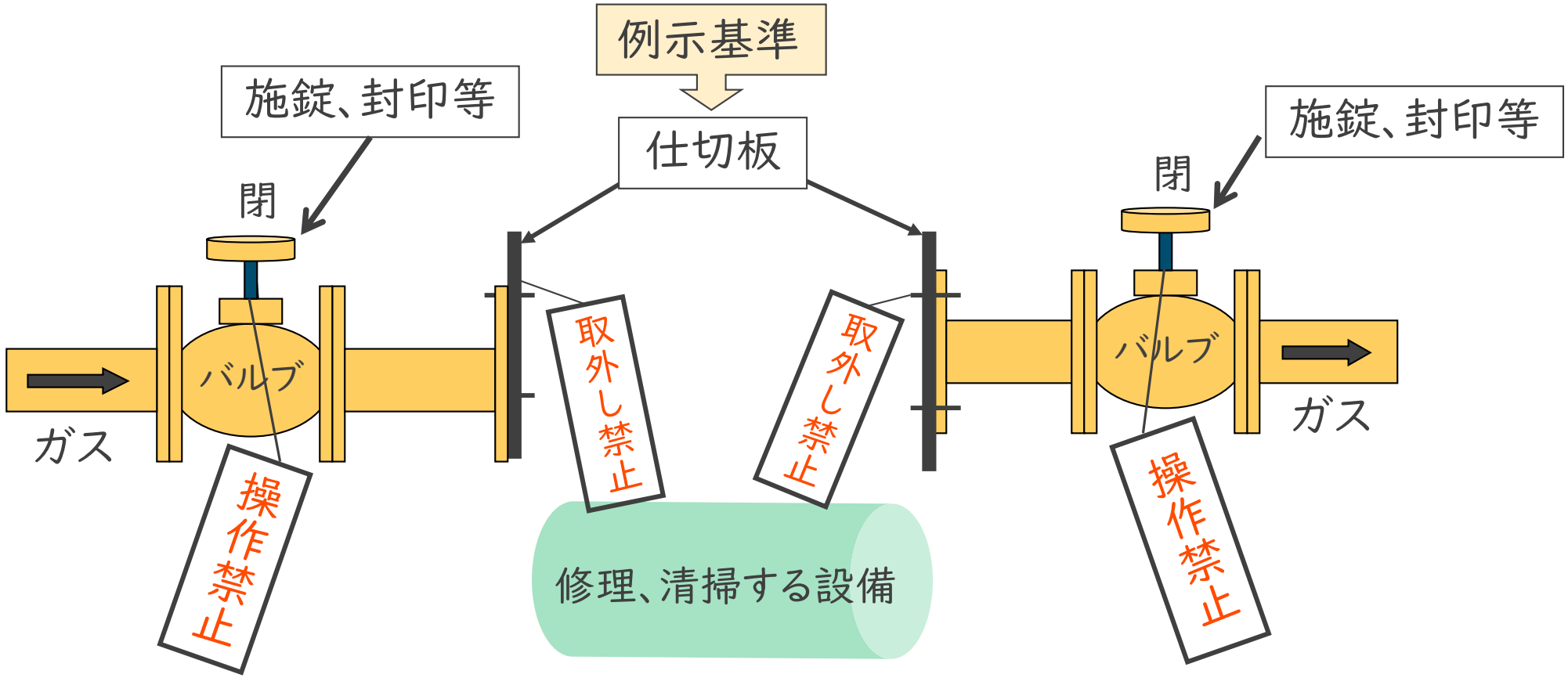
冷媒設備の修理、清掃方法（3）

図22

冷凍第9条3号ハ

＊ 冷媒設備の**開放修理等**

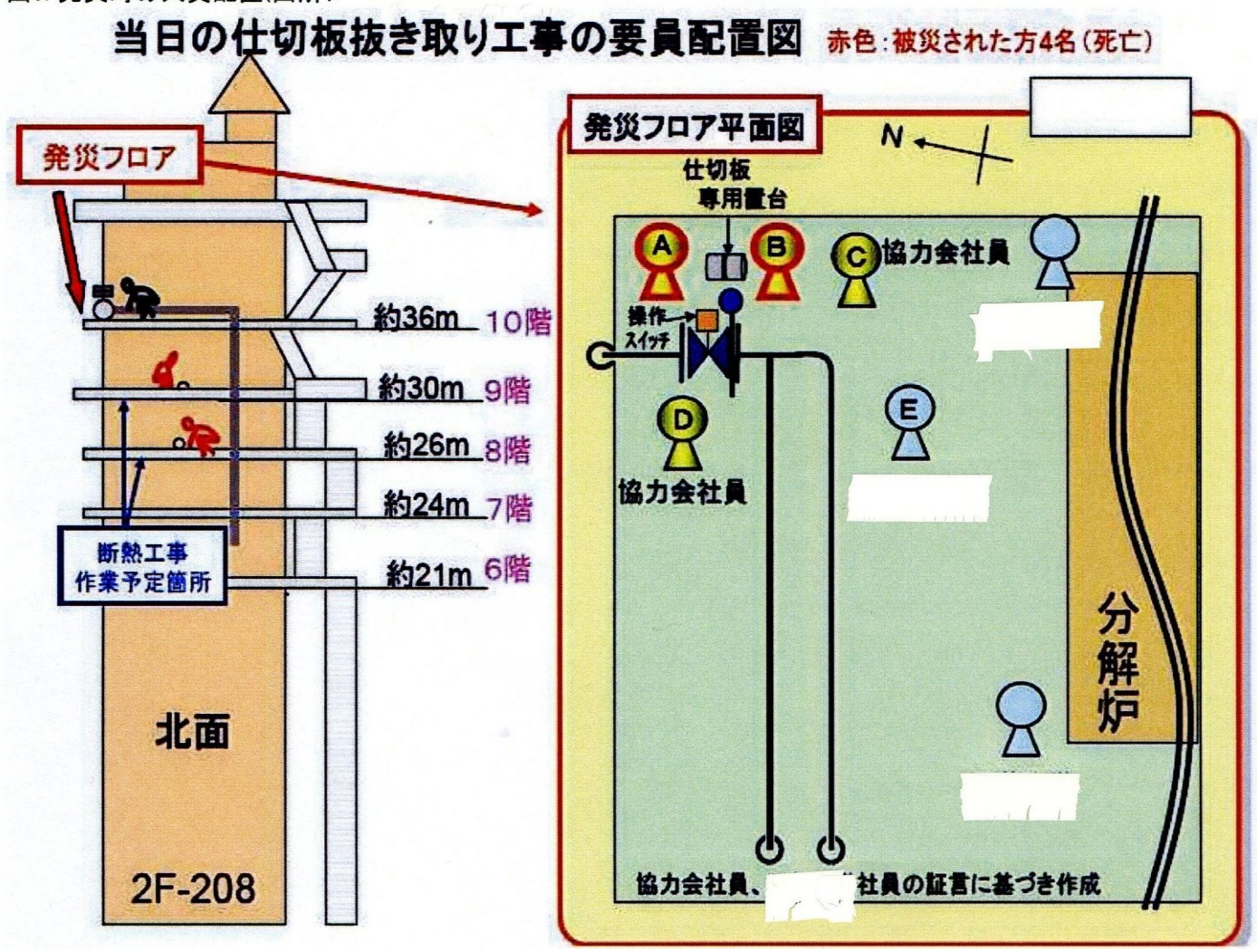
→ **開放する部分に他の部分からガスが漏えいすることを防止**する措置



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

資料6-1

図6. 発災時の人員配置(出所:



出典：失敗知識データベース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

資料6-2

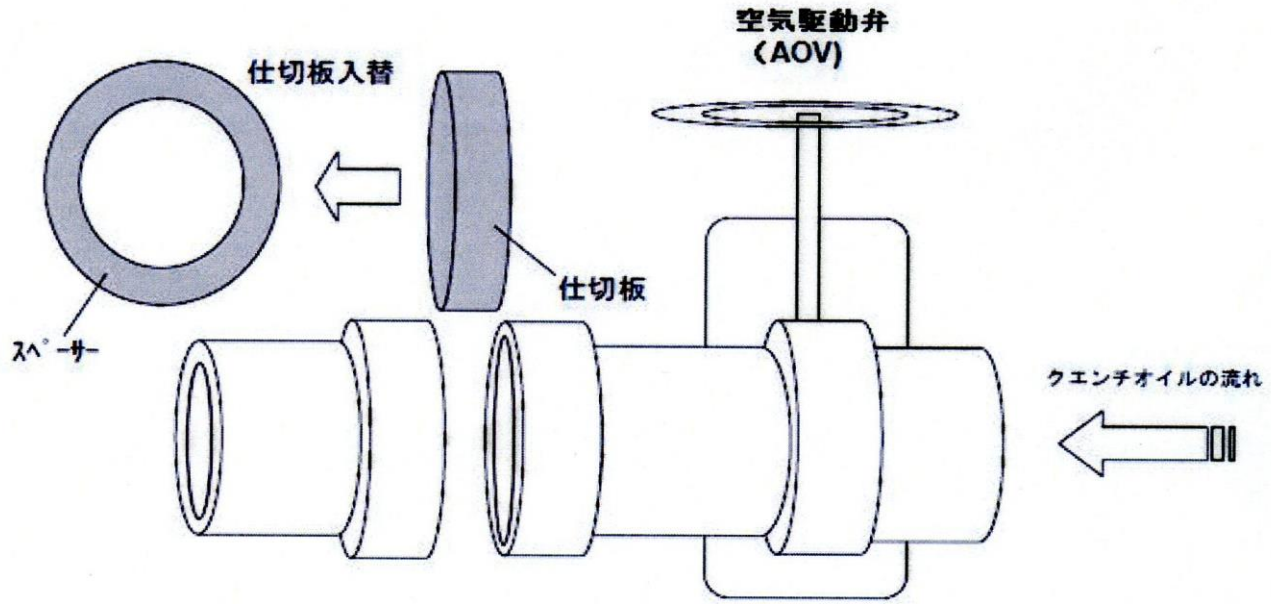
「フランジ部が開放状態になったとき、AOVが開けば多量の可燃物が漏れ、階下に流下する可能性がある」という単純な認識があれば、適切な工事管理により少なくとも階下の2人の被災は防げた可能性がある。

JST失敗知識データベース > 空気駆動弁（AOV）廻り概略図　1/1 ページ

失敗知識データベース

図4. 空気駆動弁（AOV）廻り概略図

約165トンもの多量のクエンチオイルが流出

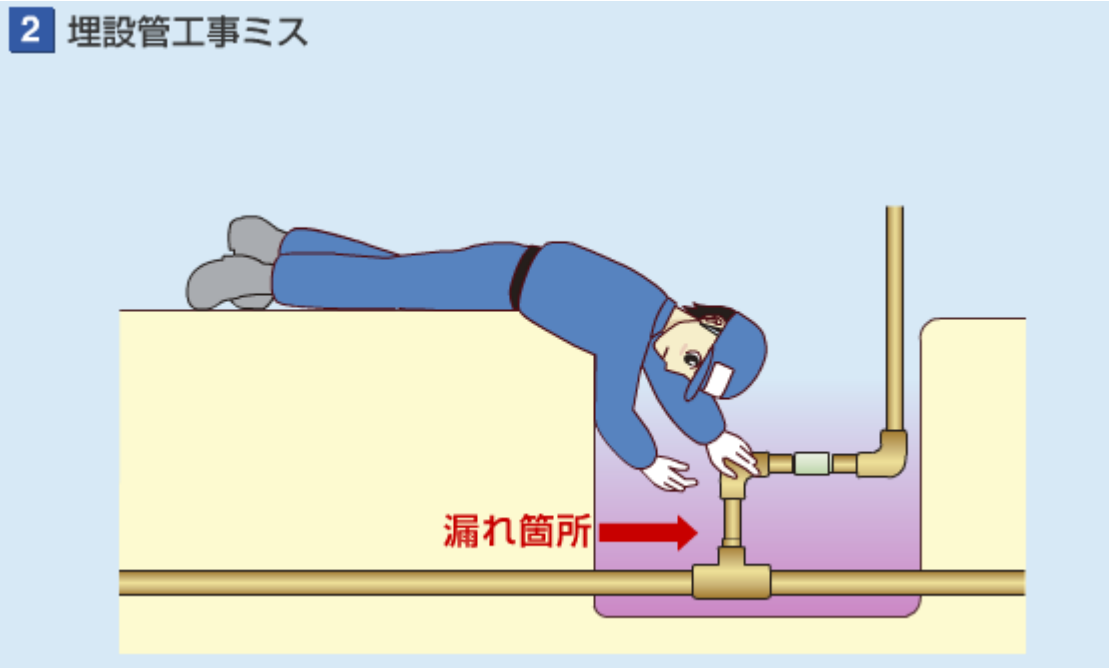


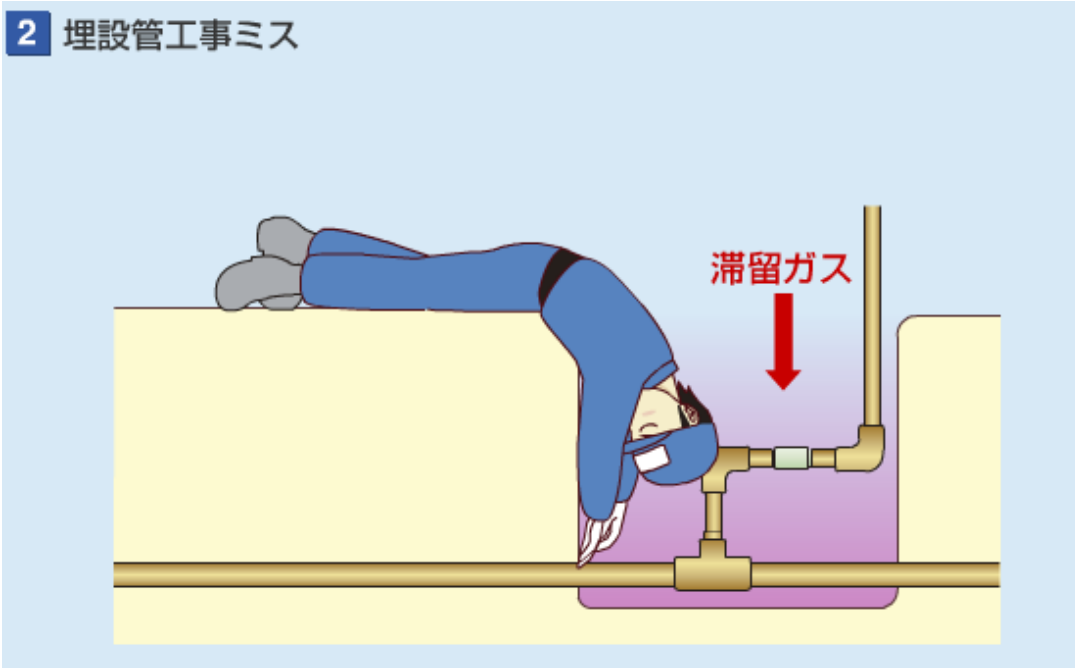
出典：失敗知識データベース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

埋設管工事ミスによる死亡事故例

資料7





消費者へのガスの供給を止めないまま、地面を掘削し、図のような体勢でのぞき込んだため、
滞留した漏えいガスを吸引して酸欠事故となった。

KHK 平成18年度学習プログラム「設備工事」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

昭和48年10月28日 塩ビモノマー製造装置・ガス漏えい爆発事故

資料8

（被害概要）

死者1名、重傷者6名、軽傷者17名
民家等660棟が爆風により屋根、窓ガラス等に被害

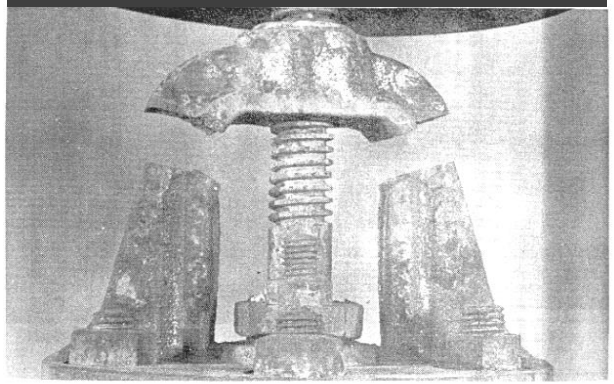
被害範囲　半径2.2km
爆発で発生した塩化水素ガスにより、
農作物被害16万㎡

（事故原因）

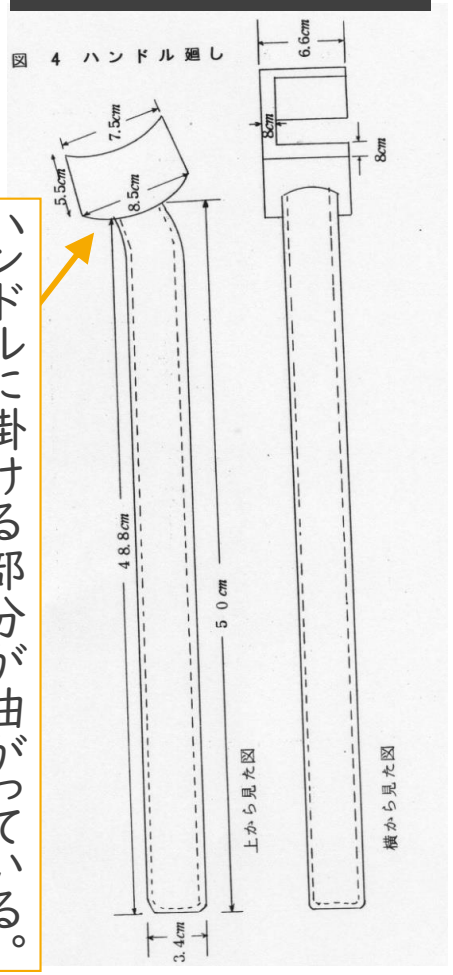
漏えい原因がバルブ座面の腐食孔によることに
気づかないで、漏えいを止めようとハンドル廻しを
用いてバルブに過大な力をかけたことにより、
バルブが破壊し、粗モノマーが約4トン漏えいした。

ガスは空気より重いので地上をはうように
塩ビ工場一帯に拡散した後、繰り返し爆発した。
47時間後鎮火。

弁のヨーク部の損傷状態



ハンドル廻し



ハンドルに掛ける部分が曲がっている。

出典：通産省、S化学工業（株）
N工場塩化ビニールモノマー製造装置事故調査報告書（1973）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

バルブの操作方法

冷凍第9条4号

参考図１

＊ バルブのハンドルやレバー**操作**

→ **過大な力を加えない**ような措置

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種製造者及びその他製造の技術上の基準

図23

法第12条、13条、
冷凍第14条、15条

第二種製造者の製造の方法

＊ 製造設備の設置又は変更の**工事を完成**したとき
→次の①又は②のいずれかを**行った後でなければ製造**をしないこと。

① 酸素以外のガスを使用する試運転

② 許容圧力以上の圧力で行う気密試験
（試験用のガスに空気を使用するときは、冷媒設備中にある可燃性ガスを排除した後に行う。）

その他製造の技術上の基準

1. 上記第二種製造者の製造の方法の基準
2. 特定不活性ガスを冷媒ガスとする冷凍設備にあっては、
冷媒ガスが漏えいしたとき燃焼を防止するための適切な措置を講ずること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造に係る技術上の基準の適用区分（製造）

図24

法第11条、12条、13条
冷凍 第7条～9条、12条～15条

冷媒ガス → / → 技術上の基準			二酸化炭素、不活性のフルオロカーボン	不活性のもの以外のフルオロカーボン・アンモニア	その他のガス
（A）	（B）	（C）	（トン／日）	（トン／日）	（トン／日）
第一種製造者			50以上	50以上	20以上
第二種製造者			20以上50未満	5以上50未満	3以上20未満
その他の製造者			5以上20未満	3以上5未満	

（A）すべての製造者にかかる技術基準
（B）第一種、第二種製造者にかかる技術基準
（C）第一種製造者にかかる技術基準

冷凍能力5トン／日未満適用除外

冷凍能力3トン／日未満適用除外

冷凍能力3トン／日未満適用除外

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒ガスの廃棄方法

図25

冷凍第34条

＊ **可燃性ガス及び特定不活性ガス**の廃棄

→ **火気を取り扱う場所**又は**引火性若しくは発火性の物**を**たい積した場所**及び**その付近を避け**、かつ、大気中に放出して廃棄するときは、**通風の良い場所で少量ずつ放出**すること。

＊ **毒性ガス**の廃棄

→ **危険又は損害を他に及ぼすおそれのない場所**で**少量ずつ**すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍則終了

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一冷・二冷・三冷編
一般高圧ガス保安規則

令和3年度

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

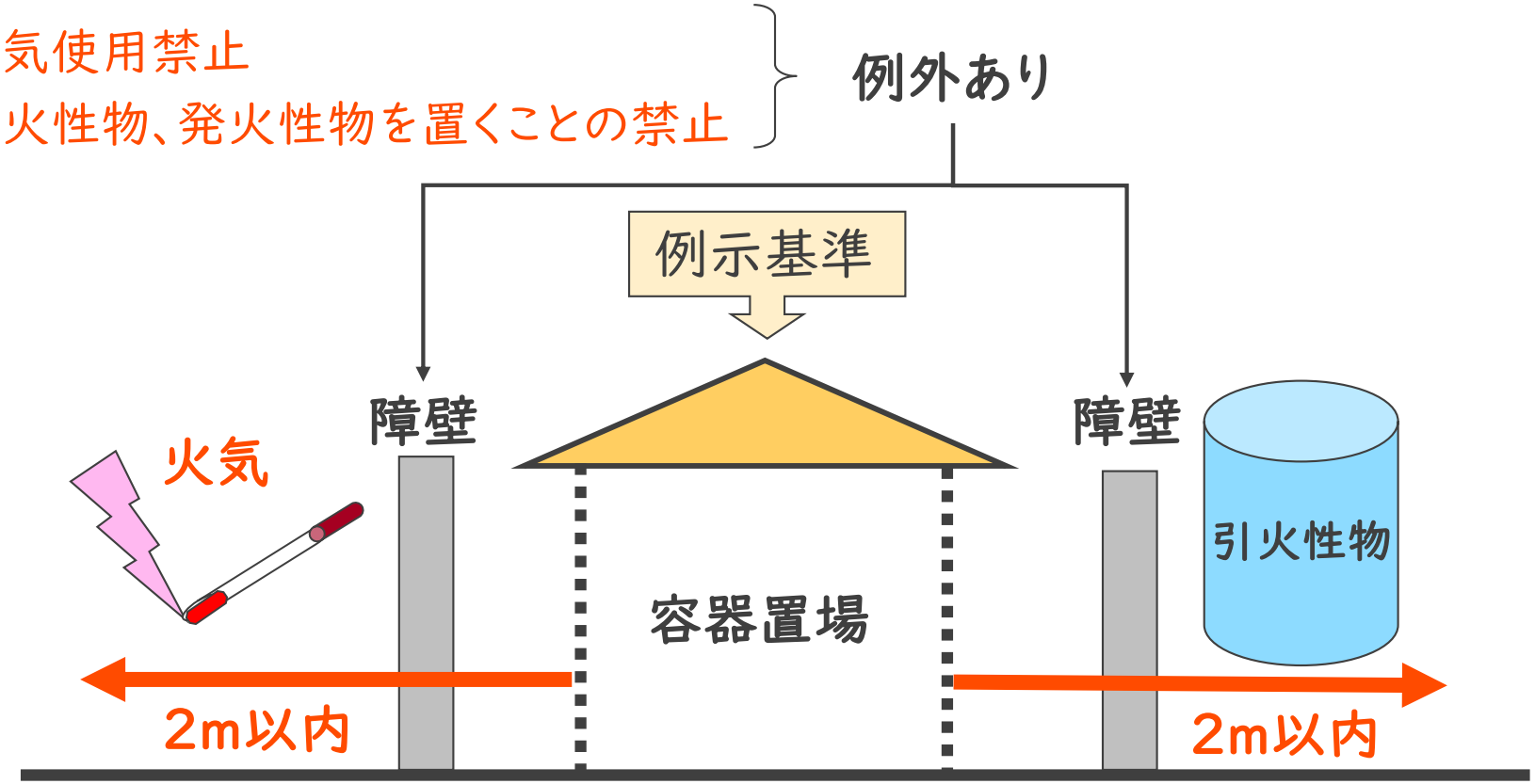
容器による高圧ガスの貯蔵（1）

図26

一般第18条、6条2項8号

＊ 不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）及び空気以外の容器置場の周囲2m以内

→ ① 火気使用禁止
② 引火性物、発火性物を置くことの禁止



（例外）第一種及び第二種貯蔵所以外の場所で特定不活性ガスを貯蔵する場合は、この規制はかからない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器による高圧ガスの貯蔵（2）

図26（続き）

一般第18条、6条2項8号

＊ 充塡容器等の貯蔵方法

① 可燃性ガス、毒性ガスの充塡容器等は通風の良い場所

② 充塡容器と残ガス容器とを区分

例示基準

③ 可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス及び酸素の充塡容器等をそれぞれ区分

例示基準

（例外）第一種及び第二種貯蔵所以外の場所で特定不活性ガスを貯蔵する場合は、③の規制はかからない。

④ 容器の温度40℃以下

⑤ 充塡容器等の転落転倒防止（内容積5L超のものに限る。）

⑥ 容器バルブの損傷防止

例示基準

⑦ 容器の粗暴な取扱い禁止

⑧ トラック等の車両に積み置き貯蔵禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

車両に積載した容器による高圧ガスの移動（1）

図27

一般第50条

1. 車両に警戒標の掲示
   （トラック車両に積載した容器による場合、
   内容積25L以下の容器（毒性ガスに係るものを除く。）で
   合計50L以下の移動は警戒標の掲示は免除）

例示基準

2. 容器の温度を常に40℃以下

3. [**内容積5Lを超える充塡容器等**] 転落、転倒等の防止措置、バルブ損傷防止措置、
   粗暴な取扱い禁止

4. [**可燃性ガスと酸素**]同一車両の混載はバルブを向き合わせない

5. [**毒性ガス**] 容器に木枠又はパッキン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

車両に積載した容器による高圧ガスの移動（2）

図27（続き）

一般第50条9号、10号

応急措置用の工具等の携行

可燃性ガス・特定不活性ガス・
液化石油ガス・酸素・三フッ化窒素
（少量（容器の内容積25L以下、
合計50L以下）の場合携行義務免除）

例示基準

毒性ガス

防毒マスク、保護具、
応急措置用の資材、薬剤、工具等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

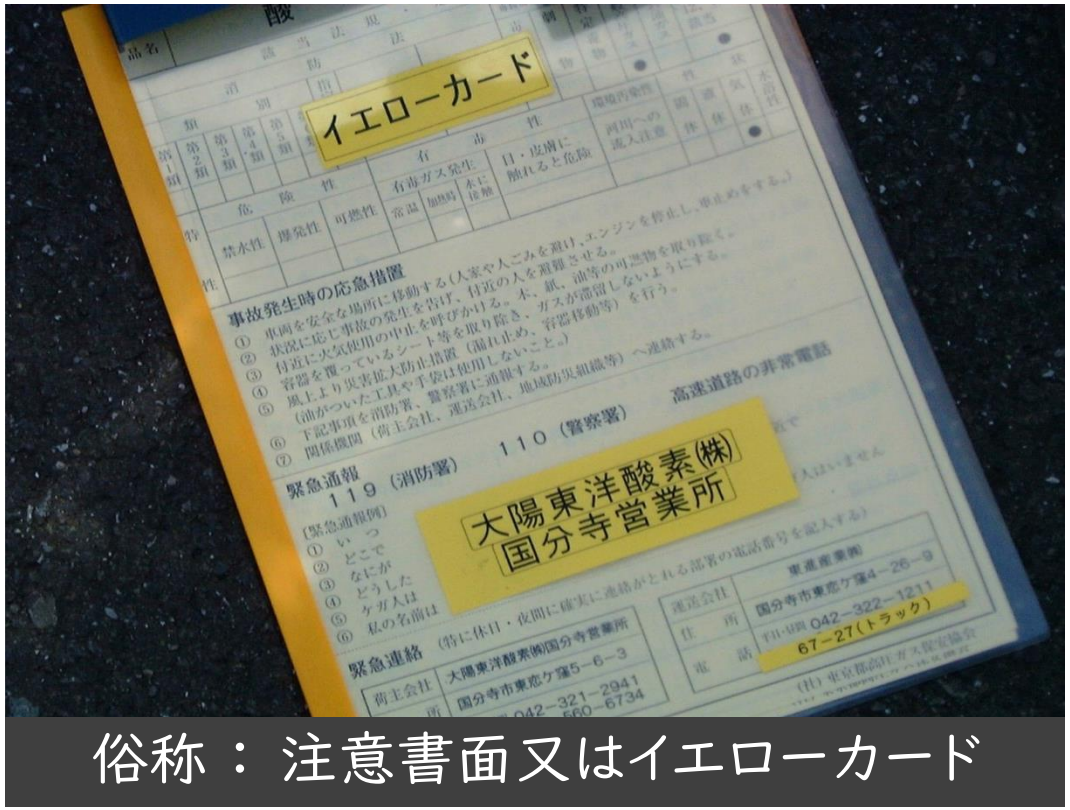
車両に積載した容器による高圧ガスの移動（3）

図27（続き）

一般第50条14号

移動する車両の運転者に、高圧ガスの名称、性状及び移動中の災害防止のために必要な注意事項を記載した書面（可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素、特殊高圧ガス）を交付、携帯させ、記載事項を遵守させる。

例示基準



俗称：注意書面又はイエローカード

（少量（毒性ガスを除く容器（注意ラベル貼付のもの）の内容積25L以下、合計50L以下）の場合携帯不要。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

消費に係る技術上の基準

図28

一般則第60条、(液石則第58条)

＊ 充塡容器等のバルブは、静かに開閉すること。

[断熱圧縮による高温度]

減圧バルブ、送気バルブ等のバルブシート(有機材料)、ガスケットの燃焼のおそれがある。

[摩擦熱による高温度]

設備内の鉄さび粉、金属粉、ダスト等の摩擦により発熱、静電気、帯電を生じ、燃焼のおそれがある。

温度20℃、圧力0.1MPaの酸素を圧力15MPaに断熱圧縮すると、およそ953℃の温度に上昇するといわれている(理論値)。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

廃棄に係る技術上の基準（冷媒設備内の冷媒ガスを除く。）

図29

一般第62条

1　廃棄の基準に従うべき高圧ガスの指定

→可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス及び酸素

2　廃棄に係る技術上の基準の主なもの

① 容器とともに廃棄は禁止

② [**可燃性ガス又は特定不活性ガス**] 火気を取り扱う場所、引火性又は発火性の物のたい積した場所及びその付近を避け、大気中に放出して廃棄するときは、通風の良い場所で少量ずつ

③ [**酸素又は三フッ化窒素**] バルブ及び器具の石油類、油脂類その他の可燃性の物を除去

④ 廃棄後は、バルブを閉止し、転落及びバルブの損傷防止措置

⑤ 充塡容器等のバルブは静かに開閉

⑥ 充塡容器等・バルブ・配管の加熱方法

イ　熱湿布

ロ　温度40℃以下の温湯

ハ　空気の温度が40℃以下の所定の空気調和設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（参考事故）

【LPガス充塡所　火災・爆発事故】

昭和61年5月17日　（三重県四日市市）
（充塡所の規模＝正職員13名及び臨時作業員2名）

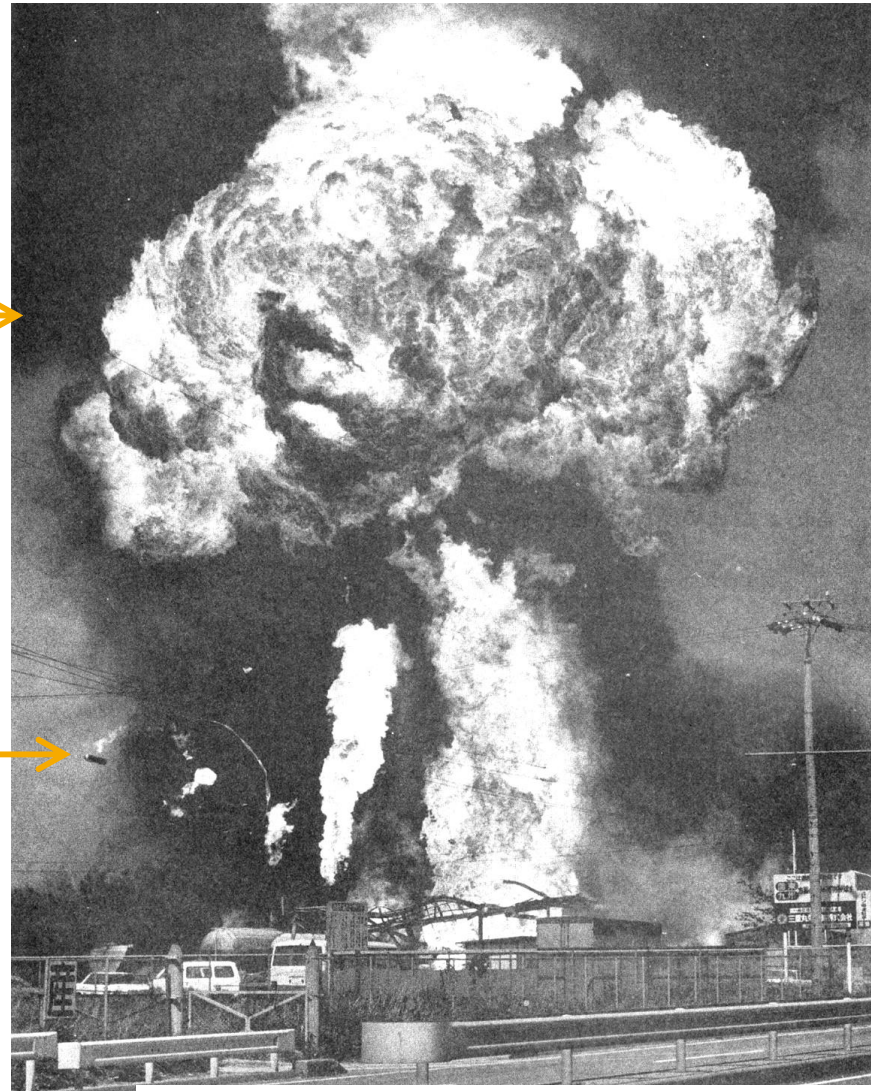
人的被害	火傷3名
物的被害	充塡所、貯槽、容器多数焼損
第三者被害	同一構内施設車両等全焼、 充塡所隣接国道通行中の車両フロントガラス破損、 近隣飲食店窓ガラス破損他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

充塡所プラットホームにあった
充塡容器の爆発により形成された
ファイアーボール

大爆発により破裂した容器が
半径160m内に飛び散った。
飛翔する50kg容器



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

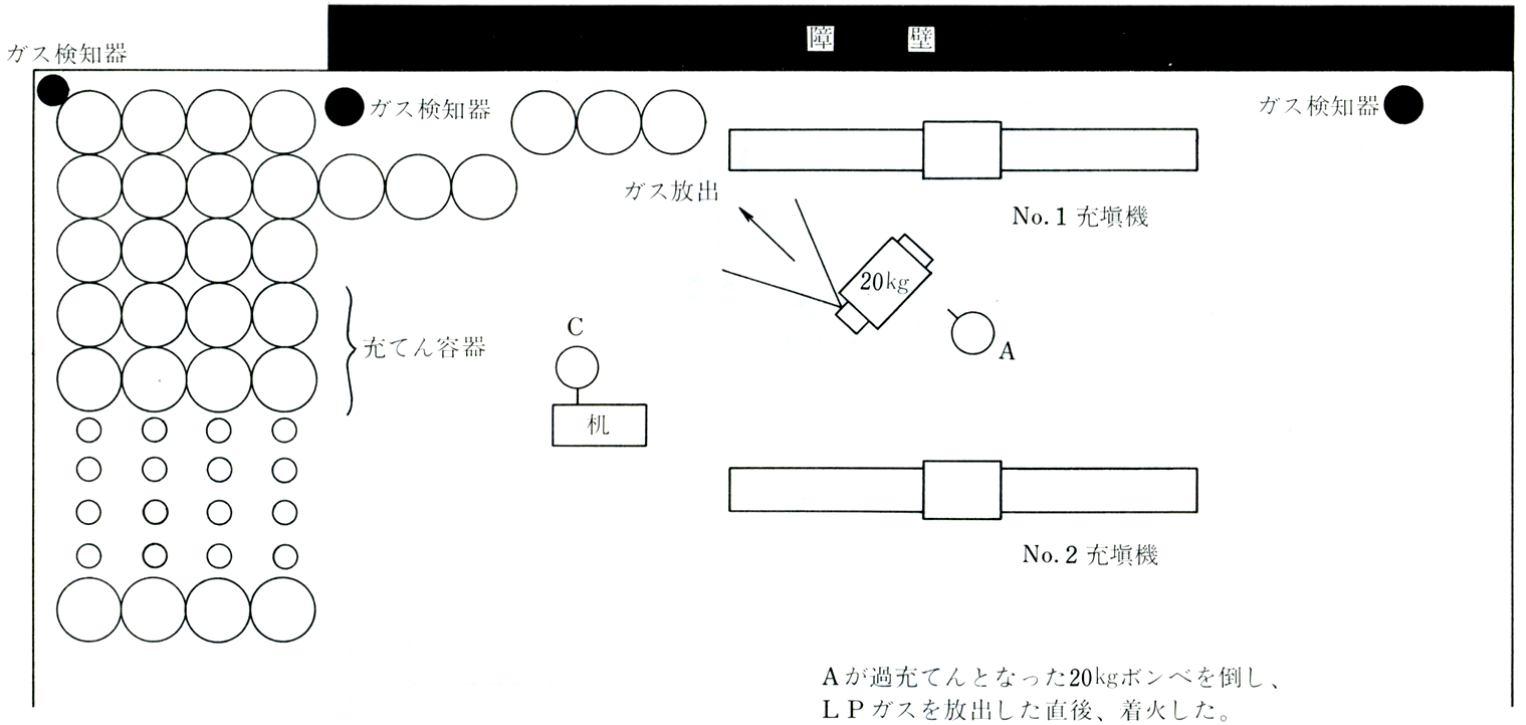
過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

（事故原因）

作業員Aが20kg容器に充塡中、
容器が計量器に正しくセットされて
いないことに気づき、容器を外して
チェックしたところ、過充塡であることを
確認。

そこで、作業員Aは容器を充塡機
近辺で横に倒し、バルブを開け、
液状のLPガスの放出を開始した直後、
着火して火災が発生した。（当日保安
係員等不在）

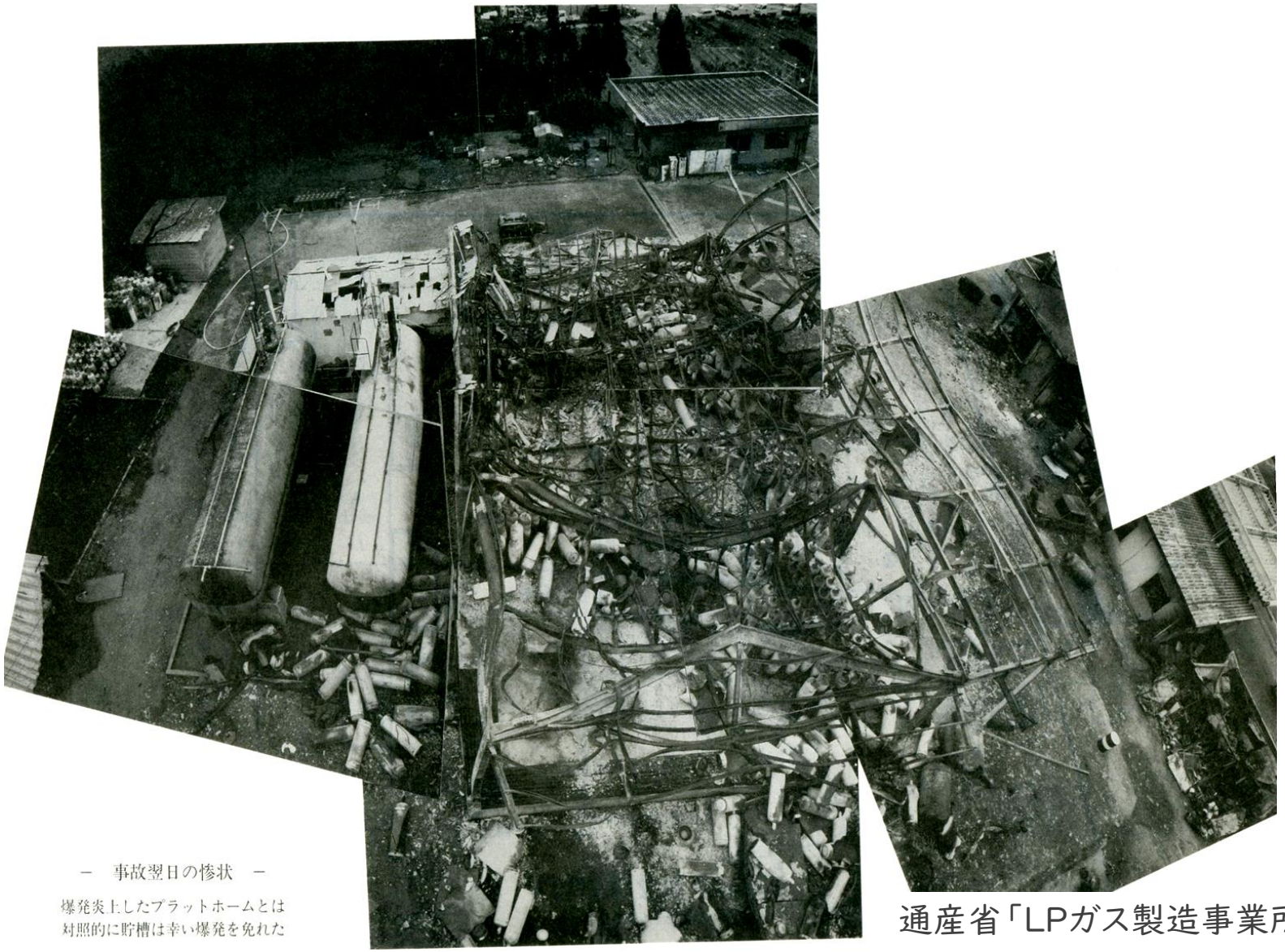
過充てんガスの放出位置（想像図）



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故



－　事故翌日の惨状　－

爆発炎上したプラットホームとは
対照的に貯槽は幸い爆発を免れた

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

この事故の教訓

液化石油ガスを廃棄する場合は、次の各号の基準によるものとする。

2.（前略）

「また、液化石油ガスの充塡を行う事業所においては液状の液化石油ガスが
充塡 されている容器からの放出（立ち消え防止のために容器から少量ずつ行う
エア抜き に係る放出並びにタンクローリスリップチューブ及びロータリー式液面計の
操作に係る放出を除く。）を行ってはならない。」

（廃棄の基準としては、従前も「液状で放出しないこと」との規定がされていたが、
昭和62年6月22日、当時の省令補完基準に、「 」の内容が追加された。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

END

ご静聴ありがとうございました。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一冷・二冷・三冷編
高圧ガス保安法

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍事業所（保安責任者）と冷凍保安責任者免状

（参考-1）

選任できる冷凍事業所の冷凍能力 ／ 冷凍保安責任者免状	300トン以上	100トン以上300トン未満	100トン未満
第一種冷凍機械	○	○	○
第二種冷凍機械	×	○	○
第三種冷凍機械	×	×	○

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧法令受講の意義（1）

（参考-2）

法第31条、 試験則
第8条、9条1項、2項

1．製造保安責任者試験における試験科目

第一種、第二種、第三種冷凍機械責任者

1）高圧法に係る法令

2）冷凍のための高圧ガスの製造に必要な[高度の（第一種）、通常の（第二種）、初歩的な（第三種）]
保安管理の技術

3）冷凍のための高圧ガスの製造に必要な[通常の（第一種）、基礎的な（第二種）]応用化学及び
機械工学（第三種は該当しない。）

2．製造保安責任者試験の受験方法

① 第一種及び第二種は1．1）～3）の全科目受験 第三種は1．1）～2）の2科目受験

② 科目免除受験 1．1）の高圧法に係る法令のみ受験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧法令受講の意義（2）

（参考-3）

法第31条第3項、
試験則第4条、5条、8条

1．製造保安責任者試験における受験科目免除講習

① 第一種、第二種、第三種冷凍機械講習
1）高圧法に係る法令　7時間以上
2）冷凍のための高圧ガスの製造に必要な[高度の（第一種）、通常の（第二種）、初歩的な（第三種）]
保安管理の技術　7時間以上
3）冷凍のための高圧ガスの製造に必要な[通常の（第一種）、基礎的な（第二種）]応用化学及び機械工学
7時間以上（第三種は該当しない。）

受講

② 第一種、第二種、第三種冷凍機械技術検定
2）冷凍のための高圧ガスの製造に必要な[高度の（第一種）、通常の（第二種）、初歩的な（第三種）]
保安管理の技術
3）冷凍のための高圧ガスの製造に必要な[通常の（第一種）、基礎的な（第二種）]応用化学及び機械工学
（第三種は該当しない。）

合格

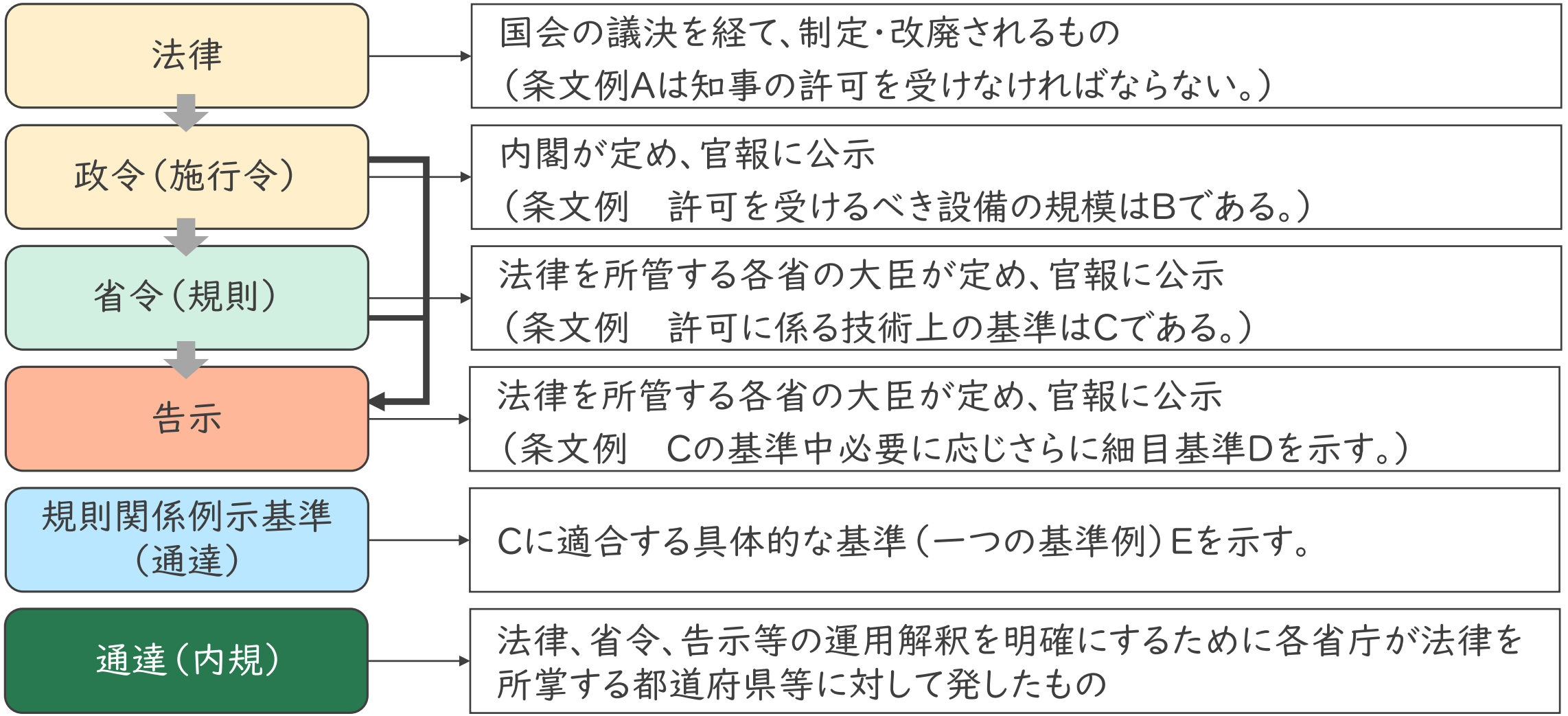
2．製造保安責任者試験における受験科目

1.①1）　高圧法に係る法令

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令等の構成

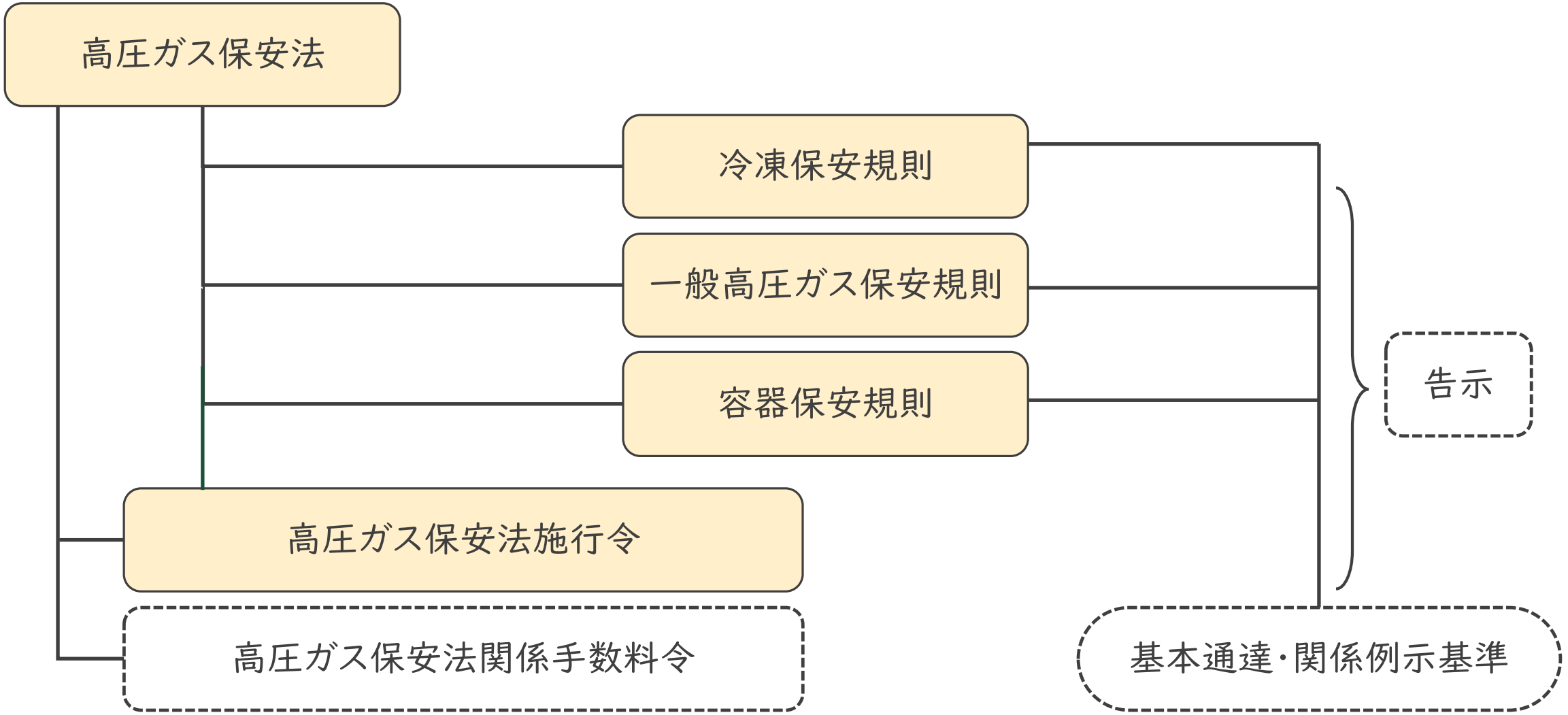
図１



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法令等の主な体系

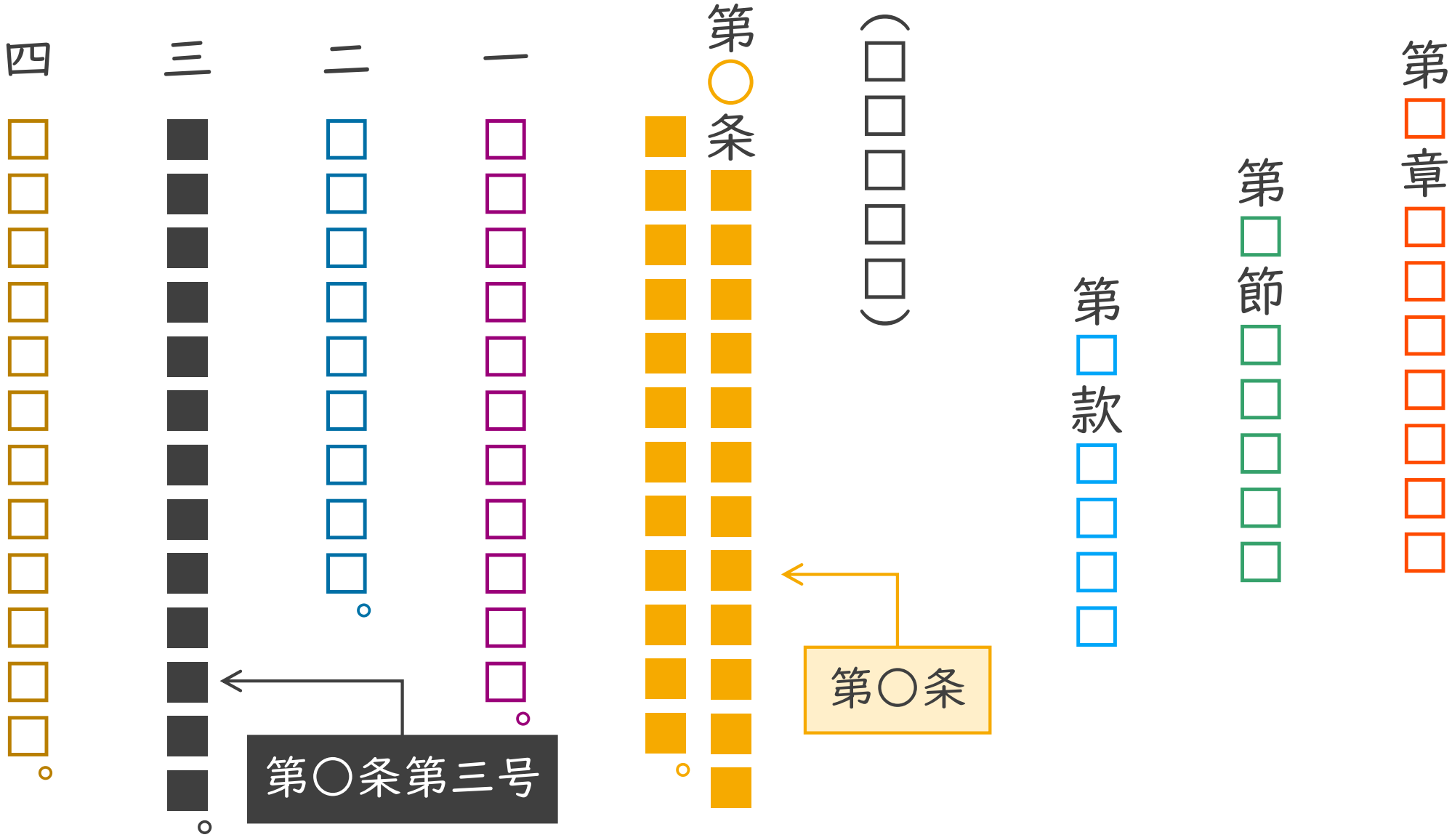
図2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

条項号の呼び方の例（1）

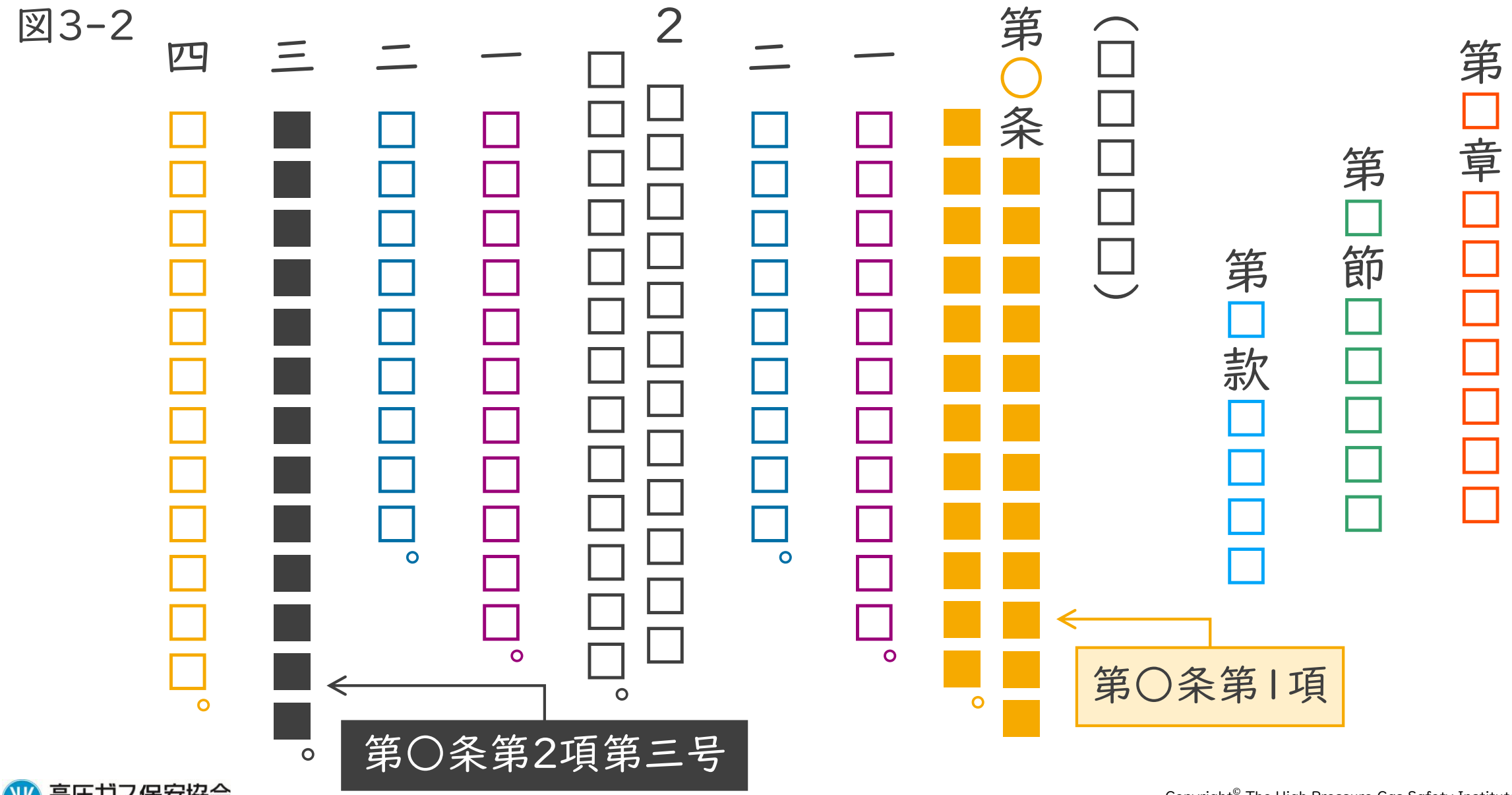
図3-1



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

条項号の呼び方の例（2）

図3-2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

スライドの見方

（参考-4）

法第〇条△項×号

スライド

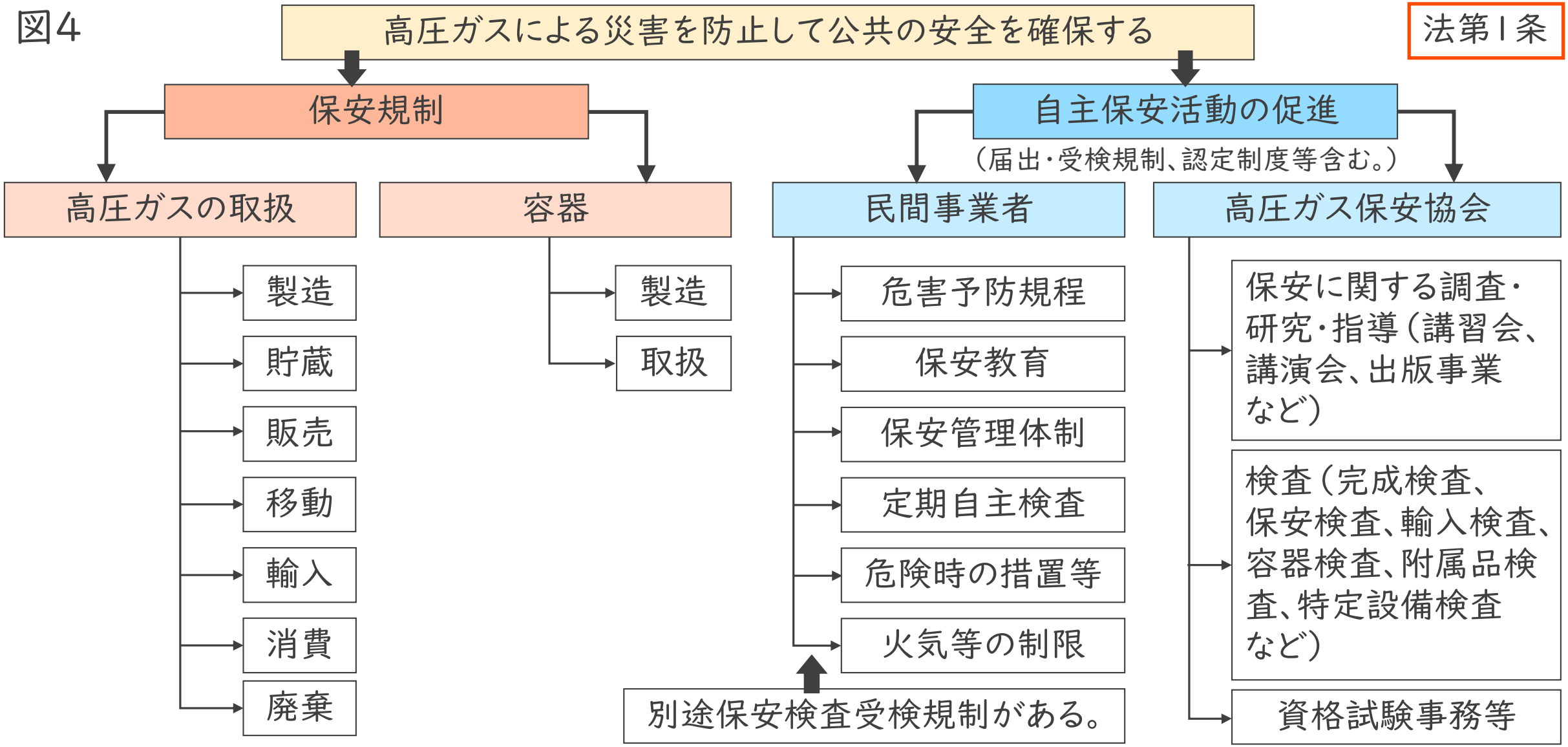
【根拠条文】

- 法　　：法律
- 政　　：政令
- 冷凍　：冷凍保安規則
- 一般　：一般高圧ガス保安規則
- 容器　：容器保安規則

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の目的と主な規制事項等

図4



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造とは（法第5条関係（6）通達（内規）

法第1条、第5条

- **圧力を変化させる場合**
  - 高圧ガスでないガスを高圧ガスに！ → 圧縮機等
  - 高圧ガスをさらに昇圧！ → 圧縮機等
  - 高圧ガスを圧力の低い高圧ガスに降圧！ → 減圧弁等
  - 高圧ガス状態の液化ガスをポンプ又は気体によりさらに加圧！ → ポンプ・CE等
- **状態を変化させる場合**
  - ガスを液化させ、高圧ガス状態の液化ガスに！ → 液化機等
  - 高圧ガス状態の液化ガスを気化させ、高圧ガスに！ → 気化器等
- **容器に高圧ガスを充填する場合** → 充填機・移充填等

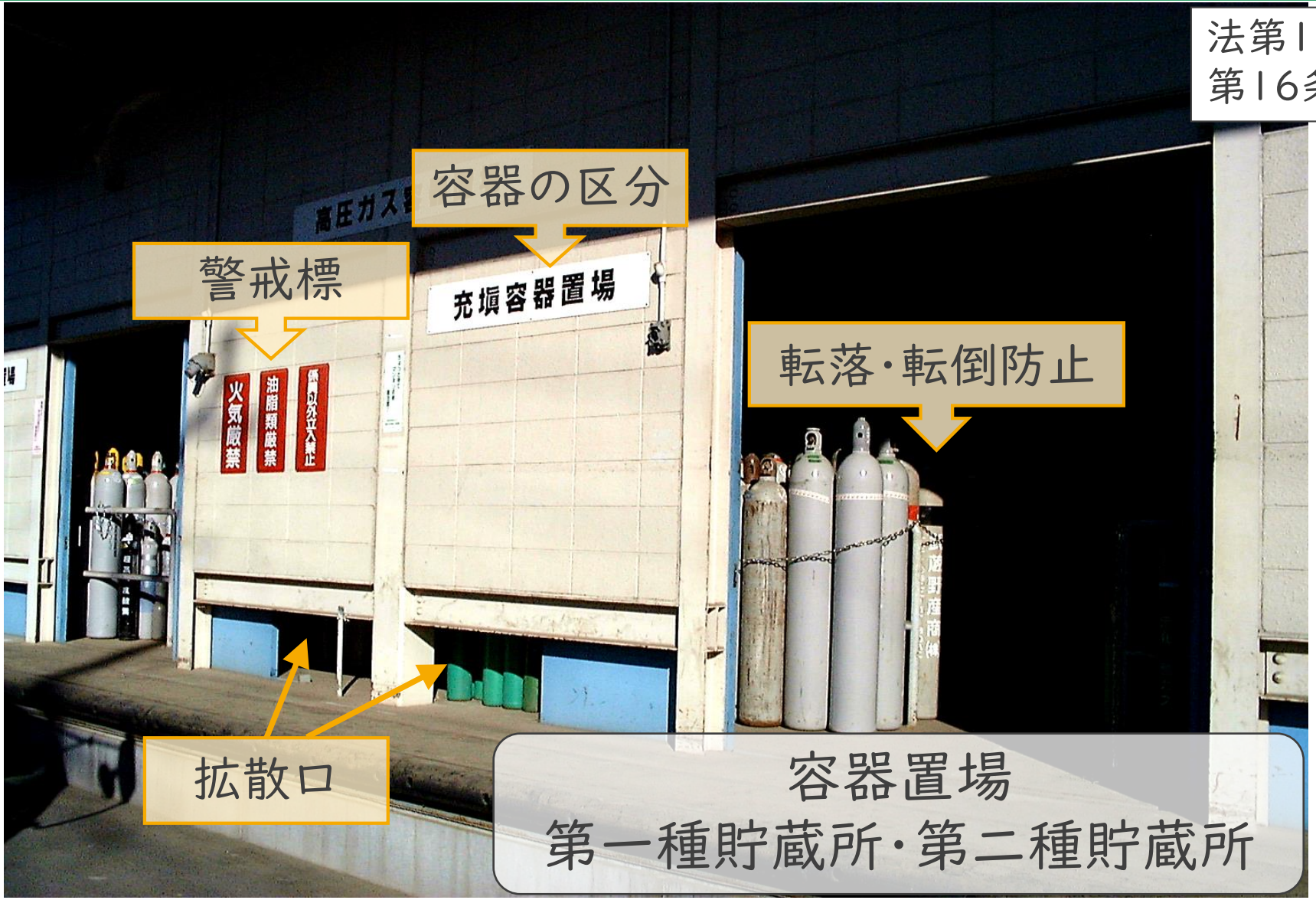
高圧ガスを蓄圧せず、火薬類を消費することによって高圧ガスを瞬間的に生成することは、高圧ガスの製造には該当しない。また、樹脂、ゴム及び金属の内部に高圧ガスを一時的に留めて成形又は加工に用いる金型等へ当該ガスを充填することは、高圧ガスの製造には該当しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの貯蔵

参考図1

法第1条、第15条、
第16条、第17条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの移動

参考図2

法第1条、第23条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの消費

参考図9

法第1条、第24条の2、第24条の5

圧縮水素の集結容器（長尺容器）
特定高圧ガスの消費事業所の例

スクーバダイビング
高圧ガスの消費の例

★ 消費とは：

高圧ガスを廃棄以外の一定の目的のために減圧設備のみにより瞬時に高圧ガスから高圧ガスでないガスにして引き続きそのガスを使用すること★（法第24条の2関係通達）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義

図6

法第2条1～4号政第1条

高圧ガスの区分	定義	具体的なガス名（例）
〔法第2条第1号〕 圧縮ガス （圧縮アセチレンガスを除く。）	常用の温度において圧力（ゲージ圧力。以下同じ）が1メガパスカル以上で現に1メガパスカル以上であるもの （図7のAガス、Cガス） 又は温度35度で1メガパスカル以上となるもの （図7のBガス）	アルゴン、一酸化炭素、空気、酸素、水素、窒素、ヘリウム、メタンほか
〔法第2条第2号〕 圧縮アセチレンガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの（図7のAガス、Cガス）又は温度15度で0.2メガパスカル以上となるもの（図7のBガス）	アセチレン
〔法第2条第3号〕 液化ガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの （図8のAガス）又は圧力が0.2メガパスカルとなる場合の温度が35度以下であるもの（図8のBガス）	（いずれも「液化」を冠す） アンモニア、塩素、二酸化硫黄、二酸化炭素、液化石油ガス、フルオロカーボン、酸素、窒素、アルゴンほか
〔法第2条第4号〕 第3号に掲げるものを除くほか、右の定義に該当する液化ガス	温度35度において圧力が0パスカルを超える液化ガスのうち、液化シアン化水素、液化ブロムメチル又はその他のガスであって、政令で定めるもの （図9の3種類のガス）	液化シアン化水素 液化ブロムメチル 液化酸化エチレン

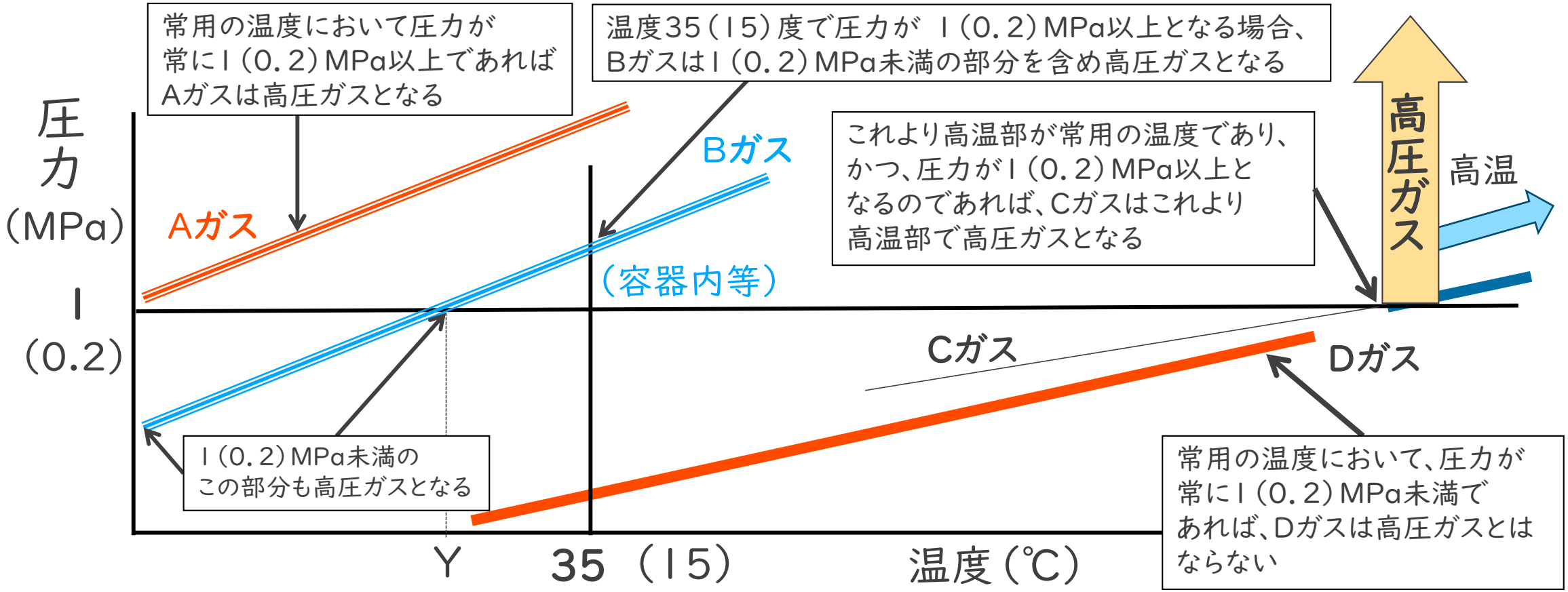
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは（1）

法第2条1、2号

図7

＊ 圧縮ガス〔（ ）内の数値は、圧縮アセチレンガス〕



＊ 常用の温度 ：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧力のSI単位

法第5条関係
基本通達

参考図4

$$Y\,(MPa) = X\,(kgf/cm^2) \times (9.80665 \times 10^{-2})$$

1 (MPa) (メガパスカル)	＝	10.2 (kgf／cm²)

（圧力単位の大きさの目安）

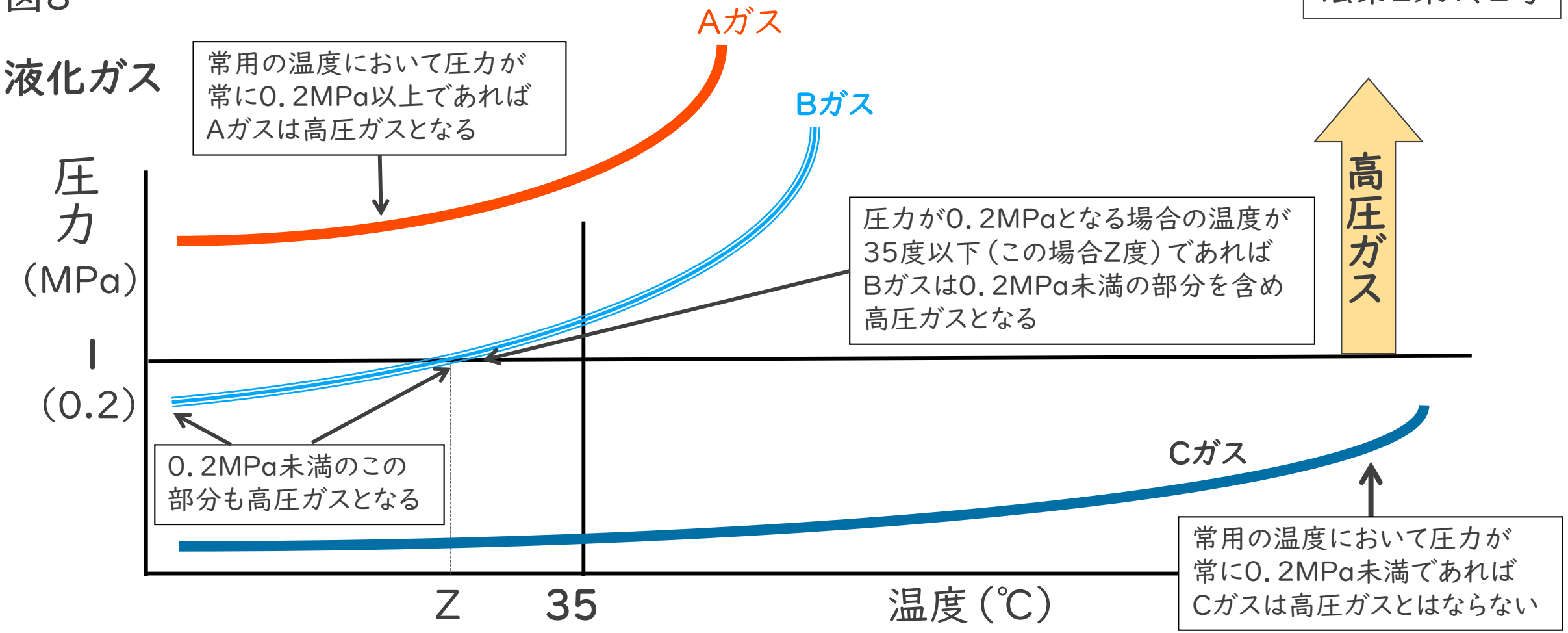
1MPaは、重さ1トン程度の自動車を片手に載せたときの、
その掌（面積が100c㎡と仮定）にかかる圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは(2)

法第2条1、2号

図8



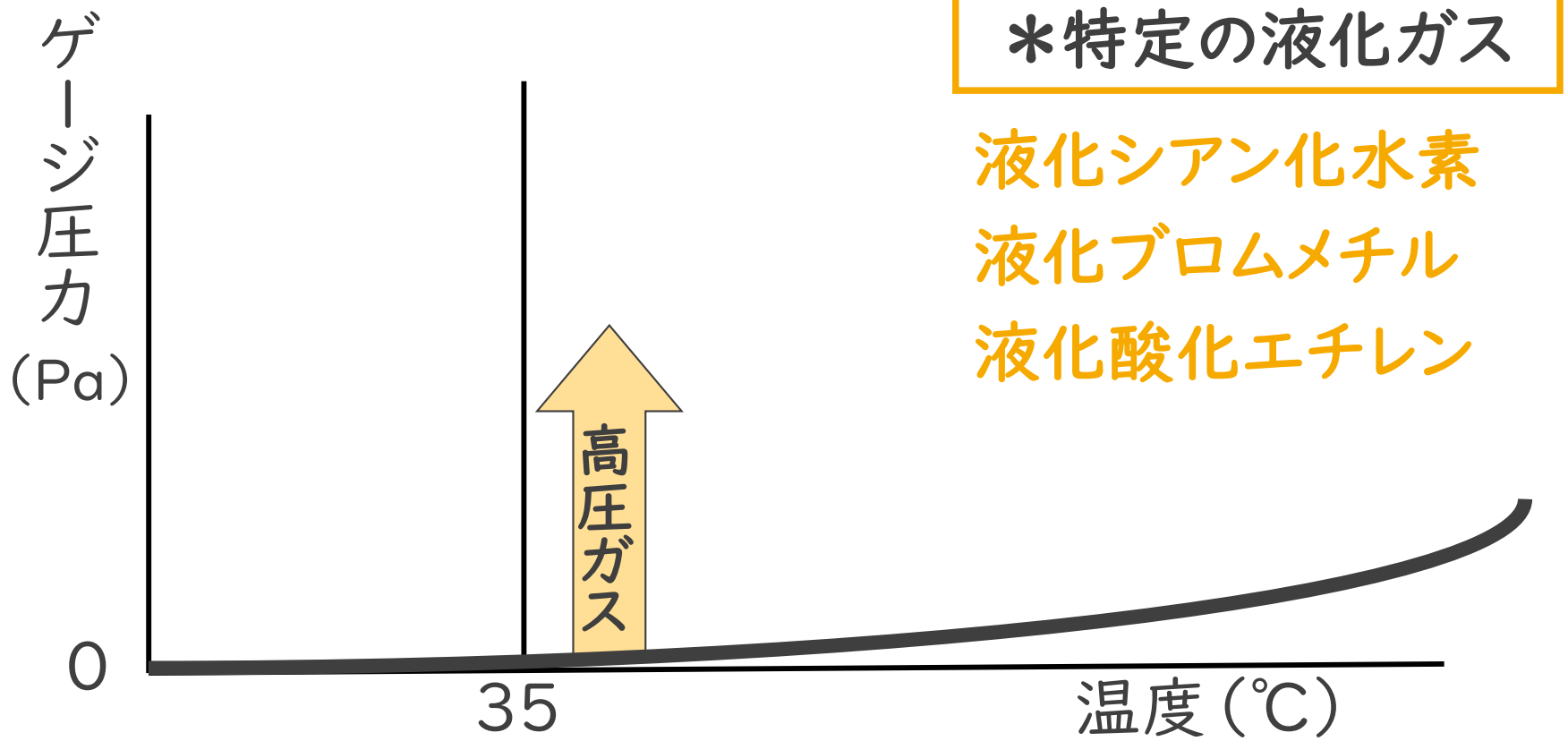
＊ 常用の温度　:設備の使用過程において通常なりうる最高の温度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは(3)

法第2条4号
政第1条

図9-1



＊特定の液化ガス

液化シアン化水素
液化ブロムメチル
液化酸化エチレン

特定の液化ガス(3種類)の場合は、温度35度において
圧力0パスカルを超えるものであれば「高圧ガス」と定義される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガスの定義（法第2条関係基本通達）

図9-2

「液化ガス」とは、現に液体であって次のいずれかに該当するものをいう。

① 大気圧下における沸点
（当該液体が純物質か混合物であるか否かにかかわらず、当該液体の蒸気圧が大気圧と等しくなる温度をいう。以下②において同じ。）が40℃以下のもの

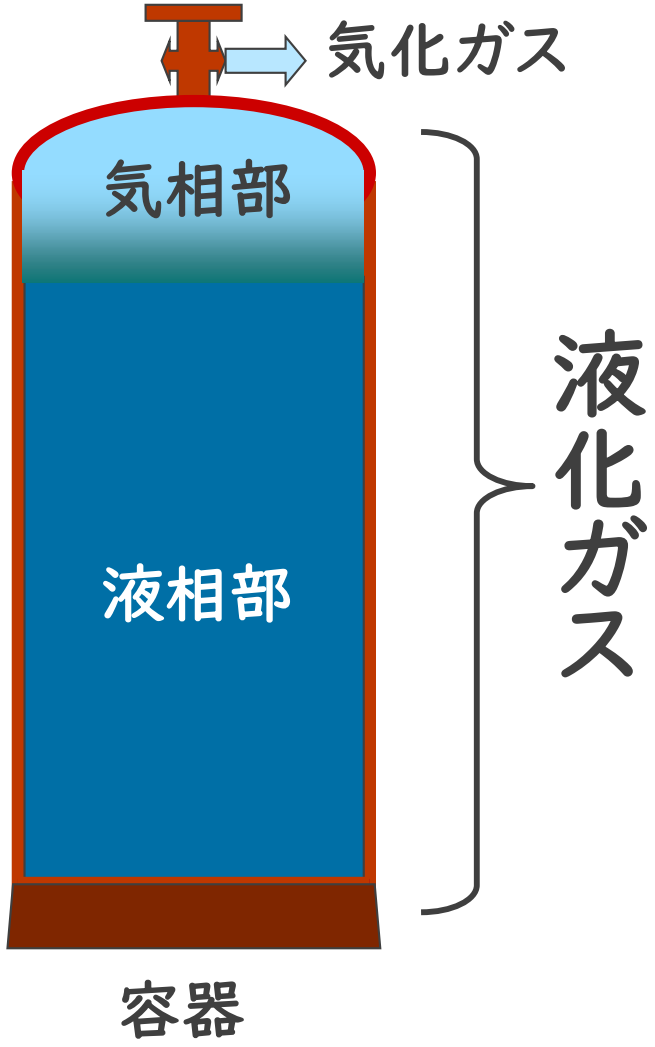
② 大気圧下における沸点が40℃を超える液体が、その沸点以上かつ1MPa以上の状態にある場合のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガスとは

参考図5

法第2条関係運用・解釈



貯槽、容器、配管内等における液相部を有するガスは、液相部及び気相部を併せて「液化ガス」として取り扱う。

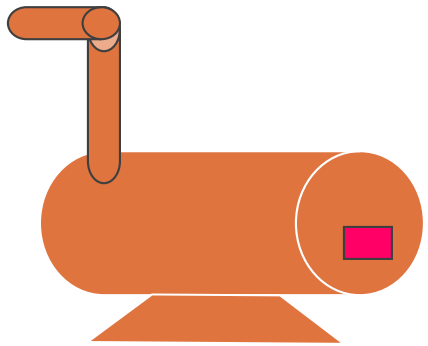
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（1）

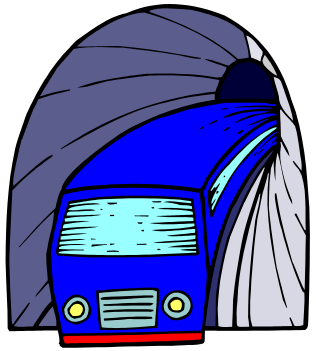
参考図10-1

法第3条

高圧ボイラー・
同導管内の高圧蒸気

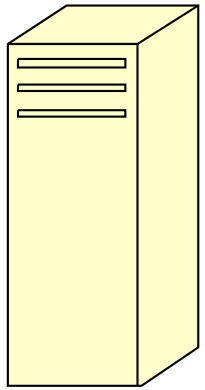


鉄道車両の
エアコン内の高圧ガス

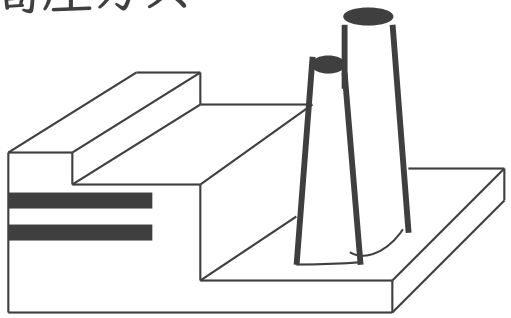


航空機内の高圧ガス

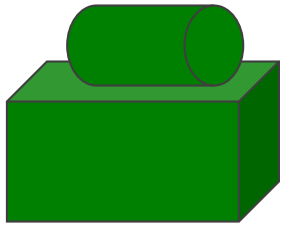
3トン（二酸化炭素、不活性のフルオロカーボンは5トン）未満の冷凍設備内の高圧ガス



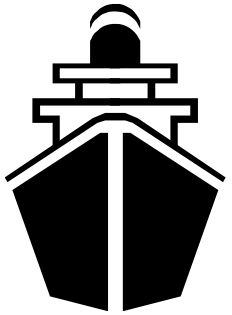
原子炉・同附属施設内の
高圧ガス



電気工作物内の
高圧ガス



船舶内の高圧ガス



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（2）

参考図10-2

法第3条、政第2条3項9号

ガスを圧縮、液化その他の方法で処理する設備内の高圧ガスであって、当該設備内のガスの容積が0.15m3以下のもののうち、告示で定めるもの（政令第2条第3項第9号）

（施行令関係告示第4条の2）

1. 分析機器内における高圧ガス（分析機器の例→超臨界流体クロマトグラフ分析装置）
2. エアバッグガス発生器内における高圧ガス
3. 銃砲刀剣類所持等取締法に規定する空気銃又は準空気銃内における高圧ガス
4. 消火活動のため使用される放水銃内における高圧ガス
5. 3及び4に規定する空気銃、準空気銃、又は放水銃へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス
6. 冷凍設備へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス

（1～6のいずれも該当条件があるが記載省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造許可・製造事業届

図１１

法第5条１項2号、2項2号

- 第一種製造者

冷凍能力が所定の値以上の設備で高圧ガスの製造をしようとする者 → 事業所ごとに、知事等に許可申請 → 知事等の許可 → 施設の設置工事着工

“事業所ごとに：独立した１つの製造施設ごとに”

- 第二種製造者

冷凍能力が所定の値の範囲内の設備で高圧ガスの製造をしようとする者 → 事業所ごとに、製造開始の日の20日前までに知事等に届出

（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

冷凍第3条他

平成29年11月15日経済産業省令第83号により改正（平成30年4月1日施行）

容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則等の改正

（第一種製造者に係る製造の許可の申請）〔**冷凍則の例**〕

第3条　法第5条第1項の規定により、同項第2号の許可を受けようとする者は、次の表の上欄の区分に応じ、同表の下欄に掲げる書類を事業所の所在地（移動式製造設備を使用する者にあっては、当該設備の使用の本拠の所在地。以下同じ。）を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。（以下略。第2項略）

↓条文は説明用に編集してあるので、正式な条文とは異なる。

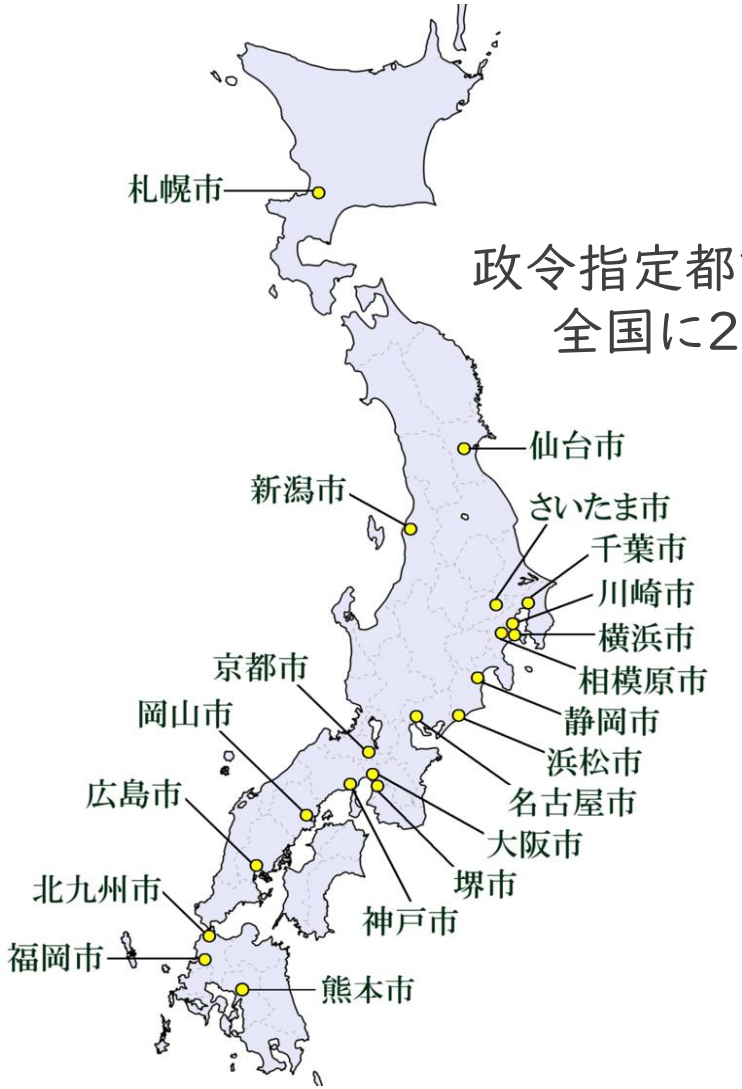
都道府県知事（当該事業所の所在地が地方自治法第252条の19第1項の指定都市（以下「指定都市」という。）の区域内にある場合であつて、当該事業所に係る事務が高圧ガス保安法施行令第22条に規定する事務（高圧ガスを取り扱う事業所の集積の程度、高圧ガスの処理量その他の高圧ガスの取扱いの状況を考慮して経済産業大臣が定める区域に所在する事業所（コンビ則適用事業所）並びに液化石油ガス法に規定する施設等に係る事務）に該当しない場合にあっては、当該事業所の所在地を管轄する指定都市の長。以下、第二種製造者の製造の届出、承継の届出、変更の工事等の許可の申請、同軽微な変更の届出、完成検査の申請、販売業者の販売の事業の届出、高圧ガスの製造の開始又は廃止の届出、危害予防規程の届出等、冷凍保安責任者及び同代理者の選任等の届出、保安検査の申請等、事故届等において同じ。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考（続き）

地方自治法第252条の
19第1項の指定都市とは

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、
政令で指定された場合に、
一般市から移行が成される。
これを「指定都市」という。



政令指定都市の位置。
全国に20ある。

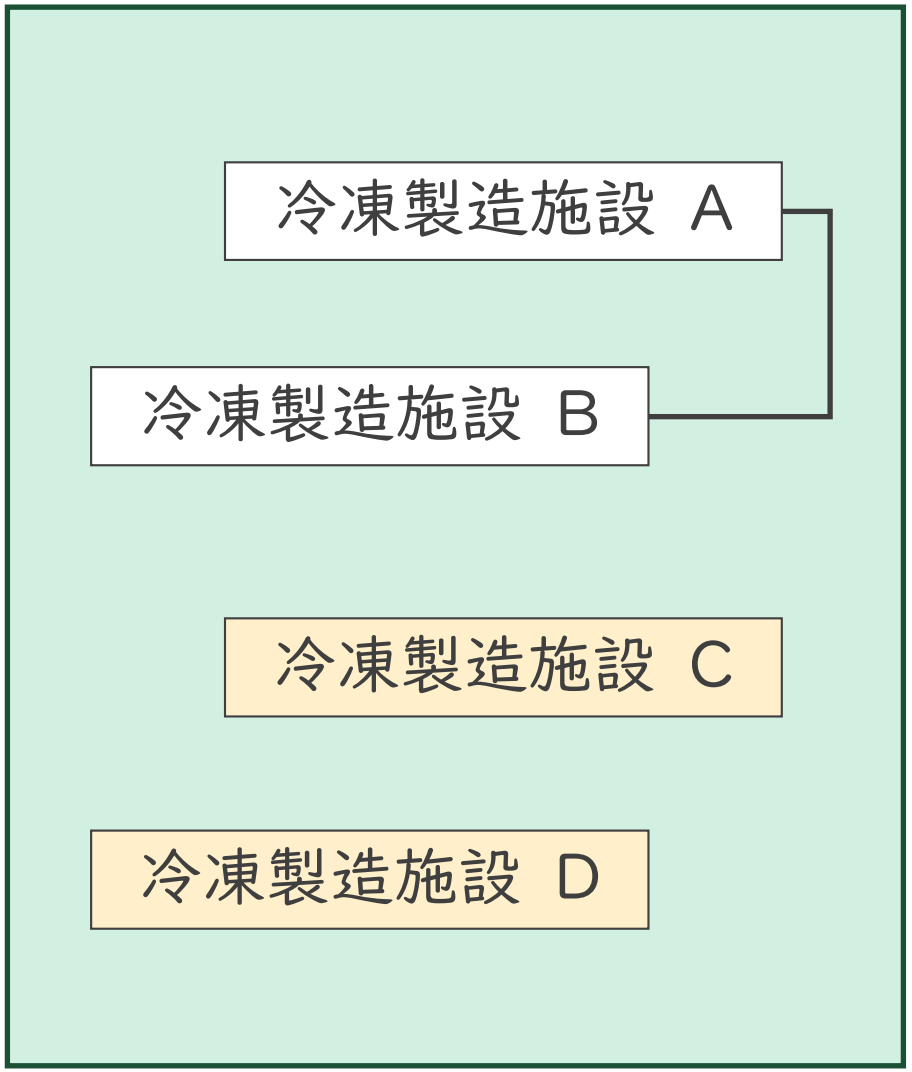
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所の単位

法第5条

参考図6

（同一構築物・敷地内）



冷凍製造事業所

↓

A+B=X事業所

ブライン、ヘッダー連結は
「一つの事業所」とみなされる
場合がある。
（具体的数値は基本通達参照）

冷凍製造事業所

↓

C事業所

D事業所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造の許可等（冷凍）

図12

法第5条1項2号、2項2号、政令第4条

（数値は一日の冷凍能力）

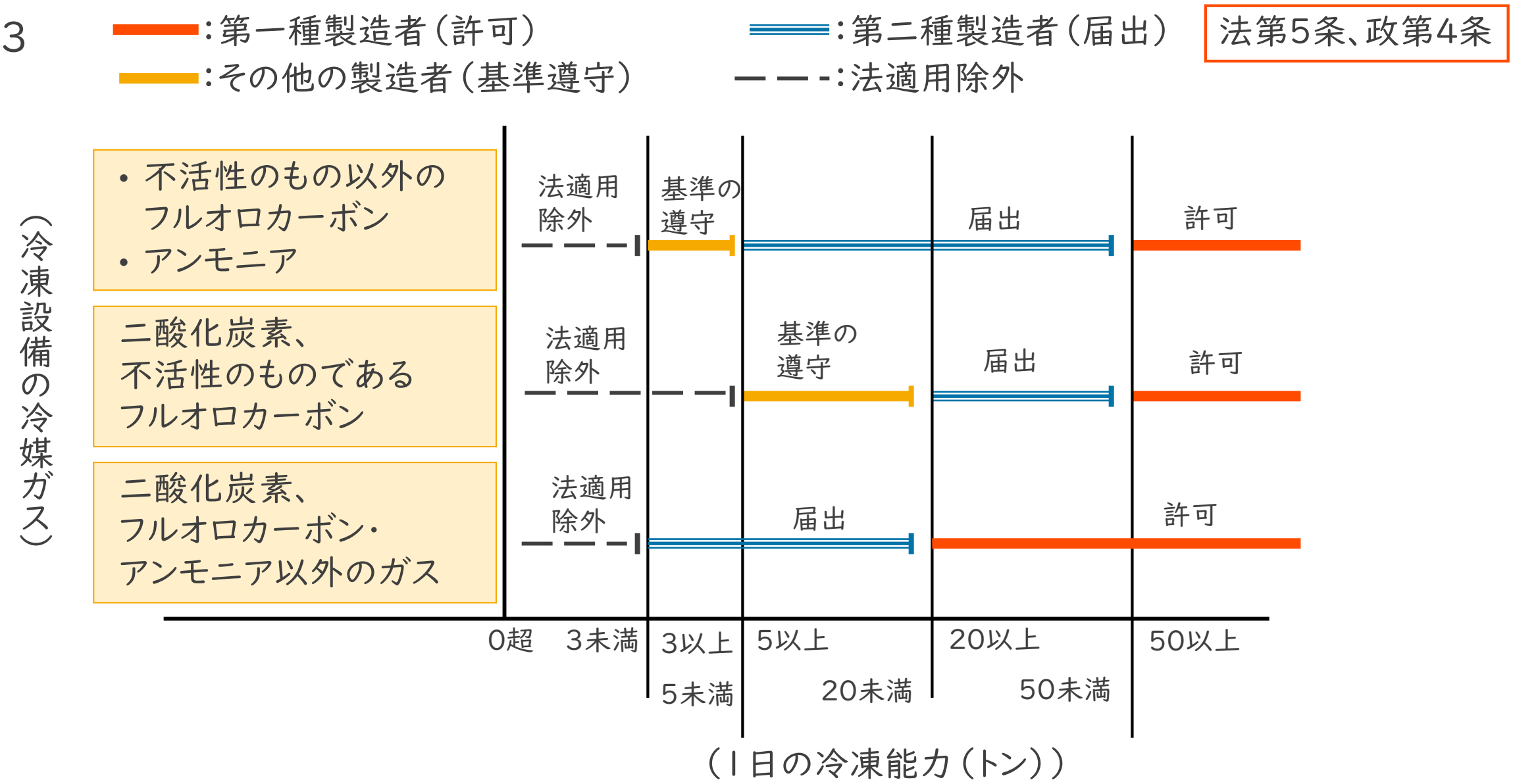
	二酸化炭素、フルオロカーボン（不活性のもの）	フルオロカーボン（不活性のものを除く。）及び アンモニア	その他のガス
第一種製造者（許可）	50トン以上	50トン以上	20トン以上
第二種製造者（届出）	20トン以上 50トン未満	5トン以上 50トン未満	3トン以上 20トン未満

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍事業所の製造許可、届出等の区分〈冷凍能力による区分〉

図13

法第5条、政第4条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

認定指定設備

図14

法第5条、56条の7、政第15条、冷凍第57条

冷凍のため不活性ガスを圧縮し、又は液化して高圧ガスの製造をする設備でユニット形のもののうち、経済産業大臣が定めるもの

[施行令関係告示第6条第2項 「経済産業大臣が定めるもの」とは]

① 定置式製造設備

② 冷媒ガスがフルオロカーボン（不活性のもの）

③ 冷媒ガス充塡量3000kg未満

④ 冷凍能力50トン／日以上

（指定設備の基準は冷凍則第57条に規定）

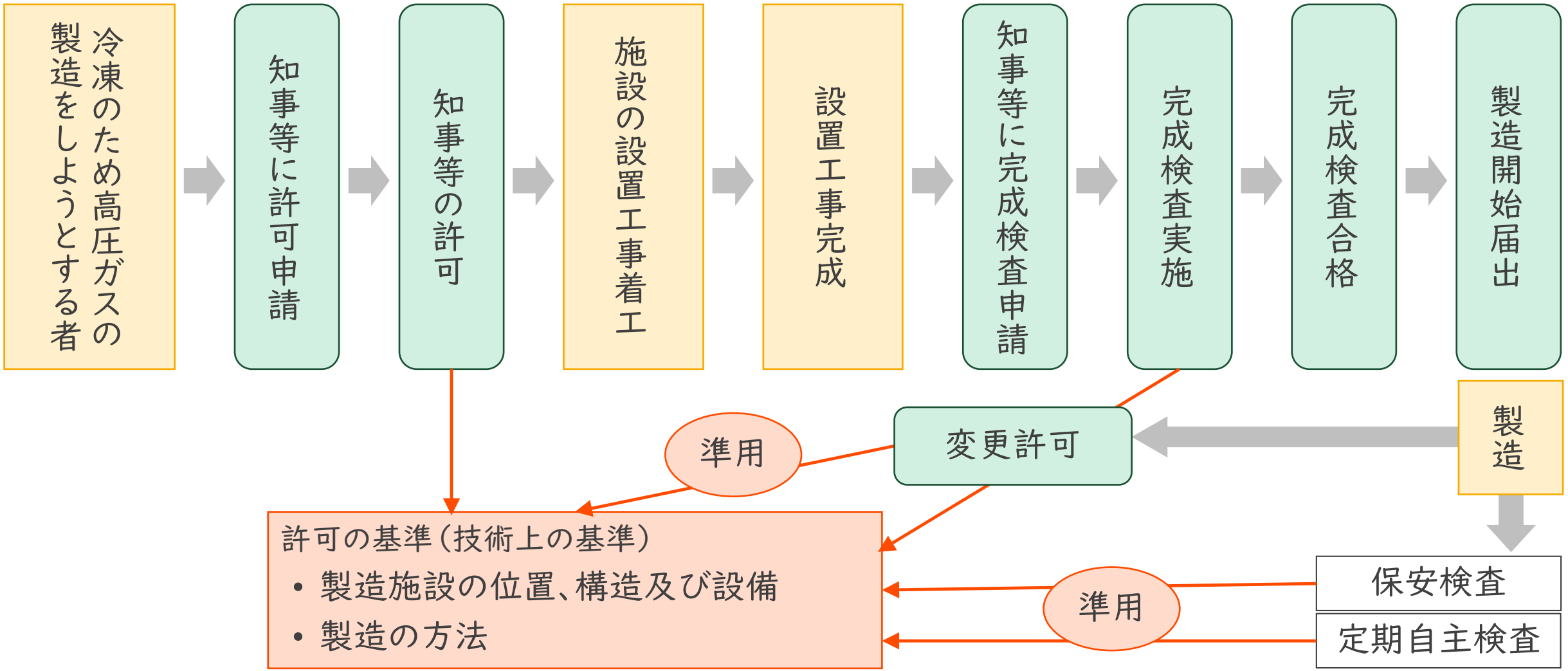
注：認定指定設備のみを設置する事業所では、
その処理能力の値に関係なく、第二種製造者として扱われる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造の許可基準

図15

法第8条



（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造許可等の承継

図16

法第10条、10条の2、20条の4の2

◎は、承継する。

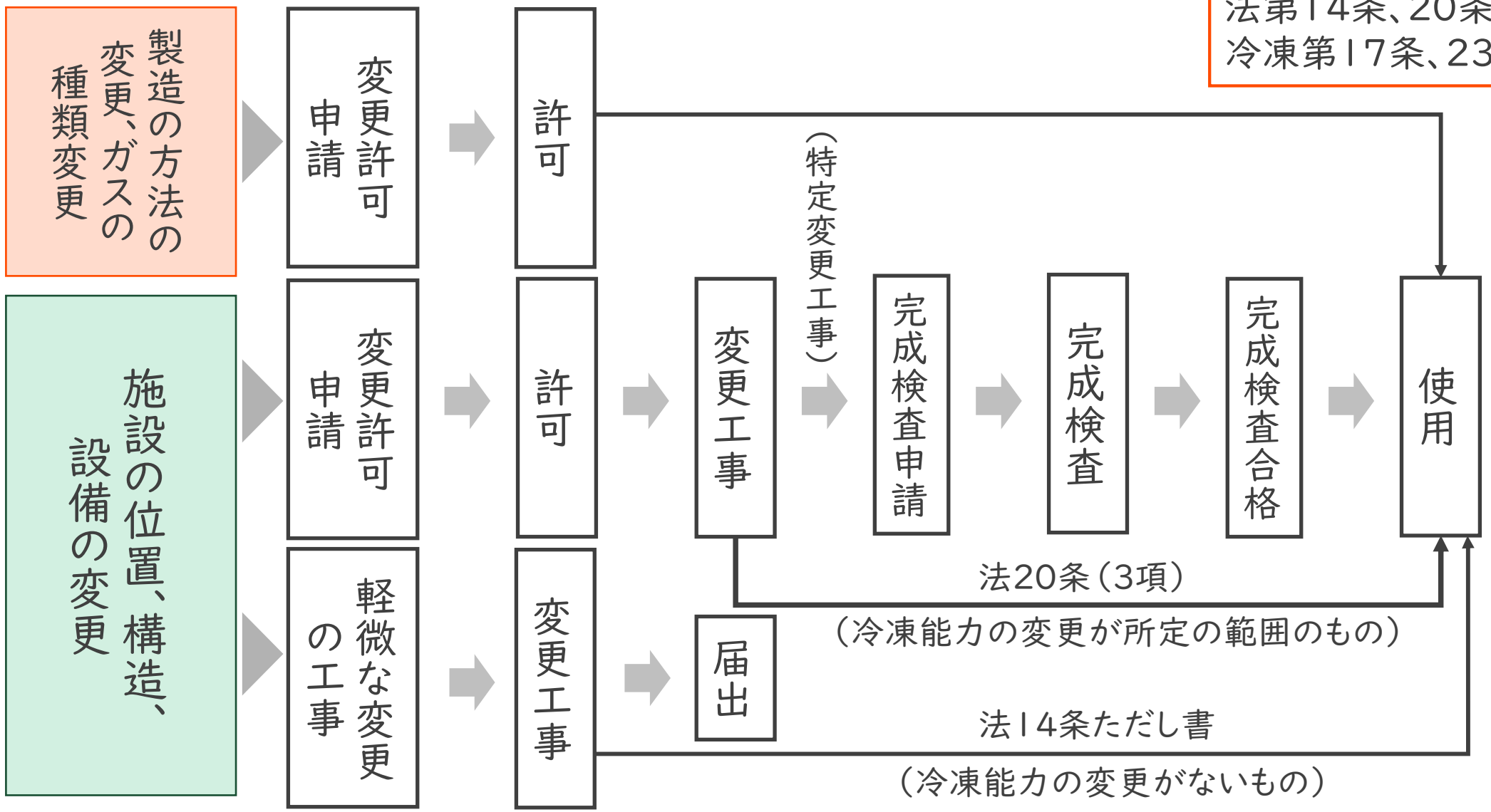
	合併、分割、相続	譲渡し
第一種製造者の許可	◎	
第二種製造者の製造の届出	◎	◎
販売業者の事業の届出	◎	◎

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設等の変更許可・届出

図17

法第14条、20条3項、
冷凍第17条、23条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

軽微な変更の工事

図18

法第14条1項、4項、
冷凍第17条、19条、62条1項1号

1　冷凍能力の変更を伴わない
　耐震設計構造物以外の製造設備 ← 第一種製造者のみ
　可燃性ガス、毒性ガス以外の冷媒設備
　切断、溶接を伴わない取替えの工事

2　独立した製造設備の撤去の工事 ← 第二種製造者は、認定指定設備以外

3　製造設備以外 → 製造施設の設備の取替えの工事

4　認定指定設備の設置の工事 ← 第一種製造者のみ

5　認定指定設備の認定証が無効にならない工事
　（同等の部品への交換のみ） → 認定指定設備の変更の工事

6　試験研究施設における冷凍能力の変更を伴わない変更の工事で、大臣が軽微なものと認めたもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種貯蔵所・第二種貯蔵所・その他貯蔵<貯蔵能力による区分>

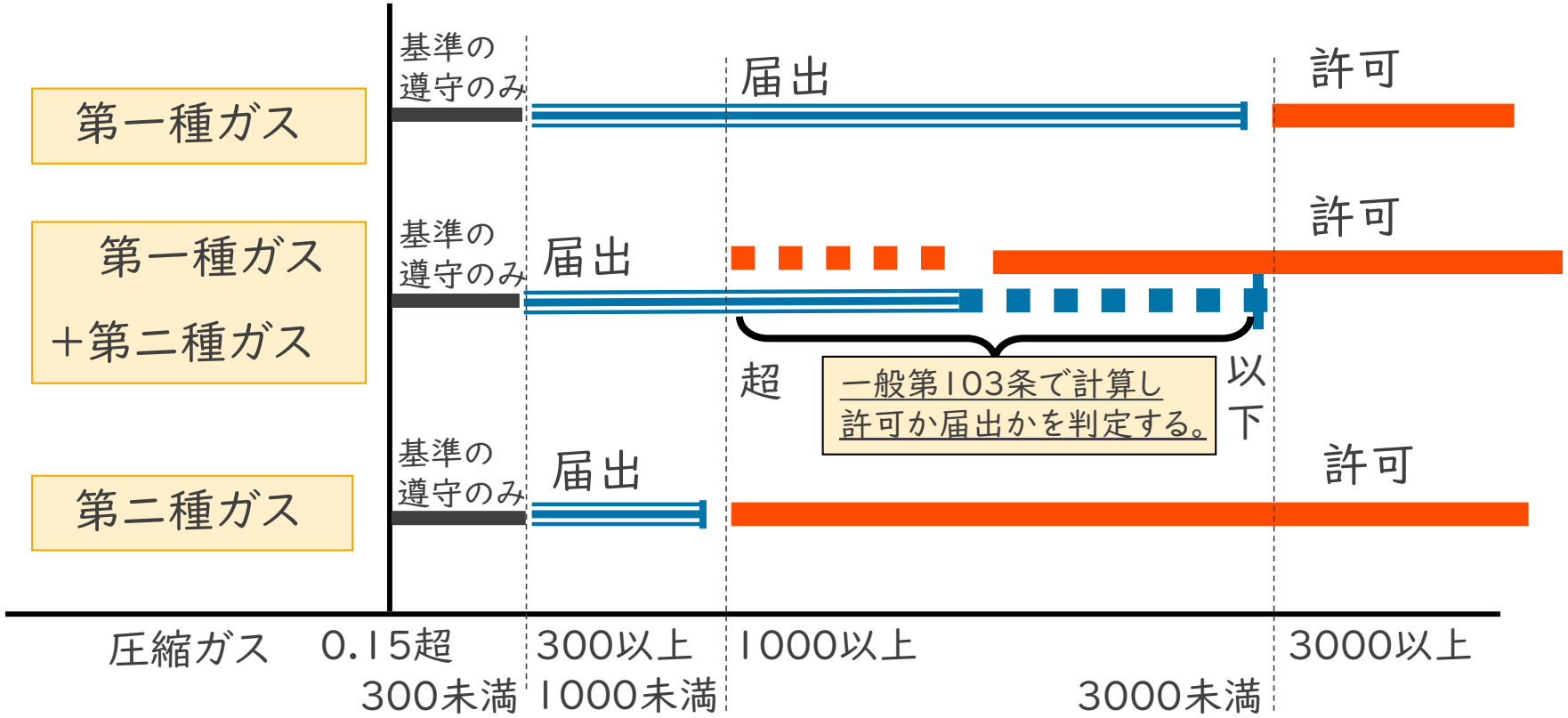
図19-1

法第15条、第16条、第17条の2、政第5条、一般第103条

：第一種貯蔵所 【知事等の許可+貯蔵基準の遵守】

：第二種貯蔵所 【知事等へ届出+貯蔵基準の遵守】

：上記貯蔵所以外での貯蔵 【 貯蔵基準の遵守のみ】



貯蔵数量 m^3 [液化ガスは10kgを1m^3とする。]

注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容積（貯蔵量）の合算について（法第16条関係基本通達）→図19−3 参照

図19−2

① 消火設備内高圧ガス（不活性ガスに限る。）とそれ以外の高圧ガスは区分し、両者は合算しない。また、消火設備内高圧ガスについては、設備が配管で接続されている場合のみ合算する。

② 消火設備内高圧ガス以外の高圧ガスについては、次のいずれかの場合は合算する。

イ 容器又は容器以外の貯蔵設備（以下「設備」という）が配管で接続されている場合

ロ 設備が配管で接続されないときであって次の場合

（ｉ）容器以外の貯蔵設備同士又は容器と容器以外の貯蔵設備との間が30m以下である場合

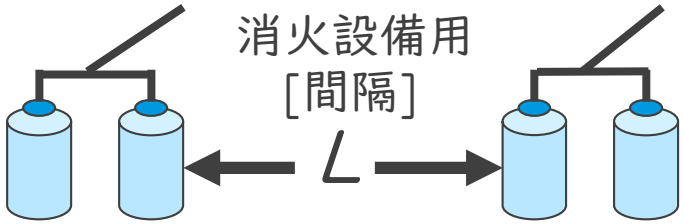
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵能力の合算

図19-3

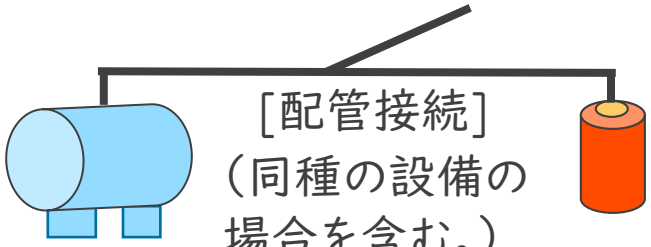
法第16条関係基本通達

①



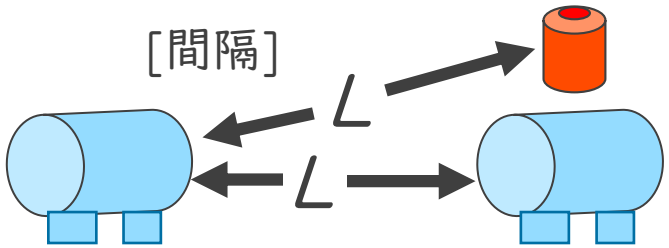
設備（容器）の間隔（L）に関係なく、配管接続のもののみ一つの貯蔵として合算する。
また、消火設備以外の高圧ガスとは合算しない。

②
イ



容器又は容器以外の貯蔵設備が配管接続の場合は、その間隔に関係なく、一つの貯蔵として合算する。

②
ロ
（ｉ）



容器以外の貯蔵設備と容器以外の貯蔵設備又は容器と容器以外の貯蔵設備との間（L）が30m以下の場合は、一つの貯蔵として合算する。

②
ロ
（ⅱ）

容器と容器との間（L）が22.5m以下である場合は一つの貯蔵として合算する。

→図19−4の記述参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵能力の合算

図19-4

（ⅱ）容器と容器の間（多層階の場合、建物内の上下関係を含む。）が
22.5m（次のa及びbの場合は、それぞれに示す距離）以下である場合

a 容器と容器の間に厚さ12cm以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁（bにおいて単に「障壁」という。）が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所（容器置場の6面が閉鎖されているのではなく、両者が有効に遮断されていれば側面や上方は開放されていてもよい。bにおいて同じ。）に設置されている場合（bの場合を除く。） 11.25m

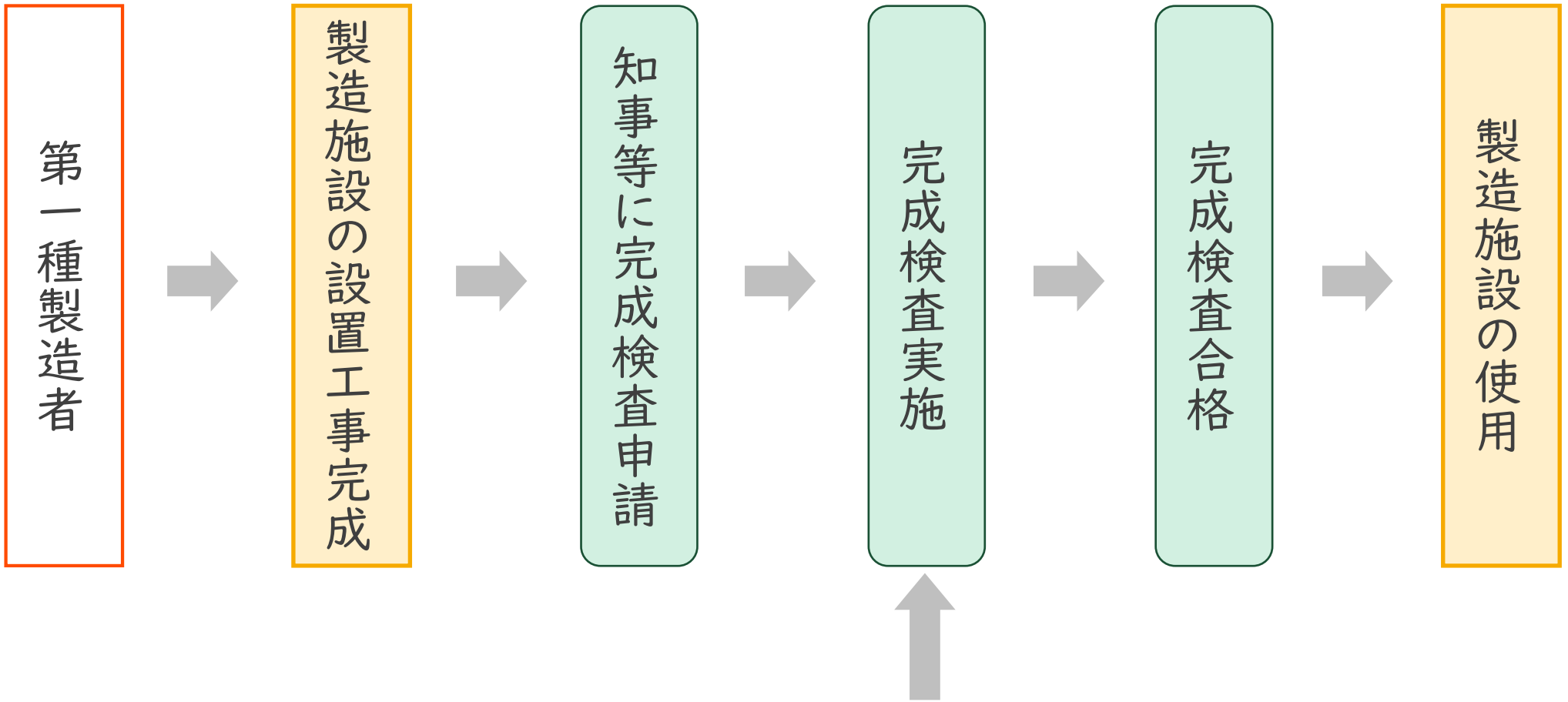
b それぞれの容器置場の面積が8㎡以下の場合であって、容器と容器の間に障壁が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所に設置されている場合 6.36m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設設置許可に係る完成検査

図20

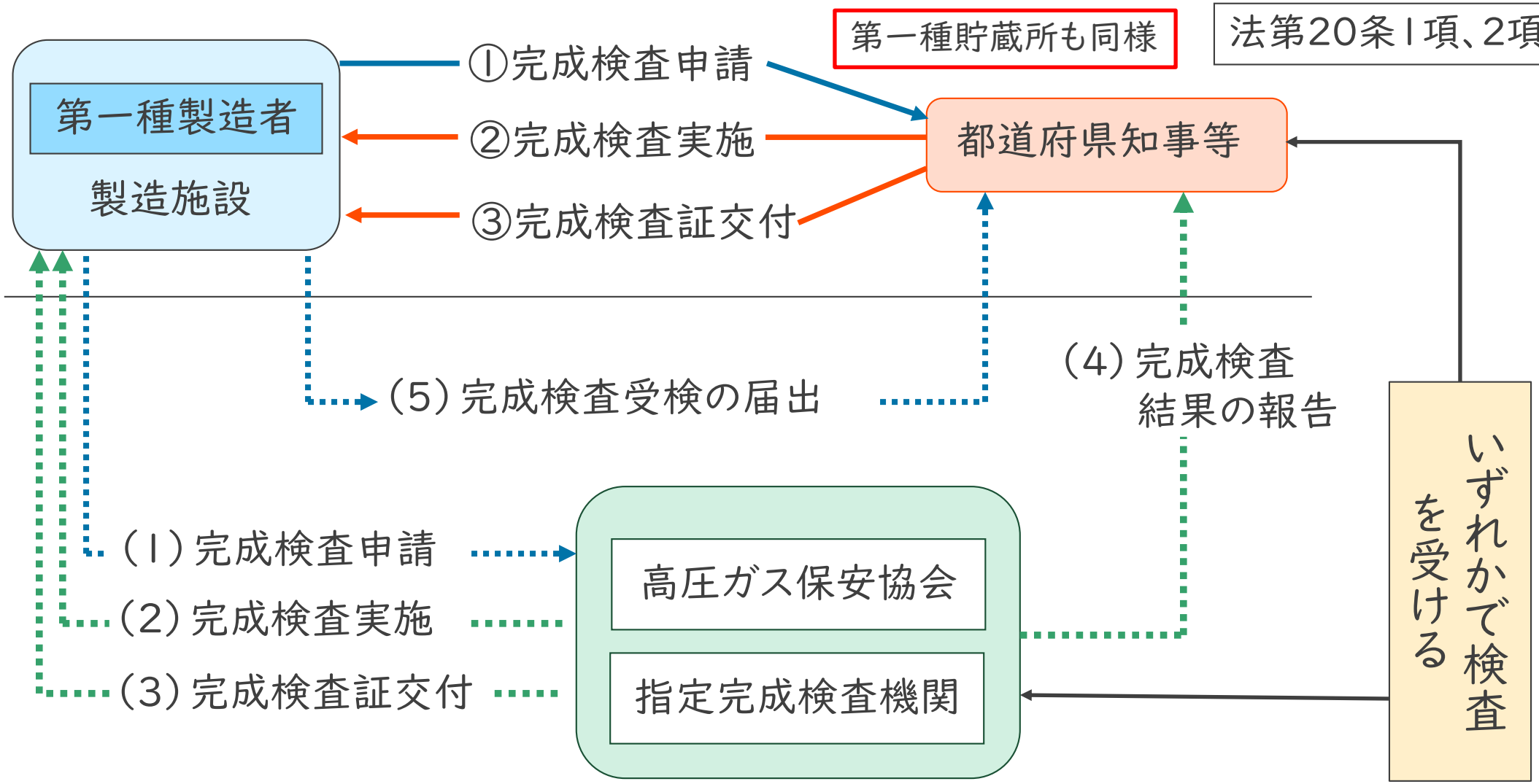
法第20条1項、(8条1号)



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設設置（新規）の完成検査の手続等

図21



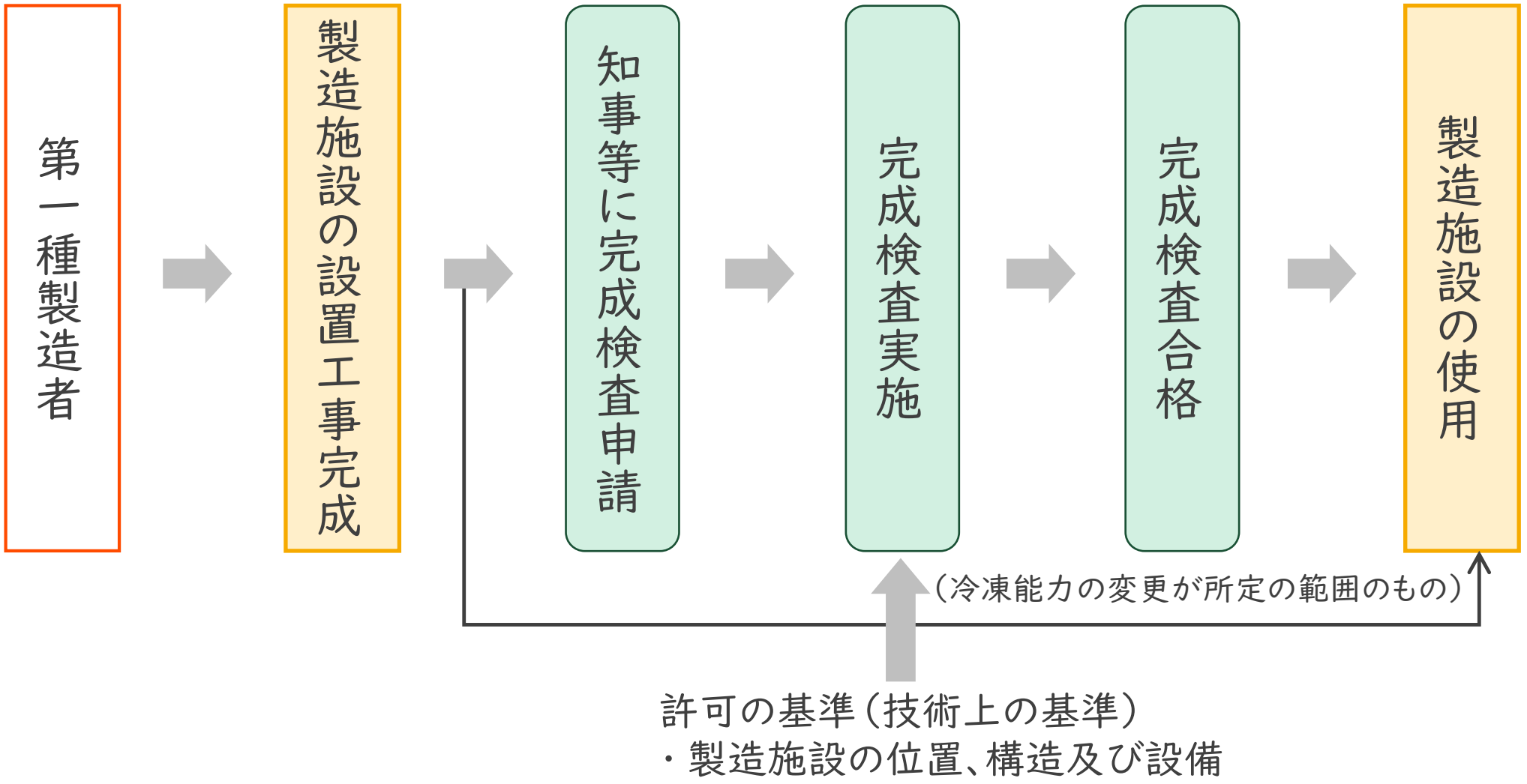
＊例外：完成検査に合格している既設施設の譲受者で、新規許可を受けた場合は、完成検査不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設設置許可に係る完成検査

図20

法第20条3項、14条3項（8条1号）

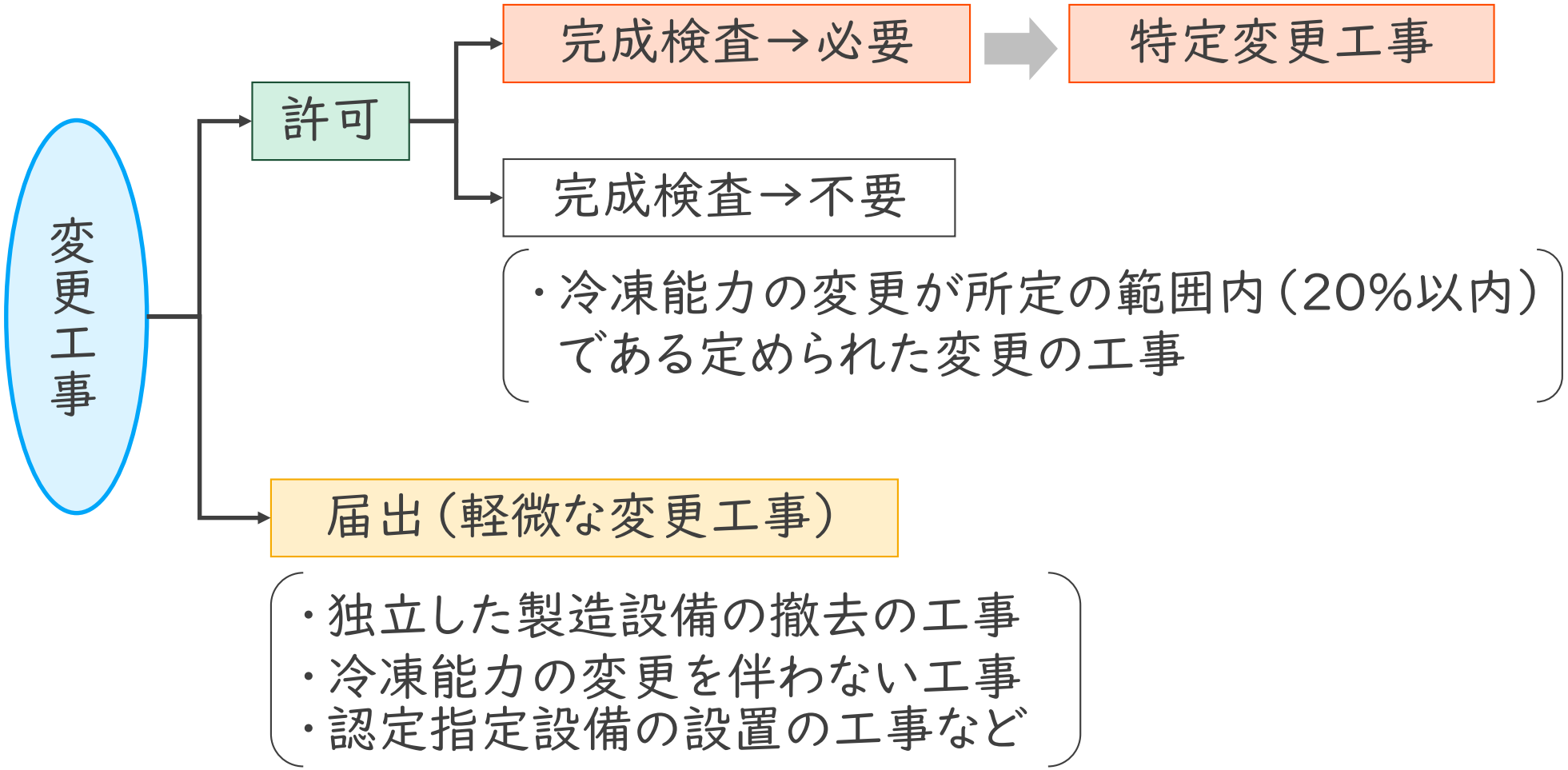


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設の変更工事

図23

法20条3項、20条の3、
冷凍17条、23条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

許可を要するが完成検査不要の変更工事

参考図7

冷凍第23条

耐震設計構造物以外の製造設備の取替えの工事であって、その設備の冷凍能力の変更が20%以内であるもの（製造細目告示第12条の14第3項）

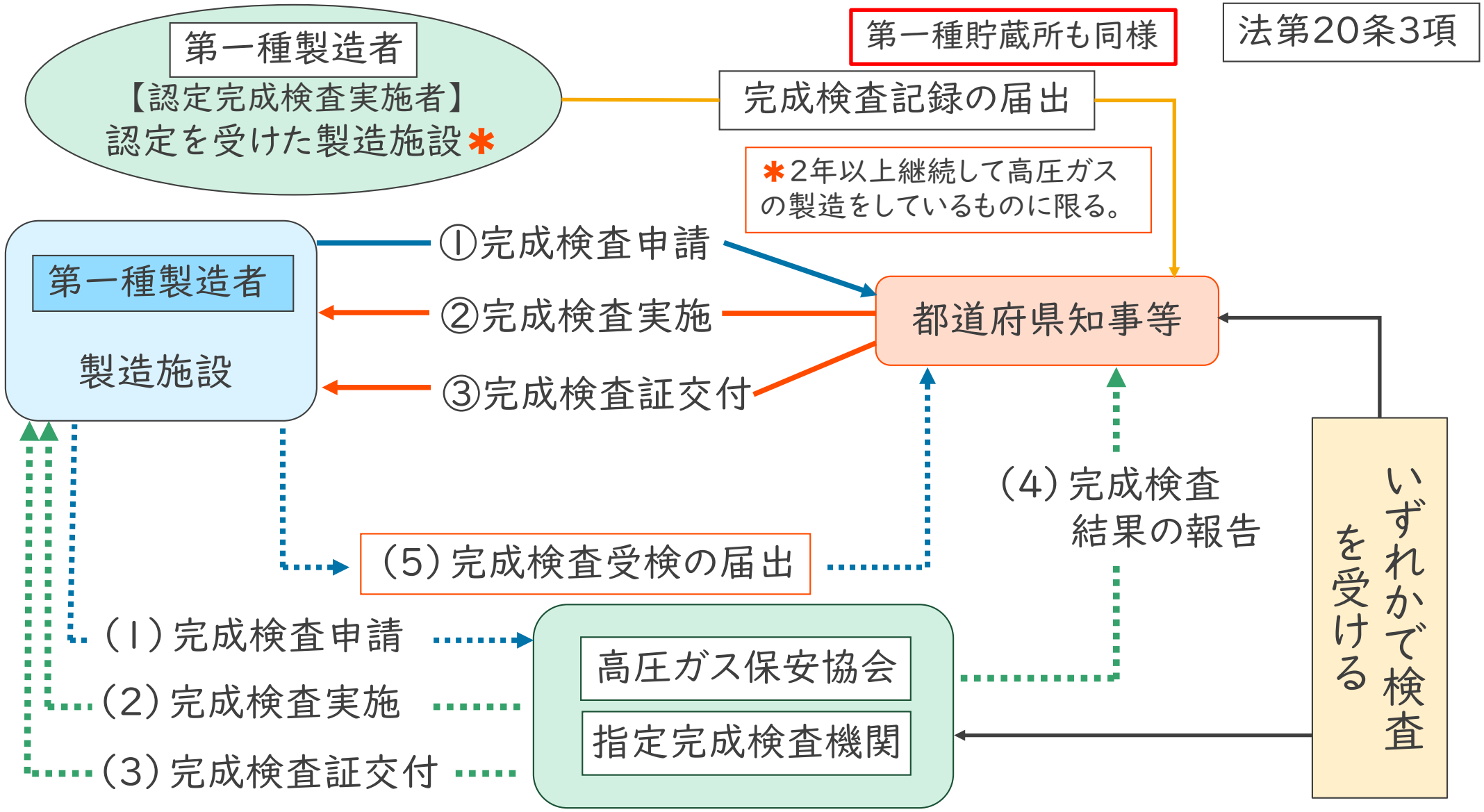
① 冷媒ガスが可燃性ガス、毒性ガスである冷媒設備を除く。

② 冷媒設備の切断、溶接を伴わない工事に限る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定変更工事の完成検査の手続等

図24



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売事業届

法第20条の4
政令関係告示
第4条の2
冷凍第26条

図25-1

冷凍則における販売→冷凍能力20トン（二酸化炭素、フルオロカーボン又はアンモニアの場合にあっては50トン）以上の冷凍設備を販売する場合は、当該設備内における高圧ガスを販売することとして運用（基本通達）

高圧ガスの販売事業を営もうとする者 → 販売業者

販売所ごとに事業開始の日の20日前までに知事等に届出

① 第一種製造者（冷凍のため高圧ガスの製造をする者を除く。）であって、その事業所で製造した高圧ガスをその事業所で販売するとき、又は、所定のガスを貯蔵量常時5m^{3}未満の販売所で販売するときは、都道府県知事等への届出不要。

② 販売事業について知事等へ届け出た者を「販売業者」といい、①の第一種製造者を含めて「販売業者等」という。この販売業者等には、周知義務及び販売の方法の技術上の基準の遵守義務がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒設備への高圧ガスの充塡に関する法の適用除外の運用について

法第3条1項8号、政第2条3項9号、
政令関係告示第4条の2第7号

図25-2

（法第3条1項）法の適用除外

この法律の規定は、次の各号に掲げる高圧ガスについては、適用しない。

⑧ その他災害の発生におそれがない高圧ガスであって、政令で定めるもの

↓

（政令第2条3項）法の適用除外

法第3条第1項第8号の政令で定める高圧ガスは、次のとおりとする。

⑨ 高圧ガスを圧縮、液化その他の方法で処理する設備内における高圧ガスであって、当該設備内のガスの容積が0.15m^3以下のもののうち経済産業大臣が定めるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒設備への高圧ガスの充塡に関する法の適用除外の運用について

図25-3

（政令関係告示第4条の2）法の適用除外の高圧ガス

令第2条第3項第9号の経済産業大臣が定めるものは、次の各号に定めるものとする。

⑦ 冷凍設備へ高圧ガスを充塡するための設備内における高　圧ガスであって、
充塡するガスが二酸化炭素又はフルオロ　カーボン（不活性ガスに限る。）であること。

（政令関係告示第4条の2関係通達）

（3）第7号中「高圧ガスを充塡するための設備」とは、冷凍設　備に高圧ガスを充塡するための
ゲージマニホールド、減圧弁、バルブ、ホース等の設備（圧縮機を除く。）をいう。

容器則容器から当該設備を用いて冷凍設備に充塡する場　合は製造の届出は
不要とするが、容器則容器内の高圧ガス　を販売する場合は、販売届は必要となる。
（このことに留意のこと。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売の方法の技術上の基準

図26

法第20条の6、冷凍第27条

1　引渡し先の保安台帳の常備

→ 高圧ガスの引渡し先の保安状況を明記した台帳

2　冷媒設備の引渡し（販売）制限

→ 引渡し（販売）は、外面に使用上支障のある腐食、割れ、すじ、しわ等がなく、かつ、ガスが漏えいしていないもの

3　冷凍設備（倉庫などに貯蔵する）は、

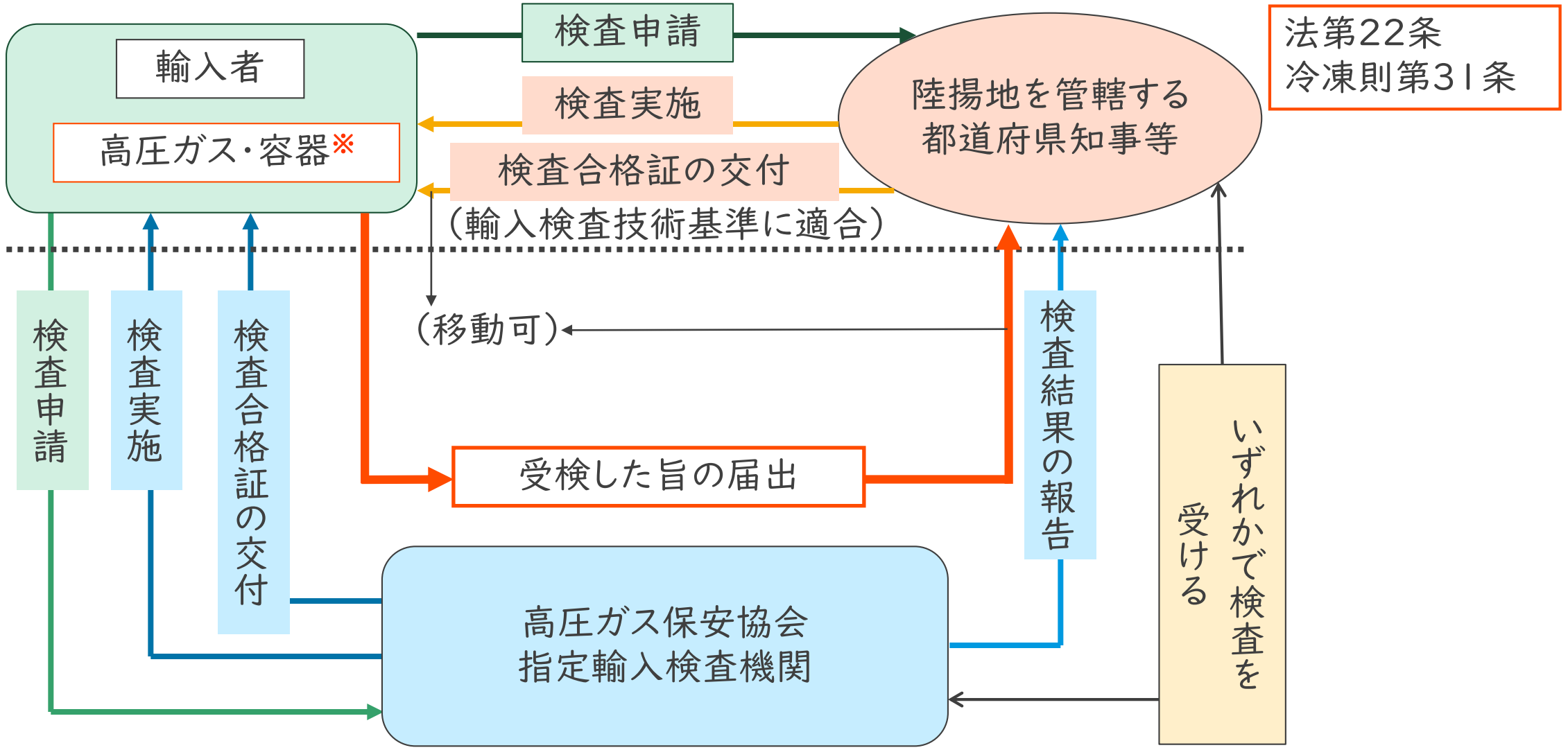
①　転落、転倒等による衝撃を防止する措置

②　粗暴な取扱い禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの輸入検査手続等

図27



※ 冷凍機の輸入の場合は充塡されている冷媒ガスのみ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの移動

法第23条、
一般第50条

図28

[移動に係る技術上の基準]

1　容器について保安上必要な措置

2　車両による移動の場合

→ ①　積載方法

②　移動方法

3　導管による移動の場合

注：　冷媒ガスが充塡されている冷凍機の移動については、
移動に係る技術上の基準は規定されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

廃棄の基準に従うべき高圧ガス

図29

法第25条、
冷凍則第33条、
一般則第61条

- 「冷凍保安規則」では、
  可燃性ガス、毒性ガス及び特定不活性ガス

- 「一般高圧ガス保安規則」では、
  可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス及び酸素

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程

図30

法第26条

第一種製造者

危害予防規程を定め、都道府県知事等に届出

遵守

第一種製造者とその従業者

危害予防規程は変更したときも届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（1）

法第26条、
冷凍第35条

図31-1

1. 製造施設の位置、構造、設備・製造の方法の基準
2. 冷凍保安責任者の職務
3. 製造設備の安全な運転、操作
4. 製造施設の保安のための巡視、点検
5. 製造施設の増設工事、修理作業の管理
6. 危険時の措置・訓練方法
7. 大規模な地震に係る防災及び減災対策
8. 協力会社の作業管理
9. 従業者に対する危害予防規程の周知方法、規程違反者の措置
10. 保安関係の記録
11. 危害予防規程の作成、変更の手続
12. その他災害の発生の防止に必要な事項

＊ 大規模地震対策特別措置法の地震防災対策強化地域は、警戒宣言発令時の措置等
＊ 南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の指定地域は、津波からの避難、訓練、教育に関する細目

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（2）

法第26条、
冷凍第35条 第9項（追加）

図31-2

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合。

該当事業所は、図31－1の事項のほか、次の事項の細目について定めること。

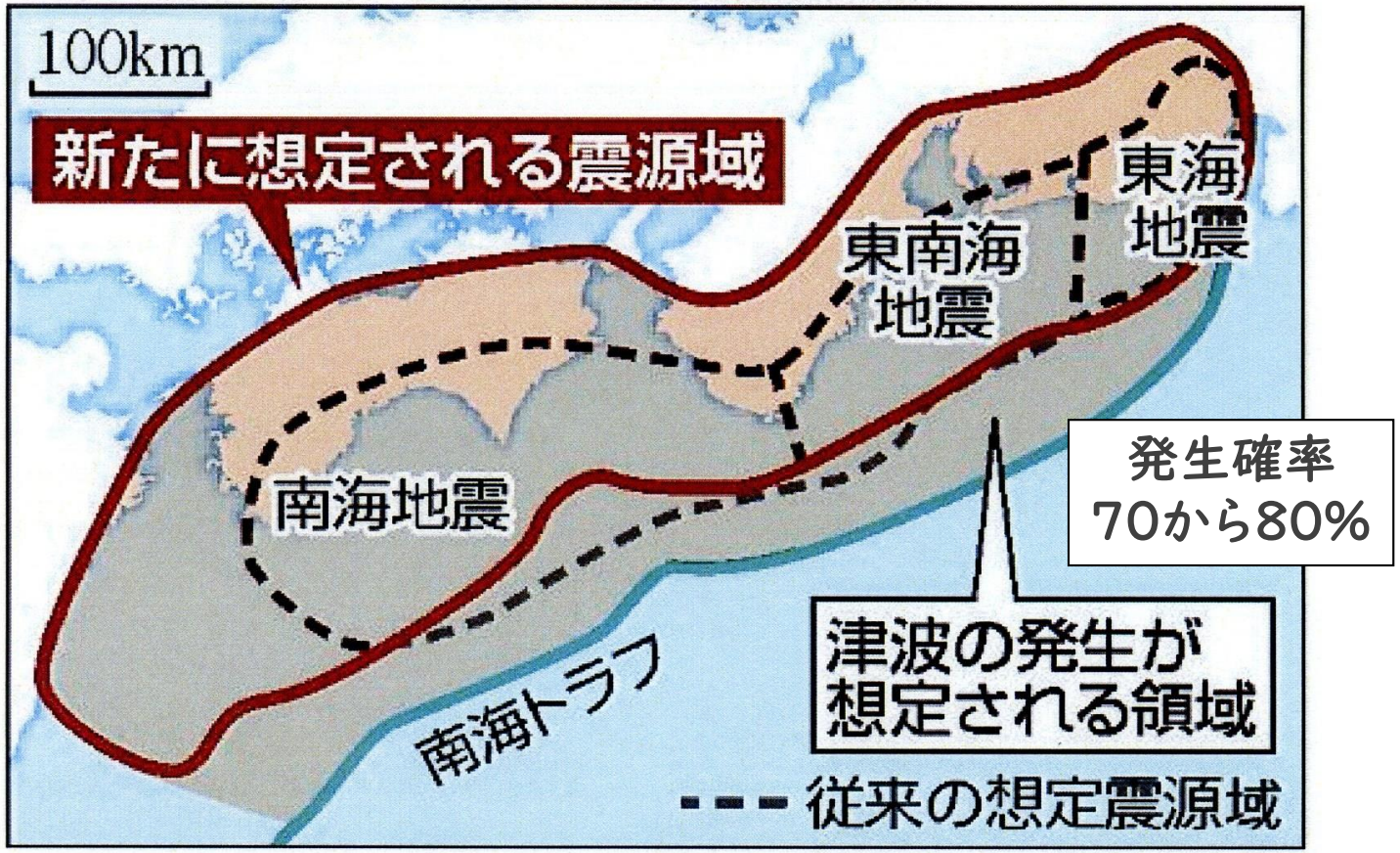
1. 津波に関する警報が発令された場合における当該警報の伝達方法、避難場所、避難の経路その他の避難に関すること。
2. 津波に関する警報が発令された場合における作業の速やかな停止、設備の安全な停止並びに避難時間の確保に係る判断基準、手順及び権限に関すること。
3. 津波に関する防災に係る必要な教育、訓練及び広報に関すること。
4. 津波による製造設備の破損又は流出による事業所内及び周辺地域において想定される被害並びに当該被害が及ぶと想定される地域を管轄する都道府県知事及び市町村長に対する当該被害の想定に係る情報提供に関すること（当該事業所の所在地における津波浸水想定が3mを超える場合に限る。）。
5. 津波に関する警報が発令された場合における緊急遮断装置、消火設備、防液堤その他の保安に関する設備等の作業手順及び当該設備等の機能が喪失した場合における対応策に関すること。
6. 津波による被害を受けた製造施設の保安確保の方法に関すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

内閣府有識者会議 中間報告

参考資料

南海トラフ巨大地震の震源地



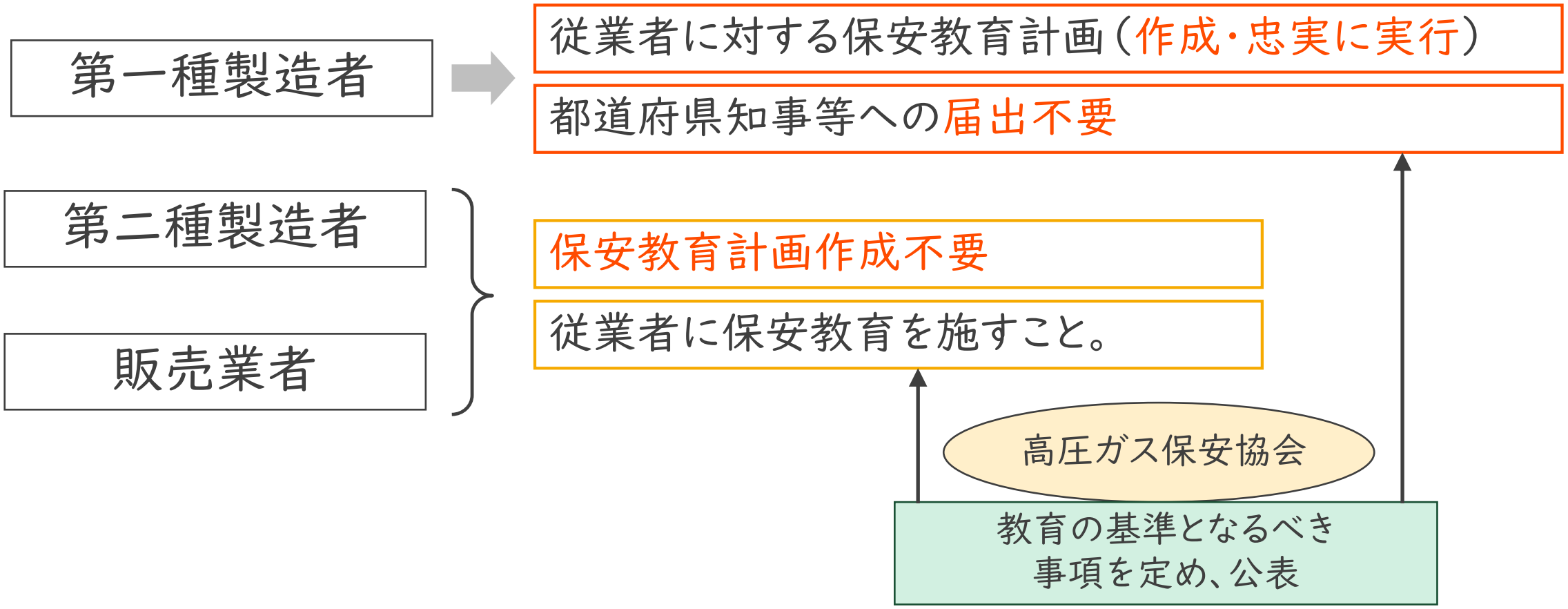
（今後30年以内に発生する確率＝政府の地震調査委員会）　（2011.12.27 読売新聞より）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

従業者に対する保安教育

図32

法第27条

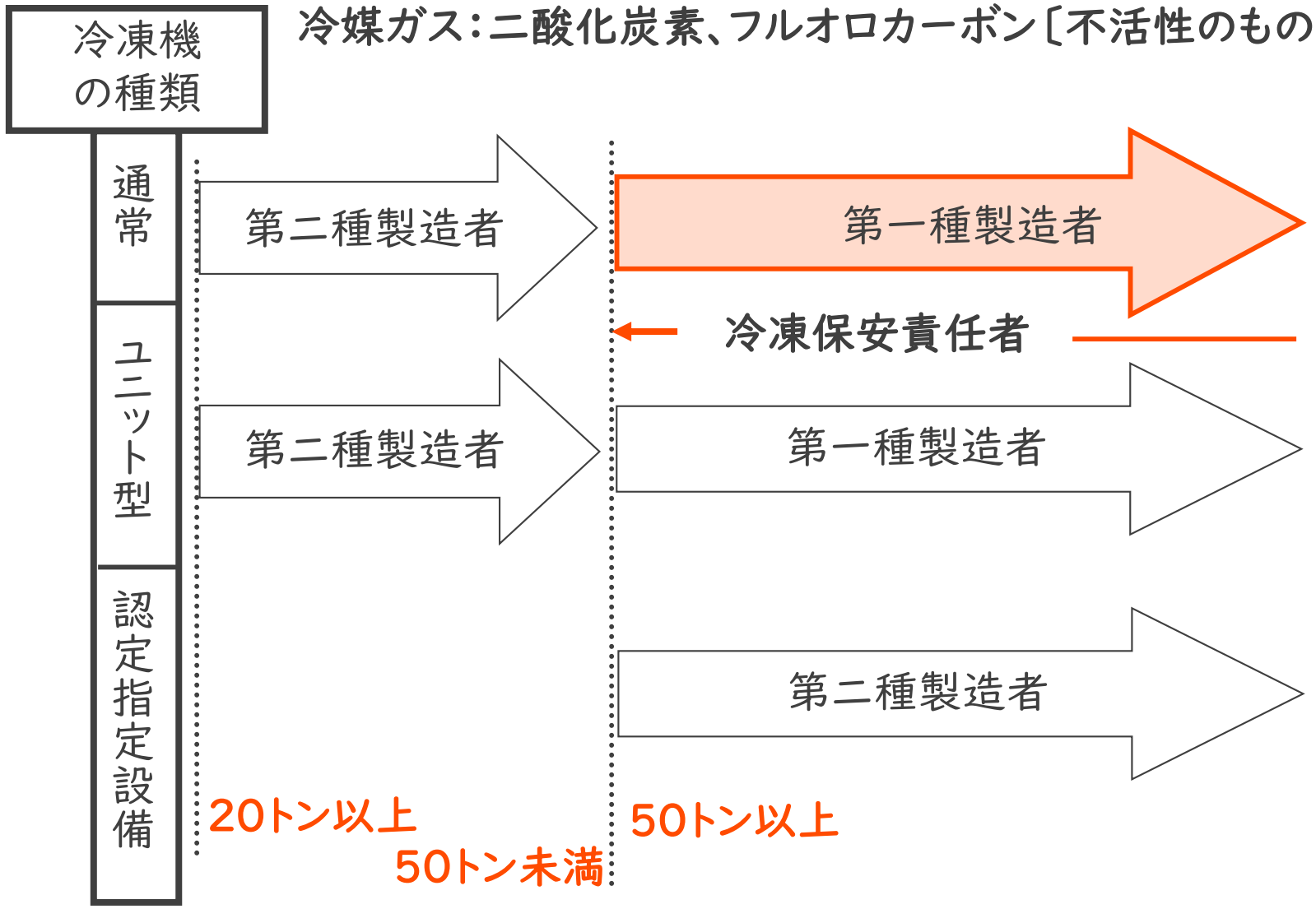


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍保安責任者の選任（1）

図33-1

法第27条の4、
冷凍第36条

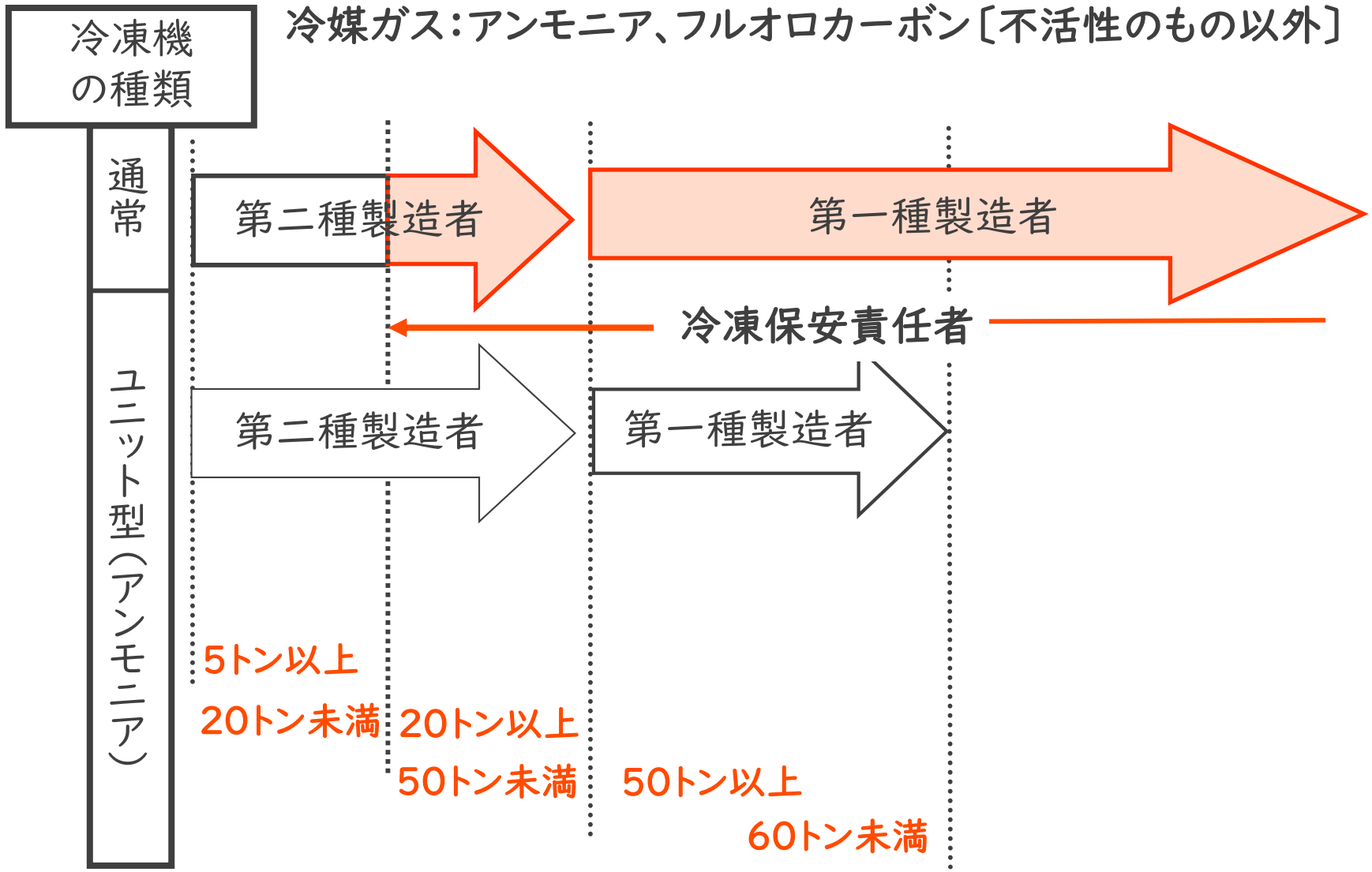


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍保安責任者の選任（2）

図33-2

法第27条の4、
冷凍第36条

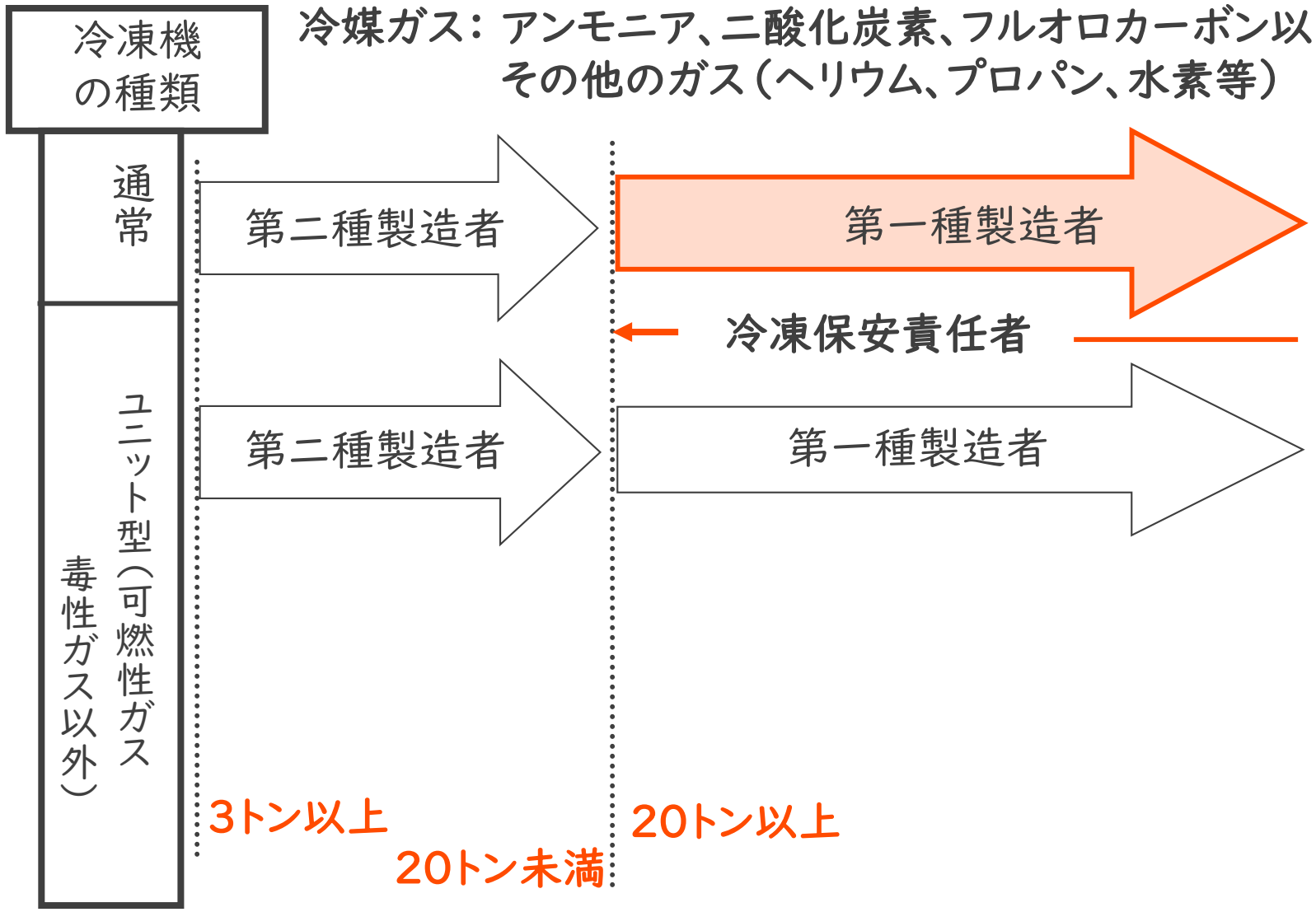


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍保安責任者の選任（3）

図33-3

法第27条の4、
冷凍第36条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍保安責任者の選任不要施設

法第27条の4、
冷凍第36条2項

図34

次の製造施設は冷凍保安責任者の選任が免除されている。

（第一種製造者の場合）（図33中ブロック矢印の塗りつぶしなしの製造施設）

1　製造設備が可燃性ガス及び毒性ガス（アンモニアを除く。）以外のガスを冷媒ガスとする製造施設で、次のイからチまでの要件を満たすもの（アンモニア冷媒の製造施設の場合、例外あり。）

イ 機器製造業者の事業所で冷媒設備及び圧縮機用原動機を一の架台上に一体に組み立てる（仮称「ユニット型」）こと等

ロ 製造施設がアンモニアを冷媒とガスとするものは、被冷却物をブライン又は二酸化炭素を冷媒ガスとする自然循環式冷媒設備の冷媒ガスにより冷凍する製造設備であること。

ハ 高圧遮断装置、のほか、必要な所定の自動制御装置を設けるものであること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍保安責任者の選任不要施設

図34（続き）

ニ 製造設備がアンモニアを冷媒ガスとする製造施設は、ハの要件のほか、ガス漏えい検知警報設備と連動して作動する除害設備、感震器と連動して作動する緊急停止装置等所定の自動制御装置を設けるものであること。

ホ 製造設備がアンモニアを冷媒ガスとする製造施設は、冷凍能力が60トン未満であること。

ヘ 冷凍設備の使用に当たり、冷媒ガスの止め弁の操作を必要としないものであること。

ト 製造設備の搬入に際し、溶接、切断等の工事なしで再組み立てができ、直ちに冷凍の用に供することができるものであること。

チ 製造設備の変更の工事は設置時と同一条件でなされること。

2 フルオロカーボン114の製造設備に係る製造施設（すべて免除）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍保安責任者の選任不要施設

図34（続き2）

（第二種製造者の場合）（図33中ブロック矢印の塗りつぶしなしの製造施設）

1　冷凍のためガスを圧縮し、又は液化して高圧ガスの製造をする設備でその冷凍能力が3トン以上（二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。）にあっては20トン以上、アンモニア又はフルオロカーボン（可燃性ガスに限る。）にあっては、5トン以上20トン未満）のものを使用して高圧ガスを製造する者

2　（第一種製造者の場合）に掲げた製造施設（アンモニアを冷媒ガスとするものに限る。）であって、その製造設備の冷凍能力が20トン以上50トン未満のものを使用して高圧ガスを製造する者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍保安責任者の資格等と選任区分

図35

法第27条の4、33条、冷凍第36、39条

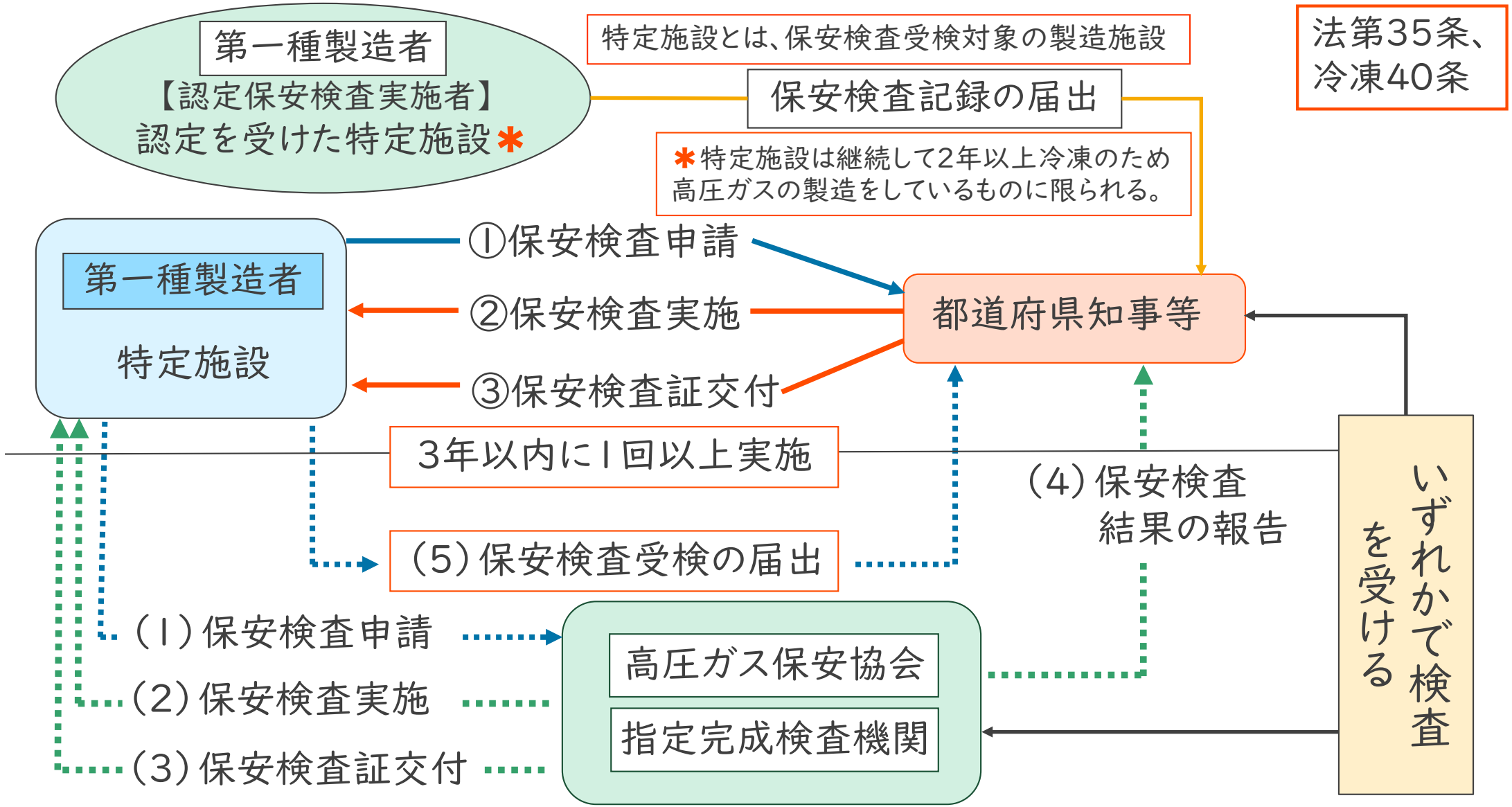
冷凍保安責任者の代理者をあらかじめ選任（冷凍保安責任者と同等以上の免状・経験）

冷凍保安責任者の資格等 ＼ 選任できる冷凍施設の規模	100トン未満	100トン以上 300トン未満	300トン以上
第一種冷凍機械責任者免状	→	→	→
製造に関する経験の施設の規模と経験期間	3トン以上 1年以上	20トン以上 1年以上	100トン以上 1年以上
第二種冷凍機械責任者免状	→	→	
製造に関する経験の施設の規模と経験期間	3トン以上 1年以上	20トン以上 1年以上	
第三種冷凍機械責任者免状	→		
製造に関する経験の施設の規模と経験期間	3トン以上 1年以上		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安検査の受検手続等

図36



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故

資料1-1

平成21年3月9日、福岡県太宰府市（博物館） 死者1名、重軽傷者8名

空調用アンモニアヒートポンプユニット
空調用アンモニアヒートポンプユニット
の点検作業中、突然、給液用配管に
ある電動三方弁が開いて整備中の
電子式膨張弁から冷媒のアンモニア
ガスが噴出し、死者を出す事故となった。

写真1 機器の設置状況

KHK－HP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故

資料Ⅰ-2

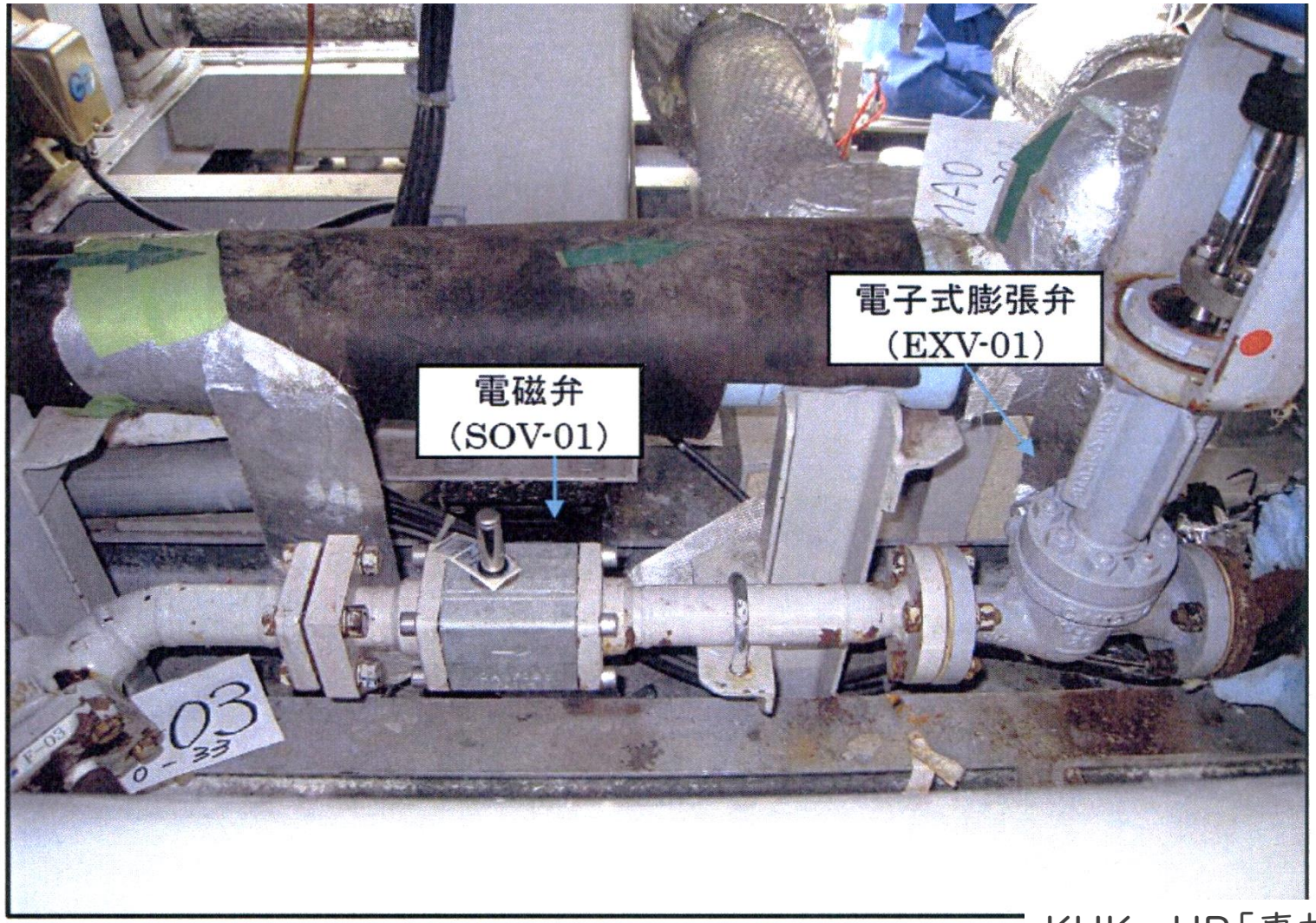


写真２　電磁弁と電子式膨張弁の設置状況

KHKーHP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故

資料Ⅰ-3

- 事業所内には6基の空調用アンモニアヒートポンプユニットが設置されていた。
- 過去2基のメンテナンスは安全裡に終了
- 弁のメンテナンスとは別に制御ソフトの点検作業を実施
  （過去は時期をずらして）
- 弁の点検と制御ソフトの変更、確認作業が今回は現場監理者の判断で同時並行。制御電源はONの状態。
- 制御ソフトの変更作業の過程で、シーケンサのRUN／OFFスイッチを操作。連動して電動三方弁が動き流路が開いて空気熱交換器からの配管に滞留していた液化アンモニアが、整備中の電子式膨張弁から瞬時に噴出、漏えい。（約20kg噴出）
- 弁のメンテナンスと制御ソフトの変更作業は同時並行で行わないことになっていたが、手順書には明確になし。
- アンモニアが漏れた場合、瞬時に洗浄する安全装置の設置あるも、保守点検作業のため解除していた。

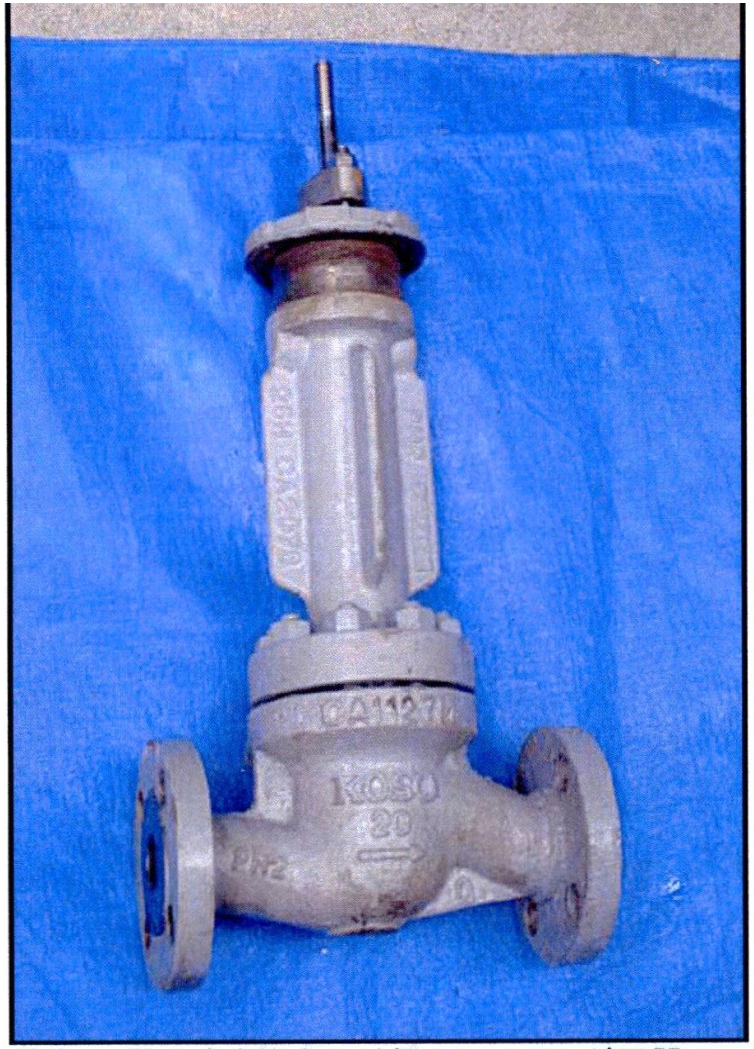


写真４　電子式膨張弁の外観（20A フランジ面間 194mm）

KHKーHP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故

資料Ⅰ-4

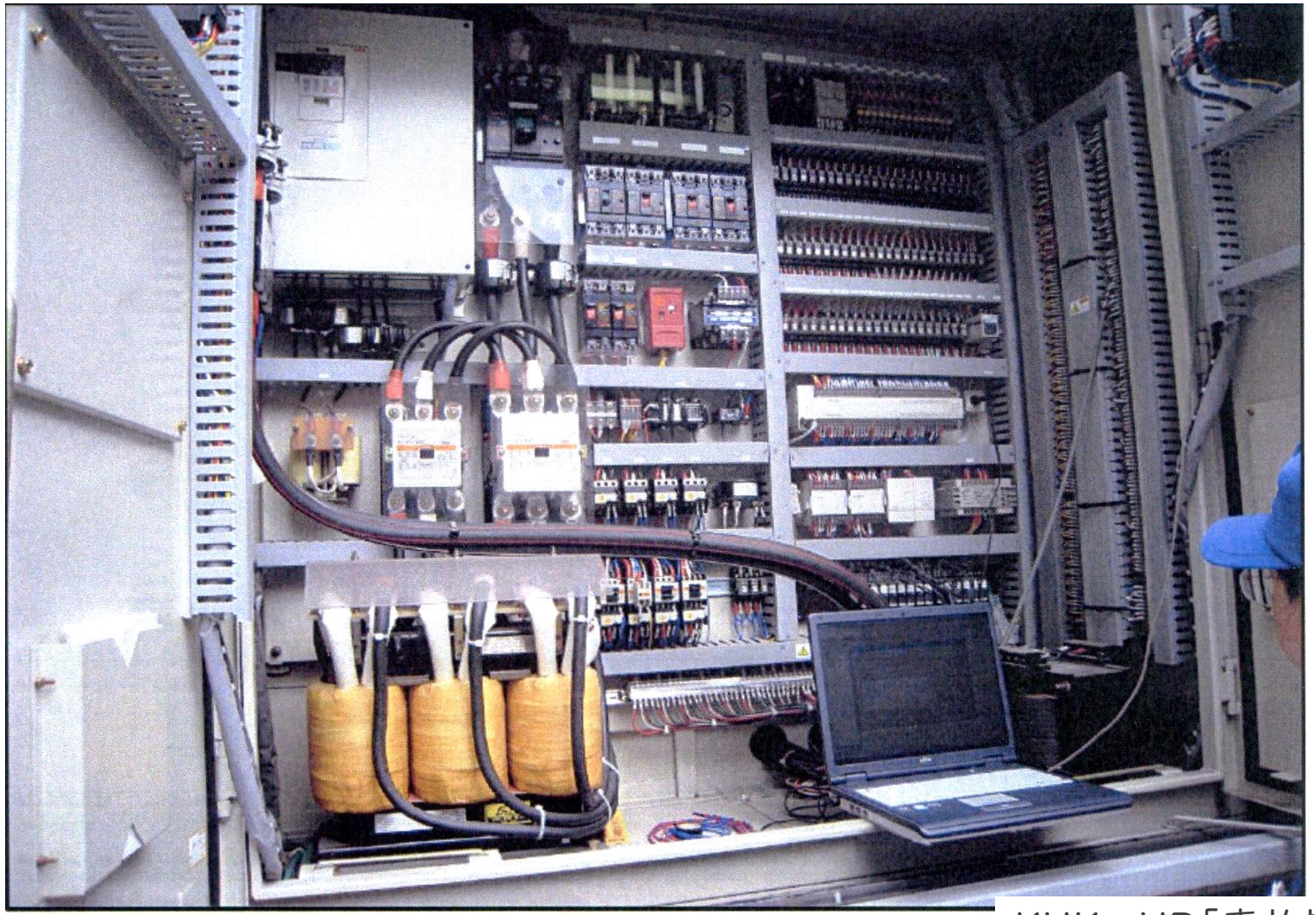


写真３　制御ソフト点検の状況

KHKーHP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故

資料Ⅰ-5

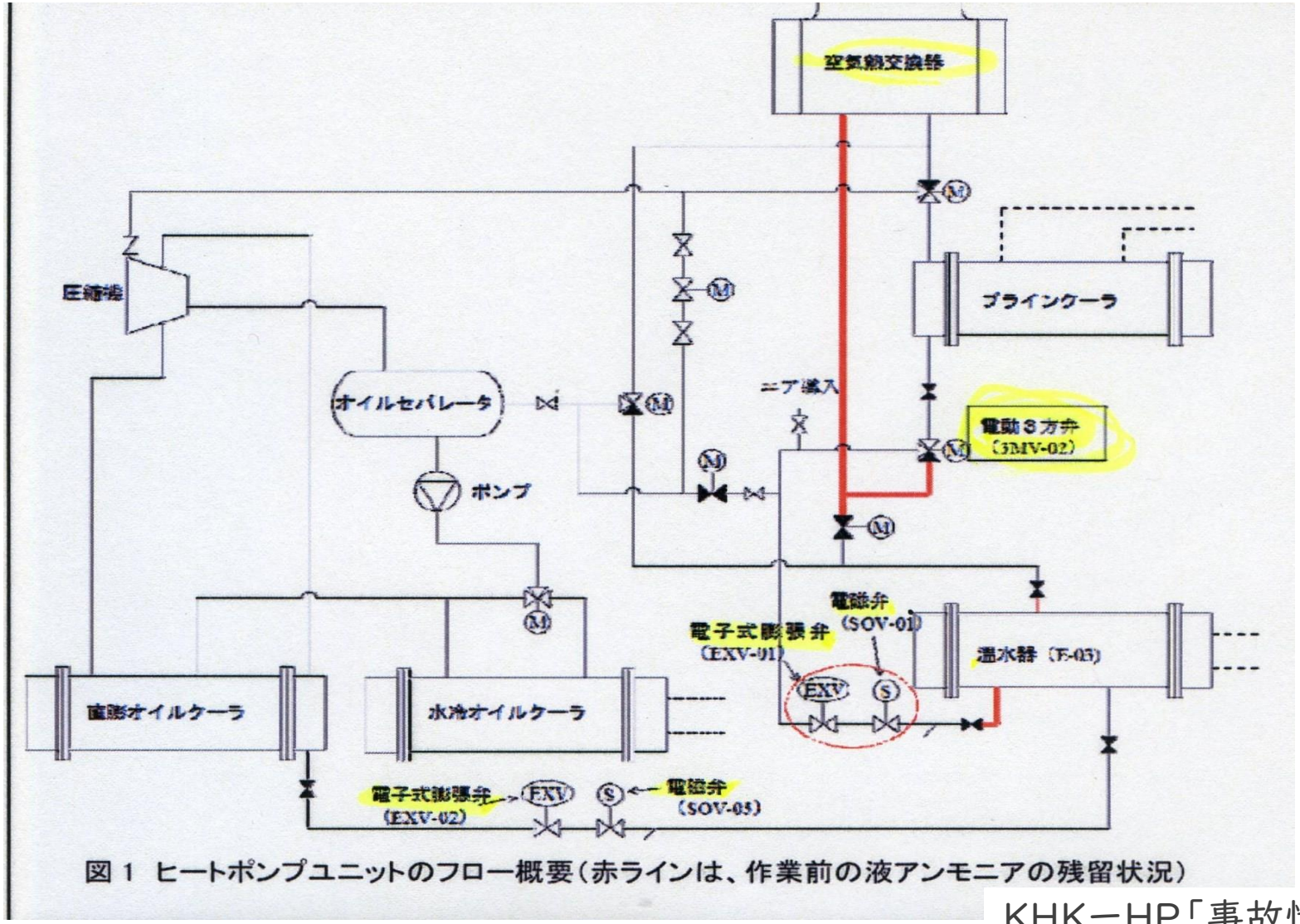


図１ ヒートポンプユニットのフロー概要（赤ラインは、作業前の液アンモニアの残留状況）

KHKーHP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アンモニア空調設備からの冷媒噴出による死亡事故

資料Ⅰ-6

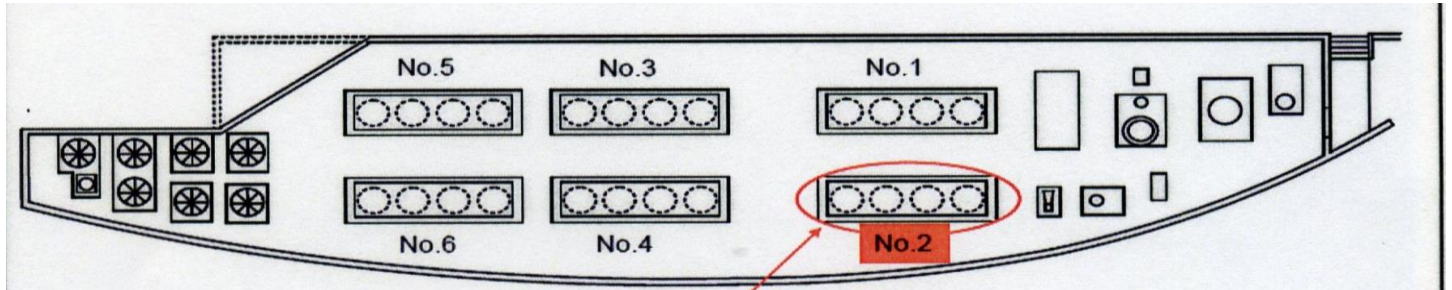


図２　機器配置の概要

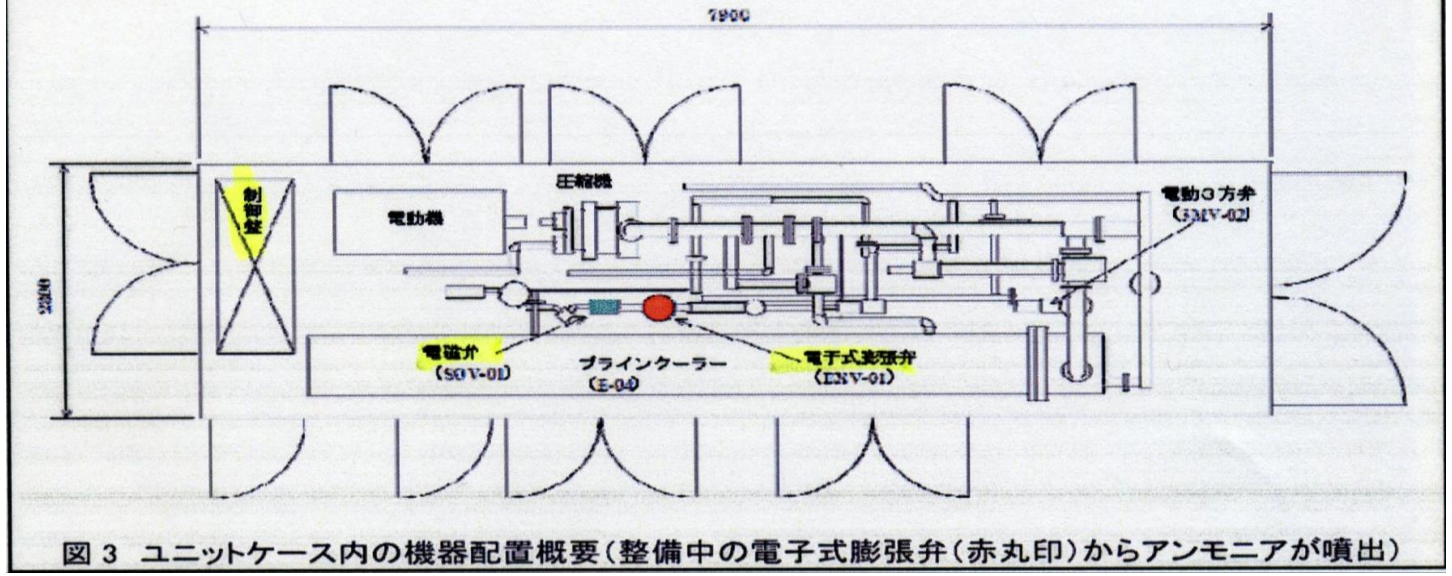


図３　ユニットケース内の機器配置概要（整備中の電子式膨張弁（赤丸印）からアンモニアが噴出）

KHKーHP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安検査受検不要の冷凍施設

図37

法第35条1項、
冷凍第40条1項

1　冷媒ガスがヘリウム、フルオロカーボン21、
　フルオロカーボン114の冷凍施設

2　第一種製造者の製造施設に組み込まれている
　「認定指定設備」の部分

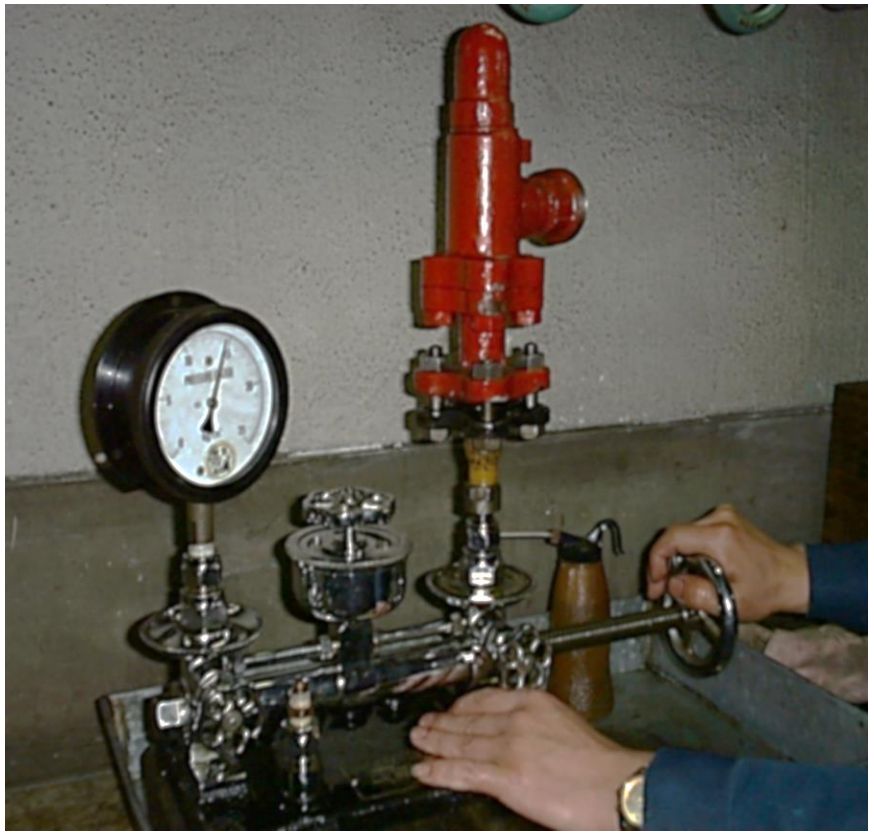
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査の実施

法第35条の2、
冷凍第44条

図38

安全弁の作動試験の例



- 1年に1回以上実施
- 冷凍保安責任者が実施の監督
- 記録作成
- 検査施設名
  - 検査した設備ごとの検査方法
  - 検査した設備ごとの検査結果
  - 検査年月日
  - 検査実施の監督者氏名
- 記録保存（電磁的方法も可）

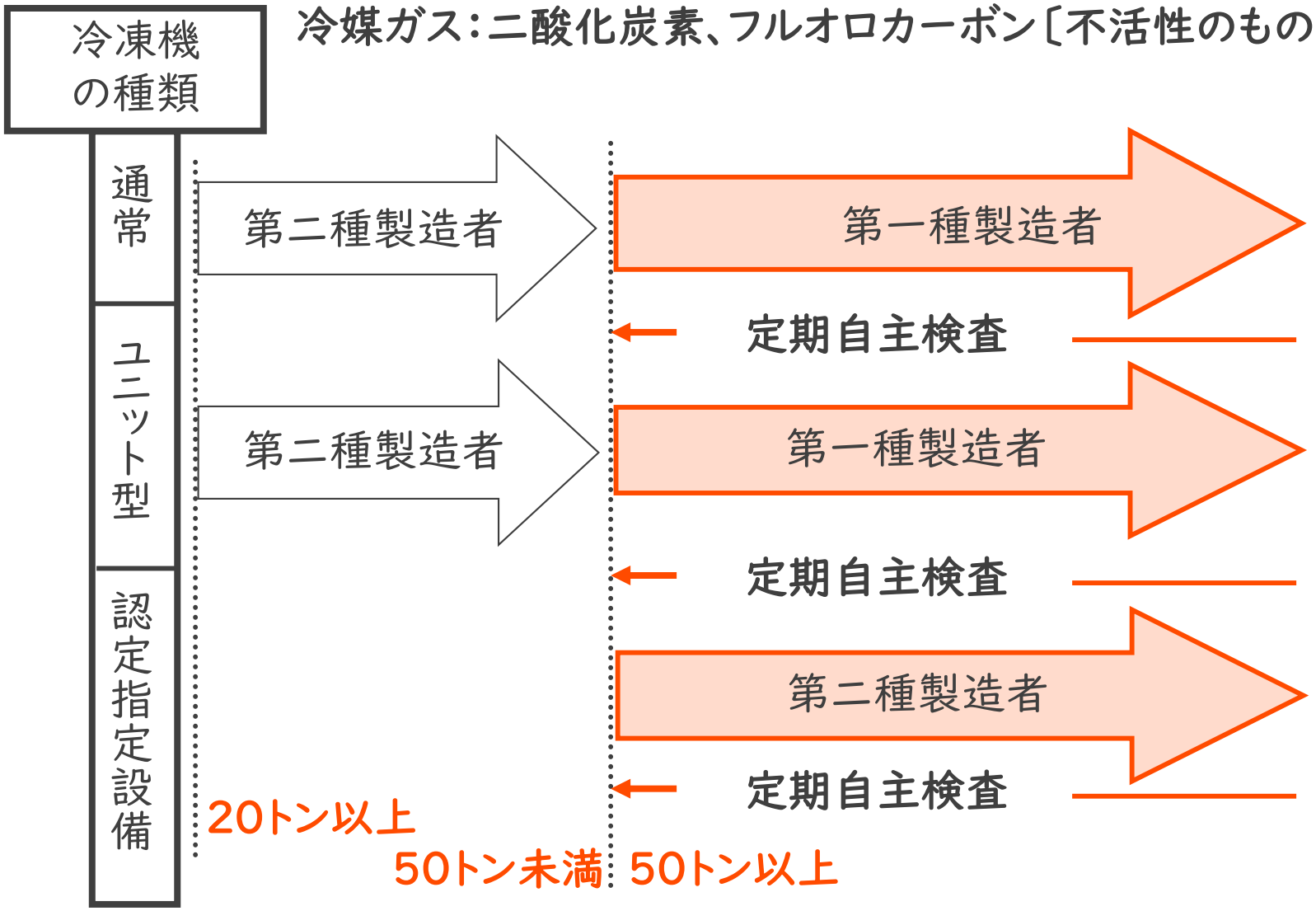
検査内容は、製造施設の位置、構造及び設備に係る技術上の基準（耐圧試験に係るものを除く。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査の実施対象者と施設（1）

図39

法第35条の2、
冷凍第44条

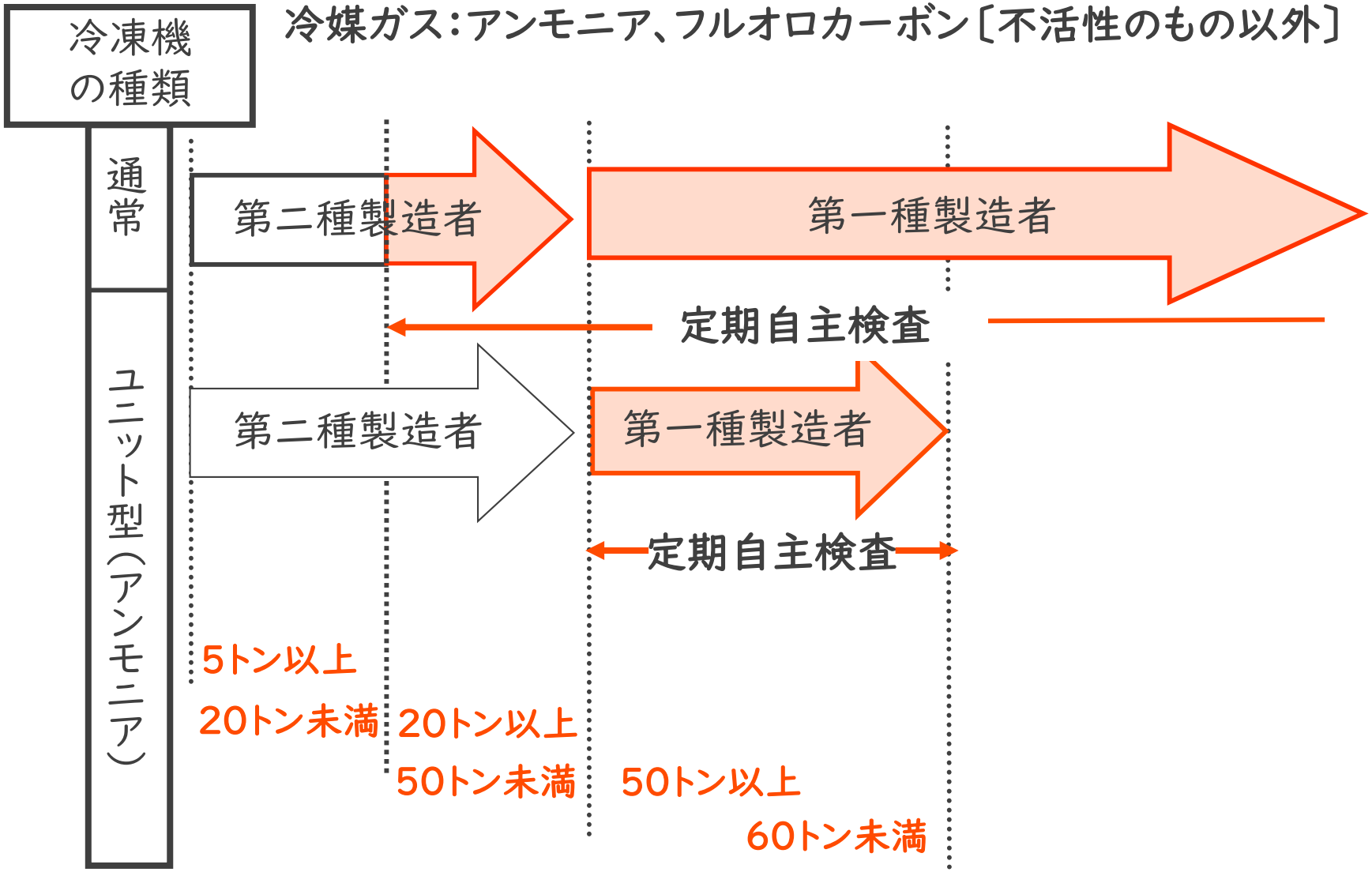


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査の実施対象者と施設（2）

図39
（続き）

法第35条の2、
冷凍第44条

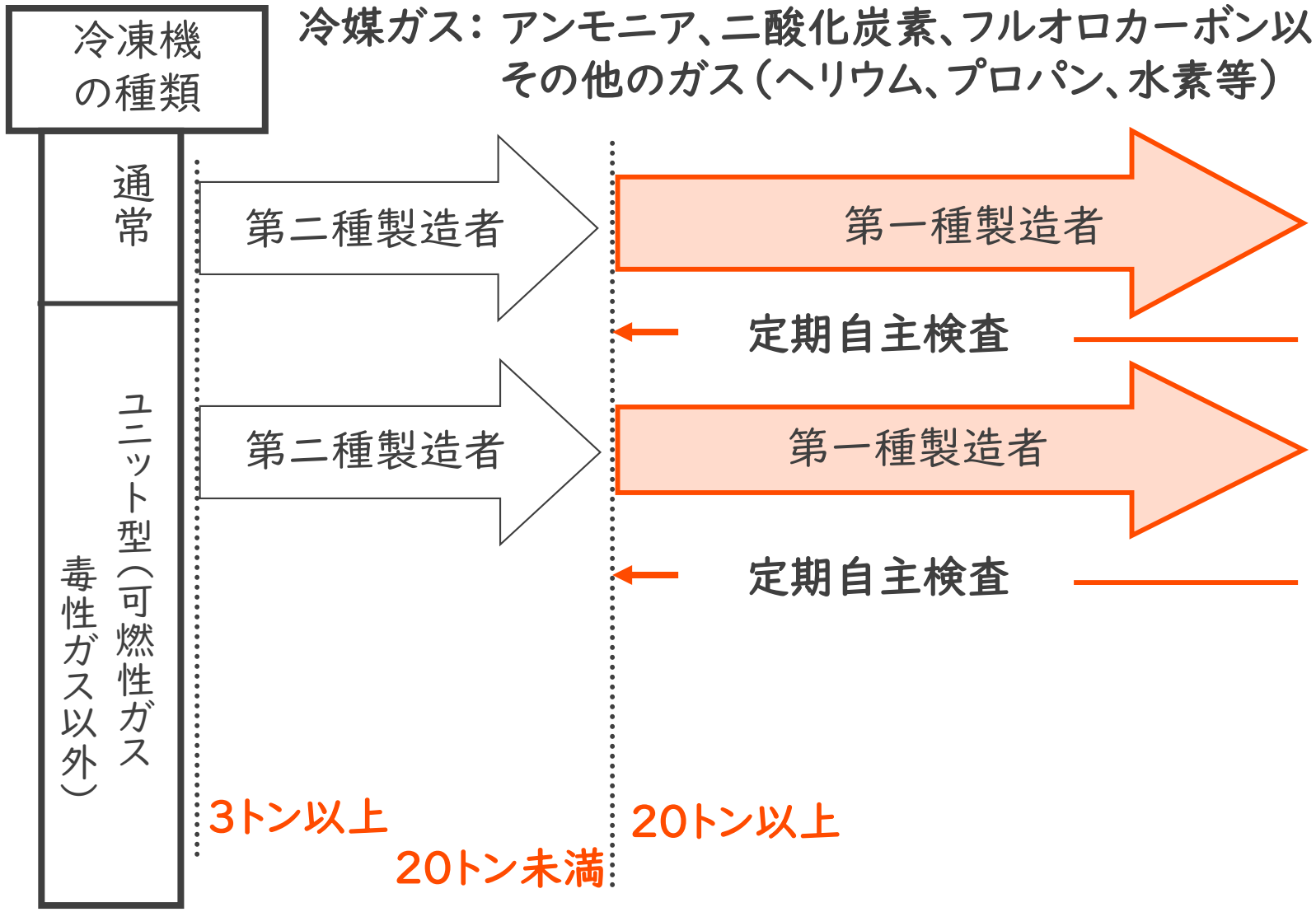


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査の実施対象者と施設（3）

図39
（続き）

法第35条の2、
冷凍第44条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者に対する規制

図40

法第5条、11条、14条、20条、21条、26条、27条、27条の2、27条の4、35条、35条の2、60条

事前に

- 製造許可
- 完成検査の受検
- 危害予防規程の制定・届出
- 冷凍保安責任者選任の届出
- 製造開始の届出
- 製造の廃止の届出

＊ 施設等の変更許可・軽微変更届

＊ 技術上の基準の遵守・維持
＊ 危害予防規程の遵守
＊ 保安教育計画の作成
＊ 保安教育計画に従って従業者を教育

＊ 保安検査の受検（3年に1回以上）
＊ 定期自主検査の実施・記録・保存
（年1回以上自ら実施）

＊ 帳簿の記載・保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種製造者に対する規制

図41

法第5条、12条、21条、27条、27条の4、35条の2

製造開始の日の20日前までに

製造の届出

冷凍保安責任者の選任の届出

製造廃止の届出

1日の冷凍能力20トン以上の不活性のもの以外のフルオロカーボン、アンモニア（1日の冷凍能力が20トン以上50トン未満の（仮称）ユニット型のものを除く。）

＊ 施設等の変更届

＊ 従業者に保安教育実施
＊ 技術上の基準の遵守・維持
＊ 定期自主検査の実施（年1回以上自ら実施

認定指定設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売に対する規制

図41

法第20条の4、の6、の7、21条、27条

事業開始の日の20日前までに

販売事業の届出

1日の冷凍能力20トン（冷凍設備内の高圧ガスがフルオロカーボン又はアンモニアの場合は50トン）以上の冷凍設備内における高圧ガスの販売に限る。（基本通達）

販売事業廃止の届出

＊ ガスの種類変更届

＊ 従業者に保安教育実施
＊ 販売の方法の基準の遵守

注：容器に充塡された高圧ガスの販売は一般則又は液石則適用である。

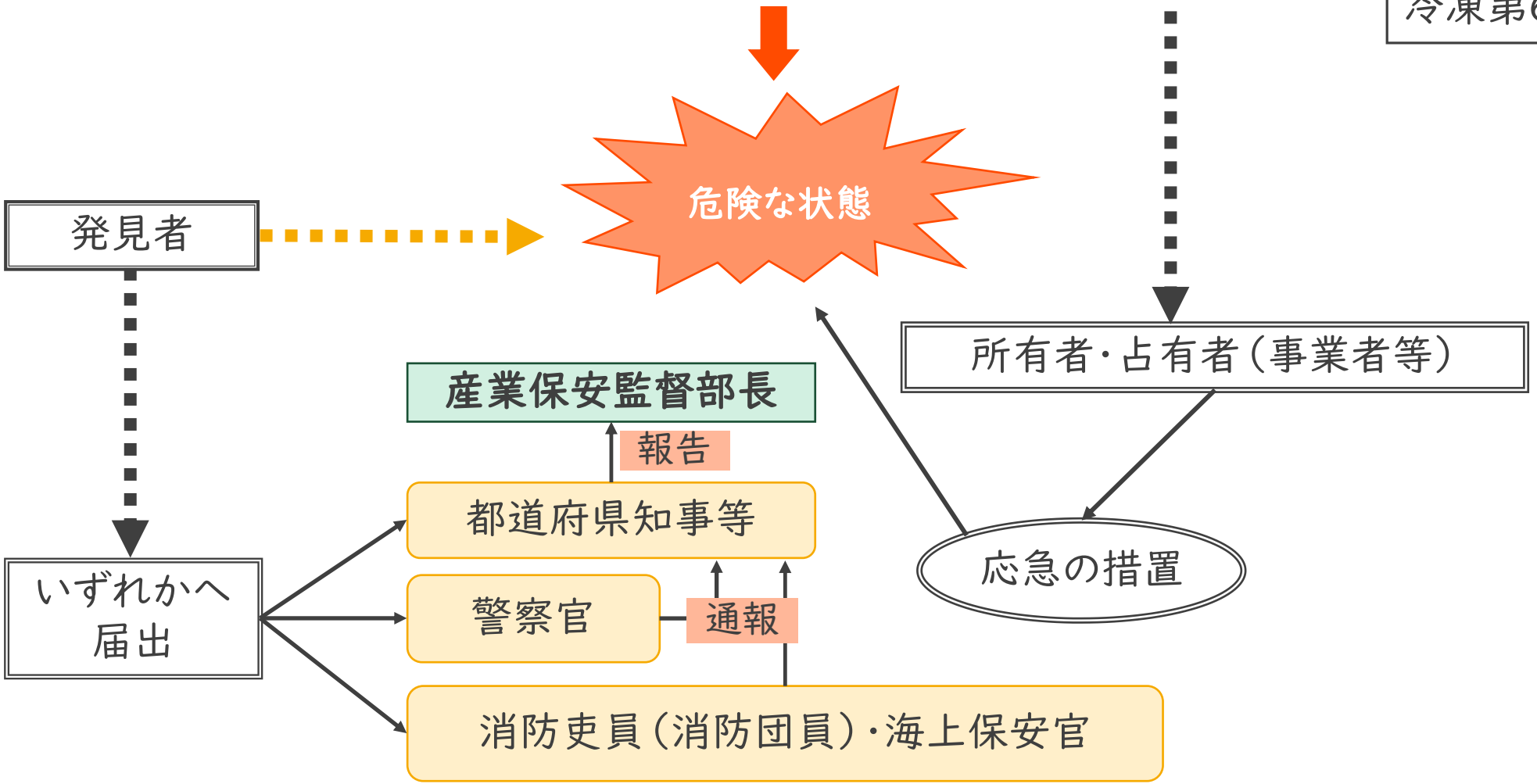
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険時の措置・届出

図43

法第36条、第74条
政第19条1項8号
冷凍第68条の2

製造施設・貯蔵所・販売施設・特定高圧ガス消費施設・充塡容器等



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険時の措置

図44

冷凍第45条、
一般第84条

- 製造施設
  応急の措置→作業中止→ガスを移送・大気放出（安全）→作業要員以外の退避

  措置不能 → 付近住民に退避を警告

- 充塡容器等
  応急の措置→充塡容器等の移動（安全）→作業要員以外の退避

  措置不能 → 付近住民に退避を警告

- 充塡容器等が外傷・火災
  （一般則・液石則）の廃棄に係る技術上の基準に従って措置

  措置不能 → 他に損害を与えない水中に沈める・地中に埋める

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業内の火気等制限

法第37条

図45

[高圧ガス取扱事業所]

製造事業所（一種、二種）、貯蔵所（一種、二種）、販売所、特定高圧ガス消費事業所、液化石油ガス販売所（液石法）

① 火気制限場所の指定：高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者

② 指定場所内では、何人も火気取扱禁止

③ 指定場所内に、発火しやすい物を携帯しての立入禁止
ただし、指定した者の承諾を得れば立入可能

“何人”には、高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者、従業者、一般人が含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

認定保安検査実施者（認定完成検査実施者も同じ。）

法第39条の4、の5、
39条の9、の10

図46

1　対象特定施設
　2年以上継続して冷凍のため高圧ガスの製造

2　認定基準の適合
　①　保安検査のための組織
　②　保安検査の方法（規程）
　③　検査実施者の数

3　変更の届出（変更後遅滞なく）
　①　保安検査のための組織
　②　保安検査の方法

4　認定保安検査実施者の義務
　①　検査実施者は所定の知識経験を有する者（規程）
　②　検査記録の作成、保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

指定設備認定証

図47

法第56条の7、の8、の9

製造、輸入した指定設備

経済産業大臣、高圧ガス保安協会、指定設備認定機関

指定設備の認定

製造、輸入した者に「**指定設備認定証**」の交付

「指定設備認定証」の交付を受けた者は指定設備に**所定の表示**

[**指定設備認定証の返納**]

① 認定指定設備の**喪失**
② 認定指定設備の**輸出**
③ 認定指定設備の**くず化**
④ 「指定設備認定証」の再交付後に、**失った「指定設備認定証」の回復**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

指定設備の技術上の基準（主なもの）

法第56条の7、
冷凍第57条、62条

図48

（1）指定設備の**製造業者の事業所**において

① **製造**（基準適合）
② **脚上、1つの架台上に組立て**
③ **気密試験、耐圧試験に合格**
④ **試運転**

（2）**分割されずに使用場所に搬入**

（3）**共通使用はブラインのみ**

（4）保安設備等

① **自動制御装置**
② 容積圧縮式圧縮機に温度スイッチの**運転停止装置**
③ **冷媒ガスの止め弁**（日常運転の）**は自動式のもの**
④ 安全装置は破裂板（単独設置のもの）禁止
⑤ 冷媒配管、管継手、バルブの接合は溶接、ろう付け（原則）
⑥ 受液器は内容積5000L未満
⑦縦置円筒形の凝縮器の胴部の長さは5m未満

認定指定設備に変更の工事を施したとき又は移設等（転用を除く。）を行ったときはその認定証が無効になることがある（変更の工事が同等部品への交換のみである場合等は無効とならない）ので留意のこと。
（冷凍則第62条1項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒設備の機器の指定、製造

法第57条、
冷凍第63条、64条

図49

＊ 所定の技術上の基準に従って製造すべき機器の指定

① 冷媒ガスが**二酸化炭素及びフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。）**のもの
→ 1日の冷凍能力が**5トン以上**

② 冷媒ガスが**①以外**のもの
→ 1日の冷凍能力が**3トン以上**

＊ 製造に係る技術上の基準の概要

→ 指定された機器の冷媒設備に対しては、気密試験及び耐圧試験に合格すべき基準が適用されるが、1日の冷凍能力が20トン以上の冷媒設備に係る容器（ポンプ、圧縮機に係るものを除く。）に対しては、材料、溶接部試験、非破壊試験、応力除去などの基準も適用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者（冷凍事業所）の帳簿

法第60条、
冷凍第65条

図50

- 記載事項
  → 冷凍施設に異常があった場合

    ① 異常があった年月日

    ② その異常に対してとった措置内容

- 保存期間
  → 記載の日から10年間

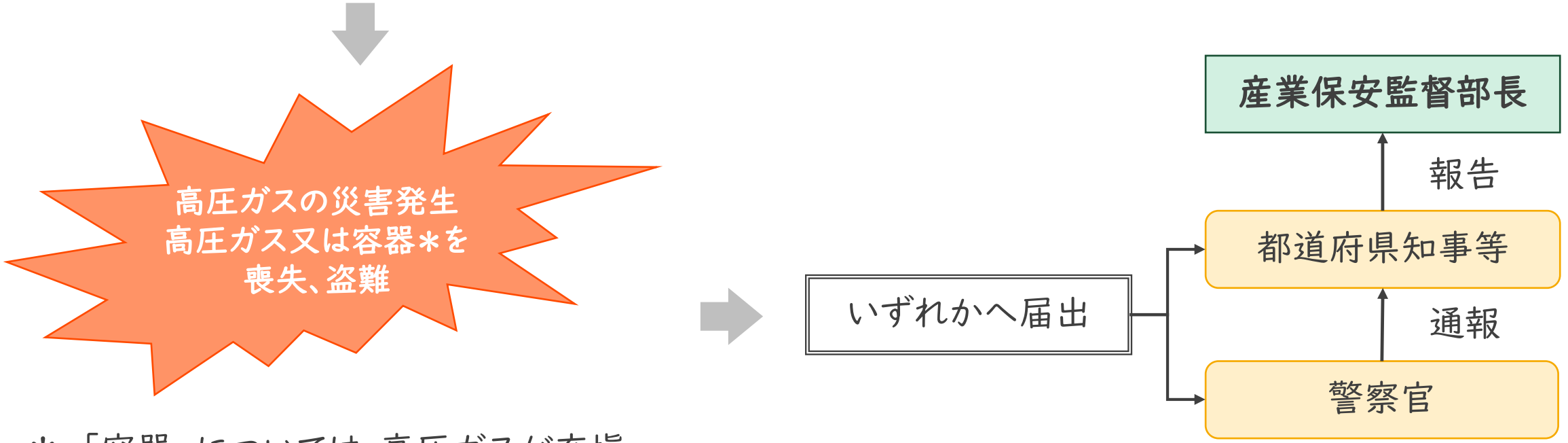
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故届

図51

法第63条、第74条
政第19条1項8号

第一種製造者・第二種製造者・販売業者・貯蔵する者・消費する者・
容器製造業者・容器の輸入者・その他高圧ガス又は容器の取扱者



＊「容器」については、高圧ガスが充塡されているか否かにかかわらず喪失、盗難等の場合の届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一冷、二冷、三冷編
容器関係（法律容器保安規則）

令和３年度

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の種類（主なもの）

図52

容器第2条、一般第60条
1項19号、液石第58条11号

溶接部を有する容器	溶接容器[液化石油ガス、アセチレンなど]
	超低温容器[液化酸素、液化窒素、液化アルゴンなど]
	低温容器[液化炭酸ガスなど]
	ろう付け容器[圧力の低いガス]
	自動車燃料装置用容器[液化天然ガス、液化石油ガスなど]
継目なし容器	一般継目なし容器[酸素ガス、窒素ガスなど]
	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器
	自動車燃料装置用容器[圧縮天然ガス]
複合容器	一般複合容器[液化石油ガス用（水中使用不可）、陸上用空気呼吸器など]
	自動車燃料装置用容器[圧縮天然ガス、圧縮水素など]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

溶接容器の例

参考図8

容器第2条2号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一般継目なし容器の例

参考図9

容器第2条10号

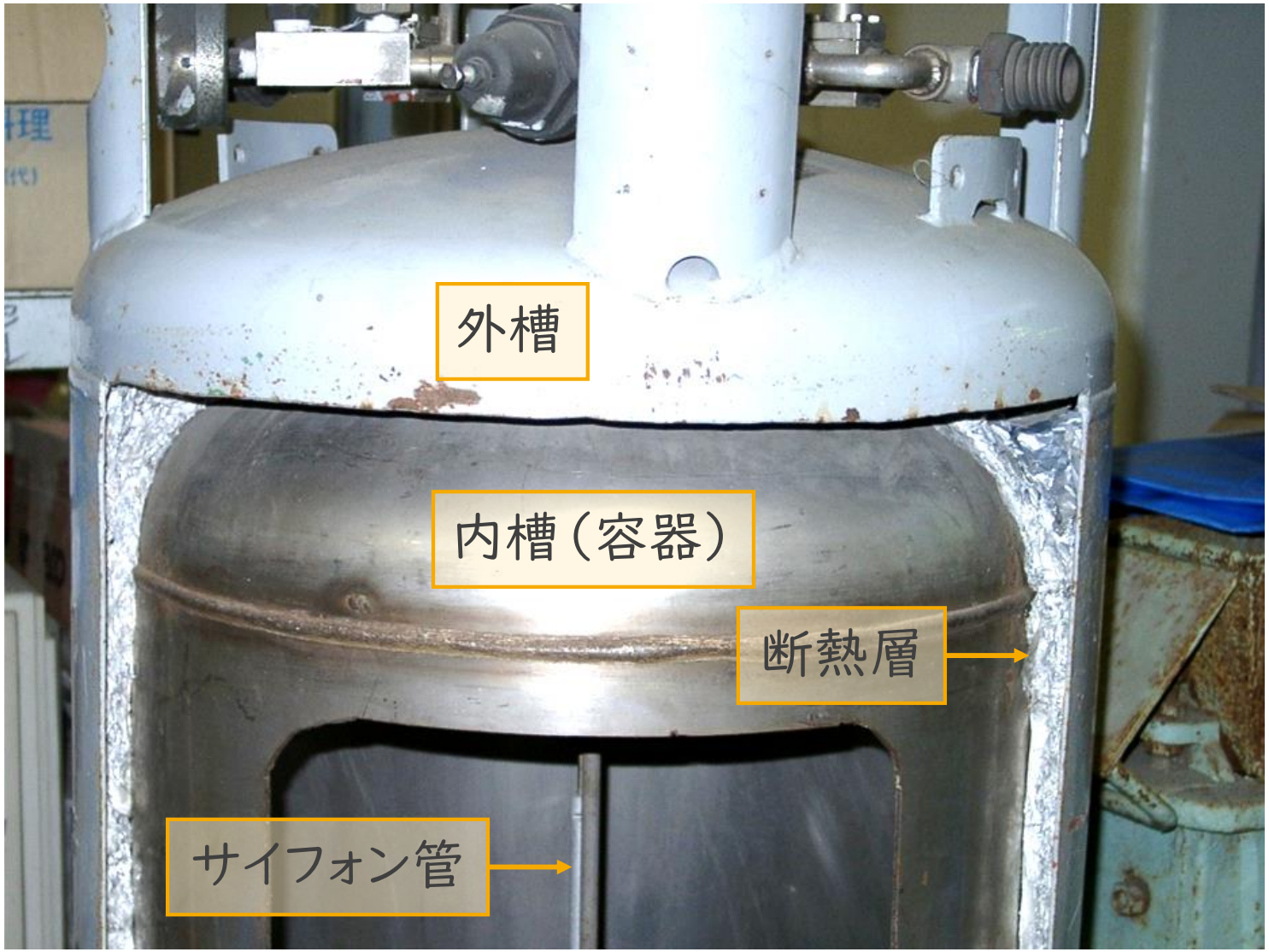
圧縮酸素用47L容器のカットモデル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

超低温容器の例（カットモデル）

参考図10

容器第2条3号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

複合容器の例（カットモデル）

参考図11

容器第2条12号

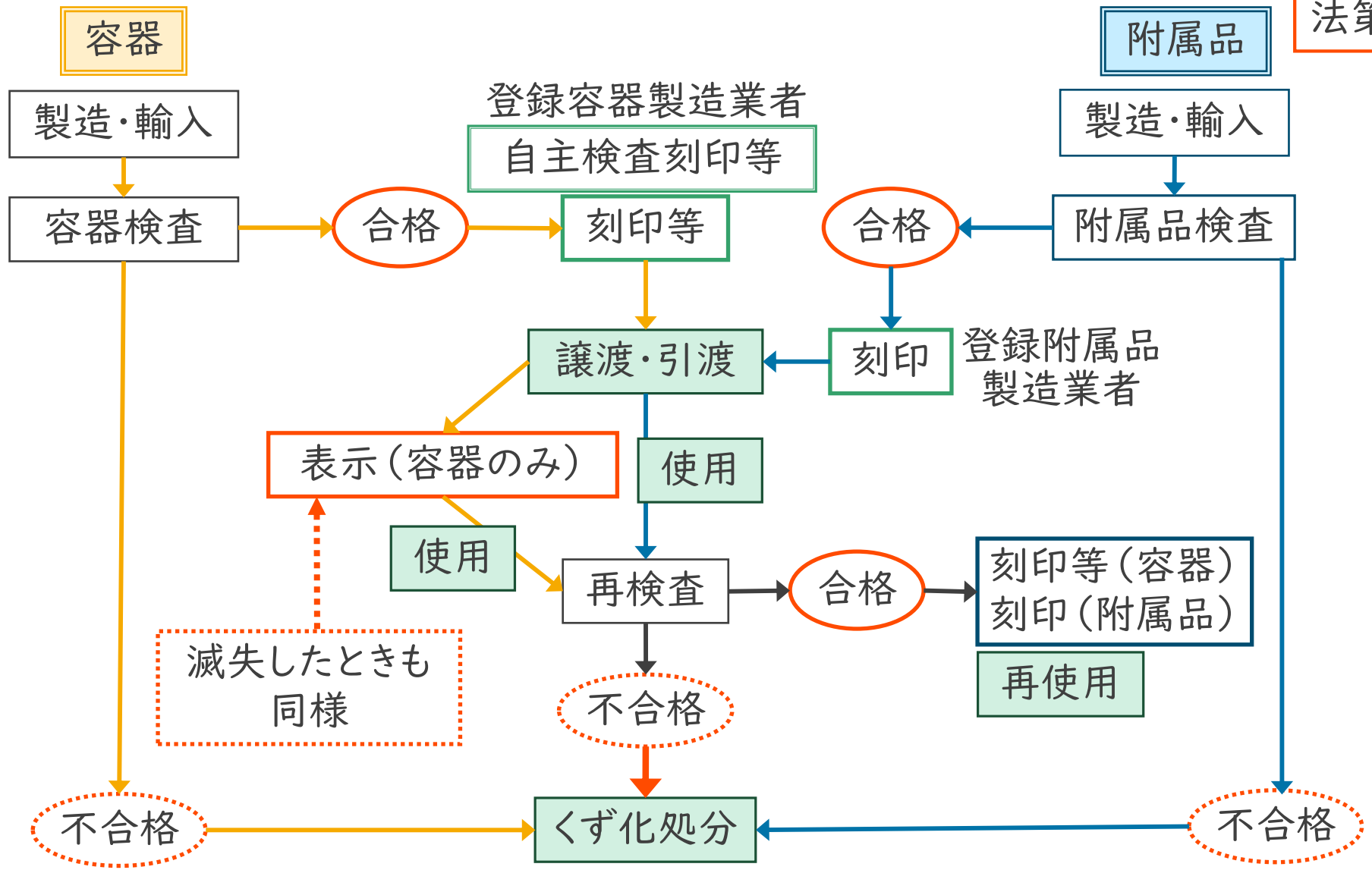
圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器・附属品に対する規制

図53

法第41条～56条



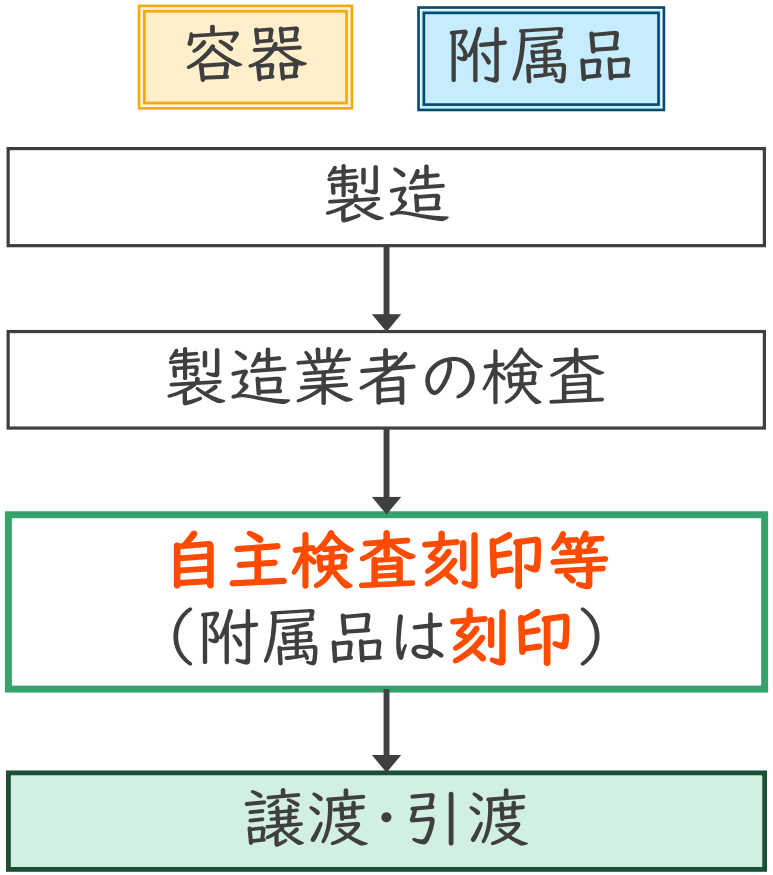
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自主検査刻印等

法第49条の5、
49条の25

図54

登録容器製造業者・登録附属品製造業者の場合



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（1）

図55

容器第8条

図55中「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

＊ **検査実施者の名称の符号**

＊ **容器製造業者の名称又はその符号**（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は名称のみ）

＊ **充填すべき高圧ガスの種類**：PG（ヘリウム、ネオン等）、SG（特殊高圧ガス）、FC1、FC2、FC3（以上フルオロカーボン）、CNG（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器）、CHG（圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪及び圧縮水素運送自動車用容器）、LNG（液化天然ガス自動車燃料装置用容器）（さらに詳細刻印あり＝ 略）、 その他の容器は高圧ガスの名称、略称又は分子式

＊ **容器の記号（LPガス容器は3文字以下）及び番号**：アルファベットと数字（LPガス容器は5けた以下）

＊ **内容積**：（記号 V 、単位 リットル）

＊ **附属品（取り外しのできるものに限る。）を含まない容器の質量**：（記号 W 、単位 kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊ **アセチレンガスを充填する容器の質量**：前記質量に多孔質物及び附属品の質量を加えた質量
（記号 TW 、単位 kg）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（2）

図55（続き）

容器第8条

＊ **容器検査合格年月**：（内容積4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、合格年月日）

＊ **充填可能期限年月日**（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は充填可能期限年月）：（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に限る。）

＊ **耐圧試験における圧力**：（記号 TP、単位 MPa）及びM （超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊ **最高充填圧力**：（記号 FP、単位 MPa）及びM（圧縮ガス用容器、 超低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器に限る。）

＊ **高強度鋼（記号 HT）、アルミニウム合金（記号AL）であることの記号**：（高強度鋼、アルミニウム合金で製造された容器（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）に限る。）

＊ **容器の胴部の肉厚**：（記号 t 、単位 mm）（内容積500L超の容器に限る。）

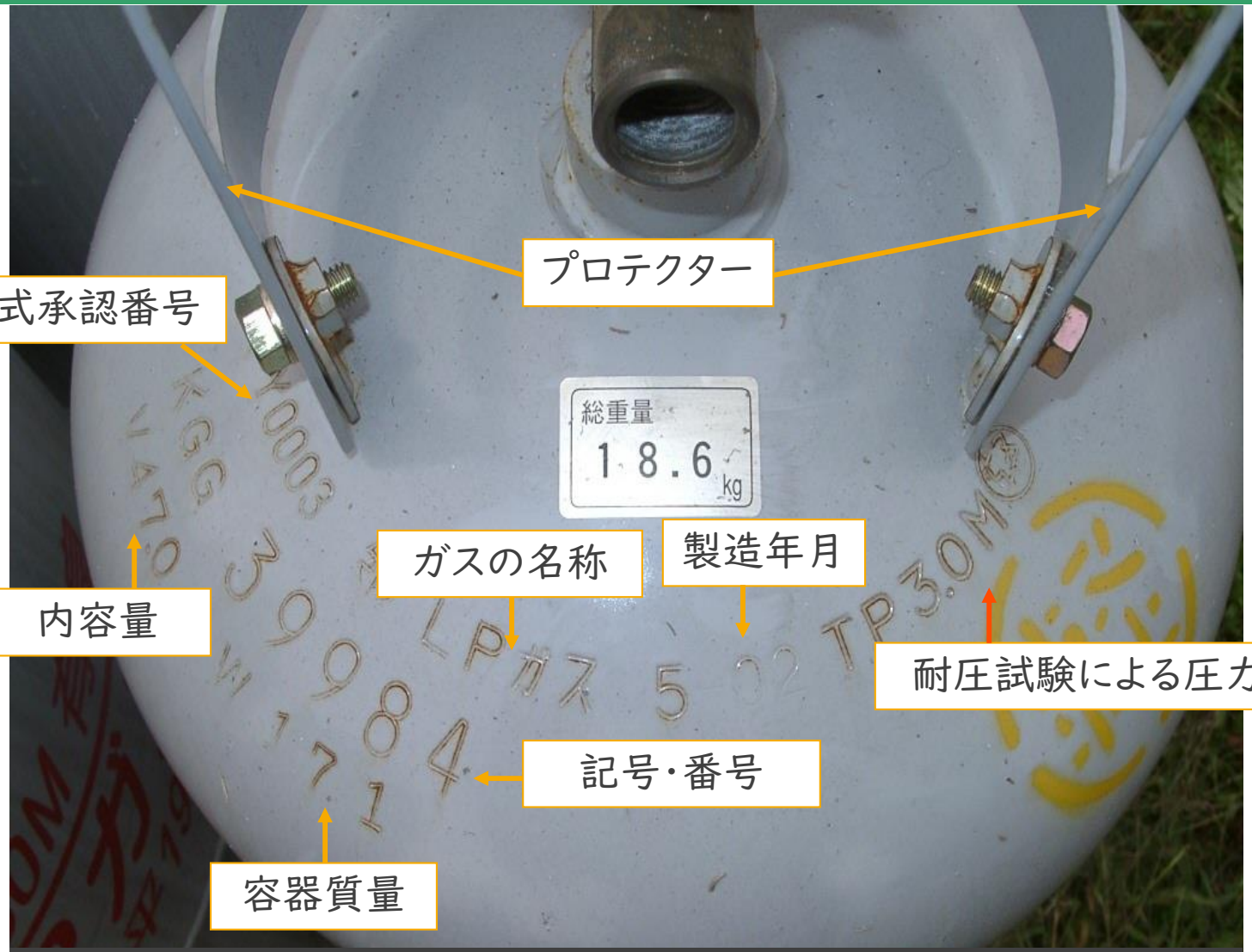
＊ **胴部の繊維強化プラスチック部分の許容傷深さ**：（記号 DC、単位 mm）
（繊維強化プラスチック複合容器に限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

LPガス用20kg型容器の刻印の例

参考図12

容器第8条
第2条2号



登録容器製造業者が製造した容器の自主検査刻印の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガス自動車燃料装置用複合容器の標章の例

参考図13

容器第8条3項3号

容器の区分

高圧ガスの種類

記号・番号

内容積

合格年月日

最高充塡圧力

胴部のプラスチック部分の許容傷深さ

胴部以外のプラスチック部分の許容傷深さ

耐用期限

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（1）

図56

法第49条の3容器第18条

＊ 附属品検査合格年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器に装置されるべき附属品は、年月）

＊ 検査実施者の名称の符号

＊ 附属品製造業者の名称又はその符号

＊ 附属品の記号・番号

＊ 附属品の質量：（記号 W、単位 kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されるべき附属品を除く。）

＊ 耐圧試験における圧力：（記号 TP、単位 MPa）及びM

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（2）

図56（続き）

法第49条の3容器第18条

＊ **附属品が装置されるべき容器の種類：**

圧縮アセチレンガス用容器	→ 記号	AG
圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器	→ 記号	CNGV
圧縮水素自動車燃料装置用容器	→ 記号	CHGV
国際圧縮水素自動車燃料装置用容器	→ 記号	CHGGV
圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	→ 記号	CHGTV
圧縮水素運送自動車用容器	→ 記号	CHGT
圧縮ガスを充塡する容器（上記の各容器を除く。）	→ 記号	PG
液化ガスを充塡する容器（以下の各容器を除く。）	→ 記号	LG
液化石油ガスを充塡する容器（下記LT容器を除く。）	→ 記号	LPG
超低温容器及び低温容器	→ 記号	LT
液化天然ガス自動車燃料装置用容器	→ 記号	LNGV

＊ **液化水素運送自動車用容器に装置する安全弁：** → 記号 LTL又はLTH

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の刻印

参考図14

容器第13条、18条

液化石油ガス容器用バルブの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の表示事項

法第46条、容器第10条

図57

＊ 容器の外表面積の1／2以上について所定の塗色
→ 液化石油ガスは従前は「ねずみ色」であるが、塗色免除あり。

＊ 高圧ガスの名称

＊ 高圧ガスの性質を示す文字：可燃性ガスは「燃」、毒性ガスは「毒」

＊ 所有者又は管理業務受託者の氏名等（KHKの登録記号・番号でも可）

＊ 高圧ガスを容器により輸入した場合であって、輸入検査に合格したときは、その容器に表示をしなければならない。（法第46条第2項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の塗色表示（容器の表面積の50%以上を塗色）

図58

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かっ色
その他の種類の高圧ガス	※ ねずみ色

※ 水素ガスを充塡する容器のうち、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器並びにその他のガスを充塡する容器のうち着色加工していないアルミニウム製、アルミニウム合金製及びステンレス鋼製の容器、LPガスの容器並びに圧縮天然ガス自動車燃料装置用の容器は、塗色表示規制なし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の期間

図59

容器第24条、26条、一般第6条2項2号ヌ、
液石第6条2項1号へ、容器則細目告示第4条

容器の種類 ＼ 経過年数	溶接容器、超低温容器及びろう付け容器	一般継目なし容器	一般複合容器（液化石油ガス用一般複合容器を含む。）	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器＊（容器則26条1項参照）	液化石油ガス自動車燃料装置用容器（溶接）
起算日	検査合格月の前月の末日（4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器は刻印された容器検査合格月日の前日）				
4年以下	5年	5年	3年	1年1月	6年
4年を超え、20年未満	（特に定める容器＊（容器則24条1項2号）は6年）		ただし15年経過したものは充塡禁止	ただし、4年1月を経過して最初の再検査時は本体及びねじ部を検査することとし、それ以外の再検査時はねじ部のみの検査	
20年以上	2年				2年

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の規格の主なもの

図60

法第49条2項、容器第26条

1　アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器、一般継目なし容器、溶接容器、ろう付け容器及び一般複合容器

↓

耐圧試験 → 容器ごと（例外：アセチレンの容器は製造ロットごとに1個）

2　超低温容器

↓

気密試験

断熱性能試験

→ いずれも容器ごと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品再検査の期間

図61

法第49条の4、容器第27条

製造後の経過年数	容器の種類	容器に装置されているもの ① 液化石油ガス用容器で内容積4000L未満のもの（高圧ガス運送自動車用及び鉄道車両用を除く。）	② 液化石油ガス自動車燃料装置用容器（車両に固定されているものに限る。）	①及び②以外の容器（国際圧縮水素関係容器を除く。）	容器に装置されていないもの
6年以下 6か月超		附属品検査等合格日からその装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格日からその装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格日からその装置されている**容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間**（アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器は、容器検査等合格月の前月の末日から起算して4年1か月経過して最初に受ける容器再検査の日までの期間）	2年
7年以下 6か月超		1年	1年		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品再検査の規格の主なもの

図62

法第49条の4　2項、容器第29条

1　バルブ（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器に装置されるもの）

▼

開閉操作が容易であり、かつ、円滑に作動するもの

2　安全弁（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されているもの並びに破裂板及び溶栓を除く。）

▼

所定の圧力を加えた場合作動するもの

3　緊急しゃ断装置

▼

遠隔操作により作動することができるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器・附属品のくず化処分

図63

法第56条

① 容器検査・附属品検査に不合格の容器・附属品であって、充塡するガスの種類、圧力を変更しても規格不適合のもの

② 容器再検査・附属品再検査に不合格の容器・附属品であって、（容器については3か月以内に）刻印等・刻印がされないもの

③ 廃棄する容器・附属品 （使用過程のもの（ガスが充 塡されているか、充塡されていないかにかかわらず。）、未使用のもの（新品を含む。））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器への高圧ガスの充塡

図64

法第48条

高圧ガスを充塡する容器の条件	
1 容器検査に合格し、容器に刻印等がされていること、又は自主検査刻印等がされていること。 2 表示がしてあること。 3 附属品検査に合格し刻印がされている附属品が容器に装置されていること。	
4 使用過程で容器再検査期間が経過したもの →容器再検査に合格し刻印等がされていること。 5 使用過程で附属品再検査期間が経過したもの →附属品再検査に合格し刻印がされている附属品が装置されていること。	容器再検査期間を経過したにもかかわらず容器再検査を受けず、容器再検査に合格した旨の刻印がなされていない容器には、高圧ガスを充塡してはならない。

容器に充塡する高圧ガスの条件	
容器の刻印で示されたガスの種類であることに加え、 1 圧縮ガス→最高充塡圧力「FP－M」(MPa)以下のものであること。	
2 液化ガス→$G=\frac{V}{C}$(kg)以下のものであること。(容器則第22条)	G:液化ガスの質量(kg) V:容器の内容積(L) C:ガスの種類に応じた定数(容器則22条)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.4.21山口県萩市 圧縮空気充塡所容器破裂事故

資料2-1

充塡所においてフルオロカーボン22容器に圧縮空気を充塡中容器が破裂し、作業者1名重傷、充塡依頼者が軽傷を負った。

写真１　破裂後の状況

写真２　破裂容器の状況（その１）

KHKーHP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

H20.4.21山口県萩市 圧縮空気充塡所容器破裂事故

資料2-2

【事故原因】

- 容器バルブは空気用のものに取り替えられていた。
- 充塡時に刻印内容を確認せず。
- 容器は再検査期限が切れていた。
- 「TP33」の刻印を「TP33－m」と勘違いした。
- 耐圧試験圧力33kg/㎠の容器に120kg/㎠以上の充塡圧力をかけたため破裂したもの。

写真３ 破裂容器の状況（その２）

写真４ 充てん所内部の状況

KHKーHP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故再発防止対策）

（資料2-3）

（事故再発防止対策）

- 充塡時、刻印、表示等の確認を励行する。
- 容器と容器バルブの種類を確認する。
- 容器に刻印されている圧力単位に注意する。
  （特に「M」）
- 充塡所では、充塡、販売に関する帳簿を作成、保存する。
- 日常作業がマンネリにならないように、作業の危険性を常に認識し、法令、基本作業、安全作業を遵守する。

写真 5 充てん現場（水槽の外で充てん）

写真 6 同型のフルオロカーボン容器（後ろはスキューバダイビング用容器）

KHKーHP「事故情報」事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〝法律、政令及び容器則終了〟

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 熱量

1 冷凍装置と熱

蒸気圧縮式冷凍装置では，蒸発器で周囲から熱を取り入れ，圧縮機で動力を加えて凝縮器で熱を周囲へ排出する．蒸発器でΦ_0（kW）の熱エネルギーを取り入れ，圧縮機で動力P（kW）が冷媒に加えられるので，凝縮器からの放熱量Φ_k（kW）は

$$\Phi_k = \Phi_0 + P \quad (\mathrm{kW}) \quad (1.1)$$

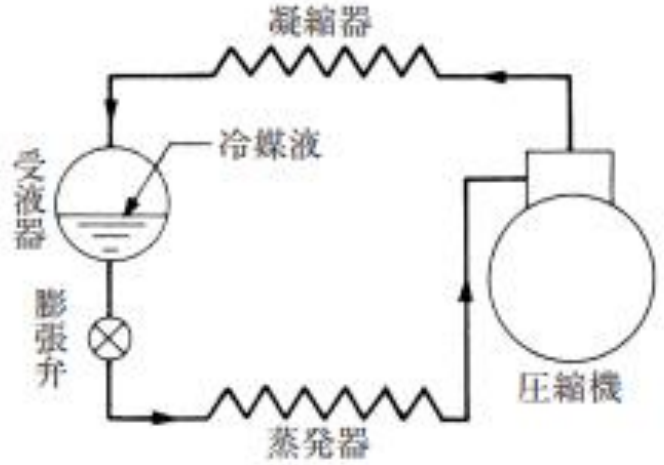
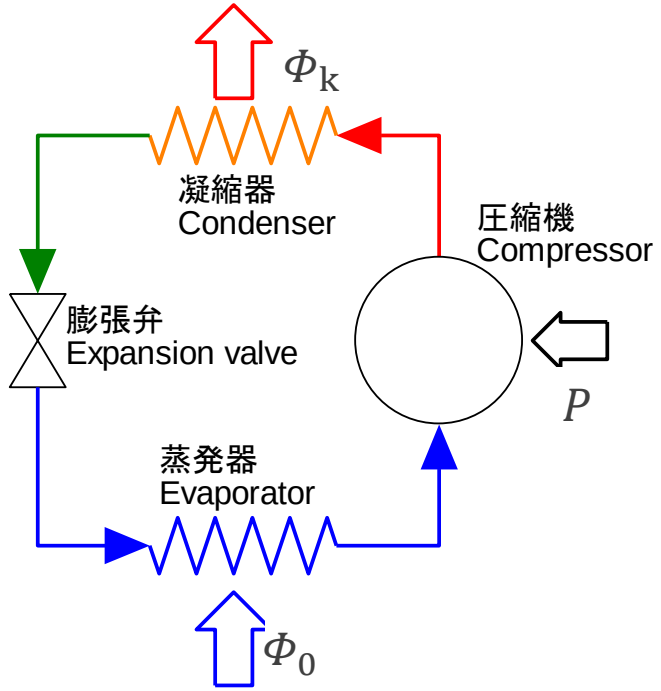


図 1.1　蒸気圧縮式冷凍装置



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. エンタルピーとエントロピー

Ⅰ エンタルピー

流動している気体あるいは液体が保有するエネルギー.
質量1kg当たりの値を比エンタルピー h(kJ／kg)という.

$$h=u+p\,v \qquad (\mathrm{kJ／kg}) \quad (1.7)$$

u ：温度で定まる比内部エネルギー
pv：流動仕事

比エンタルピー h は比内部エネルギー u, 圧力 p 及び比体積 v で定まるから,
比エンタルピーも状態量の一つ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. エンタルピーとエントロピー

2 エントロピー

単位質量の流体に，ある絶対温度 T(K) で熱量 dq が加えられた場合に，dq/T をその際の比エントロピー増加量 ds といい，次式で定義される．

$$ds=\frac{dq}{T} \quad [\mathrm{kJ/(kg\cdot K)}] \quad (1.14)$$

ここで，s[kJ/(kg·K)] を比エントロピーという．

圧縮機での変化は断熱的であり，熱量dqが0であるから，
比エントロピーの変化dsも0であり，比エントロピーは一定となる．

$$ds=\text{一定} \quad (1.17)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. *p*–*h* 線図

Ⅰ 単成分冷媒及び共沸混合冷媒の線図

縦軸に絶対圧力 *p*（MPa abs），
横軸に比エンタルピー *h*（kJ／kg）をとり，
冷媒の状態を示した（圧力－比エンタルピー線図）を，
p–*h*線図という

絶対圧力：真空を基準とした圧力で，abs で表す．
大気圧を基準とした圧力はゲージ圧力という

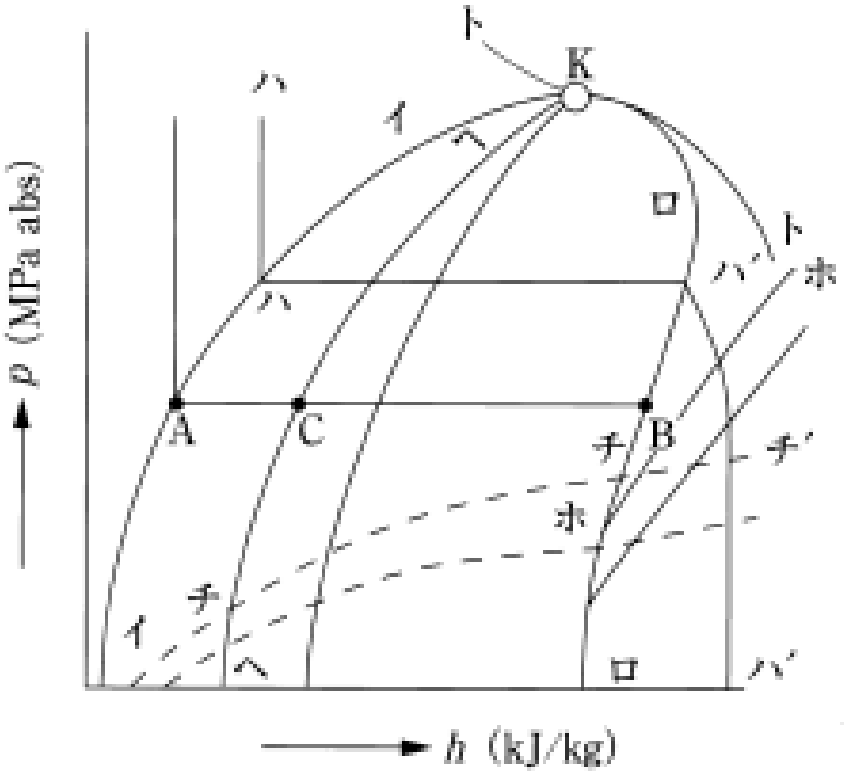


図 1.8　*p*－*h* 線図の構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. p–h 線図

K－イ曲線：
飽和液線．飽和液の圧力 p(MPa)，温度 t(℃) 及び比エンタルピー h(kJ／kg) の関係を示したもの．
この線上の液の状態は飽和液であり，飽和液線上に目盛られている温度は飽和温度を示す．

K－ロ曲線：
乾き飽和蒸気線．乾き飽和蒸気の圧力 p，温度 t及び比エンタルピー h の関係を示したもの．

飽和液線と乾き飽和蒸気線との接合点 K：
臨界点．この臨界点での圧力を臨界圧力，温度を臨界温度という．

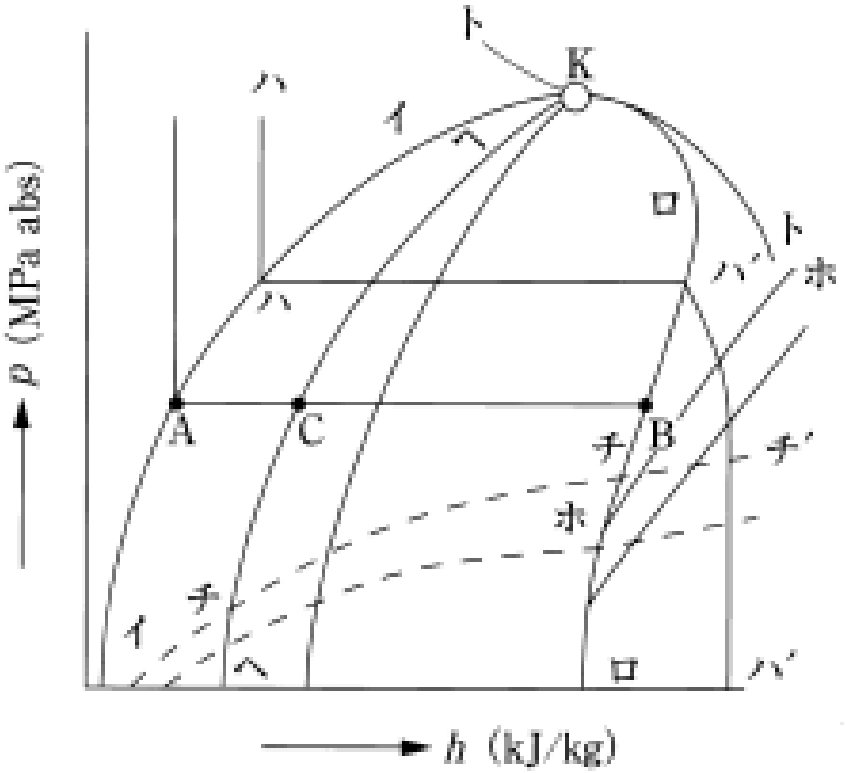


図 1.8　p－h 線図の構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. *p*–*h* 線図

トーKート曲線：
臨界温度と同じ温度の等温線（*t*＝一定）であり，この温度よりも高い温度，すなわち臨界温度以上の温度では冷媒を液化することができない．

トーKーイ曲線の左側の領域：過冷却液の状態

トーKーロ曲線の右側の領域：過熱蒸気の状態

飽和液線と乾き飽和蒸気線との間の領域：
湿り蒸気．飽和液と乾き飽和蒸気が共存した状態

ハーハ’曲線：
等温線．過冷却液の領域での等温線はほぼ垂直．
過熱蒸気の領域での等温線は右下がり．

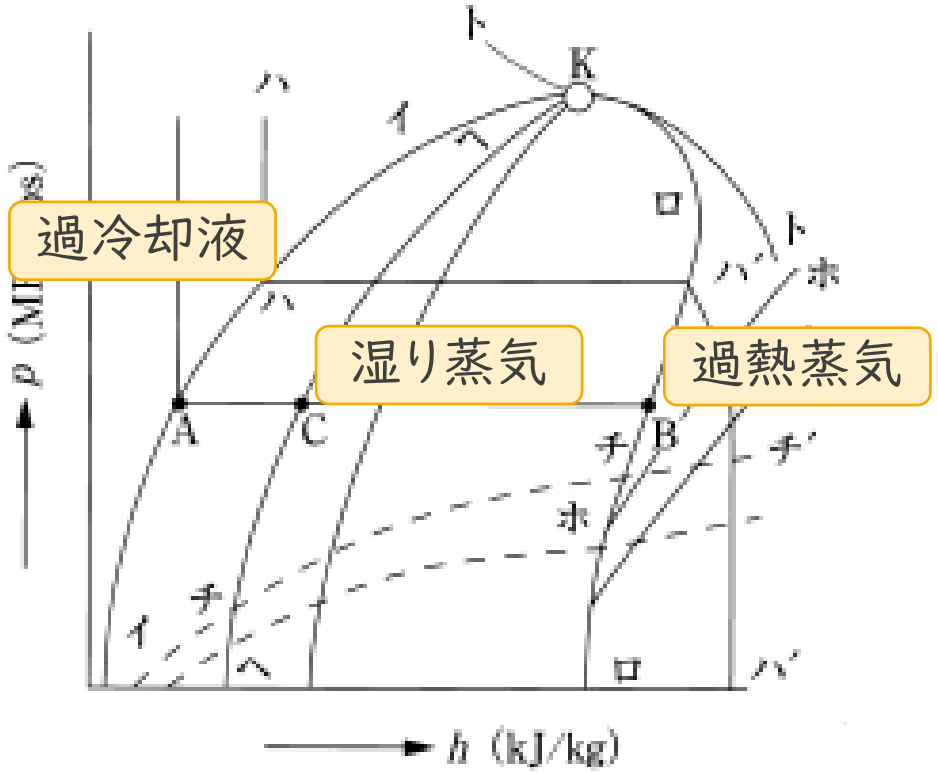


図 1.8　*p*–*h* 線図の構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. *p*–*h* 線図

過熱度：
過熱蒸気の領域において，ある一定圧力における
過熱蒸気温度と乾き飽和蒸気温度との間の温度差．

過冷却度：
過冷却液の領域において，ある一定圧力における
飽和液温度と過冷却液温度との間の温度差．

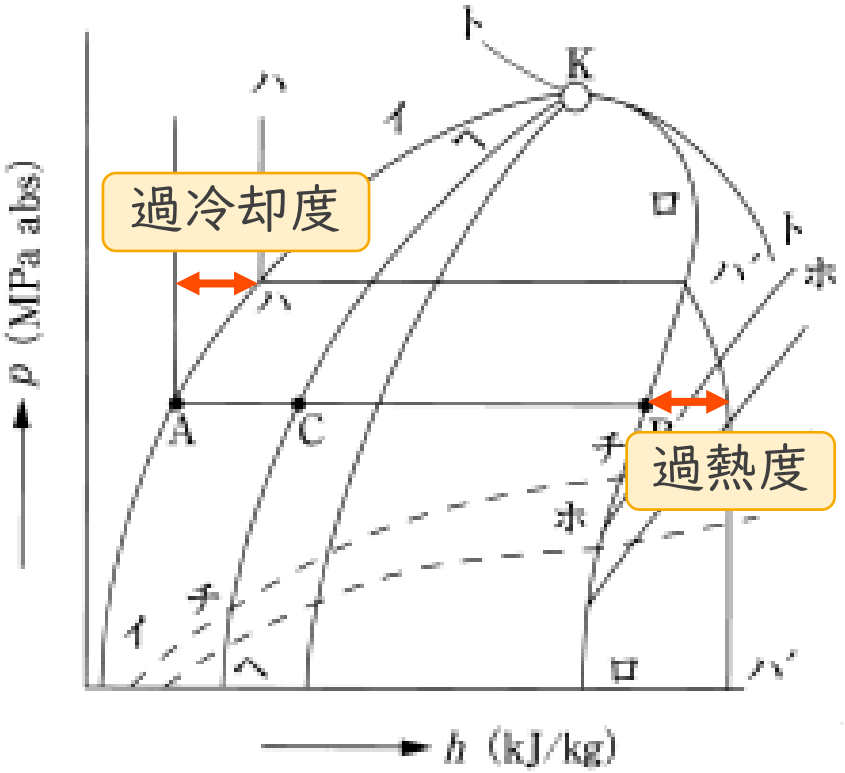


図 1.8　*p*–*h* 線図の構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. p–h 線図

チーチ′曲線：
等比体積線（v=一定）．比体積 v(m³／kg)
等密度線［密度 ρ =1/v(kg／m³)=一 定］

へーへ曲線：
等乾き度線（x=一定）
乾き度=ガスの質量/(ガスの質量+液の質量)

ホーホ曲線：
等比エントロピー線（s=一定．断熱圧縮線ともいう）
比エントロピー s[kJ/(kg·K)]
圧縮機での冷媒の理想的な状態変化は，この線に添って変化する．

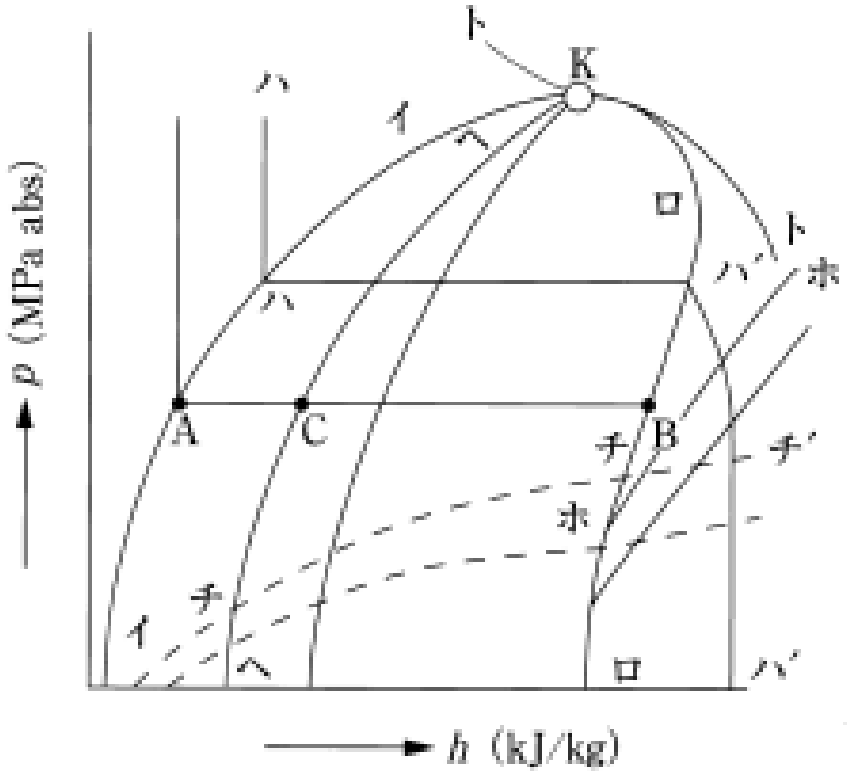


図 1.8 p–h 線図の構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. p–h 線図

- **乾き度 x**

湿り蒸気1kg 中に乾き飽和蒸気がx(kg) 含まれているとき，
この湿り蒸気の乾き度はxであるという．
湿り蒸気の質量に対する蒸気の質量の割合．
（飽和液の質量分率 $(1-x)$ を湿り度という）

点Cで示される乾き度xの湿り蒸気の比エンタルピーhは

$$h = h'(1-x) + h''x$$
$$= h' + x(h'' - h') \quad (1.18)$$

ここで，h' ：飽和液の比エンタルピー
h'' ：乾き飽和蒸気の比エンタルピー

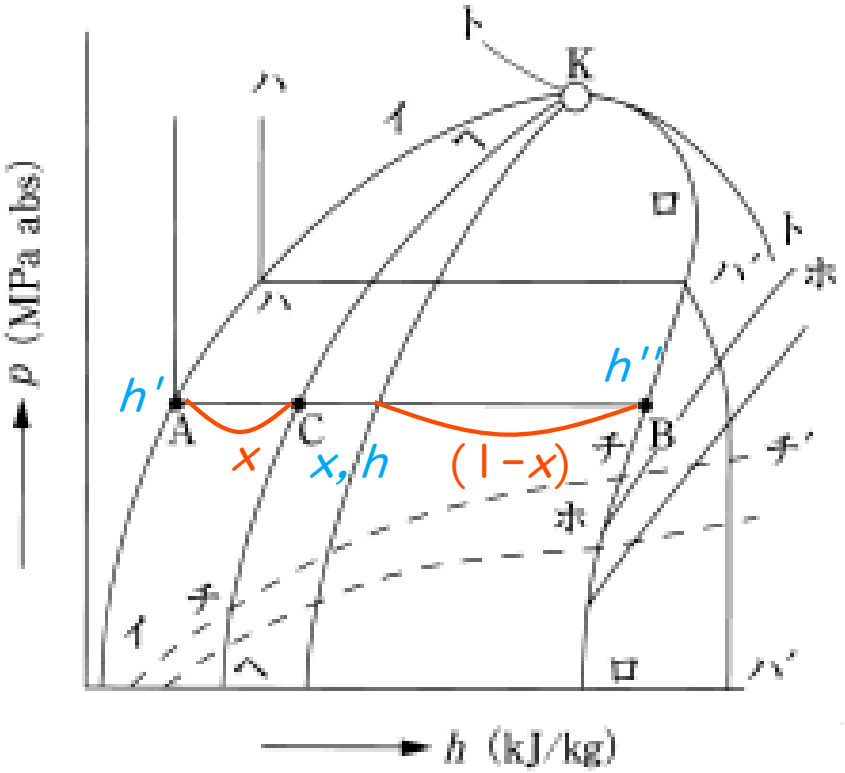


図 1.8　p–h 線図の構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. *p*–*h* 線図

- ***p*–*h* 線図上の理論冷凍サイクル**

  1→2 ：圧縮機における断熱変化

  圧縮は瞬間的に行われるため，熱の出入りがない
  断熱圧縮（等エントロピー変化）として扱われる．

  2→3 ：凝縮器における等圧変化

  凝縮器での冷却作用により，顕熱を放出して乾き
  飽和蒸気になり，次いで凝縮潜熱を放出して凝縮し，
  飽和液になった後，顕熱を放出して過冷却液となる．

  顕熱　：熱が出入りしたとき，冷媒の温度が変化するときの熱

  潜熱　：熱が出入りしたとき，冷媒が凝縮や蒸発して
  液体や気体に変化するときの熱

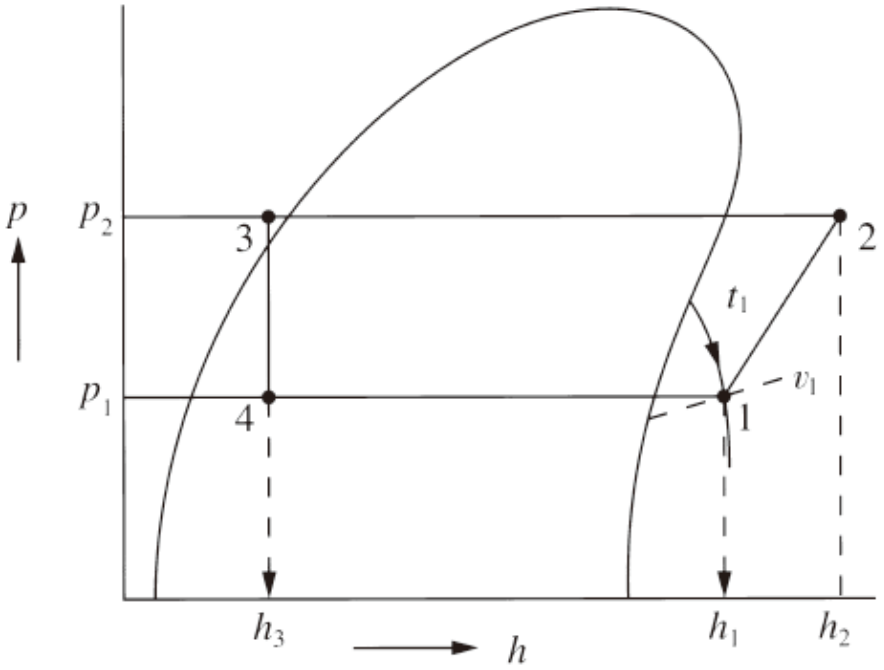


図 1.9　冷媒の状態点の決定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. *p*–*h* 線図

- ***p*–*h* 線図上の理論冷凍サイクル（つづき）**

  3→4 ：膨張弁における等エンタルピー変化

  膨張弁では，熱と仕事の出入りがないので，
  比エンタルピーは一定となる．
  冷媒はその一部が蒸発して温度が低下し，
  湿り蒸気となる．

  4→1 ：蒸発器における等圧変化

  蒸発器において，等圧のもとで外部から熱を受入れ，
  湿り蒸気の液に蒸発の潜熱が加えられ，乾き度が
  大きくなって乾き飽和蒸気となる．
  さらに顕熱が加えられて少し過熱された過熱蒸気と
  なって圧縮機に吸い込まれる．

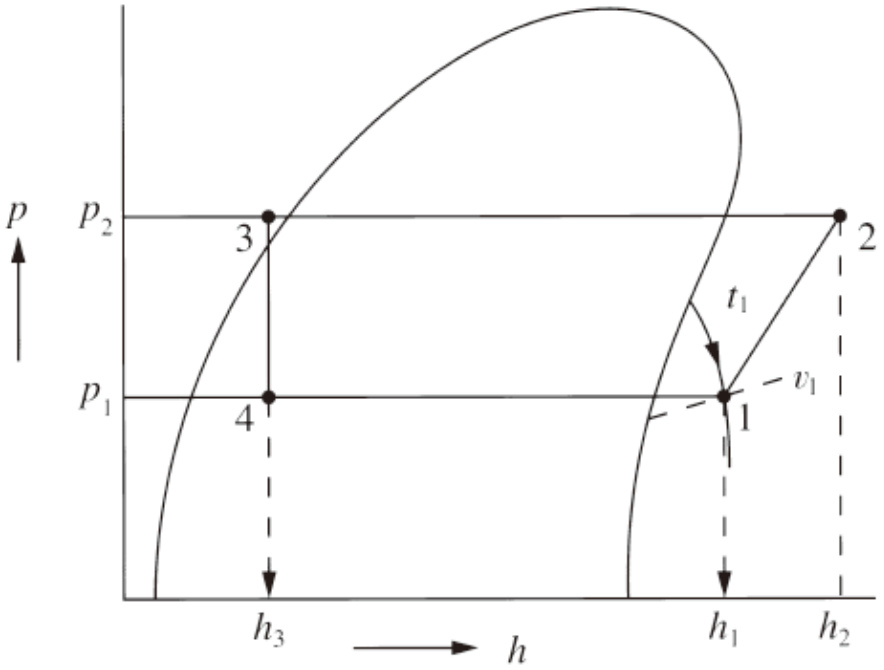


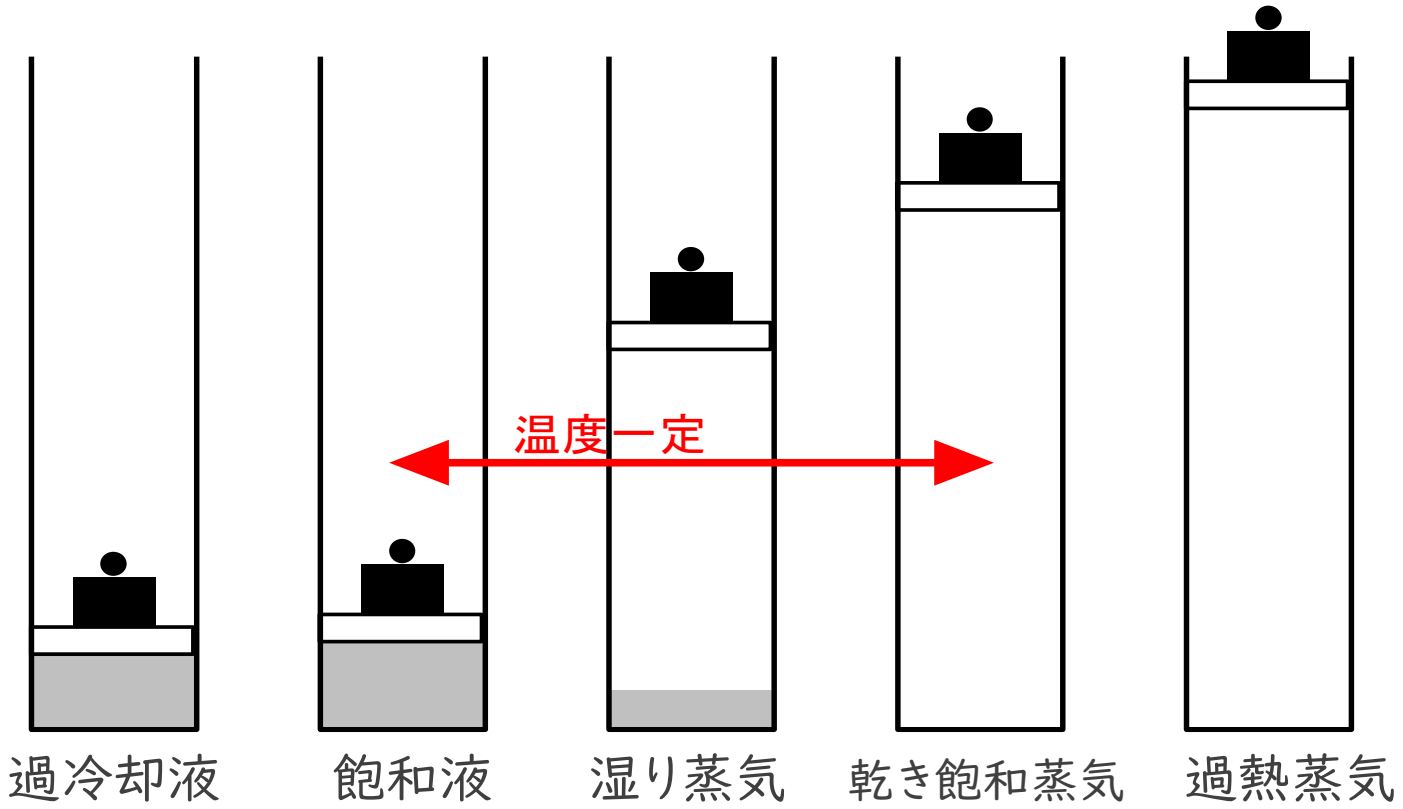
図 1.9　冷媒の状態点の決定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 冷媒の状態変化

I 蒸発及び凝縮

- 圧力一定における冷媒の状態変化



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 冷媒の状態変化

1 蒸発及び凝縮

一定圧力(dp=0)のもとで冷媒が蒸発及び凝縮するとき

$$dh=dq \quad (1.23)$$

→ 授受した熱量に相当する分だけ比エンタルピーは増減する

(例1) 状態点4の湿り蒸気を過熱蒸気点1にするのに必要な加熱量

$$q=h_1-h_4 \quad (\mathrm{kJ/kg})$$

(例2) 状態点2の過熱蒸気を過冷却液点3にするのに必要な冷却量

$$q=h_2-h_3 \quad (\mathrm{kJ/kg})$$

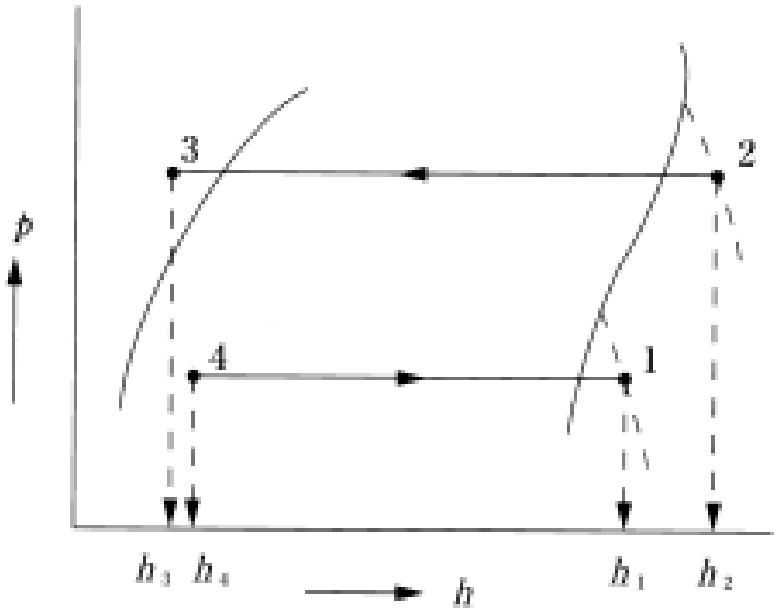


図 1.11 $p-h$ 線図上での定圧下の凝縮及び蒸発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 冷媒の状態変化

2.1 断熱圧縮

理想気体の断熱圧縮時の圧力 p と比体積 v との関係

$$pv^{\kappa}=C \qquad (1.28)$$

κ：比熱比または断熱指数

圧力 p と温度 T との関係

$$\frac{p^{(\kappa-1)/\kappa}}{T}=C' \qquad (1.29)$$

断熱圧縮後の温度は，圧力比並びに比熱比が大きいほど高くなる．
温度が高すぎると冷凍機油が劣化する．

- 単位質量あたりの断熱圧縮仕事
  ＝1→2のエンタルピー差（h_2-h_1）(kJ/kg) 式(1.31)参照

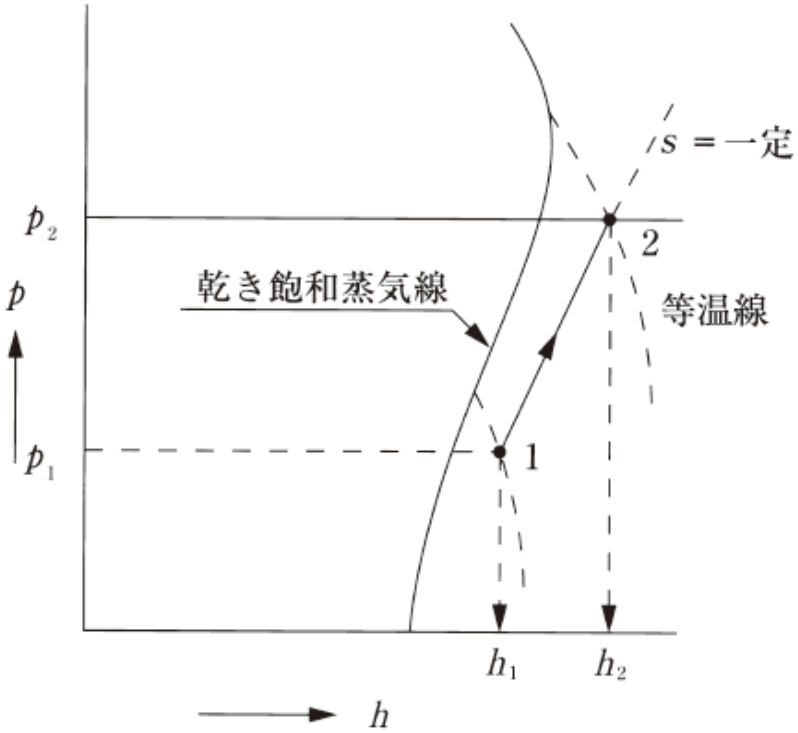


図 1.12　$p-h$ 線図上での断熱圧縮

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 冷媒の状態変化

2.2 ポリトロープ圧縮

- 圧縮機における実際の圧縮

  シリンダ壁からの加熱

  温度が上昇したガスからの放熱

  比熱比の大きなアンモニア
  大きな圧力比
  } シリンダを水冷式や空冷式にする

  →断熱圧縮とはならない ＝ポリトロープ圧縮

- ポリトロープ圧縮過程の圧力 p と比体積 v との関係

  $$pv^n = C_n \quad (1.32)$$

  ここで，C_n は定数，n はポリトロープ指数と呼ばれ，実験から求められる値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 冷媒の状態変化

2.2 ポリトロープ圧縮

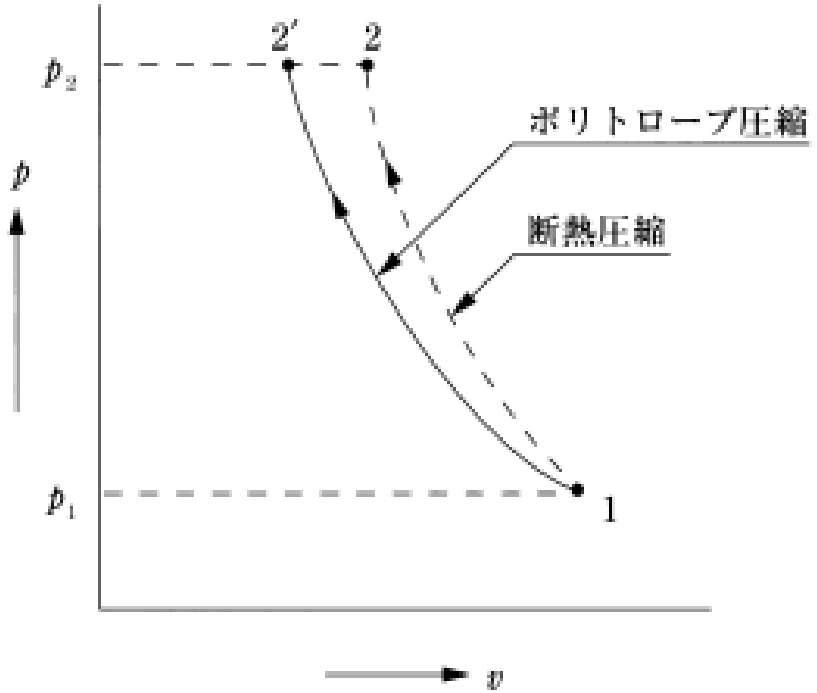


図 1.13　$p-v$ 線図でのポリトロープ圧縮

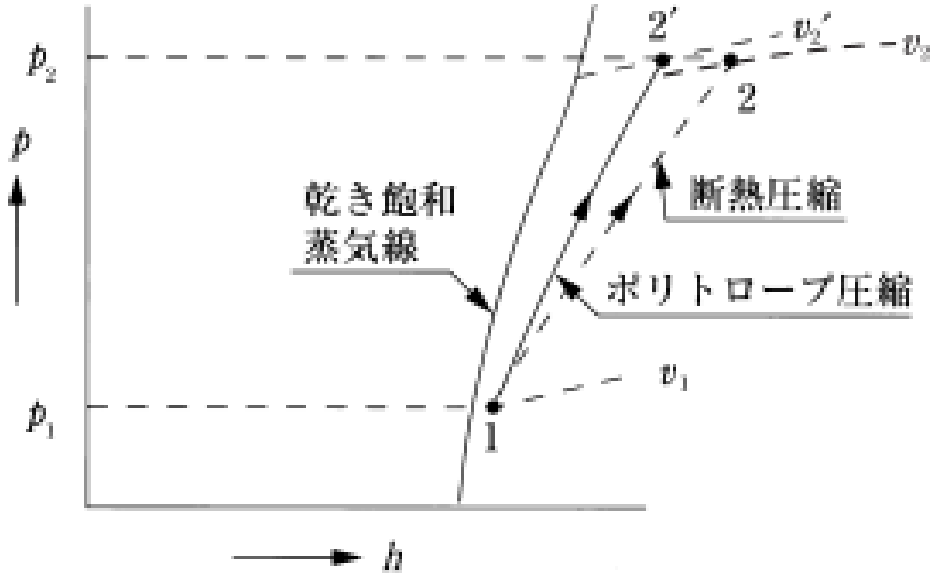


図 1.14　$p-h$ 線図でのポリトロープ圧縮

ポリトロープ圧縮過程は 1 ⇒ 2′ のように表される.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 冷媒の状態変化

3 絞り膨張

弁部などの狭い流路を通過する際，流れの抵抗により圧力降下する現象＝絞り膨張作用
冷媒自身はその保有するエネルギーを全く失わず，比エンタルピーが一定の状態で低温，低圧になる．

状態点4：
冷媒自身の保有する熱エネルギーの一部を蒸発の
潜熱として消費して，低温の湿り蒸気の状態になる．
発生した蒸気は，フラッシュ蒸気と呼ばれる．
絞り膨張は非可逆変化であり，膨張によって冷媒の
比エンタルピーは変わらないが，比エントロピーは増大する．

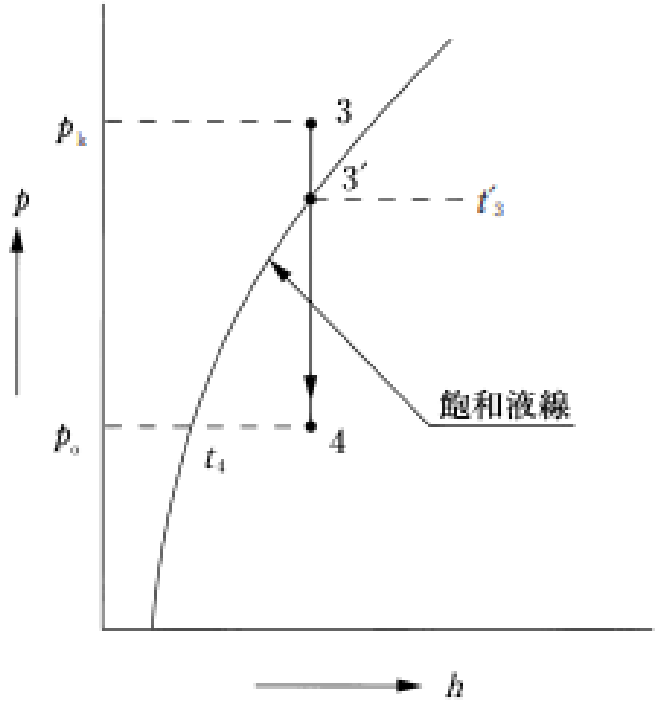


図 1.15　$p-h$ 線図での絞り膨張

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単段圧縮理論冷凍サイクル

1 単段圧縮理論冷凍サイクル

- *p*–*h*線図上の理論冷凍サイクル

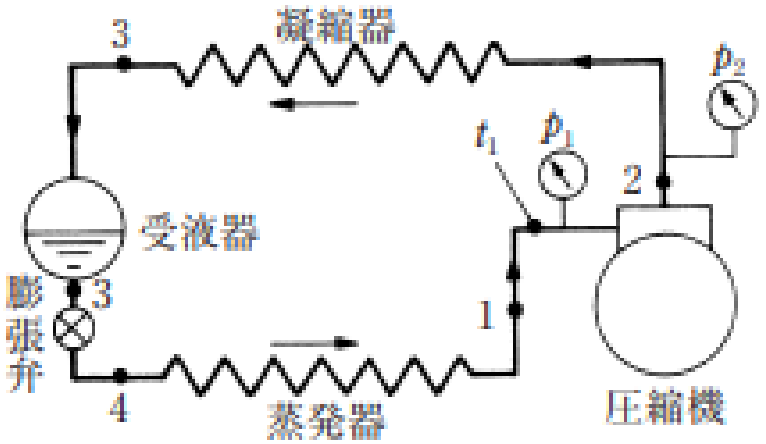


図 2.2　蒸気圧縮式冷凍装置

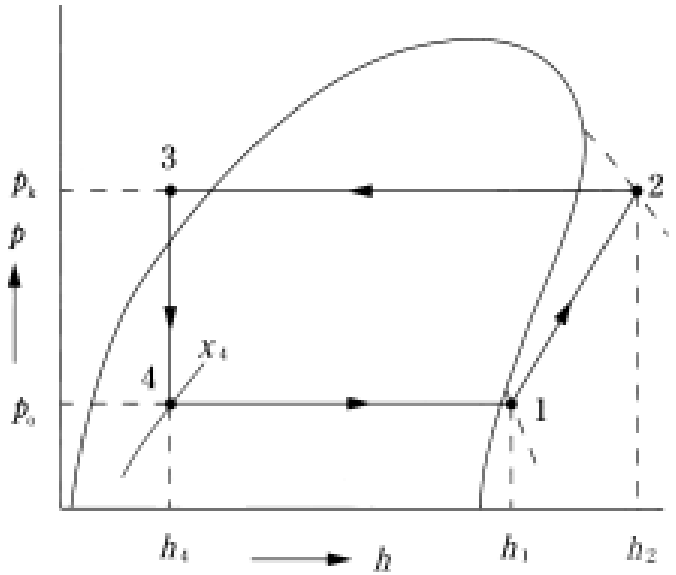


図 2.3　*p*–*h* 線図上での単段冷凍サイクル

※ 受液器は，運転条件により変わる循環冷媒量の調節のために
必要な液溜め．ここでは凝縮器を出た過冷却液3が溜まっており，
受液器通過後も3の状態のまま膨張弁に入るとする．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単段圧縮理論冷凍サイクル

- 冷凍効果w_r:(冷媒単位質量あたりの冷却量)

  $w_r = h_1 - h_4$ (kJ/kg) (2.3)

- 断熱圧縮仕事l_s:(冷媒単位質量あたりの断熱圧縮仕事)

  $l_s = h_2 - h_1$ (kJ/kg) (2.4)

- 理論成績係数:Coefficient of Performance(COP)
  =圧縮仕事に対してどれだけ冷やすことができるか

$$(COP)_{th.R} = \frac{w_r}{l_s} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \text{ (kJ/kg)} \quad (2.5)$$

※ 添え字のthは理論(theory),
Rは(暖房に対して)冷凍(Refrigeration)を示す

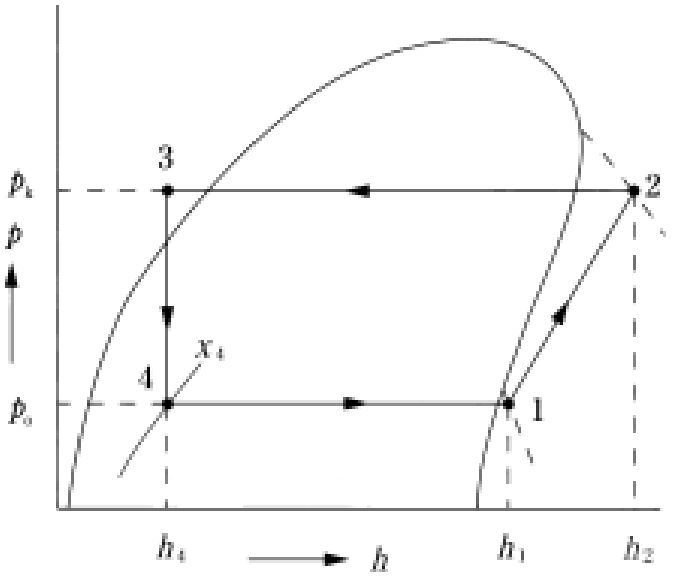


図 2.3 $p-h$ 線図上での単段冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単段圧縮理論冷凍サイクル

冷媒循環量をq_{mr}(kg/s)とすれば,

- 冷凍能力 Φ_o(kW)

$$\Phi_o = q_{mr}w_r = q_{mr}(h_1 - h_4) \quad (kW) \quad (2.6)$$

- 理論圧縮動力P_{th}(kW)

$$P_{th} = q_{mr}l_s = q_{mr}(h_2 - h_1) \quad (kW) \quad (2.7)$$

- 凝縮負荷Φ_k(kW):凝縮器における放熱量

$$\Phi_k = q_{mr}(w_r + l_s) = q_{mr}\{(h_1 - h_4) + (h_2 - h_1)\} = q_{mr}(h_2 - h_4) = q_{mr}(h_2 - h_3) \quad (kW) \quad (2.8)$$

※ 1 kJ/s=1 kW

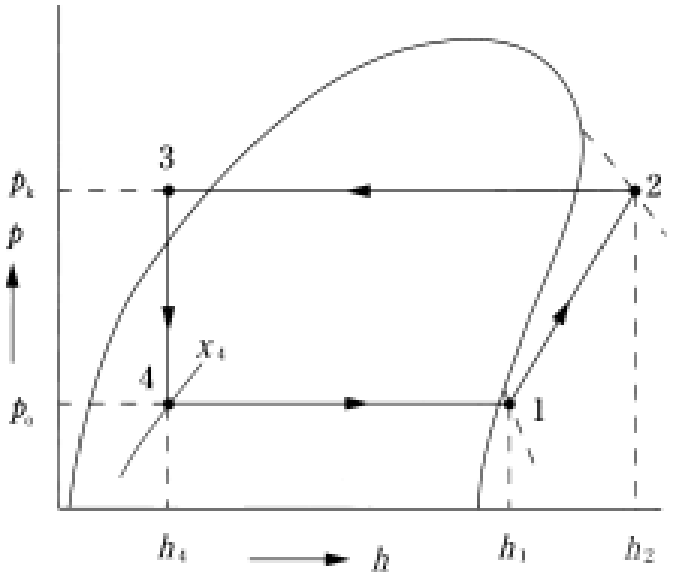


図 2.3 $p-h$ 線図上での単段冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単段圧縮理論冷凍サイクル

2 冷凍サイクルの作動条件の影響

- **凝縮温度高低の影響**

  同一蒸発温度t_0で，凝縮温度t_kが異なる場合，凝縮温度が高いほど

  断熱圧縮仕事l_sは大きくなる

  冷凍効果w_rは少し小さくなる

  → 凝縮温度が高くなれば成績係数が小さくなり，圧縮機駆動の軸動力の無駄な消費となる．

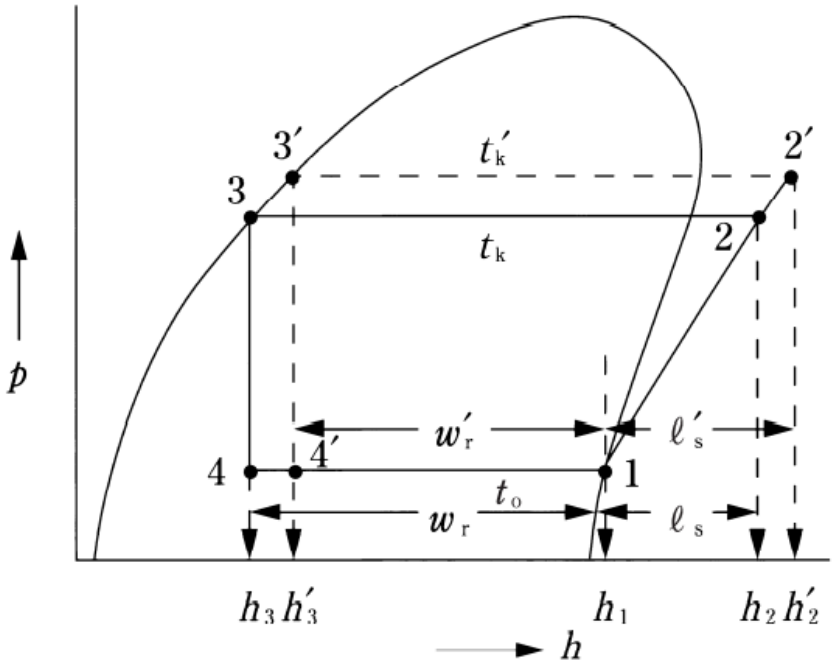


図 2.5　凝縮温度 t_k の高低による影響

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単段圧縮理論冷凍サイクル

- **蒸発温度高低の影響**

凝縮温度t_kが同じで，蒸発温度t_0が異なる場合，蒸発温度が低いほど

断熱圧縮仕事l_sは大きくなる

冷凍効果w_rは若干であるが減少する

→ 蒸発温度を低くすると成績係数が小さくなり，
圧縮機駆動の軸動力の無駄な消費となる．
蒸発器の伝熱面積を適切に選び，被冷却物の温度と
蒸発温度との温度差を過大にしないことが重要

※ 凝縮圧力が上がった場合は圧縮動力が大きくなっていくが，
蒸発圧力が低下した場合は流量が低下するため，
圧縮動力は途中から小さくなっていくことに注意

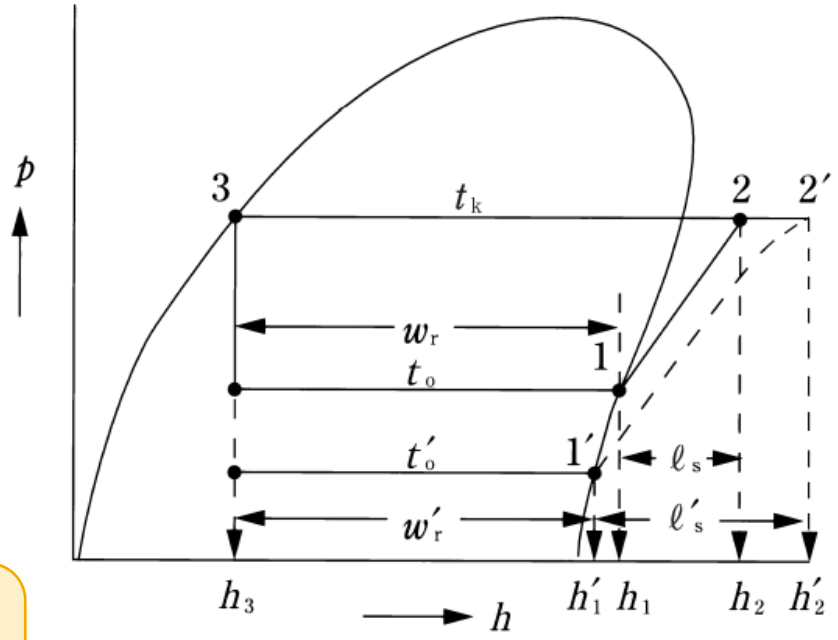


図 2.6　蒸発温度 t_o の高低の影響

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単段圧縮理論冷凍サイクル

● 過冷却度の影響

過冷却度は大きいほうが冷凍効果は大きくなり，成績係数は大きくなる．
冷媒を冷却する常温の冷却水や空気の温度以下に冷媒液を過冷却することはできない．
過冷却のための伝熱面積を無制限に大きくすることも不経済．
→過冷却度の値は，一般に5K 程度とする．

● 吸込み蒸気過熱度大小の影響

蒸発器出口での冷媒蒸気の過熱度が大きいほど，
冷凍効果w_rは大きくなる．
成績係数が大きくなるか否かは，吸込み状態により
断熱圧縮仕事がどのように変化するかによって定まる．
※ 吸込み過熱度が大きくなると，圧縮機吐出し温度が
高くなるので注意が必要

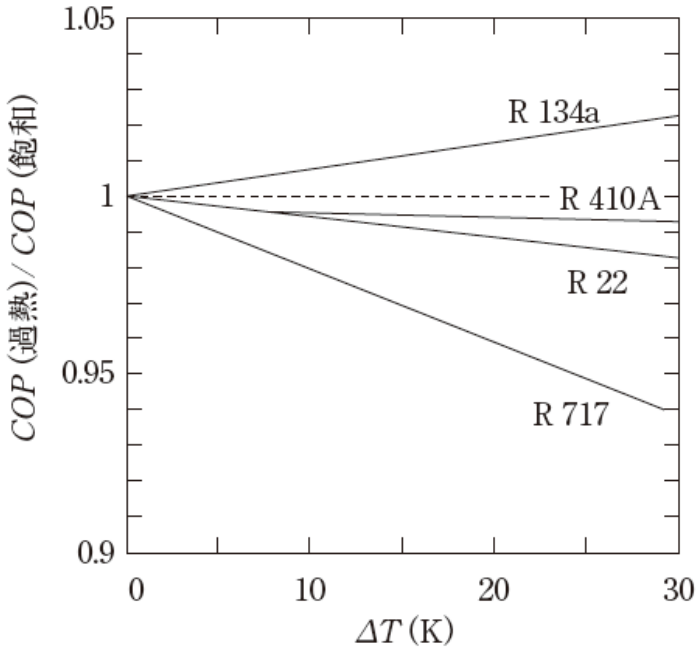


図 2.7　吸込み蒸気過熱度と理論成績係数

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単段圧縮理論冷凍サイクル

- **蒸発, 凝縮の際の圧力降下の影響**

  蒸発器 ：下流ほど蒸気の割合が大きくなるので,
  蒸気流速は大きくなり, 流れの摩擦抵抗
  による圧力降下が増大

  凝縮器 ：蒸気の割合の大きい凝縮管の上流側では,
  蒸気の流速が大きいので圧力降下が大きい
  下流側に至るほど液の割合が大きくなって
  流速が低下するので, 圧力降下が小さくなる

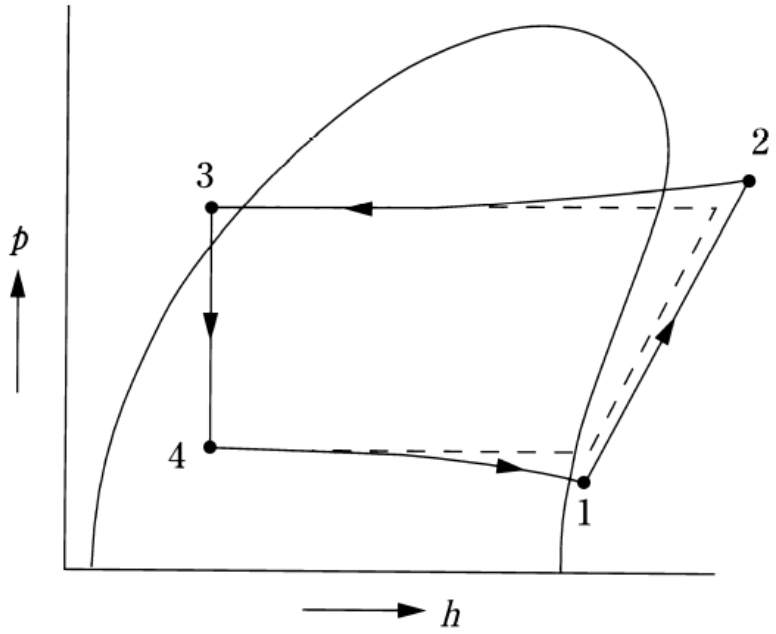


図 2.8　蒸発及び凝縮の圧力降下と冷凍サイクルの変化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単段圧縮理論冷凍サイクル

- **膨張弁前液管での圧力降下の影響**
  - 液管が細過ぎたり，膨張弁までの液管の立ち上がりが大きい
    → 膨張弁に至るまでの配管での圧力降下が大きい
  - 配管が途中で外部からの加熱により温度が上昇
    → 凝縮器または受液器を出た過冷却液が，
    膨張弁の手前で状態点4または4′の湿り蒸気になる

膨張弁を通る冷媒液に蒸気が混ざっていると，
弁の通過質量流量が減少し，冷凍能力が低下するため，
注意が必要．

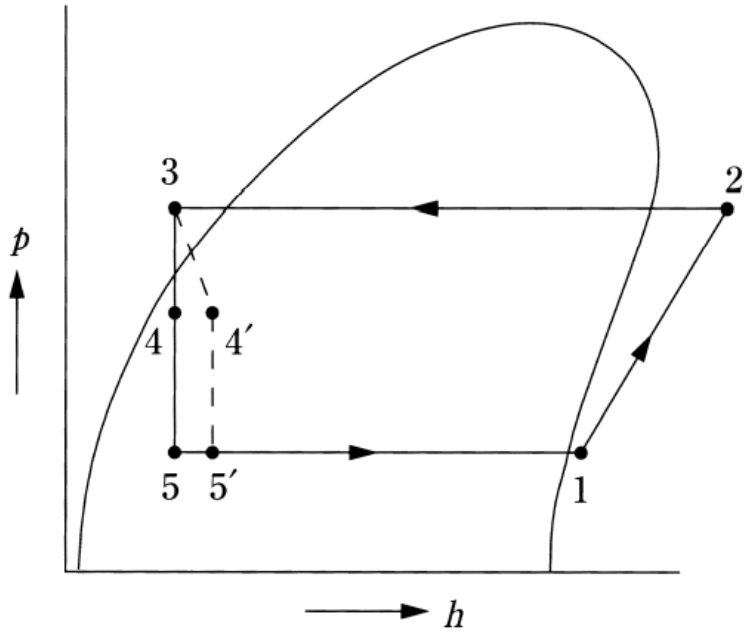


図 2.9　高圧液管での圧力降下及び温度上昇を伴う場合の冷凍サイクルの変化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒートポンプサイクル

凝縮器で放出される熱を暖房や加熱に利用
→熱を低いところからポンプのように汲み上げて高いところに放出するため，ヒートポンプと呼ばれる

圧縮機の断熱圧縮仕事に対する放熱量の比
＝理論ヒートポンプサイクルの成績係数　$(COP)_{th.H}$

$$COP_{th.H} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{(h_2 - h_1) + (h_1 - h_4)}{h_2 - h_1}$$
$$= 1 + (COP)_{th.R} \qquad (2.10)$$

※ ヒートポンプサイクルの理論成績係数は
冷凍サイクルの理論成績係数よ1だけ大きい

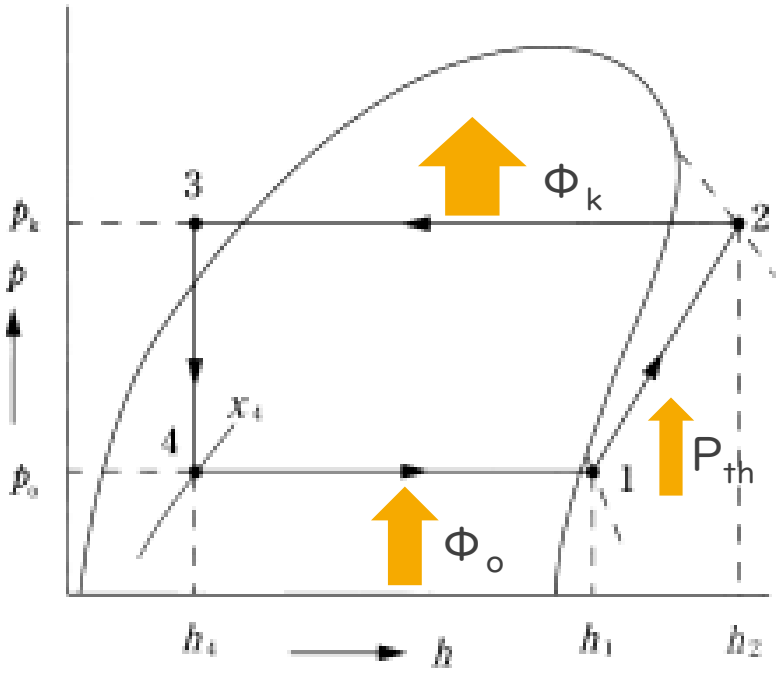


図 2.3　$p-h$ 線図上での単段冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 種々の単段冷凍サイクル

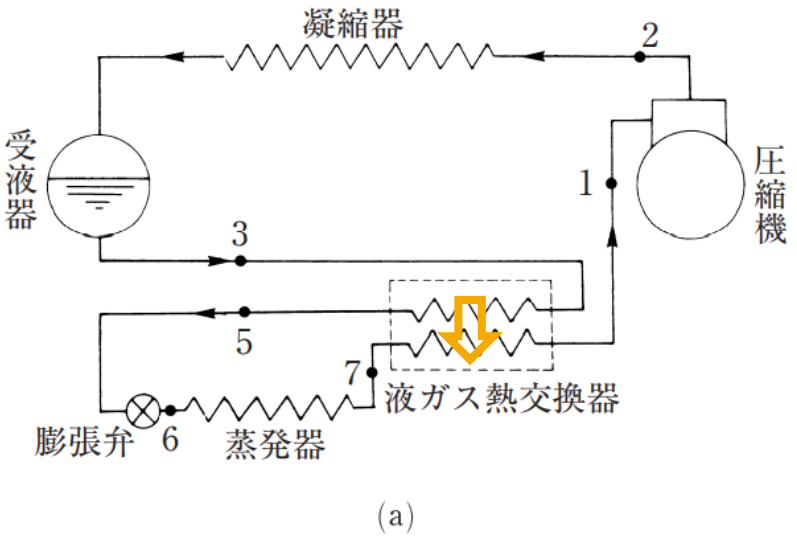
1 液ガス熱交換器付き冷凍サイクル

蒸発器を出た低圧冷媒蒸気7と高圧冷媒液3とを熱交換させる

1) 蒸発器を出た冷媒蒸気を適度に過熱させ，圧縮機が湿り蒸気を吸い込み，湿り圧縮，または，液圧縮になるのを防ぐ

2) 空気冷却器では，空気と冷媒の伝熱抵抗が大きく，過熱した方が成績係数がよくなる冷媒において，冷媒の過熱に必要な管長が長くなる．
→ 液ガス熱交換器を用いて伝熱を向上させ，伝熱管長を節減する．

3) 膨張弁手前の液管で，フラッシュガスの発生を防ぐ



(a)

図 2.10 液ガス熱交換器付き冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 種々の単段冷凍サイクル

- **液ガス熱交換器における熱交換**

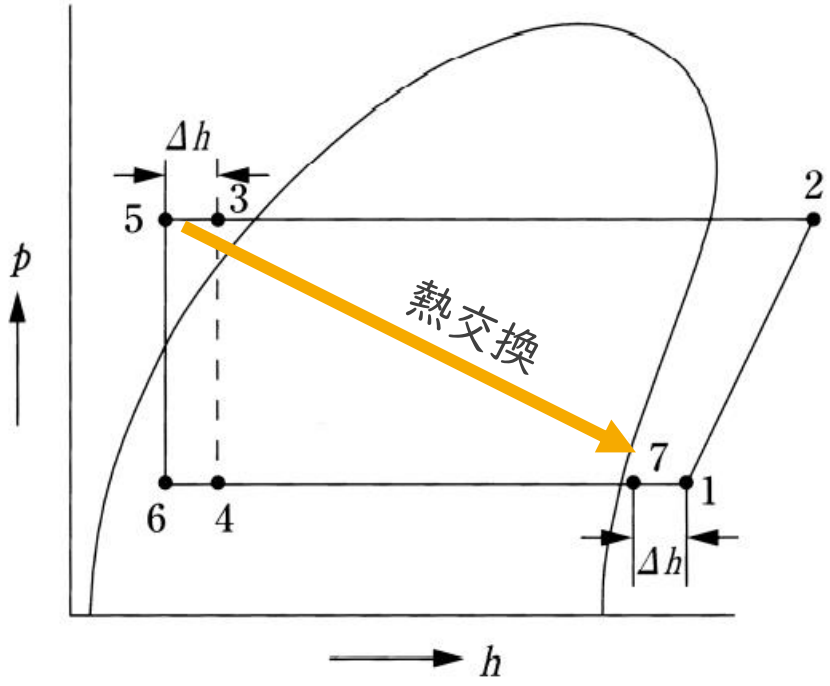
外部との間で熱の出入りがなければ,

$$h_3 - h_5 = h_1 - h_7 \qquad (2.11)$$

冷凍効果w_r(kJ／kg)は

$$w_r = h_7 - h_6 = h_1 - h_4 \qquad (2.12)$$

液ガス熱交換器の取付け位置が,長い液管の
上流側であれば,液の過冷却度が大きくなるために,
液管中でのフラッシュガスの発生防止に役立つ.



(b)

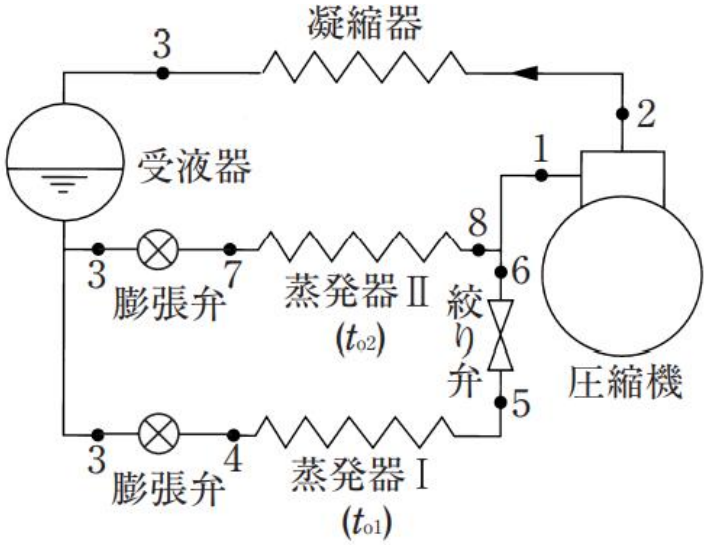
図 2.10　液ガス熱交換器付き冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

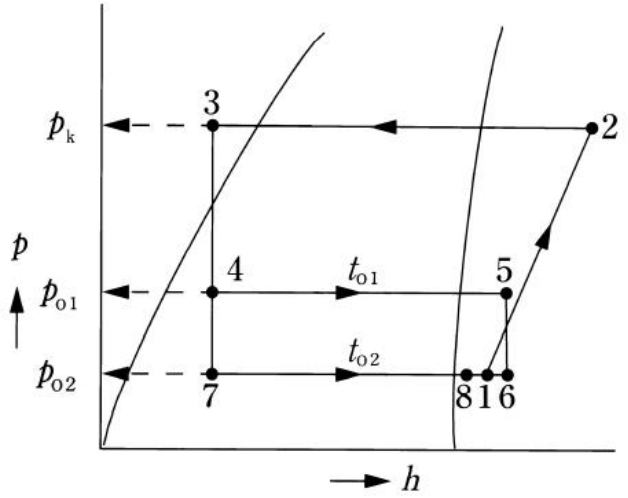
4. 種々の単段冷凍サイクル

2 低圧部で状態の異なる冷媒の混合を伴う冷凍サイクル

（1）蒸発温度の異なる2台以上の蒸発器を1台の圧縮機で冷却する場合の冷凍サイクル
被冷却物の凍結や乾燥を防ぐため，保管温度に合わせて2台の蒸発器の蒸発温度が異なる
蒸発温度を高くする必要のある蒸発器Ⅰの出口に絞り弁または蒸発圧力調整弁を設け，
圧縮機の吸込み圧力まで絞り膨張させる．



(a)



(b)

図 2.11 圧縮機1台，蒸発器2台の冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 種々の単段冷凍サイクル

蒸発器1と2の冷媒循環量をq_{mr1}, q_{mr2}とする

●冷凍能力

$$\Phi_{o1} = q_{mr1}(h_5 - h_4)$$
$$\Phi_{o2} = q_{mr2}(h_8 - h_7)$$

●冷媒の総循環量

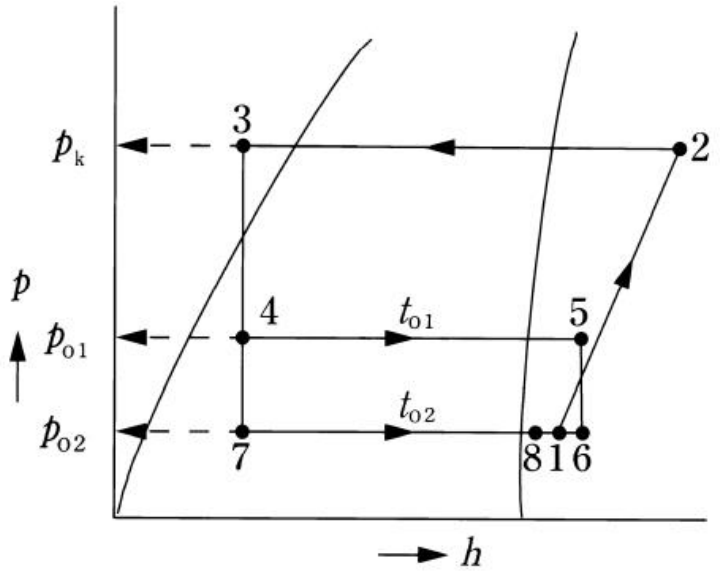
$$q_{mr} = q_{mr1} + q_{mr2} \quad (\mathrm{kg/s})$$

●圧縮機吸込み蒸気の比エンタルピー

$$h_1 = \frac{q_{mr1}h_6 + q_{mr2}h_8}{q_{mr}} \quad (\mathrm{kJ/kg}) \qquad (2.13)$$

●理論成績係数

$$(COP)_{th.R} = \frac{q_{mr1}(h_5 - h_4) + q_{mr2}(h_8 - h_7)}{q_{mr}(h_2 - h_1)} \qquad (2.14)$$



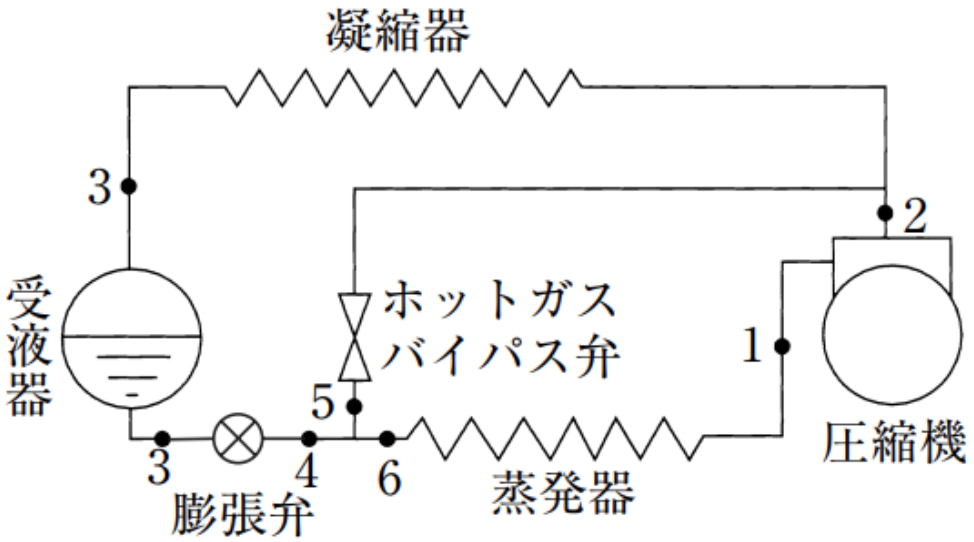
(b)

図 2.11 圧縮機 1 台，蒸発器 2 台の冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

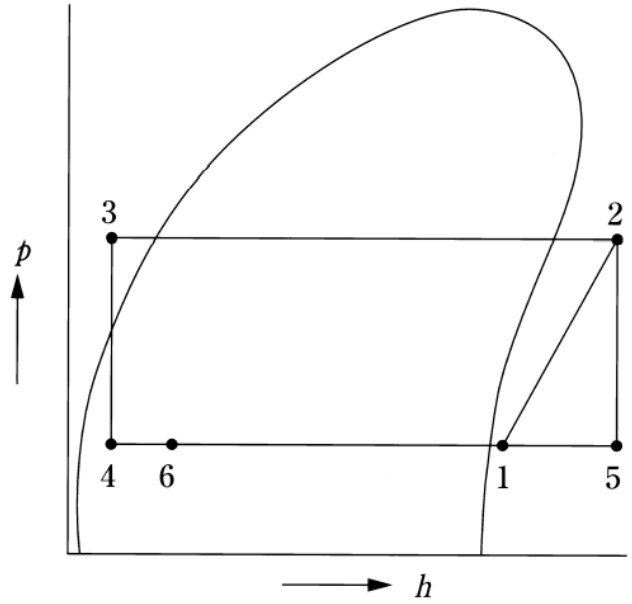
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 種々の単段冷凍サイクル

（2）圧縮機吐出しガスを一部バイパスして容量制御する冷凍サイクル
負荷減少時に吐出しガスの一部を膨張弁直後の低圧側にバイパス弁を通して絞り膨張させる
小形冷凍装置に使用される



(a)



(b)

図 2.12　ホットガスバイパス方式容量制御を行う冷凍装置及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 種々の単段冷凍サイクル

圧縮機の冷媒循環量1 kgあたりのホットガスバイパス量をq_p (kg)とする

- 蒸発器入口の比エンタルピー

$$h_6 = (1 - q_p)h_4 + q_p h_5 \quad \text{(kJ/kg)} \qquad (2.15)$$

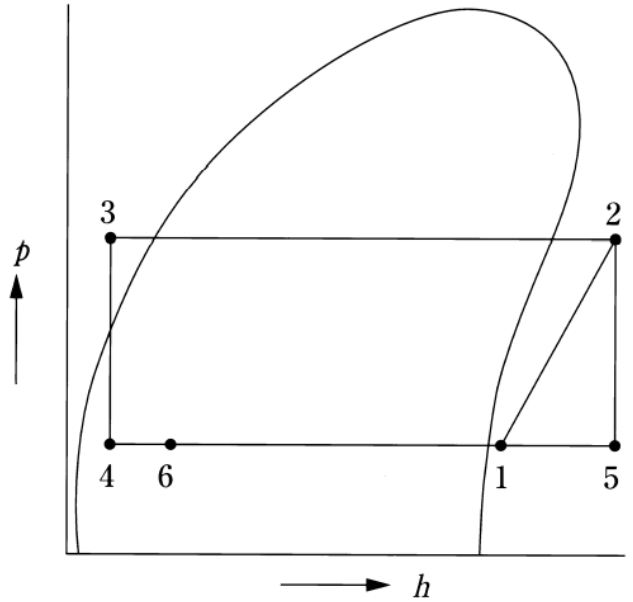
- 容量制御時の冷凍効果

$$w_{rp} = h_1 - h_6 = (h_1 - h_4) - q_p(h_5 - h_4) \quad \text{(kJ/kg)} \qquad (2.16)$$

- 容量制御時の理論成績係数

$$(COP)_{th.Rp} = \frac{(h_1 - h_4) + q_p(h_5 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

$$= (COP)_{th.R} - \frac{q_p(h_5 - h_4)}{h_2 - h_1} \qquad (2.17)$$



(b)

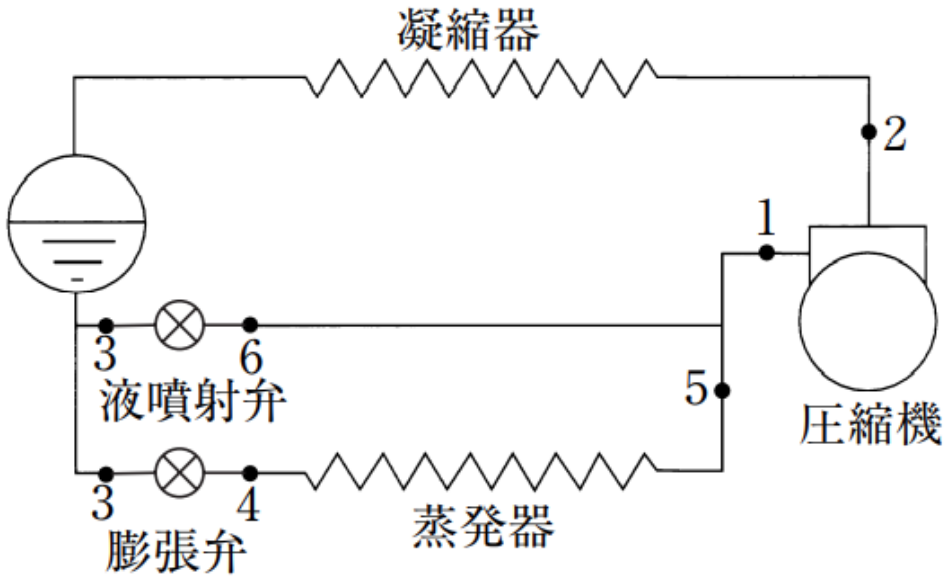
図 2.12 ホットガスバイパス方式容量制御を行う冷凍装置及びその冷凍サイクル

※ バイパスした蒸気を再び圧縮しないといけないため，成績係数が小さくなる

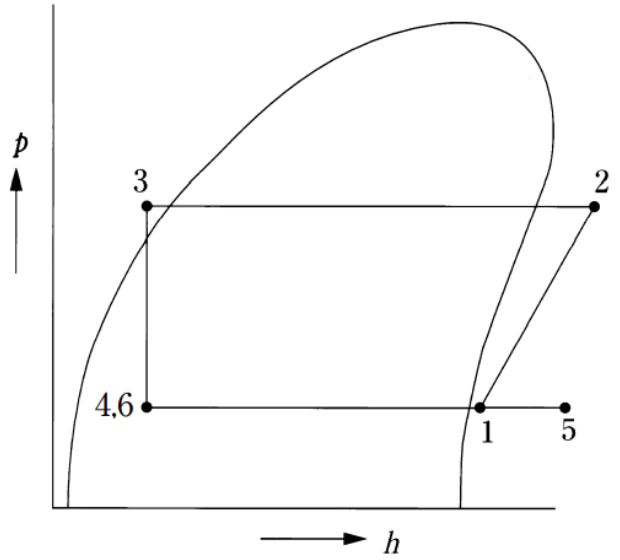
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 種々の単段冷凍サイクル

(3) 過熱度が大きい吸込み蒸気を噴射液で冷却して容量制御する冷凍サイクル
吸込み蒸気の過熱度が過大になり，圧縮機の吐出しガス温度が高過ぎる場合には，
吸込み蒸気に冷媒液を噴射して，その顕熱を除去して，過熱度を小さくする



(a)



(b)

図 2.13 冷媒液噴射により吸込み蒸気の過大な過熱を除去する冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 種々の単段冷凍サイクル

圧縮機の冷媒循環量1 kgあたりの噴射液量を q_p (kg)とする

- 圧縮機吸込み蒸気の比エンタルピー

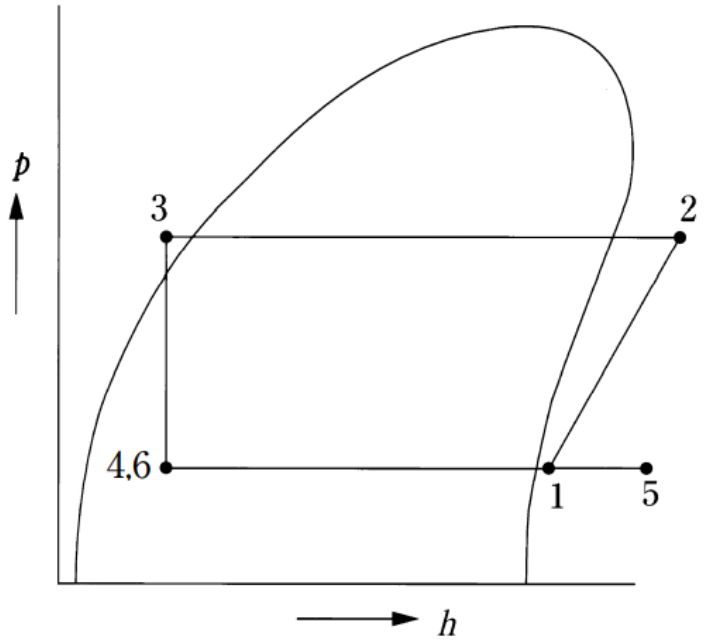
$$h_1 = q_p h_6 + (1 - q_p) h_5 \qquad \text{(kJ/kg)} \quad (2.18)$$

- 冷媒の冷却効果

$$w_r = (1 - q_p)(h_5 - h_4) \qquad \text{(kJ/kg)} \quad (2.19)$$

- 理論成績係数は

$$(COP)_{th.R} = \frac{(1 - q_p)(h_5 - h_4)}{h_2 - h_1} \qquad (2.20)$$



(b)

図 2.13 冷媒液噴射により吸込み蒸気の過大な過熱を除去する冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

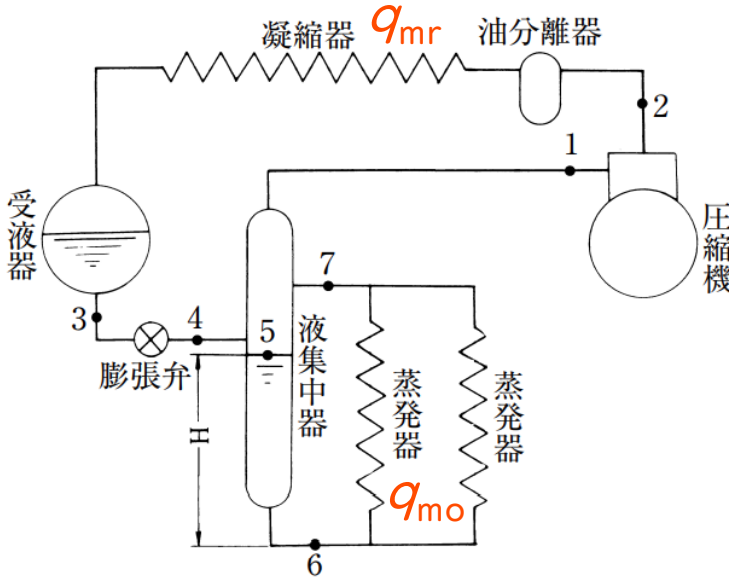
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 満液式及び冷媒強制循環式冷凍サイクル

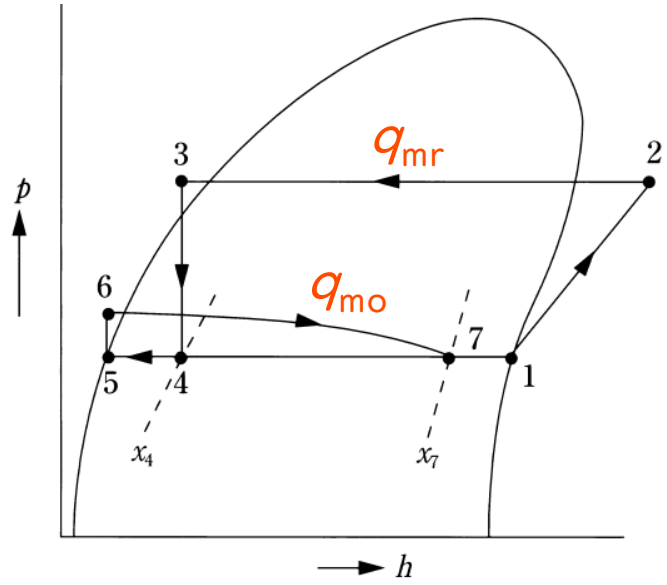
1 満液式蒸発器使用の冷凍サイクル

液集中器に流入した冷媒4 → 液は飽和液5に，蒸気は乾き飽和蒸気1に分離
蒸発器へ流出する液は，器内液面高さ相当分圧力の高い過冷却液6
冷却管で液の一部が蒸発し，湿り蒸気7で液集中器に戻る

管内蒸発方式：
蒸発器には過熱領域がなく，
圧縮機の吸込み状態が乾き飽和蒸気で運転できる利点があるが，装置の冷媒充てん量が乾式膨張方式よりも多くなる欠点がある．



(a)



(b)

図 2.14　管内蒸発方式の満液式冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 満液式及び冷媒強制循環式冷凍サイクル

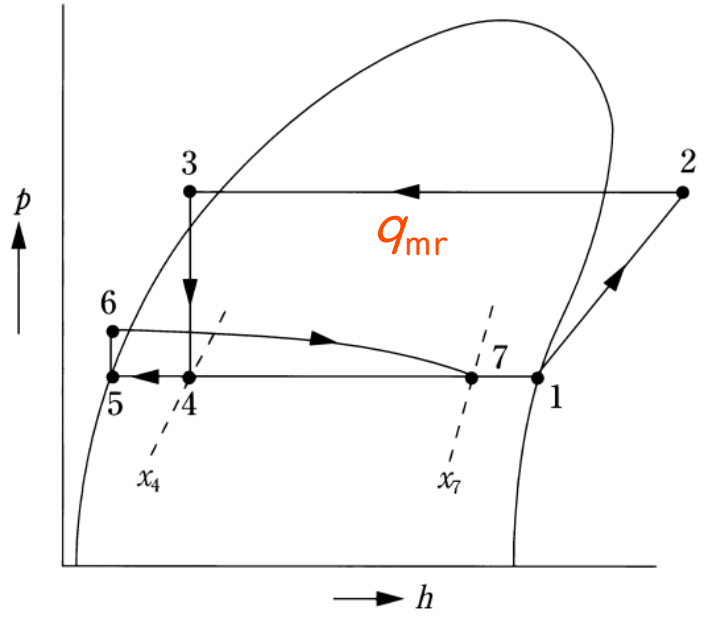
液集中器に流入する冷媒量q_{mr}の内の$(1-x_4)$の液分が乾き飽和蒸気になる

蒸発器の冷凍能力Φ_o (kW)

$$\begin{aligned}\Phi_0 &= q_{mr}(1-x_4)(h_1-h_5)\\ &= q_{mr}\left(1-\frac{h_4-h_5}{h_1-h_5}\right)(h_1-h_5)\\ &= q_{mr}(h_1-h_4)\ \text{(kW)} \qquad (2.21)\end{aligned}$$

基本的な単段圧縮冷凍サイクルと同じとなる

※ 膨張弁を出た循環量q_{mr}の冷媒(h_4)が
吸込み状態(h_1)となる
→直接式(2.21)が得られる



(b)

図 2.14 管内蒸発方式の満液式冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

$$\Phi_o = q_{mr}(h_1-h_4) = q_{mo}(h_7-h_6)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

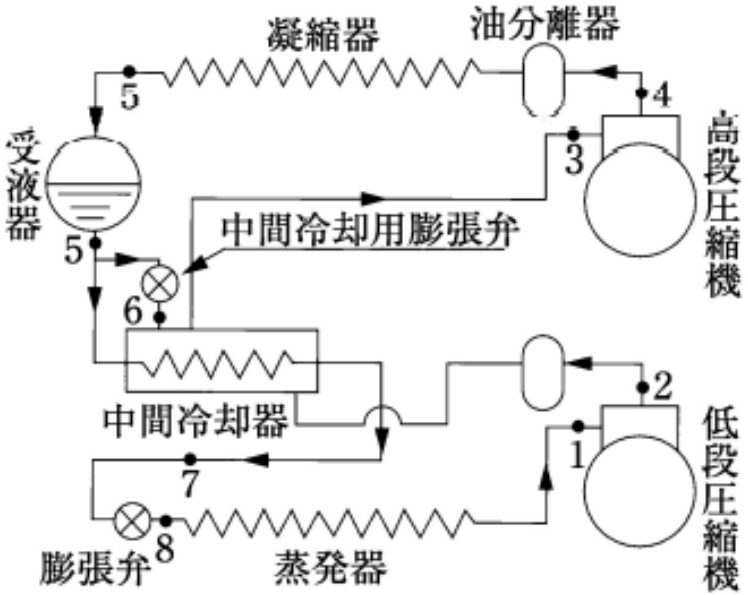
6. 二段圧縮冷凍サイクル

蒸発温度がおよそ−30℃以下になると,

1）圧力比が大きくなって圧縮機の体積効率,
断熱効率及び機械効率がともに小さくなり,装置の成績係数の低下が著しい.

2）圧縮機の吐出しガス温度が高くなり,冷凍機油が劣化する.
などの障害が大きくなる.

圧縮を高圧段と低圧段の二段に分けて,一段あたりの圧縮の圧力比を小さくし,二段目の圧縮機の吐出しガスの温度上昇が過大になるのを防ぐ.



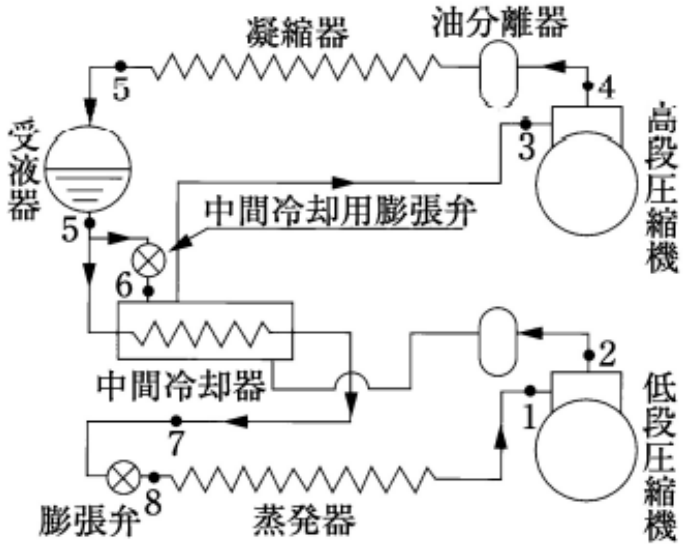
(a)

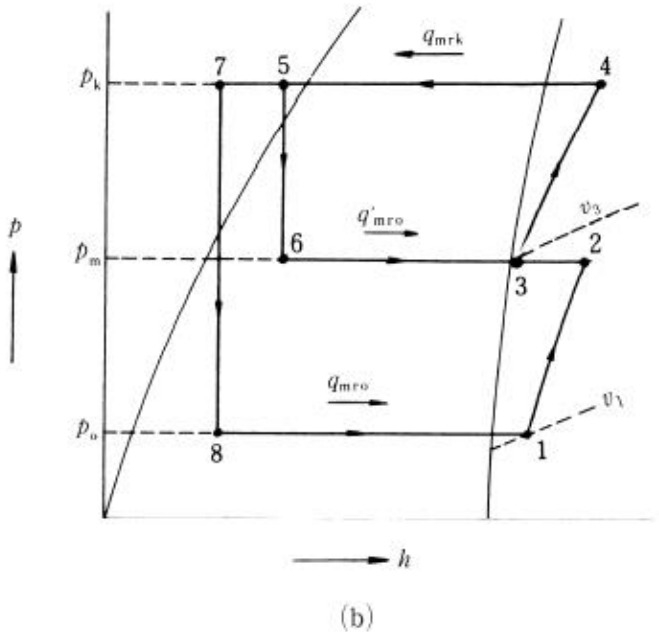
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 二段圧縮冷凍サイクル

1 二段圧縮一段膨張冷凍サイクル

- 中間冷却器：
  低段吐出しガス(h_2)と高圧液の一部を中間圧力まで絞り膨張させた冷媒(h_6)の冷却効果
  - 低段圧縮機の吐出しガスの過熱顕熱を除去
  - 高圧液5の過冷却度を大きくする





(b)

図 2.18　二段圧縮一段膨張式冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 二段圧縮冷凍サイクル

蒸発器での必要冷凍能力をΦ_o (kW) とする

- 低段側の冷媒循環量（蒸発器を通る冷媒流量）q_{mro} (kg/s)

$$q_{mro} = \frac{\Phi_o}{h_1 - h_8} \quad \text{(kg/s)} \qquad (2.24)$$

- 中間冷却器での熱収支

$$q_{mro}[(h_5 - h_7) + (h_2 - h_3)] = q'_{mro}(h_3 - h_6) \qquad (2.25)$$

h_6

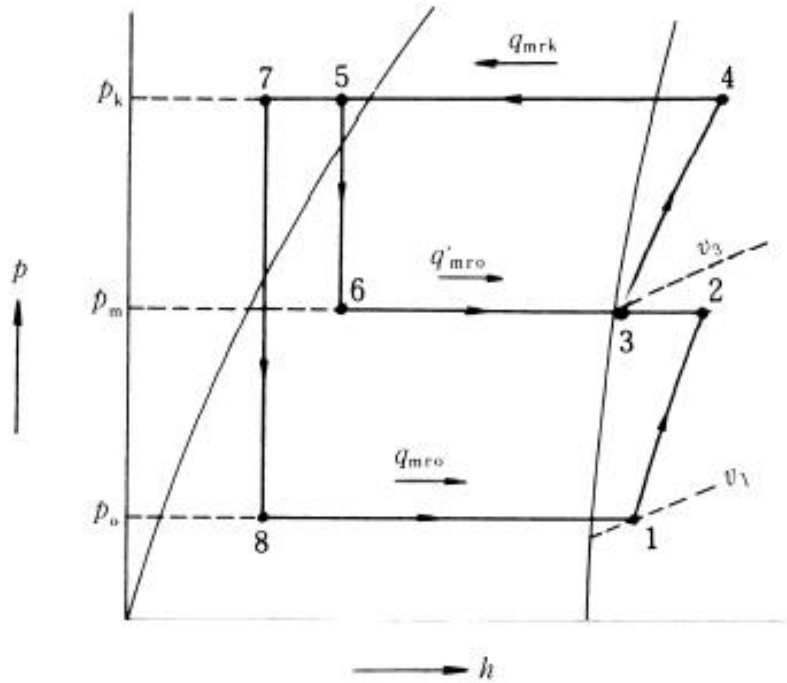
q'_{mro}：バイパスの冷媒流量 (kg/s)

- 高段側の冷媒循環量q_{mrk} (kg/s)

$$q_{mrk} = q_{mro} + q'_{mro}$$

$$= q_{mro}\left\{1 + \frac{(h_2 - h_7) - (h_3 - h_6)}{h_3 - h_6}\right\}$$

$$= q_{mro}\frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_6} \quad \text{(kg/s)} \qquad (2.26)$$



(b)

図 2.18　二段圧縮一段膨張式冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 二段圧縮冷凍サイクル

- 冷凍サイクルの理論成績係数

$$(COP)_{th.R}=\frac{q_{mro}(h_1-h_8)}{q_{mro}(h_2-h_1)+q_{mrk}(h_4-h_3)}=\frac{h_1-h_8}{h_2-h_1+\frac{h_2-h_7}{h_3-h_6}(h_4-h_3)} \quad (2.27)$$

- 理論圧縮動力はP_{th}（kW）

$$P_{th}=q_{mro}(h_2-h_1)+q_{mrk}(h_4-h_3) \quad \text{(kW)} \quad (2.28)$$

- 中間圧力p_m

  高段と低段の圧力比が等しくなるように中間圧力を選ぶ

$$\frac{p_m}{p_o}=\frac{p_k}{p_m} \text{ または} p_m=\sqrt{p_k p_o} \quad (2.29)$$

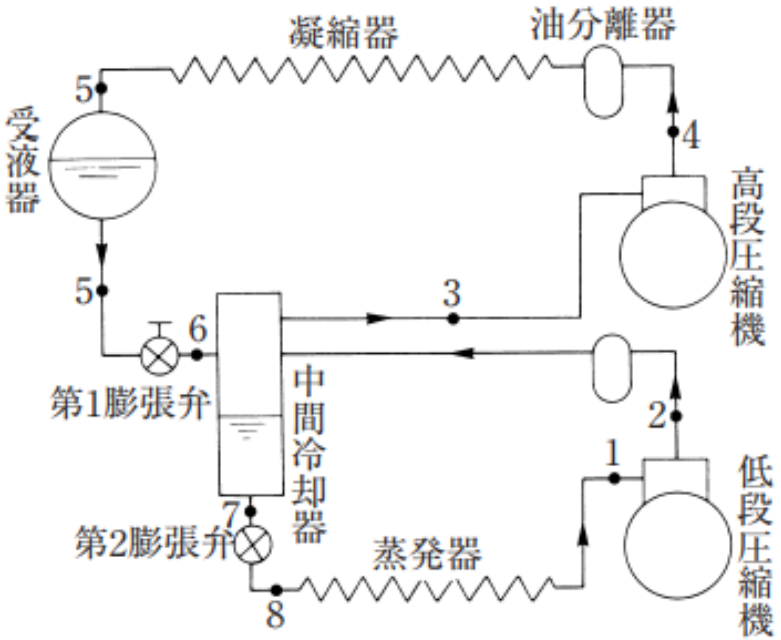
p_k ：高段の凝縮圧力
p_0 ：低段の蒸発圧力
p_m ：中間圧力　（何れも MPa abs）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

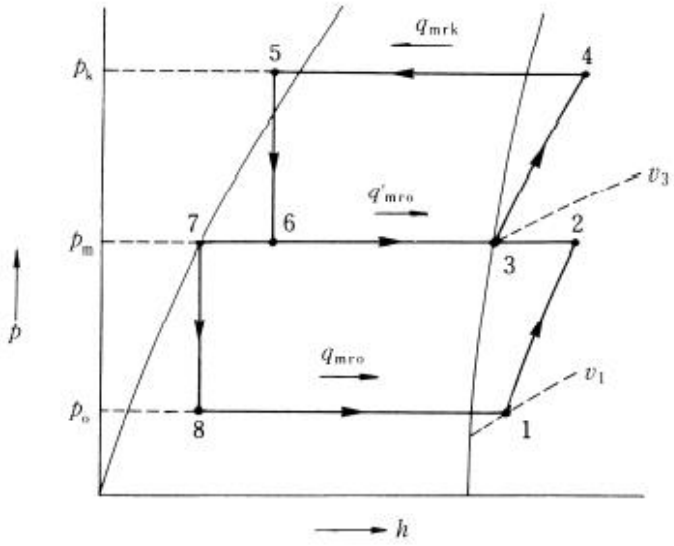
6. 二段圧縮冷凍サイクル

2 二段圧縮二段膨張冷凍サイクル

受液器からの冷媒液5の全量を第一膨張弁で中間圧力P_mまで絞り膨張させ，次に中間冷却器底部の冷媒液7を第二膨張弁により蒸発圧力P_oまで絞り膨張させる



(a)



(b)

図 2.19 二段圧縮二段膨張冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 二段圧縮冷凍サイクル

低段圧縮機の冷媒循環量をq_{mro}，高段圧縮機の冷媒循環量をq_{mrk}とする

- 中間冷却器での熱収支

$$q_{\mathrm{mro}}h_2 + q_{mrk}h_6 = q_{mro}h_7 + q_{mrk}h_3$$

$$q_{mrk} = q_{mro}\frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_6} \quad \left(\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}}\right)$$

q_{mrk}とq_{mo}の関係(上式)は，一段膨張式の式(2.26)と同じになる

- 冷凍能力

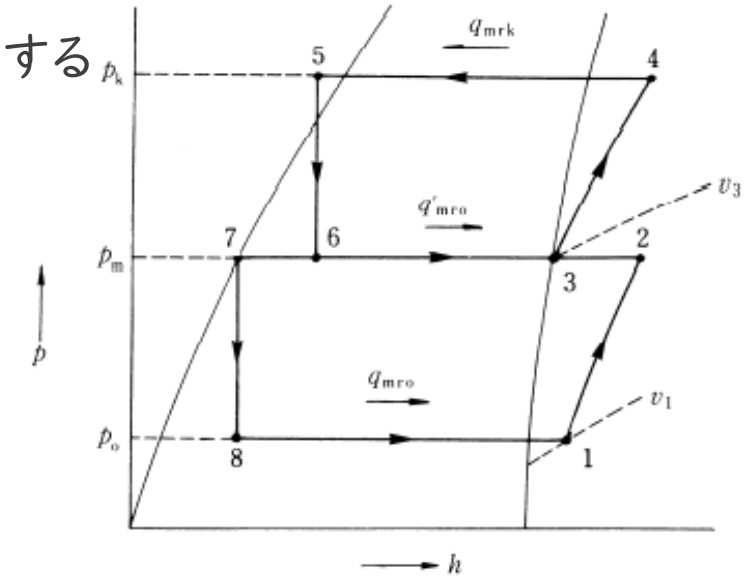
$$q_{mro} = \frac{\Phi_o}{h_1 - h_8} \quad (\mathrm{kg/s}) \qquad (2.24)$$

- 理論成績係数

$$(COP)_{th.R} = \frac{q_{mro}(h_1 - h_8)}{q_{mro}(h_2 - h_1) + q_{mrk}(h_4 - h_3)} = \frac{h_1 - h_8}{h_2 - h_1 + \frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_6}(h_4 - h_3)} \qquad (2.27)$$

- 総理論圧縮動力

$$P_{th} = q_{mro}(h_2 - h_1) + q_{mrk}(h_4 - h_3) \quad (\mathrm{kW}) \qquad (2.28)$$



(b)

図 2.19　二段圧縮二段膨張冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 圧縮機とその性能

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

- **開放圧縮機**

  軸が圧縮機のケーシングを貫通しており，外部の電動機やエンジンによって駆動される
  軸がケーシングを貫通する部分に，冷媒の漏れ止め用のシャフトシール（軸封装置）が必要

- **密閉圧縮機**

  圧縮機と電動機が同じ軸上に直結されて
  一つのケーシング内に収められている

  全密閉圧縮機 ：ケーシングを溶接密封したもの．
  冷蔵庫や家庭用エアコンの
  圧縮機

  半密閉圧縮機 ：ボルトを外すことによって，
  圧縮機内部の点検，
  修理が可能

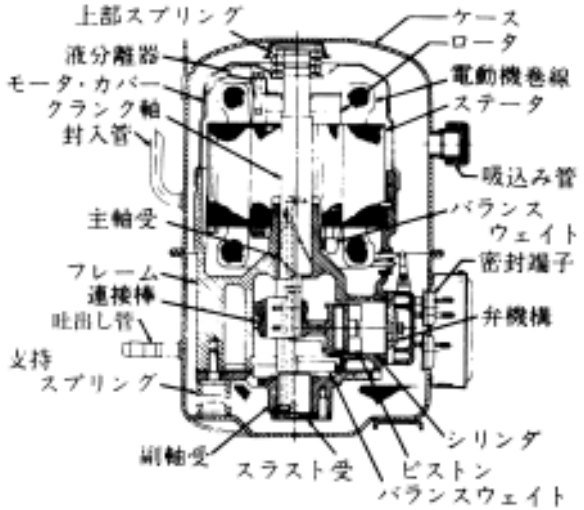


図 3.1　全密閉往復圧縮機

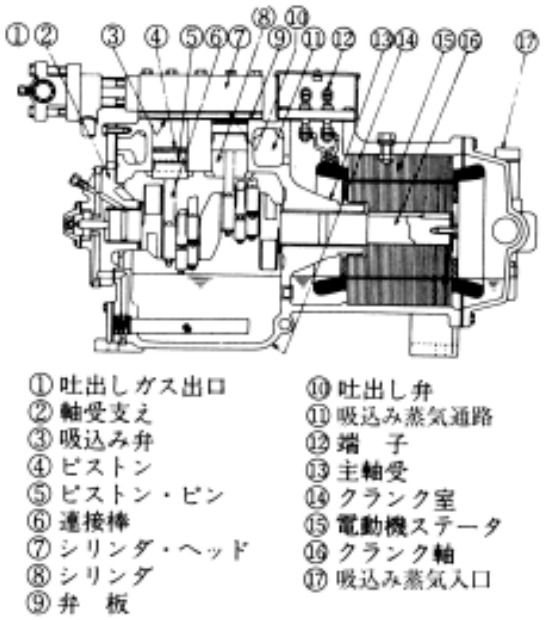


図 3.2　半密閉往復圧縮機

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

1 往復圧縮機

シリンダ内をピストンがクランク機構によって往復運動
吸込み弁を通して吸い込んだ冷媒を圧縮して，吐出し弁から吐き出す
開放形と密閉形がある

- 気筒数が1～2の小形のもの

  一般に容量制御機構を持たないで，
  潤滑方式にはねかけ式を用いている

- 気筒数4，6，8の多気筒圧縮機

  一般に容量制御機構を持ち，潤滑方式に
  油ポンプによる強制給油式を用いている．

  冷凍機油が吸込み側の低圧部分にあるため，
  始動時や液戻り時にオイルフォーミングを
  発生しやすいので注意を要する．

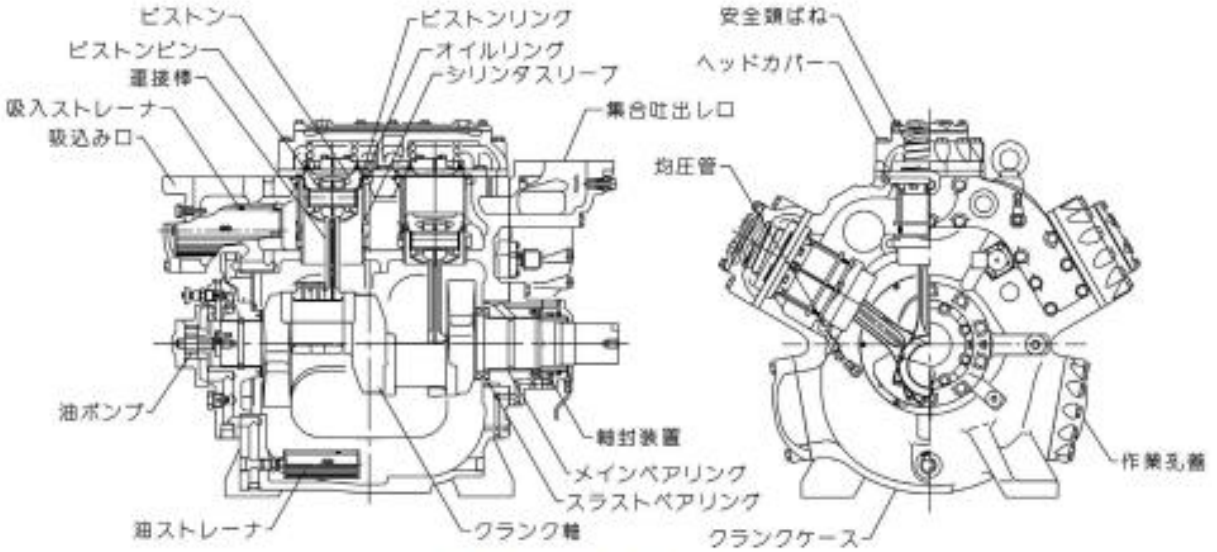


図 3.3 往復圧縮機の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 圧縮機とその性能

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

(1) 開放圧縮機

圧縮機と電動機を個別に設置して，軸継手で直結駆動，あるいはベルト掛駆動する電動機から圧縮機へ動力を伝えるためにクランク軸が圧縮機のケーシングを貫通して外部に突き出ており，そこに冷媒の漏れ止め用のシャフトシールを必要とする
故障した場合でも内部部品の補修交換が可能であり，主に比較的大形の圧縮機に利用される

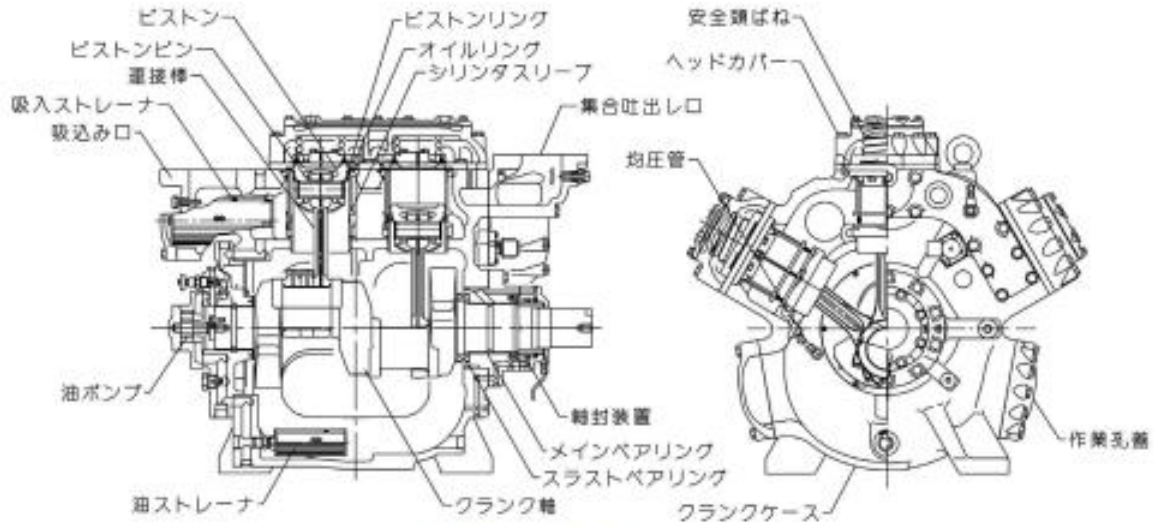


図 3.3 往復圧縮機の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

(2) 密閉圧縮機

- 全密閉圧縮機
  圧縮機と電動機が溶接された一体の容器内に
  組み込まれ完全に密閉されている

  電動機の冷却には冷媒を用いており，故障した場合でも
  内部部品の補修，交換が不可能

  汎用の小形冷凍機の殆んどをしめており，
  冷媒としてはフルオロカーボン冷媒（R134a，R410A 等）が
  主に使用されている．

  駆動容量としては，15 kW 未満程度のものが主流

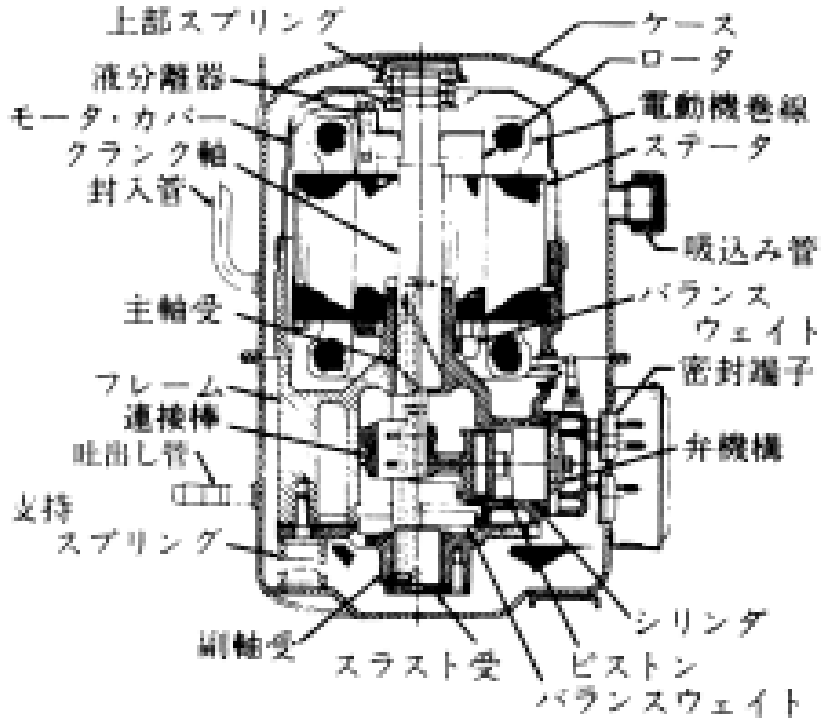


図 3.1　全密閉往復圧縮機

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

(2) 密閉圧縮機

- 半密閉圧縮機
  分解可能な容器内に圧縮機と電動機が
  組み込まれ密閉されている．

  電動機の冷却は，水または冷媒が用いられている．

  ボルトをはずすことにより，圧縮機や電動機の
  内部部品の補修や交換が可能

  冷媒としてはフルオロカーボン冷媒（R134a，R410A 等）
  で主に使用されている．

  電動機にアンモニア雰囲気でも使用できる巻線材料を
  採用した，アンモニア冷媒用の半密閉圧縮機も
  販売されている．

  駆動容量としては，50 kW 程度のものまでが主流

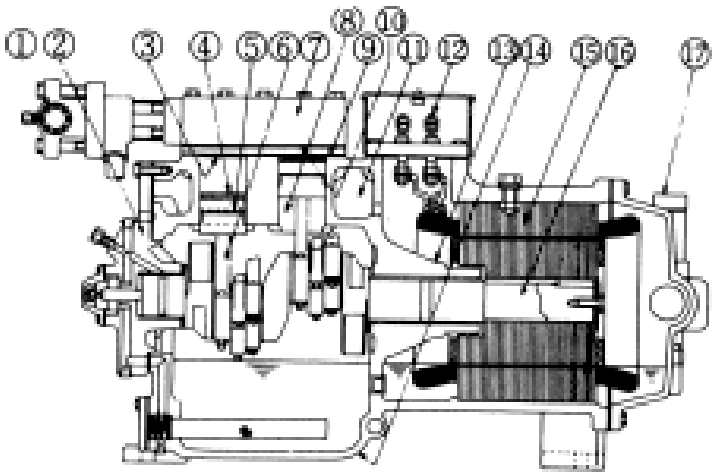


図 3.2　半密閉往復圧縮機

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

(3) 多気筒圧縮機

一般に圧縮機の容量を調節する容量制御装置（アンローダ）を持っている

負荷減少時に吸込み圧力が低くなり，1冷凍トン当たりの消費電力が増加し，
成績係数が小さくなって不経済な運転となることを防ぐ．

圧縮機始動時の負荷軽減装置としても使われる．

複数の気筒の内のいくつかの気筒の吸込み弁を
押し上げて開放し，圧縮をする気筒数を変えることにより
容量を変える

4気筒圧縮機：100，50%
6気筒圧縮機：100，66，33%
8気筒圧縮機：100，75，50，25%

始動時に油圧が上がっていないときは，
吸込み弁が開放されていて，軽負荷始動が可能

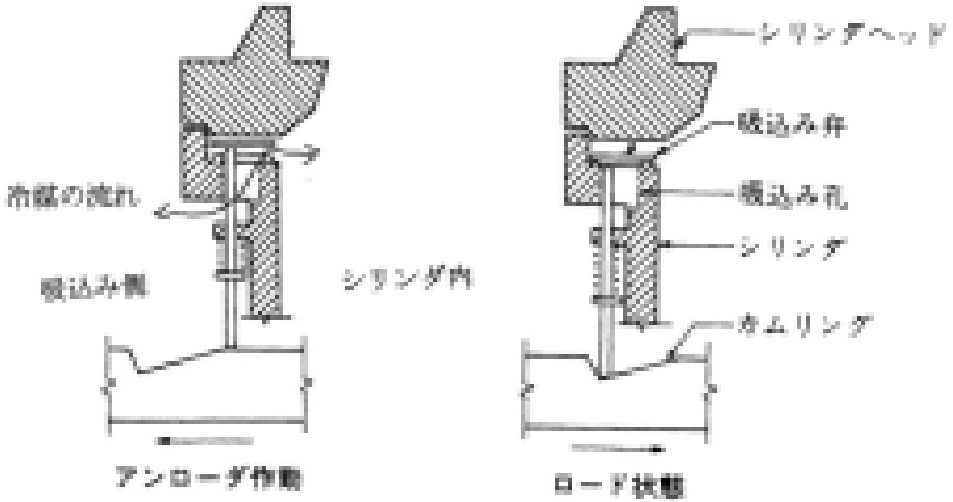


図 3.4 多気筒圧縮機の容量制御機構

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

(4) コンパウンド圧縮機

1台の圧縮機に低段側と高段側の気筒を配置し，二段圧縮の冷凍サイクルを実現する

- 8気筒の圧縮機
  低段側に6気筒，高段側に2気筒
- 6気筒の圧縮機
  低段側に4気筒，高段側に2気筒

低段側と高段側のピストン押しのけ量の比が定まってしまうので，
中間圧力が最適値から若干のずれを生じる．(2.6参照)

装置の配管が簡略化できるので，よく使われている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

2 スクリュー圧縮機

ツインスクリュー（二軸形）とシングルスクリュー（一軸形）の2種類がある．
ツインスクリュー式は，冷凍機油の噴射によってロータ歯間，ロータ歯とケーシングの間の潤滑を行い，動力の伝達をスクリューロータの歯自身で行っている．従って，タイミングギヤがない

強制給油により，潤滑，ガスの漏れ防止，ガスと圧縮機本体の冷却作用を行う

容量的には，大形の往復式と遠心式の中間容量域で使用される

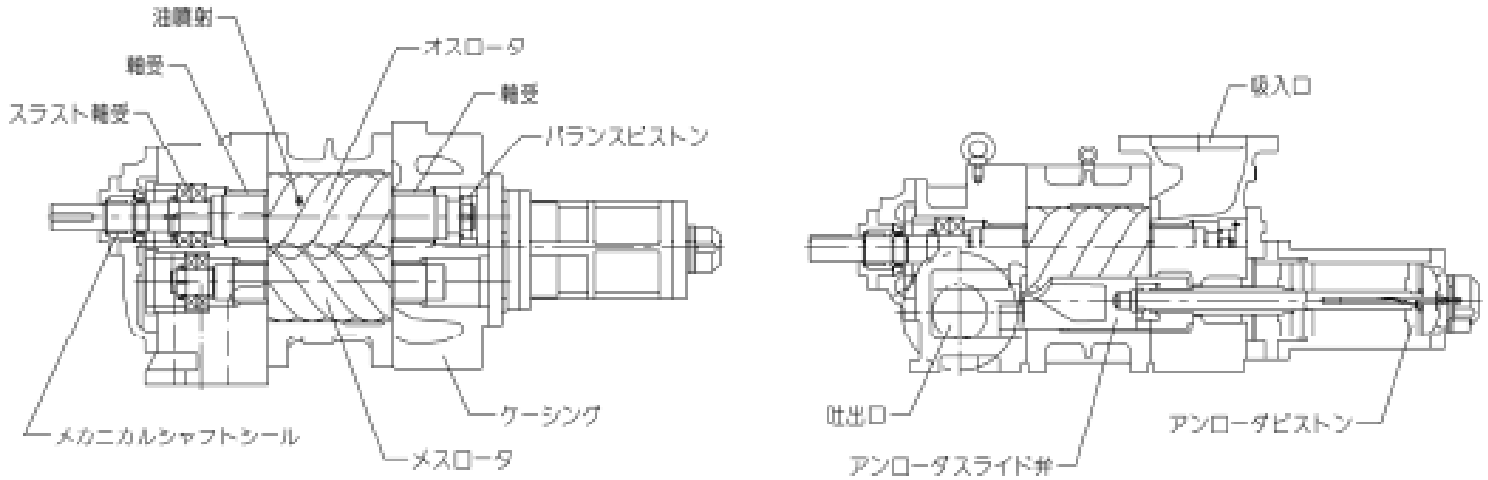


図 3.5　スクリュー圧縮機

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 圧縮機とその性能

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

(1) ツインスクリュー圧縮機の特徴

(a) 設計によって適切な圧力比（内部容積比）が定まっているので，高温用と低温用とでは異なる設計の圧縮機を用いる．

(b) 吸込み弁と吐出し弁がなく，往復圧縮機などに比べ部品点数が少なく，液圧縮には比較的に強いが，液戻り運転は他の圧縮機同様に好ましくない．

(c) 油を多量に噴射しながら冷媒を圧縮し，油で熱を除去するので，吐出しガス温度を断熱圧縮の場合よりも低くすることができる．しかし，油分離器と油冷却器を必要とする．

(d) 同じ容量の往復式よりも小形化でき，回転運動部分の不釣り合いが小さいので，振動と騒音が小さい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

(1) ツインスクリュー圧縮機の特徴（つづき）

(e) 停止時に，高低圧の差圧でロータが逆回転するので，吐出し側に逆止め弁を必要とする．

(f) 圧縮機の容量制御がスライド弁の使用によってある範囲内で無段階にできる(p.52参照)．
しかし，スライド弁で吸込み蒸気の閉込み量を減らすと，吐出し直前の圧力比が小さく（吐出し直前の圧力が高圧圧力よりかなり低い），断熱効率が低下する．
従って，低容量の部分負荷の状態で長時間運転すると成績係数の低下を招く．
そこで最近では，可変速式電動機による回転数制御と併用することもある．

(g) スクリュー圧縮機の押しのけ量（排除容積）は，雌と雄のロータの歯数と回転速度，ロータ歯の形状，ロータの長さなどによって決まる．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

(2) コンパウンド圧縮機

二段圧縮の冷凍サイクルを実現するために，
低段側と高段側の2台の圧縮機を直列結合し，
1台の電動機によって駆動できるようにした圧縮機．

低段側と高段側の押しのけ量比は，使用する用途によって，スクリューロータの組合せから3:1，2:1などの組合せを選ぶ．

低段側から吐き出されるガスは油を多く含んでおり，中間冷却器で蒸発してきた蒸気と混合されて直接高段側に吸い出される．

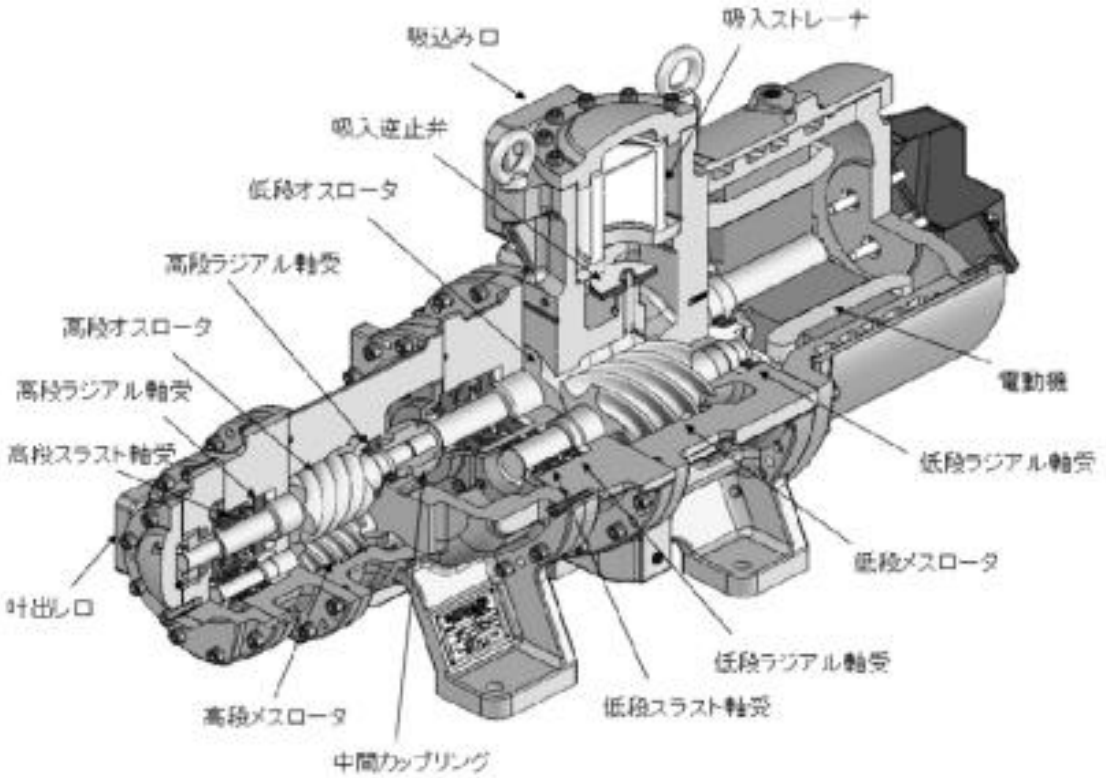


図 3.6 半密閉形コンパウンドスクリュー圧縮機の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

3 ロータリー圧縮機（ローリングピストン式）

家庭用のルームエアコンデショナに広く使われている全密閉圧縮機．

（1）電動機は，密閉容器の高圧ガス内に置かれ，
吐出しガスによって冷却される．

（2）容器内および底部の油溜りは高圧で，軸につけられた簡単な
遠心式の油ポンプによって汲み上げられた油は，高低圧の
差圧によってロータとシリンダとの隙間を通り，
低圧側のシリンダ内へ流れ込むことによって潤滑される．

圧縮機が低温の状態で始動すると，高圧圧力の上昇に
時間がかかり，圧縮機容器内で冷媒の凝縮が起こることもある．
ヒートポンプ暖房運転時には，始動前に圧縮機を加熱しておく
工夫がなされているものがある．

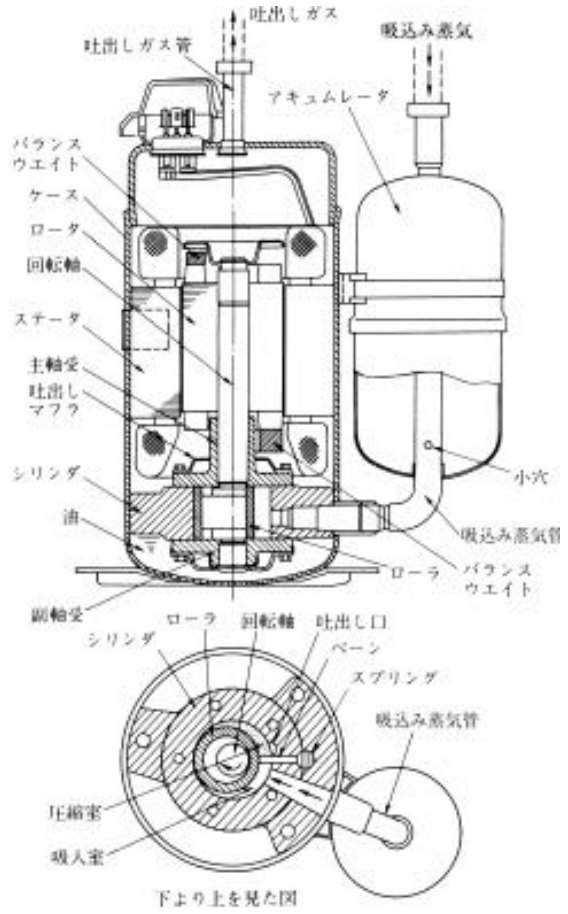


図 3.7 1シリンダーのロータリー圧縮機
（ローリングピストン形）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

3 ロータリー圧縮機（ローリングピストン式）

（3）吸込み蒸気管が直接シリンダに接続されているので，吸込み側にアキュムレータをつけて液を分離し，液圧縮を防止している．

電動機発生熱によって吸込み蒸気が直接加熱されることがないので，過熱度増大による体積効率の低下が小さい．

暖房運転時には，この電動機の発生熱は冷媒によって回収され有効に利用できる．

（4）シリンダへの吸込み口の閉塞はロータ自身によって行われるので吸込み弁は必要ない．

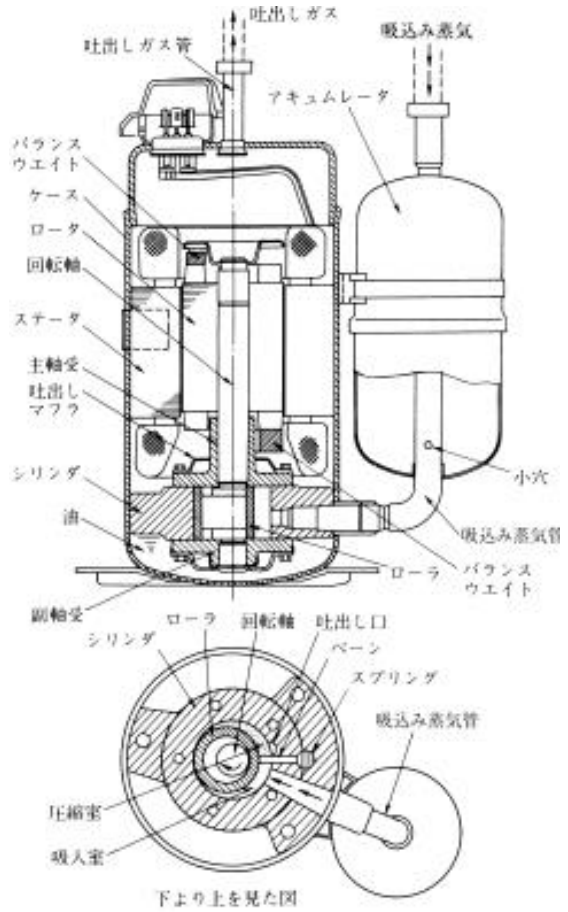


図 3.7 1シリンダーのロータリー圧縮機（ローリングピストン形）

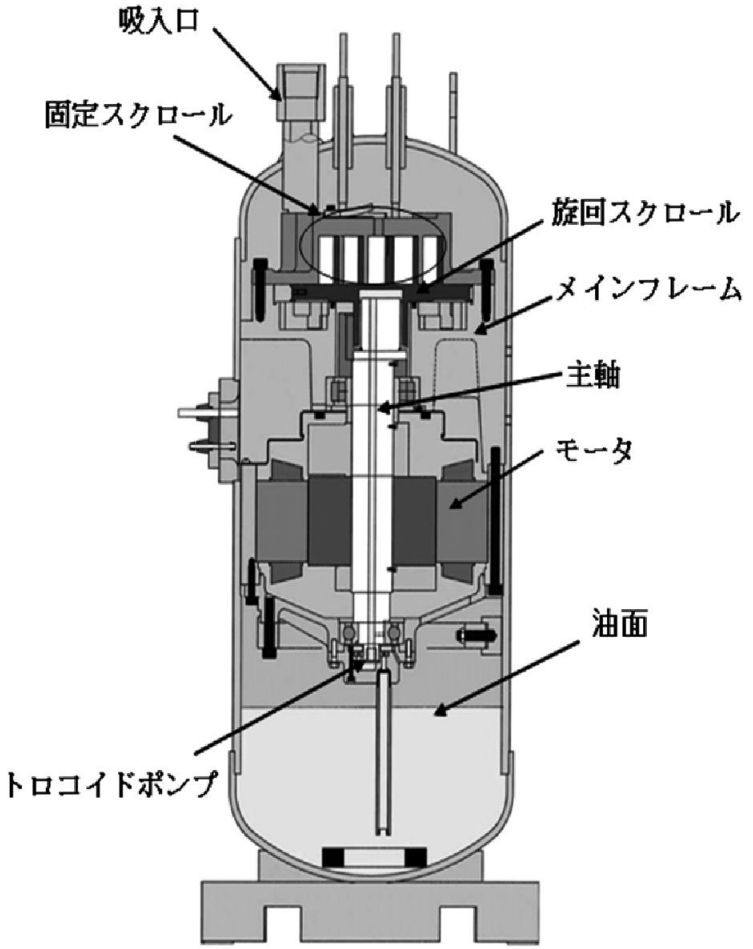
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

4 スクロール圧縮機

うず巻状の曲線で構成された固定スクロールと，
旋回する旋回スクロールとを組み合わせ，両スクロールの間に
形成された圧縮空間容積を施回にともない減少させて，
吸込み蒸気を圧縮する．

圧縮空間は次第に減少しながら
中心部に向かって移動し，
スクロール中心部にある吐出し口
から圧縮ガスが吐き出される．



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

4 スクロール圧縮機

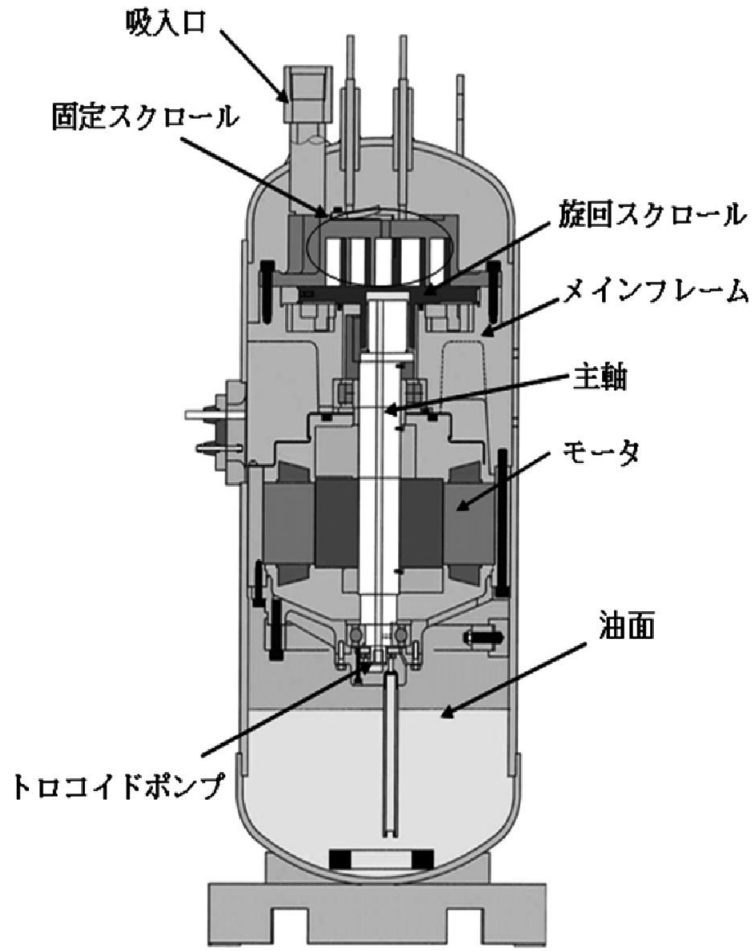
（1）圧縮の始まりと終わりの容積比が定まり，この容積比(内部容積比)によって圧縮の圧力比(組込み圧力比)が決定される．大きく圧力比の異なる運転条件の用途に対しては，別設計の圧縮機を用いる．

（2）吸込み弁と吐出し弁を必要としないが，停止時に高低圧の差圧で圧縮機旋回スクロールが逆回転するので，これの防止のために逆止め弁を付けたものが多い．

（3）比較的に液圧縮に強い．

（4）吸い込みと吐き出しの動作が滑らかでトルク変動が非常に小さく，振動や騒音が小さい．

（5）体積効率，断熱効率および機械効率がいずれも高く，高速回転に適している．



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 冷凍用圧縮機の種類と構造，特徴

5 遠心圧縮機

高速回転する羽根車によって，大量の蒸気を吸い込み，圧縮するのに適した圧縮機

羽根車は高速回転するので，材料，強度，
動的バランス，防食処理などが考慮されている．

羽根車の段数は，空調用では単段または二段，
低温用では圧力比が大きくなるので多段式となる．

サージング：

容量制御を吸込み側にあるベーンによって行う場合，
低流量になると運転が不安定となり，
振動や騒音を発生する．

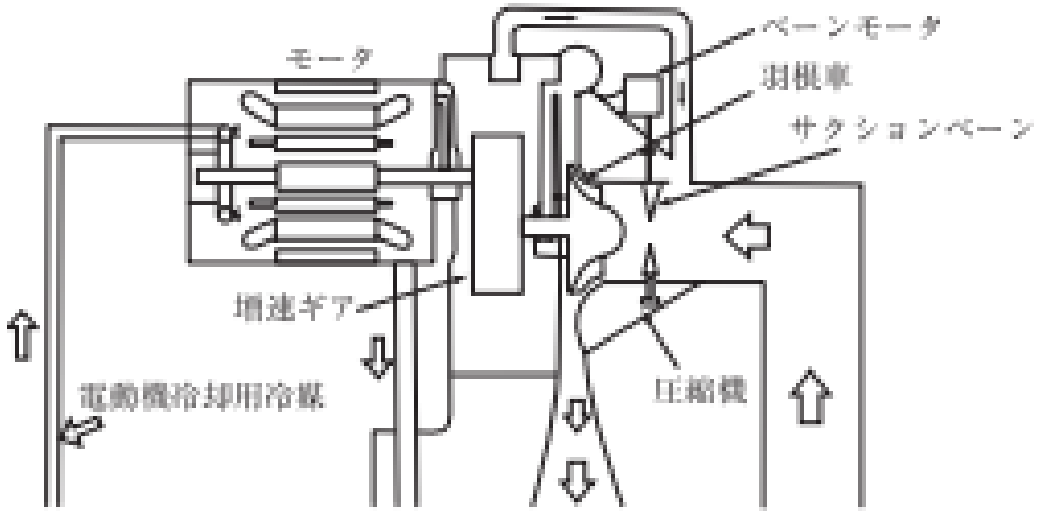


図 3.9 ターボ圧縮機

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 圧縮機の性能

圧縮機の性能は，圧縮機の形式と大きさの他に，回転速度，吸込み蒸気の圧力と温度や吐出し圧力など，圧縮機の運転条件で決まる単位時間当たりの吸込み冷媒蒸気量によって決まる．

1 圧縮作用と体積効率，断熱効率，機械効率

(1) 圧縮作用

圧縮機の役割は，

(a) 蒸発器で蒸発した冷媒蒸気を吸い込んで，蒸発器内が必要とする低い圧力に維持すること．

(b) 吸い込んだ蒸気を，常温で凝縮可能な圧力まで加圧して，凝縮器に送り出すこと．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 圧縮機の性能

(3) 体積効率と冷媒循環量

- 圧縮機の吐き出し量<ピストン押しのけ量に基づく理論流量>
  - シリンダに吸い込む際のシリンダでの加熱
  - (往復式)吸込み弁の絞り抵抗・圧縮する際の漏れ
  - 吐出し弁の絞り抵抗
  - (往復式)シリンダの上部すき間容積(クリアランスボリューム)の圧縮ガスの再膨張
  - 吸込み弁と吐出し弁の開閉の作動遅れや漏れ

- 体積効率

$$\eta_v = \frac{\text{実際の吸込み蒸気量}(q_{vr})}{\text{ピストン押しのけ量}(V)} \qquad (3.3)$$

V ：ピストン押しのけ量 $(\mathrm{m^3/s})$

q_{vr}：圧縮機の実際の吸込み体積流量 $(\mathrm{m^3/s})$

$q_v\,[\mathrm{m^3/s}]$：
3章では実際の吸込み蒸気量
4章ではピストン押しのけ量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 圧縮機の性能

- 圧縮機の実際の吸込み蒸気体積流量

$$q_{vr} = V\eta_V \quad (\mathrm{m^3/s}) \qquad (3.5)$$

- 単位時間当たりの質量流量で表した冷媒循環量q_{mr}

$$q_{mr} = \frac{V\eta_V}{v} = \frac{q_{vr}}{v} \quad (\mathrm{kg/s}) \qquad (3.6)$$

V ：ピストン押しのけ量（$\mathrm{m^3/s}$）

v ：圧縮機の吸込み冷媒蒸気の比体積（$\mathrm{m^3/kg}$）

η_V：体積効率

$q_v\,[\mathrm{m^3/s}]$：
3章では実際の吸込み蒸気量
4章ではピストン押しのけ量

吸込み蒸気の比体積は，吸込み圧力が低いほど，吸込み蒸気の過熱度が大きくなるほど大きくなり，圧縮機の冷媒循環量が減少する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 圧縮機の性能

2 圧縮機の冷凍能力

- 圧縮機の冷凍能力Φ_o

$$\Phi_o = q_{mr} w_r = \frac{V \eta_v}{v}(h_1 - h_4) \qquad (3.7)$$

V ：ピストン押しのけ量（m^3/s）

v ：圧縮機の吸込み冷媒蒸気の比体積（m^3/kg）

η_V：体積効率

圧縮機の冷媒循環量q_{mr}と冷凍効果w_rまたは蒸発器の出入口の比エンタルピー差$(h_1 - h_4)$が与えられると，冷凍能力が決まる

※ 圧縮機の吸込み蒸気の比体積vと体積効率η_Vの大きさが運転条件によって変わると，同じ冷凍能力に対して圧縮機の必要とする冷媒循環量q_{mr}も変わる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 圧縮機の性能

3 圧縮機の効率と軸動力

圧縮機を駆動するのに必要な実際の軸動力は，圧縮機の断熱効率と機械効率とを考慮する．

（1）断熱効率と機械効率

- 実際の圧縮機の駆動に必要な軸動力 P

$$P = P_c + P_m \ (\mathrm{kW}) \qquad (3.8)$$

P_c：蒸気の圧縮に必要な圧縮動力，P_m：機械的摩擦損失動力

- 断熱効率 η_c ：断熱圧縮動力 P_{th} と蒸気の圧縮に必要な圧縮動力 P_c との比

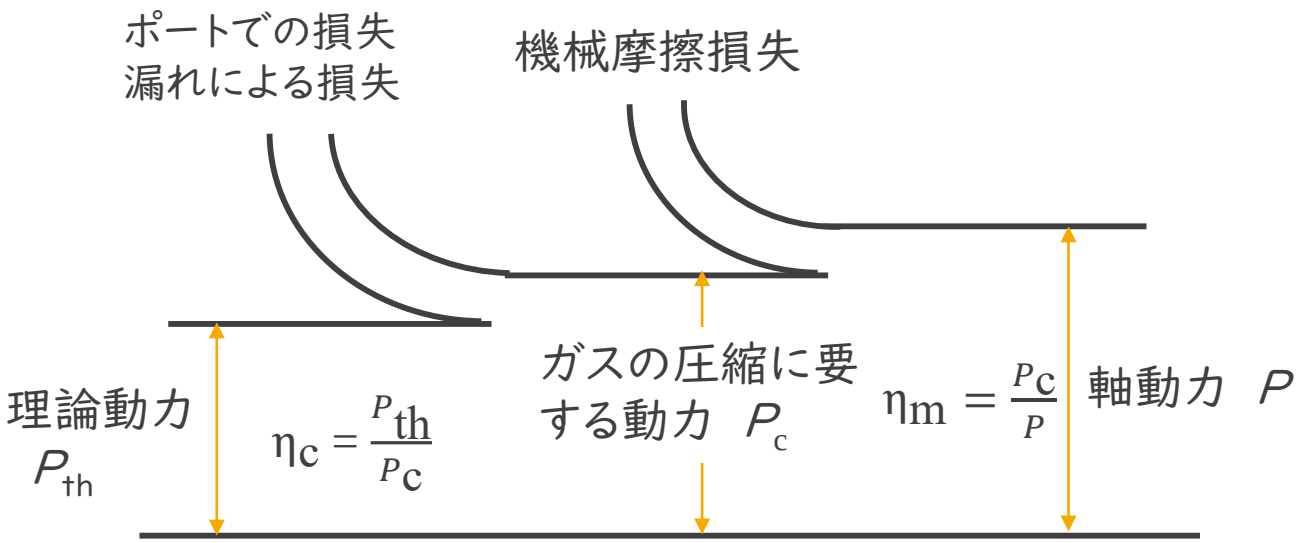
$$\eta_c = \frac{P_{th}}{P_C} \qquad (3.9)$$

- 機械効率 η_m ：蒸気の圧縮に必要な圧縮動力 P_c と軸動力 P との比（機械摩擦損失の影響）

$$\eta_m = \frac{P_c}{P} \qquad (3.10)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 圧縮機の性能



- 全断熱効率 η_{tad}

$$\eta_{tad} = \eta_c \eta_m = \frac{P_{th}}{P_c}\frac{P_c}{P} = \frac{P_{th}}{P} \qquad (3.11)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 圧縮機の性能

（2）圧縮機駆動の軸動力 P

$$P = \frac{P_{\mathrm{th}}}{\eta_{\mathrm{c}}\eta_{\mathrm{m}}} = \frac{P_{\mathrm{th}}}{\eta_{\mathrm{tad}}} \ (\mathrm{kW}) \qquad (3.12)$$

$$P = \frac{q_{\mathrm{mr}}(h_2 - h_1)}{\eta_{\mathrm{tad}}} = \frac{V\eta_{\mathrm{v}}(h_2 - h_1)}{v\eta_{\mathrm{tad}}} \ (\mathrm{kW}) \qquad (3.13)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 単段圧縮装置

1 実際の冷凍装置の成績係数

- 圧縮機の諸効率を考慮した($\eta_c<1, \eta_m<1$)
  実際の冷凍装置の成績係数$(COP)_R$

$$(COP)_R = \frac{\Phi_o}{P} = \frac{q_{mr}(h_1 - h_4)}{q_{mr}(h_2 - h_1)}\eta_c\eta_m$$

$$= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}\eta_c\eta_m \qquad (4.1)$$

P ：圧縮機駆動の軸動力, Φ_o：冷凍能力

実際の冷凍装置の成績係数の値は, 理論成績係数よりも$(1 - \eta_c\eta_m = 1 - \eta_{tad})$の割合だけ小さい

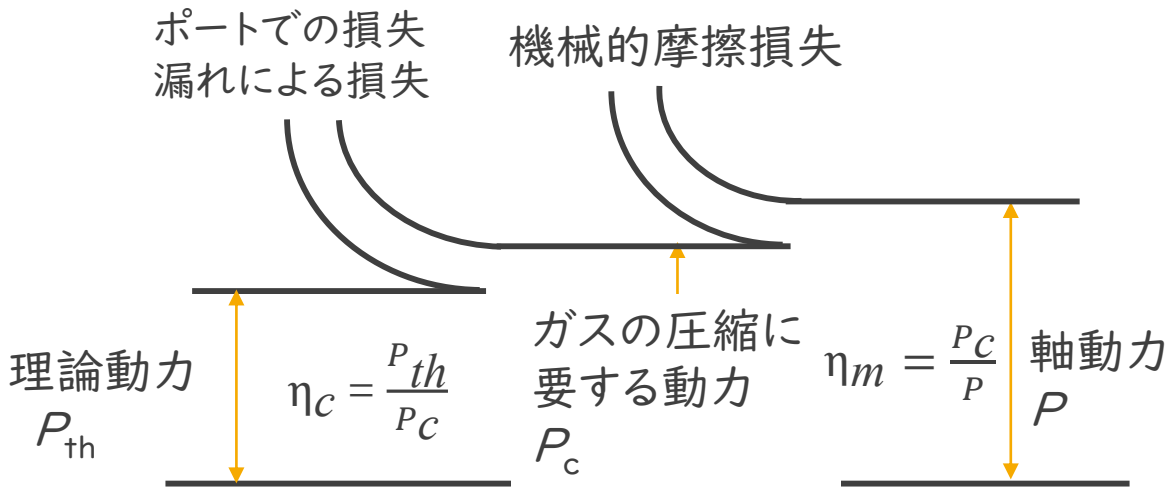
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 単段圧縮装置

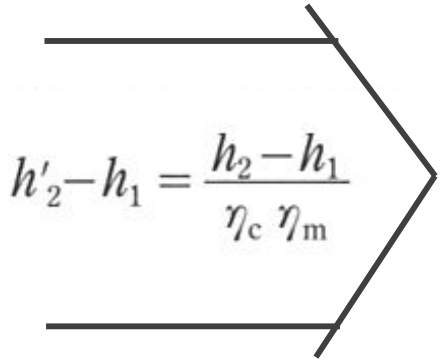
- 実際の圧縮機の吐出しガスの比エンタルピー h'_2
  - ✓ 圧縮機の機械的摩擦損失仕事が熱となって冷媒に加えられる場合

$$h'_2 - h_1 = \frac{h_2 - h_1}{\eta_c \eta_m} \qquad (4.2)$$

$$h'_2 = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_c \eta_m} \qquad (4.2)'$$



機械的摩擦損失が冷媒に加わる場合
→式(4.2)



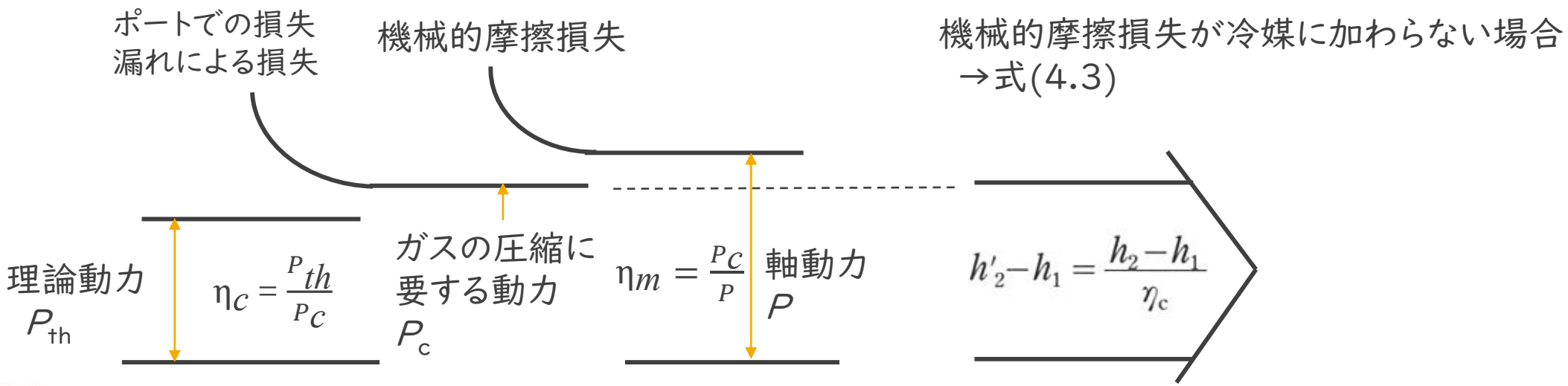
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 単段圧縮装置

- 実際の圧縮機の吐出しガスの比エンタルピー h'_2
  - ✓ 圧縮機の機械的摩擦損失仕事が外部に放出される場合
    →機械的摩擦損失が冷媒に加わらない場合

$$h'_2 - h_1 = \frac{h_2 - h_1}{\eta_c} \qquad (4.3)$$

$$h'_2 = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_c} \qquad (4.3)'$$



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 単段圧縮装置

2 実際のヒートポンプ装置の成績係数

- 圧縮機の機械的摩擦損失仕事が熱となって冷媒に加えられる場合
  - ✓ 凝縮負荷Φ_k

$$\Phi_k = \Phi_o + \frac{P_{th}}{\eta_c \eta_m} = q_{mr}(h_1 - h_4) + \frac{q_{mr}(h_2 - h_1)}{\eta_c \eta_m} \quad \text{(kW)} \qquad (4.4)$$

  - ✓ 実際のヒートポンプ装置の成績係数

$$(COP)_H = \frac{\Phi_k}{P} = \frac{q_{mr}(h_1 - h_4) + \frac{q_{mr}(h_2 - h_1)}{\eta_c \eta_m}}{\frac{q_{mr}(h_2 - h_1)}{\eta_c \eta_m}}$$

$$= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}\eta_c \eta_m + 1$$

$$= (COP)_R + 1 \qquad (4.6)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 単段圧縮装置

2 実際のヒートポンプ装置の成績係数

- 圧縮機の機械的摩擦損失仕事が熱になって冷媒に加えられない場合
  - ✓ 凝縮負荷Φ_k

$$\Phi_k = \Phi_o + \frac{P_{th}}{\eta_c} = q_{mr}(h_1 - h_4) + \frac{q_{mr}(h_2 - h_1)}{\eta_c} \quad \text{(kW)} \qquad (4.5)$$

  - ✓ 実際のヒートポンプ装置の成績係数

$$(COP)_H = \frac{\Phi_k}{P} = \frac{q_{mr}(h_1 - h_4) + \dfrac{q_{mr}(h_2 - h_1)}{\eta_c}}{\dfrac{q_{mr}(h_2 - h_1)}{\eta_c \eta_m}}$$

$$= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}\eta_c \eta_m + \eta_m$$

$$= (COP)_R + \eta_m \qquad (4.7)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 二段圧縮冷凍装置

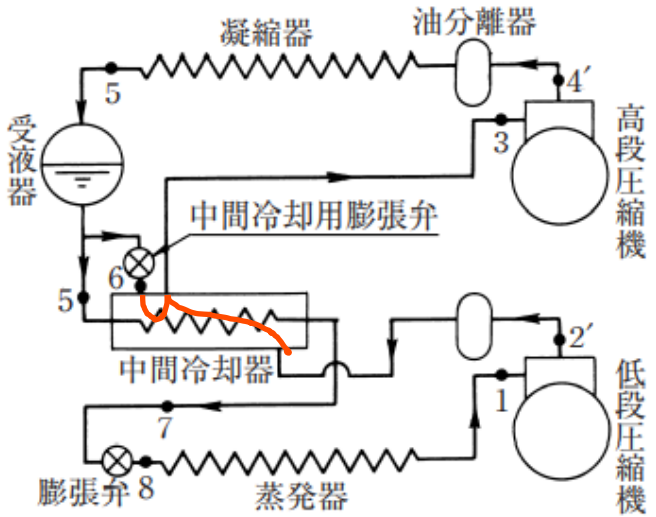
1 実際の二段圧縮一段膨張冷凍装置の成績係数

低段圧縮機の吐出しガスの状態点2は2′に，高段圧縮機の吐出しガスの状態点4は4′となる．

中間冷却器における熱収支(式(2.25)参照)より

$$q_{\mathrm{mro}}\{(h_5 - h_7) + (h_2' - h_3)\} = q'_{mro}(h_3 - h_6) \qquad (4.8)$$

q_{mro}：低段側冷媒循環量(kg/s)，q'_{mro}：バイパス冷媒循環量(kg/s)



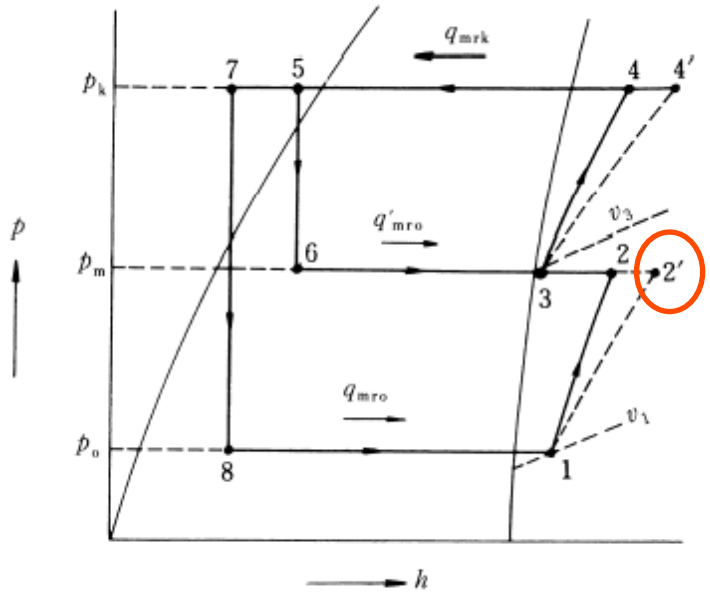


図 4.1 二段圧縮一段膨張冷凍装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 二段圧縮冷凍装置

高低段の圧縮機の冷媒循環量 q_{mrk}, q_{mro}

$$q_{mrk} = \frac{q_{vrk}}{v_3}\eta_{vH},\quad q_{mro} = \frac{q_{vro}}{v_1}\eta_{vL}\ \text{(kg/s)} \qquad (4.9)'$$

q_{vrk}, q_{vro}：高低段のピストン押しのけ量 $(\mathrm{m^3/s})$

総軸動力 P

$$P = P_H + P_L = \frac{q_{mrk}(h_4 - h_3)}{\eta_{cH}\eta_{mH}} + \frac{q_{mro}(h_2 - h_1)}{\eta_{cL}\eta_{mL}}\ \text{(kW)} \quad (4.10)$$

成績係数 $(\mathrm{COP})_R$

$$(COP)_R = \frac{\Phi_o}{P} \qquad (4.11)$$

$q_v\,[\mathrm{m^3/s}]$ ：
3章では実際の吸込み蒸気量
4章ではピストン押しのけ量

q_m：質量流量 [kg/s]
q_v：体積流量 $[\mathrm{m^3/s}]$

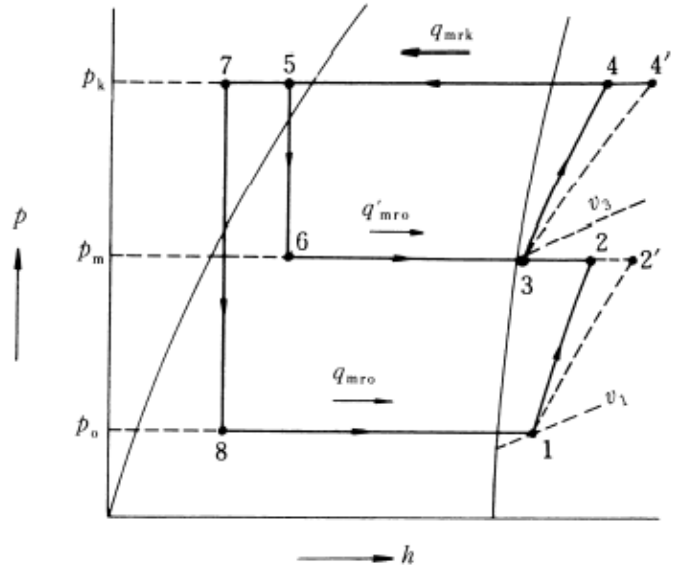


図 4.1 二段圧縮一段膨張冷凍装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

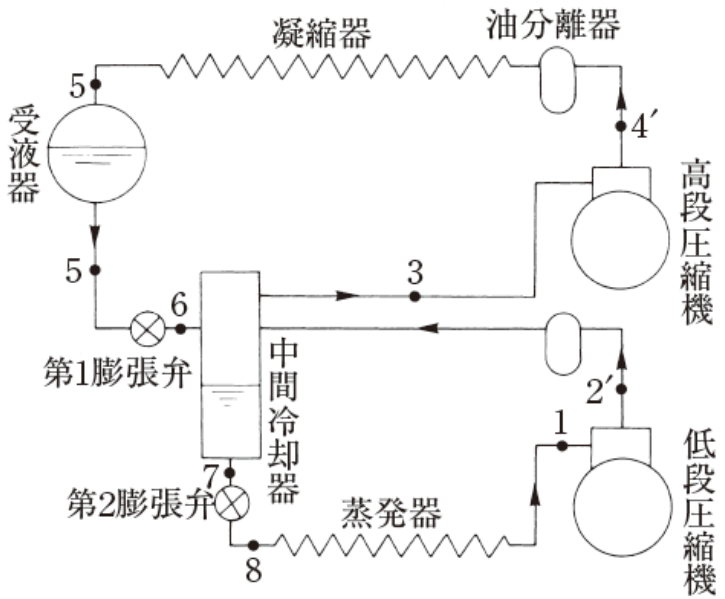
2. 二段圧縮冷凍装置

2 実際の二段圧縮二段膨張冷凍装置の成績係数

中間冷却器におけるバイパス流量は，式(4.8)と同じ

$$q_{\mathrm{mro}}\{(h_5 - h_7) + (h_2' - h_3)\} = q'_{mro}(h_3 - h_6) \qquad (4.8)$$

q_{mro}：低段側冷媒循環量(kg/s)，q'_{mro}：バイパス冷媒循環量(kg/s)



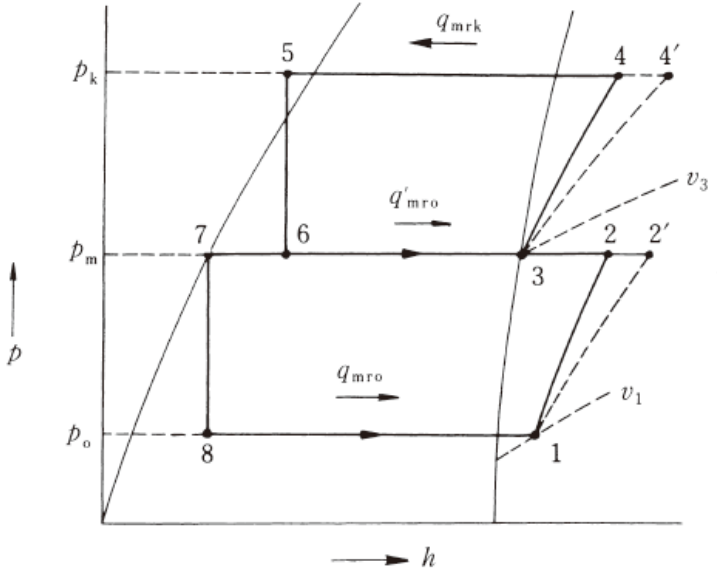


図 4.2　二段圧縮二段膨張冷凍装置

高低段の流量，軸動力，
成績係数も、二段圧縮
一段膨張冷凍装置と同様

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 二段圧縮冷凍装置

3 コンパウンド圧縮機による二段圧縮冷凍装置

q_m：質量流量 [kg/s]
q_v：体積流量 [m^3/s]

コンパウンド多気筒圧縮機：
複数の気筒を高段用と低段用に分けて使用（P.37 参照）

- ピストン押しのけ量の比（気筒数比）

$$\frac{q_{vro}}{q_{vrk}} = a$$ コンパウンド多気筒圧縮機ではa=2または3

q_{vrk}, q_{vro}：高低段のピストン押しのけ量 (m^3/s)

3章の定義とは異なることに注意

- 流量比

式(2.26)'

$$\frac{q_{vro}}{q_{vrk}} = \frac{q_{mro}}{q_{mrk}} \frac{v_1}{v_3} \frac{\eta_{vH}}{\eta_{vL}}$$

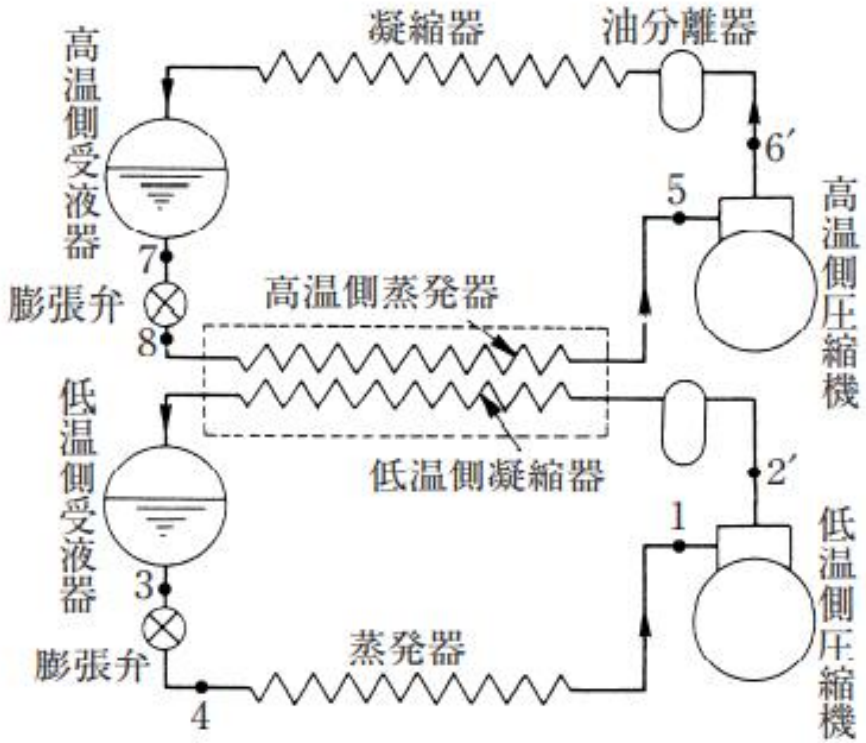
$$= \frac{h_3 - h_6}{h_2' - h_7} \frac{v_1}{v_3} \frac{\eta_{vH}}{\eta_{vL}} = a \qquad (4.12)$$

コンパウンド圧縮機では，中間圧力は最適な値（式(2.29)）から若干ずれる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 二元冷凍装置の成績係数

低温側の単段冷凍装置と高温側の単段冷凍装置の二つの冷凍サイクルの組み合わせ
単段の場合と同様にそれぞれの圧縮機の効率を考慮する



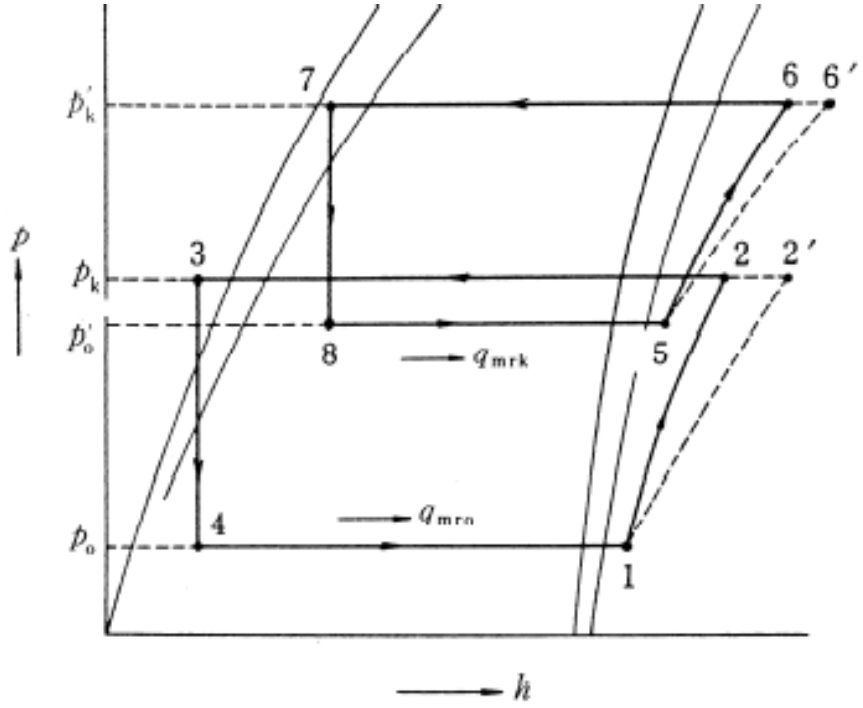


図 4.4　二元冷凍装置と $p-h$ 線図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 二元冷凍装置の成績係数

低温側のサイクルの冷媒循環量q_{mro}

$$q_{mro} = \frac{\Phi_O}{h_1 - h_4} \quad (\mathrm{kg/s}) \qquad (4.13)$$

低温側凝縮器における熱収支より

$$q_{\mathrm{m}rk}(h_5 - h_8) = q_{mro}(h'_2 - h_3) \quad (\mathrm{kJ/s}) \qquad (4.14)$$

高温側の冷媒循環量q_{mrk}

$$q_{\mathrm{m}rk} = \frac{\Phi_O(h'_2 - h_3)}{(h_5 - h_8)(h_1 - h_4)} \quad (\mathrm{kg/s}) \qquad (4.15)$$

圧縮機の動力は，低段高段それぞれ

$$P_O = \frac{q_{mro}(h_2 - h_1)}{\eta_{co}\eta_{mo}}, \quad P_k = \frac{q_{mrk}(h_6 - h_5)}{\eta_{ck}\eta_{mk}} \quad (\mathrm{kW}) \quad (4.18 - 19)$$

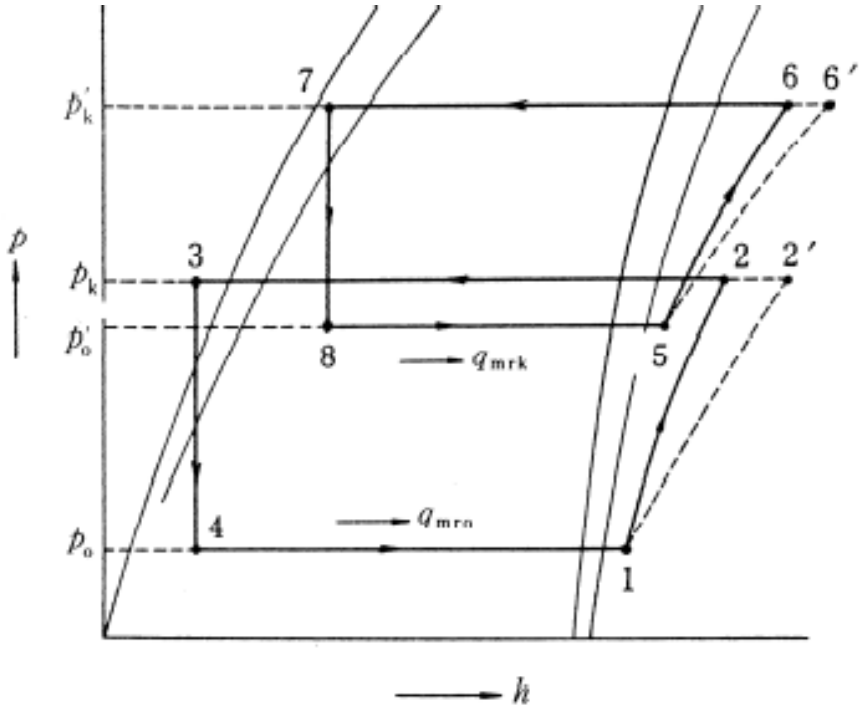


図 4.4　二元冷凍装置と $p-h$ 線図

総軸動力は$P_o + P_k$ 式(4.20)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 実際の冷凍装置の容量制御

(1) 圧縮機の容量制御

(a) 多気筒圧縮機の容量制御
熱負荷が大きく減少した場合，圧縮機の
容量を調節できるようにした装置容量制御装置.

アンローダという. (p.37参照)

容量制御装置がないと
負荷減少時に吸込み圧力が低下

ー冷凍トンあたりの消費動力が増加
→ 成績係数が小さくなる

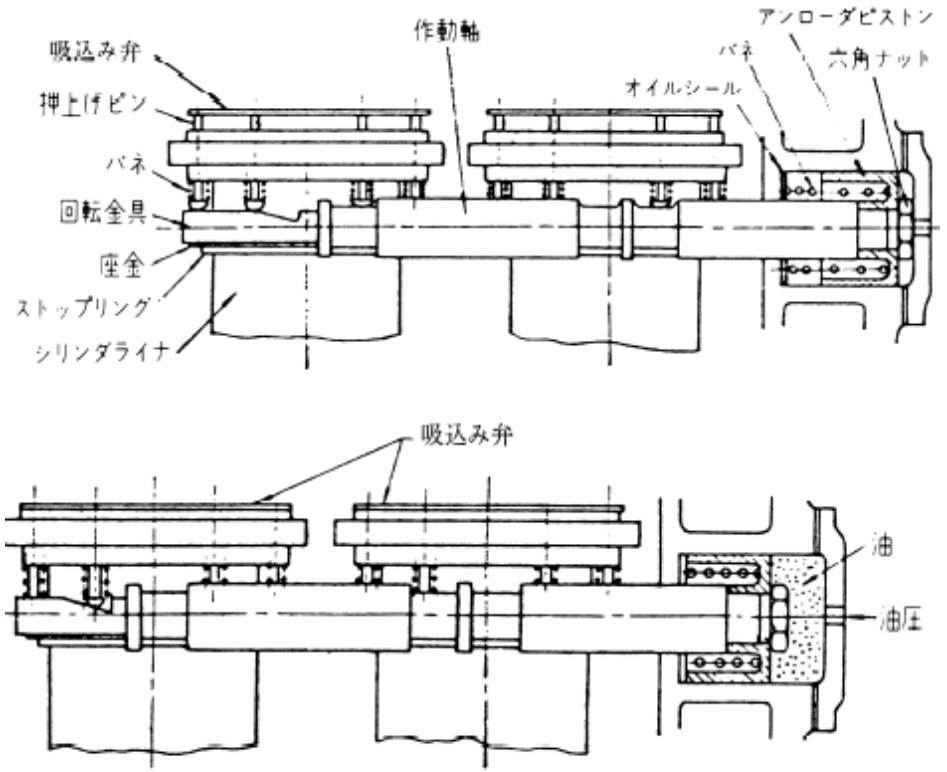


図 4.5 多気筒圧縮機アンロード機構

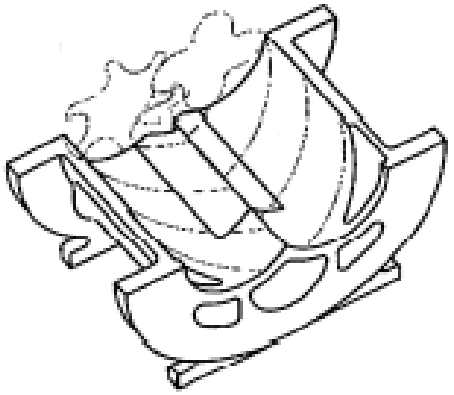
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 実際の冷凍装置の容量制御

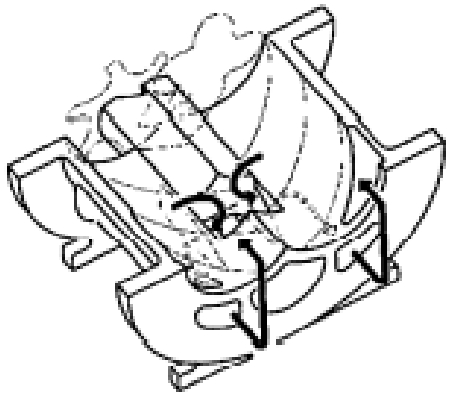
（b）スクリュー圧縮機の容量制御

スクリュー圧縮機を用いた冷凍装置にかかる熱負荷が大きく減少した場合，
圧縮機の容量を無段階に調節できるようにした装置

多気筒圧縮機と異なり，無段階に調節できるため，負荷変動に対して追従性がよい



全負荷時



部分負荷時

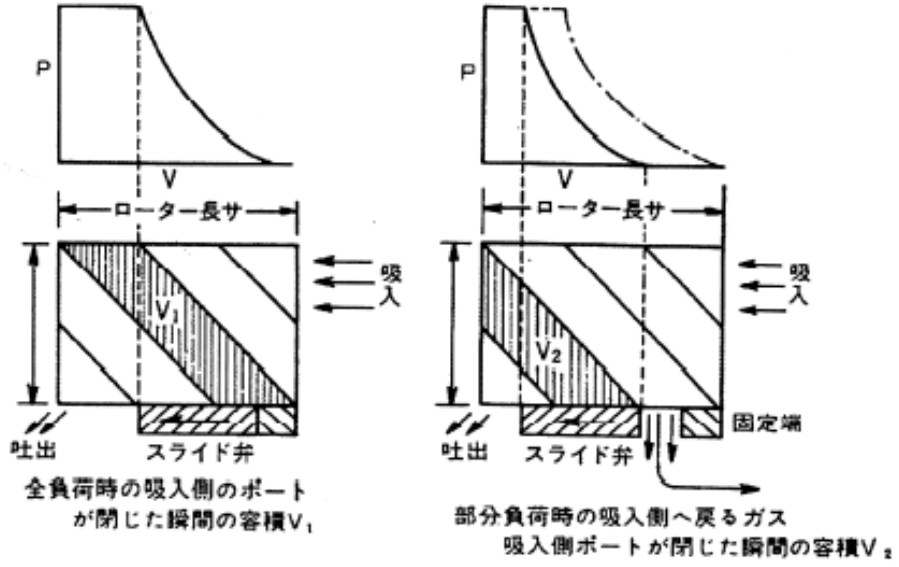


図 4.7　スクリュー圧縮機のアンローダ機構

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 実際の冷凍装置の容量制御

(2) 圧縮機の運転をオン・オフする方法

圧縮機の吸込み側に接続された低圧圧力スイッチ，または冷却室内に置かれたサーモスタットによって圧縮機を発停させる方法で，小形冷凍装置に広く用いられている．

圧縮機が短時間内に発停を繰り返すことになり，装置の効率が悪いだけでなく，圧縮機の油上がり，電動機の過熱や焼損を生じる恐れがある．

(3) 圧縮機の運転台数を変える方法

2台以上の圧縮機をもった冷凍装置で，作動圧力に差をもたせた低圧圧力スイッチを用いて，吸込み圧力の上昇，下降にともなって，圧縮機を順次発停させて段階的に全体の容量制御を行う．

この容量制御方法では，複数台の圧縮機を同時に始動させないこと，各圧縮機のクランクケース内の冷凍機油量が均一になるように，均油と均圧のための配管に注意しなければならない．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 実際の冷凍装置の容量制御

(4) 圧縮機の回転速度を変える方法

インバータを用いて，電源周波数を変えて圧縮機の回転速度を調節し，容量制御を行う．

回転速度がある限定された範囲内では，圧縮機の回転速度と容量はほぼ正比例する．

回転速度をあまり大きく変えると低速回転時と高速回転時のいずれの場合にも体積効率が低下し，圧縮機の回転速度と容量は比例しなくなる．

往復圧縮機でクランク軸端に油ポンプを付けている圧縮機では，あまり低速にすると適正な油圧が得られず，潤滑が悪くなるので注意が必要

スクリュー圧縮機では軸受での油膜が確保できなくなるので注意が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 実際の冷凍装置の容量制御

(5) 蒸発圧力調整弁で吸込み蒸気を絞る方法

圧縮機の吸込み蒸気配管に蒸発圧力調整弁(EPR)を取り付け,負荷が減少しても,蒸発圧力が所定の圧力以下に低下しないように吸込み蒸気を絞る.その結果として,蒸発圧力調整弁作動時には圧縮機吸込み圧力が低下し,圧縮機の容量制御ができる.

蒸発圧力調整弁は,温度自動膨張弁の感温筒と均圧管取付け位置よりも下流側の圧縮機吸込み蒸気配管に取り付けなければならない.

(6) 吸入圧力調整弁で吸込み蒸気を絞る方法

吸入圧力調整弁は,圧縮機の吸込み蒸気配管に取り付け,圧縮機の吸込み圧力が所定の圧力以上にならないように,吸込み蒸気を絞る.これによって容量制御ができ,冷凍装置の始動時や蒸発器の除霜終了後の再始動時に圧縮機の過負荷を防止することもできる.

冷媒1kg 当たりの圧縮動力が増大するので,装置の成績係数は低下する.

密閉圧縮機では吸込み蒸気を強く絞り,吸込み圧力があまり低圧になると,圧縮機を流れる冷媒が減少して電動機の冷却が悪くなり,電動機が過熱するので注意する.

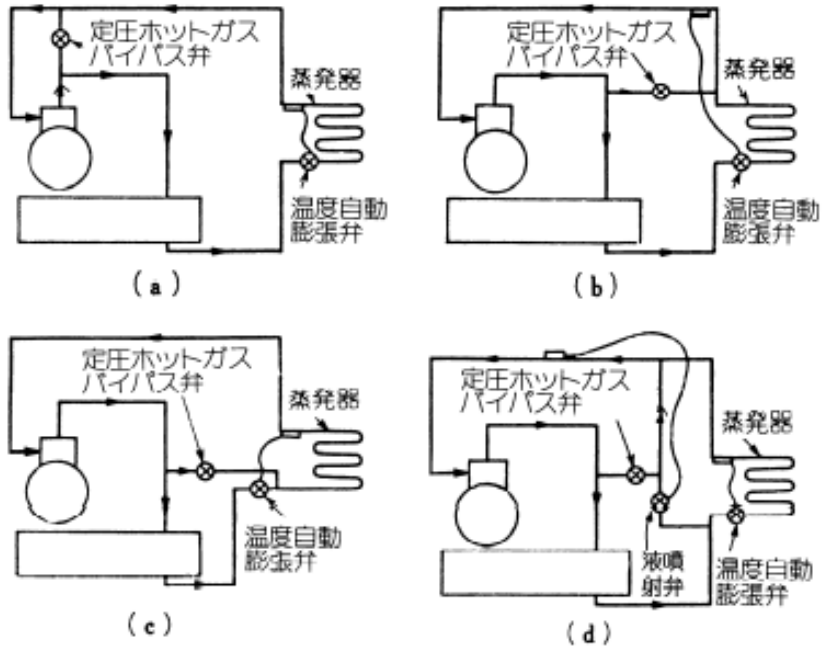
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 実際の冷凍装置の容量制御

(7) ホットガスバイパスによる方法

容量制御用ホットガスバイパス弁は，圧縮機を連続的に運転できるだけの最低の吸込み圧力を保持できるように，人為的な蒸発器の熱負荷を作り出すために，圧縮機からのホットガスを蒸発器に送り込む．

定圧バイパス弁出口側が設定圧力以下に低下すると，自動的に弁が開き，圧縮機の吸込み蒸気配管へホットガスをバイパスして，吸込み圧力を所定の圧力に戻す．



(a) 吸込み蒸気配管へホットガスバイパスをする
(b) 蒸発器出口へホットガスバイパスをする
(c) 蒸発器入口へホットガスバイパスをする
(d) ホットガス冷却用液噴射弁を付けたホットガスバイパス

図 4.9 ホットガスバイパスによる容量制御

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 実際の冷凍装置の容量制御

(7) ホットガスバイパスによる方法

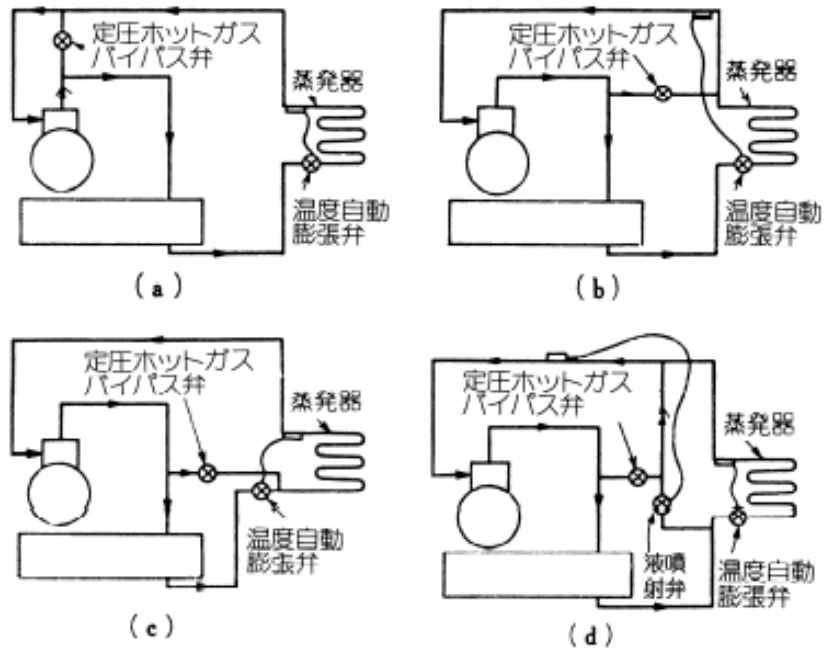
(a) 吸い込み蒸気管へホットガスバイパスをする
最も簡単だが, 圧縮機の吸込み蒸気の過熱が大きくなる

(b) 蒸発器出口へバイパスする

(c) 蒸発器入口へバイパスする
最も優れた方法. ホットガスを温度自動膨張弁と蒸発器入口の間にバイパスする. 分配器を使用している場合は, それの圧力降下を加味してバイパス弁容量を選定する.

(d) ホットガス冷却用液噴射弁をつけたバイパス

ホットガスバイパス量が多くなると, 凝縮器の熱負荷の殆どが電動機の入力だけとなり, 凝縮圧力が低くなる. ホットガス圧力が低くなり過ぎると, 必要量のホットガスが吸込み側にバイパスできなくなるので, 凝縮圧力の異常低下を防ぐことが必要



(a) 吸込み蒸気配管へホットガスバイパスをする
(b) 蒸発器出口へホットガスバイパスをする
(c) 蒸発器入口へホットガスバイパスをする
(d) ホットガス冷却用液噴射弁を付けたホットガスバイパス

図 4.9 ホットガスバイパスによる容量制御

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 冷媒と地球環境

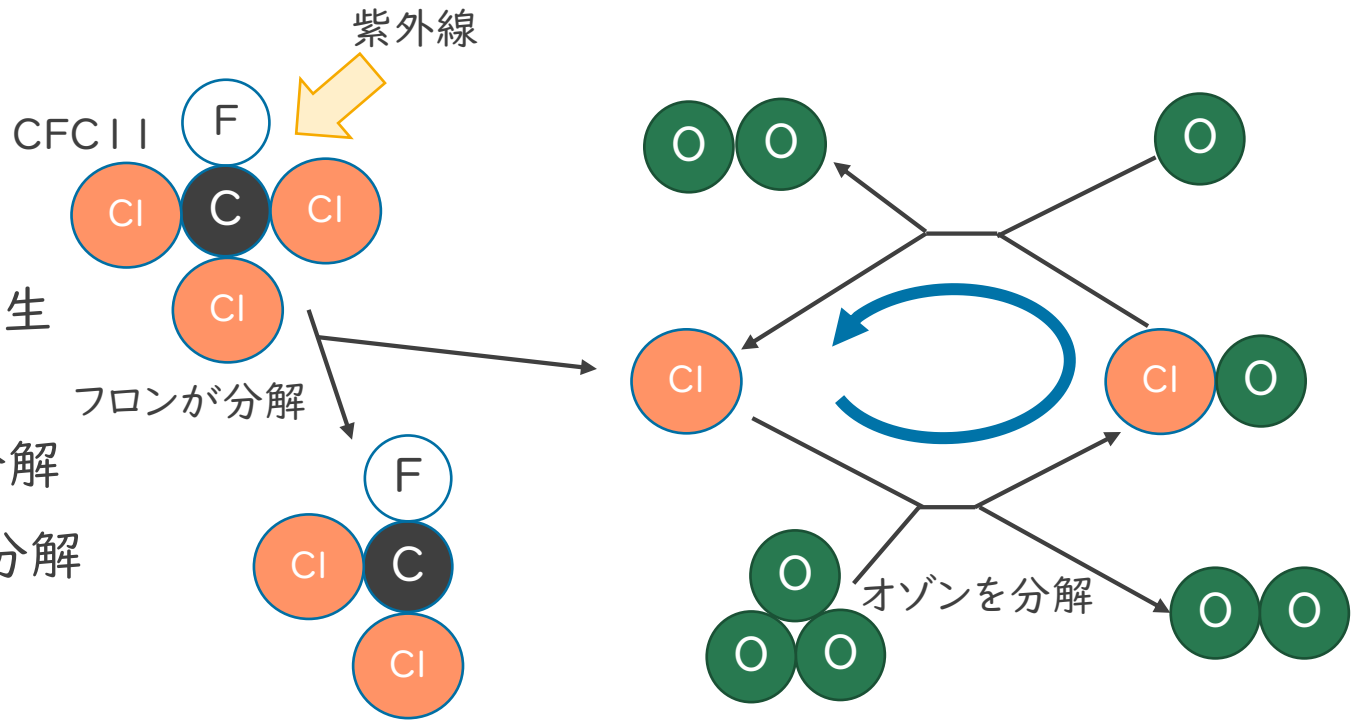
1 オゾン層破壊

塩素原子を含むふっ素系冷媒を大気中に放出すると，成層圏のオゾンを破壊する．→オゾン層破壊

- オゾン層破壊係数 ODP（Ozone Depleting Potential）
  R11がオゾンを破壊する割合を基準
- オゾン層破壊のメカニズム
  安定なふっ素系冷媒は大気中に放出されると分解されずに成層圏まで達し，紫外線によって分解されて塩素原子を発生

  → 塩素原子の触媒反応と紫外線エネルギーによってオゾンが分解

  → 1つの塩素原子が連鎖的にオゾンを分解



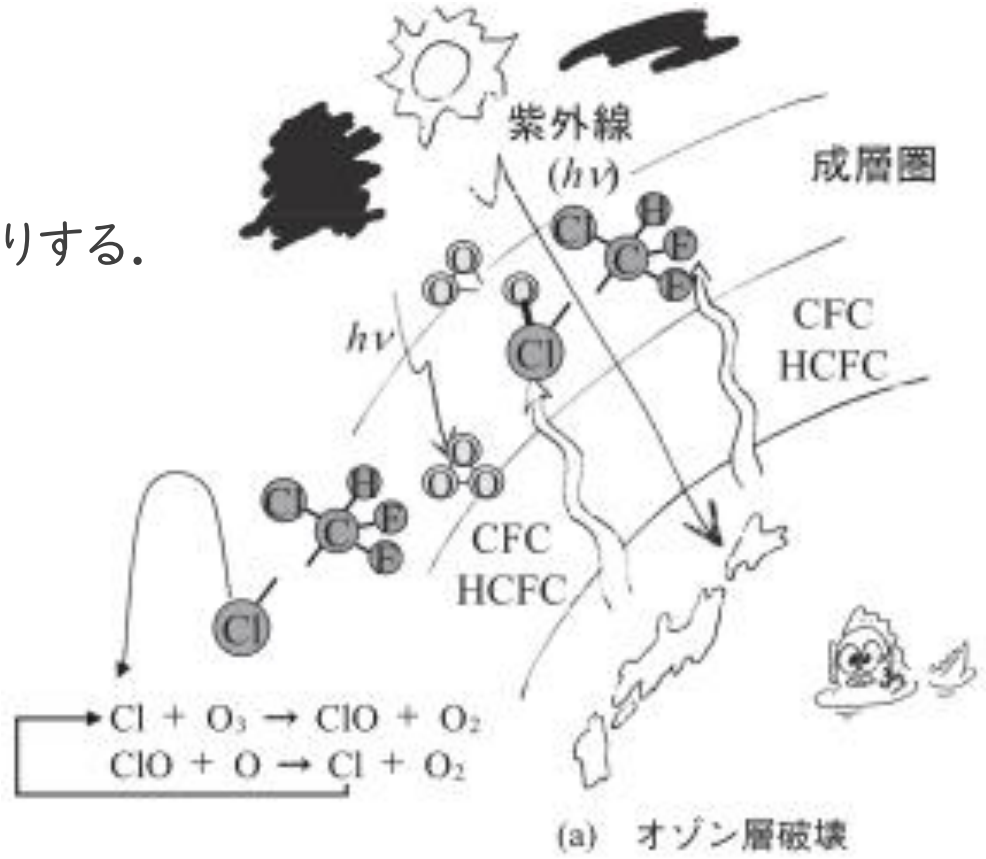
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 冷媒と地球環境

1 オゾン層破壊

- オゾン層破壊の影響
  オゾン層で吸収されていた紫外線が地表に到達し，
  皮膚の炎症や皮膚ガンの原因となったり，プランクトンの
  生残率や植物の光合成などの生態系に影響を及ぼしたりする．

- 代替冷媒
  塩素原子を含まないふっ素系冷媒
  オゾン層保護の観点から，冷凍・空調用に使用されて
  いるが，地球温暖化係数（GWP)の高いものが多い．



(a) オゾン層破壊

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

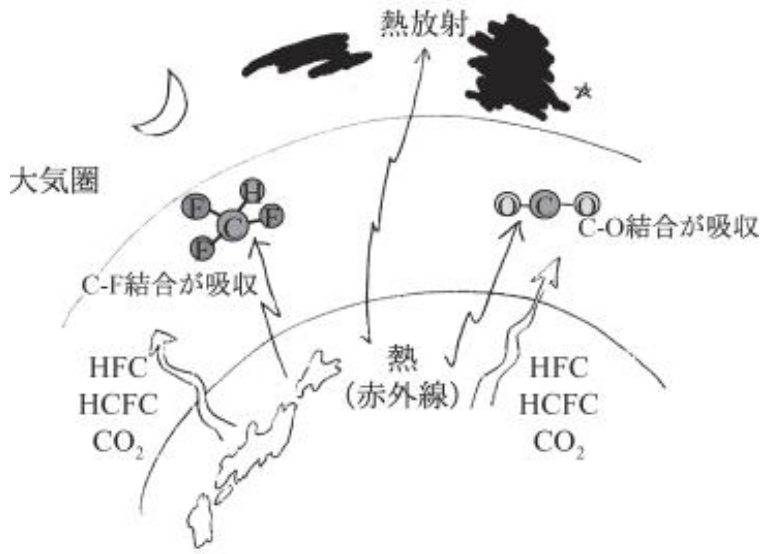
2. 冷媒と地球環境

2 地球温暖化

- 地球の熱平衡
  地球は太陽からの可視光による放射エネルギーを受け，
  地表や大気の熱が赤外線として宇宙へ放出されることで，
  熱平衡が保たれている．

- 温室効果
  大気中に放出された二酸化炭素やふっ素系冷媒によって
  赤外線が吸収され，地球表面から外に向けた赤外線が熱として
  大気に蓄積する．この様な作用を温室効果といい，
  大気温度を上昇させる地球規模の環境問題となっている．

- 地球温暖化係数GWP（Global Warming Potential）
  二酸化炭素が地球温度を上昇させる影響を基準として，
  大気圏における各気体の影響を表したものを地球温暖化係数
  GWP（Global Warming Potential）と呼ぶ．



(b) 地球温暖化
大気圏外に放出されていた熱（赤外線）が地球に蓄えられる

図 5.1 ふっ素系冷媒と地球環境問題

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 冷媒と地球環境

- ふっ素系冷媒のGWP
  ふっ素系冷媒では，低 GWPの地球環境保護と，不燃性でかつ毒性が少ないという安全性とは，相反する関係にある．
  - 分子中における水素原子の割合が大きい場合には GWPは低くなるが，燃焼性が強くなる．
  - ふっ素原子の割合が小さくなれば，寿命が短くなるので GWP は低くなるが，
    大気中での安定性が低くなる．

    （例） 炭素を2個有するふっ素系冷媒のうちR152aは，ふっ素原子が2個と少なくて
    水素原子が4個あるので，大気寿命が短く，かつ GWP も低いが，燃焼性を有する．
    R125は5個のふっ素原子を含むため，比較的 GWP が高いが，
    その反面，燃焼性が低くて消火性を有するという長所もある．
  - 分子中の塩素原子の割合が大きいと，GWP は低くなり，かつ機構部の潤滑性が
    優れるようになるが，しかしその半面，ODP は増加し，さらに毒性が強くなる傾向にある．

    （例） R123のように塩素原子が多くなると，毒性を有するようになる．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 冷媒と地球環境

- 自然冷媒のGWP
  自然冷媒のGWPは低いが，現在使用されている自然冷媒の多くは燃焼性と毒性について問題を有する．

  （例） アンモニアは大気中の水滴に溶解し，雨となって地上に落下するので，GWP はゼロとなる．
  しかし，アンモニア単体では強い毒性を有し，そして，弱い燃焼性を持つ．
  炭化水素類のGWP は約3と低いが，燃焼性が強い．

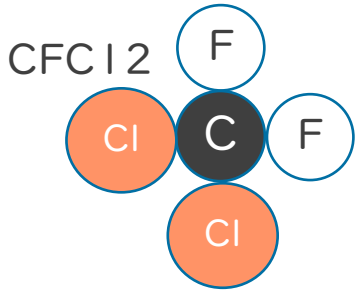
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

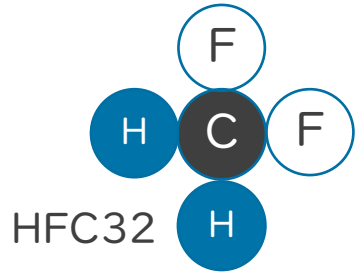
3. 冷媒の種類と呼び方

1 冷媒の種類

炭素ーふっ素の原子結合を持つ有機化合物をフルオロカーボンと総称する

- クロロフルオロカーボン CFC（Chloro fluoro carbon）
  炭素，ふっ素，塩素からなるフルオロカーボン
- ハイドロクロロフルオロカーボン HCFC（Hydro chloro fluoro carbon）
  炭素，ふっ素，塩素，水素を含むもの．水素を含むフルオロカーボンは
  大気中での寿命が短く，成層圏まで届きにくいので，
  HCFC 系冷媒の ODP は CFC 系冷媒よりも小さい
- ハイドロフルオロカーボン HFC（Hydro fluoro carbon）
  塩素を含まない HFC 系冷媒はオゾンを破壊しないので，
  オゾン層破壊係数ODP（Ozone Depleting Potential）はゼロ
  - ✓ ハイドロフルオロエーテル HFE（Hydro fluoro ether）
  - ✓ ハイドロフルオロオレフィン HFO（Hydro fluoro olefin）





Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 冷媒の種類と呼び方

- 非ふっ素系冷媒
  - ✓ 炭化水素類（プロパン，ブタン）HC（Hydro carbon）
  - ✓ アンモニア NH_3（Ammonia）
  - ✓ 二酸化炭素 CO_2（Carbon dioxide）
  - ✓ 水 H_2O（Water）
  - ✓ 空気 Air
  - ✓ その他（ヘリウム，エーテル，二酸化硫黄，メチルクロライドなど）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 冷媒の種類と呼び方

- 混合冷媒：複数の単成分冷媒（単一成分冷媒，純冷媒とも呼ぶ）を混合したもの

✓ 非共沸混合冷媒
沸点差の大きな冷媒同士を混合すると，二相域（気体と液体の両方が存在する状態，気液平衡状態）では，気相（気体状態）中と液相（液体状態）中の成分比が異なる．

気相中：低沸点冷媒の成分が多い
液相中：高沸点冷媒の成分が多い

非共沸混合冷媒を二相域で相変化させると，圧力一定（等圧過程）のもとでも温度変化が生じる．

蒸発し始める温度（沸点）＜蒸発終了時の温度（露点）

相変化の間に生じる温度変化幅を温度勾配（temperature glide）と呼ぶ
沸点と露点との差が0.2～0.3K程度と小さい非共沸混合冷媒は，擬似共沸混合冷媒と呼ばれる．

✓ 共沸混合冷媒
混合冷媒でも，ある成分比で気相と液相の成分比が等しくなるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

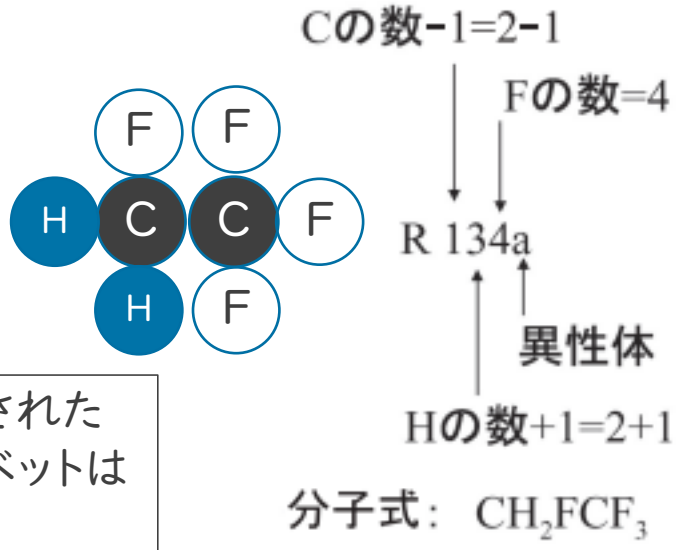
3. 冷媒の種類と呼び方

2 冷媒の記号

米国のASHRAE（American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 米国暖房冷凍空調学会）34規格, ISO（国際規格）817により冷媒番号が決定されている.

- 冷媒番号
  - 百の位：炭素原子数－1
  - 十の位：水素原子数＋1
  - 一の位：ふっ素原子数
  - 千の位：二重結合の数または環状化合物（数字の代わりにC）
  - 番号の後の小文字のアルファベット：単成分冷媒の異性体
  - 400番台：非共沸混合冷媒
  - 500番台：共沸混合冷媒
  - 600番台：その他の有機化合物
  - 700番台：無機化合物. 下二桁は分子量

下二桁はASHRAE34規格で認定された順番番号の後の大文字のアルファベットは成分比の違い



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 冷媒に要求される性質

- 冷媒に要求される性質
  - a．毒性・燃焼性が低く，安全性に優れること
  - b．地球環境や周囲の環境を破壊しないこと
  - c．化学的に安定であること
  - d．適度な沸点をもつこと
  - e．経済性，入手性に優れること
- サイクル特性として要求される性質
  - f．単位体積当たりの冷凍能力（体積能力）が大きいこと
  - g．理論成績係数が高いこと
  - h．圧縮機吐出しガス温度が圧縮機・冷凍機油の使用温度範囲内であること
  - i．伝熱特性に優れること
  - j．圧力損失が小さいこと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 冷媒の熱力学的性質とサイクル特性

1 冷媒の沸点

標準大気圧において相変化が生じる温度．標準沸点または単に沸点という．

一般に分子量が大きくなるにしたがい沸点は高くなる傾向

ふっ素系冷媒は炭素原子とふっ素原子が強い結合エネルギーを有することにより，
同じ分子量の非ふっ素系冷媒に比べて沸点が低い．

冷凍・空調用冷媒として実用化されている冷媒の沸点は−50℃～+25℃程度の範囲

2 温度と飽和圧力

温度と飽和圧力との関係は冷媒によって異なる

温度を T（絶対温度，K），飽和圧力を p_s（絶対圧力，MPa）とすると近似的に

$$\log p_s = a - b/T \qquad a,\ b：\text{各冷媒独自の係数}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 冷媒の熱力学的性質とサイクル特性

3 沸点の影響

- 沸点の低い冷媒群のサイクル性能

  同じ温度条件で比較するとサイクルの凝縮圧力および蒸発圧力が高くなる

  所定の冷凍能力を得るための圧縮機押しのけ量が小さくてすむ
  →同じ圧縮機押しのけ量に対する冷凍能力（体積能力と呼ぶ）が大きい

  低沸点になると理論成績係数が低くなる傾向にある.

- 沸点の低い冷媒の特徴

  蒸発温度が低いときでも低圧側の圧力が大気圧以下になる運転（負圧運転）になりにくい.

  蒸発温度が低い場合には，圧縮機吐出しガス温度が高くなるので，
  比熱比の小さい冷媒が適しているが，一般に低沸点冷媒の比熱比は大きいので注意が必要.

  低沸点冷媒を用いると，サイクルにおける高圧/低圧の圧力比が小さくなり，
  圧縮機の効率が向上する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 冷媒の熱力学的性質とサイクル特性

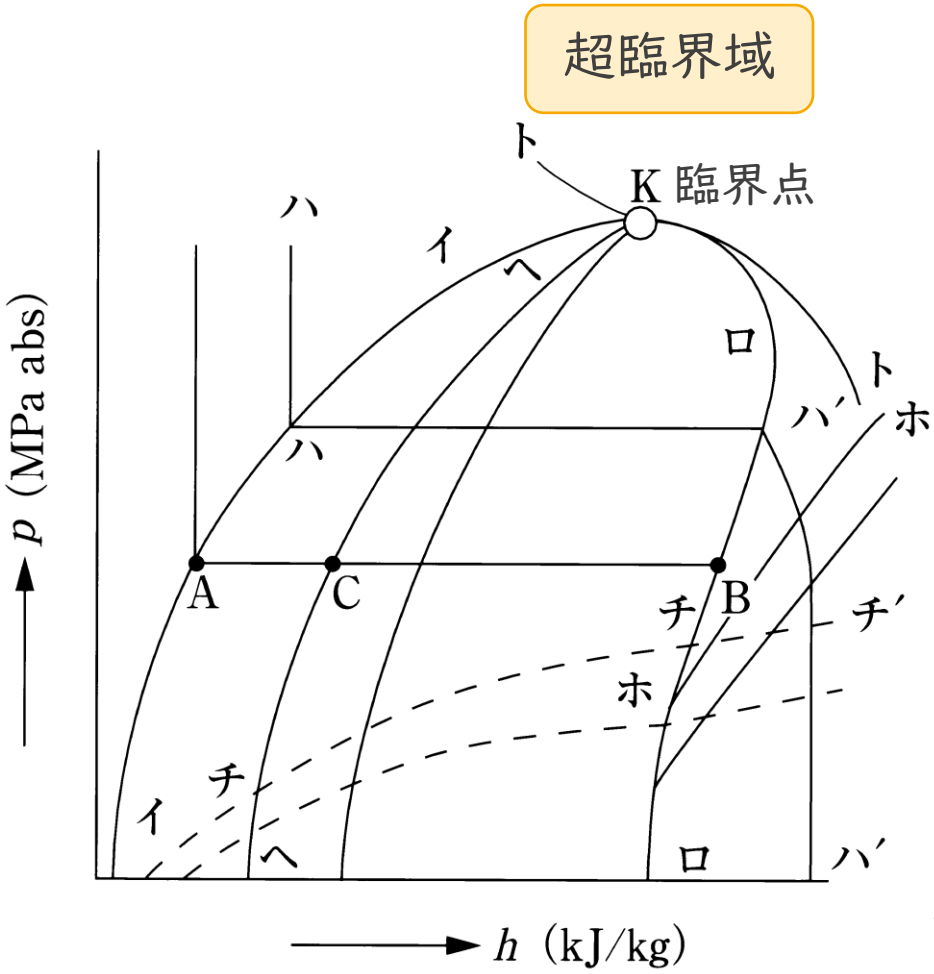
4 臨界温度

臨界温度以上では，気体と液体の区別がなくなって相変化が生じない．

臨界温度以上（超臨界域）では顕熱のみとなり，潜熱は利用できなくなる．

蒸気圧縮式サイクルでは，一般的に潜熱を利用してするので，冷媒の臨界温度よりも低い温度で凝縮するようにしている．

二酸化炭素を冷媒として用いて大気に放熱する場合（放熱温度が31℃以上となる場合）には，放熱過程は等温にならない．（ヒートポンプ給湯機など）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 冷媒の熱力学的性質とサイクル特性

4 比熱比

定圧比熱cp と定容比熱cv との比, $\kappa = cp/cv$

比熱比の値が大きい冷媒は, 圧縮機の吐出しガス温度が高くなる.

比熱比と沸点の関係は概略反比例である.

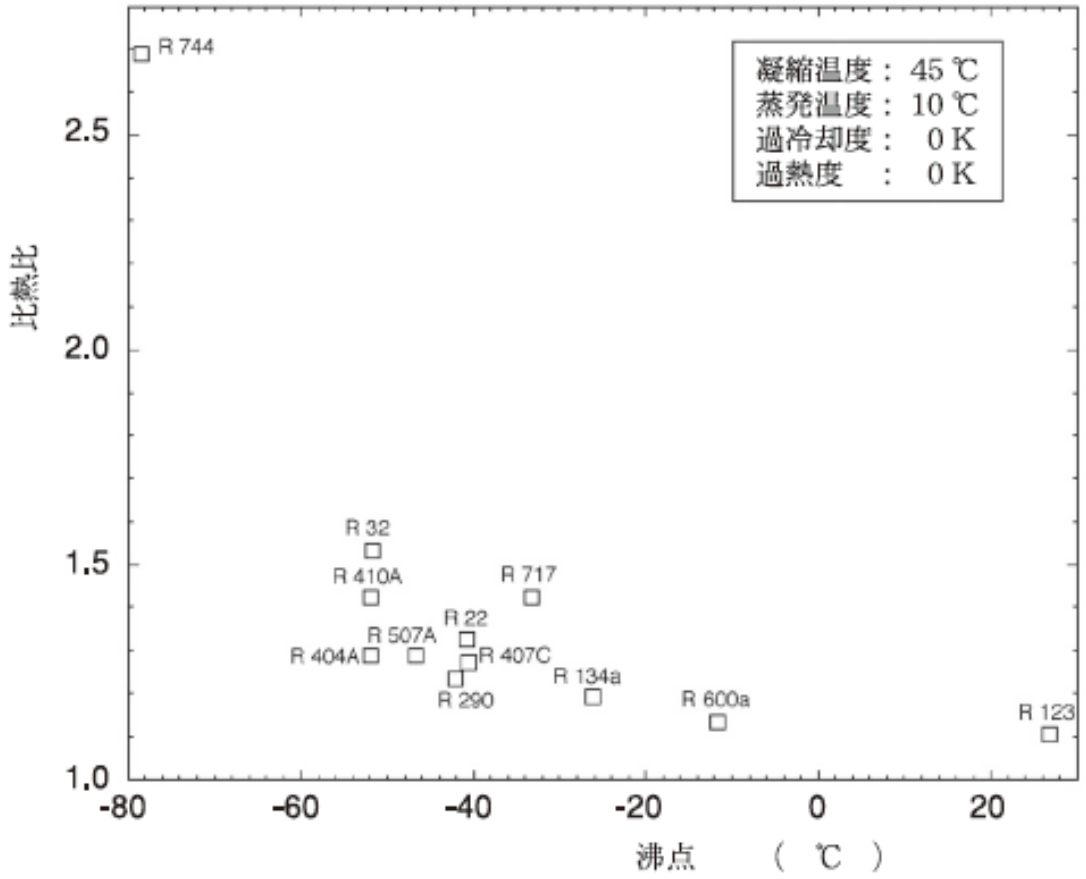


図 5.7 沸点と比熱比

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 冷媒の熱力学的性質とサイクル特性

6 体積能力

圧縮機の単位吸込み体積当たりの冷凍能力
沸点の低い冷媒の体積能力は大きくなる傾向にある.
この値を参照して圧縮機の大きさを決める.

- R123は体積能力が小さいため, 同じ冷凍能力を得るのに大きな吸込み体積を必要とする.
- 遠心圧縮機は吸込み体積が大きいとき効率がよいので, その冷媒として R123が利用される.

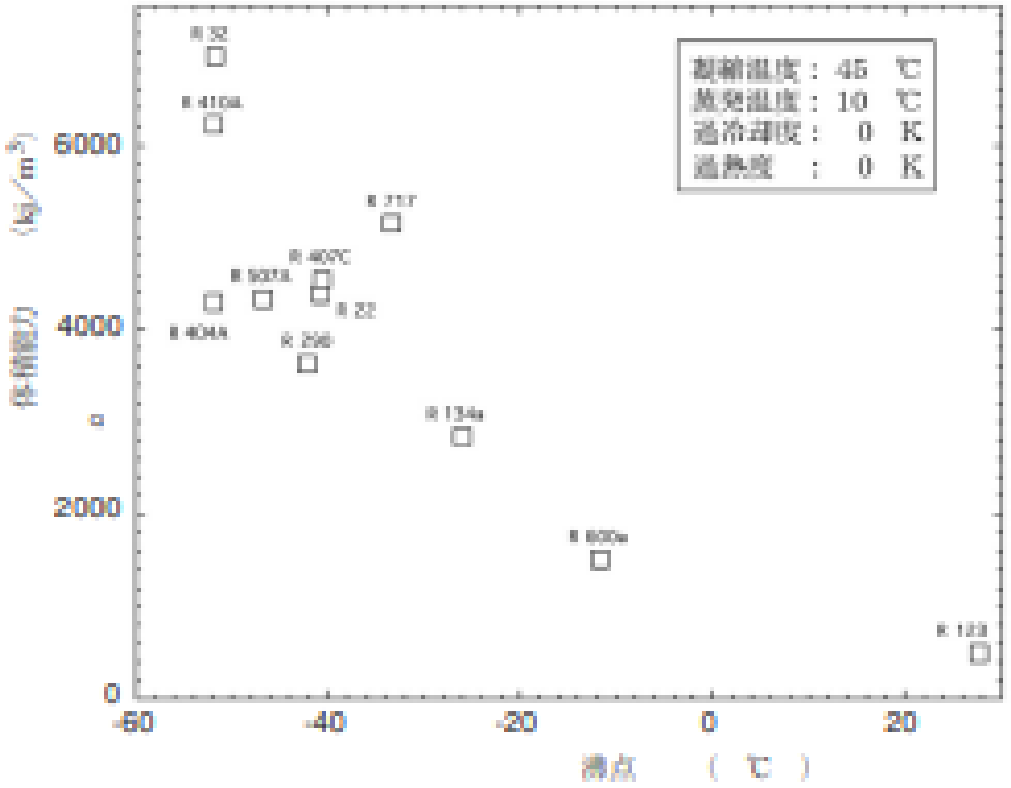


図 5.8 沸点と体積能力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

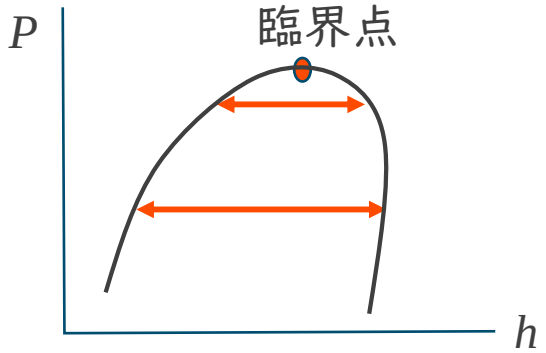
5. 冷媒の熱力学的性質とサイクル特性

7 理論成績係数

沸点が低い冷媒ほど理論成績係数は低下する傾向がある.

沸点が低いと臨界温度も低くなるので,
蒸発温度が臨界温度に近づくにつれて飽和液と
飽和蒸気との比エンタルピー差が小さくなり,
その結果, 蒸発潜熱が小さくなって冷凍効果が
減少するため.

沸点が低い冷媒ほど体積能力が大きくなり,
圧縮機の必要押しのけ量や冷媒の圧力損失が小さくなる.



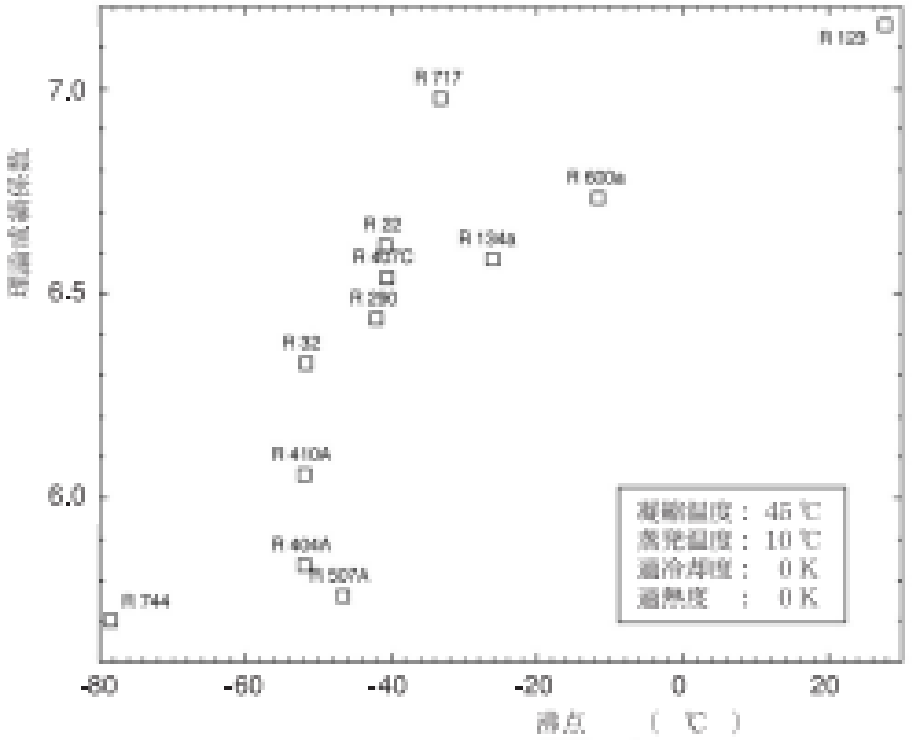


図 5.9 沸点と理論成績係数

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 冷媒の熱力学的性質とサイクル特性

9 非ふっ素系冷媒のサイクル特性

- アンモニア
  強い毒性と微燃性を有する欠点はあるものの，体積能力が大きく，かつ理論成績係数も高く，
  低圧蒸気配管での圧力損失も R22と比較して小さいという優れたサイクル特性を備えている
- プロパン，イソブタン
  ODP がゼロで，かつ GWP が低い．
  日本ではイソブタンが家庭用電気冷蔵庫に多用されている．
  圧力損失がやや大きく，可燃性を有する
- 二酸化炭素
  不燃で，アンモニアに比べると毒性が弱い．
  理論成績係数は低く，臨界温度が31℃と低いため，超臨界域で冷却される場合がある（放熱）．
  圧力比や圧力損失が小さいことや，GWP が低いことなどから日本ではヒートポンプ式給湯機に，
  欧州ではショーケースなどの業務用冷凍機に用いられるようになっている．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 冷媒の諸特性

1 化学的安定性

冷凍装置の内部で分解したり，他の物質と結合して異物を作ったりしないように，
化学的に安定であることが望ましい．

実際の冷凍装置内では冷媒は冷凍機油や微量の水分，金属などと接触しているので，
冷媒だけの場合より安定性が低下し，高温になると分解しやすくなる．

→ 圧縮機吐出しガス温度が高くならないように注意する．

塩素を含まないHFC 系冷媒は，塩素を含むHCFC 系冷媒よりも冷媒自体の熱安定性が高い．

ただし，火炎や高温にさらされると，ふっ素系冷媒は熱分解や化学変化を起こして有毒なガスを
発生するので，火気や高温に注意する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 冷媒の諸特性

2 毒性

- ふっ素系冷媒　：毒性は弱いものの，大量の冷媒が空気中に含まれると，酸素欠乏による窒息事故や麻酔事故を起こす．
- アンモニア　　：毒性があり，0.1vol%（容積分率）のガス吸引で危険症状，0.25vol%以上では短時間で死亡に至る．液体状のアンモニアが飛散し，体に付着した場合も危険である．目に入った場合には，失明に至る可能性が高い．
- 二酸化炭素　　：吸気中に多く含まれると，濃度8vol%で昏睡状態などの危険症状になり，20vol%以上になると短時間で死亡に至る．

3 金属材料への影響

- ふっ素系冷媒では，2% を超えるマグネシウムを含むアルミニウム合金が使用できない．
- アンモニアを冷媒として使用する冷凍機器には，アンモニアが銅および銅合金を腐食するので，ごく一部分の部品を除いて銅および銅合金は使用できない．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 冷媒の諸特性

6 水分による影響

冷媒と水とを混合させると，冷媒の沸点が上昇して氷点（凝固点）は降下する．

- ふっ素系冷媒
  水分溶解度はアンモニアに比べて小さい．
  冷媒に水分が混入すると，冷媒が加水分解を起こして塩酸やふっ化水素（HF）が発生し，
  腐食の原因になったり，冷凍機油が加水分解して劣化したりする．
  溶解度以上に混入すると，水分が遊離し水滴となる．低温条件では，この水分が氷結し，
  膨張弁やキャピラリチューブを詰らせる
- アンモニア
  蒸発器内のアンモニア液に水分が溶け込むと，同じ蒸発温度で平衡になる蒸気圧が下がり，
  圧縮機の吸込み蒸気における比体積が増大して，冷凍能力は低下する．
  アンモニアと水分とが溶解して凝固点が下がるので，0℃より低くなってもアンモニア水の中の水分は
  凍結しにくくなり，膨張弁やキャピラリチューブで氷結による閉塞は起こらない
  アンモニア中に水分が混入すると，水分が冷凍機油を乳化させる場合がある．銅やアルミ，
  亜鉛メッキなどの金属材料は，アンモニア水によって腐食するので，水分の混入は極力避ける．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. 冷凍機油

1 冷凍機油の使用目的

冷凍・空調用の圧縮機に使用される潤滑油を冷凍機油と呼ぶ.

- 冷凍機油の役割

  圧縮機の軸受, シリンダとピストンとの間隙などの摺動部の摩擦・磨耗を低減する潤滑作用

  摩擦によって発生する熱（摩擦熱）を除去する冷却作用

  軸受やピストンリングなどでのシールを行う密閉作用

  防錆作用（酸化抑制）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. 冷凍機油

- 冷凍機油に要求される性質
  - a. 適度な粘性があること
  - b. 凝固点が低くて運転条件における低温で十分な流動性があること
  - c. 熱安定性に優れること
  - d. 水分, 酸分, 硫黄分を含まないこと
  - e. 酸化されにくいこと（酸化抑制剤の混合）
  - f. 絶縁材, シール材との適合性に優れること
  - g. 低温運転条件でワックスを発生しないこと
  - h. 冷媒と反応しないこと
  - i. 電気絶縁性に優れること（密閉式圧縮機の場合）
  - j. 温度による粘性の変化ができるだけ小さいこと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. 冷凍機油

2 冷凍機油の種類

冷凍機油は冷媒と共に冷凍サイクルを循環することが多いので，相互溶解性（相溶性）が重要

冷凍機油は高温になると冷媒に溶解するが，冷凍機油と冷媒の組合せによっては，
低温下で冷凍機油と冷媒が分離する（二層分離）．
→ 圧縮機の潤滑不良の原因になる．

- HCFC 系冷媒
  ナフテン系鉱油，アルキルベンゼン系鉱油，パラフィン系鉱油と
  アルキルベンゼン系鉱油の混合油などを使用する．
- HFC 系冷媒
  炭化水素系冷凍機油には溶解しない．
  相溶性のあるポリアルキレングリコール（PAG）油，
  ポリオールエステル（POE）油，カーボネート油，
  ポリビニルエーテル（PVE）油などの合成油を用いる．

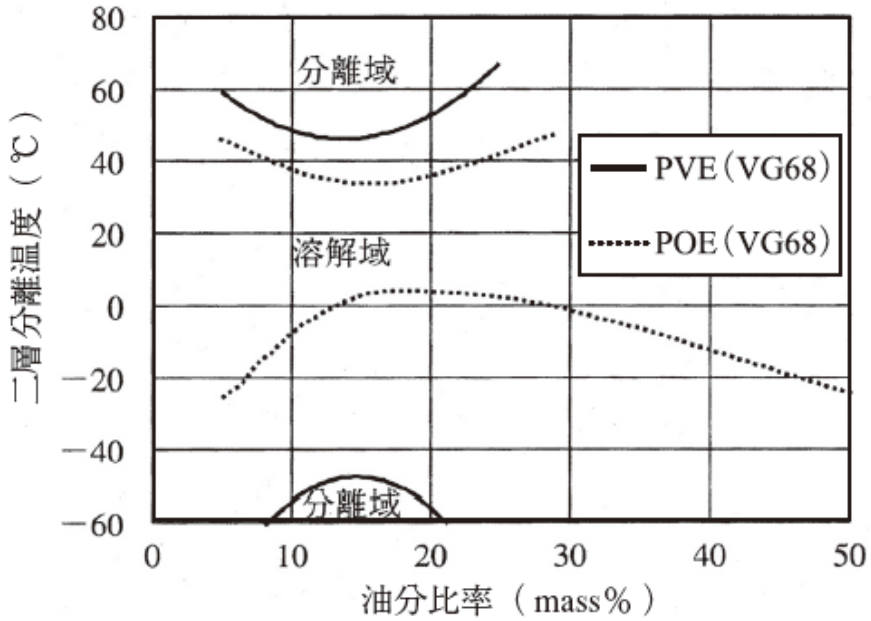


図5.12　R 410AとPVE，POEの二層分離温度線図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. 冷凍機油

3 冷凍機油と冷媒の関係

- ふっ素系冷媒
  一般に冷媒と相溶性がある鉱油あるいは合成油を選ぶ.
  鉱油とHFC 系冷媒の組合せでは,
  ほとんどの領域で溶解性が小さいので分離する
  エーテル油(合成油)と HFC 系冷媒の組合せでは
  広い領域で溶解する.
  圧力が高いほど,また,温度が低いほど溶解度は大きくなる.
- アンモニア
  冷凍装置として通常使用されている鉱油とは相互に溶解しにくい.
  アンモニア液は冷凍機油よりも軽いことから,
  冷凍機油は受液器などの底部に溜まる.
  このため,アンモニア冷凍装置からの冷凍機油抜きは
  容器の底部から行う.

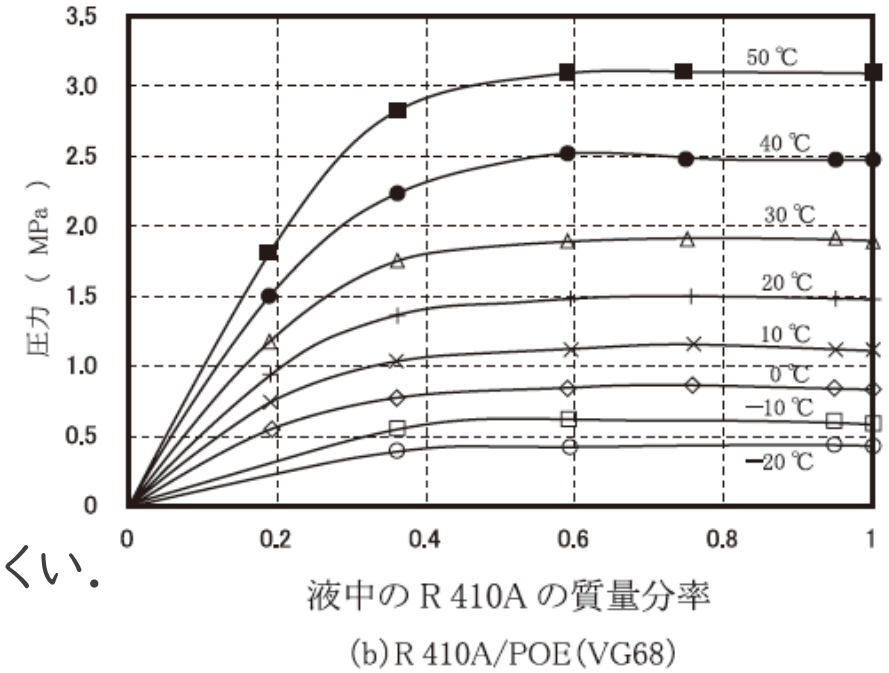


図 5.13 冷凍機油の R 134a および R 410A の平衡線図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9. 無機ブライン

- ブライン
  一般に，凍結点が 0℃ よりも低い液体で，その顕熱を利用して物を冷却する媒体
  無機質のブラインを無機ブラインという．
- 要求されるブラインの性質
  a．比熱，熱伝導率が大きいこと
  b．粘性係数が小さく，凍結温度が低いこと
  c．沸点が高く，不燃であること
  d．熱安定性が高く，金属，樹脂，塗料などに対して影響を及ぼさないこと
  e．毒性，悪臭がないこと
  f．入手が容易であること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9. 無機ブライン

1 塩化カルシウムブライン

塩化カルシウムブラインは塩化カルシウムを水に溶かした水溶液

製氷, 冷凍, 工業用として古くから使用されてきた.

塩化カルシウムブラインの凍結点の最低値（共晶点）は塩化カルシウムの濃度が29.9mass%のときで, −55℃であり, ブラインとしての実用温度は−40℃ぐらいまでである.

2 塩化ナトリウムブライン

塩化ナトリウム（食塩）水溶液をブラインとして使用

食品に塩化ナトリウムブラインを直接噴霧して凍結させる食品冷凍方法がある.

塩化ナトリウムブラインの共晶温度は塩分濃度が23.3mass%のときで−21℃であり, ブラインとしては−15℃ぐらいまでで実用されている.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.有機ブライン

- 有機ブライン

  エチレングリコール水溶液，プロピレングリコール水溶液，アルコール系水溶液，
  フルオロカーボン系，シリコン系，グリセリン系等が使われる．

  - 腐食抑制剤を加えた有機ブラインは，金属に対する腐食性が殆どない．
  - アルコール系ブライン，フルオロカーボン系は引火の危険に加えて，低沸点などの欠点を有する．
  - プロピレングリコールブラインは人体に殆んど無害であることから，
    食品の冷却用として使用されている．
  - 使用温度は−30℃ぐらいまで使用される．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6 熱交換

1 熱の移動

物体内部あるいは物体間に温度差があると，高温側から低温側へと熱エネルギーが移動して，
常に，これらは温度差がない状態になろうとする．

このような熱移動現象を伝熱という．その移動形態は一般に次の三つの形式に分類される．

- 熱の移動形態
  - ✓ 熱伝導　　：物体を通してその内部の分子や電子によって 熱エネルギーが伝わる移動現象
  - ✓ 対流熱伝達　：固体壁面と流動流体との間の熱移動
  - ✓ 放射伝熱　　：物体間を電磁波の形で内部エネルギーを相互にやりとりし，
    それらのエネルギーの差し引きの形で行われる熱交換

※ 冷凍・空調装置で取り扱う熱移動現象は，主として熱伝導と対流熱伝達

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 熱の移動

1 熱伝導

物体内を熱伝導によって熱が伝わるとき，その伝わりやすさは物質によって異なる．

- 熱流束（kW／m^2）
  単位面積（m^2），単位時間（s）に伝わる熱量（kW）

  物体の温度を t(℃)とおくと，熱流束ϕは熱が流れる方向（x方向）の温度勾配$\frac{dt}{dx}$ (K/m)に比例する（フーリエの法則）

$$\phi = -\lambda\left(\frac{dt}{dx}\right) \quad (\mathrm{kW/m^2}) \qquad (6.1)$$

  λ：熱伝導率[kW/(m・K)]．熱伝導の良否を表す

  式(6.1)の右辺の負の符号は，熱が流れる方向（x方向）に温度勾配が常に負となるから，x方向の熱流束を正に表すために付けている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 熱の移動

- 様々な物質の熱伝導率
  金属は熱をよく伝える
  断熱材は熱伝導率が小さい
  水に比べて，空気や冷媒の熱伝導率は低い
  伝熱管への付着物の熱伝導率は銅やアルミニウムの熱伝導率に比べて小さく，大きな熱抵抗となる．

表 6.1　熱伝導率

物　質		熱伝導率 λ W/(m·K)
鉄鋼		35 ～58
銅		370
アルミニウム		230
壁防熱材料	木材	0.09 ～0.15
	鉄筋コンクリート	0.81 ～1.4
	炭化コルク板	0.035～0.052
	ポリウレタンフォーム	0.023～0.035
	フォームポリスチレン	0.035～0.041
	グラスウール	0.035～0.046
空気		0.023
水		0.59
氷		2.2
R 134a(液)		0.093
R 134a(気)		0.014
伝熱管への付着物	水あか	0.93
	油膜	0.14
	新しい雪層	0.10
	古い雪層	0.49

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 熱の移動

- 厚さδ(m)，熱伝導率λ[kW/(m・K)]の均質な平板において，
板内の温度分布が時間的に変わらず，熱が一方向（x方向）のみに流れる場合
（一次元の定常熱伝導）

温度分布は直線となる　→　温度勾配 $\frac{dt}{dx}$ は $\frac{t_2-t_1}{\delta}$ (K/m)

伝熱量Φ(kW)

$$\Phi = \lambda A \frac{t_1 - t_2}{\delta} \ (\mathrm{kW}) \qquad (6.2)$$

A：平板の伝熱面積（m^2）

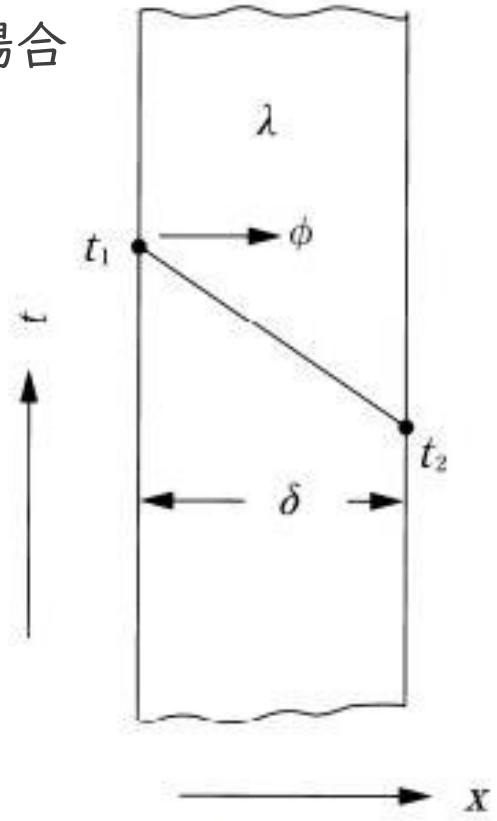


図 6.1　熱伝導（平板）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 熱の移動

6.1.2 熱伝達

- 対流熱伝達：固体壁面と流動流体との間の熱移動

  強制対流熱伝達　：ポンプ，送風機などによる強制的な流れ場における熱移動
  自然対流熱伝達　：流体内の温度差による密度差から発生する流れ場における熱移動
  凝縮熱伝達　　：気相から液相へと相変化をともなう熱移動
  沸騰熱伝達　　：液相から気相へと相変化をともなう熱移動

- 単位時間当たりに伝わる伝熱量Φ(kW)

  伝熱面積A (m^2)，伝熱壁面温度t_w(℃)と周囲流体温度t_r(℃)との温度差$(t_\mathrm{w}-t_\mathrm{r})$ (K)に比例する（ニュートンの冷却則という）

  $$\Phi = \alpha A(t_\mathrm{w}-t_\mathrm{r}) \ \ (\mathrm{kW}) \qquad (6.5)$$

  α：熱伝達率 $[\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}]$

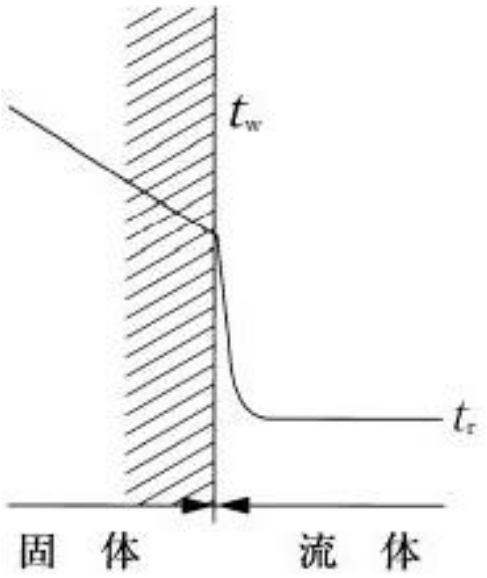


図 6.3　熱伝達

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 平板壁で隔てられた流体間の熱交換と熱抗抗

- 熱通過 ：固体壁を介して一方の流体から他方の流体への伝熱
  温度t_{f1}(℃) の高温側流体Ⅰから温度t_{f2}(℃)の低温側流体Ⅱへ, 厚さδ(m), 熱伝導率λ[kW/(m・K)] , 伝熱面積A (m^2) の固体壁を通して定常状態のもとで熱が伝えられる

	伝熱量Φ(kW)	→	温度差(K)
・流体Ⅰ側壁面	$\Phi = \alpha_1 A(t_{f1}-t_{w1})$ (6.8)		$(t_{f1}-t_{w1}) = \Phi(\frac{1}{\alpha_1 A})$ (6.11)
・固体壁熱伝導	$\Phi = \lambda A \frac{t_{w1}-t_{w2}}{\delta}$ (6.9)		$(t_{w1}-t_{w2}) = \Phi(\frac{\delta}{\lambda A})$ (6.12)
・流体Ⅱ側壁面	$\Phi = \alpha_2 A(t_{w2}-t_{f2})$ (6.10)		$(t_{w2}-t_{f2}) = \Phi(\frac{1}{\alpha_2 A})$ (6.13)

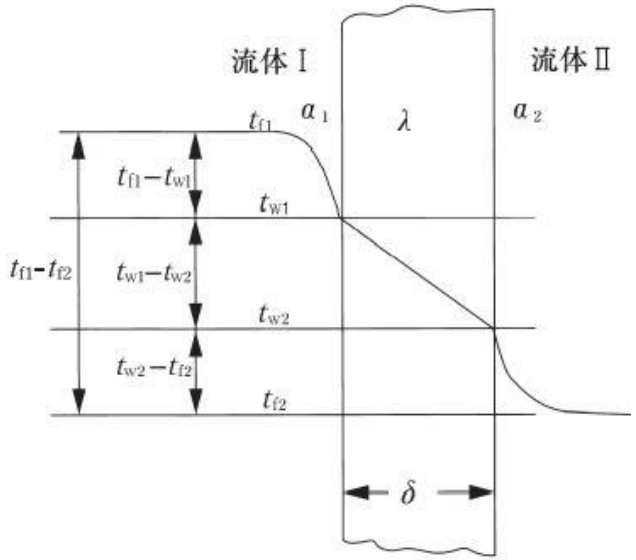


図 6.5 熱通過

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 平板壁で隔てられた流体間の熱交換と熱抵抗

- 電気のオームの法則($V = IR$)と同様に考えると
  伝熱量Φ(kW) → 電流(I)
  温度差Δt(K) → 電位差(V)
  式(6.11)~(6.13) の右辺の( )内 → 電気抵抗(R)に相当

  $\frac{1}{\alpha_1 A}$ 及び $\frac{1}{\alpha_2 A}$:熱伝達抵抗(K/kW)

  $\frac{\delta}{\lambda A}$:熱伝導抵抗(K/kW)

- 式(6.11), (6.12)及び式(6.13)から流体Ⅰと流体Ⅱとの間の温度差$(t_{f1}-t_{f2})$ (K)を求めると

$$(t_{f1}-t_{f2}) = \Phi\left(\frac{1}{\alpha_1 A}+\frac{\delta}{\lambda A}+\frac{1}{\alpha_2 A}\right)\ (\mathrm{K}) \qquad (6.14)$$

伝熱量Φ(kW)

$$\Phi = KA(t_{f1}-t_{f2})\ (\mathrm{kW}) \qquad (6.15)$$

熱通過率K

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1}+\frac{\delta}{\lambda}+\frac{1}{\alpha_2}}\ [\mathrm{kW/(m^2\cdot K)}] \qquad (6.16)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 伝熱面積が内外で異なる壁面で隔てられた流体間の熱交換

平板壁で隔てられた流体間の熱交換において示された熱通過抵抗
　＝固体壁の高温側及び低温側の熱伝達抵抗＋固体壁の熱伝導抵抗
これらのうち，熱抵抗の値の大きいものが，熱通過に対して支配的なものとなる．
　⇒できるだけ小さくすることが必要である

＜凝縮器や蒸発器の冷却管＞

- 管材の熱伝導率の値は大きい
- 薄い金属壁である
  →冷却管の熱伝導抵抗は小さい
  →管内外面の熱伝達抵抗が主として伝熱量を支配する

⇒熱抵抗の大きい側の伝熱面にフィンを付けて伝熱面積を増大し，熱伝達抵抗の減少を図る

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 伝熱面積が内外で異なる壁面で隔てられた流体間の熱交換

- フィン効率η
  フィンの全表面がフィン根元温度に等しいと仮定したときの
  フィン部の伝熱量に対する，実際のフィンの伝熱量の比
- 拡大面有効伝熱面積
  フィンの表面積及び裸管外表面の面積をそれぞれ$A_f(\mathrm{m}^2)$及び
  $A_o(\mathrm{m}^2)$とすると，拡大面の有効伝熱面積はフィン効率を用いて
  $A_O + A_f\eta$
- 有効内外伝熱面積比 m

$$m = \frac{\text{拡大面有効伝熱面積}}{\text{平面壁伝熱面積}} = \frac{(A_O + A_f\eta)}{A} \quad (6.27)$$

※ 水冷凝縮器に用いる冷却管のローフィンチューブでは，m=3.5～4.2の値である．
一般に，冷却管の熱通過率の値は外表面伝熱面積を基準として，伝熱面積とともに表す

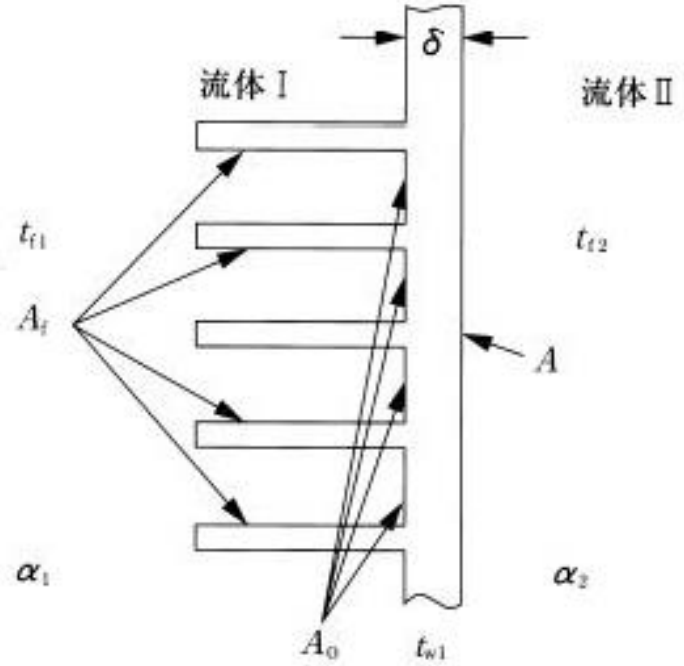


図 6.6 フィン付伝熱面

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 伝熱面積が内外で異なる壁面で隔てられた流体間の熱交換

- 汚れ係数 f

  実際の熱交換器では，伝熱面に水あかなどの汚れが付着し，
  熱伝導抵抗が増加する．
  この汚れの厚さをδ_s (m)，それの熱伝導率をλ_s[kW/(m・K)]とすると

  $$f = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (\mathrm{m^2 \cdot K/kW}) \quad (6.24)$$ ：汚れ係数

- 汚れが流体Ⅱ側の伝熱面に付着した場合

  熱通過抵抗に，汚れによる熱伝導抵抗 f/A (K/kW)を加えればよい
  伝熱面を拡大したフィン側の面積を基準とした熱通過率

  $$K_O = \frac{1}{\dfrac{1}{\alpha_1} + m\left(\dfrac{\delta}{\lambda} + \dfrac{1}{\alpha_2} + f\right)} \quad (\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}) \quad (6.26)$$

  ローフィンチューブの場合には，外面がフィンにより拡大されているので，
  外表面積基準の熱通過率式(6.26)を用いる．

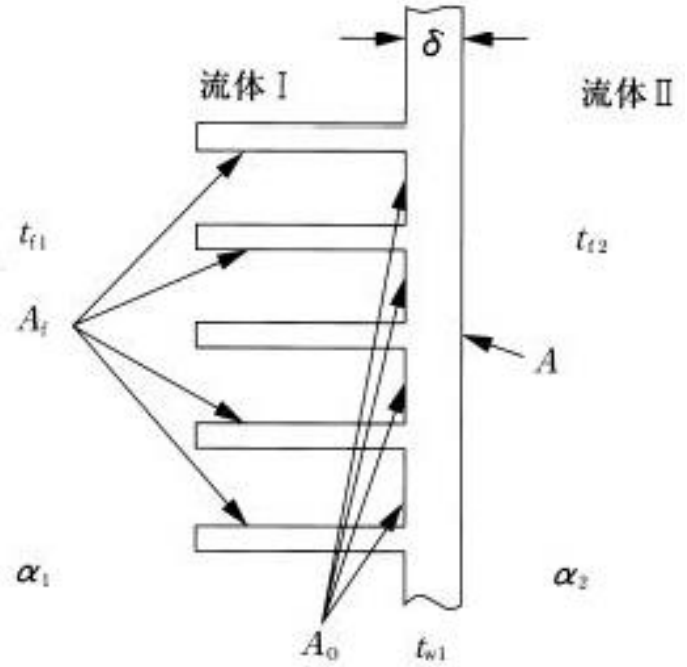


図 6.6 フィン付伝熱面

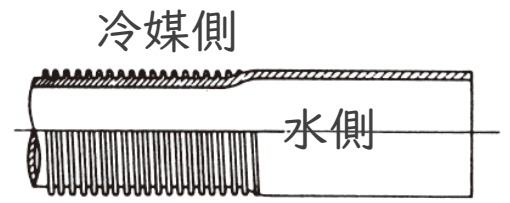


図 7.15 ローフィンチューブ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4 平均温度差

熱交換器内では，高温流体と低温流体の温度は熱交換により流れ方向に変化する

- 伝熱量 Φ(kW)

  $\Phi = KA\Delta t_{\mathrm{m}}$ (kW)　(6.28)

  K ：平均熱通過率 [kW/(m^2 · K)], A:伝熱面積 (m^2)

  Δt_{m} ：平均温度差 (K)

- 対数平均温度差

  流体の比熱を一定とすると，温度分布は指数関数の形となる

  $$\Delta t_{\mathrm{lm}} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \dfrac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad (\mathrm{K}) \quad (6.30)$$

- 算術平均温度差

  Δt_1とΔt_2の算術平均．流体の温度分布を直線と仮定．

  $$\Delta t_{\mathrm{m}} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} \quad (\mathrm{K}) \quad (6.31)$$

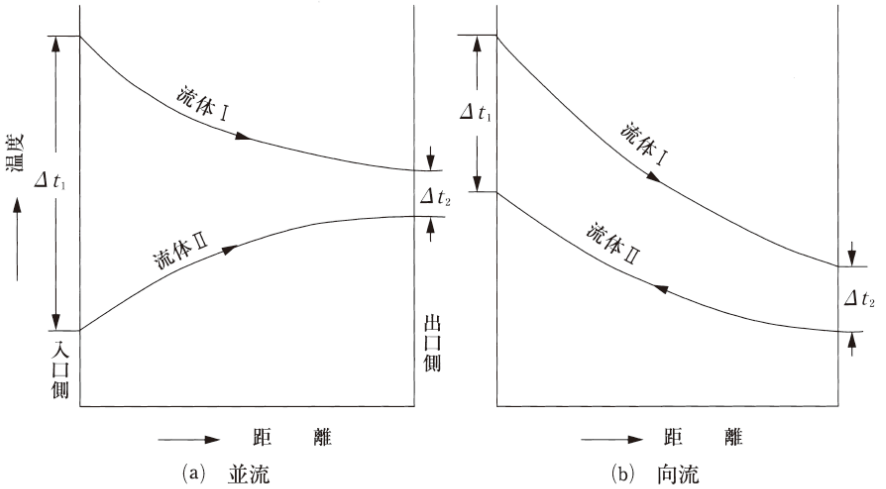


図 6.7　熱交換器内の流体の温度変化

Δt_1：高温流体入口における温度差
Δt_2：出口における温度差

←対数平均温度差を用いるべきであるが，
算術平均温度差を用いても誤差は少ない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 凝縮負荷，ヒートポンプの熱出力

- 凝縮負荷
  - 冷房や冷凍・冷蔵装置の場合には，凝縮器の冷却媒体である水や空気によって装置の外部に捨てられる熱となる
  - 暖房や温水加熱装置などのヒートポンプサイクルの場合には，水や空気を加熱するための出力となり，ヒートポンプ装置の加熱能力と呼ばれる
- 凝縮器の冷却形式
  - 空冷凝縮器

    大気の顕熱を利用して冷媒蒸気を冷却，液化しているため，夏は大気温度の影響を受けて凝縮温度が高くなり，圧縮機の軸動力が大きくなりやすい．また，空気側の熱伝達率が小さいので，熱交換器の寸法も大きくなる．

    保守が簡単であること，構造が簡単で，据え付けが容易であることなどの長所から，中・小形のフルオロカーボン冷凍装置には広く使用されている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 凝縮負荷，ヒートポンプの熱出力

- 水冷凝縮器

  冷却水の顕熱を利用して冷媒蒸気を凝縮している．一般に，冷却塔と組み合わせて使用する場合が多く，冷却水消費分を補給水として補給しながら循環使用する．冷却水の水質管理，腐食防止，水あかの除去などの保守作業が必要となる．

- 蒸発式凝縮器

  冷却管表面に散布した冷却水の蒸発潜熱を利用して冷媒蒸気を凝縮している．空冷式に比べて，熱通過率の値が大幅に向上しているので，凝縮温度を低くすることができる．

  ある程度伝熱面積を大きくし，凝縮温度が高くなり過ぎないようにして，アンモニア用凝縮器として利用されることが多い．

  冷却塔と同様に水質管理，水あかの除去などの保守が必要になる．特に，運転中に伝熱管の全面が水に濡れていることが必要である．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 空冷凝縮器

7.2.1 構造と伝熱作用

大部分がフルオロカーボン用凝縮器として使用される. 冷却管内を流れる冷媒蒸気を外面から大気で冷却して凝縮させる.

空気側の熱伝達率が冷媒側に比べて小さいので, これを補うために空気側にフィンを付けて, 冷却管の単位長さ当たりの伝熱面積を大幅に拡大している.

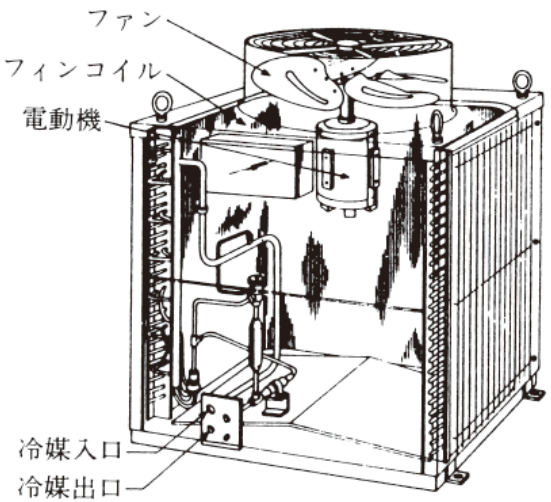


図 7.3　空冷凝縮器の構造

冷却管は, 管内面に微細ならせん状の溝加工を施した内面溝付き管を使用して, 冷媒側熱伝達率の向上を図っている.

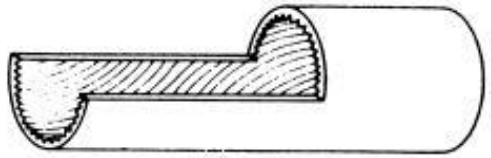


図 7.6　フィンコイル用冷却管

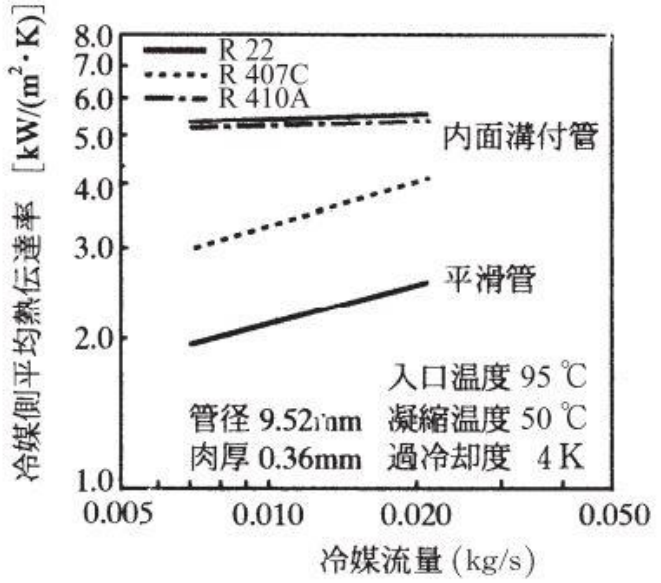


図 7.7　管内凝縮熱伝達率

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 空冷凝縮器

7.2.2 空冷凝縮器の性能

(1) 冷却用空気の温度上昇

冷却媒体である空気が凝縮熱を受け取り，空気温度が上昇する．

- 空気側から見た凝縮熱量（凝縮負荷）Φ_k (kW)

式(7.3)は水の場合も同様

$$\Phi_k = c_a q_{ma}(t_{a2} - t_{a1}) \ (\mathrm{kW}) \quad (7.3)$$

c_a ：冷却空気の比熱[1.0 kJ/(kg · K)]　　t_{a1}：冷却空気の入口温度 (℃)

q_{ma} ：冷却空気の質量流量 (kg/s)　　t_{a2}：冷却空気の出口温度 (℃)

ここで，

$q_{ma} = \rho_a q_{va}$ (kg/s)

ρ_a ：冷却空気の密度(約1.2kg/m^3)

q_{va}：冷却空気の体積流量 (m^3/s)

➡ $\Phi_k = c_a \rho_a q_{va}(t_{a2} - t_{a1})$ (kW)　(7.4)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 空冷凝縮器

(2) 空冷凝縮器における伝熱

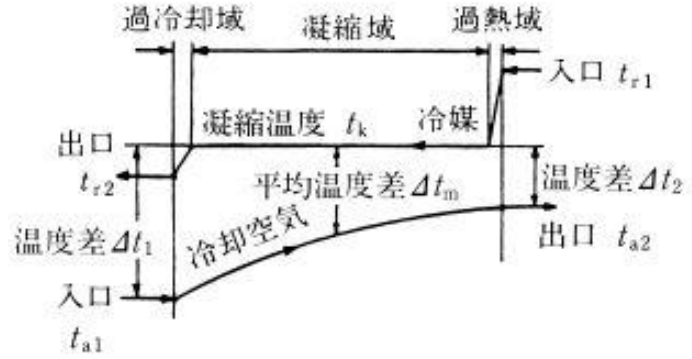
✓ 対数平均温度差を用いた場合

$$\Phi_k = KA\Delta t_{lm} = KA\frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \ (\mathrm{kW}) \quad (7.5)$$

✓ 算術平均温度差を用いた場合

$$\Phi_k = KA\Delta t_m = KA\frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = KA\left(t_k - \frac{\Delta t_{a1} + \Delta t_{a2}}{2}\right) \ (\mathrm{kW}) \quad (7.6)$$

Φ_k ：凝縮熱量(kW)
A ：凝縮器の伝熱面積(m^2)
K ：凝縮器の平均熱通過率[kW/(m^2・K)]
Δt_{lm}：対数平均温度差(K)
Δt_m ：算術平均温度差(K)
$\Delta t_1 = t_k - t_{a1}$ ：凝縮温度t_k(℃)と冷却空気入口温度t_{a1}(℃)との温度差(K)
$\Delta t_2 = t_k - t_{a2}$ ：凝縮温度t_k(℃)と冷却空気出口温度t_{a2}(℃)との温度差(K)



注) 冷媒入口部の過熱域での温度差と冷媒出口部の過冷却域での温度差は、影響も少なく、状態変化もあるので一般に無視する。

図 7.9 凝縮器中の温度分布

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 空冷凝縮器

(3) 凝縮温度の変化

式(7.6)を凝縮温度t_kで整理すると　$t_k = \frac{\Phi_k}{KA} + \frac{t_{a1}+t_{a2}}{2}$　(℃)　(7.7)

凝縮温度が上昇する要因

a. 凝縮熱量Φ_kが大きくなる	←	冷凍負荷の増大
b. 熱通過率Kが小さくなる	←	不凝縮ガスが冷媒中に混入 前面風速の低下 伝熱面の汚れ
c. 伝熱面積Aが小さくなる	←	冷媒液が凝縮器内に滞留
d. 冷却空気入口温度t_{a1}が高くなる	←	夏季の気温上昇 出口側冷却空気の吸い込み
e. 冷却空気出口温度t_{a2}が高くなる	←	冷却空気質量流量q_{ma}の減少

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 空冷凝縮器

(4) 伝熱作用

- 空冷凝縮器における平均熱通過率 K [kW/(m^2 · K)]
  冷却管材の熱伝導抵抗や汚れなどの項の影響は小さいので, これらを無視する

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{m}{\alpha_r}} \quad [\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}] \qquad (7.8)$$

K ：凝縮器の空気側(外表面)有効伝熱面積基準の
平均熱通過率 [kW/(m^2 · K)]

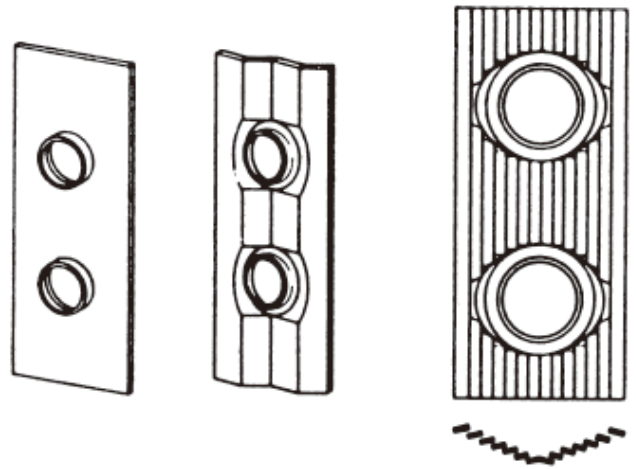
α_a ：空気側熱伝達率 [kW/(m^2 · K)]

α_r ：冷媒側熱伝達率 [kW/(m^2 · K)]

m ：有効内外伝熱面積比($= A_a/A_r$)

A_a ：空気側有効伝熱面積(m^2)

A_r ：冷媒側有効伝熱面積(m^2)



(a)　(b)　(c)

図 7.4　空冷凝縮器用フィンの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 水冷凝縮器

7.3.1 構造と伝熱作用

（1）横形シェルアンドチューブ凝縮器

横置きされた鋼板製の円筒胴内に多数の冷却管を配置したもので，冷却管はその両端を鋼製管板に拡管して圧着（あるいは溶接）されている．冷却水は冷却管の内側を流れる．

圧縮機からの冷媒蒸気は胴の上部から入り，冷却管の外表面で凝縮し，液滴の状態で落下して胴の下部に溜まる．冷媒の出口は，冷媒液のみが流出するように胴体の最底部に設けられている．

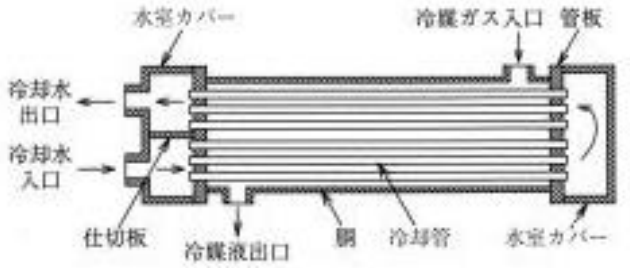
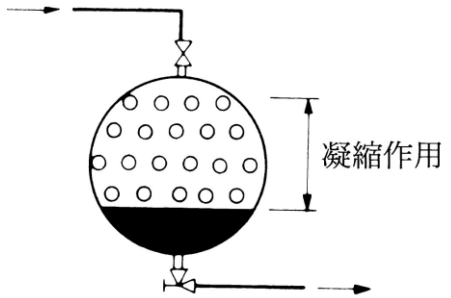


図 7.10　横形シェルアンドチューブ凝縮器

✓ コンデンサ・レシーバ（受液器兼用水冷凝縮器）

底部にある程度の冷媒液を溜め，冷却管群の最下部の数本をこの液の中に浸して過冷却を図るとともに，受液器の役目ももたせる

⇒冷媒の過充てんにより有効に凝縮に使われる冷却管の本数が減ると凝縮圧力が高くなる．



コンデンサレシーバは液だまり部の空間容積を増し受液器を兼用

P.201　図15.1

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 水冷凝縮器

(2) 二重管(ダブルチューブ)凝縮器

同心の二重管よりなり,冷媒蒸気は二つの管の隙間(環状部)を上から下へ流れ,冷却水は内側の冷却管内を下から上へ流れる.

冷却管は,冷媒側熱伝達向上のために,冷却管外面にワイヤフィンチューブなどを使用して,伝熱促進が図られている.

小容量の装置に使われる.

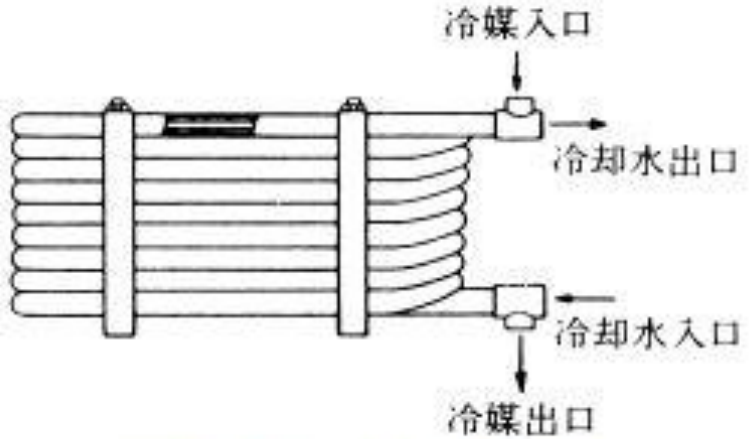


図 7.11 二重管凝縮器

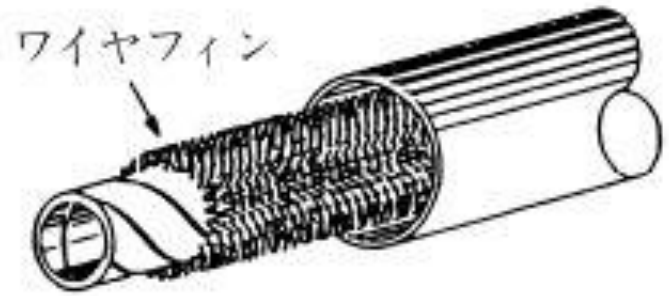


図 7.12 二重管凝縮器の冷却管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 水冷凝縮器

(3) 伝熱作用

熱通過率Kの値は，冷却水側伝熱面が水あかによって汚れることを考慮する

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\mathrm{r}}} + m\left(\frac{1}{\alpha_{\mathrm{w}}} + f\right)} \quad [\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}] \qquad (7.9)$$

K ：冷媒側のフィン付外表面積基準の熱通過率 $[\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}]$

α_{r} ：冷媒側熱伝達率 $[\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}]$

α_{w}：冷却水側熱伝達率 $[\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}]$

f ：冷却水側汚れ係数 $(\mathrm{m^2 \cdot K/kW})$

m ：有効内外伝熱面積比$(= A_w/A_{\mathrm{r}})$

A_{r} ：冷媒側有効伝熱面積$(\mathrm{m^2})$

A_{w}：冷却水側有効伝熱面積$(\mathrm{m^2})$

- 水冷凝縮器の冷却管の熱通過率はローフィチューブのフィンの付いた冷媒側の外表面面積を基準とする．
- 空冷凝縮器では，フィンの付いた空気側の外表面面積を基準とする．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 水冷凝縮器

7.3.2 ローフィンチューブの利用

水冷凝縮器の場合には，冷却管内を冷却水が流れ，管外面で冷媒蒸気が凝縮する．

冷却水側の熱伝達率が冷媒側のそれより大きいので，冷媒側にフィン加工して伝熱面積を拡大する工夫をしている．

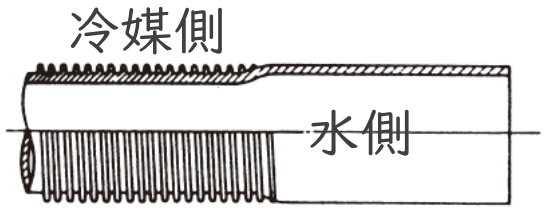


図 7.15　ローフィンチューブ

- ✓ フルオロカーボン用の冷却管：主として銅管が使用される．
- ✓ アンモニア用：
  銅系材料が腐食されることと，冷媒側の熱伝達率がフルオロカーボンに比べ大きいことからフィンのない鋼管の裸管が使用されてきたが，近年小形化のために鋼管のローフィンチューブを使用するようになった．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 水冷凝縮器

7.3.3 パス数と管内水速

＜横形シェルアンドチューブ凝縮器＞

冷却管内の冷却水の流速を適切な範囲に保ち，水側の熱伝達率を確保するため，
管板の外側に取り付けた水室に冷却水通路の仕切りを設置

- 多通路式（マルチパス式）

  前方水室の下部入口から入った冷却水は，同じ前方水室上部の出口に至る間に冷却管内を数回往復

  - 冷却水が一往復する場合　：2パス
  - 二往復する場合　　：4パス

- 冷却水の流速

  熱伝達率の面から見れば速いほうがよいが，冷却管の腐食や振動への配慮と冷却水の流れの抵抗によるポンプ動力の増大から，一般には1～3m/s の流速の範囲内になるように設計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 水冷凝縮器

7.3.4 ブレージングプレート凝縮器

近年，小形で高性能という特徴から，板状のステンレス製伝熱プレートを多数積層し，
これらをガスケットで密封したプレート式熱交換器が広く採用されている

- 構造

  板状のステンレス製伝熱プレートを多数積層し，
  これらをブレージング（ろう付け）によって密封することによって，
  冷媒の耐圧・気密性能を確保している．
  伝熱プレートは，ステンレスの薄板に凹凸の波形のパターンを
  プレス加工することによって伝熱性能を高めている．

- 特長

  小形高性能であり装置への冷媒充てん量が少なくてすむ．

  冷却水側のスケール付着や詰まり，応力集中による
  疲労割れなどに注意する必要がある

図 7.16　ブレージングプレート凝縮器の構造と外観

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8 蒸発器

1 蒸発器と圧縮機の能力適合化

冷凍サイクルとして，運転状態がバランスするためには，膨張弁から絞り膨張して蒸発器に流入し蒸発した冷媒全部を，圧縮機が吸い込む必要がある．

- 圧縮機押しのけ容積が大きすぎる場合
  （設計の冷凍負荷よりも大きな容量の圧縮機を使用した場合）

  吸込み状態における冷媒蒸気の比体積も大きくなって，運転状態がバランスする．
  →蒸発圧力が低くなり，圧力比の増大により駆動軸動力が増加する．

- 冷凍負荷よりも小さな容量の圧縮機を使用した場合

  吸込み蒸気の比体積が小さくなるために，蒸発圧力が上昇し，
  蒸発温度の上昇による冷却不足となる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 蒸発器と圧縮機の能力適合化

- 蒸発器の分類

(1) 蒸発器への冷媒の供給方式による分類

乾式蒸発器，満液式蒸発器，冷媒液強制循環式蒸発器

(2) 構造による分類

裸管コイル，管棚コイル，フィンコイル，ユニットクーラー，シェルアンドチューブ，ブレージングプレート

(3) 被冷却物（媒体）による分類

気体，液体

(4) 被冷却物流動方式による分類

自然対流式，強制対流式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

8.2.1 乾式蒸発器の構造と伝熱作用

蒸発器へ供給される冷媒液は，冷却管内を流れながら被冷却物から熱を奪って蒸発し，蒸発器を出るときは若干過熱状態となる．

この方式は，冷却に必要なだけの量の冷媒を蒸発器に送り込むため，システム全体の冷媒量（冷凍装置の冷媒充てん量）が満液式と比較して少なくてすむ．

乾式蒸発器では，冷却管の管内を冷媒が流れるための圧力降下は避けられない．

圧力降下が大きいと，蒸発器出入り口の冷媒の飽和温度に差が生じ，冷媒と被冷却物との温度差が被冷却物の入口側で大きくなってしまう．

同じ圧力降下の値でも，蒸発圧力が低いほど圧力降下による蒸発器出入り口の温度差が大きくなるので，低温で使用する蒸発器の圧力降下には注意が必要である．

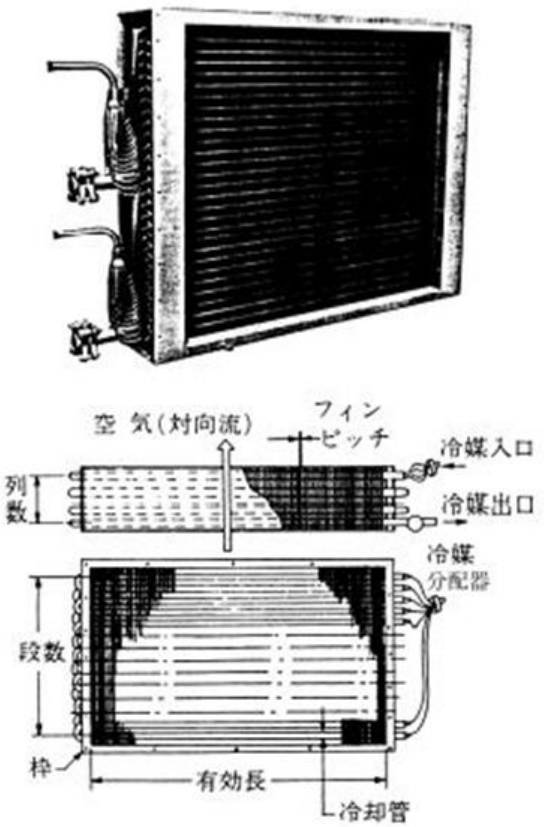


図 8.3 プレートフィンコイル冷却器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

8.2.2 熱通過率

乾式蒸発器は，冷媒が冷却管内を流れるが，熱通過率の基準伝熱面は被冷却物（外表面）側となる
熱通過率の値は蒸発器の構造，被冷却物，使用条件によって大きく異なる

- 送風機を使って空気を強制的に循環させる空気冷却器
  熱通過率は風速によって変化

冷凍の場合：$K = 0.018 \sim 0.035\ \mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}$
空調の場合：$K = 0.045 \sim 0.08\ \mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}$

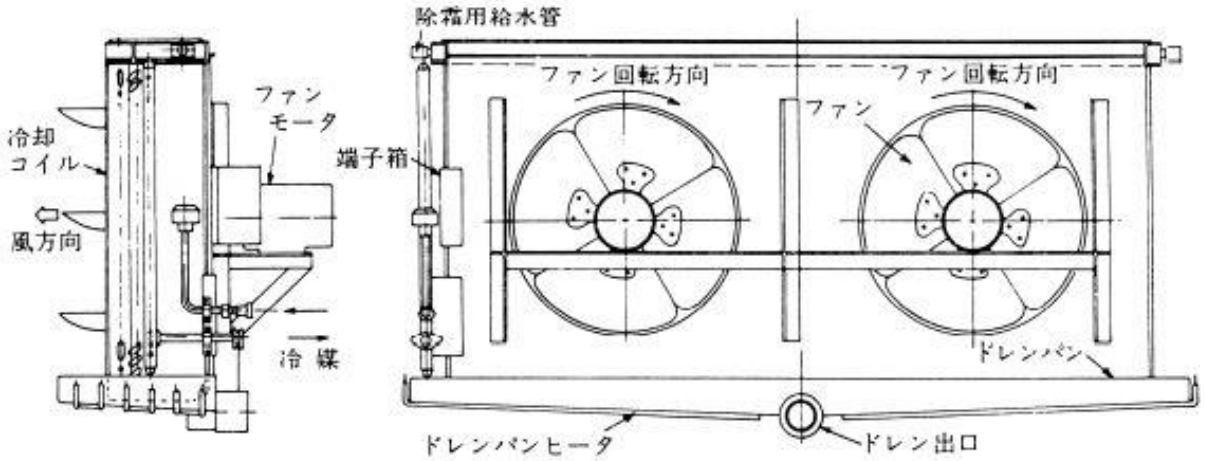


図 8.4 天井吊り形ユニットクーラ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

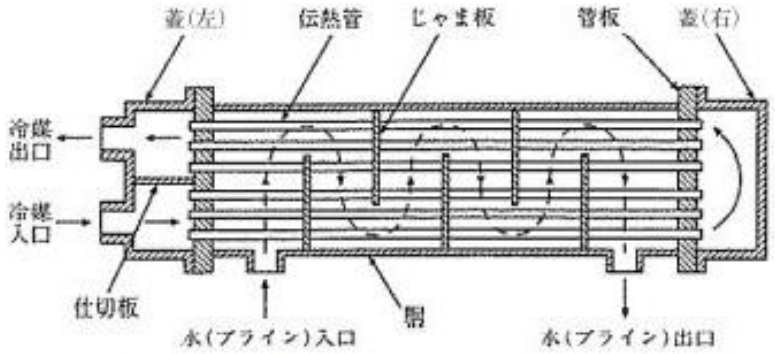


図 8.5 乾式シェルアンドチューブ蒸発器

ブライン，水などの液体を
冷却するもの

ブラインの場合：

$K = 0.23 \sim 0.7\ \mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}$

水の場合：

$K = 0.7 \sim 1.4\ \mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}$

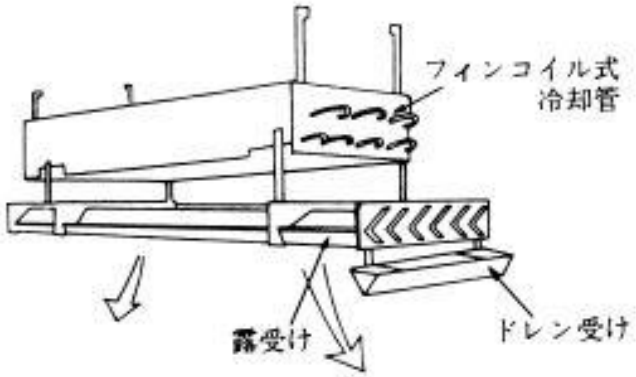


図 8.6 天井吊りフィンコイル冷却器

空気を自然対流で
冷却するもの

$K = 0.006 \sim 0.01\ \mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}$

図 8.7 プレージングプレート蒸発器

ブライン，水などの液体を
冷却するプレート蒸発器

ブラインの場合：

$K = 0.5 \sim 2\ \mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}$

水の場合：

$K = 1.5 \sim 3\ \mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

8.2.3 熱伝達率及び伝熱促進管

- フィンコイル冷却器
  冷却管外表面（フィンを含む）の空気側を基準伝熱面とし，氷や霜などの熱抵抗を考慮する

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{m}{\alpha_r}} \ [\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}] \qquad (8.5)$$

K ：熱通過率 $[\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}]$
α_a ：空気側熱伝達率 $[\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}]$
α_r ：冷媒側熱伝達率 $[\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}]$
λ ：霜の熱伝導率 $[\mathrm{kW/(m \cdot K)}]$
δ ：霜の厚さ（m）
m ：有効内外伝熱面積比（＝有効外表面積/有効内表面積）

δ/λ は，霜が伝熱面に付着したときの熱の伝わりにくさ．霜が熱通過に及ぼす影響は大きい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

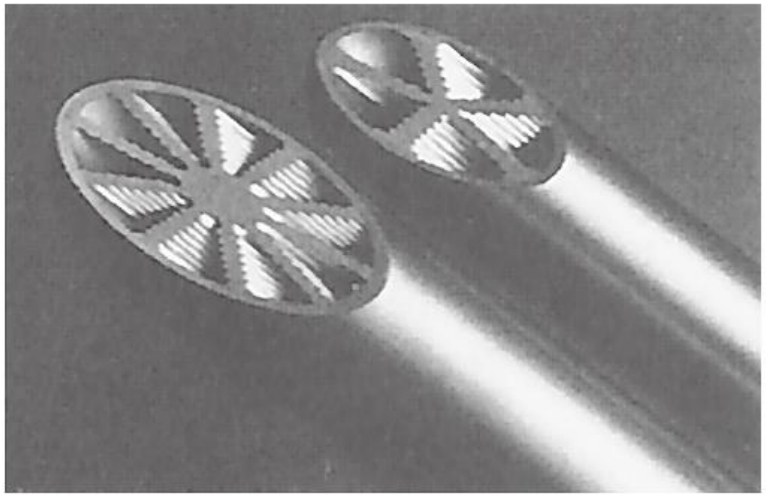
2 乾式蒸発器

- 乾式シェルアンドチューブ蒸発器

冷却管内面にフィンを付けたインナフィンチューブを使用することが多い．熱通過率（管外表面積基準）は次式で表される

$$K = \frac{1}{\dfrac{1}{m\alpha_r} + \dfrac{1}{\alpha_w} + f} \quad [\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}] \qquad (8.6)$$

α_w ：被冷却物（水，ブライン）側の熱伝達率 $[\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}]$
α_r ：冷媒（内面）側の熱伝達率 $[\mathrm{kW/(m^2 \cdot K)}]$
f ：被冷却物側の汚れ係数 $(\mathrm{m^2 \cdot K/kW})$
m ：インナフィンチューブの有効内外伝熱面積比
（＝有効内表面積／有効外表面積）．一般に$m = 2.2 \sim 3.4$



$\phi 15.9$　5本足　$m = 2.2$
$\phi 18.8$　10本足　$m = 3.4$
図 8.10　インナフィンチューブ

インナフィンチューブの場合には，フィンが冷却管の内側にあるため，式(8.5)で(m/α_r)の項が，式(8.6)では$[1/(m\alpha_r)]$となっていることに注意する（mにおける内，外，に注意）．

汚れ係数fの値は無視できない大きさとなる．

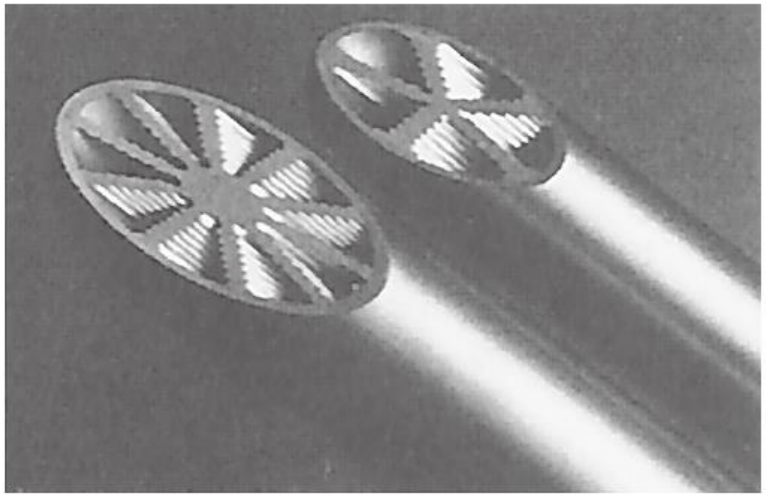
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

- 伝熱促進管

  乾式シェルアンドチューブ蒸発器の場合には，冷媒側熱伝達率は水などに比べて小さいので，いろいろな伝熱促進方法が使われている．

  - ✓ インナフィンチューブ
    内面積の拡大とともに，フィン表面の細かい溝やフィンで冷媒通路を細かく仕切ることによって，伝熱管の相当直径を小さくするなどの伝熱促進がなされている．
  - ✓ その他
    内面溝付き管，螺旋形の溝を付けたコルゲートチューブなども使われている．



ϕ15.9　5本足　$m=2.2$
ϕ18.8　10本足　$m=3.4$

図 8.10　インナフィンチューブ

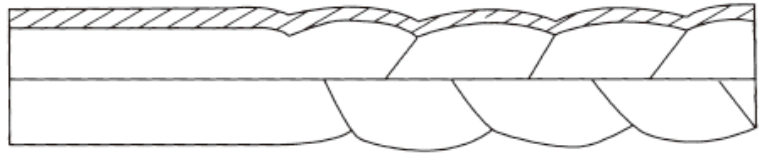


図 8.13　コルゲートチューブ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

8.2.4 冷却管群への冷媒液の均等分配

乾式冷却器の各々の管路への冷媒の供給はできるだけ同じ量になるように図に示す分配器（ディストリビュータ）を用いることが多い．

- 冷媒量に偏りがある場合の例

  冷却管路1～5に比べてより多くの冷媒が
  冷却管路6へ流れ込めば，冷却管路6の中の冷媒が
  蒸発しきれず液戻りの信号を膨張弁に与える．

  →過熱度を適正にするために，
  　膨張弁が閉じる方向に動作する．

  →冷却管路6の冷媒量は減少して適正量になるが，
  　冷却管路1～5の冷媒量は少なくなり過ぎる．

  →冷却器全体への冷媒流量が少なくなり，冷却能力が減少する．

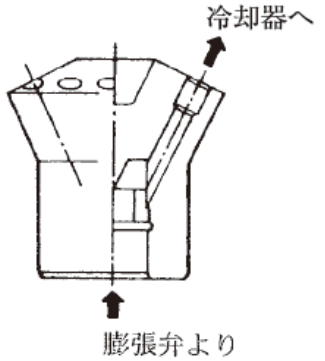


図 8.14　分配器

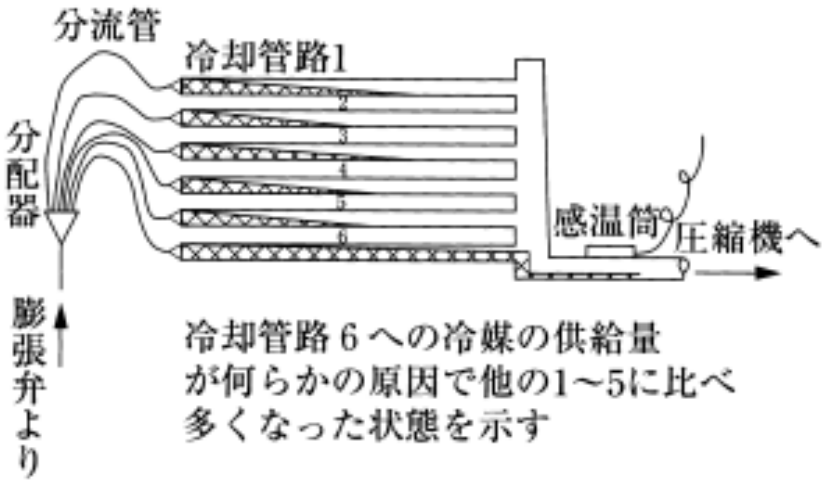


図 8.15　冷却管路への冷媒の分配

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

8.2.5 蒸気過熱管長の長短と伝熱作用

冷却管内を冷媒が流れて行くにしたがって乾き度が
次第に大きくなり，それにしたがって熱伝達率も
大きくなる

→ 乾き度1.0付近からは過熱蒸気の気体の伝熱のみになるので，熱伝達率が極端に小さくなる

- 過熱領域は，冷却器の熱交換に寄与しない
- 過熱領域は乾式冷却器の過熱度制御にとって必要なものである

→ 冷媒の出口側と被冷却物の入口側とを熱交換させるような流し方（向流，対向流）にし，できるだけ大きな両流体間の温度差をとるようにする．

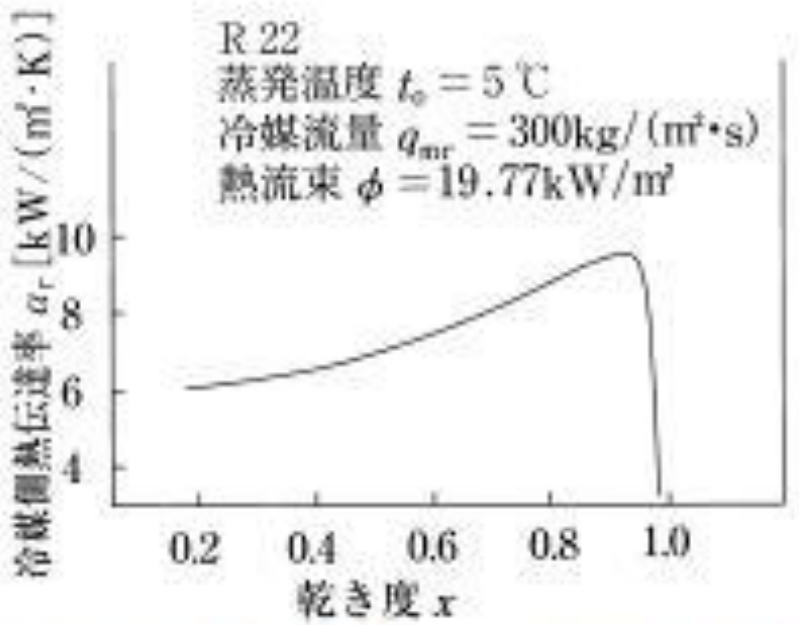


図 8.16 管内蒸発での局所熱伝達率例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

8.2.6 強制対流式及び自然対流式の冷却器

(1) 強制対流冷却器

ファンやポンプによって被冷却物を強制的に流し，伝熱面に適切な流速を与えることによって
被冷却物側熱伝達率の向上を図っている．

→冷却器の熱通過率を向上させることができ，冷却器全体の寸法を小さくすることができる．

※ 現在使用されている空調用冷却器やユニットクーラなどの冷蔵庫用冷却器も大部分が強制対流形

(2) 自然対流冷却器

空気などの被冷却物の温度で変わる密度の差によって，被冷却物が伝熱面を流れるもので，
流速は小さく熱伝達率は小さい．

※ 代表的なものとして裸管コイル式冷却器，天井吊りフィンコイル冷却器などがある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

8.2.7 乾式シェルアンドチューブ蒸発器の構造，伝熱促進法

<冷媒の流れ>
左側の蓋の下部から入り，蒸発しながら冷却管の中を通って
右側の蓋の中で折り返し，再び上半分の冷却管の中を通って
左側の蓋に達し，蓋の上部の冷媒出口から出て行く．

<冷水の流れ>
胴体の左側下部から入り，じゃま板で流れの方向を
上下に変えながら，右下部の出口に向かって移動する．

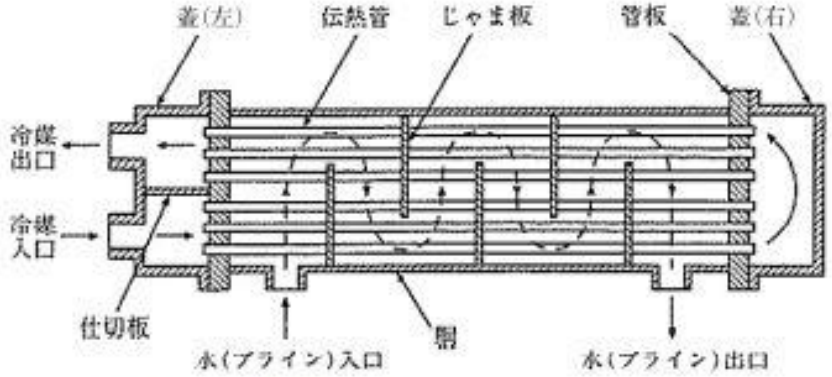


図 8.5 乾式シェルアンドチューブ蒸発器

- 伝熱促進管の使用
  インナフィンチューブ，コルゲートチューブ，内面溝付き管，内面溝付きコルゲートチューブなど，
  冷媒が蒸発する冷却管内面を加工した種々の伝熱促進管が使用されている
- 冷水の流れる胴体側の伝熱改善
  冷却管相互の間隔を小さくしたり，じゃま板の冷却管貫通穴の隙間から，冷水がバイパスするのを
  防止することによって，冷水の実流速の低下を防ぐ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

8.2.9 着霜及びその影響

- 庫内温度を0℃よりも低い温度に保つ冷蔵庫用の冷却器
- 冬季の空気熱源ヒートポンプ暖房装置の室外コイル
  → 冷却器の表面に空気中の水分が凝縮・氷結して霜となる

● 氷結した霜の影響
  - 霜の成長により風の通路が狭くなる
    →風量が減少し，温度が低下する
    →さらに霜の成長が速くなる
  - 空気から冷却管へ流れる熱の移動の邪魔をする

霜の成長を放置すると...
交換熱量の減少が進行し，蒸発圧力の異常な低下，圧縮機への冷媒液の戻りといった，
異常な運転に発展する場合がある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

8.2.10 除霜方法

(1) オフサイクル方式

＜庫内温度が5℃程度の冷蔵庫＞

電磁弁などで冷媒の供給を遮断し，庫内の空気を熱源として霜を融かす

通常，送風機の運転を行って大量の空気を送り込み，除霜時間の短縮が図られている

融けた水はドレンパンで受け，ドレン管を通って庫外へ排出する

(2) 電気ヒータ方式

＜庫内の空気から霜の融解の熱源がとれない低温の場合＞

冷却器の冷却管の配列の一部にチューブ状の電気ヒータ（シースヒータ）を組み込み，

このヒータに通電することによって霜を融かす

除霜の際に庫内温度が上昇するのを防止するために，送風機は停止しておく

電気ヒータはフィンコイルの部分だけでなく，ドレンパンや排水管にも取り付けて同時に加熱し，

排水に支障のないように配慮している

端子部分などの絶縁には十分に注意する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

(3) ホットガスデフロスト方式

<冷却器が2台以上ある場合>

除霜しようとする冷却器を凝縮器の一部として使用し，圧縮機の吐出しガスを蒸発器に送り込み，その顕熱と凝縮の潜熱で霜を融かす

電気ヒータ方式と同じく送風機の運転は行わない

冷媒回路を切り替えるので操作が複雑になるが，現在ではタイマ設定による自動除霜運転が可能

<空気熱源ヒートポンプ暖房装置の場合>

室内側の送風機を停止した上で，冷房運転に切り替えることによって除霜を行う

(4) 散水方式

冷却器への冷媒の供給を止めて，器内の冷媒液を蒸発させてから送風機の運転を停止し，冷却器上部から10～15℃の温水を散布する

冷却器内に冷媒液が多量に残っていると散水中に冷却管内の冷媒が蒸発し，急激な圧力上昇が生じるので注意

散水管のノズルが詰まると除霜むらが生じ，一部に霜が残ることがあり，そのまま放置すると部分的に氷結が成長する不具合が生じる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 乾式蒸発器

(5) ブライン散布方式

冷却器表面に，運転中常にエチレングリコール水溶液，プロピレングリコール水溶液などの不凍液を散布することにより，着霜そのものを防止する

空気中の水分は冷却器表面で不凍液に吸収されるが，不凍液の凍結点が低いので氷結せず，水分は不凍液と一緒に回収される

回収された不凍液は，濃度が薄くなってくるので，加熱して水分を蒸発させて一定の濃度を保持しなければならない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 満液式蒸発器

- 満液式蒸発器
  - 蒸発する冷媒が冷却管の外側を冷媒が流れるもの：
    横形シェルアンドチューブ満液式蒸発器
  - 蒸発する冷媒が冷却管の内側を冷媒が流れるもの：
    ヘリングボーン形満液式蒸発器

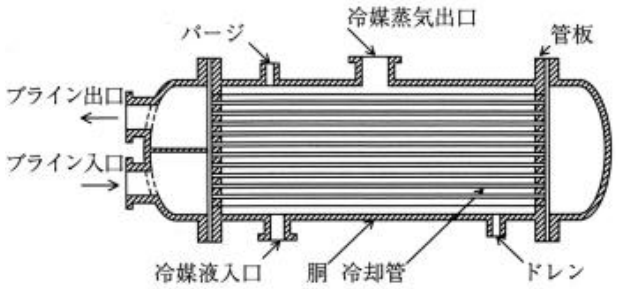


図 8.20　満液式液体冷却用蒸発器

8.3.1 構造と伝熱作用

- 横形シェルアンドチューブ満液式蒸発器

  冷却管内を水やブラインが流れ，冷媒は胴体の下部から供給される．冷媒の供給量の制御は，冷媒液面がほぼ一定の高さになるようにフロートスイッチなどによって行われる．

  特徴

  蒸発器内の冷媒が核沸騰熱伝達で蒸発するために，乾式蒸発器に比べて伝熱性能がよく，かつ，圧力降下が小さい

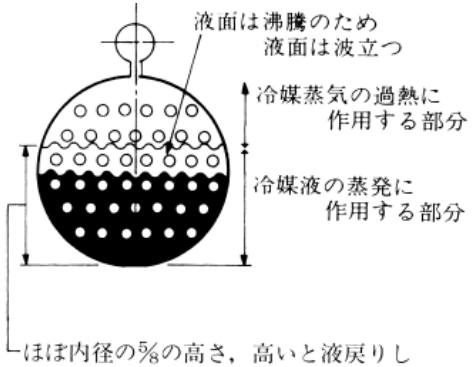


図 8.21　満液式蒸発器内の冷媒の挙動

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 満液式蒸発器

- ヘリングボーン形満液式蒸発器

  大きなタンク内の水やブラインを冷却する目的で用いられる.

  液集中器に連結された下部の冷媒液ヘッダと上部の蒸気ヘッダとの間に「く」の字形の冷却管を取り付けたもので,この冷却管内で冷媒の蒸発が効果的に行なわれる.

  熱通過率はブラインの場合0.4~0.7kW/(m^2·K)である.

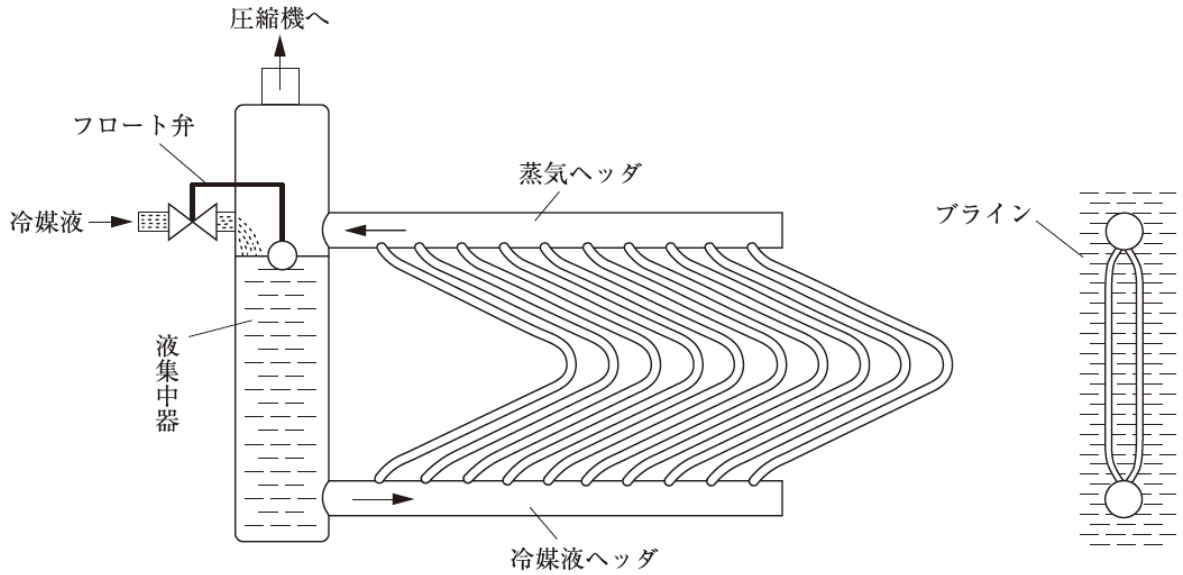


図 8.24　ヘリングボーン形蒸発器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 満液式蒸発器

8.3.2 液面レベル制御方法と油戻し方法

- 液面レベル制御

  満液式蒸発器は，蒸発器出口の冷媒がほぼ乾き飽和蒸気であるので，蒸発器出口の過熱度によって冷媒供給量を制御できない．

  → フロートなどで冷媒の液面レベルを検知して，その信号を膨張弁に伝えて液面位置が一定になるように流量を制御する．さらに，蒸発器出口に蒸発圧力調整弁を設けて，被冷却物の出口温度に応じて蒸発圧力の制御をすることもある．

- 油戻し方法

  蒸発器内や液集中器内に流れ込んだ油は蒸発することができないので，次第に濃縮される．

  → 油の濃縮が進むと，
  - 冷媒側の熱伝達が阻害される
  - 圧縮機内の冷凍機油不足をもたらし，潤滑不良を引き起こす

  ⇩

  - フルオロカーボン冷媒の場合は，液面近くの油の濃度の高くなった冷媒液を吸込み蒸気配管へ徐々に返す
  - 少しずつ外部に取り出して加熱し，残った油を圧縮機に戻す（蒸発した冷媒蒸気は吸込み蒸気配管へ返す）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1 附属機器の種類

a. 油分離器
b. 油溜め器
c. 高圧受液器
d. ろ過乾燥器（フィルタドライヤ）
e. サイトグラス
f. 中間冷却器
g. 液ガス熱交換器
h. 低圧受液器
i. 液分離器
j. 液溜め器
k. 油回収器
l. 不凝縮ガス分離器（ガスパージャ）
m. 冷媒液強制循環液ポンプ
n. ろ過器（ストレーナ）
o. 油冷却器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 油分離器

（1）用途

冷凍装置の圧縮機と凝縮器との間に設置し，圧縮機吐出しガスに含まれている冷凍機油を分離する

＜フルオロカーボン冷凍装置や相溶性の冷凍機油を用いたアンモニア冷凍装置＞

→ 圧縮機のクランクケースへ油を戻す

＜非相溶性の冷凍機油（鉱油）を用いたアンモニア冷凍装置＞

→ 油溜め器に送りだす

吐出しガス中に含まれる油をそのまま凝縮器に送り込むと，

- 圧縮機の油量が減少
- 非相溶性の冷凍機油では凝縮器の伝熱作用を阻害
  フルオロカーボン冷凍装置では，凝縮液に溶け込んだ油が冷媒液と共に蒸発器に流入
  → 蒸発器に入った油を圧縮機に戻す工夫をしないと，蒸発器に蓄積されて，伝熱作用を阻害

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 油分離器

(2) 油分離器を必要とする冷凍装置

(a) 非相溶性の冷凍機油(鉱油)を使用するアンモニア冷凍装置
冷凍機油が装置内の凝縮器や蒸発器に入り込むと,伝熱作用を阻害
→圧縮機の吐出し側に必ず油分離器を設ける.

(b) フルオロカーボン冷凍装置で満液式蒸発器を使用する場合
冷媒に混入した油を蒸発器から圧縮機へ戻すことが難しいため,油分離器が必要

(c) 蒸発温度−40℃以下の蒸発温度が低い冷凍装置
低温で油の粘度が高くなり,蒸発器からの油戻しが難しい場合に必要

(d) 装置全体の配管距離が長い場合や,蒸発器の台数が多く,
油が冷媒系統内を循環して圧縮機クランクケースに戻ってくるのに時間がかかる装置
クランクケース内の油がなくなってしまうことがあるため必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 油分離器

(3) 形式と構造

(a) 遠心分離形(図9.1)

立形円筒内に旋回板を設け,吐出しガスを旋回運動させ,油滴を遠心力で分離する方式

(b) バッフル式(図9.2)

立形円筒内に,小孔が多数ある複数枚のバッフル板を斜めに設け,吐出しガスが小孔を通る際に油滴を分離する方式

(c) 金網式(図9.3)

容器内に金網が円筒状に,2重,3重に配置され,吐出しガスがこの金網を通過する際に,金網によって油滴を分離する方式

(d) デミスタ式(図9.4)

吐出しガス中の油滴をデミスタ内の繊維状の細かい金属線で捕らえ,分離する方式.

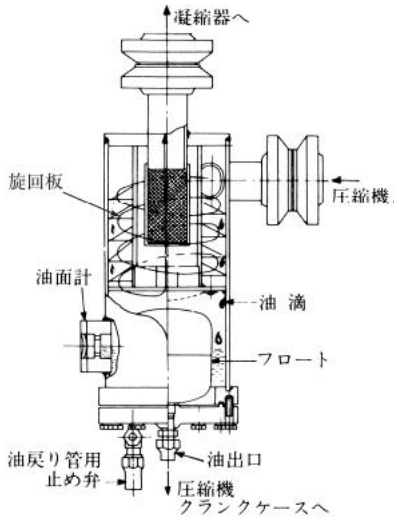


図 9.1 油分離器(遠心分離形)

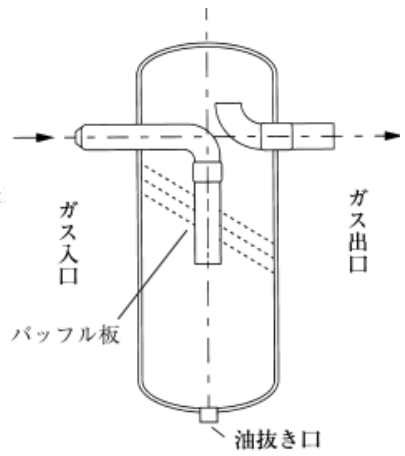


図 9.2 バッフル式油分離器

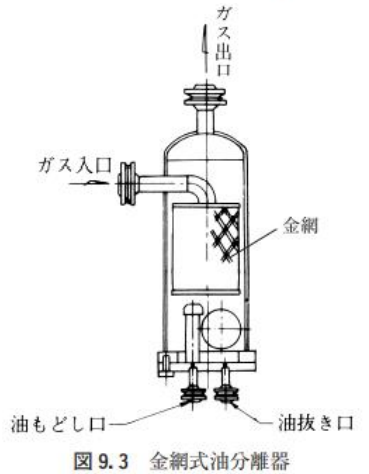


図 9.3 金網式油分離器

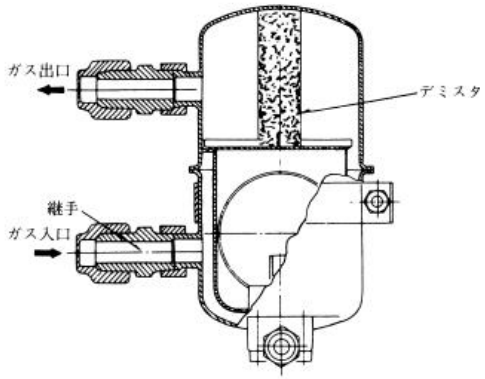


図 9.4 デミスタ式油分離器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 受液器

9.3.1 高圧受液器

凝縮器で凝縮した冷媒液を，蓄える容器

冷凍装置の運転状態の変化などにより，凝縮器内と蒸発器内に存在する冷媒量が変わったときに，それらの冷媒量の変化を高圧受液器で吸収し，装置を円滑に運転できるようにする．

（1）構造

液の取出し口は容器の下部からとし，上部から取り出すときは受液器内部の下部まで管を差し込む．

- 大形の受液器

  反射式液面計を取り付け，上下の接続管には自動閉止弁を取り付けて，ゲージグラスが破損したときに自動的に閉止し，冷媒が噴出しないようにする．

- 小容量の受液器

  サイトグラスを用いる．

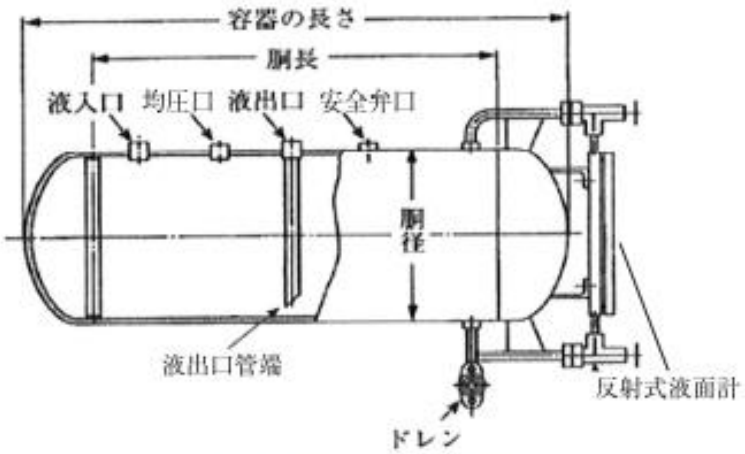


図 9.5 高圧受液器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 受液器

(2) 冷媒収容量の決め方

(a) 修理時に, 装置内の冷媒充てん量の大部分を回収できる容量とし, 回収された冷媒液は受液器の内容積の80%以内とする. 少なくとも20%の冷媒蒸気空間を残さなければならない.

(b) 負荷の変化が大きく, 蒸発器の運転状態の変化に起因する凝縮器内と蒸発器内の冷媒量の変化が大きいときには, この冷媒量の変化を受液器で吸収する.

(c) ヒートポンプ装置では, 運転モードを冷房と暖房のモードで切り換えたときに, 熱交換器内の冷媒量が変わる. この変化量を受液器で吸収する.

(d) 空冷凝縮器は, 水冷シェルアンドチューブ凝縮器のように器内に冷媒液を溜めることのできる容積が小さいので, 受液器を必要とする場合が多い.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 受液器

9.3.2 低圧受液器

冷媒液強制循環式冷凍装置の蒸発器冷却管に低圧冷媒液を送り込むための液溜め

- 機能
  - 液ポンプが冷媒蒸気を吸い込まないように適切な液面高さを保つ
  - 冷却管から戻ってくる気液混合状態の冷媒を蒸気と液とに分離し，圧縮機に液が戻らないようにする（液分離器としての機能）
- 冷媒液ポンプと蒸発器が安定した運転

  運転状態が大きく変化しても，十分な冷媒液量の保持と一定した液ポンプ吸込み揚程が確保できるようにする．

  → フロート弁あるいはフロートスイッチと電磁弁の組み合わせで液面高さの制御が行われる

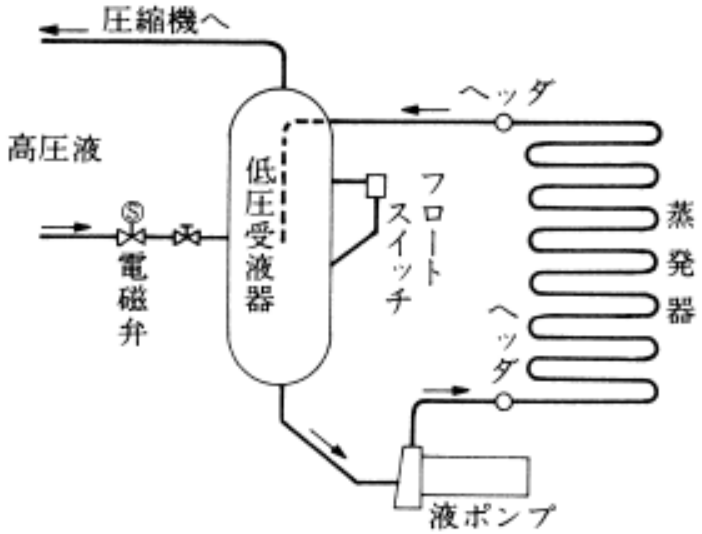


図 9.6　低圧受液器の使用例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4 ろ過乾燥器（フィルタドライヤ）

フルオロカーボン冷凍装置の冷媒系統に水分が存在すると,膨張弁での氷結（つまり）や金属材料の腐食など装置各部に悪影響を及ぼす.

→ ろ過乾燥器に冷媒液を通して, 冷媒中の水分を吸着して除去する.

- 構造

  円筒内部に乾燥剤を網に入れて収め, 乾燥剤の交換を行いやすくし, 乾燥剤の微粉末が冷媒液とともに流出するのを防いでいる

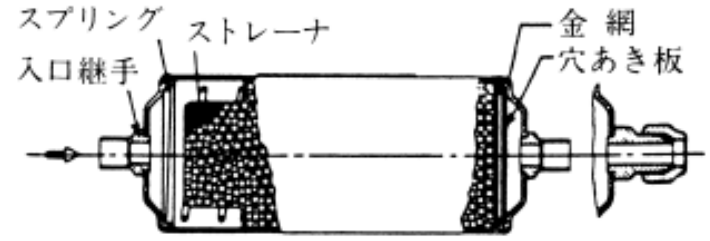
- 乾燥剤

  水分を吸着しても化学変化しない, 砕けにくいもの

  :シリカゲル, 活性アルミナ, ゼオライト（モレキュラシーブ）

- アンモニア冷凍装置

  冷媒系統内の水分はアンモニアと結合しているため, 乾燥剤による吸着分離がむずかしい. 通常, アンモニア冷凍装置には, ろ過乾燥器は使用しない.



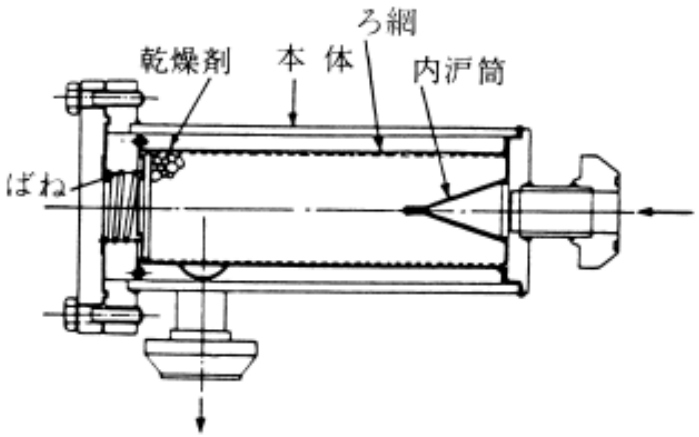


図 9.7 ろ過乾燥器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5 サイトグラス

冷媒の流れの状態とフルオロカーボン冷媒中の水分含有量を見るため，
冷媒液配管中のフィルタドライヤの下流に設置される

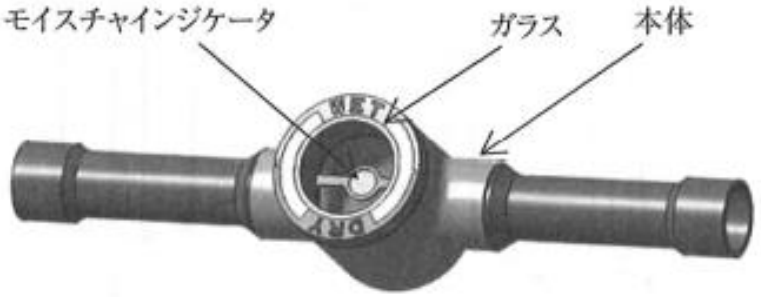


図 9.8　サイトグラス

- 構造
  のぞきガラスとその内側に水分含有量によって変色する
  モイスチャインジケータ（指示板）からなる

- 機能
  - 液管でフラッシングがあると，外部から容易に気泡を確認することができる．
    →冷媒液の流れの状態を見ることにより，運転しながら冷媒をチャージして適正量を判断できる．
  - 冷媒液中の水分が，安全な許容範囲にあるかどうかを指示色によって判断でき，
    フィルタドライヤの交換時期などを含めた処置の適正が確認できる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6 液ガス熱交換器

フルオロカーボン冷凍装置では，液ガス熱交換器で凝縮器から出た高温冷媒液と，蒸発器から出た低温冷媒蒸気との間で熱交換させて，冷媒液の過冷却度と圧縮機吸込み蒸気の過熱度を適度にもたせる．

- 使用目的
  - (a) 冷媒液を過冷却することにより，液管内でのフラッシュガス発生を防止する．特に液管が長い場合や，液管の立ち上がりの高さが大きいときに有効である．
  - (b) 圧縮機吸込み蒸気を適度に過熱することにより，負荷変動などによる液戻りに対してもある程度有効にはたらく．

- アンモニア冷凍装置

  圧縮機の吸込み蒸気過熱度の増大に伴う吐出しガス温度の上昇が著しいので，使用しない．

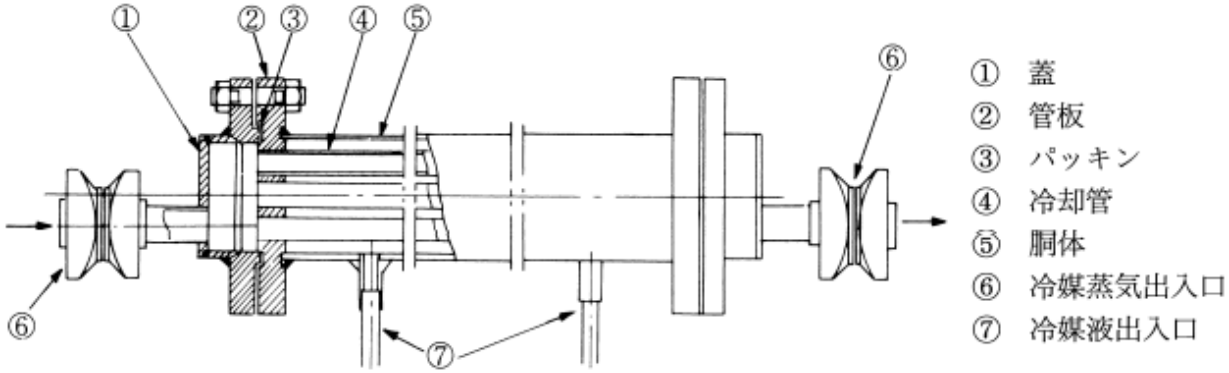


図 9.9 液ガス熱交換器

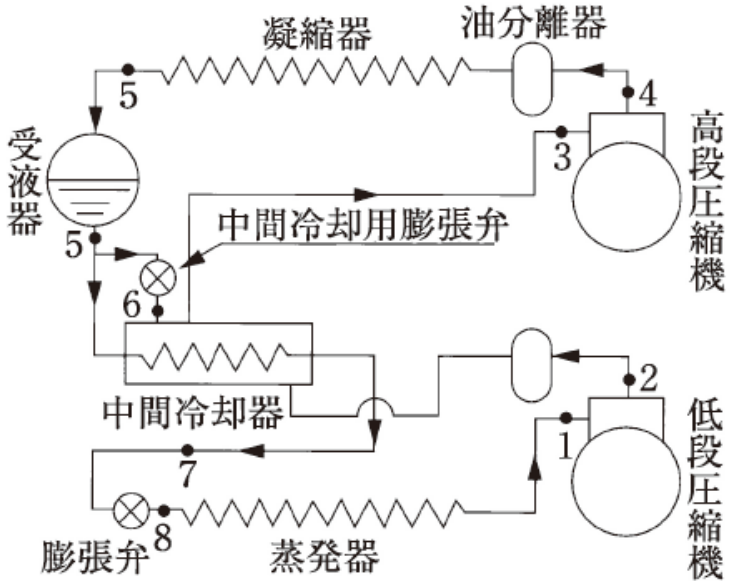
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7 中間冷却器

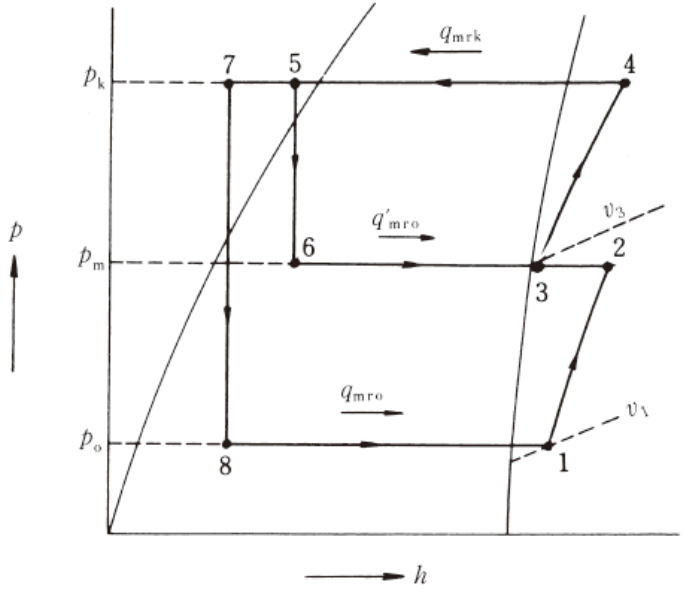
二段圧縮冷凍装置において高段圧縮機の吐出しガスの温度を高くしないために，低段圧縮機の吐出しガスの温度をその吐出し圧力（中間圧力）の飽和温度の近くまで冷却し，その一方で，凝縮器から蒸発器へ送り込む冷媒液を冷却する．

冷却の方法により3つの種類がある．

① フラッシュ式中間冷却器
② 液冷却式中間冷却器
③ 直接膨張式中間冷却器



(a)



(b)

図 2.18　二段圧縮一段膨張式冷凍装置略図及びその冷凍サイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7 中間冷却器

① フラッシュ式中間冷却器

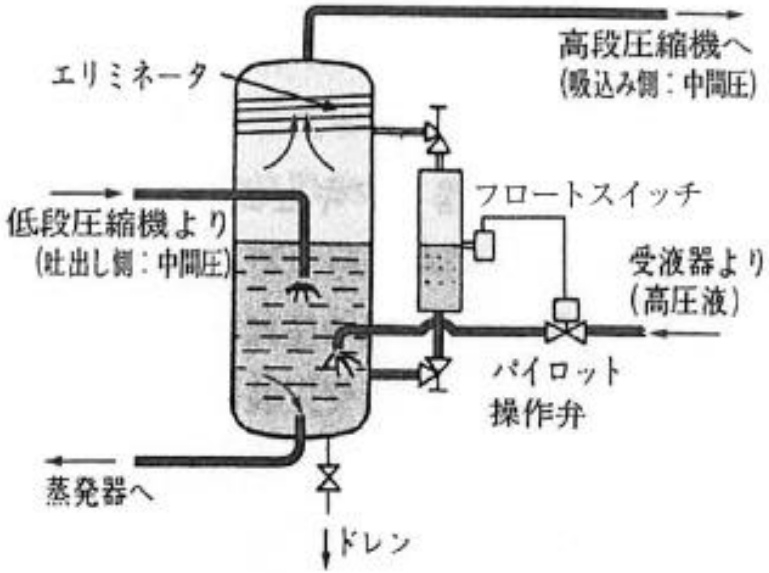
✓ 二段圧縮二段膨張式冷凍装置に利用される中間冷却器

a) 立形円筒形の容器内に，受液器からの冷媒液と
低段圧縮機からの吐出しガスを導入する．

b) 冷媒液は，減圧弁（パイロット操作弁）で減圧して
一段目の膨張が行われ，中間圧力となって容器内に入り，
フロートスイッチにより液面制御される．

c) 容器内では冷媒液の一部が蒸発する．冷媒液は
その蒸発潜熱により自己冷却して中間圧力の飽和液となり
蒸発器へ送られる．

d) 低段圧縮機からの吐出しガスは，容器内で冷却され，
中間圧力の飽和蒸気に近い状態となり，高段圧縮機に送られる．



(a) フラッシュ式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7 中間冷却器

② 液冷却式中間冷却器

- ✓ 二段圧縮一段膨張式冷凍装置に利用される中間冷却器

  a) 立形円筒容器内に，受液器からの冷媒液と低段圧縮機からの吐出しガスを導入する．

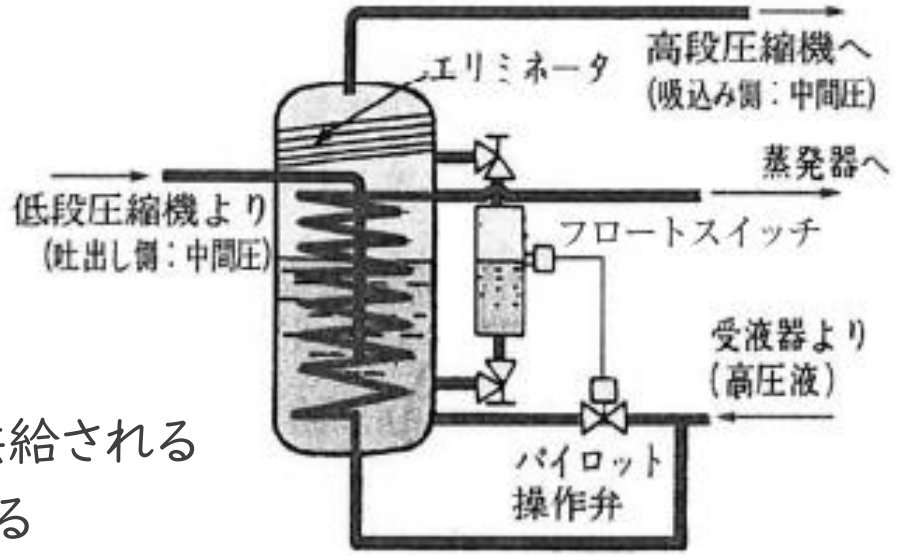
  <受液器からの冷媒液>

  b) 減圧して中間圧力になり液面制御する系統

  c) そのままの高圧で容器内の熱交換コイルへ入る系統の二系統に分けて容器内に入る

  d) 低段圧縮機からの吐出しガスは容器内に投入される

- ● フラッシュ式との違い
  - 高圧冷媒液が熱交換器で過冷却されて，蒸発器側に供給される
  - 蒸発器側では，膨張弁で一段膨張して蒸発器に送られる



(b) 液冷却式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7 中間冷却器

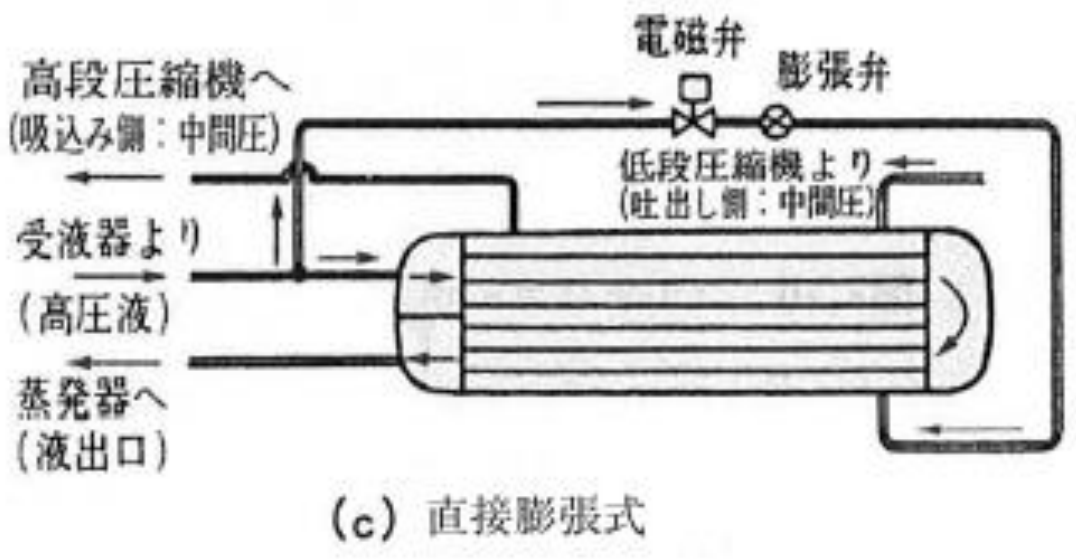
③ 直接膨張式中間冷却器

✓ 二段圧縮一段膨張式冷凍装置に利用される中間冷却器

シェルアンドチューブ熱交換器の構造で，温度自動膨張弁により高段側圧縮機に吸い込まれる冷媒の過熱度制御を行う

機能としては，②の液冷却式と同様な冷却を行う

- この形式はフルオロカーボン冷凍装置によく利用される
- 小型のフルオロカーボン冷凍装置では，熱交換器が二重管熱交換器の形式のものも利用される



(c) 直接膨張式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8 液分離器

（1）用途

冷凍装置の蒸発器から圧縮機の間に設ける.

→ 装置の大きな熱負荷変動などによって，圧縮機吸込み蒸気に冷媒液または冷媒液滴が混じったときに，液を分離して蒸気だけを圧縮機に吸い込ませ，液戻りによる圧縮機の事故を防ぐことができる.

→ 多気筒圧縮機のアンローダが作動したときの，液戻り対策にも有効

※ 小形のフルオロカーボン冷凍装置では，この液分離器の代わりに，液ガス熱交換器を用いることもある.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8 液分離器

(2) 構造と作用

(a) 小形のフルオロカーボン冷凍装置に用いられる液分離器
(サクショントラップまたはアキュムレータ)

液滴を含んだ冷媒蒸気は入口管から容器に入り，流れの方向変化と流速の低下によって，液と蒸気とを分離する．

分離された冷媒液と油は，U字管底部にあけられた小さな孔（メタリングオリフィス）から，少量ずつ圧縮機に吸い込まれ，液圧縮を防止する．

U字管の曲り部と立ち上がり部の管径は油を同伴できるだけの流速を確保する必要がある．

(b) アンモニア用の多孔板式の液分離器

液分離の原理は油分離器と同じ

円筒胴内の流速が1 m/s 以下の蒸気の流れに乗った液滴が多孔板に衝突して下方に落ちることによって，液と蒸気を分離する．

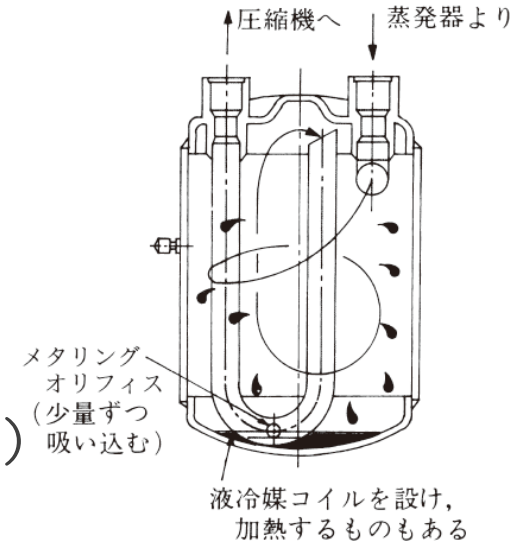


図 9.11 フルオロカーボン用液分離器

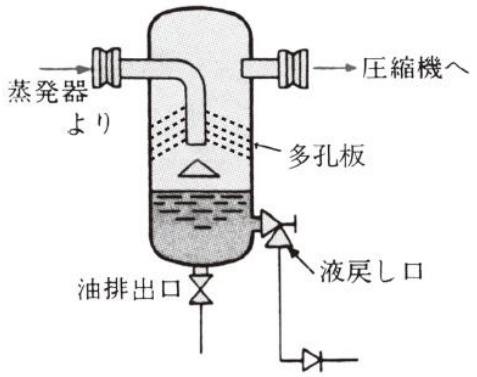


図 9.12 アンモニア用液分離器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8 液分離器

(3) 液戻し装置

液分離器内に溜まった液が，重力でそのまま蒸発器に戻せるような位置に液分離器が配置され，液分離器で分離した冷媒液は，逆止め弁を介して蒸発器に戻される．

- 大形のアンモニア冷凍装置の満液式や液ポンプ式で分離した冷媒液が大量の場合

  蒸発器などに戻しきれないので，液分離器で分離した冷媒液を，液溜め器を介して高圧受液器に自動的に戻す液戻し装置を設ける．

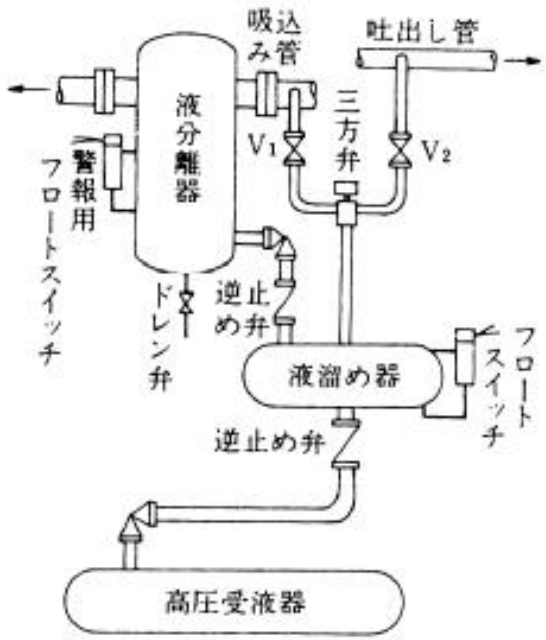


図 9.13　自動液戻し装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8 液分離器

✓ 液戻しの方法

(a)液分離器で分離された冷媒液は，逆止め弁を通って
液溜め器に流れ込み，ここに溜まる

(b)液溜め器の三方弁は吸込み管に通じており，液分離器と
液溜め器は同じ低圧圧力になっている

(c)この液溜め器は，一定の液面高さまで液が溜まると
フロートスイッチが作動して三方弁を自動的に吐出し管に切替え，
液溜め器内の圧力を高圧にして，液は自重で高圧受液器内に流れ込む

(d)液溜め器内の液がなくなると，予め設定されたタイマによって，
三方弁は再び最初の状態に戻り，液溜め器は低圧圧力に均圧し，
液分離器内の液は液溜め器に流れる

(e)液分離器と液溜め器，液溜め器と高圧受液器との間には
それぞれ逆止め弁があるので，逆流はしない

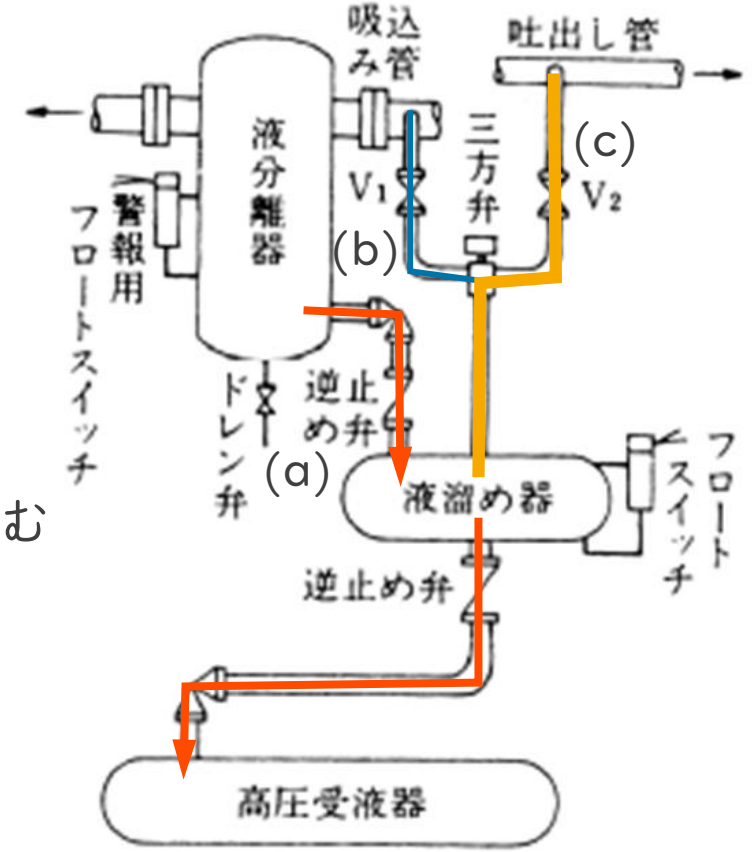


図 9.13　自動液戻し装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10 自動制御機器

- 自動制御機器

冷凍装置を最適な運転状態に維持するためには，装置の保安とともに，熱負荷の変化に応じて正確で速やかに作動し，かつ，経済的な運転のできる自動制御機器を用いなければならない

- ✓ 保安用　　：高圧遮断圧力スイッチや高温サーモスタットなど
- ✓ 運転制御用　：膨張弁，圧力調整弁，圧力スイッチ，サーモスタット，液面制御機器など

- 装置の保安と効率のよい運転を維持するのに必要であり，装置の自動運転を可能とする．
- 自動制御機器を選定して取り付けるだけでなく，作動条件の設定と調整を行うことが重要

各機器の使用目的，機能，性能，装置との適合性などを十分に把握していなければならない．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

- 流量と蒸発器出口冷媒の過熱度との関係
  - 蒸発器の熱負荷に対して膨張弁の開度が小さく，流量が少ない場合
    → 蒸発器内の冷媒液が不足し，圧縮機吸 込み蒸気の過熱度が過大となる
  - 蒸発器の熱負荷に対して弁開度が大きく，流量が多い場合
    → 蒸発器への流入冷媒液量が過大となり，圧縮機に未蒸発の液が戻り（液バックし）やすくなる
    ※蒸発器出口が湿り状態となると，過熱度による制御はできなくなる．

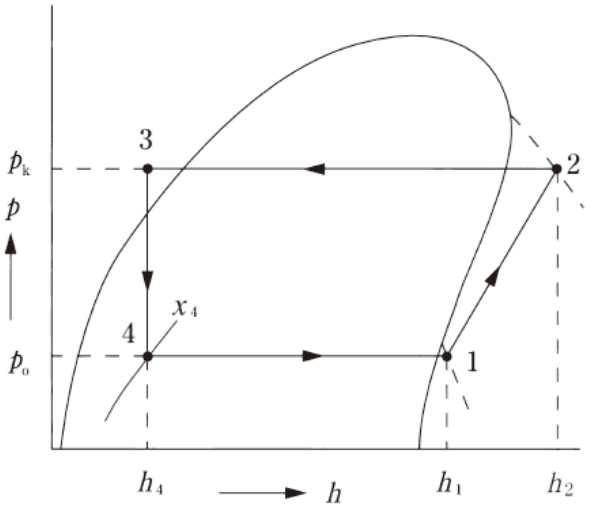


図 2.3　$p-h$ 線図上での単段冷凍サイクル

- 機能

（a）冷媒の絞り膨張による減圧で，所要の蒸発圧力とする．

（b）蒸発器熱負荷に応じ，その変動に追従した冷媒流量の調節として，圧縮機への液戻り防止と蒸発器の効率よい運転のために，蒸発器出口冷媒の過熱度を一定に保持する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

- 温度自動膨張弁の特性

(a) 膨張弁における絞り膨張の作用は，弁オリフィスを冷媒液が通過する際の，流れの抵抗による圧力降下による

(b) 冷媒流量調節の制御信号は，蒸発器出口冷媒蒸気の過熱度である．

過熱度を小さく制御しようとすると，冷媒流量が周期的に大きく変動するハンチングの発生原因になることがある．膨張弁容量特性と蒸発器負荷容量特性とを適合させることが重要

(c) 蒸発器熱負荷が一定の冷凍装置であっても，外気温度や凝縮器冷却水温度が変わって高圧側圧力が変化すると，冷媒送液量が変化する．

冷凍装置全体の運転状態を一定に保つために，蒸発器出口の冷媒蒸気温度の検出，冷媒圧力の検出，などの精度とスピード（応答速度）などの諸特性が適切であることが要求される

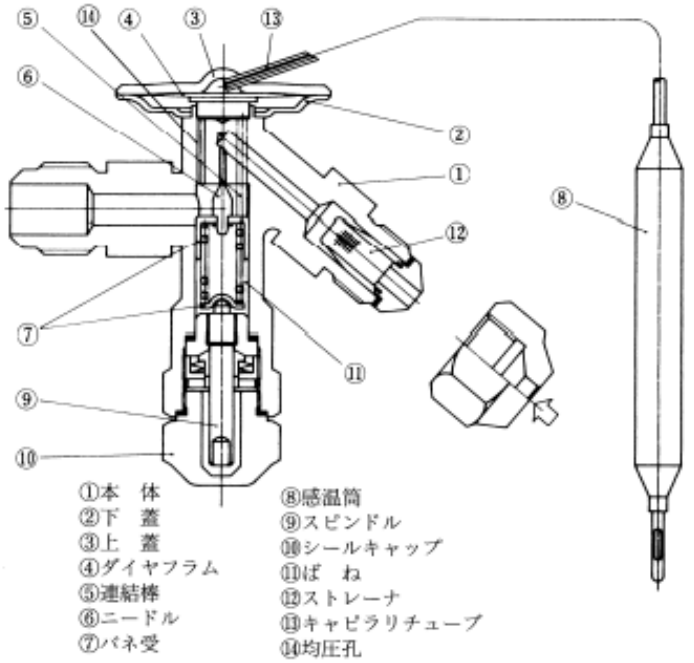


図 10.1　内部均圧形温度自動膨張弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

10.1.1 構造と作動

（1）構造

受圧部にダイアフラムを用いた温度自動膨張弁の構造例

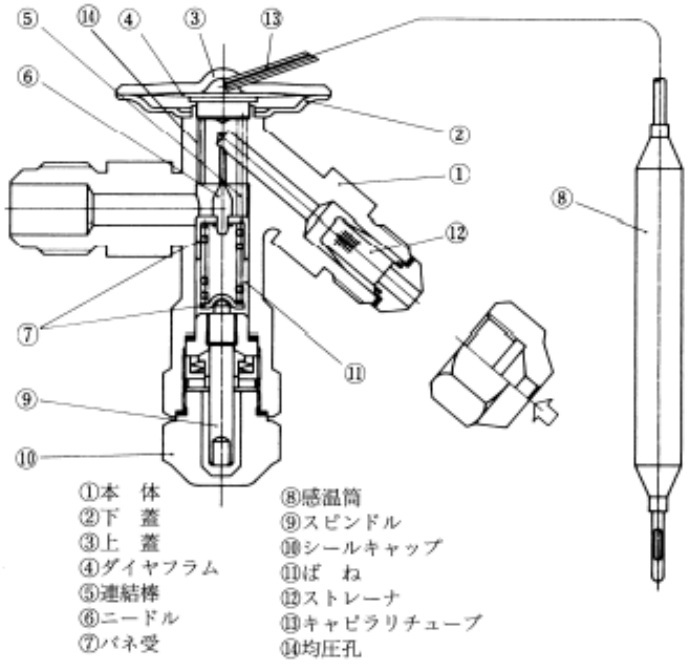


図 10.1　内部均圧形温度自動膨張弁

- ✓ ダイアフラム上面側
  チャージ媒体が充てんされている感温筒が，キャピラリチューブで弁頭部のダイアフラム上面側に接続されている
- ✓ ダイアフラム下面側
  - 蒸発器出口冷媒蒸気の過熱度を設定するためのコイルばねが，連結棒を介してダイアフラムを押し上げるように作用する
  - 蒸発器内の冷媒圧力が作用する

→ ダイアフラム上面に作用するチャージ媒体圧力に対して，蒸発器の入口（内部均圧形），または，蒸発器の出口（外部均圧形）からの冷媒圧力とばね圧力とがダイアフラム下面に作用し釣り合った状態で，膨張弁の弁開度が決まる．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

(2) 作動原理

温度自動膨張弁本体 ：蒸発器入口に取り付けられている
感温筒　　：蒸発器出口配管に密着させるためバンドで締め付けられている

蒸発器の熱入力が大きくなる
→ 蒸発器出口冷媒の温度が高くなる
→ 過熱度Δt_{so}が 増大する
→ 感温筒がそれを感知してチャージ媒体圧力が上昇し，
ダイアフラム上面に作用する圧力が高くなる
→ ダイアフラム，連結棒，ニードルが弁開度を増す方向（下向き）に動く

✓ 蒸発器出口冷媒過熱度が大きくなる
→ 膨張弁の開度が増大して，弁通過冷媒液量が増すので，
過熱度がもとの適正な状態に戻される．

✓ 蒸発器の熱負荷が減少して，過熱度が小さくなったとき
→ 膨張弁が閉じる方向に動いて，常に過熱度が一定になるように動作する

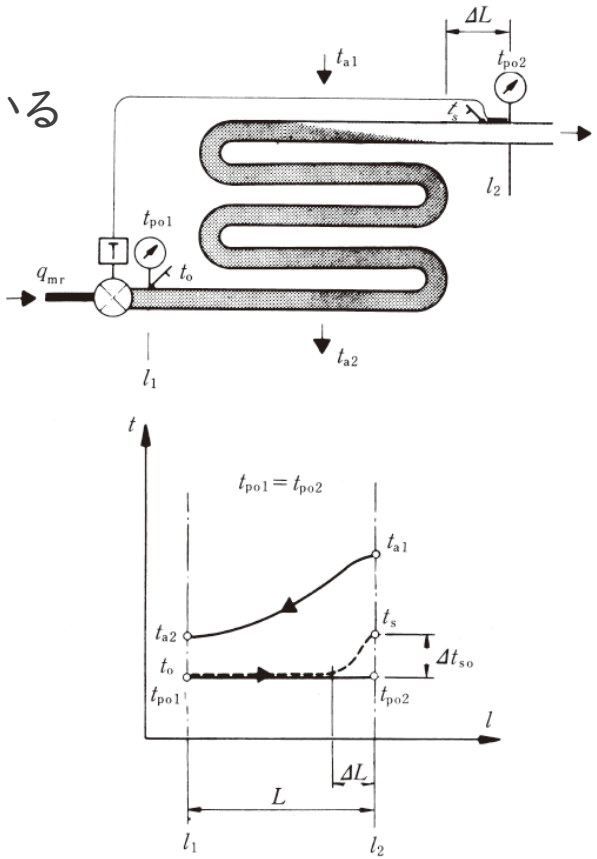


図 10.3　温度自動膨張弁の温度信号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

10.1.2 駆動部の形式

（1）ダイアフラム形

- 高圧力，高温に耐えられるように，外周を弁本体に溶接，固定されたステンレス鋼製のダイアフラム（薄膜）を使用
- ダイアフラムのたわみの動作を利用しているので，大きな弁開度幅（大きな冷媒流量変化幅）をとることが難しい
- 弁頭部を小形にすることができ，耐圧強度が高い
- ダイアフラムの有効受圧面積が大きいことから，弁の開閉の動作のヒステリシスが小さい
- 感温筒のチャージ方式の選択の自由度が大きいので，最も広く使われている

（2）ベローズ形

- 燐青銅またはステンレス鋼製のベローズを用い，圧力差に比例した弁開度幅（冷媒流量変化幅）を大きくとることができる．
- ベローズの有効受圧面積が限られ，弁開閉にともなう摺動部の摩擦抵抗によるヒステリシスが大きいので，過熱度調節の動作の制御偏差がダイアフラム形よりも大きくなる
- ベローズの耐圧強度が小さいので，感温筒のチャージ方式が限定される

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

10.1.3 感温筒のチャージ方式

装置に適した蒸発器出口冷媒過熱度の制御特性を持たせるために，温度自動膨張弁の感温筒チャージ方式には，次のようなものがある．どのチャージ方式であっても，チャージ媒体が外部に漏れた場合には，弁が閉じて冷媒の流れを止める構造になっている

（1）液チャージ方式

- 感温筒内のチャージ媒体は，一般に，冷凍装置が用いている冷媒と同じものが使われる．
- 冷凍装置の如何なる運転条件，感温筒の取付け状態でも，感温筒内には常に湿り状態のチャージ媒体が存在している．
  → 膨張弁本体の温度条件が弁動作に影響することなく，感温筒温度と蒸発圧力だけで弁作動が決まる．
- 冷凍装置の運転の蒸発温度帯域が低温になるにしたがって，設定過熱度が大きくなる方向にずれる傾向がある

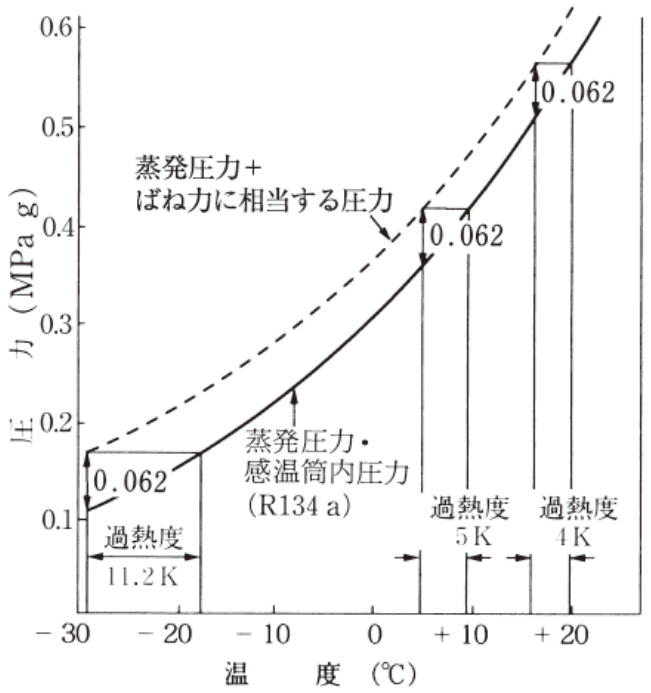


図 10.4　過熱度の変化（弁開度を一定とした場合）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

(2) ガスチャージ方式

- チャージ媒体量を少量に制限しているため，感温筒温度が過度に大きく上昇すると，チャージ媒体のすべての液が気化して，感温筒内に飽和液がなくなる．
  → チャージ媒体圧力には上昇限度があり，上昇限度の圧力を最高作動圧力と称し，MOP（Maximum Operating Pressure）チャージ方式の膨張弁と呼ぶ．
- 感温筒温度が高温になってもダイアフラムを破壊することがない．
- 冷凍装置の始動時の液戻り防止や圧縮機駆動用電動機の過負荷防止に有効
- 応答速度は液チャージ方式より速い

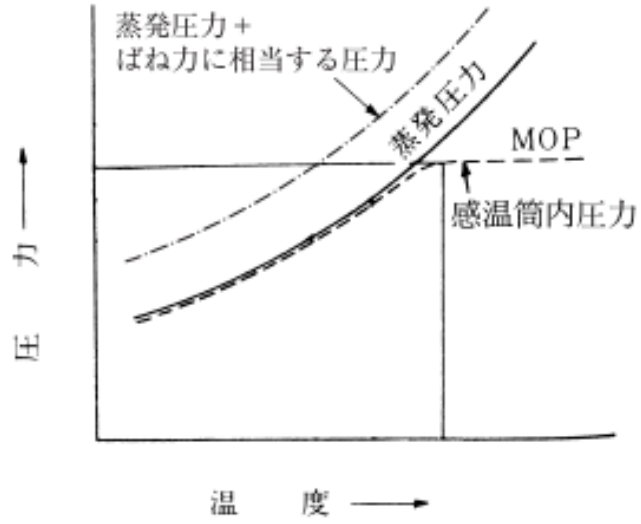


図 10.5　ガスチャージ方式の特性

※ 膨張弁本体の温度は，常に，感温筒よりも高い温度に保持できるように配置しなければならない．

膨張弁本体の温度が感温筒よりも低温になると，チャージ媒体が少ないので感温筒内に飽和液がなくなり，液のすべてが弁本体側に集まる．膨張弁は，低温となった弁本体の温度に感応するので，蒸発器出口冷媒の適切な過熱度制御ができなくなる．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

(3) クロスチャージ方式

冷凍装置の冷媒に対して温度と圧力の特性の異なる媒体を感温筒にチャージしたもの
冷凍装置の冷媒とチャージ媒体の飽和曲線とが交差しているので，クロスチャージ方式という．

温度帯域によって過熱度が変わる欠点を除いたことで，
高温でも，低温でもほぼ同じ過熱度設定値が保持できる．

→運転の状態が広範囲の蒸発温度に変わる装置に
対しても，設定した過熱度の変化が少ないので，
特に低温用の冷凍装置に適したチャージ方式

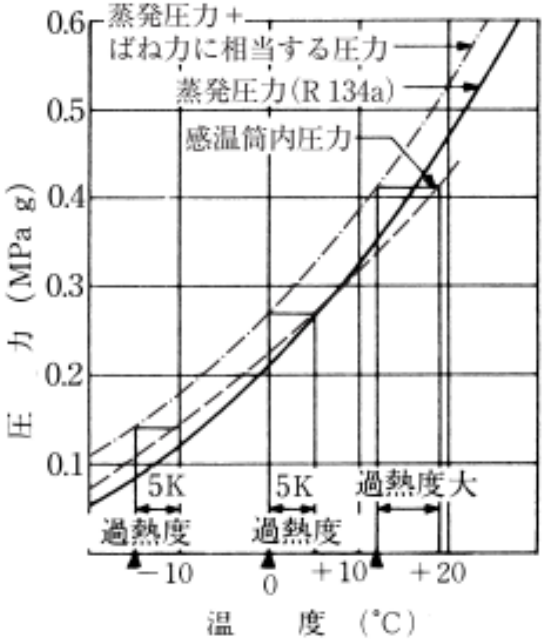


図 10.6 クロスチャージ方式の特性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

(4) 吸着チャージ方式

感温筒の温度に対して膨張弁本体の温度の影響を受けない. 感温筒内には活性炭などの吸着剤とともに, 炭酸ガスのような通常の使用状態で液化しないガスが封入されている.

- 感温筒の温度が上昇すると, 吸着剤からガスを多量に脱着 (放出) するので, 感温筒内のガス圧が上昇する.
- 感温筒の温度が低下すると, 吸着剤がガスを多量に吸着して, 感温筒内のガス圧が低下する.

蒸発器出口の冷媒温度が変わると, その出口配管壁, 感温筒壁を経て熱伝導の良くない吸着剤の順に熱が移動してから, 吸着剤がガスを吸脱着する.

→ 膨張弁の動作は他のチャージ方式のどれよりも遅い. この特性によって, 蒸発器の過熱度制御の安定性をかなり改善して, ハンチングを防止できる.

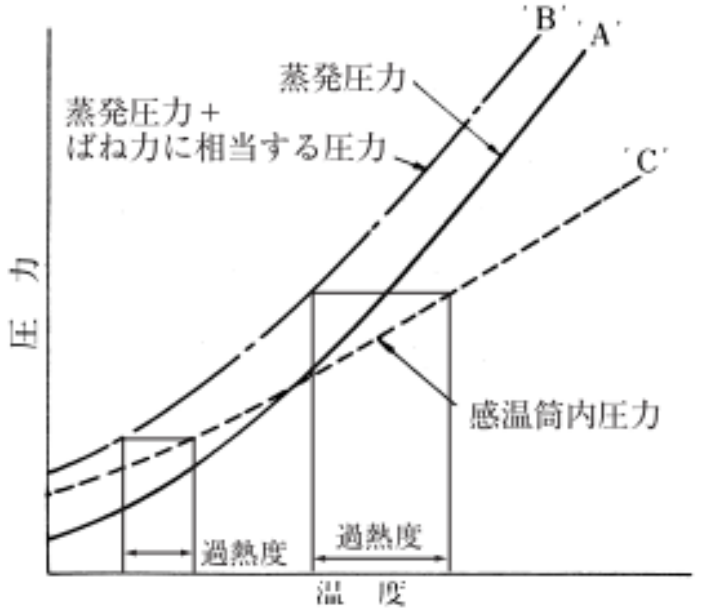


図 10.7 吸着チャージ方式の特性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

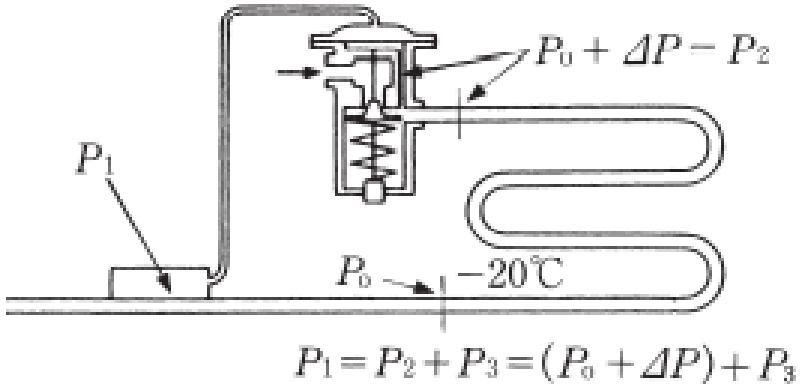
10.1.4 均圧形式

- ダイアフラム下面側に伝えられる冷媒圧力
  - 蒸発器入口の冷媒圧力である内部均圧形
  - 蒸発器出口の冷媒圧力である外部均圧形

（1）内部均圧形

弁本体内部の均圧孔を通って，
ダイアフラム下面に弁出口（蒸発器入口）の冷媒圧力を伝える．

蒸発器内を流れる冷媒の圧力降下が小さければ，
適切に過熱度制御を行えるが，蒸発器内の冷媒の流れの
圧力降下が大きくなると膨張弁の感温筒取付け位置での
過熱度を正しく検出することができなくなる．



(a)　内部均圧形

→ 蒸発器内冷媒の圧力降下の過熱度に及ぼす影響が大きく，圧力降下分だけ過熱度が増大する．
※圧力降下が大きい場合には，外部均圧形を用いる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

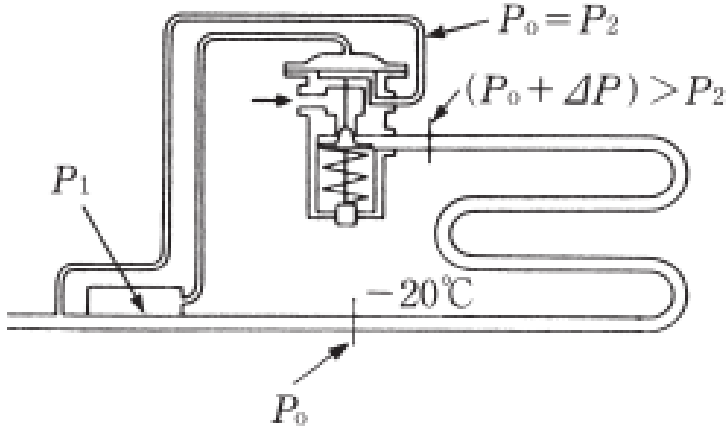
（2）外部均圧形

膨張弁本体の内部に均圧孔がなく，蒸発器出口と膨張弁本体の均圧管接続部との間を均圧管で連結して用いる．

ダイアフラム下面には均圧管で蒸発器出口の冷媒圧力が伝えられているので，蒸発器内の圧力降下 ΔP は関係なくなる．

蒸発器内の冷媒の流れの圧力降下が大きい場合には，
この外部均圧形の温度自動膨張弁を用いないと，
過熱度が圧力降下分だけ増大する．

蒸発器が複数パスの冷媒回路において，膨張弁と蒸発器の間に冷媒の均等分配の目的でディストリビュータを用いると，
冷媒の流れの圧力降下が大きくなり過熱度が過大になるので，
必ず外部均圧形にしなければならない．



$P_1 = P_2 + P_3 = P_0 + P_3$

(b)　外部均圧形

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

10.1.5 膨張弁の容量

膨張弁の容量は，オリフィス口径と弁開度でほぼ決まるが，その他に入口冷媒液の過冷却度や，弁前後の高低圧間の圧力差によっても異なる

（容量の選定）
弁オリフィス口径によって変わる．メーカのカタログに書かれている容量は，特定の凝縮温度と蒸発温度での約80%の弁開度のときの値を，定格容量として示している．
→ 最大に流せる容量は，定格容量よりも若干大きくて余裕がある．

- ✓ 蒸発器の容量に対して，弁容量が過大な弁を選定した場合
  弁流量と蒸発温度，過熱度が数分～十数分間の周期で振動的に変動する，一般にハンチングと呼ばれている現象を起こしやすくなる．
- ✓ 蒸発器の容量に対して，小さ過ぎる容量の弁を選定した場合
  ハンチングは生じにくくなるが，熱負荷が大きくなったときに冷媒流量不足による冷却不良，過熱度の増大などの不具合をもたらす．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

（a）単体形のオリフィス固定形

オリフィスとニードルは，弁本体に組み込まれる
容量不足，あるいは容量過大など蒸発器の容量に
不適合であった場合には，膨張弁本体ごと交換しなければならない

（b）オリフィス交換（容量可変）形

膨張弁本体の中にオリフィスとニードルの弁体セット
（オリフィス・アッセンブリ）が収められており，交換できる

一つの膨張弁本体に対して2～6種の容量の弁体セットが
用意されており，配管系に膨張弁本体を取り付けたままで
容易に交換できる

膨張弁本体の配管接続部は，弁体セットの最大容量に合わせてあり，
安価な弁体セットの用意だけで広範囲の容量に対応できるので
経済的

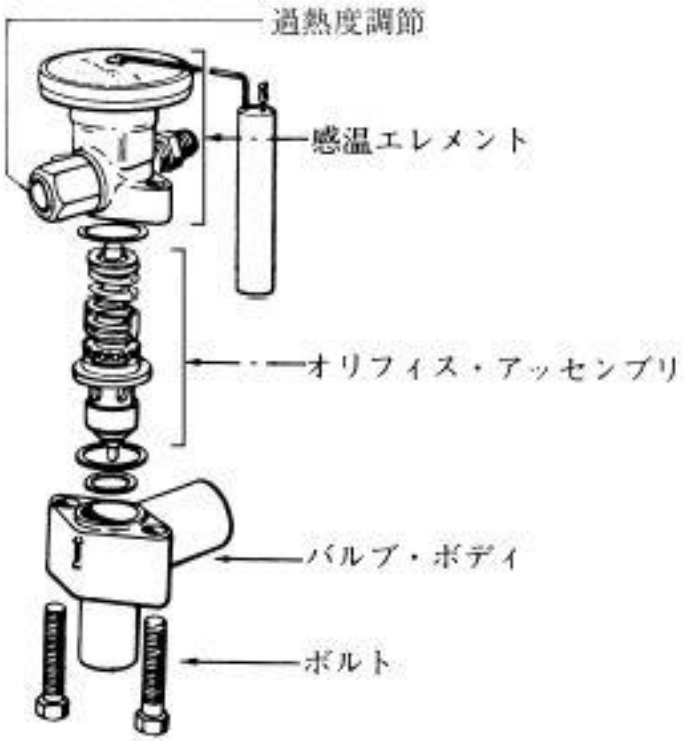


図 10.10　温度自動膨張弁の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

10.1.6 選定と使用上の注意

（1）膨張弁の選定

（a）蒸発器負荷特性の把握

標準運転条件だけでなく，最大と最小の熱負荷も含めた負荷変化の範囲，蒸発温度設定値の変更の有無などを考慮して，膨張弁の容量，チャージ方式，均圧形式を選択する

蒸発器の容量変化幅が大きい場合　　：オリフィス交換形を選択

圧縮機がインバータで容量可変の場合：温度自動膨張弁を複数用るなどの方法も考える

（b）使用条件の検討

- 液配管における冷媒の流れの圧力降下や液配管の立ち上がり高さが大きい場合

  膨張弁手前の圧力が低くなり，弁出入り口圧力差が小さくなる
  フラッシュガス発生の恐れがある．
- ディストリビュータは，弁出口圧力を高くし，弁出入り口圧力差を小さくする．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

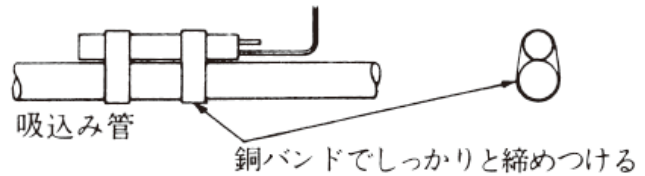
(2) 取り付け上の注意

- 弁本体と感温筒とがキャピラリチューブで接続 → 長さによる取付け位置の制限
- ダイアフラムのある頭部を上側にする
- ガスチャージ方式では弁本体の温度を感温筒の温度よりも低くしない

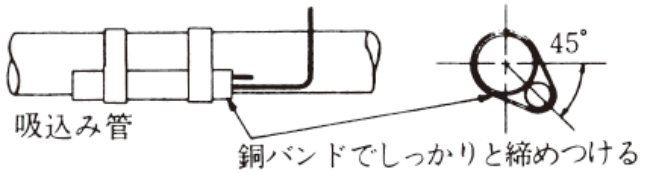
(a) 感温筒取付け位置

膨張弁本体は蒸発器入口に近く，感温筒の取付け位置は蒸発器出口に近いほうが，過熱度制御の安定性がよい．

↑ 弁本体と感温筒を蒸発器から大きく離れた位置に取り付けると，ハンチングを発生しやすくなる



(a) 吸込み管径が 20 mm 以下の場合



(b) 吸込み管径が 20 mm を超える場合

図 10.11 感温筒の取付け方法

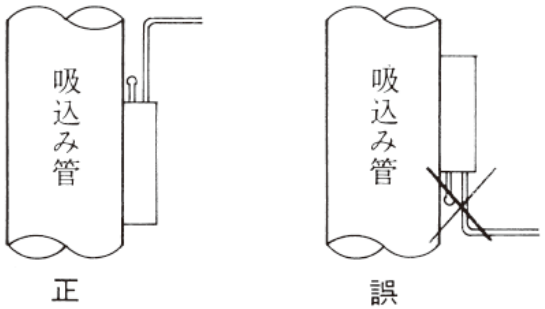


図 10.12 感温筒の取付け

● 感温筒の取り付け

感温筒が周囲の熱の影響を受けないようにする．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 温度自動膨張弁

(b) 均圧管接続位置

- 蒸発器出口配管の均圧管接続位置は，感温筒よりも下流の圧縮機側に接続する
- 配管の下側に均圧管を接続すると油やスケールが入るので，上側から接続するようにする．
- 均圧管が振動すると，管が破損して装置の保安上危険であるから，
  均圧管は振動しないように注意する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 定圧自動膨張弁

感温筒とそれの接続キャピラリチューブの代わりに，作動圧力調整用のばねとねじがあり，その他は構造的に温度自動膨張弁と同じ

弁出口または蒸発器出口のいずれかの圧力を検出して制御の動作をする，内部均圧形と外部均圧形とがある

定圧自動膨張弁は，負荷変動の少ない比較的小形で，単一の冷凍装置に用いる．

- ベローズ式
  ベローズ式内部均圧形はバイパス回路構成用及び一定負荷運転用の定圧自動膨張弁として使い，低圧側が真空になる低温用にはベローズ式内部均圧・真空兼用形が適している．

- ダイアフラム式
  ダイアフラム式外部均圧形は，バイパス回路用及び一定負荷運転における定圧自動膨張弁として使用され，外部均圧形であるので蒸発器の圧力降下の大きい場合に適している．

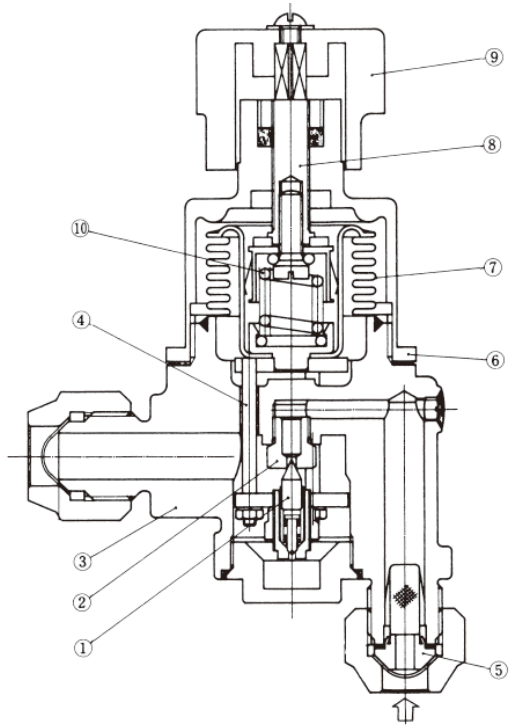


図 10.13　ベローズ式内部均圧・真空兼用形定圧自動膨張弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.3 電子膨張弁

ステッピング（パルス）モータ駆動方式

最も広く普及しており，これを単に電子膨張弁と称していることが多い

サーミスタなどの温度センサからの電気的信号を調節器で過熱度に演算処理し，
電気的に駆動して開閉の操作を行う．

利点

- 膨張弁と温度センサの配置の自由度が高く，
  調節器で最適な制御動作にするための演算処理が可能
- 調節器によって幅広い制御特性にすることができる
- その構成材料を適切に選択して，冷媒の種類に
  関係なく使えるようにできる

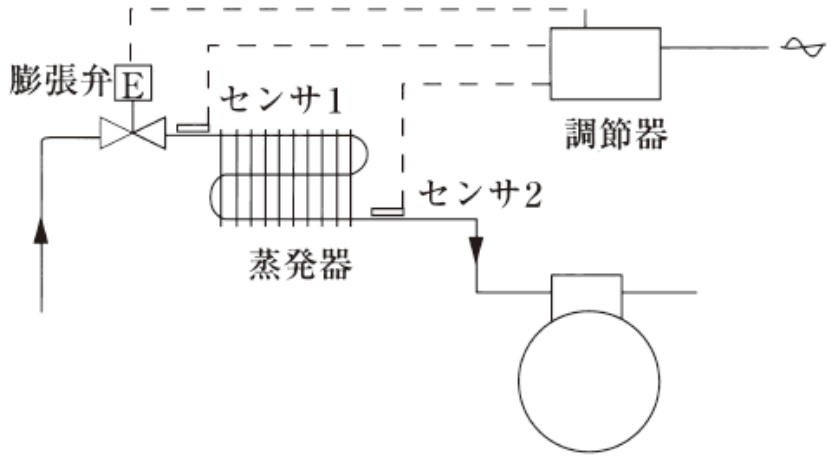


図 10.15　電子膨張弁による過熱度制御

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.3 電子膨張弁

10.3.1 作動原理

蒸発温度と蒸発器出口過熱蒸気温度を2個の温度センサで検出

→ 調節器に取り込み，これらの差を過熱度信号として予め設定してある過熱度の値と比較

→ その差異の大きさに応じて電子膨張弁を開閉

制御対象の蒸発器の過熱度（制御量）を常時検出し，
それを過熱度設定値（目標値）と比較

→ 設定値との偏差が小さくなるように膨張弁の
開閉の操作（訂正動作）をするフィードバック制御を行う

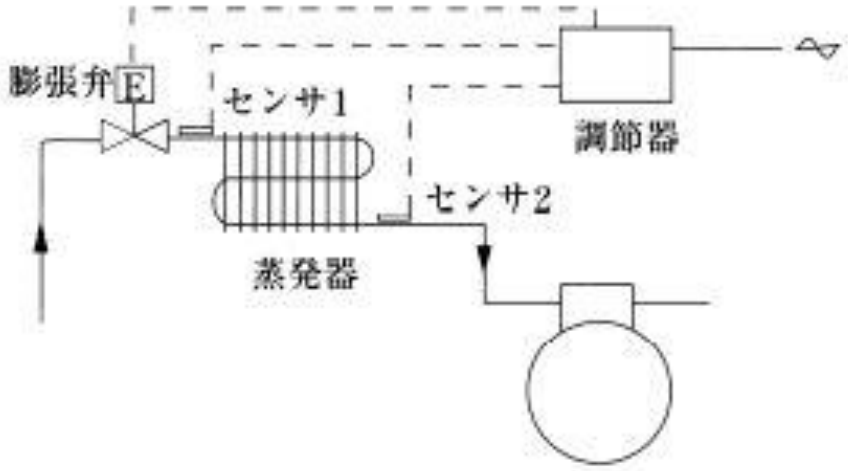


図 10.15　電子膨張弁による過熱度制御

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.3 電子膨張弁

10.3.2 構成機器

(1) 膨張弁

弁本体とアクチュエータ(駆動部)から構成

- ✓ アクチュエータ：ステッピングモータ, 電磁コイル, バイメタル, 封入ワックスなど
- ✓ 弁機構　　：ニードル弁, スピンドル弁, プレート弁など

一般に, 弁本体とアクチュエータは一体構造
ワックス封入形は弁容量が可変で, オリフィスの交換ができる

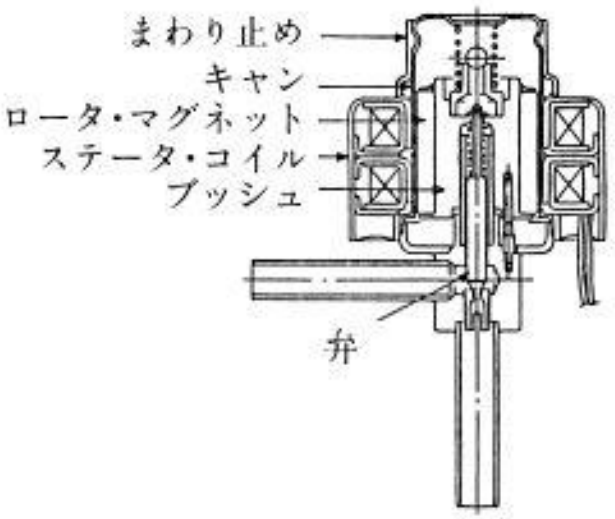


図 10.16　直動式電子膨張弁

(2) 温度センサ

一般には, サーミスタを用いるが, 白金抵抗線を用いることもある
蒸発器の出入り口の配管の外表面に取り付ける
蒸発器は低温であるので, 温度センサの防湿, 電気的な絶縁に注意

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.3 電子膨張弁

10.3.2 構成機器

(3) 調節器

マイクロコンピュータが組み込まれており，温度センサで検出した温度信号から過熱度を算出し，過熱度設定値との偏差に応じて膨張弁の開閉の操作をするための信号を送り出す

- 電子膨張弁の特徴
  - 過熱度のフィードバック制御系の安定化やより最適な制御を行うための，種々の演算処理機能（簡単なものでは，PI の比例+積分の補償）をマイクロコンピュータに組み込むことができる
  - 装置停止時に蒸発器への送液停止に電磁弁の機能をも兼ねることができる
  - 装置停止前のポンプダウンなど，各種の操作をマイクロコンピュータに組み込むことができる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.4 キャピラリチューブ

キャピラリチューブは内径0.6～2mmの銅の細管で，膨張弁と同様に高圧冷媒液を蒸発器へ絞り膨張させるための，絞り膨張機構

- 用途
  - 小容量の家庭用電気冷蔵庫やルームエアコンディショナなどの，熱負荷変動の少ない冷凍装置
  - 冷凍装置の冷媒制御系の補助的な絞り膨張や冷媒の流れの抵抗用
- キャピラリーチューブ内の流れ入口に過冷却された液の状態で流入

  →摩擦抵抗により次第に圧力が低下
  （この間では冷媒液の温度は変わらない．）

  →圧力が飽和圧力以下に到達すると自己蒸発により気液二相の状態の流れになり，摩擦抵抗が大きく，冷媒の圧力と温度が大きく低下する．

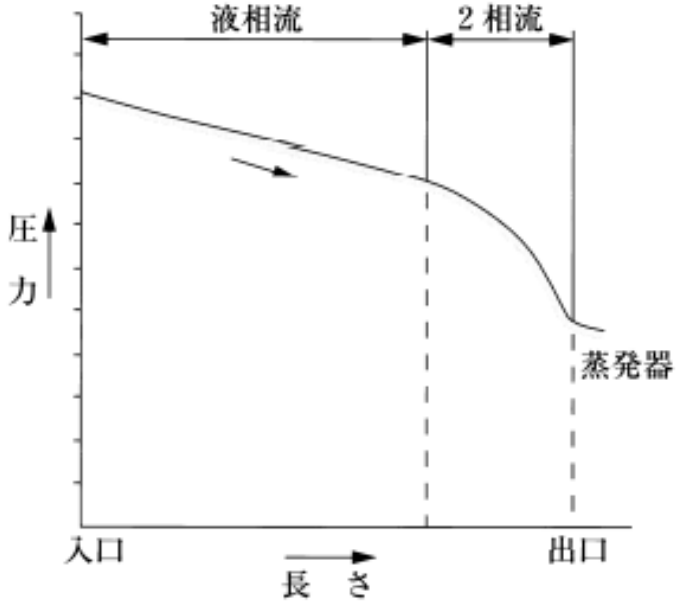


図 10.17 キャピラリチューブ内冷媒の状態変化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.4 キャピラリチューブ

- キャピラリチューブの流量特性

  流入する液の過冷却度が大きく，圧力が高いほど流量が大きくなる．出口の圧力の影響は受けにくい．

  ✓ 受液器を持たない冷凍装置に絞り膨張機構として組み込む

  凝縮器内の液量が増して圧力と過冷却度が増大したときに，キャピラリチューブの流量が大きくなり，凝縮器の圧力と過冷却度をもとの状態に戻すように動作

  キャピラリチューブは蒸発器の圧力の影響は受けにくく，蒸発器出口の過熱度制御には使用できない

  ✓ 小容量の受液器を持たない冷凍装置で，熱負荷変動のあまり大きくない装置

  キャピラリチューブが凝縮圧力と過冷却度をかなりよく制御できるので，結果として冷凍サイクル内の蒸発器の冷媒の状態も，適正な状態から大きく外れることなしに運転できる

  → キャピラリチューブの自己調整機能，自己制御特性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.4 キャピラリチューブ

- キャピラリチューブの利点
  （a）安価である.
  （b）故障することがない.
  （c）装置の冷媒充てん量を少なくできる.
  （d）装置の運転を停止すると，高低圧が平衡する
  →圧縮機の始動トルクが小さく，電動機の負荷が小さい.

- 使用上の注意
  キャピラリチューブの自己制御特性には限界がある
  → 熱負荷変動の大きな装置には適切でなく，装置の冷媒充てん量の過不足が装置の性能に大きく影響
  チューブの口径が小さい
  → 冷媒中に異物や汚れ，水分があるとチューブの詰まりの故障の原因になる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.5 蒸発圧力調整弁

EPR（Evaporating Pressure Regulator）とも呼ばれる.

蒸発圧力調整弁によって蒸発圧力を一定値以下にならないように制御することができる.

- 水またはブライン冷却器に用いて凍結を防止する
- 被冷却物の温度を一定に保持する
- 一台の圧縮機で蒸発温度の異なる複数の蒸発器を運転する

✓ 圧縮機容量に対して蒸発器容量が小さくなった場合には, 蒸発圧力調整弁での圧力降下が大きくなるので, 圧縮機吸込み圧力が大きく低下し, 冷凍装置の成績係数が低下する.

✓ 蒸発圧力調整弁を温度自動膨張弁と組み合わせて用いる場合には, 膨張弁の感温筒は, 蒸発圧力調整弁の上流側に取り付けなければならない.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.5 蒸発圧力調整弁

10.5.1 パイロット形蒸発圧力調整弁

パイロット形蒸発圧力調整弁は，圧力設定用パイロット弁と主弁とから構成される

- 作動原理

  蒸発圧力が設定圧力を超える

  → パイロット弁Aが開く

  → 主弁Bのピストン上面に蒸発圧力が作用する

  → 主弁のサーボピストンC はバルブコーンFに直結しており，主弁が開く

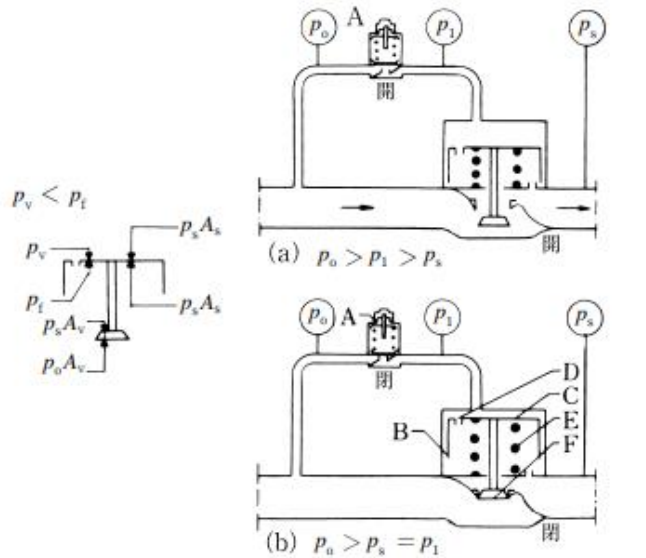
  蒸発圧力が設定圧力に到達

  → パイロット弁が閉じる

  → サーボピストン上部の蒸気はピストンのノズルDから吸い込み側に排出

  → ばねE によってサーボピストンが戻されて，主弁が閉じる

  ※ 制御を圧力信号で行うので応答性がよく，高精度の制御が可能



A：パイロット弁
B：主弁
C：均圧ノズル(D)付サーボピストン
D：均圧ノズル
E：ばね
F：絞りコーン
P_o：蒸発圧力
P_1：パイロット圧力
P_s：吸込み圧力
A_s：サーボピストン面積
A_v：バルブ・プレート面積
P_v：可動部の重さ
P_f：ばねの力

図 10.20 パイロット形蒸発圧力調整弁作動原理

- ✓ 電子式パイロット弁

  被冷却物の温度をセンサで検出し，その温度信号により調節器からの出力をパイロット弁に伝送するので，被冷却物の温度によって蒸発温度を制御できる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.5 蒸発圧力調整弁

10.5.2 直動形蒸発圧力調整弁

小形の冷凍装置では，直動形の簡単な蒸発圧力調整弁が使用されている．
ベローズでシールされた作動圧力設定用ばねとベローズ下部に直結されたバルブプレートから成る

バルブプレートに作用する下側からの蒸発圧力が，ばねの設定圧力以上に上昇すると弁が開き，設定圧力以下になると弁が閉じる．
→ 蒸発圧力が設定値以下に下がり過ぎないように制御できる．

- 弁開度は蒸発圧力に対応して弁出口側圧力の影響を殆ど受けない．
- 蒸発器の熱負荷が大幅に減少すると，蒸発圧力が低くなる偏り（オフセット）を生じる．

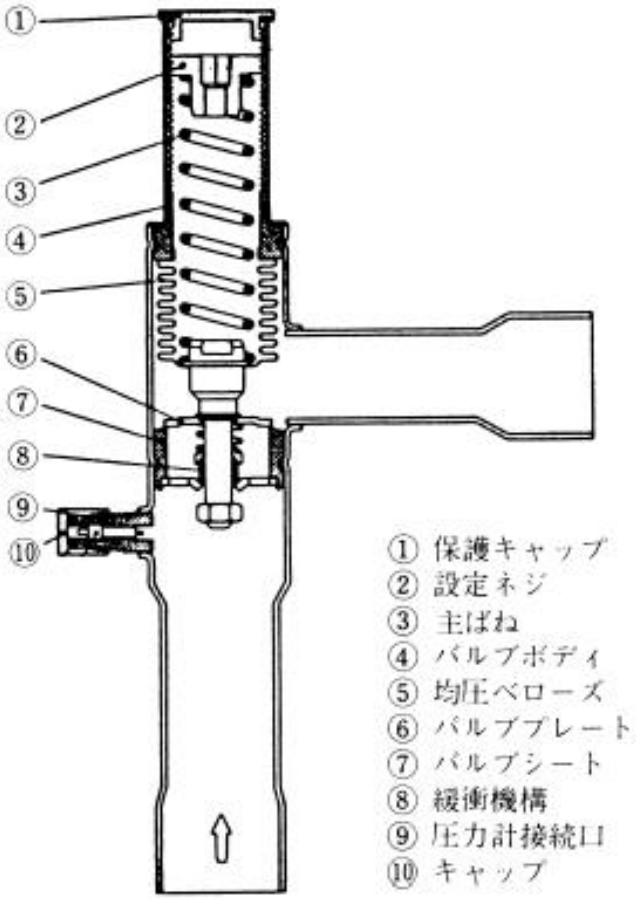


図 10.24　直動形蒸発圧力調整弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.6 吸入圧力調整弁

圧縮機の吸込み圧力が所要の圧力以上に高くなると，電動機が過負荷になる．

→ ・圧縮機吸込み圧力を一定値以上に上昇させないように制御する

・圧縮機吸込み管に取り付ける．

※ 蒸発圧力調整弁と似た構造であるが，バルブプレートの向きが逆になっている

吸入圧力調整弁の出口圧力が設定用ばね圧力よりも高くなると，弁が閉じる．
均圧用ベローズによって，弁の作動圧力が蒸発器側の入口圧力の影響を
ほとんど受けない

吸入圧力調整弁は SPR（Suction Pressure Regulator）とも呼ばれる．
大容量のものはパイロット形を用い，吸込み圧力が設定値よりも低くなると
パイロット弁が開いて，蒸発器側の圧力を主弁のピストン上部に導いて，
主弁を開くようになっている．

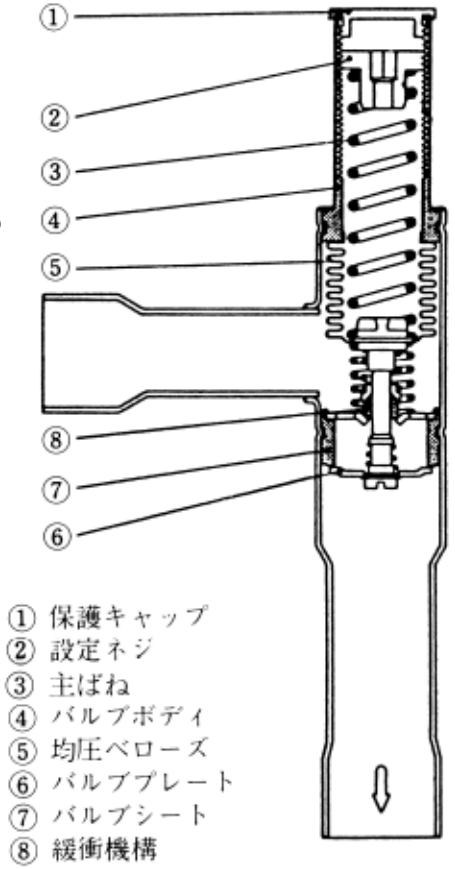


図 10.25 吸入圧力調整弁の構造（直動形）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.7 凝縮圧力調整弁

CPR（Condensing Pressure Regulator）とも呼ばれる.
空冷凝縮器の冬季運転時における凝縮圧力の異常な低下を防止する

10.7.1 作動原理と構造

- ✓ 直動形凝縮圧力調整弁
  空冷凝縮器の出口側に取り付ける
  入口側圧力(凝縮器圧力)が低下 → 弁が閉じる
  バイパス弁は,凝縮圧力調整弁が閉じているときの受液器の加圧用

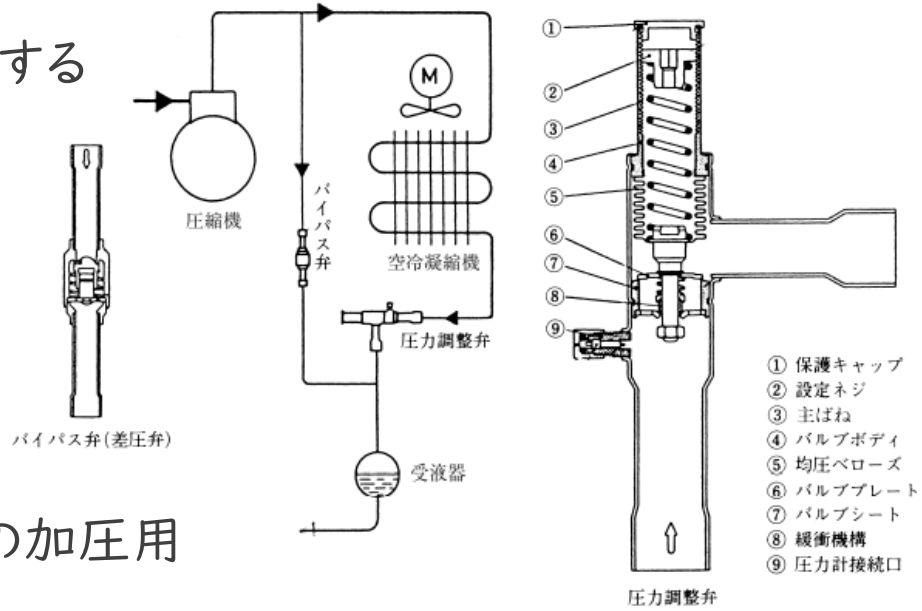


図 10.26 直動形凝縮圧力調整弁

- 冬季に凝縮圧力が低下すると弁が閉じ始める
  → 空冷凝縮器内に冷媒液を滞留させて凝縮圧力を高める
- 外気温度が非常に低くなると凝縮圧力調整弁が閉止して,受液器の圧力が低下する
  → バイパス弁が開いて蒸発器への送液に必要な圧力を供給する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.7 凝縮圧力調整弁

✓ 三方形凝縮圧力調整弁
凝縮圧力の設定値が固定されている
通常の運転状態：冷媒液がAからCへ流れる
凝縮圧力が設定値よりも低い： Aからの冷媒液の流入を遮断
圧縮機吐出しガスをBからCへとバイパス
→受液器内の圧力を高く維持する

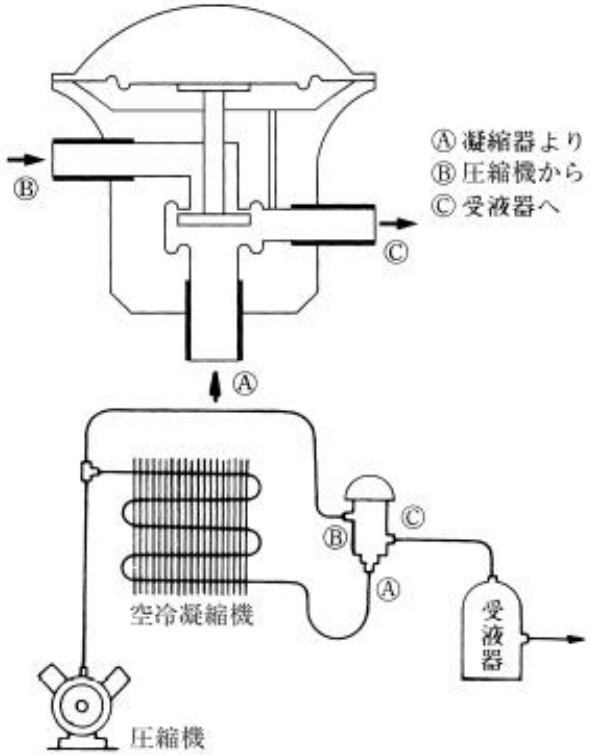


図 10.27 三方形凝縮圧力調整弁

10.7.2 選定と使用上の注意

凝縮圧力調整弁：冷凍装置の高圧側の圧力を制御する弁
→ 取り付け，調整には充分に注意する

- 作動圧力を設定するには，圧力計を取り付ける
- 設定圧力固定形の場合：高圧遮断圧力スイッチとの関連に注意

※ 凝縮圧力調整弁による凝縮圧力の制御は凝縮器への液の滞留による方法
→ 滞留分だけ，装置の冷媒充てん量に余裕を必要とするので，受液器がなければならない．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.8 冷却水調整弁

膨張弁の冷媒流量確保や圧縮機過負荷の防止のため，水冷凝縮器には冷却水調整弁を取り付け，凝縮圧力を安定して制御する

10.8.1 構造と作動原理

- ✓ 圧力式冷却水調整弁

  下部の凝縮圧力導入用の接続口付きベローズ部分と，作動圧力設定用ばねを収めた調整部分から成る

  凝縮圧力が高くなると弁開度が大きくなる．圧力で作動するので，弁の応答は速い．冷凍装置が停止して，凝縮圧力が低下すると自動的に冷却水を止められる．しかし，始動時には，凝縮圧力が高くなるまで弁が開かないので，バイパス弁を必要とする．

- ✓ 温度式冷却水調整弁

  感温筒を冷却水出口に取り付け，冷却水出口温度や凝縮器冷媒温度で冷却水量を調節熱の移動によって作動するために応答の遅れが大きく，緩やかな制御になり，冷媒側と絶縁されて安全性が高い．急激な凝縮圧力の上昇には，追従することができない．

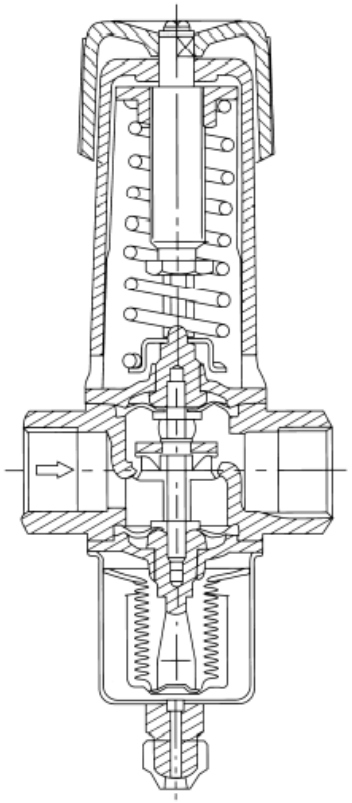


図 10.28　圧力式冷却水調整弁の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.9 断水リレー

水冷凝縮器や水冷却器の冷却水回路の断水または大幅な減水，水圧の低下が起きた場合に圧縮機を停止させたり，警報を発して装置を保護することを目的とする，保安上重要な安全装置

10.9.1 圧力式断水リレー

流水状態と断水状態とで冷却水出入り口間の差圧の変化を検出し，
一定の圧力以下になると，その信号で警報を発し，圧縮機を停止させる．

高圧側（上流側）と低圧側（下流側）の水圧導入口からの
圧力で，ベローズと作動圧力設定用ばねが電気接点の
開閉機構（リレー）を動かす．

スイッチの入りと切りの圧力差は調整可能形と固定形がある．

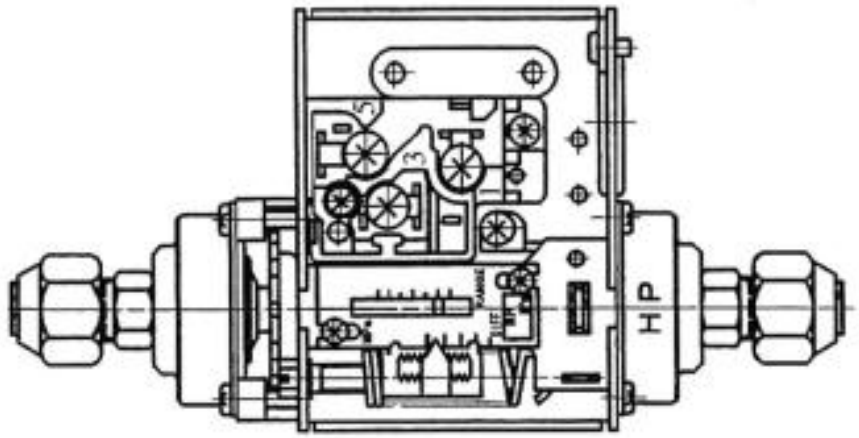


図 10.29　差圧圧力リレー

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.9 断水リレー

10.9.2 フロースイッチ

圧力降下の少ない流路には，フロースイッチと呼ばれる流量式を用いる．

パドル形フロースイッチは，配管内にパドルを入れて流れを検知する．

パドルは流量の変化により連続的に働き，外部との間のシールは
ベローズを用いているので気密性がよく，流量感度も高い．

流量による作動の設定値は，調整用ねじで設定できる．

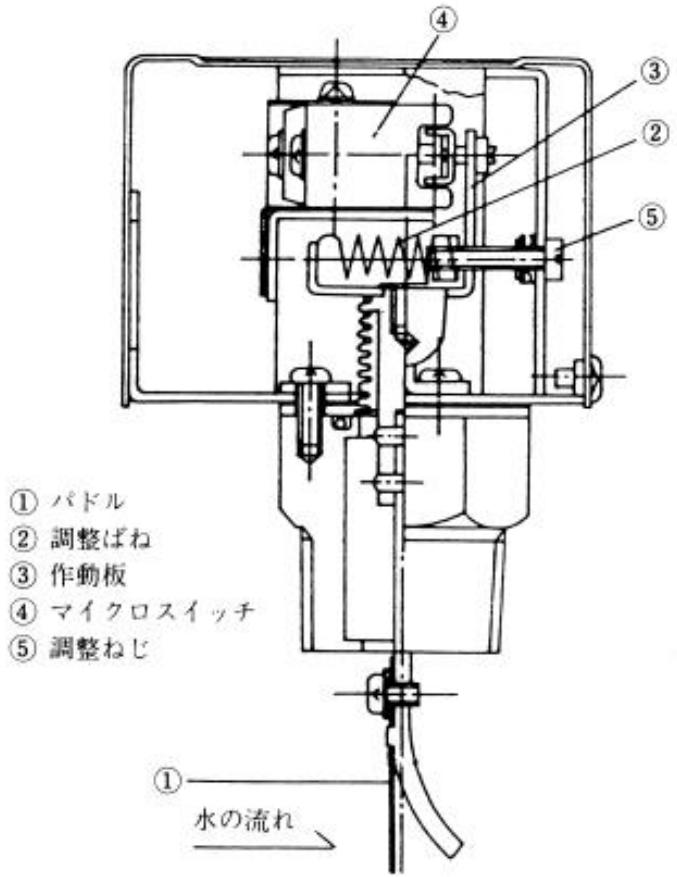


図 10.30　パドル形フロースイッチ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.10 フロート液面レベル制御

満液式蒸発器，冷媒液強制循環式（液ポンプ方式）蒸発器などで，冷媒液溜め器内の液量（液面レベル）の制御を行う．また，液分離器での液戻し装置や油分離器などで，冷媒液面の制御や油戻しの制御にも使われている．

10.10.1 フロートスイッチ

- 液面高さの上昇，下降にともなうフロートの動きを電気信号に変える．
  → 電磁弁が冷媒を送液したり，停止したりして液面レベルを一定に保持，あるいは液を容器から排除したりする
- 液面レベルが上限に到達したときに警報を発したりするのにも用いる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.10 フロート液面レベル制御

10.10.2 フロート弁

- ✓ 低圧フロート弁

  満液式蒸発器，低圧受液器，中間冷却器などの液面レベルを一定に保持する

  →高圧冷媒液を絞り膨張させて低圧機器内に送液する

- ✓ 高圧フロート弁

  ターボ冷凍機用に用いられる

  ※ 液面レベルの上下変動に対応して送液するので，フロートスイッチに手動膨張弁と電磁弁とを組み合わせた場合よりも，液面レベルの変動が小さくできる．

  電気配線が不要で，配管も簡単であり，保守が容易である

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.10 フロート液面レベル制御

（1）低圧フロート弁

フロートチャンバ内に，低圧液面を検知するフロートと，
これに機械的なリンクで連結された膨張弁機構からなる

→横形フロート弁

同様な機構を持ったたて形フロート弁もある

満液式蒸発器などの機器の液面と，
フロートチャンバの液面とが同一レベルに
なるように機器外部に設置して配管で接続し，
この液面レベルを保持するように制御する．

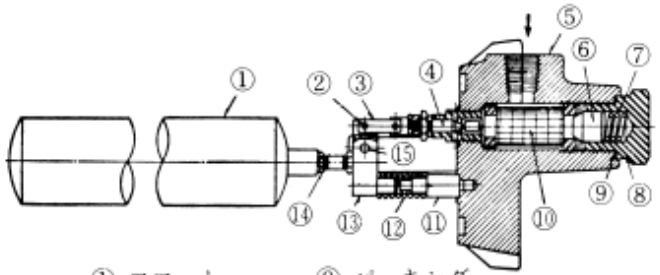


図 10.34 直接式フロート弁

<横形フロート弁>

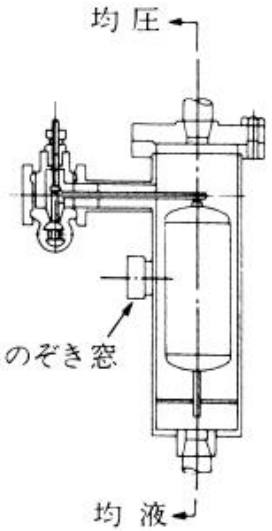


図 10.35 フロート室付フロート弁

<たて形フロート弁>

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.10 フロート液面レベル制御

（2）高圧フロート弁

ターボの高圧受液器や凝縮器の液面レベルによって送液量を制御する

液面レベルの上昇で弁が開き，下降で弁が閉じることによって満液の蒸発器の液量を制御する．

→ 装置の冷媒チャージ量を正確に保持していなければならない

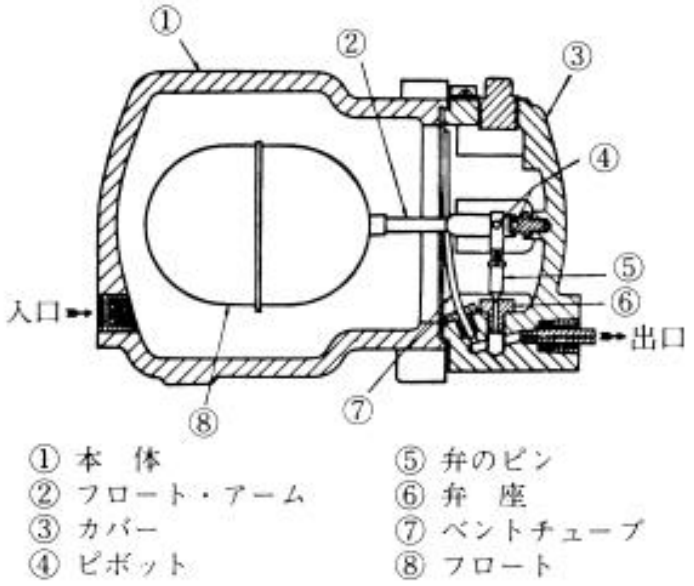


図 10.36　高圧フロート弁

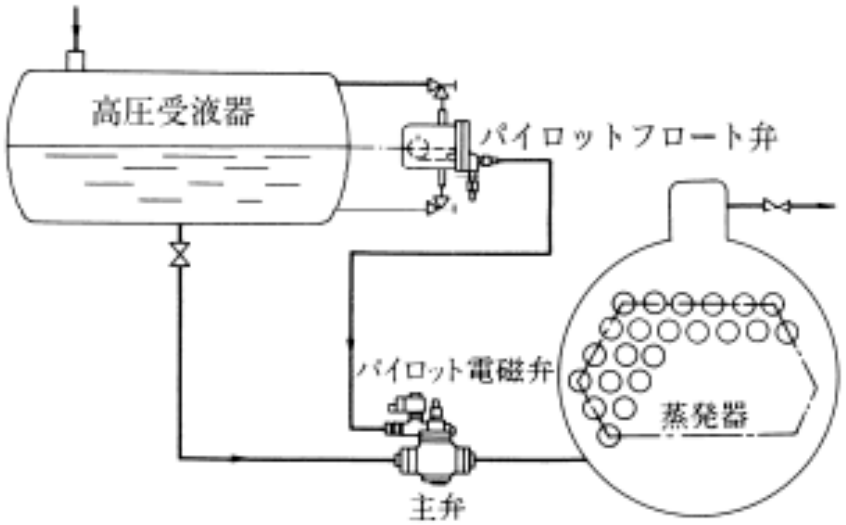


図 10.37　パイロット式高圧フロート弁使用例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.11 電磁弁

電磁（ソレノイド）コイルに通電して，その磁場で鉄心（アマチュア）が引き上げられる電磁力を利用して弁を開閉する．

電磁弁には，その用途，サイズ（容量，口径），作動方式などによって多くの種類がある．

直動式　　：単動形，複動形
パイロット式　：ピストン形，ダイアフラム形

- 使用方法
  （a）遠隔手動スイッチによる開閉
  （b）サーモスタットによる自動開閉
  （c）圧力スイッチによる自動開閉
  （d）液面レベル制御機器と連動した自動開閉
  （e）温度，圧力センサの信号により電子調節器で自動開閉
  （f）圧縮機の主開閉器の補助接点を用い，冷凍装置の運転・停止に連動した自動開閉

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.11 電磁弁

10.11.1 電磁弁の構造と作動原理

- ✓ 直動式の単動形電磁弁
  鉄心自身が弁と兼用で，電磁力で直接開閉する

- ✓ 直動式の複動形電磁弁
  鉄心に弁が固定されずに緩く取り付けられており，鉄心がある程度動いてから衝撃的な力を弁に与えて開く

電磁力を発生するコイルの経済性から
口径の小さい電磁弁に限定される

⇩

大口径のものはパイロット式（次ページ）

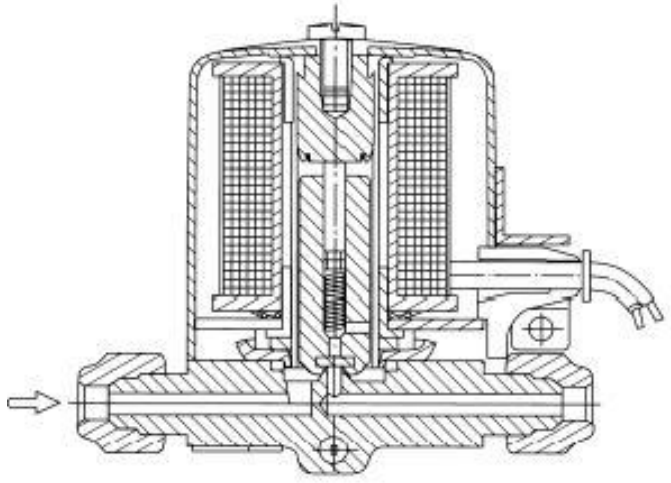


図 10.38　直動式電磁弁の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.11 電磁弁

- ✓ パイロット式のプランジャ形電磁弁
  - 主弁をプランジャと一体とし，プランジャの中心にパイロット弁を設けたもの(図10.39)
  - ピストン自身にはパイロット弁を設けずに，ピストン上部のチャンバからバイパスし，そこにパイロット弁を設けたもの(図10.40)
- ✓ パイロット式のダイアフラム形電磁弁

  ピストンの代わりにダイアフラムを用いたもの

- ● 作動原理

  パイロット弁を直動式で開弁し，プランジャまたはピストン上部の圧力を出口側へ逃がし，それの下部圧力と圧力差を付けることによって，ピストンを上に押し上げて開弁とする

  閉じるときには，パイロット弁を閉じ，ピストンの均圧孔からピストン上部に入口側圧力が入り，逆止め弁の原理で閉じる

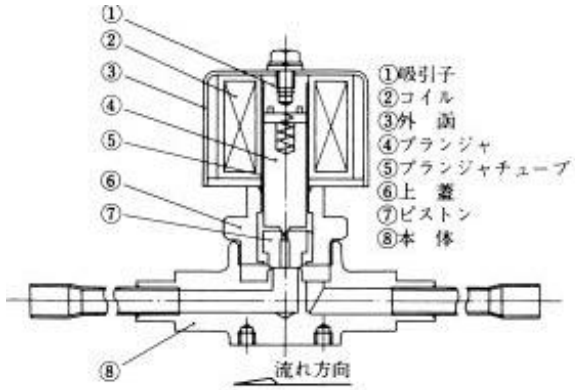


図 10.39　パイロット式電磁弁ろう付形（口径 φ 6 以下）

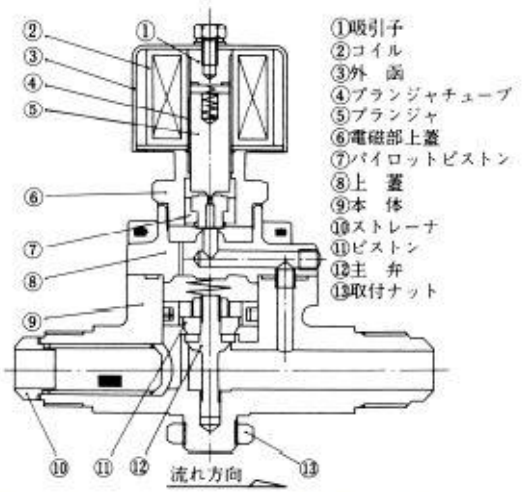


図 10.40　パイロット式電磁弁（口径 φ 10）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.11 電磁弁

10.11.2 電磁弁の取扱い，使用上の注意

（1）使用流体

冷媒用，水用，ブライン用など使用流体によって使い分ける．

電磁弁を流れる流体の温度，圧力，流量，流れの抵抗（圧力降下），腐食性などについて注意

（2）弁前後の圧力差

- ✓ 直動式　　：弁前後の圧力差がゼロでも開閉できる．
- ✓ パイロット式　：弁前後の圧力差がゼロでは動作しない．
  一般に7～30kPa の弁前後の圧力差が必要

（3）電源

直流用　：12V，　24V，100V

交流用　：24V，100V，200V　が標準

電圧が高過ぎるとコイルが焼損する

低過ぎると電磁力が弱くなって弁が適切に開閉の動作をしない

→ 定格電圧からの許容電圧変動は±10% 以下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.12 四方切換弁

冷暖房兼用ヒートポンプやホットガスデフロスト装置などに用い，これによって冷凍サイクルの凝縮器と蒸発器の役割を逆にする

四方切換弁はパイロット弁とスライドバルブ付きの本体からなる．

※ 切り換え時に高圧側から低圧側への冷媒の漏れが短時間起こるので，高低圧間に圧力差が充分にないと完全な切り換えができない．

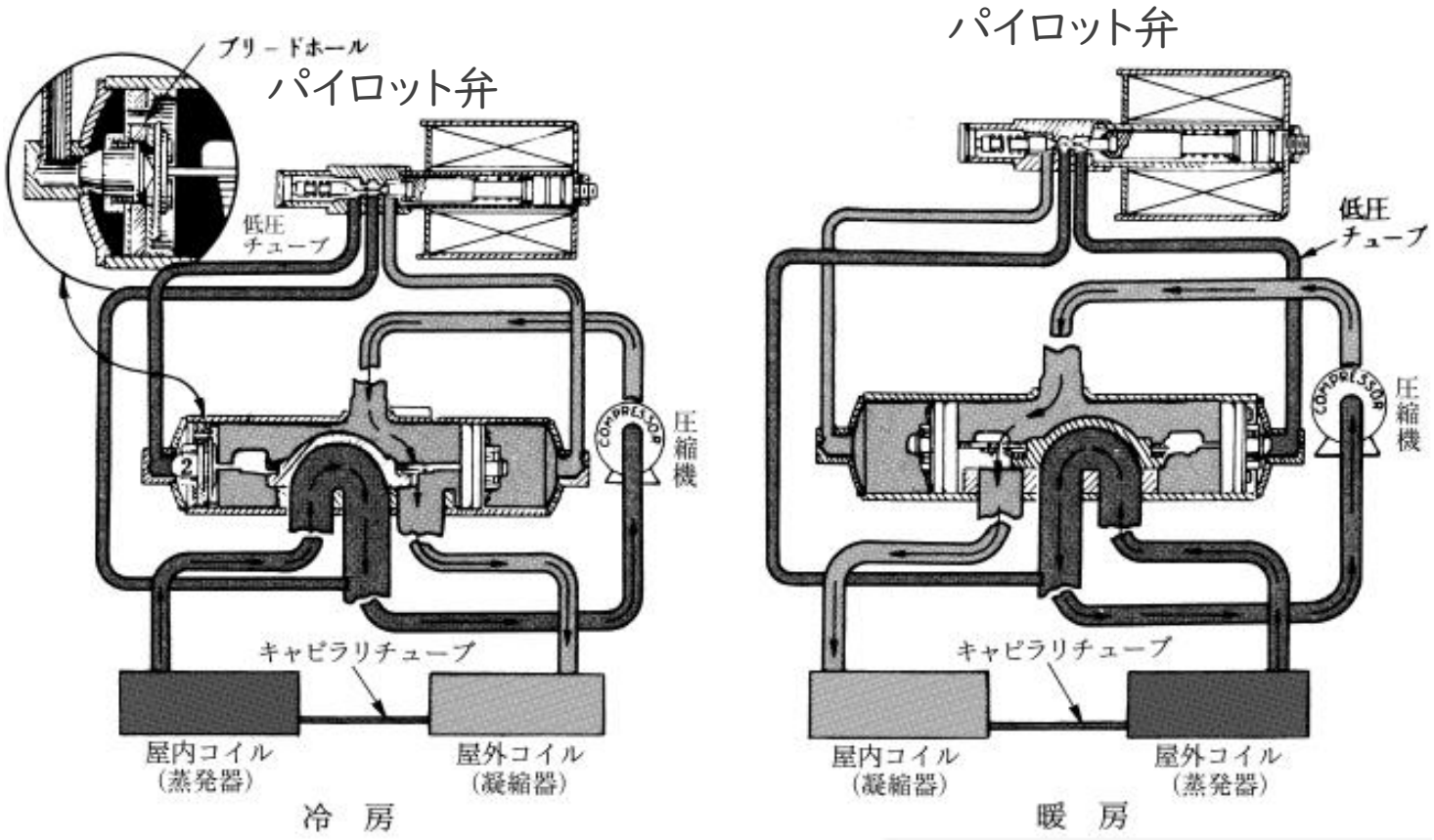


図 10.42　四方切換弁における冷媒の流れ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.13 圧力スイッチ

圧力変化を検出し，圧縮機の電動機，冷媒の流れを制御している
電磁弁などの電気回路を開閉する最も基本的なON−OFF制御機器

多くは冷凍装置の制御用と保護，保安のための装置

- ✓ 冷凍装置の高圧側に使用する高圧圧力スイッチ
- ✓ 低圧側に使用する低圧圧力スイッチ
- ✓ 両者を一体とした高低圧圧力スイッチ
- ✓ 圧縮機の潤滑油圧力を保証する油圧保護圧力スイッチ

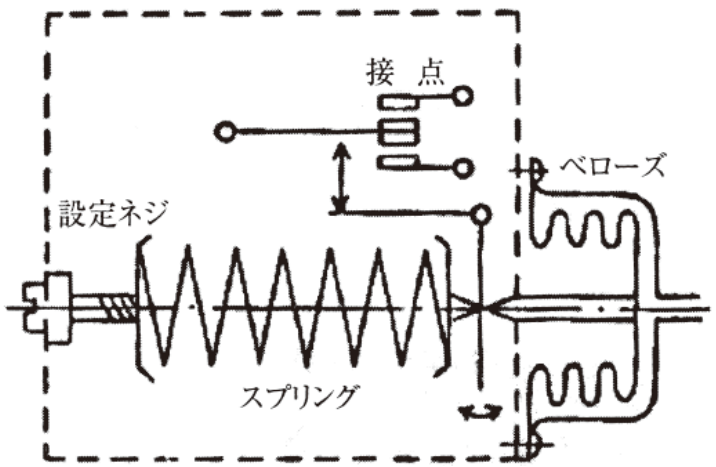


図 10.43　圧力スイッチの基本構造

- 圧力スイッチの仕様

① 自動復帰形と手動復帰形（原則として，制御用は自動，保安用は手動）
② 電気定格（交流または直流，定格電圧，定格電流，力率）
③ 電気接点（単極単投，単極双投，双極単投などの接点形式）
④ 圧力導入用継手形式（フレア，ユニオン，管用テーパねじなどの継手）

※ 特殊仕様として　①防滴形 ②防水形 ③防爆形 ④防塵形 ⑤耐衝撃形 がある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.13 圧力スイッチ

10.13.1 油圧保護圧力スイッチ

多気筒圧縮機などの大形圧縮機では，潤滑油ポンプを装着しており，何らかの原因で油圧が保持できなくなると，軸受などが潤滑不良で焼き付き事故を起こす

→ 圧縮機を始動してから，または運転中に一定時間（約90秒）経過しても，給油圧力が定められた圧力を保持できない場合に，圧力スイッチにより圧縮機を停止させる．

給油ポンプ圧力とクランクケース内圧力の圧力差が設定された値（通常0.15～0.4MPa）以下になると，ヒータでバイメタルを加熱して接点を開き，圧縮機を停止させる．
作動圧力とともに，作動圧力に到達してから接点開の作動までの時間が調整できる

- 作動を遅らせる（一般に90秒程度）理由
  - 圧縮機の起動の際には油圧が立っていないため，油圧が立つのを待つ必要がある
  - 運転中にごく短時間油圧が低下することがあるため

  ※ この程度の時間ならば，圧縮機の軸受の焼き付きの危険はなく，また，圧力スイッチの誤動作を防止できる．スイッチとタイマーを組み合わせることもある．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.13 圧力スイッチ

10.13.2 低圧圧力及び高圧圧力スイッチ

（1）低圧圧力スイッチ

圧縮機吸込み蒸気配管に圧力検出端を接続

冷凍負荷が減少して蒸発圧力が低下したとき，
圧縮機電源回路を遮断して，停止させる

蒸発圧力が上昇すると圧力スイッチが「閉」となり，再始動させる．

※この使用目的の場合には，圧力スイッチは自動復帰形

- 機器の保護の目的で用いる場合
  原則として手動復帰形を用いる．
  異常な運転となった原因を調べその原因を修復してから手動で復帰させる．
- 自動復帰形の低圧圧力スイッチ
  作動圧力とその「入り」「切り」差の大きさを調節できる
  「入り」「切り」差をあまり小さく設定すると，圧縮機が短かい間隔で
  運転と停止を繰り返すことになり，電動機焼損の原因となる

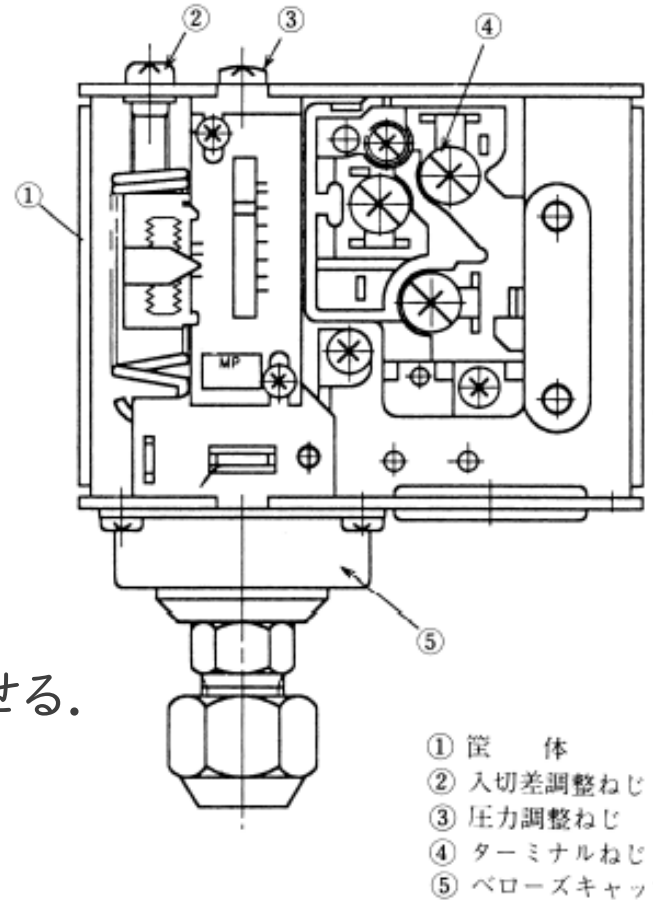


図 10.45　低圧圧力スイッチ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.13 圧力スイッチ

（2）高圧圧力スイッチ

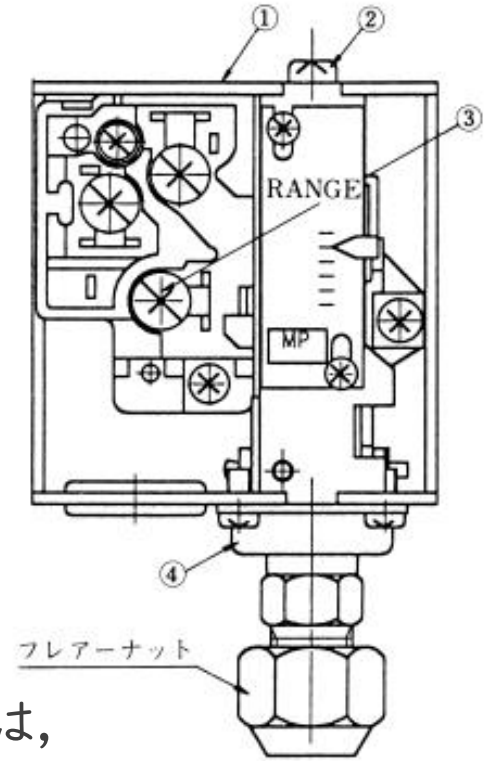
冷凍装置の高圧圧力の異常高圧防止のための安全装置

冷凍保安規則関係例示基準において，許容圧力以下に戻すことができる安全装置のひとつ（高圧遮断装置）

構造，作動原理は低圧圧力スイッチと同様

冷媒圧力が設定圧力に到達すると，接点を開にして圧縮機を停止させる．

- 保安のための安全装置として用いる高圧圧力スイッチ
  - 作動の機会はまれであり，長期間にわたって高い信頼性が要求される
  - 原則として手動復帰形
  - 高圧圧力スイッチを凝縮器の送風機の台数制御などに用いる場合には，制御用であるので自動復帰形を用いる．



① 筐　体　② 圧力調整ねじ
③ ターミナルねじ　④ ベローズキャップ

図 10.46　高圧圧力スイッチ

（3）高低圧圧力スイッチ

保護用の低圧圧力スイッチと保安用の高圧圧力スイッチを一体にまとめたもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.14 サーモスタット

温度変化を検知し，設定温度で電気接点を開閉する温度作動式のスイッチ

- 使用目的
  - 冷凍装置における種々の対象物を所定の温度に保持するため
  - 圧縮機の過熱保護のため

10.14.1 バイメタル式サーモスタット

熱膨張係数の異なる二種の金属（例えば，黄銅とニッケル合金）を溶着または一緒にロール加工して作られ，温度が変化すると機械的なわん曲を生じる．

→ このわん曲を利用して電気接点の開閉を行う

主として空調用ルームサーモスタットに使われている．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.14 サーモスタット

10.14.2 蒸気圧式サーモスタット

冷凍装置用として数多く使用されている.

温度により蒸気圧の変わる媒体を感温筒に封入し,
キャピラリチューブを経てその圧力をベローズに伝える

→ 温度変化を蒸気圧の作用しているベローズの伸縮に変えて,
電気接点を開閉する.

使用温度範囲, 用途によって3種のチャージ方式がある

- ガスチャージ方式
- 吸着チャージ方式
- 液チャージ方式

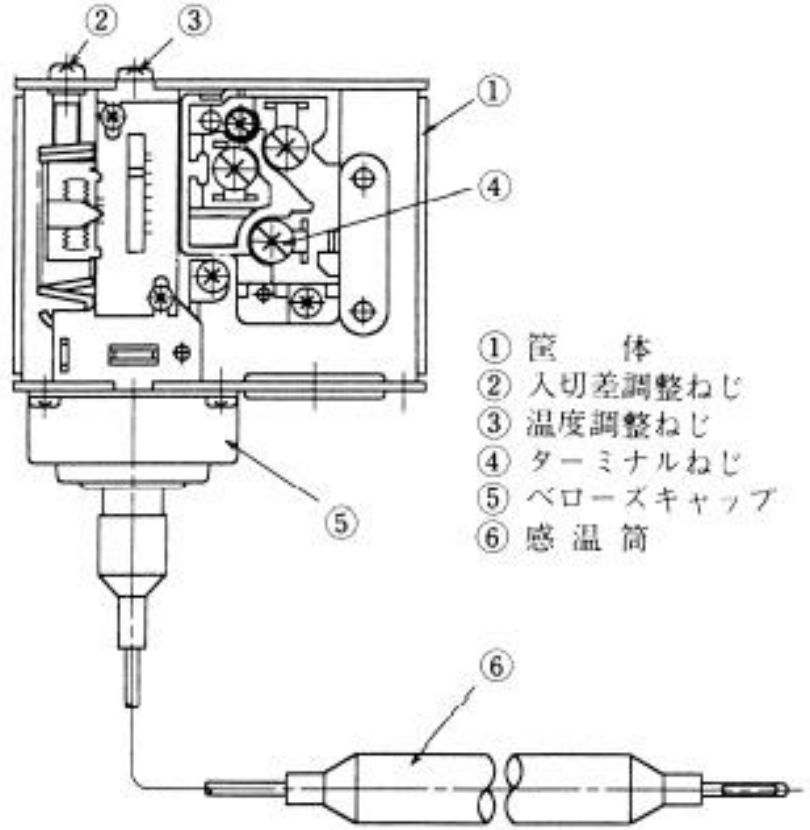


図 10.48　蒸気圧式サーモスタット

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.14 サーモスタット

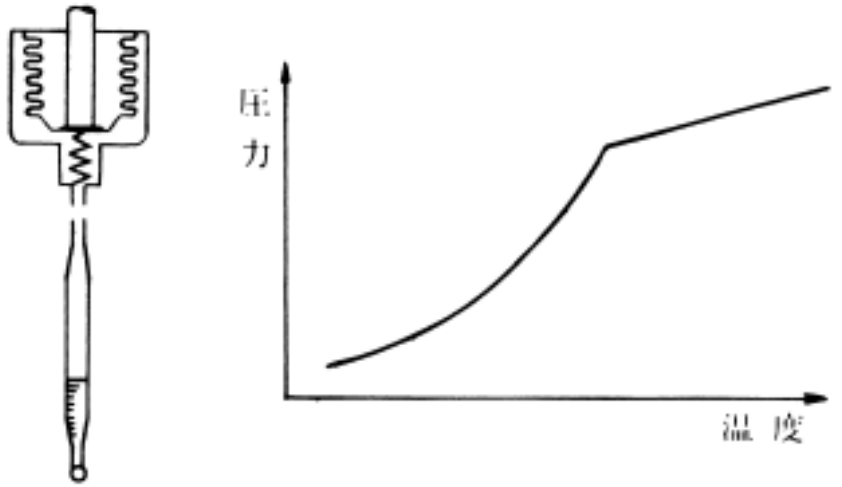
（1）ガスチャージ方式

最高使用温度（最高作動圧力）で感温筒に封入した媒体がすべて気化するように制限チャージしたもの

→ 通常の使用状態では，感温筒内には常に湿り状態の媒体が存在

感温筒の温度に相当した飽和圧力でベローズまたはダイアフラムの受圧部が動き，電気接点を開閉できる．

- 感温筒内の液量が少ないために応答が速く，主に低温用に使われる
- 感温筒よりも受圧部の温度が高くないと正常に作動しないので，注意を要する．
- 感温筒が最高使用温度（最高作動圧力）を多少超えても，サーモスタットを損なう危険は少ない．



(a) ガスチャージ方式の特性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

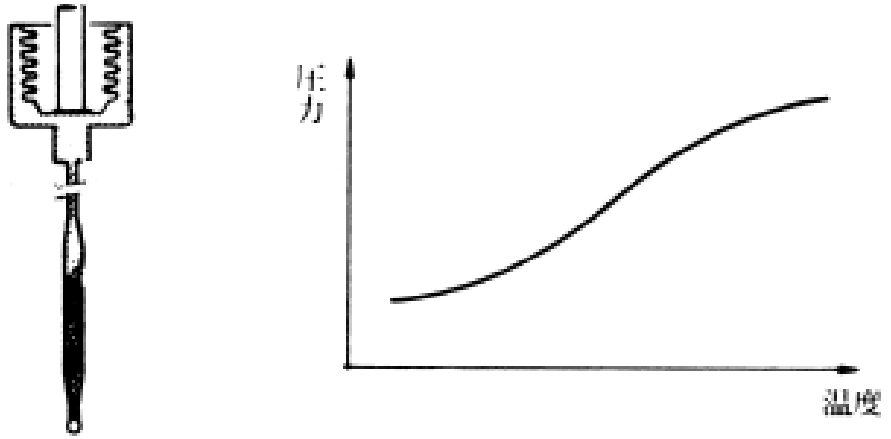
10.14 サーモスタット

（2）吸着チャージ方式

感温筒内に活性炭のようなガスを多量に吸着する吸着材を入れて，これに常にガスの状態の媒体を封入してある

吸着材のガス脱着特性は，ガス圧力の影響が小さく，温度によって大きく変わる．

→ 吸着材が温度の上昇に伴ってガスを放出して圧力が上昇し，設定温度で電気接点を開閉する．



(b) 吸着チャージ方式の特性

- 受圧部の温度が作動に及ぼす影響が小さく，サーモスタット本体が感温筒と異なった温度環境でも使用できる
- 作動温度範囲，感度などの特性が多様なものを造りやすい
- 熱伝導の良くない活性炭を用いているので応答は多少遅くなっている．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

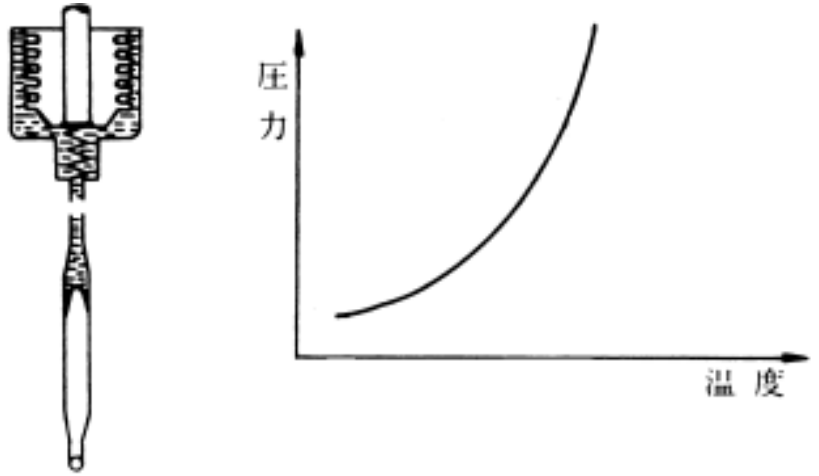
10.14 サーモスタット

（3）液チャージ方式

感温筒内に常に封入媒体の飽和液が存在するように，
ガチャージ方式よりもチャージ媒体量が多くなっている

→ ガスチャージ方式とは異なり，受圧部のある本体の温度が感温筒の温度よりも低くないと，正常に作動しない(注)

本体，感温筒の取付け位置，感温筒の取り付け姿勢によって性能が異なるので，注意が必要



(c) 液チャージ方式の特性

- このチャージ方式は，冷凍装置に使われなくなった．
- 近年では，この液チャージ方式は，70～150℃の高温用に使用されている．

（注）： 液チャージ式の温度自動膨張弁では，感温筒の内容積を本体受圧部とキャピラリチューブの合計体積より大きくして，弁本体の温度条件が弁動作に影響しないようにしている．
サーモスタットの場合には感温部の感度をよくするために感温部の内容積を大きくできないので，受圧部のある本体の温度が感温筒の温度よりも低くないと，正常に作動しない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11 配管

11.1 冷媒配管

- 冷媒配管の基本的な留意事項

(a) あらゆる使用条件において，十分な耐圧強度と気密性能を確保すること．

(b) 使用材料は，用途，冷媒の種類，使用温度，加工方法に応じて選択する．

(c) 機器相互間の配管長さは，できるだけ短くする．

(d) 配管の曲り部は，できるだけ少なく，かつ，曲りの半径は大きくし，極力冷媒の流れの抵抗を小さくする．

(e) 止め弁は圧力降下が大きく，冷媒漏れの原因となることもあるので，できるだけ必要最小限にとどめる．弁のグランド部は下向きに取り付けない．

(f) 配管途中での周囲温度の高低の変化をなるべく避けること．

(g) 吸込み蒸気配管内の蒸気流速は，油の戻りのための油同伴速度を考えて，適切な流速であること

(h) 横走り管は原則として，冷媒の流れの方向に1/150～1/250の下り勾配を付ける．

(i) 不必要なUトラップ（U字状の配管）や行き止まり管は，油が溜りやすいので設けてはならない．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.1 冷媒配管

- 冷媒配管の基本的な留意事項

(j) 圧縮機，凝縮器，蒸発器などを一組として複数を並列運転するときは，冷媒や油が何れか一方の機器に片寄ったり，圧力が不均一になったりしやすいので，注意して配管の設計をしなければならない．

(k) 距離の長い配管では，温度変化の熱膨張による管の伸縮を考慮して，配管にループを設ける．また，支持金具で適切な間隔で配管を支えて，配管の振動やたわみを防止する．

(l) 配管が外力により傷付きやすい所には，保護カバーや柵を設ける．また，配管が通路を横切るときには，床上2m 以上の高さに通すか，床下のピット内に収め，床のコンクリートに埋め込んだ配管にしてはならない

(m) 高圧ガス保安法，冷凍保安規則，冷凍保安規則関係例示基準などの法規や規格などに定められた技術上の基準に適合すること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 配管材料

- 冷媒配管に使用する材料に対する条件

(a) 冷媒と冷凍機油の化学的および物理的な作用によって，腐食，劣化しないこと．

(b) 冷媒の種類に応じた材料を選択して使用する．

使用してはいけない
- アンモニア　　：銅及び銅合金
- フルオロカーボン：2%を超えるマグネシウムを含有したアルミニウム合金

(c) 可とう管（フレキシブルチューブ，ゴムホース）は，十分な耐圧強度を持つこと．
フルオロカーボンはゴムを劣化させやすいので，特に注意すること．

(d) 低温配管は低温でも靱性の大きい材料を使用する．
冷凍保安規則関係例示基準20においては，
配管用炭素鋼鋼管（SGP）　　：-25℃
圧力配管用炭素鋼鋼管（STPG）：-50℃
までの低温で使用できるように規定している．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 配管材料

(e) 銅管および銅合金管には，継目無管（JIS H3300）が多く用いられる．

- 冷媒配管用銅管（JIS B8607）の種類と用途
  - ✓ フレア加工：O 材（なまし）・OL 材（軽なまし）
  - ✓ ベンダー加工による曲げ加工：O 材・OL 材・1/2H 材（半硬質）
  - ✓ 直管：H 材（硬質）

※アルミニウム管は継目無管を使用する．

(f) 配管用炭素鋼鋼管（SGP）は，毒性ガスの冷媒，設計圧力が1MPa を超える耐圧部分，温度100℃を超える耐圧部分（圧縮機の吐出しガス配管など）には使用できない．

(g) 純度が99.7%未満のアルミニウム管は，管の外面が水や湿気に触れる部分の配管（空気冷却器など）に使用しないこと．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 配管の接続方法

（1）溶接継手

フランジ継手などで取り外しの必要のない鋼管は，溶接継手とする．

（2）ろう付け継手

銅管はろう付けによって接合する．

ろう付け継手に銅管を差し込んで接合面を重ね合わせ，その隙間にフラックスを用いて溶けたろうを流し込み溶着させる．

接合面積を十分にとり，ろうが流れ込む適切な隙間をとることが大切

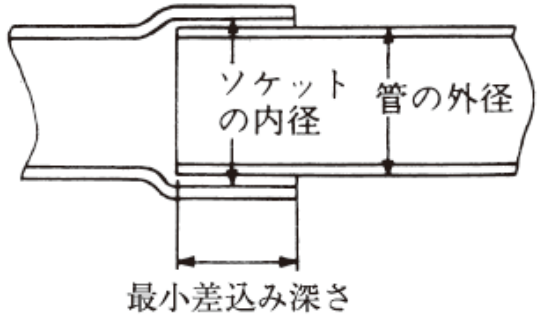
- ろう付けに使用するろう材

  BAg（銀ろう）系のろう材がよく使われる．

  ろう付け温度：625～700℃

  溶融したろうの流動性がよく強度も大きい

銅管及び銅合金用継手の最小差込み深さ



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.3 配管の接続方法

(3) フランジ継手

冷媒配管系の修理または点検の可能性のある箇所は，フランジ継手を使用する．

規格（JISB8602）に冷媒用管フランジとして定められている．

(4) フレア継手

管径が19.05mm(3/4in)までの小口径の銅管で取り外す可能性のある部位に使用する

規格（JIS B8607）に冷媒用フレア及びろう付け管継手として定められている．

銅管の管端のフレア加工は，管端部の形状寸法に合わせて，正しく広げる．また，フレアナットを過大に締め過ぎると，ナットが割れたり，銅管のフレア部の肉厚が薄くなって割れることがあるので注意する．

(5) ねじ込み継手

アンモニア用の小口径の鋼管の配管では，ねじ込み継手で結合することがある．

規格（JIS B0203）に管用ねじとして定められている

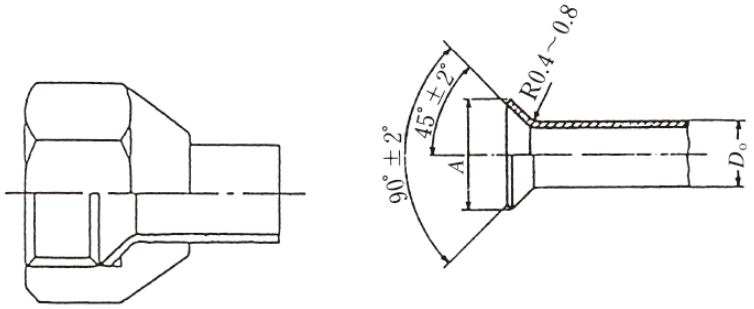


図 11.1　銅管のフレア加工（第 2 種）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

11.4.1 吐出しガス配管

(1) 吐出しガス配管の管径

(a) 冷媒ガスと共に圧縮機から吐き出された油が，冷媒ガスに同伴される流速を確保する

横走り管：3.5m/s 以上

立ち上がり管：6m/s 以上

(b) 過大な圧力降下と流体騒音を生じない程度の冷媒ガス流速に抑える

一般に25 m/s 以下とする

(c) 弁の絞りや管の摩擦抵抗損失による圧力降下は，0.02MPaを超えないことが望ましい．

→ 管の長さや曲がりに注意し，適切な管径とする．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

(2) 吐出しガス配管の施工上の注意

圧縮機が停止しているときに，油や凝縮した冷媒液が圧縮機に逆流しないようにする

(a) 圧縮機と凝縮器とが同じ高さ or 圧縮機が凝縮器よりも高い位置に設置されている場合

圧縮機からいったん立ち上がり管を設けてから下がり勾配で凝縮器に配管する．(図11.2)

(b) 凝縮器が圧縮機よりも高い位置に設置されている場合

高低差の大きさに応じてトラップを設ける．(図11.3)

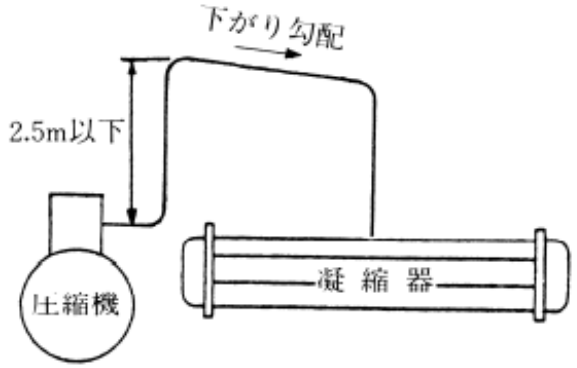
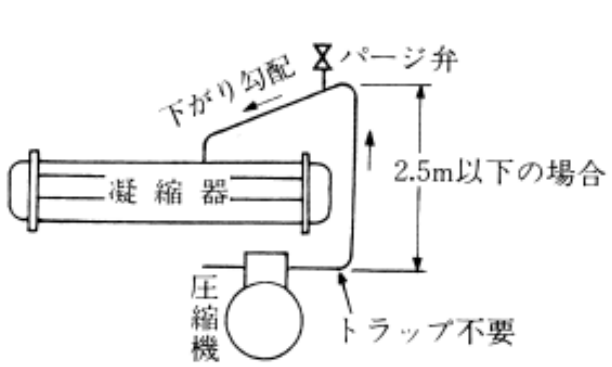


図 11.2



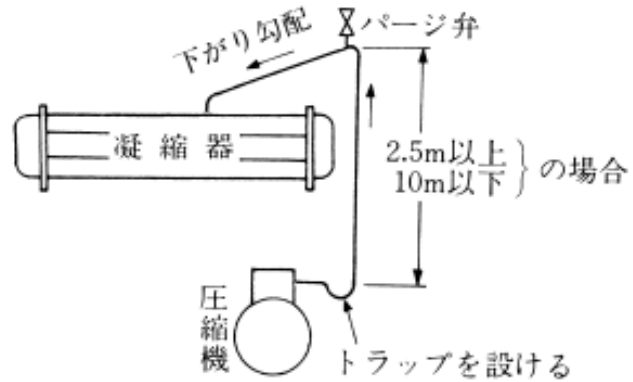


図 11.3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

（c）年間を通して運転する装置

冬季に圧縮機の停止中に，凝縮器内の冷媒液が温度の低い吐出しガス配管や圧縮機頭部で凝縮しないように，吐出しガス配管上部に逆止め弁を設ける

（d）2台以上の圧縮機を並列運転する場合

それぞれの圧縮機の吐出しガス配管に逆止め弁を取り付け，停止している圧縮機の油に冷媒が多量に溶け込まないようにする．

各圧縮機は同一レベルに設置し，クランクケース内の油量が同じになるように，均圧管および均油管で結ぶ．

それぞれの吐出しガス配管を主管に接続するには，主管の上側に接続する（図11.5）．

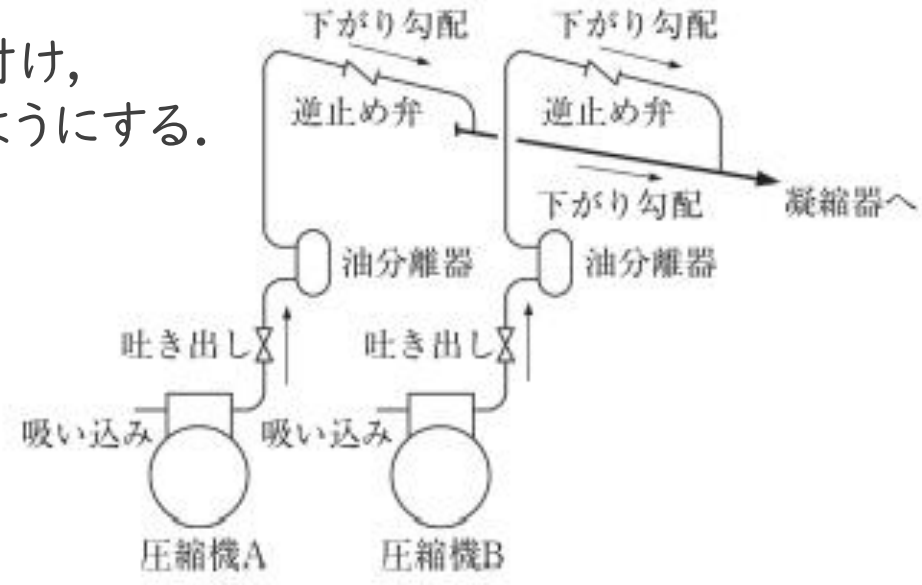


図 11.5　圧縮機並列時の吐出しガス配管の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

11.4.2 液配管

油戻しの問題は生じないが，

- ✓ 冷媒液にフラッシュガス（液の温度上昇や圧力降下により，液の一部が気化すること）が発生しないようにすること
- ✓ 運転停止時に管の両端の弁が閉じられて液封事故を起こさないことなどが重要

（a）液配管での圧力降下の主な原因

液配管に取り付けられている付属品における流れの抵抗

液配管の大きな立ち上がりの液柱によるもの

液配管が長い場合における液の流れの摩擦抵抗　など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

（b）液配管内の冷媒液の流速

1.5m/s 以下

摩擦抵抗による圧力降下は0.02MPa 以下になるように管径を決める

（c）凝縮器から受液器への液落とし管

液の流速を0.5m/s以下として，

液落とし管自身に均圧管の役割を持たせる（図11.6）

または，別に外部均圧管を設ける

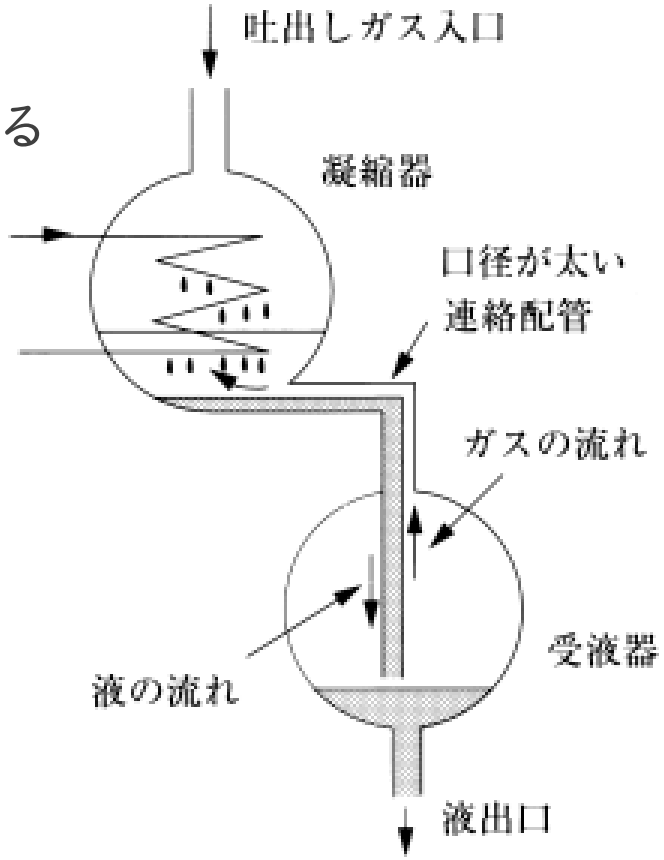


図 11.6　液がよく落ちる場合

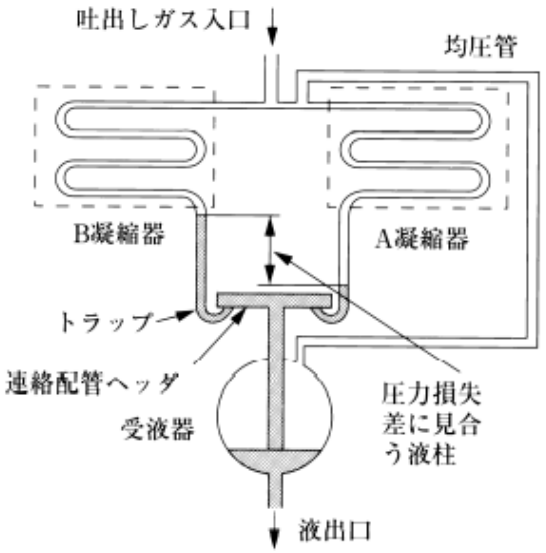
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

（d）2基以上の凝縮器から，一本の主管にまとめて受液器へ冷媒液を落とす場合

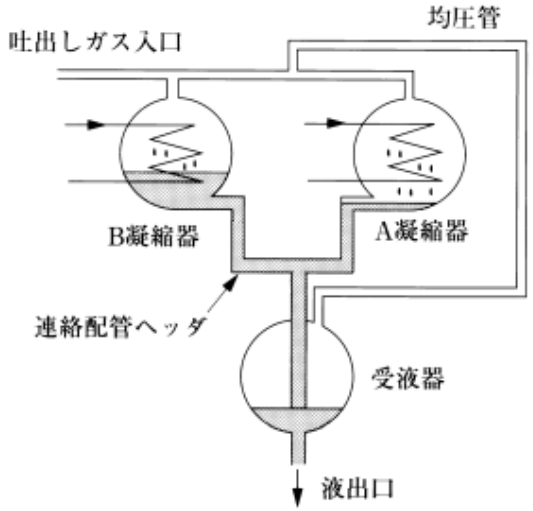
凝縮器の液落とし管にトラップを設けて，液の流れの抵抗による圧力差を
トラップで吸収する．（図11.7）

トラップがないと，のように冷媒液が流れ落ちないで，凝縮器内に溜まる弊害が生じる（図11.8）



圧力損失差に見合う十分な液柱が取れ，なおヘッダにトラップを取った配管を行って正常運転ができる．

図 11.7　凝縮器と受液器との間の液配管



連絡配管ヘッダにトラップがないと，凝縮器とヘッダとの高さが十分あっても圧力降下の大きいB凝縮器の凝縮液はA凝縮器の圧力に押されてたまり込む．

図 11.8　複数台の凝縮器と受液器との間の液配管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

（e）蒸発器が凝縮器よりも高い位置に設置される場合

液配管の液柱による圧力降下に見合うように，液ガス熱交換器で液を過冷却して，フラッシュガスの発生を防止する．

（g）液配管の周囲温度が冷媒液の飽和温度以上の温かい所を通す場合

配管に防熱を施工し，フラッシュガスの発生を防止する．

※ このような，高温の所に液配管を通さないことが望ましい．

（h）装置の運転中に，周囲温度よりも低い冷媒温度の液管

運転停止時に止め弁や電磁弁などにより封鎖される部分を作らない

← 運転停止時に閉じ込められた液の温度上昇による熱膨張により，弁や管を破壊する液封事故が発生する恐れがある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

11.4.3 吸込み蒸気配管

（1）吸込み蒸気配管の管径

（a）吸込み蒸気配管での圧力降下
圧縮機の能力に大きく影響するので，できるだけ小さくする
吸込み蒸気の飽和温度が2K に相当する圧力降下を
超えないようにする

（b）フルオロカーボン冷凍装置では，冷媒中に溶解している冷凍機油を
蒸発器から圧縮機へ，冷媒蒸気の流れを利用して返油する
→ 油の同伴に必要な最小の蒸気速度を確保しなければならない．

- 必要とする蒸気速度
横走り管：3.5m/s 以上
立ち上がり管：6m/s 以上

※ 配管の径と吸込み蒸気圧力での飽和温度によって，立ち上がり管の必要とする
最小蒸気速度から管径を決める（図11.10）

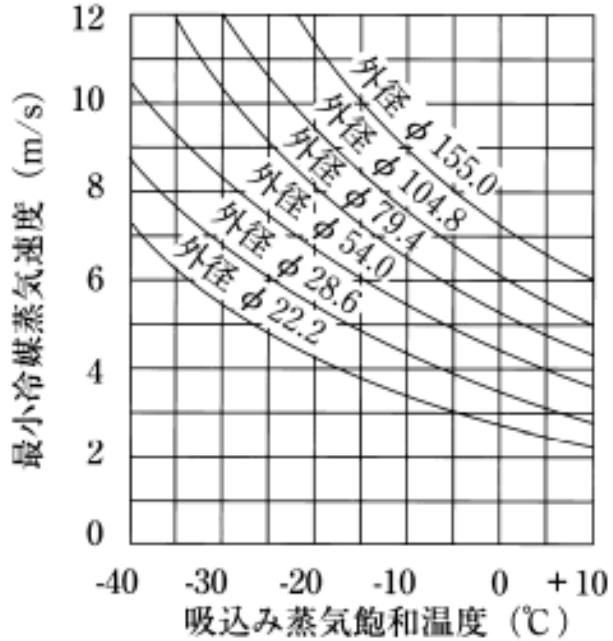


図11.10 R 22 の油戻し可能な最小の吸込み立ち上がり管内蒸気速度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

(2) 吸込み蒸気配管の施工上の注意

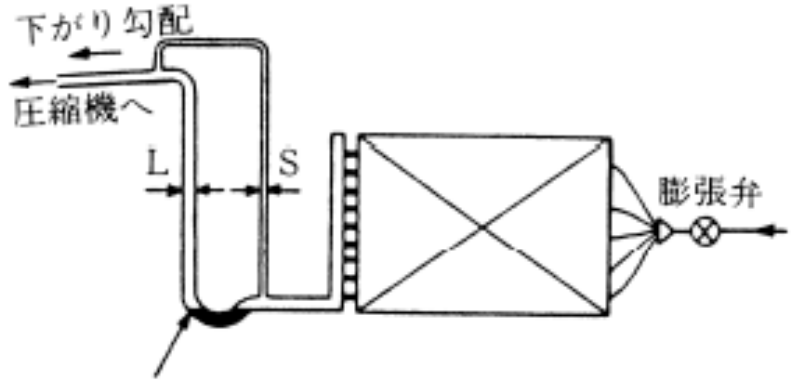
(a) 容量制御装置を持った圧縮機の吸込み蒸気配管

全負荷時の圧力降下の大きさで管径を決めると，アンロード運転の軽負荷時に返油のための最小蒸気速度を確保できないことがある．

- 二重立ち上がり管

  容量制御時，トラップに油が溜まり，
  蒸気は管Sを通る

  → 最小負荷時にも，最大負荷時にも，
  返油のために必要な最小蒸気速度が確保でき，
  かつ，圧力降下を適切な範囲内に収めることができる．



容量制御したとき，蒸気の速度が落ちて油を運びきれず，このトラップの部分にたまるので，蒸気は管Sを通る．全負荷に戻ったときは，蒸気は管Lと管Sの両方を通る．

図 11.11 二重立ち上がり管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

（b）横走り管

トラップがあると，軽負荷運転時に油や冷媒液が溜り，再始動時や，軽負荷から全負荷に切り替わったときに，液がいっきょに圧縮機に戻るので好ましくない．

→ 下り勾配の配管にする（図11.12）．

圧縮機の近くには，トラップを付けることは絶対に避ける（図11.13）．

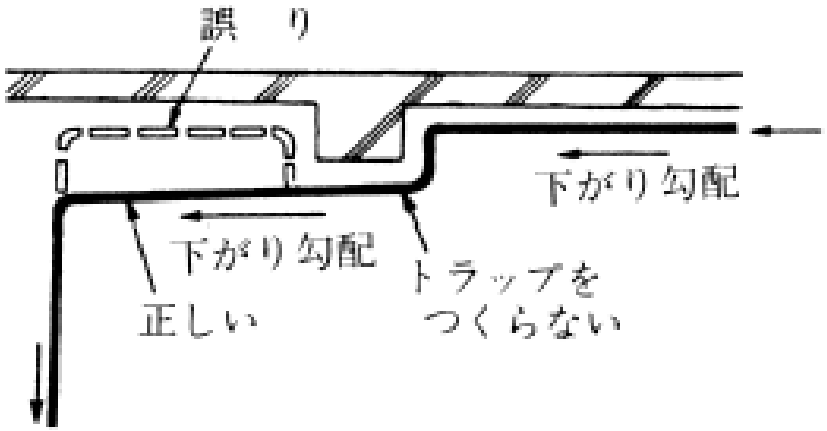


図 11.12　液配管中のトラップ

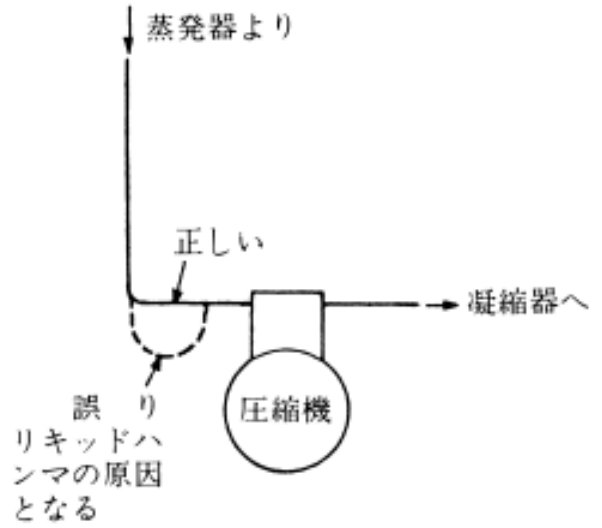


図 11.13　圧縮機吸込み口近くのトラップ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.4 冷媒配管の施工上の注意

(c) 吸い込みの立ち上がり管が非常に長い場合

油が戻りやすいように，約10m毎に中間トラップを設ける（図11.14）

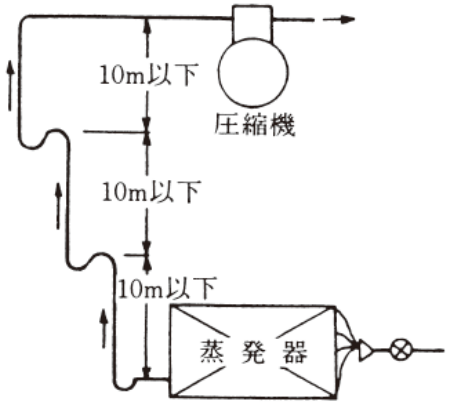


図 11.14　吸込み蒸気配管の長い立ち上がり

(d) 圧縮機が蒸発器よりも下側に設置されている場合

装置の停止中に冷媒液が圧縮機へ流れ落ちるのを防止するために，
吸込み蒸気配管に小さなトラップを設け，蒸発器上部まで一度
立ち上げてから圧縮機に接続する（図11.15）

(e) 蒸発器が2台以上の装置

吸込み蒸気配管の主管への接続は主管の上部から行う

→ 無負荷の蒸発器に主管中の油や冷媒液が流れ込むのを防止する

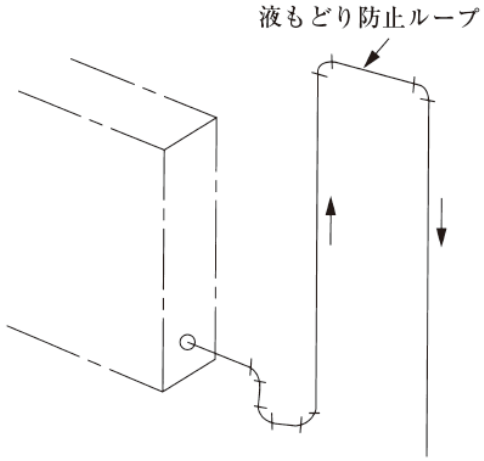


図 11.15　蒸発器が圧縮機の上にある場合

(f) 2台以上の蒸発器が異なった高さに設置されている場合

それぞれの吸込み蒸気配管にトラップと立ち上がり管を設け，主管に接続する

(g) 管外面における結露・着霜の防止 → 防熱を施す

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.5 配管の附属品

11.5.1 止め弁

耐圧，気密性能が十分で，冷媒の流れの抵抗の小さいことが要求される

（a）グランド式止め弁

パッキン(グランドパッキン)をパッキン押さえ(グランド)で押圧して弁棒部からの冷媒漏れを防ぐ
逆座(バックシート)があり，全開時に弁棒側への冷媒漏洩を防ぐ．

（b）パックレス形バルブ

弁棒と弁本体（弁箱）との間にベローズやダイアフラムを介在させて，グランド部から生じやすい漏れを皆無にした止め弁

（c）サービスバルブ

逆座とサービスポートを持った止め弁で，保守サービスのための諸作業ができる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.5 配管の附属品

11.5.2 可とう管（フレキシブルチューブ）

圧縮機が防振支持されていると，始動時や停止時に圧縮機が大きく揺れ，配管が損傷する場合がある．

→ 損傷を避け，運転中の振動の他への伝播を避けるために，圧縮機の吐出しガス配管と吸込み蒸気配管に可とう管を挿入する．

- 構造

  リン青銅のベローズ管にステンレス鋼等で網組した筒状のブレードがけした管

  内部に圧力がかかったときに，ブレードがベローズ管の伸びを拘束している．

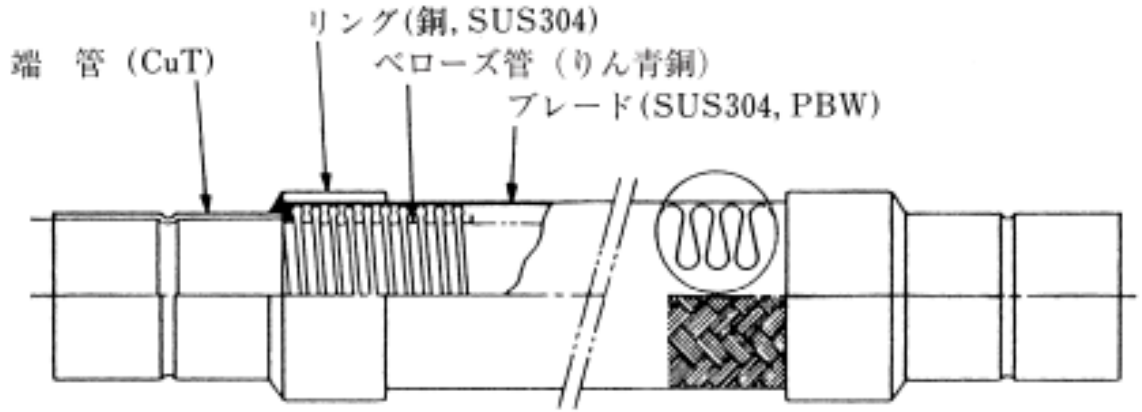


図 11.29　可とう管の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.6 配管の支持

(a) 冷媒配管は地震なども考慮して，
十分な強度をもった支持金具で固定しなければならない．

- 耐震設計指針に定められた，横走り管の標準支持間隔
  → 表11.5

(b) 内装防熱を施工した冷蔵室内での配管
→ 耐震設計とする

表 11.5 配管の標準支持間隔

区分	摘要		間隔
横走管	鋼管	管径 20 mm 以下	1.8 m 以内
		管径 25～40 mm	2.0 m 以内
		管径 50～80 mm	3.0 m 以内
		管径 90～150 mm	4.0 m 以内
		管径 200 mm 以上	5.0 m 以内
	銅管	管径 20 mm 以下	1.0 m 以内
		管径 25～40 mm	1.5 m 以内
		管径 50 mm	2.0 m 以内
		管径 65～100 mm	2.5 m 以内
		管径 125 mm 以上	3.0 m 以内

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.1 材料力学の基礎

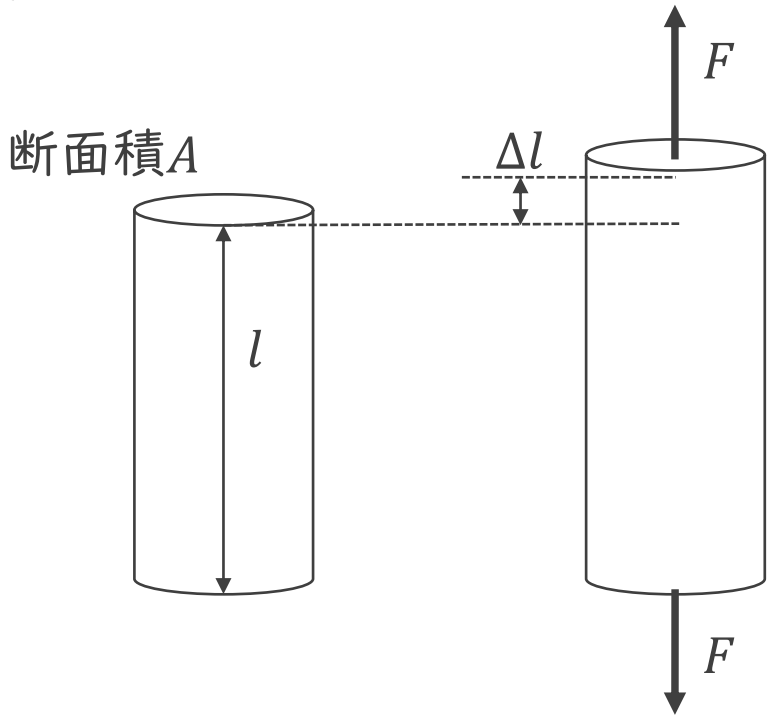
12.1.1 応力とひずみ

- 応力σ　(N/mm^2)
  鋼材などの棒の両端を引っ張ると，棒の内部に外力に抵抗して発生する内力

  $$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\mathrm{N/mm^2})$$

- ひずみε
  伸びた部分の長さと元の長さの比

  $$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.1 材料力学の基礎

12.1.2 応力ーひずみ線図

- 比例限度（点P）
  引っ張りの荷重を作用させた後，荷重を静かに除去したときに，元の寸法に戻ることができ，
  応力とひずみの関係が直線的で正比例する限界（点P）
- 弾性限度（点B）
  正比例しなくなるが，引張荷重を取り除くと
  ひずみがもとに戻る限界（点E）
- 降伏点
  ひずみが急激に増すようになり，荷重を取り除いてもひずみが
  残って元の材料の長さに戻らなくなる（永久変形が残る）点
- 引張強さ（点M）
  棒が破断するまでに現れる最大引張応力
- 破断強さ（点Z）
  材料が破断する点

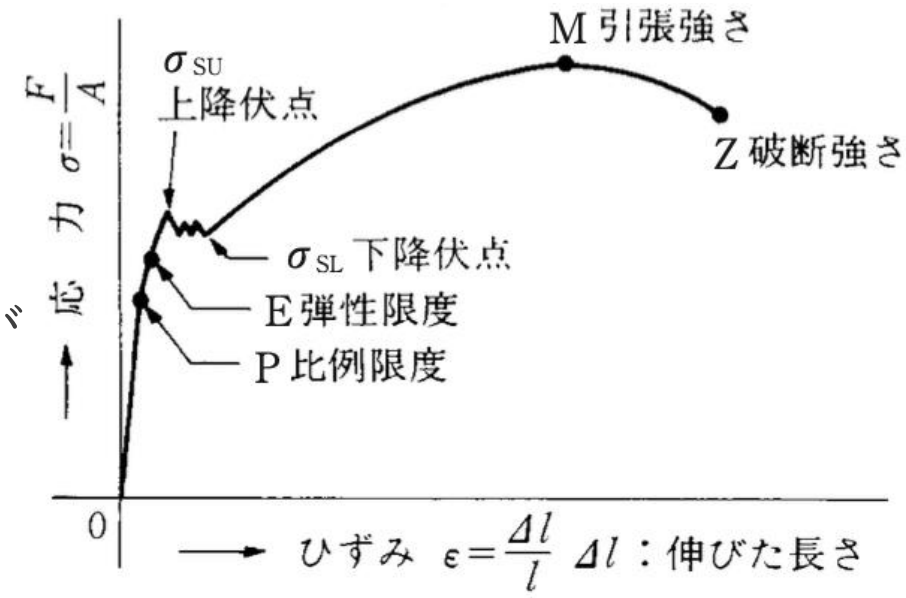


図 12.1　応力－ひずみ線図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.1 材料力学の基礎

12.1.3 許容引張応力

- 圧力容器の耐圧強度の計算に必要な材料の許容引張応力
  鉄鋼材料に対して，次の値のうち最小のもの．
  1. 常温における最小引張強さの1/4
  2. 設計温度における最小引張強さの1/4
  3. 常温における最小降伏点または最小0.2%耐力の1/1.5
  4. 設計温度における最小降伏点または最小0.2%耐力の1/1.5

  ※ 冷凍保安規則関係例示基準20.4の別表第1～第5で，材料ごとに許容引張応力を定めている．
  一般に圧力容器に使用されているJIS G3106のSM400B 材の
  許容引張応力＝100N/mm^{2}の値を用いる

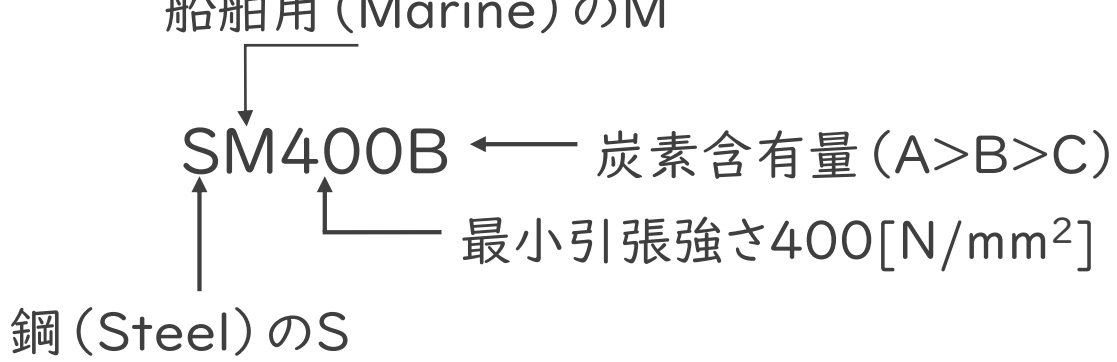
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.2 材料の記号 P.162

- 耐圧部分に使用する材料

一般構造用圧延鋼材	溶接構造用圧延鋼材	配管用炭素鋼鋼管	圧力配管用炭素鋼鋼管
SS（JIS G3101）	SM（JIS G3106）	SGP（JIS G3452）	STPG（JIS G3454）

例）SM400B：圧力容器に使われることが多い



※ 炭素含有量が少ないほど溶接性がよくなる．
許容引張応力は使用温度ごとに示されている．
SM400Bの許容引張応力は，常温では最小引張強さの1/4 ＝ 400×1/4 ＝100N/mm²

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.3 冷凍用材料

12.3.1 材料一般

使用材料は実用の状態で冷媒や冷凍機油に対して化学的，物理的に安定なものでなければならない．

（1）フルオロカーボンとアルミニウム合金

- マグネシウムを含有するアルミニウム合金に対して腐食性を持つ
  → 2%を超えるマグネシウムを含有するアルミニウム合金はフルオロカーボン冷凍装置に使用できない

（2）アンモニアと銅合金

- アンモニアは，銅及び銅合金に対しては，特に水分が共存するときに激しい腐食性がある
  → アンモニア冷凍装置にこれらの材料を使用することはできない

（3）ゴムの膨潤

ゴムは，使用する冷媒や冷凍機油によって，膨潤などの大きな影響を受けるものがある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.3 冷凍用材料

12.3.2 炭素鋼と低温脆性

鋼材は，温度が下がるにつれて，伸び，絞り率，衝撃値などが低下する．

（1）低温脆性

ある温度以下の低温で伸びが小さくなって塑性変形の性質を失う．
特に衝撃に対する吸収エネルギーの値は，ある温度以下になると急激に低下する．

低温脆性による破壊が発生しやすくなるのは

1）低温であること
2）形状に切り欠きなどによる応力集中があること
3）三軸（容器の円周，長手，半径）方向に引張応力があること

の3つの条件が重なるとき．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.3 冷凍用材料

（2）冷凍装置における低温脆性破壊

冷凍では

（a）低温では冷媒の飽和圧力が低くなり，材料に大きな引張応力が生じにくい

（b）低圧側の圧力容器の設計圧力は，運転停止中に高くなることを考慮して決めている．

※ 一般には，冷凍保安規則関係例示基準20.2（1）に示されるように別表第1～第5の許容引張応力に対応する温度が使用下限温度

12.3.3 材料の使用制限

冷凍保安規則関係例示基準20.2では，炭素鋼及び鋳鉄品の材料の使用制限をしている．

SM400Bは圧力容器に広く使われているが，設計圧力が3MPaを超えるものには使用できない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.4 設計圧力，許容圧力

12.4.1 圧力の区分

圧力はすべてゲージ圧である

- ✓ 高圧部 ：圧縮機の作用による凝縮圧力を受ける部分
- ✓ 低圧部 ：高圧部以外の部分

次の部分の圧力容器は低圧部

（a）高圧部を内蔵した密閉圧縮機であって，低圧部の圧力を受ける部分

（b）ブースタの吐出し圧力を受ける部分で，この圧力が低圧部の設計圧力以下の圧力となる部分

（c）多元冷凍装置の凝縮圧力を受ける部分であって，凝縮温度が通常の運転状態において−15℃以下となる部分

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.4 設計圧力，許容圧力

12.4.2 設計圧力

- 設計圧力
  圧力容器などの設計において，必要厚さの計算または耐圧強度を決定するときに用いる圧力
  1. 冷凍装置の凝縮温度が，基準凝縮温度以外のときは，最も近い上位の温度に対応する圧力を，その冷媒設備の高圧部の設計圧力とする
  2. 通常の運転状態における凝縮温度が65℃を超える冷凍装置では，最高使用温度における冷媒の飽和蒸気圧力以上の値を，その冷凍装置の高圧部の設計圧力とする．
  3. 冷媒の充てん量を制限して，一定の圧力以上に上昇しないように設計した冷凍装置の低圧部の設計圧力は，制限充てん圧力以上の圧力とすることができる．

  ✓ 高圧部の設計圧力 ：装置を運転しているときの基準凝縮温度で区分される．
  → 最高使用圧力が設計圧力と考えているから

  ✓ 低圧部の設計圧力 ：長時間停止すると低圧部の圧力は周囲温度に対応する飽和圧力になる．
  周囲温度を約38℃として，その飽和圧力を低圧部の設計圧力としている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.4 設計圧力，許容圧力

12.4.3 許容圧力

- 許容圧力
  指定された温度において，圧力容器などが許容できる最高の圧力のこと

  （a）許容圧力は，圧力以外の荷重に対して要求される厚さ及び腐れしろを除いた厚さで，
  計算しなければならない．

  （b）設計圧力どおり製作されたもので，腐食などがないことが確認されたものは，
  許容圧力の計算（板厚からの逆算など）をすることなく，設計圧力を許容圧力としてよい．

  ※ 許容圧力は，耐圧試験圧力，気密試験圧力及び安全装置の圧力設定の基準になる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.5 内圧を受ける薄肉円筒胴容器

12.5.1 円筒胴の接線方向の応力

円筒胴の内径をD_i[mm]，胴板の厚さをt[mm]，内圧をP[MPa]とすると，
この円筒胴の長さl[mm]に対して，

接線方向に引き離そうとする力　：$P\,D_i\,l$（N）

これを支える板の断面積　　：$2\,t\,l$（mm²）

- 円筒胴の接線方向の引張応力σ_t

$$\sigma_t = \frac{PD_i l}{2tl} = \frac{PD_i}{2t} \quad (\mathrm{N/mm^2}) \qquad (12.1)$$

D_i：円筒胴の内径

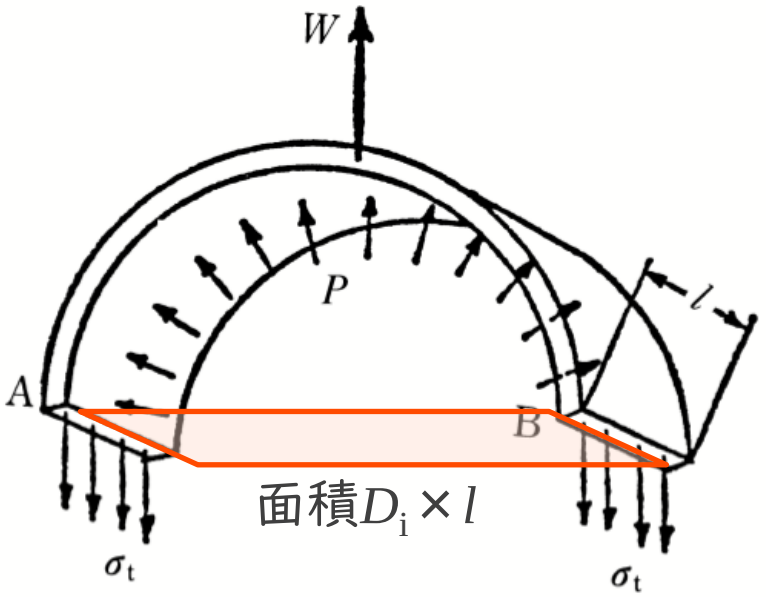


図 12.3　接線方向の引張応力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.5 内圧を受ける薄肉円筒胴容器

12.5.2 円筒胴の長手方向の応力

円筒胴の内径をD_i[mm]，胴板の厚さをt[mm]，内圧をP[MPa]とすると，

長手方向の力　　：$P\,(\pi D_i^2/4)$（N）

これを支える板の断面積　：$\pi D_i\, t$（mm²）

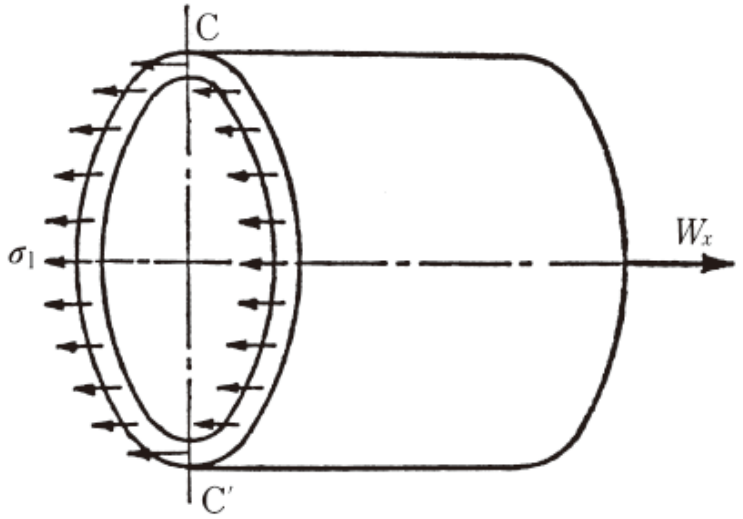


図 12.4　長手方向の引張応力

- 長手方向の引張応力σ_l

$$\sigma_l = \frac{P\left(\frac{\pi D_i^2}{4}\right)}{\pi D_i t} = \frac{PD_i}{4t} \quad (\mathrm{N/mm^2}) \quad (12.2)$$

$$2\sigma_l = \sigma_t \quad (\mathrm{N/mm^2}) \quad (12.3)$$

※ 円筒胴圧力容器に発生する最大の引張応力は円筒胴の接線方向の引張応力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.6 例示基準による円筒胴の厚さの計算式

円筒胴板の最小厚さt[mm]（内径基準の計算式）

$$t = \frac{PD_i}{2\sigma_a\eta - 1.2P} \quad \text{(mm)} \quad (12.4)$$

式（12.1）において板厚を補正し，

$$t = \frac{P(D_i + 1.2t)}{2\sigma_a\eta}$$

円筒胴板の必要厚さt_a[mm]は，最小厚さt[mm]に腐れしろα[mm]を加えて，

$$t_a = \frac{PD_i}{2\sigma_a\eta - 1.2P} + \alpha \quad \text{(mm)} \quad (12.5)$$

P ：設計圧力[MPa]
D_i ：円筒胴の内径[mm]
σ_a ：材料の許容引張応力[N/mm^2]
η ：溶接継手の効率

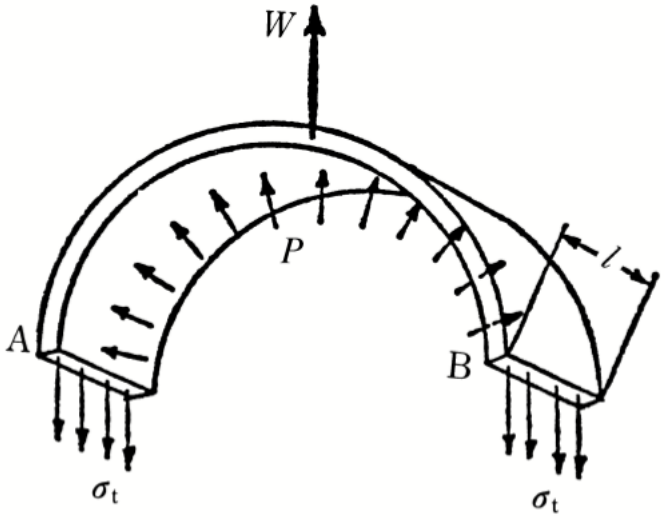


図 12.3　接線方向の引張応力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.6 例示基準による円筒胴の厚さの計算式

- 溶接継手の効率

  溶着金属部の状態と，溶接接合される母材が溶接にともなって生じる高熱によって弱められることを考慮した補正係数

表 12.6　溶接継手の効率（例示基準　表 22.1）

号	溶接継手の種類	溶接継手の形状	溶接部の全長に対する放射線透過試験を行った部分の長さの割合	溶接継手の効率
1	突合せ両側溶接またはこれと同等以上とみなされる突合せ片側溶接継手	①突合せ両側溶接継手	1 1 未満 0.2 以上 0.2 未満	1.00 0.95 0.70

- 腐れしろ

表 12.7　容器の腐れしろ（例示基準 23.1.2）

材料の種類		腐れしろ mm
鋳鉄		1
鋼	直接風雨にさらされない部分で，耐食処理を施したもの	0.5
	被冷却液又は加熱熱媒に触れる部分	1
	その他の部分	1
銅，銅合金，ステンレス鋼，アルミニウム，アルミニウム合金，チタン		0.2

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.7 例示基準による管の厚さの計算式

冷媒配管（パイプ）は管の外径寸法D_Oを基準としているので，式（12.5）を外径基準に書き換える

- 管の必要厚さt_a[mm]

$$t_a = \frac{PD_O}{2\sigma_a\eta + 0.8P} + \alpha \quad (\text{mm}) \qquad (12.5)$$

※ 管自身の溶接継手の効率を考慮に入れた許容引張応力が定められているので，
溶接継手の効率は$\eta = 1$としてよい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.8 限界圧力

- 限界圧力

  圧力容器の腐れしろを除いた肉厚に対応する圧力

  既存の圧力容器の円筒胴板の厚さがわかっているとき，その容器の限界圧力P_aは，
  腐れしろをα（mm）とし，t_a（mm）が腐れしろを含んだ実際厚さとすると，内径基準の式（12.5）より

$$P_a = \frac{2\sigma_a \eta (t_a - \alpha)}{D_i + 1.2(t_a - \alpha)} \quad \text{(MPa)} \qquad (12.8)$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.9 圧力容器の鏡板の形状

円筒胴圧力容器の鏡板の最小厚さは，鏡板の形状によって大きく異なる．
← 鏡板の形状によって，鏡板の曲がり部に局所的に大きな応力集中が作用するため

- 最小厚さ（同じ設計圧力，円筒胴内径，材料の場合）

  平形 ＞ 浅さら形 ＞ さら形 ＞ 深さら形 ＞ 半球形 の鏡板の順に最小厚さが薄い

※ 中央部の丸みの半径が小さく，隅の丸みの半径が大きいほど，局部的な応力集中が小さくなり，耐圧強度が大きくなるため

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.10 例示基準による鏡板の厚さの計算式

さら形鏡板または半球形鏡板の最小厚さt（mm）は

$$t = \frac{PRW}{2\sigma_a\eta - 0.2P} \quad (\text{mm}) \qquad (12.10)$$

腐れしろを考慮すると

$$t_a = \frac{PRW}{2\sigma_a\eta - 0.2P} + \alpha \quad (\text{mm}) \qquad (12.11)$$

P ：設計圧力（MPa）

R ：さら形鏡板の中央部または全半球形鏡板の内面の半径（mm）

r ：さら形鏡板の隅の丸みの内面の半径（mm）

W ：さら形の形状に関する係数

$$W = \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}}\right)$$

σ_a ：材料の許容引張応力（N/mm^2）

η ：溶接継手の効率

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13 安全装置と試験

13.1 安全装置

冷媒設備が異常高圧になったとき，その圧力を設備の許容圧力以下に戻すことができる装置

（a）圧縮機吐出し部：安全弁及び高圧遮断圧力スイッチを取り付ける．
　　法定の冷凍能力が20トン未満のときには安全弁を省略できる．

（b）シェル形凝縮器及び受液器：安全弁を取り付ける．
　　内容積500L 未満ならば溶栓でもよい．

（c）法定の冷凍能力が20トン以上のコイル形凝縮器：安全弁または溶栓を取り付ける．

（d）低圧部の容器で，容器本体に附属する止め弁によって封鎖（液封）される構造になっているもの
　　：安全弁，破裂板または圧力逃がし装置を取り付ける．

（e）液封によって圧力の上昇のおそれのある部分（銅管及び外径26mm 未満の配管を除く）
　　：安全弁，破裂板または圧力逃がし装置を取り付ける．

（f）溶栓および破裂板は，可燃性ガス，毒性ガスには使用できない．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13 安全装置と試験

13.1 安全装置

13.1.1 高圧遮断装置

目視によって判別できなければならない

- 高圧遮断圧力スイッチの設定圧力
  - 安全弁（高圧部に取り付けられた内蔵安全弁を除く）の最低吹始め圧力以下
    → 安全弁が作動する前に圧縮機を停止
  - 高圧部の許容圧力以下の圧力以下で作動

※ 圧縮機吐出し圧力を正しく検出する位置に圧力誘導管で接続

✓ 原則：手動復帰形

✓ 可燃性ガス又は毒性ガス以外の冷媒を使用した冷凍能力10トン未満のユニット式で自動運転方式
→ 自動復帰形でもよい

※ 高圧遮断圧力スイッチは，
1年に1回以上の作動試験を行うことが望ましい

表 13.1　高圧遮断圧力スイッチの精度

設定圧力の範囲	設定圧力の精度
2 MPa 以上	−10% 以内
1 MPa 以上 2 MPa 未満	−12% 以内
1 MPa 未満	−15% 以内

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13 安全装置と試験

13.1 安全装置

13.1.2 安全弁

圧縮機に取り付けるときは，吐出し止め弁の手前に取り付ける

- 作動圧力
  - 吹始め圧力：実際に安全弁が吹き始めるときの圧力
  - 吹出し圧力：実際に安全弁が作動して，ガスが勢いよく吹き出すときの圧力

✓ 圧縮機に取り付ける場合
- 吹出し圧力は { 許容圧力の1.2倍以下 / 吐出しガスの圧力を直接受ける容器の許容圧力の1.2倍以下 }
- 吹出し圧力は，吹始め圧力の1.15倍以下

✓ 高圧部の圧力容器に取り付ける場合
吹出し圧力は許容圧力の1.15倍以下

✓ 低圧部の圧力容器に取り付ける場合
吹出し圧力は許容圧力の1.1倍以下

※安全弁は，確実に作動することを保証するため，
1年に1回以上の作動試験を行うことが望ましい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13 安全装置と試験

13.1 安全装置

- 圧縮機用安全弁

  吹出し圧力において，圧縮機が吐き出すガスの全量を噴出できなければならない

  →安全弁の口径部での断面積は圧縮機のピストン押しのけ量を基準として定める

- 圧力容器用安全弁

  火災などの際に，外部から加熱された容器内の冷媒の飽和圧力が設定された圧力に達したときに，蒸発する冷媒を噴出して過度に圧力が上昇することを防止できなければならない

- 安全弁の必要最小口径
  - 圧縮機用安全弁　：$d_1 = C_1\sqrt{V_1}$　面積がピストン押しのけ量V_1に比例
  - 圧力容器用安全弁：$d_2 = C_2\sqrt{DL}$　面積が圧力容器の外径D及び全長Lに比例

※ 放出管が細過ぎたり，長過ぎたりすると，安全弁からの所要の吹出し量が不足して，圧力が下げられずに上昇するので注意

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.1 安全装置

13.1.3 溶栓

プラグの中空部に低い温度で溶融する金属を詰めたもの

圧力容器が火災などで加熱されて昇温したとき，溶栓の溶融金属部が溶融して内部の異常高圧になった冷媒を放出する

→ 温度で作動する安全装置（※圧力ではない）

※ 溶栓が溶融すると，内部が大気圧になるまで放出を続けるので，アンモニアなどの可燃性ガス，毒性ガスには用いてはならない

シェルアンドチューブ凝縮器では

- 圧縮機の高温の吐出しガスの影響を受ける場所
- 冷却水で冷却される管板

などに取り付けてはいけない

- 溶栓の必要最小口径
  圧力容器に取り付けるべき安全弁の最小口径の1/2以上

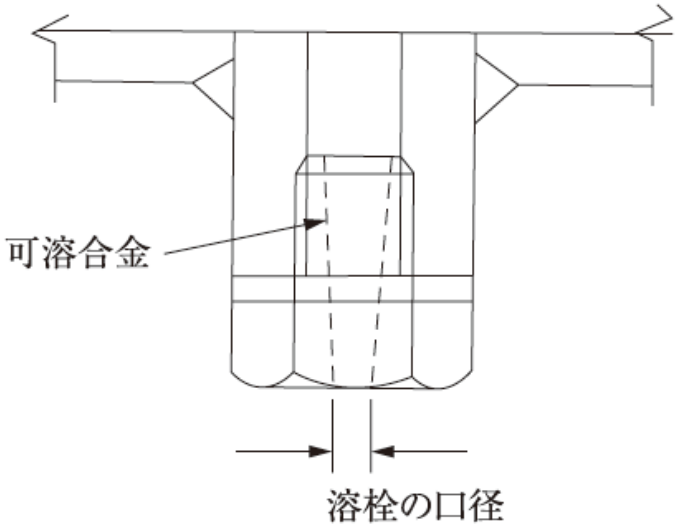


図 13.1　溶栓

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.1 安全装置

13.1.4 破裂板

圧力によって金属の薄板が破れる方式の安全装置で主として大形の圧力容器に使われる.

※ 溶栓と同様に, 可燃性ガス, 毒性ガスに用いてはならない

- 破裂板の破裂圧力
  - 耐圧試験圧力以下

経年変化により破裂圧力が次第に低下する傾向にあるので, 耐圧試験圧力の0.8～1.0倍にすることが多い

  - 安全弁の作動圧力以上（冷媒設備に安全弁を取り付けている場合）
- 破裂板の最小口径

  ＝ 安全弁の口径

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13 安全装置と試験

13.2 圧力試験

- 圧力試験の種類と実施順序

※ 耐圧試験と気密試験を実施した圧力は，被試験品本体に銘板や刻印により表示しなければならない．

試験の順序	試験の種類	試験圧力
1-1	耐圧試験	液圧 ：設計圧力または許容圧力の低い方の圧力の1.5倍以上 （気体圧：1.25倍以上）
1-2	強度試験（量産品）★	設計圧力の3倍以上
2	気密試験（組立品）	設計圧力または許容圧力の低い方の圧力の1.0倍以上
3	気密試験（冷媒設備）	設計圧力または許容圧力の低い方の圧力の1.0倍以上
4	真空試験（真空放置試験）	真空度8kPa以下

★ 製品のばらつきが生じにくいことが確認された量産品について，高圧ガス保安協会が行う抜き取り試験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 圧力試験

13.2.1 耐圧試験

（1）目的

設計圧力の範囲内で，実際の使用状態での耐圧性能が満足な状態にあり，事故の発生が避けられることの確認（耐圧性能の確認）のために行う

（2）対象

- 耐圧強度を確認しなければならない構成機器またはその部品で，配管以外の部分
- 内径が160mm以下のフィルタドライヤやヘッダは配管として認められ，耐圧試験の対象ではない．
- 耐圧強度を確認しなければならない構成機器またはその部品ごとに行う全数試験
- 部品ごとに試験したときは，それを組み立てた機器も耐圧強度が確認されたものとみなされる．

（3）使用流体

一般に，水や油などの液体を使用する

引火性，揮発性のあるもの，毒性や腐食性のあるものを使用してはならない．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 圧力試験

（4）試験圧力

液体　：設計圧力または許容圧力のいずれか低い方の圧力の1.5倍以上

気体　：設計圧力等の1.25倍以上

（5）実施要領

- ✓ 液体の場合
  被試験品に液体を満たし，空気を完全に排除した後，液圧を徐々に加えて耐圧試験圧力まで上げて，1分以上保つ．
  → 圧力を耐圧試験圧力の8/10まで下げる．
- ✓ 気体の場合
  試験設備の周囲に適切な防護措置を設け，加圧作業中であることを標示し，
  設計圧力等の1/2の圧力まで上げる
  → 段階的に圧力を上げて耐圧試験圧力にする → 再び設計圧力等まで圧力を下げる．

この状態で，被試験品の各部，特に溶接継手及びその他の継手について異常のないことを確かめる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 圧力試験

(6) 合格基準

(5)の状態で，溶接継手，その他の継手，ガスケット部からの漏れに注意し，被試験品全体の漏れ，異常な変形，破壊などのないことを確認

→ 合格

(7) 圧力計

- 文字板の大きさ：75mm以上（液体），100mm以上（気体）
- 最高目盛：耐圧試験圧力の1.25以上，2倍以下

  ※ 2個以上の圧力計を使用する

● 強度試験

冷媒装置の配管以外の部分について，耐圧試験の代わりに量産品を用いて行う強度試験

強度試験適用の承認を受けた後，抜き取り試験を実施する．個別に行う耐圧試験を省略できる．

試験圧力：

設計圧力の3倍以上 ＝ 液体で行う耐圧試験圧力の2倍以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 圧力試験

13.2.2 気密試験（構成機器の組立品）

（1）目的

構成機器の組立品の気密性能の確認
冷媒設備完成時の気密試験のときの，主要構成機器の気密の確認を予め行うための試験

（2）対象

耐圧強度の確認された圧縮機，ブースタ，圧力容器
構成機器ごとに組み立てた状態で実施する

（3）使用流体

漏れの確認が容易にできるようにガス圧試験で行う
空気または不燃性，非毒性ガス（窒素ガスなど）を用いる（支燃性ガスを使用してはならない）

酸素など

※ アンモニア冷媒設備では二酸化炭素を使用しない
空気圧縮機を使用して圧縮空気を供給するときは，温度が140℃を超えないようにする

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 圧力試験

(4) 試験圧力

許容圧力または設計圧力のいずれか低い方の圧力以上

(5) 実施要領

被試験品内のガス圧力を試験圧力に保ち,

- 水槽に入れて気泡の発生のないことを確認
- 試験品の外面に石けん水などの発泡液を塗布して,泡の発生のないことを確認

(6) 合格基準

機器から漏れのないことを確認 → 合格

(7) 圧力計

- 文字板の大きさは75mm 以上
- 最高目盛:気密試験圧力の1.25倍以上,2倍以下

※ 2個以上の圧力計を使用する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 圧力試験

13.2.3 気密試験（配管を完了した設備）

（1）目的

冷媒配管（施工工事）が完了したとき，防熱施工及び冷媒の充てんの前に，設備全体としての気密を確認する試験

（2）対象

冷媒配管を完了した冷媒設備全体

（3）使用流体

ボンベに詰められた二酸化炭素，窒素ガスまたは試験用空気圧縮機で加圧された空気

アンモニア冷媒設備では二酸化炭素は不可

フルオロカーボン冷媒設備では一般に二酸化炭素または窒素ガス（空気は水分が多いため）

圧縮空気は，圧縮機の吐出し空気温度が140 ℃を超えないようにする．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 圧力試験

(4) 試験圧力 :許容圧力または設計圧力のいずれか低いほうの圧力以上の圧力

(5) 実施要領

圧縮機 :吸込み側と吐出し側の止め弁を閉じる. → 気密試験が省略できる.

試験圧力をかけることが好ましくない自動制御機器や温度自動膨張弁など:
→ 取り外すかまたは適切な方法で保護する.

冷媒系統内の弁は, 高圧側及び低圧側のそれぞれですべて開いておく

低圧側試験圧力で全冷媒系統について試験 → 高圧側について, 高圧側試験圧力で試験

※修理はすべて圧力を大気圧まで下げてから行う

(6) 合格基準:漏れのないこと

(7) 圧力計

- 文字板の大きさは75mm 以上
- 最高目盛:気密試験圧力の1.25倍以上, 2倍以下 ※2個以上の圧力計を使用する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 圧力試験

13.2.4 真空試験（真空放置試験）

（1）目的

冷媒設備の気密の最終確認をする試験

真空状態では微量な漏れでも判定できるが，漏れ箇所の特定はできない

（2）真空度

周囲大気温度に相当する水蒸気飽和圧力以下にする．到達真空は少なくとも−93kPa

（3）実施要領

真空ポンプを使用する．

真空ポンプを停止したときに，真空ポンプの潤滑油が冷媒設備に逆流しないように注意する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 圧力試験

(4) 合格基準

十分に長い時間にわたって真空のまま放置

→試験開始前よりも5K くらいの温度変化の場合に0.7kPa 程度の圧力変化であればよい.

(5) 真空計

冷媒設備に取り付けられている連成計では,明確な真空の圧力が読み取れない

→必ず真空計を用いて測らなければならない.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.3 溶接部の試験

13.3.1 溶接部の欠陥

溶接部は，母材の最小引張強さ以上の強度でなければならない．
溶接部は溶け込みが十分であり，有害なものがあってはならない．

割れ，アンダーカット，オーバーラップ，クレータ，
スラグの巻込み，ブローホールなど

法定冷凍能力20トン以上の冷媒設備の圧力容器の突合せ溶接部：
→ 機械試験と非破壊試験が冷凍保安規則関係例示基準に規定されている．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14 据付け及び試運転

14.1 据付け

14.1.1 機器の配置

機器の据付け位置は，現場で十分に確認して，作業に支障がないようにする．

（a）運転操作が容易で，しかも安全であること．（スペース，温度，湿度，ほこり，照度，保護柵）
（b）点検，調整，保守作業が容易にできるようなスペースをとって配置すること．
（c）修理，機器や部品の交換に必要なスペースなども考慮しておく．（搬入と搬出，天井のフック）
（d）火気との間の距離に注意し，付近には可燃物を置かないこと．
（e）運転に無関係な人が近づいたり，入室しないように処置を講じる．
（f）運転中，および故障や修理のときの排水も考慮しておくこと．
（g）アンモニア冷凍装置では，ガス漏れしたときの除害処置が必要
　　フルオロカーボン冷媒の場合でも，換気に注意し，漏れたガスが床面に滞留しないようにする．
（h）騒音や振動に注意する．
（i）地震に対する対策を考慮する．

酸欠の危険あり

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14.1 据付け

14.1.2 機器の基礎

- 機器の据付け
  - コンクリート基礎の上に強固に固定するもの
  - 防振ゴムなどの振動絶縁物を入れて取り付ける防振支持

（a）基礎底面にかかる荷重が，どの部分でも地盤の許容応力以下のこと．
できるだけ荷重を地盤に平均にかかるように分布させ，不同沈下が起こらないようにする

（b）機器に風圧がかかったり，地震などで基礎底面にかかる荷重がマイナスにならないようにする

基礎諸共転倒の恐れ

（c）基礎の固有振動数と機械が発生する振動数の差を少なくとも20%以上つける

基礎の質量は，その上に据え付ける機器の質量よりも大きくする．

→ 圧縮機は運転中の負荷変動が大きいため，多気筒圧縮機では2～3倍

※ 防振支持の基礎はもっと軽量でもよい

共振しないように

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14.1 据付け

14.1.3 防振支持

- 振動防止の手段

  （a）振動の源になっている機械の加振力を減少させる.

  （b）機器の共振を避ける.

  （c）振動が他の場所に伝わらないように，途中で遮断する.→ 防振支持

  ※ 運転開始時または停止時に，過渡的に回転速度が共振の振動数と一致すると，その時に大きく機械が揺れることがある.
  → 圧縮機などの機械の近くの配管に可とう管（フレキシブルチューブ）を入れて避ける.

- 防振装置（防振ゴムやゴムパット）
  - 振動が他へ伝わるのを防止
  - 振動によって発生する二次的な騒音の防止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14.1 据付け

14.1.4 機器の据付け

(1) 圧縮機

圧縮機やコンデンシングユニットを据え付けるときは，水平に据え付ける

配管の接続にフレア継手がある場合には，フレア継手に無理な力（変位）がかからないようにする．

(2) 空冷，蒸発式凝縮器：凝縮器本体と基礎も十分に固定する．

(3) 受液器

受液器は基礎に固定する．

重く，重心も比較的に高いので，地震により位置がずれる

配管接続部が損傷すると，冷媒液の流出が止められなくなる

→大形のアンモニア受液器では，受液器下部の周囲に液量を十分に収容できる高さの防液堤を設ける

※ 受液器の下部は掃除のときの水や湿気によって腐食されやすいので，床面との間にできるだけの間隔をとる．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14.1 据付け

14.1.5 真空乾燥

✓ フルオロカーボン冷媒設備の場合

設備内に水分があると

機器の内面の腐食
遊離水分として膨張弁で氷結
} → 正常な運転を阻害

→ 冷媒設備の内部を真空にすることで水分を蒸発させ外部に排出して乾燥させる

水分の蒸発には時間がかかるので，長時間真空ポンプを止めない．

例えば10℃のとき，約1.23kPa

冷媒施設内乾燥のためには，その温度に対する水の飽和蒸気圧以下の高真空度を保つ

水分が残留しやすい場所を加熱して蒸発を促進させる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14.1 据付け

14.1.6 冷媒の取扱い

- 使用冷媒に関して知っていなければならない事項
  - (a) 冷媒の種類
  - (b) 冷媒充てん量及び保管している予備冷媒量
  - (c) 冷凍装置の設計圧力及び許容圧力
  - (d) 冷媒の毒性または可燃性の程度と危険度
  - (e) 毒性ガスの場合には，除害設備の内容と使用方法
  - (f) 可燃性または毒性ガスの場合には，漏えい検知警報設備の設置
  - (g) 酸素濃度18% 以下での酸欠に対する危険，空気に対する比重
  - (h) 換気
  - (i) 予備冷媒の保管場所

床面に滞留するか，
天井付近に滞留するか

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14 据付け及び試運転

14.1 据付け

- ✓ フルオロカーボン冷媒
  - 酸欠の可能性がある．漏れると床面付近に滞留する
  - 裸火や高温の物体に触れると，分解して毒性の強いガスを生成する
  - 漏れて滞留している室内に燃焼器具があると不完全燃焼となり，一酸化炭素中毒の恐れがある
- ✓ アンモニア冷凍設備
  - 強い刺激臭があるので，微量の漏れも早期に発見できて処置できる
  - 爆燃範囲の下限値は15%（体積割合）で比較的高いので，冷凍保安規則第7条では電気設備に対して防爆性能を要求していないが，可燃性ガスに指定されている．
  - 銅及び銅合金を腐食するので，漏れがあったときは電気設備の点検が必要である．
  - 大量の水などによる除害設備が義務づけられている
  - 漏洩検知警報設備を設置しなければならない　警報設定値：50ppm以下
  - 配管の腐食により漏れが起きることが多い．→ 温度変化の著しい配管系統
防熱で被覆されている部分　に注意

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14.2 試運転

14.2.1 冷凍機油の充填

古い油や銘柄の異なる油または水分の混入した冷媒の充てんは避ける

- 冷凍機油の保管

  大気中の湿気を吸収しやすく，合成油では特に吸湿性が激しい

  → できるだけ密閉された容器に入っている油を使う

古い油や長時間空気にさらされた油の使用は避ける

- 選定の条件

（a）常用の蒸発温度で凝固しないもの．

（b）熱安定性がよく，引火点が高いこと．

（c）粘度が適当で，油膜が強いこと．

（d）冷媒との溶解度をよく検討し，冷凍装置の構造に適合したものであること．

（e）水分により乳化しにくいものであること．

（f）酸に対する安定性がよいこと．

（g）密閉圧縮機に使用するものは，電気絶縁性がよいこと．

（h）水分，酸類及びごみなどが含まれていないこと．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14.2 試運転

14.2.2 冷媒の充填

✓ 冷媒量が不足

蒸発圧力低下　→　吸込み蒸気の過熱度が上昇　→　吐出し圧力低下
→ 吐出しガス温度上昇　→油劣化，冷凍能力低下

密閉フルオロカーボン圧縮機では，吸込み蒸気による電動機の冷却が不十分になる
→ 甚だしいときには電動機を焼損する

✓ 冷媒が過充てん

凝縮器の多数の冷却管を冷媒液が浸す
→ 凝縮に有効に使われる伝熱面積が減少して凝縮圧力が高くなる
→ 圧縮機の消費電力が増大する．

※ 冷媒充てんの際には，フルオロカーボンを大気中に放出しないように注意する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14.2 試運転

14.2.3 試運転

試運転開始前の準備

冷媒系統，電力系統，制御系統，冷却水系統などを点検する．

└→ 弁の開閉状態，冷媒量，冷凍機油量について確認

→ 装置の始動試験

→ 異常がなければ数時間運転を継続
（異常の有無の確認，運転データの採取）

→ 正常運転時の状態を確認
（保安装置，自動制御装置の作動点検）

→ 問題がなければ性能試験

→ 合格すれば引き渡し

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

14.3 凍上の防止

- 凍上
  低温のために，1階の冷蔵室床下の土壌が氷結して，土壌の体積が膨張し，床面が盛り上がること
- 凍上の原因
  （a）水分が床面近くに多量に存在する（土地の地下水位が高い場合や湿地帯など）
  （b）周囲の比較的温かい土壌から，床下の冷たい土壌に向かって水分が移動する
  ※ 防熱材を十分厚くしても，時間が経つと地中の温度は零下に下がってくるため，凍上を起こす
- プラットホームをもつ高床式大形冷蔵庫の凍上防止対策
  （a）床面を地盤面より高く上げ，床下に空間を設け，ダブルデッキにする．
  （b）床面の下に通気管を設ける．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15 冷凍装置の合理的運転と保守管理

15.1 圧縮機の運転と保守管理

15.1.1 始動

電動機は起動回転力が小さいので，負荷の小さな状態で圧縮機を始動する

（a）小形圧縮機では，高圧側と低圧側の圧力が，ほぼバランスした状態で始動する．

（b）大形の多気筒圧縮機，スクリュー圧縮機では，容量制御装置（アンローダ）を利用する．

（圧縮機の始動前）

（a）冷凍機油の量，温度，清浄さを点検する．油が著しく汚れた場合は，交換する．

（b）凝縮器，油冷却器の冷却水を通水する．

（c）装置内各部の開けておくべき弁と閉めておくべき弁の，開閉状態を確認する．

（d）蒸発器の送風機，空冷凝縮器や蒸発式凝縮器の送風機，冷却水，冷水またはブラインのポンプを運転する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

（多気筒圧縮機の始動時）

（a）吐出し止め弁の全開を確認してから，圧縮機を始動する．

→ 吸込み止め弁をゆっくり全開する

※ 吸込み止め弁を急激に開くと，圧縮機に液戻りや激しいオイルフォーミングを起こす

（b）圧縮機の油量と給油圧力を確認する．

- 油量が少ないと，油圧保護圧力スイッチが作動しやすくなるので冷凍機油を補充する．
- 多過ぎると圧縮機の油上がりが多くなる．

※油圧は，吸込み圧力よりも0.15～0.4MPa 高い圧力に調整する

（c）運転状態が安定してから，電動機の電圧と電流，凝縮器と受液器の冷媒液面の高さが適正であることを確認する．

- 冷媒充てん量が不足すると，膨張弁手前のサイトグラスに気泡が発生する
- 過充てんすると，高圧部圧力が高くなる恐れがある．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

(d) 吐出しガス圧力が，正常な値であることを確認し，必要に応じて冷却水量を調節する．
※ 蒸発圧力が大気圧以下の低温の装置では，空気の侵入によって，異常高圧となることがある

(e) 膨張弁の作動状態を調べ，圧縮機吸込み蒸気配管での過熱度が適正であることを確認する

- 圧縮機に液戻りがない
- 圧縮機が極端に過熱運転していない

(f) 圧縮機の吸込み蒸気圧力，蒸発器の冷却状態，霜付きの状態を確認する
満液式 ：冷媒液面高さが正常であることを調べる．

(g) 油分離器の作動を点検する．

(h) 高圧遮断圧力スイッチ，油圧保護圧力スイッチ，低圧圧力スイッチなどの状態を確認する．
→必要に応じて調整する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

（スクリュー圧縮機の始動時）

（a）油温の確認をする.（オイルヒータの作動を確認する.）
停止時油系統は，高圧となっており，油内に冷媒が多量に溶け込んでいないか確認する.
油温が低いと，圧縮機の始動時に油圧が上がらず，軸受へ充分な油供給ができなくなる

（b）吐出し止め弁の全開を確認してから油ポンプを起動し，給油圧力を確認後圧縮機を起動する
強制給油式（給油ポンプ式）：吐出し圧力より0.2～0.3MPa高い
差圧式（給油ポンプなし）　：吐出し圧力より0.05～0.15MPa低い
→ 吸込み止め弁をゆっくり全開するまで開く.

（c）運転が安定してから，電動機の電圧・電流，凝縮器と蒸発器の冷媒液量が適正であることを確認する.
※ 圧縮機の電流値が通常より低く，冷媒液管のサイトグラスに気泡が発生していたら，冷媒不足

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15 冷凍装置の合理的運転と保守管理

15.1 圧縮機の運転と保守管理

（d）吐出しガス圧力が正常な値であることを調べ，必要に応じて冷却水量の調整を行う．

- 吐出しガス圧力が異常に高い場合は，高圧保護装置が作動する．
  ← 凝縮器の汚れ，冷却水不足，冷却ファンの異常，空気の侵入等が原因
- 空冷凝縮器を用いた装置では極端に外気温度の低い時期は吐出しガス圧力が異常に低くなり，冷媒循環量が減少して冷凍能力が低下することがあるので注意する．

（e）吐出しガス温度が正常な値であることを調べる．

スクリュー圧縮機の吐出しガス温度は90℃以下

吐出しガス温度が高い場合→
- 空冷式　：油冷却器に供給される冷媒量の不足
- 水冷式　：冷却水不足や冷却管の汚れ

などが考えられる

（f）圧縮機吸込み蒸気配管での過熱度が適正で，圧縮機に液戻りがないことを確認する

（g）圧縮機の吸込み蒸気圧力，蒸発器の冷却状態，霜付きの状態を確認する．

満液式　：　冷媒液面高さが正常であることを確認する．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15 冷凍装置の合理的運転と保守管理

15.1 圧縮機の運転と保守管理

15.1.2 過熱運転の原因とその影響，対応

圧縮機が過熱運転 → 圧縮機の体積効率，断熱効率が低下 → 冷凍能力，成績係数が低下

圧縮機の吐出しガス温度が高温

→ 冷凍機油の劣化，フルオロカーボン冷媒では冷媒の熱分解の恐れ
密閉圧縮機では，電動機の焼損事故の原因になる

吸込み蒸気の温度と圧力が上昇しても，吸込み蒸気過熱度が大きくなければ，圧縮機は過熱しない

（1）過大な吸込み蒸気過熱度

吸込み蒸気の温度だけが高くなると，吐出しガス温度が上昇して圧縮機が過熱運転になる．

- ✓ 密閉圧縮機（吸込み蒸気で電動機を冷却する方式）
  吸込み蒸気圧力が低く吸込み蒸気の過熱度が過大な状態で運転したときに顕著に過熱
  → ・ 吸込み配管の圧力降下が過大にならないようにする
  ・ 温度自動膨張弁の過熱度設定値を調整する
- ✓ 蒸発器熱負荷が過大／冬季に凝縮圧力が大きく低下
  膨張弁の容量が不足して過熱度が増大し，圧縮機が過熱する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15 冷凍装置の合理的運転と保守管理

15.1 圧縮機の運転と保守管理

(2) 吐出しガス圧力の上昇

- ✓ フィンでのごみ詰まり(空冷凝縮器)
- ✓ 冷却管の汚れや散水量の減少(蒸発式凝縮器)
- ✓ 冷却管の水垢の付着や冷却水の減少，冷却水入口温度の上昇(水冷凝縮器)

吐出しガス圧力の上昇

→ 圧力比の増大 → 吐出しガス温度上昇 → 圧縮機の過熱運転

- 対策
  - 凝縮器の清掃と冷却水量の調節によって，凝縮圧力を下げる．
  - 不凝縮ガスが侵入しても，吐出しガス圧力が高くなり，圧縮機が過熱運転になる
    → 不凝縮ガスを排出する(17.3参照)

※ 冷媒の過充てんでも，吐出しガス圧力の上昇を招く

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15 冷凍装置の合理的運転と保守管理

15.1 圧縮機の運転と保守管理

(2) 吸込み蒸気圧力の低下

- ✓ 蒸発器の熱負荷の低下，サクションフィルタの目詰まり
- ✓ 膨張弁手前でのフラッシュガスの発生
- ✓ 冷媒の漏れによる冷媒不足

吸込み蒸気圧力の低下

→ 圧力比の増大 → 吐出しガス温度上昇 → 圧縮機の過熱運転

※ 吸込み蒸気で電動機を冷却する方式の密閉圧縮機：
冷媒流量が減少して電動機の冷却が不十分になり，
圧縮機が過熱運転になる

長時間にわたる密閉圧縮機の
真空運転は，行ってはならない

- ● 対策
  - 蒸発器容量に適合した圧縮機容量になるように，容量制御をする．
  - 圧縮機の吸込み蒸気配管の圧力降下は，できるだけ小さくする

油戻しに必要な冷媒
蒸気速度の範囲内で

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15 冷凍装置の合理的運転と保守管理

15.1 圧縮機の運転と保守管理

15.1.3 湿り運転の原因とその影響，対応

（1）湿り運転の原因

（a）冷凍負荷が急激に変化したとき 冷媒蒸気が多量の冷媒液滴を伴って圧縮機に吸い込まれる
〃 未蒸発の冷媒液が流出して圧縮機が液圧縮になる

（b）吸込み蒸気配管の途中のトラップに，運転停止中に凝縮した冷媒液や油が溜まっていると，圧縮機始動時に液戻りが起きる

（c）温度自動膨張弁の感温筒が吸込み蒸気配管から外れていると，膨張弁が開き過ぎになって，液戻りが起きる

（d）装置の運転停止中に，蒸発器内に多量の冷媒液が滞留している場合，再始動したときに液戻りが起きる（特に，蒸発器低温運転時）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

（e）✓ 油によく溶解する冷媒を使用する多気筒圧縮機：
運転停止中のクランクケース内の油温が低いと，多量の冷媒が冷凍機油に溶け込む
→ 圧縮機を始動したときにオイルフォーミングを発生し，その油を吸い込んで液圧縮を起こす

✓ スクリュー圧縮機：
運転停止中の油系統が，高圧→油温が低いと多量の冷媒が冷凍機油に溶け込む
→ 圧縮機の始動時に液圧縮を起こす
→ 油圧が上がらず，軸受へ充分な油供給が出来なくなり，軸受の損傷につながる．

（f）低温用の冷凍装置で蒸発器のホットガスデフロストを行う
→デフロスト終了後，冷却運転に戻ったとき，蒸発器内で凝縮した冷媒液による液戻りが起きやすい．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15 冷凍装置の合理的運転と保守管理

15.1 圧縮機の運転と保守管理

15.1.3 湿り運転の原因とその影響，対応

（2）湿り運転の影響と対応

- ✓ 液戻りやオイルフォーミングで液圧縮が発生
  → 圧縮行程で極めて大きな圧力上昇があり，異常音を発し，保安上からも十分に注意が必要
- ✓ 圧縮機が湿り蒸気を吸い込む
  → 圧縮機の吐出しガス温度が低下する．

  液戻りが続くと，冷媒液の急激な沸騰によるオイルフォーミングが発生．
  - 小形圧縮機 ：潤滑不良
  - 強制給油式の圧縮機：給油圧力が低下→油圧保護圧力スイッチが作動して，圧縮機が停止
- ✓ 液圧縮の発生
  - 多気筒圧縮機 ：吐出し弁や吸込み弁を破壊
  - スクリュー圧縮機 ：軸受の異常摩耗，ロータとケーシングの接触が発生

  ➡ 圧縮機に液を吸い込まないように，圧縮機吸込み側に液分離器を設ける

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

15.1.4 運転停止

液管での液封の防止
始動時の液戻り防止

(1) 短時間停止する場合

(a) 手動停止の場合に,受液器液出口弁を閉じてしばらく運転し,低圧部の液を受液器に回収する

(b) 圧縮機停止直後に圧縮機吸込み止め弁を閉じ,高圧側と低圧側とを遮断する

(c) 油分離器からの返油弁を閉じる←停止中に凝縮した冷媒液が圧縮機に戻らないように

(d) 水冷凝縮器,油冷却器及び圧縮機の冷却水を止める.

空冷凝縮器　　：ファンを停止
蒸発式凝縮器：ファンと冷却水ポンプを停止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

（2）長時間停止する場合（短時間止める場合の操作に加えて）

（a）低圧側の冷媒液を受液器に回収し，前後のバルブを閉じる
低圧側にはゲージ圧で0.01MPa 程度のガス圧を残す
※蒸発器に多量の冷媒が入っている場合には，受液器に冷媒を回収しきれないことがある

空気の侵入を防ぐ

（b）各部止め弁を閉じ，グランド部のある弁は，それを締め付ける

（c）冬季に凍結の恐れがある場合：
凝縮器の冷却水，油冷却器，圧縮機のウォータシリンダ，蒸発式凝縮器は排水しておく．

（d）冷媒系統全体の漏れのないことを点検する

（e）主回路，オイルヒータの電源をOFFにする

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

15.1.5 往復圧縮機の吸込み弁，吐出し弁の漏れ及びピストンリングの摩耗の影響

（a）吸込み弁の漏れ

ピストンの圧縮，吐出し行程でシリンダ内の高圧のガスの一部が吸込み側に逆流

→ 圧縮機の吐出しガス量が減少＝体積効率が低下

※吐出しガス温度はあまり上昇しない．

（b）吐出し弁の漏れ

ピストンの吸込み行程で吐出し側の高温，高圧の圧縮ガスの一部がシリンダ内に逆流

→ 圧縮機の吸込み蒸気量が減少＝体積効率の低下

→ 吐出しガス温度が上昇

圧縮機シリンダも過熱状態になり，断熱効率も悪くなり，油が劣化する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

（c）ピストンリングの摩耗

- 往復圧縮機のピストンリング

  上部にコンプレッションリング（2～3本）
  下部にオイルリング（1～2本）

✓ コンプレッションリングの摩耗

シリンダからクランクケース側にガス漏れを生じ，体積効率と冷凍能力が低下する．

✓ オイルリングの摩耗

圧縮機からの油上がりの量が多くなり，圧縮機から多量の油が送り出される．

→凝縮器や蒸発器の伝熱を阻害し，冷凍能力が低下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

15.1.6 油量と油圧の確保

- 冷凍機油の役割
  - 金属同士の直接接触を避け，円滑な摺動と摩耗防止
  - 摩擦によって発生する熱の除去
  - 密封及び防錆作用

（1）往復圧縮機

✓ はねかけ式（小型）
クランクケース内の油量少ない　→　潤滑が不十分
油量が多過ぎ　→　圧縮機からの油上がり量が多くなる

✓ 強制給油式（中型&大型）
油量不足，オイルフォーミングの発生および油ポンプ回路内にあるフィルタの目詰まり
→ 油圧が上がらない　→ 油圧保護圧力スイッチが作動して，圧縮機が停止．
※給油圧力は，通常0.15~0.4MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

(2) スクリュー圧縮機

運転時は油分離器の油面計で油量を確認する.

- 給油圧力
  - 強制給油式 ：吐出し圧力より0.2~0.3MPa 高い値
  - 差圧式 ：吐出し圧力より0.05~0.15MPa 低い値

(3) 油戻し

✓ フルオロカーボン冷媒を用いた冷凍装置

- 油戻しのために配管の工夫が必要
- 満液式蒸発器ならびに冷媒液強制循環式蒸発器の低圧受液器 →油戻しが必要
- 装置の配管が長くなると, 装置への冷媒と油の追加補充が必要
- 圧縮機に液戻りが起きるとオイルフォーミングの発生, 潤滑不良を起こす.

油が冷媒によって
希釈されて粘度が低下

✓ アンモニアを冷媒とする往復圧縮機

吐出しガス温度が高く, 鉱油が劣化しやすい

→圧縮機から吐き出された油は, 圧縮機に戻さず, 冷凍装置の外部に排出

油の補充に注意

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

15.1.7 油ヒータ

✓ フルオロカーボンを冷媒とする圧縮機

停止中の油温が低いと，油に冷媒が溶け込む割合が大きくなる．

→ 圧縮機を始動すると，クランクケース内の圧力が急速に低下

→ 油に溶け込んでいる冷媒が急激に気化し，泡立ちが発生（オイルフォーミング）

- 圧縮機からの油上がり量が多くなる
- 泡立ちのために油圧が上がりにくくなり，油圧保護圧力スイッチにより圧縮機が停止する

スクリュー圧縮機：
油ポンプ吸込み配管内で気泡発生

圧縮機の運転開始前に油温を高く上げておき，油中に溶け込む冷媒の溶解量を減らす．

クランクケースヒータ（往復圧縮機）や
油だめヒータ（スクリュー）

✓ 冷凍機油（鉱油）に溶解しにくいアンモニアを冷媒としている場合

油温が低いとアンモニアがクランクケースや油分離器の油だめで凝縮し，不具合を起こす

→圧縮機運転開始前には油ヒータで必ず油温を周囲温度よりも高く上げておく．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.1 圧縮機の運転と保守管理

15.1.8 密閉圧縮機の運転上必要な配慮

- 用途と異なる運転条件での使用
  - 冷媒循環量が少なくなると，電動機の冷却が不足し，電動機が過熱されて焼損する
  - 冷媒循環量が多いと，電動機の回転力が不足して過負荷になる

  → 他の温度条件での使用は好ましくない

- 電動機の焼損

  巻線の絶縁物や冷凍機油が焼けて，圧縮機内の全面にカーボンが付着したり，冷媒が分解する

  → 装置内の汚れは，熱交換器や配管などの冷凍装置全体に及ぶ

電動機が焼損した場合には，圧縮機の交換だけでなく，全ての冷媒系内をよく洗浄する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

15.2.1 凝縮器伝熱面積の確保

(1) 各凝縮器の伝熱面積

凝縮器の熱交換に必要な伝熱面積(1冷却トン当たり)

- 0.6~1.2m^2(水冷式)
- 2.0~2.4m^2(蒸発式)
- 15m^2(空冷式)

(2) 凝縮温度

凝縮温度に影響するもの(凝縮負荷,伝熱面積一定)

- 冷却水の温度と水量
- 冷却管の汚れによって左右される熱通過率

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

（3）伝熱面積と凝縮温度

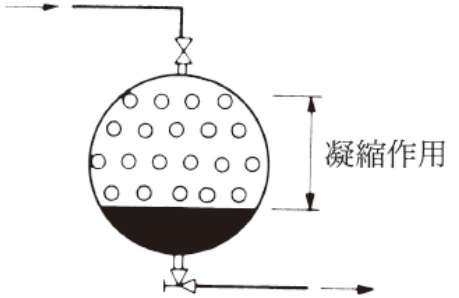
✓ 受液器兼用シェルアンドチューブ凝縮器

冷媒を過充填

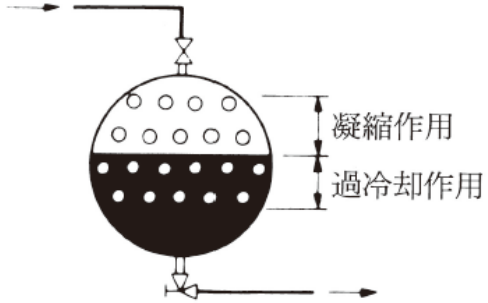
→ 余分な冷媒液が凝縮器内に貯えられて，液に浸される冷却管の本数が増加する．

→ 有効に使われる冷却管の伝熱面積が減少し，凝縮温度が上昇する．

※ 凝縮器から出る液の過冷却度は大きくなる．



コンデンサレシーバは液だまり部の空間容積を増し受液器を兼用



コンデンサレシーバ内の冷媒は過充てん状態では液面が高くなり，凝縮に作用する伝熱面積が少なくなる

図 15.1　冷媒充てん量と凝縮器の状態

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

- ✓ 受液器をもたない空冷凝縮器
  凝縮器の出口よりに凝縮した液が充満
  →その分だけ有効に凝縮に使われる伝熱面積が減少
  →冷媒の過充てんにより，凝縮の温度と圧力がより高くなり，出口液の過冷却度が大きくなる．
- ✓ 冷却容量の異なる複数の蒸発式凝縮器を並列に使用する場合
  （異なった形式の凝縮器を組み合わせて使用する場合）
  一方の凝縮器に冷媒液が滞留して伝熱面積を減少させることがある
  → それぞれの凝縮器と受液器との，接続方法を適切にして，凝縮器内の液の滞留を防止する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

15.2.2 不凝縮ガスの影響と保守

(1) 不凝縮ガス

いくら冷却しても凝縮できずに凝縮器内に残留するガス（一般に空気）

(2) 不凝縮ガスの滞留とその影響

- 原因　(a) 真空引きが不十分で，空気が残っていた．
  (b) 分解修理のために開放した冷媒系統に空気が残っていた．
  (c) 冷媒や冷凍機油が分解して不凝縮ガスを生成した．
  (d) 吸込み蒸気圧力が大気圧以下で空気を装置内に吸い込んだ．
  (e) 冷媒や油を充てんするときに，一緒に空気が混入した．

- 影響　・不凝縮ガスの分圧相当分凝縮器内の圧力が高くなる
  ・不凝縮ガスは伝熱面の近くに濃度の高い層を形成する→ 熱抵抗となり，熱伝達率が減少
  → 熱通過率が小さくなり凝縮圧力はさらに高くなる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

(3) 装置内の不凝縮ガスの有無識別

圧縮機を停止して，凝縮器の冷媒出入り口弁を閉止
→冷却水はそのまま20～30分間通水
→凝縮器の圧力計の指示が冷却水温に相当する冷媒の飽和圧力よりも高ければ，不凝縮ガスが存在

(4) 不凝縮ガスの排出法

(a) 空気抜き操作（自動ガスパージャのない設備で行う）

圧縮機の運転を停止して，凝縮器に冷却水を数十分間流し続け，出来るだけ冷媒蒸気を凝縮
→凝縮器上部の空気抜き弁を少し開いて静かに空気を抜く．

(b) 自動ガスパージャ

9.7，図9.14参照
アンモニア用など，冷媒の種類に応じて機種を選択する
※ 不凝縮ガスだけでなく，多少の冷媒も一緒に排出される．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

15.2.3 凝縮器の合理的熱通過率の確保

(1)・凝縮器の熱通過率

水冷凝縮器	: 0.17~1.16 kW/(m²·K)
蒸発式(裸管)凝縮器	: 0.35~0.41 kW/(m²·K)
空冷凝縮器	: 0.023~0.035 kW/(m²·K)
・水あかの熱伝導率	: 0.00093 kW/(m·K)
油膜 〃	: 0.00014 kW/(m·K)

→ 冷却管の伝熱作用を阻害

(2) 水あか, 油膜の熱通過率に及ぼす影響

水あかの厚さは掃除をしないとかなりの厚さになる

→ 水あかや油膜の熱伝導抵抗によって熱通過率の値が小さくなり, 凝縮の温度と圧力が高くなる

→ 圧縮機の消費電力が増加し, 冷凍能力が減少する.

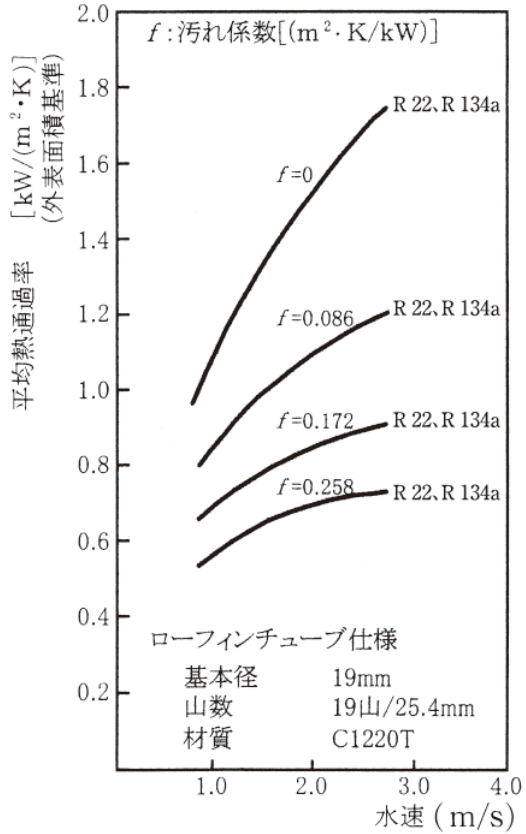


図 15.2 水冷凝縮器の熱通過率
(凝縮温度 40 ℃, 冷媒と冷却水の平均酸素 5 K)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

(3) ローフィンチューブ

冷媒側に高さの低いフィンを付けた冷却管

冷媒側の伝熱面積は，冷却水側の3.5～4.2倍くらい

※裸管に水垢がついたときと比較して，熱通過率の低下割合が大きい．

(4) 水あかの除去

- 水あかが付着しないように，水質の管理を行う．
  →水のpH 値を6.0～8.0の値に保持する．
- 水あかが付着しているときには
  ブラシでこすり落として洗う
  薬品で溶かして洗い流す

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

15.2.4 水冷凝縮器の適正冷却水量の確保

(1) 水冷凝縮器の適正冷却水量

一般の横形シェルアンドチューブ凝縮器では，1冷却トン(4.53kW)当たり12～13L/min の水量

(2) 冷却水量減少の原因

(a) 冷却水ポンプの吸込み管のストレーナ目詰まり

(b) 吸込み管の内面に水あかの付着

(c) 冷却塔の水位低下

(d) 吐出し側の弁の開き不足

(3) 冷却水量減少の影響

冷却水量が減少すると(凝縮負荷及び入口水温は一定)，

冷却水出口水温が上昇する.

→凝縮温度と圧力が上昇し，圧縮機駆動用電動機の消費電力が増加

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

（例題15.3）

水冷横形シェルアンドチューブ凝縮器を使用した低温冷凍装置の凝縮圧力が異常に上昇した

原因：

（1）装置内への空気の侵入
　不凝縮ガスの分圧相当分に加え，伝熱が阻害されることにより凝縮圧力が上昇する．

（2）冷却管の汚れ
　冷却管に付着した水あかや油膜（アンモニアの装置）により，熱通過率が小さくなる．

（3）冷却水量の不足
　冷却水ポンプの故障，ストレーナの目詰まりなどによって，冷却水量が減少する

（4）冷却水温の上昇
　冷却塔の不具合により，冷却水温が上昇

（5）凝縮器内に凝縮液の滞留
　凝縮器から受液器への液の落ち込みが悪い場合，受液器兼用の凝縮器に多量の凝縮液が滞留
　→冷却管が液に浸されると，凝縮に有効に使われる冷却管の伝熱面積が減少する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

15.2.5 空冷凝縮器能力の季節的変動対策

(1) 凝縮圧力と膨張弁容量
冬季に外気温度が低いと凝縮圧力が著しく低下
→温度自動膨張弁前後の圧力差が不足 → 蒸発器への冷媒量が足りず，冷却不足を起こす

(2) 季節的変動対策としての凝縮圧力制御（冬季に弁容量が不足するときの対策）

(a) 空冷凝縮器の送風機の風量を減少させる
(b) 凝縮圧力調整弁を用いて，凝縮圧力が低くならないようにする

(3) 膨張弁容量の選定
メーカのカタログや仕様書の定格容量：指定された条件で，約80%の弁開度のときの容量

- ✓ 蒸発器の冷凍能力に対して，弁容量の過大なものを選定
  → ハンチングが起きやすくなる
- ✓ 小さ過ぎる容量の弁を選定
  → 蒸発器の冷却負荷 大→冷媒流量が不足し，冷却不良となる．過熱度が大きくなる．

冷媒流量と蒸発器出口過熱度が周期的に変動する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

(例題15.4) 空冷凝縮器を用いた冷凍装置が，冬季に冷凍能力の低下を起こす場合の防止対策

(解答例Ⅰ)

防止対策：凝縮圧力調整弁を使用し，凝縮器内に滞留させる冷媒液の量を調節して凝縮圧力の異常低下を防止する．

原理　　：凝縮器内に冷媒液を滞留させることにより，凝縮に有効に使われる伝熱面積を減少させる

留意点　：凝縮器内に冷媒液を滞留させても，液管でフラッシュガスが発生しないだけの冷媒を充てんすること．このため，受液器を必要とする

(解答例Ⅱ)

防止対策：送風機駆動用電動機の極数変換またはインバータによって送風機の回転速度を変える，ダンパで風量を調節する

原理　　：風量を減少させると，凝縮器の熱通過率が小さくなる

留意点　：蒸発器の熱負荷が急激に増大したときに，風量の調節が遅れると異常高圧になる
冬季の強い季節風が凝縮器に吹き込むと，その目的が果たせない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

(例題15.5) 冬季の冷凍装置の運転で, 高圧側圧力が極端に低くなる場合に, 予想しうる不都合な現象

(1) 十分な冷媒を蒸発器へ供給することができないので, 冷却能力が減少し, 蒸発圧力が低下, 蒸発器出口蒸気過熱度は大きくなる.
凝縮圧力が低くなると, 膨張弁前後の圧力差が小さくなり, 蒸発器への冷媒供給量が減少する

(2) ホットガスデフロストが適切にできなくなる.
通常の高温の圧縮機吐出しガスの顕熱と潜熱によって行う除霜が, 温度の低い吐出しガスのためにその顕熱の利用効果が減少し, 除霜により多くの時間を必要とするようになる.

(3) 液管内の冷媒液にフラッシュガスが発生し, 蒸発器の冷却能力不足の現象を起こす.
凝縮圧力が低く, 温度の低い冷媒液が液管を流れているので, 液管の周囲の温かい室内を通る間に, 冷媒液に熱が侵入し, フラッシュガスを発生しやすくなる.

(4) 圧縮機の始動が円滑に行えないことがある.
圧縮機の始動時に, 高圧側の圧力が, 低圧圧力スイッチのカットインの設定圧力よりも低くなった場合, 高圧圧力が低く, 始動しないことがある.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

15.2.6 液封防止への配慮

(1) 液封

- 液封：液配管や液ヘッダなどにおいて，その部分に液が充満した状態で，出入り口の両端が止め弁や電磁弁で封鎖された状態．

※ この状態で周囲から熱が侵入して液が熱膨張すると，液が管内に閉じ込められた状態で著しく高圧になり，弁や配管を亀裂,破壊する重大事故につながる．（特に低圧液配管での事故が多い）

アンモニア液の温度と液封による圧力の関係 →

例）液温−30℃，周囲温度10℃の場合，
アンモニア液が周囲温度まで上昇したとき，その温度上昇幅は40K

液温上昇40Kの点Aから垂直に伸ばし，液温−30℃の線との交点Bから圧力上昇が60.8MPaと求まる．

※ 液温が低いほど圧力上昇が大きい

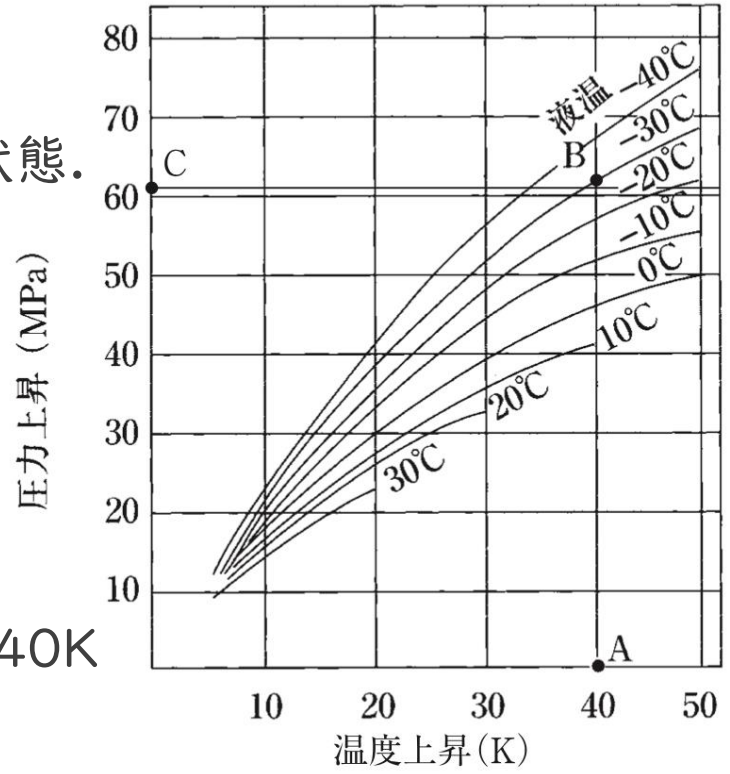


図 15.4 アンモニア液の温度と液封による圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.2 高圧部の保守管理

(2) 液封の発生しやすい場所

- 止め弁，電磁弁などの誤操作により機器，配管などの中に冷媒液を閉じ込めてしまう
- 低温で運転される二段圧縮冷凍装置や，冷媒液強制循環式冷凍装置

(a) 液ポンプ周辺の低温配管
液ポンプ出口の逆止め弁と蒸発器入口電磁弁との間の液管部分に圧力逃がし弁を設ける．

(b) 高圧受液器からの液管
1) 高圧受液器と膨張弁ヘッダとの間の液管装置の運転を停止するときは，止め弁を開いておく
2) 高圧受液器と中間冷却器並びに低圧受液器との間の液管液を閉じ込めないように
圧力逃がし弁を設ける．

(c) 補助受液器と高圧受液器との間の液連絡管
液連絡管の両端の止め弁間に液を閉じ込めない（補助受液器の止め弁のみ閉じる）

(d) 散水式の満液式蒸発器のデフロスト時
異常高圧防止のために，予めコイル内冷媒を圧縮機で吸引して回収しておく．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

15.3.1 合理的伝熱面積の蒸発器を使用

凝縮器で液化された冷媒が，膨張弁で絞り膨張して蒸発器に供給される．
蒸発器では被冷却物から冷媒液の蒸発潜熱に相当する熱を奪って気化し，被冷却物を冷却する．

表 15.3　蒸発器の熱通過率の概略値

蒸発器の形式	流体の種類		熱通過率 (外表面積基準)	備　　考
	管内側	管外側		
満液式シェルアンドチューブ蒸発器（ローフィンチューブ）	水	冷媒	0.81～1.40 kW/(m²·K)	水速 1.0～2.5 m/s
	ブライン	冷媒	0.17～0.52 kW/(m²·K)	エチレングリコール
乾式シェルアンドチューブ蒸発器（インナフィンチューブ）	冷媒	水	0.70～1.40 kW/(m²·K)	
	冷媒	ブライン	0.23～0.70 kW/(m²·K)	エチレングリコール
乾式空気冷却器（プレートフィンチューブ）	冷媒	空気	0.023～0.080 kW/(m²·K)	空調，風速 1.0～2.5 m/s
	冷媒	空気	0.017～0.035 kW/(m²·K)	冷蔵，風速 1.0～2.0 m/s

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

15.3.2 合理的蒸発温度の確保

（1）冷媒の蒸発温度と被冷却物との温度差

冷凍装置の使用目的によって，蒸発温度と被冷却物との温度差が設定される

- 設定温度差
  - ✓ 空調用　：15～20K程度（圧縮機の圧力比が小さく，空気を除湿する必要があるため）
  - ✓ 冷蔵用　：5～10K程度

- 設定温度差が小さ過ぎる
  → 伝熱面積の大きな蒸発器を使用しなければならない
- 設定温度差が大き過ぎる
  → 蒸発温度を低くしなければならないので，冷凍能力の減少と成績係数の低下を招く．
  冷蔵品の乾燥や蒸発器が着霜しやすいなどの問題も起こる
  ※ 冷却温度が高い：設定温度差を大きめに取る

圧縮機駆動の動力は低下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

(2) 蒸発温度と冷凍能力

蒸発温度低下 →蒸発器内の冷媒圧力低下 →湿り蒸気の比体積増加

→ 圧縮機に吸い込まれる蒸気量が少なくなるので，冷凍能力が減少する．

※ 蒸発温度は必要以上に低くしない

(3) 蒸発温度低下の原因

(a) 蒸発器への冷媒供給量が不足

(b) 蒸発器への霜付き

(c) 蒸発器への送風量が減少

(d) 蒸発器伝熱面積が減少

(e) 蒸発器内の冷媒へ多量の油が溶解

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

15.3.3 負荷に見合った冷媒循環量の確保

- 冷媒充てん量が不足
  →高圧液配管内のフラッシュガス発生などによる蒸発器への冷媒液の供給不足
  →冷却不良や蒸発圧力の異常低下

- 装置の冷媒量の判断
  通常装置の運転中の受液器の液面高さによって確認する
  受液器の液面計の1/2～1/3なら適量

- 冷媒循環量が不足する原因
  （a）冷媒充てん量不足
  （b）過小な膨張弁容量
  （c）液管内のフラッシュガス発生

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

15.3.4 適正な熱通過率の確保

（1）熱通過率の保持

- 熱通過率に影響する要因
  - 凝縮器や水冷却器の冷却管の水側：水あかが付着して熱通過率を低下させる.
  - 低温の空気冷却器：空気側に霜が付着して，熱通過率を低下させる.
  - 空気冷却器：前面風速
  - 水またはブラインの冷却器：それらの流速
  - フルオロカーボン蒸発器（冷媒側）：蒸発器内の油の滞留
  - アンモニア蒸発器（冷媒側）：油の滞留，伝熱管内面への油膜の形成

（2）霜付きの影響

蒸発器に霜がつく→霜の熱伝導抵抗により熱通過率が低下し，蒸発圧力の低下，冷凍能力が減少する

※ 厚く着霜→フィンの隙間が狭くなる→流れの抵抗が増し，風量が減少する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

（例題15.7）冷蔵庫用冷凍装置で，低圧側圧力が低下する原因

（1）蒸発器への冷媒供給量（冷媒循環量）の不足
ストレーナの目詰まり，液管でのフラッシュガスの発生，膨張弁の氷結，温度自動膨張弁の過熱度設定値が大きい，温度自動膨張弁の感温筒のガス抜け，冷媒充てん量不足による蒸発器への冷媒供給不足

（2）蒸発器の熱交換不良
蒸発器の着霜による熱通過率の低下，蒸発器の汚れ，蒸発器内の油の滞留，腐食による蒸発器のフィンの脱落

（3）蒸発器の風量が減少→蒸発器への冷媒供給量が減少
送風機の故障，着霜による空気の流れの抵抗増大，蒸発器空気側の汚れ，空気吸込み口が庫内収容物で塞がれた

（4）蒸発器の熱負荷が減少

（5）冬季に，冷却塔からの凝縮器冷却水温が低くなり，凝縮温度が低下
→膨張弁前後の圧力差が小さくなり，膨張弁の容量不足を起こす

（6）圧力調整弁の作動不良や止め弁の絞りなどによる，圧縮機吸込み圧力の低下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

15.3.5 液戻り時の措置

- 湿り蒸気の圧縮
  圧縮機の吐出しガス温度が下がり，運転音が変化したり，吸込み止め弁の霜の付着量が増加する
  - ✓ 徐々に圧縮機に液戻りが起きてきた場合
    膨張弁の開度を調整し，蒸発器への液の供給量を減らし，運転の状況を見ながら対処する．
  - ✓ 液圧縮している時
    吸込み止め弁を絞り，液戻りが激しい時には吸込み止め弁をいったん閉じる
    →膨張弁を調節または閉じて液圧縮を回避して，運転状況を見ながら吸込み止め弁を徐々に開く
- 液戻り発生原因（表15.5）
  - 乾式蒸発器で負荷が急減，満液式蒸発器で負荷が急増
  - 運転停止中に，吸込み配管途中のトラップに冷媒蒸気が凝縮しているときに，圧縮機始動
  - 乾式蒸発器で蒸発器に多量の液が残留したままで運転を停止し，再始動
  - 膨張弁の選定不良

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

15.3.6 シェルアンドチューブ蒸発器での凍結防止

- ✓ 満液式シェルアンドチューブ蒸発器

  冷却管内を流れるブラインまたは水が凍結点以下になるとそれが凍結
  → 冷却管を破損

  ※器内の冷媒量が多く大きな事故になりやすいので，注意

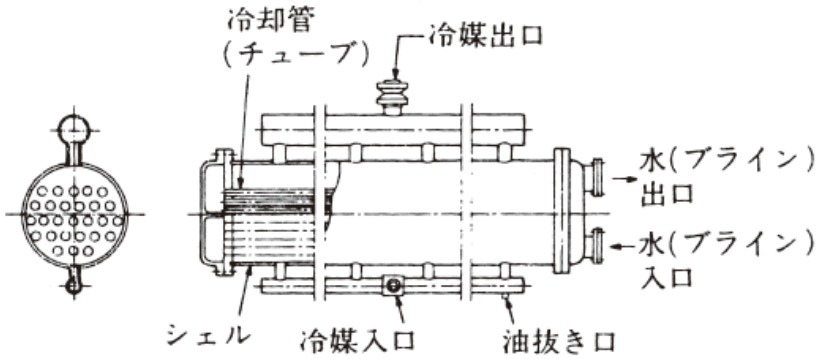


図 15.11　満液式シェルアンドチューブ蒸発器

- ✓ 乾式シェルアンドチューブ蒸発器

  冷媒が冷却管の中を流れる
  → 円筒胴と冷却管との間を流れるブラインや水が凍結しても，管外での凍結なので冷却管を破損させる危険が少なく，蒸発器内の冷媒量も少なくて済む．

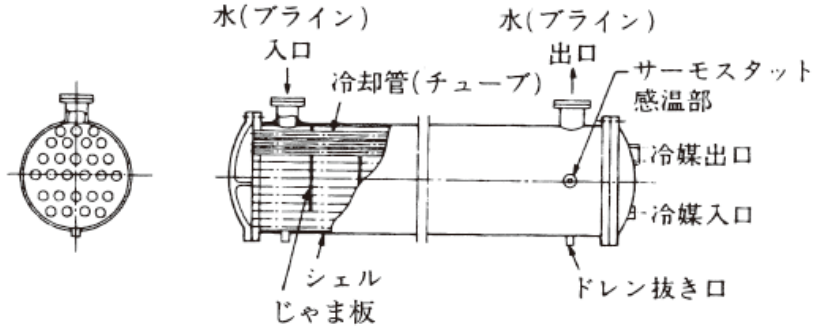


図 15.12　乾式シェルアンドチューブ蒸発器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

15.3.7 膨張弁の選定不良または取付け不良

（1）膨張弁の選定不良

温度自動膨張弁の感温筒内封入冷媒の種類と封入方式によって，膨張弁の作動特性が異なる．

→ 装置の特性に適した膨張弁を選択する

※ MOP（最高作動圧力）付きの温度自動膨張弁：

弁本体温度が感温筒温度よりも低くなるような温度条件で使用すると，膨張弁が適切に作動しなくなるので注意

（2）感温筒の取付け不良

感温筒は蒸発器出口管壁に密着させ，バンドで確実に締め付ける．

✓ 感温筒が管壁から外れる ： 膨張弁がより大きく開く

✓ 感温筒に封入されている冷媒が漏れる ： 膨張弁は閉じる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

15.3 低圧部の保守管理

※ 感温筒を冷却コイルや吸込み蒸気配管のヘッダーなどの液の溜りやすい所に取り付けると，正しい冷媒蒸気温度を検出できなくなる．

- ✓ 低温装置
  感温筒が周囲の温度や風，霜の影響を受けないように，
  感温筒取付け部全体を防熱する
- ✓ 蒸発器出口で吸込み蒸気配管を立ち上げる場合
  冷媒液や油の溜りやすい所を避けて感温筒を取り付ける
  （図15.13）
- ✓ 吸込み蒸気配管に液ガス熱交換器を設けている水冷却器やブライン冷却器
  感温筒を蒸発器出口に取り付ける
  （図15.14）

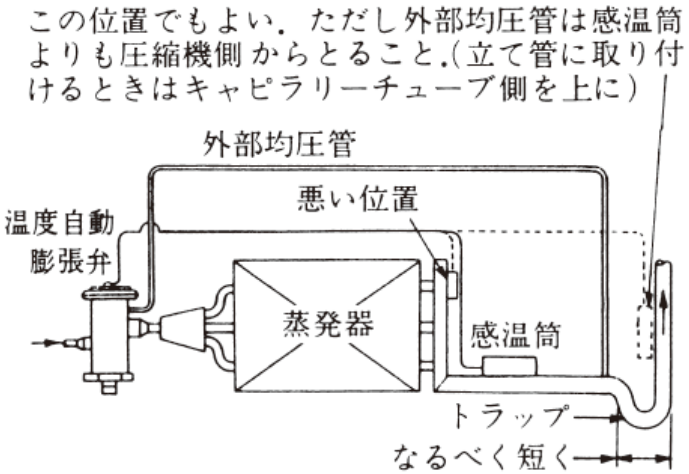


図 15.13　吸込み蒸気配管の立ち上がり配管例

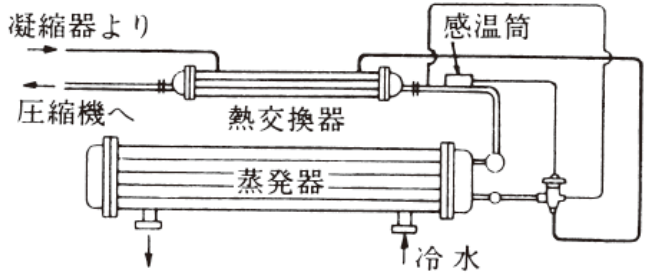


図 15.14　吸込み蒸気配管に熱交換器がついた例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16 冷媒の性質による配慮点

16.1 冷媒の大気排出抑制

✓ ふっ素系冷媒

毒性，燃焼性が低く，安定した冷媒

- CFC系冷媒，HCFC系冷媒　→ 成層圏のオゾン層を破壊
- HFC系冷媒
  CFC,HCFC系冷媒の代替冷媒　→ 地球温暖化

✓ 自然冷媒

アンモニア，炭化水素類，二酸化炭素など

オゾン層を破壊せず，地球温暖化にあまり寄与しない

※ アンモニア：毒性あり，炭化水素類：燃焼性が強い

アンモニアを除く冷媒のほとんどは，空気よりも重いので機器から大量に放出されると，床面に滞留しやすく，酸欠の危険がある．

地球環境や住環境を健全に保つため，安全性の観点から，みだりに冷媒の大気放出は行ってはならない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16 冷媒の性質による配慮点

16.1 冷媒の大気排出抑制

- フルオロカーボン類の規制
  「オゾン層保護法（特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律）」
  「地球温暖化対策推進法（地球温暖化対策の推進に関する法律）」
- 高圧ガスとしての取扱い
  「高圧ガス保安法」に従う
- 関連する法律
  「家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）」
  「フロン排出抑制法（フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律）」
  「自動車リサイクル法（使用済自動車の再資源化等に関する法律）」
  が施行されている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16.2 冷媒系統への不純物混入防止

16.2.1 水分混入の防止

ふっ素系冷媒に水分混入

- 塩酸やふっ化水素（HF）が発生して配管や圧縮機等の部品，特に金属部品の腐食
- 冷凍機油が乳化して潤滑性能が劣化
- 冷媒の電気絶縁性が低下して電動機が焼損する（密閉圧縮機）

- 冷媒の温度が低下
  →水分が遊離
  →膨張弁やキャピラリチューブの低温部で氷結して，閉塞（詰り）を生じる
  →冷媒の流れが阻害されて冷却能力が低下し，吐出しガス温度が上昇

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16 冷媒の性質による配慮点

16.2 冷媒系統への不純物混入防止

- 水分混入防止策

（a）冷媒配管等への水分混入防止
保管中の圧力容器の開口部や配管の端部をキャップで塞ぐなどの養生をする

（b）冷凍機油への水分混入防止
冷凍機油は水分を吸収しやすいので，冷凍機油が保管されている缶のフタは常に閉めておく
※ HFC 系冷媒用冷凍機油（合成油）は水分を吸収しやすいものが多いので注意

（c）空気の侵入防止
漏えい箇所等より空気を吸い込むと，空気中の水分は，冷媒に溶け込んで冷凍装置内を循環する
→負圧運転はできるだけ避ける

空気は不凝縮ガスとして溜まる

（d）真空ポンプを用いた十分な装置の乾燥
装置自身の温度をできるだけ高くすると，水分が蒸発し乾燥しやすくなる．
ある程度真空になった状態で窒素ガスを入れてから再度排気→水分除去率や真空度が向上

（e）ドライヤ付き空気圧縮機による気密試験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16.2 冷媒系統への不純物混入防止

✓ アンモニアを冷媒として使用する場合

水が混入するとよく溶け合ってアンモニア水となる

→ 少量の水分が機器内に入ってもあまり大きな影響を及ぼさない.

空気のみの混入であれば凝縮器においてパージ(装置の凝縮器内圧力で放出除去)する.

水分が冷媒中に溶け込むと,水分を除去することはできない.

水の沸点はアンモニアよりも高く,蒸発しにくい

→ 水分が多く入ると蒸発圧力は低下し,冷凍能力が減少する.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16.2 冷媒系統への不純物混入防止

16.2.2 HFC系冷媒への不純物混入防止

配管や圧縮機の部品加工の際には，切削加工油，防錆油などが使用される．
※ 加工油は極性（注）をもたないためにHFC 系冷媒に溶解せず分離する

圧縮機の摺動部などで金属同士が直接接触すると，冷凍機油や加工油が粘着状のスラッジになる．

- 膨張弁やキャピラリチューブに堆積し，これらを詰まらせる→冷凍機能低下
- 圧縮機摺動部の摩耗
- 止め弁，安全弁，電磁弁などの弁座の傷つけ，弁漏れや作動不良
- シャフトシール破損
- 電動機巻線の焼損

分子が電気的な正・負の極をもっていること

（注）：HFC 系冷媒は強い極性をもつが，炭化水素系の油（代表は鉱油）は極性をもたない．
極性が強い物質（代表は水）と極性が弱い物質（代表は油）とは溶解しない．
HFC 系冷媒は極性が強く，従来の油（鉱油）を溶解しない．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16 冷媒の性質による配慮点

16.3 圧縮機吐出しガス温度との関係

圧縮機吐出しガス温度が高すぎる

→ 冷凍機油が劣化

→ 炭化，酸化，分解生成物の発生

→ 冷媒中にスラッジの発生

✓ ふっ素系冷媒

圧縮機吐出し温度が120～130℃なら油の劣化の恐れはない

✓ アンモニア

圧縮機の吐出し温度はその物性上高温になりやすい

→ 低温用の冷凍装置においては，劣化した冷凍機油を抜き取って新しい冷凍機油と交換する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16 冷媒の性質による配慮点

16.5 漏れ検知方法

- ✓ ふっ素系冷媒

  無臭のため漏れ検知器具を用いた漏れ検知が行われる

  - 炎色反応を利用するハライドトーチ式ガス検知器
  - 電気的に濃度測定をする高感度電気式検知器

  ※ HFC 系冷媒とHCFC 系冷媒では検知する分子が違うため，それぞれ専用の検知器が必要

- ✓ アンモニア

  漏れの大小にかかわらず，その独特の臭気により容易に検知可能

  電気的に濃度を検知する検知器もある

- ✓ ふっ素系冷媒，二酸化炭素，炭化水素系冷媒

  無臭であるため，漏洩に気づくことが遅れて酸欠事故や爆発火災などの事故を招くことがある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16.6 冷凍機油との関係

- 冷媒によく溶解する冷凍機油の場合

  冷媒に冷凍機油が溶解した状態で冷凍・空調装置内を循環する.

  →蒸発器で冷媒だけが蒸発して, 冷凍機油は蒸発しない.

  →冷凍機油を圧縮機へ戻さないと, 圧縮機の冷凍機油が不足して潤滑不良を起こす.

吸込み蒸気配管中の冷媒蒸気の流速を大きくする

- ✓ 圧縮機出口に油分離器を取り付ける
- ✓ 冷凍機油が冷媒蒸気とともに, 圧縮機吸込み配管を通って圧縮機へ戻るようにする

※ 圧縮機の吸込み側にアキュムレータを設けて, 戻された冷凍機油および冷媒液をここに溜め, 少量ずつ圧縮機へ返す（液圧縮の防止）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16.7 クランクケースヒータの使用

- 多気筒圧縮機（ふっ素系冷媒の場合）
  圧縮機が停止して，長時間温度が低下した状態では，冷媒が冷凍機油に大量に溶解している

  ↓ 圧縮機を始動

  オイルフォーミングによる潤滑不良や，冷凍機油の粘度低下による潤滑不良が起こる

  → クランクケースヒータの使用
  冷媒が多量に溶解するのを防止するため，冷凍機油の温度を上げ，冷媒を冷凍機油から蒸発させる．
  R22やR410Aの冷凍・空調装置の圧縮機では，冷凍機油の温度を20～40℃に保つ．

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16 冷媒の性質による配慮点

16.8 HFC系混合冷媒の取扱い

- 非共沸混合冷媒：HFC系混合冷媒
  （R404A, R407C, R410A）
  取扱いが単成分冷媒や共沸混合冷媒と異なる

✓ R32とR134aとの混合冷媒
- 蒸気：低沸点冷媒（R32）が多い
- 液　：高沸点冷媒（R134a）が多い

※ 全質量と比較すると，蒸気の質量は僅かであるので，液の成分比と平均成分比との差は無視できるほど小さい
→装置に充填する時は冷媒液で充填する
（サイホン管付ボンベを正立させて充てん）

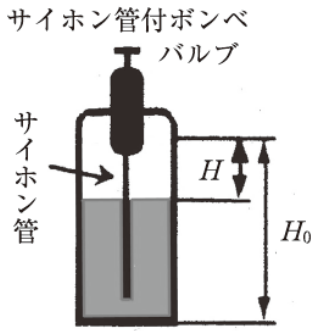


図 16.4　サイホン管付容器

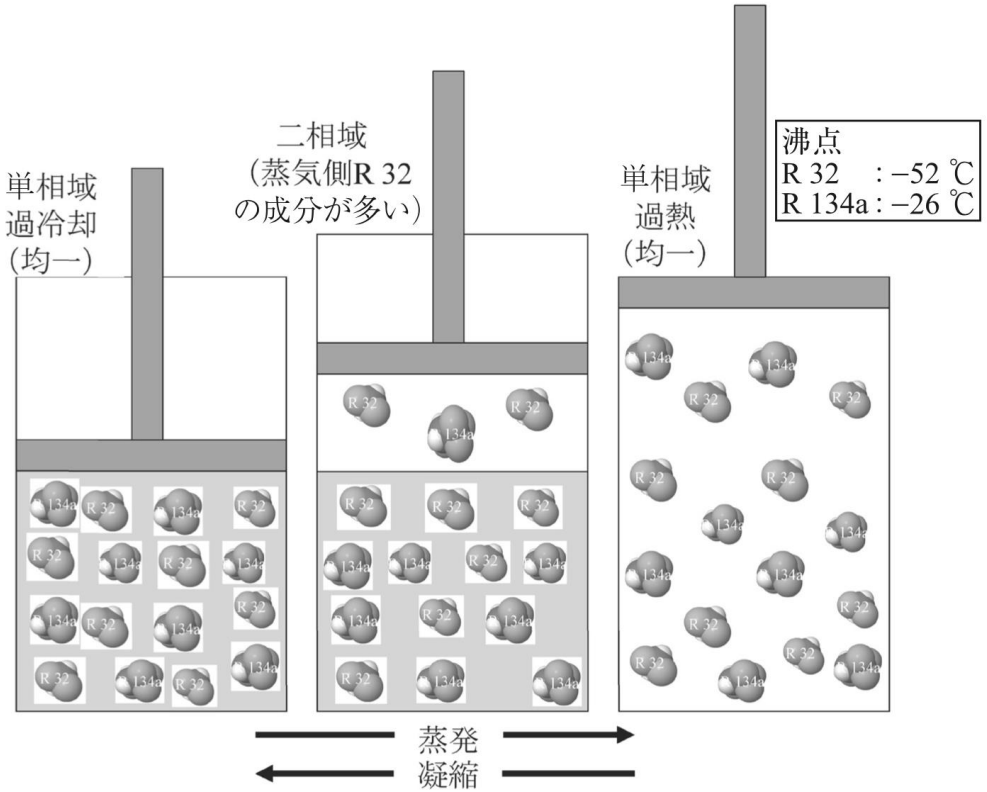


図 16.3　非共沸混合冷媒の相変化の挙動（R 32/R 134a の場合）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

16 冷媒の性質による配慮点

16.9 ブラインの使用について

ブラインは空気とできるだけ接触させない.

ブラインが空気中の酸素を溶かし込むと金属を腐食させる.

→ ブラインタンクへの返り管の出口はブラインの液面下になければならない.

※ 特に塩化カルシウムブライン, 塩化ナトリウムブラインは金属に対する腐食が強い.

- ブラインの濃度

  比重計(比重浮ひょう)を用いて, 液の比重を測って求める

  - 0℃付近あるいはそれ以下でブラインを使用

    → 空気中の水分が凝縮されてブライン中に取り込まれる

    → 長期間ブラインを大気に触れて使用する場合には, ブラインの濃度が次第に低下

濃度調整が適宜必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

17 熱交換器の合理的使用

17.1 熱負荷の増減と蒸発器及び凝縮器での平均温度差

17.1.1 蒸発器の能力と蒸発温度

- ✓ 圧縮機能力 Φ_c（kW）
  蒸発温度が低くなると吸込み蒸気の比体積が大きくなり，
  冷凍能力は小さくなる
- ✓ 空気冷却用の乾式の蒸発器能力 Φ_E（kW）
  入口空気と冷媒との温度差（$t_R - t_o$）に比例して伝熱量が増大する
- ● 平衡状態　$\Phi_c = \Phi_E$
  $K'A$(相当熱通過率×有効伝熱面積)の値が小さくなる（$\Phi_{E1} \rightarrow \Phi_{E3}$）
  → Φ_cとの交点（バランス点）がcに移動
  → 入口空気と冷媒との温度差は大きくなる
  → 冷凍能力低下

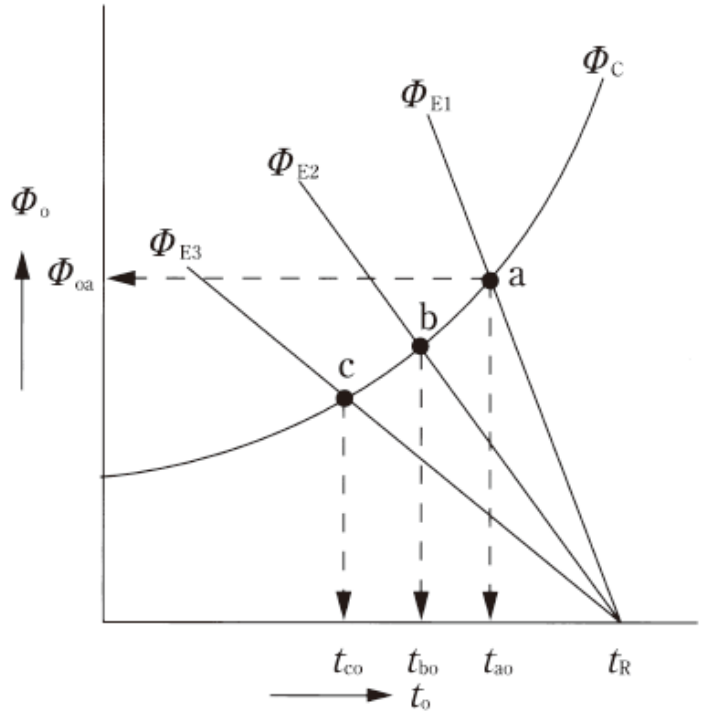


図 17.1　圧縮機能力と蒸発器能力との平衡

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

17.1 熱負荷の増減と蒸発器及び凝縮器での平均温度差

✓ 可変容量圧縮機（アンローダを備えた多気筒圧縮機など）

Φ_{c1}　：全負荷時の圧縮機能力曲線

Φ_{c2}, Φ_{c3}　：部分負荷時の圧縮機能力曲線

熱負荷が減少し，アンローダが作動（$\Phi_{c1} \rightarrow \Phi_{c3}$）

● 平衡状態

アンローダが作動（$\Phi_{c1} \rightarrow \Phi_{c3}$）

→ 装置の運転状態：交点a → 交点c

→ 室温と蒸発温度との温度差は小さくなる．

→ 冷凍装置の冷凍能力は低下

蒸発温度が高くなるため

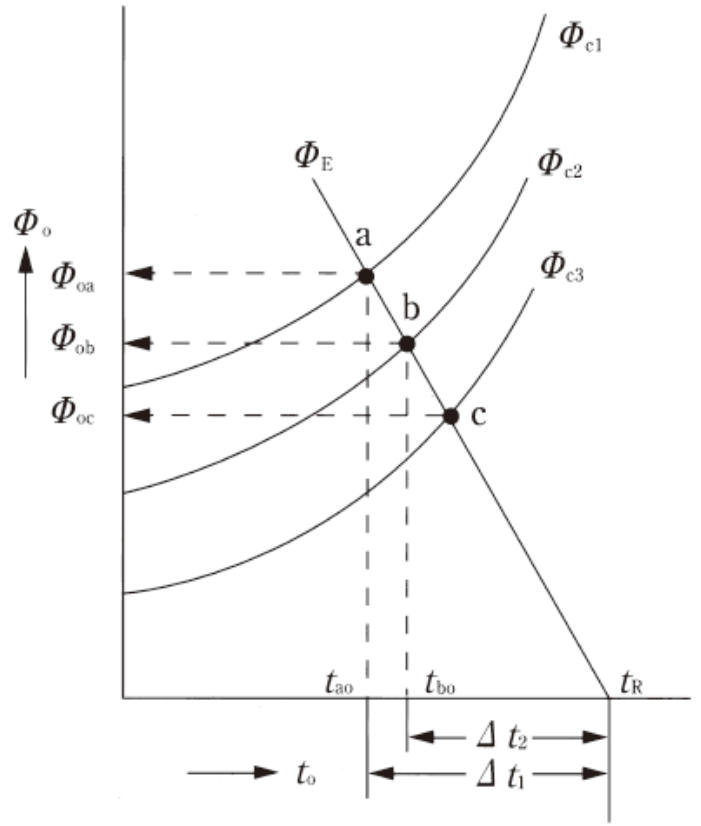


図 17.2　部分負荷時の圧縮機能力と蒸発器能力との平衡

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

17 熱交換器の合理的使用

17.1 熱負荷の増減と蒸発器及び凝縮器での平均温度差

17.1.2 水冷凝縮器の能力と凝縮温度

- 凝縮負荷に対して凝縮器の伝熱面積が小さい
  →凝縮温度上昇
- 冷媒温度と冷却媒体との算術平均温度差が大きい
  →凝縮作用が活発
  →凝縮液膜が厚くなって熱伝導抵抗が大きくなる
  →熱通過率が小さくなり，凝縮温度がさらに高くなる

➡ 成績係数が小さくなる

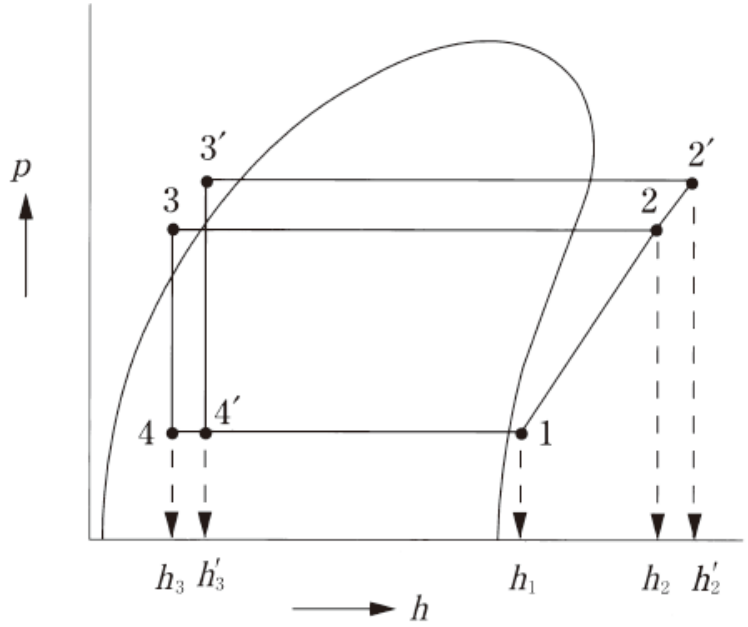


図 17.3　凝縮温度の高低と冷凍サイクル

- 伝熱面積
  - ✓ 水冷凝縮器：冷媒と冷却水との間の算術平均温度差が5～6Kとなるように選ばれる
  - ✓ 空冷凝縮器：凝縮温度が入口空気温度よりも12～20K高くなるように選ばれる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

17.2 水冷凝縮器，満液式水冷却器の汚れ係数，熱通過率及び平均温度差

ローフィンチューブを用いる水冷凝縮器や満液式水冷却器の
冷却管の外表面積基準の熱通過
※ 伝熱管材の熱伝導抵抗は無視できる

- 熱通過率Kは，汚れ係数fの増大とともに減少する
  減少の割合
  - 汚れ係数 fの値が小さい範囲：大幅に低下
  - 汚れ係数の値が大きい範囲　：あまり変わらなくなる
- 汚れ係数の増加に比例して，冷媒と冷却水との温度差が大きくなる．
  →凝縮温度は汚れ係数にほぼ比例して高くなる

※ 当初の設計値の温度差が大きいと，管内面の汚れによる温度差の
増加率も大きくなる
（水冷凝縮器:設計時に汚れ係数を0.086 m²·K/kW 程度で見込む）

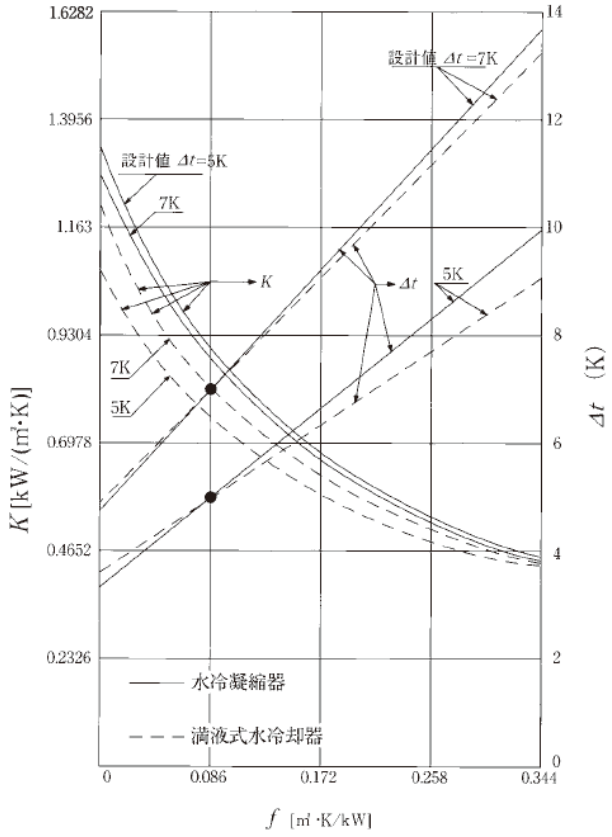


図 17.5　熱負荷一定のとき，水冷凝縮器及び満液式水冷却器での汚れ係数 f と Δt 及び K との関係計算例［設計汚れ係数 $f=0.086$ m²·K/kW とする］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

17.3 伝熱作用に及ぼす不凝縮ガスの影響

- 不凝縮ガスを含む冷媒が凝縮する場合

✓ 冷媒の温度は蒸気分圧に対応する飽和温度であり，温度が不凝縮ガスを含まないときと同じであるためには，空気分圧分圧力が高くなる

✓ 不凝縮ガスは凝縮液膜表面近くに滞留し，濃縮されて周囲よりも不凝縮ガスの濃度が高い層を形成する ＝混合気境界層

→ 冷媒蒸気の分圧は液膜表面に近づくほど低くなり，その分圧に対応する飽和温度は気液界面温度 t_iまで低下する

→ 凝縮を引き起こす駆動力である温度差は $t_i - t_w$となり，不凝縮ガスを含まない場合の温度差よりも小さくなって熱伝達が阻害される

⇒ 凝縮圧力は不凝縮ガスの分圧相当分以上に高くなる

※ 装置の停止中：凝縮の伝熱作用は行われないから，高圧側圧力は，存在する不凝縮ガスの分圧相当分だけ，高くなるだけ

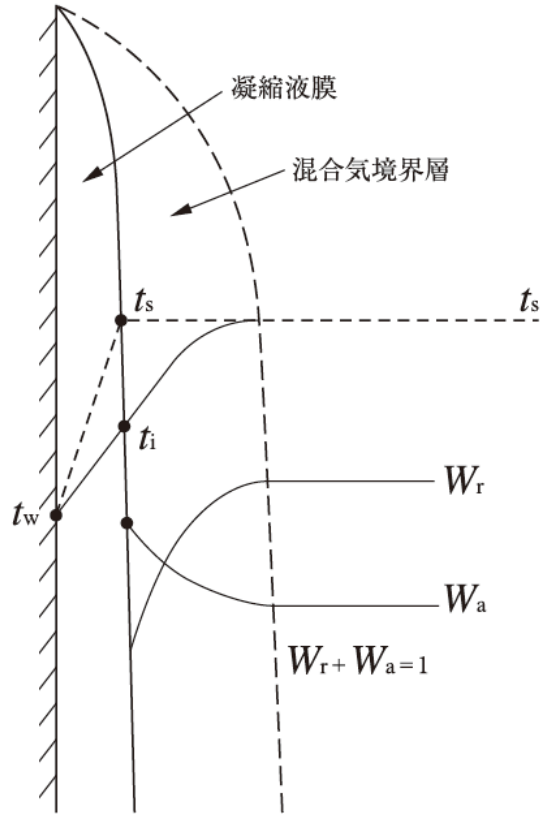


図 17.6 不凝縮ガスを含む冷媒蒸気の凝縮伝熱面近傍の挙動

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

17.4 冷媒の蒸発と凝縮に及ぼす油の影響

✓ アンモニア

冷凍機油(鉱油)とは溶け合わないので，伝熱面に付着滞留して，伝熱を阻害する．

→ 圧縮機の吐出し管路に必ず油分離器を取り付ける

- 油の密度＞アンモニア液の密度
  →分離されなかった油は冷却管内に滞留する

- 流体の粘性が高いほど，境界層は厚くなって熱が移動しにくくなる
- 流体の熱伝導率が小さいほど，熱が移動しにくくなる

油の粘度はアンモニア液のそれよりも3桁ぐらい大きく，油の熱伝導率はアンモニア液の1/3ぐらいであり，伝熱面上の油膜は伝熱の大きな障害となる

✓ フルオロカーボン冷媒液は油を溶解すると粘度が高くなる．

→ 過度に油を溶解すると伝熱を阻害する．

※ 油の溶解量が3%以下であれば問題ない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

17.5 フィンコイル冷却器出口冷媒の過熱

- 温度自動膨張弁を使用するフィンコイル冷却器ユニットクーラ
  感温筒取付け部は，数K過熱した状態になる

  過熱部の熱通過率は，蒸発部に比べると小さい
  → 冷却能力を効果的に得るためには，冷却に寄与しない過熱部の管長をできるだけ短くする．

  冷媒の流れる方向と空気の流れる方向を向流にする

  並流にすると平均温度差が小さくなり，
  伝熱性能が劣り，管長が長くなる

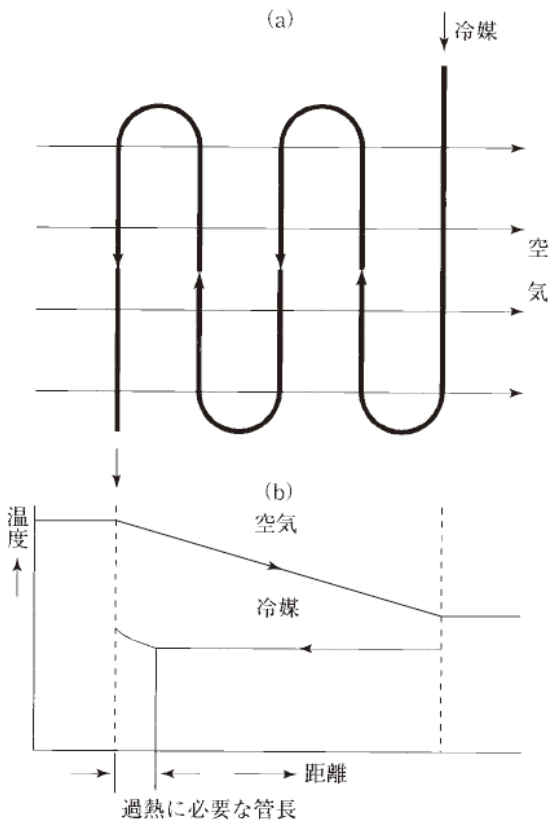


図 17.7　空気と冷媒の向流式熱交換

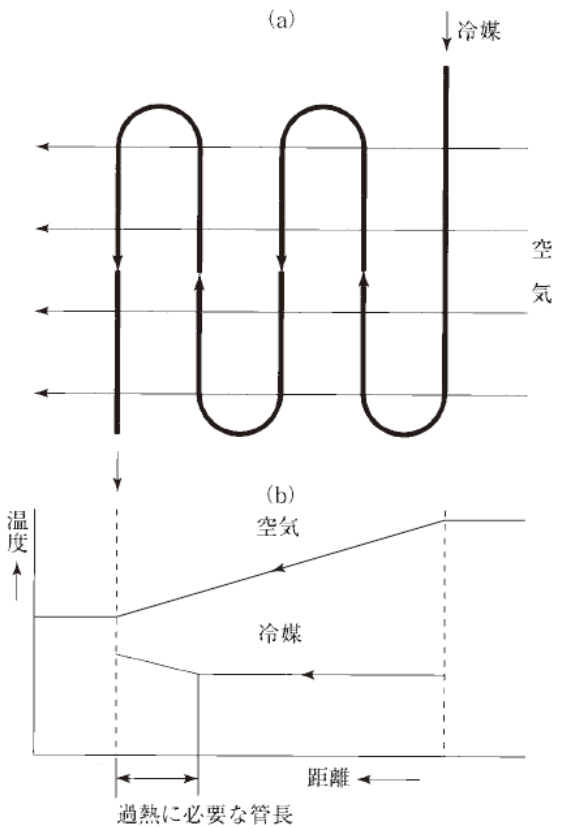


図 17.8　空気と冷媒の並流式熱交換

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

D－5　第一種販売主任者講習　教材一例

第一種販売主任者編
高圧ガス保安法

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－1）販売主任者免状と選任対象業態等

選任できる業態等 ＼ 販売主任者免状	高圧ガス販売所（販売主任者）		特定高圧ガス消費事業所（取扱主任者）
	液化石油ガスを除く高圧ガスのうち、定められた高圧ガス	液化石油ガスのみ	特に定められた高圧ガス
第一種販売主任者	○	×	○
第二種販売主任者	×	○	×

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－2） 法令受講の意義（1）

法第31条、試験則第8条、9条1項、2項

1． 販売主任者試験における試験科目

① 第一種販売主任者
　1） 高圧法に係る法令
　2） 高圧ガス（液化石油ガスを除く。）の販売に必要な通常の保安管理の技術

② 第二種販売主任者
　1） 高圧法に係る法令・液化石油ガス法に係る法令
　2） 液化石油ガスの販売に必要な通常の保安管理の技術

2． 販売主任者試験の受験方法

① 1.①又は②の1）及び2）の全科目受験
② 科目免除受験 1．①又は②の1）の法令のみ受験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－3） 法令受講の意義（2）

法第31条第3項、試験則第4条、5条、8条

1．販売主任者試験における受験科目免除講習

① 第一種販売講習
　1）高圧法に係る法令　7時間以上
　2）高圧ガス（液化石油ガスを除く。）の販売に必要な通常の保安管理の技術　14時間以上
② 第二種販売講習
　1）高圧法に係る法令・液化石油ガス法に係る法令　7時間以上
　2）液化石油ガスの販売に必要な通常の保安管理の技術　14時間以上

受講

①－2 第一種販売技術検定
　2）高圧ガス（液化石油ガスを除く。）の販売に必要な通常の保安管理の技術
②－2 第二種販売技術検定
　2）液化石油ガスの販売に必要な通常の保安管理の技術

合格

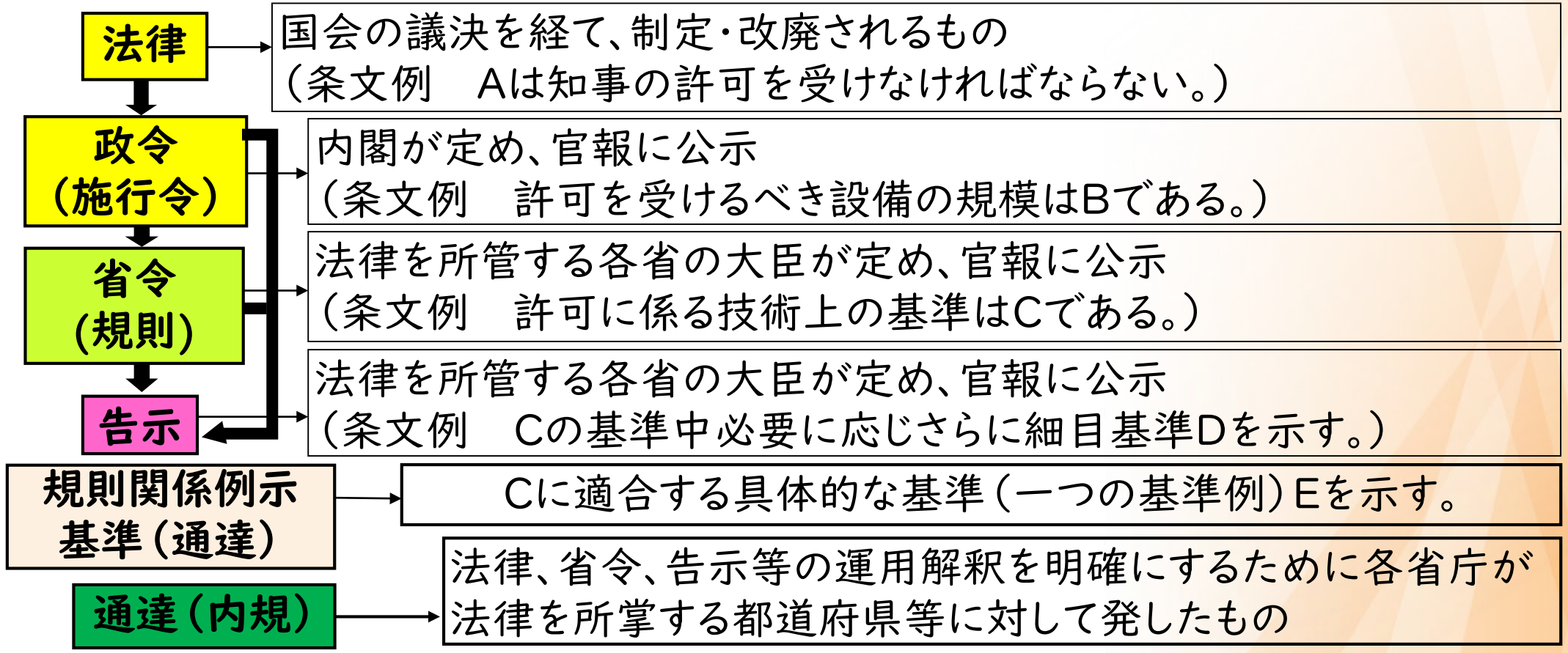
2．販売主任者試験における受験科目

① 第一種販売主任者
　1.①1）高圧法に係る法令
② 第二種販売主任者
　1.②1）高圧法に係る法令・液化石油ガス法に係る法令

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

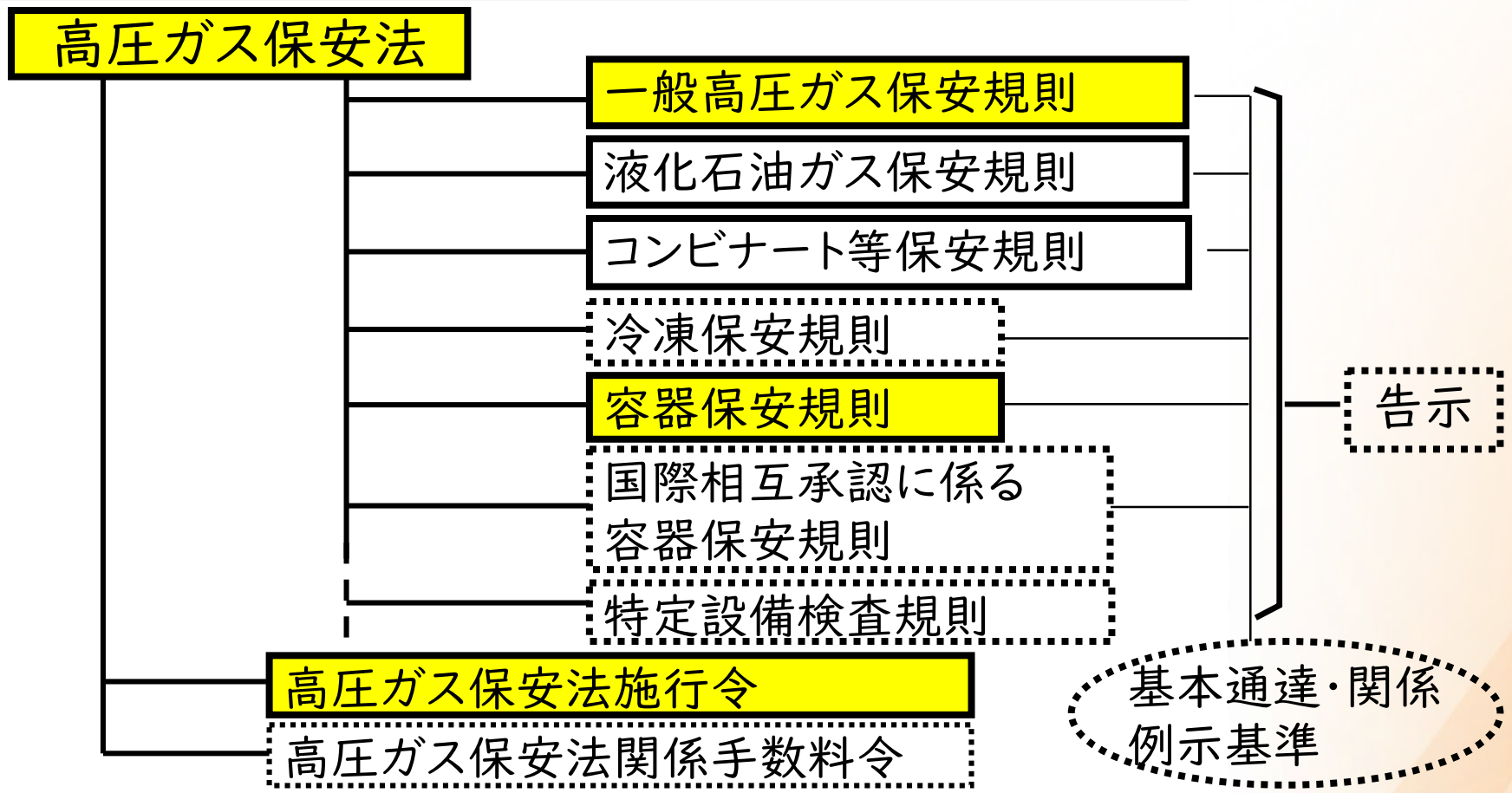
図1　法令等の構成

一般第2条1項5号、6号



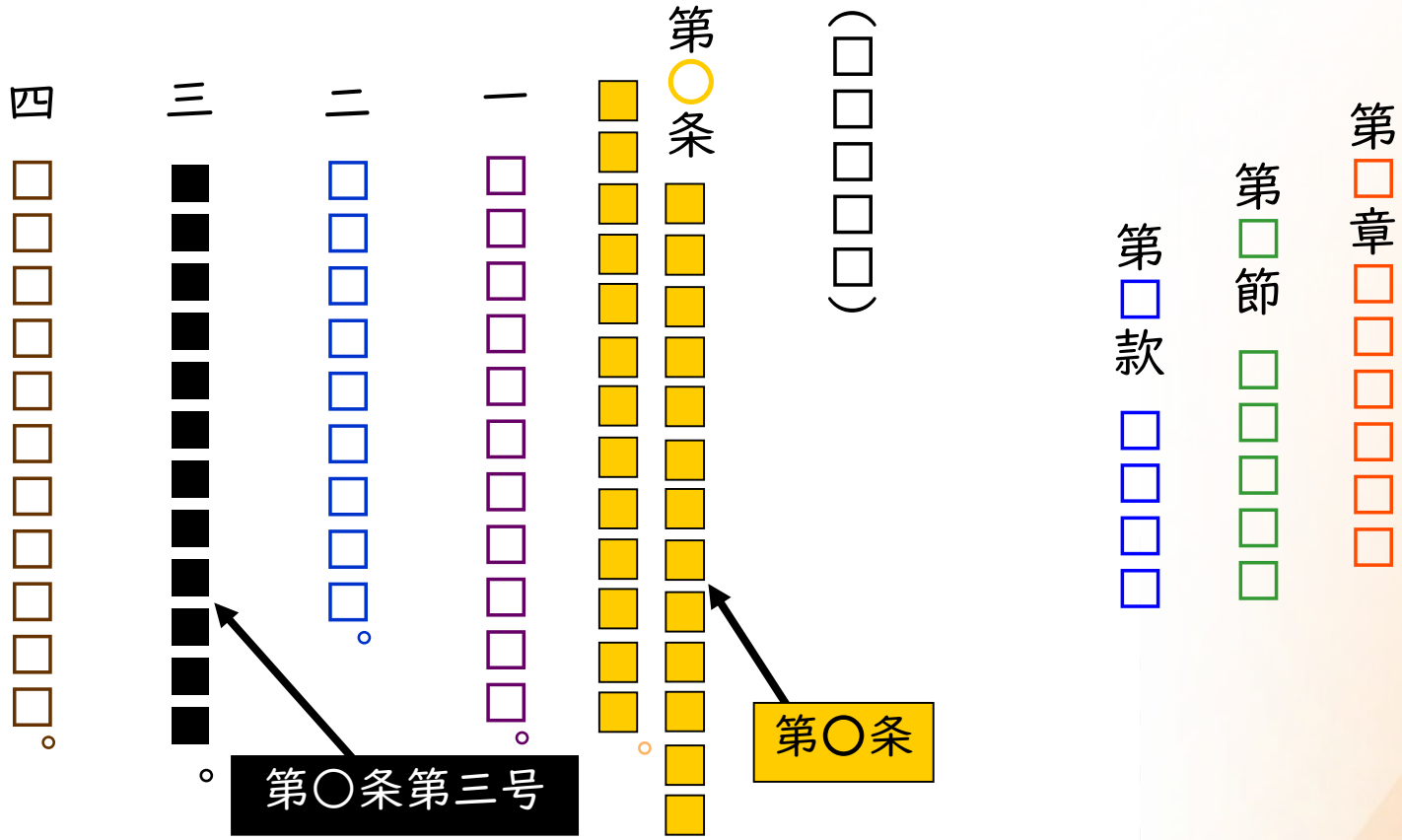
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2　高圧ガス保安法令の構成（主要なもの）



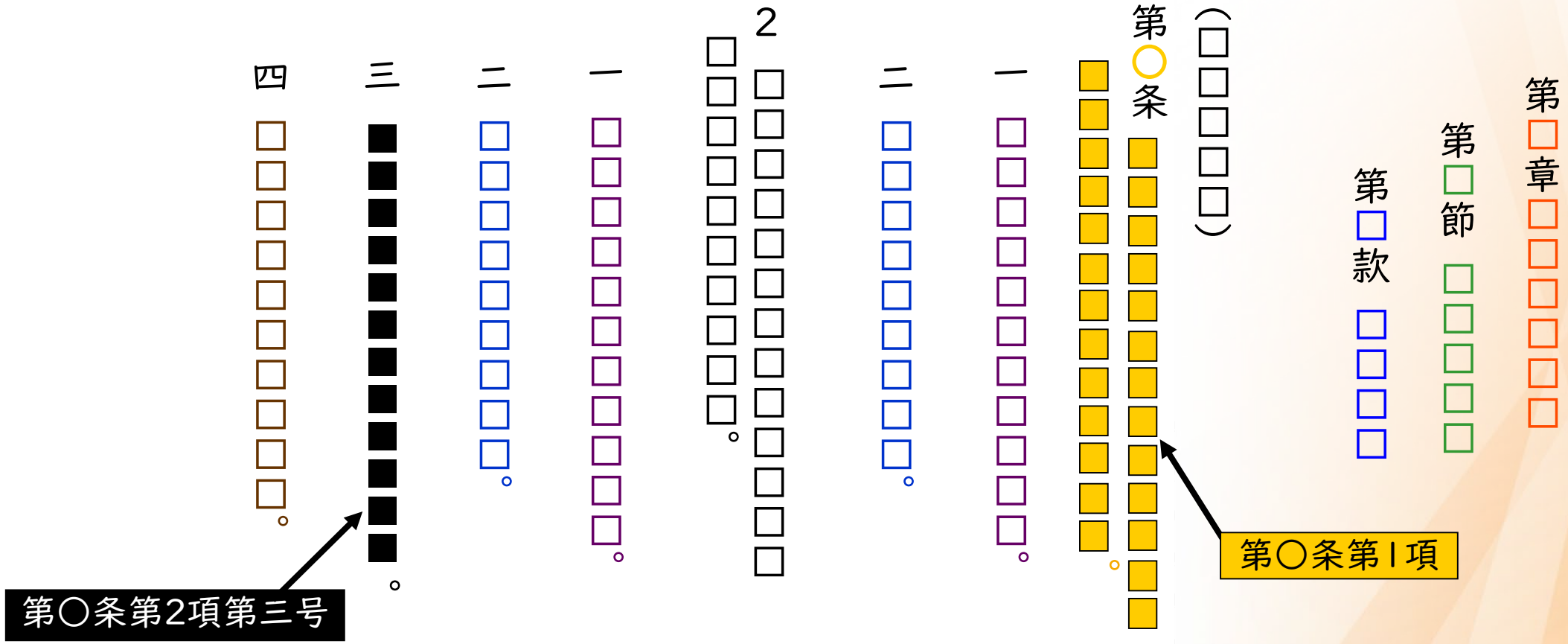
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図3－1　条項号の呼び方の例（1）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図3−2 条項号の呼び方の例（2）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－4）

根 拠 条 文
・法：法律
・政：政令
・一般：一般高圧ガス保安規則
・容器：容器保安規則

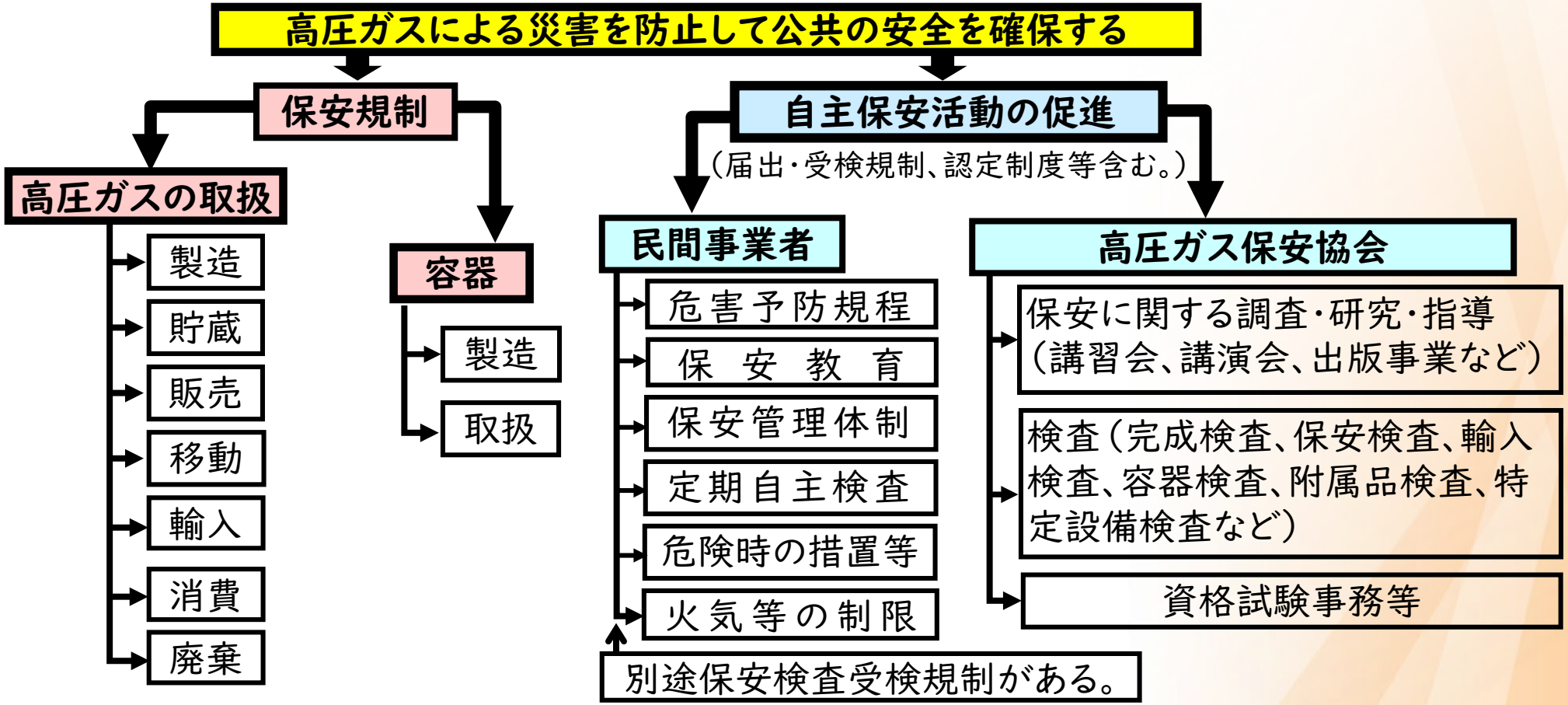
→ 法第〇条△項×号

スライド

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図4 高圧ガス保安法の目的と主な規制事項等

法第1条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図5 製造とは（法第5条関係（6）通達（内規））

法第1条、第5条

- 圧力を変化させる場合
  - ・高圧ガスでないガスを高圧ガスに！
  - ・高圧ガスをさらに昇圧！
  - ・高圧ガスを圧力の低い高圧ガスに降圧！
  - ・高圧ガス状態の液化ガスをポンプ又は気体によりさらに加圧！
- 状態を変化させる場合
  - ・ガスを液化させ、高圧ガス状態の液化ガスに！
  - ・高圧ガス状態の液化ガスを気化させ、高圧ガスに！
- 容器に高圧ガスを充填する場合

圧縮機等
圧縮機等
減圧弁等
ポンプ・CE等
液化機等
気化器等
充填機・移充填等

高圧ガスを蓄圧せず、火薬類を消費することによって高圧ガスを瞬間的に生成することは、高圧ガスの製造には該当しない。また、樹脂、ゴム及び金属の内部に高圧ガスを一時的に留めて成形又は加工に用いる金型等へ当該ガスを充填することは、高圧ガスの製造には該当しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図1　高圧ガスの製造（1）

法第1条、第5条

一般高圧ガス製造事業所

圧縮水素の充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図2　高圧ガスの製造（2）

法第1条、第5条

CE

移動式製造設備
（CE貯槽に送り出し）

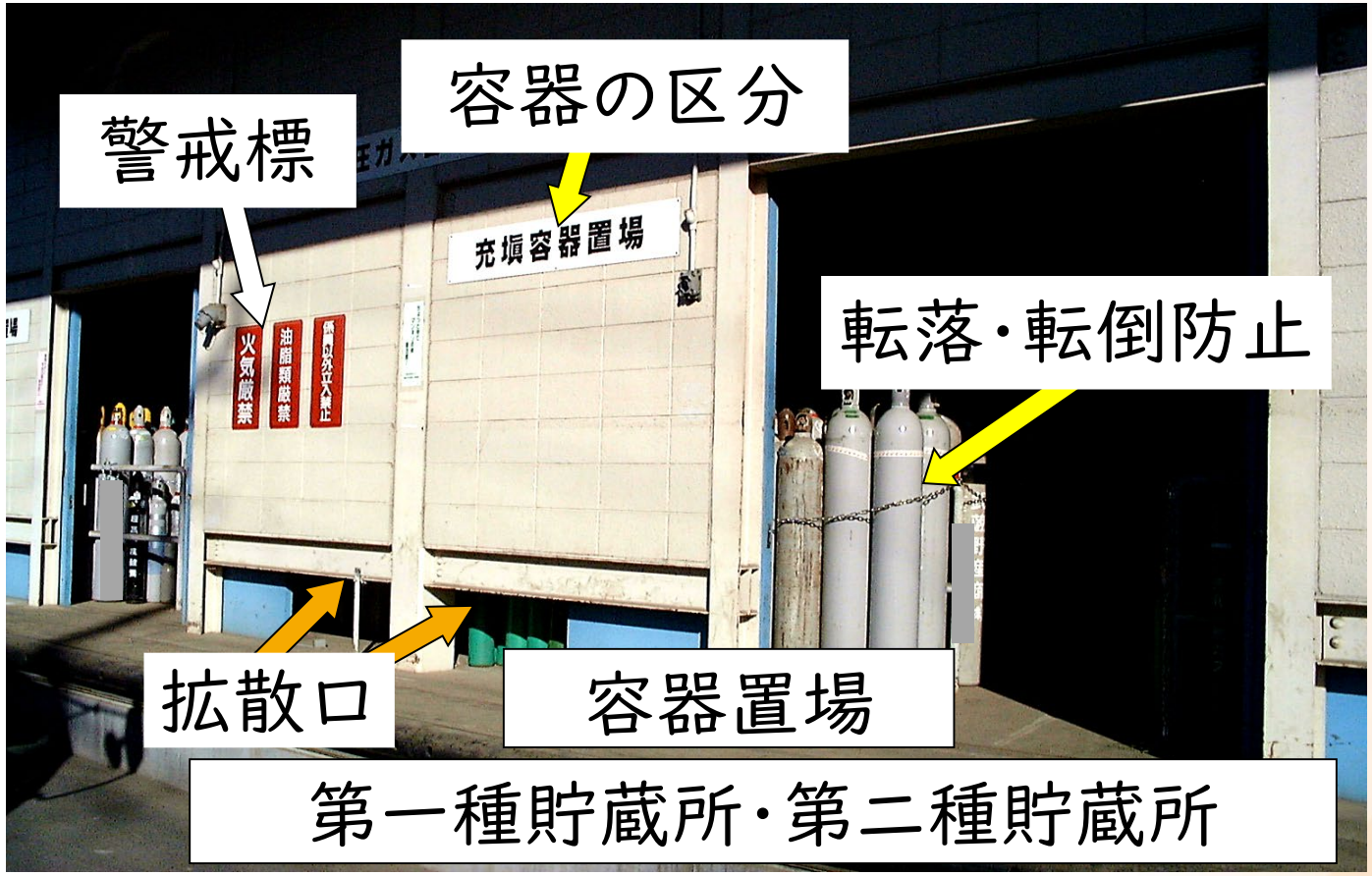
一般高圧ガス製造事業所

酸素ガスの充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図3　高圧ガスの貯蔵

法第1条、第15条、第16条、第17条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図4　高圧ガスの移動

法第1条、23条、24条の2、24条の5

圧縮水素の集結容器
（長尺容器）

★消費とは：高圧ガスを、廃棄以外の一定の目的のために減圧設備のみにより瞬時に高圧ガスから高圧ガスでないガスにして引き続きそのガスを使用すること★（法第24条の2関係通達）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図5　輸入コンテナー容器

法第1条、22条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図6 高圧ガスの定義

法第2条1～4号、政第1条

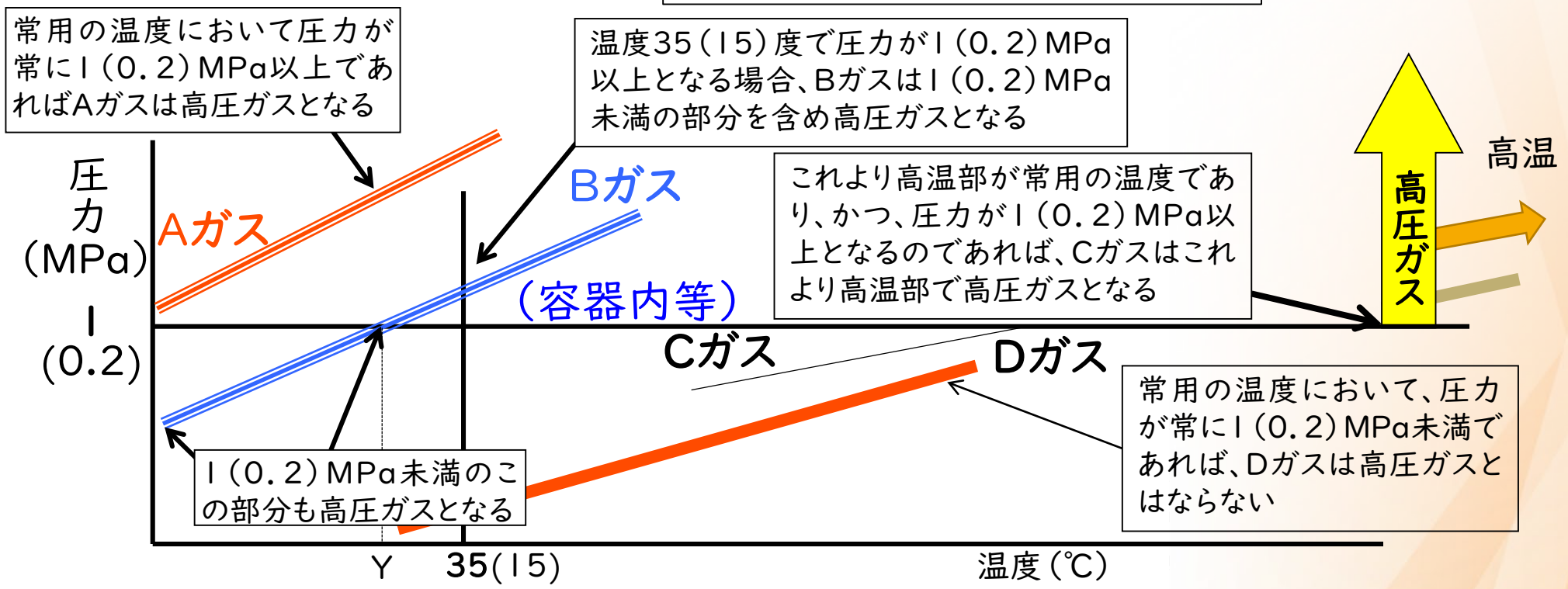
高圧ガスの区分	定　　義	具体的なガス名（例）
〔法第2条第1号〕 圧縮ガス（圧縮アセチレンガスを除く。）	常用の温度において圧力（ゲージ圧力。以下同じ）が1メガパスカル以上で現に1メガパスカル以上である（図7のAガス、Cガス） 又は温度35度で1メガパスカル以上となるもの（図7のBガス）	アルゴン、一酸化炭素、空気、酸素、水素、窒素、ヘリウム、メタンほか
〔法第2条第2号〕 圧縮アセチレンガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの（図7のAガス、Cガス） 又は温度15度で0.2メガパスカル以上となるもの（図7のBガス）	アセチレン
〔法第2条第3号〕 液化ガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの（図8のAガス） 又は圧力が0.2メガパスカルとなる場合の温度が35度以下であるもの（図8のBガス）	（いずれも「液化」を冠す）アンモニア、塩素、二酸化硫黄、二酸化炭素、液化石油ガス、フルオロカーボン、酸素、窒素、アルゴンほか
〔法第2条第4号〕 第3号に掲げるものを除くほか、右の定義に該当する液化ガス	温度35度において圧力が0パスカルを超える液化ガスのうち、液化シアン化水素、液化ブロムメチル又はその他のガスであって、政令で定めるもの（図9の3種類のガス）	液化シアン化水素 液化ブロムメチル 液化酸化エチレン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7 高圧ガスとは（1）

＊圧縮ガス〔（ ）内の数値は、圧縮アセチレンガス〕

法第2条1、2号



＊常用の温度：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図6　圧力のSI単位

法第5条関係
基本通達

$Y(MPa)=X(kgf/cm^2)\times(9.80665\times10^{-2})$

1（MPa）＝10.2（kgf／cm²）

（メガパスカル）

（圧力単位の大きさの目安）

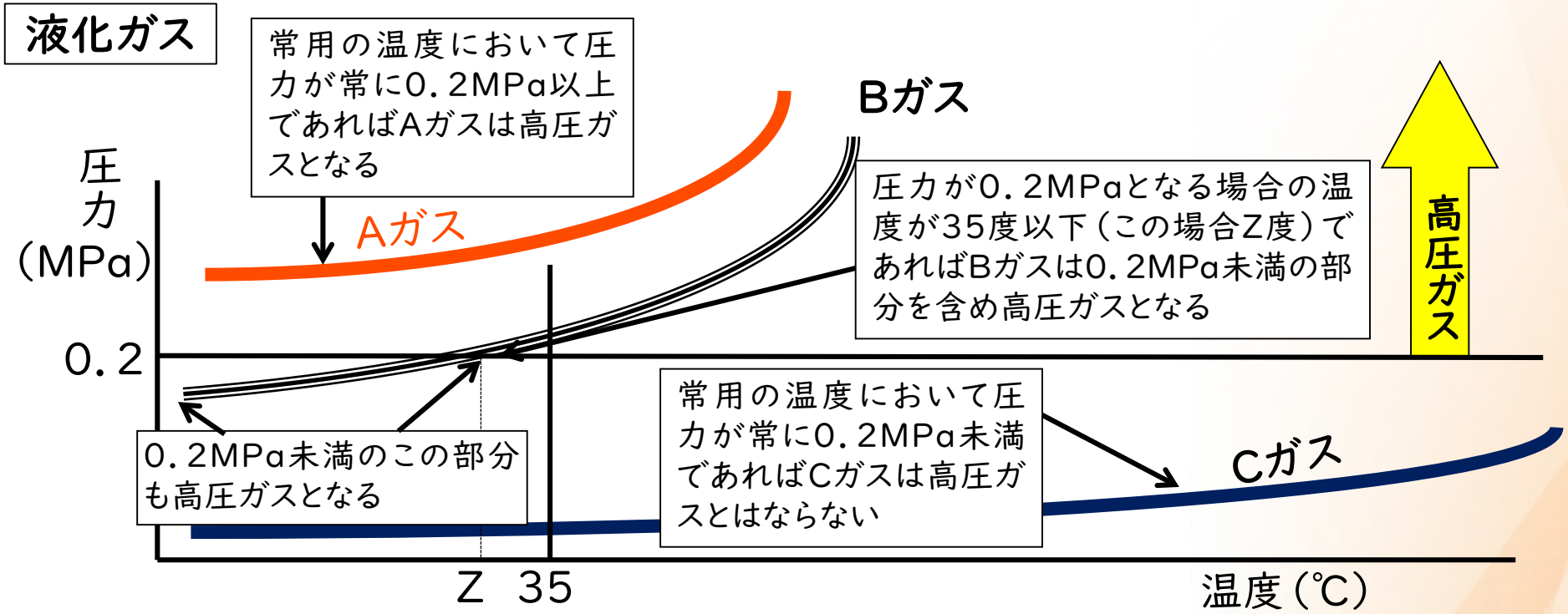
1MPaは、重さ1トン程度の自動車を片手に載せたときの、その掌（面積が100c㎡と仮定）にかかる圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図8 高圧ガスとは（2）

法第2条3号

液化ガス



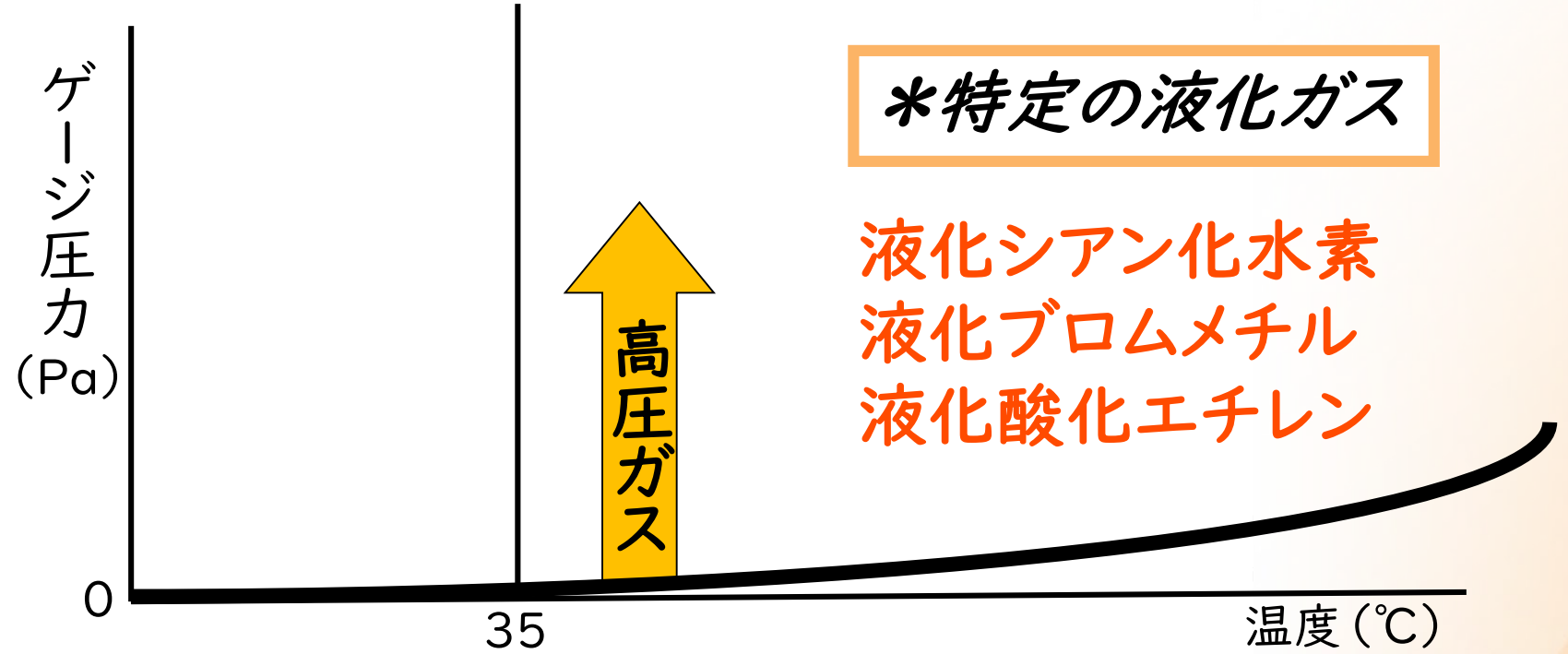
＊常用の温度：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9－1

高圧ガスとは（3）

法第2条4号、政第1条



＊特定の液化ガス

液化シアン化水素
液化ブロムメチル
液化酸化エチレン

特定の液化ガス（3種類）の場合は、温度35度において圧力0パスカルを超えるものであれば「高圧ガス」と定義される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9−2

液化ガスの定義
（法第2条関係基本通達）

「液化ガス」とは、**現に液体であって**次のいずれかに該当するものをいう。

① 大気圧下における沸点（当該液体が純物質か混合物であるか否かにかかわらず、当該液体の蒸気圧が大気圧と等しくなる温度をいう。以下②において同じ。）が40℃以下のもの

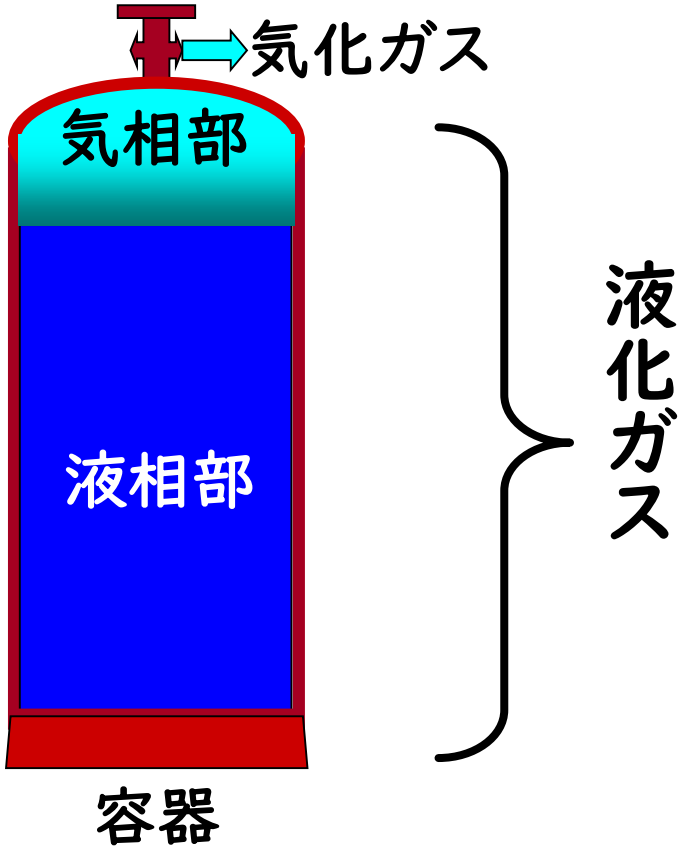
② 大気圧下における沸点が40℃を超える液体が、その沸点以上かつ1MPa以上の状態にある場合のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法第2条、関係運用・解釈

参考図7

液化ガスとは



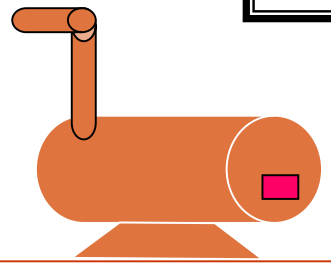
貯槽、容器、配管内等における液相部を有するガスは、液相部及び気相部を併せて「液化ガス」として取り扱う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10－1

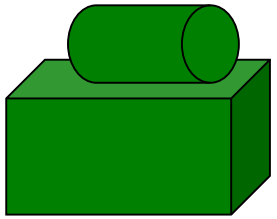
高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（1）

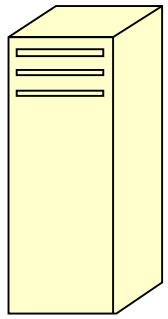
法第3条



高圧ボイラー・同導管内の高圧蒸気

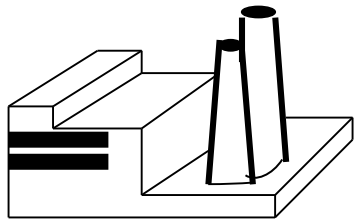
電気工作物内の高圧ガス





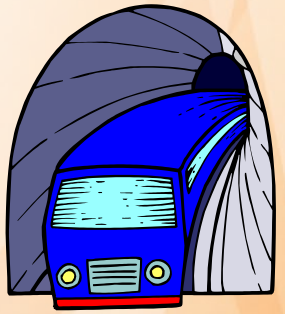
船舶内の高圧ガス

航空機内の高圧ガス



原子炉・同附属施設内の高圧ガス

3トン（二酸化炭素、不活性のフルオロカーボンは5トン）未満の冷凍設備内の高圧ガス



鉄道車両のエアコン内の高圧ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10−2 高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（2）

法第3条、政第2条3項9号

ガスを圧縮、液化その他の方法で処理する設備内の高圧ガスあって、当該設備内のガスの容積が0.15m^{3}以下のもののうち、告示で定めるもの（政令第2条第3項第9号）

（施行令関係告示第4条の2）

1. 分析機器内における高圧ガス（分析機器の例→超臨界流体クロマトグラフ分析装置）
2. エアバッグガス発生器内における高圧ガス
3. 銃砲刀剣類所持等取締法に規定する空気銃又は準空気銃内における高圧ガス
4. 消火活動のため使用される放水銃内における高圧ガス
5. 3及び4に規定する空気銃、準空気銃、又は放水銃へ高圧ガスを充填するための設備内における高圧ガス
6. 冷凍設備へ高圧ガスを充填するための設備内における高圧ガス

（1～6のいずれも該当条件があるが記載省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図8

容器関係の基準一部適用除外（開放容器）

法第3条2項

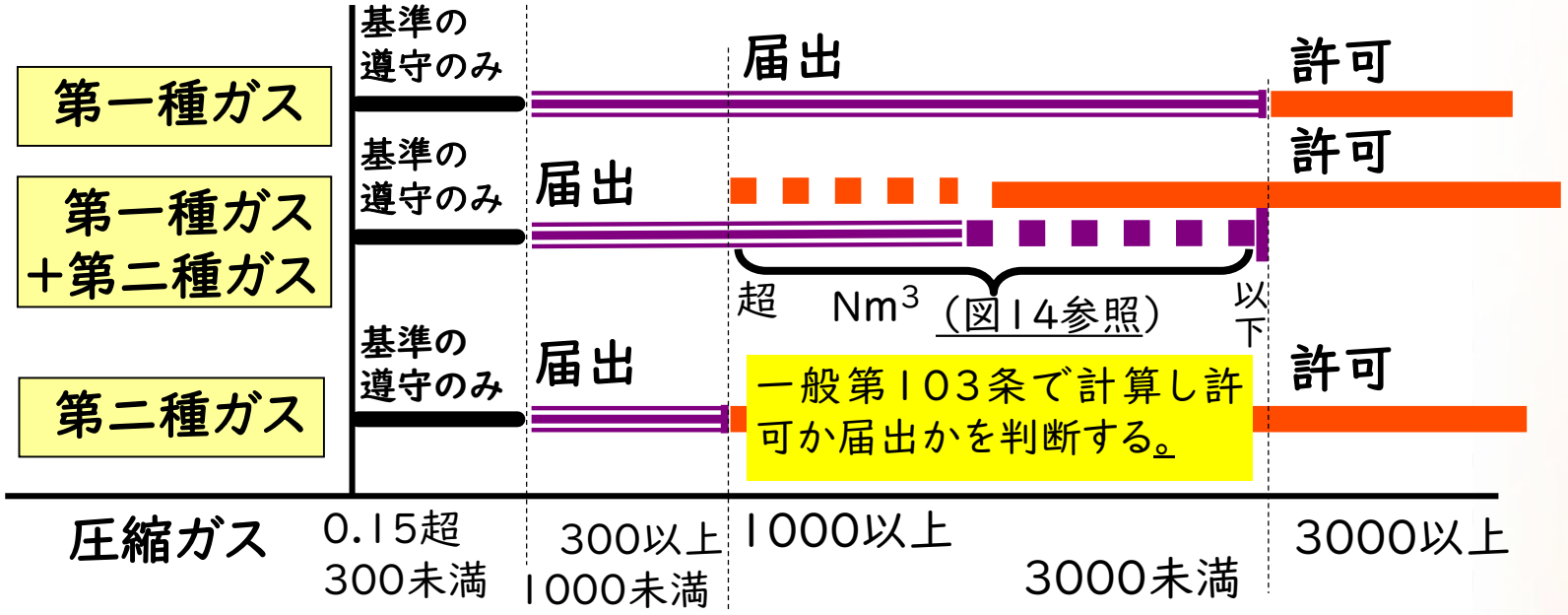
超低温容器（デュアー瓶）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11－1　第一種貯蔵所・第二種貯蔵所・その他貯蔵〈貯蔵能力による区分〉

法第15条、16条、17条の2、政第5条、一般第103条

：第一種貯蔵所【知事等の許可＋貯蔵基準の遵守】
：第二種貯蔵所【知事等へ届出＋貯蔵基準の遵守】
：上記貯蔵所以外での貯蔵【貯蔵基準の遵守のみ】



（注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

［液化ガスは10kgを1m3とする。］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11−2

容積（貯蔵量）の合算について
（法第16条関係基本通達）→図11−3 参照

① 消火設備内高圧ガス（不活性ガスに限る。）とそれ以外の高圧ガスは区分し、両者は合算しない。また、消火設備内高圧ガスについては、設備が配管で接続されている場合のみ合算する。

② 消火設備内高圧ガス以外の高圧ガスについては、次のいずれかの場合は合算する。

イ 容器又は容器以外の貯蔵設備（以下「設備」という）が配管で接続されている場合

ロ 設備が配管で接続されないときであって次の場合

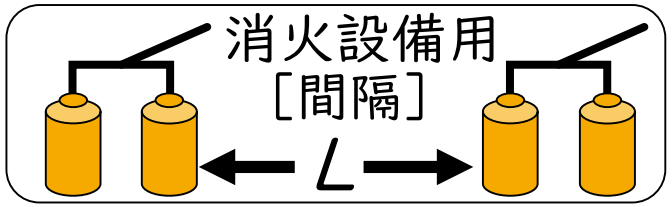
（ｉ）容器以外の貯蔵設備同士又は容器と容器以外の貯蔵設備との間が30m以下である場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11−3 貯蔵能力の合算

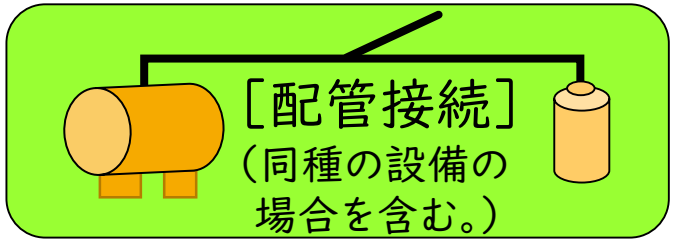
法第16条関係基本通達

①



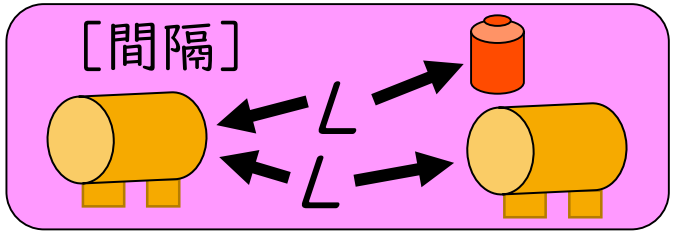
設備（容器）の間隔（L）に関係なく、配管接続のもののみ一つの貯蔵として合算する。また、消火設備以外の高圧ガスとは合算しない。

②イ



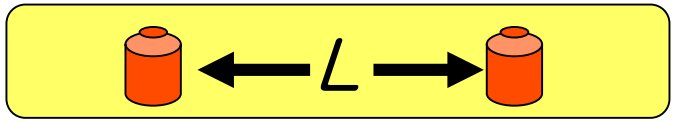
容器又は容器以外の貯蔵設備が配管接続の場合は、その間隔に関係なく、一つの貯蔵として合算する。

②ロ（ｉ）



容器以外の貯蔵設備と容器以外の貯蔵設備又は容器と容器以外の貯蔵設備との間（L）が30m以下の場合は、一つの貯蔵として合算する。

②ロ（ⅱ）



容器と容器との間（L）が22.5m以下である場合は一つの貯蔵として合算する。➡ 図11−4の記述参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11−4

（ii） 容器と容器の間（多層階の場合、建物内の上下関係を含む。）が22.5m（次のa及びbの場合は、それぞれに示す距離）以下である場合

a 容器と容器の間に厚さ12cm以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁（bにおいて単に「障壁」という。）が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所（容器置場の6面が閉鎖されているのではなく、両者が有効に遮断されていれば側面や上方は開放されていてもよい。bにおいて同じ。）に設置されている場合（bの場合を除く。） 11.25m

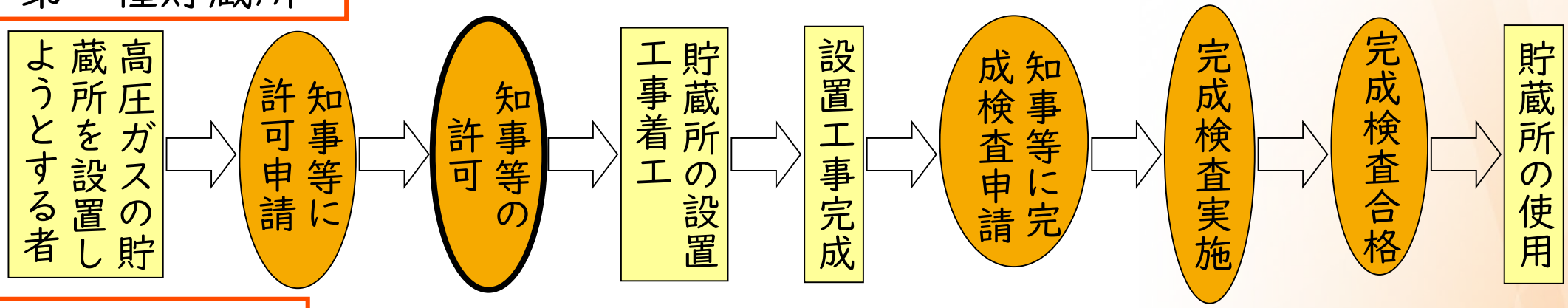
b それぞれの容器置場の面積が8㎡以下の場合であって、容器と容器の間に障壁が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所に設置されている場合 6.36m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

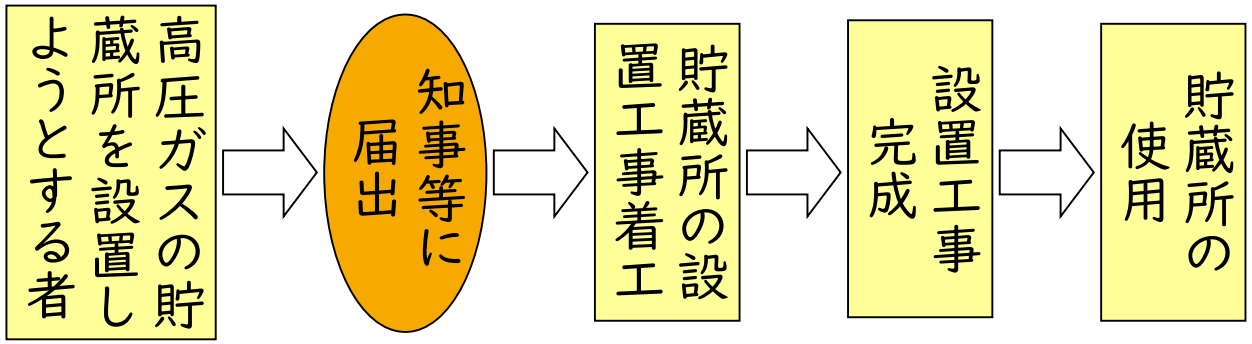
図12 貯蔵所の設置の許可・届出

法第16条、17条の2

第一種貯蔵所



第二種貯蔵所



0.15m³（1.5kg）を超え300m³（3000kg）未満は許可及び届出不要・貯蔵方法の基準遵守のみ

（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13−1 第一種ガスとは

法第5条、政令第3条、一般第101条

・比較的災害の発生のおそれが小さいものとして指定された次の10種類の高圧ガス

＊ヘリウム
＊ネオン
＊アルゴン
＊クリプトン
＊フルオロカーボン
（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）

＊空気

＊キセノン
＊ラドン
＊窒素
＊二酸化炭素

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13−2　高圧ガスの燃焼性、毒性等による区分（一般則第2条「用語の定義」）

可燃性ガス

一般則第2条第1項第1号に掲名したガス（アクリロニトリル以下39種類＝改正なし）及びその他のガスであって、次のイ又はロに該当するもの（フルオロカーボンであって経済産業大臣が定めるものを除く。）

イ　爆発限界の下限が10%以下のもの

ロ　爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの

毒性ガス

一般則第2条第1項第2号に掲名したガス（アクリロニトリル以下33種類）及び毒物及び劇物取締法第2条第1項に規定する毒物

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13−3

不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号に掲名したガス

ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。→不燃性、難燃性のものが該当）

（可燃性ガスに該当しないフルオロカーボンとして、フルオロオレフィン1234yf、フルオロオレフィン1234ze及びフルオロカーボン32（爆発下限界13.8%、同上限界29.9%）が含まれる。（政令第3条表中第1号、一般則第101条、製造細目告示第15条参照→これら規定により「第一種ガス」となる。））

特定不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号の2により、

特定不活性ガス

不活性ガスのうち、フルオロカーボンであって、温度60度、圧力0パスカルにおいて着火したときに火炎伝ぱを発生させるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14　第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵している場合

法第16条、17条の2、
政第5条、一般第103条

合計貯蔵数量が1000m³を超え、3000m³以下であって、次の計算式の計算値（N）と比べて、

- N 以上の場合 → 許可（第一種貯蔵所）
- N 未満の場合 → 届出（第二種貯蔵所）

$$N = 1000 + \frac{2}{3} \times M$$

M：第一種ガスの容積（m³）（液化ガス10 kgを1 m³とする。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵する場合の計算例

一般第103条

①水素500m³、二酸化炭素2100m³の場合

合計貯蔵数量＝500+2100＝2600（m³）

N＝1000+2／3×2100＝2400

N（2400m³）≦ 2600（m³）　∴第一種貯蔵所

② 水素200m³、二酸化炭素1800m³の場合

合計貯蔵数量＝200+1800＝2000（m³）

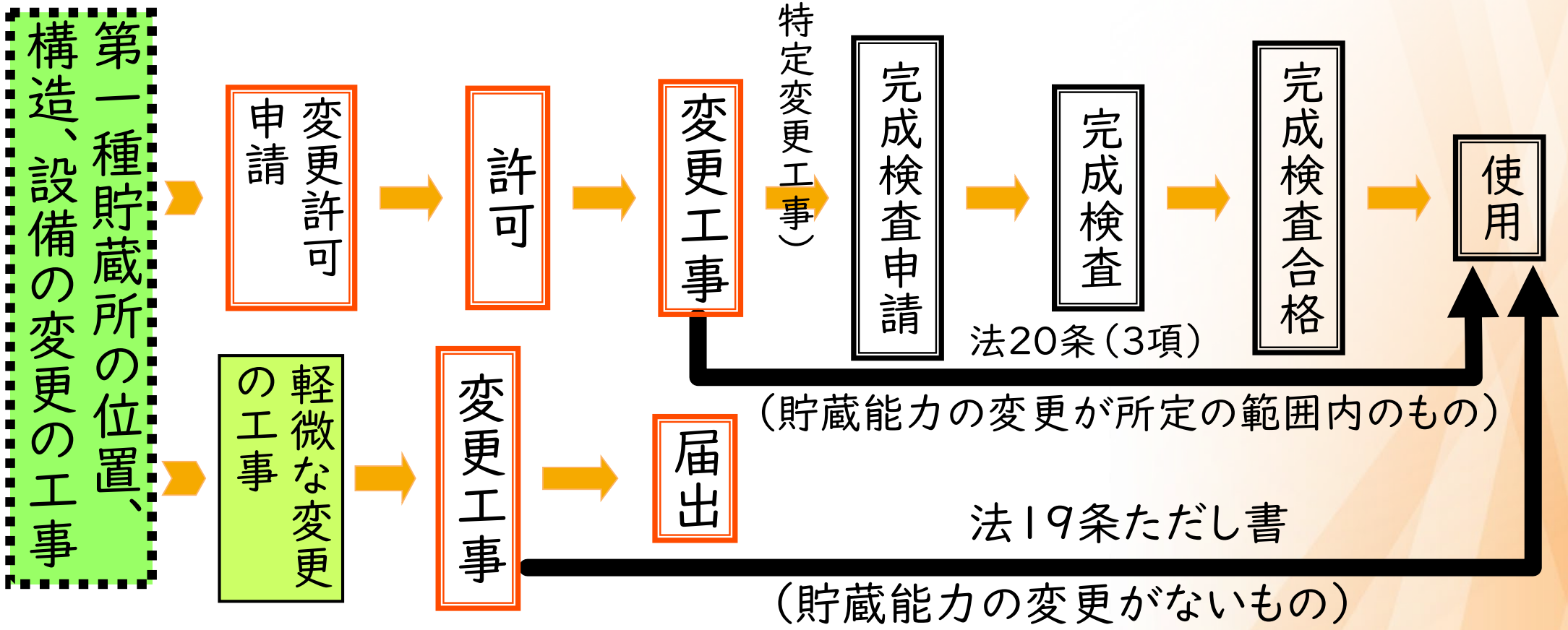
N＝1000+2／3×1800＝2200

N（2200m³）＞2000（m³）　∴第二種貯蔵所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図15 第一種貯蔵所の変更許可・届出

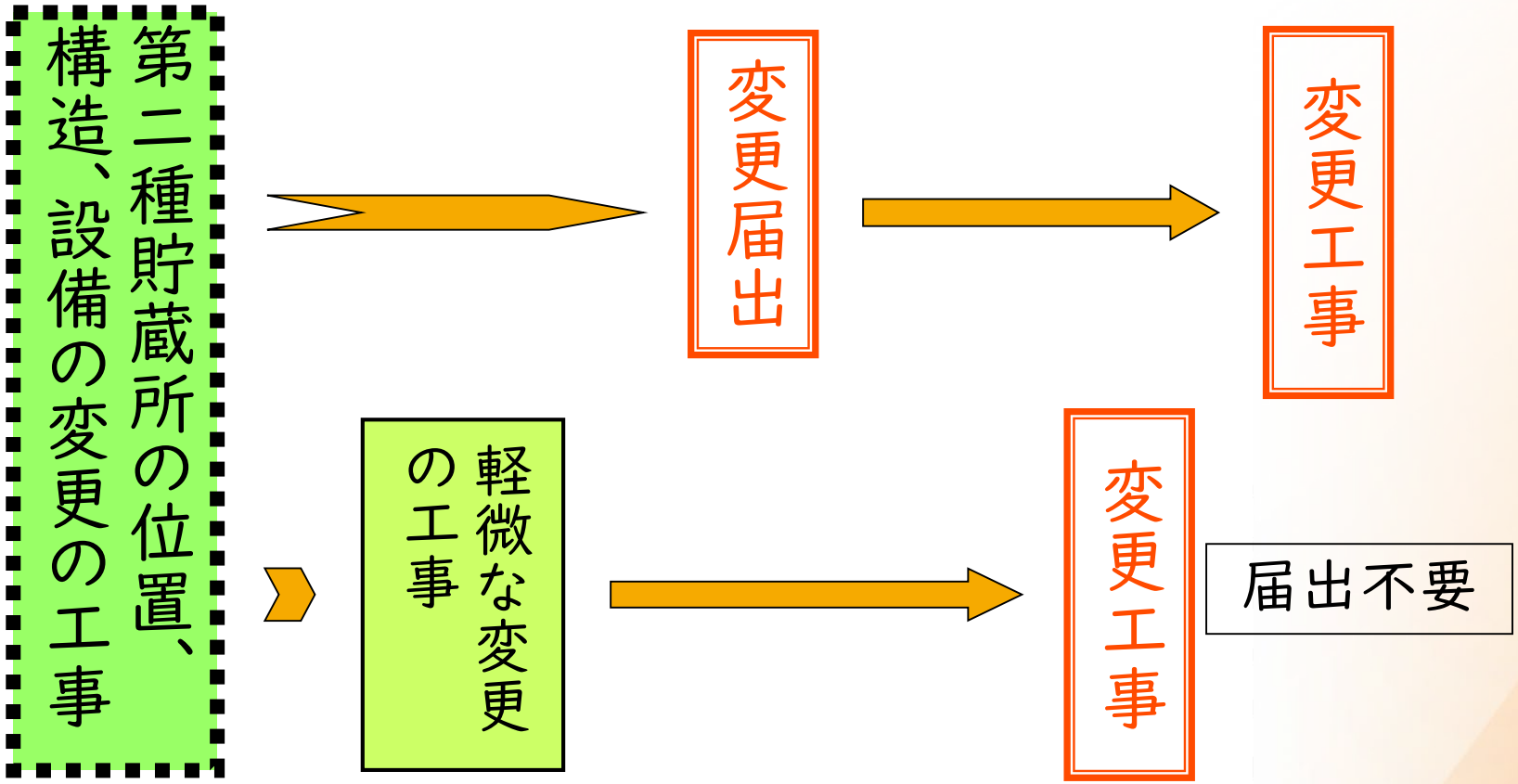
法第19条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16 第二種貯蔵所の変更届出

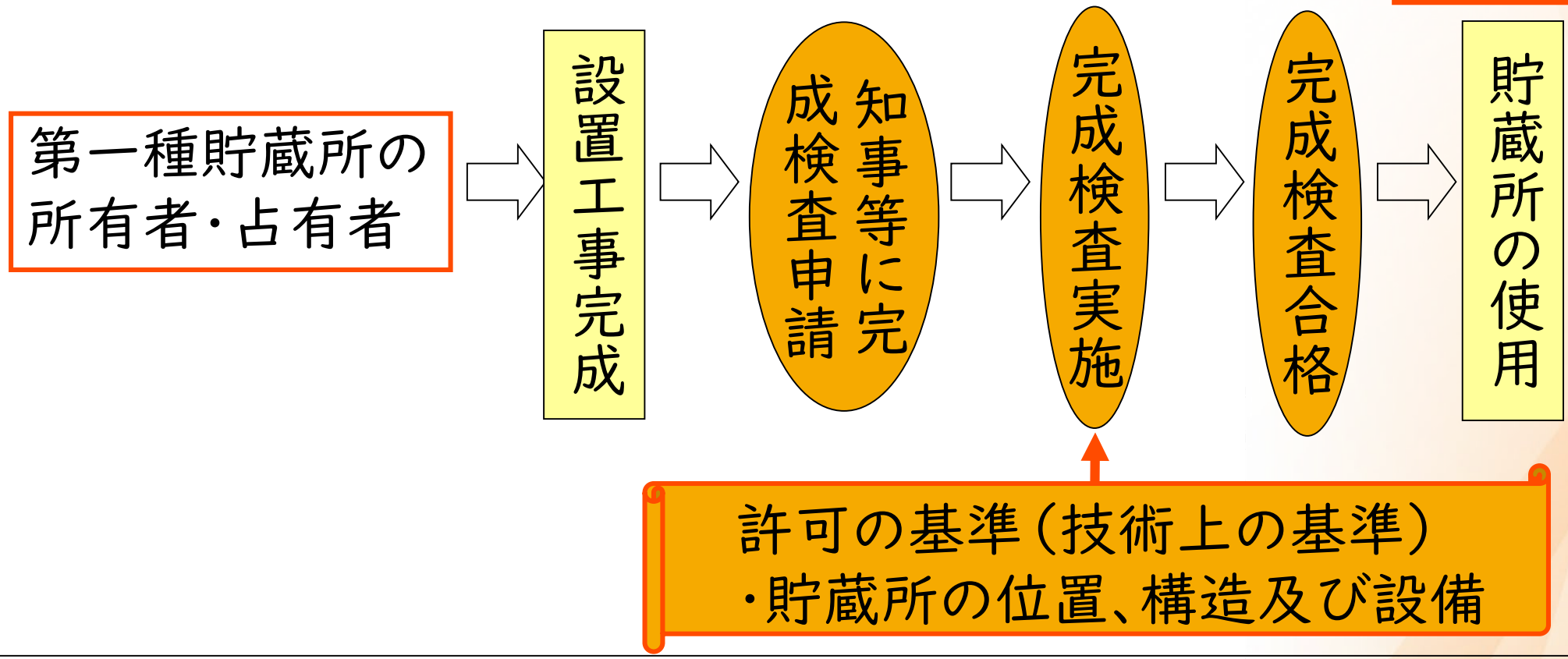
法第19条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図17 第一種貯蔵所設置許可に係る完成検査

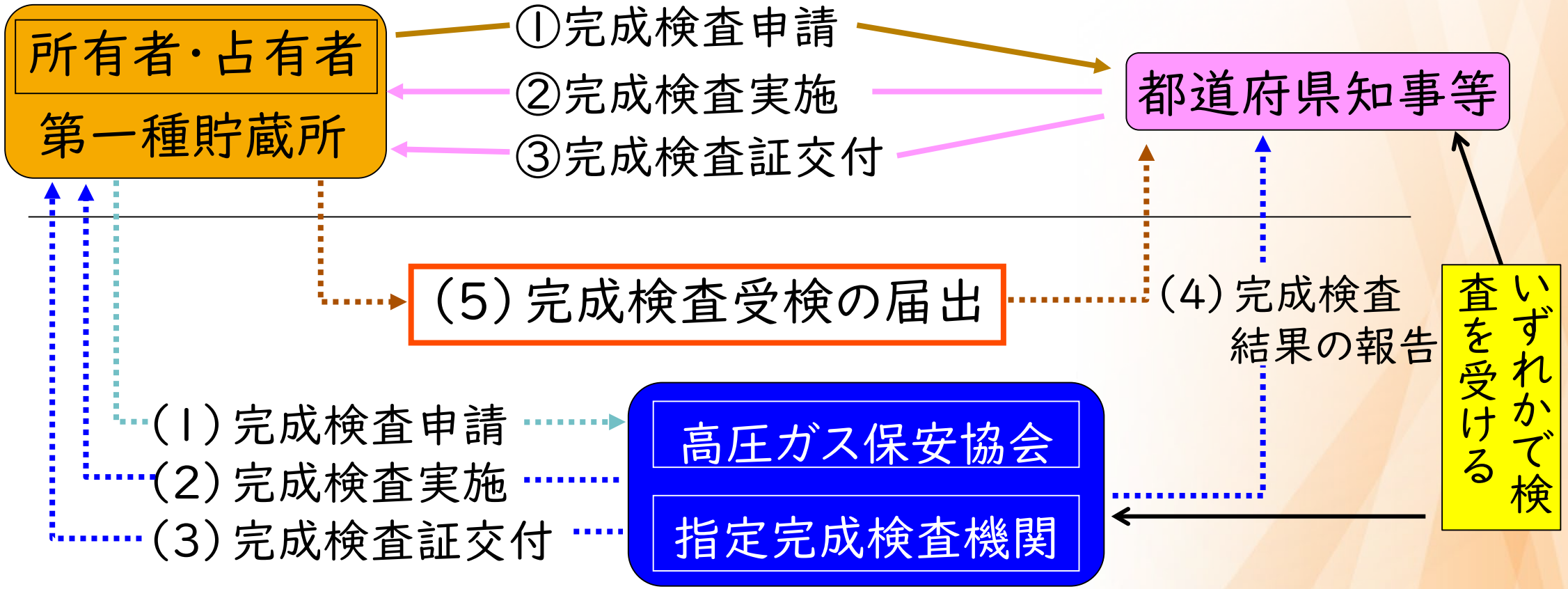
法第20条1項、（16条2項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図18 第一種貯蔵所設置許可の完成検査の手続等

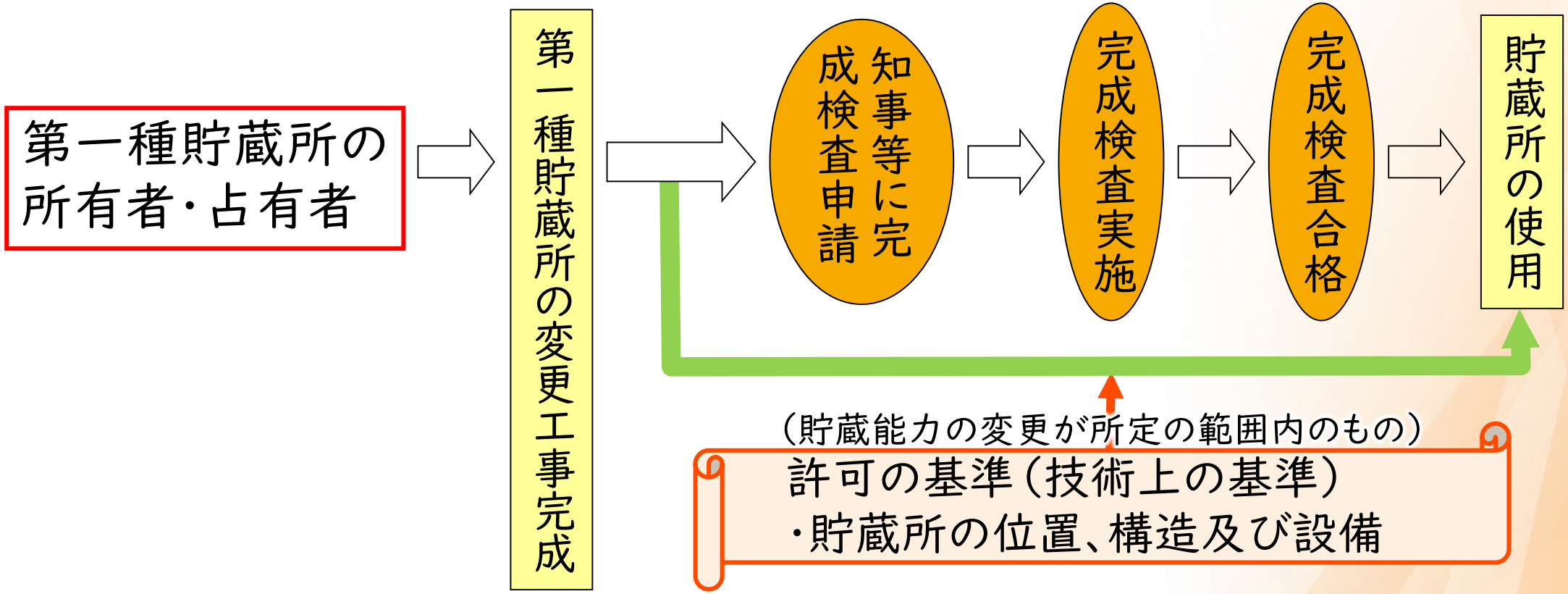
法第20条1項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19 第一種貯蔵所の変更許可に係る完成検査

法第20条3項、19条3項（16条2項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図20 第一種貯蔵所の変更工事

法第20条3項、20条の2、20条の3、一般第33条3号

変更工事

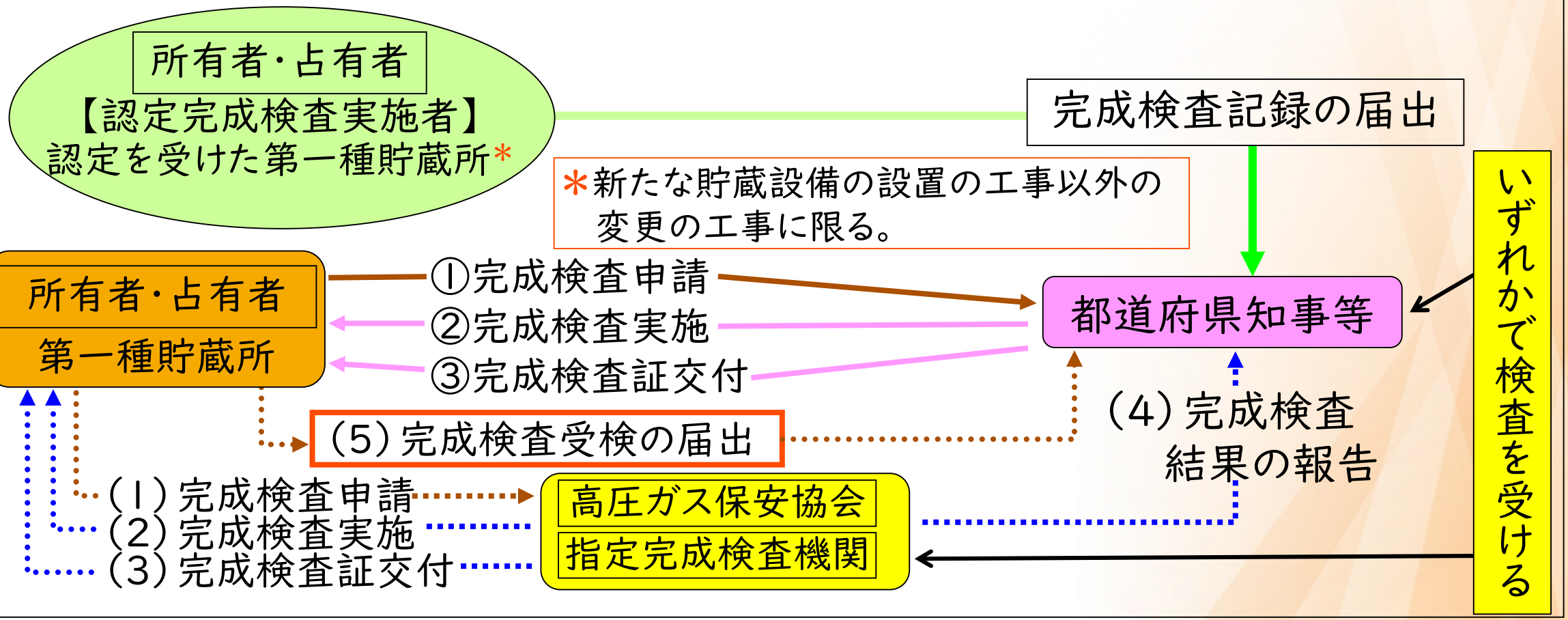
- 許可
  - 完成検査→必要 ➡ 特定変更工事
  - 完成検査→不要 ➡ 特定変更工事以外の変更工事
- （※）許可を要するが完成検査不要のもの
  - 貯蔵する高圧ガスのガス（原料ガスを含む。）の通る部分（耐震設計構造物に係る貯槽を除く。）の取替え又は設置位置の変更（高圧ガスの通る部分の取替えを伴うものにあっては、大臣認定品への取替えに限り、貯槽の取替えを伴うものにあっては検査合格品又は基準適合品への取替えに限る。）の工事であって、当該設備の貯蔵能力の変更が20%以内の範囲であるもの
- 軽微な変更の工事 ➡ 届出

貯蔵能力の変更がないもの等の所定の工事（一般28条）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図21　特定変更工事の完成検査の手続等

法第20条3項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図22 販売事業届

法第20条の4

高圧ガスの販売事業を営もうとする者

販売所ごとに事業開始の日の20日前までに知事等に届出

販売業者

① **第一種製造者**（冷凍のため高圧ガスの製造をする者を除く。）**であって、その事業所で製造した高圧ガスをその事業所で販売**するとき、又は、**所定のガスを貯蔵量常時5m³未満の販売所で販売するときは、都道府県知事等への届出不要**。

② 販売事業について知事等へ届け出た者を「**販売業者**」といい、①の第一種製造者を含めて「**販売業者等**」という。この販売業者等には、周知義務及び販売の方法の技術上の基準の遵守義務がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律の施行

一般第37条他

平成29年11月15日経済産業省令第83号により改正（平成30年4月1日施行）
容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則等の改正

（販売業者に係る販売の事業の届出）　**〔一般則の例 〕**
第37条　法第20条の4の規定により届出をしようとする者は、様式第21の高圧ガス販売事業届書に次項に掲げる書類を添えて、販売所の所在地を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。（以下略。第2項略）

（説明用の表現であり、条文どおりではないので留意のこと。）

都道府県知事（当該販売所が地方自治法第252条の19第1項の指定都市（以下「指定都市」という。）の区域内にある場合であつて、当該販売所に係る事務が高圧ガス保安法施行令第22条に規定する事務（高圧ガスを取り扱う事業所の集積の程度、高圧ガスの処理量その他の高圧ガスの取扱いの状況を考慮して経済産業大臣が定める区域に所在する事業所（コンビ則適用事業所）並びに液化石油ガス法に規定する施設等に係る事務）に該当しない場合にあっては、当該販売所の所在地を管轄する指定都市の長。（第一種製造者の許可、第二種製造者の届出、承継の届出、変更の工事等の許可の申請、同軽微な変更の届出、第一種貯蔵所の設置の許可の申請、第二種貯蔵所の設置の届出、完成検査の申請、高圧ガスの製造の開始又は廃止の届出、特定高圧ガスの消費者に係る消費の届出、危害予防規程の届出等、保安統括者等の選任等の届出、保安検査の申請等、事故届等において同じ。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

地方自治法第252条の19第1項の指定都市とは

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、政令で指定された場合に、一般市から移行が成される。これを「指定都市」という。

政令指定都市の位置。
全国に20ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23 販売事業・貯蔵所の承継

法第17条、20条の4の2

● は、承継する。

	合併、分割、相続	譲渡し	引渡し
第一種貯蔵所の許可		●	●
販売業者の事業	●	●	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図24 販売業者等の周知させる義務

法第20条の5、
一般第38条、39条、

＊自ら製造したガスを自らの製造事業所で販売する第一種製造者
＊販売業者

高圧ガスの用途・種類

＊溶接・熱切断用のアセチレン、酸素、天然ガス
＊在宅酸素療法用の液化酸素
＊スクーバ用等呼吸用の空気
＊スクーバ呼吸用のガス（$O_2 + N_2 \geqq 98vol\%$、$O_2 \geqq 21vol\%$ ）

販売

＊購入して消費する者
（第一種製造者、販売業者、特定高圧ガス消費者を除く。）

周知の時期：販売契約時、前回の周知から1年以上経過して高圧ガスを引き渡したときごと。

周知すべき事項

高圧ガスによる災害発生防止のための、
＊消費設備に対するガスの適応性
＊消費設備の操作、管理、点検
＊消費設備の使用場所の環境
＊消費設備の変更
＊ガス漏れ等の緊急時の措置、連絡

周知

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1－1）　平成16年6月4日、長野県木曽郡。

現場の状況（軽トラックの後部には爆破処理するLPガス容器が現存）

LPガス容器に酸素ガスを移充塡中に爆発、作業者の左手首を切断。腕と肋骨を骨折（重傷）した。

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料１－２）　発災容器（LPガス１０kg容器）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料Ⅰ－3）　安全のため爆破処理した10kgLPガス容器（2本）

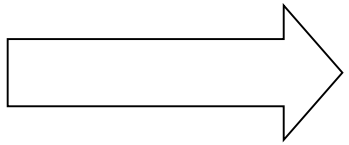
KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

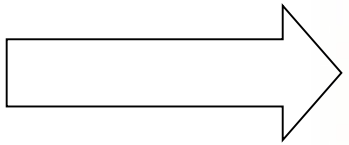
図25 販売業者の販売する高圧ガスの種類の変更届出

法第20条の7

高圧ガスの販売業者



販売する高圧ガスの種類の変更



（事後に）

遅滞なく知事等に届出

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26 貯蔵、販売、消費事業者の事業の廃止等の届出

法第21条（24条の4）

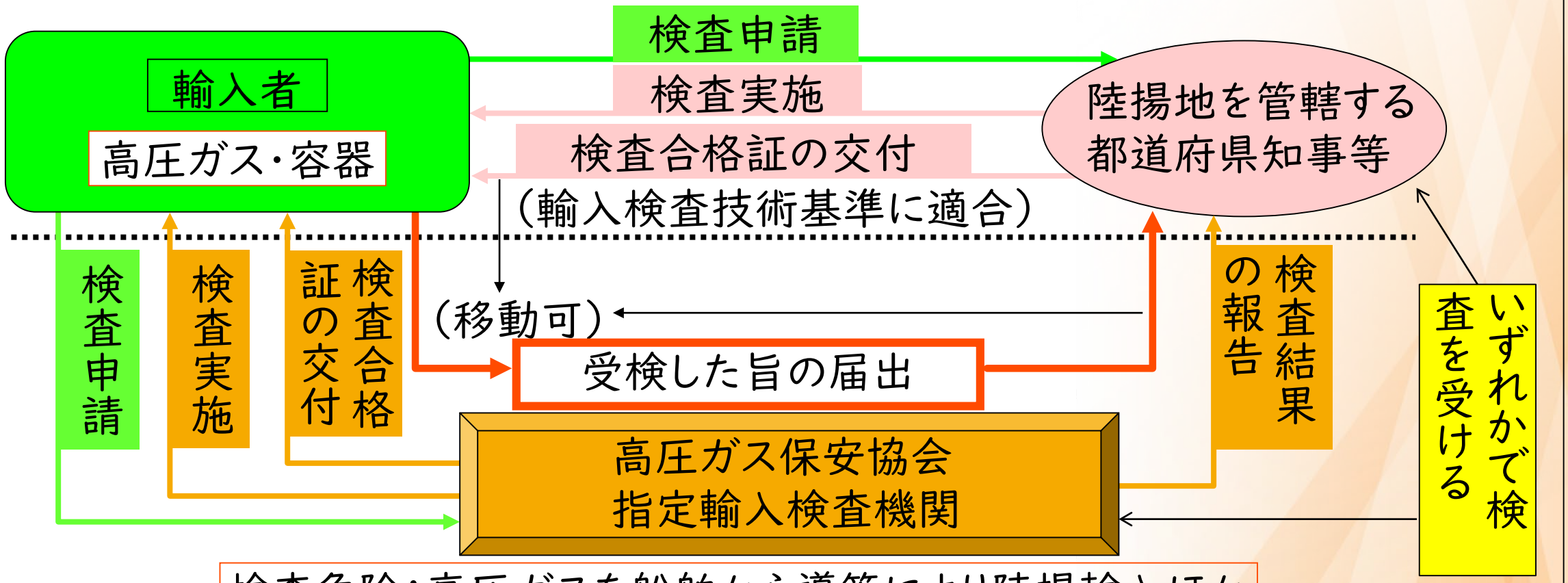
○：届出必要 ×：届出不要

業態 ＼ 廃止等の届出	開始届	廃止届
第一種貯蔵所の所有者・占有者	×	○
第二種貯蔵所の所有者・占有者	×	○
販売業者	×	○
特定高圧ガス消費者	×	○

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図27 高圧ガスの輸入検査手続等

法第22条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28 高圧ガスの移動

法第23条、一般第48条～51条

[移動に係る技術上の基準]

1 容器について保安上必要な措置

2 車両による移動の場合
→① 積載方法
② 移動方法

3 導管による輸送の場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図29 特定高圧ガスの消費者

法第24条の2、政令第7条

消費開始の日の20日前までに知事等へ届出要

消費する高圧ガスの種類	消費事業所に貯蔵する数量（貯蔵能力）
① 特殊高圧ガス	容積にかかわらず
② 圧縮水素	容積　300 m^3 以上
③ 圧縮天然ガス	容積　300 m^3 以上
④ 液化酸素	質量　3000 kg 以上
⑤ 液化アンモニア	質量　3000 kg 以上
⑥ 液化石油ガス	質量　3000 kg 以上 （注：液化石油ガス法の適用を受ける業務用消費者の場合は、10000kg以上の場合に特定高圧ガスの消費者となる。）
⑦ 液化塩素	質量　1000kg 以上
⑧ 上記①～⑦の高圧ガス	消費事業所に貯蔵せずに他事業所から導管で供給を受けて消費する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図30 特殊高圧ガスの種類

法第24条の2、
政令第7条、
一般第2条1項3号

燃

7種類の高圧ガス
モノシラン
ホスフィン
アルシン
ジボラン
セレン化水素
モノゲルマン
ジシラン

毒

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図31　特定高圧ガス消費届

法第24条の2

特定高圧ガスを消費する者

事業所ごとに消費開始の日の20日前までに知事等に届出

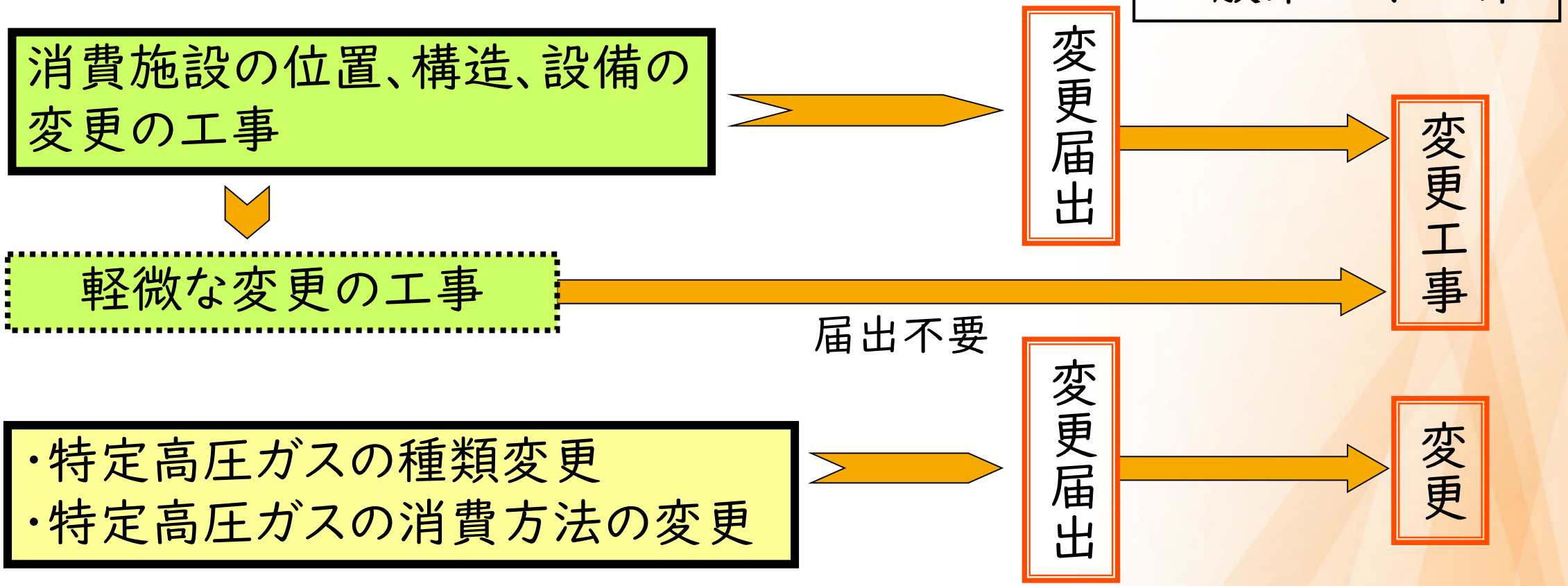
特定高圧ガス消費者

第一種製造者、第二種製造者、第一種貯蔵所の所有者等、第二種貯蔵所の所有者等、販売業者であっても、別途、届出が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図32 特定高圧ガス消費者施設等の変更届出

法第24条の4
一般第56、57条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図33 特定高圧ガス消費者以外の高圧ガスの消費者

法第24条の5、一般第59条

消費の方法基準の遵守のみ

［基準に従って消費すべき高圧ガス］

◆「一般高圧ガス保安規則」

→可燃性ガス（高圧ガス燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用にのみに消費されるものを除く。）、毒性ガス、酸素、空気

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2－1）　平成18年7月7日・石川県加賀市

道路埋設窒素容器
破裂事故
（人的被害なし）

KHK HP「事故調査」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2−2）　容器の掘り出し後の状況

KHK HP「事故調査」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図34 高圧ガスの廃棄

法第25条、一般第61条、62条

廃棄の方法基準の遵守のみ

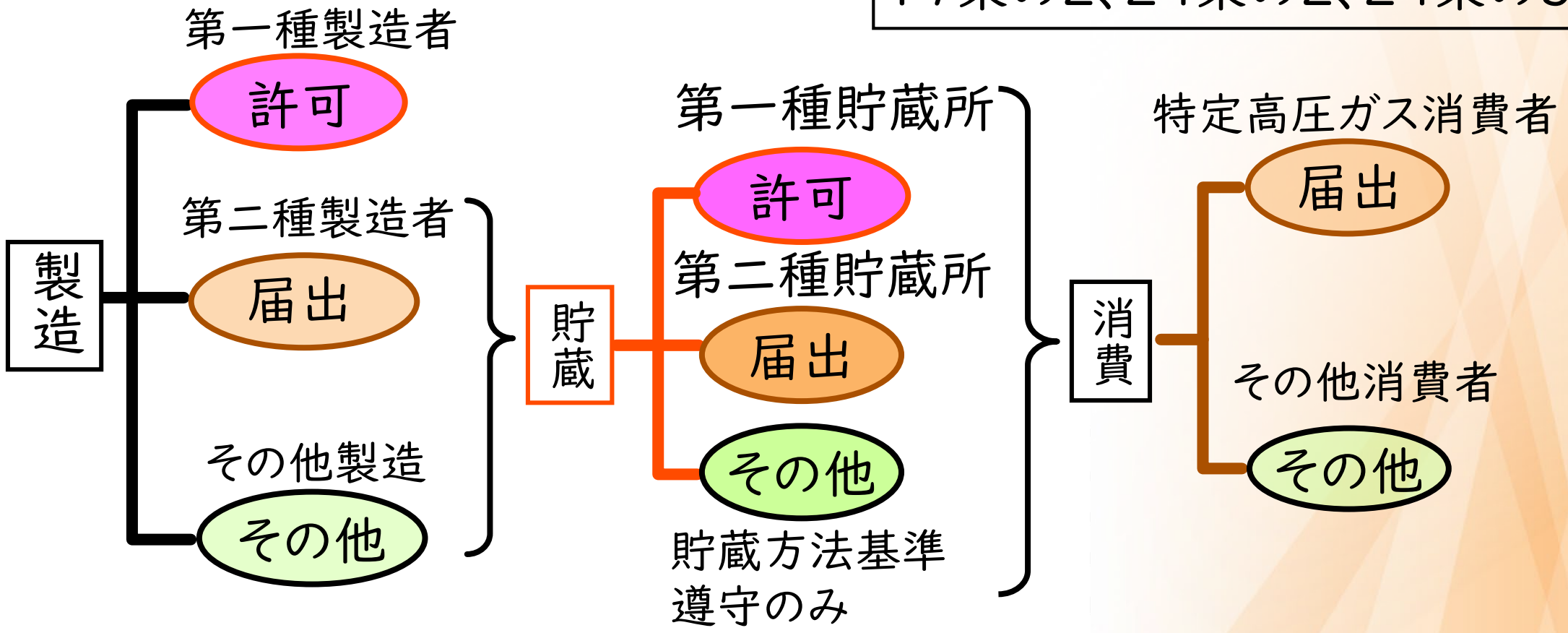
［基準に従って廃棄すべき高圧ガス］

◆「一般高圧ガス保安規則」
→可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図35 製造・貯蔵・消費の規制関連

法第5条、13条、15条、16条、17条の2、24条の2、24条の5



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図36 従業者に対する保安教育

法第27条

- 第一種貯蔵所の所有・占有者
- 第二種貯蔵所の所有・占有者
- 販売業者
- 特定高圧ガス消費者

保安教育計画作成不要

従業者に保安教育を施すこと

高圧ガス保安協会

教育の基準となるべき事項を定め、公表

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図37 販売所の販売主任者の職務・資格等

法第28条、32条、一般第72条

［販売主任者の職務］

→高圧ガスの販売に係る保安に関する業務を管理

［販売主任者の選任・解任］

→販売所ごとに選任→選任・解任したとき、遅滞なく知事等に届出

［販売主任者の資格等］

→第一種販売主任者免状又は甲種化学・機械、乙種化学・機械責任者免状の交付を受けた者であって、一種類以上の高圧ガスについて、その種類ごとの製造又は販売に関する6月以上の経験を有する者

＊販売主任者の選任が必要な高圧ガス及び経験に係る高圧ガスは、一般則第72条に定められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図38 特定高圧ガス消費事業所の取扱主任者の職務・資格等

法第28条、32条、一般第73条

［取扱主任者の職務］

→特定高圧ガスの消費に係る保安に関する業務を管理

［取扱主任者の選任・解任］

→消費事業所ごとに選任→選任・解任したとき、遅滞なく知事等に届出

［取扱主任者の資格等］

→① 第一種販売主任者免状又は甲種化学・機械、乙種化学・機械、丙種化学責任者免状の交付を受けた者
② 高圧ガス保安協会が行う所定の講習修了者
③ 消費する特定高圧ガスに係る製造又は消費の1年以上の経験を有する者
④ 大学等の理工学課程卒業者（同等の資格者を含む。）
⑤ 高校等の工業課程卒業で消費する特定高圧ガスに係る製造又は消費の6か月以上の経験を有する者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図39 定期自主検査

法第35条の2一般第83条

特定高圧ガス消費者

・耐圧試験を除く項目について年1回以上実施
・記録の作成・保存

［記録すべき事項］
①検査対象施設　②施設ごとの検査方法と検査結果
③検査年月日　④監督者氏名（取扱主任者氏名）

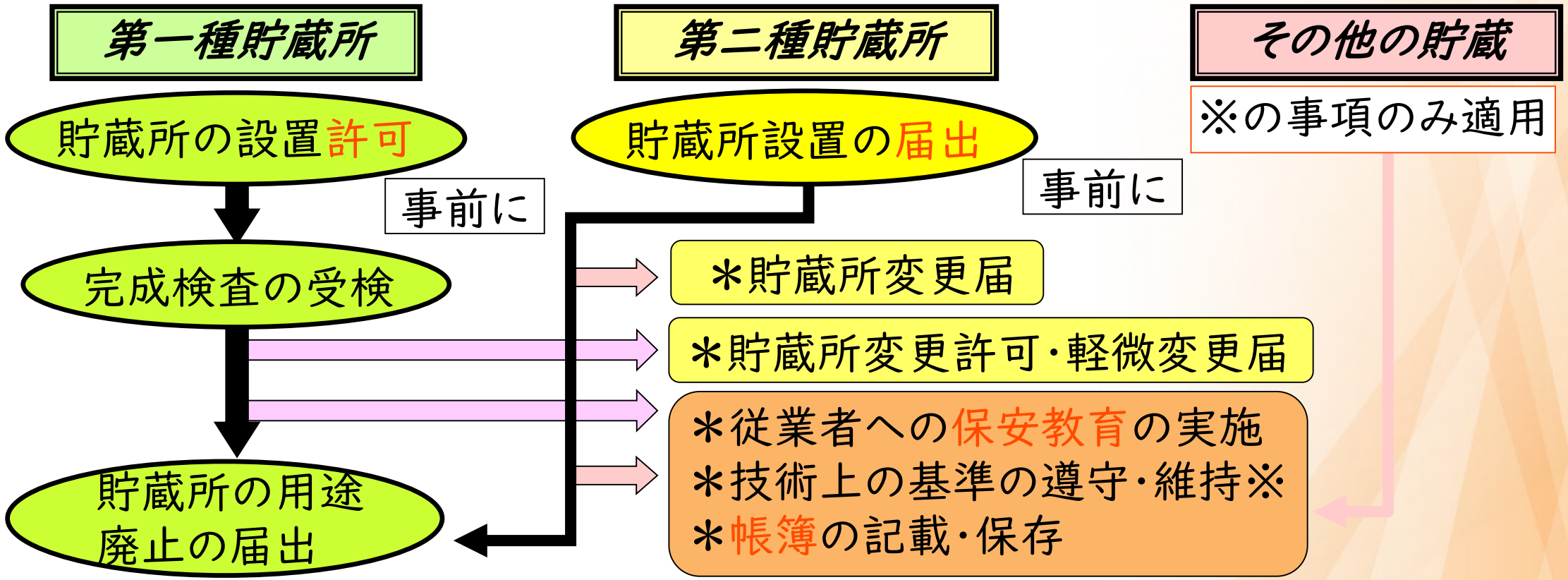
＊保存期間は規定されていない。

特定高圧ガス消費施設(耐圧試験に係るものを除く技術上の基準)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図40 貯蔵に対する規制

法第15条、16条、17条の2、18条、19条
20条、27条、60条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図41 販売に対する規制

法第20条の4、の5、の6、の7、21条、27条、28条、60条

販売事業の届出

事業開始の日の20日前までに

販売主任者の選任の届出

＊ガスの種類変更届

＊従業員に対して保安教育の実施
＊販売の方法の基準の遵守※
＊帳簿の記載・保存
＊消費者への周知［定められた用途※及び高圧ガスの消費者に限る。］

販売事業廃止の届出

定められた高圧ガスの販売所に限る

※の事項のみ適用

販売事業の届出が不要の第一種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図42 消費に対する規制

法第24条の2、の3、の4、の5、27条、35条の2、

特定高圧ガス消費の届出

消費開始の日の20日前までに

取扱主任者の選任の届出

特定高圧ガス消費の廃止の届出

その他の消費

※の事項のみ適用

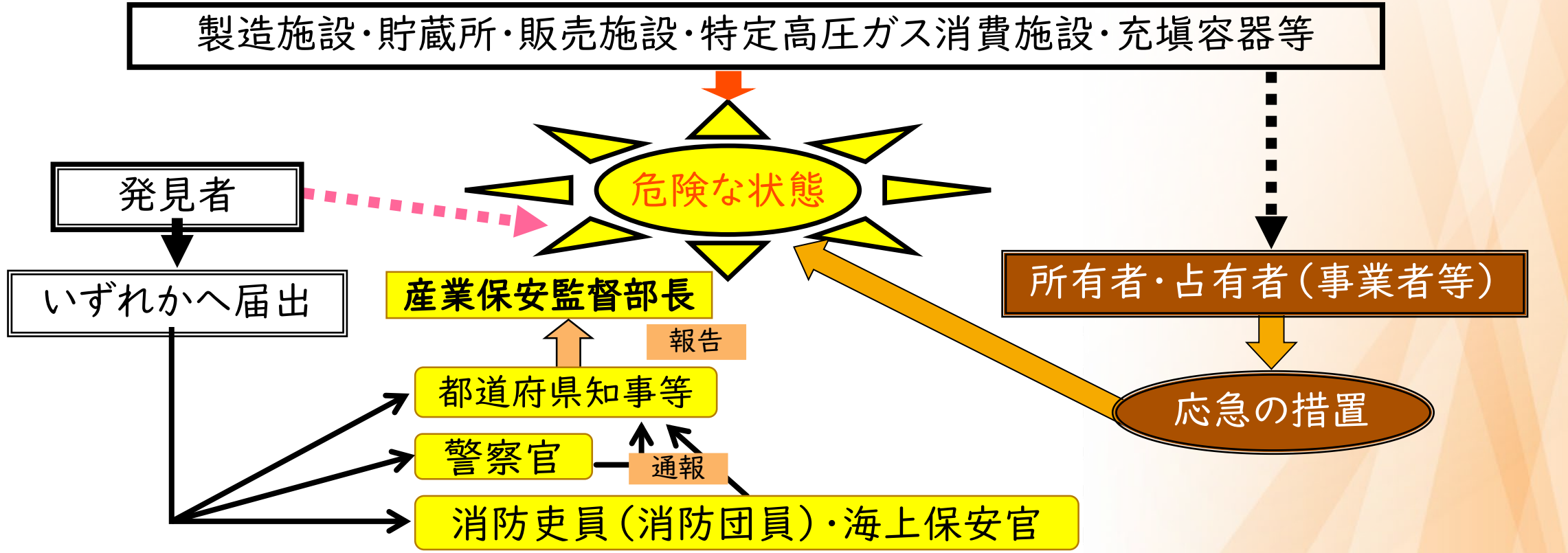
＊特定高圧ガス消費施設等の変更届

＊従業者への保安教育の実施
＊技術上の基準の遵守・維持※
＊定期自主検査の実施・記録

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図43 危険時の措置・届出

法第36条、第74条、政第19条1項8号、一般第98条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図44 危険時の措置

一般第84条

製造施設・消費施設

応急の措置→作業中止、ガスを移送・大気放出（安全に）、作業要員以外の退避

措置不能 → 付近住民に退避を警告

第一種貯蔵所、第二種貯蔵所、充填容器等

応急の措置→充填容器等の移動（安全に）、作業要員以外の退避

措置不能 → 付近住民に退避を警告

充填容器等が外傷・火災

応急の措置→各規則の廃棄に係る技術上の基準に従って措置

措置不能 → 水中に沈める・地中に埋める

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45 事業所内の火気等制限

法第37条

［高圧ガス取扱事業所］

貯蔵所（一種、二種）、販売所、特定高圧ガス消費事業所

① 火気制限場所の指定：高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者

② 指定場所内では、何人も火気取扱禁止

③ 指定場所内に、発火しやすい物を携帯しての立入禁止

ただし、指定した者の承諾を得れば立入可能

“何人”には、高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者、従業者、一般人が含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図9　事業所内の火気等制限の標示例

法第37条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図46 帳　簿

法第60条、一般第95条

販売業者

① 高圧ガスを容器により授受した場合→記載の日から**2年間保存**
- ・充塡容器の記号及び番号
- ・授受先及び授受年月日
- ・充塡容器ごとの高圧ガスの種類及び充塡圧力（液化ガスは充塡質量）

② 周知を行った場合→記載の日から**2年間保存**
- ・周知に係る消費者の氏名又は名称及び住所
- ・周知をした者の氏名
- ・周知の年月日

第一種貯蔵所・第二種貯蔵所の所有者又は占有者

① 高圧ガスを容器により授受した場合→記載の日から**2年間保存**
- ・充塡容器の記号及び番号
- ・授受先及び授受年月日
- ・充塡容器ごとの高圧ガスの種類及び圧力（液化ガスは充塡質量）

② 貯蔵所に異常があった場合→記載の日から**10年間保存**
- ・異常があった年月日
- ・異常に対してとった措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図47 事 故 届

法第63条、第74条、政第19条1項8号

第一種製造者・第二種製造者・販売業者・貯蔵する者・消費する者・
容器製造業者・容器の輸入者・その他高圧ガス又は容器の取扱者

高圧ガスの災害発生
高圧ガス又は容器＊を喪失、盗難

いずれかへ届出

- 産業保安監督部長
  - 報告
- 都道府県知事等
  - 通報
- 警察官

＊「容器」については、高圧ガスが充塡されているか否かにかかわらず喪失、盗難等の場合の届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種販売主任者　編
容器関係（法律・容器保安規則）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図48 容器の種類（主なもの）

容器第2条、一般第60条1項19号、
液石第58条11号

- 溶接部を有する容器
  - 溶接容器［液化石油ガス、アセチレンなど］
  - 超低温容器［液化酸素、液化窒素、液化アルゴンなど］
  - 低温容器［液化炭酸ガスなど］
  - ろう付け容器［圧力の低いガス］
  - 自動車燃料装置用容器［液化天然ガス、液化石油ガスなど］
- 継目なし容器
  - 一般継目なし容器［酸素ガス、窒素ガスなど］
  - アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器
  - 自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス］
- 複合容器
  - 一般複合容器［液化石油ガス用（水中使用不可）、陸上用空気呼吸器など］
  - 自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス、圧縮水素など］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図10 一般継目なし容器の例

容器第2条10号

圧縮酸素用47L容器のカットモデル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図11　溶接容器の例

容器第2条2号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図12 溶接部を有する容器の例

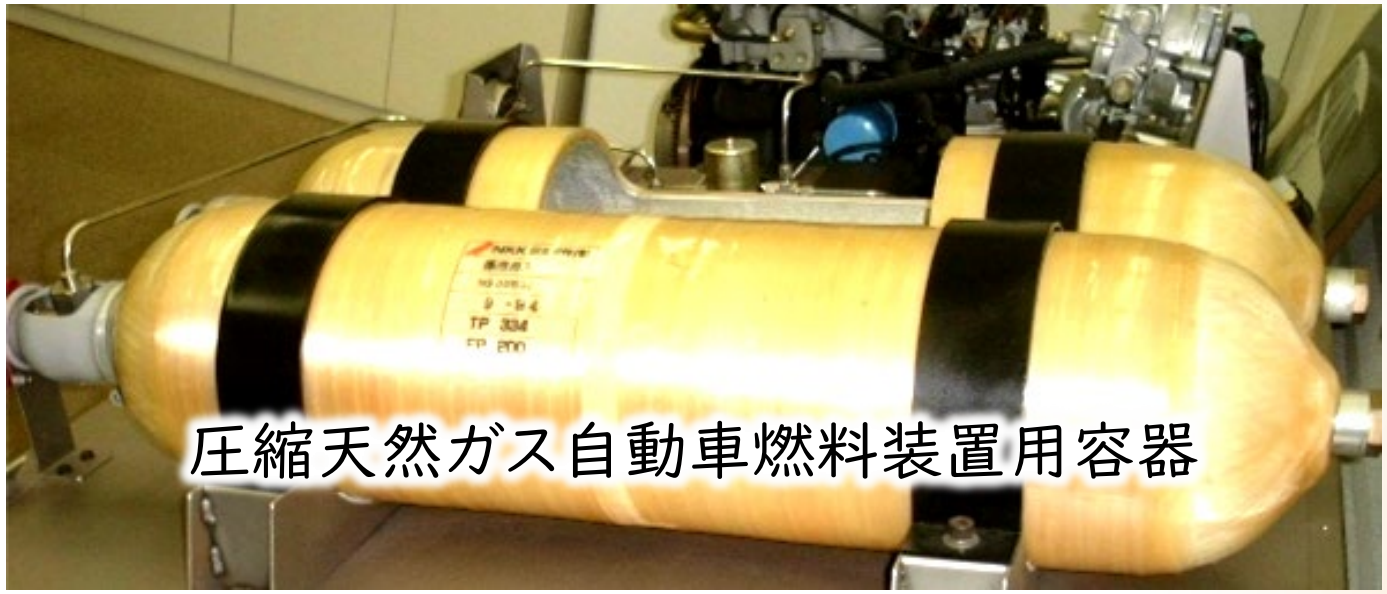
容器第2条3号

超低温容器（カットモデル）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図13　複合容器の例（カットモデル）

容器第2条12号

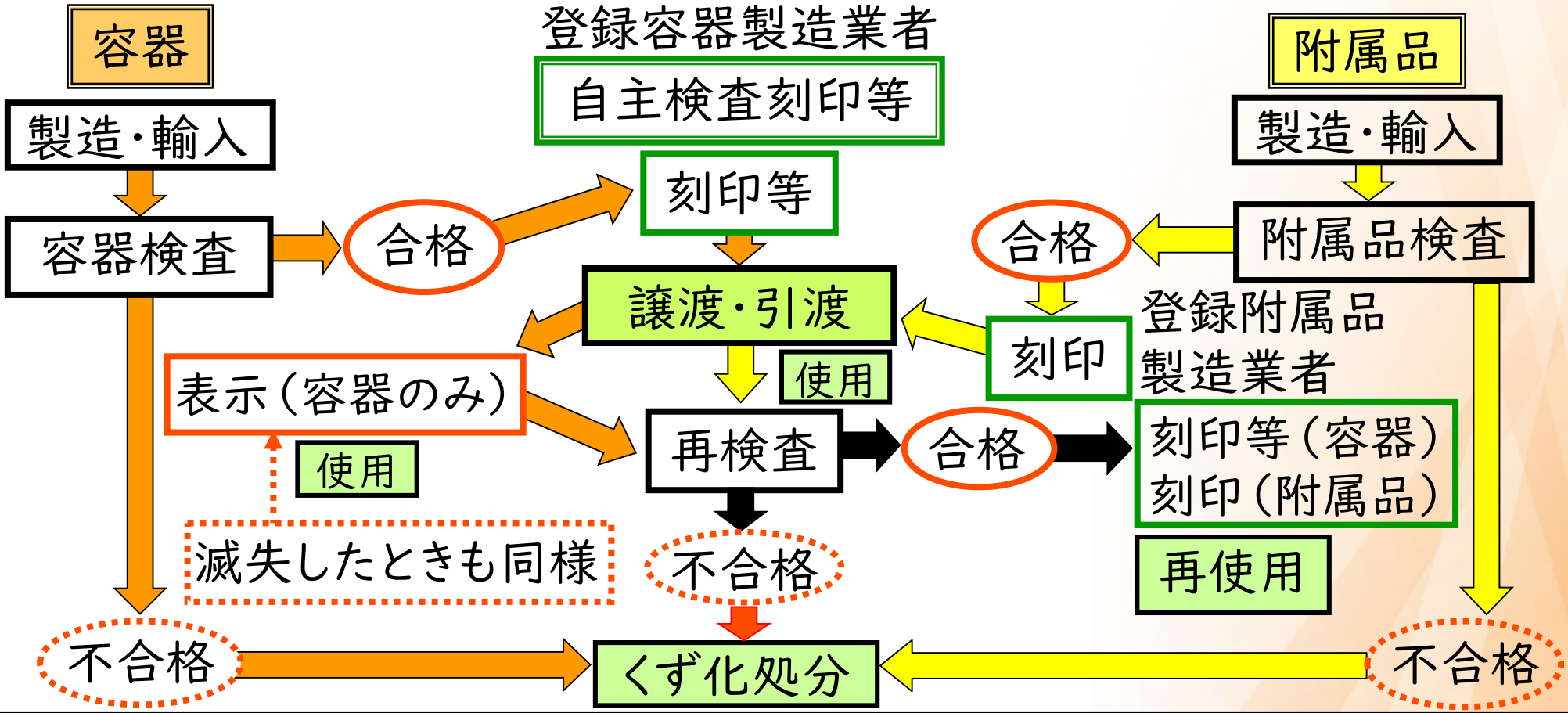


圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図49 容器・附属品に対する規制

法第41条～56条

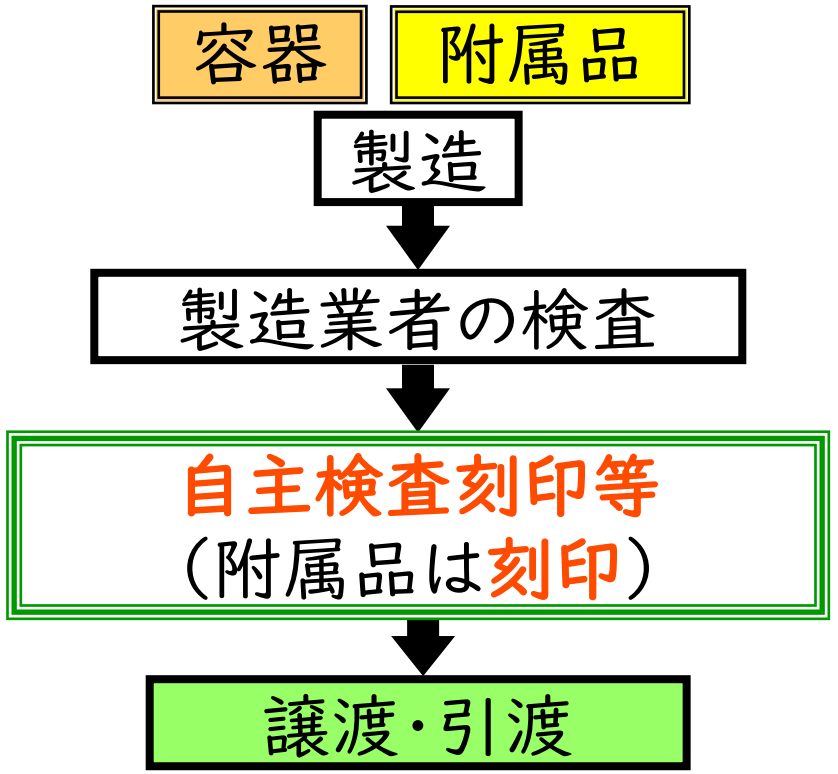


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図50 自主検査刻印等

法第49条の5、49条の25

登録容器製造業者・登録附属品製造業者の場合



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図51　容器の刻印の主なもの（概要・順不同）

容器第8条

図51中「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

＊**検査実施者の名称の符号**
＊**容器製造業者の名称又はその符号**（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は名称のみ）
＊**充塡すべき高圧ガスの種類**：PG（ヘリウム、ネオン等）、SG（特殊高圧ガス）、FC1、FC2、FC3（以上フルオロカーボン）、CNG（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器）、CHG（圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪及び圧縮水素運送自動車用容器）、LNG（液化天然ガス自動車燃料装置用容器）（さらに詳細刻印あり＝略）、その他の容器は高圧ガスの名称、略称又は分子式
＊**容器の記号（LPガス容器は3文字以下）及び番号**：アルファベットと数字（LPガス容器は5けた以下）
＊**内容積**：（記号　V　、単位　リットル）
＊**附属品（取りはずしのできるものに限る。）を含まない容器の質量**：（記号　W　、単位　kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）
＊**アセチレンガスを充塡する容器の質量**：前記質量に多孔質物及び附属品の質量を加えた質量（記号TW　、単位　kg）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

＊**容器検査合格年月**：（内容積4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、合格年月日）
＊**充填可能期限年月日**（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は充填可能期限年月）：
（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に限る。）
＊**耐圧試験における圧力**：（記号 TP、単位 MPa）及びM（超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）
＊**最高充てん圧力**：（記号 FP、単位 MPa）及びM（圧縮ガス用容器、超低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器に限る。）
＊**高強度鋼（記号 HT）、アルミニウム合金（記号　AL）であることの記号**：
（高強度鋼、アルミニウム合金で製造された容器（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）に限る。）
＊**容器の胴部の肉厚**：（記号 t、単位 mm）（内容積500L超の容器に限る。）
＊**胴部の繊維強化プラスチック部分の許容傷深さ**：（記号DC、単位mm）（繊維強化プラスチック複合容器に限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図52 容器則における最高充填圧力（FP－M）の定義（主なもの）

容器第2条25号

1 **圧縮ガスを充填する容器**（SG容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器を除く。）

① **アセチレンガスを充填する容器以外の容器**
温度35℃においてその容器に充填することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

② **アセチレンガスを充填する容器**
温度15℃においてその容器に充填することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

2 SG（特殊高圧ガス及びこれらの混合ガス）容器
容器則で定められた耐圧試験圧力の5分の3倍の圧力の数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図52(続き)　容器則における最高充塡圧力（FP－M）の定義（主なもの）

容器第2条25号

3　超低温容器、低温容器又は液化天然ガス自動車燃料装置用容器
常用の圧力のうち最高のものの数値

4　2及び3の容器以外の容器で、液化ガスを充塡するもの
耐圧試験圧力の5分の3倍（再充塡禁止容器は同5分の4倍）の圧力の数値

5　国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器
燃料の充塡中にその容器にかかるガスの圧力のうち最高のものの数値であって別に定める公称使用圧力の4分の5倍の圧力の数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図14 アセチレンガス容器の刻印の例

容器第8条1項7～9号、11、12号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図15 圧縮天然ガス自動車燃料装置用複合容器の標章の例

容器第8条3項3号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図53 附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）

法第49条の3
容器第18条

＊附属品検査合格年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器に装置されるべき附属品は、年月）
＊検査実施者の名称の符号
＊附属品製造業者の名称又はその符号
＊附属品の記号・番号
＊附属品の質量：（記号　W、単位　kg）（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されるべき附属品を除く。）
＊耐圧試験における圧力：（記号　TP、単位　MPa）及びM

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図53(続き)

＊附属品が装置されるべき容器の種類：

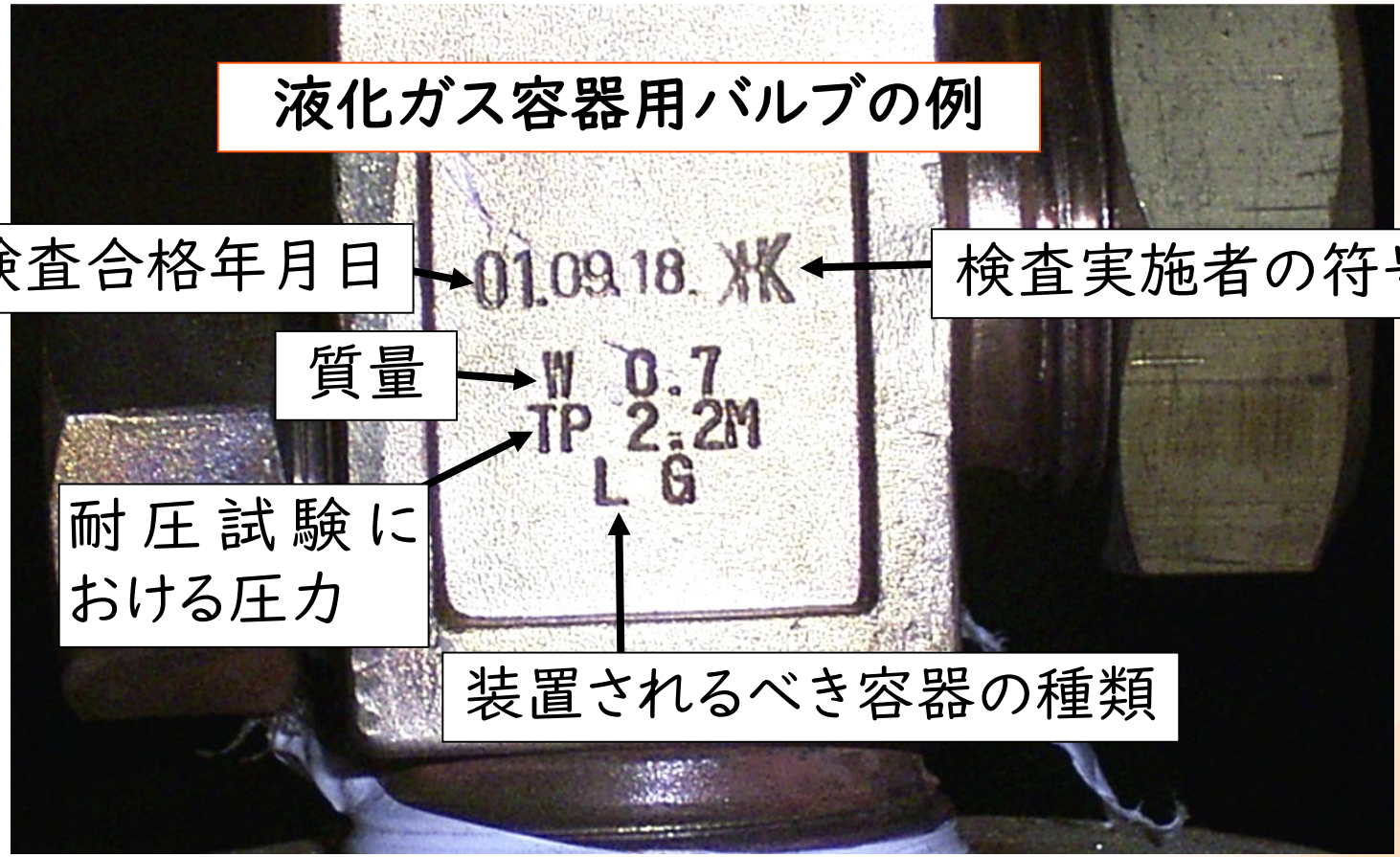
圧縮アセチレンガス用容器	→	記号 AG
圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号 CNGV
圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号 CHGV
国際圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号 CHGGV
圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	→	記号 CHGTV
圧縮水素運送自動車用容器	→	記号 CHGT
圧縮ガスを充塡する容器（上記の各容器を除く。）	→	記号 PG
液化ガスを充塡する容器（以下の各容器を除く。）	→	記号 LG
液化石油ガスを充塡する容器（下記LT容器を除く。）	→	記号 LPG
超低温容器及び低温容器	→	記号 LT
液化天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号 LNGV

＊液化水素運送自動車用容器に装置する安全弁：→ 記号 LTL又はLTH

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図16 附属品の刻印の例

容器第13条、18条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図54 容器の表示事項

法第46条、容器第10条

＊容器の外表面積の1／2以上について所定の塗色

＊高圧ガスの名称

＊高圧ガスの性質を示す文字：可燃性ガスは「燃」、毒性ガスは「毒」

＊所有者又は管理業務受託者の氏名等（KHKの登録記号・番号でも可）

＊高圧ガスを容器により輸入した場合であって、輸入検査に合格したときは、その容器に表示をしなければならない。（法第46条第2項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図55　容器の塗色表示（容器の表面積の50%以上を塗色）

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かっ色
その他の種類の高圧ガス	※ ねずみ色

※水素ガスを充填する容器のうち、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器並びにその他のガスを充填する容器のうち着色加工していないアルミニウム製、アルミニウム合金製及びステンレス鋼製の容器、LPガスの容器並びに圧縮天然ガス自動車燃料装置用の容器は、塗色表示規制なし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図56 容器再検査の期間

容器第24条、26条、一般第6条2項2号ヌ、液石第6条2項1号へ、容器則細目告示第4条

容器の種類 ＼ 経過年数	溶接容器、超低温容器及びろう付け容器	一般継目なし容器	一般複合容器（液化石油ガス用一般複合容器を含む。）	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器＊（容器則26条1項参照）	液化石油ガス自動車燃料装置用容器（溶接）
起算日	検査合格月の前月の末日 (4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器は刻印された容器検査合格月日の前日)				
4年以下	5年 （特に定める容器＊（容器則24条1項2号）は6年）	5年	3年 ただし15年経過したものは充塡禁止	1年1月。ただし、4年1月を経過して最初の再検査時は本体及びねじ部を検査することとし、それ以外の再検査時はねじ部のみの検査	6年
4年を超え、20年未満					
20年以上	2年				2年

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器第24条、一般第6条2項2号ヌ

＊圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器⇒経過年数4年以下のものは4年、経過年数4年を超えるものは2年2月

＊国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器
⇒経過年数4年1月以下のものは4年1月、経過年数4年1月を超えるものは2年3月

（注）一般則第6条第2項第2号ヌの規定により、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器にあっては、刻印等に示された年月から15年を経過したもの又は充塡可能期限年月又は充塡可能期限年月日を経過したものには充塡しないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図57 容器再検査の規格の主なもの

法第49条2項、容器第26条

1 アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器、一般継目なし容器、溶接容器、ろう付け容器及び一般複合容器

↓

耐圧試験→容器ごと（例外：アセチレンの容器は製造ロットごとに1個）

2 超低温容器 → 気密試験 断熱性能試験 → いずれも容器ごと

3 圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、圧縮水素運送自動車用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器

↓

漏えい試験（液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、漏えい試験に加えて断熱性能試験又は保冷性能試験）

→ いずれも容器ごと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図58 附属品再検査の期間

容器第27条

製造後の経過年数 ＼ 容器の種類	容器に装置されているもの				容器に装置されていないもの
	①LPG用容器で内容積4000L未満のもの（高圧ガス運送自動車用容器、鉄道車両に固定された容器を除く。）	②LPG自動車燃料装置用容器（車両に固定されているものに限る。）	③国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	①、②及び③以外のもの	
6年6月以下	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格月からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格月の前月の末日から2年を経過して最初に受ける容器再検査までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査までの間（アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器は、容器検査等合格月の前月の末日から起算して4年1か月経過して最初に受ける容器再検査までの間）	2年
6年6月超 7年6月以下	1年	1年			
7年6月超					

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図59 附属品再検査の規格の主なもの　法第49条の4　2項、容器第29条

1　バルブ（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器に装置されるもの）

↓

開閉操作が容易であり、かつ、円滑に作動するもの

2　安全弁（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されているもの並びに破裂板及び溶栓を除く。）

↓

所定の圧力を加えた場合作動するもの

↓

3　緊急しゃ断装置

↓

遠隔操作により作動することができるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図60 容器・附属品のくず化処分

法第56条

① 容器検査・附属品検査に不合格の容器・附属品であって、充塡するガスの種類、圧力を変更しても規格不適合のもの

② 容器再検査・附属品再検査に不合格の容器・附属品であって、（容器については3か月以内に）刻印等・刻印がされないもの

③ 廃棄する容器・附属品 （使用過程のもの（ガスが充塡されているか、充塡されていないかにかかわらず。）、未使用のもの（新品を含む。））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図61 容器への高圧ガスの充塡

法第48条

高圧ガスを充塡する容器の条件

1 容器検査に合格し、容器に刻印等がされていること、又は自主検査刻印等がされていること。
2 表示がしてあること。
3 附属品検査に合格し刻印がされている附属品が容器に装置されていること。
4 使用過程で容器再検査期間が経過したもの→容器再検査に合格し刻印等がされていること。
5 使用過程で附属品再検査期間が経過したもの→附属品再検査に合格し刻印がされている附属品が装置されていること。

容器再検査期間を経過したにもかかわらず容器再検査を受けず、容器再検査に合格した旨の刻印がなされていない容器には、高圧ガスを充塡してはならない。

容器に充塡する高圧ガスの条件

容器の刻印で示されたガスの種類であることに加え、
1 圧縮ガス→最高充塡圧力「FP－M」(MPa)以下のものであること。
2 液化ガス→$G=\frac{V}{C}$（kg）以下のものであること。（容器則第22条）

G：液化ガスの質量（kg）
V：容器の内容積（L）
C：ガスの種類に応じた定数（容器則22条）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3－1）

H20.4.21
山口県萩市
圧縮空気充塡所容器破裂事故

充塡所においてフルオロカーボン22容器に圧縮空気を充塡中容器が破裂し、作業者1名重傷、充塡依頼者が軽傷を負った。

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3−2）

【事故原因】

・容器バルブは空気用のものに取り替えられていた。
・充塡時に刻印内容を確認せず。
・容器は再検査期限が切れていた。
・「TP33」の刻印を「TP33−M」と勘違いした。
・耐圧試験圧力33kg／㎠の容器に120kg／㎠以上の充塡圧力をかけたため破裂したもの。

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3−3）
（事故再発防止対策）

・充塡時、刻印、表示等の確認を励行する。
・容器と容器バルブの種類を確認する。
・容器に刻印されている圧力単位に注意する。（特に「M」）
・充塡所では、充塡、販売に関する帳簿を作成、保存する。
・日常作業がマンネリにならないように、作業の危険性を常に認識し、法令、基本作業、安全作業を遵守する。

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〜高圧ガス保安法終了〜

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種販売主任者編
一般高圧ガス保安規則

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－1）

根拠条文 → 一般第〇条△項×号

スライドの見方

例示基準

例示基準

例示基準

は、法令ではなく、通達（規則関係例示基準）で示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1　第一種保安物件・第二種保安物件

一般第2条1項5号、6号

第一種保安物件

高圧ガスによる災害が発生した場合、周辺の不特定多数の者又は保護すべき者の安全を確保するために、これらの者が利用する病院等施設や学校等から所定の距離を有して高圧ガス設備［第一種設備距離］や容器置場［第一種置場距離］などを設置することとされている。これらの施設等を第一種保安物件という。

第二種保安物件

第一種保安物件と同様な趣旨で、周辺に居住している者の安全を保護するために、その住居から所定の距離を有して高圧ガス設備［第二種設備距離］や容器置場［第二種置場距離］などを設置することとされている。この住居を第二種保安物件という。

注：コンビ則では、第一種保安物件及び第二種保安物件から他事業所の保安のための宿直施設を除いたものを「保安物件」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図1　貯槽・容器

一般第2条1項7号

貯槽

容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2 貯蔵設備の貯蔵能力

一般第2条1項9号

[貯槽の貯蔵能力]

圧縮ガス：$Q\,(m^3) = (10P+1)V_1$

液化ガス：$W\,(kg) = C_1 w\, V_2$

[容器の貯蔵能力]

圧縮ガス：$Q\,(m^3) = (10P+1)V_1$

液化ガス：$W\,(kg) = \dfrac{V_2}{C_2}$

Q ：貯蔵設備の貯蔵能力（m^3）
W ：貯蔵設備の貯蔵能力（kg）
V_1 ：貯蔵設備の内容積（m^3）
P ：貯蔵設備の35度（アセチレンにあっては15度）における最高充塡圧力（MPa）
C_1 ：0.9（低温貯槽にあっては、その内容積に対する液化ガスの貯蔵が可能な部分の容積の比の値）
W ：常用の温度における液比重（kg／L）
V_2 ：貯蔵設備の内容積（L）
C_2 ：容器則第22条に規定する数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図3 充塡容器・残ガス容器の定義

一般第2条1項10号、11号

充塡容器

現に高圧ガスを充塡してある容器であって、その質量が充塡時の二分の一以上減少していないものをいう。

残ガス容器

現に高圧ガスを充塡してある容器であって、充塡容器以外のものをいう。

充塡容器と残ガス容器の両方を含めて「充塡容器等」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図2　ガスの呼称

法第2条関係通達

- 気状のガス → ○○ガス（圧縮○○）
- 液状のガス → 液化○○
- 気状と液状の双方 → ○○（注）

（注）炭酸ガス
天然ガス
亜硫酸ガス
液化石油ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図4 高圧ガス消費施設の概念

一般53条2項4号、55条1項3号

高圧ガス消費施設

（境界線又は区画柵等）

容器置場

高圧ガス消費設備
（反応・燃焼設備を含む。）

貯蔵設備等
（高圧ガス配管・減圧設備を含む。）

貯蔵設備

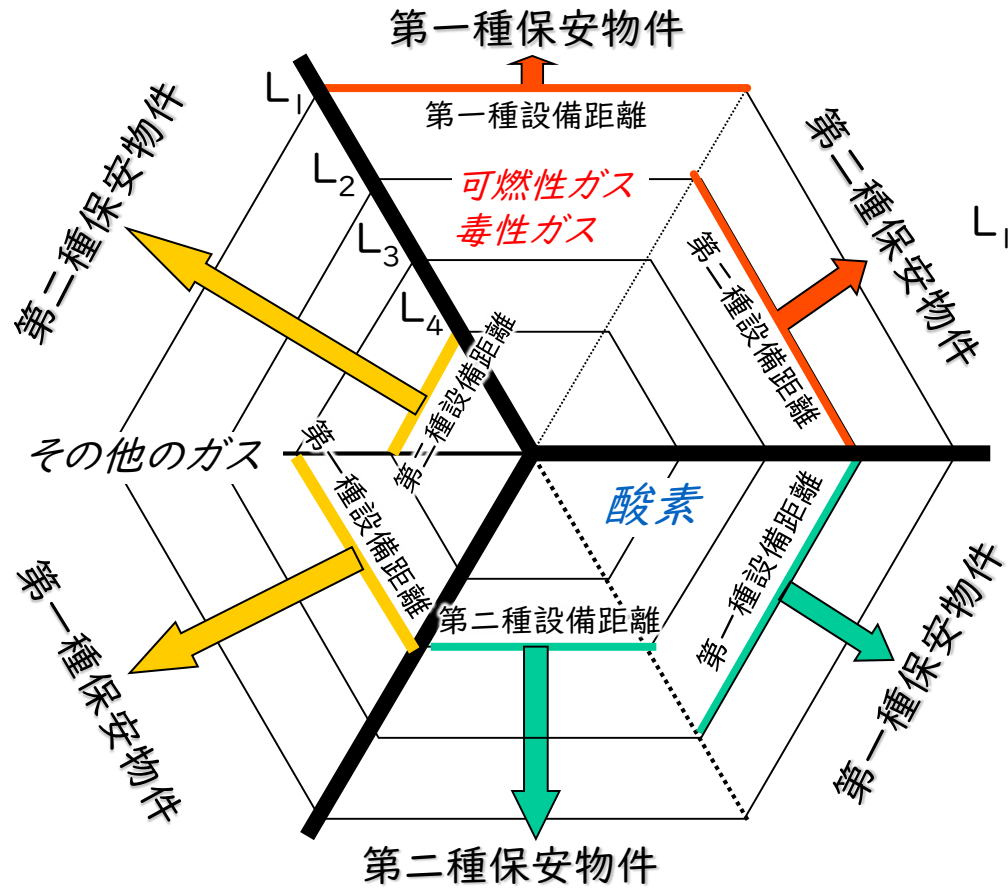
防火用
貯水槽

事務・管理棟

高圧ガス設備部分は「貯蔵の基準」も適用される

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図５ 設備距離（貯蔵設備・処理設備・減圧設備の外面から（液化石油ガスのものを除く。））



一般第2条1項19号、20号、

$L_1 > L_2 > L_3 > L_4$

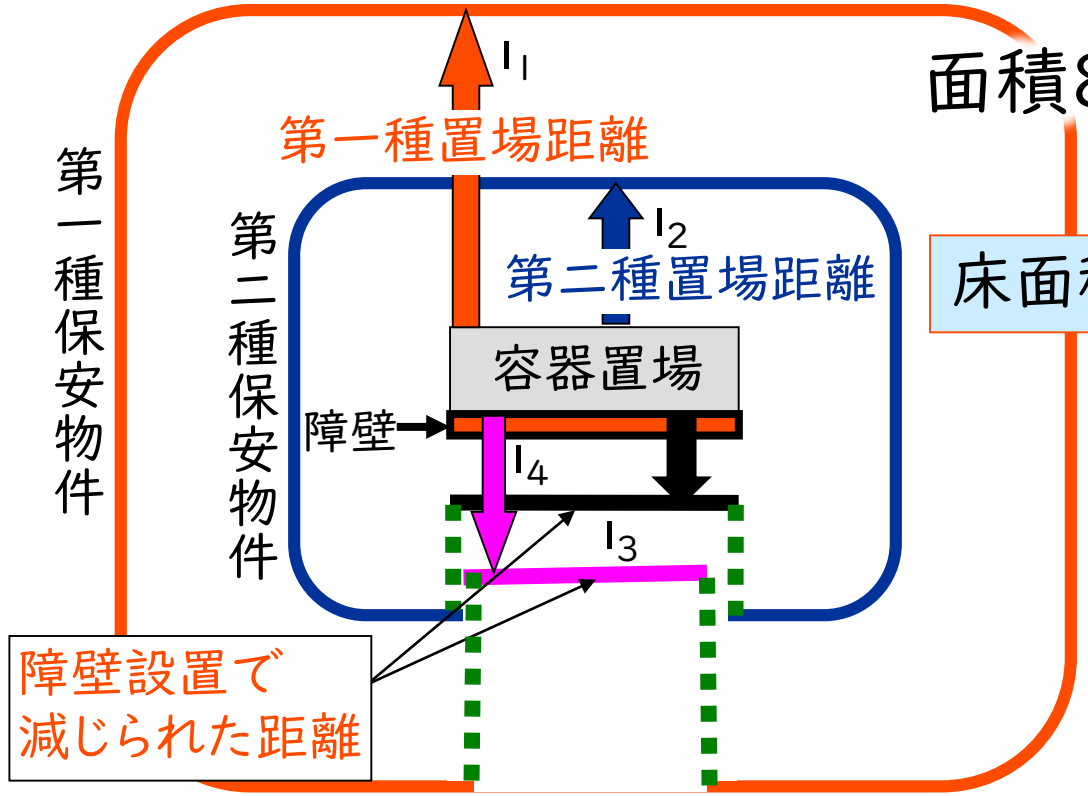
貯蔵能力及び処理能力
それぞれに応じて算出した距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図6 第一種置場距離・第二種置場距離（容器置場の外面から）

一般第2条1項21号、22号、42号ハ、ニ

可燃性ガス及び毒性ガス以外の高圧ガスのもので、面積が25m²未満のものは、障壁の有無に関係なく距離不要



面積8m²以上において

$l_1 > l_2 > l_3 > l_4$

床面積に応じて算出した距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7　容器による高圧ガスの貯蔵方法（1）

一般第18条第2号
（第6条2項8号イ準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの
両方の適用基準］

＊可燃性ガス又は毒性ガスの充塡容器等の貯蔵場所
→ 通風の良い場所

＊充塡容器等
→ 充塡容器と残ガス容器に区分して貯蔵

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図8 容器による高圧ガスの貯蔵方法（2）

一般第18条第2号
（第6条2項8号ロ、ハ準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの
両方の適用基準］

＊可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素の充塡容器等→ガスの種類ごとに区分して貯蔵
（第一種貯蔵所及び第二種貯蔵所以外の場所で充塡容器等により特定不活性ガスを貯蔵する場合は、この基準に適合することを要しない。）

＊容器置場内
→計量器等作業に必要な物以外の物を置くことの禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9　容器による高圧ガスの貯蔵方法（3）

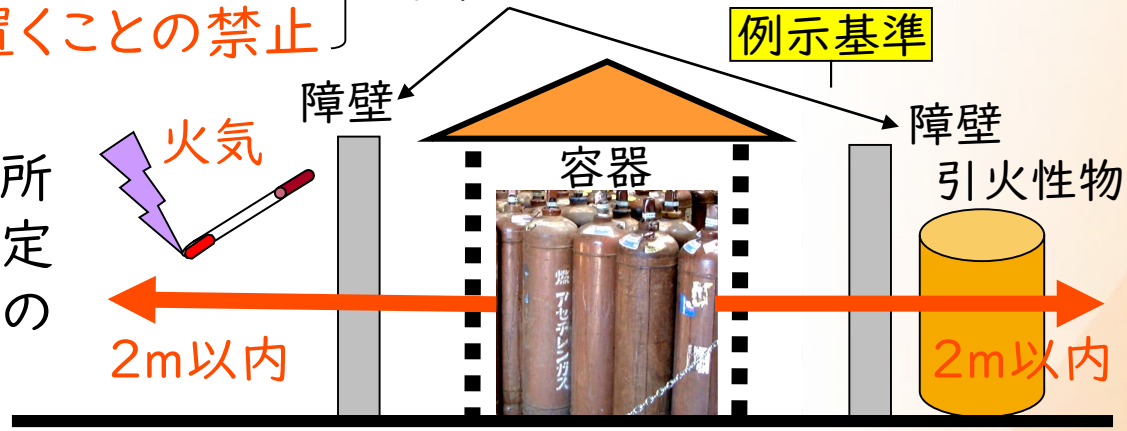
一般第18条第2号
（第6条2項8号ニ準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの
両方の適用基準］

＊不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）、空気以外のガスの容器置場の周囲2m以内
→① 火気使用禁止
② 引火性物、発火性物を置くことの禁止

例外あり

（第一種貯蔵所及び第二種貯蔵所以外の場所で充填容器等により特定不活性ガスを貯蔵する場合は、この基準に適合することを要しない。）



注：容器と火気等を遮る措置には、容器をシリンダーキャビネットに収納も可

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10 容器による高圧ガスの貯蔵方法（4）

一般第18条第2号（第6条2項8号ホ、ヘ、ト準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

① ②以外の充塡容器等の温度 →常に40℃以下

② 圧縮水素運送自動車用容器の温度 →常に65℃以下

＊内容積5Lを超える充塡容器等

→① 転落、転倒等による衝撃防止措置

② バルブの損傷防止措置

③粗暴な取扱い禁止

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11 容器による高圧ガスの貯蔵方法（5）

一般第18条第2号
（第6条2項8号チ準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの
両方の適用基準］

＊可燃性ガスの充填容器等の容器置場内
→携帯電燈以外の燈火を携えて立ち入り禁止

＊充填容器等の移動等の際における貯蔵方法
→ガスの種類に関係なく、車両等で充填容器等の積置き貯蔵することの禁止
例外：第一種貯蔵所又は第二種貯蔵所内、消火設備用の容器、消防自動車内、緊急自動車内、救助工作車内等における場合
参考：高圧ガスの移動中、2時間以上駐車すると貯蔵とみなされる（通達）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図12　第一種貯蔵所である容器置場（1）（その明示及び警戒標）

一般第23条1号、3号
（6条1項42号イ準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの
両方の適用基準］

容器置場は明示され、かつ、その外部から見やすいように警戒標を掲げたものであること。

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13　第一種貯蔵所である容器置場（2－1）（直射日光を遮る措置）

一般第23条1号、3号
（6条1項42号ホ準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

＊可燃性ガス又は酸素の充塡容器等（断熱されたものを除く。）の容器置場

→直射日光を遮る措置

その措置は次のいずれか

① 当該ガスが漏えいし、爆発したときに発生する爆風が上方向に解放されることを妨げないもの

② シリンダーキャビネットに充塡容器等を収納

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14　第一種貯蔵所である容器置場（2−2）（シリンダーキャビネットの例）

一般第23条1号、3号
（6条1項42号ホ準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図15　第一種貯蔵所である容器置場（3）（ガスが滞留しない構造）

一般第23条1号、3号
（6条1項42号へ準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

＊可燃性ガス及び特定不活性ガスの容器置場 →ガスが滞留しない構造

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16 第一種貯蔵所である容器置場（4）（除害するための措置）

一般第23条1号、3号
（6条1項42号チ準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

＊特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等、亜硫酸ガス、アンモニア、塩素、クロルメチル、酸化エチレン、シアン化水素、ホスゲン、硫化水素の容器置場
→安全に、かつ、速やかに除害措置

例示基準

特殊高圧ガスの充塡容器等に係る容器置場の吸着式除害設備の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図17 第一種貯蔵所である容器置場（5）（消火設備の設置）

一般第23条1号、3号
（6条1項42号ヌ準用）

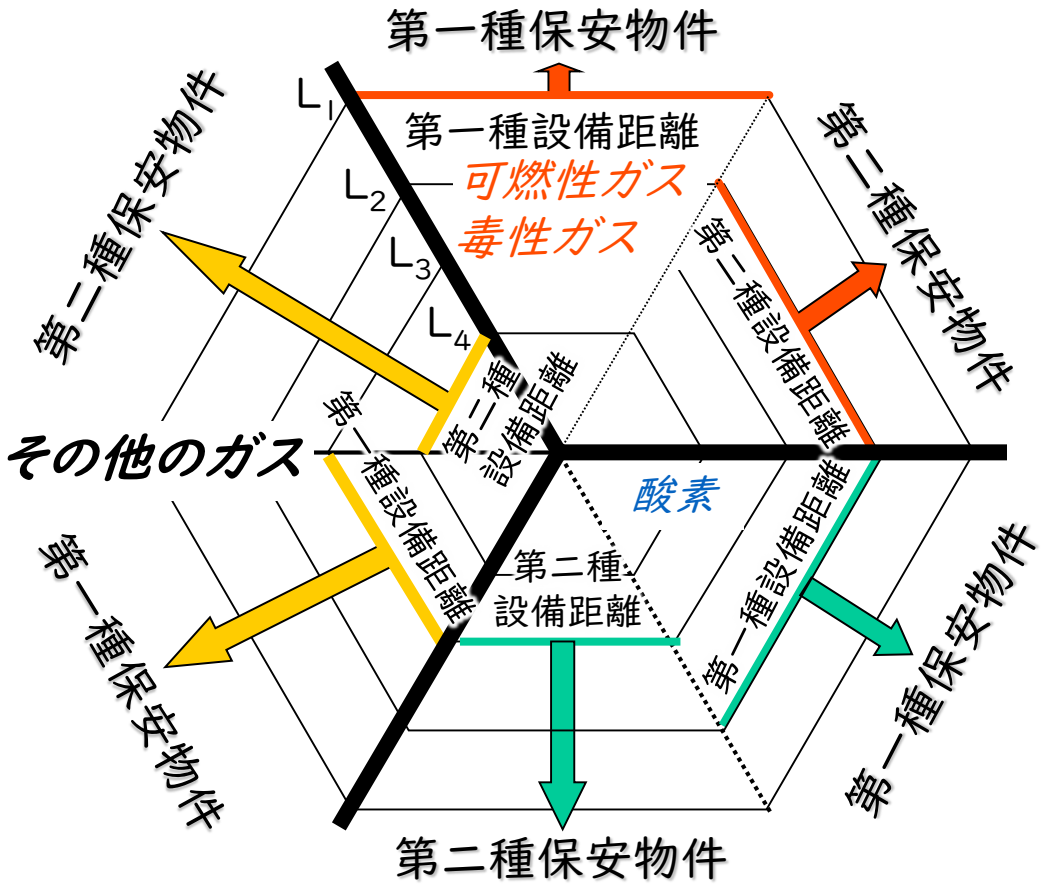
［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

＊可燃性ガス、特定不活性ガス、酸素、三フッ化窒素の容器置場
→消火設備の設置

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図18 第一種貯蔵所である容器置場（6）（容器の外面から設備距離）



一般第23条1号

$L_1 > L_2 > L_3 > L_4$

貯蔵能力に応じて算出した距離

［配管接続された容器によるもののみの適用基準］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19 第一種貯蔵所である容器置場（7）（高圧ガス配管の性能）

一般第23条2号（6条1項11号、12号、13号準用）

［配管接続された容器によるもののみの適用基準］

［耐圧性能］
①水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.5倍以上の圧力
②空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.25倍以上の圧力

［気密性能］ 常用の圧力以上の圧力

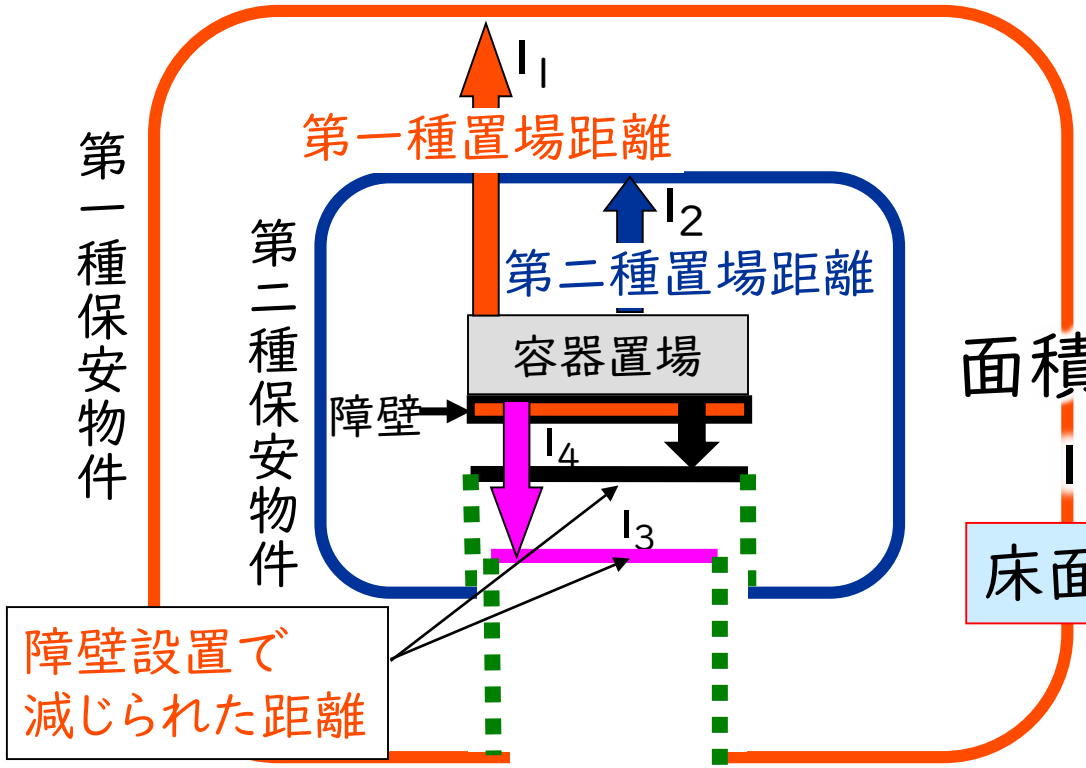
［強度］ 常用の圧力又は常用の温度において発生する最大の応力に対し、高圧設備（容器を除く。）の形状、寸法、常用の圧力若しくは常用の温度における材料の許容応力、溶接継手の効率等に応じ、十分な強度を有するものなど

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図20 第一種貯蔵所である容器置場（8）（その外面から置場距離）

一般第23条3号（6条1項42号ハ、ニ準用）

可燃性ガス及び毒性ガス以外の高圧ガスのもので、面積が25m²未満のものは、障壁の有無に関係なく距離不要



［配管接続されていない容器によるもののみの適用基準］

面積8m²以上において

$l_1 > l_2 > l_3 > l_4$

床面積に応じて算出した距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図21 技術上の基準の適用区分（貯蔵）

一般第18条、21条、22条、23条、26条

（注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

第一種ガス	第二種ガス	→ 技術上の基準 →
（m³）		（A） （B）
3000以上	1000以上	貯蔵の方法の基準遵守
300以上 3000未満	300以上 1000未満	第一種貯蔵所 許可
0.15超 300未満	0.15超 300未満	第二種貯蔵所 届出

（液化ガス10kg ＝1m³に換算）

（A）すべての貯蔵に係る基準
（B）第一種、第二種貯蔵所に係る基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図22 販売業者等に係る販売の方法の技術上の基準

一般第40条

1 販売先の保安台帳の常備

→高圧ガスの引渡し（販売）先の保安状況を明記した台帳（圧縮水素を燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器に充填する圧縮水素を販売する場合を除く。）

〔参考〕台帳に記載すべき事項例（通達）

① 引渡先の名称及び所在地

② 当該引渡先に対する販売上の保安責任者の氏名

③ 圧縮天然ガスを燃料の用に供する一般消費者に販売する販売業者等は、配管の配置図及びその付近の図面並びに所在地等

2 充填容器等の引渡し（販売）制限

→① 充填容器等の引渡し（販売）は、外面に使用上支障のある腐食、割れ、すじ、しわ等がなく、かつ、ガスが漏えいしていないもの

② 圧縮天然ガスの充填容器等は、容器再検査の期間を6か月以上経過していないもので、その旨を明示したもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図3 車両の警戒標の掲示例

一般第49条1項1号、50条1号

トラック車両に積載した容器による場合も同様（ただし、毒性ガス以外で少量（容器の内容積25L以下、合計50L以下）の場合等は警戒標の掲示免除の特例あり。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料１）

昭和47年5月25日、
姫路市国道2号線上。

水素カードル車に大型トラックが追突し、漏えいした水素ガスが爆発炎上。

死者2名、負傷者2名、国道沿い民家等4棟類焼他

朝日新聞　昭和47年（1972年）5月26日　金曜日　（3）　総合

渋滞国道 火柱が走る

水素ガスローリー追突され爆発 姫路

通行人・民家も巻添え
4人が死傷、4軒全半焼

交通の激しい姫路市の国道2号で、二十五日午後、大型トラックが乗用車を押しつぶして大型ガスローリーに追突。ローリーが爆発し、乗用車、大型トラックが燃え、さらに沿道の民家四戸も全半焼。運転手や通行人ら四人が死傷した。

この記事は一部地域民報のため朝刊に掲載しています。

同日午後二時二十七分ごろ、姫路市市川橋通二丁目の国道2号で、信号待ちのため停車していた

大型トラックに追突されて燃えあがるガスローリーと類焼の民家
＝25日午後1時40分、姫路市市川橋通2丁目の国道2号で

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図4 集結容器の例

一般第49条1項2号

操作部

圧縮水素の長尺容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図5　タンクローリの高さ検知棒の設置の例

一般第49条1項6号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23 容器に講じる措置と移動方法

一般第49条1項4号、11号～13号、16号、22号、50条2号、12号

＊容器又はガスの温度
→① 常に40℃以下（圧縮水素運送自動車用容器は65℃以下）
② 液化ガス容器に温度計等の設置

＊可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス又は酸素の液化ガス容器の液面計
→ガラス等破損しやすい材料を用いたものは設置禁止

＊バルブ又はコック
→開閉方向及び開閉状態を外部から容易に識別できる措置

＊ガス漏えい等の異常の有無の点検
→移動開始時及び終了時に実施し、危険を防止する措置

＊駐車→第一種保安物件の近辺、第二種保安物件の密集する地域を避け、かつ、交通量の少ない安全な場所（トラック車両に積載した容器による場合も同様であるが、少量の場合に例外あり。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図24 応急措置用の工具等の携行（1）

一般第49条1項14号、50条9号

ローリ車両、トラック車両による場合とも同様

可燃性ガス・特定不活性ガス・液化石油ガス・酸素・三フッ化窒素の移動
→消火設備及び応急措置用工具等の携行（トラックに積載して移動する等、少量（容器の内容積25L以下、合計50L以下）の場合は携行義務免除）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図25 応急措置用の工具等の携行（2）

一般第49条1項15号、
50条10号

＊毒性ガスの移動
→防毒マスク、保護具、応急措置用工具等の携行

例示基準

防毒マスク、手袋、保護衣等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26 移動に対する規制（移動監視者等）

一般第49条1項17号、50条13号、液石第48条14号、49条8号

【移動方法について特別な規制を受けるガスの種類とその数量】

ガスの種類		数　量
圧縮ガス	可燃性ガス、酸素	容積　300 m^3以上
	毒性ガス	容積　100 m^3以上
	特殊高圧ガス	容積　0を超える数量
液化ガス	可燃性ガス、液化石油ガス、 酸素	質量　3000 kg以上
	毒性ガス	質量　1000 kg以上
	圧縮水素スタンドの液化水素の貯槽に充塡する液化水素	質量　0を超える数量
	特殊高圧ガス	質量　0を超える数量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図27 特別な規制を受ける高圧ガスの車両による移動において受ける特別な規制

一般第49条1項19号、20号、50条13号

【特別な規制事項】

（必要な措置）

1 移動監視者による移動中の監視

2 事故が発生した場合、危険な状態となった場合の措置

① 荷送人に連絡する措置　　② 応援を受ける措置

（移動方法）

1 繁華街等を回避

2 所定の運転時間を超える場合→運転者2人

トラック車両に積載した容器による場合も同様。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

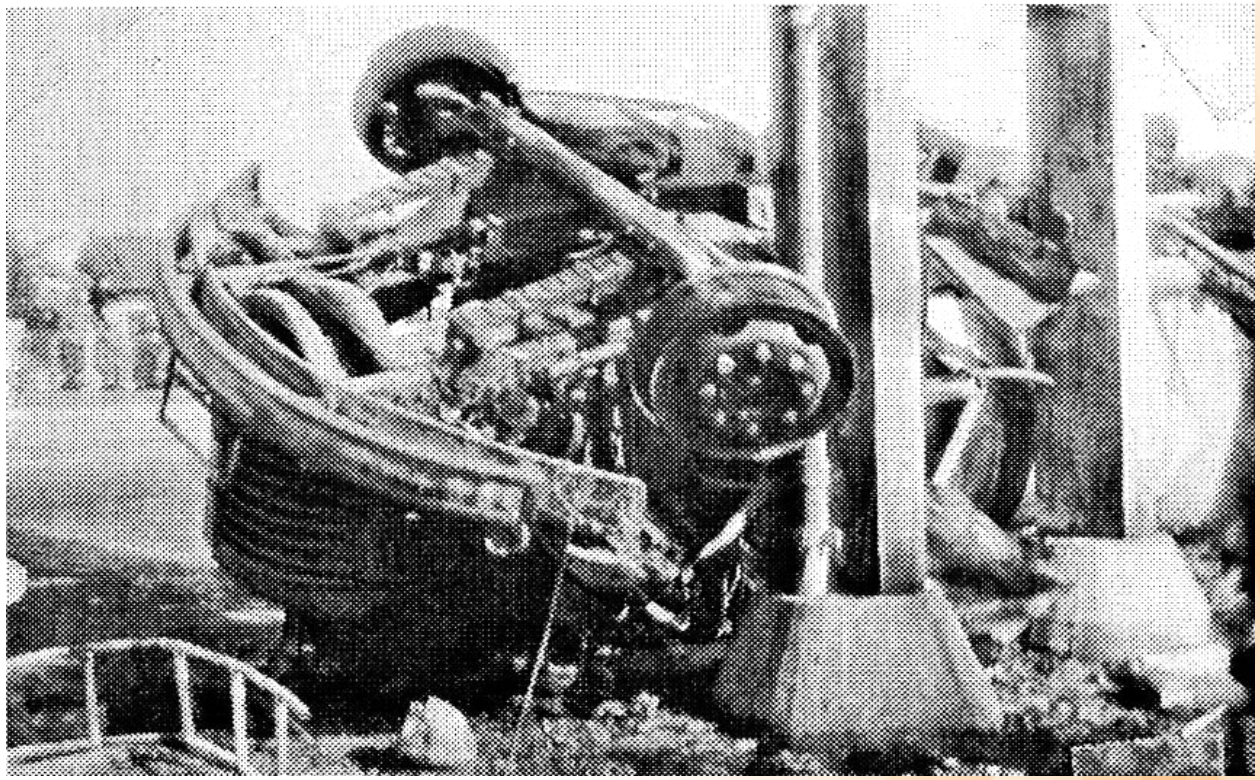
（資料2）

昭和40年10月26日
西宮市第2阪神国道上。

4.8トンLPガスタンクローリが横転し、漏えいしたLPガスが爆発炎上。

死者5名、負傷者26名、全焼21棟他。

横転の原因は運転者の居眠り運転によるものと推定。



西宮市におけるタンクローリー車事故報告について
（昭和40年）兵庫県商工労働部工業課 より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28 **連続運転（移動）時間に係る運転者2人**

一般第49条1項20号、50条13号

1人の運転者が、1回の中断（休憩）が連続10分以上、かつ、合計30分以上の中断（休憩）をしない場合であって

※10分未満の中（休憩）は、運転と見なされる。

← 連続して4時間を超える場合 →

1人の運転者が、4時間につき1回が連続10分以上、かつ、合計30分以上の中断（休憩）をする場合を含み

← 1日当たり9時間を超える場合 →

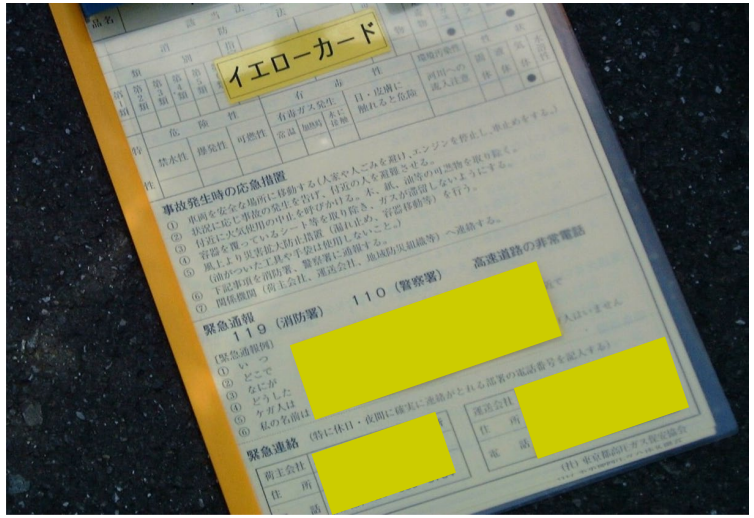
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図29 注意書面（俗称：イエローカード）の携帯・運行

一般第49条1項21号、50条14号

移動する車両の運転者に、高圧ガスの名称、性状及び移動中の災害防止のために必要な注意事項を記載した書面（可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素が対象）を交付、携帯させ、記載事項を遵守させる。

例示基準



（少量（毒性ガスを除く容器（注意ラベル貼付のもの）の内容積25L以下、合計50L以下）の場合携帯不要。）

俗称：注意書面又はイエローカード

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図6　充塡容器等（内容積5L以下のものを除く。）の転落・転倒による衝撃防止、バルブ損傷防止措置、粗暴な取扱いの禁止

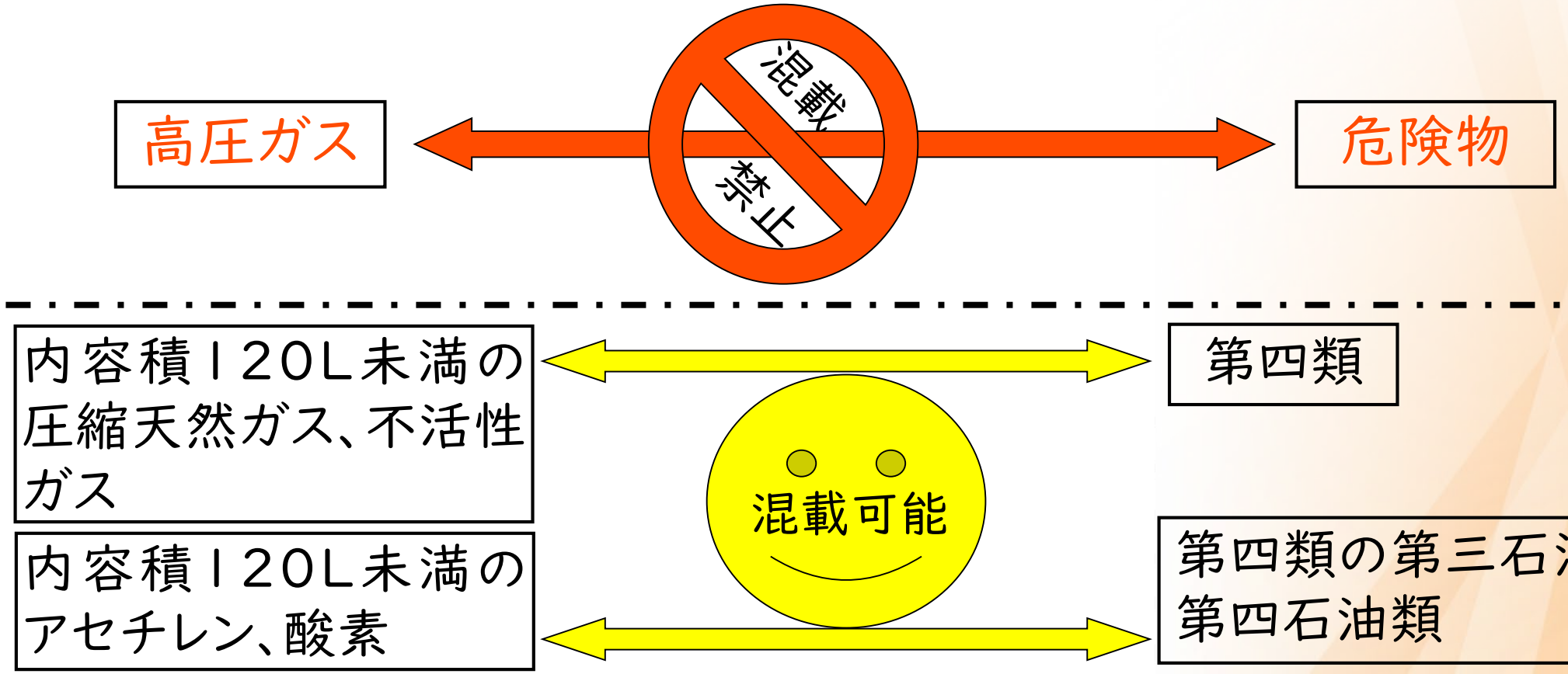
一般第50条5号

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図30 同一車両の混載禁止（1）

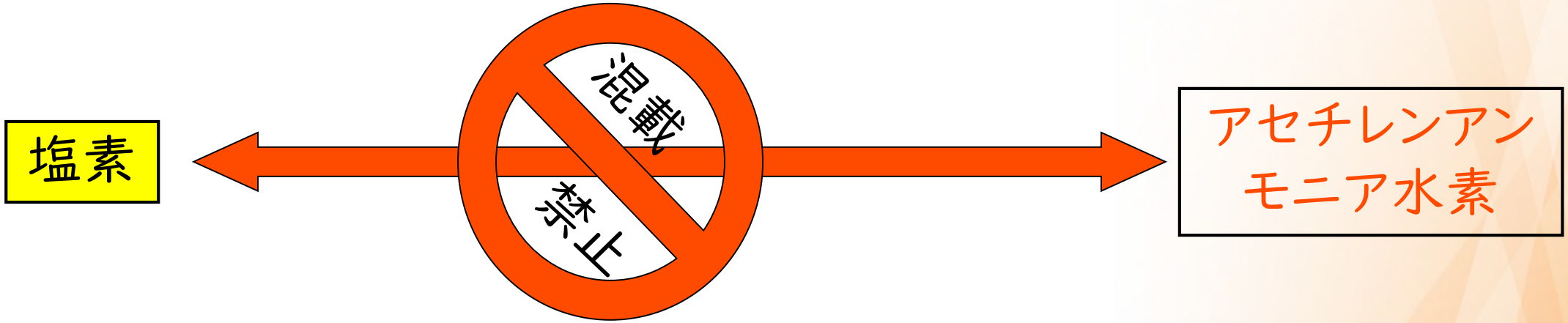
一般第50条6号イ



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図31 同一車両の混載禁止（2）

一般第50条6号ロ



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図32 可燃性ガス、酸素、毒性ガスの充塡容器等の積載方法とアルシン、セレン化水素の充塡容器等の積載車両の除害の措置

一般50条7号、8号、11号

＊可燃性ガスと酸素の充塡容器等を同一車両に積載
→バルブが相互に向き合わないように

＊毒性ガスの充塡容器等の積載方法
→木枠、パッキンの措置

＊アルシン又はセレン化水素の充塡容器等の積載車両
→除害の措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図33 消費設備等の保安のための距離

一般第55条（第21条、26条）

1 特定高圧ガスの消費施設の貯蔵設備（限定あり。）及び減圧設備
→外面から第一種保安物件及び第二種保安物件に対しそれぞれ第一種設備距離以上及び第二種設備距離以上の距離（55条1項2号）

2 特殊高圧ガスの消費設備の貯蔵設備等
→外面から火気を使用する場所に対し8m以上の距離
（ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置を講じた場合は距離不要）（55条1項3号）

3 特定高圧ガスの消費設備の貯蔵設備等
→周囲5m以内は、火気使用禁止、引火性物又は発火性物を置くことの禁止（ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置を講じた場合は距離不要）（55条2項1号）

※「貯蔵設備等」とは、貯蔵設備から減圧設備までの設備部分をいう。

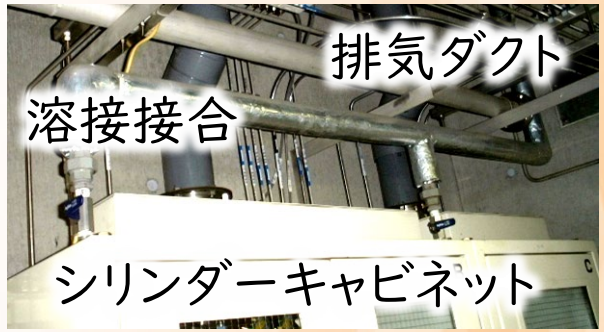
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図34 特殊高圧ガスの排気ダクトの構造等

一般第55条1項
9号～11号、19号

＊相互に反応するおそれのある排気ダクト
→系統別で除害設備

＊排気ダクトの構造
→① 気密（負圧）な構造
② 自燃性発火ガスの排気ダクトは燃焼生成物が堆積しないような構造及び点検可能な構造
③ 異常を早期に発見するための微差圧力計の設置等



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図35 特殊高圧ガスの消費設備の安全のための設備等（1）

一般第55条1項
第13号～15号、23号

＊貯蔵設備等（貯蔵設備から減圧設備までの設備）
→① 安全弁又は破裂板を設置
② 安全弁又は破裂板の放出管の開口部の位置は、除害設備内又は排気ダクト内

＊反応設備と減圧設備との間の配管
→逆流防止装置の設置（液化アンモニア及び液化塩素のものにも必要）

＊消費設備の配管、管継手及びバルブの接合
→溶接接合（例外：溶接接合が困難な場合は、フランジ接合、ねじ接合継手が可）
（液化アンモニア及び液化塩素のものも同様）

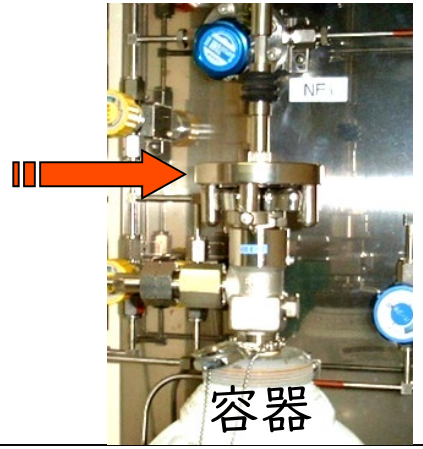
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図36 特殊高圧ガスの消費設備の安全のための設備等（2）

一般第55条1項
第17号、第18号

＊消費設備の構造
→その内部を不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）等でパージ又は真空引きができる構造

＊貯蔵設備の配管
→緊急遮断装置の設置



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図37 特殊高圧ガスの消費設備設置室の保安のための措置等

一般第55条1項第12号、第21号、第22号、27号

＊消費設備設置室の構造　→緊急時に容易に避難できる構造（2方向避難等）

＊消費設備からの漏えいガス、排出ガス及び置換したガス
→除害設備で除害の措置
（液化アンモニア及び液化塩素のものにも必要）

吸着式除害設備

＊消費施設
→その規模に応じて適切な防消火設備
（防火設備及び消火設備）の設置
（液化塩素を除く特定高圧ガスのものにも必要）

放水銃

消火器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図38 特定高圧ガスの消費の方法

一般第55条2項2号～4号

＊酸素の消費
→バルブ及び器具の石油類、油脂類その他可燃性の物を除去した後

＊消費施設等の日常点検［その他の高圧ガスの消費も同様］
→① 消費設備の使用開始時及び使用終了時に消費施設の異常の有無について点検
② 1日に1回以上、消費設備の態様に応じて頻繁に消費設備の作動状況について点検
③ 異常があった場合には、危険を防止するための措置

＊特殊高圧ガスの消費設備内のガス置換
→充塡容器等を接続した後、及び取り外す前に、その充塡容器等のバルブを閉止した状態で消費設備内部のガスを不活性ガスで置換し、又は真空引き

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図39 特定高圧ガス消費設備の修理、清掃作業における措置等

一般第55条2項5号

1 作業計画の作成

2 作業責任者の決定

3 作業の実施
①作業計画に従う
②作業責任者の監視の下、又は責任者と連絡できる措置

4 作業終了後は修理等をした貯槽の作動確認後に充填再開

消費設備の修理、清掃においても同様（一般第60条）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図40 特定高圧ガス消費設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置

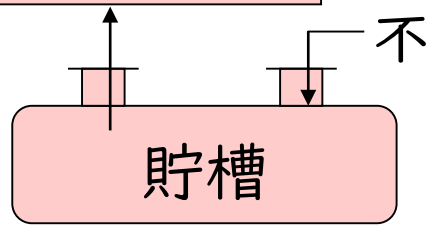
一般第55条2項5号

可燃性ガス、毒性ガス、酸素の貯槽

例示基準

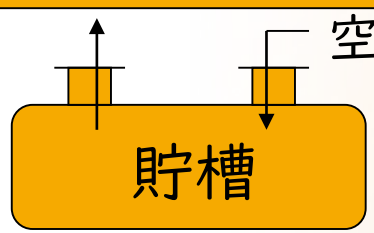
1 ガス置換

不燃性のガス、液体



2 空気置換（再置換）

空気



3 開放又は貯槽内に人が入る場合

①可燃性ガスのもの→酸素濃度が18～22%まで空気置換

②毒性ガスのもの→酸素濃度が18～22%まで空気置換、入る直前にガス濃度測定、特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等のものは空気呼吸器等呼吸用保護具を装着

消費設備の修理、清掃においても同様（一般第60条）

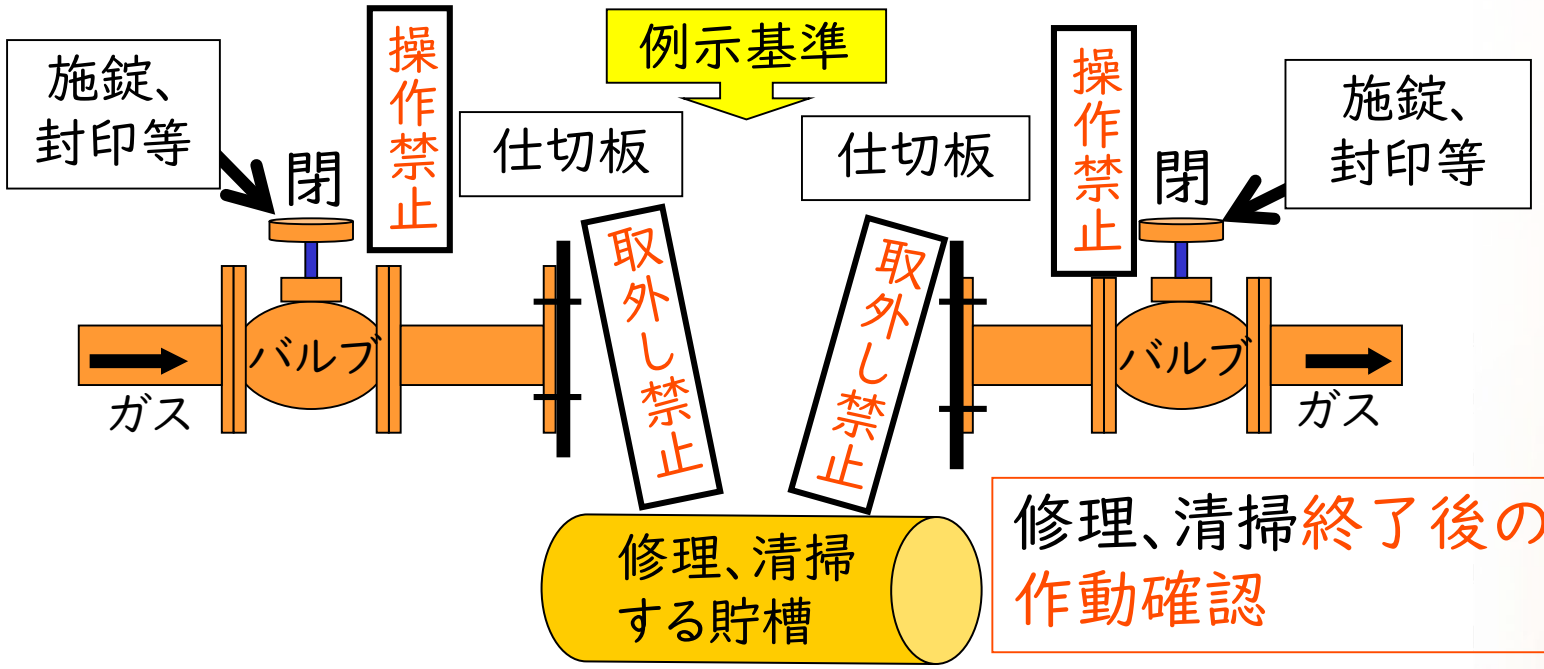
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図41 特定高圧ガス消費設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置

一般第55条2項5号

消費設備の修理、清掃においても同様（一般第60条）

貯槽を開放して修理、清掃時の措置



修理、清掃終了後の作動確認

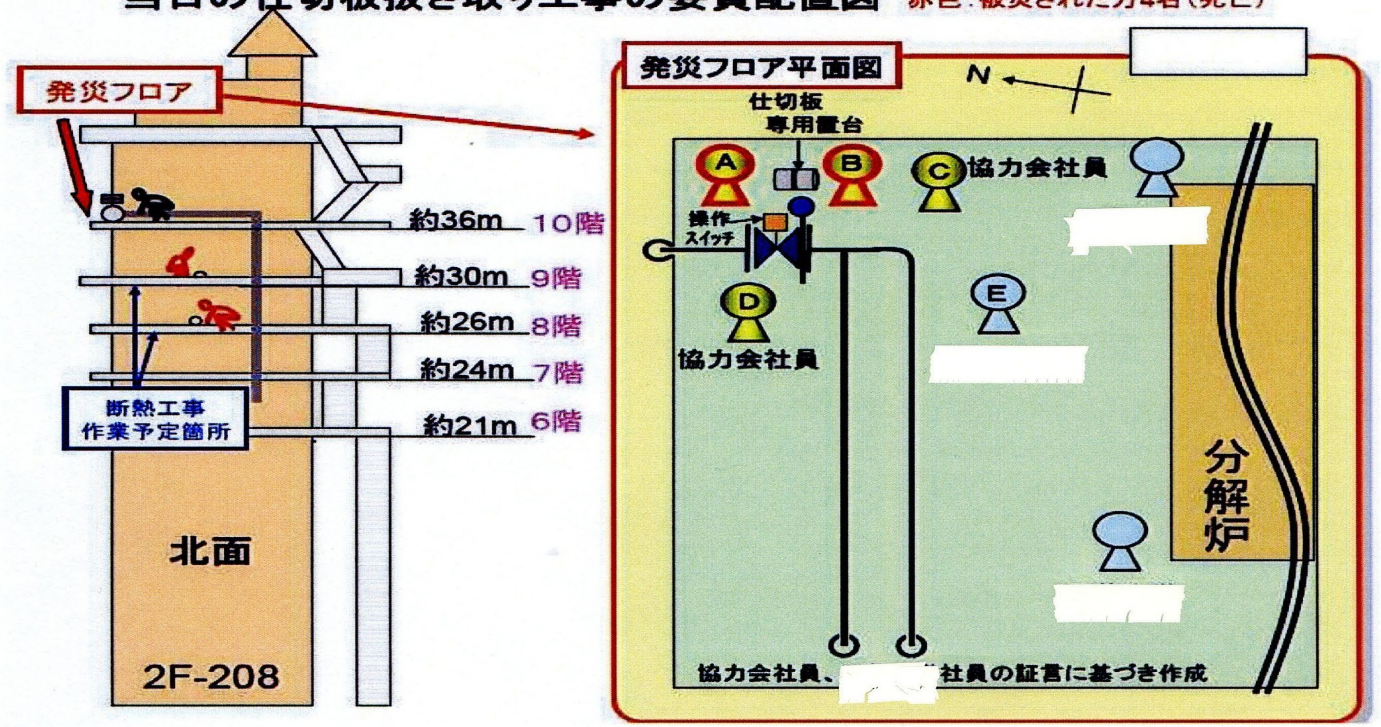
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3－1）

平成19年12月21日　A社エチレンプラント分解炉火災事故

死者4名（協力会社員）

当日の仕切板抜き取り工事の要員配置図　赤色：被災された方4名（死亡）

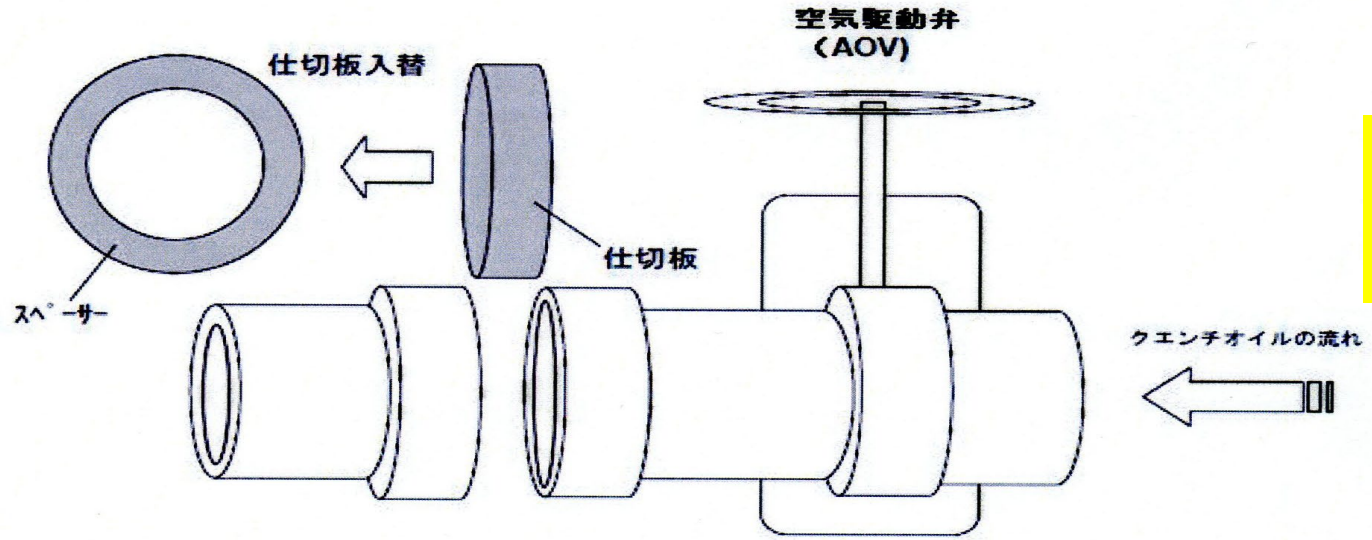


出典：失敗知識データベース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3−2）

「フランジ部が開放状態になった時、AOVが開けば多量の可燃物が漏れ、階下に流下する可能性がある」という単純な認識があれば、適切な工事管理により少なくとも階下の2人の被災は防げた可能性がある。



約165トンもの多量のクエンチオイルが流出

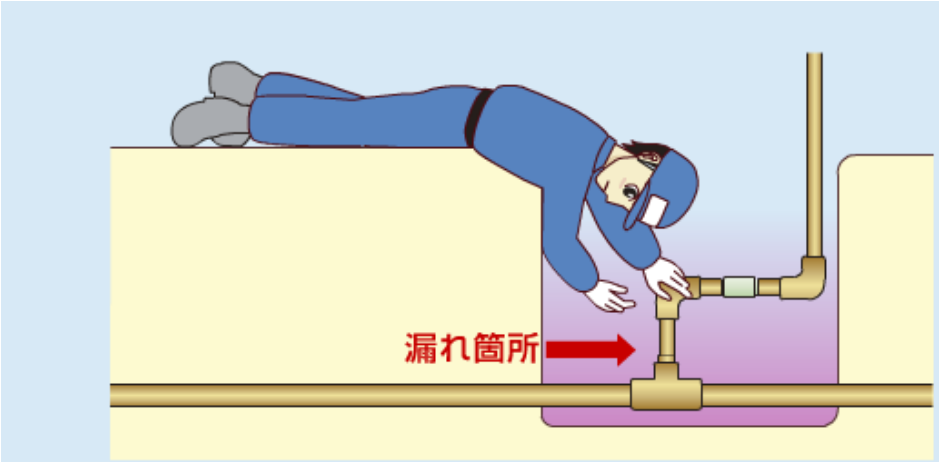
出典：失敗知識データベース

閉じる

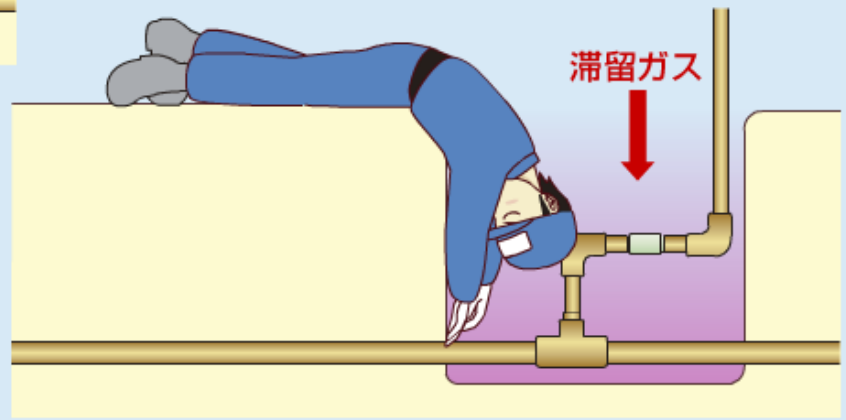
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料4）

埋設管工事ミスによる死亡事故例



消費者へのガスの供給を止めないまま、地面を掘削し、図のような体勢でのぞき込んだため、滞留した漏えいガスを吸引して酸欠事故となった。



KHK 平成18年度学習プログラム「設備工事」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図42 特定高圧ガスの消費者以外の消費者に係る消費の方法等（1）

一般第60条1項3号、5号～7号、15号、

＊充塡容器等の加熱方法（①～③のいずれか）（高圧ガスの廃棄においても同様）
→① 熱湿布　② 温度40℃以下の温湯
③ 空気の温度が40℃以下の所定の空気調和設備

＊消費設備のバルブ、コック
→① バルブ、コックには、誤操作防止措置
② バルブ操作は過大な力での操作禁止

＊可燃性ガス、毒性ガスの消費
→通風の良い場所で、かつ、その容器を温度40℃以下

＊酸素、三フッ化窒素の消費（高圧ガスの廃棄においても同様）
→バルブ及び器具の石油類、油脂類その他可燃性の物を除去した後

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図43 特定高圧ガスの消費者以外の消費者に係る消費の方法等（2）

一般第60条1項4号、11号、19号

＊充塡容器等
→湿気、水滴等による腐食防止措置

＊可燃性ガスの貯槽
→貯槽に生じる静電気除去の措置

＊一般複合容器
→水中使用禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図44 特定高圧ガスの消費者以外の消費者に係る消費の方法等（3）

一般第60条1項
10号、12号、16号

＊可燃性ガス、酸素（在宅療法用を除く。）、三フッ化窒素の消費設備
→① 設備の周囲5m以内では、喫煙、火気使用禁止、引火性物、発火性物を置くことの禁止（ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置は距離不要）
② 規模に応じた適切な消火設備を設置

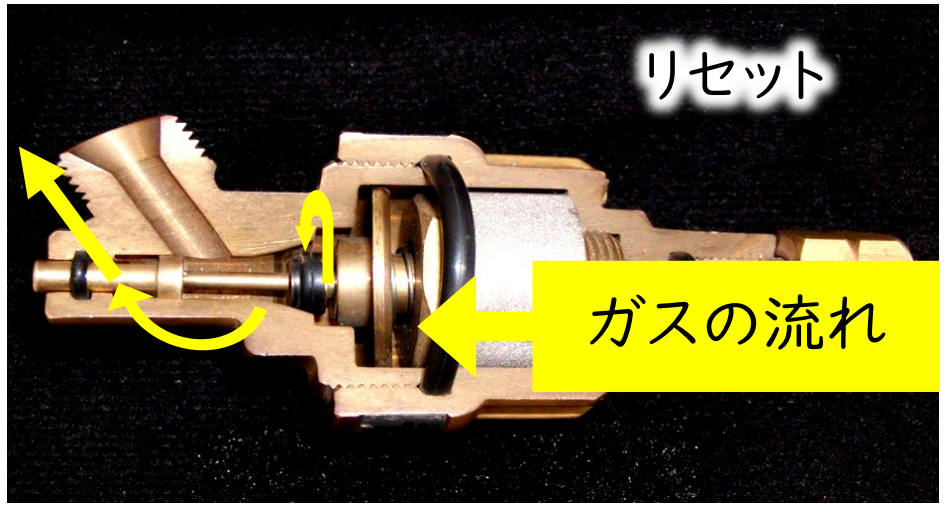
＊消費後の措置（高圧ガスの廃棄においても同様）
→① バルブを閉止
② 容器の転倒及びバルブ損傷防止措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

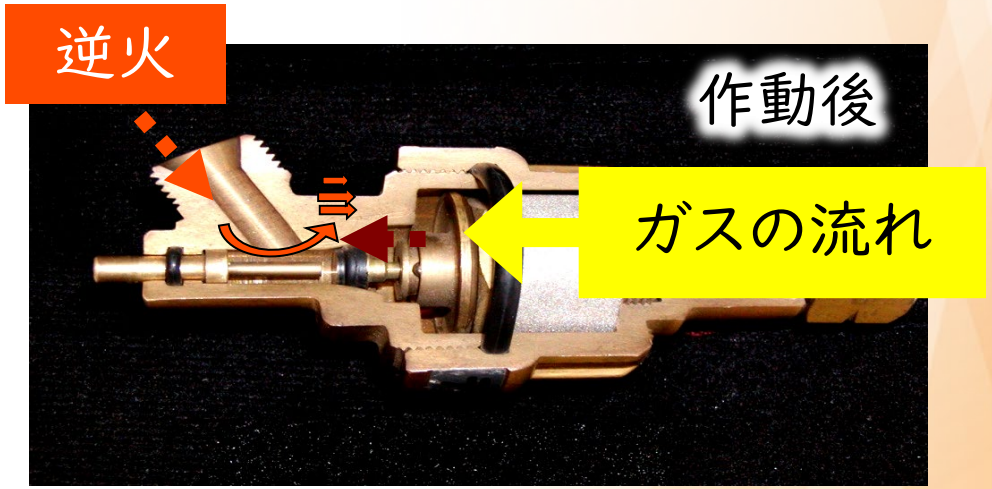
図45 特定高圧ガスの消費者以外の消費者に係る消費の方法等（4）

一般第60条1項
13号、14号

＊溶接、熱切断用のアセチレン、天然ガスの消費
→逆火、漏えい、爆発防止措置



逆火防止器の例



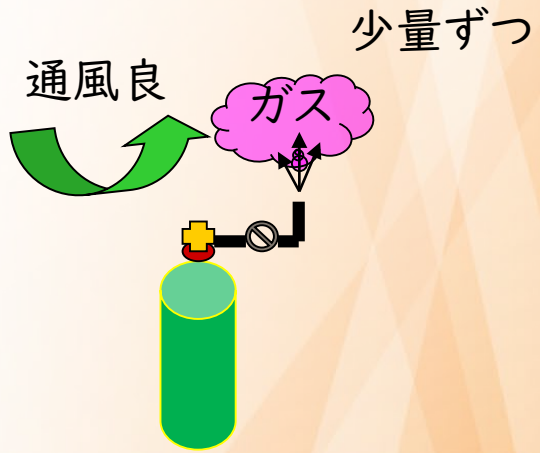
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図46 高圧ガスの廃棄の方法

一般第62条1号、2号、4号

＊ガスの廃棄は、容器とともに行わないこと。
→容器の廃棄禁止（地中に埋設、水中投棄等の禁止）

＊可燃性ガス又は特定不活性ガスの廃棄
→火気を取り扱う場所、引火性又は発火性の物のたい積した場所及びその付近を避け、大気中に放出して廃棄するときは、通風の良い場所で少量ずつ



＊可燃性ガス、毒性ガス又は特定不活性ガスの反復、継続廃棄
→ガスの滞留を検知するための措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料5－1）

過充塡されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

【LPガス充塡所　火災・爆発事故】

昭和61年5月17日

（三重県四日市市）

（充塡所の規模＝正職員13名及び臨時作業員2名）

人 的 被 害　火傷3名

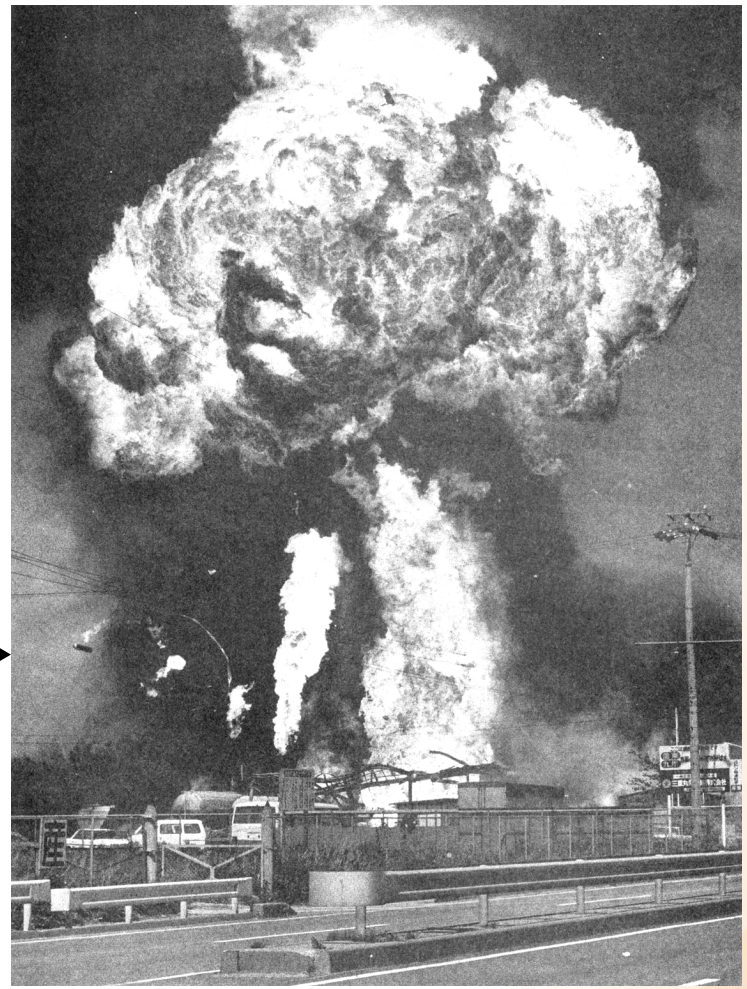
物 的 被 害　充塡所、貯槽、容器多数焼損

第三者被害　同一構内施設車両等全焼、充塡所隣接国道通行中の車両フロントガラス破損、近隣飲食店窓ガラス破損他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料5−2）

充塡所プラットホームにあった充塡容器の爆発により形成されたファイアーボール



大爆発により破裂した容器が半径160m内に飛び散った。
飛翔する50kg容器

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料5−3）

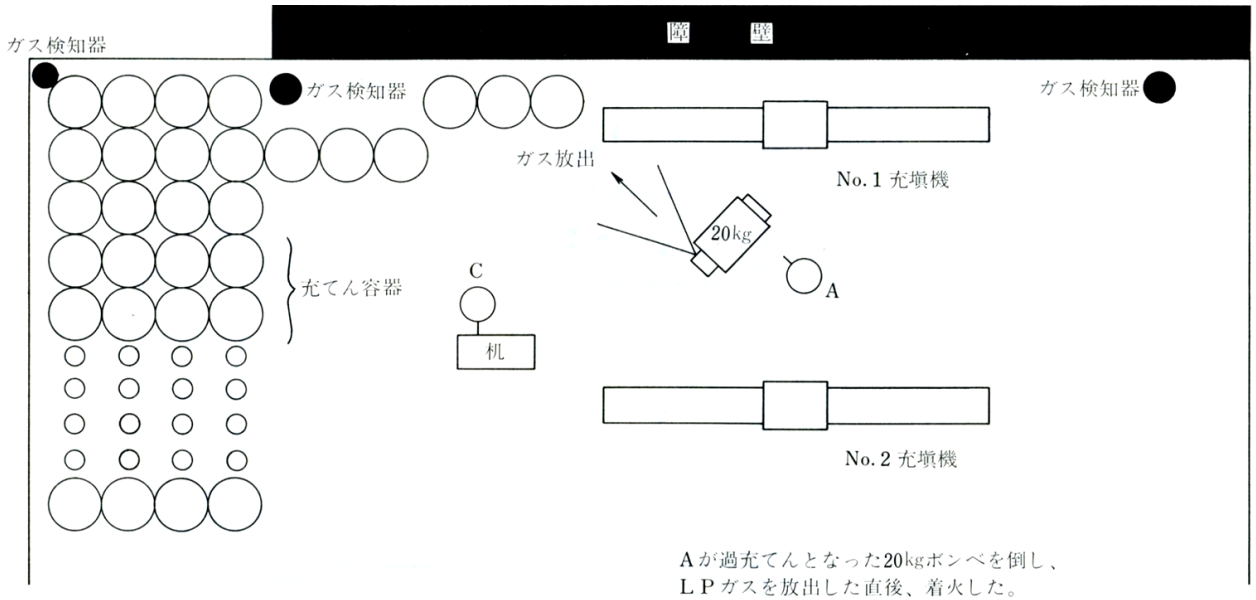
通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料5－4）

（事故原因）作業員Aが20kg容器に充塡中、容器が計量器に正しくセットされていないことに気づき、容器を外してチェックしたところ、過充塡であることを確認。
そこで、作業員Aは容器を充塡機近辺で横に倒し、バルブを開け、液状のLPガスの放出を開始した直後、着火して火災が発生した。（当日保安係員等不在）

過充てんガスの放出位置（想像図）

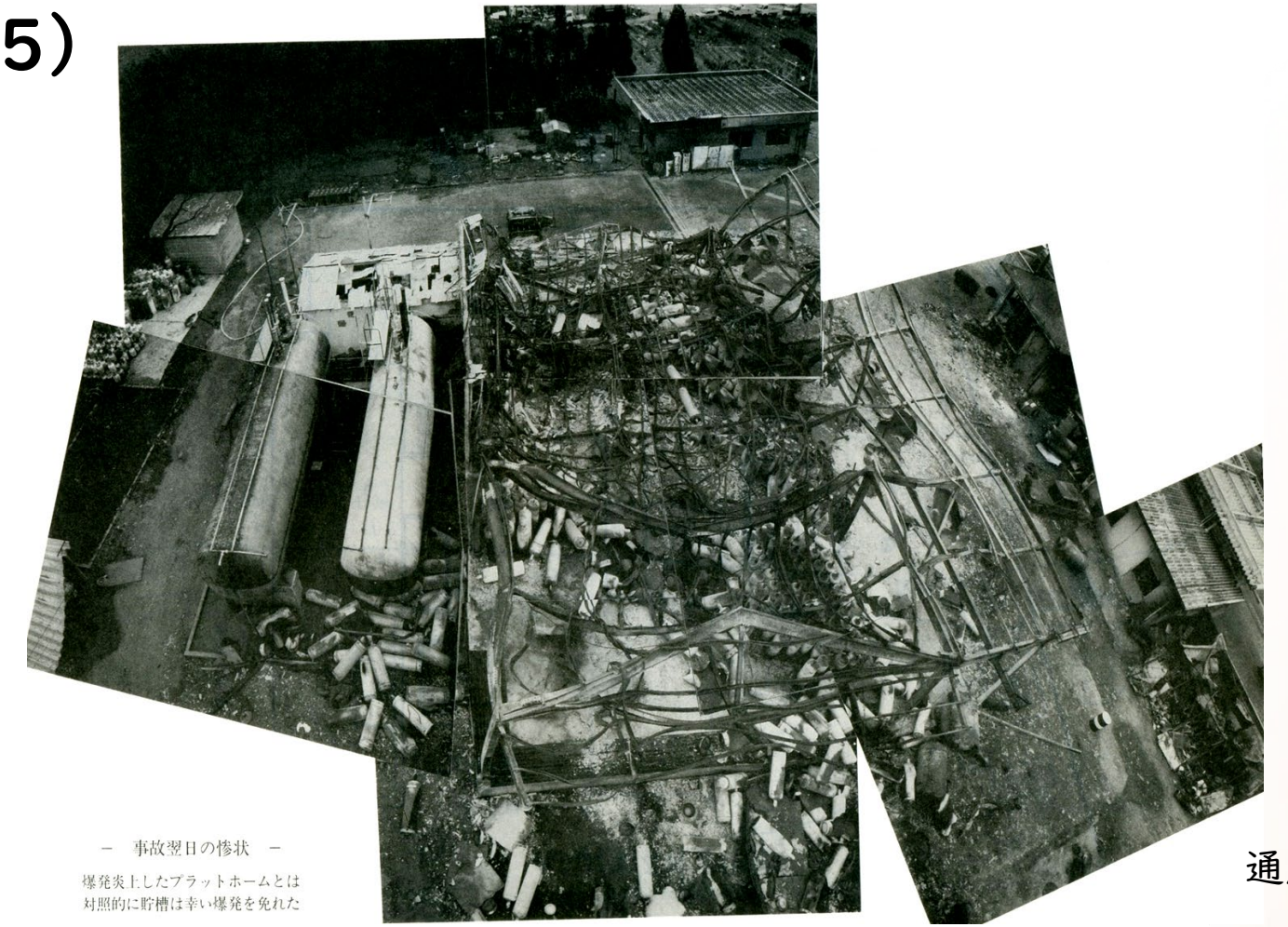


Aが過充てんとなった20kgボンベを倒し、
ＬＰガスを放出した直後、着火した。

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料5−5）



− 事故翌日の惨状 −

爆発炎上したプラットホームとは
対照的に貯槽は幸い爆発を免れた

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料5－6）

この事故の教訓

廃棄の基準（抜粋）
（液化石油ガス保安規則関係例示基準第57節）

液化石油ガスを廃棄する場合は、次の各号の基準によるものとする。

2.（前略）

「また、液化石油ガスの充塡を行う事業所においては液状の液化石油ガスが充塡されている容器からの放出（立ち消え防止のために容器から少量ずつ行うエア抜きに係る放出並びにタンクローリスリップチューブ及びロータリー式液面計の操作に係る放出を除く。）を行ってはならない。」

（廃棄の基準としては、従前も「液状で放出しないこと」との規定がされていたが、昭和62年6月22日、当時の省令補完基準に、「　」の内容が追加された。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

END

ご静聴
ありがとうございました。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種販売講習

講習科目：保安管理技術

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1　高圧ガスの種類

2　ガスの一般的性質

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1　高圧ガスの種類

1.1 高圧ガスとは

貯蔵や輸送に便利なように圧縮されてるガス、
および圧縮または冷却されて液体となっているガスで
あって、高圧ガス保安法で定められた圧力以上のものをいい、
前者を圧縮ガス、後者を液化ガスという。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 容器内の状態による分類

圧　縮　ガ　ス	酸素、水素、窒素など、単に圧縮されて気体の状態にあるガス
液　化　ガ　ス	アンモニア、二酸化炭素、LPガスなどのように、常温において液体の状態にあるガス

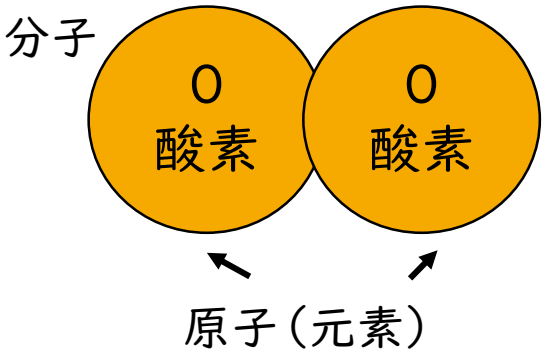
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 ガスの性質による分類

可燃性ガス	空気中、または酸素中で燃焼するガス 水素、アセチレン、プロパンなど一般則で定められたガス
支燃性ガス	他の物質を燃焼させることができるガス 酸素、空気、塩素等
不燃性ガス	そのガス自身は燃焼しない。他の物質を燃焼させる性質ももたないガス 窒素、二酸化炭素、アルゴン、ヘリウム等
特定不活性ガス	フルオロオレフィン 1234yf、フルオロオレフィン 1234ze、フルオロカーボン 32
毒性ガス	人体に有害な作用を及ぼすガス 塩素、一酸化炭素、亜硫酸ガス、アンモニアなど
特殊高圧ガス	危険性の大きい7種のガス（数量、濃度に係らず規制を受ける。） アルシン、ジシラン、ジボラン、セレン化水素、ホスフィン、モノゲルマン、モノシラン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1 分子および分子量



O2 酸素（単体:単一の元素からなる）

CO_2 二酸化炭素
（化合物：2種以上の元素からできている）

表2.1　主な元素の元素記号と原子量

元素名	元素記号	原子量	元素名	元素記号	原子量
水素	H	1	酸素	O	16
ヘリウム	He	4	フッ素	F	19
炭素	C	12	塩素	Cl	35.5
窒素	N	14	アルゴン	Ar	40

原子量：炭素原子に12という数値を与え、他の原子の質量はこれを基準に表す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表2.2　分子式、分子量
分子量：原子と原子が結合してできた分子の質量を原子と同じ基準で表したもの

物質名	分子式	分子量
水素	H_2	2
窒素	N_2	28
酸素	O_2	32
塩素	Cl_2	71
メタン	CH_4	16
アンモニア	NH_3	17
アセチレン	C_2H_2	26
シアン化水素	HCN	27
一酸化炭素	CO	28
二酸化炭素	CO_2	44
プロパン	C_3H_8	44
ブタン	C_4H_{10}	58

混合気体の平均分子量：例えば空気は酸素21%、窒素79%で、平均分子量は29

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表2.3　分子量の求め方

物質名	分子の構成	分子式	分子量の計算 （原子量×個数）の和
水素	H原子2個	H_2	1×2=2
メタン	C原子1個 H原子4個	CH_4	(12×1)+(1×4)=16 Cの原子量+Hの原子量
プロパン	C原子3個 H原子8個	C_3H_8	(12×3)+(1×8)=44
二酸化炭素	C原子1個 O原子2個	CO_2	(12×1)+(16×2)=44

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　ガスの一般的性質

物質の量を表す単位

質　量（g、kg）
物質量（モル；mol）
・物質1molの質量を
　　モル質量という。
・モル質量の単位は、質量をgで表すと[g/mol]となり、その数値は分子量と同じ。
　酸素　32 g/mol
　ﾌﾟﾛﾊﾟﾝ 44 g/mol

アボガドロ定数

どのような物質でも1molに含まれる分子の数は
6.02×10^{23}個と等しい。

アボガドロの法則

すべての気体において、同じ温度、圧力のもとで、同じ体積中に含まれる分子の数は常に同じである。
すべての気体1molは、標準状態（0℃、0.1013 MPa）において、およそ22.4 Lの体積を占める。

すべての気体1molは、標準状態で22.4Lの体積を占める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

◆例題 2.2 液化塩素 213g を蒸発させると、標準状態において、およそ何Lの気体となるか。ただし、塩素の分子量は71である。

（解）液化塩素の物質量は 213g/71（g/mol）＝3mol
標準状態における体積は、22.4(L/mol)×3mol＝67.2 Lとなる。

◆例題 2.3 標準状態で6m^{3}の体積を示す気体の窒素の質量はおよそいくらか。ただし、窒素の分子量は28である。

（解）6m^{3}は6000 Lであるから、物質量は、
6000 L÷22.4(L/mol)=268 mol
質量は、28（g/mol）×268 mol=7504 g≒7.5 kg
となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 単位

SI単位（国際単位系）

表2.4　SI接頭語

単位に乗じられる倍数	接頭語の名称	接頭語の記号
10^{6}	メガ	M
10^{3}	キロ	k
10^{-1}	デシ	d
10^{-2}	センチ	c
10^{-3}	ミリ	m
10^{-6}	マイクロ	μ
10^{-9}	ナノ	n

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　ガスの一般的性質

力の単位

力の単位　ニュートン（N）

1N：質量1kgの物体に作用し1m/s^2 の加速度を生ずる力

1N＝ 1 kg× 1 m/s^2 ＝ 1kg･m/s^2

圧力の単位

圧力の単位　パスカル（Pa）

1Pa：物体の単位面積1m^2 当たり1Nの力が作用するときの圧力

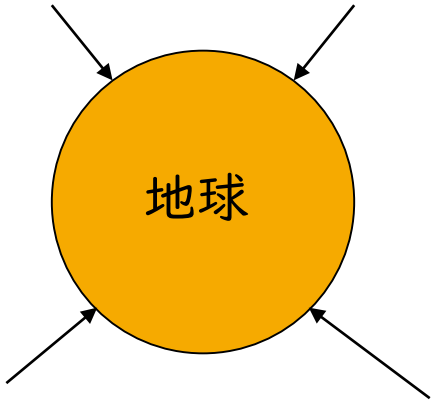
1Pa＝1N/m^2＝1kg/（m･s^2）

SI 単位による表記

1MPa＝10^6 Pa＝1000×10^3 Pa＝1000 kPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

大気圧
（大気が地球の表面に及ぼす圧力）



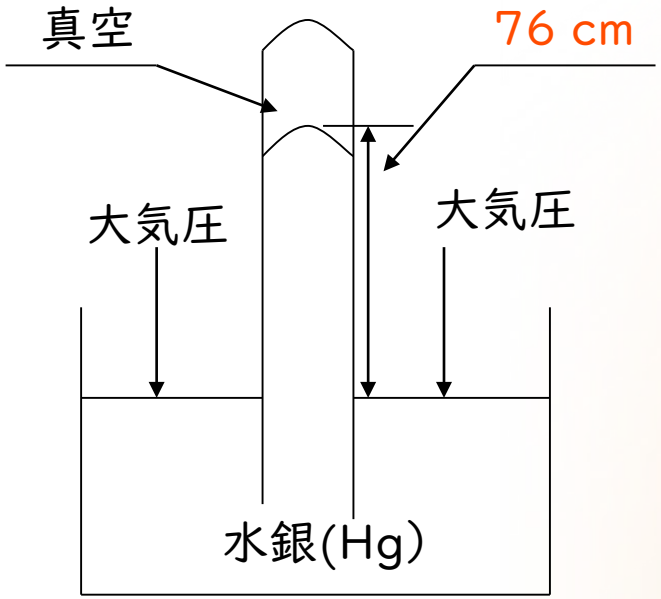


図2.1　トリチェリの実験

標準大気圧＝1atm＝760mmHg＝101325 Pa
＝101.325 kPa
＝0.101325 MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

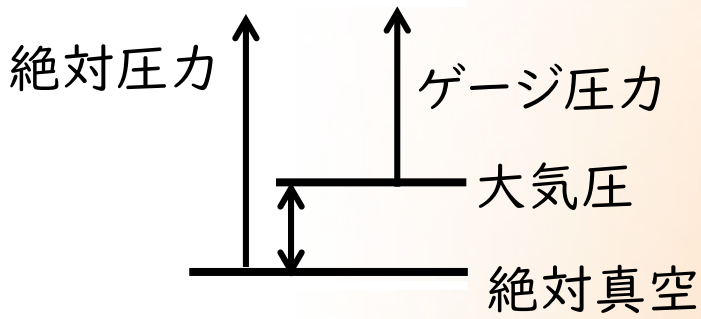
2　ガスの一般的性質

圧力

絶対真空を零とした絶対圧力

大気圧を零としたゲージ圧力

絶対圧力＝ゲージ圧力＋大気圧
ゲージ圧力＝絶対圧力－大気圧



ブルドン管圧力計では、通常、大気圧を零として目盛がつけられている。
よって、目盛はゲージ圧力を表している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　ガスの一般的性質

温度

セルシウス温度（セ氏温度）(セルシウス度、℃)

標準大気圧下で純粋の氷点を0℃、沸点を100℃として、
この間を百等分して1度としたもの。

熱力学温度（絶対温度）(ケルビン、K)

気体の温度、圧力、体積の関係を求める計算に用いる。

熱力学温度 T (K) ＝セルシウス温度 t (℃)+273.15

温度1度の幅は、セルシウス温度と熱力学温度は同じ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　ガスの一般的性質

熱量

物質に熱を加えると温度が上昇し、熱を奪うと温度が下降する。
この熱を数量的に示したものが熱量である。
SI単位では、熱量の単位としてジュール（J）が用いられる。

計量法では、1cal ＝ 4.18605 Jと定めている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　ガスの一般的性質

密度
物質の単位体積当たりの質量を密度という。
密度の単位としては、kg/m^3などが用いられる。

気体では温度、圧力によって大きく変化するので、
気体の密度を表す場合には、温度、圧力を示すことが必要。

ある気体の密度と基準となる気体（一般には標準状態の空気）の密度との比（相対密度）をガス比重という。

標準状態のガス比重は、その気体の分子量と空気の平均分子量（29.0）の比として求められる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 気体の性質

温度が一定ならば、一定量の気体の体積は圧力に反比例する

$$p_1V_1 = p_2V_2$$ ← ボイルの法則

圧力が一定ならば、一定量の気体の体積は熱力学温度（絶対温度）に比例する

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$ ← シャルルの法則

ボイル・シャルルの法則

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} = 一定$$

気体の計算は
絶対圧力、絶対温度を
用いる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　ガスの一般的性質

理想気体の状態方程式(標準状態)

$$pV = nRT$$

p ＝ 絶対圧力
V ＝ 体積
n ＝ 物質量 (mol)
R ＝ 気体定数
　　気体定数Rは気体の種類に関係なく一定
　　$R = 8.31$ J/(mol･K)
T ＝ 絶対温度 (K)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

◆ 例題 2.6　内容積47Lの容器に空気が充てんしてある。温度0℃のとき、容器内の圧力は絶対圧力で10.0MPaであった。この容器の温度が40℃に上昇したとき容器内の圧力は絶対圧力でおよそいくらか。ただし、理想気体として計算せよ。また容器の内容積は変わらないものとする。

（1）2.5MPa（2）9.0MPa（3）11.5MPa（4）14.0MPa（5）20.0MPa

（解）ボイル-シャルルの法則 $p_1 \cdot V_1/T_1 = p_2 \cdot V_2/T_2$ から求める。
この式では、圧力は絶対圧力（MPa）、温度は熱力学温度（K）。
容器の内容積は変わらないので$V_1 = V_2$
0℃（T1）=273Kの時の圧力をp_1（10.0MPa）
40 ℃（T2）=313Kの時の圧力をp2とすると、

$10.0 \times V_1/273 = p_2 \times V_1/313$

よって、p_2 =10.0×313/273 = 11.46MPa

したがって、正解は（3）である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

◆ 例題 2.7 内容積47Lの容器に、温度35℃、圧力14.7MPa（絶対圧力）で充てんされた圧縮窒素がある。その窒素は標準状態において体積はおよそいくらになるか。理想気体として計算せよ。

（解）ボイル・シャルルの法則 $p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$ から
求める。この式では、圧力は絶対圧力（MPa）、温度は熱力学温度（K）である。
充てんされた容器の内容積V_1は47Lである。
この時の温度T_1は、35℃を絶対温度に換算して、35+273=308 K
圧力p_1は、14.7MPa（絶対圧力）である。
また標準状態をp_2、V_2、T_2とすれば、p_2=0.101MPa（絶対圧力）、
T_2=273Kである。
これらを式に代入すると、
14.7MPa×47L/308K=0.101MPa×V_2/273K
∴V_2=14.7×47×273/（0.101×308）=6063L = 6.063m^3 ≒6.1m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

◆例題 2.8 25℃で内容積40.0Lの真空の容器に窒素ガスを充てんしたところ、圧力が20.0MPa（ゲージ圧）になった。何kgの窒素が充てんされたか。窒素の分子量は28.0とする。

（解）状態方程式$pV = nRT$より、

$n = pV/RT$

$= ((20.0 + 0.101) \times 10^{6}\ \mathrm{Pa} \times 40.0 \times 10^{-3}\ \mathrm{m^3}) / (8.31\ \mathrm{J/(mol \cdot K)} \times 298\ \mathrm{K})$

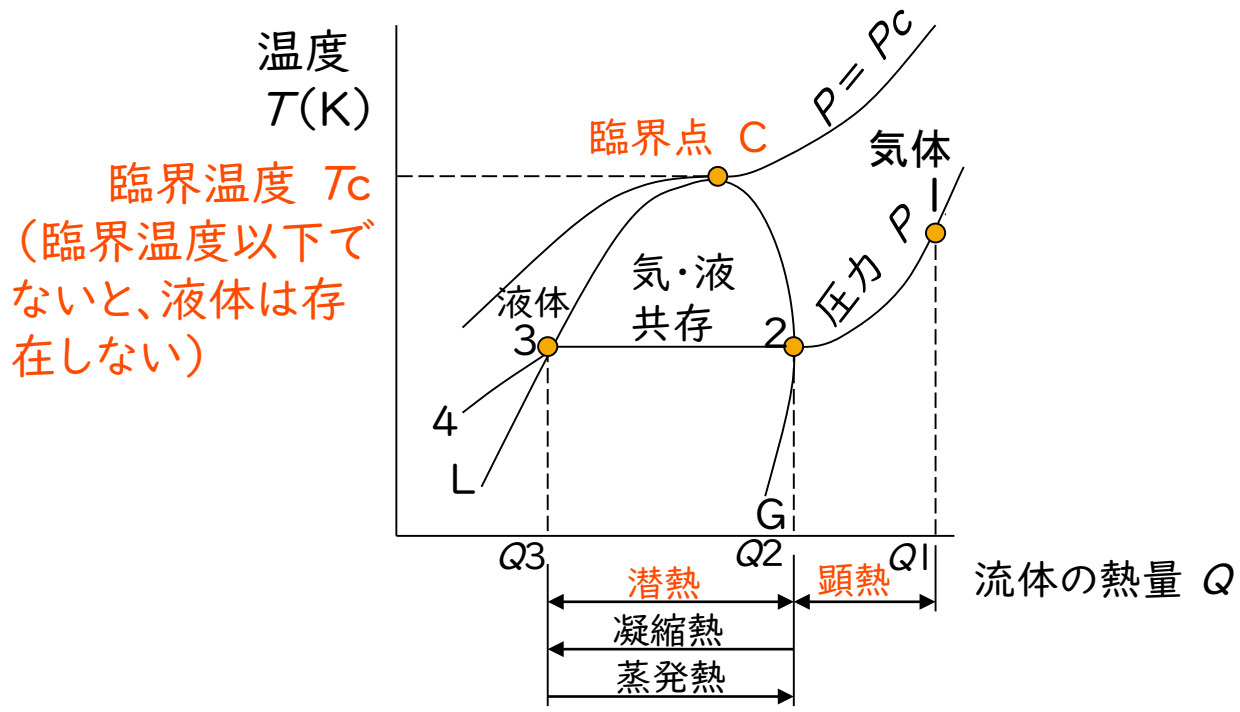
$= 325\ \mathrm{mol}$

質量は、$325\ \mathrm{mol} \times 28.0\ \mathrm{g/mol} = 9100\ \mathrm{g} = 9.10\ \mathrm{kg}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

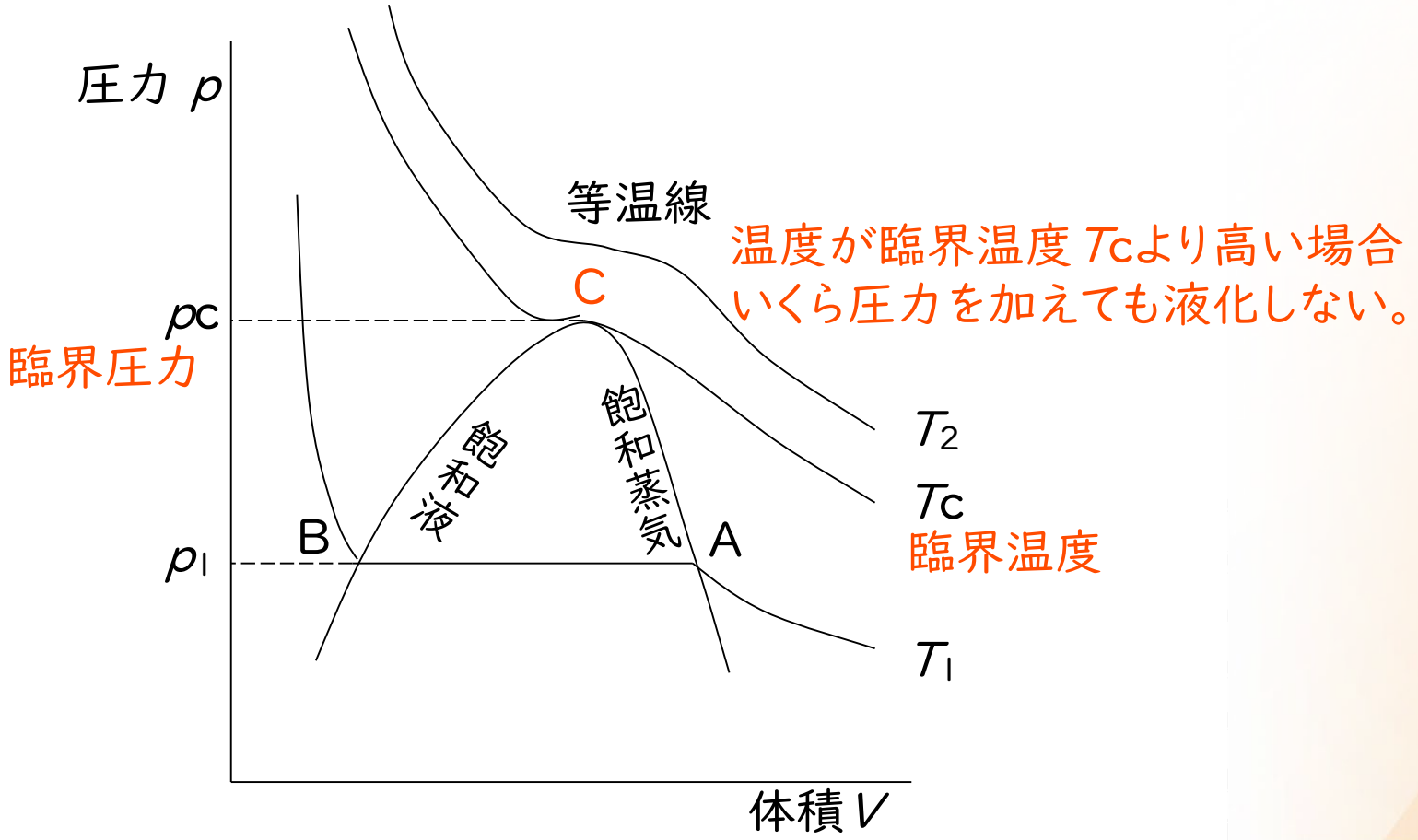
2.4 液化ガスの性質

図2.7　ガスの温度ー熱量曲線



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2.8　p－V線図で示した液化の説明



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

沸点

大気圧において液体が沸騰する温度。
液面に加わる圧力が高くなるほど、沸点は高くなる。
逆に液面に加わる圧力が低くなれば、沸点は低くなる。

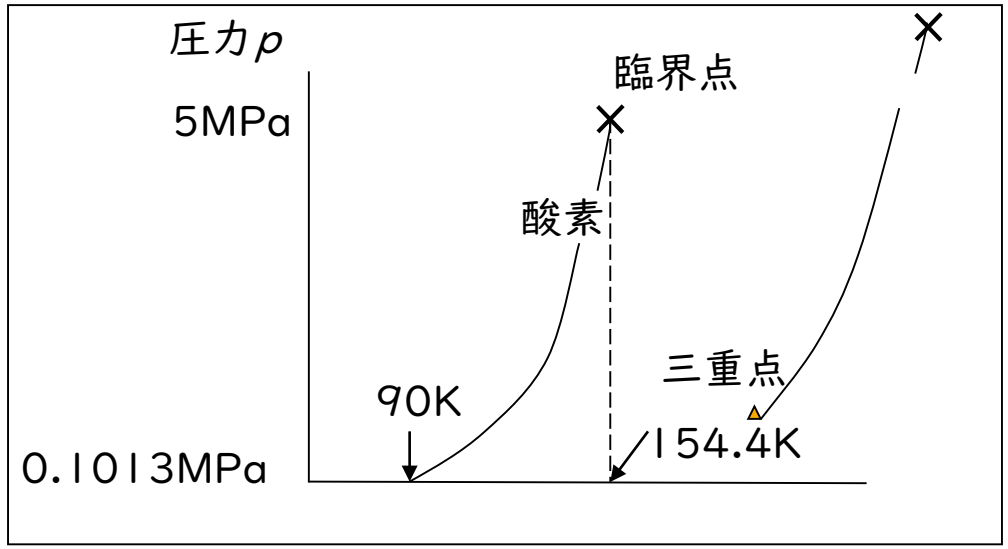
液化ガスの種類、圧力により異なる。
水：100℃、酸素：－183℃（90 K）

単一物質の蒸気圧

密閉された容器に液体を入れ、温度を一定に保つと、気体（気相部）の圧力は一定の値をしめす。
このとき液体と気体は平衡状態にあり、飽和状態という。
飽和状態にある気体を飽和蒸気という。
その圧力を飽和蒸気圧又は蒸気圧という。
温度が一定であれば、密閉された容器内の液化ガスの示す圧力は、液体が存在する限り、液体の量に関係なく一定である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2.11　各種液化ガスの温度ー蒸気圧曲線



温度の上昇とともに蒸気圧上昇。

二酸化炭素は大気圧下では沸点をもたない。
絶対圧力0.53 MPaにおいて、三重点が存在する。これ以下の圧では固体と気体のみ存在。

混合物の蒸気圧

LPガスのような混合物の場合は、組成により蒸気圧は異なる。
組成が一定で温度が一定ならば、蒸気圧は一定である。
混合物の場合、一般に液体の組成と気体の組成は異なる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガスの最大充てん質量

液体は、圧力一定のもとで、温度が変化すれば、それに応じて体積は変化する。
一方、温度一定のものとで圧力が変化すれば、同じく体積は変化する。
（ただし、液体は気体に比べ、体積変化が小さく、液体の種類によって変化の大きさが異なる。）

液化ガスでは、通常、温度を1℃上昇させたときの体積変化を圧力の増加で打ち消そうとすると、約1MPaの圧力増加が必要となる。
液化ガス容器に過充てんした場合、温度上昇による液化ガスの体積変化は、容器に過大な圧力を生じ、容器の破損をもたらすおそれがある。

この危険性を予防するために、液化ガスの種類ごとに、容器内容積当たりの液化ガスの最大充てん質量が定められている。
容器に、定められた最大充てん質量の液化ガスを充てんした場合には、容器上部に5～10%の気相体積（安全空間）が存在する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

◆ 例題 2.10 液化ガスに関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

イ．ガスは温度に関わらずその臨界圧力より高い圧力に圧縮すれば、液化する。

⇒（×）ガスの液化は、そのガスの臨界温度以下の温度で可能であり、臨界温度を超えるといくら圧力を加えても液化しない。

ロ．　蒸発熱、凝縮熱のように温度変化を伴わない状態変化（相変化）に伴って出入する熱量を潜熱という。

⇒（○）状態変化に伴って出入する熱量を潜熱といい、状態変化を伴わずに出入する熱量を顕熱という。

ハ．　液化ガスの沸点は、ガスの種類に関係なく一定である。

⇒（×）沸点はガスの種類により異なる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5 燃焼と爆発

燃焼

物質が化学変化を起こして熱を発生し、温度の上昇に伴い光を発する場合、燃焼という。
燃焼の三条件：可燃物、支燃物、発火源

爆発

激しい燃焼。周囲に大きな衝撃を与える。器物を破壊。

爆ごう

爆発の中でも火炎の伝ぱ速度が音速を超えるもの。
衝撃波を生じ、激しい破壊作用を起こす原因となる。

分解爆発

単一のガスで支燃物がなくとも発火源があると爆発となる性質。分解爆発性ガスとしては、アセチレン、酸化エチレン、モノゲルマンなど

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

発熱量

総発熱量：生成物の水…液体（高発熱量）

真発熱量：生成物の水…水蒸気（低発熱量）

単位質量当りでは水素が大きい。
単位体積当りでは水素が小さく、
分子量の大きいガスが大きい。

完 全 燃 焼：燃焼によって生成する物質は
二酸化炭素、水
不完全燃焼：空気または酸素の供給が不十分で
一酸化炭素、炭素（すす）が混じる
⇒ 一酸化炭素中毒に注意

表2.5 主な可燃性ガスの総発熱量　P.23

ガス名	総発熱量	
	〔MJ/kg〕	〔MJ/㎥〕
水　素	142	13
メタン	56	40
エタン	52	70
アセチレン	50	58
エチレン	50	63
プロパン	50	99
ブタン	50	128

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

発火点（発火温度）

燃焼が起きるその時の温度：自然に燃え始める温度。

例）メタン・・・600℃　　水素・・・560℃

自然発火性ガス

発火点が常温以下のガスは、大気に流出するとただちに発火。
特殊高圧ガスのうち、モノシラン、ジシラン、ホスフィンは発火温度が常温以下。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

爆発（燃焼）範囲 、爆発（燃焼）限界

可燃性ガスと空気（酸素）との混合気体が燃焼できる混合割合の範囲。

可燃性ガスが酸素と混合した場合：

　空気より爆発範囲は広くなる。

vol %（空気中、0.101MPa、常温）

表2.6 主なガスの爆発範囲　P.24

ガス名	爆発範囲	
	下限界	上限界
水　素	4	75
メタン	5	15
エチレン	2.7	36
アセチレン	2.5	100*
プロパン	2.1	9.5
ブタン	1.8	8.4
一酸化炭素	12.5	74
アンモニア	15	28

*アセチレンは空気と混合しなくても分解爆発を起こすので、上限界値は100 %である。

発火源

- 火炎
- 電気火花
- 静電気の放電
- 摩擦、打撃
- 断熱圧縮
- 衝撃波
- 光

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガス

許 容 濃 度 ：1日8時間または週40時間の平常作業において、反復被曝しても健康上悪影響をこうむらない濃度。

急性毒性指標：短時間暴露による急性吸入毒性の指標
（LC_{50}：半数致死濃度）

表2.7 主なガスの爆発範囲

ガス名	許容濃度 [vol ppm]	ガス名	許容濃度 [vol ppm]
アンモニア	25	硫化水素	1
一酸化炭素	25	二酸化硫黄	0.25(STEL)
塩　　素	0.1※	酸化エチレン	1

※ 2018年、ACGIHの勧告値に変更あり。0.5ppm→0.1ppmに修正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガスの取扱い

◆徹底した漏えい防止

◆作業環境中の毒性ガス濃度の監視システム

◆漏えいしたガスの拡散防止
⇒除害の設備、適切な除害剤の備え

◆作業に必要な保護具（空気呼吸器、防毒マスクなど）の安全な場所での保管、維持・管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

酸素欠乏　酸素濃度18%未満に低下した状態

酸素は人間の感覚では検知できない。
刺激性がなく、無色、無臭のガスは無意識の呼吸で事故につながりやすい。

無酸素空気の1回の呼吸で死をまねくことがある。
酸素濃度6%以下の空気を呼吸すれば、瞬時に失神し、
6分程度で死にいたる。

酸素過剰空気の危険性

高濃度酸素の吸入も危険である。肺に充血をきたす。
酸素過剰雰囲気での燃焼は、空気中に比べ激しいものとなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 材料

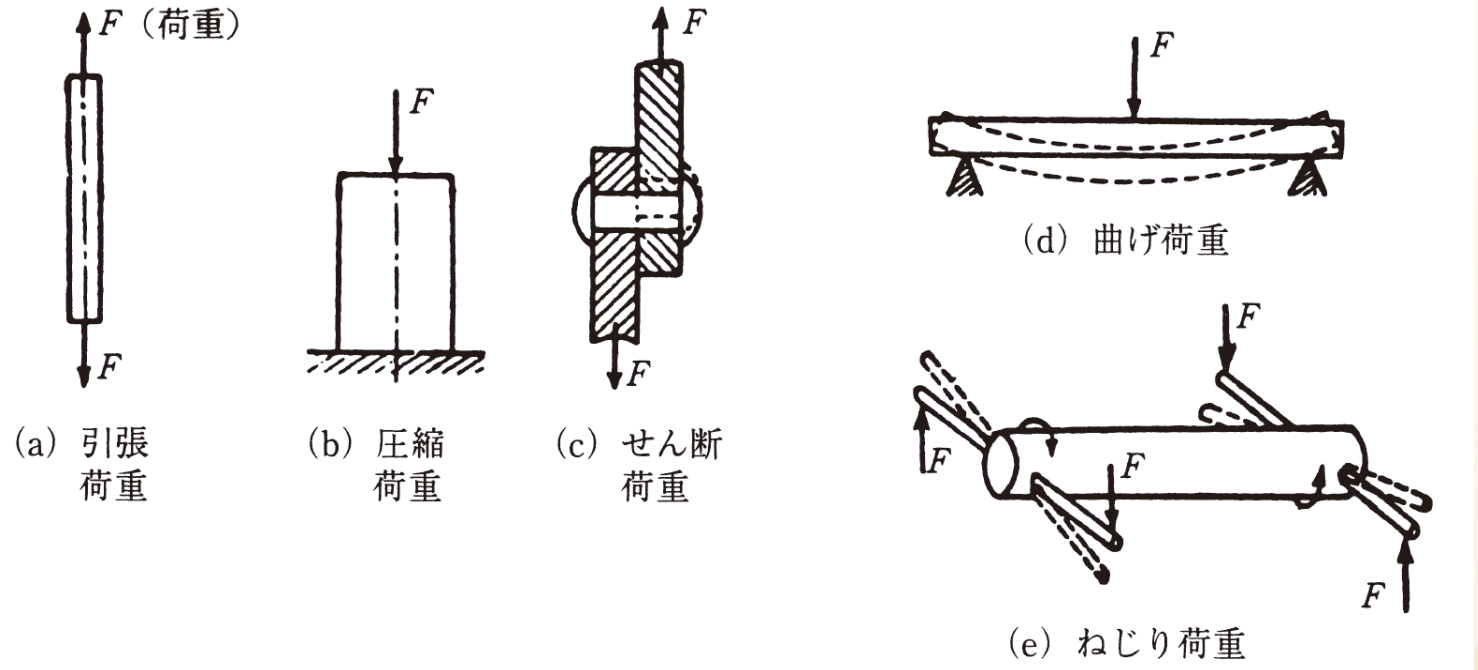
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1　材料力学の基礎

3.1.1　荷重

a）荷重の加わり方による種類

引張荷重、圧縮荷重、せん断荷重、曲げ荷重、ねじり荷重 等に分類される



（a）引張荷重　（b）圧縮荷重　（c）せん断荷重

（d）曲げ荷重

（e）ねじり荷重

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）荷重の速度による種類

1）静荷重

極めてゆっくりと作用する荷重または作用したまま一定の状態を続けている荷重。

2）動荷重

荷重の大きさがかなり速く変化する荷重であり、次のようなものがある。

①繰返し荷重

周期的に繰り返して作用する荷重。振動や回転などによって発生することがある。

②衝撃荷重

ハンマで物を打つときや物体の衝突の際に生ずる荷重。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

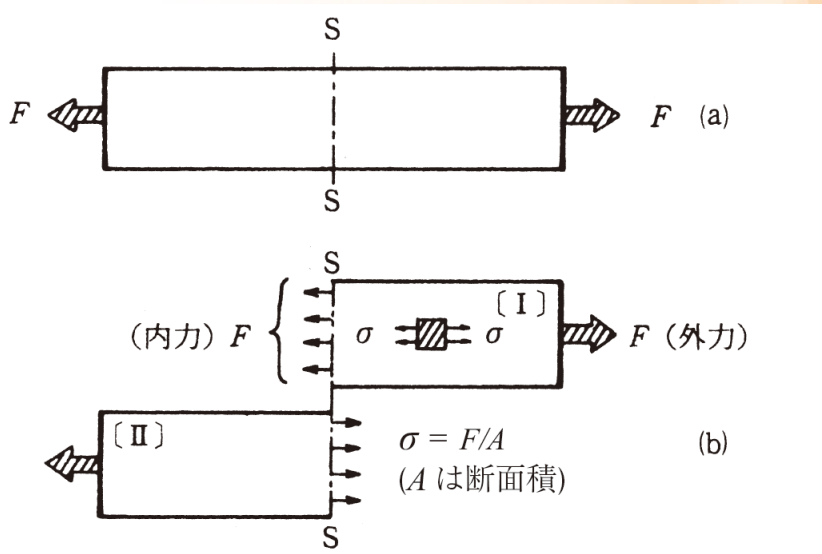
3.1.2 応力とひずみ

a）応力

内力（抵抗力）をその断面積で割った値、つまり断面の単位面積当たりの内力を応力といい、記号　σ（シグマ）で表す。

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

内力 F をN（ニュートン）、面積 A を m^2 で表すと
応力 σ はN/m^2（＝Pa）で表せる。
一般に応力はMPaあるいはN/mm^2で表される。



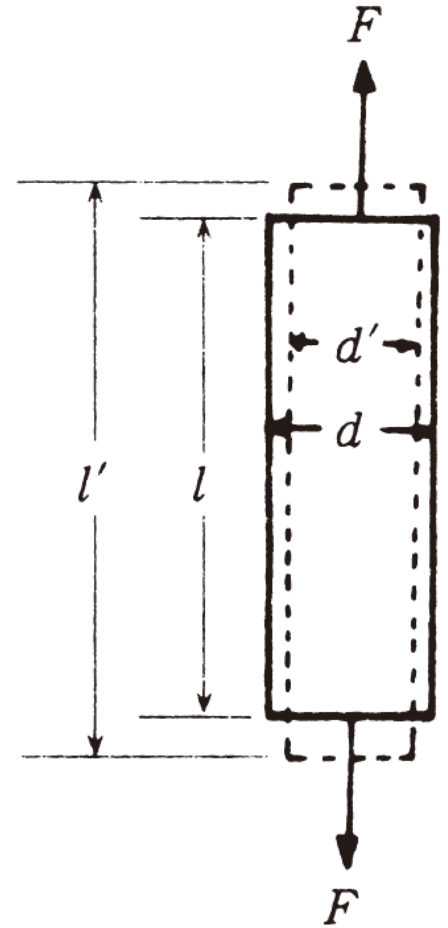
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）ひずみ

長さ l の変形量を λ、直径 d の変形量を λ' とすれば、

軸方向の伸び＝ $\lambda = l' - l$

直径方向の縮み＝ $\lambda' = d - d'$



変形の割合を表すのに、変形量を元の長さで割って得た値をひずみといい、ε の記号で表すと、次の関係が得られる。

$$\varepsilon = \frac{\lambda}{l} = \frac{l' - l}{l}$$

$$\varepsilon' = -\frac{\lambda'}{d} = -\frac{d - d'}{d} = \frac{d' - d}{d}$$

ε を縦ひずみ、ε' を横ひずみといい、ここでは引張荷重なので ε は正、ε' は負の値となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.3 弾性と塑性

弾性

材料は外力の大きさに応じて変形するが、ある範囲内の外力に対してはこの外力を取り除くと、元の状態に戻る。このような性質を弾性という。

塑性

外力を取り除いたとき、変形の一部は元に復するが、なお、変形が残り完全に原形に戻らないことがあり、このような性質を塑性という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.4 フックの法則

機器や構造物に使用される通常の材料は、比例限度以内では、応力とひずみは比例する関係がある。これをフックの法則といい、次の関係で示される。

$$\frac{\text{応　力}}{\text{ひずみ}} = \text{一定}$$

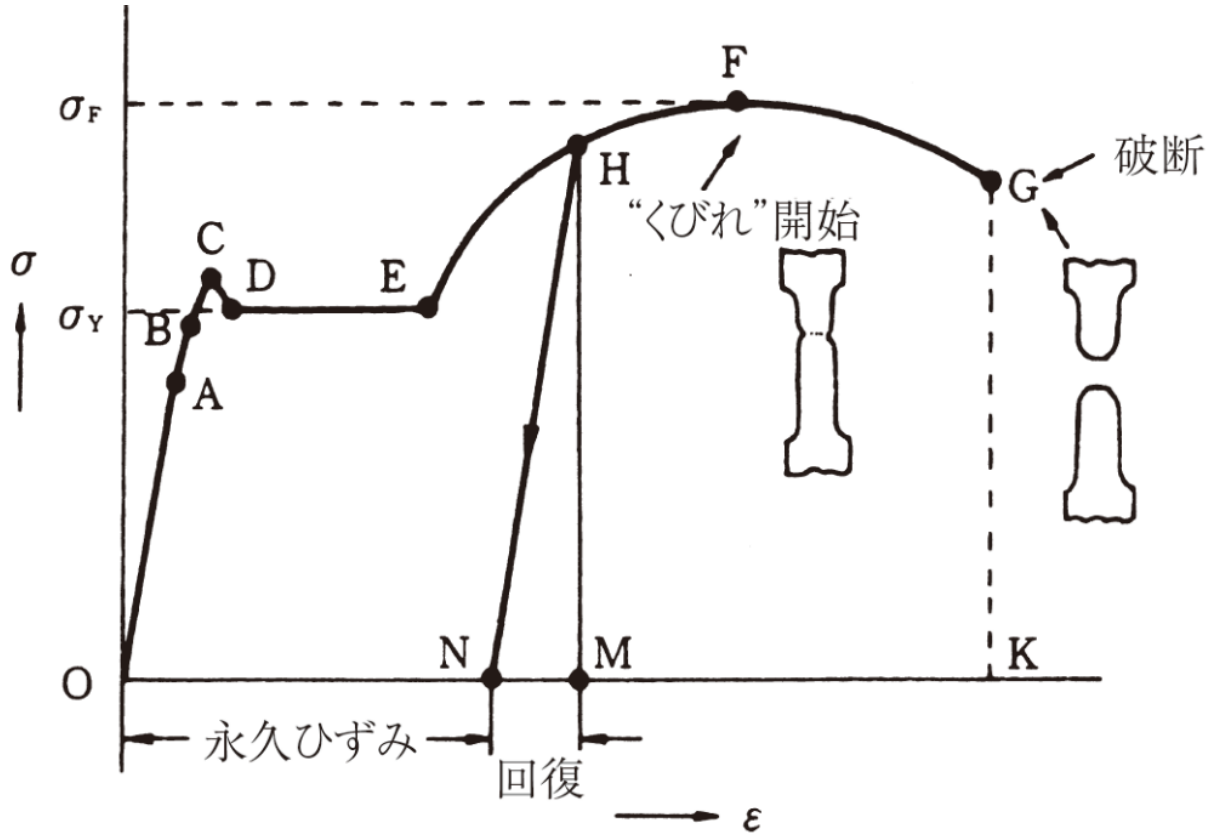
この比例定数を弾性係数という。応力σとそのときの縦ひずみεとの比を縦弾性係数といい、これをEで表すと、次の式が成り立つ。

$$\sigma = E\varepsilon \quad \text{または} \quad \frac{\sigma}{\varepsilon} = E \qquad (E: \text{ヤング率})$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.5 応力－ひずみ線図

a) 軟鋼の応力－ひずみ線図

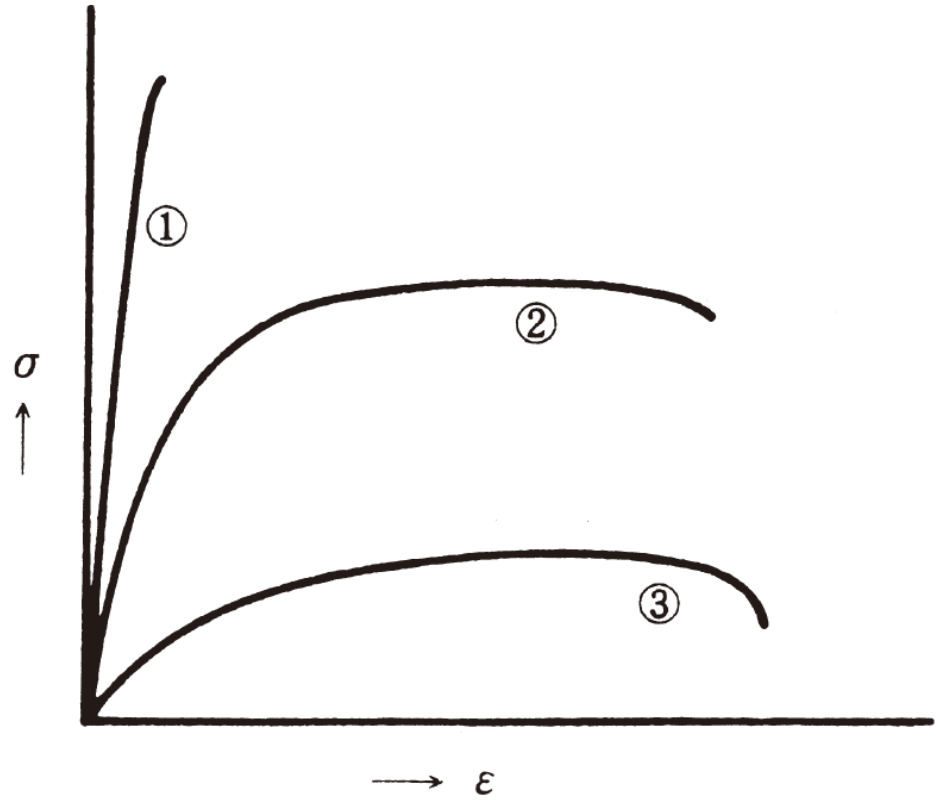


A点：比例限度
B点：弾性限度
C点：上降伏点
D点：下降伏点
F点（σ_F）：引張強さ（極限強さ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.5 応力ーひずみ線図

b) 一般金属材料の応力ーひずみ線図



①は、硬くて脆い材料（鋳鉄、高炭素鋼など）の場合で、曲線は直立に近く、破壊するまでの伸びはほとんどない。

②は、銅、アルミニウムのような軟らかい材料の場合で、曲線は山形になり伸びが大きい。

③は、鉛のように非常に軟らかい材料の場合で、破壊応力は非常に小さく伸びは大きい。①～③のいずれの場合にも降伏現象はない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〔例題 3.1〕直径 30 mm の丸棒に 150 kN の引張荷重をかけたとき、およそ何Paの応力を生じるか。

（解）丸棒に作用する内力を F〔N〕、丸棒の断面積を A〔m²〕とすると、

$$F = 150 \times 10^3 \text{ N}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times (30 \times 10^{-3})^2}{4} = 7.07 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

求める応力 σ〔N/m²〕は

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{150 \times 10^3}{7.07 \times 10^{-4}} = 2.12 \times 10^8 \text{ N/m}^2 = 212 \text{ MPa}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.6 装置の設計と許容応力、降伏点、耐力

a) 許容応力

機器を設計する場合、各部分の受ける荷重に対して、その材料が破壊に耐え得るように安全な寸法を選ばなければならない。このためには、その部分の材料に生じる最大応力が一定の制限を超えないように設計されなければならない。

この制限の応力を許容応力という。

一般に、材料の基準強さを σ_F（一般に引張強さをとる）、許容応力を σ_a および安全率を S とすれば、これらの間には次の関係がある。

$$\sigma_a = \frac{\sigma_F}{S}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b) 降伏点、耐力

材料には比例限度以下の応力で使用すれば、破壊しないであろうということから、これを基準とすることもできるが、比例限度、弾性限度は、いずれも降伏点に接近していて明瞭に測定することが困難であるので、降伏点を基準とする方法もある。

この場合、降伏点が現れない材料では耐力を用いる。耐力とは、引張試験において、永久ひずみがある値となる限界の応力で、永久ひずみが0.2％ に相当する応力を 0.2％耐力という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 金属材料

3.2.1 炭素鋼と合金鋼

a） 炭素鋼

・ 鉄と炭素の合金で、通常、炭素の含有量はおよそ0.02 ～ 2 %。

・ 安価で強い金属材料で、高圧ガス製造設備などに最も多く使用され種類も多い。

・ 炭素の含有量が増加すると、硬く脆くなる。

・ 含まれる不純物として、特に注意が必要なものはリンと硫黄。

リン ： 常温における脆性の原因となるので含有量は少ない方がよい。

硫黄： 硫黄は脆い硫化鉄となって、炭素鋼の結晶粒界に析出し、赤熱程度の温度で脆性の原因となるので、リンと同様に、圧力容器用鋼板では含有量が規定されている。マンガンを少量加えると、硫黄と化合して、その悪影響を打ち消す。一般の炭素鋼にはマンガンが少量添加されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）合金鋼　炭素鋼に、ニッケル、クロム、マンガン、モリブデンなどを加え、機械的性質を改善し、または特殊な目的に適する性質をもたせたもの。

1）マンガン鋼　マンガンは、硫黄の悪影響を除き、また、靭（じん）性、耐摩耗性を増す。一般に、継目なし容器などの高圧ガス容器用材料に用いられている。

2）クロム鋼　機械構造用クロム鋼鋼材のクロム含有量は1 %程度であるが、耐熱性、耐食性を目的とする合金鋼では、1 ～ 9 %または、11 ～ 30 %のクロムが添加されたものがある。

3）ニッケル鋼　ニッケル鋼は、低温装置に用いられ、最低使用温度が−70 ℃（JIS の規定）の2.5 %ニッケル鋼、同様に−101 ℃の3.5 %ニッケル鋼、−196 ℃の9 %ニッケル鋼がある。

4）ステンレス鋼　ステンレス鋼は、10.5 %以上のクロムを含有し、耐食性を目的とした鋼である。鉄、クロム、ニッケル系のステンレス鋼は通常、オーステナイト系ステンレス鋼といわれ、耐食性、高温強度に優れているほか、低温靭性にも優れているので、低温装置用材料としても用いられる。

5）その他の合金鋼　高圧ガス容器の材料に用いられるものにニッケルクロムモリブデン鋼、クロムモリブデン鋼などがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.2 鋳鉄

鋳鉄は、炭素を2%程度以上含む鉄ー炭素系合金の総称である。鋳鉄は、炭素量が多いため、硬くて脆いが、溶解状態での流動性が良いため、鋳物として利用される。

ねずみ鋳鉄　一般的な鋳鉄。各種器具、機械部品に広く用いられているが、高圧ガス設備に使用する場合には制限がある。

可鍛鋳鉄　黒鉛を含まない良質の鋳鉄であり、白銑の鋳物を熱処理して、粘り強さを与えたもので、ねずみ鋳鉄の脆い欠点を除いたもの。管継手、バルブ類などに用いられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2.3 非鉄金属材料

a）銅および銅合金

1）銅　　銅は、電気や熱の良導体であり、展延性に富み、耐食性も良好なことから、管材、板材として用いられる。低温装置用材料にも適している。

2）黄 銅　黄銅は、銅に亜鉛30 ～ 40 %を含む合金で、切削、鋳造、型打ができるので、バルブ、継手などに用いられる。

3）青 銅　青銅は、銅とスズを主成分とする合金であり、耐食性と硬さでは黄銅より優れており、バルブやコックに用いられる。
また、青銅にリンを加えたものは、リン青銅と呼ばれ、圧力計のブルドン管などに使用される。

b）アルミニウム合金

アルミニウムは、軽く、加工性が良く、ある程度の耐食性もあるが、強度が小さいので、銅、ケイ素、マグネシウムなどを少量加え、アルミニウム合金として、容器や低温装置用材料に用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 非鉄金属材料

非鉄金属材料	用　途
ゴム 四フッ化エチレン（テフロン）	パッキン、ガスケットの材料
繊維強化プラスチック（FRP）	容器の製造
ロックウール グラスウール パーライト（塩基性炭酸マグネシウム）	保温材または保冷材
ガラス	化学装置用のライニング材料

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 金属材料の性質

3.4.1 高温特性

a）炭素鋼の高温特性

一般に金属材料は高温になると強度が低下し、炭素鋼の引張強さは300 ℃を超えると急激に低下する。

例えば、特定則例示基準の別表第1 には、許容引張応力の値が350 ℃までしか示されていないものがある。このことは、この材料を350 ℃を超える温度の箇所に使用してはならないことを示している。

b）クリープ

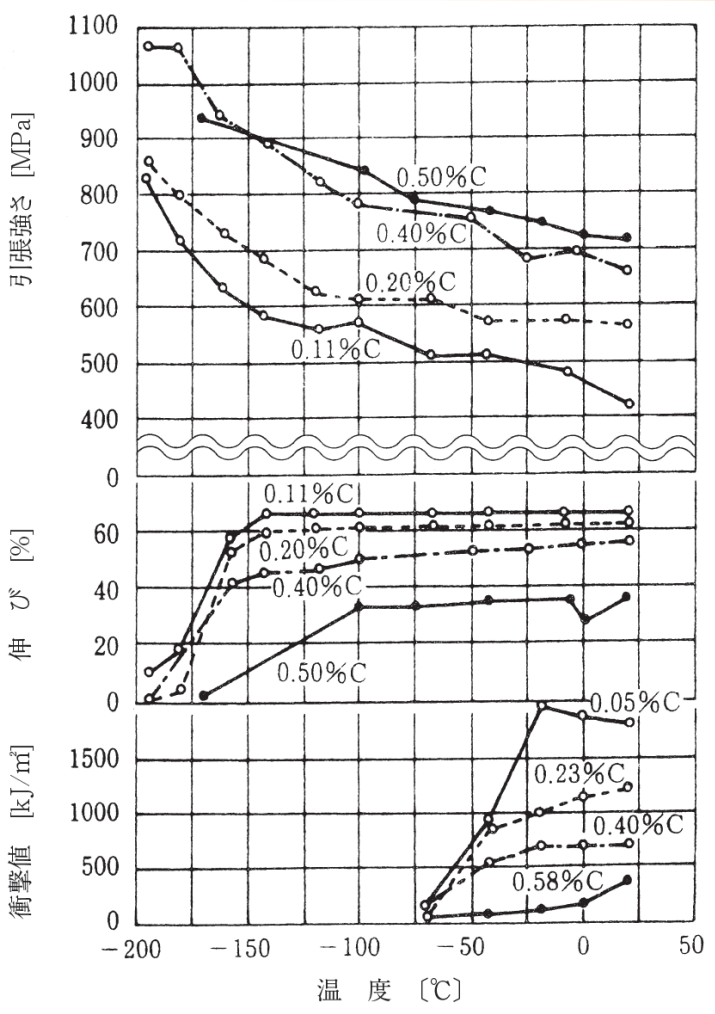
クリープとは、一定温度のもとで材料に一定の荷重を加えたとき、時間の経過とともに伸び（ひずみ）が増大する現象をいう。クロム鋼、18 － 8 ステンレス鋼、クロムモリブデン鋼は、クリープに対して強い材料である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4.2 低温特性

金属が低温で脆くなる性質を低温脆性といい、炭素鋼はこの性質が著しい。
右図に低温における炭素鋼の機械的性質を示す。

低温脆性を示さない材料
- 銅および銅合金
- アルミニウムおよびアルミニウム合金
- 18－8 ステンレス鋼（SUS 304）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5 金属材料の腐食と防食

腐食

金属がそれをとり囲んでいる環境との間で、化学的反応により損傷され消耗していく現象。

湿食

腐食環境として水分が関与した湿潤環境における腐食。

乾食

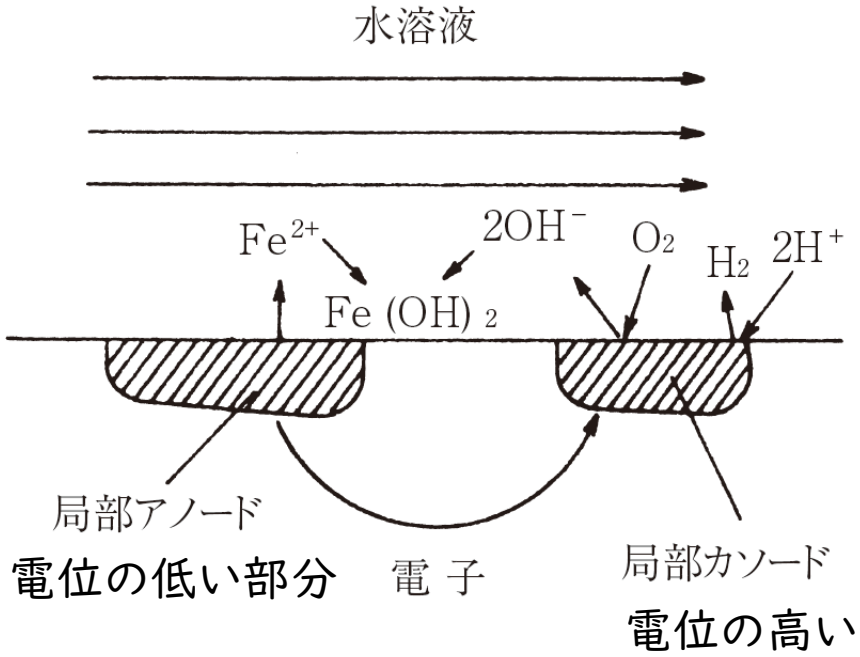
高温ガスなどの乾燥環境における腐食。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.1　湿食

a）湿食の原理

湿食のメカニズムは、電気化学反応。例えば、水溶液中の鋼材では、均一に見える鋼材表面も微視的に見ると不均一であり、その表面に電位分布ができる。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）防食法

1）被覆による防食	腐食性物質や環境と金属とを隔離する方法で、耐食性のある金属または非金属で被覆することによって防食する。例えば、亜鉛めっき、ライニング、防食テープ施工、塗装などがある。
2）腐食環境の制御による防食	環境中に含まれる腐食を促進する物質、例えば、水分、水に溶存している酸素を取り除く方法と腐食を抑制する薬剤を加える方法がある。
3）電気防食法	防食対象金属に外部から電流を流し、アノードをカソードにして、当該金属の表面でアノード反応が起きないようにする方法で、次の2つの方法がある。 （イ）犠牲陽極法（流電陽極法） 防食対象金属より電位の低い金属（卑な金属）をつなぎ、これを犠牲にして防食する方法。例えば、炭素鋼に対して卑な金属として、マグネシウム、亜鉛、アルミニウムなどがある。 （ロ）外部電源法 外部に直流電源を設け、防食対象金属に電流を流す方法。土壌や水中のように、外部から直流の電流を流すことのできる環境中で利用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 乾食（ガスによる腐食）

常温では金属に作用しないガスでも、高温高圧ではガスの腐食作用が著しくなるものがあり、また、ガスによっては特異な腐食を起こすものがある。

a）水素侵食 （水素の脱炭作用）	水素は常温では炭素鋼に作用しないが、高温高圧では鋼中の炭化物などに作用し、メタンを生成するので、炭素鋼は脆くなる。この作用を脱炭作用といい、この損傷を水素侵食という。高温高圧の水素を取り扱う設備では、クロム、モリブデンを添加した合金、18－8 ステンレス鋼などが使用される。
b）一酸化炭素による カルボニル化	高圧の一酸化炭素は、鉄、ニッケル、コバルトなどに作用して金属カルボニルを生成して侵食する。これを防ぐには、カルボニル化しない銅などを炭素鋼にライニングする。
c）アンモニア	アンモニアは、銅・銅合金、アルミニウム・アルミニウム合金を腐食するので、アンモニアに触れる設備には、これらの金属を使用することができない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5.2 乾食（ガスによる腐食）

d）塩　素	常温で水分を含まない塩素には、設備の配管などに炭素鋼を使用できるが、チタンは激しく侵されるので使用できない。また、水分を含んだ塩素は、常温でも極めて腐食性が強く、チタン以外のほとんどの金属を激しく侵すため、設備の材料には陶磁器や合成樹脂などが使用される。
e）アセチレン	アセチレンは、銅・銅合金、銀に作用し、金属アセチリドを生成する。このアセチリドは、爆発性の化合物であるから、アセチレンの配管、バルブ、圧力計のブルドン管などには、銅・銅合金（銅の含有量が62 %を超えるもの）を使用してはならない。
f）酸　素	酸素は、酸化性のガスであるが、常温で水分を含まないガスの場合には、炭素鋼の酸化はほとんど起こらない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安管理技術

4　容器および容器の附属品
5　圧力調整器
6　保安機器・設備
7　販売
8　充てん
9　貯蔵
10　移動
11　消費と廃棄
12　高圧ガスの取扱い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1　容器

4.1.1　容器の種類

構造による分類

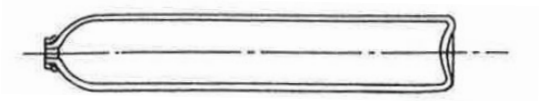
種類	製造方法
継目なし 容器	マンネスマン式 エルハルト式 その他
溶接容器	二部構成容器 三部構成容器
超低温容器	二重殻構造 断熱措置
繊維強化プラスチック複合容器	フルラップ容器 フープラップ容器
ろう付け容器	銀ろう、真鍮（しんちゅう）ろうにより接合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

継目なし容器

◆使用形態

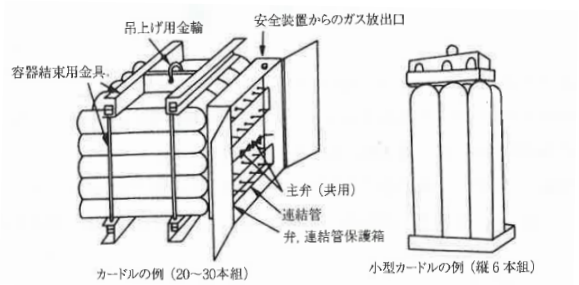
①　単体容器



単体容器

提供：高圧昭和ボンベ㈱

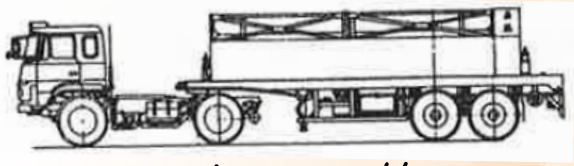
②　カードル



カードル容器

提供：JFEコンテイナー㈱

③　トレーラ等



トレーラ等

提供：岩谷産業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

継目なし容器

◆製造方法

✓マンネスマン式

・ばら瓶の過半数が当方式

✓エルハルト式、その他（カッピング式）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

継目なし容器

◆材料

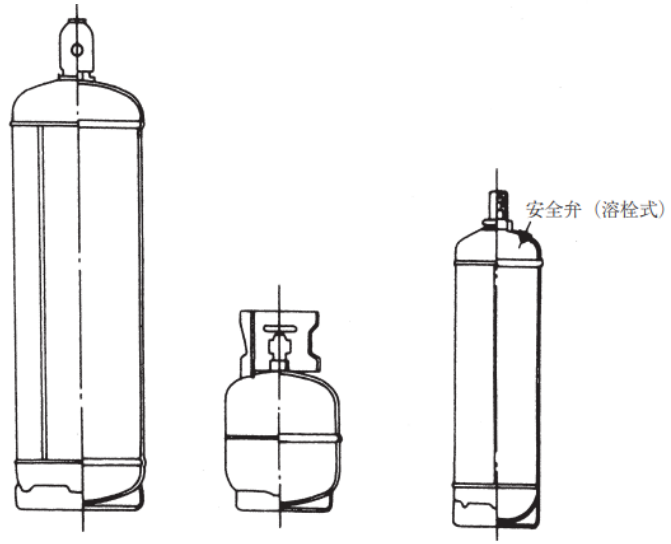
- ✓炭素鋼
- ✓マンガン鋼
- ✓低合金鋼
- ✓ステンレス鋼
  - ➢ 主として、SUS304により製造
  - ➢ 特殊材料ガスの充てん用容器として使用
- ✓アルミニウム合金

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

溶接容器

◆使用されるガス
- ✓低圧の液化ガス（LPガスやフルオロカーボン等）
- ✓溶解アセチレン容器

◆材料
- ✓炭素鋼
- ✓アルミニウム合金



提供：中国工業㈱

提供：高圧ガス工業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

超低温容器

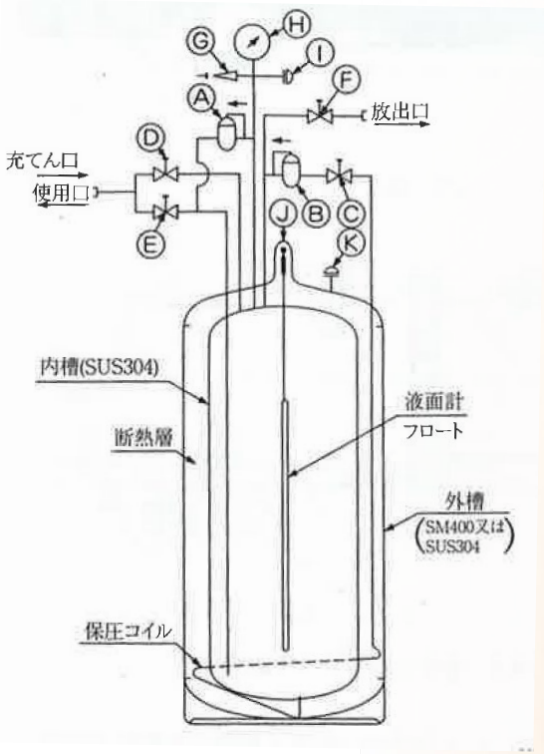
◆構造

✓内槽と外槽で構成された二重殻構造

✓その間に断熱材を充てん、真空引きして　外部からの熱の侵入を極力防ぐ措置

◆使用されるガス

✓温度が−50℃以下の液化ガス
（例）液化酸素、液化窒素、液化天然ガス



可搬式超低温容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

繊維強化プラスチック複合容器

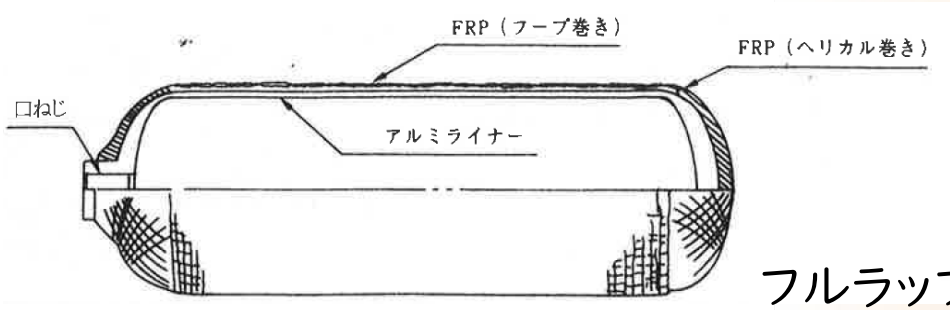
◆構造

✓フルラップ容器

- 薄いアルミニウム合金製ライナーの胴部及び鏡部に、鋼よりも引張強さの大きい長い繊維（ガラス、ケブラー、カーボンなど）をすき間なく巻きつけ、エポキシ樹脂を含浸した容器

✓フープラップ容器

- 通常のアルミニウム合金製継目なし容器の胴部の周方向のみに繊維を巻きつけ、エポキシ樹脂を含浸した容器



フルラップ複合容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

その他の容器～ろう付け容器～

◆概要

- ✓ 容器の周継手および縦継手などを銀ろう、または真鍮（しんちゅう）ろうにより接合して製造する容器
- ✓ 工作用トーチランプとして用いるLPガス充てん用
- ✓ 医療器具などの消毒用液化ガスの充てん用

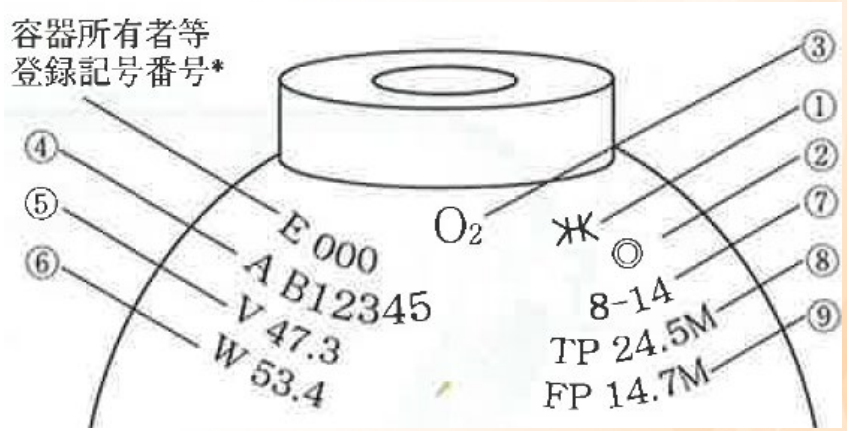
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.2 容器の刻印・標章と表示

容器の刻印

◆ 圧縮ガスの場合（容器則より一部抜粋）

・検査実施者の名称の符号
・容器製造業者の名称間又は符号
・充てんすべき高圧ガスの種類
・容器の記号・番号
・内容積(記号V、単位L)
・附属品（取りはずしできるものにかぎる）を含まない容器の質量　(記号W、単位kg)
・容器検査に合格した年月
・耐圧試験圧力(記号TP、単位MPa)及びM
・最高充てん圧力(記号FP、単位MPa)及びM



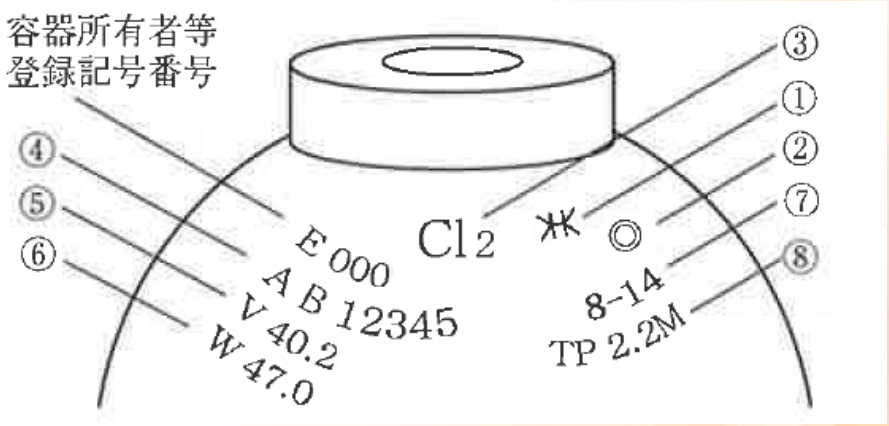
圧縮ガス用継目なし容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印

◆液化ガスの場合（容器則より一部抜粋）

・検査実施者の名称の符号
・容器製造業者の名称又は符号
・充てんすべき高圧ガスの種類
・容器の記号・番号
・内容積(記号V、単位L)
・附属品（取りはずしできるものにかぎる）を含まない容器の質量(記号W、単位kg)
・容器検査に合格した年月
・耐圧試験圧力(記号TP、単位MPa)及びM



液化ガス用継目なし容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の表示

◆容器の塗色

✓容器の塗色は、充てんするガスに応じて、容器則に定められている。（第10条第1項第1号）

✓塗色は容器の外面の見やすい箇所に容器の表面積の1／2以上について行うこと。

高圧ガスの種類	塗色の区分	高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色	液化塩素	黄色
水素ガス	赤色	アセチレンガス	かっ色
液化炭酸ガス	緑色	その他の種類の高圧ガス	ねずみ色
液化アンモニア	白色		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の表示

◆容器の塗色

提供：高圧昭和ボンベ㈱

提供：高圧ガス工業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の表示

◆「充てんガスの名称」の明示

✓ 可燃性　・・・ 赤色文字
水素・アセチレンは、白色文字

✓ 可燃性ガス以外のガス・・・ 白色文字

◆ 「ガスの性質」の明示

✓ 毒性ガス　・・・ 黒色文字で「毒」と明示

✓ 可燃性ガス　・・・ 赤色文字で「燃」と明示
アセチレンは、白色文字

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1.3 容器再検査

容器再検査の期間

- 継目なし容器　・・・ 5年（製造後の経過年数にかかわらず）
- 溶接容器　・・・ 製造後の経過年数に応じて規定

容器の区分		容器再検査の期間
・溶接容器（(7)を除く） ・超低温容器 ・ろう付け容器	(1)・・・(2) を除く容器	・製造後の経過年数20年未満：5年 ・製造後の経過年数20年以上：2年
	(2)次のいずれにも該当する容器 ・耐圧試験圧力：3.0MPa以下 ・内容積が25L以下 ・ｼｱﾝ化水素、ｱﾝﾓﾆｱ、塩素を充てんする容器以外のもの ・昭和30年7月以降に容器検査又は容器再検査における放射線検査に合格したもの	・製造後の経過年数20年未満：6年 ・製造後の経過年数20年以上：2年

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の期間

◆継目なし容器　・・・　5年（製造後の経過年数にかかわらず）

◆溶接容器　・・・　製造後の経過年数に応じて規定

容器の区分	容器再検査の期間
(3)　一般継目なし容器	5年
(4)　一般複合容器	3年
(5)　圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器 圧縮水素自動車燃料装置用容器 液化天然ガス自動車燃料装置用容器 圧縮水素運送自動車用容器	・製造後の経過年数4年以下：4年 ・製造後の経過年数4年超 ：2年2か月
(6)　アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器	1年1か月

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の期間

容器の区分	容器再検査の期間
(7)　自動車に装置された状態で液化石油ガスを充てんする液化石油ガス自動車燃料装置用容器（溶接容器に限る）	・製造後の経過年数20年未満：6年 ・製造後の経過年数20年以上：2年
(8)　国際圧縮水素自動車燃料装置用容器および圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	・製造後の経過年数4年1か月以下のものは4年1か月 ・製造後の経過年数4年1か月を超えるものは2年3か月

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 容器の附属品

4.2.1 バルブの種類

バルブの種類

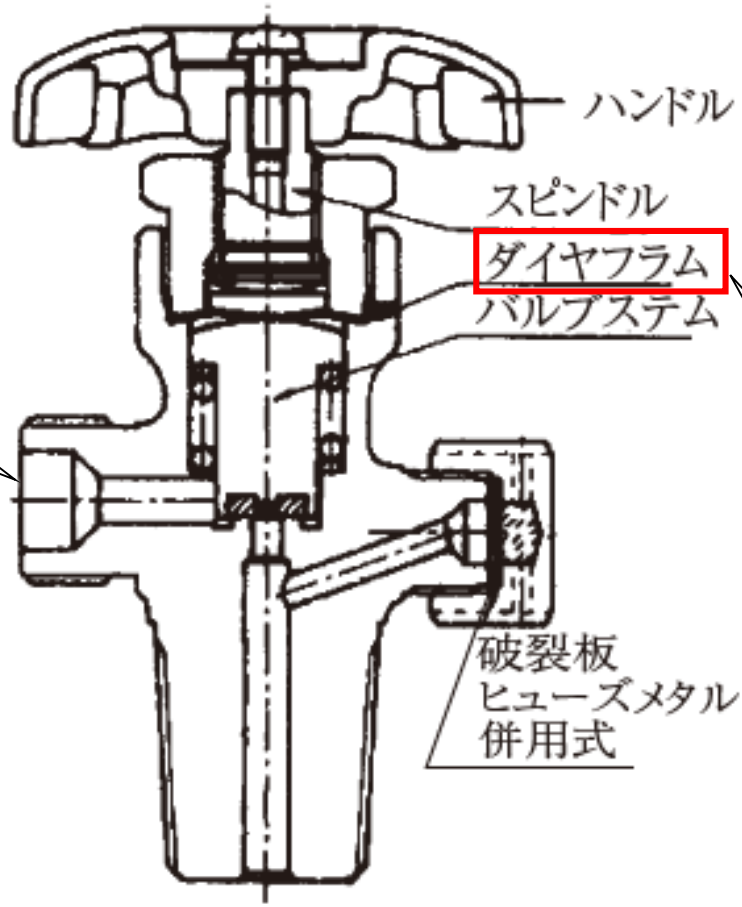
◆ 容器則に基づく、装着する容器を示す刻印

✓	圧縮アセチレンガス用容器	→記号 AG
✓	圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器	→記号 CNGV
✓	圧縮水素自動車燃料装置用容器	→記号 CHGV
✓	圧縮水素運送自動車用容器	→記号 CHGT
✓	圧縮ガスを充塡する容器（上記の各容器を除く。）	→記号 PG
✓	液化ガスを充塡する容器（以下の各容器を除く。）	→記号 LG
✓	液化石油ガスを充塡する容器（下記LT容器を除く。）	→記号 LPG
✓	超低温容器及び低温容器	→記号 LT
✓	液化天然ガス自動車燃料装置用容器	→記号 LNGV

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.2 バルブの構造および材料

開閉機構部

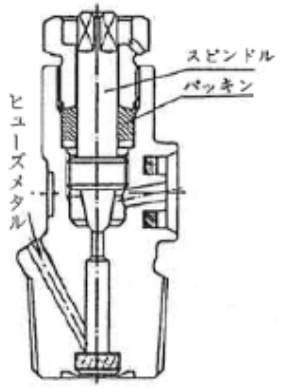
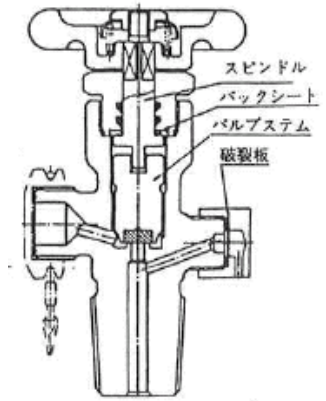
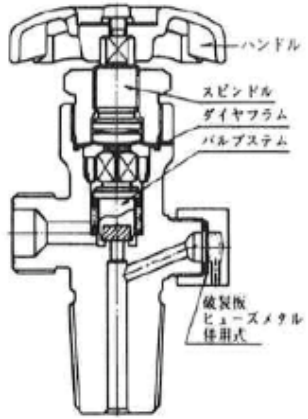
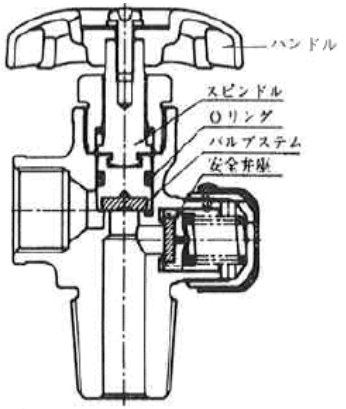


弁体（バルブステム）が上がれば、ガスが流れる。

弁体と弁座のすきまをガスが通るが、それ以上漏れるのをダイヤフラム等で防いでいる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開閉機構部

パッキン式	バックシート式	ダイヤフラム式	Oリング式
 ①アセチレンバルブ (パッキン式)	 ③一般高圧ガス用バルブ (バックシート式)	 ④一般高圧ガス用バルブ (ダイヤフラム式)	 ⑦LPガス用バルブ (Oリング式)
開閉軸の周囲に、プラスチック等のパッキンを置き、気密性を保持するもの	開閉軸の背後部にパッキンを置き、スプリングまたはガス圧によりシールするもの	金属の薄板(ダイヤフラム)によりガスの流出室と開閉操作室を完全に分離したもの	弁体にOリングを設け、開閉操作の際の気密性をOリングにより保持するもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開閉機構部

パッキン式	バックシート式	ダイヤフラム式	Oリング式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

充てん口部

◆接続方法

- ✓ねじ式
- ✓ヨーク式（ねじのないもの）
  - ➢ 例）溶解アセチレン容器用バルブ、医療用バルブ
    スクーバ容器用バルブ

◆ねじの向き

- ✓可燃性ガス　・・・一般に左ねじ
- ✓その他のガス　・・・右ねじ
- ✓例外
  - ➢ アンモニア用は左右あり
  - ➢ ヘリウムは左ねじ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器取付部

- 種類
  - ✓ テーパねじ
  - ✓ 平行ねじ
    - ➢ アルミニウム合金の容器に使用される場合が多い。
- 容器取付部のねじは右ねじ
  - ✓ 軸直（バルブの軸心に対して直角に切ったねじ）
    - ➢ LPガス用のバルブ
    - ➢ 例外として、一部のフルオロカーボン容器用のバルブ
  - ✓ 面直（テーパ面に対して直角に切ったねじ）
    - ➢ その他のバルブ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全弁部

◆バルブには、容器の安全を保つため、安全弁を備えている。

✓容器に直接安全装置があるものを除く

✓シアン化水素、三フッ化塩素などの容器には安全弁は付けない。

◆溶解アセチレン容器の安全弁（溶栓）は、溶栓が作動した場合、そのガスの噴出方向は、容器の軸心に対して、30度以内で上向きにあること。

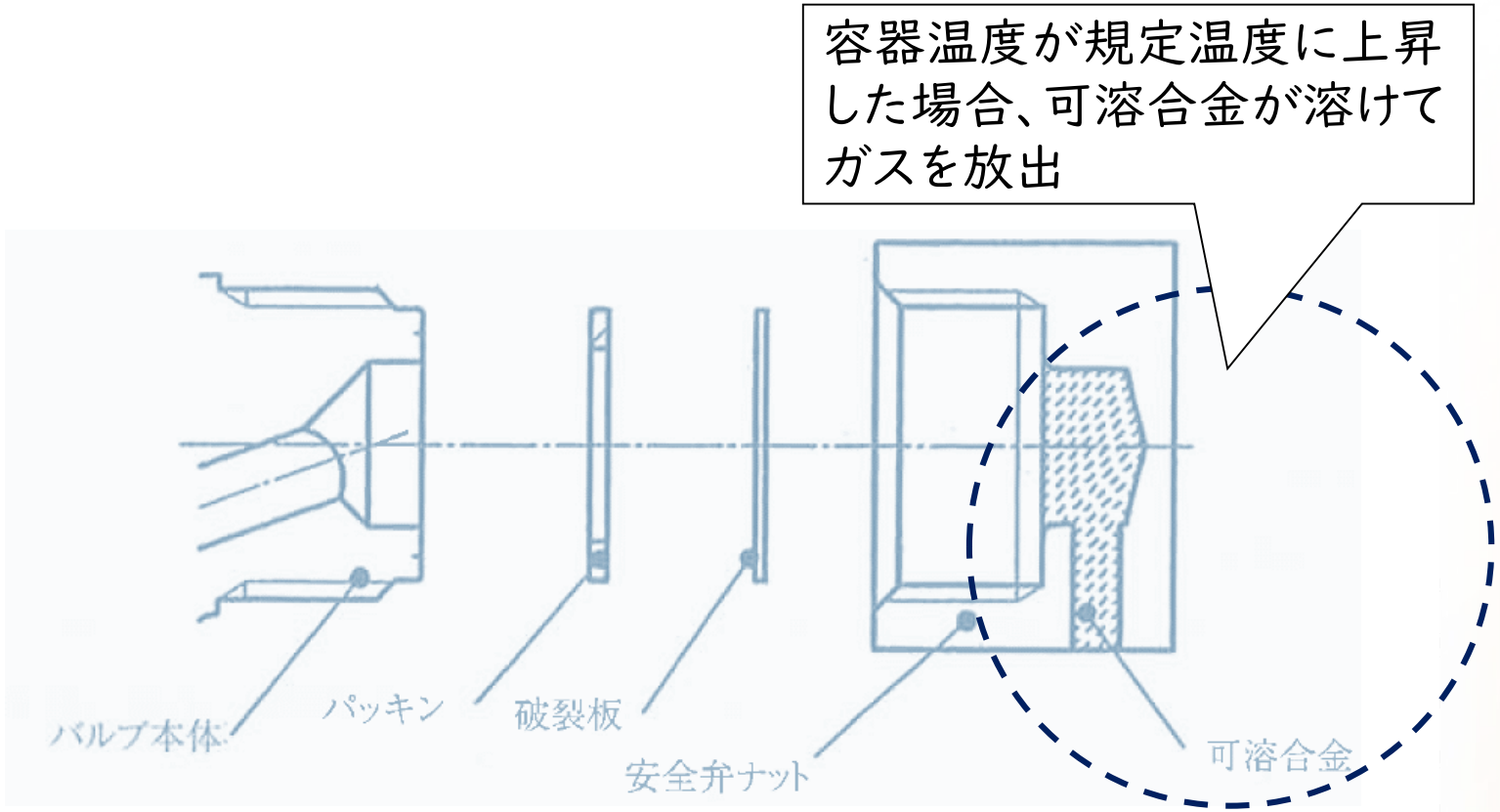
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全弁部

- 破裂板（ラプチャーディスク）式
  - ✓ 容器内圧力が規定作動圧力に達したとき、破裂板が破壊し、容器内部のガスを放出する方式。
  - ✓ 容器内圧力が大気圧と同じになるまでガスを噴出する。
  - ✓ 破裂板材料：銅、ニッケル、銀　等
- 溶栓（可溶合金、ヒューズメタル）式
  - ✓ 容器温度が規定温度に上昇した場合に、可溶合金が溶けてガスを放出する方式。
- ばね（スプリング）式
  - ✓ 容器内温度の上昇にともなって圧力が上昇し、規定圧力に達したときスプリングの力に抗して安全弁の弁体が押し上げられ、安全弁の弁座部より容器内ガスが外部に放出される方式
  - ✓ 容器内圧力が下がれば、ガスの噴出を停止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

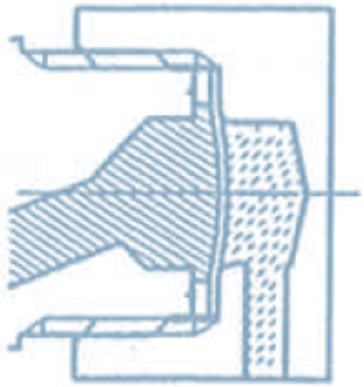
安全弁部



安全弁（破裂板と溶栓併用式）

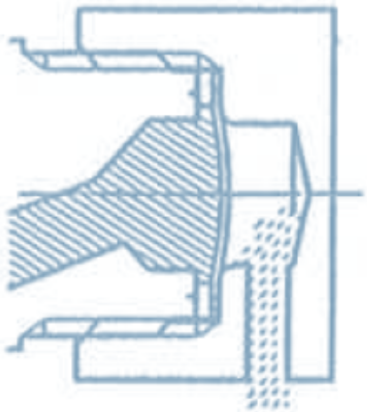
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全弁部



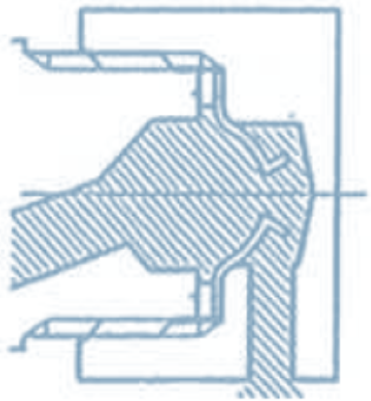
通常状態

可溶合金にて破裂板の膨らみを抑制



溶栓溶融

容器温度が規定温度以上に上昇し、可溶合金が溶融⇒破裂板膨らむ



破裂板作動

容器内圧力が規定圧力に達し、破裂板が破壊⇒容器内ガスを放出

破裂板と溶栓併用式安全弁の作動原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.3 附属品検査と合格刻印

附属品検査と合格刻印

◆附属品を製造もしくは輸入した者は、容器則に基づく附属品検査を受け、これに合格し、法に基づいて行った刻印がなければ、譲渡し、または引き渡してはならない。

4.2.4 附属品再検査と合格刻印

附属品再検査と合格刻印

◆附属品検査後または前回の附属品再検査後から、容器則に規定されている期間を経過しているとき及び損傷を受けたときに行うもの

◆原則として、容器検査所が実施。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2.5 バルブ取扱い上の注意

バルブ操作時の注意

- バルブの開閉は、手で静かにゆっくりと行い、過大なトルクをかけないこと。
- バルブは振動などによってスピンドルが緩まないように、適正なハンドルの締め付けトルクで締め付けなければならない。
- バルブの構造や弁座の材質により、締付けトルクは異なる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1　圧力調整器の種類

圧力調整器の種類

◆圧力調整器とは･･･容器内の高圧ガスを使用する機器に必要とする適正圧力まで減圧し、容器内のガス圧力の変化や機器のガス消費量の変化に対して、供給圧力を一定に保つための器具。

「種類（6種類）」

◆一段調整器
- ✓ ステム形（フランス式）･･･溶断機器用及び溶接用
- ✓ ノズル形（ドイツ式）　･･･溶断機器用及び溶接用
- ✓ 固定圧式（単段式）　･･･一般消費及び業務用
- ✓ 平衡式（コンペ式）　　･･･研究所向
- ✓ パイロット式　　･･･溶断機器用、集合装置用

◆二段調整器
- ✓ 二段式　　･･･溶接用、実験室用、集合装置用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2 高圧用圧力調整器

圧力調整器の取扱い上の注意

◆使用するガスの種類に適合した調整器を選ぶ。
- ✓ 使用する溶断機器などの適正圧力及び最大消費量を満足
- ✓ 一次圧力の最大値を要確認

◆取付部のねじの違い（混同防止）
- ✓ 可燃性ガス用の調整器　⇒ 左ねじ
- ✓ 不燃性ガス、支燃性ガス　⇒ 右ねじ

◆容器、配管に取り付ける際、容器弁・取付部を十分に清掃した後、取付。

◆酸素用調整器の取扱い時、油脂類が付着するような扱いをしてはならない。

◆調整器を取り付けた時、または取り付ける前に圧力ハンドルを緩め、シートとバルブの状態を閉にしておかなければならない。

提供：ヤマト産業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1　圧力計

6.1.1　圧力計の種類

圧力計の種類

- 種類
  - ✓ アナログ表示
    - ➢ ブルドン管圧力計 ⟶
    - ➢ マノメータ
  - ✓ デジタル表示
    - ➢ 歪ゲージ

（ブルドン管）
提供：長野計器㈱

提供：長野計器㈱

- 目盛板の表示は、大気圧をゼロとしたものが多く、そのような圧力計の示す値はゲージ圧である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.1.2 アナログ表示圧力計

◆ブルドン管圧力計
- ✓ 使用する流体の化学的性質による変化を受けないもので、
- ✓ 使用圧力範囲で十分な強度を持つ材料を選定しなければならない。

◆アンモニア、塩素（腐食性）
- ✓ 耐食性の材料を使用・表示

◆酸素
- ✓ 油脂類が付着するような取扱いは厳禁
- ✓ 禁油の表示

◆アセチレン
- ✓ 銅及び銅含有量が62%を超える銅合金は使用禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2 液面計

液面計の種類

◆液化ガスの貯槽などに設け、液位を測定することによって、貯蔵量、受入量、払出量の確認などの管理に用いられる。

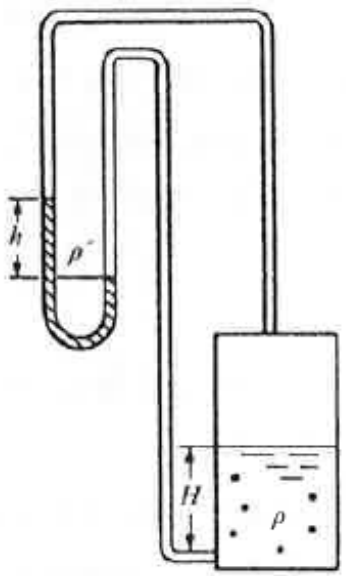
◆種類

- ✓丸形ガラス管液面計
- ✓平形ガラス液面計
- ✓フロート液面計
- ✓差圧式液面計
- ✓ディスプレーサ式液面計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2.4 差圧式液面計

- 低温液化ガス貯槽等に使用。
- 底部にかかる液化ガスの圧力を測定し、液面の高さを知るもの。



差圧式液面計の原理

$$h\rho' = H\rho$$

$$H = \frac{\rho'}{\rho} h$$

h　：液相側と気相側との液柱の差
ρ'：U字管の封液の密度
ρ　：貯槽内の液化ガスの密度

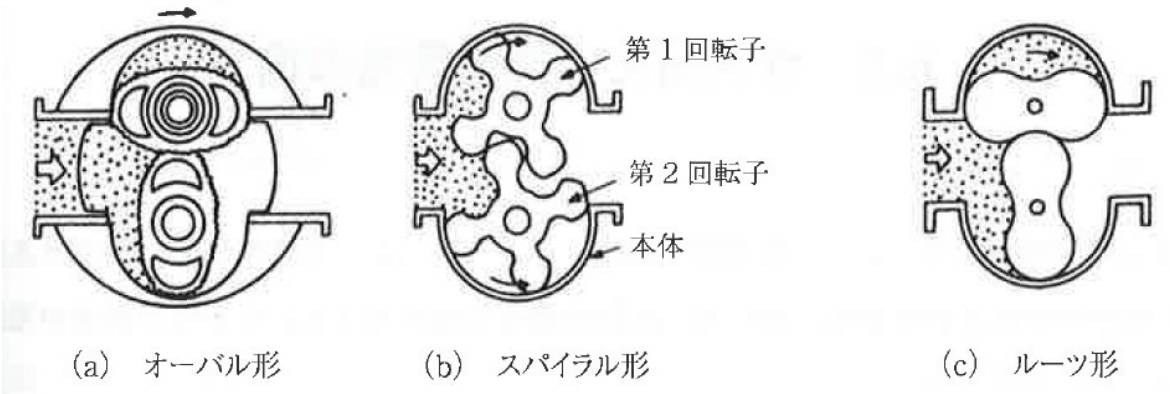
貯槽の液面高さHを求める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.1　容積式流量計

◆ケース内で2個の回転子がかみ合っており、回転子は通過する流体によって回転
⇒回転数から積算し、流体の総量を知る。

◆主として、液体の流量測定に使用。



容積式流量計説明図

（ルーツ形）
提供：トキコシステムソリューションズ㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4.2 差圧式流量計

◆オリフィスメータ

✓流体が流れる管内に、オリフィス板（絞り穴）を挿入。

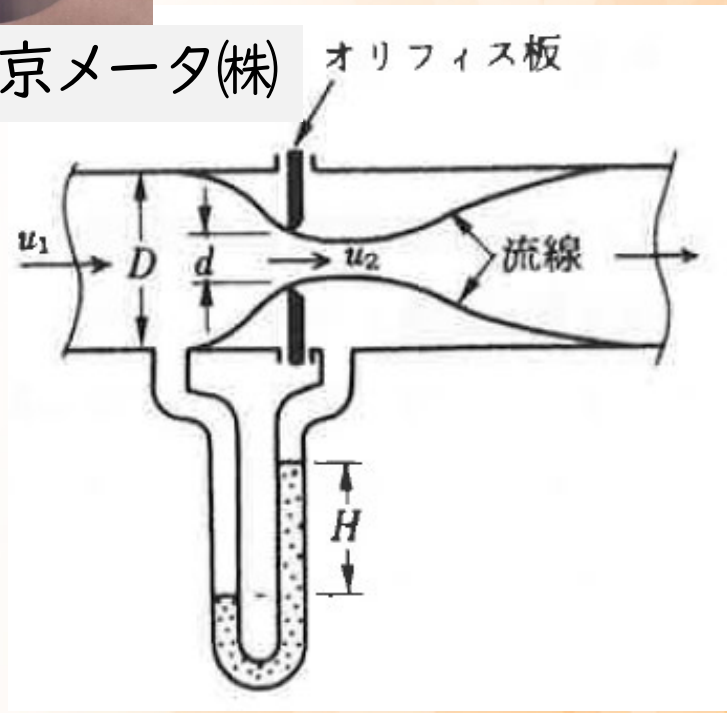
➢「オリフィス板の上流と下流の圧力差」から、絞り穴の流速を計算（ベルヌーイの定理の応用）

➢「流速×絞り穴の面積＝流量」を知ることが出来る。

◆ベンチュリメータ

✓ベンチュリ管を使用

提供：東京メータ㈱



オリフィスメータの原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.5 ガス漏えい検知警報器

6.5.1 検知警報設備の原理

- 可燃性ガス、毒性ガス、酸素などの消費設備からの漏えいを早期に検知し、防災措置を迅速に行うことにより災害の発生を未然に防止するため設置
- 検知部の原理
  - ✓ 接触燃焼式
    - ➢ 可燃性ガス
  - ✓ 半導体式（セラミック式）
    - ➢ 不活性以外の酸化性、還元性のいずれのガスも原理上、検知可能。
  - ✓ ガルバニ電池式
    - ➢ 酸素の測定
  - ✓ その他の方式（電量式、隔膜イオン電極式、熱伝導度式、赤外線吸収式、水素炎イオン化式）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.5.3 検知警報設備の機能と構造の基準

- 設定されたガス濃度（警報設定値）において、自動的に警報を発するものとする。
- 警報設定値

  可燃性ガス　　：爆発下限界の1／4以下

  酸素　　：25%

  毒性ガス：許容濃度以下

  （アンモニア、塩素その他これらに類する毒性ガスにあって、試験用標準ガスの調整が困難なものにあっては、許容濃度値の2倍の値以下）
- 警報を発した後は、原則として、雰囲気のガス濃度が変化しても警報を発信し続ける。（対策を講じることにより停止）
- 警報は、ランプの点灯または点滅と同時に警報を発するものとする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.5.4 検知警報設備の設置

検出端部の設置場所及び個数

- ① 建物の中に設置されている減圧設備、貯蔵設備、消費設備、その他ガスが漏えいしやすい設備が設置されている場所の周囲であって、漏洩したガスが滞留しやすい場所
  - ✓ これらの設備群の周囲10mにつき1個以上の割合で計算した数
- ② 建物の外に設置されている上記以外の設備が他の設備、壁、その他の構造物に接近し、またはピットなどの内部に設けられている場合
  - ✓ 漏えいしたガスが滞留するおそれのある場所に、その設備群の周囲20mにつき1個以上の割合で計算した数
- ③ 容器置場に特殊高圧ガスの充てん容器等が置かれている場合
  - ✓ 容器群の周囲であって、漏えいしたガスが滞留しやすい場所に1個以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

検出端部の設置場所及び個数

◆④ シリンダーキャビネットの内部　1個以上

◆⑤ 製造または消費の施設において、強制排気設備が昼夜連続して運転される場合

✓強制排気設備の吸引口ごとに検出端部を設置すること。
（①・②・③の規定は適用されない）

検出端部を設置する高さ

◆当該ガスの比重、周囲の状況、ガス設備の高さなどの条件に応じて定めること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.5.5 保守管理事項

◆検知器の機能維持

✓センサの劣化（雨水、塵埃、腐食性ガスなどによる劣化）の確認が大切

◆検査の周期

✓検知警報設備は、1か月に1回以上警報回路の検査を実施する。

✓1年に1回以上検知及び警報に係る検査を実施する。

✓特殊高圧ガスにかかわる検知警報設備の指示値の校正は、6か月に1回以上実施する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの販売

◆「高圧ガスの販売を営もうとする者」は、販売所ごとに所在地を管轄する都道府県知事等※に届出が必要。

◆「高圧ガスの販売を営もうとする者」とは

✓ 高圧ガスの引き渡しを継続かつ反復して営利の目的をもって行おうとする者

➢ 非該当　・・・ 報償品としてプロパンを引き渡そうとする者

➢ 該当 ・・・ 伝票のみにより高圧ガスを販売する場合
＜販売事業の届出が必要＞

※都道府県知事等とは、都道府県知事または高圧ガス保安法に関する事務を処理する指定都市の長をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

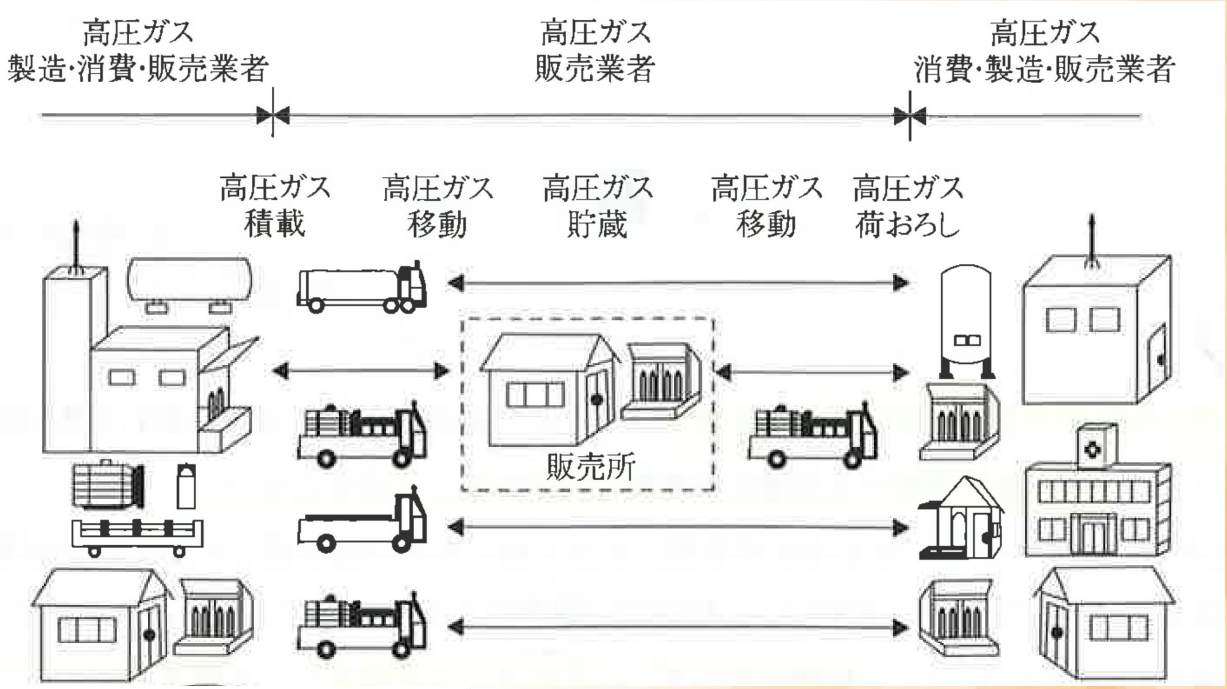
7.1 販売の事業

7.1.1 販売業者の保安業務管理区域

◆販売業者が保安業務を管理する区域は・・・、

✓高圧ガス充てん所（高圧ガス製造事業所）あるいは他の販売所の貯蔵所（容器置場）から、

✓消費者の貯蔵所(容器置場)あるいは他の販売所の貯蔵所(容器置場）までの範囲



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.1.3 販売事業の法的手続き
事業の届出をする必要のない場合

◆第一種製造者がその製造をした高圧ガスをその事業所で販売する場合

◆次の高圧ガスを、貯蔵数量が常時5m^{3}未満の販売所で販売する場合

- ✓医療用の高圧ガス（在宅酸素療法用液化酸素は必要）
- ✓容器の内容積が300 mL以下の高圧ガスで35℃で20 MPa以下*1
- ✓消火器内の高圧ガス
- ✓内容積1.2L以下の容器内の液化フルオロカーボン
- ✓自動車又はその部品内の高圧ガス*2
- ✓経済産業大臣が定める緩衝装置内の高圧ガス

*1、*2:
経済産業大臣が定めるものを除く。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売するガスの種類の変更

◆販売する高圧ガスの種類を変更したときは、都道府県知事等に遅滞なく届け出なければならない。

◆「販売する高圧ガスの種類の変更」に該当しない変更

イ）冷凍設備内の高圧ガス

ロ）液化石油ガス
（炭素数3または4の炭化水素の主成分とするものに限りイ）を除く。）

ハ）不活性ガス（イ）を除く。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.2 販売主任者

7.2.1 販売主任者の選任

販売主任者（第一種）の選任

◆販売業者は、次の高圧ガスを販売するときは、表（次ページ）の販売所の区分ごとに、

- 甲種化学責任者免状・乙種化学責任者免状
- 甲種機械責任者免状・乙種機械責任者免状

　　又は

- 販売主任者免状所有者で、同表（次ページ）右欄に掲げる高圧ガスの種類について、その種類ごとの製造又は販売に関する6か月以上の経験を有する者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売主任者（第一種）の選任

◆販売所の区分ごとの販売主任者免状の指定区分（1）

販売所の区分	ガスの種類
ｱｾﾁﾚﾝ、ｱﾙｼﾝ、ｱﾝﾓﾆｱ、塩素、ｸﾛﾙﾒﾁﾙ、五ﾌｯ化ﾋ素、五ﾌｯ化ﾘﾝ、三ﾌｯ化窒素、三ﾌｯ化ﾎｳ素、三ﾌｯ化ﾘﾝ、ｼｱﾝ化水素、ｼﾞｼﾗﾝ、四ﾌｯ化硫黄、四ﾌｯ化ｹｲ素、ｼﾞﾎﾞﾗﾝ、水素、ｾﾚﾝ化水素、ﾎｽﾌｨﾝ、ﾒﾀﾝ、ﾓﾉｹﾞﾙﾏﾝ及びﾓﾉｼﾗﾝの販売所	ｱﾙｼﾝ、ｼﾞｼﾗﾝ、ｼﾞﾎﾞﾗﾝ、ｾﾚﾝ化水素、ﾎｽﾌｨﾝ、ﾓﾉｹﾞﾙﾏﾝ及びﾓﾉｼﾗﾝ
ｱｾﾁﾚﾝ、ｱﾝﾓﾆｱ、塩素、ｸﾛﾙﾒﾁﾙ、五ﾌｯ化ﾋ素、五ﾌｯ化ﾘﾝ、三ﾌｯ化窒素、三ﾌｯ化ﾎｳ素、三ﾌｯ化ﾘﾝ、ｼｱﾝ化水素、四ﾌｯ化硫黄、四ﾌｯ化ｹｲ素、水素及びﾒﾀﾝの販売所	ｱﾝﾓﾆｱ、一酸化炭素、酸化ｴﾁﾚﾝ、ｸﾛﾙﾒﾁﾙ、ｼｱﾝ化水素、石炭ｶﾞｽ、ﾄﾘﾒﾁﾙｱﾐﾝ、ﾓﾉﾒﾁﾙｱﾐﾝ及び硫化水素
ｱｾﾁﾚﾝ、水素及びﾒﾀﾝの販売所	ｱｾﾁﾚﾝ、油ガス、ｴﾀﾝ、ｴﾁﾚﾝ、塩化ﾋﾞﾆﾙ、水性ｶﾞｽ、水素、ﾒﾀﾝ及びﾒﾁﾙｴｰﾃﾙ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売主任者（第一種）の選任

◆販売所の区分ごとの販売主任者免状の指定区分（2）

販売所の区分	ガスの種類
塩素、五ﾌｯ化ヒ素、五ﾌｯ化ﾘﾝ、三ﾌｯ化窒素、三ﾌｯ化ﾎｳ素、三ﾌｯ化ﾘﾝ、四ﾌｯ化硫黄及び四ﾌｯ化ｹｲ素の販売所	亜硫酸ｶﾞｽ、塩素、五ﾌｯ化ヒ素、五ﾌｯ化ﾘﾝ、三ﾌｯ化窒素、三ﾌｯ化ﾎｳ素、三ﾌｯ化ﾘﾝ、四ﾌｯ化硫黄、四ﾌｯ化ｹｲ素、ﾌﾞﾛﾑﾒﾁﾙ及びﾎｽｹﾞﾝ
酸素の販売所	酸素

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売主任者（第一種）の選任

◆第二種販売主任者免状の所有者の場合、
　✓LPガスの販売事業者における販売主任者にのみ選任できる。

◆そのため、LPガス以外の上表のガスの販売業者においては、

- 第一種販売主任者免状の所有者

又は

- 上述の製造保安責任者免状所有者

でなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.2.2 販売主任者を選任する必要のない高圧ガスの販売

◆上述の表に記載した高圧ガス以外のもの

例）

✓空気

✓炭酸ガス

これらのガスを販売する場合、販売主任者を選任する必要はない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 販売主任者の職務

販売主任者の職務

- 販売管理
  - ✓ a) 帳簿
  - ✓ b) 保安台帳
  - ✓ c) 周知
  - ✓ d) SDSの配布
  - ✓ e) 販売先に対する安全指導
- 保安教育
  - ✓ 販売業者は、その従業者に対し保安教育を施さなければならない。
- 容器置場の安全管理
- 容器輸送時の管理
- 書類などの整備保管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3.1　販売管理

a)　帳簿

◆販売業者は、次の事項を記載した帳簿を販売所ごとに備え、2年間（(3)については、10年間）保存しなければならない。

記載すべき場合	記載すべき事項	保存期間
1)高圧ガスを容器により授受した場合	充てん容器の記号及び番号、 充てん容器ごとの高圧ガスの種類及び圧力（液化ガスについては、充てん質量）、授受先並びに授受年月日	2年間
2)法第20条の5第1項の周知を行った場合	一　周知に係る消費者の氏名又は名称及び住所 二　周知をした者の氏名 三　周知の年月日	2年間
3)貯蔵所に異常があった場合	異常があった年月日およびそれに対してとった措置	10年間

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7　販売

◆高圧ガスを容器により販売する場合は、容器ごと販売する場合を除いて、中身のガスを販売するのであって、容器については使用貸借の関係にある。

「使用済容器の管理」

◆消費者は、使用済み後、速やかに返却する。

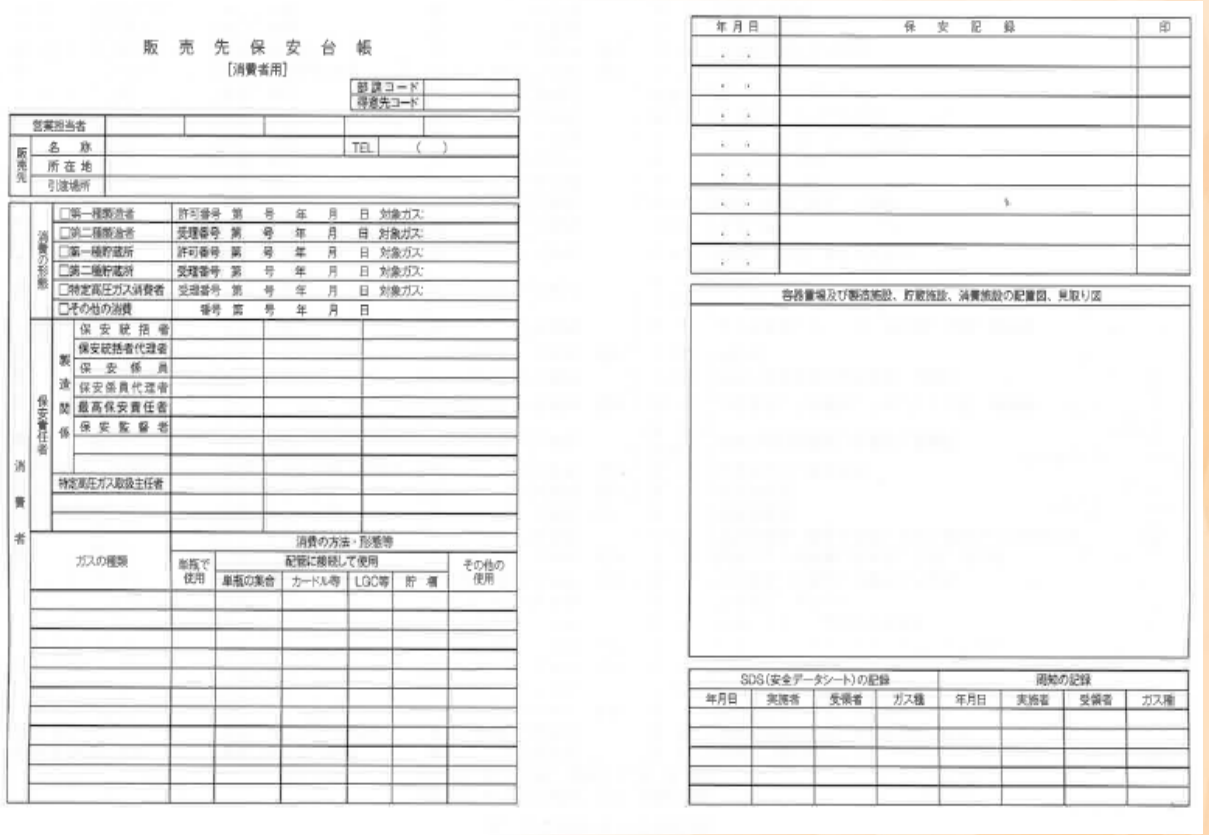
◆販売業者は、消費者に対して、貸与物件である容器について啓発するとともに使用済みが返却されずに放置される事の無い様、帳簿によって十分な容器管理をおこなわなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）保安台帳

◆高圧ガス保安法の販売の技術基準に「高圧ガスの引渡先の保安状況を明記した台帳を備えること」が定められている。

販売先
保安台帳の例


販　売　先　保　安　台　帳
［消費者用］

営業担当者												
販売先	名　称							TEL		( )		
	所在地											
	引渡場所											
消費の形態	□第一種製造者	許可番号 第　号 年　月　日 対象ガス:										
	□第二種製造者	受理番号 第　号 年　月　日 対象ガス:										
	□第一種貯蔵所	許可番号 第　号 年　月　日 対象ガス:										
	□第二種貯蔵所	受理番号 第　号 年　月　日 対象ガス:										
	□特定高圧ガス消費者	受理番号 第　号 年　月　日 対象ガス:										
	□その他の消費	番号 第　号 年　月　日										
消費者 保安責任者	製造関係	保安統括者										
		保安統括者代理者										
		保安係員										
		保安係員代理者										
		最高保安責任者										
		保安監督者										
	特定高圧ガス取扱主任者											
	ガスの種類	消費の方法・形態等										
		卸販で使用	配管に接続して使用							その他の使用		
			単販の集合		カードル等		LGC等		貯　槽			

年月日	保　安　記　録	印
. .		
. .		
. .		
. .		
. .		
. .		
. .		
. .		
. .		

容器置場及び製造施設、貯蔵施設、消費施設の配置図、見取り図

SDS（安全データシート）の記録				周知の記録			
年月日	実施者	受領者	ガス種	年月日	実施者	受領者	ガス種

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）保安台帳（保安台帳記載項目）

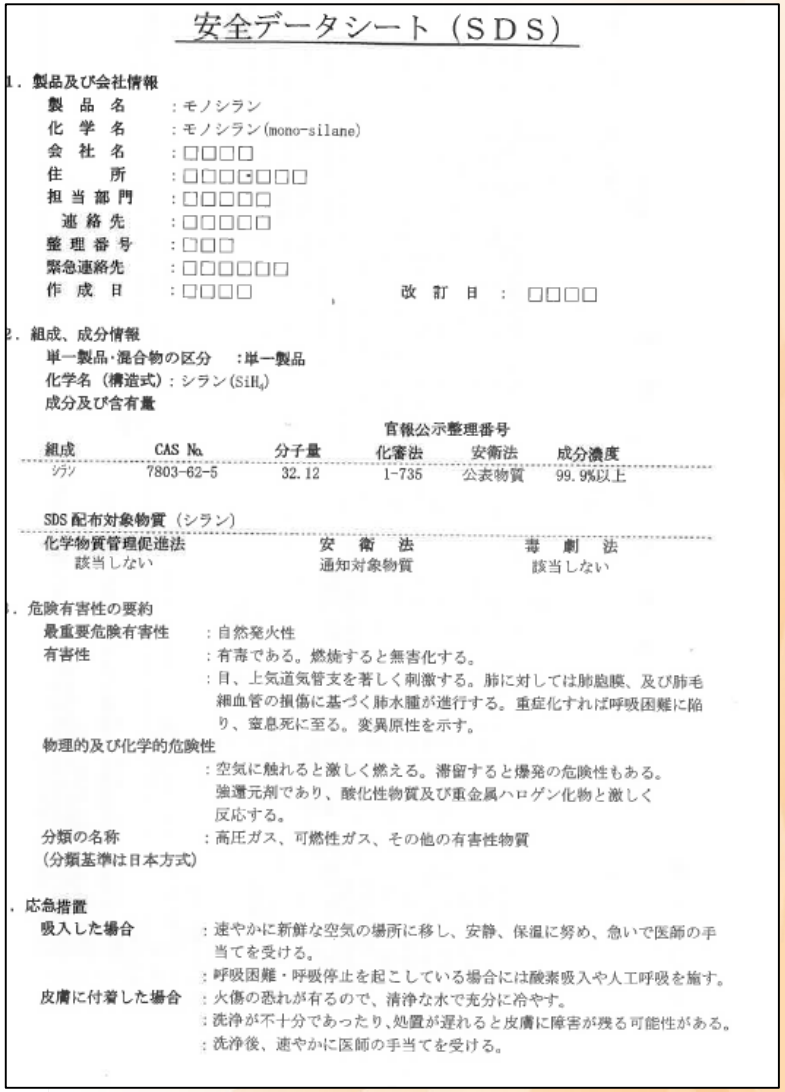
- 全般　・販売先（ﾕｰｻﾞ、ﾃﾞｨｰﾗ）ごとに一部作成。
  ・販売先が同一の会社でも、所在地が異なれば各々一部ずつ作成
- 営業担当者
- 販売先の名称
- 販売先の所在地
- 販売先の引渡し場所

◆ 販売先が消費者の場合 ✓消費の形態（許可・届出） ✓保安責任者 ✓使用の方法、使用の形態　等	◆ 販売先が販売店の場合 ✓業務内容 ✓届出、登録状況 ✓販売主任者 ✓容器置場などの置場面積

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d) SDSの配布 (Safety Data Sheet・安全データシート)

◆SDSとは、危険・有害性のおそれのある化学物質による労働災害等防止のため、それらを含む製品を譲渡または提供する際に、その性状および取扱いに関する情報を提供するために、それらの情報を記載したシート



安全データシート（SDS）

1．製品及び会社情報
製品名　：モノシラン
化学名　：モノシラン(mono-silane)
会社名　：□□□□
住所　：□□□□□□□
担当部門　：□□□□□
連絡先　：□□□□□
整理番号　：□□□
緊急連絡先　：□□□□□□
作成日　：□□□□　　改訂日　：□□□□

2．組成、成分情報
単一製品・混合物の区分　：単一製品
化学名（構造式）：シラン(SiH_4)
成分及び含有量

組成	CAS No.	分子量	官報公示整理番号 化審法	安衛法	成分濃度
シラン	7803-62-5	32.12	1-735	公表物質	99.9%以上

SDS配布対象物質（シラン）

化学物質管理促進法	安衛法	毒劇法
該当しない	通知対象物質	該当しない

3．危険有害性の要約
最重要危険有害性　：自然発火性
有害性　：有毒である。燃焼すると無害化する。
：目、上気道気管支を著しく刺激する。肺に対しては肺胞膜、及び肺毛細血管の損傷に基づく肺水腫が進行する。重症化すれば呼吸困難に陥り、窒息死に至る。変異原性を示す。
物理的及び化学的危険性
：空気に触れると激しく燃える。滞留すると爆発の危険性もある。強還元剤であり、酸化性物質及び重金属ハロゲン化物と激しく反応する。
分類の名称（分類基準は日本方式）　：高圧ガス、可燃性ガス、その他の有害性物質

4．応急措置
吸入した場合　：速やかに新鮮な空気の場所に移し、安静、保温に努め、急いで医師の手当てを受ける。
：呼吸困難・呼吸停止を起こしている場合には酸素吸入や人工呼吸を施す。
皮膚に付着した場合　：火傷の恐れが有るので、清浄な水で充分に冷やす。
：洗浄が不十分であったり、処置が遅れると皮膚に障害が残る可能性がある。
：洗浄後、速やかに医師の手当てを受ける。

安全データシート(SDS)の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7　販売

◆法律上の配布対象
- ✓ 労働安全衛生法
- ✓ 毒物及び劇物取締法
- ✓ 化学物質管理促進法

で規定される毒性ガスやフルオロカーボン系の高圧ガス

◆法で配布対象となっていないその他の不燃性や可燃性ガスも経済産業省の指針及び販売先への安全指導の必要性により配布が行われている。

◆新規販売時およびSDS更新時に配布・管理・保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

e）販売先に対する安全指導

◆販売主任者は、高圧ガスの販売に係わる保安に関する業務を管理する。

◆販売先に高圧ガスの性質、取扱い上の注意事項などの保安講習や安全教育を実施し、法令違反や安全上好ましくない取り扱いをしない様指導すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1 高圧法上の規制／8.2 充てん容器の条件／8.3 充てん量

充てん容器の条件／充てん量

- 充てん容器の条件（容器）
  - ✓ 所定の刻印がされている容器であること。
  - ✓ 容器には定められた塗色、ガスの名称及びガスの性質を示す文字、氏名などの表示又はKHK刻印が表示
  - ✓ バルブ等の附属品が付属品検査に合格し、所定の刻印
  - ✓ 容器検査期間内のものであること。
- 充てん量
  - ✓ 圧縮ガス
    - ➢ 刻印等で示された種類・圧力（最高充てん圧力「FP-M」）
  - ✓ 液化ガス
    - ➢ 刻印等で示された内容積「V」÷高圧ガスごとの定数「C」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3 充てん量

8.3.4 特殊高圧ガスなどの充てん量

◆充てん量

✓特殊高圧ガスなど

➢経済産業省内規（平成26年7月14日付）により
下表のようにガスごとに特別に定められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス名	最大充てん量	ガス名	最大充てん量
アルシン	0.416 kg/L	モノゲルマン	0.0877 kg/L
ジシラン	0.401 kg/L	モノシラン	0.257 kg/L
ジボラン	0.0699 kg/L	三フッ化窒素	0.508 kg/L
セレン化水素	1.376 kg/L	三フッ化ホウ素	0.515 kg/L
ホスフィン	0.376 kg/L	四フッ化ケイ素	0.781 kg/L

ガス名	最大充てん圧力
混合ガス	温度35℃において14.7MPa以下であって、かつ、 102.5℃において19.6MPa以下の充てん圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.1　販売に供する容器置場など

9.1.1　容器置場

容器置場

◆販売業者が設ける容器置場は、販売としての規制としてではなく、貯蔵の規制として基準が定められている。

◆高圧ガスの貯蔵量が

液化ガスの場合は、10kgを1m³とみなす。

✓300m³以上1000m³未満（第一種ガスの場合、3000m³未満）

➢「第二種貯蔵所の届出」が必要

✓1000m³以上（第一種ガスの場合、3000m³以上）

➢「第一種貯蔵所の許可」が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場

◆貯蔵所の区分

() 内は液化ガス（10kgを1m³）

	第一種貯蔵所	第二種貯蔵所
第一種ガス	3,000m³以上 (30,000kg)	300m³以上 3,000m³未満 (3,000kg) (30,000kg)
第二種ガス	1,000m³以上 (10,000kg)	300m³以上 1,000m³未満 (3,000kg) (10,000kg)
第一種ガス ＋ 第二種ガス	合計貯蔵量が下記計算値以上 1000 m³ ＋ 2／3 × 第一種ガス (0超3,000m³未満) (30,000kg)	300m³以上 （左欄除く） (3,000kg)

（第一種ガス）He、Ne、Ar、Kr、Xe、Rn、N_2、CO_2、ﾌﾙｵﾛｶｰﾎﾞﾝ（可燃性を除く）、空気
（第二種ガス）第一種以外のガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場の基準（一般則に示される第一種・第二種貯蔵所）

- 容器置場の明示及び警戒標の掲示
- 第一種置場距離及び第二種置場距離の確保（確保できない場合における障壁の設置）
- 可燃性ガス及び酸素の充てん容器の容器置場に、直射日光を遮るための措置（但し、シリンダーキャビネットに収納した場合を除く）
- 可燃性ガスの容器置場は、漏えいした当該ガスの滞留しない措置
- ジシラン、ホスフィン及びモノシランの容器置場は、ガスが漏えいし自然発火したときに安全なものであること。
- 特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等、亜硫酸ガス、アンモニア、塩素、クロルメチル、酸化エチレン、シアン化水素、ホスゲンまたは硫化水素の容器置場に除害のための措置
- 可燃性ガスまたは毒性ガス充てん容器等の通風の良い場所での貯蔵

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場の基準（第一種・第二種貯蔵所にかかわらない）

- 充てん容器及び残ガス容器並びに可燃性ガス、毒性ガスおよび酸素の充てん容器等はそれぞれ区分して置くこと。
- 計量器など作業に必要なもの以外のものを置くことの禁止
- 容器置場（不活性・空気を除く）の周囲2m以内には、火気の使用を禁じ、かつ引火性・発火性のものを置かないこと。（ただし、有効に遮る措置を講じた場合は、除外）
- 充てん容器等は、常に40℃以下に保つこと。（超低温容器、低温容器は、容器内のガスの常用温度の内最高のもの）
- 充てん容器等（内容積5L以下を除く）には、転落・転倒等による衝撃及びバルブの損傷を防止する措置を講じ、かつ粗暴な取り扱いをしないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場の基準（第一種・第二種貯蔵所にかかわらない）

- 可燃性ガスの容器置場には、携帯電燈以外の燈火を携えないこと。
- シアン化水素貯蔵の留意事項（略）
- 貯蔵は、船・車両もしくは鉄道車両に固定し、または積載した容器（消火用の不活性ガスなどを除く）により貯蔵することの禁止
  - ✓ ただし、第一種貯蔵所の許可を受け、または第二種貯蔵所の届出を行ったところに高圧ガスを貯蔵する場合を除く。
- 製造から15年などを経過した一般複合容器等による高圧ガスの貯蔵の禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 高圧ガスの移動

高圧ガスの移動

- 移動とは、高圧ガス保安法上、「高圧ガスを輸送すること」
- 移動の形態
  - ✓ 車両に固定した容器による移動
    - ➢ タンク車（鉄道車両）による移動
    - ➢ タンクローリによる移動

提供：岩谷産業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.1 高圧ガスの移動

高圧ガスの移動

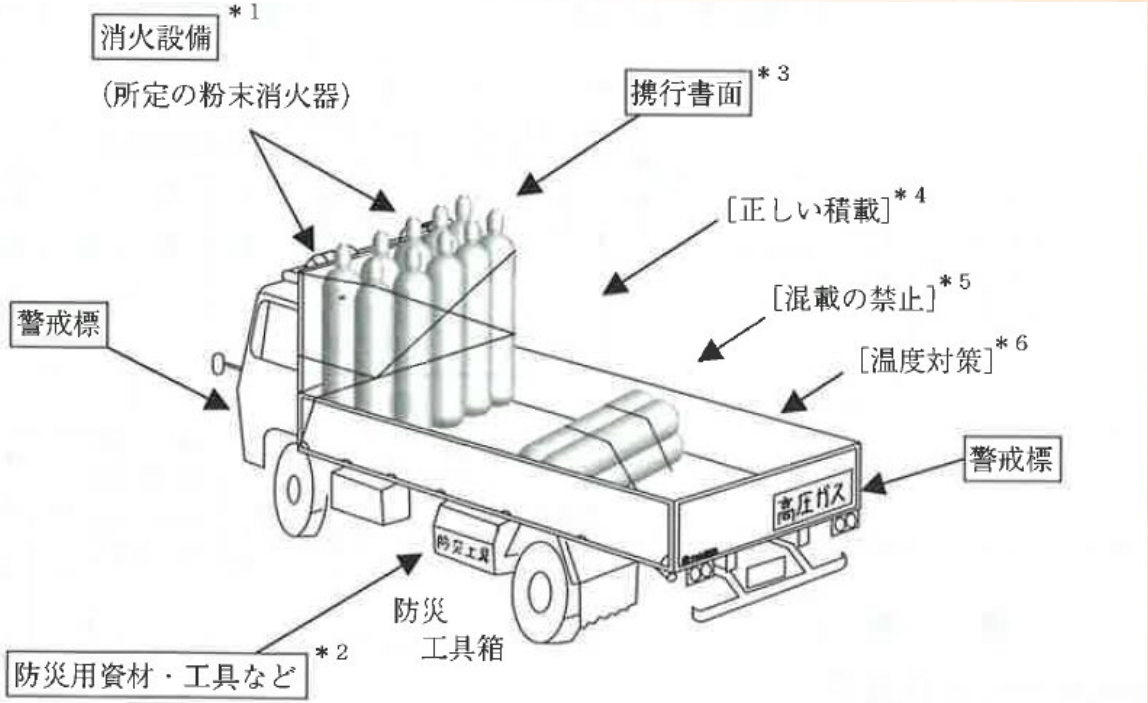
- 移動とは、高圧ガス保安法上、「高圧ガスを輸送すること」
- 移動の形態
  - ✓ 車両に固定した容器による移動
    - ➢ 集結容器による移動
    - ➢ 集合容器による移動
  - ✓ 車両に積載して移動
    - ➢ カードル（枠組み容器）をトラックに積載して移動
    - ➢ 単体容器（ばら瓶）をトラックなどに積載して移動
  - ✓ その他の移動
    - ➢ 手に持ち、手に添えるなどして移動
    - ➢ 導管による移動

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2 移動の基準

10.2.1 移動の全般的基準

- 車両の見やすい箇所に警戒標を掲げること。
- 充てん容器等の温度管理
  → 40℃以下
- 駐車：第一種保安物件の近辺及び第二種保安物件が密集する場所を避け、安全な場所を選ぶ。



移動に関する基準などの説明図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.2 特殊高圧ガス、可燃性ガス、酸素および毒性ガスの移動

下表に示す種類の高圧ガスを同表の数量以上移動する場合、
移動監視者の監視（乗務）が必要。

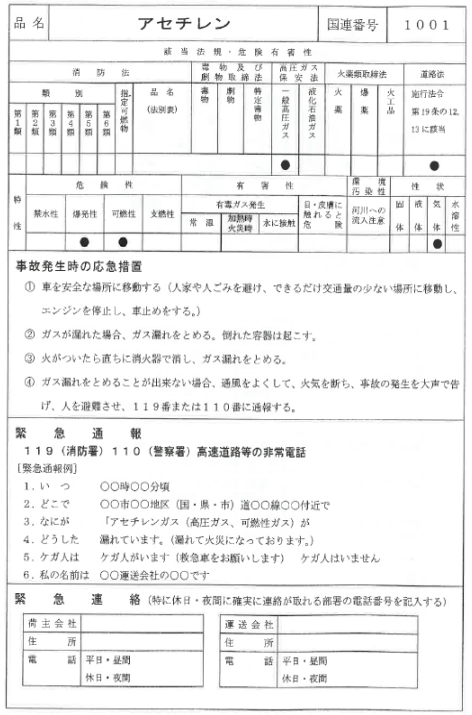
ガスの種類		数量	
圧縮ガス	可燃性ガス及び酸素	容積	300m³以上
	毒性ガス	容積	100m³以上
液化ガス	可燃性ガス※及び酸素	質量	3,000kg以上
	毒性ガス	質量	1,000kg以上
液化石油ガス		質量	3,000kg以上
特殊高圧ガス		数量に関係ない。	

※ 圧縮水素スタンドの液化水素の貯槽に充てんする液化水素については、
移動する数量に関係なく監視が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.3 可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の移動

◆当該高圧ガスの名称、性質および移動中の災害防止のために必要な注意事項を記載した書面（イエロー・カード）を運転者に交付し、移動中携帯が必要。



品名 アセチレン　国連番号 1001

適当法規・危険有害性

消防法

類別 第1類 第2類 第3類 第4類 第5類 第6類 指定可燃物

品名（法別表）

危険物 毒物 劇物 特定毒物

高圧ガス保安法 一般高圧ガス 液化石油ガス

火薬取締法 火薬 爆薬 火工品

道路法 施行法第19条の12、13に該当

●

特性

危険性 禁水性 爆発性 可燃性 支燃性

有害性 有毒ガス発生 常温 加熱時 火災時 水に接触 皮・皮膚に触れると危険

環境汚染性 河川への流入注意

性状 固体 液体 気体 水溶性

●

事故発生時の応急措置

① 車を安全な場所に移動する（人家や人ごみを避け、できるだけ交通量の少ない場所に移動し、エンジンを停止し、車止めをする。）

② ガスが漏れた場合、ガス漏れをとめる。倒れた容器は起こす。

③ 火がついたら直ちに消火器で消し、ガス漏れをとめる。

④ ガス漏れをとめることが出来ない場合、通風をよくして、火気を断ち、事故の発生を大声で告げ、人を退避させ、１１９番または１１０番に通報する。

緊急通報

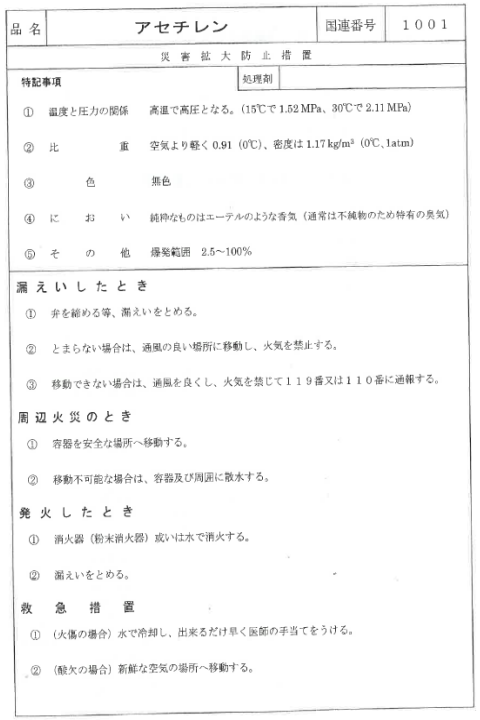
１１９（消防署）１１０（警察署）高速道路等の非常電話

[緊急通報例]

1. いつ　○○時○○分頃
2. どこで　○○市○○地区（国・県・市）道○○線○○付近で
3. なにが　「アセチレンガス（高圧ガス、可燃性ガス）が
4. どうした　漏れています。（漏れて火災になっております。）
5. ケガ人は　ケガ人がいます（救急車をお願いします）　ケガ人はいません
6. 私の名前は　○○運送会社の○○です

緊急連絡（特に休日・夜間に確実に連絡が取れる部署の電話番号を記入する）

荷主会社		運送会社	
住所		住所	
電話	平日・昼間 休日・夜間	電話	平日・昼間 休日・夜間



品名 アセチレン　国連番号 1001

災害拡大防止措置

特記事項　処理剤

① 温度と圧力の関係　高温で高圧となる。（15℃で 1.52 MPa、30℃で 2.11 MPa）

② 比重　空気より軽く 0.91（0℃）、密度は 1.17 kg/m³（0℃、1atm）

③ 色　無色

④ におい　純粋なものはエーテルのような香気（通常は不純物のため特有の臭気）

⑤ その他　爆発範囲　2.5～100%

漏えいしたとき

① 弁を締める等、漏えいをとめる。

② とまらない場合は、通風の良い場所に移動し、火気を禁止する。

③ 移動できない場合は、通風を良くし、火気を禁じて１１９番又は１１０番に通報する。

周辺火災のとき

① 容器を安全な場所へ移動する。

② 移動不可能な場合は、容器及び周囲に散水する。

発火したとき

① 消火器（粉末消火器）或いは水で消火する。

② 漏えいをとめる。

救急措置

① （火傷の場合）水で冷却し、出来るだけ早く医師の手当てをうける。

② （酸欠の場合）新鮮な空気の場所へ移動する。

イエロー・カードの例
（アセチレン）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.2.5 高圧ガスを移動するときの携行品など

- 高圧ガスを移動するときの携行品
  - ✓消火設備及び災害発生防止のための応急措置に必要な資材及び工具等を携行すること
    - ➢ 可燃性ガス、特定不活性ガス、酸素、三フッ化窒素
    - ➢ 毒性ガス

- これら携行品は1日に1回以上点検し、正常な状態に維持すること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス、特定不活性ガス、酸素または三フッ化窒素を移動するときの携行品

◆消火設備（速やかに使用できる位置に取り付ける）

✓「車両に固定した容器により移動する場合」の消火設備

ガスの区分	消火器の種類		備付け個数
	消火薬剤の種類	能力単位	
可燃性ガス	粉末消火剤	B-10以上	車両の左右にそれぞれ1個以上
酸素 三フッ化窒素	粉末消火剤	B-8以上	車両の左右にそれぞれ1個以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス、特定不活性ガス、酸素または三フッ化窒素を移動するときの携行品

◆消火設備（速やかに使用できる位置に取り付ける）

✓「充てん容器等を車両に積載して移動する場合」の消火設備

移動するガス量による区分	消火器の種類		備付け個数
	消火薬剤の種類	能力単位	
圧縮ガス100m^{3}超 または 液化ガス1,000kg超	粉末消火剤	B-10以上	2個以上
圧縮ガス15m^{3}超100m^{3}以下 または 液化ガス150kg超1,000kg以下	粉末消火剤	B-10以上	1個以上
圧縮ガス15m^{3}以下 または 液化ガス150kg以下	粉末消火剤	B-3以上	1個以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス、特定不活性ガス、酸素または三フッ化窒素を移動するときの携行品

◆資材及び工具など

品名	仕様	備考
赤旗		
赤色合図灯または 懐中電灯	車両備付け品で良い	
メガホン		
ロープ	長さ15m以上のもの2本以上	
漏えい検知剤		
車輪止め	2個以上	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

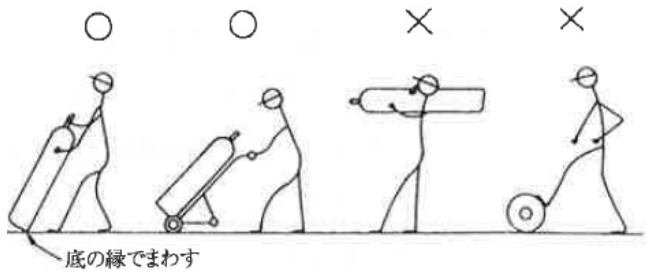
10.2.7 充てん容器（ばら瓶）等の移動の基準

充てん容器等の転落、転倒などを防止する措置

◆充てん容器等の車両への積載、荷おろし、および地盤面上の移動

- ✓荷おろし時の衝撃緩和措置（ゴムマット等）
- ✓摩擦防止措置（布製マット等）
- ✓プロテクターもしくはキャップの装着
- ✓容器の底の縁で転がす、もしくは専用のボンベキャリーを使用

充てん容器等の積載、荷おろし用リフトの例



容器の運びかたの良い例と悪い例

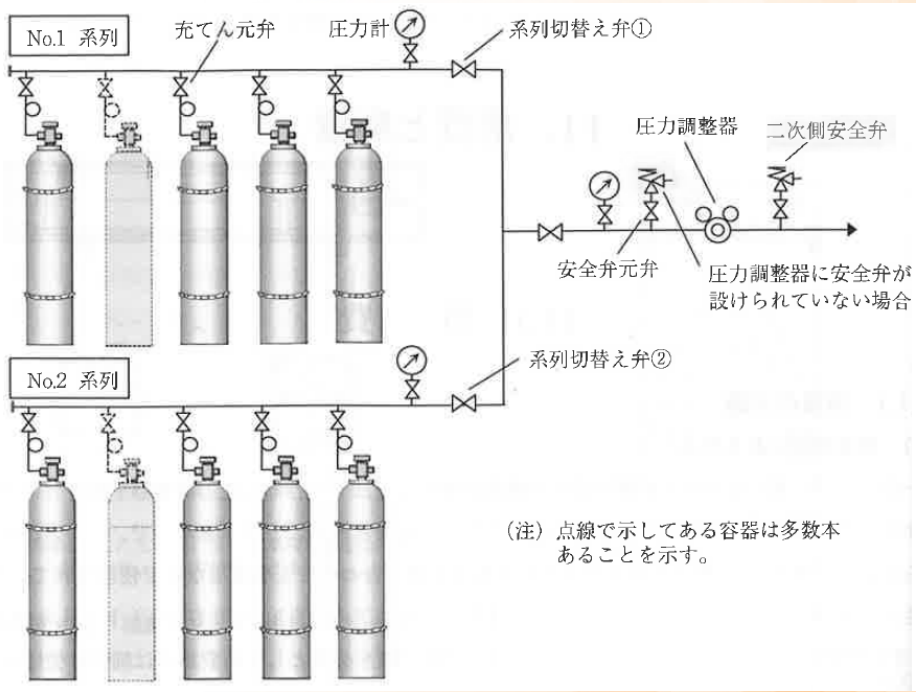
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.1　消費

11.1.1　消費の形態

◆単体容器による方法
- ✓容器に圧力調整器を取り付けて消費

◆集合装置による方法（マニホールド方式）
- ✓単体容器による場合よりも消費量が多い時に、数本～数10本の容器を1本の主管に接続し、圧力調整器などによって低圧のガスとして消費現場に配管供給される。
- ✓通常は、予備側に同本数の1系列を設けて、2系列切替式とする。



集合装置方式（マニホールド方式）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

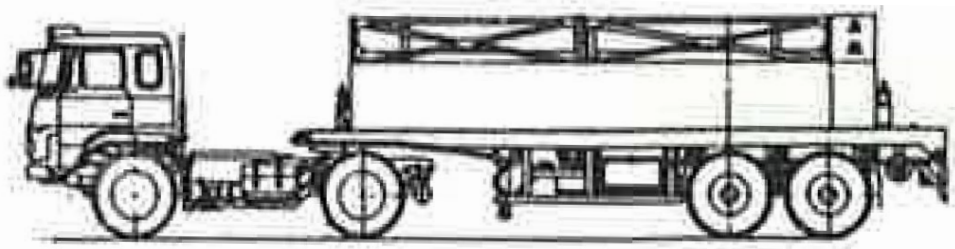
◆カードル、長尺容器方式

✓カードル(枠組容器)により、通常消費設備に配管によって供給される。

➢液化ガスの場合は、採用されない。
（各容器に均一に充てんすることができないため）

✓トレーラ方式

➢長尺枠組容器をセミトレーラに組み込んで、この部分を切り離して消費に供する方法



(c) トレーラ式　集結容器の例

提供：岩谷産業㈱

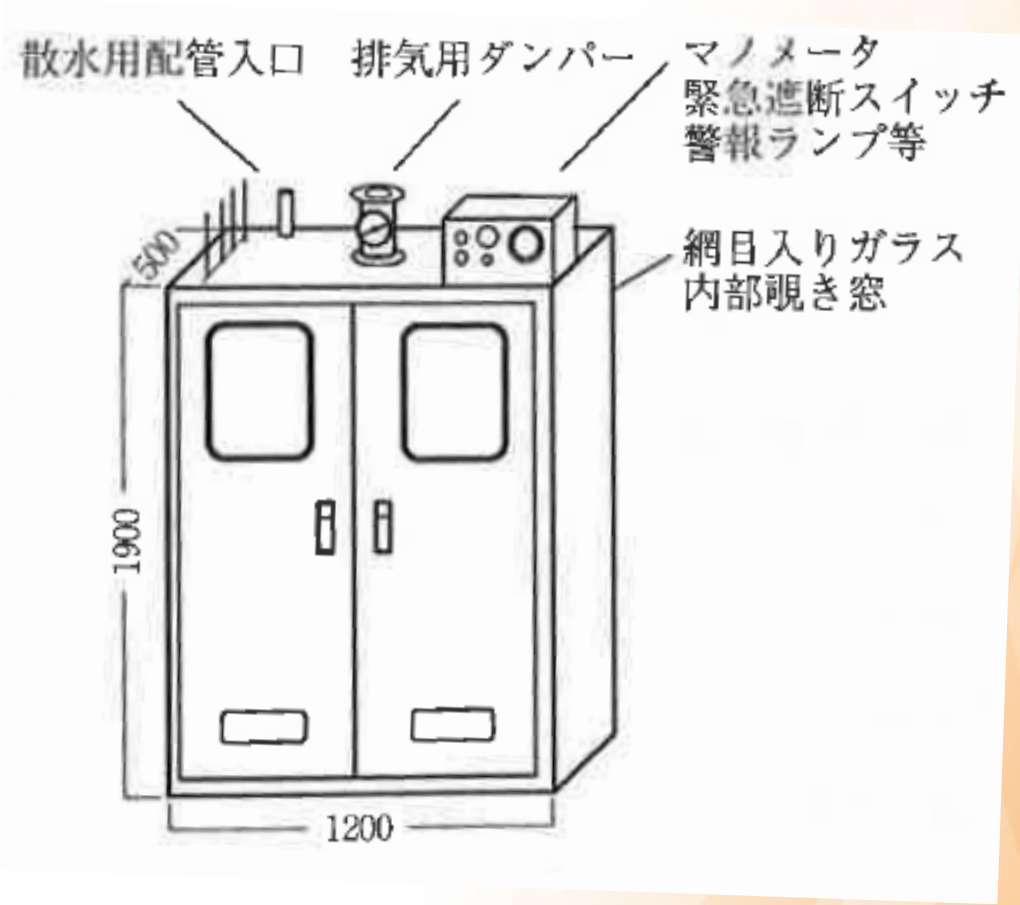
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- バルク供給方式（LPガスのみ）
  - ✓LPガスの消費先に定置され、専用のバルクローリによって充てんする方式。
- 貯槽受入方式
  - ✓CE方式
    - ➢低温の液化ガスの特性を利用し、内部圧力を一定に保ち、液を送り出す方式。
    - ➢沸点の低い酸素、窒素、アルゴン、炭酸ガス、LNGに使用。
- 導管方式
  - ✓ガス発生設備から直接配管（導管）によって供給消費する方式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

■シリンダーキャビネット方式

- ✓特殊高圧ガスを消費する場合、消費施設に近接した場所でガスの貯蔵と消費が望まれるため、ほとんどの容器がシリンダーキャビネットに収納されている。
- ✓シリンダーキャビネットとは、金属などの不燃性材料を用い、十分な強度を有し、収納するガスに対して耐食性があり、また防食処理を施したもので製作される。



シリンダーキャビネットの外観図例

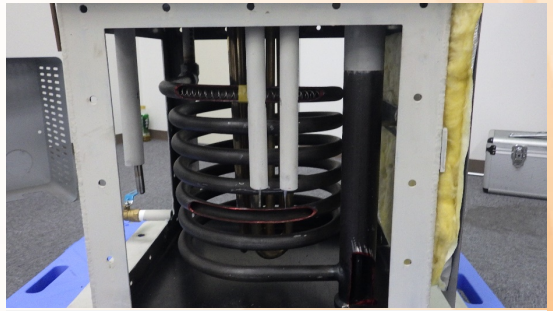
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.1.2 消費のための付帯設備

気化装置

- 液化ガスをガス状で消費する場合、消費量が多い場合に、容器や貯槽から液状で取り出し、気化装置により強制気化させる。
- 気化装置(熱交換器)の種類
  - ✓ 温水で加熱するもの・・・
    蛇管式(シェルアンドコイル式)、
    二重管式、多管式

（蛇管式）
提供：I・T・O㈱



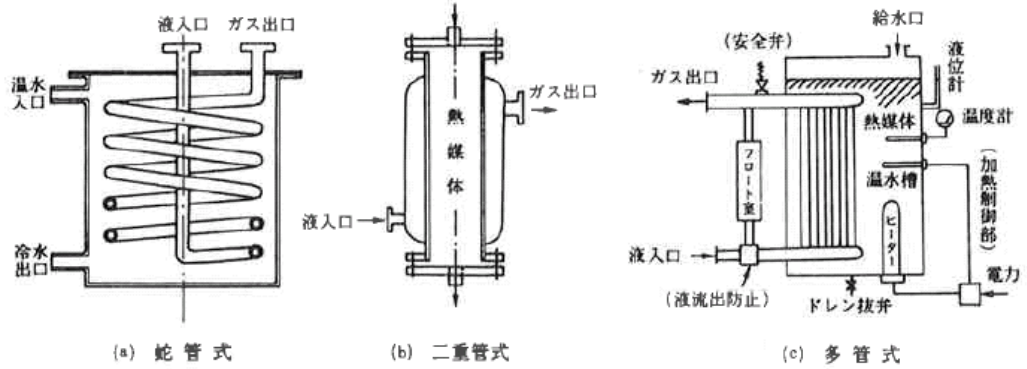
（内部の蛇管）
提供：I・T・O㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.1.2 消費のための付帯設備

気化装置

- 気化装置(熱交換器)の種類
  - ✓ 大気と直接熱交換するもの・・・
    スターフィンチューブ
    （大気に触れる面積を大きくするために使用）



蒸発器の形式の例

提供：I・T・O㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全装置

◆安全弁の設置区分

✓常用の圧力の相当程度異にし、また異にするおそれのある区分ごとに設置する。

✓具体的には、貯槽、蒸発器の気相部に安全弁と圧力計を設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.1.3 消費に係る許可・届出など

消費に係る許可・届出など

◆高圧ガス貯蔵所の許可
- ✓第一種貯蔵所　・・・　都道府県等の許可
- ✓第二種貯蔵所　・・・　都道府県等へ届出

◆高圧ガス製造許可または届出
- ✓「高圧ガスの製造」となる例
  - ➢CE方式（貯槽内を気化したガスで加圧）
  - ➢蒸発器を設置して消費する場合、気化したガスの圧力が1MPa以上の場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

◆特定高圧ガス消費者の届出

✓ 下表の特定高圧ガスについて

➢ 左欄の種類の高圧ガスを導管で供給を受ける消費者

➢ 貯蔵数量が右欄に掲げる数量以上である消費者

特定高圧ガス消費者としての届出が必要

ガスの種類	数量	
圧縮水素	容積	300m^3
圧縮天然ガス	容積	300m^3
液化酸素	質量	3000kg
液化アンモニア	質量	3000kg
液化塩素	質量	3000kg
液化石油ガス	質量	3000kg

ガスの種類	数量
特殊高圧ガス	数量にかかわらず該当

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.1.4 消費の基準

その他の消費の基準

(1)充てん容器等のバルブは静かに開閉すること。
(2)充てん容器等は転落転倒による衝撃又はバルブの損傷を受けないよう粗暴な取り扱いをしないこと。
(3)充てん容器等、バルブ、配管を加熱する場合熱湿布又は40℃以下の温湯を使用すること。ただし、安全弁及び圧力、温度を調整する自動制御装置を設けた場合はこの限りでない。
(4)充てん容器等には湿気、水滴等による腐食を防止する措置を講じること。
(5)消費設備に設けたバルブまたはコックには、作業員が当該バルブを適切に操作できる措置を講ずる。
①バルブの開閉方向の明示
②配管に配管内のガス、その他の流体の種類及び方向を表示
③操作することにより、当該バルブ等にかかる消費設備に保安上重大な影響を与えるバルブ等のうち通常使用しないもの（緊急の用に供するものを除く）には、施錠・封印またはこれらに類する措置を講ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(6)消費設備に設けたバルブを操作する場合にバルブの材質、構造及び状態を勘案して過大な力を加えないよう必要な措置を講ずること。
(7)可燃性ガス及び毒性ガスの消費は通風の良い場所で行い、かつ、容器を40℃以下に保つこと。
(8)シアン化水素の消費は、容器に充てんしたのち、60日を超えないものとすること。ただし、純度98%以上で着色していないものはこの限りではない。
(9)酸化エチレンを消費するときは、あらかじめ消費に使用する設備の内部のガスを窒素ガスまたは炭酸ガスで置換し、酸化エチレンの容器と消費設備の間の配管には、逆流防止装置を設けること。
(10)可燃性ガスまたは酸素の消費設備（家庭用を除く）の周囲5m以内での、喫煙及び火気の使用禁止、かつ、引火性、発火性の物を置かないこと。ただし、流動防止措置等を設けた場合を除く。
(11)可燃性ガスの貯槽には、静電気の除去の措置を講ずること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(12)消費施設には消火設備を設けること。
(13)溶接・熱切断用のアセチレンの消費は、逆火、漏えい、爆発等による災害の防止を講じること。
(14)溶接または熱切断用の天然ガスの消費は、漏えい、爆発などによる災害を防止するための措置を講じること。
(15)酸素の消費は、バルブ及び消費に使用する器具の石油類、油脂類その他可燃物の物を除去したのちにすること。
(16)消費したのち、バルブを閉じ、容器の転倒及びバルブの損傷を防止する措置を講ずること。
(18)消費設備の使用開始時及び終了時に異常の有無を点検するほか、1日に1回以上点検し、異常のあるときは危険を防止する措置を講ずること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(19)一般複合容器は水中で使用しないこと。
(20)五フッ化ヒ素等の消費
①消費設備を使用する室は、滞留しない構造
②消費設備を使用する室は、緊急時に容易に避難できる構造
③消費設備は、その内部を不活性ガスによる置換、または真空にすることが出来る構造
④消費設備には、当該ガスが漏えいした時の除害のための措置
⑤消費設備に充てん容器を接続したのち、及び取り外す前には、内部のガスを不活性ガスにより置換または内部を真空にすること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 廃棄

11.2.1 廃棄
11.2.2 廃棄の基準

廃棄の基準

- 使用済み容器内の不要なガスは、みだりに放出せず、「圧力を残したまま返却」する。
- 廃棄の基準
  - ✓ 高圧ガスの廃棄は容器とともに行わないこと。
  - ✓ 可燃性ガス又は特定不活性ガスの廃棄は、火気を取り扱う場所または引火性もしくは発火性の物をたい積した場所およびその付近を避け、かつ大気に放出して廃棄するときは通風の良い場所で少量ずつすること。
  - ✓ 毒性ガスを大気中に放出して廃棄するときは、危険または損害を他に及ぼすおそれのない場所で少量ずつすること。
  - ✓ 可燃性ガス、毒性ガス又は特定不活性ガスを継続してかつ反復して廃棄するときは、当該ガスの滞留を検知するための措置を講じてすること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

◆廃棄の基準

- ✓酸素の廃棄は、バルブおよび廃棄に使用する器具の石油類、油脂類その他の可燃性の物を除去したのちにすること。
- ✓廃棄したのちは、バルブを閉じ、容器の転倒およびバルブの損傷を防止する措置を講ずること。
- ✓充てん容器のバルブは、静かに開閉すること。
- ✓充てん容器等、バルブまたは配管を加熱するときは、熱湯布または40℃以下の温湯もしくは所定の空気調和設備を使用すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.1　全般的事項

12.1.1　全般的基本事項

◆ ガスの性質を熟知しておく。

◆ 漏えいさせない

✓ 漏えい時の注意

- 毒性ガス（アンモニア、塩素など）　・・・中毒事故
- 可燃性ガス（アセチレン、LPガスなど）　・・・燃焼・爆発事故
- 不燃性ガス（窒素など）　・・・狭い室内やピット内で放出されると、酸素欠乏

◆ 高圧ガスの圧力について認識しておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12　高圧ガスの取扱い

◆　バルブは静かに開閉する

✓ バルブ開閉時の注意点

- 急激な操作をすると、ガスとバルブの間の摩擦により
  「静電気の発生」「断熱圧縮による高温」
- 全開してから、半回転ほど戻すことが原則。
  ・バックシートバルブを除く。
  （全開することでバルブを止める構造）

◆　ガスを他の目的に流用しない

✓ 可燃性ガス・毒性ガス・酸素は、使用目的のみに用い、以下のようなことに流用してはならない。

- 気密試験
- スプレー式塗装、空気機械の圧縮空気の代わりに使用。
- 衣類のごみ取り等のために身体に吹き付け
- 配管内部の清掃（吹かし）

◆　器具類は専用のものを用いる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.1.2 容器の取扱い

容器の取扱い

◆容器の置き方

✓ 容器置場に収納するときは、充てん容器と残ガス容器を区分
✓ 可燃性ガス、毒性ガス、酸素の容器はそれぞれ区分
✓ 容器の貯槽・消費にあたっては、ロープ・鎖などで固定し、転倒・転落しないようにする。
✓ 横置きの場合、歯止めを施す。

◆容器は温度を上げてはならない

✓ 40℃以下に保つ
✓ ストーブや熱源の近くに置いてはならない。
（溶栓を用いたアセチレン、毒性ガスの容器は注意）
✓ 充てん容器等・バルブ・配管などを加熱する際は、熱湯又は所定の空気調和設備を使用。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

◆粗暴な扱いをしないこと
転倒、転落させると衝撃で打痕や傷、容器を損傷するおそれ

◆容器の運搬は、専用のボンベキャリーを用いるか容器を少し斜めにして容器底部の縁で転がす。

◆容器を吊り上げて移動するとき
〇　専用の吊り具を使用
×　ロープ、鎖を容器に直接巻きつけて吊り上げる行為
　　電磁石を用いて吊り上げる行為　　（落下事故の元）

◆火災や電気溶接のスパークなどにより熱的影響を受けた容器や電弧傷のある容器は、廃却処分しなければならない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

◆容器は次のことに流用してはならない。
✓容器を金敷きなどの代わりに台とすること。
✓ローラーの代用
✓重量物を持ち上げるときのテコの枕

◆　容器に取り付ける器具は、欠陥のあるものを使用しないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.1.3 消費開始および作業終了時の手順例

容器に圧力調整器を取り付けて消費する場合

- 容器が固定されていることを確認（鎖など）

↓

- 容器の口金に異物が付着していない。
  パッキンが損傷、変形のない適切なものであること。

↓

- 調整器の取り付け
  取り付け用袋ナットは専用のスパナで十分に締め付け、過大なスパナを用いて締めすぎない。

↓

- 調整器にゴムホースを接続し、ホースバンドを用いて抜けないように固定

↓

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12　高圧ガスの取扱い

◆調整器のハンドルが緩んでいることを確認し、容器弁を静かに開ける
　ブルドン管圧力計を用いる場合、圧力計の目盛板の正面に顔を近づけない。

↓

◆調整器のハンドルを徐々に締めて（時計方向に回して）所定の圧力とする。

↓

◆石けん水等の発泡剤で各接続部に漏れがないか点検する。

↓

◆異常がないことを確認し、消費を開始。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

酸素、アセチレン用吹管を使用した作業終了時の手順例

◆吹管の酸素のバルブ、次にアセチレンのバルブの順で閉じる。

↓

◆容器弁を閉じて、器具内の残ガスを放出する。

↓

◆吹管、ゴムホースを外す。

↓

◆圧力調整器のハンドルを緩めたのち、調整器を取り外す。

↓

◆器具などを所定の場所に収納する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.1.4 使用済み容器の取り扱い

- 使用済み容器は、若干の残圧（0.1MPa程度以上）を残した状態で消費を止め、必ずバルブを締め、キャップを取りつけて容器置場に収納

- 使用後は、速やかに返却（容器は販売業者からの借用物）

- 容器はみだりに放置せず、所定の場所に保管しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.1.5　超低温容器の取り扱い

◆可搬式超低温容器は、二重殻構造
- ✓内外槽の空間には断熱材が充てんされ、真空
- ✓外槽は肉厚が薄い（外圧である大気圧に耐えられるだけの強度）

◆一般の容器以上に、丁寧な取り扱いが必要

◆衝撃を与えたり、落下・転倒させたりすると、真空が破壊されているおそれがあるので、
- ✓高圧ガス製造事業者などに連絡すること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.1.6 圧縮ガスと液化ガスについての注意事項

圧縮ガスと液化ガスについての注意事項

- 圧縮ガス
  - ✓ 15～20MPaの高い圧力で充てんされている
  - ✓ 圧力のかかった部分に漏えいがあるとき、そのまま増し締めする事は危険。いったん圧力を下げてから行うこと。

- 液化ガス
  - ✓ 低温に対する注意
    - ➢ 配管などは、低温脆性を起こさない材料を使用すること
    - ➢ 配管、機器に初めて液化ガスを注入するときは、徐々に予冷しながら行うこと
    - ➢ 低温になった金属部分に直接手を触れないこと
    - ➢ 取り扱うときは、専用の革手袋や保護めがねを使用すること
  - ✓ 液封に対する注意
    - ➢ 液配管の前後のバルブを閉めて液化ガスを配管内に封じ込めてはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.2 異常時の措置

12.2.1 付近に火災が発生したときの措置

付近に火災が発生したときの措置

- 火災が発生し、延焼のおそれのある容器は、速やかに安全な場所に搬出する。
- 一般に容器は火災にあっても安全装置が作動し、容器が破裂するおそれはほとんどない。
  ただし、可燃性ガス、毒性ガスの容器は、安全弁からの噴出による二次災害が考えられるので、搬出不能の場合は、容器に注水して冷却する。
- 延焼のおそれのない場合または搬出不能な貯槽などは、放射熱による温度上昇を防止するため、注水冷却する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.2.2 容器、器具類からの漏えいガスに着火した場合の措置

容器、器具類からの漏えいガスに着火した場合の措置

- 容器または貯槽のバルブを閉止してから、消火器で消火する。消火しなければバルブを操作できないときは、消火してから速やかにバルブを閉める。
- 大量のガスが漏えいして発火した場合、消火すると漏えいして滞留したガスが再発火して爆発を起こすことがあるので、消火しないほうが良い場合もある。
  状況を判断して適切な措置をすることが必要である。

12.2.3 事故災害が発生したときの措置

事故災害が発生したときの措置

- 状況に応じて災害拡大発生防止のための適切な措置をとるとともに、都道府県高圧ガス担当課、警察署、消防署などに連絡し、その応援または指示を受ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

12.2.4 事故届

事故届

◆ 高圧ガスを取り扱う者は、次の場合には遅滞なく、事故届書を都道府県知事等に提出しなければならない。

✓ その所有し、または占有する高圧ガスについて災害が発生したとき

✓ その所有し、もしくは占有する高圧ガスまたは容器を喪失し、または盗まれたとき

（参考）高圧ガス保安法　第63条（事故届）抜粋

高圧ガス又は容器を取り扱う者は、次に掲げる場合は、遅滞なく、その旨を都道府県知事又は警察官に届け出なければならない。

一　その所有し、又は占有する高圧ガスについて災害が発生したとき。

二　その所有し、又は占有する高圧ガス又は容器を喪失し、又は盗まれたとき

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13 ガス各論

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.1 支燃性ガス

13.1.1 酸　素

酸素(O_2)

- 生物の呼吸に不可欠なガス
- 空気中に約21vol%
- 水、岩石などの化合物として地球上に広く存在
- 地殻構成元素として第1位

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性(支燃性)

・支燃性
・酸素のみでは、燃焼や燃焼反応による爆発は起こらない。
　※自身は燃えない。他の物質を燃焼させることができる。
・燃焼には、可燃性物質の共存（酸素＋可燃性物質＋着火源）が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性(支燃性)

・空気中の酸素割合が増加
（燃焼が激しくなり危険性が増大）
⇒ 燃焼速度 増大
⇒ 発火温度(発火点) 低下
⇒ 火炎温度 上昇

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性

・可燃性ガスの爆発範囲は、酸素中のほうが空気中の場合より広い。
・発火に必要なエネルギーも小さくなる。
・燃焼、爆発の危険性が増大する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

②有害性

高濃度酸素による高濃度中毒症状

濃度vol%	人体への影響
18~25	安全範囲
36	長時間呼吸の高濃度中毒症状の安全限界
46	短時間呼吸の高濃度中毒症状の安全限界 全身・口唇けいれん、めまい、嫌悪、不快な呼吸感 筋けいれん、錯乱、幻聴、視力障害、足指の疼痛などの症状が現れる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

①外観など

・無色
　※液化酸素は淡青色
・無臭
・空気よりわずかに重い気体
　相対密度 ＝ 1.105＞1(空気)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

②物性値

分子量	32.0
密度 (気体、標準状態)	1.429 kg/m^3
密度 (液体、-183 ℃)	1140 kg/m^3
相対密度 (ガス比重、標準状態) (気体、空気=1)	1.105 <空気よりわずかに重い>

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

②物性値

沸点	-183.0 ℃
臨界温度	-118.6 ℃
臨界圧力	5.04 MPa
蒸発潜熱(沸点)	213 kJ / kg
水に対する溶解度 (標準状態)	0.049 m^3/m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応性など

・ほとんどの化合物と直接化合して酸化物をつくる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製法

空気中の酸素(約21vol%)を他の成分 から分離（工業的）

①空気液化分離法

・空気を圧縮、冷却、膨張により超低温にして液化
・精留塔で各成分（酸素、窒素など）を分離（沸点差を利用）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

②PSA(圧力スイング吸着)法

・窒素吸着剤 (ゼオライト系吸着剤)に、加圧（又は常圧）空気中の窒素を吸着させて酸素を採取する。
・吸着させた窒素は常圧（または減圧）下で放出する。
・加圧～減圧を繰り返す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

用途

①転炉、電気炉の製鋼用
②酸素・アセチレン炎などによる金属の溶接溶断用
③医療用、潜水用の吸入用酸素
④化学品の製造用原料
⑤ロケット推進用燃料助燃剤

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特記事項

①圧縮ガス

・内容積が3～47Lの継目なし容器(ばら瓶)が多く用いられる。
・医療用には、小型のFRP製容器が用いられている。
・塗色：黒色
・ガスの名称：白色
・ばら瓶の安全弁には破裂板または破裂板と溶栓を併用

提供：高圧昭和ボンベ㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

②液化ガス

・可搬式超低温容器、タンクローリが用いられる。
・安全弁にはバネ式が用いられる。
・容器内圧力：温度に相当する蒸気圧
・液化ガス 1m^3が気化すると、およそ800m^3の気体となる

【注】液化酸素3000kg以上を貯蔵して消費する場合は、特定高圧ガス消費者に該当する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

取扱い上の注意

①容器・容器弁：　油脂類厳禁

・油脂類の付着厳禁、
・油脂類のついた手・手袋での取扱い厳禁
※油脂類が付着
⇒　溶剤などで洗浄・乾燥

②圧力計、圧力調整器、ゴムホースなどは酸素専用とする。

ブルドン管圧力計は禁油の表示品を使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

③可燃物の使用は発火事故の原因となるため可燃性のパッキン、ガスケットなどは使用しない。

④古い配管を酸素用に転用、および新規の配管を使用開始する場合には配管内部を十分に清掃し、油脂類だけでなく、鉄さびなどの発火原因となるものを完全に除去する。

⑤液化酸素の取り扱いは、凍傷防止のため革手袋を着用する。

布手袋は液化酸素がしみ込むので危険

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑥液化酸素に使用する材料は低温脆性を示さない材料を使用する。

銅、アルミニウム合金、18-8ステンレス鋼など

⑦CEなどの設備に初めて液化酸素を受け入れるときは、徐々に注入し、設備を冷却しながら充塡する。

【理由】

・CEの材料が急冷で破壊するのを防止
・激しく沸騰して圧力が急上昇するのを防止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑧液化酸素が衣服に触れると、酸素が衣服にしみこむので、そのままで喫煙したり火気に近づいてはならない。

⑨液配管の前後のバルブを同時に閉じて、配管内に液化酸素を封じ込めてはならない。
液膨張、あるいは時間の経過とともに液化ガスが気化して高い圧力が発生して配管が破裂するおそれがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13 ガス各論

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 可燃性ガス

13.2.1 アセチレン

アセチレン(C_2H_2)

炭化カルシウム(カーバイド)＋水
⇒アセチレンガス＋消石灰

昔はそのまま(不純物あり) 使用したが、現在では安全度を高めた溶解アセチレン(不純物除去、アセトンなどに溶解、かつ多孔質物を充てん)として市販されている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性

・可燃性、分解爆発性
・完全燃焼⇒水と二酸化炭素
※極めて大きな発熱量、高温度
例)酸素ーアセチレンバーナー
火炎温度は 3,000℃ を超える
⇒金属の溶接・溶断に古くから利用されている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性

・分解爆発性ガス
支燃物（ガス）がなくても、発火源（衝撃など）があると分解反応によって多量の熱を発生して火炎を発生し、それが急速に伝ぱして爆発に至る。
⇒爆発範囲の上限：100%
（大気圧下でも分解爆発 ＜支燃性ガス不要＞）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性

・発火温度(305℃)
他のガスと比べてかなり低い
可燃性ガスの中でも危険度が高い
例）水素(560℃)、メタン(600℃)
※発火温度：この温度を超えると自然と発火する温度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

②有害性

・純粋なアセチレン自体には毒性がない。
　単純窒息性（高濃度）
　濃度が高い場合は、吸気中の酸素量不足による窒息の危険がある。
・アセチレン中の不純物は、頭痛、めまいを引き起こすことがある。
・発癌性はOSHA、NTP、IARCのリストにない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

①外観など

・無色
・エーテルのような香気（純粋）
　通常は、不純物のため特有の臭気
・空気よりわずかに軽い気体

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

②物性値

分子量	26.0
密度（気体、標準状態） 【ガス密度】	1.171 kg/m^3
相対密度 （気体、空気＝1） 【ガス比重】	0.91 （空気よりわずかに軽い）
沸　点（大気圧）	-84.0 ℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

②物性値

臨界温度	36 ℃
臨界圧力	6.25 MPa
爆発範囲 (常温、大気圧、空気中)	2.5～100(*) % * 分解爆発性
発火温度 （大気圧、空気中） （酸素中）	 305 ℃ 296 ℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

②物性値

・溶解性

水には少量溶解

アセトンおよびジメチルホルムアミド(DMF) に容易に溶解

15℃、0.101MPaにおいては、

アセトン：体積の約25倍を溶解

ジメチルホルムアミド ：体積の約40倍を溶解

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応性など

・爆発性化合物の生成
銅、銀などの金属と反応して爆発性化合物(アセチリド：Cu_2C_2、Ag_2C_2)を生成

容器バルブ、圧力計、配管などには、銅または銅の含有量が62%を超える銅合金の使用禁止（容器則例示基準）
銀ろうも使用不可

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製法

溶解アセチレンとして供給・消費

＜分解爆発防止のため＞

アセトンまたはジメチルホルムアミド(DMF)を浸潤させた多孔質物を内蔵する容器で、適切なものに充てんしなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製法

発生装置で発生させたアセチレンからリン化物、硫化物、水分などを除去・精製したのち、容器内の多孔質物に浸潤されている溶剤（アセトンまたはジメチルホルムアミド DMF）に、加圧し溶解させたものが供給され消費されている。最近では、天然ガス、ナフサなどの熱分解で製造されている

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

用途

・金属材料の溶接・溶断
・カーボンブラックの原料、酢酸ビニルなど合成化学の原料
・特殊用途として、金属爆発溶射、原子吸光分析用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特記事項

①供給方式：専らばら瓶

②容器

・塗色：かっ色

・ガスの名称：白色

・ガスの性質「燃」：白色

提供：高圧ガス工業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

③安全弁

・100℃～110℃で作動する溶栓(可溶合金栓)が容器肩部または容器バルブに取り付けられている。

・ガスの吹出し方向は、バルブまたは容器軸心に対して角度30度以内で上向きと規定されている。

・容器バルブは、JIS　B8244「溶解アセチレン容器用弁」またはこれに準じたものであり、充てん口は一般には、ねじのないインロー形、特殊用は「左ねじ」になっている。

・バルブ材料として、銅62%以下の銅合金または炭素鋼が用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

④溶解アセチレンの圧力

容器内にち密に充てんされた多孔質物（マス）に浸潤させたアセトンまたはジメチルホルムアミド（溶剤）に加圧溶解
⇒ボイルーシャルルの法則に従わない。

⑤容器再検査は登録容器検査所にて受けるが、多孔質物と溶剤が入っているため、内部検査および耐圧試験は、規定の抜取方法による代表容器について行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑥通常の取引き単位：質量

1kg ≒ 0.9m³（15℃）

⑦多孔質物を容器内部に充てんする目的

・容器の中を細分化し、分解反応を防止する。
・アセチレンと溶剤との接触面積を大きくし、ガスの溶解を容易にする。
・容器を水冷却して溶解熱を吸収し、局部的異常発熱を防止する。
・溶剤を保持して容器外への流出（ガスに飛沫同伴して出ていく）を防止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑧多孔質物の製造

消石灰に珪藻土およびガラス繊維など（グラスファイバーなど）を混合してスラリー状としたものを容器に充てんする。
高温高圧で反応させて、容器内に珪酸カルシウムを主成分とする多孔質物（固形マス）を形成させる。

⑨多孔質物性能試験

・一般則またはコンビ則例示基準に基づき、高圧ガス保安協会が実施。
・多孔質物の形式（容器の種類、溶剤、多孔質物の種類）ごとに性能試験項目の全てに合格すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑩溶剤

・品質および充てん量（容器内容積に対する割合）は一般則例示基準に規定されている。
・溶剤は水が混入するとアセチレン溶解度が減少するため、容器バルブは必ず閉止する。

⑪ガス充てん量

アセチレンの充てん量は、ガスの圧力に関係なく、

充てん量 ＝ ガス充てん後の容器の測定質量ー 容器風袋質量（TW*）

* 容器本体+容器バルブ+多孔質物+溶剤+飽和アセチレンの質量(15℃)
なお、TWは容器に刻印されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

取扱い上の注意

①消費する際、アセチレン容器は必ず立てて使用する。

②減圧弁、圧力計などはアセチレン専用を使用する。

③溶接作業中、容器弁開閉用ハンドルはバルブに取り付けたままにしておく。

④アセチレン容器に火気を近づけない。また、溶断・溶接用ゴムホースは、溶接火花がふりかからないようにし、遮へい物で保護する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑤吹管（バーナ）に点火したまま、調整器を操作して圧力を調整したり、容器バルブを閉めない。

⑥アセチレンの消費速度
- 容器1本当たり、1kg/時間以下に保つ。
- 1kg/時間を超える速度で消費する場合は、マニホールド（集合装置）とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑦マニホールドによる消費

・容器10本以上を連結、または容器内容積が400L以上(9本以下連結)である装置は、労働安全衛生規則の「ガス集合溶接装置」に該当し規制を受ける。

・水封式安全器・乾式安全器・逆止弁などの安全器を設置する。

・アセチレンとの接触部は、銅、又は銅62%超える合金の使用禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 可燃性ガス

13.2.2 水素

水素

・単体の水素：地球上に極めて少ない。
・他元素と化合し易く、非常に軽い。
　＊酸素と化合し水となって広く存在
　＊動植物有機物成分として多量に
・同位体(重水素(D)、三重水素（T）)が存在する。
　原子力技術で重要な物質

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性

・可燃性ガス
・高速で容器（孔）などから噴出すると発火することがある。
　⇒ほとんど無色の炎を出して燃焼
　　特に日中屋外では全く炎が見えない。
　⇒漏えい水素の発火燃焼を見落すことがあるので要注意!!

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性

・水素の燃焼生成物と温度

$2H_2+O_2=2H_2O$

生成物： 水

発熱量： 極めて大きい

温　度： 高温

例＞ 水素・酸素バーナの火炎温度＞2000℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

②有害性

・毒性
　水素に毒性はない。
・単純窒息性ガス
　吸入すると酸素欠乏による窒息のおそれがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

①外観など

・無色、無臭の気体、地球上で最も軽い元素
・最も拡散しやすく、細孔・薄膜などを通って漏えいし易い。
　※分子量が小さい（水素は最小）ほど、拡散速度が速い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質
②物性値

分子量	2.02
密度 - 気体(標準状態) - 液体	0. 090 kg/m^3 71 kg/m^3
相対密度 (気体、空気=1)	0.070 (空気よりはるかに軽い)
沸　点(大気圧)	-252.8 ℃
臨界温度	-239.9 ℃
臨界圧力	1.316 MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質
②物性値

爆発範囲　【空気中】 (常温、大気圧)【酸素中】	4~75 vol% 4~95 vol %
爆ごう範囲 (常温、大気圧、空気中)	18~59 vol %
発火温度(大気圧、空気中)	560 ℃
水に対する溶解度(標準状態)	0.021 m^3/m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応性など

①水素と酸素 体積比2:1混合ガス
(水素爆鳴気) $2H_2+O_2=2H_2O$
着火により激しく爆発

②水素と塩素 等体積混合ガス
(塩素爆鳴気) $H_2 + Cl_2 = 2HCl$
日光照射、加熱により爆発的に激しく化合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(水素)

③還元性の強いガス
　金属の酸化物・塩化物に高温で作用、金属を遊離

④高温高圧の水素
　炭素鋼中に侵入し、脱炭作用*により炭素鋼を脆化

*Fe_3C(セメンタイト)$+2H_2=3Fe+CH_4$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製法

・一般的な工業的製法
　炭化水素の水蒸気改質
　炭化水素の部分酸化による製法
　製鉄所などからの副生ガス精製など
　その他
・食塩水の電気分解

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(水素)

用途

①硬化油（油脂）の製造、脱臭
②セラミック製造用
③金属加工・焼鈍、W, Moなど金属精錬
④ガラス製造用
⑤電子工業用（Si, Geなどの製造）
⑥ロケット燃料用
⑦大型発電機の冷却用
⑧ガスクロマトグラフ、原子吸光分析用
⑨燃料電池

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(水素)

特記事項

①容器（特に定める容器を除く。）
- 塗色：赤色
- ガスの名称：白色
- ガスの性質「燃」：白色

②安全弁
- 溶栓と破裂板併用

③圧縮ガスとして充てんされる。

提供：高圧昭和ボンベ㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

④供給方式

・圧縮水素

ばら瓶、

枠組み容器（カードル）

集結容器（トレーラ式、セルフローダ式）

・液化水素

タンクローリ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

取扱い上の注意

①特定高圧ガス消費者　に該当
　圧縮水素≧ 300 m^3
　貯蔵・消費する場合

②ガス集合溶接装置
　マニホールドを使用して溶接に使用する場合は、溶解アセチレンと同じ規制を受ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

③消費設備を室内に設ける場合
　天井付近に水素が滞留しないように、 通風が良好な構造とする。

④高温高圧で使用する場合
　設備材料の選定検討
　　⇒水素侵食による設備の損傷を防止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.2 可燃性ガス

13.2.3 メタン(天然ガス)

メタン(CH_4)

・天然ガスの主成分
・産(出)地
　油田、炭田、その他地域
　日本は、新潟県、千葉県(量は少ない)
・液化天然ガス(LNG)として大量輸入
　東南アジア、中東、オーストラリアなど
・用途
　発電所
　家庭・業務用等燃料:都市ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性

・可燃性

・淡青色の炎

完全燃焼

水と二酸化炭素を生成

$CH_4+2O_2 \rightarrow CO_2+2H_2O$

不完全燃焼

一酸化炭素、水素、炭素（すす）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

②有害性

・窒息

漏えいなどでメタンが高濃度となり、酸素濃度低下

※酸素不足の場合

　頭痛、めまい、眠気、意識喪失

・凍傷

皮膚が液体と接触すると凍傷になる。

身体部位は白色に変色する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(メタン)

物理・化学的性質

①外観など

無色、無臭、空気より軽い気体

②物性値

分子量	16.0
密度（気体、標準状態） （液体、沸点）	0.72 kg/m^3 420 kg/m^3
相対密度 （気体、空気＝1）	0.55 (空気より軽い)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質
②物性値

沸　点(大気圧)	-161.5 ℃
臨界温度	- 82.1 ℃
臨界圧力	4.64 MPa
爆発範囲 (常温、大気圧、空気中)	5～15vol%
発火温度 (大気圧、空気中)	600℃
水に対する溶解度(標準状態)	0.056m^3/m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応性など

メタンと塩素の混合物の反応

・暗い所でも徐々に反応(*)

　　*塩化メチル(CH_3Cl)やクロロホルム($CHCl_3$)の製造に利用

・日光、点火で爆発的に化合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製法

・天然ガスを坑井から採取
　⇒水分等分離・圧縮
　⇒容器充てん

・液化(LNG)する場合
　埃除、脱硫、脱炭酸
　⇒液化(－160℃程度冷却)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

用途

・都市ガス用、工業用の燃料
・化学工業用原料（メタノール、NH_3など）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特記事項

①容器
- ・塗色：ねずみ色
- ・ガスの名称：赤色
- ・ガスの性質「燃」：赤色

②安全弁
- ・溶栓と破裂板の併用

③圧縮ガスとして充てんされる。

④供給
- ばら瓶、集結容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(メタン)

取扱い上の注意
・空気より軽い可燃性ガス
・水素と同様な取扱い

＜参考＞ガス集合溶接装置
　メタンをマニホールドで使用して溶接・溶断・加熱に消費する場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.3 毒性ガス

13.3.1 塩素

塩素(Cl_2)

・繊維産業の漂白剤として塩素の発生方法が開発
食塩水の電気分解*の開発により需要が高まった。
＊塩素と水酸化ナトリウムが発生

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

塩素(Cl_2)

・水酸化ナトリウム（洗剤、ガラスの原料となる重要な物質）の需要増で、塩素の生産量も増加
・第一次世界大戦(1915年)
　毒ガス利用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性：支燃性

②有毒性：極めて強い毒性

＜許容濃度＞ ACGIH

勧告値TLV-TWA*　0.1 ppm(注)

(Threshold Limit Value – Time Weighted Average)

*時間加重平均曝露限界閾値

(注) 2018年、ACGIHの勧告値に変更あり。0.5ppm→0.1ppmに修正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

②有害性

人体に対する作用

濃度 [vol ppm]	症　　状
2~5	涙、せき、くしゃみ、鼻汁
5~30	呼吸が苦しくなり、目があけられなくなる 胸が痛む
30~60	呼吸ができなくなる　意識を失う 30~60分で生命危険
1, 000 (0.1%)	致死量

(注)強い刺激臭　微量(0.1~0.3 vol ppm)でも臭いにより存在が分かる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

①外観など

・空気より重い気体
　＜相対密度＞ 2.45
・黄緑色の気体
・激しい刺激臭

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

②物性値

分子量	70.9
密度 ＊気体(標準状態) ＊液体(−34 ℃)	 3.21 kg/m^3 1560 kg/m^3
相対密度 (気体、空気=1)	2.45 (空気より重い)
沸　点(大気圧)	-34.1 ℃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

②物性値

臨界温度	144 ℃
臨界圧力	7.71 MPa
蒸発潜熱(0℃)	268 kJ / kg
水に対する溶解度 （標準状態）	4. 6 m^3/m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応性など

①-1 チタン以外の金属との反応(腐食)

・水分を含まない塩素

常温ではほとんど反応しない。

温度が高くなると反応し始める。

・水分を含む塩素

常温でも多くの金属を腐食する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

①-2 チタンとの反応（腐食）

・水分を含む塩素
　腐食されにくい。
・水分を含まない塩素
　常温でも激しく反応し腐食する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(塩素)

②塩素と水素の反応

・等体積混合ガス（塩素爆鳴気）

$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

・日光、加熱で爆発的に激しく化合

⇒塩化水素を生成。

・爆発下限界：水素濃度 4 vol%

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(塩素)

③有機化合物との反応

有機物成分中の水素と塩素が置換し、塩素化合物と塩化水素を生成し発熱

塩素に有機化合物が混入（原因）

⇒発熱反応

⇒災害発生（結果）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

④塩素とアンモニアとの接触

・塩化アンモニウムと窒素を生成
塩素が過剰に存在すると、
⇒三塩化窒素（爆発性）を生成

・塩素の漏えい箇所検知に利用
アンモニアをしみこませた布などを近づける。
⇒塩化アンモニウム生成
⇒白煙となって見える

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(塩素)

製法

食塩水の電気分解

・塩素、水酸化ナトリウム、水素が発生

・脱水乾燥（濃硫酸により）

・塩素ガス：常温で 0.7～1.5 MPaに圧縮

・液化塩素：より低い圧力で冷却して液化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(塩素)

用途

①塩化ビニル、有機溶剤製造原料

②水道水の殺菌

③化学薬品(塩酸など)製造原料

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特記事項

①容器(液化塩素)
- 塗色:黄色
- ガスの名称:白色
- ガスの性質「毒」:黒色

②安全弁
- 溶栓を使用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(塩素)

③容器内圧力
　液化ガスとして充てんされる。
　　⇒温度に相当する蒸気圧
④液化ガス1m^{3}が気化すると、
　　⇒約490m^{3}の気体となる。
⑤供給方式
　ばら瓶、500kg、1000kg容器、タンクローリなど
⑥毒物及び劇物取締法の「劇物」に該当（製造・販売・貯蔵など規制あり）
⑦特定高圧ガス消費者
　液化塩素≧1，000kg貯蔵・消費

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

取扱い上の注意

①圧力計、圧力調整器は塩素用のものを使用する。

②水分を含む塩素：
　一般のブルドン管圧力計を腐食する。
　　⇒隔膜式圧力計を使用

③反応物の容器へ逆流防止
　逆止弁または逆流防止装置の設置（容器から反応装置への配管）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(塩素)

④塩素残留容器の長時間放置禁止
　バルブ腐食によるガス漏れのおそれがあるので、
　6ヶ月以上放置禁止

⑤除害剤、防毒マスクを常備
　除害剤：カセイソーダ水溶液、消石灰

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.4 可燃性・毒性ガス

13.4.1 アンモニア

アンモニア(NH_3)

・1913年ドイツ

窒素と水素からアンモニア合成法による工業的製造開始（肥料用）

・日本

技術導入による化学肥料工場の建設と高圧工業の隆盛

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(アンモニア)

危険有害性

①燃焼性

・可燃性

・酸素中で黄色い炎をあげて燃え、窒素と水を生成

$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$

②有害性

＜許容濃度＞

ACGIH勧告値 TLV-TWA ：25 ppm

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

②有害性

人体に対する作用

濃度 [vol ppm]	症　　状
5~200	臭気を感じる
200~300	目・のどを刺激
300~500	30~60分吸入し得る濃度
2, 500~4, 500	30分以内の吸入で生命危険
5, 000~10, 000	数分間の吸入で死亡

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

①外観など

・無色
・特有の強い刺激臭
・空気より軽い気体
（相対密度：0.588＜1）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

②物性値

分子量	17.0
密度（気体、標準状態） （液体、0 ℃）	0.771 kg/m^3 634 kg/m^3
相対密度 (気体、空気=1)	0. 588 (空気より軽い)
沸　点（大気圧）	-33.4 ℃
臨界温度	132.4 ℃
臨界圧力	11.3 MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

②物性値

蒸発潜熱(0℃)	1260 kJ/kg
爆発範囲 (常温、大気圧、空気中)	15~28 vol%
爆発範囲 (常温、大気圧、酸素中)	15~79 vol%
発火温度(大気圧、空気中)	651℃
水に対する溶解度 (標準状態)	1150 m^3/m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応性など

①ハロゲン、強酸との接触

液体アンモニアは激しく反応し、爆発・飛散するおそれがある。

②分解

450℃以上で窒素と水素に分解

$2NH_3 \Rightarrow N_2 + 3H_2$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

③アンモニアと二酸化炭素との接触

アンモニウムカーバメート（水の存在下で炭酸アンモニウム）結晶を生成
※アンモニア装置のガス置換には、二酸化炭素は使用不可

④アンモニアと塩酸との接触
アンモニアの漏えい箇所に塩酸をしみ込ませた布片を近づける。
⇒　塩化アンモニウムの白煙

⑤腐食性
銅および銅合金を著しく腐食する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製法

＜工業的製法＞

窒素と水素を高温・高圧、触媒（鉄など）の存在下で合成

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

圧力：8～20MPa

反応温度：400～500℃くらい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

用途

①化学工業用原料（化学肥料、硝酸、アクリロニトリルなど）
②冶金工業用
③冷凍機用冷媒
④医薬品製造原料
⑤飼料の改質保存用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特記事項

①容器（液化アンモニア）
- 塗色：白色
- 充てんガスの名称：赤色
- ガスの性質「燃」：赤色
- ガスの性質「毒」：黒色

②安全弁
溶栓を使用

提供：高圧昭和ボンベ㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(アンモニア)

③容器内圧力
　液化ガスとして充てんされる。
　　⇒温度に相当する蒸気圧
④液化ガス 1L が気化すると、
　　⇒ 約 820L の気体になる。
⑤供給方式
　ばら瓶、500kg 、1000kg 容器、タンクローリなど
⑥毒物及び劇物取締法「劇物」に該当
⑦特定高圧ガス消費者
　液化アンモニア≧ 3000kg
　　貯蔵・消費

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

取扱い上の注意

①装置用バルブ、圧力計など
　使用不可材料（著しく腐食される）
　×銅、銅合金
　×アルミニウム、アルミニウム合金

②除害剤
　大量の水、希塩酸、希硫酸

③漏えいの備え
　空気呼吸器、防毒マスク、保護衣、保護手袋など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.4 可燃性・毒性ガス

13.4.2 クロルメチル(塩化メチル)

クロルメチル(塩化メチル)(CH_3Cl)

・法令名：クロルメチル
・別名：クロロメチル、クロロメタン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性

・可燃性

・燃焼：緑色で、縁（ふち）が白色の炎

⇒二酸化炭素と塩酸を生成

※条件により、ホスゲンや一酸化炭素を生成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(クロルメチル)

②有毒性

・人体に対する作用

急性中毒

空気中濃度≧ 500ppmの環境に曝露（さらされる）

最初は、眠気・頭痛・めまい・疲労感

次に、吐気・嘔吐、最後には、意識を失い昏睡

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

②有毒性

・人体に対する作用

重症の場合

肺の障害(肺水腫・気管支炎・肺炎など)循環系障害で死亡

・許容濃度

ACGIH勧告値 TLV-TWA　50ppm

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

①外観など

無色

エーテルに似た臭い

空気より重い気体（相対密度　1.74>1）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

②物性値

分子量	50.5
密度（気体、標準状態） （液体、0 ℃）	2.25 kg/m^3 960 kg/m^3
相対密度 （気体、空気＝1）	1.74 (空気より重い)
沸　点（大気圧）	−23.8 ℃
臨界温度	143.10 ℃
臨界圧力	6.68 MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(クロルメチル)

②物性値

爆発範囲 （常温、大気圧、空気中）	8.1～17.4 vol%
発火温度 （大気圧、空気中）	625℃
水に対する溶解度 （大気圧 0.1.1MPa、25℃）	2.2 m^3/m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応性など

・水分の存在下で加熱

⇒　100℃以下で徐々に分解

⇒　メタノールと塩酸を生成

$$CH_3Cl + H_2O \rightarrow CH_3OH + HCl$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製法

・方法1：メタノールと塩化水素の反応 (常圧、温度 120～150℃、触媒)

$$CH_3OH+HCl \rightarrow CH_3Cl+H_2O$$

・方法2：メタンと塩素との反応 (常圧、温度350～400℃)

$$CH_4+Cl_2 \rightarrow CH_3Cl+HCl$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

用途

①ケイ素樹脂、メチルセルローズ、クロロホルム、四塩化炭素の原料

②発泡スチロール発泡剤、ベンゼンなど芳香族炭化水素のメチル化剤

③染料・ジェット燃料添加剤

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(クロルメチル)

特記事項

①容器

・塗色:ねずみ色
・ガスの名称:赤色
・ガスの性質「燃」:赤色
・ガスの性質「毒」:黒色

②安全弁

溶栓を使用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

③容器内圧力
　液化ガスとして充てんされる
　　⇒温度に相当する蒸気圧

④液化ガス　1m^3
　　⇒約440m^{3}気体

⑤供給：ばら瓶

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

取扱い上の注意

①使用禁止材料（金属・合金）
　アルミニウム(自然発火性の化合物)、亜鉛、マグネシウムと反応
　【使用可能材料】
　　炭素鋼、ステンレス鋼、銅など

②使用禁止材料（非金属）
　合成樹脂（プラスチック）、ゴム類（理由：溶解・膨潤するため）
　【使用可能材料】 フッ素樹脂（パッキンなど）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

③除害剤
　大量の水（溶解度2.2m^3/m^3）

④漏えいの備え
　空気呼吸器、防毒マスク、保護衣、保護手袋など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.4 可燃性・毒性ガス

13.4.3 シアン化水素

シアン化水素(HCN)

・水溶液はシアン化水素酸で、俗に青酸と呼ばれる。
・猛毒
・用途：アクリル、メタクリル樹脂原料

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険有害性

①燃焼性：可燃性
②有害性:人体に対する作用

濃度 [vol ppm]	症 状
18～ 36	数時間で、軽い症状
45～ 54	30～60分は症状なく耐え得るがこれ以上は生命危険
110～135	30～60分後、致死または生命危険
135以上	非常に危険、30分以内に死亡のおそれ

（注）吸入だけでなく、皮膚に付着しただけでも、体内に吸収され致命的

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

<許容濃度>
ACGIH勧告値TLV-C* 4.7ppm
*閾(しきい)限度値ー上限値
(瞬時でも超えてはならない濃度値)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物理・化学的性質

①外観など

・無色
・アーモンドのようなにおい
・液体【常温≦沸点25.7℃、常圧】
・ガス比重（気体）　0.933（空気よりわずかに軽い。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(シアン化水素)

②物性値

分子量	27.0
密度 (気体、標準状態)	1.203 kg/m^3
密度 (液体、20 ℃)	688 kg/m^3
相対密度(気体、空気＝1)	0.933 (空気よりわずかに軽い)
沸　点(大気圧)	25.7 ℃
臨界温度	183.6 ℃
臨界圧力	5.4 MPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

②物性値

爆発範囲 (常温、大気中、空気中)	5.6~40 vol%
発火温度 (大気圧、空気中)	538 ℃
引火点 (大気圧、空気中)	-18 ℃
水に対する溶解度	無限大

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応性など

①水に対する溶解度

・良く溶ける。(無限大)

・水溶液は弱酸性シアン化水素酸と呼ぶ。

②容器への充てん

・純粋なシアン化水素：　安定

工業品(少量の水分を含む)：重合(※)し易い。

※重合(発熱)反応　⇒　爆発

・充てん方法(一般則例示基準47)

純度が98%以上のものに、安定剤(硫酸、りん酸など)を加える規制

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製法

・ソハイオ法
　アクリロニトリルを合成する製造工程での副産物
・メタン・アンモニア・空気の混合ガス
　⇒　触媒（白金など）に通して、常圧、温度1,000℃で反応

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

用途

①殺虫剤、殺鼠（さっそ）剤
②メタクリル酸メチル、シアン化カリウム、シアンヒドリン類などの製造原料

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特記事項

①容器

・塗色:ねずみ色
・ガスの名称:赤色
・ガスの性質「燃」:赤色
・ガスの性質「毒」:黒色

②安全弁は設けられていない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(シアン化水素)

③容器内圧力
　液化ガスとして充てんされる。
　　⇒温度に相当する蒸気圧

④毒物及び劇物取締法による「毒物」に該当する。

⑤ばら瓶に充てんされるが、流通はほとんどなし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

取扱い上の注意

①貯蔵期間：充てん後　60日以内
　【例外】純度98%以上で、着色していないもの

②貯蔵中のガス漏れ点検
　1日1回以上、ガス漏れがないことの確認（検知紙、検知管）

③消費作業の人数：必ず2名以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

④容器の移動（含む近距離）
　危険標識を掲げた手押車などを使用

⑤除害剤
　カセイソーダ水溶液が用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑥防毒マスクなどの備付け

濃度に応じた保護具

・2%以下の場合

シアン化水素用吸収缶付防毒マスク

・2%以上又は濃度不明の場合

送気式マスクまたは空気呼吸器など

取り扱い:防毒衣・ゴム手袋など

皮膚を露出させない。(皮膚から吸収される。)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑦殺虫・殺鼠（さっそ）のために「くん蒸」する場合の注意事項

熟練した専業者が行う。

構築物内部をくん蒸する前の確認

・建物内部に人・家畜などがいない。

・すべての火気・電灯などを消す。

・ガス漏れを起こす隙間の密閉

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.5 特殊高圧ガスなど

13.5.1 特殊高圧ガス

特殊高圧ガス(7種):モノシラン、ホスフィン、アルシン、ジボラン、
モノゲルマン、ジシラン、セレン化水素

主な用途:半導体、ファインセラミックス、光ファイバー など

主な性質:強い毒性、自然発火性、分解爆発性を有するものがある。

共通する性質:①すべて水素化物である。
②すべて毒性を有する。
③すべて可燃性ガスである。
④すべて無色で臭気がある。
⑤ジボラン以外は空気より重い。

※次項 表13.1を参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1）モノシラン

モノシラン（SiH_4）	・過去に自然発火性に起因する死亡事故が多く起きているガス。 ・最も注意を要するガスである。
危険有害性	①燃焼性 ・常温でも空気中に漏えいすれば自然発火する。 ・流出速度が大きい場合など、直ちに発火せず、滞留してから発火・爆発する。 ②有害性 ・毒性ガス（許容濃度 5ppm）。 ・直接暴露されると眼や呼吸器を刺激し、多量に吸い込めば肺水腫を発症。
反応性など	①フッ素、塩素、臭素とは、常温でも爆発的に反応する。 ②水あるいは酸性水溶液とはほとんど反応しないが、強アルカリ水溶液中では激しく反応（加水分解）し、水素を発生する。 ③通常の保存状態や常温下では安定だが、370℃以上で熱分解を始める。 ④不活性ガスで希釈した場合でも、3%以上であれば空気中で燃焼する。 燃焼すると、SiO_2の粉末を生じ、白煙のように見える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1）モノシラン

製法	・三塩化シラン法 ・マグネシウムシリサイドーアンモニア法
用途	半導体、液晶、感光体ドラム、太陽電池、セラミックス、光ファイバーの製造
特記事項	①容器塗装はねずみ色、ガス名は赤色、「燃」（赤字）「毒」（黒字）の表示
取扱い上の注意	①自然発火性の毒性ガス。 ②ハロン消火剤は支燃性として作用するので使用できない。 ③支燃性物質との混合を避けること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）ホスフィン

ホスフィン（PH_3）	・空気中で明るい炎で燃える。
危険有害性	①燃焼性 ・空気中で自然発火する。ただしホスフィン自体に湿気が含まれると発火しにくい。 ・流出速度が大きい場合など、直ちに発火せず、滞留してから発火・爆発する。 ②有害性 粘膜の刺激作用がほとんどないため、急性致死障害が起こりやすく、中枢神経や内臓などに障害を与える。蓄積性があり、肺、肝臓、脳などの組織に充血を起こす。
反応性など	①三塩化ホウ素と激しく反応し硝酸銀と接触すると爆発する。 ②酸素と反応し、種々のリンのオキシ酸を生成し、爆発混合物を作る。 ③フッ素、塩素、硝酸とは常温でも爆発的に反応する。 ④水蒸気と反応して、リン酸、亜リン酸、水素が生じる。 この反応は300℃付近で速くなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2) ホスフィン

製法	①黄リンをアルカリ水溶液とともに加熱する。 ②マグネシウムなどの金属のリン化物に水蒸気を作用させる。
用途	半導体、殺虫剤、燻蒸の製造
特記事項	①容器塗装はねずみ色、ガス名は赤色、「燃」(赤字)「毒」(黒字)の表示。 ②ばら瓶の容器バルブの安全弁は破裂板と溶栓が併設されている。 ③室温では安定であるが、約375℃で分解を始める。 ④空気中で明るい炎をあげて燃え、リン酸と赤リンを生じる。 ⑤毒物及び劇物取締法に該当する。消防法の貯蔵届の対象となる。
取扱い上の注意	・自然発火性の毒性ガス(許容濃度 0.05ppm※)であり、漏らさないよう注意すること。

※(注) 2018年、ACGIHの勧告値に変更あり。0.3ppm→0.05ppmに修正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3）アルシン

アルシン（AsH_3）	・毒性が強く、微量のガスを短時間吸入しただけで、命の危険がある。 ・2007年に許容濃度TLV-TWAが0.005ppmに変更された。
危険有害性	①燃焼性 ・可燃性ガス ②有害性 ・吸入毒性は非常に強くわずかな濃度でも致命的な吸入となる。 ・肺から吸収されたアルシンが血液中の赤血球を破壊しヘモグロビンを溶出させる。
反応性など	・還元性が強く、ハロゲン（F_2,Cl_2,Br_2）、硝酸、強い酸化剤と激しく反応する。 ・塩素との反応では塩化水素とヒ素を生成する。
製法	①ヒ素化合物と酸による反応 ②ヒ化ナトリウムと臭化アンモニウムとの反応
用途	半導体の製造、有機合成化学原料

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3）アルシン

特記事項	①容器塗装はねずみ色、ガス名は赤色、「燃」（赤字）「毒」（黒字）の表示。 ②ばら瓶の容器バルブの安全弁は破裂板と溶栓が併設されている。 ③常温貯蔵でも条件により一部分解する。加熱すると300℃以下で分解する。 ④空気中で白っぽい炎を上げ燃焼する。 ⑤水分があると可視光線で分解し、放電によっても分解する。 ⑥乾燥したアルシンは、常温で酸素と反応しないが、水分があると反応する。 ⑦アルシンの水溶液は不安定で、冷暗所でもヒ素を分離し褐色になる。 ⑧毒物及び劇物取締法に該当する。
取扱い上の注意	①極めて毒性の強いガス（許容濃度 0.005ppm）。 ②容器運搬時には、除害装置を装備したキャビネットに収納することが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4）ジボラン

ジボラン（B_2H_6）	高濃度のガスを空気中で燃焼させると緑色の火炎を生じて燃え、ほとんど無臭の黒色固体を生成する。
危険有害性	①燃焼性 ・可燃性ガス ②有害性 ・粘膜刺激性が強く、皮膚からも吸収される。 ・触れると眼や皮膚は発赤、炎症などを起こす。 ・吸入すると、せき、息苦しさ、悪心、嘔吐が起こり、肺出血、肺水腫を起こす。
反応性など	①酸素、三フッ化窒素などの支燃性物質と激しく反応する。 ②塩素中では、常温でも爆発的に反応する。塩化水素と常温で反応する。 ③常温で加水分解を起こし、水素とホウ素になる。 ④ジボランは常温でアルシン、ホスフィンと反応する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4）ジボラン

製法	①塩化ホウ素または三フッ化ホウ素と水酸化アルミニウムリチウムの反応。 ②三臭化ホウ素の還元法。
用途	半導体、合成樹脂、合成ゴム用重合触媒、ロケット推進剤、ゴム加硫剤
特記事項	①室温で分解し、水素と高級ボラン化合物（$B_{10}H_{14}$などの固体）を生成する。 300℃以上でホウ素と水素に分解する。 ②光の照射で分解が促進される。放電でも分解する。 ③高濃度のジボランを空気中で燃焼させると、緑色の火柱を生じる。 自然発火温度は38℃以上とされている。
取扱い上の注意	①極めて毒性が強い（許容濃度 0.1ppm） ②ハロゲン化炭化水素は、ジボランと激しく反応するので、ハロン系消火器は使用厳禁。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5）モノゲルマン

モノゲルマン（GeH_4）	自己分解爆発性ガス
危険有害性	①燃焼性 ・可燃性ガス ・自己分解爆発性ガスで、分解爆発の限界圧力は0.015MPaと低い。 ②有害性 ・粘膜や皮膚に対する刺激はおだやかで、アルシンに似た中毒症状は現れる。 ・重症の場合、胃腸障害、腎臓障害が現れる。
反応性など	①酸素、臭素、酸化剤との反応は爆発的に進行する。 ②水とは反応しない。30%苛性ソーダ水溶液でも分解しない。 ③臭素や酸化剤とは危険な反応を起こす可能性がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5）モノゲルマン

製法	①ゲルマニウム合金と酸との反応法 ゲルマニウムとマグネシウムの共融によって得られた合金（Mg2Ge）を塩酸または希硫酸で分解するとゲルマンが得られる。 ②四塩化ゲルマニウムの還元による方法 四塩化ゲルマニウムをテトラヒドリドアルミン酸アルミニウムの無水エチルエーテル中で反応させると得られる。
用途	半導体、高純度ゲルマニウムの製造
特記事項	①常温では安定である。ゲルマニウム（Ge）と水素への分解は、280 ℃で徐々に起こり 375 ℃で急速になる。分解は、発熱反応であるから、分解爆発を起こす可能性がある。 ②空気中で点火すると、赤紫色の炎で黒色のすすをあげて燃焼する。 ③常温の空気中で自然発火しない。発火温度は約 120 ℃である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6）ジシラン

ジシラン（Si_2H_6）	・許容濃度の設定はないが、毒性ガスとして取り扱われる。 ・危険有害性の分類：高圧ガス、可燃性ガス、毒性ガス
危険有害性	①燃焼性 ・可燃性ガス ・自然発火性 ②有害性 ・モノシランと同等の毒性（許容濃度 5ppm） ・目や呼吸器に対する刺激性があり、多量に吸入すれば肺水腫を起こすおそれがある。
反応性など	①水や酸性水溶液とは反応しないが、アルカリ性水溶液では反応して水素を発生する。 ②ハロゲンなどと激しく反応する。
製法	ヘキサクロロジシランを水素化アルミニウムなどの還元剤を用いて還元する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6）ジシラン

用途	半導体、太陽電池、感光体ドラム、セラミックスの製造
特記事項	①高濃度のジシランは、常温で貯蔵すれば安定であるが、ヨウ化水素、エーテルなどの不純物が混入すると不安定となる。 ②熱分解は300℃以下で起こる。 ③自然発火性がある。液体ジシランは空気と接触して爆発したという報告あり。
取扱い上の注意	自然発火性ガスであり、絶対に漏らさないよう注意すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7）セレン化水素

セレン化水素（H_2Se）	極めて有害で引火性のあるガス
危険有害性	①燃焼性 ・可燃性ガス ②有害性 ・毒性が極めて強い（許容濃度 0.05ppm） ・目、鼻、呼吸器系粘膜を刺激する。重症化すると肺水腫、気管支炎を発症。
反応性など	①水と混合すると水和物（$H_2Se \cdot nH_2O$）が生じる。 ②乾燥ガスは、室温で酸素と反応しないが、水分があると分解が起きる。 ③ガス状セレン化水素および水溶液は、いずれもハロゲンと急速に反応する。
製法	①セレン化アルミニウムの加水分解 ②セレンと水素の直接反応法

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7）セレン化水素

用途	半導体の製造
特記事項	①純粋なものは280℃以下で安定だが、400℃で熱分解を起こす。 約160℃で分解しセレンを生じる。 ②空気中で点火すると、青白い炎で燃焼する。 ③酸化剤、アルカリ、水、ハロゲン化炭化水素と接触すると、火災や爆発が起こる。 ④空気中に漏れると、爆発混合ガスを形成する危険がある。 ⑤毒物及び劇物取締法の毒物に該当する。
取扱い上の注意	極めて毒性の強いガス（許容濃度 0.05ppm）であり絶対に漏らさないよう注意すること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.5 特殊高圧ガスなど

13.5.2 五フッ化ヒ素等

五フッ化ヒ素等：AsF_5、PF_5、NF_3、BF_3、PF_3、SF_4、SiF_4

共通する性質：①すべてフッ化物である。
②すべて毒性を有する。
③NF_3を除き、不燃性である。
④すべて無色で臭気がある。
⑤NF_3を除き、水と加水分解する。

※NF_3のみ固有の性質を示す。
①支燃性ガスである。
②水と反応しない、もしくは微溶性

※次項 表13.2を参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1）五フッ化ヒ素

五フッ化ヒ素 （AsF_5）	不燃性の毒性ガスで、空気に比べ非常に重いガス
危険有害性	①燃焼性 ・不燃性 ②有害性 ・毒性ガス（許容濃度 0.01mg/m^3 Asとして） ・蒸気は目、気管、肺、皮膚、内臓、骨、歯に障害を起こす。
反応性など	①ヨウ素とは低温で容易に反応する。 ②水およびアルカリ水溶液と反応し、激しく発熱して透明な溶液になる。 湿った空気に触れると水蒸気と反応して白煙を生成する。 ③多くの金属と反応するが、タングステンとは反応しない。 ④硫黄、ケイ素、グラファイトと反応し、化合物を生成する。 ⑤水分があるとガラスを侵すが、乾燥したガラスとは反応しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1）五フッ化ヒ素

用途	半導体の製造
特記事項	①空気中に漏れた場合、発煙して刺激臭のあるフッ化水素ガスを発生する。 ②毒物及び劇物取締法の「毒物」に該当する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）五フッ化リン

五フッ化リン （PF_5）	不燃性の毒性ガスで、空気に比べ非常に重いガス
危険有害性	①燃焼性 ・不燃性 ②有害性 ・毒性ガス（許容濃度 2.5mg/m^3 Fとして） ・粘膜、皮膚などに腐食・刺激作用がある。
反応性など	①熱的に安定である。 ②酸素および水素と反応しない。 ③活性な金属と高温で反応し、PF_3とPになる。 ④乾燥状態では250℃ではガラスと反応しない。 ⑤水と加水分解してリン酸になる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）五フッ化リン

用途	半導体の製造　イオン注入用ガス
特記事項	①発ガン性がある。 ②漏えいした場合、空気中の水分と反応して白煙（HF）を生ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3）三フッ化窒素

三フッ化窒素 （NF_3）	支燃性の毒性ガスで、空気に比べ非常に重いガス
危険有害性	①燃焼性 ・支燃性 ②有害性 ・毒性ガス（許容濃度 10ppm） ・皮膚を刺激し、肝臓、腎臓の機能障害を起こす。変異原性物質。
反応性など	①常温では安定だが、高温では熱分解を起こす。 ②約770℃では酸素と反応しない。 ③フッ素、臭素、ヨウ素とは反応しない。 ④クロム、モリブデン、タングステン、マンガン、ニッケル、コバルト等とは反応しない。 ⑤アンモニア、硫化水素、メタン、一酸化炭素などとの混合ガスに点火すると爆発的に反応する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3）三フッ化窒素

用途	半導体および液晶ディスプレイの製造、CVD装置のクリーニングガス
特記事項	①非常に強い支燃性ガスであり、酸化力の強さは酸素と同程度、高温では酸素以上と考える必要がある。 ②常温常圧下での爆発範囲は以下の通りである。 水素－NF_3混合ガス：5.0～90.6vol% ブタン－NF_3混合ガス：5.0～75vol%

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4）三フッ化ホウ素

三フッ化ホウ素（BF_3）	不燃性の毒性ガスで、空気に比べ非常に重いガス
危険有害性	①燃焼性：不燃性 ②有害性 ・毒性ガス。目、気管、肺、皮膚を刺激し、内臓障害を起こす。
反応性など	①塩化水素、臭化水素、塩素などとは反応しない。 ②過剰な水に溶けて分解し、ホウ酸、HFなどを生成する。 ③銀、クロム、鉄とは反応しない。 ④アンモニアと反応して、白色固体の化合物を作る。
用途	半導体製造用ガス、スチレン、合成樹脂、合成繊維などの製造の化学反応触媒。
特記事項	①湿った空気中では、濃白色の煙霧（HF、ホウ酸）を放出する。 ②毒物及び劇物取締法の毒物に該当する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5）三フッ化リン

三フッ化リン（PF_3）	不燃性の毒性ガスで、空気に比べ非常に重いガス
危険有害性	①燃焼性：不燃性 ②有害性 ・毒性ガス。目、気管、肺、皮膚を刺激し、腐食を起こす。
反応性など	①熱的に不安定で、100℃でリンと五フッ化リンが生ずる。 ②フッ素と反応しPF5になる。塩素と反応しPF_3Cl_2になる。 ③金属と高温で反応し、金属リン化物とフッ化物になる。 ④水素とともに加熱するとフッ化水素が発生し、ガラスを腐食する。 ⑤室温での加水分解は遅いが、アルカリ性では早くなる。
用途	半導体製造用　イオン注入用ガス
特記事項	①空気中で発煙せず、燃焼もしない。 ②毒物及び劇物取締法の毒物に該当する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6）四フッ化硫黄

四フッ化硫黄（SF_4）	不燃性の毒性ガスで、空気に比べ非常に重いガス
危険有害性	①燃焼性：不燃性 ②有害性 ・毒性ガス。目、気管、肺胞を刺激する。
反応性など	①熱的に安定である。 ②酸素とは300℃以上で反応し、主にSOF_4を生成する。 ③フッ素、塩素と反応する。 ④水と加水分解を起こす。
用途	半導体製造用　フッ素化剤
特記事項	①空気中の水分と反応し、煙霧（フッ化水素、二酸化イオウ）を生成する。 ②毒物及び劇物取締法の毒物に該当する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13　ガス各論(五フッ化ヒ素等)

7）四フッ化ケイ素

四フッ化ケイ素 （SiF_4）	不燃性の毒性ガスで、空気に比べ非常に重いガス
危険有害性	①燃焼性：不燃性 ②有害性 ・毒性ガス。目、気管、肺、皮膚を刺激する。
反応性など	①熱的にも酸化・還元作用に対しても安定である。 ②酸素（空気）とは通常の条件では反応しない。
用途	半導体製造用ガス、アモルファスシリコン
特記事項	①水と加水分解を起こす。湿気を含む空気中では発煙する。 ②電気火花などで分解しにくい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.5 特殊高圧ガスなど

13.5.3 特殊高圧ガスおよび五フッ化ヒ素等に関する共通的な注意事項

a) 漏えいに対する注意事項

1) 特殊高圧ガスは、爆発範囲が広く、毒性の高いガスが多いため、希薄な濃度でも爆発災害や中毒災害に発展しやすいことに留意する。

2) 五フッ化ヒ素等は、漏えいすると大気中の水分と反応してフッ化水素を生成し、同時にリン酸や亜ヒ酸なども生成するので、これら加水分解を考慮した対応が必要である。

b) 毒性に対する注意事項

1) 保護具

① 吸入用保護具： 空気呼吸器、送気マスク、防毒マスク など

② その他の保護具：保護衣、保護長靴、保護メガネ など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2) 被災時の救急法
① 被毒した者は、先ず新鮮な空気中に移動し、呼吸停止時は人工呼吸を施す。
② 液体または濃いガスに接触したときは、目や皮膚を大量の水で洗浄し、汚染した衣類などは脱がせる。
③ 医師に被毒したガス名を伝え、SDS（安全データシート）を手渡す。

c) 燃焼・爆発に対する注意事項
1) 特殊材料ガスが漏えいし、燃焼しているときは、まず供給を遮断する（供給元弁を閉める）。
2) 自然発火性のガスは、ガス漏えいで発火したり、発火に長時間気が付かない場合がある。
3) 自然発火性のガスは、漏えい速度が速い場合、発火しないことがある。
また、漏えいしたガスが滞留し、突然発火や爆発を生ずる危険性がある。
4) 常温では安定なガスでも、周囲の火災などで加熱され、分解爆発する場合がある。
5) 漏えいガスに除害剤を使用する場合、激しく反応して熱や危険な副生成物を生じることがある。

d) その他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6 その他指定のガス

13.6.1 空気

空気	窒素、酸素、アルゴン、二酸化炭素などの混合物
危険有害性	①燃焼性：酸素により支燃性 ②有害性：SOx,NOx が環境上注視されている。
物理・化学的性質	①外観など：無色、無臭の気体 組成vol%（窒素78.1，酸素20.9，アルゴン0.93,二酸化炭素0.04,その他） ②物性値：平均分子量 29.0
反応性など	特に圧力の高い空気は、酸素に近い支燃性を示す。
製法	圧縮機により圧縮空気として容器に充てんされている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.1 空気

用途	①気密試験用 ②呼吸器用（潜水、航空機、医療用 など）
特記事項	①容器はねずみ色、ガス名称は白色。 ②空気呼吸器用は14L容器。アルミニウム製やFRP製が普及している。
取扱い上の注意	容器弁は丁寧に扱い、保護キャップを必ず装着して返却すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.2 窒素

窒素（N_2）	空気の主成分であり、空気中に約78vol%含まれている。
危険有害性	①燃焼性：不燃性 ②有害性：単純窒息性ガス
物理・化学的性質	①外観など：無色、無臭の気体（液体窒素も無色） ②物性値：分子量 28.0
反応性	高温で他の元素と直接化合し、多くの金属とも化合して窒化物を作る。
製法	空気液化分離法、またはPSA法
用途	①化学工業、電子工業のパージ用、雰囲気ガス用、気密試験用 ②食品保存用 ③液化窒素による食品の急速冷凍、冷凍輸送、低温粉砕 など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.2 窒素

特記事項	1) 圧縮ガス ①容器はねずみ色、ガス名称は白色。 ②内容積3～47Lの継ぎ目なし容器が多く用いられる。 ③容器の安全弁には、破裂板もしくは破裂板＋溶栓が用いられる。 ④圧縮ガスとして充てんされる。容器内の圧力は温度により変化する。 2) 液化ガス ①可搬式超低温容器、タンクローリが用いられる。 ②安全弁にはバネ式安全弁が用いられる。 ③容器内圧力は、液化窒素の温度に相当する蒸気圧となる。 ④液化ガス1Lが気化すると約650Lの気体となる。
取扱い上の注意	①液化窒素は超低温なので素手では触らない。 ②狭い室内で使用する場合は、酸素欠乏に注意する ③容器弁は丁寧に取り扱い、容器は転倒、落下防止措置を講ずること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.3 希ガス（ヘリウム、アルゴン、その他）

希ガス（He,Ne,Ar,Kr,Xe,Rn）	・希ガスとは周期律表の右端を占める元素の総称 ・単原子分子で、化学的にきわめて不活性
危険有害性	①燃焼性：不燃性 ②有害性：単純窒息性ガス
物理・化学的性質	①外観など：いずれも無色、無臭の気体 ②希ガスを放電管に入れて放電させると、特有の色を発光する。 ③物性値：表13.3（次項）
反応性	基本的に不活性だが、XeF_2,XeO_3,KrF_2等の化合物も存在し、ラドンには放射性がある。
製法	・アルゴン、ネオン、クリプトン、キセノンは空気より分離精製する。 ・ヘリウムは天然ガスを分離精製する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.3 希ガス

用途	1) ヘリウム: NMR,気球、漏えい検査用、分析計、呼吸用、極低温用冷媒 など 2) ネオン:ネオンサイン、ガスレーザー 3) アルゴン:金属溶接、電球、放電管、HIP など
特記事項	①容器はねずみ色、ガス名称は白色。 ②圧縮ガスは容器に、アルゴンは液化ガスとしてタンクローリで供給される。 ③ヘリウムは液化ガスとして輸入され、開放型の超低温容器による供給も増えている。
取扱い上の注意	容器弁は丁寧に取り扱い、容器の転倒や落下防止措置を講ずること。

※次項 表13.3を参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.4 二酸化炭素（炭酸ガス）

二酸化炭素（CO_2）	・大気中の濃度は0.03 vol%と一定であったが、最近では0.039 vol%以上 ・地球温暖化との関係が問題となっている。
危険有害性	①燃焼性：不燃性 ②有害性：単純窒息性の他に、毒性がある。 3%(呼吸数の増加),8%(呼吸困難),10%(意識不明),20%(数秒で死亡)
物理・化学的性質	①外観など：無色、無臭の気体、空気より重い、不燃性 ②分子量：44.0
反応性	水分を含まない二酸化炭素は、多くの金属に対し腐食作用はないが、 水分を含むと炭酸を生じて、銅およびその他の金属を腐食する。
製法	主に石油、石炭から水素を製造する際に副産物として回収し精製される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.4 二酸化炭素（炭酸ガス）

用途	清涼飲料水、鋳造、溶接、消火剤、医療、ドライアイス、冷凍 など
特記事項	①容器はねずみ色、ガス名称は白色。 ②容器バルブの安全弁は破裂板、低温容器、タンクローリの安全弁はバネ式。 ③容器には液化ガスの状態で充てんされ、容器内圧力は蒸気圧に相当する。 臨界温度が31℃なので、気温が高い場合は容器内は気体の状態となる。 ④三重点がある。 ⑤供給形態はばら瓶（容器）、可搬式超低温容器、タンクローリ
取扱い上の注意	狭い室内で消費するときは、酸素欠乏や中毒を起こさないよう、換気に注意する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.5 フルオロカーボン

フルオロカーボン	・フッ素で置換されている脂肪族炭化水素の総称。 ・クロロフルオロカーボン（CFC）はオゾン層の破壊に大きく影響している。 ・ハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）はオゾン層破壊はゼロではない。 ・ハイドロフルオロカーボン（HFC、代替フロン）は水素とフッ素からなる炭化水素で、現在、主として冷媒関係の分野で利用されている。 ・HFCも大気中の寿命が長いものは、地球温暖化への影響が指摘されている。 ・パーフルオロカーボン（PFC）は大気中の寿命が長く、温暖化への影響が大きいので、回収利用したり使用量を削減するなどの環境に配慮した利用方法が求められる。
危険有害性	①燃焼性：ほとんどが不燃性。H/Fの比率が1以上になると空気中で可燃性になる。 ②有害性：ほとんどのHCFCは毒性なし。一部で変異原性を示す報告がある。
物理・化学的性質	①外観など：全般に常温で無色のガスあるいは気体。無臭かわずかに芳香がある。 ②物性値：表13.4を参照（次項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.5 フルオロカーボン

反応性など	①フッ素原子が多いほど熱的に安定。 ②可燃性、不燃性に関わらず火災などで加熱されると分解し、有害なフッ化水素を発生し、塩素を含む場合は塩化水素も発生する。
製法	液化炭化水素にクロム、コバルト などの塩化物を触媒として、フッ化水素および塩素を作用させる。
用途	冷媒、発泡剤、洗浄剤、消火剤、フッ素樹脂の原料、気密試験用 など
特記事項	①容器はねずみ色、ガス名称は白色。 ②容器バルブの安全弁は溶栓が使用される。 ③液化ガスとして充てんされる。
取扱い上の注意	火災などで加熱されると分解して有害なフッ化水素、塩化水素などを発生することがあるので、このようなガスを吸入しないよう気を付ける必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.6 プロパン、プロピレン、ブタン、ブテン、ブタジエン

プロパンなど C_3H_8、C_3H_6、 C_4H_{10}、C_4H_8、 C_4H_6	・LPガスの成分。 ・法令では炭素数3の炭化水素、または炭素数4の炭化水素 を主成分とするものは、液石則の適用を受ける。
危険有害性	①燃焼性：可燃性 ②有害性：毒性はないが、麻酔性がある。長時間呼吸しなければ害は少ない。
物理・化学的性質	①外観など：無色、無臭で空気より重い。 ②物性値：表13.5を参照（次項）
反応性	・空気中で完全燃焼すると、水と二酸化炭素が生成する。 ・不完全燃焼すると一酸化炭素やすすなどが発生する。 ・単位体積当たりのガスの発熱量は、分子量は大きいガスほど大きくなる。
製法	大部分は石油精製工場で副生するガス、および石油化学工場の分解ガスによる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.6 プロパン、プロピレン、ブタン、ブテン、ブタジエン

用途	①工業用、自動車用、業務用、家庭の燃料 ②化学工業原料
特記事項	①容器はねずみ色が一般的、ガス名称は赤色、「燃」の赤色の表示。 ②容器弁の安全弁にはバネ式が使用される。 ③ばら瓶、500kg容器、1000kg容器、タンクローリで供給される。 ④液化ガスとして充てんされるので、容器内圧力はその温度での蒸気圧となる。 ⑤異性体が存在する（ブタン、ブテン、ブタジエン）
取扱い上の注意	①LPガスを3000kg以上貯蔵し消費する場合は、特定高圧ガス消費者に該当する。 ②LPガスを溶接に使用する場合のガス集合溶接装置はアセチレンと同じ規制を受ける。 ③LPガスが屋内に漏えいしたときは、低い所に滞留するので、床面に開口部などを設ける。 ④LPガスが燃焼するときは、不完全燃焼を起こしやすいので、換気に十分注意する。 ⑤容器バルブは丁寧に取り扱い、容器は転倒、落下防止の措置を講ずること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.7 亜酸化窒素

亜酸化窒素（N_2O）	鎮痛・麻酔作用があり、笑気ガスといわれる。
危険有害性	①燃焼性：支燃性 ②有害性：麻酔作用がある。高濃度では窒息の危険性がある。許容濃度 50ppm
物理・化学的性質	①外観など：無色でわずかに芳香性をもつ。空気より重い。 ②分子量：44.0
反応性	常温では金属を腐食しないが、温度が高くなると、銅は250℃以上、鉄は300℃以上で酸化される。
製法	硝酸アンモニウムの分解、またはアンモニアの直接酸化
用途	半導体製造用、医療用麻酔、分析用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.7 亜酸化窒素

特記事項	①容器はねずみ色で医療用は容器上部を青色で塗装しているものがある。 ②容器弁の安全弁には破裂板（銅板）が使用される。 ③ばら瓶、500kg容器、1000kg容器、タンクローリで供給される。 ④液化ガスとして充てんされるので、容器内圧力はその温度での蒸気圧となる。 臨界温度が36.5℃なので夏季などは容器内は気体の状態となる。 ⑤2.5kg、7.5kg、30kg容器に充てんされる。
取扱い上の注意	①容器および容器弁に油脂類を付着させたり、油脂類の付着した手や手袋で取り扱ってはならない。 ②圧力計、圧力調整器などは禁油表示のあるものを使用する。 ③支燃性であるので、可燃性物質と混合してはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.8 酸化エチレン

酸化エチレン （C_2H_4O）	エチレンオキシドともいう。 可燃性、毒性の危険性の高いガス。
危険有害性	①燃焼性：可燃性、分解爆発性。 ②有害性：毒性ガス。許容濃度　1ppm
物理・化学的性質	①外観など：無色で低濃度でエーテル臭、高濃度で刺激臭。 気体は空気より重く、液体は水より軽い。 ②分子量：44.0
反応性	①化学反応性に富む、多くの誘導体が合成される。 ②重合を起こして爆発する。これは酸・アルカリ、スズなどで促進される。
製法	エチレンに酸素または空気を加え、銀触媒を用いて反応させ、生成物を精製する。
用途	グリコール類、界面活性剤、合成樹脂、殺菌剤、医薬、農薬 など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.8 酸化エチレン

特記事項	①容器はねずみ色、ガス名称は赤色、「燃」は赤色、「毒」は黒色の表示。 ②容器弁の安全弁には溶栓が使用される。 ③充てん容器には、窒素ガスまたは炭酸ガスの充てんが一般則に定められている。 ④一般則による酸化エチレンと窒素の充てんした際の圧力は図13.2を参照。 ⑤液化ガス1Lが気化すると約510Lの気体となる。 ⑥ばら瓶、タンクローリで供給される。 ⑦酸化エチレンは優れた殺菌作用があるため、医療器具、衣類、包装材料や容器、倉庫、文化財、書籍などの燻蒸などに広く用いられている。爆発の危険性があるので、窒素などを混合し爆発範囲を狭くしたり、不燃化することで、取扱いを安全にすることで市販されている。
取扱い上の注意	①配管などは窒素などでパージしてから、酸化エチレンを流す。 ②消費に際しては、サイホン管の状態を確認し、液状の酸化エチレンを取り出す。 ③殺菌剤として使用するときは、容器を立てて使用する。 ④配管には逆止弁、または逆流防止装置を設ける。 ⑤配管が閉塞した際は、40℃以下の温水で温める。 ⑥除害には大量の水を用いる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.9 硫化水素

硫化水素（H_2S）	火山の噴出ガス中にも存在し、石油、石炭などにも含まれる。
危険有害性	①燃焼性：可燃性 ②有害性：毒性ガス。許容濃度 1ppm
物理・化学的性質	①外観など：無色で腐乱臭がある。空気よりわずかに重い。 ②分子量：34.1
反応性	①空気中で青白い炎をあげて燃え、二酸化硫黄を生成する。 ②腐食作用 a) 水分がある場合、腐食性作用が著しい。 b) ゴム管を劣化させるので、塩化ビニル管またはポリエチレン管を用いる。
製法	・500℃で硫黄の蒸気と水素を触媒の存在下で反応させる。 ・石油・天然ガスの脱硫排ガスなどに含まれる硫化水素を回収する。
用途	金属精製、金属硫化物、有機硫黄化合物の製造、有機合成の還元剤

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.9 硫化水素

特記事項	①容器はねずみ色、ガス名称は赤色、「燃」は赤色、「毒」は黒色の表示。 ②安全弁は溶栓が使用される。 ③液化ガスとして充てんされるので、容器内圧力はその温度での蒸気圧となる。 ④液化ガス1Lが気化すると、約500Lの気体となる。 ⑤ばら瓶、500kg容器で供給される。
取扱い上の注意	①特有の刺激臭で、わずかな漏えいでも感知することができる。 ②消費する場所は、十分な通風または換気が必要である。 ③除害剤には、カセイソーダ水溶液、炭酸ソーダ水溶液が用いられる。 ④防毒マスクを備えておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.10 二酸化硫黄（亜硫酸ガス）

二酸化硫黄（SO_2）	極めて毒性の強い不燃性のガスで、金属に対して腐食性が強く、容器管理に注意が必要である。
危険有害性	①燃焼性：不燃性 ②有害性：毒性ガス。許容濃度 0.25ppm
物理・化学的性質	①外観など：無色の刺激臭のある気体で、空気より重い。 ②分子量：64.1
反応性	水分を含まない二酸化硫黄は一般の金属に対して腐食性はないが、水分があると硫酸が生成し金属を腐食する。
製法	原油中の硫黄を分離したものを燃焼し、精製する。
用途	漂白剤、殺菌・殺虫剤、還元剤、金属製造用、工業用薬品製造用 など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.10 二酸化硫黄（亜硫酸ガス）

特記事項	①容器はねずみ色、ガス名称は白色、「毒」は黒色の表示。 ②容器弁の安全弁は溶栓が使用される。 ③ばら瓶、500kg,1000kg容器に充てんされる。容器内圧力はその温度に相当する蒸気圧を示す。 ④液化ガス1Lが気化すると約500Lの気体となる。
取扱い上の注意	①反応装置内の液体が容器に逆流しないよう、配管に逆止弁などを設ける。 ②容器は腐食で弁が漏えいするので、ガスを残して長期間放置しない。 ③除害剤、防毒マスクを常備しておく。 除害剤には、カセイソーダ水溶液、炭酸ソーダ水溶液または大量の水が用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

13.6.11 塩化水素

塩化水素（HCl）	火山ガスに含まれ、塩化水素の水溶液が塩酸となる。
危険有害性	①燃焼性：不燃性 ②有害性：毒性ガス。許容濃度 2ppm 皮膚や粘膜を侵す作用がある。接触で薬傷し、吸入すると肺水腫になる。
物理・化学的性質	①外観など：鋭い刺激臭のある無色の空気より重い気体。 ②分子量：36.46
反応性	①乾燥状態では比較的不活性だが、水には容易に溶けて塩酸となる。 多くの金属と水素を発生して塩化物となり、アルカリおよびアルカリ金属は燃焼する。 ②多くの有機化合物を溶解し、脱エステル化、二重結合への負荷反応を起こす。 ③乾燥状態では金属をほとんど腐食しないが、水分や湿気があると各種の金属を侵し、水素を発生する。 ④漏えいガスの検知にアンモニア水を浸した布を近づけると白煙を生じることが利用れる。 ⑤湿った空気中では塩酸蒸気となり激しく発煙する。 ⑥水やアルコールによく溶解し、エーテルにも溶解する。

13.6.11 塩化水素

製法	精製された塩素と水素から合成された塩化水素を脱水、乾燥、液化、充てんする。
用途	樹脂原料、塗料原料、半導体製、液晶パネルの製造工程、医薬、農薬 など
特記事項	①容器はねずみ色、ガス名称は白色、「毒」は黒色の表示。 ②容器弁の安全弁は溶栓と破裂板が併用される。 ③液化ガスとして充てんされるので、容器内圧力はその温度に相当する蒸気圧を示す。 ④毒物及び劇物取締法の劇物に該当する。 ⑤200kg以上を貯蔵する場合は、消防法の届出が必要である。 ⑥液化ガス1Lが気化すると約700Lの気体となる。 ⑦ばら瓶、500kg容器で供給される。
取扱い上の注意	水に容易に溶けて塩酸となり、各種の金属を侵し、水素を発生するので湿度は絶対に避けなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

D－6　第二種販売主任者講習　教材一例

第二種販売講習

講習科目：法令（高圧ガス保安法）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

（参考－1）販売主任者免状と選任対象業態等

選任できる業態等 ＼ 販売主任者免状	高圧ガス販売所（販売主任者）		特定高圧ガス消費事業所（取扱主任者）
	液化石油ガスを除く高圧ガスのうち、定められた高圧ガス	液化石油ガスのみ	特に定められた高圧ガス
第一種販売主任者	○	×	○
第二種販売主任者	×	○	×

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－2） 法令受講の意義（1）

法第31条、試験則第8条、9条1項、2項

1． 販売主任者試験における試験科目

① 第一種販売主任者
　1） 高圧法に係る法令
　2） 高圧ガス（液化石油ガスを除く。）の販売に必要な通常の保安管理の技術

② 第二種販売主任者
　1） 高圧法に係る法令及び液化石油ガス法に係る法令
　2） 液化石油ガスの販売に必要な通常の保安管理の技術

2． 販売主任者試験の受験方法

① 1.①1）及び2）又は1.②1）及び2）の全科目受験
② 科目免除受験1．①1）又は1.②の1）の法令のみ受験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－3） 法令受講の意義（2）

法第31条第3項、試験則第4条、5条、8条

1．販売主任者試験における受験科目免除講習

① 第一種販売講習
　1）高圧法に係る法令　7時間以上
　2）高圧ガス（液化石油ガスを除く。）の販売に必要な通常の保安管理の技術　7時間以上
② 第二種販売講習
　1）高圧法に係る法令及び液化石油ガス法に係る法令　7時間以上
　2）液化石油ガスの販売に必要な通常の保安管理の技術　7時間以上

受講

①－2 第一種販売技術検定
　2）高圧ガス（液化石油ガスを除く。）の販売に必要な通常の保安管理の技術
②－2 第二種販売技術検定
　2）液化石油ガスの販売に必要な通常の保安管理の技術

合格

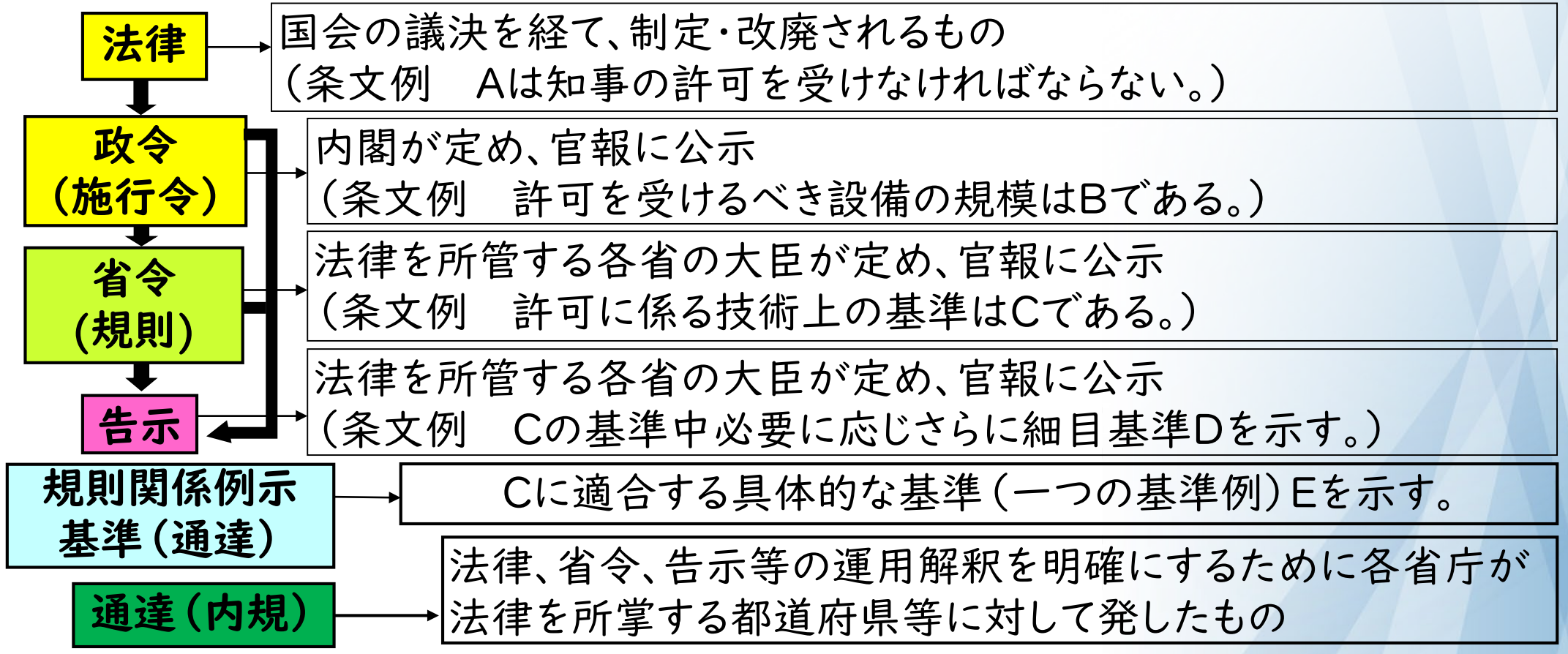
2．販売主任者試験における受験科目

① 第一種販売主任者
　1.①1）高圧法に係る法令
② 第二種販売主任者
　1.②1）高圧法に係る法令及び液化石油ガス法に係る法令

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

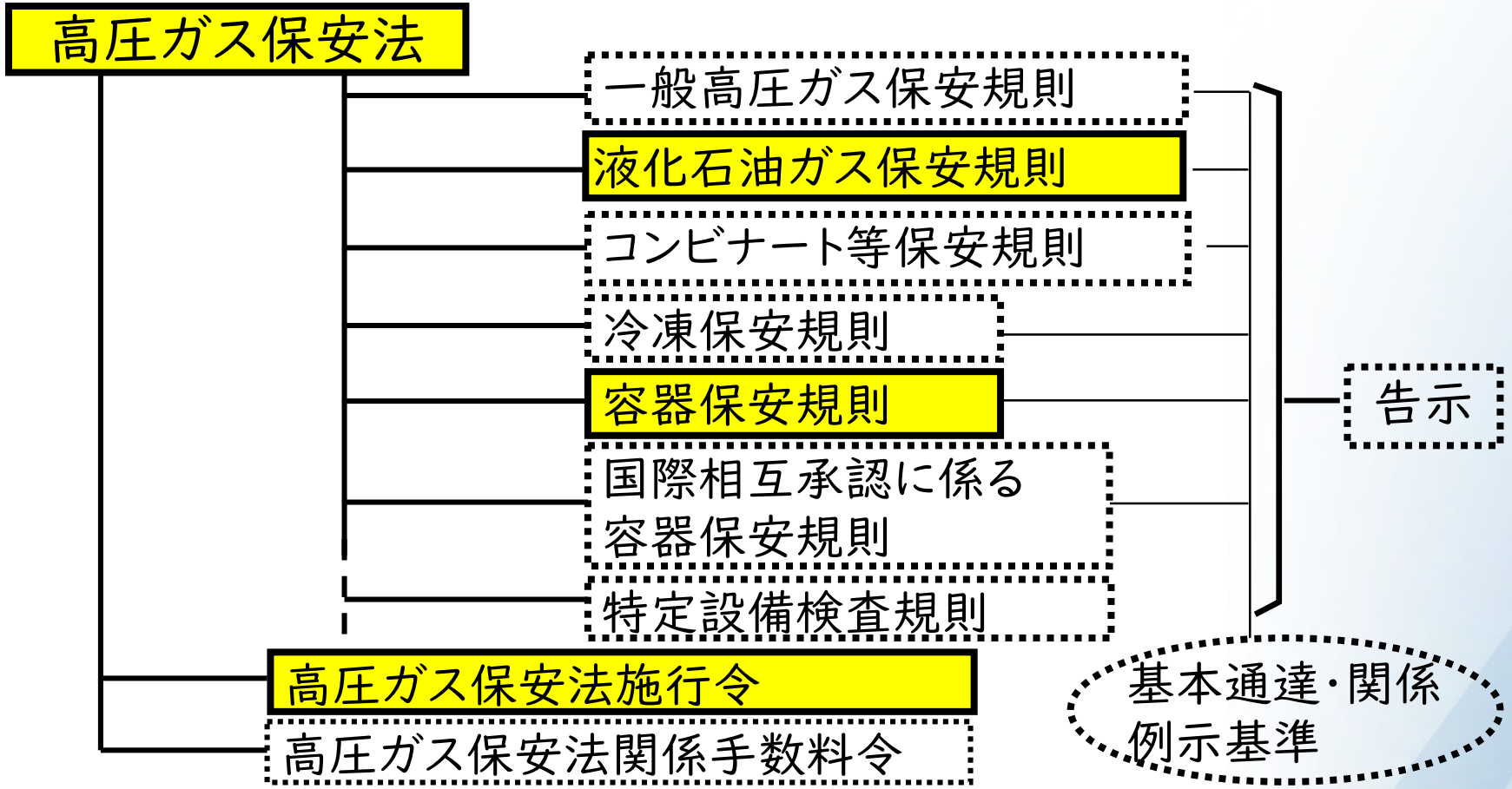
図１　法令等の構成



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

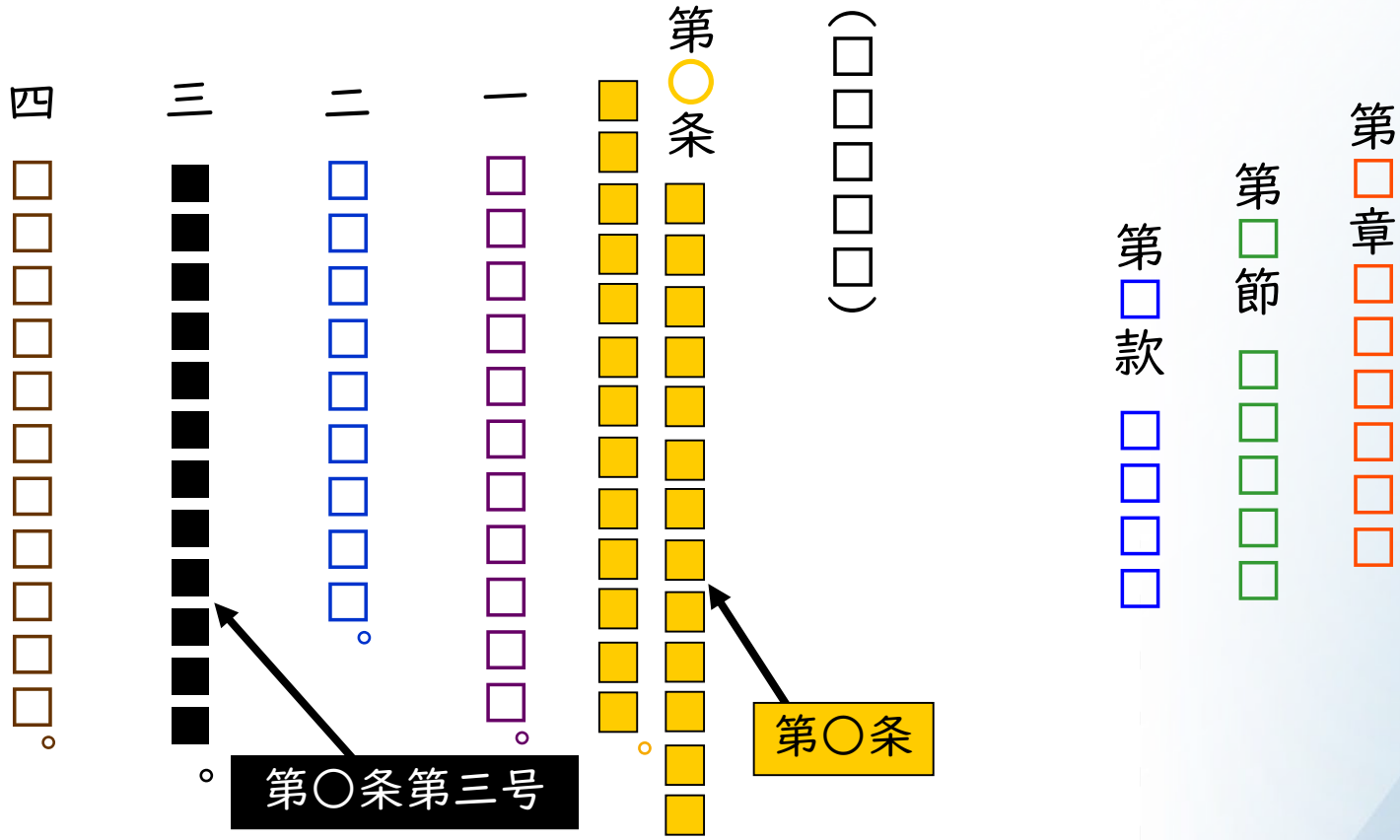
高圧ガス保安法

図2 高圧ガス保安法令の構成（主要なもの）



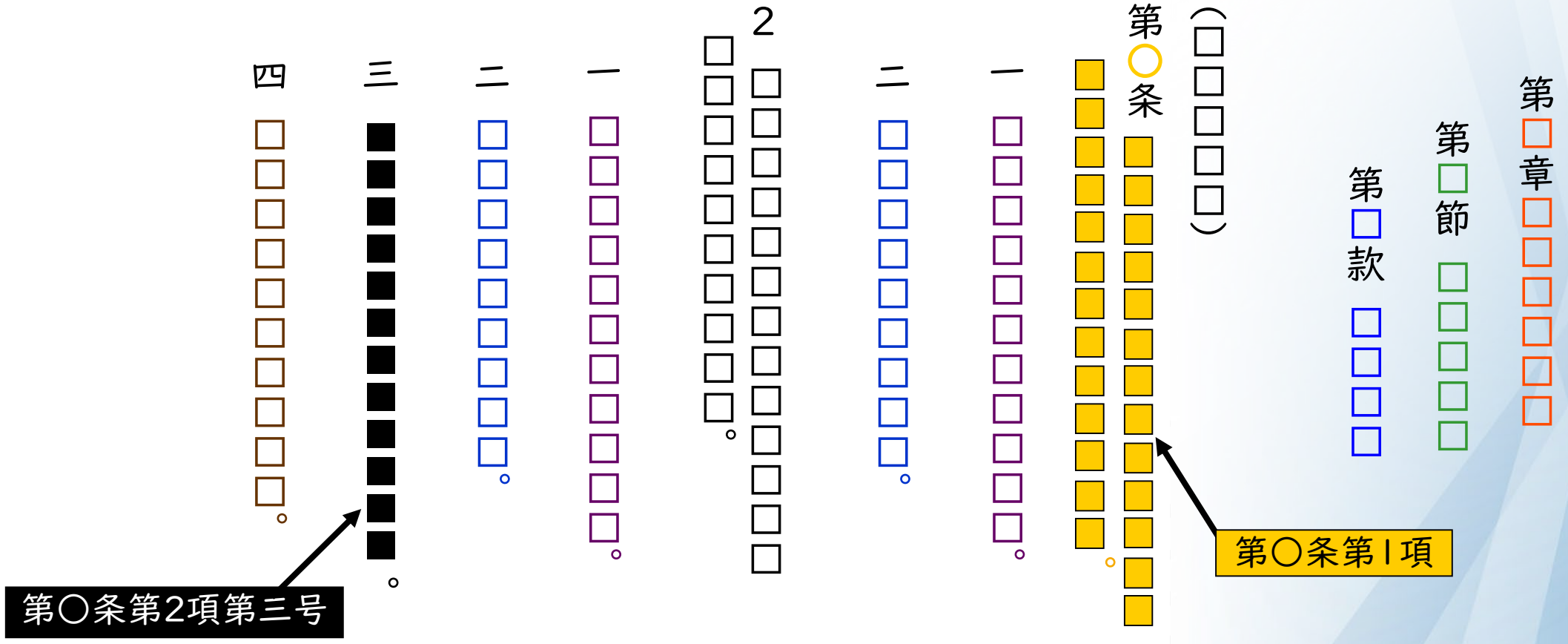
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図3－1 条項号の呼び方の例（1）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図3−2 条項号の呼び方の例（2）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

（参考－4）

根 拠 条 文
・法：法律
・政：政令
・液石：液化石油ガス保安規則
・容器：容器保安規則

法第〇条△項×号

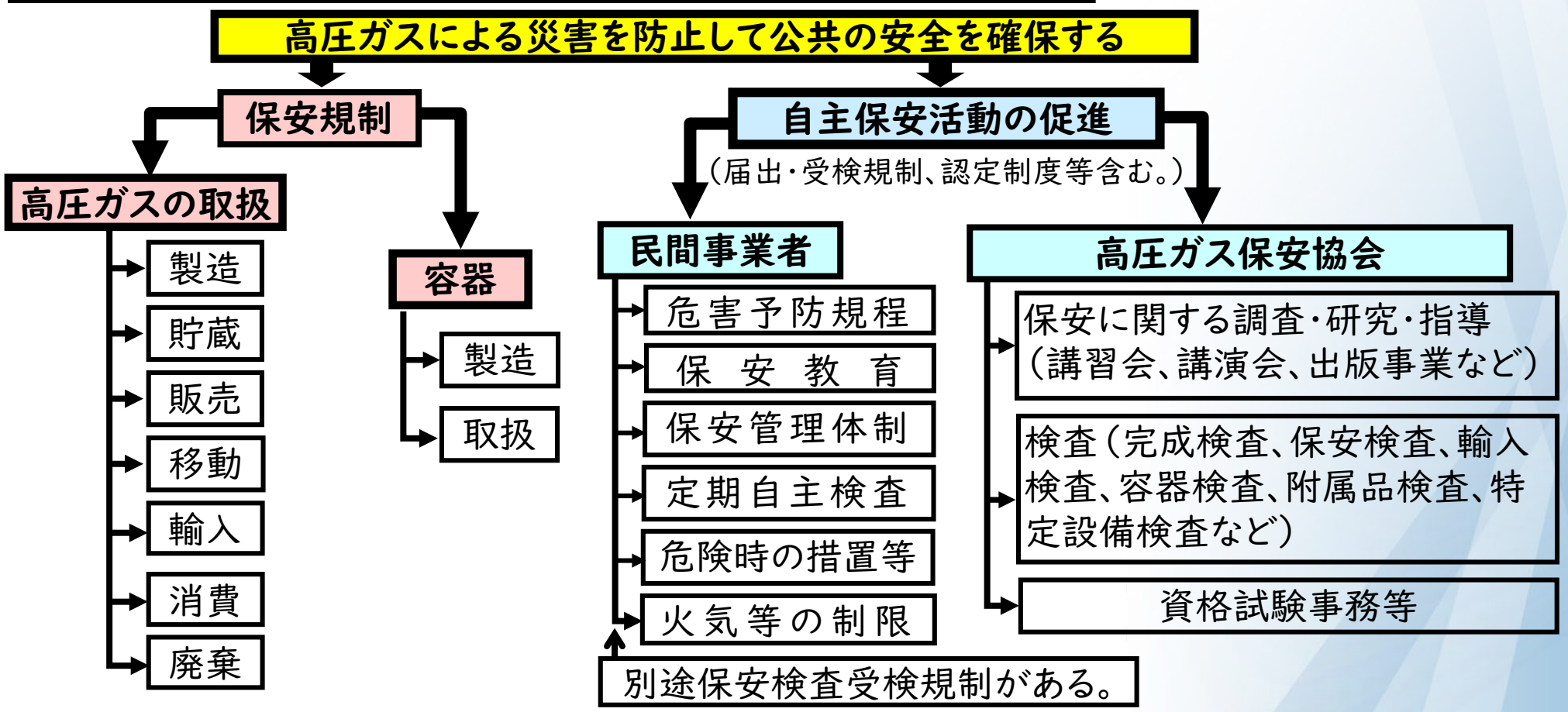
スライド

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

法第1条

図4 高圧ガス保安法の目的と主な規制事項等



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図5 製造とは（法第5条関係（6）通達（内規））

法第1条、第5条

- 圧力を変化させる場合
  - ・高圧ガスでないガスを高圧ガスに！ → 圧縮機等
  - ・高圧ガスをさらに昇圧！ → 圧縮機等
  - ・高圧ガスを圧力の低い高圧ガスに降圧！ → 減圧弁等
  - ・高圧ガス状態の液化ガスをポンプ又は気体によりさらに加圧！ → ポンプ・CE等
- 状態を変化させる場合
  - ・ガスを液化させ、高圧ガス状態の液化ガスに！ → 液化機等
  - ・高圧ガス状態の液化ガスを気化させ、高圧ガスに！ → 気化器等
- 容器に高圧ガスを充填する場合 → 充填機・移充填等

高圧ガスを蓄圧せず、火薬類を消費することによって高圧ガスを瞬間的に生成することは、高圧ガスの製造には該当しない。また、樹脂、ゴム及び金属の内部に高圧ガスを一時的に留めて成形又は加工に用いる金型等へ当該ガスを充填することは、高圧ガスの製造には該当しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

参考図1　**高圧ガスの製造**

法第1条、第5条

LPガス充塡所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

参考図2

高圧ガスの貯蔵

法第1条、第15条、第16条、第17条の2

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

参考図3

高圧ガスの移動

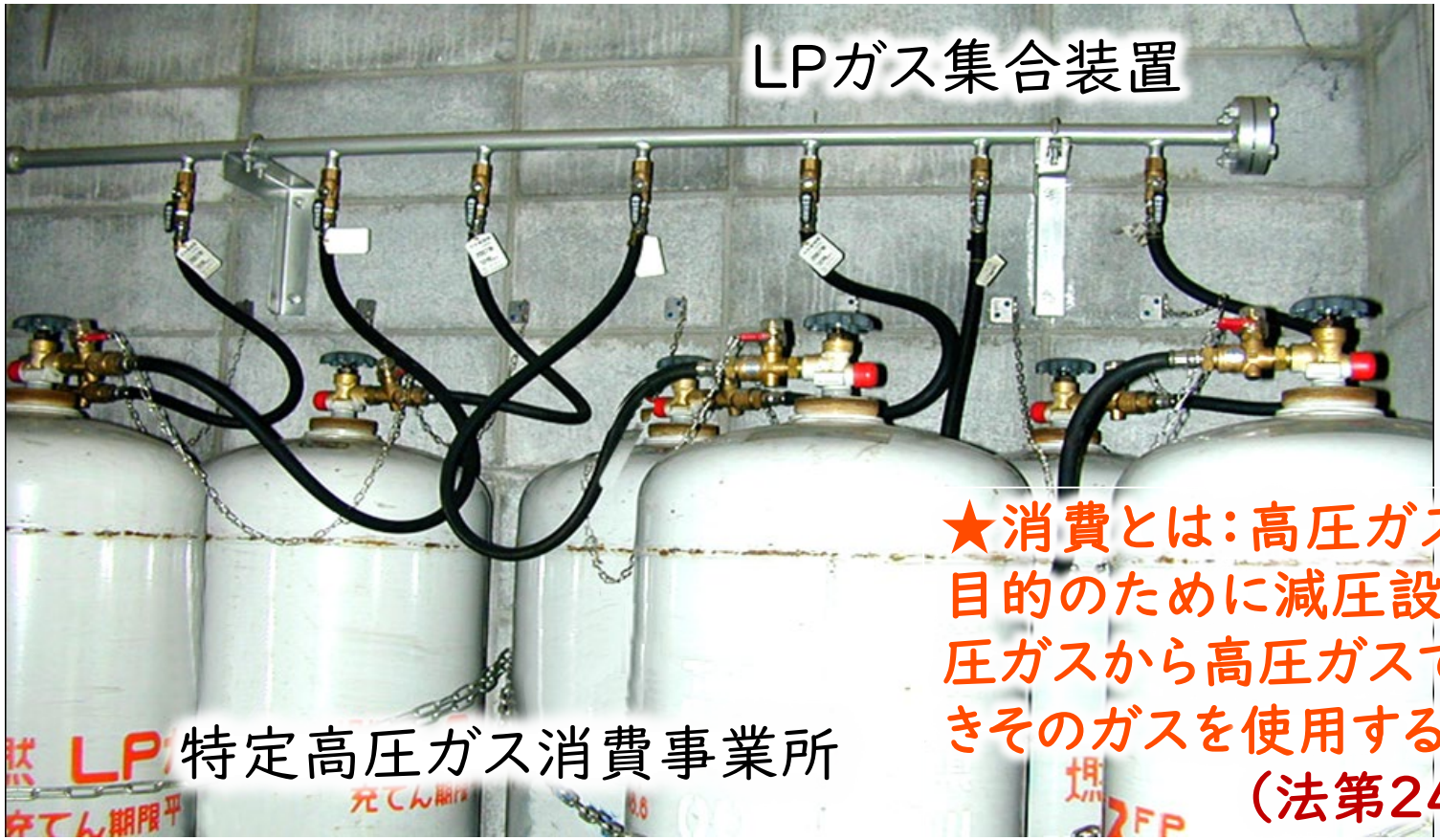
法第1条、第23条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

参考図4 **高圧ガスの消費**

法第1条、第24条の2、第24条の5



★消費とは：高圧ガスを廃棄以外の一定の目的のために減圧設備のみにより瞬時に高圧ガスから高圧ガスでないガスにして引き続きそのガスを使用すること★
（法第24条の2関係基本通達）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図6 高圧ガスの定義

法第2条1～4号政第1条

高圧ガスの区分	定　　義	具体的なガス名（例）
〔法第2条第1号〕 圧縮ガス （圧縮アセチレンガスを除く。）	常用の温度において圧力（ゲージ圧力。以下同じ）が1メガパスカル以上で現に1メガパスカル以上であるもの（図7のAガス、Cガス） 又は温度35度で1メガパスカル以上となるもの（図7のBガス）	アルゴン、一酸化炭素、空気、酸素、水素、窒素、ヘリウム、メタンほか
〔法第2条第2号〕 圧縮アセチレンガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの（図7のAガス、Cガス） 又は温度15度で0.2メガパスカル以上となるもの（図7のBガス）	アセチレン
〔法第2条第3号〕 液化ガス	常用の温度において圧力が0.2メガパスカル以上で現に0.2メガパスカル以上であるもの（図8のAガス） 又は圧力が0.2メガパスカルとなる場合の温度が35度以下であるもの（図8のBガス）	（いずれも「液化」を冠す）アンモニア、塩素、二酸化硫黄、二酸化炭素、液化石油ガス、フルオロカーボン、酸素、窒素、アルゴンほか
〔法第2条第4号〕 第3号に掲げるものを除くほか、右の定義に該当する液化ガス	温度35度において圧力が0パスカルを超える液化ガスのうち、液化シアン化水素、液化ブロムメチル又はその他のガスであって、政令で定めるもの（図9の3種類のガス）	液化シアン化水素 液化ブロムメチル 液化酸化エチレン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

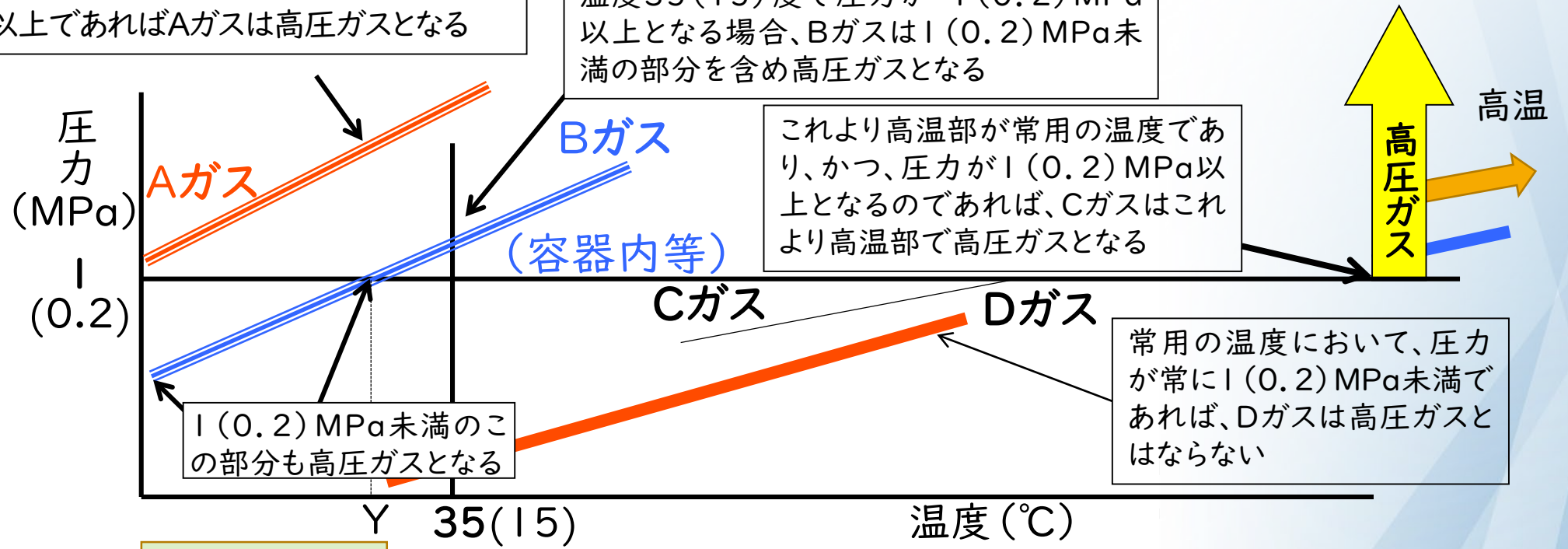
図7 高圧ガスとは（1）

＊圧縮ガス〔（ ）内の数値は、圧縮アセチレンガス〕

法第2条1、2号

常用の温度において圧力が常に1（0.2）MPa以上であればAガスは高圧ガスとなる

温度35（15）度で圧力が 1（0.2）MPa以上となる場合、Bガスは1（0.2）MPa未満の部分を含め高圧ガスとなる



これより高温部が常用の温度であり、かつ、圧力が1（0.2）MPa以上となるのであれば、Cガスはこれより高温部で高圧ガスとなる

常用の温度において、圧力が常に1（0.2）MPa未満であれば、Dガスは高圧ガスとはならない

＊常用の温度：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図5 **圧力のSI単位**

法第5条関係
基本通達

$$Y(MPa) = X(kgf/cm^2) \times (9.80665 \times 10^{-2})$$

1（MPa）（メガパスカル） ＝ 10.2（kgf／cm²）

（圧力単位の大きさの目安）

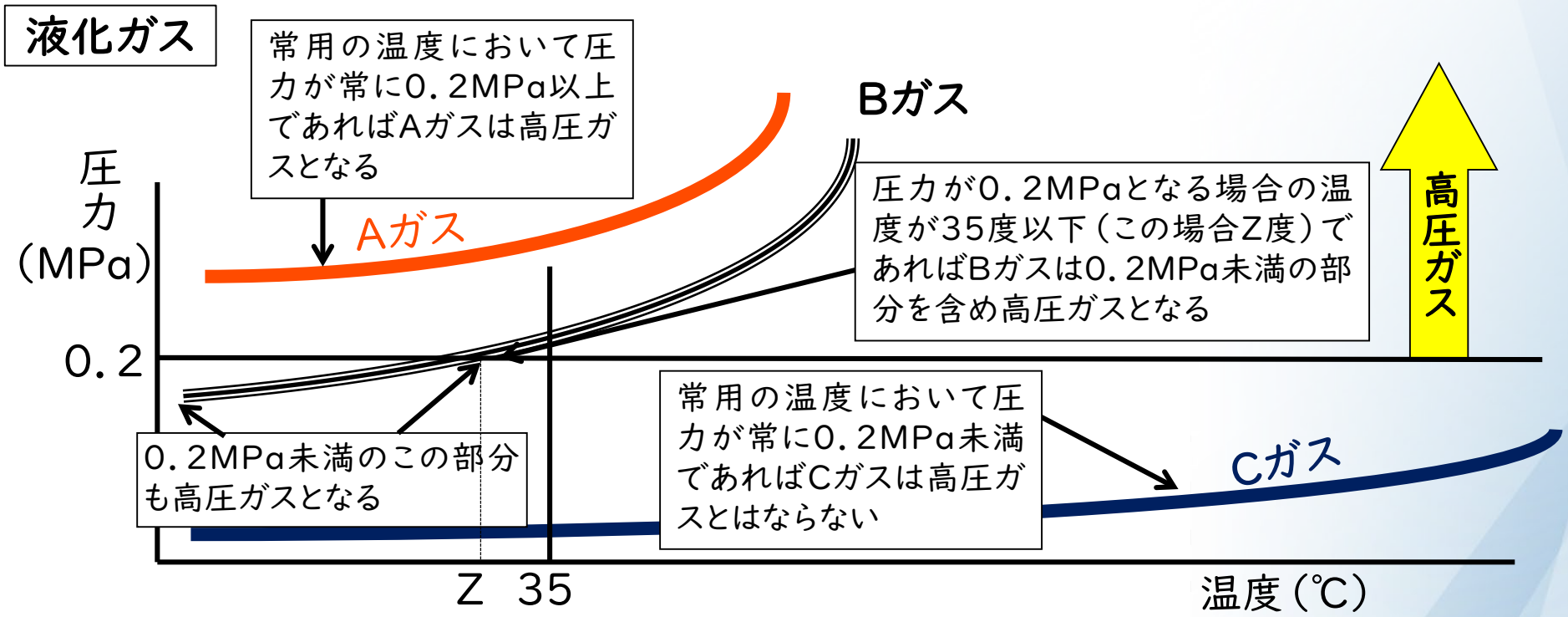
1MPaは、重さ1トン程度の自動車を片手に載せたときの、その掌（100cm²と仮定）にかかる圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

図8 高圧ガスとは（2）

法第2条3号



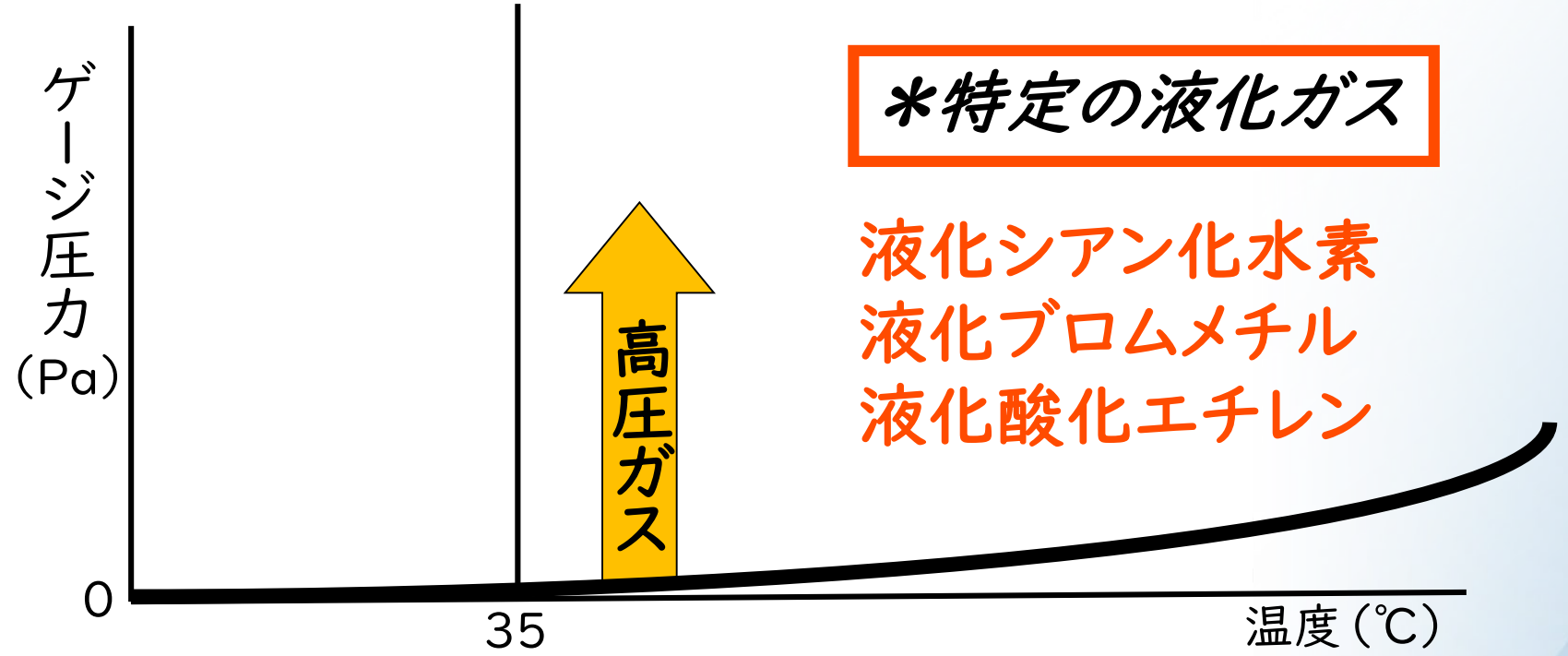
＊常用の温度：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9－1

高圧ガスとは（3）

法第2条4号、政第1条



＊特定の液化ガス

液化シアン化水素
液化ブロムメチル
液化酸化エチレン

特定の液化ガス（3種類）の場合は、温度35度において
圧力0パスカルを超えるものであれば「高圧ガス」と定義される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9−2

液化ガスの定義
（法第2条関係基本通達）

「液化ガス」とは、現に液体であって次のいずれかに該当するものをいう。

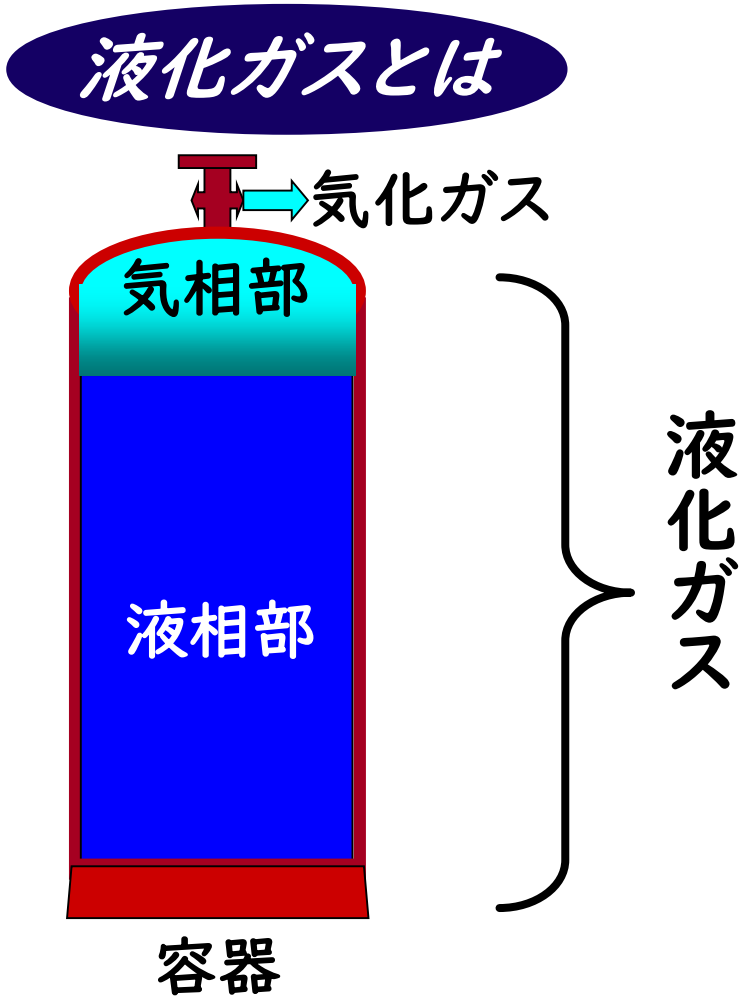
① 大気圧下における沸点（当該液体が純物質か混合物であるか否かにかかわらず、当該液体の蒸気圧が大気圧と等しくなる温度をいう。以下②において同じ。）が40℃以下のもの

② 大気圧下における沸点が40℃を超える液体が、その沸点以上かつ1MPa以上の状態にある場合のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図6

法第2条関係運用・解釈



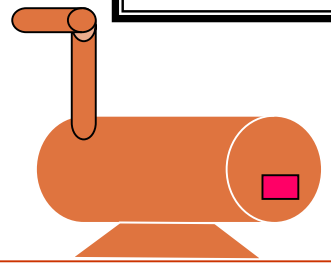
貯槽、容器、配管内等における液相部を有するガスは、液相部及び気相部を併せて「液化ガス」として取り扱う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

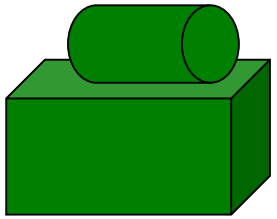
図10 高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（1）

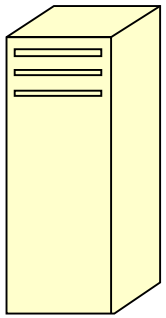
法第3条



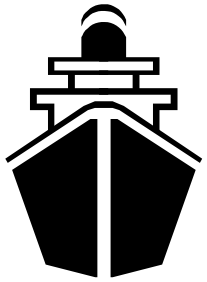
高圧ボイラー・同導管内の高圧蒸気

電気工作物内の高圧ガス

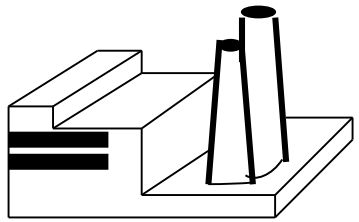




船舶内の高圧ガス

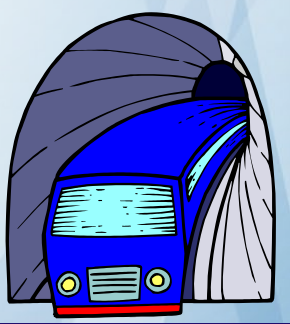


航空機内の高圧ガス



原子炉・同附属施設内の高圧ガス

3トン（二酸化炭素、不活性のフルオロカーボンは5トン）未満の冷凍設備内の高圧ガス



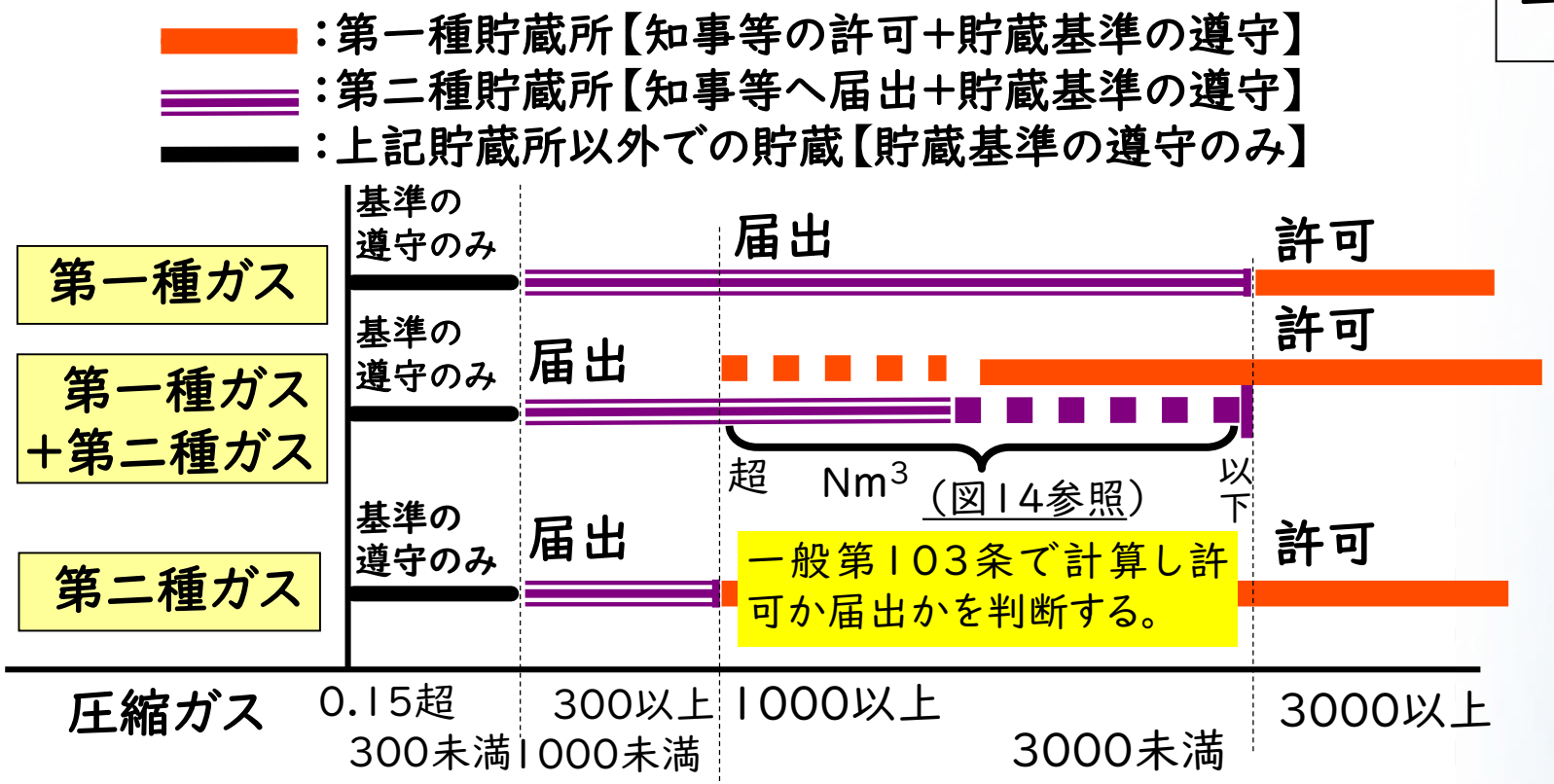
鉄道車両のエアコン内の高圧ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11－1

第一種貯蔵所・第二種貯蔵所・その他貯蔵〈貯蔵能力による区分〉

法第15条、16条、17条の2、政第5条、一般第103条



（注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

貯蔵数量 m^3
［液化ガスは10kgを$1m^3$とする。］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11−2

容積（貯蔵量）の合算について
（法第16条関係基本通達）→図11−3 参照

① 消火設備内高圧ガス（不活性ガスに限る。）とそれ以外の高圧ガスは区分し、両者は合算しない。また、消火設備内高圧ガスについては、設備が配管で接続されている場合のみ合算する。

② 消火設備内高圧ガス以外の高圧ガスについては、次のいずれかの場合は合算する。

イ 容器又は容器以外の貯蔵設備（以下「設備」という）が配管で接続されている場合

ロ 設備が配管で接続されないときであって次の場合

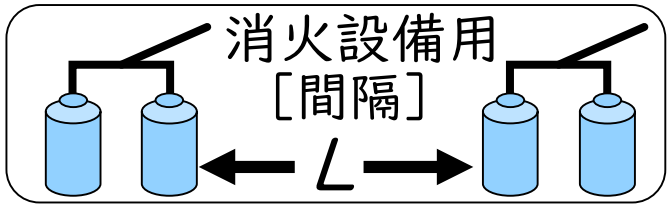
（ｉ）容器以外の貯蔵設備同士又は容器と容器以外の貯蔵設備との間が30m以下である場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11−3 貯蔵能力の合算

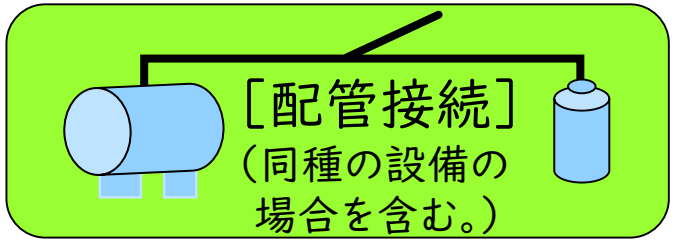
法第16条関係基本通達

①



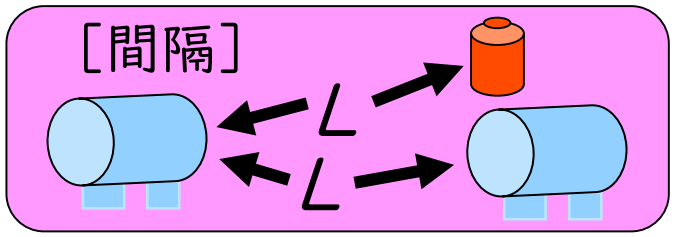
設備（容器）の間隔（L）に関係なく、配管接続のもののみ一つの貯蔵として合算する。また、消火設備以外の高圧ガスとは合算しない。

②イ



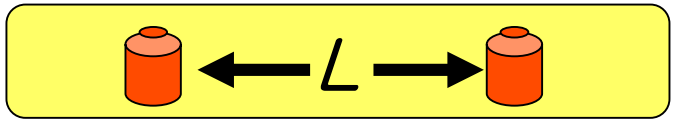
容器又は容器以外の貯蔵設備が配管接続の場合は、その間隔に関係なく、一つの貯蔵として合算する。

②ロ（ｉ）



容器以外の貯蔵設備と容器以外の貯蔵設備又は容器と容器以外の貯蔵設備との間（L）が30m以下の場合は、一つの貯蔵として合算する。

②ロ（ⅱ）



容器と容器との間（L）が22.5m以下である場合は一つの貯蔵として合算する。➡図11−4の記述参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11−4

（ii）容器と容器の間（多層階の場合、建物内の上下関係を含む。）が22.5m（次のa及びbの場合は、それぞれに示す距離）以下である場合

a 容器と容器の間に厚さ12cm以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁（bにおいて単に「障壁」という。）が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所（容器置場の6面が閉鎖されているのではなく、両者が有効に遮断されていれば側面や上方は開放されていてもよい。bにおいて同じ。）に設置されている場合（bの場合を除く。） 11.25m

b それぞれの容器置場の面積が8㎡以下の場合であって、容器と容器の間に障壁が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所に設置されている場合 6.36m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図12 貯蔵所の設置の許可・届出

法第16条、17条の2

第一種貯蔵所

高圧ガスの貯蔵所を設置しようとする者 → 知事等に許可申請 → 知事等の許可 → 貯蔵所の設置工事着工 → 設置工事完成 → 知事等に完成検査申請 → 完成検査実施 → 完成検査合格 → 貯蔵所の使用

第二種貯蔵所

高圧ガスの貯蔵所を設置しようとする者 → 知事等に届出 → 貯蔵所の設置工事着工 → 設置工事完成 → 貯蔵所の使用

0.15m³（1.5kg）を超え300m³（3000kg）未満は許可及び届出不要・貯蔵方法の基準遵守のみ

（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13−1 **第一種ガスとは**

法第5条、政令第3条、一般第101条

・比較的災害の発生のおそれが小さいものとして指定された次の10種類の高圧ガス

＊ヘリウム
＊ネオン
＊アルゴン
＊クリプトン
＊フルオロカーボン
（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）
＊空気
＊キセノン
＊ラドン
＊窒素
＊二酸化炭素

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13−2　　高圧ガスの燃焼性、毒性等による区分
（一般則第2条「用語の定義」）

可燃性ガス

一般則第2条第1項第1号に掲名したガス（アクリロニトリル以下39種類）及びその他のガスであって、次のイ又はロに該当するもの（フルオロカーボンであって経済産業大臣が定めるものを除く。）

イ　爆発限界の下限が10%以下のもの

ロ　爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの

毒性ガス

一般則第2条第1項第2号に掲名したガス（アクリロニトリル以下33種類）及び毒物及び劇物取締法第2条第1項に規定する毒物

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13−3

不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号に掲名したガス

ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。→不燃性、難燃性のものが該当）

特定不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

不活性ガスのうち、フルオロカーボンであって、温度60度、圧力0パスカルにおいて着火したときに火炎伝ぱを発生させるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14 **第一種ガスと第二種ガスの両方を貯蔵する貯蔵所**

法第16条、第17条の2、政第5条、一般第103条

合計貯蔵数量が1000m³を超え、3000m³以下であって、実際の合計貯蔵数量が次の計算式の計算値（N）と比べて、

- N 以上の場合 ⇒ 許可（第一種貯蔵所）
- N 未満の場合 ⇒ 届出（第二種貯蔵所）

$$N=1000+2/3\times M$$

M：第一種ガスの容積（m³）（液化ガス10 kgを1 m³とする。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

法第16条、第17条の2、政第5条、一般第103条

①液化石油ガス5000kg、二酸化炭素2100m³の場合

合計貯蔵数量＝500（換算）＋2100＝2600（m³）

N＝1000＋2／3×2100＝2400

N（2400m³）≦2600（m³）　∴第一種貯蔵所

②液化石油ガス2000kg、二酸化炭素1800m³の場合

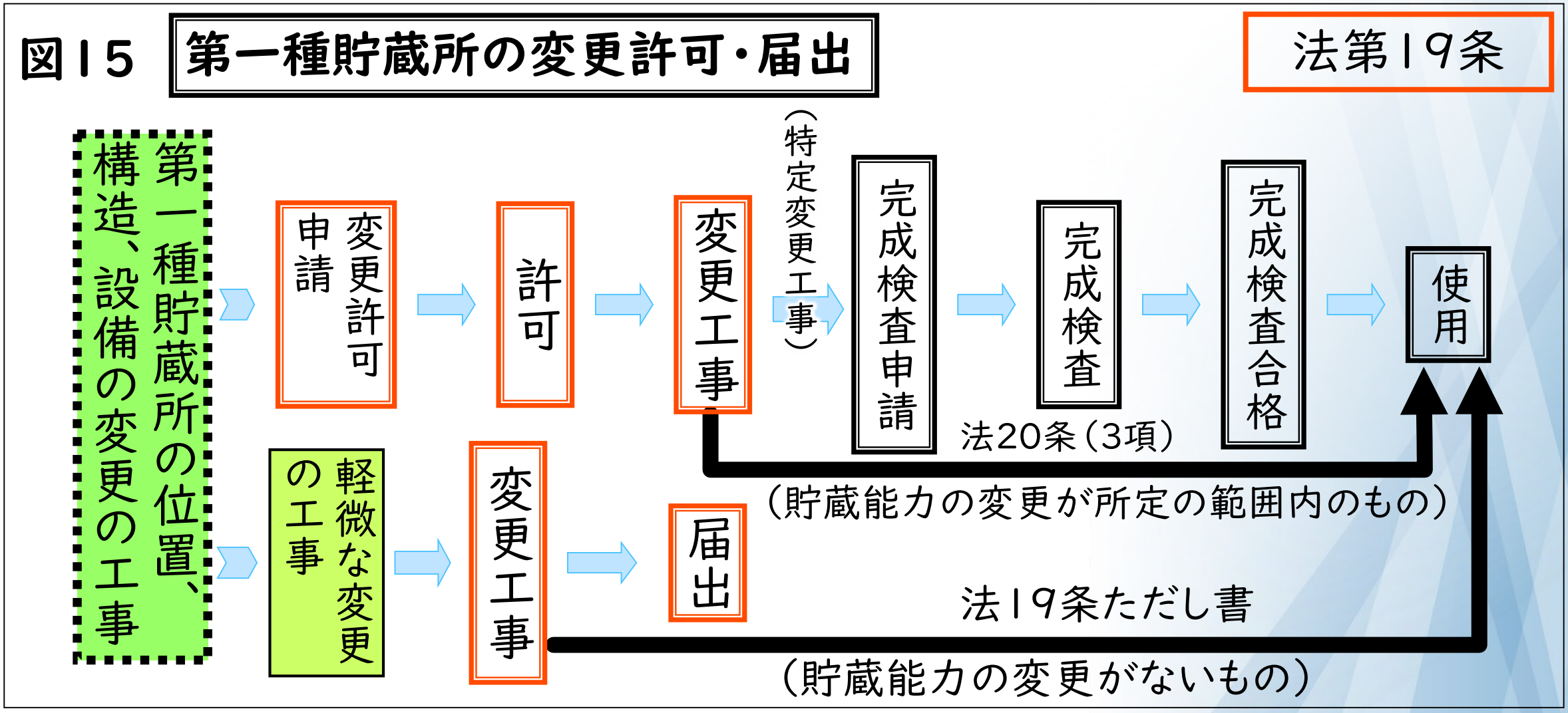
合計貯蔵数量＝200（換算）＋1800＝2000（m³）

N＝1000＋2／3×1800＝2200

N（2200m³）＞2000（m³）　∴第二種貯蔵所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

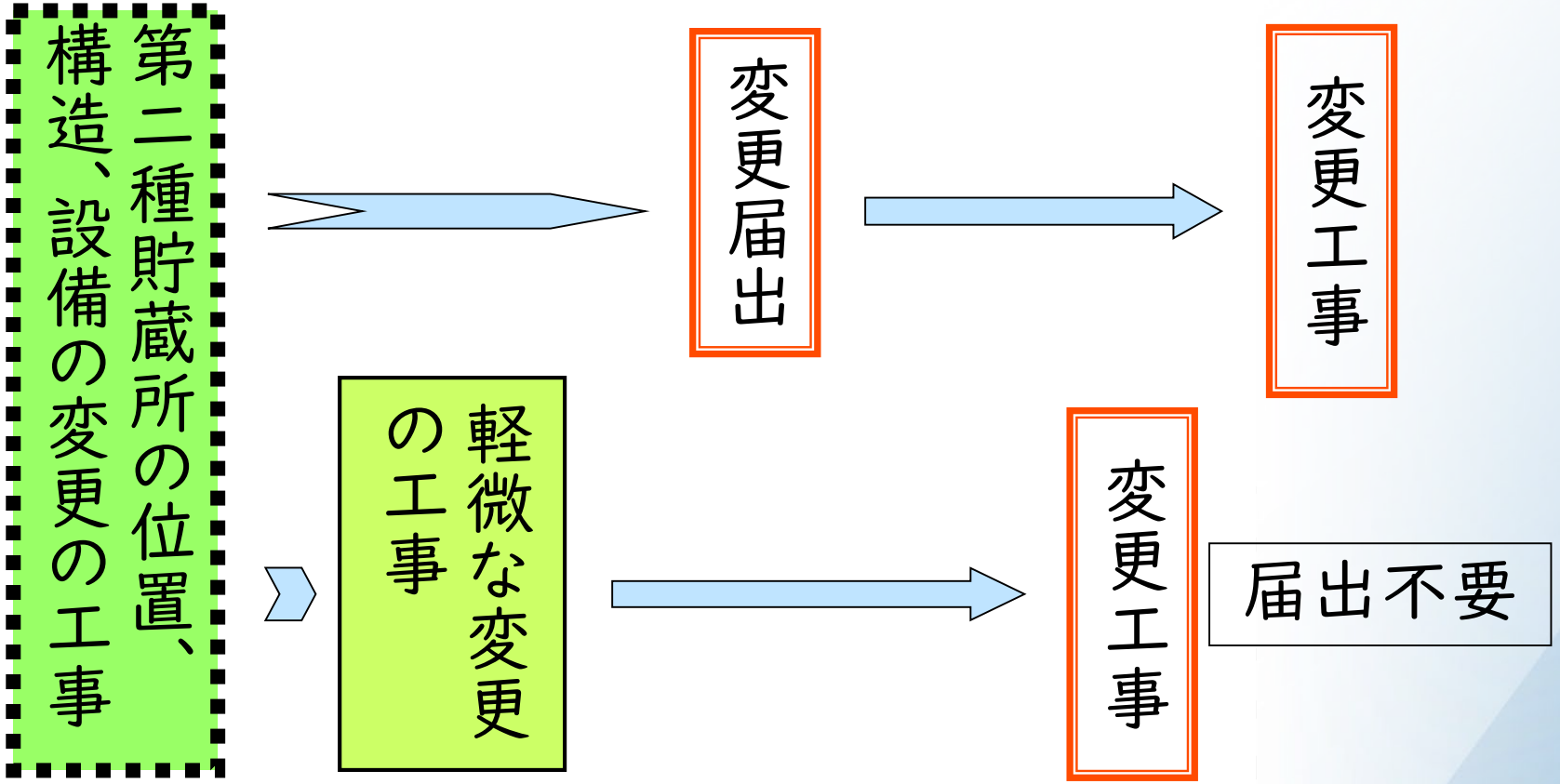
高圧ガス保安法



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16 第二種貯蔵所の変更届出

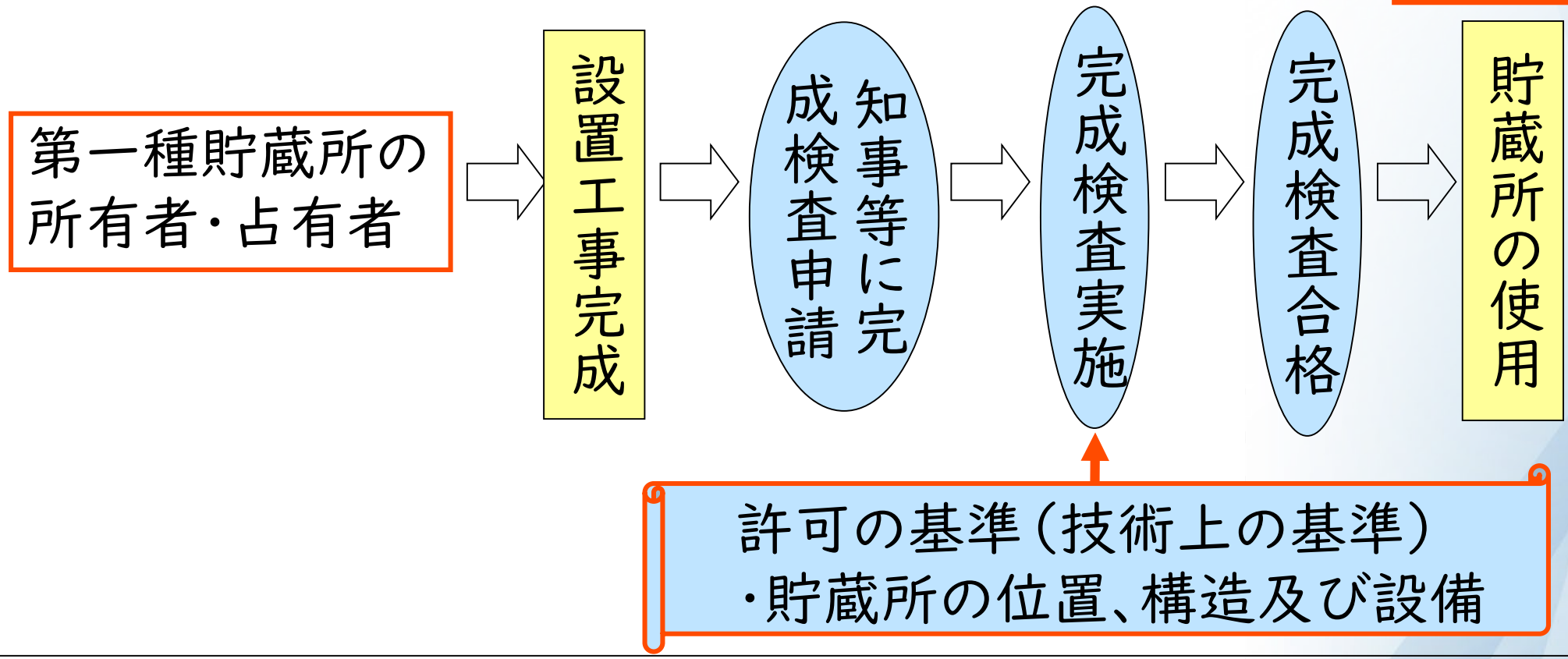
法第19条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図17 第一種貯蔵所設置許可に係る完成検査

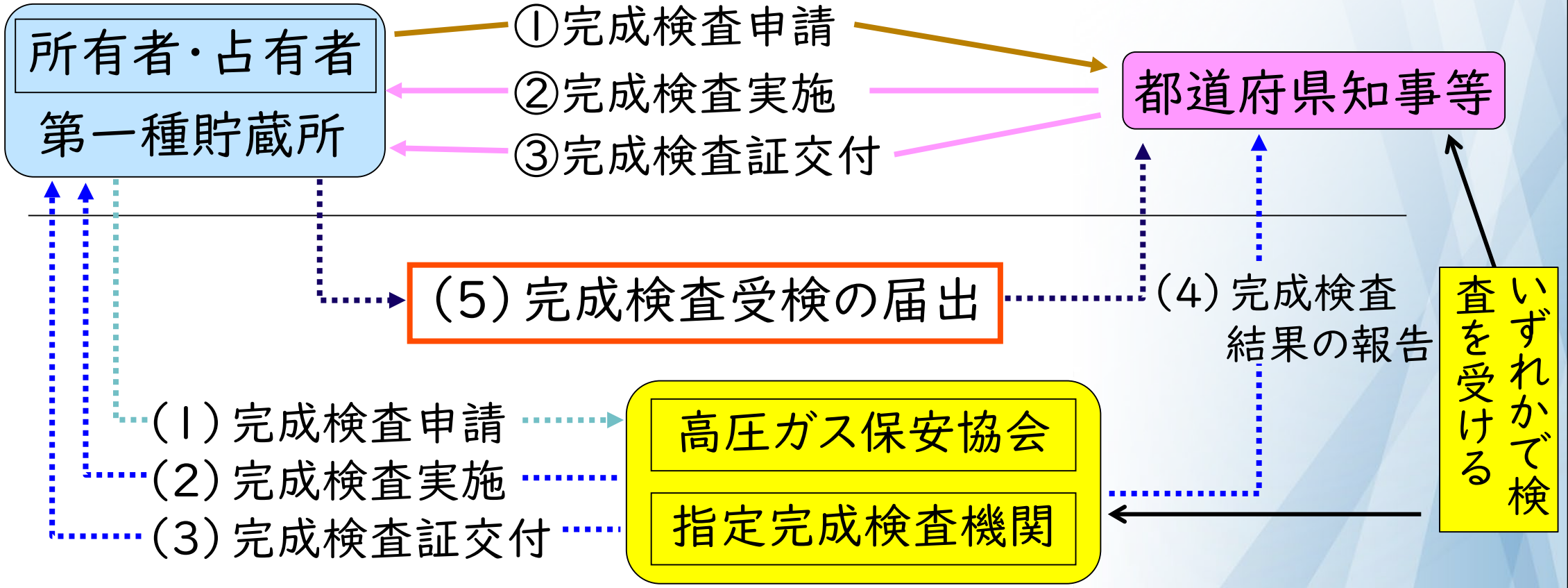
法第20条1項、（16条2項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図18 第一種貯蔵所設置許可の完成検査の手続等

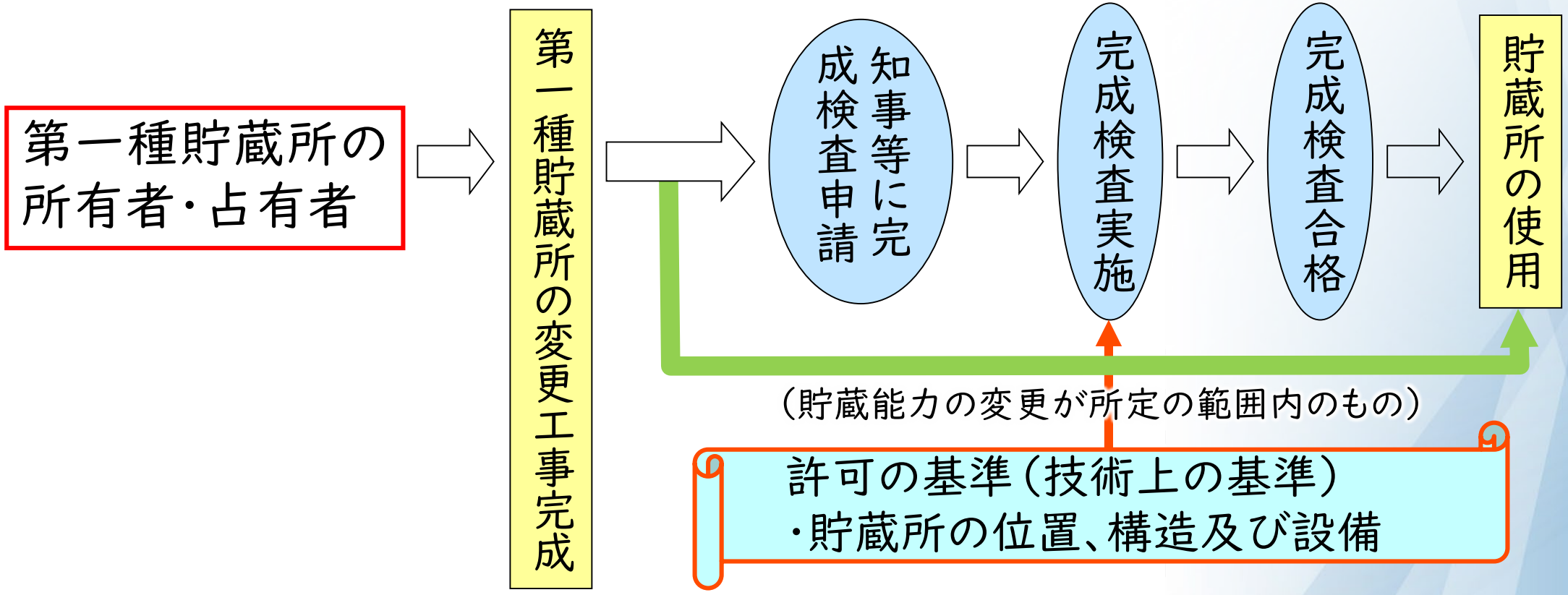
法第20条1項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19 **第一種貯蔵所の変更許可に係る完成検査**

法第20条3項、19条3項（16条2項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図20 **許可を要するが、完成検査不要の変更の工事の要件**

法第20条3項、20条の2、20条の3、液石第34条3号

1 貯蔵所の貯蔵設備の貯蔵能力の変更が20%以内のものであること。
（製造細目告示第12条の14第2項）

2 耐震設計構造物の特定設備以外のガス設備の取替え又は位置の変更

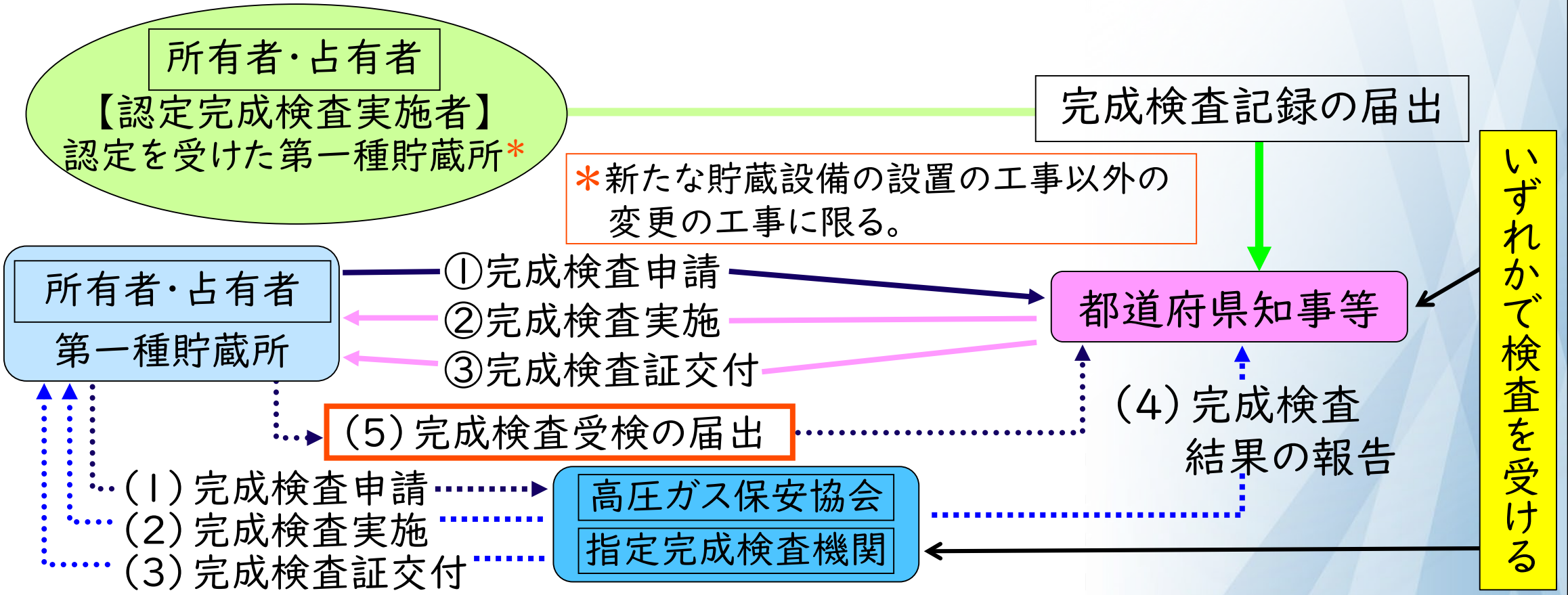
① 高圧ガス設備の取替えを伴うものは、大臣認定品への取替えに限る。

② 貯槽の取替えを伴うものは特定設備検査合格証（適合証）の交付を受けているものへの取替えに限る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図21 特定変更工事の完成検査の手続等

法第20条3項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図22 **販売事業届**

法第20条の4

高圧ガスの販売事業を営もうとする者

販売所ごとに事業開始の日の20日前までに知事等に届出

販売業者

① **第一種製造者**（冷凍のため高圧ガスの製造をする者を除く。）**であって、その事業所で製造した高圧ガスをその事業所で販売**するとき、又は、**所定のガスを貯蔵量常時5m³未満の販売所で販売するときは、知事等への届出不要**。

② 販売事業について知事等へ届け出た者を「**販売業者**」といい、①の第一種製造者を含めて「**販売業者等**」という。この販売業者等には、周知義務及び販売の方法の技術上の基準の遵守義務がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

参考 **地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律の施行**

液石第38条他

平成29年11月15日経済産業省令第83号により改正（平成30年4月1日施行）
容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則等の改正

（販売業者に係る販売の事業の届出）〔**液石則の例**〕
第38条　法第20条の4の規定により届出をしようとする者は、様式第21の高圧ガス販売事業届書に次項に掲げる書類を添えて、販売所の所在地を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。（以下略。第2項略）

（説明用の表現であり、条文どおりではないので留意のこと。）

都道府県知事（当該販売所が地方自治法第252条の19第1項の指定都市（以下「指定都市」という。）の区域内にある場合であつて、当該販売所に係る事務が高圧ガス保安法施行令第22条に規定する事務（高圧ガスを取り扱う事業所の集積の程度、高圧ガスの処理量その他の高圧ガスの取扱いの状況を考慮して経済産業大臣が定める区域に所在する事業所（コンビ則適用事業所）並びに液化石油ガス法に規定する施設等に係る事務）に該当しない場合にあっては、当該販売所の所在地を管轄する指定都市の長。（第一種製造者の許可、第二種製造者の届出、承継の届出、変更の工事等の許可の申請、同軽微な変更の届出、第一種貯蔵所の設置の許可の申請、第二種貯蔵所の設置の届出、完成検査の申請、高圧ガスの製造の開始又は廃止の届出、特定高圧ガスの消費者に係る消費の届出、危害予防規程の届出等、保安統括者等の選任等の届出、保安検査の申請等、事故届等において同じ。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

地方自治法第252条の19第1項の指定都市とは

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、政令で指定された場合に、一般市から移行が成される。これを「指定都市」という。

政令指定都市の位置。
全国に20ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23 **販売事業・貯蔵所の承継**

法第17条、20条の4の2

○は、承継する。

	合併、分割、相続	譲渡し	引渡し
第一種貯蔵所の許可		○	○
販売業者の事業	○	○	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

図24 **販売業者等の周知させる義務**

法第20条の5、液石第39条、第40条

＊自ら製造したガスを自らの製造事業所で販売する第一種製造者
＊販売業者

高圧ガスの種類
＊溶接、熱切断用の液化石油ガス
＊燃料用の液化石油ガス

販売

周知の時期：販売契約時、前回の周知から1年以上経過して液化石油ガスを引渡したときごと。

周知すべき事項
高圧ガスによる災害発生防止のための、
＊消費設備に対するガスの適応性
＊消費設備の操作、管理、点検
＊消費設備の使用場所の環境
＊消費設備の変更
＊ガス漏れ等の緊急時の措置、連絡

周知

購入して消費する者（第一種製造者、販売業者、特定高圧ガス消費者を除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1－1）　平成16年6月4日、長野県木曽郡

現場の状況（軽トラックの後部には爆破処理するLPガス容器が現存）

LPガス容器に酸素ガスを移充塡中に爆発、作業者の左手首を切断。腕と肋骨を骨折（重傷）した。

HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料１－２）　発災容器（LPガス１０kg容器）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料Ⅰ－3）　安全のため爆破処理した10kgLPガス容器（2本）

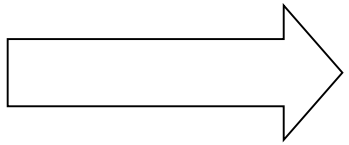
KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

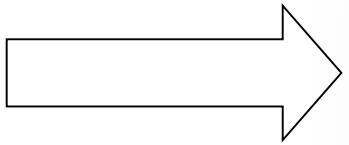
図25 **販売業者の販売する高圧ガスの種類の変更届出**

法第20条の7

高圧ガスの販売業者



販売する高圧ガスの種類の変更



（事後に）

遅滞なく知事等に届出

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26 **貯蔵、販売、消費事業者の事業の廃止等の届出**

法第21条（24条の4）

◎：届出必要 ×：届出不要

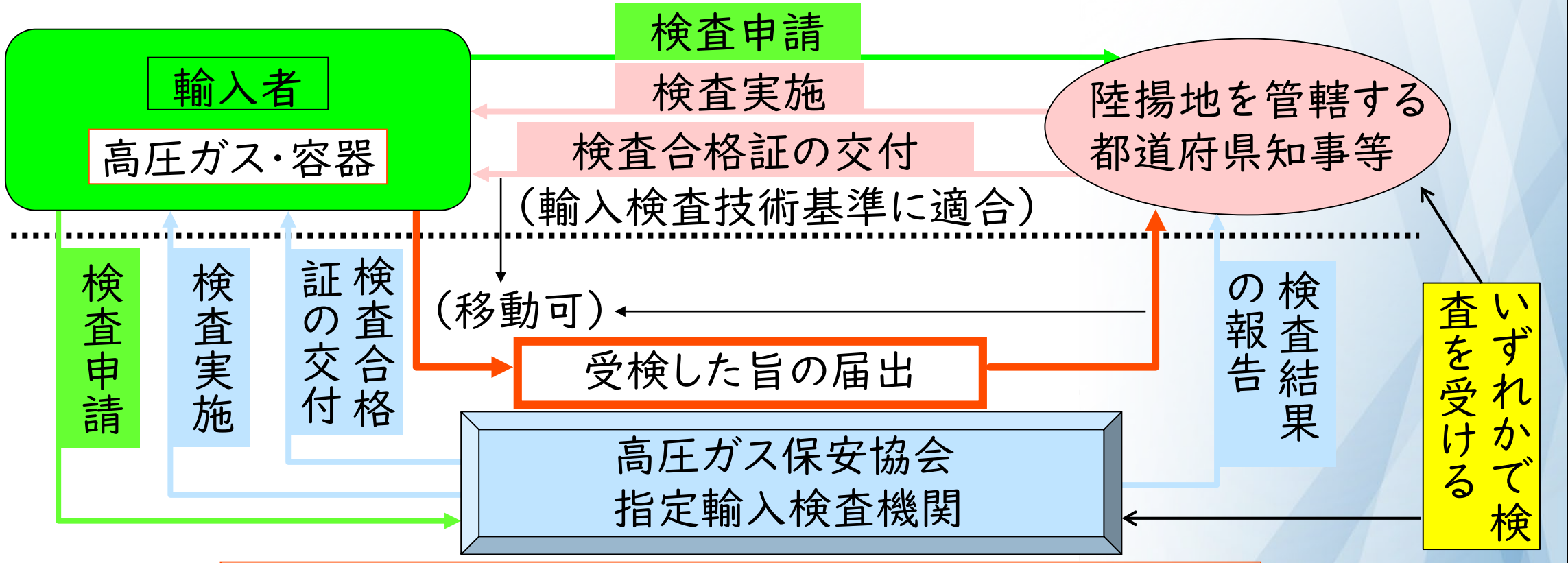
業態＼廃止等の届出	開始届	廃止届
第一種貯蔵所の所有者・占有者	×	◎
第二種貯蔵所の所有者・占有者	×	◎
販売業者	×	◎
特定高圧ガス消費者	×	◎

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

図27 高圧ガスの輸入検査手続等

法第22条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

参考図3（再掲）

高圧ガスの移動

法第1条、第23条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28 **高圧ガスの移動**

法第23条、液石第47条～50条

［移動に係る技術上の基準］

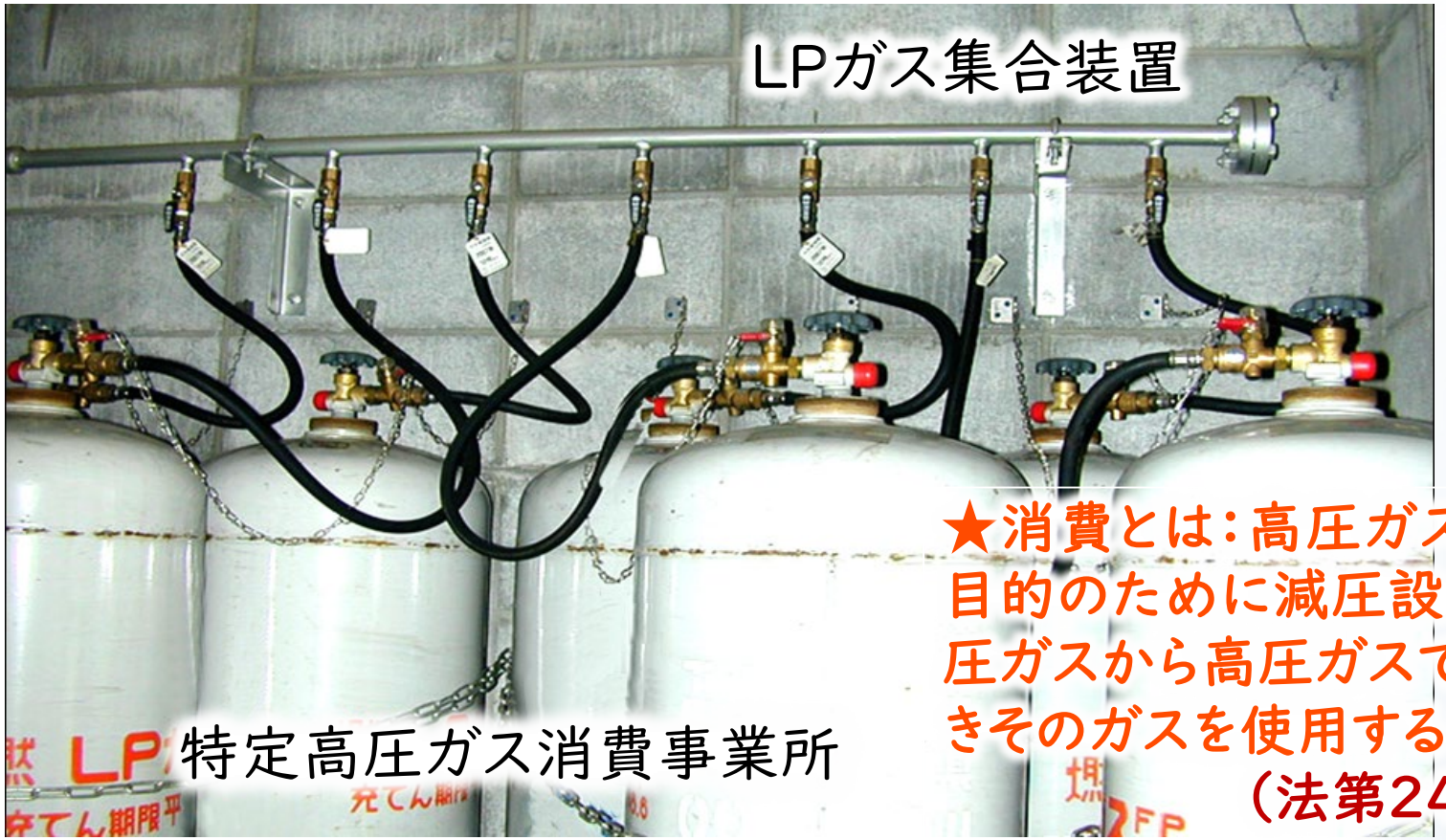
1　容器について保安上必要な措置

2　車両による移動の場合
→①　積載方法
②　移動方法

3　導管による輸送の場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図4（再掲） **高圧ガスの消費** 法第1条、第24条の2、第24条の5



★消費とは：高圧ガスを廃棄以外の一定の目的のために減圧設備のみにより瞬時に高圧ガスから高圧ガスでないガスにして引き続きそのガスを使用すること★
（法第24条の2関係基本通達）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図29 特定高圧ガスの消費者

法第24条の2、政第7条

消費開始の日の20日前までに知事等へ届出要

消費する高圧ガスの種類	消費事業所に貯蔵する数量（貯蔵能力）
① 特殊高圧ガス	容積にかかわらず
② 圧縮水素	容積　300 m^3 以上
③ 圧縮天然ガス	容積　300 m^3 以上
④ 液化酸素	質量　3000 kg 以上
⑤ 液化アンモニア	質量　3000 kg 以上
⑥ 液化石油ガス	質量　3000 kg 以上 （注：液化石油ガス法の適用を受ける業務用消費者の場合は、10000kg以上の場合に特定高圧ガスの消費者となる。）
⑦ 液化塩素	質量　1000kg 以上
⑧ 上記①～⑦の高圧ガス	消費事業所に貯蔵せずに他事業所から導管で供給を受けて消費する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図30 特殊高圧ガスの種類

法第24条の2、
政第7条、
一般第2条1項3号

燃

7種類の高圧ガス
モノシラン
ホスフィン
アルシン
ジボラン
セレン化水素
モノゲルマン
ジシラン

毒

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図31 **特定高圧ガス消費届**

法第24条の2

特定高圧ガスを消費する者

特定高圧ガス消費者

事業所ごとに消費開始の日の20日前までに知事等に届出

第一種製造者、第二種製造者、第一種貯蔵所の所有者等、第二種貯蔵所の所有者等、販売業者であっても、別途、届出が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図32 特定高圧ガス消費者施設等の変更届出

法第24条の4
一般第56条
液石第54条

消費施設の位置、構造、設備の変更の工事 → 変更届出 → 変更工事

軽微な変更の工事 → 届出不要 → 変更工事

・特定高圧ガスの種類変更
・特定高圧ガスの消費方法の変更 → 変更届出 → 変更

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図33 **特定高圧ガス消費者以外の高圧ガスの消費者**

法第24条の5、液石第57条

消費の方法基準の遵守のみ

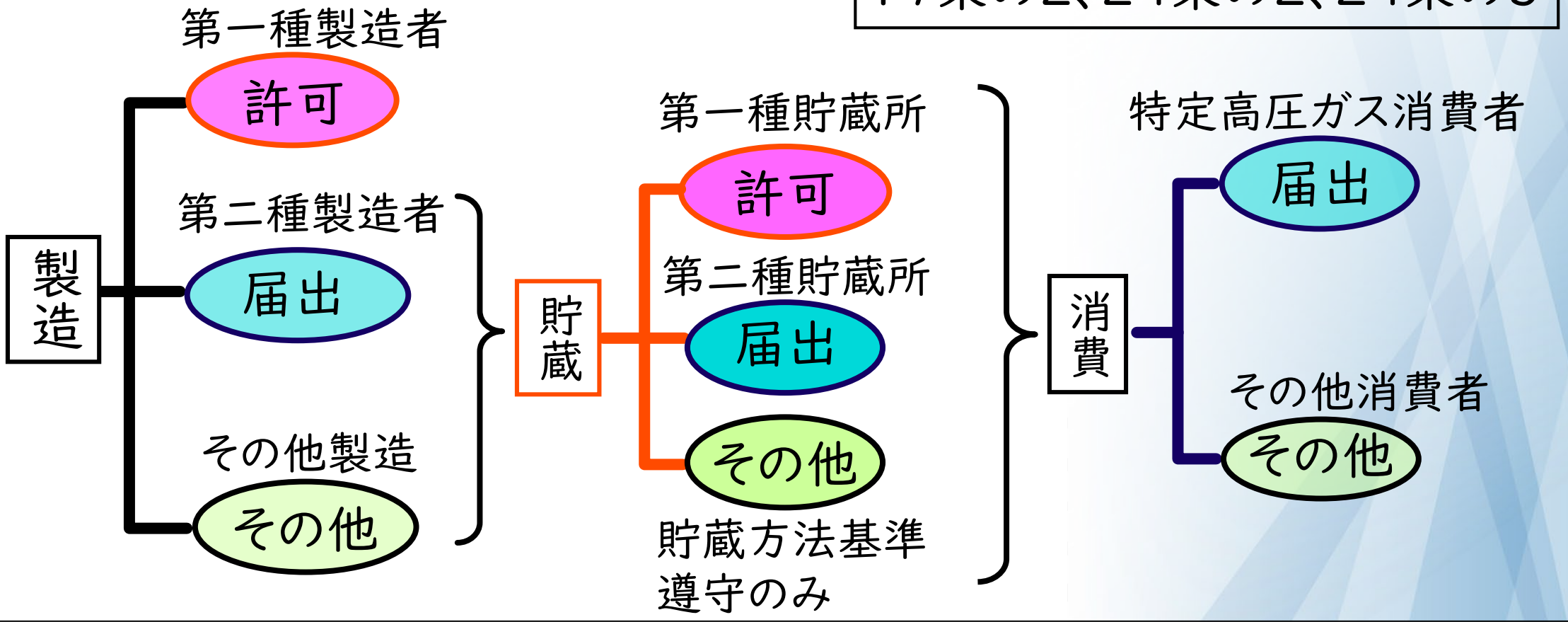
［基準に従って消費すべき高圧ガス］

◆「液化石油ガス保安規則」
→液化石油ガス（液化石油ガスを燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用のみに消費される液化石油ガスを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図34 **製造・貯蔵・消費の規制関連**

法第5条、13条、15条、16条、17条の2、24条の2、24条の5



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図35 **高圧ガスの廃棄**

法第25条、液石第59条、60条

廃棄の方法基準の遵守のみ

［基準に従って廃棄すべき高圧ガス］

◆「液化石油ガス保安規則」
→液化石油ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図36 **従業者に対する保安教育**

法第27条

- 第一種貯蔵所の所有・占有者
- 第二種貯蔵所の所有・占有者
- 販売業者
- 特定高圧ガス消費者

保安教育計画作成不要

従業者に保安教育を施すこと

高圧ガス保安協会

教育の基準となるべき事項を定め、公表

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図37 販売主任者等の職務（液石則）

法第28条、32条7項、8項、液石第70条、71条

販売主任者 → 液化石油ガスの販売に係る保安に関する業務を管理

［販売所ごとに1名選任］［選任される資格］

甲種化学・機械、乙種化学・機械責任者免状又は丙種化学（液石）責任者免状の交付を受けた者若しくは第二種販売主任者免状の交付を受けた者であって、液化石油ガスの製造又は販売に関する6月以上の経験又はこれらと同等以上の経験を有する者

取扱主任者 → 特定高圧ガスの消費に係る保安に関する業務を管理

［事業所ごとに1名選任］［選任される資格］ 次のいずれかの者

① 液化石油ガスの製造又は消費（特定高圧ガスの消費）に関する1年以上の経験者
② 大学若しくは高等専門学校において理学若しくは工学課程を修めた卒業者（同等の資格者を含む。）
③ 高圧ガス保安協会が行う講習の課程を修了した者
④ 高校（工業学校）卒業、かつ、製造又は消費に関する6月以上の経験者
⑤ 甲種化学・機械、乙種化学・機械又は丙種化学責任者免状の交付を受けた者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図38 **定期自主検査**

法第35条の2、液石第81条

特定高圧ガス消費者

耐圧試験を除く技術上の基準について年1回以上実施。
記録の作成・保存

記録すべき事項
①検査対象施設　②施設ごとの検査方法と検査結果
③検査年月日　④監督者氏名（取扱主任者氏名）

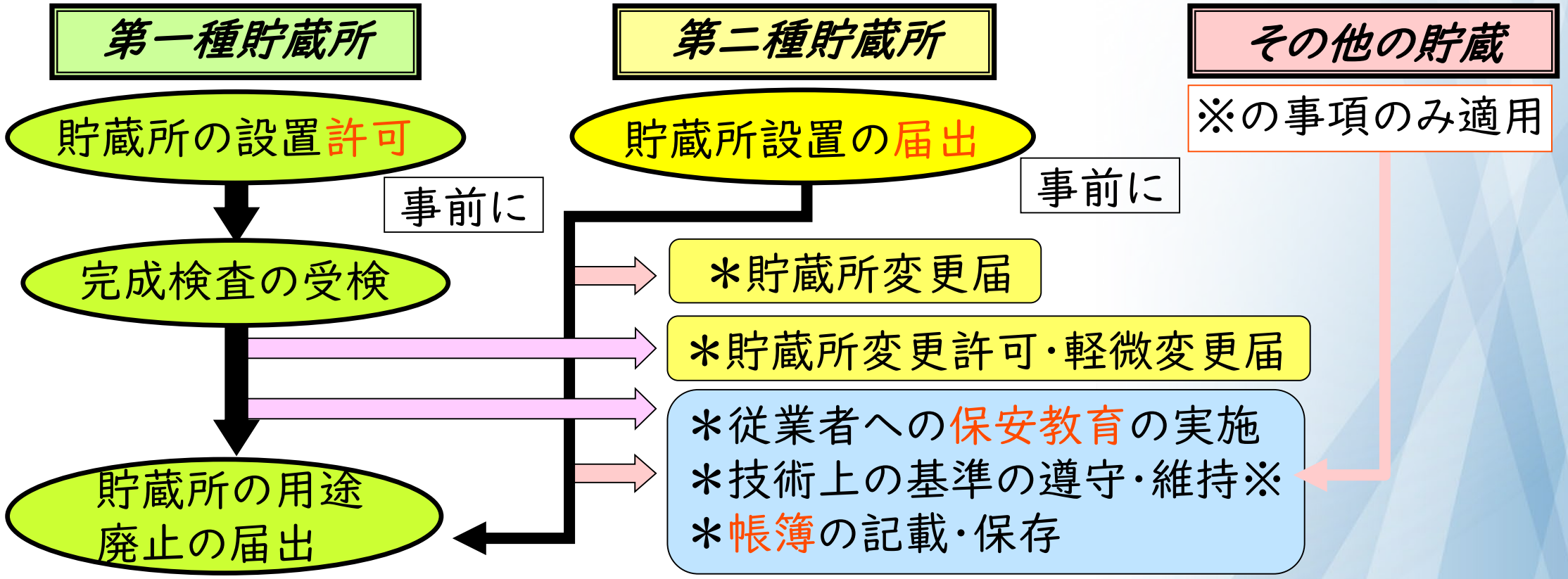
＊保存期間は規定されていない。

特定高圧ガス消費施設

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図39 **貯蔵に対する規制**

法第15条、16条、17条の2、18条、19条
20条、27条、60条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

図40 販売に対する規制

法第20条の4、の5、の6、の7、21条、27条、28条、60条

販売事業の届出

事業開始の日の20日前までに

販売主任者の選任の届出

定められた高圧ガスの販売所に限る

販売事業の届出が不要の第一種製造者

※の事項のみ適用

＊ガスの種類変更届

＊従業員に対して保安教育の実施
＊販売の方法の基準の遵守 ※
＊帳簿の記載・保存
＊消費者への周知［定められた用途※に消費する消費者に限る。］

販売事業廃止の届出

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

図41 **消費に対する規制**

法第24条の2、の3、の4、の5、27条、35条の2、

特定高圧ガス消費の届出

消費開始の日の20日前までに

取扱主任者の選任の届出

特定高圧ガス消費の廃止の届出

＊特定高圧ガス消費施設等の変更届

＊従業者への保安教育の実施
＊技術上の基準の遵守・維持※
＊定期自主検査の実施・記録

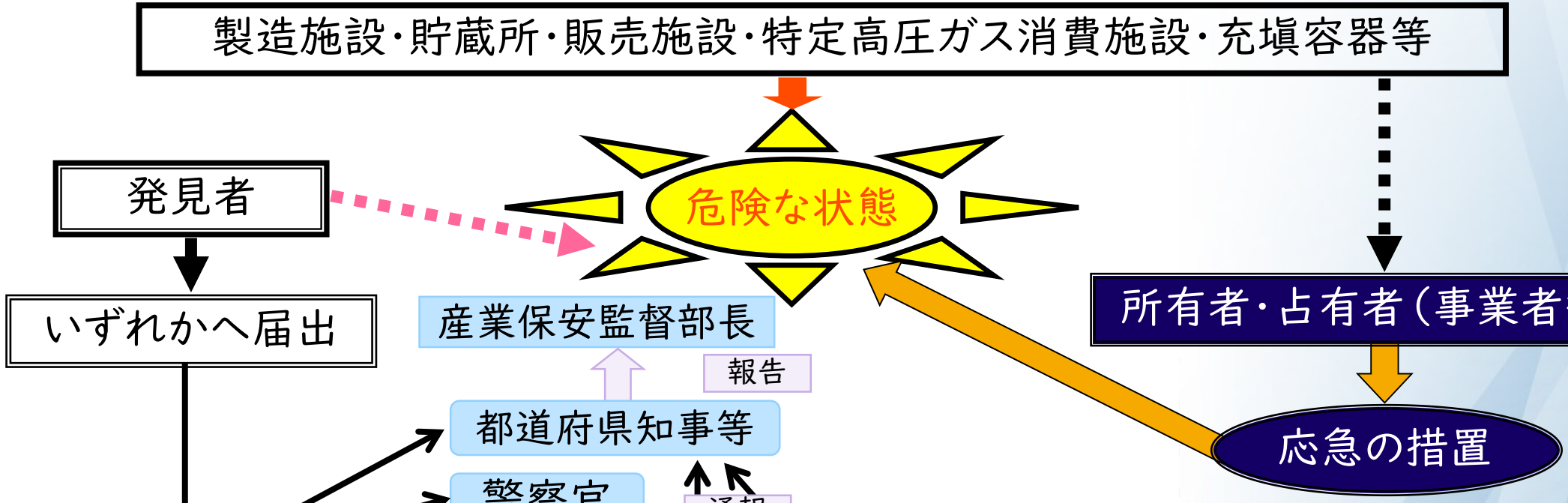
その他の消費

※の事項のみ適用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図42 危険時の措置・届出

法第36条、第74条
政第19条1項8号、液石第96条の2



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図43 **危険時の措置**

液石第82条

製造施設・消費施設

応急の措置→作業中止、ガスを移送・大気放出（安全に）、作業要員以外の退避

措置不能 → 付近住民に退避を警告

第一種貯蔵所、第二種貯蔵所、充填容器等

応急の措置→充填容器等の移動（安全に）、作業要員以外の退避

措置不能 → 付近住民に退避を警告

充填容器等が外傷・火災

応急の措置→各規則の廃棄に係る技術上の基準に従って措置

措置不能 → 水中に沈める・地中に埋める

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図44 事業所内の火気等制限

法第37条

［高圧ガス取扱事業所］

貯蔵所（一種、二種）、販売所、特定高圧ガス消費事業所

① 火気制限場所の指定：高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者

② 指定場所内では、何人も火気取扱禁止

③ 指定場所内に、発火しやすい物を携帯しての立入禁止

ただし、指定した者の承諾を得れば立入可能

“何人”には、高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者、従業者、一般人が含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図7 **事業所内の火気等制限の標示例**

法第37条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45 帳 簿

法第60条、液石第93条

販売業者

①液化石油ガスを容器により授受した場合→記載の日から**2年間保存**
- ・充塡容器の種類及び数
- ・販売の年月日
- ・販売先

② 周知を行った場合→記載の日から**2年間保存**
- ・周知に係る消費者の氏名又は名称及び住所
- ・周知をした者の氏名
- ・周知の年月日

第一種貯蔵所・第二種貯蔵所の所有者又は占有者

① 液化石油ガスを容器により授受した場合→記載の日から**2年間保存**
- ・充塡容器の記号及び番号
- ・充塡容器ごとの充塡質量
- ・授受先及び授受年月日

② 第一種貯蔵所・第二種貯蔵所に異常があった場合→記載の日から**10年間保存**
- ・異常があった年月日
- ・異常に対してとった措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図46 **事　故　届**

法第63条、第74条、政第19条1項8号

第一種製造者・第二種製造者・販売業者・貯蔵する者・消費する者・容器製造業者・容器の輸入者・その他高圧ガス又は容器の取扱者

高圧ガスの災害発生
高圧ガス又は容器＊を喪失、盗難

いずれかへ届出

- 産業保安監督部長
  - 報告
- 都道府県知事等
  - 通報
- 警察官

＊「容器」については、高圧ガスが充塡されているか否かにかかわらず喪失、盗難等の場合の届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種販売主任者編
容器関係（高圧ガス保安法・容器保安規則）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図47 容器の種類（主なもの）

容器第2条、一般第60条1項19号、
液石第58条11号

- 溶接部を有する容器
  - 溶接容器［液化石油ガス、アセチレンなど］
  - 超低温容器［液化酸素、液化窒素、液化アルゴンなど］
  - 低温容器［液化炭酸ガスなど］
  - ろう付け容器［圧力の低いガス］
  - 自動車燃料装置用容器［液化天然ガス、液化石油ガスなど］
- 継目なし容器
  - 一般継目なし容器［酸素ガス、窒素ガスなど］
  - アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器
  - 自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス］
- 複合容器
  - 一般複合容器［液化石油ガス用（水中使用不可）、陸上用空気呼吸器など］
  - 自動車燃料装置用容器［圧縮天然ガス、圧縮水素など］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図8　液化石油ガス用一般複合容器の例

（カップリング付容器用弁を装置した内容積25L以下の容器（右））

液化石油ガス用容器の外観の比較

左は鋼製の溶接容器（8kg型容器、容器だけの質量は9.6kg）
右は一般複合容器（7.5kg型容器、容器だけの質量は4.4kg）

液化石油ガス用一般複合容器の定義

（容器保安規則第2条第11号の2）「プラスティックライナー製一般複合容器のうち、液化石油ガス（炭素数3又は4の炭化水素を主成分とするものに限る。）を充填するための容器（ケーシングを有するものに限る。）」

（注）容器再検査期間、充填可能期限の適用上は容器保安規則第2条第11号の「一般複合容器」に含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図9 **一般継目なし容器の例**

容器第2条10号

圧縮酸素用47L容器のカットモデル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図10 **溶接（LPG）容器の例**

容器第2条2号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

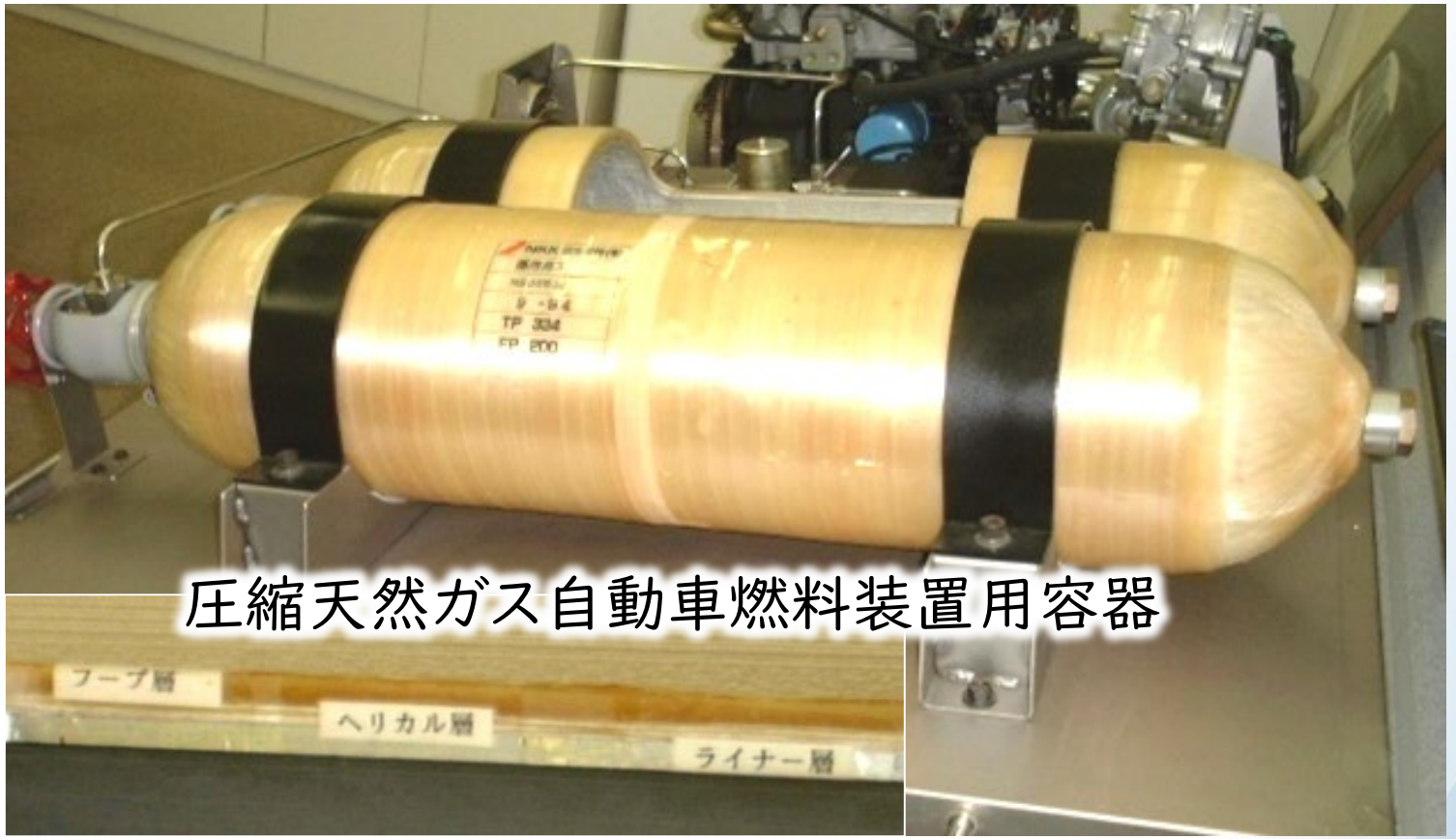
参考図11 **超低温容器の構造例（カットモデル）**

容器第2条3号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図12 **複合容器の構造例（カットモデル）**

容器第2条12号

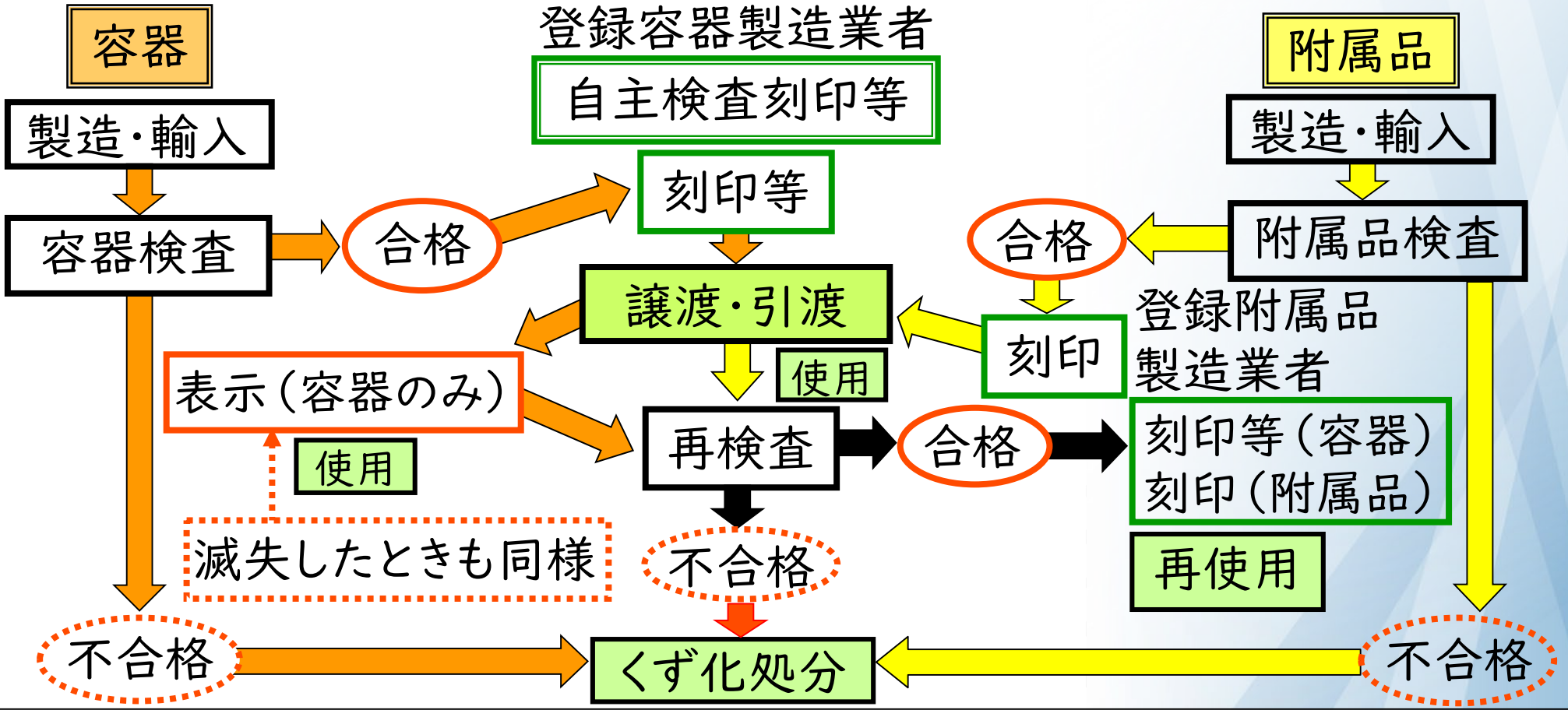


圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図48 容器・附属品に対する規制

法第41条～56条

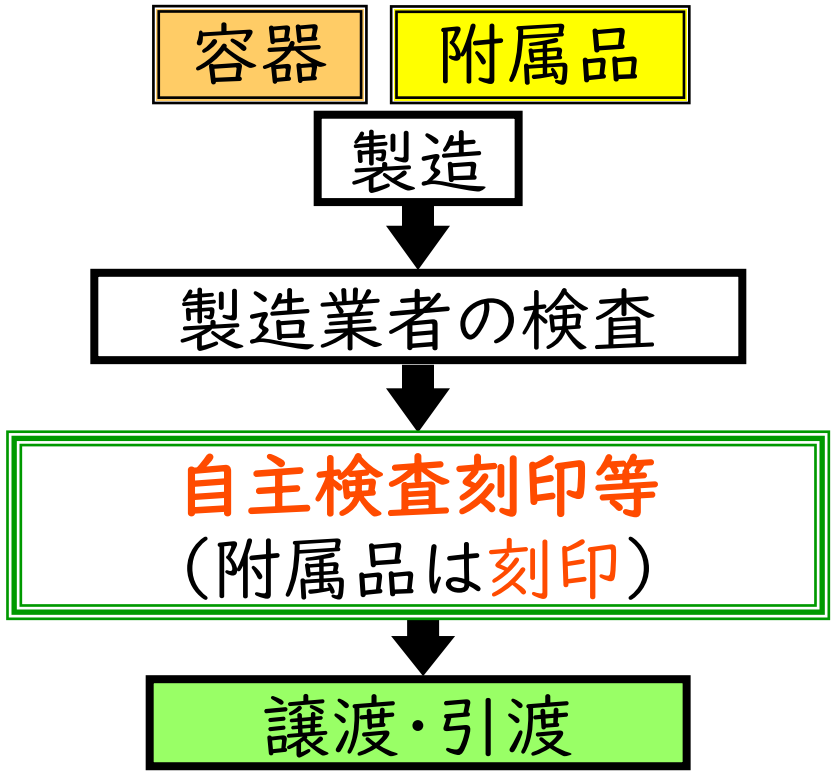


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図49 **自主検査刻印等**

法第49条の5、49条の25

登録容器製造業者・登録附属品製造業者の場合



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図50 容器の刻印の主なもの（概要・順不同）

容器第8条

図50中「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

＊検査実施者の名称の符号

＊容器製造業者の名称又はその符号（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は名称のみ）

＊充塡すべき高圧ガスの種類：PG（ヘリウム、ネオン等）、SG（特殊高圧ガス）、FC１、FC2、FC3（以上フルオロカーボン）、CNG（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器）、CHG（圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪及び圧縮水素運送自動車用容器）、LNG（液化天然ガス自動車燃料装置用容器）（さらに詳細刻印あり＝ 略）、その他の容器は高圧ガスの名称、略称又は分子式

＊容器の記号（LPガス容器は3文字以下）及び番号：アルファベットと数字（LPガス容器は5けた以下）

＊内容積：（記号 Ｖ 、単位 リットル）

＊附属品（取りはずしのできるものに限る。）を含まない容器の質量：（記号 Ｗ 、単位 kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊アセチレンガスを充塡する容器の質量：前記質量に多孔質物及び附属品の質量を加えた質量（記号 TW 、単位 kg）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

＊容器検査合格年月：（内容積4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、合格年月日）
＊充填可能期限年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪は充填可能期限年月）：
（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に限る。）
＊耐圧試験における圧力：（記号　TP、単位　MPa）及びM（超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）
＊最高充填圧力：（記号　FP、単位　MPa）及びM（圧縮ガス用容器、 超低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器に限る。）
＊高強度鋼（記号　HT）、アルミニウム合金（記号　AL）であることの記号：
（高強度鋼、アルミニウム合金で製造された容器（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、 圧縮水素自動車燃料装置用容器、 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）に限る。）
＊容器の胴部の肉厚：（記号　t 、単位　mm）（内容積500L超の容器に限る。）
＊胴部の繊維強化プラスチック部分の許容傷深さ：（記号　DC、単位　mm）（繊維強化プラスチック複合容器に限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図51 **容器則における最高充塡圧力（FP-M）の定義（主なもの）**

容器第2条25号

1 **圧縮ガスを充塡する容器**（SG容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器を除く。）

① **アセチレンガスを充塡する容器以外の容器**
温度35℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

② **アセチレンガスを充塡する容器**
温度15℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

2 **SG**（特殊高圧ガス及びこれらの混合ガス）**容器**
容器則で定められた耐圧試験圧力の5分の3倍の圧力の数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

3　超低温容器、低温容器又は液化天然ガス自動車燃料装置用容器
　常用の圧力のうち最高のものの数値

4　2及び3の容器以外の容器で、液化ガスを充塡するもの
　耐圧試験圧力の5分の3倍（再充塡禁止容器は同5分の4倍）の圧力の数値

5　国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器
　燃料の充塡中にその容器にかかるガスの圧力のうち最高のものの数値であって別に定める公称使用圧力の4分の5倍の圧力の数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図13 **溶接容器の刻印の例**

容器第8条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図14 **圧縮天然ガス自動車燃料装置用複合容器の標章の例**

容器第8条3項3号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図52 附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）

法第49条の3
容器第18条

＊附属品検査合格年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器に装置されるべき附属品は、年月）
＊検査実施者の名称の符号
＊附属品製造業者の名称又はその符号
＊附属品の記号・番号
＊附属品の質量：（記号　W、単位　kg）（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素　二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されるべき附属品を除く。）
＊耐圧試験における圧力：（記号　TP、単位　MPa）及びM

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

＊附属品が装置されるべき容器の種類：

圧縮アセチレンガス用容器	→	記号　AG
圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号　CNGV
圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号　CHGV
国際圧縮水素自動車燃料装置用容器	→	記号　CHGGV
圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	→	記号　CHGTV
圧縮水素運送自動車用容器	→	記号　CHGT
圧縮ガスを充塡する容器（上記の各容器を除く。）	→	記号　PG
液化ガスを充塡する容器（以下の各容器を除く。）	→	記号　LG
液化石油ガスを充塡する容器（下記LT容器を除く。）	→	記号　LPG
超低温容器及び低温容器	→	記号　LT
液化天然ガス自動車燃料装置用容器	→	記号　LNGV
＊液化水素運送自動車用容器に装置する安全弁：	→	記号　LTL又はLTH

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

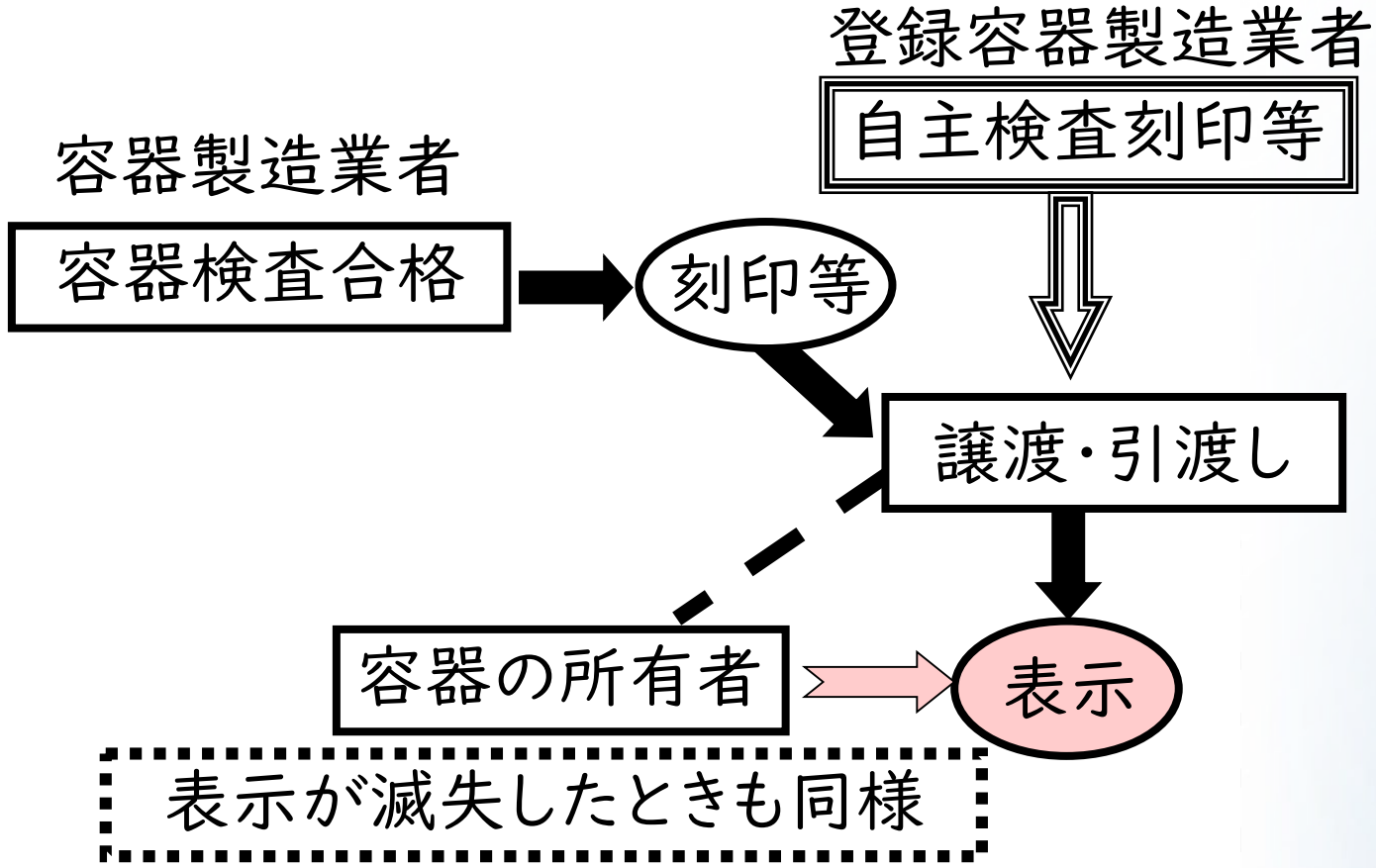
参考図15 **附属品の刻印の例**

容器第13条、第18条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図53 容器の表示（1）

法第46条、第47条、容器第10条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図53（続き） **容器の表示（2）**

法第46条、容器第10条

＊容器の**外表面積の1／2以上について所定の塗色**

＊**高圧ガスの名称**

＊**高圧ガスの性質を示す文字：可燃性ガスは「燃」、毒性ガスは「毒」**

＊所有者又は管理業務受託者の氏名等（KHKの登録記号・番号でも可）

＊高圧ガスを容器により輸入した場合であって、輸入検査に合格したときは、その容器に表示をしなければならない。（法第46条第2項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図54 容器の塗色表示（容器の表面積の50%以上を塗色）

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かっ色
その他の種類の高圧ガス	※ ねずみ色

※水素ガスを充填する容器のうち、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器並びにその他のガスを充填する容器のうち着色加工していないアルミニウム製、アルミニウム合金製及びステンレス鋼製の容器、LPガスの容器並びに圧縮天然ガス自動車燃料装置用の容器は、塗色表示規制なし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図55 容器再検査の期間

容器第24条、26条、一般第6条2項2号ヌ、液石第6条2項1号へ、容器則細目告示第4条

容器の種類 / 経過年数	溶接容器、超低温容器及びろう付け容器	一般継目なし容器	一般複合容器（液化石油ガス用一般複合容器を含む。）	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器＊（容器則26条1項参照）	液化石油ガス自動車燃料装置用容器（溶接）
起算日	検査合格月の前月の末日 (4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器は刻印された容器検査合格月日の前日)				
4年以下	5年 （特に定める容器＊（容器則24条1項2号）は6年）	5年	3年 ただし15年経過したものは充塡禁止	1年1月。ただし、4年1月を経過して最初の再検査時は本体及びねじ部を検査することとし、それ以外の再検査時はねじ部のみの検査	6年
4年を超え、20年未満					
20年以上	2年				2年

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図56 容器再検査の規格の主なもの

法第49条2項、容器第26条

1 アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器、一般継目なし容器、溶接容器、ろう付け容器及び一般複合容器

耐圧試験→容器ごと（例外：アセチレンの容器は製造ロットごとに1個）

2 超低温容器 → 気密試験 断熱性能試験 → いずれも容器ごと

3 圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、圧縮水素運送自動車用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器

漏えい試験（液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、漏えい試験に加えて断熱性能試験又は保冷性能試験）

→ いずれも容器ごと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図57 附属品再検査の期間

容器第27条

製造後の経過年数	容器の種類	容器に装置されているもの ①LPG用容器で内容積4000L未満のもの（高圧ガス運送自動車用容器、鉄道車両に固定された容器を除く。）	容器に装置されているもの ②LPG自動車燃料装置用容器（車両に固定されているものに限る。）	容器に装置されているもの ③国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器	容器に装置されているもの ①、②及び③以外のもの	容器に装置されていないもの
6年6月以下		附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格月からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格月の前月の末日から2年を経過して最初に受ける容器再検査までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格日から2年を経過して最初に受ける容器再検査までの間（アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器は、容器検査等合格月の前月の末日から起算して4年1か月経過して最初に受ける容器再検査までの間）	2年
6年6月超 7年6月以下		1年				
7年6月超			1年			

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図58 附属品再検査の規格の主なもの 法第49条の4 2項、容器第29条

1 バルブ（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器に装置されるもの）

↓

開閉操作が容易であり、かつ、円滑に作動するもの

2 安全弁（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されているもの並びに破裂板及び溶栓を除く。）

↓

所定の圧力を加えた場合作動するもの

↓

3 緊急しゃ断装置

↓

遠隔操作により作動することができるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図59 容器・附属品のくず化処分

法第56条

① 容器検査・附属品検査に不合格の容器・附属品であって、充塡するガスの種類、圧力を変更しても規格不適合のもの

② 容器再検査・附属品再検査に不合格の容器・附属品であって、（容器については3か月以内）に刻印等・刻印がされないもの

③ 廃棄する容器・附属品（使用過程のもの（ガスが充塡されているか、充塡されていないかにかかわらず。）、未使用のもの（新品を含む。））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図60 容器への高圧ガスの充塡

法第48条

高圧ガスを充塡する容器の条件

1 容器検査に合格し、容器に刻印等がされていること、又は自主検査刻印等がされていること。
2 表示がしてあること。
3 附属品検査に合格し刻印がされている附属品が容器に装置されていること。
4 使用過程で容器再検査期間が経過したもの→容器再検査等に合格し刻印等がされていること。
5 使用過程で附属品再検査期間が経過したもの→附属品再検査に合格し刻印がされている附属品が装置されていること。

容器再検査期間を経過したにもかかわらず容器再検査を受けず、容器再検査に合格した旨の刻印等がなされていない容器には、高圧ガスを充塡してはならない。

容器に充塡する高圧ガスの条件

容器の刻印で示されたガスの種類であることに加え、
1 圧縮ガス→最高充塡圧力「FP－M」（MPa）以下のものであること。
2 液化ガス→$G=\frac{V}{C}$（kg）以下のものであること。（容器則第22条）

G：液化ガスの質量（kg）
V：容器の内容積（L）
C：ガスの種類に応じた定数（容器則22条）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

（資料2－1）

H20.4.21
山口県萩市
圧縮空気充塡所容器破裂事故

充塡所においてフルオロカーボン22容器に圧縮空気を充塡中容器が破裂し、作業者1名重傷、充塡依頼者が軽傷を負った。

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

（資料2−2）

【事故原因】

・容器バルブは空気用のものに取り替えられていた。
・充塡時に刻印内容を確認せず。
・容器は再検査期限が切れていた。
・「TP33」の刻印を「TP33−M」と勘違いした。
・耐圧試験圧力33kg／㎠の容器に120kg／㎠以上の充塡圧力をかけたため破裂したもの。

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法

（資料2−3）

（事故再発防止対策）

・充塡時、刻印、表示等の確認を励行する。
・容器と容器バルブの種類を確認する。
・容器に刻印されている圧力単位に注意する。（特に「M」）
・充塡所では、充塡、販売に関する帳簿を作成、保存する。
・日常作業がマンネリにならないように、作業の危険性を常に認識し、法令、基本作業、安全作業を遵守する。

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〝法律、政令及び容器則終了〟

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種販売講習

講習科目：法令（液化石油ガス保安規則）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－1）

根拠条文 → 液石第〇条△項×号

スライドの見方

例示基準
例示基準
例示基準

は、法令ではなく、通達（規則関係例示基準）で示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1 **第一種保安物件・第二種保安物件**

液石第2条1項1号、2号

第一種保安物件

液化石油ガス（高圧ガス）による災害が発生した場合、周辺の不特定多数の者又は保護すべき者の安全を確保するために、これらの者が利用する病院等施設や学校等から所定の距離を有して高圧ガス設備［第一種設備距離］や容器置場［第一種置場距離］などを設置することとされている。これらの施設等を第一種保安物件という。

第二種保安物件

第一種保安物件と同様な趣旨で、周辺に居住している者の安全を保護するために、その住居から所定の距離を有して高圧ガス設備［第二種設備距離］や容器置場［第二種置場距離］などを設置することとされている。この住居を第二種保安物件という。

注：コンビ則では、第一種保安物件及び第二種保安物件から保安のための宿直施設を除いたものを「保安物件」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図1 **貯槽・容器**

液石第2条1項3号

貯槽

容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2 **貯蔵設備の貯蔵能力**

液石第2条1項6号

[貯槽の貯蔵能力]

イ 貯槽（バルク貯槽（地盤面下に設置する内容積2000L以上のものに限る。）を含む。）：$W(kg)=C_1wV$

ロ バルク貯槽（イのバルク貯槽を除く。）：$W(kg)=0.85wV$

[容器の貯蔵能力]

$$W(kg)=\frac{V}{C_2}$$

W ：貯蔵設備の貯蔵能力（kg）
V ：貯蔵設備の内容積（L）
C_1 ：0.9（低温貯槽にあっては、その内容積に対する液化ガスの貯蔵が可能な部分の容積の比の値）
w ：貯槽の常用の温度における液化石油ガスの比重（kg／L）
C_2 ：容器則第22条で規定する数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図3 **充塡容器・残ガス容器の定義**

液石第2条1項7号、8号
液石第6条1項35号

充塡容器

現に液化石油ガスを充塡してある容器であって、その質量が充塡時の二分の一以上減少していないものをいう。

残ガス容器

現に液化石油ガスを充塡してある容器であって、充塡容器以外のものをいう。

充塡容器と残ガス容器の両方を含めて「充塡容器等」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガス保安規則

参考図2 **ガスの呼称**

法第2条関係通達（参考）

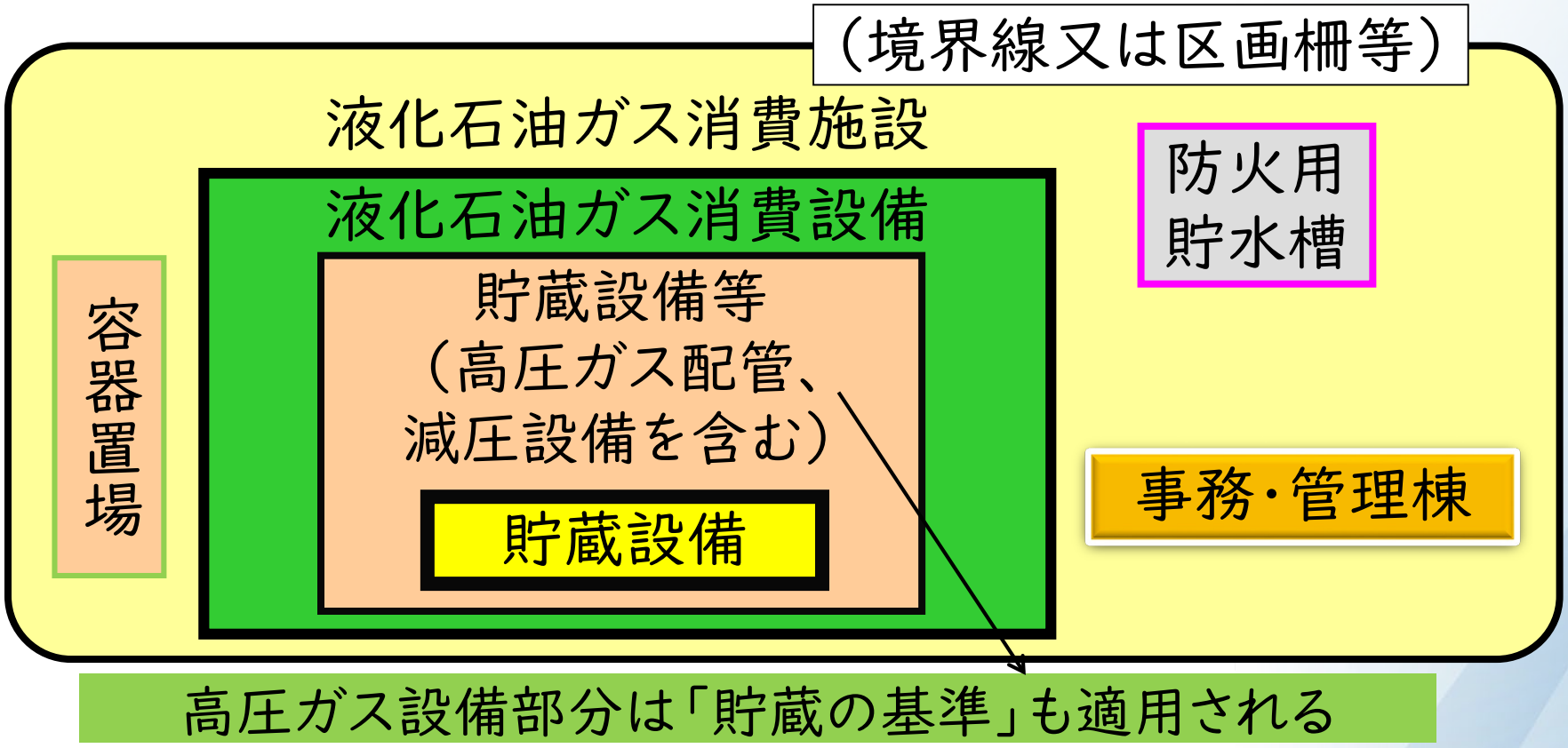
- 気状のガス → ○○ガス（圧縮○○）
- 液状のガス → 液化○○
- 気状と液状の双方 → ○○（注）

（注）炭酸ガス、天然ガス
亜硫酸ガス
液化石油ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図4 液化石油ガス消費施設の概念

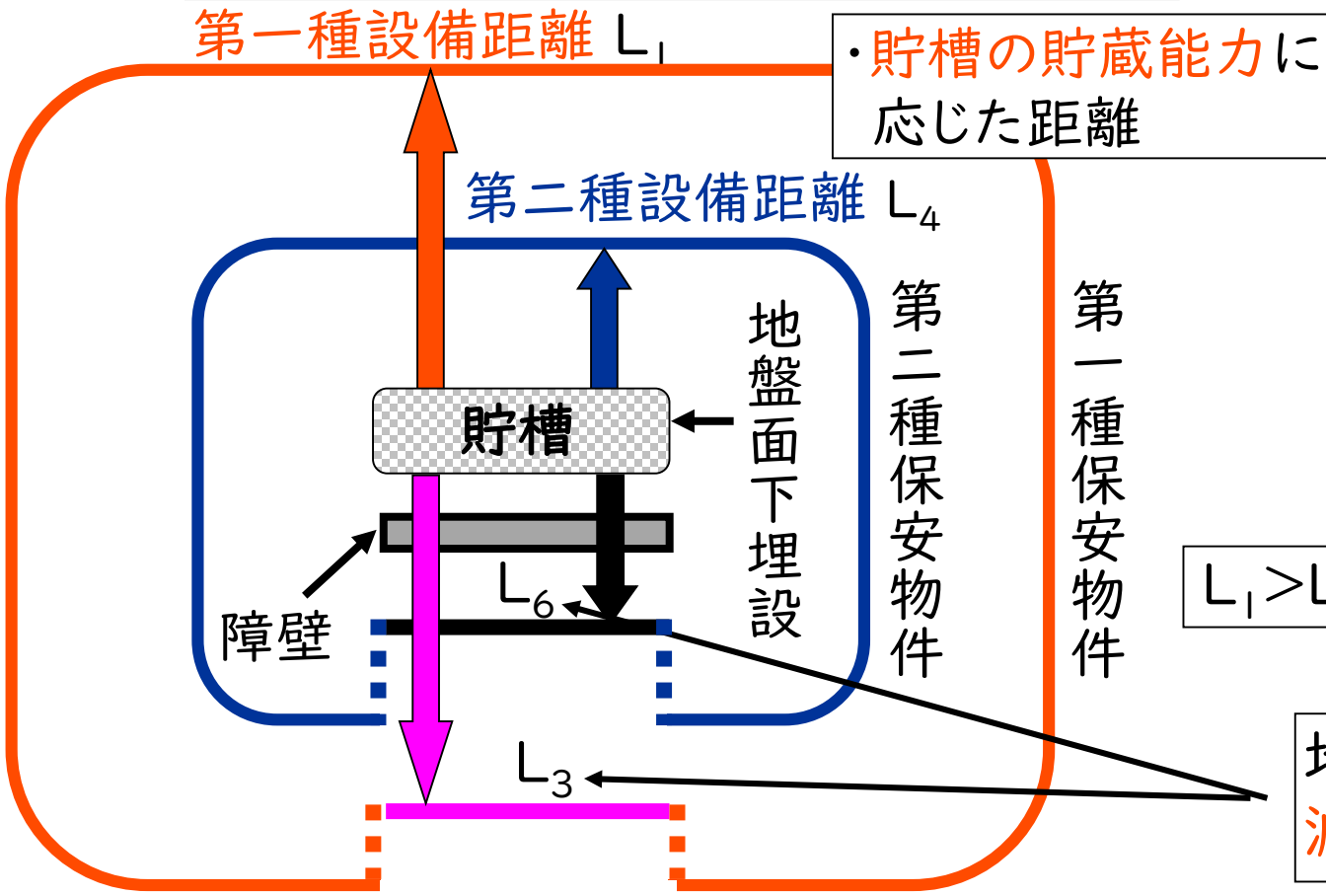
液石第2条1項9号関係通達、第51条2項4号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図5－1 **貯槽の外面から設備距離（1）**

液石第2条1項16号、17号、第23条1項（6条1項2号、3号）



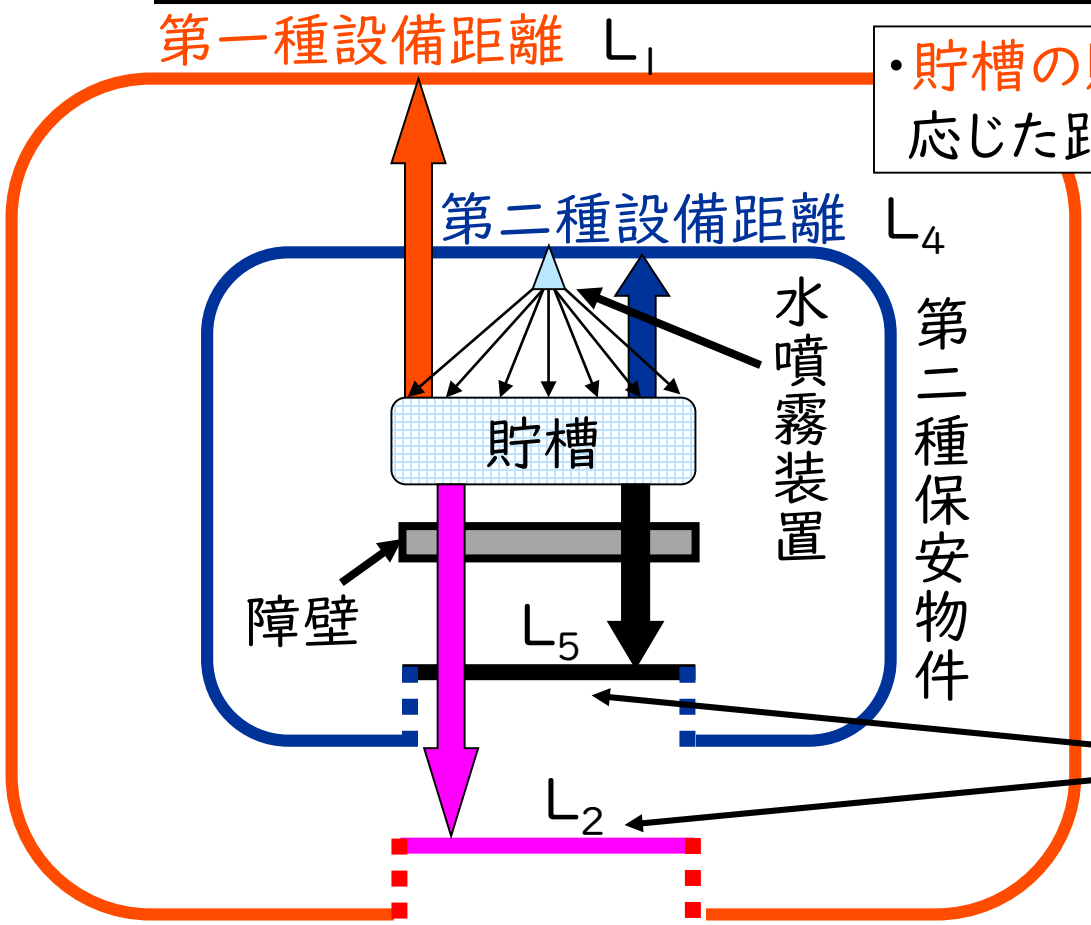
$L_1 > L_3 > L_4 > L_6$

地盤面下埋設と障壁設置で減じられた距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図5−2 **貯槽の外面から設備距離（2）**

液石第2条1項16号、17号、第23条1項（6条1項2号、3号）



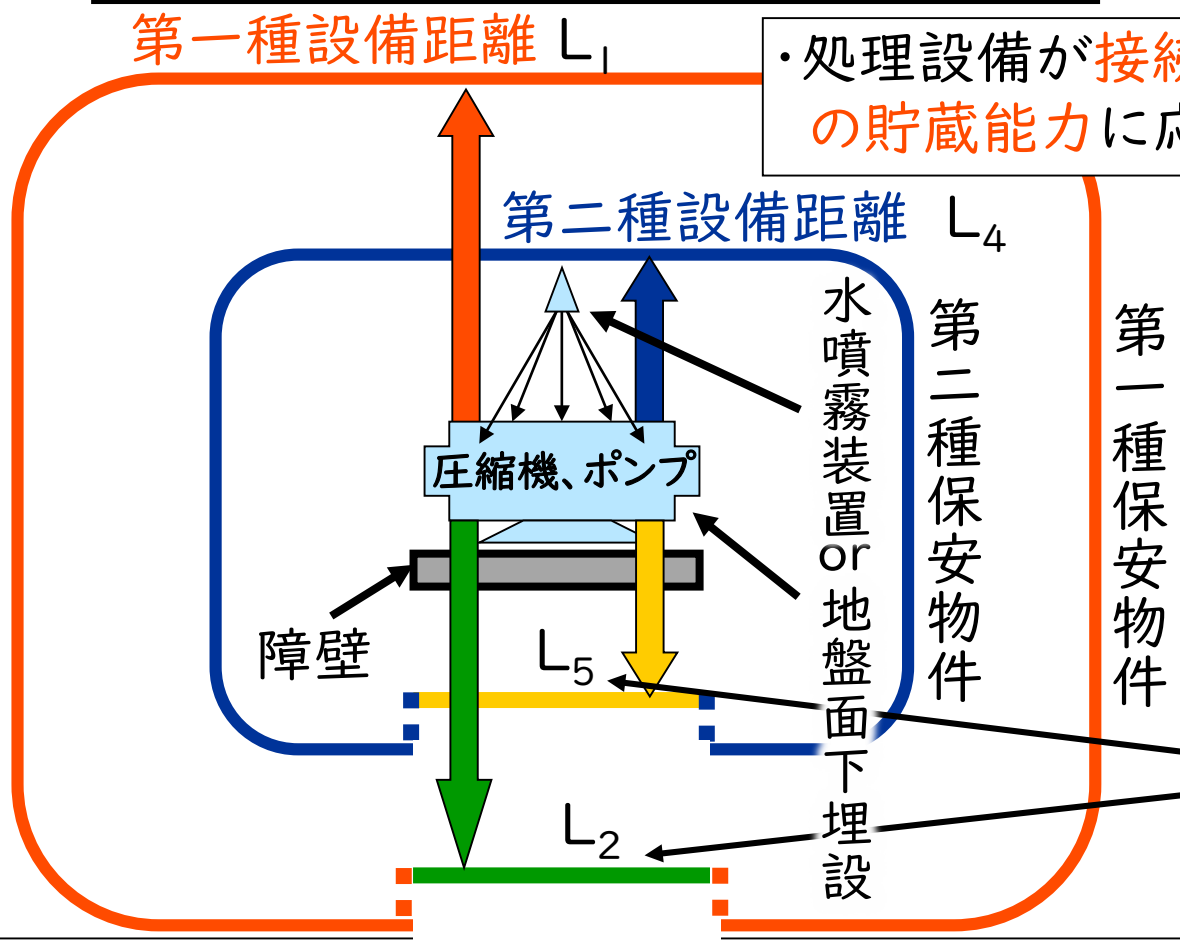
・貯槽の貯蔵能力に応じた距離

$L_1 > L_2 > L_4 > L_5$

水噴霧装置と障壁設置で減じられた距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図6 処理設備の外面から設備距離



・処理設備が接続する貯槽の貯蔵能力に応じた距離

液石第2条1項16号、17号、第6条1項2号、3号

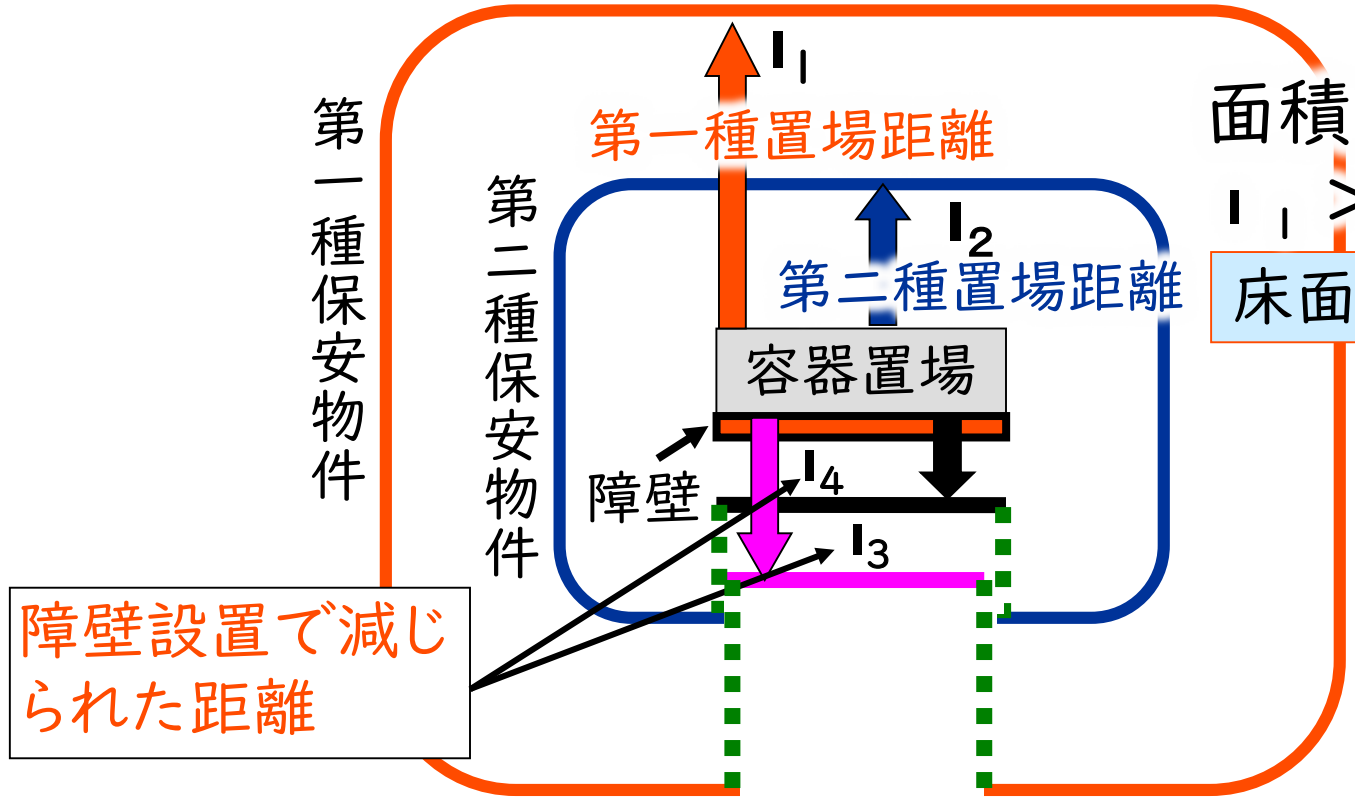
$L_1 > L_2 > L_4 > L_5$

地盤面下埋設と障壁設置又は水噴霧装置と障壁設置で減じられた距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7 **第一種置場距離・第二種置場距離（容器置場の外面から）**

液石第2条1項18号、19号



面積8m²以上において

l1 ＞ l2 ＞ l3 ＞ l4

床面積に応じて算出した距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図8 容器による液化石油ガスの貯蔵（1）

液石第19条
（第6条2項7号を準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

＊貯蔵→車両に積載又は固定した容器によることの禁止
（ただし、第一種貯蔵所又は第二種貯蔵所においては例外。）

＊貯蔵→通風の良い場所

＊充塡容器等
→充塡容器と残ガス容器に区分して貯蔵

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9 容器による液化石油ガスの貯蔵（2）

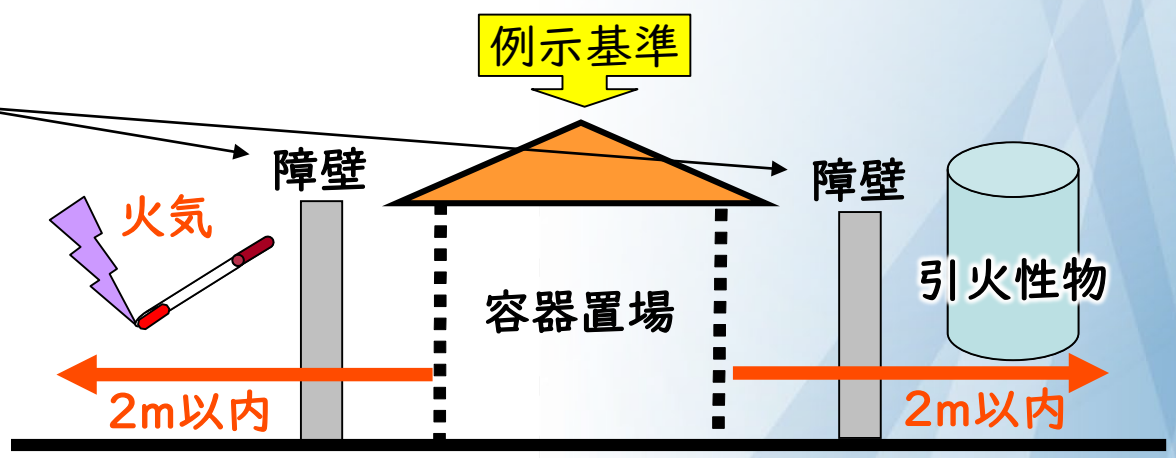
液石第19条
（第6条2項7号を準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

＊容器置場内→計量器等作業に必要な物以外の物を置くことの禁止

＊容器置場の周囲2m以内
→①火気使用禁止
②引火性物、発火性物を置くことの禁止

例外あり



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10 容器による液化石油ガスの貯蔵（3）

液石第19条
（第6条2項7号を準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

＊充塡容器等の温度→常に40℃以下

＊内容積5Lを超える充塡容器等
→①転落、転倒等による衝撃防止措置
②バルブの損傷防止措置
③粗暴な取扱い禁止

例示基準

＊容器置場内→携帯電燈以外の燈火を携えての立ち入り禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11 **第一種貯蔵所である容器置場（1）（その明示・警戒標）**

液石第24条3号、5号（6条1項35号イを準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

容器置場は明示され、かつ、その外部から見やすいように警戒標を掲げたものであること。

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図12 **第一種貯蔵所である容器置場（2）（直射日光を遮る措置）**

液石第24条3号、5号（6条1項35号ホを準用）

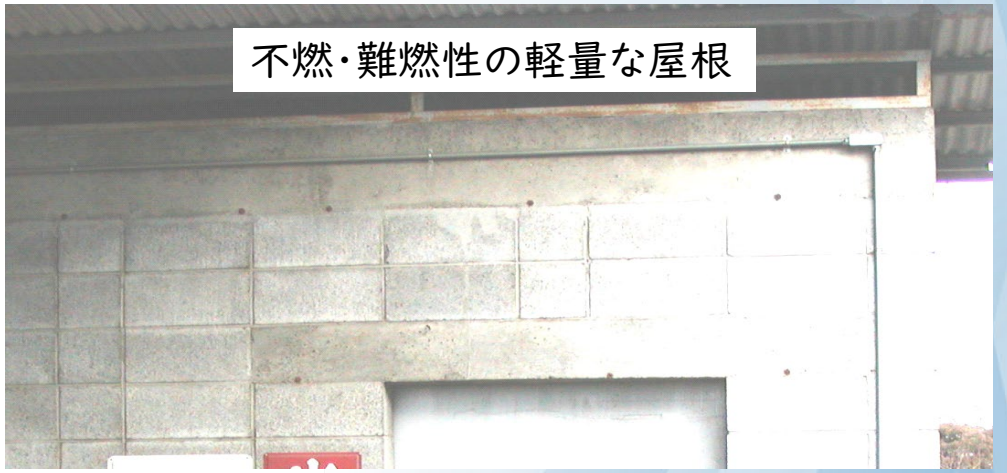
［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

＊充塡容器等（断熱されたものを除く。）の容器置場

→直射日光を遮る措置

その措置は、当該ガスが漏えいし、爆発したときに発生する爆風が上方向に解放されることを妨げないもの

例示基準



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13 **第一種貯蔵所である容器置場（3）（ガスが滞留しない構造）**

液石第24条3号、5号（6条1項35号へを準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの両方の適用基準］

ガスが漏えいしたとき、滞留しない構造とすること。

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14 第一種貯蔵所である容器置場（4）（消火設備の設置）

液石第24条3号、5号
（6条1項35号チを準用）

［配管接続された容器によるもの及び接続されていない容器によるもの
両方の適用基準］

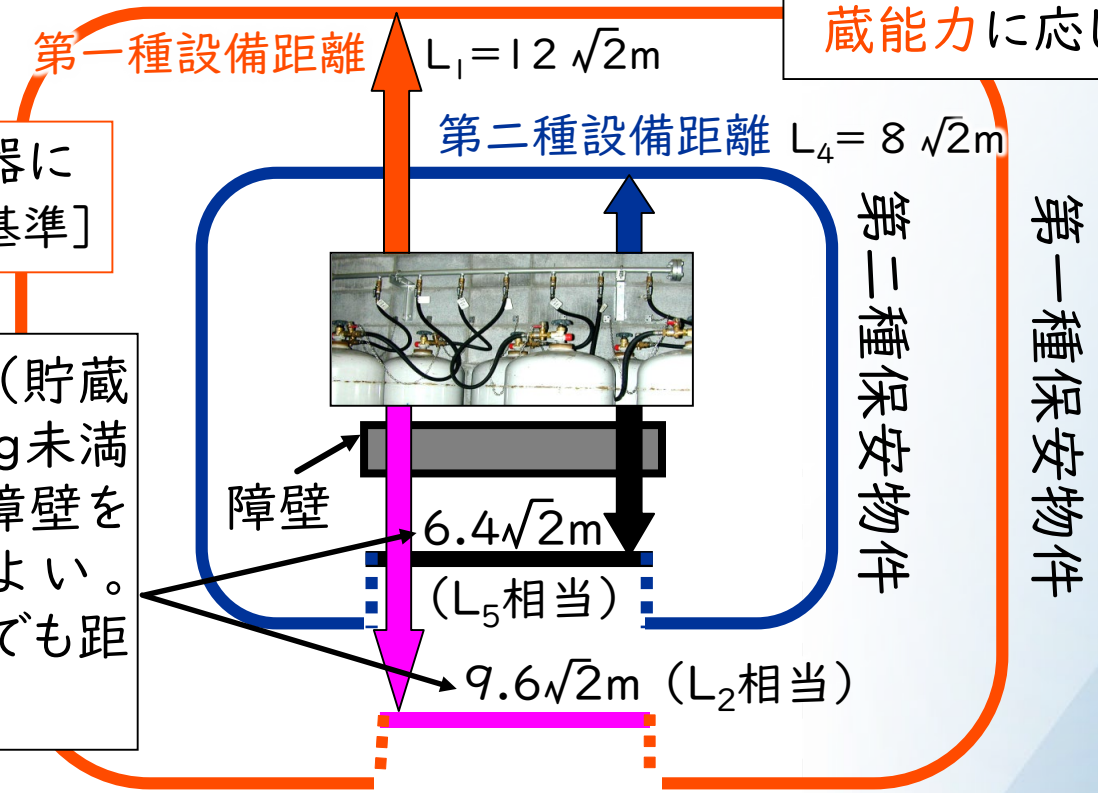
＊消火設備
→容器置場に設置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図15 第一種貯蔵所である容器置場（5）（容器の外面から設備距離）

液石第24条1号、2号

・貯蔵設備（容器）の貯蔵能力に応じた距離



［配管接続された容器によるもののみの適用基準］

障壁設置で減じられる距離（貯蔵能力3000kg以上10000kg未満に限る。）。3000kg未満は障壁を設置すれば距離0でもよい。10000kg以上は障壁設置でも距離は減じられない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16 **第一種貯蔵所である容器置場（6）（高圧ガス配管等の性能）**

液石第24条4号（6条1項17号、18号、19号を準用）

［配管接続された容器によるもののみの適用基準］

［耐圧試験］
①水その他の安全な**液体**を使用→**常用の圧力×1.5倍以上**の圧力
②空気、窒素等の**気体**を使用→**常用の圧力×1.25倍以上**の圧力

［気密試験］ 常用の圧力以上の圧力

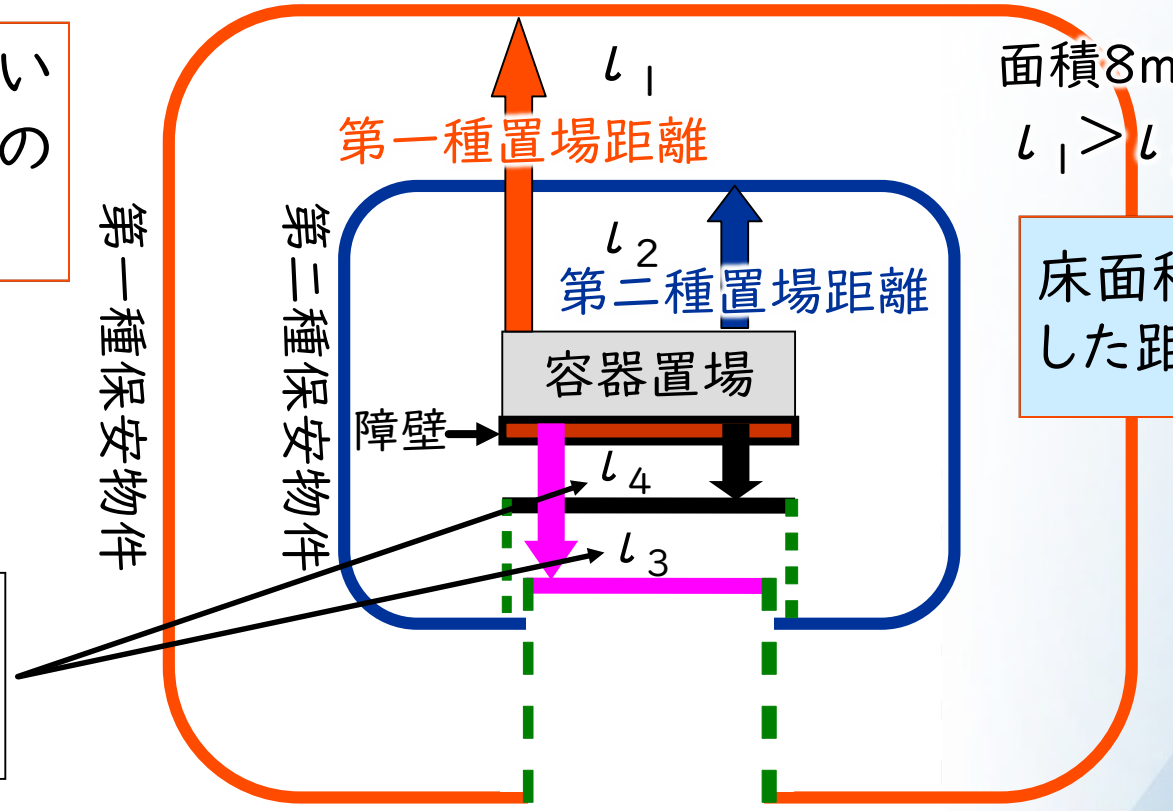
［強度］ 常用の圧力又は常用の温度において発生する最大の応力に対し、高圧設備（容器を除く。）の形状、寸法、常用の圧力若しくは常用の温度における材料の許容応力、溶接継手の効率等に応じ、十分な強度を有するものなど

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図17 **第一種貯蔵所である容器置場（7）（容器置場の外面から置場距離）**

液石第24条5号（6条1項35号ハ、ニを準用）

［配管接続されていない容器によるもののみの適用基準］



面積8m²以上において
$l_1 > l_2 > l_3 > l_4$

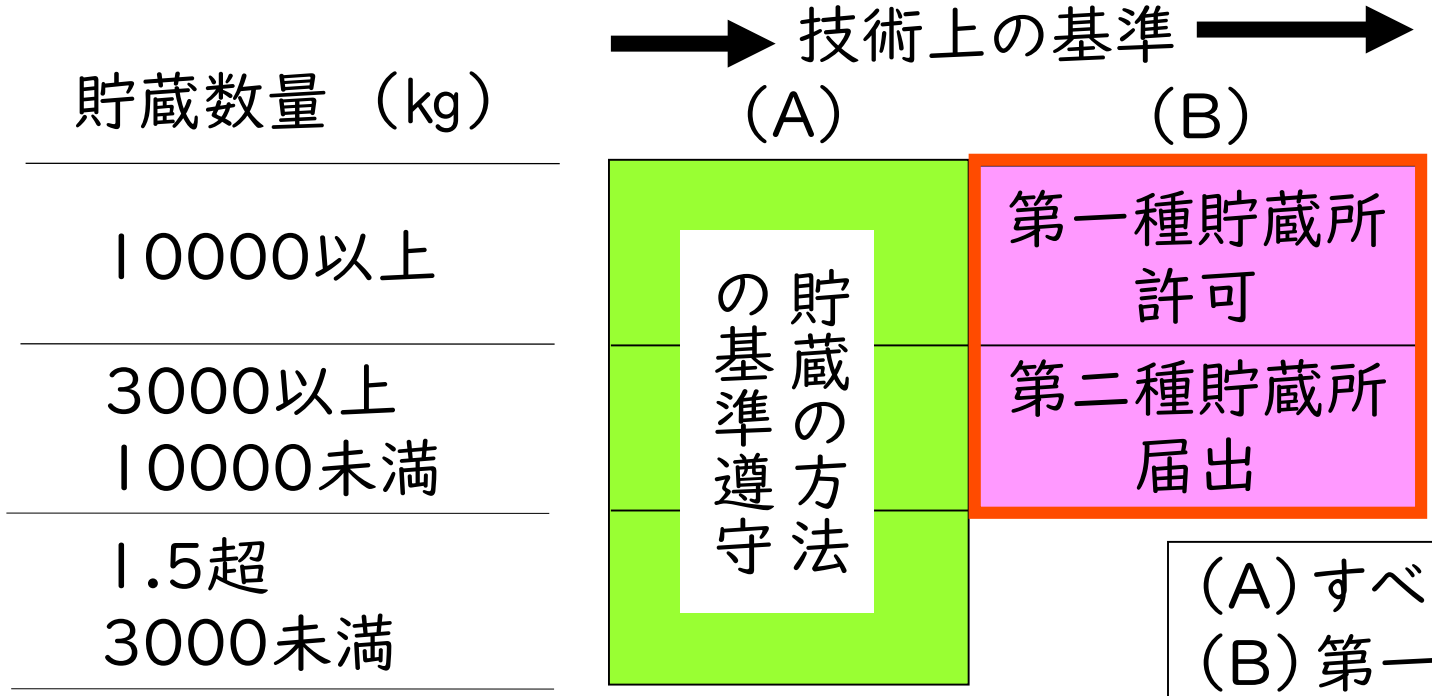
床面積に応じて算出した距離

障壁設置で減じられた距離

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図18 **技術上の基準の適用区分（液化石油ガスの貯蔵）**

法第15、16条、17条の2、政第5条、液石第19条、22条、23条、24条、27条



（A）すべての貯蔵に係る基準
（B）第一種、第二種貯蔵所に係る基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19 販売業者等に係る販売の方法の技術上の基準

液石第41条

1 販売先の保安台帳の常備
→液化石油ガスの引渡し（販売）先の保安状況を明記した台帳
〔参考〕台帳に記載すべき事項例（通達）
① 販売先の名称及び所在地
② 販売先の保安責任者氏名
③ 販売した容器の種類及び数量
④ 消費者に直接販売する販売業者等は、最初の閉止弁までの配管の配置図及び漏れ試験結果等

2 充塡容器等の引渡し（販売）制限
→① 充塡容器等の引渡し（販売）は、外面に使用上支障のある腐食、割れ、すじ、しわ等がなく、かつ、液化石油ガスが漏えいしていないもの
② 充塡容器等は、容器再検査の期間を6か月以上経過していないものでその旨を明示したもの（参考図3参照）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図3 **液化石油ガス容器の充塡期限明示の例**

液石則第41条第3号

LPガス容器には塗色の義務付けはないが、慣例的にねずみ色を塗色している。

充塡期限明示の例

平成31年3月15日
基本通達（内規）改正

液石則第41条第3号関係（令和元年5月1日から施行。同年10月31日までは従前どおりでもよい。）

「明示すべき事項は、充てん期限〇ー□（〇は年、□は月を示す。）とする。年については、西暦年4桁とし、月については、次回の再検査を受けないで高圧ガスを充塡できる最終日を含む月とする。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図4 **警戒標の掲示の例**

液石第48条1号、49条1号

例示基準

（トラック車両に積載した容器による場合も同様であるが、内容積25L以下の容器で合計50L以下の移動は警戒標の掲示は免除）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図5 **タンクローリの高さ検知棒の設置の例**

液石第48条4号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図20 容器に講じる措置と移動方法

液石第48条2号、9号～11号、13号、49条2号、7号

＊容器又はガスの温度
→①常に40℃以下（トラック車両に積載した容器による場合も同様。）
②液化ガス容器に温度計等の設置

＊液化石油ガス容器の液面計
→ガラス等破損しやすい材料を用いたものは設置禁止

＊バルブ又はコック
→開閉方向及び開閉状態を外部から容易に識別できる措置

＊ガス漏えい等の異常の有無の点検
→移動開始時及び終了時に実施し、危険を防止する措置

＊駐車→第一種保安物件の近辺、第二種保安物件の密集する地域を避け、かつ、交通量の少ない安全な場所（トラック車両に積載した容器による場合も同様であるが、内容積25L以下の容器で合計50L以下の移動はこの規制なし）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図21 応急措置用の工具等の携行

液石第48条12号、49条5号

＊充塡容器等の移動
→消火設備及び応急措置用工具等の携行

例示基準

（トラック車両に積載した容器による場合も同様であるが、内容積25L以下の容器で合計50L以下の移動はこの規制なし）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図22 **質量3000kg以上の液化石油ガスの車両による移動において受ける特別な規制**

液石第48条14号～17号、49条8号

【特別な規制事項】

（必要な措置）

1 移動監視者による移動中の監視

2 事故が発生した場合、危険な状態となった場合の措置

① 荷送人に連絡する措置　② 応援を受ける措置

（移動方法）

1 繁華街等を回避

2 所定の運転時間を超える場合→運転者2人

トラック車両に積載した容器による場合も同様。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガス保安規則

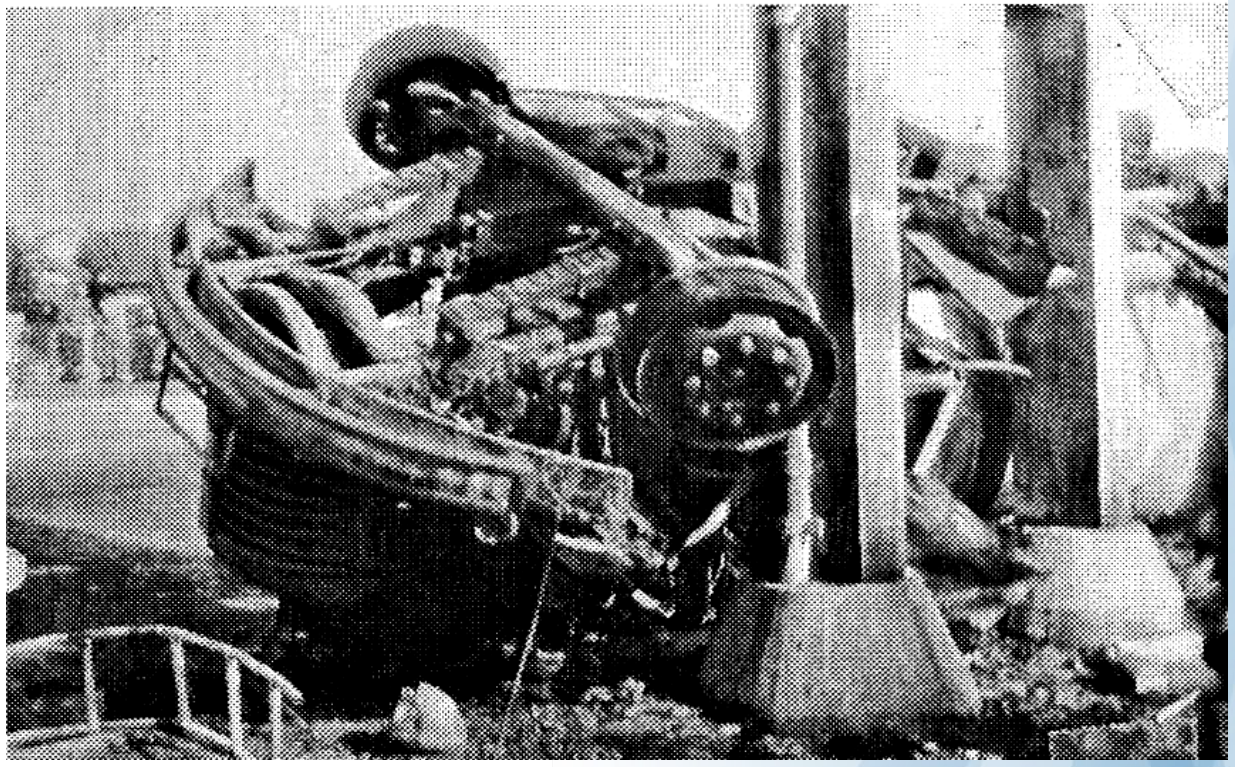
（資料1）

昭和40年10月26日
西宮市第2阪神国道上。

4.8トンLPガスタンクローリが横転し、漏えいしたLPガスが爆発炎上。

死者5名、負傷者26名、全焼21棟他。

横転の原因は運転者の居眠り運転によるものと推定。



西宮市におけるタンクローリー車事故報告について
（昭和40年）兵庫県商工労働部工業課 より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23 **質量3000kg以上の液化石油ガスの車両による移動において受ける特別な規制**

液石第48条17号、第49条8号

連続運転（移動）時間に係る運転者2人

1人の運転者が、1回の中断（休憩）が連続10分以上、かつ、合計30分以上の中断（休憩）をしない場合であって

※10分未満の中断（休憩）は、運転と見なされる。

← 連続して4時間を超える場合 →

1人の運転者が、4時間につき1回が連続10分以上、かつ、合計30分以上の中断（休憩）をする場合を含み

← 1日当たり9時間を超える場合 →

トラック車両に積載した容器による場合も同様。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図24 注意書面（俗称：イエローカード）の携帯・運行

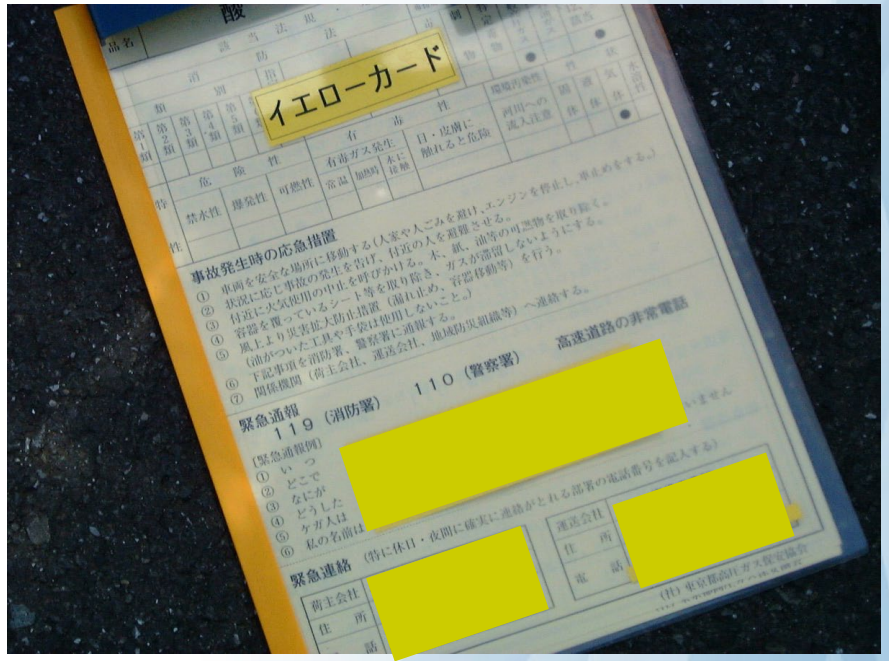
液石第48条18号、49条9号

＊移動中の災害防止のために必要な注意事項を記載した書面を運転者に交付・携帯・記載事項を遵守

→タンクローリの場合は移動する数量に関係なく必要

（トラック車両に積載した容器による場合も携行が必要であるが、内容積25L以下の容器（移動時の注意ラベル貼付のもの）で合計50L以下の移動はこの規制なし）

例示基準



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図6 **バルブ保護及び転落転倒等防止措置** 液石第49条3号、4号

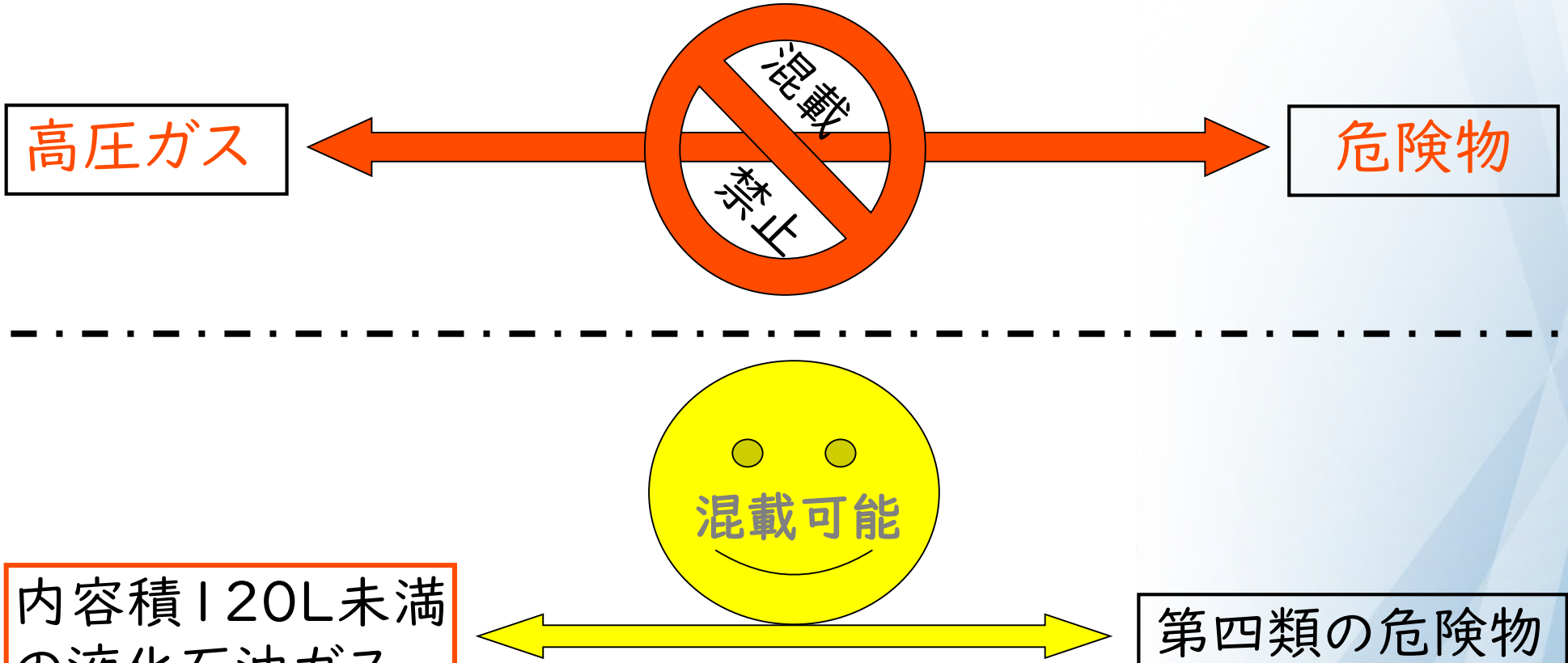
キャップ

例示基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図25 同一車両の混載禁止

液石第49条6号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26 消費設備等の保安のための距離

液石第53条、58条
（第21条、26条）

1 特定高圧ガスの消費設備の貯蔵設備及び減圧設備
→外面から第一種保安物件及び第二種保安物件に対しそれぞれ第一種設備距離以上及び第二種設備距離以上の距離

2 特定高圧ガスの消費設備の貯蔵設備等
→外面から火気を使用する場所に対し8m以上の距離（ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置を講じた場合は距離不要）

3 特定高圧ガスの消費設備の貯蔵設備等
→周囲5m以内は、火気使用禁止、引火性物又は発火性物を置くことの禁止（ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置を講じた場合は距離不要）

※「貯蔵設備等」とは、貯蔵設備から減圧設備までの設備部分をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図27 特定高圧ガスの消費の方法

液石第53条2項2号、第58条10号

＊消費施設等の日常点検

→① 消費設備の使用開始時及び使用終了時に消費施設の異常の有無について点検

② 1日に1回以上、消費設備の態様に応じて頻繁に消費設備の作動状況について点検

③ 異常があった場合には、危険を防止するための措置

※ その他の消費においても同様。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28 特定高圧ガス消費設備の修理、清掃作業における措置等

液石第53条2項3号

1 作業計画の作成

2 作業責任者の決定

3 作業の実施
① 作業計画に従う
② 作業責任者の監視の下、又は責任者と連絡できる措置

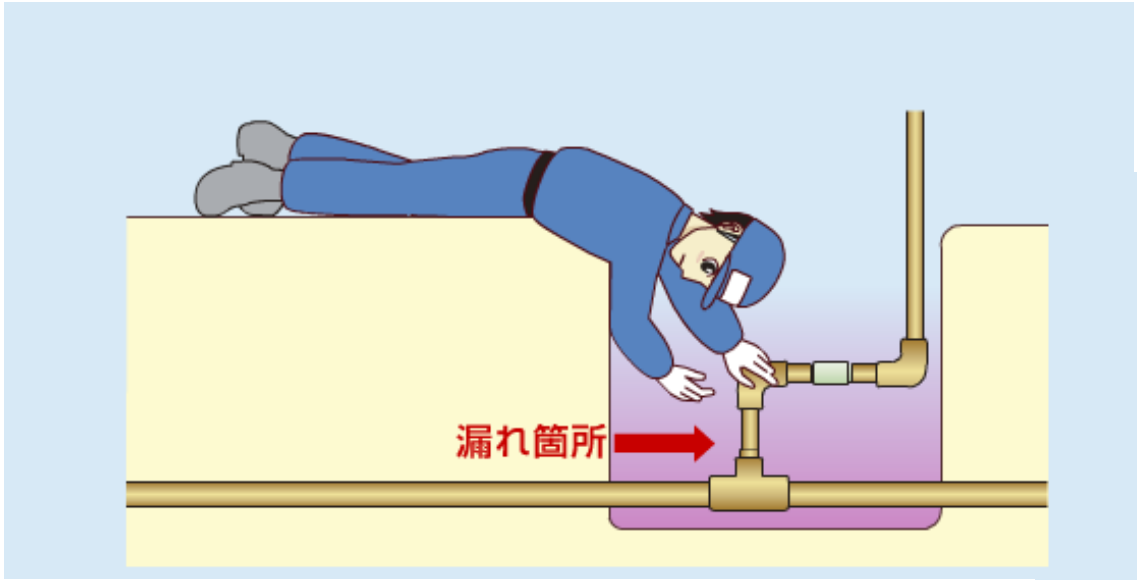
4 作業終了後は修理等をした消費設備の作動確認後に消費再開

その他消費の**消費設備**の修理、清掃においても同様（液石第58条）

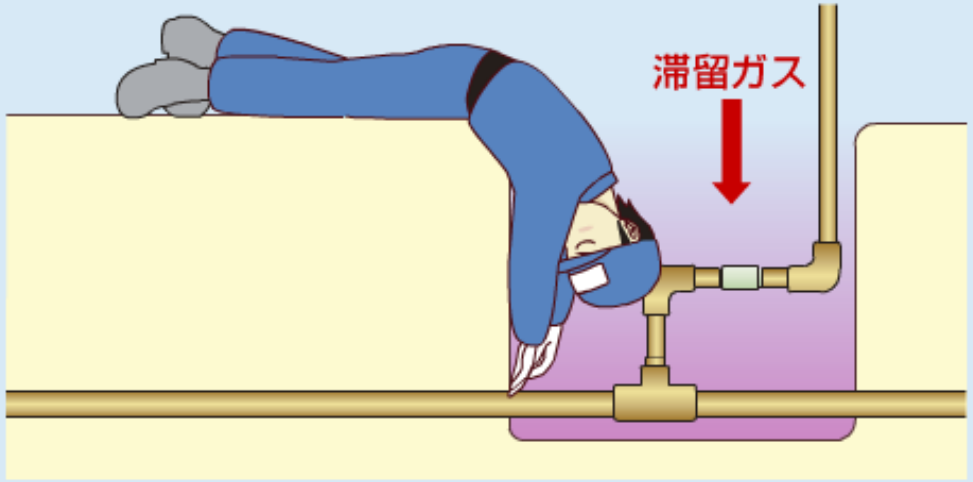
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2）

埋設管工事ミスによる死亡事故例



消費者へのガスの供給を止めないまま、地面を掘削し、図のような体勢でのぞき込んだため、滞留した漏えいガスを吸引して酸欠事故となった。



KHK 平成18年度学習プログラム「設備工事」より

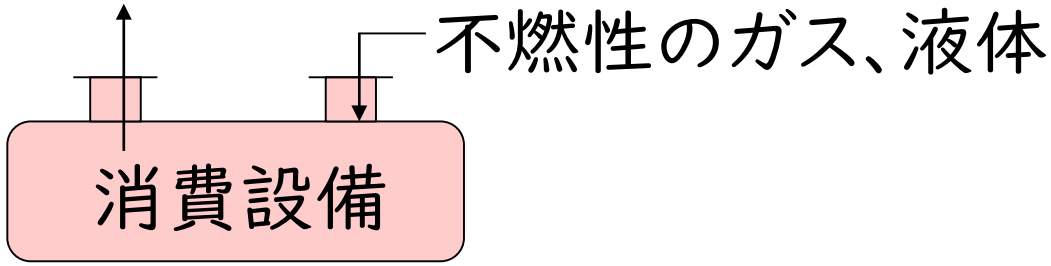
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図29 **特定高圧ガス消費設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置**

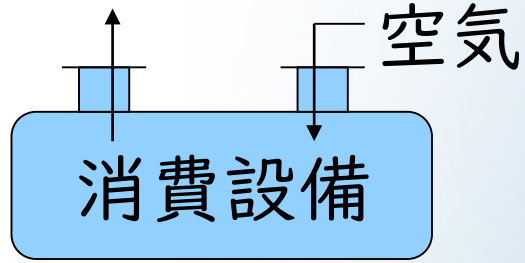
液石第53条2項3号

例示基準

1 ガス置換



2 空気置換（再置換）



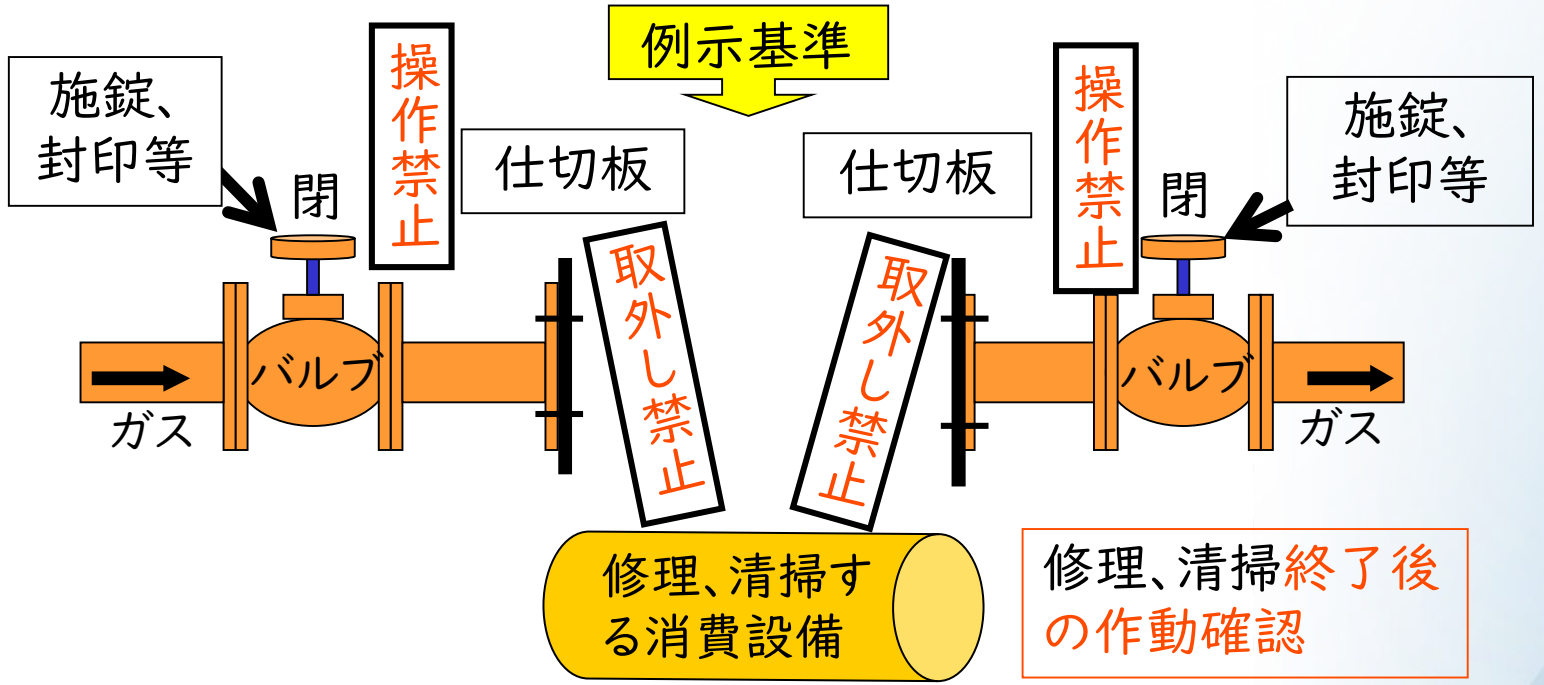
＊開放又は消費設備内に人が入る場合
→酸素濃度が18～22%まで空気置換

その他消費の**消費設備**の修理、清掃においても同様（液石第58条）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図30 **特定高圧ガス消費設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置**

液石第53条2項3号



修理、清掃終了後の作動確認

その他消費の**消費設備**の修理、清掃においても同様（液石第58条）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図31 特定高圧ガスの消費者以外の消費者に係る消費の方法等（1）

液石第58条1号

＊充塡容器等のバルブの開閉 → 静かに操作

（参考）

［断熱圧縮による高温度］

・減圧バルブ、送気バルブ等のバルブシート（有機材料）、ガスケットの燃焼のおそれがある。

［摩擦熱による高温度］

・設備内の鉄さび粉、金属粉、ダスト等の摩擦により発熱、静電気、帯電を生じ、燃焼のおそれがある。

温度20℃、圧力0.1MPaの酸素を圧力15MPaに断熱圧縮すると、およそ953℃の温度に上昇するといわれている（理論値）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図32 特定高圧ガスの消費者以外の消費者に係る消費の方法等（2）

液石第58条3号、5号、10号

＊充塡容器等の加熱方法（①～③のいずれか）
→① 熱湿布
② 温度40℃以下の温湯
③ 空気の温度が40℃以下の所定の空気調和設備

高圧ガスの廃棄においても同様

＊消費場所と充塡容器等
→通風の良い場所で、かつ、その容器を温度40℃以下

＊消費設備のバルブ、コック
→① バルブ、コックには、誤操作防止措置
② バルブ操作は過大な力での操作禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図33 **特定高圧ガスの消費者以外の消費者に係る消費の方法等（3）**

液石第58条4号、6号、9号

＊充塡容器等
→湿気、水滴等による腐食防止措置

＊消費後の措置
→バルブ損傷防止措置

高圧ガスの廃棄においても同様

＊消火設備
→消費施設（液石法により販売するものを除く。）に設置

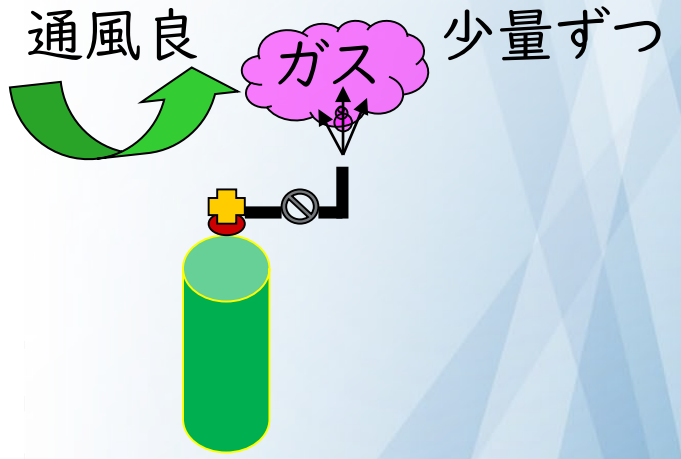
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図34 液化石油ガスの廃棄の方法

液石第60条1号～3号

＊充塡容器等
→廃棄禁止（地中に埋設、水中投棄等の禁止）

＊廃棄場所
→火気を取り扱う場所、引火性又は発火性の物のたい積した場所及びその周囲8m以内を避け、かつ、通風の良い場所で少量ずつ



＊反復、継続廃棄
→ガスの滞留を検知するための措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3－1）

過充填されたLPガス容器からの液状のガス放出に係る事故

【LPガス充填所　火災・爆発事故】

昭和61年5月17日

（三重県四日市市）

（充填所の規模＝正職員13名及び臨時作業員2名）

人 的 被 害　火傷3名

物 的 被 害　充填所、貯槽、容器多数焼損

第三者被害　同一構内施設車両等全焼、充填所隣接国道通行中の車両フロントガラス破損、近隣飲食店窓ガラス破損他

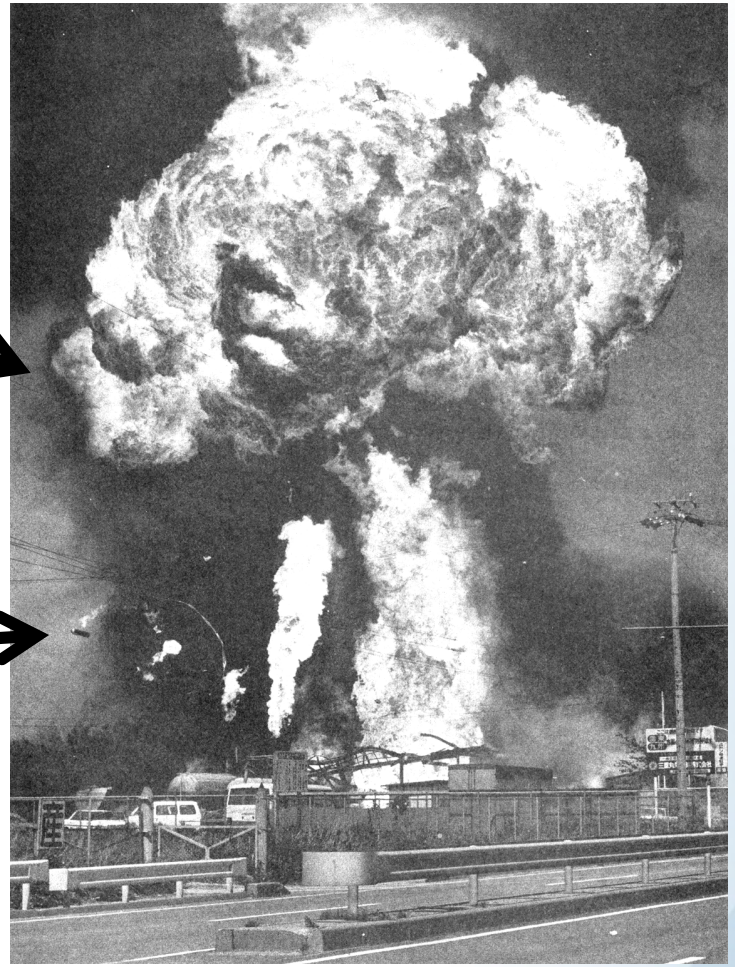
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガス保安規則

（資料3−2）

充塡所プラットホームにあった充塡容器の爆発により形成されたファイアーボール

大爆発により破裂した容器が半径160m内に飛び散った。飛翔する50kg容器



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3−3）

通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

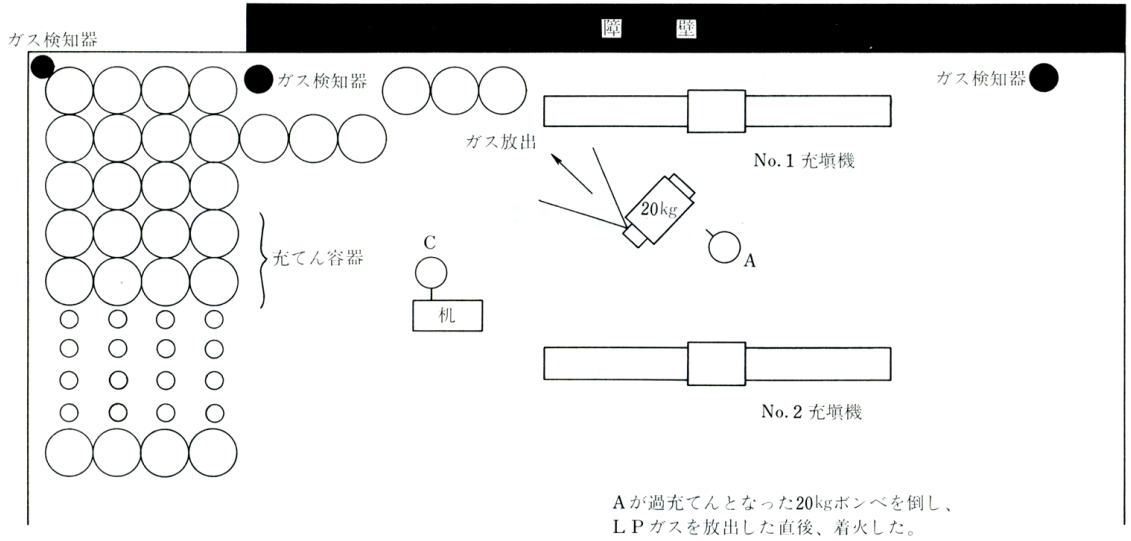
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガス保安規則

（資料3－4）

（事故原因）作業員Aが20kg容器に充塡中、容器が計量器に正しくセットされていないことに気づき、容器を外してチェックしたところ、過充塡であることを確認。
そこで、作業員Aは容器を充塡機近辺で横に倒し、バルブを開け、液状のLPガスの放出を開始した直後、着火して火災が発生した。（当日保安係員等不在）

過充てんガスの放出位置（想像図）



通産省「LPガス製造事業所事故対策検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガス保安規則

（資料3−5）

－　事故翌日の惨状　－

爆発炎上したプラットホームとは
対照的に貯槽は幸い爆発を免れた

通産省「LPガス製造事業所事故対策
検討委員会報告」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガス保安規則

（資料3−6）

この事故の教訓

廃棄の基準（抜すい）
（液化石油ガス保安規則関係例示基準第57節）

液化石油ガスを廃棄する場合は、次の各号の基準によるものとする。

2.（前略）

「また、液化石油ガスの充塡を行う事業所においては液状の液化石油ガスが充塡されている容器からの放出（立ち消え防止のために容器から少量ずつ行うエア抜きに係る放出並びにタンクローリスリップチューブ及びロータリー式液面計の操作に係る放出を除く。）を行ってはならない。」

（廃棄の基準としては、従前も「液状で放出しないこと」との規定がされていたが、昭和62年6月22日、当時の省令補完基準に、「　」の内容が追加された。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〽液石則終了〽

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種販売講習

講習科目：法令（液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律）

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－1）

根拠条文
・法：法律
・政：施行令
・規：施行規則

法第〇条△項×号

スライド

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1

法第1条

液化石油ガス法の目的

一般消費者等が消費する液化石油ガス

【直接目的】
・液化石油ガスによる災害を防止
・液化石油ガスの取引を適正化

【手段（規制）】
・液化石油ガスの販売を規制
・液化石油ガス器具等の製造、販売等を規制

【最終目的】
・公共の福祉を増進

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2－1　液化石油ガスに係る液石法と高圧法の規制区分（1）

工業用等のLPG

高圧ガス保安法

- 法施行令
- 液化石油ガス保安規則
- 容器保安規則
- 特定設備検査規則
- 告示
- 例示基準（通達）

一般消費者等用のLPG

液化石油ガス法

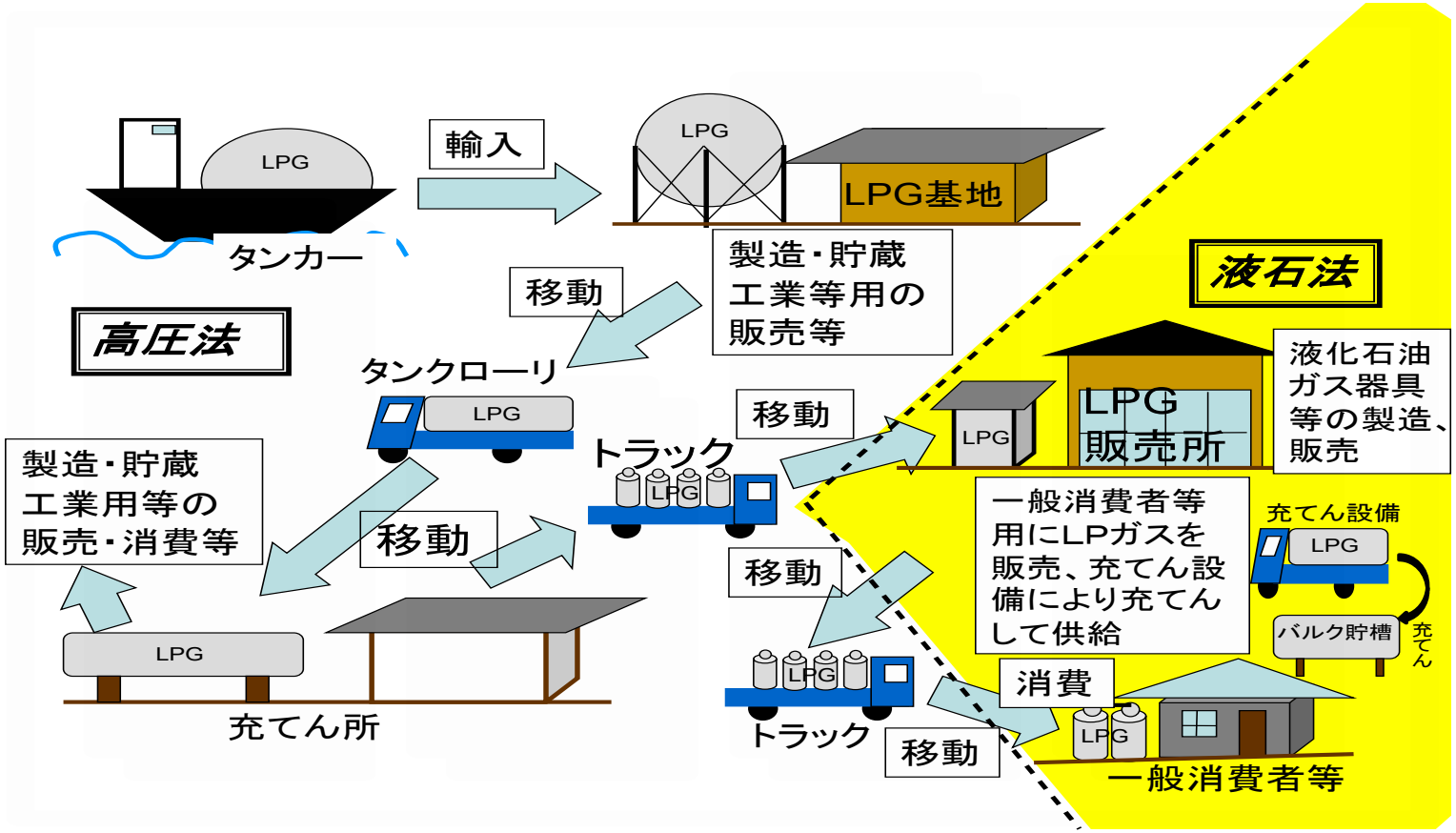
- 法施行令
- 法施行規則
- 告示
- 例示基準（通達）

LPGの販売・器具等の製造、販売

容器の製造、検査・貯槽の製造、検査・移動などの規制

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2−2 液化石油ガスに係る液石法と高圧法の規制区分（1）



液化石油ガス以外のガスは、「販売」、「消費」も含めすべて高圧ガス保安法で規制している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図3

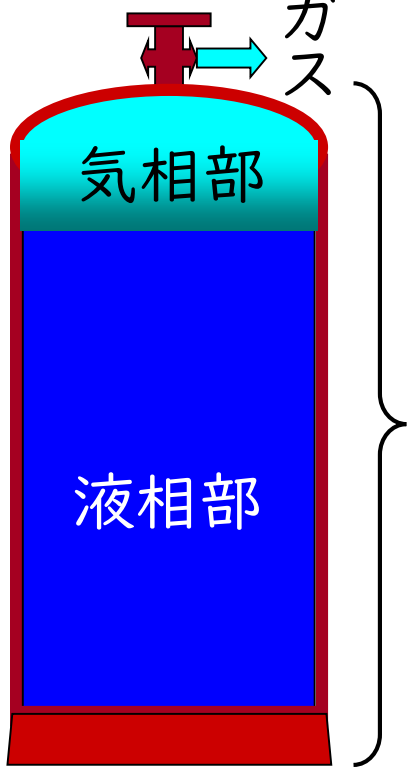
液化石油ガス法の規制体系

設備等 / 事業者別	販売所	バルク供給	供給設備			消費設備		
	貯蔵施設	充てん設備	設備（工事）	基準維持	保安業務（点検等）	設備（工事）	基準維持	保安業務（調査等）
液化石油ガス販売事業者	○			○	○			○
充てん事業者		○			注			注
一般消費者等							○	
保安機関					○			○
液化石油ガス設備工事事業者			○			○		
液化石油ガス器具等製造者			○			○		

（注）1. 保安業務を販売事業者が自ら行う場合は、保安機関として認定を受ける必要がある。
2. 販売事業者は、保安業務を保安機関に委託することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図4

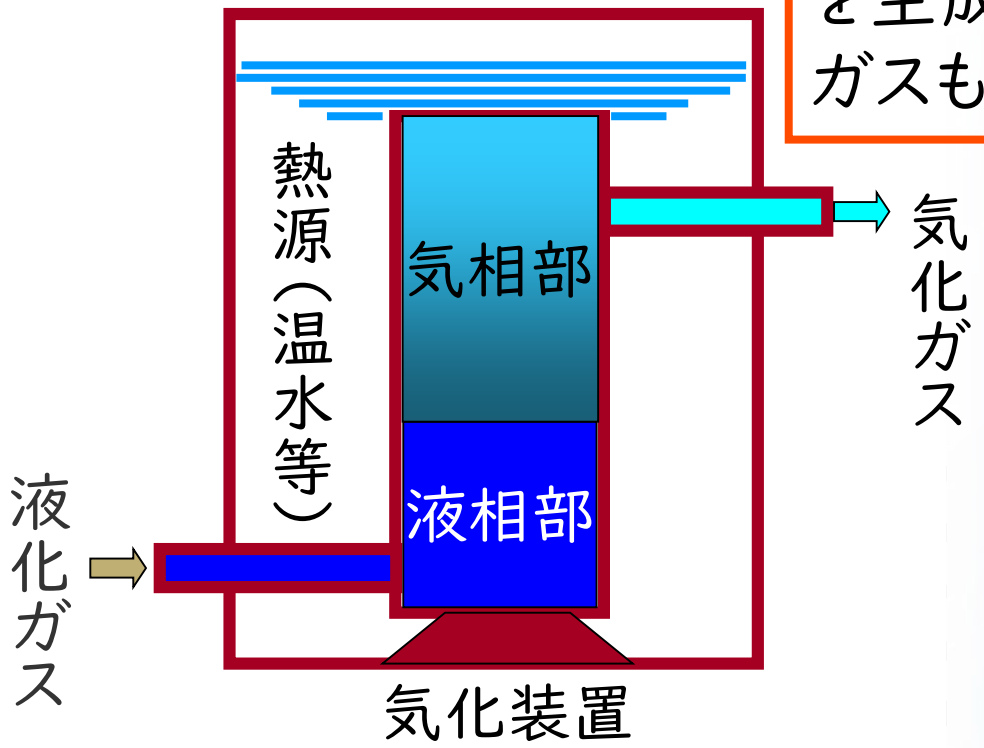


液化石油ガス

気相部を含め液化石油ガスという。

法第2条第1項政令第1条

プロパン・ブタン・プロピレンを主成分とするガスで、気化ガスも含む。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図5　**一般消費者等とは**

法第2条

以下に示すような液化石油ガスの消費者を「一般消費者等」という。

生活用の燃料

＊調理

＊風呂

＊洗面

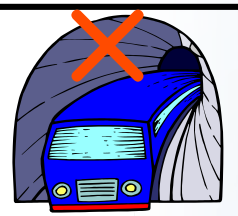
＊暖冷房

自動車用燃料は除く。

生活用の燃料に類似しているもの

＊業務用の料理飲食の調理用の燃料

＊業務用（ホール等）の暖冷房用の燃料



これらの内部の液化石油ガスは除く。

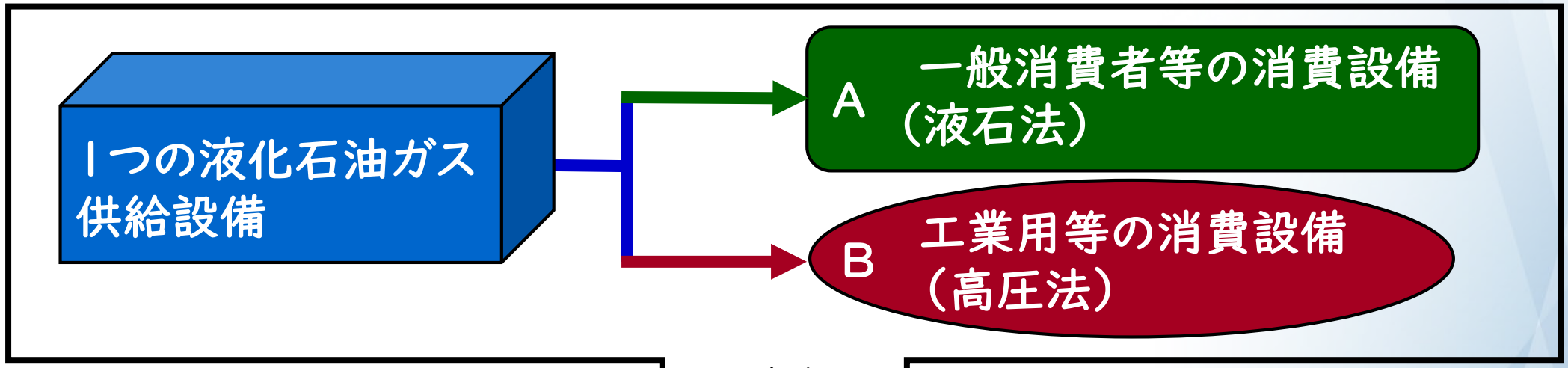
＊サービス業（クリーニング等）の蒸気、温水発生用の燃料

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図1

液石法と高圧法の適用区分

法第2条通達

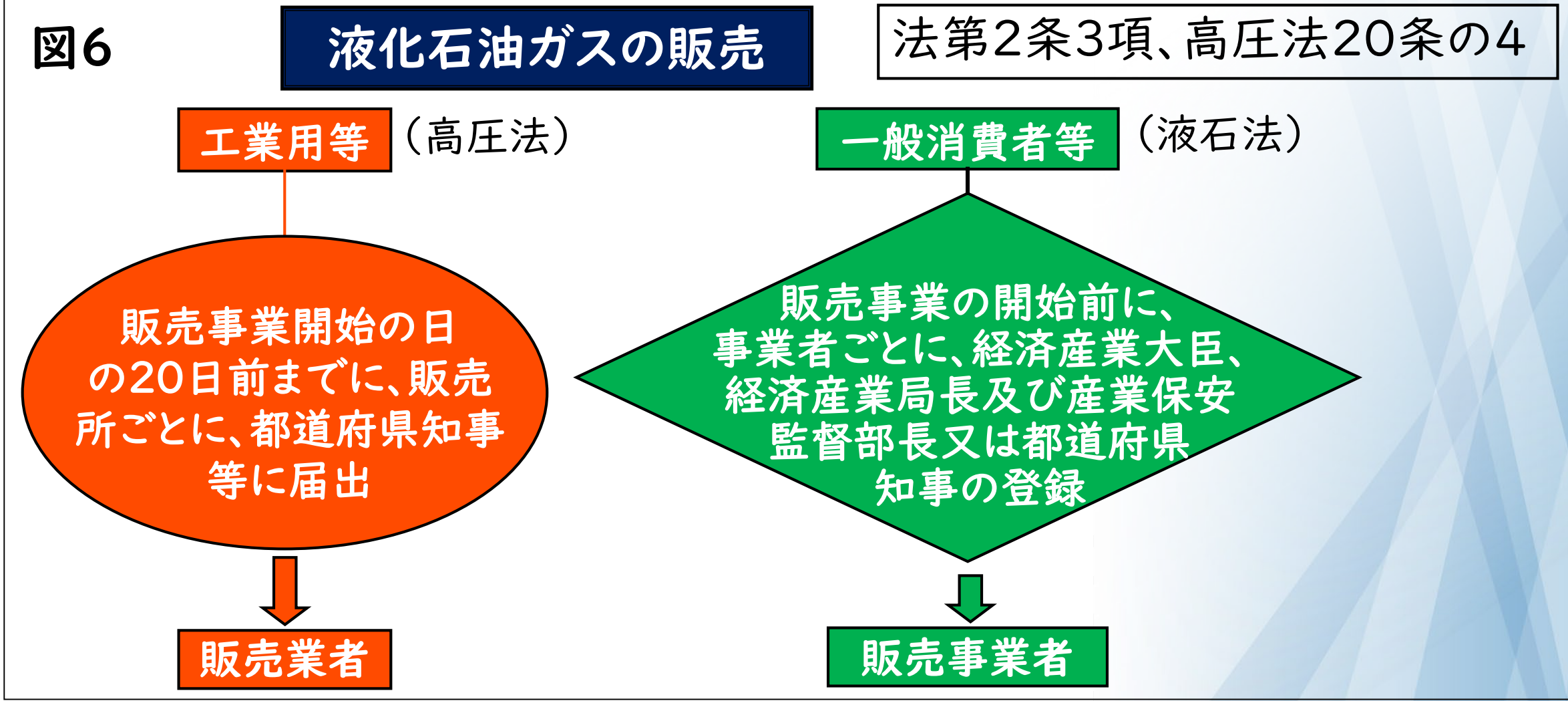


設備全体

消費の態様	主体的	附属的	適用法
	A	B	液石法
	B	A	高圧法

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

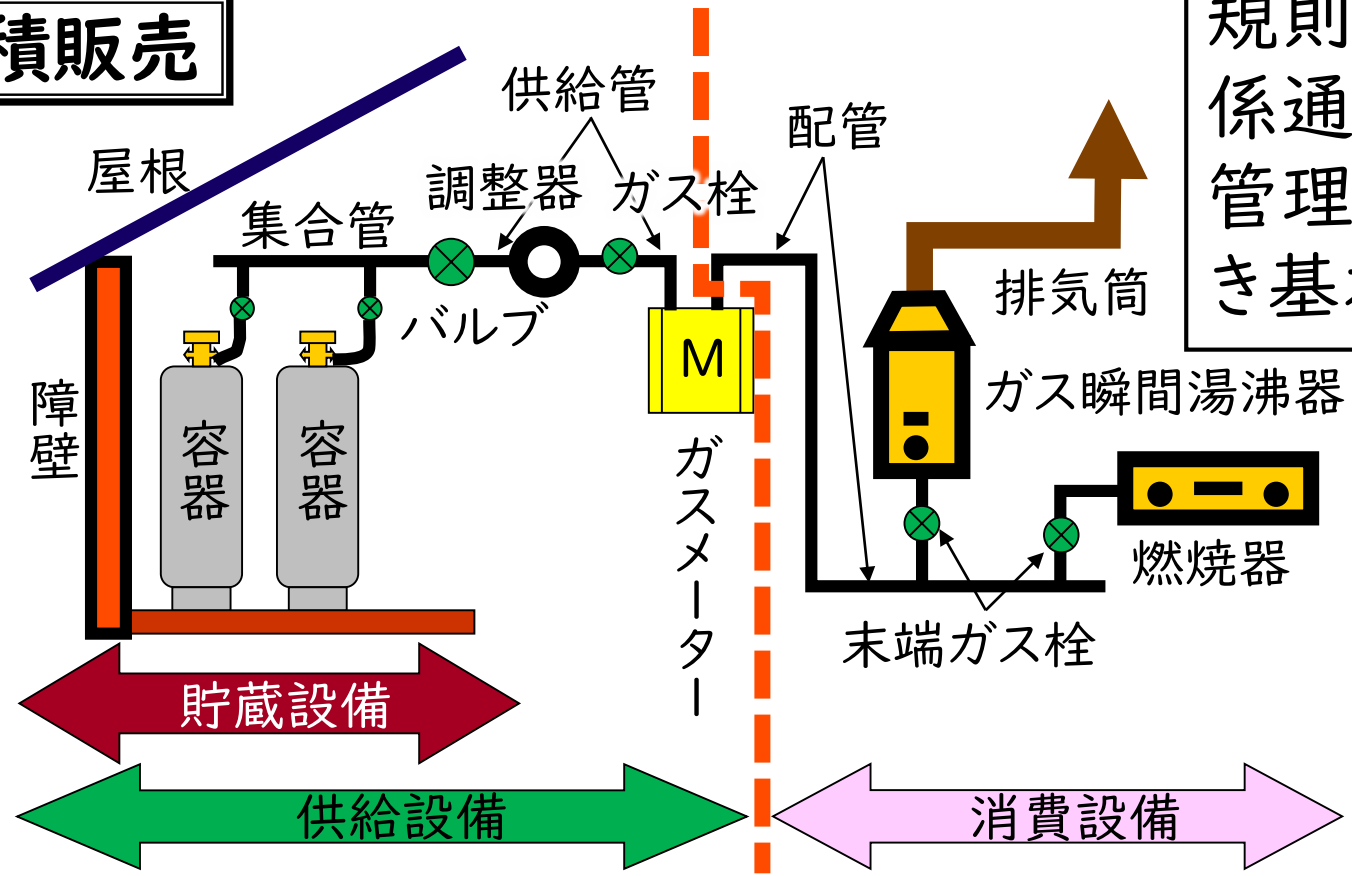
図6



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7 供給設備・消費設備の区分

体積販売

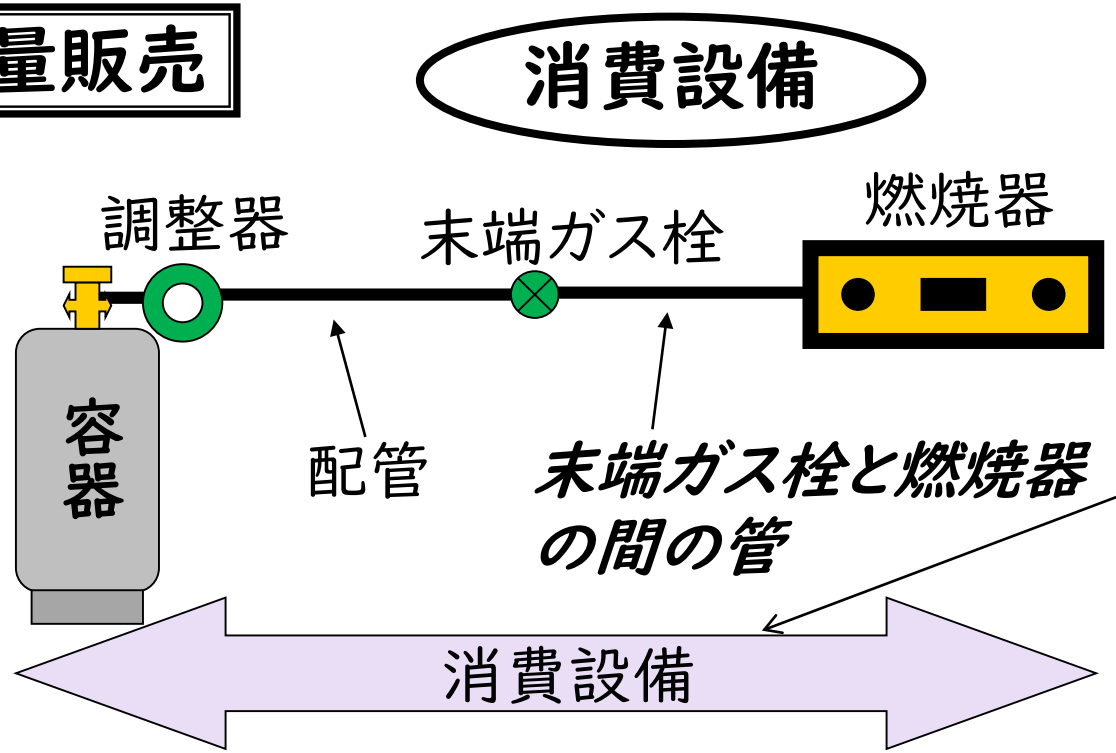


法第2条、規第3条

規則第27条（周知の内容）関係通達1.表中の「消費設備の管理及び点検に関し注意すべき基本的な事項」の例（1）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図8 **質量販売**



規第16条3号、13号
37条1号ロ、44条2号

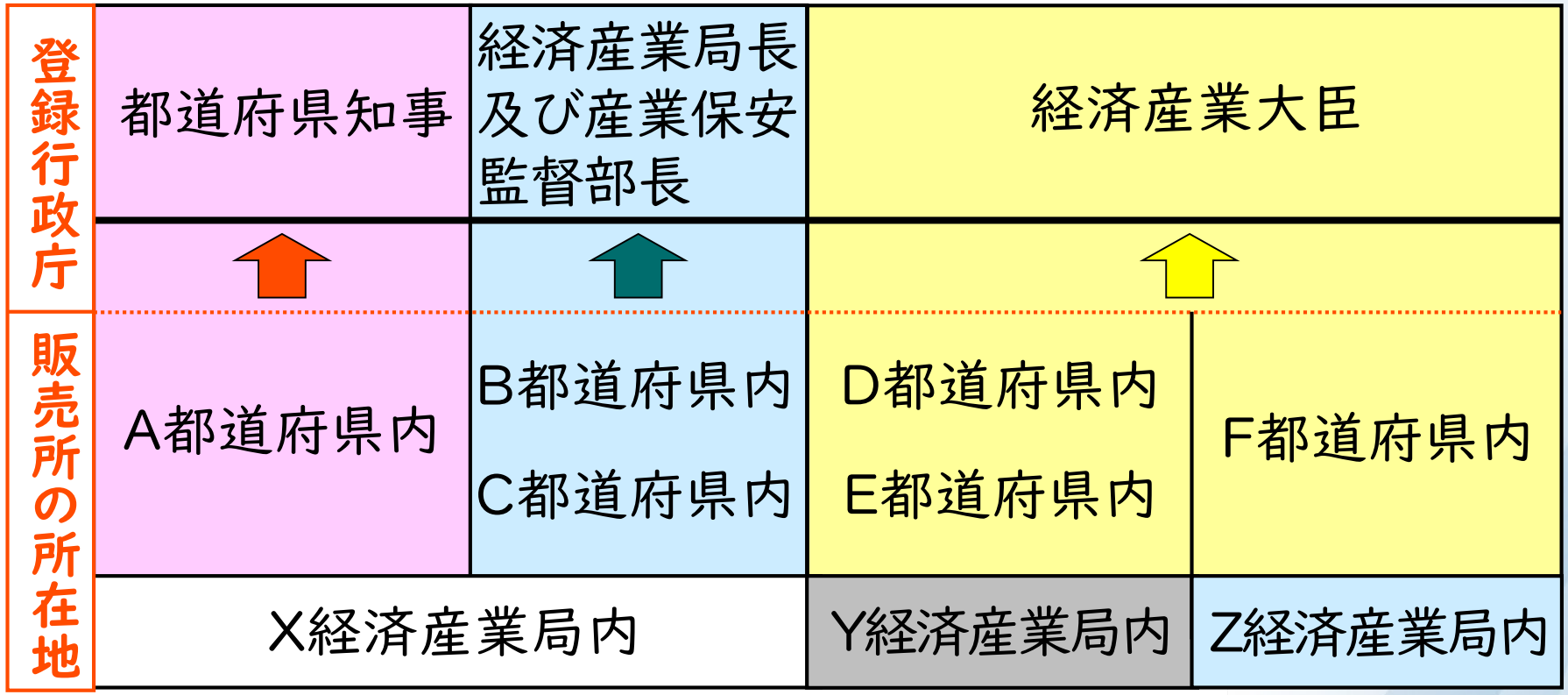
規則第27条（周知の内容）関係通達1．表中の「消費設備の管理及び点検に関し注意すべき基本的な事項」の例（1）参照

- 内容積20L（カップリング付容器用弁を装置しているものは 25L）以下の容器による場合（調整器付の内容積8L以下の容器も含まれる。）
- 屋外で移動して消費する場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9-1 **液化石油ガス販売事業者の事業登録**

法第3条1項、政第14条1項、規第4条1項



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9-2　液化石油ガス販売事業者の事業登録

法第3条2項、第8条

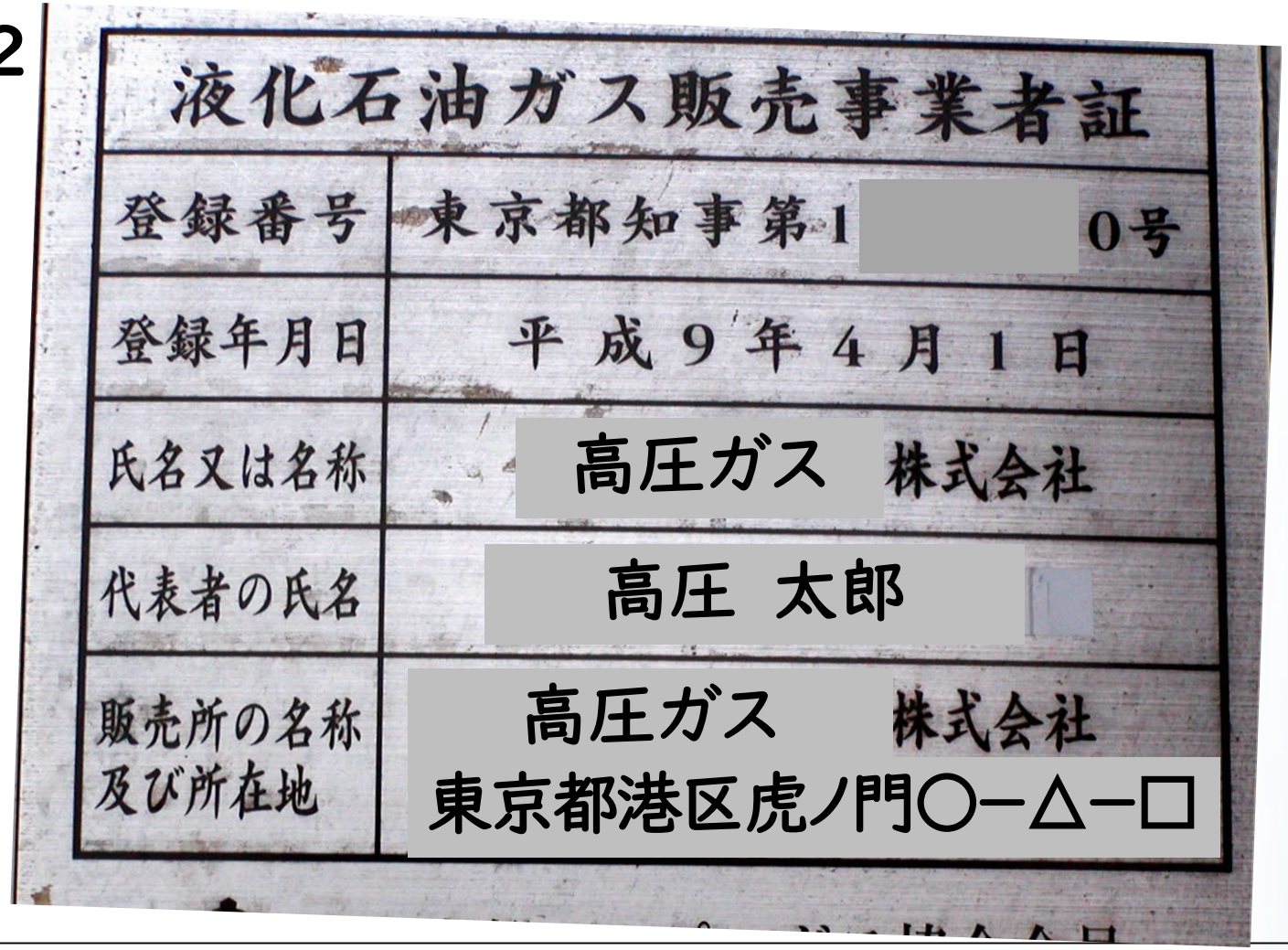
（法第3条第2項）

第1号　事業者の氏名又は名称及び住所（法人は、代表者の氏名）
第2号　すべての販売所の名称及び所在地
第3号　貯蔵施設の位置及び構造（貯蔵施設を有しない場合は、その理由）
第4号　保安業務を行う保安機関の氏名又は名称及びその機関（事業所）の所在地
第5号　一般消費者等に対する損害賠償の措置（賠償責任保険）

＊第1号から第5号までの事項を変更したときは、販売事業者は登録行政庁に届け出なければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図2



液化石油ガス販売事業者証

登録番号	東京都知事第1[redacted]0号
登録年月日	平成9年4月1日
氏名又は名称	高圧ガス　株式会社
代表者の氏名	高圧　太郎
販売所の名称及び所在地	高圧ガス　株式会社 東京都港区虎ノ門〇－△－□

法第7条、規第8条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図3 **販売事業の承継** 法第10条

販売事業者の事業の全部→相続（個人）、合併又は分割（法人）

（1）大臣（局長及び部長）の登録販売事業者が、知事の登録販売事業者を承継
→大臣（局長及び部長）の登録販売事業者

（2）知事の登録販売事業者が、大臣（局長及び部長）の登録販売事業者を承継
→大臣（局長及び部長）の登録販売事業者

（3）知事の登録販売事業者が、他の知事の登録販売事業者を承継
→大臣（局長及び部長）の登録販売事業者

（4）未登録者が、大臣（局長及び部長）と知事の登録販売事業者を同時に承継
→大臣（局長及び部長）の登録販売事業者

（5）未登録者が、異なる2つ以上の知事の登録販売事業者を同時に承継
→大臣（局長及び部長）の登録販売事業者

＊承継した者は、遅滞なく、該当行政庁に届出が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10-1　**貯蔵施設の所有等**

法第11条、16条、36条
規第11条、15条

＊販売所ごとに、面積3m^{2}以上の貯蔵施設を所有又は占有
＊貯蔵能力が3000kg以上は都道府県知事の許可が必要

[例外]
販売事業者（規則第11条第2項）
→（1）高圧法の第一種製造者（容器置場設置）
（2）高圧法の第一種貯蔵所（貯蔵能力が10000kg以上）の所有者又は占有者
（3）充てん容器等の引渡し及び引取りを全量委託
（4）全部の一般消費者等にバルク供給で充てん設備によりその全量を供給
（5）農業協同組合等の組合員であって、その組合等の貯蔵施設から液化石油ガスの仕入れ
（6）販売所に近接して資本的結合がある高圧法の第一種製造者の貯蔵施設（容器置場）から常に液化石油ガスの仕入れ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10-2　液化石油ガスの販売制限　法第13条、規第12条

	成分	プロパン+プロピレン	エタン+エチレン	ブタジエン
規格	い号	80%以上	5%以下	0.5%以下
	ろ号	60%以上80%未満	5%以下	0.5%以下
	は号	60%未満	5%以下	0.5%以下

（注）含有率：モル比　　圧力：40℃で1.53MPa以下

＊い、ろ、は号とも、供給設備に腐食を生ずるおそれのある濃度以上の水銀を含有していないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

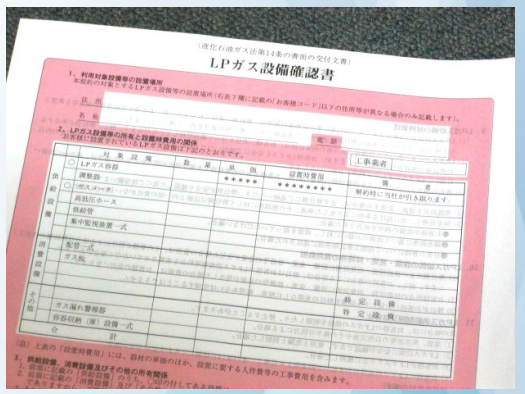
図11　**一般消費者等への交付書面**

法第14条、規第13条

＊販売事業者が一般消費者等と液化石油ガスの販売契約をしたとき
→販売方法、設備の保安管理等について、一般消費者等に書面を交付（変更したときも同様。）

［記載事項の主なもの］

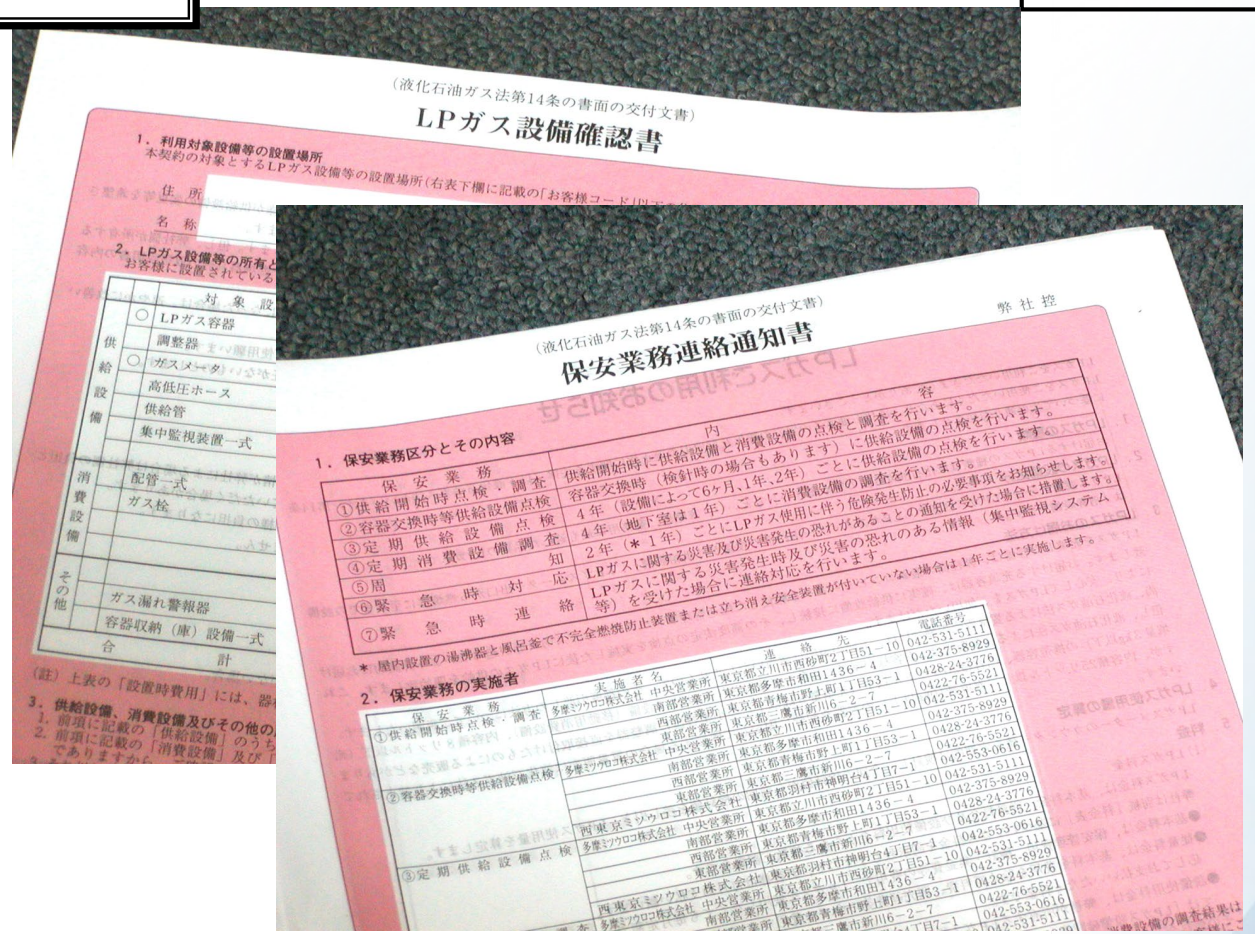
・供給設備及び消費設備の管理の方法
・保安業務である消費設備の調査の方法、災害の発生の防止に関し必要な事項
・保安業務を行う保安機関の氏名又は名称
・一般消費者等の責任
・質量販売における残ガスの引取りの方法
・供給設備及び消費設備の所有関係
・供給設備及び消費設備の設置、変更、修繕及び撤去に要する費用負担方法
・所有権が販売事業者にある消費設備を一般消費者等が使用する場合の費用負担方法
・所有権が販売事業者にある消費設備の配管を一般消費者等にその権利を移転する場合の清算方法
・保安機関の名称、住所及び連絡方法



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図4 **交付書面**

法第14条、規第13条



（液化石油ガス法第14条の書面の交付文書）

LPガス設備確認書

1．利用対象設備等の設置場所

本契約の対象とするLPガス設備等の設置場所（右表下欄に記載の「お客様コード」

住　所

名　称

2．LPガス設備等の所有と

お客様に設置されている

		対象設
供給設備	○	LPガス容器
		調整器
	○	ガスメータ
		高低圧ホース
		供給管
		集中監視装置一式
消費設備		配管一式
		ガス栓
その他		ガス漏れ警報器
		容器収納（庫）設備一式
合　計		

（註）上表の「設置時費用」には、器

3．供給設備、消費設備及びその他の

1．前項に記載の「供給設備」のうち

2．前項に記載の「消費設備」及び「

であります

（液化石油ガス法第14条の書面の交付文書）

弊社控

保安業務連絡通知書

1．保安業務区分とその内容

保安業務	内容
①供給開始時点検・調査	供給開始時に供給設備と消費設備の点検と調査を行います。
②容器交換時等供給設備点検	容器交換時（検針時の場合もあります）に供給設備の点検を行います。
③定期供給設備点検	4年（設備によって6ヶ月、1年、2年）ごとに供給設備の点検を行います。
④定期消費設備調査	4年（地下室は1年）ごとにLPガス使用に伴う危険発生防止の必要事項をお知らせします。
⑤周知	2年（＊1年）ごとに消費設備の調査を行います。
⑥緊急時対応	LPガスに関する災害発生時及び災害の恐れがあることの通知を受けた場合に措置します。
⑦緊急時連絡	LPガスに関する災害発生時及び災害の恐れのある情報（集中監視システム等）を受けた場合に連絡対応を行います。

＊屋内設置の湯沸器と風呂釜で不完全燃焼防止装置または立ち消え安全装置が付いていない場合は1年ごとに実施します。

2．保安業務の実施者

保安業務	実施者名		連絡先	電話番号
①供給開始時点検・調査	多摩ミツウロコ株式会社	中央営業所	東京都立川市西砂町2丁目51－10	042-531-5111
		南部営業所	東京都多摩市和田1436－4	042-375-8929
		西部営業所	東京都青梅市野上町1丁目53－1	0428-24-3776
		東部営業所	東京都立川市西砂町2丁目51－10	0422-76-5521
②容器交換時等供給設備点検	多摩ミツウロコ株式会社	中央営業所	東京都三鷹市新川6－2－7	042-531-5111
		南部営業所	東京都青梅市野上町1丁目53－1	042-375-8929
		西部営業所	東京都立川市和田1436－4	0428-24-3776
		東部営業所	東京都多摩市和田1丁目53－1	0422-76-5521
③定期供給設備点検	西東京ミツウロコ株式会社	中央営業所	東京都青梅市野上町1丁目53－1	042-553-0616
	多摩ミツウロコ株式会社	南部営業所	東京都三鷹市新川6－2－7	042-531-5111
		西部営業所	東京都羽村市神明台4丁目7－1	042-375-8929
		東部営業所	東京都立川市西砂町2丁目51－10	0428-24-3776
	西東京ミツウロコ株式会社	中央営業所	東京都立川市和田1436－4	0422-76-5521
	多摩ミツウロコ株式会社	南部営業所	東京都多摩市和田1丁目53－1	042-553-0616
			東京都青梅市野上町1丁目53－1	
			東京都三鷹市新川6－2－7	
			東京都三鷹市新川6－2－7	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図12　液化石油ガス供給設備の区分

法第16条の2、37条

業務用のみ

種類＼区分	供給設備	特定供給設備	特定高圧ガス消費者
容器 バルク容器	規則第18条 規則第19条	規則第53条 規則第54条	高圧ガス保安法 第24条の2 同法施行令 第7条第2項
貯槽（注） バルク貯槽	規則第18条 規則第19条	規則第53条 規則第54条	

貯蔵設備の貯蔵能力

1,000kg未満　3,000kg未満

1,000kg以上　3,000kg以上

10,000kg以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（注）
　貯蔵能力が1000kg未満の貯槽又はバルク貯槽（以下「貯槽等」という。）の修理、清掃、検査又は撤去を行うために当該貯槽等に現に貯蔵されている液化石油ガスをできる限り多く消費する必要がある場合において、当該貯槽等の見やすい箇所に液化石油ガスを充塡してはならない旨を表示し、かつ、液化石油ガスを充塡できないように当該貯槽等に封印をするときは、当該貯槽等に現に貯蔵されている液化石油ガスの数量を当該貯槽等の貯蔵能力として、特定供給設備となるか否かを判断することとされている。

（平成26年6月4日改正により規則第21条第2項として追加）

これは、バルク貯槽の検査、撤去等のため、貯蔵している液化石油ガスを減らすための手段を講じている場合、法の扱いを貯蔵能力で判断せず、実際の貯蔵量で判断することにより、検査、撤去等を円滑に進捗させるためである。
具体的には、例えば貯蔵能力980kgのバルク貯槽の検査を行うため、その貯蔵する液化石油ガスを減らして行く段階で、供給量の不足を補うために50kg容器を数本その傍に併設した場合、もとのバルク貯槽の貯蔵能力を合算すれば1000kgを超え、特定供給設備になってしまい、許可を受けなければならないという不合理を生じる。
　これは、バルク貯槽の検査を行うという目的を阻害することにもなりかねない。そこで、この特例を追加し、円滑な検査、撤去等に資することとされたものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

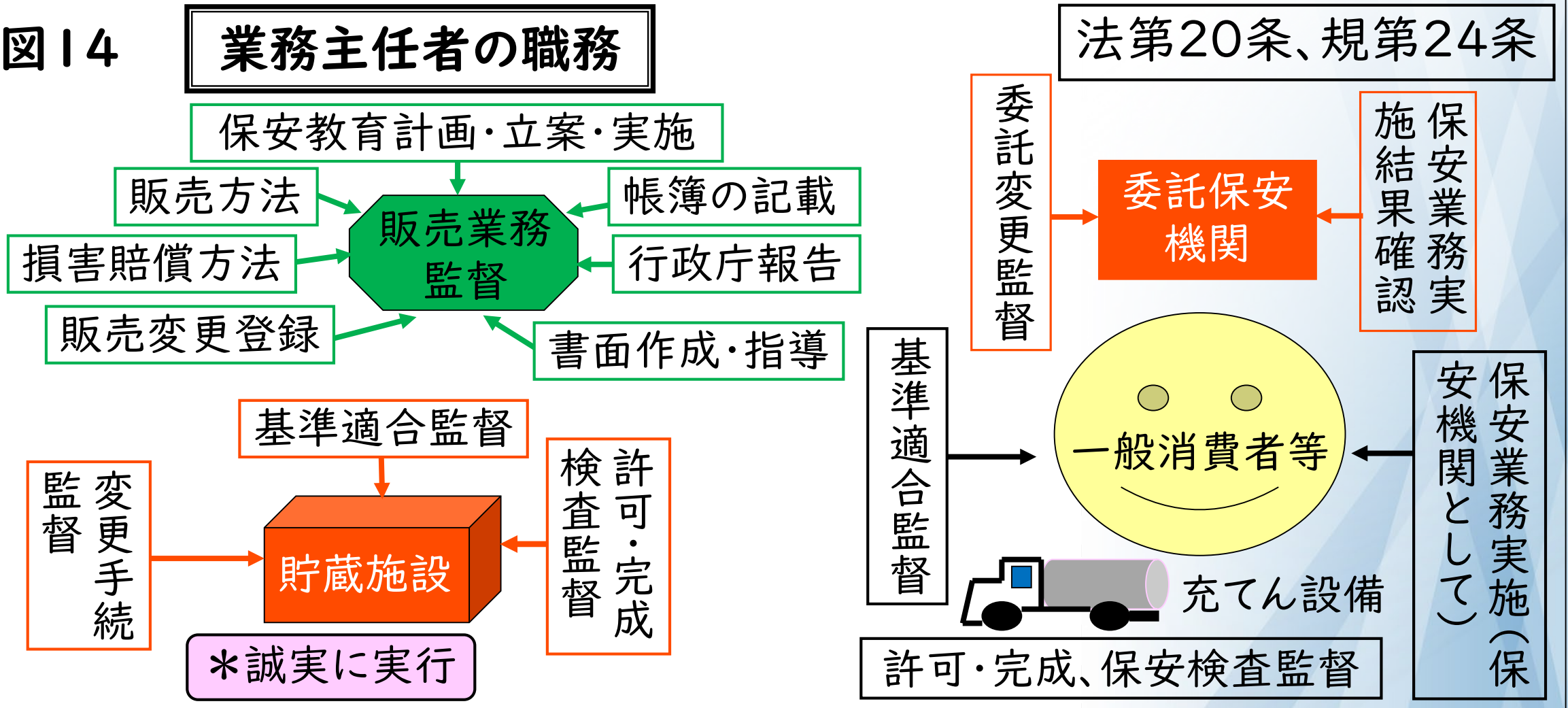
図13 **従業者の保安教育**

法第18条、規第24条

＊販売事業者
→その従業者に対して保安教育を実施→業務主任者の職務
↓
＊高圧ガス保安協会
→指針となるべき基準を作成、公表

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14 業務主任者の職務



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図15　**業務主任者の選任区分**

法第19条、規第22条、
法第21条、35条の8、規第49条

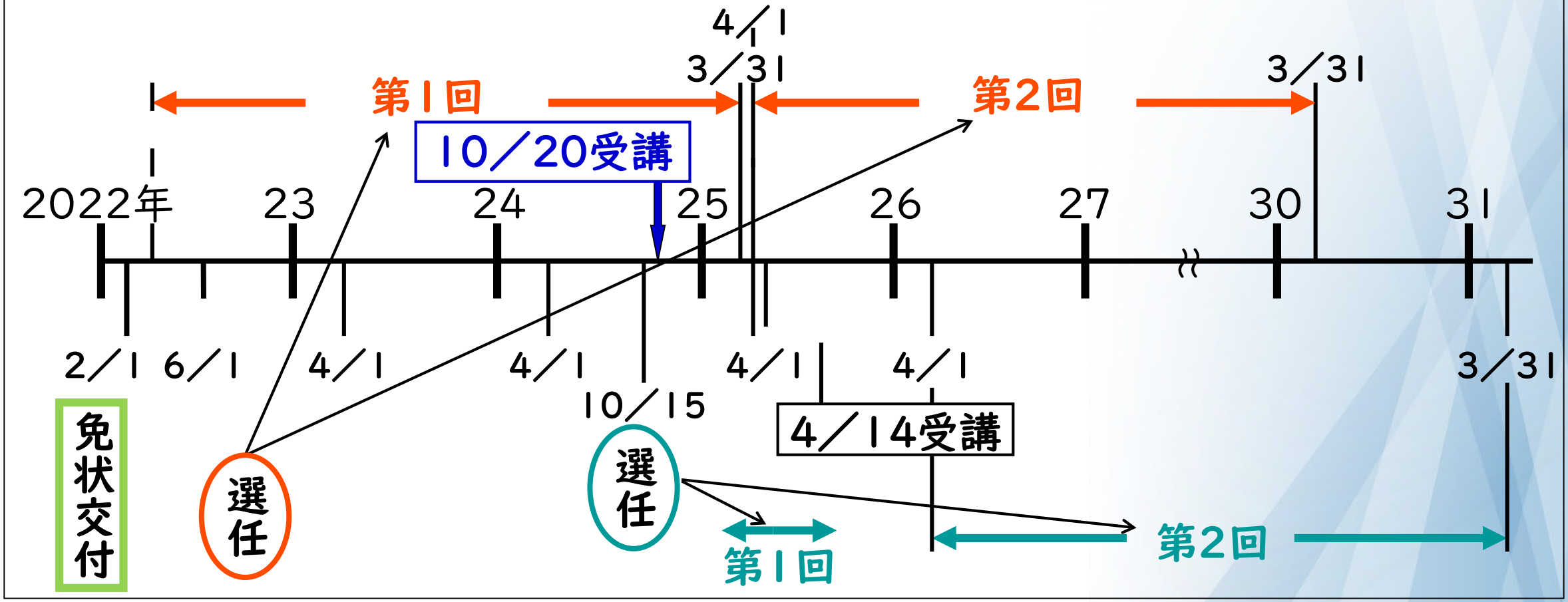
消費者戸数 / 販売所	1000戸未満	1000戸以上
1販売所	1人	2人　2000戸増すごとに[+1人]
2~3販売所	1人で兼任 [ABC間を車で60分以内]	
	業務主任者の選任に当たって、その基準となる一般消費者等の数から認定対象消費者の数の3分の2を減じることができる。	

＊資格：第二種販売主任者免状+液化石油ガスの販売経験6月以上
＊[業務主任者の代理者：選任→いずれの場合も1人以上
資格：業務主任者と同等又は協会の講習修了+液化石油ガスの販売経験6月以上で18歳以上]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16 業務主任者講習受講期間の計算例

法第19条、規第23条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図17 **保安機関・保安業務**

法第27条～29条、規第27条～29条

販売事業者（保安機関として認定） ・・・委託・・・▶ 認定された（専業の）保安機関

自ら実施

＊供給設備点検（販売事業者に通知）
＊消費設備調査
（一般消費者等に通知）
＊周知
・燃焼器の適応性
・燃焼器の設置、換気
・消費設備の管理、点検
・消費設備の変更（連絡）
・災害発生（措置、連絡）
＊ 災害予防、災害時対応

保安業務区分

＊供給開始時点検・調査
＊容器交換時等供給設備点検
＊定期供給設備点検
＊定期消費設備調査
＊周　知
＊緊急時対応
＊緊急時連絡

実施（他人への委託不可）

一般消費者等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料1－1） LPガス地下埋設管破断事故（その1）

旧重油発電施設の基礎解体中、食品工場敷地内のLPガス地下埋設管をコンクリート破砕機で破断。LPガス約160kgが漏えいし着火炎上。火傷5名（重傷1名、軽傷4名）。

KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料Ⅰ－2）　LPガス地下埋設管破断事故（その2）

写真１　切断された埋設管の状況

KHK　HP　「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料Ⅰ－3） LPガス地下埋設管破断事故（その3）

写真３ 基礎の解体に使っていたコンクリート破砕機

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図18 **保安機関の認定要件**

法第31条、35条、令第6条、
規第31条、32条、36条、37条

- 保安業務資格者 ⇒ 液化石油ガス設備士・製造保安責任者免状所有者・販売主任者免状所有者・業務主任者の代理者資格所有者・保安業務員等
- 保安業務資格者の数 ⇒ 保安業務告示第2条で定める算定式により得られた数
- 保安業務用機器 ⇒ 自記圧力計・マノメーター・ボーリングバー・ガス検知器など（保安業務告示第3条で定める算定式により得られた数）
- 損害賠償措置 ⇒ 損害賠償責任保険加入
- 保安業務規程 ⇒ 認可を受ける（別途）

- 保安業務を自ら行う販売事業者 ⇒ 認定申請
- 保安業務を専業として行う者 ⇒ 認定申請
- 認定申請方法 ⇒ 販売事業の登録と同様大臣等へ申請
  ⇒ 5年ごと更新

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19-1 第1号認定液化石油ガス販売事業者

法第35条の6～の10、
規第45条～50条の2

液化石油ガス販売事業者

適正に管理

認定申請

保安確保機器が設置されている一般消費者等（認定対象消費者）の割合が70%以上

規則第46条第1号の基準を満足

認定

第1号認定液化石油ガス販売事業者

保安機関として

インセンティブ→詳細は図19−2参照
①業務主任者選任方法の緩和
②供給・消費設備の点検・調査の頻度緩和
③緊急時対応の範囲拡大

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19-2 第1号認定液化石油ガス販売事業者のインセンティブ

規50条第1号、第2号、第3号、認定販売事業者告示第7条

① 業務主任者の選任に当たって、その基準となる一般消費者等の数から認定対象消費者の数の3分の2を減じることができる。

②−1 認定対象消費者に対する4年に1回以上とされている定期供給設備点検及び定期消費設備調査の一部が、供給開始時及び10年に1回以上の実施でよい。

②−2 所定の一酸化炭素中毒防止対策を講じている燃焼器又はCO警報器（連動遮断が必要）を設置する認定対象消費者に対する点検及び調査（10年に1回以上の項目を除き、4年に1回以上とされている項目）の一部が、供給開始時及び5年に1回以上の実施でよい。

③ 原則として一般消費者等のもとへ30分以内に到着とされている緊急時対応について、保安業務を行う事業所から半径40km（所定の一酸化炭素中毒防止対策を講じている燃焼器などを設置する認定対象消費者に対しては60km）以内の認定対象消費者に対して当該保安業務を実施することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図19-3 **第2号認定液化石油ガス販売事業者**

法第35条の6～の10、
規第45条～50条の2

液化石油ガス販売事業者

適正に管理

認定申請

保安確保機器が設置されている一般消費者等（認定対象消費者）の割合が50%以上70%未満

規則第46条第2号の基準を満足

認定

第2号認定液化石油ガス販売事業者

保安機関として

インセンティブ
（緊急時対応の範囲拡大）
原則として一般消費者等のもとへ30分以内に到着とされている緊急時対応について、保安業務を行う事業所から半径40km以内の認定対象消費者に対して当該保安業務を実施することができる。

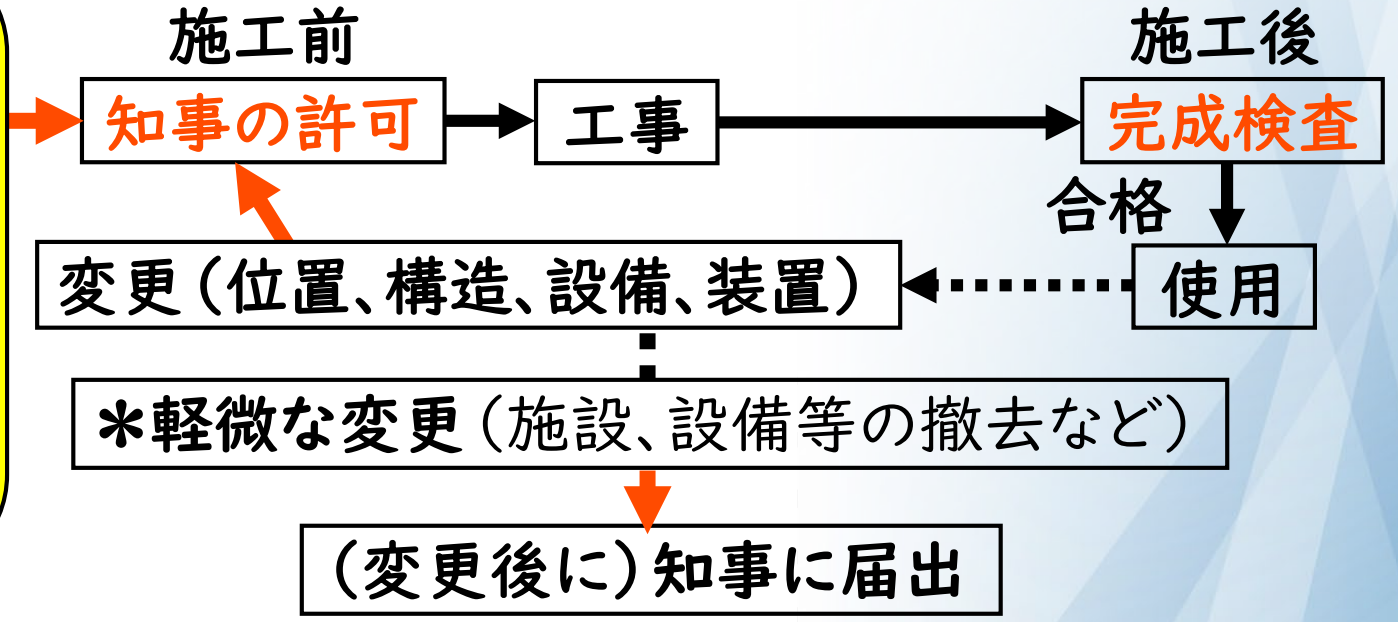
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図20

貯蔵施設・特定供給設備・充てん設備の許可手続等

法第16条、36条、37条の2、37条の3、37条の4、規第15条、21条

・貯蔵施設
　貯蔵能力3,000kg以上
・特定供給設備
　（容器又はバルク容器：
　　貯蔵能力3,000kg以上）
　（貯槽又はバルク貯槽：
　　貯蔵能力1,000kg以上）
・充てん設備



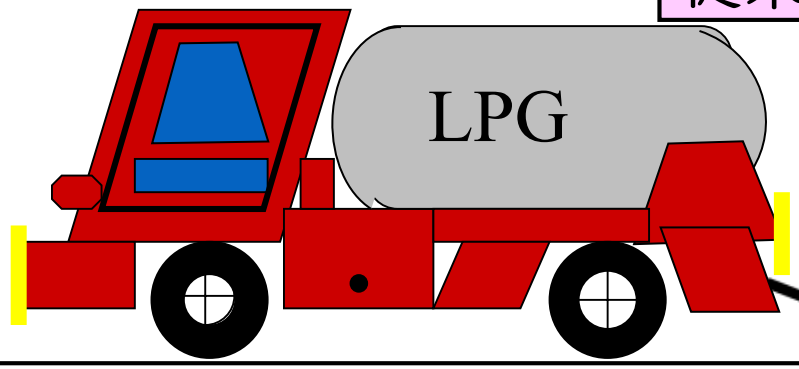
＊ 貯蔵施設ごとに、特定供給設備ごとに、充てん設備ごとに許可を受ける。

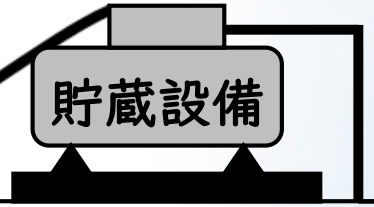
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

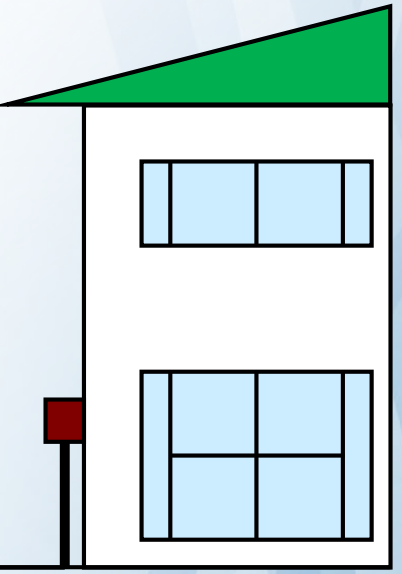
参考図5 **バルク供給** 法第37条の4、規第1条12号、63条、64条

充てん設備
（バルクローリ）

- 新型バルクローリ（液石法基準）
- 従来型バルクローリ（高圧法基準）







高圧法の「移動式製造設備」として許可を受ければ、工業用等の貯槽、容器に充てんできる

貯蔵設備
- ★バルク貯槽
- ★バルク容器
- ◆貯槽
- ◆バルク型容器

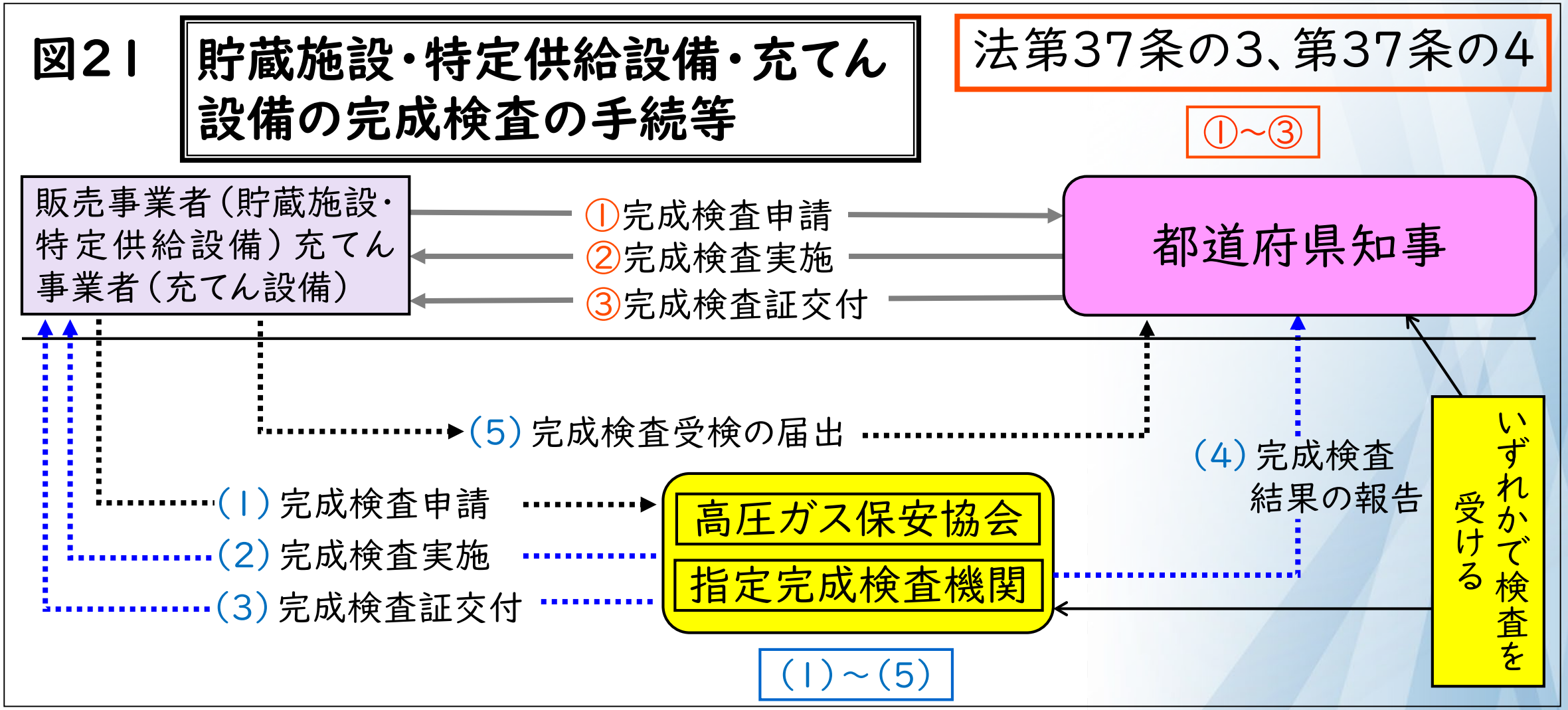
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図6

法第37条の4

充てん設備によるバルク貯槽への充てん

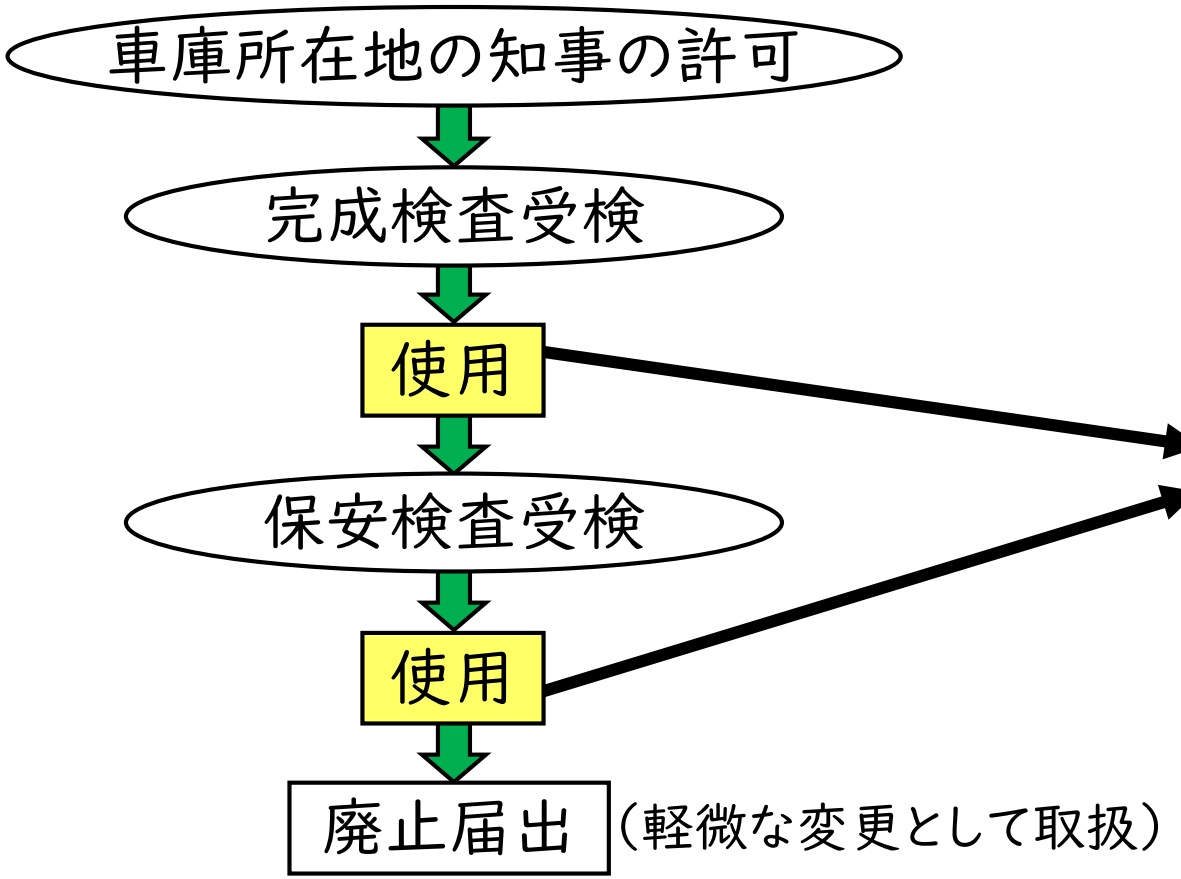
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図22 **充てん設備（バルクローリ）**

法第37条の4～の6、規第66条



① 車庫（使用の本拠地）
貯蔵施設（容器置場）の基準（屋根、消火器を除く）が適用される

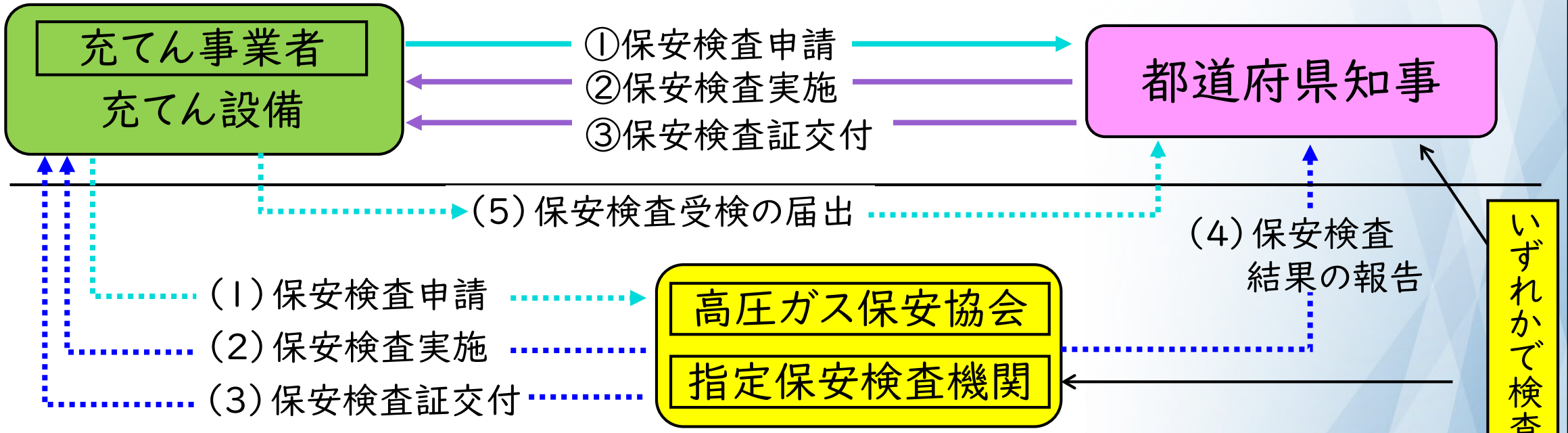
② 充てん者の資格
高圧ガス保安協会、指定養成施設の講習修了者「充てん作業者」

③ 充てん作業（充てん事業者）基準の遵守

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23 保安検査の手続等

法第37条の6、規第81条



(注) 前回の保安検査(保安検査を受けたことのない充てん設備にあっては、完成検査)を受けた日から1年を経過した日(基準日)の前後1月以内に都道府県知事の保安検査を受けた場合には、基準日において当該検査を受けたものとみなされる。(規則第81条第2項)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図7

法第48条

液化石油ガス器具等の検査合格マーク

特定液化石油ガス器具等は、菱形マーク

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図24 **帳簿** **所定の期間保存** 法第81条、規第131条

保安機関

・供給開始時の供給設備点検、消費設備調査記録
・容器交換時等の供給設備点検記録
・定期供給設備点検記録
・定期供給設備点検を行わなかった場合の記録
・定期消費設備調査記録
・定期消費設備調査を行わなかった場合の記録
・周知の記録
・緊急時対応記録
・緊急時連絡記録

販売事業者

・販売記録
・書面の交付記録
・保安業務の委託内容
・貯蔵施設、特定供給設備の異常記録
・バルク貯槽の検査記録
・バルク貯槽の附属機器の検査記録
・バルク容器の機器の検査記録

充てん事業者

・充てん記録
・保安検査受検記録
・充てん設備の異常記録

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〝法律関係終了〟

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種販売主任者編
液化石油ガス法施行規則

［業務主任者の代理者講習兼用］

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考－2）

根拠条文 → 規第〇条△項×号

スライドの見方

例示基準

例示基準

例示基準

は、法令ではなく、通達（施行規則関係例示基準）で示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図25

バルク貯槽による貯蔵設備（供給設備）

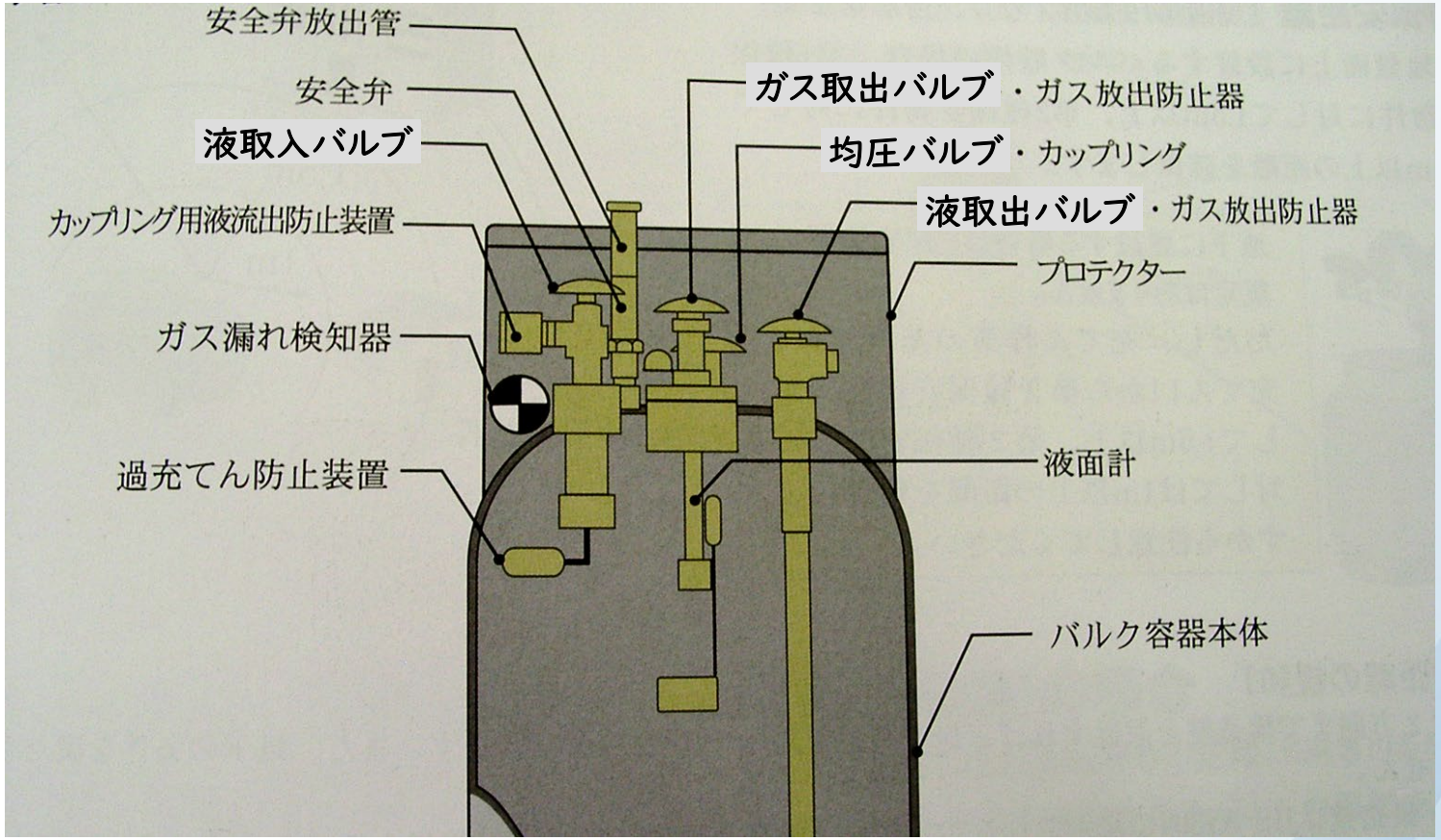
規第1条2項2号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図8

バルク容器の構造例

規第1条2項4号

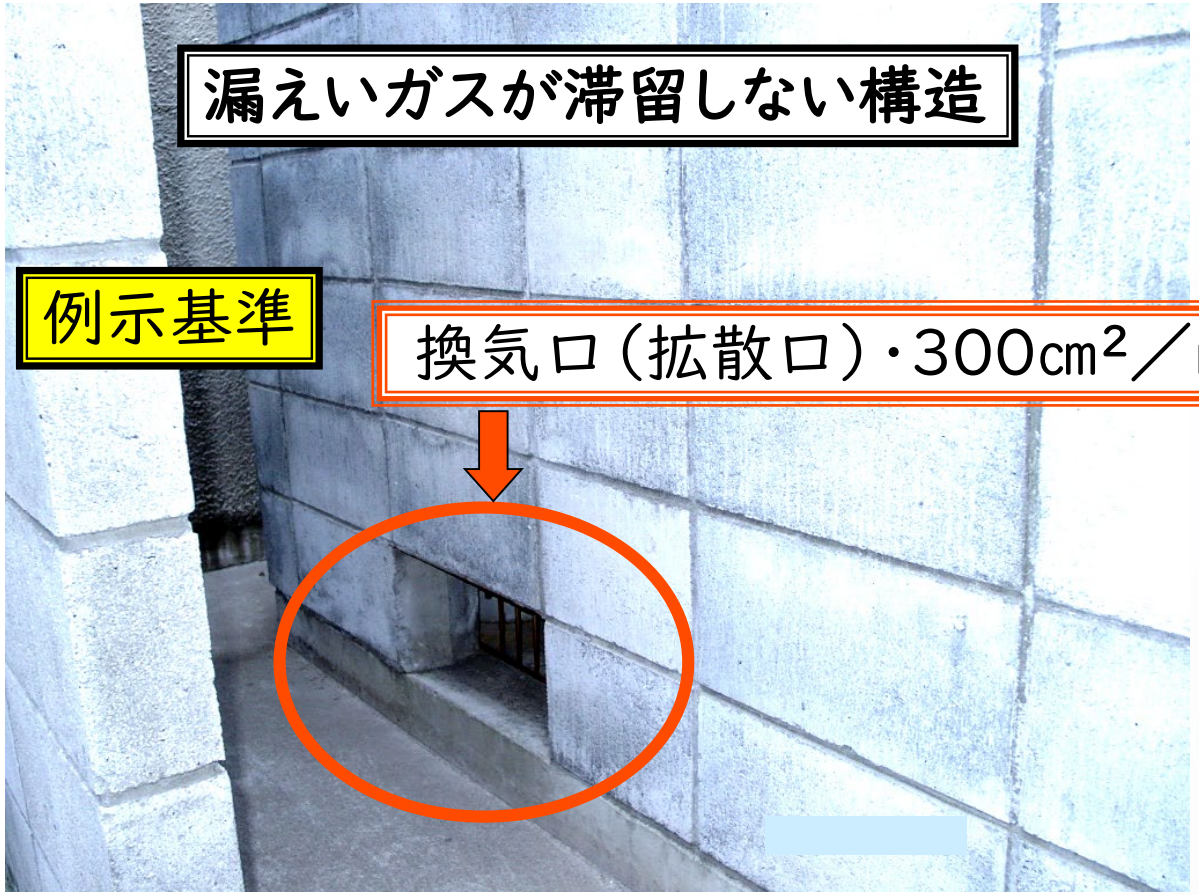


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図9

貯蔵施設・(貯蔵設備)

規第14条3号、5号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26 **販売の方法（1）**

規第16条1号～3号

供給設備等に接続（して販売）する充てん容器

＊供給管等に接続する充てん容器
→①外面に、使用上支障のある腐しょく、割れ、すじ、しわ等がなく、かつ、液化石油ガスが漏えいしていないもの
②充てん期間を6か月以上経過していないもの
③ただし、次のイ～ハの場合のものは接続不要
イ 移動して消費する場合
ロ 調整器付8L以下の容器の場合
ハ カップリング付容器用弁を装置している25L以下の容器の場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図10−1

液化石油ガス容器の充てん期限明示の例

規第16条第2号

平成31年3月15日付け通達（運用解釈の基準）改正

規則第16条第2号関係
（令和元年5月1日から施行。同年10月31日までは従前どおりでもよい。）

「明示すべき事項は、充てん期限〇−□（〇は年、□は月を示す。）とする。年については、西暦年4桁とし、月については、次回の再検査を受けないで液化石油ガスを充てんできる最終日を含む月とする。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図10−2

戸別供給貯蔵設備

規第16条1号、2号、3号、4号

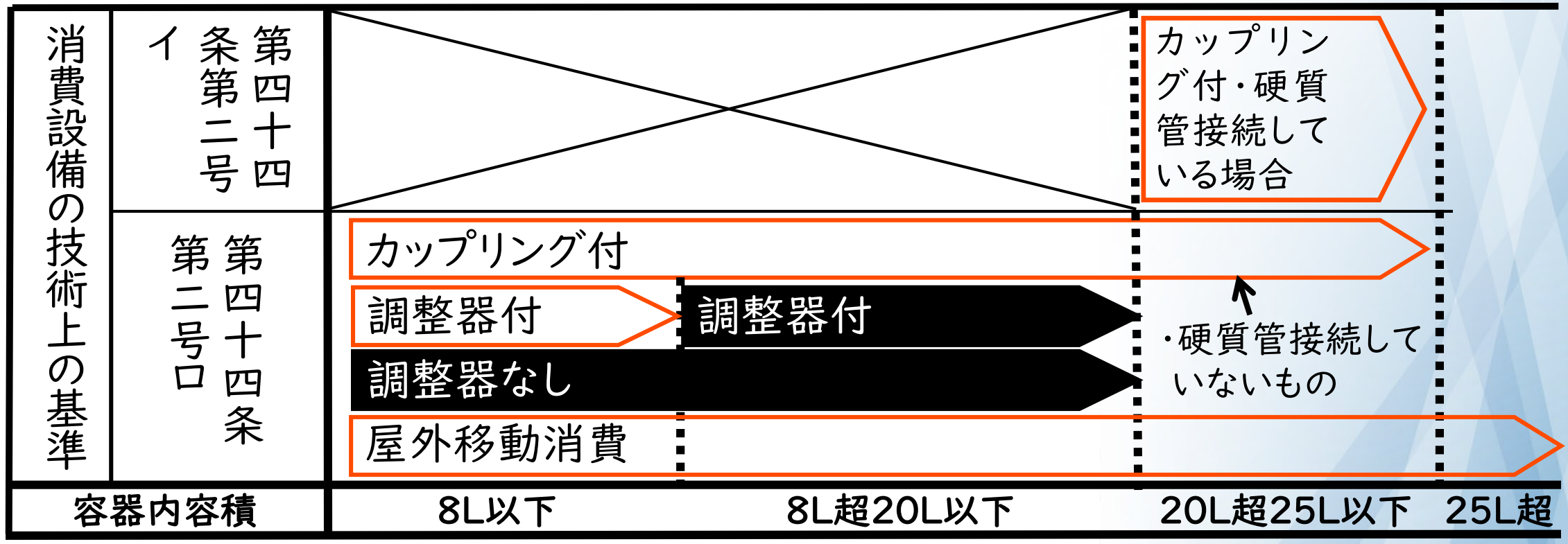
供給管・配管・集合装置に接続販売（移動消費・調整器付8L以下、カップリング付容器用弁を装置している25L以下のものを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図11

質量により販売する場合

規第16条3号、第44条2号



は、配管未接続で販売可・

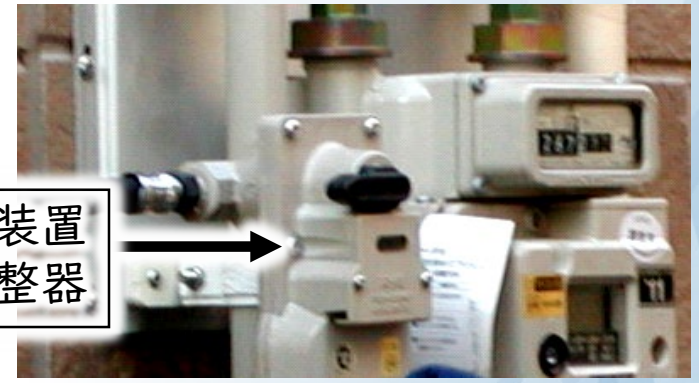
は、配管未接続で販売不可

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図27 **販売の方法（2）** 規第16条4号、5号、12号

容器交換等の容器の措置等について

＊1つの消費設備である場合の容器交換
→末端ガス栓を閉止する等の措置（切替装置等が設置されている場合を除く。）



＊未接続（交換して取り外した）の充てん容器等
→貯蔵施設に、充てん容器と残ガス容器に区分して置く

＊（質量販売の場合の）液化石油ガス（充てん容器）の引渡し
→一般消費者等の継続的消費に支障を生じないよう遅滞なく

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図12 **供給を中断しないで容器交換可能**

規第16条4号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28　**販売の方法（3）**　規第16条11号、13号、15号

消費設備の所有権、液化石油ガスの販売方法、残ガス清算

＊消費設備の所有権が販売事業者にある場合
　→一般消費者等に供給開始時までにその旨の確認が必要

＊液化石油ガスの販売方法
　→所定の質量販売の場合を除き、体積（ガスメーターによる）販売

＊（質量販売の場合の）液化石油ガスの取引の適正化
　→原則として、一般消費者等の面前計量による残ガス清算

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図29 **販売の方法(4)** 規第16条15号の3、16号、17号

新規販売契約時及び販売契約解除時の供給設備及び消費設備の取扱

＊新規販売契約時の他販売事業者の既設供給設備
→他販売事業者に対する一般消費者等の契約解除時から相当期間は撤去不可（前販売事業者の同意あるときは撤去可）

＊販売契約解除時の販売事業者所有の供給設備
→原則として遅滞なく撤去

＊販売契約解除時の販売事業者所有の消費設備の配管
→原則として適正な価格で一般消費者等に所有権を移転

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図30　**販売の方法（5）**　規第16条18号～19号の2

貯槽、バルク貯槽（貯槽等）の周囲の火気等制限、修理等及び供給管等の修理等

＊貯槽等の周囲2m以内
→火気、引火性物、発火性物を置くことの禁止

＊貯槽等の修理又は清掃
→高圧法の消費設備の修理又は清掃に係る技術上の基準と同じ

＊供給管、配管、集合装置の修理時の液化石油ガスの遮断
→①作業計画、作業責任者を定め、その計画に従い、かつ、その責任者の下で実施
②修理終了後は、供給管等からガス漏えいのないことを確認して使用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図31 **販売の方法(6)** 規第16条20号～23号

貯槽、バルク貯槽の沈下状況測定及びバルブ操作方法、バルク貯槽及びバルク容器の機器検査

＊貯蔵能力3000kg以上の貯槽、バルク貯槽
→沈下状況の測定等

＊貯槽、バルク貯槽のバルブ操作
→過大な力を加えない

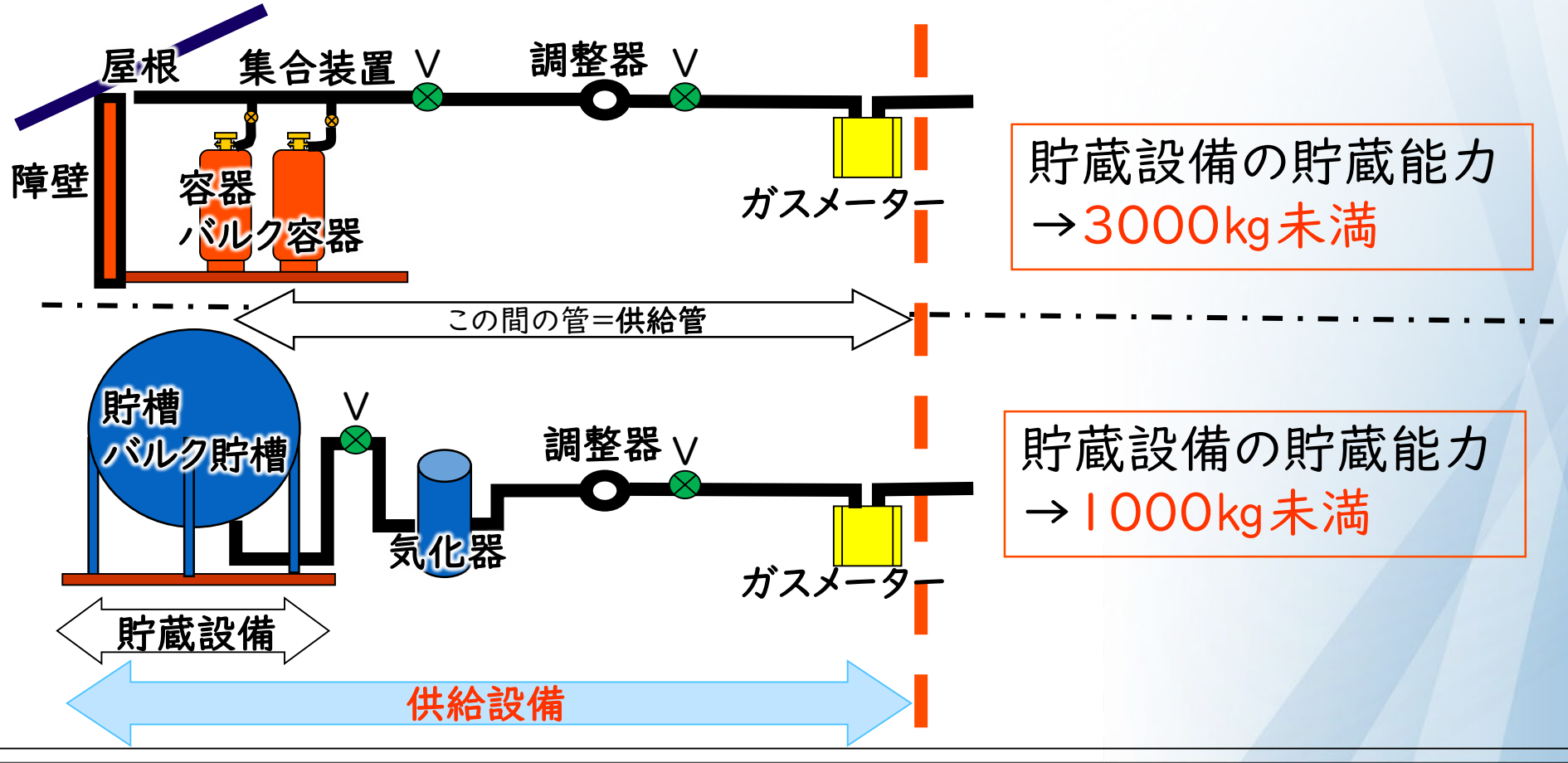
＊バルク貯槽の附属機器、バルク容器の機器の検査
→告示で定めるところにより実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図32

供給設備とは

法第16条の2、規第18条、19条



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図33　供給設備の技術上の基準（1）

規第18条1号

容器による貯蔵設備（貯蔵能力1000kg未満）の技術上の基準

＊充てん容器等（内容積20L以上のものに限る。）
→2m以内の火気をさえぎる措置、かつ、屋外に置く

＊充てん容器等（スカートを含む。）
→湿気、水滴等による腐しょくを防止する措置

＊充てん容器等　→常に温度40℃以下に保つ

＊ 充てん容器等（内容積5L以下のものを除く。）
→①転落、転倒等による衝撃を防止する措置
②バルブの損傷を防止する措置
③流出を防止する措置

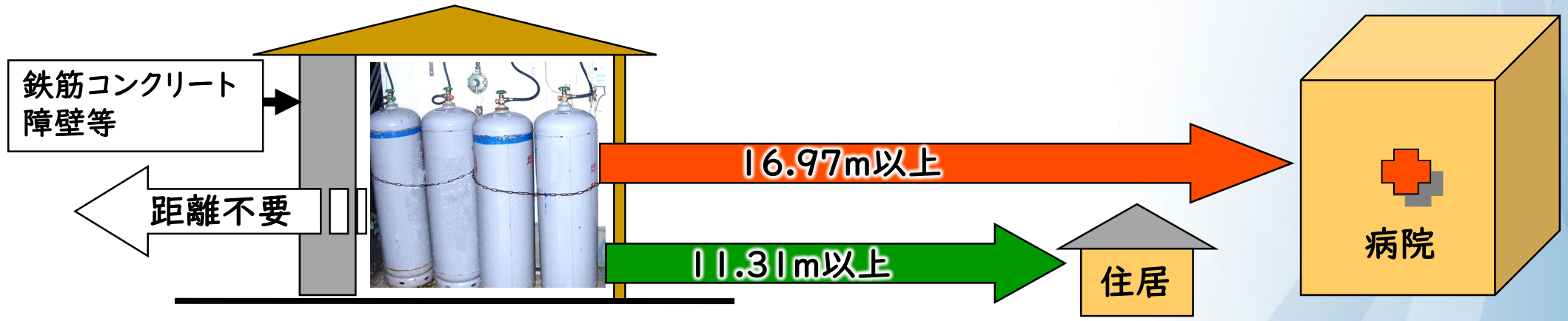
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図34　供給設備の技術上の基準（2）

規第18条2号

容器による貯蔵設備（貯蔵能力1000kg以上3000kg未満）の技術上の基準

＊貯蔵設備の外面から
→①第一種保安物件に対し16.97m以上の距離
②第二種保安物件に対し11.31m以上の距離
③ただし、鉄筋コンクリート障壁等を設置した場合は、①及び②の距離不要



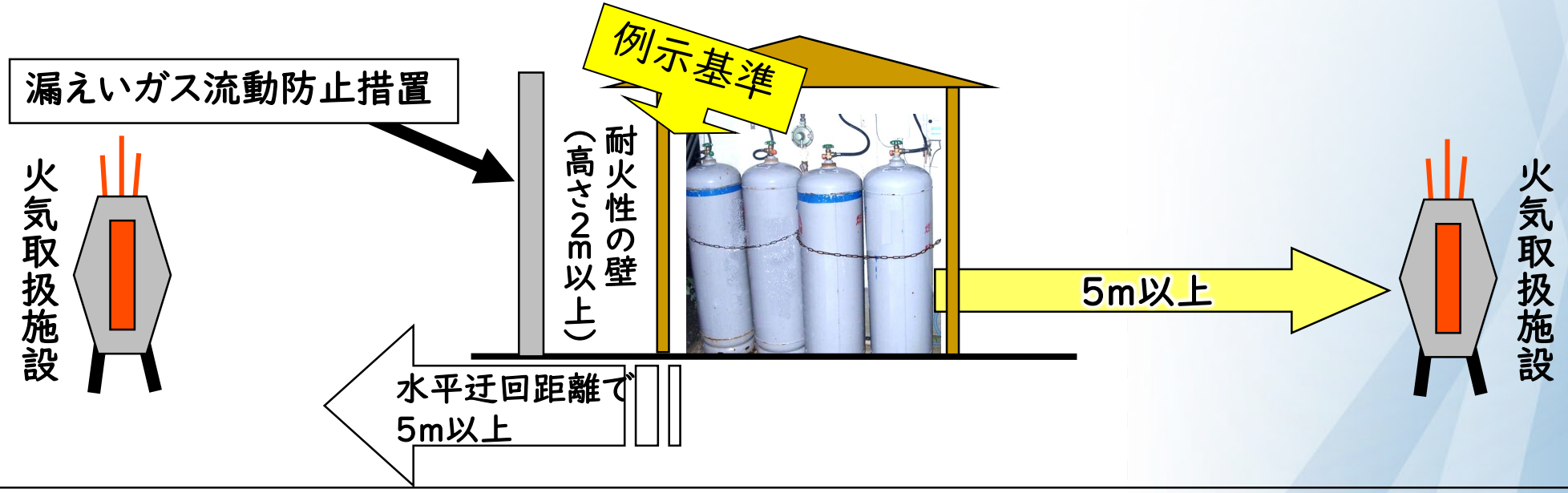
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図35 供給設備の技術上の基準（3）

規第18条2号

容器による貯蔵設備（貯蔵能力1000kg以上3000kg未満）の技術上の基準

＊貯蔵設備の外面から →①火気を取り扱う施設に対し5m以上の距離
②漏えいガスが火気を取り扱う施設に流動しないような措置



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図36 供給設備の技術上の基準（4）

規第18条2号

容器による貯蔵設備（貯蔵能力1000kg以上3000kg未満）の技術上の基準

＊貯蔵設備

→①漏えいガスが滞留しないような措置

②さく、へい等を設置（販売所外にあるものに限る。）

③警戒標を掲示

④消火設備の設置

⑤不燃性材料又は難燃性材料の軽量な屋根又はしゃへい板を設置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図37 供給設備の技術上の基準（5）

規第18条2号

容器による貯蔵設備（貯蔵能力1000kg以上3000kg未満）の技術上の基準

＊充てん容器等

→①転落、転倒等による衝撃を防止する措置
（内容積にかかわらず）

②バルブの損傷を防止する措置

③湿気、水滴等による腐しょくを防止する措置
（スカートを含む。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図38　**供給設備の技術上の基準（6）**

規則第18条第4号～7号

容器又は貯槽によるすべての供給設備に適用される技術上の基準

＊貯蔵設備、気化装置、調整器（バルク供給設備においても同様）
→一般消費者等の液化石油ガスの最大消費数量に適応する数量の液化石油ガスを供給できるもの

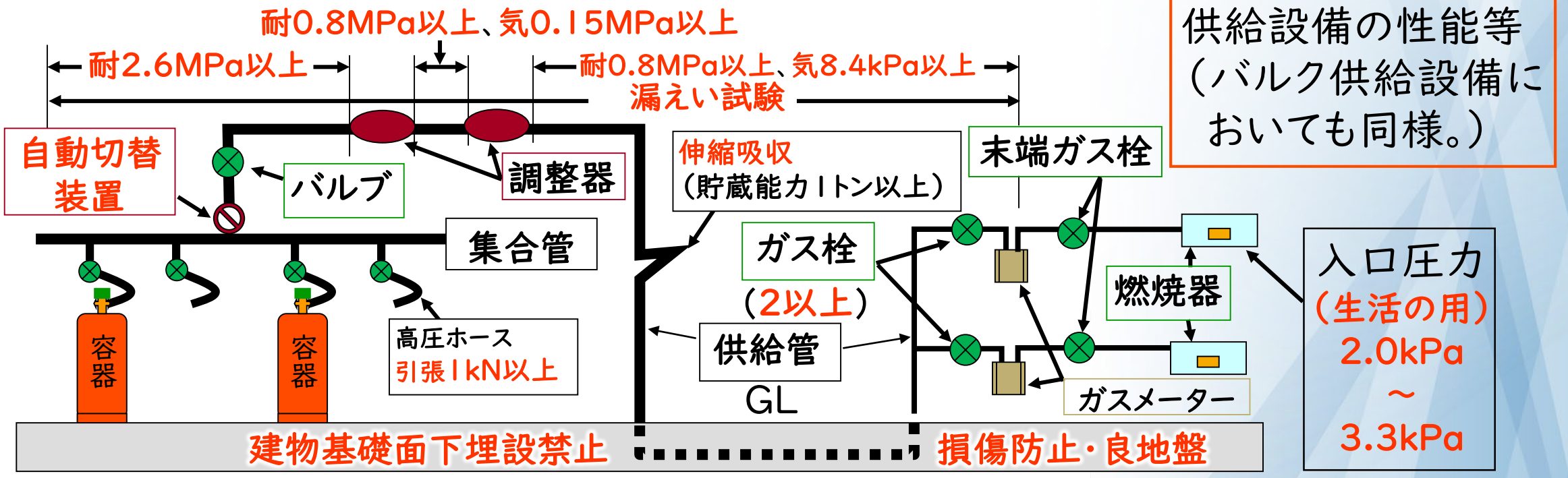
＊バルブ、集合装置、供給管、ガス栓（バルク供給設備においても同様）
→①使用上支障のある腐しょく、割れ等の欠陥がないもの
②腐しょくを防止する措置（ガス栓を除く。）
③使用材料は、その使用条件等に照らし適切なもの（ガス栓を除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図39 供給設備の技術上の基準（7）

規第18条8号、9号～13号、15号、17号、18号

容器又は貯槽によるすべての供給設備に適用される技術上の基準



供給設備の性能等（バルク供給設備においても同様。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2－1） H20.8.4 新潟市、窒素ガスによる耐圧試験中の都市ガス管（閉止板）破裂事故 （死者1名、負傷者3名）

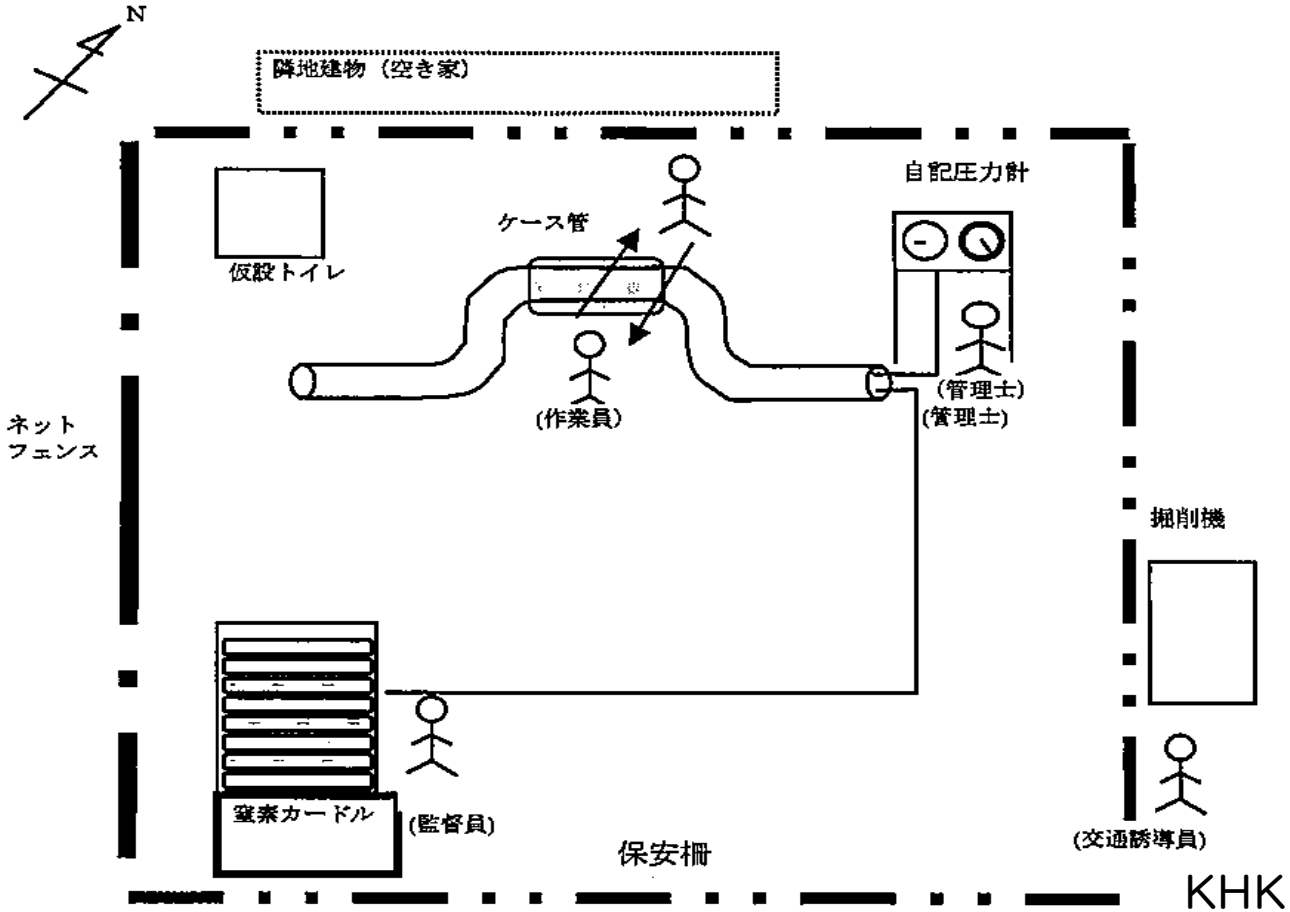
写真１ 事故時の状況（吹き飛んだ閉止板側）

（耐圧試験圧力3MPa）重さ840kgのガス管が約10m飛んだ。
管端閉止板の溶接不良とその強度確認不足によるものと推定。
（ガス導管はガス工作物であるが、仮設の閉止板はガス工作物の適用外。高圧の窒素ガスを使う作業は高圧ガス保安法の適用を受ける。）

KHK HP 「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

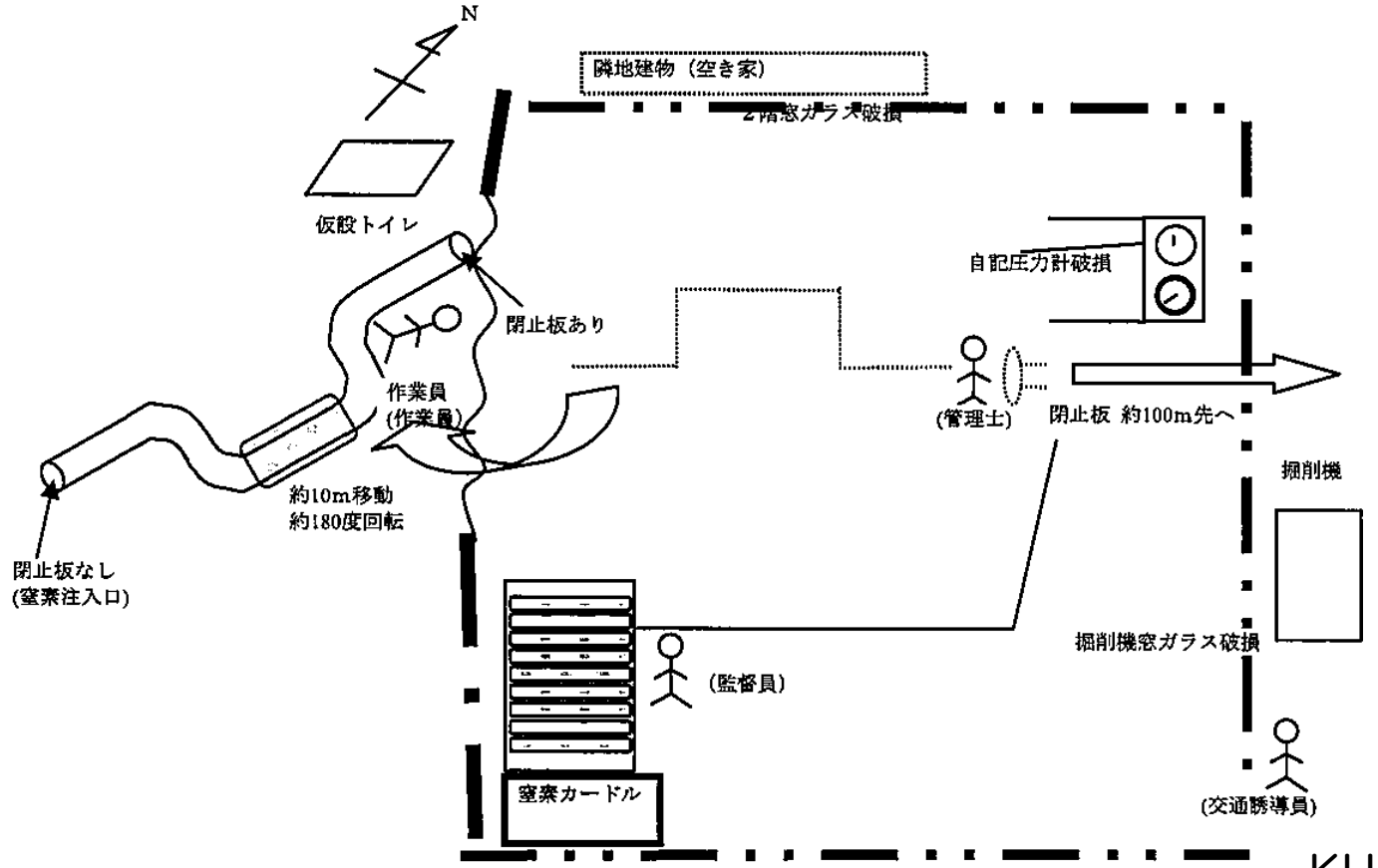
（資料2−2） 耐圧試験時の状況



KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料2−3） 事故直後の状況



KHK HP「事故情報」高圧ガス事故事例より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図40 **供給設備の技術上の基準（8）**

規第18条8号の2

容器又は貯槽による**すべての供給設備に適用**される技術上の基準

＊**集合装置・供給管**（集合装置等）の**修理又は取り外し**（バルク供給設備においても同様。）

→① 集合装置等から液化石油ガスの**漏えいを防止**する措置

② 集合装置等から漏えいする液化石油ガスが**滞留するおそれのある場所**では、液化石油ガスが**漏えいしていないことを確認**する措置

③ 修理又は取り外しが**終了**したときは、**その集合装置等**にその装置から液化石油ガスの**漏えいのないことを確認**するための措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図41 **供給設備の技術上の基準（9）**

規第18条19号

容器又は貯槽によるすべての供給設備に適用される技術上の基準

＊気化装置（バルク供給設備においても同様。）

→① 2.6MPa以上の圧力で行う耐圧試験に合格するもの

② 加熱方式は、直火加熱以外のもの

③ 液状の液化石油ガスの流出防止措置

④ 温水加熱方式のものであって寒冷地に設置するものには、温水部に凍結を防止するための措置

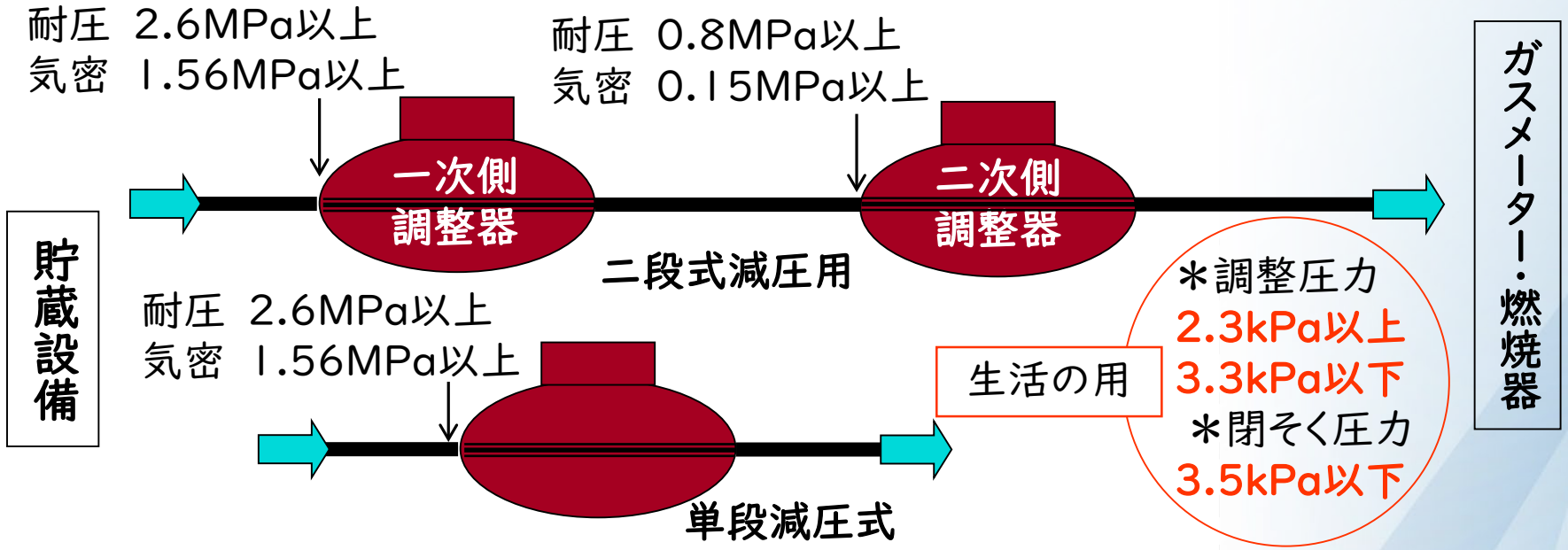
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図42 供給設備の技術上の基準（10）

規第18条20号

容器又は貯槽によるすべての供給設備に適用される技術上の基準

調整器の性能・調整圧力等（バルク供給設備においても同様。）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3－1）

昭和55年8月16日　静岡駅前地下街で都市ガス爆発
死者15名。重軽傷者222名

地下街における都市ガスの爆発事故。都市ガスの事故としては昭和45年4月の大阪地下鉄工事現場における爆発事故（死者79名、負傷者420名）に次ぐ大惨事。

（その後の法制化等の経過）

・液化石油ガスを充てんするときは、工業用以外は着臭することとなっているが、当時の規制「200分の1」から「1000分の1」に強化。

（高圧ガス保安法液化石油ガス保安規則第6条第2項第2号）

・地下室、地下街等の基準が追加され、共同住宅、業務用施設、地下室等に対しガス漏れ警報器設置義務付け等

（液化石油ガス法施行規則第18条第21号。同第44条第1号カ等）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料3−2）

昭和55年8月16日
静岡駅前地下街都市ガス爆発事故
死者15名、重軽傷者　222名

地下室、地下街等の基準追加。
共同住宅、地下室等にガス漏れ警報器
設置義務付け等

静岡駅前地下街で爆発

死者9、負傷160人

ガス漏れの検証中

周辺店舗壊れ炎上

確立せぬ予防対策

事故後調査の教訓だけ

朝日新聞 夕刊 1980年(昭和55年)8月16日 土曜日 33994号

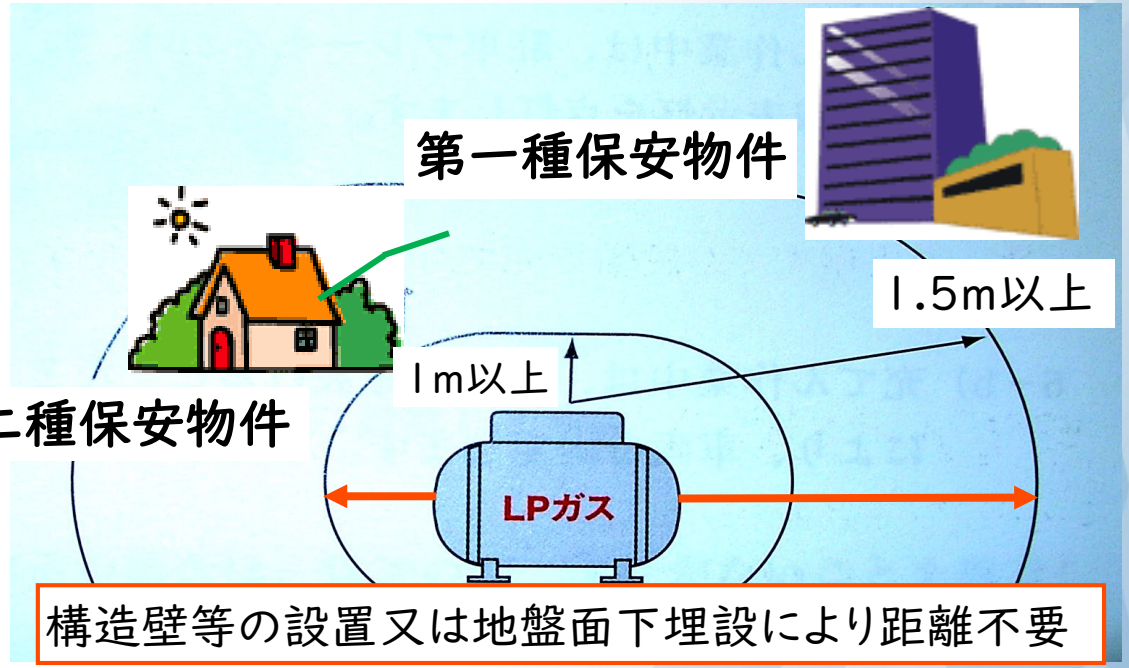
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図43　供給設備の技術上の基準（11）

規第19条

バルク供給設備のバルク貯槽の技術上の基準

＊バルク貯槽の外面から
→第一種保安物件に対し1.5m以上、
第二種保安物件に対し1m以上の
距離保有（充てん設備の充てん口
からも同様の距離）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図44 **供給設備の技術上の基準（12）** 規第19条

バルク供給設備のバルク貯槽の技術上の基準

＊バルク貯槽に設けるべき設備

→① 安全弁

② 液面計（ガラス管液面計の禁止）

③ 過充てん防止装置

④ カップリング用液流出防止装置付き液取入弁

⑤ ガス放出防止器又は緊急遮断装置付きガス取出弁（ただし、所定の地震による震動及び地盤の液状化に伴う供給管の損傷防止措置がされている場合は不要。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45 **供給設備の技術上の基準（13）**

規第19条

バルク供給設備のバルク貯槽の技術上の基準

＊ バルク貯槽の設置条件等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図46 **供給設備の技術上の基準（14）** 規第19条

バルク供給設備のバルク貯槽の技術上の基準

＊地盤面下埋設設置のバルク貯槽

→① バルク貯槽の頂部は30cm以上地盤面から下

② 埋設場所に自動車等車両が乗り入れできない措置

③ 埋設は石塊等のない土又は砂

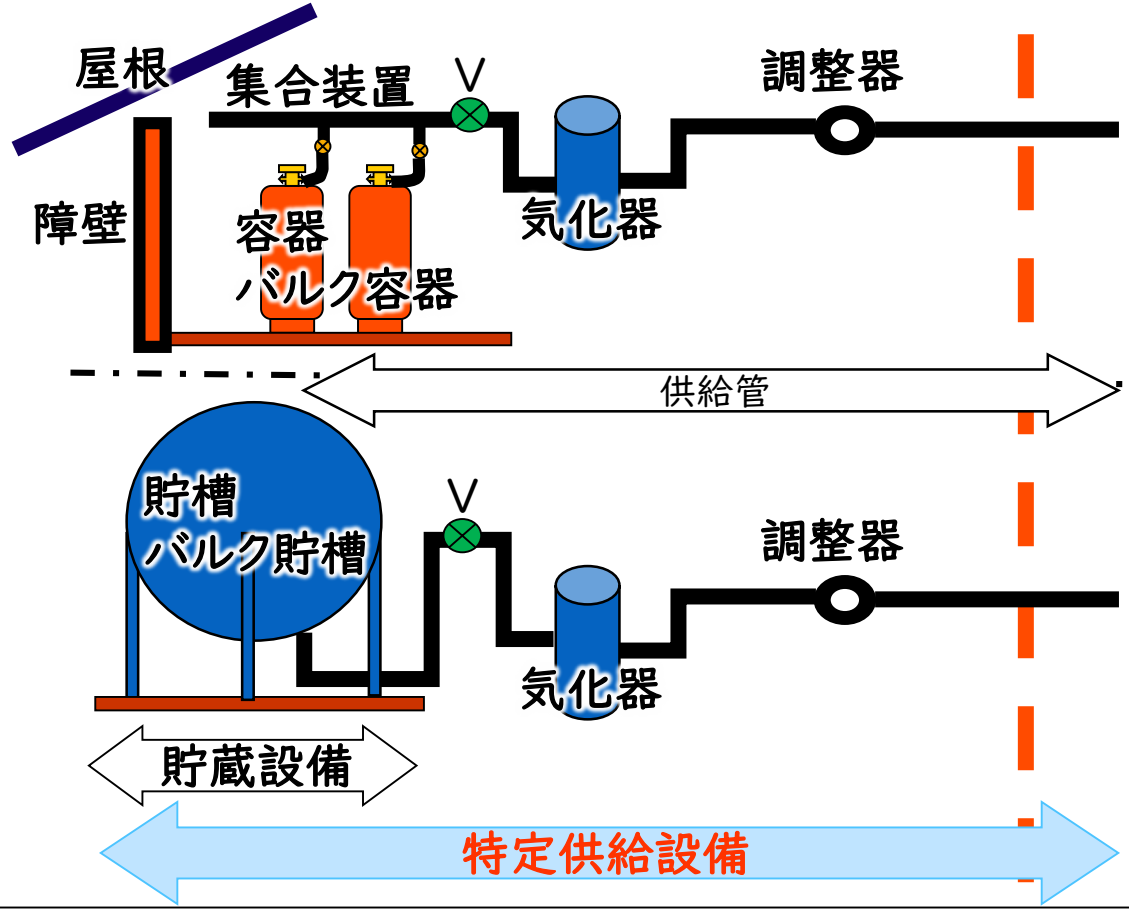
④ バルク貯槽の周囲にガス検知用の孔あき管

⑤ バルク貯槽の水平投影面の4隅に埋設位置表示の標識杭

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図47 特定供給設備とは

規第21条



貯蔵設備の貯蔵能力
→3000kg以上

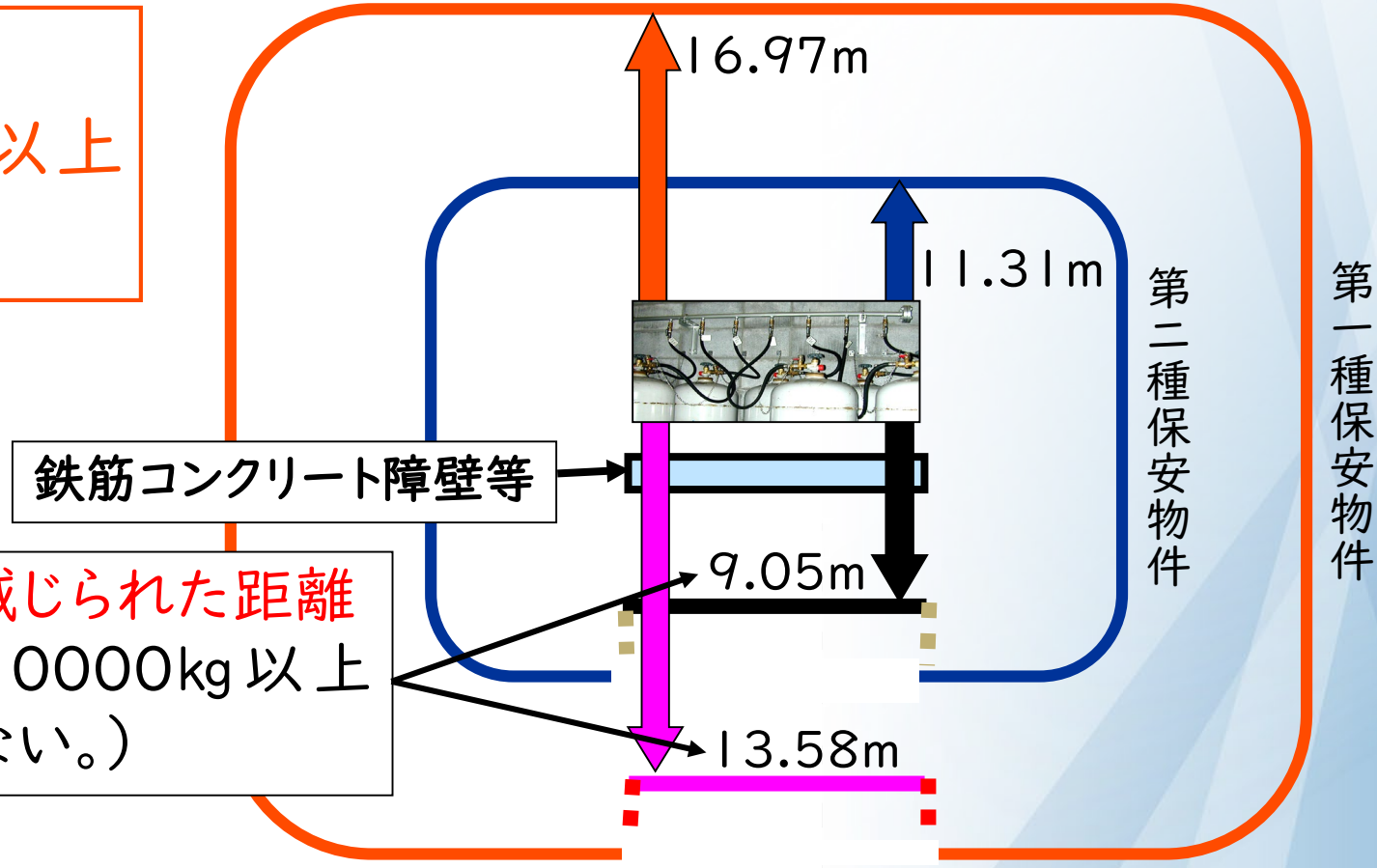
貯槽・バルク貯槽の貯蔵能力
→1000kg以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図48 特定供給設備の技術上の基準（1）

規第53条

容器による貯蔵設備
（貯蔵能力3000kg以上
10000kg未満）



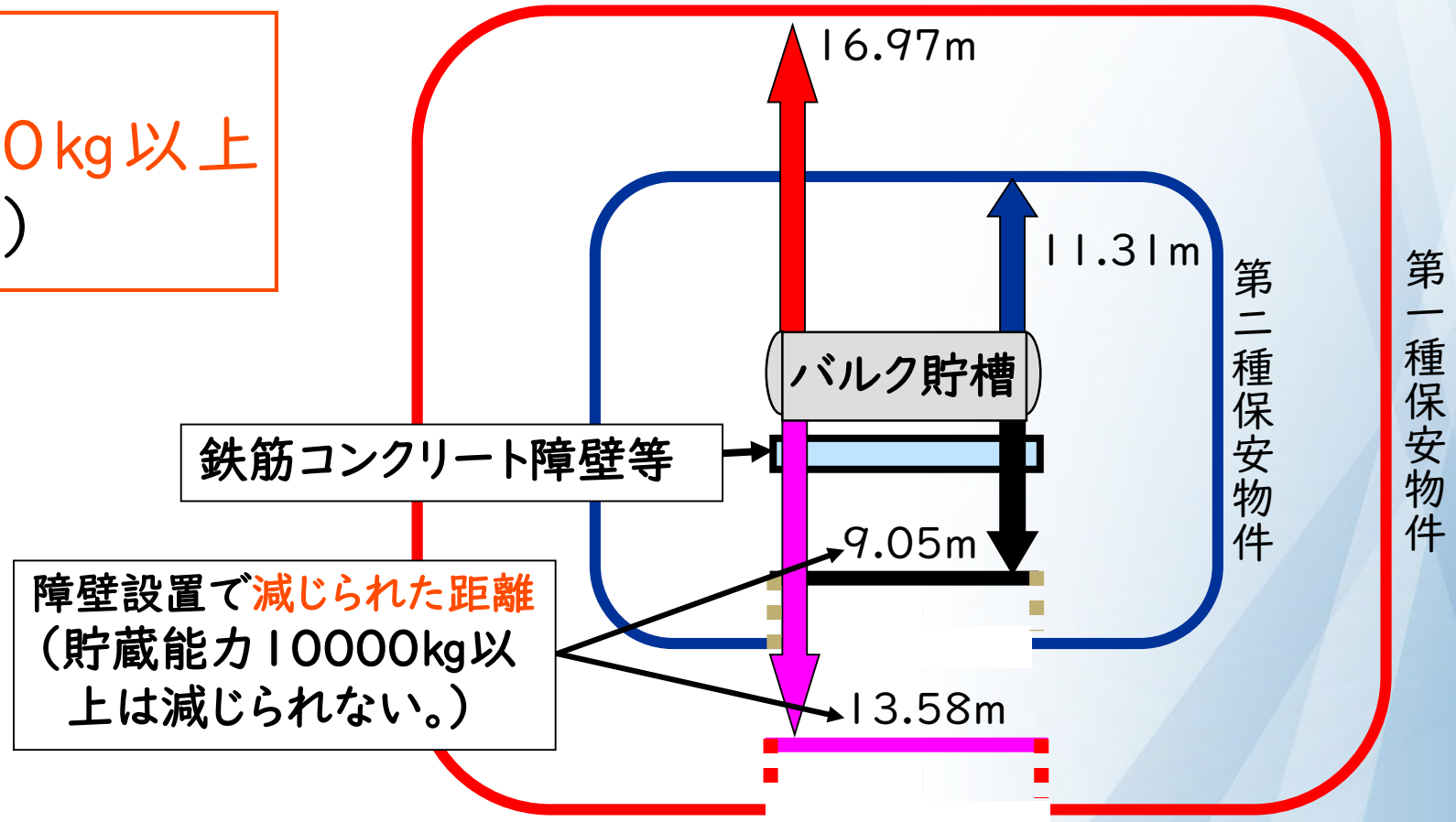
障壁設置で減じられた距離
（貯蔵能力10000kg以上
は減じられない。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図49 特定供給設備の技術上の基準（2）

規第54条

バルク貯槽
（貯蔵能力3000kg以上
10000kg未満）

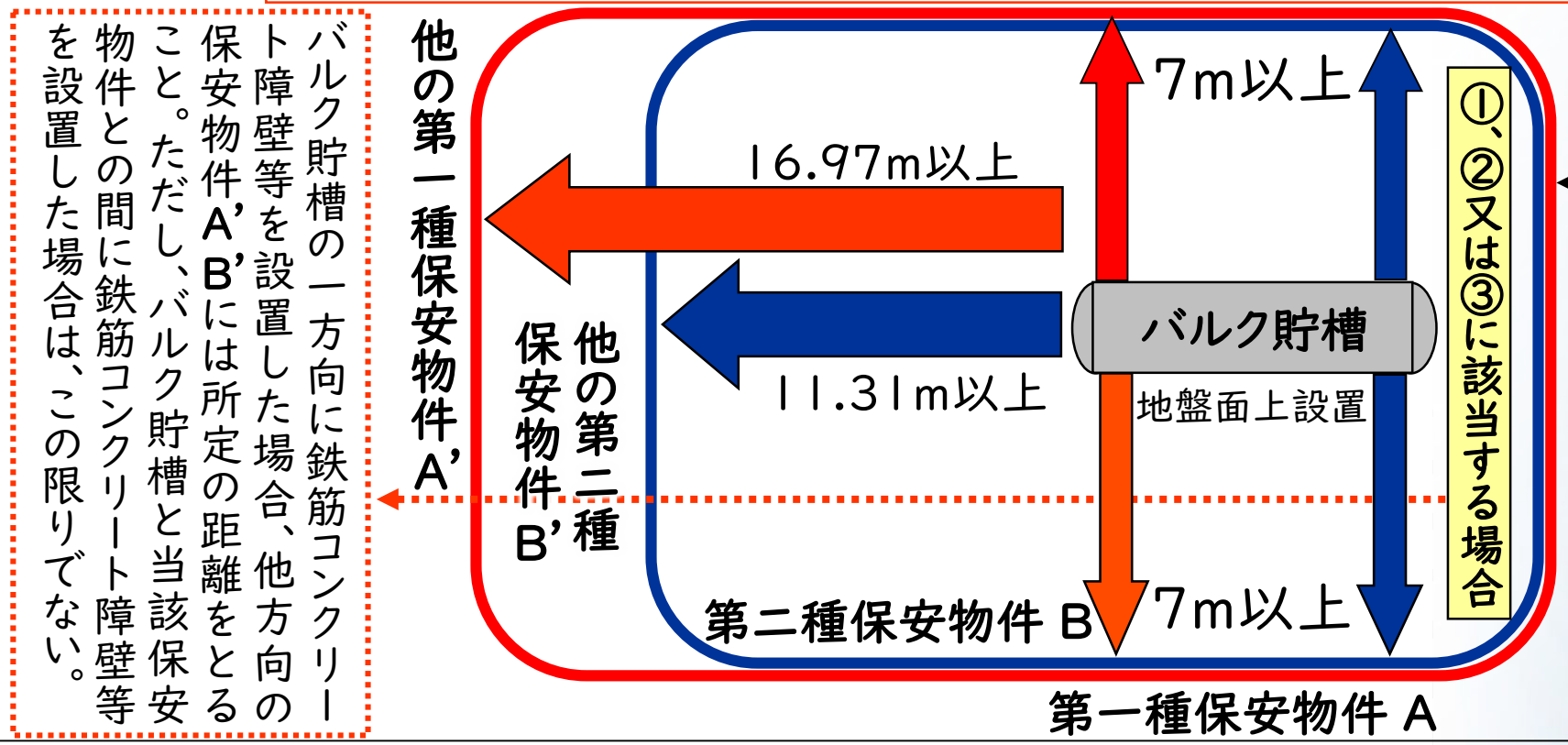


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図50 特定供給設備の技術上の基準（3）

規第54条

バルク貯槽（貯蔵能力1000kg以上3000kg未満）



次のいずれかで
距離不要（0m）
① 加熱試験に合格する構造壁等設置
② 鉄筋コンクリート障壁等設置
③ バルク貯槽を地盤面下埋設

バルク貯槽の一方向に鉄筋コンクリート障壁等を設置した場合、他方向の保安物件A’B’には所定の距離をとること。ただし、バルク貯槽と当該保安物件との間に鉄筋コンクリート障壁等を設置した場合は、この限りでない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図51 **供給設備・特定供給設備の点検（保安業務）** 規第36条

＊点検の時期（設備の種類と点検事項により異なる。）
→① 供給開始時　例：すべての事項
② 容器交換時（又は1月に1回以上）、充てん作業時（充てん設備による場合）
例：容器を置く位置から火気2m以内の火気遮断、貯蔵設備の外面から火気取扱い施設に対して5m以上
③ 1年に1回以上　例：地下室等の緊急遮断装置
④ 2年に1回以上　例：バルク貯槽の安全弁、液面計
⑤ 4年に1回以上　例：バルク貯槽の外面から第一種保安物件及び第二種保安物件に対する距離

上記③、④及び⑤の点検を前回の点検の日から所定の期間を経過した日（基準日）前4月以内の期間に行った場合は、基準日において当該点検を行ったものとみなす。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図52 **点検する者の資格等**

規第36条

＊すべての設備のすべての項目についてできる者
→① 液化石油ガス設備士
② 製造保安責任者免状の交付を受けている者
③ 販売主任者免状（第一種販売主任者免状、第二種販売主任者免状）の交付を受けている者（業務主任者を含む。）
④ 業務主任者の代理者の資格取得者
⑤ 保安業務員（規則第36条第2項の要件に適合する者）
⑥ 充てん作業者

⑦ 調査員の資格取得者
・点検項目
バルク供給に係る設備以外のものに限り、容器、貯槽、調整器及びこれらの間の供給管等に限る。
・点検時期
1）供給開始時　　2）容器交換時（又は1月に1回以上）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図13

表Ⅻ.2　特定供給設備（容器の場合）の点検項目および点検頻度

点検項目		点検頻度					
		供給開始時	毎月／容器交換時	6月	1年	2年	4年
規則第53条							
1号ハ	貯蔵設備から火気までの距離（8m）または流動防止措置	○	○				
1号リ	容器の転落・転倒防止措置、バルブなどの損傷防止措置	○	○				
1号ヌ	容器の腐食防止措置	○	○				
規則第18条（準用）							
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無	○	○				
20号イ	調整器の欠陥の有無およびLPガスへの適合性	○	◎				
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管および地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管に限り、ポリ管を除く。）	○			◎		
21号	地下室等における緊急遮断装置の設置	○			○		
規則第53条							
1号イ	貯蔵設備から保安物件までの距離	○					●
1号ロ	保安物件に対する障壁	○					●
1号ニ	貯蔵設備における換気口（滞留防止措置）	○					●
1号ホ	さく、へいなど	○					●
1号ヘ	警戒標	○					●
1号ト	消火設備	○					●
1号チ	貯蔵設備の屋根または遮へい板	○					●
規則第18条（準用）							
6号	バルブ、集合装置、供給管の腐食防止措置	○					◎
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管、地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管およびポリ管を除く。）	○					◎
20号ハ	調整器の調整圧力および閉そく圧力	○					◎

規第36条
規第50条

第1号認定販売事業者についての点検頻度の特例措置

認定対象消費者の供給設備について
◎10年に1回以上

認定対象消費者の燃焼器のすべてが所定の基準に適合している場合、当該消費者の供給設備について

●5年に1回以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図14

表Ⅳ.3　特定供給設備（貯槽の場合）の点検項目および点検頻度

点検項目		点検頻度					
		供給開始時	毎月	6月	1年	2年	4年
規則第53条							
2号ホ	貯槽から火気までの距離[1]または流動防止措置	○	○				
2号ヘ	他の貯槽に対する離隔距離（3000 kg以上の場合）	○	○				
2号ウ	バルブの開閉方向の明示と管にガスの流れ方向の表示	○	○				
規則第18条（準用）							
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無	○	○				
20号イ	調整器の欠陥の有無およびLPガスへの適合性	○	◎				
規則第53条							
2号ヌ	貯槽の腐食、割れなどの欠陥の有無	○			○		
規則第18条（準用）							
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管および地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管に限り、ポリ管を除く。）	○			◎		
21号	地下室等における緊急遮断装置の設置	○			○		
規則第53条							
2号ル	貯槽の腐食防止措置	○				○	
2号ヲ	貯槽の基礎の不同沈下対策	○				○	
2号ヨ	圧力計および安全弁	○				○	
2号タ	安全弁放出管	○				○	
2号レ	液面計（自動式および手動式の止め弁を含む。）	○				○	
2号ツ	受入管および供給管の緊急遮断装置（5000 L以上の場合）	○				○	
2号ネ	耐熱性の構造または散水装置（地盤面上貯槽の場合）	○				○	
2号ナ	ガス漏れ検知警報設備	○				○	
2号ラ	静電気除去措置	○				○	
2号ム	消火設備または防消火設備[2]	○				○	
2号イ	貯槽から保安物件までの距離	○					●
2号ロ	保安物件に対する障壁	○					●
2号ト	さく、へいなど	○					●
2号チ	LPガス貯槽である旨の朱書	○					●
規則第18条（準用）							
6号	バルブ、集合装置、供給管の腐食防止措置	○					◎
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管、地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管およびポリ管を除く。）	○					◎
20号ハ	調整器の調整圧力および閉そく圧力	○					◎

（注）1）3000 kg未満：5 m以上、3000 kg以上：8 m以上
2）3000 kg未満：消火設備、3000 kg以上：防消火設備

第1号認定販売事業者についての点検頻度の特例措置

規第36条
規第50条

認定対象消費者の供給設備について
◎10年に1回以上

認定対象消費者の燃焼器のすべてが所定の基準に適合している場合、当該消費者の供給設備について

●5年に1回以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図15

表Ⅳ.4　特定供給設備（バルク容器の場合）の点検項目および点検頻度

点検項目		点検頻度					
		供給開始時	毎月	6月／充てん時	1年	2年	4年
規則第19条（準用）							
1号ヌ	バルク容器の腐食防止措置	○		○			
4号	バルク容器からの漏えいの有無	○		○			
規則第53条（準用）							
1号ハ	貯蔵設備から火気までの距離（8m）または流動防止措置	○		○			
規則第18条（準用）							
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無	○		○			
20号イ	調整器の欠陥の有無およびLPガスへの適合性	○		◎			
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管および地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管に限り、ポリ管を除く。）	○			◎		
21号	地下室等における緊急遮断装置の設置	○			○		
規則第19条（準用）							
2号ニ	消火設備	○				○	
1号イ	カップリング用液流出防止装置を取り付けた液取入バルブ	○				○	
1号ニ	カップリングを取り付けた均圧バルブ	○				○	
1号ホ	液面計	○				○	
1号ト	ふた付きのプロテクター	○				○	
1号カ	安全弁放出管	○				○	
2号ハ	貯蔵設備の屋根または遮へい板	○					●
1号チ	LPガス、火気厳禁の朱書	○					●
1号リ	緊急連絡先の表示	○					●
1号ワ	車両が接触しない措置	○					●
規則第53条（準用）							
1号イ	貯蔵設備から保安物件までの距離	○					●
1号ロ	保安物件に対する障壁	○					●
規則第18条（準用）							
6号	バルブ、集合装置、供給管の腐食防止措置	○					◎
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管、地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管およびポリ管を除く。）	○					◎
20号ハ	調整器の調整圧力および閉そく圧力	○					◎

第1号認定販売事業者についての点検頻度の特例措置

規第36条
規第50条

認定対象消費者の供給設備について
◎10年に1回以上

認定対象消費者の燃焼器のすべてが所定の基準に適合している場合、当該消費者の供給設備について

●5年に1回以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図16

表Ⅳ.5　特定供給設備（バルク貯槽の場合）の点検項目および点検頻度

点検項目		点検頻度					
		供給開始時	毎月	6月／充てん時	1年	2年	4年
規則第54条							
2号ハ	バルク貯槽から火気までの距離[1]または流動防止措置	○		○			
規則第19条							
4号	バルク貯槽からの漏えいの有無	○		○			
規則第54条							
2号チ(2)	他の貯槽（3000 kg以上の場合）に対する離隔距離	○		○			
規則第18条（準用）							
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無	○		○			
20号イ	調整器の欠陥の有無およびLPガスへの適合性	○		◎			
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管および地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管に限り、ポリ管を除く。）	○			◎		
21号	地下室等における緊急遮断装置の設置	○			○		
規則第54条							
2号ニ	消火設備または防消火設備[2]	○				○	
規則第19条（準用）							
3号ハ(1)	安全弁	○				○	
3号ハ(2)	液面計	○				○	
3号ハ(4)	カップリング用液流出防止装置を取り付けた液取入弁	○				○	
3号ハ(7)	カップリングを取り付けた均圧弁	○				○	
3号ハ(8)	ふた付きのプロテクター	○				○	
3号ハ(11)	腐食防止措置	○				○	
3号ニ(4)	接地（地盤面上のバルク貯槽で大地と絶縁されている場合）	○				○	
3号ニ(5)	安全弁放出管	○				○	
規則第54条							
2号チ(3)	バルク貯槽の基礎の不同沈下対策（3000 kg以上の場合）	○				○	
2号チ(4)	耐熱性の構造または散水装置（地盤面上3000 kg以上の場合）	○				○	
2号チ(5)	静電気除去措置（3000 kg以上の場合）	○				○	
2号ロ(1)	貯蔵設備から保安物件までの距離（1000 kg以上3000 kg未満の場合）	○					●
2号ロ(2)	同上（3000 kg以上10000 kg未満の場合）	○					●
2号ロ(3)	障壁・地盤面下埋設	○					●
規則第19条（準用）							
3号ハ(9)	LPガス、火気厳禁の朱書	○					●
3号ハ(10)	緊急連絡先の表示	○					●
3号ニ(2)	車両が接触しない措置（地盤面上のバルク貯槽の場合）	○					●
3号ホ(2)	車両が乗り入れることのない措置（3000 kg未満埋設の場合）	○					●
3号ホ(6)	標識杭　（同上）	○					●
規則第18条（準用）							
6号	バルブ、集合装置、供給管の腐食防止措置	○					◎
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管、地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管およびポリ管を除く。）	○					◎
20号ハ	調整器の調整圧力および閉そく圧力	○					◎

（注）1）3000 kg未満：5 m以上、3000 kg以上：8 m以上
2）3000 kg未満：消火設備、3000 kg以上：防消火設備

第1号認定販売事業者についての点検頻度の特例措置

規第36条
規第50条

認定対象消費者の供給設備について
◎10年に1回以上

認定対象消費者の燃焼器のすべてが所定の基準に適合している場合、当該消費者の供給設備について

●5年に1回以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図17

表Ⅳ.6　供給設備（容器の場合）の点検項目および点検頻度

点検項目		点検頻度					
		供給開始時	毎月／容器交換時	6月	1年	2年	4年
規則第18条							
1号イ	容器から2m以内の火気をさえぎる措置および屋外設置[1]	○	○				
1号ロ	容器の腐食防止措置[1]	○	○				
1号ハ	容器を温度40℃以下に保つ措置[1]	○	○				
1号ニ	容器の転落・転倒防止措置、バルブの損傷防止措置[1]	○	○				
2号ロ	火気を取り扱う施設までの距離（5m以上）または流動防止措置[2]	○	○				
2号チ	容器の転落・転倒防止措置、バルブの損傷防止措置[2]	○	○				
2号リ	容器の腐食防止措置[2]	○	○				
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無（容器～調整器）	○	○				
20号イ	調整器の欠陥の有無およびLPガスへの適合性	○	◎				
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管および地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管に限り、ポリ管を除く。）	○			◎		
21号	地下室等における緊急遮断装置の設置（300kg以上に限る。）	○			○		
2号イ	貯蔵設備から保安物件までの距離または障壁[2]	○					●
2号ハ	貯蔵設備における換気口（滞留防止措置）[2]	○					●
2号ニ	さく、へいなど[2]	○					●
2号ホ	警戒標[2]	○					●
2号ヘ	消火設備[2]	○					●
2号ト	貯蔵設備の屋根または遮へい板[2]	○					●
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無（調整器～ガスメーター）	○					◎
6号	バルブ、集合装置、供給管の腐食防止措置	○					◎
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管、地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管およびポリ管を除く。）	○					◎
11号	燃焼器入口圧力の保持	○					◎
14号	地盤面上の供給管の危険標識	○					●
20号ハ	調整器の調整圧力および閉そく圧力	○					◎

（注）1）貯蔵能力が1000kg未満の場合に限る。
2）貯蔵能力が1000kg以上3000kg未満の場合に限る。

第1号認定販売事業者についての点検頻度の特例措置

規第36条
規第50条

認定対象消費者の供給設備について
◎10年に1回以上

認定対象消費者の燃焼器のすべてが所定の基準に適合している場合、当該消費者の供給設備について

●5年に1回以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図18

表Ⅻ.7　供給設備（貯槽の場合）の点検項目および点検頻度

点検項目		点検頻度					
		供給開始時	毎月	6月	1年	2年	4年
規則第18条							
3号ニ	火気を取り扱う施設までの距離（5m）または流動防止措置	○	○				
3号ナ	バルブの開閉方向の明示と管にガスの流れ方向の表示	○	○				
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無（容器～調整器）	○	○				
20号イ	調整器の欠陥の有無およびLPガスへの適合性	○	◎				
3号チ	貯槽の腐食、割れなどの欠陥の有無	○			○		
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管および地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管に限り、ポリ管を除く。）	○			◎		
21号	地下室等における緊急遮断装置の設置	○			○		
3号リ	貯槽の腐食防止措置	○				○	
3号ヌ	貯槽の基礎の不同沈下対策	○				○	
3号ワ	圧力計および安全弁	○				○	
3号カ	安全弁放出管	○				○	
3号ヨ	液面計（自動式および手動式の止め弁を含む。）	○				○	
3号タ	受入管および供給管の2以上のバルブ	○				○	
3号レ	耐熱性の構造または散水装置	○				○	
3号ソ	ガス漏れ検知警報設備	○				○	
3号ツ	静電気除去措置	○				○	
3号ネ	消火設備	○				○	
3号イ	貯槽から保安物件までの距離	○					●
3号ホ	さく、へいなど	○					●
3号ヘ	LPガス貯槽である旨の朱書	○					●
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無（調整器～ガスメーター）	○					◎
6号	バルブ、集合装置、供給管の腐食防止措置	○					◎
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管、地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管およびポリ管を除く。）	○					◎
11号	燃焼器入口圧力の保持	○					◎
14号	地盤面上の供給管の危険標識	○					●
20号ハ	調整器の調整圧力および閉そく圧力	○					◎

第1号認定販売事業者についての点検頻度の特例措置

規第36条
規第50条

認定対象消費者の供給設備について
◎10年に1回以上

認定対象消費者の燃焼器のすべてが所定の基準に適合している場合、当該消費者の供給設備について

●5年に1回以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図19

表Ⅶ.8　供給設備（バルク容器の場合）の点検項目および点検頻度

点検項目		点検頻度					
		供給開始時	毎月	6月／充てん時	1年	2年	4年
規則第19条							
1号ヌ	バルク容器の腐食防止措置	○		○			
1号ヨ	2m以内の火気をさえぎる措置および屋外設置[1]	○		○			
1号タ	バルク容器を温度40℃以下に保つ措置[1]	○		○			
2号ロ	バルク容器から火気までの距離（5m以上）または流動防止措置[2]	○		○			
4号	バルク容器からの漏えいの有無	○		○			
規則第18条（準用）							
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無（バルク容器～調整器）	○		○			
20号イ	調整器の欠陥の有無およびLPガスへの適合性	○		◎			
10号	**バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管および地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管に限り、ポリ管を除く。）**	○			◎		
21号	地下室等における緊急遮断装置の設置	○			○		
規則第19条							
1号イ	カップリング用液流出防止装置を取り付けた液取入バルブ	○				○	
1号ニ	カップリングを取り付けた均圧バルブ	○				○	
1号ホ	液面計	○				○	
1号ト	ふた付きのプロテクター	○				○	
1号カ	安全弁放出管	○				○	
2号ニ	消火設備[2]	○				○	
1号チ	LPガス、火気厳禁の朱書	○					●
1号リ	緊急連絡先の表示	○					●
1号ワ	車両が接触しない措置	○					●
2号イ	保安物件までの距離または障壁[2]	○					●
2号ハ	**貯蔵設備の屋根または遮へい板**[2]	○					●
規則第18条（準用）							
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無（調整器～ガスメーター）	○					◎
6号	バルブ、集合装置、供給管の腐食防止措置	○					◎
10号	**バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管、地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管およびポリ管を除く。）**	○					◎
11号	燃焼器入口圧力の保持	○					◎
14号	地盤面上の供給管の危険標識	○					●
20号ハ	調整器の調整圧力および閉そく圧力	○					◎

（注）1）貯蔵能力が1000kg未満の場合に限る。
2）貯蔵能力が1000kg以上3000kg未満の場合に限る。

第1号認定販売事業者についての点検頻度の特例措置

規第36条
規第50条

認定対象消費者の供給設備について
◎10年に1回以上

認定対象消費者の燃焼器のすべてが所定の基準に適合している場合、当該消費者の供給設備について

●5年に1回以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図20

表Ⅳ.9　供給設備（バルク貯槽の場合）の点検項目および点検頻度

点検項目		点検頻度					
		供給開始時	毎月	6月／充てん時	1年	2年	4年
規則第19条							
3号ヘ	2m以内の火気をさえぎる措置および屋外設置	○		○			
4号	バルク貯槽からの漏えいの有無	○		○			
規則第18条（準用）							
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無（バルク貯槽～調整器）	○		○			
20号イ	調整器の欠陥の有無およびLPガスへの適合性	○		◎			
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管および地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管に限り、ポリ管を除く。）	○			◎		
21号	地下室等における緊急遮断装置の設置	○			○		
規則第19条							
3号ハ(1)	安全弁	○				○	
3号ハ(2)	液面計	○				○	
3号ハ(4)	カップリング用液流出防止装置を取り付けた液取入弁	○				○	
3号ハ(7)	カップリングを取り付けた均圧弁	○				○	
3号ハ(8)	ふた付きのプロテクター	○				○	
3号ハ(11)	腐食防止措置	○				○	
3号ニ(4)	接地（地盤面上のバルク貯槽で大地と絶縁されている場合）	○				○	
3号ニ(5)	安全弁放出管	○				○	
3号ロ	保安物件までの距離または構造壁、埋設	○					●
3号ハ(9)	LPガス、火気厳禁の朱書	○					●
3号ハ(10)	緊急連絡先の表示	○					●
3号ニ(2)	車両が接触しない措置　（地盤面上の場合）	○					●
3号ホ(2)	車両が乗り入れることのない措置（埋設の場合）	○					●
3号ホ(6)	標識杭　（同上）	○					●
規則第18条（準用）							
5号	バルブ、集合装置、供給管、ガス栓の欠陥の有無（調整器～ガスメーター）	○					◎
6号	バルブ、集合装置、供給管の腐食防止措置	○					◎
10号	バルブ、集合装置、気化装置、供給管の漏えい試験（地下室等に係る供給管、地下室等に係る供給管以外の供給管で亜鉛めっきなどを施した埋設管およびポリ管を除く。）	○					◎
11号	燃焼器入口圧力の保持	○					◎
14号	地盤面上の供給管の危険標識	○					●
20号ハ	調整器の調整圧力および閉そく圧力	○					◎

第1号認定販売事業者についての点検頻度の特例措置

規第36条
規第50条

認定対象消費者の供給設備について
◎10年に1回以上

認定対象消費者の燃焼器のすべてが所定の基準に適合している場合、当該消費者の供給設備について

●5年に1回以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

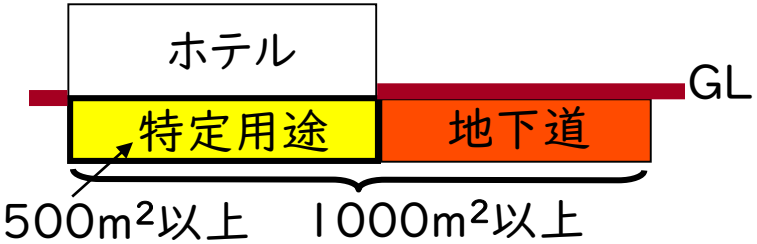
参考図21 地下室等とは

規第18条、告示第3条

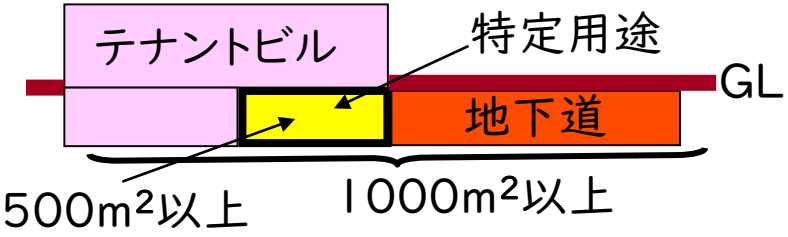
［1］特定地下街等

①地下街

②特定用途建築物

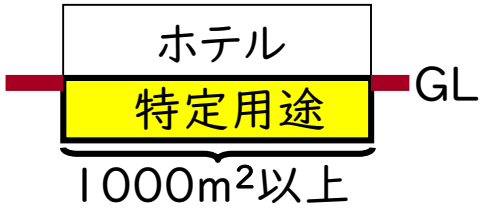


③特定複合用途建築物

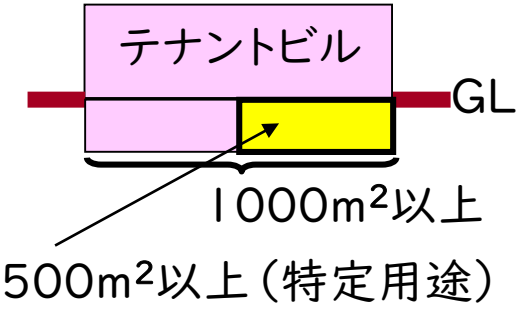


［2］特定地下室等

①特定用途建築物



②特定複合用途 建築物



＃ 特定用途とは
- 劇場、映画館、公会堂等
- キャバレー、遊技場等
- 貸席、料理飲食店
- 百貨店、マーケット
- 旅館、ホテル
- 病院、診療所等
- 盲、ろう、養護学校、幼稚園
- 公衆浴場

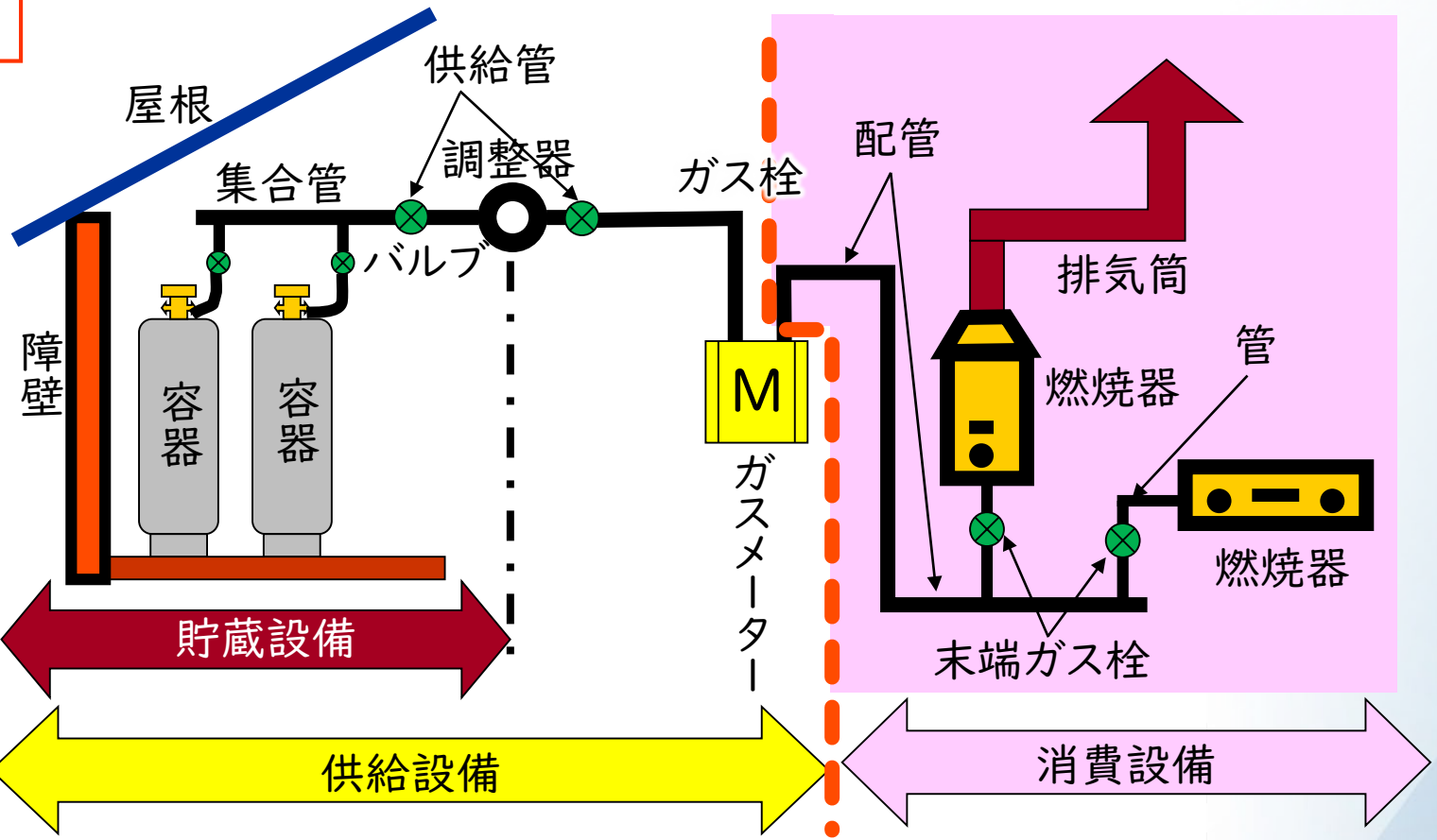
［3］［1］、［2］以外の地下室等（個別住宅以外）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図22 供給設備・消費設備の区分

法第2条、規第3条

体積販売

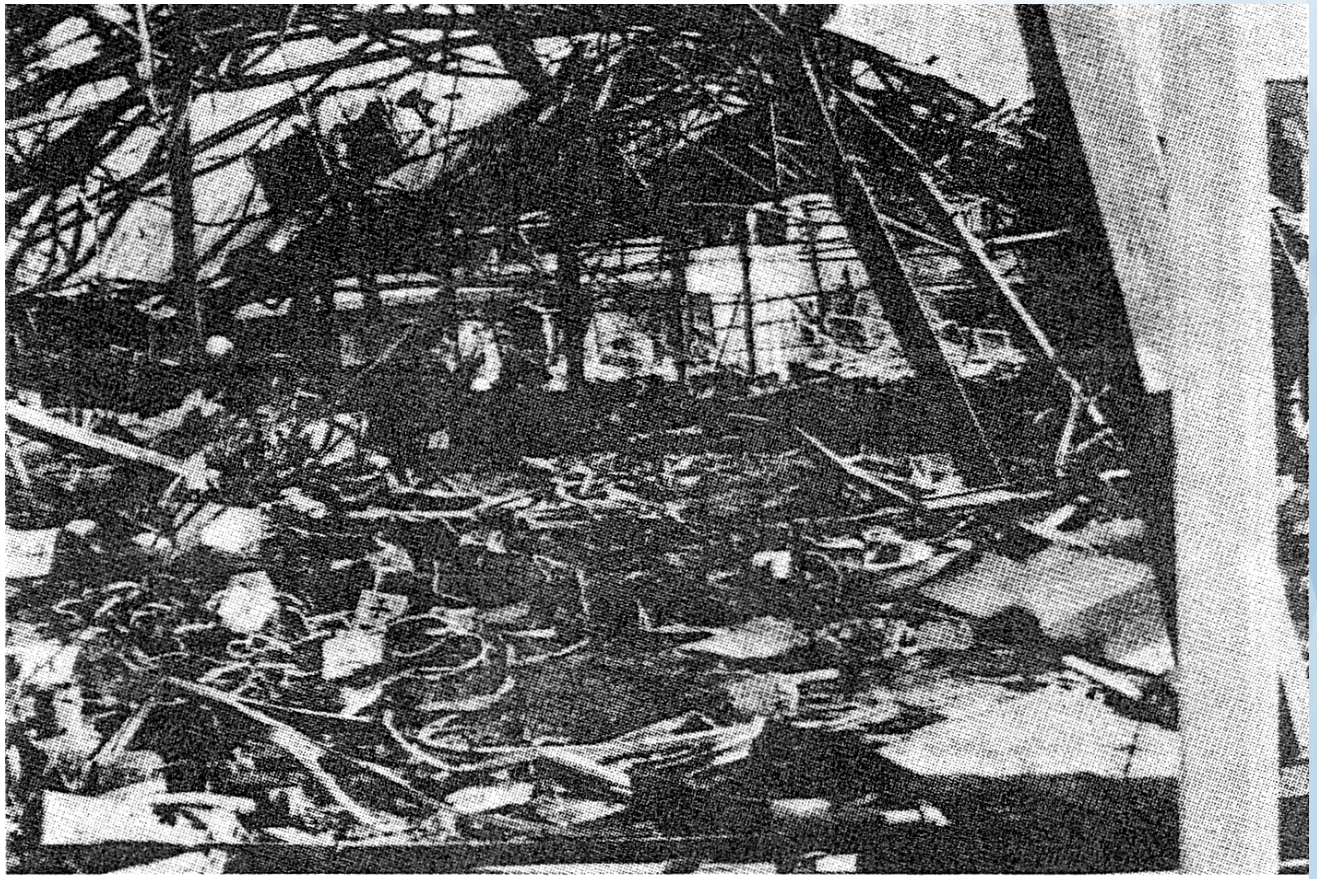


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料4）

昭和58年11月22日
静岡県掛川市
レクリエーション施設

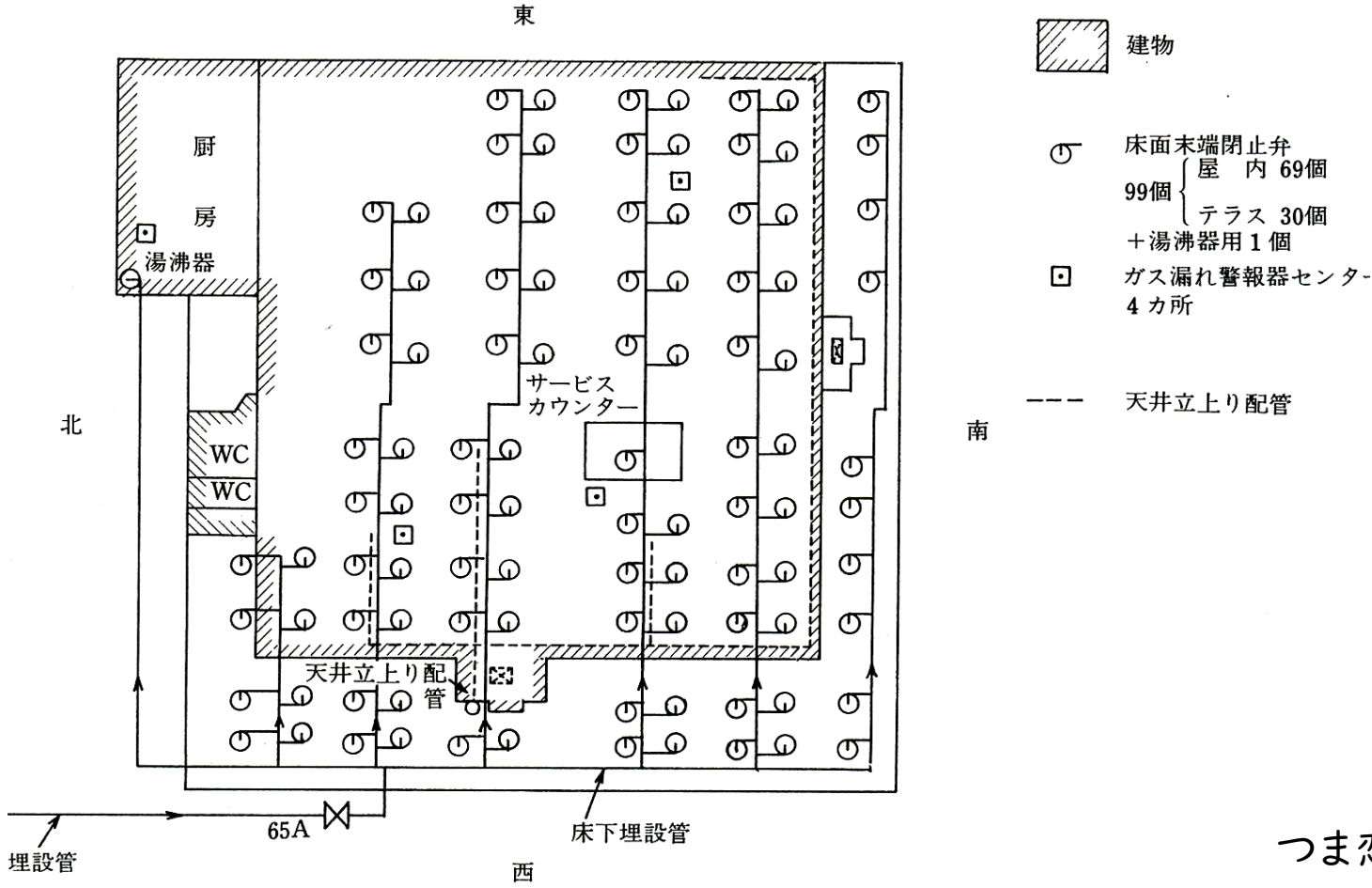
レストランにおけるLPガス爆発事故
死者14名、負傷者27名。レストラン（鉄骨平屋建て993.7㎡）全焼。
多数の末端ガス栓開放のままガスを供給したことによる爆発事故他



つま恋LPガス事故対策委員会報告より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

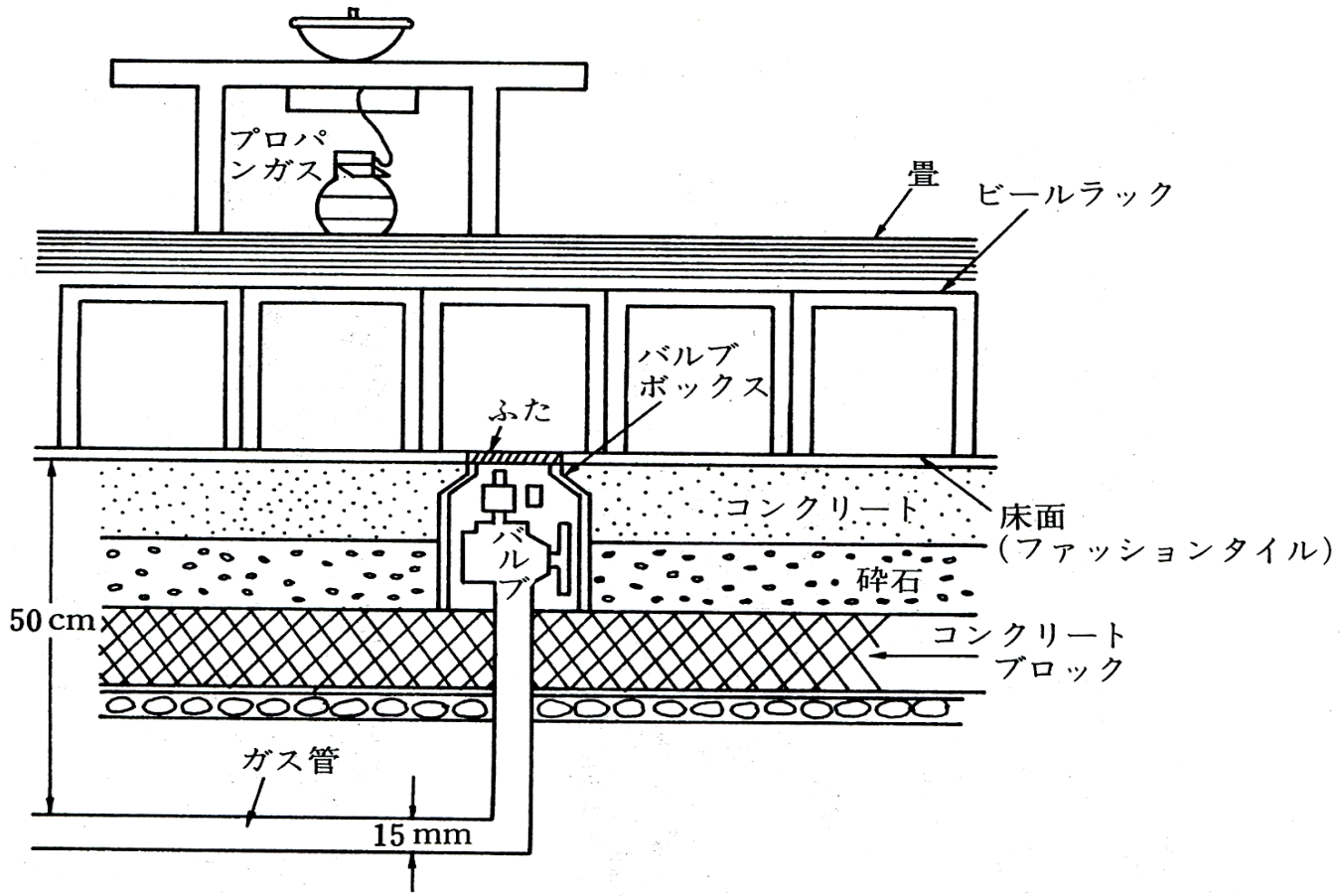
(2)「　　亭」LP ガス設備概要図



つま恋LPガス事故対策委員会報告より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3)「　　亭」断面図



つま恋LPガス事故対策委員会報告より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図53 **消費設備の技術上の基準（1）**

規第44条1号

配管等の技術上の基準

＊配管等

→① 配管、ガス栓、末端ガス栓と燃焼器の間の管は使用上支障のある腐しょく、割れ等の欠陥がないもの

② 建物の自重、土圧による損傷を受けるものには損傷防止措置

③ 地くずれ、山くずれ、地盤の不同沈下のおそれのある場所に設置禁止

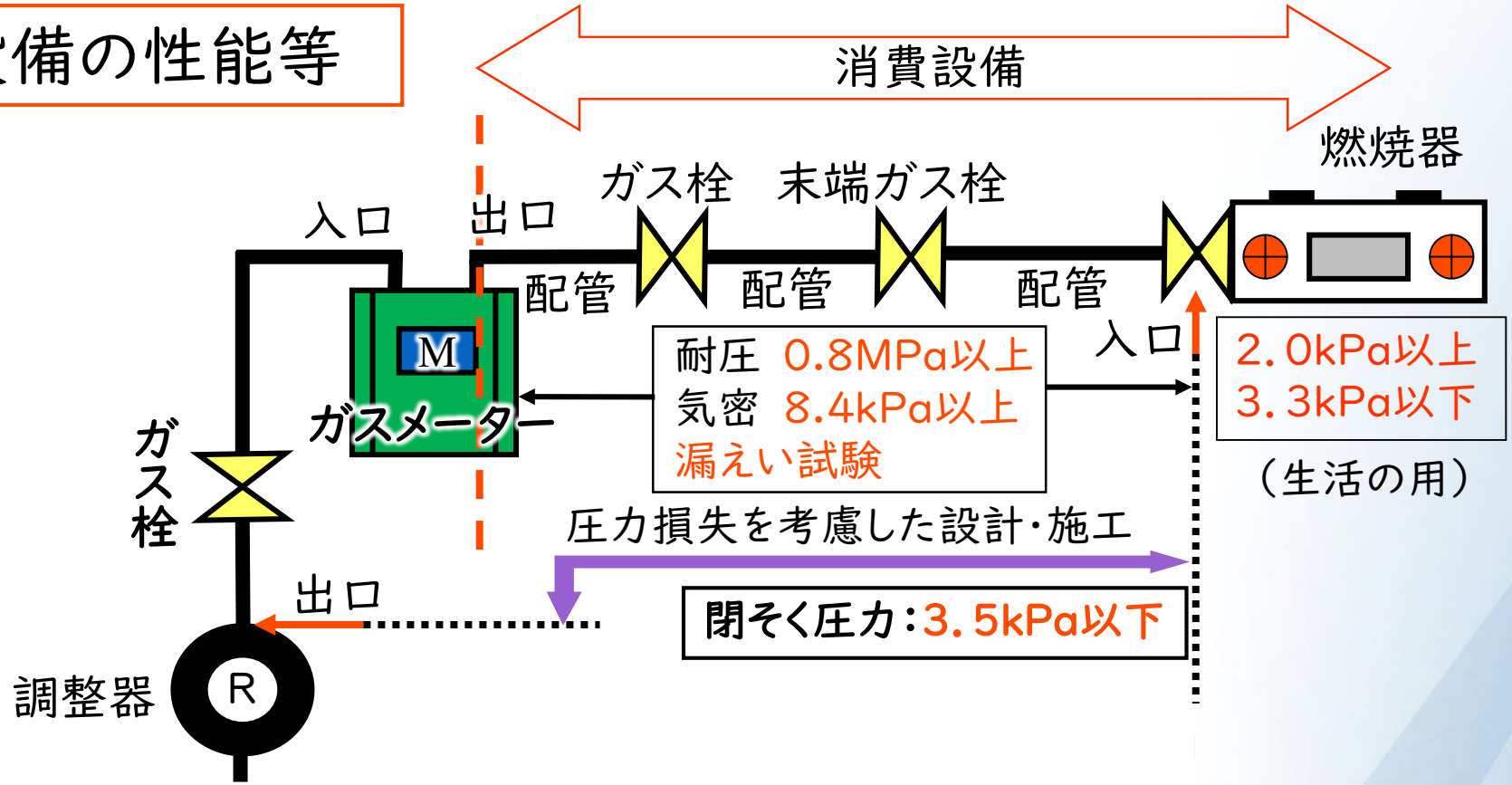
④ 建物の基礎面下に設置禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図54 消費設備の技術上の基準(2)

規第44条1号

消費設備の性能等



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図55 **消費設備の技術上の基準（3）**

法第35条の5、
規第44条1号ル、ヲ
（告示第9条～11条）

末端ガス栓の技術上の基準

＊末端ガス栓

→① 末端ガス栓と燃焼器とを硬質管、液化石油ガス用継手金具付低圧ホース、ゴム管等を用いて接続する場合は、その使用条件に照らし適切なものを用いること。

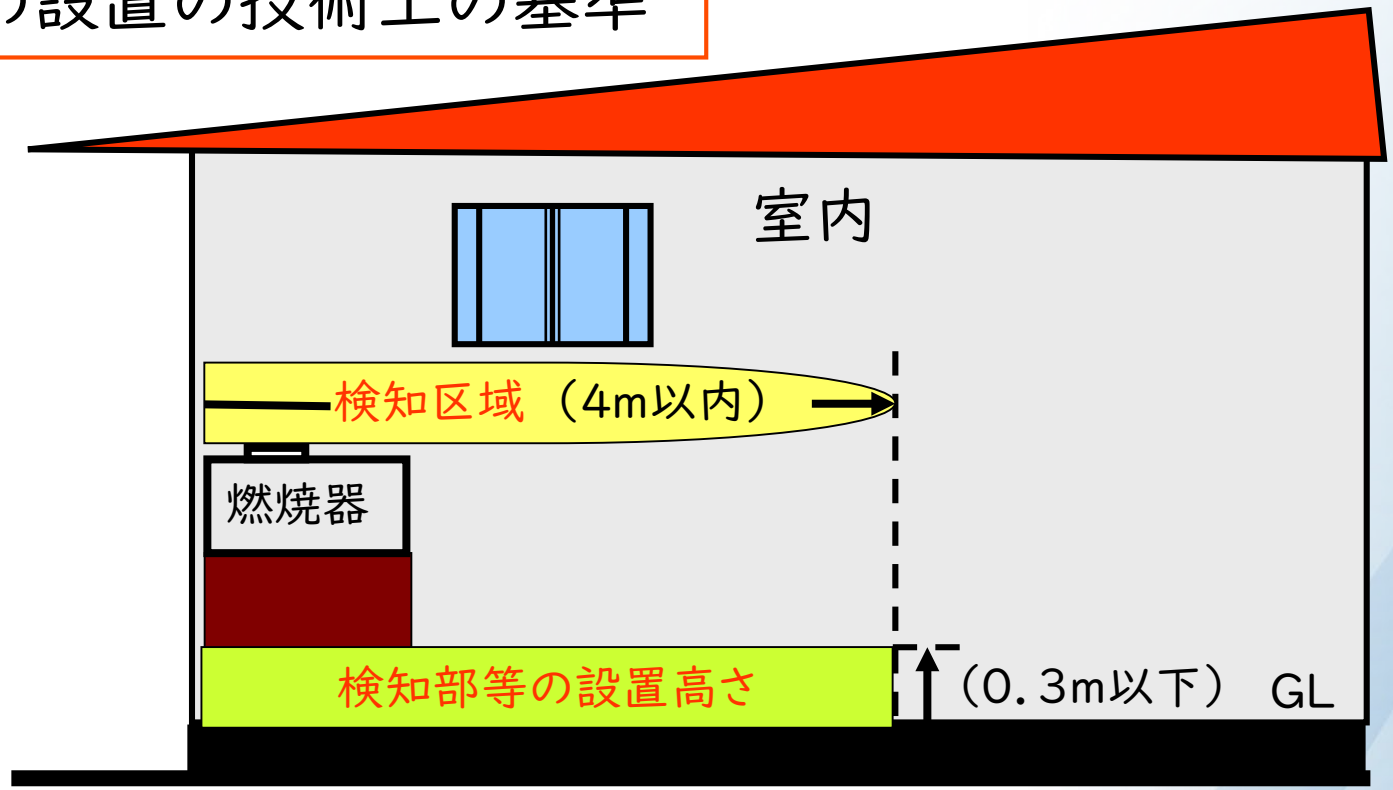
② 末端ガス栓は告示で定める燃焼器の区分に応じて、告示で定める方法により燃焼器と接続して設置 （ただし、告示で定めるところ（① 安全機構を内蔵するもの、② 金属製の栓をねじ接続するもの）により燃焼器と接続されないで設置も可）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図56 **消費設備の技術上の基準（4）**

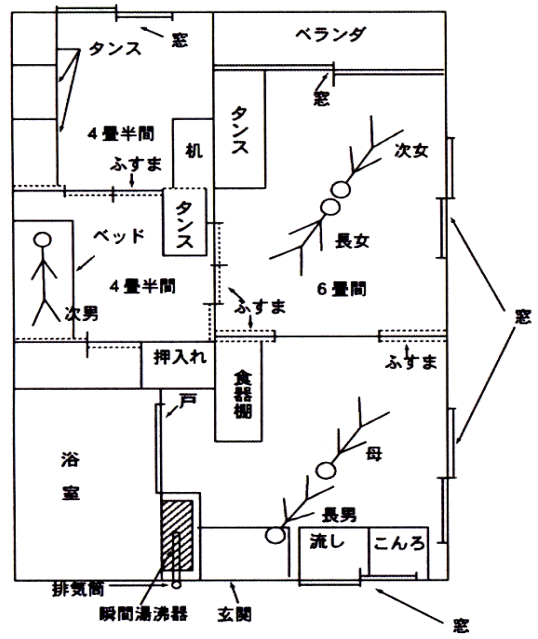
規第44条1号カ、（告示第13条）

ガス漏れ警報器の設置の技術上の基準

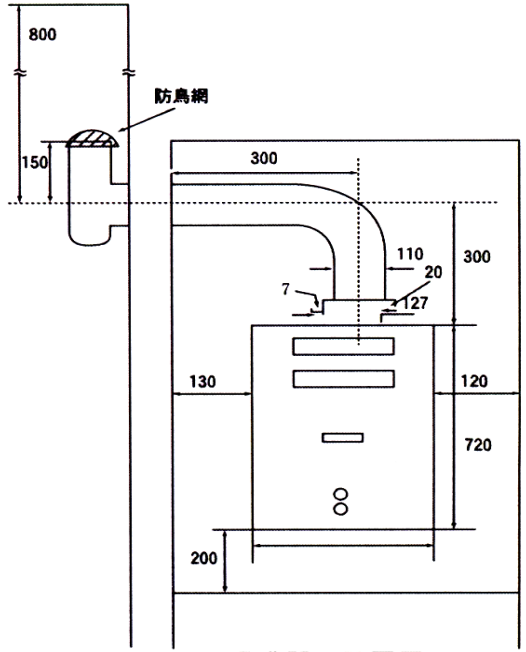


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料5） H8.12.30沖縄県糸満市 共同住宅におけるCO中毒事故。死者5名。



事故発生現場の間取り図



湯沸器の設置図

排気筒の径が一次排気筒より小さく、接続部がずれていて排気ガスが室内に漏えい。不完全燃焼防止装置なし。屋外排気筒の立ち上がり部の高さ不足。排気トップなし。

地域普及用テキスト
「CO中毒事故を防止するために」より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

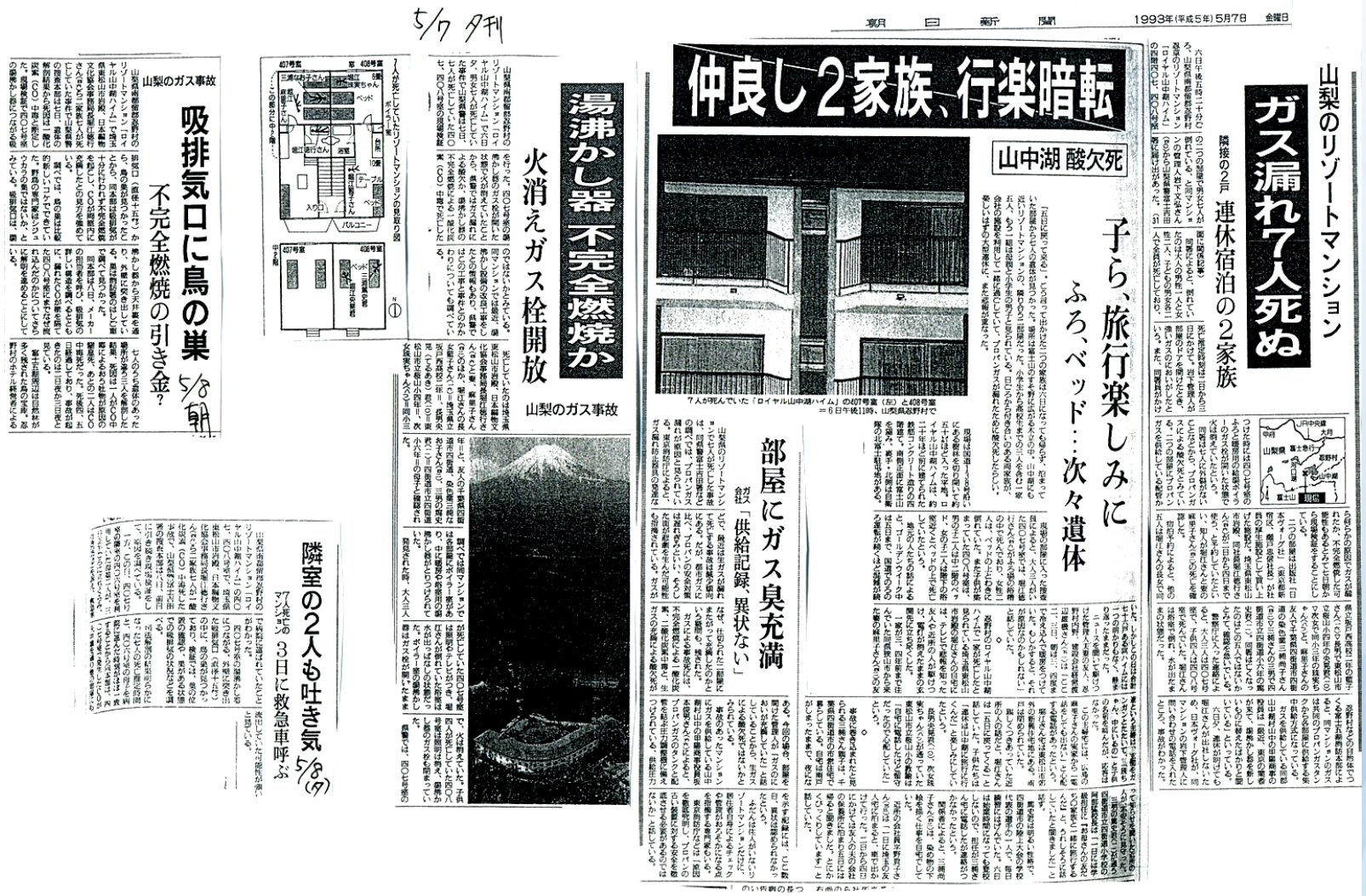
（資料6－1）

平成5年5月6日
山梨・忍野村リゾートマンション簡易ガス（LPガス）
CO中毒事故　死者7名

- 排気筒先端に鳥の巣があったことから排気不十分になり、COが発生。天井裏を通じて隣室にもCOが流入し、2部屋2家族全員が死亡した。
- 平成5年12月22日特監法対象器具として「密閉式ふろがま」「密閉式湯沸器」「瞬間湯沸器以外の湯沸器」等が追加された。
- 平成6年10月、排気筒の基準強化（鳥の巣対策等）（液化石油ガス法施行規則第44条第1号タ等）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（資料6−2）



山梨のリゾートマンション
ガス漏れ7人死ぬ
隣接の2戸 連休宿泊の2家族

仲良し2家族、行楽暗転
山中湖 酸欠死
子ら、旅行楽しみに
ふろ、ベッド…次々遺体

部屋にガス臭充満
ガス会社「供給記録、異状ない」

湯沸かし器 不完全燃焼か
火消えガス栓開放
山梨のガス事故

吸排気口に鳥の巣
不完全燃焼の引き金？
山梨のガス事故

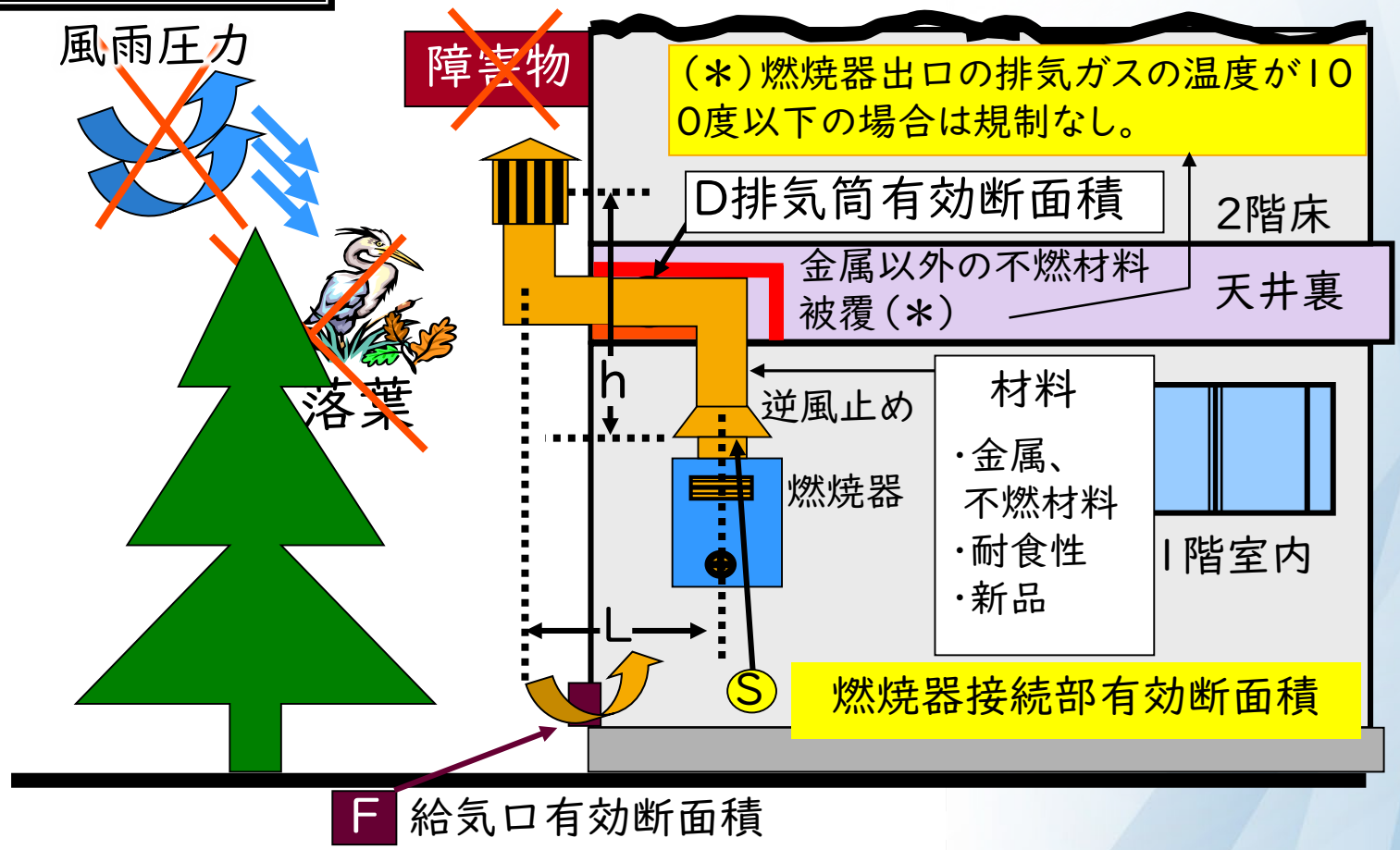
隣室の2人も吐き気
7人死亡のマンション 3日に救急車呼ぶ

5/7 夕刊
5/8 朝

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図57 **排気筒の設置基準**

法第35条の5、規第44条1号ヨ～タ



h：計算式あり
h+L：排気筒の長さ

D≧S
F≧D

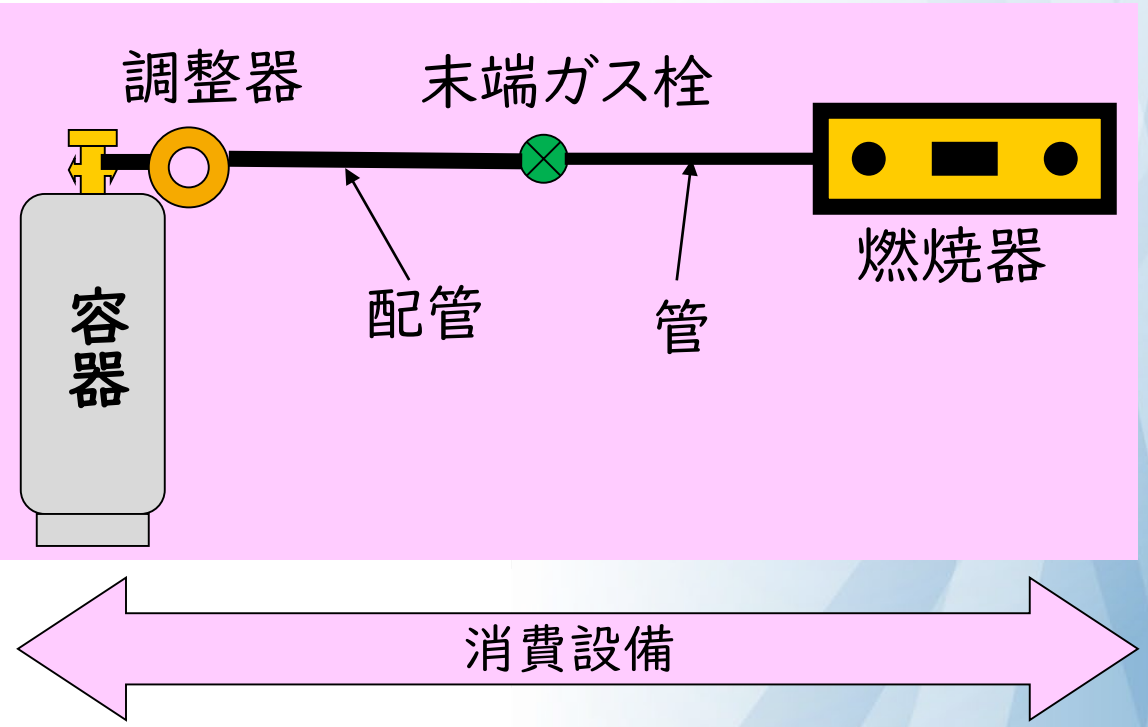
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図23 消費設備

規第16条3号、13号
37条1号ロ、44条2号

質量販売

- 内容積20L（カップリング付容器用弁を装置しているものは25L）以下の容器による場合
- 調整器を接続した内容積8L以下の容器
- 屋外で移動して消費する場合
- その他特に認められた場合

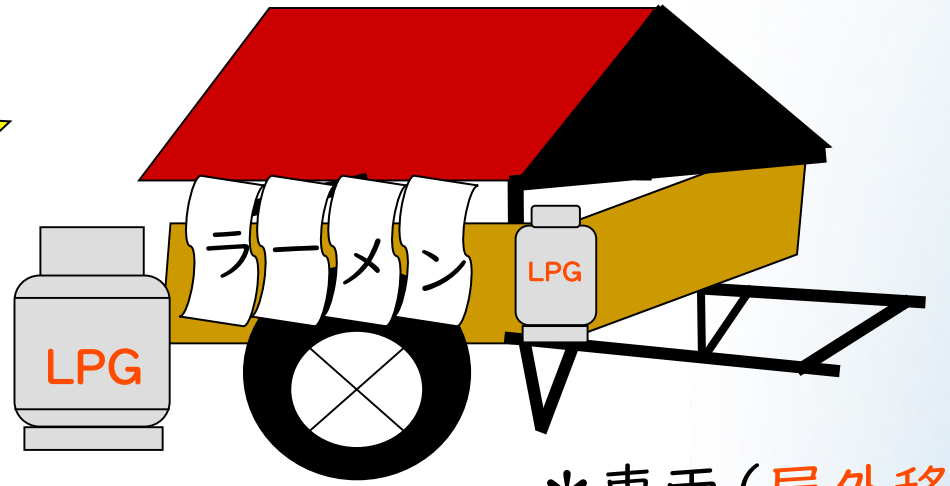


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図24 質量販売とは

法第16条、規第16条3号、13号、44条2号

配管に接続しないで引渡しできる販売（残ガス清算が必要。）



＊内容積25L以下の容器
（カップリング付容器用弁のものに限る。）
＊調整器付の内容積8L以下の容器

＊車両（屋外移動）等の消費設備の容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図25 液化石油ガス用一般複合容器の例

（カップリング付容器用弁を装置した内容積25L以下の容器（右））

液化石油ガス用容器の外観の比較

左は鋼製の溶接容器（8kg型容器、容器だけの質量は9.6kg）

右は一般複合容器（7.5kg型容器、容器だけの質量は4.4kg）

液化石油ガス用一般複合容器の定義

（容器保安規則第2条第11号の2）

「プラスティックライナー製一般複合容器のうち、液化石油ガス（炭素数3又は4の炭化水素を主成分とするものに限る。）を充填するための容器（ケーシングを有するものに限る。）」

（注）容器再検査期間、充填可能期限の適用上は容器保安規則第2条第11号の「一般複合容器」に含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図58－1 消費設備の調査の方法（保安業務）

規第37条

＊調査の時期（調査項目により異なる。）

→① 供給開始時（体積販売）、最初の引渡し時（質量販売）

例：すべての事項

② 1年に1回以上

例：配管の漏えい試験

③ 4年に1回以上

例：配管、ガス栓、末端ガス栓と燃焼器の間の管の腐しょく、割れ等の欠陥確認

上記②及び③の調査を前回の調査の日から所定の期間を経過した日（基準日）前4月以内の期間に行った場合は、基準日において当該調査を行ったものとみなす。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図58−2 消費設備の調査（保安業務）再調査

規第37条

＊再調査

調査の結果、基準不適合の場合

→① 1年に1回以上、当該消費設備の技術上の基準に適合するようにするためにとるべき措置及びその措置をとらなかった場合に生ずべき結果をその所有者又は占有者に通知すること。（所有者等が所要の措置をとった場合はこの限りでない。）

② その通知の日から1月を経過した日以後5月以内に、再び当該通知に係る事項について所定の調査を行うこと。ただし、直近の当該調査がこの②の規定によるものである場合は、この限りでない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図59 **調査する者の資格等（保安業務資格者）** 規第37条

＊すべての設備のすべての項目についてできる者
→① 液化石油ガス設備士
② 製造保安責任者免状の交付を受けている者
③ 販売主任者免状（第一種販売主任者免状、第二種販売主任者免状）の交付を受けている者（業務主任者を含む。）
④ 業務主任者の代理者の資格取得者
⑤ 保安業務員

⑥ 調査員の資格取得者
・点検項目
質量販売の容器、調整器に係る部分のみ
・点検時期
最初の引渡し時・月１回（引渡さない月を除く。）以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図26

表Ⅳ.10　消費設備の調査項目および調査頻度（質量により販売する場合を除く。）

調査項目		調査頻度					
		供給開始時	毎月	6月	1年	2年	4年
規則第44条							
1号ヘ	配管の漏えい試験（地下室等に係る部分および地下室等に係る部分以外の配管で亜鉛めっきなどを施した埋設管に限り、ポリ管を除く。）	○			○		
1号ヲ	末端ガス栓と燃焼器の接続方法（地下室等に限る。）	○			○		
告示123号第10条第11条	燃焼器と接続されていない末端ガス栓の設置方法（地下室等に限る。）				○		
1号イ	配管、ガス栓の腐食、割れなどの欠陥の有無	○					●
1号ロ	配管の腐食防止措置	○					◎
1号ヘ	配管の漏えい試験（地下室等に係る部分、地下室等に係る部分以外の配管で亜鉛めっきなどを施した埋設管およびポリ管を除く。）	○					◎
1号ト	燃焼器入口圧力の保持	○					◎
1号ヌ	電熱式気化装置使用の場合の手動復帰式自動ガス遮断器	○					●
1号ヲ	末端ガス栓と燃焼器の接続方法（地下室等を除く。）	○					●
告示123号第10条第11条	燃焼器と接続されていない末端ガス栓の設置方法（地下室等を除く。）						●
1号ワ	燃焼器のLPガス適合性	○					●
1号カ	規則第86条各号の施設もしくは建築物ならびに地下室等におけるガス漏れ警報器の設置と設置方法	○					●
1号ヨ	屋内設置のふろがまおよび大型湯沸器に設ける排気筒（密閉式を除く。）	○					●
1号タ	(1) 自然排気式の場合の排気筒の基準						
	①不燃性の材料の使用	○					●
	②逆風止め	○					●
	③有効断面積	○					●
	④先端の位置（屋外）	○					●
	(2) 強制排気式の場合の排気筒の基準						
	①不燃性の材料の使用	○					●
	②先端の位置（屋外）	○					●
1号ツ	小型湯沸器設置の室の換気扇の設置または給排気を行うための開口部の有無（排気筒が設けられている場合を除く。）	○					●
1号ネ	屋内設置の密閉式のふろがまや湯沸器の場合の基準						
	①給排気部の壁貫通部の隙間の有無	○					●
	②給排気部の先端の位置（屋外）	○					●
1号ム	燃焼器の正常な排気（告示で定める強制排気式）	○					●

第1号認定販売事業者についての調査頻度の特例措置

規第37条
規第50条

認定対象消費者の消費設備について
◎10年に1回以上

認定対象消費者の燃焼器のすべてが所定の基準に適合している場合、当該消費者の消費設備について

●5年に1回以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図27

規第37条

表Ⅻ.11　質量販売における調査項目および調査頻度（1）

規則	調　査　項　目	調　査　頻　度			
		最初の引渡し時	毎月*	1年	4年
第44条					
2号イ(4)（準用：規則第18条第1号イ）	容器から2m以内の火気をさえぎる措置および屋外設置	○	○	—	—
2号イ(4)（準用：規則第18条第1号ロ）	容器の腐食防止措置	○	○	—	—
2号イ(4)（準用：規則第18条第1号ハ）	容器を温度40℃以下に保つ措置	○	○	—	—
2号イ(4)（準用：規則第18条第1号ニ）	容器の転落、転倒防止措置、バルブ等の損傷防止措置 ・落下物によるバルブ等の損傷のおそれがないこと。	○	○	—	—
2号イ(6)（準用：規則第18条　第20号イ）	調整器の欠陥の有無およびLPガスへの適合性	○	○	—	—
2号イ(7)（準用：規則第44条第1号ヘ）	埋設部および地下室等における漏えい試験（注：白管または白管に防食テープを施したものは埋設部および地下室等、その他の管（PE管を除く。）にあっては地下室等）	○	—	○	—
2号イ(8)（準用：規則第44条第1号ヲ）告示123号　第10・11条	末端ガス栓と燃焼器の接続方法（地下室等に限る。）	○	—	○	—
	燃焼器と接続されていない末端ガス栓の設置方法（地下室等に限る。）	○	—	○	—
2号イ(3)	燃焼器入口圧力の保持	○	—	—	○
2号イ(5)（準用：規則第18条第10号）	バルブ、集合装置、気化装置および供給管の漏えい試験	○	—	—	○
2号イ(6)（準用：規則第18条　第20号ハ）	調整器の調整圧力および閉そく圧力	○	—	—	○
2号イ(7)（準用：規則第44条第1号ロ及びヘ）	配管の腐食防止措置	○	—	—	○
	漏えい試験（上記『注』およびPE管を除く供給管）	○	—	—	○

＊引渡さない月を除く。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図28

規第37条

表Ⅶ.12　質量販売における調査項目および調査頻度（2）

2号イ(8)（準用：規則第44条第1号ヲ）告示123号　第10・11条	末端ガス栓と燃焼器の接続方法（地下室等を除く。）	○	—	—	○
	燃焼器と接続されていない末端ガス栓の設置方法（地下室等を除く。）	○	—	—	○
2号イ(9)（準用：規則第44条第1号ヨ、ツ、ネ、ム）	屋内設置のふろがまおよび大型湯沸器に設ける排気筒（密閉式を除く。）	○	—	—	○
	小型湯沸器設置の室の換気扇の設置または給排気を行うための開口部の有無（排気筒が設けられている場合を除く。）（不燃防付を除く。）	○	—	—	○
	屋内設置の密閉式のふろがまや湯沸器の場合の基準	○	—	—	○
	①給排気部の壁貫通部の隙間の有無	○	—	—	○
	②給排気部の先端の位置（屋外）	○	—	—	○
	排気ファンの作動状況の確認（告示で定める強制排気式燃焼器に限る。）	○	—	—	○
2号イ(10)（準用：規則第44条第1号タ）	(1)　自然排気式の場合の排気筒の基準				
	①不燃性の材料の使用　新設または交換する場合にはSUS304と同等以上の材料）	○	—	—	○
	②逆風止め	○	—	—	○
	③有効断面積	○	—	—	○
	④先端の位置（屋外）	○	—	—	○
	(2)　強制排気式の場合の排気筒の基準	○	—	—	○
	①不燃性の材料の使用（新設または交換する場合にはSUS304と同等以上の材料）	○	—	—	○
	②先端の位置（屋外）	○	—	—	○
2号イ(13)（準用：規則第44条第1号イ、ヌ）	配管、ガス栓の腐食、割れ等の欠陥の有無	○	—	—	○
	電熱式気化装置使用の場合の手動復帰式自動ガス遮断器	○	—	—	○

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図60 一般消費者等への周知（保安業務）

規第38条、38条の2

書面

保安機関

液化石油ガスによる災害の発生の防止に関し必要な事項

イ．所定の消費量以下の瞬間湯沸器（開放燃焼式のものに限る。）
ロ．所定の消費量以下の瞬間湯沸器（イ．以外）（密閉式、屋外式を除く。）、ガスバーナー付ふろがま（密閉式、屋外式を除く。）又はふろがま（いずれも安全装置なしのもの）

周知

一般消費者等

イ．ロ．以外の燃焼器を所有・占有する者については供給開始時及び2年に1回以上

イ．ロ．の燃焼器を所有・占有する者については供給開始時及び1年に1回以上

上記1年又は2年の周知を、前回の周知の日から所定の期間を経過した日（基準日）前4月以内の期間に行った場合は、基準日において当該周知を行ったものとみなす。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考図29 周知書面の例

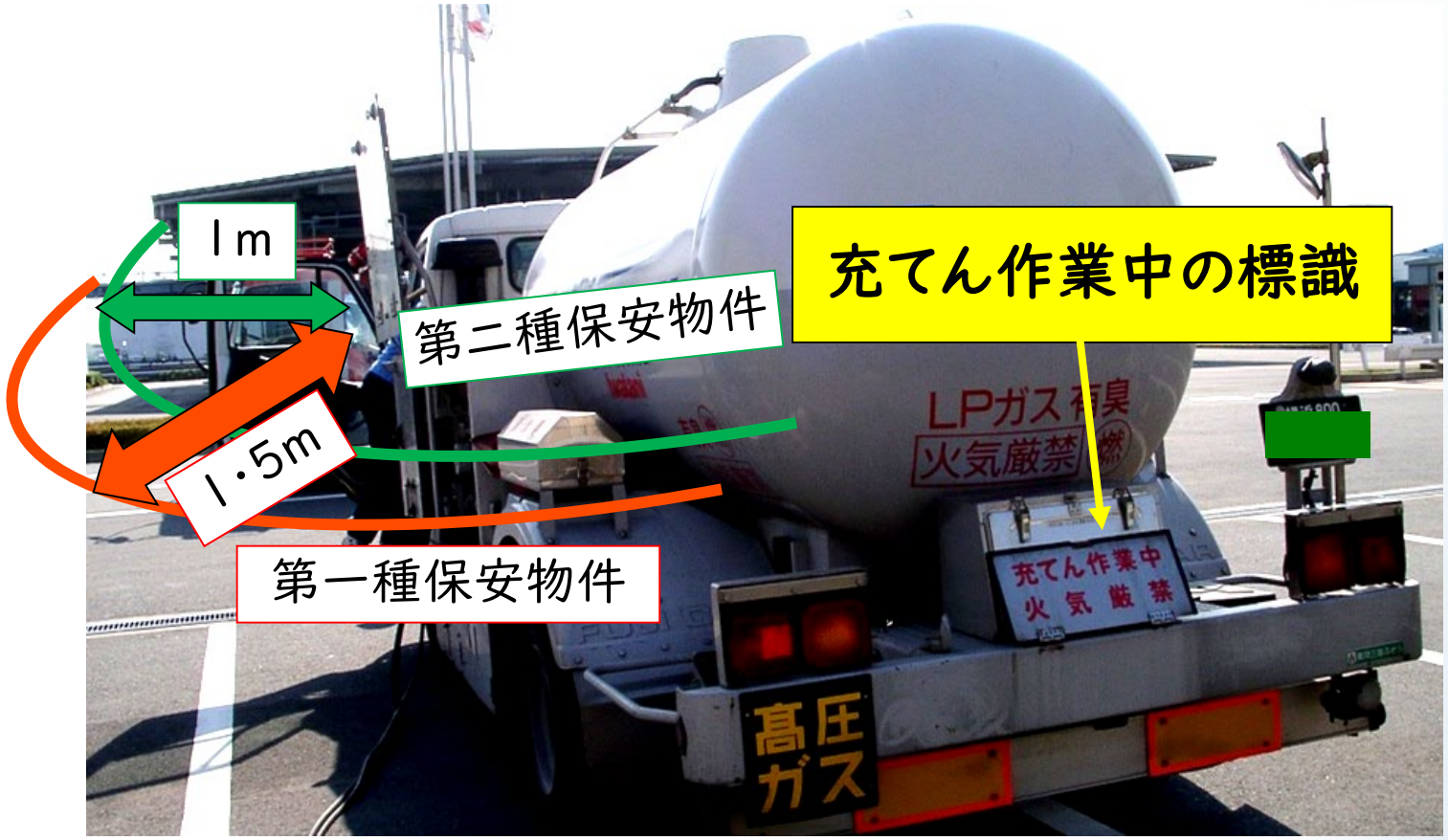
規第38条の2
38条の3

周知は、所定の周知すべき事項を記載した書面を一般消費者等に配布し、当該事項を周知させなければならないが、これに代えて、当該一般消費者等の承諾を得て、周知事項を電子情報処理組織を使用する方法その他の情報通信の技術を利用する方法（電磁的方法）により提供することができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

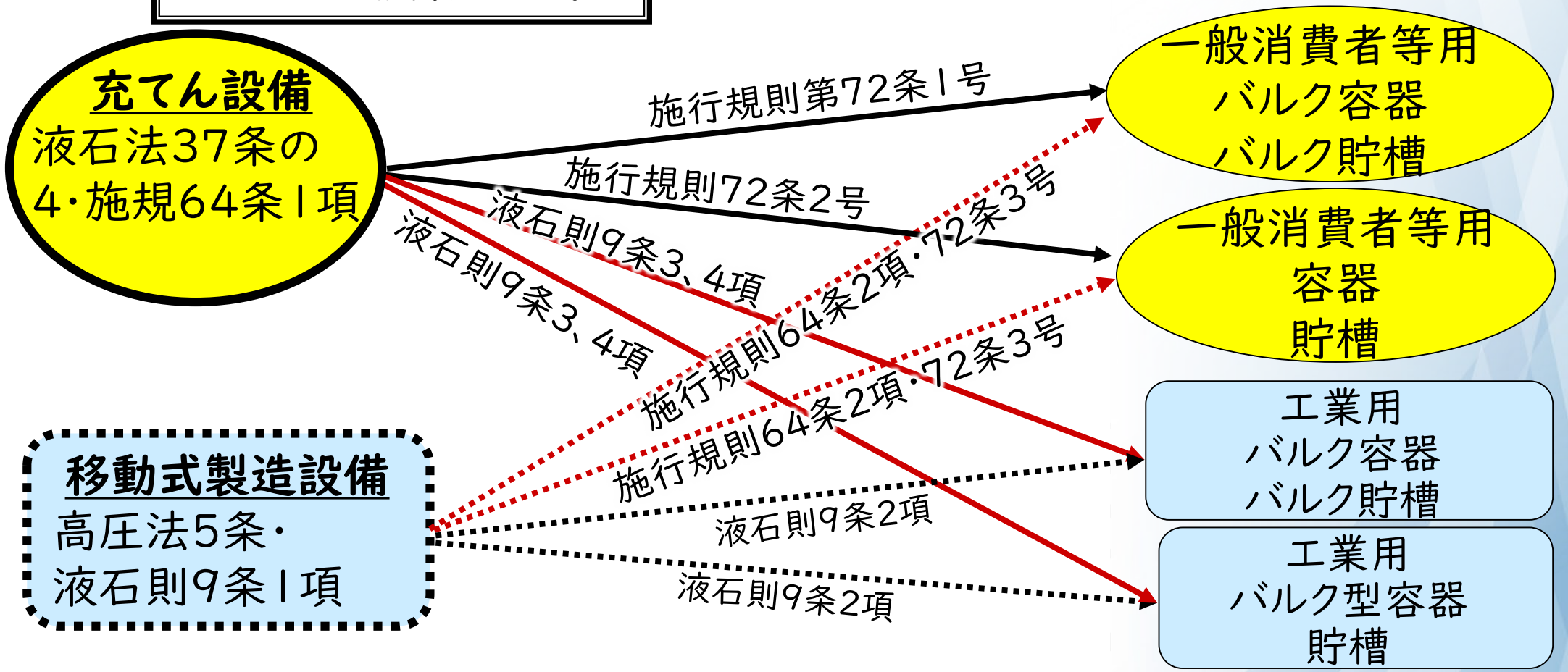
参考図30 充てん設備の充てん作業の例

規第72条1号

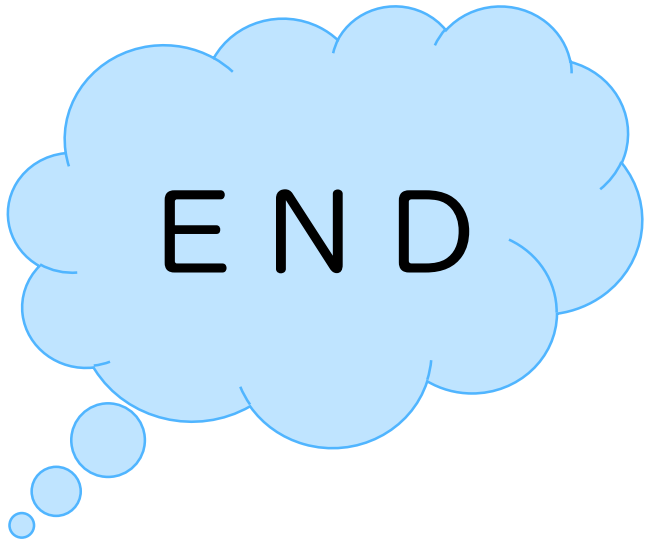


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図61 バルク供給方式



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan



ご静聴ありがとうございました。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種販売講習

講習科目：保安管理技術

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.物理・化学の基礎知識

Ⅰ.1　分子と原子、単体と化合物

（1）分子と原子

分子…物質としての性質をもって、1個の独立の粒子として行動する最小の粒子。分子はいくつかの原子からなっている。

原子…分子を構成する単位となる粒子。

（2）単体と化合物

単体…1種類の原子により物質が構成されているもの。

酸素の分子は酸素原子2個が結合したもの。O_2

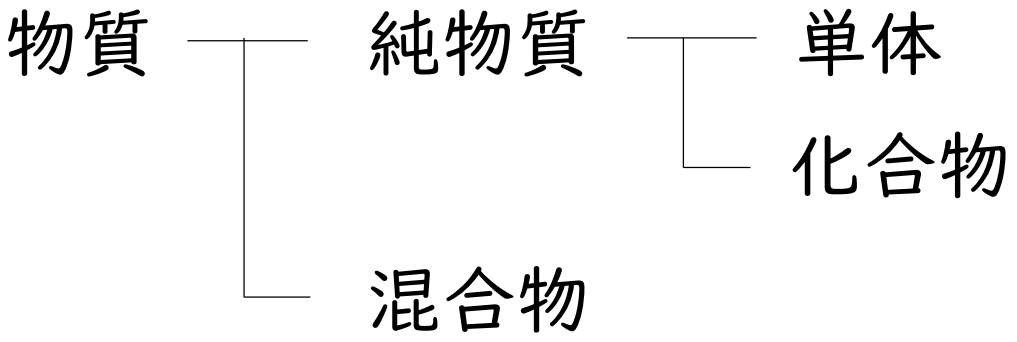
化合物…2種類以上の原子により構成されているもの。

プロパンの分子は炭素原子3個と水素原子8個が結合したもの。

C_3H_8

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

純物質…単一の成分（単体または化合物）からなる物質。
混合物…2種類以上の純物質が混ざりあったもの。



1.2 元素記号

元素…原子を物質の成分としてみる場合の呼び方。
元素記号…アルファベットの大文字または大文字と小文字の組合せで
元素を表したもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 原子量、分子量、物質量

（1）原子量

原子量…炭素原子を基準にしてその質量を12と定め、他の原子の質量をこれと比較した数値で表わしたもの。

（2）分子式、分子量、物質量

分子式…分子内で結合している原子の種類とその数を示した式。

分子量…分子を構成する原子の原子量の総和。

物質量…単位はmol(モル)で、原子量や分子量にグラムをつけた質量に相当する原子や分子の集団を1molという。

プロパン44gが1molで、ブタン58gが1molである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表Ⅰ.1 主な元素の元素記号と原子量

元素名	元素記号	原子量	分子式	分子量
水 素	H	1	H_2	2
炭 素	C	12	C	12
窒 素	N	14	N_2	28
酸 素	O	16	O_2	32

表Ⅰ.2 分子式の例

物質名	原子の種類とその数	分子式	分子量
水	水素2原子と酸素1原子からなっている	H_2O	18
プロパン	炭素3原子と水素8原子からなっている	C_3H_8	44
ブタン	炭素4原子と水素10原子からなっている	C_4H_{10}	58

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）気体1molの占める体積

アボガドロの法則

- すべての気体1molは、標準状態（0℃、0.1013MPa）でおよそ22.4Lの体積を占める。
- 標準状態のガス状のプロパンで質量44gは1molであり、よって22.4Lの体積を占める。
- 標準状態のガス状のブタンで質量58gは1molであり、よって22.4Lの体積を占める。

〈例題〉5kgの液状のプロパンが蒸発して気体になった。この気体は標準状態で何Lの体積になるか。

解答「標準状態のガス状のプロパンで質量44gは1molであり、よって22.4Lの体積を占める」

上記より　5kg(5000g)のモル数を出す　5000g÷ 44g/mol＝113.6mol

体積を求めるには1molが22.4Lにつき　22.4L/mol×113.6mol＝2545L

（注）0℃で5kgの液体のプロパンの体積は約9.4L。上記の例題で5kgの気体のプロパンの体積は2545Lであるので、プロパンが液体から気体になると、2545L÷9.4L≒270であるので、体積は約270倍となる。なお、ブタンの場合は約230倍となり、一般に市販のLPガスは約250倍となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 測定単位

（1）国際単位系（SI）

国際単位系（SI）は世界的に統一された単位系である。その基本単位として以下がある。

① 質量〔kg〕 ② 長さ〔m〕 ③ 時間〔s〕 ④ 電流〔A〕
⑤ 熱力学温度 ケルビン〔K〕 ⑥ 物質量〔mol〕 ⑦ 光度〔cd〕

大きな数値、小さな数値をわかりやすくするため、接頭語がある。

① M(10^6、メガ) ② k(10^3、キロ) ③ c(10^{-2}、センチ)
④ m(10^{-3}、ミリ) ⑤ μ(10^{-6}、マイクロ)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 力と圧力

(a) 力の単位

・SI単位：ニュートン〔N〕

・1Nとは、質量1kgの物体に作用し、1m/s²の加速度を生ずる力。

1N＝1kg×1m/s² ＝ 1kg･m/s²

(b) 圧力の単位

・SI単位：パスカル〔Pa〕

・圧力は物体の単位面積1㎡当たりに作用する力。

1Pa＝1N/㎡ ＝ 1kg/(m･s²)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(c) 大気圧

・大気が地球の表面に及ぼす圧力。
標準大気圧＝101325Pa ＝101.3kPa ＝0.1013MPa

(e) 絶対圧力とゲージ圧力

・絶対圧力＝ゲージ圧力＋大気圧
・絶対圧力は絶対真空をゼロ、ゲージ圧力は大気圧をゼロとして表す。
・圧力計では、大気圧をゼロとして目盛が付けられている。
＊計算問題は絶対圧力を使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 温度

物質の温冷の度合いを示す尺度。

温度を測定するには温度計を用いる。

(a)熱力学温度〔K〕

主として学問的分野において用いられる。従来の絶対温度と同じ。

絶対零度は0ケルビン(K)である。

ボイルシャルルの法則を用いた計算問題は熱力学温度を使用する。

(b)セルシウス温度〔℃〕

大気の温度から工業的に必要とする温度まで広く用いられる。

セルシウス温度をt〔℃〕、熱力学温度T〔K〕とすると

セルシウス温度t〔℃〕＝熱力学温度T〔K〕－273

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）熱量と比熱

・熱量(仕事)のSI単位：ジュール〔J〕

1Jは1Nの力が物体に働いて1mの距離を動かすときの仕事。

1J＝1N・m＝1kg・m²/s²

・動力(仕事率)のSI単位：ワット〔W〕

単位時間当たりになされる仕事の量。

1W＝1J/s（3.6kJ/h）

＊LPガスの消費量の従来の単位kg/hからkWの換算は

1kg/h≒14kWとして計算する。

・比熱のSI単位：kJ/ (kg・K)、kJ/ (kg・℃)

単位質量の物質の温度を1℃上昇させるのに必要な熱量。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〈例題〉温度13℃の水が200L入っている浴槽にLPガスふろがまを取り付け、LPガスを燃焼させて、1時間で水温を43℃に上げるためには、LPガスの消費量がおよそ何kWのLPガスバーナーを準備すればよいか。ただし、水の比熱を4.19kJ/（kg・℃）、このふろがまの熱効率は60%とする。

解答

お風呂を沸かす問題で、LPガスバーナーの消費量（熱効率を考慮）＝浴槽を沸かす熱量
LPガス熱量×熱効率＝水量×温度差×4.19kJ/（kg・℃）
上記の式に数値を入れて LPガス熱量×0.6＝200kg×（43℃－13℃）×4.19kJ/（kg・℃）
LPガス熱量＝200kg×（43℃－13℃）×4.19kJ/（kg・℃）÷0.6＝41900kJ…①
①で算出した熱量を1時間で消費するバーナーを準備すればいいので
41900kJ/h＝41900/3600s＝11.6kW≒12kWとなり
少なくとも12kWのLPガスバーナーを準備すればいい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5 気体の体積・圧力・温度の関係

（1）体積と圧力の関係

ボイルの法則

一定温度のもとにおいては、一定質量の気体の体積はその絶対圧力に反比例して変化する。

（2）体積と温度の関係

シャルルの法則

一定圧力のもとにおいては、一定質量の気体の体積はその熱力学温度に比例して変化する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）体積・圧力・温度の関係

ボイルーシャルルの法則

一定質量の気体の体積は、絶対圧力に反比例し、熱力学温度に比例する。

上記の関係を式で表すと

P：絶対圧力、T：熱力学温度、V：気体の体積

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{一定}$$

上記の式で、V(気体の体積)と同じ分子にあるP(絶対圧力)は反比例

V(気体の体積)と違う分母にあるT(熱力学温度)は比例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〈例題〉内容積118LのLPガス容器にプロパンが50kg充てんされている。このプロパンを消費して残圧を測定したところ、27℃で0.3MPa(ゲージ圧力)であった。消費したプロパンは何kgか。

＊計算の場合は、圧力は絶対圧力、温度は熱力学温度に換算する必要がある。

① 残ガス量を標準状態に換算するため、
ボイルーシャルルの法則の式に値を入れ計算

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

P_1 ： 標準状態における圧力 0.1013MPa(絶対圧力)
V_1 ： 求める標準状態における体積 単位L
T_1 ： 標準状態における温度 273K(0℃)
P_2 ： 残ガスの圧力 (0.3+0.1013)MPa(絶対圧力)
V_2 ： 容器の内容積 118L
T_2 ： 残ガスの温度 (273+27)K

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

$$\frac{0.1013\times V_1}{273} = \frac{(0.3+0.1013)\times 118}{(273+27)}$$

$$\frac{V_1}{1} = \frac{(0.3+0.1013)\times 118\times 273}{(273+27)\times 0.1013}$$

これを計算してV_1 ≒425L

② 残ガスの質量を求める。

425Lのモル数を求め、プロパンの分子量44を掛ける。

425L÷22.4L/mol ×44g /mol ＝835g≒0.84kg

③ 消費したプロパンの質量は

50kg－ 0.84kg ＝49.2kg

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.LPガスの性質など

2.1 LPガスの定義

① 高圧ガス保安法

- 炭素数3（プロパン、プロピレンなど）と炭素数4（ブタン、ブチレンなど）の炭化水素を混合したものを主成分とするもの。

② 液化石油ガス法

- プロパン、ブタンおよびプロピレンを主成分とするもの。
- 供給設備に腐食を生ずるおそれのある濃度以上の水銀を含まないもの。
- 空気中の混入比率が容量(体積)で1/1000で感知できるように着臭されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表Ⅰ.7 一般消費者等に供給するLPガスの規格

名　　称	プロパン及びプロピレンの含有率	エタン及びエチレンの含有率	ブタジエンの含有率
い号液化石油ガス	80%以上	5%以下	0.5%以下
ろ号液化石油ガス	60%以上80%未満	5%以下	0.5%以下
は号液化石油ガス	60%未満	5%以下	0.5%以下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 LPガスの性質

（1）炭化水素の一般的性質

① アルカン（メタン系炭化水素ともいう。）

分子式：C_nH_{2n+2}　エタン、プロパン、ブタンなど

・分子内における原子の結合はすべて飽和結合

・化学的に安定でアルカリ類、硫酸、硝酸などにも常温では作用されない。

② アルケン（エチレン系炭化水素ともいう。）

分子式：C_nH_{2n}　エチレン、プロピレンなど

・分子内における原子の結合はすべて不飽和(二重)結合

・反応性に富んでおり硫酸などに溶解する。石油化学の原料に用いられる。

③ 異性体

・分子式は同じであるが、構造の異なる化合物。

・ブタンの場合、ノルマルブタン(n−ブタン)とイソブタン(i−ブタン）の2種類の異性体がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）ガスの密度

密度…物質の単位体積当たりの質量。

ガス密度の単位：kg/㎥またはg/L

〈例題〉ガス状のプロパン(C_3H_8)の標準状態における密度を求めよ。

ガスの密度は物質の単位体積当たりの質量(kg/㎥)であるので

ガス状のプロパン1molの質量は44g

1molの標準状態の体積は22.4L

よって、44g÷22.4L＝1.96g/L＝1.96kg/㎥

なお、ブタンの密度は約2.6kg/㎥である。

（3）ガスの比体積

比体積…物質の単位質量当たりの体積(密度の逆数)

比体積の単位：㎥/kgまたはL/g

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）ガスの比重

ガスの比重…気体の質量とこれと同体積の標準状態における空気の質量との比。空気1mol(標準状態)の質量は29g

〈例題〉標準状態のプロパンとブタンのガスの比重はいくらか。空気1molの質量は29gとする。

それぞれの1molの質量を空気1molの質量29gで割ればよい。

プロパン1molの質量は44g　　44g÷29g＝1.52

ブタン1molの質量は58g　　58g÷29g＝2.0

比重が1より小さいガスは空気と比べて軽いことを意味するので、例えばメタン（ガス比重0.55）は空気中に漏えいすると上昇し、比重が1より大きいガスは漏えいすると低所に滞留する。プロパンは空気に対して約1.5倍重く、ブタンは約2倍の重さがあるため、ガス漏れに気づかないでいると事故の原因となりやすい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（5）液の比重・密度

- 液の比重…液体の質量とこれと同体積の4℃の水の質量との比。
- 液の比重と液の密度（単位がkg/L）の数値は同じ。
- 一般に、プロパンの液比重は0.5で、水の質量の半分。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（6）混合ガスの組成

$$①\text{モル}\% = \frac{\text{ある成分のモル数}}{\text{気体全体のモル数}} \times 100\text{mol}\%$$

$$②\text{体積}\% = \frac{\text{ある成分の体積}}{\text{気体全体の体積}} \times 100\text{vol}\%$$

$$③\text{質量}\% = \frac{\text{ある成分の質量}}{\text{気体全体の質量}} \times 100\text{wt}\%$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〈例題〉あるガス状のLPガスの分析値がモル%(mol%)で次のようであった。
これを体積%(vol%)、質量%(wt%)で示せ。
エタン 5mol%　プロパン75mol%　ブタン20mol%

① 体積%
混合ガスが100molとすると、気体1molは全て標準状態で22.4Lであるので
エタン　22.4L/mol× 5mol＝ 112L
プロパン　22.4L/mol×75mol＝1680L
ブタン　22.4L/mol×20mol＝ 448L
混合ガスの全体積は　112L+1680L+448L ＝ 2240L
よって各ガスの体積%は
エタン　112L÷2240L×100＝ 5vol%
プロパン　1680L÷2240L×100＝75vol%
ブタン　448L÷2240L×100＝20vol%
*気体の場合はその体積%とモル%は等しくなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

② 質量%

各ガスの1molの質量は、

エタン:30g　プロパン:44g　ブタン:58g

それぞれのモル数より

エタン　　30g/mol× 5mol＝ 150g

プロパン　44g/mol×75mol＝3300g

ブタン　　58g/mol×20mol＝1160g

混合ガスの全質量は　150g+3300g+1160g=4610g

よって各ガスの質量%は

エタン　　150g÷4610g×100＝ 3.2wt%

プロパン　3300g÷4610g×100＝71.6wt%

ブタン　　1160g÷4610g×100＝25.2wt%

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（7）蒸発熱と凝縮熱、顕熱と潜熱

- 顕熱…物質の温度変化に関係する熱。
- 潜熱…物質の温度変化には関係せず、その状態変化のためだけに必要な熱。
  水が水蒸気に状態変化(気化)する際、温度は100℃のまま変化しない。
- 蒸発熱…液体が沸騰する場合に必要とする潜熱。
- 凝縮熱…気体が液化する場合に放出する潜熱。

（8）液状のLPガスの熱膨張

- 液状のLPガス…15℃の体積を100とすると、60℃になると120(約2割増加する)になる。
- 体積膨張率は水の約20倍。
- LPガスを容器に充てんするときは、この膨張を見込んで気相部を確保する必要があり、LPガス容器には、容器則で定められた質量以下の液状LPガスが充てんされている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(9) LPガスの蒸気圧

飽和蒸気圧(蒸気圧)…容器内のLPガスは、温度に応じて、液体としての状態を保っていられる圧力をもっている。この状態を液とガスが平衡状態(飽和状態)にあるといい、そのときの圧力をいう。

- 組成と温度が一定ならば、LPガスの蒸気圧は液量の多少に関係なく一定である。
- 容器内のLPガスの圧力が蒸気圧以下であれば、容器内に液状のLPガスは存在せず、ガス状のLPガスが存在する。

(10) 容器内におけるLPガスの組成変化

容器内の混合LPガスを自然気化で消費する場合…プロパンの方がブタンより気化しやすい。

① 発生するガス中のプロパンの割合の方が、残っている液中のプロパンの割合より大きい。
② 消費するにつれて、液中のプロパンの割合が小さくなる(ブタンの割合は大きくなる)。
③ 最終的には、容器内の残液はほとんどブタンとなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（11）沸点

沸点…液体の分子がその内面から空間に飛び出す現象(沸騰)のときの温度。
通常、沸点は標準大気圧(0.1013MPa)における温度。
プロパン：−42℃　ブタン：−0.5℃　　プロパンの沸点の方が低い。

（12）再液化現象

- 容器内のLPガスの温度の方が高い場合には途中の高圧ホース内部などでLPガスが再液化し、再液化した液状のLPガスが低圧部に入流することにより、使用中の燃焼器具において火炎の不安定や立ち消えなどを起こすことがある。
- 日没で急に気温が下がり、調整器や高圧ホースなどは気温の低下に伴い急速に冷えるが、容器は熱容量が大きいので急には冷えないため、容器内のLPガスと高圧ホースなどの間に大きな温度差が生じ、高圧ホースなどの高圧部内で再液化が発生する。
- この再液化現象は、温度差が2℃以上あると認められる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（13）液移動(容器間)

- 容器間に温度差が生ずると、温度の高い容器から温度の低い容器に気体のLPガスが流れて再液化し、温度の低い容器内の液量が増加する現象。
- 液移動により、容器内が過充てん状態となり、その後の温度上昇などにより安全弁が作動してLPガスが放出されるおそれがある。容器間に温度差が生じないようにする対策が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(14)プロパンとブタンの性質一覧表

表Ⅰ.11 プロパンとブタンの性質一覧表

	プロパン	ブタン	備　考
分子式	C_3H_8	C_4H_{10}	
分子量	44	58	
ガスの比体積(標準状態)	0.509㎥/kg	0.386㎥/kg	市販のLPガスは約0.5㎥/kg
ガスの比重(標準状態)	1.52	2.00	空気よりも重い
ガスの密度(標準状態)	1.96kg/㎥	2.59kg/㎥	市販のLPガスは約2kg/㎥
液の密度(0℃、飽和蒸気圧)	530kg/㎥	603kg/㎥	水の約半分の重さ(飽和状態)
ガスと液の体積比(0℃)	約270	約230	市販のLPガスは約250倍
沸点(標準大気圧)	−42℃	−0.5℃	
蒸気圧(20℃、ゲージ圧力)	0.73MPa	0.11MPa	
液体の熱膨張率(水との比較)	約20倍	約9倍	容器への過充てんは危険

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

			プロパン	ブタン	備　考
燃焼の特性	発熱量	単位質量当たり	約50MJ/kg	約50MJ/kg	同一質量では、プロパンとブタンはほぼ同じ。
		単位体積当たり（標準状態、気体）	約99MJ/㎥	約128MJ/㎥	同一体積（気体）では、ブタンの発熱量が大きい。
	完全燃焼に必要な理論空気量（体積の比）		約24倍	約31倍	燃焼器により実際に燃焼させるときには、理論空気量の20～100%の過剰空気が必要。
	爆発範囲（常温、大気圧、空気中）		2.1～9.5vol%	1.8～8.4vol%	工業用以外のLPガスは、空気中の混入比率が容量(体積)で1/1000以上になれば、においを感知できるように着臭してある。
その他	油脂類や天然ゴムを溶解する。このためパッキン材などとしては、合成ゴムのうち、耐油性、耐LPガス性などに優れたニトリルゴム(NBR)が最もよく使用されている。 気化したLPガスの再液化は、温度差が2℃以上あると認められる。				

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.LPガスの燃焼特性

3.1 発火点

発火点…可燃性物質と空気の混合物を加熱したとき、この混合物が自然に発火をおこす最低の温度。

プロパンと空気の混合気体の発火点はおよそ450℃～520℃である。

引火点…可燃性液体に火炎を近づけた場合に引火する最低の温度。

3.2 総発熱量と真発熱量

総発熱量…水の凝縮熱を含む発熱量。

真発熱量…水の凝縮熱を含まない発熱量。

炭化水素の場合、総発熱量＝真発熱量＋生成する水の凝縮熱　となり、総発熱量は真発熱量より熱量が大きい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 完全燃焼と不完全燃焼

炭素が燃焼する現象を式で書き表すと　$C+O_2=CO_2+394kJ$

この式の意味は炭素1molと酸素1molとが化合して、二酸化炭素（炭酸ガス）1molを生成し、394kJの熱（燃焼熱）を発生するということである。

このような燃焼の関係を示す式を**燃焼方程式**（熱力学方程式）といい、炭化水素に十分な空気(酸素)を供給して燃焼させると二酸化炭素（炭酸ガス、CO_2）と水（H_2O）を生成する。このような状況での燃焼を**完全燃焼**という。

これに対して、燃焼するとき、空気(酸素)が不足したり、またはその他の条件で完全に二酸化炭素と水にならない場合が生ずる。この状態を**不完全燃焼**という。不完全燃焼の発熱量は、完全燃焼のそれより小さい。

不完全燃焼が起こると、有毒な一酸化炭素（CO）などの中間生成物が発生するから、LPガスの燃焼には十分な空気で供給できるようにするなどの注意が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 LPガスの燃焼

（1）プロパンの完全燃焼に必要な理論空気量

プロパンの完全燃焼の方程式

$C_3H_8+5O_2=3CO_2+4H_2O+2219kJ$

プロパン1molを完全燃焼させるためには、酸素5mol必要

理論空気量…酸素量を空気量に換算するには、空気中の酸素含有量が21%とすると

5mol÷0.21≒24mol

（2）プロパンの発熱量

1kg当りの発熱量…50MJ/kg

1㎥当りの発熱量…99MJ/㎥

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3)ブタンの完全燃焼に必要な理論空気量と発熱量

ブタンの完全燃焼の方程式

$C_4H_{10}+6.5O_2=4CO_2+5H_2O+2878kJ$

ブタン1molを完全燃焼させるためには、酸素6.5mol必要

理論空気量…酸素量を空気量に換算するには、空気中の酸素含有量が21%とすると　6.5mol÷0.21≒31mol

1kg当りの発熱量… 50MJ/kg

1㎥当りの発熱量…128MJ/㎥

実際に燃焼器などでLPガスを燃焼させる場合、理論空気量だけでは完全燃焼を起こさせるに不足であり、一般の燃焼器では理論空気量以上に、さらに20～100%の過剰空気を必要とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〈例題〉プロパン70mol%、ブタン30mol%の混合ガス1mol当たりの完全燃焼に必要な理論空気量および発熱量はいくらか。

① 理論空気量を求める。
プロパン1molの完全燃焼に必要な理論空気量…24mol
ブタン1molの完全燃焼に必要な理論空気量……31mol
求める混合ガスの理論空気量は、それぞれの数値に割合をかけて足す。
24mol×0.7+31mol×0.3=26.1mol

② 発熱量を求める。
プロパン1molの発熱量…2219kJ
ブタン1molの発熱量……2878kJ
求める混合ガスの理論空気量は、①と同様の式で
2219kJ×0.7+ 2878kJ×0.3=2417kJ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5 爆発範囲（燃焼範囲）

爆発範囲（燃焼範囲）…可燃性ガスと空気または酸素との混合気体において、その混合気体が燃焼できる混合割合の範囲。通常、空気と可燃性ガスとの混合気体中の可燃性ガスの体積パーセント（vol%）で表す。

爆発上限界…燃焼することができる可燃性ガスの最高濃度

爆発下限界…燃焼することができる可燃性ガスの最低濃度

LPガスは爆発下限界が低いために、少量のLPガスが漏えいしても爆発の発生につながる。

表Ⅰ.12 主な可燃性ガスの空気中の爆発範囲（常温、大気圧）

ガス名	爆発範囲〔vol%〕		ガス名	爆発範囲〔vol%〕		ガス名	爆発範囲〔vol%〕	
	下限	上限		下限	上限		下限	上限
メタン	5.0	15.0	プロパン	2.1	9.5	水素	4.0	75.0
エタン	3.0	12.5	ブタン	1.8	8.4	アセチレン	2.5	100

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

LPガス容器および容器バルブは、容器および容器の附属品として、高圧ガス保安法（容器則を含む。）の適用を受けるので、関係法令による検査に合格したものでなければ使用してはならない。

容器則では容器の種類を、継目なし容器、溶接容器及び複合容器などに区分している。

1.LPガス容器

1.1 LPガス容器の概要

LPガスを充てんする容器には、一般に溶接容器が用いられている。

溶接容器は鋼板を胴部と鏡部に成形し、これらを溶接して製造する。その材料には、炭素鋼のほか軽量化のためにアルミニウム合金を用いたものもある。

溶接容器以外では、容器が軽い、さびない、美観がよいなどの理由から、繊維強化プラスチック複合（FRP）容器を用いた液化石油ガス用一般複合容器が普及し始めている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）溶接容器

一般に、充てんされるLPガスの充てん質量によって分類される。 表Ⅱ.1 参照

20kg型および50kg型容器は、強度を増した鋼板を使用することにより肉厚を薄くして従来品よりも軽量化されている。

（500kg型）

提供：中国工業㈱

（50kg型
サイフォン管付）

（50kg型）

（20kg型）

（10kg型）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）液化石油ガス用一般複合容器

高密度ポリエチレン製のライナーをブロー成形し、このライナーに樹脂を含んだグラスファイバーを巻き付けた圧力容器であり、また、この容器には容器の保護や持ち運びなどを目的として高密度ポリエチレン製のケーシングが取り付けられている。

液化石油ガス用一般複合容器は、使用期間を15年間として設計されていることから、容器の刻印等に示された年月から15年を経過したものは、充てんしたり、貯蔵や移動のために使用したりすることはできない。※経済産業大臣の特認を受け、15年を超え使用できる容器（20年　右写真の容器）もある。

水中で使用すると劣化・損傷するおそれがあるため、水中では使用できない。

（20kg）　（7.5kg）

提供：中国工業㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 耐圧性能・気密性能

- 耐圧試験…3.0MPa(ゲージ圧力)以上の圧力で行う。
- 気密試験…1.8MPa(ゲージ圧力)以上の圧力で行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 LPガス容器に充てんできるLPガスの質量とLPガス容器の内容積

LPガス容器に充てんすることができるLPガスの最大質量は、容器則で次の算式で得られた質量以下でなければならないと規定されている。

G=V/C

V：容器の内容積（L）

C：容器則に定められている定数

G：充てんすることができるLPガスの質量（kg）

LPガスの充てんに際しては、この算式による充てん質量を遵守しないと大変危険である。

また、LPガスの充てん作業は、はかりで計量しながら行わなければならないので、軽量容器やアルミニウム合金製の容器の場合は、特にその容器の質量に注意しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 LPガス容器の刻印

主な刻印

③ 充てんすべき高圧ガスの種類 （LPガス（または液化石油ガス））
④ 容器の記号および番号
⑤ 内容積 （記号V、単位L）
⑥ 附属品（取りはずしのできるものに限る。）を含まない容器の質量（記号W、単位kg）
⑦ 容器検査に合格した年月
⑧ 耐圧試験における圧力 （記号TP、単位MPa）およびM

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5 LPガス容器の表示など

（1）塗色

- LPガス容器の塗色は、法令上すべき色の指定はない。
- 防食などのため、従前どおりのねずみ色を全面に塗色する例が多い。ねずみ色以外の塗色したい場合は容器則で他のガス用に定められている黒色、赤色、緑色、白色、黄色、かっ色以外の塗色が望ましい。なお、容器表面の1/2未満とする。
- 着色加工していないアルミニウム製等のLPガス容器は、塗色しないで地肌のままでよい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 充てんすることができるガスの名称とガスの性質を示す文字の明示

① ガスの名称として「LPガス」または「液化石油ガス」という文字を赤色で胴部に表示する。

② ガスの性質を示す文字として「燃」の文字を赤色で胴部に表示する。

③ 容器所有者の氏名または名称、住所および電話番号を容器の外面の色に対し鮮明な色（黒色および赤色を除く。）で表示する。

- 容器所有者の氏名または名称は容器の管理業務を委託している管理業務受託者でもよい。

(3) 充てんすることができるLPガスの最高圧力を赤色で明示

「FP1.80M」の明示をする。これは通達で義務付けられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）充てん期限の表示

- 赤色で「充てん期限□ー〇」(□西暦年4桁、〇は月を示す。（2019年10月31日までに表示された容器については、和暦表示によることができる。））と明示しなければならない。
- この年月は、次回の容器再検査を受けないでLPガスを充てんできる最終日を含む年月である。
- 充てん期限を過ぎた容器にはLPガスを充てんすることは出来ない。
- 充てん期限内にLPガスが充てんされた容器は、その期限が過ぎても、6か月未満のものであれば、供給管もしくは配管または集合装置に接続してもよい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.LPガス容器の維持管理

2.1 LPガス容器の設置、取扱い上の注意事項

① LPガス容器は下部が腐食しやすいのでスカートを取付けてあるが、設置場所および設置方法について十分注意する。

② LPガス容器は衝撃により打こんや割れなどを生じさせないため、取り扱いには注意する。

③ 上記①②を起こしやすいコンクリート床での容器のひきずりは行ってはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 容器再検査

（1）容器再検査の期間

- LPガス容器には、容器則の規定により所定の容器再検査期間が定められている。
- この期間を過ぎたLPガス容器へのLPガスの充てんは禁止されている。
- 継続してLPガスを充てんして使用する場合には、定期に容器再検査を受け、これに合格しなければならない。
- ほとんどのLPガス容器の再検査期間

  製造後の経過年数　20年未満の容器　5年

  20年以上の容器　2年
- LPガス容器の再検査は、登録を受けた容器検査所で受けなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 容器バルブ

3.1 容器バルブの概要

容器バルブは、液状のLPガスを容器に充てんし、ガス状のLPガスを容器から取り出す目的で容器に取り付けてある。そのほかに液状のLPガスを取り出して使う目的のLPガス容器には、別に液取出し専用のバルブ（サイフォン管付）が取り付けてある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 容器バルブの構造

（1）POL接続容器バルブ

一般に小型容器（充てん質量50kg以下）に装着されるバルブ

① ばね式安全弁（スプリング式安全弁）が設けられている。

② バルブ本体、弁シート（シートパッキン）、バックパッキン、Oリングにより気密が保たれている。

③ 充てん口のねじはいずれも左ねじである。

④ グランドナットは、右ねじと左ねじがある。(左ねじのものにはV形の切り込みがある。)

提供：㈱宮入バルブ製作所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 容器バルブの構造

(2) カップリング付容器用バルブ

提供:㈱宮入バルブ製作所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 附属品検査と刻印

4.1 附属品検査

(1) 耐圧試験

耐圧試験圧力3.0MPa以上の圧力を加えて、漏れ、変形がないもの。

(2) 気密試験

気密試験圧力1.8MPa以上の圧力を加えて、漏れがないもの。

(3) 安全弁の性能試験

一般に2.4MPa以下の圧力で作動し、かつ、吹き止まりが確実であるものを合格とする。

4.2 容器バルブの刻印

主なものとして、①検査に合格した年月日 ⑤質量(記号W、単位kg)
⑥耐圧試験おける圧力(記号TP、単位MPa)およびM

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 容器バルブの維持管理

5.1 容器バルブ取扱い上の注意

（1）POL接続容器バルブ

① 容器バルブの操作は、一般の男子が片手でハンドルを握って締める程度の力が適切である。レンチなどの工具は使用しない。
シート漏れ…容器バルブを閉じた状態のとき、弁シートと弁座の間からの漏えい

② グランドナットの緩みに注意する。

③ バック漏れ…容器バルブが開いた状態のとき、弁本体とグランドナットの間からの漏えい。Oリングやグランドナットの損傷が原因。

④ 確実に気密を保つためにハンドルの締付けは、成人の男子が片手でハンドルを握って締める程度の力とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑤ LPガス容器を動かすときは、容器バルブまたはそのハンドルを手で持ってしてならない。
⑥ 使用済みのLPガス容器を供給管などから取り外した場合は、その容器の容器バルブは必ず全閉にしておくこと。
⑦ 安全弁キャップ（金属製）をみだりに回さないこと。
⑧ 安全弁には、塵埃や雨の侵入を防止するための塩化ビニルなどの保護キャップが装着されている。予備の保護キャップを常備し、紛失したときはすぐに予備を装着する。
⑨ LPガスを使用するときには、容器バルブのハンドルを軽く全開にしてから、約半回転戻しておくこと。強く全開するとバックパッキンがグランドナットに食い込み、万一グランドパッキンが緩んでいた場合、スピンドルと共回りしてグランドナットが容器バルブ本体から抜け落ちることがある。
⑪ 充てん口にキャップを取付け、容器を消費先に設置する際に取り外しているが、このキャップは主に雨水・ごみ等の侵入を防ぐためにとりつけられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2 容器バルブの再検査

① LPガス容器に装置されている容器バルブ
経過年数が6年6月以下のもの…2年経過して最初の容器本体の再検査時
製造後6年6月を超えるもの…1年ごと

② LPガス容器に装置されていない容器バルブ…2年ごと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.調整器使用の目的

- LPガスの圧力を燃焼させるのに最も適した圧力まで減圧すること。
- 燃焼器に供給するガスの圧力をできるだけ変動させないようにすること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.調整器の種類とその概要

2.1 単段式調整器

- 高圧の容器内圧力を一段で燃焼器に適した圧力に減圧できる調整器。簡便で安価なもの。
- 小型のものは、容器に直接取り付けて使用する場合が多い。
- 大型のものは、予備用として設置利用することがある。
- 低圧側の圧力が規定圧力以上になったときに作動する安全装置が内蔵されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 二段式調整器

- 一体型と分離型とがある。
- 高圧のLPガスをまず中圧に減圧し、次いで低圧にするという二段階で減圧する方式の調整器。
- 単段式調整器と比べて燃焼器へ供給されるガスの圧力を安定させることができる。
- LPガスの再液化対策として効果のある調整器。

(1)二段式二次用調整器

- 入口圧力の上限が0.1または0.15MPaに設計されているため、単段式調整器の代用にはならない。
- また、二次用調整器には、単段式調整器と同じ構造の安全装置が内蔵されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 二段式一次用調整器

- 中圧調整器とも呼ばれ、出口側下流に二段式二次用調整器を設置する。
- バルク供給用として出口側にガス放出防止器(EFV)を組み込んだものもある。また、単段式調整器の代用にはならない

(3) 二段式一体型調整器

- 二段式一次用調整器と二段式二次用調整器が一体に構成された調整器。
- ガス放出防止器(EFV)を内蔵したものは、バルク供給用に多く使用される。また、二段式一体型調整器の二次側調整器には、単段式調整器と同じ構造の安全装置が内蔵されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 自動切替式調整器

- LPガスの消費量に対して使用側容器からのLPガスの供給が不足した場合に、予備側容器より自動的にLPガスを補給する機能を備えている。
- 使用側容器の残ガスを小さく抑えることができ、ガス使用中においても使用側容器から十分なガス供給がされている場合には予備側容器の交換が可能であり、ガス切れ防止、計画配送ができるなどの利点が得られる。
- 単段式調整器に比べて、燃焼器までの配管などの許容圧力損失に余裕がない場合にも有効。

（1）自動切替式分離型調整器

- 自動切替機能と二段式調整器を組合せたもので、中圧のまま、供給管にガスを送り出し、各端末に二次用調整器を設置する場合に用い、この方式は**中圧供給方式**と呼ばれている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）自動切替式一体型調整器

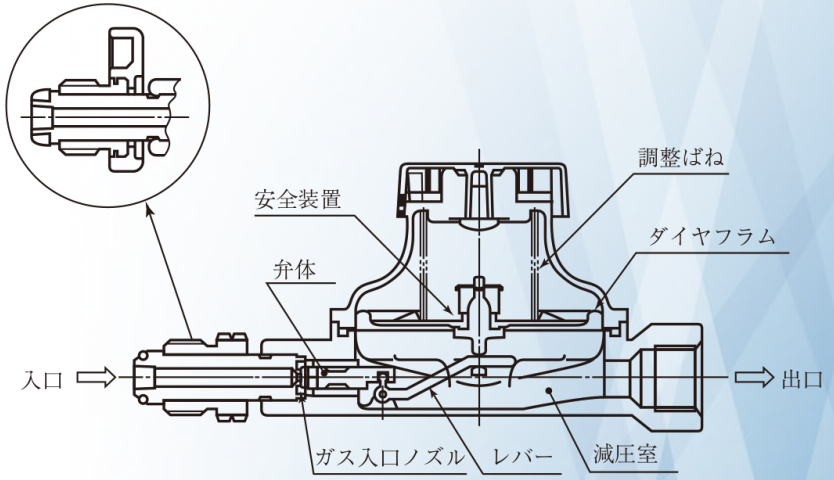
- 二次用調整器が一次用調整器の出口側に直結されているか、また一体に構成されている調整器。また、自動切替式一体型調整器の二次側調整器には、単段式調整器と同じ構造の安全装置が内蔵されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.調整器の構造と作用

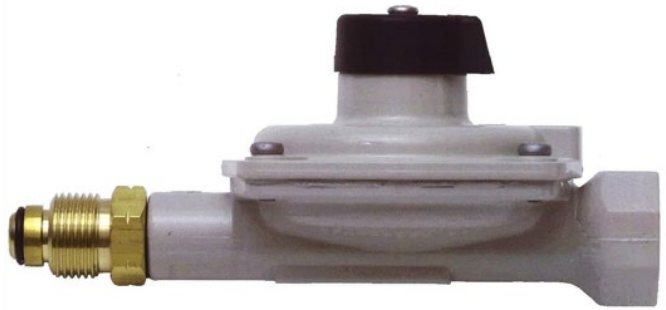
3.1 単段式調整器

調整器が閉そく不良などを起こし低圧側が異常圧力になると、事故の原因となるので、調整器の低圧側が規定圧力以上になったとき、ガスの一部を大気に放出して一定圧力以下に保つための安全装置が設けられている。



図Ⅲ.1　単段式調整器の構造例

提供：富士工器㈱



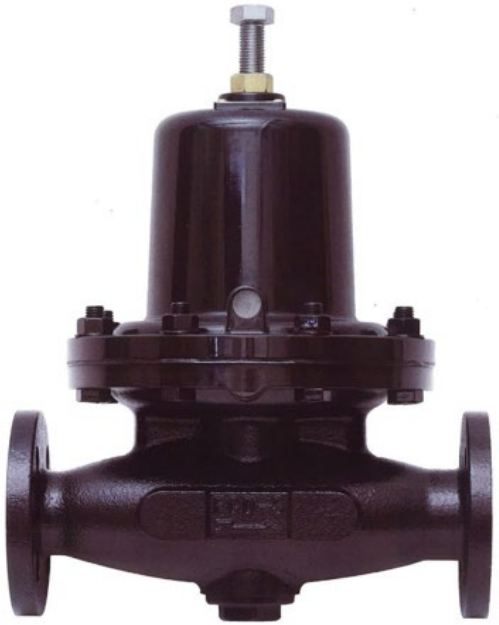
提供：I・T・O㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

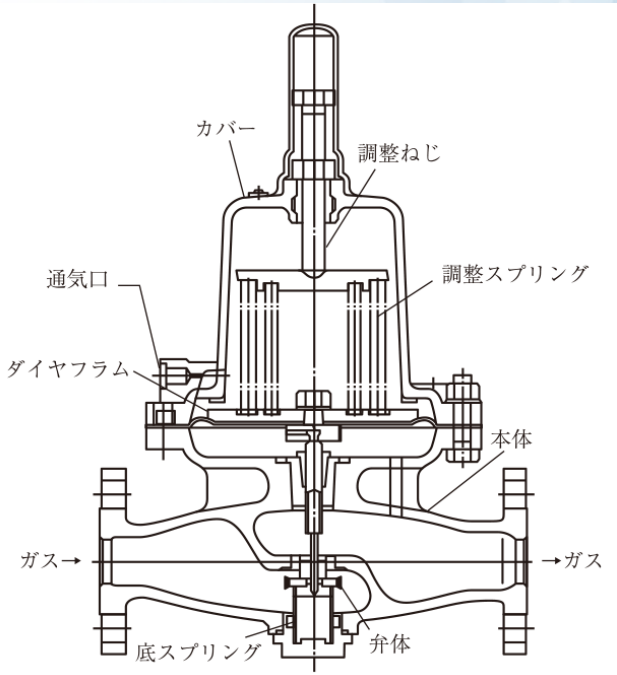
3.2 二段式一次用調整器

単段式調整器にある安全弁がなく、調整圧力が高いため、ダイヤフラムなど圧力を受ける部分は分厚くして強度を増している。単段式と異なり低圧部がないため、安全装置は設けられていない。

提供：富士工器㈱



提供：I・T・O㈱



図Ⅲ.2　二段式一次用調整器の構造例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 自動切替式調整器

- 切替レバーにより、使用側と呼び側が切り替えられる構造
- 使用側と予備側では使用側の設定圧力を高くし、一定の差を設けている。
- 使用側の容器が十分ガス供給できる間は予備側の弁が閉じ、使用側の容量が不足し圧力が低下すると予備側の弁も開き両方からガスが供給される。
- 切替レバーを切り替えると予備側と使用側が入れ替わり切替え前の予備側からのみガスが供給される。
- 予備側からガスが供給されていることを知らせるために、表示器（シグナル）が取り付けられていて、予備側からガスが供給されているときには「赤色」を表示する。

図Ⅲ.3 自動切替式機構の作動原理 参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.調整器の規格と基準

調整器の容量…入口圧力の下限値と上限値の間の任意の圧力を保ったまま、流量を次第に増したまま、その調整圧力の下限値と上限値の間の圧力を保つことができるLPガス流量〔kg/h〕であり、その流量以下の流量をその調整器の表示容量としている。

表Ⅲ.1　各種調整器の性能一覧表

規格など ＼ 種類			(1) 単段式調整器	二段式 (2) 二次用調整器	二段式 (3) 一次用調整器	二段式 (4) 一体型調整器	自動切替式 (5) 分離型調整器	自動切替式 (6) 一体型調整器
入口圧力〔MPa〕	上限		1.56	0.1 または 0.15	1.56	1.56	1.56	1.56
	下限		0.07	0.025	0.1	0.07	0.1	0.1※2
出口圧力〔kPa〕	標準R		2.8	2.8	0.07 MPa	2.8	0.07 MPa※1 0.04 MPa	2.8
	調整圧力	上限	3.3	3.3	0.083 MPa	3.3	0.083 MPa	3.3
		下限	2.3	2.3	0.057 MPa	2.55	0.032 MPa	2.55
	最大閉そく圧力		3.5	3.5	0.095 MPa	3.5	0.095 MPa	3.5
安全装置作動圧力〔kPa〕	吹始め標準		7	7	——	7	——	7
	吹始め		5.6 ～ 8.4	5.6 ～ 8.4	——	5.6 ～ 8.4	——	5.6 ～ 8.4
	吹止り		5.04 ～ 8.4	5.04 ～ 8.4	——	5.04 ～ 8.4	——	5.04 ～ 8.4

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.調整器の選定と設置

6.1 調整器の選定

① 30kg/h以下の調整器は、器具省令・KHK技術基準に基づく自主検査に合格し、PSマークが付されてものを使用する。

提供：(一財) 日本エルピーガス機器検査協会

② 最大ガス消費量の1.5倍以上の容量(単位kg/h)のものを標準とする。

③ 集中監視を行っている場合であって、二段式調整器または自動切替式調整器を使用する場合は最大ガス消費量の1.0倍以上の容量とすることができる。

⑥ 10kg/h以下の調整器には、保安確保機器としてⅠ類とⅡ類があり、交換期間は、それぞれの製造年月からⅠ類が10年、Ⅱ類が7年である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2 調整器の設置

② 調整器は、屋外の通風の良い場所に設置すること。
④ 調整器は、凍結や雪害のおそれのない場所に設置するか、収納庫内などに設置すること。
⑥ 通気口に雨水、雪、ごみなどが入らないよう、また、虫などによって通気口がふさがれないよう措置すること。
⑦ 調整器の入口に金属管または高圧ホースを接続する場合は、調整器の入口を容器バルブより5cm以上高い位置に設置し、再液化したLPガスまたはドレンなどが調整器の入口部に滞留しないように高圧ホースは容器に向かって下り勾配とすること。(低圧ホースの場合は、容器に向かって上り勾配とすること。)
⑧ 容器バルブなどに調整器を取り付けるときは、接続部にごみ、切り粉、さびなどの異物がないことを確かめ、正確にかみ合わせ、スパナなどで正しく接続し、必要以上に締め付けないこと。
⑨ 調整器を取り付けた後、必ず石けん水などで漏えい検査を行うこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.一般

ガスメーターは、計量法および計量法施行令において、「特定計量器」に指定されている。このため、計量法に基づく検定に合格し、検定証印等が付され、かつ、その検定有効期限内でなければ取引等に用いることはできない。

1.1 ガスメーターの使用目的と要件

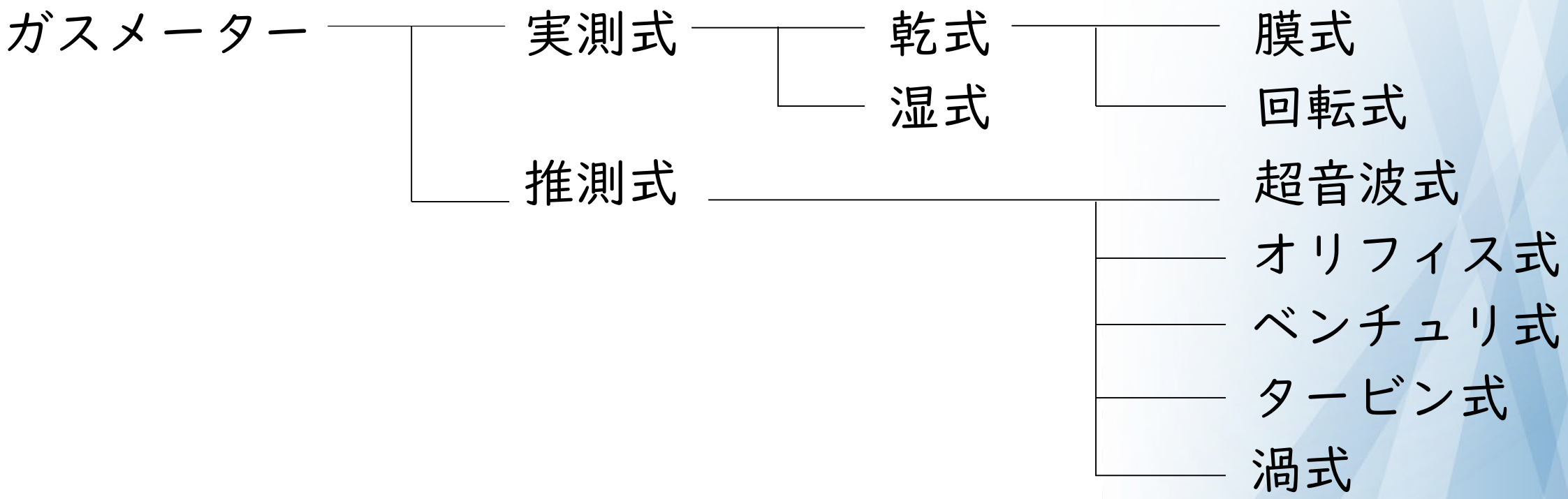
ガスメーターは消費者に供給するガスの体積を測定するために用いられるものである。ガスメーターの要件として

① ガスの使用最大流量に適合した計量能力のものであること。
② 正確に計量することができるものであること。
③ 耐圧、耐熱性および耐久性に優れ、取付けおよび維持管理が容易であること。
④ 所定の保安機能を有すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 ガスメーターの種類

ガスメーターの構造上の分類



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅳ.3 ガスメーターの種類と検定証印等の有効期間

ガスメーターの種類と検定証印または基準適合証印（以下「検定証印等」という。）の有効期間の関係は表Ⅳ.1に示すとおり。

表Ⅳ.1 ガスメーターの種類と検定証印等の有効期間

	LPガス用（総発熱量が90J/㎥以上のもの）	
使用最大流量	6㎥/h以下のもの	6㎥/hを超えるもの
検定証印等の有効期間	10年	7年

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 ガスメーターの使用最大流量による区分

使用最大流量による区分を、表Ⅳ.1に示す。

表Ⅳ.2 取引または証明用のガスメーターの使用最大流量による区分

使用最大流量（m^3/h）	1	1.6	2.5	4	6	10	16

1.5 ガスメーターの流量特性および検定公差

1.6 膜式ガスメーターの計量部の構造および作動原理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.マイコンメータ

2.1 一般

マイコンメータは、ガスメーターが有するガスの使用量を計量する機能に加えて、ガスの利用時の安全を確保するため、多くの機能を搭載している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 マイコンメータの種類

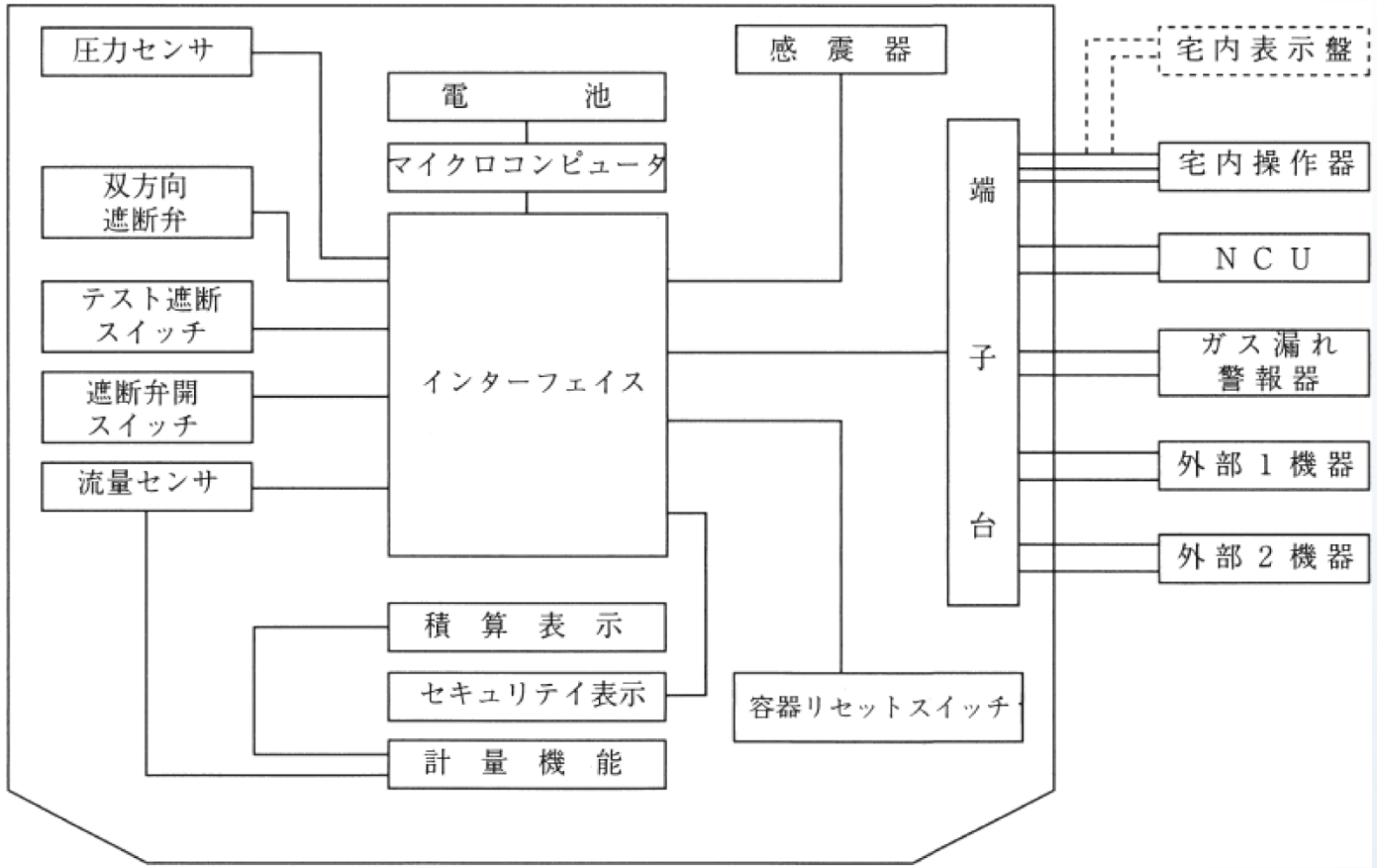
マイコンメータの種類と検定有効期間を表Ⅳ.3に示す。

表Ⅳ.3 主なマイコンメータの種類と検定有効期間

分類	種　　類	容量〔㎥/h〕	検定有効期間
家庭用 業務用	マイコンメータS、E	2.5	10年
	マイコンメータSB4、S4、EB4、E4	4	
業務用	マイコンメータSB6、EB6	6	
	マイコンメータSB10、EB10	10	7年
	マイコンメータSB16、EB16	16	
	マイコンメータEB25	25	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 マイコンメータの構成



図Ⅳ.４　マイコンメータＳの構成例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 マイコンメータの特長

（1）マイコンメータSの特長

マイコンメータSは膜式ガスメーターである。以下に機能を示す。

① 消費パターンを学習し、そのパターンに合った遮断値を自動的に設定する。

② 感震器が内蔵されており、ガスを使用中に震度5相当以上の地震を感知した場合、ガスを遮断する。

③ 圧力センサが内蔵されており、調整器出口から燃焼器入口までの供給圧力を監視し、異常がある場合、警告を表示したり、ガスを遮断したりする。

④ 双方向遮断弁を採用しているため、不正使用等の防止や遮断弁を遠隔で遮断できる。

⑤ 警報器の電源プラグ抜け状態が継続した場合、警告を表示する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) マイコンメータEの特長

マイコンメータEは、超音波式保安ガスメーターのことである。

マイコンメータEの機能

マイコンメータSと基本的には同じであるが、マイコンメータEの特徴は

① 微少流量であっても数秒で計測できるため、安全性（漏えい検知など）と利便性（復帰安全確認など）のさらなる向上が可能である。

② ガスメーター本体に計量室などの構成が不要なため、従来のガスメーターに比べ約1/2の大きさで済み、小型軽量化が図れる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5 マイコンメータの保有機能

（1）保有機能一覧

機　　能	S、E	SB4、EB4	SB6、EB6以上
合計・増加流量遮断	○	○	○
継続使用時間遮断	○	○	
復帰安全機能	○	○	○
感震器作動遮断	○	○	○
電池電圧低下遮断	○	○	○
流量式微少漏えい警告	○	○	○
圧力式微少漏えい警告	○	○	○
調整圧力異常警告	○	○	○
閉そく圧力異常警告	○	○	○
圧力低下遮断	○	△	△

○:機能あり
△:付加機能あり

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 保有機能の概要

(a) 合計流量遮断機能、増加流量遮断機能

・合計流量遮断機能…保有燃焼器の合計消費量を超えてガスが流れた場合、遮断する機能。

要因：ガス栓の誤開放、ゴムホースの抜け、異常なガスの消費

・増加流量遮断機能…ガスの流量が増加したとき、その増加流量が消費量最大の燃焼器の消費量に比べて異常に大きい場合、遮断する機能。

要因：ガス栓の誤開放、ガスの使用が急激に増えた場合

・無段階自動設定有

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(b) 継続使用時間遮断機能

ガスの流量に変動がない状態で、燃焼器が使用され続け、ガスの使用時間がその燃焼器のガス消費量に応じて定められた時間を超えた場合、遮断する機能。

要因：燃焼器の消し忘れや長時間使用、器具栓の不完全な閉止などによるガス漏れがあった場合

無段階自動設定有

(c)復帰安全機能

マイコンメータが何らかの事象で遮断した場合、手動または遠隔操作により遮断弁を使用できる状態（開の状態）に復帰操作を行った後、ガス栓や器具栓の閉め忘れなどマイコンメータより下流にガス漏れがないかどうかをマイコンがチェックし、ガス漏れがあった場合には再びガスを遮断する機能。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(d)テスト遮断機能

マイコンメータの出荷状態から使用開始状態にする場合や、マイコンや遮断弁が正しく作動するかをチェックする場合に行う機能。

(e)感震器作動遮断機能

感震器が内蔵されており、ガスを使用中に震度5相当以上の地震を感知した場合、ガスを遮断する機能。

(f)電池電圧低下遮断機能

電池の電圧が規定値以下に低下し電圧低下状態に陥った場合、警告表示をし、40日経過後、ガスを使用していないときにガスを遮断する機能。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(g)流量式微少漏えい警告機能

マイコンメータより下流側の配管接続部などから微量なガス漏れがある場合など、微少流量のガスが設定された期間（最大30日）連続して流れ続けた場合、微少漏えいの疑いや口火の連続使用として警告表示する機能。

(h)圧力監視機能

マイコンメータが内蔵されている圧力センサにより、調整器出口から燃焼器入口までの圧力を監視しする機能で、圧力に異常がある場合に警告を表示し、圧力に異常な低下がある場合にはガスを遮断する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

① 圧力式微少漏えい警告機能
　ガスを使用していないとき、圧力センサにより、調整器出口から燃焼器入口までの圧力を監視し微少漏えいの疑いがある場合に警告表示する機能。
② 調整圧力異常警告機能
　ガスを使用中に圧力を測定し、調整圧力に異常がある場合は警告表示する機能。
③ 閉そく圧力異常警告機能
　ガス使用停止後の圧力を測定し、閉そく圧力に異常がある場合は警告表示する機能。
④ 圧力低下遮断機能
　ガスを使用中または遮断弁開時に、上流側で異常に低い圧力（一般に0.2kPa以下）を検知した場合にガスを遮断する機能。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.マイコンメータを使用した集中監視システム

3.1 集中監視システムの目的

① 保安情報の24時間監視による保安レベルの向上
② LPガス容器の残量管理によるガス切れの防止と配送の合理化
③ 自動検針による検針の合理化
④ 保安情報の収集による保安管理の機械化
⑤ 通信回線の利用による事業の多様化

なお、集中監視システムの導入は、認定液化石油ガス販売事業者（第1号および第2号）になるための条件の1つである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 集中監視システムの概要

集中監視システムは、一般に集中監視対応型マイコンメータなどの端末機器、信号伝送装置、電話回線などの通信手段、集中監視センターなどにより構成される。電話回線などの通信手段を利用して集中監視センターと端末機器の間で情報交換を行うことにより、集中監視センターで保安情報管理や自動検針などを行うことができるシステムである。主な機能として

(4) センター緊急遮断

集中監視センターからマイコンメータの遮断弁を「閉」にする機能。燃焼器の消し忘れなど消費者からガス遮断の依頼があった場合に行い、遮断弁の復帰操作は随時可能である。

(5) センター遮断

集中監視センターからの要求により、マイコンメータの遮断弁を「閉」にする機能。主に空き家などに対して行い、集中監視センターからの「センター復帰許可」を受信するまでは、遮断弁の復帰操作は出来ない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. ガスメーターの選定

4.1 一般

① 家庭用設備のガスメーターはマイコンメータとすること。

② 業務用設備のガスメーターはマイコンメータを原則とするが、マイコンメータを取り付けることが困難な場合は、ガス漏れ警報遮断装置と対震自動ガス遮断器の設置が必要となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 燃焼器の合計消費量の事前調査

① 燃焼器の機種および消費量をガスメーター設置台帳調査用紙などに基づき、的確に調査すること。

② マイコンメータを設置する場合は、燃焼器の増減や、季節性による使用状態を定期的に把握し、記録に残すこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 ガスメーターの使用最大流量の選定

① 計量上から見た使用範囲

イ マイコンメータの使用最大流量 ≧ 最大ガス消費量(㎥/h)×1.0倍

ロ 一般ガスメーターの使用最大流量 ≧ 最大ガス消費量(㎥/h)×1.2倍

注:最大ガス消費量(㎥/h)=最大ガス消費量(kW)÷14kW/(kg/h)÷2 kg/㎥

② 保安上から見た使用範囲

LPガスの供給設備の供給圧力および消費設備の配管口径・長さなどの仕様に合わせて、すべての燃焼器を燃焼させたとき、一般家庭の場合は、燃焼器の入口圧力2.0~3.3kPaが確保できることを考慮してガスメーターを選定すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4 ガスメーターの設置位置に関する一般的注意事項

主なものとして

① 湿気の多い場所および長時間直射日光を受ける場所には設置しないこと。

③ 低圧電線から10cm以上、電気開閉器および安全器から60cm以上離れた位置に設置することが望ましい。

⑦ 調整器とガスメーターとの間の配管には、ドレン抜きを設けること。

⑧ 容器の直近にガスメーターを設置する場合、ガスメーター入口は、容器バルブの出口より高い位置に設置すること。

⑩ 振動を受ける場所、腐食性ガスなどの発散するおそれのある場所、高圧電気設備を有する場所など、ガスメーターに悪影響をおよぼすおそれのある場所は避けるか、もしくは適切な保護措置を講ずること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.6 ガスメーター回りの工事

（1）ガスメーターの取扱いに関する注意事項

① ガスメーターの運搬、取付け、取外しなどを行う場合には、落下、衝撃などを加えないように丁寧に取り扱うこと。

② ガスメーターの中に水、ゴミなどが入らないように取付工事直前までガス出入口に封を施しておくこと。

③ 取付け前にガスメーター外観に異常がないことを確認すること。

④ 交換によって取り外したガスメーターは、ガス出入口から水、ゴミなどが入らないように、ガムテープなどで封を施すこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 取付工事の際の注意事項

① ガスメーターを取り付けるにあたって、ねじ接続などの配管工事を行うときは、切削油その他の異物がガスメーター内部または配管内部に入らないように注意すること。

② 検針、ガスメーターの交換および復帰操作の容易な場所に設置すること。

③ ガスメーターは水平、垂直に取り付け、かつ無理な力がかからないように配管をすること。

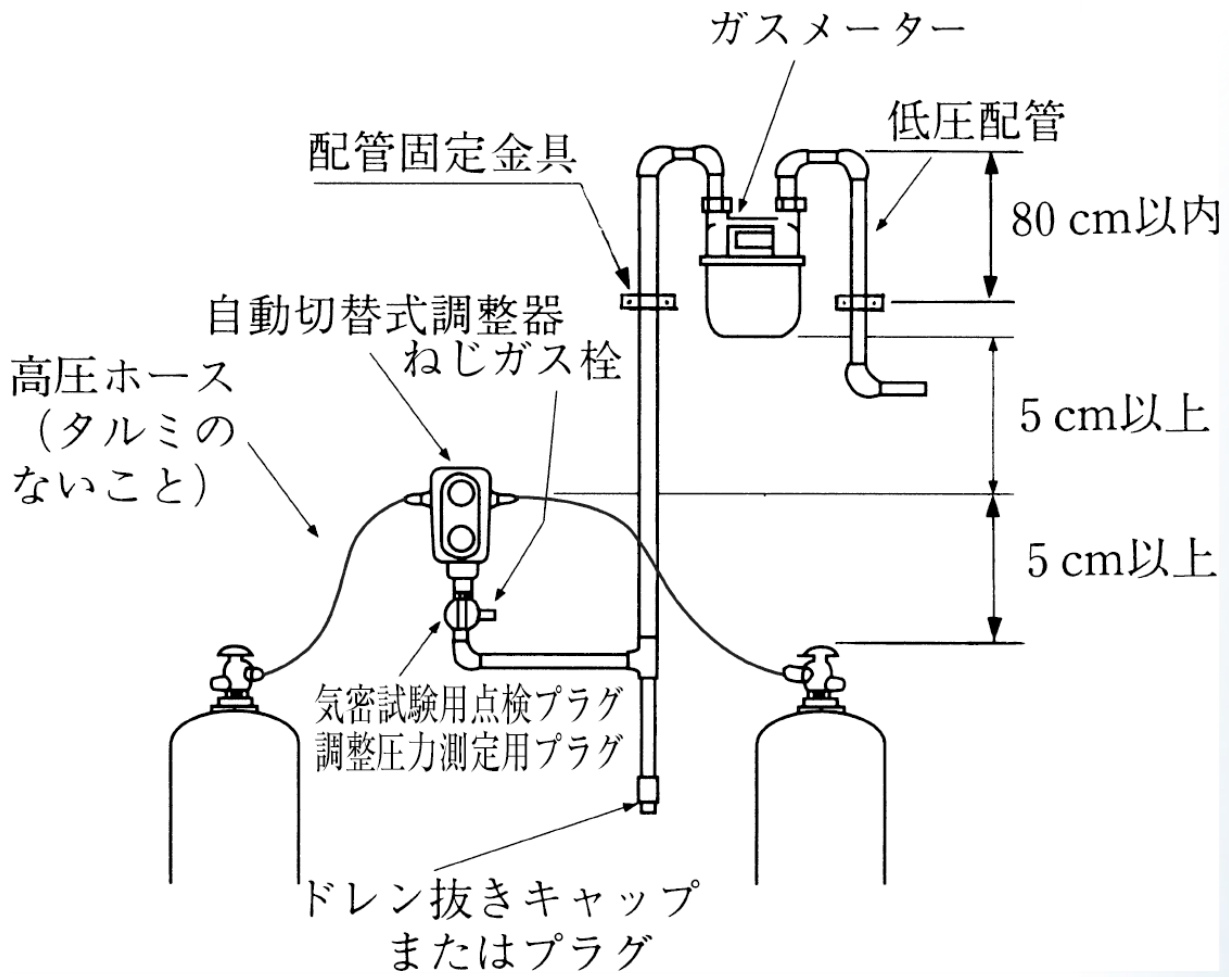
④ ガスの入口、出口を間違えないように、ガスメーターに付されているガスの流れ方向を示す記号(矢印、入口など)を確認の上、取り付けること。

⑤ 配管との接続は、ガスメーターの型式、容量区分に応じた専用のメータ継手を使用すること。

⑥ ガスメーター周辺の配管は、ガスメーターの振動を防ぐため、口金から80cm以内のところに配管固定金具で壁または支柱などにしっかりと固定すること。(図Ⅳ.9参照)

⑦ ガスメーターを接続した後、配管部分の気密試験を行い、その記録を残すこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan



図Ⅳ.９　ガスメーター周辺の配管の固定位置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 工事終了後の試験

① テスト遮断（テスト遮断は、設定器、本体のスイッチまたは磁石などにより行う。）

② 2分以内に遮断弁の開操作（時間、方法については、取扱説明書などにより確認すること。）

③ 復帰安全確認の完了の確認

④ 設定した流量遮断値未満の流量によりエアー抜き

⑤ 取付工事の程度に応じた漏えい試験または気密試験（遮断弁が開であることを確認すること。）

⑥ 必要に応じて燃焼器の燃焼試験および燃焼器入口部直近の圧力の測定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.7 ガス供給設備、消費設備の工事後の確認

4.8 周知事項

　ガスメーターを設置した後、消費者用の取扱説明書に従い、消費者に説明すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.維持・管理

5.1 整備すべき台帳類

販売事業者は、ガスメーターの維持・管理に万全を期すため販売所ごとにガスメーター管理台帳、ガスメーターおよび関連安全機器を取り付けた先の消費者の設備状況などの記録台帳を整備しておくこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2 検定証印・基準適合証印

- 取引きに使用するガスメーターは、計量検定所等で検定を行い、これに合格したガスメーターは、「検定証印または基準適合証印」とその有効期間満了の年月を押印したシールまたは鉛玉が取り付けられている。
- 検定証印または基準適合証印が脱落紛失または消滅している場合には、計量法により使用が認められない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3 保安点検の一部の代替

調整器の調整圧力、閉そく圧力および燃焼器の入口圧力の点検、メータ上下流の漏えい試験は、マイコンメータSなどを用いて行うことが可能となっている。

なお、代替措置を行うには、「マイコンメータ出口圧力と燃焼器入口圧力との差圧が0.3kPaより小さいこと」および「燃焼状況が良好であること」を確認し、測定者、測定日、測定値について供給設備、消費設備の変更があるまで保管する必要がある。設備を変更した場合も同様とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 検定有効期間満了ガスメーターの交換

販売事業者は、事業年度末までに次年度中に検定有効期間満了となるガスメーターの交換計画を立て、表示されている当該ガスメーターの検定有効期間満了年月までに新しいガスメーターと交換すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.管類

1.1 炭素鋼鋼管

（1）圧力配管用炭素鋼鋼管（JIS G3454 記号 STPG）

集団供給設備の集合装置などの高圧部に用いられる。

① 管の呼び方

〔A呼称〕と〔B呼称〕があるが、〔A〕または〔B〕の前に付ける数字は管の内径（〔A〕はmm、〔B〕はインチ）に近い値をそれぞれ無単位で表したもの。

② スケジュール番号

同じ呼び径であるが、肉厚が違うものがあり、この関係をスケジュール番号で表している。

同じ呼び径のもので、スケジュール番号が大きい方が肉厚が厚く、耐圧性能も優れている。

管をねじ接合する場合には、スケジュール80以上のものを使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表V.1 JIS G3454 圧力配管用炭素鋼鋼管の寸法および質量

呼び径		外径 mm	呼び厚さ					
			スケジュール40		スケジュール60		スケジュール80	
A	B		厚さ mm	単位質量 kg/m	厚さ mm	単位質量 kg/m	厚さ mm	単位質量 kg/m
20	3/4	27.2	2.9	1.74	3.4	2.00	3.9	2.24
25	1	34.0	3.4	2.57	3.9	2.89	4.5	3.27

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）配管用炭素鋼鋼管（JIS G3452 記号 SGP）

中圧部と低圧部に用いられる。

① 白管…さびないように亜鉛メッキが施してあるもの。

② 黒管…亜鉛メッキを施していないもの。

表Ⅴ.2 JIS G3452 配管用炭素鋼鋼管の寸法および質量

管の呼び径		外径 mm	厚さ mm	ソケットを含まない単位質量 kg/m
A	B			
20	3/4	27.2	2.8	1.68
25	1	34.0	3.2	2.43

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 被覆白管・被覆黒管

被覆白管…配管用炭素鋼鋼管の白管の全長に防食テープを半幅ずつ重ね合わせて巻き、必要に応じてその上に保護テープを巻いたもの。

被覆黒管…配管用炭素鋼鋼管の黒管の全長に防食テープを半幅ずつ重ね合わせて巻き、必要に応じてその上に保護テープを巻いたもの。

溶接接合する必要がある場合に限り使用できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 塗装白管・塗装黒管

塗装白管…配管用炭素鋼鋼管の白管の全長についてペイント、またはこれと同等以上の防食性能を有するプライマを1回以上塗装し、さらに仕上げ塗装をしたもの。

塗装黒管…配管用炭素鋼鋼管の黒管の全長についてペイント、またはこれと同等以上の防食性能を有するプライマを1回以上塗装し、さらに仕上げ塗装をしたもの。

溶接接合する必要がある場合に限り使用し、塗装白管とともに床下の多湿部、屋内の水の影響を受けるおそれのある場所および地下埋設に使用してはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 プラスチック被覆鋼管

腐食防止のため、鋼管にプラスチックを被覆したもの。

（1）塩化ビニル被覆鋼管

配管用炭素鋼鋼管の黒管に、耐候性のある硬質塩化ビニルを被覆したもの。

（2）ポリエチレン被覆鋼管

配管用炭素鋼鋼管に、粘着剤を使用した1層または2層のポリエチレン被覆したもの。LPガスでは1層のものが多く使用されている。耐候性のあるものと、ないものとがある。

（3）ナイロン被覆鋼管

配管用炭素鋼鋼管の黒管にナイロン11またはナイロン12を粉体塗装によりコーティングしたもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5 配管用フレキ管

- 低圧配管用として開発された可とう性のある配管材料。
- 狭いスペースでも配管できることや工事に要する時間が短縮できるなどの特長がある。
- さや管を用いて埋設部の低圧配管として使用することができる。

提供：㈱テクノフレックス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6 ガス用ポリエチレン管

- 腐食のおそれはほとんどなく、可とう性があるので、ある程度の地盤沈下や地震に対応できる。
- ベンゼンなどの有機溶剤には膨潤を起こすおそれがあり、熱や直射日光に弱く、鋼管に比べて引張強さや衝撃強度がはるかに小さいので、低圧部であって原則として30cm以上の深さの埋設部に使用する。
- 管の接続は、融着接合が行われ、エレクトロフュージョン（EF）接合とヒートフュージョン（HF）接合がある。

1.7 銅管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.8 管の設置場所と設置区分

表Ⅴ.5 設置場所別供給管などの種類一覧表（抜粋）

			白管	被覆白管	塩化ビニル被覆鋼管	ガス用PE管	配管用フレキ管
露出部	屋外		○	○	◎	ー	◎
	室内	多湿部	ー	○	◎	ー	◎
		水の影響	ー	ー	◎	ー	◎
		それ以外	○	○	◎	ー	◎
埋設部	屋外		ー	ー	◎	◎	◎(さや管内)
	床下		ー	ー	◎	◎	◎(さや管内)
壁･床内部	埋込･貫通		ー	○	◎	ー	◎
	空洞部		○	○	◎	ー	◎

○…使用できるもの　◎…推奨材料　ー…使用できないもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.ホース類

2.1 継手金具付高圧ホース（高圧ホース）

高圧ホースは、その使用箇所、使用目的、操作などを考慮して、表Ⅴ.6に示す種類のうちから選定する。高圧ホースには、地震により容器が転倒するなど、高圧ホースに所定の引張力が加わると、防止機構部が作動してガスを遮断するガス放出防止型高圧ホースもあり、地震や水害などに有効であることから設置が望まれる。

連結用高圧ホース…充てん容器と単段式調整器とを接続する高圧ホース

提供：I・T・O㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.ホース類

2.1 継手金具付高圧ホース（高圧ホース）

集合用高圧ホース…充てん容器と自動切替式調整器もしくは高圧集合装置と接続する高圧ホース

提供：I・T・O㈱

提供：富士工器㈱

（1）高圧ホースの構造

両端に継手金具を特殊な工法により取り付けて製作されており、ガス放出機構を内蔵したものが主流となっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 高圧ホースの性能

- 器具省令・KHK技術基準に基づく自主検査に合格し、PSマークが付されたものを使用する。
- 保安確保機器としてⅠ類とⅡ類があり、交換期間は、それぞれの製造年月からⅠ類が10年、Ⅱ類が7年である。

(3) 取扱い上の注意

連結用では、チェック弁付のもの（Cの刻印がある。）とチェック弁付でないもの（Cの刻印がない。）があり、チェック弁付の高圧ホースはガスの供給を中断することなく容器の交換を行える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 低圧配管用継手付金属製フレキシブルホース

2.5 金属フレキシブルホース

・末端ガス栓（原則として可とう管ガス栓）と湯沸器、レンジなどの固定式燃焼器とを接続するために用いられるもの。
・ホース本体はステンレス製または銅合金により製造され、表面に樹脂被覆を施されていることから、可とう性および耐食性に優れている。
・接続金具とホース本体の接続方法はフレア接続となっているので、必ず専用の接続金具を使用すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.6 低圧ゴム管

ヒューズガス栓と移動式燃焼器を接続する場合に限って使用することが認められている。

(2) ゴム管の取扱い

① ゴム管の特徴は可とう性が高いことにあるが、あまり長いものは使用しない。

② ゴム管をホースエンドに差し込むときは、ホースエンドの赤線にその先端が届くまで差し込み、必ずホースバンドを装着すること。

③ ゴム管をホースエンドに頻繁に抜き差しすると抜けやすくなるので、このような使用法は避けること。頻繁に抜き差しが必要な場合には、迅速継手を使用すること。

④ 調査の際に劣化傾向などを認めた場合には、速やかに新品と交換することが大切であり、一般消費者にもゴム管の取扱いについて十分注意するよう知らせておく必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.7 迅速継手（低圧ゴム管、ガスコード接続用）

末端ガス栓または燃焼器用のホースエンドと低圧ゴム管の着脱を繰り返すと不完全接続や外れの原因となることがある。これを防止し、また着脱を容易にする目的で、迅速継手が用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.継手類

3.1 継手類の種類

3.2 ねじ込み継手

（2）中・低圧部

③ 電気的絶縁継手…腐食電流を配管の適当な場所（例えば、コンクリート建物への引込管の建物引込部など）または適当な間隔で遮断するために使用する継手。

種類としては、絶縁型ソケット、絶縁型ユニオン、絶縁型メータ継手がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.継手類

3.2 ねじ込み継手

絶縁型ソケット

提供：日立金属㈱

提供：JFE継手㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.継手類

3.2 ねじ込み継手

絶縁型ユニオン

提供：日立金属㈱

提供：JFE継手㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.継手類

3.2 ねじ込み継手

絶縁型メータ継手

提供：日立金属㈱

提供：JFE継手㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5 機械的接合用継手（メカニカル継手、トランジション継手）・伸縮継手

（1）機械的接合用継手（メカニカル継手、トランジション継手）

・機械的接合用継手にはメカニカル継手とトランジション継手の2種類がある。
・ガス用ポリエチレン管同士の接続にはメカニカル継手
・ガス用ポリエチレン管と他種管の接続にはメカニカル継手およびトランジション継手を用いる。

メカニカル継手

提供：日立金属㈱

トランジション継手

提供：日立金属㈱

提供：JFE継手㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5 機械的接合用継手（メカニカル継手、トランジション継手）・伸縮継手

（2）伸縮継手

・地盤沈下が予想される地域で、建物への引込管の立ち上がり部に使用する。

・おおむね30cm程度の沈下などの応力が吸収できる。

提供：日立金属㈱

提供：JFE継手㈱

3.6 配管用フレキ管継手

配管用フレキ管継手に直接、配管用フレキ管を差し込むだけ、もしくは差し込んだ後に押し込むだけで利用可能な構造である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.7 ガス用ポリエチレン管継手

（1）融着接合継手

(a)ヒートフュージョン（HF）接合継手

・一定温度（210～260℃）に加熱されたヒーターを接合部に密着させ過熱した後、加熱した接合部同士を接合方法。

・突き合わせ（バット）融着接合継手、差し込み（ソケット）融着接合継手、サドル融着接合継手の3種類がある。

(b)エレクトロフュージョン（EF）接合継手

・電熱線入り継手を使用し、簡単な工具を用いて継手と管をセットした後、コントローラから電気を供給することによって、継手および管表面を溶かし、融着を行う接合方式。

・現在は、このタイプが主流。

提供：日立金属㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.ガスケット・パッキン、シール材（充てん材）、防食テープ

4.1 ガスケット・パッキン

ガスの漏えいを防止する目的のもの

・パッキン…装置の相互の運動する部分（バルブのグランドなど）に挿入して使用するもの。

・ガスケット…静止部分（フランジなど）に挿入して使用するもの。

・材料としては、LPガスに侵されないものが基本条件で、そのほかに弾性、耐熱性などの諸条件を加えて、適切なものを選定しなければならない。

・主なものとして、ニトリルゴム、ジョイントシート、四フッ化エチレン樹脂がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 シール材（充てん材）

ねじ込み接合部に用いるもので、LPガスに侵されないことが必要である。

（1）ねじ部に塗布して使用するシール材

・おねじ部に塗布して使用する。

・乾性型、半乾性型、不乾性型に大別されるが、管系統に可とう性を持たせておく場合は、不乾性のものでなければならない。

（2）四フッ化エチレン樹脂製テープ

・テフロンテープ、シールテープと呼ばれ、おねじ部に巻き付けてねじ込むものである。

・一度ねじ込んだものを締め戻したときは、必ず新しいテープを巻き直してから再びねじ込むことが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 防食テープ

腐食防止対策として使用されるもの。

①塩化ビニルを基材とし、合成ゴム系の粘着剤を塗布したもの。
②ポリエチレンを基材とし、合成ゴム系の粘着剤を塗布したもの。
③合成繊維の不織布などを基材とし、ペトロラタム（パラフィンを主成分とする不活性な石油グリス）系の粘着剤を塗布したもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. バルブ・ガス栓

5.1 バルブ

主として集合装置、特定供給設備に係る貯蔵設備に設けられ、次の種類がある。

①玉形弁（グローブ弁）
②仕切弁（ゲート弁またはスルース弁）
③ダイヤフラム弁
④ボール弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2ガス栓

（1）種類と構造・機能

(a)ねじガス栓

・出口側取付部に硬質管を接続するもので、中間ガス栓、メーターガス栓とも呼ばれる。

・日常的な開閉作業を想定していないので、ロック機構の義務付けはない。

(b)可とう管ガス栓

・出口側取付部に金属フレキシブルホースや燃焼器用ホースを接続して、固定式燃焼器とつなげるためのガス栓。

・ロック機構は義務付けられているが、過流出安全機構は内蔵されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(c)機器接続ガス栓

・出口側取付部を直接燃焼器の入口側接続部に接続するためのガス栓。
・出口側取付部に自在機構を備え、入口側取付部に配管用フレキ管を直接接続する。

(d)ホースガス栓

・すべて過流出安全機構が内蔵されているヒューズガス栓である。
・ヒューズガス栓は、出口側取付部にゴム管、ガスコードや迅速継手を用いて移動式燃焼器と接続するためのガス栓。
・消費量が10kW以下のものと15kW以下のものの2種類あるので、燃焼器のガス消費量に応じて選定。
・ヒューズガス栓と移動式燃焼器をゴム管を用いて接続する場合は、ホースバンドで締め付ける。
・燃焼器と接続されていないホースガス栓には、誤開放事故防止のために、ゴムキャップやガス栓カバーを装着することが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) ヒューズガス栓の種類

(a) ガスコンセント

・ガス栓を開閉させるための「つまみ」がなく、迅速継手の着脱操作により、内部の栓を開閉させる構造を有するガス栓。

・迅速継手を装着するとガスが流れ、取り外すとガスが止まる構造。

(b) ボックスガス栓

・壁や床などに埋め込んで設置するためのガス栓。

・出口側取付部に迅速継手を接続しなければガス通路を開けず、ガス通路を閉じなければ迅速継手が取り外せない構造。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(c)ON・OFFヒューズガス栓

・ガス栓のつまみ開度が、過流出安全機構が確保できない状態（中途開状態）では、ON・OFF機構部に内蔵されている弁が開かない構造となっているガス栓。

・中途開（半開）状態による誤開放事故を防止するため、つまみがほぼ全開でないとガスが流れない構造。

(d)リターン式ヒューズガス栓

・ガス栓のつまみ開度が、中途開（半開）状態で止めようとすると、つまみに内蔵されているスプリングの力により、自動的に閉の位置まで戻る構造。

・中途開（半開）状態による誤開放事故を防止するため、つまみが全開の状態でないとガスが流れない構造。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 圧力計

1.1 圧力計の分類

- 圧力計
  - 指針式圧力計
    - ブルドン管圧力計（漏えい試験用）
    - ベローズ圧力計（漏えい試験用）
  - 電気式ダイヤフラム式圧力計（漏えい試験用）
  - マノメーター
    - 漏えい試験用
    - 自記圧力計の校正用
  - 自記圧力計
    - 機械式自記圧力計
    - 電気式ダイヤフラム式自記圧力計

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 ブルドン管圧力計

（1）構造・機能

・金属の弾性を利用した圧力計

・材料は、耐食性を考慮して、青銅、黄銅、特殊青銅などが用いられる。

（2）ブルドン管圧力計の用い方

① 使用目的に応じた圧力を測定できるように、各種の圧力範囲のものが設計、製作されているので、これを使用する場合には最適な圧力範囲と目盛のものを選定する必要がある。

② ブルドン管圧力計を設置する場合の注意事項

保守管理が容易であり、なるべく温度変化や振動の少ない場所、衝撃を受けにくい場所を選ぶ。

提供：長野計器㈱

（ブルドン管）
提供：長野計器㈱

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 電気式ダイヤフラム式圧力計（漏えい試験用）

測定できる圧力は5.5kPaまでである。

1.4 マノメーター

・低圧専用の圧力計であって、精度も高く、故障も少ない。
・機械式自記圧力計の比較検査に使用する。
・構造は、U字形に曲げたガラス管内に水をいれたもの。
・読み取り方は、水の場合には凹（おう）面になるが、水面の下端で読み取る。 図Ⅵ.3メニスカスの読取方法 参照

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5 機械式自記圧力計

配管の気密試験、漏えい試験、調整器の検査などに用いられる。

（1）構造

圧力計の指針の先端に記録用のペンを設け目盛板上に記録紙を取り付け、記録紙を回転させながら、指針のペンが圧力の状況を書いていく構造。

（2）取扱基準

① 測定できる圧力範囲と最小目盛単位

表Ⅵ.1 機械式自記圧力計の測定範囲と最小目盛単位

測定箇所	測定範囲	最小目盛単位
低圧部試験	最低圧力 2.0kPa以上	0.2kPa以下
	最高圧力 8.4kPa以上10kPa以下	

提供：矢崎エナジーシステム㈱

② 温度－10℃から40℃の範囲内で正常に作動するものであること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(a)一般的注意事項

機械式自記圧力計は精密な計器であるので、以下の点に十分注意して使用する。

① 運搬、移動、設置などの取扱い時に振動、衝撃（落下）を加えない。

② 直射日光、冷暖房による温度変化を受けやすい場所は避け、なるべく水平に置く。

③ 測定開始前に零点を確認し、接続を確実に行う。圧力は徐々に上げ、規定以上の圧力には上げないようにする。

(c)温度変化に対する注意事項

機械式自記圧力計および配管の内部のガス圧力は気密試験の際、かなり敏感に変動するので温度変化のない状態にしてから試験を始めること。

③ 配管継手などに石けん水を塗るだけでも温度変化により圧力が降下することがある。

④ 配管などが直射日光などの影響を受けている状態での気密試験は避ける。

⑤ 気密試験中に温度変化がある場合は、現場の諸条件を勘案して温度補正を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 維持管理

供給管および配管の気密試験に用いる機械式自記圧力計は、6か月に1回以上、最低圧力が2.0kPa以上、最高圧力が8.4kPa以上10kPa以下の範囲において、マノメーター（最小目盛単位が0.02kPa以下のもの）と比較検査を行って、合格することを確認しなければならない。

0.2kPaを超える誤差のあるものは不合格とし、0.2kPa以下の誤差のあるものはその補正値を用いて使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6 電気式ダイヤフラム式自記圧力計

供給管等の気密試験、漏えい試験、燃焼器の入口圧力および調整器の検査などに用いられる。

（2）取扱い上の注意

(a)一般的注意事項

電気式ダイヤフラム式自記圧力計は精密な計器であるので、以下の点に十分注意して使用する。

①運搬、移動、設置などの取扱い時に振動、衝撃（落下）を加えない。

②直射日光、冷暖房による温度変化を受けやすい場所は避け、圧力計の温度と気温に差がある場合は、圧力計の温度が気温に近づいてから使用する。

③オートゼロ調整（電源オンにしたときの圧力をゼロとする。）機能の付いているものは、供給管に接続する前に電源オンにする。

(d)その他の注意事項

温度変化に対応する「温度補正機能」が搭載されているものにあっては、取扱説明書などによりその内容をよく把握し、適切に操作 、測定を行うこと。

提供：㈱エイムテック

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 維持管理

供給管および配管の気密試験に用いる電気式ダイヤフラム式自記圧力計は、12か月に1回以上最低圧力が2.0kPa以上、最高圧力が8.4kPa以上10kPa以下の範囲において、マノメーター（最小目盛単位が0.02kPa）と比較検査を行って、合格することを確認しなければならない。

0.03kPaを超える誤差のあるものは不合格とし、0.03kPa以下の誤差のあるものはその補正値を用いて使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.7 圧力測定時の注意事項

（1）温度変化の影響

表Ⅵ.2 温度変化による圧力の変化

開始温度	温度変化 試験圧力	0.1℃	0.5℃	1.0℃
30℃	10kPa	0.04kPa	0.18kPa	0.36kPa
	5.5kPa	0.03kPa	0.17kPa	0.34kPa

＊温度が上がれば上記の圧力上昇があり、温度が下がれば圧力降下する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. ガス検知器

2.1 一般

燃焼器や配管のガス漏えいを検知する手段として、石けん水、漏えい検知液などが一般に使用されてるが、床下配管、埋設配管、隠ぺい配管などで、石けん水、漏えい検知液などを使用できない部分に設置されている配管の漏えいを検知する場合は、ガス検知器を使用しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 接触燃焼式ガス検知器

① 検知原理

- ガス検知器に白金線のコイルを用い、これに触れたガスの接触燃焼により白金線の温度が上昇して電気抵抗が変化し、これに応じた電圧の変化を目盛に表示して、ガス濃度を示す。

② 目盛

- 測定したLPガス濃度をLPガスの爆発下限界（LEL）を100%としてデジタル表示（0～100%（LEL））するものが一般的である。

③ 特徴

- 比較的高濃度まで測定可能なため、また出力が直線的に変化するため濃度測定用ガス検知器に適する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 半導体式ガス検知器

① 検知原理

- ガス検知素子に金属酸化物半導体を用い、金属酸化物半導体の表面に可燃性ガスが接触し、このガスが濃くなるほど電気が流れやすくなる原理を利用。

② 特徴

- センサは低濃度で高感度であり、微少漏えい箇所を発見することができる。
- 音響とランプでガスの漏えいを知らせる。
- 小型で扱いやすく、片手で操作ができるため作業性が良い。
- 電源を入れた後一定時間を経過すると作動し、ガスの吸引を始める。
- 感度の切り替えも簡単で、自動的にガスを排出し電源を切る機能も備えている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 ガス検知器使用上の注意

（2）測定について

① 最初の零点または感度設定は、ガス検知器のスイッチを入れた後、指示の動作が安定してから（30秒程度経過してから）行う。

② 感度切替機能をもつものは、まず低感度（高濃度レンジ）で調べた後に、必要に応じて高感度（低濃度レンジ）に切り替えて測定すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5 ガス検知器の保守

- ガス検知器は取扱いを丁寧にし、常に最良の状態で使用することが望ましい。
- 長時間使用しない場合は、電池式のものは乾電池からの液漏れが本体に悪影響を及ぼす場合があるので電池を抜き取っておく方がよい。

(2) 定期点検

- ガス検知器は精密機器であるので、精度を維持するためには日常点検のほか、1年ごとに定期点検に出し、感度試験、各部の点検及び調整を行うことが望ましい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ボーリングバー

硬い表土（コンクリート層、アスファルト層を含む。）を貫孔（5m間隔に行い、埋設管の上端から10cm程度以内）させた後、臭覚棒を用いてにおいで、またはガス検知器を用いてLPガスの有無を確認するための機器である。

図Ⅵ.12～14 参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. パイプロケータ

パイプロケータは、地下方向に電磁波を発し、金属製埋設管などが存在すると、サーチコイルで検知し、この性質を利用して埋設管の位置（場所と深さ）を判別することができる。

なお、非金属であるガス用ポリエチレン管の場合、ロケーティングワイヤーを管に沿わせて埋設しておくことでパイプロケータによる位置確認が可能になる。

図Ⅵ.16 参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. CO濃度測定器

5.1 CO濃度測定器の目的

CO濃度測定は、燃焼器の燃焼状態を知ることができ、その測定結果を踏まえ、消費者に対し換気不良状態での長時間使用の危険性の周知、老朽化などにより燃焼不良状態を来している燃焼器に対する取替えなど設備改善の指導が可能である。

また、これらを通じてCO中毒に関する意識高揚を図るなどの啓発を行うことにより、これら燃焼器によるCO中毒事故防止を図ることができる。

5.2 測定対象器具

開放式湯沸器および開放式ストーブ（不燃防機能が装着されていない燃焼器）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3 測定方法

- 燃焼器の排ガスのサンプリングは、燃焼器を2分間以上燃焼させて燃焼状態を安定させた後、サンプリング器具を使用し、測定対象器具に応じた位置および方法に従って行う。
- 測定は2回以上繰り返し、数値が安定していることを確認し、平均値を測定CO濃度とし、表示はパーセント〔vol%〕で表す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4 判定基準

表Ⅵ.6 判定基準（開放式湯沸器および開放式ストーブ）

基　準　値	とるべき措置（例）
0.015vol%以下	・換気の励行を説明する。 ・燃焼器使用上の注意（長時間使用の禁止など）を説明する。
0.015vol%超～0.08vol%以下	・換気の励行を説明する。 ・燃焼器使用上の注意（長時間使用の禁止など）を説明する。 ・速やかに燃焼器の修理を勧める。 ・不燃防装置を装着した燃焼器などへの取替えを勧める。
0.08vol%超	・燃焼器の使用禁止について説明する。 ・直ちに不燃防装置を装着した燃焼器などへの取替えを勧める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.5 CO濃度測定器の保守管理

CO濃度測定器は微量濃度測定器であることから、精度良く安定した測定値を得るために十分な保守管理が必要である。

おもな項目は

① 電池の交換
② ドレン抜きフィルタの交換
③ 吸引流量のチェック
④ スパン調整
⑤ 年1回のオーバーホール（分解点検）の実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.6 CO濃度測定結果に基づく措置

（1）測定結果通知書

- CO濃度測定を実施する際は、可能な限り消費者の立会いを求め、消費者自身に燃焼器の燃焼状態を確認させることが必要である。
- 測定終了後に測定結果通知書を基に換気の重要性やCOが発生した場合死に至るおそれがあることなどを通知し、必要な場合は修理、取替えについての説得をすることが肝要である。

（2）燃焼器に貼付するラベル

- 判定基準のランク分けに従ったラベルを作成し、測定結果のCO濃度に応じた区分のラベルを燃焼器の見やすい箇所に貼付する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. ガス漏れ警報器

6.1 はじめに

(2) 警報器の種類

(a) 一体型警報器…検知・警報の機能が同一のケースにまとめられているもの。

(b) 分離型警報器…検知部と警報部が分離されており、これらを有線または無線で接続したもの。

(c) 外部警報型警報器…戸外ブザーの付いているもので、室内部分は一体型警報器と同じである。

(d) 集中監視型警報器…検知部と受信部、または検知部、中継部および受信部から構成されているもの。

(3) 選定例

- 特定地下街等および特定地下室等は、集中監視型警報器に限定されているが、他の施設建築物では特に指定されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.2 作動原理

警報器に使用されているガスセンサには、以下の2方式がある。

① 半導体式センサ（熱線型半導体式センサ）

② 接触燃焼式センサ（熱線式センサ）

6.3 性能

（1）警報濃度

- 警報濃度（警報ブザーが鳴り始めるときの雰囲気中のLPガス濃度）は、LPガス爆発下限界の1/4以下で警報を発する。
- 通常の使用状態でLPガスの爆発下限界の1/100以上1/4以下で警報を発するよう設計されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.4 液化石油ガス器具等

警報器は液化石油ガス器具等に指定され、メーカーには技術基準等適合義務が課せられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.6 設置上の注意

（1）検知部等

① 検知部等の設置位置

検知部等から遠い燃焼器の外側面から検知部等までの水平距離が4m以内であって、床面から検知部等の上端までの高さが30cm以内のできるだけ低い位置

② 検知部等を設置してはいけない位置

イ 換気口の空気の吹出し口から1.5m以内の位置

ロ 周囲温度が－10℃以下または40℃以上になるおそれがある場所

ハ 床面に20cm以上の段差があり、低い床面に燃焼器がある場合の高い床面の区域内の位置

ホ 水滴などが直接かかる位置および浴室など多湿の雰囲気となる位置（耐湿防滴構造の分離型検知部を除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.7 販売店の心得

（1）警報器を設置するLPガス販売事業者の行うべき事項

② 警報器を設置したときは、警報器が鳴ったときにとるべき処置を表示したシールを警報器付近の見やすい壁面に貼り、正しい処置が敏速に行えるようにする。

④ 警報器が鳴ったと連絡があった場合は、直ちにLPガス検知器などの必要器具を携えて消費者宅に急行し、ガス漏れの原因を調査して処置すること。

（2）消費者に対する説明事項

② 警報器の電源ランプは、常にコンセントを差し込み、通電しておくこと。

⑦ 警報（ブザー、音声など）が鳴ったときには次の処置をすること。

- すべての火を消し、ガス栓、容器バルブを閉じること。警報器の電源プラグは抜かないこと。
- 扉や窓を開いて換気すること。換気扇や扇風機は使わないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. 不完全燃焼警報器

7.1 はじめに

7.2 不完全燃焼警報器の種類

（1）一体型CO警報器
検知・警報の機能が同一のケースにまとめられているもの。

（2）分離型CO警報器
検知部と警報部が分離されており、これらをコードなどで接続したもの。

（3）複合型CO警報器
ガス漏れ警報器と不完全燃焼警報器を組み合わせたもの。
LPガスの検知部とCO検知部は設置位置が異なるため、両者をコードなどで接続した分離型である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 性能

① 換気注意報：CO濃度　50ppm～250ppm
② 換気警報：　CO濃度　150ppm～550ppm

　CO警報器は製造後、その設置される場所、周辺環境などにより、その性能維持に影響を受けることが考えられる。そのためCO警報器は交換期限内に交換することが望ましい。なお、交換期限はCO警報器に貼付されているラベルに表示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.5 設置上の注意

- CO警報器のCOガス検知部は、燃焼器を使用する部屋にあって、燃焼排ガスが滞留しやすい位置で、かつ、COガス検知部から一番遠い燃焼器のバーナーの中心から水平距離が4m以内、天井面から下方30cm以内の位置
- CO警報器を設置してはいけない位置
  - ① 燃焼器の真上および燃焼排ガス、湯気、油煙などが直接当たるおそれのある場所
  - ③ 給排気口などの付近で常時外気により燃焼排ガスが薄められるおそれのある場所
  - ④ 周囲温度が0℃以下または50℃以上になるおそれがある場所
  - ⑤ 浴室（耐湿防滴構造のものを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8. ガス漏れ警報遮断装置

8.1 目的

- ガス漏れを検知したときにガス漏れ警報器が25秒～60秒を連続して鳴り続けると、自動的にガスの供給を停止する装置。
- 大きな料理飲食店、旅館などでのガス漏れ事故を防ぐ有効な保安用品。

8.2 機能

① 遮断弁が閉じると、制御部のブザーがガス漏れ警報器と違った音を出したり、またはランプが点滅したりしてガスが止まったことを知らせる。

② 警報器が鳴りやんでも遮断弁は自動的に開かない。開くためには、ガス漏れがなくなったことを確かめてから手動で行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9. 対震自動ガス遮断器

9.1 目的

- 震度5程度以上の地震に際してLPガスの供給を自動的に遮断することにより、使用中の燃焼器を消火し、配管の破損による多量のLPガスの放出を防止するための安全装置。
- ガスメーターによる体積販売を行う場合にあっては、対震自動ガス遮断器の設置が義務付けられている。（現在は、感震器内蔵のマイコンメータが主流である。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10. ガス放出防止装置

10.1 目的

- 大規模地震、風水害、雪害などに際して容器の転倒や供給管・配管の破損による多量のガス放出を防止するためのもの。

10.2 ガス放出防止器

(a) 張力式

容器の揺れ、転倒などによりガス放出防止器と壁面などを連結した鎖が引張られたとき、作動して遮断するもの。

(b) 過流式

管の破損などにより所定流量以上のガスが流れたとき、自動的に作動して遮断する機能を有するもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

10.3 ガス放出防止型高圧ホース

高圧ホースのPOL内部にガス放出防止機構が組み込まれたもの。

（1）張力式

地震や水害などによって容器が転倒するなど、高圧ホースに所定の引張力が加わると、ガス放出防止機構が作動してガスを遮断する。

（2）過流式

ヒューズガス栓のヒューズ機構と同様な構造になっており、配管の折損などにより大量のガスが流れるとガスを遮断する。

10.4 折損式ガス放出防止弁内蔵型調整器

単段式調整器のPOL内部にガス放出防止機構が組み込まれたもので、落雪などでPOL部が折損すると、防止機構が作動してガスを遮断する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11. 配管事故防止用安全機器

11.1配管事故防止用安全機器の種類・性能など

表Ⅵ.7配管事故防止用安全機器（漏えい検知装置）の種類・性能・管理方式

漏えい検知装置の種類		性能		
		検知可能漏えい量	作動条件	検知可能配管部
流量検知式	マイコンメータ	5L/h以下	漏えいを30日以下で設定された日数を連続して検知したとき警報表示	ガスメーター以降末端ガス栓まで
	切替型漏えい検知装置			検知部以降末端ガス栓まで（ただし、戸別ガスメーター以降末端ガス栓までは、戸別ガスメーターで検知）
流量検知式圧力監視型漏えい検知装置			漏えいを30日以下で設定された日数を連続して検知したとき警報表示 ただし、ガス停止中の圧力変動の記録ができるものを除く。	
圧力検知式	圧力監視型漏えい検知装置		遮断弁を閉じた後漏えいを検知したとき遮断状態を維持	遮断装置から末端ガス栓まで
常時圧力検知式	マイコンメータS、SB、E、EB、S4、E4		漏えいを30日以下で設定された日数を連続して検知したとき警報表示	調整器出口から末端ガス栓まで

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

11.2 流量検知式漏えい検知装置

- 集団供給・集合設備の埋設管などの微少漏えいを検知する装置
- この装置は供給・消費設備全体の漏えい検知はできないので、個々の消費設備には、マイコンメータなどを設置する。

(1) 流量検知式切替型漏えい検知装置

- 親子式差圧調整器と漏えい検知部とで構成
- 親子式差圧調整器は、微少な流量のときは子調整器のみからガスが供給される。
- 漏えい検知部は子調整器側に接続され、30日以下で設定された日数連続して微少流量を検知したとき、警報表示する装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）流量検知式圧力監視型漏えい検知装置

- 調整器、一段目パイロット調整器、オリフィス、二段目パイロット調整器および表示装置（機械式自記圧力計）で構成。
- 表示機構（機械式自記圧力計）…オリフィス出口側圧力の変化を、測定・記録する機械式自記圧力計であって、その圧力変化を読んで、配管に漏れが有るか無いかを判定する。
  - ① ガス消費のない時間帯に、機械式自記圧力計の指示目盛が8.0kPaまで上昇している場合、漏えいなしと判定する。
  - ② 機械式自記圧力計の指示目盛が、監視期間中一度も6.0kPaを超えることがなかった場合、3L/h以上の漏えい疑いがある。その場合、すみやかに配管の気密試験を行う必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.LPガスの燃焼

- ガスの燃焼は、ガス中の可燃性成分が酸素と化合する酸化反応。
- 各成分ガスは酸素と化合し、二酸化炭素と水になる。
- この反応は発熱反応であり、燃焼により反応熱を発生する。この熱を燃焼器に利用する。
- 燃焼するための条件は
  - ① 一定の温度以上が必要
  - ② 十分な酸素（空気により供給する。）
  - ③ 着火源が必要
- また、プロパンの完全燃焼方程式　$C_3H_8+5O_2=3CO_2+4H_2O$　より酸素当量は5、CO_2の生成比は3、H_2Oの生成比は4となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1 燃焼に必要な空気量

理論空気量…1N㎥のガスを完全燃焼させるために必要な最少の空気量

1.2 燃焼排ガス量

1.3 過剰空気による燃焼排ガス量

燃焼器によりLPガスを燃焼するとき理論空気量の20～100%の過剰空気が必要である。

1.4 発熱量と比重

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5 燃焼限界

- 主な可燃性ガスの空気中の燃焼範囲に示した各ガスの燃焼上限界、燃焼下限界から混合ガスの燃焼限界が求められる。
  上記については、ル・シャトリエの式から求めることができる。
- 燃焼器に関する記述においては、爆発限界を燃焼限界、爆発範囲を燃焼範囲と表現する。
- ル・シャトリエの式から、い号LPガスの燃焼範囲(上限界、下限界)を求めると(表Ⅶ.5参照)上限界は9.5〔vol%〕、下限界は2.1〔vol%〕とプロパンの燃焼範囲とほぼ同じである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.6 ガスの燃焼方式

一次空気…空気口から吸い込む燃焼に必要な空気

二次空気…炎の周辺から拡散によって取り込む空気

(1)ブンゼン燃焼

① 一次空気:40%~70%、二次空気:30%~60%

② 炎は内炎、外炎および目に見えない高温層(高湿外炎膜)に分けられる。

(2)セミブンゼン燃焼

① 一次空気:30%~40%、二次空気:60%~70%

② 内炎と外炎の区別がはっきりしない燃焼方式。

③ フラッシュバック(逆火)がない。

④ 炎は安定しているので、点滅の激しいパイロットバーナーなどに使用。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 赤火式燃焼(全二次空気燃焼)

① 一次空気:0、二次空気:100%

② ガスをそのまま大気中に噴出して燃焼させる方式。

③ 炎が冷たい表面に接触すれば、すすとなって表面に付着する。

(4) 全一次空気燃焼

① 一次空気:100%、二次空気:0

② 燃焼に必要な空気の全部を一次空気として吸引し、これをあらかじめ混合管の中でガスと混合して燃やす方式。

③ フラッシュバックを起こしやい。

④ フラッシュバックが起こらないよう炎口を特別な構造にしたものがある。赤外線ストーブに使用。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(5) ブラスト式燃焼（機械式燃焼）

① 燃焼用空気を送風機を用いて強制的に供給する方式。

② パルス燃焼はブラスト式の一種であり、燃焼室内で高温高圧の燃焼をする。そのため高効率とコンパクトな燃焼室が特徴である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.7 燃焼状態と火炎

(1) 安定した燃焼

炎孔からのガスの噴出速度と燃焼速度がつり合っている場合には、安定した炎を出して燃焼を継続する。 図Ⅶ.5 参照

(2) 不完全燃焼

ガスは空気と十分混合して燃えれば完全燃焼するが、以下の場合には不完全燃焼が起こる。

① 空気との接触、混合が不十分である。
② 必要量の空気がない、あるいはガス量が過大である。
③ 燃焼排ガスの排出がスムーズでない。
④ 炎が低温のものに触れて炎の温度が下がる。

不完全燃焼が起こると可燃性成分が最後まで燃焼せずに、途中で酸化反応が停止し、一酸化炭素(CO)が発生し、中毒起こし、死亡に至るおそれがあるので注意しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) イエローチップ

- 炎の先端が赤黄色になって燃えている現象。
- 原因は、一次空気の不足。
- イエローチップの炎で燃焼器を使用すると、炭素がそのまますすとなって鍋底や熱交換器などに付着して燃焼排ガスの排出通路がふさがれて、ひいては不完全燃焼の原因となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(4) リフティング

- 炎がバーナーより浮き上がって、ある距離を隔てた空間で燃える現象。
- 混合ガスの噴出速度に比べて燃焼速度が小さくなったとき、または燃焼速度に比べて噴出速度が大きくなったときに起きる。
- リフティングを起こす原因は
  ① バーナー内のガスの圧力が高すぎて、ガスが出すぎる(噴出速度の上昇)。
  ② 一次空気のダンパを開きすぎ、一次空気の吸引が多すぎて、混合ガス量が増えすぎる(噴出速度の上昇)。
  ③ 燃焼室内の給排気が不良で、二次空気が極端に減少する。
  ④ バーナが古くなり、炎口が詰まって炎口面積が小さくなり、バーナ内圧が高くなって噴出速度が大きくなる。
- ブローオフ…リフティング状態からさらに噴出速度が高まり、炎が吹き消える現象。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(5) フラッシュバック（逆火）

- 炎がバーナーに戻る現象。
- 混合ガスの噴出速度に比べて燃焼速度が大きくなったとき、あるいは燃焼速度に比べて噴出速度が小さくなったときに起きる。
- フラッシュバックを起こす原因は

① バーナー内のガスの圧力が異常に低下したり、ノズルや器具栓などが詰まってガス消費量が極端に少なくなる（噴出速度の低下）。

② 一次空気のダンパが開きすぎて一次空気の吸引が多すぎ、混合ガスの燃焼速度が速くなる。

③バーナ部分が高温になり、そこを通るガスの温度が高く燃焼速度が速くなる。

④ バーナが古くなり腐食によって炎口が大きくなる（噴出速度の低下）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.家庭用LPガス燃焼器

2.1 液化石油ガス法

- 液化石油ガス法の政令指定品目である液化石油ガス器具等のうち、特定液化石油ガス器具等については、登録検査機関が行う適合性検査を受けることが義務づけられている。
- 液化石油ガス器具等には、技術基準適合表示（PSマーク）を付すことが義務づけられ、PSマークのないものは、販売または販売の目的で陳列してはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.7 安全装置の種類

（1）立ち消え安全装置

- 点火時や再点火時の不点火、吹消え、立ち消えなどによる生ガスの流出を防止する安全装置。
- こんろ、ふろがま、湯沸器には義務付けられている。

作動方式

（a）熱電対式

- 熱起電力によりガス通路を開閉する。（図Ⅶ. 10）

（b）フレームロッド方式

- 炎の導電性と整流性を利用してパイロット炎の検知を行う。
- 熱電対式と比べて応答速度が速く、点火時、消火時とも3秒程度以内で応答する。（図Ⅶ. 11）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 不完全燃焼防止装置

① 開放式瞬間湯沸器の不完全燃焼防止装置

- 換気不良による室内の酸素濃度の低下または熱交換器のフィン詰まりなどによって不完全燃焼すると、自動的にガスを遮断して事故を防止する安全装置。

作動内容

1) 酸素濃度の低下による作動
2) 熱交換器のフィン詰まり時の作動

作動方式

(a) 逆起電力方式
(b) 起電力比較方式
(c) フレームロッド方式

三式とも不完全燃焼防止装置と立ち消え安全装置の両方の機能をもっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 不完全燃焼防止装置

② CF式ふろがまの不完全燃焼防止装置

- 居室の換気扇などの使用によって、浴室内の気圧が外気より低くなり、その結果、浴室内に設置されているCF式ふろがまの燃焼排ガスが逆風止めから浴室内に逆流して、ふろがまが不完全燃焼を起こす。この燃焼排ガスの逆流によって発生する事故を防止する安全装置。

作動方式

(a) 雰囲気検知式(熱電対式)

バーナの炎がリフティングすることにより、炎の温度低下を熱電対が検知し、バーナへのガス通路を遮断する方式

(b) 逆流検知式

逆風止めからの燃焼排ガスの逆流を検知してから、ある一定時間以上燃焼排ガスが逆流した場合にバーナへのガス通路を遮断する方式。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 空だき安全装置(空だき防止装置)

- 浴槽に水を入れ忘れたり、途中で水が抜けてしまってふろを沸かして火災になった例がある。この防止のために近年のふろがまには、すべて空だき安全装置(空だき防止装置)が取り付けられている。

作動方式

① 圧力スイッチ式

② バイメタル式

④ 流水スイッチ

⑤ 温度ヒューズ式…温度ヒューズが溶断した場合の復帰には、再発防止のため溶断した原因を調べ対策を講じた後、温度ヒューズの取替えが必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(4) 過熱防止装置

- 燃焼器本体の温度が上昇したり、また火災の危険が生じる以前に、バーナへのガス通路を遮断する安全装置。
  作動方式
  ① バイメタル式
  ② 温度ヒューズ式

(5) 燃焼排ガス流出安全装置

(6) 過大風圧安全装置

(7) 風圧スイッチ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(8) 温度制御機能付きこんろ

② 天ぷら油火災防止機能（調理油過熱防止装置付きこんろ）
油が自然発火する約370℃の温度に達する前の約250～270℃になると、自動的にガスが止まり油火災の発生を防止する機能。

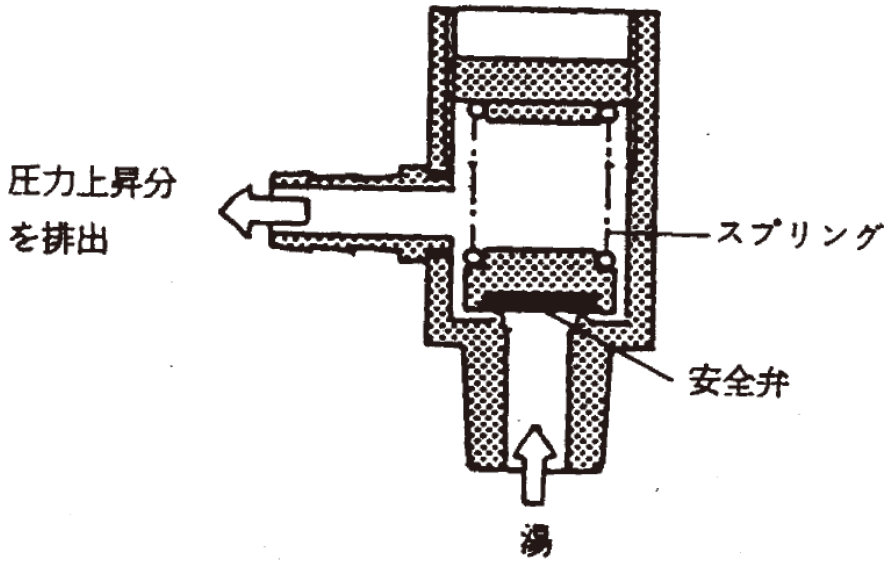
⑥ 立ち消え安全装置

なお、天ぷら油火災防止機能、立ち消え安全装置は、一般ガスこんろに取り付けが義務付けされている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.9 過圧防止装置

瞬間湯沸器などで給湯管内の圧力が一定値以上に上昇した場合、その圧力によりスプリングで押えられている安全弁が自動的に押し返され、異常圧力を排出する構造のものである。



図Ⅶ.29　安全弁の構造の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.燃焼器の給排気

3.1 燃焼に必要な空気量と換気量

LPガスの燃焼により、二酸化炭素と水蒸気を生成し、これらに窒素などを含んだ燃焼排ガスを排出する必要もある。

この理論燃焼排ガス量は一般に理論空気量の約1.1倍である。

通常、空気中には約21vol%の酸素が含まれるが、燃焼によって低下する酸素量の許容限界を0.5vol%とすれば、室内の必要換気量は理論燃焼排ガス量の約40倍となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 換気回数

換気回数･･･一時間当たりの部屋の空気が何回入れかわるかを示す値。

一般的な建物では、窓などの隙間から、常に自然換気が行われている。自然換気のみによる換気回数を自然換気回数といい、建物の気密度を示す目安としている。コンクリート住宅では、自然気回数が、木造住宅よりも少ないこともあり、換気の必要性を啓発しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 室内空気の汚染と酸素欠乏

(2) 一酸化炭素の発生

- LPガスが不完全燃焼を起こすと、一酸化炭素が発生する。
- 燃焼器を換気の悪い部屋で燃焼させると、時間が経過するに従い空気中の酸素濃度は低下し、一酸化炭素濃度は、空気中の酸素濃度が18vol%以下になると急激に増加する。

(3) 一酸化炭素(CO)中毒

- CO中毒とは、燃焼器の不完全燃焼で発生したCOを吸入した場合に起こる中毒。
- COは無色、無味、無臭の気体であり、空気中に拡散した場合気づきにくい。
- 体の血液中の酸素の運搬体であるヘモグロビンとの結合力が酸素に比べて約200倍以上高い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(4) 中毒の防止対策

- 密閉された室内における開放式燃焼器の使用は避ける。
- 一酸化炭素濃度は、床上より天井付近の方が濃度が高い。

(5) 酸素欠乏症

- 酸素欠乏とは空気中の酸素の濃度が18vol%未満である状態。
- 室内で燃焼器を使用し給排気が不完全な場合、酸素不足により、酸素欠乏症を起こすことがある。
- 酸素欠乏症の症状としては、息苦しさ、めまい、頭痛などで、重症の場合には意識不明、呼吸停止、心臓停止に至る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 給排気方式の区分

燃焼器には必ず給排気が必要である。燃焼に必要な空気（給気）を安定して供給し、燃焼の結果生じた燃焼排ガスを速やかに取り去らねばならない。排気の排除が十分に行われないと、不完全燃焼を起こしたり、燃焼が不安定になったりする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表Ⅶ.14 給排気方式の違いによる燃焼器の分類

給排気方式		給　気	燃焼排ガスの排気	略号
開放式		屋内から採る	屋内に排出	ー
半密閉式	自然排気式	屋内から採る	排気筒を用い、自然通気力によって屋外に排出	CF
	強制排気式	屋内から採る	送風機を用い、強制的に屋外に排出	FE
密閉式	自然給排気式	給排気筒を用い、自然通気力によって屋外から採る	給排気筒を用い、自然通気力によって屋外に排出	BF
	強制給排気式	給排気筒を用い、送風機によって屋外から採る	給排気筒を用い、送風機によって屋外に排出	FF
屋外式		屋外から採る	屋外に排出	RF

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5 半密閉式燃焼器（CF式）

（2）各部の説明　　図Ⅶ.34参照

(a)一次排気筒

- 燃焼器上部の排気ガスの出口から逆風止めの取付部までの部分
- 燃焼器の一部であるから勝手に変更してはならない。

(b)逆風止め

- 侵入した風や逆流してくる排気ガスを炎に当てないようにするもの。
- 一次排気筒の上に取り付け、燃焼器と同一室内とする。

(c)二次排気筒

- 逆風止めの上端から排気トップの下端までの部分

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(d)排気トップ
- 逆風や雨水の侵入を防止し、排気の排出効果を上げる目的のもの。
- 排気トップの先端は、鳥、落葉、その他の異物の侵入などにより給排気が妨げられるおそれのない構造とする。

(e)排気筒の材料
- ステンレス鋼板SUS304またはこれと同等以上の十分な耐食性をもつものを用いること。

(f)排気筒の設置場所
- 排気筒は点検、維持が容易にできる場所に設置すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) CF式排気筒の設置上の注意事項

① 排気筒の口径は有効に排気ガスを排出するために必要な口径とし、燃焼器の接続口径より縮小しないこと。
② 排気筒の高さは計算式で求めた値以上とする。
③ 横引き長さは5mを限度とする。
④ 曲がり数は4か所以下とする。
⑤ 排気筒の高さが10mを超える場合には保温措置をする。
⑥ 逆風止めの直上部の高さをできるだけ長くする。
⑦ 排気筒は、ドレンなどがたまりにくい構造とする。
⑧ 排気筒は燃焼器ごとの設けることが原則であり、やむを得ず複合排気筒を設ける場合には、設計上十分注意する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6 半密閉式燃焼器（FE式）

（1）全般

排気筒の横引き長さと高さとの関係は特に規制されていない。

（2）設置上の基準

① 排気筒の材料は不燃性のものであること。

② 排気筒の先端は屋外に出ていること。

④ 排気扇の基準

- 排気扇は、これが停止した場合に、燃焼器へのLPガスの供給を自動的に遮断し、排気扇の機能が復帰した場合、未燃ガスを放出しない構造であること。

⑤ 給気口の有効開口面積は、排気筒の断面積以上のものであること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.7 密閉式燃焼器（BF式）

（1）全般

燃焼において室内の空気は使わず、排気も屋外に排出し、燃焼器は気密構造であるので、室内の空気は汚染されない。

（2）分類

① 外壁式 BF-W式

給排気筒を外気に接する壁を貫通して設置

- 給排気筒トップは外気に面した場所に取り付けること。
- 周囲に建築物の突出部がないこと。

② チャンバ式 BF-C式

給排気筒を専用給排気室（チャンバ）内に設置

③ ダクト式 BF-D式

給排気筒を共用給排気筒（Uダクトなど）内に設置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.8 密閉式燃焼器（FF式）

（2）取付け上の注意事項

(a)直接背面給排気方式

① 給排気部または給排気部貫通用スリーブは屋外に対して、従来型機器にあっては下がり勾配、潜熱回収型機器にあっては上がり勾配に設置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.9 液化石油ガス法以外の燃焼器関係法律

特定ガス消費機器の設置工事の監督に関する法律（特監法）により、特定ガス消費機器の設置または変更の工事を行うときは、ガス消費機器の設置工事監督者が監督するか、または自ら行わなければならないと規定されている。

（1） 特定ガス消費機器

(a)ガスバーナー付ふろがまおよびその他のふろがまでガスバーナーを使用することができる構造のもの

(b)ガス湯沸器（暖房兼用のものを含み消費量は合計したもの）

① ガス瞬間湯沸器（ガス消費量が12kWを超えるもの）

② 貯湯湯沸器・常圧貯蔵湯沸器（ガス消費量が7kWを超えるもの）

(c) (a) 、(b)の燃焼器の排気筒およびその排気筒に接続される排気扇

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）表示ラベルの貼付位置など

特定ガス消費機器の設置または変更の工事を行った場合には、工事終了後正しい施工が行われたことを確認した後、表示ラベルを燃焼器本体や排気筒の見やすい位置に貼付しなければならない。

表示すべき事項

① 特定工事事業者の氏名または名称および連絡先
② 監督者の氏名
③ 資格証の番号
④ 施工内容および施工年月日

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.10 消防法

- 燃焼器などを使用する器具の取扱いおよび火災予防については、市町村が定める火災予防条例により実施すると規定している。
- 火災予防条例（例）では、燃焼器の設置に関しては建築物の可燃性の部分などからの離隔距離などについて基準が示されている。
- ガス機器防火性能評定品…最近の燃焼器については特別にその防火性能の評定を受けたものに表示がされている。　　図Ⅶ.52参照

3.11 消費生活用製品安全法

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.液化石油ガス法の適用を受けるLPガス販売所

1.1 液化石油ガス販売事業者による法的手続きの概要

① 販売事業の登録

- 一般消費者等に対しLPガスの販売をしようとする者は、行政庁の登録を受け、販売所を設けて貯蔵設備（面積3㎡以上）を所有または占有しなければならない。
- 販売所などの届出事項を変更した場合は、遅滞なく、その登録した行政庁に届け出る。

② 貯蔵施設

- 3トン以上のLPガスを貯蔵するための貯蔵施設の新設や変更については、都道府県知事の許可を受ける必要がある。
- また、許可をした都道府県知事などが行う完成検査を受けて、これに合格しなければ貯蔵施設を使用することはできない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 販売所

（1）店舗に備えなければならないもの

- 帳簿

保安業務を行う場合、以下のものなどを備えなければならない。

① 気密試験のための器具または設備（低圧部）
② 漏えいを検知するための器具または設備
③ CO測定器
④ 緊急工具類
⑤ その他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.高圧ガス保安法の適用を受けるLPガス販売所

2.1 販売業者による法的手続きの概要

工業用、農業用、畜産用、水産物加工などの燃料としてLPガスを消費する者およびLPガスを卸売する者に対し、LPガスの販売の事業を営もうとする者は、営業開始日の20日前までに、販売所ごとに販売所の所在地を管轄する都道府県知事に届け出なければならない。

2.2 販売所

① 販売所として法令上備えるべきもの

- LPガスの引取先の保安状況を明記した台帳
- 気密試験用の器具

② 貯蔵設備を有する場合には、貯蔵の基準が適用される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 貯蔵施設

3.1 貯蔵施設の概要

- 貯蔵施設（液化石油ガス法の容器置場）の構造としては、保安物件や火気までの距離が十分とれれば障壁は不要。不燃性の柱と屋根だけの開放のものでもよい。
- 販売事業者は条件により、貯蔵施設を所有または占有する必要はない。

3.2 貯蔵施設の基準

（1）貯蔵施設の明示

貯蔵施設の出入口および外部から見やすい場所に次の事項を含む警戒標を掲げること。

① LPガス貯蔵施設
② 燃（赤色文字とする。）
③ 火気厳禁（赤色文字とする。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 施設距離

貯蔵施設は、その外面から第一種保安物件（学校、病院など）に対し、図Ⅷ.1および表Ⅷ.2に示すℓ_1以上の距離を有し、第二種保安物件（一般の住宅）に対しℓ_2以上の距離を有すること。

(3) 施設距離が保有できない場合の措置

前記（2）に規定された施設距離が保有できない場合は、貯蔵施設と第一種保安物件または第二種保安物件の間に、厚さ12cm以上の鉄筋コンクリート造りまたはこれと同等以上の強度を有する構造の障壁を設けることにより、表Ⅷ.3に示されている貯蔵施設（イ）及び（ロ）距離にすることができる。

厚さ15cm以上のコンクリートブロックを用いる場合は、鉄筋(直径9mm以上)を縦横40cm以下の間隔に配筋し、特に隅部の鉄筋を確実に結束し、かつブロックの空洞部にコンクリートモルタルを充てんした、高さ1.8m以上のものであって、堅固な基礎の上に構築され、かつ対象物を有効に保護できるものでなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）貯蔵施設の屋根の構造

不燃性または難燃性の材料を使用した軽量な屋根を設けること。

② 屋根材は、繊維強化セメント板、薄鉄板、アルミニウム板、繊維入り補強プラスチック（ポリエチレンを除く。）、網入りガラスまたはこれらと同等以上の強度および同一面積当たり同等以下の質量を有する軽量な材料であること。

ただし、繊維入り補強プラスチック（ポリエチレンを除く。）または網入りガラスを使用する場合にあっては、屋根総面積の1/4以下とし、明り採り以外の用途には使用しないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(5) 貯蔵施設にガスの滞留しない構造

貯蔵施設はLPガスが漏えいしたとき滞留しない構造としなければならない。

① 障壁などで囲われている場合は換気口を設けること。

四方を障壁などで囲まれている場合には、この換気口を2方向以上に分散して設けること。

② 換気口は床面に接し、外気に面して設けること。

③ 換気口は1か所の面積を2400㎠以下として、換気口の通風可能面積の合計は床面積1㎡につき300㎠(金網などを取り付けた場合は、その太さによって減少する面積を差し引いた面積とする)の割合で計算した面積以上であること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（6）消火設備

貯蔵施設には消火設備（消火器）を設けなければならない。

（7）電気設備の防爆構造

貯蔵施設において、電気設備のスパークなどが発火源となり爆発または火災とならないようにするために、電気設備（照明設備など）を設置する場合は、防爆構造のものとすることが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 消火器

4.1 消火器の概要

（1）火災の種類

A火災：普通火災（木材、繊維火災などが燃える火災）

B火災：油火災（ガソリンや灯油などの石油類が燃える火災および石炭、合成樹脂などが燃える火災）

電気火災：変圧器、配電盤その他これらに類する電気設備の火災

（2）消火能力単位

- 能力単位は数値の大きいほど、消火能力が高いことを示している。
- 「B－10」という表示は、この消火器がB火災に適用可能で、消火能力単位が10であることを示している。
- 大型粉末消火器は、薬剤量20kg以上のものをいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表Ⅷ.4 粉末消火器の種類（一部）

粉末消火器の種別	能力単位	薬剤量
ABC型15型	A-4、B-10	4.5kg
ABC型20型	A-5、B-12	6kg
ABC型50型	A-10、B-20	20kg

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 消火器の種類

（1）消火薬剤による分類
（2）加圧方式による分類
（3）粉末消火器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 消火器の性能および設置基準

（1）消火設備の種類

消火設備は、粉末消火器または水系消火器（以下「粉末消火器等」という。）とする。

（2）消火設備の性能

粉末消火器等は、可搬性であって、能力単位A－4およびB－10 以上とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）消火設備の設置基準

粉末消火器等は、次の基準よって設置するものとする。

ただし、ここでは「液化石油ガス法の適用を受けるLPガス販売事業者」の貯蔵施設に設置する消火設備について記載する。「高圧ガス保安法の適用を受けるLPガス販売事業者」の貯蔵施設に設置する消火設備については、高圧ガス保安法令関係例示基準を参照のこと。

① 設置個数

当該貯蔵施設の床面積50㎡当たり1個として算出した個数以上または2個のいずれか大なる数。

② 設置場所

貯蔵施設から15m以内にある見やすい場所に置くこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4 消火器の維持管理

設置された消火器の維持管理は、次の要領により行い、その結果を消火器の種類、重量、個数、設置場所、検査場所などを記載した台帳および点検票に記録しておく。

(1) 管理上の注意事項

① 定期的に点検および検査を行うこと。

③ 耐用年数を考慮して管理すること。(消火器の耐用年数は10年とされている。)

④ 消火薬剤の詰替えなどを行う点検整備は、乙種第6類消防設備士の免状の交付を受けている者に委託すること。

(2) 点検および検査

① 外観上の点検

6か月ごとに行う。

② 機能上の検査

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅸ. 戸別供給方式の設備

① 販売方法

体積販売…ガスメーターを設置し計量法で定められた体積単位で販売する方法。

質量販売…充てん容器を一般消費者等に直接引渡して販売する方法。

② 供給設備と消費設備　　図Ⅸ.1参照

	供給設備	消費設備
体積販売	容器からガスメーターの出口まで	ガスメーターの出口から燃焼器まで
	供給管	配管
質量販売	ー	容器から燃焼器まで
維持管理責任	販売事業者	一般消費者等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 家庭用LPガス設備の形態

- 容器を戸別に取り付ける一般のLPガス設備では、LPガスの容器が貯蔵設備となり、また、蒸発器としての機能を果たし、容器内の液をガス化させて燃焼器に供給する。
- 上記の設備には、設備の規模、ガスの消費状況、設置場所の関係で以下の方式がある。

1.1 容器1本立て設置（図IX.2 参照）

- 調整器は容器に直接取り付けられることが多く、低圧ホースを調整器出口と配管に接続する。
- 容器交換時にガスの消費を中断する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 連結用高圧ホースを用いる容器2本立て設置（図IX.3 参照）

- 容器を2本設置し、容器と調整器入口を連結用高圧ホースを用いて接続する。
- 容器バルブを手動で開閉して予備容器と消費済み容器とを切り替えなければならないが、容器交換時には、消費を中断することなく行うことができる。

1.3 自動切替式一体型調整器を用いる容器2本立て設置（図IX.4 参照）

- 容器を2本設置し、容器と自動切替式一体型調整器を用いて接続する。
- 使用側容器の残量が減少してくると、自動的に予備容器から供給されることから、ガス切れを起こすことなく、かつ、使用側容器中の残液を減らすことができ、また、容器交換時には、消費を中断することなく行うことができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 ガスメーターの設置

一般消費者等のLPガス設備に容器を設置してLPガスを販売する場合は、以下の質量販売を除き、計量法による体積により、計量販売をしなければならない。

〈質量販売が出来る主な例〉

① 内容積20L以下の容器により販売する場合（8kg型容器以下の場合）

② 屋外で移動してLPガスを消費する一般消費者等にLPガスを販売する場合（屋台などの場合）

③ 調整器が接続された内容積が8L以下の容器に充てんされたLPガスを販売する場合

④ 内容積が25L以下の容器であって、カップリング付容器用バルブを有するものに充てんされたLPガスを販売する場合

※上記より、一般消費者等のLPガス設備に容器を設置してLPガスを販売する場合は、ほとんどガスメーターを取り付けて、体積で計量販売しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 家庭用LPガス設備の設置計画

2.1 家庭用LPガス設備の最大ガス消費量（戸別）

- 家庭用LPガス設備を計画する場合の基礎となる最大ガス消費量（戸別）は、
  最大ガス消費量（戸別）＝個々の燃焼器の消費量（kW）の合計値
- 燃焼器の設置数が多い場合で、自動切替装置が設置された2系列供給の場合は燃焼器の同時使用率である住戸用同時使用率（70～100%）を考慮できるものとする。ただし、同時使用率を採用した場合に個別器具の最大ガス使用量を下回らないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 容器の大きさと設置本数の決定

（1）容器からLPガスが発生する機構

LPガスが気化する場合に必要とする蒸発熱は主に外気から供給されるが、容器からガスが発生する量（ガス発生能力という。）は次の条件によって変化する。

① 大型容器と小型容器では小型容器の方が、ガス発生能力が小さい。同一の容器では、液量が少ないほどガス発生能力が小さい。

② 外気から容器に入る熱量は外気の温度との温度差によって異なり、温度差が大きくなる夏期の方がガス発生能力が大きく、冬期の方が小さくなる。

③ LPガスの組成、容器周辺の通風によってもガス発生能力が変化する。大気中の湿度が高いと容器の外面に結露または着霜しやすくなり、熱の供給が阻害される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 容器の大きさとガス発生能力

- 容器の標準ガス発生能力は、LPガスの組成、ピーク時間、気温及びLPガス設備に設置する調整器の種類（自動切替式調整器あるいは単段式調整器）によって異なる。
- 容器の大きさ、LPガスの組成、ピーク時間、気温などの条件が同じであれば自動切替式調整器を設置した設備の容器1本当たりの標準ガス発生能力は、単段式調整器を設置した設備に比べその量は多くなる。
- 表IX.2は自動切替式調整器を設置したときの容器からの標準ガス発生能力を表している。プロパン分が多いほど、ピーク時間が短いほどおよび気温が高いほど、標準ガス発生能力が大きくなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 容器の設置本数の算定

$$容器設置本数[本] = \frac{最大ガス消費量(戸別)〔kW〕}{標準ガス発生能力〔kg/(h・本)〕\times 14〔kW/(kg/h)〕}$$

注) LPガス1kg/hを14kWとする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(4) 容器設置本数を決める計算（戸別）

(d) 調整器の能力

- 調整器の能力は、最大ガス消費量の1.5倍以上のものを標準として選定する。
- 供給圧力を常に監視する機能を有する機器（マイコンメータSを用いた集中監視など）を設置している場合で、かつ、二段式調整器または自動切替式調整器を使用する場合は、最大ガス消費量の1.0倍以上の容量とすることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 配管設計および工事

3.1 調整器の調整圧力と燃焼器入口における供給圧力

調整器の調整圧力、燃焼器入口における供給圧力および調整器出口から燃焼器入口までの低圧部配管などの圧力損失（ガスメーター、ガス栓などの圧力損失を含む。）は、以下の表の通りとなる。

図IX.5 参照

調整器	調整圧力	燃焼器入口圧力	許容圧力損失
自動切替式一体型	2.55kPa～3.3kPa	2.0kPa～3.3kPa	0.55kPa
単段式	2.3kPa～3.3kPa	2.0kPa～3.3kPa	0.3kPa

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 配管等の設計および工事

（1）配管等の圧力損失

LPガス設備の圧力損失は、LPガスの流量が多くなるほど、また比重が大きくなるほど、圧力損失は、大きくなる。

圧力損失の要因

① 配管等（配管および供給管。以下同じ）の摩擦抵抗
② ガスメーター
③ 配管等の立ち上がり、立ち下がり
④ バルブ、継手などの挿入物
⑤ ガス栓

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(4) 配管等の気密試験の圧力保持時間

低圧配管等の気密試験は、機械式自記圧力計または電気式ダイヤフラム式自記圧力計を用い、8.4kPa以上10kPa以下の圧力で次の時間を保持し、圧力の変動がないことを確認する。

表IX.6 機械式自記圧力計の場合

機械式自記圧力計	
当該配管等の内容積	気密試験圧力保持所要時間
10L以下のもの	5分以上
10Lを超え50L以下のもの	10分以上
50Lを超えるもの	24分以上

表IX.7 電気式ダイヤフラム式自記圧力計の場合

電気式ダイヤフラム式自記圧力計	
当該配管等の内容積	気密試験圧力保持所要時間
10L以下のもの	2分以上
10Lを超え50L以下のもの	5分以上
50Lを超えるもの	10分以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(5) 記録および配管図面などの保存

- 販売事業者は、LPガス設備の設置または変更の工事を行った特定液化石油ガス設備工事事業者から気密試験の記録や完成図面など必要な書類の写しを授受し保存する。
- 特定液化石油ガス設備工事事業者は、書類（原図、原票）を5年間保存する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 供給設備の設置基準

4.1 容器の設置

貯蔵能力1トン未満の場合の基準

① 内容積20L以上の容器は、屋外に置くこと。2m以内にある火気をさえぎる措置を講ずること。

② 腐食の影響を防止するため、風通しの良い湿気の少ないところで、かつ、地盤面の水はけの良い場所を選ぶこと。

③ 容器の温度を40℃以下に保つため、直射日光に長時間さらされるような場所は避けること。

適当な場所が得られない場合は、不燃性または難燃性の材料を使用した軽量な屋根を設けるなどの措置を講ずること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

④ 容器には転落、転倒による衝撃を与えないよう、かつ、容器バルブに損傷を与えないようにしなければならない。そのため、容器の設置場所は水平な場所であって上から物（屋根からの落雪など）の落ちるおそれのない場所であること。

また、地震に際し転倒しないように以下に取付け方法を示す。

1）50kg型容器（図IX.6 参照）

当該容器の底部から容器の高さの3/4程度の位置に鎖等を取り付ける。なお、鎖を2本取り付けることにより一層容器の転倒防止効果が上がる。2本目の鎖等は容器の底部から容器の高さの1/4程度の位置に取り付ける。また、家屋の壁と容器との隙間および鎖等のあそびは極力少なくする。

2）10kg型および20kg型容器（図IX.7 参照）

当該容器のプロテクターの開口部に鎖等を通して取り付ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑤ 容器は、一般消費者等の最大ガス消費量に適応する数量のLPガスを発生できるものであって、また、その設置場所の周辺は、容器の運搬、取付け、取り外しが安全に、かつ、効率良く行える広さであること。

⑥ 容器を設置する場合は、車道に面した場所は避けること。やむを得ず設置するときは車両との接触防止などの防護措置を施すこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 調整器の設置

① 調整器の設置にあたっては、業務用のものを除き原則最大ガス消費量の1.5倍以上の容量のものを標準として選定すること。

② 調整器は使用上支障のある腐食、割れ、ねじのゆるみなどの欠陥がないもので、LPガス用のものを使用すること。

③ 生活の用に供するものの調整圧力は、単段式のものにあっては、2.3kPa～3.3kPa、自動切替式一体型のものにあっては、2.55kPa～3.3kPaであること。

また、閉そく圧力はいずれも3.5kPa以下のものであること。

④ 水害など浸水のおそれのある場合、調整器の取付け位置は、容器より高い位置で、水に浸からない高さにすること。

⑤ 海岸など塩害のおそれのある場合、ねじを切った部分（接続部）は、塗装などの防食措置を施すこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 供給管および集合装置

① 供給管および集合装置は腐食防止措置を講ずるとともに、使用上支障のある割れなどの欠陥のないものであること。

② 供給管および集合装置の強度は、次の圧力による耐圧試験に合格するものであること。

高圧部分〔容器から調整器（二段式二次側を除く。）までの間〕
2.6MPa以上

低圧部分〔調整器（二段式一次側を除く。）からガスメーターまでの間〕
0.8MPa以上

③ 生活の用に供する場合の供給管工事では、燃焼器入口においてLPガスの供給圧力が2.0kPa～3.3kPaになるように管径（ガスメーター、継手などを含む）を考慮しなければならない。

④ 調整器とガスメーターまでの間の供給管は、新設または変更の工事が終了後、次の圧力による気密試験に合格するものであること。

中圧部分（二段式一次側調整器と二次側調整器の間） 0.15MPa以上
低圧部分（中圧部分以外の部分） 8.4kPa以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅸ. 戸別供給方式の設備

⑤ 供給管は、漏えい試験に合格するものであること。
⑥ LPガスの供給を中断しないで容器交換のできる設備にする場合は、自動切替式調整器または連結用高圧ホースなどを設けること。
⑦ 容器と集合管を接続する管は、自主検査に合格した高圧ホースなどを使用すること。
⑧ 供給管の材料の選定にあたっては、設置場所により表Ⅴ.5に示す材料を用いること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 消費設備の設置基準

① 固定式燃焼器が設置されている場合は、燃焼器をねじで接続する。また、燃焼器が設置されていない場合は、末端ガス栓に必ず金属製の栓を施すこと。
③ 配管には、設置場所により表Ⅴ.5に示す材料を用いること。
⑤ 配管は、炉、排気筒などの熱を発生する場所から30cm以上離すか防熱板などで保護すること。
⑥ 配管は、露出している低圧屋内電気配線から10cm以上離すこと。
⑦ 配管、ガス栓、ゴム管などは使用上支障のある腐食、割れ、ねじのゆるみなどの欠陥がないものであること。
⑧ 配管は0.8MPa以上の圧力で行う耐圧試験に合格するものであること。
⑨ 配管（生活の用に供するもの）は、燃焼器入口においてLPガスの圧力が2.0kPa～3.3kPaになるように工事すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅸ. 戸別供給方式の設備

⑩ 配管は、新設または変更の工事が終了後、8.4kPa以上の圧力で行う気密試験に合格するものであること。

⑪ 配管は、漏えい試験に合格するものであること。

⑫ 末端ガス栓と移動式燃焼器をゴム管で接続した箇所は、ホースバンドで締め付けておくこと。

　使用していない末端ガス栓には、誤開放による事故を防止するため、専用のゴムキャップを取り付けてホースバンドで固定するか、ガス栓のつまみを回せないようにガス栓カバーを取り付ける。

⑬ 配管を埋設する場合の腐食防止対策は、Ｘ3.6(供給管の腐食とその防止措置)によること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

集団供給方式は、貯蔵設備にLPガスを一括配送できることから計画配送が容易になり労力も比較的に軽減され、かつ各種業務などを合理的に行うことができる。

1. 集団供給設備の形態

1.1 LPガスの供給方式による形態

（1）小規模集団供給方式の設備

- 2戸以上10戸以下の一般消費者等に供給する方式。
- 自然気化方式の低圧供給方式が一般的である。
- 調整器はガスの供給が中断しないよう原則として、自動切替式調整器を用いる。
- 貯蔵設備にバルク貯槽を設置する場合は、あらかじめ想定した残液量のときのガス発生能力が、一般消費者等の最大ガス消費量に対応しうる大きさのものを選定する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

X. 集団供給方式の設備

(2) 中規模集団供給方式の設備
- 11戸以上69戸以下の一般消費者等に供給する方式。
- 貯蔵設備に50kg型容器を設置した自然気化方式の低圧供給方式、および蒸発器（気化装置）を設置した強制気化方式の低圧供給方式がある。
- 埋設管が敷設されている場合は、腐食とガス漏えいについて特に注意しなければならない。

(3) 中・高層共同住宅の集団供給方式による供給設備
- LPガスの比重は、空気のおよそ1.5～1.7倍のため、立ち上がり管による圧力損失が発生する。そのため、中・高層共同住宅などに低圧供給方式で供給すると最上階で燃焼器の最低燃焼器入口圧力2.0kPaを維持できなくなる。また、供給管の口径が大きくなる、
- 上記を解消するため、自動切替式分離型調整器を貯蔵設備などに設置し、建物の各階または各戸ごとに二段式二次用調整器を設置する中圧供給方式がある。
- この方式はLPガスの圧力を高く設定するため、ガス漏えい等には特に注意が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 貯蔵設備による分類

（1）容器による3トン未満の貯蔵設備

- 液化石油ガス法の適用を受ける貯蔵設備は、一般的には、50kg型容器に自動切替式一体型型調整器を使用することが多い。 図X.2参照

（2）容器による3トン以上の貯蔵設備

- 容器による3トン以上の貯蔵設備は、「特定供給設備」としての規制を受ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 集団供給方式の設備の設置計画

2.1 集団供給方式の最大ガス消費量

(a) 最大ガス消費量(集団)

最大ガス消費量(集団)[kW]

＝1戸当たり・1日の平均ガス消費量[kW]×消費者戸数×最大ガス消費率

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

X. 集団供給方式の設備

<例 題> 次の条件で集団供給方式により鉄筋集合住宅にLPガスを供給する場合の最大ガス消費量(kW)を求めよ。

(条件)　　消費者戸数　30戸

年間の最大ピーク月の1戸当たり・1日の平均ガス消費量　18.7 kW

<解答>

最大ガス消費量(集団)[kW]

＝1戸当たり・1日の平均ガス消費量[kW]×消費者戸数×最大ガス消費率

の式で

図X.3 ピーク時における戸数に対する「最大ガス消費率」の変化　より

消費者戸数30戸のときの最大ガス消費率は37%、よって、最大ガス消費量は

18.7 kW×30×0.37=208kW

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 容器の大きさと設置本数

① 自動切替式調整器を用い、容器は使用側と予備側に同本数ずつ設置する。

③ 1系列方式小規模集団供給方式の場合の容器設置本数
…最大ガス消費量(集団)×1.1
2系列方式集団供給方式の場合の容器設置本数
…最大ガス消費量(集団)×0.7×1.1

④ LPガスを供給する消費者戸数とピーク時間の関係は表X.2を参考に設定する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(1) 小規模集団供給方式の容器設置本数の算定式

1系列の場合

$$容器設置本数(本) = \frac{最大ガス消費量(集団)[kW] \times 1.1}{標準ガス発生能力[kg/(h\cdot本)] \times 14\ [kW/(kg/h)]}$$

2系列の場合

$$容器設置本数(片側:本) = \frac{最大ガス消費量(集団)[kW] \times 0.7 \times 1.1}{標準ガス発生能力[kg/(h\cdot本)] \times 14\ [kW/(kg/h)]}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 中規模集団供給方式の容器設置本数の算定式

原則2系列の場合

$$容器設置本数(片側:本) = \frac{最大ガス消費量(集団)[kW] \times 0.7 \times 1.1}{標準ガス発生能力[kg/(h\cdot本)] \times 14\ [kW/(kg/h)]}$$

注) 集中監視システムを導入している場合は、「1.1」を「1.0」にすることができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

X. 集団供給方式の設備

<例 題> 次の条件で集団供給方式の設備にLPガスを供給する場合、容器の設置本数を求めよ。

① 消費者戸数を50戸とする。
② 1戸・1日当たりの平均ガス消費量を18.7kWとする。
③ 最大ガス消費率を29%とする。
④ 自然気化方式を採用し、50kg型容器を同本数で2系列に設置する。
⑤ 調整器は、自動切替式調整器を設置する。
⑥ 50kg型容器の標準ガス発生能力を2.2kg/(h・本)とする。
ただし、外気温0℃、ピーク時間4時間のときの標準ガス発生能力を示す。
⑦ 平均ガス消費率は最大ガス消費率の0.7とする。
⑧ 全容器の発生能力は最大ガス消費量に1.1倍とする。
⑨ LPガス1kg/hは14kWとする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〈解〉

最大ガス消費量(集団)[kW] は

1戸当たり・1日の平均ガス消費量[kW]×消費者戸数×最大ガス消費率

最大ガス消費量(集団)[kW] ＝18.7kW×50戸×0.29　につき

$$容器設置本数(片側:本)=\frac{(18.7kW\times50戸\times0.29)\times0.7\times1.1}{2.2kg/(h\cdot本)\times14kW/(kg/h)}=6.8本$$

容器は整数なので、切り上げて片側7本となり、合計容器設置本数は2倍の

7本×2系列＝14本 となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 供給設備の設置基準

貯蔵能力が1トン以上3トン未満の容器による貯蔵の基準

3.1 貯蔵設備

(7) 消火器の設置

貯蔵設備は貯蔵能力1トンにつき、能力単位A－4およびB－10以上の粉末消火器（粉末ABC消火器の15型以上のものを用いれば1個で両方の能力を有する。）を1個以上の割合で設置すること。

(9) 容器の転倒防止措置など

① 一列に並べて設置される同系列内の隣接容器は、容器交換作業用スペースなどを考慮して、離して設置することが望ましい。

② 同系列の容器群を2列に設置するときは、容器群を千鳥型に配列することが望ましい。（図X.4参照）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 集合装置

③ 調整器の入口付近にストレーナを取り付けること。ただし、ストレーナが調整器に内蔵されている場合はこの限りでない。

④ 集合管には、腐食防止措置を行うとともに、使用上支障のある割れなどの欠陥のないものであること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 蒸発器の基準

③ 蒸発器は直火で直接LPガスを加熱する構造でないもの。

④ 蒸発器は液状のLPガスの流出を防止する措置を講じたものであること。

⑤ 寒冷地に設置するものは、温水部に凍結を防止するため次のいずれかの措置を講ずること。

(ⅰ)温水に不凍液を添加する。

(ⅱ)不燃性断熱材を用いて蒸発器全体または温水部を被覆する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 調整器

調整器の設置にあたっては、最大ガス消費量の1.5倍以上の容量のものを標準とすること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5 供給管の一般基準

① 貯蔵設備（貯蔵能力500kg以上）にあっては、供給管の下端にドレン抜きを設ける。

② 中圧供給管は、0.8MPa以上の圧力で行う耐圧試験に合格するものであること。

③ 供給管は、地くずれ、山くずれ、地盤の不同沈下などのおそれのある場所または建物の基礎面下に設置しないこと。

④ 供給管を地盤面上に設置する場合、その周辺に危害を及ぼすおそれのあるときは、その見やすい箇所に危険標識を設けること。

⑤ 集団供給の場合は、ガスメーターごとにガスメーター入口側の供給管にガス栓(メーターガス栓）を設けること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

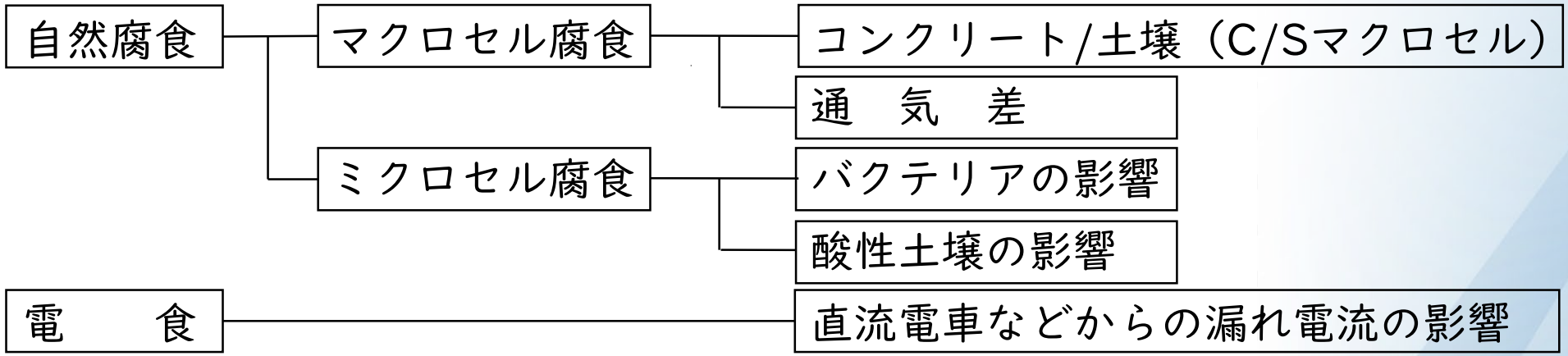
3.6 供給管の腐食とその防止措置

（1）腐食の原因と分類

腐食は、直流電流が湿気や水中ならびに土壌中に流出した箇所で起こり、流入した箇所で防食反応が起こる。

また、このとき腐食した箇所を陽極（アノード）、防食反応が起こった箇所を陰極（カソード）となる。

図X.7　腐食の分類（一部）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 自然腐食

(a) マクロセル腐食

供給管などの管系統に明確な極（カソード、アノード）が生じ、比較的に大きな電位差をもつ巨視的な腐食電池が形成されて起こる腐食。

陰極部（カソード）の表面積が陽極部（アノード）の表面積に比べ大きいほど持続し、また、電位差が大きいほど激しい腐食が起こる。

① コンクリート/土壌マクロセル腐食（C/Sマクロセル腐食）

コンクリート中の鉄筋はカソードになり防食反応を起こすが、土壌中の鋼管はアノードになり腐食する。

② 通気差によるマクロセル腐食

③ 異種金属の接触によるマクロセル腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(b) ミクロセル腐食

鋼管などの金属材料は、その組成や敷設環境あるいは酸化状態などの違いにより無数の微細な極（カソード、アノード）がその表面に生じ、各々の極間に微視的な腐食電流が形成され、比較的均一で緩慢な腐食が起こる。

① 土壌中の腐食

土壌が金属に与える腐食性は、主に土壌の電気抵抗（土壌比抵抗）によって決まり、水分や溶解した塩類を含む土壌では低く腐食性が大きいといわれる。

② 大気腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 電食

人為的に造られた電車や電気防食設備ならびに溶接用整流器などの直流電気設備から漏れた電流によって生じる迷走電流が埋設管に流入すると、土壌を介しその埋設管から直流電気設備に向かい帰流する電気回路が形成される。このとき、埋設管から土壌中に迷走電流が流出した箇所で激しい腐食が起こる。この腐食を電食という。

① 漏れ電流による腐食

直流電気設備から漏れた電流によるもので、直流電車がその例である。

② ジャンピングによる電食

③ 干渉による電食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(4) 腐食が起こる環境的要因

① 鉄筋コンクリート建物、鉄骨建物および基礎などに鉄筋コンクリートを使用した木造建物などが増加した。

③ 給湯器など自動制御化された燃焼器の普及に伴い、LPガス配管と電気設備や水道管などが同一の機器に接続されるようになった。

⑤ 宅地造成が拡大し、異種土壌が混在する宅地が多くなった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(5) 供給管の管理

次のような供給管は、腐食を受けやすいため埋設管管理台帳などに敷設年月日、使用材料、点検結果ならびに過去の漏えい経歴などを記載して管理しておく必要がある。

① 白管（亜鉛メッキ鋼管）または黒管（鋼管に塗装したもの）を使用している埋設管
② 防食テープ巻き鋼管またはジュート巻き鋼管を使用している埋設管
③ 被覆鋼管に亜鉛メッキ継手を使用している埋設管
④ 被覆鋼管に防食テープ巻き継手を使用している埋設管
⑤ 被覆鋼管の被覆部分に損傷のおそれがある埋設管
⑥ 建物と電気的に導通しているおそれがある埋設管（電気的絶縁継手を使用していないもの）
⑦ 過去に腐食による漏えい経歴をもつ埋設管
⑧ 腐食環境にある供給管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(6) 腐食防止措置

① 一般的な措置

(a) 供給管などは、できる限り露出管にする。

(b) 建物などを露出管で貫通する箇所や床面からの立ち上がり箇所は、防食テープを巻いた亜鉛メッキ鋼管や被覆鋼管あるいは配管用フレキ管を使用する。

(c) 埋設する場合は、ガス用ポリエチレン管や被覆鋼管あるいはさや管を用いた配管用フレキを使用する。なお、被覆鋼管を使用する場合は、電気的絶縁継手を用い建物と埋設管を電気的に絶縁する。

(d) 被覆鋼管を埋設する場合は、被覆部分に傷を付けないように注意して敷設する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

② 電気防食

(a) 流電陽極法

土壌中に設置したアノードと埋設部を電線で接続し、その電位により生じた防食電流をアノードから土壌を介し埋設管に流入させ、埋設管を防食する。

アノードに用いる材料には、一般にマグネシウムが使用される。小口径で延長が短い鋼管や被覆鋼管など、防食対象面積が小さい埋設管の防食に適している。

(b) 外部電源法

直流電源装置の+極を土壌中に設置した電極に接続し、一極を埋設管に接続して電圧を加え防食電流を電極から土壌を介し埋設管に流入させ、埋設管を防食する。

(c) 選択排流法

(d) 強制排流法

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.7 供給管等の損傷を防止する措置

（1）供給管等の損傷の原因

① 地盤の沈下
② 建物の自重
③ 不適切な施工による荷重
④ 重量車両の通過
⑤ 凍上
⑥ 衝撃
⑦ 他工事

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 損傷防止装置

① 地盤の沈下による損傷防止措置

- 可とう性のあるガス用ポリエチレン管などを使用し、建物に引き込む箇所には伸縮継手、金属フレキシブルホースなど荷重を吸収するなどの措置を講じる。

② 建物の自重による損傷防止措置

- 引き込む供給管等には、伸縮継手、金属フレキシブルホースなど荷重を吸収するなどの措置を講じる。
- ねじ継手を組み合わせた工法を採用する場合の継手部に塗布するシール材は、不乾生のものを使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

④ 重量車両などの通過による損傷防止措置

- 重量車両や重量物を積載した車両が通過する道路などに埋設供給管等を敷設する場合、または修理などを行う場合は、表X.5の埋設深度を遵守する。
- また、埋設供給管等は、可とう性のあるガス用ポリエチレン管あるいは被覆鋼管を用いた機械的接合およびねじ継手による荷重を吸収する工法を採用する。

表X.5 供給管等の埋設深度

埋設場所	配管の埋設深さ
① 道路法第3条に定める道路	1.2m以上
② 自動車等が常時通過する①以外の場所	60cm以上
③ 地盤の凍結による影響を受けるおそれのある場所	30cm以上の無凍結の深さ
④ ①~③以外の場所	30cm以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定供給設備とは、供給設備のうちLPガス貯蔵能力が表XI.1に掲げるものであって、その範囲は図XI.1に示す調整器までの設備をいい、設置する場合はその所在地を管轄する都道府県知事の許可を受け、完成検査に合格した後に使用する。

表XI.1　特定供給設備の貯蔵能力

貯蔵設備の種類	貯蔵設備の貯蔵能力
容器（バルク容器を含む。）の場合	3000kg以上
バルク貯槽の場合	1000kg以上
貯槽の場合	1000kg以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

XI. 特定供給設備

〈特定供給設備の範囲〉　図XI.1　参照

① 貯蔵設備
② 貯蔵設備に係る屋根、遮へい板および障壁
③ 気化装置（蒸発器）および調整器（貯蔵設備に近接するものに限る。）
④ 高圧ホース、ピグテール、集合管、液自動切替装置および対震自動ガス遮断器であって、貯蔵設備と調整器の間に設けられたもの
⑤ 貯蔵設備と調整器の間の供給管

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 特定供給設備の形態

1.1 容器による貯蔵設備

1.2 バルク貯槽による貯蔵設備

1.3 貯槽による貯蔵設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 特定供給設備の設置の手続き

特定供給設備を設置する場合には、LPガスを供給する液化石油ガス販売事業者による許可申請が必要であり、設備設置後は完成検査を受けなければならない。

2.1 特定供給設備を新設する場合の許可申請

販売事業者が新たに特定供給設備を設置する場合、規則の様式28による申請書を、特定供給設備を設置しようとする位置の所在地を管轄する都道府県知事に提出する。同時に以下の書類を添付する。

① 特定供給設備の位置（他の施設との関係位置を含む。）、構造および付近の状況を示す図面

② 特定供給設備の所在地を管轄する消防長（消防本部を置かない市町村にあっては市町村長）
または消防署長の意見書

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 特定供給設備変更の場合の許可申請または届出

（1）位置、構造、設備、装置の変更の場合

特定供給設備の位置、構造、設備、装置を変更する場合には、新たに設置する場合と同様の許可を受ける必要がある。

（2）軽微な変更の場合

軽微な変更をした販売事業者は遅滞なく、許可をした都道府県知事に届け出なければならない。

① 特定供給設備の消火設備（消火器）の変更
② 特定供給設備に係る換気孔の増設
③ 特定供給設備の廃止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 特定供給設備の設置基準

3.1 貯蔵設備の概要

3.2 貯蔵設備の基準

（1）保安物件に対する離隔距離

① 容器による場合

表XI.2 保安物件に対して有しなければならない距離（容器）

LPガスの貯蔵能力	保安物件に対する距離			
	第一種保安物件		第二種保安物件	
	鉄筋コンクリート障壁等なし	鉄筋コンクリート障壁等あり	鉄筋コンクリート障壁等なし	鉄筋コンクリート障壁等あり
3000kg以上10000kg未満	16.97m以上	13.58m以上	11.31m以上	9.05m以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

② バルク貯槽による場合

表XI.3 保安物件に対して有しなければならない距離（バルク貯槽）

LPガスの貯蔵能力	保安物件に対する距離			
	第一種保安物件		第二種保安物件	
	構造壁等なし	構造壁等または埋設	構造壁等なし	構造壁等または埋設
1000kg以上3000kg未満	7m以上	0m以上	7m以上	0m以上
3000kg以上10000kg未満	16.97m以上	13.58m以上	11.31m以上	9.05m以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 火気を取り扱う施設に対する距離

- 貯蔵能力が3000kg未満の貯蔵設備の外面から火気を取り扱う施設に対し…5m以上の離隔距離
- 貯蔵能力が3000kg以上の貯蔵設備の外面から火気を取り扱う施設に対し…8m以上の離隔距離
- なお、上記の離隔距離が確保できない場合は、貯蔵設備と火気を取り扱う施設との間に当該貯蔵設備からLPガスが漏えいした場合の流動防止措置として、高さ2m以上の耐火性の壁類を設け、その間の距離を貯蔵能力に応じた迂回水平距離で確保する。

(4) 構造壁等

構造壁等は、次の基準に従って設置する。

① 構造壁等の設置は、最大2方向までとする。
② 構造壁等の下部は、地盤面に接するように設置する。
③ 構造壁等には、開口部がないこと。
④ 構造壁等の長さは、構造壁等に投影されたバルク貯槽の縦および横より7m以上の長さを有すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. LPガスバルク供給方式の概要

バルク供給方式とは、「一般消費者等」および「工業用等」に設置したバルク貯槽またはバルク容器にバルクローリ（「充てん設備」または「移動式製造設備」）から直接LPガスを充てんすることにより供給する方式をいう。

液化石油ガス法の適用を受ける「一般消費者等」に対しては、液化石油ガス法適用の「充てん設備」によって供給する。また、高圧ガス保安法の適用を受ける「工業用消費者等」に対しては、高圧ガス保安法適用の「移動式製造設備」によって供給する。

したがって、同一車両であっても、用途によって法の適用が異なり「一般消費者等」と「工業用等」に供給する場合は、「充てん設備」と「移動式製造設備」の2つの許可が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. バルク貯槽

2.1 バルク貯槽の構造

バルク貯槽は、バルク供給に使用するLPガスの定置式貯蔵設備であって、地上設置のものと地下埋設のものがある。

（a）地上設置式バルク貯槽　　（b）地下埋設式バルク貯槽

図Ⅻ. 2 バルク貯槽

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) バルク貯槽の各部の構造

① 附属品および機器として、次のものが取り付けられている。

(a) 安全弁および放出管など

バルク貯槽に取り付けられる安全弁の元弁として、連結弁方式と手動弁方式とがある。

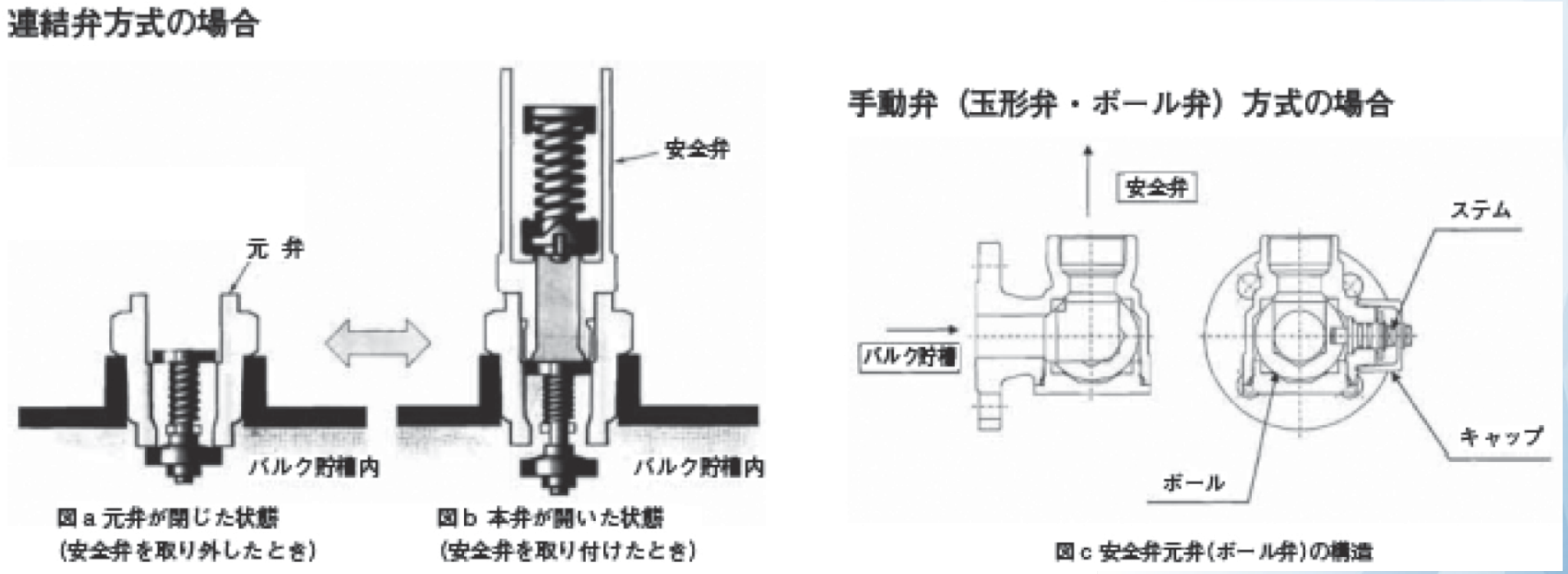
また、安全弁を取り外すときにLPガスの漏えい事故を起こす事例があり、特に、手動弁の場合は注意しなければならない。

② 弁、液面計などの附属品および機器を保護するために、バルク告示で定める構造のふた付きのプロテクターが設けられている。

③ バルク貯槽には、底部の腐食および転倒の防止とアンカーボルトなどで基礎に固定するために、適切な材質および構造を有する支柱またはサドルなどを取付けてある。

④ バルク貯槽は、接地接続線で大地と電気的に接続されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan



図Ⅻ. 3 安全弁の構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 バルク貯槽の設置

（1）地上設置式

(a) 保安物件などとの距離

地上設置式バルク貯槽は、バルク貯槽の外面から保安物件などに対して、図Ⅻ.7に示す距離を保有しなければならない。

(b) 設置場所

① 受入者もしくは一般消費者等の所有または占有する土地内であって、屋外の通風の良い場所

④ 地盤面から5cm以上高い平坦なコンクリート盤などの水平な場所

⑤ バルク貯槽にバルクローリーなどの車両が接近することのないように縁石などの措置を講じてある場所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅻ. バルク供給方式の設備

(c) 設置方法

① 地震、風圧その他の外圧によって動かないように支柱またはサドルなどを基礎にアンカーボルトなどで固定するなどの方法で設置すること。

② バルク貯槽の周囲には、その点検、充てん作業、バルク貯槽などの交換その他の作業に必要な空間を有するように設置すること。

③ 貯蔵能力3000kg未満のバルク貯槽は、大地と絶縁されている場合には大地と電気的に接続すること。貯蔵能力3000kg以上のバルク貯槽は、静電気を除去する措置を講ずること。

⑤ バルク貯槽は、単独で設置すること。やむを得ず複数のバルク貯槽を接続して設置する場合には、「液移動」が発生しないように対策を施すこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 地下埋設式

(a) 保安物件などとの距離

地下埋設式バルク貯槽は、バルク貯槽の外面から保安物件などに対して、表Ⅻ.3に示す距離を保有しなければならない。

(b) 設置場所

④ バルク貯槽を埋設してあることを示す標識杭の中にバルクローリーなどの車両が乗り入れることのないように、さく、縁石、鎖などの措置を講じてある場所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(c) 設置方法

① 貯蔵能力3000kg未満の地下埋設式バルク貯槽の設置方法は

a バルク貯槽の頂部が30cm以上地盤面から下になるようにバルク貯槽を水平に埋設し、埋戻しの際は石塊などのない土または砂を用いること。

c 地下水による浮き上がりを防止する措置を講じて地盤面下に埋設すること。

d バルク貯槽を埋設するときは、電気防食を施すこと。

e プラスチック製またはステンレス製のガス検知用の孔あき管（ガス捕集パイプ）をバルク貯槽の周囲に1本以上埋設すること。

f 埋設後のバルク貯槽の位置を示すため、バルク貯槽の水平投影の四隅に標識杭を埋めこむこと。

g 地盤面に突出するバルク貯槽のプロテクターのふたの裏側は、厚さ50㎜以上の不燃性断熱材で被覆すること。

h LPガスの漏えい情報を常時監視するシステムと接続すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）LPガスが滞留しにくい構造

バルク貯槽と調整器の間でLPガスが滞留しにくい構造または液化した当該ガスにより調整器およびガスメーターに影響を与えない設備とする。

具体的な例として

- 二段式一体型調整器による供給の場合は、当該調整器をバルク貯槽の直近に設けること。
- 二段式分離型調整器による供給の場合は、一次用調整器をプロテクター内に設け、できるだけバルク貯槽の直近に設けること。

（4）防消火設備

貯蔵能力1000kg以上3000kg未満のバルク貯槽には消火設備（消火器）を、貯蔵能力3000kg以上のものには防消火設備（消火器および散水設備など）を設けること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. バルク容器

3.1 バルク容器の構造

3.2 バルク容器の設置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅻ. バルク供給方式の設備

バルク貯槽、バルク容器から保安物件、火気および火気取扱施設までは下記の距離が必要となる。

貯蔵量	貯蔵形態		第一種保安物件	第二種保安物件	火気	火気取扱施設
1000kg未満	バルク貯槽	地上設置	1.5m→構造壁:0	1.0m→構造壁:0	2m超	-
		地下埋設	0	0	2m超	-
1000kg以上3000kg未満		地上設置	7.0m→障壁等:0	7.0m→障壁等:0	-	5m
		地下埋設	0	0	-	5m
1000kg未満	バルク容器	-	-	-	2m超	-

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. バルク供給設備の維持管理

4.1 検査周期

検査の頻度および内容

	部　位	頻　　度	検査項目
バルク容器	バルク容器本体	経過年数20年未満のもの：5年 経過年数20年以上のもの：2年	外観検査、防食塗装 耐圧試験
バルク貯槽	バルク貯槽本体	経過年数20年以下のもの：20年 経過年数20年を超えるもの：5年	外観検査、耐圧試験 気密試験
	安全弁	5年	外観検査、気密試験 性能検査
	安全弁以外の附属機器	経過年数20年以下のもの：20年 経過年数20年を超えるもの：5年	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 検査内容

（2）バルク貯槽

(a) 外観検査

(b) 耐圧試験

(c) 気密試験

4.3 バルク貯槽の告示検査時の安全対策

4.4 告示検査の記録保存

（2）保存

必要な保存期間は、次回の検査を行う日またはバルク貯槽などとして使用することができないように処分する日までである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 新型バルクローリ（充てん設備）

5.1 新型バルクローリ（充てん設備）の構造

新型バルクローリ（充てん設備）は、公道に駐車して一般家庭に設置されるバルク貯槽などへLPガスを充てんすることから、従来型バルクローリ（移動式製造設備）よりは保安面での機能強化が図られた構造となっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2 新型バルクローリ（充てん設備）の技術上の基準

① 新型バルクローリ（充てん設備）の貯蔵設備は、容器であること。
② LPガスの通る部分は、バルク告示で定める耐圧試験および気密試験に合格するものであること。
③ LPガスの通る部分は、バルク告示で定めるところにより、降伏を起こさないような肉厚を有するものであること。
④ ポンプまたは圧縮機は、軸シール部のない構造のもの、または軸シール部を有する構造のもののいずれを用いてもよい。駆動させるための発電機を設ける場合は、火花を発生しない機構のものとする。
⑤ ポンプまたは圧縮機の起動・停止スイッチは、遠隔操作ができるものであること。
⑥ 新型バルクローリ（充てん設備）には以下の機器を設けること。
- 充てんホースは、鋼線編組式ホースとし、安全継手とカップリング用液流出防止装置（セーフティーカップリング）を設けること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 液用配管には、液封を防止する機能を有する緊急遮断装置を設けること。
- 液面計、圧力計および温度計を設けること。

⑦ 誤発進防止装置を設けること。

⑧ 新型バルクローリ（充てん設備）本体に緊急停止スイッチを固定し、かつ、遠隔操作ができる携帯式の緊急停止スイッチを設けること。

⑨ 充てん中に以下の異常を検知した場合に、充てんを自動的に停止する機能を有する装置（自動停止装置：インターロック）を設けること。

- 操作箱内のガス漏れを検知した場合
- 自動車の衝突などの異常な衝撃を検知した場合
- 充てん中に操作箱の大扉が開いた場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3 充てん作業を行う者の資格

- 高圧ガス保安協会または経済産業大臣が指定する指定する養成施設が行う講習の課程を修了した者（充てん作業者）にLPガスの充てんを行わせなければならない。
- 所定の期間ごとに再講習を受ける義務がある。

5.4 法定検査

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.5 バルクローリの保安物件に対する距離

バルクローリの保安物件に対する距離は、バルク貯槽およびバルク容器にLPガスを充てんするバルクローリの種類に応じて距離が必要となる。

表Ⅻ.6 バルクローリと保安物件などとの関係

充てん設備	第一種保安物件	第二種保安物件
新型バルクローリ（民生用バルクローリ）	1.5m→構造壁:0	1.0m→構造壁:0
従来型バルクローリ（工業用バルクローリ）	15m	10m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 工業用消費の特徴

- 工業用燃料としてLPガスを消費する場合は、家庭用、業務用と異なり、液化石油ガス法ではなく高圧ガス保安法の規制を受ける。
- 高圧ガス保安法では、容器などの貯蔵設備から燃焼器までを含めて消費者が管理しなければならないことが定められている。
- 販売業者等に点検および調査の義務はないが、販売業者等としては関連法令の内容や維持管理の方法などを指導する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 工業用消費設備の様式

2.1 工業用消費設備の概要

一般的なLPガスの工業用消費設備は次の設備機器から構成されている。

① 貯蔵設備　50kgまたは500kg型容器、貯槽、従来型バルク容器
② 蒸発器など　ベーパライザーまたはベーパライザーミキサとサージタンク
③ 調整装置　調整器、自動切替式調整器
④ 燃焼装置
⑤ 配管など

一般消費者等のLPガス設備と異なる点

① 燃焼装置の種類が多い。
② 連続消費のため蒸発器を使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 工業用燃料としてのLPガスの用途

LPガスは、その優れた燃料特性から各種の燃料使用業種に使用されている。その用途の主なものは

① 農・水産業用
② 食品加工用
③ 塗装乾燥用
④ 窯業用
⑤ 鉄鋼加工用
⑥ 機械金属加工用
⑦ 自動車用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 貯蔵設備による形態の違い

（1）小規模（3トン未満）貯蔵設備を有する場合

① 貯槽、バルク貯槽、従来型バルク容器を設置し、従来型バルクローリ（移動式製造設備）によりLPガス受け入れる方式

② 500kg型容器を設置し、容器は交換方式とする。

③ 50kg型容器（サイフォン管付の場合が多い）を設置し、容器は交換方式とする。

この場合、液化石油ガス保安規則に定める貯蔵の基準や消費の基準などが適用されるため、販売業者は、この点を消費者に指導する必要がある。

①の場合、消費者は、受け入れにあたって「保安責任者」を選任しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 中規模(3トン以上)貯蔵設備を有する場合

(a) 特定高圧ガス消費者

- 3トン以上のLPガスを貯蔵して工業用燃料として消費する者は、高圧ガス保安法における特定高圧ガス消費者として都道府県知事に事前に届出(消費の開始前の日の20日前までに)しなければならない。
- 高圧ガス保安法により特定高圧ガス取扱主任者を選任し、都道府県知事に届け出なければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 蒸発器

3.1 蒸発器の概要

- 蒸発器は気化装置、気化器またはベーパライザとも呼ばれる。
- 蒸発器は容器等に充てんされたLPガスを液のまま取り出して熱交換器に導き、温水などの熱媒により加温し、強制的にガス化する装置である。
- LPガスに用いられる蒸発器を供給熱源により分類すれば、温水式、蒸気式、電熱式、空温式となるが、実際には供給熱源、熱交換器の構造、作動原理などの組合せによって多くの種類の蒸発器が使用されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〈強制気化方式の利点〉

① 寒冷地においても、LPガスの組成に関係なく、蒸発器の能力範囲内で必要な量を十分に気化させることができる。

② 気化して発生するガスの組成が一定であるので、均一の発熱量が得られる。

消費量が変化しても十分な気化が行われ、供給圧力の変動が少ない。

③ 気化する量は蒸発器の能力によるため、容器の大小や設置する容器の本数の多少には無関係である。よって、容器の本数を減らすことができ、設置場所においてスペースを確保できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 消費型蒸発器

熱交換器内で気化するガスの圧力を1MPa未満にする機構を熱交換器の入口側に設けている蒸発器を「消費型蒸発器」といい、業務用の施設において広く使用されている。

(2) 主要構成機器の機能

① 熱交換器:LPガスと熱媒との熱交換によってLPガスを気化させる部分

③ サーモバルブ:熱媒の温度低下を検知し、液状のLPガスの流出を防止するための附属機器(液流出防止装置)

④ 気化圧力調整弁:気化圧力を1MPa未満とするため、熱交換器の入口側に設ける附属機器

⑥ 温度制御スイッチ:熱媒の温度を規定の範囲内に制御するためのスイッチ

⑦ 過熱防止スイッチ:熱媒の温度の異常上昇を捉え、電気ヒーターへの通電を停止するためのスイッチ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 LPガスの供給を維持するための措置

電源により操作される蒸発器の操作用電源が停止し、熱媒（温水等）の加熱源の機能が失われた場合等、熱媒の温度低下に伴い液流出防止装置が作動する。

この時点で蒸発器からのLPガス供給は停止されるので、LPガスの供給を維持するための装置を併設することが必要である。

液流出防止装置は、加熱源の通電が再開され、熱媒の温度が所定の温度になっても、液流出防止装置の作動を手動（自動復帰しない）で解除しない限り、蒸発器から自動的にLPガスの供給が再開されることはない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(1) 装置の構造

① 貯蔵設備が容器の場合は、自然気化によりLPガスを供給できるようにするため、ピーク時のLPガスの消費数量に応じて算定した数量の「予備容器群」を設ける。

② 貯蔵設備が貯槽またはバルク貯槽の場合は、貯槽またはバルク貯槽の気相部から自然気化により供給できる管を設ける。

(2) 予備容器群への切替

① 停電したときまたは蒸発器からの減圧後の圧力が一定値以下に低下したときに、自動的に予備容器群からのLPガスの通路が開かれること。

② 通電したときまたは蒸発器からの減圧した圧力が、①の一定値の圧力を超えたときに、自動的に①のLPガスの通路が閉止されること。

(3) 作動時間

停電と同時に自動的に作動が開始され、1時間以上LPガスを引き続き供給できること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 ダイリュートガス発生設備

（1）LPガスの再液化

- LPガス中のブタン分が多いと、寒冷地においては、気化したガスが再液化しやすい。
- 温度以外の条件として、ブタン分が多い、気化したガスの圧力が高いなどがある。
- ダイリュートガス供給

蒸発器により気化させたLPガスに空気を混合して供給する方式

（2）ダイリュートガス供給の特徴

① LPガスの爆発上限界を超える爆発範囲外において、LPガスと空気を一定割合に混合する。

② ダイリュートガスの発熱量は、一定の範囲内においてであるが選択することができる。

③ 空気により希釈されているので、比重が空気に近くなり、漏えいしたガスの滞留のおそれが軽減される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) ダイリュートガス発生装置の構造

蒸発器から出たLPガスに空気を混入する混合装置はミキサと呼ばれ、蒸発器内に1つのパッケージとして組み込まれていて、この装置を一般にベーパライザミキサという。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 燃焼装置

LPガス用の工業用燃焼装置は、クリーンな燃料であり、自動温度制御、安全装置に優れたものが開発されている。

〈特徴〉

① 燃焼範囲が広くなり、精度の高い自動温度調節が操作できる。

② 空気との混合がブラストバーナーなどの使用でスムーズに行われるため、高負荷燃焼が容易にできる。

③ ガス炉では電気炉などと比較して数倍の急速加熱ができる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

④ 安全装置

（i）インターロック

- 高燃焼インターロック
- 低燃焼インターロック

（ii）パージ

ガス炉などにおいて、炉の内部に残留している可燃性ガスや燃焼排ガスを系外に排出する工程

「プレパージ」：点火前に、炉内から滞留ガスを排除すること。

「ポストパージ」：燃焼停止後、炉内から残留ガスを排除すること。

（iii）その他

- 火炎監視装置
- 燃焼監視装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 液化石油ガス法関係

1.1 書面の交付

　LPガス販売事業者が、新たに一般消費者等とLPガスの販売契約を締結したときには、書面の交付をしなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 販売の方法の基準

（1）容器関係

① 充てん容器を供給管等に接続するときは、外面に容器の使用上支障のある腐食、割れ、すじ、しわなどがなく、かつ、LPガスが漏えいしないものをもってすること。

② 充てん容器を供給管等に接続するときは、容器に表示されている充てん期間を6か月以上経過していないものであること。充てん期間の表示のないものは接続しないこと。

③ 充てん容器はLPガス販売事業者側で供給管等に接続すること。（例外有り。）

④ 容器交換するときは、LPガスの供給が中断して使用中の燃焼器からガス漏れすることのないようにしなければならない。

⑤ 充てん容器を供給管等に接続するために供給管等から取り外した残ガス容器は、容器バルブを確実に閉じ、販売所などに持ち帰る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 貯蔵施設関係

① 容器は、充てん容器と残ガス容器にそれぞれ区分して貯蔵施設に置くこと。

② 貯蔵施設には、充てん容器等および計量器など作業に必要なもの以外の物を置かないこと。

③ 貯蔵施設の周囲2m以内には、火気または引火性もしくは発火性の物を置かないこと。(ただし書き有り。)

④ 貯蔵施設に置かれる充てん容器等は、常に40℃以下に保つこと。

⑤ 貯蔵施設に置かれる充てん容器等(内容積5L以下のものを除く。)には、転落、転倒防止措置を講ずること。

⑥ 貯蔵施設には、携帯電灯(燈)以外の灯(燈)火を携えて立ち入らないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 点検・調査

供給設備または特定供給設備の省令に定められた技術上の基準に対する適否の状況を見直し、確認する行為を「点検」といっている。供給設備の維持義務はLPガス販売事業者に課せられている。

また、消費設備の省令に定められた技術上の基準に対する適否の状況を見直し、確認する行為を「調査」といっている。所有または占有する一般消費者等に管理責任があるが、LPガス販売事業者が調査し、かつ、結果を通知することにより、保安の確保を図っている。

(2) 供給設備の点検

業務主任者は、供給設備を自ら点検するか、または点検を実施させることによって供給設備が省令に定める基準に適合していることを確認し、また、適合して維持させるように監督しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）消費設備の調査

　LPガス販売事業者（保安機関）は、LPガスの一般消費者等の消費設備が規則で定める技術上の基準に適合しているか否かを調査しなければならない。

　調査の結果が規則に定める技術上の基準に適合していないと認めるときは、その消費設備の所有者または占有者に対し、その所有者などがとるべき措置およびその措置をとらなかった場合に生ずべき結果を通知しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 周知の義務

LPガス販売事業者（保安機関）は、販売するLPガスを消費する一般消費者等に対して、次の事項を周知させなければならない。

① 使用する燃焼器のLPガスに対する適応性に関する事項
② 消費設備の管理および点検に関し注意すべき基本的な事項
③ 燃焼器を使用する場所の環境および換気に関する事項
④ 一般消費者等が消費設備の変更の工事をする場合のLPガス販売事業者に対する連絡に関する事項
⑤ ガス漏れを感知した場合その他LPガスによる災害が発生し、または発生するおそれがある場合に一般消費者等のとるべき緊急措置およびLPガス販売事業者または保安機関に対する連絡に関する事項
⑥ ①～⑤に掲げるもののほか、LPガスによる災害の発生の防止に関し必要な事項

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.5 点検・調査の代替

1.6 帳簿

LPガス販売事業者は販売所ごとに帳簿を備え、それに必要な事項を記載しておかなければならない。

① LPガスを体積により消費者に販売した場合
② LPガスを質量により消費者に販売した場合
③ 販売したLPガスであって消費されないものを一般消費者等から引き取った場合
④ 書面の交付を行った場合
⑤ 保安業務を行った場合（保安機関に点検・調査業務などを委託した場合を含む。）
⑥ 貯蔵施設または特定供給設備に異常があった場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 高圧ガス保安法関係

2.1 周知の義務

液化石油ガス保安規則では、溶接または熱切断用のLPガスおよび燃料用のLPガス（車両用のものを除く。）を販売する場合に周知させなければならない事項を定めている。ただし、LPガスを購入する者が第一種製造者、販売事業者、特定高圧ガス消費者である場合は除く。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 販売業者に係る技術上の基準

（2）容器関係

① 充てん容器の引渡しは、容器の外面に使用上支障のある腐食、割れ、すじ、しわなどがなくかつ、LPガスが漏えいしないものをもってすること。

② 充てん容器の引渡しは、充てん期間を6か月以上経過していないものであること。

③ LPガスを燃料の用（農業用など）として販売するときは、消費設備の基準に適合していることを確認した後にすること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 帳簿など

① LPガスの引渡先の保安状況を明記した台帳を備えること。

② LPガスを燃料の用（農業用など）として販売する販売業者は、気密試験のための器具を備えること。

③ 販売所ごとに、充てん容器の種類・数、販売年月日、販売先、周知先、周知者および周知年月日を記載した帳簿を備えること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. LPガスの移動

2. 車両に固定した容器（タンクローリ）により移動する場合

2.1 タンクローリの基準

2.2 タンクローリによる移動

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 充てん容器等をトラックなどに積んで移動する場合

3.1 バラ積みによる移動

① 車両の前方および後方から見やすい箇所に「警戒標」が掲示してあること。
② 容器は常に40℃以下に保つこと。
③ 50kg型容器などのようにバルブが突き出しているプロテクターのない容器には、必ずキャップ（容器キャップ）を取り付けること。
④ 車両の走行中に容器が転倒・転落し、容器バルブが損傷して発生する事故を防ぐため
　(i) 容器は立積みまたは斜め積みとして、10kg型以下の容器を除き、1段積みとすること。
　(ii) 原則として車両の荷台の前方に寄せ、ロープなどを使用して確実に緊縛し、かつ、当該容器の後面と車両の後バンパの後面との間に約30cm以上の水平距離を保持すること。
⑤ 車両の側板は正常な状態に閉じた上、確実に止金をかけること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

⑦ 容器を積おろしをするときは、次のことに注意すること。
（ⅰ）車両に車輪止めを確実にしてから行うこと。
（ⅱ）容器に衝撃を与えないこと
（ⅳ）容器に、キャップ（容器キャップ）またはプロテクターが確実に取り付けてあるかを確認する。

⑧ 移動の開始前に消火器ならびに応急措置に必要な資材および工具が携行されていることを確認すること。

⑨ 容器の積みおろし作業以外で駐車する場合には、保安物件の密集する場所を避け、かつ、交通量が少ない安全な場所を選ばなければならない。

⑪ 移動するときは、移動中の災害防止のための必要な注意事項を記載した書面（イエローカード）を運転者に渡し、移動中は常時携帯させること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 混載

LPガスと危険物を混載して移動できる場合は、
「内容積120L未満（50kg型以下の容器）の充てん容器と消防法別表に掲げる第四類の危険物のみである。」
第四類の危険物の主なのは、灯油、軽油、重油など。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. タンクローリ、トラックなどが携行すべきもの

4.1 警戒標

① 車両の前方および後方から明瞭に見える場所に掲げること。

② 大きさ、色

黒地の金属板にけい光黄による文字で「高圧ガス」と記載したものを標準とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 消火設備

② トラックなどが携行する消火設備は、表XV.2に掲げる消火器とし、速やかに使用できる位置に取り付けてあること。

表XV.2 トラックなどが携行すべき消火設備

移動するガス量による区分	消火器の種類		備付け個数
	消火薬剤の種類	能力単位	
1000kgを超える場合	粉末消火器	B−10以上	2個以上
150kgを超え1000kg以下の場合	粉末消火器	B−10以上	1個以上
150kg以下の場合	粉末消火器	B−3以上	1個以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 資材および工具

トラックなどが携行すべき資材および工具は以下の通り

品　名	仕 様	備　考
赤　旗		関係者以外の接近を阻止するためなどに使用
赤色合図灯または懐中電灯	車両備付け品でよい。	同上
メガホン		付近の火気厳禁を連呼するときなどに使用
ロープ	長さ15m以上のもの2本以上	危険区域の明示などに使用
漏えい検知剤		漏えいの有無確認のために使用
車輪止め	2個以上	停車時に車の移動防止のために使用
容器バルブグランドスパナまたはモンキースパナ		容器バルブのグランド部等からのガス漏えい防止などに使用
革手袋		凍傷防止用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4 注意事項を記載した書面

LPガスを移動する場合は、移動中の災害防止のために必要注意事項を記載した書面（イエローカード）を運転者に交付し、移動中携帯させること。

なお、内容積が25L以下の充てん容器のみを移動する場合で、その内容積の合計が50L以下の場合は、4.1 警戒標、4.2 消火設備、4.3 資材および工具、4.4 注意事項を記載した書面 については、適用を受けない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 移動監視者

5.1 資格

質量3000kg以上のLPガスを移動する際は、以下に記載するいずれかの資格が必要となる。

① 製造保安責任者免状の交付を受けている者（冷凍を除く。）

② 高圧ガス保安協会が行う高圧ガスの移動についての講習（高圧ガス移動監視者講習）を受け、当該講習の検定に合格した者

移動監視者は常に製造保安責任者免状または高圧ガス移動監視者講習修了証を携帯しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2 移動監視者の職務

① LPガスの移動について、保安維持の監視をする。
② 車両および携行品の整備状況を確認して、常に正常に維持するように努める。
③ 積載する容器が正常であるか常に確認する。
④ 車両の運行が注意事項に記載した書面に基づいて行われるように監督する。
⑤ 移動中に事故が発生した場合には、注意事項を記載した書面に定められた防災上必要な措置を行う。
⑧ 製造事業所内では、その事業所の保安係員の指示を忠実に守る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 非常時の措置

6.1 タンクローリにより移動中の場合

6.2 充てん容器等により移動中の場合

運転者または移動監視者が心得るべきことは、まず、ガスの漏えいまたは流出を止めるか、またはこれが不可能な場合はそれを最小限になるよう努力することであり、続いて二次災害すなわち引火の原因となる火気などの隔離に努めることである。

さらに心得るべきことは、災害を独力で阻止できるかどうかを速やかに判断し、消防署、警察署、地域防災協議会などの応援を求めることが大切である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

D－7　保安企画推進員講習　教材一例

化学プロセスの安全と保安力の強化

若倉正英
特定非営利活動法人 保安力向上センター

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 最近の化学事故と問題点
2. 化学事故と環境事故
3. 化学物質の火災、爆発危険性
4. 反応の危険性
5. 研究開発での危険
6. 21世紀の重大化学事故と安全文化
7. 安全文化に基づく保安力の向上
8. 事故から学ぶ
9. まとめ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 最近の化学安全の課題

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1 安全知識伝承の課題

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1 安全知識伝承の課題

国内の重大化学災害

1952	愛知	写真材料店でのマグネシウムの火災爆発	危険物	死9	傷43
1954	北海道	油脂抽出工場でのヘキサンの噴出爆発	危険物	死7	傷11
1956	岡山	大豆油抽出工場でのヘキサンの噴出爆発	危険物	死11	傷7
1958	神奈川	アンモニア合成ガス分離工場の液体空気爆発	危険物	死11	傷40
1960	東京	油脂抽出工場でのヘキサンの爆発火災	危険物	死11	傷10
1964	神奈川	酸化プロピレン重合工程での蒸気雲爆発	反応暴走	死18	傷171
1964	東京	ニトロセルロース、過酸化物倉庫の爆発火災	火薬類	死19	傷158
1969	岡山	タイヤ再生工場での可燃性蒸気の爆発火災	危険物	死11	傷7
1973	山口	エチレンプラントでの爆発	反応暴走	死1	傷
1978	大阪	アクリル反応装置の爆発火災	反応暴走	死2	傷33
1980	大阪	医療中間体の分解爆発	反応性物質	死2	傷17
1982	大阪	アクリル反応装置の爆発火災	反応暴走	死6	傷101
1987	三重	エステル製造装置の溶剤回収缶での爆発	反応暴走	死2	傷33
1989	東京	過酸化ベンゾイル取扱中の爆発	反応性物質	死9	傷17
1991	千葉	メタノール精留塔の爆発	反応性物質	死2	傷13
1992	千葉	水素化分解装置での水素、軽油の爆発火災	危険物	死10	傷8
2000	愛知	貯蔵中のニトロセルロースの爆発	火薬類		傷55(市民)
2000	群馬	ヒドロキシルアミン製造装置の爆発(爆轟)	反応性物質	死4	傷20
2008	千葉	感光剤乾燥中の発火火災	反応性物質	死2	傷6
2011	山口	塩ビモノマー製造施設の爆発火災	反応暴走	死1	
2012	山口	酸化反応プラントでの爆発火災	反応暴走	死1	傷22
2012	兵庫	塩化ビニルモノマー製造施設の爆発	反応暴走	死1	傷36
2014	三重	シリコン製造施設の熱交換器洗浄中の爆発	反応性物質	死5	傷13

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1 安全知識伝承の課題

国内重大化学事故（2011～2012年の発生要因）

事例	引金となった事象	拡大に 関与した重要事象	被害に 関連した反応	背後要因
①	緊急放出弁の故障	全工程の緊急停止 HCl、VCMの滞留	二塩化 エタン生成反応	反応工程全体への理解不足 微小発熱の意味の無理解 非定常時の対応力不足（チーム力） 設計情報の共有不足
②	反応器のインターロック解除	撹拌用窒素供給停止 温度計測位置の不備	酸化反応	反応工程全体への理解不足 微小発熱の意味の無理解 非定常時の対応力不足 内容物の熱危険性評価の不備
③	高温リサイクル液の 中間タンクへの注入 天板リサイクルの未実施	天板リサイクルの未実施	重合反応	反応工程全体への理解不足 微小発熱の意味の無理解 非定常時の対応力不足 設計情報の共有不足

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1 安全知識伝承の課題

安全常識不足による事故

① 硝酸による酸化工程での爆発(1名死亡、11名負傷)

7月2日福井県の化学工場で、硝酸(70%以上)とバナジン酸アンモニウム、t-ブチルシクロヘキサノールを混合し、反応槽での製造工程で爆発

② 混蝕による硫化水素中毒(3名死亡)

6月10日石川県の製紙工場で硫化水素中毒による死亡災害が発生
溶剤タンク内の異物を取り除く作業中、相次いで倒れ3名が死亡した。
タンクでは古紙と水、希硫酸を混ぜており、高濃度硫化水素発生の可能性混蝕リスクの大きい物質/硫化水素は臭いがしない/救助が危険な災害
(6月1日 大阪の中学の実験中に硫化水素が発生し2名が病院搬送)

③ アンモニアタンクの爆発(40名以上が負傷)

6月10日エジプトの工場集積地のアンモニア貯蔵庫で爆発⇒アンモニアも燃焼危険
(2005年7月 瀋陽市の食品工場で約1トンのアンモニアガスが漏れ、爆発)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 気候変動等と化学事故

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 気候変動等と化学事故

自然災害による化学安全が行政課題の契機となった事例

① 大雨によるマグネシウム鉱滓貯蔵ダム決壊（2010 ハンガリー）

汚染された水が国境を越えて流出

本事故を契機にOECDでNatech（Natural-Hazard Triggered Technological Accidents；自然災害に起因する産業事故に関する）ワーキンググループ）が活動開始

ブラジルでの類似事例（鉄鉱石鉱滓ダムの決壊　2015、2019）

人的被害＋環境の甚大な汚染⇒会社の管理責任が問われた。

② 地震により製油所からガソリン等の流出火災（2011 日本）

20人以上が負傷

本事故を契機にOECDでNatechプロジェクトの対象に地震、津波を追加することとなった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ハリケーンで浸水した米テキサス州の工場で爆発

2017年8月31日有機過酸化物とアンモニアを生産しているテキサスの化学工場周辺での、1000ミリを超える大雨で、工場は水浸し停電となった。

過酸化物を低温に保つための倉庫があり、停電当初は補助発電機を使って倉庫の低温を保っていたが、補助発電機が機能停止して倉庫内の温度が上がり、過酸化物が分解爆発した。

同社のCEOは事前に従業員を避難させ、工場の近くの住民にも避難命令が出されたことで重篤な人災は回避された。

警官15人が黒煙をすって手当を受けた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.2 気候変動等と化学事故

ハリケーンで浸水した米テキサス州の工場で爆発

OECD（国際経済開発協力機構）環境部会では、Natech WG （Natural-Hazard Triggered Technological Accidents；自然災害に起因する産業事故に関するワーキンググループ）を組織し、類似災害防止のための国際的な連携を進めている。

活動の契機となったのは、2010年の大雨によるハンガリーのマグネシウム鉱滓貯蔵ダム決壊による環境事故であり、東日本大震災以降、地震や津波も検討対象になっている。

米国の政府機関であるCSB(Chemical Safety and Hazard Investigation Board)は本事故を重大事故と認定し原因調査を進めることとした。

（CSBでは年間5件程度の事故を選定し政府機関を中心に原因調査を行い、詳細な調査結果を公表している）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アルミ工場の溶解炉の爆発（豪雨）（2018）

午後11時半過ぎ、岡山県のアルミニウム加工工場で、大雨が降る中、アルミニウムの溶解炉が爆発した。

工場から火がついた金属の塊が飛んで来て、家に燃え移るなどして、周辺の住宅や車庫計3棟が全焼した。

爆風で数百メートル離れた住宅の窓ガラスが割れ、十数人が腕や指を切るなどした。

再爆発の恐れがあり、住民は近くの施設に避難した。

工場は高梁川沿いにあり、増水したため同日午後10時ごろに炉の運転を停止し、従業員は高温のアルミを炉から取り出す作業中雨がひどくなり退避した。

浸水による水蒸気爆発や水素の発生による爆発などの可能性が指摘された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

台風通過後のマグネシウムの爆発（豪雨）（2018）

兵庫県神戸市の人工島で、台風通過から丸1日が過ぎた午後5時すぎ、コンテナ5個が爆発音とともに炎上。

積み荷はマグネシウムなどで、海水と反応した可能性。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

大雨による有害物の漏洩（2019）

■ 台風でリサイクル工場から有害物質ドラム缶流出/福島

台風19号による大雨の影響で、溶剤リサイクル工場からフッ化水素アンモニウム溶液、トリクロロエチレン、ジクロロメタン、イソプロピルアルコールなどの有害物質が入ったドラム缶、一斗缶、樹脂容器など多数が川に流出。管理帳簿も水没し、正確な流出量は不明。

一部は発見され回収されたが、蓋が開いたり、容器に穴が開いたりして内容物が漏えいしているものがあった。

■ 台風でめっき工場からシアン化ナトリウムが流出/福島

台風の大雨により河川氾濫が起きてめっき工場が浸水。

工場の基礎コンクリート内部にある廃液槽からシアン化カリウムが漏洩して流出し、工場から約300m離れた側溝で排水基準の約156倍に当たる78mg/Lのシアン化合物を検出した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

暑熱による火災、爆発

■ 高気温での化学工場での火災（2020 中国）

バイオディーゼル製造工場のグリセリン貯蔵タンクから内容物を搬出中に火災が発生した。

機械の保守作業中に燃料に着火した可能性があり作業時に高温であったことも影響したのではないかとみられている。

■ バイオマス発電施設のタンクでの爆発（2020 日本）

バイオマス発電施設の地下タンクでメタンガスによる爆発が起きた。

タンクにはメタンを発生させるための生ごみや家畜の糞尿などが貯蔵されており、事故時の猛暑で、内部の温度が上昇してメタンの発生量が通常より増加していた可能性が指摘された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

暑熱による火災、爆発

■ ヘリウムボンベの爆発（2020　日本）

倉庫に保管されていたヘリウムガスボンベが爆発した。

日中の最高気温が39℃まで上昇し、倉庫内の温度はさらに高く、ボンベの内圧が想定を超えたためボンベが破裂したとみられる。

一方では、当該ボンベが数年間倉庫に放置されていたとのことで、容器腐食の可能性もあるとみられている。
（大阪府高圧ガス協会）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コロナ禍による工場での爆発

■ 化学工場の再開後有毒ガスが漏洩（インド 2020）

化学工場から有毒ガスが漏えいし、半径3kmにまで拡散した。

13人が死亡し、800人を超える市民が病院に搬送された。

漏えいしたのはスチレンで、工場は3月24日から新型コロナウイルス対策の全土ロックダウンに伴って閉鎖されていたが、ロックダウンが解除されたことから操業再開のために準備中だった。

ロックダウン後、重合禁止剤などを添加せずに放置されていたため、タンク内でスチレンの重合が進んで温度が上昇し、スチレンが気化して漏えいしたとみられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コロナ禍による工場での爆発

■ プラスチック工場での爆発（イタリア 2020）

工場の加熱器近傍で爆発が起き、従業員1名が即死し、2名が負傷。

このエ場はロックダウンが解除された4月上旬に稼働を開始し5月5日に爆発を引き起こした。

生産ならびに事故に関連した物質はフッ化水素と言われており、ロックダウンによるシャットダウンやその後の設備メンテナンスが適切に行われたかについては検証中である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 設備老朽化と化学事故

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

プロセス産業の設備高経齢化に関する国内外の動向

（問題意識の背景）

- **設備の劣化に伴うプロセスの事故の増加**
  英国*での産業災害（労災を含む）の5.5%が設備（老朽化）劣化に伴う事故
  ＊RIDDOR（Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations）
  ＝ 英国の死傷事故、火災爆発、環境汚染等のデータベース

  EU全体の重大化学災害*の 28%が設備（老朽化）劣化に起因
  ＊MARS （Major Accident Reporting System）
  ＝ EUが定めた化学物質起因の重大災害の報告義務に基づく事故データベース

（国内外の公的対応）

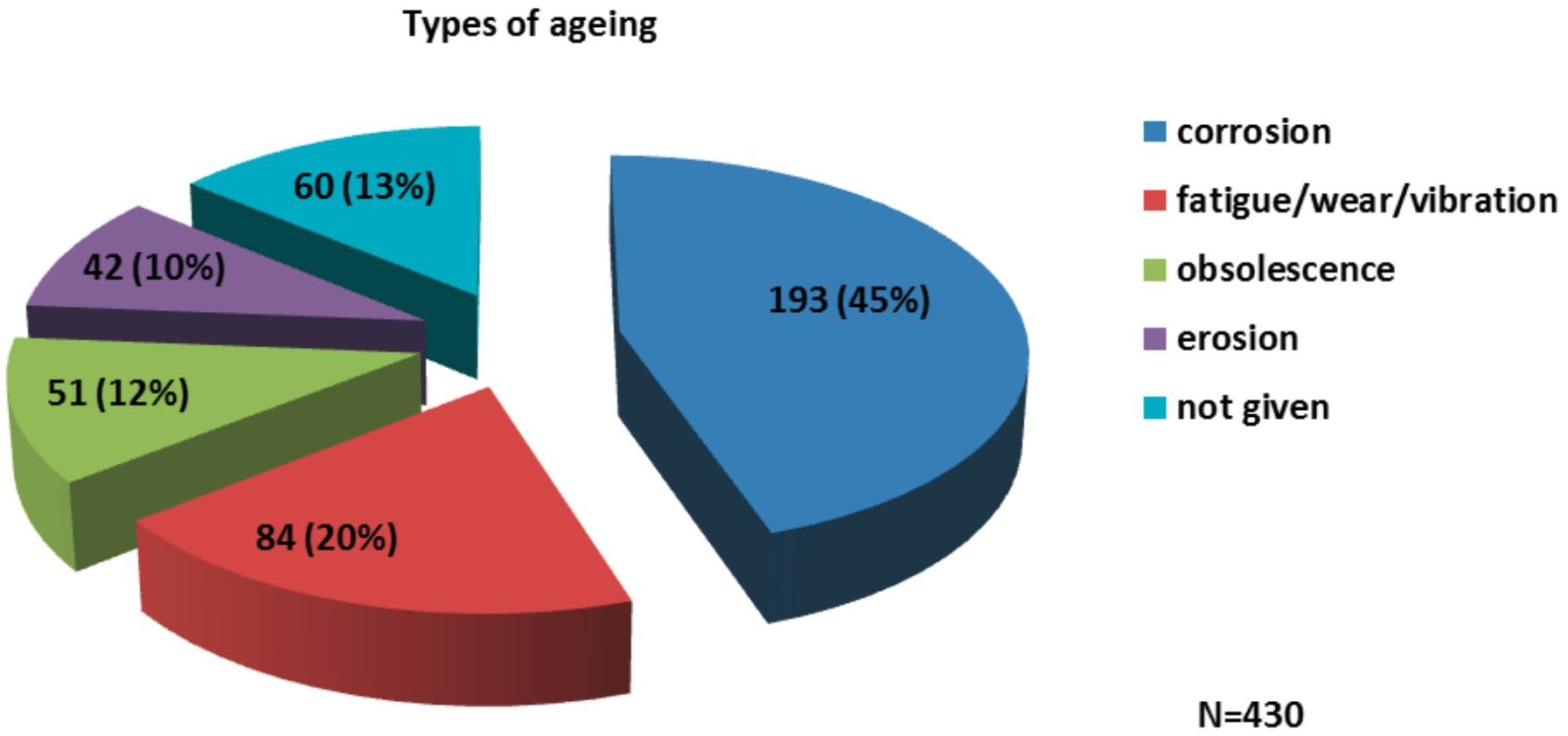
- EUセベソ指令Ⅲ(2014年発議）で高経齢化機器の管理に関するガイドライン策定
- 高経齢化設備の事故リスクに関するOECDプロジェクト（OECD化学安全WG)
- 危険物施設の長期使用に係る調査検討会（2017～ 総務省消防庁）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 設備老朽化と化学事故

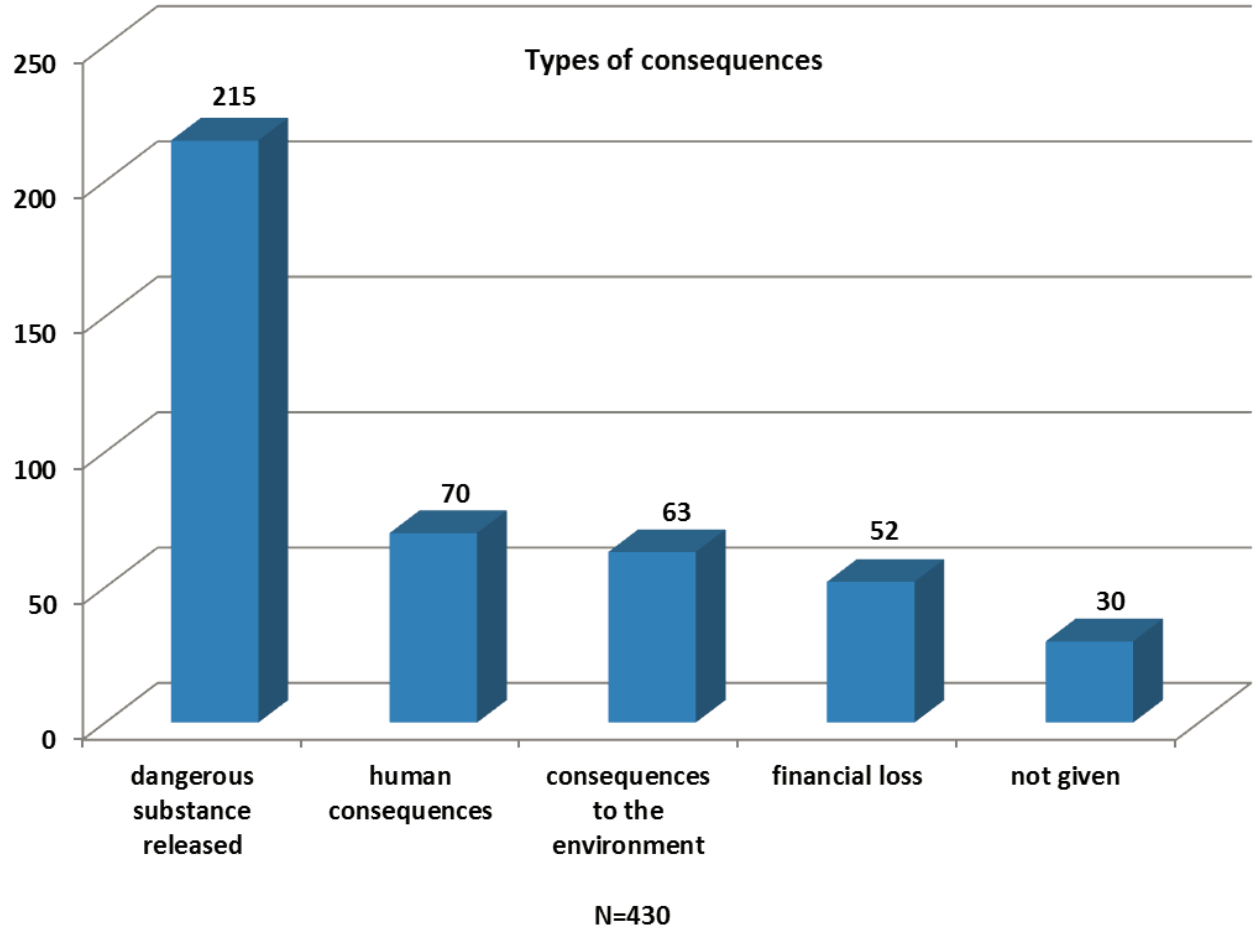
設備劣化に伴う事故の発生原因

（オーストリア、フランス、ドイツ、イタリア、オランダ、英国の430事例）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

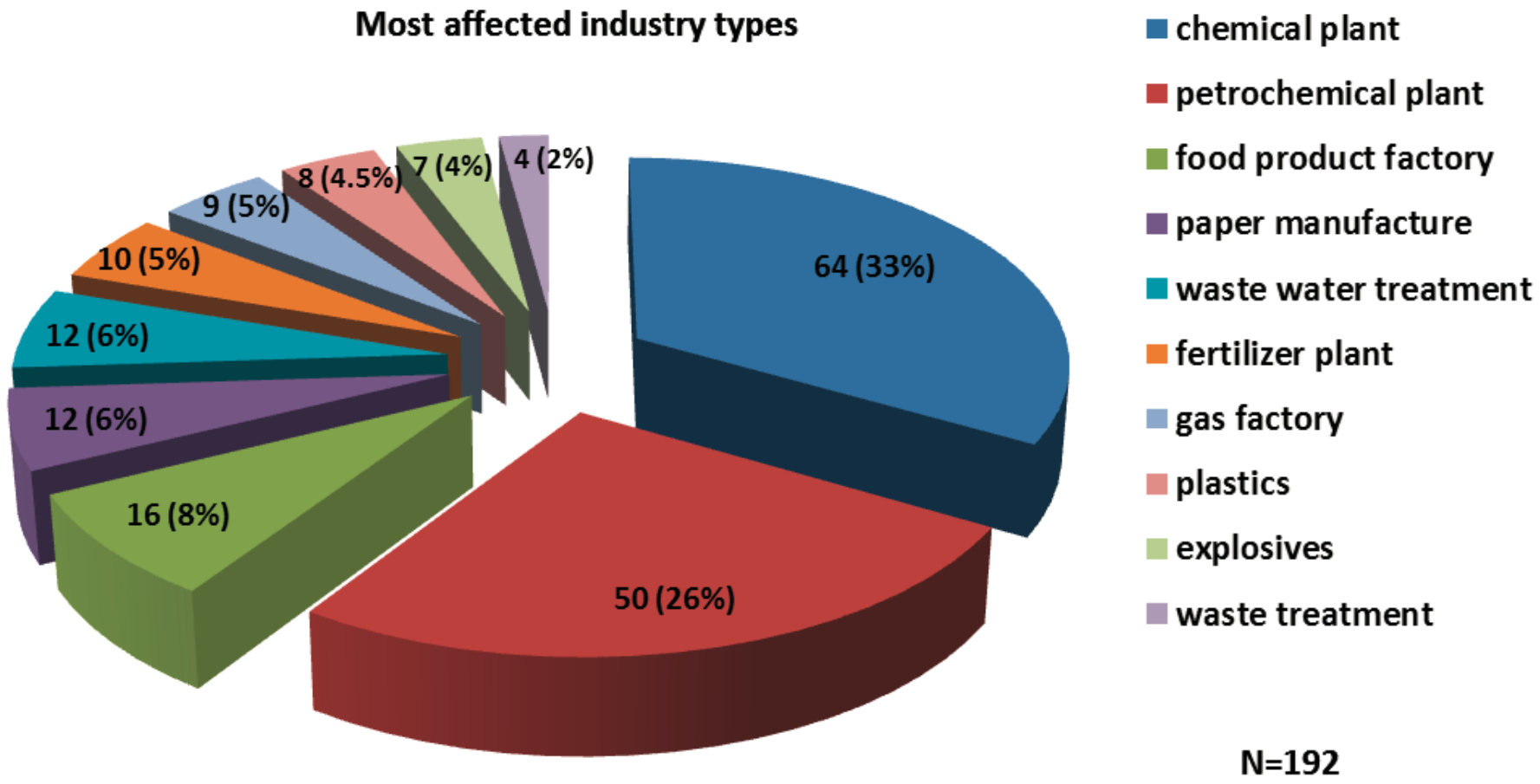
設備劣化に伴う発災事象（欧州430事例）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 設備老朽化と化学事故

設備劣化に伴う発災設備（欧州430事例）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安力評価で抽出された設備老朽化の問題点

- 多くの事業所で配管はラインが長く老朽化について全ての点検は容易ではない。
  設備点検技術の開発や現場運転員の検知能力の向上も必要
- 主要設備では一定の補修が行われているが、ポンプなど周辺機器や配管の老朽化対応が課題。
  動機器では予備機の老朽化や不足で緊急時の対応リスク
- 主要配管の老朽化への抜本的対応には生産を長期間休止の必要。
- 生産設備以外の建屋の老朽化では地震による倒壊リスクが予想されるが、後回しにされがちである。
- 設備の老朽化はリスク評価が難しく、経営判断で事故やトラブルの発生した設備への投資が先行する傾向
- 老朽化に伴うトラブル対応増加で、日常業務や教育にしわ寄せ
- 設備老朽化に対する整備予算がついても、補修要員が少なく対応が難しい例も多い。
  ⇔協力会社で応急保全チームを組むことで現場の不満を吸収
- 所属長の判断で特例保全費を一定期間確保することで、現場の保全、運転員の意欲向上
  ⇒生産性にも寄与
- 設備老朽化に伴うトラブルに対応して、保全に注力した結果トラブルは減少し、技術伝承に向ける余裕が生じる事例もある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 化学事故と環境事故

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 化学事故と環境事故

化学安全の認識を変えた事故

- Italy Seveso 化学工場ダイオキシン放出事故（1976）
  市民22に万人がダイオキシンにより被災し、広範な土壌汚染
- India Bhopal 化学事故による有害物質放出事故（1984）
  市民1万人以上が死亡、史上最悪の化学事故
- Swiss Basel 化学の倉庫火災とライン川汚染（1986）
  ライン川流域国で広範な汚染

- 化学品による事故
  ＝ 環境事故とする欧米の認識が定着保安法規への反映（Seveso Direction EU）
- 化学災害に関する法規・規定の国際的な統一の検討
- 事故による経済的な損失や経営層の責任の議論が進む。
  OECD（Organization for Economic Co-operation and Development）プロジェクト

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ダイオキシン放出事故（1976 イタリア・セベソ）

化学会社の農薬製造工程で、夜間の操業を無監視で放置したことなどから反応暴走（runaway reaction）が起き、破裂板が破裂。
異常反応で生成したダイオキシンを含む内容物が放出。

被害：1800haが汚染されて、22万人が慢性皮膚炎や内臓疾患に悩まされ、
ガン患者や多くの奇形児も生まれた。

事故の原因は
①反応系の熱危険性の評価不足
②手順の不順守

背景には経営者から現場運転員までの安全文化の欠如

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性物質の放出事故（1984 インド ボパール）

不適切な設備のメンテナンス作業（洗浄水の流入防止の仕切り板の不挿入など）と
不適切な事故対応（放出物の無害化、避難誘導、危険物情報の提供など）で、
殺虫剤原料の猛毒のメチルイソシアネートが貯蔵タンクから噴出し、周辺に降り注いだ。

被害：工場周辺の住民など10000人～30000人が死亡

事故の原因は

①手順不遵守
②事故後の不適切な対応
③安全設備の不備（監査での指摘不遵守）

背景には経営者の安全軽視、従業員への安全教育の不足

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ライン川汚染事故（1986 スイス バーゼル）

顔料を包装した端を加熱圧着した顔料を事前冷却せずに倉庫に搬入したため、蓄熱により火災が発生した。内容物を把握しない消防隊の注水で倉庫内の染料や水銀系の農薬などがライン河に流入

被害：有害物を含んだ水は、ライン川の生態系に深刻な被害
流域国の水道水の取水制限など市民生活に影響
欧州の環境事故としては、セベソ事故以降最悪

事故の原因は
作業手順の不遵守

背景には手順遵守の根拠（know why）教育の不足
消防当局への物質情報の提供がなかったこと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学安全への世界潮流

（1） アジェンダ21

1992年「地球サミット（環境と開発に関する国連会議/UNCED）」
「環境と開発に関するリオ宣言」、「アジェンダ21」

① 環境と開発に関するリオ宣言

- 先進国と後進国の格差是正のためには開発は必要であるが、
  環境保全も同様に重要。環境保全を前提にした開発は先進国の責務。
- 環境汚染に対し、科学的確実性の欠如を対策の遅れの原因としてならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学安全への世界潮流

② アジェンダ21：リオ宣言の具体的な行動計画

- 生物多様性の保護のための行動計画
- 化学品の取り扱いにおける安全・環境保護の推進計画（19条）
  化学品の製造や廃棄の総合的な安全管理
  安全に関する国際的な情報の共有
  関連法規の国際的な標準化→グローバルハーモナイゼーション

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学安全への世界潮流

セベソ指令(EU)による重大事故の定義の変遷

発災事象	セベソ指令（1997以前）	日本（労働基準法）	セベソ指令Ⅱ
従業員の死亡	1名以上	1名以上	1名以上
従業員の入院加療	3名以上	3名以上	6名以上
周辺住民の入院加療	規程なし	規程なし	1名以上
環境汚染	甚大な汚染	規程なし	河川、土壌等の汚染範囲を規定
住民避難（有害物の放出等）	規程なし	規程なし	2時間以上（人数×時間>500）
水、電気、ガスの停止	規程なし	規程なし	2時間以上（人数×時間>1000）
施設機器の損害	規程なし	規程なし	>200万ECU、周辺>50万ECU
国家的な遺跡の破壊	規程なし	規程なし	小規模でも重大事故
ドミノ効果	規程なし	規程なし	重要性を強調、細目は今後

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 化学物質の火災、爆発危険性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 化学物質の火災、爆発危険性

物質のエネルギー危険特性

自己反応性、可燃性、禁水性、酸化性、
反応危険性、混合危険性

プロセスの危険特性

加熱、加圧、混合、粉砕、貯蔵

誤操作や操作条件、設備設計不良機器の故障、自然災害などで

ハザードが顕在化

プロセス安全化（予防、防御、軽減化）

失敗

火災、爆発、環境被害

異常の発生防止

異常の早期検知

異常の進展阻止

被害の局限化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学物質のエネルギー危険性

(1) 単独での危険性

- 自己反応性（熱、衝撃、光により誘発）
  - 分解爆発性　：火薬類、過酸化物、感光剤
  - 重合性　：アクリル酸、スチレン、エチレン
- 引火（着火）性
  - 液体燃焼　：引火温度と点火源、 溶剤など
  - 気体燃焼（&爆発）：着火エネルギー、燃焼限界
  - 固体燃焼　：酸素指数、発火温度
  - 粉塵爆発　：金属粉、プラスチック粉体、木粉など
- 発火性（自然発火性気体、発火性固体、自己発熱性）
  モノシラン、ホスフィン、燐、硫黄、不飽和炭化水素（天ぷらかす、塗料かす、ウエス）
- 酸化性（酸化性気体、酸化性液体、酸化性固体）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学物質のエネルギー危険性

(2) 複合系の危険性

- 混合危険性　地震での火災発生源として調査
- 反応危険性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1 可燃性ガス、蒸気の火災、爆発

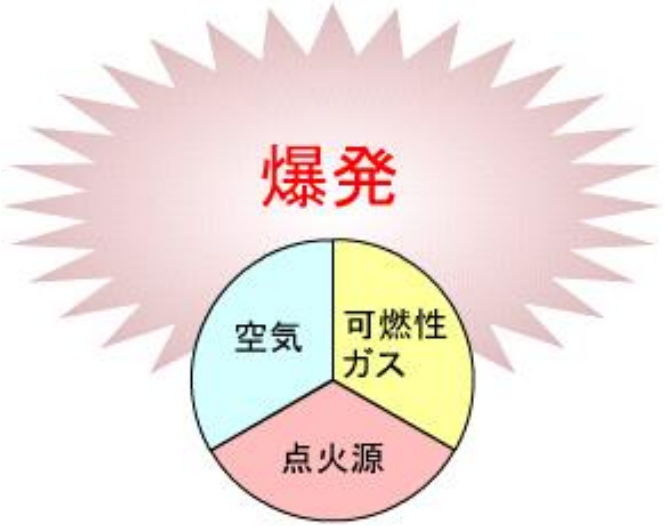
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性気体，蒸気の危険性

危険特性：爆発限界（Fナンバー），ガスの比重，燃焼速度

可燃性気体、蒸気の爆発限界

物質名	爆発下限界（%）	爆発上限界(%)
メタン	5.3	15
エチレン	3.1	32
アセチレン	2.5	100
水素	4.0	75
一酸化炭素	12.5	74
ガソリン	1.4	7.4
エタノール	3.3	19



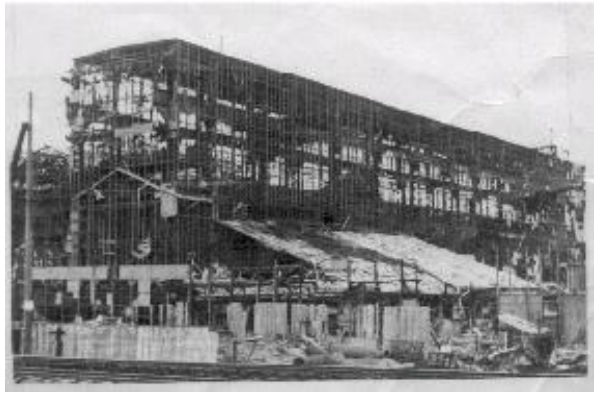
可燃性期待の火災（爆発）の3大要素

着火（点火）源

- 電気的着火源：電気火花、静電気
- 高温着火源　：高温面、熱輻射
- 衝撃的着火源：衝撃火花、断熱圧縮
- 化学的着火源：自然発火

水素の爆発事故

1949年、アンモニア合成用の水素が噴出、17名が死亡、工場内の電気火花が放出時に発生した静電気によって着火



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガスおよび蒸気の発災事象

(1) フラッシュ火災 (Flash Fire)

乱れの殆ど無い火炎であり、火炎伝播速度は比較的小さい。
例えば、プロパンのフラッシュ火災の火炎伝播速度は、ほぼ4～5m/sとされている。
被害因子は熱放射による。

(2) ジェット火災

可燃性ガスおよび蒸気の放出時に、高速で空気と完全に混合された状態で着火した場合の燃焼現象。
火炎から高い熱放射が発生する。被害因子は放射熱効果によるものである。
火炎の長さが50m程度にも達する事故例も報告されており、火災による二次災害も大きな問題点となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガスおよび蒸気の発災事象

(3) 蒸気雲爆発 (Vapor Cloud Explosion)

可燃物と空気が良好に混合された状態で爆発するため、火炎伝播速度はフラッシュ火災よりも非常に大きい。

また、爆発時に大気中に巨大な球状火災を形成し、しばしばファイヤーボール (Fireball) とも呼ばれる。英国の化学工場で発生した蒸気雲爆発事故では直径約160mの巨大なFireballが発生し、化学プラントにおいて大きな被害をもたらすケースが多い。

被害因子は爆風効果および放射熱効果によるものであり、爆風によって10数km離れた家屋の窓ガラスが破壊された事故例も報告されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

BLEVE（平衡破綻型爆発）（Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion）

常圧での沸点以上の状態にある容器内液体（液化ガス等）が、周囲で発生した火災で加熱され、容器内圧が上昇すると共に容器材料の強度が低下して破壊された時、沸騰状態の液化ガスが気化して急激に膨張しながら爆発する現象である。
液体の種類は可燃性・不燃性を問わないが、可燃性であれば着火によってFireballを形成する場合が多い。

BLEVEの特徴は、容器が加熱され始めてから爆発を生ずるまでに10～30分程度要することであり、初期火災の消火活動中にBLEVEが発生し、消防士を始め、多くの人的被害をもたらす場合がある。被害因子は爆風効果および熱放射（Fireballが発生した場合）、および破壊飛散物。

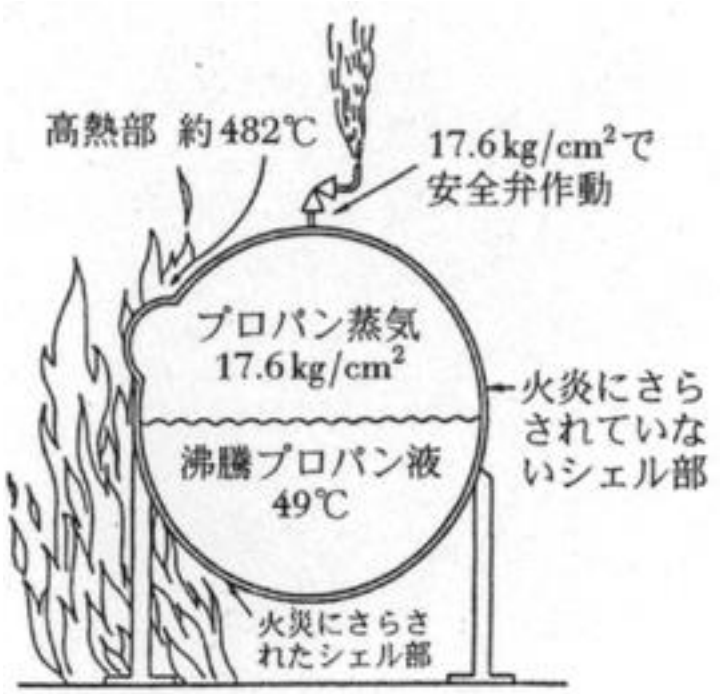


図1　火災にさらされている球形液化プロパンタンク[2)]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 可燃性液体の火災、爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性液体

危険特性：引火点、燃焼速度、高引火点物質の危険性

引火点によって規制の程度（指定数量）が決まる。
指定数量： 物質の危険性に応じて与えられている数量
1日あたり指定数量を超えて取り扱う場合→消防機関の許可が必要

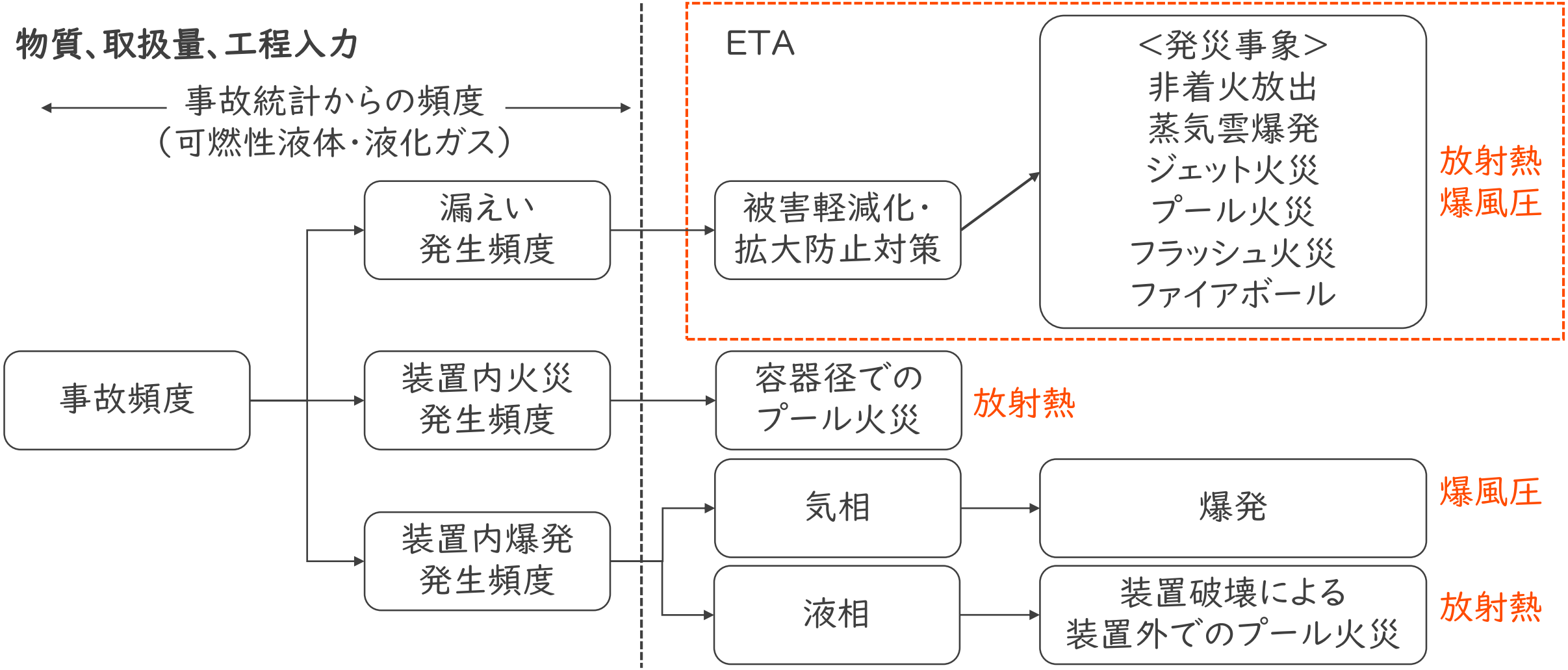
種類（引火点）	指定数量（L）
特殊引火物	50
第一石油類 （21℃未満）	200 （400）
アルコール類	400
第二石油類 （21℃以上、70℃未満）	1,000 （2,000）
第三石油類 （70℃以上、200℃未満）	2,000 （4,000）
第四石油類 （200℃以上、250℃未満）	6,000
動植物油類 （250℃未満）	10,000

（「指定数量』の（ ）内の数値は水溶性液体の数値）

特殊引火物：ジエチルエーテル、二硫化炭素等最も危険性の高い物質

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性液体のリスク評価



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 可燃性液体の火災、爆発

図1 消防法危険取り扱い施設での火災・爆発原因物質

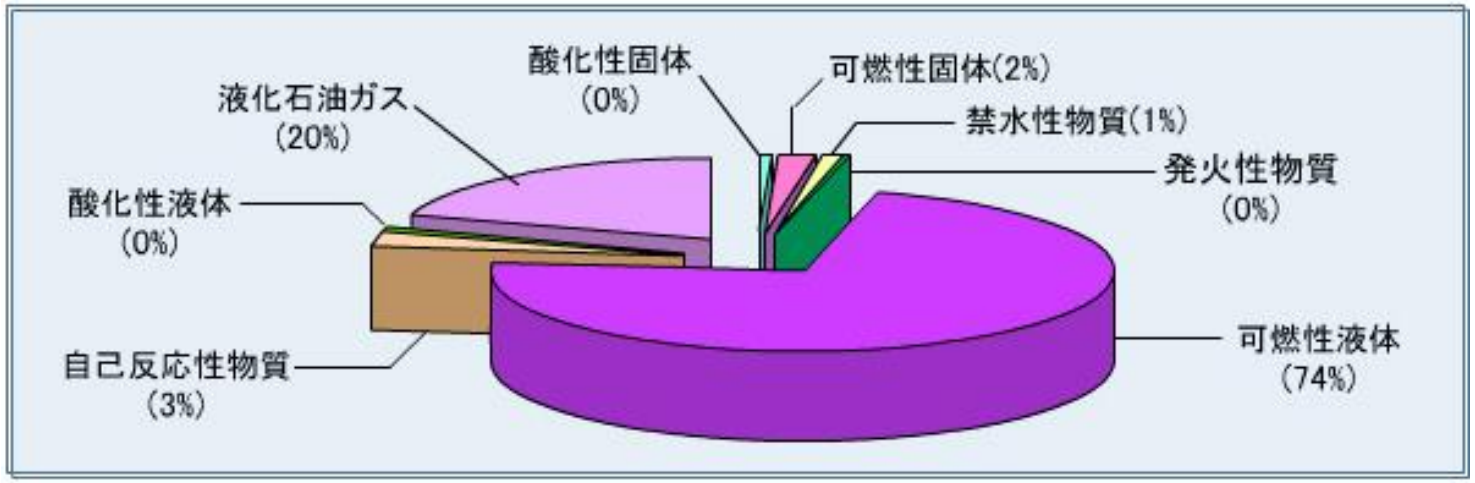
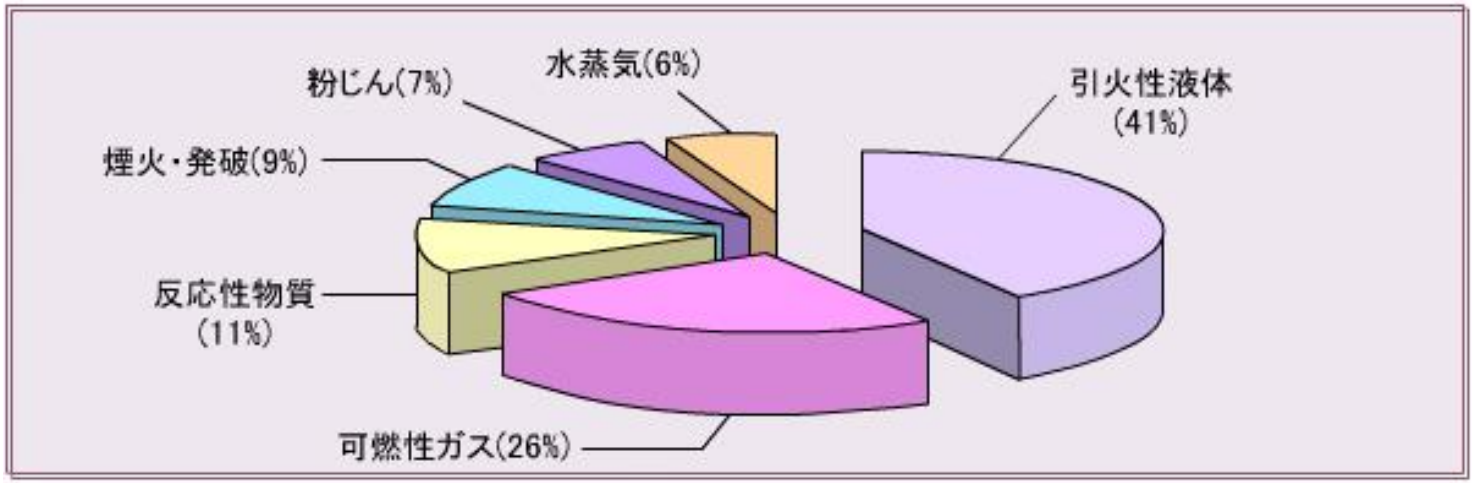


図2 爆発による死亡災害起因物（労働安全衛生法関連）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

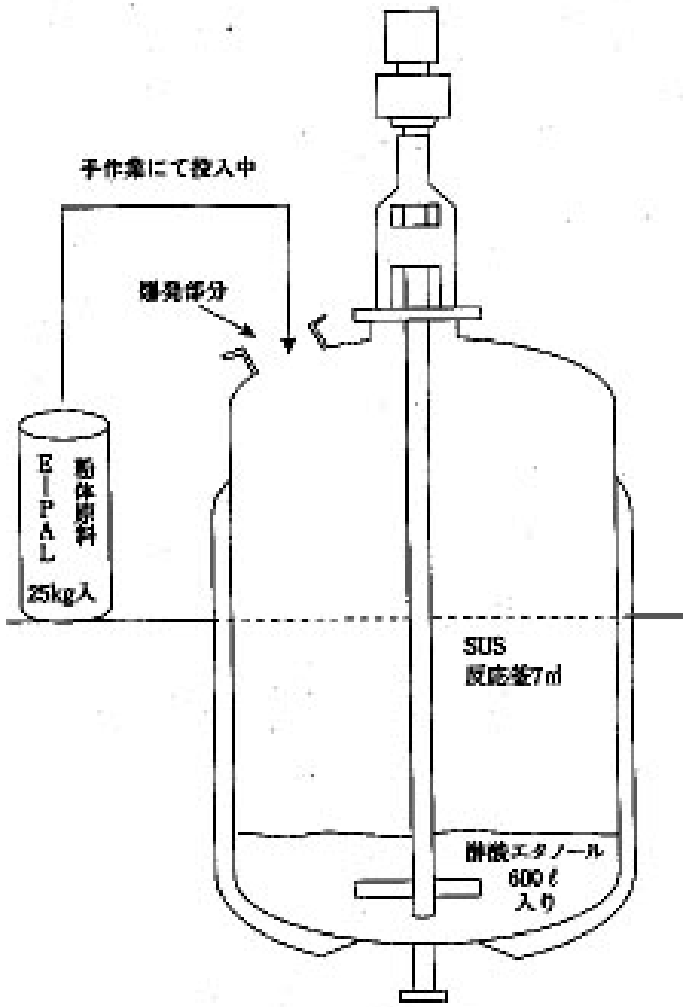
3.2 可燃性液体の火災、爆発

可燃性液体の事故例（仕込中の事故）

医薬品中間体（粉体）をステンレス製の反応器で溶解混合させるため、酢酸エチル600Lを仕込んで、粉体試料を投入中に反応器内で爆発火災となった。

事故当時、反応器空間部は、酢酸エチル蒸気が爆発下限界以上であったとみられ、粉体容器の内装ビニールと粉体の摩擦により静電気が発生し、引火したものと推定された。

2名が火傷を負った。



高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

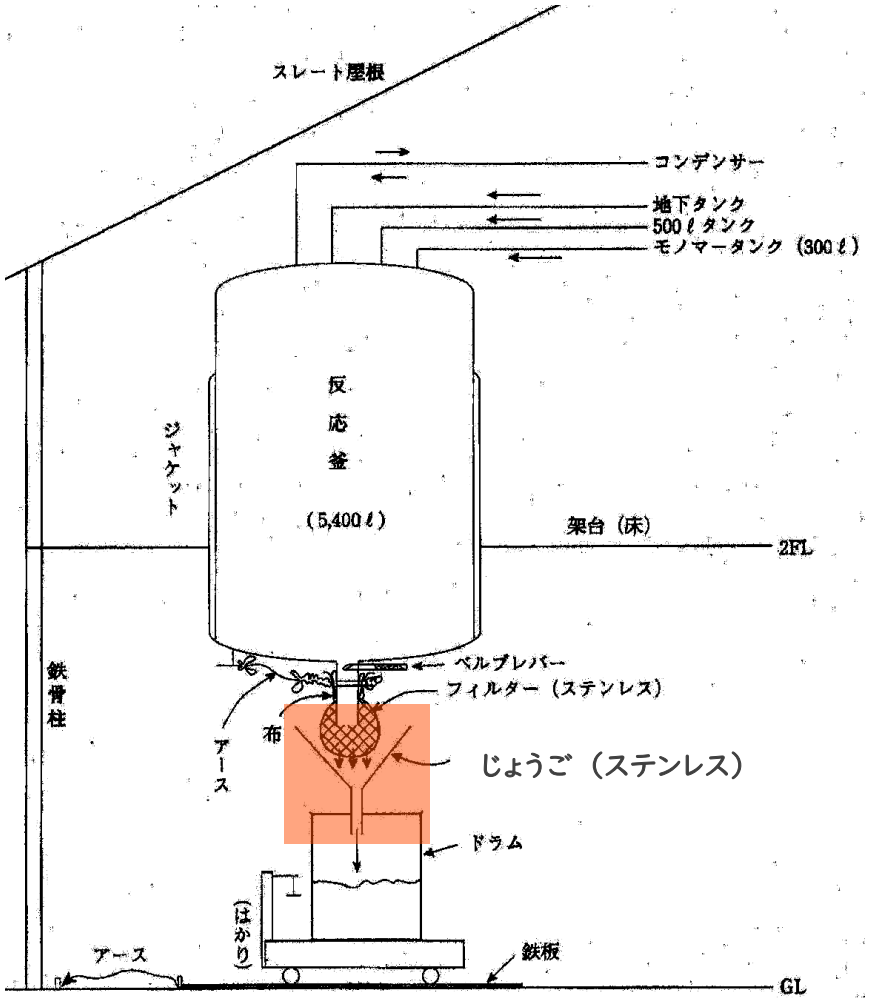
3.2 可燃性液体の火災、爆発

容器内火災 抜き取り中の事故

反応終了後の合成樹脂塗料をキシレンに溶解した後フィルターを通して抜き取り中に、ドレン付近で火災となった。右図のじょうご付近で静電気スパークが飛び、着火したものと推定された。

工場建家を半焼したほか反応器内容物、工場内のフォークリフトなども焼損し2000万円近い直接被害を生じた。

今後の対策として、アース改善、接地抵抗値の測定などを実施することとした。



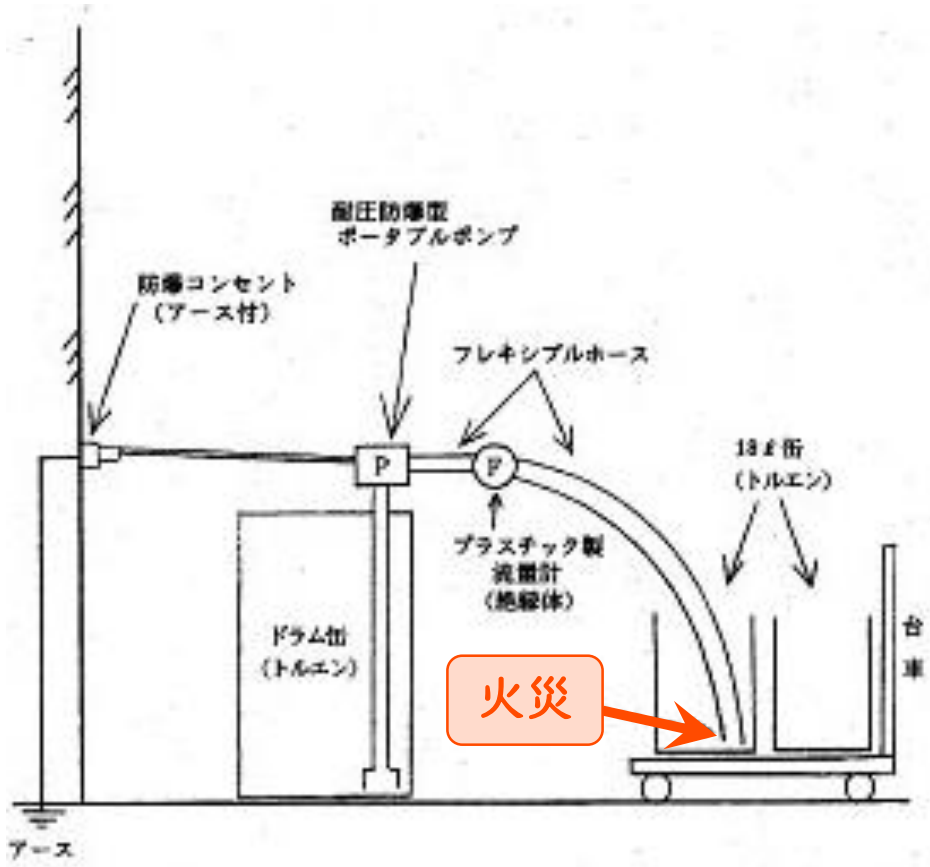
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器内火災 小分け中の事故

有機溶剤に樹脂、天然ゴムなどを溶解して粘着剤を製造する工場での火災。
溶剤のトルエンをドラム缶から18L容器に、ポータブルポンプ（防爆型）で小分け作業中に、静電気スパークで蒸気に着火した。

ポンプ自体にはアースがされていたが、小分け容器にアースが付けられていなかった。

メタノールやトルエンなど可燃性溶剤をポンプなどで移送中の火災は少なくない。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3発火性物質の火災、爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

発火性物質の危険性

発火性物質
- 空気中で自然に発火 － 自然発火性物質 黄リンなど
- 空気中で酸化され発熱 － 自己発熱性物質

自己発熱性物質による蓄熱火災例

揚げかす中の天ぷら油の余熱発火
酸化重合型塗料かすの発火
機械工場などでぼろ布に染みた機械油の発火

特殊材料ガス→ 多くの火災や爆発事故が発生

モノシラン	SiH_4	自然発火性	ジボラン	B_2H_6	燃焼性
ジシラン	Si_2H_6	自然発火性	ゲルマン	GeH_3	燃焼・分解性
アルシン	AsH_3	燃焼性	三フッ化窒素	NF_3	支燃性
ホスフィン	PH_3	自然発火性	四フッ化硫黄	SF_3	支燃性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

蓄熱による火災爆発

野積み廃棄物の火災

シュレッダーダスト
廃タイヤ
木粉チップ（廃建材から製造）

廃棄物燃料の火災

RDF（ゴミ固形燃料）、RPF（プラスチック/紙固形燃料）

工場での火災

自動車工場などの塗装ブースでの酸化重合型塗料
機械工場で油の含浸したウエス
配管の断熱材にしみ込んだ有機溶剤
吸着剤（活性炭など）にしみ込んだ有機溶剤

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

蓄熱火災の例

図4-2

空気の換気の悪いガレージの中で油ぼろが自然燃焼をすることがある。

毎年何百万ドルも財産が自然燃焼によって発生した火災のために失われている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 反応性物質の火災、爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自己反応性物質による事故例と危険性

自己反応性物質
- 分解して熱・圧力を発生　熱、衝撃、光により分解が誘発
- 重合により熱を発生　熱、不純物、光によって重合開始

自己反応性物質の代表的な官能基の例

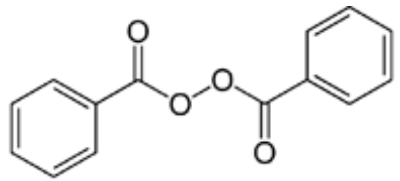
※特殊な官能基をもつ

ニトロ化合物	：$-NO_2$	トリニトロトルエン
ジアゾ化合物	：C−N=O	ジアゾニウム塩類
過酸化物	：−O=O−	過酸化水素
アザイド	：$-N_3$	アジ化ナトリウム
アセチレン化合物	：−C≡C−	銅アセチリド

代表的な重合性物質

※低分子の不飽和化合物

塩化ビニル	（$CH_2=CHCl$）
アクリロニトリル	（$CH_2=CHCN$）
アセチレン	（$CH\equiv CH$）
エチレン	（$CH_2=CH_2$）
テトラフルオロエチレン	（$CF_2=CF_2$）
酸化エチレン	（$(CH_2)_2O$）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自己反応性物質による事故例と危険性

危険性増大の要素

1991年 東京都内化学工場 過酸化ベンゾイルの爆発
⇒9名死亡

固体過酸化物 ：少量でも摩擦などの刺激で爆発
液体過酸化物 ：濃縮、過熱、不純物の混入で爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

過酸化水素の爆発

過酸化水素積載タンクローリー

首都高走行中に爆発

外壁飛散、劇物が漏出

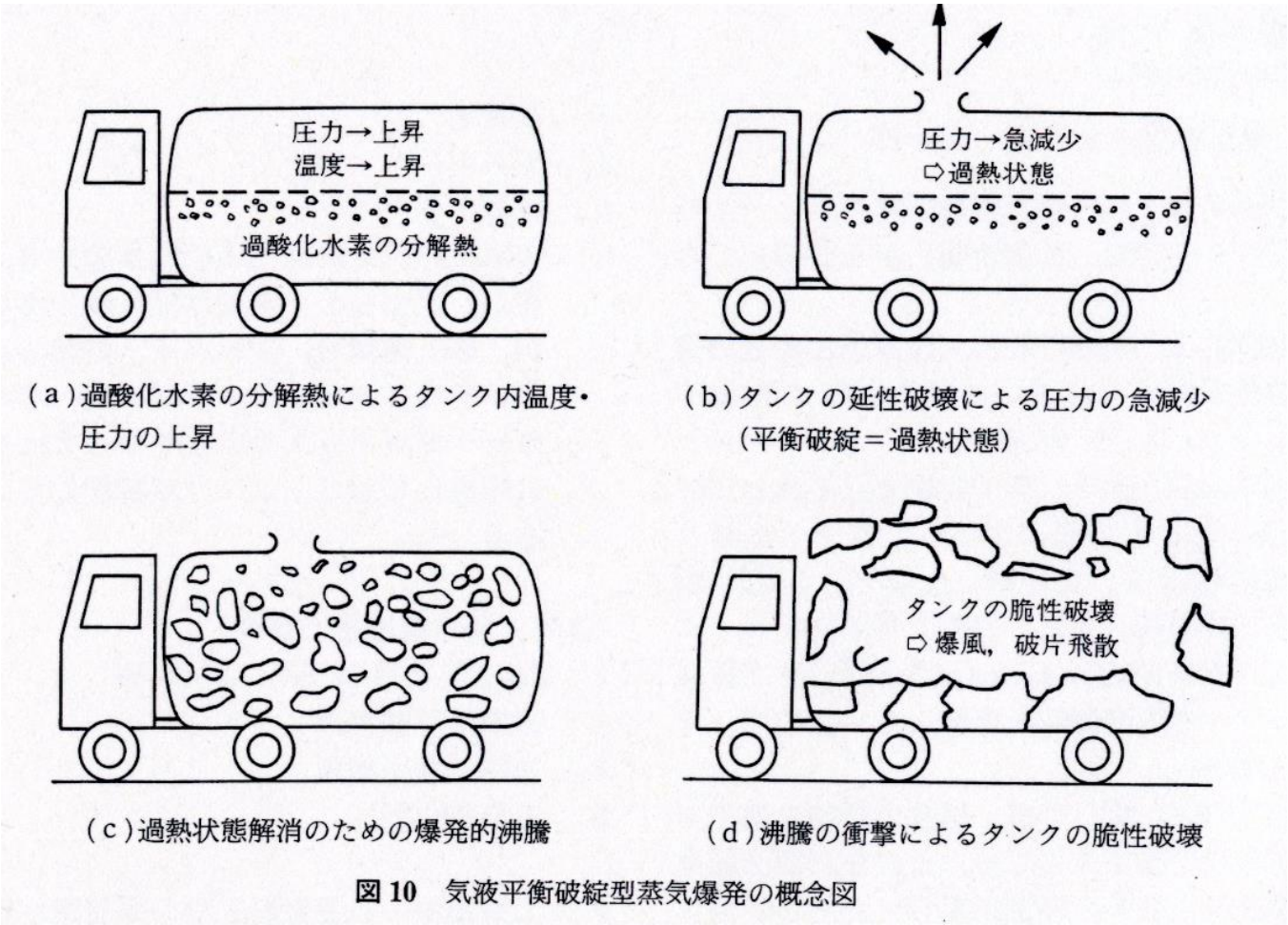
二十九日午後六時二十五分ごろ、東京都港区南麻布二ノ一三ノ一五、首都高速2号上り線の古川橋付近で、過酸化水素約千㍑を積載して走行中のタンクローリー（四㌧）が突然爆発、横転した。この爆発の影響で、後続のトラック二台と乗用車九台の計十台が事故に巻き込まれたほか、高速道路下にある一般道の車二台も、落ちてきた首都高の遮音壁で破損した。（社会面に関連記事）

運転手ら21人重軽傷

麻布署の調べによると、クローリーの運転手、矢口洋平さん(三七)が重傷を負ったほか、四人がけが。爆風この事故で高速上ではタンで高速道路から金属製の

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 反応性物質の火災、爆発



(a)過酸化水素の分解熱によるタンク内温度・圧力の上昇

(b)タンクの延性破壊による圧力の急減少（平衡破綻＝過熱状態）

(c)過熱状態解消のための爆発的沸騰

(d)沸騰の衝撃によるタンクの脆性破壊

図 10　気液平衡破綻型蒸気爆発の概念図

過酸化水素28%水溶液+塩化銅

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

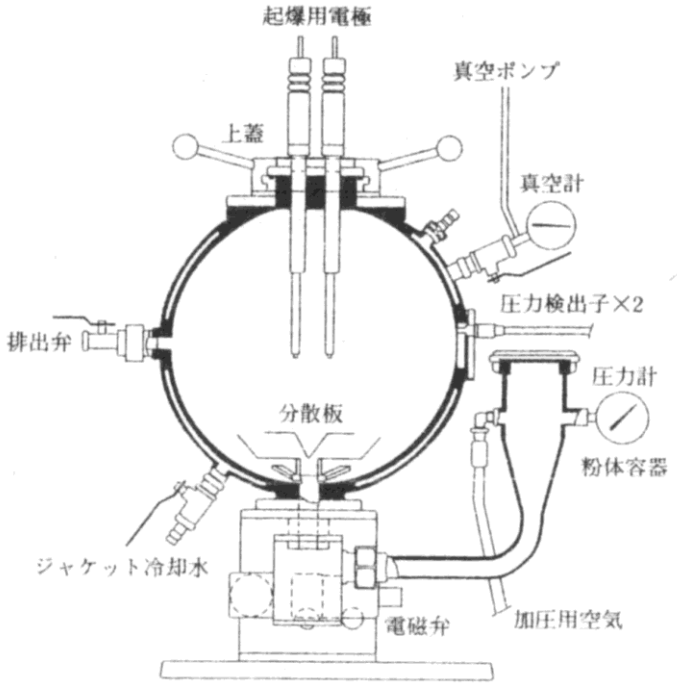
3.5 粉じん爆発

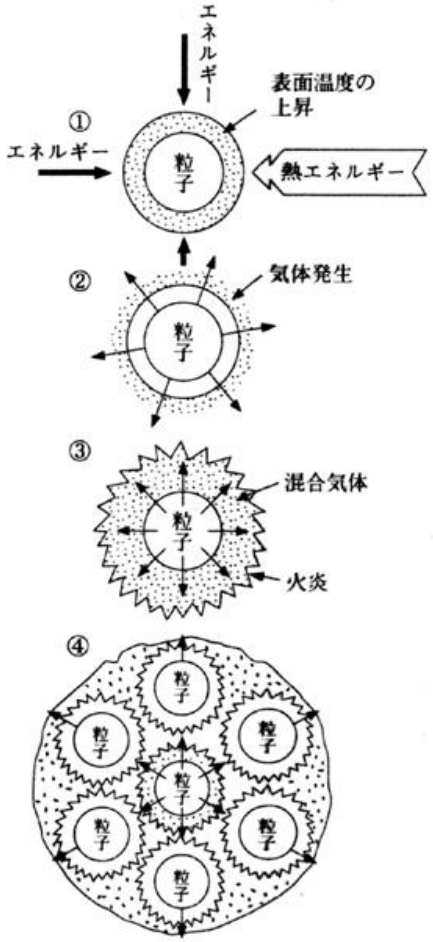
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

粉じん爆発とは

粉じん爆発の特徴

- 静電気などの微小エネルギーで着火
- 粉体は液体より熱容量が大きい
  →激しい爆発となりやすい
- 粉じん爆発は想定外の物質でも起きる
- 細かい物質ほど爆発を起こしやすい
- 粉じん爆発の起きやすさ
  →着火エネルギー





Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5 粉じん爆発

なぜ今、粉じん爆発か

1. 医薬品製造工程での危険性
2. 金属粉体による危険性
   自動車、電子機器（携帯電話）
   Al、Mg、タンタル、ジルコニウム
3. 廃棄物処理、リサイクルでの危険性
4. 危険性に関する感性の低下
5. ナノテクノロジーの進展

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

粉末硫黄の篩い分け中の粉塵爆発

- 2007年
- 破砕後の硫黄を篩い分け中、帯電した粉末硫黄がふるい別け機のオーバーサイズホッパー出口シュート付近で放電爆発し、布製シュートに延焼した。
  さらに、周囲の粉塵を集塵していた集塵機に炎を吸い込み延焼し、篩別機等を経由してバケットコンベヤーに達して、粉塵爆発が発生した。
  負傷者なし。
- 対策：設備の窒素充塡、酸素濃度管理等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

メチルセルロース製造設備の粉塵爆発

- 2007年
- 新潟県上越市の化学工場セルロース誘導体製造設備で爆発火災、5時間後に鎮火
- 4階建ての工場9,600平方メートルを全焼
- 17名が負傷（3名重体、4名重傷）
- 風下の住民に避難命令
- メチルセルロースの粉末を攪拌するミキサー周辺で静電気による粉塵爆発（推定）が起き、その振動で天井等に堆積した粉体が舞い、大規模な粉塵爆発が連続した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.5 粉じん爆発

マグネシウム合金研磨粉じん爆発

- 2001年
- 宮城県、携帯電話のマグネシウム合金製外枠生産工場
- 表面切削研磨工程の集塵機につながる鋼管内に堆積したマグネシウム合金粉が、水と反応して水素を発生、自然発火し、鋼管内に浮遊する粉じんを爆発させ火災となり、10名が負傷

- 2007年
- 横浜市のパソコンの部品工場でマグネシウム製のパソコンのカバーを磨く作業をしていたところ爆発
- 作業をしていた男性2人が全身をやけど

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

消防士長死亡！ 製粉会社で粉じん爆発 神戸

製粉会社で火災。爆発が起き、鎮火後焼け跡から、消防士長が遺体で見つかった。

火元は小麦の焙煎機とみられている。

稼働中の機械から大きな音がして炎が上がるのを同社の従業員が目撃。

火は、工場内に置かれた25キロ入りの小麦粉計6千袋に移って長時間燃え続け、
消火作業を難航させた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

米国精糖工場の粉塵爆発

- 2008年2月8日
- ジョージア州ポート・ウェントワース
- Imperial Sugar Company
- 13名死亡、6名重体、約60名病院へ搬送
- 梱包前の砂糖を貯蔵するために空気輸送しているサイロ地下部分での粉塵爆発
- サイロの砂糖が溶融して流れ出し、コンクリのように固化し、サイロの奥深くまで火災が広がって、消火に1週間を要した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.6 混合危険性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

混合危険性

混合危険性とは、2種以上の化学物質が混触することによって、元の状態に比べてより危険な状態になることをいう。地震時、廃棄時、実験中などに多い。

（1）混合発火・発熱や分解爆発

- **発熱、発火**
  酸化剤＋可燃物　、オキソハロゲン酸、過マンガン酸塩、
  強酸＋可燃物（硫酸+トルエン+$NaClO_2$）［安全工学実験講座］
- **水と接触し発火する物質（禁水性物質）**
  アルカリ金属、金属炭化物、窒化物、水素化物
- **不安定物質の生成**
  炭化水素＋過酸化物⇒より鋭敏な過酸化物の生成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

混合危険性

(2) 有害物の発生

- 硫化水素の発生　　硫化物＋硫酸
- 塩素の生成　　さらし粉＋水、塩酸＋硫酸
- 窒素酸化物の発生　　硝酸＋硫酸
- シアン化水素の生成　　シアン化合物＋強酸

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.7 ガスの生体危険性
酸素欠乏、有毒ガスによる中毒

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガスによる中毒／酸素欠乏

発生施設/設備	原因物質	概要
プラチナ精製施設	塩素	白金を溶解した反応釜に、塩素容器からナイロン製ホースで塩素を流したところ、ホースに亀裂が入り塩素が漏えいし1名が負傷した。 ホースが劣化していた上、前日の作業終了時に容器の元バルブを閉め忘れていた。
製造工場	塩素	液化塩素コンテナが空になったので、別のコンテナに切り替えた。 空コンテナとの接続フランジのナットを取り外したが、配管側のバルブを閉め忘れたため、接続部から塩素が漏えいし、作業員が両眼に軽傷を負った。
冷凍設備/水産加工	アンモニア	休業中の作業場で従業員が1人でドレン抜き作業中に死亡した。 バルブの誤操作でアンモニアが漏えいして呼吸困難となり、死亡に至ったものと推定された。
大学	硫化水素	漏れた硫化水素ボンベを修理するため、ドラフトチェンバーに運んだところ、バルブから硫化水素が漏えいした。学生らを避難させた後避難しようとしたが、ボンベとともに倒れ、硫化水素中毒で死亡した。 学生4名も入院加療を要した。
タンクローリ	フッ化水素	フッ酸を貯槽に移送中にバルブが誤開放して4人がフッ酸を浴び、全員が急いで作業服を脱ぎ水洗したが、全身にフッ酸が付着しており治療中に全員が死亡した。 タンクローリ横の建物にいた作業員もすぐに脱出したが死亡した。
立体駐車場	二酸化炭素	ターンテーブル室に閉じこめられた会社員が、内部に設置された二酸化炭素消火設備の起動ボタンを押したため、二酸化炭素が噴出した。現場に駆けつけた警備員2名が酸素欠乏症となった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

酸素欠乏症による事故例

① 大学の低温実験室の冷凍機が故障したことから、助手の指示で室内温度の上昇を抑えるため液化窒素40リットルを床に流した。昼前に、大学院生と助手が実験室内で倒れているのが発見され、2人とも既に死亡していた。国の賠償責任認定

② 研究所で液化窒素をボンベに充塡中、研究員が他の作業に集中していたため、液体窒素がオーバーフローしたのに気づかず気化した窒素により酸欠死した

酸素濃度(%)	酸素欠乏による症状
18	安全下限界、換気や呼吸保護具の使用が必要
16～12	脈拍・呼吸数増加、集中力の低下、頭痛、吐き気など
14～9	判断力低下、異常な疲労感や酩酊状態、全身脱力で操作ミスなどの危険
10～6	嘔吐、行動の自由を失う、中枢神経障害、全身痙攣、暴露時間により死亡
6以下	数回の呼吸で失神、昏倒、呼吸停止、心臓停止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 反応の危険性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1 反応の危険因子

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1 反応の危険因子

反応による危険要素

プロセス上の問題点

冷却の不足、停止
撹拌の不足、停止
プロセス条件の誤設定

物質による問題点

物質特性の事前評価不足
微量成分による異常反応
予期せぬ自触媒反応

危険性評価
プロセス安全防御
被害軽減設備

→ **安全化**

反応熱の過熱→内圧上昇・原料、生成物の分解
思わぬ不安定物質の生成→分解
有害物の生成→漏えい

→ **火災・爆発**
急性暴露
環境汚染

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応系の危険因子

(1)装置

バッチ反応器、多目的反応器、蒸留装置のような加熱機器

(2)原料

原料のエネルギー危険性、毒性、腐食性

- 可燃性(可燃性の気体、液体、粉じん)
- 自己反応性、爆発性(自己分解性、重合性、爆発性)
- 発火性(自然発火性気体、自然発火性固体)、禁水性
- 蓄熱危険性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応系の危険因子

(3) 反応

- 大きな発熱を伴う反応 ：ニトロ化、酸化、スルホン化、ハロゲン化
- 不安定物質が生成する反応 ：ニトロ化、ジアゾ化
- 反応中に可燃性混合気体を形成する ：酸化、ハロゲン化
- 原料や触媒組成の誤設定、不純物の混入による想定外の反応

(4) 操作

- 仕込み排出時の火災や爆発
- 制御機器、安全管理システムの故障、
- 廃棄、無害化処理中の危険性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

重合の危険性と安全対策

- 重合反応は発熱反応であり、温度管理が最も重要
  撹拌の停止により溶剤とモノマーが2相に分離する可能性がある場合、複数の温度計で両相を測定する。
- 攪拌の停止後の再撹拌による反応の急激な加速
  撹拌機や冷却媒体の循環ポンプなどは、停電に備えて非常用電源を準備する。
  予備の冷却用ポンプを設置する。
- 反応温度の想定外の上昇
  緊急冷却や反応抑制剤を準備する。
- 不純物や原料変更による想定外の重合
  事故例の把握や熱的特性の事前評価は必須
- 重合性物質の多くは可燃性液体であり、反応暴走での過熱、漏えいによる爆発火災事例が少なくない。

2017年以降、重合性物質の船舶輸送では、SAPT試験結果の提示が求められることとなった（GHS）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ニトロ化反応の危険性と安全対策

- ニトロ化反応の多くは2液層反応
  撹拌の停止中に原料の滴下が続くと、再攪拌により反応が急激に加速され、反応暴走に至るため、温度測定が重要
- 発熱量が大きく、緊急時の速やかな対応が重要
  撹拌機や冷却媒体の循環ポンプなどは、停電に備えて非常用電源を準備する。
  予備の冷却用ポンプを設置する。
- 生成物の分解熱が大きく、より危険な副生成物の可能性
  事故例の把握や熱的特性の事前評価は必須

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

還元反応の危険性（安全対策）

- 他の発熱反応と同様に、
  冷却のための循環ポンプ、撹拌、温度計、電源、冷却源などの２重化が望ましい。
- 反応停止剤や希釈剤の投入といったクエンチシステム
- ナフサの水素化脱硫プロセスでは、硫化物による腐食に注意する。
- 水素を用いるプロセスでは、ガス検知器が必要不可欠

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 反応の危険性予測

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 反応の危険性予測

反応を安全に行うために何を知るべきか

（1）定常反応

反応が定常的に進行する場合、安全な操作を確保するために必要な情報

- 目的とする反応の熱量、熱発生速度
- 反応中に発生するガス状物質の種類と発生速度
- 断熱温度上昇
  （容器内部の発熱が、すべて内容物に蓄積された場合の温度上昇）
- 伝熱係数や熱容量、粘度などの物性値（反応中の変化の有無）
- 反応に関する定性的な情報（ラジカル反応か、イオン反応かなど）結晶化が起きるのかなど）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応を安全に行うために何を知るべきか

(2) 望ましくない反応

予期せぬ副反応や分解反応を防ぐために必要な熱的情報。

- 発熱的な分解が起きる最低温度
- 乾燥や蒸留などを正常に行うことのできる最高温度
- 反応系の潜在総熱量
- 自触媒反応(生成物が触媒的に反応を促進する)の発生の可能性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

反応を安全に行うために何を知るべきか

(3) 反応の熱的暴走

反応プロセスで熱的制御が失われた場合の最悪の状態を把握する。

- 反応が暴走した場合の、最大の温度上昇速度、到達温度
- 反応が暴走した場合の、最大の圧力上昇速度、到達圧力
- 反応の暴走に伴って発生するガスの種類とその性質（毒性，発火性など）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

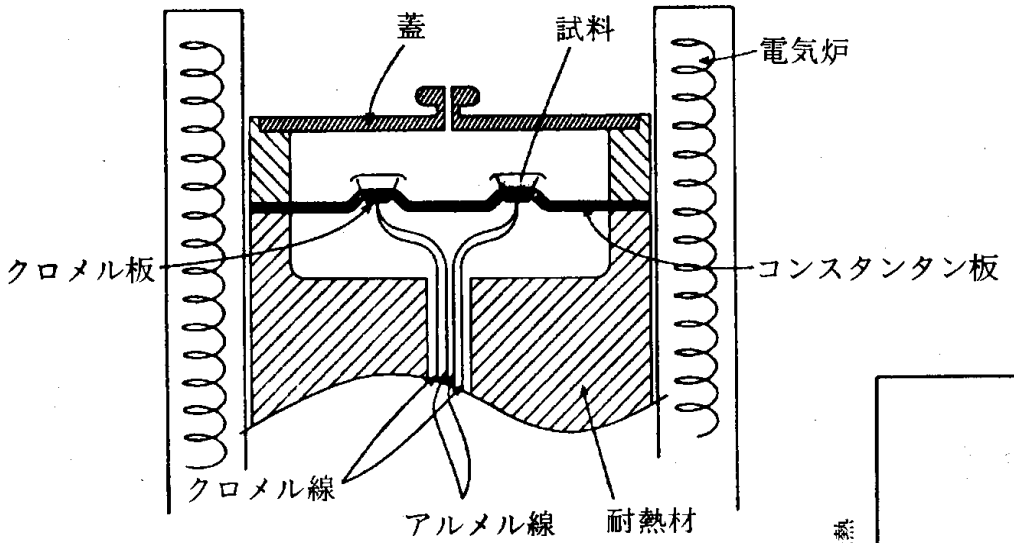
熱的危険性予測のための機器分類

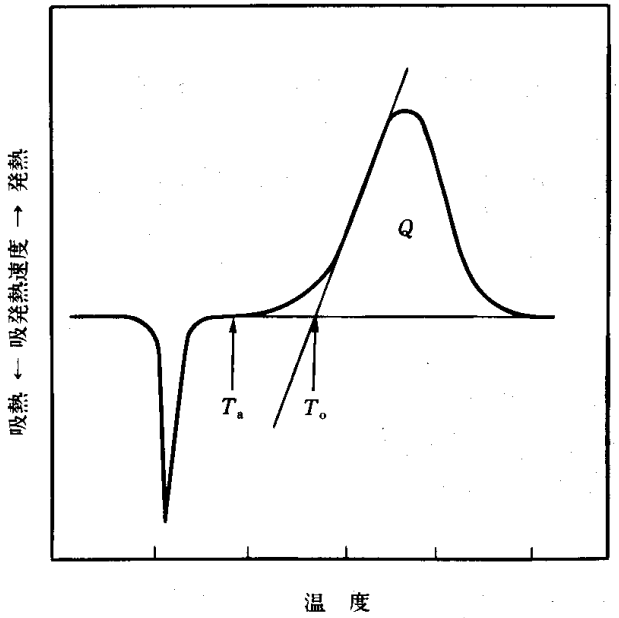
熱分析	反応(混合)熱測定	断熱測定	等温測定	圧力放散
SC-DSC TG-DTA 加圧DSC 加圧TG-DTA DynamicDSC	RC1 (反応熱量計) Auto-Mate (反応熱量計) C-80 (熱流束熱量計) SuperCRC (混合熱量計) DRC (示差反応熱量計)	ARC (Acceralating Rate Calorimeter) ARSST (Reactive System Screening Tool) APETAC	MS-80 (微少熱量計) TAM (高感度熱量計) PHI-TEC 等温貯蔵試験 SADT試験 (国連規格試験)	ARC PHI-TEC VSP (Vent Sizing Package) 圧力容器試験 断熱貯蔵試験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 反応の危険性予測

熱流束型示差走査熱量計（DSC）





Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 反応プロセスのリスクとその低減

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

プロセス事故のシステム/設備要因とリスク低減

① 設備設計の不備、故障など
冷却能力の不足、温度制御システムの設定、制御不良
加熱システムの蒸気圧や加熱時間の設定での制御不良
不適切な攪拌能力（攪拌翼の形状など）での制御不良
原料などの不適切な供給シーケンス
不適切な設備材料の使用

② 検知警報の不備
プロセス情報（温度、圧力など）測定位置の不適、故障
異常の検知、警報システムの故障

③ 老朽化による配管や設備の破損、漏えい

④ 設備変更の管理不足による事故リスクの増大
設備の改修や変更により①～③についての問題が発生する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

プロセス事故のシステム/設備要因とリスク低減

事故リスクの低減

① 関連する設備の事故情報の分析
② 類似設備の可能な範囲での事故、トラブル情報の共有（自社内、産業団体など）
③ 以上の情報のデータベース化と社内での共有
④ オンデマンド型設備・機器（インターロックや検知警報機器）の定期点検要領の策定
⑤ パイロットプロセスでの実証テストとシミュレーション（容積効果など）
⑥ 設備の変更管理規定の策定と定期的な見直し

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

プロセス事故の物質要因とリスク低減

① 不適切な原料や触媒の選定による、反応速度過大や危険な副生成物の生成
② 不純物(水、金属系、アルカリ、酸など)の混入による、原料や製品の分解
③ 粘度上昇や晶出による撹拌不足、温度の偏りの発生
④ 副生成物の生成、原料や製品の不適切な取り扱いでの火災爆発
⑤ バッチ反応器(特に多目的反応器)では前バッチ残渣に起因する異常反応

事故リスクの低減

① 関連する物質の事故情報の収集や危険性の事前評価(類似した分子構造の事例も有効な情報)
② 物質の安全情報のデータベース化と社内での共有
③ 物質の熱危険性評価ではプロセス条件(バッチ、連続、多層系、装置材料など)を考慮した危険予測
⇒最悪発災シナリオの策定が重要
④ 取扱物質に関する変更管理規定の策定と定期的な見直し

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

プロセス事故の人的・組織要因とリスク低減

① 人（オペレータ、スタッフ、現場管理者）、組織の変更管理不足
② 運転、設備管理、設計部門の連携不足による誤った設備改修など
③ 誤操作、設定条件の誤入力
　不十分な手順書、手順書遵守の不徹底
④ 緊急時(温度や圧力などプロセス条件の異常、火災や漏えいなど）対応力不足、誤った対応操作

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

プロセス事故の人的・組織要因とリスク低減

事故リスクの低減

① 人に関する変更管理：異動に伴う情報伝達、業務に必要な技能、経験知の文書化
② 設備異常時など緊急時対応の明確化：夜間停止権限の明確化や緊急停止を叱責しない風土
③ 安全を優先する意識や技術に関する教育、操作の勘所などの技能伝承
（事故や定修頻度の減少による経験不足、新人に危険作業をさせない風潮）
ベテランの教育伝承への活用、そのための仕組み（教育シナリオ）の整備
④ 現場の日常的なコミュニケーション＝潜在危険を発見するモチベーションや気軽に伝達できる風土の醸成
⑤ 作業環境の整備：基本動作の不遵守や集中力低下などで、事故リスク上昇

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

プロセス事故の外的要因とリスク低減

① 地震、大雨、台風による設備破損
　電源喪失⇒冷却不足による分解
　雨水との接触⇒溶融アルミニウムの爆発、アルミニウムやマグネシウム粉体の雨水等との
　接触火災大雨による貯蔵物、堆積物の漏えい、流出
② 大暑による設備の高温化⇒容器内気体の膨張・破裂、反応速度過大による内容物噴出
③ コロナ禍での不適切な設備停止、工場停止中のメンテナンス不足

事故リスクの低減

① 気候変動（雨量、大暑）を想定した設備の基準の見直し
② 地震時の用役の見直しや可能な範囲での多重化
③ 欧米ではコロナのロックダウンに伴う監査や強制シャットダウン、スタートアップの
　対応の時限規定（法規）策定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 研究開発での危険

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

研究開発でのリスク

- 研究者の特質として創意工夫に富み、熱意が高い＝ 研究第一
  →安全を自分の仕事の下位と見なして軽視する
- 研究開発は時間との勝負である
  → 一般的業務や管理業務に時間を割きにくい
  整理整頓の時間が惜しい
  面倒な規制が心理的にじゃまになる
- 業務内容が不雑で機密性が高い
  → 安全上の情報を得にくい
- 研究開発は多様で先端的
  → 安全に関する情報がない
  危険性の事前評価が難しい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 研究開発での危険

研究開発でのリスク

- 化学物質を開発目的の機能でのみ判断する
  → 危険性を一面的に判断しやすい
- 研究開発は本質的に非定常作業
  → 安全マニュアルを作成しにくい
  　業務内容に沿って自主的に作成する必要
- 廃棄物
  → 物性が多様な廃棄物が多い
- 事故発生は
  → 若手研究者に多い（事故の経験不足）
- 事故の発生要因となるもの
  → ガラス器具、薬物、工具、圧力機器
  　新規化学物質では中毒や慢性毒性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

実験事故の形態

①化学物質のエネルギー危険性に伴う事故

自己反応性物質の取り扱い中の爆発

可燃性物質による火災、爆発

禁水性物質、自然発火性物質などによる火災、爆発

反応実験での火災爆発

蒸留中の分解性物質の濃縮による爆発

酸素による事故

②有害物質、酸素欠乏症による事故

有害物質の取り扱い中の漏えいや誤混合による発生

液体窒素などの漏えいによる酸素欠乏症

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

実験事故の形態

③実験用の器具や設備による事故

ガラス器具の破損

分析機器、動力機器による感電

X線やレーザ光による眼の損傷

④保管中の事故

自己反応性物質の生成や、冷蔵貯蔵中の事故、有害危険物の漏えい

⑤廃棄作業中の事故

混合事故や有害物の漏えい

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自己反応性物質の事故例

医薬品生成実験の一環として、アジ化酢酸30gを減圧蒸留中フラスコが突然爆発し、2名が破片によってけがをした。文献調査の結果、純品のアジ化酢酸は250℃まで安定であるが、微量の不純物が存在すると低温で分解する危険があることが判明した。

自己反応性物質の危険性

→ 熱や摩擦、衝撃、不純物（酸、アルカリ、金属など）が引き金に
→ 分解や重合を起こしやすい官能基に注意
　官能基の危険性を増大する要素もある

▼

事故事例調査、危険性評価が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自己反応性物質の危険性（爆発性の金属化合物）

○ **金属アセチレン化合物**

銀アセチリド、銅アセチリド　：加熱や打撃により容易に爆発する

カリウムアセチリド　：水と発熱的に反応してアセチレンを放出する

○ **金属アジ化物**

アジ化銀、アジ化銅、アジ化鉛　：加熱や打撃により容易に爆発する

アジ化水銀　：爆発性だが比較的鈍感

○ **金属雷酸塩**

雷酸銀　：貴金属の窒素誘導体でもっとも強い爆発威力

○ **N−金属誘導体**

銀イミド、銀アミド　：乾燥すると激しく爆発する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自己反応性物質の危険性（過酸化物）

○ 過酸化物の事故

- 反応や蒸留中の熱や不純物による分解
- 反応や蒸留中の予期せぬ生成・濃縮
- 過酸化物による酸化反応での、より危険な過酸化物の生成
- 貯蔵中（冷蔵庫）の分解、貯蔵中の生成
- 固体過酸化物の摩擦や衝撃での分解：BPO、金属過酸化物

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自己反応性物質の危険性（過酸化物）

○ 過酸化物を作りやすい、過酸化物により異常反応を起こす有機物

① 貯蔵で危険な状態になる可能性のある物質
ジイソプロピルエーテル、ジビニルアセチレン、塩化ビニリデンなど

② 貯蔵で生成した過酸化物が濃縮により危険な状態になる物質
ジエチルエーテル、テトラヒドロフラン、シクロヘキセン、2-ブタノールなど

③ 過酸化物の存在により発熱的な重合を起こしやすい物質

④ アクリル酸、アクリロニトリル、スチレンなど

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自然発火性、可燃性ガスによる事故例

① 大学プラズマCVD装置で実験中、この装置にガスを供給するモノシラン容器が破裂して爆風および飛翔物により学生2名が死亡し、5名が負傷した。
またこの爆発で都市ガスおよび有機塩素系溶剤に引火し、火災

② 電気機器による水素への火花着火の危険性を評価する、加圧試験装置内部で爆発が起き、ふたの部分が吹き飛んだ。

特殊材料ガスの燃焼性（ほとんどすべてが毒性も有する）					
モノシラン	SiH_4	自然発火性	ジボラン	B_2H_6	燃焼性
ジシラン	Si_2H_6	自然発火性	ゲルマン	GeH_3	燃焼・分解性
アルシン	AsH_3	燃焼性	三フッ化窒素	NF_3	支燃性
ホスフィン	PH_3	自然発火性	四フッ化硫黄	SF_3	支燃性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

発火性・禁水性物質による事故例

① 黄リンをガラス容器に貯蔵していたが、凍結によりガラスが割れて黄リンが発火し、近傍にあった二硫化炭素に引火、さらに実験者の衣服が燃えた。

② フード内で水素化リチウムアルミニウムによる還元実験中に、水素化リチウムアルミニウム容器にエーテルを注いで発火し、火災となった。

③ 実験室で金属ナトリウムの入ったエーテル瓶を持ってころび，金属ナトリウムが床の水と接触して発火し，エーテルに引火して火傷を負った 。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 研究開発での危険

反応中の事故例

① 大学の応用化学科研究室で、過塩素酸ソーダ水と含硫黄有機物を混ぜてポリマー合成実験中に突然爆発が起こり、学生ら5人が実験器具のガラス破片などで軽傷を負った。

② アジドピリジンを合成中に突然爆発した。溶媒として文献に記載された乾燥エーテルではなくジクロロメタンを使用したため、思わぬ副反応により揮発性の高いジアジドメタンが生成し、破裂した。

③ ジメチルスルホキシド（7l）と水素化ナトリウム（2kg）を混合し、スチームバスで65℃まで加熱して、加熱を停止したが昇温が続きステンレス製反応器が爆発した。

反応性物質使用実験では、危険性の事前評価が重要
小規模実験結果で安易に大規模実験に移行すると危険類似下構造の化学物質でも異なる危険の可能性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

酸素、アルゴンによる事故例

① チタン製オートクレーブの耐圧試験に酸素ボンベから酸素を注入していて突然爆発した。
実験中の職員5人が火傷。チタンは酸素中で発火する危険性が高く、圧力開放器などの事故も多い

② 高圧の熱分析装置の内部から火災が発生し、装置内部を焼損した。
実験後の清掃不足で、測定後の残渣が堆積して発火したとみられる

③ 真空ラインを液体窒素で冷却するときの酸素の凝縮はよく知られている。
液体アルゴンは蒸気圧が低く液体窒素温度まで冷却すると、長時間真空ポンプで引いても固体状アルゴンが残り、その後マイナス180℃まで温度が上がった時点でアルゴンが急激に気化して、密封容器が爆発した

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

酸素ボンベを取り扱うときの注意事項

○ ボンベコックを急激に開放しない。
バルブの急激な開放により断熱圧縮が起き、可燃物などが存在すると火災となる。

○ 酸素ボンベからの配管では禁油とする。
バルブ類のパッキンなども難燃性の素材を使い、チタン製減圧弁などは使用してはならない。

○ 漏れテストや耐圧試験にボンベの高圧酸素を使用してはならない。

○ 酸素ボンベのバルブはきちんと閉める。
少量の漏洩も、長時間では室内の酸素濃度を高めて、作業着火災の危険性が増大する。
また、高濃度酸素の長時間の吸引は健康上有害である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

有害物（酸やアルカリ）による事故例

強酸

① 耐食手袋やゴーグルを着けて、フッ酸で硫化水素分析器を洗浄した。
しかし、手袋を外した素手で手袋にさわったため薬症を負った。
実験手袋での作業ではまず、手袋を着けた状態で手袋を洗浄する必要がある。

② 誤って多量の濃塩酸を硫酸のタンクに投入したため塩化水素が大量に発生し、
その圧力でタンクが破壊された。

強アルカリ

④ タンパク質の定量実験中、誤って水酸化ナトリウム水溶液をピペットで吸い込み、
口中に薬症を負った。薬液をピペットで吸引する際には口で吸引してはならない。

⑤ 米国の大学で化学実験中に大学院生が、苛性ソーダ水溶液の飛沫を目に浴びた。
直ちに洗浄したが、コンタクトレンズをしていたため洗浄不十分で失明した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

中和反応の危険性

廃酸・廃アルカリの無害化処理の基本は中和処理

中和反応は発熱反応であり、温度の上昇には十分注意し、少量ずつ処理する。

中和処理中に有害ガスが発生する可能性

廃酸に硝酸が含まれていると処理中に有害な窒素酸化物（NOx）が発生
アンモニウム塩含有廃液ではアンモニアが発生する可能性
塩酸を含む廃液では塩素が発生する危険性がある。

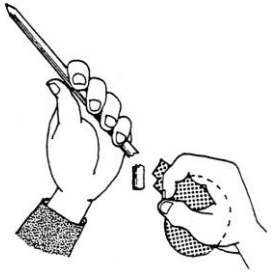
廃アルカリの処理では危険・有害物が発生することがある

① 硫化ソーダ、硫化カルシウムなどの硫化物を含む廃アルカリは、硫酸など強酸との混合により、硫化水素が発生する。
② 亜硝酸塩を含む廃アルカリ（熱処理用廃液）を酸で処理するとNOx が発生する。
③ 亜硫酸塩を含む廃アルカリを酸で中和すると、亜硫酸ガスが発生する。
④ メッキ廃液などシアン化合物を含有する廃アルカリを酸で処理すると、猛毒のシアン化水素が発生する。
⑤ 次亜塩素酸塩を含む廃アルカリを酸で中和すると、塩素ガスが発生する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

装置機器の事故と危険性

- ガラス器具：ガラス管やガラスロート、ピペッターなどをゴム栓やホース、ピペットに挿入、取り外し時の創傷
- 高電圧装置による感電
- 強い光源（レーザ、X線など）による目の負傷
- 高温物（ヒータや加熱容器など）による火傷



安全マニュアルの整備や安全保護具の適切な使用が必要

- 冷蔵庫内での火災や爆発
  揮発性物質（エーテルなど）の漏えい火災
  不安定物質（過酸化物など）の分解爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 21世紀の重大化学事故と安全文化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 21世紀の重大化学事故と安全文化

安全文化欠如による21世紀の重大化学災害

Enshede（オランダ）の花火貯蔵施設での爆発（2000）

100トン以上の花火が爆発し22名が死亡し、1000人近くが負傷、400件近くの民家が破壊されるなど、オフサイトの事故としてはセベソ指令Ⅱ（1996）施行後最悪

危険物規制の強化、取り扱う物質の安全教育の強化

Toulouse（フランス）での硝安工場の爆発（2001年）

化学工場の硝酸アンモニウム貯蔵施設で爆発、従業員31名が死亡。爆発による飛散物で市民、2500人が負傷した。保険料支払いは2000億円以上。

住宅地に隣接する産業施設のリスク評価厳格化。経営層を含めた安全文化教育の必要

パイプライン（ベルギー）の爆発（2004年）

ブリュッセルから40km郊外に敷設されたLNGパイプラインで漏えい爆発が起き、40名が死亡。132名が負傷。

産業の事故リスクを軽視する国民性が明確になり、市民や学生を含めたリスク教育を強化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全文化欠如による21世紀の重大化学災害

Texas-city（米国）製油所での爆発（2005年）

BPテキサス製油所での爆発で18人が死亡。原因調査で安全より利益を優先する風土であり、中間管理層に安全軽視の姿勢。**経営者の責任や安全文化の醸成の重視**

Buncefield（英国）油槽所での爆発火災（2005年）

石油タンク22基が炎上し、43名が負傷。蒸気雲爆発が発生し、大惨事になる可能性があった。**経営者のコスト優先、安全軽視の姿勢が事故の背景→英国政府が安全における経営トップの責任を明示**

精糖工場（米国）での粉じん爆発（2008年）

精糖工場の空気輸送工程で大規模な粉じん爆発が起き、13名が死亡。**安全監査での指摘を遵守しなかった経営層の意識や現場での安全教育の不足などが明確になり、米国史上3番目の高額罰金**

肥料工場（米国）の爆発（2013年）

肥料工場で硝酸アンモニウムが爆発し、14名が死亡し、周辺の地域に大きな被害が生じた。
テキサス州は行政による規制を好まず、安全教育軽視の風土があり、安全専門家からは事故リスクに対する指摘があった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

21世紀の重大化学事故で指摘された経営層の責任

No	事　故	発生年　発生国	被　害	背景要因
1	花火貯蔵施設での爆発	2000 オランダ	22人 民家	
2	化学工場の爆発	2001 フランス	31人 われた保険金額は15億ユーロ以上	希薄であるとの指摘
3	パイプラインのLPの漏洩爆発	2004 ベルギー	40人が死亡，132人が負傷	災害リスクの関心が薄い国民性であり，リスク教育の必要性を指摘
4	製油所での爆発火災	2005 アメリカ	18人	
5	油槽所の漏洩火災	2005 イギリス	43人	
6	精糖工場の粉じん爆発	2008 アメリカ	工場 負傷	
7	肥料工場の爆発	2013 アメリカ	周辺 どが	

工場幹部の刑事責任が問われ、起訴（ヨーロッパの化学事故では初）
産業界、行政、大学が連携してフランス安全文化研究所を設立
（安全文化レベルの評価、経営層を含む幹部の安全教育を実施）

元国務長官を委員長とする事故調査委員会が安全文化の欠如を指摘
製油所幹部の利益優先の姿勢で、現場マネージャの安全軽視の風土

コスト削減の目的で、ベテラン運転員を未経験の若手運転員に
切り替え事故の1年前から漏洩トラブルが続発したが、経営層へ未報告
英国経団連が製造業社長への安全教育への取り組み、OECDでの取り組みを提案⇒CEOの安全監査に関するOECD規定策定

安全管理における経営責任が問われ、産業事故としては米国として
3番目にあたる罰金

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

組織事故と安全文化

- チェルノブイリ原子力発電所事故(1986年)
- 1980～1990産業分野での大事故（インドボパールの事故など）
  複雑化、巨大化したシステムでは、些細なミスが重大事故となる。
  組織、社員がもつべき安全を最優先する意識＝安全文化に関する研究がすすむ。
  「正義の文化（安全の社会的意義など）」「柔軟な文化（固定概念にとらわれない安全）」
  「報告する文化（ヒューマンエラーや小トラブルなどのマイナス情報を報告する風土など）」
  「学習する文化（ベテランの経験、事故・トラブル事例、安全活動の成功体験などから学ぶ姿勢）」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

大事故で問われた企業の安全文化

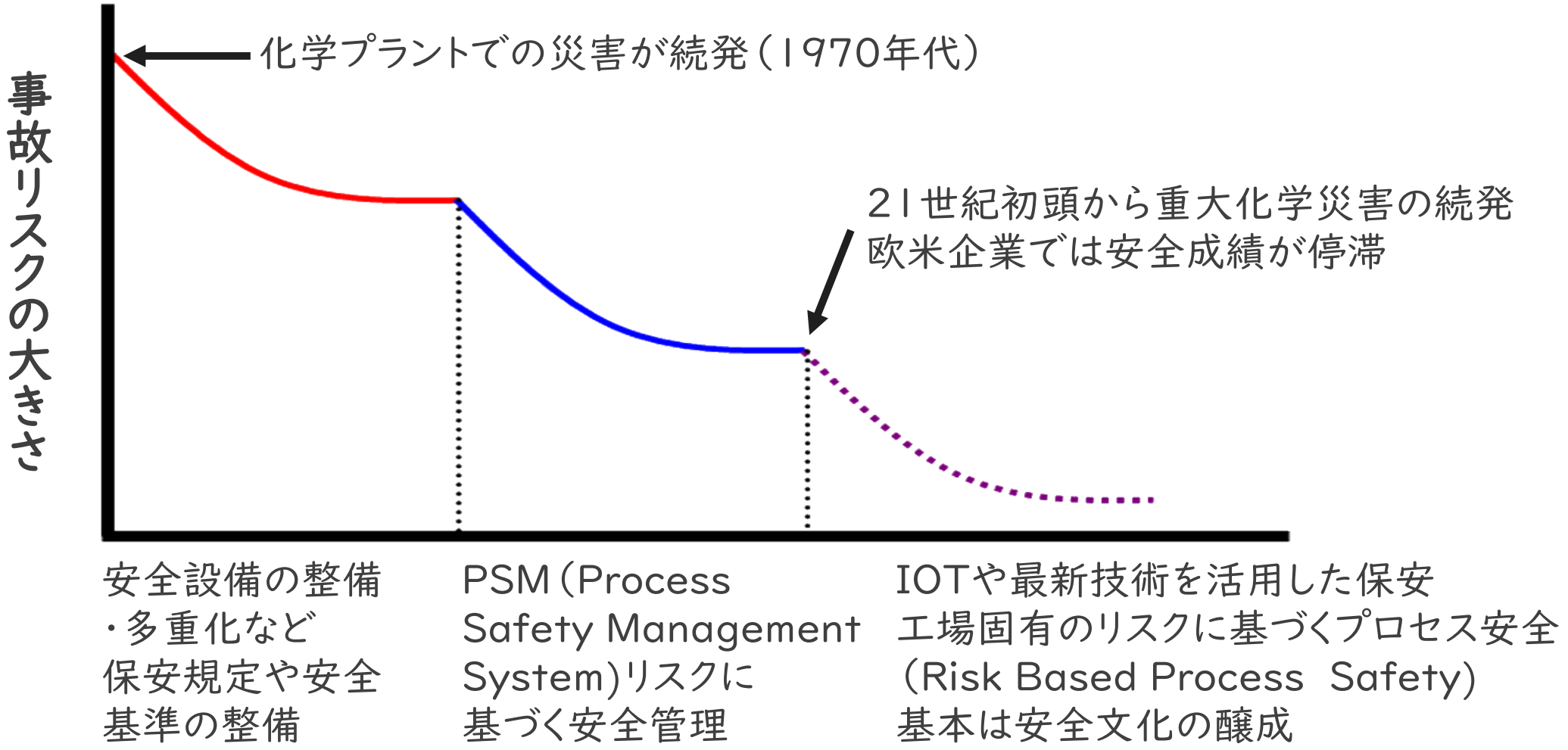
- フランス化学工場での硝酸アンモニウム爆発（2001年）31人死亡、市民2500人負傷
- 米国製油所での爆発（ 2005年）15名死亡
- 英国油槽所での爆発(2005年）甚大な環境汚染
  →いずれの事故でも経営層の安全に関する姿勢が問われ、安全文化が注目される。
- 日本では2003、2006年の産業事故やコンプライアンス問題を受け、規制の在り方の検討
  →経済産業省が安全文化に基づく企業の自主的な安全向上の推進を諮問（保安力評価）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. 安全文化に基づく保安力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全文化の醸成による安全のさらなる向上



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.1 保安力評価

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安力評価システムの経緯と今後の展開

保安力の概念、評価の仕組み策定 2006~2011（経済産業省受託事業）	2006年の連続産業事故を契機に、安全文化に基づく企業の 自主的な安全レベル改善のための仕組みの策定
保安力評価の実用版策定 2011~2013	石油、石油化学の安全担当者、学識者による実用版の策定
保安力評価の本格運用 2013~2017	会員（石油、化学、製鉄、危険物輸送、廃棄物リサイクルなど）を 対象に保安力評価の継続的な実施と改善支援の強化
技術革新、労働環境の変化への対応 国際化への対応 2018~	簡易診断を活用した事業所の網羅的な意識調査経営層を含めた 総合保安力、安全の経済効果の検討IoT、AI等の導入に対応して 安全基盤の在り方定年延長や労働力の国際化等に対応する 安全文化業種や企業規模に対応した簡易版の策定 アジア諸国の保安力向上支援

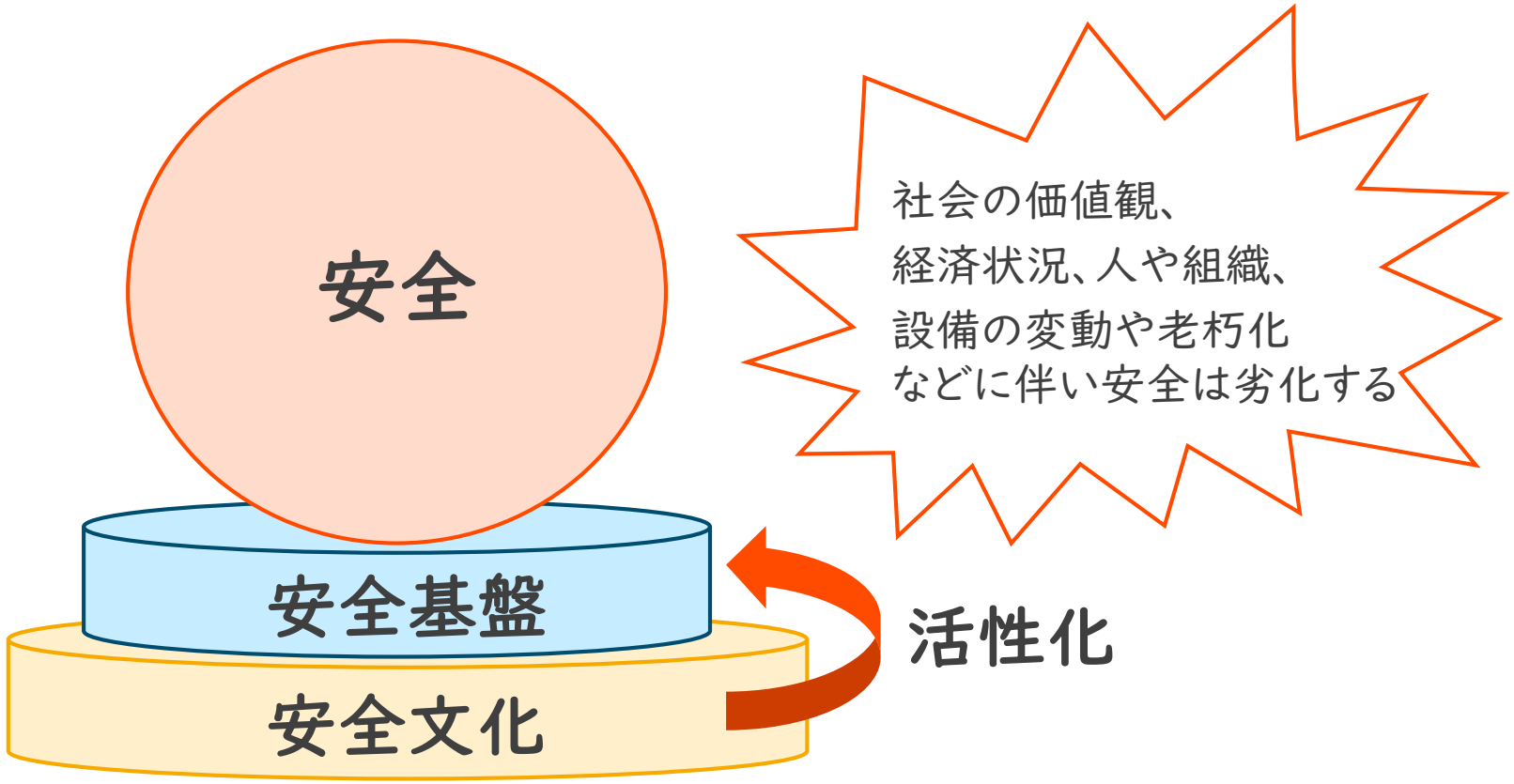
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安力

保安力評価は事業者が自主的に弱みや強みを見いだして現場の安全を向上させる仕組み

運転、保全、工事、設計、
変更管理など93項目を
5段階評価

組織統率、資源管理、
動機づけなど60項目を
5段階評価



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.1 保安力評価

保安力評価のサイクル

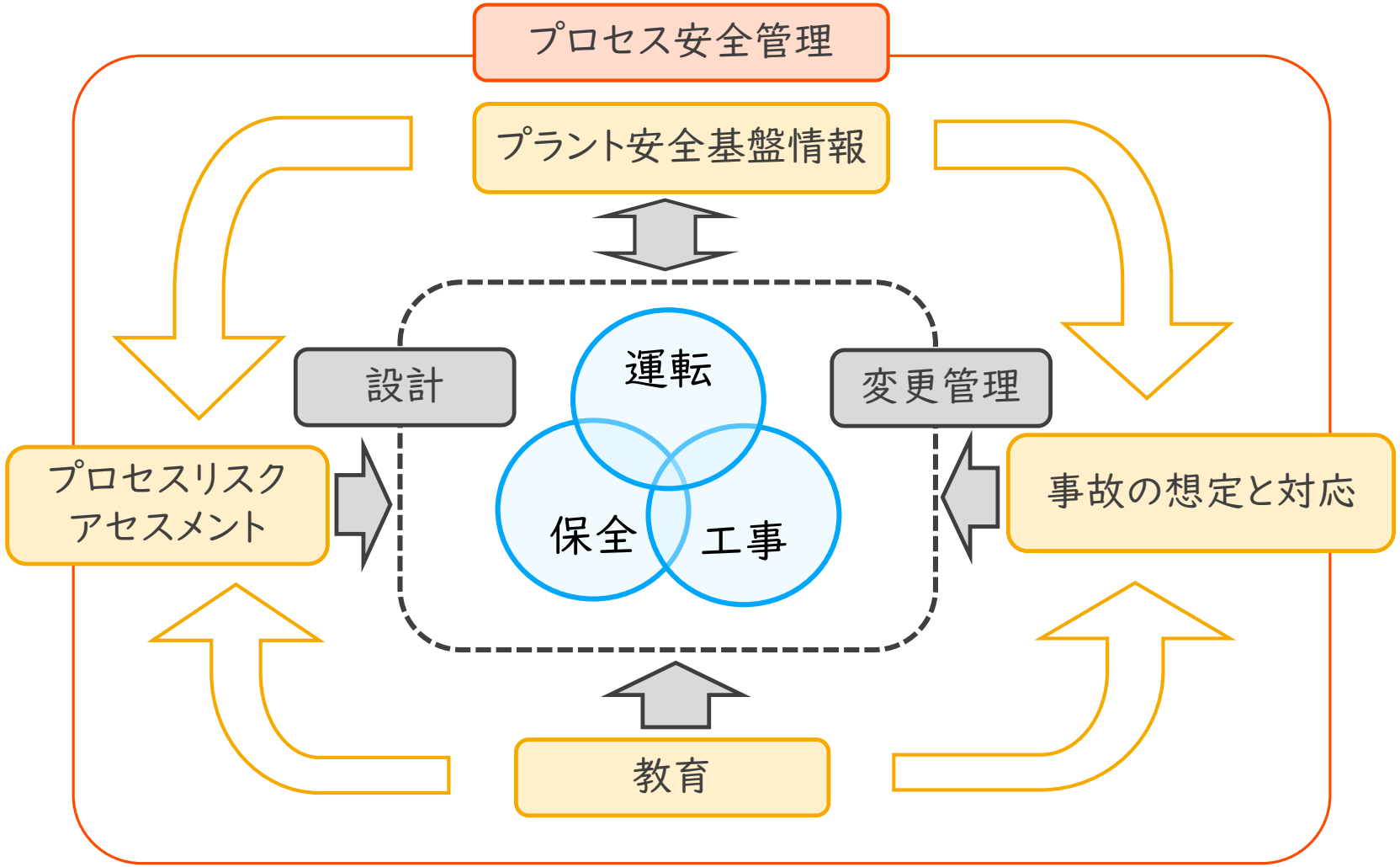
初年度	2年目	3年目	4年目
事業所による自己評価	事業所による改善・確認	事業所による改善・確認	事業所による自己評価
センター評価			センター評価

- 自己評価結果の客観性向上
- 改善点すべきが明確になる

安全レベルのさらなる向上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全基盤項目の構成



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.1 保安力評価

安全基盤項目

大項目		中項目	小項目
1	プロセス安全管理	3	12
2	プラント安全基盤情報	2	7
3	安全設計	3	8
4	運転	7	21
5	保全	3	9
6	工事	4	13
7	災害・事故時の想定と対応	2	5
8	プロセスリスクアセスメント	2	6
9	変更管理	2	5
10	教育	2	7
合計		30	93

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全基盤中項目

大項目	中項目
プロセス安全管理	プロセス安全管理の枠組み
	プロセス安全管理の実行
	プロセス安全管理の法令要求等の遵守の仕組み
プラント安全基盤情報	安全基盤情報の共有化
	安全基盤情報の活用
安全設計	安全設計・安全技術基準
	安全設計仕様
	安全設備・安全システムの機能維持
運転	運転管理規程・基準類*
	標準運転手順書
	現場の運転管理
	プロセス異常時対応
	スタートアップ／シャットダウン
	用役停止、自然災害の緊急停止・処置基準
	協力会社管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.1 保安力評価

安全基盤中項目

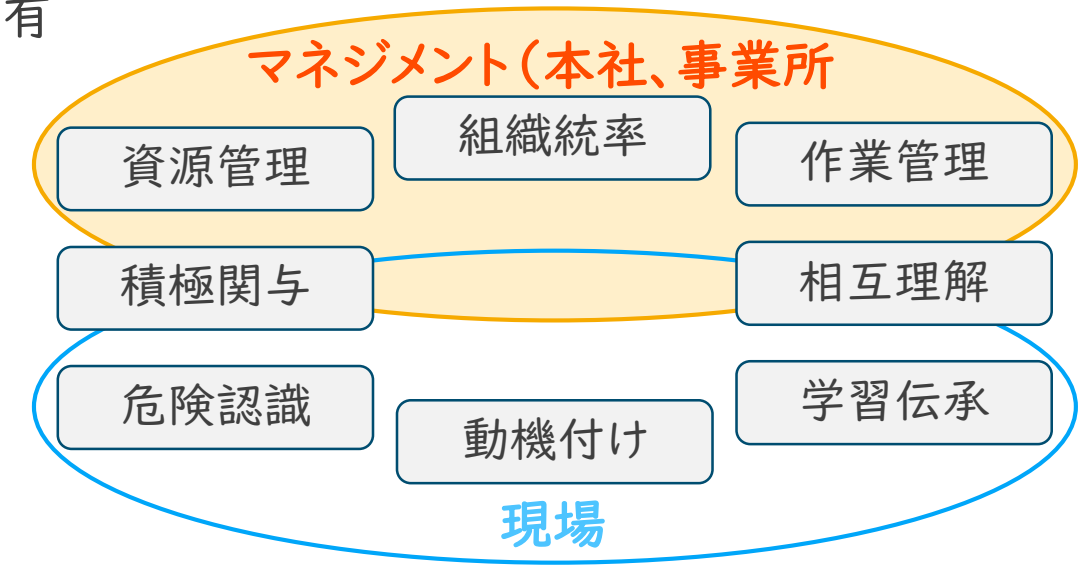
大項目	中項目
保全	保全規程・基準類
	保全管理
	保全情報の活用
工事	工事管理規程・基準類
	日常工事の安全管理
	大規模工事の安全管理
	工事の引き渡し業務と検収・検査
災害・事故時の想定と対応	災害・事故時の行動要領と見直し
	緊急時対応訓練
プロセスリスクアセスメント	プロセスリスクアセスメントの実施基準
	プロセスリスクアセスメント結果の活用
変更管理	変更管理規程・基準類
	変更記録情報の管理
教育	教育に関する規程・基準類
	教育管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.1 保安力評価

安全文化の構成

組織統率： 経営層の安全最優先の表明と従業員の意識共有
積極関与： 社内全体で安全確保に責任を持つ風土醸成のための組織のあり方
相互理解： 社内の職階や年令を超えて本音で意見を述べられる風土
資源管理： 人の配置や安全や保全のための予算配分が適切で、業務負荷が生じていない
作業管理： 運転手順や品質管理、安全管理など現場の作業が的確に実施される仕組み



危険認識： 現場の潜在的危険性を認識し、事故の芽を摘む行動ができているか
動機付け： 従業員が業務に納得感を持ち、前向きでやる気を向上させる環境
学習伝承： 安全第一を周知し、実践するための教育、伝承

安全基盤を活性化する人間行動，組織活動、事業所環境の改善により，プラントの安全を向上させる体系

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全文化項目

大項目		中項目	小項目
1	組織統率	3	10
2	積極関与	3	11
3	資源管理	3	9
4	動機付け	4	11
5	学習伝承	2	4
6	危機認識	3	7
7	相互理解	2	8
合計		20	60

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.1 保安力評価

安全文化中項目

大項目	中項目
組織統率	安全に関する理念･方針の展開
	安全管理体制の重要視
	安全成績＊･安全活動のモニタリングと評価
積極関与	行動計画＊策定への関与
	全員参加の安全活動
	経営層による全員参加活動の奨励
資源管理	適正な人員配置
	安全関連予算
	ムリ･ムダへの対応
動機付け	職務満足度の向上に向けた取り組み
	満足度向上のための調査
	関係協力会社の職務満足度向上
	上司や同僚による動機づけ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全文化中項目

大項目	中項目
学習伝承	安全教育等への取り組み姿勢
	ルール遵守の意識づけ
危険認識	危険性･有害性の抽出と対応
	ヒューマンエラー情報の収集
	ヒューマンエラー防止のための対応
相互理解	社員間交流、職場での交流
	安全情報に関する会社内･周辺地域行政とのコミュニケーション

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5段階レベルのイメージ（安全文化）

レベル1

安全に対する
意識が乏しい
＝生産第一の風土

レベル2

安全の重要性
の認識はあるが、
安全活動が
形骸化

レベル3

事業所に安全意
識がほぼ浸透し、
安全性向上の
仕組みが構築
されている

レベル4

安全の仕組みが
機能し、社内
全員が安全最優
先の意識を共有
している

レベル5

レベル4に加え
て、活動を定期
的に見直し、活
動や成果を公開
して、産業界の
安全レベル向上
に寄与している

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

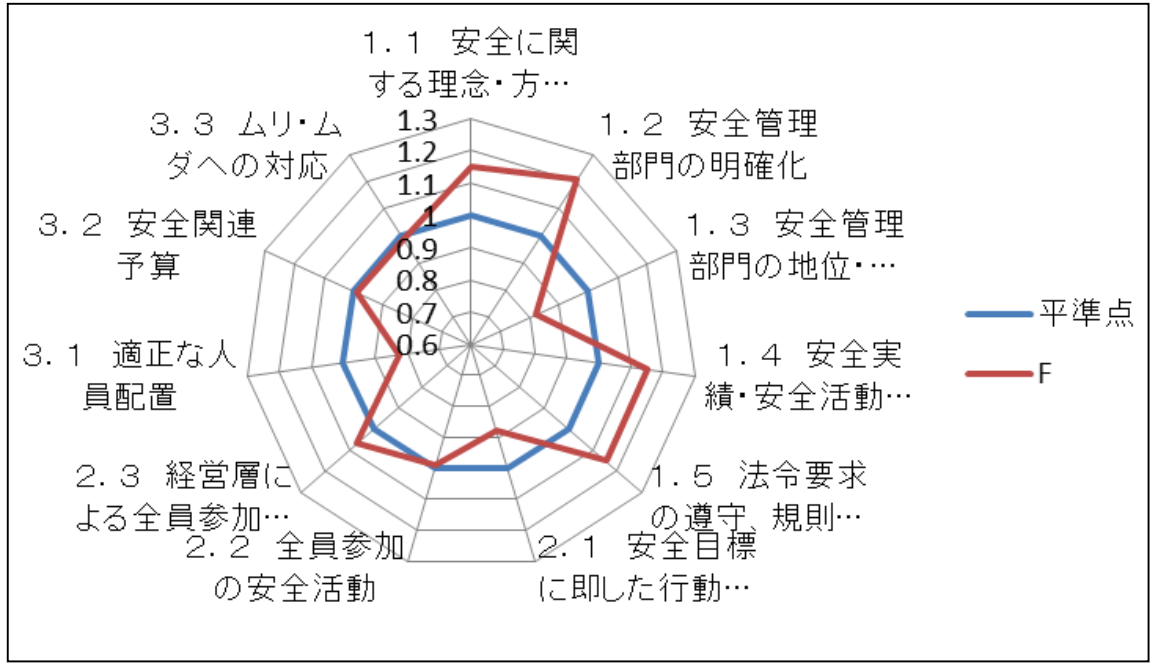
保安力評価の意義

1. 保安力要素項目の定量評価により、事業所の客観的な保安レベルの把握
2. 事業所の強みや改善すべき点を明確にし、活動目標の設定に活用
3. 自己評価における事業所内の意見交換によって、部門間や職階間の安全に関する認識や役割の明確化
4. 保安力評価の横展開による、他事業所や関係・協力会社の保安力評価や改善
5. 定量評価結果の比較による、業界内での立ち位置や改善活動の成果の見える化
6. 保安力向上センター会員相互の良好事例や改善活動の共有によるさらなる保安力向上

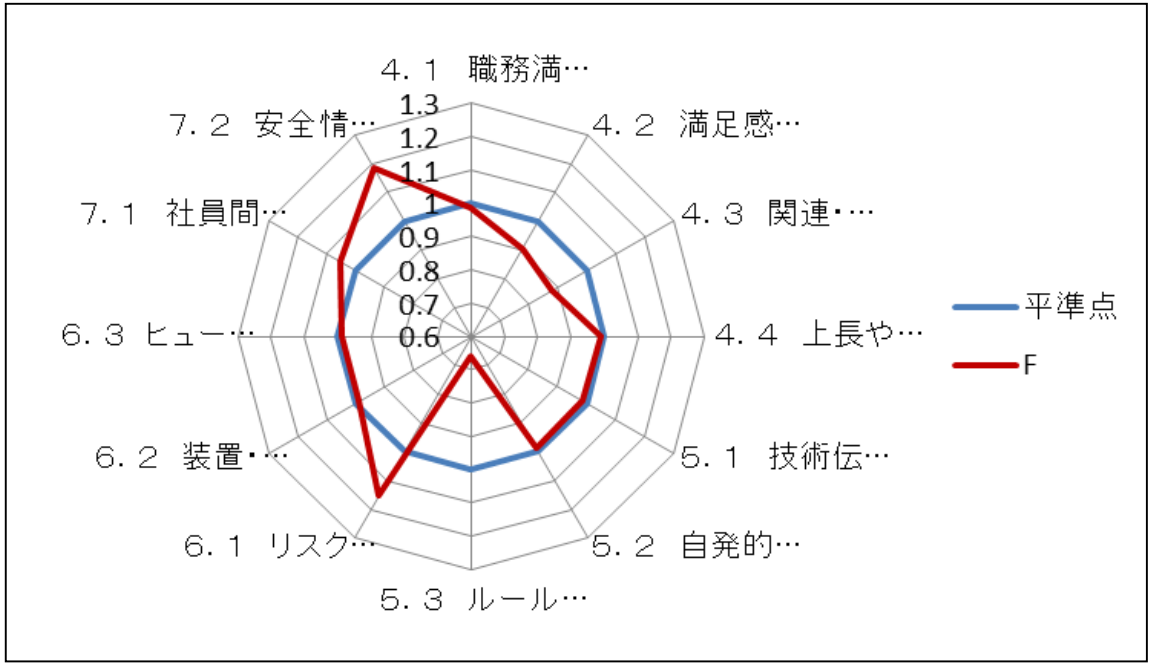
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

改善すべき事項の抽出例（安全文化）

安全管理部門は組織として整備されているが、
権限の曖昧さから安全推進機能が弱い



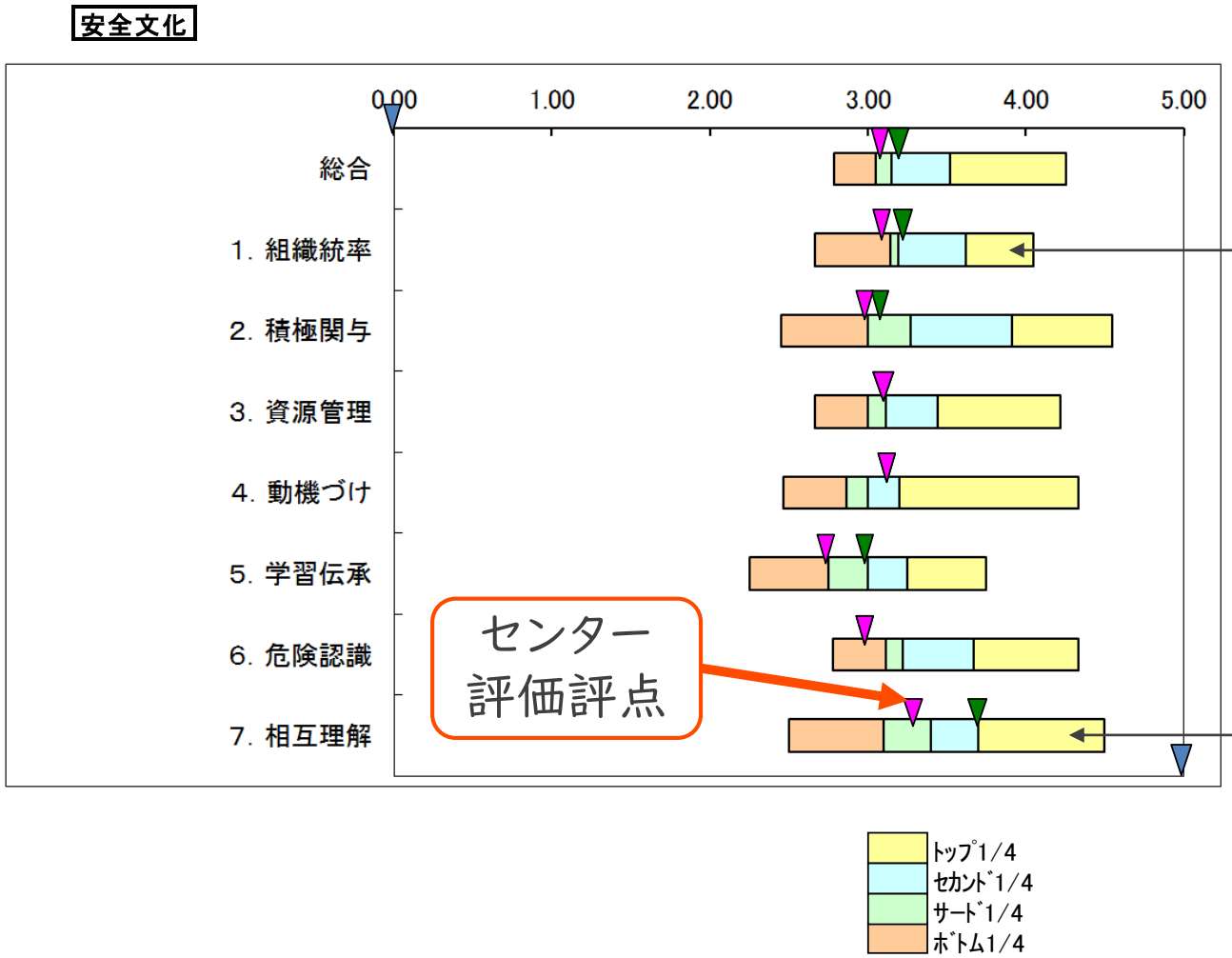
技術の勉強やリスク評価の教育はできているが、
ルールや法令遵守の指導が弱い



ルール遵守の意識付け

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

改善すべき事項の抽出例（安全文化）



幹部のメッセージの理解が職階により異なる。 現場に伝わっていないことの認識がない。環境安全の独立に対する評価のずれ

課単位での結びつきが強いが、
事業所横断的な連携が希薄であり、
他部門の事故トラブルの水平展開
などは少ない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安力評価で見いだされた全体的な特徴（例）

大項目	安全文化評価での特徴的な傾向
組織統率	安全再俊先意識の浸透（経営トップの意識変化と浸透）
積極関与	トップダウン的な安全活動の増加（一定の成果もあるが、やらされ感もあり、現場マネージャの工夫や悩み）
資源管理	• 設備高齢化や予備機の整備不足などによる事故トラブルの増加 （設備劣化に対応する予算説明の困難さ、トラブル対応等現場負担の増加） • 新規採用者の増加による年令2極化 （育成への懸念＝若手が若手を育成、ベテランを活用する育成の仕組み整備の難しさ）
動機付け	協力会社の待遇や安全指導では事業所による濃淡が顕著
学習伝承	• 現場の要員不足等による外部教育への派遣などの限界 • 若手に対する危険感性向上の問題 （繰り返し教育の効果、危険な作業をさせない傾向、効果的な体験学習の必要）
危険認識	安全基本行動は定着（手順遵守では若手よりベテランに多い抜け）
相互理解	• 事業所により距離感のある職階に相違 • 現場コミュニケーションの希薄化（年齢差の広がり、意識の変化、一方、班単位の旅行などが復活の兆しも） • 周辺地域へのマイナス情報提示へのためらい （日常的な信頼感醸成や市民教育の必要、経営トップによる社会認識向上も効果的）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安力評価の進め方：評価のサイクル

初年度 → 2年目 → 3年目 → 4年目

事業所による自己評価 → 事業所による自己評価 → 事業所による自己評価 → 事業所による自己評価

事業所による自己評価（初年度）→ センター評価

事業所による自己評価（4年目）→ センターによる改善成果の評価

センター評価の目的
- 第三者の目で自己評価結果の客観性向上
- 自己評価の精度向上支援
- 同業他社、他業種との比較
- 保安力レベルのトレンド評価

評価で抽出された弱点を、良好事例利用、会員相互の情報交換などにより改善

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.2 保安力の簡易診断

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安力の簡易診断開発

- 石油や化学、製鉄などプロセス産業では、保安力評価（フルペック版）が活用されている

- フルスペック版での評価では事業所の安全部門の機能が必要
  （中小事業所では）評価実施での負担感
  （中小事業所では）現場で理解しにくい用語がある

- 安全文化、安全基盤の質問項目（153問⇒60問）を絞り、
  回答を簡素化（5段階⇒3段階：例：できている、不十分、できていない）
  短時間で回答可能なことから、従業員全員の意見回収が可能

- 業界ごとの設備、作業リスクを抽出することで、設備や作業が異なる業種ごとにカスタマイズした診断が可能。今後、回収された回答のデータ処理、課題点を抽出する仕組み、改善支援のための情報（良好事例など）の策定を進める必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.2 保安力の簡易診断

安全文化診断（アンケート）実施と分析例

大項目	組織統率		積極関与			資源管理				動機づけ						学習伝承			危険認識			相互理解		作業確認	
質問	安全意識の浸透	課長係長の安全推進	現場の安全活動	安全優先の指示	工場長との対話	年齢構成の不均一	業務負荷	安全予算	保全予算	ベテランの活用	上司への要望提出	協力会社の職場環境	協力会社との安全活動	協力会社の技能	若手の育成	教育の仕組み	教育の効果	安全基本行動	作業環境	安全活動の納得感	小トラブルの報告	信頼関係	部門間の連携	手順書の整備	作業の遵守
工場幹部	1.8	1.8	1.8	2.0	1.4	0.8	0.8	1.3	1.2	1.7	1.8	1.7	1.6	1.2	1.3	1.8	1.5	1.8	1.5	1.5	1.8	1.4	1.3	1.8	1.5
課長	1.8	1.8	1.6	2.0	0.8	0.2	0.6	1.0	0.4	1.2	1.8	1.4	1.6	1.2	0.8	1.2	0.8	2.0	1.4	1.2	1.6	1.8	1.2	1.4	2.0
係長、班長	1.7	1.5	1.3	1.8	0.4	0.6	1.3	1.1	0.9	1.1	0.9	1.2	1.2	1.4	0.9	1.2	1.1	1.7	1.4	1.4	1.5	1.1	1.0	1.5	1.6
中堅(30~49)	1.6	1.3	1.2	1.9	0.1	0.7	0.7	1.1	0.7	0.9	1.4	1.2	1.3	1.2	0.8	0.9	0.8	1.5	1.5	1.0	1.5	1.2	1.0	1.1	1.6
若手(29以下)	1.4	1.6	1.0	2.0	0.0	0.4	0.8	1.4	0.6	1.0	1.2	1.4	1.4	1.0	0.6	0.8	0.8	1.6	0.8	0.6	1.4	1.0	0.6	0.8	1.2
平均	1.6	1.4	1.3	1.9	0.3	0.7	1.0	1.1	0.8	1.1	1.3	1.3	1.4	1.3	0.9	1.1	1.0	1.7	1.4	1.2	1.5	1.3	1.0	1.3	1.7
	とても良い		比較的良い			よいとはいえない							悪い			とても悪い									

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全文化診断（アンケート）実施と分析例

良い点：

① 安全を推進する意識は職階・年齢全体で高い
② 安全の基本行動やマニュアルは遵守されている

課題　：

① 工場幹部と現場社員との対話が少なく、現場の不満
② 現場の年齢構成不均一で、業務。教育に支障
③ 設備保全の予算が足りない（工場幹部と現場の認識のギャップ）
④ 教育を含めて若手が安全文化レベルが低いと判断
⑤ 若手には安全活動の納得感がない⇒やらされ感がある

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

他業種での安全文化評価例（CNGスタンド）

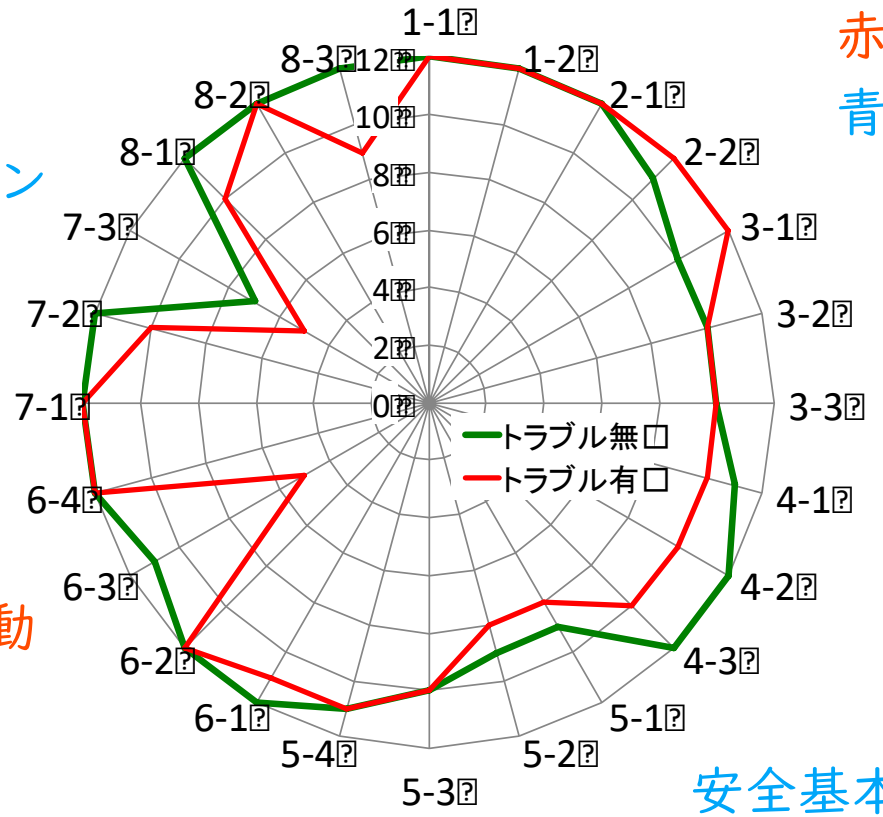
緊急時対応訓練の実施

赤：トラブルありで低
青：トラブルあり・なし　両者で低

行政とのコミュニケーション

危険予知やヒヤリハット活動

安全基本行動・ルールの教育

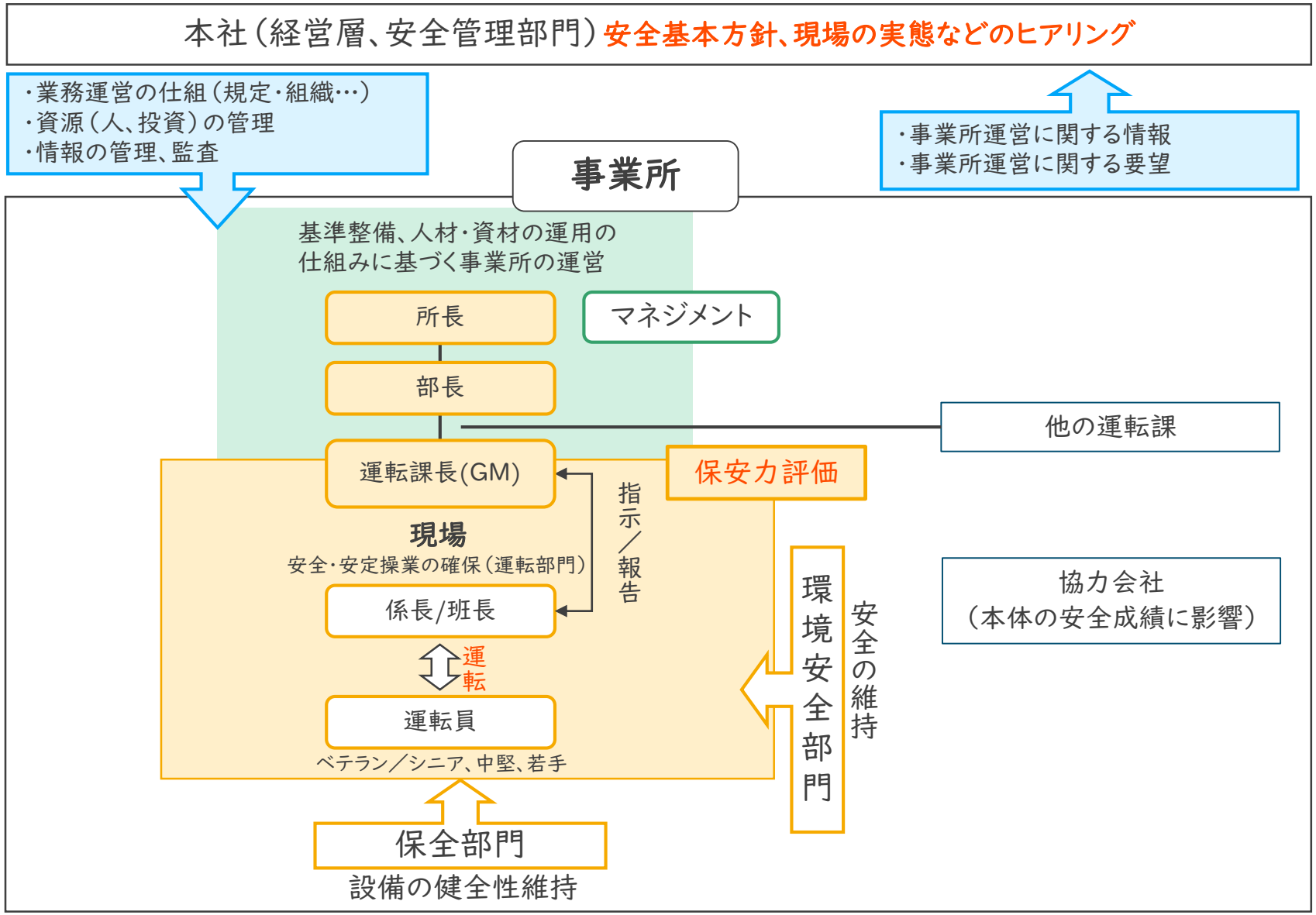


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 総合保安力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.3 総合保安力



事業所全員の
簡易アンケート

網羅的な保安力の
実態や弱点の抽出
など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8. 事故から学ぶ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ニアミス（ヒヤリハット）とは

600件：重大事故につながる可能性のある
軽微な事故や人身事故

60件　：物損事故になった事象、環境事故を
引き起こす可能性があった事象

10件　：軽傷事故

1件　：重症（死亡）事故や設備の
大規模破損、環境汚染など

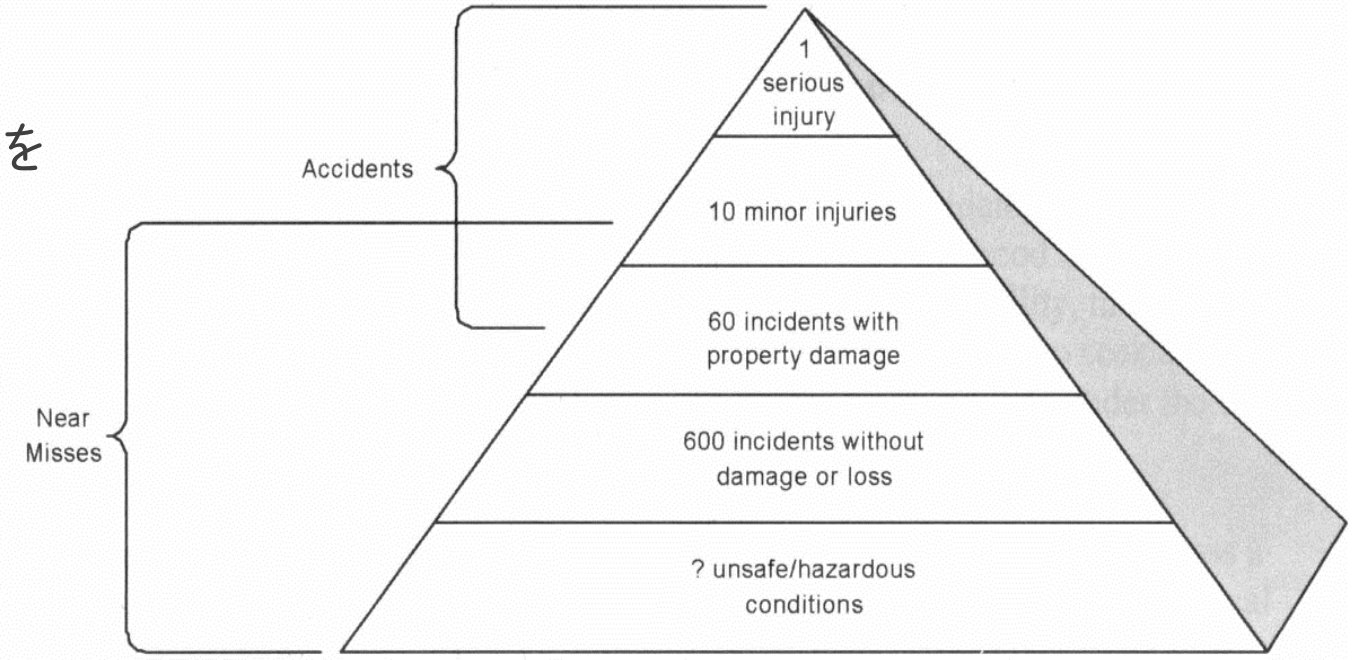
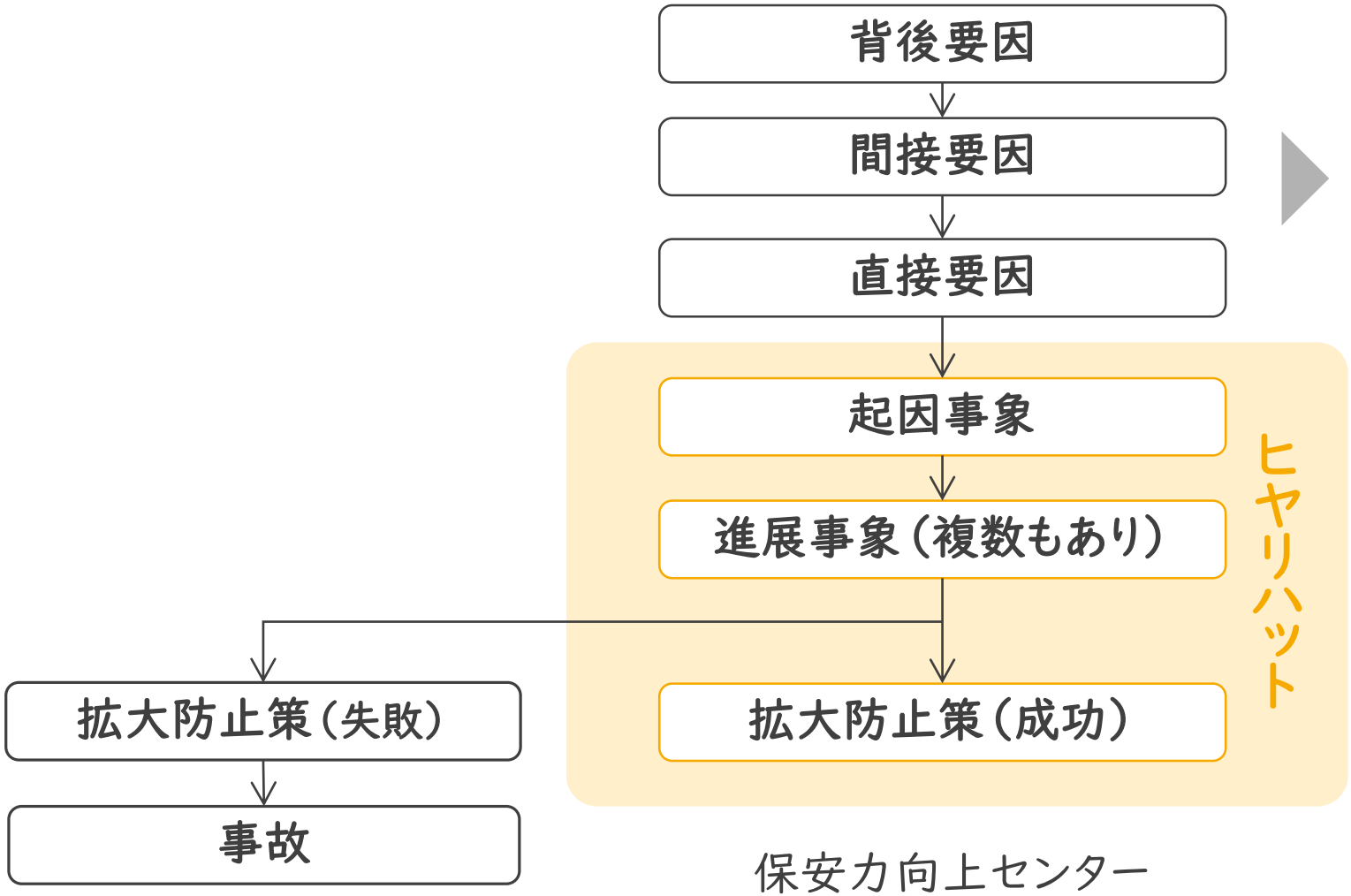


Figure 1. Safety Pyramid (the lowest strata, unsafe conditions, is not shown by Bird and Germain, 1996).

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故とヒヤリハット



再発防止対策

安全専門家のコメントを含め、
他社の教訓を活用＝知識化

保安力向上センター

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故情報に関する書籍、WEBサイト

◎ 田村昌三監修「危険物ハンドブック：Bretherick “Reactive Chemical Hazards”（Ver. 5）の翻訳、丸善、2004（4800の化学物質、30000の文献を収録）

◎ US Chemical Safety and Hazard Investigation Board（CSB）
化学事故速報を随時更新、重大事故は報告書、教育用ビデオ（90件）を公開
https://www.csb.gov/

◎ EU重大化学災害DB（MARS major accident reporting system）
1128件の化学事故（2020年現在） https://emars.jrc.ec.europa.eu/

◎ 高圧ガス等の事故DB（高圧ガス保安協会） https://www.khk.or.jp/

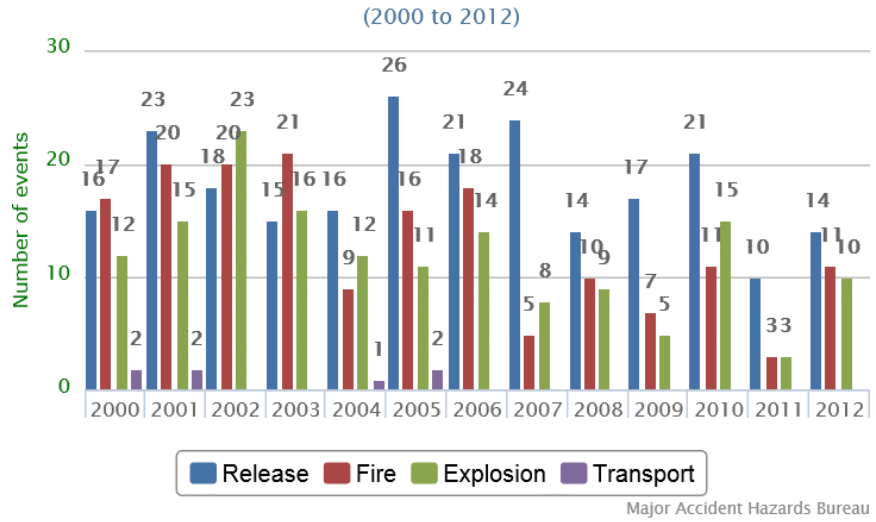
◎ リレーショナル化学災害データベース（産総研、科学技術振興機構）事故の進展を時系列で示すフロー（Progress Flow Analysis）→（2021年11月現在 システムメンテナンス中） https://riscad.db.aist.go.jp/

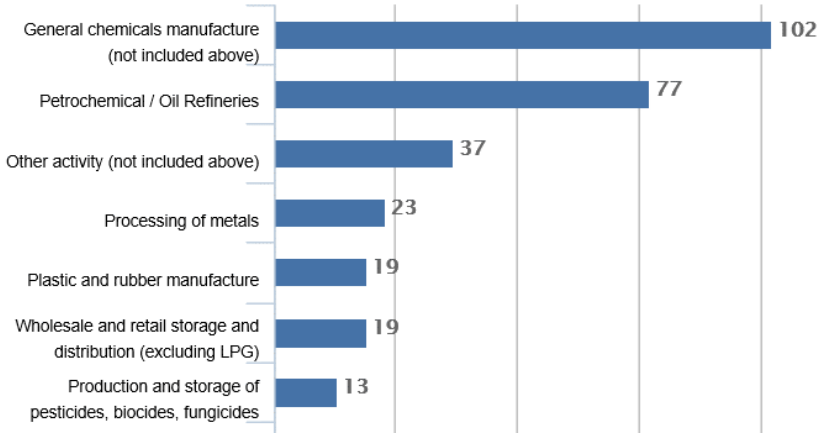
◎ フランス危機管理局事故データベース（ARIA）英語版を拡充
5万件の事故、1000の文献をキーワードで検索可能
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/

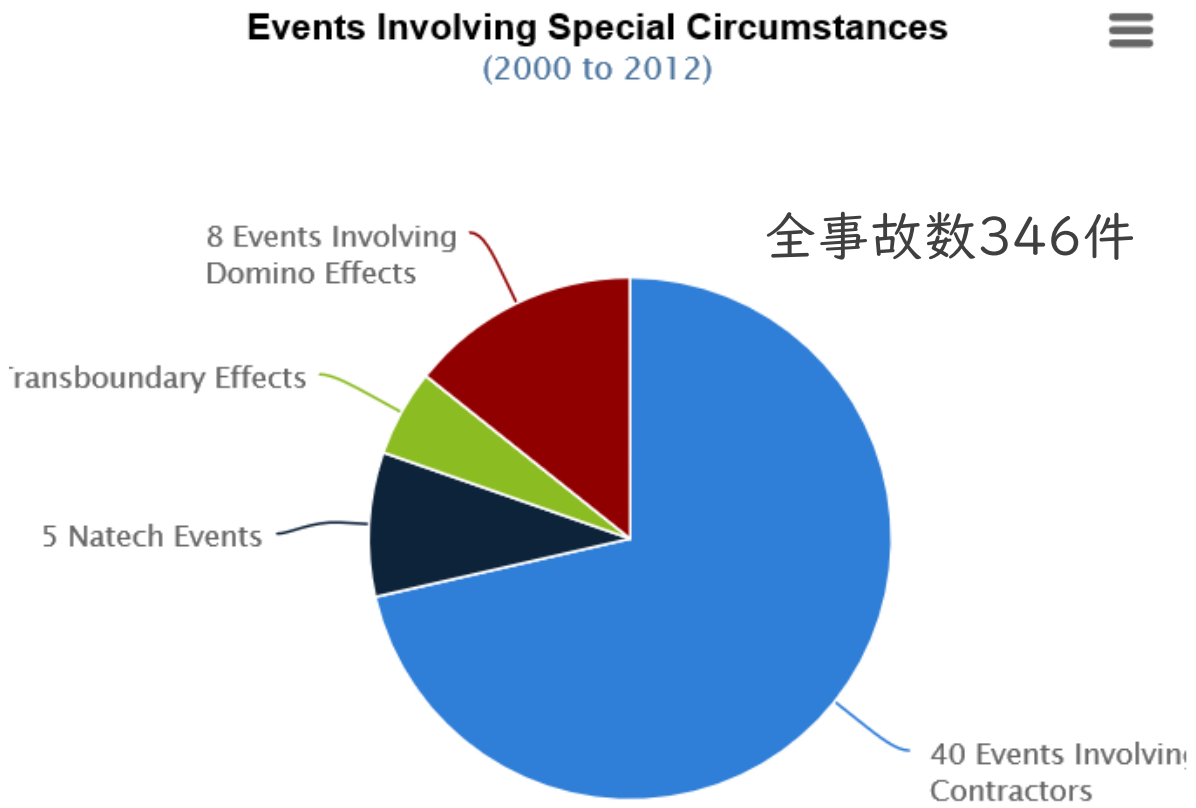
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8. 事故から学ぶ

MARSによる重大事故の発生傾向







全事故数346件

保安力向上センター

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

CSBによるInvestigation Report（重大事故調査報告）

1998年から策定を開始し 年間5～7件程度

目的　：背景要因と進展要因を明確にし、類似事故の再発を防止
成果　：Total of Open Recommendations 195
　　Total of Closed Recommendations 589

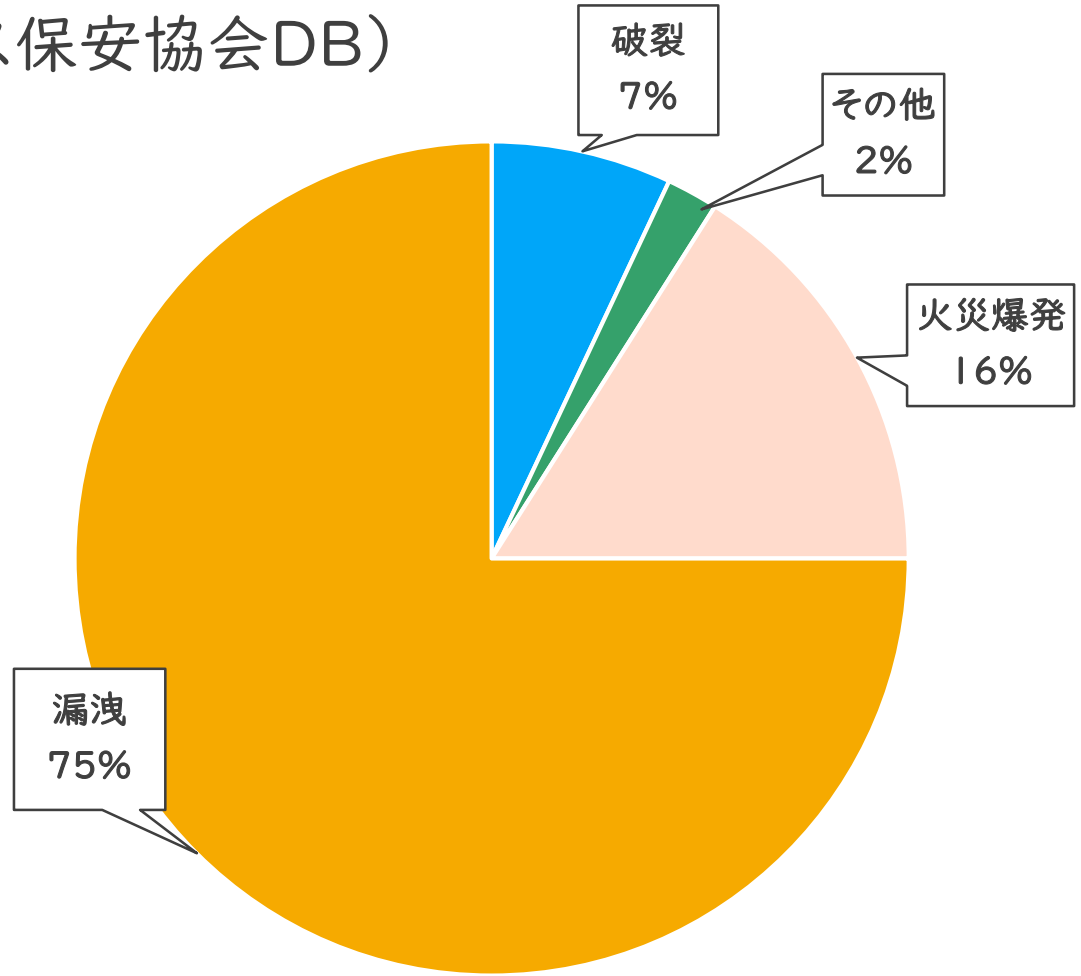
検討された事故報告書（公開版）は詳細情報を自由にダウンロードすることができる

事故報告書から作成された安全教育DVD（最新版は2019年のテキサスでの二硫化炭素漏えい事故）もダウンロードならびに社内での教育に活用することが可能

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスによる事故の分類（盗難、紛失等を除く）

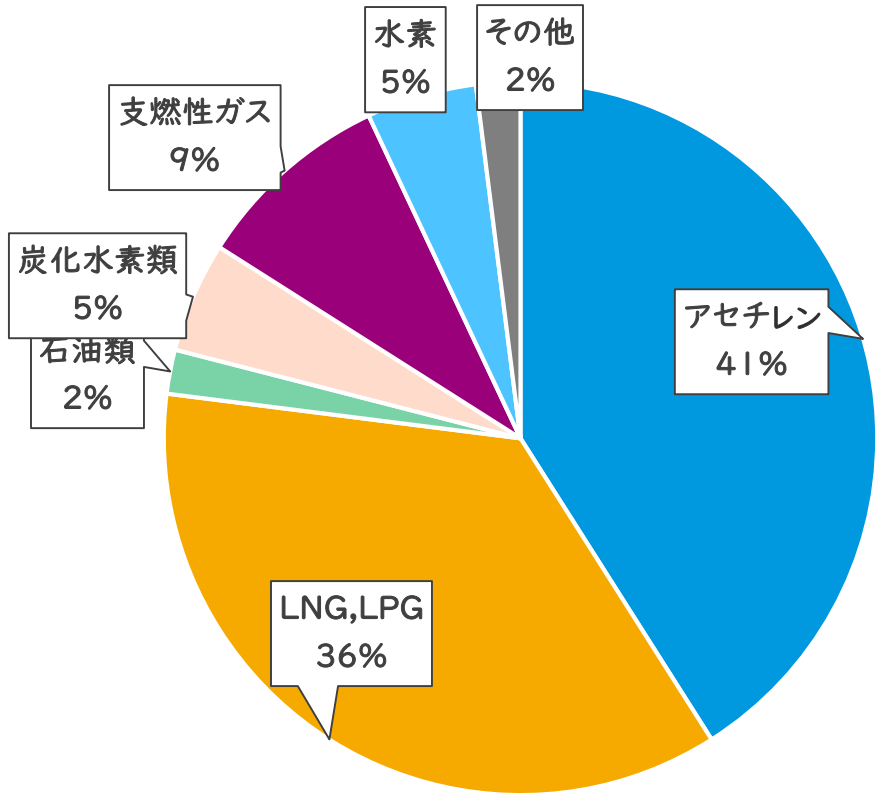
（2000-2019 高圧ガス保安協会DB）



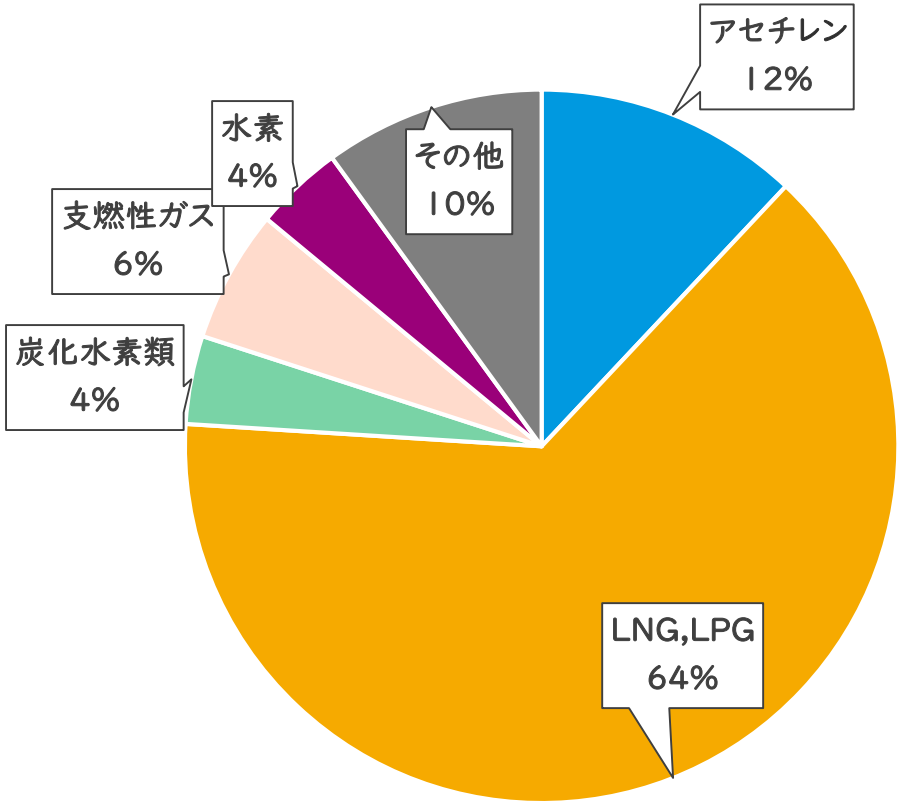
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスによる火災・爆発の原因物質

（2000-2019 高圧ガス保安協会DB）



火災



爆発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

RISCAD（検索事例初期画面）

事故名称	重合器フランジのガスケット部分の老化に伴うエチレンオキシド爆発事故		
発生年月日	1986/4/29	発生時刻	17 時
発生国	日本	地名	愛知県 名古屋市
発生業種	化学工業		
最終事象	[第1分類] 爆発		
	[第1分類] 非着火放出　[第2分類] 漏洩(大気)		
人的被害	死者数		
	負傷者数		
	中毒者数		
	不快被害者数		
被害事象(人的被害を除く)	[第1分類] 物損　[第2分類] 建造物　[第3分類] 事故施設		
	[第1分類] 物損　[第2分類] 機器　[第3分類] 事故機器		
被害金額	500万円		
事故概要	ポリプロピレングリコール(PPG)の特殊銘柄(KL-200)生産のため、原料(ペンタエリスリトール、ジグリセリン)と触媒(水酸化カリウム)をPPG＃306-2号重合器へ投入し、機内を窒素置換した後に原料のエチレンオキサイドの予備吹き込みを行った。翌日エチレンオキサイドの追加投入を行った際に、重合器フランジのガスケット部分の老化によりエチレンオキシドが噴出し、静電気により着火爆発した。		

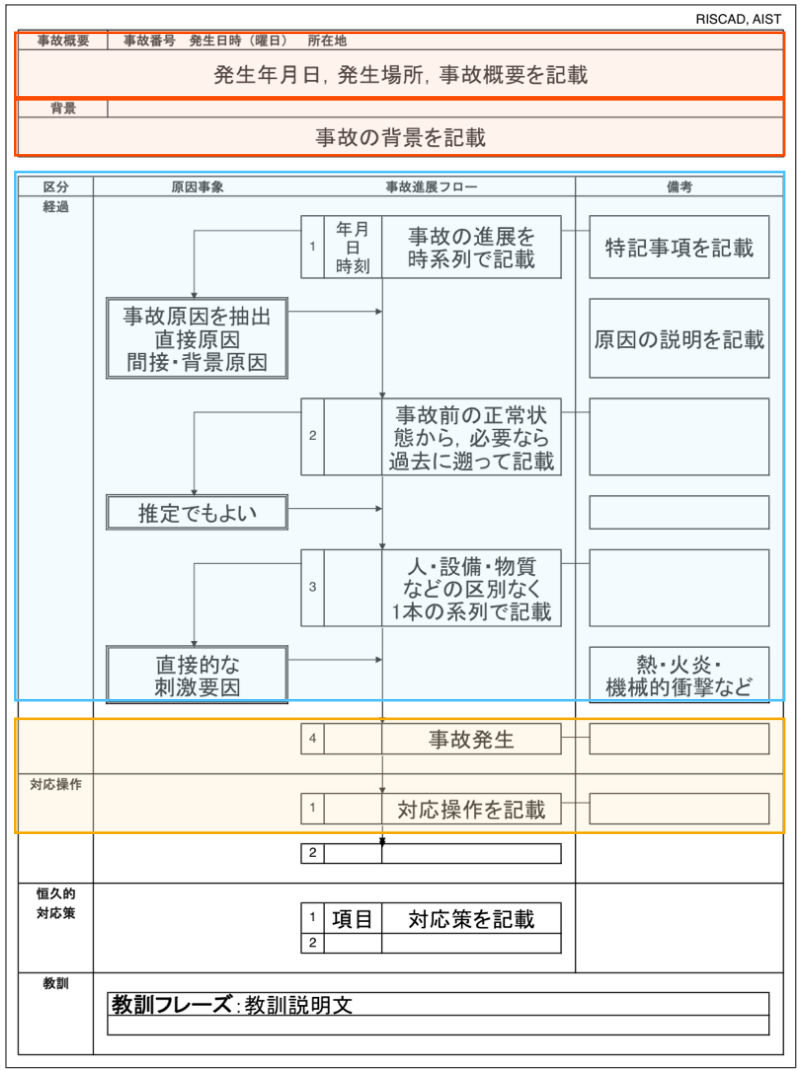
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

RISCAD（検索事例初期画面）

推定原因	[第1分類] 人的要因　[第2分類] 不適切な行動・操作　[第3分類] 操作・作業ミス
	[第1分類] 人的要因　[第2分類] 不適切な行動・操作　[第3分類] 判断・決定のミス
	[第1分類] 組織要因　[第2分類] 設計ミス　[第3分類] 事前評価不足
	[第1分類] 刺激要因　[第2分類] 蓄熱
関連物質	アクリル酸
対応	
教訓	・非定常作業こそマニュアル化：非定常作業では重要な手順が見落とされることがある。非定常作業時の温度管理のための手順などをマニュアル化して，作業前に確認し，情報を共有することが必要である。 ・一時貯蔵といえども危険：一時貯蔵といえども温度などの管理と監視を行わなければ，思わぬ反応が進み大きな災害に至ることがある。アクリル酸などの反応性化学物質の一時貯蔵の際には，温度管理を適切に行わなければ，安定剤の効用を無くし，暴走反応にいたる可能性がある。 ・コミュニケーションが緊急時を救う：緊急時こそ日頃の教育，訓練に基づいた地域コミュニティーとの機能連携が試される。異常事態の高リスク状態の情報共有とその対応措置に各組織が機能発揮できてこそ被害拡大と活動リスクの回避が可能となる。
主な出典	
【付帯情報無し】 事故進展フロー 【PDF添付無し】	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

RISCAD（Progress Flow Analysis Ⅰ）



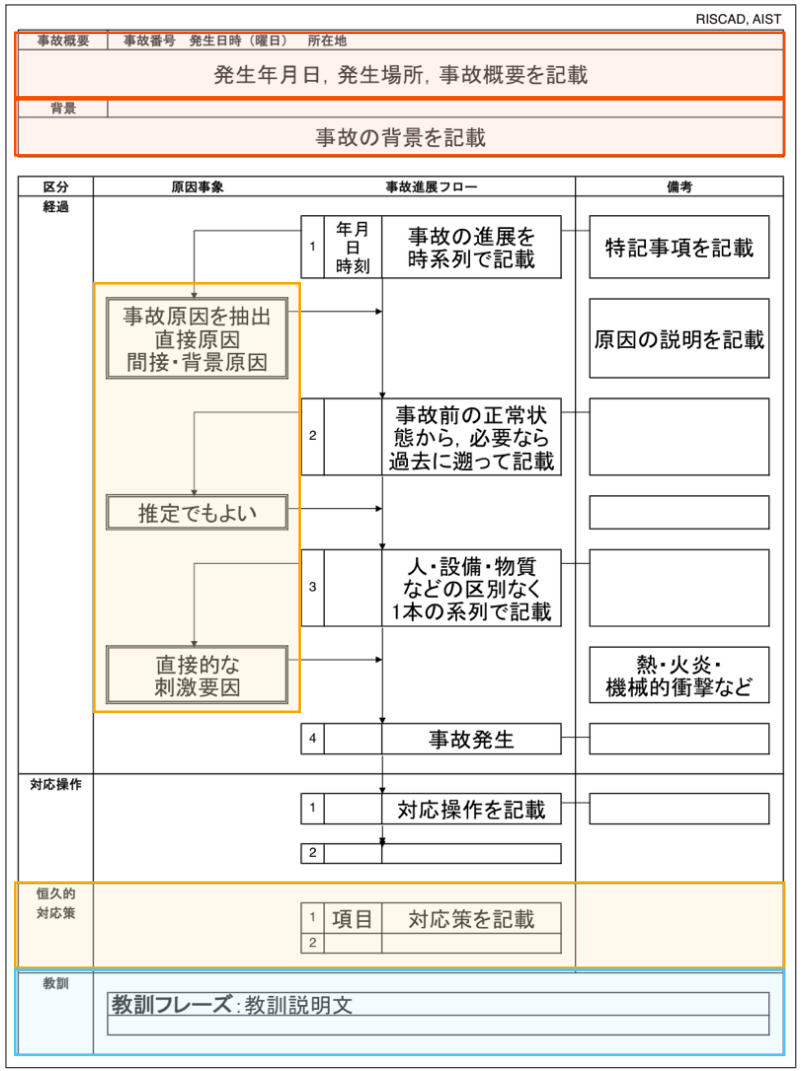
事故概要
事故の背景

事故前

事故後

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

RISCAD（Progress Flow Analysis 2）



事故概要
事故の背景

推定原因

恒久的対応策

教訓

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9. まとめ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

物質安全における今後の課題

1. 新エネルギー関連物質の潜在危険性
   水素、バイオマス燃料、リチウム電池、燃料電池
2. 新素材の開発による潜在危険性
   超微粒子、新規化学物質（生理活性物質など）
3. 化学産業以外での化学物質の取り扱い増加
   電気機器（新素材）、自動車（新素材、エアバッグ）
4. 資源循環型社会への移行に伴う潜在危険性
   廃棄物リサイクル、減容化

▼

事故やトラブルから学ぶ姿勢、ベテランの知恵の伝承
プロセスの安全のための新規技術、AIなどの活用が必須

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険物を取扱う施設のリスクとその回避

- **化学物質によるリスク**
  自プラントの物質危険の知識不足、緊急時対応力不足⇒教育・伝承、訓練
  設備安全化の抜け⇒危険の検知機器やインターロックなどの適正管理
- **設備によるリスク**
  老朽化による、破損や腐食が引き起こす漏えい・・設備、配管、建屋、基礎
  ⇒リスクに対する現場の検知能力の向上、劣化の新規検出技術
- **変更によるリスク**
  生産増強や設備更新による設備、機器の変更、組織の見直し、人事異動
  による現場管理職(課長、係長)の適正や情報伝達の不足⇒変更管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険物を取扱う施設のリスクとその回避

- **人によるリスク**
  経営層の安全最優先の表明の納得感や周知の不足
  手順の整備不良や不遵守の影響の大きさの理解不足（⇒know why）
  安全感性の年代ギャップ・・若手（未経験）、ベテラン（慣れ）双方の課題
- **教育**
  知識化や文書化がしにくい技能の伝承を担うベテランの引退
  若手が若手を教えることでの技術の抜け
  危険感性の習得のための、体感体験施設の形骸化防止や新技術の導入
  研修時期（どの段階で実施するか）、実作業とのマッチング＝納得感

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安企画推進員用講義資料

組織の保安リーダーに伝えたいこと

元　日本石油化学㈱
浅井昌明

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

はじめに

唐突ですが、マグロは20～30Km／時ものスピードで、絶えず泳ぎ続けています。
寝ながらも泳いでいます。人間の場合は肺で呼吸を行いますが、魚は鰓で呼吸を行います。
しかし、マ グロにはこの鰓を動かす筋肉が無いので、口をあけて泳ぐことで自然と鰓に水流が当たり、
新鮮な酸素を取り込んでいます。

泳ぎを止めてしまうと酸素を取り込めなくなり、溺れてしまうそうです。つまり、マグロは生きるために
泳ぎ続けているのです。

生産現場の安全活動もこのマグロの習性と同じです。動きが止まるとマンネリ化してしまいます。そして、
安全活動にとっては、それがマンネリ化してしまうことが最も危険です。マンネリ化させないためには、皆様方
のようなリーダー的な立場の方から、第一線で働いている方々までの全員が、色々な方法を駆使して、
意識の切り口を絶えず新鮮にしておく必要があります。

そこで、本日の私の講義“組織の保安リーダーに伝えたいこと”では、安全管理面および労務管理面に
軸足をおいて、多分に自省を込めた私自身の考えや体験等をお話させて頂きます。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

目次

1. 生産現場は危険が普通で安全が特殊のところである
2. 風通しの良い風土の醸成はリーダーの責務です
3. よそのトラブル、うちでの前兆
4. 積極的に聴く
5. アンサングヒーロー（UNSUNG HERO）に感謝しよう
6. Work works for us
7. 生産現場で学ばせて頂いたこと
8. 安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.生産現場は危険が普通で安全が特殊のところである（1/3）

生産現場は、今日までどんなに長期間にわたって無事故・無災害を継続してきたとしても、それが明日の無事故・無災害に対する何の保証にもならない世界です。

安全は「安全だった」というように、過去形でしか使えない言葉です。

- もともと安全というものはないのだ。
  安全は、危険の大海の中にかろうじて作り上げた小さな人工島に
  過ぎないのではないか。
- 新しい作業を行うときの質問は、その作業は「安全か」ではなく、
  「どこにどのような危険があるか」でなければならない。
- リーダーにとって、安全とは、誰かに任せてうまくやってもらえるというような
  生易しいものではない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.生産現場は危険が普通で安全が特殊のところである（2/3）

多くの事故や失敗を乗り越えてきた先人の努力と工夫の累積によって、
現在の安全がかろうじて保たれている。

安全の中に安住していると、安全が普通であるような幻想に陥るが、
そもそも安全など存在しない。

常に存在するのは危険である。

危険が普通であって、安全への努力を怠るときは、
いつでもどこでも誰にでも、危険が吹き出してくる。

（黒田勲「信じられないミスはなぜ起こる」中災防）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.生産現場は危険が普通で安全が特殊のところである（3/3）

「こうすれば大丈夫、絶対に安全！」という仕組みは世の中には無いと思います。
保安リーダーは、事故や災害を絶対に起こさないという強い信念を持ち、
あきらめずに挑戦し続けることだと思います。

生産現場での安全活動は、それがマンネリ化してしまうことが最も危険です。

マンネリ化させないためには、関係者全員の意識の切り口を常に“アクティブな状態”に
しておく必要があります。このための具体的なツールを提供し続けることが
リーダーの責務だと思います。

自社での“具体的なツール”の構築にあたっては、
先人や達人の知恵を最大限活用することが早道であり、
ユニークな活動をしている会社や組織から謙虚に学ぶことだと思います。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.風通しの良い風土の醸成はリーダーの責務です（1/3）

効果的なシステム、すぐれた設備、整備された基準類、有能な人材は、
もちろん安全確保に必要です。

しかし、安全には、少しおかしいと感じた時に、ひとこと上司に言える風土、
タテ、ヨコ、ナナメに自由に議論できる雰囲気がもっと必要です。

何かおかしいと感じた時、上司に対して、疑問のひと言を、
誰もが自然体で言うことにより、大きな危険が取り除かれます。

現場では、いわゆる“バカ話”を含めて普段のフランクな会話が多い方が、
必要なときに間違いの少ないコミュニケーションができるとされています。

普段のフランクな会話は「風通しの良い風土」の醸成に奏功します。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.風通しの良い風土の醸成はリーダーの責務です(2/3)

風通しの良い風土(雰囲気)がなければ、安全教育はできません。

上司と部下が冗談を言い合える風土がなければ、上司を交えた議論はできず、
安全教育はできません。言葉を奪えば安全も奪われます。

また、報・連・相を自職場に根付かせるためには、この「風通しの良い風土」の
定着が必須要件です。

「ちょっとおかしいと思ったとき、誰にでも、その場で直ちに口に出せる風土」および
「知らないことを知らないと正直に言える風土」は、生き生きとした生産現場の原点です。

そして、その風土が安全を守ります。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.風通しの良い風土の醸成はリーダーの責務です（3/3）

【風通しの良い風土の醸成を目指して、私が強く意識してきた事項】

1. ネアカ(根が明るい)に徹すること

2. 聴き手にまわること

3. 相手に対する「小さな心遣い」を大切に

- ちょっとした言葉づかい
- ちょっとしたバックアップ
- ちょっとした励まし
- ちょっとした気配り　等々

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.よそのトラブル、うちでの前兆（1/2）

他社のトラブル・事故情報は、自社のヒヤリハットや各種事例と同様に貴重です。

「こんなことはうちでは起こりえない」ではなく、様々な教訓をうちのものとして
学ぶことが大切です。

情報交換会、講習会、Web.などから得た情報に対しては、自社にとっての重要性や
緊急性を明確にし、社内の関係部門に対し必要な情報を伝達する安全スタッフの
活動が必要になります。

自分のプラントでトラブルや事故が起きたその時には、誰もが大いに関心を持ちます。
他社で起きた事故についても同様です。

しかし、人の記憶は薄れていきます。人も替っていきます。
一度起きたことが、記憶がなくなるとまた起こります。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.よそのトラブル、うちでの前兆（2/2）

アメリカの哲学者、サンタヤーナ(1863-1952)は、
「過去を思い出せない者は、それを繰り返す運命にある」と警告しています。

安全スタッフは、自社内だけでなく、担当しているプラントに関連する
国内外事故事例を集め、検討し、記憶しておく必要があります。
コンピュータの中には膨大な記録はためられますが、記憶はためられません。

さらに、これらの事故事例を関係者に定期的に教育する必要があります。
そして、関係者全員が、これら事故事例をいつでもすぐに取り出せるよう、
頭の中にポイントを蓄えておく必要があります。

「事例集 静かに眠る 棚の奥 (安全川柳)」では困ります。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.積極的に聴く（1/3）

通常、上司と部下が一緒だと上司の方が沢山しゃべっています。
従って、上司は部下と話す時は心して部下に話させよう、部下の意見を
聴こうと心がけること。それで丁度いいくらいです。

また、上司が自分の話をゆっくり聴いてくれたということが、上司が
自分のことを考えてくれている証となり、ひるがえって上司を信頼し、
尊敬することになります。

一般的に、部下は、あるいは人間というものは、こちらが思っているほど、
自分の話を聴いてもらっているとは思っていないものです。
それを裏付ける様な、こんな実験結果があります。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.積極的に聴く（2/3）

管理者20人、その部下20人、合計40人を対象としたグループ研修でこんな実験をした。

まず、管理者のグループだけをひとつの部屋に集めて

「あなたは部下の話に良く耳を傾けるほうですか。

10点満点で自己採点して下さい」と依頼する。

別室ではその部下に

「上司はどのくらいあなたの話に耳を傾けてくれますか。

10点満点で自己採点して下さい」と依頼する。

➡ その結果は、こうだった。

上司側は、20人中16人（80%）が6～8点の自己採点をした。

一方の部下側は、大半の人が2～4点だった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.積極的に聴く（3/3）

【部下の話を聴く時の心構え（私の自省を込めて）】

- 相手の話は決して途中でさえぎらない。
  相手が話し終えるまでじっと耳を傾けるという辛抱・忍耐が必要です。
- 「自分が相手だったら」という立場で話を聴く。
- 相手の目をみて話を聴く。
- ほどよい相槌を打つ。
- わずかなことでも褒める。
  但し、「褒めてやる」という態度をとるなら、褒めない方が良い。
- 話を聴きながら簡単なメモをとる。
  この行為に対して、相手は決して悪い気はしない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.アンサングヒーロー（UNSUNG HERO）に感謝しよう（1/2）

生産現場には装置やエリアの管理境界、作業内容による境界、工事と工事の境界、
情報伝達の境界など、数多くの境界があります。
交替勤務者には必須の申し送り(昼勤から夜勤へ等)も境界のひとつです。

そして、私達が特に注意しなくてはならないことは、境界があるところには隙間が出来やすく、
そこに危険が住み付くという事実です。

組織、仕事の範囲が分けられて出来ている生産現場で、隙間をなくす方法は、
少しずつオーバーラップすること、取り越し苦労やお節介をすること、相手の立場、相手の仕事を
いつも考えることです。

主役ではなく、目立たず黙々と自身の役割を果たし、仕事の隙間を埋めてくれている
UNSUNG HERO（讃歌を捧げられない英雄）の存在を、私達は日頃、ややもすると見過ごして
しまい勝ちです。
しかし、本当の意味で、工場の安全・安定運転を支えてくれているのは、この人達だと思います。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.アンサングヒーロー（UNSUNG HERO）に感謝しよう（2/2）

皆様方の周囲にも必ずいるUNSUNG HEROに対して心から感謝しよう。
そして、その感謝の気持ちを何らかの方法で相手に伝えるべく心がけてください。

【新聞の見出しにのらないあなたへ 】

ある新聞の編集者が言った。
「新聞に書くのは時間通りに走る汽車ではない。報道するのは脱線する汽車のことなんだ」
ニュースにはならないだろう。が、飛行機は毎日きちんと離着陸している。
スープはきちんとスーパーの棚にならんでいる。スイッチを入れれば電気がつく。
１１０番が鳴れば警官も消防士も救急車もそれに答える。商品は滞りなく生産ラインから生まれ、
子供はきちんと教育を受け、新聞は毎朝玄関先に配達される。
つまり、誰かが何かをきちんとやっているのだ。
新聞の見出しにはのらなくとも、毎日こうした仕事に従事している何でもない人たちに
「ありがとう、君たち!」と言おう。

（楓セビル訳、R・カー「続 アメリカの心」学生社）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. Work works for us

働くのはいやだという気持は、勤勉な人にも少しはあるでしょう。
やらされ感、納得のいかない課題、理不尽な目標値などのせいで働く元気はそがれます。

アイルランド生まれの作家、オスカー・ワイルドは、働くことは呪いだと言いました。ギリシャ時代からある労働観であり、嫌なことをやらせるために賃金を払っているという前提に立っています。

一方、アメリカの労働哲学者のJ.キウラは
「仕事があるので我々は助かっている（Work works for us.）
という絶妙な表現をしています。
「仕事のおかげで生活に規律が生まれ、自分らしさも探求できるし価値観もそこから形成される。色々な人に日々会えるのも仕事のおかげだ」と。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.生産現場で学ばせて頂いたこと

私が現役会社員だった当時を振り返ってみると、
“あの時は良いことを学ばせてもらった”と感謝している事柄は枚挙にいとまがありません。
本日は、時間の制約上、これらからピックアップした下記5件を、具体的な体験を含め紹介させて頂きます。

① 人間、自分の仕事に対して自信を付けることは大切なことだ。
しかし、人間は自信がついたときに最大の危機を迎える。

② エンジニアは自分の力が小さいことを知っている人である。
力を尽くした後は祈るしかないと考える人である。

③ 話を聞いてもらうには、話をする人の日頃の態度が最も重要である。

④ 部下は上司の言うとおりではなく、上司が行っているとおりに学ぶ。

⑤ 部下が提出してくれた“ヒヤリハットシート(一件一葉)”それぞれに職制(職長・係長・課長)が記載するコメントを通して、私が学んだこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（1/6）

安全はリーダー次第、もっと言えば、
口先の“きれいごと”や“たてまえ”ではなく、リーダーの生き方そのものが問われる問題です。

指差呼称、安全唱和、ヒヤリハット、KYTといった手法は、
安全活動や品質向上の妙薬でもなければ、まして即効薬でもありません。

これら手法の成果は、それを推進するリーダーの生き方、心配りが第一線で働く
従業員一人一人に深く浸透していくか否かにかかっています。

リーダーが率先して実行すれば、ラインも変わっていきます。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（2/6）

先頭に立って旗を振り回し、怒号と鞭によって部下にハッパをかけるだけでは、
部下は体を動かされることはあっても、心までは動かされません。

人の心には内側から鍵がかかっています。
鍵を開けることができる人は、本人だけです。

相手の心を動かさなければ、情報は共有できません。
コミュニケーションの基盤も、話し手・受け手の心です。

本当のリーダーシップは、
怒号と鞭ではなく、リーダーの実践におけるたった1つの行動、
たった1つの言葉によって発揮されます。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（3/6）

ものごとを悪い方向に考えることは、決して楽しい事ではありませんが、
リーダーは、常に最悪の事態を想定しあらかじめ対策をとっておくことが必要です。

何故ならば、最初に悪いことを考えておいた方が判断を間違えないからです。

そして、それが結果として取り越し苦労であった場合、決して悔しがったりせず、
「こんな結構なことはないではないか」と歓喜するだけの大きな度量を持つことが
リーダーには要求されます。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（4/6）

“真の勇気と臆病を正しく理解すること”も、保安リーダーに求められる要件の1つです。

以下、実際に起こった航空機事故を題材として、この言葉に迫ります。
昭和41年2月から3月にかけて、日本で、ジェット旅客機の大惨事が3件続いて発生し、
日本の空には魔物が潜んでいるといわれました。

- 2月4日　全日空ボーイング727機が東京湾に墜落、133人全員が死亡。
- 3月4日　香港発のカナダ太平洋航空DC-8が濃霧で羽田空港の防波堤に激突して炎上、64人が死亡。
- 3月5 日　羽田経由で香港に向かったBOACの航空機が、富士山付近で乱気流によって空中分解し、124人全員が死亡。

2件目の3月4日に発生したカナダ太平洋航空機の事故発生の2～3時間前に、羽田への着陸を断念して福岡空港へ向かった日航機がありました。ハワイから飛んできた「瀬戸号」です。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（5/6）

着陸できるかどうか、羽田はぎりぎりの気象状況でした。

当時は、現在のような精巧な誘導装置など無い時代です。
瀬戸号は着陸を2度試みましたが、滑走路が良く見えなかったそうです。

安全に絶対の自信がもてなかった機長は、目的地を福岡に変更しました。
機内アナウンスを聞いた乗客から不満の声が上がったという。それはそうだろう。
海外のお土産を抱えて目と鼻の先まで飛んできながら、我が家に帰れなくなったのだから。
そして、福岡空港での入国手続きが手間取ったことで、この不満は更に募っていったという。

狭い機内で何時間も待たされた末に、乗客たちは空港ロビーに出てきました。
彼らがそこで見たのは、羽田の滑走路で大破炎上するカナダ太平洋航空機のテレビ映像でした。
不満の声は一転、機長への感謝の声に変わったという。

「臆病者と言われる勇気を持て」・・・これは、当時の日航社長の松尾静磨氏の言葉であり、
瀬戸号以来、航空界に広まった格言です。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（6/6）

進むべき方向などの判断を迷ったとき、
同僚や上司他の意見を聞くことは誰にでもあります。

しかし、彼らのアドバイスを鵜呑みにしてしまって、そのまま最終的な判断を下す事は
絶対に避けてください。

最終的な判断は、自分自身の熟慮・納得のもとで、自分自身で下してください。

他人のアドバイスに耳を傾けることは大切です。
しかし、誰のアドバイスを聞き入れるにせよ、あなたのとった行動の結果は
最終的にあなた自身の人生に返ってくることを忘れないで下さい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ご清聴ありがとうございました

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安企画推進員講習

技術者倫理とリスクマネジメント

東京工業大学　環境・社会理工学院
特任教授　中村昌允

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者倫理とリスクマネジメント

1. 科学技術者の責任
   - (1) 科学者の主張
   - (2) 科学研究の変貌
   - (3) マンハッタン計画
   - (4) 社会的責任の発生
   - (5) 科学者のディレンマ
2. 技術者倫理とは何か
   - (1) 技術者は専門職か?
   - (2) 専門職の倫理の変遷
   - (3) 技術者としての責任
   - (4) 説明責任
   - (5) 技術者と公衆
   - (6) 相互依存の関係
3. 科学技術者の倫理
   - (1) 新しい科学技術者像
   - (2) 米国科学アカデミー
   - (3) 人工知能学会 倫理指針 序文

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

狙い

1. 科学技術に完璧はない。
   科学技術は、先達たちの幾多の失敗を乗り越えて、今日がある。
   科学技術の是非は、専門家の判断に委ねざるを得ない。
   専門家がそれぞれの分野で最善を尽くしていることを
   相互に信頼しあうことによって成り立つ「相互依存社会」である。

2. 科学技術は、社会で実用化されて、はじめて評価の対象になる。
   科学技術者の提案が採用され、周囲の協力を得る必要がある。
   そのためには、「科学技術者としての信頼」が求められる。

3. 科学技術者の信頼は、
   (1) 専門能力の高さ
   (2)「正直」かつ「誠実」な行動によって得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

科学者と技術者

（1）科学者とは、

科学者は、おもに自然科学分野の研究を行い、
それまでに解明されていなかったことを解き明かし、
人類にとって新たな発見をする人のことをいう。
具体的な日々の活動内容は、実験や研究となるが、
それを論文にまとめ、学会等で発表し、社会に貢献する。
科学者は、その時点では答えのない問題に、ひたすら挑み続ける。

（2）技術者とは、

技術者は、科学技術を通して人工物を創り出す。
人工物を作ることは、工期，予算，実用的便宜等のために、
あるところで割り切ることによって成り立っている。
クライアントと公益との狭間で、ジレンマを感じながら仕事をする。
技術者は『問題の解決策』を求められ、『結果責任』を問われる。
『解』は一つではなく、幾通りもある。（正解かどうかは分らない）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 科学技術者の責任

1. 科学と技術は、基本的には、別個の活動として営まれてきた。

2. しかし、19世紀後半、化学や電気などの発展によって、科学を技術に応用して、軍事や産業上の目的に役立てる考えが有力となり、原子爆弾、遺伝子組換作物などが生まれた。

3. こうした一種の目的志向型の「研究開発」が、科学と技術を、科学は、純粋な「自然法則の解明」、技術は、その「応用」として、区別することが、そぐわなくなった。

4. 一方、科学の活動も高度な技術を用いた実験・観測手段への依存を益々高めてきているなど、現在では、かつてのように、科学と技術を区別することが困難といえる。

この講義では、科学と技術を区分せず、「科学」として取り扱う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）科学者の主張

1. 科学者の研究は、専ら自らの好奇心を満足させることにあり、
   結局は自分の喜びを得ることに他ならない。

2. 科学が、純粋に科学者個人の好奇心を充足させるためのものであれば、
   国家や社会が支援すべき必然性は必ずしも生じない。

＜科学者の主張＞

1. 自分たちの創り出す知識は、豊富な社会的効用を与えているのだから、社会に
   そうした効用を備えた知識を提供してくれる科学研究には公的支援が当然である。

2. 一方、科学は、「知識のための知識追求の営み」だから、社会の側から、
   制約や管理を受けるべきではない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）科学研究の変貌

1. 第二次世界大戦　科学と科学者の総動員
   ⇒ 研究成果を戦争に徹底的に利用
   ⇒ マンハッタン計画

2. 戦後も、この考えは継続
   1945年 ブッシュ「科学－この終わりなきフロンテイア」
   基礎研究から出発して、新原理や新概念の発見につなげ、
   そこから新製品や新製法を開発し、新産業を生み出すという順序での発展として、
   基礎科学研究と技術との関係を捉えている。

限りなくフロンテイアを拡大・前進する科学研究の成果を、
国家・社会が最大限に活用することによって、
抱えている問題を、一つ一つ解決し、社会が限りなく発展する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

バネバー・ブッシュ（Vannevar Bush） 1890年3月11日-1974年6月30日

アメリカの技術者及び科学分野における管理統括者（science administrator）
アナログ式のコンピュータ、原子爆弾開発における彼の政治的役割、
メメックス（memex）、ワールド・ワイド・ウエブ（the World Wide Web）の
パイオニアなどで知られる。

「科学―その果てしなきフロンティア」（Science, The Endless Frontier）
1945年7月に出されたトルーマン大統領に対する報告書
基礎研究について、「技術的進歩におけるペースメーカー」であるとし、
「新たな製品や新たな加工技術は決して成長を止めない。それらは、新たな原理や
新たな概念に、その基礎を置いている。それらは、科学の純粋王国の中での
研究によって、痛みを伴いつつ、その開発が達成される！」

→ 1950年 国家科学基金（the National Science Foundation-NSF）創設

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）マンハッタン計画（原子爆弾開発計画）

1942年8月13日 「マンハッタン計画」誕生

（1）アインシュタインからルーズベルト宛の手紙

ドイツが「核分裂を軍用化すること」への警戒大量のウラニウムに核の連鎖反応を起こさせる可能性がある。強力な爆弾が作られることも考えられる。
政府は、この研究に携わっているグループと恒久的な接触を持つべきである。

（2）ウラニウム委員会が作られ、政府から研究に資金

- 1945年7月16日　アラモゴルド砂漠で実験に成功科学者達は原子爆弾の破壊力に驚き、実際に使用することに強く反対した。
- 1945年8月6日　広島、8月9日　長崎に原爆が投下された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）社会的責任の発生

科学技術研究の本質が、「社会に貢献する」ということであれば、
そこには「社会的責任」が生じてくる。

＜マンハッタン計画の意味＞

従来の意識は、「科学は知識を追求する営みで、社会との直接的な関連は、
道義的責任も含めて一切持たないで済む」であった。しかし、殺戮兵器の開発に
携わったことにより、科学技術者が社会的責任を自覚せざるを得なくなった。

→ 科学技術者が従来の意識からの転換を迫られた。
　ラッセル・アインシュタイン宣言

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ラッセル・アインシュタイン宣言　Russell-Einstein Manifesto

英の哲学者・バートランド・ラッセル卿と、米のアルベルト・アインシュタイン博士が
中心となり、1955年7月9日 ロンドンにて、第一級の科学者ら11人の連名で
米ソの水爆実験競争という世界情勢に対して、核兵器廃絶・科学技術の平和利用を
訴えた宣言文。

日本からは、湯川秀樹博士が署名

「将来の世界戦争においては、かならず核兵器が使用されるであろうし、
そしてそのような兵器が人類の存続を脅かしているという事実からみて、
私たちは世界の諸政府に、彼らの目的が世界戦争によっては促進されないことを
自覚し、このことを公然とみとめるよう勧告する。
また、私たちは、彼らに、彼らの間のあらゆる紛争問題の解決のための
平和的な手段をみいだすよう勧告する。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アルフレッド ノーベル

- 知人の化学者アスカニオ・ソブレロ（Ascanio Sobrero）が発明した爆薬、ニトログリセリンを、初めて実用的に使用することに成功。
- ノーベルは、さらに、これを改良し、安全に使えるようにした“ダイナマイト”を発明した。
- “ダイナマイト”は、工事現場での岩盤の破壊など、作業の効率化を進めるものとして広く普及したが、“ダイナマイト”のような強力な爆薬が持ち運び可能になると、この爆薬が大量殺戮の道具として使われる事になった。

この悲しみがもとで、ノーベルは遺言を記した。

「基金を設立し、その利子を毎年、その前年に人類のために最も貢献をした人に賞として与えるものとする。この利子は5等分して、受賞者に与える。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

科学者の社会的責任

1. 科学者の社会的責任

社会的効用のある知識を作り出すことによって、科学研究が社会に貢献することが、科学研究の本質である。また、科学研究には国家や社会の支援が行われて当然であるとするならば、当然ながら、そこには「社会的責任」が生じる。

2. 二つの立場

A マンハッタン計画の結果、大量殺戮兵器である核兵器が世に出された時、
そうした開発に携ったことに対する研究者には、社会的責任がある。

B 自分たちは、研究という知的行為に従事しただけであって、
その研究から生み出された知識に対して責任を負う立場にない

このニつの立場をどのように考えるか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（5）科学者のディレンマ

科学の研究の自由、科学的真理の無限探究の自由を置き、
一方で、その成果、例えば核力の使用には、制限を置く。

その制限、核エネルギーを兵器として使用することの禁止、
それに向かっての無限の努力が「科学者の社会的責任」である。

＜科学者のディレンマ＞

自ら生み出したものを、自ら制限せざるを得ないというディレンマともいうべきものである。
近代文明の推進者であった科学者または科学技術者が、その進歩の極限において、
自己制限、自己統制を自ら課さざるを得ないという次第になった。

唐木順三「科学者の社会的責任」についての覚え書き p8～p9、（2012）筑摩書房

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

科学者に求められること

1. 技術者は、自分たちの専門家集団の外部に必ずクライアントを抱えているが、
科学は、元々クライアントの存在を前提にしない活動で内部規範ですんだ。
科学者は、自分たちの職能者集団の内部に常に視線が据えられている。

技術者は、まず、公衆の福利を考えている。

① 公衆の安全、健康、福利を最優先にする。
② 自分の能力のある領域においてのみサービスを行う。
③ 公衆には、客観的で、真実に即したやり方で説明する。
④ 雇用者、依頼者のために、誠実な代理者または受託者として行動。

2. 科学の成果が、社会的インパクトを持ち、直接的な力を発揮するような現在においては、
科学者も内部規範だけでは不十分である。

→ 技術者に求められていることが、科学者にも適用される。専門家として、
自らの研究成果の負の効果に対して敏感であり、それを制御する方法の案出にも
責任と義務を感じ、また、それを実践できるような研究者倫理が求められる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 技術者倫理とは何か

社会は、それぞれの専門分野で最善を尽くすことを、
お互いに、信頼しあうことによって成り立っている“相互依存社会”である。

技術者は、公衆の安全、健康、福祉を最優先に行動する。
その前提は、知識と経験に基づく“高い専門能力”と“信頼”である。

技術者は、弛むことなく研鑽し、正直、かつ誠実な存在である。

（1）技術者は専門職か？

（2）専門職倫理の変遷

（3）技術者としての責任

（4）説明責任

（5）相互依存の関係

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者とは何か

1. 科学技術を通して人工物を作ることは、工期，予算，実用的便宜等のために、
現実との妥協の上に、あるところで割り切ることによって成り立っている。
⇒『技術者のジレンマ』

2. 技術者は、『問題の解決策』を求められ、『結果責任』を問われる。
『解』は一つではなく、幾通りもある。（それが正解かどうかは分らない）
技術者は、的確な「解」を見つけるために最善を尽くす。
それには、該博な知識と専門能力をもった『T字型人間』が求められる。
⇒ 自分自身の“Philosophy”（判断・行動基準）

3. 経験を多く積む方が、より的確な「判断・行動基準」を持てるが、
私たちが、経験できることは限られている。そこで、実際の事例を、
第3者として評論家的に見るのではなく、自分をその当事者の立場において、
同じ状況にいたならば、「私は、どう判断し行動するか」を考える。→『仮想体験』

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）技術者は専門職か？

1. 大組織で働く技術者は、独立のコンサルタントに比較し、より少ない自律しか持たない。

2. 技術者は、専門職としての免許や登録がなくても仕事を行っている。

それにもかかわらず、技術業の実務においては、
教育と特別な専門技術が極めて重要な役割を果たしている。
技術業を専門職業との一つとして認める事は理にかなっている。

第2版「科学技術者の倫理 その考え方と事例」p14

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

専門職（Profession）

世界大百科事典 第2版の解説

専門職（専門的職業とも呼ぶ）の定義はまちまちであるが，
専門職が備えていなければならない基本的な要件は，

（1）体系的な知識（学問）を、長期間学ばないと就けない職業

（2）自己の利益追求よりはむしろ公共への奉仕を指向している

の2点である。

具体的には聖職者，法律家，医師，高等教育機関の教師，科学者，技術者，芸術家がその代表的なものである。

専門職は職業の一部であるが，普通の職業と区別されて扱われることが多い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）専門職の倫理の変遷

NSPE（全米プロフェッショナル技術者協会）の綱領
（The National Society of Professional Engineers）

初期の規定

技術者は、依頼人または使用者の利益を第一に考えるべき

1947年 ECPD規程 （専門職開発に関する技術者協議会）

技術者は使用者 又は 依頼人への忠実な義務のみならず、
公衆に対しての義務も持っており、当然の注意を払う。

1974年 ECPD規程の改定

技術者はその専門職の義務の遂行において、
公衆の安全、健康、及び福利を最優先にしなければならない。

現実に、この通り行動できるなら、技術者倫理が問われることはない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

NSPE綱領（1996年版）

＜前文＞

技術業は、重要で学術的な専門職業である。

この専門職業の一員として、
技術者は、正直および誠実の最高の基準を示すものと期待されている。

技術業は、すべての人にとって、生活の質に直接的かつ重大な影導力がある。

したがって、技術者が提供するサービスは、
正直、不偏性、公平性、および衡平が必要であり、
公衆の健康、安全および福利の保護に捧げられなければならない。

技術者は、最高の倫理的行動原理の遵守を要求する専門職業の行動基準のもとに、
それを遂行しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

NSPE Code of Ethics for Engineers

Preamble

Engineering is an important and learned profession.

As members of this profession, engineers are expected to exhibit the highest standards of honesty and integrity.

Engineering has a direct and vital impact on the quality of life for all people.

Accordingly, the services provided by engineers require honesty, impartiality, fairness, and equity, and must be dedicated to the protection of the public health, safety, and welfare.

Engineers must perform under a standard of professional behavior that requires adherence to the highest principles of ethical conduct.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）技術者としての責任

1. 実際局面で判断を下しているのは、そこにいる技術者

「技術者は、科学技術のもたらす危害を防げる
最も大きな可能性を有しており、責任がある」

2. 専門家としての責任

① 専門的知識に則って、個々の問題に判断を下す。

② 判断は、科学的知識に基づいてなされる。⇒ 「技術者は技術に忠実に判断」

3. 説明責任（accountability）

「決定に携わった人間は、結果にも責任を負う」

① 決定過程を詳細に公表

② リスクを考慮して、実行するかどうかの判断

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）技術者としての責任

1. 科学技術を通して人工物を作ることは、工期，予算，実用的便宜のため、
   現実との妥協の上に、（あるところで割り切ることで）成り立っている。
   ここに、「技術者のジレンマ」が生じる。
   ⇒ 科学技術者は、「ここまでしか安全は保障されていない」ことを、社会に説明する責任がある。

2. 技術者は、『問題の解決策』を求められ、『結果責任』を問われる。
   現実には、『解』は一つではなく、幾通りもある。（正解は判らない）
   いかに、的確な『解』を見つけるか？
   それには、自分自身の『判断・行動規準』を持つ必要がある。

3. 多くの経験を積む方が、より的確な「判断・行動規準」を持てる。
   しかし、私たちが、経験できることは限られている。
   そこで、実際の事例を、第3者として批評家的に見るのではなく、
   自分が、その当事者であったと仮定し、（第一人称で）
   「私が、同じ状況にあったなら、私はどう判断し、行動するか」を考える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故の94%は、技術者が判断した技術的原因

表1.8 失敗原因の分析

大分類	比率(%)	分類	比率(%)
1. 技術者個人が判断した技術的原因	94	調査・検討の不足(事前検討不足、仮想演習不足)	39
		無知(知識不足)	26
		誤判断	16
		環境変化への対応不良	8
		未知(未知事象発生、異常事態発生)	4
2. 属人的ヒューマンエラー的原因	41	不注意	33
		手順の不遵守(手順の無視)	8
3. 組織的原因	73	組織運営不良	30
		価値観不良(安全意識不良)	37
		企画不良	5

出典:中尾政之:「歴史に学ぶ失敗学」、素形材、48巻、8号、p34-38(2007)図1を基に著者が再作成

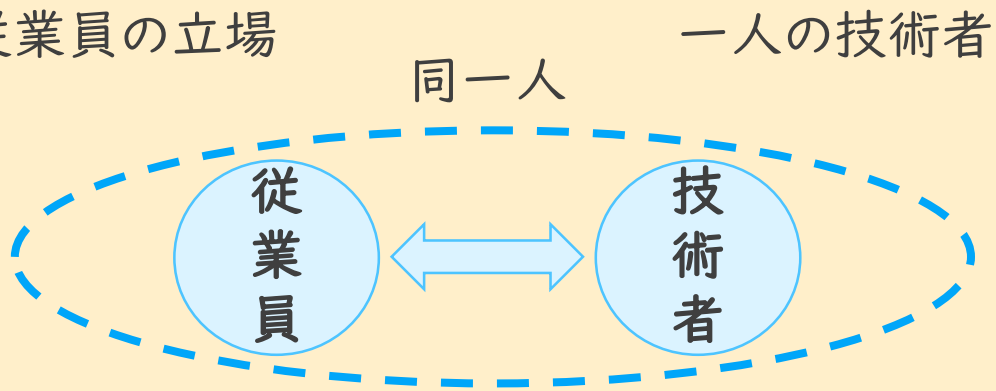
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者の利益相反

利益相反（Coflict of Interst）

一人の人が、二つの立場に立つことがある。

一方の利益を図れば、他方の利益が損なわれる。



従業員：雇用者である企業のために誠実に行為する責務

技術者：公衆の安全、健康および福利を最優先

- 技術者が、いつも、「公衆のために、安全、健康、福利を最優先に行動できる」なら、技術者倫理が問われることはない。
- 現実の場では、自分、関係者、企業の将来が関係し、必ずしも守られていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例1「六本木ヒルズ」の回転ドア

2004年3月26日午後11時頃
6歳男児が自動回転ドアに駆け込み、頭を挟まれ、病院に搬送されたが間もなく死亡。

重い重量の自動回転ドアを駆動するには、出力の大きいモーターを必要とする。
もし、自動回転ドアに挟まれることが起きれば、大きな惨事になる可能性がある。

- ヨーロッパ設計基準 ： 重量 1t以下
- 六本木ヒルズ ： 重量 2.7t

<問われていること>
あなたが自動回転ドアの設計者であったとしたら、顧客からの注文にどう応えるか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

QUESTION

1. あなたが自動回転ドアの設計技術者であったなら、どう行動するか？

　　A　自動回転ドアの設計をする。

　　B　自動回転ドアの設計を拒否する。

2. 自動回転ドアの設計を拒否したとしたら、あなたの立場はどうなるであろうか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

六本木ヒルズ自動回転ドア判決

1. 六本木ヒルズ自動回転ドア事件判決（東京地裁H17.9.30）

- メーカー「三和タジマ株式会社」取締役営業開発部長　禁固1年2月（執行猶予3年）
- 森ビル常務取締役森タワー　設計部門責任者　禁固10月　（執行猶予3年）
- 六本木ヒルズ運営本部管理本部 管理運営担当部長　禁固10月　（執行猶予3年）

直接の担当者や、実際の設計者は起訴されていない。
また、株式会社の最高責任者は起訴されていない。

2. 判決理由

メーカーの取締役営業開発部長の量刑について

「回転ドアの業務に長年従事して回転ドアに関する知識，経験を蓄え，森タワー以外の事故情報についても早期に入手して，自動回転ドアの危険性やそれが現実化していることを十分に認識していたにもかかわらず，さしたる安全対策を講じないまま，本件自動回転ドアを森タワーに設置し，しかも，本件自動回転ドアで（平成15年）12月7日の事故が発生したことを分かりながら，そのまま使用を続けさせたものであって，その過失の程度は極めて重いものである。

また，本件自動回転ドアの設置に当たり，三和タジマ社から森ビル社に対して、本件シノレスの危険性について十分な説明がされていたとはいえない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者は何ができたか？

1. 事故を回避する本質安全設計を実現するためには、
自動回転ドアの重量を軽くすることが不可欠である。
ドア自体を小さくすることはもちろん，ステンレス枠をアルミまたはプラスチック枠に，
ガラスをアクリル板に変更するなどの設計変更が必要である。

2. しかし，森ビルが、そのような「安っぽい」ドアを、
当該ビルの正面玄関用として採用しただろうか？
その状況で、メーカーの一取締役に、自らの職業生命をかけて、
採用されないリスクを冒して、本質安全設計の実現や、自動回転ドアの
潜在的危険性を、森ビル側に告知することが可能であっただろうか？

弁護士小林正啓と弁護士櫻井美幸のブログ「六本木ヒルズ回転ドア事故判決について」
http://hanamizukilaw.cocolog-nifty.com/blog/2007/06/post_aae7.html

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例2 フォルクスワーゲン（VW）事件

2015年 9月18日

米国環境保護局（EPA）が、VWが規制テストのときだけ、
排ガス規制値をクリアする不正なソフトを使用していたと公表。

2015年 9月22日

VWは、米国の排ガステストをクリアするため、違法なソフトを使用したことを認めた。
不正に関連する車は、1100万台に上る可能性

この不祥事は、VW自身の意図に基づいて、不正ソフトによって排ガス規制をすり抜け、
米国での自動車販売台数を増やす意図のもとに行われた。

不正ソフトによって、テスト時だけ窒素酸化物の規制値をクリア。
実際の走行では、10～40倍の窒素酸化物（NO_X）を出していた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

見た目には判らない不正プログラム

1. 北米で発売されたVWのディーゼル車は、
「defeat device（排ガス処理システムの無効化プログラム）」を使用。
試験用の走行モードだと判断すると、違法プログラムが働き、排ガス規制をクリアする。

2. パワフルな走りや低燃費といった性能を達成しようとすると、
ディーゼルエンジンでは高温燃焼となり、NOxが増加し、
排ガス規制値をクリアできない。（ガソリン車はNOxは発生しない）
一方、排ガス規制をクリアすると、「走り」や「燃費」が犠牲になる。

3. 両立させるには、排ガス処理対策が必要であった。
しかし、それでは、価格競争力に問題がある。

①尿素SCRやDeNOx触媒などの後処理装置を追加
②排ガスの一部をエンジンに戻して燃焼温度を下げるEGR装置の追加。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

問われていること

あなたが、当事者であったならば、どう判断・行動するか？
自らの処遇をかけ、異議を唱えられるか？

（1）不正に係った技術者

社会に有害な影響を及ぼす経営方針が出された場合に、
あなたは、どのように行動するか？

（2）不正が行われていることを知った技術者

会社の方針が、社会からの信用を失墜するものであると、考えられる時、
あなたはどうするか？

（3）経営者としての意思決定する立場

①事態が発覚した際のリスクと、排ガス処理設備の強化費用
②企業の社会的責任

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者として問われていること

1. 不祥事の事実を、技術者は把握していた。
   しかし、不祥事の進行を止めることはできなかった。
   技術者は、自らの（自分たちの）考えを
   経営の意思決定に影響を与えるにはどうするか？

2. 不祥事の進行が、社会に大きな負の影響をもたらすと考えられる時、
   技術者は、技術者コミュニティ等を利用して、社会に情報発信することができるか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(4) 説明責任

1. 技術者は、公衆の信頼を受けて仕事をする。
   公衆に対して、専門職としての責任を負っている。

2. 科学技術との関係で、
   (1) 公衆は、事象の是非を良く知らされた上で判断(同意)するために、
      「知る権利」がある。
   (2) 技術者は、公衆が納得できるように、
      「説明責任」(accountability)を果たす必要があり、
      「情報開示」(disclosure)を求められる。

「説明責任」の基盤にあるもの:

- 説明責任は、説明する者とされる者との間の信頼感に支えられる。
- 信頼は、技術者がモラル的に行動することから生まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例3 がん発生原因に対する主婦と疫学者の違い

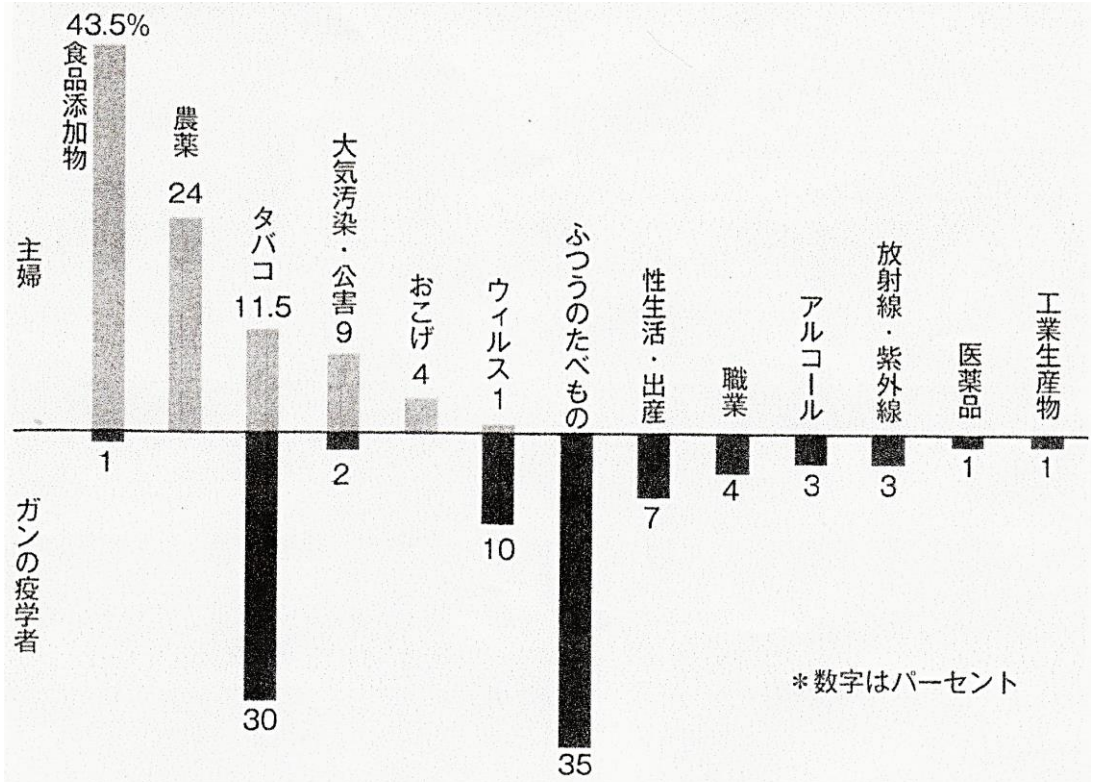


図 4.1　がん発生原因に対する主婦とがん疫学者の認識

出典：黒木登志夫、「人はなぜガンになるのか」、暮しの手帖、4.5 号(1990)

<ポイント>

主婦とがん疫学者との間に、
がん発生原因に対する認識の差

1. 食品添加物や農薬のリスクについて、
癌疫学者は、定められた試験を経て
実用化されていることを、
社会に説明しているか？

2. 説明しているならば、なぜ、
このような状態（認識の違い）となるのか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例4 合成物質への理解

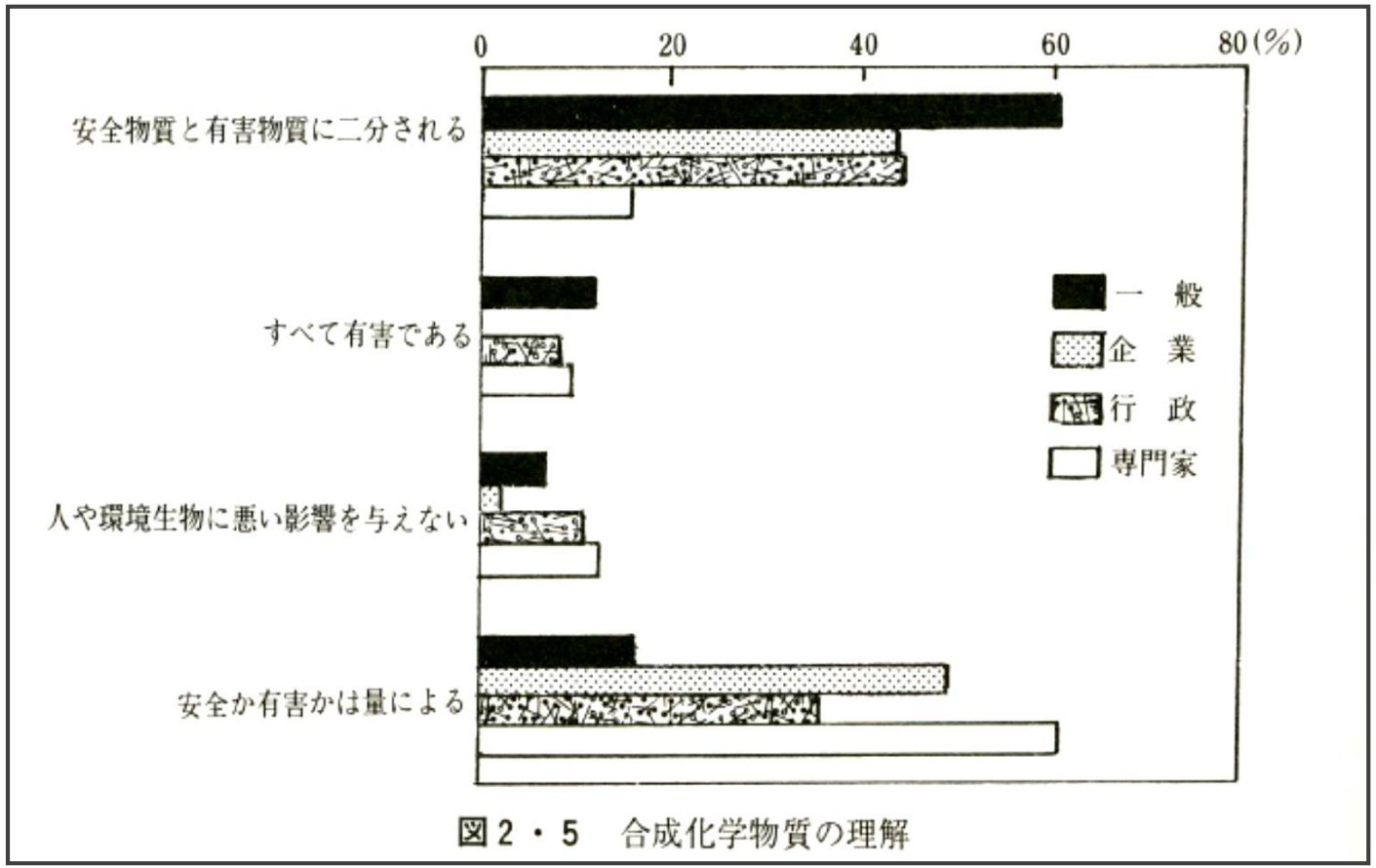


図2・5　合成化学物質の理解

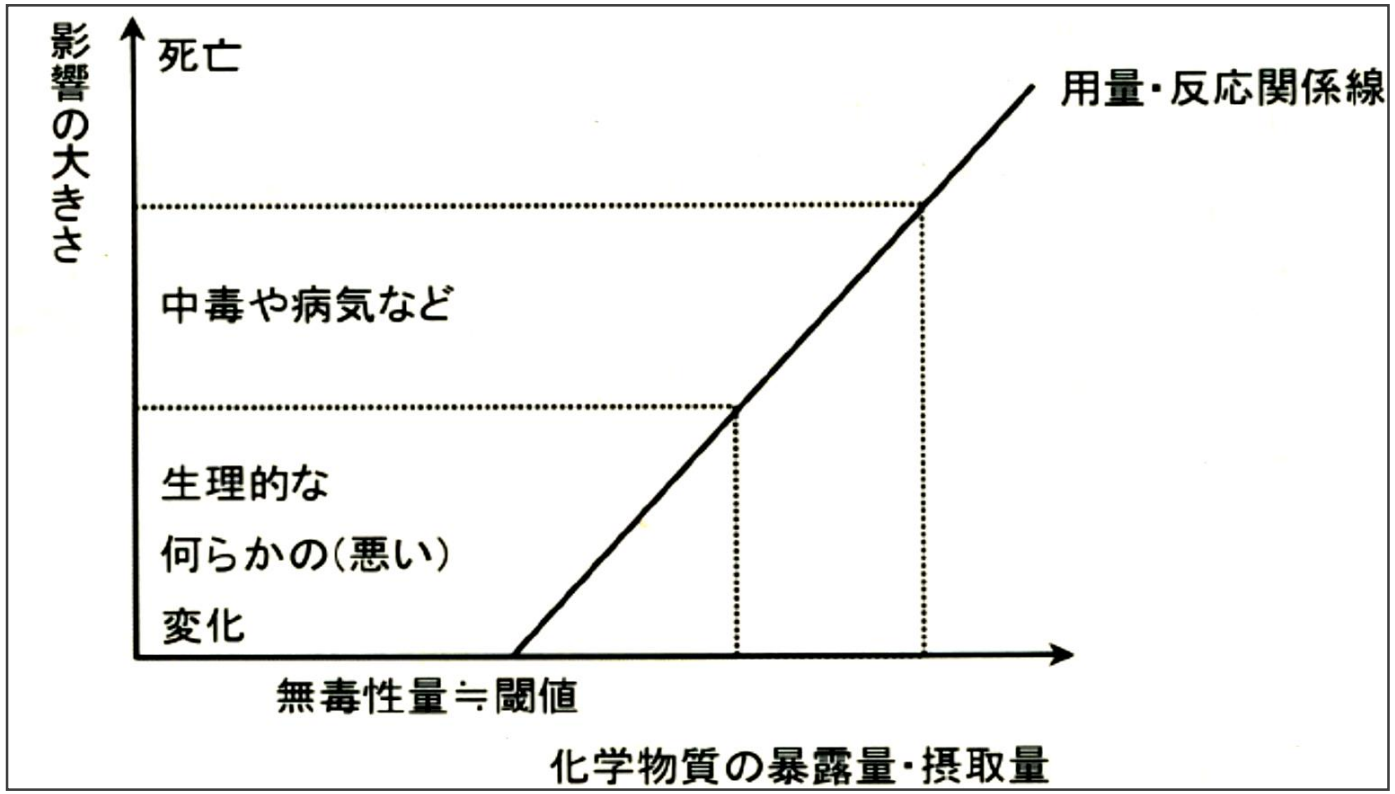
安全性、有用性に対する考え方

1. 一般の人安全物質と
   有用物質に二分される。
2. 専門家安全か有用かは、
   量による。
3. 専門家でも60%しか、
   化学物質の安全性を
   正しく理解していない。

北野大 他「循環型社会への提言」研成社（2002）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学物質の用量ー反応関係



ある物質を摂取した場合、
ある投与量までは全く影響が
ない範囲があり、それを「閾値」
といい、閾値内でコントロール
していればリスクはない。
すべての化学物質には、
用量・反応関係線が存在し、
それぞれの化学物質で、
このグラフの傾きや閾値の
大きさが異なる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（5）技術者と公衆

＜技術者＞

科学技術の専門職として、
科学技術を利用する業務に従事し、
そこで生じる危害を抑止することができる立場にある。

＜公衆＞

技術者が行う業務に、自由（free）、または
良く知らされた上での（informed）同意を与える立場ではなく、
その結果に影響される人々

公衆	＋	（その分野の）科学技術の 知識・経験・能力	＝	技術者

日本技術士会プロジェクトチーム技術者倫理研究会編
「技術者倫理　法と倫理のガイドライン」 p17　丸善株式会社（2009）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

原子力発電に対するリスク認識の比較

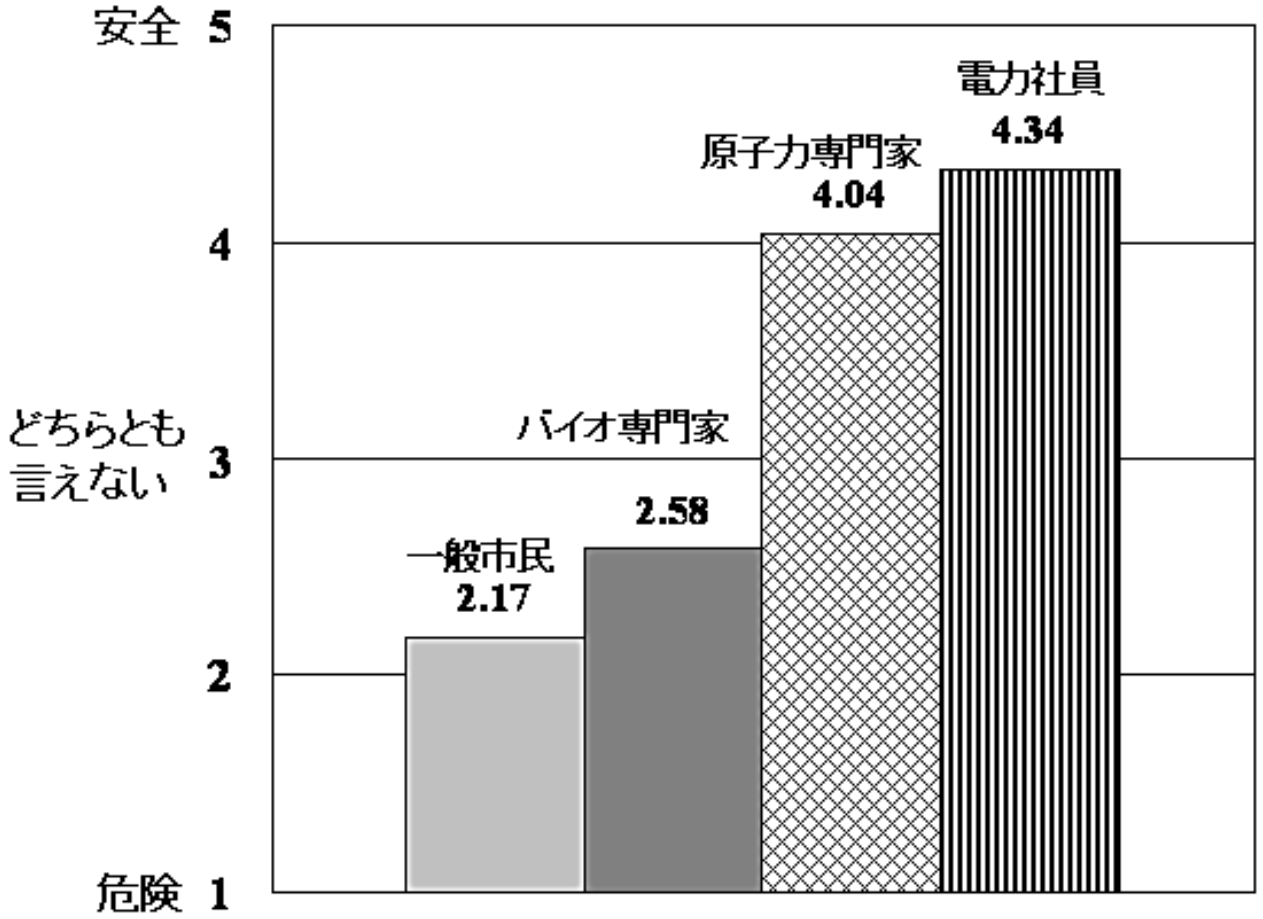


図1　原子力発電のリスク認知の差

[出典]小杉素子・土屋智子：科学技術のリスク認知に及ぼす情報環境の影響
—専門家による情報提供の課題— 、(財)電力中央研究所研究報告、
Y00009(2000)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（6）「相互依存」の関係

1. 現代社会は高度技術社会
   技術への依存度は増すことがあっても減少することはない。
   高度に分化している科学技術の是非（価値判断を含む）は、
   専門職能者（プロフェッショナル）にしか判断できない。

2. 一つの分野の専門家も、他の分野では公衆である。
   「その分野のプロに頼る分業体制」

3. 社会は、科学技術やプロフェッショナルに依存しており、
   相互に、他者を頼らざるを得ない。

公衆は、各分野のプロフェッショナルを信頼するしかない。
技術者の信頼は、モラルに則った行動から得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

私達は医者に何を期待するか？

＜医者への期待＞

1. 医者は最新の医術にも精通し、私達に、最適の処方を施す能力がある。

2. 私達が、自由で、事情を知らされた上で決定できるように、
　医者は必要な情報を与えてくれる。

3. 私達が医者に相談する事は秘密が守られる。

これが専門職（倫理的に誠実な実践者）に対する社会からの期待である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ヒポクラテスの誓い

1. 由来

古代ギリシアの医師集団コス派の文書を中心とする文書群、
Corpus Hippocraticum（ヒポクラテス集典）にある。
紀元前4世紀の「医学の父」ヒポクラテス、あるいは彼の弟子の一人による誓言であると広く信じられ、
一般には「ヒポクラテスの誓い」として流通してきた。

2. 医学校での宣誓

1508年、ドイツのヴィッテンベルク大学医学部で初めて医学教育に採用。
1804年、フランスのモンペリエ大学の卒業式ではじめて宣誓され、
以降医者にとって重要なものとして長らく伝承されてきた。
1928年では、北米の医学校の19%で卒業式の誓いとしていたが、
2004年では北米のほぼ全ての医学校の卒業式に誓われている。

3. ジュネーブ 宣言

ヒポクラテスの誓いを現代的な言葉で表したのが WMA（世界医師会）の
ジュネーブ宣言（1948 年）である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ジュネーブ宣言（医師の誓い）

医師の一人として、

- 私は、人類への奉仕に自分の人生を捧げることを厳粛に誓う。
  私の患者の健康と安寧を私の第一の関心事とする。
- 私は、私の患者のオートノミーと尊厳を尊重する。
- 私は、人命を最大限に尊重し続ける。
- 私は、私の医師としての職責と患者との間に、年齢、疾病もしくは障害、信条、民族的起源、ジェンダー、国籍、所属政治団体、人種、性的志向、社会的地位あるいはその他いかなる要因でも、そのようなことに対する配慮が介在することを容認しない。
- 私は、私への信頼のゆえに知り得た患者の秘密を、たとえその死後においても尊重する。
- 私は、良心と尊厳をもって、そしてgood medical practiceに従って、私の専門職を実践する。
- 私は、医師の名誉と高貴なる伝統を育む。
- 私は、私の教師、同僚、および学生に、当然受けるべきである尊敬と感謝の念を捧げる。
- 私は、患者の利益と医療の進歩のため私の医学的知識を共有する。
- 私は、最高水準の医療を提供するために、私自身の健康、安寧および能力に専心する。
- 私は、たとえ脅迫の下であっても、人権や国民の自由を犯すために、自分の医学的知識を利用することはしない。
- 私は、自由と名誉にかけてこれらのことを厳粛に誓う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 科学技術者の倫理

（1）新しい科学技術者像　村上陽一郎

負の影響を避けるためには、自らの好奇心を抑制し、
研究・技術開発の方向を制御することも、自ら決断しなければならない。

（2）米国アカデミー「科学技術者を目指す人へ」

その発見が社会のある側面に重要な意味を持つと分ったとき、
科学者は社会的な注意を喚起するよう問題を提起する責任がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）新しい科学技術者像　村上陽一郎

1. 社会における他者の生活を、生から死までの全般に亘って左右するような成果もしくは結果を導く可能性があることを認識し、負の影響を避けるためには、自分の好奇心を抑制し、研究・技術開発の方向を制御することも、自ら決断しなければならない。少なくとも、専門家として、自らの開発成果の、社会に対する負の効果に対して、常に敏感であり、それを制御する方法の案出にも責任を感じ、それを実践できるような、そういう科学技術者の倫理が求められる。

2. 専門家としての経験と知識が、常に、そうした義務の遂行に最適・最善であるとはいえない。

→ 科学技術の世界で起こっていることを、常に一般の社会に対して開示、説明する義務が生まれてくる。（社会の許容の基に、科学技術がある）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）米国科学アカデミー

「科学技術者を目指す君たちへ」

1. その発見が社会のある側面に重要な意味を持つとわかったとき、
   科学者は社会的な注意を喚起するよう問題を提起する責任がある。

2. 異なる意見を持った専門家による公開討論会等を経て、
   学識のある専門家の合意が得られ、それを社会に伝えていく。
   研究の一時停止の間に、安全性を確保するための規範作り。

3. 科学の根底をなす価値観
   誠実、懐疑、公正、共同、公開は不変である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 人工知能学会 倫理指針 序文

1. 人工知能研究は人間のような知性を持ち自律的に学習し行動する人工知能の実現を目指している。人工知能が、産業、医療、教育、文化、経済、政治、行政など幅広い領域で人間社会に深く浸透することで、人々の生活が格段に豊かになることが期待される一方で、悪用や濫用で公共の利益を損なう可能性も否定できない。

2. 高度な専門的職業に従事する者として、人工知能の研究、設計、開発、運用、教育に広く携わる人工知能研究者は、人工知能が人間社会にとって有益なものとなるようにするために最大限の努力をし、自らの良心と良識に従って倫理的に行動しなければならない。

3. 人工知能研究者は、社会の様々な声に耳を傾け、社会から謙虚に学ばなければならない。人工知能研究者は技術の進化及び社会の変化に伴い、人工知能研究者自身の倫理観を発展させ深めることについて不断の努力をおこなう。

人工知能学会　倫理指針について（2017年2月28日公開）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

人工知能（AI）の進化が雇用に与える影響

- 技術革新に伴って、それに関連する雇用が失われるのは時代の常で、今に始まったことではない。
- 例えば、自動車の発明により、馬車の御者などの雇用は失われたが、新たに、
  自動車の製造や運転手などの雇用が産まれた。これは技術の進展に一般的な問題であり、
  AIだけを特別視するのは冷静さを欠いているように感じる。
- 失われる雇用よりも、新たな雇用をどう創出するかを考えるべき。
  産業革命を考えても、技術の発展を無理やり止めるのは不可能である。
  技術革新による雇用の代替や創出は、一般的な問題として、かつてから存在しており、
  人工知能（AI）だけの問題ではない。
- しかし、技術革新による雇用の代替や創出が人や社会に与える影響
  （例えば、必要なスキルの変化や 平均賃金の増減など）は、技術や時代背景などにより
  様相が異なっていることが、過去の技術革新の経緯から読み取れる。
- 今後、人工知能（AI）による技術革新が雇用にどのような変化を生み出し、
  それにどのように対応していくか、その影響を冷静に見極める必要がある。

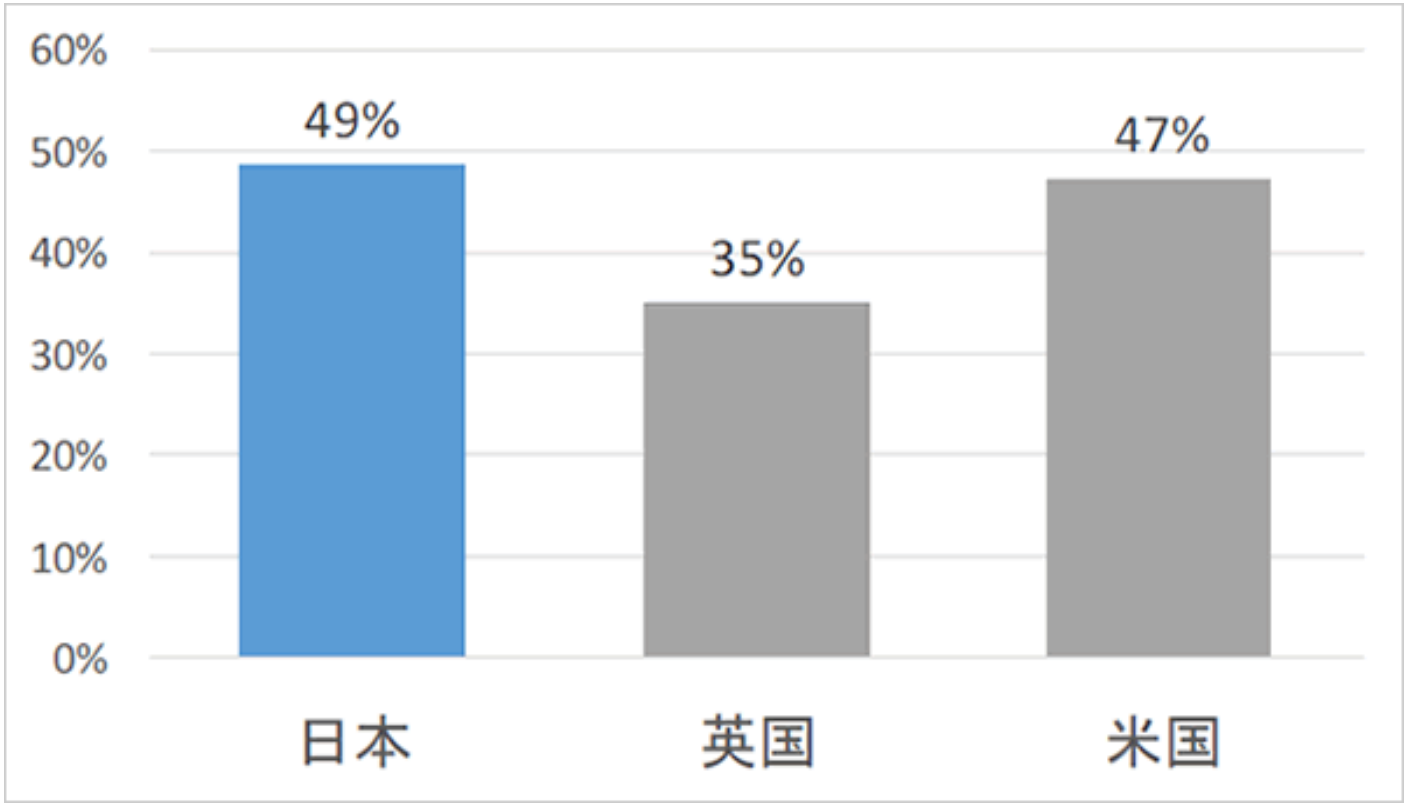
平成28年版 情報通信白書 第1部 第3節 人工知能の進化が雇用に与える影響

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

日本の労働人口の49%が人工知能やロボット等で代替可能に!

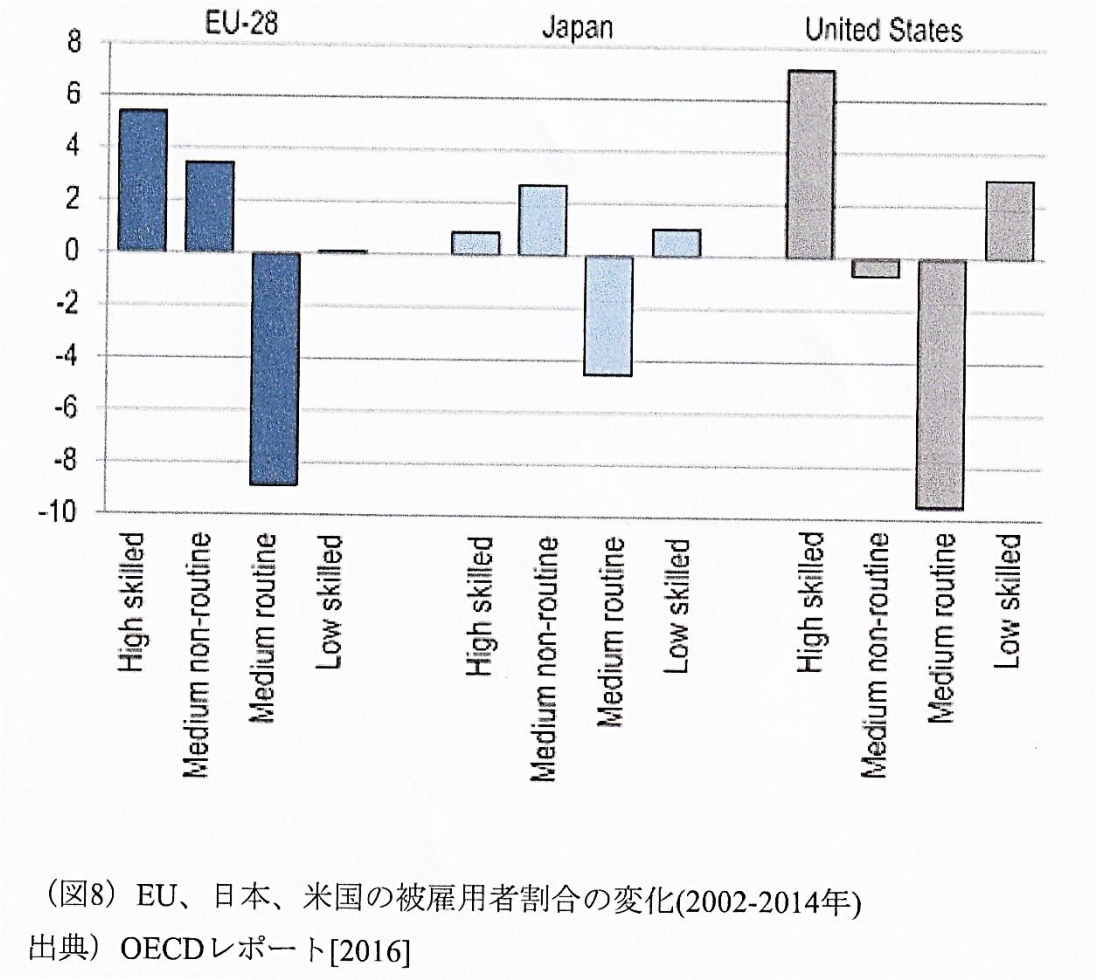
～601種の職業毎に、コンピューター技術による代替確率を試算～

2015年12月02日　株式会社野村総合研究所



https://www.nri.com/jp/news/2015/

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan



（図8）EU、日本、米国の被雇用者割合の変化(2002-2014年)
出典）OECDレポート[2016]

＜需要が増加＞

- 専門的な技能を必要としない低スキルの仕事
- 技能を要する高スキルの仕事

＜需要が低下＞

- 中程度の スキルを要する仕事

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

AI倫理が問われる理由

AIが多くの誤りをもたらしうることが、AIの倫理的側面がクローズアップされてくる最大の原因である。誤りの責任を誰が負うかが問われて来るからだ。

「間違えるAI」という前提において、誤りが生じたときの責任などの倫理的問題を解決しない限り、現在のAIは実際上、使い物にならない

西垣 通、河島茂生「AI倫理,人工知能は「責任を取れるのか」P30−31（2019年）中央公論出版社

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

科学技術者に期待されること

1. 科学技術者は、
   これらの技術や製品・設備を開発・設計する。
   → どこまでのリスクを許容できると判断するか？

2. 科学技術者は、批評家ではなく、問題の当事者である。
   → 当事者として、解決策を問われ、その「結果責任」を問われる。

3. その時、科学技術者を支えるものは何か？
   → それは、一人ひとりの“Philosophy”である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考書

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安企画推進員講習

技術者倫理と リスクマネジメント その2

東京工業大学 環境・社会理工学院
特任教授 中村昌允

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクマネジメントとは何か？

1. 問題が発生した後で、その再発防止に取り組んできた。
   失敗に学ぶという処方では限界があり、リスクマネジメントの必要性が大きくなってきた。

2. リスクマネジメントは、
   「好ましくない影響をコントロールする」と解釈してきたが、
   ISO／IECガイド73によってリスク概念が変化した。

ガイド51	1990年発行　2003年 ISO－12100 危害の発生確率およびその危害の程度の組み合わせ
ガイド73	2002年発行　2009年 ISO－31000 事象の発生確率と事象の結果の組み合わせ リスクは顕在化した影響として、 好ましくない影響と好ましい影響を共に含み、又期待値から乖離しているもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクとは

the possibility that something bad,
unpleasant, or dangerous may happen

行為者が自ら危険を認識しつつ、敢えて、その危険に挑むこと利益を求めながら、
それを行うことによって被る負の要素（人間が利益を求めることの代償としての危険）

リスクには「人間の意志」と「可能性」が絡む。

Example ：「立ち入り禁止」を英語ではなんと言うか？

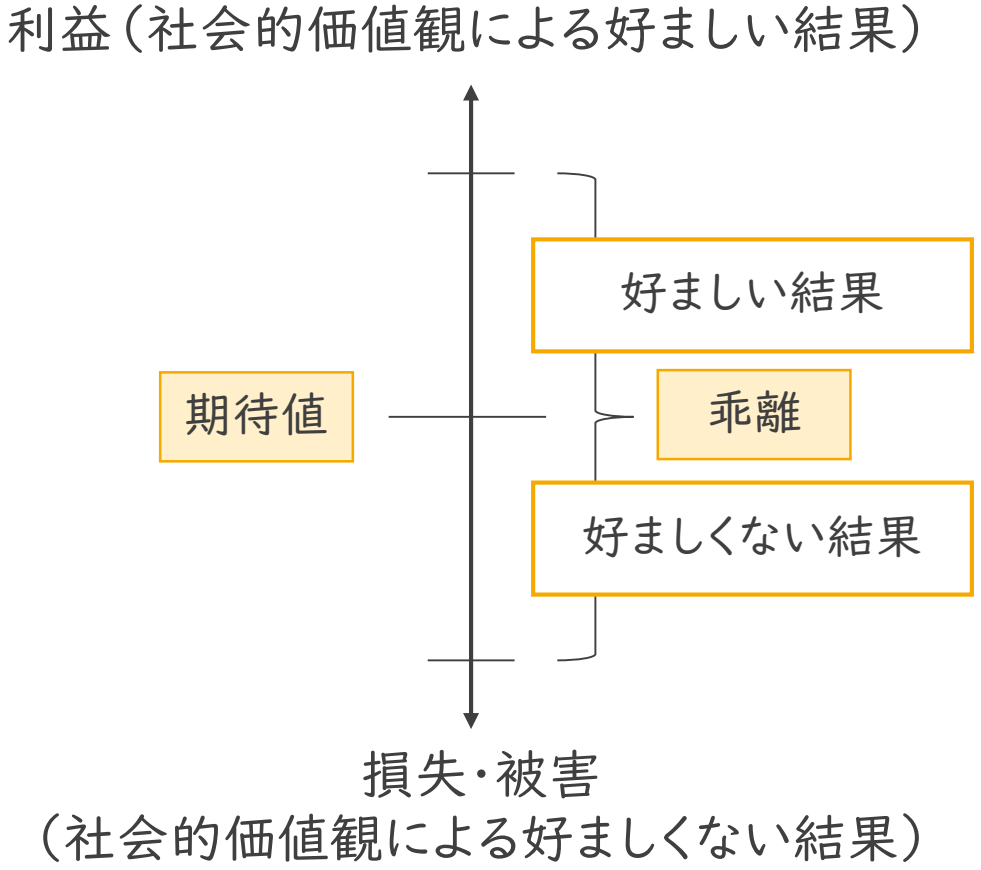
「Beyond this barricade at your own risk」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクとは何か？

リスクは二つの性質（ガイド73）

1. その事象が顕在化すると、
   組織にとって何らかの影響が発生する。
2. その事象がいつ顕在化するかについて、
   発生の不確かさがある。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクマネジメント

<リスクマネジメントのポイント>

リスクを分析することではなく、不確かさに対処するために、意思決定を行うことである。

①リスクマネジメントは、経営者の責任において実施すべき
経営管理業務（マネジメント）である。

②管理する対象は、起きてしまった事故や不祥事ではなく、
これから影響を与える可能性のある“リスク”である。

③組織として考えるべきリスク

- 組織自体や従業員に影響を与えるリスク
- 組織が消費者や社会に対して与える可能性のあるリスク

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ISO 31000の構造とプロセス

野口和彦「リスクマネジメント」日本規格協会

二つの流れ

1. ファイナンスのリスク管理
   リスクを事業者主体者自身への
   好ましくない影響のコントロール
   事業への利益を出すということが、
   前提になっており、対策の可否は、
   総合的な経済原理の中で議論される。

2. 社会や消費者へのリスク
   受け入れられる好ましくない影響は、
   ある限度があり、技術的限界や
   経済的制限は考慮するものの、
   可能な限り低減するべきである。

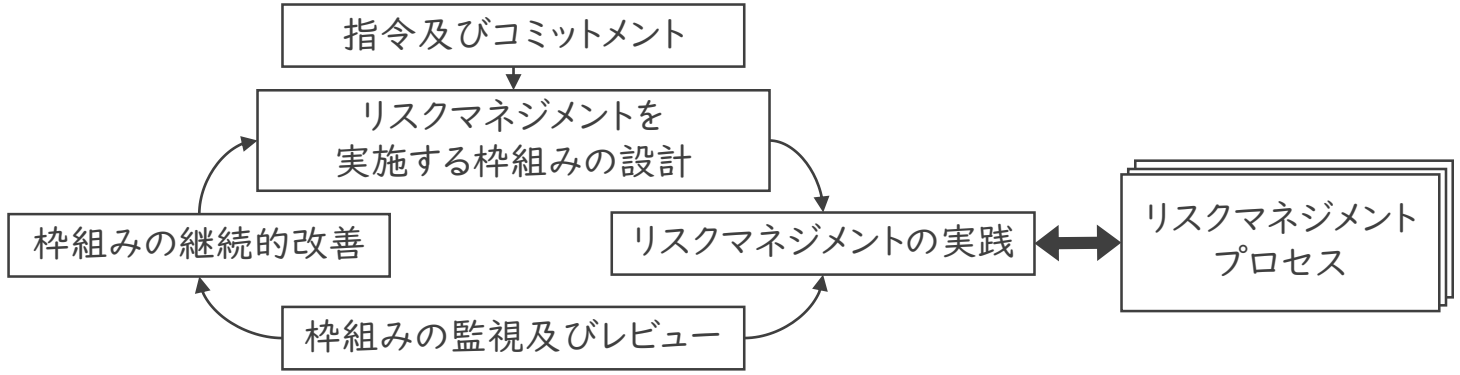


図3.1 ISO 31000の構造図

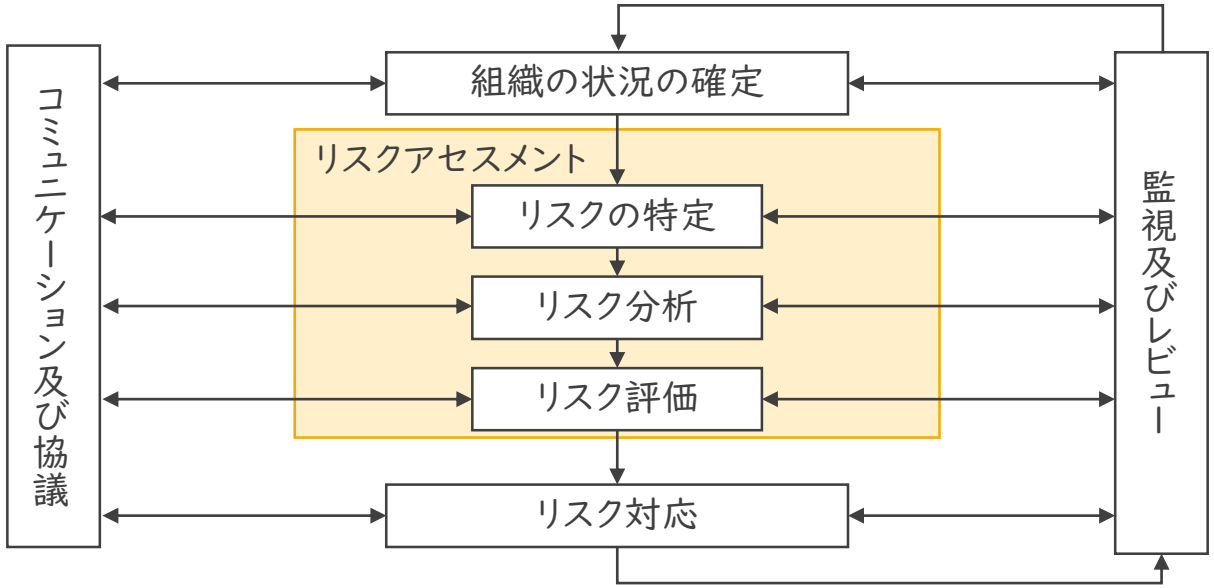
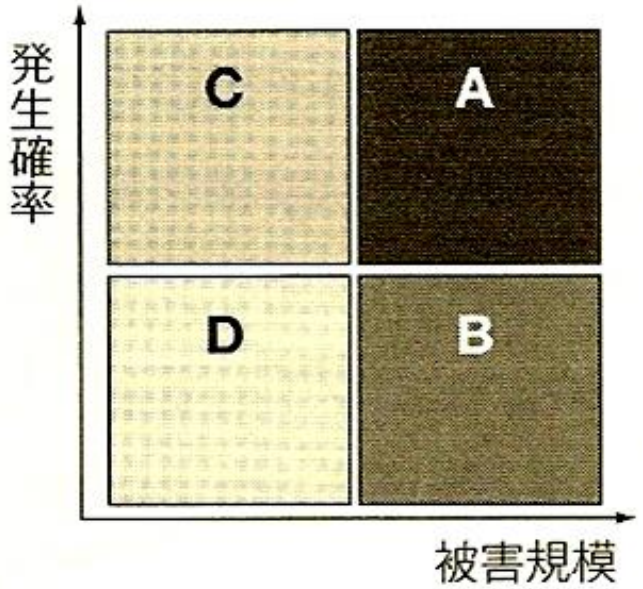


図3.2 ISO 31000のリスクマネジメントプロセス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスク評価:リスクの重要性に関する領域の説明



領域	領域内容
A	顕在化した場合の被害も大きく,発生確率も大きいリスク. 最優先事項として被害影響の低減対策を実施する領域.
B	発生確率は相対的に小さいが, 顕在化した場合の被害が大きい領域. 発生確率がある値以下では,保有,移転という対策となるが, 組織として対策の優先順位がCよりも高い場合が多い.
C	発生確率は大きいが,被害が小さな領域. 日ごろ経験することが多い領域でもある. 被害額が一定の値より小さな場合,保有してもよい領域である.
D	組織としてそのリスクを許容してもよい領域.

出典:野口和彦 「リスクマネジメント」 p115~p117 日本規格協会

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 福島原発事故におけるリスクマネジメントからみた課題

（1）緊急事態への対応

緊急事態が発生した時の判断は、現場でないとできない。

→ 平常時から、「緊急時の判断は現場に委ねる」ことをルール化。

本社は行政との対応、後方支援がメインになる。（それしかできない）

（2）リスクアセスメントは、機能したか？

平成21年7月、原子力・安全保安院は、「耐震安全性」OKと評価した。

「津波」「屋外施設」は、危険源として取り上げられたが、

リスク低減の検討対象とならなかった。

（3）福島第一、第二、女川、東海第二は、いずれも「想定を超える津波」に襲われたが、

福島第一は電源が確保できず、深刻な被害となった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

緊急事態への対応

1.緊急事態における責任と権限

（1）誰が、判断し行動できるか？

それは、第一線にいる現場の技術者である。

（2）その時、トップはどのようにあるべきか？

後方支援と対外折衝

2.緊急事態における情報連絡の一元化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

<3月12日の主要な時系列>

12:00頃 社長が海水注入の準備について確認・了解
14:50頃 社長が海水注入の実施について確認・了解
14:53頃 淡水の注入停止 (これまでに8万リットル注入)
15:18頃 準備が整い次第、海水注入する予定である旨を原子力安全・保安院等へ通報
15:36頃 水素爆発
18:05頃 国から海水注入に関する指示を受ける
19:04頃 海水注入を開始
19:06頃 海水注入を開始した旨を原子力安全・保安院へ連絡
19:25頃 当社の官邸派遣者からの状況判断として、
「官邸では海水注入について、首相の了解が得られていない」との連絡が、
本店本部、発電所にあり、本店本部、発電所で協議の結果、
いったん注入を停止することとした。
しかし、発電所長の判断で海水注入を継続された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

「何が課題であったか？」

1. トップの了解とは、何を意味するか？

   ⇒ 現場は、その指示のもとに行動している。

   トップ（社長）が了解したことは、トップが官邸と折衝する。

2. 現場は、水素爆発が起きた緊急事態にあった。

   ① 緊急時、現場と本店との対策会議の実施は可能か？

   ② 現場は、本来の指揮系統（本店）以外の官邸からの問合せや指示に対応できたか？

3. 吉田所長は、本店指示を無視して、海水注入を継続。

   ⇒ これをどう考えるか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

<ポイント>

1. 地震発生、そして、津波発生後に緊急電源を失い、「冷却不能」になった。

2. 迫りくる事態「炉心溶融」への対処は、迅速な決断と行動が必要。

3. 誰が、この事態をよく認識し、判断できたか？
   そして、意思決定できるのは、誰か？

＜現場が判断することと、経営者が判断することとの違い＞

① 緊急事態の判断は、現場でないとできない。

② 技術の専門事項、安全に係る判断は、専門家。
   ⇒平常時から、ルール化しておく必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

国会事故調査委員会発表

＜国会事故調「論点整理」の骨子＞

1. 東京電力が全員撤退を決定した形跡は見られない。
2. 官邸関係者からの頻繁な電話や初歩的な質問などにより、
   現場は余分な労力を割かれた。
3. 東電は単なる官邸指示の伝達役になった。
4. 放射性物質拡散予測システム（SPEEDI）による予測計算は、
   初動の避難指示に活用できないものだった。
5. 情報発出側の責任回避に主眼が置かれ、住民の健康と安全は顧みられなかった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考：JR東日本 津波への対応

2011.3.11の津波で
駅・列車ご利用中のお客様の死亡ゼロ

現場は、そして社員は、
どのように対応したのか。

出典：西野史尚（当時 安全担当執行役員、現副社長
MOTシンポジウム2012講演資料「JR東日本における安全と地震への取り組み課題」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

JR東日本対応の概要

（1）鉄道利用者の死亡ゼロは、
　　現場の指令、社員の自律的な行動によって、達成された。

（2）本社対策本部は、
　　要員・物資の支援と行政との対応であった。

（3）成功の要因

① 現地の指令は、津波危険区域外であったので、待機指示を出したが、
　乗務員が危険と判断して、指令に避難の了解を取った。

② 「警報受信時は、空振りしてでも避難する」という方針が徹底されていた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

緊急時の体制

1. 緊急事態発生時に、トップは包括的な指示は出せるが、
   的確に判断できるのは、現場である。

2. 緊急事態においては、安全に絡む判断等、技術者がすべき決断を、
   現場に委ねることを、ルール化しておくことが必要。

3. しかし、経営に大きな影響を及ぼす決断を、現場で実施することは、
   現場にとって大きな負担となる。トップが関与せざるを得ない。

   ⇒ 現場にどこまでの権限を委譲するかのルールを、平常時から決めておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. リスクアセスメント（RA）の課題

1. リスクアセスメント
   ① アメリカから、原子力発電技術を、日本に導入する際のRA
   ② 地盤を、35mから10mに掘り下げた時のRA
   ③ 電源喪失リスクに対する備え（原発運転停止後も発熱が続く）

2. 中越沖地震で新たに活断層が問題になり、耐震安全性再評価。その見直しの機会が活かされなかった。
   ① 津波対策は、耐震基準見直し時にリストアップされたが、未実施。
   一度「OK」としたことの見直しを、関係者に説明することの難しさ
   ② 日本社会に、「絶対安全」といってきたこととの整合性

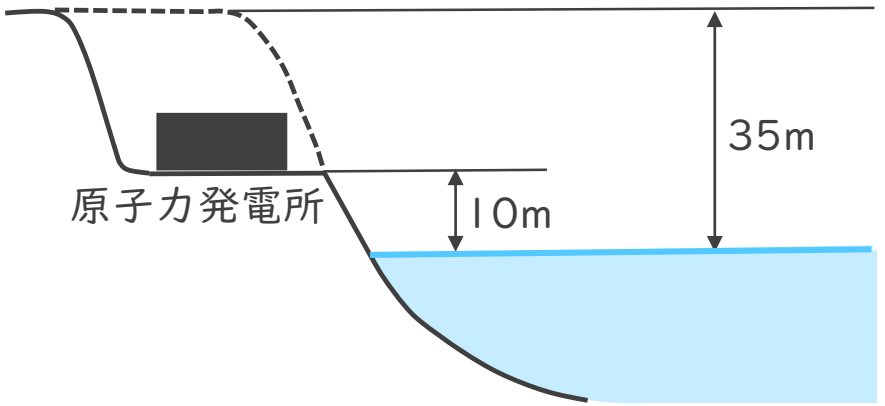
3. 「想定外」の事態
   ① 技術者は、「想定した範囲」しか、考えることができない。
   →日頃から、想定の範囲を広げるよう努める。（T字型人間）
   ② リスク低減措置を講じても、残っているリスクがある。
   → これをどのように、関係者で情報を共有し、対処するか！

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）原子力発電所を日本に導入時のRA

1. 原発技術を日本に導入するときに、
   アメリカとの立地条件の違いをどのように検討したか？
   （1）アメリカ　：　大河のほとりに立地
   　　最も恐れていたのはテロ　⇒ 重要施設は地下に設置
   （2）日本　　：　海岸に立地　⇒ 日本の環境に合わせたRA

2. 福島第一原発の建設時、建設地盤は35mあったが、10mに削られた。
   最大の高潮に対する RAは、どのように行われたか？
   （当時の津波の想定：最大　5.7m）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2)なぜ、見直しの機会が活かされなかったか？

1. 平成21年7月、中越沖地震で「活断層」が問題になったので、
   原子力安全・保安院は、 福島原発の耐震安全性の見直しを実施した。

2. この時、採られた方法は、安全上重要な建物、機器の再評価で、
   津波や屋外設備等は次の機会に評価されることになった。

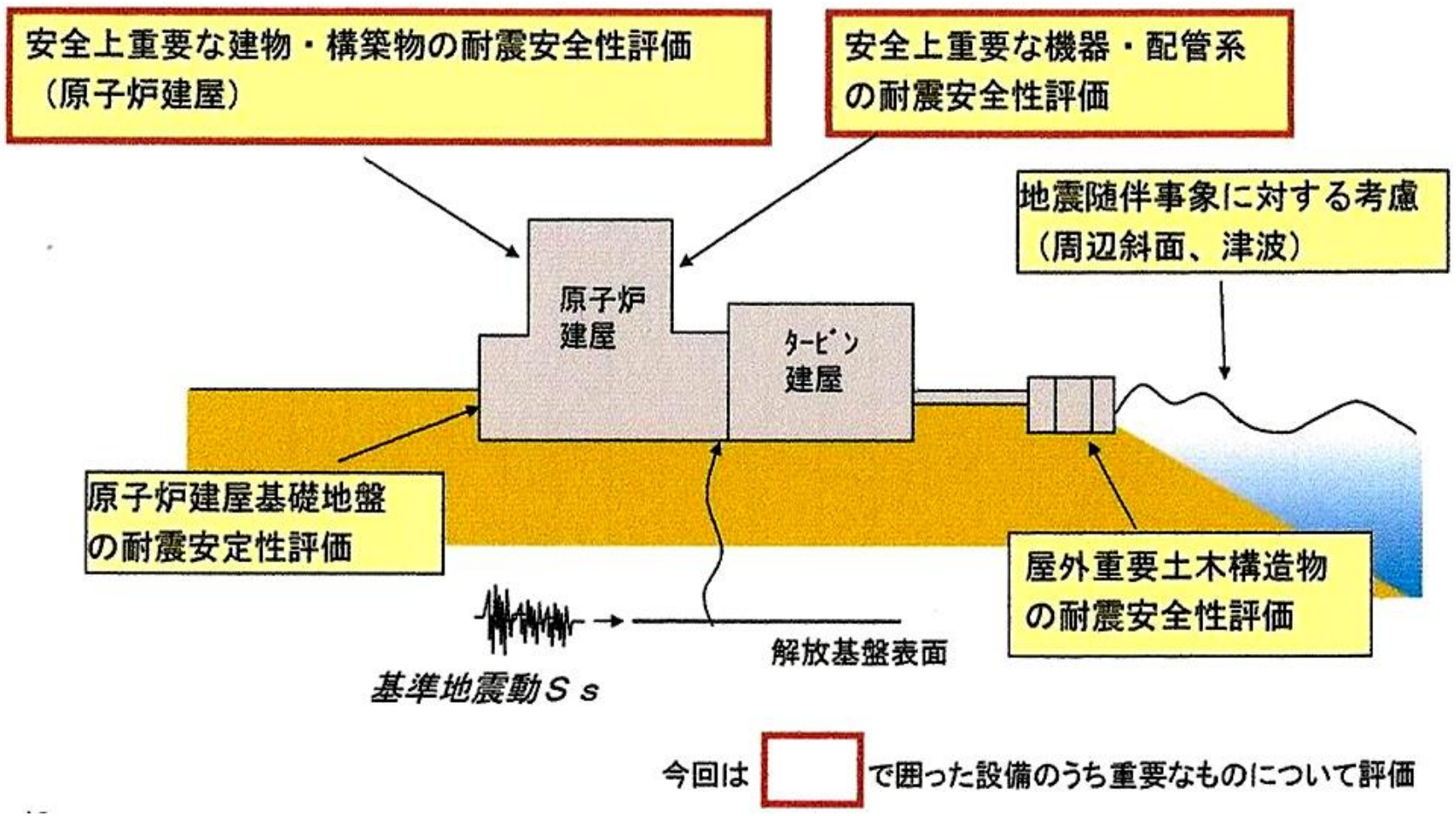
当事者が重要と思わないと、リスク評価の対象とならない。
周辺設備は、対象から外されることが多い。

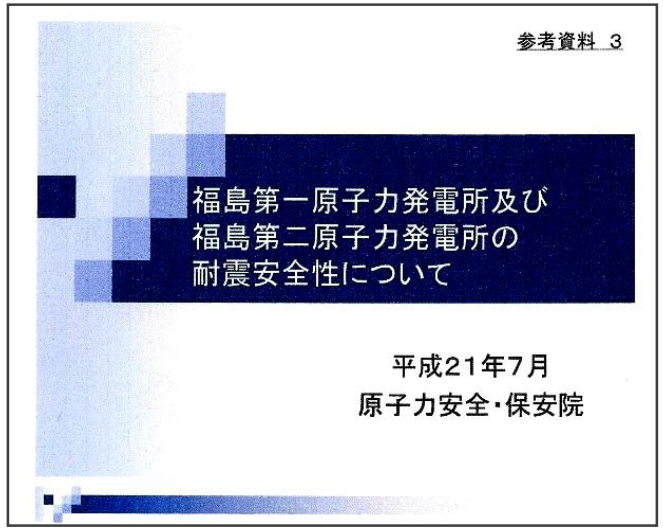
⇒どのように、リスクアセスメントを行なえば良いのか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

バックチェックの方法（耐震安全性評価）

基準地震動Ｓｓを策定し、下記の施設等の耐震安全性評価を実施。





平成21年7月　原子力安全・保安院
「福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所の耐震安全性について」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクアセスメントの課題

（1）危険源の絞り込み

危険源としてリストアップされても、評価者が『危ない』と思わないと、
リスク低減策実施の対象とならない。

① 危険源を網羅的に上げることは、必要条件であるが、
すべての危険源に対策を講じることはできない。（経営資源には限りがある）

② 危険源を絞り込むには、リスク評価者の専門的能力と、実務経験が求められる。
→ リスク評価者は、複数部門の参画が必要
リスク評価専門家の育成

（2）リスク評価：受け入れ可否の判断

どこまでを許容するか？（受け入れるか？）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

結局は、経験と専門知識によって、絞り込む

羽生三原則「天才棋士は何手先まで読むのだろう」

一番最初に使うのが、「直感」

一つの場面で約80通りの可能性がある。その中から二つか三つを瞬時に選択する。

その上で、「読む」

三つの選択肢には三つの選択肢があり、さらに三つ…そう考えていくと、
3の10乗、6万通りにもなってしまう。その一つ一つを確かめることはできない。

3番目に必要になるのが、「大局観」

ここは積極的に動いた方が良いと大局観でわかれば、積極的な選択はどれかとだけに集中して考える。
大局観とは状況判断ができる力、本質を見抜く力である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3)「想定外」は想定できるか？

① 「想定」は考えるために、必要不可欠。

人間は「これについて考える」という領域を決めないと、
考えることができない。
どの領域について考えるのかを、(境界線を決めて)
その中のことを考えることで、頭が回りだす。

② 「想定」の外の事柄には、人間は考えが及ばない。

③ 境界は、人それぞれに領域がある。
その人によって、広い領域や狭い領域を設定する。

畑村洋太郎:「想定外」を想定せよ」 第1章 想定とは何か NHK出版(2011年)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. リスクマネジメント（狭義）の課題

（1）福島第一、福島第二、女川原発のいずれも想定を超える津波に見舞われたが、
　　福島第一は、致命的事態となった。

（2）原発は、「電源が切れたら、すべて終わり」という構造上の問題があった。
　　それに対する事前の備えができていなかったことが、根本的な問題である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）なぜ、福島第二・女川は大丈夫だったか！

	福島第一	福島第二	女川
地震想定	マグニチュード6.5に対し、9.5	マグニチュード6.5に対し、9.5	
津波想定	5.7mに対し、約15m	5.7mに対し、約7m	約9mに対し、約13m
	① 外部からの電力供給を受けられなかった。 ・送電鉄塔倒壊 ・送電網とルート倒壊 ② 津波により、 ・非常用発電機冠水 ・海水系ポンプ冠水 ・配電盤冠水 →非常用電源を失う。 1基助かる。（空冷式）	① 非常用発電機気密性の高い原子炉建屋内に設置 ② 地震発生当日に、外部電源が使用可能になる。	① 標高15mに施設建設 地下部分の一部浸水に止まる。 ② 外部からの電力供給があった。
停止状況	・1～4号機爆発 ・5,6号機、20日冷温停止	15日までに全基が、冷温停止。	12日未明までに、3基全て冷温停止。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）政府事故調 核心解説

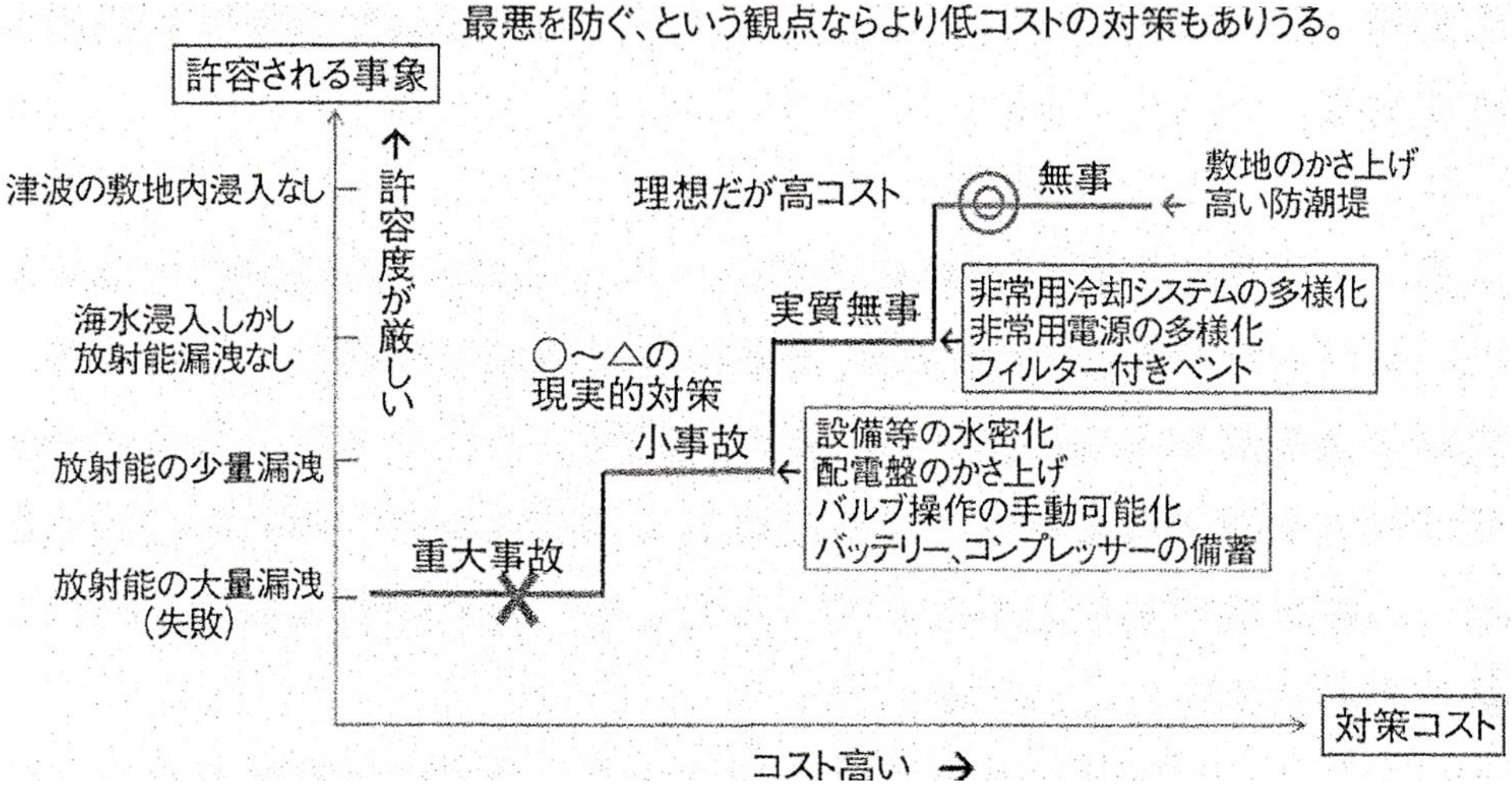
以上の海外での安全対策を見ていると、日本の“安全神話”とはいったい何だったのか、と言いたくなる。日本の原発技術は、材料技術、機器の信頼性および地震対策などの面で優れていたと思われる。しかし、それらのほとんどは「小さな事故を起こさない」ための技術であり、ある程度の規模の事故が起こってしまった後の「減災のための安全技術」は含まれていなかった。

つまり、日本は「小さな事故を起こさないためには神経を集中させてきたが、いったん事故が起こった後のことを十分には考えてこなかった」と総括できるように思う。

畑村洋太郎、安部誠治、渕上正朗：
「福島原発事故はなぜ起こったか 政府事故調核心解説」P77（2013年） 講談社

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

津波に対する安全コストと許容される事故の過酷度



畑村洋太郎、安部誠治、渕上正朗：
「福島原発事故はなぜ起こったか　政府事故調核心解説」P78（2013年）　講談社

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）加藤尚武 京都大学名誉教授

＜安全性工学への疑問＞

原子力発電所の安全の設計原理（PSA）には、
確率の基礎概念として「期待値」が使われている。
「期待値」は、「低い確率で大きな損害＝高い確率で小さな損害」
に基づいているから、
「異常な危険は、事実上リスク・ゼロにせよ」を吸収できない。

無過失責任の原理の前提
「低い確率で大きな損害≠高い確率で小さな損害」

重大なあるいは不可逆な損害が生じる恐れがある場合には
確率論的安全評価は使えない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクマトリックス（通常）

向殿政男　よくわかるリスクアセスメント（中災防新書）

頻度＼ひどさ	1 無視可能	2 軽微	3 重大	4 破局的
信じられない	1	1	1	1
起こりそうにない	1	1	2	2
あまり起こらない	1	2	2	2
ときどき	2	2	3	4
かなり	2	3	4	4
しばしば	3	4	4	4

1　無視可能なリスク　2　許容可能なリスク　3　受け入れられないリスク　4　全く受け入れられない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクマトリックス（見直し）

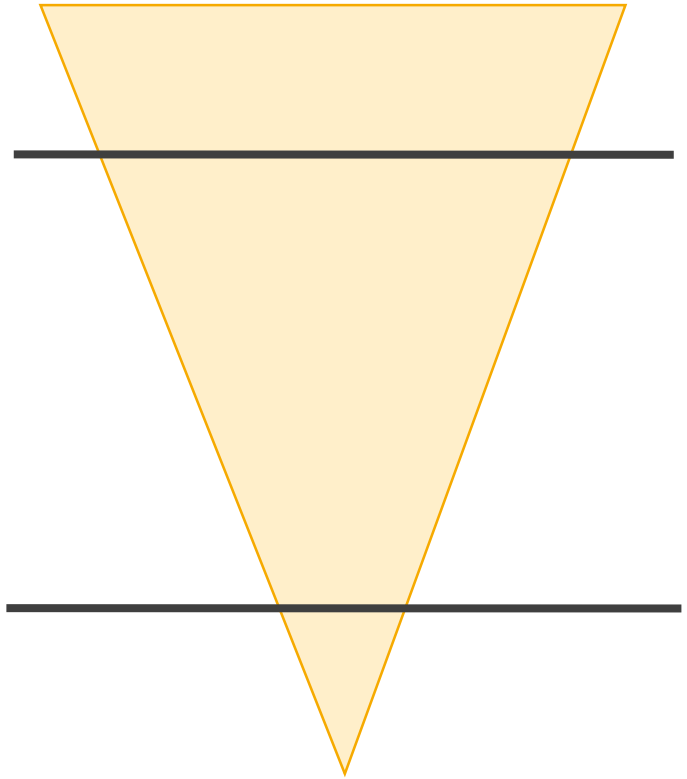
向殿政男　よくわかるリスクアセスメント（中災防新書）

頻度＼ひどさ	1 無視可能	2 軽微	3 重大	4 破局的
信じられない	1	1	1	4
起こりそうにない	1	1	2	4
あまり起こらない	1	2	2	4
ときどき	2	2	3	4
かなり	2	3	4	4
しばしば	3	4	4	4

1　無視可能なリスク　2　許容可能なリスク　3　受け入れられないリスク　4　全く受け入れられない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）日本学術会議「工学システムの安全目標」



基準 A

工学システムが如何に社会に対して
有効な機能を有していても、
最低限満足すべき目標

基準 B

満足すれば無条件で許容できる
更なる改善を必要としない

1．基準A：社会との合意によって決まる。
2．基準B：関係者間の合意
3．基準Aと基準Bとの間の領域は、ALARPの原則に則って判断

2014年9月17日 日本学術会議総合工学委員会 工学システムに関する安全・安心・リスク検討部会

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

石油化学工業協会の事故評価基準

強度レベル（ポイント）	人の健康	火災・爆発	漏洩の潜在的影響	環境への影響（環境対応費用）	社会への影響（参考データ）
1（27）	複数死亡	直接的被害額10億円超	複数死亡の可能性のある放出	2.5億円超	（参考；レベル2）
2（9）	1名死亡	1億～10億円	構外で死亡の可能性のある放出	1億～2.5億円	
3（3）	休業災害	1千万～1億円	敷地内放出	1億円未満	（参考；レベル3）
4（1）	応急手当	250万～1千万円	放出が二次防護施設内でしきい値以上	短期的な改善対応	（参考；レベル4）
5（0.3）	レベル4未満	250万未満	レベル4未満	レベル4未満	-

＜米国化学プロセス安全センター（CCPS）評価法＞

- 「プロセス事故・災害の防止」を目的に提案している評価方法で、「人の健康」、「火災・爆発」、「漏洩の潜在的影響」、「社会環境への影響」の4項目を4段階で評価した総合ポイント数で評価している。
- CCPS評価法は、強度レベルを4段階で評価しているが、石油化学工業協会は、軽微な事故（強度レベル0.3）を加えた5段階で評価している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクアセスメント指針

【指針】

(2)　(1)の検討に当たっては、リスク低減に要する負担がリスク低減による労働災害防止効果と比較して大幅に大きく、両者に著しい不均衡が発生する場合であって、措置を講ずることを求めることが著しく合理性を欠くと考えられるときを除き、可能な限り高い優先順位のリスク低減措置を実施する必要があるものとする。

【施行通達】

１０　リスク低減措置の検討及び実施について

(2)　指針の１０(2)は、合理的に実現可能な限り、より高い優先順位のリスク低減措置を実施することにより、「合理的に実現可能な程度に低い」(ALARP)レベルにまで適切にリスクを低減するという考え方を規定したものであること。

なお、低減されるリスクの効果に比較して必要な費用等が大幅に大きいなど、両者に著しい不均衡を発生させる場合であっても、死亡や重篤な後遺障害をもたらす可能性が高い場合等、対策の実施に著しく合理性を欠くとはいえない場合には、措置を実施すべきものであること。

平成18年3月　厚生労働省「危険性又は有害性等に関する調査等に関する指針　同解説」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

基準A，基準Bを、どの様に考えるか？

（1）基準A

- 発生確率は、10^{-6}／年以下
- 発生確率が「ゼロ」でない以上、事故は起き得る。
  → 災害発生時の影響範囲の極小化が求められる。

（2）基準B

- 関係者間の合意が基本であるが、
  「ゼロリスク思考」の日本社会が了解できるような「ガイドライン」がいる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

基準Aの課題

a 重大事故の発生確率は、10^{-6}／年以下*1

「巨大事故は、発生確率が小さくとも、確率がゼロでない以上、起き得る。」

→ 起きた場合の危害の最小化

① 本質安全化　　（規模の最小化、）

② 安全計装システム　（緊急事態発生時に安全に機械的に停止）

b 地震等の自然災害

想定される原因事象に対し、致命的な事故を発生させないための
設備や体制をつくり、災害が発生した際の体制を整備すること。

c テロに関しては、監視システム等による対応

＊1　工学システムはその性質上、理論的に事故の発生確率を“0”にはできない。
発生確率を“0”にするという目標を掲げると、ほとんどの工学システムが稼働できなくなる。
その発生確率を“0”とする目標をたてるということは、最初からその工学システムの稼働が
認められないという可能性がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 福島原発における津波問題

1. 福島第一原発事故の直接原因

2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震が起きた。福島第一原発は、地震発生直後、外部電源を失ったが、非常用発電機が起動し、原子炉が冷却されていた。しかし、地震発生から約50分後、高さ14～15mの津波に襲われ、地下に設置されていた非常用発電機が海水に浸り故障、さらに配電盤、ポンプ、非常用バッテリーなどの設備が損傷。

→ 全交流電源を喪失した結果、原子炉は冷却不能となり、爆発。

2. 津波対策は事前にとれなかったか？

東電は、2007年7月、吉田昌郎原子力設備管理部長（当時）、武藤栄原子力・立地本部長（当時）らが、津波対策を検討し、福島県沖に史上最大級の津波波源があれば、15.7mの津波があり得ると試算。しかし、防潮堤に数百億円かかること、地元了解を得ることの難しさから、「15.7mは、最も厳しい条件での試算に過ぎず、この様な津波は実際には来ないと判断した」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）津波予測の経緯

1. 土木学会と地震調査研究推進本部とは、異なる見解を出した。

（1）2002年2月　土木学会津波評価部会

・福島第一原発の津波想定は、5.7mとされる。

・福島県沖に、「波源」はない。

（2）2002年7月　地震調査研究推進本部（推本）

・三陸沖から房総沖の海溝沿いのあらゆる箇所で、マグニチュード8クラスの地震が発生しうると発表。

「1896年の明治三陸地震と同様の地震の波源は、三陸沖北部から房総沖のどこでも起こり得る」。

（福島県沖にも津波の波源はある）

2. 総理大臣を本部長とする　中央防災会議は「土木学会」の見解を採用。

・2006年1月25日　「福島県沖と茨城県沖を防災対策の対象から除外する」

（地震調査研究推進本部の見解は採用されず）

3. 2007年4月 吉田昌郎氏 原子力設備管理部部長に就任

・2007年7月　新潟県中越沖地震発生：柏崎刈羽原発：震度6.5の激震

→ 吉田氏は、「東電として、地震を極めて大きい重要課題」と捉え、東電独自での試算に踏み切る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

津波高さ推定

1. 津波の想定高さに関する政府の公式見解

1966年　3.1m　　（1960年 チリ地震津波）
2002年　5.4~5.7m　（土木学会「津波評価技術」）
2008年　5.4~6.1m　（耐震設計指針に基づく再評価）

2. 2008年 東電 （独自試算）:

① 福島沖に、最大級の「波源」があれば、 最大 15.7mの津波がある。
② 「貞観地震」に基づく試算では、　　最大 9.2mの津波

3. 2011年12月 政府事故調 「中間報告」

① 福島第一原子力発電所を襲った津波は、高さ15mを超えた。
② 東電は、15mを超える津波は、「想定外」と主張するが、2008年に、自らの試算で、「最大15.7m」の可能性を検討しながら、対策上は、「6.1m」に抑えていた。
③ 原子力安全・保安院から、津波対策を聞かれた東電は、2011年3月7日、初めて「15.7m」を含む試算結果を報告した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 吉田昌郎氏の考え

1. 地震による津波の可能性を検証し、これまで波源はなかったが、
福島沖に波源があるとすれば、最大15.7mの津波があり得る。

2. この考えを実行に移すには、下記の了解が必要である。
(1) 東電内の了解
(2) 政府の了解
(3) 地域・地元自治体の了解

3. 東電・政府内の認識を変更するには、学会の公式コメントが必要。
現状は、2006年の「中央防災会議の見解」が、共通認識。
<2002年2月　土木学会津波評価部会>
・福島第一原発の津波想定は、5.7mとされる。
・福島県沖に、波源はないとされていた。
→ 土木学会に見解見直しを求め、その見解に基づいて対策実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

津波対策に対する「吉田調書」のポイント

1. 津波が来ると決まったら対策を実施する。（間違いなくそう思っていた）

2. その対策は、防潮堤かどうかは並行して検討する。
   仮に防潮堤を作るとすれば、どれぐらいの金が要るかを見積もる必要がある。

3. 東電は、柏崎で4000億円、その水平展開で1000億円の金を使用している。
   さらに、津波対策をとなると、予算を別途計上する必要がある。
   経営に、ある程度の金が必要であることを覚悟してもらう必要がある。

4. そのためには、どの程度の防潮堤を作ることが必要かを見積もる必要がある。
   「何メートルの防潮堤を作るか」のデザインベースの提案が必要になる。
   → ① 土木学会は、以前 5.7mと見積もっているが、再検討をお願いしている。
   ② 土木学会の結論が出てこないと、別途計上予算を説明できない。

門田隆将「吉田調書を読み解く」p221～p254（PHP）（2014）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 女川原発との違い

<ポイント>

「東北地方を869年に襲った貞観津波の再来をどうみるか」

(1) 古文書には、「貞観津波による溺死者が千余人にも及んだ」との記述があった。

(2) 平井弥之助元副社長：

女川原発建設当時、津波の波源は分っていなかった。
しかし古文書記録から「大津波に備える必要がある」と力説。
「法律や規程・基準を超えて、自然に対する畏れを忘れず、
技術者として結果責任を果たす」と指導。

→ 女川原発の海水ポンプは14.8mの敷地高さとした。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）何が問われているか

1.「不確実な状況下での意思決定」の難しさ

（1）東電は、「巨大津波に襲われると、深刻な被害をもたらすこと」を、自ら試算。
福島県沖にマグニチュード8（過去最大の地震）クラスの波源があれば、
最大15.7mの津波の可能性を試算していた。

（2）しかし、東電は、下記の理由で決断できなかった。

① 福島県沖には、有史以来そのような波源はなかった。

② 政府見解：「最大6．1mの津波で、福島県沖は防災対象から外れていた」

③ 防潮堤の建設には、数百億円の投資が必要。（別途予算計上が必要）

④ 防潮堤を築くには、地元の了解が必要である。

2. 地震学者達の巨大地震の警鐘は採用されなかった。

東電は、一部学者の意見として受け止めた。
「福島県沖に波源があるかどうか」は、学者間で見解が分かれていた。

3. 防潮堤を築くことは、難しい決断

しかし防潮堤を築かなかったために、東電は（日本国）は膨大な損失を被った。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

課題

① あなたが、
吉田所長のような東電の責任者であったならば、
津波対策をどの様に実施するか？

② 地震学者は、「津波のリスク」を説明していたといえるか？

③ この事故から、何を教訓とするか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクベース意志決定の社会的受容

北村正晴　東北大学名誉教授

＜基本的了解事項＞

1. いかなる先端技術もゼロリスクはありえない。

2. ある技術を採用するか否かは、その技術の採用に関し、期待できるメリットと、
予測されるリスクの大きさとを、総合的に評価して、決定される事が合理的である。

3. この採否の決定にあたっては、同等の機能が期待できる競合技術があれば、
それとの相対比較も実施し、その結果を勘案して判断するべきである。

この基本的了解は、欧米諸国では相当程度定着しているが、
日本では社会的な合意形成ができていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安企画推進員講習

技術者倫理と リスクマネジメント その3

東京工業大学 環境・社会理工学院
特任教授 中村昌允

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全マネジメントの前提

- 人間は、過ちを犯す。
- 機械はいつかは壊れる。

- 人間は本来ミスを犯すもので、
  常に、事故の可能性を付きまとっていることが、忘れられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ヒューマンファクターの考え方

1. 作業手順や作業環境など、人間がエラーを引き起こしやすい
   状況を見出し、ヒューマンエラーの問題に対する取り組みを積極的に行い、
   有効な対策を積み重ねていっても、「人間の問題」が最後までついてまわる。

2. どんなに対策を講じても、どんなに教育や訓練を受けたとしても、
   ヒューマンエラーを完全になくすことは不可能である。ヒューマンファクターと捉えて、
   被害を最小限に留めることを主眼に置いて、システムを構成する。

3. 人間ほど信頼性の低いものはなく、
   「人間に頼ることを第一とした安全対策は脆弱である」という考え方が、
   安全対策の前提である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ. ヒューマンエラーに関する誤解

（1）ヒューマンエラーは注意力で防げない

表 3.1　人の意識フェーズと信頼率

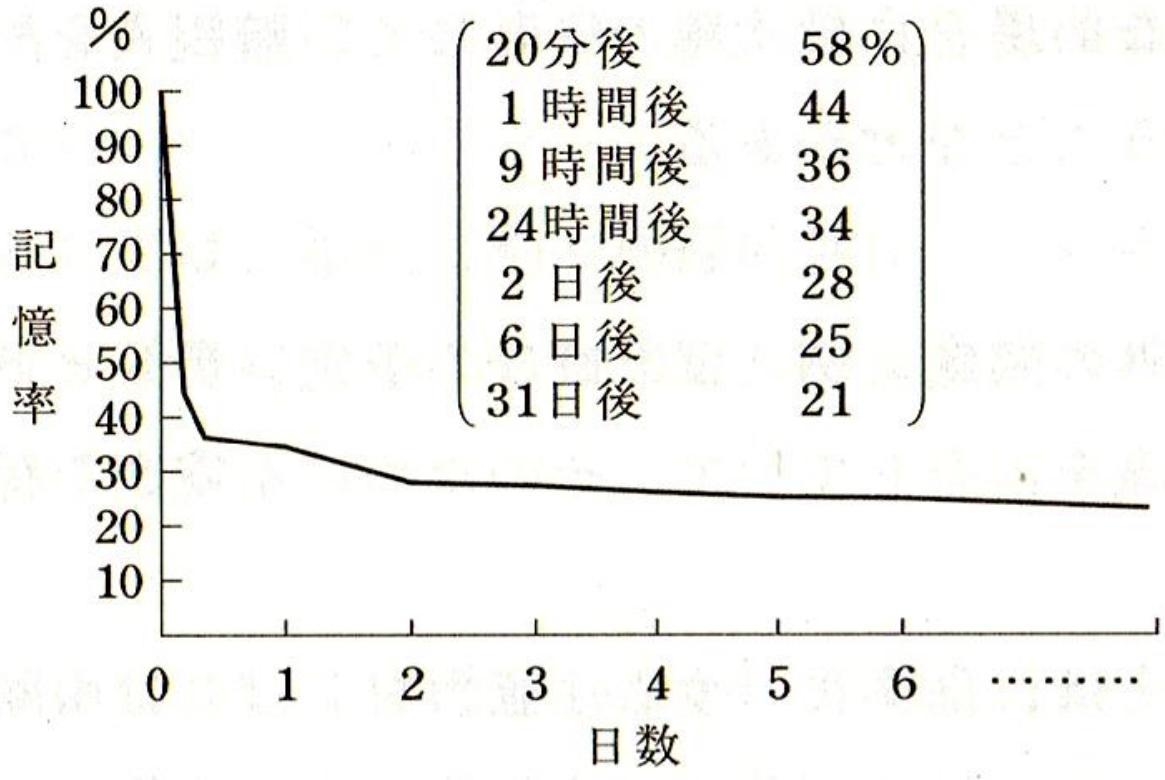
フェーズ	意識のモード	生理的状態	エラー発生率
0	無意識，失神	睡眠	1.0
Ⅰ	意識ぼけ	疲労，居眠り	0.1 以上
Ⅱ	正常，リラックスした状態	休息時，定例作業時	0.01～0.000 01
Ⅲ	正常，明晰な状態	積極活動時	0.000 001 以下
Ⅳ	興奮状態	あわてているとき，パニック時	0.1 以上

［橋本邦衛（1984）：安全人間工学，中央労働災害防止協会，p.94，表 11 をもとに筆者作成］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2)ヒューマンエラーは教育・訓練で防げない

エピングハウスの忘却曲線



大関 親「新しい時代の安全管理のすべて」、P377、中央労働災害防止協会(2002年)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) ヒューマンエラーは確認によって防げない

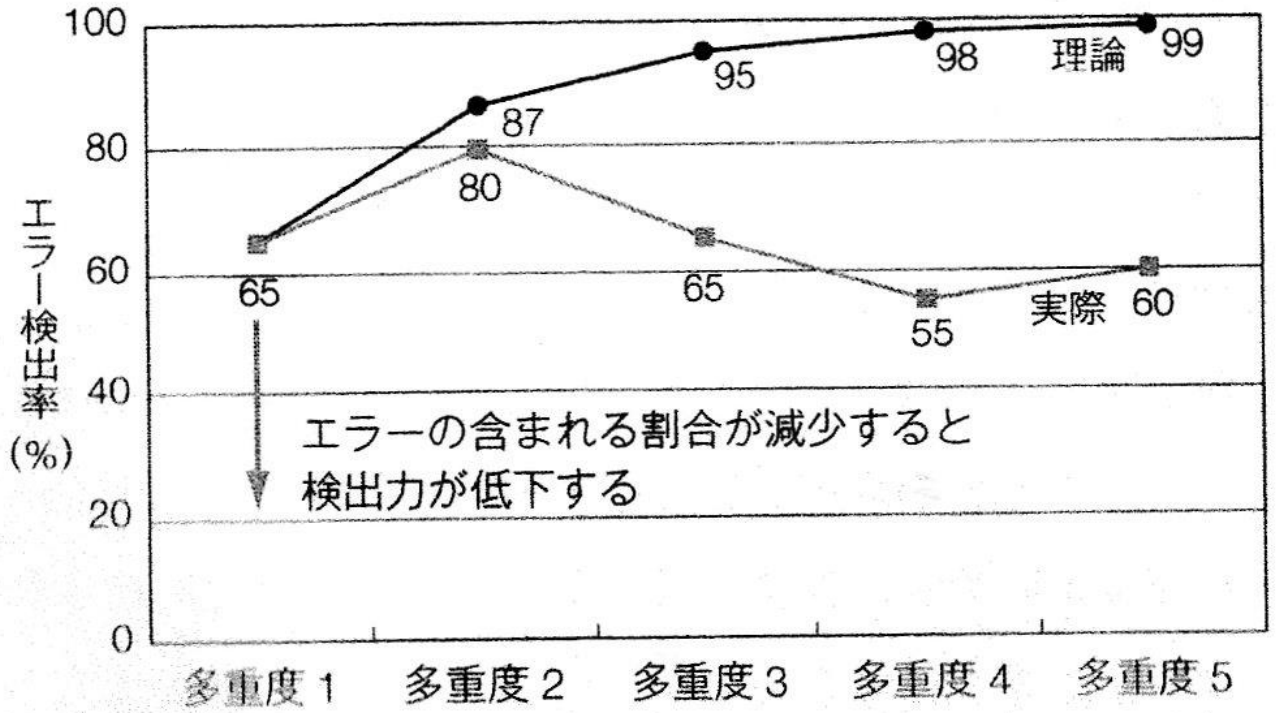


図 3.2 ダブルチェック，トリプルチェックは有効？

[島倉大輔・田中健次(2003)：人間による防護の多重化の有効性，品質，Vol.33, No.3, pp.104–112 をもとに筆者作成]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(4) ヒューマンエラーに対するまとめ

1. **「事故不注意論」の克服**
   - エラーを犯した人間を罰しても、事故の再発は防げない。
   - 事故原因を、「ヒューマンエラー」としてではなく、「ヒューマンファクター」(人間の行動特性)として捉える。

2. **他の人が同じ立場にいても、状況は変わらない。**
   - 事故の当事者が“なぜ、最後の引き金を引くに至ったのか?”“なぜ、引き金を引かざるを得ない羽目に陥ったのか?”

3. **「ヒューマンエラーの本質」とは何かを考える。**

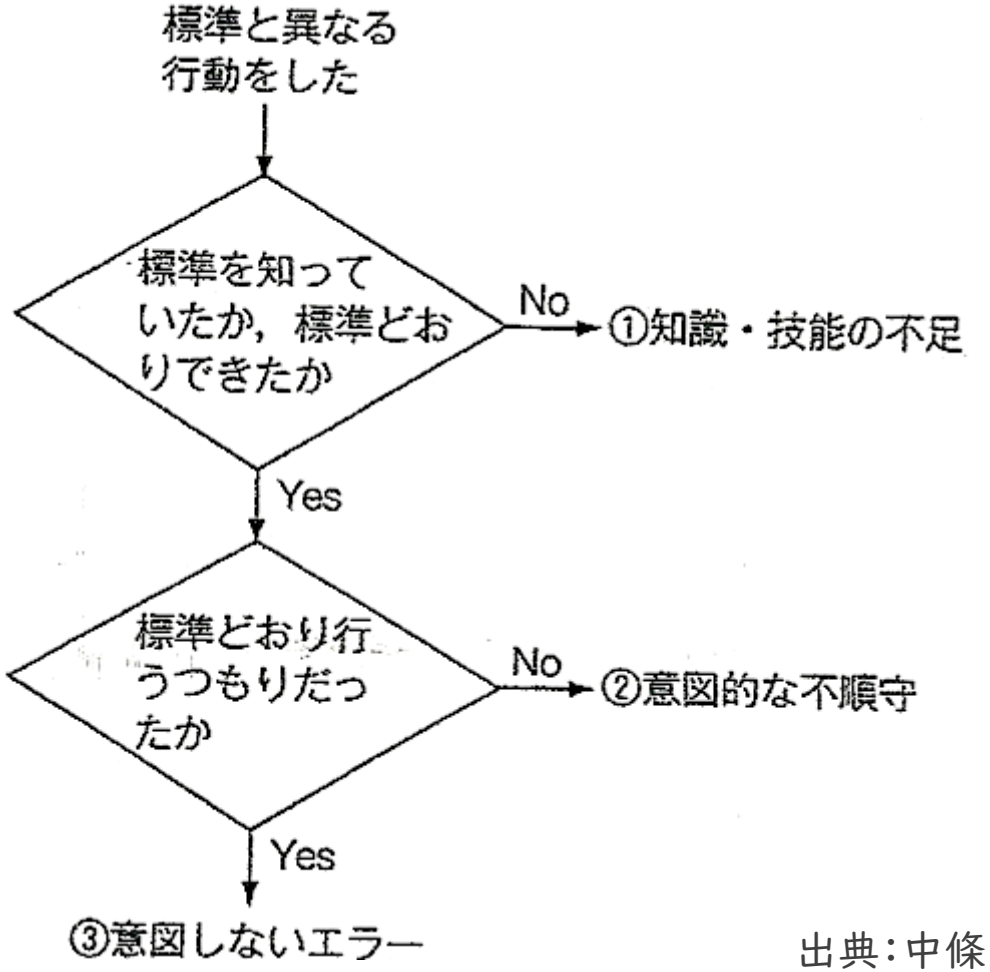
人間の能力には限りがあり、努力や頑張りでは解決できない。
→ エラーが起きにくい“設備・システム”、“作業環境”にする。

欧米の考え方:「人間はミスをする」
「ミスが大事に至らないように、設備・システムを作る」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 何故、人は不適切な行動をとるのか

（1）標準と異なる行動を切り分けるフローシート



出典：中條武志「未然防止とRCA」日本規格協会

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 知識不足に関する問題

知識の不足に対する基本的な対策は、教育・訓練であるが、教育・訓練をすれば十分というわけではない。
知識の不足には、二つの問題がある。

一つ目は、
一人ひとりの能力には限界があるのに、それを超えてルールや基準が設けられていることである。

二つ目は、
ルールや基準の必要性や背景を理解していないために、いざというときには役立っていないことである。

小松原明哲氏

人間の記憶には限界がある。「できないことはできない」ので、人間の能力の限界を超えることを期待することが、ヒューマンエラーに繋がる。

“一度に記憶にとどめられるアイテム数は7個（最大9個）だからといっても、それは根性を出して頑張って覚えようとした場合であって、普通の状態ではせいぜい3個といったところです。
それ以上の項目を見たり聞いたりしても、短期記憶をオーバーフローしてしまい、覚えられないのです。
ですから、朝礼や作業指示などでいろいろいっても、管理者の気休めでしかないというものです。
本当に重要なことを2～3個に留めなければだめです。”

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 何故、人は不適切な行動をとるのか

(3) 意図的エラーの防止(変更管理)

(1) 現場では、日々、種々の変更が行われる

① 全ての変更事項を「変更管理システム」にかけられない。→ 時間もコストもかかる。

② そこで、ほとんどの変更は、現場のライン長が、「変更しても良いか否か」を判断する。

<Question>
今のライン長は、そのような判断力を有しているか?
→組織として、現場の裁量に対するガイドライン

(2) ルール遵守が徹底されていない

「一つ一つの作業や基準値が、どのような意味を持っているか」を理解しないと、
変更が安易に行われ、ルール遵守が徹底されない。

① 「設計の基本思想」と「条件設定の根拠」の見える化

② ルールや基準を理解するための“時間”と“場”

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 何故、人は不適切な行動をとるのか

ライン長の実情

① 管理職の6割が、在籍年数5年以下

② 管理職の業務の実態：

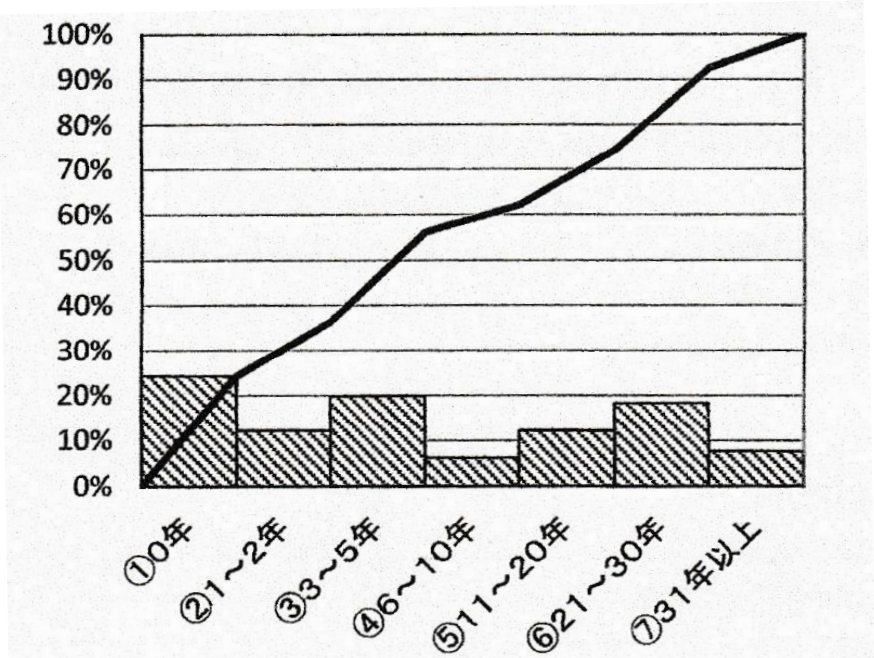


図 49 現在の職場での在籍年数（課長クラス）

＜課長の業務＞	
業務	比率（%）
書類作成	16
書類確認・承認	14
公式会議	15
他部門との調整	10
部下との面接・指導	8
自主的パトロール	7

化学工学会プラントオペレーション分科会「オペレーター意識に関するアンケート調査」（2016年2月）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 何故、人は不適切な行動をとるのか

(4) 意図しないエラーを防ぐには

	内容
トップ	① 標準作業を守ることの奨励
管理	① 現場に標準作業を守ることの重要性を指導していない。 ② 危険予知活動の動機付けと具体的方法の教育 ③ 意図しないエラー事例を、社内外から集め、現場に展開していない。 ④ 注意力に頼った取り組みの限界を理解していなかった。
現場	① 作業前の「危険予知活動」の励行。 ② 標準作業を守っていることを、運転員が、相互に、チェックしていなかった。 ③ 標準作業を守ることの大切さを指導されていなかった。 ④ 注意力に頼り、エラーのしやすさを理解していなかった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

1. JR福知山線脱線事故

事故の直接原因は、運転士のブレーキ操作の遅れである。

しかし、この事故には、いろいろな背景要因がある。

4Mの観点で、総合的に対策を講じる必要がある。

2. 医療事故

産婦人科医師が、医療過誤があるとして訴えられた。

裁判では、無罪になった。

この事故を、「開発危険の抗弁」で考えたい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

事例1　JR福知山線脱線事故

JR福知山線脱線事故は、2005年（平成17年）4月25日にJR西日本の福知山線（JR宝塚線）塚口駅 – 尼崎駅間で発生した列車脱線事故である。
乗客と運転士合わせて107名が死亡、562名が負傷した。

事故の直接原因は、運転手のスピードの出し過ぎとブレーキ操作の遅れである。

事故後、自動列車停止装置（ATS－P)の未設置、
運転中の指令との通話、日勤教育などの問題点が
指摘された。

国土交通省において、約1年間ヒューマンエラーと
事故との関係について検討された。
2006年4月、「公共交通に係るヒューマンエラー
事故防止対策検討委員会　最終取りまとめ」が公表された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

ヒューマンエラー事故防止対策検討委員会 2006年4月 国土交通省

1. 交通事故の多くにおいて、共通する因子としてヒューマンエラーと
   事故との関係が指摘される。

2. 事故やトラブルが発生すると、人間のみが問題視されるが、
   エラーの背後関係を調べ、システム全体で防止策を検討する事が重要。

3. ヒューマンエラーは発生するものとの認識の下に、企業風土や組織のあり方、
   個人の教育、事故防止技術など総合的な対策が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

（1）ヒューマンエラー発生の背景とメカニズム

「ヒューマンエラー」

「ヒューマンエラー」とは、人間と機械が協同して目的を達成するためのシステム（ヒューマン・マシン・システム）の中で、人間の側が自分に割当てられた仕事、or 人間のオペレーターに期待されたパフォーマンスの水準を満たすことに失敗したため、システム全体がトラブルを起こしたり、システムダウンになったものをいう。

- 不注意は災害の原因ではなくて結果
  エラーを犯した人間が、なぜ、そういう不注意を招いたかの背後関係を調べることが重要（「事故不注意論の克服」）
- Man(人間)，Machine(機械)，Media(環境)，Management(管理)の4M、あるいはMission（使命）を加えた5Mの複合原因と捉えて、事故分析を行うことが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

福知山線脱線事故の4M分析

4M	内容
Man	① 運転士のスピードの出し過ぎ ② 運転士のブレーキ操作遅れ
Machine	① 当該箇所に、ATS−Pが設置されていない （当該箇所の曲率は、半径600mから304mに変更された） ② ATS−SWに速度照査機能が付加されていない ③ 車両が116km／hrの速度で転覆（転覆速度　新型：106km/hr, 旧型：120～125km/hr）
Media	① 時間に余裕のない時刻表 ② 運転中に、トラブル等を「指令」に報告
Management	① 2003年9月の鉄道会議で、ATS−Pの設置時期を、当初計画の2005年3月までから2005年度末に延期。（事故は、2005年4月25日に起きた） ② ATS−Pの設置基準がなかった ③ ヒューマンエラーに対して、懲罰的な日勤教育 （管理・教育を強化すれば、事故は防げると考えていた）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

(2)リスクを認知した上で冒す「不安全行動」

「不安全行動」は、リスクテイキング行動であると同時に、
多くの場合、職場で定められた安全規則や安全手順に違反している。

リスク行動
① リスクに気付かないか主観的に小さいとき
② リスクを冒しても得られる目標の価値が大きいとき
③ リスクを避けた場合のデメリットが大きいとき

違反理由
① ルールを知らない
② ルールを理解していない
③ ルールに納得していない
④ みんなも守っていない
⑤ 守らなくても注意を受けたり罰せられたりしない
⑥ ルール自体が不合理・不整合である

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

(3)「不安全行動」を容認する職場環境、企業風土

- 公共交通機関にとって「安全確保は最優先事項である」との意識が希薄化あるいは形式化して、
  建前だけとなっていないか。
- 経営トップの「安全確保に対するコミットメント」は十分か。
  具体的には、担当役員や担当者任せにするのではなく、経営トップ自身が現場の状況や実態に
  関心を持つとともに、安全確保のための体制や取組み、現状での課題やその改善措置の進捗状況等を
  常時的確に把握できているか？
- 「安全確保最優先」という考え方が、
  社内教育、研修等を通じて現場の社員レベルまで確実に浸透しているか。
- 事案の処理、意志決定において、
  「人」情報を重視し、「事柄」情報が軽視されてしまう「属人思考」の組織風土となってはいないか。
- 不安全行動を誘発する要因
  設備、設備の原理、動作、配置方法・条件に起因して、
  当事者にとって不可解な兆候を示すといった要因が不安全行動を誘発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

(3)「不安全行動」を容認する職場環境、企業風土

- 安全に関わるリスクへの対応は、事故、トラブル等への一時的な対応としてではなく、継続的な取組みとして定着しているか。
- 事故や事故に近い重大事態が発生した場合に、直ちに組織的に、系統的に取り上げて、再発防止を優先した発生要因を分析するトップに直結した常設WG等、社内（組織内）手続きを制度として確立しているか。

属人思考の組織風土

ことがらの決定や仕事の評価に「人」要素のウェイトが過大になり、「ことがら」要素本来のウェイトが軽くなる風土。このような風土では、ことがらに沿って決めるべき決裁が、起案者が誰かなどの要素の影響を強く受け、不公正になるとともに、上下の人間関係が濃密となり、対人的考慮から会議で率直な意見交換がなされなくなり、イエスマンがふえるとともに、反対意見を表明する人への有形無形の懲罰が強くなる。

（岡本浩一著「権威主義の正体」より）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

（4）情報の迅速かつ的確な共有の不足

- 現場と経営陣の間、部門間のコミュニケーション、情報共有は十分図られているか。
  建設的な対話が行われる等　労使間でのコミュニケーションは十分に図られているか。
- 下請会社等も含めた現場の情報（特にマイナス情報）が
  経営トップに伝わる仕組みが十分に構築されているか。
- 情報は整理され、問題点・課題に対しては適切に対応策を検討し、
  現場へフィードバックするというシステムが構築されているか。
- マイナス情報が、専ら個人責任追及、懲罰のために使われているという実態はないか。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(5) 人間と高度技術システムのミスマッチ

- 決してエラーをおかさないとはいえない人間を機械で代替して、システム全体の高信頼化を図ろうとしても、設計段階で予期し得なかった状況への対処は、人間に頼らざるを得ない。
- 交通機関においても、人間の負担を軽減してエラーの発生を抑制したいとして高度な技術システムが導入されてきたが、「機械化できるところを機械化する」等の名ばかりの「技術の高度化」では、人間と高度技術システムの間にミスマッチが発生する。
- ヒューマン・マシン・システムにおいて、
  「最終決定権を人間に与えることが重要だ」と言われている。
  しかし、交通機関の高密度化、複雑化等のなかで、運転者に課せられる役割は、時に過大なものとなり得ることに配慮すると、「いついかなる場合でも最終決定権は人間に与える」は必ずしも適切ではない。交通モードや事態の緊急度によっては、人間の指示を待たずに、機械が安全確保手段を講じることを許す等、「状況に応じて人間と機械の役割分担を調整する仕組み」の検討が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

NASA「自動化の原則」

「自動化してはならないこと」

1. 作業者が特有のスキル、生きがいを感じている仕事
2. 非常に複雑であるとか、理解困難な仕事
3. 作業現場での覚醒水準が低下するような仕事
4. 自動化が不具合の時、作業者が解決不可能な仕事

「自動化すべきこと」

1. 作業者の作業環境が豊かになる自動化
2. 作業現場の覚醒度が上昇する自動化
3. 作業者のスキルを補足し、完全なものにする自動化
4. 自動化の選択、デザインの出発時点から現場の作業者を含めて検討する自動化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（6）人間と機械の役割分担（自動化レベルの最適設定）

ヒューマン・マシン・システムにおいて、
安全確保に関する最終決定権を持つべきは人間か、機械かが議論されることがあるが、
人間と機械が協力して目的を達成するというヒューマン・マシン・システムの原点に立ち返れば、
いたずらに二者択一的議論を行うことは有益ではない。

機械は万全ではないが、人間の能力も一様ではない。

環境が動的に変化する交通機関の場合には、状況によっては人間が対処できない、
あるいは、対処させるにはかなり無理がある場合がある。状況に応じて人間と機械の役割分担を
調整することができる仕組み、すなわち、人間が最終決定権を持つことを基本としつつも、
人間の対応が遅れている場合は機械が自律的な安全確保手段を講じることもできるような
仕組みの検討を進める必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例2 福島県立 大野病院事件

(1) 事件概要

2004年12月17日　福島県立大野病院で帝王切開手術を受けた産婦が、大量出血で死亡

2006年 2月18日　手術を執刀した産婦人科医
業務上過失致死と医師法違反の容疑で逮捕、翌月起訴

2008年 8月20日　福島地方裁判所
被告人医師を無罪とする判決、検察側が控訴を断念。
医師は休職中であったが同病院に復職

(2) 医師(無罪主張)

「精一杯のことをしたが、悪い結果になり、医師として非常に悲しく悔しい思い。
再び医師として働かせていただけるのであれば、地域医療の一端を担いたい」

(3) 弁護側主張／医療現場の危機感

医師の産科離れが加速。その結果、お産難民という言葉が生まれた。
医療水準を超える注意義務を課している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

（1）裁判における主な争点

争点	検察側	弁護側
1. 大量出血の予見性	• 剥離を続ければ、大量出血することを予見できた。 事前の検査で癒着胎盤と判っており、少なくとも剥離開始時点で出血を予見可能	• 予期しない出血で、予見不可能 • 剥離と出血との因果関係は認めがたい。 • 胎盤の剥離中に出血量は増えておらず、大量出血は予見できない
2. 結果を回避できたか？	剥離を中止して、子宮摘出などに移るべきであった。 漫然と剥離を続け、出血死させた。	剥離を完了するまで、出血が収まることが期待できず、継続するのが標準的医療。 出血は剥離によるものではない
3. 医師法違反	• 大量出血による死亡、異常死。 • 警察署に異状死届出義務がある。（医師法21条）	• 客観的に、異常死に当たらない。 • 届け出なかったのは、院長の判断。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

(2) 産科医に無罪判決　2004年8月20日　福島地裁

	判決内容
1. 予見可能性	1. 手術前、癒着胎盤である可能性は低いと認識 2. 術中に癒着と判明 3. 無理な剥離による大量出血の可能性は知っていた。
2. 結果回避義務	1. 出血は、胎盤はく離によるものだが、直ちに剥離を中止して、子宮摘出に移行することは、当時の医学準則ではない。 • はがすのを中止して子宮を摘出するか、はがし終わった後に止血をするかは、確定していない。 • 検察側見解は、医学書の一部の見解に依拠しているが、これが医師に広く認識されていることや、見解に従った臨床例が多数みられるなどの一般性は有していない。
3. 警察への届け出	1. 診察行為に過失はなく、異状死に当たらないため届け出義務はない。

医学準則　：ほとんどの医師が、当該場面において、その基準に従った処置を講じるといえる程度の一般性。
この程度の条件が与えられなければ、臨床に関わる医師が容易かつ迅速に治療法を選択できなくなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 産科医に無罪判決 2004年8月20日 福島地裁

日本産婦人科医会声明

本件は、日常診療の中で、正当な医療行為をしたが、力が及ばなかった不幸な事例であるとの見解から、無罪以外の判決はあり得ないとの認識だったので当然の結果だ。
再発防止に努めるためには、専門家集団による透明性のある事故調査が必要だ。
このような事例に刑事罰を適用することは、医療現場を委縮させるだけで、再発防止にはつながらない。

「現場の判断ミス」の立証に高いハードル」

検察幹部
「捜査で初めて明らかになった部分もあると評価する一方、
医療界から激しい反発は「想定外」であった。」
「捜査当局と医療側の対立という招くべからざる事態を招いた。」
実際の手術は医療チームで行われるが、法律上は執刀医個人を罰することになる。
司法によるチーム医療の責任追及には限界があり、行政処分の方が適している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 医賠責保険と医療ミス

<なぜ、医療過誤事件となったのか?>

当初、医療専門家によって医療事故調査委員会は、医師の過失を認める報告書を作成していたが、この報告書が警察の捜査や起訴を招くことになった。

<報告書記載の理由>

福島県が遺族への補償支払をスムーズにしようとするために、医賠責保険で保険会社から金を引き出すには、医師の過失とすることが必要だった。

<裁判における医学鑑定委員>

- 新潟大学医学部　産婦人科 教授 田中憲一
- 東北大学医学部　産婦人科 教授 岡村州博
- 宮崎大学医学部　産婦人科 教授・医学部長 池ノ上克
- 福島県立医科大学 病理学第二講座 杉野隆
- 大阪府立母子保健総合医療センター 検査科部長 中山雅弘

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

事件のポイント

1. 捜査のきっかけ

県の事故調査委員会の報告書　当該医師の処置を「判断ミス」とした。
欧米：法的な権限を持つ医師団体などが、医師の監督・懲罰権限、免許取り消しなどの権限を持つ。

2. 結果回避義務 →当該医師の措置は「標準的な措置」か？

検察見解
「癒着胎盤を認識した時点で、胎盤を子宮からはがすのを止め、子宮摘出手術に移るべきであった。」
→ 標準医療方法をどのように認定するか？

3. 医療事故での医師の逮捕／逮捕への違和感

医療事故 年間1万件
警察から検察への送致件数　1997年 3件、 2007年 92件

4. 安全に関する認識の違い

患者側 安全な治療 （100%の安全）
医師側 100%安全な治療はない。
「結果が悪ければ、一生懸命やっていても刑事罰を問われる」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考：開発危険の抗弁

＜開発危険＞

製品を流通においた時点の科学または技術の水準によって、そこに内在する欠陥を発見することができなかった危険をいう。製造業者に開発危険にまで責任を負わせると、研究・開発および技術開発が阻害され、ひいては消費者の実質的な利益を損なうことになりかねない。

＜製造物責任法（PL法）第4条＞

（免責事由）

第四条　前条の場合において、製造業者等は、次の各号に掲げる事項を証明したときは、同条に規定する賠償の責めに任じない。

一　当該製造物をその製造業者等が引き渡した時における科学又は技術に関する知見によっては、当該製造物にその欠陥があることを認識することができなかったこと。

二　当該製造物が他の製造物の部品又は原材料として使用された場合において、その欠陥が専ら当該他の製造物の製造業者が行った設計に関する指示に従ったことにより生じ、かつ、その欠陥が生じたことにつき過失がないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開発危険の抗弁

（1）ECにおける開発危険

1985年のEC指令(欠陥製造物に対する責任に関する加盟国の法律、規則及び行政規定の近似化に関するEC理事会指令)は、欠陥判定後の免責抗弁として、開発危険の抗弁が設けられ、製造物が流通におかれた時点の科学知識や技術知識の水準によっては、欠陥の存在が予見不可能であった欠陥について、製造者は免責されるとした。

（2）日本における開発危険の考え方

EC指令も踏まえて、1993年11月、産業構造審議会は、開発危険の抗弁について答申。

① 「開発危険の抗弁」を認めることについては、予見可能性が争点となり、迅速な解決という観点から問題が残るのではないか。開発危険が拡大解釈され無過失責任の実があがらなくなるのではないか。

② 同抗弁を認めないと、研究開発、技術革新が阻害されることになり、ひいては産業活力を損なうこととなる、あるいは保険を付することが困難になるおそれがあることから、同抗弁が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Question

1. この事件は、医療行為において患者が死亡した場合の担当医師の処置に、
医療過誤があったかどうかが問われた。判決は、当時の医療技術水準では、
当該医師の措置は妥当と判断された。この事件の社会への影響は大きく、
外科医、産婦人科医のなり手が減り、志望する医者も減少した。

2. これは、医学界に限られた話ではない。新しい技術を開発し、実用化していくときに、
事故は起こりえる。すべての技術者にとって、類似のことは起こりえる。
その時、すべての事前調査ができるであろうか？自分のやっている行為が、
すでに、どこかで実施されていることはないか？
そのような状況下でも、新しい技術に取り組むことが、技術者に課せられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

まとめ

1. 人はエラーをするものである。
   完全にこれをなくす事は不可能である。
   ヒューマンエラーを防止するには、
   この現実を認めて、ヒューマンファクターと考えて、
   人間のミスがありえることを前提に、事故の防止策を考える必要がある。

2. 事故原因を4Mの観点で究明し、総合的対策を立てる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

人間と工学研究連絡委員会
安全工学専門委員会報告

事故調査体制の在り方に関する提言

平成17年6月23日
日本学術会議
人間と工学研究連絡委員会
安全工学専門委員会

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故調査体制の在り方に関する提言

- 我が国においては、事故が発生すると行政の事故調査組織あるいは中立機関としての学協会による調査が実施される場合もあるが、ほとんどの場合、圧倒的な機動力のある警察による捜査が主体となっている。
- その活動は、事故の原因が特定個人の故意または過失によるものかを吟味し、必要により加害者を刑事訴追するためのものである。
- 捜査結果は裁判の証拠として用いられる場合を除き公開されることは一般にはないため、捜査結果を事故対策に利用することは困難となってくる。
  事故原因究明のための調査は、犯罪捜査に次ぐ二次的な活動となっており、必ずしも十分な権限が与えられているとはいえない現状である。
- 一方、欧米では、事故再発防止の観点からの事故調査機関が、中立機関あるいは行政機関として存在し、調査・分析・勧告を行うなどの機能を果たしている場合が多い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故調査体制の在り方に関する提言

- これらの事故に見られるように、事故原因の究明のためには、技術的な面以外に人間や組織の関与、つまりヒューマンファクターの解明を行うことが不可欠である
- したがって、事故の真の原因を探り、再発防止の教訓を引き出すためには、事故当事者の証言をいかに的確に得るかが重要な課題となる。
- しかしながら、証言者自らが法的責任を追及される恐れがあるときには有効な証言は得にくいという問題が生じる。
- 無論、行為者に故意、あるいは重大な過失が存在し、法的責任が課せられるのが当然である場合は別であるが、先述したような、複雑なシステム運用に係る事故においては、事故の最後の引き金を引いた直近の当事者を処罰してもなんら問題解決にはならない。
- むしろ、その口を通じて、多くの証言を得、なぜ最後の引き金を引くに至ったのか引き金を引かざるを得ない羽目に陥ったのかを明らかとし、同種の事故再発防止への教訓を得ることが、捜査とは違う事故の「調査」の役割としての社会正義にもつながるものと考えられる。
- そこで、事故調査においては、個人の責任追及を目的としないという立場を明確に確立することが重要であり、この立場のもとに調査を行えば、真相究明が容易となり、類似事故の再発防止、安全向上にとって貴重な事実が明らかになることが期待される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安企画推進員講習

最近における高圧ガス保安法令の改正状況等

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

はじめに

保安企画推進員の職務の確認（高圧ガス保安法第32条第5項）

保安企画推進員は、危害予防規程の立案及び整備、保安教育計画の立案及び推進その他
高圧ガスの製造に係る保安に関する業務で経済産業省令で定めるものに関し、保安統括者を補佐する。

保安企画推進員の職務（コンビナート等保安規則第32条）

（保安企画推進員の職務）

① 危害予防規程の立案及び整備を行うこと。
② 保安教育計画の立案及び推進を行うこと。
③ ①、②に掲げるもののほか、高圧ガスの製造に係る保安に関する基本的方針の立案を行うこと。
④ 高圧ガスの製造に係る保安についての作業標準、設備管理基準及び協力会社管理基準
並びに災害の発生又はそのおそれがある場合の措置基準に関し、指導及び勧告を行うこと。
⑤ 防災訓練の企画及び推進を行うこと。
⑥ 災害が発生した場合におけるその原因の調査及び対策の検討を行うこと。
⑦ 高圧ガスの製造に係る保安に関する情報の収集を行うこと。
⑧ 製造施設の設計・施工（製造施設の変更に係るものを含む。）に関し、保安上の観点から助言、指導
及び勧告を行うこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

最近における保安行政の動向

第20回　産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 高圧ガス小委員会

（2021年10月25日開催）

資料2−2

「高圧ガス保安法におけるスマート保安の促進を念頭に置いた新たな制度的措置（認定制度）の具体的あり方」ー事業者・地方自治体双方との意見交換を踏まえてー

参考　「成長戦略フォローアップ」（令和3年6月18日閣議決定）抜粋

電力、都市ガス、高圧ガス、液化石油ガスの分野において、テクノロジーを活用しつつ自立的に高度な保安を確保できる事業者については、行政の適切な監査・監督の下に、画一的な個別・事前規制によらず、自己管理型を基本とした事業者の保安力に応じた規制体系へ移行することを許容し、手続き・検査の在り方を見直す。
このため、2022年通常国会での関連法案の提出を念頭に、検討を進める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

経済産業省

資料2-2

高圧ガス保安法案法におけるスマート保安の促進を念頭に置いた新たな制度的措置（認定制度）の具体的あり方

-事業者・地方自治体双方との意見交換を踏まえて-

2021年10月25日

経済産業省
産業保安グループ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ－Ⅰ.産業保安基本制度小委員会「中間とりまとめ」における整理①

テクノロジーの革新的進展
（IoT、BD-AI、ドローン等）

深刻な保安人材の枯渇
熟練の保安人材のの不足
若年層の雇用困難化

保安体制の成熟化した産業分野・事業者
（戦後・高度成長期に比し、保安に係る技術の進展、事業者のリスク管理体制の整備等により、総じて重大事故は減少。）

画一的・詳細な個別規制 膨大な届出・許可等の手続
高圧ガス：24万件/年　電力：22万件/年
都市ガス：1.4万件/年

保安レベルの持続的向上(保安イノベーション)と保安人材の枯渇の問題への対処のため、「スマート保安」を強力に推し進めるための制度的環境整備が必要。

保安体制の成熟化した従来的な産業保安分野においては、自立的に高度な保安を確保できる事業者に対し、保安レベルに見合った合理的な規制のあり方を検討すべき。

限りある行政リソースを新たなリスク分野に展開する必要

テクノロジーを前提に高度な保安を実現するためのメリハリある規制体系

保安レベルを下げることなく、むしろ、テクノロジーの活用により保安レベルを持続的に向上させるため、「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」については、行政の適切な監査・監督の下に、画一的な個別・事前規制によらず、自己管理型の保安へ移行することを許容し、手続・検査のあり方をこれに見合った形に見直す措置を講じる（スマート保安の促進を念頭に置いた新たな制度的措置）。
これにより、事業者の保安活動をテクノロジーを活用しつつ自己リスク管理がなされた高度な領域に強力に押し上げていくことが必要。

電力　都市ガス　高圧ガス　液化石油ガス

前提Ⅰ（安全の確保とメリハリある規制）

- ○ テクノロジーを活用しつつ、「自立的に高度な保安を確保できる事業者」のみが対象
- ○ 行政が法令遵守状況を機動的検査により厳格にチェックすることや、重大事故や法令違反など発生した場合には、その原因・内容・対応等を精査したうえで、機動的に認定の取り消しを実施することなど、安全確保のための行政による実効的な監督等を行う。
- ○ 高圧ガス保安法の現行「認定事業者制度」（高圧ガス保安法第3章の2）については、発展的に解消する方向で整理する。

前提2（事業者に対する環境整備）

行政は、下記のような関係機関とも連携し、保安業務のテクノロジー化を目指す事業者に対し、技術・人材面等の支援を実施。

- NITE（独立行政法人製品評価技術基盤機構）
- 国立研究開発法人産業技術総合研究所
- IPA（独立行政法人情報処理推進機構）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

I-2.産業保安基本制度小委員会「中間とりまとめ」における整理②

(1)「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」の考え方

①経営トップのコミットメント
代表者の責任とイニシアティブの下での、保安に係る方針の明示や監督体制の整備等

②高度なリスク管理体制
- 安全に係るリスク評価と対策の実施
- 企業ガバナンスと体制整備 等

③テクノロジーの活用
IoT、BD-AI、ドローン等の先端技術の活用

④サイバーセキュリティなど関連リスクへの対応
IoT等の保安業務への活用を前提としたサイバー攻撃対策

(2) 簡易明快・迅速な認定手続

現行の「スーパー認定事業者制度」(高圧ガス分野)
- 認定作業に必要な時間:**合計1~2年**
- 申請書類:**500~1000ページ程度**(添付書類含む)
- 高圧ガス保安協会等による事前調査の手数料:
  約450万円(認定完成検査及び認定保安検査の合計)

⇒インセンティブに比して手続が煩雑で多大なコストがかかり、制度活用を躊躇する事業者も多い。

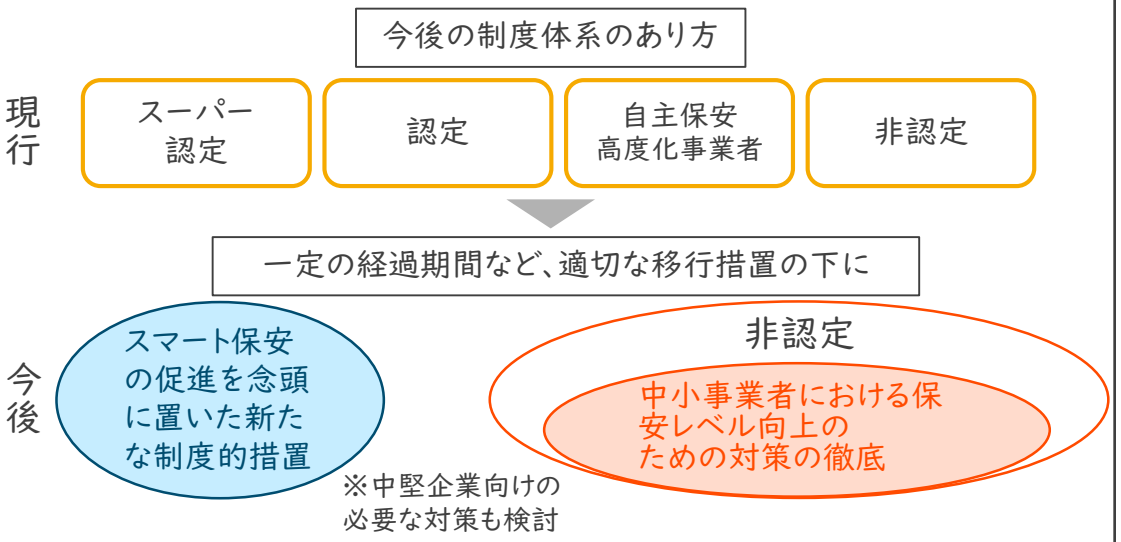
申請書類等のファイル群

新たな制度的措置の対象事業者の認定・確認の際は、安全確保を前提に、過重な審査の排除や手続のデジタル化等、簡易明快・迅速な手続とする。

(3) 今後の高圧ガス分野における制度的措置の体系の整理

①現行制度の発展的解消と適切な移行措置

高圧ガス分野において、新たな制度的措置を導入する際、事業者に混乱が生じないよう、**一定の経過期間を設けるなど適切な移行措置を講じ、丁寧な調整をしつつ、現行の認定事業者制度を発展的に解消し、簡易明快な制度体系へと整理**する。



②**労働安全衛生法**の検査周期の延長に係る**認定制度における認定要件との共通化**を図ること等が必要。

③安全確保を前提に、**テクノロジーの活用等の高度な保安に向け意欲ある事業者層(中間層)がapplyできる現実的で簡易明快な制度**とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

「成長戦略フォローアップ」（令和3年6月18日閣議決定）抜粋

電力、都市ガス、高圧ガス、液化石油ガスの分野において、テクノロジーを活用しつつ
自立的に高度な保安を確保できる事業者については、行政の適切な監査・監督の下に、
画一的な個別・事前規制によらず、自己管理型を基本とした事業者の保安力に
応じた規制体系へ移行することを許容し、手続き・検査の在り方を見直す。このため、
2022年通常国会での関連法案の提出を念頭に、検討を進める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

基本的な視点

基本的な考え方

今回の制度改正で必要となる政策価値と「中間とりまとめ」における基本的な方向

① スマート保安の促進という政策誘導措置として
「テクノロジーの活用」が前提
⇒保安レベルの持続的向上／保安人材の枯渇への対処
※但し、事業者における体制整備のために、
一定の経過期間を設定する。

② 「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」については、自己管理型を基本とした事業者の保安レベルに応じた規制体系へ移行することを許容し、手続・検査のあり方を見直す。
※比例原則／リスク・ベースの徹底

③ 適正な手続（簡易明快・迅速な手続）
⇒安全を前提に、過度な審査・二重審査を排除

事業者・自治体の意見を踏まえた主な留意点

1. 新たな認定制度

① 対象事業者への保安レベルの確保（認定の水準）
⇒認定の水準は、現行認定より下げることはしない。
② 現行の認定事業者は既に相当程度の保安レベルを有しており、新たな制度においても、徒らに認定の対象外とならないような仕組みの必要性

2. 新たな認定制度に係る設備変更許可の取扱

① 設備変更・完成検査に係る手続（設備変更許可⇒完成検査⇒検査記録の届出）の簡素化
② 行政側での設備変更に係る一定の事業者情報の把握の必要性
⇒事故時・法令違反等に行政が迅速に対応する等のため、これらの事象が起きる前に事業者の設備状況等の事業者情報を把握しておく必要

3. その他

① 煩雑な手続の排除（認定・更新手続など）
② 認定を含め、国が地方自治体としっかり連携し事業者の保安確保に責任を持って当たる

新たな制度的措置(認定制度)のあり方

認定要件のあり方	認定事業者に係る規制見直し措置のあり方

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法における新たな制度的措置(認定制度)の仕組みの基本構成

保安レベルの向上のため、スマート保安（テクノロジーの活用）へと政策誘導していく観点から、「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」について、その保安レベルを踏まえて手続・検査のあり方を見直す。

○ 現行のスーパー認定事業者のみならず、通常認定の事業者についても、相当程度の保安レベルを有していることから、「テクノロジーの活用」を行うことを前提として、新たな制度的措置（認定制度）へと円滑に移行しうるよう制度的な仕組みを構成する。

○ 事業者における移行準備期間として、一定の経過期間（改正法施行から例えば2～3年程度（検討中））を置くこととし、その間は、現行の認定事業者制度を存続する。

現行の「認定事業者制度」は、今回の新たな認定制度に統合し、発展的に解消

※「中間とりまとめ」における整理

現行の「認定事業者」制度（高圧ガス保安法第3章の2）は、もともと、現在のIoT、BD-AI、ドローン等の革新的なテクノロジーを前提としない1990年代（四半世紀前）に作られたインセンティブ制度である。
特に、（スーパー認定事業者制度ではなく）通常の認定事業者の制度においては、こうした革新的なテクノロジーを特に活用していなくとも一定の制度的メリットを受けられる。今般の革新的テクノロジーを前提とした新たな制度的措置の導入に合わせ、当該制度の歴史的意義・役割、影響、状況変化等を踏まえ、当該新たな制度へ統合し、発展的に解消する方向で整理する。

【新たな制度的措置（認定制度）の基本構成】

① 法律上の新たな制度的措置（認定制度）は1つ
⇒認定対象となる全ての事業者は「テクノロジーの活用」が必要
② 省令上の新たな制度的措置（検査関係）は、リスク管理レベル等に応じ、2つの措置（A認定とB認定）に差異化する。
⇒A認定が現行スーパー認定相当、B認定が現行通常認定相当の保安レベルとなることを想定。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法における新たな制度的措置（認定制度）の具体的仕組み

適正化措置の対象者

「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」

別添1

①経営トップのコミットメント

②高度なリスク管理体制

③テクノロジーの活用

④サイバーセキュリティなど関連リスクへの対応

規制の適正化措置

法律上の措置

適正化する項目		現行制度			見直し案
製造施設の位置・設備等の変更		§14条	通常変更	許可	別添2
			軽微変更	事後届出	
完成検査		§20条	－		現行の認定・スーパー認定制度と同様、自主検査（※）
危害予防規定		§26条	届出・変更命令・勧告		記録保存(または公表)・変更命令・勧告
保安教育計画		§27条	作成義務・変更命令・勧告・協会の基準		現行通り
保安人員	配置	§27条の2、3及び4	製造施設の区分ごとに配置		一部柔軟化を検討（※※）
	選解任	§27条の2、3及び4	届出		記録保存
保安検査		§35条	－		現行の認定・スーパー認定制度と同様、自主検査(※)
定期自主検査		§35条の2	義務（1年に1回以上）		法律上の義務としては不要とする
法定講習		§27条の2及び3	義務		任意

省令上の措置

A認定	別添3 【連続運転型】 連続運転:8年 開放検査周期 :12年又はCBM12年超 ＋ ①CBM円滑化（単純腐食に加え、クラック・クリープも対象化等） ②採用基準・規格の認定制 (海外企画等の採用円滑化)等
B認定	現状の制度的措置を原則維持 【連続運転型】 連続運転 :4年等 開放検査周期 :12年 【バッチ型】 現行の制度的措置の維持 (自主保安高度化認定事業者関係)

法律事項＝認定事業者間で共通

省令事項＝認定事業者間で差別化

(※)　新たな認定を受けた事業者が自ら行う完成検査及び保安検査について、その検査記録については、都道府県知事への届出を要しないものとし、記録保存義務とする。

(※※) 製造施設の区分ごとに配置することを基本としつつも、コンビナート連携の進展や、常時監視・遠隔監視システムの導入などを踏まえ、製造施設の区分ごとによらず、保安人員を柔軟に配置することを許容する方向で検討するとともに必要人員の配置の適正化について検討する。

(注)　CBMや常時監視等を用いた場合を想定し、保安検査に係る「定期に」との法律上の文言を削除。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

新たな制度的措置に係る認定の基準

新たな制度的措置の認定の基準は、スマート保安の促進の観点からテクノロジーの活用やサイバー対策を含む
4つの要件で構成し、リスク管理レベル等に応じ、2つの措置（A認定・B認定）に差異化。

別添1

(※)下記の表における赤字の下線部及び赤枠は、新たな制度的措置の認定基準において、現行の認定基準から拡充するものを示す。

	A認定	B認定
①経営トップのコミットメント	現行スーパー認定事業者制度の要件に加え、 コンプライアンス体制の整備(注1)、コーポレート・ガバナンスの確保	
②高度なリスク管理体制	現行スーパー認定事業者相当	現行通常認定事業者相当
③テクノロジーの活用	現行スーパー認定事業者制度における仕組み(注2)を基本とする ※認定基準において、採用することが必要となるテクノロジー（水準）を 一定の幅で示し、事業者は、その中で事業実態に見合ったテクノロジーを採用。	
④サイバーセキュリティなど 関連リスクへの対応	各業界におけるサイバーセキュリティガイドライン(注3)に沿った内容とする	

(注1) 高圧ガス保安法についての**法適合性確認能力**(設備変更等の内容が法令上の規定に適合していることを事業者自ら確認する能力)を有していることを含む。

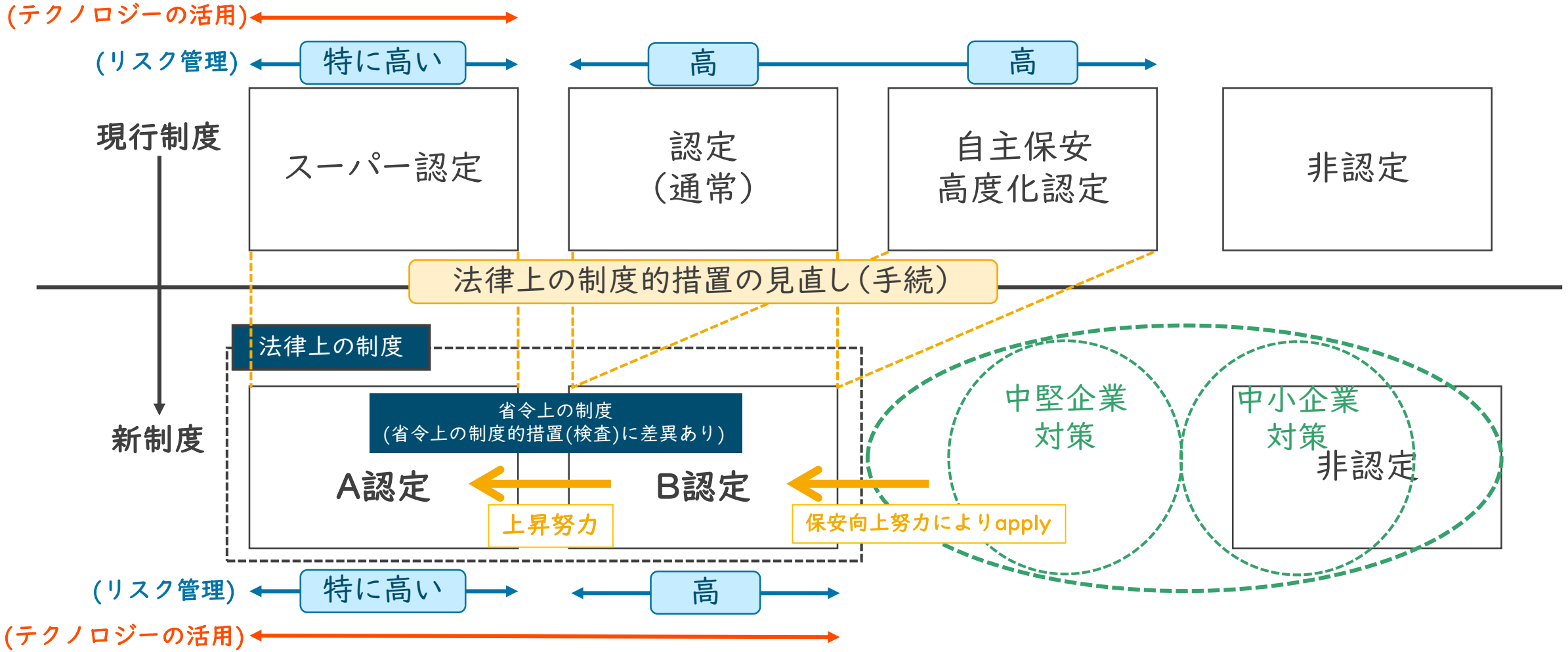
(注2) 特定認定事業者及び自主保安高度化事業者の認定について(20201218保局第1号)における認定の基準「ニ 先進的な技術を適切に活用していること」の項目を参照。

(注3) 「重要インフラにおける情報セキュリティ確保に係る安全基準等作成指針」(内閣官房内閣サイバーセキュリティセンター)を参考に業界団体が定める「石油化学分野における情報セキュリティ確保に係る安全基準(石油化学工業協会)」、「石油分野における情報セキュリティ確保に係る安全ガイドライン(石油連盟)」。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法におけるスマート保安の促進を念頭に置いた新たな制度的措置（認定制度）に係るBefore・After

テクノロジーをの活用を前提とした現行の認定事業者制度はスーパー認定のみ。新たな認定制度では、
テクノロジーの活用をA認定・B認定いずれの認定においても要件とする制度とする。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

新たな認定事業者に係る「設備変更許可」手続の特例のあり方

別添2

- 現行では、認定事業者・非認定事業者を問わず、軽微変更を除き、製造施設の位置・設備等の変更(設備変更)には都道府県知事(※)の許可を受ける必要がある。
- 新たな制度的措置の認定事業者には、その保安確保能力を踏まえ、製造能力が一定以上変更される場合など重要な変更については許可制を維持するとともに、軽微変更についてはその対象範囲を拡大した上で記録保存義務とする。
  それら以外の変更事項については、行政における事故対応等を想定した事業者情報の把握の観点から、事後届出とする。

(※)都道府県知事又は政令指定都市の長

【現行】	【制度改正後】
通常変更 ⇒許可	ガス種の変更又は製造能力が一定以上変更される場合など重要な変更 ⇒**許可制を維持**
	事後届出 **(速やかに/変更後30日以内)** **(クラウド保存形式を検討)**
軽微変更 ⇒事後届出	軽微変更 ⇒**記録保存義務** (※対象範囲拡大)

地方自治体・事業者双方の意見を踏まえ、「中間とりまとめ」の方針を修正

※『中間とりまとめ』では、これらいずれも、許可又は届出によらず、事業者による記録保存義務とされていた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

A認定事業者に係る検査面での制度的措置(省令事項)

別添3

A認定事業者には、手続面での制度的措置に加え、検査面での制度的措置を拡充し、
比例原則・リスクベースに基づき、認定事業者間で制度的措置を差異化。

①CBM(Condition Based Maintenance)の円滑化

- 現行の減肉判断：単純腐食に加え、クラック・クリープも対象
- CBMの適用範囲の拡大の検討：計測器類・遮断弁等
- KHKへの腐食環境や厚さ測定等のデータ提出義務を廃止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

A認定事業者に係る検査面での制度的措置(省令事項)

②検査等に係る基準・規格の柔軟化

- 採用する基準・規格の大臣認定制(海外規格等)

(採用する基準・規格の複線化・複相化の円滑化)

※ 具体的には、例えば、通達(補足1)において、肉厚測定検査及び開放検査を行う方法について「KHK/PAJ/JPCA S0851(2014)(補足2) 又はこれと同等の基準」を用いることになっているが、「これと同等の基準」について、事業者自らの判断に加え、大臣が認定することにより、検査等に係る基準・規格を柔軟に選択できるようにすることが含まれる。また、肉厚測定の間隔(現行4年以内)及び検査時期設定係数(現行0.8)については、事業者において一定の範囲で決定できるなど仕組みの柔軟化を図る。
その他、海外規格に基づき製造された圧力設備等に係る検査や試験については、海外規格等の取得を前提とした検査や試験についても認める方向で検討する。

(補足1)「特定認定事業者及び自主保安高度化事業者の認定について」20201218保局第1号
(補足2) 高圧ガス設備の供用適性評価に基づく耐圧性能及び強度に係る次回検査時期設定基準

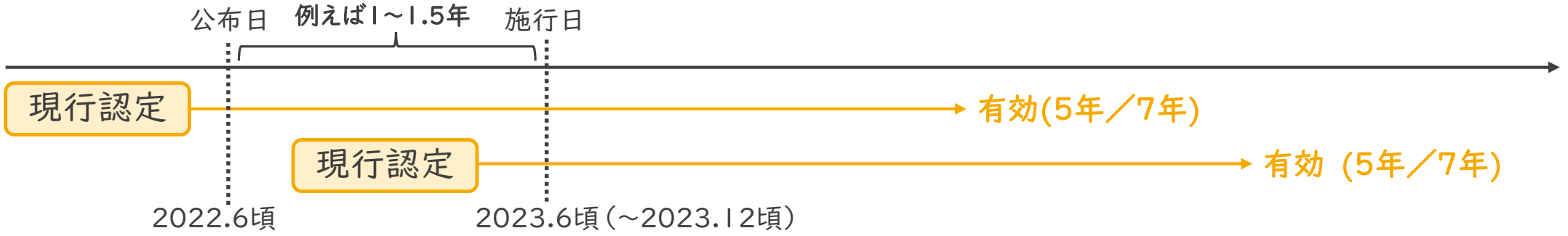
(注1)A認定の認定時、採用する基準・規格のリストを添付し、同時に採用する基準・規格の認定を受けることも可能とする方向で検討する。
(注2)なお、B認定においては、引き続き、KHK/PAJ/JPCA S0851(2014)によることとするものの、肉厚測定(現行1年⇒例えば4年)及び検査時期設定係数(現行0.5⇒例えば0.8)の柔軟化措置を講じるものとする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

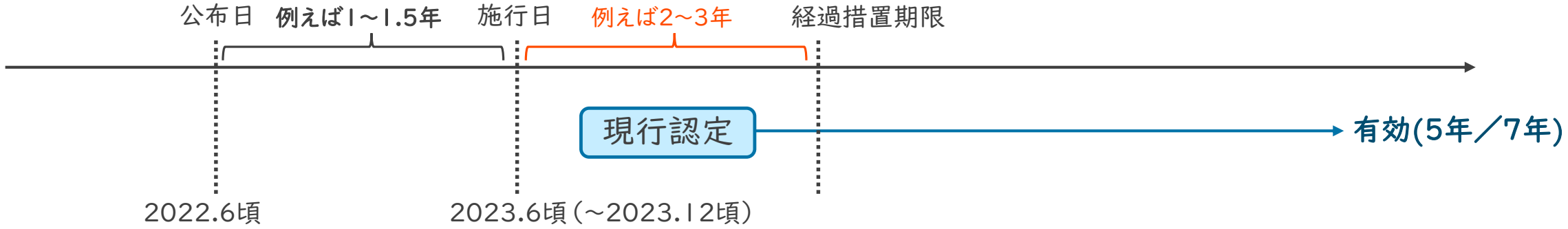
移行措置について

- 改正法の施行より前に、現行「認定事業者」制度の認定を受けている事業者については、改正法施行後も、当該認定の有効更新期間までは、その認定の効力を維持する。
- また、改正法施行後は、移行準備期間として経過措置期間（例えば2～3年：検討中）を設定。同期間は、現行認定又は新認定いずれかの申請を可能とし、事業者側の円滑な移行を可能とする。

① 現行「認定事業者」制度において認定を受けている事業者の権利保証



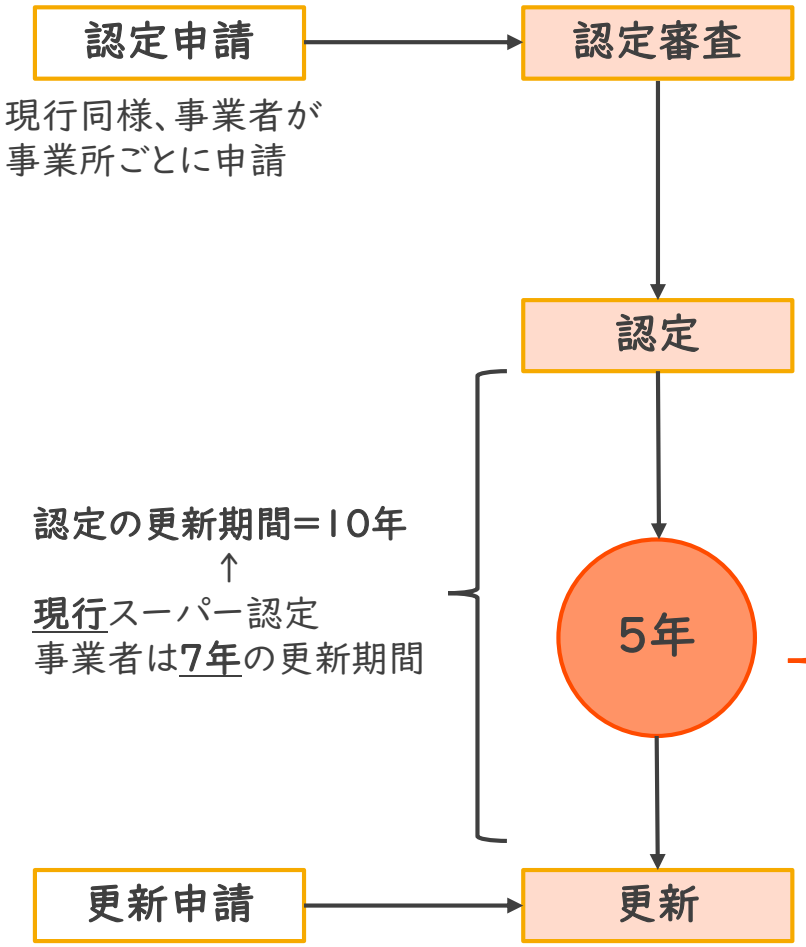
② 経過措置期間の設定（現行「認定事業者」制度の一定期間の維持）～移行準備期間



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

認定手続に係る新たなフロー

新たな認定制度においては、「中間とりまとめ」における整理を踏まえ、事業者の能力を的確に判断しつつ、
二重審査の徹底排除や手続のデジタル化の徹底など、簡易明快・迅速な手続とすることとし、具体的には、
国が認定審査・認定を実施し、安全を前提に、過度な審査とならないよう配慮する。



＝国（経済産業省／本省）が実施
※A認定申請／B認定申請を受け付け
※スクリーニング審査／審査会審査の2段階審査など
- スクリーニング審査で要件充足が明らかなもの⇒認定
- 要件充足の判断に、より厳密な判断を要するものは、外部有識者（学識経験者等）からなる審査会で審査

- 現行の認定事業者制度の発展的解消に伴い、KHK又は指定機関による「事前調査」制度(高圧ガス保安法第39条の7(協会等による調査))については、採用しない。
- 現行制度では、事業所ごとに「認定完成検査実施者」と「認定保安検査実施者」を分けて2つの認定を受ける仕組みとなっているが、今後は、事業所ごとに「認定高度保安実施事業者(仮称)」として1つの認定を受ける仕組みとする(1つの認定に一本化する)。
- 認定に係る手数料は大幅に削減。

中間実施状況確認
⇒事業者は、更新期間の中間で、実施状況について国の確認を受ける(簡易迅速な確認)
⇒KHK又は指定中間実施状況確認機関(仮称)が代行可能

- ○ 事業者における保安業務の客観レビューと改善
- ○ 法令遵守状況の確認
- ○ 行政におけるリスク管理施策の参考

(＝変更点を中心とした審査手続)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

「国と地方公共団体の連携」に係る規定の法定化

以下の趣旨から、今回の法改正において「国と地方公共団体の連携」に係る規定を法定化する方向で検討。

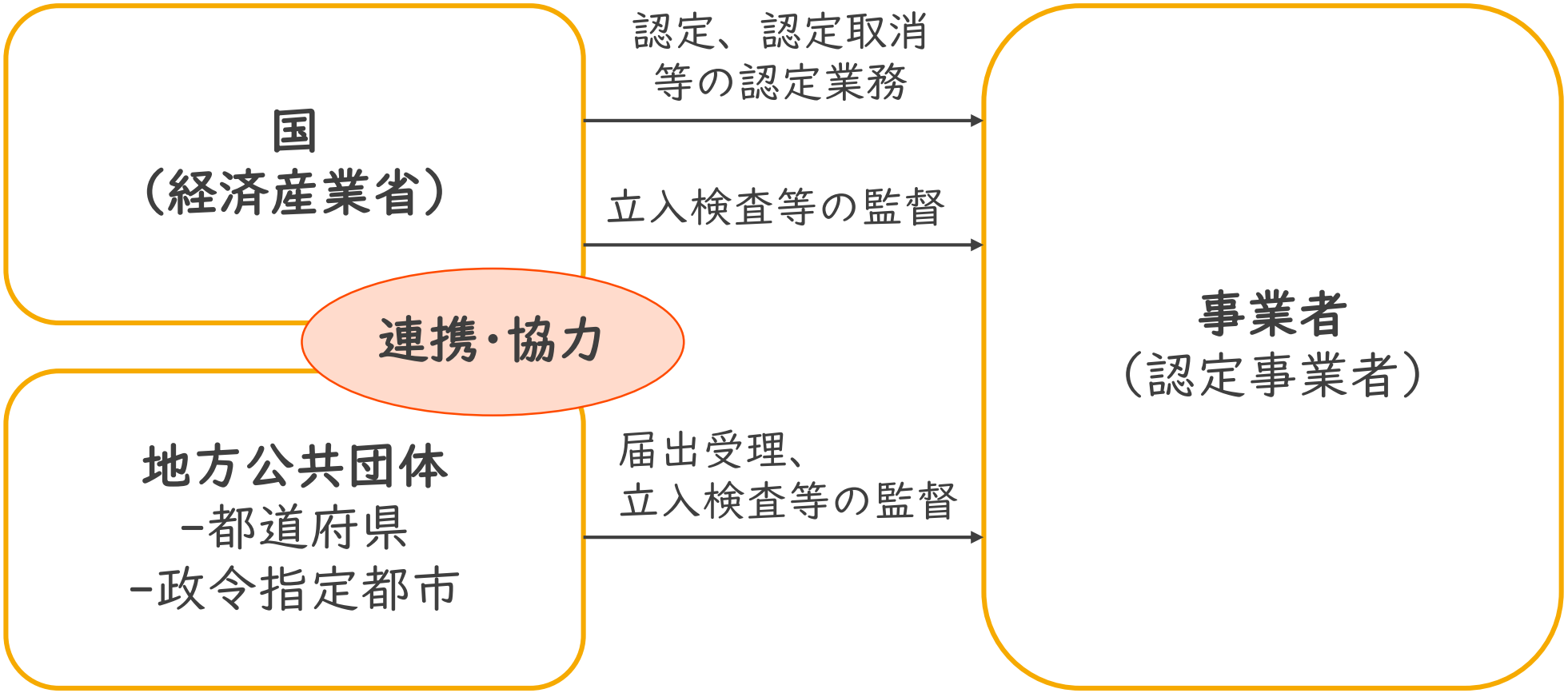
○ 国は、新たな認定制度をはじめとした今後の高圧ガス保安法の執行において、認定事業者に係る情報連携や立入検査等の監督面での連携・中小企業対策など、地方公共団体との緊密な連携の下に、地方公共団体とともに、事業者の保安確保に最後までしっかり責任を持って当たること。

○ 国は、地方公共団体の職員が法執行をする際に必要となる法令知識、高圧ガス関連の専門的知見、スマート保安に係る技術的知見等の習得・蓄積のため、最大限の協力・支援を行うとともに、地方自治体において法令解釈などが困難な場合に迅速な解決が可能となるよう法執行を円滑化すること。

○ 国は、地方公共団体間における法運用のばらつきがある場合に、地方公共団体の自治事務であることを前提にその自主性・自立性に十分配慮した上で、各地方公共団体における法運用の実態の把握や統一的な運用のための是正の要請など、法運用の適正化に向けた取組を行うこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

認定事業者の認定・監督に係る「国と地方公共団体の連携」のイメージ



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

最近の高圧ガス保安法令改正の動向

平成29年11月～令和3年10月

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1　地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律の施行

平成29年11月15日付経済産業省令第83号による容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則等の改正。
平成30年4月1日施行

（第一種製造者に係る製造の許可の申請）　**〔一般則の例 〕**

第3条 法第5条第1項の規定により許可を受けようとする者は、様式第1の高圧ガス製造許可申請書に製造計画書を添えて、事業所の所在地（移動式製造設備を使用する者にあっては、当該設備の使用の本拠の所在地。以下同じ。）を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。（以下略。第2項略）

以下は、説明用の条文であるため、実際の条文とは異なる。

都道府県知事（当該事業所が地方自治法第252条の19第1項の指定都市（以下「指定都市」という。）の区域内にある場合であって、当該事業所に係る事務が高圧ガス保安法施行令第22条に規定する事務（高圧ガスを取り扱う事業所の集積の程度、高圧ガスの処理量その他の高圧ガスの取扱いの状況を考慮して経済産業大臣が定める区域に所在する事業所（コンビ則適用事業所）並びに液化石油ガス法に規定する施設等に係る事務）に該当しない場合にあっては、当該事業所の所在地を管轄する指定都市の長。以下、第二種製造者の届出、承継の届出、変更の工事等の許可の申請、同軽微な変更の届出、第一種貯蔵所の設置の許可の申請、第二種貯蔵所の設置の届出、完成検査の申請、販売業者の販売の事業の届出、高圧ガスの製造の開始又は廃止の届出、特定高圧ガスの消費者に係る消費の届出、危害予防規程の届出等、保安統括者等の選任等の届出、保安検査の申請等、事故届等において同じ。）

下線部分追加

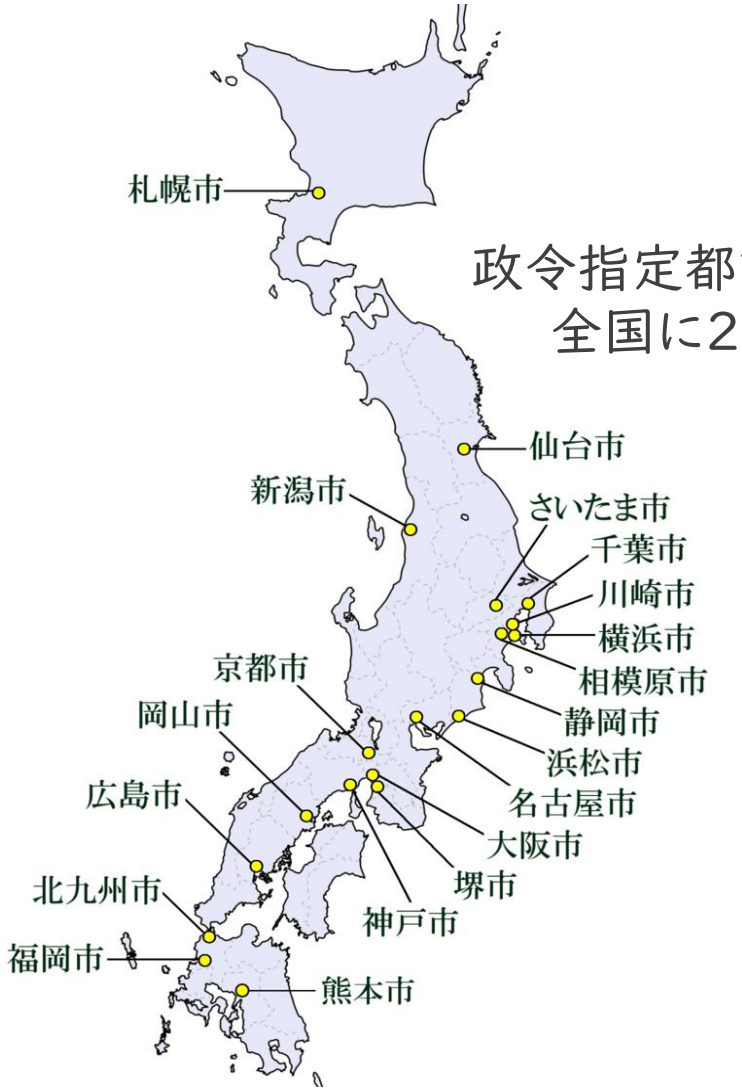
コンビ則適用の事業所の場合は、政令指定都市に所在する事業所であっても、製造の許可申請等法令の手続きは従前どおり都道府県知事に対して行うことに留意（コンビ則第3条等）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2

地方自治法第252条の
19第1項の指定都市とは

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、
政令で指定された場合に、
一般市から移行が成される。
これを「指定都市」という。



政令指定都市の位置。
全国に20ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安企画推進員の資格等

図3

法第27条の3、一般第70条、液石第68条、コンビ第29条

規模	製造する高圧ガスの容積：100万m^3／日以上 （貯槽有・充塡のみは200万m^3／日以上）（ガスの種類を問わない。） 高圧ガスの容積 ＝ 保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の4分の3並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
資格	製造保安責任者免状は不要
知識経験	① 保安技術管理者：3年以上 ② 保安主任者等：5年以上 ③ 保安係員等：7年以上 ④ 保安企画指導：3年以上 ⑤ 大学、高専等（化学、物理学、工学）卒（当該課程を修めて学校教育法による専門職大学の前期課程を修了した場合を含む。）、製造保安経験：7年以上 ⑥ 高校等（工業）卒、製造保安経験：10年以上

コンビ則第29条第5号他

平成30年7月17日付経済産業省令第48号による追加。同31年4月1日施行

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガス取扱主任者の資格等

図4

法第28条、一般第73条、液石第71条

一般則第73条第2号他

平成30年7月17日付経済産業省令第48号による追加。同31年4月1日施行

コンビ則適用の事業者であっても、高圧ガスを自家消費する場合、「特定高圧ガス消費者」となる場合があるので留意のこと。

[特定高圧ガス取扱主任者]

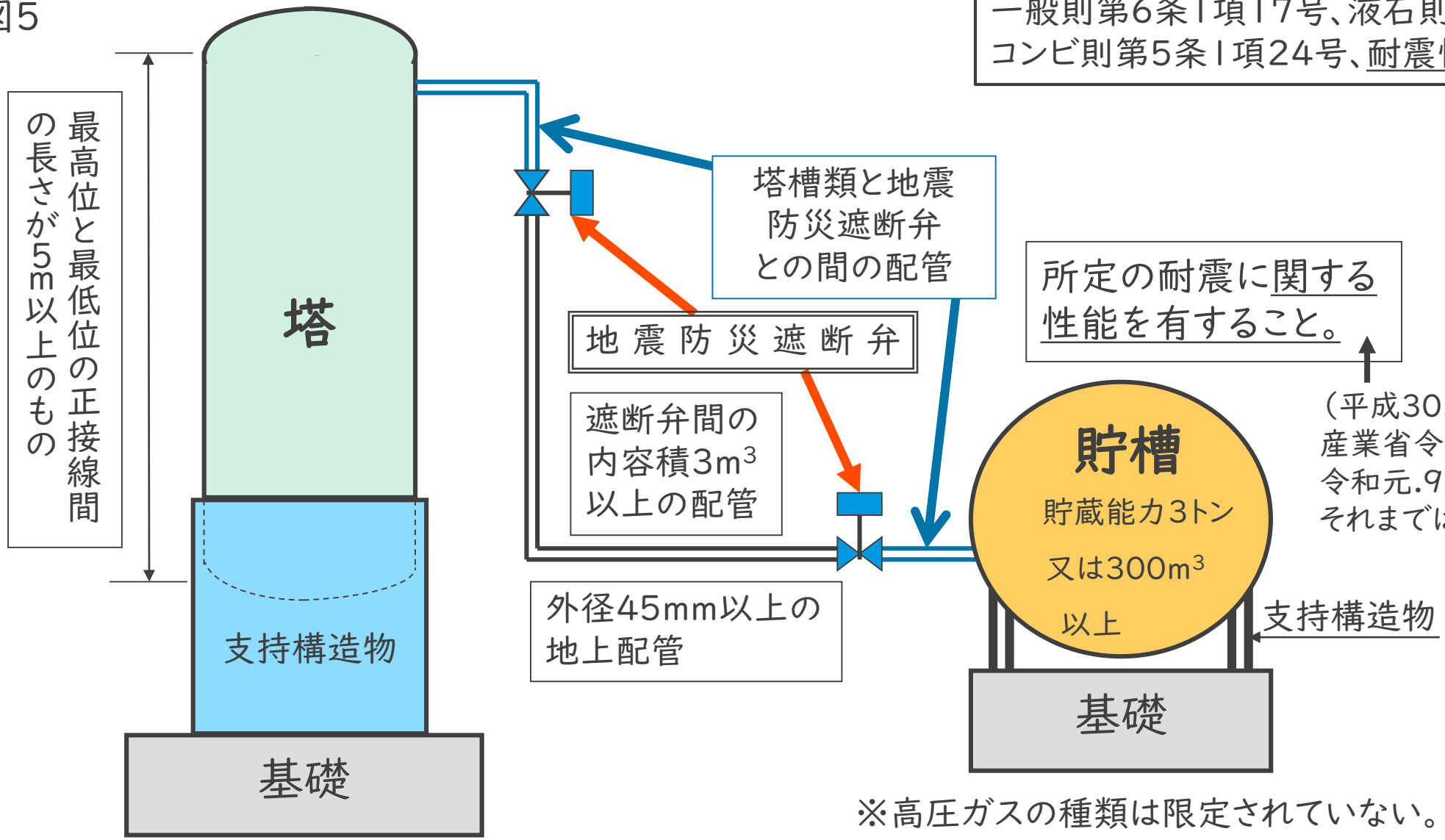
特定高圧ガス	資格等
特殊高圧ガス、 圧縮水素、 圧縮天然ガス、 液化酸素、 液化アンモニア、 液化塩素、 液化石油ガス	① 選任対象の特定高圧ガスの製造又は消費の1年以上の経験 ② 大学ほか所定の学校卒業（理学若しくは工学）者（当該課程を修めて学校教育法による専門職大学の前期課程を修了した場合を含む。） ③ 高圧ガス保安協会の所定の講習修了者 ④ 高校又は旧工業高校卒業で特定高圧ガスの製造又は消費の6か月以上の経験 ⑤ 甲種化・機、乙種化・機、丙種化学責任者免状、第一種販売主任者免状（液化石油ガス以外の主任者への選任に限る。）の保有者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐震に関する性能を有するべき高圧ガス設備等

図5

一般則第6条1項17号、液石則第6条1項20号、
コンビ則第5条1項24号、耐震性能を定める告示



所定の耐震に関する性能を有すること。

（平成30.11.14付経済産業省令第61号による改正。
令和元.9.1から施行。
それまでは耐震設計基準）

※高圧ガスの種類は限定されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（1）

図6

1. 製造施設の位置、構造、設備・製造の方法の基準
2. 保安管理体制・保安統括者等の職務の範囲
3. 製造設備の安全な運転、操作
4. 製造施設の保安のための巡視、点検
5. 製造施設の新増設工事、修理作業の管理
6. 危険時の措置・訓練方法
7. 大規模な地震に係る防災及び減災対策
   （平成30.11.14付経済産業省令第61号による改正。令和元.9.1から施行。コンビ則 第22条第2項改正他）
8. 協力会社の作業管理
9. 従業者に対する危害予防規程の周知方法、規程違反者に対する措置
10. 製造施設の新設、変更時の安全審査[→コンビ則適用事業所のみ]
11. 保安関係の記録
12. 危害予防規程の作成、変更の手続
13. その他災害の発生の防止に必要な事項
    ＊ 大規模地震対策特別措置法の地震防災対策強化地域は、警戒宣言発令時の措置等
    ＊ 南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の指定地域は、津波からの避難、訓練、教育に関する細目

一般第63条、
液石第61条、
コンビ第22条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（2）

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合

図7

一般第63条、液石第61条、コンビ第22条

該当事業所は、図11の事項のほか、次の事項の細目について定めること。
→（平成30.11.14付経済産業省令第61号による改正。令和元.9.1から施行。コンビ則第22条第9項として追加）

1. 津波に関する警報が発令された場合における当該警報の伝達方法、避難場所、避難の経路その他の避難に関すること。
2. 津波に関する警報が発令された場合における作業の速やかな停止、設備の安全な停止並びに避難時間の確保に係る判断基準、手順及び権限に関すること。
3. 津波に関する防災に係る必要な教育、訓練及び広報に関すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（2）

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合

図7

4. 津波による製造設備又は貯蔵設備の破損又は流出による事業所内及び周辺地域において想定される被害並びに当該被害が及ぶと想定される地域を管轄する都道府県知事及び市町村長に対する当該被害の想定に係る情報提供に関すること（津波浸水想定が3mを超える場合に限る。）。
5. 充塡容器等（高圧ガスを燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器を除く。）の事業所からの流出防止を図るための措置並びに流出した充塡容器等（同）の回収方針に関すること（津波浸水想定が1m（車両に固定した容器に係る事項にあっては、2m）を超える場合に限る。）。
6. 津波に関する警報が発令された場合における緊急遮断装置、防消火設備、通報設備、防液堤その他の保安に関する設備等の作業手順及び当該設備等の機能が喪失した場合における対応策に関すること。
7. 津波による被害を受けた製造施設の保安確保の方法に関すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガス容器及び液化石油ガス容器の充塡期限の明示

図8

液化石油ガス容器の充塡期限明示の例

一般則第40条第3号
液石則第41条第3号

平成31年3月15日基本通達（内規）改正

一般則第40条第3号、液石則第41条第3号関係
（令和元年5月1日から施行。同年10月31日までは従前どおりの明示でもよい。）

「明示すべき事項は、充塡期限〇ー□（〇は年、□は月を示す。）とする。
年については、西暦年4桁とし、月については、次回の再検査を受けないで高圧ガスを充塡できる最終日を含む月とする。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の耐圧試験

図9

一般則第6条1項11号
コンビ則第5条1項17号

＊第二種特定設備以外の高圧ガス設備（第一種特定設備を含む。）
1.水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.5以上の圧力
2.空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.25以上の圧力

＊第二種特定設備等
1.水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.3以上の圧力
2.空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.1以上の圧力

平成31.3.29付経済産業省令第21号による改正。同日施行

- 第一種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を4として設計した設備
(特定設備検査規則第2条16号、第11条1項、第14条1項)
- 第二種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を3.5として設計した設備
(特定設備検査規則第2条17号、第11条2項、第14条3項)
- 第二種特定設備等とは、第二種特定設備その他設計上常用の圧力の1.5倍より小さい圧力で耐圧試験を行う必要のある設備（設備の例
→圧縮水素スタンドの蓄圧器等＝耐圧試験圧力は常用の圧力の1.3倍の圧力）をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素スタンド関係・コンビナート等保安規則等改正
（平成31.3.29付経済産業省令第21号による改正。同日施行）

図10

コンビ則第7条の3第1項第10号、同第2項第2号、第27号
（一般則も同条項が改正された。）

1.圧縮水素スタンドの定義
⇒当該圧縮水素スタンド内の圧縮水素及び
液化水素の常用の圧力が82MPa以下のものに限る。（コンビ則第7条の3柱書）
↑(従前は1MPa未満)

2.圧縮水素スタンド（可燃性ガスが通る部分に限る。）は、その外面から火気（当該圧縮水素スタンド内のものを除く。）を取り扱う施設に対し8m（常用の圧力が40MPa以下の可燃性ガス（液化水素を除く。）が通る部分にあっては6m、同40MPaを超える液化水素が通る部分にあっては10m、同1MPa以上40MPa以下の液化水素が通る部分にあっては9m、同1MPa未満の液化水素が通る部分にあっては2m）以上の距離を有し、又は流動防止措置若しくは当該可燃性ガスが漏えいしたときに連動装置により直ちに使用中の火気を消すための措置を講ずること。
（コンビ則第7条の3第1項第10号）

コンビ則第7条の3第2項第2号にあっては「圧縮水素スタンド」を「高圧ガス設備」と読み替える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査の実施時期について

図11

一般第83条、液石第81条、コンビ第38条

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）の改正
（平成31年3月15日改正。同年4月1日施行）

（コンビ則第38条関係の内規の例）

定期自主検査の実施時期は事業者の個別の事情に応じて合理的に設定されるものであり、例えば、規則第34条第3項に基づき、前回の保安検査の日から1年を経過した日（「基準日」という。）の前後1月以内（認定完成検査実施者、認定保安検査実施者又は自主保安高度化事業者にあっては、基準日の前後3月以内）に受け又は自ら行う保安検査に対応して定期自主検査の実施日を設定することも可能である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器保安規則の改正

図12

容器則 第2条第20号他

平成31.4.22付経済産業省令第48号による改正。令和元.5.1施行

第2条　（用語の定義）の改正（FC容器の定義中、ガス名列挙が廃止され、
具体的ガス名は基本通達（内規）の「容器保安規則第2条関係」に移行した。）

20号　FC一類容器　液化フルオロカーボン（可燃性ガス及び毒性ガスを除く。）であって次のいずれにも該当するものを充塡する容器

イ　温度48度における圧力の数値の三分の五倍が3.0メガパスカル以下であるもの
ロ　温度60度における圧力の数値が2.4メガパスカル以下であるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器保安規則の改正

図12

21号　FC二類容器　液化フルオロカーボン（可燃性ガス及び毒性ガスを除く。）であって次のいずれにも該当するもの又は前号に掲げるガスを充塡する容器

イ　温度48度における圧力の数値の三分の五倍が4.0メガパスカル以下であるもの
ロ　温度60度における圧力の数値が3.2メガパスカル以下であるもの

22号　FC三類容器　液化フルオロカーボン（可燃性ガス及び毒性ガスを除く。）であって次のいずれにも該当するもの又は前二号に掲げるガスを充塡する容器

イ　温度48度における圧力の数値の三分の五倍が5.0メガパスカル以下であるもの
ロ　温度60度における圧力の数値が4.0メガパスカル以下であるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器の定義の新設等

図13

容器則　第2条他

（1）圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器の定義の新設等

現行法令上、水素自動車に用いる高圧ガス容器は「繊維強化プラスチック複合容器」に限定されている。
一方で、フォークリフト等の産業用車両については、鋼製の「継目なし容器」を使用するニーズがあることを踏まえ、新たに「圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器」を定義するとともに、その再検査における規格等を定めた。

（2）自動車燃料装置用容器に係る氏名等表示義務の明確化（図21参照）

車載又は非車載状態の自動車燃料装置用容器について、氏名等を表示する義務が生じる場合及び表示方法を明確化した。

（3）容器再検査のための充塡行為等に係る解釈の明確化（図22参照）

圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド、圧縮水素スタンド並びに移動式圧縮水素スタンド等において容器再検査の準備のみを目的として実施する充塡行為等について、その位置付けや注意事項を明記した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器の定義の新設等

図13

容器保安規則の改正（令和元年11月12日付経済産業省令第41号による改正。同2年4月1日施行）

第二条　この規則において次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

一～九［略］

十　　一般継目なし容器　継目なし容器であつて、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及びアルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器以外のもの

十一・十二［略］

十三　圧縮水素自動車燃料装置用容器　次のイ又はロに掲げるもの（第十三号の三に掲げるものを除く。）

イ　圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器　継目なし容器であつて、自動車の燃料装置用として圧縮水素を充塡するための容器

ロ　圧縮水素自動車燃料装置用複合容器　繊維強化プラスチック複合容器であつて、自動車の燃料装置用として圧縮水素を充塡するための容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14

容器則　第2条～第26条

1. 圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器

① フォークリフト等の産業用車両に利用

② 鋼製継目なし容器

③ 耐圧試験圧力　最高充填圧力の数値の13/10

④ 刻印の方式　記号VH1

⑤ 表示の方式　容器の外面に容器の所有者の氏名又は名称、住所及び電話番号を明示
（自動車又は二輪自動車に装着する場合は、2.⑤の例による。）

⑥ 容器再検査における規格　充填可能期限を延長しようとする場合は、所定の外観検査、漏えい試験に加え、超音波探傷試験等に合格するものであること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14

容器則　第2条～第26条

2. 圧縮水素自動車燃料装置用複合容器

① 水素自動車に利用

② 繊維強化プラスチック複合容器

③ 耐圧試験圧力　最高充填圧力の数値の3/2

④ 刻印の方式

ライナーの最小破裂圧力が最高充填圧力の125%以上の金属ライナー製複合容器　　記号VH2

同125%未満の金属ライナー製複合容器　　記号VH3

⑤表示の方式

イ 自動車又は二輪自動車に装置したもので、その所有者又は譲受人と容器の所有者が同一であるもの

ロ 自動車又は二輪自動車に装置していないもので、容器を譲渡することがあらかじめ明らかな場合において、当該容器を自動車若しくは二輪自動車に装着する者又は当該容器の譲渡のみを行う者が所有するもの

イ、ロの場合は 容器の所有者の氏名又は名称、住所及び電話番号の明示は義務付けなし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

「高圧ガスの製造」の定義の追加（内規の改正）

図15

法第5条　関係通達
（内規）

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）
（令和 元年11月12日付20191021保局第1号による改正。同2年4月1日施行）

Ⅰ　高圧ガス保安法関係

第5条関係（製造の許可等）

（1）［略］

（2）第1項第1号及び第2項第1号中「高圧ガスの製造」は、以下に掲げる試験等は含まないこととする。（③を追加）

① 圧縮機等の製造又は輸入をした者が、その製造又は輸入した機器の性能検査をする場合等の試運転及び容器等の製造又は輸入をした者が、その製造又は輸入した容器等に対して行う耐圧試験、気密試験のための充塡等

② 圧縮水素スタンド及び移動式圧縮水素スタンドにおいて実施する水素の計量管理、品質管理及び充塡性能確認（以下「検査充塡」という。）

③ 容器検査所が、容器再検査のために容器に高圧ガスを充塡する行為（容器検査所が高圧ガスを容器に充塡するための設備を備えていない場合にあって、容器検査所の依頼に基づき、圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド、圧縮水素スタンド又は高圧ガス充塡所において、容器再検査のために必要な高圧ガスを容器に充塡する行為を含む。）（以下「再検査充塡」という。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素を充填する者のうち保安統括者の選任が不要となる者
（令和2年2月28日付経済産業省令第12号による改正。同日施行）

図16

コンビ則　第23条第2項第5号他

（コンビ則第23条第2項第5号、一般則第64条第2項第5号）

処理能力が25万㎥未満の事業所において、
〔（一般則のみ）又は移動式圧縮水素スタンドにより、〕専ら常用の圧力が82MPa以下の
圧縮水素を燃料として使用する車両に固定された容器に圧縮水素を充填する者であって、
次のいずれかに該当する者にその製造に係る保安について監督させるもの

イ　甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、丙種化学責任者免状、
甲種機械責任者免状又は乙種機械責任者免状の交付を受けた者であり、
かつ、圧縮水素又は液化水素の製造に関し6月以上の経験を有する者　（従前どおり）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素を充塡する者のうち保安統括者の選任が不要となる者
（令和2年2月28日付経済産業省令第12号による改正。同日施行）

図16（続き）

（所定の講習修了者であって可燃性ガス等の経験を有する者を追加）

ロ　甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、丙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状又は乙種機械責任者免状の交付を受けた者であり、かつ、圧縮水素スタンドにおける高圧ガスの製造に関する講習（当該講習を適切に実施することができる者が行うものに限る。）を修了した者であって、圧縮天然ガススタンドに係る高圧ガスの製造に関し6月以上の経験を有する者　（新設）

ハ　甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状又は乙種機械責任者免状の交付を受けた者であり、かつ、圧縮水素スタンドにおける高圧ガスの製造に関する講習（当該講習を適切に実施することができる者が行うものに限る。）を修了した者であって、可燃性ガスの製造に関し6月以上の経験を有する者　（新設）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

車載容器の再使用（容器の他車への載せ換え利用）の許容

図17　高圧ガス保安法令上、水素自動車等の燃料装置用容器及び附属品を自動車間で転載した場合は、数年ごとの定期検査において不合格としており、転載を認めていなかったが、今般、有識者委員会における議論結果を踏まえ、一定の安全条件を満たす場合には、自動車間で転載を行った場合にも定期検査を合格とし、転載を可能とすることとした。
（令和2年6月15日付経済産業省告示第129号による改正。同年7月1日施行）

容器保安規則に基づき表示等の細目、容器再検査の方法等を定める告示

（改正後）	（改正前）
（容器再検査における容器の規格） 第22条第2項 ニ　自動車又は二輪自動車に装置されている容器にあっては、次に掲げるものとする。 イ　略 ロ　容器は、当該容器に貼付されている容器証票に記載された車台番号と異なる車台番号の自動車又は二輪自動車に装置されたことがないものであること。 ただし、当該容器の自動車又は二輪自動車からの取り外し、自動車又は二輪自動車に装置されていない状態における保管及び自動車又は二輪自動車への装置において、当該容器及びこれに装置された附属品の損傷を防止する措置その他当該容器及び附属品の保安を確保するために必要な措置を講じた場合にあっては、この限りでない。 三　自動車又は二輪自動車に装置されていない容器にあっては・・・ （ニと同様の改正あり。附属品も同様の改正あり。詳細略）	（容器再検査における容器の規格） 第22条第2項 ニ　自動車又は二輪自動車に装置されている容器にあっては、次に掲げるものとする。 イ　略 ロ　容器は、当該容器に貼付されている容器証票に記載された車台番号と異なる車台番号の自動車又は二輪自動車に装置されたことがないものであること。 容器則細目告示第22条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

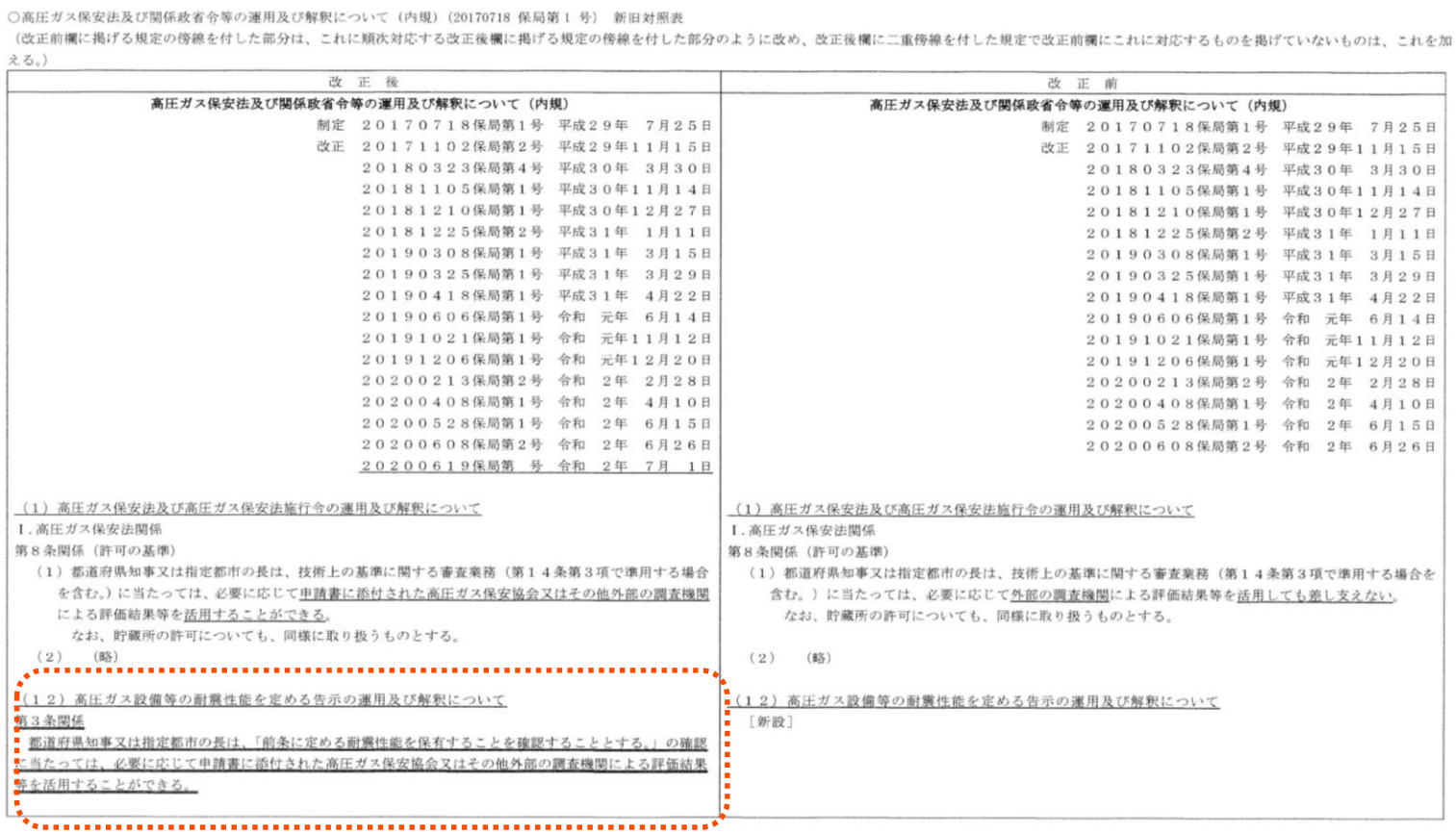
図18　都道府県等による調査機関の更なる活用を促進し、保安行政の維持を図るべく通達の一部を改正するもの（令和2年7月1日付20200619保局第2号による内規（基本通達）改正。同日施行。（以下の新旧対照表参照のこと。）

法　第8条　関係通達（内規）、P1056
耐震告示　第3条関係通達（内規）

（12）高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示の運用及び解釈について

第3条関係（新設）

都道府県知事又は指定都市の長は、「前条に定める耐震性能を保有することを確認することとする。」の確認に当たっては、必要に応じて申請書に添付された高圧ガス保安協会又はその他外部の調査機関による評価結果等を活用することができる。



○高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）（20170718 保局第１号）　新旧対照表

（改正前欄に掲げる規定の傍線を付した部分は、これに順次対応する改正後欄に掲げる規定の傍線を付した部分のように改め、改正後欄に二重傍線を付した規定で改正前欄にこれに対応するものを掲げていないものは、これを加える。）

改　正　後	改　正　前
高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）	高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）
制定　２０１７０７１８保局第１号　平成２９年　７月２５日	制定　２０１７０７１８保局第１号　平成２９年　７月２５日
改正　２０１７１１０２保局第２号　平成２９年１１月１５日	改正　２０１７１１０２保局第２号　平成２９年１１月１５日
２０１８０３２３保局第４号　平成３０年　３月３０日	２０１８０３２３保局第４号　平成３０年　３月３０日
２０１８１１０５保局第１号　平成３０年１１月１４日	２０１８１１０５保局第１号　平成３０年１１月１４日
２０１８１２１０保局第１号　平成３０年１２月２７日	２０１８１２１０保局第１号　平成３０年１２月２７日
２０１８１２２５保局第２号　平成３１年　１月１１日	２０１８１２２５保局第２号　平成３１年　１月１１日
２０１９０３０８保局第１号　平成３１年　３月１５日	２０１９０３０８保局第１号　平成３１年　３月１５日
２０１９０３２５保局第１号　平成３１年　３月２９日	２０１９０３２５保局第１号　平成３１年　３月２９日
２０１９０４１８保局第１号　平成３１年　４月２２日	２０１９０４１８保局第１号　平成３１年　４月２２日
２０１９０６０６保局第１号　令和　元年　６月１４日	２０１９０６０６保局第１号　令和　元年　６月１４日
２０１９１０２１保局第１号　令和　元年１１月１２日	２０１９１０２１保局第１号　令和　元年１１月１２日
２０１９１２０６保局第１号　令和　元年１２月２０日	２０１９１２０６保局第１号　令和　元年１２月２０日
２０２００２１３保局第２号　令和　２年　２月２８日	２０２００２１３保局第２号　令和　２年　２月２８日
２０２００４０８保局第１号　令和　２年　４月１０日	２０２００４０８保局第１号　令和　２年　４月１０日
２０２００５２８保局第１号　令和　２年　６月１５日	２０２００５２８保局第１号　令和　２年　６月１５日
２０２００６０８保局第２号　令和　２年　６月２６日	２０２００６０８保局第２号　令和　２年　６月２６日
２０２００６１９保局第　号　令和　２年　７月　１日	
（１）高圧ガス保安法及び高圧ガス保安法施行令の運用及び解釈について	（１）高圧ガス保安法及び高圧ガス保安法施行令の運用及び解釈について
Ⅰ．高圧ガス保安法関係	Ⅰ．高圧ガス保安法関係
第８条関係（許可の基準）	第８条関係（許可の基準）
（１）都道府県知事又は指定都市の長は、技術上の基準に関する審査業務（第１４条第３項で準用する場合を含む。）に当たっては、必要に応じて申請書に添付された高圧ガス保安協会又はその他外部の調査機関による評価結果等を活用することができる。 なお、貯蔵所の許可についても、同様に取り扱うものとする。	（１）都道府県知事又は指定都市の長は、技術上の基準に関する審査業務（第１４条第３項で準用する場合を含む。）に当たっては、必要に応じて外部の調査機関による評価結果等を活用しても差し支えない。 なお、貯蔵所の許可についても、同様に取り扱うものとする。
（２）　（略）	（２）　（略）
（１２）高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示の運用及び解釈について	（１２）高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示の運用及び解釈について
第３条関係	［新設］
都道府県知事又は指定都市の長は、「前条に定める耐震性能を保有することを確認することとする。」の確認に当たっては、必要に応じて申請書に添付された高圧ガス保安協会又はその他外部の調査機関による評価結果等を活用することができる。	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素スタンドの液化水素貯槽に充塡する液化水素の移動は容積にかかわらず移動監視者の監視が必要

図19

一般則　第49条　第1項　第17号

（令和2年8月6日付経済産業省令第66号による改正。同年8月7日施行。）

一般高圧ガス保安規則第49条第1項（車両に固定した容器による移動に係る技術上の基準等）

十七　次に掲げる高圧ガスを移動するときは、甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、丙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状若しくは乙種機械責任者免状の交付を受けている者又は協会が行う高圧ガスの移動についての講習を受け、当該講習の検定に合格した者に当該高圧ガスの移動について監視させること。

イ　圧縮ガスのうち次に掲げるもの（ハに掲げるものを除く。）

（イ）、（ロ）略

ロ　液化ガスのうち次に掲げるもの（ハに掲げるものを除く。）

（イ）　質量三千キログラム以上の可燃性ガス及び酸素

（ロ）　質量千キログラム以上の毒性ガス

（ハ）　第七条の三第二項（通常の圧縮水素スタンド）、第七条の四第二項（遠隔監視、セルフ充塡の圧縮水素スタンド）、第十一条第一項第五号（第七条の三第二項の基準を準用する場合に限る。）及び第十二条の二第二項の圧縮水素スタンド（第二種製造者の圧縮水素スタンド）並びにコンビナート等保安規則第七条の三第二項の圧縮水素スタンドの液化水素の貯槽に充塡する液化水素

ハ　略

↑ 今回改正された条文（説明用に修文したもの）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

セルフ充填に係る圧縮水素スタンドの基準の新設

図20

一般則　第7条の4（追加）関係

一般則第7条の4（顧客に自ら圧縮水素の充填に係る行為をさせる圧縮水素スタンドに係る技術上の基準）（新設）

（令和2年8月6日付経済産業省令第66号による改正。同年8月7日施行）

（1）概要　圧縮水素スタンドにおける高圧ガスの製造に適用される現行の技術基準（一般則第7条の3）は、従業者が圧縮水素スタンドに常駐し、当該圧縮水素スタンドにおいて、製造設備等の運転状況の監視、容器への充填及び災害の発生防止のための応急措置等に対応することが前提に規定されている。今般、現行の技術基準では想定されていない、圧縮水素スタンドにおける従業者の常駐を前提とせず顧客に自ら圧縮水素の充填に係る行為（以下「セルフ 充填」という。）をさせる方法による高圧ガスの製造を可能とするため、一般則に新たに第7条の4を定める等、車両の燃料装置用容器にセルフ充填を行う 圧縮水素スタンドの保安確保上必要な技術基準を整備したものである。

（2）具体的な規定の内容　圧縮水素スタンドにおけるセルフ充填を可能とするため、一般則、製造細目告示及び基本通達の改正により、当該圧縮水素スタンドの保安確保上必要な技術基準として、監視に必要な設備を備えた監視所において製造設備等の運転状況を遠隔で監視する措置、顧客自らによるセルフ充填が安全に行えるようにするための措置及び従業者の常駐を前提としない場合であっても災害の発生防止のための応急措置を迅速かつ的確に対応するための体制を確保し、あらかじめ危害予防規程に明記すること等の措置を定めた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図21

コンビ則別表第3、1項（下欄）1号他

令和2年10月30日付経済産業省令第82号による改正。同日施行

コンビ則の別表第3（検査項目）の1項1号の下欄（完成検査の方法）中「目視」を「目視又はこれに類する方法」に改める。以下これを「目視等」と呼称。別表第3及び第4中「目視」を「目視等」に改める。

（令和2年10月30日付20201014保局第1号による改正）

（4）コンビナート等保安規則の運用及び解釈について

別表関係

新設

（1）別表第3第1項第1号下欄中「これに類する方法」とは、検査を実施する者が自らの目視によるときと同等以上の情報が得られると判断した方法（例えばファイバースコープ、カメラ、拡大鏡等の検査器具類を使用した結果、目視と同等以上の情報が得られる方法等）をいう。なお、検査器具類を搭載したドローン等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドラインver2.0」、「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」等を参考に安全に配慮して行うこと。

（2）別表第4の保安検査の方法で「常用の圧力以上の圧力で行う気密試験」については、開放検査を行わない年に、当該運転状態の圧力で、当該運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施しても差し支えない。

次ページの新旧対照表参照のこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図21（続き）

新	旧
（4）コンビナート等保安規則の運用及び解釈について 第37条関係 第２項第３号中「第54条の規定により経済産業大臣が認めた基準に係る保安検査の方法」は、当該保安検査の方法が保安検査の方法を定める告示（平成17年経済産業省告示第84号。以下この項において「保安検査告示」という。）で定める検査方法の準用等で対応が可能な場合には、保安検査告示で定めた方法として差し支えない。 なお、保安検査の方法を具体的に定める場合には、都道府県又は指定保安検査機関は、第54条の規定により経済産業大臣が定めた基準をあらかじめ精査し、保安検査告示中の保安検査の方法の準用等について検討するとともに、必要に応じて完成検査等の方法を参考とした上で定めること。 ［削る］ 第38条関係～容器保安規則等の一部を改正する省令（平成30年経済産業省令第61号）附則関係　［略］ 別表関係 （１）別表第３第１項第１号下欄中「これに類する方法」とは、検査を実施する者が自らの目視によるときと同等以上の情報が得られると判断した方法（例えば、ファイバースコープ、カメラ、拡大鏡等の検査器具類を使用した結果、目視と同等以上の情報が得られる方法等）をいう。なお、検査器具類を搭載したドローン等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドラインVer2.0」、「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」等を参考に安全に配慮して行うこと。 （２）別表第４の保安検査の方法で「常用の圧力以上の圧力で行う気密試験」については、開放検査を行わない年に、当該運転状態の圧力で、当該運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施しても差し支えない。	**（4）コンビナート等保安規則の運用及び解釈について** 第37条関係 （１）第２項第３号中「第54条の規定により経済産業大臣が認めた基準に係る保安検査の方法」は、当該保安検査の方法が保安検査の方法を定める告示（平成17年経済産業省告示第84号。以下この項において「保安検査告示」という。）で定める検査方法の準用等で対応が可能な場合には、保安検査告示で定めた方法として差し支えない。 なお、保安検査の方法を具体的に定める場合には、都道府県又は指定保安検査機関は、第54条の規定により経済産業大臣が定めた基準をあらかじめ精査し、保安検査告示中の保安検査の方法の準用等について検討するとともに、必要に応じて完成検査等の方法を参考とした上で定めること。 （２）別表第４の保安検査の方法で「常用の圧力以上の圧力で行う気密試験」については、開放検査を行わない年に、当該運転状態の圧力で、当該運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施しても差し支えない。 第38条関係～容器保安規則等の一部を改正する省令（平成30年経済産業省令第61号）附則関係　［略］ ［新設］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一般高圧ガス保安規則の機能性基準の運用について

図22

一般則49条関係、一般則第50条関係

制定：20190606保局第3号　令和元年6月14日
改正：20201102保局第1号　令和2年11月 4日

別添 一般高圧ガス保安規則関係例示基準（一般則第49条第1項第1号、第50条第1号他）

1.境界線・警戒標等標識（移動に係るもの）

新設

4.2 警戒標は、次に掲げるいずれかの大きさとすること。

(1) 形状を長方形とする場合は、横寸法を車幅の 30%以上、縦寸法を横寸法の 20%以上。

(2) 正方形又は正方形に近い形状とする場合は、面積を 600cm2以上。

4.3 警戒標は、黒地に黄赤又は黄の明瞭に見える文字で「高圧ガス」と記載したものであること。

（従前の基準）
黒地の金属板に JIS K5673(1967)安全色彩用蛍光塗料の蛍光黄による文字で「高圧ガス」と記載したものを標準とする。

【標示の参考例】

高圧ガス

高圧
ガス

（参考例新設）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23

一般則63条関係、一般則第64条関係

一般高圧ガス保安規則の運用及び解釈について（第63条関係、第64条関係）

令和2年11月9日付20201022 保局第1号による改正。同日施行

<圧縮水素スタンドにおける保安監督者の兼任の許容>（新設）

（1）概要

第一種製造者の圧縮水素スタンド等においては、法第 27 条の2第1項に定める保安統括者に代わり、一般高圧ガス保安規則（昭和41年通商産業省令第 53 号。以下「一般則」という。）第 64 条第2項第5号に基づき、製造保安責任者免状の交付を受け、かつ、圧縮水素又は液化水素の製造に関し6月以上の 経験を有する者等にその製造に係る保安を監督させることを可能としている。

この製造に係る保安を監督する者（以下「保安監督者」という。）について、現状では、その職務に鑑み、2以上の圧縮水素スタンド等の保安の監督に係る業務を兼務することは法令上想定されていないが、今般、一定の要件を満たすことを前提に保安監督者の兼任を可能とするため、その要件の明確化に係る改正を行ったものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23

（2）具体的な規定の内容

1名の保安監督者が同時に2以上の圧縮水素スタンド等（※）の保安の監督に係る業務を兼務する保安管理体制をとろうとする場合（以下、当該保安監督者を「兼任保安監督者」という。）の要件として、「準保安監督者を選任し、圧縮水素スタンド等に常駐して平常時及び緊急時の対応を行わせること」、「兼任保安監督者は、保安監督者として6月以上の実務経験等を有するとともに、平常時は1週間に1回以上、緊急時は少なくとも24時間以内に現場に赴き保安の維持の状況等を自ら確認すること」等を定めるとともに、事業者は要件に基づき対応する内容を危害予防規程に定めることとし、これらの要件を基本通達で規定する。

※　一般則第7条の3に規定する圧縮水素スタンド及び同規則第8条の2に規定する移動式圧縮水素スタンドを指す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビ則関係例示基準 第57節

コンビ則関連条項 第5条第2項 第5号

図24

（改正 20210201保局第1号 令和 3年 2月22日）（同日施行）

設備の点検・異常確認時の措置（下線部分追加）

1. 高圧ガスの製造設備の使用開始時及び使用終了時には、次の各号の基準により当該製造設備等の属する施設について異常の有無を点検するものとする。なお、点検にドローン、ロボット、センシング、AI等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」、「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」及び「プラント保安分野 AI信頼性評価ガイドライン」等を参考に、安全に配慮して点検すること。

1.1～1.3［略］

2. 運転中の製造設備につき、1日に1回以上、次の各号の基準により当該製造設備の作動状況について異常の有無を点検するものとする。なお、点検にドローン、ロボット、センシング、AI等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」、「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」及び「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」等を参考に、安全に配慮して点検すること。（以下略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート等保安規則の運用及び解釈について

図25

コンビ則別表第3、1項（下欄）1号他

（改正 20210224保局第1号 令和 3年 3月 2日）（同日施行）

別表関係

別表第3及び別表第4までの下欄に定める検査の方法において、ドローン、ロボット、センシング、AI等の技術を活用することにより、技術上の基準の適合状況確認のために必要な情報が得られると検査を実施する者が判断した場合には、それらの技術を活用しても差し支えない。

なお、検査にドローン、ロボット、センシング、AI等を活用する場合は、
「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」、
「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」、
「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」等を参考に、安全に配慮して検査を行うこと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26

コンビ則　第14条

（軽微な変更の工事の要件の拡充を図るために省令及び通達の改正）
スーパー認定事業者が行う軽微な変更の工事の要件の拡充を図るために省令及び通達の改正
（主な改正）

（令和3年2月22日付経済産業省令第5号による一般則、液石則、コンビ則の改正。同日施行）

（1）コンビ則の改正内容の例（第一種製造者に係る軽微な変更の工事等）

第14条
法第14条第1項ただし書の経済産業省令で定める軽微な変更の工事は、次に掲げるものとする。

一～六（略）

七　認定完成検査実施者であって、～経済産業大臣が認める者（特定認定事業者）が自ら特定変更工事を行うことができる製造施設において行う工事であって、次に掲げる設備の変更の工事

イ　特定設備の管台の取替え→（設計圧力が30MPa以上のものを除く。）の限定が削除された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26

ロ　特定設備の取替え→（設計圧力が30MPa以上のものを除く。）の限定が削除され、
同等以上の性能を有するものへの取り換えに限るとされた。（イ及び前号に該当するものを除く。）
（次の「図26（続き）」参照。）

ハ　特定設備（特定設備検査規則（中略）の変更（保安上特段の支障がないものとして認められたものへの変更に限る。）の工事であって、当該設備の処理能力及び位置の変更を伴わないもの
（イ、ロ及び前号に該当するものを除く。）　←新規追加

ニ　高圧ガス設備（配管、バルブ、フランジ継手又は附属機器類（特定設備を除く。）に限る。）の工事であって、当該設備の処理能力の変更を伴わないもの（第1号に該当するものを除く。）
←新規追加（次の「図26（続き）」参照。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図26（続き）

コンビ則　第14条関係通達（内規）

（2）コンビナート等保安規則の運用及び解釈について

（令和 3年 2月22日付20210201保局第1号による改正。同日施行）

第14条関係

（1）～（4）［略］

新設

（5）第1項第7号ロの規定は、特定設備検査合格証又は特定設備基準適合証の交付を受けている特定設備のものへの取替えであるので留意すること。

（6）第1項第7号ニ中「附属機器類」とは、液面計、流量計、ストレーナ等をいい、「一般高圧ガス保安規則第6条第1項第11号等の規定による試験を行う者及び同項第13号等の規定による製造を行う者の認定等について（20180323保局第12号）」に規定する「Ⅲ2.」の区分0「その他の附属機器類」と同義である。なお、ストレーナ等であって特定設備に該当するものは除かれるので留意すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

CE（コールド・エバポレータ）の定義の見直し

図27

コンビ則　第2条　第1項第19号ト

（令和3年3月29日付経済産業省令第20号による改正。同年4月1日施行）

CEの定義見直し等
【一般則、協会則、コンビ則、指定機関則、製造細目告示、一般則例示基準、コンビ則例示基準、基本通達】

CEについては、下表右欄のように定義され、これに該当する場合、法第8条に基づき、一般則第6条の2及びコンビ則第5条の2に規定する製造に係る技術上の基準等が適用されている。

近年、貯槽や蒸発器に加えポンプや圧縮機の処理設備等が接続された、より複雑化した設備構成のものが現れ、法令上のCEに該当する設備構成の範囲の捉え方について、自治体ごとに運用に差異が生じている。このため、CEに関する実態調査及び関係業界団体・有識者等による審議を経て、貯槽（二重殻真空断熱式構造のものに限る。）及び蒸発器のみで構成される定置式製造設備をCEとするよう、定義を明確化する。

これに伴い、協会則及び指定機関則で定めているCEの定義についても同様に規定を見直すほか、CEの運用の適正化に係る改正を行った。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

CE（コールド・エバポレータ）の定義の見直し

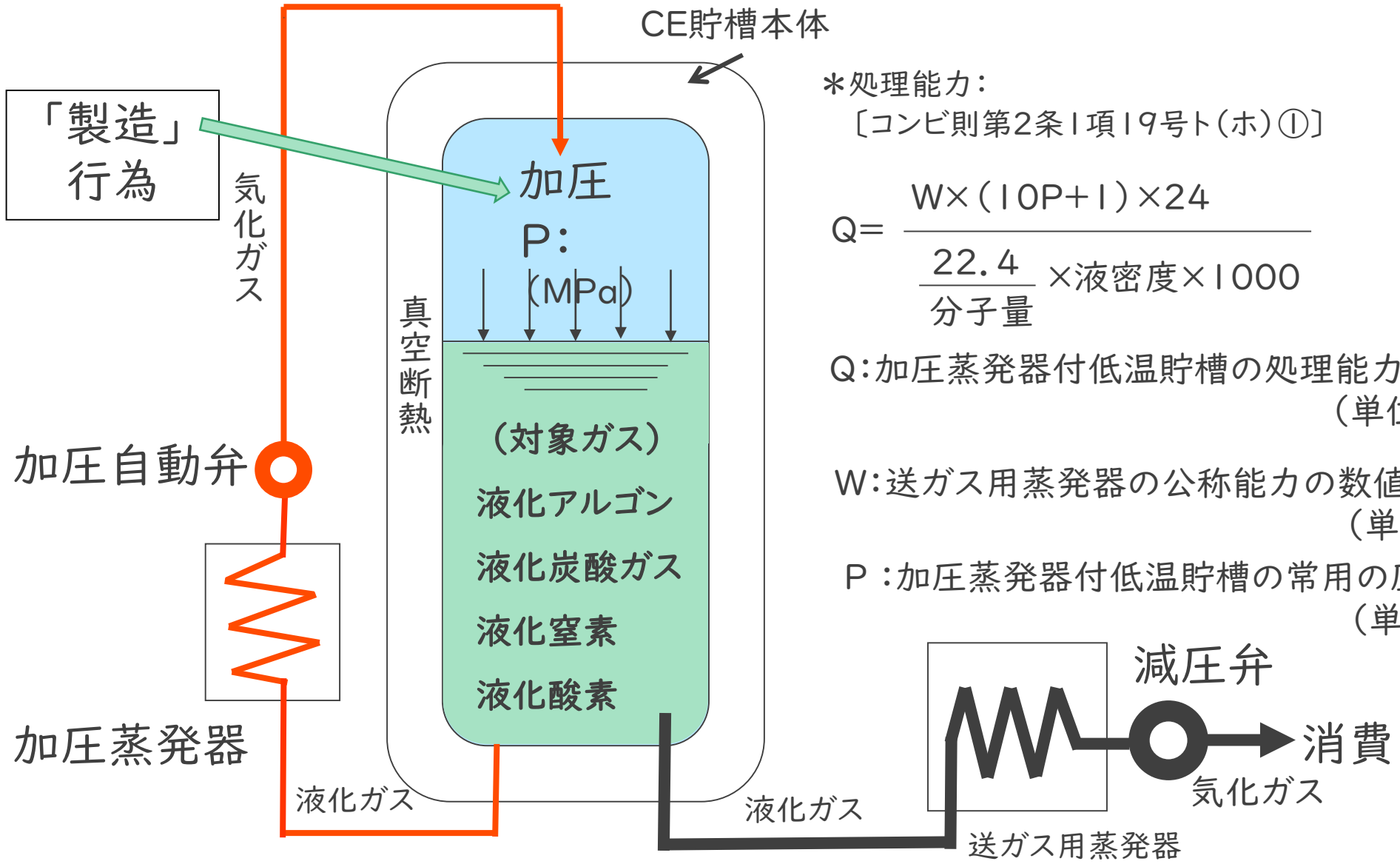
図27

改正後	改正前
コンビ則第2条第1項第13号の2（定義の新設） コールド・エバポレータ 液化アルゴン、液化炭酸ガス、液化窒素又は液化酸素の加圧蒸発器付低温貯槽（二重殻真空断熱式構造のものに限る。）を有する定置式製造設備（加圧蒸発器付低温貯槽以外の処理設備（第19号ハの処理設備（⇒蒸発器）を除く。）を有するものを除く。）（処理能力は、第2条第1項第19号ト（ホ）適用）	コンビ則第2条第1項第19号ト（ハ） コールド・エバポレータ （専ら液化アルゴン、液化炭酸ガス、液化窒素又は液化酸素の貯槽（二重殻真空断熱式構造のものに限る。）に接続された蒸発器により当該液化ガスを気化するための高圧ガス設備をいう。） （この条項（ハ）は削除された。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

CE（加圧蒸発器付低温貯槽）の構造例

参考図



＊処理能力：
〔コンビ則第2条1項19号ト（ホ）①〕

$$Q=\frac{W\times(10P+1)\times 24}{\frac{22.4}{\text{分子量}}\times\text{液密度}\times 1000}$$

Q：加圧蒸発器付低温貯槽の処理能力の数値
（単位 m^3/日）

W：送ガス用蒸発器の公称能力の数値
（単位 m^3/h）

P：加圧蒸発器付低温貯槽の常用の圧力の数値
（単位 MPa）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

適用除外となるエアゾール製品の火炎長試験の見直し等

図28

政令関係告示　第4条

（令和3年3月29日付経済産業省告示第57号による高圧ガス保安法施行令関係告示の改正。
同年4月1日施行）

法の適用除外となるエアゾールに求められる容器への表示方法に関連して、エアゾール等製品の試験方法を定めている日本産業規格（JIS）や容器に表示すべき事項の表示に係る業界自主基準が制定されたことを受け、これらを当該表示方法に係る要件に引用する等、エアゾール等製品の適切な試験及び表示の実施を図るための改正を行ったものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

適用除外となるエアゾール製品の火炎長試験の見直し等

図28

具体的な改正内容

適用除外となるエアゾール製品の火炎長試験の見直し等【政令関係告示、基本通達】整髪料、消臭剤、殺虫剤等として使用されているエアゾール内の高圧ガスは、その容器の内容積、圧力、注意事項の表示等について政令関係告示第4条第2号及び第3号で定める要件を満たすことで、法の適用が除外されている。適用除外となるエアゾールの容器に表示すべき事項は、火炎長試験による内容物の火炎の発生の有無によって、その内容は異なる。現行の火炎長試験の方法は、泡状エアゾール製品等で試験を行うと適切な結果を得ることが困難であることから、業界の自主的な基準による方法で運用されてきたところである。今般、適用除外となるエアゾール製品等の試験方法を定めた JIS S 3301 が制定され、泡状エアゾール製品等に適用可能な試験方法が当該 JIS で示されていることから、告示の火炎長試験の方法として、当該 JIS 規格を引用するよう見直しを行う。併せて、JIS の試験名称に合わせ、政令関係告示の「火炎長試験」を「火炎発生状態試験」に改称する。また、業界において、容器に表示すべき事項の表示に係る自主基準として「エアゾール等製品の表示自主基準」（一般社団法人日本エアゾール協会）が定められたことから、当該自主基準を活用できるよう基本通達の見直しを行った。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート等保安規則等の改正

図29

コンビ則　第2条第1項 第1号、 第3号の2

（令和3年4月23日付経済産業省令第44号による改正。同日施行）

可燃性ガス、特定不活性ガスの定義の見直し

高圧ガス保安法令において規定する特定不活性ガスについて、今後も地球温暖化係数の低いフルオロカーボンが新たに開発・使用されていくことが想定されるため、諸外国で既に使用されている定量的な判定方法を参考とし、掲名による規定から定量的な判定方法による規定（性能規定）に改めるため、省令、告示及び通達の改正がなされた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート等保安規則等の改正

図29

改正後	改正前
コンビ則第2条第1項第1号 一　可燃性ガス　アクリロニトリル、アクロレイン、・・・及びその他のガスであって次のイ又はロに該当するもの（フルオロカーボンであって経済産業大臣が定めるものを除く。） イ（略） ロ（略） 三のニ　特定不活性ガス　不活性ガスのうち、フルオロカーボンであって、温度60度、圧力0パスカルにおいて着火したときに火炎伝ぱを発生させるもの	コンビ則第2条第1項第1号 一　可燃性ガス　アクリロニトリル、アクロレイン、・・・及びその他のガスであって次のイ又はロに該当するもの（フルオロオレフィン1234yf及びフルオロオレフィン1234zeを除く。） イ（略） ロ（略） 三のニ　特定不活性ガス　不活性ガスのうち、次に掲げるもの イ　フルオロオレフィン1234yf ロ　フルオロオレフィン1234ze ハ　フルオロカーボン32

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの基準関係見直し

図29（続き）

一般則　第101条、製造細目告示第1条

高圧ガス保安法施行令第2条第3項第4号「ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）又は空気（以下「第一種ガス」という。）」
（令和3年10月20日付で条項号の移動があったが、第一種ガスの定義の改正なし。）

改正後（令和3年10月20日再改正後の条文）	改正前（令和3年4月22日以前）
（燃焼性の基準） 一般則第101条　令第2条第3項第4号の難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準は次の各号のいずれかに該当することとする。 一　次のイ及びロのいずれにも該当しないこと。 イ　爆発限界の下限が10%以下のもの ロ　爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの ニ　前号イ又はロに該当するものであって、同号と同等程度の難燃性を有するものとして経済産業大臣が定めるものに適合すること。	（燃焼性の基準） 一般則第101条　令第3条表第1号上欄の経済産業省令で定める燃焼性の基準は次の各号のいずれかに該当することとする。 一　次のイ及びロのいずれにも該当しないこと。 イ　爆発限界の下限が10%以下のもの ロ　爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの ニ　ガスと着火源との接触を維持しない限り火炎が認められないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの基準関係見直し

図29（続き）

可燃性ガスから除外されるガス又は難燃性を有するガス

（令和3年4月23日付。製造細目告示第1条（新設））

一般則第2条第1項第1号及び第101条第2号並びにコンビ則第2条第1項第1号の経済産業大臣が定めるものは、次に掲げる基準のいずれにも適合するフルオロカーボンとする。

一　爆発限界の下限が3.5%を超えること。

二　燃焼熱が19000kj／kg未満であること。

三　温度23度、圧力0パスカルにおける試験時に最大燃焼速度が10cm／秒以下であること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則第8条第3項 容器の刻印の方式の改正

図30

容器則 第8条 第3項第1号の2

（令和3年5月18日付経済産業省令第48号による改正。同日施行）

（改正の概要）

①超低温容器・金属ライナー製一般複合容器・液化石油ガス用一般複合容器における容器検査時の刻印について、アルミニウム箔に刻印する方式に加え、印字による表示も認める。【容器則、基本通達】
②液化石油ガス用一般複合容器について、実測値に加え代表値による内容積の表示も認める。【基本通達】
③液化石油ガス用一般複合容器について、氏名等の表示において黒色のインクの使用も認める。【基本通達】
④英国のEU離脱を踏まえて、「EU指令に基づきグレート・ブリテン及び北部アイルランド連合王国、フランス共和国及びドイツ連邦共和国が採用する」とされている点について、「グレート・ブリテン及び北部アイルランド連合王国、フランス共和国及びドイツ連邦共和国がそれぞれの国内法令に基づき採用する」と改正する。【保税通達】

（容器則第8条第3項）第1号の2（新設）
（刻印をすることが困難なものとして経済産業省令で定める容器の標章の方式）

（条文は　説明用に修文してある。）

超低温容器であって、鏡部の肉厚が2mm以下のものにあっては、所定の事項をアルミニウム箔に明瞭に、かつ、消えないように打刻又は印字したもの（ただし、「検査実施者の名称の符号」は打刻に限る。）を、取れないように容器の肩部その他見やすい箇所に貼付することでもよい。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則第8条第3項 容器の刻印の方式の改正

図30（続き）

基本通達の改正（抜粋）
（9）容器保安規則の運用及び解釈について
（改正 20210407保局第3号。令和3年5月18日）（同日施行）
第8条関係
（1）～（11）略

（12）（新設）

① 第3項第1号の2中「アルミニウム箔にその順序で明瞭に、かつ、消えないように打刻又は印字したもの（ただし、第1項第1号に掲げる事項は打刻に限る。）を、取れないように容器の肩部その他の見やすい箇所に貼付」は、アルミニウム箔に打刻又は印字したものを容器の肩部その他の見やすい箇所にシール等の形式で剥がれないように貼付する方式とする。また、印字する場合は、消えないように黒色の耐候性の高いインクを使用し、かつ、表面を粘着力のあるラミネートフィルムにより保護するものとする。（以下略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法施行令の適用除外関係の改正

図31

政令　第2条第3項

（令和3年10月20日付政令第286号による高圧ガス保安法施行令の改正。令和3年10月27日施行）

改正後	改正前
（適用除外） 高圧ガス保安法施行令第2条第3項 四　冷凍能力が3トン以上5トン未満の冷凍設備内における高圧ガスであるヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素及びフルオロカーボン（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）又は空気（以下「第一種ガス」という。） 八　内容積1リットル以下の容器内における液化ガスであって、温度35度において圧力0.8メガパスカル（当該液化ガスがフルオロカーボン（第四号の経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）である場合にあっては、2.1メガパスカル）以下のもののうち、経済産業大臣が定めるもの	（適用除外） 高圧ガス保安法施行令第2条第3項 四　冷凍能力が3トン以上5トン未満の冷凍設備内における高圧ガスである二酸化炭素及びフルオロカーボン（不活性のものに限る。） 八　内容積1リットル以下の容器内における液化ガスであって、温度35度において圧力0.8メガパスカル（当該液化ガスがフルオロカーボン（可燃性のものを除く。）である場合にあっては、2.1メガパスカル）以下のもののうち、経済産業大臣が定めるもの

注：　この改正に伴い、高圧ガス保安法施行令、一般則、製造細目告示等の関係条項番号等の改正がなされている。
なお、冷凍則の改正内容は省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

「高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）」の改廃の経緯

参考-1

（従前の内規を廃止・再制定）

制定　平成26年7月14日付　20140625商局第1号

（上記内規を廃止・再制定）

制定　平成29年7月25日付　20170718保局第1号

改正　平成29年11月15日付　20171102保局第2号

改正　令和 2年 7月 1日付　20200619保局第2号

（上記内規を廃止・再制定）

制定　令和2年8月6日付　20200715保局第1号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法関係のweb情報について

参考-2

経済産業省　産業保安HP

（データの閲覧、ダウンロードが可能）

高圧ガスの安全

最新情報⇒年月日順　法令改正状況・通達情報

審議会・研究会

産業構造審議会

保安・消費生活用製品安全分科会

高圧ガス小委員会

スマート保安官民協議会

高圧ガス保安部会

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

D－8　保安主任者講習　教材一例

高圧ガス保安主任者講習

最近における高圧ガス保安法令の改正状況等

令和4年度

高圧ガス保安協会

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安主任者の職務の確認（高圧ガス保安法第32条第4項）

法規集 P25 法 第32条

保安主任者は、保安技術管理者（保安技術管理者が選任されない事業所の場合は、
高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的な事項に関し保安統括者）を補佐して、保安係員を指揮する。

保安統括者	保安業務の統括管理
保安技術管理者	保安統括者を補佐し、技術的事項を管理
保安企画推進員	保安統括者を補佐し、危害予防規程・保安教育計画の企画・立案・推進、作業標準等の基準類の指導・勧告、防災訓練の企画・推進、保安情報収集
保安主任者	技術的事項について保安技術管理者（保安統括者）を補佐し、保安係員を指揮
保安係員（コンビ則第31条）	製造施設の位置、構造・設備及び製造の方法が基準に適合するよう監督、定期自主検査の実施の監督、製造施設及び製造の方法についての巡視・点検、製造に係る保安についての作業標準、設備管理基準及び協力会社の管理基準並びに災害の発生又はそのおそれがある場合の措置基準の作成に関する助言、災害の発生又はそのおそれがある場合の応急措置の実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

最近における保安行政の動向

第20回　産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 高圧ガス小委員会

（2021年10月25日開催）

資料2−2

「高圧ガス保安法におけるスマート保安の促進を念頭に置いた新たな制度的措置（認定制度）の具体的あり方」ー事業者・地方自治体双方との意見交換を踏まえてー

資料6　「耐震対策の取り組み状況」

資料7　「高圧ガス設備の国内規格策定に向けた動き（供用適性評価）」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

経済産業省

資料2-2

高圧ガス保安法におけるスマート保安の促進を念頭に置いた新たな制度的措置（認定制度）の具体的あり方

-事業者・地方自治体双方との意見交換を踏まえて-

2021年10月25日

経済産業省

産業保安グループ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ－Ⅰ.産業保安基本制度小委員会「中間とりまとめ」における整理①

テクノロジーの革新的進展
（IoT、BD-AI、ドローン等）

深刻な保安人材の枯渇
熟練の保安人材のの不足
若年層の雇用困難化

保安体制の成熟化した産業分野・事業者
（戦後・高度成長期に比し、保安に係る技術の進展、事業者のリスク管理体制の整備等により、総じて重大事故は減少。）

画一的・詳細な個別規制
膨大な届出・許可等の手続
高圧ガス：24万件/年　電力：22万件/年　都市ガス：1.4万件/年

保安レベルの持続的向上(保安イノベーション)と保安人材の枯渇の問題への対処のため、「スマート保安」を強力に推し進めるための制度的環境整備が必要。

保安体制の成熟化した従来的な産業保安分野においては、自立的に高度な保安を確保できる事業者に対し、保安レベルに見合った合理的な規制のあり方を検討すべき。

限りある行政リソースを新たなリスク分野に展開する必要

テクノロジーを前提に高度な保安を実現するためのメリハリある規制体系

保安レベルを下げることなく、むしろ、テクノロジーの活用により保安レベルを持続的に向上させるため、「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」については、行政の適切な監査・監督の下に、画一的な個別・事前規制によらず、自己管理型の保安へ移行することを許容し、手続・検査のあり方をこれに見合った形に見直す措置を講じる（スマート保安の促進を念頭に置いた新たな制度的措置）。
これにより、事業者の保安活動をテクノロジーを活用しつつ自己リスク管理がなされた高度な領域に強力に押し上げていくことが必要。

電力　都市ガス　高圧ガス　液化石油ガス

前提Ⅰ（安全の確保とメリハリある規制）

- ○ テクノロジーを活用しつつ、「自立的に高度な保安を確保できる事業者」のみが対象
- ○ 行政が法令遵守状況を機動的検査により厳格にチェックすることや、重大事故や法令違反など発生した場合には、その原因・内容・対応等を精査したうえで、機動的に認定の取り消しを実施することなど、安全確保のための行政による実効的な監督等を行う。
- ○ 高圧ガス保安法の現行「認定事業者制度」（高圧ガス保安法第3章の2）については、発展的に解消する方向で整理する。

前提2（事業者に対する環境整備）

行政は、下記のような関係機関とも連携し、保安業務のテクノロジー化を目指す事業者に対し、技術・人材面等の支援を実施。

- NITE（独立行政法人製品評価技術基盤機構）
- 国立研究開発法人産業技術総合研究所
- IPA（独立行政法人情報処理推進機構）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

I-2.産業保安基本制度小委員会「中間とりまとめ」における整理②

(1)「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」の考え方

①経営トップのコミットメント
代表者の責任とイニシアティブの下での、保安に係る方針の明示や監督体制の整備等

②高度なリスク管理体制
- 安全に係るリスク評価と対策の実施
- 企業ガバナンスと体制整備 等

③テクノロジーの活用
IoT、BD-AI、ドローン等の先端技術の活用

④サイバーセキュリティなど関連リスクへの対応
IoT等の保安業務への活用を前提としたサイバー攻撃対策

(2) 簡易明快・迅速な認定手続

現行の「スーパー認定事業者制度」(高圧ガス分野)
- 認定作業に必要な時間:**合計1~2年**
- 申請書類:**500~1000ページ程度**(添付書類含む)
- 高圧ガス保安協会等による事前調査の手数料:
  約450万円(認定完成検査及び認定保安検査の合計)

⇒インセンティブに比して手続が煩雑で多大なコストがかかり、制度活用を躊躇する事業者も多い。

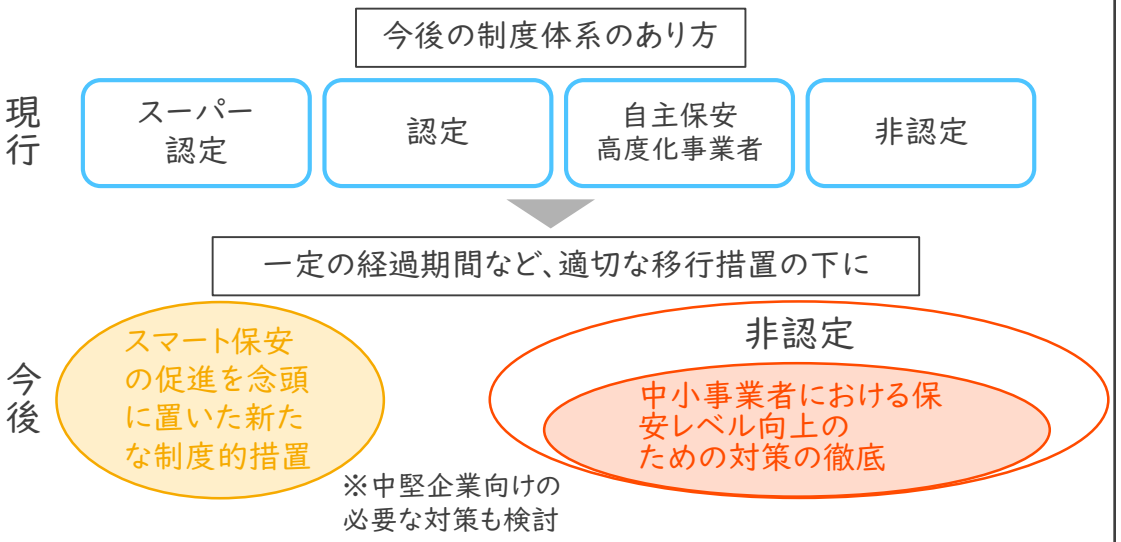
申請書類等のファイル群

新たな制度的措置の対象事業者の認定・確認の際は、安全確保を前提に、過重な審査の排除や手続のデジタル化等、簡易明快・迅速な手続とする。

(3) 今後の高圧ガス分野における制度的措置の体系の整理

①現行制度の発展的解消と適切な移行措置

高圧ガス分野において、新たな制度的措置を導入する際、事業者に混乱が生じないよう、**一定の経過期間を設けるなど適切な移行措置を講じ、丁寧な調整をしつつ、現行の認定事業者制度を発展的に解消し、簡易明快な制度体系へと整理**する。



②**労働安全衛生法**の検査周期の延長に係る**認定制度における認定要件との共通化**を図ること等が必要。

③安全確保を前提に、**テクノロジーの活用等の高度な保安に向け意欲ある事業者層(中間層)がapplyできる現実的で簡易明快な制度**とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法における新たな制度的措置(認定制度)の仕組みの基本構成

保安レベルの向上のため、スマート保安（テクノロジーの活用）へと政策誘導していく観点から、「テクノロジーを活用しつつ、自立的に高度な保安を確保できる事業者」について、その保安レベルを踏まえて手続・検査のあり方を見直す。

○ 現行のスーパー認定事業者のみならず、通常認定の事業者についても、相当程度の保安レベルを有していることから、「テクノロジーの活用」を行うことを前提として、新たな制度的措置（認定制度）へと円滑に移行しうるよう制度的な仕組みを構成する。

○ 事業者における移行準備期間として、一定の経過期間（改正法施行から例えば2～3年程度（検討中））を置くこととし、その間は、現行の認定事業者制度を存続する。

現行の「認定事業者制度」は、今回の新たな認定制度に統合し、発展的に解消

※「中間とりまとめ」における整理

現行の「認定事業者」制度（高圧ガス保安法第3章の2）は、もともと、現在のIoT、BD-AI、ドローン等の革新的なテクノロジーを前提としない1990年代（四半世紀前）に作られたインセンティブ制度である。
特に、（スーパー認定事業者制度ではなく）通常の認定事業者の制度においては、こうした革新的なテクノロジーを特に活用していなくとも一定の制度的メリットを受けられる。今般の革新的テクノロジーを前提とした新たな制度的措置の導入に合わせ、当該制度の歴史的意義・役割、影響、状況変化等を踏まえ、当該新たな制度へ統合し、発展的に解消する方向で整理する。

【新たな制度的措置（認定制度）の基本構成】

① 法律上の新たな制度的措置（認定制度）は1つ
⇒認定対象となる全ての事業者は「テクノロジーの活用」が必要

② 省令上の新たな制度的措置（検査関係）は、リスク管理レベル等に応じ、2つの措置（A認定とB認定）に差異化する。
⇒A認定が現行スーパー認定相当、B認定が現行通常認定相当の保安レベルとなることを想定。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

経済産業省

資料6

（6）耐震対策の取り組み状況

令和3年10月25日

高圧ガス保安室

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

国土強靭化基本計画（平成30年12月14日 閣議決定）

1.4） エネルギー

製油所設備や**高圧ガス設備について**、製油所の耐性評価を踏まえた設備の**耐震強化(耐震・液状化対策、設備の安全停止対策等)**や護岸の」強化等を進めるとともに、高圧ガス設備について、**南海トラフ等巨大地震を想定した耐震設計基準の見直しの検討を進める**ことにより、設備の耐震化を着実に推進する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

国土強靭化基本計画（平成30年12月14日 閣議決定）

1. これまでの主な取り組み

東日本大震災での事故等を踏まえた耐震性向上対策の実施

○ 高圧ガス設備等耐震設計基準を改正(鋼管ブレース交差部の技術基準の追加)
（平成26年1月1日施行）

○ 「既存の高圧ガス設備の耐震性向上対策」の取り組みを都道府県を通じ事業者に要請
（平成26年5月21日通知）

- 鋼管ブレースを有する球形貯槽の耐震性評価及び計画的な耐震工事の実施
- 重要度が高い設備に対する耐震性評価及び計画的な耐震工事の実施
※取り組み状況については、毎年フォローアップを実施（次頁参照）

○ 上記対策の円滑な実施に向け「高圧ガス設備の耐震補強支援事業費補助金」制度を措置
（平成25年度～令和2年度(終了)）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

既存の高圧ガス設備の耐震性向上対策に係る調査結果

都道府県からの報告を集計（令和3年3月31日時点）

（1）鋼管ブレースを有する球形貯槽 【対象基数は全国に467基】

最新基準対応	基 数	備 考
最新基準に対応済み	408（87%）	
補強工事を予定	2（1%）	開放検査に合わせて工事を実施。工事完了まで 液面低下等によるリスク低減化。（R3年7月実施予定）
液面低下による代替措置	57（12%）	

（2）コンビナート事業者の重要設備（Ia） ※【対象基数は全国に164基】

最新基準対応	基 数	備 考
最新基準に対応済み	130（79%）	
補強工事を予定	2（1%）	開放検査に合わせて工事を実施。工事完了まで 液面低下等によるリスク低減化。（R5年7月実施予定）
液面低下等による代替措置	32（20%）	

※ 通知の対象はIa及びI

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

既存の高圧ガス設備の耐震性向上対策に係る調査結果

南海トラフ等巨大地震を踏まえた耐震基準の性能規定化

○ 高圧ガス設備等耐震設計基準を性能規定化　(令和元年9月1日施行)
設置地点毎に想定される地震動(サイトスペシフィック地震動)に応じた
評価に基づく設計や最新の知見を柔軟に取り入れられるよう法体系を見直し

○ 例示基準(KHKS)の整備、例示基準によらない場合のKHKによる
事前評価等を整備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 現在の主な取り組み

液状化対策の検討

【背景】

- コンビナートに設置されている高圧ガス設備については、沿岸地域であることから、その多くが液状化する恐れのある地盤上に設置されていることが危惧される。
- 液状化対策については、阪神淡路大震災を契機に、平成9年に耐震告示(現KHKS)において、液状化に関する規定が追加されたが、当時に比べ、現在の液状化の影響に係る知見を踏まえると、大規模地震への対策は不十分である可能性もある※1。
- 液状化した地盤の場合、大規模地震時に基礎が破壊される恐れがあり※2、ひいては高圧ガス設備が倒壊し、気密性が失われる可能性がある。

※1 現在の知見では、液状化の影響をより正確に評価が可能な状況。

※2 大規模地震（南海トラフ地震等）時に耐震告示（現KHKS）で設計した基礎が損傷することがシミュレーションにより確認された（平成30年度・令和元年度調査研究）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 現在の主な取り組み

液状化対策の検討

【取り組み内容】

- 令和2年度は、液状化により既存設備の基礎が破壊される可能性について小型模型を用いた検証実験を実施。
- 令和3年度は、検証実験の結果を踏まえ、解析手法を確立して実機基礎の破壊可能性の評価を行い、また、事業者が容易に使用することができるよう（基礎が破壊されるのかを容易に評価できるよう）、簡易解析手法とモデルの構築について検討予定。

遠心模型振動実験による検証実験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

経済産業省

資料7

（7）高圧ガス設備の国内規格策定に向けた動き（供用適性評価）

令和3年10月25日

高圧ガス保安室

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の国内規格策定に向けた動き（供用適性評価）

1．供用適性評価とは

供用中の高圧ガス設備の使用環境及び運転実績データ等を踏まえ、**より合理的な設備の余寿命予測及び維持管理を行う設備の健全性評価手法**。欧米において先行して導入。※米国では2007年にAPI/ASME規格として発行。

2．供用適性評価に係る国内の動き

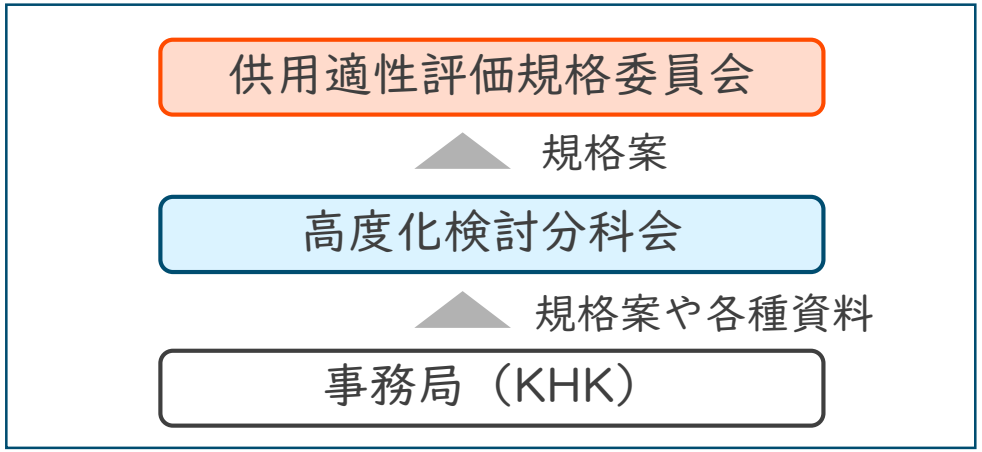
- 2009年、**我が国の高圧ガス耐圧性能及び強度の評価手法**として、**供用適性評価基準（KHK/PAJ/JPCA S 0851）**を石油連盟、石油化学工業協会、KHKの3者共同規格として制定。
- しかしながら、調整未了により**評価区分Ⅱ（設備設計時の技術基準による最小厚さ未満となることを前提とした評価）については、**様々な見解があり**結論が先送り。**
- 2021年7月、経済産業省は、**年内に評価区分Ⅱの結論を得る**べく**早期導入に関する見解を提示**するとともに、論点整理に協力。関係者との議論にも参画し、年内とりまとめに向け集中的に議論中。

評価区分Ⅱの早期導入に向けた基本的考え方

○ 国際競争が一層激化している中、安全の担保は当然の前提として、規格は実用されてこそ意義がある。

○ 遅くとも2021年内には、評価区分Ⅱの減肉評価法の結論を得るべく、技術的な確認事項と規格化を前提とした確認事項について、客観的・科学的に議論する。

検討体制



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

最近の高圧ガス保安法令改正の動向

平成29年11月 ～令和3年10月

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1　地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律の施行

平成29年11月15日付経済産業省令第83号による容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則等の改正。
平成30年4月1日施行

（第一種製造者に係る製造の許可の申請）　**〔一般則の例 〕**

第3条 法第5条第1項の規定により許可を受けようとする者は、様式第1の高圧ガス製造許可申請書に製造計画書を添えて、事業所の所在地（移動式製造設備を使用する者にあっては、当該設備の使用の本拠の所在地。以下同じ。）を管轄する都道府県知事に提出しなければならない。（以下略。第2項略）

以下は、説明用の条文であるため、実際の条文とは異なる。

都道府県知事（当該事業所が地方自治法第252条の19第1項の指定都市（以下「指定都市」という。）の区域内にある場合であって、当該事業所に係る事務が高圧ガス保安法施行令第22条に規定する事務（高圧ガスを取り扱う事業所の集積の程度、高圧ガスの処理量その他の高圧ガスの取扱いの状況を考慮して経済産業大臣が定める区域に所在する事業所（コンビ則適用事業所）並びに液化石油ガス法に規定する施設等に係る事務）に該当しない場合にあっては、当該事業所の所在地を管轄する指定都市の長。以下、第二種製造者の届出、承継の届出、変更の工事等の許可の申請、同軽微な変更の届出、第一種貯蔵所の設置の許可の申請、第二種貯蔵所の設置の届出、完成検査の申請、販売業者の販売の事業の届出、高圧ガスの製造の開始又は廃止の届出、特定高圧ガスの消費者に係る消費の届出、危害予防規程の届出等、保安統括者等の選任等の届出、保安検査の申請等、事故届等において同じ。）

下線部分追加

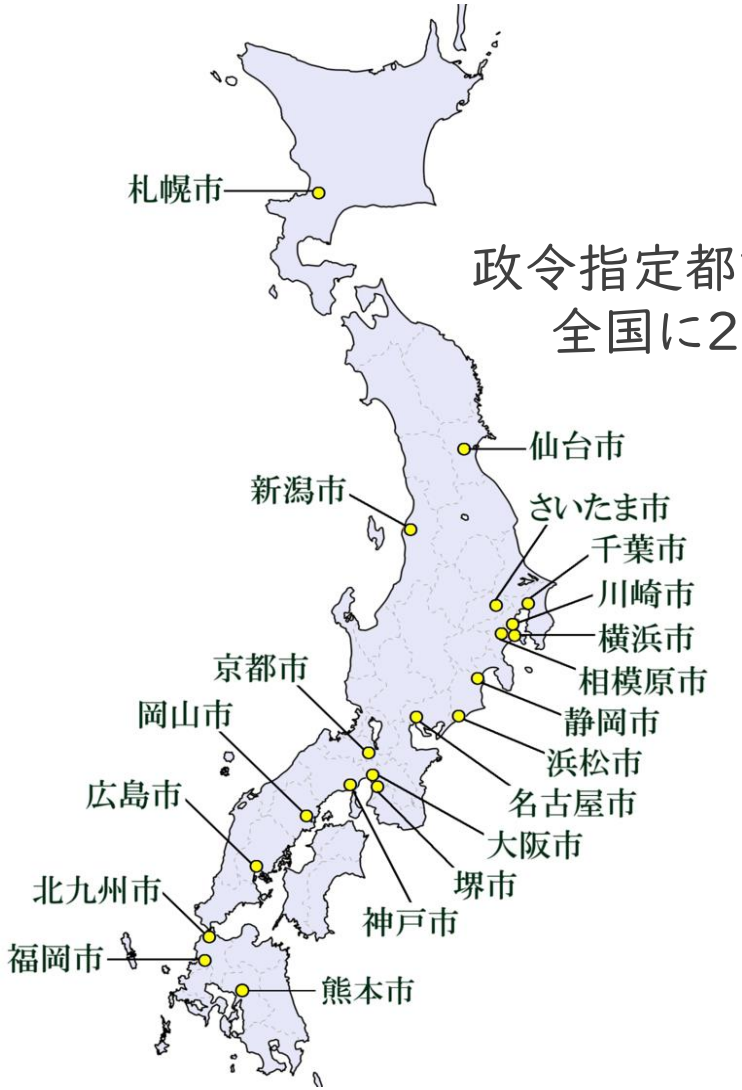
コンビ則適用の事業所の場合は、政令指定都市に所在する事業所であっても、製造の許可申請等法令の手続きは従前どおり都道府県知事に対して行うことに留意（コンビ則第3条等）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2

地方自治法第252条の
19第1項の指定都市とは

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、
政令で指定された場合に、
一般市から移行が成される。
これを「指定都市」という。



政令指定都市の位置。
全国に20ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安企画推進員の資格等

図3

法第27条の3、一般第70条、液石第68条、コンビ第29条

規模	製造する高圧ガスの容積：100万m^3／日以上 （貯槽有・充填のみは200万m^3／日以上）（ガスの種類を問わない。） 高圧ガスの容積 ＝ 保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の4分の3並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
資格	製造保安責任者免状は不要 法規集P570 コンビ則 第29条第5号他
知識経験	① 保安技術管理者：3年以上 ② 保安主任者等：5年以上 ③ 保安係員等：7年以上 ④ 保安企画指導：3年以上 平成30年7月17日付経済産業省令第48号による追加。同31年4月1日施行 ⑤ 大学、高専等（化学、物理学、工学）卒（当該課程を修めて学校教育法による専門職大学の前期課程を修了した場合を含む。）、製造保安経験：7年以上 ⑥ 高校等（工業）卒、製造保安経験：10年以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガス取扱主任者の資格等

図4

法第28条、一般第73条、液石第71条

法規集P266　一般則第73条第2号他

平成30年7月17日付経済産業省令第48号による追加。同31年4月1日施行

コンビ則適用の事業者であっても、高圧ガスを自家消費する場合、「特定高圧ガス消費者」となる場合があるので留意のこと。

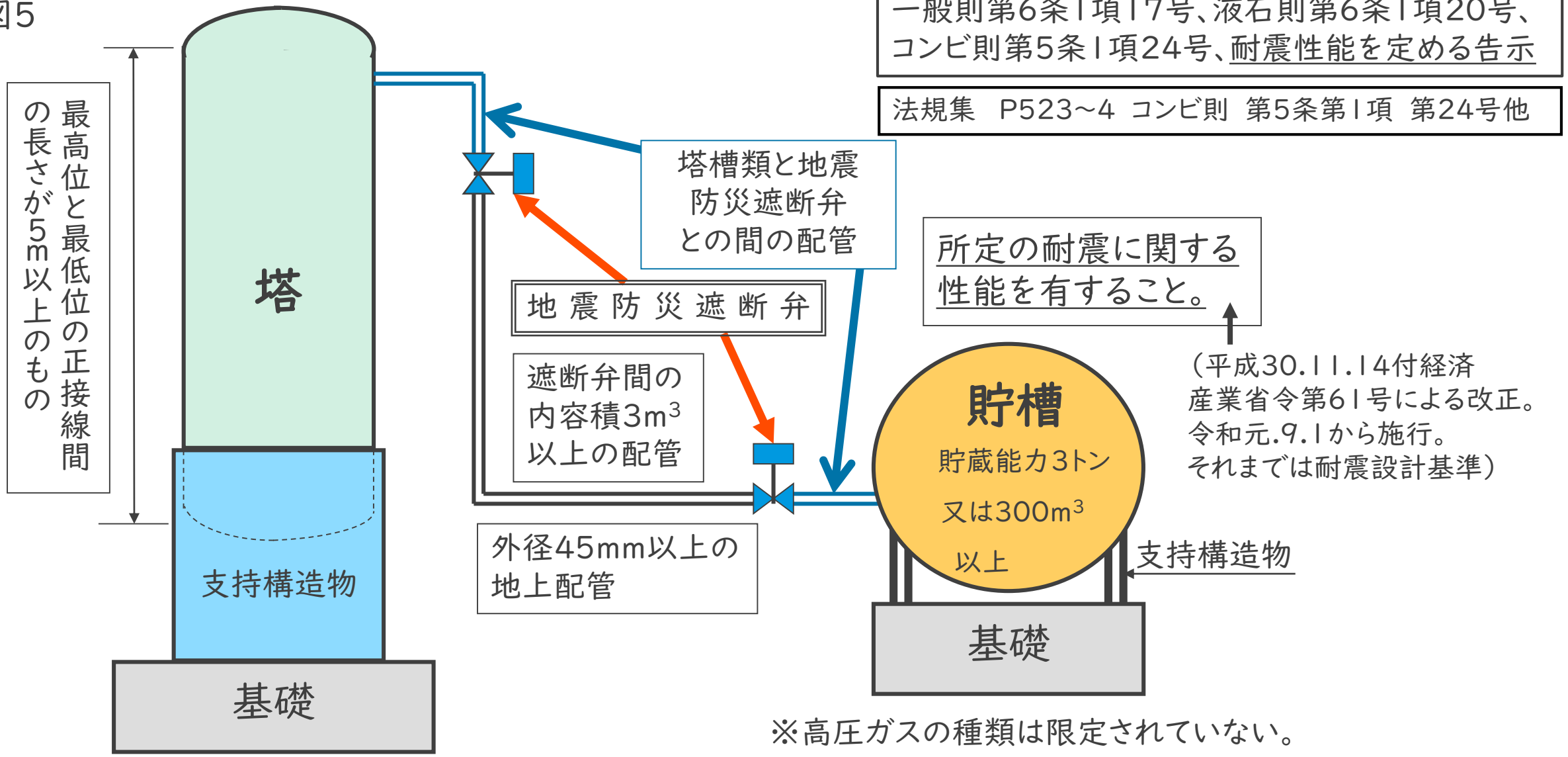
[特定高圧ガス取扱主任者]

特定高圧ガス	資格等
特殊高圧ガス、 圧縮水素、 圧縮天然ガス、 液化酸素、 液化アンモニア、 液化塩素、 液化石油ガス	① 選任対象の特定高圧ガスの製造又は消費の1年以上の経験 ② 大学ほか所定の学校卒業（理学若しくは工学）者（当該課程を修めて学校教育法による専門職大学の前期課程を修了した場合を含む。） ③ 高圧ガス保安協会の所定の講習修了者 ④ 高校又は旧工業高校卒業で特定高圧ガスの製造又は消費の6か月以上の経験 ⑤ 甲種化・機、乙種化・機、丙種化学責任者免状、第一種販売主任者免状（液化石油ガス以外の主任者への選任に限る。）の保有者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐震に関する性能を有するべき高圧ガス設備等

図5



一般則第6条1項17号、液石則第6条1項20号、コンビ則第5条1項24号、耐震性能を定める告示

法規集　P523～4　コンビ則　第5条第1項　第24号他

所定の耐震に関する性能を有すること。

（平成30.11.14付経済産業省令第61号による改正。令和元.9.1から施行。それまでは耐震設計基準）

※高圧ガスの種類は限定されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（1）

図6

1. 製造施設の位置、構造、設備・製造の方法の基準
2. 保安管理体制・保安統括者等の職務の範囲
3. 製造設備の安全な運転、操作
4. 製造施設の保安のための巡視、点検
5. 製造施設の新増設工事、修理作業の管理
6. 危険時の措置・訓練方法
7. 大規模な地震に係る防災及び減災対策
   （平成30.11.14付経済産業省令第61号による改正。令和元.9.1から施行。コンビ則 第22条第2項改正他）
8. 協力会社の作業管理
9. 従業者に対する危害予防規程の周知方法、規程違反者に対する措置
10. 製造施設の新設、変更時の安全審査[→コンビ則適用事業所のみ]
11. 保安関係の記録
12. 危害予防規程の作成、変更の手続
13. その他災害の発生の防止に必要な事項
    ＊ 大規模地震対策特別措置法の地震防災対策強化地域は、警戒宣言発令時の措置等
    ＊ 南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の指定地域は、津波からの避難、訓練、教育に関する細目

一般第63条、
液石第61条、
コンビ第22条

法規集P561～2
コンビ則　第22条第2項他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（2）

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合

図7

一般第63条、液石第61条、コンビ第22条

法規集P564 コンビ則　第22条第9項他

該当事業所は、図11の事項のほか、次の事項の細目について定めること。
→（平成30.11.14付経済産業省令第61号による改正。令和元.9.1から施行。コンビ則第22条第9項として追加）

1. 津波に関する警報が発令された場合における当該警報の伝達方法、避難場所、避難の経路その他の避難に関すること。
2. 津波に関する警報が発令された場合における作業の速やかな停止、設備の安全な停止並びに避難時間の確保に係る判断基準、手順及び権限に関すること。
3. 津波に関する防災に係る必要な教育、訓練及び広報に関すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（2）

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合

図7

4. 津波による製造設備又は貯蔵設備の破損又は流出による事業所内及び周辺地域において想定される被害並びに当該被害が及ぶと想定される地域を管轄する都道府県知事及び市町村長に対する当該被害の想定に係る情報提供に関すること（津波浸水想定が3mを超える場合に限る。）。
5. 充塡容器等（高圧ガスを燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器を除く。）の事業所からの流出防止を図るための措置並びに流出した充塡容器等（同）の回収方針に関すること（津波浸水想定が1m（車両に固定した容器に係る事項にあっては、2m）を超える場合に限る。）。
6. 津波に関する警報が発令された場合における緊急遮断装置、防消火設備、通報設備、防液堤その他の保安に関する設備等の作業手順及び当該設備等の機能が喪失した場合における対応策に関すること。
7. 津波による被害を受けた製造施設の保安確保の方法に関すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素スタンドにおける高圧ガスの販売に際する保安台帳の廃止

図8

平成31年1月11日付経済産業省令第2号による改正。同日施行

法規集 P237
一般則第40条第1号

コンビ則適用の第一種製造者にあっては、その事業所において高圧ガスを販売する場合は販売事業届をする必要はないが、法第20条の6の規定により法令で定められた販売の方法を守らなければならないことに留意

① 概要

高圧ガスの販売業者等（法第 20 条の 4 の規定に基づき高圧ガスの販売の事業の届出をした者及び同条第 1 号の規定により高圧ガスを販売する者）は、経済産業省令で定める販売方法の技術上の基準に従って高圧ガスの販売をしなければならない（法第 20 条の 6）。この規定に基づく省令（水素の場合、一般則）では、販売方法の技術基準として、高圧ガスの引き渡し先の保安状況を明記した台帳（保安台帳）を備えることが義務付けられている（一般則第 40 条第 1 号）。

圧縮水素スタンドにおいても、燃料電池自動車への水素燃料充填に関する販売について、保安台帳を備える事が求められているが、燃料電池自動車に圧縮水素の充填を行うのみであるため、販売先の保安状況を個別に記載しなくても保安上の問題は無いと判断したため、水素スタンドにおける水素充填による圧縮水素の販売に際し保安台帳の作成を不要とする。

② 具体的な規定の内容

水素スタンドにおける水素充填による高圧ガス販売の技術基準から 保安台帳作成を削除

【一般則（第40条）】高圧ガスの販売に関する技術基準について、水素スタンドにおける燃料電池自動車への水素充填を行う場合については、保安台帳策定の対象外とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素スタンドにおける販売主任者選任の一部不要化

図9

平成31年1月11日付経済産業省令第2号による改正。同日施行

法規集 P265
一般則第72条第1項

① 概要

経済産業省令で定める高圧ガス（一般則第 72 条第 1 項で水素等を規定）の販売業者は、販売所ごとに、経済産業省令で定めるところにより、一定の資格と経験を有する者のうちから、販売主任者を選任し、高圧ガスの販売に係る保安に関する業務を行わせる必要がある（法第 28 条第 1 項）。

一方、第一種製造者であって法第 5 条第 1 項第 1 号に規定する者（冷凍以外の高圧ガス製造を行う者）がその製造したガスをその事業所において販売する場合には、販売方法の技術基準に従う必要はあるが（法第 20 条の 6）、販売業者としての届出（法第 20 条の 4）及び販売主任者の選任（法第 28 条）については不要としている。水素スタンドにおいても、高圧ガスの製造と販売を同一の事業者（第一 種製造者）が実施している場合は、上記の規定により、販売主任者の選任は不要となるが、同様の業務内容でも、高圧ガスの製造と販売を別法人が 担う水素スタンドの場合には、販売を行う事業者が法第 20 条の 4 の規定に基づき販売の事業の届出を行うとともに、販売主任者の選任を行っている。水素スタンドにおいて、製造と販売を行う者が別の事業者であっても、製造事業者が販売業者の販売に際しての保安の確保の実施を担う関係が確認出来る場合は販売主任者が選任されなくても保安上の支障が無いため、販売主任者の選任を不要とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素スタンドにおける販売主任者選任の一部不要化

図9

② 具体的な規定の内容

販売主任者の選任要件の例外追加【一般則（第72条）】販売主任者の選任要件の規定において、製造と販売を行う者が別の事業者であっても、第一種製造事業者が販売業者の販売に際しての保安に関する業務の管理を適切に実施出来る体制が整備されていることが契約及び危害予防規程において確認出来る水素スタンドにおける水素の販売を販売主任者選任の例外とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガス容器及び液化石油ガス容器の充塡期限の明示

図10

液化石油ガス容器の充塡期限明示の例

一般則第40条第3号
液石則第41条第3号

法規集 P237 一般則 第40条第3号
P411 液石則 第41条第3号

平成31年3月15日基本通達（内規）改正

一般則第40条第3号、液石則第41条第3号関係
（令和元年5月1日から施行。同年10月31日までは従前どおりの明示でもよい。）

「明示すべき事項は、充てん期限〇ー□（〇は年、□は月を示す。）とする。
年については、西暦年4桁とし、月については、次回の再検査を受けないで高圧ガスを充塡できる最終日を含む月とする。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の耐圧試験

図11

一般則第6条1項11号
コンビ則第5条1項17号

法規集P522~3
コンビ則　第5条第1項第17号他

＊第二種特定設備以外の高圧ガス設備（第一種特定設備を含む。）
1.水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.5以上の圧力
2.空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.25以上の圧力

＊第二種特定設備等
1.水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.3以上の圧力
2.空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.1以上の圧力

平成31.3.29付経済産業省令第21号による改正。
同日施行

- 第一種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を4として設計した設備
(特定設備検査規則第2条16号、第11条1項、第14条1項)
- 第二種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を3.5として設計した設備
(特定設備検査規則第2条17号、第11条2項、第14条3項)
- 第二種特定設備等とは、第二種特定設備その他設計上常用の圧力の1.5倍より小さい圧力で耐圧試験を行う必要のある設備（設備の例
→圧縮水素スタンドの蓄圧器等＝耐圧試験圧力は常用の圧力の1.3倍の圧力）をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素スタンド関係・コンビナート等保安規則等改正
（平成31.3.29付経済産業省令第21号による改正。同日施行）

図12

コンビ則第7条の3第1項第10号、同第2項第2号、第27号
（一般則も同条項が改正された。）

法規集 P541～7 コンビ則 第7条の3

1.圧縮水素スタンドの定義
⇒当該圧縮水素スタンド内の圧縮水素及び液化水素の常用の圧力が82MPa以下のものに限る。（コンビ則第7条の3柱書）
↑(従前は1MPa未満)

2.圧縮水素スタンド（可燃性ガスが通る部分に限る。）は、その外面から火気（当該圧縮水素スタンド内のものを除く。）を取り扱う施設に対し8m（常用の圧力が40MPa以下の可燃性ガス（液化水素を除く。）が通る部分にあっては6m、同40MPaを超える液化水素が通る部分にあっては10m、同1MPa以上40MPa以下の液化水素が通る部分にあっては9m、同1MPa未満の液化水素が通る部分にあっては2m）以上の距離を有し、又は流動防止措置若しくは当該可燃性ガスが漏えいしたときに連動装置により直ちに使用中の火気を消すための措置を講ずること。
（コンビ則第7条の3第1項第10号）

コンビ則第7条の3第2項第2号にあっては「圧縮水素スタンド」を「高圧ガス設備」と読み替える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査の実施時期について

図13

一般第83条、液石第81条、コンビ第38条

法規集 P574 コンビ則 第38条 他

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）の改正
（平成31年3月15日改正。同年4月1日施行）

（コンビ則第38条関係の内規の例）

定期自主検査の実施時期は事業者の個別の事情に応じて合理的に設定されるものであり、例えば、規則第34条第3項に基づき、前回の保安検査の日から1年を経過した日（「基準日」という。）の前後1月以内（認定完成検査実施者、認定保安検査実施者又は自主保安高度化事業者にあっては、基準日の前後3月以内）に受け又は自ら行う保安検査に対応して定期自主検査の実施日を設定することも可能である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器保安規則の改正

法規集P801
容器則 第2条第20号他

図14

平成31.4.22付経済産業省令第48号による改正。令和元.5.1施行

第2条　（用語の定義）の改正（FC容器の定義中、ガス名列挙が廃止され、
具体的ガス名は基本通達（内規）の「容器保安規則第2条関係」に移行した。）

20号　FC一類容器　液化フルオロカーボン（可燃性ガス及び毒性ガスを除く。）であって次のいずれにも該当するものを充塡する容器

イ　温度48度における圧力の数値の三分の五倍が3.0メガパスカル以下であるもの
ロ　温度60度における圧力の数値が2.4メガパスカル以下であるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器保安規則の改正

図14

21号　FC二類容器　液化フルオロカーボン（可燃性ガス及び毒性ガスを除く。）であって次のいずれにも該当するもの又は前号に掲げるガスを充塡する容器

イ　温度48度における圧力の数値の三分の五倍が4.0メガパスカル以下であるもの
ロ　温度60度における圧力の数値が3.2メガパスカル以下であるもの

22号　FC三類容器　液化フルオロカーボン（可燃性ガス及び毒性ガスを除く。）であって次のいずれにも該当するもの又は前二号に掲げるガスを充塡する容器

イ　温度48度における圧力の数値の三分の五倍が5.0メガパスカル以下であるもの
ロ　温度60度における圧力の数値が4.0メガパスカル以下であるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器の定義の新設等

図15

法規集　P799
容器則　第2条他

（1）圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器の定義の新設等

現行法令上、水素自動車に用いる高圧ガス容器は「繊維強化プラスチック複合容器」に限定されている。一方で、フォークリフト等の産業用車両については、鋼製の「継目なし容器」を使用するニーズがあることを踏まえ、新たに「圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器」を定義するとともに、その再検査における規格等を定めた。

（2）自動車燃料装置用容器に係る氏名等表示義務の明確化（図21参照）

車載又は非車載状態の自動車燃料装置用容器について、氏名等を表示する義務が生じる場合及び表示方法を明確化した。

（3）容器再検査のための充塡行為等に係る解釈の明確化（図22参照）

圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド、圧縮水素スタンド並びに移動式圧縮水素スタンド等において容器再検査の準備のみを目的として実施する充塡行為等について、その位置付けや注意事項を明記した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器の定義の新設等

図15

容器保安規則の改正（令和元年11月12日付経済産業省令第41号による改正。同2年4月1日施行）

第二条　この規則において次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

一～九［略］

十　　一般継目なし容器　継目なし容器であつて、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及びアルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器以外のもの

十一・十二［略］

十三　圧縮水素自動車燃料装置用容器　次のイ又はロに掲げるもの（第十三号の三に掲げるものを除く。）

イ　圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器　継目なし容器であつて、自動車の燃料装置用として圧縮水素を充塡するための容器

ロ　圧縮水素自動車燃料装置用複合容器　繊維強化プラスチック複合容器であつて、自動車の燃料装置用として圧縮水素を充塡するための容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16

法規集　P799～825
容器則　第2条～第26条

1. 圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器

① フォークリフト等の産業用車両に利用

② 鋼製継目なし容器

③ 耐圧試験圧力　最高充填圧力の数値の13/10

④ 刻印の方式　記号VH1

⑤ 表示の方式　容器の外面に容器の所有者の氏名又は名称、住所及び電話番号を明示
（自動車又は二輪自動車に装着する場合は、2.⑤の例による。）

⑥ 容器再検査における規格　充填可能期限を延長しようとする場合は、所定の外観検査、漏えい試験に加え、超音波探傷試験等に合格するものであること

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16

法規集　P799～825
容器則　第2条～第26条

2. 圧縮水素自動車燃料装置用複合容器

① 水素自動車に利用

② 繊維強化プラスチック複合容器

③ 耐圧試験圧力　最高充填圧力の数値の3/2

④ 刻印の方式

ライナーの最小破裂圧力が最高充填圧力の125%以上の金属ライナー製複合容器　記号VH2

同125%未満の金属ライナー製複合容器　記号VH3

⑤表示の方式

イ 自動車又は二輪自動車に装置したもので、その所有者又は譲受人と容器の所有者が同一であるもの

ロ 自動車又は二輪自動車に装置していないもので、容器を譲渡することがあらかじめ明らかな場合において、当該容器を自動車若しくは二輪自動車に装着する者又は当該容器の譲渡のみを行う者が所有するもの

イ、ロの場合は 容器の所有者の氏名又は名称、住所及び電話番号の明示は義務付けなし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

「高圧ガスの製造」の定義の追加（内規の改正）

図17

法規集 P5 法第5条
関係通達（内規）

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）
（令和 元年11月12日付20191021保局第1号による改正。同2年4月1日施行）

Ⅰ 高圧ガス保安法関係

第5条関係（製造の許可等）

（1）［略］

（2）第1項第1号及び第2項第1号中「高圧ガスの製造」は、以下に掲げる試験等は含まないこととする。（③を追加）

① 圧縮機等の製造又は輸入をした者が、その製造又は輸入した機器の性能検査をする場合等の試運転及び容器等の製造又は輸入をした者が、その製造又は輸入した容器等に対して行う耐圧試験、気密試験のための充塡等

② 圧縮水素スタンド及び移動式圧縮水素スタンドにおいて実施する水素の計量管理、品質管理及び充塡性能確認（以下「検査充塡」という。）

③ 容器検査所が、容器再検査のために容器に高圧ガスを充塡する行為（容器検査所が高圧ガスを容器に充塡するための設備を備えていない場合にあって、容器検査所の依頼に基づき、圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド、圧縮水素スタンド又は高圧ガス充塡所において、容器再検査のために必要な高圧ガスを容器に充塡する行為を含む。）（以下「再検査充塡」という。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素を充塡する者のうち保安統括者の選任が不要となる者
（令和2年2月28日付経済産業省令第12号による改正。同日施行）

図18

法規集　P565
コンビ則　第23条第2項第5号他

（コンビ則第23条第2項第5号、一般則第64条第2項第5号）

処理能力が25万㎥未満の事業所において、
〔（一般則のみ）又は移動式圧縮水素スタンドにより、〕専ら常用の圧力が82MPa以下の
圧縮水素を燃料として使用する車両に固定された容器に圧縮水素を充塡する者であって、
次のいずれかに該当する者にその製造に係る保安について監督させるもの

イ　甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、丙種化学責任者免状、
甲種機械責任者免状又は乙種機械責任者免状の交付を受けた者であり、
かつ、圧縮水素又は液化水素の製造に関し6月以上の経験を有する者　（従前どおり）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素を充填する者のうち保安統括者の選任が不要となる者
（令和2年2月28日付経済産業省令第12号による改正。同日施行）

図18（続き）

（所定の講習修了者であって可燃性ガス等の経験を有する者を追加）

ロ　甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、丙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状又は乙種機械責任者免状の交付を受けた者であり、かつ、圧縮水素スタンドにおける高圧ガスの製造に関する講習（当該講習を適切に実施することができる者が行うものに限る。）を修了した者であって、圧縮天然ガススタンドに係る高圧ガスの製造に関し6月以上の経験を有する者　（新設）

ハ　甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状又は乙種機械責任者免状の交付を受けた者であり、かつ、圧縮水素スタンドにおける高圧ガスの製造に関する講習（当該講習を適切に実施することができる者が行うものに限る。）を修了した者であって、可燃性ガスの製造に関し6月以上の経験を有する者　（新設）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

車載容器の再使用（容器の他車への載せ換え利用）の許容

図19　高圧ガス保安法令上、水素自動車等の燃料装置用容器及び附属品を自動車間で転載した場合は、数年ごとの定期検査において不合格としており、転載を認めていなかったが、今般、有識者委員会における議論結果を踏まえ、一定の安全条件を満たす場合には、自動車間で転載を行った場合にも定期検査を合格とし、転載を可能とすることとした。
（令和2年6月15日付経済産業省告示第129号による改正。同年7月1日施行）

容器保安規則に基づき表示等の細目、容器再検査の方法等を定める告示

（改正後）	（改正前）
（容器再検査における容器の規格） 第22条第2項 ニ　自動車又は二輪自動車に装置されている容器にあっては、次に掲げるものとする。 イ　略 ロ　容器は、当該容器に貼付されている容器証票に記載された車台番号と異なる車台番号の自動車又は二輪自動車に装置されたことがないものであること。 ただし、当該容器の自動車又は二輪自動車からの取り外し、自動車又は二輪自動車に装置されていない状態における保管及び自動車又は二輪自動車への装置において、当該容器及びこれに装置された附属品の損傷を防止する措置その他当該容器及び附属品の保安を確保するために必要な措置を講じた場合にあっては、この限りでない。 三　自動車又は二輪自動車に装置されていない容器にあっては・・・ （ニと同様の改正あり。附属品も同様の改正あり。詳細略）	（容器再検査における容器の規格） 第22条第2項 ニ　自動車又は二輪自動車に装置されている容器にあっては、次に掲げるものとする。 イ　略 ロ　容器は、当該容器に貼付されている容器証票に記載された車台番号と異なる車台番号の自動車又は二輪自動車に装置されたことがないものであること。

法規集　P1095～1096
容器則細目告示第22条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図20　都道府県等による調査機関の更なる活用を促進し、保安行政の維持を図るべく通達の一部を改正するもの（令和2年7月1日付20200619保局第2号による内規（基本通達）改正。同日施行。（以下の新旧対照表参照のこと。）

法規集　P6　法　第8条
関係通達（内規）、P1056
耐震告示　第3条関係通達（内規）

（12）高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示の運用及び解釈について

第3条関係（新設）

都道府県知事又は指定都市の長は、「前条に定める耐震性能を保有することを確認することとする。」の確認に当たっては、必要に応じて申請書に添付された高圧ガス保安協会又はその他外部の調査機関による評価結果等を活用することができる。

○高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）（20170718 保局第１号）　新旧対照表

（改正前欄に掲げる規定の傍線を付した部分は、これに順次対応する改正後欄に掲げる規定の傍線を付した部分のように改め、改正後欄に二重傍線を付した規定で改正前欄にこれに対応するものを掲げていないものは、これを加える。）

改　正　後	改　正　前
高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）	高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）
制定　２０１７０７１８保局第１号　平成２９年　７月２５日	制定　２０１７０７１８保局第１号　平成２９年　７月２５日
改正　２０１７１１０２保局第２号　平成２９年１１月１５日	改正　２０１７１１０２保局第２号　平成２９年１１月１５日
２０１８０３２３保局第４号　平成３０年　３月３０日	２０１８０３２３保局第４号　平成３０年　３月３０日
２０１８１１０５保局第１号　平成３０年１１月１４日	２０１８１１０５保局第１号　平成３０年１１月１４日
２０１８１２１０保局第１号　平成３０年１２月２７日	２０１８１２１０保局第１号　平成３０年１２月２７日
２０１８１２２５保局第２号　平成３１年　１月１１日	２０１８１２２５保局第２号　平成３１年　１月１１日
２０１９０３０８保局第１号　平成３１年　３月１５日	２０１９０３０８保局第１号　平成３１年　３月１５日
２０１９０３２５保局第１号　平成３１年　３月２９日	２０１９０３２５保局第１号　平成３１年　３月２９日
２０１９０４１８保局第１号　平成３１年　４月２２日	２０１９０４１８保局第１号　平成３１年　４月２２日
２０１９０６０６保局第１号　令和　元年　６月１４日	２０１９０６０６保局第１号　令和　元年　６月１４日
２０１９１０２１保局第１号　令和　元年１１月１２日	２０１９１０２１保局第１号　令和　元年１１月１２日
２０１９１２０６保局第１号　令和　元年１２月２０日	２０１９１２０６保局第１号　令和　元年１２月２０日
２０２００２１３保局第２号　令和　２年　２月２８日	２０２００２１３保局第２号　令和　２年　２月２８日
２０２００４０８保局第１号　令和　２年　４月１０日	２０２００４０８保局第１号　令和　２年　４月１０日
２０２００５２８保局第１号　令和　２年　６月１５日	２０２００５２８保局第１号　令和　２年　６月１５日
２０２００６０８保局第２号　令和　２年　６月２６日	２０２００６０８保局第２号　令和　２年　６月２６日
２０２００６１９保局第　号　令和　２年　７月　１日	
（１）高圧ガス保安法及び高圧ガス保安法施行令の運用及び解釈について	（１）高圧ガス保安法及び高圧ガス保安法施行令の運用及び解釈について
Ⅰ．高圧ガス保安法関係	Ⅰ．高圧ガス保安法関係
第８条関係（許可の基準）	第８条関係（許可の基準）
（１）都道府県知事又は指定都市の長は、技術上の基準に関する審査業務（第１４条第３項で準用する場合を含む。）に当たっては、必要に応じて申請書に添付された高圧ガス保安協会又はその他外部の調査機関による評価結果等を活用することができる。 なお、貯蔵所の許可についても、同様に取り扱うものとする。	（１）都道府県知事又は指定都市の長は、技術上の基準に関する審査業務（第１４条第３項で準用する場合を含む。）に当たっては、必要に応じて外部の調査機関による評価結果等を活用しても差し支えない。 なお、貯蔵所の許可についても、同様に取り扱うものとする。
（２）　（略）	（２）　（略）
（１２）高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示の運用及び解釈について	（１２）高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示の運用及び解釈について
第３条関係	［新設］
都道府県知事又は指定都市の長は、「前条に定める耐震性能を保有することを確認することとする。」の確認に当たっては、必要に応じて申請書に添付された高圧ガス保安協会又はその他外部の調査機関による評価結果等を活用することができる。	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素スタンドの液化水素貯槽に充塡する液化水素の移動は容積にかかわらず移動監視者の監視が必要

図21

法規集 P243 一般則
第49条 第1項 第17号

（令和2年8月6日付経済産業省令第66号による改正。同年8月7日施行。）

一般高圧ガス保安規則第49条第1項（車両に固定した容器による移動に係る技術上の基準等）

十七 次に掲げる高圧ガスを移動するときは、甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、丙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状若しくは乙種機械責任者免状の交付を受けている者又は協会が行う高圧ガスの移動についての講習を受け、当該講習の検定に合格した者に当該高圧ガスの移動について監視させること。

イ 圧縮ガスのうち次に掲げるもの（ハに掲げるものを除く。）

（イ）、（ロ）略

ロ 液化ガスのうち次に掲げるもの（ハに掲げるものを除く。）

（イ） 質量三千キログラム以上の可燃性ガス及び酸素

（ロ） 質量千キログラム以上の毒性ガス

（ハ） 第七条の三第二項（通常の圧縮水素スタンド）、第七条の四第二項（遠隔監視、セルフ充塡の圧縮水素スタンド）、第十一条第一項第五号（第七条の三第二項の基準を準用する場合に限る。）及び第十二条の二第二項の圧縮水素スタンド（第二種製造者の圧縮水素スタンド）並びにコンビナート等保安規則第七条の三第二項の圧縮水素スタンドの液化水素の貯槽に充塡する液化水素

ハ 略

↑ 今回改正された条文（説明用に修文したもの）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

セルフ充填に係る圧縮水素スタンドの基準の新設

図22

法規集 P218 一般則
第7条の4（追加）関係

一般則第7条の4（顧客に自ら圧縮水素の充填に係る行為をさせる圧縮水素スタンドに係る技術上の基準）（新設）

（令和2年8月6日付経済産業省令第66号による改正。同年8月7日施行）

（1）概要　圧縮水素スタンドにおける高圧ガスの製造に適用される現行の技術基準（一般則第7条の3）は、従業者が圧縮水素スタンドに常駐し、当該圧縮水素スタンドにおいて、製造設備等の運転状況の監視、容器への充填及び災害の発生防止のための応急措置等に対応することが前提に規定されている。今般、現行の技術基準では想定されていない、圧縮水素スタンドにおける従業者の常駐を前提とせず顧客に自ら圧縮水素の充填に係る行為（以下「セルフ 充填」という。）をさせる方法による高圧ガスの製造を可能とするため、一般則に新たに第7条の4を定める等、車両の燃料装置用容器にセルフ充填を行う 圧縮水素スタンドの保安確保上必要な技術基準を整備したものである。

（2）具体的な規定の内容　圧縮水素スタンドにおけるセルフ充填を可能とするため、一般則、製造細目告示及び基本通達の改正により、当該圧縮水素スタンドの保安確保上必要な技術基準として、監視に必要な設備を備えた監視所において製造設備等の運転状況を遠隔で監視する措置、顧客自らによるセルフ充填が安全に行えるようにするための措置及び従業者の常駐を前提としない場合であっても災害の発生防止のための応急措置を迅速かつ的確に対応するための体制を確保し、あらかじめ危害予防規程に明記すること等の措置を定めた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23

法規集 P612
コンビ則別表第3、1項（下欄）1号他

令和2年10月30日付経済産業省令第82号による改正。同日施行
コンビ則の別表第3（検査項目）の1項1号の下欄（完成検査の方法）中「目視」を「目視又はこれに類する方法」に改める。以下これを「目視等」と呼称。別表第3及び第4中「目視」を「目視等」に改める。

（令和2年10月30日付20201014保局第1号による改正）

（4）コンビナート等保安規則の運用及び解釈について

別表関係

新設

（1）別表第3第1項第1号下欄中「これに類する方法」とは、検査を実施する者が自らの目視によるときと同等以上の情報が得られると判断した方法（例えばファイバースコープ、カメラ、拡大鏡等の検査器具類を使用した結果、目視と同等以上の情報が得られる方法等）をいう。なお、検査器具類を搭載したドローン等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドラインver2.0」、「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」等を参考に安全に配慮して行うこと。

（2）別表第4の保安検査の方法で「常用の圧力以上の圧力で行う気密試験」については、開放検査を行わない年に、当該運転状態の圧力で、当該運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施しても差し支えない。

次ページの新旧対照表参照のこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23（続き）

新	旧
（4）コンビナート等保安規則の運用及び解釈について 第37条関係 第２項第３号中「第54条の規定により経済産業大臣が認めた基準に係る保安検査の方法」は、当該保安検査の方法が保安検査の方法を定める告示（平成17年経済産業省告示第84号。以下この項において「保安検査告示」という。）で定める検査方法の準用等で対応が可能な場合には、保安検査告示で定めた方法として差し支えない。 なお、保安検査の方法を具体的に定める場合には、都道府県又は指定保安検査機関は、第54条の規定により経済産業大臣が定めた基準をあらかじめ精査し、保安検査告示中の保安検査の方法の準用等について検討するとともに、必要に応じて完成検査等の方法を参考とした上で定めること。 ［削る］ 第38条関係～容器保安規則等の一部を改正する省令（平成30年経済産業省令第61号）附則関係　［略］ 別表関係 （１）別表第３第１項第１号下欄中「これに類する方法」とは、検査を実施する者が自らの目視によるときと同等以上の情報が得られると判断した方法（例えば、ファイバースコープ、カメラ、拡大鏡等の検査器具類を使用した結果、目視と同等以上の情報が得られる方法等）をいう。なお、検査器具類を搭載したドローン等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン Ver2.0」、「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」等を参考に安全に配慮して行うこと。 （２）別表第４の保安検査の方法で「常用の圧力以上の圧力で行う気密試験」については、開放検査を行わない年に、当該運転状態の圧力で、当該運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施しても差し支えない。	**（4）コンビナート等保安規則の運用及び解釈について** 第37条関係 （１）第２項第３号中「第54条の規定により経済産業大臣が認めた基準に係る保安検査の方法」は、当該保安検査の方法が保安検査の方法を定める告示（平成17年経済産業省告示第84号。以下この項において「保安検査告示」という。）で定める検査方法の準用等で対応が可能な場合には、保安検査告示で定めた方法として差し支えない。 なお、保安検査の方法を具体的に定める場合には、都道府県又は指定保安検査機関は、第54条の規定により経済産業大臣が定めた基準をあらかじめ精査し、保安検査告示中の保安検査の方法の準用等について検討するとともに、必要に応じて完成検査等の方法を参考とした上で定めること。 （２）別表第４の保安検査の方法で「常用の圧力以上の圧力で行う気密試験」については、開放検査を行わない年に、当該運転状態の圧力で、当該運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施しても差し支えない。 第38条関係～容器保安規則等の一部を改正する省令（平成30年経済産業省令第61号）附則関係　［略］ ［新設］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一般高圧ガス保安規則の機能性基準の運用について

図24

法規集 P241　一般則49条関係、
P244　一般則第50条関係

制定：20190606保局第3号　令和元年6月14日
改正：20201102保局第1号　令和2年11月 4日

別添 一般高圧ガス保安規則関係例示基準（一般則第49条第1項第1号、第50条第1号他）

1.境界線・警戒標等標識（移動に係るもの）

新設

4.2 警戒標は、次に掲げるいずれかの大きさとすること。

(1) 形状を長方形とする場合は、横寸法を車幅の 30%以上、縦寸法を横寸法の 20%以上。

(2) 正方形又は正方形に近い形状とする場合は、面積を 600cm2以上。

4.3 警戒標は、黒地に黄赤又は黄の明瞭に見える文字で「高圧ガス」と記載したものであること。

（従前の基準）
黒地の金属板に JIS K5673(1967)安全色彩用蛍光塗料の蛍光黄による文字で「高圧ガス」と記載したものを標準とする。

【標示の参考例】

高圧ガス

高圧
ガス

（参考例新設）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）

法規集　P254　一般則63条関係、
　　P259　一般則第64条関係

図25

一般高圧ガス保安規則の運用及び解釈について
（第63条関係、第64条関係）

令和2年11月9日付20201022 保局第1号による改正。同日施行

<圧縮水素スタンドにおける保安監督者の兼任の許容>（新設）

（1）概要

第一種製造者の圧縮水素スタンド等においては、法第 27 条の2第1項に定める保安統括者に代わり、一般高圧ガス保安規則（昭和41年通商産業省令第 53 号。以下「一般則」という。）第 64 条第2項第5号に基づき、製造保安責任者免状の交付を受け、かつ、圧縮水素又は液化水素の製造に関し6月以上の 経験を有する者等にその製造に係る保安を監督させることを可能としている。

この製造に係る保安を監督する者（以下「保安監督者」という。）について、現状では、その職務に鑑み、2以上の圧縮水素スタンド等の保安の監督に係る業務を兼務することは法令上想定されていないが、今般、一定の要件を満たすことを前提に保安監督者の兼任を可能とするため、その要件の明確化に係る改正を行ったものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図25

（2）具体的な規定の内容

1名の保安監督者が同時に2以上の圧縮水素スタンド等（※）の保安の監督に係る業務を兼務する保安管理体制をとろうとする場合（以下、当該保安監督者を「兼任保安監督者」という。）の要件として、「準保安監督者を選任し、圧縮水素スタンド等に常駐して平常時及び緊急時の対応を行わせること」、「兼任保安監督者は、保安監督者として6月以上の実務経験等を有するとともに、平常時は1週間に1回以上、緊急時は少なくとも24時間以内に現場に赴き保安の維持の状況等を自ら確認すること」等を定めるとともに、事業者は要件に基づき対応する内容を危害予防規程に定めることとし、これらの要件を基本通達で規定する。

※　一般則第7条の3に規定する圧縮水素スタンド及び同規則第8条の2に規定する移動式圧縮水素スタンドを指す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビ則関係例示基準 第57節

図26

（改正 20210201保局第1号 令和 3年 2月22日）（同日施行）

法規集　P534 コンビ則関連条項
第5条第2項第5号

設備の点検・異常確認時の措置（下線部分追加）

1. 高圧ガスの製造設備の使用開始時及び使用終了時には、次の各号の基準により当該製造設備等の属する施設について異常の有無を点検するものとする。なお、点検にドローン、ロボット、センシング、AI等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」、「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」及び「プラント保安分野 AI信頼性評価ガイドライン」等を参考に、安全に配慮して点検すること。
   1.1～1.3［略］

2. 運転中の製造設備につき、1日に1回以上、次の各号の基準により当該製造設備の作動状況について異常の有無を点検するものとする。なお、点検にドローン、ロボット、センシング、AI等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」、「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」及び「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」等を参考に、安全に配慮して点検すること。（以下略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート等保安規則の運用及び解釈について

図27

（改正 20210224保局第1号 令和 3年 3月 2日）（同日施行）

法規集 P612コンビ則別表第3、1項（下欄）1号他

別表関係

別表第3及び別表第4までの下欄に定める検査の方法において、ドローン、ロボット、センシング、AI等の技術を活用することにより、技術上の基準の適合状況確認のために必要な情報が得られると検査を実施する者が判断した場合には、それらの技術を活用しても差し支えない。

なお、検査にドローン、ロボット、センシング、AI等を活用する場合は、
「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」、
「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」、
「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」等を参考に、安全に配慮して検査を行うこと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28

法規集 P558~9
コンビ則 第14条

（軽微な変更の工事の要件の拡充を図るために省令及び通達の改正）
スーパー認定事業者が行う軽微な変更の工事の要件の拡充を図るために省令及び通達の改正
（主な改正）

（令和3年2月22日付経済産業省令第5号による一般則、液石則、コンビ則の改正。同日施行）

（1）コンビ則の改正内容の例（第一種製造者に係る軽微な変更の工事等）

第14条
法第14条第1項ただし書の経済産業省令で定める軽微な変更の工事は、次に掲げるものとする。

一～六（略）

七　認定完成検査実施者であって、～経済産業大臣が認める者（特定認定事業者）が自ら特定変更工事を行うことができる製造施設において行う工事であって、次に掲げる設備の変更の工事

イ　特定設備の管台の取替え→（設計圧力が30MPa以上のものを除く。）の限定が削除された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28

ロ　特定設備の取替え→（設計圧力が30MPa以上のものを除く。）の限定が削除され、同等以上の性能を有するものへの取り換えに限るとされた。（イ及び前号に該当するものを除く。）
（次の「図28（続き）」参照。）

ハ　特定設備（特定設備検査規則（中略）の変更（保安上特段の支障がないものとして認められたものへの変更に限る。）の工事であって、当該設備の処理能力及び位置の変更を伴わないもの（イ、ロ及び前号に該当するものを除く。）　←新規追加

ニ　高圧ガス設備（配管、バルブ、フランジ継手又は附属機器類（特定設備を除く。）に限る。）の工事であって、当該設備の処理能力の変更を伴わないもの（第1号に該当するものを除く。）
←新規追加（次の「図28（続き）」参照。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28（続き）

法規集　P558~9
コンビ則　第14条関係通達（内規）

（2）コンビナート等保安規則の運用及び解釈について

（令和 3年 2月22日付20210201保局第1号による改正。同日施行）

第14条関係

（1）～（4）［略］

新設

（5）第1項第7号ロの規定は、特定設備検査合格証又は特定設備基準適合証の交付を受けている特定設備のものへの取替えであるので留意すること。

（6）第1項第7号ニ中「附属機器類」とは、液面計、流量計、ストレーナ等をいい、「一般高圧ガス保安規則第6条第1項第11号等の規定による試験を行う者及び同項第13号等の規定による製造を行う者の認定等について（20180323保局第12号）」に規定する「Ⅲ2.」の区分0「その他の附属機器類」と同義である。なお、ストレーナ等であって特定設備に該当するものは除かれるので留意すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

CE（コールド・エバポレータ）の定義の見直し

図29

（令和3年3月29日付経済産業省令第20号による改正。同年4月1日施行）

法規集 P514
コンビ則 第2条 第1項第19号ト

CEの定義見直し等
【一般則、協会則、コンビ則、指定機関則、製造細目告示、一般則例示基準、コンビ則例示基準、基本通達】

CEについては、下表右欄のように定義され、これに該当する場合、法第8条に基づき、一般則第6条の2及びコンビ則第5条の2に規定する製造に係る技術上の基準等が適用されている。

近年、貯槽や蒸発器に加えポンプや圧縮機の処理設備等が接続された、より複雑化した設備構成のものが現れ、法令上のCEに該当する設備構成の範囲の捉え方について、自治体ごとに運用に差異が生じている。このため、CEに関する実態調査及び関係業界団体・有識者等による審議を経て、貯槽（二重殻真空断熱式構造のものに限る。）及び蒸発器のみで構成される定置式製造設備をCEとするよう、定義を明確化する。

これに伴い、協会則及び指定機関則で定めているCEの定義についても同様に規定を見直すほか、CEの運用の適正化に係る改正を行った。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

CE（コールド・エバポレータ）の定義の見直し

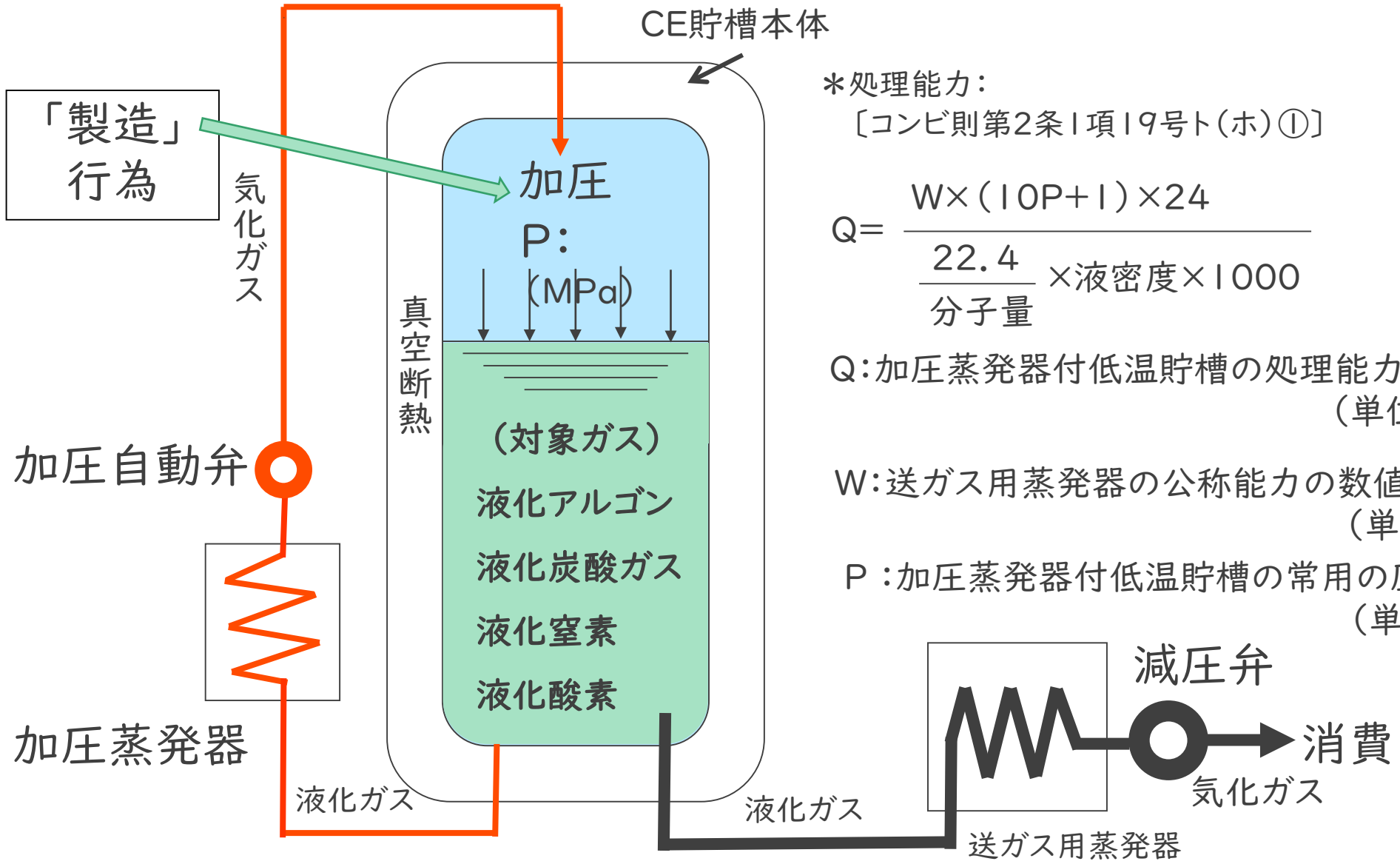
図29

改正後	改正前
（コンビ則第2条第1項第13号の2（定義の新設） コールド・エバポレータ 液化アルゴン、液化炭酸ガス、液化窒素又は液化酸素の加圧蒸発器付低温貯槽（二重殻真空断熱式構造のものに限る。）を有する定置式製造設備（加圧蒸発器付低温貯槽以外の処理設備（第19号ハの処理設備（⇒蒸発器）を除く。）を有するものを除く。） （処理能力は、第2条第1項第19号ト（ホ）適用）	コンビ則第2条第1項第19号ト（ハ） コールド・エバポレータ （専ら液化アルゴン、液化炭酸ガス、液化窒素又は液化酸素の貯槽（二重殻真空断熱式構造のものに限る。）に接続された蒸発器により当該液化ガスを気化するための高圧ガス設備をいう。） （この条項（ハ）は削除された。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

CE（加圧蒸発器付低温貯槽）の構造例

参考図



＊処理能力：
〔コンビ則第2条1項19号ト（ホ）①〕

$$Q=\frac{W\times(10P+1)\times 24}{\frac{22.4}{\text{分子量}}\times\text{液密度}\times 1000}$$

Q：加圧蒸発器付低温貯槽の処理能力の数値
（単位 m^3/日）

W：送ガス用蒸発器の公称能力の数値
（単位 m^3/h）

P：加圧蒸発器付低温貯槽の常用の圧力の数値
（単位 MPa）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

適用除外となるエアゾール製品の火炎長試験の見直し等

図30

法規集 P1011～18
政令関係告示 第4条

（令和3年3月29日付経済産業省告示第57号による高圧ガス保安法施行令関係告示の改正。同年4月1日施行）

法の適用除外となるエアゾールに求められる容器への表示方法に関連して、エアゾール等製品の試験方法を定めている日本産業規格（JIS）や容器に表示すべき事項の表示に係る業界自主基準が制定されたことを受け、これらを当該表示方法に係る要件に引用する等、エアゾール等製品の適切な試験及び表示の実施を図るための改正を行ったものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

適用除外となるエアゾール製品の火炎長試験の見直し等

図30

具体的な改正内容

適用除外となるエアゾール製品の火炎長試験の見直し等【政令関係告示、基本通達】整髪料、消臭剤、殺虫剤等として使用されているエアゾール内の高圧ガスは、その容器の内容積、圧力、注意事項の表示等について政令関係告示第4条第2号及び第3号で定める要件を満たすことで、法の適用が除外されている。適用除外となるエアゾールの容器に表示すべき事項は、火炎長試験による内容物の火炎の発生の有無によって、その内容は異なる。現行の火炎長試験の方法は、泡状エアゾール製品等で試験を行うと適切な結果を得ることが困難であることから、業界の自主的な基準による方法で運用されてきたところである。今般、適用除外となるエアゾール製品等の試験方法を定めた JIS S 3301 が制定され、泡状エアゾール製品等に適用可能な試験方法が当該 JIS で示されていることから、告示の火炎長試験の方法として、当該 JIS 規格を引用するよう見直しを行う。併せて、JIS の試験名称に合わせ、政令関係告示の「火炎長試験」を「火炎発生状態試験」に改称する。また、業界において、容器に表示すべき事項の表示に係る自主基準として「エアゾール等製品の表示自主基準」（一般社団法人日本エアゾール協会）が定められたことから、当該自主基準を活用できるよう基本通達の見直しを行った。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート等保安規則等の改正

図31

（令和3年4月23日付経済産業省令第44号による改正。同日施行）

法規集 P511
コンビ則 第2条第1項 第1号、第3号の2

可燃性ガス、特定不活性ガスの定義の見直し

高圧ガス保安法令において規定する
特定不活性ガスについて、今後も地球温暖化係数の低いフルオロカーボンが新たに
開発・使用されていくことが想定されるため、諸外国で既に使用されている定量的な判定方法を
参考とし、掲名による規定から定量的な判定方法による規定（性能規定）に改めるため、
省令、告示及び通達の改正がなされた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート等保安規則等の改正

図31

改正後	改正前
コンビ則第2条第1項第1号 一　可燃性ガス　アクリロニトリル、アクロレイン、・・・及びその他のガスであって次のイ又はロに該当するもの（フルオロカーボンであって経済産業大臣が定めるものを除く。） イ（略） ロ（略） 三のニ　特定不活性ガス　不活性ガスのうち、フルオロカーボンであって、温度60度、圧力0パスカルにおいて着火したときに火炎伝ぱを発生させるもの	コンビ則第2条第1項第1号 一　可燃性ガス　アクリロニトリル、アクロレイン、・・・及びその他のガスであって次のイ又はロに該当するもの（フルオロオレフィン1234yf及びフルオロオレフィン1234zeを除く。） イ（略） ロ（略） 三のニ　特定不活性ガス　不活性ガスのうち、次に掲げるもの イ　フルオロオレフィン1234yf ロ　フルオロオレフィン1234ze ハ　フルオロカーボン32

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの基準関係見直し

図31（続き）

法規集 P281 一般則 第101条、法規集 P1027 製造細目告示第1条

高圧ガス保安法施行令第2条第3項第4号「ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素、フルオロカーボン（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）又は空気（以下「第一種ガス」という。）」
（令和3年10月20日付で条項号の移動があったが、第一種ガスの定義の改正なし。）

改正後（令和3年10月20日再改正後の条文）	改正前（令和3年4月22日以前）
（燃焼性の基準） 一般則第101条 令第2条第3項第4号の難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準は次の各号のいずれかに該当することとする。 一 次のイ及びロのいずれにも該当しないこと。 イ 爆発限界の下限が10%以下のもの ロ 爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの ニ 前号イ又はロに該当するものであって、同号と同等程度の難燃性を有するものとして経済産業大臣が定めるものに適合すること。	（燃焼性の基準） 一般則第101条 令第3条表第1号上欄の経済産業省令で定める燃焼性の基準は次の各号のいずれかに該当することとする。 一 次のイ及びロのいずれにも該当しないこと。 イ 爆発限界の下限が10%以下のもの ロ 爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの ニ ガスと着火源との接触を維持しない限り火炎が認められないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの基準関係見直し

図31（続き）

可燃性ガスから除外されるガス又は難燃性を有するガス

（令和3年4月23日付。製造細目告示第1条（新設））

一般則第2条第1項第1号及び第101条第2号並びにコンビ則第2条第1項第1号の
経済産業大臣が定めるものは、次に掲げる基準のいずれにも適合するフルオロカーボンとする。

一　爆発限界の下限が3.5%を超えること。

二　燃焼熱が19000kj／kg未満であること。

三　温度23度、圧力0パスカルにおける試験時に最大燃焼速度が10cm／秒以下であること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則第8条第3項　容器の刻印の方式の改正

図32

（令和3年5月18日付経済産業省令第48号による改正。同日施行）

法規集　P809
容器則　第8条 第3項第1号の2

（改正の概要）

①超低温容器・金属ライナー製一般複合容器・液化石油ガス用一般複合容器における容器検査時の刻印について、アルミニウム箔に刻印する方式に加え、印字による表示も認める。【容器則、基本通達】
②液化石油ガス用一般複合容器について、実測値に加え代表値による内容積の表示も認める。【基本通達】
③液化石油ガス用一般複合容器について、氏名等の表示において黒色のインクの使用も認める。【基本通達】
④英国のEU離脱を踏まえて、「EU指令に基づきグレート・ブリテン及び北部アイルランド連合王国、フランス共和国及びドイツ連邦共和国が採用する」とされている点について、「グレート・ブリテン及び北部アイルランド連合王国、フランス共和国及びドイツ連邦共和国がそれぞれの国内法令に基づき採用する」と改正する。【保税通達】

（容器則第8条第3項）第1号の2（新設）
（刻印をすることが困難なものとして経済産業省令で定める容器の標章の方式）

（条文は　説明用に修文してある。）

超低温容器であって、鏡部の肉厚が2mm以下のものにあっては、所定の事項をアルミニウム箔に明瞭に、かつ、消えないように打刻又は印字したもの（ただし、「検査実施者の名称の符号」は打刻に限る。）を、取れないように容器の肩部その他見やすい箇所に貼付することでもよい。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則第8条第3項　容器の刻印の方式の改正

図32（続き）

基本通達の改正（抜粋）
（9）容器保安規則の運用及び解釈について
（改正　20210407保局第3号。令和3年5月18日）（同日施行）
第8条関係
（1）～（11）略

（12）（新設）

① 第3項第1号の2中「アルミニウム箔にその順序で明瞭に、かつ、消えないように打刻又は印字したもの（ただし、第1項第1号に掲げる事項は打刻に限る。）を、取れないように容器の肩部その他の見やすい箇所に貼付」は、アルミニウム箔に打刻又は印字したものを容器の肩部その他の見やすい箇所にシール等の形式で剥がれないように貼付する方式とする。また、印字する場合は、消えないように黒色の耐候性の高いインクを使用し、かつ、表面を粘着力のあるラミネートフィルムにより保護するものとする。（以下略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法施行令の適用除外関係の改正

図33

法規集 P119 政令 第2条第3項

（令和3年10月20日付政令第286号による高圧ガス保安法施行令の改正。令和3年10月27日施行）

改正後	改正前
（適用除外） 高圧ガス保安法施行令第2条第3項 四　冷凍能力が3トン以上5トン未満の冷凍設備内における高圧ガスであるヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素及びフルオロカーボン（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）又は空気（以下「第一種ガス」という。） 八　内容積1リットル以下の容器内における液化ガスであって、温度35度において圧力0.8メガパスカル（当該液化ガスがフルオロカーボン（第四号の経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）である場合にあっては、2.1メガパスカル）以下のもののうち、経済産業大臣が定めるもの	（適用除外） 高圧ガス保安法施行令第2条第3項 四　冷凍能力が3トン以上5トン未満の冷凍設備内における高圧ガスである二酸化炭素及びフルオロカーボン（不活性のものに限る。） 八　内容積1リットル以下の容器内における液化ガスであって、温度35度において圧力0.8メガパスカル（当該液化ガスがフルオロカーボン（可燃性のものを除く。）である場合にあっては、2.1メガパスカル）以下のもののうち、経済産業大臣が定めるもの

（注　この改正に伴い、高圧ガス保安法施行令、一般則、製造細目告示等の関係条項番号等の改正がなされている。
なお、冷凍則の改正内容は省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

「高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）」の改廃の経緯

参考-1

（従前の内規を廃止・再制定）
　制定　平成26年7月14日付　20140625商局第1号

（上記内規を廃止・再制定）
　制定　平成29年7月25日付　20170718保局第1号
　改正　平成29年11月15日付　20171102保局第2号
　改正　令和 2年 7月 1日付　20200619保局第2号

（上記内規を廃止・再制定）
　制定　令和2年8月6日付　20200715保局第1号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法関係のweb情報について

参考-2

経済産業省　産業保安HP

（データの閲覧、ダウンロードが可能）

高圧ガスの安全

最新情報⇒年月日順　法令改正状況・通達情報

審議会・研究会

産業構造審議会

保安・消費生活用製品安全分科会

高圧ガス小委員会

スマート保安官民協議会

高圧ガス保安部会

▼ **審議会関係参考文書は次ページ以降に**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考）最近圧縮水素スタンド等に関する法令改正が頻繁に行われる背景

気候変動問題に向けたこれまでの行政の取組（カーボンニュートラルへの保安規制面からの取組）

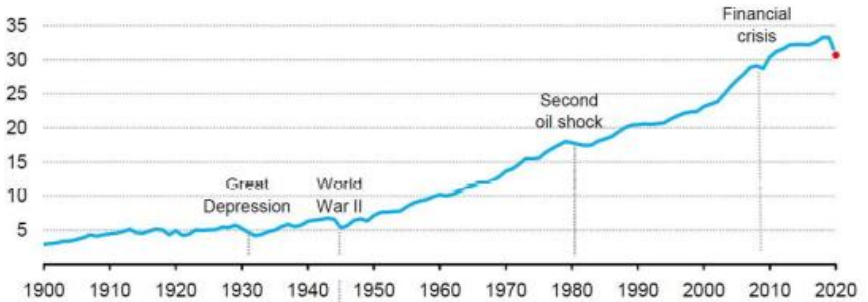
地球温暖化等を原因とする気候変動問題の解決が喫緊の課題となっている。地球温暖化による気候変動対策として、カーボン・ニュートラルを実現することが必要となっている。

地球温暖化とCO2の排出

IPCC 1.5℃特別報告書（2018）

- 人為起源による気温上昇は、産業革命以前と比較して約1℃に到達。現在のトレンドが続けば、2030年から2052年の間で1.5℃を超える。
- 1.5℃で安定化を図るためには、CO2排出量が急速に削減し、2030年までに対2010年比で約45%減少、2050年近辺まで正味ゼロに到達が必要。

＜世界のエネルギー関連CO2排出量の変化（1900-2020）＞



（出典）IEA「Global Energy Review 2020」を基に一部加工

- 世界のCO2排出量は年々増加。
- 新型コロナの影響で、2020年の排出量は減少が予測されているが、経済活動を犠牲にせず、1.5℃目標(パリ協定)の実現に向かうには、非連続なイノベーションが不可欠。

カーボンニュートラル

○ 2020年10月、日本は、「**2050年カーボンニュートラル**」を宣言。

○ 温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、国際的にも、**成長の機会と捉える時代**に突入。

→「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策＝グリーン成長戦略

…成長が期待される分野・産業を見いだすため…2050年カーボンニュートラルを実現するためのエネルギー政策及びエネルギー需給の見通しを、議論を深めて行くに当たっての参考値として示すことが必要。

→こうして導き出された**成長が期待される産業（14分野）**において、**高い目標**を設定し、**あらゆる政策を総動員**。

＜成長が期待される産業（14分野）の例（エネルギー関連産業）＞

洋上風力産業 風車本体・部品・浮体式風力	水素産業 発電タービン・水素還元製鉄・運搬船・水電解装置
燃料アンモニア産業 発電用バーナー （水素社会に向けた移行期の燃料）	原子力産業 SMR・水素製造原子力

（出典）成長戦略会議（第6回：2020年12月）より

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考）気候変動問題に向けたこれまでの行政の取組（カーボンニュートラルへの保安規制面からの取組）

水素・再生可能エネルギー等の利用促進に関しては、保安規制の面からも、下記のような利用環境整備を実施してきた。

水素関係

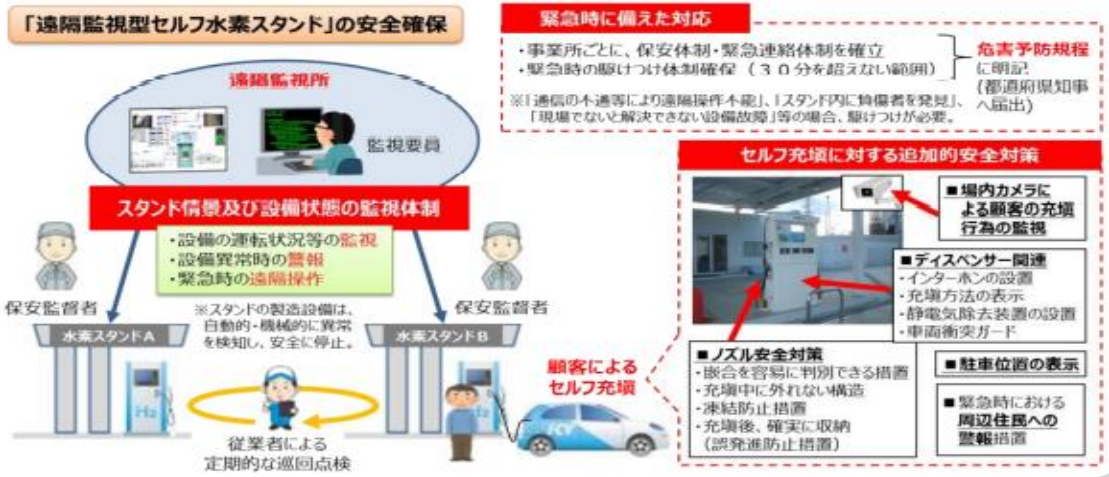
→ 燃料電池自動車の普及等の目標に向け、燃料電池自動車用水素タンク、水素ステーション等に係る規制を洗い出し、改革を推進。

再生可能エネルギー関係

→ 太陽電池発電や風力発電等の発電設備の増加・設置形態の変化を踏まえ、安全確保を前提とした利用環境の整備を図るための措置を実施。

取組事例：遠隔監視による水素スタンド運転の無人化

圧縮水素スタンドにおいて、従業者不在でも、有人スタンドと同等の保安水準を確保しつつ**セルフ充填**を可能とするために必要となる「監視体制」、「セルフ充填に対する追加的安全対策」及び「緊急時に備えた対応」の具体的要件を定めることで、これを実現。



取組事例①：水上設置型太陽電池発電設備の技術基準

水上設置型太陽電池発電設備について、水上特有の荷重・外力（波力・水位等）や部材性能など、設計時に考慮・検討すべき要求性能をより具体的に明記するように電気設備の技術基準の解釈を改正（2020年6月施行）。

取組事例②：風力発電設備の20kW以上～500kW未満の使用前自己確認制度導入

FIT法に基づく認定件数が増加（2019年度認定件数：127件）していることを踏まえ、その運転時の一層の安全確保を図るため、使用の開始前に、国が事業者の保安の取組を確認する使用前自己確認制度を導入（電気事業法施行規則の一部改正　2020年7月施行）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考）検討会の概要

令和3年度、高圧ガス保安室にて委託事業を開始し、本課題についての検討会を立ち上げ。
4月9日に第1回、5月14日に第2回、6月18日に第3回検討会を行った。

（第1回検討会資料 「燃料電池自動車等の規制の在り方検討会について」より抜粋）

1. 趣旨

気候変動問題に対応するため、政府として国内の温暖化ガスの排出を2050年までに、「実質ゼロ」とする方針を表明し、**カーボン・ニュートラルの実現**に向けて、水素をはじめとした新エネルギーの普及が進む中で、燃料電池自動車、天然ガス自動車、液化石油ガス自動車（以下、「燃料電池自動車等」という。）を巡る規制に関して、**科学的知見に基づく安全性の確保を前提としつつ、合理的な規制制度の検討を行う**必要あり。

このため、学識者、業界関係者、その他有識者、関係省庁を構成員とする燃料電池自動車等の規制の在り方検討会を立ち上げ、燃料電池自動車等を巡る規制について**高圧ガス保安法のみならず道路運送車両法の側面からも整理**し、**今後のあるべき制度について**広く検討を進める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（参考）検討会の概要

2. 検討内容

日本においては、燃料電池自動車等には道路運送車両法（国土交通省所管）及び高圧ガス保安法（経済産業省所管）の二法令による規制が行われている。燃料電池自動車等の利用拡大が予想されるところ、下記の観点に留意しつつ、今後のあるべき制度について検討を進める。

- **法技術的及び技術的な観点**、両面からの検討を行うこと。
- **高圧ガス保安法のみではなく道路運送車両法の観点**（ガソリン車や電気自動車などその他自動車に対する規制との関係性も含む）からも検討すること。
- 規制の合理性を検討するにあたっては、事業者の利便性だけでなく、**消費者や社会全体の利益**についても十分考慮すること。
- 二法令においては、安全確保に係る前提や考え方が異なる点、**各法令に基づく既存の制度（設備、人員等を含む）等を踏まえた実現可能性についても十分考慮**すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安主任者用講義資料

生産現場の安定・安全のために

元　日本石油化学㈱
浅井昌明

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

はじめに

唐突ですが、マグロは20～30Km／時ものスピードで、絶えず泳ぎ続けています。
寝ながらも泳いでいます。人間の場合は肺で呼吸を行いますが、魚は鰓で呼吸を行います。
しかし、マグロにはこの鰓を動かす筋肉が無いので、口をあけて泳ぐことで
自然と鰓に水流が当たり、新鮮な酸素を取り込んでいます。

泳ぎを止めてしまうと酸素を取り込めなくなり、溺れてしまうそうです。
つまり、マグロは生きるために泳ぎ続けているのです。

生産現場の安全活動もこのマグロの習性と同じです。動きが止まるとマンネリ化してしまいます。
そして、安全活動にとっては、それがマンネリ化してしまうことが最も危険です。
そのためには、皆様方のようなリーダー的な立場の方から、第一線で働いている方々までの全員が、
色々な方法を駆使して、意識の切り口を絶えず新鮮にしておく必要があります。

そこで、本日の私の講義“生産現場の安定・安全のために”では、安全管理面および
労務管理面に軸足をおいて、多分に自省を込めた私自身の考えや体験等をお話させて頂きます。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

目次

1. 生産現場は危険が普通で安全が特殊のところである
2. 生産現場は人の心で動いている世界である
3. 基本操作無視は高くつく
4. ノウホワイの重視
5. 生産現場の安全は脇役で保たれている
6. 積極的に聴く
7. Work works for us
8. 生産現場で学ばせて頂いたこと
9. 安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.生産現場は危険が普通で安全が特殊のところである（1/3）

生産現場は、今日までどんなに長期間にわたって無事故・無災害を継続してきたとしても、
それが明日の無事故・無災害に対する何の保証にもならない世界です。
安全は「安全だった」というように、過去形でしか使えない言葉です。

- もともと安全というものはないのだ。安全は、危険の大海の中に
  かろうじて作り上げた小さな人工島に過ぎないのではないか。
- 新しい作業を行うときの質問は、その作業は「安全か」ではなく、
  「どこにどのような危険があるか」でなければならない。
- 安全活動は、すべてのプラスにはマイナスがあることを意識し、
  “もしも”を考え、“まさか”に備えること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.生産現場は危険が普通で安全が特殊のところである（2/3）

多くの事故や失敗を乗り越えてきた先人の努力と工夫の累積によって、
現在の安全がかろうじて保たれている。

安全の中に安住していると、安全が普通であるような幻想に陥るが、
そもそも安全など存在しない。常に存在するのは危険である。

危険が普通であって、安全への努力を怠るときは、
いつでもどこでも誰にでも、危険が吹き出してくる。

（黒田勲「信じられないミスはなぜ起こる」中災防）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ.生産現場は危険が普通で安全が特殊のところである（3/3）

「こうすれば大丈夫、絶対に安全！」という仕組みは世の中には無いと思います。
保安リーダーは、事故や災害を絶対に起こさないという強い信念を持ち、
あきらめずに挑戦し続けることだと思います。

生産現場での安全活動は、それがマンネリ化してしまうことが最も危険です。

そのためには、関係者全員の意識の切り口を常に“アクティブな状態”に
しておく必要があります。このための具体的なツールを提供し続けることが
リーダーの責務だと思います。

自社での“具体的なツール”の構築にあたっては、先人や達人の知恵を
最大限活用することが早道であり、ユニークな活動をしている会社や組織から
謙虚に学ぶことだと思います。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.生産現場は人の心で動いている世界である（1/2）

生産現場は、設備とマニュアルだけでは動きません。
生産現場を動かしているのは人の心です。心とは情感と執念です。

生産現場で起きる現象は、自然界の現象です。従って、常に変動を伴います。
機械は故障します。マニュアルでは決められない予想外の現象が現れます。
改革・改善に伴って生じる変化・変動もあります。

これらの現象に対応するには、思考し創造する力、観察し予測・対応する力が
必要となります。これらの力を十分に発揮するには、働く人の意欲が必要です。

意欲は職場の風土によって強化されます。
風土は上司と部下、同僚、他部門の人々、タテ・ヨコ・ナナメの人々の心のつながりによって
つくられます。そして、こうした風土の醸成は上司の責務の1つだと思います。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.生産現場は人の心で動いている世界である（2/2）

コミュニケーションは生産現場の原動力です。

人の心は内側から鍵がかかっています。鍵を開けることができる人は、本人だけです。
相手の心を動かさなければ、情報は共有できません。
コミュニケーションの基盤も、話し手・受け手の心です。

複数の担当者、部門で行われる作業や交替で行われる作業では、
仕事に隙間ができる恐れがあります。

隙間は、念のためにと口に出す一言で、かなりの部分が埋められます。
この隙間の部分を埋める一言は、心の働きから出ます。
隙間を埋めるためには、工場内の人々だけでなく、協力会社、機器メーカーの人々との
心のつながりが必要となります。生産現場は人の心に依存している世界です。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 基本操作無視は高くつく（1/3）

現場には、仕事の型すなわち「基本操作」があります。

マニュアルには書かれていない型も多くあります。

- 猿梯子は2人連なって昇降してはいけない。
- 酸に水を入れるな、水の中に酸を入れろ。
- タンクやドラム内に許可なしで入ってはいけない。
- ホースをはずすときは、あらかじめ圧抜きを行う。
- 水を100℃以上の油に入れてはいけない。
- 現場では、余程の緊急の場合以外、走らない。　等々

残念ながら、これらの型の一つひとつは時々省略されてしまいます。

そして、これが事故につながってしまうことも多い。

当たり前のことを確実に実行して「基本操作」をしっかりと守り守らせることが大切です。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 基本操作無視は高くつく（2/3）

【利休七則】

「茶は服のよきように点（た）て、炭は湯の沸くように置き、
冬は暖かに夏は涼しく、花は野にあるように生け、刻限は早めに、
降らずとも雨の用意、相客に心せよ」

千利休は弟子から茶道とは何かと尋ねられたとき、
この七則（利休七則）がすべてであると答えた。

その弟子は、「そのくらいのことは、三歳の赤子でも分かっております」と言い、
利休居士は「分かっていても出来ないのが人間ではないですか。
あなたが本当に出来るならば、私があなたの弟子になりましょう」と言ったという。

（裏千家ホームページ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 基本操作無視は高くつく（3/3）

以下、具体的な事故例をいくつか挙げます。

何れも、故意または無知などの理由で結果的に基本操作が遵守されなかったものです。

どんな基本操作が欠如していたのか考えてみましょう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例１）触れなくても感電する

特高変電所周辺外灯ポールの塗装工事を行うため、２人でアルミ製の梯子を
立てて持ちながら、60KV閉鎖型キュービクル外壁と柵の間の狭い通路を通った。
キュービクルの角を曲がったとき、梯子の先端が特高高圧線のブッシング先端金具に
接近した。

梯子と金具間で空気を通して電流が流れ、
１名は両手両足に熱傷を負い、他の１名は腰部に打撲を受けた。

【参考】充電部に対する接近限界距離（労働安全衛生規則）

33KVを超え66KV以下	50cm
66KVを超え77KV以下	60cm

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例2）圧縮空気は危険な気体である（1/2）

産業廃棄物処理会社で、男性の肛門に空気を注入し死亡させたとして、
同僚の男2人が傷害致死の疑いで逮捕された。

逮捕されたのは、産業廃棄物処理会社の2人の社員で、
工業用のエアーコンプレッサーで同僚の肛門に空気を注入し、
死亡させた疑いが持たれている。

当時は休憩時間で、3人はエアーコンプレッサーで服に付いた埃などを
落としていたが、ふざけて同僚の1人を押さえつけ、
服の上から空気を当てたところ、肛門に入ってしまったという。

2人は警察の調べに対して
「こんな大事になると思わなかった」と容疑を認めているという。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例2）圧縮空気は危険な気体である（2/2）

圧縮空気は体の中に侵入します。

人体の皮膚や骨を不具にしたり、切り裂いたり、あるいは、ものを埋め込むことができます。
顔の回りでエアを吹かすと、目玉が吹き飛ばされることがあります。
あるいは、もし耳に向けた場合は、鼓膜を破裂させてしまいます。

28KPa(0.3 kg/cm2)以下の低い圧力により腸が裂けて死んだ人がいます。
その他の負傷の多くは、70～105 KPa (0.7～1.0 kg/cm2)の圧力で
起こっています。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例3）二石が混ざると一石はもっと危険になる

タンクローリー運転手は、別の油槽所でガソリン(第一石油類) 20kLを積載し、
各系列スタンドに荷降しした。その後今度は、そのタンクローリーに
灯油(第二石油類)を積載するため、所定のガソリンスタンドに到着し、
ローディングアームにより注入していたところ、突然、爆発して炎が上がった。
2人が火傷を負い、うち1人は大腿部を骨折した。

ガソリンが入っていたローリーに灯油を入れると、ローリー内に充満している
ガソリンの蒸気が次第に灯油に吸収されて、ガソリンの蒸気濃度が低下し、
爆発範囲(1.4～7.6 vol%) 内に入ってしまいます。

このため、排風機によってガソリン蒸気を排気して
爆発下限界以下の濃度としたのちに灯油を入れるなどの措置が必要です。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例4）酸素は支燃性ガスだから大丈夫？

1. 在宅医療用酸素容器の配送・回収作業を終え、帰社途中の運転手が
車内でたばこを吸おうとしたところ、たばこの先端が炎を上げて燃え広がり、
火災となった。ワンボックスカー1台を全焼、容器84本も全破壊し、
運転手が軽い火傷を負った。
容器バルブが閉止不十分で酸素ガスが漏えいしていた。

2. 病院の高気圧酸素治療室で、高気圧酸素治療装置の治療タンクが突然爆発した。
タンク内で治療中だった患者に付き添っていた患者の妻に、爆風で飛ばされた
タンクの鉄製ハッチが当たり、全身を強く打って間もなく死亡したほか、
患者も全身火傷の重体となった。患者が持ち込んだ使い捨てカイロが装置内で
異常発熱して内部の温度が上昇し、装置のタンクを覆うアクリル樹脂が溶けて
ガス化、爆発した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例5）フェノールの皮膚からの吸収は非常に速やか

化学会社の専用桟橋で、フェノールの通っているビニルホース(直径3cm)の
継ぎ目が外れた。このため、ホースが跳ね回って、桟橋の上と接岸中の
タンカーの甲板にいた乗組員ら5人に液状のフェノールがかかり、
全身の熱傷で1人が2時間40分後に死亡、他の4人も顔や手足に重軽傷を負った。

この日はフェノール用に会社のタンクから桟橋まで繋がっている約300mの
鉄パイプ2本を桟橋の上で約3mのビニルホースで連結して、窒素ガスを通して
パイプの点検をしていた。パイプとホースの継ぎ目は針金で縛ってあったが外れてしまい、
窒素ガスの圧力でパイプに残っていたフェノールが逆流、霧状になって吹き出した。

被災者は作業服姿で、フェノールを浴びると急いで船内の風呂場に入り、
水で流そうとしたが、1人はその場に倒れ、病院に運ばれた後、死亡した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例6）水を100℃以上の油に入れてはいけない

ホットオイルをサービスしたとき、循環系統の低い部分に残っていた水が
ホットオイルと混ざった。高温のホットオイルによって水が蒸発したため、
サージタンクの圧力が上がり、タンクが破裂した。

ホットオイルは細かいミスト状の雲となって放散されて発火し、直径120mの
ファイアーボールが生じた。
その結果、火傷で2名が死亡し1名が負傷した。(オランダ)

水は、大気圧下においては100℃で全量が蒸気になります。
熱した油に水を加えると、水は瞬間的に気化して、体積は約1,600倍に
膨張します。水の代わりに冷たい油を加えた場合は、
油は混合物なので全部が一気に気化することはありません。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例7）空気と可燃物とが接触する作業の危険

実験台でベンゼンの入っているフラスコが割れ、床、実験者の衣服などに飛び散った。

直ちにヒーター、撹拌機などの電源を切るため、コンセントからプラグを抜いたとき
スパークが生じ、ベンゼンに引火した。

プラグは普通の2本足のものだった。
側にいた3名の衣服に火が付き、1名が死亡、2名が重軽症を負った。

現場の作業では、可燃物と空気が一緒になる作業が沢山あります。

可燃物に直接触れたり、可燃物が直接見える作業です。
サンプリング、検尺、ドレン切り、圧抜きなどの作業です。
これらの作業には特に細心の注意が必要です。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例8）アルバイト女子大生の災難

ある労働基準監督署の監督官から聞いた話です。

その人が、労災報告書の受付担当をしていた時のこと、
一枚の労災者死傷病報告書が提出されてきた。

それは「夏休みを利用してスーパーマーケットでアルバイトをしていた女子大生が、
調理場で肉のブロックを電動のミンチ製造機に入れてミンチ肉を作っていた際、
肉のブロックに付いていた骨が絡まって機械が動かなくなったので、
自分の指で押し込もうとしたところ、ミンチ製造機が急に動き出して
右手人差し指の一部を失った」という内容だった。

この監督官は、その娘さんがその後の人生で背負っていかなければならない重荷を思い、
やりきれない思いでそれを受理したとのことでした。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（事故例9）容器の解体作業中に爆発

事業所(LPガスおよびフロンの容器検査所)内で、東日本大震災による
津波被災の自動車燃料用CNG容器を、電動回転式のこぎり(通称：ベビーサンダー)
で切断解体中に、残留していた天然ガスに引火し爆発した。

この事故で1人が死亡し、1人が重傷を負った。
着火源は回転式のこぎり使用時の火花と考えられている。

この事業所では、自動車解体事業者から処理に困ったCNG容器(FRP製)1基の
処分を引き受け、会社敷地に保管していた。

事故当日、関係者間の連絡不足により、必要な情報も持たないまま、
作業員がこのCNG容器の解体作業を開始したためと推定されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.ノウホワイの重視（1/2）

【正しい作業のためのノウハウ】

いかなる業種にあっても、管理の行き届いた作業場では、
作業者はみな正しい作業を行うことを強く要求されています。
作業者の正しい作業によって仕事の能率と品質が確保され、安全で無理のない労働が守られるからです。

正しい作業を行うために、各種の規則、基準、マニュアルがあり、
その習得には厳しい教育訓練を受けねばなりません。
マニュアル等には大抵の場合「ノウハウ（know-how）」がこと細かに示されています。

指導者は熱心にそれを教えようとし、教育される者も一心にそれを覚えようとします。
ノウハウ教育が終わると早速、実務に就くことになります。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.ノウホワイの重視（2/2）

【応用動作のためのノウホワイ】

実務経験を積むにしたがい、次第に定められたことから離れた行動をするようになります。

人間には、できるだけ小さなエネルギーで同じ結果を得ようとする本能があるからです。
何回か試みてうまくいくとそれはその人にとって新しいノウハウになります。

しかし、このような状況で、事故が起きるケースが極めて多くあります。
それは「ノウホワイ（know-why）」が欠けているからです。

生産現場では予想できないことが起きます。異常な現象はマニュアルに書いてある
通りには起きないことがよくあります。生産現場で発生した“予想できないこと”に対して、
その場で即時に、場合によっては一人で対処することが求められることがあります。
このような時、ノウホワイを知っていないと、変化に対応することができません。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.生産現場の安全は脇役で保たれている

注目されている作業にはトラブルが少ない。
安全の反対は危険ではなく、無関心です。

脇役の作業は数が多く、しかも単純な繰り返しが多い。

一般的には注目されないことが多く、次第にまわりの関心も薄れていきます。
やがて、そこに危険が住みつきます。

いかにして脇役の作業に関心を持ち続けるかが現場の安全のポイントとなります。
現場も、そして安全も、脇役で保たれています。

単純で繰り返される仕事は、とても重要な仕事です。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.積極的に聴く（1/2）

通常、上司と部下が一緒だと上司の方が沢山しゃべっています。

従って、上司は部下と話す時は、心して部下に話させよう部下の意見を
聴こうと心がけること。それで丁度いいくらいです。

また、上司が自分の話をゆっくり聴いてくれたということが、
上司が自分を考えていることの証となり、ひるがえって上司を信頼し、
尊敬することになります。

一般的に、部下は、あるいは人間というものは、こちらが思っているほど、
自分の話を聴いてもらっているとは思っていないものです。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.積極的に聴く（2/2）

【部下の話を聴く時の心構え(私の自省を込めて)】

- 相手の話は決して途中でさえぎらない。
  相手が話し終えるまでじっと耳を傾けるという辛抱・忍耐が必要です。
- 「自分が相手だったら」という立場で話を聴く。
- 相手の目をみて話を聴く。
- ほどよい相槌を打つ。
- わずかなことでも褒める。
  但し、「褒めてやる」という態度をとるなら、褒めない方が良い。
- 話を聴きながら簡単なメモをとる。
  この行為に対して、相手は決して悪い気はしない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. Work works for us

働くのはいやだという気持は、勤勉な人にも少しはあるでしょう。

やらされ感、納得のいかない課題、理不尽な目標値などのせいで働く元気はそがれます。

アイルランド生まれの作家、オスカー・ワイルドは、働くことは呪いだと言った。
ギリシャ時代からある労働観であり、いやなことをやらせるために
賃金を払っているという前提に立っています。

一方、アメリカの労働哲学者のJ.キウラは、
「仕事があるので我々は助かっている（Work works for us.）
という絶妙な表現をしています。

「仕事のおかげで生活に規律が生まれ、自分らしさも探求できるし価値観も
そこから形成される。色々な人に日々会えるのも仕事のおかげだ」と。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.生産現場で学ばせて頂いたこと

私が現役会社員だった当時を振り返ってみると、
“あの時は良いことを学ばせてもらった”と感謝している事柄は枚挙にいとまがありません。

本日は、時間の制約上、これらからピックアップした下記5件を、
具体的な体験を含め紹介させて頂きます。

① 話を聞いてもらうには、話をする人の日頃の態度が最も重要である。

② 報告するとき、事実と推測をはっきりわける。

③ エンジニアは、アウトプットを出す人である。

④ リーダー自身の言うことと行うこととが一致していること。

⑤ 部下が提出してくれた“ヒヤリハットシート(一件一葉)”それぞれに
職制(職長・係長・課長)が記載するコメントを通して、私が学んだこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（1/5）

安全はリーダー次第、もっと言えば、
口先の“きれいごと”や“建て前”でなく、リーダーの生き方そのものが問われる問題です。

指差呼称、安全唱和、ヒヤリハット、KYTといった手法は、
安全活動や品質向上の妙薬でもなければ、まして即効薬でもありません。

これら手法の成果は、それを推進するリーダーの生き方、
心配りが第一線で働く従業員一人一人に深く浸透していくか否かにかかっています。

リーダーが率先して実行すれば、ラインも変わっていきます。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（2/5）

先頭に立って旗を振り回し、怒号と鞭によって部下にハッパをかけるだけでは、
部下は体を動かされることはあっても、心までは動かされません。

人の心には内側から鍵がかかっています。
鍵を開けることができる人は、本人だけです。

相手の心を動かさなければ、情報は共有できません。
コミュニケーションの基盤も、話し手・受け手の心です。

本当のリーダーシップは、
怒号と鞭ではなく、リーダーの実践におけるたった1つの行動、
たった1つの言葉によって発揮されます。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（3/5）

ものごとを悪い方向に考えることは、決して楽しい事ではありませんが、
リーダーは、常に最悪の事態を想定しあらかじめ対策をとっておくことが必要です。

何故ならば、最初に悪いことを考えておいた方が判断を間違えないからです。

そして、それが結果として取り越し苦労であった場合、決して悔しがったりせず、
「こんな結構なことはないではないか」と歓喜するだけの大きな度量を持つことが
リーダーには要求されます。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（4/5）

リーダー自身の学ぶ姿が、安全教育の第一歩となります。

部下はリーダーが教える内容以上に、リーダー自身の姿勢から多くを学んでいると思います。
私は、生産現場における諸体験から、リーダーが何を知っているかより、
どのように努力しているかが、より重要であると考える様になりました。

部下から質問を受けたリーダーが、即答できなかった後で必死に勉強する姿は
質問者の心を動かします。
生産現場での最大の教材はリーダーの学ぶ姿、後ろ姿だと思います。

NHKの“プロジェクトX”で、「部下が付いてくるかどうかは、リーダーが苦しんだ量に比例する」と言った人がいました。それを聞いて、私は、我が意を得たりと微苦笑しました。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9.安全はリーダーの生き方そのものが問われる問題である（5/5）

進むべき方向などの判断を迷ったとき、
同僚や上司他の意見を聞くことは誰にでもあります。

しかし、彼らのアドバイスを鵜呑みにしてしまって最終的な判断を下す事は
絶対に避けてください。

最終的な判断は、自分自身の熟慮・納得のもとで、自分自身で下してください。

他人のアドバイスに耳を傾けることは大切です。
しかし、誰のアドバイスを聞き入れるにせよ、あなたのとった行動の結果は
最終的にあなた自身の人生に返ってくることを忘れないで下さい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ご清聴ありがとうございました

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安主任者講習(オンライン用)

製造事業所における<プラントの安全設計>

2021－10／31

小久江良雄

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

はじめに

- 専門書や良い文献を読んでも、或いは、セミナーを受けても、
  その内容をどのように吸収し、身につけるか、身につけたものをどのように活かし、
  安全活動に反映するかを工夫し、「安全」を実現しなければ意味がない。
- その為には、どうしても、各個人の「志」が必要であると思われる。
- 以前、テレビで日本の中小企業の伝統的技術について放映されていたが、
  「職人のわざは志がなくては磨かれない！」との文言を思い出す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

はじめに

- 今日、ここに出席されている皆さんも職場では、安全に関し、リーダー的存在だと思う。
  リーダーには率先垂範が求められている。絶えず情報を吸収し、的確に判断し、
  行動することが大切である。
- 常に自分の、「安全に関する感性」を磨いていくためには、
  今日一日、自分の行動(安全を含めた仕事)が満足できるものであったか、
  改善すべきことはなかったか、就寝前の5分間心静かに反省する時間を持つのも
  一つの方法である。
- 仕事(安全)で困難な問題にぶつかっている時など、それらを解決すべく考え抜く習慣を
  持つと、夜中、眠っている時にも、いろいろなアイデアやヒントが浮かぶことがある。
  その時、すぐメモをとることも重要である。それが後日、有効に働くことがよくある。
- 「今、この今を生ききる!何事も、全力投球する!」ことが、進歩につながると思われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

オンライン講習について

本原稿は、テキスト「製造事業所におけるプラントの安全設計」に沿って
作成しています。

テキストには全て重要かつ有益な内容が記載されていますが、
限られた時間内での説明となるので、特に重要と思われるところを取り上げ、
一部分ではありますが、説明を割愛しています。

後日、是非、読み直しされることをお奨めします。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.はじめに

テキスト-P1

石油、石油化学、化学などのプロセスプラントは、可燃性、毒性、反応性を有する
危険性物質を大量に保有し取り扱っており、また、プラントの各構成機器は配管などで
連結され、制御システムによって高度にコントロールされている大規模システムである。

運転条件も高温、極低温、高圧、負圧などと多岐にわたるとともに、
その運転には人間が大きくかかわっている。

このため、機器の故障あるいは誤操作などが発生する潜在的危険性を常に
包含しており、一度、大規模な事故が発生した場合には、装置の損傷はもとより
従業員あるいは地域社会へ与えるインパクトも大きいことから、
プラントの安全性確保は企業の社会的責務である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. プラントの事故と安全確保

2-1　国内の事故と安全確保の動向

テキスト-P1

1973年、1974年に我が国のコンビナートのプロセスプラントで発生した一連の事故を契機として、消防法、高圧ガス取締法(現在の「高圧ガス保安法」)、労働安全衛生法のいわゆる保安3法の強化がなされ1975年には自治省(現総務省)、通商産業省(現経済産業省)、建設省(現国土交通省)などの複数の省庁の管掌からなる“石油コンビナート等災害防止法”が新たに制定され、コンビナート地区事業所での発災時の防消火活動を考慮した安全面からのレイアウト規制、自衛防災組織、共同防災組織の確立義務などの規制が行われた。

また、1974年には高圧ガス保安協会から、火災、爆発、ガス拡散などの災害の影響範囲を解析する手法をまとめた「コンビナート保安・防災技術指針」が策定された。

行政サイドの規制の強化と企業努力が相まって、その後事故の件数は急激に減少した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2-2 海外の事故と安全確保の動向

テキスト-P1～6

海外での大規模事故例(テキスト - P2)

(1) 1976年には、イタリア・セベッソにあるイクメサ社の化学工場で、トリクロルフェノールの反応工程における異常反応により生成した猛毒のダイオキシンを含む物質が屋外に大量に放出され、風下の500ヘクタールにわたり土壌が汚染され、22万人にのぼる被災者をだした。この事故による直接の死者は出なかったが、ダイオキシンの影響による癌、遺伝子への悪影響による奇形児の出産という形に長い年月をかけて被災者を苦しめた。・・・・

(2) 1984年には、インド・ポバールにおいて米国ユニオンカーバイド(UCC)社の工場からメチルイソシアネートが大量に放出され、死者2000人以上、被災者20万人以上を出す大惨事が発生した。

【代表2例をピックアップし、その関連情報を追記しました。参考にして下さい。
許諾許可が必要か否か未確認】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（1）

イタリア・セベソの化学工場での爆発

「失敗知識データベース」東京大学大学院：小林光夫/田村昌三氏より抜粋

◆ 概要

1976年7月、イタリア北部の都市ミラノ郊外にあるセベソ近くの化学工場イクメサ社において
テトラクロロベンゼンのアルカリ加水分解で、2,4,5-トリクロロフェノール(TCP)のナトリウム塩を
製造するプロセスで暴走反応が起こり、破裂版を破壊し内容物が大気中に放出され、
猛毒の2, 3, 7, 8-テトラクロロジベンゾパラダイオキシン（TCDD)を含む北風により、
南方に拡散し、約1800ヘクタールという広大な範囲を汚染し、癌、慢性皮膚炎、神経障害、
奇形児発生等の被害者が22万人以上と推定され、家畜8万頭以上が屠殺処理された。

イクメサの工場では、TCPを生産しており、これは更に加工されて、薬用石鹸、化粧品、
シャンプーなどに使われる。

この生産における反応は、200℃以下なら問題を生じないが、230℃以上になると
猛毒のダイオキシンを発生するとされていた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（1）

イタリア・セベソの化学工場での爆発

「失敗知識データベース」東京大学大学院：小林光夫/田村昌三氏より抜粋

◆ 概要（続き）

事故の起こったバッチでは、蒸留工程の最後のエチレングリコールの分離は
規定の50%の回収は行われず、僅か15%程度の回収で終了させた上、水の注入も行わなかった。

そのため、停止時の温度は通常の50～60℃より遥かに高い158℃あったが
それでも危険とされている230℃よりはかなり低かった。

バッチ作業が終了したので、作業員は攪拌と冷却を停止し、温度記録計の電源を切り、
現場を離れた。

以後装置は無監視の状態にあった。その後、反応器の破裂板は破壊し、
内容物は霧状のきのこ雲となって飛散した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（1）

1）原因

作業の指示違反が引き金となり、破裂板が破壊し、内容液が放散した後も、
何が放散したか分からずに、事態は放置された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（1）

1）－1．破裂板が破壊し、内容物が飛散した原因

トリガーは暴走反応がおこったことである。
当初230℃以下なら暴反応は起こらず安全だと思われており、作業は158℃で停止している。
ところが、180℃を越えると発熱反応を起こすことが、後日の研究で分かった。
180℃までどうして上昇したかが疑問に残る。これは次のように考えられる。
158℃で停止させたとき、攪拌を停止した。

反応器過熱コイルでは12気圧、190℃の過熱蒸気を用いて過熱しており、停止時に過熱蒸気の供給バルブも閉められた。このコイル内に残った過熱スチームにより、表面近くが部分的に温度上昇を起こし、180℃以上にまで加熱された。攪拌がとまっていたのも部分的な温度上昇には寄与している。
180℃以上に加熱された部分から反応が始まり、拡大していった。(バルブが完全閉止にならず過熱蒸気が漏れていたのではないかとも考えられる)。温度計が切られていたので誰も過熱に気が付かなかったであろう。一寸した運転指示からの逸脱を軽い気持ちでやったのであろうが、それとスチームのバルブが完全閉止できなかったのが大惨事のきっかけになったと推定される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（1）

1）−2. 安全装置に不適切があった

反応器回りの圧力上昇対策として破裂板が設けられた。
その破裂板の設定圧力も他の作業環境上の要素だけで設定されており、
その設定圧もこの事故に至った暴走反応に対して高すぎる。

そのためプロセス温度が高くなり、ダイオキシンの精製量が増えた。

また、その破裂板からの放出先が大気であったことが問題である。
通常、破裂板や安全弁などの圧力放出口は安全な場所に導くことが原則である。

望ましくは燃焼処理を行うか、無害化処理をして放出すべきである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（1）

2）事故再発防止対策

2）－1．プロセスの理解を深める。特に反応に関し、調査・研究を充実させ、
異常反応についての知見を充実させること。
このため、自社(グループ)の情報だけではなく、同業或いは同種の反応を
行っている各社の事故情報を参考にすることや外部の専門家の力を借りることも
考える。

2）－2．安全弁など圧力開放設備の放出ガスの行き先と処理装置の性能を
十分に考える必要がある。
安全弁、破裂板等の安全設備は装置内の容器・配管の圧力が設計値以上に
上昇した時に容器・配管が破壊されないように内容物を放出する設備である。
放出した後に周辺環境や人間への悪影響を与えない処理方法と処理能力が
必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（1）

2）事故再発防止対策

2）−3．作業指示書から勝手に逸脱した作業はしない。なんらかの変更を加えたときに事故が起こることは多い。
作業指示が全ての危険の可能性を考慮して作成されたのではなくとも、
最初はより安全な条件で作業指示がなされていることが多い。
作業を安易な方向に変更する場合は、危険に近づくと考えて、
十分に慎重な調査と検討が必要であろう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ(2)

インド・ポバールの化学工場の毒ガス漏洩

「失敗知識データベース・失敗百選」東京大学大学院：小林光夫/田村昌三氏より抜粋

◆概要

1984年12月2日深夜から3日の未明にかけて、インド中央部マディヤ・プラデシュ州の州都ポバールが毒性のガスに襲われ、即死者2000人以上、負傷者20万人とも30万人ともいわれる大惨事になった。

毒性のガスは農薬原料のイソシアン酸メチル(MIC)で、ポバール郊外のユニオンカーバイドインド社の貯蔵タンクから漏洩した。MICは有機溶剤の原料や土壌燻蒸剤等に使われ、その毒性は毒性のガスで有名なホスゲンより遥かに強く、アメリカにおける8時間当たりの平均作業環境許容濃度は0.02ppmで、シアン化合物10ppmの1/500である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（2）

インド・ポバールの化学工場の毒ガス漏洩

「失敗知識データベース・失敗百選」東京大学大学院：小林光夫/田村昌三氏より抜粋

◆概要（続き）

工場の製造装置は10月23日から停止していたが、その直前の18日～22日の運転で、規格で定められた5%の最大含有量を超えた12～16%のクロロホルムを含有したMICを抽出し、それが火災した貯蔵タンクに保管されていた。

MIC上蒸気発生は、タンク内で異常反応が起こった結果高温になり、そのためMIC蒸気圧が上昇して起こった。

事故当日12月2日の夕方、タンクのガス抜き系配管の水洗作業が行われた。
その作業では仕切り板を挿入するよう安全マニュアルには記されていたが、何故か仕切り板は挿入されていなかった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（2）

インド・ポバールの化学工場の毒ガス漏洩

「失敗知識データベース・失敗百選」東京大学大学院：小林光夫/田村昌三氏より抜粋

◆概要（続き）

バルブの洩れか、事故の少し前に新設された配管経由の洩れかの何れかで、洗浄水がタンクに流入した。

運転員は同日夜23時にタンク圧のを検知したが、いくらかの対応を取ったが効果はなかった。
ついで23時30分にMIC蒸気の漏洩を感知したが、何ら打つ手もなかった。

翌日0時45分頃MICの漏洩量が増加し、一部の設備を破壊して、工場内に放散した。
2時30分に呼び出しを受けたプラントマネージャーが出社し警察に連絡した。
結果的にはこの警察への連絡が唯一の対外的な行動だった。

そして、3時30分漏洩蒸気が工場外に拡散していった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（2）

ここでMICタンクの管理状況を記す。

危険で沸点の低いMICのために3種類の安全装置が用意されていた。
低沸点の保管対策としてタンク温度を0℃以下に維持するための冷凍設備は7月から停止されていた。そして、タンクの温度警報はアラームのリセットがされてなく、5℃に上昇しても警報を発することはなかった。

タンクから蒸発するMICをアルカリによりする除害塔は10月22日から吸収液の循環ポンプを停止し、使用不可能だった。漏洩ガスを燃焼処理するフレアスタックも配管工事のため停止していた。

このため、発生したガスは系外へ、工場外へと拡散した。その夜の風向きは北西であり、放出されたガスは人口稠密な市街地へと拡散した。MICの猛毒性、放出量が合計35トンと大量であったこと及び放散された時間帯が深夜で、しかも何らの広報活動と救出活動がなされなかったので大きな人的被害は必然的な結果であった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（2）

原因

MIC蒸気の放出までの原因の流れは次のように考えられる。製造装置運転中に高濃度のクロロホルムを含有する不合格品が留出した。そこに大量の水が混入した。
クロロホルムと水の高温での反応により塩酸を発生させた。塩酸がタンク材のステンレス鋼を腐蝕して鉄を溶出した。その鉄が触媒となり、一連の異常反応が起こり、MIC蒸気をの放散に至った。異常反応の流れは以下の通りで、生成した炭酸ガスや蒸発したMICによる圧力上昇のため安全弁、圧力逃し弁からMIC蒸気が放散した。

直接のトリガーは水がタンクに混入したことであり、その原因は作業指示違反の水洗浄工事とバルブの漏洩と思われる。作業は転勤してきたばかりの技術内容を理解していない上司の指示で行われたが、その作業は不要であったとされている。バルブが漏洩したようであるが、バルブは洩れることがしばしばあり、そのために仕切り板を挿入指示と考えられる。
その指示が守られなかったことは問題である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故事例に学ぶ（2）

原因（続き）

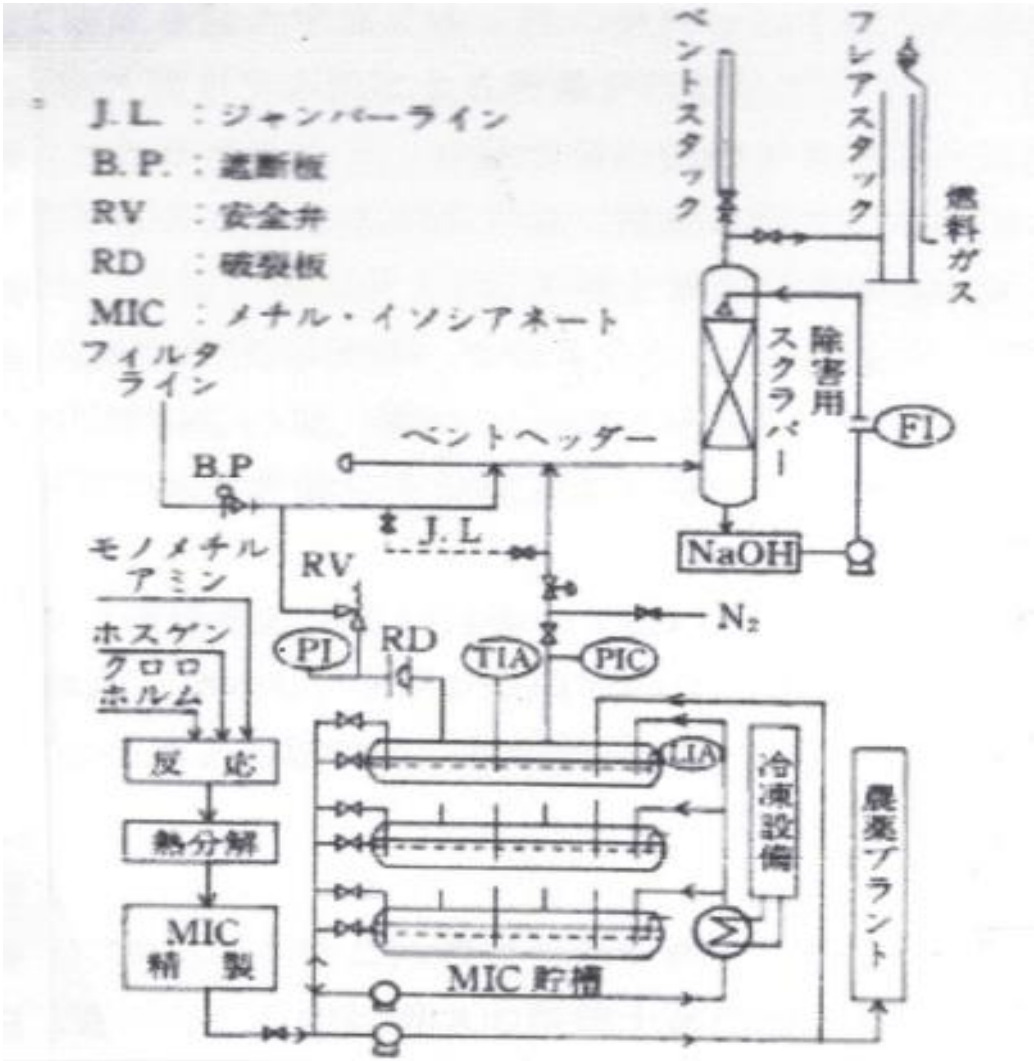
さらに3種類の安全設備が全く稼働しなかったことが決定打となってMICガスは市内に拡散した。

3種類の安全設備のうち、冷凍設備は7月から停止中で、そして、製造設備が停止中のためか、除害設備は製造装置のベントガスも処理していたため生産が止まったので不必要と判断され、10月22日から停止していた。フレアスタックは配管工事のため停止していた。

そのために、タンクから放出されたガスが何の処理もされずに外部へと放出された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

推定工程図と安全設備



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.プロセスプラントの安全確保の方策

テキスト-P6

プロセスプラントを人間の体に例えるならば、脳や内臓といった器官とプラントの構成機器とは、
以下の関係があるといえる。

人間の器官	プラントの構成機器
脳	プロセス状態をコントロールする制御システム
神経系統	センサー並びにコントロールシステムへ情報を伝達するネットワーク
心臓	ポンプ、コンプレッサーなどの回転機器

等々【詳細はテキストを参照下さい】。
例えば、心臓に不調が生じれば健康維持の上で大きなトラブルとなるのと同様に、
ポンプやコンプレッサーが故障した場合にもプラントの正常な機能の維持は期待できない。
このため、プラントでは予備機といった機能を設けて不意の故障にも対応できる対策が施されている。
プロセスプラントにおいても、取り扱い物質の危険性、操作の危険性などプラント固有の潜在危険特性を
把握した上で安全確保の方策を講じる必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.プロセスプラントの安全確保の方策

3.1　プロセスプラントの危険特性

テキスト-P6

プロセスプラントで取り扱う原材料、中間製品、製品は可燃性、反応性、毒性、腐蝕性などの性質を有するものが多く、設計上あるいは操作上のミスが伴い、爆発の危険性、暴走反応などの異常反応の危険性、あるいは人体に対する中毒や薬傷、酸素欠乏による窒息などといった危険性とともに、摩耗や腐蝕による設備の損傷とそれに伴う危険性物質の桜栄の危険性も存在する。また、高温、低温、高圧、負圧などの操作特性に起因する危険性も有している。以下に代表的なプロセスプラントの例を掲げる。

取扱物質による危険性／操作過程における危険性／物質の相変化による危険性
／運転条件による危険性／設備、機器が配管で連結されていることによる危険性
／振動による危険性
【これらについてはテキストを参照。】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2　プラントライフサイクルを通しての安全確保

テキスト-P9

プラントはプロセスの研究開発から、設計、建設、操業を経てその一生涯を終了するといってもいい。従ってプラントの安全確保にあたっては、プラントライフサイクルを通して一貫した思想のもとに安全面からの検討、方策が実施される必要がある。

このためには、経営トップは企業としての安全ポリシーを提示し、トップマネージャーから現場の従業員に至るまでの安全文化に対する共通な基盤を隔離るする必要がある。

研究開発から操業にいたるまでのそれぞれの段階(研究開発段階／設備計画段階／基本設計段階／詳細設計段階／建設段階／操業段階)において安全性の面から行われる検討項目についてはテキストを参照されたい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.プラントの安全設計の考え方

テキスト-P12

プラントの安全確保にあたって、関連の法規や基準・規格に従うことは最低限の要求事項であるが、これに加えて、取り扱う物質固有の危険性」並びに操作上の危険性を把握することが重要である。

また、異常を発生させない設計をまずけ心掛けるべきであるが、異常発生防止を100%達成することは困難であるため、異常が発生しても事故にまで発展させない、さらに事故が発生しても被害を局限化するという多重防護の思想に基づいた設計を行う。

次にプラントの安全設計にあたっての基本的な考え方を示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1　物質危険特性および操作危険性の把握

テキストP12

(1)物質危険特性の把握

化学プラントなどでは、物質固有の危険性あるいは操作危険性に起因する事故が多く発生している。

プラントの安全設計上重要なことは、プロセスで取り扱う物質の反応性あるいはプロセスで行っている反応が発熱反応か吸熱反応か、あるいは反応過程で爆発性物質が生成される恐れがあるか、副生物として有害物質が生成されるかなどを物質の特性に基づいて事前に評価することである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1　物質危険特性および操作危険性の把握

(2) 操作危険性の把握

操作危険性の一例として空気による気相酸化反応プロセスについて考える。
気相酸化反応プロセスにおいては、原料ガスと空気との爆発範囲を把握し、爆発範囲を外れた条件で操作を行うのが基本である。また、機器の故障などによりどのような危険事態が発生するかを想定し、想定される危険事態発生防止並びに事故防止の観点から対策を講じる必要がある。
例えば原料ガスと空気との組成比が爆発下限界以下の条件で運転を行っていても、原料ガスの流量が増加すれば反応器内の組成は爆発範囲に入る危険性がある。このため計空気が喪失した場合には、空気の調節弁を開く方向に、原料ガスの調節弁は閉じる方向に作動するようにそれぞれ設定する。
また、爆発上限界以上での組成での運転であれば、それぞれのバルブの作動方向は逆に設定する。
このように計装用空気喪失という異常事態が発生しても爆発範囲内に入らないようプロセスの状態を安全な方向に移行させるように制御するフェイル・セーフな設計を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2　事故防止と事故の局限化

テキスト-P13

大規模なプロセスプラントは塔槽類、反応器、熱交換器、加熱炉、貯槽やポンプ・コンプレッサなどの回転機械などの各要素設備が配管によって連結され、制御システムによりコントロールされている巨大システムである。このようなプラントの安全性を確保するには、各要素設備それぞれの健全な設計とともに、要素設備間、あるいはシステム間のインターフェィスにおいて整合の取れた設計を行う必要がある。

また、プラントを構成する機器の故障、誤操作あるいは外乱などによって異常が発生した場合でも、事故、災害まで発展せずに異常をコントロールするための安全システムの設定などの対策が必要である。さらに、プラント内で可燃性物質や毒性物質の流出あるいは火災が発生した際にそれらの事故の拡大を防止し、被害を局限化するために機器相互間の配慮、道路、プラントエリアの区分けなどプラントレイアウト上の配慮や防消火設備設計、構造物の耐火設計も必要となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2　事故防止と事故の局限化

(1)異常を発生させない設計

プロセス状態を正常に維持する、すなわち異常を発生させない配慮が生産面のみならず安全面からも最優先に考えなければならない。
プロセスの異常は、一般にプロセスの機能を維持する機器の劣化や故障、制御系の故障、運転員の誤操作などが引き金となって発生することが多い。
また、ユーティリティ系統の故障もプロセス異常を引き起こす原因となる。
このため、単体機器の健全な設計、適切なプロセス制御、電力、計装用空気、冷却水などのユーティリティの信頼性の向上とともに人間の誤操作防止を考慮した人間工学的な設計を行う必要がある。
【(イ)単体機器の健全性確保／(ロ)機器の信頼性確保／(ハ)用役の信頼性確保／(ニ)誤操作防止／(ホ)用役についてテキストP14～P18を参照下さい】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2　事故防止と事故の局限化

(2) 異常が発生しても事故にまで発展させない設計

プラントの構成機器が健全に設計されていても、機器の故障、誤操作あるいは外乱などを100%除去することはできない。このために異常が発生しても事故まで発展させない対策を講じる必要がある。

ここでは、プロセスの異常を、異常状態と緊急事態とに分類する。

異常状態とは、プロセス状態が正常から逸脱したものの、運転上の対応や機器の切り替えにより運転の継続が可能な状態と定義する。

緊急事態とは異常事態がさらに進展し、プロセスの運転条件の許容限界に達し、そのまま放置すると機器の破壊などの事故が発生する事態と定義する。

以下に異常状態並びに緊急事態に対する基本的な対策を述べる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.プラントの安全設計の考え方

(イ) 異常状態発生時の対策

プラントの異常は機器の故障、誤操作、外乱などを引き金として発生し、プロセスの変数が正常範囲から逸脱することであり、ポンプやコンプレッサなどの回転機械であれば振動やイオンの発生、容器や配管などの静的機器であれば腐蝕や減肉などという形で現れる。異常状態が軽度のうちに適切な対応を行えば緊急事態に進展することはない。これら異常に対する初歩的、かつ、基本的対策はプロセス状態量を監視し、異常発生時にオペレータに知らせる警報システムである。

監視すべきプロセスパラメータは温度、圧力、流量、液レベルなどが代表的なものであるが、反応工学においては副生物の組成、酸素取扱工程では酸素濃度などもその対象となり、プロセスの特性に応じて決定する。また、回転機械に対しては、軸受け部の摩耗、振動、潤滑油の温度・圧力なども監視対象となり、プロセスの特性に応じてパラメータを決定する必要がある。なお、設備管理上からは日常点検で異音の有無などにも注意を払う。容器や配管は腐蝕状態、肉厚などの傾向管理を行う。

以上は状態量を監視し、運転並びに設備管理で対応する考え方であるが、機器に故障が発生しても安全な方向に故障モードを移行する、いわゆるフェイル・セイフな設計も機器故障という異常に対する対策といえる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(ロ) 緊急事態発生時の対策

プロセスの異常状態がさらに進展すると、緊急事態となり、そのまま放置すれば機器の損傷、破裂、場合によっては爆発などといった事故にまで進展する。緊急事態としては、

①運転許容範囲を超えて圧力が異常に高くなり、機器破裂の危険性

②高圧の塔槽類の液レベルが異常に低くなり、そのまま放置すると高圧ガスの下流低圧系への吹き抜けによる装置破壊や大容量ポンプの空引きによる装置損傷の危険性

③反応器温度が異常に高くなり暴走反応の危険性

④気相酸化反応器における空気ー原料組成比が正常範囲から逸脱し、爆発範囲に入る危険性

⑤ポンプ故障停止により高圧の下流機器からの逆流によるポンプ損傷の危険性

⑥コンプレッサ・サクションドラムの液面の上昇により、液がコンプレッサに流入し、コンプレッサを損傷する危険性

などが考えられる。緊急事態にまで進展するとオペレータによる運転上の対応だけでプロセス状態を正常に復帰させることは困難であり、機器又はプラントを安全に停止する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2　事故防止と事故の局限化

(3) 事故発生時に被害を局限化する設計

減圧蒸留塔の塔底払い出しラインのポンプケーシングから高圧の減圧残渣油が漏出すると自然発火により火災となる危険性がある。火災が発生した場合、まず最初にポンプの停止操作が行われるが、残渣油の漏出は継続しているため火災の範囲は拡大する恐れが十分ある。

この状況でポンプ上流の仕切弁を手動で閉じることは容易でない。
この事態の対応策としては、遠隔操作可能な遮断弁をポンプと蒸留塔の間に設置し、漏出油の流出を抑制することである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3　安全対策の防護階層

テキスト-P19

安全対策の防護階層を4階層に分類。

【以下に要点を記載しますが、詳細はテキストを参照ください】

(1)運転対応型安全

プロセス異常、緊急事態に対しオペレータ対応により安全を確保するという考え
(一次防護レベル)

運転対応型安全対策

安全確保にあたってオペレータの対応に期待するという考え方であり、
初歩的、かつ、基本的な対策である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3　安全対策の防護階層

テキスト-P19

(2) 能動的安全

緊急事態あるいは事故発生時に安全設備を作動させることにより
安全の確保を図るという考え(二次防護レベル)

能動的安全対策

緊急事態あるいは事故発生時に安全設備を作動させて事故防止
あるいは被害拡大防止を図ろうとする考え方でありアクティブセーフティとも呼ばれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3　安全対策の防護階層

テキスト-P19

(3) 受動的安全

想定される緊急事態あるいは事故に対し、装置地震の物理的強度により
安全を確保するという考え。
安全設備の作動を期待しない(三次防護レベル)

受動的安全対策

運転条件範囲内で想定される最高温度、最高圧力によって設計し、
想定される緊急事態あるいは事故に対して機械的あるいは物理的に
安全を確保しようという考え方であり、パッシブセーフティともよばれる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3　安全対策の防護階層

テキスト-P19

(4) 本質安全

プラント自体の危険性を本質的に除去するあるいは可能な限り小さくすることにより安全の確保を図るという考え。(本質防護)

本質安全対策

危険性物質の保有量の削減

危険性の少ない物質への代替

危険性の小さい条件下での取扱い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4　防災設備

テキスト-P24

漏洩した液体や気体の高圧ガスが広範囲に拡散をするのを防止したり、
火源への流動防止を行うために防災設備を設けておく必要がある。

（1）防液堤・防油堤及び流出油等防止堤

高圧ガス事業所では大量の高圧ガス、油、液化ガスなどを製造、貯蔵、
消費しており、防災対策と合わせて拡大防止の対策が種々なされている。

油類及び液化ガスが外部に漏洩した場合、可能な限り狭い範囲に
くい止めることが重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4　防災設備

テキストP24

(2) 防爆電気機器の選定

可燃性ガスの製造設備に係る電気設備は、発火源となる可能性があるので、
できる限り爆発、火災の危険のない安全な場所に設置する。

やむを得ず可燃性ガスが爆発、火災の危険のある濃度に達する恐れがある場所、
すなわち、危険個所に設置する場合には、可燃性ガスの種類及び危険個所の種別に
応じた防爆構造の電気機器を選定して接地する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4　防災設備

テキスト-P24

(3) 散水設備

散水設備は本来、火災時の貯槽類の温度上昇防止を目的として設置される。

万一、貯槽類からのガス漏洩などが発生した場合は、水噴霧、散水などによるガスの希釈にも有効である。

この散水設備の管理には、噴霧状況、水噴霧口の詰まり、冬場の配管凍結などに留意する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4　防災設備

テキスト-P24

(4) スチームカーテン・ウォーターカーテン

配管に設けた多数の噴射口からスチームなどを噴出させることにより幕を形成し、
漏洩した可燃性ガスと付近の加熱炉など火気を大量に取り扱う機器とを遮断したり、
漏洩した酸素ガスと付近の可燃性物質とを遮断したりする装置であり、
防火設備の一種である。

スチームの代わりに窒素ガス、水、空気などを使用することもある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5　フェイル・セーフとフール・プルーフ

テキスト-P28

(1)フェイル・セーフ

機器に故障が発生したとき、安全側に移行するように設計することをフェイル・セーフな設計という。
例えば、鉄道においては列車が停止する方向に移行したり、航空機では逆に飛行を継続する方向にすることがフェイル・セーフである。回転機械では、一般的に停止の方向が機器を保護する上からは安全であるが、重要な冷却水ポンプの場合には、ポンプ自体が損傷してもプラントの安全を確保するために運転を継続させたほうが良い場合もある。このようにフェイル・セーフはプラント全体の安全を考慮して検討する必要がある。フェイル・セーフ設計の代表的な適用例として計装用空気駆動の調節弁がある。
調節弁には、計装用空気の圧力によりスプリングの力に勝ちバルブを開くもので
空気が喪失するとスプリングの力により閉作動するもの(フェイル・クローズという)、
逆に空気の力によりバルブを閉じたもので空気喪失時に開作動するもの(フェール・オープン)、
また、空気が喪失したときに喪失した前の状態を維持するもの(フェイル・ロック)の3種類がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.5　フェイル・セーフとフール・プルーフ

テキスト-P28

(2) フール・プルーフ

フール・プルーフは、「間違っても安全に」という安全思想に基づく誤操作防止対策の1つであり、一般的にはインターロックシステムとして組み込まれている。例えばコンプレッサの潤滑油系統の油圧や大型ポンプの冷却水の流量が定格値に達しない場合、スイッチを入れても始動しないようにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.6　設計ミスとその対策

テキスト-P30

プラントの安全確保にあたり設計ミスの防止も極めて重要である。
プロセスプラントでは、その構成設備である塔槽類、反応器、熱交換器、回転機械、制御システム、電気設備、用役設備などの設計は、核専門の部門が担当するのが一般的であり、
設計作業の特徴として次のことが挙げられる。

- 各設計部門の作業が同時並行で進行する。
- 各部門間の情報が双方向である。
- 設計途中での方針変更により、やり直し作業、設計の微妙な変更が多い。
- シミュレーションソフトが多用される。
- 各部門ごとのマイルストーンが設定される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.6　設計ミスとその対策

テキスト-P30

設計ミスに対する基本的な対策としては、

- 文書による確実な情報伝達と融通のきいたコミュニケーション
- データ、記録の管理
- プロセスに対する初級エンジニアの教育
- インプット／アウトプットの管理とチェック
- 設計変更時の重点管理(設計変更時の確実な情報伝達システムの確立)
- チェックリストの活用。
- 部門の異なる複数のエンジニアによるプロセス安全解析手法を利用した設計安全レビュー

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.1　圧力放出設備

テキスト-P30

プラントの運転においては、種々の理由によりプロセス状態が正常から逸脱し、
圧力が上昇する場合がある。圧力上昇の原因となるのは、一般的には、

① 発熱反応プロセスなどにおける冷却水の供給停止により反応が加速される場合

② 外部火災により容器が火災にさらされた場合

③ 沸点以上の高温の液体が容器内に侵入、あるいは高温の油類が容器に侵入し水と接触した場合

④ 調節弁の故障により閉作動し、蒸留塔や容器の出口が閉塞した場合

などが考えられる。その場合の安全設備が圧力放出設備である。圧力放出設備には、
ガスや蒸気などの内容物を系外に放出し、それ以上に上昇させない安全弁や、液体を放出する逃し弁の他破裂板や緊急脱圧弁などがある。

(1)安全弁／(2)破裂版／(3)緊急脱圧弁／(4)その他の圧力放出設備／(5)安全弁設計上の考え方については、テキスト(P31～P33)を参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.2　緊急移送処理設備

テキスト-P34

プロセスプラントは、装置の運転開始時、運転停止時といった温度、圧力、流量など変動する
非定常時のみならず、装置のトラブルやプロセスの異常により運転状態が著しく変動した際に
内容物を緊急に放出、移送し、安全に処理する設備が必要である。緊急時の放出は、
プロセス装置の異常時に安全弁、破裂板、緊急脱圧弁などの圧力放出設備からの放出や、
プロセス装置の二次災害防止のため緊急液抜出し弁などから放出されるものがある。
これらの放出物は安全性、運転性を考慮した適切な場所に移送して処理する必要があり、
これらの設備を緊急移送処理設備という。

(1)ガス移送処理設備／(2)液移送処理設備についてはテキスト(P35～P38)参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3　緊急遮断システム

テキスト-P38

(1)緊急遮断弁

緊急遮断弁は、高圧ガス製造設備において、ガス漏洩、火災などの災害が発生した場合、この災害の拡大防止のために、この設備をブロック化したり、原材料の移送を遮断するための装置であり、可燃性ガス、毒性ガス及び酸素の貯槽、特殊反応設備、一定容量以上の高圧ガス設備、コンビナート導管系などにそれぞれ設けられることが義務付けられている。

緊急遮断弁はダイヤフラム、ヒストンなどに空気圧、油圧、電気またはバネ、(手動)を動力として用い、弁を急速に開閉する構造になっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3　緊急遮断システム

(2) 逆流防止装置 (逆止弁)

貯槽の液化ガス受け入れ専用配管は、緊急遮断弁」に代えて逆止弁を使用することができる。
(但し、コンビナート等保安規則適用設備では、逆止弁代替は認められていない)。

弁体が流体の背圧によって逆流を防止するように作動するバルブを逆止弁
(逆止め弁、チェック弁、ノンリターンバルブともいう)といい、
リフト逆止弁とスイング逆止弁のほかにボール逆止弁、カウンターウエイト付き逆止弁などがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3　緊急遮断システム

(3) 地震と連動した緊急停止システム

イ. 地震計の種類と原理

地震計には用途により様々なタイプがあるが、主に地震の波を記録して後の改正・研究に役立てる用途のものと事業所などで地震の大きさを表示したり信号を発して、防災に役立てる用途のものがある。後者を感震器といい、原子力・鉄道・発電・石油化学などの設備に備えられている。

地震計は事業所内で地震以外の振動などにより影響されない場所を選定し、強固な基礎上に設置する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.3　緊急遮断システム

(3) 地震と連動した緊急停止システム

ロ. 地震計と連動した緊急停止システム

大地震発生時には配管などの損傷による大量のガス漏洩などが危惧され、高圧ガスによる二次災害の発生を防止するためにも、高圧ガス施設を安全に緊急遮断及び緊急停止させることが重要である。
大地震発生時、人間は迅速、かつ、適切な判断、行動は期待できない。
また、近年の高圧ガス施設の運転管理は、コンピュータ制御の導入に伴い省力化・省人化が進行していることから、地震発生時の対応要員の動員に支障が生じることが懸念される。
したがって、直ちに地震計との連動停止ができるシステムを構築し、緊急停止することが望ましい。
ただし、連動停止することにより、高圧ガス施設及び関連設備に支障を生じるなど、総合的判断を必要とする場合には、人為的に、または遅延機構を挿入して停止することもやむを得ない。
なお、高圧ガス施設を人為的に停止する場合には、運転中計器室などで常時監視体制がとられていることが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5.4　毒性ガスの除外設備

テキスト-P42

毒性ガスの製造設備や貯槽などから流出した毒性ガスが拡散して、被害を及ぼすことを防止するためには、漏洩の予防に努めることは当然であるが、万一漏洩した場合には、速やかにその毒性ガスの拡散防止と除外を行い、被害を及ぼさないようにしなければならない。また、定期検査などのため、設備内部の毒性ガスを廃棄する場合にも同様である。このような除害の措置には、次のものがある。

① 漏洩したガスの拡散を防止する。

② 吸収剤、中和剤または吸着剤によって除害するか、またはガスの種類によっては燃焼装置で燃焼させる。

③ 除害作業に必要な防護具を用意しておく。

【なお、(1)塩素の除外設備(テキスト-P42)及び(2)アンモニアの除外設備(テキスト-P42)については、テキストを参照下さい。】

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6.プラントレイアウト

テキスト-P44

プロセスプラントのレイアウトの決定にあたっては、生産活動及び製品の輸送などの効率性の見地からだけでなく、事故防止および事故の拡大防止といった安全防災面からの配慮をする必要がある。

【以下の項目については、テキスト（P44）を参照下さい】

6.1　プラントレイアウトの基本的な考え方

【以下の項目については、テキスト（P46）を参照下さい】

6.2　レイアウトに関する法規制の概要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7.安全性解析手法

テキスト-P48

機械産業、電気・電子産業など工業の基幹となる産業の発展により、航空宇宙産業、
原子力産業などの巨大規模システムを構成する産業の発展に伴い、システムの安全性を
解析・評価する手法が開発されてきた。これらの解析手法が欧米で使われ始めたのは
1950年代からである。石油、石油化学、一般化学などのプロセスプラントなどの設備も、
巨大規模システムを構成する産業設備であり、各種の安全性解析手法が使用されており、
一定の効果を上げている。

【以下の項目については、テキスト（P48～P65）を参照下さい】

7.1　安全性解析手法の分類　（テキスト-P48）

7.2　HAZOPの概要　（テキスト-P48）

7.3　FTA(フォールツリー解析)の概要　（テキスト-P56）

7.4　ETA（イベントツリー解析)の概要　（テキスト-P64）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.1　静電気の発生・帯電

テキストP66

静電気は2種類の物質が接触したのち、互いに分離すれば必ず発生するもので
絶縁物に発生した静電気はこれに蓄積される。静電気の帯電はプロセス産業においては
石油類のポンプでの移送、配管内の流動、タンクへの張り込み、スチームの噴出の
他粉体の捕集や輸送などにおいて見られる。そのときの帯電量の大小は単位時間に
発生する電荷量と漏洩亮の差であり、発生条件が同じとすると漏洩速度の小さいもの、
言い換えると固有抵抗の大きいものほど帯電しやすい。
重油、ガソリン、灯油、ジェット燃料などの石油類は静電気の発生が著しく、
メチルアルコール、エチルアルコールなどのアルコール類や酢酸エチル、酢酸ブチルなどは
静電気発生の危険性は低いことが知られている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.2　静電気放電

テキストP66

プロセスプラントにおいて可燃性雰囲気中において静電気が帯電した物体から放電が起これば爆発災害が発生する危険性がある。放電の携帯には火花放電、コロナ放電、沿面放電、ブラシ放電などがあり、放電によって火災・爆発が発生するためには、少なくとも可燃性物質の発火が必要で、そのためには放電エネルギーが可燃性物質を発火するのに必要な最小のエネルギー、すなわち最小発火エネルギーより大きくなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

テキストP67

静電気の帯電は物体の摩擦、接触、剥離などによって起こるが、
以下に主要な帯電形態を示す。

（1）固体の帯電

固体の帯電形態は接触帯電、誘導帯電、破砕帯電、冷凍帯電などに分類できる。
このうち破砕帯電は、物体を破断、破砕もしくは粉砕する際の電荷分離により
帯電するものである。

凍結帯電は、水滴が凍結するとき、水の中のH+とOHーの両イオンの移動度の差により
電荷の分離が起きて帯電する現象である。

接触帯電、誘導帯電については次に示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

①接触帯電

これは異なる物体が接触、分離過程を通ることによって帯電する現象である。
通常、固体の表面には凹凸があるので圧力を加えたり、摩擦したりすることにより
接触部の数とその面積が増え帯電量は増加する。

この摩擦のよる帯電を摩擦帯電と呼んでいる。

このほか回転体の転がりによる帯電を転がり帯電、接触面の分離による帯電を剥離帯電、
粉体の空気輸送や噴出に伴う管路との摩擦による帯電を噴出帯電と称している。

接触帯電のうち粉体の噴出帯電はとくに危険性が大きく、
多くの火災・爆発事故の原因となっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

②誘導帯電

静電気帯電で見落としがちなものに静電誘導による帯電がある。静電誘導現象は図25に示すように、帯電物体の近傍に絶縁された物体があるとその物体の表面に誘導電荷が生じることにより物体の電位が上昇し、みかけ上静電気が帯電したのと同じになる現象である。この静電誘導現象は、聖地されている物体に生じることが多く、日常において帯電していないことを確認していても、帯電物体が近付くことにより、初めて静電誘導により帯電するため、その認知が難しく思わぬ事故の原因となる。
なお、この現象は帯電物体の近傍にある物体が絶縁状態にある金属のような良導体であると特に危険である。その理由は、金属などの良導体から放電が起こるならば帯電した全エネルギーが一度に放出され、このときの放電エネルギーは可燃性ガスを発火するのに十分な大きさであるからである。例えば図26のようにタンクに貯蔵されている液体が帯電しているならば金属製の浮きが静電誘導を受け高電位となり、突起部からの火花放電により爆発事故の引き金となる。また、タンクサンプリング時に絶縁性ロープに金属製サンプラーを取り付けていると、同様に帯電しタンク壁との間で火花放電を起こすこともある。このように静電誘導は通常帯電していない物質が帯電物体に近づいたことによって発生するものであり静電気災害の盲点ともなっている。これを防止するためには、帯電物体を近づけないことは勿論であるが、胴体部分をすべて設置し、静電誘導による帯電を生じさせない環境を作ることが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

テキスト-P68

図25、図26

図25　静電誘導による帯電

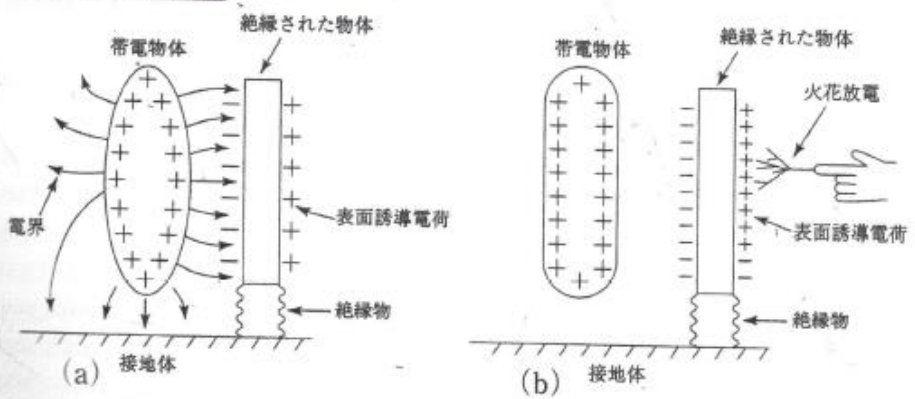
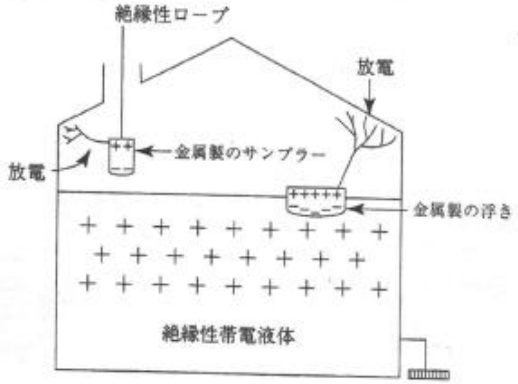


図26　タンク内の静電誘導による放電



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

(2) 液体の帯電

プロセスプラントでは、大量の可燃性液体をとりあつかっており、
またそれらの液体の多くは静電気を発生しやすく静電気による事故が多数発生している。

これらの液体の帯電は配管内の移送、タンクへの張り込み、
容器内での撹拌、配管などからの噴出などによって発生する。

次に液体の帯電現象について示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

①配管内の流動帯電

ガソリン、灯油、軽油などの絶縁性の高い液体が配管内を流動するときに帯電する現象である。
この流動帯電は配管内流速が多きほど、また、乱流状態が大きくなるほど帯電量は大きくなる。
流速に関しては、帯電量は流速の約1.75乗に比例して増大する。

また、配管の長さが増すと大きくなるが、ある長さ以上では帯電量は飽和状態に達する。
なお、流速が一定の場合は管径の大きいものほど、また管径が一定の場合は
流速が大きくなるほど大きくなる。

液体の流動による帯電量は、水分、不純物の存在の有無により、
また、フィルター、ポンプなどの配管の途中にあるか否かで大きく変化する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

②タンク内の帯電

石油類のタンクへの張り込みにあたり、配管開口部から急激に噴出したり、飛沫、噴霧状態で分離、
飛散させると帯電量は著しく増大する。導電性の比較的低い液体は勿論のこと導電性の高い水でさえも
帯電するようになる。タンクへの張り込みにあたっては、タンク上部から落とし込む、いわゆる
スプラッシュローディングは避ける必要がある。タンク上部から張り込む場合には、配管をンクまで導いたのち
タンク底部を這うような配管形状にしてなるべく液体が飛散しないようにすることが必要である。
また、石油類に含まれる水分は極めて微量であるが、微量の水分でも帯電量に影響を及ぼす。
配管内流速が大きいと、配管内での帯電量は大きく石油るいがそのままタンクに積み込まれるため
タンク内の石油類は高電位を有することになる。またタンク内の石油を撹拌することも帯電の原因となる。
水分の沈降もタンク内の液体が帯電する要因の1つである。石油類のような静電気を発生しやすい
絶縁性液体がタンク内に高電位に帯電して保有された場合、その電荷の漏洩は極めて緩慢であり続く。
高電位の状態がしばらく続く。金属製タンク本体は接地されているためタンク本体の電荷は容易に大地に
漏洩するが、絶縁性の高い液体中の電荷の移動は遅く、タンク側板や底板を通って時間の経過とともに
液体内の電荷は徐々に減衰していく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

③ スイッチローディングの危険性

石油製品をタンクローリーに荷役する際、ガソリン(引火点-43°C)やナフサ(引火点-53°C)などの
引火点の低い軽質油を払い出したタンクローリに灯油(引火点38～56°C)や軽油(引火点38°C)のような
比較的引火点が高く、かつ静電気を発生しやすい油を積み込む、いわゆるスイッチローディングは
避ける必要がある。
この理由は、ガソリンをタンクローリから払い出した後には、タンクローリ内のガソリンベーパの濃度は
爆発上限界をこえていることが多く、爆発状限界を超えていれば、たとえ発火源があっても
爆発することはない。しかし、この中にガソリンより重質の灯油や軽油が積み込まれると、
これらの灯油・軽油はスポンジオイルの役目をし、ガソリンの蒸気を吸収する。
タンクローリ空間部のガソリン上記が吸収されるため、タンクローリ内のガソリン蒸気濃度は低くなり
爆発範囲内に入ることになる。灯油・軽油は静電気を発生しやすい液体であるため、
積み込み速度が大きかったり不適切な積み込み方法により静電気帯電し、放電が起これば発火し
爆発が発生する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

(3) 噴出帯電

粉体や液滴を伴った高圧ガス噴出や水蒸気の噴出、
また水を高圧ジェットで噴出させると著しい帯電を示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

①高圧ガスの噴出帯電

純粋な気体は配管内を流動したり、ノズルから噴出してもそれ自身は帯電することはない。
しかし、液滴やダストを同伴すると著しく帯電する。これは固体又は液体の粒子がガスとともに
パイプやノズルを流動するとき、固体と固体、固体と液体の接触により生じるものであり、
本質的には摩擦帯電である。従って、粒子の固有抵抗が大きいほど、また気体の流速が大きいほど
帯電しやすいことになるが、鉄錆や水滴のような導電性の高いものであっても気相中または大気中
においては絶縁状態におかれるため帯電することになる。
この高圧ガスの噴出帯電はLPガスや水素ボンベからのガスの噴出やアセチレンボンベからの
アセチレンの噴出などの際に見られ事故に至った例もある。水素ボンベなどからの噴出帯電は、
ボンベ内の鉄錆やパッキングに使用されているカーボンや酸化亜鉛などの粒子がガスとともに
噴出されるためであり、アセチレンボンベからの噴出帯電はアセチレンの溶解用のアセトンが
ミストとなってアセチレンガスとともに噴出されるためである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.3　静電気の帯電形態

② スチームの噴出帯電

プロセスプラントにおいてスチームは用役又は保安用の不活性ガスとして使用されることが多いが、このスチームが高圧で噴出されると、噴出口の近傍にある絶縁された導体を帯電させたり、あるいは電荷密度の高いスチーム電荷雲が形成されたりする。
この電荷雲の近傍に尖った接地導体があると、電荷雲とと導体との間で火花放電を発することもある。

③ 水の噴出帯電

導電性の高い水を棒状で流出しても帯電することはないが、高圧ジェットとして噴出させ、タンク壁などに衝突させると水が分散し著しく帯電した水のミストが生成する。
帯電したミストは噴射ノズルの噴き出し口及び構造物に衝突したところで起こるが、後者における帯電がはるかに大きい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8.4　静電気対策

テキスト-P72

静電気対策としては、静電気の発生そのものを抑制する方法と、発生した静電気を速やかに除去し、蓄積を防止する方法がある。

前者の方法としては、配管内の流速制限、材質の選定、運転状態の適切な管理などが挙げられ、後者の方法としてはアース、ボンディング、加湿、イオン化などによる中和などが挙げられる。

「配管による液体輸送」、「液体のタンク張り込み」、「液体の噴出」等については、テキストに記載されている「表21 作業における静電気対策の例」を参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

オンライン　高圧ガス製造保安主任者講習

製造事業所の安全管理のポイント

2021年　月　日

住友化学株式会社　レスポンシブルケア部
中田 吉彦

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. はじめに（プラント管理者）

P.1

高圧ガスや危険物などを取り扱う装置産業は、経済を支えている素材産業の主要部分を占めている。製造業における経営の基盤は“安全”であり、安全を抜きにして産業は成り立ち得ない。極論すれば安全の確保が日本の経済を支え、我々の生活を支えているともいえよう。

日本が勝ち残るため我々は何をすべきなのか？

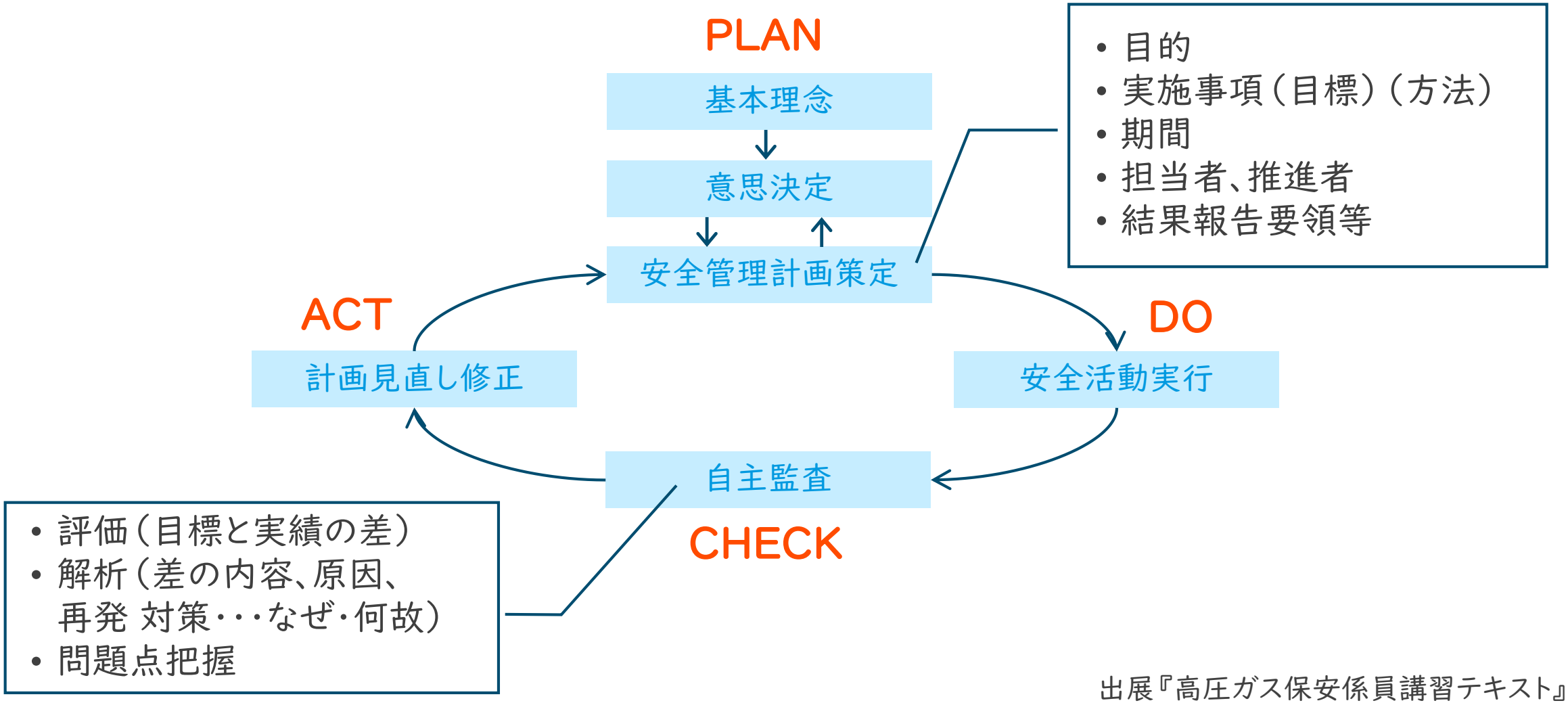
プラント管理者は現場の第一線の管理者を指揮し、人、運転、設備に至るソフト面、ハード面について管理する責務を担い、安全かつ効率良く操業（運転）することが要求されるため、その役割は非常に大きい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ. はじめに（プラント管理者）

P.Ⅰ

図Ⅰ 安全管理のPDCAサイクル



出展『高圧ガス保安係員講習テキスト』

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 管理とは

2.1 管理とは何か P.2

管理資源（人、物、資金等）を活かしながら他人と一緒に、
また他人を通じて物事（目的）を達成し、優れた成果を上げることである。
とは

2.2 管理の機能責務 P.4

管理者は機能責任と指揮という責務を負っている。

2.3 管理サイクル P.6

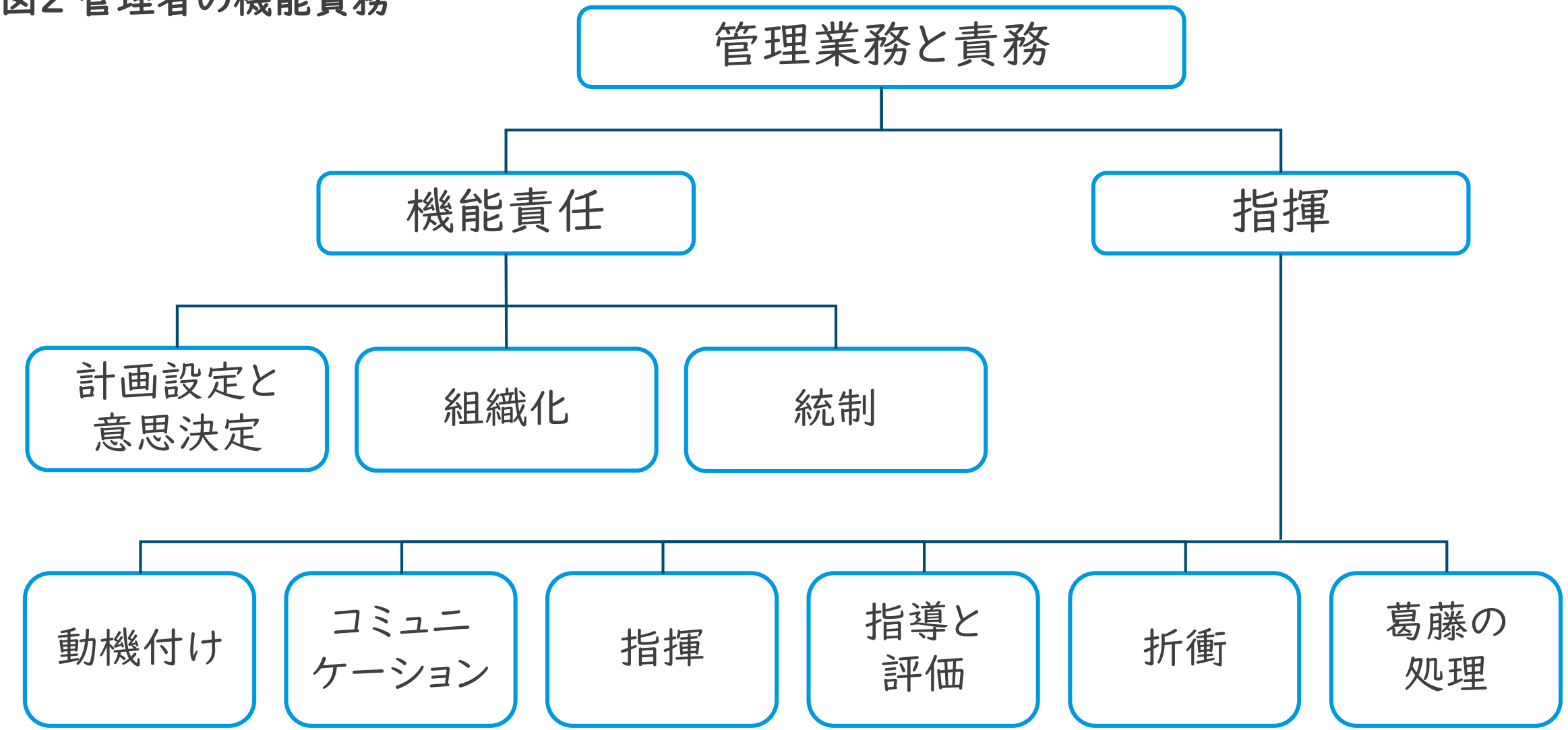
計画段階から部下を参画させ、P-D-C-Aサイクルをうまく回し、
管理システムのスパイラルアップを図っていくことが重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 管理とは

P.4

図2 管理者の機能責務



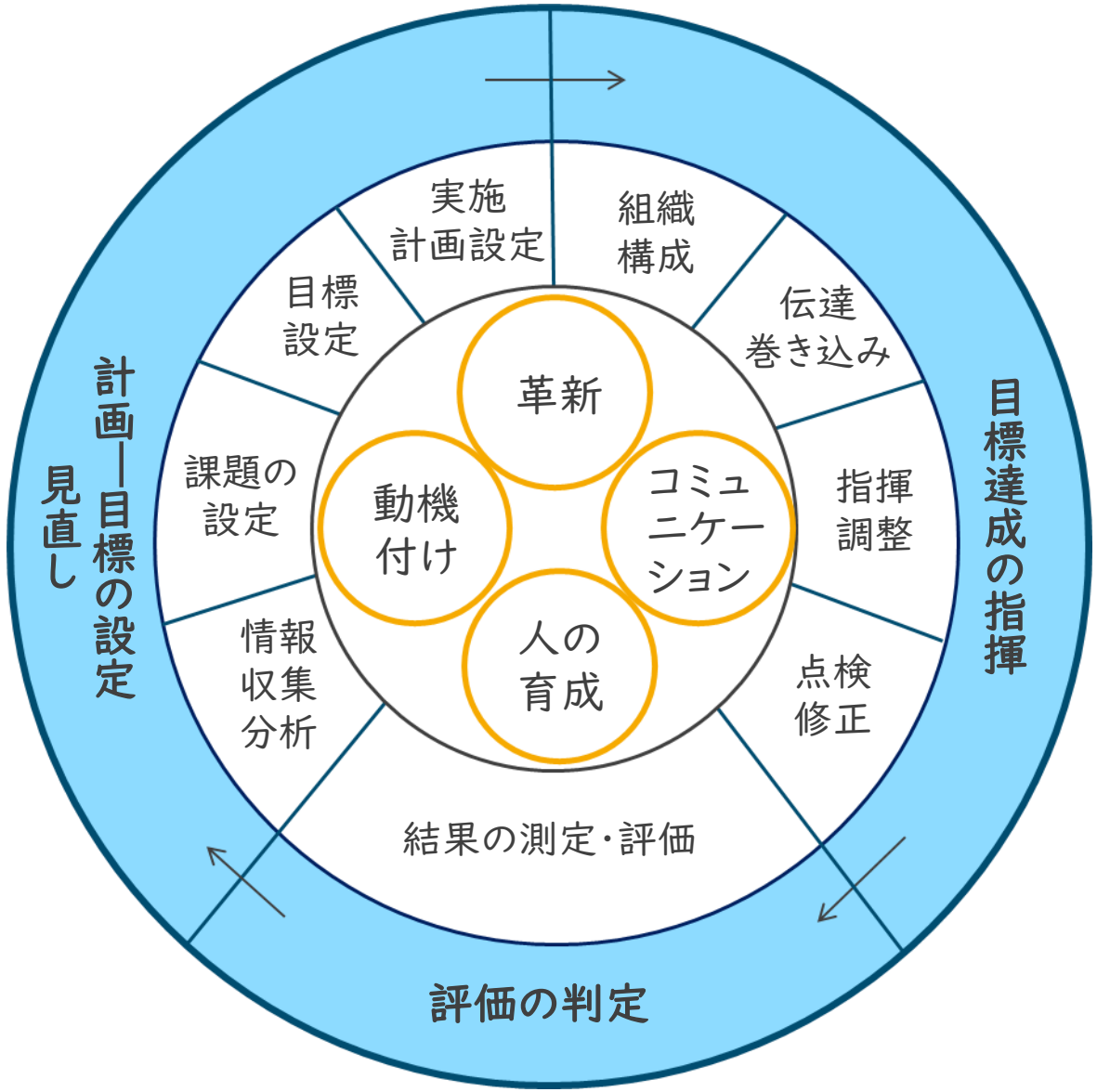
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 管理サイクル

P.6

図3 管理業務

計画の設定と
見直し
(PLAN)
(ACT)



実施(DO)

評価(CHECK)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 安全管理とプラント管理者の役割と業務

3.1 安全管理の現状 P.7

過去の事故の反省として、高圧ガス取締法が大幅に改正され、
設備の技術基準強化、事業所内の保安管理組織拡充が求められ、それまでの作業主任者のみの
選任制度が保安統括者、保安技術管理者、保安企画推進員、保安主任者、保安係員というように、
段階的に選任する現在の制度に改められた。

3.1.1 自主保安の推進と保安管理システム P.8

規制に頼らず自己責任で安全を確保することは、
自由な生産活動ができるというインセンティブを享受できる反面、
安全の確保について極めて厳しい取り組みが求められているということを認識すべきであろう。
それだけに今後、企業に求められる責任、とりわけプラントの安全を確保する第一線の
プラント管理者にかかる責任は、従来に比べて非常に重いものであるということを十分に認識して
日常業務に取り組む必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1.2 プラント管理者としての役割

図4 保安統括者などの選任概要（第一種製造者の事業所以外）

P.9

	経済産業省令で定める大規模な事業所	右欄の事業所以外の事業所	高圧ガス製造保安責任者免状の公布を受けている者を選任している事業所または経済産業省令で定める一定規模以下の事業所
事業所ごとに選任	保安統括者 免 保安技術管理者 講 保安企画推進員	保安統括者 免 保安技術管理者	保安統括者
施設の区分ごとに選任	免 講 保安主任者 免 講 保安係員	免 講 保安係員	免 講 保安係員

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者（代理者）の職務

P.10

① 高圧ガスの製造に係る保安の最高責任者として
事業所全般の保安に関する業務を統括管理する。

② 保安教育を実施する。

③ 代理者は保安統括者を直接補佐し、
保安統括者が不在のときは、その職務を代行する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安企画推進員（代理者）の職務

① 危害予防規程の立案および整備、
保安教育計画の立案および推進、
その他高圧ガスの製造に係る保安に関する業務であって
省令で定めるものに関し、保安統括者を補佐する。

② 代理者は保安企画推進員を直接補佐し、
保安企画推進員が不在のときは、その職務を代行する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安技術管理者（代理者）の職務

① 事業所全般の保安に関する技術的事項の責任者として、
保安統括者を補佐して
高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的事項を統括管理する。

② 保安主任者および保安係員に対して、保安に関する指揮をする。

③ 保安企画推進員に対して保安の職務に関し援助する。

④ 保安管理教育を実施する。

⑤ 代理者は保安技術管理者を直接補佐し、
保安技術管理者が不在のときは、その職務を代行する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安主任者（代理者）の職務

P.10

① 担当する製造施設について

保安技術管理者を補佐して、保安係員を指揮する。

② 代理者は保安主任者を直接補佐し、

保安主任者が不在のときは、その職務を代行する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安係員（代理者）の職務

P.10

① 担当する製造施設の維持、製造方法の監視
その他高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的事項であって
省令で定めるものを管理する。

② 部下を直接指揮し、その作業を監督する。
また、保安主任者に対して、必要事項を報告し指示を受ける。

③ 代理者は保安係員が不在のときは、その職務を代行する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷凍保安責任者の職務

P.10

① 高圧ガスの製造（冷凍）に係る保安に関する業務を管理する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安主任者、係員の具体的職務

P.10

危害予防規程の規範に記載

① 製造施設および製造方法の管理
② 製造設備の運転管理
③ 製造施設の維持
④ 製造施設の巡回および点検
⑤ 製造施設の検査
⑥ 現場工事に関する保安管理
⑦ 協力会社の保安管理
⑧ 異常状態に対する処置
⑨ 保安教育の計画および実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

労働安全衛生法 総括安全衛生管理者の職務

P.11

労働安全衛生法で定める職務

① 労働者の危険または健康障害を防止するための措置に関すること。

② 労働者の安全または衛生のための教育の実施に関すること。

③ 健康診断の実施その他健康の保持、増進のための措置に関すること。

④ 労働災害の原因の調査および再発防止対策に関すること。

⑤ 労働災害を防止するために必要な業務で、労働省令で定めるもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

労働安全衛生法 安全管理者の職務

P.11, 12

① 総括安全衛生管理者の業務のうち、
安全にかかわる技術的事項を管理すること。

② 作業場などを巡視し、設備、作業方法などに
危険のおそれがあるときには、
直ちにその危険を防止するための必要な措置を
講じなければならない。

その他

- 労働安全衛生法　　衛生管理者
- 消防法　　防火管理者　　など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 プラント管理者（管理監督者）の法的責任ついて

P.13

プラント管理者は、装置を運転管理する責任者であり、
関連法規に基づき管理者として選任され、関係官庁に届けられている。
また、オペレータなどを管理し、安全に運転することにより大量の高圧ガスや
危険物などを取り扱う者としての社会的な責任を遂行している。

- 災害の未然防止
- 災害発生した場合は事態の拡大防止、早期の終息
  （日頃からリスクに応じて準備しておく）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 プラント管理者（管理監督者）の法的責任ついて

P.13

(1)法的責任の種類

災害発生時の法的責任は、3種類に分けられる。

① 行政法上の責任

② 民事法上の責任

③ 刑事法上の責任

(2)安全配慮義務

企業における安全衛生管理の法的根拠は、労働契約関係に付随する「安全配慮義務」であり、
従業員に対して生命、身体、健康などにつき危険から保護する義務としては、
の3種類に分けられる。

① 物的・環境的危険防止義務

② 作業行動上の危険防止義務

③ 作業内容上の危険防止義務

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 プラント管理者（管理監督者）の法的責任ついて

表1 責任の種類と工場災害と交通事故の比較

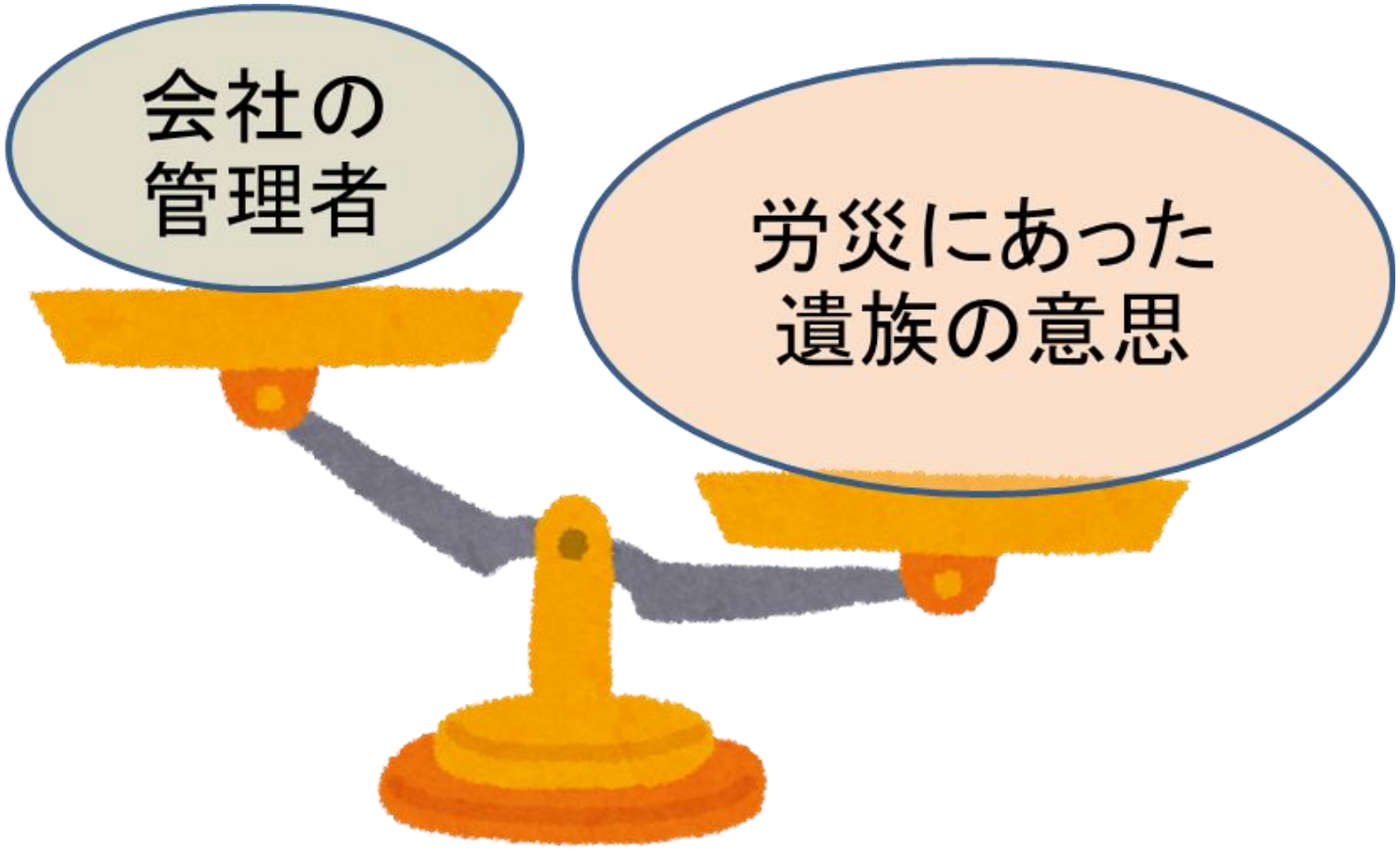
P.14

責任の種類	工場災害の場合		交通事故の場合
		労働安全衛生法関係	
行政法上の責任	操業の停止、改善命令など	労安法は行政法であり、事業者に対する規制を定めている。労安法上の事業者の義務は最低限守らなければならない。	免許取り消し、停止、などの行政罰
民事法上の責任	近隣住民などへの損害賠償など	事業者は働く者に対して労安法上、安全で衛生的な環境を提供する義務があり、その義務に違反したときはまず行政法上の責任が問題となるが、労安法は事業者に対して最低レベルの義務を課しただけであるため労安法を守っても善良な管理を怠っていると見なされるときは、民事責任を負うことがある。	治療費、物損の保証
刑事法上の責任	業務上過失致死、失火罪などによる懲役、罰金刑	業務過失致死傷、爆発物破裂罪などの業務上過失の内容として、まず労安法上の義務を尽くしたかどうかが問題となる。労安法は事業者に対して最低レベルの義務を課しただけであるため、民事責任と同様に守っていたとしても危険を予見、予知しうる能力のある者が、その危険を回避することを怠っていたと見なされた場合は刑事上の責任を負う。	業務上過失致死傷罪などによる懲役、罰金

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 プラント管理者（管理監督者）の法的責任ついて

P.11



世間の常識、被害者側の感情などの裁判への反映
（例えば、裁判員裁判の導入など）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 プラント管理者（管理監督者）の法的責任ついて

表2 刑事上の責任

P.14

法 的 根 拠	
責　　任	刑　　法
故　　意	第 38 条 罪を犯す意思がない行為は、罰しない。 ただし、法律に特別の規定がある場合は、この限りでない。
業務上過失致死傷等	第 211 条 業務上必要な注意を怠り、よって人を死傷させた者は、 5 年以下の懲役若しくは禁固又は50 万円以下の罰金に処する。 重大な過失により人を死傷させた者も、同様とする。
業務上失火等	第 117 条の2 第116 条又は前条第1 項の行為が業務上必要な注意を怠ったことによるとき、又は重大な過失によるときは、3 年以下の禁固または155万円以下の罰金に処する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 プラント管理者（管理監督者）の法的責任ついて

表3 民事上の責任

P.14

法 的 根 拠	
責　　任	刑　　法
契約責任 債務不履行責任	民法415条 「債務者がその債務の本旨に従いたる履行を為さざるときは 債務はその損害の賠償を請求することができる。」
不法行為責任	民法709条 「故意又は過失により、他人の権利を侵害した者は、 これによって生じた損害を賠償する責任を負う。」
工作物瑕疵責任	民法717 条 「土地の工作物の設置又は保存に瑕疵あるに因りて他人に損害を生じ たるときはその工作物の占有者は被害者に対して損害賠償の責に任ず。 ただし、占有者が損害の発生を防止するに必要なる注意を為したるときは、 その損害は所有者が賠償することを要す。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 プラント管理者（管理監督者）の法的責任ついて

表4 特別刑事法上の責任

P.14

特別刑法の責任	特　徴
労働安全衛生法上の責任	刑法と異なり、 故意、過失でなくても責任を問われる。 これこれの設備を備えなかったとか、 これこれの措置を講じなかった、という 客観的な態様だけで処罰されるので 形式犯といえる。
消防法上の責任	
高圧ガス保安法上の責任	
その他 特別刑法（罰則をもつ法則） 行政法	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2(2) 安全配慮義務

P.13

① 物的・環境的危険防止義務

② 作業行動上の危険防止義務

③ 作業内容上の危険防止義務

安全配慮義務を尽くすためにすべきこと

- 危険箇所の発見と是正
- 従業員に対する安全教育
- 安全活動を積極的に推進する職場環境の醸成法令遵守だけでは不十分
  管理者が責任を持って管理する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2（2） 安全配慮義務

労働契約法（平成20年3月1日施行）

労働者の安全への配慮

第5条

使用者は、労働契約に伴い、

労働者がその生命、身体等の安全を確保しつつ

労働することができるよう、必要な配慮をするものとする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 プラント管理者（管理監督者）の法的責任ついて

P.15

表5 管理監督者の安全管理上の地位と責任

民事責任 刑事責任	① 事業主の安全配慮義務の履行代行者ないし補助者としての責任 ② 部下に対する業務命令権限者としての業務上の注意義務による責任 ③ 事業主に代わって総括安全管理をなす者としての代理監督者責任 ④ 労働者に関する事項について事業主のために行為する者としての使用者責任 ⑤ 事業主により労働者に対する安全管理措置について権限の付与を受けた者としての行為者責任

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保護メガネの交付を受けながら使用しなかったケース

名古屋高裁 昭和56年（ネ）602 確定

◆ **概要**

鋳物工場で、作業員が保護メガネの交付を受けていたが、着用せず目を被災した。

◆ **判決**

- 一審は労働者敗訴
- 2審は会社の責任を認める。（労働者の過失20%）

◆ **判決理由**

〔労働契約ー労働契約上の権利義務ー安全配慮（保護）義務〕

以上によると、被控訴人は、控訴人に対し入社時の基礎的安全教育を行ない、保護具の支給もしていると認められるが、仕事の慣れや保護具自体の不便さ等から、保護具の使用を怠っている労働者に対し、改めて危険性を説明し、保護具を確実に着用するよう指導するなどの経験者に対する再度の安全教育を確実に行ったことまでは認め難いというべきである。

4 以上によると、被控訴人の控訴人に対する安全確保義務の履行は不安全であったというべきである。被控訴人の、安全確保義務としては注意喚起程度をもって足る旨の主張はとうてい採用することができない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

国立大学研究所で助手が爆発事故により死亡したケース

仙台高裁 平7・12・11判決

◆ **概要**

高度な知識・経験を持っている者が実験で死亡したとき、
教授の安全配慮義務違反が問われた。

◆ **判決**

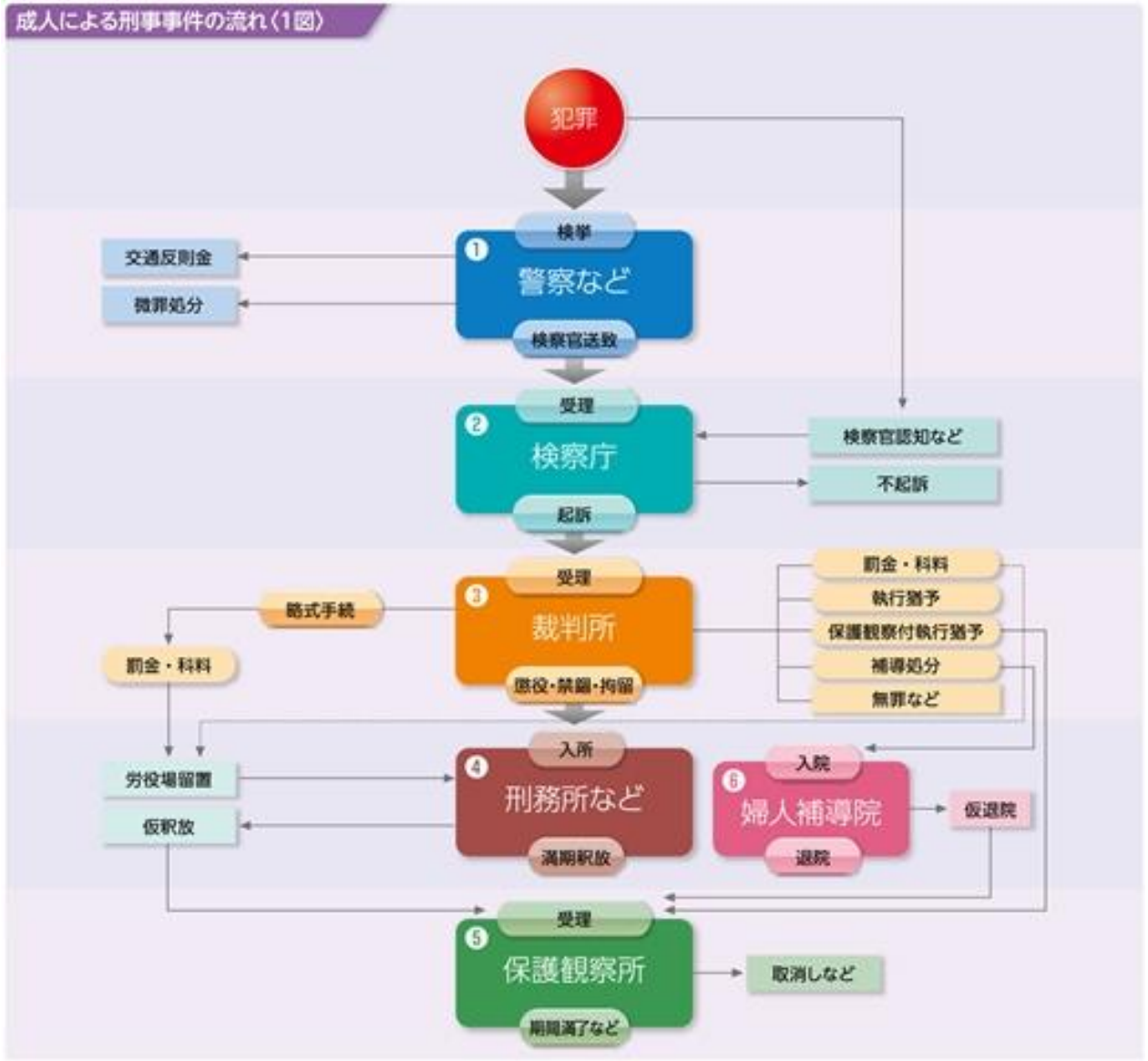
- 一審は棄却
- 2審は国の責任を認める。（労働者の過失40%）

◆ **判決理由**

教授は実験主催者として、安全操作等が確実に遵守されるように各措置の
責任者等を指名し、自らも右遵守状況を確認したうえで、
もしそれが履行されていない時は、自らが安全操作をするか、
各担当者をして同様の事をさせるべき義務があったにも関わらず、
教授がこの義務を怠った。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

成人犯罪者の処遇の流れ



出典：検察庁ホームページ
http://www.kensatsu.go.jp/gyoumu/keiji_jiken.htm

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2（3）プラント管理者の安全管理 具体的項目

P.15

① 部下は責任者を信頼するだけで足りる。

② 安全に関して妥協は許されない。

③ 不安全行為を黙認してはならない。

④ 安全施設などの不使用は許されない。

⑤ チェックリストを完全に守らなければならない。

⑥ その現場の状況に応じた特別な安全作業方法をとる。

⑦ 科学的知識を重視した作業。

⑧ 安全措置を講じないで現場を離れてはならない。

⑨ 使用機器などの適正使用を確認する必要がある。

⑩ 協力会社の作業員に指示を徹底させなければならない

⑪ 異常事態時の災害拡大防止の義務。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ハインリッヒの法則とリスクアセスメント

1. 重大な事故が、小さな事故の頻度に応じて起きていると信じて、
   小さな事故の頻度を減少させることに取り組んできた。
   （ハインリッヒの法則、1:29:300の法則）
   →**ヒヤリハット活動など**
2. 労働災害の発生状況から重篤な災害を発生する環境は軽い災害を発生する環境とは
   異なると考えられる。
   「災害頻度を増す原因」≠「強度を増す原因」

重篤な災害の発生を抑制しようとするならば、それを発生するところを予見しなければならない。
→**リスクアセスメント、設計段階からの重大事故防止**
技術者が設備・機械の設計段階から対策を講じる

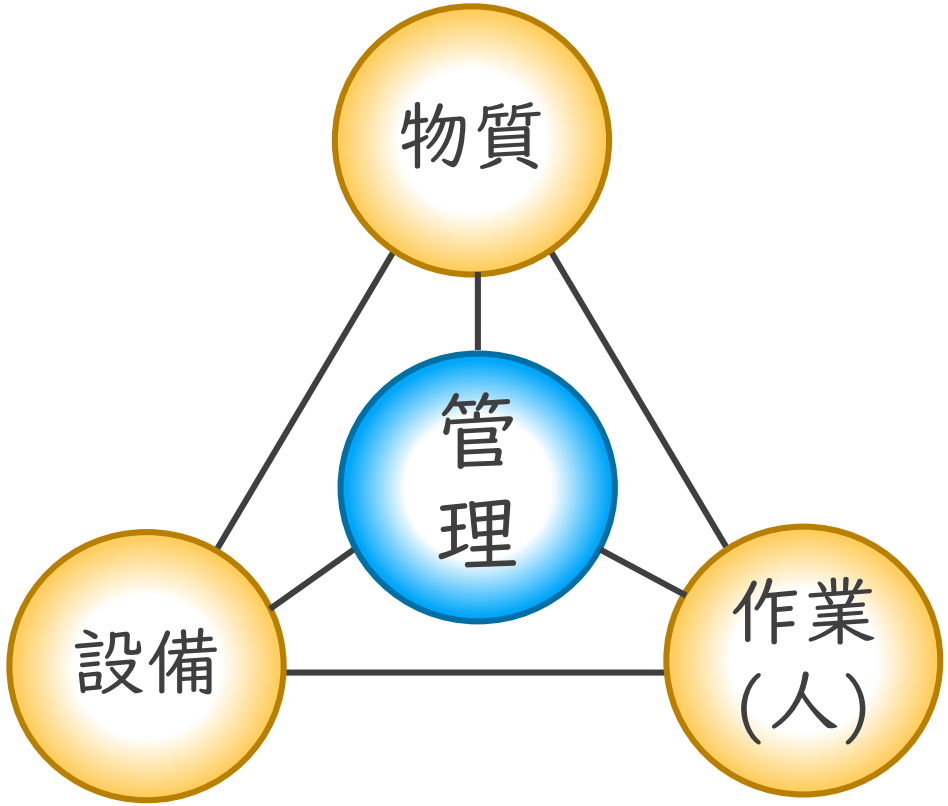
リスクベースでの安全活動許容できないリスクとは何か？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 プラント管理者の心構えと業務

P.17

図5 安全管理の要素



安全は、設備、物質および
作業（人）に対して管理していくこと
であり、そのために
「技術力」、「仕事の仕組み」、
「しつけ」「規律」が重要な
要素である。

管理の仕組み（MS、基準類、ルールなど）の徹底
⇒人の管理の重要性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1 日常業務

P.17, 18, 19

(1) 取扱物質について

プラント管理者として、技術的な事項を熟知、修得し、取扱物質の危険性や有害性についても熟知しておかなければならない。

(2) 設備について

自分の管理する設備についての理解を深めるために、まず設備の設計思想をよく把握し、設備の管理履歴を知る必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.1 日常業務

P.17, 18, 19

(3) 作業管理（人）について

人間はどのような時にミスをするのか、どうすればヒューマンエラーを防ぐことができるかについて様々な研究から学び、その知識を自分自身の仕事の管理や、部下への仕事の指示方法などの参考にすることができる。

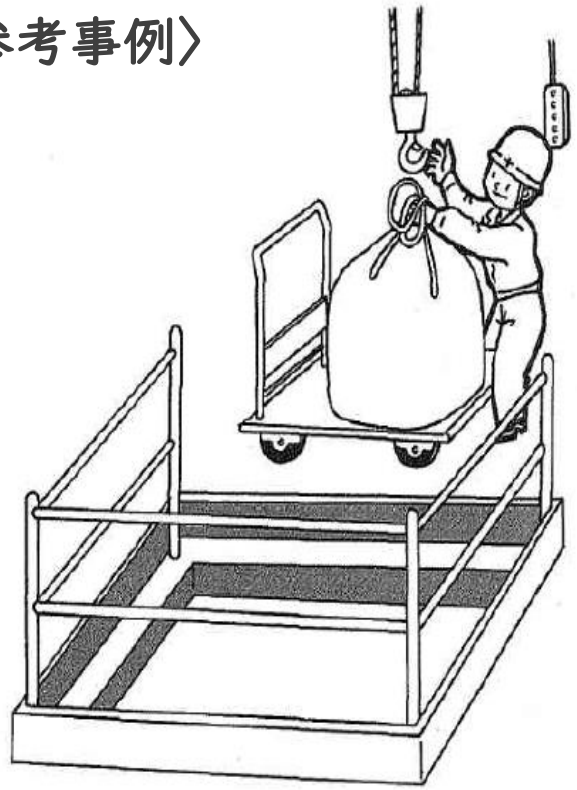
ヒューマンエラーを防ぐ ▶ ヒューマンエラーの起こる設備、環境、条件、手順を起こりにくいように変える。

ルールを守らせる ▶ ルールが守られない原因、背景を調べ、対応する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険予知（KY）とリスクアセスメント（RA）の違い

〈参考事例〉



	危険予知（KY）	リスク・アセスメント（RA）
台車	災害に繋がる台車の取扱いの洗出し	台車の使用可否、仕様（性能）のRA
ホイスト	災害に繋がる使用手順、操作の洗出し	ホイストの設置場所、仕様（性能）のRA
開口部	災害に繋がる作業場所、行動の洗出し	開口部の位置、広さについてRA
手摺り	災害に繋がる行動、姿勢の洗出し	手摺りの位置、高さ、強度についてRA
床	災害に繋がる行動の洗出し	床の腐食や段差、表示、通行帯などのRA

リスクアセスメント　：管理者が主に実施すべきこと、計画段階で実施

危険予知　　：作業者が主に実施すべきこと、（主に）作業前に実施

※部下の指導や、RAが十分にできない緊急作業等のため管理者にもKY能力は必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.2 緊急時の対応

P.20

緊急事態では、人間の行動特性に大きな影響を与えるため、プラント管理者は、
人間の行動特性や設備の特性について部下と十分に話し合い、
緊急時の対応方法を決め、マニュアル化して、設備などへの対応を行って、
十分な訓練をしなければならない。

事前準備の重要性

- 操作手順の単純化
- フロー化、マニュアルの簡略化（複雑なマニュアルは読まれない）
- 役割の明確化
- 情報伝達、共有のための仕組み
- 十分な訓練の実施（緊急時のパフォーマンスは訓練以上にはなりません。）

緊急時に使いそうな文書類は最新化し、まとめておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.3 地震時の対応

P.22

地震のような緊急時の場合に従業員が沈着、冷静に行動し、
あるいは部下を的確に指揮し得るかどうかが保安上の成否を左右する。
プラント管理者は、これらの危機に際してどのように対処すべきかを
部下と十分に話し込んでおく必要がある。

- 地震時、地震直後は自身の安全確保を最優先
- 事前に地震時のプラントの緊急処置基準を定めておく。(P22参照)
- 大規模地震の場合は、通信手段が制限されるので、
  事前に従業員の対応(出勤の要否など)を決めておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.4 管理ポイントの設定

P.22

(1)管理ポイント

プラント管理者は常に先手をとって計画的かつ戦略的に行動することが大切なため、人、設備、物質などについて現状を把握し、冷静に分析して目標を定め、役割と達成期限を明確にし、チーム力を結集して行動できるようにしておかなければならない。

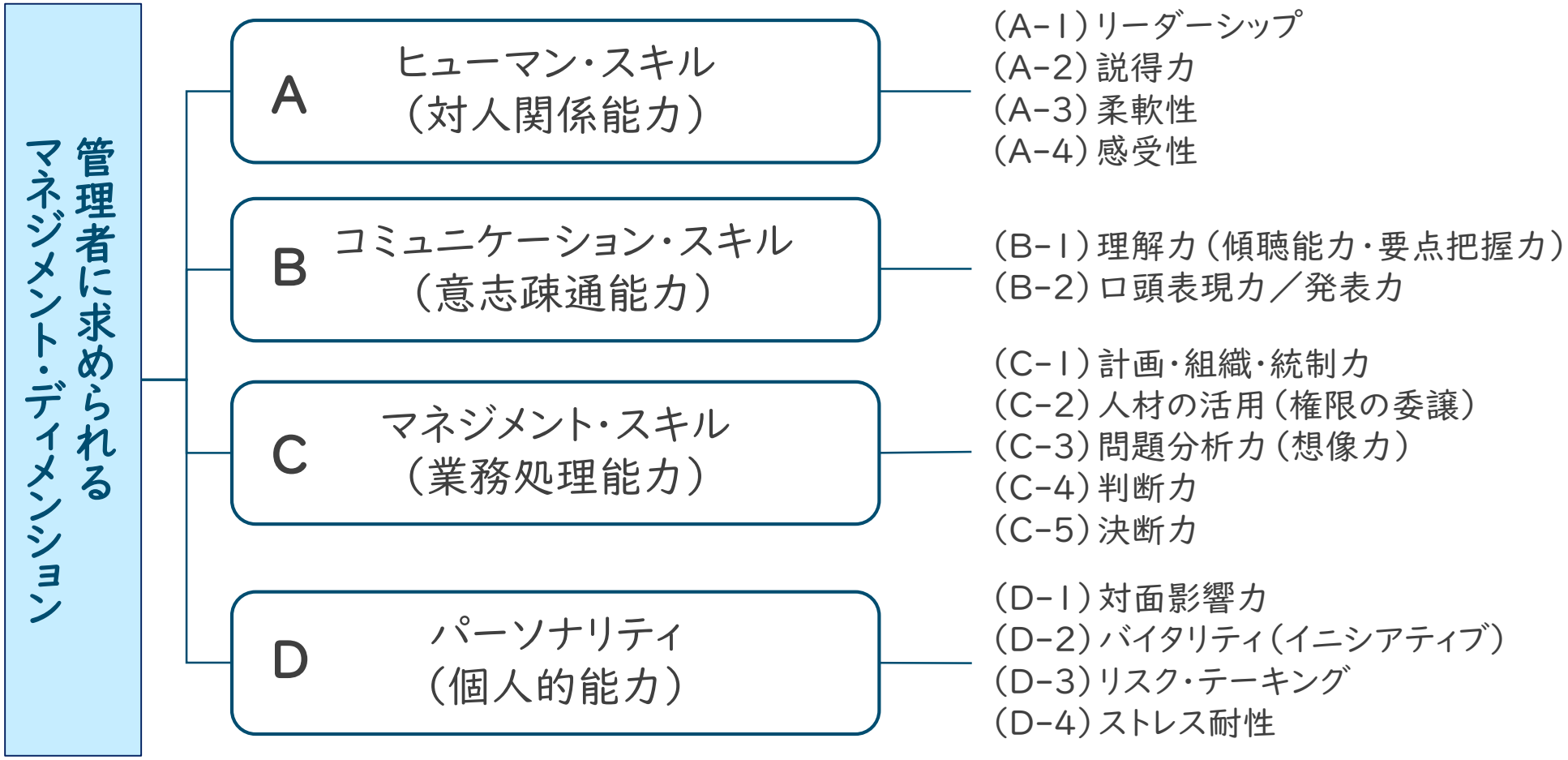
そのためには、自分自身の管理ポイントを作り、自らを管理していかなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.4 管理ポイントの設定

P.23

図6 管理者に必要なスキル（松田憲二 管理者の基礎テキスト）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3.4 管理ポイントの設定

P.22

(2)事故防止の要諦

プラント管理者は事故を防止するための経験則を参考とし、業務に活かしていただきたい。

例えば

- 変化はたとえそれが安全側と思われるものであっても、事故の発端となることがある。
  （改善提案、合理化改造…など、良いもの・やりたいものへのチェックは甘くなる）
- 初めてのものには安全に関する配慮が欠けていることがある
  （試製造前安全点検などの重要性。プラント建設直後はトラブルが多い）
- 正常なものでも使用中に劣化し異常を起こすことがある。
  （設備管理の重要性。バスタブ曲線。建設後30～40年経過した高経年化プラントの増加。外面腐食。）
- 故障や小事故の時に対策しておく。
  （大災害への事態拡大防止、トラブルを発端（＝対応の間違いなど）とした大災害の防止）
- システムが十分に安全でも、管理が悪ければ事故は起こる。
- 絶対安全はありえない（最悪を想定して準備しておく）、人は誤りを犯すもの。
  事故防止のためのチェックには第三者の客観的な判断が有効。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. プラント管理者の目指すもの

P.25

プラント管理者は、法令に定められた重要な職務以外に、事業所の組織の中の第一線にあって、業務の遂行責任と権限が与えられている。

関係法令により管理責任者としての資格が必要なだけではなく、
それぞれの業務遂行に必要な、高度な知識、経験と、判断力、
実行力、理解力、協調性や指導力などの人格識見が要求されている。

その職務遂行のためには、不断の自己研鑽と安全意識の高揚に
努めることが社会的にも一段と要求されてきている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. プラント管理者の目指すもの

P.25

事故を防ぐ対策の一環として、安全文化の醸成が提唱されている。

「安全文化」とは、安全の確保にその重要性にふさわしい注意が
最優先で払われるようにするために、企業などの組織が備えるべき理念であり、
その行動を発揮させる周囲の環境、習慣ともいえよう。

プラントを直接運転、保守しているのは現場の運転員や保全要員であり、
直接の責任者はプラント管理者である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. プラント管理者の目指すもの

P.25

安全文化を構成する要素には、社会的モラル、安全の重要性の認識、知識と能力、動機付け、監督、責任などがある。

特に近年、安全文化を構成する要素として次の8つ軸からの考え方が提案されており、特に赤字は安全確保の観点より重要な項目である。

(1) 組織統率
(2) 責任関与
(3) 相互理解
(4) 危険認知
(5) 学習伝承
(6) 作業管理
(7) 資源管理
(8) 動機付け

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. プラント管理者の目指すもの

P.25

安全文化の醸成をするためには、組織のトップたる経営者自らが理念を掲げ実践し、
企業文化として育み、企業組織全体に浸透させていかなければならない。

組織のトップが安全に対する基本理念を掲げ、組織全員に浸透し、
遵法と不安全を許さない職場風土が確立されることが自主保安推進のための
大きな武器となる。

その基本となる安全文化の醸成の担い手としてプラント管理者の果たすべき役割は
今後ますます大きく期待される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ご清聴ありがとうございました

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安主任者講習
オンライン講習用教材

教育訓練

KW保安管理システム研究所
渡辺　要

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

説明する主要テーマ（テキストの章立とおり）

1.企業における教育の狙い

2.教育体系と教育計画の立案方法

3.教育訓練計画

4.教育手法

5.教育訓練環境の整備とフォロー

6.教育内容と具体例

7.教育訓練の評価と記録

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 企業における教育の狙い

1.1　企業における教育の重要性

PI

- 行うことが目的でない：結果が重要
  （知識によって行動できる）
  （費用対効果の投資の視点）
- 操業を支える基盤
- 教えることで育つ
- 達成感と自己実現

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 企業における教育の狙い

1.2 教育訓練の方針

P2

保安管理方針
年度・教育方針、安全衛生管理方針
前年度の教育実施結果

年度・全所教育計画

年度・各室課方針（教育計画）

教育実施

受講報告書
（個人）

教育実施結果報告
（主管部署）

教育検討委員会
（毎年度末）

所長会

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.企業における教育の狙い

1.2 教育訓練の方針 企業教育の基本はOJT

P3

OJT　　：仕事を通じて
　　；自分の経験に照らす

Off-JT　：ニーズに応じて
　　・手軽だが、フォローに工夫
　　；内容の吟味・有効活用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.3 企業教育の範囲

企業倫理とコンプライアンス

動機つけ ⇒ 理解 ⇒ 実習 ⇒ 実践
（準備） （頭） （体得） （仕事）

動機つけ：相手のやる気、モチベーションを高める

やってみよう！・・・その気になってもらう

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 教育内容の重点的実施項目

カリキュラム編成

1）教育の目標を明確にする

2）達成度の評価項目を明確にする

3）達成するための手段・方法を選定
（座学、模擬体験、実体験他）

4）評価基準を明確にする

5）誰が評価するか明確にする
（知識か技能か、両方か）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 教育内容の重点的実施項目

スキルの2面性

腕（技能）と 頭（知識）
アプローチ方法の種分け

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 教育内容の重点的実施項目

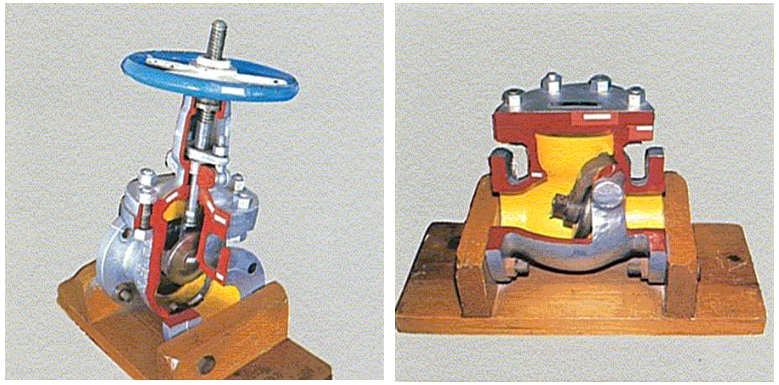
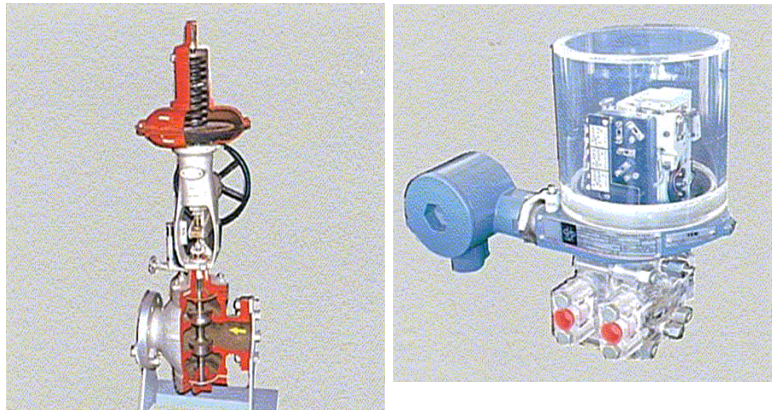
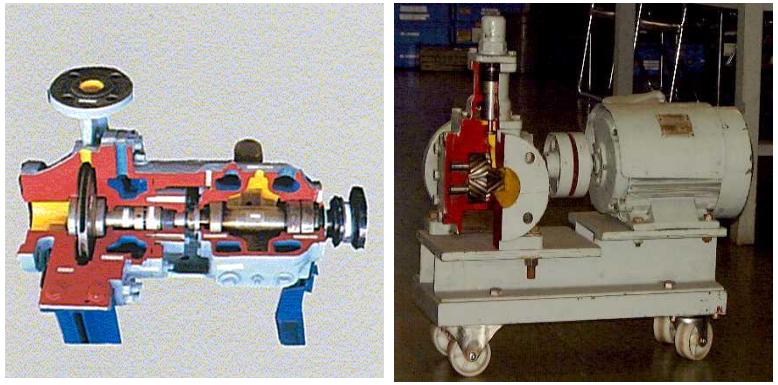
腕（技能）：実体験で習得

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 企業における教育の狙い

1.4 教育内容の重点的実施項目

頭（知識）：機器構造を理解

カッテイング教材 バルブ類	カッテイング教材 計装品類	カッテイング教材 ポンプ
		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 教育内容の重点的実施項目

教育の4ステップ

やって見せる ▶ やらせる ▶ ほめる ▶ 自信を持たせる

「知っている」ことと「できる」は違う

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 教育内容の重点的実施項目

レンガ積み職人への質問（イソップ童話）

あなたは、そこで何をしていますか？

A： 私は、レンガを積んでいる

B： 私は、生活のため仕事をしている

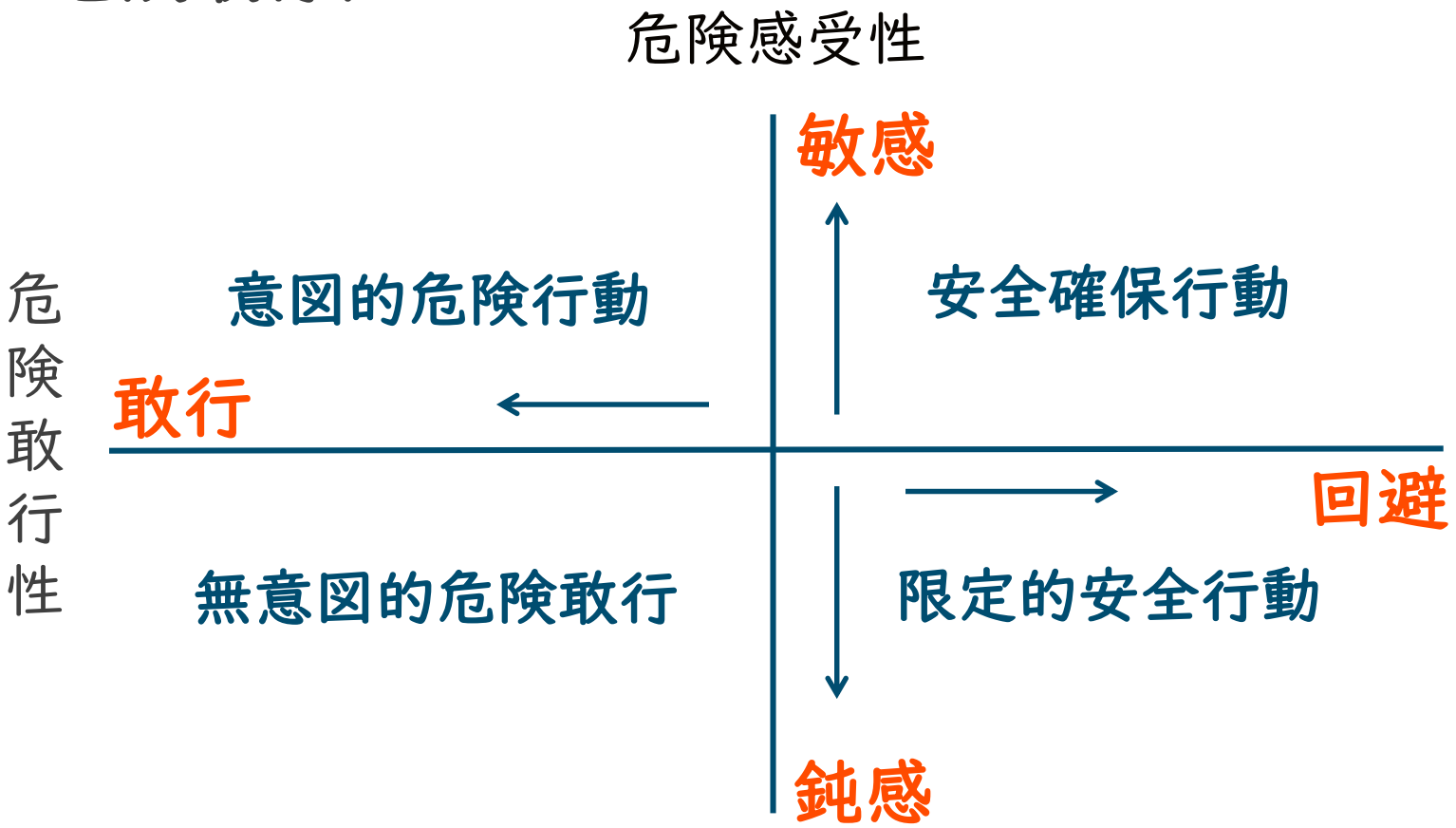
C： 私は、世界一の大聖堂を作っている

⇒仕事に対する心構え

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.4 教育内容の重点的実施項目

危険感受性と危険敢行性



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 教育体系と教育計画の立案方法

2.1　教育のための組織の活用

業務に直結した基本事項

トレセン ： 2週間コース

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 教育体系と教育計画の立案方法

2.1　教育のための組織の活用

保安管理システム

⇒完結させる工夫

先送りした欠陥　・・・顕在化して事故

⇒実施を確認

思いつき、場当たり、虫食い実施　・・・抜け

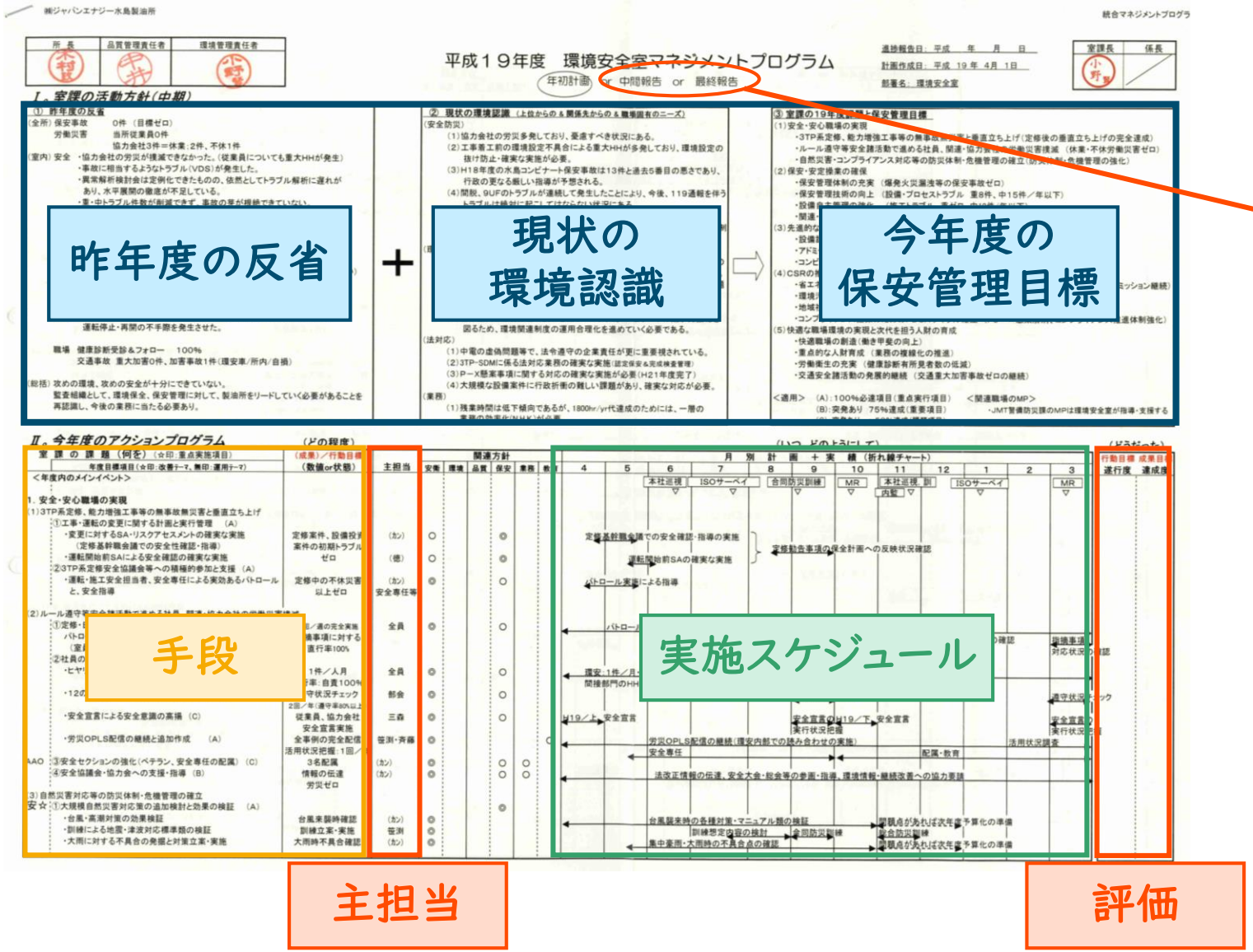
⇒網羅的な検証

実施テーマが目的化する懸念

⇒実施結果の検証と見直し＝継続性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

マネジメントプログラム例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安管理システム導入の告示

認定完成検査実施者及び認定保安検査実施者の認定に係る事業所の体制の基準を定める告示

認定完成検査実施者及び認定保安検査実施者の認定に係る事業所の体制の基準を定める告示

［平成十七年三月三十日］
［経済産業省告示第八十六号］

冷凍保安規則（昭和四十一年通商産業省令第五十一号）別表第三上欄二の項及び別表第四上欄二の項、液化石油ガス保安規則（昭和四十一年通商産業省令第五十二号）別表第四上欄二の項及び別表第五上欄二の項並びに一般高圧ガス保安規則（昭和四十一年通商産業省令第五十三号）別表第四上欄二の項及び別表第五上欄二の項並びにコンビナート等保安規則（昭和六十一年通商産業省令第八十八号）別表第五上欄二の項、別表第六上欄二の項、別表第七上欄二の項及び別表第八上欄二の項の規定に基づき経済産業大臣が定める基準を次のように定める。

第一章　総　則

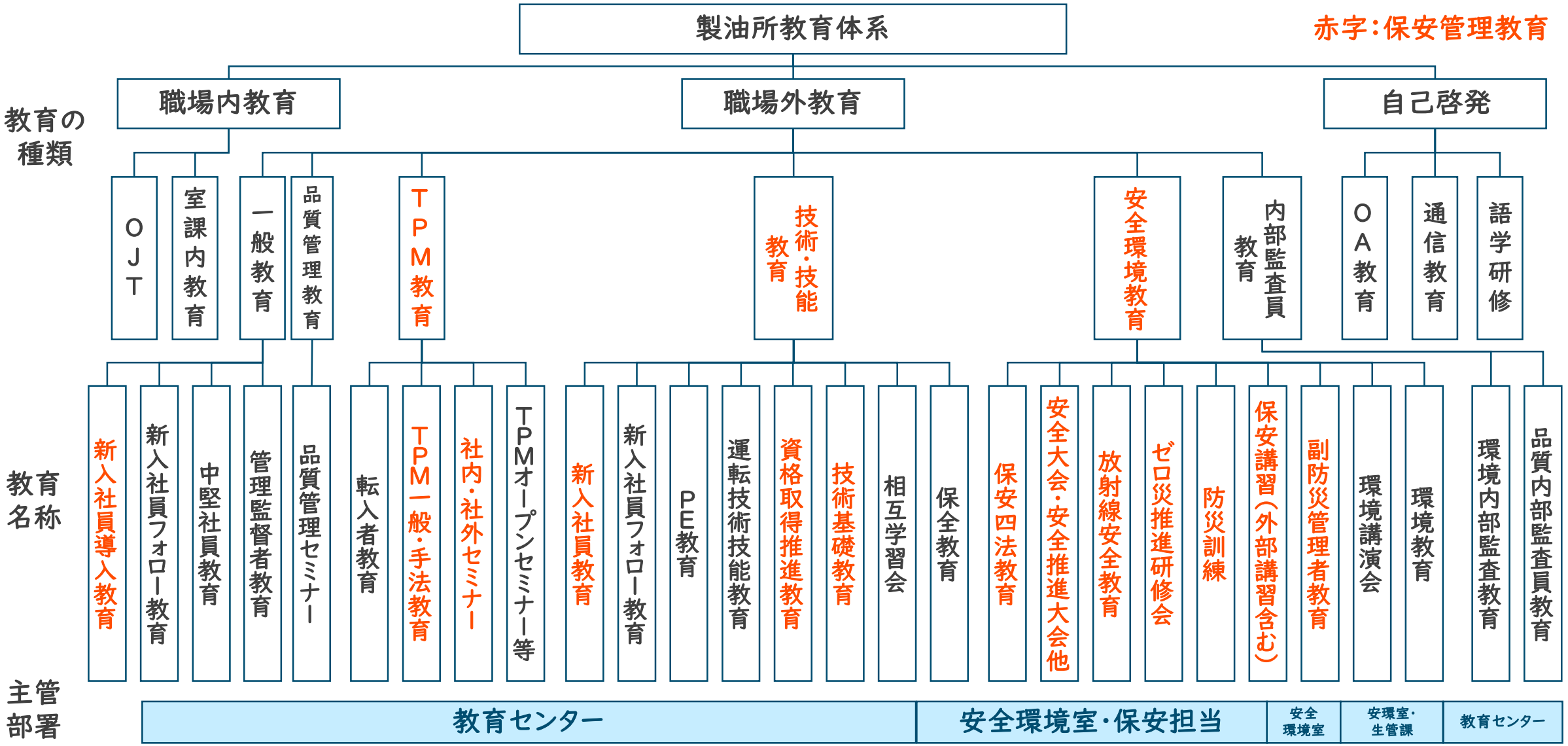
（目的）

第一条　本基準は、認定完成検査実施者及び認定保安検査実施者（以下「認定事業者」という。）に係る認定の基準のうち、認定を受ける事業所（以下「事業所」という。）の保安管理に係る体制に関する要求事項を規定する。認定事業者は、事業所の保安の水準を維持向上するために、本基準に従って、保安管理システムを確立し、保安管理に関する計画の策定、実施、評価及びその改善を継続的に行わなければならない。

認定検査実施者告示（一条―三条）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.2 教育訓練体系



高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 教育訓練計画

3.1　計画策定の意義

- ムダ：　習熟度（既に知っている）
- ムラ：　継続性（思いつき）
- ムリ：　受講者のレベル（高度過ぎ）

（⇒舞子ダラリの帯）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.2 教育ニーズの把握

1）設備に強いオペレータ育成 （新たに追加）

2）キーマン ＝課長の教育 （他からの応用）

3）保安管理システム （教育のシステム化）

4）事例解析：故障解析 （利用の工夫）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 教育目標の設定

スキル評価 5段階

4： 教えることができる

3： 一人でできる自信がある

2： できるが、不安がある

1： 教育は受けたが自信がない

0： できない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 教育目標の設定

教育 ： 努力には方向性がある

井戸は水を得るために掘る

⇒どんなに深く掘っても水がでなければ徒労 ＝無駄な骨折り。

魚を採るのに

⇒高い木に登っても収穫はない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 教育手法

1）トレーニングセンター

2）設備に強いオペレータ育成

3）ワンポイントレッスンシート

4）ノウハウPFD

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 教育手法

1）トレーニングセンター

1KC(初級）+4KC（計装電気）設備

第2研修室（PC、IT、CAI）
デスクトップPC×10台

3KC(上級）訓練ｼﾐｭﾚｰﾀｰ

自主保全スキルアップ道場

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）設備に強いオペレーター育成

真剣にさせる工夫

1）理解度テスト

2）減点法とは

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）設備に強いオペレーター育成

雰囲気の変化

1）腕があるとやってみたくなる

2）聞かれる立場 ＝ 自分で勉強する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3) ワンポイントレッスンシート

P19

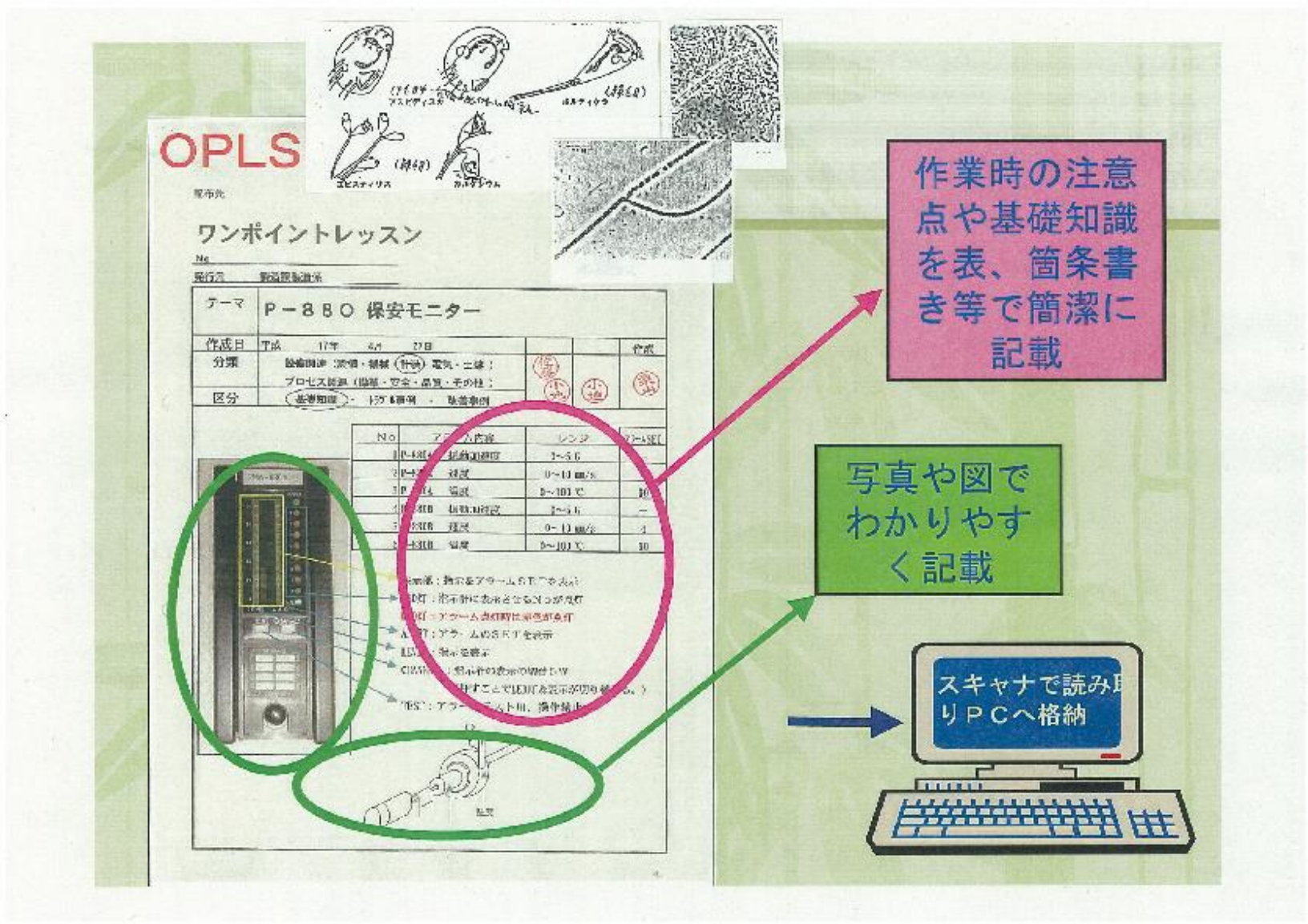
教材としてのOPLS

（One Point Lesson Sheet）

「水責め」の反省 ： 作業内容の理解

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 教育手法



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4) ノウハウPFD

「油責め」の反省：最新版管理

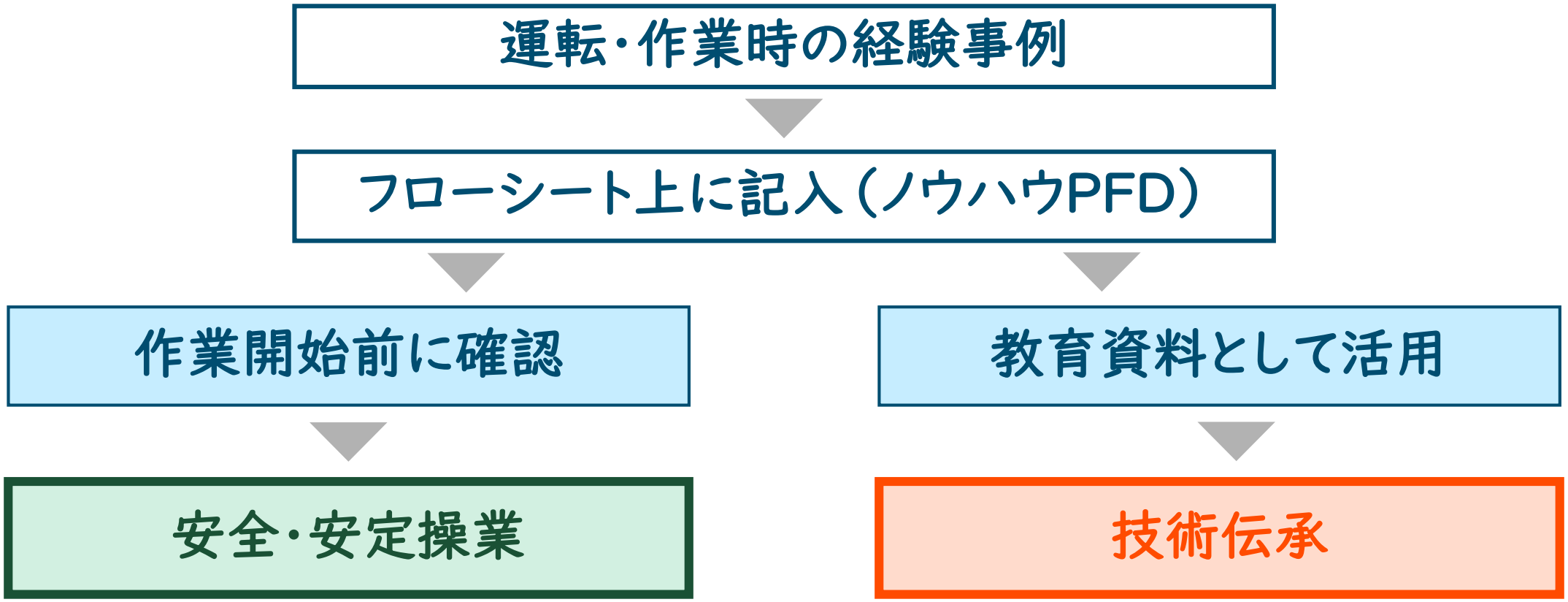
現場に合致した図面とする工夫

図面の内容を理解する教育

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4) ノウハウPFD

ノウハウPFDの活用事例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 教育訓練環境の整備とフォロー

P21

教養番組にしない　：一過性の防止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 教育訓練環境の整備とフォロー

取り組み施策の三位一体（狙い＆手法＆実行）

狙い　：必要性の理解（明確でないと迷走する）

手法　：具体的な実施策
　　最初は真似⇒独自性に工夫（成果による見直し）

実行　：やらなければ絵に描いた餅
　　⇒どれが欠けても効果につながらない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 教育訓練環境の整備とフォロー

論語：学而不思則罔、思而不学則殆

学びて思わざれば、則ち罔(くら)し

⇒学んでも、自分で考えないと知識は増えるが、活用できない。

思いて学ばざれば、則ち殆(あやう)し

⇒自分で考えても、それを支える知識がないと、独善に陥る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 教育内容と具体例

技能伝承教育

ア）技能教育訓練：トレーニングセンター

イ）技術伝承教育

ⅰ）EXAPILOT（運転支援パッケージソフト）教育＊横河電機（株）の商標登録

ⅱ）OPLS（One Point Lesson Sheet）

ⅲ）ノウハウPFD

その他教育

ウ）故障解析道場

エ）資格取得教育

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 教育内容と具体例

ア）技能教育訓練:トレーニングセンター

4つのコースで構成

初級 ： 新入転入者の基礎/模擬プラント

中級 ： 中堅の運転員/技術レベル向上

上級 ： シミュレーターによる訓練

専門 ： 計装機器の理解

繰り返して行う ⇒ リフレッシュ教育

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

イ）技術伝承教育

ｉ）EXAPILOT（運転支援パッケージソフト）教育

スタートアップシャットダウン条件変更、等

運転員のスキルによって運転品質にムラが生じる
手動操作中心の運転領域

EXAPILOTとは

熟練運転員のノウハウを盛り込み、システム化による運転支援

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 教育内容と具体例

事例解析：故障解析：活用の工夫

1.事故情報の区分けと活用

・速報　・報告書　・データベース

2.効果的にするには

想像力と感受性、類推で予見性

我が身に直結させた引用

3.故障解析でMTBFの改善

(Mean Time Between Failure：平均故障間隔)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 教育内容と具体例

1）監督者教育訓練事例

作業性＆安全性のスキルが不足

⇒教えて、考えさせて、判断力・指導力を補う

重点項目：

1）仲間を守る意識と心構え

2）安全意識の向上

3）災害防止の鍵（未然防止）

①施工計画時のリスクアセス

②着手前の現場KY

③HHKの共有化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 教育内容と具体例

教育不足による労災事例 4区分

1. 知らなかった：教えていなかった。

2. 知っていたが、できなかった
   ：技量・理解不足。

3. 勘違い等の人的エラー

4. 知っていたが、やらなかった
   ：間違った成功体験。自信過剰

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

労災防止スローガンの事例

転倒の防止 ＝ 「ぬかずけ」に注目

ぬ　：濡れた場所　・・・滑る

か　：階段、段差　・・・つまずく

ずけ：かたずけ　・・・注意の集中

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）管理監督者の教育訓練

企業の体質改善には必須

自己研鑽(P31)の隠れ蓑

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）管理監督者の教育訓練

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）管理監督者の教育訓練

読ませる工夫

① この会社と我々の異なるのは何か

② この会社が変わったのは、何が要因と考えるか

③ この本のオフサイト・ミーティングを行うとしたら、
あなたは参加しますか

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6. 教育内容と具体例

2) 管理監督者の教育訓練

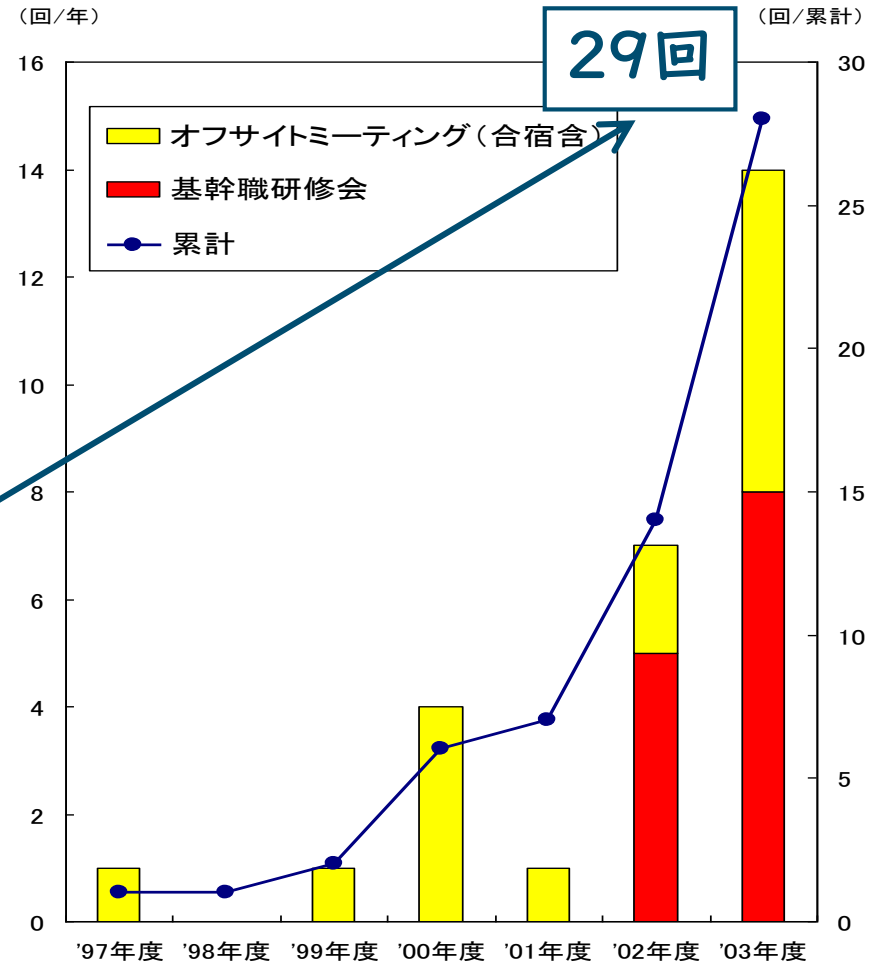
オフサイト・ミーティングから発展

小説：「何故、会社は変われないか」がヒント

管理職研修会の実施

① 業務課題＆実行計画書作成

② 課題説明会＆検討会
合宿研修会・2回／年実施



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）管理監督者の教育訓練

ダイヤモンドはダイヤモンドでしか

磨くことができない。

人を磨くのは人である。

苦労、挫折は人を育てる

土光敏夫　著

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3） 訓練の必要性

P34

- 非常時に備えて

  通常と違った心理状況突発時にも平常心で対応可能に

  ⇒訓練で習熟

- 現場に活きた標準書とする

  机上検討と実操作の差異

  ⇒訓練で実行して適否検証

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3） 訓練の必要性

マスコミ対応訓練の事例

事故・災害に備え平常時に訓練
（マスコミ記者の特性と対応方法の理解）

土壌汚染対策の公表で痛感：
自社は正しいと思っていても価値観が違う

TVカメラが並ぶ異常な雰囲気

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. 教育訓練の評価と記録（日誌、自己評価表）

受講日誌(例)

技能訓練受講日誌

3KC リフレッシュコース	所属課	所属係	氏名
H16年5月28日	製造第3課	旧脱化成係	木田昌治

訓練内容

感想・要望

本日の目的は「報、連、相」を徹底を掲げ訓練を行なったが、連絡系の指摘を受け、直に反省した。
又座学で学んだ事は後輩にも伝えて行こうと思っています。
4日間大変良い体験談の講義を受けさせてもらい、
リフレッシュ出来ました。トレナーの山本さんには、
大変お世話になりました。

職制コメント

常に日々新しい気持で業務を見直して下さい

所属課	教育センター	トレーナー
労	山本	山本

(P1/2)

自己評価表(例)

3KC—R　自己評価表

受講前【○】、受講後【◎】印で記入

氏名　木田昌治

＊記入要領：受講前○印、受講後◎印
【0:知らない　1:知っている　2:ある程度できる　3:自信をもってできる　4:人に教えられる】
＊項目によっては、「できる」を「答えられる」と読み替えて記入してください
＊提出時期：感想文提出時に添付してください

1．災害防止活動について					
① ﾋﾔﾘﾊｯﾄ・ﾄﾗﾌﾞﾙ事例等の事例研究、水平展開	0	1	○2	◎3	4
② 5S活動（TPMとの関連）	0	1	○2	◎3	4
③ 指差発唱・復唱	0	1	○2	◎3	4
2．現場のリーダーとしての作業指示について					
① 作業の手順（作業標準等の内容）	0	1	○2	◎3	4
② 作業指示の方法（命令調、暗示調等の種類）	0	1	○2	◎3	4
③ 作業指示の要領（指示時の原則、ポイント等）	0	1	○2	◎3	4
④ コミュニケーションについて	0	1	○2	◎3	4
3．異常対応能力について					
① 変化を察知する力	0	1	○2	◎3	4
② 異常要素の区分化力	0	1	○2	◎3	4
③ 情報解明と伝達力	0	1	○2	◎3	4
④ 異常時の適正操作の力	0	1	○2	◎3	4
4．指揮能力の向上について	0	1	○2	◎3	4
5．運転員の必須能力について	0	1	○2	◎3	4

山本

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. 教育訓練の評価と記録

有効な教育とするために

自分で発見すると「心」が動く

⇒じっとしていられない

聞きたい、知りたい！これが原動力

①必要としている人に

②必要としている時

③必要としている内容を

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

若手を教育する工夫

≪接して感じること≫

- 簡単にあきらめる
- 少し厳しく接すると、直ぐに落ち込む
- コミュニケーションは苦手
- 暑さ・寒さに弱く、直ぐに座り込む
- 従来の常識が通用しない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7. 教育訓練の評価と記録

教育効果につながる心理要素

- 習いたいと思わせる　　＊興味をひきつける
- できるようになって得られるメリット　　＊イメージ
- 簡単なものでも良い、やらせる　　＊自信
- 達成感　　⇒ 次ステップへ意欲

将来 ： この会社で仕事をして良かった

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8. 終わりに

- 「教える」ことと、「育つ」ことは同一ではない。
  受け手を考慮した一品料理。
- スキルは「頭＝知識」と「腕＝技能」。
- 決められた事を守らせる教育を行っても、
  何故を教えないと応用が利かない⇒訓練で体得。
- ワクワク感＝感情に働きかけ。発見すると動きたくなる。
- 人を責めずに、仕組みに着目

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

8. 終わりに

悩んだ時に思い出してください

真剣に考えると・・・知恵が出る

中途半端だと　・・・愚痴が出る

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

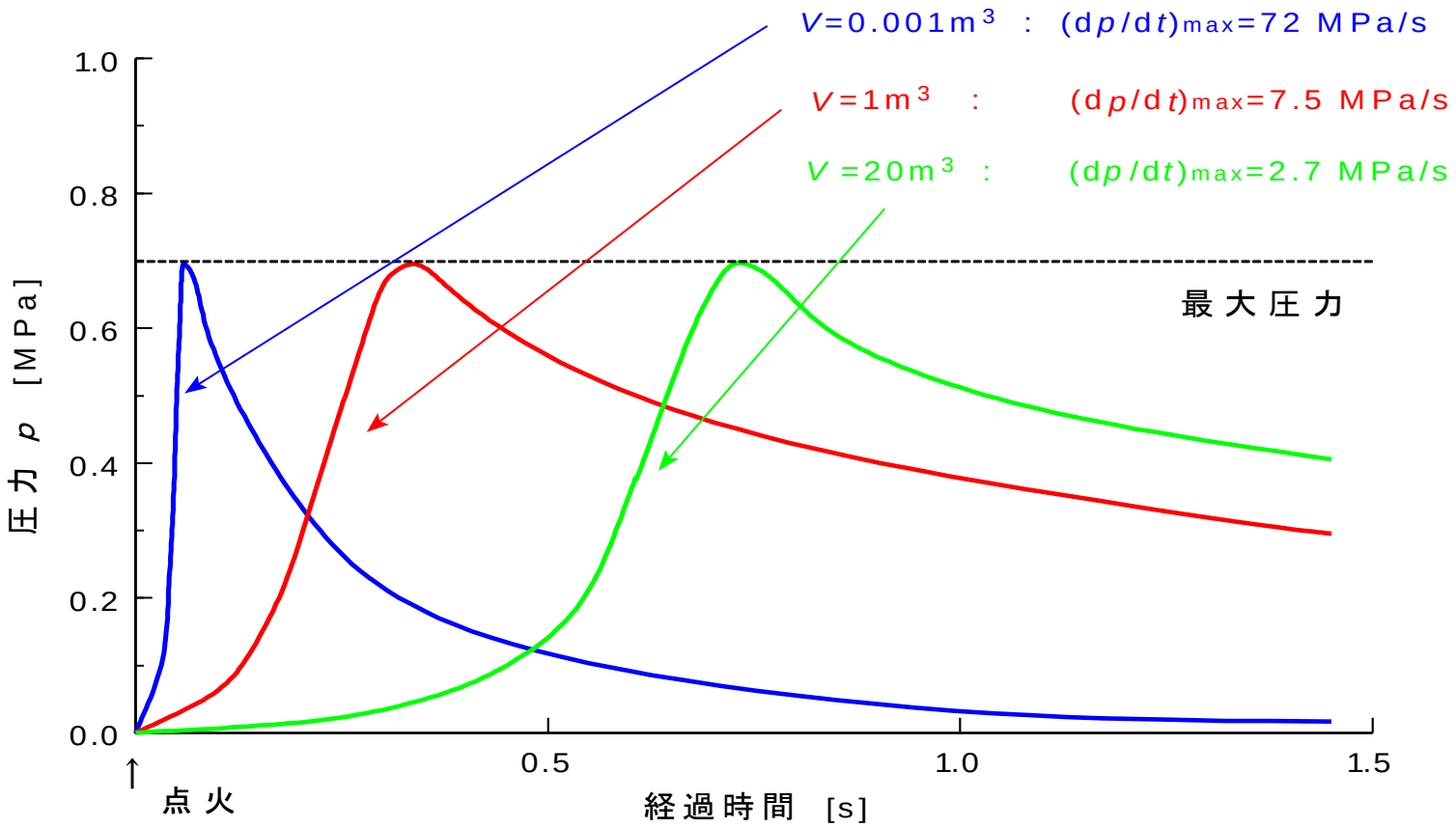
製造事業所における危険物質の取扱い

高圧ガス製造保安主任者講習

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.1 可燃性混合ガスの爆発（参考）

K 値：ISO 6184-2：1985 "Explosion protection systems — Part 2 : Determination of explosion indices of combustible gases in air"



化学量論組成のプロパン－空気混合ガスの爆発圧力波形

W.Bartknecht : Explosions, Course, Prevention, Protection, p.10, Springer-Verlag (1981)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.1 可燃性混合ガスの爆発（表3）参考

特定不活性ガスの爆発限界

・不活性ガス ・フルオロカーボン ・60℃、0 Pa・Gで火炎伝ぱ

ガス名	冷媒表記	化学式	沸点 [℃]	爆発限界 [vol%] 室温大気圧空気中	
				下限界	上限界
フルオロオレフィン1234yf（カーエアコン冷媒等）	HFO-1234yf	$CH_2=CFCF_3$	−30	6.2*	14.0*
フルオロオレフィン1234ze（噴射剤、混合冷媒等）	HFO-1234ze	$CHF=CHCF_3$	−19	6.4*	13.3*
フルオロカーボン32（エアコン冷媒等）	HFC-32	CH_2F_2	−52	13.3*	29.3*
（参考）アンモニア	R-717	NH_3	−33	15	28

*印：温度 25℃、(公社)日本冷凍空調学会、微燃性冷媒リスク評価研究会最終報告書(2016)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.1 可燃性混合ガスの爆発（表3）参考

特定不活性ガスの爆発限界 （その2）

ガス名	沸点 [℃]	爆発限界 [vol%] 室温大気圧空気中		燃焼熱 [kJ/kg]	最大燃焼速度 [cm/s]
		下限界	上限界		
フルオロオレフィン1234yf	−30	6.2	14.0	10.7×10^3	1.5*
フルオロオレフィン1234ze	−19	6.4	13.3	10.1×10^3	伝ぱせず*
フルオロカーボン32	−52	13.3	29.3	9.5×10^3	6.7*
（参考）アンモニア	−33	15	28	18.6×10^3	7.2*

◆ 燃焼性の基準（製造細目告示第1条）

・爆発下限界　＞ 3.5 %

・燃焼熱　＜ 19000 kJ/kg

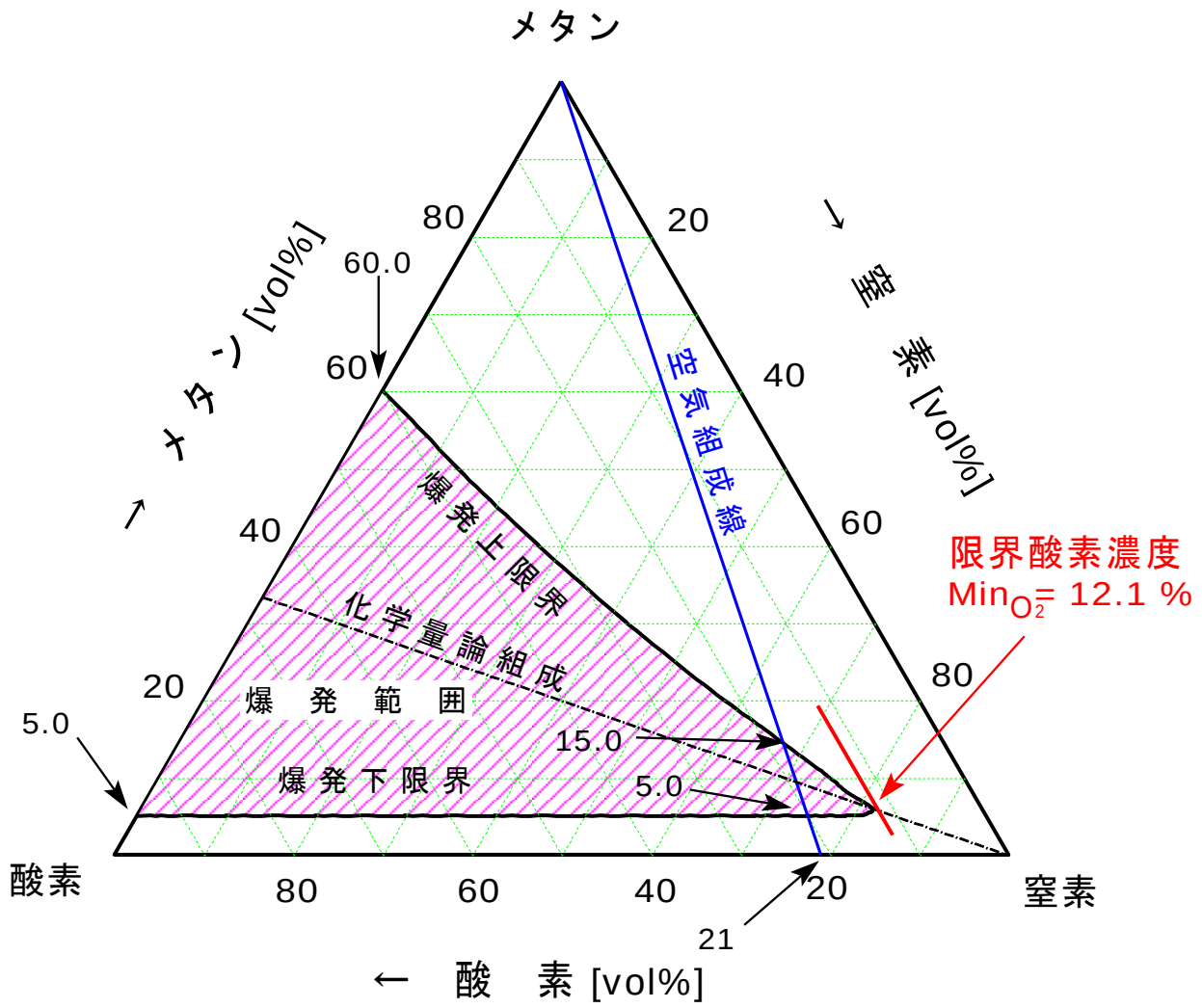
・最大燃焼速度　≦ 10 cm/s （@23℃、0Pa G）

*印：温度 25℃、(公社)日本冷凍空調学会、微燃性冷媒リスク評価研究会最終報告書(2016)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 爆発範囲と爆発限界

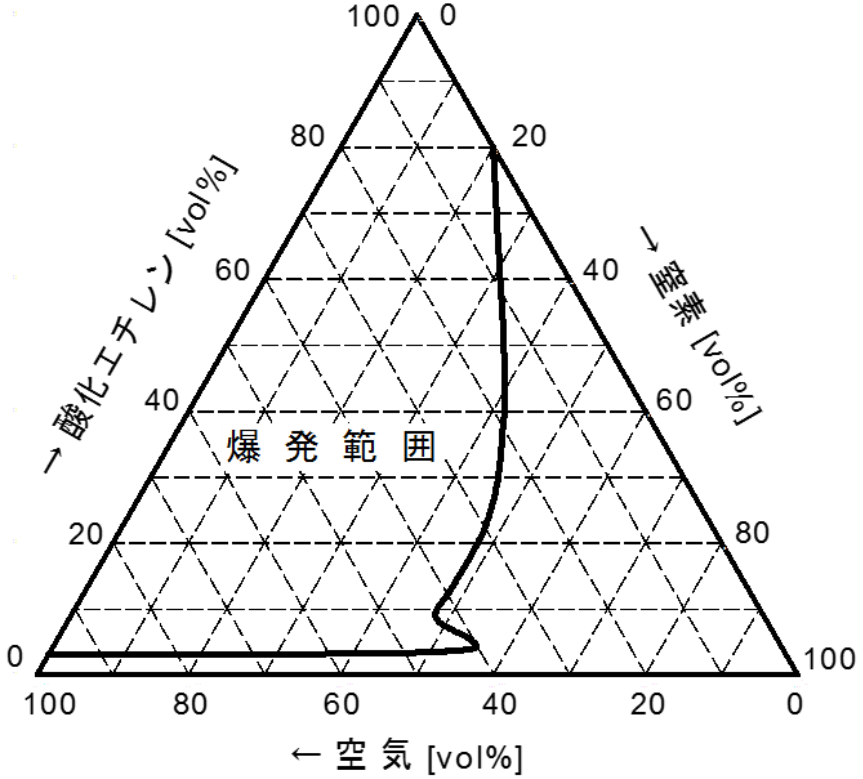
(4) 不活性ガス添加系の爆発限界　図7



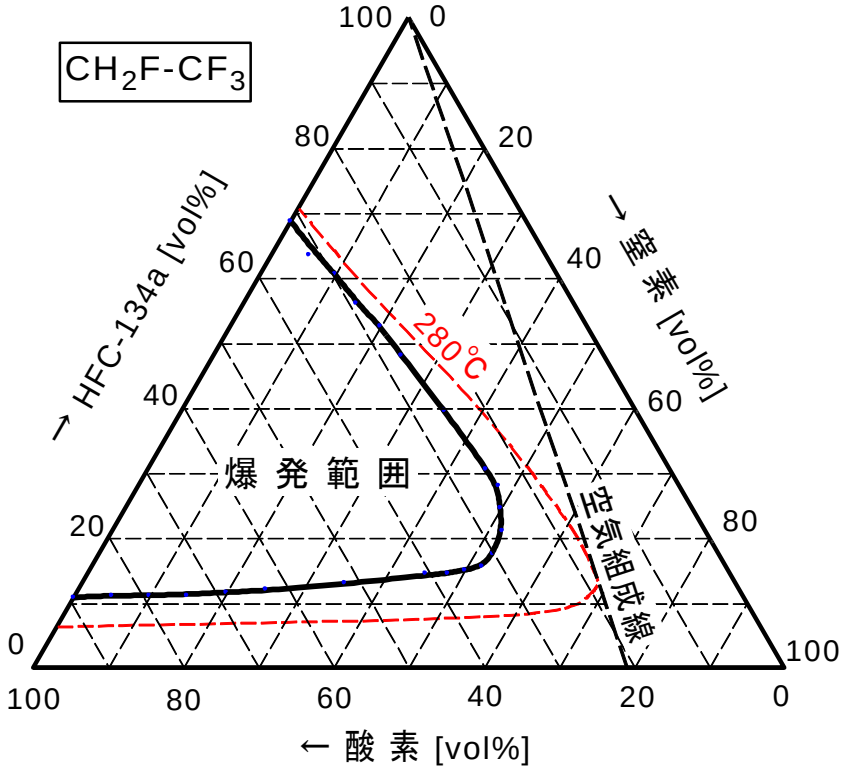
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.2 爆発範囲と爆発限界

(4)不活性ガス添加系の爆発限界 (図7 参考 三角図応用例)



酸化エチレン－空気－窒素系の爆発範囲（常温大気圧）



HFC-134a－酸素－窒素系の爆発範囲（常温大気圧）

分解爆発性のガスの例

液化ガスの容器や貯槽に窒素等を封入して爆発防止

現在のカーエアコン冷媒

常温空気中では不燃性、**280℃では可燃性**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 可燃性混合ガスの発火

(3) 発火源

(c) 静電気(参考)

静電気放電発火事例(セルフ式ガソリンスタンド)

http://www.pei.org/static/

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 可燃性混合ガスの発火

(3) 発火源

(c) 静電気（参考）

静電気

静電気帯電で蓄積されるエネルギー

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$$

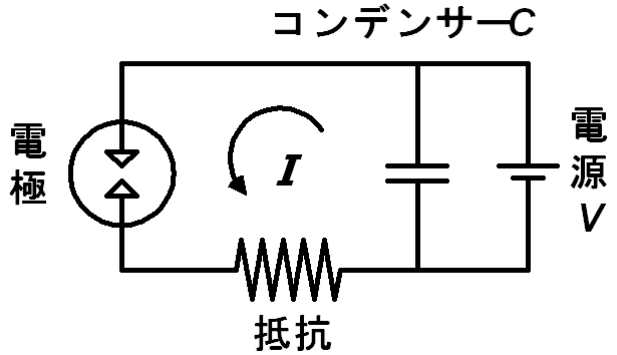
W ：帯電エネルギー［J］

C ：静電容量［F］、farad

V ：電位［V］、volt

Q ：電荷量［C］、coulomb

$$Q = CV$$



静電気の発生の原因

異種物質の境界面・接触面での
接触と分離により正負の電荷が発生する

- 流動、撹拌　（液体、固体）
- 摩擦、衝突　（液体、固体）
- 漏えい、噴出（液体−固体）
- はく離　　（固体−固体）
- 噴霧　　（液体、固体）
- 沈降　　（液体−液体、液体−固体）

そのほか、誘導帯電、等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 可燃性混合ガスの発火

(3) 発火源

(c) 静電気（参考）

帯電電位と電撃の強さ

$W = \frac{1}{2}CV^2$（人体の静電容量 (C)＝100 pFとする）

人体の帯電電位 V[kV]	静電エネルギー W[mJ]	電撃の強さ
1.0	0.05	まったく感じない
2.0	0.2	指の外側に感じるが痛みなし（かすかな放電音あり）
3.0	0.5	ちくりと痛む、針で刺された感じ
4.0	0.8	指にかすかな痛みあり（放電の発光が見られる）
5.0	1.25	手のひらから前腕まで痛む（指先から放電発光が延びる）
10	5	手全体に痛み、電気が流れた感じを受ける

人体の静電容量（C）・・・100～300 pF　個人差、着衣、発汗等で異なる

静電気学会編、静電気ハンドブック、p.817、オーム社 (1998)より抜粋

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.3 可燃性混合ガスの発火

(3) 発火源

(c) 静電気(参考)

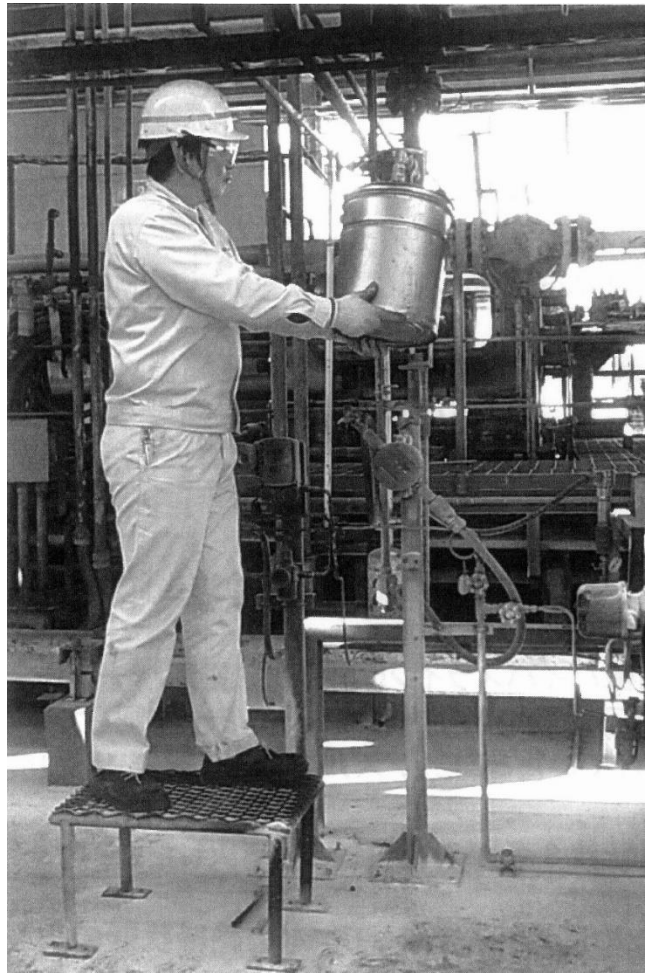
静電気放電発火事例

ドレン抜き作業

- 高圧配管からガスと液体が噴出
- バケツやペール缶で受液
- ガス、蒸気は周囲に拡散
- 接地不完全

静電気の発生
↓
放電により可燃性蒸気に着火

慎重な弁操作、流出速度抑制



高圧ガス保安協会、高圧ガス事故概要報告、2011-113 (2011年)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

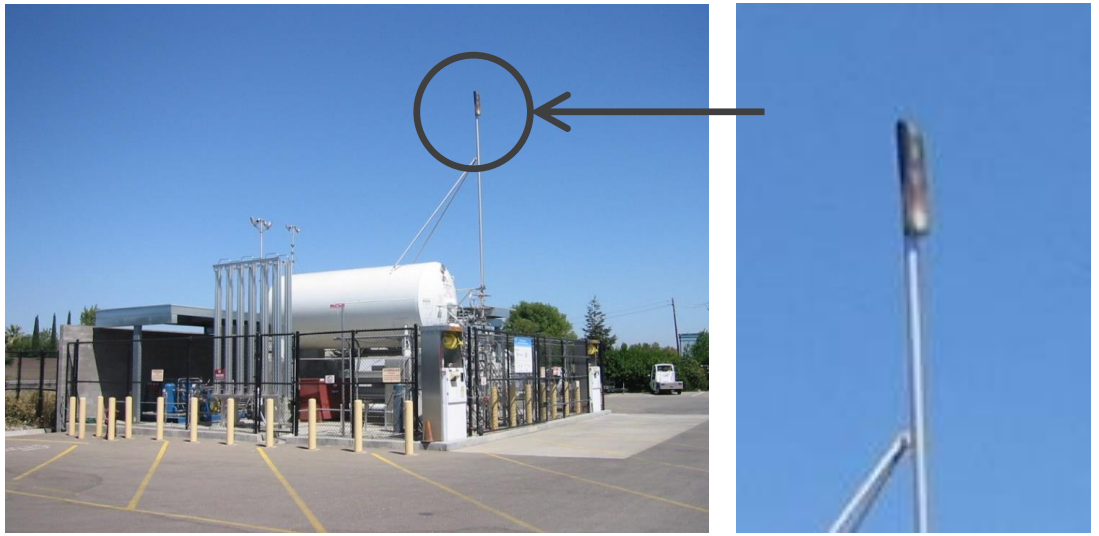
2.1.3 可燃性混合ガスの発火

(3) 発火源

(c) 静電気(参考)

水素スタンドのベント配管出口の変色(発火によるもの)

国内某水素スタンド
(35 MPa)



米国カリフォルニア州 サクラメント市内にある
水素スタンド(25MPa)

高圧ガス保安協会、平成17年度経済産業省委託燃料電池システム技術調査報告署、p.161 (2006)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.7 蒸気雲爆発

(2)ファイアボール(参考)

ファイアボール事例

平成23年3月11日、千葉コンビナートの製油所における
LPG貯槽の爆発火災では過去最大級のファイアボールが発生。
17:04～17:50に大小5回の爆発が観察された。

- 球形貯槽 #374 (プロパン、580kL、約300t)の爆発
  ファイアボールの直径約400m(推定値)
- ネット上の動画より、最大直径約600mとの推定もあり。(消防研究センター)

◎ 貯槽周囲の火災により加熱されたためフラッシュ率 1.0程度を想定する必要あり。
(槽内全量の関与)

◎ 爆風圧は広範囲に影響。21頁、表18の爆風ピーク圧と被害の関係より、
窓ガラスの破損まで考慮すると、コンビ則の保安距離の式 $X=0.480(K\cdot W)^{1/3}$ では不十分。

平成25年3月、石油コンビナートの防災アセスメント指針改定(消防庁)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.10 高圧容器の破裂（参考）

液 封

液化ガスや液体の配管がバルブなどで封じ込まれたままの状態で放置されると、
温度の上昇により液体が膨張して高圧(液圧)が発生し、設備の破裂事故を起こす。

【事故例】冷凍事業所におけるアンモニア大量漏えい事故(平成17年、福岡県)

◆ 概要

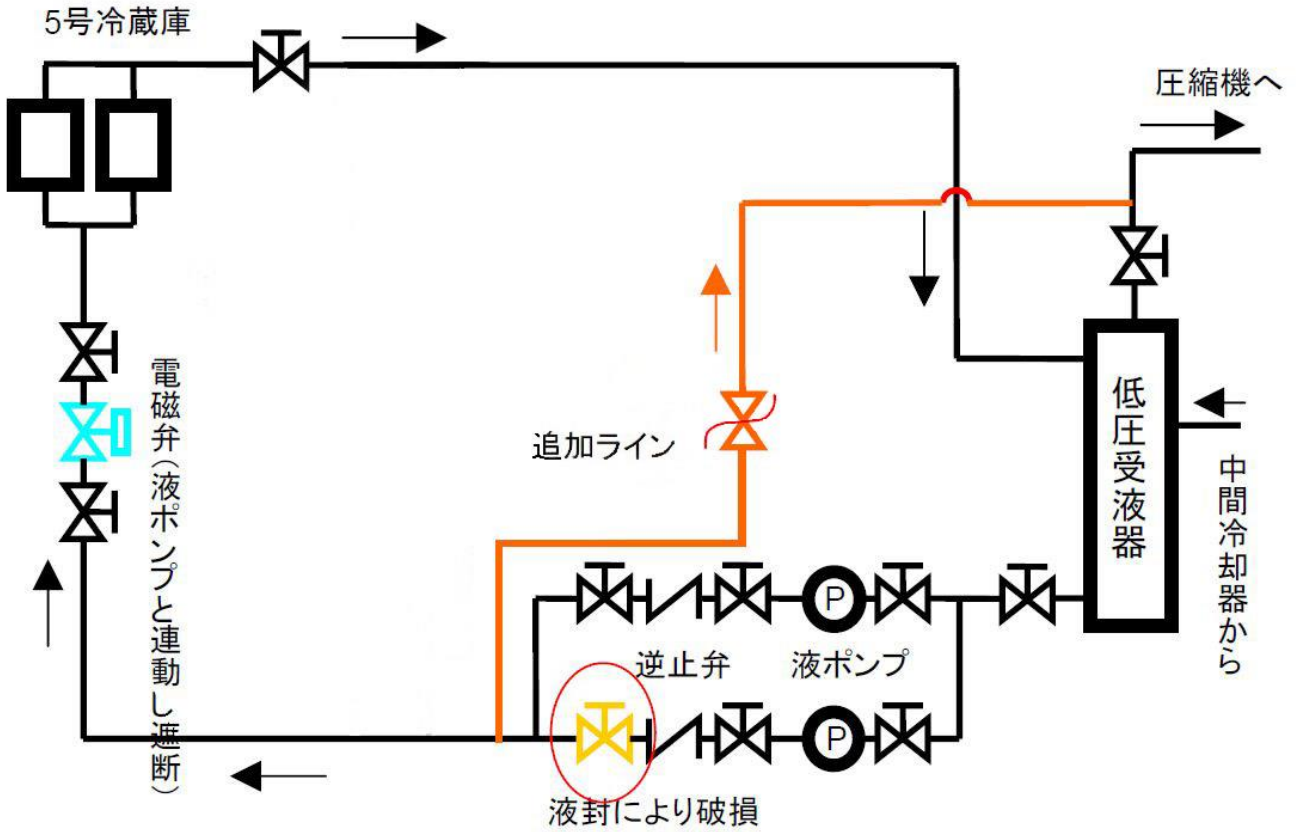
夕方、氷菓の生産停止に伴い、氷菓用冷蔵庫の冷凍機のポンプを停止した。
このポンプ停止動作により自動的に冷蔵庫手前の電磁弁が遮断した。
そのため、電磁弁と逆止弁との間の配管が液封状態となった。
その後、低温の液アンモニア温度が上昇し、液膨張によりラインの圧力が上昇した。
この結果、ポンプ吐出弁の本体部が破損し、深夜1時50分頃、約160kgのアンモニアが漏えいした。
約55分後に冷凍保安責任者等が到着し、元弁を閉止して漏えいが収まった。
液封防止対策として、リリーフラインを追加したほか、作業手順の見直し、
従業員に対して防災訓練や保安教育を行った。

高圧ガス保安協会、高圧ガス事故概要報告、2005-277 (2005年)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.10 高圧容器の破裂（参考）

冷凍事業所におけるアンモニアの大量漏えい事故発災設備の概要
（追加ラインは事故後の対策）



高圧ガス保安協会、高圧ガス事故概要報告、2005-277 (2005年)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1.10 高圧容器の破裂（参考）

類似の液封事故事例 (経産省・KHK事故DB)

- 小型アンモニア容器の過充填による破裂（平成27年　、千葉県）
- 熱交換器のシェル側冷却水の漏えい（　〃　、大分県）
- 冷凍設備冷媒フィルターの亀裂による冷媒漏えい（平成28年　、千葉県）
- 貯槽受入配管フレキ管よりクロロメチル漏えい（　〃　、三重県）
- 冷凍設備冷媒フィルターの亀裂による冷媒漏えい（　〃　、千葉県）
- LPガス受入配管元弁のガス漏えい（　〃　、青森県）
- 液化窒素容器に付けて放置されたフレキ管の破裂（平成29年　、大阪府）
- 液化アンモニア受入配管途中の弁の漏えい（　〃　、茨城県）
- 冷凍設備停止中の配管破裂による冷媒漏えい（平成30年　、岡山県）
- フローグラスの破損によるブタジエン等の漏えい（　〃　、山口県）
- 重合施設貯槽の受入配管から塩ビモノマーの漏えい（令和元年　、宮崎県）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3.3 粉じん爆発の防止対策（参考）

最近の粉じん爆発事故事例

粉体充てん作業中の粉じん爆発

（平成29年12月1日、荒川化学工業(株)富士工場）

- 被害状況：作業員2名死亡、重軽傷者13名、建屋火災、家屋破損等
- 印刷インキ用樹脂(ロジン変成フェノール樹脂)の粉体約470kgを運搬用フレキシブルコンテナ(FIBC)に充てんする作業を行っていた。
- FIBC内で粉じん爆発が発生。
- 火炎は集塵ダクト内を通り、集塵機内部でも爆発、破壊。
- 充てん場所周辺の通路、装置、梁などに堆積していた大量の粉じんも爆発し、被害が拡大。

荒川化学工業株式会社、富士工場印刷インキ用樹脂製造棟爆発火災事故調査報告書 (2018年)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

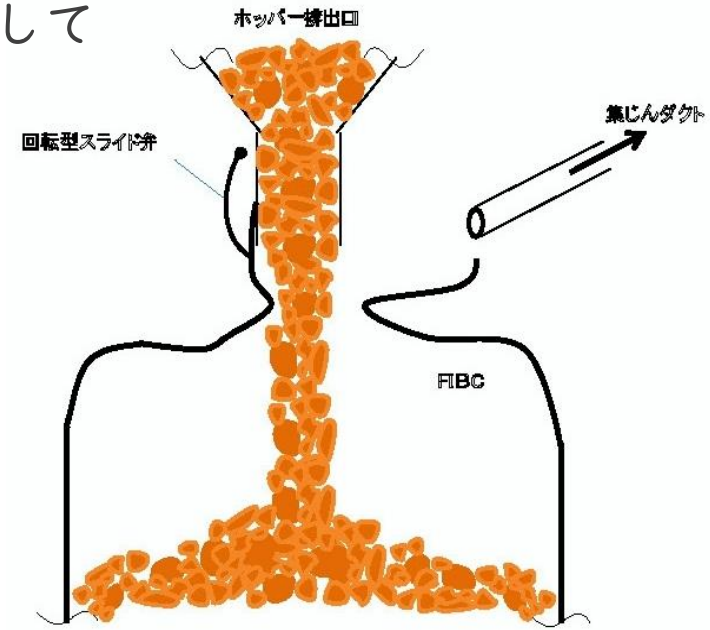
2.3.3 粉じん爆発の防止対策（参考）

最近の粉じん爆発事故事例

粉体充てん作業中の粉じん爆発（その2）

充填作業再現

粉体が落下後、中心から周辺に流れる際にコーン放電が発生した。
これは、粒径1mm以上の粉体で起こりやすい。
この放電により浮遊する粉体が着火して
粉じん爆発となった。
粉じん爆発は、粒径0.5mm以下で
起こりやすくなる。



荒川化学工業株式会社、富士工場印刷インキ用樹脂製造棟爆発火災事故調査報告書 (2018年)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5 反応の危険性

2.5.2 危険性の高い主な反応（参考）

最近の重大事故 ： **異常反応**に起因する爆発・火災

1. 塩ビモノマー製造施設における塩酸精製塔の事故
   平成23年、山口県、死者1名
2. レゾルシン製造施設における酸化反応器の事故
   平成24年、山口県、死者1名、重軽傷者25名
3. アクリル酸モノマー製造施設における中間タンクの事故
   平成24年、兵庫県、死者1名、重軽傷者36名
4. 多結晶シリコン製造施設における熱交換器の事故
   平成26年、三重県、死者5名、重軽傷者13名

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5 反応の危険性

2.5.2 危険性の高い主な反応（参考）

平成26年5月16日 内閣官房・消防庁・厚労省・経産省

「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議報告書」

① リスクアセスメントの内容・程度が不十分

非定常作業時や緊急時を想定してのリスクアセスメント、設備・運転方法の変更時の
リスクアセスメントが不十分

② 人材育成・技術伝承が不十分

Know-whyの不徹底による緊急時対応能力、多様な事故等を経験した人材の減少による
危険を予知する能力（リスク感性）が低下

③ 情報共有・伝達の不足や安全への取組の形骸化

過去の事故情報が十分共有されず、安全対策への反映が不十分。安全への取組が形骸化し、
現場保安力が低下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険物質の取扱いの基本

- 温度、圧力、組成 (濃度) の管理　　－ 常時確認、記録
- 反応、特に発熱反応への注意　　－ 冷却、蓄熱、混入物等の危険
- 気体・液体・固体相の発生の可能性　－ 圧力発生、閉塞等の危険

定常運転時でも必要であるが、
非定常作業時や緊急対応時でも軽視できない。

事故やトラブルによる影響の拡大に大きく影響することを
忘れてはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.5.2 危険性の高い主な反応（参考）

1. 塩ビモノマー製造施設の事故

塩酸精製塔：

精製塔の還流槽及び一時受けタンクで起きた反応：

$$CH_2 = CHCl + HCl \xrightarrow{FeCl_3\ (鉄さび由来)\ 触媒} CH_3CHCl_2 \qquad \Delta H = -62\ kJ/mol\ (発熱)$$

1,1-二塩化エタン

東ソー株式会社、南陽事業所第二塩化ビニルモノマー製造施設爆発火災事故調査対策委員会報告書 (2012年)

この反応は低温で起こり、発熱により徐々に温度上昇して暴走に至った。

◎ 鉄さびによりこの反応が起こることは他社よりヒヤリハット情報として提供されていた。

◎ 他社では、設備開放時の湿気対策に特段の配慮をしている。

◎ この反応は、1,1,1-トリクロロエタン合成反応の第1工程として既知である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ものづくり進化論（日経産業新聞）　（WEBより）

東ソー火災事故に学ぶ　高機能化に潜む経験不足の落とし穴

2012/7/31 7:00

〇〇〇社長はこう悔やむ。

「VCMと塩酸を混ぜると熱を持つというのは化学の基礎知識。
ベテラン社員がマニュアルより基礎知識を優先して
設備を動かし続けていたら、事故は起きなかった。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安主任者講習

技術者倫理とリスクマネジメント

東京工業大学　環境・社会理工学院
特任教授　中村昌允

高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者倫理とリスクマネジメント

1. 科学技術者の責任

（1）科学者の主張
（2）科学研究の変貌
（3）マンハッタン計画
（4）社会的責任の発生
（5）科学者のディレンマ

2. 技術者倫理とは何か

（1）技術者は専門職か
（2）技術者倫理の変遷
（3）技術者のジレンマ
（4）説明責任
（5）相互依存関係

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

狙い

1. 科学技術に完璧はない。
   科学技術は、先達たちの幾多の失敗を乗り越えて、今日がある。
   科学技術の是非は、専門家の判断に委ねざるを得ない。
   専門家がそれぞれの分野で最善を尽くしていることを
   相互に信頼しあうことによって成り立つ「相互依存社会」である。

2. 科学技術は、社会で実用化されて、はじめて評価の対象になる。
   科学技術者の提案が採用され、周囲の協力を得る必要がある。
   そのためには、「科学技術者としての信頼」が求められる。

3. 科学技術者の信頼は、
   (1) 専門能力の高さ
   (2)「正直」かつ「誠実」な行動によって得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

科学者と技術者

（1）科学者とは、

科学者は、おもに自然科学分野の研究を行い、
それまでに解明されていなかったことを解き明かし、
人類にとって新たな発見をする人のことをいう。
具体的な日々の活動内容は、実験や研究となるが、
それを論文にまとめ、学会等で発表し、社会に貢献する。
科学者は、その時点では答えのない問題に、ひたすら挑み続ける。

（2）技術者とは、

技術者は、科学技術を通して人工物を創り出す。
人工物を作ることは、工期，予算，実用的便宜等のために、
あるところで割り切ることによって成り立っている。
クライアントと公益との狭間で、ジレンマを感じながら仕事をする。
技術者は『問題の解決策』を求められ、『結果責任』を問われる。
『解』は一つではなく、幾通りもある。（正解かどうかは分らない）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 科学技術者の責任

1. 科学と技術は、基本的には、別個の活動として営まれてきた。

2. しかし、19世紀後半、化学や電気などの発展によって、科学を技術に応用して、軍事や産業上の目的に役立てる考えが有力となり、原子爆弾、遺伝子組換作物などが生まれた。

3. こうした一種の目的志向型の「研究開発」が、科学と技術を、科学は、純粋な「自然法則の解明」、技術は、その「応用」として、区別することが、そぐわなくなった。

4. 一方、科学の活動も高度な技術を用いた実験・観測手段への依存を益々高めてきているなど、現在では、かつてのように、科学と技術を区別することが困難といえる。

この講義では、科学と技術を区分せず、「科学」として取り扱う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）科学者の主張

1. 科学者の研究は、専ら自らの好奇心を満足させることにあり、
   結局は自分の喜びを得ることに他ならない。

2. 科学が、純粋に科学者個人の好奇心を充足させるためのものであれば、
   国家や社会が支援すべき必然性は必ずしも生じない。

＜科学者の主張＞

1. 自分たちの創り出す知識は、豊富な社会的効用を与えているのだから、社会に
   そうした効用を備えた知識を提供してくれる科学研究には公的支援が当然である。

2. 一方、科学は、「知識のための知識追求の営み」だから、社会の側から、
   制約や管理を受けるべきではない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 科学研究の変貌

1. 第二次世界大戦　科学と科学者の総動員
   ⇒ 研究成果を戦争に徹底的に利用
   ⇒ マンハッタン計画

2. 戦後も、この考えは継続
   1945年 ブッシュ「科学ーこの終わりなきフロンテイア」
   基礎研究から出発して、新原理や新概念の発見につなげ、
   そこから新製品や新製法を開発し、新産業を生み出すという順序での発展として、
   基礎科学研究と技術との関係を捉えている。

限りなくフロンテイアを拡大・前進する科学研究の成果を、
国家・社会が最大限に活用することによって、
抱えている問題を、一つ一つ解決し、社会が限りなく発展する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

バネバー・ブッシュ（Vannevar Bush） 1890年3月11日-1974年6月30日

アメリカの技術者及び科学分野における管理統括者（science administrator）
アナログ式のコンピュータ、原子爆弾開発における彼の政治的役割、
メメックス（memex）、ワールド・ワイド・ウエブ（the World Wide Web）の
パイオニアなどで知られる。

「科学―その果てしなきフロンティア」（Science, The Endless Frontier）
1945年7月に出されたトルーマン大統領に対する報告書
基礎研究について、「技術的進歩におけるペースメーカー」であるとし、
「新たな製品や新たな加工技術は決して成長を止めない。それらは、新たな原理や
新たな概念に、その基礎を置いている。それらは、科学の純粋王国の中での
研究によって、痛みを伴いつつ、その開発が達成される！」

→ 1950年 国家科学基金（the National Science Foundation-NSF）創設

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）マンハッタン計画（原子爆弾開発計画）

1942年8月13日 「マンハッタン計画」誕生

（1）アインシュタインからルーズベルト宛の手紙

ドイツが「核分裂を軍用化すること」への警戒大量のウラニウムに核の連鎖反応を起こさせる可能性がある。強力な爆弾が作られることも考えられる。
政府は、この研究に携わっているグループと恒久的な接触を持つべきである。

（2）ウラニウム委員会が作られ、政府から研究に資金

- 1945年7月16日　アラモゴルド砂漠で実験に成功科学者達は原子爆弾の破壊力に驚き、実際に使用することに強く反対した。
- 1945年8月6日　広島、8月9日　長崎に原爆が投下された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）社会的責任の発生

科学技術研究の本質が、「社会に貢献する」ということであれば、
そこには「社会的責任」が生じてくる。

＜マンハッタン計画の意味＞

従来の意識は、「科学は知識を追求する営みで、社会との直接的な関連は、
道義的責任も含めて一切持たないで済む」であった。しかし、殺戮兵器の開発に
携わったことにより、科学技術者が社会的責任を自覚せざるを得なくなった。

→ 科学技術者が従来の意識からの転換を迫られた。
　ラッセル・アインシュタイン宣言

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ラッセル・アインシュタイン宣言　Russell-Einstein Manifesto

英の哲学者・バートランド・ラッセル卿と、米のアルベルト・アインシュタイン博士が
中心となり、1955年7月9日 ロンドンにて、第一級の科学者ら11人の連名で
米ソの水爆実験競争という世界情勢に対して、核兵器廃絶・科学技術の平和利用を
訴えた宣言文。

日本からは、湯川秀樹博士が署名

「将来の世界戦争においては、かならず核兵器が使用されるであろうし、
そしてそのような兵器が人類の存続を脅かしているという事実からみて、
私たちは世界の諸政府に、彼らの目的が世界戦争によっては促進されないことを
自覚し、このことを公然とみとめるよう勧告する。
また、私たちは、彼らに、彼らの間のあらゆる紛争問題の解決のための
平和的な手段をみいだすよう勧告する。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アルフレッド ノーベル

- 知人の化学者アスカニオ・ソブレロ（Ascanio Sobrero）が発明した爆薬、ニトログリセリンを、初めて実用的に使用することに成功。
- ノーベルは、さらに、これを改良し、安全に使えるようにした“ダイナマイト”を発明した。
- “ダイナマイト”は、工事現場での岩盤の破壊など、作業の効率化を進めるものとして広く普及したが、“ダイナマイト”のような強力な爆薬が持ち運び可能になると、この爆薬が大量殺戮の道具として使われる事になった。

この悲しみがもとで、ノーベルは遺言を記した。

「基金を設立し、その利子を毎年、その前年に人類のために最も貢献をした人に賞として与えるものとする。この利子は5等分して、受賞者に与える。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

科学者の社会的責任

1. 科学者の社会的責任

社会的効用のある知識を作り出すことによって、科学研究が社会に貢献することが、科学研究の本質である。また、科学研究には国家や社会の支援が行われて当然であるとするならば、当然ながら、そこには「社会的責任」が生じる。

2. 二つの立場

A マンハッタン計画の結果、大量殺戮兵器である核兵器が世に出された時、
そうした開発に携ったことに対する研究者には、社会的責任がある。

B 自分たちは、研究という知的行為に従事しただけであって、
その研究から生み出された知識に対して責任を負う立場にない

この二つの立場をどのように考えるか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（5）科学者のディレンマ

科学の研究の自由、科学的真理の無限探究の自由を置き、
一方で、その成果、例えば核力の使用には、制限を置く。

その制限、核エネルギーを兵器として使用することの禁止、
それに向かっての無限の努力が「科学者の社会的責任」である。

＜科学者のディレンマ＞

自ら生み出したものを、自ら制限せざるを得ないというディレンマともいうべきものである。
近代文明の推進者であった科学者または科学技術者が、その進歩の極限において、
自己制限、自己統制を自ら課さざるを得ないという次第になった。

唐木順三「科学者の社会的責任」についての覚え書き p8～p9、（2012）筑摩書房

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

科学者に求められること

1. 技術者は、自分たちの専門家集団の外部に必ずクライアントを抱えているが、
科学は、元々クライアントの存在を前提にしない活動で内部規範ですんだ。
科学者は、自分たちの職能者集団の内部に常に視線が据えられている。

技術者は、まず、公衆の福利を考えている。

① 公衆の安全、健康、福利を最優先にする。
② 自分の能力のある領域においてのみサービスを行う。
③ 公衆には、客観的で、真実に即したやり方で説明する。
④ 雇用者、依頼者のために、誠実な代理者または受託者として行動。

2. 科学の成果が、社会的インパクトを持ち、直接的な力を発揮するような現在においては、
科学者も内部規範だけでは不十分である。

→ 技術者に求められていることが、科学者にも適用される。専門家として、
自らの研究成果の負の効果に対して敏感であり、それを制御する方法の案出にも
責任と義務を感じ、また、それを実践できるような研究者倫理が求められる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 技術者倫理とは何か

社会は、それぞれの専門分野で最善を尽くすことを、
お互いに、信頼しあうことによって成り立っている“相互依存社会”である。

技術者は、公衆の安全、健康、福祉を最優先に行動する。
その前提は、知識と経験に基づく“高い専門能力”と“信頼”である。

技術者は、弛むことなく研鑽し、正直、かつ誠実な存在である。

（1）技術者は専門職か？

（2）専門職倫理の変遷

（3）技術者としての責任

（4）説明責任

（5）相互依存の関係

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者とは何か

1. 科学技術を通して人工物を作ることは、工期，予算，実用的便宜等のために、
現実との妥協の上に、あるところで割り切ることによって成り立っている。
⇒『技術者のジレンマ』

2. 技術者は、『問題の解決策』を求められ、『結果責任』を問われる。
『解』は一つではなく、幾通りもある。（それが正解かどうかは分らない）
技術者は、的確な「解」を見つけるために最善を尽くす。
それには、該博な知識と専門能力をもった『T字型人間』が求められる。
⇒ 自分自身の“Philosophy”（判断・行動基準）

3. 経験を多く積む方が、より的確な「判断・行動基準」を持てるが、
私たちが、経験できることは限られている。そこで、実際の事例を、
第3者として評論家的に見るのではなく、自分をその当事者の立場において、
同じ状況にいたならば、「私は、どう判断し行動するか」を考える。→『仮想体験』

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）技術者は専門職か？

1. 大組織で働く技術者は、独立のコンサルタントに比較し、より少ない自律しか持たない。

2. 技術者は、専門職としての免許や登録がなくても仕事を行っている。

それにもかかわらず、技術業の実務においては、
教育と特別な専門技術が極めて重要な役割を果たしている。
技術業を専門職業との一つとして認める事は理にかなっている。

第2版「科学技術者の倫理 その考え方と事例」p14

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

専門職（Profession）

世界大百科事典 第2版の解説

専門職（専門的職業とも呼ぶ）の定義はまちまちであるが，
専門職が備えていなければならない基本的な要件は，

（1）体系的な知識（学問）を、長期間学ばないと就けない職業

（2）自己の利益追求よりはむしろ公共への奉仕を指向している

の2点である。

具体的には聖職者，法律家，医師，高等教育機関の教師，科学者，技術者，芸術家がその代表的なものである。

専門職は職業の一部であるが，普通の職業と区別されて扱われることが多い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）専門職の倫理の変遷

NSPE（全米プロフェッショナル技術者協会）の綱領
（The National Society of Professional Engineers）

初期の規定

技術者は、依頼人または使用者の利益を第一に考えるべき

1947年 ECPD規程 （専門職開発に関する技術者協議会）

技術者は使用者 又は 依頼人への忠実な義務のみならず、
公衆に対しての義務も持っており、当然の注意を払う。

1974年 ECPD規程の改定

技術者はその専門職の義務の遂行において、
公衆の安全、健康、及び福利を最優先にしなければならない。

現実に、この通り行動できるなら、技術者倫理が問われることはない

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

NSPE綱領（1996年版）

＜前文＞

技術業は、重要で学術的な専門職業である。

この専門職業の一員として、
技術者は、正直および誠実の最高の基準を示すものと期待されている。

技術業は、すべての人にとって、生活の質に直接的かつ重大な影導力がある。

したがって、技術者が提供するサービスは、
正直、不偏性、公平性、および衡平が必要であり、
公衆の健康、安全および福利の保護に捧げられなければならない。

技術者は、最高の倫理的行動原理の遵守を要求する専門職業の行動基準のもとに、
それを遂行しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

NSPE Code of Ethics for Engineers

Preamble

Engineering is an important and learned profession.

As members of this profession, engineers are expected to exhibit the highest standards of honesty and integrity.

Engineering has a direct and vital impact on the quality of life for all people.

Accordingly, the services provided by engineers require honesty, impartiality, fairness, and equity, and must be dedicated to the protection of the public health, safety, and welfare.

Engineers must perform under a standard of professional behavior that requires adherence to the highest principles of ethical conduct.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）技術者としての責任

1. 実際局面で判断を下しているのは、そこにいる技術者

「技術者は、科学技術のもたらす危害を防げる
最も大きな可能性を有しており、責任がある」

2. 専門家としての責任

① 専門的知識に則って、個々の問題に判断を下す。

② 判断は、科学的知識に基づいてなされる。⇒ 「技術者は技術に忠実に判断」

3. 説明責任（accountability）

「決定に携わった人間は、結果にも責任を負う」

① 決定過程を詳細に公表

② リスクを考慮して、実行するかどうかの判断

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）技術者としての責任

1. 科学技術を通して人工物を作ることは、工期，予算，実用的便宜のため、
   現実との妥協の上に、（あるところで割り切ることで）成り立っている。
   ここに、「技術者のジレンマ」が生じる。
   ⇒ 科学技術者は、「ここまでしか安全は保障されていない」ことを、社会に説明する責任がある。

2. 技術者は、『問題の解決策』を求められ、『結果責任』を問われる。
   現実には、『解』は一つではなく、幾通りもある。（正解は判らない）
   いかに、的確な『解』を見つけるか？
   それには、自分自身の『判断・行動規準』を持つ必要がある。

3. 多くの経験を積む方が、より的確な「判断・行動規準」を持てる。
   しかし、私たちが、経験できることは限られている。
   そこで、実際の事例を、第3者として批評家的に見るのではなく、
   自分が、その当事者であったと仮定し、（第一人称で）
   「私が、同じ状況にあったなら、私はどう判断し、行動するか」を考える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故の94%は、技術者が判断した技術的原因

表1.8 失敗原因の分析

大分類	比率(%)	分類	比率(%)
1. 技術者個人が判断した技術的原因	94	調査・検討の不足(事前検討の不足、仮想演習不足)	39
		無知(知識不足)	26
		誤判断	16
		環境変化への対応不良	8
		未知(未知事象発生、異常事態発生)	4
2. 属人的ヒューマンエラー的原因	41	不注意	33
		手順の不遵守(手順の無視)	8
3. 組織的原因	73	組織運営不良	30
		価値観不良(安全意識不良)	37
		企画不良	5

出典:中尾政之:「歴史に学ぶ失敗学」、素形材、48巻、8号、p34-38(2007)図1を基に著者が再作成

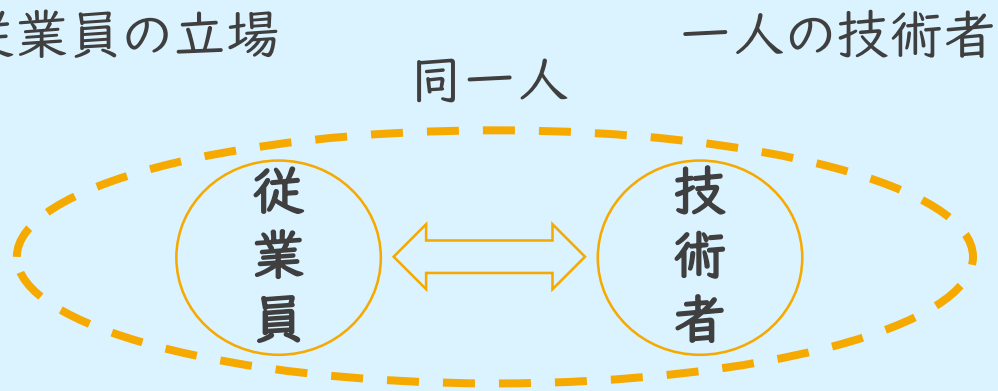
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者の利益相反

利益相反（Coflict of Interst）

一人の人が、二つの立場に立つことがある。

一方の利益を図れば、他方の利益が損なわれる。



従業員：雇用者である企業のために誠実に行為する責務

技術者：公衆の安全、健康および福利を最優先

- 技術者が、いつも、「公衆のために、安全、健康、福利を最優先に行動できる」なら、技術者倫理が問われることはない。
- 現実の場では、自分、関係者、企業の将来が関係し、必ずしも守られていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例1「六本木ヒルズ」の回転ドア

2004年3月26日午後11時頃
6歳男児が自動回転ドアに駆け込み、頭を挟まれ、病院に搬送されたが間もなく死亡。

重い重量の自動回転ドアを駆動するには、出力の大きいモーターを必要とする。
もし、自動回転ドアに挟まれることが起きれば、大きな惨事になる可能性がある。

- ヨーロッパ設計基準 ： 重量 1t以下
- 六本木ヒルズ ： 重量 2.7t

<問われていること>
あなたが自動回転ドアの設計者であったとしたら、顧客からの注文にどう応えるか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

QUESTION

1. あなたが自動回転ドアの設計技術者であったなら、どう行動するか？

A 自動回転ドアの設計をする。

B 自動回転ドアの設計を拒否する。

2. 自動回転ドアの設計を拒否したとしたら、あなたの立場はどうなるであろうか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

六本木ヒルズ自動回転ドア判決

1. 六本木ヒルズ自動回転ドア事件判決（東京地裁H17.9.30）

- メーカー「三和タジマ株式会社」取締役営業開発部長　禁固1年2月（執行猶予3年）
- 森ビル常務取締役森タワー　設計部門責任者　禁固10月　（執行猶予3年）
- 六本木ヒルズ運営本部管理本部 管理運営担当部長　禁固10月　（執行猶予3年）

直接の担当者や、実際の設計者は起訴されていない。
また、株式会社の最高責任者は起訴されていない。

2. 判決理由

メーカーの取締役営業開発部長の量刑について

「回転ドアの業務に長年従事して回転ドアに関する知識，経験を蓄え，森タワー以外の事故情報についても早期に入手して，自動回転ドアの危険性やそれが現実化していることを十分に認識していたにもかかわらず，さしたる安全対策を講じないまま，本件自動回転ドアを森タワーに設置し，しかも，本件自動回転ドアで（平成15年）12月7日の事故が発生したことを分かりながら，そのまま使用を続けさせたものであって，その過失の程度は極めて重いものである。

また，本件自動回転ドアの設置に当たり，三和タジマ社から森ビル社に対して、本件シノレスの危険性について十分な説明がされていたとはいえない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者は何ができたか？

1. 事故を回避する本質安全設計を実現するためには、
自動回転ドアの重量を軽くすることが不可欠である。
ドア自体を小さくすることはもちろん，ステンレス枠をアルミまたはプラスチック枠に，
ガラスをアクリル板に変更するなどの設計変更が必要である。

2. しかし，森ビルが、そのような「安っぽい」ドアを、
当該ビルの正面玄関用として採用しただろうか？
その状況で、メーカーの一取締役に、自らの職業生命をかけて、
採用されないリスクを冒して、本質安全設計の実現や、自動回転ドアの
潜在的危険性を、森ビル側に告知することが可能であっただろうか？

弁護士小林正啓と弁護士櫻井美幸のブログ「六本木ヒルズ回転ドア事故判決について」
http://hanamizukilaw.cocolog-nifty.com/blog/2007/06/post_aae7.html

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例2 フォルクスワーゲン（VW）事件

2015年 9月18日

米国環境保護局（EPA）が、VWが規制テストのときだけ、
排ガス規制値をクリアする不正なソフトを使用していたと公表。

2015年 9月22日

VWは、米国の排ガステストをクリアするため、違法なソフトを使用したことを認めた。
不正に関連する車は、1100万台に上る可能性

この不祥事は、VW自身の意図に基づいて、不正ソフトによって排ガス規制をすり抜け、
米国での自動車販売台数を増やす意図のもとに行われた。

不正ソフトによって、テスト時だけ窒素酸化物の規制値をクリア。
実際の走行では、10～40倍の窒素酸化物（NO_X）を出していた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

見た目には判らない不正プログラム

1. 北米で発売されたVWのディーゼル車は、
「defeat device（排ガス処理システムの無効化プログラム）」を使用。
試験用の走行モードだと判断すると、違法プログラムが働き、排ガス規制をクリアする。

2. パワフルな走りや低燃費といった性能を達成しようとすると、
ディーゼルエンジンでは高温燃焼となり、NOxが増加し、
排ガス規制値をクリアできない。（ガソリン車はNOxは発生しない）
一方、排ガス規制をクリアすると、「走り」や「燃費」が犠牲になる。

3. 両立させるには、排ガス処理対策が必要であった。
しかし、それでは、価格競争力に問題がある。

①尿素SCRやDeNOx触媒などの後処理装置を追加
②排ガスの一部をエンジンに戻して燃焼温度を下げるEGR装置の追加。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

問われていること

あなたが、当事者であったならば、どう判断・行動するか？
自らの処遇をかけ、異議を唱えられるか？

（1）不正に係った技術者

社会に有害な影響を及ぼす経営方針が出された場合に、
あなたは、どのように行動するか？

（2）不正が行われていることを知った技術者

会社の方針が、社会からの信用を失墜するものであると、考えられる時、
あなたはどうするか？

（3）経営者としての意思決定する立場

①事態が発覚した際のリスクと、排ガス処理設備の強化費用
②企業の社会的責任

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術者として問われていること

1. 不祥事の事実を、技術者は把握していた。
   しかし、不祥事の進行を止めることはできなかった。
   技術者は、自らの（自分たちの）考えを
   経営の意思決定に影響を与えるにはどうするか？

2. 不祥事の進行が、社会に大きな負の影響をもたらすと考えられる時、
   技術者は、技術者コミュニティ等を利用して、社会に情報発信することができるか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 説明責任

1. 技術者は、公衆の信頼を受けて仕事をする。
   公衆に対して、専門職としての責任を負っている。

2. 科学技術との関係で、
   (1) 公衆は、事象の是非を良く知らされた上で判断(同意)するために、
   「知る権利」がある。
   (2) 技術者は、公衆が納得できるように、
   「説明責任」(accountability)を果たす必要があり、
   「情報開示」(disclosure)を求められる。

「説明責任」の基盤にあるもの:

- 説明責任は、説明する者とされる者との間の信頼感に支えられる。
- 信頼は、技術者がモラル的に行動することから生まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例3 がん発生原因に対する主婦と疫学者の違い

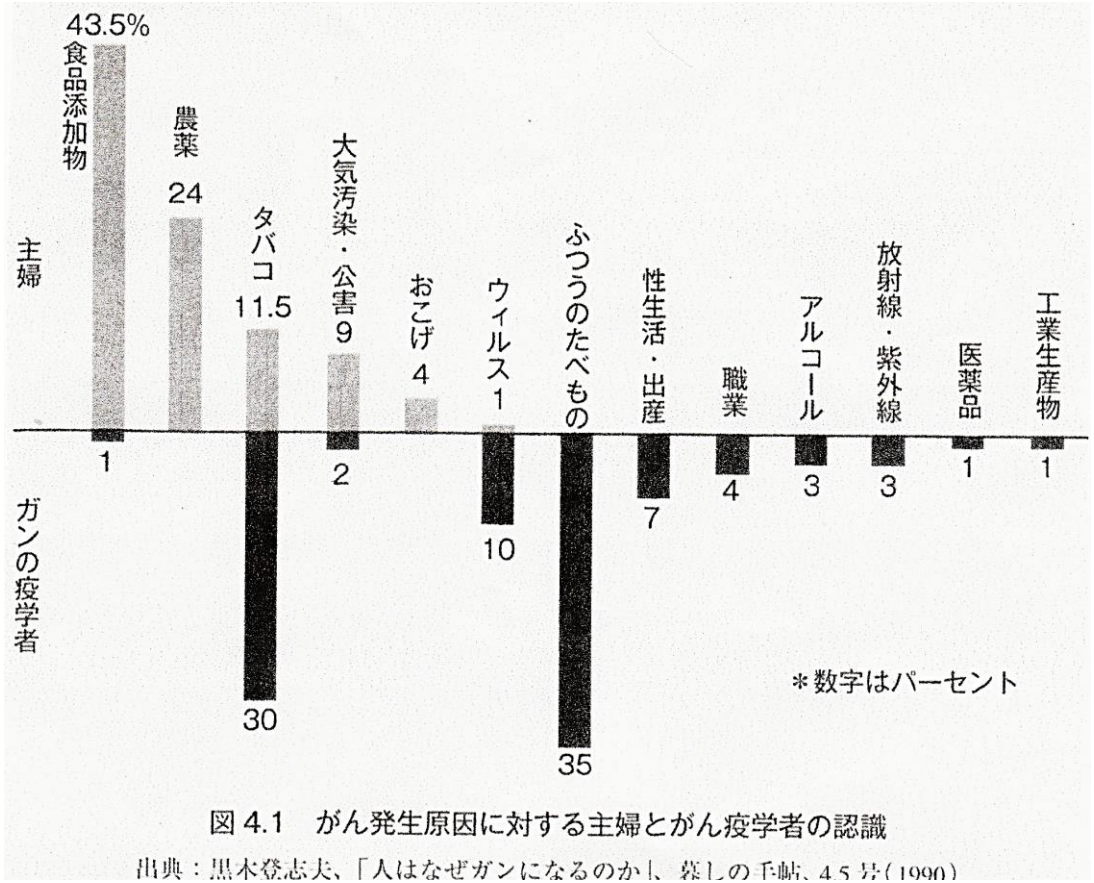


図 4.1　がん発生原因に対する主婦とがん疫学者の認識

出典：黒木登志夫、「人はなぜガンになるのか」、暮しの手帖、4.5 号(1990)

<ポイント>

主婦とがん疫学者との間に、
がん発生原因に対する認識の差

1. 食品添加物や農薬のリスクについて、
癌疫学者は、定められた試験を経て
実用化されていることを、
社会に説明しているか？

2. 説明しているならば、なぜ、
このような状態（認識の違い）となるのか？

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例4 合成物質への理解

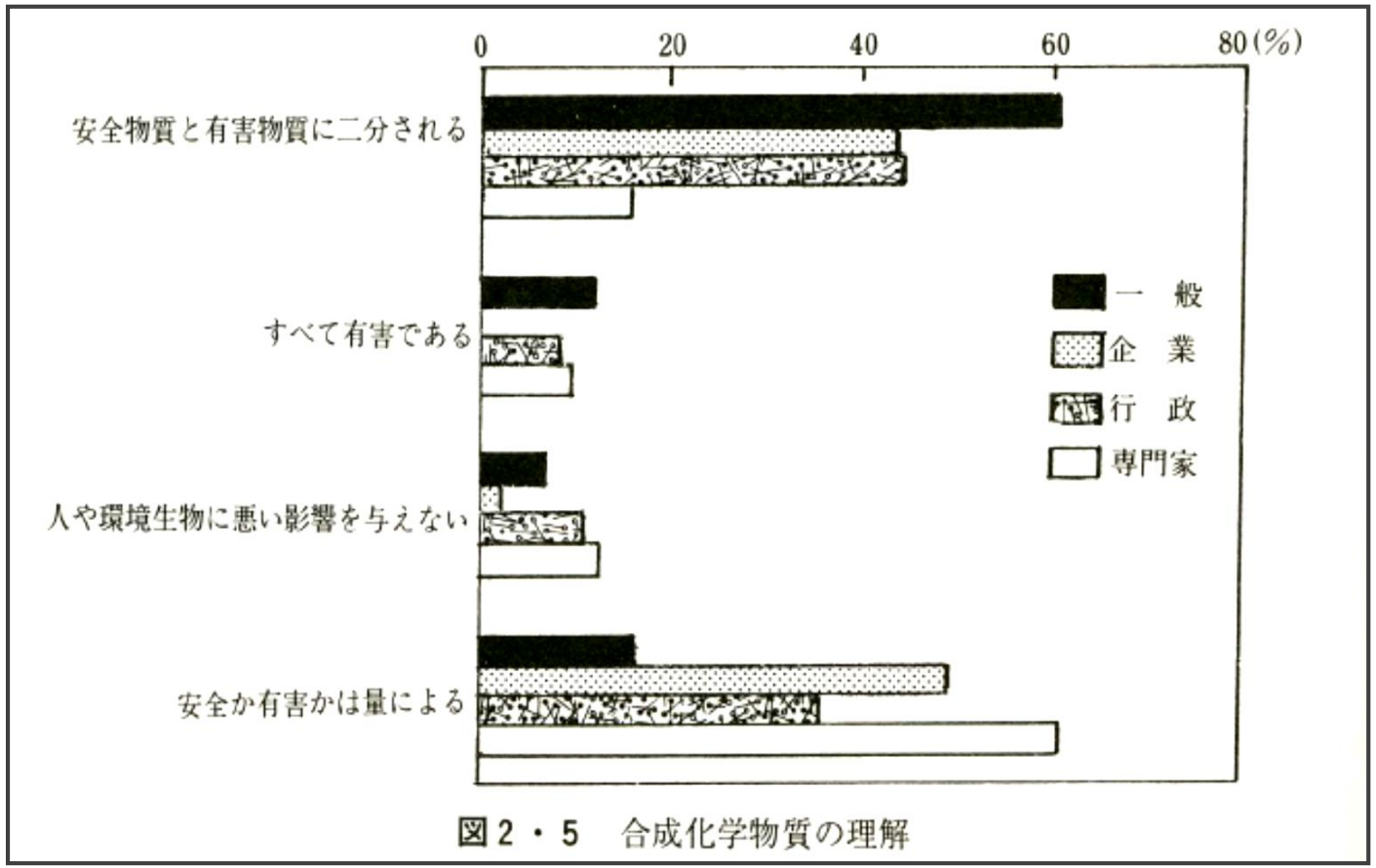


図2・5　合成化学物質の理解

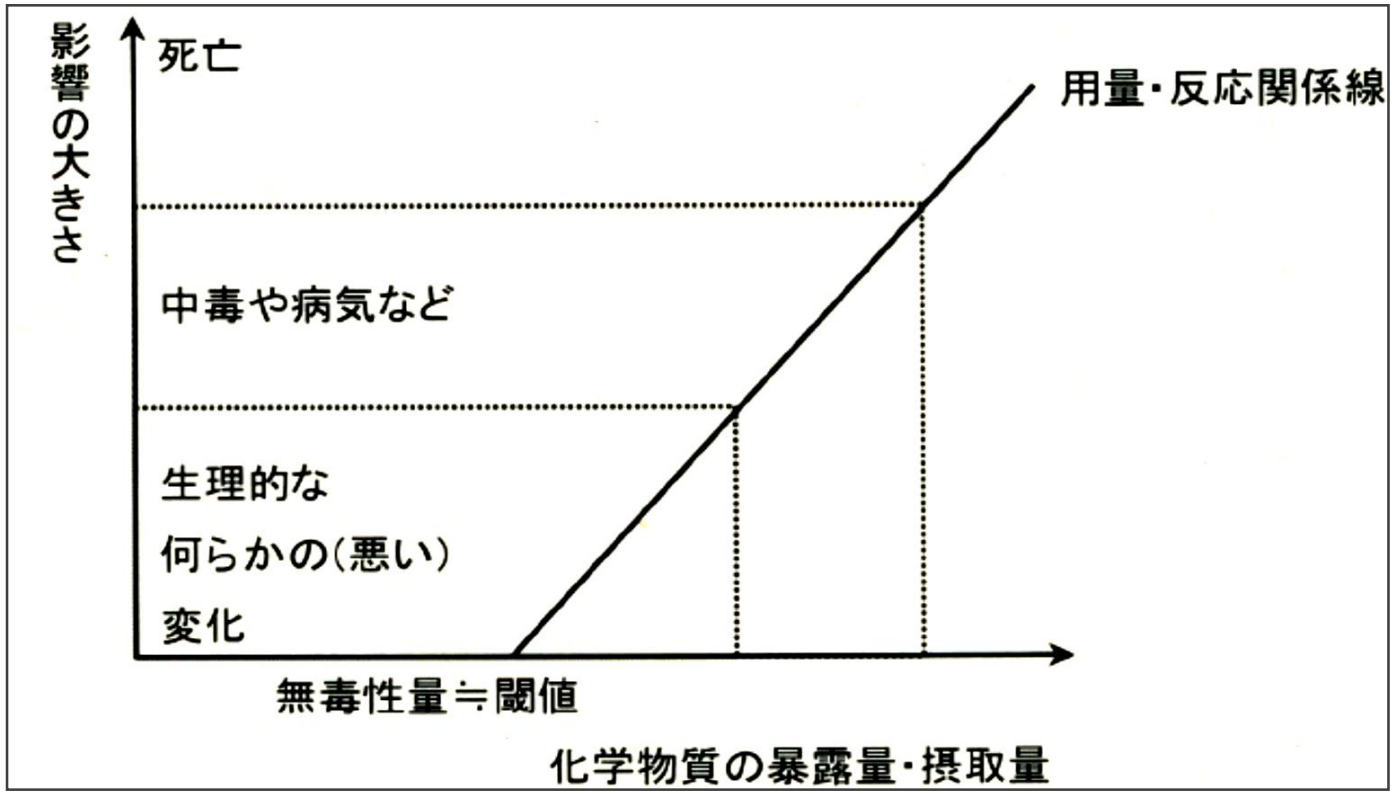
安全性、有用性に対する考え方

1. 一般の人安全物質と
   有用物質に二分される。
2. 専門家安全か有用かは、
   量による。
3. 専門家でも60%しか、
   化学物質の安全性を
   正しく理解していない。

北野大 他「循環型社会への提言」研成社（2002）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

化学物質の用量ー反応関係



ある物質を摂取した場合、
ある投与量までは全く影響が
ない範囲があり、それを「閾値」
といい、閾値内でコントロール
していればリスクはない。
すべての化学物質には、
用量・反応関係線が存在し、
それぞれの化学物質で、
このグラフの傾きや閾値の
大きさが異なる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）技術者と公衆

＜技術者＞

科学技術の専門職として、
科学技術を利用する業務に従事し、
そこで生じる危害を抑止することができる立場にある。

＜公衆＞

技術者が行う業務に、自由（free）、または
良く知らされた上での（informed）同意を与える立場ではなく、
その結果に影響される人々

公衆 ＋ **（その分野の）科学技術の知識・経験・能力** ＝ **技術者**

日本技術士会プロジェクトチーム技術者倫理研究会編
「技術者倫理　法と倫理のガイドライン」 p17　丸善株式会社（2009）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

原子力発電に対するリスク認識の比較

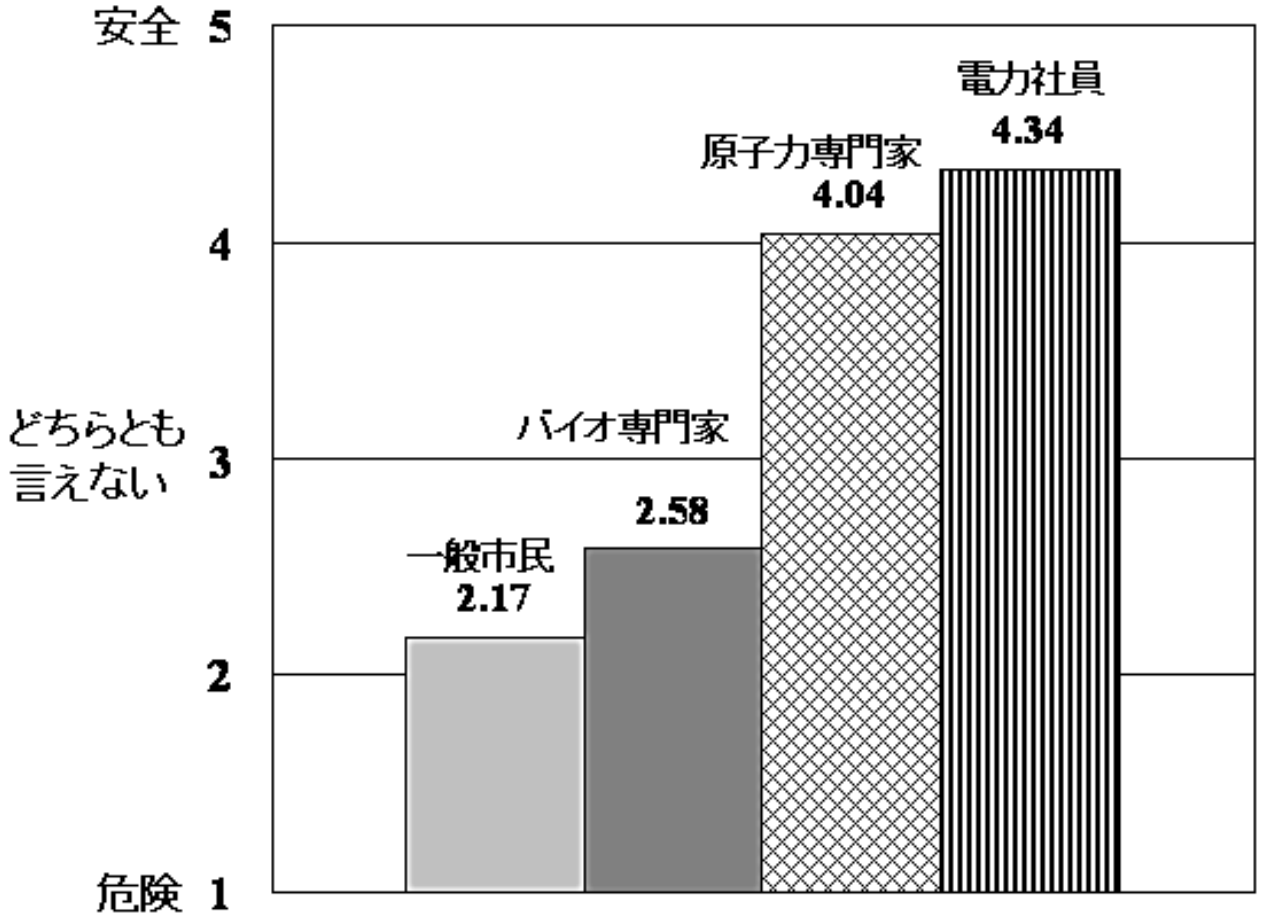


図1　原子力発電のリスク認知の差

[出典]小杉素子・土屋智子：科学技術のリスク認知に及ぼす情報環境の影響
—専門家による情報提供の課題— 、(財)電力中央研究所研究報告、
Y00009(2000)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（5）「相互依存」の関係

1. 現代社会は高度技術社会
   技術への依存度は増すことがあっても減少することはない。
   高度に分化している科学技術の是非（価値判断を含む）は、
   専門職能者（プロフェッショナル）にしか判断できない。

2. 一つの分野の専門家も、他の分野では公衆である。
   「その分野のプロに頼る分業体制」

3. 社会は、科学技術やプロフェッショナルに依存しており、
   相互に、他者を頼らざるを得ない。

公衆は、各分野のプロフェッショナルを信頼するしかない。
技術者の信頼は、モラルに則った行動から得られる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

私達は医者に何を期待するか？

＜医者への期待＞

1. 医者は最新の医術にも精通し、私達に、最適の処方を施す能力がある。

2. 私達が、自由で、事情を知らされた上で決定できるように、
　医者は必要な情報を与えてくれる。

3. 私達が医者に相談する事は秘密が守られる。

これが専門職（倫理的に誠実な実践者）に対する社会からの期待である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ヒポクラテスの誓い

1. 由来

古代ギリシアの医師集団コス派の文書を中心とする文書群、
Corpus Hippocraticum（ヒポクラテス集典）にある。
紀元前4世紀の「医学の父」ヒポクラテス、あるいは彼の弟子の一人による誓言であると広く信じられ、
一般には「ヒポクラテスの誓い」として流通してきた。

2. 医学校での宣誓

1508年、ドイツのヴィッテンベルク大学医学部で初めて医学教育に採用。
1804年、フランスのモンペリエ大学の卒業式ではじめて宣誓され、
以降医者にとって重要なものとして長らく伝承されてきた。
1928年では、北米の医学校の19%で卒業式の誓いとしていたが、
2004年では北米のほぼ全ての医学校の卒業式に誓われている。

3. ジュネーブ 宣言

ヒポクラテスの誓いを現代的な言葉で表したのが WMA（世界医師会）の
ジュネーブ宣言（1948 年）である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ジュネーブ宣言（医師の誓い）

医師の一人として、

- 私は、人類への奉仕に自分の人生を捧げることを厳粛に誓う。
  私の患者の健康と安寧を私の第一の関心事とする。
- 私は、私の患者のオートノミーと尊厳を尊重する。
- 私は、人命を最大限に尊重し続ける。
- 私は、私の医師としての職責と患者との間に、年齢、疾病もしくは障害、信条、民族的起源、ジェンダー、国籍、所属政治団体、人種、性的志向、社会的地位あるいはその他いかなる要因でも、そのようなことに対する配慮が介在することを容認しない。
- 私は、私への信頼のゆえに知り得た患者の秘密を、たとえその死後においても尊重する。
- 私は、良心と尊厳をもって、そしてgood medical practiceに従って、私の専門職を実践する。
- 私は、医師の名誉と高貴なる伝統を育む。
- 私は、私の教師、同僚、および学生に、当然受けるべきである尊敬と感謝の念を捧げる。
- 私は、患者の利益と医療の進歩のため私の医学的知識を共有する。
- 私は、最高水準の医療を提供するために、私自身の健康、安寧および能力に専心する。
- 私は、たとえ脅迫の下であっても、人権や国民の自由を犯すために、自分の医学的知識を利用することはしない。
- 私は、自由と名誉にかけてこれらのことを厳粛に誓う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクマネジメントとは何か？

1. 問題が発生した後で、その再発防止に取り組んできた。
   失敗に学ぶという処方では限界があり、リスクマネジメントの必要性が大きくなってきた。

2. リスクマネジメントは、
   「好ましくない影響をコントロールする」と解釈してきたが、
   ISO／IECガイド73によってリスク概念が変化した。

ガイド51	1990年発行　2003年 ISO－12100 危害の発生確率およびその危害の程度の組み合わせ
ガイド73	2002年発行　2009年 ISO－31000 事象の発生確率と事象の結果の組み合わせ リスクは顕在化した影響として、 好ましくない影響と好ましい影響を共に含み、又期待値から乖離しているもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクとは

the possibility that something bad,
unpleasant, or dangerous may happen

行為者が自ら危険を認識しつつ、敢えて、その危険に挑むこと利益を求めながら、
それを行うことによって被る負の要素（人間が利益を求めることの代償としての危険）

リスクには「人間の意志」と「可能性」が絡む。

Example ：「立ち入り禁止」を英語ではなんと言うか？

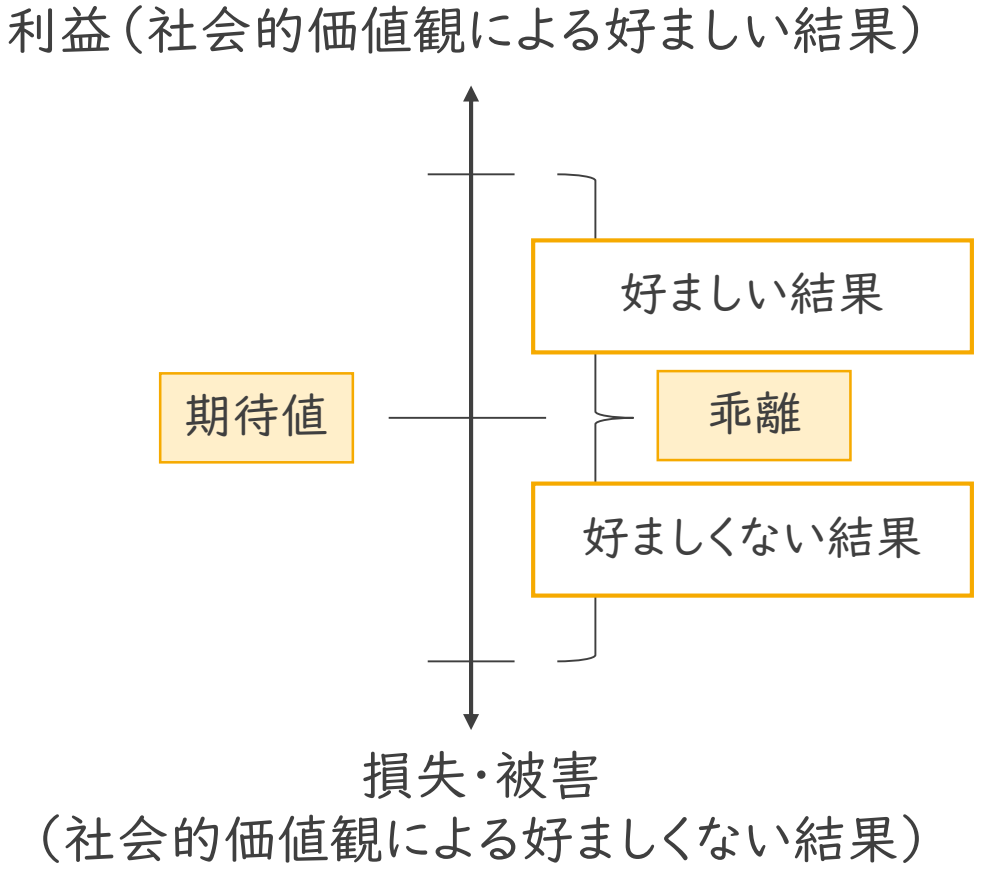
「Beyond this barricade at your own risk」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクとは何か？

リスクは二つの性質（ガイド73）

1. その事象が顕在化すると、
   組織にとって何らかの影響が発生する。
2. その事象がいつ顕在化するかについて、
   発生の不確かさがある。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスクマネジメント

<リスクマネジメントのポイント>

リスクを分析することではなく、不確かさに対処するために、意思決定を行うことである。

①リスクマネジメントは、経営者の責任において実施すべき
経営管理業務（マネジメント）である。

②管理する対象は、起きてしまった事故や不祥事ではなく、
これから影響を与える可能性のある“リスク”である。

③組織として考えるべきリスク

- 組織自体や従業員に影響を与えるリスク
- 組織が消費者や社会に対して与える可能性のあるリスク

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ISO 31000の構造とプロセス

野口和彦「リスクマネジメント」日本規格協会

二つの流れ

1. ファイナンスのリスク管理
   リスクを事業者主体者自身への
   好ましくない影響のコントロール
   事業への利益を出すということが、
   前提になっており、対策の可否は、
   総合的な経済原理の中で議論される。

2. 社会や消費者へのリスク
   受け入れられる好ましくない影響は、
   ある限度があり、技術的限界や
   経済的制限は考慮するものの、
   可能な限り低減するべきである。

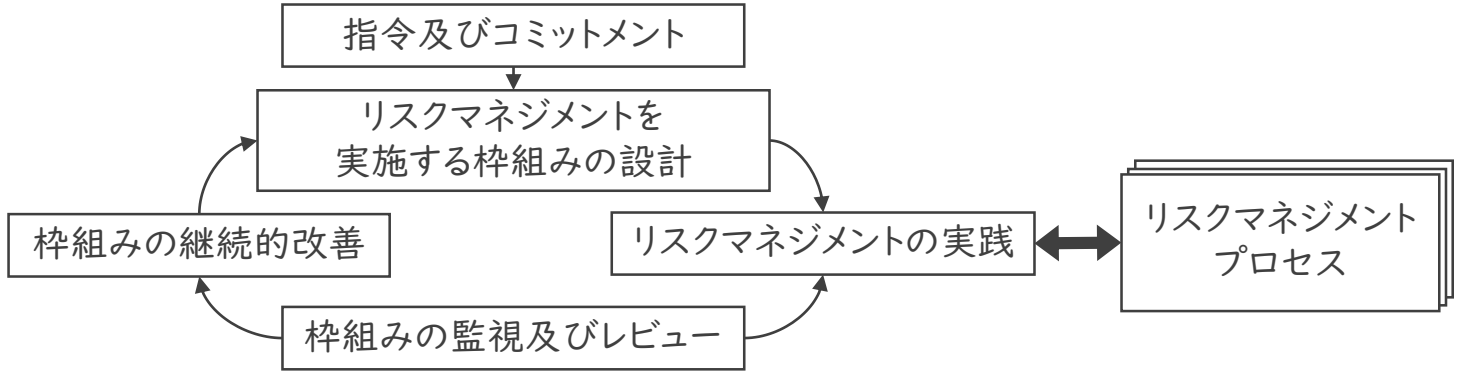


図3.1 ISO 31000の構造図

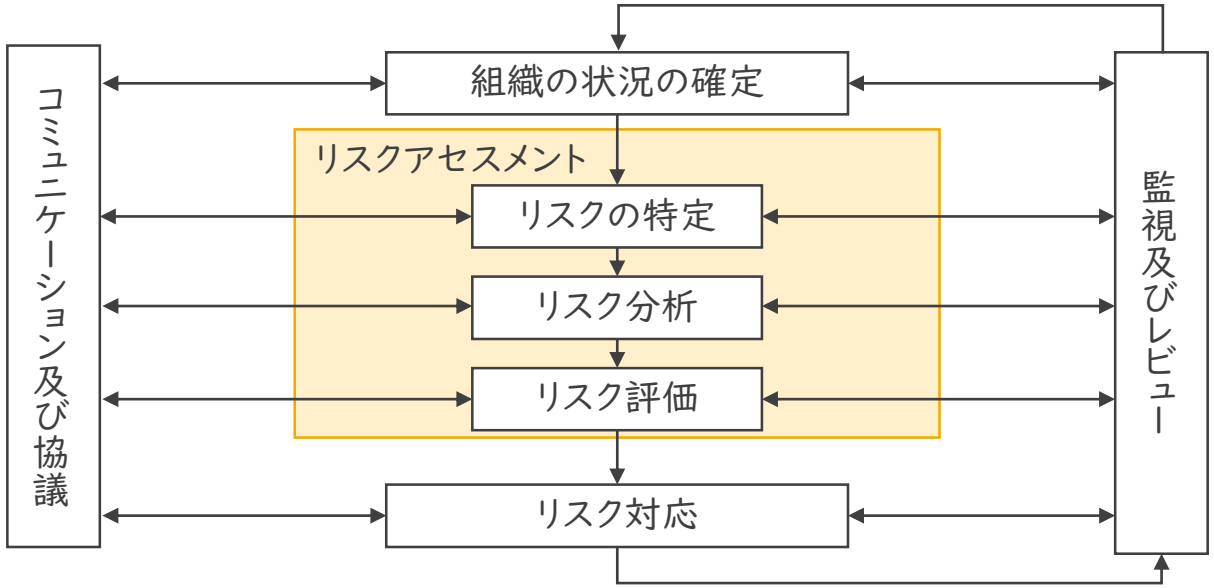
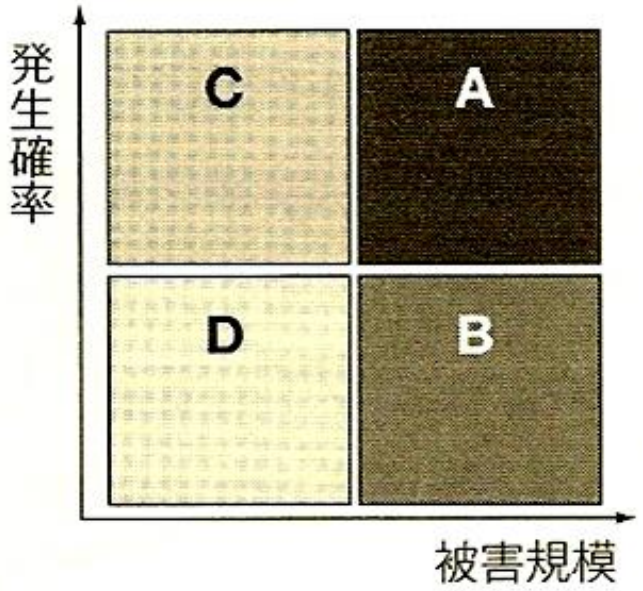


図3.2 ISO 31000のリスクマネジメントプロセス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

リスク評価:リスクの重要性に関する領域の説明



領域	領域内容
A	顕在化した場合の被害も大きく,発生確率も大きいリスク. 最優先事項として被害影響の低減対策を実施する領域.
B	発生確率は相対的に小さいが, 顕在化した場合の被害が大きい領域. 発生確率がある値以下では,保有,移転という対策となるが, 組織として対策の優先順位がCよりも高い場合が多い.
C	発生確率は大きいが,被害が小さな領域. 日ごろ経験することが多い領域でもある. 被害額が一定の値より小さな場合,保有してもよい領域である.
D	組織としてそのリスクを許容してもよい領域.

出典:野口和彦 「リスクマネジメント」 p115~p117 日本規格協会

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全マネジメントの前提

- 人間は、過ちを犯す。
- 機械はいつかは壊れる。

- 人間は本来ミスを犯すもので、
  常に、事故の可能性を付きまとっていることが、忘れられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ヒューマンファクターの考え方

1. 作業手順や作業環境など、人間がエラーを引き起こしやすい
   状況を見出し、ヒューマンエラーの問題に対する取り組みを積極的に行い、
   有効な対策を積み重ねていっても、「人間の問題」が最後までついてまわる。

2. どんなに対策を講じても、どんなに教育や訓練を受けたとしても、
   ヒューマンエラーを完全になくすことは不可能である。ヒューマンファクターと捉えて、
   被害を最小限に留めることを主眼に置いて、システムを構成する。

3. 人間ほど信頼性の低いものはなく、
   「人間に頼ることを第一とした安全対策は脆弱である」という考え方が、
   安全対策の前提である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ. ヒューマンエラーに関する誤解

（1）ヒューマンエラーは注意力で防げない

表 3.1　人の意識フェーズと信頼率

フェーズ	意識のモード	生理的状態	エラー発生率
0	無意識，失神	睡眠	1.0
Ⅰ	意識ぼけ	疲労，居眠り	0.1 以上
Ⅱ	正常，リラックスした状態	休息時，定例作業時	0.01～0.000 01
Ⅲ	正常，明晰な状態	積極活動時	0.000 001 以下
Ⅳ	興奮状態	あわてているとき，パニック時	0.1 以上

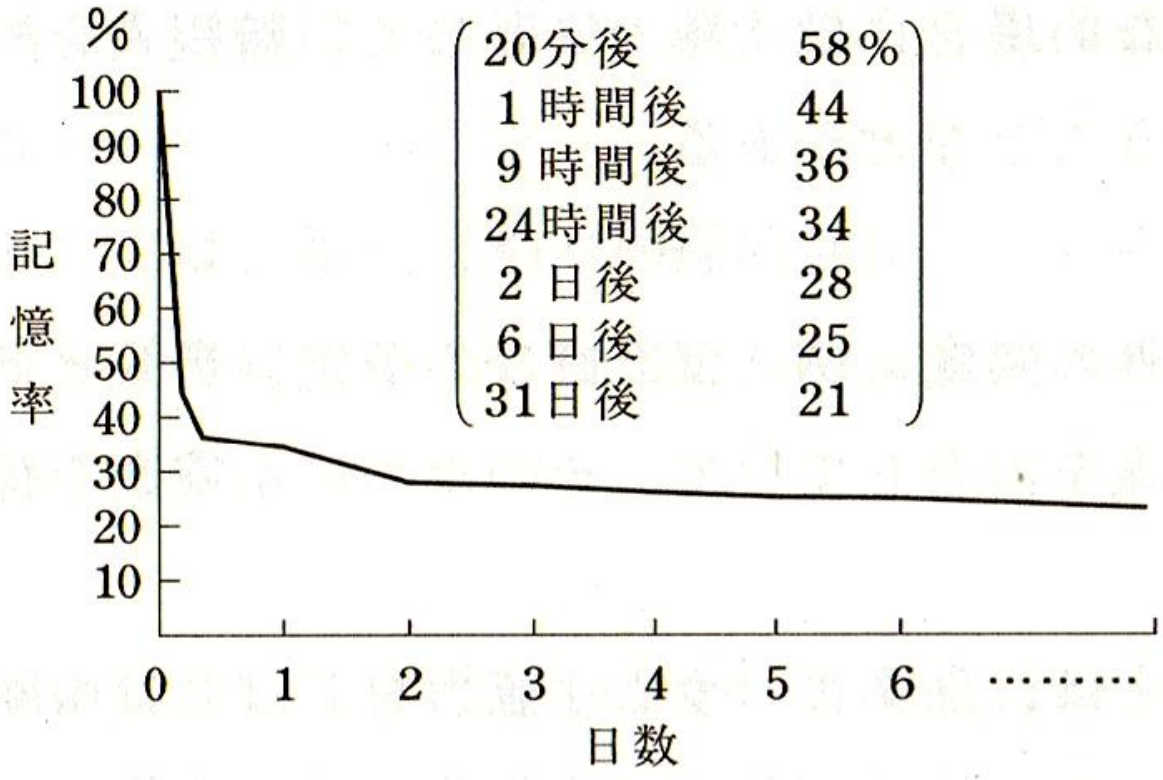
［橋本邦衛（1984）：安全人間工学，中央労働災害防止協会，p.94，表 11 をもとに筆者作成］

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ. ヒューマンエラーに関する誤解

(2) ヒューマンエラーは教育・訓練で防げない

エピングハウスの忘却曲線



大関 親「新しい時代の安全管理のすべて」、P377、中央労働災害防止協会（2002年）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. ヒューマンエラーに関する誤解

(3) ヒューマンエラーは確認によって防げない

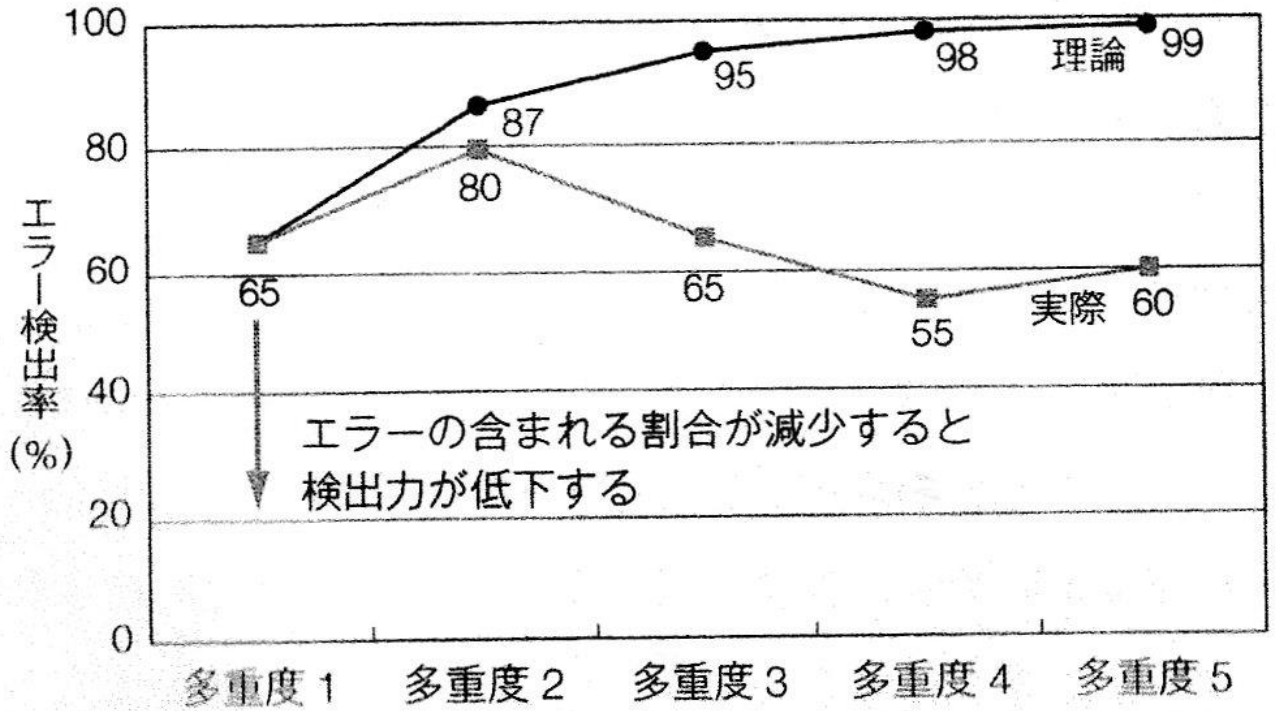


図 3.2 ダブルチェック，トリプルチェックは有効？

[島倉大輔・田中健次(2003)：人間による防護の多重化の有効性，品質，Vol.33, No.3, pp.104–112 をもとに筆者作成]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(4) ヒューマンエラーに対するまとめ

1. **「事故不注意論」の克服**
   - エラーを犯した人間を罰しても、事故の再発は防げない。
   - 事故原因を、「ヒューマンエラー」としてではなく、
     「ヒューマンファクター」(人間の行動特性)として捉える。

2. **他の人が同じ立場にいても、状況は変わらない。**
   - 事故の当事者が“なぜ、最後の引き金を引くに至ったのか?”
     “なぜ、引き金を引かざるを得ない羽目に陥ったのか?”

3. **「ヒューマンエラーの本質」とは何かを考える。**

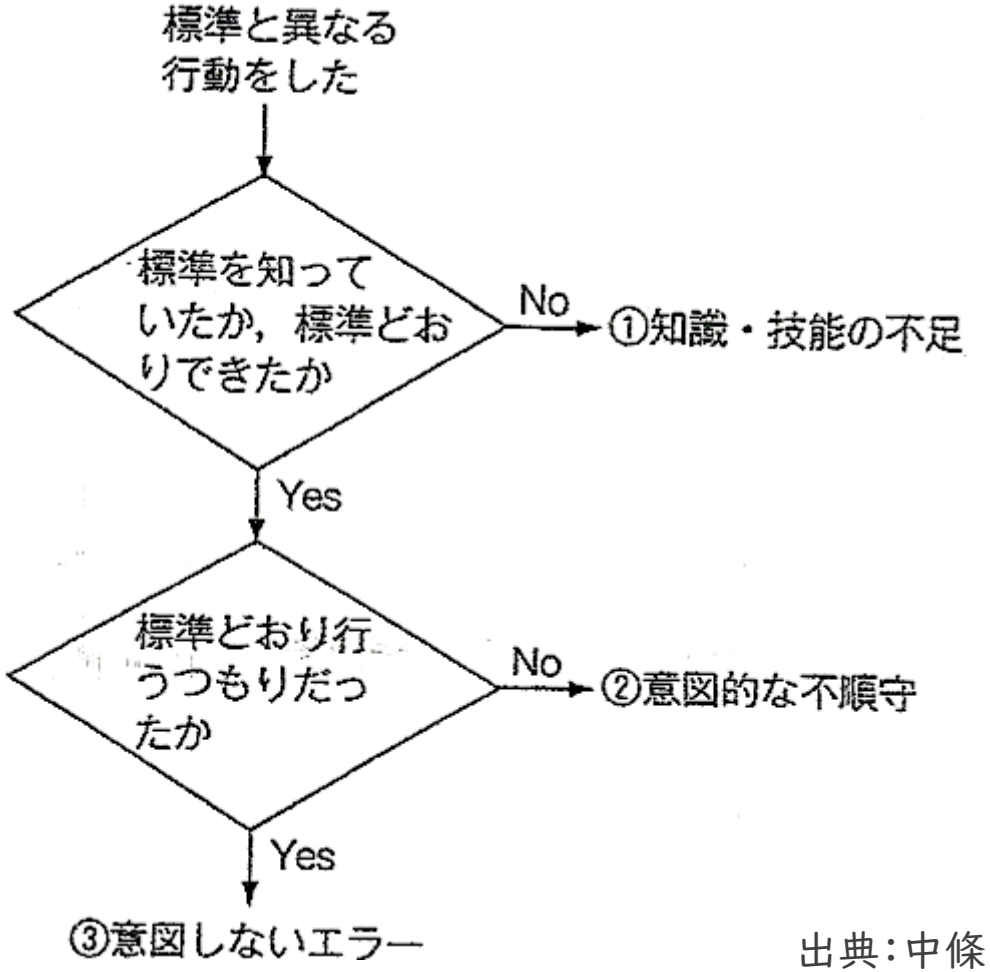
人間の能力には限りがあり、努力や頑張りでは解決できない。
→ エラーが起きにくい“設備・システム”、“作業環境”にする。

欧米の考え方:「人間はミスをする」
「ミスが大事に至らないように、設備・システムを作る」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 何故、人は不適切な行動をとるのか

（1）標準と異なる行動を切り分けるフローシート



出典：中條武志「未然防止とRCA」日本規格協会

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 知識不足に関する問題

知識の不足に対する基本的な対策は、教育・訓練であるが、教育・訓練をすれば十分というわけではない。
知識の不足には、二つの問題がある。

一つ目は、
一人ひとりの能力には限界があるのに、それを超えてルールや基準が設けられていることである。

二つ目は、
ルールや基準の必要性や背景を理解していないために、いざというときには役立っていないことである。

小松原明哲氏

人間の記憶には限界がある。「できないことはできない」ので、人間の能力の限界を超えることを期待することが、ヒューマンエラーに繋がる。

“一度に記憶にとどめられるアイテム数は7個（最大9個）だからといっても、それは根性を出して頑張って覚えようとした場合であって、普通の状態ではせいぜい3個といったところです。
それ以上の項目を見たり聞いたりしても、短期記憶をオーバーフローしてしまい、覚えられないのです。
ですから、朝礼や作業指示などでいろいろいっても、管理者の気休めでしかないというものです。
本当に重要なことを2～3個に留めなければだめです。”

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 何故、人は不適切な行動をとるのか

(3) 意図的エラーの防止(変更管理)

(1) 現場では、日々、種々の変更が行われる

① 全ての変更事項を「変更管理システム」にかけられない。→ 時間もコストもかかる。

② そこで、ほとんどの変更は、現場のライン長が、「変更しても良いか否か」を判断する。

<Question>
今のライン長は、そのような判断力を有しているか?
→組織として、現場の裁量に対するガイドライン

(2) ルール遵守が徹底されていない

「一つ一つの作業や基準値が、どのような意味を持っているか」を理解しないと、
変更が安易に行われ、ルール遵守が徹底されない。

① 「設計の基本思想」と「条件設定の根拠」の見える化

② ルールや基準を理解するための“時間”と“場”

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 何故、人は不適切な行動をとるのか

ライン長の実情

① 管理職の6割が、在籍年数5年以下

② 管理職の業務の実態：

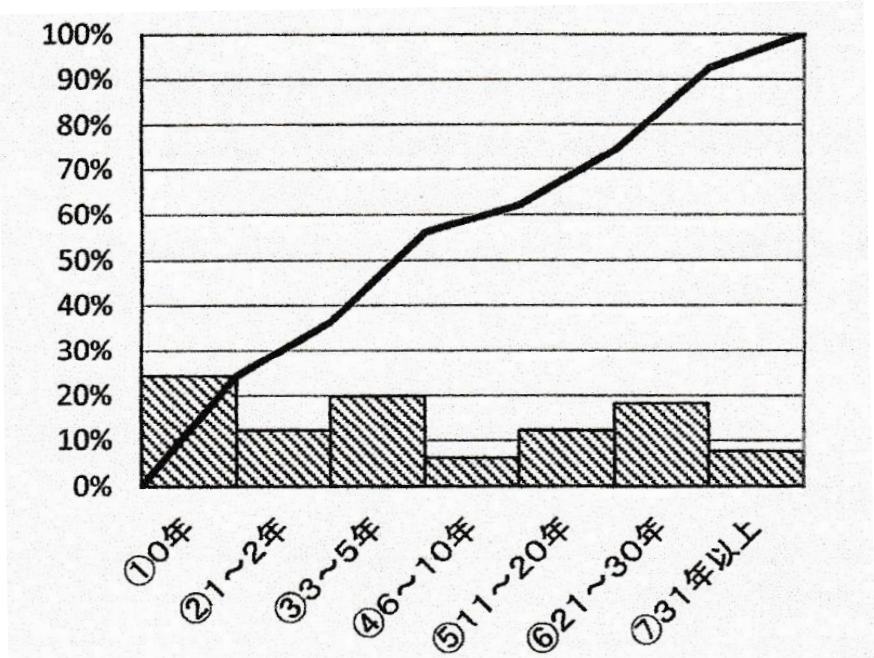


図 49 現在の職場での在籍年数（課長クラス）

＜課長の業務＞	
業務	比率（%）
書類作成	16
書類確認・承認	14
公式会議	15
他部門との調整	10
部下との面接・指導	8
自主的パトロール	7

化学工学会プラントオペレーション分科会「オペレーター意識に関するアンケート調査」（2016年2月）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 何故、人は不適切な行動をとるのか

(4) 意図しないエラーを防ぐには

	内容
トップ	① 標準作業を守ることの奨励
管理	① 現場に標準作業を守ることの重要性を指導していない。 ② 危険予知活動の動機付けと具体的方法の教育 ③ 意図しないエラー事例を、社内外から集め、現場に展開していない。 ④ 注意力に頼った取り組みの限界を理解していなかった。
現場	① 作業前の「危険予知活動」の励行。 ② 標準作業を守っていることを、運転員が、相互に、チェックしていなかった。 ③ 標準作業を守ることの大切さを指導されていなかった。 ④ 注意力に頼り、エラーのしやすさを理解していなかった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

1. JR福知山線脱線事故

事故の直接原因は、運転士のブレーキ操作の遅れである。

しかし、この事故には、いろいろな背景要因がある。

4Mの観点で、総合的に対策を講じる必要がある。

2. 医療事故

産婦人科医師が、医療過誤があるとして訴えられた。

裁判では、無罪になった。

この事故を、「開発危険の抗弁」で考えたい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

事例１　JR福知山線脱線事故

JR福知山線脱線事故は、2005年（平成17年）4月25日にJR西日本の福知山線（JR宝塚線）塚口駅 – 尼崎駅間で発生した列車脱線事故である。
乗客と運転士合わせて107名が死亡、562名が負傷した。

事故の直接原因は、運転手のスピードの出し過ぎとブレーキ操作の遅れである。

事故後、自動列車停止装置（ATS－P)の未設置、
運転中の指令との通話、日勤教育などの問題点が
指摘された。

国土交通省において、約1年間ヒューマンエラーと
事故との関係について検討された。
2006年4月、「公共交通に係るヒューマンエラー
事故防止対策検討委員会　最終取りまとめ」が公表された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

ヒューマンエラー事故防止対策検討委員会 2006年4月 国土交通省

1. 交通事故の多くにおいて、共通する因子としてヒューマンエラーと
   事故との関係が指摘される。

2. 事故やトラブルが発生すると、人間のみが問題視されるが、
   エラーの背後関係を調べ、システム全体で防止策を検討する事が重要。

3. ヒューマンエラーは発生するものとの認識の下に、企業風土や組織のあり方、
   個人の教育、事故防止技術など総合的な対策が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

(1)ヒューマンエラー発生の背景とメカニズム

「ヒューマンエラー」

「ヒューマンエラー」とは、人間と機械が協同して目的を達成するためのシステム（ヒューマン・マシン・システム）の中で、人間の側が自分に割当てられた仕事、or 人間のオペレーターに期待されたパフォーマンスの水準を満たすことに失敗したため、システム全体がトラブルを起こしたり、システムダウンになったものをいう。

- 不注意は災害の原因ではなくて結果
  エラーを犯した人間が、なぜ、そういう不注意を招いたかの背後関係を調べることが重要（「事故不注意論の克服」）
- Man(人間)，Machine(機械)，Media(環境)，Management(管理)の4M、あるいはMission（使命）を加えた5Mの複合原因と捉えて、事故分析を行うことが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

福知山線脱線事故の4M分析

4M	内容
Man	① 運転士のスピードの出し過ぎ ② 運転士のブレーキ操作遅れ
Machine	① 当該箇所に、ATS−Pが設置されていない （当該箇所の曲率は、半径600mから304mに変更された） ② ATS−SWに速度照査機能が付加されていない ③ 車両が116km／hrの速度で転覆（転覆速度　新型：106km/hr, 旧型：120～125km/hr）
Media	① 時間に余裕のない時刻表 ② 運転中に、トラブル等を「指令」に報告
Management	① 2003年9月の鉄道会議で、ATS−Pの設置時期を、当初計画の2005年3月までから2005年度末に延期。（事故は、2005年4月25日に起きた） ② ATS−Pの設置基準がなかった ③ ヒューマンエラーに対して、懲罰的な日勤教育 （管理・教育を強化すれば、事故は防げると考えていた）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2)リスクを認知した上で冒す「不安全行動」

「不安全行動」は、リスクテイキング行動であると同時に、
多くの場合、職場で定められた安全規則や安全手順に違反している。

リスク行動
① リスクに気付かないか主観的に小さいとき
② リスクを冒しても得られる目標の価値が大きいとき
③ リスクを避けた場合のデメリットが大きいとき

違反理由
① ルールを知らない
② ルールを理解していない
③ ルールに納得していない
④ みんなも守っていない
⑤ 守らなくても注意を受けたり罰せられたりしない
⑥ ルール自体が不合理・不整合である

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

(3)「不安全行動」を容認する職場環境、企業風土

- 公共交通機関にとって「安全確保は最優先事項である」との意識が希薄化あるいは形式化して、
  建前だけとなっていないか。
- 経営トップの「安全確保に対するコミットメント」は十分か。
  具体的には、担当役員や担当者任せにするのではなく、経営トップ自身が現場の状況や実態に
  関心を持つとともに、安全確保のための体制や取組み、現状での課題やその改善措置の進捗状況等を
  常時的確に把握できているか？
- 「安全確保最優先」という考え方が、
  社内教育、研修等を通じて現場の社員レベルまで確実に浸透しているか。
- 事案の処理、意志決定において、
  「人」情報を重視し、「事柄」情報が軽視されてしまう「属人思考」の組織風土となってはいないか。
- 不安全行動を誘発する要因
  設備、設備の原理、動作、配置方法・条件に起因して、
  当事者にとって不可解な兆候を示すといった要因が不安全行動を誘発

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

(3)「不安全行動」を容認する職場環境、企業風土

- 安全に関わるリスクへの対応は、事故、トラブル等への一時的な対応としてではなく、継続的な取組みとして定着しているか。
- 事故や事故に近い重大事態が発生した場合に、直ちに組織的に、系統的に取り上げて、再発防止を優先した発生要因を分析するトップに直結した常設WG等、社内（組織内）手続きを制度として確立しているか。

属人思考の組織風土

ことがらの決定や仕事の評価に「人」要素のウェイトが過大になり、「ことがら」要素本来のウェイトが軽くなる風土。このような風土では、ことがらに沿って決めるべき決裁が、起案者が誰かなどの要素の影響を強く受け、不公正になるとともに、上下の人間関係が濃密となり、対人的考慮から会議で率直な意見交換がなされなくなり、イエスマンがふえるとともに、反対意見を表明する人への有形無形の懲罰が強くなる。

（岡本浩一著「権威主義の正体」より）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

（4）情報の迅速かつ的確な共有の不足

- 現場と経営陣の間、部門間のコミュニケーション、情報共有は十分図られているか。
  建設的な対話が行われる等　労使間でのコミュニケーションは十分に図られているか。
- 下請会社等も含めた現場の情報（特にマイナス情報）が
  経営トップに伝わる仕組みが十分に構築されているか。
- 情報は整理され、問題点・課題に対しては適切に対応策を検討し、
  現場へフィードバックするというシステムが構築されているか。
- マイナス情報が、専ら個人責任追及、懲罰のために使われているという実態はないか。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

(5) 人間と高度技術システムのミスマッチ

- 決してエラーをおかさないとはいえない人間を機械で代替して、システム全体の高信頼化を図ろうとしても、設計段階で予期し得なかった状況への対処は、人間に頼らざるを得ない。
- 交通機関においても、人間の負担を軽減してエラーの発生を抑制したいとして高度な技術システムが導入されてきたが、「機械化できるところを機械化する」等の名ばかりの「技術の高度化」では、人間と高度技術システムの間にミスマッチが発生する。
- ヒューマン・マシン・システムにおいて、
  「最終決定権を人間に与えることが重要だ」と言われている。
  しかし、交通機関の高密度化、複雑化等のなかで、運転者に課せられる役割は、時に過大なものとなり得ることに配慮すると、「いついかなる場合でも最終決定権は人間に与える」は必ずしも適切ではない。交通モードや事態の緊急度によっては、人間の指示を待たずに、機械が安全確保手段を講じることを許す等、「状況に応じて人間と機械の役割分担を調整する仕組み」の検討が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

NASA「自動化の原則」

「自動化してはならないこと」

1. 作業者が特有のスキル、生きがいを感じている仕事
2. 非常に複雑であるとか、理解困難な仕事
3. 作業現場での覚醒水準が低下するような仕事
4. 自動化が不具合の時、作業者が解決不可能な仕事

「自動化すべきこと」

1. 作業者の作業環境が豊かになる自動化
2. 作業現場の覚醒度が上昇する自動化
3. 作業者のスキルを補足し、完全なものにする自動化
4. 自動化の選択、デザインの出発時点から現場の作業者を含めて検討する自動化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（6）人間と機械の役割分担（自動化レベルの最適設定）

ヒューマン・マシン・システムにおいて、
安全確保に関する最終決定権を持つべきは人間か、機械かが議論されることがあるが、
人間と機械が協力して目的を達成するというヒューマン・マシン・システムの原点に立ち返れば、
いたずらに二者択一的議論を行うことは有益ではない。

機械は万全ではないが、人間の能力も一様ではない。

環境が動的に変化する交通機関の場合には、状況によっては人間が対処できない、
あるいは、対処させるにはかなり無理がある場合がある。状況に応じて人間と機械の役割分担を
調整することができる仕組み、すなわち、人間が最終決定権を持つことを基本としつつも、
人間の対応が遅れている場合は機械が自律的な安全確保手段を講じることもできるような
仕組みの検討を進める必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事例2 福島県立 大野病院事件

(1) 事件概要

2004年12月17日　福島県立大野病院で帝王切開手術を受けた産婦が、大量出血で死亡

2006年 2月18日　手術を執刀した産婦人科医
業務上過失致死と医師法違反の容疑で逮捕、翌月起訴

2008年 8月20日　福島地方裁判所
被告人医師を無罪とする判決、検察側が控訴を断念。
医師は休職中であったが同病院に復職

(2) 医師(無罪主張)

「精一杯のことをしたが、悪い結果になり、医師として非常に悲しく悔しい思い。
再び医師として働かせていただけるのであれば、地域医療の一端を担いたい」

(3) 弁護側主張／医療現場の危機感

医師の産科離れが加速。その結果、お産難民という言葉が生まれた。
医療水準を超える注意義務を課している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

（1）裁判における主な争点

争点	検察側	弁護側
1. 大量出血の予見性	• 剥離を続ければ、大量出血することを予見できた。 事前の検査で癒着胎盤と判っており、少なくとも剥離開始時点で出血を予見可能	• 予期しない出血で、予見不可能 • 剥離と出血との因果関係は認めがたい。 • 胎盤の剥離中に出血量は増えておらず、大量出血は予見できない
2. 結果を回避できたか？	• 剥離を中止して、子宮摘出などに移るべきであった。 漫然と剥離を続け、出血死させた。	• 剥離を完了するまで、出血が収まることが期待できず、継続するのが標準的医療。 出血は剥離によるものではない
3. 医師法違反	• 大量出血による死亡、異常死。 • 警察署に異状死届出義務がある。（医師法21条）	• 客観的に、異常死に当たらない。 • 届け出なかったのは、院長の判断。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2) 産科医に無罪判決 2004年8月20日 福島地裁

	判決内容
1. 予見可能性	1. 手術前、癒着胎盤である可能性は低いと認識 2. 術中に癒着と判明 3. 無理な剥離による大量出血の可能性は知っていた。
2. 結果回避義務	1. 出血は、胎盤はく離によるものだが、直ちに剥離を中止して、子宮摘出に移行することは、当時の医学準則ではない。 • はがすのを中止して子宮を摘出するか、はがし終わった後に止血をするかは、確定していない。 • 検察側見解は、医学書の一部の見解に依拠しているが、これが医師に広く認識されていることや、見解に従った臨床例が多数みられるなどの一般性は有していない。
3. 警察への届け出	1. 診察行為に過失はなく、異状死に当たらないため届け出義務はない。

医学準則 ：ほとんどの医師が、当該場面において、その基準に従った処置を講じるといえる程度の一般性。
この程度の条件が与えられなければ、臨床に関わる医師が容易かつ迅速に治療法を選択できなくなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

(2) 産科医に無罪判決　2004年8月20日　福島地裁

日本産婦人科医会声明

本件は、日常診療の中で、正当な医療行為をしたが、力が及ばなかった不幸な事例であるとの見解から、
無罪以外の判決はあり得ないとの認識だったので当然の結果だ。
再発防止に努めるためには、専門家集団による透明性のある事故調査が必要だ。
このような事例に刑事罰を適用することは、医療現場を委縮させるだけで、再発防止にはつながらない。

「現場の判断ミス」の立証に高いハードル」

検察幹部
「捜査で初めて明らかになった部分もあると評価する一方、
医療界から激しい反発は「想定外」であった。」
「捜査当局と医療側の対立という招くべからざる事態を招いた。」
実際の手術は医療チームで行われるが、法律上は執刀医個人を罰することになる。
司法によるチーム医療の責任追及には限界があり、行政処分の方が適している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

（3）医賠責保険と医療ミス

＜なぜ、医療過誤事件となったのか？＞

当初、医療専門家によって医療事故調査委員会は、医師の過失を認める報告書を作成していたが、この報告書が警察の捜査や起訴を招くことになった。

＜報告書記載の理由＞

福島県が遺族への補償支払をスムーズにしようとするために、医賠責保険で保険会社から金を引き出すには、医師の過失とすることが必要だった。

＜裁判における医学鑑定委員＞

- 新潟大学医学部　産婦人科 教授 田中憲一
- 東北大学医学部　産婦人科 教授 岡村州博
- 宮崎大学医学部　産婦人科 教授・医学部長 池ノ上克
- 福島県立医科大学 病理学第二講座 杉野隆
- 大阪府立母子保健総合医療センター 検査科部長 中山雅弘

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. ヒューマンエラーに関する事例

事件のポイント

1. 捜査のきっかけ

県の事故調査委員会の報告書　当該医師の処置を「判断ミス」とした。
欧米：法的な権限を持つ医師団体などが、医師の監督・懲罰権限、免許取り消しなどの権限を持つ。

2. 結果回避義務 →当該医師の措置は「標準的な措置」か？

検察見解
「癒着胎盤を認識した時点で、胎盤を子宮からはがすのを止め、子宮摘出手術に移るべきであった。」
→ 標準医療方法をどのように認定するか？

3. 医療事故での医師の逮捕／逮捕への違和感

医療事故　年間1万件
警察から検察への送致件数　1997年　3件、　2007年　92件

4. 安全に関する認識の違い

患者側　安全な治療　（100%の安全）
医師側　100%安全な治療はない。
「結果が悪ければ、一生懸命やっていても刑事罰を問われる」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考： 開発危険の抗弁

＜開発危険＞

製品を流通においた時点の科学または技術の水準によって、そこに内在する欠陥を発見することができなかった危険をいう。製造業者に開発危険にまで責任を負わせると、研究・開発および技術開発が阻害され、ひいては消費者の実質的な利益を損なうことになりかねない。

＜製造物責任法（PL法）第4条＞

（免責事由）

第四条　前条の場合において、製造業者等は、次の各号に掲げる事項を証明したときは、同条に規定する賠償の責めに任じない。

一　当該製造物をその製造業者等が引き渡した時における科学又は技術に関する知見によっては、当該製造物にその欠陥があることを認識することができなかったこと。

二　当該製造物が他の製造物の部品又は原材料として使用された場合において、その欠陥が専ら当該他の製造物の製造業者が行った設計に関する指示に従ったことにより生じ、かつ、その欠陥が生じたことにつき過失がないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

開発危険の抗弁

（1）ECにおける開発危険

1985年のEC指令(欠陥製造物に対する責任に関する加盟国の法律、規則及び行政規定の近似化に関するEC理事会指令)は、欠陥判定後の免責抗弁として、開発危険の抗弁が設けられ、製造物が流通におかれた時点の科学知識や技術知識の水準によっては、欠陥の存在が予見不可能であった欠陥について、製造者は免責されるとした。

（2）日本における開発危険の考え方

EC指令も踏まえて、1993年11月、産業構造審議会は、開発危険の抗弁について答申。

① 「開発危険の抗弁」を認めることについては、予見可能性が争点となり、迅速な解決という観点から問題が残るのではないか。開発危険が拡大解釈され無過失責任の実があがらなくなるのではないか。

② 同抗弁を認めないと、研究開発、技術革新が阻害されることになり、ひいては産業活力を損なうこととなる、あるいは保険を付することが困難になるおそれがあることから、同抗弁が必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Question

1. この事件は、医療行為において患者が死亡した場合の担当医師の処置に、
医療過誤があったかどうかが問われた。判決は、当時の医療技術水準では、
当該医師の措置は妥当と判断された。この事件の社会への影響は大きく、
外科医、産婦人科医のなり手が減り、志望する医者も減少した。

2. これは、医学界に限られた話ではない。新しい技術を開発し、実用化していくときに、
事故は起こりえる。すべての技術者にとって、類似のことは起こりえる。
その時、すべての事前調査ができるであろうか？自分のやっている行為が、
すでに、どこかで実施されていることはないか？
そのような状況下でも、新しい技術に取り組むことが、技術者に課せられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

まとめ

1. 人はエラーをするものである。
   完全にこれをなくす事は不可能である。
   ヒューマンエラーを防止するには、
   この現実を認めて、ヒューマンファクターと考えて、
   人間のミスがありえることを前提に、事故の防止策を考える必要がある。

2. 事故原因を4Mの観点で究明し、総合的対策を立てる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan