令和２年度経済産業省委託

石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業

高圧ガス保安に係る
法定講習の実施方法の在り方について
報告書

令和３年３月

高圧ガス保安協会

目次

要旨 1
1　事業概要 1
1．1　課題 1
1．2　事業目的 1
1．3　事業内容 2
（1）法定講習の実施方法の他事例調査 2
（2）非集合型教育による法定講習のあり方の検討 2
①　非集合型教育を集合型教育と併用実施した場合の実施内容 2
②　法定講習に必要な知識・技能とその教育時間 2
③　講習実施機関等の第三者による受講者本人の確認方法 2
（3）非集合型教育の教材の基本仕様及び具体例の作成 2
1．4　実施体制 3
2　法定講習の概観 4
2．1　法定講習の概要 4
2．2　法定講習の実施者 6
2．3　法定講習の実施状況 7
3　調査内容 7
3．1　法定講習の実施方法の他事例調査 7
（1）　調査方法 7
イ．アンケート調査 8
ロ．ヒアリング調査 8
（2）調査結果 9
イ．アンケート回収状況 9
ロ．アンケート調査結果 9
a）　法定講習等実施事業者の結果 9
b）民間講習事業者の調査結果 18
ハ．他法令における法定講習・国家試験の実施状況の把握 18
a）法定講習の実施状況 18
b）非集合型で実施されている法定講習の実施状況 22
ニ．国家試験の実施状況 27
ホ．講習実施事業者へのヒアリング調査 29
（3）　非集合型講習・試験に関する考察 44
3．2　非集合型教育による法定講習のあり方の検討 45
3．2．1　非集合型教育を集合型教育と併用実施した場合の実施内容 46
（1）問題意識 46
（2）法定講習実施者の義務 46

イ．講習場所について 46
ロ．講習内容について 47
ハ．講習時間について 48
ニ．本人確認 48
ホ．技術検定・受験監督 48
（３）講習受講者権利 49
（４）非集合形式での実施方法 49
イ．オンライン形式 49
ロ．自宅学習形式 50
ハ．非集合型教育での講習の流れ 51
（５）法定講習の今後のあり方について 53
（６）今後の課題 53
３．２．２　法定講習に必要な知識・技能とその教育時間 54
（１）法定講習に必要な知識・技能とその教育時間 54
イ．免除講習（製造保安責任者）おいて要求される知識と教育時間 54
ロ．法令の知識レベルについて 56
ハ．保安管理技術の知識レベルについて 57
ニ．学識の知識レベルについて 57
（２）知識レベルと講習時間の再検討について 57
イ．知識レベルについて 58
ロ．法令の講習内容について 58
ハ．保安管理技術の講習内容について 58
ニ．学識の講習内容について 58
ホ．講習時間について 58
３．２．３　講習実施機関等の第三者による受講者本人の確認方法 60
（１）調査方法 60
イ．資料調査 61
ロ．ヒアリング調査 61
ハ．調査結果 61
ａ）オンライン講義における問題点 63
①LMS（学習管理システム） 63
②　AR、VR 等 64
③　撮影機材等 65
④　インフラ整備 68
⑤　オープンバッジ 68
ｂ）オンライン試験に係る技術 69
①　CBT と IBT 69
②　CBT の利点と課題 71

③　IBT の利点と課題 72
ｃ）Web 会議システムを利用したグループ討議技術 74
①　操作容易性 79
②　セキュリティ対策 79
③　接続安定性 79
④　同時接続アカウント数 79
⑤　導入費用 79
⑥　その他の機能 79
ｄ）　本人確認・不正防止に係る技術 92
①試験監督システムＡ 92
②　試験監督システムＢ 93
③　試験監督システムＣ 95
④学習管理システムＤ 96
ｅ）非集合型講習・試験関連技術の考察 98
①本人確認・不正防止技術 98
②グループ討議技術 107
③運営上の問題点 108
ニ．まとめ 108
３．３　非集合型教育の教材の基本仕様及び具体例の作成について 110
（Ｉ）　講義資料の仕様について 110
イ．レイアウト要素について 110
Ａ　スライドサイズ 110
Ｂ　ヘッダ・フッダ 112
Ｃ　フォント 112
Ｄ　フォントサイズ 114
Ｅ　行長 114
Ｆ　配置・構図 115
Ｇ　スライド間リズム 115
Ｈ　必掲事項有無 115
ロ．装飾要素について 115
ａ　テーマカラー 115
ｂ　アクセントカラー 116
ｃ　色数 116
ｄ　背景装飾 116
ｅ　反復（図形形状や強調） 116
ｆ　視覚化 116
ｇ　視認性（色、記号化、行間、余白） 116
ｈ　オーバーレイ 116

ｉ　裁ち落とし 117
（２）オンライン配信を想定した効果的な学習教材の作成 117
イ．動機器のアニメーション等作成による動作機構の効果的な説明 117
ロ．現場写真の活用による機器の繋がり等の把握 117
ハ．イラスト等の活用による視覚化 118
（３）非集合型教育の教材の具体例の作成 118
４　まとめ 119
付録書Ａ 124
表Ａ-１　平成 30 年度の法定講習の開催状況 125
付録書Ｂ 127
表Ｂ-１　アンケート調査先 128
参考Ｂ－１　調査票（法定講習） 132
参考Ｂ－２　アンケート調査票（法定講習） 134
参考Ｂ－３　調査票（非法定講習） 142
参考Ｂ－４　アンケート調査票（非法定講習） 144
表Ｂ－２　アンケート回答事業者一覧 151
表Ｂ－３　ヒアリング可の講習実施機関 152
表Ｂ－４　民間講習事業者のアンケート回答結果 153
表Ｂ－５　非集合型法定講習の一覧 155
表Ｂ－６　講習実施事業者　ヒアリング対象 157
付録書Ｃ 158
参考Ｃ－１ 通産省化学局編　高圧ガス取締法の解説 159
参考Ｃ－２　消防法関係の講習について 161
参考Ｃ－３　法令の講習で使用されるパワーポイント（抜粋） 164
参考Ｃ－４　高圧ガスの製造に必要な保安管理技術に係る条文とテキストの掲載内容比較（一般高圧ガス保安規則第６条との比較） 167
参考Ｃ－５　丙種化学特別講習で使用するテキストと高校教科書の見出しの比較 181
参考Ｃ－６　乙種化学（機械）講習で使用するテキストと高校教科書の見出しの比較 183
参考Ｃ－７　乙種化学（機械）講習で使用するテキストと甲種化学（機械）講習で使用するテキストの比較 185
付録書Ｄ 188
参考Ｄ－１　高圧ガス保安法 189
参考Ｄ－２　一般高圧ガス保安規則 194
参考Ｄ－３　高圧ガス保安法に基づく高圧ガス製造保安責任者試験等に関する規則 196
参考Ｄ－４　高圧ガス保安法に基づく指定試験機関等に関する省令第六十六条の四の規定に基づく研修に関する告示 200
参考Ｄ－５　高圧ガス保安協会業務方法書 204

付録書Ｅ 208

要旨

本報告書は、経済産業省の令和２年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業「高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方について」に関する報告書である。

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

令和２年に入り、新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受けて、外出の自粛、催物の開催制限、施設の使用制限等の政府方針[1]が示されるとともに、緊急事態宣言が発出される等の社会的な警戒感を背景に、法の法定講習の実施事務運営上の制約が高まり、法定講習制度の実施方法に係る課題が認識された。法以外の諸法令における法定講習においても様々な対応が取られるなか、市場技術も急速に開発される状況において、現行法の規定を満たしながら法定講習制度を維持する方法について検討し、現行法との間に親和性の低い部分があれば、適切な改正を行う必要があると考えられる。

以上のような問題意識を踏まえ、本報告書では、他法令における法定講習実施状況及び市場技術の調査を行い、現行法の下で、それらの取り組み、技術を法定講習制度に利用することが可能かにつき整理を行い、具体的な講習教材の一例の製作を行っている。また、何らかの支障や課題が生じる部分については、どのような検討が必要であるかを取りまとめた。

Ⅰ　事業概要

委託事業の実施概要を以下に整理した。

Ⅰ．１　課題

高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方について

Ⅰ．２　事業目的

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

[1] 新型コロナウイルス感染症対策の基本的対処方針[2020]

こうした状況を踏まえると、高圧ガス保安分野で現在実施している集合型の法定講習の実施方法の在り方について抜本的な検討が必要な時期に来ているといえる。

そこで本事業では、他法令で実施されている法定講習についての実態調査を行い、そこで得られた調査結果を基に現行制度と比較し、メリット、デメリット等を整理し、今後の在り方について検討することを目的として、次のⅠ．３に示す事業を実施した。

Ⅰ．３　事業内容

（１）法定講習の実施方法の他事例調査

現に他法令で実施されている法定講習（保安レベルを維持することを前提としたものに限る）の実施方法について実態を調査する。そこで得られた調査結果については法上の規定などを踏まえ、現行制度と比較を行い、メリット、デメリットをまとめた。

（２）非集合型教育による法定講習のあり方の検討

（１）で得られた調査結果を基に集合型教育（受講申込者を１カ所の会場に集め、講義を受ける方法)、非集合型教育（例えば、インターネット回線を利用した映像配信による講習（オンライン講習)、テキスト等の書籍や映像教材に基づく自学など)、及び併用型教育の実施方法について、次の事項に基づいて検討を行い、非集合型教育による法定講習の在り方をまとめた。

①　非集合型教育を集合型教育と併用実施した場合の実施内容

集合型教育と非集合型教育を併用で実施するとき、それぞれの方法で実施した場合でも同等程度の知識・技能が習得できる必要がある。そのため、異なる実施方法を想定した法定講習の標準的な構成ついて検討し、具体的な提案を行った。（集合型教育のみもしくは非集合型教育のみで実施した場合の構成を検討した上で、それらの併用で法定講習を実施するときの構成（内容及び時間）のあり方を検討した。）

②　法定講習に必要な知識・技能とその教育時間

非集合型教育による法定講習による法定資格の取得や定期に義務講習を受講するにあたり、講習の種類に応じ、最低限確保すべき知識レベルを再検討し、講習の種類に応じた知識・技能の内容とその教育時間の提案を行った。

③　講習実施機関等の第三者による受講者本人の確認方法

高圧ガス保安に係る必要な知識・技能について、講習会を通じて提供する意義は高いが、現に受講者本人が受講していることの確認について、上記（１）の具体的な方法に検討し、実施案をまとめた。

（３）非集合型教育の教材の基本仕様及び具体例の作成

非集合型教育の方法により法定講習を実施するにあたり、その種類（資格・義務）に応じ、均一の品質で教材が提供できることが必要である。

このため、非集合型教育に係る教材の基本仕様をまとめるとともに、当該基本仕様に基づく教材の具体例を、資格講習と義務講習に関するものについて作成した。

資格講習：丙種化学特別講習

義務講習：保安係員（一般）講習

Ⅰ．４　実施体制

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

高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方検討委員会　委員構成

（五十音順、敬称略）

	江藤　治敏	保安係員講習・乙種化学製造保安責任者講習（オンライン）講師
	杉浦真由美	北海道大学 高等教育推進機構オープンエデュケーションセンター　助教
	仲林　　清	特定非営利活動法人日本イーラーニングコンソシアム 副会長
	堀尾　容康	一般財団法人電気技術者試験センター 主任技術者試験部長　ＣＢＴ導入推進担当
	牧野　常夫	一般財団法人全日本情報学習振興協会 代表理事
（委員長）	三宅　淳巳	横浜国立大学　学長補佐 先端科学高等研究院副高等研究院長教授
	山下　敬一	一般財団法人日本ガス機器検査協会　教育講習部長 ガス主任技術者試験センター　所長
	渡辺　　明	株式会社東京リーガルマインド　法人事業本部 申請事業部　第一種電気工事士定期講習担当執行役員

（事務局）

及川　裕幸	高圧ガス保安協会教育事業部部長
長沼　充祥	高圧ガス保安協会教育事業部部長代理

小林　顕久　高圧ガス保安協会教育事業部教育課課長
山﨑　　浩　高圧ガス保安協会教育事業部検定課課長
木村　勝之　高圧ガス保安協会教育事業部事業推進課課長代理
篠田　康則　高圧ガス保安協会教育事業部検定課
宇都宮　敏　高圧ガス保安協会教育事業部事業推進課調査役
海老原　塁　高圧ガス保安協会教育事業部教育課
柴野　祐太　高圧ガス保安協会教育事業部事業推進課
相良　尚都　高圧ガス保安協会教育事業部事業推進課

審議経過
高圧ガス保安に係る法定講習の実施方法の在り方検討委員会
第１回　令和２年１１月３０日　事業実施計画について
第２回　令和３年　１月２８日　事業の進捗に関する報告
第３回　令和３年　３月１７日　事業の報告
なお、審議は社会情勢に配慮して全てｗｅｂ会議で実施した。

２　法定講習の概観

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

２．１　法定講習の概要

法定講習とは、法令[2]において、特定の業務内容及び「高圧ガスによる災害の防止」に関する知識及び技能を修得することを目的として規定された講習である。法定講習はその性質から次のように大別できる。第一は、定期的に受講させることが義務付けられている再講習（以下「義務講習」という。）、第二は、国家試験における科目の免除講習（以下「免除講習」という。）、第三に、特定の業務に従事する資

[2] 法令は「法律、政令、省令、告示」を含む用語。

格を得るための講習（以下「資格講習」という。）である。

義務講習は、危害予防規程、保安教育関係又は製造現場において、保安上の管理者として法定の職務に従事する者が常に最新の知識等を具備することを目的として、事業者が当該者に定期的に受講させることとされているものである[3]。義務講習の対象となる保安上の管理者とは、高圧ガス製造保安企画推進員（以下「保安企画推進員」という。）、高圧ガス製造保安主任者（以下「保安主任者」という。）、高圧ガス製造保安係員（以下「保安係員」という。）である。

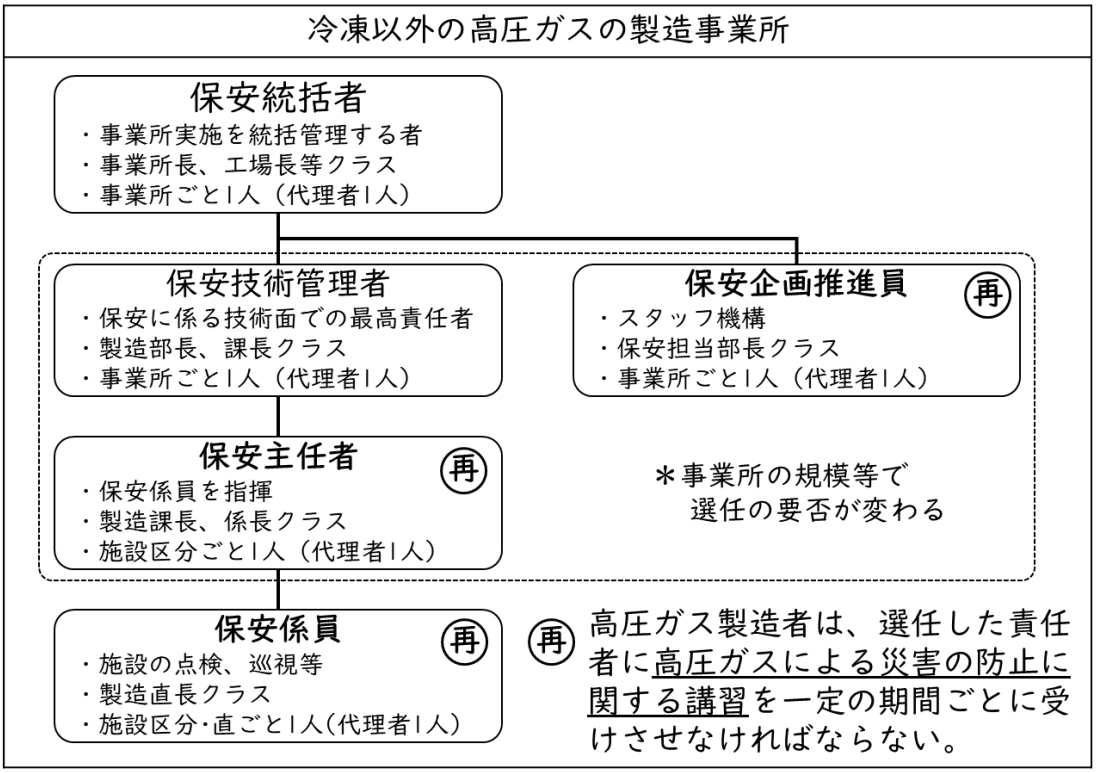


図 1　義務講習の対象となる保安上の管理者

表 1　義務講習の受講周期

	第1回目の再講習	第2回目以降の再講習
保安企画推進員	選任された日から6月以内	前回の講習受講日の属する年度の翌年度の開始日から5年以内
保安主任者 保安係員	免状交付日の属する年度の翌年度の開始日から3年以内	前回の講習受講日の属する年の翌年度の開始日から5年以内

[3] 平成28年度経済産業省委託高圧ガス保安対策事業（高圧ガス保安技術基準作成・運用検討）（3）高圧ガス保安法の各法令に関する逐条解説の作成 報告書[2017]109頁

免除講習は、製造保安責任者等の免状取得のための国家試験における試験科目の免除制度の一つである。事前に試験に対応する所定の講習の課程を修了した者について、試験科目の全部又は一部を免除するとされている。試験科目免除者は、国家試験で「法令」の科目のみ受験すればよい。ここで講習の課程の修了とは、講習を受講し、当該講習に係る検定試験に合格することをいう[4]。

表 2　免除講習の種類

講習の種類	
甲種化学講習	第一種冷凍機械講習
甲種機械講習	第ニ種冷凍機械講習
乙種化学講習	第三種冷凍機械講習
乙種機械講習	第一種販売講習
丙種化学液石講習	第ニ種販売講習
丙種化学特別講習	

資格講習は、高圧ガス保安協会（以下「協会」という。）が行う講習を受け、当該講習の検定に合格することが業務に携わるための資格要件の一つに規定されている講習である。資格要件は複数あり、そのうちのいずれかを満たすことで足りるため、業務に携わるための手段は資格講習に限られていない。

表 3　資格講習の種類

講習の種類	
高圧ガス移動監視者	特定高圧ガス取扱主任者

２．２　法定講習の実施者

法定講習は、義務講習及び免除講習については、協会又は経済産業大臣が指定する者(以下「指定講習機関」という。)が行う[5]、資格講習については、協会が行う[6]こととされている。協会は、法を根拠に高圧ガスによる災害の防止に資する業務を行うことを目的に設置された法人であり、業務内容のひとつに講習を実施することが規定[7]された実施者である。指定講習機関は、指定を受けようとする者の申請によ

[4] 平成 28 年度経済産業省委託高圧ガス保安対策事業（高圧ガス保安技術基準作成・運用検討）（３）高圧ガス保安法の各法令に関する逐条解説の作成 報告書[2017]117 頁

[5] 法第ニ十七条の二第７項、第ニ十七条の三第３項、第三十一条第３項

[6] 一般高圧ガス保安規則第四十九条第１項第十七号、第七十三条第ニ号

[7] 法第五十九条の二十八第１項第三号

り経済産業大臣が基準を満たすものについて指定する位置づけの実施者である。なお、現状指定講習機関は存在していない。

２．３　法定講習の実施状況

前述の通り協会以外に法定講習を実施している者は存在しないことから、協会の行っている法定講習について取り上げる。講習場所は、経済産業大臣の認可を受けた協会の業務方法書に規定されており、各産業保安監督部の管轄区域又は都道府県を単位として講習毎に規定されている。大臣試験に係る免除講習[8]である場合には、関東東北産業保安監督部（東北支部を除く。）の管轄区域とその他の地域の計２区域、都道府県知事試験に係る免除講習の内、第二種販売主任者講習の場合には４７都道府県、その他の講習は産業保安監督部の各管轄区域である計９区域の内の１以上の場所で実施することと規定されている。

集合型教育での講習の流れ（概要）

ａ）本人確認

予め送付された講習受講票に、受講者が所定の顔写真貼付のうえ講習会場に持参し、講習開始前に講習実施者が目視にて顔写真との照合・確認を行う。

ｂ）講習実施方法

補助教材を講習会場にて大画面のスクリーン等に投影し、講師がこの内容を受講者に対面により、法定講習時間で説明を行う。なお、義務講習の場合には、受講者同士のグループ討議を実施することがある。

ｃ）義務講習の修了証明

講習の修了後に、受講者が持参した製造保安責任者免状（紙）の備考欄に所定の「講習修了証明印」を講習会場にて押印する。

３　調査内容

３．１　法定講習の実施方法の他事例調査

法定講習の在り方を検討するためには、他法令において同様に位置付けられる法定講習に関する実施方法の把握が重要であることから、保安レベルの維持を前提とした他法令の法定講習について、今年度の新型コロナウイルスの感染拡大防止のための試行的な取り組みを含めて講習実施事業者・機関の講習実施実態を調査し、現行の法制度と比較できるよう取りまとめた。

（１）　調査方法

総務省の平成２３年度の資料にある「国の資格制度一覧」（３１３資格）[9]を基に、法定資格制度の実施事業者・機関へのアンケート調査や必要に応じてヒアリン

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

[9] https://www.soumu.go.jp/main_content/000131811.pdf　資-130 頁

グ調査を行い、他法令における法定講習等の実施方法について調査するとともに、一部の民間講習実施事業者・機関の講習実施方法についても調査を行い、保安レベルを維持する講習実施方法として有効な手段を検討した。

イ．アンケート調査

非集合型講習の実施有無に関する簡単なアンケートを実施した。この際、調査先の業界の法定講習等の実施事業者・機関に関する情報も併せて取得し、得られた情報を基に追加的に、同様のアンケート調査を実施した。複数回の確認でも回答がなかった事業者・機関については、Web ページ等の文献から判断して実施状況を把握した。アンケートの形式は「法定講習等の実施機関向け」、「民間講習等実施事業者」の 2 種類を用意し、回答形式として Web 回答と郵送を併用した。

アンケート調査先は、合計 66 ヶ所[10]を選定し、1 次送付では、法定講習等の実施機関 49 ヶ所、民間講習等実施事業者 9 ヶ所を対象とし、調査結果を踏まえた 2 次送付では、新たに非集合型の法定講習等を実施していると判明した事業者 8 ヶ所を対象とした。調査期間は、1 次送付を 2021 年 1 月 8 日（金）～1 月 22 日（金）、2 次送付を 2021 年 2 月 3 日（水）～2 月 19 日（金）と設定した。

主な調査内容は、法定講習実施事業者に対しては①所掌法令に基づき実施している法定講習の有無、②講習名称、科目、日数、目的、講習後試験の有無、③所掌法令に基づき実施している国家試験の有無、④国家試験、講習後試験の回答形式、所要時間、合格率、⑤非集合型講習・試験を実施している場合の実施方法、不正防止方法、⑥非集合型講習・試験を採用した／採用しない場合の理由、⑦非集合型講習・試験の採用時の課題、⑧法定講習・国家試験に関する今後の実施計画とし、民間講習実施事業者に対しては、①非集合型講習・試験の有無、②非集合型講習の名称、科目、日数、目的、講習後試験の有無、③非集合型試験の回答形式、所要時間、合格率、④非集合型講習・試験を実施している場合の実施方法、不正防止方法、⑤非集合型講習・試験を採用した／採用しない場合の理由、⑥非集合型講習・試験の採用時の課題、⑦非集合型講習・試験に関する今後の実施計画とした。

ロ．ヒアリング調査

アンケート調査で非集合型教育を実施していると回答があった事業者・機関のうち、効果的な調査となるよう 5 事業者・機関程度を選定して、実施状況のヒアリングや先方から許可が得られた場合、資料の提供等を受けた。非集合型での実施事例が 5 事業者・機関に満たない場合は、集まった事例を全て調査するものとした。

加えて、法定講習の実施有無に関わらず２事業者・機関程度から非集合型教育

[10] 付録書Ｂ　表Ｂ－１

の実施方法のヒアリングを実施し、法定講習との相違点を考慮し、非集合型教育における注意点等を取りまとめた。

（２）調査結果

イ．アンケート回収状況

法定講習実施事業者（合計 54 ヶ所）にアンケート[11]を送付した結果、32 件の回答[12]が得られた（回答率：57.1%）。また、民間講習事業者（合計 12 ヶ所）にアンケートを送付した結果、5 件から回答が得られた（回答率：41.7%）。

ロ．アンケート調査結果

ａ）　法定講習等実施事業者の結果

Q1～Q7 は回答者属性（事業者名、回答者氏名、部署、連絡先など）に関する質問であり、ここでは省略する。Q9～Q18 は「所掌法令に基づき実施している法定講習及び国家試験の実施状況」に関する質問であり、インターネット調査の結果と合わせて、ハ．にまとめる。Q8 および Q19～Q24 の回答結果は以下にまとめる。

Q8.　非集合型講習の実施状況について、貴機関・団体・学校にヒアリング（リモート）をさせていただいても宜しいでしょうか。

「可」が 14 件、「不可」が 15 件、無回答（空白）が 3 件であった。

Q19.　非集合型講習・試験を採用した理由を教えてください。

非集合型講習・試験を採用した理由の回答状況を図　2に示す。回答 9 件のうち、採用理由として「コロナウィルス対策」が 9 件、「実施利便性の向上」が 3 件、「実施に掛かる労力の低減」が 2 件であり、すべての事業者が「コロナウィルス対策」を理由に挙げている。

[11] 付録書Ｂ　表Ｂ－１
[12] 付録書Ｂ　表Ｂ－２

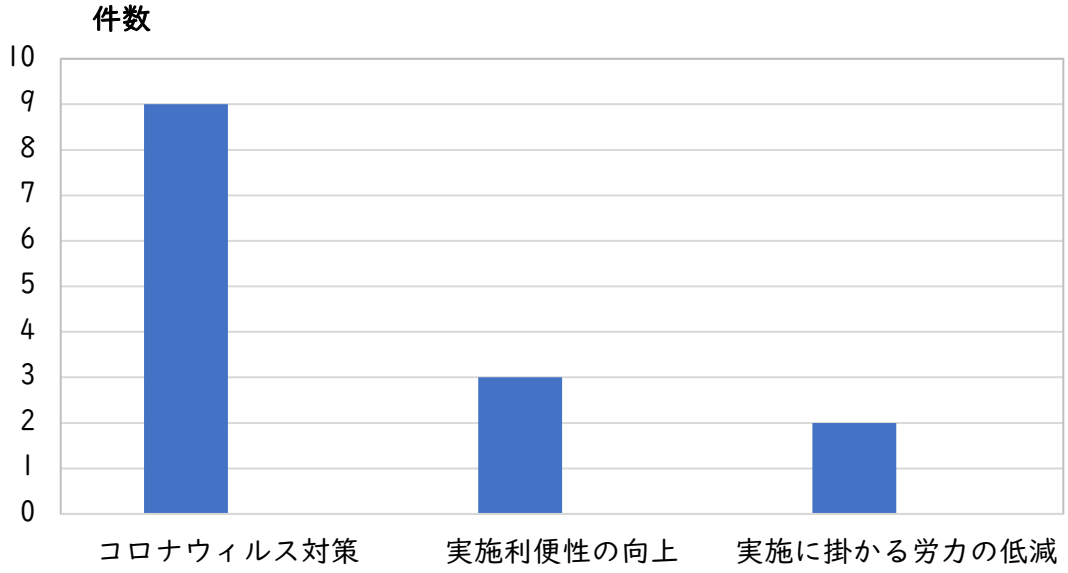


図 2　非集合型講習・試験を採用した理由（複数回答可）　（回答：9 件）

Q20.　非集合型講習・試験を採用していない理由を教えてください。

非集合型講習・試験を採用していない理由の回答状況を図 3 に示す。回答 24 件のうち、「本人確認が困難」と回答した事業者が 13 件と半数以上を占めている。「不正受講を危惧」と「その他」の回答は 11 件ずつあり、「導入コストが高額」が 9 件、「システムの煩雑化」が 5 件、「受講効果を保証できない」が 3 件であった。

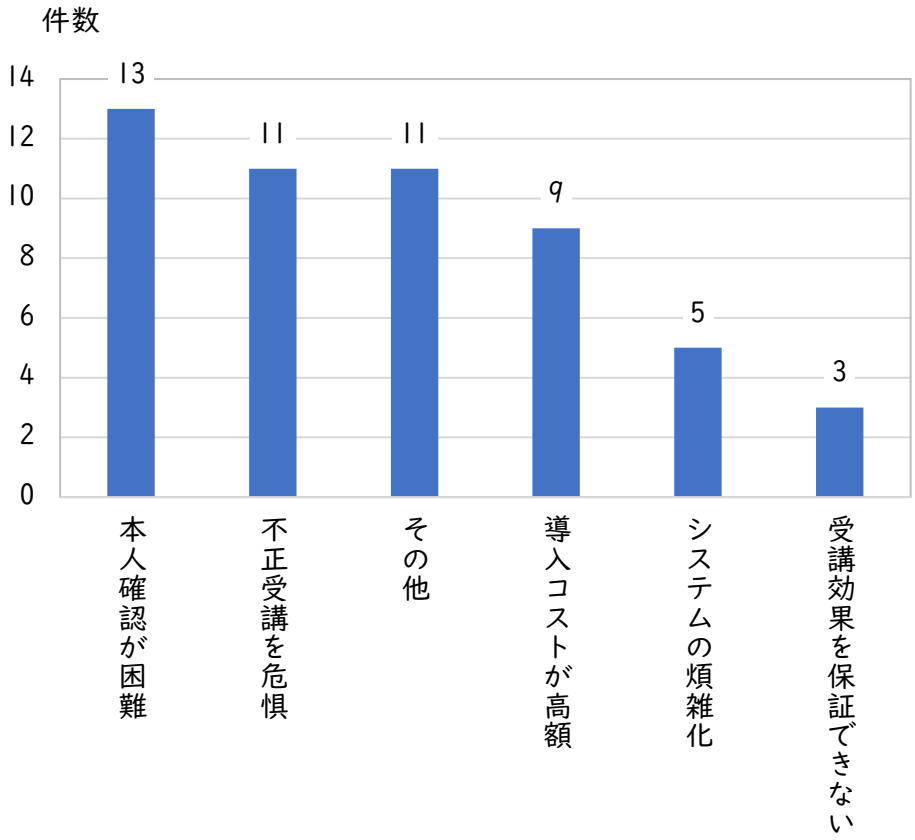


図 3　非集合型講習・試験を採用しない理由（複数回答可）

（回答：24 件）

「その他」の回答の内訳を表 4 に示す。「法令上の制約」、「他地域との統一」、「試験整備、環境整備」の 3 要因に大別できる。

表 4　Q20「その他」の内訳

法令上の制約	他地域との統一	試験整備	受験者側の環境整備
・認められていない ・法令上認められていない ・法令で定められている ・省庁通達の条件により実質的に採用困難 ・法律の定めがない	・全国で統一的に行っている ・都道府県協議会で統一	・非集合型の実施への切り替えに伴う体制確保、試験問題の出題方法の変更及びその周知 ・試験問題の整備 ・試験形態により	・通信機器がない理由で受講できないものが出てくる ・受講者側の環境整備が難しい

Q21.　非集合型講習・試験を採用した時、または採用すると仮定した場合、課題となる事項を教えてください。

非集合型講習・試験を採用する場合の課題の回答状況を表 5に示す。計31件の回答があり、表５にはその回答状況を分類して詳細を示している。

表 5　非集合型講習・試験を採用する場合の課題（回答：31 件）

回答機関	最大の課題	その他の課題					
		A	B	C	D	E	F
法定講習実施機関Ａ	A						
法定講習実施機関Ｎ	A		●				
法定講習実施機関Ｕ	A		●		●		
法定講習実施機関ｒ	A		●	●	●		●
法定講習実施機関Ｅ	B				●		
法定講習実施機関Ｆ	B	●				●	
法定講習実施機関Ｇ	B				●		
法定講習実施機関Ｋ	B				●		
法定講習実施機関Ｌ	B				●		
法定講習実施機関Ｒ	B	●			●	●	
法定講習実施機関ｎ	B						
法定講習実施機関ｏ	B						
法定講習実施機関ｑ	B			●	●	●	
法定講習実施機関ｗ	B	●			●		
法定講習実施機関Ｍ	C	●				●	
法定講習実施機関Ｉ	D	●				●	
法定講習実施機関Ｏ	D						
法定講習実施機関Ｗ	D						
法定講習実施機関ｃ	D						
法定講習実施機関ｈ	D		●			●	
法定講習実施機関ｕ	D						
法定講習実施機関ｂ	E	●			●		
法定講習実施機関Ｂ	F						
法定講習実施機関Ｄ	F	●	●	●	●	●	
法定講習実施機関Ｈ	F						
法定講習実施機関ｊ	F						
法定講習実施機関Ｉ	F	●			●		

回答機関	最大の課題	その他の課題					
		A	B	C	D	E	F
法定講習実施機関ｍ	F	●	●		●		
法定講習実施機関ｙ	F						
法定講習実施機関ｄ	（空白）						●法令上認められていない
法定講習実施機関ｖ	（空白）	●	●	●	●		
合計		10	7	4	14	7	2

選択肢：A.導入コストが高額　B.不正受講を危惧　C.受講効果を保証できない　D.本人確認が困難
E.システムの煩雑化　F.その他

「最大の課題」について回答があった 29 件の内訳を図 4 に示す。「B.不正受講を危惧」と答えた事業者が 10 件と全体の約 1/3 を占めており、非集合型講習・試験の導入にあたり、不正受講が最も問題視されていることがわかる。次いで「F.その他」が 7 件、「D.本人確認が困難」が 6 件、「A.導入コストが高額」が 4 件、「C.受講効果を保証できない」、「E.システムの煩雑化」が 1 件ずつであった。

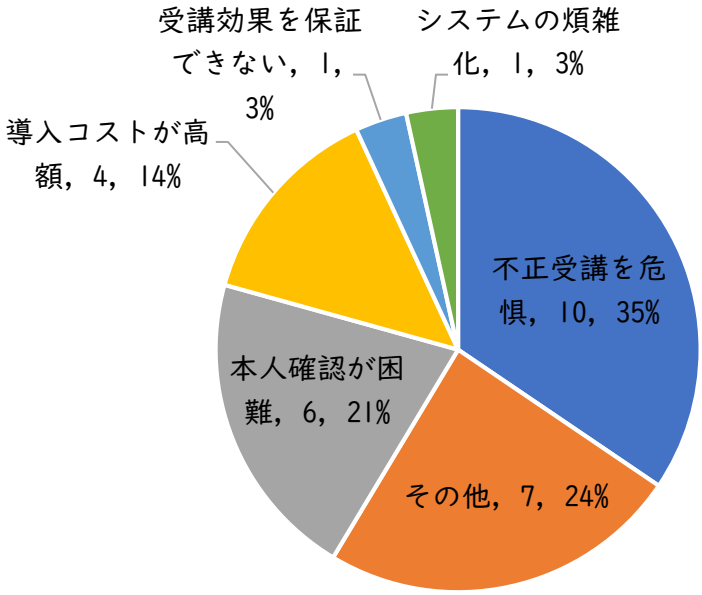


図 4　非集合型講習・試験を採用する場合の最大の課題（回答：29 件）

「その他の課題」について回答があった 20 件の内訳を図 5 に示す。「本人確認が困難」と答えた事業者が 13 件と最も多い。

「F.その他」の回答の内訳を表 6 に示す。「試験問題の整備」「受験者側環境の整備」「法令上の制約」等が課題になっている。

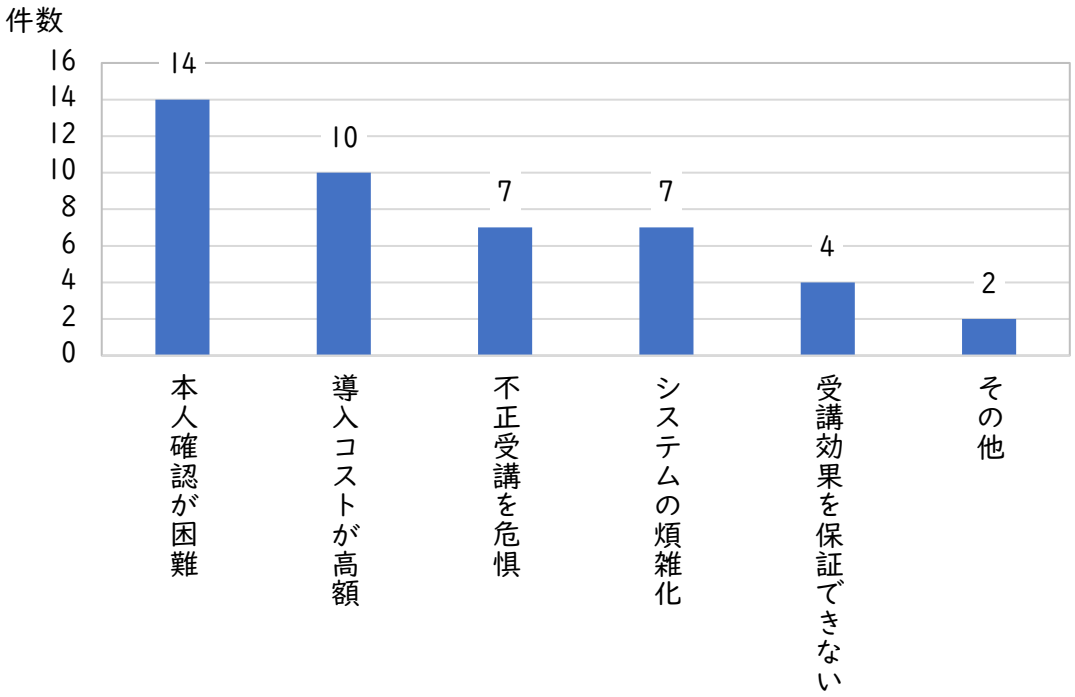


図 5　非集合型講習・試験を採用する場合のその他の課題（複数回答可）

（回答：20 件）

表 6　Q21 における「F.その他」の回答の内訳

法令上の制約	他地域との統一	試験整備	受験者側環境の整備
・法令上認められていない ・法律の定めがない	・全国で統一的に行っている	・試験形態により ・試験問題の整備 ・CBT[13]試験業務の枠組み、整備など	・受講者側の環境整備が難しい

[13] CBT（Computer Based Testing の略称）とは、コンピュータを使った試験方式のことである。CBT の多くは 1 年間を通じて好きな日時で受験できる。ただし、試験会場となるテストセンターに出向く必要がある。試験監督の監視の下で試験が実施でき、厳格さを要求される認定試験などに利用されている。受験申込から試験実施、合否通知まで、試験の工程が全てインターネット上で完結することが多く、主催者側も受験票や合否通知発送、問題印刷、会場確保、試験官派遣などの負担を軽減できる。近年では、漢字検定や英語検定などの検定団体の他、一部の大学の語学入試、上場企業の採用試験・社内評価試験などへの導入が進んでいる。

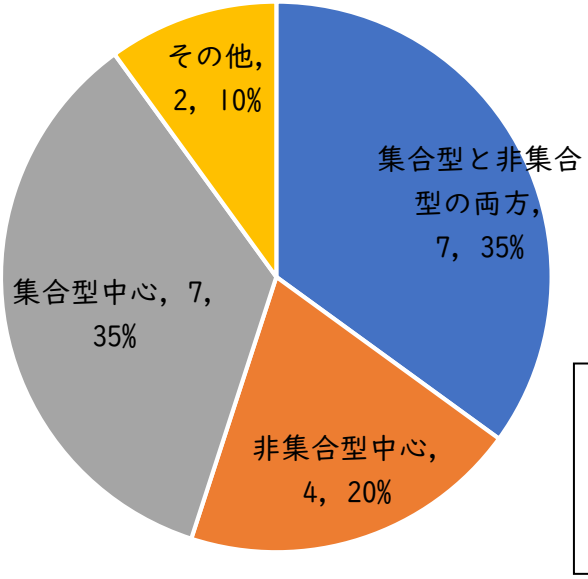
法令上の制約	他地域との統一	試験整備	受験者側環境の整備
・認定団体から法定試験と認められるか否か ・所管省庁通達で「修了試験は登録教習機関の監督者が対面で実施」とされており、実質非集合型講習とすることが困難なため、通達の内容が変わらない限り非集合型講習・試験は実施困難です。		・非集合型の実施への切り替えに伴う体制確保、試験問題の出題方法の変更及びその周知	・通信機器がない理由で受講できないものが出てくる。

Q22. 今後の法定講習に関する実施計画を教えてください。

今後の法定講習に関する実施計画の回答状況を図 6に示す。回答20件のうち、「集合型と非集合型を両方実施していく」が7件、「集合型の講習を中心に実施していく」が7件、「非集合型の講習を中心に実施していく」が4件であり、事業者の過半数は、今後非集合型の法定講習の実施を計画している[14]。

「その他」2件は、いずれも「所管省庁の指示による」旨の回答になっているが、ヒアリング調査では、「集合型と非集合型の両方」と回答した事業者も、長期的な計画は所管省庁の判断に委ねている（後述）。

[14] 「集合型と非集合型の両方」と「非集合型中心」の合計。



Q22「その他」の内訳
- 関係法令、所管行政機関の指示による
- 現在、所管省に相談中

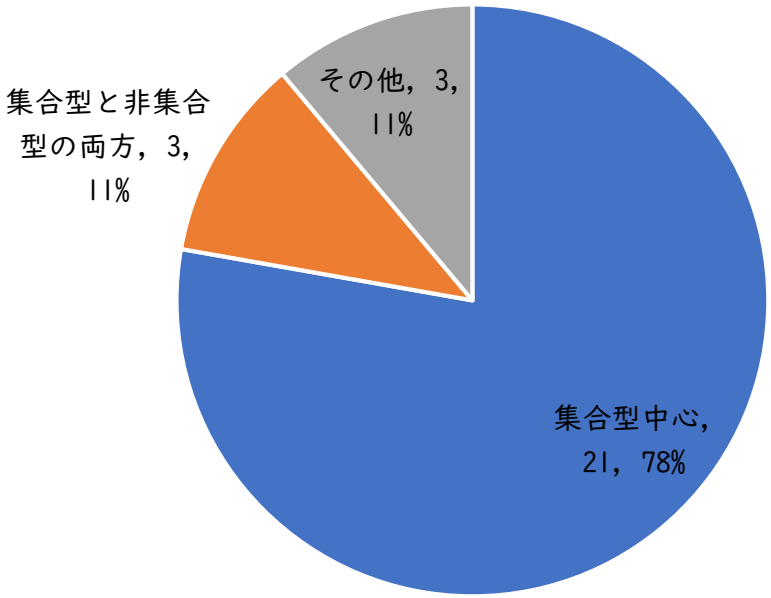
図 6　今後の法定講習に関する実施計画　（回答：20 件）

Q23. 今後の国家試験に関する実施計画を教えてください。

今後の国家試験に関する実施計画の回答状況を図 7 に示す。回答 27 件のうち、「集合型の講習を中心に実施していく」が 21 件と全体の約 3/4 を占めている[15]。法定講習とは異なり、国家試験では厳格な不正行為対策が求められており、各事業者では入場人数を半分に制限するなどの処置を取りながらも、従来通りの集合型での実施が望ましいとしている。

「その他」の回答として、「CBT 試験への移行検討」や「記述問題の取り扱い」が言及されている。

[15] 「非集合型の試験を中心に実施していく」と回答して事業者が 1 件あったが、試験形式は「CBT 試験」と記載しているため、「その他」に集計した。



Q23「その他」の内訳
- 現在、所管省に相談中（コンピュータを利用したサテライト型を検討中（いわゆる CBT 試験））。
- 非集合型を指向したいが、記述式問題をどうコンピュータに載せるかが課題。
- 次回の試験は、集合型と、非集合型の併用ですが、次々回からは非集合型の試験（CBT 試験）を全面的に導入する予定としており、今後、試験問題の作成（データベース化）、試験期間の長期化、テスト会場の確保、ＣＢＴ試験で受験できない者への対応等の課題があると考えています。

図 7　今後の法定講習に関する実施計画　（回答：27 件）

Q24.非集合型講習・試験について、他にご感想・ご意見がございましたら自由にご記入ください。

非集合型講習・試験に関するコメント・意見を表 7 に示す。受講者への配慮、不正受講・不正受験の危惧、オンライン講習に関する取り組み、情報提供の要望などが提起されている。

表 7　非集合型講習・試験に関するコメント・意見

・法定講習において、当法定講習は国家試験の補完的な制度として存在しており、中小企業向けのものとなっているが、中小企業の中には、「ネット環境を持っていない」あるいは「IT 機器のスキルが相当低い」状況が存在し、本来受講してもらいたい企業が受講できない可能性が少なからず存在する。
・当協会では、法定講習等は実施しておらず、教材のみを制作しているが、今後、消防庁で危険物取扱者の法定講習のオンライン化について検討していくことから、講習制度の検討やテキストや講習映像などの教材の制作について協力していく予定です。令和２年度については、オンライン用の講習映像の制作を行いました。
・次回の試験は、集合型と、非集合型の併用ですが、次々回からは非集合型の試験（CBT 試験）を全面的に導入する予定としており、今後、試験問題の作成（データベース化）、試験期間の長期化、テスト会場の確保、CBT 試験で受験できない者への対応等の課題があると考えています。
・不正受験や本人確認について、非集合型は現時点では対策が難しいものと考える。
・コロナ禍で非集合は望ましいが、不正受講が心配である。

ｂ）民間講習事業者の調査結果

回収したアンケート５件のうち、１件を除いて、すべて非集合型講習を実施している[16]。

一方、非集合型講習を実施していない回答者（１件）は、法定講習の指定登録機関である。法定講習について「指定官庁が定めている実施基準によってはWeb 講習が実施できない」、「集合型講習を前提に定められた講習事務の煩雑さ」、「本人確認や不正受講防止に関する規定の非適合性」、「高齢受講者への働きの不十分」が非集合型化の妨げになると指摘している。

ハ．他法令における法定講習・国家試験の実施状況の把握

調査対象となる保安関連資格：109 種類[17]に対して、ロ．の結果に加えてインターネット調査を行い、資格に関連する法定講習及び国家試験の実施状況をまとめた。

ａ）法定講習の実施状況

調査対象となる保安関連資格（109 種類）のうち、「法定講習」がある資格は69 種類である。このうち、「資格取得」を目的としている講習が 57 種類、「義務講習または資格維持講習（定期講習）」が 25 種類、「その他」を目的としている講習が１種類（資格認定の申請に係わる実務経験期間の短縮）であった。

「講習後試験の有無」については、講習後に試験（修了試験、修了考査、効果測定を含む）を行っている資格は 53 種類である。そのほとんどは資格取得の

[16] 付録書Ｂ　表Ｂ－３

[17] 調査対象とした資格の他、アンケート回答で挙げられた資格も対象に加えている。

ために実施されているが、ごく一部の資格[18]では定期講習後にも試験を行っている。

「資格取得」を目的とした講習を所要時間別に区分した結果を図 8に示す。資格の細かい分類（例：一級、二級）によって講習時間が異なる場合については、最長時間を所要時間とした。

- 所要時間：「10 h未満（1 日間）」の講習は5種類あり、いずれも講習のみまたは簡単な修了考査で資格を取得できる。この中には有資格者を対象とした講習[19]も含まれる。
- 所要時間：「10～26 h（2～3 日間）」の講習は33種類あり、その多くは労働安全衛生法に定められた作業主任者の技能講習である。講習の実施方法として、学科講習＋修了試験（1 h）の形式が主流であるが、1日間の実技講習を行うケースも多い。修了試験の合格率は平均して比較的に高い（70%～95%）。
- 所要時間：「15～28 h（4 日間）」の講習は8種類あり、「昇降機等検査員」や「消防設備点検資格者」等、主に消防法、建築物関連法令で定められた資格が多い。約4日間の学科講習＋修了試験（2 h）の形式がほとんどである。
- 所要時間：「31～39 h（5～7 日間）」の講習は8種類あり、所定資格保有者や実務経験者を対象にした資格認定講習が該当する（例：公害防止管理者等資格認定講習、エネルギー管理研修、放射線取扱主任者登録資格講習）。また、建設機械運転者関連資格（車両系建設機械運転者、フォークリフト運転者）や警備関連資格（警備業務検定、警備員指導教育責任者）等実技講習時間が長い講習が該当する。
- 所要時間：「10 日間～」の資格は3種類あり、「廃棄物処理施設技術管理者講習」、「建築物環境衛生管理技術者登録講習」、「無線従事者認定講習」である。

[18] 建築士（一級、二級、木造）の定期講習、電気工事士の定期講習（随時開催のオンライン講習のみ）が該当する。

[19] 管理建築士講習、防災管理者講習などが該当する

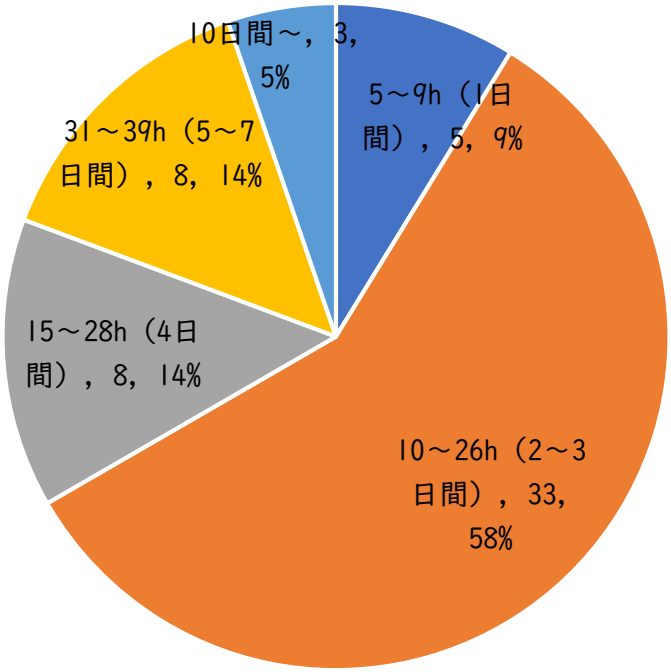


図 8　「資格取得」を目的とした講習の分類（所要時間別）

「資格維持、義務講習」を目的とした講習（いわゆる再講習）を所要時間別に区分した結果を図 9に示す。

- 所要時間：「2～3 h（半日間）」の講習は 3 種類あり、「危険物取扱者保安講習（3 年毎）」、「防火管理者（5 年毎）」、「防災管理者（5 年毎）」である。
- 所要時間：「5～8 h（1 日間）」の講習は 18 種類あり、関連分野、法令が多岐にわたっている。これに区分される講習の多くは、本調査の焦点である「非集合型」形式を採用している。
- 所要時間：「11～13 h（2 日間）」の講習は 4 種類あり、いずれも「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」を根拠とした資格であり、新技術、新知識の修得及びその他必要な知識の反復履修を講習目的としている。

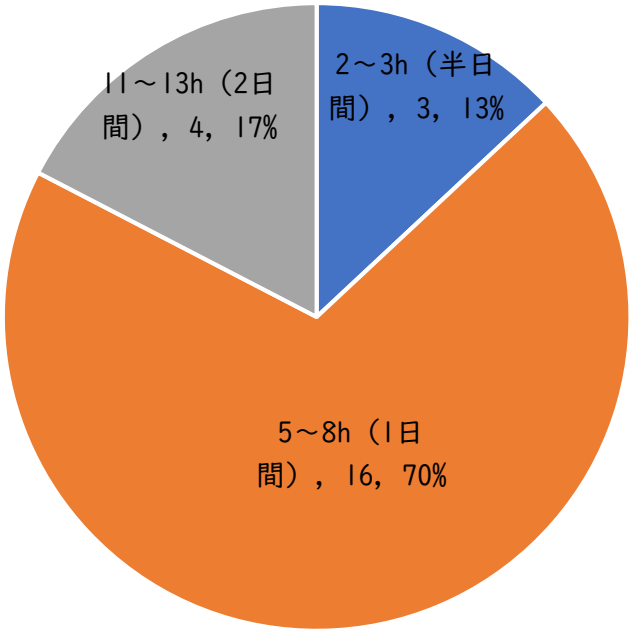


図 9　「資格維持、義務講習」を目的とした講習の分類（所要時間別）

法定講習の実施方法についてまとめた結果を図 10に示す。「法定講習」がある資格 69 種類のうち、コロナ禍においても集合型で実施している講習が 52 件あり、全体の約 3/4 を占めている。「非集合型」講習が 3 件、「集合型と非集合型の両方」の講習が 14 件であり、それぞれの詳細を次ページに記載する。

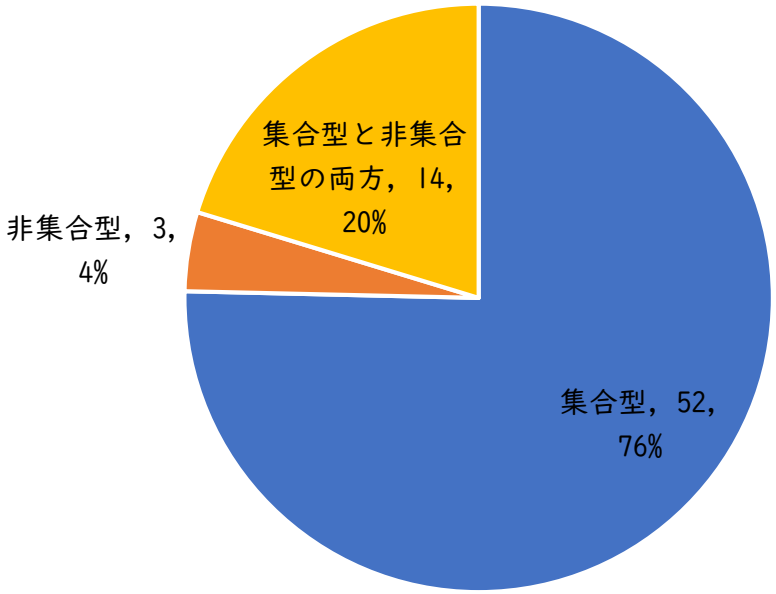


図　１０　法定講習の分類（実施方法別）

ｂ）非集合型で実施されている法定講習の実施状況

非集合型法定講習の概要を以下に示す[20]。

①　建築士（一級／二級／木造）定期講習

新型コロナウィルス感染症などへの対応として、令和２年度２月開催分より、建築士定期講習の会場講義を自宅等での動画視聴に変更できるようになり、約５時間の講義をオンデマンド配信で受講することができる。講習日の３週間前までに講習会を担当する団体（建築士会又は建築士事務所協会）に講習を申し込むと、修了考査日の一週間前に「動画視聴時に使用するテキスト」、「動画視聴完了宣誓書（動画視聴ページ、視聴方法を記載）」が送付される。ただし、修了考査は従来通り集合型で実施されている。「修了考査日に動画視聴完了宣誓書を提出しなかった場合」、または「修了考査を欠席した場合」には講習は未修了となる。

②　旅行業務取扱管理者定期研修

令和２年度第３期より、旅行業務取扱管理者定期研修について「集合研修」と「オンライン研修（インターネットを利用した動画配信による研修）」を同時実施している。オンライン研修を申し込むと、締切日後に「講義視聴

[20] 付録書Ｂ　表Ｂ－５

の方法、視聴ページにログインするためのＩＤ・パスワード、テキスト等」が受講者に送付される。日本旅行業協会はあらかじめ決めた期間中（1ヵ月）にインターネットにより講義を配信し、受講者はこの期間中にすべての講義（約6時間）を視聴する必要がある。各受講者のＩＤ・パスワードによるログイン記録、視聴記録は協会事務局で管理・確認されており、すべての講義を視聴した記録がない場合、研修は未修了となる。

③　防火設備検査員、特定建築物調査員資格取得講習

新型コロナウィルス感染症の拡大を防止するため、令和2年度より会場での受講に代えて、考査を除き原則としてWebによる受講方式を推奨している。申し込み完了後、受講者のメールアドレスに受講サイトのURL、ログインＩＤ、その他の必要事項が記載されたメールが送信され、受講期間中に講習動画を視聴する必要がある。不正防止策として、「初回ログイン時に撮影・登録された本人の顔写真」と「それぞれの科目の動画視聴中にランダムのタイミングで撮影した顔写真」とを照合することにより、本人確認を行う。全ての科目を本人が視聴したと確認できれば、受講修了とみなされる。

④　建築設備検査員、昇降機等検査員資格取得講習

新型コロナウィルス感染症対策として、令和2年度の講習を「会場講習」と「DVD講習」の併用で実施している。DVDは修了考査日の前週に発送され、自宅で視聴した後、指定された日時・会場で修了考査を受ける。不正防止策として、「DVD 講習」では、すべての DVD のスタート後と終了間際に「キーワード」（英文字または数字）が表示され、これを DVD に同封される所定の用紙に「キーワード」を自身で記入して、DVDと一緒に修了考査日に提出してする必要がある。「キーワード」を記入した所定の用紙の提出及びDVDの回収ができない場合は、修了考査を受けられない場合がある。ただし、使用するDVDの枚数が多く（16枚）、コストが嵩むことから、同協会では令和3年度からe-ラーニング方式に移行することを検討している。

⑤　第一種電気工事士定期講習

第一種電気工事士定期講習を「集合講習」「オンライン講習（定時受講）」「オンライン講習（随時受講）」の3つの形式で開催している。「オンライン講習（定時受講）」は、いわゆるライブ型の受講方法である。流れとしては、受講者がシステムにログインして説明を受けた後、Webカメラを常時オンに設定し、監督員が継続的に受講状況を確認できるようにする必要がある。30分を超える遅刻（ログインの遅延）または途中退席をした場合には未修了と

なる。また、受講状況が適切でないと認められた場合、受講者にチャットまたは電話による連絡が入る。「オンライン講習（随時受講）」では、受講期間中（2週間）に任意に受講の開始・中断・再開ができる。

各章の後に修了考査が設けられており、修了考査（合格点８０点以上）に合格後、次編の受講が可能になる。修了考査に不合格でも、講習ビデオの再受講等を行い、再度修了考査を受けることができる。本人確認のため、最初のログイン時に受講者の顔画像をWebカメラにより撮影し、その後、受講中断後も再ログインの都度、Webカメラにより受講者の撮影が行われる。

⑥　ガス消費機器設置工事監督者再講習

2020年度におけるガス消費機器設置工事監督者再講習を全て自宅学習（DVD視聴による講習）方式に変更している。再講習の所要時間は5時間であり、修了試験はない。郵送されたDVDに動画視聴完了宣誓書が同封されており、受講者の署名により視聴完了を保証している。

⑦　火薬類保安手帳、火薬類取扱従事者手帳を交付するための講習

新型コロナウィルス感染症拡大防止のため、火薬類保安手帳、火薬類取扱従事者手帳を交付するための講習（再教育講習、保安教育講習）について、令和2年に引き続き令和3年も習熟度確認等を含めた自宅学習方式の講習を実施すると発表している。受講者は、従来どおり各指定協会（都道府県保安協会等）に申し込むと、協会からテキストおよび習熟度確認資料（プリント）が郵送され、送付教材を用いて自宅学習を行う。テキストを受け取った日から2週間以内に学習を完了させる必要がある。講習には時間数が規定されていることから、所要時間を想定した習熟度確認資料（演習問題、事故例分析）に受講者が回答し、返送用封筒に入れて、受講を申し込んだ協会に返送する。習熟度確認資料は登録講師が採点し、試験結果の解答、解説とともに受講者にフィードバックされる。講習終了後、再教育講習の方には保安手帳を、保安教育講習の受講者には受講確認シールが郵送で交付され、これをもって受講完了となる。

⑧　土壌汚染調査技術管理者定期講習

新型コロナウィルス感染症拡大防止のため、令和2年度から従来どおりの対面講習の他に、オンラインでの更新講習を実施している。受講者は有効期間（受講日の7時～22時）中にWeb上で動画を閲覧することにより講習を受け、修了証を受け取る。一回の講習は定員100名程度である。Web講習では本人確認のため、Webカメラ等を利用して受講中の顔写真を撮影し、顔認証

を行う。そのため、「講義Ⅰ 土壌汚染対策法に係る制度の概要、施行状況」を受講している間は、マスクなどを外した状態での受講が要求される。なお、その後の講義の間においても自動認証が行われるため、マスクなどを着用しなくてもよい環境での受講が望ましいとされている。「Web カメラ機能のない PC 等で受講し、本人確認ができなかった場合」、「技術管理者本人とは別の人物が受講している場合」、「長時間席を外している場合」は修了証が発行されない。

⑨　無線従事者養成課程、認定講習課程、主任講習[21]

総務省では、無線従事者免許の取得希望者及び養成課程実施者の時間的・場所的拘束による負担の軽減、民間参入の機会拡大の観点から、無線従事者養成課程、認定講習課程等に対して、2012 年から授業形態の拡大に関する見直しを行っている。これにより、現在では、無線従事者養成課程及び認定講習課程は多くの企業・団体において非集合型で実施されている。外国人船員を対象とした三海通と一海特の養成課程に e-ラーニングを利用して随時受講型授業を採用している。第 2 級短縮コースと第 3 級標準コースを e-ラーニングで実施している。その他、e-ラーニングを実施する新規参入団体、企業も多く存在する。養成課程では、電波法で定められた時間の講座を修了し、その後の修了試験に合格すると、無線従事者免許証が得られる。修了試験は CBT テストセンターで行われるが、全体の学習の習熟度を測るために、修了試験の前に e-ラーニングシステム上の判定試験（模擬修了試験）にも合格しなければならないような仕組みを設定している養成課程実施者も存在する 。

一方、主任無線従事者定期講習は、総務省の見直しによってオンデマンド配信が可能になったにも拘わらず、令和 2 年度はすべて集合型で実施されている。

⑩　放射線取扱主任者定期講習

コロナ禍への対応を踏まえ、令和 2 年度から令和 3 年 9 月にかけて、e-ラーニング講習（録画配信方式）を主体とした講習を実施している。e-ラーニング講習はインターネットによる録画配信方式であり、「定常開催型」と「随時開催型」の 2 種類に分類される。「定常開催型」では受講場所が限定されず（原則、事業所内にある PC)、インターネット環境があれば受講可能であるが、「事業所が作成した受講者の受講記録等の提出」、「履修確認テスト」が必要になる。「随時開催型」はサテライト方式を採用しており、申し込んだ事業

[21] 総務省発表資料　https://www.soumu.go.jp/main_content/000140645.pdf

者にて用意された講習会場に受講者が集合し、インターネットによる録画配信を視聴する。進行等は、同センターが会議用ソフトを使用して行い、講師との質疑応答も可能である。また、事業所による本人確認記録の提出や履修確認テストは不要となる。

⑪　特別管理産業廃棄物管理責任者講習

新型コロナウィルス感染症拡大防止のため、当面の臨時措置として、集合型講習を休止し、オンライン形式の暫定講習会を実施している。受講者が講習を申し込んだ後、テキスト等の資料が郵送され、同センターのホームページからマイページにログインし、講義動画を視聴する。オンライン講義視聴中に使用するPCにカメラ機能は不要とあり、視聴中の本人確認は行っていないと思われる。講義後の修了試験は、指定日時に試験会場で行われる。

⑫　労働安全衛生法関連　特別教育

労働安全衛生法では、一定の危険有害業務に労働者を就かせる場合に、事業所は特別教育などの教育を実施するよう義務付けている。特別教育は都道府県労働局登録講習機関が行っており、民間企業等多数がe-ラーニング形式で実施している。特別教育の動画学習を実施するための条件として、厚生労働省により下記要件が通達されている[22]。

・事業者側で監視人を配置する（受講者以外の中から選任する必要がある）
・事業者側で選任する監視人が受講中に受講者が離席しないことを監視し、離席させないこと

また、実技教育に関しては、各事業者において「実技実施責任者（経験者）」を立て、工具類を準備して各自が実習を行った後、教育記録を作成・保存する必要がある。一方、労働安全衛生法とその関連法令により定められた「作業主任者」の技能講習は、すべて集合型で実施されている。

⑬　情報処理安全確保支援士　オンライン講習、実践講習

情報処理安全確保支援士の講習には「情報処理推進機構が行う講習（共通講習（オンライン講習）と実践講習）」と「一定の条件を満たした民間事業者等が行う講習（特定講習）」の2種類がある。情報処理安全確保支援士は、共通講習（オンライン講習）を3回（1年につき1回）受講することに加え、実践講習又は特定講習を1回受講することが義務付けられている。オンライン講習はe-ラーニング形式を採用しており、標準学習時間の全ての科目を学

[22] 厚生労働省「インターネット等を介したｅラーニングにより行われる特別教育の当面の考え方等について」https://www.mhlw.go.jp/hourei/doc/tsuchi/T200327K0010.pdf

習し、全理解度確認テストに合格し、アンケートに回答することで修了となる。実践講習は、新型コロナウィルス感染症の拡大防止の観点から、令和2年度11月よりリモート方式を採用している。

ニ．国家試験の実施状況

対象となる保安関連資格（109種類）のうち、「国家試験」がある資格は59種類、「講習後試験」がある資格は53種類あり、「試験を行わない」資格は7種類であった。

「国家試験」及び「講習後試験」を所要時間別に区分した結果を図 11に示す。資格の細かい分類（例：一級、二級）によって試験時間が異なる場合は、最長時間を所要時間とした。

- 所要時間：「1 h未満」の試験は29種類あり、いずれも「講習後試験」である。このうちの多くは労働安全衛生法に定められた作業主任者の技能講習の修了考査である。平均合格率は比較的に高い（80%～95%）。回答形式は全てマークシート方式であるが、車両操縦系の資格では実技試験も同時に行っている。
- 所要時間：「1～2 h」の試験は22種類あり、このうちの多くは「講習後試験」である。国家試験として「運行管理者試験」、「自動車整備技能登録試験」、都道府県所管の「砂利採取業務主任者」「採石業務管理者」「毒物劇物取扱責任者」、都道府県公安委員会所管の「警備員指導教育責任者」も含まれる。回答形式は全てマークシート方式を採用しているが、記述、実技試験を同時に行うケースもある。また、試験形態としてマークシート方式とCBT方式を併用する事例[23]もある。
- 所要時間：「2.2～3.5 h」の試験は15種類あり、このうちの14件は国家試験である。「旅行業務取扱管理者」、「電気工事士」」、「ガス溶接作業主任者」」、「移動式クレーン運転士」、「知的財産管理技能士」等が含まれる。回答形式として、「マークシート＋実技」、「マークシート＋記述」など2種類の試験方式を組み合わせているケースが多い。
- 所要時間：「4～6 h」の試験は26種類あり、すべて国家試験である。代表的な例として「情報処理技術者」、「公害防止管理者」、「医師／薬剤師　共用試験」、「作業環境測定士」等が挙げられる。回答形式として、「マークシート＋実技」、「マークシート＋記述」の他、「マークシート＋記述＋口述」など3種類の試験方式を組み合わせているケースもある。合格率は、「医師／薬剤師

[23] 情報処理技術者（ITパスポート）、運行管理者試験等

共用試験」を除いて[24]10%～30%前後と合格難易度が高い。

- 所要時間：「7.25～13 h」の試験は 10 種類あり、「建築士」、「施工管理技士」、「放射線取扱主任者」、「無線従事者（総合無線通信士）」等が含まれる。ほぼすべての試験は「1 次試験＋2 次試験」の二部構成になっており、マークシート方式のみならず、記述、製図等の試験方式も併用している。合格率は 20%前後が多いが、合格率：数パーセントの難関資格も存在する。

なお、本調査で調べた試験はすべて集合型で実施されている。

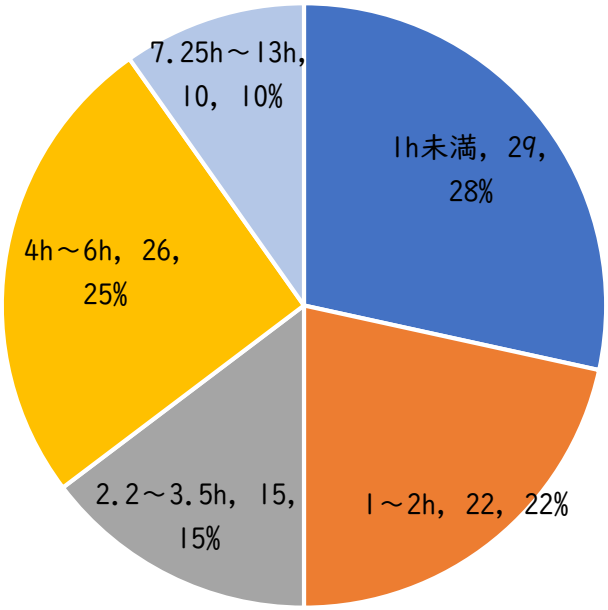


図 11　「国家試験」及び「講習後試験」の分類（所要時間別）

回答形式についてまとめた結果を図 12 に示す。マークシート方式が最も主流であり、マークシート式のみで行われる試験は 56 件と過半数を占めている。「マークシート＋実技」、「マークシート＋記述」など 2 種類の試験方式を組み合わせているケースは全体の約 1/4 を占めている。マークシート方式を利用している試験を合わせると、99 件となる。

※「マークシート、その他（CBT）」の項目に関しては、PC を利用して、従来のマークシート方式と同等な試験になる取り組みのことであり、両方を同時に受けるものではない。CBT 形式を利用している試験は 7 件である。

[24] 医師/薬剤師　共用試験の合格率は 99%とされている。

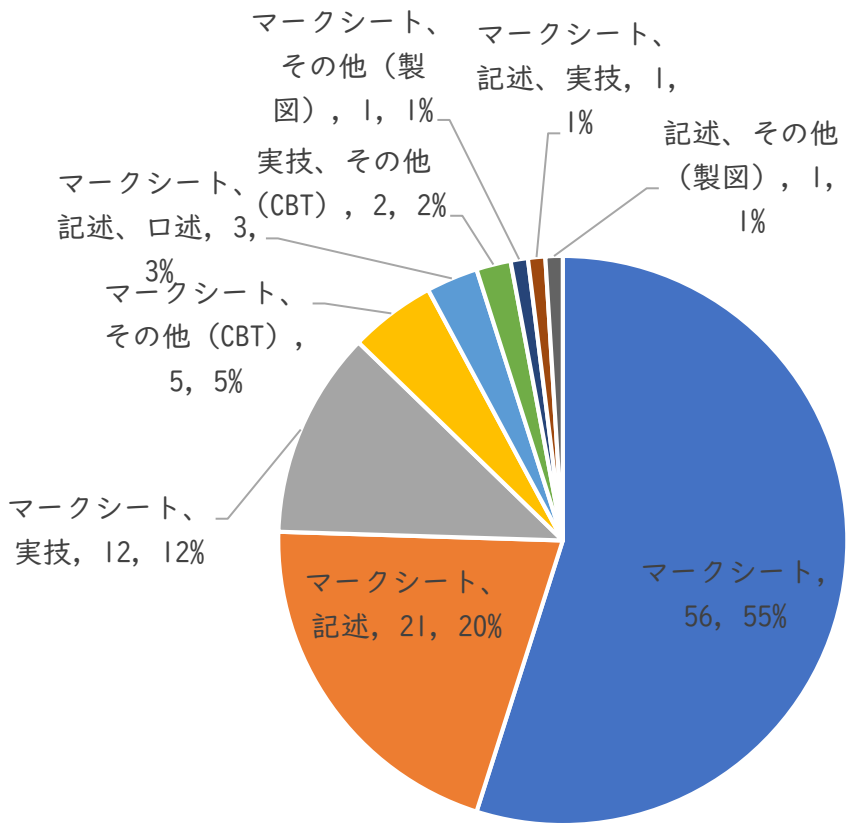


図　１２　「国家試験」及び「講習後試験」の分類（回答形式別）

ホ．講習実施事業者へのヒアリング調査

ロ、ハの調査結果に基づき、高圧ガス保安協会と協議を行い、非集合型の講習を実施している事業者を７ヶ所選定[25]して、ヒアリング調査を行った[26]。ヒアリング結果を以下に記載する。

表　８　講習実施事業者　ヒアリング対象

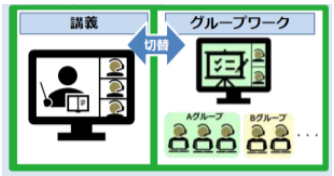
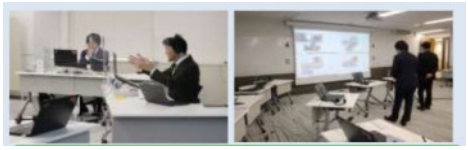
法定講習実施機関Ａ	民間講習実施機関ＡＣ
法定講習実施機関Ｋ	民間講習実施機関ＡＥ
法定講習実施機関Ｐ	民間講習実施機関ＡＮ
法定講習実施機関ｖ	

[25] 付録書Ｂ　表Ｂ－６

[26] Web 会議ツールを利用したリモートヒアリングを原則としたが、質問票を送付して、詳細を記入してもらう方法も一部採用した。

① 法定講習実施機関Ａ

対象講習名	情報処理安全確保支援士 定期講習
根拠法令（資格制度、義務、資格失効、実施者（機関、科目、時間、開催場所、開催時期))	【根拠法令】情報処理の促進に関する法律 【受講期間】 情報処理安全確保支援士の講習には、情報処理推進機構が行うオンライン講習（年１回）と実践講習（3 年に１回）の 2 種類があり、登録期間中の受講が義務付けられている。(法律第 26 条) 【科目、時間、開催場所など】 法令で定められておらず、講習実施者である IPA の事務規程において講習の科目、標準学習時間等を定めている。 【資格失効の有無】 情報処理安全確保支援士は登録資格の更新制を採用しており、3 年毎に登録資格の更新をしなければならない。登録更新申請を行うためには、法定講習をすべて修了する必要がある。 法定講習未受講の場合は、資格名称の使用停止または登録取消しとなることがある。
講習の需要（受講者数、講習を受ける層、制度位置付け）	【受講者数】オンライン講習：約 2 万人（2020 年度） 【受講対象者】情報処理安全確保支援士となる資格を有する者 【制度位置づけ】義務講習
講習の構成（カリキュラム）	・オンライン講習：標準学習時間 6 h（知識：１ h、技能：3 h、倫理：2 h） ・実践講習：標準学習時間 7 h（知識：2 h、技能：4 h、倫理：2 h）のうち、「知識」 は e-ラーニング、「技能」と「倫理」はグループ討議の形式を採用している。
講習の運営方法（実施方法）	・オンライン講習 e-ラーニング形式を採用している。 修了基準：標準学習時間の全ての科目を学習の上、全理解度確認テストに合格すること。アンケートに回答すること。 ・実践講習 e-ラーニング（事前学習）とグループワーク形式を採用しており、2020 年 11 月よりグループ討議がリモート化されている。 修了基準：e-ラーニング受講完了後、グループ討議の全てのカリキュラムを受講し、ディスカッションに積極的に参加すること。アンケートに回答すること。
講習の運営方法（受講者管理、本人確認、不正監視、受講確認、修了証・免状発行等、動画・教材の配信、等各シ	【受講者管理】 申し込み後、専用ＩＤ、パスワードを発行することにより受講者を管理している。 また、グループワークでは、本人の顔出しと討議への参加により、本人確認することもできる。 【動画・教材配信】 専用 e-ランニング教材を作成しており、配信期間中（3 ヵ月）は自由に受講できる。 【受講確認・不正監視】

ステム）	e-ランニング後のテストについては、全問（5 問）正解しないと次に進めない設定になっており、不正の概念がない。また、講習内容をしっかり理解していれば、標準学習時間より早く講習を終わらせても問題ない。 グループワークでは、Web カメラでの顔出しと討議への参加により受講者確認している。同資格の登録証は写真のないタイプであり、集合講習の時でも本人確認を行っていない。 【修了証発行】 受講完了後、まずは PDF の受講修了証明を発行し、公的修了書は別途書面で発行する。登録者より更新の申請があれば、IPA 内で蓄積されている講習の実績を確認、更新する。 【ソフトウェア】 同機構における非集合型講習では、一般的な e-ランニングシステム（外注先の Learning Management System（以下「LMS」という。））や Web 会議ツールを利用しており、受講者側は PC とインターネット環境があれば受講できる。
オンライン取組実績（開始時期、配信期間（オンデマンド時）、これまでの開催数・受講者数等）	オンライン講習は 2017 年（情報処理安全確保支援士資格が設立後）から開始しており、これまで延べ約 55,000 人が受講している。オンデマンド配信期間は申し込み後 3 ヶ月以内である。 実践講習は 2020 年 11 月からリモート化され、これまで約 50 回の開催を経て、延べ約 1,000 人が受講している。
特徴的な内容（リアルタイム質疑応答等）	【実践講習のリモートグループワーク】 1 回の参加者数は約 20 人（最大 30 人）、講師は 2 人であり、1 グループが 5 人程度になるようにグループ分けをし、グループ討議や意見交換を実施する。最終発表の時に全員が一同に集まる。これらの行動は全て Web 会議ツール中で完結でき、講師へのリアルタイムの連絡や質疑応答も可能である。 グループワークの運営は外注しており、現在順調に進んでいる。  
使用教材とオンライン配信教材との関係、提供可否	教材提供および非対象者の受講はできない。（IPA が有識者を招集して独自作成した教材であり、販売を行っていない。受講対象は情報処理安全確保支援士資格所有者に限定されている。） 非集合型、集合型では同じ教材を使用している。
不正者への対応	―（該当しない）
トイレの対応	グループワーク中は、1 時間毎に休憩を設けている。討議中でも、講師にメッセージを送れば離席が可能である。長時間の離席は講師がチェックしている。
受講者の反応	受講者より好評をいただいており、「全国の方との意見交換」「意

	見を即時テキスト化できる」等、リモート形式ならではの特徴がうまく活用されている。
課題点（特に非集合型）	グループワークでは講師のスキルに左右される部分があり、発散型よりも問題解決型にシフトしている傾向がある。
オンライン対応不可の受講者への対応方法	なし（資格の性質による） 【身体障碍者への対応】 身体障害者（視力、聴力）等の講習受講に特別処置を取っており、今後の非集合型講習においても対策が必要となる可能性がある。
その他	【CBT 試験】 ・IPA では、情報処理技術者試験 12 種と情報処理安全確保支援士試験を実施しており、そのうち入門者向け（レベル１）の IT パスポート試験は 2011 年に CBT 化済みである。2020 年秋の試験において、コロナの影響により全試験の応募者数約 20 万人に対し十分な座席を確保することができなかったことから、基本情報技術者試験、情報セキュリティマネジメント試験（レベル２に相当）を急遽 CBT 方式に切り替えた。 ・試験の見直しに関する検討会が 2 月下旬に経済産業省で立ち上がり、「新たな日常」を踏まえた試験の在り方について議論が始まったところである。 【リモートグループワークについて】 ・通信トラブル（回線切断、ログイン失敗等）は起こりうるものであり、対策として事務局の電話によるフォロー体制を設けている。このようなリカバリー体制が非常に重要であり、関連ノウハウを持つ外注先を利用すべきと考えている。 ・IPA では有識者委員会を設けており、日頃よりアドバイスを頂きながら進めている。 【今後の予定】 2021 年度も引き続き、実践講習をリモート形式で行う予定にしている。それ以後は経済産業省と協議して今後の実施方針を固めていく。

② 法定講習実施機関Ｋ

対象講習名	土壌汚染対策法に基づく技術管理者の更新講習
根拠法令（資格制度、義務、資格失効、実施者（機関、科目、時間、開催場所、開催時期))	【根拠法令】土壌汚染対策法 【受講期間】 土壌汚染対策法に基づく技術管理者証の有効期間は５年間である。有効期間の更新を受けようとする者は、当該技術管理者証の有効期間が満了する日の１年前から満了する日までの間に、環境大臣が行う講習（更新講習）を受け、更新講習を修了した旨の証明書（修了証）を受け取り、これを添付して環境大臣に提出する必要がある。 【科目、時間、開催場所など】 法令で定められていない。主催者である環境省が検討委員会を招集し、カリキュラムを策定している。 【資格失効の有無】 技術管理者証は、有効期間が満了する日までに更新講習を受講し、かつ更新申請を行わないと失効する。 更新講習の実施事業は、日本環境衛生センターが環境省から請負っている。
講習の需要（受講者数、講習を受ける層、制度位置付け）	【受講者数】対面講習：370 名、Web 講習：550 人 （2020 年度 2 月時点。緊急事態宣言が解除されれば、対面講習と Web 講習の受講者数は同数程度になる見込み） 【受講対象者】土壌汚染対策法に基づく技術管理者 【制度位置づけ】資格維持
講習の構成（カリキュラム）	標準学習時間：290 分 内訳：制度の概要、施行状況（25 分)、調査に係る技術（100 分)、措置に係る技術（100 分)、土壌汚染状況調査に関する留意事項（20 分)、問題演習とその解説（45 分）
講習の運営方法（実施方法）	同センターの Web 講習は用意した動画をオンデマンド方式で配信する方法を採用しており、受講者は申し込んだ日程の定められた時間（7 時～22 時）内に、ブラウザから専用システムにログインし、動画を閲覧することにより講習を受ける。 講習定員数は 100 名/回であり、コロナ禍における対面講習の定員数に合わせた設定になっている。
講習の運営方法（受講者管理、本人確認、不正監視、受講確認、修了証・免状発行等、動画・教材の配信、等各システム）	【受講者管理】 申し込み後、専用ＩＤ、パスワードを発行することにより受講者を管理している。 【本人確認】 受講申請時に、「顔写真付きの公的証明書」のコピーが求められる。 【動画・教材配信】 ユーザービリティに配慮したシステム設計を採用し、専用の動画教材を作成している。 【受講確認・不正監視】 Web 講習では本人確認のため、Web カメラ等を利用して受講中の顔写真を撮影し、顔認証を行う。そのため、「(講義１）制度の概要、施行状況」を受講している間は、マスクなどを外した状態で

	の受講が要求される。なお、その後の講義の間においてもランダムに写真撮影による自動認証が行われる（人的確認と PC の本人認証機能を併用)。 また、特定受講者（例：I 回目の受講がうまくいかなかった）に対しては、職員によるリアルタイムの監視も可能である。 「Web カメラ機能のない PC 等で受講し、本人確認ができなかった場合」、「技術管理者本人とは別の人物が受講している場合」、「長時間席を外している場合」、「動画早送り等不適切な行為を行った場合」は、修了証が発行されない。 受講当日の所定時間帯（7 時～22 時）において、センターの職員が事務局として常時スタンバイしており、トラブル対応と全体のモニタリングを行っているが、監視中は受講者にアラートを出すことはない。 【修了証発行】 受講終了が確認された後、技術管理者証の更新申請に必要な修了証が郵送される。(更新は別途申請が必要である) 【ソフトウェア】 同センターの Web 講習に利用される配信システムは、コロナ禍の早い段階でシステム会社に外注して開発したものである。カスタマイズ仕様になっているため、イニシャルコスト（制度設計、システム整備）が高くついている。 システムから、受講者の受講進捗、どれぐらいの時間をかけて受講したか、受講中の行動等を把握できるような仕組みになっている。
オンライン取組実績（開始時期、配信期間（オンデマンド時)、これまでの開催数・受講者数等)	【オンライン取組実績】 2020 年度 10 月にスタートし、これまで計 5 回実施されており、延べ 550 人が受講している。 【配信期間】 受講当日中の定められた時間（7 時～22 時）内で受講可能
特徴的な内容（リアルタイム質疑応答等)	特になし（スキルアップ形式になっており、基本は聴講のみ）
使用教材とオンライン配信教材との関係、提供可否	教材提供および非対象者の受講はできない。(受講対象は土壌汚染対策法に基づく技術管理者に限定されており、受講申し込みは個人で環境省に行う。) 非集合型、集合型で使用する教材は厳密には異なる。集合型では講師が重点を抑えた解説を行うが、Web 講習で使用する動画は講師による説明のバラつきを平準化したものとなっている。
不正者への対応	修了証を発行せず、再受講してもらう。(長時間離席の事例)
トイレの対応	所定時間内に受講を完了させれば、特段の問題はない。
受講者の反応	—

課題点	PC スキルの個人差、ハードウェア、通信環境等による受講トラブルは発生するが、時間とともに解消されるものと認識している。
オンライン対応不可の受講者への対応方法	集合型講習を利用する。(あくまでも集合型が主体であり、これを補完する形で Web 講習形式を利用できるようになっている。)
その他	【非集合型を採用した感想】 運営側の負荷としては従来集合型のほうが低いが、コロナ禍の中において、「講習施設が使えない」「県を跨ぐ移動を自粛」等が資格更新の妨げになっている。また、大人数講習では職員を感染リスクに晒す危険性があり、これらを解消するための手段として Web 講習は有用である。 【本人確認に対する考え方】 数々の資格の中には、国民の命・財産に影響を与える資格が存在しており、本人確認は資格保持者の更新条件として必須と思われる。法定講習の非集合型化を考える際に、「本人確認」は大きな課題になっており、これに関する方向性を省庁がきちんと示すことが重要である。 【今後の予定】 同センターは講習の受託実施機関であるため、今後の方針は環境省によって定められる。Web 講習のメリット／デメリットを精査した上で、今後の方針を定めるための判断材料として環境省に報告する。

③　法定講習実施機関Ｐ

対象講習名	外国人船員を対象とした第三級海上無線通信士及び第一級海上特殊無線技士に関わる受託養成課程
根拠法令（資格制度、義務、資格失効、実施者（機関、科目、時間、開催場所、開催時期))	【根拠法令】電波法
講習の需要（受講者数、講習を受ける層、制度位置付け)	【受講者数】1,021 人（2020 年度） 【受講対象者】外国人船員 【制度位置づけ】養成課程
講習の構成（カリキュラム)	電波法規
講習の運営方法（実施方法)	e-ラーニングによる随時受講型授業

講習の運営方法（受講者管理、本人確認、不正監視、受講確認、修了証・免状発行等、動画・教材の配信、等各システム）	電波法令に基づき運営
オンライン取組実績（開始時期、配信期間（オンデマンド時）、これまでの開催数・受講者数等）	―（無回答）
特徴的な内容	―（無回答）
使用教材とオンライン配信教材との関係、提供可否	電波法令に基づき教材を作成
不正者への対応	電波法令に基づき対応
トイレの対応	―（無回答）
受講者の反応	―（無回答）
課題点（特に非集合型）	―（無回答）
オンライン対応不可の受講者への対応方法	―（無回答）

④　法定講習実施機関ｖ

対象講習名	放射線取扱主任者　定期講習
根拠法令（資格制度、義務、資格失効、実施者（機関、科目、時間、開催場所、開催時期））	【根拠法令】放射線障害防止法 法令では科目（使用、密封、販売・賃貸の 3 種類）及び最低講習時間を定めている。場所について各登録講習機関が各自で決める。実施側の講習義務は「業務規程」の中で定められている。 講習形式ついては、法令に明確な規定がないため、関連省庁（原子力規制庁）と協議の上、非集合型形式での開催を行っている。（これに関する業務規程の変更・申請を行っている。） 【受講期間】 新しく放射線取扱主任者を選任した場合は、選任された日から１

	年以内、その後は 3 年毎に受講する。（法律施行規則第 32 条第 2 項） 【資格失効の有無】 同講習の目的は資格維持であるが、受講しなくても資格は失効しない。ただし、事業者側に受講義務があり、立ち入り検査等で未受講が発覚された場合、業務改善命令等の行政指導を受ける可能性がある。
講習の需要（受講者数、講習を受ける層、制度位置付け）	【受講者数】1000 人～1500 人/年 【受講対象者】選任された（もしくは選任を予定されている）放射線取扱主任者 （法律施行規則第 32 条第 1 項） 【制度の位置づけ】主任者として力量の維持・向上
講習の構成（カリキュラム）	講習は 3 種類（使用、密封、販売・賃貸）があり、講習時間は 2～4.5 h である。それぞれのカリキュラムには共通部分もある。非集合型講習・集合型講習とも同じカリキュラムを採用している。
講習の運営方法（実施方法）	同センターの e-ラーニング講習はインターネットによる動画配信方式であり、「定常開催」と「随時開催」の 2 種類に分類される。 「定常開催」は事業所からの申込みに限られており、申し込み後、専用のＩＤとパスワードが発行され、インターネットによる動画配信を視聴する。受講場所を限らず（原則、事業所内にある PC）、インターネット環境があれば受講可能であるが、「事業所が作成した受講者本人の受講記録等の提出」、「履修確認テスト」が必要となる。 「随時開催」タイプはサテライト方式を想定している。申し込んだ事業者にて用意された講習会場に受講者が集合し、同センターが会議用ソフトを使用して、講師によって遠隔講習を行う。この場合、事業所による本人確認記録の提出や履修確認テストは不要となる。
講習の運営方法（受講者管理、本人確認、不正監視、受講確認、修了証・免状発行等、動画・教材の配信、等各システム）	【受講者管理】 申し込み後、専用ＩＤ、パスワードを発行することにより受講者を管理している。 【動画・教材配信】 オンデマンド配信に用いる動画は、講義風景を流すものではなく、専用に制作している。オンデマンド配信期間中は自由に受講できる。配信動画を閲覧するためには、専用のＩＤとパスワードが必要になる。（申し込み後メールにて送信される。） 【受講確認・不正監視】 「集合型」と「随時開催」タイプでは講師による受講状況を確認し、講義後の試験はない。 定常開催（オンデマンド配信方式）：事業所が責任をもって受講者の受講状況を確認し、「受講者本人の報告」「履修確認テスト回答用紙」「事業所による受講記録」を事務局に提出する。本人確認、不正監視はセンター側では行っておらず、動画閲覧履歴も管理していない。 履修確認テストは、テキストから問題を抜粋して作成されたもの

	であり、不合格の場合は再受験できる。 【修了証発行】 受講記録等が提出され、受講終了が確認された後、修了証が郵送される。 【ソフトウェア】 同センターにおける非集合型講習では、一般的な動画配信手段やWeb会議ツールを利用しており、受講者側はPCとブラウザがあれば受講できる。
オンライン取組実績（開始時期、配信期間（オンデマンド時)、これまでの開催数・受講者数等）	2020年12月から～2021年9月までの実施を予定しており、これまで4回（定員150人）開催されている。 オンデマンド配信期間は10日間/回である。
特徴的な内容（リアルタイム質疑応答等）	「非集合型（随時開催)」は、講師がZoom等のWeb会議システムを利用したライブ型を想定し、質疑応答の対応も可能としているが、現時点で開催の実績はない。
使用教材とオンライン配信教材との関係、提供可否	教材提供および非対象者は受講できない。(法令の建付け上、受講義務は事業所にあり、個人学習による申し込みを想定していない。また、受講対象は放射線取扱主任者の免状所持者に限定されている。) 非集合型、集合型とも同じ教材を使用している。
不正者への対応	―（該当しない）
トイレの対応	―（該当しない）
受講者の反応	―（該当しない）
課題点（特に非集合型）	従来の集合型講習では、演習（グループワーク）が設けられており、提示されている課題に対してグループ討議が行われていたが、非集合型講習ではこのような演習ができず、「問題を提起しながら、自己学習を促す」形式に変更している。 また、コロナウィルス対策として、現在集合型講習における演習も中止している。
オンライン対応不可の受講者への対応方法	集合型講習を利用する。
その他	【今後の予定】 原子力規制庁と相談の上、現在「集合／非集合型講習の併用」を進めており、2021年9月末まで継続する。10月以後は調査を実施し、原子力規制庁と協議して今後の方針を固めていく。 コロナ禍の影響に対応して、期限付きのものについては「弾力的な運用」を行っている。(原子力規制庁の指示による。)

⑤　民間講習実施機関ＡＣ

講習の需要（受講者数、講習を受ける層、制度位置付け）	2006 年度に独立専攻（修士課程、博士課程）として設置しており、e-ラーニングを開発・実施・評価できる高度専門職業人等を養成することを目的として教育研究活動を展開している。 【学生者数】修士課程：延べ 150 人、科目等の履修生：延べ 4,000 人 【講習を受ける層】ほとんどが社会人（30 代～40 代）である。 【制度位置づけ】独立専攻
講習の構成（カリキュラム）	修士課程：30 単位、博士課程：14 単位 修士課程では、修了生に求める職務遂行能力（コンピテンシー）を公表し、その達成を支援する実践的なカリキュラムを整備している。 1 科目あたり、15 回分のタスク（小課題）と 3～5 回程度の課題を設けており、全て合格すると単位を取得できる。
講習の運営方法（実施方法）	入学試験と公開学位審査会※を除いて、全ての授業を非集合型で実施している。 （※新型コロナウィルス感染症防止対策として、2020 年度はこれらもオンライン化されている。） 授業は e-ラーニングを主体としており、学生の都合に合わせて好きな時間・場所で受講できる。教材はテキスト、オンデマンドビデオコンテンツ、習熟度テストなど様々なコンテンツを組み合わせて提供している。また、ほとんどの科目で掲示板によるディスカッションを行っている。 15 回の授業全てにインタラクションが確保されており、専攻ポータル（下述）から課題の締切り、提出状況、合否などを学生自身が随時に確認できるようになっている。
講習の運営方法（受講者管理、本人確認、不正監視、受講確認、修了証・免状発行等、動画・教材の配信、等各システム）	【受講者管理】 専攻ポータルサイトを設けており、統合認証によって学生管理を行っている。 【本人確認】 【動画・教材配信】 ムードル（Moodle）を利用して学習管理システム（LMS）を作成しており、専攻ポータルサイトのトップページから「学習進捗状況の確認」と「学習コースへの移動」ができる。 教材コンテンツは、専攻全体のデザインポリシーに基づいて教官が各自作成し、必要に応じてアップデートしている。 「教材としての品質確保」「情報の伝わりやすさでは視覚が有利」等の理由から、テキスト教材を多用しており、ライブ型ビデオ配信の教材は推奨していない。 【受講確認・不正監視】 2020 年度の入試では、受験票を送付した後、Web 面談の場を設け、受験票番号を口頭で確認した後、受験者の研究計画をヒアリングする方式で対応している。

	講義では、出席確認の代わりに、受講確認として LMS[27]上で自動採点方式の理解度確認テストを行っている。 【修了証】 同専攻は日本イーラーニングコンソシアムより、e-ラーニング・プロフェッショナル資格（eLP）の相互認定教育機関として指定されており、修士課程修了者は「ラーニングデザイナー」資格を取得できる。加えて、指定科目を履修すると、7 種類の資格のうちの「チューター」を除く全資格が取得可能である。 【学習時間】 習得主義の考え方に基づいているため、必要な学習時間については設定しておらず、応用力が身についたかどうかで評価している。
オンライン取組実績（開始時期、配信期間（オンデマンド時)、これまでの開催数・受講者数等）	【オンライン取組実績】 2006 年度設立以来。
特徴的な内容（リアルタイム質疑応答等）	【掲示板利用】 同専攻は掲示板（非同期型）を交流のツールとして活用しており、学生の投稿や相互コメント、それが全体の議論の深まりにどれほど貢献したかが評価の対象になる。 【グループワーク】 グループワーク、個別指導にはリアルチャートを利用している。 グループワークでは、「それぞれ作成した企画書の交換チェック」「グループによるプロジェクト開発」等、自己向上を目的としたワーキングを多数用意・実施している。この過程へのモニタリングは教員が敢えて実施していない（過干渉になるため)。 グループワークでの問題事例としては、仕事により欠席したケースがあるが、この場でどう対応すべきか、逆に学ぶ場として利用している。
使用教材とオンライン配信教材との関係、提供可否	―（オンラインのみ）
不正者への対応	―（該当しない） 通常授業では、レポートや学生間の相互チェックが評価指針になっており、不正判定は行わない仕組みになっている。
トイレの対応	―（該当しない）
受講者の反応	地域的、時間的制限が少ないため、通学制の大学に入学できない人（社会人等）も入学しやすくなっている。
課題点	特になし

[27] Learning Management System の略。

	非集合型教材の作成にあたり、著作権に注意を払う必要がある。（学校教育には利用できるが、インターネット配信不可の資料が多い。）
オンライン対応不可の受講者への対応方法	―（オンラインのみのため）

⑥　民間講習実施機関ＡＥ

講習の需要（受講者数、講習を受ける層）	非集合型講習としてライブ配信講座、e-ラーニング、オンライン講座を多数実施しており、非集合型試験として「オンラインライブ検定システム」を開発、使用している（特許出願中）。 【受講者数】数千人 【講習を受ける層】中堅社員が比較的に多い（平均年齢：35 歳） 【制度位置づけ】民間資格・検定
講習の構成（カリキュラム）	ライブ配信講座の場合、5～6 h 構成のものが多い。
講習の運営方法（実施方法）	同協会では非集合型講習としてライブ配信講座、e-ラーニング、オンライン講座を多数実施している。 一例として、ライブ配信講座では、受講者は講演会開始時刻に合わせてブラウザから専用システムにログインし、オンライン配信システムを利用してリアルタイムの講習を聴講する。過去ライブ講座の動画再配信、オンデマンド講座（スマート合格講座）もある。
講習の運営方法（受講者管理、本人確認、不正監視、受講確認、修了証・免状発行等、動画・教材の配信、等各システム）	【受講者管理】 申し込み後、専用ＩＤ、パスワードを発行して受講者を管理している。 【本人確認】 資格の認定がある講習会・研修では Web カメラの設置が必須条件となっており、講習の過程において修了書用の写真撮影が行われる。 【動画・教材配信】 e-ラーニング（SMART 合格講座）では、5 分～15 分間隔に分割した専用動画が用意されており、自由に閲覧することが可能である。ライブ配信講座のビデオ録画を再放送して利用するケースもある。 【受講確認・不正監視】 同協会では 2020 年度 5 月にオンラインライブ検定システムを開発・実用化し、現在多くの試験をオンラインにて実施している。不正対策として、検定試験の監督は超広角 Web カメラ（視野角が 120 度以上）を利用している。「本人の顔」「本人の手元」「PC 画面」の 3 点が映る写真を 10 秒～30 秒毎に撮影し、同協会サーバーに送信・保存し、2 時間の試験であれば受験者一人につき 300～400 枚の写真を撮影する。試験終了後、人による写真のチェック

	を行い、失格行為の有無を確認する。 【修了証発行】 資格の認定がある講習会・研修の場合は受講終了が確認された後、検定の場合は試験に合格し、かつ失格行為がないと確認できた後、合格証書・認定カードが郵送される。 【ソフトウェア】 同センターのオンラインライブ配信講座・検定システムは、システム会社に外注して開発したものであり、2020 年度 5 月末から実用化されている。
オンライン取組実績（開始時期、配信期間（オンデマンド時）、これまでの開催数・受講者数等）	【オンライン取組実績】 これまで計 91 日間で 120 回の検定試験・ライブ配信講座を行い、延べ利用者数： 7,400 人である。 【配信期間】 検定試験・ライブ配信講座は、当日開催時間内での利用になる。 【受験者数】 最大 5,000 人実証済み
特徴的な内容（リアルタイム質疑応答等）	【リアルタイム質疑応答】 ライブ配信講座では双方向のコミュニケーションを取ることが可能であり、チャットボックスに質問を入力し、講師に回答してもらうことができる。 【グループ討議】 「ハラスメント相談員」資格講座ではグループ討議を行っている。実施方法は、「ライブ配信講座を一旦中止→Zoom に切り替えてグループ討議を実施→再度講座にログインする」の流れになっている。 他に委託業務としてオンライン配信セミナーを数多く請け負っており、グループ討議を中心としたセミナーの運営実績がある。
使用教材とオンライン配信教材との関係、提供可否	民間資格であるため、申し込みを行えば受講が可能である。
不正者への対応	これまでオンラインライブ検定システムを利用した試験では、失格行為はあったが、不正行為は一件もなかった。過去 15 年間の経験においても不正行為は 2～3 件のみである。 試験中、画像が途切れたり、確認できなくなった場合は、受験者に再受験してもらうことになっている。（試験全体の 1～2%で再受験が発生する。）
トイレの対応	試験の場合、失格と判定する。
受講者の反応	これまでに比べて、実施会場から遠い地域に居住している受験者が増加している。
課題点	オンライン型の試験では、成績が集合型より低い傾向がみられている。この理由の一つとして、「緊張感が足りない」ことが挙げられ、緊張感を高めるためのルールを複数設定している。 一方、「飲み物禁止」「トイレ禁止」等もルールに含まれているため、運営において集合型試験よりも実施しにくい面がある。

オンライン対応不可の受講者への対応方法	集合型講習・試験を利用する。
その他	【オンライン検定システム構築支援】 「オンライン検定システム」は現在特許出願中であり、試験システム構築サポート事業も展開している。 また、他の試験実施団体の試験および認定講習会の請負も行っている。

⑦　民間講習実施機関ＡＮ

講習の需要（受講者数、講習を受ける層、制度位置付け）	【受講者数】2020 年度実績：延べ約 17,000 人 【講習目的】学校教育
講習の構成（カリキュラム）	90 分を 1 時限の内容とする授業を 2 単位あたり 15 時限で実施（言語・実技科目はその 2 倍）
講習の運営方法（実施方法）	リアルタイム授業は一般的には以下のような構成としている。 1～5 時限目：オンデマンドによるメディア授業（非同時双方向） 6 時限：レポート作成 7～15 時限目：オンライン（Web 会議ツール）によるメディア授業（同時双方向） 最終試験：Web 試験
講習の運営方法（受講者管理、本人確認、不正監視、受講確認、修了証・免状発行等、動画・教材の配信、等各システム）	【受講者管理】 同学の通信教育部基幹システムにて学生情報として管理している。 【本人確認】 顔認証によるゲートを設けている。顔認証は、学習における本人確認が必要な場合に使用し、通常の手続き（学生用ポータルサイト）は同学発行の ID と本人が設定する PW を使用している。 【動画・教材配信】 LMS を委託している外注先のサーバーより配信。 【受講確認・不正監視】 顔認証による本人認証実施している（AI による一致率の判断）。 受講確認は、授業開始時に行う。また、授業終了のログをとり対応している。
オンライン取組実績（開始時期、配信期	【オンライン取組実績】 2018 年度より、オンデマンドの授業配信を LMS に移行。2020 年度より Web 会議ツールを使用した同時双方向授業を配信。

間（オンデマンド時)、これまでの開催数・受講者数等)	【配信期間】 上記 1～5 時限のオンデマンドは各年度 4 月～1 月に配信。
特徴的な内容（リアルタイム質疑応答等)	【グループ討議】 オンライン授業は Web 会議ツールを活用して実施している。 グループ討議⇒ブレイクアウトセッション、チャットツール⇒チャット機能、質問⇒手をあげる機能やチャット機能で可能である。なお別途 LMS で質問を受け付けることも可能である (非同時)。
使用教材とオンライン配信教材との関係、提供可否	-
不正者への対応	本人に連絡をとり、事実確認をした上で該当があれば、大学の規定に則り、本人にも状況確認の上、懲戒処分（戒告、停学等）とする場合がある。
トイレの対応	特に禁止はしていない。
受講者の反応	経済的、時間的負担が軽減されたとの意見が多かった。 ただし、リテラシーが高くない方からはポジティブではない反応もある。
課題点	学生のリテラシーの状況が多様であること。学生の受講、受験環境（デバイス、ネット環境）が多様であること。
オンライン対応不可の受講者への対応方法	大学キャンパス内のパソコン教室で、サポート体制を設けて受講させている。
その他	-

（3） 非集合型講習・試験に関する考察

本調査で明らかとなった「法定講習」がある資格：69 種類のうち、コロナ禍においても集合型で実施しているものが全体の約 3/4 を占めている。非集合型で実施できる法定講習は合計 17 種類である。一方、本調査で調べた試験はすべて集合型で実施されている。

非集合型法定講習の採用理由として、すべての回答者が「コロナウィルス対策」を挙げている。新型コロナウィルス感染症の影響が長引く中、「講習会場の確保」「県を跨る移動」「大人数滞在」「職員の感染リスク」等多くの事項が懸念され、その対策として 2020 年度から Web 型講習、自宅講習等の非集合型講習が実施されるようになっている。

非集合型法定講習を実施している事業者の多くは、非集合型の講習を暫定的な処置と位置づけており、関連官公庁と協議した上、条件付き（本人確認が必須、監督者の設置等）の形式により期限を設けて運用している。コロナ禍における緊急対策として十分に検証されておらず、運用上に様々な課題が伴うことが理由と考えられる。「with コロナ時代」においてデジタル化が加速する中で、一年間の運用を経て、2021 年度以降も引き続き非集合型講習を利用する団体も多いと推察される。

非集合型法定講習を実施するにあたり、「本人確認が困難」および「不正受講を危惧」が最も大きな課題として挙げられる。

非集合型法定講習では、不正受講の防止策として「常時 Web カメラ作動」「動画視聴完了宣誓書への署名」「ログインによる視聴記録管理」等の手法が採用されており、また受講効果を保証するために、試験後に習熟度テストを設けるフローが追加されている場合がある。修了考査のある講習に関しては、集合型（従来型）の試験が行われている。

本人確認の方法として、「申し込み時の本人確認書類の同封」と「Web 講習中の写真撮影」を併用する手法を複数の事業者が採用している。

上記以外に、非集合型法定講習実施の妨げになる要因として、「法令上の制約」が多く挙げられている。法定講習は関連官公庁が定める実施基準で行わなければならないが、現状、非集合型の講習は「法令上認められていない」もしくは「通達の条件により実質的に実施困難である」ケースが多い。ある程度弾力的に運用を行わない限り、講習実施事業者は非集合型講習への移行はできないと推察される。

他に「試験問題の整備」「受講者側の環境整備・意思改革」も課題に挙げられるが、これらの課題は今後時間経過とともに解消されていくものである。

法定講習に限らず、非集合型講習・試験全般に着目すると、不正受講・不正受験の対策として「写真撮影による本人認証・受講確認」が適用されている他、「広角カメラによるリモート監視システム」も開発・実用化されている。

３．２　非集合型教育による法定講習のあり方の検討

本節では、集合型の法定講習により図られてきた保安水準の確保に係る教育について、非集合型の受講手段を認めながら、現行の実施方法との連続性・整合性を確保しながら非集合型の法定講習を実施、利用することは可能かという観点から、従来の集合型での教育方法の非集合型への置き換えに加え、教育内容の変更必要性及び運用の方針について検討を行った。なお、本検討は集合型の教育を想定した現行法を所与として非集合型の教育との併存を前提としたものであり、その他の方法を排除するものではない。

３．２．１　非集合型教育を集合型教育と併用実施した場合の実施内容

（１）問題意識

法定講習は、講習の性質として、規定の講習場所、講習内容、講習時間による講習実施の他、本人の受講、知識・技能の習熟が求められている。しかし、これらの事項の一部は、非集合型の講習時には集合型と比べて課題があると認識されている。大学等での先行事例での知見では、従来の講義スタイルである集合型と非集合型のオンラインとの比較で、集中力を持続させるための講義設計の工夫の必要性が認識されており、理解度の向上効果やオンライン形式への個人適性の有無が生じるといったことが分かってきてはいるが、講習の実施方法が異なることの影響について明らかでない面は多々ある。そこで、法における法定講習について、集合型での講習内容、確認事項が非集合型のもとでも維持され得るかについて、講習を実施する者と受講する者の義務と権利を踏まえた検討を行った。

（２）法定講習実施者の義務

法定講習は、講習科目等の講習の仕様が法令で定められた講習である。法令で整備された仕組みの一部であることから、この仕組みを維持することそのものが、保安に資する活動と考えられる。したがって、協会等の講習実施者が法定講習を提供可能な状態に置くことは重要であり、集合型に限らない新たな実施手段として非集合型の教育方法に対する期待は高い。一方で、講習実施者は、法令で定められた仕様を満たしつつ、非集合型の教育を実施する必要があり、具体的には講習場所、講習内容、講習時間を満足するとともに、講習によっては技術検定を実施し、これらのそれぞれで受講者の本人確認を行うことが講習実施者の役割である。そこで、以下では非集合型の法定講習について、現行法における規定と当該規定を満たすための取り組みの一例として協会が行う集合型における講習運営の方法を取り上げ、講習実施者の視点から非集合型においていかなる対応が可能か考察する。

イ．講習場所について

省令[28]のもとでは、講習の施行の場所は、あらかじめ、官報で告示することと規定されている。前述のとおり、協会は経済産業大臣の認可を受けた業務方法書で産業保安監督部の管轄区域又は都道府県を単位として講習場所を規定している。指定講習機関の講習の場所は、集合型においては、法令で定められた地域に講習会場を設定している。この点、非集合型においては、会場を特定する必要がないため集合型を包含した取り組みとして考えられ、開催地域に関する問題は生

[28] 高圧ガス保安法に基づく高圧ガス製造保安責任者試験等に関する規則第七条

じないものと考える。しかしながら、非集合型の教育の実施形式によっては、インターネットへの接続環境、ＰＣ、記録メディアのプレイヤー等の機材が必要になる場合がある。

ロ．講習内容について

集合型においては、各会場（地域）において協会が定めた講義要綱に沿って、各地域の講師が講習を行っている。義務講習の一部では、経済産業省の指導もあり、会場体験型のグループ討議を実施しているが、これが受講者の保安意識の高揚に寄与している。また、地域の自治体等からは、各地域固有の情報提供が行われている場合もある。この点、非集合型においても、会場体験型の講習以外の講習については、同じ内容で実施が可能であると考える。具体的には、以下の通り。

ａ）　共通事項

各講習の種類に応じて作成されている講習用テキストに沿った講習内容とする。実際の講習においては法定講習時間内で効率的に学習効果を高めるために、テキストの要点をまとめた補助教材（マイクロソフトパワーポイント等で作成、学習効果を高めるための補助教材については３．３を参照）を用いることとし、受講者は、ポイントを補助教材で理解するとともに、詳細確認、受講後の復習等においては講習用テキストを活用する。

ｂ）　内容及び時間

詳細については、３．２．２で取り上げる。基本教材となる書籍の一例は次のとおりとする。

表 9　法定講習ごとの指定テキスト及び参考図書の一例

図書名	丙種化学特別	保安係員（一般）
高圧ガス保安法規集	○	○
初級高圧ガス保安技術	○	
高圧ガス製造保安係員講習テキスト　一般高圧ガス編		○
高圧ガス製造保安責任者　丙種化学試験問題集	△	
高圧ガス保安法概要	△	
よくわかる計算問題の解き方　－高圧ガス丙種・乙種用－	△	

非集合型における補助教材の活用については、３．１の調査結果から動画として編集をした場合、集合型では実施が困難である繰り返し視聴を可能とでき、また、動きのあるコンテンツを含んだ効果的な講義も可能である。

なお、義務講習では、会場体験型のグループ討議を一部で採用しているが、この実施方法については技術的な確認を要するが、３．２．３の調査結果から、Web会議システム等を活用することにより、技術的な対応は比較的容易であるものと考える。

ハ．講習時間について

集合型においては、後述する法令で定められた講義時間に基づく講義予定を組み、受講者へ周知した上で、講習を時間割りに沿って進行させている。また、定期的な着席確認を実施し、必要時間の受講を担保している。この点、非集合型においても、必要時間分の講習を組み、提供することは集合型と同様に可能であり、より確実性を持った進行ができるため、講習時間に関する問題は生ぜしめない。しかしながら、必要時間の講習の提供は、これ自体が受講者の規定時間の受講を担保するものではないため、どのような管理をもって必要時間の講習を受講したと認めることができるかが問題となる。派生して、倍速再生の機能の取り扱いにも検討を要する。

ニ．本人確認

集合型においては、受講票及び写真により本人の確認を行い、会場での着席、出入りを監視することで管理している。非集合型において、集合型と同レベルでの本人確認を考えた場合、本人の確認が可能な実施形式が限定される他、本人確認のための機材の用意が求められる場合がある。３．３の調査結果からは、ｗｅｂカメラを用いた場合、事前に登録をした写真等と照合することが可能であるが、確認のための比較対象が、人物と写真ではなく、映像と写真になるため判断に影響が生じると捉える考え方もあり得る。この場合には判定をＡＩに支援させることで人間が気づけない違いを検出することも可能とされており、技術的なバックアップの下で本人確認を行うことができるのではないかと考える。

ホ．技術検定・受験監督

集合型においては、法令で定められた地域に検定会場を設定し、検定試験の種別毎に実施日を統一し、検定問題の流出管理を行っている。加えて、試験監督者による講習の受講記録、本人の確認、不正監視、トイレ等の一時離席対応も併せて行っている。この点、非集合型においては、会場設定、実施日に係る問題は生じないと考えられる。しかしながら、実施形式は、検定問題の流出管理が可能なものに従うこととなり、加えて不正行為防止のための監督が可能である実施形式に限定されるため、技術的な検証を経ずに集合型と同等の効果を有する対応が可能との結論を導くことは難しい。３．３の調査結果からは、ｗｅｂカメラを用いた試験中の受講者の挙動の監督技術や、音や部外者の存在などの受講環境、ＰＣの操作ログの保存などを行う技術が取り上げられており、ＡＩによる判定により疑わしい場面を抽出することを可能としている。適応可能性が高い技術について

は、実践的な検討を行った上で結論とすることが望ましい。

（３）講習受講者権利

法定講習は、これから業務に従事しようとする者や、法定義務から受講するものであり、受講機会が失われた場合に産業活動や保安活動に支障をきたす可能性がある。したがって、講習受講者の権利とは、法令に位置づけられた講習制度を、法令等で定められた分量受講可能な機会を求めることである。また、提供される講習の機会、内容にかかる公平性の確保についても主張され得る。

（４）非集合形式での実施方法

非集合型の講習実施方法には、大きくオンライン形式、自宅学習形式の２つが考えられる。以下にそれぞれの形式について説明する。

イ．オンライン形式

講習をライブ配信又は用意した動画等をオンデマンド方式で配信する方法であって、受講場所を問わないもの。講習会場、講習日時、受講回数を制限することなく実施できるので利点となる。カメラを用いることで本人確認・不正監視にも対応できる可能性があるが、インターネットへの接続環境、PC の保有が前提となる。

①　ライブ形式

Web 会議システム又は動画配信システムを用いて、講習会場の制限を解消可能。受講人数の調整により双方向性の通信を確保できれば、集合形式と変わらない質疑応答などが可能。１回限りの受講となるため、接続トラブルや通信の安定性が重要と考えられる。また、近年、多発・激甚化する自然災害への対応としては、ライブ形式では不十分な面がある。通信に双方向性がある場合、会場体験型のグループ討議にも対応が可能。

②　オンデマンド形式

Web 会議システム又は動画配信システムを用いて、あらかじめ収録した動画を任意のタイミングで視聴させることが可能。講習会場、講習日時、受講回数を制限することなく実施できる。講習実施側でも、受講者の管理が可能な他、あらかじめ配信する講習内容を確認することができるため、短期的な正確性の確保と長期的なブラッシュアップの取り組みが可能。また、一定期間（例えば、３週間）での配信とすれば、必要な受講時間を維持したコンテンツの作り込み（１コマの時間数等）に多様性があり、結果、受講者の立場に立ったコンテンツ作りが可能となり、学習効果の面でも大きなメリットがあると推測される。加えて、管理の面でも、受講者毎に設定するマイページにより、受講状況の管理が可能。

ロ．自宅学習形式

郵便制度を利用し、自宅等で規定の教材（DVD、図書等）を用いての学習、通信添削、レポート提出等を行わせる方法。講習会場、講習日時、受講回数を制限することなく実施できる利点がある。オンデマンド形式等と比較して、動画配信システム等の整備が必要とならない分、集合形式からの急な変更など、緊急措置的な対応としては非常に有効な形式であるが、本人確認等は性善説に立ったものとなる。ＤＶＤ等の記録メディアを使用する場合、プレイヤーが必要となる。本人確認、不正監視は書面による誓約で担保する方法がある。

表 １０　実施方法の特徴

型	形式	講習会場	講習日時	講習内容	講習時間	本人確認	不正監視
集合	会場	－	－	－	－	－	－
非集合	オンライン（ライブ）	○	－	△（会場体験型講習）	△（通信環境）	△	△
	オンライン（オンデマンド）	○	○	△（会場体験型講習）	－	△	△
	自宅学習	○	○	×（会場体験型講習）	－	×第三者性	×第三者性

記号の意味：集合型と比較して、○：同等以上の取組みとなり得るもの。△：同等に実施可能だが、課題を有するもの。×：同等な実現が困難と思われるもの、－：同等のもの

ハ．非集合型教育での講習の流れ

法における法定講習において、集合型と同等以上の取り組みとして成立させることを考えた場合の一例を次に示す。

Ａ　本人確認

ａ）講習後に検定試験等がある場合（免除講習・資格講習）

あらかじめ受講者ごとにＩＤ及びパスワードを付与し、受講者が当該ＩＤ及びパスワードを用い、非集合型教育を実施するためのＬＭＳ等にログインすることにより行う。これに加え、講習受講後にＬＭＳ等により交付される講習受講証明書に、受講者自らが所定の顔写真を貼付のうえ、検定試験会場に持参し、検定試験会場にて講習実施者が目視にて顔写真との照合・確認を行う。

ｂ）講習のみの場合（義務講習）

現状では、次のようなものが想定される。

- 上記と同様のＩＤ及びパスワードのみでの管理するもの
- ＩＤ及びパスワードでの管理に加え、不正受講防止の誓約書を徴収するもの。なお、法における義務講習は、法令上高圧ガスの製造者は、保安企画推進員、保安主任者及び保安係員に講習を受けさせなければならな

い[29]と規定されていることから、高圧ガス製造許可申請書に記載の代表者名で誓約書を徴収することが適当と考えられる。また、より厳格な運用のためには、罰則などの規定化についても検討すべき余地があるものと考える。

- ● ＷＥＢカメラを用いた顔認証によるもの。具体的には、受講者が事前に登録した写真等と受講開始自又は受講中のカメラ映像の照合を行う手法となり、３．３の調査結果から、現状確認の最終判断は人が行うこととなるが、ＡＩによる技術支援を組み込むことで人と機械の複数の視点から確認を行うことも可能である。より具体的な手法については、実際の実施環境を想定した実証を踏まえて検討することが必要と考える。

Ｂ　講習実施方法

補助教材に講師の説明音声を収録し、動画教材とする。ＬＭＳ等により、当該動画教材をオンライン（オンデマンド）配信する。なお、義務講習のグループ討議に関しては、ライブ方式も選択肢とする。具体的には、あらかじめ受講者毎にＩＤ及びパスワードを付与し、当該ＩＤ及びパスワードにてＬＭＳ等にログインし、動画教材を視聴する。配信する動画教材の留意点としては、

- ・ オンデマンドでの配信期間は、集合型教育で３日間（２１時間）の法定講習の場合で、例えば、３週間程度とする。
- ・ 動画教材は複数のコンテンツに分けて構成する。また、一つのコンテンツの長さはオンライン学習の場合には１つのコンテンツを１５分程度に収めることが望ましいという学術的な知見がある。法における法定講習においては、これまでの集合型の講習との連続性を考慮し、まずは３０分から６０分程度のコンテンツとして作成し、中期的に１５分程度のコンテンツへ移行を図ることとする。
- ・ 集中力の維持や理解度の向上のために、一つの又は複数のコンテンツ終了後にアンケート、確認テストを行う。すべての動画教材の視聴完了（アンケート、確認テストを含む。）をもって講習完了とする。
- ・ 講習完了者には、ＬＭＳ等から講習受講証明書（兼　検定試験等の受講票）が交付される。

ａ）義務講習の修了証明

非集合型教育の場合は、製造保安責任者免状（紙）へ押印することは現実的でない。当面、法関係の免状が紙媒体様式によるものを前提とすると、次のような対応が考えられる。

・押印に代わるシール等を講習修了者に送付し、受講者自らが貼付する。

[29] 高圧ガス保安法第二十七条の二第７項

・ＬＭＳ等により講習修了証明書を交付し、受講者に保管させる。

（５）法定講習の今後のあり方について

集合型で満足していた法定講習の法的要求事項について、非集合型においても条件を整えることで同等以上に実施できると考えられる。とりわけ開催場所に制限されることがなく、講習内容も補助教材で動きのある資料を用意することができる等の観点から、受講者の利便性が向上すると評価できる。講習時間については、常時監視を行わない限り一定の不明確性は生ずるが、オンライン形式を採用した場合には、システムの設定により動画の内容の理解度確認及び規定時間の再生については確認が可能であり、これにより実質的な講習時間の確保を認めることができる。なお、これ以上の形で講習中の常時監視の成立を図ることは、受講者の負担、現行の実務を前提とすれば、その必要性は疑問である。

次に、本人確認、不正監視については、オンライン形式で、受講・受験状態を確認する技術を取り入れた場合、人が気付きにくい部分を補強できる場合があり、不正検知の確実性を同等以上に高める可能性がある。

以上のことから、集合型と同等以上の取り組みを非集合型で実現するためには、非集合型にオンライン形式を用いるものが望ましいと考える。

続いて、法定講習の実施方法については、集合型、非集合型のそれぞれの特性について、個人の適性や所属する事業所の方針により、それぞれを好ましいとする声がある。前述のように、講習の本質が非集合型の本格導入後も不変であり、実施方法による差のみが認められる実態であれば、どちらかの実施形式を合理的な理由なく失わせるのは適当ではないと考える。また、受講者の見解に立てば、事前に実施形式による学習機会等の不平等を明確にしている状況において、各個人の適合する実施形式を選択可能とすることは、講習の公平性を欠いているとした批判に当たらないと考える。

このように集合型と非集合型の２つの異なる方式を併用した場合には、非集合型で特定の場所、日時を求める実態が失われることを受けて、従来の枠組みに妥当しない状況が少なからず発生する。非集合型の講習の取り組みは道半ばであるが、法における法定講習のあり方としては、講習内容及び講習時間の実体の変更を伴わない講習実施及び実施形式の違いによる講習機会に係る仕組みの明確化の２つの方策を軸として、実施方法の工夫の検討を重ねることが、講習の実施者及び受講者の義務及び権利の視座からは有益と考える。

（６）今後の課題

非集合型で要求される技術の取り入れについては、他の法定講習における活用事

例がほとんど聞こえておらず、最適な対応が明らかではない。とりわけ、不正検知の技術で検知された不正に錯誤がなく、受講が無効であること等を講習実施者側が主張するためには、実施者側が事前に定めた規定又は実証等に基づく信頼性を示すことで足りるか、あるいはこれに加えて法的に技術の認定等の定めが必要であるかが問題となる。検定試験における不正検知に関しては、３．３の調査結果にあるようにシステムではＡＩなどによってある事象（疑わしい行為など）を機械的に検知・検出するだけであって、それを不正行為か否かを判断するのは各講習実施機関である。不正検知の技術の確実性を高めるべきであるとすれば、その意味するところは、使用する技術が有効と判断できる指標を明らかにすることであり、集合型での確認方法に対抗できるか否かについて、まずは指標を定め、これ満足する技術により、不正検知の確実性を確保することが望ましいと考える。以上を踏まえて、技術面に加え、法的課題等も踏まえた運用面での問題について、更に調査する必要がある。

また、非集合型の受講体制を受講者が混乱無く整えるためのサポートに講習実施者が少なくない割合の事務運営上のリソースを必要とするという経験知が他の講習実施機関で得られていることから、法における法定講習の実際の実施状況に即した環境を想定し、受講者にいかなる支援が必要であるかを検討することが、円滑な講習事務実施の観点から望ましいといえる。

３．２．２　法定講習に必要な知識・技能とその教育時間

（１）法定講習に必要な知識・技能とその教育時間

最低限確保すべき知識レベルを再検討するにあたり、現在求められている知識レベルと教育時間について確認した内容を次に示す。

イ．免除講習（製造保安責任者）おいて要求される知識と教育時間

協会または指定講習機関が行う資格講習の方法は、「高圧ガス保安法に基づく高圧ガス製造保安責任者試験に関する規則」に定められており、製造保安責任者などに係る講習で要求されている知識は高圧ガス関する法令、保安管理技術、学識（応用化学、機械工学）であり、第四条第１項の表中に示す内容についてそれぞれ７時間以上行わなければならないと定められている[30]。

また、義務講習の方法については、高圧ガス保安協会業務方法書第七条[31]に定められており、表 １２に示す通りとなっている。

各科目の知識レベルについては、表 １１、表 １２からだけでは具体的にどのようなものか把握することが難しいため、具体的な知識レベルがどのようなものであるかを検討した。

---

[30] 付録書Ｄ　参考Ｄ－３

[31] 付録書Ｄ　参考Ｄ－５

表 ＩＩ　資格講習の種類と講習科目[32]

講習の種類	講習科目		
甲種化学講習	法に係る法令	高圧ガスの製造（冷凍のための製造を除く。以下この項から丙種化学特別講習の項までにおいて同じ。）に必要な化学に関する高度の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な高度の応用化学
甲種機械講習	同上※	高圧ガスの製造に必要な機械に関する高度の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な高度の機械工学
乙種化学講習	同上※	高圧ガスの製造に必要な化学に関する通常の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な通常の応用化学
乙種機械講習	同上※	高圧ガスの製造に必要な機械に関する通常の保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な通常の機械工学
丙種化学特別講習	同上※	高圧ガスの製造に必要な基礎的な保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な基礎的な応用化学及び基礎的な機械工学
第一種冷凍機械講習	同上※	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な高度の保安管理の技術	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な通常の応用化学及び機械工学
第二種冷凍機械講習	同上※	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な通常の保安管理の技術	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な基礎的な応用化学及び機械工学
第三種冷凍機械講習	同上※	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な初歩的な保安管理の技術	
第一種販売講習	同上※	高圧ガス（液化石油ガスを除く。）の販売に必要な通常の保安管理の技術	
第二種販売講習	同上※	液化石油ガスの販売に必要な通常の保安管理の技術	

[32] 縦書きの原文を横書きで抜粋しているため、同右は同上と読み替えている。

表 Ⅰ２　義務講習の種類と講習科目

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

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

ロ．法令の知識レベルについて

法令の知識レベルは、法に係る法令と記されている通り、法に係る法令のすべてが対象となり告示まで含めると 38 の法令が該当する（高圧ガス保安法規集　目次より)。それらの法令について、法律、政令、省令のつながりを踏まえて体系的に学ぶことが求められる。高圧ガスの製造その他の取り扱いについて主要な技術基準を規定した法令としては、以下の法律、政令、省令がある。そのため、これらについて習得することが、資格講習等で求められる法令の知識レベルであると考えられる。

表 Ⅰ３　高圧ガス保安に係る法律、政令、省令の例

法律	法
政令	法施行令　など
省令	一般高圧ガス保安規則、 液化石油ガス保安規則、 コンビナート等保安規則、特定設備検査規則、 冷凍保安規則、容器保安規則　など

ハ．保安管理技術の知識レベルについて

高圧ガスの製造に関する技術基準については、一般高圧ガス保安規則第 6 条、液化石油ガス保安規則第 6 条、コンビナート等保安規則第 5 条などに定められている。これらの技術基準では、第 1 項に製造のための施設の位置、構造及び設備に関する技術基準が規定されており、第２項に製造の方法に関する技術基準がそれぞれ定められている。そのため、主にこれらに定められている製造のための施設、構造および設備ならびに製造の方法に関する保安管理技術について習得することが、資格講習等で求められる保安管理技術の知識レベルであると考えられる。

ニ．学識の知識レベルについて

学識の知識レベルについて、具体的な知識レベルについて解説している文献が無いか調査したところ、「通産省化学局編　高圧ガス取締法の解説　（昭和 27 年 2 月 5 日　高圧ガス協会　発行）[33]」に、参考となる記述がある。その概略をまとめると、表 1４の通りとなる。丙種化学については当時の制度上記載がないが、甲種、乙種の内容から、高校卒業程度の基礎的な化学に関する知識レベルであると考えられるため、そのように判断するとした。

表 1４　資格講習の種類と学識の知識レベル

資格講習の種類	知識レベル
甲種化学（機械）講習	大学または専門学校卒業程度の応用化学（機械の場合は機械工学）に関する知識レベル。
乙種化学（機械）講習	高校卒業程度の応用化学（機械の場合は機械工学）に関する知識レベル。
丙種化学特別講習	高校卒業程度で基礎的な化学に関する知識レベル。

省令で要求されている内容は、上述の通りであり、これらについて習得することが、資格講習等で求められる学識の知識レベルであると考えられる。

（２）知識レベルと講習時間の再検討について

[33] 付録書Ｃ　参考Ｃ－１

イ．知識レベルについて

次に、各講習内容について、テキスト及び使用するパワーポイント資料から、十分な内容となっているか確認を行った。

ロ．法令の講習内容について

法令の講習で使用される資料は、法および関係政省令について、説明する条文に対して、関連する条項の説明が記載され、体系的に学べるように構成されている。[34]

ハ．保安管理技術の講習内容について

資格講習等で求められる保安管理技術の知識レベルについては、（Ⅰ）ハ．で記述したとおり、一般高圧ガス保安規則第６条などに定められている、製造のための施設の位置、構造及び設備に関する技術基準および製造の方法に関する技術基準に関する保安管理技術である。これらの内容はおおむねテキストに記載されており、保安管理技術について体系的に学べるように構成されている。[35]

ニ．学識の講習内容について

資格講習等で求められる学識の知識レベルについては、（Ⅰ）ニ．で記述したとおりである。その内容が講習で使用するテキストに記載されているか確認した結果[36]、概ねテキストに記載されており、学識について体系的に学べるように構成されている。

現在の講習では、上記のように高圧ガスの製造等に関する主な法令、保安管理技術、学識について法規集、講習用テキスト又はパワーポイント資料が用意されており、これらを使用して体系的に習得できる講習が行われている。これらを受講することで十分な知識レベルを得ることは可能であると考えらえる。そのため、非集合型教育においても同じ講習内容で講習することを提案する。

ホ．講習時間について

講習時間について、他法令の産業保安に係る資格取得に関する講習、義務講習について比較を行った。

---

[34] 付録書Ｃ　参考Ｃ－３

[35] 付録書Ｃ　参考Ｃ－４

[36] 付録書Ｃ　参考Ｃ－５、参考Ｃ－６、参考Ｃ－７

表 １５　他の産業保安関係の資格取得に関係する講習時間

法	資　格	講習時間など	修了試験	修了による国家試験免除、資格取得など
高圧法	製造保安責任者	3日間（甲、乙、丙　共通） 法令　7時間 保安管理技術　7時間 学識　7時間	有	国家試験科目の一部免除（学識、保安管理技術）
消防法	危険物取扱者	2日間（法1日、物理・化学1日） 甲種　13時間 乙種　12時間	無	国家試験科目の免除なし（危険物取扱者試験受験準備講習会）
労安法	第一種圧力容器取扱作業主任者	2日間（構造、取扱、法令） 普通　12時間 3日間（構造、取扱、反応、法令） 化学　21時間	有	資格取得

資格取得に関する講習について、産業保安に関する講習であってもそれぞれ分野が異なるため、詳細な科目を一つ一つ比較することにあまり意味はないと考えるが、いずれの講習についても、法令、学識、保安（取扱）などについて２～３日程度の講習をおこなっていることがわかる。

表 １６　他の産業保安関係の義務講習（法定講習）

法	選任される者	講習時間など	周期
高圧法	高圧ガス製造保安係員	2日間 法令　3時間 保安管理技術　7時間 学識　4時間	5年
消防法	危険物取扱者	1日 危険物関係法令に関する事項　1時間以上 危険物の火災予防に関する事項　2時間以上	3年
労安法	第一種圧力容器取扱作業主任者	1日　7時間 最近のボイラーの特徴 ボイラーの運転管理と保守管理 災害事例及び関係法令	定期（概ね5年）または随時
石災法	防災管理者	1日　4.5時間 ・研修の背景、研修の趣旨について ・危機管理について ・状況予測型図上演習 ・意見交換及び評価検証	5年（目安）

義務講習（法定講習）については、講習の周期に違いがあり、単純に比較はできないが、いずれの講習も１日～２日の講習を行っていることがわかる。

講習時間が上記のように横並びになっていることについては、必要な講習を実施するための時間が検討されたれた上で、受講者の大半が企業に勤めていることなどの背景が考慮され、実行可能な時間として妥当な時間を選定した結果である

と考える。そのため、当面は現在の講習時間、制度を維持しつつ、講習にあたることが妥当であると考えられる。そのため、非集合型教育においても同等の講習時間で実施することを提案する。

３．２．３　講習実施機関等の第三者による受講者本人の確認方法

近年、インターネット等の情報通信技術の高度化により、瞬時に大量の情報を伝送してリアルタイムで共有できる環境が整備されており、講習会やセミナーにおいて映像配信などを利用した新しい取り組みを実施する団体が増加している。本調査では高圧ガス保安分野以外の法令で実施されている法定講習を対象に、コロナ禍における実施状況を調査するとともに、本人確認技術をはじめとする非集合型教育に関する技術と適用状況を明らかにした。

（１）調査方法

非集合型教育に関する技術は、新型コロナウイルスの感染拡大予防という必要の要請により、急速に需要が増加し、この前後では新たな知見の蓄積が生じているものと考えられる。そこで、最新の知見を収集するため、直近に開催された非集合型の講習関連フォーラム等から情報を入手し、非集合型の講習技術の類型化等を行い、取りまとめた。ここでは、オンライン教育に係る技術とオンライン試験に係る技術を区別して記載する。

表　１７　集合教育とオンライン研修の特徴[37]

	集合型教育	オンライン研修 （e-ラーニング）	オンライン教育 （ライブ形式）
場所	決められている（移動を伴う）	場所を選ばない	１ヶ所に集まる必要がない
時間	決められている	好きな時間	決められている
学習形態	講座形式、ディスカッション形式等	教材の視聴、画面操作等（個人）	講座形式、ディスカッション形式等
学習状況の管理	講師（出欠確認や事後の課題、レポートの提出など）	LMS などを利用	講師（カメラなどによる出欠確認出など）
メリット	・講師が場の雰囲気を読める ・質疑応答やディスカッションが容易	・繰り返し学習がしやすい（制限なしの場合） ・短時間で受講できる	・移動の必要がない ・質疑応答やディスカッションが容易 ・他の学習者と意見交

[37] インターネット情報を元に神鋼リサーチ株式会社が作成

	集合型教育	オンライン研修 （e-ラーニング）	オンライン教育 （ライブ形式）
	・他の学習者と意見交換をしながら違う視点からも学習できる	ことが多い ・学習者個人の進度に合わせた学習が提供可能	換をしながら違う視点からも学習できる
デメリット	・「３密」になりやすい ・収容人数や教室棟に制約がある ・拘束時間が長くなりやすい ・コストや時間がかかる（参加者の移動や宿泊等） ・時間の制約がある	・リアルタイムのやり取りが難しい（質疑・ディスカッション等） ・他の学習者との交流がなくモチベーション維持が難しい	・環境を整える必要がある（機材、共通のWeb会議システム等が必要） ・場の雰囲気が読みにくい ・通信トラブル等で受講できない場合がある ・時間の制約がある

イ．資料調査

直近に開催されたオンライン講習関連フォーラム「e-ラーニングアワード2020フォーラム[38]」及びカンファレンス「2021年のオンライン教育・研修[39]」 のセミナー資料を入手し、非集合型教育にかかる技術を抽出する。また、業界団体・民間調査資料などから、非集合型教育にかかる技術の情報を抽出し、その内容をまとめた。

ロ．ヒアリング調査

資料調査の情報を基に、有効な非集合型教育技術を有している事業者・機関のうち、効果的な調査となるよう５事業者・機関程度を選定して、本人確認技術及び関連技術に関するヒアリングを行い、法に係る非集合型教育の技術検討のための基礎資料として取りまとめた。

ハ．調査結果

どの方法にも、メリットとデメリットが存在する。１つの方法に絞るのではなく、「研修目的や内容に合わせて、使い分けや組み合わせを行う」という考え方が、アフターコロナでは重要になってくると考えられている。また、従来型のe-ラーニングから脱却し、次世代型のオンライン学習への移行も求められている。

次世代型のオンライン学習では、「LMS （学習管理システム）」、「パフォーマン

[38] https://www.elearningawards.jp/program.html

[39] 株式会社デジタル・ナレッジ社主催

スサポート[40]」、「ナレッジマネジメント[41]」、「Web 会議システム[42]」、「オーディオ（TV 等含む）会議システム 」、「チャット」、「AR」、「VR」などを駆使していく必要があるといわれている。学習効果や効率性を高めるために、従来のオンラインと集合型研修を併用した取り組みも提案されている。

・反転授業：オンラインで予習し、集合研修に臨む

・ブレンディング（ハイブリッド）：集合研修とオンラインの実施

リアルタイムで行われるハイブリッド講義については、さまざまな方法が考えられている（表 Ⅰ８）。

表 Ⅰ８　リアルタイム実施のハイブリッド講義のパターン例[43]

講義方式	講師	受講生	特徴
ハイフレックス	講義開催場所	講義開催場所 または遠隔	講義の様子が Web 上で同時中継されるため、講義開催場所あるいは遠隔での受講が可能。
パブリックビューイング	遠隔	講義開催場所 または遠隔	PC をプロジェクターとマイクスピーカーに接続し、スクリーン等に PC 等のウィンドウを表示して講義を行う。遠隔における受講生も同じものを見て受講。 利点：講義開催側はネットワークと電源が PC Ｉ台分で可能。講義開催場所への出席者の確認は容易。 欠点：双方向でのやり取りは難しい（講師からの一方向型講義）
コールセンター	遠隔	講義開催場所 または遠	受講生各自が講義開催場所に PC を持ち込み、ヘッドセット等を使い受講。遠隔における受講生も同じものを見て受講。

[40] 個人や組織がパフォーマンスを発揮しやすくするための仕組みのこと。

[41] 知識や情報を組織で共有し、有効に活用することにより、企業戦略に生かしていこうとする経営手法。「知識経営」と訳される。個人の持つ技能や経験や勘に基づくノウハウなどを明確な言葉や数字などを用いて表現することで知識の体系化を行う。それを元に新たな知識や価値を創造し、これらのプロセスを繰り返すことにより（企業の）成長を目指す。

[42] （従来の電話を利用した）電話会議/オーディオ会議等があり、PC/Mac にマイクやスピーカーがない場合、外出中にスマートフォンがない場合、ビデオや VoIP（コンピュータオーディオ）のネットワークへ接続できない場合等が想定される。また、TV 会議とは、専用機材を用いて離れた場所にいる相手と画像および音声でコミュニケーションを取るツールであるが、最近ではインターネットを利用した TV 会議システムもある。

[43] 2020. 11.6 第 18 回オンライン授業情報交換会資料を参考に作成。https://utelecon.adm.u-tokyo.ac.jp/events/2020-luncheon/luncheon_18_slides.pdf

講義方式	講師	受講生	特徴
		隔	利点：オンライン授業と同じ要領で講義可能。講義開催場所への出席者の確認は容易。 欠点：WiFi と電源インフラが受講者分必要になる。受講者も PC を持参する必要がある。

α）オンライン講義における問題点

大学等ではコロナ禍により、オンライン形式で講義が行われているケースが多い。しかし、オンラインで授業提供しているものの中には、対面式より質が落ちると評価されるケースもある。[44]

これまで対面式で講義を実施してきた講師が対面方式をそのままオンライン化した結果、内容がうまく伝わらないなどの弊害が起こる場合がある。また、対面式では受講生の反応が体感できるが、オンライン形式では受講生の反応が伝わってこないため、講師からの一方通行となってしまい、受講生からのフィードバックも得られない場合もあり、講師や受講生同士のグループ討議などが行いにくく、対話が希薄になりがちでもある。

さらに、講師の不慣れ、使用機材に関する知識不足に起因して、映像や音声に問題が生じることもある。講師だけではなく受講生にもあり得るが、システム利用においても慣れや煩雑性の問題でトラブルが生じる場合もある。

コロナウィルス感染拡大の第一波においては、その場しのぎでの対応も致し方なかったが、今後オンライン化に取り組む際には、過去の失敗例、成功例から学び、長期的な視野でシステム構築を行っていく必要がある。そのために必要と考えられるオンライン学習に必要な技術の基本事項を以下に記載する。

①LMS（学習管理システム）

e-ラーニングの運用に必要な機能を備えた管理システムのことは「LMS」または「学習管理システム」と呼ばれている[45]。

インターネットを使用しない従来の e-ラーニングは、CD-ROM などの教材を配布し、その後の学習管理は学習者に任せていた。しかし、インターネットが使われるようになり、学習者と教材の管理と学習者の進捗状況の管理の必要性が生じるようになった[46]。

---

[44] デジタル・ナレッジ新春カンファレンス 2021

[45] https://www.elc.or.jp/keyword/detail/id=35

[46] ・無関係のユーザーが利用しないように、受講ユーザーを管理する必要性、ユーザーに対して教材・コースなどを提示する必要性。https://satt.jp/dev/lms.htm

インターネットやサーバーに関する専門的な知識がなければ上記問題解決は困難であることから、LMS が登場した。LMS は教材や学習者を管理する機能を備えながら、専門的な知識がなくても使用出来る点が特徴であり、管理者は教材作成や学習指導に集中できる。

LMS の主な目的は「学習者と教材の管理」と「学習者の進捗状況の管理」の 2 つに区分できる。

これら目的達成のため、LMS には一般的に、「学習者の登録、変更、削除」、「教材の登録、学習者への教材の割り当て」、「学習者個人の学習履歴、学習進捗状況、成績の管理」、「成績集計、統計分析機能」、「情報共有用の掲示板の設置や、学習者に対するメール送信」の機能が備わっている。

また、「学習者の行動を把握して教材の改善に役立つ分析機能」、「学習意欲を維持、向上させるための機能」を持つ LMS もある。

さらに、異なる LMS を使用した場合にも同じ教材が利用できるように、SCORM（Sharable Content Object Reference Model、共有可能なコンテンツオブジェクト参照モデル）と呼ばれる標準化が行われている。

近年はコミュニティ機能を組み合わせた利用も注目されている。e-ラーニングは人対人のコミュニケーションが取りにくいというデメリットがあるが、掲示板やブログ、Twitter や Facebook などに代表される SNS（ソーシャルネットワーキングサービス）などの機能を搭載することにより、より効果的な学習指導（コーチング）が期待できる。インターネットの回線速度向上により、ビデオ配信やリアルタイムのビデオ会議（Web 会議、ビデオチャット）の活用も広まっている。

RIA（Rich Internet Application）と呼ばれる高い表現力や柔軟なインターフェースを持つ LMS が開発されており、より使いやすいシステムとして進化している。

② AR、VR 等

AR は「拡張現実」、VR は「仮想現実」、MR は「複合現実」という意味であり、いずれも仮想の世界を体験できる技術である。

AR は Augmented Reality の略称であり、現実の世界をベースに、情報を加えられた世界であり、現実世界に CG などで作った仮想物を反映させる技術である。モバイルデバイスが進化して GPS やカメラを利用した高度な情報処理が可能になったことから発展した技術といえる。

例えば、スマートフォンなどのモバイルデバイスの GPS により場所を認識させて、カメラに写った映像に「ここに喫茶店があります」といった情報を表示したり、「この先渋滞」と表示したりする。また、特定の被写体にスマートフォ

ンのカメラをかざすとCGのキャラクターが浮き出てくるアプリ、服やCG化して画面越しに試着するアプリ、CG化した家具を部屋に置いたときのシミュレーションができるアプリ、博物館などで展示物の解説を適切なタイミングで提供するアプリなどもARの一種である。

VRはVirtual Realityの略称であり、「表面的には現実ではないが、本質的には現実」という意味が含まれている。CGで作られた仮想世界に自身が本当にいるかのような感覚を体験できる技術がVRである。

VRでは、一般的には専用のゴーグルを装着して、ゴーグルの中に設置された液晶モニターを見ることにより仮想世界を体験する。360度カメラで撮影された映像コンテンツを再生すると、どこを見回しても仮想世界の景色が広がっているように見える。ゴーグルの重さやCG画像の粗さ、画像処理の遅さなどが課題となり普及への障害になっていたが、現在では専用ゴーグルの軽量化、ワイヤレス化、映像の鮮明化などの技術開発が進んでいる。Webブラウザを通してVRを視聴できる「WebVR」も注目されている。

③　撮影機材等

多くの大学等でオンライン授業が進められていることから、大学教員の中には機材レベルや撮影ノウハウ等に高いスキルを持つ人材も存在する。

オンライン講義（授業）を実施するために必要とされる機材は表　１９に示すとおりであり、これら機材のセットは広く販売されている。標準的なセットの一例を図　１３に示す。専用のスタジオを保有している大学もある。オンライン講義において受講生の集中力を保つためには、対面授業とは異なった工夫が必要であることが読み取れる。

表 １９　質の高いオンライン講義を実施するめに必要とされる機材[47]

必要な機材	理由	購入の際に考慮すべき点
マイク	学習に集中できる環境としては、まず何よりも「音」が重要な要素となる。	・風防の有無：有が推奨 話すときに吐き出される息が直接マイクにかからないようなガードの存在により、呼気がマイクにかかったときに生じる雑音を減らす。 ・指向性マイク：正面に対して感度の良いタイプを選ぶ 指向性とはどの方向の音を集音できるかという特性である。生活音等のノイズを低減できる。
カメラ	映像の明るさや鮮やかさにより、相手に与える印象が大きく左右されることから、ネット授業のためのWebカメラ選びは大変重要。ノートPCの場合、Webカメラが標準搭載されているため、そのまま利用することも可能であるが、角度調整ができないため、下から自分の顔を見上げる映像となってしまい、印象がよくない。また視野角も狭いため、講師の顔がドアップになってしまうこともある。 外付けWebカメラを三脚に立てて、PCから少し離して接続する方法が推奨される。三脚の使用により映像の位置を調節することも可能になる。	・視野角：75°前後が推奨 肩や胸まで見える状態を保ち、顔がドアップにならない。視野角が広すぎると全体が見えてしまうため要注意。 ・オートフォーカス機能 オートフォーカス機能が標準搭載されていれば、講師の動きによる映像ボケが低減できる ・解像度：720 p（HD）や1080 p（フルHD）程度が推奨 解像度の高いWebカメラは、通信時に多くのデータ量を消費するため、回線速度や端末のスペックに影響を受ける。 ・フレームレート：30ｆｐｓ程度が推奨 フレームレートの数値が大きいと滑らかな動画になり、小さいとかくかくした動画になる。フレームレートが大きいと送られるデータ量が大きくなるため、回線速度や端末のスペックに影響を受ける。また、録画をする場合、大容量のハードディスクが必要となるなどの影響があ

[47] インターネット情報等を参考に作成

必要な機材	理由	購入の際に考慮すべき点
		る。
スイッチャー	ノート PC を複数台（もしくはカメラ等複数台等）使用する場合などに映像の切り替えをスムーズに行う。	・スイッチャー： HDMI の出力端子が複数ついいるもの、音声入寮ができるものを推奨。
照明	映像の明るさや鮮やかさにより、相手に与える印象が大きく左右されるため、照明があるほうがよい。	・リングライトが推奨 写真や動画の撮影時に写りをよくするために使われ。光がまんべんなく照射されるため、表情を明るく見せるのが特徴。
キャプチャ	オンライン講義やオンラインレッスンを録画して残す場合にはあるとよい。	
その他		配線、電源等の汎用性

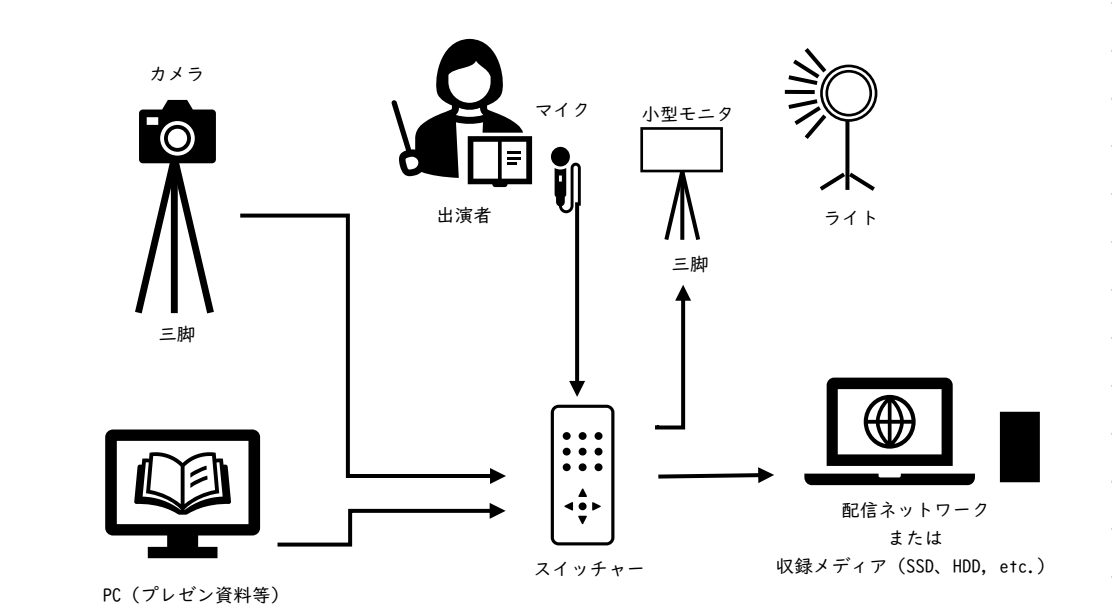


図 Ⅰ３　オンライン講義のための標準的なセット（例）

④　インフラ整備

インフラ（インフラストラクチャー）とは、「生活や産業の基盤となる設備・施設」のことを意味するが、IT におけるインフラとはハードウェアおよびシステムソフトウェアのことを指す。部分を指す。このうちのハードウェアとは、PC、サーバー、ストレージ、ネットワークなどである。ソフトウェアには、オペレーションシステムなどが挙げられる。講義提供側では、安定したインフラを整備する必要があるが、専門家（業者）による協力なしには進められない。

また、インフラは講義提供側だけではなく、受講生側にも必要である。

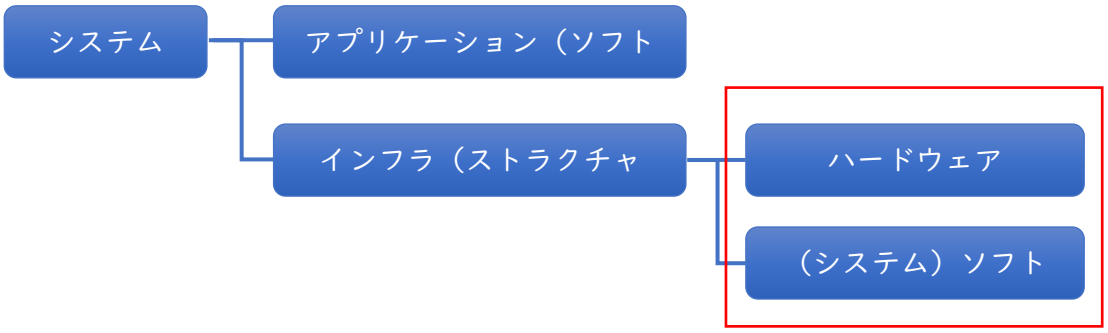


図　I 4　IT におけるインフラ

⑤　オープンバッジ

資格・スキル・能力などを示すものとして、デジタル証明／認証（Digital Credentials－デジタルクレデンシャルズ）の利用が欧米を中心に広がっている。このデジタル証明を世界的な技術標準規格にして相互運用性を実現したものがオープンバッジである。オープンバッジの技術標準規格は IMS（Global Learning Consortium）が定めている。日本では、一般社団法人オープンバッジ・ネットワークがオープンバッジの発行を希望する団体の適格性を判断し、認定している。[48]

欧米を中心としたグローバル IT 系企業、大学、資格認定団体が多くのオープンバッジを発行しており、取得者は SNS やメール上にオープンバッジを掲示できる。また、取得した資格や学習内容をプラットフォーム上で共有することにより、企業の採用担当者が資格保有者を見つけ出すことができ、雇用に好影響を及ぼす。オープンバッジの偽造・改ざん防止のために、ブロックチェーン技術[49]が取り入れられている。

---

[48] https://www.openbadge.or.jp/

[49] ブロックチェーンとは、暗号技術を組み合わせることにより分散型ネットワークを構成する複数のコン

b）オンライン試験に係る技術

教育現場において、理解度を測るためのミニテストやレポートなどは、LMSの活用や授業支援ツールを使用して実施されているケースが多いとみられる。模試試験、資格試験、入学試験などでは、試験会場に集まって紙の答案用紙に解答するのがこれまでのスタイルであった。

通常の試験会場で行われる試験では、以下の運用が行われている。

・受験者が同じ時間に同じ問題に取り組む
・規定時間内に解答させ、規定時間に達したら答案を回収
・他人が受験する「なりすまし」防止のための確認
・カンニング防止のための試験監督官配置

コロナ禍においては、受験者が一堂に会して試験を行うのは困難である。しかし、通常のLMSを利用しても、上記の運用を行うことは難しい。

① CBTとIBT

これまでに変わる方式としてCBT（Computer Based Testing）と呼ばれる「コンピュータを使った試験」方法が考えられている。PBT（Paper Based Testing）とは異なり、コンピュータで回答が得られることから、集計処理や結果の統計解析等が容易であり、結果の判定も早い。海外においては、CBTは留学生のための英語試験や大学入学に必要なテストなどで以前から実施されている。また、臨床実習開始前の学生評価のための共用試験は平成17年から実施されている 。

いわゆる「コンピュータを使った試験」は「テストセンター型」と「自宅型」の2つに大別される。現在、日本ではCBTは「テストセンターに設置されているコンピュータを使った試験」を意味することが多い。自宅でWeb試験を行うコンピュータ試験いわゆる「自宅型」は、IBT（Internet Based Testing）またはWBT（Web Based Testing）と呼ばれていることが多い。そのため、自宅で受験するタイプのコンピュータ試験はCBTに含まないのが一般的である。CBTとIBTの特徴を表 ２０に示す。

ピュータに取引情報などのデータを同期して記録する手法である。一定期間の取引データはブロック単位にまとめられ、コンピュータ同士で検証しながら正しい記録をチェーン（鎖）のようにつないで蓄積するしくみになっている。このしくみがブロックチェーンの名前の由来であり、別名「分散型台帳」ともいわれている。ビットコインなどの仮想通貨（暗号通貨）に用いられる基盤技術である。

表 ２０　CBT および IBT の特徴[50]

項目	CBT	IBT
受験会場	テストセンター	インターネット環境のある場所
受験用端末	テストセンターに設置のコンピュータ	個人所有の PC やタブレット等
本人確認	受験会場での確認	カメラによる顔認証等
不正防止対策	試験官による本人確認や試験中の監視、カンニング対策など	カメラを利用し、試験官や AI による監視など
受験可能人数	テストセンターの容量と空き状況による	回線の状況によるが、理論上は無制限

CBT はすでに約 150 団体で実施されている資格・検定に利用されている 。問題用紙やマークシートを用いる筆記試験とは異なり、コンピュータに表示される問題に対して、選択問題はマウス、記述問題はキーボード、スピーキング問題がある場合にはマイクに音声を吹き込むことにより、受験者は解答を行う。

一方、コロナ禍において IBT の導入も進みつつある。例えば、東京商工会議所の検定試験 において IBT が導入されており、TOEIC テストにおいて AI による不正解析を行う「AI 監視サービス（仮称)」を使用した IBT の実施が発表されている 。遠隔試験監督または AI によるテスト監視サービスを実施している企業を表 ２１に示す。

表 ２１　遠隔試験官または AI によるテスト監視サービスを実施している企業[51]

サービス名	事業者	内容
Check Point Z	株式会社 EduLab	試験実施中の受験者の様子や PC の操作ログ等を全て記録し、AI と人によりそれらをチェックすることにより、テスト受験者の受験中の様子を確認。 AI によるチェックでは、目線の動きを追うアイトラッキングをはじめとする様々な技術を組み合わせて実現。人が見落としてしまうような行動を捉えることが可能ではあるが、最終的には人の目でも受験者の挙動を確認する。これにより、より厳正な本人確認や不正行為のチェックが可能。

[50] インターネット情報等を参考に作成

[51] インターネット情報等を参考に作成

サービス名	事業者	内容
Remoty AI＋	株式会社シー・ビー・ティ・ソリューションズ	（株）CBT ソリューションズと（株）ユーザーローカルとの共同開発。AI によるリモートテスト監視システム
リモートテスティング、J-Testing	株式会社イー・コミュニケーションズ	リモートと会場受験の併用
リモート試験の試験監督、監視、遠隔対応サービス	株式会社ジェイジェイエスプラス	試験運営代行サービス
CBT 試験不正防止システム	株式会社 UniBis	CBT 試験を受験する際に WEB カメラを使用して撮影した受験状況を AI が解析し、受験者が不正行為を行わないかオンラインで受験状況を監視するシステム。
「OnVUE （オンビュー） - オンライン監督」	ナショナル・コンピュータ・システムズ・ジャパン株式会社	IDEMIA 社の ＩＤ認証技術を活用。AI と人間によるリアルタイム監視

② CBT の利点と課題

リアルな人間の試験監督官が試験中にオンラインで試験監督を行う方式、つまり PBT（Paper Based Testing）システムをそのまま CBT システムに変更する場合には、機器導入のコストが膨大な上、分散実施などのメリットは得られない。したがって、民間事業者の提供する「テストセンター」を利用することが現実的であるといえる。そこで、民間事業者が提供している CBT のテストセンターにおいて試験を実施する場合について記載する。なお、大学入試などの大規模 CBT については、文部科学省が検討を行っており、そちらを参照されたい 。

CBT にて受験機会を提供するためには、受験者によって異なった問題を出題し、同時に公平性を担保する仕組みが必要になる。試験問題の過度な露出を避け、かつ受験者間の公平性を担保するために、いくつかの出題方法が提案されている（表 ２２）。

表 ２２　出題形式の内容と課題[52]

方式	内容	課題
フォーム方式	・フォームは各受験者に出題される試験問題１セットのこと ・事前に複数のフォームを用意する ・各受験者に対して１つのフォームを選択して出題する ・同じ受験者が繰り返し同じ試験を受験する場合、事前に用意してあるフォームの数以内であれば、毎回異なるフォームが出題されるようにするなどの対策も可能 ・同じフォームでも、試験問題の出題順序変更も可能	・フォーム間の同等性の担保 （各フォームが同じ難易度になるように試験問題を選択、難易度に差があっても得点変換の時点で調整する必要あり）
LOFT（Linear-on-t he-fly Testing）方式	・試験問題バンク作成 ・出題領域や問題の難易度，解答時間などが同等になるように問題セットを自動編集して配布する	・試験問題バンクの作成が必須 ・試験問題に対して領域・難易度・解答時間などの指標が必要 ・問題の選定ルール決定

いずれの出題方式にせよ、受験者間に能力とは無関係な有利・不利が発生しないようにするためには、試験問題の事前評価が必要になる。本番試験の前に、協力者（受験者）を集めて試験問題に解答してもらうことにより、試験問題を評価する方法がある。これらはベータ試験やパイロットテストと呼ばれている。また、本番試験に先立ちベータ試験を行うのではなく、本番試験に新しい試験問題（ダミー問題）を仕込んでおく方法もある。ダミー問題は、試験問題の評価のために出題され、これらの試験問題は採点対象から除外する。新しい試験制度の立ち上げ、試験内容の大幅な改訂等の状況ではベータ試験が行われるが、既に本番試験が実施されている状況では、ダミー問題を使う方法も有効である 。

③　IBT の利点と課題

一斉に IBT 試験を行う場合においての課題を表 ２３に示す。

[52] インターネット情報等を参考に作成

表 ２３　一斉に IBT 試験を行う場合においての課題[53]

課題	内容	対策事例
高負荷／大規模対応	・同時刻に受験者が一斉に受験するため、試験の種類により異なるが、数千～万のオーダーの受験者を処理する必要がある。システムにおいては、試験直前まではほぼ 0 に等しい利用が、試験時間になるといきなりピークに達するという、サーバー負荷が大きく偏る使用形態になる。システムはこの高負荷に耐えうることが必要であり、どの程度の人数まで処理できるかを事前に把握しておくことが不可欠である	・サーバーの増強等
高可用性	・試験時間は一律の時間帯に実施する必要がある ・試験実施時間中にシステムの停止や障害が発生防止 ・サーバー側だけではなく受験者側の環境にも配慮が必要	・予め問題データを受験者の環境にダウンロードしておき、スタンドアロンで試験が行えるなどの環境を整備 ・万が一の障害が発生した際に、どのような対策を行うかのバックアッププランを作成
時間	・定めた試験開始時刻になると試験が開始され、試験終了時間になると解答を凍結して提出する機能が必要	・サーバー側の時計で時間設定
セキュリティ	・受講者情報や成績情報の保護 ・試験問題の漏洩の対策 ・サイトからの閲覧防止 ・ダウンロードして実施する場合の事前開封対策等	
本人確認	・オンラインでのなりすまし対策 ・カンニング対策	・ＩＤ/パスワード認証 ・AI による本人確認 ・カメラを通した試験監督者による確認

[53] インターネット情報等を参考に作成

IBT を個別に行う場合には、課題のうち高負荷や高可用性の問題は生じないが、残りの課題は同様に生じる。また、ｂ）②に記載した課題もクリアする必要がある。

オンライン教育およびオンライン試験に対して、それぞれの課題を解決している事例、対応事例等をまとめて別表▲に示す。

ｃ）Web 会議システムを利用したグループ討議技術

Web 会議とは、インターネットを通して行う会議のことである。Web 会議は、クラウド型とオンプレミス型の２種類に大別できる（表 ２４）。

表 ２４　Web 会議の型式[54]

項目	クラウド型	オンプレミス型
特徴	・Web 上に準備されている会議システムを利用	・自社で Web 会議用サーバー構築を実施
メリット	・会議システムの提供を行っている会社との契約後すぐに利用可能 ・サーバーの管理は提供会社が実施するため、手間が少ない	・自社のセキュリティポリシーに合わせで導入可能 ・カスタマイズが可能 ・長期的観点からコスト安となる場合もある
デメリット	・カスタマイズができない ・通信トラブルの可能性（サーバー負荷、サーバーダウン等） ・メンテナンス日時が決められない	・Ｉ社ごとの環境にカスタマイズしてシステム構築を行うため、設計から試作、リリースまでに時間を要する。 ・導入後の維持管理は自社で行う必要がある
セキュリティ	提供会社に依存するため、低い場合がある	独自に対策が可能なため、高くできる
初期コスト	低い	高い
カスタマイズ性	低い	高い

Web 会議システムは、PC やタブレットなどにソフトウェアをインストールし、オンラインでコミュニケーションを取るためのシステムである。一方、テ

[54] インターネット情報等を参考に作成

レビ（ビデオ）会議システムはテレビを使い、専用の端末や回線でコミュニケーションを取るためのシステムである。Web 会議システムとテレビ会議システムの特徴を表 ２５に示す。

表 ２５　Web 会議システムとテレビ会議システムの特徴[55]

項目	Web 会議システム	テレビ会議システム
専用機器	不要	要
事前工事	不要	要
初期費用	安価	高価
利用場所	ネットワーク環境があればどこでも可能	専用機器のある場所
人数	少人数向き（ただし、アプリケーションにより異なる）	講演などの大人数にも対応可能
通信先との接続、使用機器、回線	PC、Web カメラ、ヘッドセット（マイク)、インターネット環境	双方に専用機器およびネットワークが必要
PC のアプリケーションの共有等	可能	可能（システムによる）
接続可能台数	TV システムよりは多く接続可能	システムにより上限はある
通信環境	環境によっては不安定	安定
映像の解像度	通信環境やカメラの性能によって差がある	高い
音声	通信環境やマイクの性能によって差がある	良い
セキュリティ	アプリケーションの選択により問題のある場合がある（無料版等）	優れている

Web 会議システムのアプリケーションは多くの会社から提供されており、オンライン授業にも数多く利用されている。代表的な Web 会議システムアプリケーションを表 ２６に示す。

[55] インターネット情報等を参考に作成

表 ２６　代表的な Web 会議システム[56]

会議システム	ビデオ音声通話チャット	ブレイクアウト	アカウント取得	参加上限人数	スマホタブレット対応	カレンダー連携	制限時間（無料版）	画面共有	レコーディング	その他機能	料金プラン	備考
Zoom	○	○	要（ホストのみ）	100～500*1	○	○	40 min	○	○	相手 PC の遠隔操作、ホワイトボード、バーチャル背景など	無料、年額￥19,200（1～9 ID）、￥26,400（10～49 ID）、別途見積	
Microsoft Teems	○	○	要（ホストのみ）	300～10,000*1	○	○	60 min	○	○	相手 PC の遠隔操作、バーチャル背景、背景ぼかしなど	無料、Microsoft 365、Office 365 の各プランに含む	
Google Meet	○	×	要	100～250*1	○	○	1 h	○	×（無料	リアルタイム字幕	無料、月額 $8/ ID、問い合わせ	

[56] 各社 HP 情報を参考に作成

会議システム	ビデオ音声通話チャット	ブレイクアウト	アカウント取得	参加上限人数	スマホタブレット対応	カレンダー連携	制限時間（無料版）	画面共有	レコーディング	その他機能	料金プラン	備考
									版）、○	（英語のみ）など		
Cisco Webex	○	○	要（ホストのみ）	100～200[*1]	○	△（アプリによっては不可）	50 min	○	×（無料版）、○	ホワイトボード、投票など	無料、月額¥1,490/ID、月額 ¥1,980/ID、月額¥2,980/ ID	
ISL Online	○	×	要（ホストのみ）	無制限	○	×	不明	○	○	ホワイトボード	要問い合わせ	セキュリティポリシーに応じて、クラウド方式、オンプレミス方式を選択可能。
V-CUBE ミーティング	○	×	要	～50	○	△（Office 365との連携により可）		○	○		2,000 円/ID、2,700 円/ID	

会議システム	ビデオ音声通話チャット	ブレイクアウト	アカウント取得	参加上限人数	スマホタブレット対応	カレンダー連携	制限時間（無料版）	画面共有	レコーディング	その他機能	料金プラン	備考
Ｌｉｖｅ On	○	○（３つまで）	不明	不明	○	不明	不明	△（オプション）	○	ホワイトボード、アンケート	月額￥3,000/ＩＤ	

※1 料金プランによる

Web 会議システムアプリケーションを選定する際に考慮すべき点として、以下が挙げられる。

① 操作容易性

多くの人が利用するため、操作が難しいと「導入しても使われない恐れ」、「操作のたびに誰かの助けを借りる」ことが予想される。必要な機能が備わり、かつ誰にでも簡単に使えることが重要になる。

また、IT に詳しい人が使用時に必ず居るとは限らないことから、IT に詳しい人がいなくても使えるレベルが望まれる。

② セキュリティ対策

インターネットを経由していることから、セキュリティ対策が脆弱であれば、情報漏えいの危険性がある。組織の機密情報、顧客の個人情報が会議の内容・資料に含まれる可能性もあることから、どのようなセキュリティ対策がとられているシステムであるかを、十分に確認しておく必要がある。

③ 接続安定性

映像や音声が途切れるとストレスを感じる。伝えたい情報が伝わっていないなどの事態も生じかねない。インターネット環境もそれぞれ異なることから、どのようなインターネット環境下においても安定した接続ができることが強く望まれる。

④ 同時接続アカウント数

Web 会議を行う人数は、規模や使用用途によって異なる。Web 会議システムを使って研修やセミナーを行う場合、同時接続できるアカウント数は特に重要となる。

⑤ 導入費用

ランニングコストが高いと負担になるが、安価なものを導入して情報漏洩などが発生すると信用が失墜し、逆にコスト高となる。コストと効果のバランスを見極める必要がある。

⑥ その他の機能

一部の Web 会議システムアプリケーション（Cisco Webex、Zoom、Google Meet、Microsoft Teems）では、ブレイクアウト機能を実装している。ブレイクアウト機能とは、ミーティングのメインセッションを分割する機能であり、イメージとしては、「メインの会議室とは別に、数個の小会議室を用意する」ものである。同機能を利用すれば、参加者同士をグループ分けし、セミナーで行うグループワークを Web 上で実施することも可能になる。

非集合型講習における Web 会議システムの選定にあたっては「ブレイクアウト機能」が必須であると考えられる。そのため、この機能を有する代表的な

Web 会議システムアプリケーション「Webex」および「Zoom」について、それぞれの代理店にヒアリングを行い、主な特徴を以下にまとめた。

ｉ） Webex Meeting

Webex は、米国 Cisco 社が提供する世界で最も活用されているビデオ会議システムであり、仮想会議アプリケーションとして「Webex Meeting」、ウェビナーアプリケーションとして「Webex Event」が提供されている。

■Webex Meeting の主な機能・特徴

・HD ビデオと音声参加による会議が可能
・ビデオ会議中にデスクトップ、アプリケーション、ファイルの画面共有、ホワイトボード機能
・個別、グループメッセージ機能
・アクセス可能なミーティング操作バーとミーティング中の機能（ブレイクアウトルーム、背景ぼかし／バーチャル背景など）を搭載
・ローカルまたはクラウドストレージにミーティングを録音・録画し、議事録を自動で取得可能
・Google や Microsoft カレンダーとの連携
・アプリ／ブラウザからも参加でき、スマホ、タブレットも利用可能
・コンテンツ共有機能では、テキスト・画像／モーション・ビデオ等コンテンツの種類に合わせて最適化が可能
・有償セミナー等の商業利用が可能

■Webex Meeting の料金プラン比較

Webex Meeting が提供している料金プランを表 ２７に示す。一回のミーティングに参加可能な人数は最大：1,000 人である。参加者はライセンスを購入する必要がない。

表 ２７　Webex Meeting の基本ライセンス料金表[57]

プラン名	無料	Starter	ビジネス	Enterprise プラン
料金 （1 主催者ごと）	0 円	1,490 円/月	2,980 円/月	24,192 円/年
ミーティングとビデオ会議				
ミーティングの長さ	最大 50 分	24 時間	24 時間	24 時間
ミーティングに参加できる人数（参加者対主催者）	最大 100 人	最大 150 人	最大 200 人	最大 1000 人
録画用クラウドストレージ	-	5 GB	10 GB	カスタマイズ可能
MP4 での録画	-	有	有	有
録画の議事録	-	有	有	有
代理主催者を追加	-	有	有	有
ファイル転送機能	-	有	有	有
4 つのレイアウトオプションに対応した全画面ビデオ	有	有	有	有
画面共有	有	有	有	有
モバイル画面共有	有	有	有	有
iP hone、iPad、Android、ウェアラブル端末に対応	有	有	有	有
チャット、メモ、挙手、投票	有	有	有	有
録画を PC で保存	有	有	有	有
ブレイクアウトセッション	有	有	有	有
カスタマーサポート	オンラインサポートのみ	チャットと電話	チャットと電話	チャット、電話、専属の担当者が利用可能
バーチャル背景	有	有	有	有
メッセージングとコラボレーション				
スペースに追加されたユーザーを管	-	有	有	有

[57] Webex　HP 情報、ヒアリング情報を基に作成

プラン名	無料	Starter	ビジネス	Enterprise プラン
理				
制限なしの直接メッセージングとグループメッセージング	有	有	有	有
双方向型ホワイトボード	有	有	有	有
音声機能				
無料ダイヤルイン	ー	ー	ー	有
有料ダイヤルイン	有	有	有	有
HDVoIP	有	有	有	有
セキュリティ				
FedRamp の承認を取得	ー	ー	ー	有
クラウド録画を暗号化	ー	有	有	有
HIPAA/BAA 準拠	有	有	有	有
エンドツーエンド暗号化オプション	有	有	有	有
TLSI.2 に対応	有	有	有	有
参加時にミーティングパスワードを要求	有	有	有	有
パーソナル会議室をロック	有	有	有	有

Enterprise プランは、主催者権限ライセンスを購入するプランであり、利用者数によって「エンタープライズアグリーメント」「アクティブユーザー」「ネームドユーザー」の 3 種類に大別できる。

・エンタープライズアグリーメント：全社導入型であり、社員一人ずつがライセンスを保有する。

・アクティブユーザー：全社導入型であり、社員一人ずつがライセンスを保有するが、主な利用者数が全社員数の 15%～20%であることを想定し、料金を設定している。社員の 25%～30%以上が利用している場合は、上位プラン（エンタープライズアグリーメント）と同等な料金になる。

・ネームドユーザー：会議を主催する可能性のある社員の人数分だけ、ライセンスを購入する（例：5 人の講師がいる場合、5 ライセンスが必要）。主

催者アカウントの共有や変更は原則として禁止される。

Enterprise プランの料金支払い形態は年間一括払いのみであり、月単位の支払いはできない。

■Webex Meeting の要求する OS 要件[58]

・Windows：Windows 7 以上

・Mac：Mac OS X 10.13 以上

■Webex Meeting のブレイクアウト機能

ブレイクアウト機能とは、ミーティングのメインセッションを分割する機能であり、イメージとしては、「メインの会議室とは別に、数個の小会議室を用意する」ものである。

Webex Meeting におけるブレイクアウト機能の特徴は以下の通りである。

・メインセッションの最大参加者数：1,000 人に対して、最大 100 個の個別セッションを作成し、自動／手動で参加者を割り当てることができる。個別セッションの人数上限はなし（参加者：1,000 人を 500 人×2 セッションに分割することも可能）。

・各セッションの参加者数は同数になる。

・ブレイクアウトセッションの事前割り当ては可能である。

・グループワーク等が終了後、個別セッションからメインセッションに戻ることが可能である。

・参加者が「挙手」機能を使用することにより、講師を個別セッションに呼ぶことができる。

・個別セッション中、全体セッションからチャットを送っても、個別セッションの参加者はメッセージを閲覧できない。

・チャット履歴は保存できない。

・録画機能を使用する場合、メインセッションを記録することになり、個別セッションの録画はできない。

ブレイクアウトセッションは、全体参加者数：40 人程度、個別セッション参加者数：2～4 人/セッションでの運用が一般的とされている。大人数のグループ討議への運用を検討する際に、主な課題として以下が考えられる。

・個別セッションの参加者数が増えるほど、参加者が討議参加への積極性が低下する。

・セッション参加者の一覧がツール上に表示されるため、不特定多数の参

[58] 詳細については Cisco Webex Help Center 関連ページを参照のこと。https://help.Webex.com/ja-jp/nki3xrq/Webex-Meetings-Suite-System-Requirements#d4j_czk_vlb

加者が大勢いる場合、個人情報（参加者名）の漏洩が危惧される。※参加者リストを非表示にすることはできない。
・参加者の名前は、セッション入室前に参加者自身によって入力され、主催者側では参加者の名前を管理できない。
・出席チェック機能が搭載されておらず、別途出席管理を行う必要がある。
・ミュートの設定忘れが多発する恐れがあり、多くの雑音が入る可能性がある。

■Webex Event の主な機能・特徴

Cisco 社の製品群において、大人数受講者向けのウェビナーアプリケーションとして Webex Event がある。ウェビナーアプリケーションでは、参加者に対して「事前登録」、「出席確認」、「名前、カメラ映像の非公開」、「ミュート状態での聴講」が可能であるが、ブレイクアウト機能は搭載されていない。[59]

■Webex アプリケーションの安全性、その他

・FISC 安全対策基準を満たした高いセキュリティを構築しており、米国国防省等のセキュリティ基準もクリアしている。
・Webex は東京と大阪にデータセンターを保有している。ミーティングやウェビナーを行う際に、主催者・参加者とも Webex のクラウドに接続することになるため、主催者側でサーバーを増強する必要がない。
・API[60]は用意されているが、日本における LMS システムへの組み込み実績は現時点では不明である。

■トラブル事例

Webex には限らず、インターネット環境による通信トラブルが最も起こりやすい。VPN[61]通信を利用して、会社のデータセンターを経由した状態で大人数のミーティングを行う場合、トラフィックが集中して通信障害が発生する

[59] 出席者が参加したか否かの確認は可能であるが、退場のタイミングは把握できない。この欠点をカバーするために、主催者がセミナーの最後にアンケート回答のフローを設けて、講師が提示した指定 URL を受験者にクリックしてもらい、出席確認や試験を行う運用が広く行われている。
[60] Application Programming Interface の略。ソフトウェアから OS の機能を利用するための仕様またはインターフェースの総称であり、アプリケーションの開発を容易にするためのソフトウェア資源のこと。
[61] Virtual Private Network の略。大規模ネットワークの規模の経済と管理機能を活用するために、公衆網内に構成されたプライベートネットワークである。

可能性が高くなる。一方、参加者が不特定多数の場合には、各人のインターネット環境による影響が大きくなる。

最近では、Web 会議ツールのバージョンアップに伴い、利用者 PC のスペックが足りなくなるケースが増えている。Web 会議ツールのバーチャル背景機能を利用すると、デバイスに処理負荷がかかり、動きが重くなった事例もある。

■代理店のサポート範囲

Webex に関するカスタマーサポートは、Cisco 社のヘルプデスクが直接に行っており、日本語での対応が可能である。ヒアリングを実施した販売代理店では製品の運用に関するサポートを行っていない[62]が、製品の無料トライアル（3 か月間）は提供可能である。また、ハードウェア上のサポートは販売代理店で可能であるとのことであった。

ⅱ）Zoom

Zoom は、Zoom Video Communications 社が提供するクラウドコンピューティングを使用した Web 会議サービスアプリケーションである。

■Zoom の主な機能・特徴

- HD ビデオと音声参加による会議が可能。最大 1,000 人参加のミーティングに対応。
- 画面共有が可能であり、共有された画面に参加者が各自で注釈を入れることが可能。
- 内蔵コラボレーションツール（フィルター、反応、投票、音楽や動画の共有）を搭載。
- ローカル録画／クラウド録画が可能。また、AI による自動トランスクリプト（文字起こし）からミーティング内のキーワード検索が可能。
- Outlook、Gmail と連携可能。
- グループチャット、履歴検索、ファイル転送、過去 10 年分のアーカイブが可能。

■Zoom の料金プラン比較

Zoom が提供している基本ライセンスの料金プランを表 ２８に示す。いず

[62] 初期ユーザー登録、ハードウェア導入に対してはサポート可能である。

れのプランでも、会議の回数や対象参加者の制限はない。一回のミーティングに参加可能な人数は最大：1,000 名である。参加者についてはライセンスは不要である。

表 ２８　Zoom の基本ライセンス料金表

項目	ベーシック	プロ	ビジネス	エンタープライズ
料金（1 ライセンス）	0 円	2,000 円/月	2,700 円/月	32,300 円/年
参加者の定員	100 人	100	300	500 1,000 Enterprise＋
購入可能なライセンス数	1	1-9	10-99	50＋
テクニカルサポート	チャットボット	チャットボット、ライブチャット	チャットボット、ライブチャット、電話	チャットボット、ライブチャット、電話
請求サイクルと条件	該当なし	毎月または毎年	毎月または毎年	毎年または月払い（契約による）
グループミーティング	有	有	有	有
1 対 1 ミーティング	有	有	有	有
グループミーティングの時間制限（3 人以上）	40 分	30 時間	30 時間	30 時間
録画	ローカル	ローカルとクラウド（1 GB/ライセンス）	ローカルとクラウド（1 GB/ライセンス）	ローカルとクラウ（ド無制限）
電話ダイヤルイン	—	通話料ベース	通話料ベース	通話料ベース
画面共有	有	有	有	有
ブレイクアウトルーム	有	有	有	有
バーチャル背景	有	有	有	有

項目	ベーシック	プロ	ビジネス	エンタープライズ
パーソナルミーティング ID	有	有	有	有
チャット	有	有	有	有
ホストコントロール	有	有	有	有
投票	有	有	有	有
画面共有での共同注釈	有	有	有	有
キーボードとマウスのリモートコントロール	有	有	有	有
ホワイトボード	有	有	有	有
マルチシェア	有	有	有	有
TLS 暗号化	有	有	有	有
リアルタイムコンテンツ用 AES 256 暗号化	有	有	有	有
待機室	有	有	有	有
複数の人をピンで固定	有	有	有	有
複数の人にスポットライトを当てる	有	有	有	有
フィルター	有	有	有	有
ミーティング参加者の事前割り当て	—	有	有	有
REST API	—	プロ REST API のレートの制限	REST API のレートの制限	REST API のレートの制限
Skype for Business (Lync) 相互運用性	—	有	有	有
ストリーミング	—	有	有	有
レポート作成	—	有	有	有
ユーザー管理	—	有	有	有
Live transcription	—	有	有	有
管理ポータル	—	—	有	有

項目	ベーシック	プロ	ビジネス	エンタープライズ
LTI インテグレーション	—	—	有	有
クラウド録画トランスクリプト	—	—	有	有
ブランディング	—	—	有	有
管理対象ドメイン	—	—	有	有
シングルサインオン（SSO）	—	—	有	有
言語通訳	—	—	—	有
カスタマーサクセスマネージャー	—	—	—	有
エグゼクティブ事業レビュー	—	—	—	有
ハンドル割引	—	—	—	有

基本ライセンスの他に、オプションライセンスも販売されており、有償ライセンスを保有している利用者はオプションを購入することにより、参加者定員数やクラウド録画容量を拡張することができる。主なオプションライセンス費用を表 ２９に示す。

表 ２９　Zoom の主なオプションライセンス料金

項目	費用
クラウド録画容量拡張（100 GB、500 GB、3 TB）	5,400 円/月、13,400 円/月、67,200 円/月
Large Meeting（500 人、1000 人）	6,700 円/月、12,100 円/月
H.323/SIP ルームコネクタ	6,600 円/月
ウェビナー（100 人～10000 名）	53,800 円/年

表 ２８、表 ２９に示す費用は、Zoom のホームページから直接にライセンスを購入する場合の金額であり、代理店から購入する場合は異なる可能性がある。一部の代理店ではメーカー価格にマージンを上乗せしており、代わりに日本国内の実状に合わせた手厚いサポートを提供している。

代理店からビジネス[63]またはエンタープライズプランを購入する場合、年間契約が前提になっているケースが多い。また、代理店からオプションライセンスを購入する場合は1式（年単位）であり、管理者がオプションライセンスをユーザー間で付け替えることによって、オプションライセンスを共有できる。

■Zoomの要求するOS要件[64]

・macOS XとmacOS 10.9以降
・Windows 7以降

■Zoomのブレイクアウト機能、ウェビナー機能

Zoomにおけるブレイクアウト機能の特徴は以下の通りである。

・メインセッションの最大参加者数：1,000人に対して、最大50個の個別セッションを作成し、自動／手動で参加者を割り当てることができる。個別セッションの人数上限は200人である。
・各セッションの参加者数は同数になる。
・ブレイクアウトセッションの事前割り当ては可能である。
・グループワーク等が終了後、個別セッションからメインセッションに戻ることが可能である。
・参加者が「挙手」機能を使用して、講師を個別セッションに呼ぶことができる。
・個別セッション中に、各ブレイクアウトルーム内で個別チャットを利用することができる。
・チャット履歴は設定により保存することができる[65]。チャット履歴をテキスト出力する場合、「時間、アカウント名：メッセージ」の形式で記録される。

Zoomアプリケーションにはウェビナー機能がオプションとして用意されている。アプリケーションを切り替えることなく、ライセンスを購入することによりウェビナー機能が使用できるようになる。

ウェビナー機能では、参加者に対して「事前登録」、「出席確認」、「名前、

[63] Zoomから直接に購入する場合は、月払いが可能。

[64] 詳細についてはZoomヘルプセンター関連ページ参照。
https://support.zoom.us/hc/ja/articles/201362023-Windows-macOS-%E3%81%8A%E3%82%88%E3%81%B3Linux%E3%81%AE%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E8%A6%81%E4%BB%B6

[65] PCのみ、参加時の履歴のみ。

カメラ映像の非公開」、「ミュート状態での聴講」が可能となるが、ブレイクアウト機能との併用はできず、「ウェビナーから退出→ミーティングセッションに再ログイン」しなければならない。

■Zoom アプリケーションの安全性、その他

・テレワーク推進で注目が集まる Zoom は、2020 年 3 月以降にセキュリティ脆弱性について複数指摘されている[66]。これに対して、その後の修正版において「エンドツーエンド暗号化の強化」「ユーザーインターフェースの改善」「ID、パスコードの複雑化」等の対策が施され、セキュリティ性が改善されている。

・Zoom は日本国内では東京と大阪にデータセンターを保有しており、セキュリティの強化を目的に、有償ライセンスを保有している利用者は経由データセンターを指定することができる。

・他社システムとの連携に利用できる API は公開されており、LMS システムへの組み込み事例も存在する[67]。

■代理店のサポート範囲

Zoom Video Communications 社は、製品に関するサポートを英語のみで提供している。代理店ではメーカー価格にマージンを上乗せしており、代わりに「日本語マニュアル提供」、「サポートデスク」、「請求書支払いの対応」等、日本国内の実状に合わせたサポート等を提供している。また、ハードウェア上のサポートは販売代理店で可能であるとのことであった。

ⅲ）ツールの比較

有料ライセンスを利用した大人数（1,000 人）ミーティングの開催を想定した場合、Webex Meeting と Zoom の比較を表 ３０に示す。

Webex Meeting と Zoom はどちらも主流の Web 会議システムアプリケーションであり、基本機能、料金設定が類似しているが、大人数参加者を想定したミーティングの場合、Zoom では別途オプションライセンスを購入する必要があるため、費用面において Webex Meeting が圧倒的にコストパフォーマンスに優れている。また、セキュリティ面においては Zoom の脆弱性が露わになった経緯があり、現在では修正済みとされている。

ただし、Zoom は月払いに対応しているため、1～2 ヶ月の実証実験であれば Zoom のほうが安価である。

---

[66] https://zoom.nissho-ele.co.jp/blog/etc/security-issues.html

[67] ｄ）④参照

表 ３０　Webex Meeting と Zoom の比較（大人数参加者の場合）

項目	Zoom	Webex Meeting
連続会議可能時間	30 時間	24 時間
必要なライセンス	プロ＋Large Meeting	Enterprise
支払い形式	月払い、年払い	年払い
ウェビナー機能	同一アプリケーション	別アプリケーション
ブレイクアウト機能	○	○
個別セッション設定上限	50 セッション×200 名	100 セッション×100 名
日本語テクニカルサポート	代理店による提供	メーカーによる提供

また、主流の Web 会議システムアプリケーションのメーカー各社では「大人数受講者向け」と「少人数参加者向け」の使い方について明確な棲み分けがなされており、前者には「ウェビナー機能」、後者には「ミーティング機能」がそれぞれ適用する。ウェビナー機能とミーティング機能の比較を表 ３１に示す。

表 ３１　ミーティング機能とウェビナー機能の比較

項目	ミーティング	ウェビナー
説明	双方向なセッションに適している。複数の参加者に対して、セッション内の個別グループ分けができる。	大人数受講者のイベントや一般公開イベント向けに最適化されており、１人または数名の講演者が受講者に向かってトークすることが一般的である。通常、ウェビナー参加者がお互いにやり取りすることはない。
最適な用途	少人数から大人数のグループ（参加者が 2 名以上） トレーニングセッション	大規模イベントや公開放送（参加者 50 人以上）：教育講演会
オーディオ共有	・参加者は全員、オーディオをミュート/ミュート解除可能 ・主催者は参加者をミュート/ミュート解除をリクエスト可能	・主催者と参加者は自分のオーディオのみをミュート/ミュート解除可能 ・参加者は視聴専用モードで参加可能 ・主催者は１名以上の参加者をミュート解除可能

項目	ミーティング	ウェビナー
	・主催者は入室時に参加者を全員ミュートにすることが可能	
定員	最大 1,000 人	Zoom：最大 10,000 人 Webex：最大 3,000 人
参加者リスト	全参加者が閲覧可能	主催者のみ閲覧可能
ミーティング中の参加者反応	○	×
ファイル転送	○	×
ブレイクアウト機能	○	×
出席者事前登録	×	・登録管理 ・自動および手動の招待メール ・リマインダとトラッキング
出席者匿名設定	×	○
質疑応答	チャット機能利用	Q&A 機能利用

ｄ）　本人確認・不正防止に係る技術

ｂ）に記載した遠隔試験監督または AI によるテスト監視サービスについて、提供企業 4 社にヒアリングを行い、本人確認・不正防止に係る技術の詳細を調査した。

①試験監督システムＡ

■システム概要

試験監督システム①は AI によるリモートテストシステムであり、従来の IBT システムに AI 判定を加えることにより、不正防止を一定程度担保するものになっている。AI 技術の適用により、Web カメラの動画撮影による遠隔監視が可能となる。

受験の流れは以下の通りである。

ⅰ）受験者が Web カメラ付きの PC を使用し、マイページにログインする。

ⅱ）試験の冒頭に、Web カメラを使って本人の写真を撮影し登録する。（写真が不鮮明、本人が映っていない場合は登録ができない。）

ⅲ）試験開始後は Web カメラが常時作動し、試験中の受験者を動画撮影す

る。

ⅳ）撮影された動画に対してAIによる判定が行われ、不正行為らしき動作（テキストや携帯の確認、画面外への移動、目線や頭の大幅な移動、受験者以外の人物の映り等）が行われれば、該当部分の動画がピックアップされて試験主催者に提示される。

ⅴ）不正行為か否かの判定は主催者が行う。

■本人確認方法の概要

試験の冒頭に、Webカメラを使って本人の写真を撮影して登録する。なりすまし対策として、本人確認書類を提示しながらの撮影を推奨している。

■対応可能な最大人数

一斉受験では、最大同時50人の対応が可能であるが、受験時間を分散させればこの人数制限を受けなくなる。

■不正発覚の対応

不正判定が行われるのは試験終了後である。試験の運営は基本的に主催者側に委ねられており、不正の判定及び不正者への連絡は主催者が行う。離席した場合、動画チェックの対象になる。

■運用上の課題

AIによる判定から主催者への提示までに、20～30分の処理時間を要する。また、オンラインテストシステムを使用しているため、回線速度の遅延による影響を受けやすい。

■その他

・AIの不正検知基準はある程度カスタマイズできる。
・試験中の操作質問には対応していない。事前にシステムを把握できるよう、受験者のマイページには練習用の仮試験が設けられている。
・試験時間を短く設定することにより、不正の機会を低減させることが可能である。IBTではさまざまな問題形式に対応でき、データベースからのランダム出題も可能である。

②　試験監督システムＢ

■システム概要

試験監督システム②はWebカメラの録画による本人確認・試験監視システム

であり、3パターンの利用形態を想定している。試験の担当者は管理画面で解析結果および録画動画を確認することができる。

ⅰ）録画のみ

ⅱ）監視員によるリアルタイム監視

ⅲ）AIによる録画データの解析

現状では、リアルタイムの不正アラートはパターンⅱ）のみで対応できる。人間による監視の方が不正行為の抑止には効果的であるが、監督官の人数、時間、同時監視人数などの制約がある。

ネット遅延等の影響で動画が途切れた場合には、そのまま依頼元に提出する。

■本人確認方法の概要

試験開始の際、Webカメラにより本人と身分証明証を撮影し、AIでマッチングを行う。AIで認証されると試験に進むことができる。認証できなかった場合の裁定は試験主催者が決める。

■対応可能な最大人数

AI運用面では人数制限はないが、同時利用者数が増えるとサーバー能力を増強する必要がある。

■不正発覚の対応

・サービス提供企業では不正の判定は行っておらず、その判断は主催者に委ねられている。
・検知範囲は目線、顔の向き、音声であり、カメラとマイクが必須となる。
・録画動画をAIが解析するため、試験がすべて終了した後で不正判定が行われる。

■運用上の課題

現時点での運用実績がまだ少なく明確になっていない課題もあるが、受験者の端末にて受験時にトラブルが起きる可能性はある。

また、不特定多数向けの試験においては、試験が開始できない受験者が一定数存在する。これはネットワークの設定などに起因する可能性が高い。事前に設定を変更することになどよりトラブルを回避できる場合もある。

■その他

他社LMSシステムなどとの連携は可能であるが、接続仕様に合わせたシステ

ムを制作してもらう必要がある。

③　試験監督システムＣ

■システム概要

試験監督システム③の目的は「本人確認」と「不正受験防止」である。テストセンター（集合型）と自宅等のリモート環境（非集合型）のいずれにおける試験にも対応できる。ただし、CBT 試験に使用する場合には、別途 CBT システムとの連携が必要になる。

同システムでは、「受験者の動画」および「PC 画面の動画」の両方が記録される。AI と同社スタッフによって動画がチェックされ、疑わしい行為があれば主催者に提示される。同システムは提供企業の CBT システムに連携できるほか、他社の CBT システム等にも適用できる。

試験監督の範囲は以下の通りである。

・本人確認　※後述
・不正行為を未然に防ぐために、試験中の PC 動作は制限されている。
・録画した動画については「顔」「目線」「人数」「音声」等に対して、自社開発した AI を活用して自動的に認証・解析を実施している。
・疑わしい行為があった場合、管理画面に該当箇所がアラート表示される。
・AI が不正検出した受験者の動きに対してさらに人的確認を行い、二重チェックを行うことにより正確な結果を提供している。

■本人確認方法の概要

本人確認では、①申込時に提出した写真との照合、②試験中に写真付き本人確認書類の提示による照合のいずれも可能である。

■対応可能な最大人数

数千人規模の一斉試験に対応できる。

■適用事例

複数の資格検定、大学入学試験に導入済み（または導入予定）である。

■不正発覚の対応

・システム提供企業は不正の判定は行っておらず、その判断は主催者に委ねられる。このため、試験の運営は主催者側によるものであり、不正の判定および不正者への連絡は、主催者が行う。
・録画動画を AI が解析するため、試験がすべて終了した後で不正判定が行わ

れる。
・真偽の確認ができないため、試験中の一時中断は検出対象行為と判定している。

■運用上の課題
受験者側のハードウェアやネットワーク環境に起因するトラブルが起こる可能性がある。この対策として、試験本番の前に動作確認を行う機会を設けており、受験者に「他の PC を使ってもらう」、「他の受験方法を選択する」ことにより対応している。

④学習管理システムＤ
本人確認技術の応用形として、顔認証モジュールを LMS に組み込むことにより、本人確認機能を実現している事例も存在する。

■システム概要
同システムは、ベーシックな機能を兼ね備えた「ASP[68]版」と、カスタマイズ可能な「パッケージ版」に大別される。本人認証機能の利用を想定した場合、「パッケージ版（以下、LMS)」を使用することになる。

■本人確認方法の概要
LMS の標準装備では、ID とパスワードにより受講者を認証・管理している。本人確認機能が必要な場合、LMS にカスタマイズを施した上で、Amazon Rekognition の顔認証モジュールを LMS に組み込んで利用できる。
認証の流れは以下のとおりである。
・本人写真（免許証、その他で顔が判別できる写真など）を事前登録する。
・受講開始時に登録した本人であることを確認する。
・講義・テスト中における任意のタイミングで、PC やスマートデバイス等のカメラを使って撮影し、登録写真との整合性をチェックする。
・受講開始時に本人確認ができなかった場合は受講ができない。受講途中等で写真データとの整合が取れなくなった場合は、即座に学習活動を停止させる（システム自体をロックするなど)、もしくは事後の運用において学習活動を無効化する（不合格等）措置を講じることが可能である。
本人確認機能の認証範囲は「顔」であり、被写体と登録した写真との整合性を判定し認証を行う。認識率の精度・補足率は顔認証モジュールによるもので

[68] Application Service Provider：インターネット上で提供されるソフトウェアやサービスのこと。

ある。
　その他不正対策モジュール・機能である「レポート類似度判定」は大学等で採用されている。また、「コピー＆ペーストをできなくする」、「ブラウザの二重立ち上げ禁止」等不正対策を複数組み合わせることも可能である。
　音は感知の対象外である。横からのカメラ撮影には対応していない。

■適用事例
・教育機関（大学、塾等の試験など）
・本人参加が必須とされている講義へのオンライン出欠確認
・オンライン企業研修・企業内試験におけるなりすまし（不正受講等）対策
　直近の公的機関適用事例では、4,000 人の同時受講に対応している。

■対応可能な最大人数
　同時にアクセスする利用者の想定人数に合わせて、事前にハードウェアの必要スペックを試算しており、数千人規模の一斉試験に対応できる。
　また、ネットワークの帯域確保、システム基盤へのリソース増強等に問題がなければ、最大登録ユーザー数：25 万人超の実績を有している。

■不正発覚事例について
・不正発覚事例ではないが、エラー事例として「受講中に第三者が映った」、「事前登録に使った公的証明の写真と大きく異なり、本人認証できなかった」、「背後にある他人の写真が写って認識されてしまった」などのケースが存在する。カメラの解像度による影響は受けない。
・万一不正が発覚した場合、「即座に試験を中止すること」、「事後の運用において試験を無効化すること」が可能であり、主催者側の運用ルールに準拠する。
・不正発覚（画像判定）のタイミングはリアルタイムで行われ、主催者にアラート発信できるが、事後のオンデマンドでの確認も可能である。
・不正発覚の判定は、事前登録した顔写真データと試験中にランダム撮影した顔データとを「どの程度一致させるか」（閾値の設定）によって運用が異なる。設定は後から変更することも可能である。
・不正発覚（画像判定）のタイミングはリアルタイムで行われ、主催者にアラート発信できるが、事後のオンデマンドでの確認も可能である。
・不正（失格行為）に気づいた場合、LMS にアクセスできる権限を設定することにより「試験実施者／試験運営者から連絡する」のいずれも可能である。

■グループ討議

LMS に標準オプション（有償）として準備されている「Web 会議システムアプリケーションとのミーティング連携機能[69]」を使用することにより、グループ討議が実現できる。ただし、Web 会議システム側の許容範囲でブレイクアウトセッションを行うことは可能であるが、LMS からはコントロールできないため、運用による工夫が必要である。

・チャットツールの利用：上述した「ミーティング連携」機能を利用すれば可能である。
・LMS に標準機能として「メンタリングボックス機能」が用意されている。リアルタイムの講習で同機能を利用することにより、講師は長時間 LMS 上に待機する必要なく、質疑応答に対応できる。

また、LMS 自体にもディスカッション機能がオプションとして備えられており、一定期間を設けた事前討議に利用できる（運用事例あり）。

■運用上の課題

・オンプレミス環境：サーバーダウンやネットワークトラフィックの増加に起因するシステムリソースの枯渇、通信速度の低下、動作遅延など
・クラウドもしくは ASP 環境：同上、および定期メンテナンス時のイレギュラー発生など
・海外利用における時差の運用影響、各国独自のファイアウォール設定による影響など

■その他

LMS 上の試験について、問題流出対策としてランダム出題が可能である。決まった時間での一斉出題は運用実例がないが、技術的には時間的トリガーを設けることで対応できると思われる。

ｅ）非集合型講習・試験関連技術の考察

①本人確認・不正防止技術

本調査で詳細が明らかになった不正防止技術をまとめて表 ３２に示す。

・現在、世の中で実用化されている遠隔試験監督または AI によるテスト監視サービスは、「すべての不正行為を検出する」ものではなく、「不正行為への抑止力として機能する」という考え方に基づいて開発・提供されている。

[69] 同機能を利用する際、別途有償の Web 会議システムアプリケーションライセンスを主催者側で用意する必要がある。

・サービスのコアとなるAI検出技術の検出対象は、「疑わしい対象行為」であり、代表項目として「顔」「目線」「第三者」が挙げられる。主な検出手段はWebカメラからの画像・動画撮影であるため、検出範囲はPCカメラの撮影可能な範囲（バスト～顔）に限定され、「横からの撮影」「手の動き」は検出の対象外となる。一部のサービスでは、「音声」「PC側の画面キャプチャ」も監視対象に含まれる。
・「疑わしい対象行為」がAIにより検出されると、システム管理画面において何らかの形でアラートが表示され、主催者による確認を促す。不正行為である可能性（検出閾値）の提示設定は変更でき、主催者とサービス提供企業が検討して設定を行う。検出精度を向上させるために、主催者に提示される前に、「サービス提供企業のスタッフによる二重チェックを設ける」、「サービス提供企業のスタッフによる遠隔監視」等のケースも存在するが、不正行為であるかどうかの判断を下すのはあくまでも主催者側（人的判断）である。
・従来の試験に比べて、オンライン試験では不正対応強度は低下するため、「不正行為の100%検出」「リアルタイムの不正摘発」は不可能とされている。「疑わしきは罰せず」という大原則に基づき、よほど堂々としたカンニング行為がない限り、怪しい動きだけでは失格行為と判断するわけにはいかない。これはオンライン型試験の限界ともいえる。また、試験問題漏洩を完全に防ぐこともできない。
・多くのAIによる試験監視サービスは、「試験中に録画のみをし、試験後にAIによる動画チェックを行う」方法を採用している。この理由としては、受験者自宅のネットワーク環境・端末によって安定性が異なるため、ネットワークに負荷をかけないような監視方法が望ましいためである。また、疑わしい行動が発生した場合、その場での試験監督官からの指摘は受験生に心理的な動揺を与える恐れがあることも、リアルタイムの監視を行わない理由になっている。
・「Deep Fake技術によるなりすまし」「マクロキー対応キーボードによる入力」「ダブルモニターの使用」「録画による試験問題の流出」等の高度な技術を利用した不正行為については、現行テスト監視サービスでは対応していない。Deep Fake技術を利用した不正行為を検出するには受験者のPCに侵入（ハッキング）することが必要になるためである。また、以下のコメントのように、「Deep Fake技術は危惧すべき対象ではない」との考え方もある。
・Deep Fakeは映像生成の技術であり、AI関連の国際会議において、「Deep Fakeで作成した動画をAIがどうやってチェックするか」が議論されてい

るが、あくまでも検出能力を向上させるための議論であり、実際にその動画を受信することを想定していない。これは、映像の取り組み・送信はシステム制御に関連しており、そこにAIによる映像生成技術が入る余地がないためである。「監視システムを経由して受験者が加工した動画をサーバーに送信」する行為は、かなり高度のハッキング技術がないと実施できない。

・AIによる不正感知の非集合型法定講習への応用は、限定的ではあるが実用されている。AIによる不正感知技術とWeb会議システムアプリケーションとの併用は一部の企業において検討されている。Web会議ツール等でカメラを利用している場合、他のアプリケーションがカメラ機能を使用できないため、試験監督のオペレーションを整理する必要がある。

・費用面では、既存の「AIによるテスト監視サービス」のコストは150万円～である。よりきめ細かな仕様を設定してシステムを構築する場合、イニシャルコストは約1千万円と高価になる。

表 ３２　不正防止技術のまとめ

システム製品名	Remoty AI＋	Remote Testing AI アナリスト	CheckPointZ	KnowledgeDeliver
開発会社	（株）CBT ソリューションズ	（株）イー・コミュニケーションズ	（株）EduLab	（株）デジタル・ナレッジ
システム概要	・試験中に Web カメラを常時作動させ、試験中の受験者を動画撮影する。 ・撮影された動画に対して、AI による判定が行われ、不正行為らしき動作（テキストや携帯の確認、画面外への移動、目線や頭の大幅な移動、受験者以外の人物の映り等）が行われれば、該当部分の動画がピックアップされ、試験主催者に提示される。	受験中は録画のみを行い、AI が録画データを事後解析することにより、従来試験監督官が行っているチェックを行う。解析結果では不正の可能性が点数化され、特定点数以上の事案が抽出され、主催者に提示される。	受験者の PC に専用プログラム（Webview 形式のアプリケーション）を事前にインストールする。試験実施中に、「Web カメラによって撮影された受験者側の動画」および「PC 操作画面側の動画（キャプチャ）」の両方を記録し、試験終了後に同社サーバーにアップロードする。AI と同社スタッフによって動画がチェックされ、疑わしい行為があれば主催者に提示される。	統合型学習プラットフォーム「KnowledgeDeliver」のパッケージ版にカスタマイズを施すことにより、顧客ニーズを反映したシステム構築が可能である。
本人確認方法の概要	試験の冒頭に、Web カメラを使って本人の写真を撮影し登録する	試験開始の際、Web カメラにより本人と身分証明証を撮影し、AI でマッチングを行う。	①申込時に提出した写真との照合、②試験中に写真付き本人確認書類（パスポート、運転免許証、	Amazon Rekognition の顔認証モジュールを利用 カメラの性能による影響は受けない。

システム製品名	Remoty AI＋	Remote Testing AI アナリスト	CheckPointZ	KnowledgeDeliver
		身分証明：運転免許証、マイナンバーカード（写真付き）、パスポート（日本国のみ）に対応 カメラの性能による影響を受ける。	写真つき学生証、マイナンバーカード等）の提示による照合のいずれも可能	
対応可能な最大人数（一斉受験）	同時：50 人	上限なし。 ただし同時利用人数が増えると、サーバー能力を増強する必要がある（コストアップ要因）。	上限なし（1,000 人規模の一斉試験実績あり）。 サーバー並列実行による負荷分散を行えば、それ以上の人数にも対応可能	LMS システムとしては数千人規模（3,000 人規模の一斉試験実績あり）
AI 判定対象	画面撮影範囲（正面・バストショット） 手元は検知対象外	目線、顔の向き、音声（日本語） 手元は検知対象外であるが、アイトラッキングで検知できる。	・受験者側：顔、目線、人数、音声 ・PC 画面側：別ウィンドウでの操作、Web 検索、コピー＆ペースト ※正面・側面の両方からの識別機能を追加開発中 ※必要があればキーボードのログ記録、ショートカットの機能制限も可能。	顔

システム製品名	Remoty AI＋	Remote Testing AI アナリスト	CheckPointZ	KnowledgeDeliver
AI 判定所要時間	20 分～30 分	約 1 日	数秒	リアルタイム
適用事例	現時点ではなし（2020 年 9 月リリース）	・TOEIC IP テスト ・その他複数資格検定団体が検証を含めて利用中	・オンライン英語テスト CASEC、実用英語技能検定（英検） ・大正大学、日本経済大学等のオンライン入試	・某大学の通信教育事業 ・公認心理師の現任者講習会 （法定講習、4,000 名の同時受講） ・本人参加が必須とされている講義へのオンライン出欠確認 ・オンラインでの企業研修、企業内試験における不正受講対策
不正疑惑行為の発覚のタイミング	試験後	試験後	試験後	リアルタイム
不正行為の判断、その後の対応	試験の運営は基本的に主催者側に委ねられており、不正の判定及び不正者への連絡は主催者が行う。	試験の運営は基本的に主催者側に委ねられており、不正の判定及び不正者への連絡は主催者が行う。	試験の運営は基本的に主催者側に委ねられており、不正の判定及び不正者への連絡は主催者が行う。	LMS にアクセスできる権限を設定することにより「試験実施者/試験運営者から連絡する」のいずれも可能である
トイレ等の判定	検出対象になる			

システム製品名	Remoty AI＋	Remote Testing AI アナリスト	CheckPointZ	KnowledgeDeliver
運用上のトラブル例、課題	・AI による判定から主催者への提示までに、20分～30 分のタイムラグがあり、リアルタイムの対応が困難 ・回線速度の遅延による影響を受けやすい	・受験者側の環境（回線接続不良、PC 不良、カメラ不良等）による録画できないトラブルが想定される。 ・不特定多数向けの試験では、これはネットワークの設定（セキュリティ、ウイルス対策）によって試験が開始できない受験者が一定数存在する。	・受験者側のハードウェアによるトラブルが起こりうる。 ・ネットワーク環境が悪い場合、録画した映像をサーバーにアップロードするまでに時間がかかる場合がある。 ・企業内で受験する場合、セキュリティ設定によりインストールできないケースが起こりうる	・オンプレミス環境：サーバーダウンやネットワークトラフィックの増加に起因するシステムリソースの枯渇、通信速度の低下、動作遅延など ・クラウドもしくは ASP 環境：同上、および定期メンテナンス時のイレギュラー発生時など ・海外利用における時差の運用影響、各国独自のファイアウォール設定による影響など
高度不正技術への対応	Deep Fake、マクロキー対応キーボード、ダブルモニター、試験録画等：非対応			
試験中の操作質問	非対応			
グループ討議	非対応	非対応	非対応	・オプション機能「Zoom ミーティング連携機能 」、「ディスカッション機能」を使うこと

システム製品名	Remoty AI＋	Remote Testing AI アナリスト	CheckPointZ	KnowledgeDeliver
				により事前討議、グループ討議が実現可能 ・標準機能「メンタリングボックス機能」を利用すれば講師へのリアルタイム質問が可能
講習動画を配信ながらの受講者の監視	サーバーへの負荷が大きく、長時間動画配信に対応可能か否かの検討が必要である。		・受講確認への適用を検討しており、受講以外の動き（居眠り、他サイト閲覧等）の検出、Web 会議ツールとの併用が想定される。 ・他ツールの録画動画の対応可否については動画保存形式等によっても異なるが、「同社に動画データを送信し、形式変換を行った後に確認してもらう」等の運営方法が考えられる。	
IBT の同時提供	あり	なし （他社システムとの連携	あり	あり

システム製品名	Remoty AI＋	Remote Testing AI アナリスト	CheckPointZ	KnowledgeDeliver
		は可能であるが、接続仕様に合わせたシステムを作成してもらう必要がある）		

②グループ討議技術

非集合型の講習を実施する場合、一部の Web 会議システムアプリケーションに実装されているブレイクアウト機能を利用すれば、参加者同士をグループ分けし、会議室セミナーで行うグループ討議を Web 上で実施することが可能になる。本調査で明らかになったブレイクアウト機能の特徴・課題は以下のとおりである。

・複数の Web 会議システムアプリケーションにおける料金体系、ブレイクアウト機能は概ね類似している。講習主催者側で講師の人数分ライセンスを購入する必要があるが、ライセンス費用は約 3 万円/人・年と比較的安価である。
・一回のミーティングに参加可能な人数は最大：1,000 人であり、一度に最大 100 個の個別セッションを作成でき、参加者の割り当ては手動／自動／事前指定とも可能である。「グループワーク終了後、個別セッションからメインセッションに戻ること」「講師を個別セッションに呼ぶこと」もできる。
・ブレイクアウトセッションは、全体参加者数：40 人程度、個別セッション参加者数：2～4 人/セッションでの運用が一般的とされている。大人数のグループ討議への運用を検討する際に、主な課題として以下が考えられる。
・個別セッションの参加者数が増えるほど、参加者の討議参加への積極性が低下する。
・セッション参加者の一覧がツール上に表示されるため、不特定多数の参加者がいる場合、個人情報（参加者名）の漏洩が危惧される。※参加者リストの非表示設定はできない。
・参加者の名前は、セッション入室前に参加者各自によって入力され、主催者側では参加者の名前を管理できない。
・出席チェック機能が搭載されておらず、別途出席管理を行う必要がある。
・ミュートの設定忘れが多発する恐れがあり、多くの雑音が入る可能性がある。
・Web 会議システムアプリケーションとは別に、大人数受講者向けのウェビナーアプリケーションが世の中に存在しており、上記の課題である参加者の「事前登録」「出席確認」「名前、カメラ映像の非公開」「ミュート状態での聴講」が解決できる。ただし、ウェビナーアプリケーションにはブレイクアウト機能が搭載されておらず、単独ツールでの機能両立は困難である。

③運営上の問題点

・非集合型の試験・講習の運営中に起こりうるトラブルとして、インターネット環境による通信トラブルが最も起こりやすい。参加者が不特定多数の場合には、受験（講）者側のハードウェアやインターネット環境（例：システム要件に達していない、カメラ接続不良、通信接続不良等）によって「録画できない」「開始できない」「通信が切れる」等の事象が起こりうる。実際の試験運営において、受験者数 1～2 割程度のトラブルが起きる可能性があると思われる。解決策の一つとして、受験者側環境の事前テストが推奨されている。また、試験中の受験者からの問い合わせに対応するため、事務局やコールセンターを設置する運用が多く採用されている。

・会社向けの試験・講習の場合、ネットワークの設定（セキュリティ、ウイルス対策）により試験が開始できない受験（講）者が一定数存在し、特にネットセキュリティが厳しい環境で発生しやすい。事前に設定を変更することによりこの類のトラブルを回避できる。また、Web 会議システムアプリケーションを利用した大人数グループ討議では、VPN 通信を利用して、会社のデータセンターを経由した大人数のミーティングを行う場合、トラフィックが集中して通信障害が発生する可能性が高くなる。

・現行の不正防止技術・グループ討議技術とも、非集合型の試験・講習にそのまま当てはめられるわけではなく、運営面においても様々な工夫・フローを施す必要があるものと考えられる。例えば、遠隔試験監督サービスを利用している試験団体では、規約との併用等により受験者の行動に制限をかけるなどの方法が採られている。また、ウェビナーアプリケーションを利用した講習の場合は、聴講者退場のタイミングを把握できないため、セミナーの最後にアンケート回答のフローを設けて、指定された URL を受験者にクリックさせて、出席確認や試験を行う方法が広く採られている。更に、前記通信トラブルの対策には、事務局の電話によるリカバリー体制が非常に重要とされている。講習の主催者として新たなシステムを構築する際に、こうした運営面のノウハウを得るためには、「実績を持つ業者の選定」や「有識者委員会による提言」の利用が有効と思われる。

ニ．まとめ

本調査は、法以外の法令における法定講習等を実施する事業者等を対象に、法定講習等の実施方法を調査した。同時に、非集合型講習に関する技術的な調査を行い、法における検討に資する情報をまとめた。

本調査はアンケート調査、ヒアリングを主体に、インターネット調査、資料調査を用いて不足している情報を補完した。アンケート調査では、合計 66 ヶ所の講

習実施事業者にアンケートを送付し、結果を集計・分析した。ヒアリング調査では、講習実施事業者：7ヶ所、不正防止技術提供企業：4社、Web会議システムアプリケーション代理店：2社にヒアリングを行い、「具体的な非集合型講習実施例」「不正防止関連技術の詳細とコスト」「グループ討議に利用可能なツールの詳細とコスト」をまとめた。

現在、非集合型法定講習を実施している事業者の多くは、非集合型の講習を暫定的な処置と位置づけており、関連官公庁と協議した上、条件付きの形式により期限を設けて運用している。withコロナ時代においてデジタル化が加速する中で、一年間の運用を経て、2021年度以降も引き続き非集合型講習を利用する団体も多いと推察される。

非集合型法定講習では、不正受講の防止策として「常時Webカメラ作動」「動画視聴完了宣誓書への署名」「ログインによる視聴記録管理」等の手法が採用されている。また、受講効果を保証するために、試験後に習熟度テストを設けるフローが追加されている場合もある。非集合型法定講習を実施するにあたり、「本人確認が困難」および「不正受講を危惧」が最も大きな課題として挙げられる。

「本人確認」および「不正受講対策」として、遠隔試験監督またはAIによるテスト監視サービスが実用化されており、大学入試、資格検定試験、法定講習に応用されつつある。ただし、現行の技術・サービスはいずれも「不正行為への抑止力として機能する」という考え方に基づいて開発・提供されており、100%の不正検出を担保するものではない。

グループ討議を実施する場合には、一部のWeb会議システムアプリケーションに実装されているブレイクアウト機能を利用すれば、Web上で実施することが可能になる。この機能は全体参加者数：数十人程度、個別セッション参加者数：数人程度での運用が一般的とされている。大人数の受講者（千人程度）のミーティングを想定した場合、ウェビナーアプリケーションがより適している。グループ討議と大人数の受講を両立させるためには、運営面において何らかの工夫を施す必要がある。

３．３　非集合型教育の教材の基本仕様及び具体例の作成について

（１）　講義資料の仕様について

既存の講義資料はパワーポイント資料で作成されている。資料作成のための仕様をレイアウトと装飾に大別してそれぞれ必要事項を定める。ここでレイアウトはベースとなる修正の効きづらい構成、装飾は見栄えのために施し後から修正が可能なものとした。

表 ３３　レイアウト要素

要素		要素	
A	スライドサイズ	E	行長
B	ヘッダ・フッダ	F	配置・構図
C	フォント	G	スライド間リズム
D	フォントサイズ	H	必掲事項有無

表 ３４　装飾要素

要素		要素	
a	テーマカラー	f	視覚化
b	アクセントカラー	g	視認性（色、記号化、行間、余白）
c	色数	h	オーバーレイ
d	背景装飾	i	裁ち落とし
e	反復（図形形状や強調）		

イ．レイアウト要素について

Ａ　スライドサイズ

スライドサイズの候補は、Microsoft Office2010 以前のデフォルトサイズである 4：3、Microsoft Office2013 年以降のデフォルトサイズである 16：9、主流な用紙サイズである A4 の３つを検討する。現在、主流となっている動画又は印刷物の規格のうち、動画規格は、高精細度テレビジョン放送計画以降では 16：9 のアスペクト比が採用されており、印刷物の用紙の規格は A4 サイズが普遍的である。従って、今後を踏まえた場合、資料は 16：9 又は A4 のスライドサイズで作成し、必要に応じてサイズの変換を行うことが合理的と考えられる。

一方、16：9 と A4 のサイズ比較において、紙面の情報量は 16：9 が A4 に比べて横方向に 26%の紙面に余裕がありレイアウトの観点で優位である。また、他サイズへの変換時に生じる余白（レターボックス・ピラーボックス）につい

ては、A4 から 16：9 への変換では左右に余白が生じ、16：9 から A4 への変換では上下方向に余白が生じる。しかし、A4 サイズへの変換は印刷物を想定するため、余白は書き込みスペースとしての活用が期待され、余白が生じることは欠点とならない。

以上から、16:9 のスライドサイズは、動画にする際の手間がなく、印刷物にする際にも余白は有効に機能するため、資料はこのサイズで作成することが望ましい。

表 ３５　主な規格

規格	解像度又はサイズ	アスペクト比	備考
DVD-Video	720×480px	4：3 又は 16：9	アスペクト比は解像度に依らず指定。 参考：解像度比 3：2
HD	1280×720 px	16：9	
地上波、BS	1440×1080 px	4：3	1896 年の世界初の映画フィルムが基となり普及したアスペクト比。
Blu-ray（フル HD）	1920×1080 px	16：9	一般に普及している規格
４K	3840×2160 px	16：9	
８K	7680×4320 px	16：9	最新規格
A4（紙）	297×210cm	99：70	一般に普及している規格

表 ３６　サイズ変換時の余白の生じ方

アスペクト比	地上波、BS（4：3）	Blu-ray（フル HD）等（16：9）	A4（紙）（99：70）
4：3	○	横方向（25%）	横方向（6%）
16：9	縦方向（25%）	○	縦方向（21%）
99：70	縦方向（6%）	横方向（21%）	○

図　１５　スライドサイズ（赤枠：16：9　緑枠：A4　青枠：4：3）

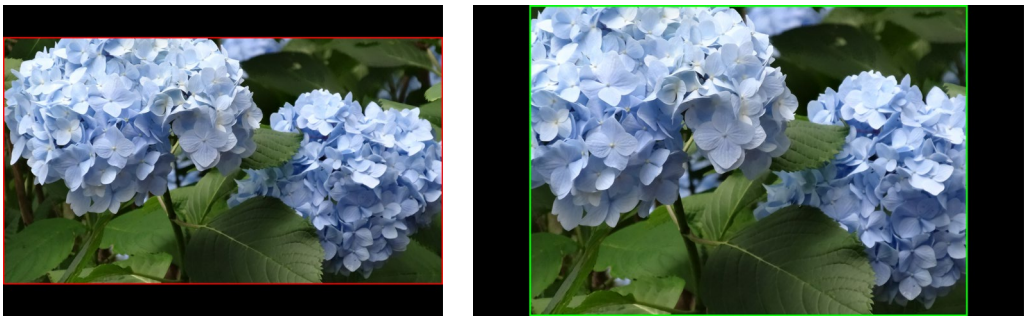


図　１６　サイズ変換時のレターボックス（左：16：9→A4　右：A4→16：9）

Ｂ　ヘッダ・フッダ

ヘッダにはタイトル、フッダにはロゴマーク、著作権表示、ノンブル等の情報を記載するため、最低限のスペースを確保する。また、左右の端までコンテンツを表示させた場合（裁ち落とし）、特別な視覚効果を与えるため、標準的な構成としては左右にも適度な余白を設けることとする。余白域は、上下に２０ｐｔのテキストが記載できる約８ｍｍ（垂直方向の約５％）ずつ以上の余白を、左右には、上下方向の余白のアスペクト比１６：９から約１４ｍｍ（水平方向の約４％）以上を設定する。

Ｃ　フォント

フォントの機能は大きく視認性、可読性、判別性で比較される事が多く、視認性とは瞬時に認識しやすいこと、可読性とは疲労なく読み進められること、判別性とは誤読なく見分けられることをいう。仕様するフォントは原則１つとし、作業者の環境を考慮してＷｉｎｄｏｗｓまたはＭｉｃｒｏｓｏｆｔ　Ｏｆｆｉｃｅ２０１３以降のデフォルトフォントの中から検討する。フォントは明

朝体、ゴシック体のほか、最新のＯＳアップデートで視認性、可読性、判別性に優れたユニバーサルデザイン（ＵＤ）フォントの教科書体が追加されているためこれも候補とする。

講義資料の平均情報量はＩ９４文字である。これは文庫のＩページ辺りの文字数は６００文字程度、人間の読書速度は平均６００文字/ｍｉｎと比較して少なく、フォントは視認性の高いゴシック体またはＵＤフォントが適していると考える。

表 ３７　フォント種類

書体	種類	概要
教科書体	UD デジタル教科書体	Windows10　Fall Creators Update で搭載 あいうえお
ゴシック体	Yu Gothic UI	Windows10 のシステムフォント あいうえお
	游ゴシック	Microsoft Office365、2019、2016 のデフォルトフォント Windows8.1 で搭載 あいうえお
	Meiryo UI	Windows8、8.1 でシステムフォント Windows 7 で搭載 あいうえお
	メイリオ	Windows 7、Vista でシステムフォント あいうえお
	MS ゴシック	WindowsXP 以前のデフォルトフォント Microsoft Office2013 のデフォルトフォント あいうえお
明朝体	游明朝	Microsoft Office365、2019、2016 のデフォルトフォント Windows8.1 で搭載 あいうえお
	MS 明朝	WindowsXP 以前のデフォルトフォント Microsoft Office2013 のデフォルトフォント あいうえお

表 ３８　フォントのデザイン

デザイン	概要
等幅	全角（2byte 文字）の半分の幅が半角（1byte 文字）
プロポーショナル	文字ごとに文字幅が設定。文字間のスキマを均等に表示。等幅より多くを表示できる。
サブプロポーショナルフォント	英字のみプロポーショナル
ユーザーインターフェース	限定されたスペースで多くの情報を表示するためプロポーショナルの 2/3 程度の幅。明朝体は存在しない。
ユニバーサルデザイン	弱視や読字障害でも読みやすく、判別しやすい

Ｄ　フォントサイズ

フォントサイズは読めることを基準に最低限のサイズを決め、そのサイズを基準にジャンプ率を設定する。フォントサイズは強調の他、全体の印象にも関わり、ジャンプ率が高いと賑やか、楽しい、低いと落ち着き、高級感を与える。

資料を動画にした場合を想定して各講義動画で使用されているフォントサイズの一例を比較する。１２ｐｔ以下のサイズは読みづらく解像度が低い場合には字が潰れる可能性がある。１６ｐｔ以上で問題なく読むことができると考えるが、携帯デバイスからの視聴等で画面自体が縮小されるケースを想定し、さらに大きめな２０ｐｔを最低サイズと設定したい。

ジャンプ率は通常、小見出し、大見出しの３段階程度を設定することが多く、１：１．５までは多くのデザインで共通するが、大見出しについては、２以上で資料の性質により様々となる。Ｍｉｃｒｏｓｏｆｔ　Ｏｆｆｉｃｅの規定サイズが２０ｐｔ以降、２４、２８、３２で設定されているため作業時の選択性の高さから次のジャンプを２８ｐｔとし、最大のジャンプ率は４０ｐｔ、４４ｐｔ、４８ｐｔから選択したい。最低フォントサイズ２０ｐｔ、ジャンプ率は２０ｐｔ：２８ｐｔ：４０ｐｔ（１：１．４：(２、２．２、２．４)）

Ｅ　行長

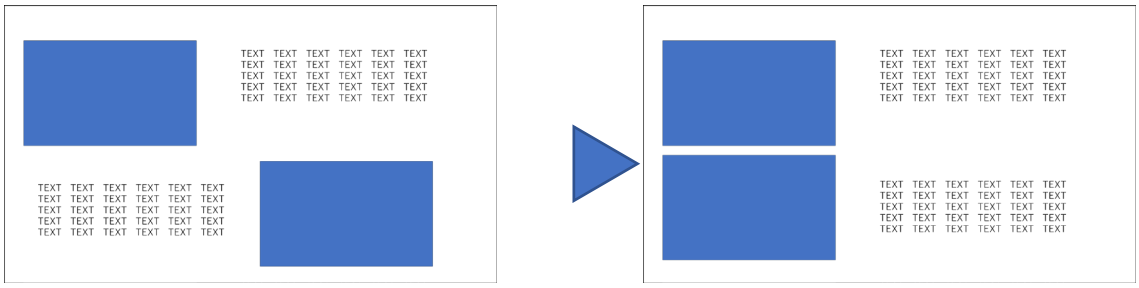
頻繁に改行が入る文章は読みづらく、横書きの場合には 10 文字以下で改行が入った場合に読み疲れる。一方で、横書きで 40 文字を超えると、目線の移動量が増えて次行が探しづらくなり読み疲れるとされる。

したがって、横書きを想定するパワーポイント資料では、1 行の文字数は 10

文字以上 40 文字以下とすることが望ましい。

F　配置・構図

スライドを左右や上下に分割したり、説明要素をグルーピングすることで整理されたスライド資料になる。


TEXT TEXT TEXT TEXT TEXT TEXT
TEXT TEXT TEXT TEXT TEXT TEXT
TEXT TEXT TEXT TEXT TEXT TEXT

b　アクセントカラー

重要事項を示すことを想定して、橙色を設定した。一般的に重要事項を示す際に用いられる赤色系統をベースに、ユニバーサルデザインを考慮して、色覚多様性[70]の方にも判別しやすい橙色とした。

c　色数

説明上特定の色を用いる必要がある場合を除き、色数は最小となるよう配慮した。資料に色が用いられると、解説の際に色名を指して説明する可能性があるため、色の判断が難しい方へ配慮したものである。

d　背景装飾

特に行わず白色とする。ユニバーサルデザインを考慮した場合、白色より淡く色付けをすることで文字色とのコントラストが緩和されることから効果的という知見があるが、資料の構成上、配慮しきれない部分も出てくるため、ここでは必須とはしない。ただし、文字色を黒から黒よりの灰色とすることでコントラストの緩和を図ることとする。

e　反復（図形形状や強調）

申請者や手続きなどを示す際、決まった図形形状を設定することで、視認性を高めることができる。しかしながら、資料の構成上、統一した運用とするためには、試行錯誤が必要と考えられるため、ここでは中期的に改善を期待する事項として扱う。

図　I 7　図形形状の意味付けの一例

f　視覚化

文書で説明される資料について、図示することで明快になる場合には、図示化を試みることが有効である。

g　視認性（色、記号化、行間、余白）

資料のバランスを考え、協調すべき部分に色や印を付加したり、文書の段落ごとに行間を広めに設定したりすることで整理された印象の資料とすることができる。

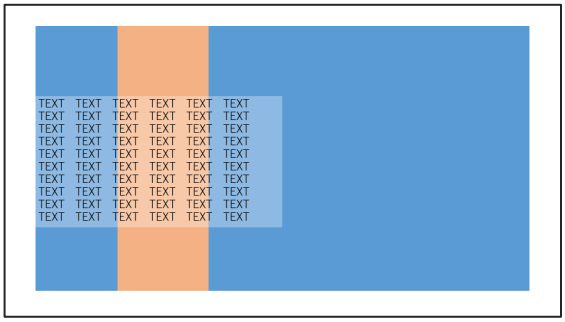
h　オーバーレイ

コンテンツを重ねて表示する手法。上に重ねたコンテンツを透過させることで、下に配置したコンテンツの存在感を示しつつ情報を加えることができる。

---

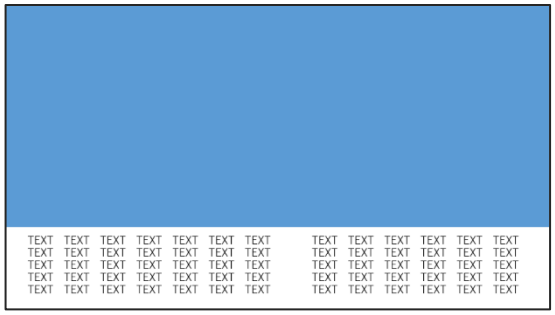
[70] 遺伝学用語改訂について，日本遺伝学会[2017]

写真等の上から文章を重ねる等がよく用いられる。特別に推奨はしない。



ⅰ　裁ち落とし

スライドの端ギリギリまで写真等を配置することで、資料外への広がりを印象づけることができる手法。特別に推奨はしない。



（２）オンライン配信を想定した効果的な学習教材の作成

イ．動機器のアニメーション等作成による動作機構の効果的な説明

法の法定講習には、高圧装置に関する内容があり、バルブや圧縮機、ポンプといった動作機器については、機器の動きを理解することが重要になる。資格講習では、高圧装置についてこれから学習する者を前提とした教材を作成する必要があり、高圧設備に関する知識に乏しい者がテキストに記載された機器図面を読み取り、動作状態を想像するには努力を要した。一方、動画やアニメーションといった動きのある表現には、動画等の再生が必要であり、また効果的に使用するためには、複数回の視聴を前提にする必要があった。非集合型でオンライン（オンデマンド）形式を想定した場合には、この問題が解消されるため、これまで以上に分かり易い教材の提供が期待できるため、一部の動作を伴う機器やアニメーションが効果的と考えられる図表については、ＣＧ、２Ｄアニメーション等の作成を試行した。

ロ．現場写真の活用による機器の繋がり等の把握

法で定める技術基準や高圧装置は、それ単体についての理解が重要であるが、

事業所の環境や周囲の設備との相互関係と併せて学習することで知識的な繋がりを有したより効果的な教育となることから、可能な範囲で実際の設備写真等を一緒に見せられるよう写真等の収集を行い、オンライン形式による動画配信を想定した教材に取り込んだ。

ハ．イラスト等の活用による視覚化

オンライン形式による動画は、スライド資料を基に作成することを想定している。画面を長時間見ることになるため、テキストをイラストにすることで視覚化できる説明については、イラスト化を試み受講者の負担を軽減するとともに、分かりやすい資料となるように工夫を試みた。

（３）非集合型教育の教材の具体例の作成

（１)、（２）の仕様を基に、法定講習で用いる補助教材の具体例を、資格講習に係るものとして丙種化学特別講習について、義務講習に係るものとして保安係員（一般）講習について作成した[71]。

[71] 付録書Ｅ

４　まとめ

本報告書では、①法定講習の実施方法の他事例調査、②非集合型教育を集合型教育と併用実施した場合の実施内容、③法定講習に必要な知識・技能とその教育時間、④講習実施機関等の第三者による受講者本人の確認方法、⑤非集合型教育の教材の基本仕様及び具体例の作成に関し、現行の実施方法との連続性・整合性を確保しながら非集合型の法定講習を実施するという観点から、集合型での教育方法の非集合型への置き換えに加え、非集合型における不正行為防止のための対応の検討と市場技術導入の選択肢確保の観点から考察を行った。以下では、検討の結果を総括する。

まず、法定講習の他法令での事例調査について本調査で明らかとなった法定講習制度６９種類のうち、非集合型で実施している事例はＩ７種類（約２５％）に留まり、コロナ禍においても集合型での実施事例が多くを占めていた。非集合型の採用理由として、回答者のすべてが「コロナウィルス対策」を挙げていることから、コロナ禍における緊急対策であることが伺え、講習の実施方法についても、ｅ－ラーニングや動画配信といったインターネットを利用する方法やＤＶＤや書籍を郵送する方法がみられた。講習実施者の共通課題としては、「本人確認が困難」及び「不正受講を危惧」が多く挙げられており、これらの課題への対応の方針は、講習実施者が管理する方法と受講者側に管理を委ねる方法がみられた。講習実施者が管理する場合の方法は、Ｗｅｂカメラを用いる方法やＩＤ、パスワードにより受講記録を管理する方法であり、インターネットを用いた講習形式の場合に実施可能な方法であった。一方、受講者側に管理を委ねる方法として、受講者本人による健全な受講を宣誓する文書への署名や事業者による受講者の受講管理記録の提出などの方法がみられた。

また、受講効果を確認するために、講習の途中に確認テストを設けている場合があり、受講完了後に合否を判定する修了考査が設けられている講習もあるが、講習が非集合型で行われている場合においても、合否を判定する修了考査に関しては、集合型の試験が行われている状況であった。

以上の状況を踏まえて法における法定講習の在り方を検討した結果、非集合型の講習では、いずれの方法においても開催場所に制限されることがなく、講習内容も補助教材で動きのある資料を用意することができる等の観点から、受講者の利便性が向上するものと評価できるが、講習実施者の責任の下で講習を確実に履修させるよう監督するという観点からは、インターネットを用いる方法に優位性があると考える。講習の提供という観点からは、オンデマンドによる動画配信がオンラインである利点を損なわずに、受講者の利便性が向上すると考えられるが、グループ討議のような一部の講義では、ｗｅｂ会議システムによるライブ形式を採用している事例が多く、必要に応じた使い分けをすることが望ましい。

なお、この場合においても、監督という点では常時監視を行わない限り一定の不明確性は生ずるが、システムの構成により理解度の確認テストの挿入及び規定時間の再

生については確認が可能であり、これにより実質的な講習時間の確保を認めることができる。加えて、講習時間の確保について、これ以上の形で常時監視の成立を図ることは、受講者の負担、現行の実務を前提とすれば、その必要性は疑問である。

続いて、法定講習に必要な知識・技能とその教育時間については、現状の検討において集合型を所与とした教育内容と教育時間に変更を要することなく同等以上の取り組みとして非集合型の法定講習を提供できると判断することから、後述する技術的な確認事項が満足できることを前提として現状の講習内容等を当面維持することとする。

非集合型で用いる補助教材については、オンデマンド形式による動画の配信を想定した場合、講習実施者側からの一方向的な提供の性質が強まることから、ユニバーサルデザインに可能な限り配慮した仕様を心掛けることが推奨される。教材の具体例として、資格講習に係るものは丙種化学特別講習について、義務講習に係るものは保安係員（一般）講習について付録書Ｅのとおりに作成した。

一方で、講習実施者側の視座から多くの講習実施者が課題として挙げている本人確認、不正監視の対応については、後述する市場技術を取り入れることで対応できる可能性があり、人間が気付きにくい部分を技術で補強することにより確実性を同等以上に高めることも期待される。しかしながら、市場技術も発展途上であることから運用実績に乏しく、法定講習における運用に際しては別に仔細な検討を行い、課題の抽出と対応について整理する必要があるものと考える。

他方、義務講習における本人確認に限定すれば、必要な国家資格や保安経験を有した者が、保安知識の維持向上のために受講するものであり、このような場合にまで、本人確認の第三者性の確保を必要以上に厳格に求めると、その運営のため、講習実施者及び受講者双方にとってコストが増加し、義務講習の効率性を損なうことになると考えられる。法の要求を踏まえ、義務講習の場合には、講習の法的な性格や受講させる義務が誰にあるかについて、受講者本人と事業者が正確に認識していることも重要である。かかる視点から、法の理念である「高圧ガスの保安に関する自主的な活動を促進」を図るため、受講者側が自ら健全性を確保できる環境を整える仕組みを取り入れることは、保安教育に係る自主保安の促進に資する取り組みと考えられ、このような取り組みを行っている法定講習の事例も調査の中で確認されている。

したがって、本検討を踏まえた現状では、講習の実施方法として次のようなものが想定される。

Ａ　本人確認

ａ）講習後に検定試験等がある場合（免除講習・資格講習）

あらかじめ受講者ごとにＩＤ及びパスワードを付与し、受講者が当該ＩＤ及びパスワードを用い、非集合型教育を実施するためのＬＭＳ等にログインすることにより行う。これに加え、講習受講後にＬＭＳ等により交付される講習受講証明

書に、受講者自らが所定の顔写真を貼付のうえ、検定試験会場に持参し、検定試験会場にて講習実施者が目視にて顔写真との照合・確認を行う。

ｂ）講習のみの場合（義務講習）

- 上記と同様のＩＤ及びパスワードのみでの管理するもの
- ＩＤ及びパスワードでの管理に加え、不正受講防止の誓約書を徴収するもの。
- ＷＥＢカメラを用いた顔認証によるもの。

Ｂ　講習実施方法

補助教材に講師の説明音声を収録し、動画教材とする。ＬＭＳ等により、ＩＤ及びパスワードを付与し、当該動画教材をオンライン（オンデマンド）配信する。配信する動画教材の留意点としては、

- オンデマンドでの配信期間は、３日間（２１時間）の法定講習の場合で、例えば、３週間程度とする。
- 動画教材は複数のコンテンツに分けて構成する。また、一つのコンテンツの長さはオンライン学習の場合には１つのコンテンツを１５分程度に収めることが望ましいという学術的な知見がある。法における法定講習においては、これまでの集合型の講習との連続性を考慮し、まずは３０分から６０分程度のコンテンツとして作成し、中期的に１５分程度のコンテンツへ以降を図ることとする。
- 集中力の維持や理解度の向上のために、一つの又は複数のコンテンツ終了後にアンケート、確認テストを行う。すべての動画教材の視聴完了（アンケート、確認テストを含む。）をもって講習完了とする。
- 講習完了者には、ＬＭＳ等から講習受講証明書（兼　検定試験等の受講票）が交付される。

ａ）義務講習の修了証明

当面、法関係の免状が紙媒体様式によるものを前提とすると、次のような対応が考えられる。

- 押印に代わるシール等を講習修了者に送付し、受講者自らが貼付する。
- ＬＭＳ等により講習修了証明書を交付し、受講者に保管させる。

次に、技術的な確認を前提として非集合型の講習で新たな取組が必要と整理した本人確認と不正監視及びグループ討議の提供について求められる前提とともに技術的な対応状況を整理する。本人確認については、法定講習は保安の確保の一環として整備されていることから、集合型の講習においては、本人が受講していることを写真等により確認しているが、非集合型の仕組みにおける受講者との非対面化や講習の運営管理の一極集中化に伴い、新たな工夫が求められている。法定講習の実施機関へのアンケート調査においては、ｗｅｂカメラを用いて人が確認する方法が確認できたが、市

場調査の結果からは、ＡＩによる自動判定を用いる技術が抽出されており、法定講習の運営事務という面からはＡＩによる自動判定に優位性があると考えられる。

一方、不正監視については、アンケートの結果からは、受講者側の管理にゆだねる方法のほか、ｗｅｂカメラを用いて監督する方法が確認できたが、市場技術では、ＡＩによる監督補助技術が抽出されている。しかし、当該技術は不正行為を網羅的に検出することを前提として開発されておらず、現状は不正行為への抑止力として機能することを目的に提供されている。また、ＡＩによる監督支援の結果、不正行為として判断を下す主体は講習の実施者となる仕組みであることから、その講習実施者側の負担や、提供された受講場面の映像から不正と判断し得るかどうか等の運用上の課題の抽出が必要である。

グループ討議については、ｗｅｂ会議システムの機能を用いて実施可能であることが、アンケート調査及び技術調査の双方の結果から確認されている。リアルタイムでの運用については、通信回線の障害や講師の立ち振る舞いなどにこれまでにない対応が求められ、受講者側にも混乱が生じないよう配慮する必要性が認められる。

本報告書では、非集合型の教育で利用できる技術や実施事例について幅広く現状を取りまとめているが、今後の技術の発展や講習の運営経験の蓄積に応じて、選択し得る仕組みを増やすことは、効率的かつ確実な法定講習の実施に資すると考えられることから、今後も本報告書を参考にしつつ、さらなる検討が行われることを期待する。

本検討に係る今後の課題として、非集合型で要求される技術の取り入れについては、他の法定講習における活用事例がほとんど聞こえておらず、最適な対応が明らかではないことが挙げられる。検定試験における不正行為の検知技術に関しては、３．３の調査結果にあるようにシステムはＡＩなどによってある事象を機械的に検知・検出するだけであって、それを不正行為か否かを判断するのは各講習実施機関であることから、技術面に加え、法的課題等も踏まえた運用面での問題について、更に調査する必要がある。

法定講習の実施者は、非集合型の教育方法において新たな方法で講習の健全化を図る場合には、法以外の諸法令における制度と比べ、受講者の負担、手続きの簡易性、迅速性の観点を踏まえた評価を行い検討すべきである。非集合型の講習におけるグループ討議の実現はｗｅｂ会議システムの利用による事例が確認できたが、リアルタイムでの運用には種々の障害が生じるものと考えられる。諸法令における法定講習の目的や講習内容の特性を踏まえた対応の考え方は、法の法定講習とは異なる可能性があることには留意する必要があることから、この点について実際の実施状況に即した形での検証を行い、生じる課題の抽出と対応について検討することが必要である。

法定講習の内容については、法令等で講習場所、講習時間、講習内容について講習実施者側に係る規定があるが、これはそのまま講習の受講者側に係る規定ではない。

この点について、従来の集合型での運用と同等の運用を行う観点から本報告書では検討を行っていないが、法令に沿って提供される講習の受講方法についての考え方としては、①提供された講習時間と同じ時間を費やして受講する、②提供された講習時間と同じ時間又はそれ以上の時間を費やして受講する、③提供された講習時間を個々の学習時間で受講するという３つの考え方があり得る。①、②の考え方は、集合型では選択ができなかった受講者に個別に提供される講習という形式を選択した場合、受講者が個別のペースで学習を進めることができるという利点と競合する場合（再生速度を可変させて短時間で視聴する方法等は、最大手の動画配信サービスにおいても標準仕様となっている。）があり、受講者の受講状況を個別管理可能であり、学習効果の測定が行われる場合には、③の考え方を選択することは検討の可能性が残される。非集合型で提供すべき講習については、集合型と非集合型の比較においては、内容に変更を要しない。しかしながら、受験者に個々に提供される講習の受講の仕方については、学習効果の測定が行われる場合には厳密な受講時間の管理については、今後議論の余地があるものと考える。

付録書 A

表Ａ－１　平成 30 年度の法定講習の開催状況

	甲種化学責任者	甲種機械責任者	乙種化学責任者	乙種機械責任者	丙種化学（特別）	丙種化学（液石）	第一種冷凍機械	第二種冷凍機械	第三種冷凍機械	第一種販売主任者	第二種販売主任者	保安企画推進員	保安主任者	保安係員（一般）	保安係員（ＬＰ）
北海道		△		○	○	○		▽	○	○	○			○	○
青森県						△			▽		△				△
岩手県						△		△	△		○				
宮城県	△	△	△	○	○	△	△	○	○	○	△			○	△
秋田県						△					△				
山形県						△			▽		△				
福島県						△			▽		△				△
茨城県			▽	▽	○	△		△	△		○			○	○
栃木県						△			△		○			○	○
群馬県					○	△		▽	▽		○			○	○
埼玉県								○	○		○				○
千葉県			○	○	○	△		○	○		○			○	△
東京都	△	△	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	△
神奈川県			○	○	○	△		△	○		○			○	△
新潟県	△	△	△	△	△	△			△		○			○	△
富山県					△	△			△		△			○	△
石川県						△					△				△
福井県						△			▽		△				△
山梨県											○				
長野県						△		△	△		△				△
岐阜県						○			△		○				△
静岡県					△	△		△	△		△			△	△
愛知県	△	△	○	○	○	○	△	○	○	○	○		△	○	○
三重県				△	△	△			△		○			○	△
滋賀県						△		△	○		△				○
京都県						○					○				○
大阪府	△	△	○	○	○	△	△	○	○	○	○		○	○	
兵庫県				○	○	△					△			○	△

	甲種化学責任者	甲種機械責任者	乙種化学責任者	乙種機械責任者	丙種化学（特別）	丙種化学（液石）	第一種冷凍機械	第二種冷凍機械	第三種冷凍機械	第一種販売主任者	第二種販売主任者	保安企画推進員	保安主任者	保安係員（一般）	保安係員（ＬＰ）
奈良県						△					○				△
和歌山県				△							△			○	
鳥取県						△					△				△
島根県						△					△				△
岡山県				△	△	△		△	△		△			○	△
広島県	△	△	△	○	△	△		△	△	○	○		○	○	○
山口県				△		△		△	△		○			○	△
徳島県				△		△					△				△
香川県	△	△	△	▽	○	△		▽	▽	○	△			○	△
愛媛県	△	△	△	△	△	△		▽	▽		△			○	△
高知県						△					△				△
福岡県	△	△	△	○	○	○	△	○	○	○	○		○	○	○
佐賀県						△			△		△				△
長崎県						△			△		○				△
熊本県						△					△				△
大分県			△	△	○	△		▽	▽		○			○	△
宮崎県						△		▽	▽		△				△
鹿児島県						△		△	▽		△				○
沖縄県				△	△	△		▽	△		○			▽	△
合計	9	10	13	21	21	44	5	24	35	8	47	1	5	24	41

○：通年開催、△：上期のみ開催、▽：下期のみ開催

付録書Ｂ

表B-1　アンケート調査先

調査先		所管	資格名称
1	法定講習実施機関A	経	情報処理技術者 情報処理安全確保支援士
2	法定講習実施機関B	経	電気主任技術者 電気工事士
3	法定講習実施機関C	経	電気工事士 認定電気工事従事者 特種電気工事資格者
4	法定講習実施機関D	経	エネルギー管理士
5	法定講習実施機関E	経	ガス主任技術者 ガス消費機器設置工事監督者
6	法定講習実施機関F	経	火薬類取扱保安責任者
7	法定講習実施機関G	経	砂利採取業務主任者
8	法定講習実施機関H	経	採石業務管理者
9	法定講習実施機関I	経 環	公害防止管理者
10	法定講習実施機関J	環	特別管理産業廃棄物管理責任者
11	法定講習実施機関K	環	廃棄物処理施設技術管理者
12	法定講習実施機関L	消	危険物取扱者 消防設備士
13	法定講習実施機関M	消	危険物取扱者
14	法定講習実施機関N	消	防火管理者 防災管理者
15	法定講習実施機関O	消	防火対象物点検資格者 消防設備点検資格者
16	法定講習実施機関P	総	無線従事者 主任無線従事者
17	法定講習実施機関Q	総	電気通信主任技術者 電気通信設備工事担任者
18	法定講習実施機関R	厚	労働安全・衛生コンサルタント ガス溶接作業主任者 ボイラー技士 ボイラー整備士 ボイラー溶接士

調査先		所管	資格名称
			クレーン・デリック運転士 移動式クレーン運転士 発破技士 エックス線作業主任者 作業環境測定士
１９	法定講習実施機関Ｓ	厚	第一種圧力容器取扱作業主任者 ボイラー技士
２０	法定講習実施機関Ｔ	厚	酸素欠乏危険作業主任者 玉掛作業者 建築物等の鉄骨の組立て等作業主任者 コンクリート橋架設等作業主任者 コンクリート造の工作物の解体等作業主任者 高所作業車運転者 地山の掘削及び土止め支保工作業主任者 車両系建設機械運転者 型枠支保工の組立て等作業主任者 足場の組立て等作業主任者 有機溶剤作業主任者 鋼橋架設等作業主任者 ずい道等の掘削等作業主任者 ずい道等の覆工作業主任者 石綿作業主任者
２１	法定講習実施機関Ｕ	厚	採石のための掘削作業主任者
２２	法定講習実施機関Ｖ	厚	機械保全技能士
２３	法定講習実施機関Ｗ	厚	給水装置工事主任技術者
２４	法定講習実施機関Ｘ	厚	知的財産管理技能士
２５	法定講習実施機関Ｙ	厚	建築物環境衛生管理技術者 貯水槽清掃作業監督者 空調給排水管理監督者 排水管清掃作業監督者 防除作業監督者 清掃作業監督者 統括管理者
２６	法定講習実施機関Ｚ	厚	電気取扱者
２７	法定講習実施機関α	厚	プレス機械作業主任者

調査先		所管	資格名称
２８	法定講習実施機関ｂ	厚	フォークリフト運転者
２９	法定講習実施機関ｃ	厚	はい作業主任者
３０	法定講習実施機関ｄ	厚	鉛作業主任者
３１	法定講習実施機関ｅ	厚	乾燥設備作業主任者
３２	法定講習実施機関ｆ	厚	アーク溶接作業者
３３	法定講習実施機関ｇ	厚	建設用リフト運転士
３４	法定講習実施機関ｈ	厚	毒物劇物取扱責任者
３５	法定講習実施機関ｉ	厚	医師（共用試験）
３６	法定講習実施機関ｊ	厚	薬剤師（共用試験）
３７	法定講習実施機関ｋ	厚	機械警備業務管理者
３８	法定講習実施機関ｌ	厚	警備業務検定
３９	法定講習実施機関ｍ	国	建築士 建築設備士
４０	法定講習実施機関ｎ	国	旅行業務取扱管理者
４１	法定講習実施機関ｏ	国	運行管理者
４２	法定講習実施機関ｐ	国	ダム管理主任技術者 土木施工管理技士 管工事施工管理技士
４３	法定講習実施機関ｑ	国	防火設備検査員 特定建築物調査員
４４	法定講習実施機関ｒ	国	建築設備検査員 昇降機等検査員
４５	法定講習実施機関ｓ	国	電気工事施工管理技士 建築施工管理技士
４６	法定講習実施機関ｔ	国	建設機械施工技士
４７	法定講習実施機関ｕ	国	自動車整備士
４８	法定講習実施機関ｖ	文	放射線取扱主任者
４９	法定講習実施機関ｗ	費	消費生活相談員
５０	法定講習実施機関ｘ	厚	安衛法関連特別教育
５１	法定講習実施機関ｙ	厚	安衛法関連特別教育
５２	法定講習実施機関ｚ	厚	安衛法関連特別教育
５３	法定講習実施機関ＡＡ	国	宅地建物取引士
５４	法定講習実施機関ＡＢ	費	消費生活アドバイザー
５５	民間講習実施機関ＡＣ	民	

調査先		所管	資格名称
５６	民間講習実施機関 AD	民	
５７	民間講習実施機関 AE	民	
５８	民間講習実施機関 AF	民	
５９	民間講習実施機関 AG	民	
６０	民間講習実施機関 AH	民	
６１	民間講習実施機関 AI	民	
６２	民間講習実施機関 AJ	民	
６３	民間講習実施機関 AK	民	
６４	民間講習実施機関 AL	民	
６５	民間講習実施機関 AM	民	
６６	民間講習実施機関 AN	民	

※　経：経済産業省　環：環境省　消：消防庁　総：総務省　厚：厚生労働省
国：国土交通省　文：文科省　費：消費者庁　民：民間

参考Ｂ－１　調査票（法定講習）

令和３年１月吉日

○○協会　御中

経済産業省産業保安グループ高圧ガス保安室
高圧ガス保安協会

アンケート調査ご協力のお願い

拝啓　時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。平素はご支援を賜り、厚くお礼申し上げます。

高圧ガス保安協会では、法や液化石油ガス法で義務付けられている資格者養成のため、各種講習及び再講習（義務講習）を実施しております。

今般の新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、高圧ガス保安分野に限らず、多くの業界で実施していた集合型の講習会やセミナーの開催が難しい状況にあります。このような状況が続けば、高圧ガス保安分野の保安人材の確保や保安水準の維持に問題が生じる恐れがあり、ひいては大きな災害の発生に繋がる可能性も考えられます。高圧ガス保安分野で現在実施している集合型法定講習の実施方法の在り方について、抜本的な検討が必要な時期に来ていると考えております。

そこで、高圧ガス保安協会では、経済産業省の「令和２年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業」を受託し、他法令で実施されている法定講習の実施方法に関する実態調査を行っております。他法令で実施されている法定講習又は国家試験の実施機関を対象に、神鋼リサーチ株式会社に委託してアンケート調査を行いますので、是非ともご協力をお願い致します。

なお、本調査結果は、高圧ガス保安協会による取りまとめの上、委託成果物として経済産業省より公表されますが、公表物は集計後のデータ等であり、個社や個人を特定するようなものを公表することは一切ございません。

つきましては、ご多忙のところ誠に恐れ入りますが、同封のアンケート用紙にご記入の上、

１月 22 日（金）までにご返送くださいますよう何卒よろしくお願い申し上げます。

敬具

記

同封書類：　１．　アンケート回答用紙一式
　　２．　回答方法のご説明

令和３年１月吉日

高圧ガス保安協会
神鋼リサーチ株式会社

回答方法のご説明

WEB を通してご回答いただく方法と、調査票に直接ご記入してご返送いただく方法のいずれかをお選びください。重複して回答することはできません。

【WEB からご回答いただく場合】

PC を用いられる場合には、以下の URL にアクセスしてご回答ください。

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=5bx0gqXbcECZERJqOFDpvuKygJjgWzdMjCCpfqhND3hUNIJCMFAORONDOUVBQINYNDBMTFQOTzJZTS4u

スマートフォンをご使用の方は、右図の２次元バーコードアクセスすることも可能です。

本調査は Microsoft 社が提供する「Microsoft Forms」アプリケーションを使用しております。送信されたデータは暗号化されており、アクセス元が特定（保存）されない設定にしているため、回答者が特定されることはございません。

回答後に【完了】ボタンをクリックして送信すると、それ以降の修正はできませんので、ご注意ください。

【調査票からご回答いただく場合】

同封の調査票にご記入の上、返信用封筒に入れてご返送ください。

回答締切期日：**１月 22 日（金）必着**

ご協力のほど、何卒よろしくお願い申し上げます。

参考Ｂ－２　アンケート調査票（法定講習）

このアンケートについて

経済産業省産業保安グループ高圧ガス保安室
高圧ガス保安協会

高圧ガス保安協会では、高圧ガス保安法や液化石油ガス法で義務付けられている資格者養成のため、各種講習及び再講習（義務講習）を実施しております。

今般の新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、高圧ガス保安分野に限らず、多くの業界で実施していた集合型の講習会やセミナーの開催が難しい状況にあります。このような状況が続けば、高圧ガス保安分野の保安人材の確保や保安水準の維持に問題が生じる恐れがあり、ひいては大きな災害の発生に繋がる可能性も考えられます。高圧ガス保安分野で現在実施している集合型法定講習の実施方法の在り方について、抜本的な検討が必要な時期に来ていると考えております。

そこで、高圧ガス保安協会では、経済産業省の「令和２年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業」を受託し、他法令で実施されている法定講習の実施方法に関する実態調査を行っております。他法令で実施されている法定講習又は国家試験の実施機関を対象に、神鋼リサーチ株式会社に委託してアンケート調査を行いますので、是非ともご協力をお願い致します。

なお、本調査結果は、高圧ガス保安協会による取りまとめの上、委託成果物として経済産業省より公表されますが、公表物は集計後のデータ等であり、個社や個人を特定するようなものを公表することは一切ございません。

また、頂いた情報は本調査のみに使用し、使用後は速やかに廃棄いたします。他の業者等に情報が漏洩することはありません。

集合型／非集合型講習・試験の説明

本アンケートでは、以下に類するものを集合型と定義いたします。

集合型の一例

	実施方法	特徴
講習の場合	集合教室型	指定された会場において、一同に講習を実施する方法。 人数管理、受講時間帯管理を実施している場合を含みます。
	サテライト教室型	指定された会場において、個々に動画等により受講する方法。 人数管理、受講時間帯管理を実施している場合を含みます。
試験の場合	集合教室型	指定された会場において、一同に試験を実施する方法。 人数管理、受講時間帯管理を実施している場合を含みます。
	サテライト教室型	指定された会場において、個別の時間帯で試験を実施する方法。 人数管理、受講時間帯管理を実施している場合を含みます。

本アンケートでは、以下に類するものを非集合型と定義いたします。

非集合型の一例

	実施方法	特徴
講習の場合	オンライン型	講習をライブ配信又は用意した動画等をオンデマンド方式で配信する方法であって、受講場所を問わないもの。
	自宅学習型	郵便制度を利用し、自宅等で規定の教材（DVD、図書等）で学習、通信添削、レポート提出等を行わせる方法。
試験の場合	オンライン型	コンピュータを利用し、試験を実施する方法であって、受験場所を問わないもの。
	自宅学習型	郵便制度を利用し、解答、レポート提出等を行わせる方法。

ご回答者様の情報

貴機関・団体・学校の名称、所在地や入力担当者様の連絡先についてご記入ください。

1. 機関・団体・学校名をご記入ください。

2. 所在地をご記入ください。

3. 貴機関・団体・学校の監督行政庁名をご記入ください。

4. 入力担当者様の所属部署をご記入ください。

5. 入力担当者様のお名前をご記入ください。

6. 入力担当者様の電話番号をご記入ください。

7. 入力担当者様のメールアドレスをご記入ください。

8. 非集合型講習の実施状況について、貴機関・団体・学校にヒアリング（リモート）をさせていただいても宜しいでしょうか。ヒアリングを行う場合、事前に連絡をいたします。

☐ ヒアリングを受けられます。　　可

☐ ヒアリングは受けられません。　　否

法定講習について

貴機関・団体・学校における法定講習※の実施状況について伺います。

※資格取得講習（新規）、再講習（定期講習）を含む

9. 所掌法令に基づき実施している法定講習がありますか。

☐ ある　➡**質問 10～13** をご回答ください

☐ ない　➡**次のページ（質問 14）** へお進みください

10. 講習名称、科目（時間）、講習日数をご記入ください。
（複数ある場合は、代表的なものを 2 種類ほどご記入下さい）

（例：高圧ガス製造保安責任者（甲種化学）　法令 7h、学識 7h、保安管理技術 7h　3 日間/

11. 講習の目的を選んでください。（複数選択可）

☐ 資格取得　☐ 試験科目の免除

☐ 資格維持　☐ 義務講習（再講習）

☐ その他 _____

12. 講習の実施方法を選んでください。

☐ 集合型　☐ 非集合型

☐ 集合型と非集合型の両方　➡「非集合型」の実施方法について、詳しく教えてください。

（例：e-ラーニング、通信講座、オンライン教育　など）

13. 講習後試験の有無を選んでください。

☐ ある

☐ ない

国家試験又は講習後試験について

貴機関・団体・学校における国家試験※、または講習後試験の実施状況について伺います。

※医療系学部における共用試験を含む

14. 所掌法令に基づき実施している国家試験がありますか。

☐ ある　➡**質問 15～17** をご回答ください

☐ ない　➡**質問 18** へお進みください

15. 試験名称、科目（時間）、合格率をご記入ください。
（複数ある場合は、代表的なものを 2 種類ほどご記入下さい）

（例：高圧ガス製造保安責任者（甲種化学）：約 3 時間　合格率 20%）

16. 試験の解答形式について教えてください。（複数選択可）

☐ マークシート　☐ 記述

☐ 口述　☐ 実技

☐ その他

17. 試験の実施方法を選んでください。（複数選択可）

☐ 集合型　☐ 非集合型

☐ 集合型と非集合型の両方　➡「非集合型」の実施方法、不正防止方法について詳しく教えて下さい。

（例：録画チェック、CBT、カメラによるリモート監視　など）

18. 貴機関・団体・学校以外に、上記法定講習・国家試験を実施している事業者・機関団体がありますか。その名称をお教えください。

□ 法定講習実施者 _____（例：都道府県登録教習機関）

□ 国家試験実施者 _____（例：XX 協会）

□ 把握していない

非集合型法定講習・国家試験の実施有無の理由、今後のご予定

現時点における貴機関・団体・学校の状況に応じて、ご回答ください。

19. 非集合型講習・試験を採用した理由を教えてください。（複数選択可）

☐ 実施利便性の向上　☐ 実施に掛かる労力の低減　☐システムを繰り返し使用可能

☐ コロナウイルス対策　☐ その他＿＿＿＿＿＿＿＿　☐ 該当しない

20. 非集合型講習・試験を採用していない理由を教えてください。（複数選択可）

☐ A.導入コストが高額☐ B.不正受講を危惧☐ C.受講効果を保証できない

☐ D.本人確認が困難☐ E.システムの煩雑化☐ F.その他＿＿＿＿＿＿

☐ 該当しない

21. 非集合型講習・試験を採用した時、または採用すると仮定した場合、課題となる事項を教えてください。
質問 20 の選択肢Ａ～Ｆからお選びいただき、該当のアルファベットをご記入ください。

・最大の課題（１つのみ）：＿＿＿＿

・その他の課題（複数選択可）：＿＿＿＿＿＿＿＿

22. 今後の法定講習に関する実施計画を教えてください。

☐ 非集合型の講習を中心に実施していく

☐ 集合型と非集合型の講習を両方実施していく

☐ 集合型の講習を中心に実施していく

☐ その他＿＿＿＿＿＿＿＿

23. 今後の試験に関する実施計画を教えてください。

☐ 非集合型の試験を中心に実施していく

☐ 集合型と非集合型の試験を両方実施していく

☐ 集合型の試験を中心に実施していく

☐ その他＿＿＿＿＿＿＿＿

24. 非集合型講習・試験について、他にご感想・ご意見がございましたら自由にご記入ください。

ご協力ありがとうございました。

参考Ｂ－３　調査票（非法定講習）

令和３年１月吉日

〇〇大学御中

経済産業省産業保安グループ高圧ガス保安室
高圧ガス保安協会　教育事業部

アンケート調査ご協力のお願い

拝啓　時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。平素はご支援を賜り、厚くお礼申し上げます。

高圧ガス保安協会では、高圧ガス保安法や液化石油ガス法で義務付けられている資格者養成のため、各種講習及び再講習（義務講習）を実施しております。

今般の新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、高圧ガス保安分野に限らず、多くの業界で実施していた集合型の講習会やセミナーの開催が難しい状況にあります。このような状況が続けば、高圧ガス保安分野の保安人材の確保や保安水準の維持に問題が生じる恐れがあり、ひいては大きな災害の発生に繋がる可能性も考えられます。高圧ガス保安分野で現在実施している集合型法定講習の実施方法の在り方について、抜本的な検討が必要な時期に来ていると考えております。

そこで、高圧ガス保安協会では、経済産業省の「令和２年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業」を受託し、他法令で実施されている法定講習又は国家試験の実施方法に関する実態調査を行っております。非集合型の講習・試験に関する知見をいただきたく、それらを実施している大学・事業者を対象に、神鋼リサーチ株式会社に委託してアンケート調査を行いますので、是非ともご協力をお願い致します。

なお、本調査結果は、高圧ガス保安協会による取りまとめの上、委託成果物として経済産業省より公表されますが、公表物は集計後のデータ等であり、個社や個人を特定するようなものを公表することは一切ございません。

つきましては、ご多忙のところ誠に恐れ入りますが、同封のアンケート用紙にご記入のうえ、

１月 22 日（金）までにご返送くださいますよう何卒よろしくお願い申し上げます。

敬具

記

同封書類：　１．　アンケート回答用紙一式
　　２．　回答方法のご説明

令和３年１月吉日

高圧ガス保安協会
神鋼リサーチ株式会社

回答方法のご説明

WEB を通してご回答いただく方法と、調査票に直接ご記入してご返送いただく方法のいずれかをお選びください。重複して回答することはできません。

【WEB からご回答いただく場合】

PC を用いられる場合には、以下の URL にアクセスしてご回答ください。

https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=5bx0gqXbcECZERJqOFDpvuKygJjgWzdMjCCpfqhND3hUQ0ZISIc3OUQ4UFoyTUdQSIZPT0ZUV0VKNS4u

スマートフォンをご使用の方は、右図の２次元バーコードからアクセスすることも可能です。

本調査は Microsoft 社が提供する「Microsoft Forms」アプリケーションを使用しております。送信されたデータは暗号化されており、アクセス元が特定（保存）されない設定にしているため、回答者が特定されることはございません。

回答後に【完了】ボタンをクリックして送信すると、それ以降の修正はできませんので、
ご注意ください。

【調査票からご回答いただく場合】

同封の調査票にご記入の上、返信用封筒に入れてご返送ください。

回答締切期日：**１月 22 日（金）必着**

ご協力のほど、何卒よろしくお願い申し上げます。

参考Ｂ－４　アンケート調査票（非法定講習）

このアンケートについて

経済産業省産業保安グループ高圧ガス保安室
高圧ガス保安協会

高圧ガス保安協会では、高圧ガス保安法や液化石油ガス法で義務付けられている資格者養成のため、各種講習及び再講習（義務講習）を実施しております。

今般の新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、高圧ガス保安分野に限らず、多くの業界で実施していた集合型の講習会やセミナーの開催が難しい状況にあります。このような状況が続けば、高圧ガス保安分野の保安人材の確保や保安水準の維持に問題が生じる恐れがあり、ひいては大きな災害の発生に繋がる可能性も考えられます。高圧ガス保安分野で現在実施している集合型法定講習の実施方法の在り方について、抜本的な検討が必要な時期に来ていると考えております。

そこで、高圧ガス保安協会では、経済産業省の「令和２年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業」を受託し、他法令で実施されている法定講習又は国家試験の実施方法に関する実態調査を行っております。非集合型の講習・試験に関する知見をいただきたく、それらを実施している大学・事業者を対象に、神鋼リサーチ株式会社に委託してアンケート調査を行いますので、是非ともご協力をお願い致します。

なお、本調査結果は、高圧ガス保安協会による取りまとめの上、委託成果物として経済産業省より公表されますが、公表物は集計後のデータ等であり、個社や個人を特定するようなものを公表することは一切ございません。

また、頂いた情報は本調査のみに使用し、使用後は速やかに廃棄いたします。他の業者等に情報が漏洩することはありません。

集合型／非集合型講習・試験の説明

本アンケートでは、以下に類するものを集合型と定義いたします。

集合型の一例

	実施方法	特徴
講習の場合	集合教室型	指定された会場において、一同に講習を実施する方法。 人数管理、受講時間帯管理を実施している場合を含みます。
	サテライト教室型	指定された会場において、個々に動画等により受講する方法。 人数管理、受講時間帯管理を実施している場合を含みます。
試験の場合	集合教室型	指定された会場において、一同に試験を実施する方法。 人数管理、受講時間帯管理を実施している場合を含みます。
	サテライト教室型	指定された会場において、個別の時間帯で試験を実施する方法。 人数管理、受講時間帯管理を実施している場合を含みます。

本アンケートでは、以下に類するものを非集合型と定義いたします。

非集合型の一例

	実施方法	特徴
講習の場合	オンライン型	講習をライブ配信又は用意した動画等をオンデマンド方式で配信する方法であって、受講場所を問わないもの。
	自宅学習型	郵便制度を利用し、自宅等で規定の教材（DVD、図書等）で学習、通信添削、レポート提出等を行わせる方法。
試験の場合	オンライン型	コンピュータを利用し、試験を実施する方法であって、受験場所を問わないもの。
	自宅学習型	郵便制度を利用し、解答、レポート提出等を行わせる方法。

ご回答者様の情報

貴学・貴社の名称、所在地や入力担当者様の連絡先についてご記入ください。

25. 学校・会社名をご記入ください。

26. 所在地をご記入ください。

27. 貴学・貴社の監督行政庁名をご記入ください。

28. 入力担当者様の所属部署をご記入ください。

29. 入力担当者様のお名前をご記入ください。

30. 入力担当者様の電話番号をご記入ください。

31. 入力担当者様のメールアドレスをご記入ください。

32. 非集合型講習の実施状況について、貴学・貴社にヒアリング（リモート）をさせていただいても宜しいでしょうか。ヒアリングを行う場合、事前に連絡をいたします。

☐ ヒアリングを受けられます。　　可

☐ ヒアリングは受けられません。　　否

非集合型講習について

貴学・貴社における非集合型講習の実施状況について伺います。

33. 非集合型で実施している講習がありますか。

☐ ある　　➡**質問 10～13** をご回答ください

☐ ない　　➡**次のページ（質問 14）** へお進みください

34. 講習名称、科目（時間）、講習日数をご記入ください。
（複数ある場合は、代表的なものを 2 種類ほどご記入下さい）

（例：危険物取扱者講座、30 分×10 回）

35. 非集合型講習の目的を選んでください。（複数選択可）

☐ 資格取得　　☐ 学校教育

☐ スキルアップ教育　　☐ 企業研修

☐ 技術講演　　☐その他 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

36. 非集合型講習の実施方法について教えて下さい。

（例：e-ラーニング、通信講座、オンライン教育　など）

37. 講習後試験の有無を選んでください。

□ ある

□ ない

非集合型試験について

貴学・貴社における試験の実施状況について伺います。

38. 非集合型で実施している試験がありますか。

☐ ある　➡**質問 15～17** をご回答ください

☐ ない　➡**次のページ（質問 18）** へお進みください

39. 試験名称、科目（時間）、合格率をご記入ください。
（複数ある場合は、代表的なものを 2 種類ほどご記入下さい）

（例：上記講習の修了試験　2 時間）

40. 非集合型試験の解答形式について教えてください。（複数選択可）

☐ マークシート　☐ 記述

☐ 口述　☐ 実技

☐ その他 _____

41. 非集合型試験の実施方法について教えてください。

（例：録画チェック、CBT、カメラによるリモート監視　など）

非集合型講習・試験の実施有無の理由、今後のご予定

現時点における貴学・貴社の状況に応じて、ご回答ください。

42. 非集合型講習・試験を採用した理由を教えてください。（複数選択可）

☐ 実施利便性の向上　☐ 実施に掛かる労力の低減　☐システムを繰り返し使用可能

☐ コロナウイルス対策　☐ その他＿＿＿＿＿＿＿＿　☐ 該当しない

43. 非集合型講習・試験を採用していない理由を教えてください。（複数選択可）

☐ A.導入コストが高額☐ B.不正受講を危惧☐ C.受講効果を保証できない

☐ D.本人確認が困難☐ E.システムの煩雑化☐ F.その他＿＿＿＿＿＿

☐ 該当しない

44. 非集合型講習・試験を採用した時、または採用すると仮定した場合、課題となる事項を教えてください。
質問 19 の選択肢Ａ～Ｆからお選びいただき、該当のアルファベットをご記入ください。

・最大の課題（１つのみ）：＿＿＿＿

・その他の課題（複数選択可）：＿＿＿＿＿＿＿＿

45. 今後の法定講習に関する実施計画を教えてください。

☐ 非集合型の講習を中心に実施していく

☐ 集合型と非集合型の講習を両方実施していく

☐ 集合型の講習を中心に実施していく

☐ その他＿＿＿＿＿＿＿＿

46. 今後の試験に関する実施計画を教えてください。

☐ 非集合型の試験を中心に実施していく

☐ 集合型と非集合型の試験を両方実施していく

☐ 集合型の試験を中心に実施していく

☐ その他＿＿＿＿＿＿＿＿

47. 非集合型講習・試験について、他にご感想・ご意見がございましたら自由にご記入ください。

ご協力ありがとうございました。

表Ｂ－２　アンケート回答事業者一覧

法定講習実施機関Ａ	法定講習実施機関ｃ
法定講習実施機関Ｂ	法定講習実施機関ｄ
法定講習実施機関Ｄ	法定講習実施機関ｈ
法定講習実施機関Ｅ	法定講習実施機関ｊ
法定講習実施機関Ｆ	法定講習実施機関ｌ
法定講習実施機関Ｇ	法定講習実施機関ｍ
法定講習実施機関Ｈ	法定講習実施機関ｎ
法定講習実施機関Ｉ	法定講習実施機関ｏ
法定講習実施機関Ｋ	法定講習実施機関ｑ
法定講習実施機関Ｌ	法定講習実施機関ｒ
法定講習実施機関Ｍ	法定講習実施機関ｕ
法定講習実施機関Ｎ	法定講習実施機関ｖ
法定講習実施機関Ｏ	法定講習実施機関ｗ
法定講習実施機関Ｒ	法定講習実施機関ｙ
法定講習実施機関Ｓ	民間講習実施機関ＡＣ
法定講習実施機関Ｕ	民間講習実施機関ＡＤ
法定講習実施機関Ｗ	民間講習実施機関ＡＥ
法定講習実施機関ｂ	民間講習実施機関ＡＪ
法定講習実施機関ｃ	民間講習実施機関ＡＮ

表Ｂ－３　ヒアリング可の講習実施機関

法定講習実施機関Ａ	法定講習実施機関Ｓ
法定講習実施機関Ｂ	法定講習実施機関ｏ
法定講習実施機関Ｄ	法定講習実施機関ｖ
法定講習実施機関Ｅ	法定講習実施機関ｙ
法定講習実施機関Ｆ	民間講習実施機関ＡＣ
法定講習実施機関Ｋ	民間講習実施機関ＡＤ
法定講習実施機関Ｍ	民間講習実施機関ＡＥ
法定講習実施機関Ｎ	民間講習実施機関ＡＮ
法定講習実施機関Ｏ	

※赤色の網掛け：非集合型講習を実施している事業者

表Ｂ－４　民間講習事業者のアンケート回答結果

非集合型講習の目的	非集合型講習の実施方法	非集合型試験の解答形式	非集合型試験の実施方法	非集合型講習・試験の採用理由	非集合型講習・試験を採用する場合の課題	今後の実施計画	自由意見
資格取得、スキルアップ教育、企業研修、その他	Live配信講座、e-ラーニング、オンライン講座	マークシート、記述	IBTシステムによる開催 Webカメラによるリモート監視（画像送信試験説明などのライブ配信） 写真付き認定カードの発行 Webカメラ画像による不正等に対するエビデンス 複数試験の実施による汎用性 他	コロナウィルス対策 システムを繰り返し使用可能 試験会場の遠い地域での受験生の利便性	最大の課題：本人認証および不正防止 その他の課題：通信環境、マニュアル、動作確認、コスト、汎用性	集合型と非集合型の講習を両方実施していく	実施会場から遠い地域からの受験者数の増加が見られた。
資格取得	・Web通信講座 ・DVD通信講座 ・音声ダウンロード通信講座 ・資料通信講座	本番の試験と同形式で実施。資格試験により異なる	問題（紙）を送付しての「自宅受験」が原則。返送された解答済の答案を採点。 その後全受験者での平均点・ランキング等（個人成績表）を受験者にフィードバック。	実施利便性の向上	その他の課題：導入コストが高額、不正受講を危惧	集合型と非集合型の講習を両方実施していく	新型コロナウィルスの影響により在宅学習（オンライン学習）のニーズ

非集合型講習の目的	非集合型講習の実施方法	非集合型試験の解答形式	非集合型試験の実施方法	非集合型講習・試験の採用理由	非集合型講習・試験を採用する場合の課題	今後の実施計画	自由意見
							は高まっている。
学校教育	e-ラーニング	記述	レポート	実施利便性の向上 システムを繰り返し使用可能	特になし	非集合型の講習を中心に実施していく	
学校教育	オンデマンドによるメディア授業（非同時双方向）、オンライン会議システムによるメディア授業	記述	WEB 試験	通信教育部であるため		非集合型の講習を中心に実施していく	

表Ｂ－５　非集合型法定講習の一覧

資格名称	法定講習の目的	「非集合型講習」の実施方法	講習後試験	受講効果の保証
建築士	資格取得、義務講習（再講習）	オンデマンド配信	集合型で実施	動画視聴完了宣誓書、試験による効果測定
旅行業務取扱管理者	義務講習（再講習）	オンデマンド配信	なし	受講者ログイン記録による視聴記録管理
防火設備検査員	資格取得	オンデマンド配信	集合型で実施	動画視聴中にランダムのタイミングで撮影し、本人の顔写真と照合する。試験による効果測定
特定建築物調査員	資格取得	オンデマンド配信	集合型で実施	動画視聴中にランダムのタイミングで撮影し、本人の顔写真と照合する。試験による効果測定
建築設備検査員	資格取得	DVD 講習	集合型で実施	DVD 放送中に表示される「キーワード」を所定用紙に記入し、修了考査日に提出
昇降機等検査員	資格取得	DVD 講習	集合型で実施	DVD 放送中に表示される「キーワード」を所定用紙に記入し、修了考査日に提出
情報処理安全確保支援士	義務講習（再講習）	・オンライン講習：e-ラーニング ・集合講習（リモート形式）：e-ラーニング＋Web 討議	非集合型で実施（オンライン講習のみ）	試験による効果測定、リアルタイムの討議による考査
電気工事士	義務講習（再講習）	リアルタイム配信 オンデマンド配信	非集合型で実施（オンデマンド配信のみ）	Web カメラ撮影による本人確認、試験による効果測定

資格名称	法定講習の目的	「非集合型講習」の実施方法	講習後試験	受講効果の保証
ガス消費機器設置工事監督者	資格取得、資格維持	DVD 講習	なし	動画視聴完了宣誓書
火薬類取扱保安責任者	資格維持	自宅学習	非集合型で実施	自宅学習用資料を受講生に郵送し、設問に解答後、受講者は返送、その後添削した資料を受講者に郵送で返送し、受講したとみなす
火薬類製造保安責任者	資格維持	自宅学習	非集合型で実施	自宅学習用資料を受講生に郵送し、設問に解答後、受講者は返送、その後添削した資料を受講者に郵送で返送し、受講したとみなす
特別管理産業廃棄物管理責任者	資格取得	オンデマンド配信	集合型で実施	試験による効果測定
土壌汚染調査技術管理者	資格維持	オンデマンド配信	なし	Web カメラ撮影による本人確認
無線従事者	資格取得	e-ラーニング	集合型で実施	CBT 試験による効果測定
主任無線従事者	資格維持	オンデマンド配信（総務省資料によるが、実施例は不明）	なし	
放射線取扱主任者	資格取得、資格維持	オンデマンド配信（定期講習のみ）	非集合型で実施（定期開催のオンデマンド配信のみ）	試験による効果測定、受講事業者での確認
労働安全衛生法関連特別教育	資格取得	e-ラーニング講習、オンデマンド配信	（教材、資格によって習熟度試験あり）	申し込み事業者による監視

表Ｂ－６　講習実施事業者　ヒアリング対象

法定講習実施機関Ａ
法定講習実施機関Ｋ
法定講習実施機関Ｐ
法定講習実施機関ｖ
民間講習実施機関ＡＣ
民間講習実施機関ＡＥ
民間講習実施機関ＡＮ[72]

[72] 回収したヒアリング質問票に基づき、神鋼リサーチ株式会社が記入

付録書Ｃ

参考Ｃ－１ 通産省化学局編　高圧ガス取締法の解説

（昭和 27 年 2 月 5 日　高圧ガス協会　発行）

（試験課目等）

第三十四条　国家試験は、筆記による学科試験とし、その課目は、作業主任者免状の種類に応じて、それぞれ左表の該当欄に掲げるものとする。

作業主任者免状の種類	試験の課目	
甲種化学主任者免状	高圧ガスの取締に関する法令および高圧ガスの製造に必要な保安管理の技術	高圧ガスの製造に必要な応用化学
乙種化学主任者免状	同上※	同上
甲種機械主任者免状	同上※	高圧ガスの製造に必要な機械工学
乙種機械主任者免状	同上※	同上
第一種冷凍機械主任者免状	同上※	冷凍のための高圧ガスの製造に必要な応用化学および機械工学の大要
第二種冷凍機械主任者免状	同上※	同上
第三種冷凍機械主任者免状	同上※	

（※縦書きの原文を横書きで抜粋しているため、同右は同上と読み替えています。）

（解説）

作業主任者国家試験は、高圧ガスの製造、貯蔵、運搬、消費、廃棄等の取扱について、保安監督の責に耐え得るか否かについて、その知識及び経験の程度をみるために行われるものであつて、方法は、筆記による学科試験により行う。

学科試験の課目は本条の表に記載された通りであるが、高圧ガスの取締に関する法令とは、高圧ガス取締法、同法施行令、同法施行規定及び同法施行のための通商産業省告示（手数料に関するものは除く。）をいい、**高圧ガスの製造に必要な保安管理技術とは高圧ガス製造事業所において、実際に高圧ガスを製造する際に必要な現場技術の知識並びに危害予防上要求せられる技術的知識をいう**のである。

化学主任者免状についての**高圧ガスの製造に必要な応用化学(機械主任者免状については高圧ガスの製造に必要な機械工学)とは、甲種主任者免状の国家試験の場合は、新制大学若しくは従来の大学又は専門学校の応用化学(機械主任者免状については機械工学）に関する学科を専修卒業した程度の知識、乙種主任者免状の国家試験の場合は新制高等学校もしくは従来の甲種工業学校の応用化学(機械主任者免状については機械工学）に関する学科を専修卒業した程度の知識、**第一種冷凍機械主任者免状についての

冷凍のための高圧ガスの製造に必要な応用化学及び機械工学の大要とは前記の甲種主任者免状についてのべた学校卒業した程度の知識、第二種冷凍機械主任者免状については、同じく乙種主任者免状についてのべた学校を卒業した程度の知識をいうのである。

参考Ｃ－２　**消防法関係の講習について**

昭和二十三年法律第百八十六号　消防法

第十三条　政令で定める製造所、貯蔵所又は取扱所の所有者、管理者又は占有者は、甲種危険物取扱者（甲種危険物取扱者免状の交付を受けている者をいう。以下同じ。）又は乙種危険物取扱者（乙種危険物取扱者免状の交付を受けている者をいう。以下同じ。）で、六月以上危険物取扱いの実務経験を有するもののうちから危険物保安監督者を定め、総務省令で定めるところにより、その者が取り扱うことができる危険物の取扱作業に関して保安の監督をさせなければならない。

②　製造所、貯蔵所又は取扱所の所有者、管理者又は占有者は、前項の規定により危険物保安監督者を定めたときは、遅滞なくその旨を市町村長等に届け出なければならない。これを解任したときも、同様とする。

③　製造所、貯蔵所及び取扱所においては、**危険物取扱者（危険物取扱者免状の交付を受けている者をいう。以下同じ。）**以外の者は、甲種危険物取扱者又は乙種危険物取扱者が立ち会わなければ、危険物を取り扱つてはならない。

第十三条の二十三　製造所、貯蔵所又は取扱所において危険物の取扱作業に従事する危険物取扱者は、総務省令で定めるところにより、都道府県知事（総務大臣が指定する市町村長その他の機関を含む。）が行なう危険物の取扱作業の保安に関する講習を受けなければならない。

危険物の規制に関する規則　（昭和三十四年総理府令第五十五号）

（講習）

第五十八条の十四　法第十三条の二十三の規定により、製造所等において危険物の取扱作業に従事する**危険物取扱者**は、当該取扱作業に従事することとなつた日から一年以内に講習を受けなければならない。ただし、当該取扱作業に従事することとなつた日前二年以内に危険物取扱者免状の交付を受けている場合又は講習を受けている場合は、それぞれ当該免状の交付を受けた日又は当該講習を受けた日以後における最初の四月一日から三年以内に講習を受けることをもつて足りるものとする。

２　前項の危険物取扱者は、同項の講習を受けた日以後における最初の四月一日から三年以内に講習を受けなければならない。当該講習を受けた日以降においても、同様とする。

３　前二項に定めるもののほか、講習の科目、講習時間その他講習の実施に関し必要な細目は、消防庁長官が定める。

危険物の取扱作業の保安に関する講習の実施細目　昭和六十二年十一月二十四日
消防庁告示第四号

危険物の規制に関する規則（昭和三十四年総理府令第五十五号）第五十八条の十四第三項の規定に基づき、危険物の取扱作業の保安に関する講習の実施細目（昭和四十七年消防庁告示第三号）の全部を次のとおり改正し、昭和六十三年四月一日から施行する。

危険物の取扱作業の保安に関する講習の実施細目

第一 講習の種別

一 講習は、危険物取扱者が危険物の取扱作業に従事する製造所、貯蔵所及び取扱所（以下「危険物施設」という。）の態様に応じ、次のとおり種別を設けて実施するものとする。ただし、都道府県知事は、(三)の種別については、さらにこれを区分して実施することができる。

(一)給油取扱所において危険物の取扱作業に従事する危険物取扱者を対象とした講習

(二)石油コンビナート等災害防止法（昭和五十年法律第八十四号）第二条第六号に規定する特定事業所における危険物施設（(一)に該当する危険物施設を除く。）において危険物の取扱作業に従事する危険物取扱者を対象とした講習

(三)(一)及び(二)に掲げる危険物施設以外の危険物施設において危険物の取扱作業に従事する危険物取扱者を対象とした講習

二 都道府県知事は、当該都道府県の区域内に設置されている危険物施設において危険物の取扱作業に従事している危険物取扱者の状況その他危険物施設の状況にかんがみ、一に定めるところにより講習を実施することが困難であると認めるときは、これと異なる種別により講習を実施することができる。

第二 講習科目及び講習時間

講習科目及び講習時間は、第一に定める各種別とも次のとおりとするとともに、各種別の講習内容は、当該種別に係る危険物施設における危険物の取扱作業の実態に即したものとするものとする。

一(一)　講習科目　**危険物関係法令に関する事項**

ア 主として過去三年間における危険物関係法令の改正事項

イ 危険物規制の要点

(二)講習時間　**一時間以上**

二(一)講習科目　**危険物の火災予防に関する事項**

ア 危険物施設の火災及び漏えいの事例の動向並びにその原因及び問題点の概要並びにその発生防止のための保安上の対策等

イ 危険物施設において主として貯蔵し、又は取り扱う危険物の性状等

ウ 危険物施設における安全管理に関する知識

(二)講習時間　**二時間以上**

第三 その他講習の実施に関し必要な細目

一 講習の種別、日時、場所等の公示

実施する講習の種別、日時、場所その他講習の実施に関し必要な事項は、都道府県知事があらかじめ公示するものとする。

二 受講の申請方法及び申請書の様式

(一)受講の申請方法

受講の申請は、都道府県知事の定めるところにより、個々の危険物取扱者による個別申請又は事業所単位による一括申請の方法により行うものとする。

(二)受講申請書の様式

受講申請書の様式は、(一)に定める申請方法に応じ、都道府県知事が定めるものとする。

参考Ｃ－３　法令の講習で使用されるパワーポイント（抜粋）

高圧ガス保安法および関係政省令を体系的にまなべるように構成されている。以下に、法令の講習で使用される資料の抜粋を示す。

図1

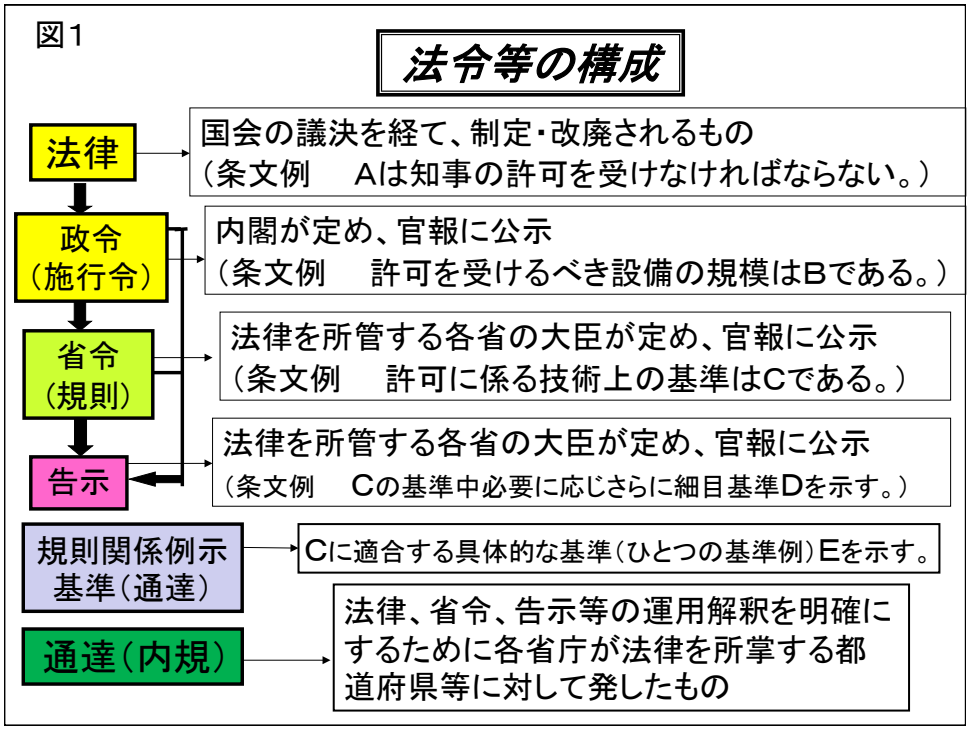


図2

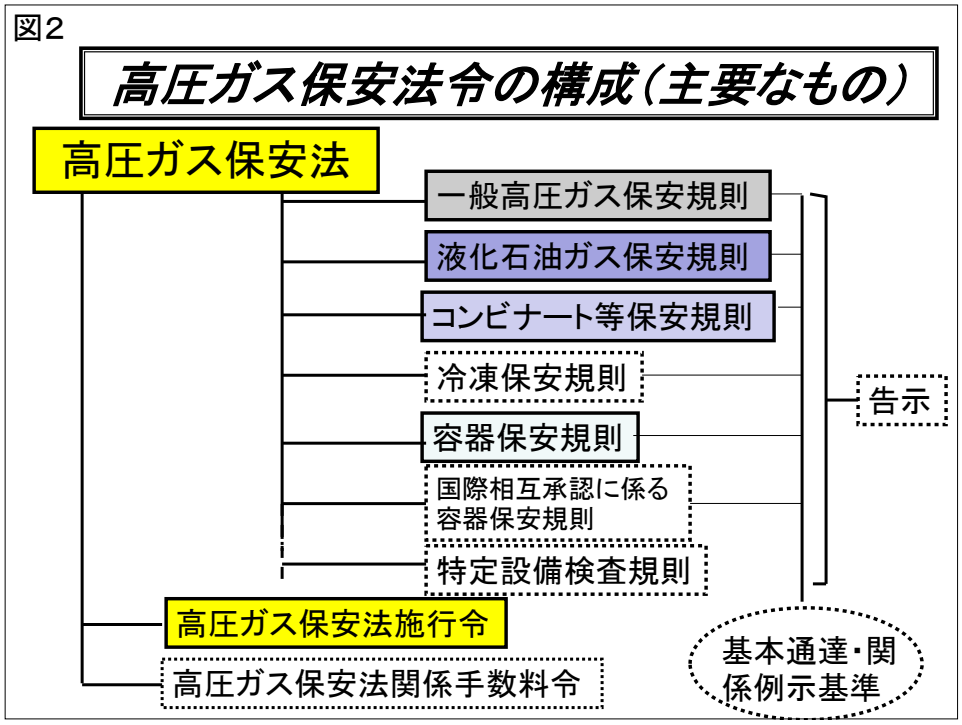


図3

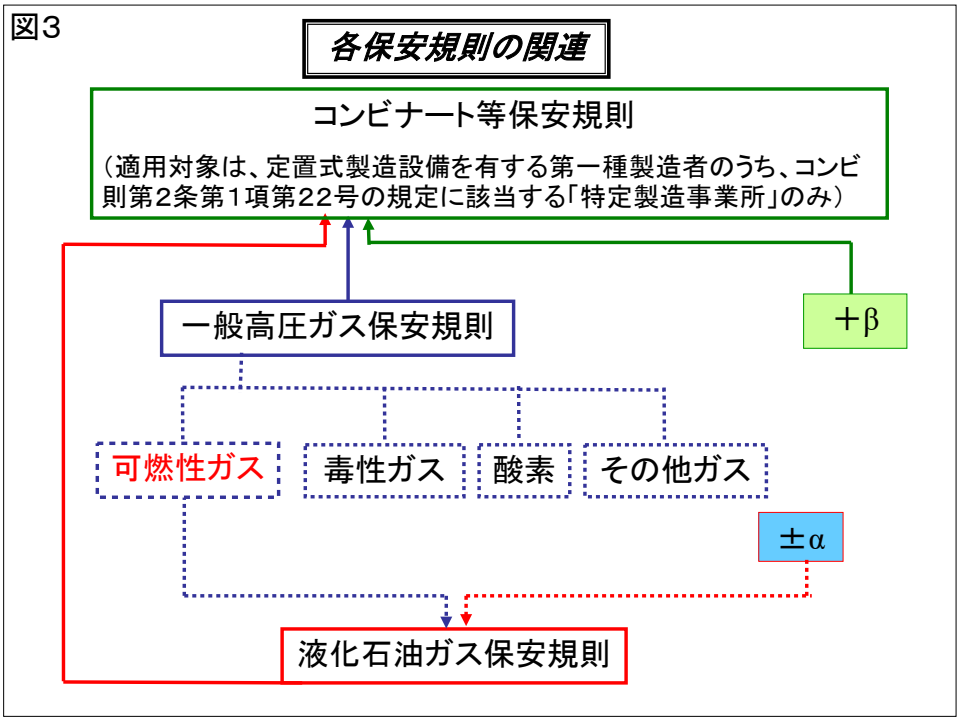

各保安規則の関連
コンビナート等保安規則
（適用対象は、定置式製造設備を有する第一種製造者のうち、コンビ
則第2条第1項第22号の規定に該当する「特定製造事業所」のみ）
一般高圧ガス保安規則
＋β
可燃性ガス
毒性ガス
酸素
その他ガス
±α
液化石油ガス保安規則

図5

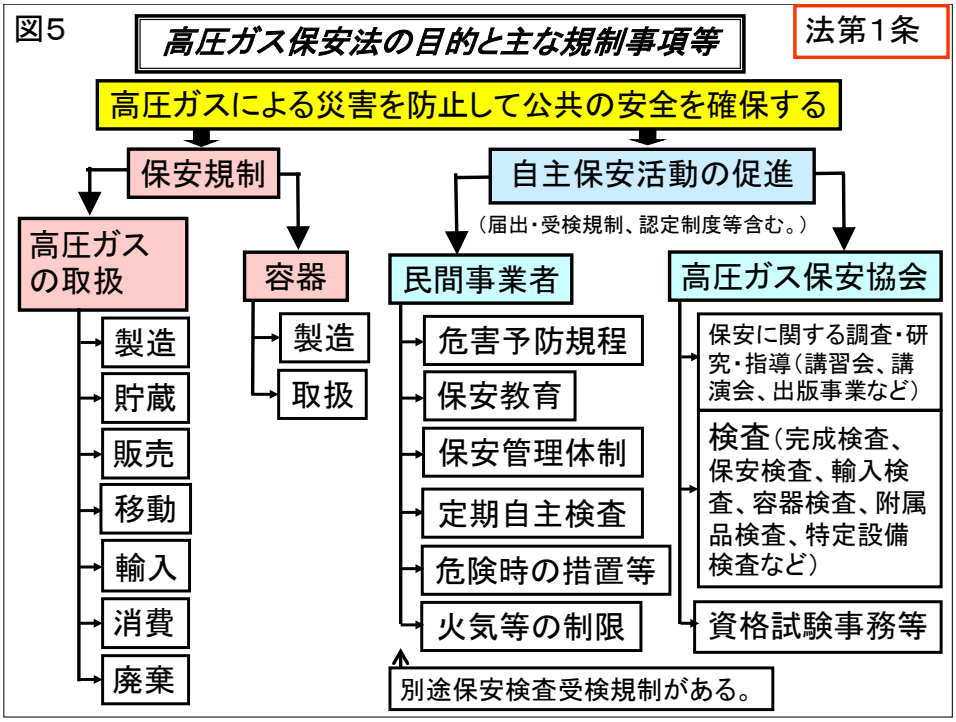

高圧ガス保安法の目的と主な規制事項等
法第1条
高圧ガスによる災害を防止して公共の安全を確保する
保安規制
自主保安活動の促進
（届出・受検規制、認定制度等含む。）
高圧ガス
の取扱
容器
民間事業者
高圧ガス保安協会
製造
貯蔵
販売
移動
輸入
消費
廃棄
製造
取扱
危害予防規程
保安教育
保安管理体制
定期自主検査
危険時の措置等
火気等の制限
別途保安検査受検規制がある。
保安に関する調査・研究・指導（講習会、講演会、出版事業など）
検査（完成検査、保安検査、輸入検査、容器検査、附属品検査、特定設備検査など）
資格試験事務等

図6

製造とは（法第5条関係（6）通達）（内規）

法第1条、第5条

- **圧力を変化させる場合**
  - **・高圧ガスでないガスを高圧ガスに！** → 圧縮機等
  - **・高圧ガスをさらに昇圧！** → 圧縮機等
  - **・高圧ガスを圧力の低い高圧ガスに降圧！** → 減圧弁等
  - **・高圧ガス状態の液化ガスをポンプ又は気体によりさらに加圧！** → ポンプ・CE等
- **状態を変化させる場合**
  - **・ガスを液化させ、高圧ガス状態の液化ガスに！** → 液化機等
  - **・高圧ガス状態の液化ガスを気化させ、高圧ガスに！** → 気化器等
- **容器に高圧ガスを充填する場合** → 充塡機・移充塡等

高圧ガスを蓄圧せず、火薬類を消費することによって高圧ガスを瞬間的に生成することは、高圧ガスの製造には該当しない。また、樹脂、ゴム及び金属の内部に高圧ガスを一時的に留めて成形又は加工に用いる金型等へ当該ガスを充塡することは、高圧ガスの製造には該当しない。

参考図15

一般則第6条～8条の2、液石則第6条～9条、コンビ則第5条～7条の3

第一種製造者の製造施設に係る技術上の基準の区分

区分 ＼ 製造設備	一般高圧ガス製造事業所 一般高圧ガス保安規則	液化石油ガス製造事業所 液化石油ガス保安規則	特定製造事業所 コンビナート等保安規則
定置式製造設備	① ②～⑤を除く一般ガス製造設備 ② コールド・エバポレータ製造設備 ③ 圧縮天然ガススタンド ④ 液化天然ガススタンド ⑤ 圧縮水素スタンド	① ②を除く液化石油ガス製造設備 （第一種製造設備 第二種製造設備） ② 液化石油ガススタンド	① ②～⑥を除く製造設備 ② コールド・エバポレータ製造設備 ③ 特定液化石油ガススタンド ④ 圧縮天然ガススタンド ⑤ 液化天然ガススタンド ⑥ 圧縮水素スタンド
移動式製造設備	① 移動式圧縮水素スタンド ② ①以外の移動式製造設備	① ポンプ付液化石油ガスタンクローリ ② ①以外の移動式製造設備	

参考Ｃ－４　高圧ガスの製造に必要な保安管理技術に係る条文とテキストの掲載内容比較（一般高圧ガス保安規則第６条との比較）

表中の甲、乙、丙はそれぞれ甲種化学（機械）講習で使用するテキスト、乙種化学（機械）講習テキストで使用するテキスト、丙種化学特別講習で使用するテキストを意味し、A、B、C は各講習における重要度をあらしている。重要度は高い方から順にA、B、C としている。

条文	丙	乙	甲
第六条　製造設備が定置式製造設備（コールド・エバポレータ、圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド及び圧縮水素スタンドを除く。）である製造施設における法第八条第一号の経済産業省令で定める技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。ただし、経済産業大臣がこれと同等の安全性を有するものと認めた措置を講じている場合は、この限りでなく、また、製造設備の冷却の用に供する冷凍設備にあつては、冷凍保安規則に規定する技術上の基準によることができる。			
一　事業所の境界線を明示し、かつ、当該事業所の外部から見やすいように警戒標を掲げること。	C	B	B
二　製造施設は、その貯蔵設備及び処理設備の外面から、第一種保安物件に対し第一種設備距離以上、第二種保安物件に対し第二種設備距離以上の距離を有すること。	C	A	A
三　可燃性ガス又は特定不活性ガスの製造設備（可燃性ガス又は特定不活性ガスが通る部分に限る。）は、その外面から火気（当該製造設備内のものを除く。以下この号において同じ。）を取り扱う施設に対し八メートル以上の距離を有し、又は当該製造設備から漏えいしたガスが当該火気を取り扱う施設に流動することを防止するための措置（以下「流動防止措置」という。）若しくは可燃性ガス若しくは特定不活性ガスが漏えいしたときに連動装置により直ちに使用中の火気を消すための措置を講ずること。	A	A	A
四　可燃性ガスの製造設備の高圧ガス設備（高圧ガス設備の冷却の用に供する冷凍設備を除く。以下この号において同じ。）は、その外面から当該製造設備以外の可燃性ガスの製造設備の高圧ガス設備（可燃性ガスが通る部分に限り、圧縮水素スタンドの処理設備及び貯蔵設備を除く。）に対し五メートル以上、圧縮水素スタンドの処理設備及び貯蔵設備に対し六メートル以上、酸素の製造設備の高圧ガス設備（酸素が通る部分に限る。）に対し十メートル以上の距離を有すること。ただし、第四十三号に規定する導管の例により設けられた配管については、この限りでない。	C	A	A
五　可燃性ガスの貯槽（貯蔵能力が三百立方メートル又は三千キログラム以上のものに限る。以下この号において同じ。）は、その外面から他の可燃性ガス又は酸素の貯槽に対し、一メートル又は当該貯槽及び他の可燃性ガス若しくは酸素の貯槽の最大直径の和の四分の一のいずれか大なるものに等しい距離以上の距離を有すること。ただし、防火上及び消火上有効な措置を講じた場合は、この限りでない。	C	A	A
六　可燃性ガス又は特定不活性ガスの貯槽には、可燃性ガス又は特定不活性ガスの貯槽であることが容易に識別することができるような措置を講ずること。	C	C	C

条文	丙	乙	甲
七　可燃性ガス、毒性ガス又は酸素の液化ガスの貯槽（可燃性ガス又は酸素の液化ガスの貯槽にあつては貯蔵能力が千トン以上のもの、毒性ガスの液化ガスの貯槽にあつては貯蔵能力が五トン以上のものに限る。）の周囲には、液状の当該ガスが漏えいした場合にその流出を防止するための措置を講ずること。	A	A	A
八　前号に規定する措置のうち、防液堤を設置する場合は、その内側及びその外面から十メートル（毒性ガスの液化ガスの貯槽に係るものにあつては、毒性ガスの種類及び貯蔵能力に応じて経済産業大臣が定める距離）以内には、当該貯槽の付属設備その他の設備又は施設であつて経済産業大臣が定めるもの以外のものを設けないこと。	C	A	A
九　可燃性ガス又は特定不活性ガスの製造設備を設置する室は、当該ガスが漏えいしたとき滞留しないような構造とすること。	C	A	A
十　可燃性ガス、毒性ガス及び酸素のガス設備（高圧ガス設備及び空気取入口を除く。）は、気密な構造とすること。	A	A	A
十一　高圧ガス設備（容器及び経済産業大臣が定めるものを除く。）は、常用の圧力の一・五倍以上（特定設備検査規則（昭和五十一年通商産業省令第四号）第二条第十七号に規定する第二種特定設備その他設計上常用の圧力の一・五倍より小さい圧力で耐圧試験を行う必要のある設備（以下「第二種特定設備等」という。）にあつては、常用の圧力の一・三倍以上）の圧力で水その他の安全な液体を使用して行う耐圧試験（液体を使用することが困難であると認められるときは、常用の圧力の一・二五倍以上（第二種特定設備等にあつては、常用の圧力の一・一倍以上）の圧力で空気、窒素等の気体を使用して行う耐圧試験）又は経済産業大臣がこれらと同等以上のものと認める試験（試験方法、試験設備、試験員等の状況により試験を行うことが適切であると経済産業大臣が認める者の行うものに限る。）に合格するものであること。ただし、特定設備検査規則第三十四条に規定する耐圧試験のうちの一に合格した特定設備（特定設備検査規則第三条に規定する特定設備をいう。以下同じ。）又は特定設備検査規則第五十一条の規定に基づき経済産業大臣の認可を受けて行つた耐圧試験に合格した特定設備であつて、使用開始前のものについては、この限りでない。	A	A	A
十二　高圧ガス設備（容器及び経済産業大臣が定めるものを除く。）は、常用の圧力以上の圧力で行う気密試験又は経済産業大臣がこれらと同等以上のものと認める試験（試験方法、試験設備、試験員等の状況により試験を行うことが適切であると経済産業大臣が認める者の行うものに限る。）に合格するものであること。ただし、特定設備検査規則第三十五条に規定する気密試験に合格した特定設備又は特定設備検査規則第五十一条の規定に基づき経済産業大臣の認可を受けて行つた気密試験に合格した特定設備であつて、使用開始前のものについては、この限りでない。	A	A	A
十三　高圧ガス設備（容器を除く。以下この号において同	A	A	A

条文	丙	乙	甲
じ。）は、常用の圧力又は常用の温度において発生する最大の応力に対し、当該設備の形状、寸法、常用の圧力若しくは常用の温度における材料の許容応力、溶接継手の効率等に応じ、十分な強度を有するものであり、又は特定設備検査規則第十二条及び第五十一条の規定に基づく強度を有し、若しくは高圧ガス設備の製造技術、検査技術等の状況により製造することが適切であると経済産業大臣が認める者の製造した常用の圧力等に応ずる十分な強度を有するものであること。			
十四　ガス設備（可燃性ガス、毒性ガス及び酸素以外のガスにあつては高圧ガス設備に限る。）に使用する材料は、ガスの種類、性状、温度、圧力等に応じ、当該設備の材料に及ぼす化学的影響及び物理的影響に対し、安全な化学的成分及び機械的性質を有するものであること	A	A	A
十五　高圧ガス設備（配管、ポンプ、圧縮機及びこの号に規定する基礎を有する構造物上に設置されたものを除く。）の基礎は、不同沈下等により当該高圧ガス設備に有害なひずみが生じないようなものであること。この場合において、貯槽（貯蔵能力が百立方メートル又は一トン以上のものに限る。以下この号及び次号において同じ。）の支柱（支柱のない貯槽にあつては、その底部）は、同一の基礎に緊結すること。	B	A	A
十六　貯槽は、その沈下状況を測定するための措置を講じ、経済産業大臣が定めるところにより沈下状況を測定すること。この測定の結果、沈下していたものにあつては、その沈下の程度に応じ適切な措置を講ずること。	A	A	A
十七　塔（高圧ガス設備（貯槽を除く。）であつて、当該設備の最高位の正接線から最低位の正接線までの長さが五メートル以上のものをいう。以下この号において同じ。）、貯槽（貯蔵能力が三百立方メートル又は三トン以上のものに限る。以下この号において同じ。）及び配管（高圧ガス設備に係る地盤面上の配管（外径四十五ミリメートル以上のものに限る。）であつて、地震防災遮断弁（地震時及び地震後の地震災害の発生並びに拡大を防止するための遮断機能を有する弁をいう。以下この号において同じ。）で区切られた間の内容積が三立方メートル以上のもの又は塔槽類（塔及び貯槽をいう。）から地震防災遮断弁までの間のものをいう。）並びにこれらの支持構造物及び基礎（以下「耐震設計構造物」という。）は、経済産業大臣が定める耐震に関する性能を有すること。	B	A	A
十八　高圧ガス設備には、経済産業大臣が定めるところにより、温度計を設け、かつ、当該設備内の温度が常用の温度を超えた場合に直ちに常用の温度の範囲内に戻すことができるような措置を講ずること。	A	A	A
十九　高圧ガス設備には、経済産業大臣が定めるところにより、圧力計を設け、かつ、当該設備内の圧力が許容圧力を超えた場合に直ちにその圧力を許容圧力以下に戻すことができる安全装置を設けること。	A	A	A
二十　前号の規定により設けた安全装置（不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）又は空気に係る高圧ガス設備に設けたものを除く。以下第七条の三第二項第十一号及び第八条の二第一項第四号において同じ。）のうち安全弁	A	A	A

条文	丙	乙	甲
又は破裂板には、放出管を設けること。この場合において、放出管の開口部の位置は、放出するガスの性質に応じた適切な位置であること。			
二十一　可燃性ガス低温貯槽には、当該貯槽の内部の圧力が外部の圧力より低下することにより当該貯槽が破壊することを防止するための措置を講ずること。	A	A	A
二十二　液化ガスの貯槽には、液面計（不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）又は酸素の超低温貯槽以外の貯槽にあつては、丸形ガラス管液面計以外の液面計に限る。）を設けること。この場合において、ガラス液面計を使用するときは、当該ガラス液面計にはその破損を防止するための措置を講じ、貯槽（可燃性ガス、毒性ガス及び特定不活性ガスのものに限る。）とガラス液面計とを接続する配管には、当該ガラス液面計の破損による液化ガスの漏えいを防止するための措置を講ずること。	A	A	A
二十三　特殊高圧ガス又は五フッ化ヒ素、五フッ化リン、三フッ化窒素、三フッ化ホウ素、三フッ化リン、四フッ化硫黄若しくは四フッ化ケイ素（以下「五フッ化ヒ素等」という。）の製造設備（当該ガスが通る部分に限る。）は、その内部のガスを不活性ガス（特定不活性ガスを除く。以下この号において同じ。）により置換することができる構造又はその内部を真空にすることができる構造とすること。この場合において、特殊高圧ガス又は五フッ化ヒ素等のうちの一の種類のガスの配管内に不活性ガスを供給する配管は、他の種類のガスその他の流体（当該一の種類のガスと相互に反応することにより災害の発生するおそれがあるガスその他の流体に限る。）の配管内に不活性ガスを供給する配管と系統を別にすること。	C	C	C
二十四　可燃性ガス、毒性ガス又は酸素の貯槽（加圧蒸発器付き低温貯槽であつて、当該貯槽に係る配管の当該貯槽の直近の部分にバルブを設置しているものを除く。）に取り付けた配管（当該ガスを送り出し、又は受け入れるために用いられるものに限り、かつ、貯槽と配管との接続部を含む。）には、当該貯槽の直近にバルブ（使用時以外は閉鎖しておくこと。）を設けるほか、一以上のバルブ（次号の規定により講ずる措置に係るバルブを除く。）を設けること。	B	B	B
二十五　可燃性ガス、毒性ガス又は酸素の液化ガスの貯槽（内容積が五千リットル未満のものを除く。）に取り付けた配管（当該液化ガスを送り出し、又は受け入れるために用いられるものに限り、かつ、貯槽と配管との接続部を含む。）には、当該液化ガスが漏えいしたときに安全に、かつ、速やかに遮断するための措置を講ずること。	A	A	A
二十六　可燃性ガス（アンモニア及びブロムメチルを除く。）の高圧ガス設備に係る電気設備は、その設置場所及び当該ガスの種類に応じた防爆性能を有する構造のものであること。	A	A	A
二十七　反応、分離、精製、蒸留等を行う製造設備を自動的に制御する装置及び製造施設の保安の確保に必要な設備であつて経済産業大臣が定めるものを設置する製造施設には、停電等により当該設備の機能が失われることの	A	A	A

条文	丙	乙	甲
ないよう措置を講ずること。			
二十八　圧縮アセチレンガスを容器に充塡する場所及び第四十二号に規定する当該ガスの充塡容器に係る容器置場には、火災等の原因により容器が破裂することを防止するための措置を講ずること。	A	A	A
二十八の二　三フッ化窒素を車両に固定し、又は積載した容器（以下「車両に固定した容器等」という。）に充塡する場所及び第四十二号に規定する当該ガスの充塡容器に係る容器置場（車両に固定した容器等に係る容器置場に限る。）には、隣接する当該ガスを容器に充塡する場所における火災等の原因により車両に固定した容器等が破裂することを防止するための措置を講ずること。	C	C	C
二十九　圧縮機と圧縮アセチレンガスを容器に充塡する場所又は第四十二号に規定する当該ガスの充塡容器に係る容器置場との間及び当該ガスを容器に充塡する場所と第四十二号に規定する当該ガスの充塡容器に係る容器置場との間には、それぞれ厚さ十二センチメートル以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁を設けること。	A	A	A
三十　圧縮機と圧力が十メガパスカル以上の圧縮ガスを容器に充塡する場所又は第四十二号に規定する当該ガスの充塡容器に係る容器置場との間には、厚さ十二センチメートル以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁を設けること。	A	A	A
三十一　可燃性ガス、毒性ガス（経済産業大臣が告示で定めるものに限る。）又は特定不活性ガスの製造施設には、当該製造施設から漏えいするガスが滞留するおそれのある場所に、当該ガスの漏えいを検知し、かつ、警報するための設備を設けること。	A	A	A
三十二　可燃性ガス若しくは毒性ガスの貯槽又はこれらの貯槽以外の貯槽であつて可燃性ガスの貯槽の周辺若しくは可燃性物質を取り扱う設備の周辺にあるもの及びこれらの支柱には、温度の上昇を防止するための措置を講ずること。	A	A	A
三十三　毒性ガスの製造施設には、他の製造施設と区分して、その外部から毒性ガスの製造施設である旨を容易に識別することができるような措置を講ずること。この場合において、ポンプ、バルブ及び継手その他毒性ガスが漏えいするおそれのある箇所には、その旨の危険標識を掲げること。	C	C	C
三十四　削除			
三十五　毒性ガスのガス設備に係る配管、管継手及びバルブの接合は、溶接により行うこと。ただし、溶接によることが適当でない場合は、保安上必要な強度を有するフランジ接合又はねじ接合継手による接合をもつて代えることができる。	C	A	A
三十六　特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等、亜硫酸ガス、アンモニア、塩素、クロルメチル、酸化エチレン、シアン化水素、ホスゲン又は硫化水素のガス設備に係る配管は、これらのガスの種類、性状及び圧力並びに当該配管の周辺の状況（当該配管が設置されている事業所の周辺における第一種保安物件及び第二種保安物件の密集状況を含む。）に応じて必要な箇所を二重管とし、当該二重	C	A	A

<table>
<tr><th>条文</th><th>丙</th><th>乙</th><th>甲</th></tr>
<tr><td>管には、当該ガスの漏えいを検知するための措置を講ずること。ただし、当該配管をさや管その他の防護構造物の中に設置することにより、配管の破損を防止し、かつ、漏えいしたガスが周辺に拡散することを防止する措置を講じている場合は、この限りでない。</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>三十七　特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等、亜硫酸ガス、アンモニア、塩素、クロルメチル、酸化エチレン、シアン化水素、ホスゲン又は硫化水素の製造設備には、当該ガスが漏えいしたときに安全に、かつ、速やかに除害するための措置を講ずること。</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr>
<tr><td>三十八　可燃性ガス及び特定不活性ガスの製造設備には、当該製造設備に生ずる静電気を除去する措置を講ずること。</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr>
<tr><td>三十九　可燃性ガス、酸素及び三フッ化窒素の製造施設には、その規模に応じ、適切な防消火設備を適切な箇所に設けること。</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr>
<tr><td>三十九の二　特定不活性ガスの製造施設には、その規模に応じ、適切な消火設備を適切な箇所に設けること。</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr>
<tr><td>四十　事業所には、事業所の規模及び製造施設の態様に応じ、事業所内で緊急時に必要な通報を速やかに行うための措置を講ずること。</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr>
<tr><td>四十一　製造設備に設けたバルブ又はコック（操作ボタン等により当該バルブ又はコックを開閉する場合にあつては、当該操作ボタン等。以下同じ。）には、作業員が当該バルブ又はコックを適切に操作することができるような措置を講ずること。</td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr>
<tr><td>四十二　容器置場並びに充塡容器及び残ガス容器（以下「充塡容器等」という。）は、次に掲げる基準に適合すること。
イ　容器置場は、明示され、かつ、その外部から見やすいように警戒標を掲げたものであること。
ロ　可燃性ガス及び酸素の容器置場（充塡容器等が断熱材で被覆してあるもの及びシリンダーキャビネットに収納されているものを除く。）は、一階建とする。ただし、圧縮水素（充塡圧力が二十メガパスカルを超える充塡容器等を除く。）のみ又は酸素のみを貯蔵する容器置場（不活性ガスを同時に貯蔵するものを含む。）にあつては、二階建以下とする。
ハ　容器置場（貯蔵設備であるものを除く。）であつて、次の表に掲げるもの以外のものは、その外面から、第一種保安物件に対し第一種置場距離以上の距離を、第二種保安物件に対し第二種置場距離以上の距離を有すること。
<table>
<tr><th>容器置場の区分</th><th>容器置場の外面から最も近い第一種保安物件までの距離</th><th>容器置場の外面から最も近い第二種保安物件までの距離</th></tr>
<tr><td>容器置場（イ）（（ハ）に掲げるものを除く。）</td><td>１１以上</td><td>１４以上　１２未満</td></tr>
<tr><td>容器置場（ロ）（（ハ）に掲げるものを除く。）</td><td>１３以上　１１未満</td><td>１４以上</td></tr>
</table></td><td>A</td><td>A</td><td>A</td></tr>
</table>

条文	丙	乙	甲
（ハ）　面積が二十五平方メートル未満の容器置場であつて、可燃性ガス及び毒性ガス以外のガスのみのもの （１）　Ｉ１未満　Ｉ２以上 （２）　Ｉ１以上　Ｉ２未満 （３）　Ｉ１未満　Ｉ２未満 備考 Ｉ１、Ｉ２、Ｉ３及びＩ４は、それぞれ第二条第一項第二十一号に規定するＩ１、Ｉ２、Ｉ３及びＩ４を表すものとする。 ニ　ハの表に掲げる容器置場（イ）及び（ロ）には、第一種置場距離内にある第一種保安物件又は第二種置場距離内にある第二種保安物件に対し厚さ十二センチメートル以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁を設けること。 ホ　充塡容器等（断熱材で被覆してあるものを除く。）に係る容器置場（可燃性ガス及び酸素のものに限る。）には、直射日光を遮るための措置（当該ガスが漏えいし、爆発したときに発生する爆風が上方向に解放されることを妨げないものに限る。）を講ずること。ただし、充塡容器等をシリンダーキャビネットに収納した場合は、この限りでない。 ヘ　可燃性ガス及び特定不活性ガスの容器置場は、当該ガスが漏えいしたとき滞留しないような構造とすること。 ト　ジシラン、ホスフィン又はモノシランの容器置場は、当該ガスが漏えいし、自然発火したときに安全なものであること。 チ　特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等、亜硫酸ガス、アンモニア、塩素、クロルメチル、酸化エチレン、シアン化水素、ホスゲン又は硫化水素の容器置場には、当該ガスが漏えいしたときに安全に、かつ、速やかに除害するための措置を講ずること。 リ　ロただし書の二階建の容器置場は、ニ、ホ（二階部分に限る。）及びヘに掲げるもののほか、当該容器置場に貯蔵するガスの種類に応じて、経済産業大臣が定める構造とすること。 ヌ　可燃性ガス、特定不活性ガス、酸素及び三フッ化窒素の容器置場には、その規模に応じ、適切な消火設備を適切な箇所に設けること。			
四十三　導管は、次に掲げる基準に適合するものであること。 イ　導管は、地崩れ、山崩れ、地盤の不同沈下等のおそれのある場所その他経済産業大臣が定める場所又は建物の内部若しくは基礎面下に設置しないこと。 ロ　導管を地盤面上に設置するときは、地盤面から離して設置し、かつ、その見やすい箇所に高圧ガスの種類、導管に異常を認めたときの連絡先その他必要な事項を明瞭に記載した標識を設けること。 ハ　導管を地盤面下に埋設するときは、Ｂ・六メートル以上地盤面から下に埋設し、かつ、その見やすい箇所	Ｃ	Ｃ	Ｃ

条文	丙	乙	甲
に高圧ガスの種類、導管に異常を認めたときの連絡先その他必要な事項を明瞭に記載した標識を設けること。 ニ　導管を水中に設置するときは、船、波等の影響を受けないような深さに設けること。 ホ　導管は、常用の圧力の一・五倍以上の圧力で水その他の安全な液体を使用して行う耐圧試験（液体を使用することが困難であると認められるときは、常用の圧力の一・二五倍以上の圧力で空気、窒素等の気体を使用して行う耐圧試験）及び常用の圧力以上の圧力で行う気密試験又は経済産業大臣がこれらと同等以上のものと認める試験（試験方法、試験設備、試験員等の状況により経済産業大臣が試験を行うことが適切であると認める者の行うものに限る。）に合格するものであること。 ヘ　導管は、常用の圧力又は常用の温度において発生する最大の応力に対し、当該導管の形状、寸法、常用の圧力、常用の温度における材料の許容応力、溶接継手の効率等に応じ、十分な強度を有するものであり、又は導管の製造技術、検査技術等の状況により製造することが適切であると経済産業大臣が認める者の製造した常用の圧力等に応ずる十分な強度を有するものであること。 ト　導管には、腐食を防止するための措置及び応力を吸収するための措置を講ずること。 チ　導管には、常用の温度を超えないような措置を講ずること。 リ　導管には、当該導管内の圧力が常用の圧力を超えた場合に直ちに常用の圧力以下に戻すことができるような措置を講ずること。 ヌ　酸素又は天然ガス（実用上支障のない程度まで脱水されたものを除く。）を輸送するための導管とこれに接続する圧縮機（酸素を圧縮する圧縮機については、内部潤滑剤に水を使用するものに限る。）との間には、水分を除去するための措置を講ずること。 ル　事業所を連絡する導管には、緊急時に必要な通報を速やかに行うための措置を講ずること。			
2　製造設備が定置式製造設備（コールド・エバポレータ、圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド及び圧縮水素スタンドを除く。）である製造施設における法第八条第二号の経済産業省令で定める技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。ただし、経済産業大臣がこれと同等の安全性を有するものと認めた措置を講じている場合は、この限りでない。			
一　高圧ガスの製造は、その発生、分離、精製、反応、混合、加圧又は減圧において、次に掲げる基準によることにより保安上支障のない状態で行うこと。 イ　安全弁又は逃し弁に付帯して設けた止め弁は、常に全開しておくこと。ただし、安全弁又は逃し弁の修理又は清掃のため特に必要な場合は、この限りでない。 ロ　空気液化分離装置の液化酸素だめ内の液化酸素一リットル中におけるアセチレンの質量、メタン中の炭素の質量又はその他の炭化水素中の炭素の質量がそれぞ	A C	A C	A A

条文	丙	乙	甲
れーミリグラム、二百ミリグラム若しくは百ミリグラムを超えたとき、又は、これらの炭化水素中の炭素質量の合計が二百ミリグラムを超えたときは、当該空気液化分離装置の運転を中止する等の措置を講じ、かつ、液化酸素を放出すること。	C	C	A
ハ　次に掲げるガスは、圧縮しないこと。			
（イ）　可燃性ガス（アセチレン、エチレン及び水素を除く。以下この号において同じ。）中の酸素の容量が全容量の四パーセント以上のもの			
（ロ）　酸素中の可燃性ガスの容量が全容量の四パーセント以上のもの			
（ハ）　アセチレン、エチレン又は水素中の酸素の容量が全容量のニパーセント以上のもの			
（ニ）　酸素中のアセチレン、エチレン及び水素の容量の合計が全容量のニパーセント以上のもの	C	C	C
ニ　二・五メガパスカルを超える圧力の圧縮アセチレンガスを製造するときは、き釈剤を添加してすること。	C	C	C
ホ　空気圧縮機を利用するアキュムレータ設備（付属する貯槽及び配管を含む。）により圧縮空気の加圧又は減圧を行う場合（アキュムレータ設備系内に石油類又は油脂類を用いる場合に限る。）には、当該アキュムレータ設備系内の空気と石油類又は油脂類が混在しないための措置を講ずること。	C	C	C
へ　三フッ化窒素の充塡容器等のバルブは、静かに開閉すること。			
二　高圧ガスの製造は、その充塡において、次に掲げる基準によることにより保安上支障のない状態で行うこと。			
イ　貯槽に液化ガスを充塡するときは、当該液化ガスの容量が当該貯槽の常用の温度においてその内容積の九十パーセントを超えないように充塡すること。この場合において、毒性ガスの液化ガスの貯槽については、当該九十パーセントを超えることを自動的に検知し、かつ、警報するための措置を講ずること。	A A	A A	A A
ロ　圧縮ガス（アセチレンを除く。）及び液化ガス（液化アンモニア、液化炭酸及び液化塩素に限る。）を継目なし容器に充塡するときは、あらかじめ、その容器について音響検査を行い、音響不良のものについては内部を検査し、内部に腐食、異物等があるときは、当該容器を使用しないこと。	C	C	C
ハ　車両に固定した容器（内容積が四千リットル以上のものに限る。）に高圧ガスを送り出し、又は当該容器から高圧ガスを受け入れるときは、車止めを設けること等により当該車両を固定すること。	C	C	C
ニ　アセチレンを容器に充塡するときは、充塡中の圧力が、二・五メガパスカル以下でし、かつ、充塡後の圧力が温度十五度において一・五メガパスカル以下になるような措置を講ずること。	C	C	A
ホ　酸化エチレンを貯槽又は容器に充塡するときは、あらかじめ、当該貯槽又は容器の内部のガスを窒素ガス又は炭酸ガスで置換した後に酸又はアルカリを含まないものにすること。	C	A	A
へ　酸素又は三フッ化窒素を容器に充塡するときは、あらかじめ、バルブ、容器及び充塡用配管とバルブとの	C	A	A

条文	丙	乙	甲
接触部に付着した石油類、油脂類又は汚れ等の付着物を除去し、かつ、容器とバルブとの間には、可燃性のパッキンを使用しないこと。	C	C	C
ト　三フッ化窒素を容器に充塡する場所には可燃性物質（車両に固定した容器等の車両を除く。）を置かないこと。			
チ　高圧ガスを容器に充塡するため充塡容器等、バルブ又は充塡用枝管を加熱するときは、次に掲げるいずれかの方法により行うこと。			
（イ）　熱湿布を使用すること。			
（ロ）　温度四十度以下の温湯その他の液体（可燃性のもの及び充塡容器等、バルブ又は充塡用枝管に有害な影響を及ぼすおそれのあるものを除く。）を使用すること。	C	C	C
（ハ）　設置場所及び高圧ガスの種類に応じた防爆性能を有する構造の空気調和設備（空気の温度を四十度以下に調節する自動制御装置を設けたものであつて、火気で直接空気を加熱する構造のもの及び可燃性ガスを冷媒とするもの以外のものに限る。）を使用すること。	C	C	C
リ　容器保安規則第二条第六号に規定する再充塡禁止容器であつて当該容器の刻印等（法第四十五条並びに第四十九条の二十五第一項及び第二項（法第四十九条の三十三第二項において準用する場合を含む。）で定める刻印等に限る。以下このヌ、第十八条第二号ヘ、第四十九条第一項第三号及び第五十条第三号において同じ。）に示された年月から三年を経過したものに高圧ガスを充塡しないこと。			
ヌ　容器保安規則第二条第十一号に規定する一般複合容器（以下単に「一般複合容器」という。）、同条第十二号に規定する圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器（以下単に「圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器」という。）、同条第十三号に規定する圧縮水素自動車燃料装置用容器（以下単に「圧縮水素自動車燃料装置用容器」という。）、同条第十三号の三に規定する国際圧縮水素自動車燃料装置用容器（以下単に「国際圧縮水素自動車燃料装置用容器」という。）、同条第十三号の五に規定する圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器（以下単に「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」という。）、同条第十四号に規定する液化天然ガス自動車燃料装置用容器（以下単に「液化天然ガス自動車燃料装置用容器」という。）又は同条第十七号の二に規定する圧縮水素運送自動車用容器（以下単に「圧縮水素運送自動車用容器」という。）であつて当該容器の刻印等に示された年月から十五年を経過したもの（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器又は圧縮水素運送自動車用容器にあつては、同令第八条第一項第十号の充塡可能期限年月日（同令第三十七条第一項第二号の規定により刻印をした場合にあつては、当該刻印に示された年月日）を経過したもの、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器にあつては、同号の充塡可能期限年月を経過したもの）には、高圧ガスを充塡	C	C	C

条文	丙	乙	甲
しないこと（法第四十八条第五項の許可に付された条件に従つて高圧ガスを充塡する場合については、この限りでない。）。 ル　国際相互承認に係る容器保安規則（平成二十八年経済産業省令第八十二号）第二条第一号に規定する国際相互承認圧縮水素自動車燃料装置用容器（以下単に「国際相互承認圧縮水素自動車燃料装置用容器」という。）、同条第二号に規定する国際相互承認天然ガス自動車燃料装置用容器（以下単に「国際相互承認天然ガス自動車燃料装置用容器」という。）又は同条第三号に規定する国際相互承認圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器（以下単に「国際相互承認圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」という。）であつて当該容器を製造した月（その製造過程で行われた耐圧試験に合格した月をいう。）の前月から起算して十五年を経過したもの（国際相互承認天然ガス自動車燃料装置用容器にあつては、容器製造業者が定めた月（同条第二号イに規定する国際相互承認圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器にあつては、二十年を超えない範囲内において容器製造業者が定めた月）（以下単に「国際相互承認天然ガス自動車燃料装置用容器の充塡可能期限年月」という。）を経過したもの（同条第二号ロに規定する国際相互承認液化天然ガス自動車燃料装置用容器（以下単に「国際相互承認液化天然ガス自動車燃料装置用容器」という。）であつて、容器製造業者が国際相互承認天然ガス自動車燃料装置用容器の充塡可能期限年月を定めないものを除く。））には、高圧ガスを充塡しないこと（法第四十八条第五項の許可に付された条件に従つて高圧ガスを充塡する場合については、この限りでない。）。 ヲ　圧縮水素運送自動車用容器に圧縮水素を充塡するときは、当該圧縮水素運送自動車用容器の温度を常に六十五度以下に保つとともに、温度が四十度を超える場合は、容器の破裂を防止する措置を講ずること。	C	C	C
三　高圧ガスの充塡は、次に掲げる基準によることにより充塡した後に当該高圧ガスが漏えい又は爆発しないような措置を講じてすること。			
イ　アセチレンは、アセトン又はジメチルホルムアミドを浸潤させた多孔質物を内蔵する容器であつて適切なものに充塡すること。	A C	A B	A B
ロ　シアン化水素の充塡は、純度九十八パーセント以上のシアン化水素に安定剤を添加してすること。	C	B	B
ハ　シアン化水素の充塡容器は、充塡した後二十四時間以上静置し、その後ガスの漏えいのないことを確認しその容器の外面に充塡年月日を明記した標紙を貼ること。	B	B	B
ニ　酸化エチレンを入れてある貯槽は、常にその内部の窒素ガス、炭酸ガス及び酸化エチレンガス以外のガスを窒素ガス又は炭酸ガスで置換しておき、かつ、温度五度以下に保つこと。	B	B	B
ホ　酸化エチレンの充塡容器には、温度四十五度においてその容器の内部のガスの圧力がB・四メガパスカル以上になるよう窒素ガス又は炭酸ガスを充塡するこ	A	A	A

条文	丙	乙	甲
と。 ヘ　エアゾールの製造用又はその他の工業用に使用される液化石油ガスにあつては、「工業用無臭」の文字を朱書きした票紙をはり、又はその文字を表示した容器に充塡し、その他の液化石油ガスにあつては空気中の混入比率が容積で千分の一である場合において感知できるようなにおいがするものを充塡すること。			
四　高圧ガスの製造は、製造設備の使用開始時及び使用終了時に当該製造設備の属する製造施設の異常の有無を点検するほか、一日に一回以上製造をする高圧ガスの種類及び製造設備の態様に応じ頻繁に製造設備の作動状況について点検し、異常のあるときは、当該設備の補修その他の危険を防止する措置を講じてすること。	A		A
五　ガス設備の修理又は清掃（以下この号において「修理等」という。）及びその後の製造は、次に掲げる基準によることにより保安上支障のない状態で行うこと。 イ　修理等をするときは、あらかじめ、修理等の作業計画及び当該作業の責任者を定め、修理等は、当該作業計画に従い、かつ、当該責任者の監視の下に行うこと又は異常があつたときに直ちにその旨を当該責任者に通報するための措置を講じて行うこと。 ロ　可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス又は酸素のガス設備の修理等をするときは、危険を防止するための措置を講ずること。 ハ　修理等のため作業員がガス設備を開放し、又はガス設備内に入るときは、危険を防止するための措置を講ずること。 ニ　ガス設備を開放して修理等をするときは、当該ガス設備のうち開放する部分に他の部分からガスが漏えいすることを防止するための措置を講ずること。 ホ　修理等が終了したときは、当該ガス設備が正常に作動することを確認した後でなければ製造をしないこと。	A	A	A
六　製造設備に設けたバルブを操作する場合には、バルブの材質、構造及び状態を勘案して過大な力を加えないよう必要な措置を講ずること。	A	A	A
七　エアゾールの製造は、次に掲げる基準によりすること。 イ　エアゾール（殺虫剤の用に供するものを除く。）の製造には、毒性ガス（経済産業大臣が定めるものを除く。）を使用しないこと。 ロ　人体に使用するエアゾール（経済産業大臣が定めるものを除く。）の噴射剤である高圧ガスは、可燃性ガス（経済産業大臣が定めるものを除く。）でないこと。 ハ　エアゾールの製造は、次に掲げる基準に適合する容器によりすること。 （イ）　内容積が百立方センチメートルを超える容器は、その材料に鋼又は軽金属を使用したものであること。 （ロ）　金属製の容器にあつては内容物による腐食を防止するための措置を講じたものであり、ガラス製の容器にあつては合成樹脂等によりその内面又は外	C	C	C

条文	丙	乙	甲
面を被覆したものであること。 （ハ）　温度五十度における容器内の圧力の一・五倍の圧力で変形せず、かつ、温度五十度における容器内の圧力の一・八倍の圧力で破裂しないものであること。ただし、圧力一・三メガパスカルで変形せず、かつ、圧力一・五メガパスカルで破裂しないものにあつては、この限りでない。 （ニ）　内容積が三十立方センチメートルを超える容器は、エアゾール又はその他の用途に使用されたことのないものであること。 （ホ）　使用中噴射剤が噴出しない構造の容器にあつては、使用後当該噴射剤である高圧ガスを当該容器から容易に排出することができる構造のものであること。 ニ　エアゾールの製造設備の周囲二メートル以内には、引火性又は発火性の物を置かないこと。 ホ　エアゾールの製造は、防火上有効な措置を講じて行うこと。 ヘ　エアゾールの製造を行う室には、作業に必要な物以外の物を置かないこと。 ト　エアゾールの製造は、温度三十五度において容器の内圧がＢ・八メガパスカル以下になり、かつ、エアゾールの容量が容器の内容積の九十パーセント以下になるようにすること。 チ　容器を転倒してエアゾールを製造するときは、当該容器を固定する転倒台を使用すること。 リ　エアゾールの充塡された容器は、その全数について、当該エアゾールの温度を四十八度にしたときに、当該エアゾールが漏えいしないものであること。 ヌ　エアゾールの充塡された容器（内容積が三十立方センチメートルを超えるものに限る。）の外面には、当該エアゾールを製造した者の名称又は記号、製造番号及び取扱いに必要な注意（使用中噴射剤が噴出しない構造の容器にあつては、使用後当該噴射剤を当該容器から排出するときに必要な注意を含む。）を明示すること。			
八　容器置場及び充塡容器等は、次に掲げる基準に適合すること。 イ　充塡容器等は、充塡容器及び残ガス容器にそれぞれ区分して容器置場に置くこと。 ロ　可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス及び酸素の充塡容器等は、それぞれ区分して容器置場に置くこと。 ハ　容器置場には、計量器等作業に必要な物以外の物を置かないこと。 ニ　容器置場（不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）及び空気のものを除く。）の周囲二メートル以内においては、火気の使用を禁じ、かつ、引火性又は発火性の物を置かないこと。ただし、容器と火気又は引火性若しくは発火性の物の間を有効に遮る措置を講じた場合は、この限りでない。 ホ　充塡容器等（圧縮水素運送自動車用容器を除く。）は、常に温度四十度（容器保安規則第二条第三号に掲	Ａ	Ａ	Ａ

条文	丙	乙	甲
げる超低温容器（以下「超低温容器」という。）又は同条第四号に掲げる低温容器（以下「低温容器」という。）にあつては、容器内のガスの常用の温度のうち最高のもの。以下第四十条第一項第四号ハ、第四十九条第一項第五号、第五十条第二号及び第六十条第七号において同じ。）以下に保つこと。 ヘ　圧縮水素運送自動車用容器は、常に温度六十五度以下に保つこと。 ト　充塡容器等（内容積が五リットル以下のものを除く。）には、転落、転倒等による衝撃及びバルブの損傷を防止する措置を講じ、かつ、粗暴な取扱いをしないこと。 チ　可燃性ガスの容器置場には、携帯電燈以外の燈火を携えて立ち入らないこと。			

参考Ｃ－５　丙種化学特別講習で使用するテキストと高校教科書の見出しの比較

現在の講習内容が省令に沿った内容となっているか、丙種化学特別講習で使用するテキストについて、高等学校で使用するテキスト（基礎的な化学）と比較したものを下記に示す。丙種化学特別講習のテキストについては、おおむね高校卒業程度で基礎的な内容を網羅していると考えられ、資格講習（学識）の内容としては適当と考えられる。

丙種化学特別講習で使用するテキスト 「初級　高圧ガス保安技術　第１７次改訂版」 A4 版 156 ページ （学識に関する項目について抜粋）	高等学校で使用するテキスト 「啓林館　新編　化学基礎」 Ｂ５版　１９５ページ
1.気体の一般的性質	第１部　化学と人間生活
1.1　物質	第１章　化学と私たちの生活
1.2　理想気体の性質	第２章　物質の状態
1.3　実在気体の性質	第２部　物質の構成
1.4　気体と液体の性質	第１章　物質の構成粒子
1.5　熱、仕事、エネルギー	第２章　化学結合
2.気体の化学反応	
2.1　化学反応と化学反応式	第３部　物質の変化
2.2　化学平衡と反応速度	第１章　物質量と化学反応式
2.3　化学平衡と反応速度	第２章　酸と塩基
3.燃焼・爆発	第３章　酸化還元反応
3.1　燃焼・爆発とは	
3.2　爆発・爆ごうの発生	
3.3　燃焼・爆発の危険性	
3.4　火災・爆発事故の特徴	
4.ガス各論	
4.1　可燃性ガスおよび支燃性ガス	
4.2　毒性ガス	
4.3　不燃性ガス	
4.4　フルオロカーボン	
4.5　特殊高圧ガス	
5.流動・伝熱	
5.1　流動	
5.2　伝熱	

6.材料力学の基礎 6.1　応力とひずみ 6.2　強度と破壊 7.高圧装置用材料 7.1　材料の基礎 7.2　金属材料 7.3　非鉄金属材料 8.金属の腐植と防食 8.1　腐食の基礎 8.2　湿食 8.3　乾食 8.4　防食法 9.高圧設備 9.1　溶接加工と非破壊試験 9.2　高圧装置 9.3　計装 9.4　圧縮機とポンプ 9.5　流体の漏えい防止	

参考Ｃ－６　乙種化学（機械）講習で使用するテキストと高校教科書の見出しの比較

乙種化学（機械）講習のテキストについて、高等学校で使用するテキスト（応用化学）と比較したものを下記に示す。高校で学ぶ応用化学の分野には、有機化合物、高分子材料などが加わり、やや高圧ガスの製造に必要な応用化学の分野から遠くなるため、乙種化学（機械）講習のテキストには非金属材料としてまとめて記載されている点はあるものの、概ね高等学校卒業程度の応用化学について網羅していると考えられ、資格講習（学識）の内容としては適当と考えられる。

乙種化学（機械）講習で使用するテキスト 「中級　高圧ガス保安技術　第１７次改訂版」 A4 版 270 ページ （学識に関する項目について抜粋）	高等学校で使用するテキスト 「啓林館　化学　改訂版」 Ａ５版　４８０ページ
1.気体の一般的性質	第１部　物質の状態
1.1　理想気体の性質	第１章　固体の構造
1.2　実在気体の性質	第２章　物質の状態変化
1.3　気体と液体の平衡と性質	第３章　気体の性質
2.　気体の熱力学	第４章　溶液の性質
2.1　熱力学の第一法則	第２部　物資の変化と平衡
2.2　エンタルピーと熱容量	第１章　化学反応と熱・光エネルギー
2.3　熱力学の第二法則	第２章　化学反応と電気エネルギー
2.4　エントロピー	第３章　反応速度
2.5　自由エネルギーと相平衡	第４章　化学平衡
2.6　気体の状態変化	第３部　無機物質
2.7　カルノーサイクル	第１章　周期表と元素の分類
2.8　熱力学線図と低温の発生原理	第２章　非金属元素
3.　気体の化学反応	第３章　典型金属元素
3.1　化学反応と熱	第４章　遷移元素
3.2　化学平衡	第５章　生活と無機物質
3.3　反応速度	第４部　有機化合物
3.4　高圧化学反応	第１章　有機化合物の特徴と分類
4.　燃料爆発	第２章　脂肪族炭化水素
4.1　燃焼・爆発とは	第３章　酸素を含む脂肪族化合物
	第４章　芳香族化合物
	第５章　生活と有機化合物

4.2　燃焼・爆発の反応と発火 4.4　燃焼・爆発危険性の評価 4.5　燃焼・爆発の影響と事故例 5.　ガス各論 5.1　可燃性ガスおよび支燃性ガス 5.2　毒性ガス 5.3　不燃性ガス 5.4　フルオロカーボン 5.5　特殊高圧ガス 6.　流動・伝熱・分離 6.1　化学プロセスと流動・伝熱・分離 6.2　流体の流れ 6.3　伝熱 6.4　分離 7.　材料の力学と強度 7.1　変形と破壊 7.2　強度設計の基本事項 7.3　胴と管の強度 8.　高圧装置用材料 8.1　材料の構造概説 8.2　金属材料 8.3　非金属材料 9.　材料の劣化 9.1　腐食概説 9.2　湿食 9.3　乾食 9.4　防食法 9.5　材料の摩耗とエロージョン 10.　高圧設備 10.1　溶接加工と非破壊試験 10.2　高圧装置 10.3　計装 10.4　圧縮機・ポンプ・冷凍機 10.5　流体の漏えい防止	第５部　高分子材料 第１章　天然高分子化合物 第２章　合成高分子化合物 第３章　生活と高分子化合物

参考Ｃ－７　乙種化学（機械）講習で使用するテキストと甲種化学（機械）講習で使用するテキストの比較

甲種化学（機械）講習のテキストについて、同様に大学で使用されるテキストと比較すべきところではあるが、大学で学ぶ応用化学（機械の場合は機械工学）については、学校および専攻する分野によってバラツキがあり、一つのテキストを例にとって比較することが難しいため、ここでは、乙種化学（機械）講習のテキストと比較することとした。その内容を下記に示す。甲種化学（機械）講習にテキストでは、「2.　気体の熱力学」、「3.　気体の化学反応」、「4.　爆発・燃焼」、「5.　毒性ガス」、「6. ガス各論」、「8. 材料の力学と強度」などの項目について、乙種化学（機械）講習のテキストに比べ、項目を整理、細分化し、高圧ガスの製造に必要な高度の応用化学（機械の場合は機械工学）について学べるような構成となっており、妥当なものであると考える。

甲種化学（機械）講習で使用するテキスト 「高圧ガス保安技術　第１７次改訂版」 A4 版 355 ページ （学識に関する項目について抜粋）	乙種化学（機械）講習で使用するテキスト 「中級　高圧ガス保安技術　第１７次改訂版」 A4 版 270 ページ （学識に関する項目について抜粋）
1.　気体の一般的性質 1.1　理想気体の性質 1.2　実在気体の性質 1.3　気体と液体の平衡と諸性質	1.気体の一般的性質 1.1　理想気体の性質 1.2　実在気体の性質 1.3　気体と液体の平衡と性質
2.　気体の熱力学 2.1　エネルギーの保存則 2.2　熱力学の第二法則 2.3　エントロピー 2.4　自由エネルギーと化学ポテンシャル 2.5　気体の状態変化 2.6　カルノーサイクル 2.7　熱力学の諸関係式 2.8　実在気体のフガシティー 2.9　熱力学線図	2.　気体の熱力学 2.1　熱力学の第一法則 2.2　エンタルピーと熱容量 2.3　熱力学の第二法則 2.4　エントロピー 2.5　自由エネルギーと相平衡 2.6　気体の状態変化 2.7　カルノーサイクル 2.8　熱力学線図と低温の発生原理

3.　気体の化学反応 3.1　化学量論 3.2　熱化学 3.3　化学平衡 3.4　反応速度 3.5　高圧反応	3.　気体の化学反応 3.1　化学反応と熱 3.2　化学平衡 3.3　反応速度 3.4　高圧化学反応
4.　燃焼・爆発 4.1　燃焼・爆発とは 4.2　燃焼・爆発の反応 4.3　燃焼・爆発の発生 4.4　燃焼・爆発危険性の評価と予測 4.5　燃焼・爆発の影響 4.6　爆発事故とその実例	4.　燃料爆発 4.1　燃焼・爆発とは 4.2　燃焼・爆発の反応と発火 4.4　燃焼・爆発危険性の評価 4.5　燃焼・爆発の影響と事故例
5.　毒性ガス 5.1　高圧法で定義されている毒性ガス 5.2　気体の毒性 5.3　毒性ガスによる事故例	5.　ガス各論 5.1　可燃性ガスおよび支燃性ガス 5.2　毒性ガス 5.3　不燃性ガス 5.4　フルオロカーボン 5.5　特殊高圧ガス
6.　ガス各論 6.1　水素、一酸化炭素および二酸化炭素 6.2　酸素、窒素および希ガス 6.3　炭化水素ガス 6.4　アンモニア及び窒素化合物 6.5　硫黄化合物 6.6　塩素および塩素化合物 6.7　臭素化合物 6.8　フッ素およびフッ素化合物 6.9　特殊材料ガス	
7.　流動・伝熱・分離 7.1　流体の流れ 7.2　伝熱 7.3　分離	6.　流動・伝熱・分離 6.1　化学プロセスと流動・伝熱・分離 6.2　流体の流れ 6.3　伝熱 6.4　分離

8.　材料の力学と強度 　8.1　変形と破壊 　8.2　設計の基本事項 　8.3　円筒胴の強度 　8.4　球形胴の強度 　8.5　鏡板、平板、管の強度 9.　高圧装置用材料 　9.1　金属材料 　9.2　非金属材料 10.　材料の劣化 　10.1　材料の経年劣化 　10.2　腐食と防食 　10.3　摩耗とエロージョン 11.　高圧設備 　11.1　高圧設備の設計・製作・検査 　11.2　加工 　11.3　高圧装置 　11.4　計測機器 　11.5　圧縮機とポンプ 　11.6　流体の漏えい防止 　11.7　低温装置 　11.8　計装	7.　材料の力学と強度 　7.1　変形と破壊 　7.2　強度設計の基本事項 　7.3　胴と管の強度 8.　高圧装置用材料 　8.1　材料の構造概説 　8.2　金属材料 　8.3　非金属材料 9.　材料の劣化 　9.1　腐食概説 　9.2　湿食 　9.3　乾食 　9.4　防食法 　9.5　材料の摩耗とエロージョン 10.　高圧設備 　10.1　溶接加工と非破壊試験 　10.2　高圧装置 　10.3　計装 　10.4　圧縮機・ポンプ・冷凍機 　10.5　流体の漏えい防止

付録書Ｄ

参考Ｄ－１　高圧ガス保安法

（保安統括者、保安技術管理者及び保安係員）

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

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

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

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

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

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

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

6　第一項第一号又は第二号に掲げる者は、第三項又は第四項の規定による保安技術管理者又は保安係員の選任又はその解任について、経済産業省令で定めるところによ

り、都道府県知事に届け出なければならない。

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

（保安主任者及び保安企画推進員）

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

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

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

（製造保安責任者試験及び販売主任者試験）

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

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

3　協会又は経済産業大臣が指定する者(以下「指定講習機関」という。)が経済産業省令で定めるところにより行う講習の課程を修了した者については、経済産業省令で定めるところにより、製造保安責任者試験又は販売主任者試験の全部又は一部を免除する。

4　前三項に定めるもののほか、製造保安責任者試験又は販売主任者試験の試験科目、

受験手続その他の細目及び前項の指定に関し必要な事項は、経済産業省令で定める。

（許可の取消し等）

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

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

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

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

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

五　第六十五条第一項の条件に違反したとき。

六　第七条第二号から第四号までに該当するに至つたとき。

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

一　第十二条第三項、第十五条第二項、第十八条第三項、第二十条の六第二項、第二十四条の三第三項、第三十四条若しくは次条第一号若しくは第三号の規定による命令又は同条第二号の規定による禁止若しくは制限に違反したとき。

二　第二十八条第一項又は第二項の規定に違反したとき。

（業務の範囲）

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

う。

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

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

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

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

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

四の二の二　第五十六条の六の十四第二項の特定設備基準適合証の交付を行うこと。

四の二の三　指定設備の認定を行うこと。

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

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

四の四　第二十九条の二第一項若しくは第三十一条の二第一項又は液化石油ガス法第三十八条の四の二第一項若しくは液化石油ガス法第三十八条の六第一項の規定

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

五　削除

六　高圧ガスの保安に関する教育を行うこと。

七　前各号の業務に附帯する業務

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

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

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

参考Ｄ－２　一般高圧ガス保安規則

（車両に固定した容器による移動に係る技術上の基準等）

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

（略）

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

イ　圧縮ガスのうち次に掲げるもの(ハに掲げるものを除く。)

（イ）　容積三百立方メートル以上の可燃性ガス及び酸素

（ロ）　容積百立方メートル以上の毒性ガス

ロ　液化ガスのうち次に掲げるもの(ハに掲げるものを除く。)

（イ）　質量三千キログラム以上の可燃性ガス及び酸素

（ロ）　質量千キログラム以上の毒性ガス

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

ハ　特殊高圧ガス

（略）

（取扱主任者の選任）

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

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

ニ　学校教育法による大学若しくは高等専門学校又は従前の規定による大学若しく

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

参考Ｄ－３　高圧ガス保安法に基づく高圧ガス製造保安責任者試験等に関する規則

（協会又は指定講習機関が行う講習の方法）

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

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

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

2　次の表の上欄に掲げる製造保安責任者試験に合格した者に対して協会又は指定講習機関が行う同表の下欄に掲げる講習についての前項の規定の適用については、その者は、講習科目のうち法に係る法令についての講習を受けたものとみなす。

試験の種類	講習

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

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

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

(協会又は指定講習機関が行う技術検定)

第五条　協会又は指定講習機関は、前条の規定による講習を受けた者に対して、その講習に係る高圧ガスの製造又は販売に必要な保安管理の技術及び高圧ガスの製造に必要な応用化学又は機械工学について技術検定を行わなければならない。

（協会又は指定講習機関が行う講習の場所等）

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

（指定講習機関の指定の申請）

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

一　名称及び住所並びに代表者の氏名

二　講習の業務を行う事務所の名称及び所在地

三　講習の業務を開始しようとする年月日

2　前項の申請書には、次に掲げる書類を添付しなければならない。

一　定款及び登記事項証明書

二　申請の日を含む事業年度の前事業年度における財産目録及び貸借対照表

三　申請の日を含む事業年度及び翌事業年度における事業計画書及び収支予算書

四　次の事項を記載した書類

イ　役員の氏名及び略歴並びに一般社団法人にあつては社員の氏名又は名称

ロ　講習に用いる施設及び機械、器具その他の設備の種類及び数

ハ　講師の氏名、略歴及び担当する講習の科目

ニ　講習の業務以外の業務を行つているときは、その業務の種類及び概要

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

（研修科目、範囲及び時間）

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

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

	三　現に省令第六十六条の二第一項第一号、第三号、第五号又は第六号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号の科目
三　省令第六十六条の二第一項第三号に規定する区分	別表第三に掲げる研修であって、協会又は検査組織等調査機関(同表第一号及び第四号の科目の研修にあっては、検査組織等調査機関としての指定を受けようとする者を含む。)が行うもの。ただし、次の各号に掲げる者にあっては、それぞれ当該各号に掲げる科目の研修を受けることを要しない。 一　省令第六十六条の四第一項第三号イに掲げる者　同表第二号及び第三号の科目 二　現に省令第六十六条の二第一項第一号の区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号、第二号及び第三号の科目 三　現に省令第六十六条の二第一項第二号、第四号、第五号又は第六号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号の科目
四　省令第六十六条の二第一項第四号に規定する区分	別表第四に掲げる研修であって、協会又は検査組織等調査機関(同表第一号及び第四号の科目の研修にあっては、検査組織等調査機関としての指定を受けようとする者を含む。)が行うもの。ただし、次の各号に掲げる者にあっては、それぞれ当該各号に掲げる科目の研修を受けることを要しない。 一　省令第六十六条の四第一項第四号イに掲げる者　同表第二号及び第三号の科目 二　現に省令第六十六条の二第一項第四号の区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号、第二号及び第三号の科目 三　現に省令第六十六条の二第一項第一号、第三号、第五号又は第六号のいずれかの区分に係る統括検査組織等調査員として選任されている者　同表第一号の科目
五　省令第六十六条の二第一項第	別表第五に掲げる研修であって、協会又は検査組織等調査機関(同表第一号及び第三号の科目の研修にあっては、検査組織等調査機

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

〇一般高圧ガス保安規則の運用及び解釈について

第８条関係

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

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

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

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

参考Ｄ－５　高圧ガス保安協会業務方法書

（高圧ガス製造保安係員等の講習）

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

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

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

３ 協会は、前項の調査を受けた者に対して、当該講習を修了したことを証し、高圧ガス製造保安係員講習及び高圧ガス製造保安主任者講習の場合にあっては高圧ガス製造保安責任者免状にその旨を裏書し、高圧ガス製造保安企画推進員講習の場合にあっては高圧ガス製造保安責任者免状にその旨を裏書し、

又は当該講習修了証を交付するものとする。

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

（試験科目免除講習）

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

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

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

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

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

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

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

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

付録書Ｅ

付録書E

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

E－１　丙種化学特別講習　法令　教材一例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者

丙種化学（特別）講習

法令

高圧ガス保安協会

The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造保安責任者免状と保安統括者等

2

製造保安責任者免状 ＼ 保安統括者等		保安統括者	保安技術管理者	保安主任者	保安企画推進員	保安係員
甲種化学・甲種機械		免状不要	○	○	免状不要 • 保安技術管理者３年以上 • 保安主任者等５年以上 • 保安係員等７年以上	○
乙種化学・乙種機械	丙種化学（液石丙化）		△ 保安用不活性ガス以外のガスの処理能力100（貯槽有・充填200）万m³未満（不活性ガス・空気は各４倍の数値）に限り、液石丙化は液化石油ガスに限る。	○ 液石丙化は液化石油ガスに限る。		○
丙種化学			×	×		○

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

高圧法令受講の意義（1）

法第31条、
試験則第８条、９条１項、２項

1. 製造保安責任者試験における試験科目

① 甲、乙、丙種（特別）化学製造保安責任者
1）高圧法に係る法令
2）高圧ガスの製造に必要な[化学に関する高度の(甲)、化学に関する通常の(乙)、基礎的な(丙)]保安管理技術
3）高圧ガスの製造に必要な[高度の応用化学(甲)、通常の応用化学(乙)、基礎的な応用化学及び機械工学(丙)]

② 甲、乙種機械製造保安責任者
1）高圧法に係る法令
2）高圧ガスの製造に必要な機械に関する[高度の(甲)、通常の(乙)]保安管理技術
3）高圧ガスの製造に必要な[高度の(甲)、通常の(乙)]機械工学

2. 製造保安責任者試験の受験方法

① 1. ①又は②のうち 1)～3)の全科目受験
② 科目免除受験 1. ①又は②のうち 1)の高圧法に係る法令のみ受験

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧法令受講の意義（2）

法第31条第3項、
試験則第4条、5条、8条

1．製造保安責任者試験における受験科目免除講習

① 甲、乙種化学(機械)、丙種(特別)化学講習

1）高圧法に係る法令　7時間以上

2）高圧ガスの製造に必要な[化学(機械)に関する高度の(甲)、化学(機械)に関する通常の(乙)、基礎的な(丙)]保安管理技術　7時間以上

3）高圧ガスの製造に必要な[高度の応用化学(機械工学)(甲)、通常の応用化学(機械工学)(乙)、基礎的な応用化学及び機械工学(丙)]　7時間以上

受講

② 甲、乙種化学(機械)、丙種化学特別技術検定

2）高圧ガスの製造に必要な[化学(機械)に関する高度の(甲)、化学(機械)に関する通常の(乙)、基礎的な(丙)]保安管理技術

3）高圧ガスの製造に必要な[高度な応用化学(機械工学)(甲)、通常の応用化学(機械工学)(乙)、基礎的な応用化学及び機械工学(丙)]

合格

2．製造保安責任者試験における受験科目

1．　①1）　高圧法に係る法令

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法令等の構成

5

法律 → 国会の議決を経て、制定・改廃されるもの
（条文例　　Ａは知事の許可を受けなければならない。）

政令（施行令） → 内閣が定め、官報に公示
（条文例　　許可を受けるべき設備の規模はＢである。）

省令（規則） → 法律を所管する各省の大臣が定め、官報に公示
（条文例　　許可に係る技術上の基準はＣである。）

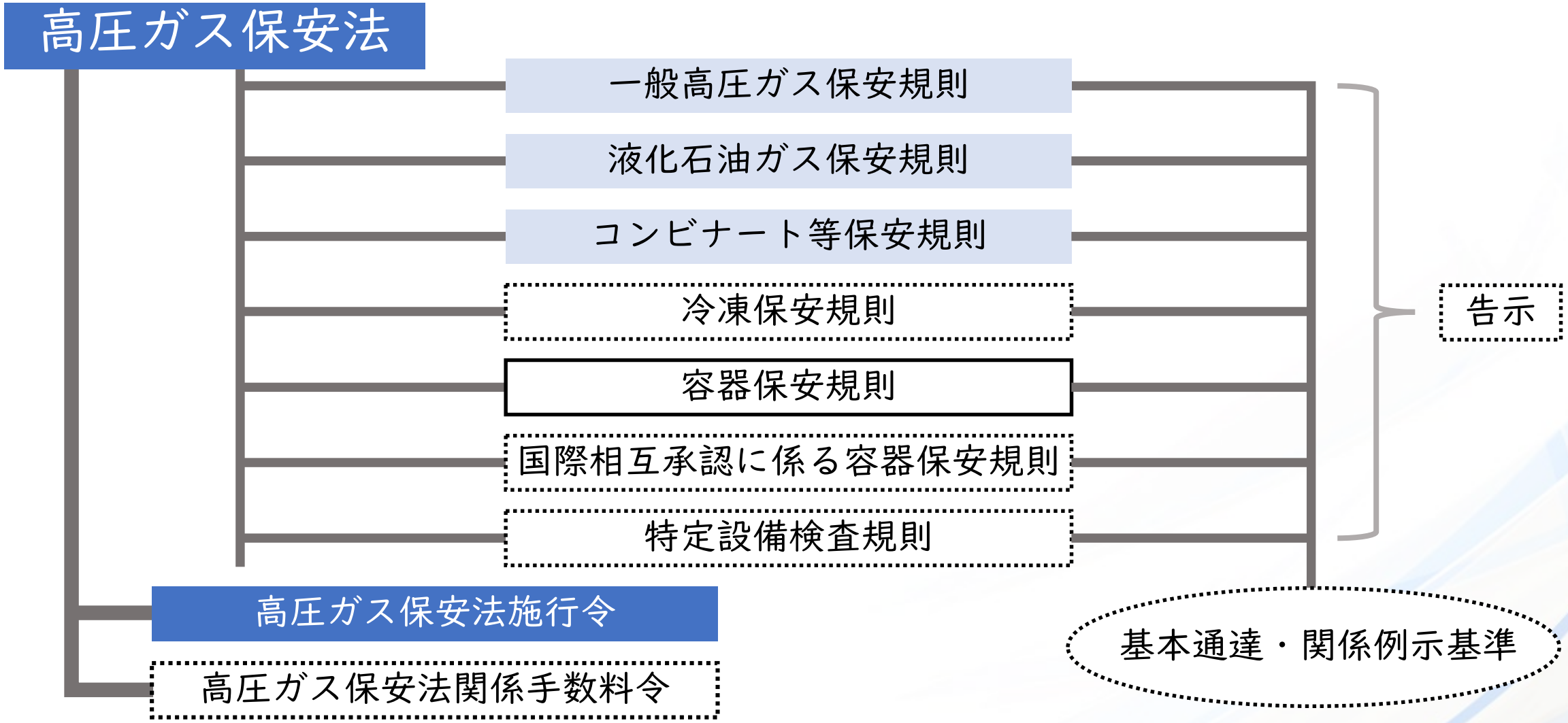
告示 → 法律を所管する各省の大臣が定め、官報に公示
（条文例　　Ｃの基準中必要に応じさらに細目基準Ｄを示す。）

規則関係例示基準（通達） → Ｃに適合する具体的な基準（ひとつの基準例）Ｅを示す。

通達（内規） → 法律、省令、告示等の運用解釈を明確にするために各省庁が法律を所掌する都道府県等に対して発したもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

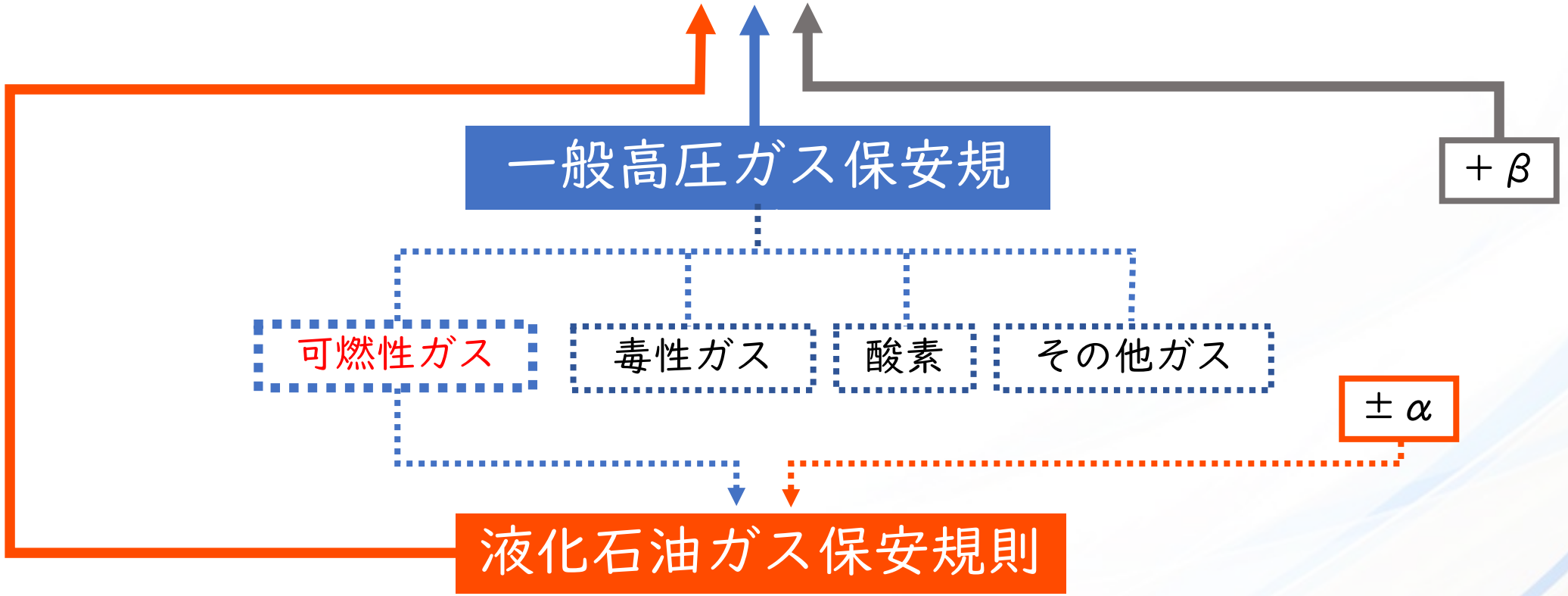
高圧ガス保安法令の構成（主要なもの）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

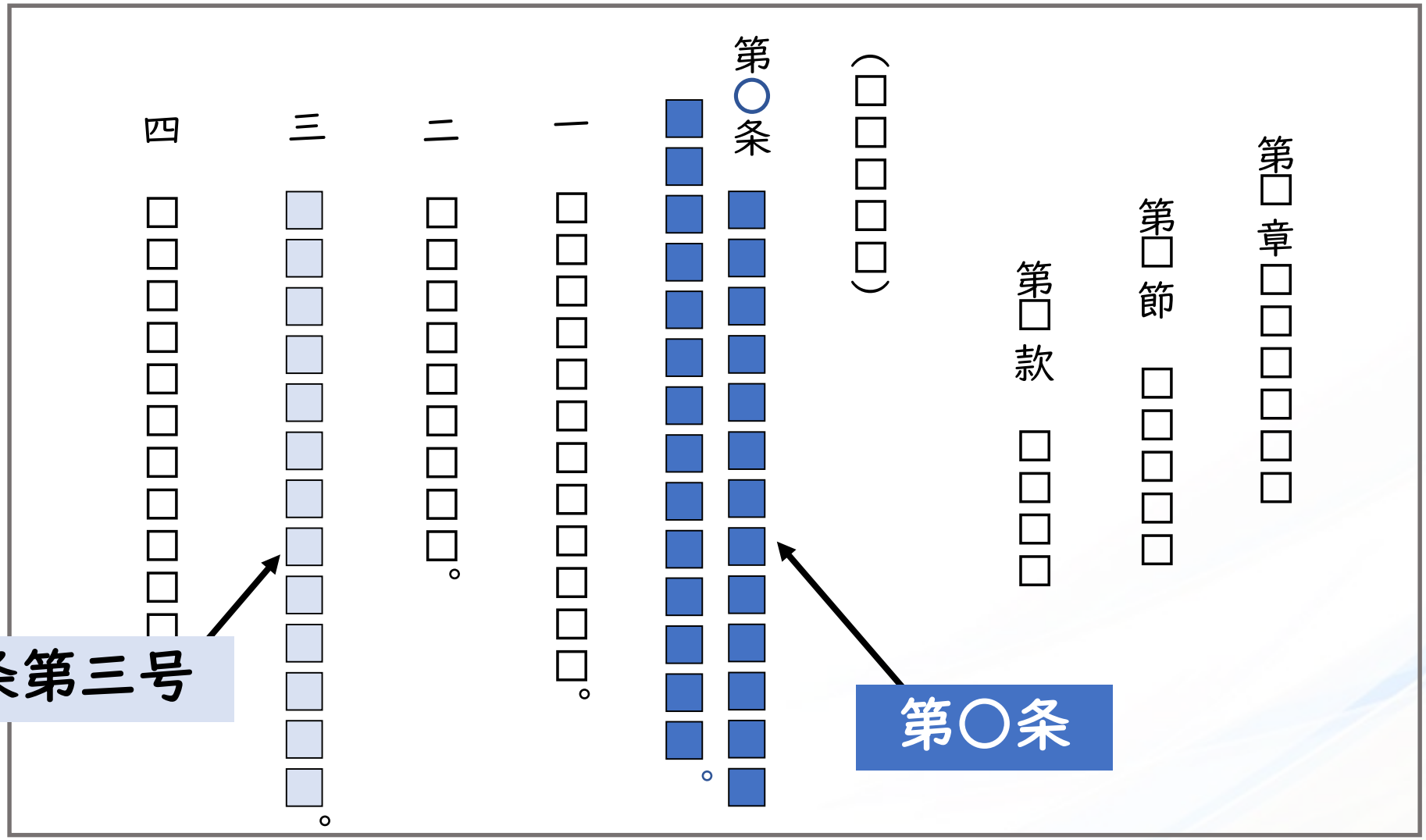
各保安規則の関連

コンビナート等保安規則
（適用対象は、定置式製造設備を有する第一種製造者のうち、
コンビ則第２条第１項第22号の規定に該当する「特定製造事業所」のみ）



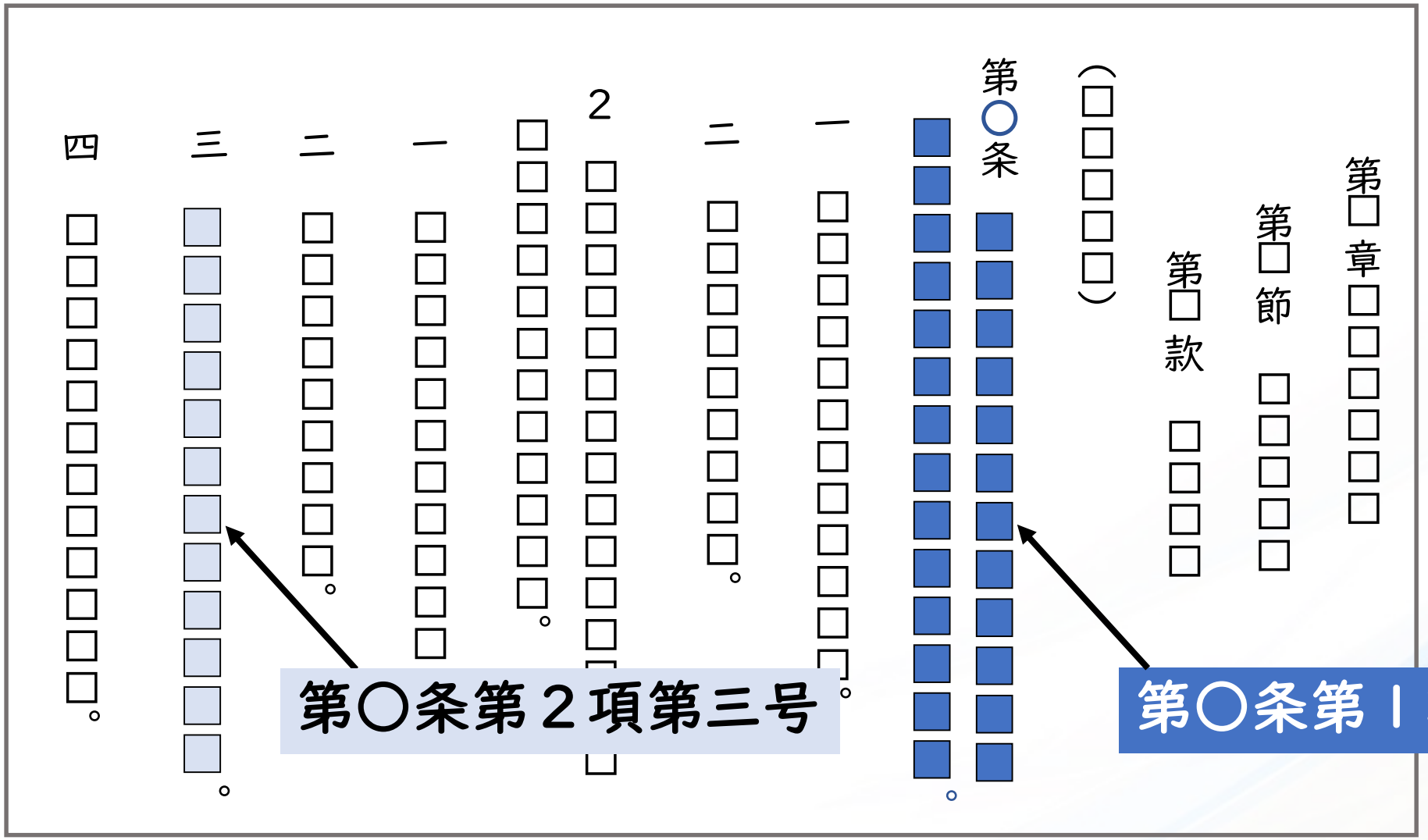
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

条項号の呼び方の例（1）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

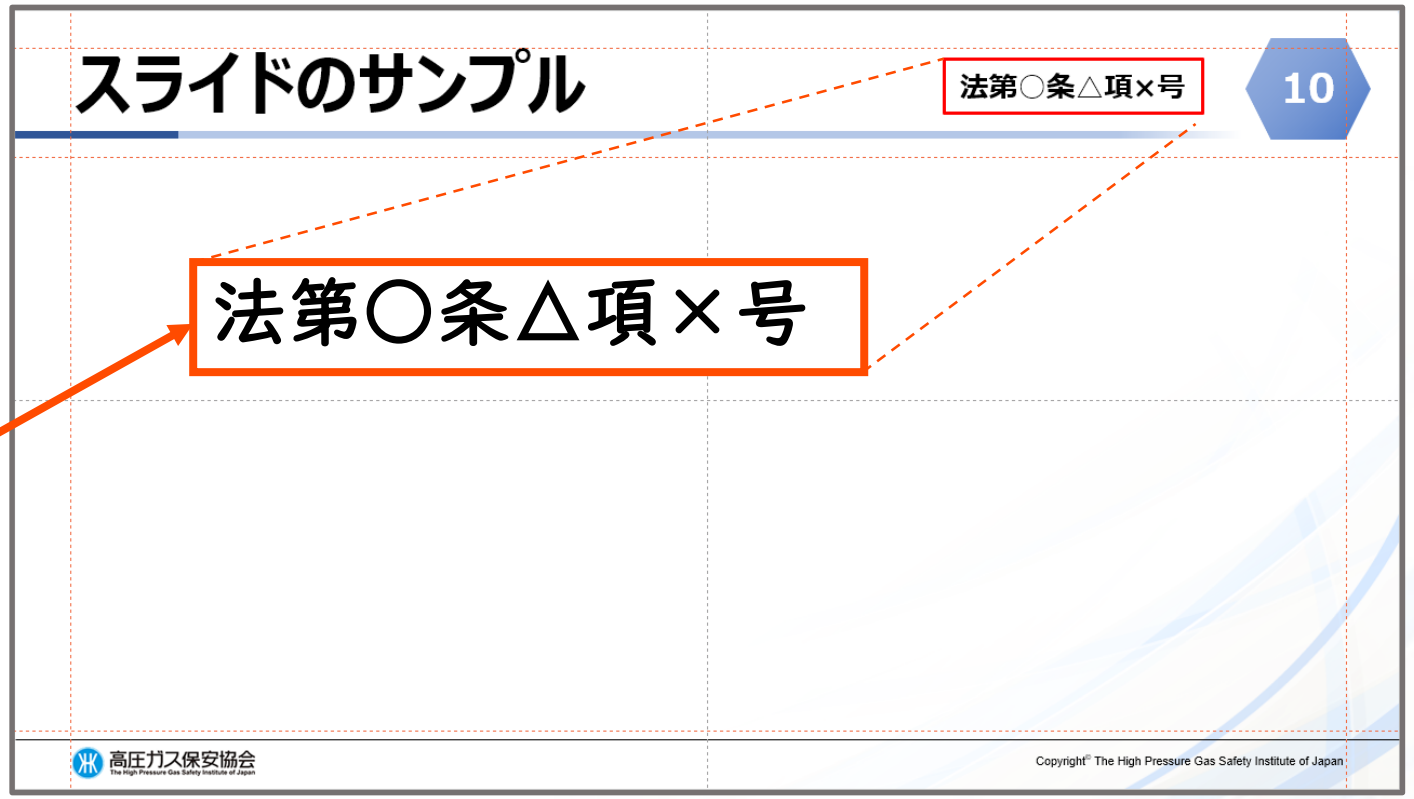
条項号の呼び方の例（2）



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

スライド上の条文表記

10



根拠条文

- 法：　法律
- 政：　政令
- 一般：　一般高圧ガス保安規則
- 液石：　液化石油ガス保安規則
- コンビ：　コンビナート等保安規則
- 容器：　容器保安規則

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の目的と主な規制事項等

法 第1条

高圧ガスによる災害を防止して公共の安全を確保する

保安規制

高圧ガスの取扱

- 製造
- 貯蔵
- 販売
- 移動
- 輸入
- 消費
- 廃棄

容器

- 製造
- 取扱

自主保安活動の促進

民間事業者

- 危害予防規程
- 保安教育
- 保安管理体制
- 定期自主検査
- 危険時の措置等
- 火器等の制限

別途保安検査受検規制がある

高圧ガス保安協会

- 保安に関する調査・研究・指導（講習会、後援会、出版事業など）
- 検査（完成検査、保安検査、輸入検査、容器検査、付属品検査、特定設備検査など）
- 資格試験事務等

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造とは（法第5条関係（6）通達）（内規）

法第１条、第５条

12

- **圧力を変化させる場合**
  - 高圧ガスでないガスを高圧ガスに！ ---- 圧縮機等
  - 高圧ガスをさらに昇圧！ ---- 圧縮機等
  - 高圧ガスを圧力の低い高圧ガスに降圧！ ---- 減圧弁等
  - 高圧ガス状態の液化ガスをポンプ又は気体によりさらに加圧! ---- ポンプ・CE等
- **状態を変化させる場合**
  - ガスを液化させ、高圧ガス状態の液化ガスに！ ---- 液化機等
  - 高圧ガス状態の液化ガスを気化させ、高圧ガスに！ ---- 気化器等
- **容器に高圧ガスを充填する場合** ---- 充填機・移充填等

高圧ガスを蓄圧せず、火薬類を消費することによって高圧ガスを瞬間的に生成することは、高圧ガスの製造には該当しない。また、樹脂、ゴム及び金属の内部に高圧ガスを一時的に留めて成形又は加工に用いる金型等へ当該ガスを充填することは、高圧ガスの製造には該当しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義

法第2条1～4号政第1条

13

高圧ガスの区分	定義	具体的なガス名(例)
〔法第2条第1号〕 圧縮ガス （圧縮アセチレンガスを除く。）	①常用の温度で1MPa以上であって、現に1MPa以上	アルゴン、一酸化炭素、空気、酸素、水素、窒素、ヘリウム、メタンほか
	②温度35℃において1MPa以上	
〔法第2条第2号〕 圧縮アセチレンガス	①常用の温度で0.2MPa以上であって、現に0.2MPa以上	アセチレン
	②温度15℃において0.2MPa以上	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの定義

法第2条1～4号政第1条

14

高圧ガスの区分	定義	具体的なガス名(例)
〔法第2条第3号〕 液化ガス	①常用の温度で0.2MPa以上であって、現に0.2MPa以上	（いずれも「液化」を冠す）アンモニア、塩素、二酸化硫黄、二酸化炭素、液化石油ガス、フルオロカーボン、酸素、窒素、アルゴンほか
	②0.2MPaとなる温度が35℃以下	
〔法第2条第4号〕 第2号に掲げるものを除くほか、右の定義に該当する液化ガス	35℃で0Paを超える液化ガスで政令（第1条）で指定	液化シアン化水素 液化ブロムメチル 液化酸化エチレン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧力のSI単位

$$Y\ (Mpa) = X\ (kgf/cm^2) \times (9.80665 \times 10^{-2})$$

1(Mpa) ＝ 10.2(kgf／cm²)

（メガパスカル）

圧力単位の大きさの目安

1MPaは、重さ1トン程度の自動車を片手に載せたときの、その掌(面積が100cm²と仮定)にかかる圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは（圧縮ガス）

法第２条１、２号

16

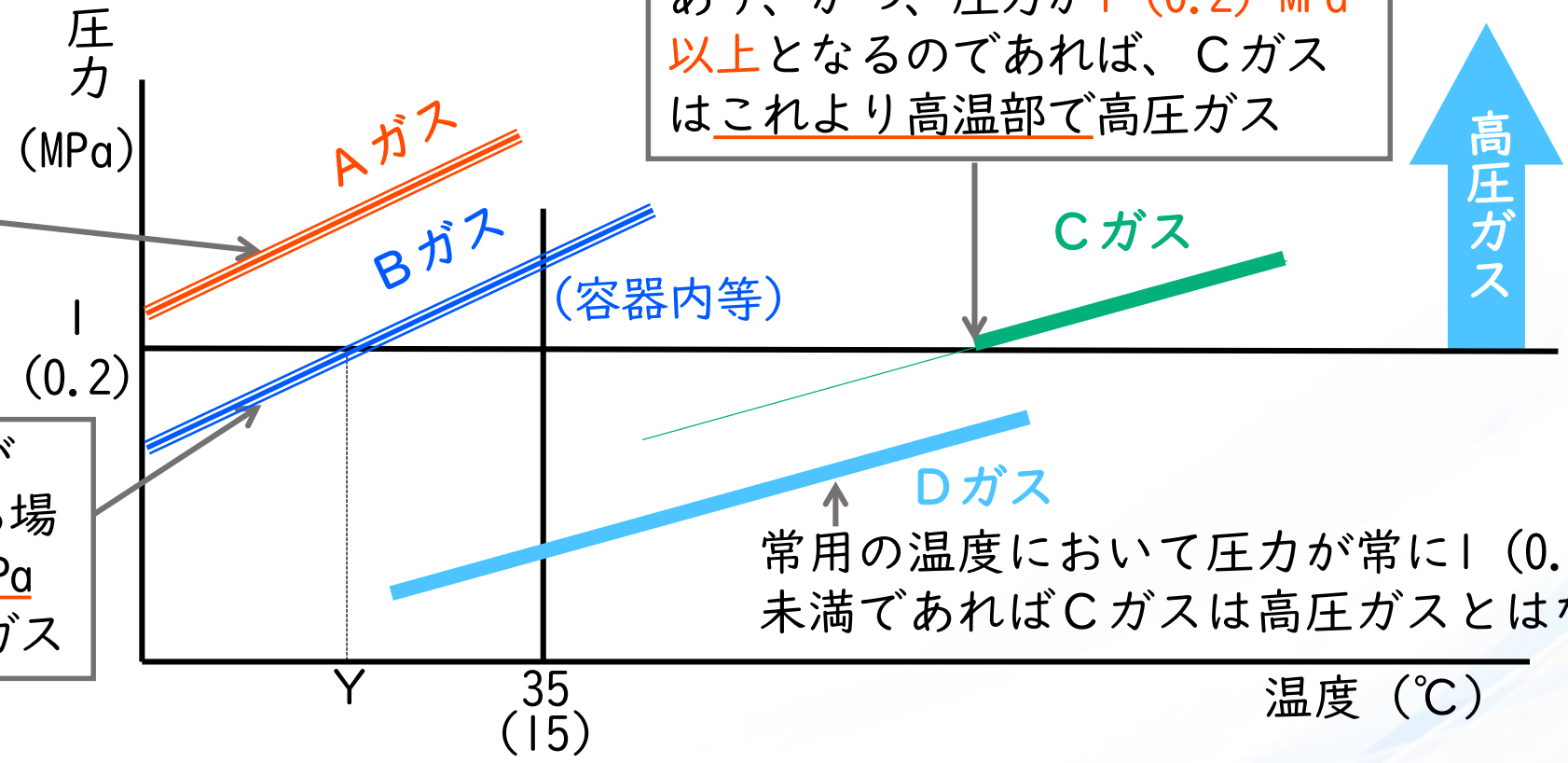
圧縮ガス

常用の温度において圧力が常に１（0.2）MPa以上であればＡガスは高圧ガス

温度35（15）度で圧力が１（0.2） MPa以上となる場合、Bガスは１（0.2） MPa未満の部分を含め高圧ガス

これより高温部が常用の温度であり、かつ、圧力が１（0.2）MPa以上となるのであれば、Ｃガスはこれより高温部で高圧ガス

（ ）内の数値は、圧縮アセチレンガス



常用の温度

設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

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

高圧ガスとは（液化ガス）

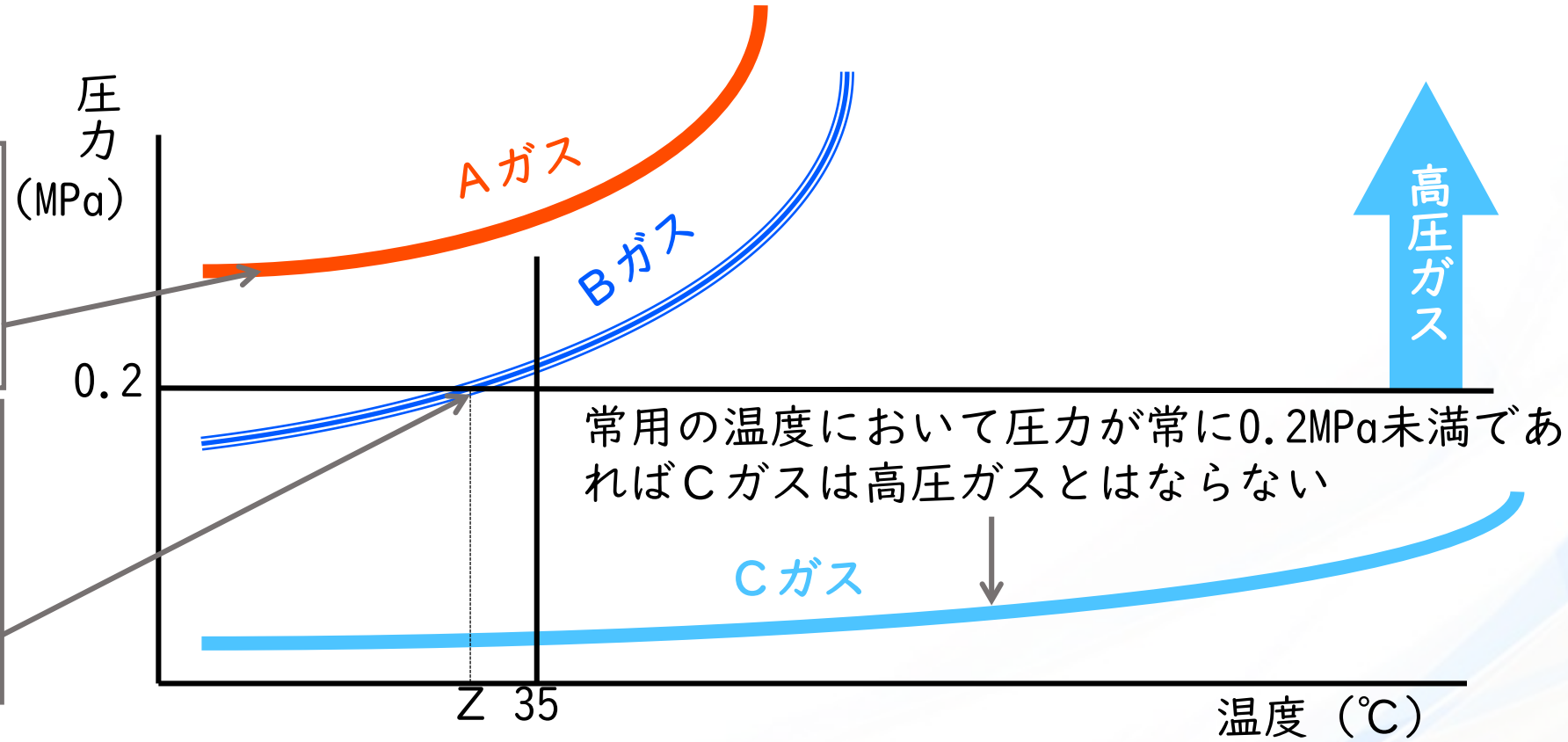
法第2条3号

17

液化ガス

常用の温度において圧力が常に0.2MPa以上であればＡガスは高圧ガス

圧力が0.2MPaとなる場合の温度が35度以下であればＢガスは0.2MPa未満の部分を含め高圧ガス



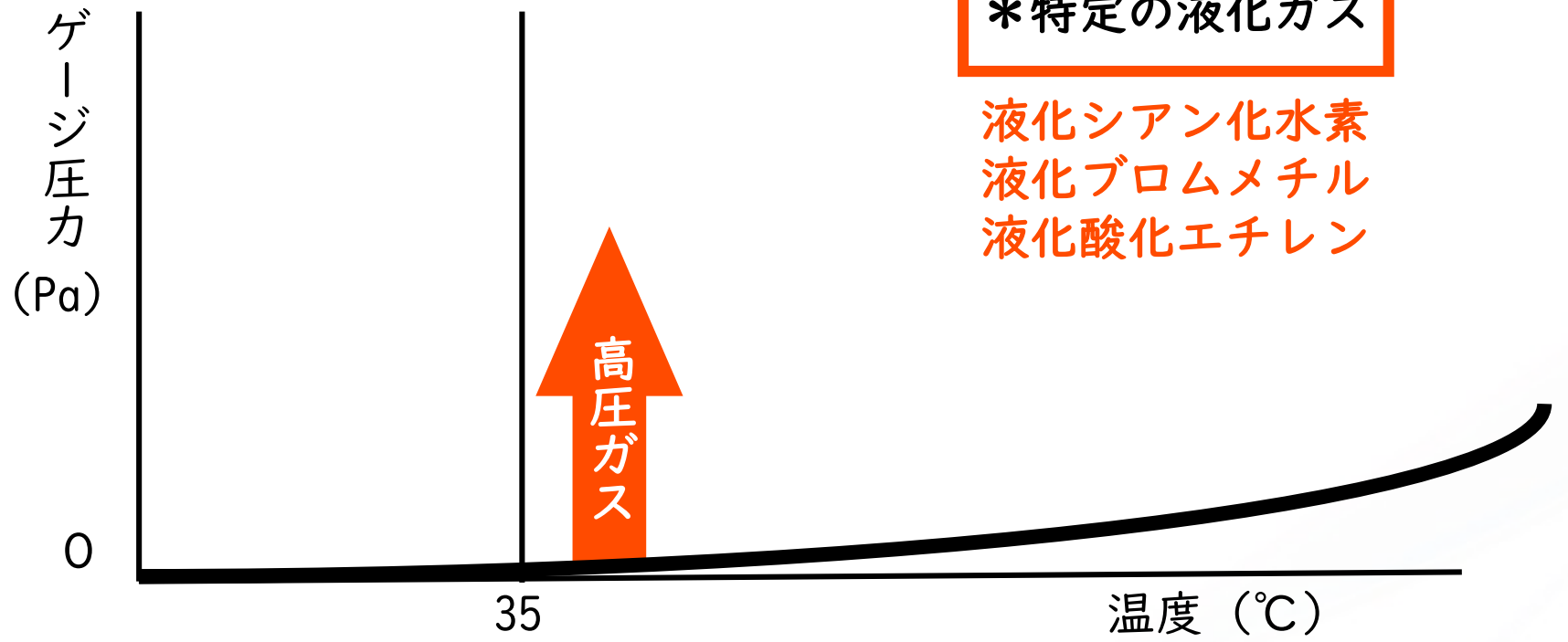
常用の温度

設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

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

高圧ガスとは（特定の液化ガス）

法第2条4号
政第1条



＊特定の液化ガス

液化シアン化水素
液化ブロムメチル
液化酸化エチレン

特定の液化ガス（３種類）の場合は、温度35度において
圧力0パスカルを超えるものであれば「高圧ガス」と定義される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガスの定義（法第2条関係基本通達）

「液化ガス」とは、現に液体であって次のいずれかに該当するものをいう。

① 大気圧下における沸点（当該液体が純物質か混合物であるか否かにかかわらず、当該液体の蒸気圧が大気圧と等しくなる温度をいう。以下②において同じ。）が40℃以下のもの

② 大気圧下における沸点が40℃を超える液体が、その沸点以上かつ1 MPa以上の状態にある場合のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

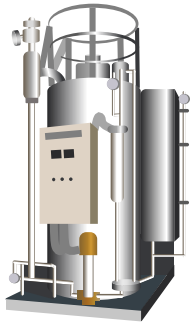
液化ガスとは

貯槽、容器、配管内等における液相部を有するガスは、液相部及び気相部を併せて「液化ガス」として取り扱う。

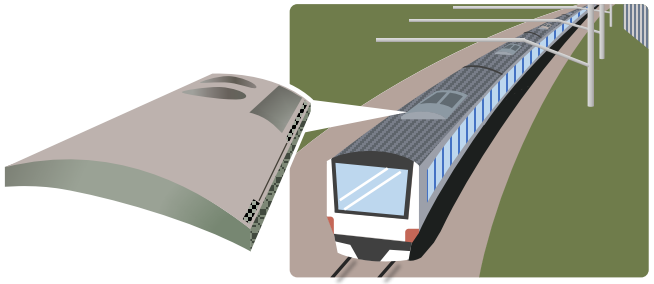
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法の適用を除外される主なもの（１）

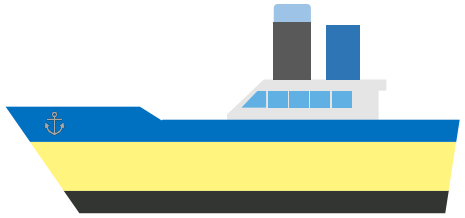
法第３条
政第２条



高圧ボイラー・同導管内の高圧蒸気

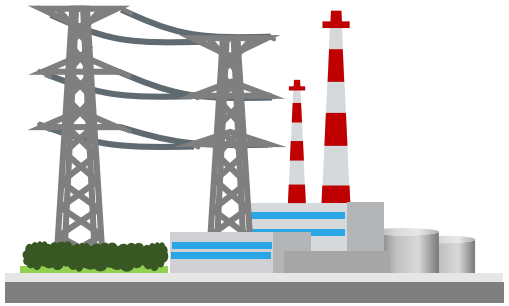


鉄道車両のエアコン内の高圧ガス

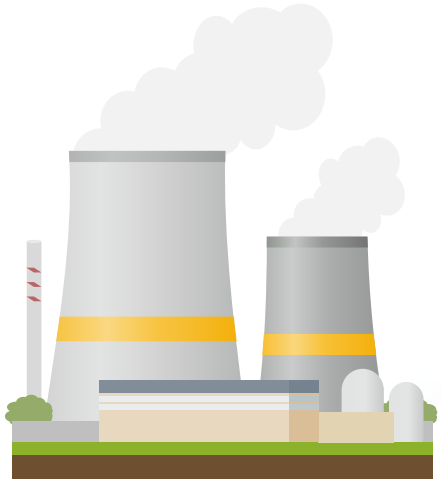


船舶内の高圧ガス

航空機内の高圧ガス



電気工作物内の高圧ガス



原子炉・同附属施設内の高圧ガス

３トン（二酸化炭素、不活性のフルオロカーボンは５トン）未満の冷凍設備内の高圧ガス

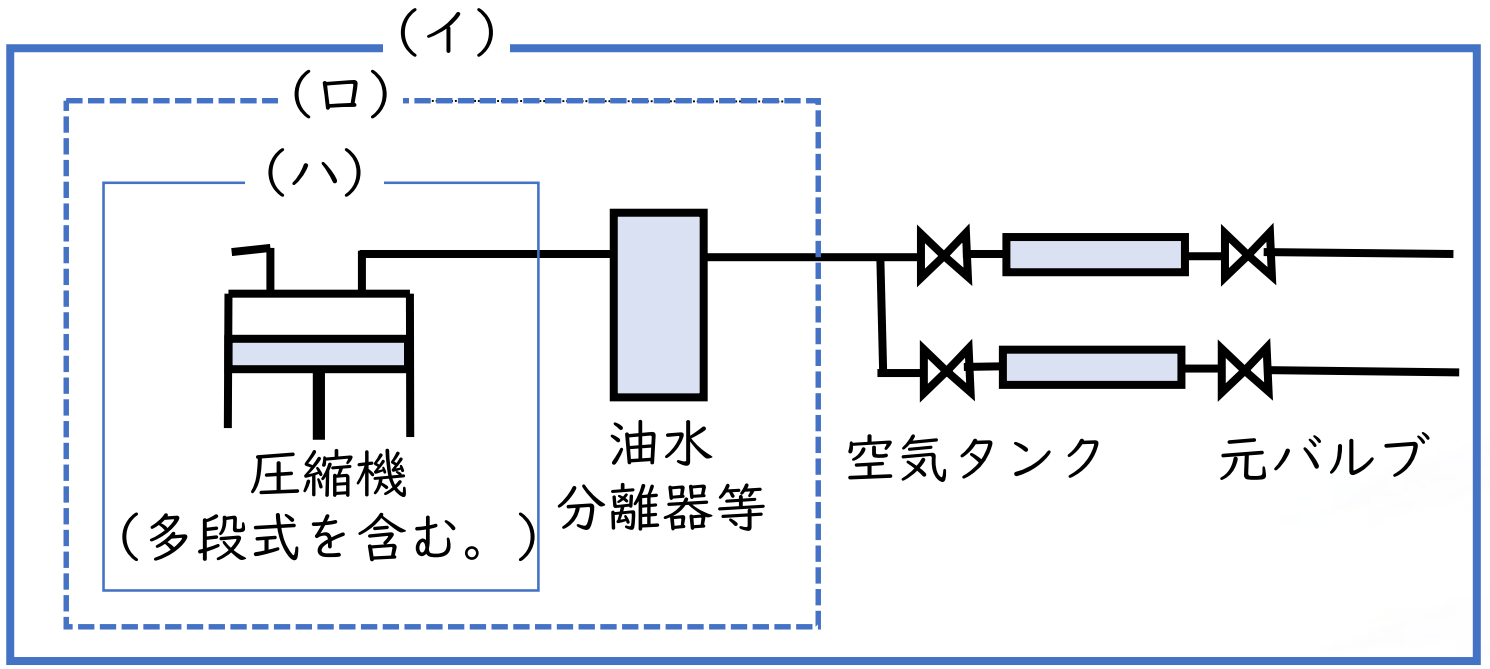
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法の適用を除外される主なもの（2）

法第３条、
政第２条３項１号、２号

① *圧縮装置内（圧縮機と同様の圧縮機構で空気を圧縮し、同装置内で加工、成形する機器類を含む。また、空気分離装置に用いられているものを除く。）の温度35℃における圧力が**５MPa以下の空気**

② 圧縮装置（空気分離装置に用いられているものを除く。設置条件有り。）内の温度35℃における圧力が**５MPa以下の不活性ガス**



＊ 圧縮装置とは、設備の配置からみて一体として管理されるものとして設計されたもので（イ）、（ロ）又は（ハ）の範囲内の装置をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

法の適用を除外される主なもの（３）

法第3条、
政第2条3項5号、6号

① 液化ブロムメチルの製造のための設備外における当該ガス

② 常時他の設備と配管により接続されていないオートクレーブ（バッチ式反応釜）内における高圧ガス（ただし、水素、アセチレン及び塩化ビニルを除く。→適用除外されない！）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの（4）

法第３条、　政第２条３項９号

24

ガスを圧縮、液化その他の方法で処理する設備内の高圧ガスであって、当該設備内のガスの容積が0.15 m^3以下のもののうち、告示で定めるもの（政令第２条第３項第９号）

（施行令関係告示第４条の２）

1．分析機器内における高圧ガス（分析機器の例→超臨界流体クロマトグラフ分析装置）

2．エアバッグガス発生器内における高圧ガス

3．銃砲刀剣類所持等取締法に規定する空気銃又は準空気銃内における高圧ガス

4．消火活動のため使用される放水銃内における高圧ガス

5．3及び4に規定する空気銃、準空気銃、又は放水銃へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス

6．冷凍設備へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス

（1～6のいずれも該当条件があるが記載省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造許可・製造事業届

法第5条1項1号、2項1号

第一種製造者

処理能力が所定の値以上の設備で高圧ガスの製造をしようとする者

→ 事業所ごとに、知事等に許可申請 → 知事等の許可 → 施設の設置工事着工

第二種製造者

処理能力が所定の値未満の設備で高圧ガスの製造の事業をしようとする者

→ 事業所ごとに、事業開始の日の20日前までに知事等に届出

（注）「知事等」＝都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

処理能力の合算

法第5条1項1号、2項1号

26

事業所内製造施設の処理能力は、原則合算する。

ただし複数の処理設備がある場合、

① 同一の処理設備が並列で設置され、同時に稼働できないことが確実な場合は合算しなくてよい。

② 処理能力の値が100m³（第一種ガスの場合は300m³）未満の場合であって他の製造施設とガス設備で接続されていないもので、かつ、他の製造施設の機能に支障を及ぼすおそれのないもの等にあっては、これらの処理能力を合算しなくてよいものとする。

この場合、当該製造施設は、それぞれ法第５条第２項の適用（第二種製造者＝製造事業届出が必要）を受けることとなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所ごととは

法第５条

27

（同一敷地内）

一般ガス製造施設
（処理能力A）

指定設備の製造施設
（処理能力B）

液化石油ガス製造施設
（処理能力C）

事業所の範囲

事業所の処理能力

A＋C＝X

（処理能力が小規模で接続されていない場合等は合算しないことがあり得る。

第一種製造者相当の製造施設、第二種製造者相当の製造施設及び指定設備は、1つのものとして許可対象になる。ただし、指定設備の処理能力は加算されない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

都道府県知事の事務の指定都市への移行等

平成30年4月から、都道府県知事の行ってきた事務の大半が「指定都市」へ移行

地方自治法第252条の19第1項の指定都市とは

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、政令で指定された場合に、一般市から移行が成される。これを　**「指定都市」**という。

政令指定都市の位置。
全国に20ある。

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

指定設備とは（冷凍に係るものを除く）

法第５条、56条の7、
政第15条、一般第94条の3

29

窒素を製造するため、空気を液化して高圧ガスの製造をする設備であって、ユニット型のもののうち、経済産業大臣が定めるもの

[政令関係告示第6条第１項で、経済産業大臣が定めるものは、次のいずれにも該当する設備]
①定置式製造設備（窒素のみを製造）で、処理能力 100 ㎥/日以上のものであること。
②原料空気圧縮機の吐出圧力が、１MPa未満であること。
③原料空気の不純物を精製除去するための吸着方式の設備を有すること。
④空気液化分離器は、二重殻密閉構造のものであること。

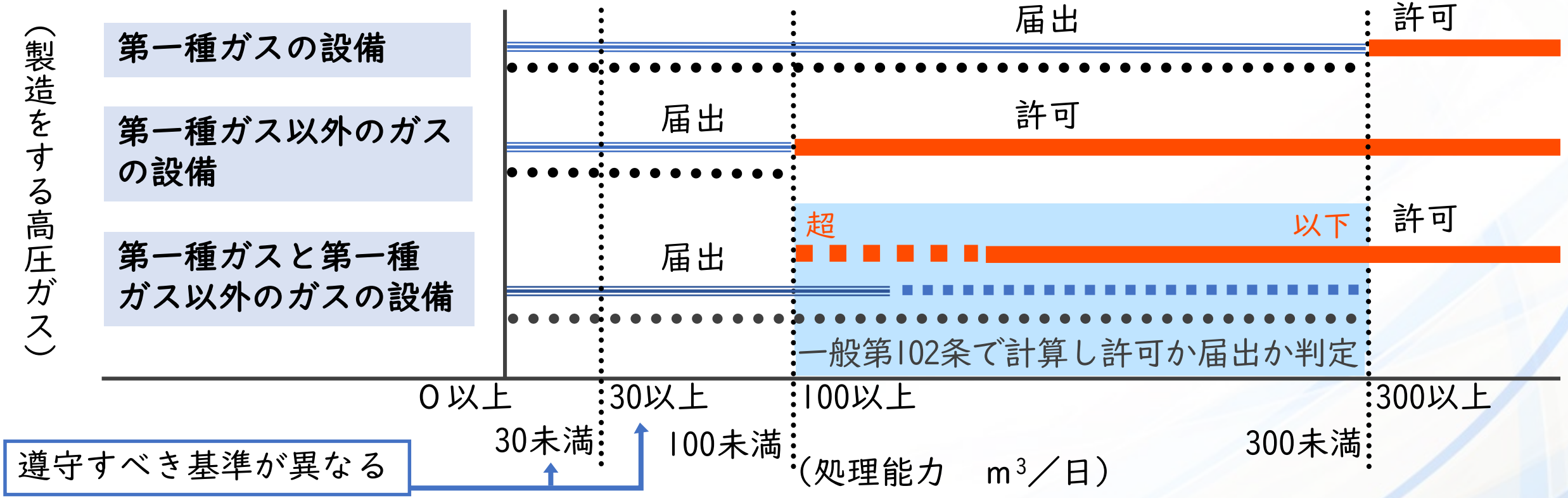
指定設備のみの事業所では、その処理能力に関係なく第二種製造者の製造設備として扱われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造事業所の許可、届出等

法第５条、政第３条、
一般第101、102条

：第一種製造者【知事等の製造許可＋製造基準の遵守】
：第二種製造者【知事等へ製造事業の届出＋製造基準の遵守】
（製造を業とする者　事業開始の日の20日前までに知事等に届出）
：製造を業としないその他の製造者【製造基準の遵守のみ】



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

処理能力算定式の例

一般第2条1項18号、液石第2条1項15号、
コンビ第2条1項19号

31

処理能力(Q)：圧縮、液化その他の方法で1日に処理することができるガスの容積（温度0℃、圧力0Paに換算した容積（m^3））（主なもの）

ポンプ　$Q_1 = W_1 \times 24 \times \rho \times 22.4 / M$

圧縮機　$Q_2 = W_2 \times 24$

蒸発器　$Q_3 = W_3 \times 24 \times 22.4 / M$

凝縮器　$Q_4 = W_4 \times 24 \times 22.4 / M$

W_1：ポンプの最大吐出し量（L／時）

W_2：圧縮機の最大吐出し量（m^3／時）

W_3：蒸発器の公称能力（ kg／時）

W_4：凝縮器の公称能力（kg／時）

ρ：液密度（kg ／ L）

M ：分子量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスとは

法第５条、政令第３条、一般則第101条

比較的災害の発生のおそれが小さいものとして指定された、
次の10種類の高圧ガス

＊ヘリウム　　＊キセノン

＊ネオン　　＊ラドン

＊アルゴン　＊空気　＊窒素

＊クリプトン　　＊二酸化炭素

＊フルオロカーボン（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

燃焼性、毒性等による区分

一般則第2条

33

可燃性ガス

一般則第２条第１項第１号に掲名したガス（アクリロニトリル以下39種類＝改正なし）及びその他のガスであって、次のイ又はロに該当するもの（フルオロオレフィン1234yf及びフルオロオレフィン1234zeを除く。）

イ　爆発限界の下限が10%以下のもの
ロ　爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの

毒性ガス

一般則第２条第１項第２号に掲名したガス（アクリロニトリル以下33種類＝改正なし）及び毒物及び劇物取締法第２条第１項に規定する毒物

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

燃焼性、毒性等による区分

- **不活性ガス**（政令第３条により「第一種ガス」となる。）

  一般則第２条第１項第４号に掲名したガス

  ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。→不燃性、難燃性のものが該当）

  （可燃性ガスに該当しないフルオロカーボンとして、フルオロオレフィン1234yf、フルオロオレフィン1234ze及びフルオロカーボン32（爆発下限界13.8%、同上限界29.9%）が含まれる。（政令第３条表中第１号、一般則第101条、製造細目告示第15条参照→これら規定により「第一種ガス」となる。））

- **特定不活性ガス**（政令第３条により「第一種ガス」となる。）

  一般則第２条第１項第４号の２に掲名したガス

  不活性ガスのうち次のもの

  イ　フルオロオレフィン1234yf
  ロ　フルオロオレフィン1234ze
  ハ　フルオロカーボン32

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの設備とその他のガスの設備の両方の設備を併設している場合

法第５条、政第３条、一般第102条

事業所の１日の処理能力の合算値が、100 m^3を超え、 300 m^3以下であって、次の計算式の計算値（T）と比べて、

- T 以上の場合 → 許可（第一種製造者）
- T 未満の場合 → 届出（第二種製造者）

$$T = 100 + \frac{2}{3} \times S$$

S：第一種ガスの処理能力（m^3／日）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスの設備とその他のガスの設備の両方の設備を併設している場合の計算例

一般第102条

36

① 酸素 50 m^3／日、窒素210 m^3／日の場合

合計処理能力＝50＋210＝260（m^3／日）

T＝100＋2/3×210＝240

T（240 m^3／日）≦ 260（m^3／日）

∴第一種製造者

② 水素 20 m^3／日、二酸化炭素 180 m^3／日の場合

合計処理能力＝20＋180＝200（m^3／日）

T＝100＋2/3×180＝220

T（220 m^3／日）＞ 200（m^3／日）

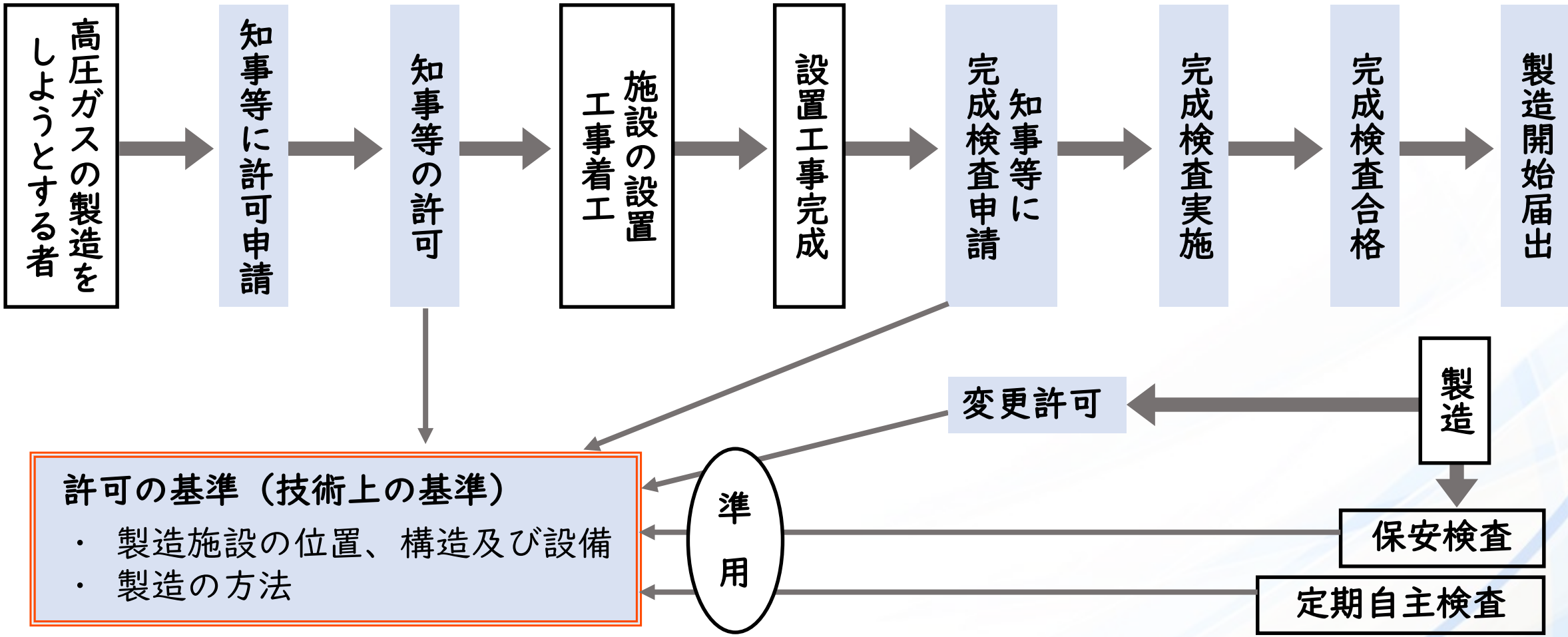
∴第二種製造者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造の許可基準

法第８条、14条２項、
35条２項、一般第83条３項

第一種製造者



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

第一種製造者の製造施設に係る技術上の基準の区分

一般則第6条～6条の2、液石則第6条～9条、
コンビ則第5条～7条の3

区分 / 製造設備	一般高圧ガス製造事業所 一般高圧ガス保安規則	液化石油ガス製造事業所 液化石油ガス保安規則	特定製造事業所 コンビナート等保安規則
定置式製造設備	① ②～⑤を除く一般ガス製造設備 ② コールド・エバポレータ製造設備 ③ 圧縮天然ガススタンド ④ 液化天然ガススタンド ⑤ 圧縮水素スタンド	① ②を除く液化石油ガス製造設備 ［第一種製造設備 第二種製造設備］ ② 液化石油ガススタンド	① ②～⑥を除く製造設備 ② コールド・エバポレータ製造設備 ③ 特定液化石油ガススタンド ④ 圧縮天然ガススタンド ⑤ 液化天然ガススタンド ⑥ 圧縮水素スタンド
移動式製造設備	① 移動式圧縮水素スタンド ② ①以外の移動式製造設備	① ポンプ付液化石油ガスタンクローリ ② ①以外の移動式製造設備	

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

製造許可等の承継

法第10条、10条の2、
17条、20条の4の2

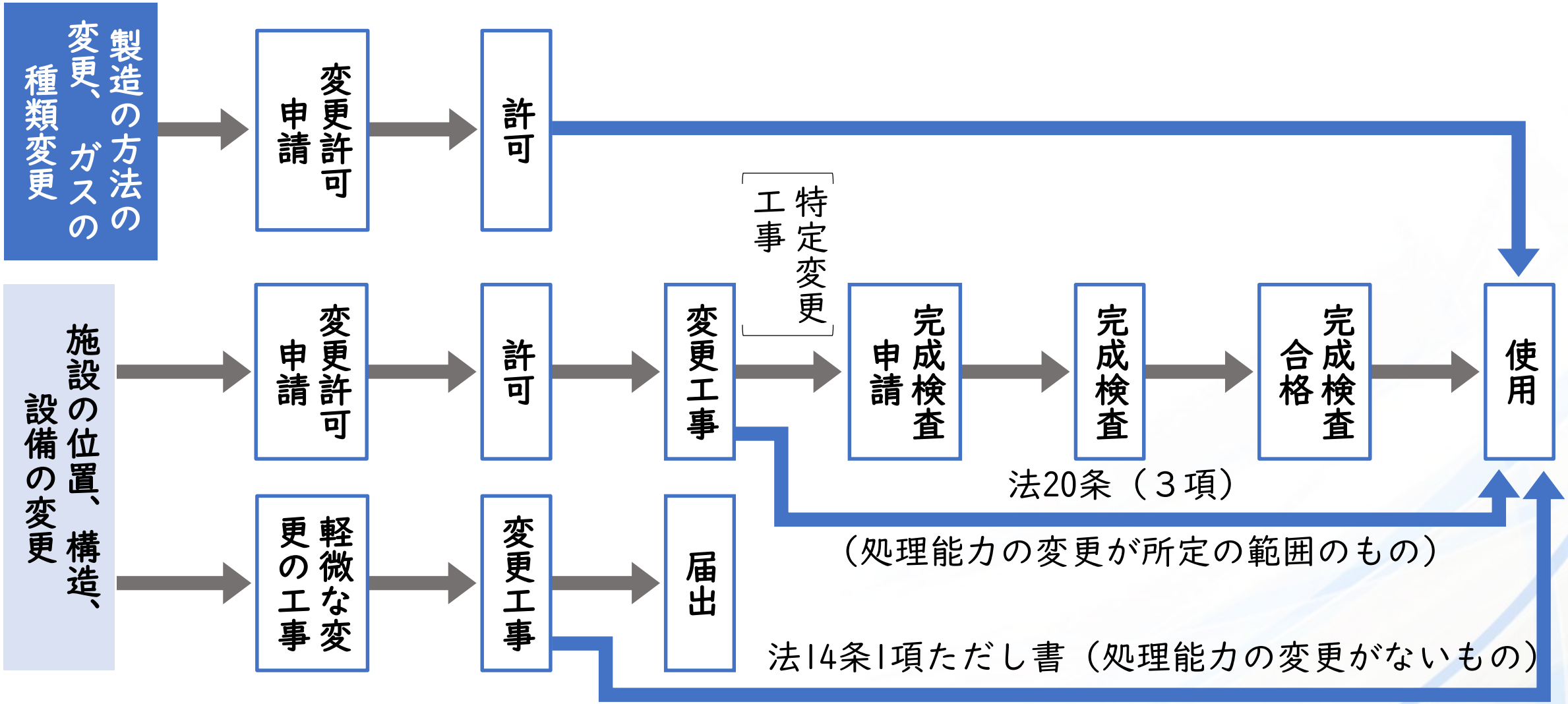
	合併、分割、相続	譲渡し	引渡し
第一種製造者の許可	○		
第二種製造者の事業	○	○	
第一種貯蔵所の許可		○	○
販売業者の事業	○	○	

○は、承継する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設等の変更許可・届出

法第14条、20条３項、
一般第15条、33条



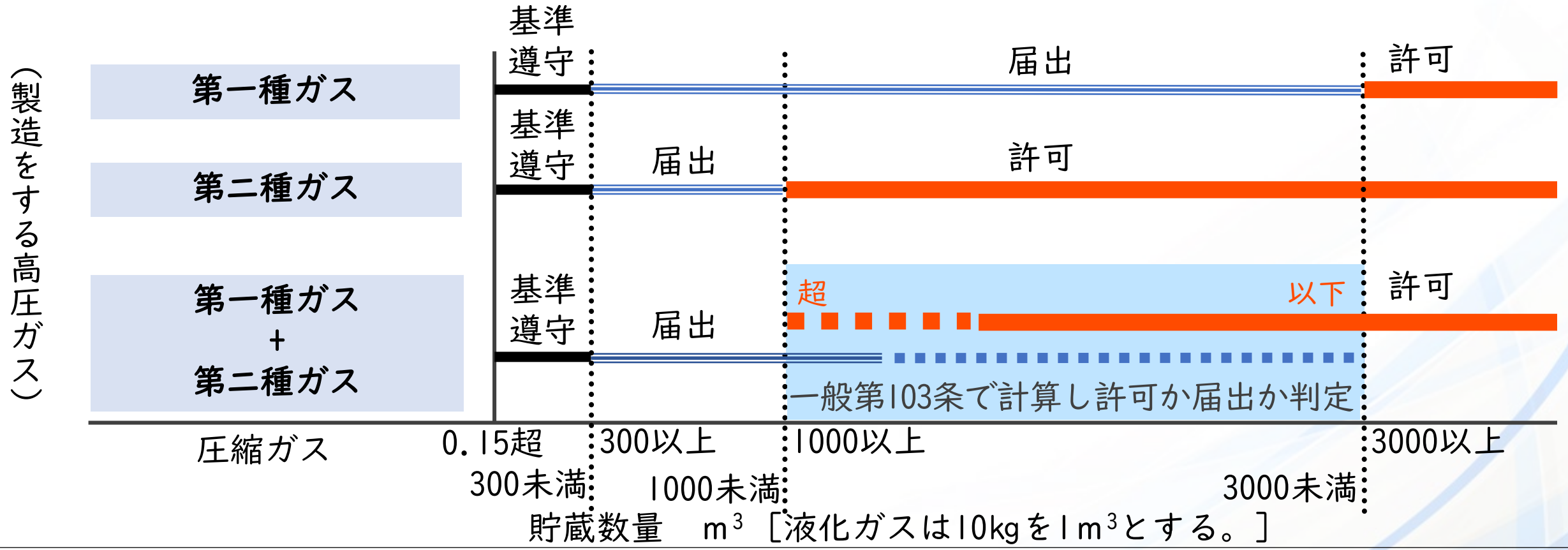
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所の貯蔵能力による区分

法第15条、16条、17条の２
政第５条、一般第103条

：第一種貯蔵所【知事等の許可＋貯蔵基準の遵守】
：第二種貯蔵所【知事等へ届出＋貯蔵基準の遵守】
：上記貯蔵所以外での貯蔵【貯蔵基準の遵守のみ】

第一種ガス以外は
現行すべて第二種ガス



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵能力の合算

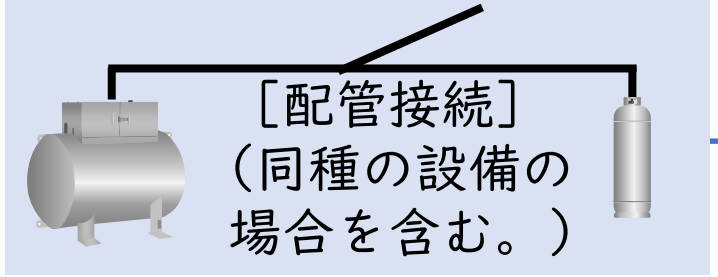
法第16条関係基本通達

42

①

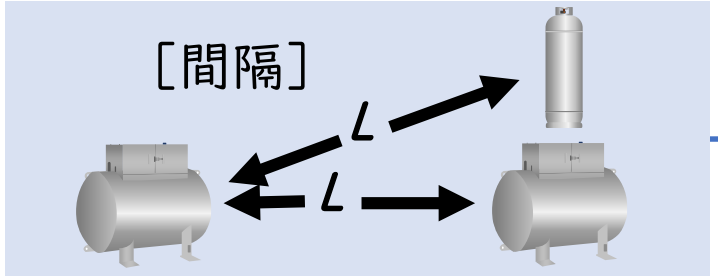
設備（容器）の間隔（L）に関係なく、配管接続のもののみ一つの貯蔵として合算する。また、消火設備以外の高圧ガスとは合算しない。

②イ



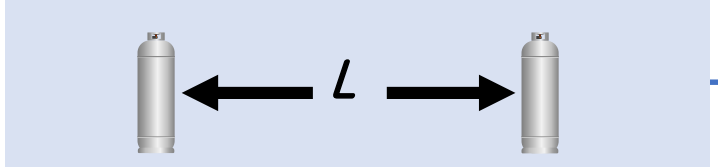
容器又は容器以外の貯蔵設備が配管接続の場合は、その間隔に関係なく、一つの貯蔵として合算する。

②ロ
（i）



容器以外の貯蔵設備と容器以外の貯蔵設備又は容器と容器以外の貯蔵設備との間（L）が30m以下の場合は、一つの貯蔵として合算する。

②ロ
（ii）



容器と容器との間（L）が22.5m以下である場合はひとつの貯蔵として合算する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器間が22.5m以下である場合

（ii） 容器と容器の間（多層階の場合、建物内の上下関係を含む。）が22.5m（次のａ及びｂの場合は、それぞれに示す距離）以下である場合

ａ 容器と容器の間に厚さ12cm以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁（ｂにおいて単に「障壁」という。）が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所（容器置場の６面が閉鎖されているのではなく、両者が有効に遮断されていれば側面や上方は開放されていてもよい。ｂにおいて同じ。）に設置されている場合（ｂの場合を除 く。） 11.25m

ｂ それぞれの容器置場の面積が８㎡以下の場合であって、容器と容器の間に障壁が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所に設置されている場合 6.36m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所の設置の許可・届出

法第16条、17条の２

第一種貯蔵所

高圧ガスの貯蔵所を設置しようとする者 → 知事等に許可申請 → 知事等の許可 → 貯蔵所の設置工事着工 → 設置工事完成 → 知事等に完成検査申請 → 完成検査実施 → 完成検査合格 → 貯蔵所の使用

第二種貯蔵所

高圧ガスの貯蔵所を設置しようとする者 → 知事等に届出 → 貯蔵所の設置工事着工 → 設置工事完成 → 貯蔵所の使用

0.15m³（1.5kg）を超え300m³（3000kg）未満は許可及び届出不要・貯蔵方法の基準遵守のみ

（注）「知事等」：都道府県知事又は指定都市の長

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵している場合

法第16条、17条の２、
政第５条、一般第103条

合計貯蔵数量が1000m³を超え、 3000m³以下であって、
実際の合計貯蔵数量が次の計算式の計算値（N）と比べて、

- N 以上の場合 → 許可（第一種貯蔵所）
- N 未満の場合 → 届出（第二種貯蔵所）

$$N = 1000 + \frac{2}{3} \times M$$

M：第一種ガスの容積（m³）
（液化ガス10kgを1m³とする。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種ガスと第二種ガスの両方を混在貯蔵している場合の計算例

一般第103条

46

① 水素500 m^3、二酸化炭素2100 m^3／日の場合

合計貯蔵数量＝500＋2100＝2600（m^3）

N＝1000＋2/3×2100＝2400

N（2400 m^3／日）≦ 2600（m^3）

∴第一種貯蔵所

② 水素 200 m^3 、二酸化炭素 1800 m^3 の場合

合計貯蔵数量＝200＋1800＝2000（m^3）

N＝1000＋2/3×1800＝2200

N（2200 m^3）＞ 2000（m^3）

∴第二種貯蔵所

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

完成検査

完成検査

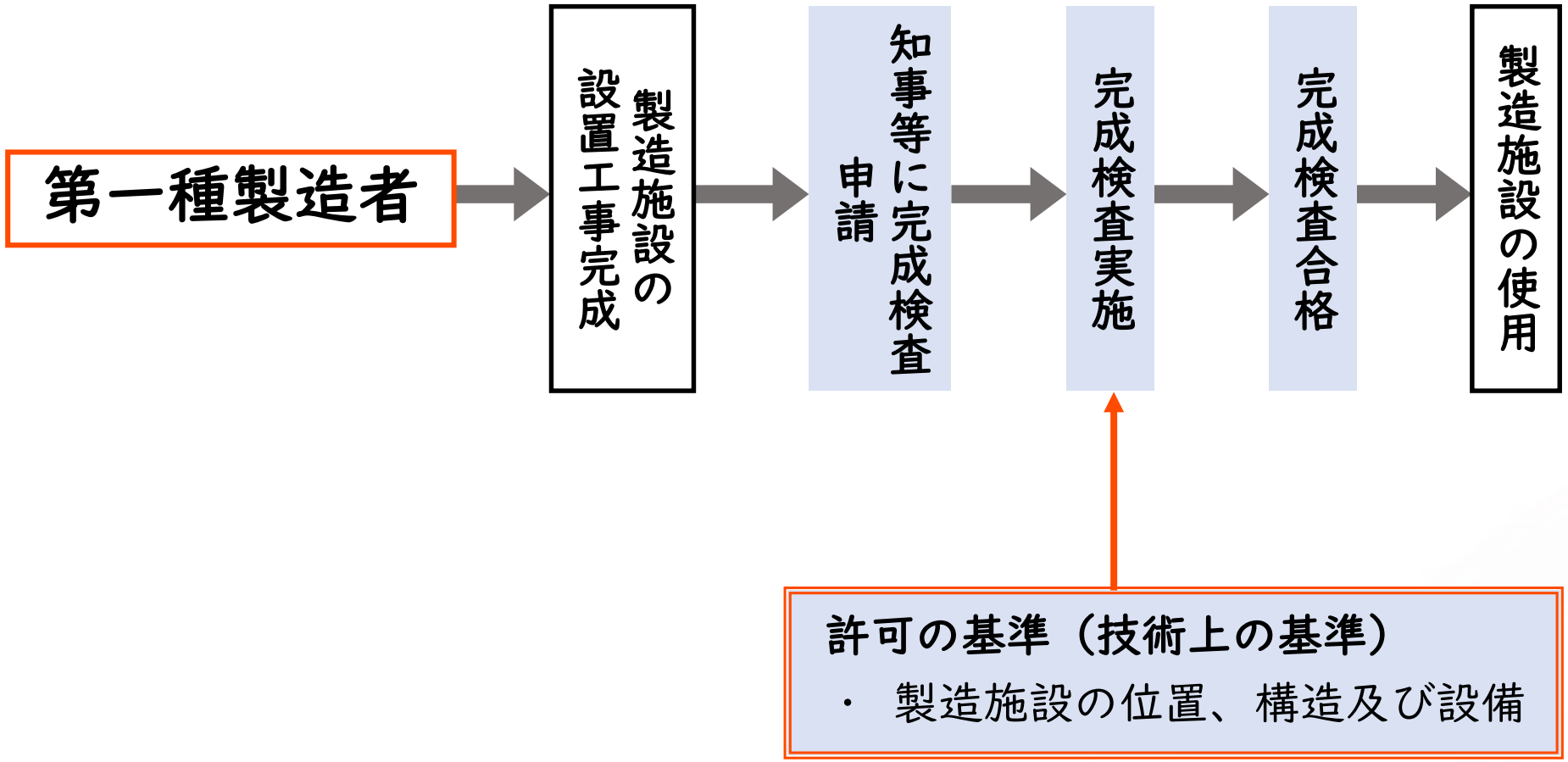
完成検査とは、都道府県知事等が許可をした製造施設若しくは第一種貯蔵所の設置の工事、又はこれらの変更の工事が完成したときに、許可（変更許可）申請どおりに完成し、かつ、技術上の基準に適合しているかどうかを確認するための検査である。

完成検査は、都道府県知事等、高圧ガス保安協会又は指定完成検査機関のいずれかが行う。（高圧ガス保安協会又は指定完成検査機関で受検した場合は、受検者が検査を受けた旨を都道府県知事等に届け出る必要がある。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設設置許可に係る完成検査

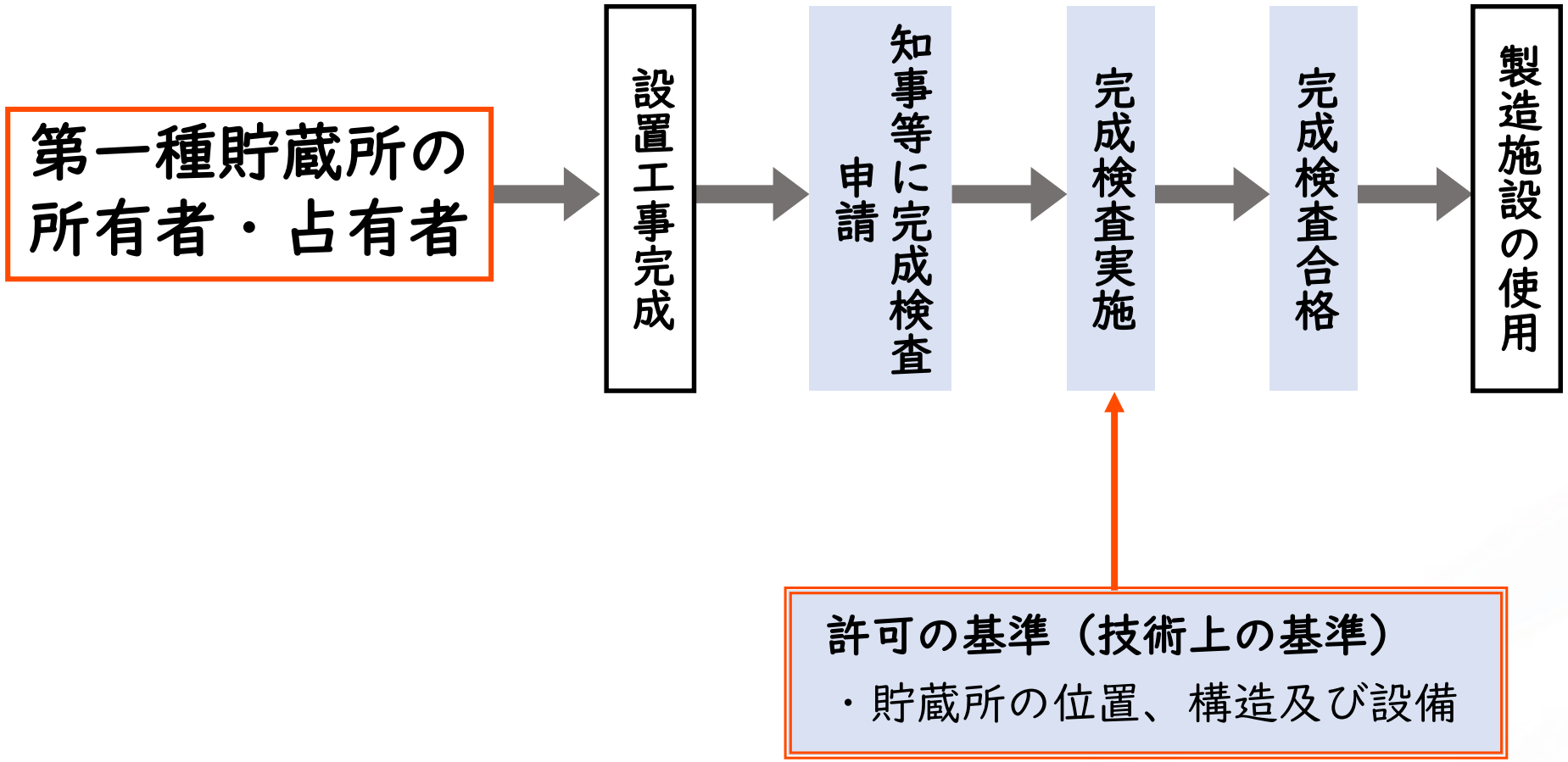
法第20条１項、
（８条１号）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所設置許可に係る完成検査

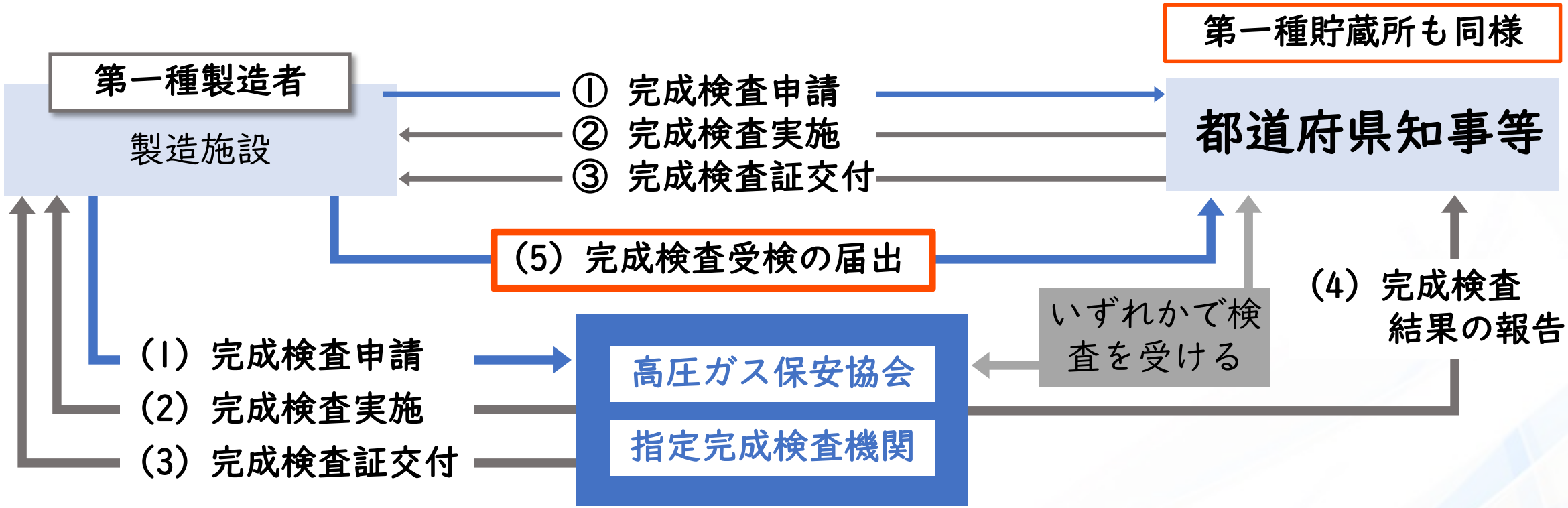
法第20条１項、
（16条２項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設の設置に係る完成検査

法第20条1項、2項

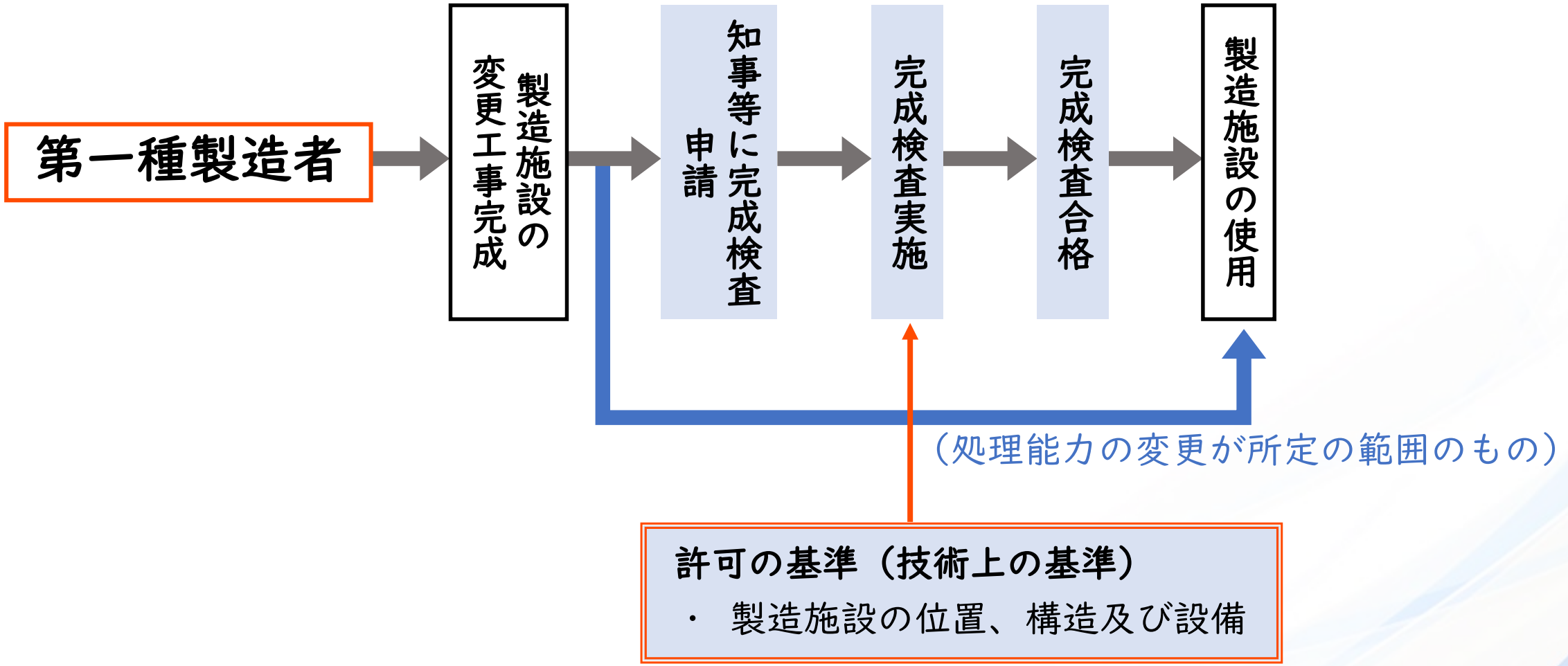


＊例外：完成検査に合格している既設施設の譲受者で、新規許可を受けた場合は、完成検査不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設の変更許可に係る完成検査

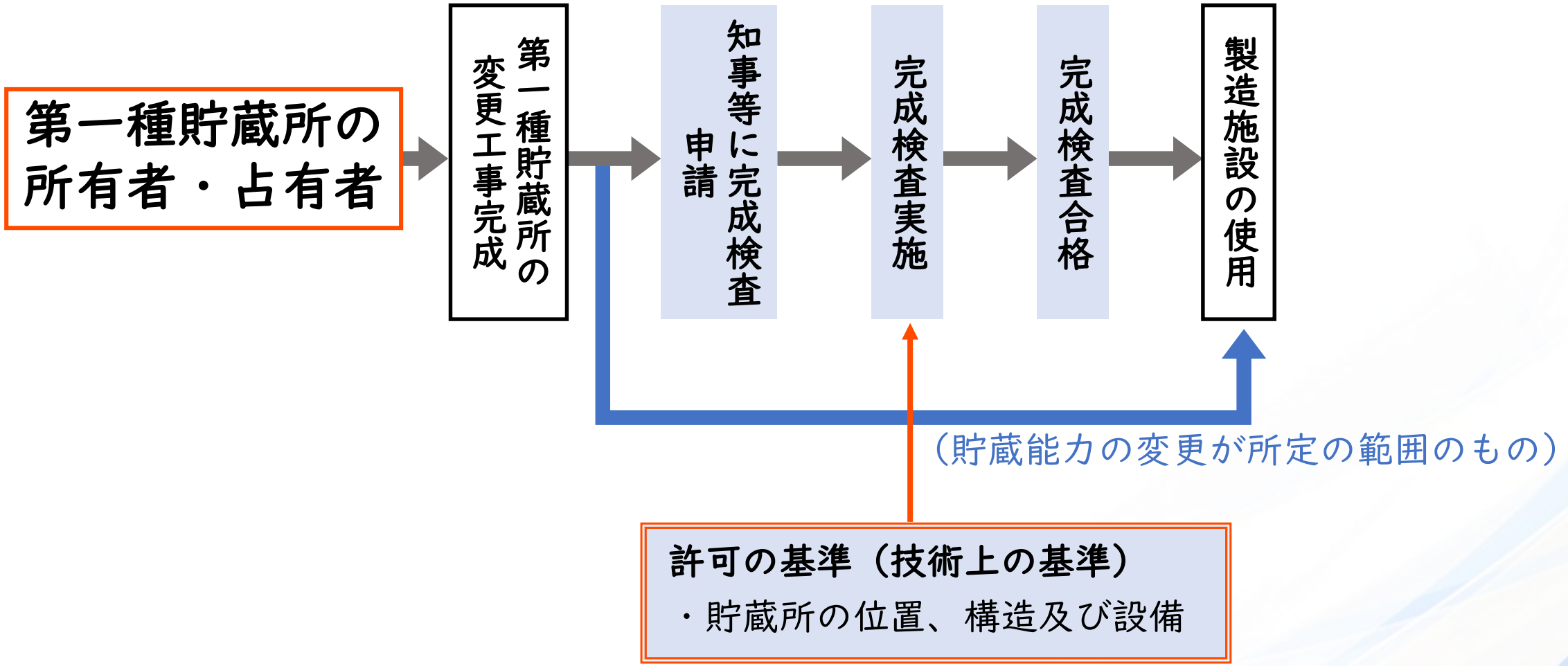
法第20条３項、
14条３項
（８条１号）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵所の変更許可に係る完成検査

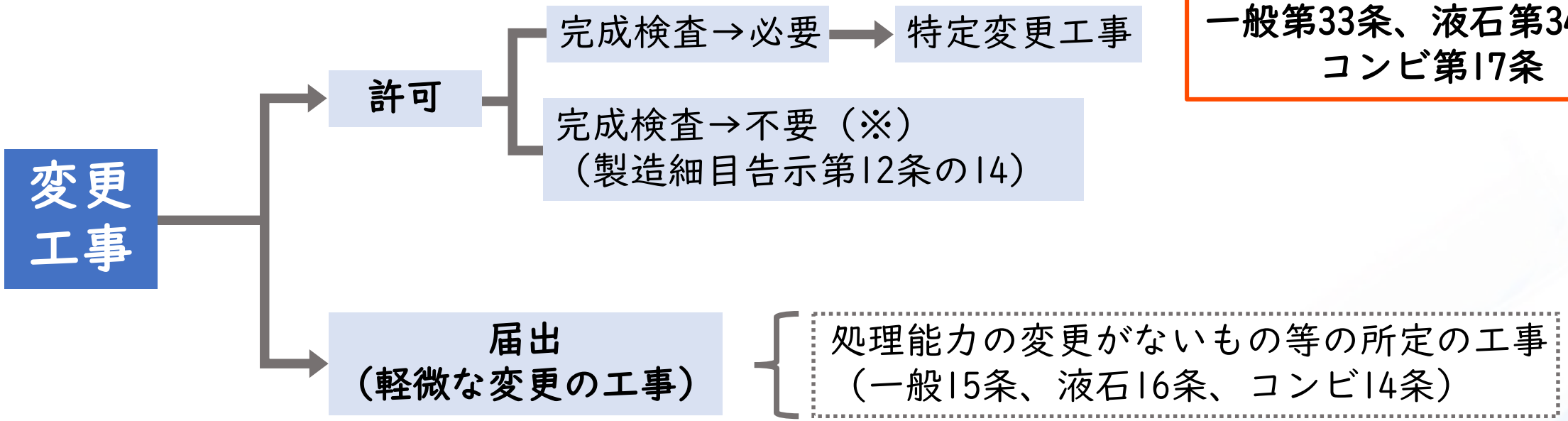
法第20条３項、
19条３項
（16条２項）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設の変更工事

法第14条、第20条3項、
第20条の2、の3、
一般第33条、液石第34条、
コンビ第17条



第一種貯蔵所についても、上記と同様の適用がなされる。

（※）許可を要するが完成検査不要のもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の製造施設の変更工事

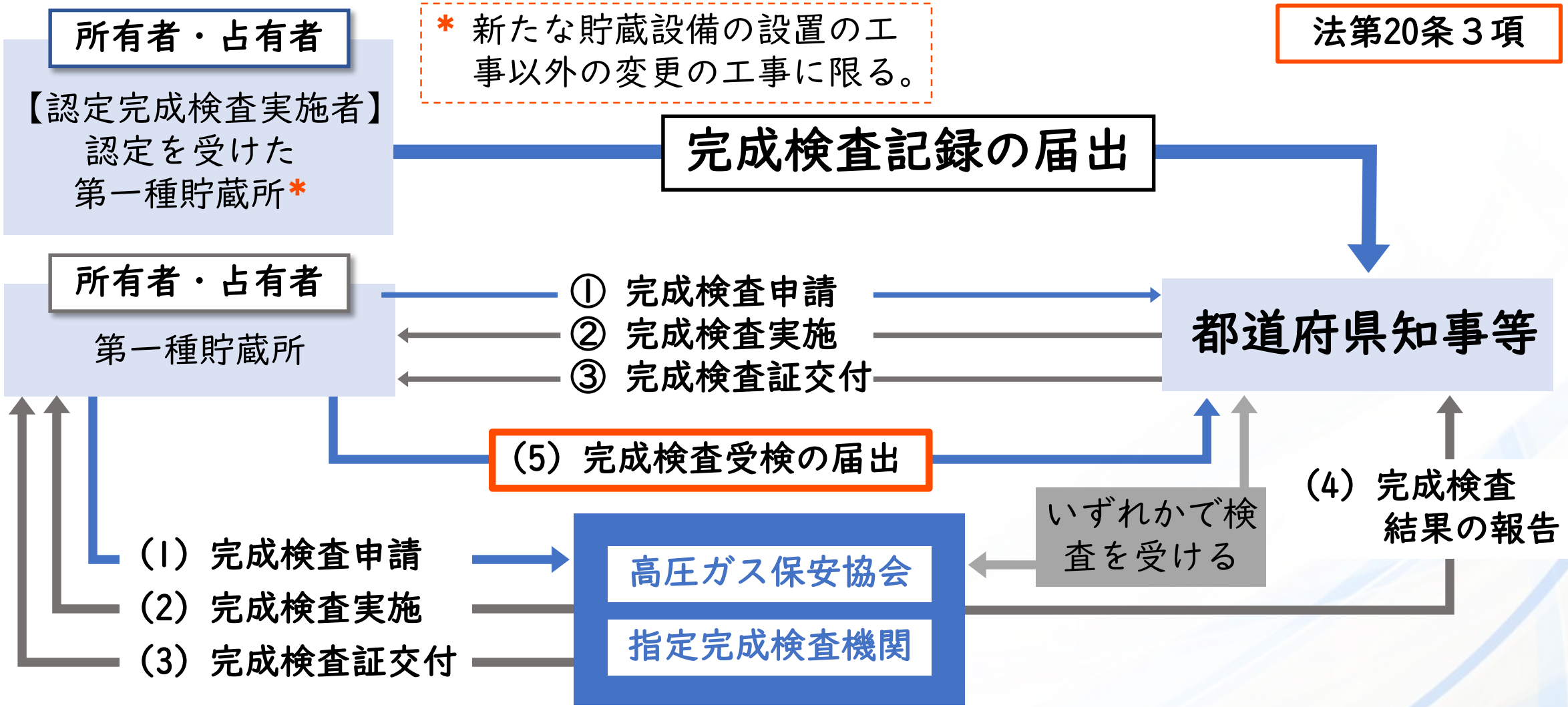
① ガス設備（耐震設計構造物に係る特定設備を除く。）の取替え又は設置位置の変更（高圧ガス設備の取替えを伴うものにあっては大臣認定品への取替えに限り、特定設備の取替えを伴うものにあっては検査合格品又は基準適合品への取替えに限る。）の工事であって、当該設備の処理能力の変更が２０％以内の範囲であるもの

② 処理能力が　100m³／日（不活性ガス又は空気は300m³／日）未満の製造設備（耐震設計構造物に係るものを除き、特定設備である場合は検査合格品又は基準適合品に限る。）である製造施設の追加に係る変更工事であって、他の製造施設とガス設備で接続されていないもので、かつ、他の製造施設の機能に支障を及ぼすおそれのないもの

法第14条、第20条3項、
第20条の2、の3、
一般第33条、液石第34条、
コンビ第17条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定変更工事の完成検査の手続等



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売事業届

法第20条の４

高圧ガスの販売事業を営もうとする者 → 販売所ごとに事業開始の日の20日前までに知事等に届出

販売業者

① 第一種製造者（冷凍のため高圧ガスの製造をする者を除く。）であって、その事業所で製造した高圧ガスをその事業所で販売するとき、又は、所定のガスを貯蔵量常時５m^3未満の販売所で販売するときは、都道府県知事等への届出不要。

② 販売事業について知事等へ届け出た者を「販売業者」といい、①の第一種製造者を含めて「販売業者等」という。この販売業者等には、周知義務及び販売の方法の技術上の基準の遵守義務がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売業者等の周知義務

法第20条の５、一般第38条、39条、液石第39条、40条

● 自ら製造したガスを自らの製造事業所で販売する第一種製造者
● 販売業者

高圧ガスの用途・種類

- 溶接・熱切断用のアセチレン、酸素、天然ガス、液化石油ガス
- 在宅酸素療法用の液化酸素
- スクーバ用等呼吸用の空気
- スクーバ呼吸用のガス（$O_2+N_2 \geqq 98$ vol%、 $O_2 \geqq 21$ vol% ）
- 燃料用の液化石油ガス

販売

● 購入して消費する者（第一種製造者、販売業者、特定高圧ガス消費者を除く）

周知の時期：販売契約時、前回の周知から１年以上経過して高圧ガスを引き渡したときごと。

周知すべき事項

高圧ガスによる災害発生防止のための、

- 消費設備に対するガスの適応性
- 消費設備の操作、管理、点検
- 消費設備の使用場所の環境
- 消費設備の変更
- ガス漏れ等の緊急時の措置、連絡

周知

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売の方法の技術上の基準

法第20条の6、一般第40条、　液石第41条

1　販売先の保安台帳の常備

高圧ガスの引渡し先の保安状況を明記した台帳（圧縮水素を燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器に充填する圧縮水素を販売する場合を除く。）

2　充填容器等の引渡し（販売）制限

① 充填容器等の引渡し（販売）は、外面に使用上支障のある腐食、割れ、すじ、しわ等がなく、かつ、ガスが漏えいしていないもの

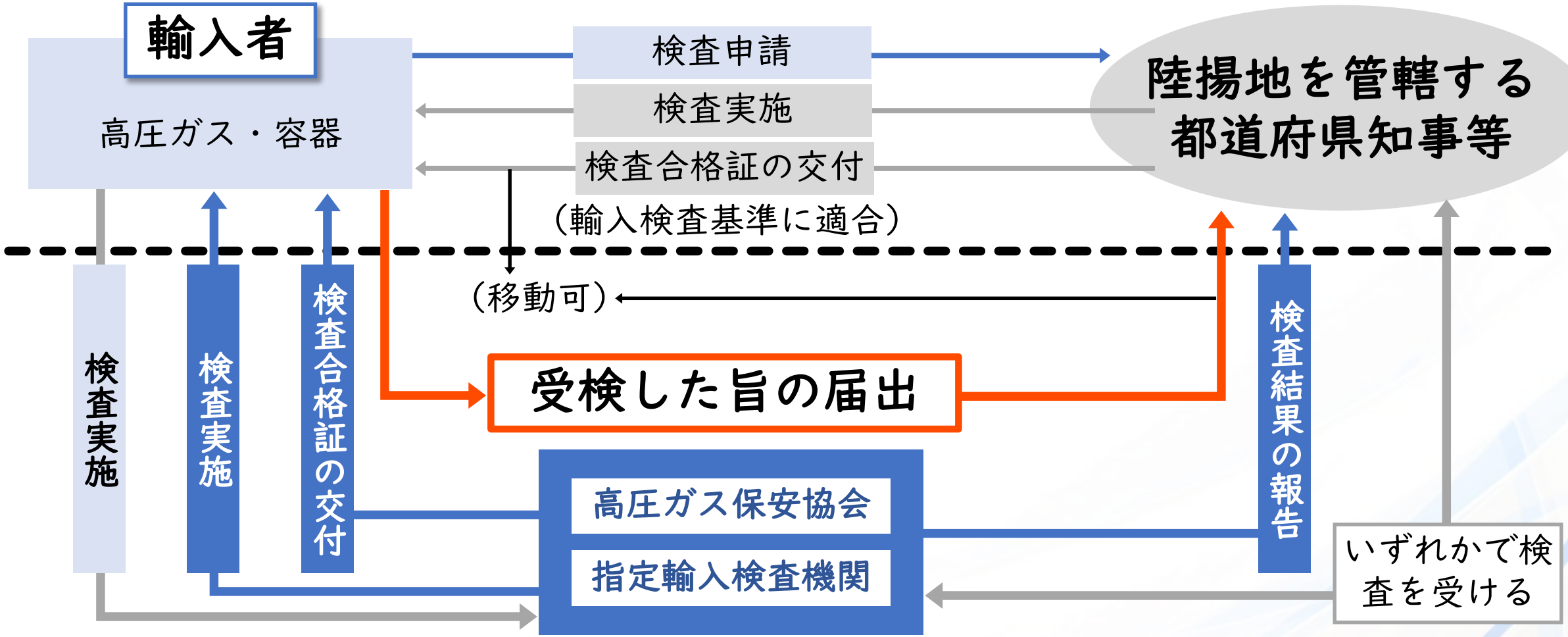
② 圧縮天然ガス、液化石油ガスの充填容器等は、容器再検査期間を６か月以上経過していないものであり、かつ、その旨を明示したもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの輸入検査手続等

法第22条

59



検査免除：高圧ガスを船舶から導管により陸揚輸入ほか

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの移動

法第23条、一般第48条～51条、液石第47条～50条

60

移動に係る技術上の基準

1　容器について保安上必要な措置

2　車両による移動の場合

①　積載方法
②　移動方法

3　導管による輸送の場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガスの消費者

法第24条の2、政令第7条

61

消費する高圧ガスの種類	消費事業所に貯蔵する数量（貯蔵能力）
①　特殊高圧ガス	容積にかかわらず
②　圧縮水素	容積　　300m³　以上
③　圧縮天然ガス	容積　　300m³　以上
④　液化酸素	質量　　3000kg　以上
⑤　液化アンモニア	質量　　3000kg　以上
⑥　液化石油ガス	質量　　3000kg　以上 （注：液化石油ガス法の適用を受ける業務用消費者の場合は、10000kg以上の場合に特定高圧ガスの消費者となる。）
⑦　液化塩素	質　量　　1000kg　以上
⑧　上記①～⑦の高圧ガス	消費事業所に貯蔵せずに他事業所から導管で供給を受けて消費する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特殊高圧ガスの種類

法第24条の２、政令第7条、
一般第2条1項3号

燃

7 種 類 の 高 圧 ガ ス
モ ノ シ ラ ン
ホ ス フ ィ ン
ア ル シ ン
ジ ボ ラ ン
セ レ ン 化 水 素
モ ノ ゲ ル マ ン
ジ シ ラ ン

毒

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガス消費届

法第24条の２

特定高圧ガスを消費する者

特定高圧ガス消費者

→ 事業所ごとに消費開始の日の**20日前**までに知事等に届出

第一種製造者、第二種製造者、第一種貯蔵所の所有者等、第二種貯蔵所の所有者等、販売業者であっても、特定高圧ガス消費者となれば、別途届出が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガス消費者以外の高圧ガスの消費者

法第24条の5、一般第59条、液石第57条

64

消費の方法基準の遵守のみ

［基準に従って消費すべき高圧ガス］

- 「一般高圧ガス保安規則」

  可燃性ガス（高圧ガスを燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用のみに消費される高圧ガスを除く。）、毒性ガス、酸素、空気

- 「液化石油ガス保安規則」

  液化石油ガス（液化石油ガスを燃料として使用する車両において、当該車両の燃料の用のみに消費される液化石油ガスを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスの廃棄

法第25条、一般第61条、62条、
液石第59条、60条

65

廃棄の方法基準の遵守のみ

[基準に従って廃棄すべき高圧ガス]

- 「一般高圧ガス保安規則」

  可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素

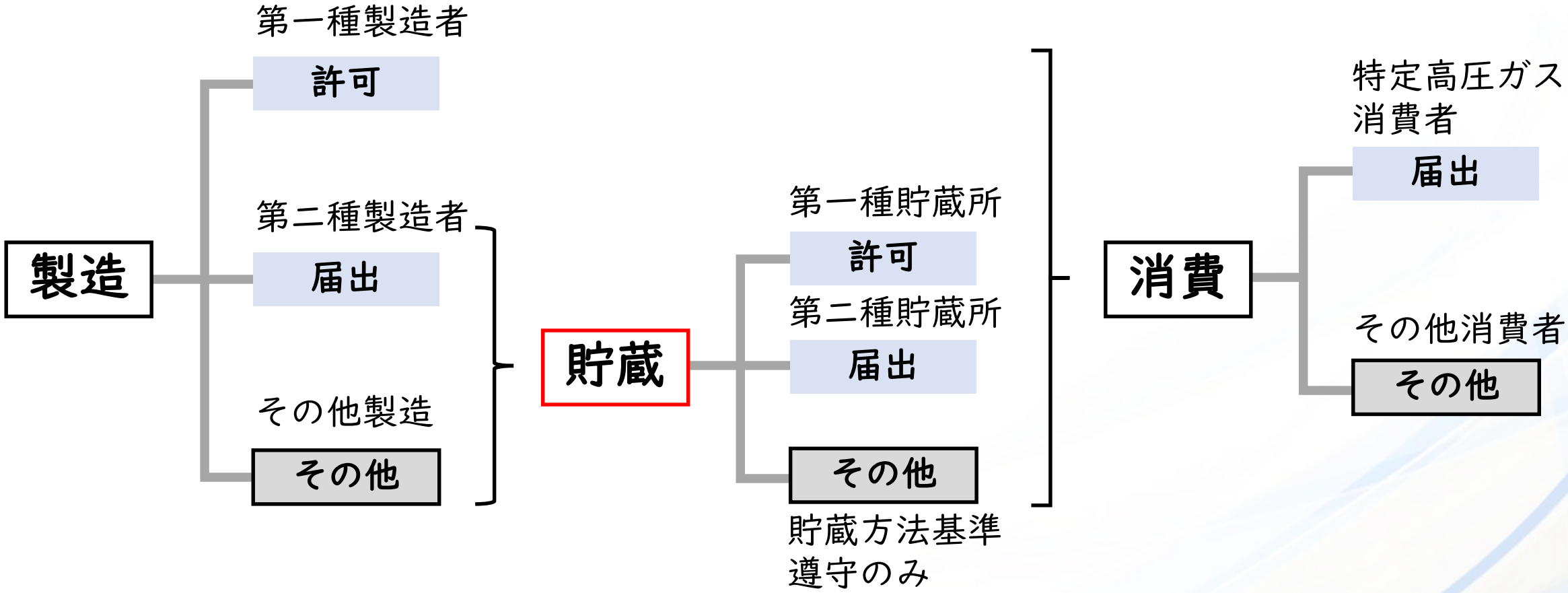
- 「液化石油ガス保安規則」

  液化石油ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造・貯蔵・消費の規制関連

法第5条、13条、15条、16条、17条の2、24条の2、24条の5



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程

法第26条

67

第一種製造者 → 危害予防規程を定め、都道府県知事等に届出

遵守

第一種製造者とその従業者

危害予防規程は変更したときも届出が必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（１）

一般第63条、
液石第61条、
コンビ第22条

1　製造施設の位置、構造、設備・製造の方法の基準
2　保安管理体制・保安統括者等の職務
3　製造設備の安全な運転、操作
4　製造施設の保安のための巡視、点検
5　製造施設の新増設工事、修理作業の管理
6　危険時の措置・訓練方法
7　大規模な地震に係る防災及び減災対策
8　協力会社の作業管理
9　従業者に対する危害予防規程の周知方法、規程違反者の措置
10　保安関係の記録
11　危害予防規程の作成、変更の手続
12　その他災害の発生の防止に必要な事項
13　製造施設の新設、変更時の安全審査[→コンビ則適用事業所のみ

＊ 大規模地震対策特別措置法の地震防災対策強化地域は、警戒宣言発令時の措置等
＊ 南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の指定地域は、津波からの避難、訓練、教育に関する細目

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（2）

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合

一般第63条、液石第61条、
コンビ第22条

該当事業所は、前頁の事項のほか、次の事項の細目について定めること。

津波による浸水が想定される区域

事前の対策事項（一般高圧ガス保安規則の例）

通常時

事業所

教育
訓練
広報
容器流出防止措置

想定被害

設備流出
設備破損

情報提供

周辺地域

都道府県知事
市町村長

警報発令時

警報伝達方法
避難場所
避難経路
作業の停止
設備の停止
避難時間の確保
（判断の基準、手順、権限）

保安設備作業手順

通報設備
防液堤
緊急遮断装置
防消火装置

保安設備喪失時対応

津波到達後

容器回収方法
被害を受けた設備の保安確保方法

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

従業者に対する保安教育

法第27条

70

第一種製造者

- 従業者に対する保安教育計画（作成・忠実に実行）
- 都道府県知事等への届出不要

第二種製造者

第一種貯蔵所の所有・占有者

第二種貯蔵所の所有・占有者

販売業者

特定高圧ガス消費者

- 保安教育計画作成不要
- 従業者に保安教育を施すこと。

高圧ガス保安協会

教育の基準となるべき事項を定め、公表

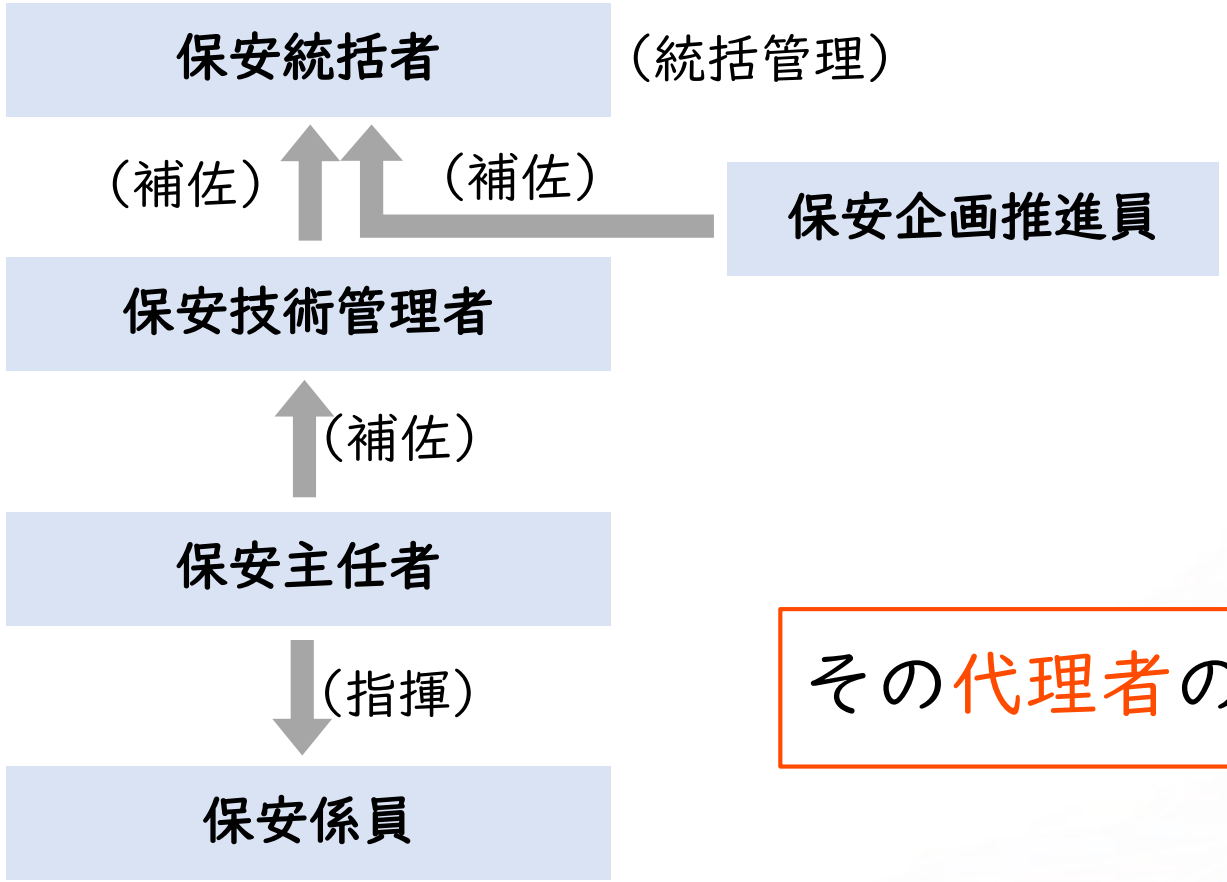
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安管理体制

法　第27条の2

71

保安統括者等の選任



その代理者の選任も必要

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

保安統括者等の職務

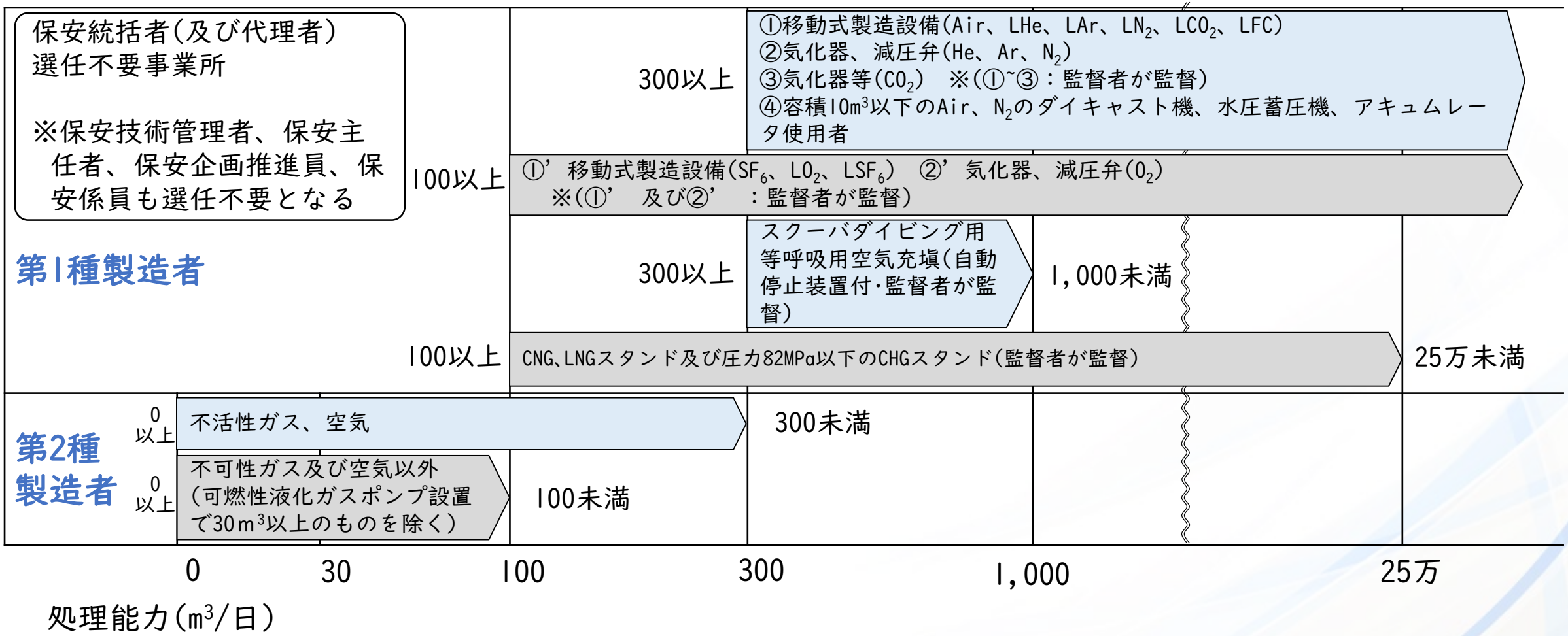
法第32条、一般第76条、77条、液石第74条、75条、コンビ第31条、32条

保安統括者	保安業務の統括管理
保安企画推進員	保安統括者を補佐し、技術的事項を管理
保安技術管理者	保安統括者を補佐し、危害予防規程・保安教育計画の企画・立案・推進、作業標準等の基準類の指導・勧告、防災訓練の企画・推進、保安情報収集
保安主任者	技術的事項について保安技術管理者（保安統括者）を補佐し、保安係員を指揮
保安係員	施設（構造・設備等）及び作業（製造方法）の監督・巡視・点検、応急措置・作業標準等の基準作成の助言、応急措置の実施、定期自主検査の実施の監督

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者の選任不要事業所（一般則）

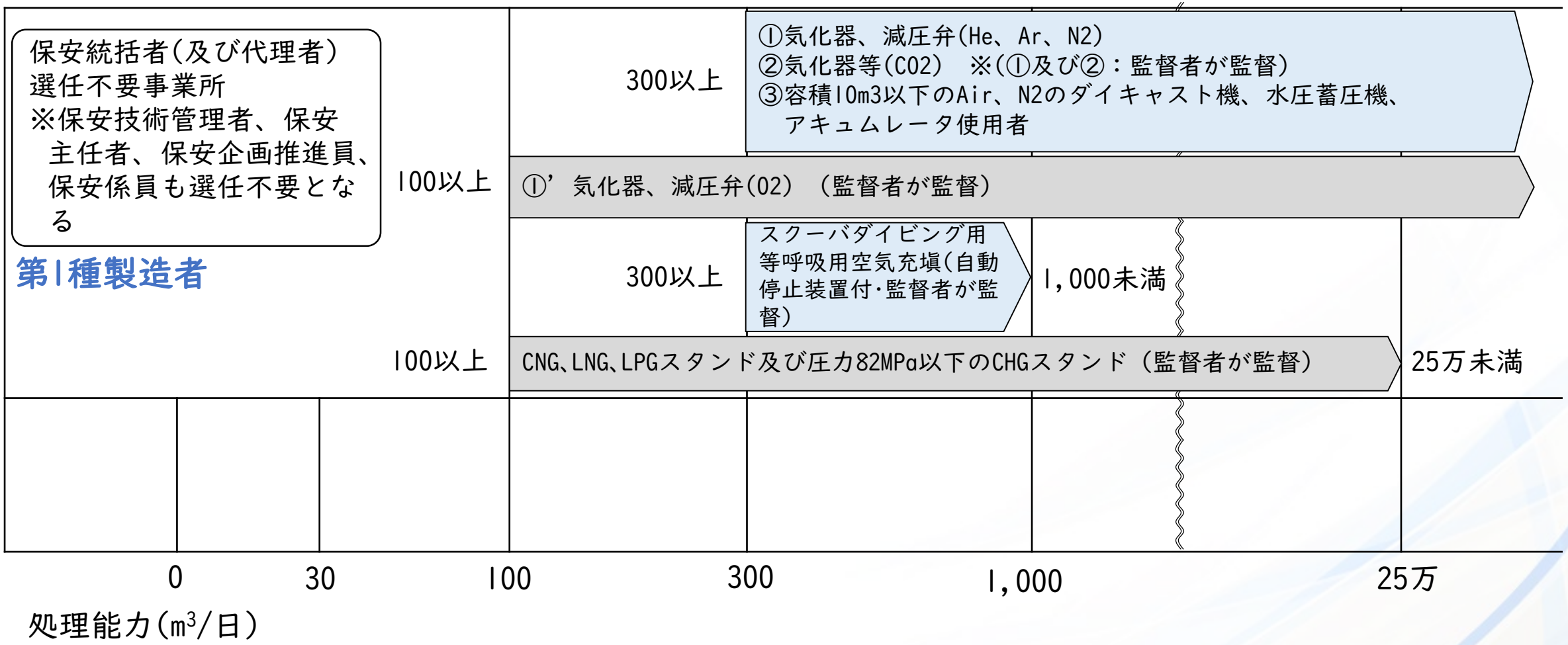
法第２７条の２、
一般第６４条２、３項



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

保安統括者の選任不要事業所（コンビ則）

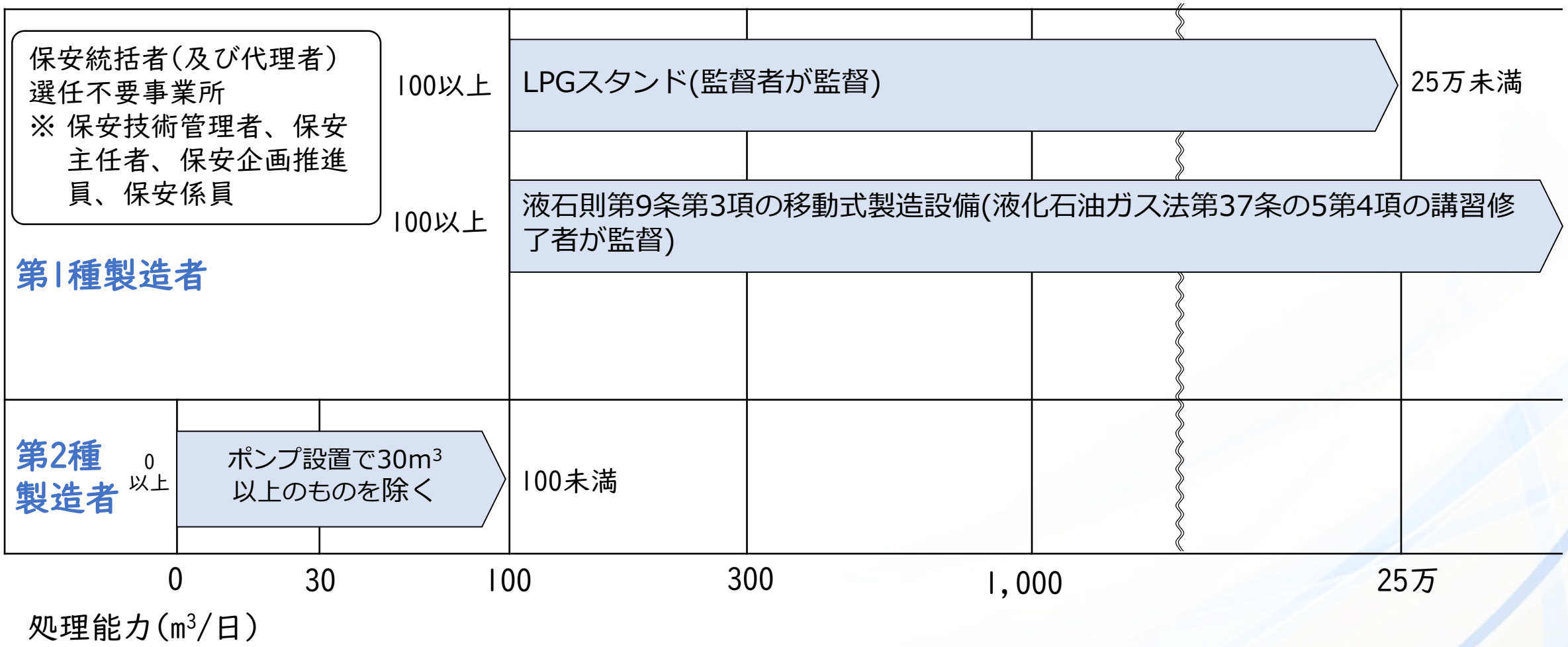
法第２７条の２、
コンビ第２３条２項



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

保安統括者の選任不要事業所（液石則）

法第２７条の２、
液石第６２条２、３項



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

保安統括者等の選任体系

法第27条の2、一般第64条～66条、69条、70条、
液石第62条～64条、67条、68条、
コンビ第23条～25条、28条、29条

高圧ガスの製造事業所

事 事業所ごと
施 施設区分ごと
交 交替制ごと

保安統括者 事
・事業所実施を統括管理する者
・事業所長、工場長等クラス
・事業所ごと1人（代理者1人）

保安技術管理者 事
・保安に係る技術面での最高責任者
・製造部長、課長クラス
・事業所ごと1人（代理者1人）

保安企画推進員 事 再
・スタッフ機構
・保安担当部長クラス
・事業所ごと1人（代理者1人）

保安主任者 施 再
・保安係員を指揮
・製造課長、係長クラス
・施設区分ごと1人（代理者1人）

＊事業所の規模等で
選任の要否が変わる

保安係員 施 交 再
・施設の点検、巡視等
・製造直長クラス
・施設区分･直ごと1人(代理者1人)

再 高圧ガス製造者は、選任した責任者に高圧ガスによる災害の防止に関する講習を一定の期間ごとに受けさせなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の選任体系

法第27条の2、一般第64条～66条、69条、70条、
液石第62条～64条、67条、68条、
コンビ第23条～25条、28条、29条

保安企画推進員・保安主任者選任不要

処理能力：１００万（貯槽を設置し、専ら充填は２００万）m³／日未満

保安技術管理者選任不要

① 保安統括者が所定の免状・経験を保有

② 可燃性・毒性ガスの気化器、減圧弁による製造・燃焼消費のための製造：
処理能力25万m³ /日未満

③ 移動式製造設備による製造：
一般則、液石則

④ 可燃性、毒性ガス以外のガスの製造：
処理能力25万m³ /日未満

⑤ 特定液化石油ガスの充填、　CNGスタンドにおける充填：
処理能力25万m³ /日未満（コンビ則）

⑥ 液石則は、燃焼消費のための製造、専ら充填：
処理能力：50万m³ /日未満

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の選任条件等

法第２７条の２、
２７条の３、（３３条）

取扱形態	責任者名称等	要　件	備　　考
製　造	保安統括者	事業の統括管理者	事業所の規模等により選任の要否は変わる
	保安技術管理者	免状＋経験	
	保安企画推進員	（免状）＋経験	
	保安主任者	免状＋経験	
	保安係員	免状＋経験	
	冷凍保安責任者	免状＋経験	〃
貯　蔵	ー	ー	
販　売	販売主任者	免状＋経験	特定のガスを販売する場合
移　動	移動監視者	免状 or KHK講習検定合格者	特定のガスを移動する場合
輸　入	ー	ー	
消　費	特定高圧ｶﾞｽ取扱主任者	免状 or 経験 or KHK講習検定合格者等	特定のガスを消費する場合
廃　棄	ー	ー	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

国家資格（免状）と職務範囲

法定責任者 / 免状種類	保安技術管理者	保安主任者	保安係員	販売主任者	移動監視者	特定高圧ガス取扱主任者
甲種化学	○	○	○	○	○	○
甲種機械	○	○	○	○	○	○
乙種化学	○*1	○	○	○	○	○
乙種機械	○*1	○	○	○	○	○
丙種化学（液石）	○*2	○*3	○*3	○*3	○	○
丙種化学（特別）	×	×	○	×	○	○
一種販売	×	×	×	○*4	×	○
二種販売	×	×	×	○*3	×	×

○：選任化　×：選任不可

＊1　処理能力が100万m^3未満の事業所に限る

＊2　処理能力が100万m^3未満のLPガス事業所に限る

＊3　LPガスに限り選任、一般高圧ガスの保安係員への選任については都道府県に確認が必要

＊4　LPガス以外のガスに限り選任

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造経験と選任範囲

法第27条の2、の3、一般第65条、66条、69条、液石第63条、64条、67条、コンビ第24条、25条、28条

法定責任者 ／ 規模 ／ 経験種類	保安技術管理者		保安主任者	保安係員
	処理能力*1 100万m³/日*2以上	処理能力*1 100万m³/日*2未満	容積*1 100万m³/日*2以上	保安統括者の選任が必要な事業所
1種類以上の圧縮ガスと2種類*3以上の液化ガス	○	ー	ー	ー
1種類*4以上のガス	ー	○	○	○*5
圧縮機3000m³/h超又はポンプ*4300m³/h超	○	ー	ー	ー
圧縮機又はポンプ*4	ー	○	○	○
35℃、20MPa超	○	ー	ー	ー
設計、施工、管理、検査及び試運転	◎*6	◎	◎*6	◎*6
乙化、丙液、丙特の免状	ー	ー	ー	○*7

○：1年以上の製造経験　　◎：上欄で○が付されたものに関する同等以上の経験　　ー：該当しない

＊1　保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の４分の３並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。

＊2　貯槽有・充塡のみは200万m³／日

＊3　液石則適用事業所の場合、液化石油ガスと1種類

＊4　液石則適用事業所の場合、液化石油ガスに限る

＊5　液石則適用事業所の場合、液化石油ガス又は可燃性ガス

＊6　液石則適用事業所の場合、上欄のうち最下の○を除く

＊7　上欄の○に関わらないが、経験したガス区分のみ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造経験と選任範囲

法第27条の3、一般第70条、
液石第68条、コンビ第29条

法定責任者 / 規模 / 経験種類	保安企画推進員 容積*1 100万m³/日*2以上
保安技術管理者	３年以上
保安主任者等	５年以上
保安係員等	７年以上
保安企画指導	３年以上
大学、高専等卒*1と 製造保安経験	７年以上
高校等卒と 製造保安経験	１０年以上

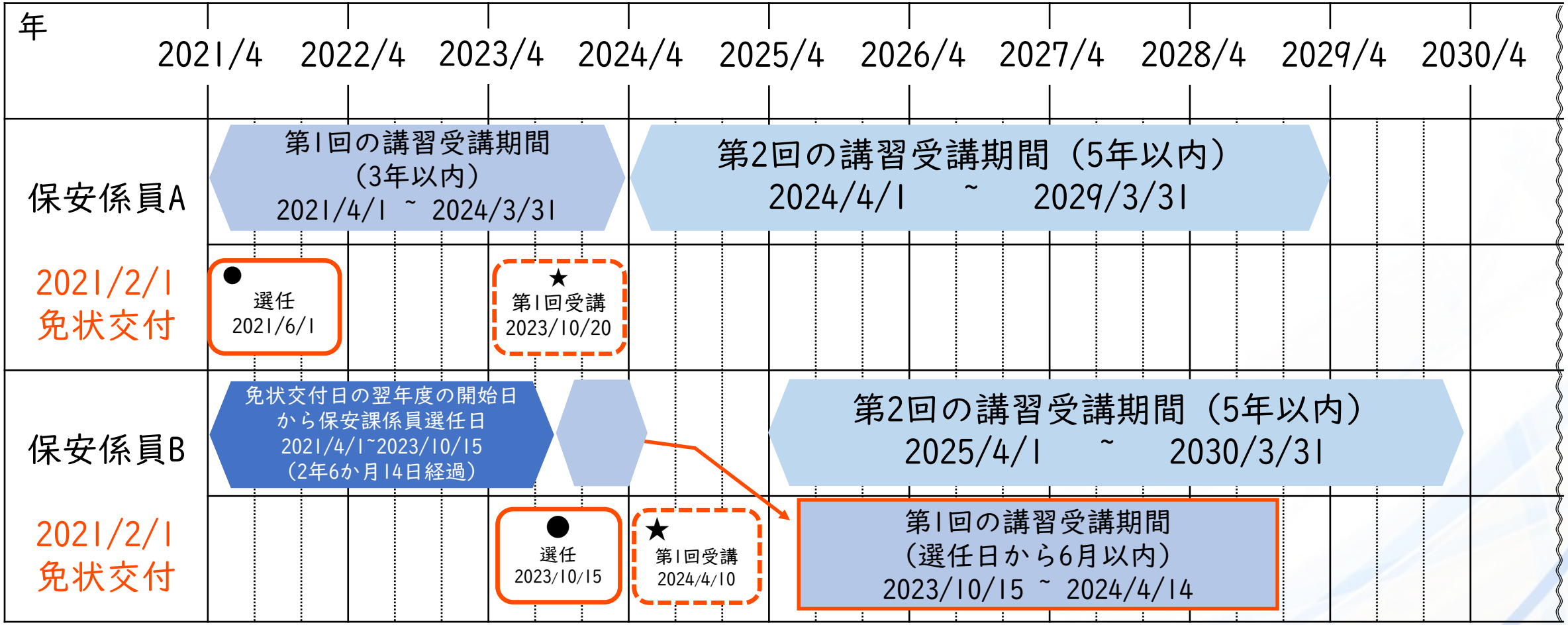
＊1　保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の４分の３並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
＊2　貯槽有・充塡のみは200万m³／日
＊3　化学、物理学、工学に関する課程。同等の課程を修了した場合を含む。
＊4　工業に関する課程。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安係員講習の期間（例）

法第２７条の２、一般第６８条、
液石第６６条、コンビ第２７条

82



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の代理者の資格等及び職場での職位

法第33条、一般第78条、
液石第76条、コンビ第33条

保安統括者の代理者	保安統括者に選任されている者を直接補佐する職位
保安技術管理者の代理者	保安技術管理者に選任されている者を直接補佐する職位で、かつ、所定の免状・経験
保安係員の代理者	保安係員の担当製造施設に従事する者で、かつ、所定の免状・経験
保安主任者の代理者	保安主任者に選任されている者を直接補佐する職位で、かつ、所定の免状・経験
保安企画推進員の代理者	職位に関係なく、所定の知識・経験

職位は、高圧ガスの製造保安関係組織上でなく、事業体の職務関係上である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の選解任届

法第27条の2 5、6項、27条の3　3項、33条3項、（28条）、一般第67条2項

保安統括者等		都道府県知事等への届出手続
（正）	代理者	
保安統括者	○	選解任した都度、遅滞なく届出
保安技術管理者	★	その年の前年の８月１日からその　年の７月３１日までに選解任した者について、その年の８月１日以後、遅滞なく（まとめて）届出
保安企画推進員	★	
保安主任者	★	
保安係員	★	
（販売主任者） （特定高圧ガス取扱主任者）		（選解任した都度、遅滞なく届出）

○の代理者は選解任届出必要　　★の代理者は選解任届出不要

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

販売主任者の資格等

法第28条、一般第72条、73条、液石第70条、71条

販売主任者

	選任対象ガス	資格	経験
第一種販売主任者	アセチレンほか21種類の一般高圧ガス	甲種化・機、乙種化・機責任者免状、第一種販売主任者免状	所定のガスの製造又は販売6か月以上
第二種販売主任者	液化石油ガス	甲種化・機、乙種化・機、丙種化学（液石）責任者免状、第二種販売主任者免状	液化石油ガスの製造又は販売6か月以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定高圧ガス取扱主任者の資格等

法第28条、一般第72条、73条、液石第70条、71条

特定高圧ガス取扱主任者

特定高圧ガス	資格等
特殊高圧ガス、 圧縮水素、 圧縮天然ガス、 液化酸素、 液化アンモニア、 液化塩素、 液化石油ガス	① 選任対象の特定高圧ガスの製造又は消費の１年以上の経験 ② 大学ほか所定の学校卒業者（同等の課程修了者を含む。） ③ 高圧ガス保安協会の所定の講習修了者 ④ 高校又は旧工業高校卒業で特定高圧ガスの製造又は消費の６か月以上の経験 ⑤ 甲種化・機、乙種化・機、丙種化学責任者免状、第一種販売主任者免状（液化石油ガス以外の主任者への選任に限る。）の保有者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安検査

法第35条、39条の4、一般則第79条、第82条、第87条第3項、液石則第77条、第80条、第85条第3項、コンビ則第34条、第37条、第42条第3項

保安検査

保安検査とは、第一種製造者の製造施設（特定施設）が技術上の基準に適合するように維持しているかどうかについて、定期（原則1年に1回、製造細目告示で定めるものは、2～4年に1回）に確認するための検査である。

保安検査は、都道府県知事等、高圧ガス保安協会又は指定保安検査機関のいずれかが行う。（高圧ガス保安協会又は指定完成検査機関で受検した場合は、受検者が検査を受けた旨を都道府県知事等に届け出る必要がある。）

特定施設

特定施設は、第1種製造者の製造施設のうち保安検査を受けなければならない製造施設のことです。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安検査の受検手続等

法第35条

88

第一種製造者

【認定保安検査実施者】
認定を受けた特定施設*

* 特定施設は継続して２年以上高圧ガスの製造をしているものに限られる。

特定施設とは、保安検査受検対象の製造施設

保安検査記録の届出

第一種製造者

特定施設

① 保安検査申請
② 保安検査実施
③ 保安検査証交付

都道府県知事等

定期に受検

(5) 保安検査受検の届出

(1) 保安検査申請
(2) 保安検査実施
(3) 保安検査証交付

高圧ガス保安協会
指定保安検査機関

いずれかで検査を受ける

(4) 保安検査結果の報告

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査

法第35条の2

89

定期自主検査

定期自主検査とは、都道府県等の第三者が行う完成検査や保安検査と異なり、第一種製造者等の事業者自らがその製造施設等について、技術上の基準に適合しているかどうかを確認するための検査である。

定期自主検査は、1年に1回以上行わなければならない。

定期自主検査の記録を作成、保存しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

定期自主検査

法第35条の2、一般第83条、
液石第81条、コンビ第38条

特定高圧ガス消費施設の検査実施監督者は取扱主任者

液化石油ガスの第一種製造者
液化石油ガスの第二種製造者（処理能力30ｍ^{3}以上）
すべての特定高圧ガス消費者

検査範囲：製造施設全体・特定高圧ガス消費施設全体

一般高圧ガスの第一種製造者
一般高圧ガスの第二種製造者（処理能力30ｍ^{3}以上）
特定製造者（処理能力30ｍ^{3}以上を含む。）
認定指定設備のみの第二種製造者

検査範囲：製造施設のガス設備のみ

製造施設の検査実施監督者は保安係員

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者に対する規制

製造許可

事前に

完成検査の受検

危害予防規程の制定・届出

保安統括者等選任の届出

製造開始の届出

製造の廃止の届出

＊施設等の変更許可・軽微変更届

＊技術上の基準の遵守・維持
＊危害予防規程の遵守
＊保安教育計画の作成
＊保安教育計画に従って従業者を教育

＊保安検査の受検（認定事業者の場合自ら実施可）
＊定期自主検査の実施、記録・保存（年１回以上自ら実施）

＊帳簿の記載・保存

法第5条、11条、14条、20条、21条、26条、27条、27条の2、27条の3、35条、35条の2、60条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第二種製造者に対する規制

法第5条、12条、 13条、14条、21条、27条、27条の2、35条の2

第二種製造者

製造事業の届出

事業開始の日の20日前までに

↓

保安統括者等選任の届出

→ 処理能力 30m³以上で可燃性の液化ガスをポンプで加圧するものに限る。

↓

製造事業廃止の届出

＊製造施設等の変更の届出

＊技術上の基準の遵守・維持*

＊従業者に保安教育実施

＊定期自主検査の実施、記録・保存（処理能力 30m³以上・指定設備に限る。）

その他の製造者

*の事項のみ適用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵に対する規制

法第15条、15条、17条の2、
18条、19条、20条、27条、60条

第一種貯蔵所	第二種貯蔵所	その他の貯蔵
貯蔵所の設置許可	貯蔵所設置の届出	＊の事項のみ適用
事前に	事前に	
完成検査の受検	＊貯蔵所変更届	
	＊貯蔵所変更許可・軽微変更届	
	＊従業者への保安教育の実施	
	＊技術上の基準の遵守・維持＊	
	＊帳簿の記載・保存	
貯蔵所の用途廃止の届出		

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売に対する規制

法第20条の4、の5、の6、の7、21条、27条、28条、60条

販売事業の届出

事業開始の日の20日前までに

販売事業の届出が不要の第一種製造者

＊の事項のみ適用

販売主任者の選任の届出

定められた高圧ガスの販売所に限る

＊ガスの種類変更届

＊従業員に対して保安教育の実施

＊技術上の基準の遵守・維持＊

＊帳簿の記載・保存

＊消費者への周知[定められた用途及び高圧ガスの消費者に限る。]＊

販売事業廃止の届出

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

消費に対する規制

法第24条の2、の2、の4、の5、
27条、35条の2

95

特定高圧ガス消費の届出

消費開始の日の
20日前までに

取扱主任者の選任の届出

特定高圧ガス消費の
廃止の届出

＊特定高圧ガス消費施設等の変更届

＊従業者への保安教育の実施

＊技術上の基準の遵守・維持*

＊定期自主検査の実施、記録・保存

その他の消費

*の事項のみ適用

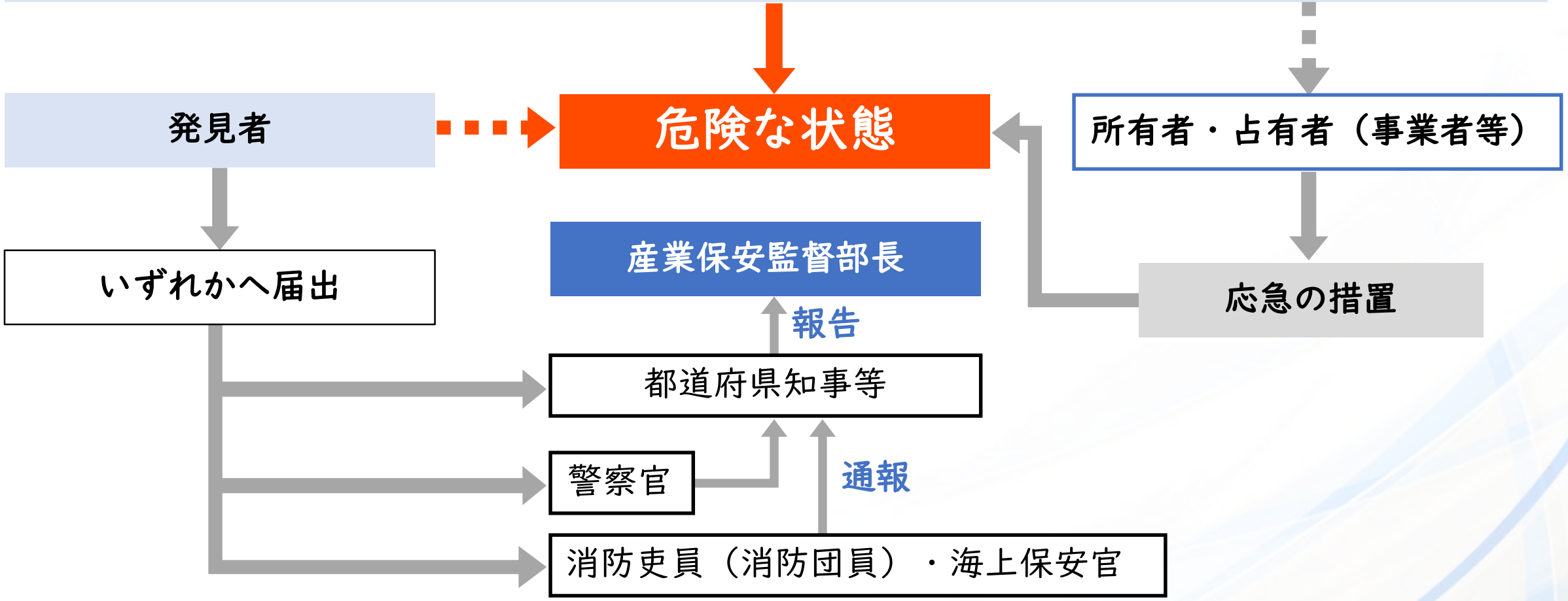
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険時の措置・届出

法第36条、第74条、政第19条1項8号、
一般第98条の2

96

製造施設・貯蔵所・販売施設・特定高圧ガス消費施設・充塡容器等



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

危険時の措置

一般第84条、液石第82条、
コンビ第39条

97

製造施設・消費施設

応急の措置→ 作業中止、ガスを移送・大気放出（安全に）、作業要員以外の退避

措置不能 → 付近住民に退避を警告

第一種貯蔵所、第二種貯蔵所、充填容器等

応急の措置→ 充填容器等の移動（安全に）、作業要員以外の退避

措置不能 → 付近住民に退避を警告

充填容器等が外傷・火災

応急の措置→ 一般則・液石則適用のものは、各規則の廃棄に係る技術上の基準に従って措置
コンビ則適用のものは、一般則の廃棄に係る技術上の基準に準じた措置

防災キャップ

措置不能 → 水中に沈める・地中に埋める

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所内の火気等制限

法第37条

98

[高圧ガス取扱事業所]

製造事業所（一種、二種）、貯蔵所（一種、二種）、販売所、特定高圧ガス消費事業所、液化石油ガス販売所（液石法）

① 火気制限場所の指定：高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者

② 指定場所内では、何人も火気取扱禁止

③ 指定場所内に、発火しやすい物を携帯しての立入禁止

ただし、指定した者の承諾を得れば立入可能

“何人”には、高圧ガス取扱事業所の所有者・占有者、従業者、一般人が含まれる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

認定保安検査実施者

（認定完成検査実施者も同じ。）

99

法第39条の2、39条の4、39条の5、39条の9、39条の10

1　対象特定施設

2年以上継続して高圧ガスの製造

2　認定基準の適合

① 保安検査のための組織
② 保安検査の方法（規程）
③ 検査実施者の数

3　変更の届出（変更後遅滞なく）

① 保安検査のための組織
② 保安検査の方法

4　認定保安検査実施者の義務

① 検査実施者は所定の知識経験を有する者（規程）
② 検査記録の作成、保存

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種製造者の帳簿

法第60条、　一般第95条、
液石第93条、コンビ第50条

100

記載事項と保存期間

① 高圧ガスを容器に充塡した場合→記載の日から２年間保存
- 充塡容器の記号及び番号
- 充塡年月日
- 高圧ガスの種類（一般高圧ガスのみ）
- 充塡圧力（一般高圧ガスの圧縮ガスのみ）
- 充塡質量（液化ガスのみ）

② 高圧ガスを容器により授受した場合→記載の日から２年間保存
- 充塡容器の記号及び番号
- 授受先・授受年月日
- 高圧ガスの種類（一般高圧ガスのみ）
- 充塡圧力（一般高圧ガスの圧縮ガスのみ）
- 充塡質量（液化ガスのみ）

③ 製造施設に異常があった場合→記載の日から10年間保存
- 異常があった年月日
- 異常に対してとった措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事故届

法第63条、第74条
政第19条１項８号

101

第一種製造者・第二種製造者・販売業者・貯蔵する者・消費する者・容器製造業者・容器の輸入者・その他高圧ガス又は容器の取扱者

高圧ガスの災害発生
高圧ガス又は容器＊を喪失、盗難

いずれかへ届出

産業保安監督部長

報告

都道府県知事等

通報

警察官

＊「容器」については、高圧ガスが充塡されているか否かにかかわらず喪失、盗難等の場合の届出が必要

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

高圧ガス製造保安責任者

丙種化学（特別）講習

法令～容器関係（法律・容器保安規）～

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

容器の種類（主なもの）

容器第2条、一般第60条1項19号、液石第58条11号

溶接部を有する容器
- 溶接容器[液化石油ガス、アセチレンなど]
- 超低温容器[液化酸素、液化窒素、液化アルゴンなど]
- 低温容器[液化炭酸ガスなど]
- ろう付け容器[圧力の低いガス]
- 自動車燃料装置用容器[液化天然ガス、液化石油ガスなど]

継目なし容器
- 一般継目なし容器[酸素ガス、窒素ガスなど]
- アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器
- 自動車燃料装置用容器[圧縮天然ガス]

複合容器
- 一般複合容器[液化石油ガス用（水中使用不可）、陸上用空気呼吸器など]
- 自動車燃料装置用容器[圧縮天然ガス、圧縮水素など]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

溶接容器の例

容器第2条2号

104

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

複合容器の例（カットモデル）

燃料装置用容器Type4

液化石油ガス用一般複合容器容器※

左：鋼製の溶接容器（8kg型容器、容器だけの質量は9.6kg）

右：一般複合容器（7.5kg型容器、容器だけの質量は4.4kg）

※経済産業省「第6回 高圧ガス小委員会」資料より引用

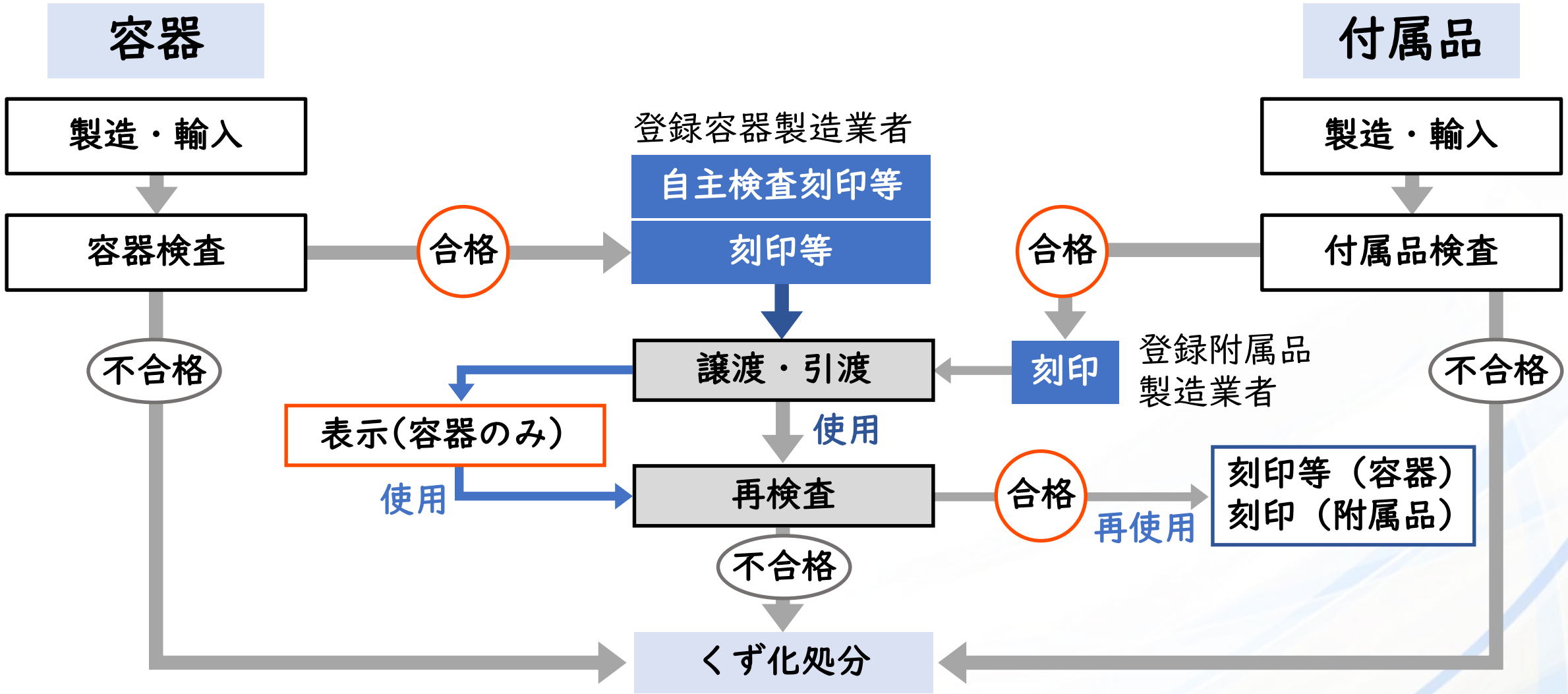
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/006.html

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器・附属品に対する規制

法第41条～56条

106



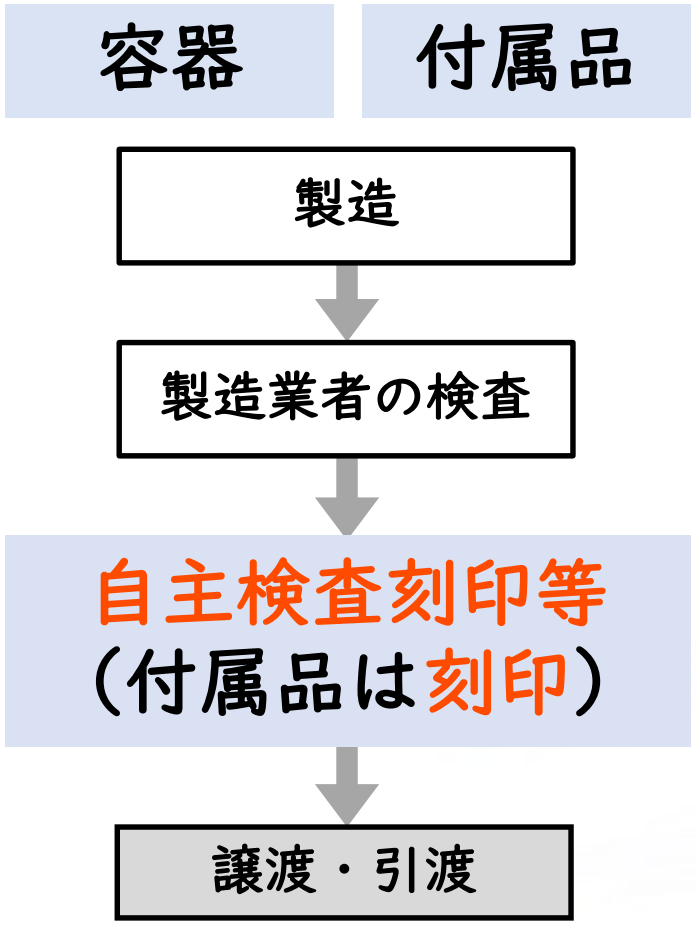
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

自主検査刻印等

法第49条の5、
49条の25

107

登録容器製造業者・登録附属品製造業者の場合



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

容器則における最高充塡圧力（FP－M）の定義（主なもの）

容器第2条25号

1　**圧縮ガスを充塡する容器**（SG容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器を除く。）

①　**アセチレンガスを充塡する容器以外の容器**

温度35℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

②　**アセチレンガスを充塡する容器**

温度15℃においてその容器に充塡することができるガスの圧力のうち最高のものの数値

2　**SG（特殊高圧ガス及びこれらの混合ガス）容器**

容器則で定められた耐圧試験圧力の５分の３倍の圧力の数値

3　**超低温容器、低温容器又は液化天然ガス自動車燃料装置用容器**

常用の圧力のうち最高のものの数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則における最高充塡圧力（FP－M）の定義（主なもの）

４　２及び３の容器以外の容器で、液化ガスを充塡するもの

耐圧試験圧力の５分の３倍（再充塡禁止容器は同５分の４倍）の圧力の数値

５　国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器

燃料の充塡中にその容器にかかるガスの圧力のうち最高のものの数値であって別に定める公称使用圧力の４分の５倍の圧力の数値

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（１）

＊検査実施者の名称の符号：

＊容器製造業者の名称又はその符号
（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪*は名称のみ）

＊充塡すべき高圧ガスの種類：
PG（ヘリウム、ネオン等）、
SG（特殊高圧ガス）、
FC１、FC２、FC３（以上フルオロカーボン）、
CNG（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器）、
CHG（圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪*及び圧縮水素運送自動車用容器）、
LNG（液化天然ガス自動車燃料装置用容器）（さらに詳細刻印あり＝略）、
その他の容器は高圧ガスの名称、略称又は分子式

＊「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（１）

＊容器の記号（LPガス容器は3文字以下）及び番号：
アルファベットと数字（LPガス容器は５けた以下）
＊内容積：（記号V、単位　リットル）

＊附属品（取り外しのできるものに限る。）を含まない容器の質量：
（記号W、単位kg）
（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪＊、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊アセチレンガスを充塡する容器の質量：
前記質量に多孔質物及び附属品の質量を加えた質量
（記号TW、単位kg）

＊「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（２）

＊容器検査合格年月：（内容積4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、合格年月日）

＊充塡可能期限年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪*は充塡可能期限年月）：（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、　国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪*、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に限る。）

＊耐圧試験における圧力：（記号TP、単位MPa）及びM（超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、　国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪*、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）

＊「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の刻印の主なもの（概要・順不同）（３）

＊最高充塡圧力：（記号FP、単位MPa）及びM（圧縮ガス用容器、超低温容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器に限る。）

＊高強度鋼（記号HT）、アルミニウム合金（記号AL）であることの記号：
（高強度鋼、アルミニウム合金で製造された容器（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、二輪＊、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器を除く。）に限る。）

＊容器の胴部の肉厚：（記号t、単位mm）
（内容積500L超の容器に限る。）

＊胴部の繊維強化プラスチック部分の許容傷深さ：
（記号DC、単位mm）
（繊維強化プラスチック複合容器に限る。）

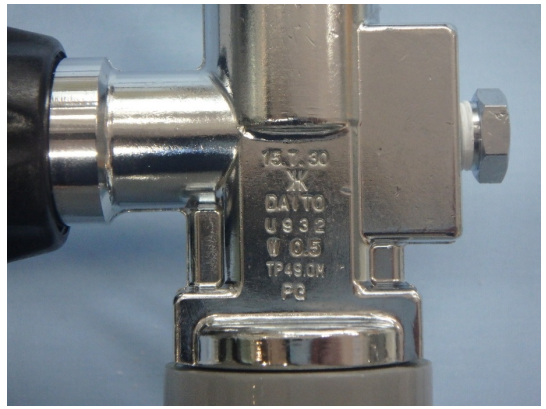
＊「二輪」は、「圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器」を表す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（１）

法第49条の3容器第18条

114



＊附属品検査合格年月日（国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器に装置されるべき附属品は、年月）

＊検査実施者の名称の符号

＊附属品製造業者の名称又はその符号

＊附属品の記号・番号

＊附属品の質量：（記号W、単位kg）（液化石油ガス自動車燃料装置用容器、超低温容器、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、 圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されるべき附属品を除く。）

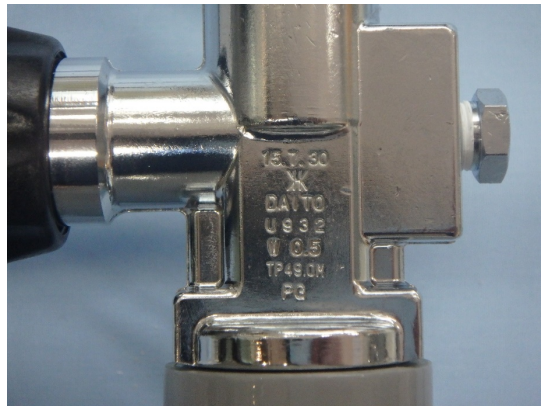
＊耐圧試験における圧力：（記号TP、単位MPa）及びM

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品の刻印の主なもの（概要・順不同）（１）

法第49条の3容器第18条

115



＊附属品が装置されるべき容器の種類：

- 圧縮アセチレンガス用容器→記号AG
- 圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器→記号CNGV
- 圧縮水素自動車燃料装置用容器→記号CHGV
- 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器→記号CHGGV
- 圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器→記号CHGTV
- 圧縮水素運送自動車用容器→記号CHGT
- 圧縮ガスを充塡する容器（上記の各容器を除く。）→記号PG
- 液化ガスを充塡する容器（以下の各容器を除く。）→記号LG
- 液化石油ガスを充塡する容器（下記LT容器を除く。）→記号LPG
- 超低温容器及び低温容器→記号LT
- 液化天然ガス自動車燃料装置用容器→記号LNGV

＊液化水素運送自動車用容器に装置する安全弁：→記号LTL又はLTH

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の表示事項

法第46条、容器第10条

116

＊容器の外表面積の１／２以上について所定の塗色

＊高圧ガスの名称

＊高圧ガスの性質を示す文字：可燃性ガスは「燃」、毒性ガスは「毒」

＊所有者又は管理業務受託者の氏名等（KHKの登録記号・番号でも可）

＊高圧ガスを容器により輸入した場合であって、輸入検査に合格したときは、その容器に表示をしなければならない。（法第46条第2項）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器の塗色表示（容器の表面積の５０％以上を塗色）

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かっ色
その他の種類の高圧ガス	※ ねずみ色

※ 水素ガスを充塡する容器のうち、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器並びにその他のガスを充塡する容器のうち着色加工していないアルミニウム製、アルミニウム合金製及びステンレス鋼製の容器、LPガスの容器並びに圧縮天然ガス自動車燃料装置用の容器は、塗色表示規制なし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の期間（１）

容器第24条、26条、一般第6条2項2号ヌ、液石第6条2項1号ヘ、容器則細目告示第4条

容器の種類 / 経過年数	溶接容器、超低温容器及びろう付け容器	一般継目なし容器	一般複合容器（液化石油ガス用一般複合容器を含む。）	アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器 *1（容器則26条1項参照）	液化石油ガス自動車燃料装置用容器（溶接）
起算日	検査合格月の前月の末日（4000L以上の容器、高圧ガス運送自動車用容器は刻印された容器検査合格月日の前日）				
4年以下	↓	↓	↓	↓	↓
4年を超え、20年未満	５年（特に定める容器*2（容器則24条1項2号）は6年）	５年	３年 ただし15年経過したものは充塡禁止	1年1月。ただし、4年1月を経過して最初の再検査時は本体及びねじ部を検査することとし、それ以外の再検査時はねじ部のみの検査	６年
20年以上	２年				２年

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

容器再検査の期間（２）

容器第24条、一般第6条2項2号ヌ

119

＊1：圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器⇒経過年数4年以下のものは4年、経過年数4年を超えるものは2年2月

＊2：国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器⇒経過年数4年1月以下のものは4年1月、経過年数4年1月を超えるものは2年3月

（注）一般則第6条第2項第2号ヌの規定により、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器及び圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器にあっては、刻印等に示された年月から15年を経過したもの又は充塡可能期限年月又は充塡可能期限年月日を経過したものには充塡しないこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器再検査の規格の主なもの

法第49条2項、
容器第26条

120

1　アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器、一般継目なし容器、溶接容器、ろう付け容器及び一般複合容器

耐圧試験→容器ごと（例外：アセチレンの容器は製造ロットごとに1個）

2　超低温容器

気密試験　断熱性能試験　→　いずれも容器ごと

3　圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、圧縮水素運送自動車用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器

漏えい試験（液化天然ガス自動車燃料装置用容器は、漏えい試験に加えて断熱性能試験又は保冷性能試験）　→　いずれも容器ごと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品再検査の期間

法第49条の4、
容器第27条

製造後の経過年数	容器の種類	容器に装置されているもの ① LPG用容器で内容積4000L未満のもの（高圧ガス運送自動車用容器、鉄道車両に固定された容器を除く。）	容器に装置されているもの ② LPG自動車燃料装置用容器（車両に固定されているものに限る。）	容器に装置されているもの ③ 国際圧縮水素自動車燃料装置用容器	容器に装置されているもの ①、②及び③以外のもの	容器に装置されていないもの
6年6月	以下	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から２年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が、附属品検査等合格日から２年を経過して最初に受ける容器再検査の日までの間	附属品検査等合格月からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格月の前月の末日から２年を経過して最初に受ける容器再検査までの間	附属品検査等合格日からその附属品が装置されている容器が附属品検査等合格日から２年を経過して最初に受ける容器再検査までの間（アルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器は、容器検査等合格月の前月の末日から起算して４年１か月経過して最初に受ける容器再検査までの間）	２年
7年6月	超	１年	１年			

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

附属品再検査の規格の主なもの

法第49条の42項、
容器第29条

1　バルブ（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器及び液化天然ガス自動車燃料装置用容器以外の容器に装置されるもの）

開閉操作が容易であり、かつ、円滑に作動するもの

2　安全弁（圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、圧縮水素自動車燃料装置用容器、国際圧縮水素自動車燃料装置用容器、圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器、液化天然ガス自動車燃料装置用容器及び圧縮水素運送自動車用容器に装置されているもの並びに破裂板及び溶栓を除く。）

所定の圧力を加えた場合作動するもの

3　緊急しゃ断装置

遠隔操作により作動することができるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器・附属品のくず化処分

法第56条

123

① 容器検査・附属品検査に不合格の容器・附属品であって、充填するガスの種類、圧力を変更しても規格不適合のもの

② 容器再検査・附属品再検査に不合格の容器・附属品であって、３か月以内に刻印等・刻印がされないもの

③ 廃棄する容器・附属品（使用過程のもの（ガスが充填されているか、充填されていないかにかかわらず。）、未使用のもの（新品を含む。））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器への高圧ガスの充塡

法第48条、
容器則第22条

124

高圧ガスを充塡する容器の条件

1　容器検査に合格し、容器に刻印等がされていること、又は自主検査刻印等がされていること。
2　表示がしてあること。
3　附属品検査に合格し刻印がされている附属品が容器に装置されていること。
4　使用過程で容器再検査期間が経過したもの→容器再検査に合格し刻印等がされていること。
5　使用過程で附属品再検査期間が経過したもの→附属品再検査に合格し刻印がされている附属品が装置されていること。

容器再検査期間を経過したにもかかわらず容器再検査を受けず、容器再検査に合格した旨の刻印がなされていない容器には、高圧ガスを充塡してはならない。

容器に充塡する高圧ガスの条件

容器の刻印で示されたガスの種類であることに加え、
1　圧縮ガス→最高充塡圧力「FP-M」(MPa)以下のものであること。

2　液化ガス→$G=\frac{V}{C}$(kg)以下のものであること。

G：液化ガスの質量(kg)
V：容器の内容積(L)
C：ガスの種類に応じた定数

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

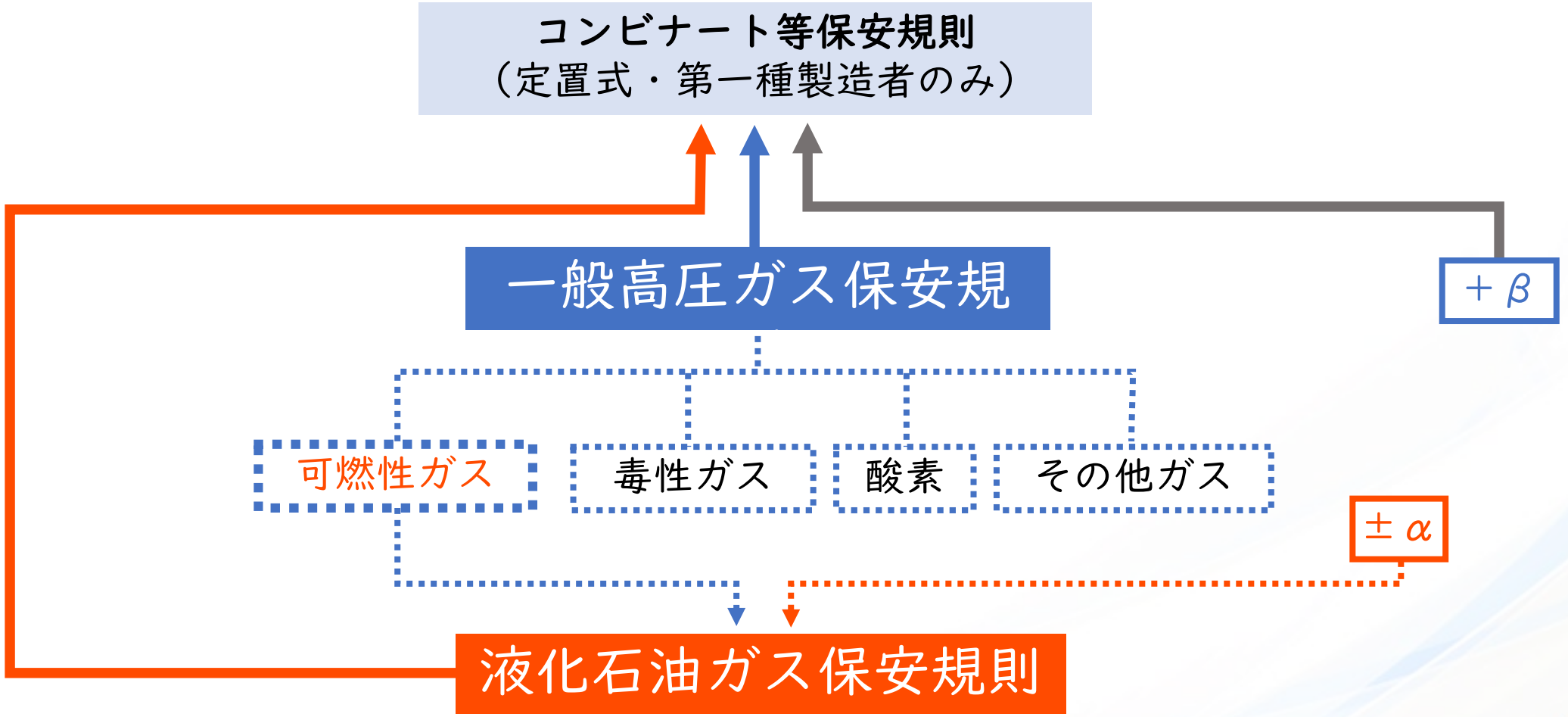
高圧ガス製造保安責任者

丙種化学（特別）講習

法令～一般高圧ガス保安規則～

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

各保安規則の関連



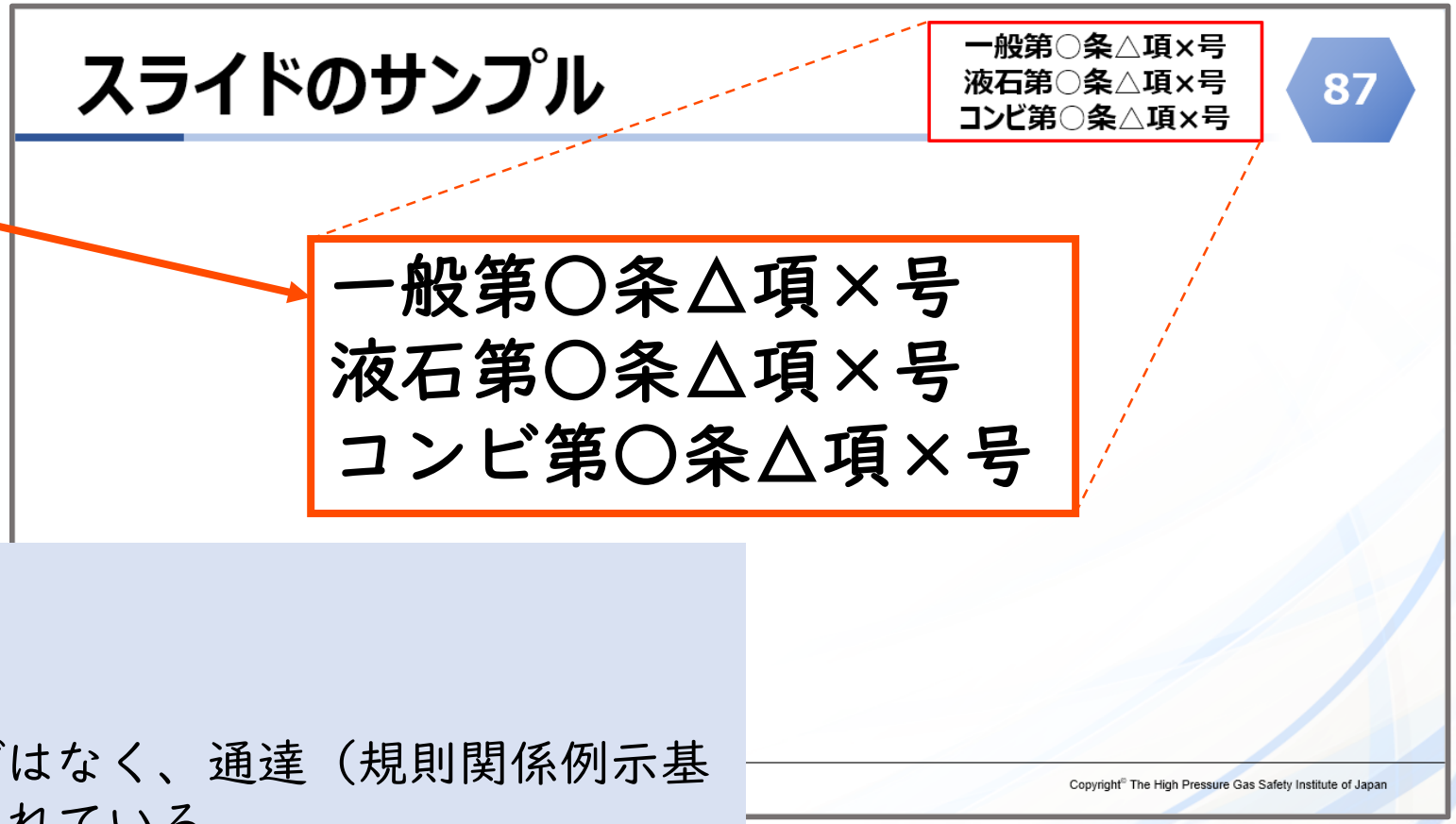
一般高圧ガス保安規則 ± α ＋ β ＝ ３保安規則

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

スライドの見方

127

根拠条文
３規則で同じ規定である。



例示基準
例示基準
例示基準

は、法令ではなく、通達（規則関係例示基準）で示されている。

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

第一種保安物件・第二種保安物件

第一種保安物件

高圧ガスによる災害が発生した場合、周辺の不特定多数の者又は保護すべき者の安全を確保するために、これらの者が利用する病院等施設や学校等から所定の距離を有して高圧ガス設備[第一種設備距離]や容器置場[第一種置場距離]などを設置することとされている。これらの施設等を第一種保安物件という。

一般第2条1項5号、6号、
液石第2条1項1号、2号、
コンビ第2条1項5号、6号、7号

第二種保安物件

第一種保安物件と同様な趣旨で、周辺に居住している者の安全を保護するために、その住居から所定の距離を有して高圧ガス設備[第二種設備距離]や容器置場[第二種置場距離]などを設置することとされている。この住居を第二種保安物件という。

注：コンビ則では、第一種保安物件及び第二種保安物件から保安のための宿直施設を除いたものを「保安物件」という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

充塡容器・残ガス容器の定義

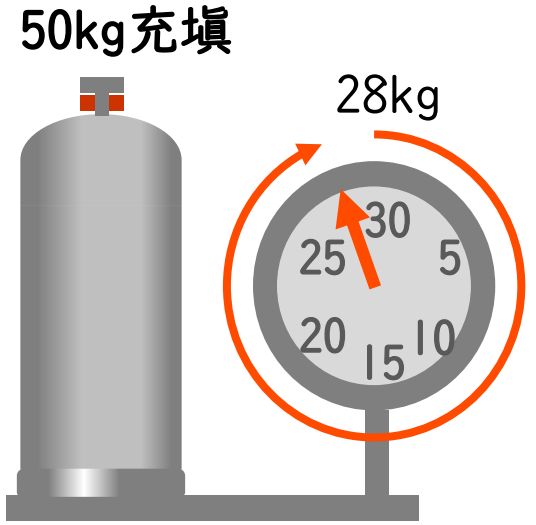
充塡容器

現に高圧ガスを充塡してある容器であって、その質量が充塡時の質量の2分の1以上減少していないものをいう。

残ガス容器

現に高圧ガスを充塡してある容器であって、充塡容器以外のものをいう。

充塡容器と残ガス容器の両方を含めて「充塡容器等」という。



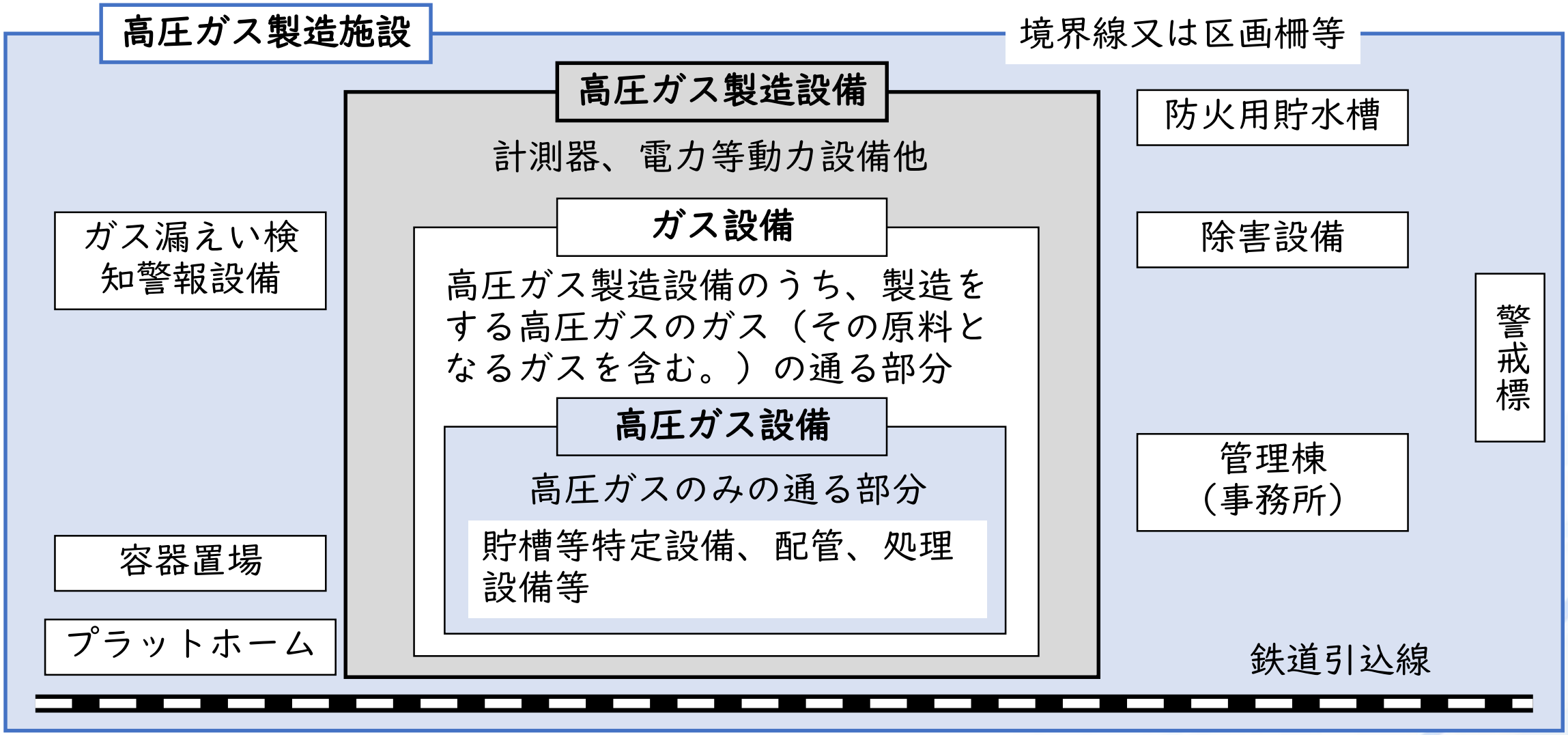
一般第2条1項10号、11号、第6条1項42号、液石第2条1項7号、8号、第6条1項35号、コンビ第2条1項11号、12号、第5条1項65号

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

高圧ガス製造施設の概念

一般第2条、液石第2条、
コンビ第2条

130

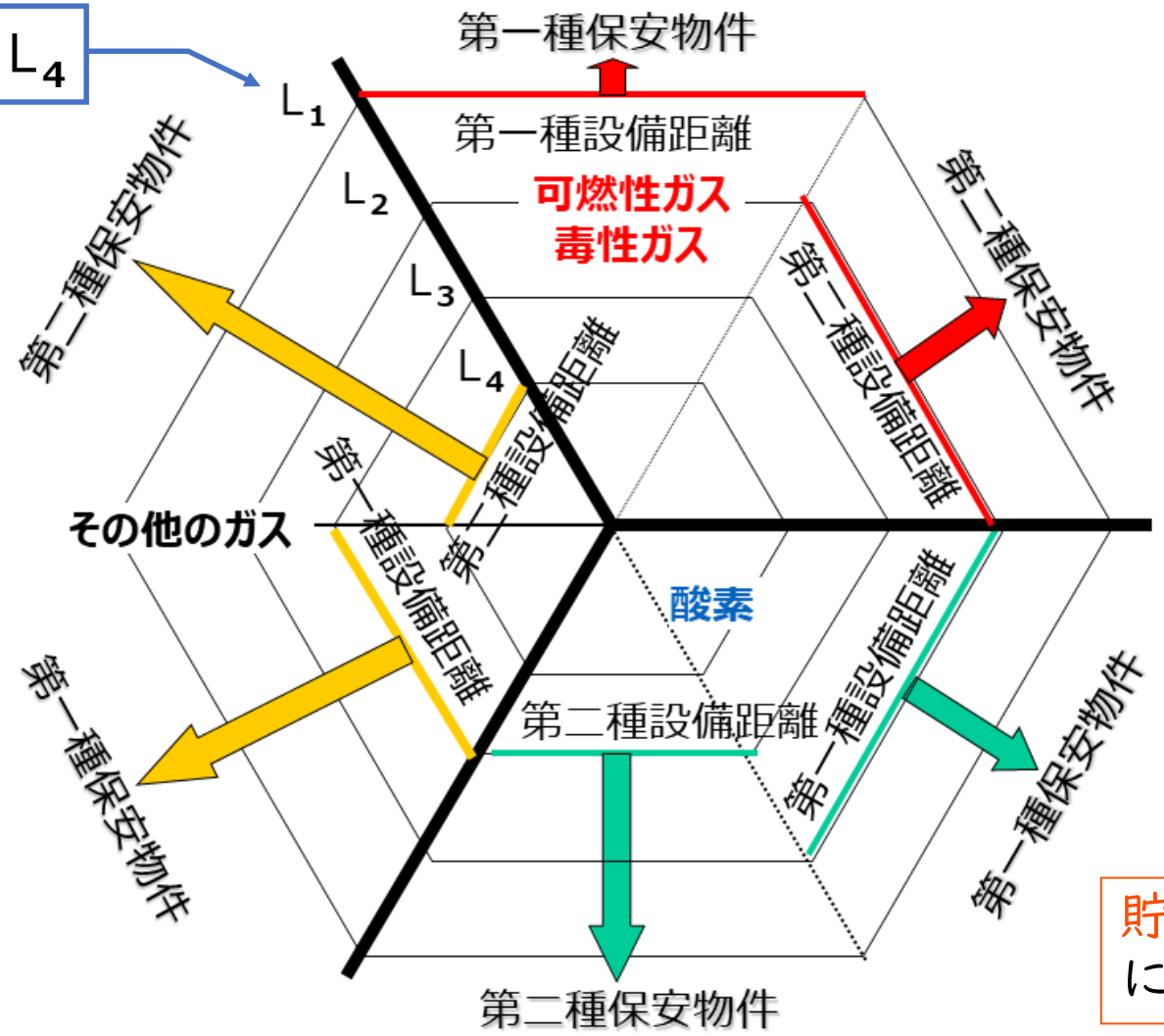


高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

設備距離（貯蔵設備・処理設備・減圧設備の外面から（液化石油ガスのものを除く。））

一般第2条1項19号、20号

$L_1 > L_2 > L_3 > L_4$

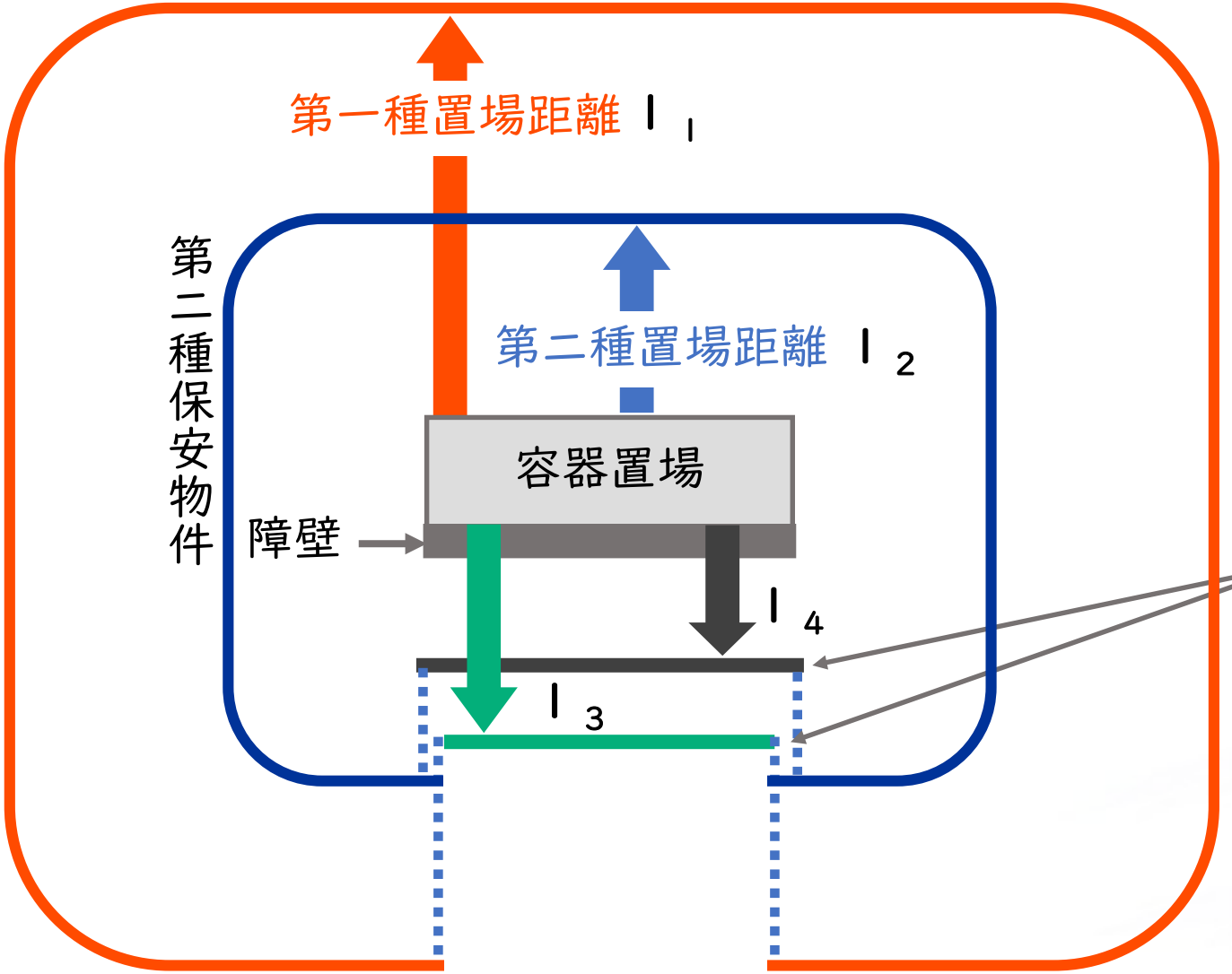


貯蔵能力及び処理能力それぞれに応じて算出した距離

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

第一種置場距離・第二種置場距離（容器置場の外面から）

一般第2条1項21号、22号、第6条1項42号ハ、ニ、液石第2条1項18号、19号、第6条1項35号ハ、ニ



面積8m²以上において

$l_1 > l_2 > l_3 > l_4$

床面積に応じて算出した距離

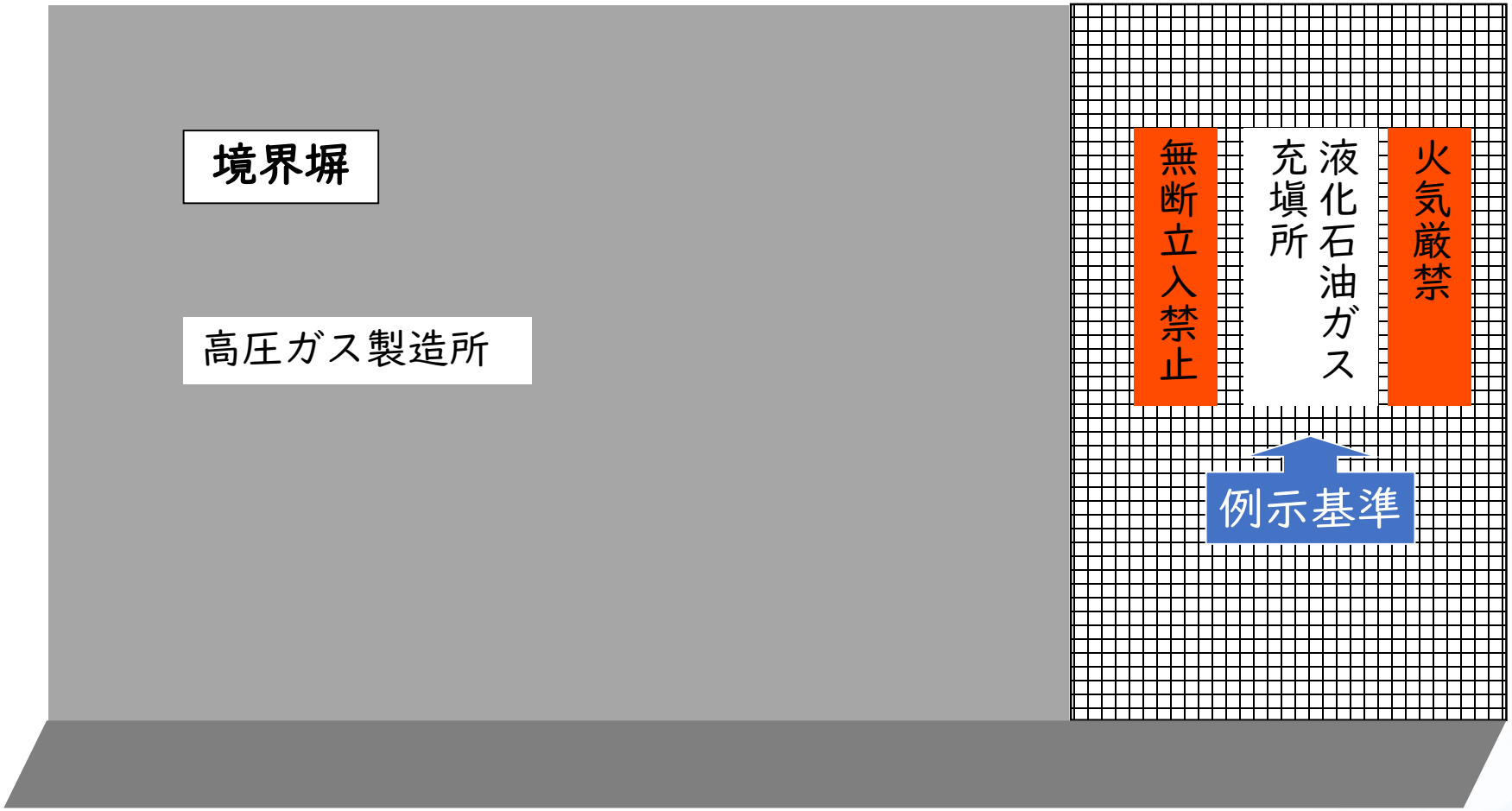
障壁設置で減じられた距離

可燃性ガス（液化石油ガスを含む）及び毒性ガス以外の高圧ガスのもので、面積が25m²未満のものは、障壁の有無に関係なく距離不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所の境界線の明示・警戒標掲示

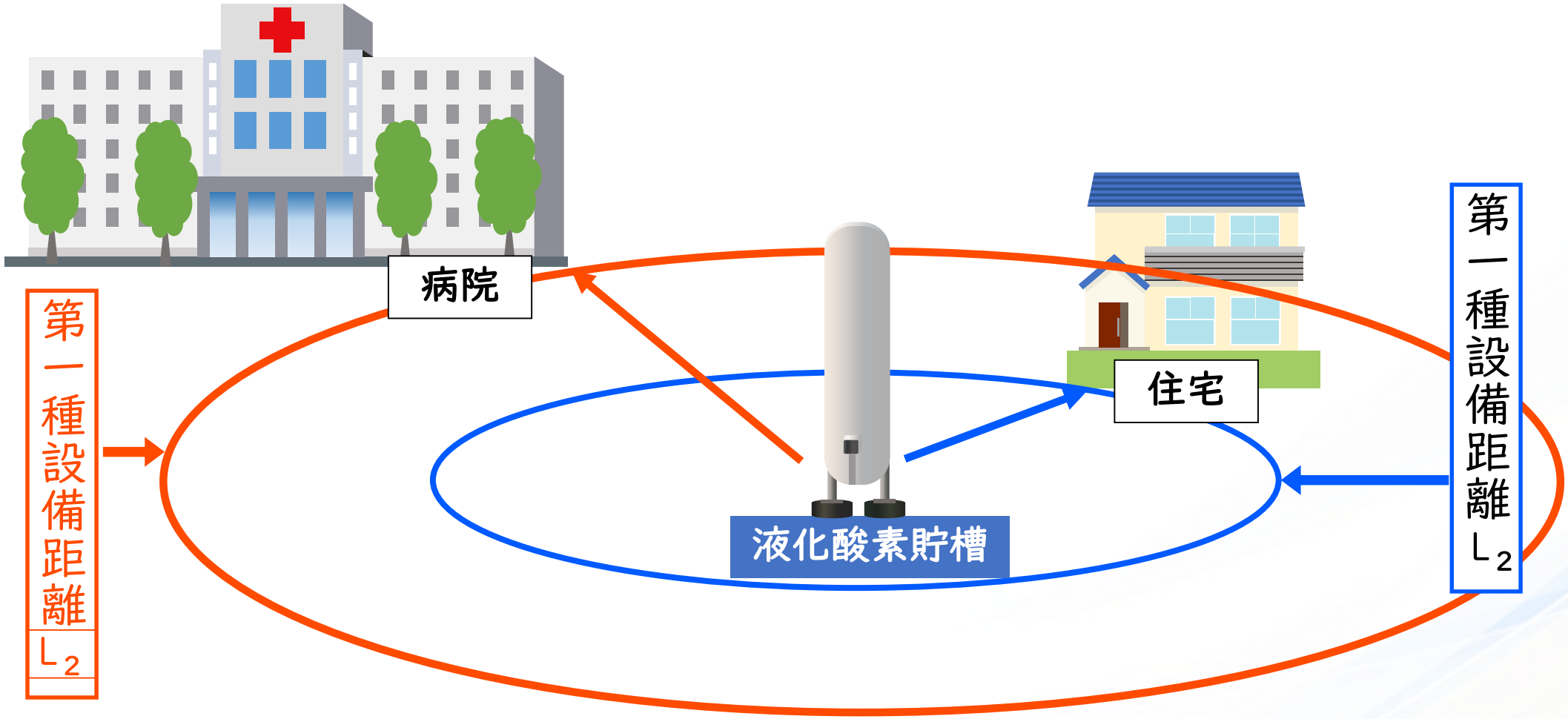
一般第6条1項1号、
液石第6条1項1号、
コンビ第5条1項1号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

設備距離（貯蔵能力・処理能力に応じて算出した距離）の例

一般第6条1項2号、液石第6条1項2号、3号、コンビ第5条1項2号、6号、7号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス（液化石油ガスを含む）、特定不活性ガスの製造設備から火気取扱施設に対する措置等

次の①～③のいずれかの措置等

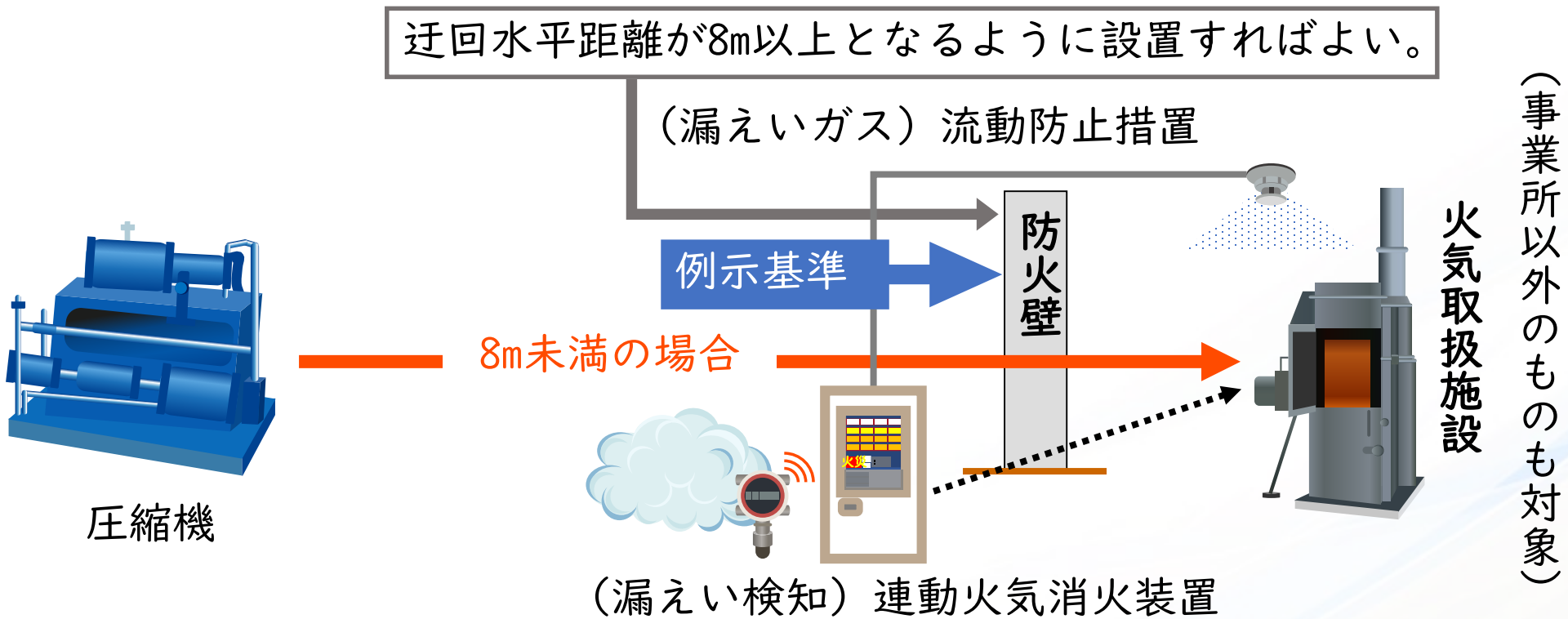
① 製造設備の外面（岩盤貯槽は配管竪坑の内面）から8m以上の距離

② 漏えいガス流動防止措置

③ 漏えい検知連動火気消火措置

一般第6条1項3号、
液石第6条1項7号、
コンビ第5条1項14号

迂回水平距離が8m以上となるように設置すればよい。



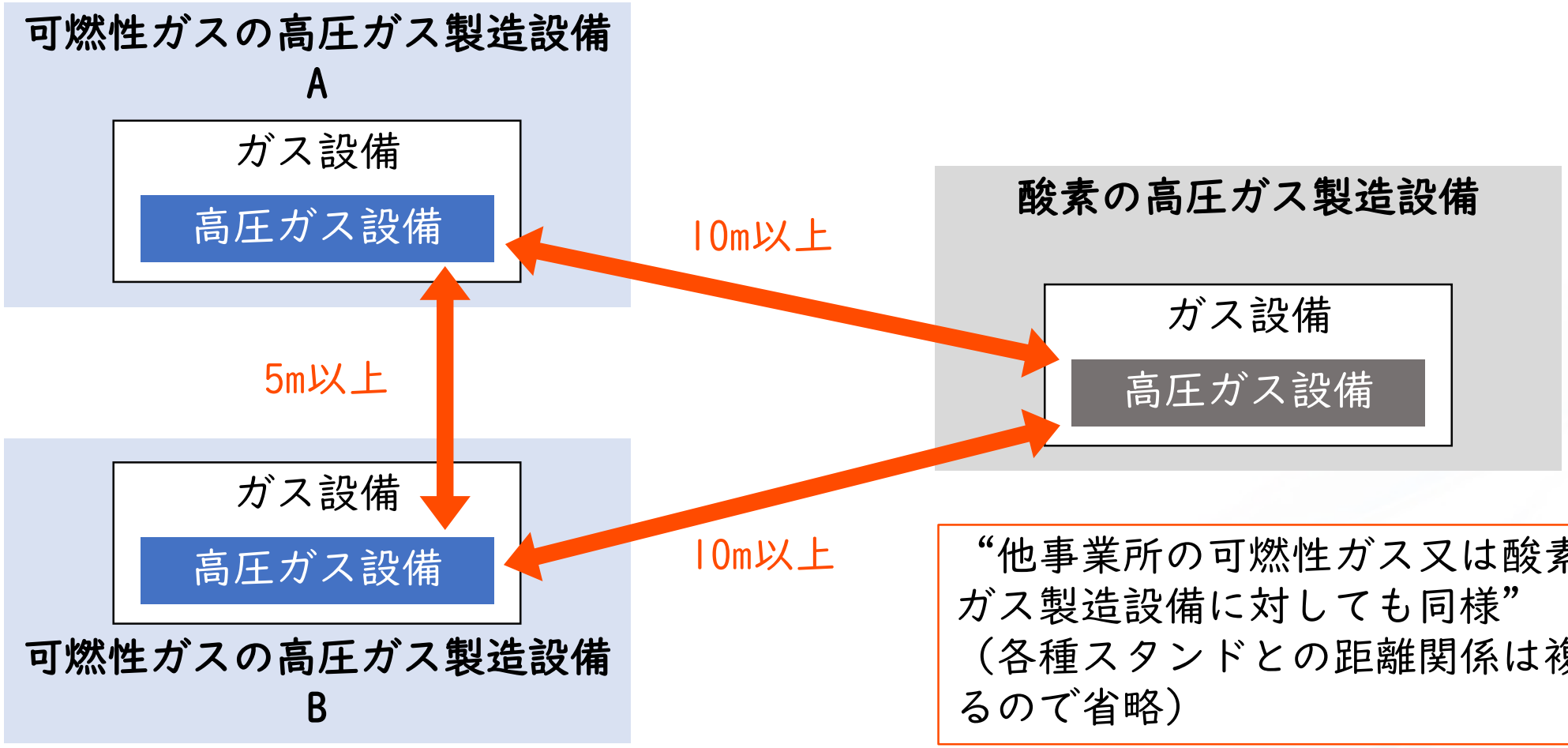
高圧ガス保安協会 The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備間距離

一般第6条1項4号、
コンビ第5条1項11号

136

高圧ガス製造事業所

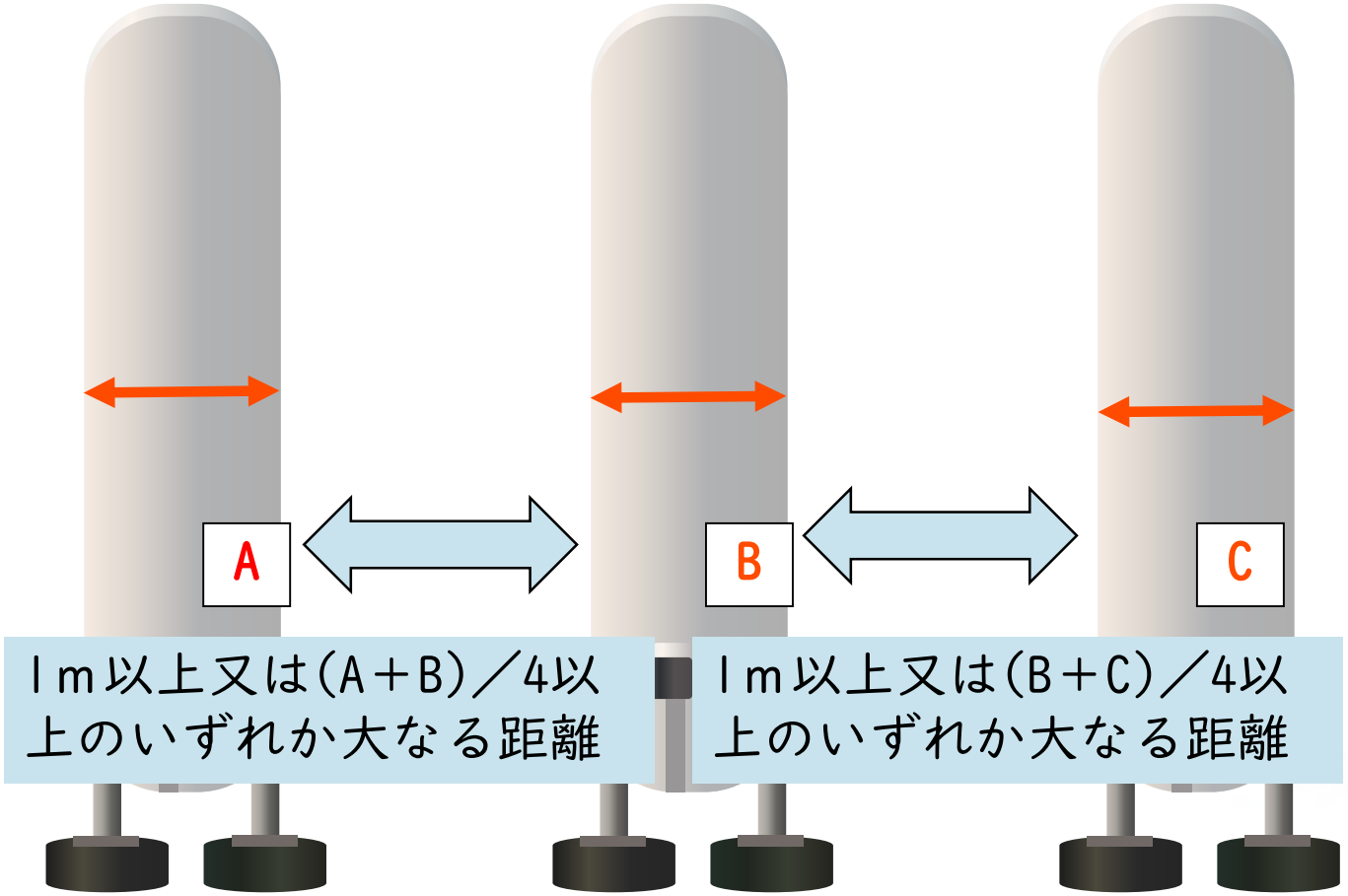


“他事業所の可燃性ガス又は酸素の高圧ガス製造設備に対しても同様”
（各種スタンドとの距離関係は複雑になるので省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽間距離（貯槽の外面から、岩盤貯槽は配管竪坑の内面間）

一般第6条1項5号、液石第6条1項8号、
コンビ第5条1項13号



可燃性ガス（液化石油ガスを含む）貯槽間相互又は可燃性ガス（液化石油ガスを含む）貯槽と酸素の貯槽間の距離→貯蔵能力が300m^{3}以上又は3000kg以上の貯槽に必要

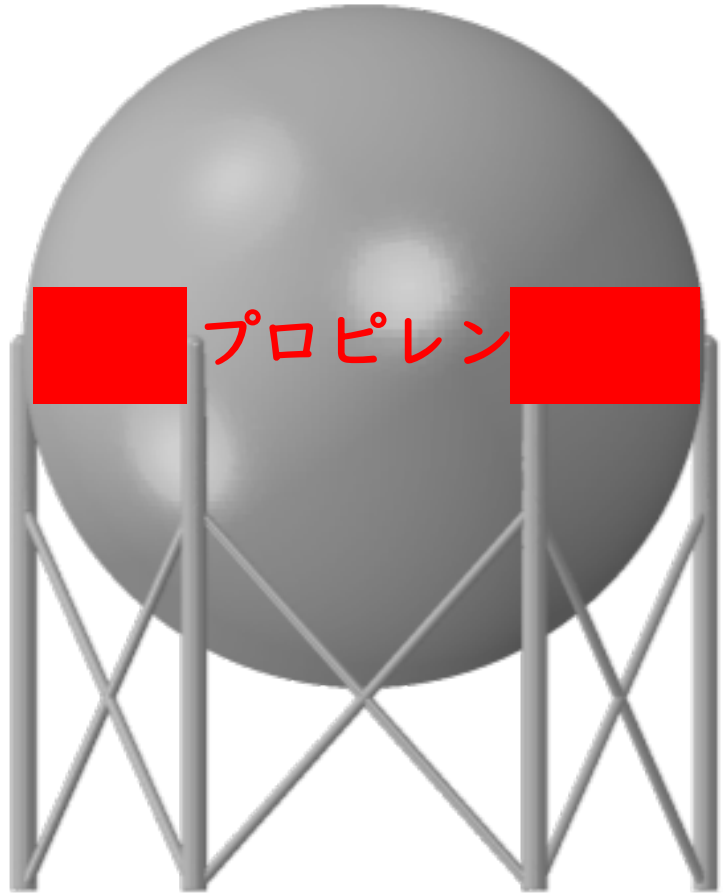
例外：貯槽に、防火上、消火上有効な措置(水噴霧装置、散水設備)を講じた場合は距離不要［コンビ則適用の貯槽はこの措置を講じても距離必要］

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

可燃性ガス貯槽(液化石油ガス貯槽)又は特定不活性ガス貯槽の識別措置

一般第6条1項6号、液石第6条1項9号、　コンビ第5条1項29号

地下埋設貯槽も識別措置が必要



例示基準

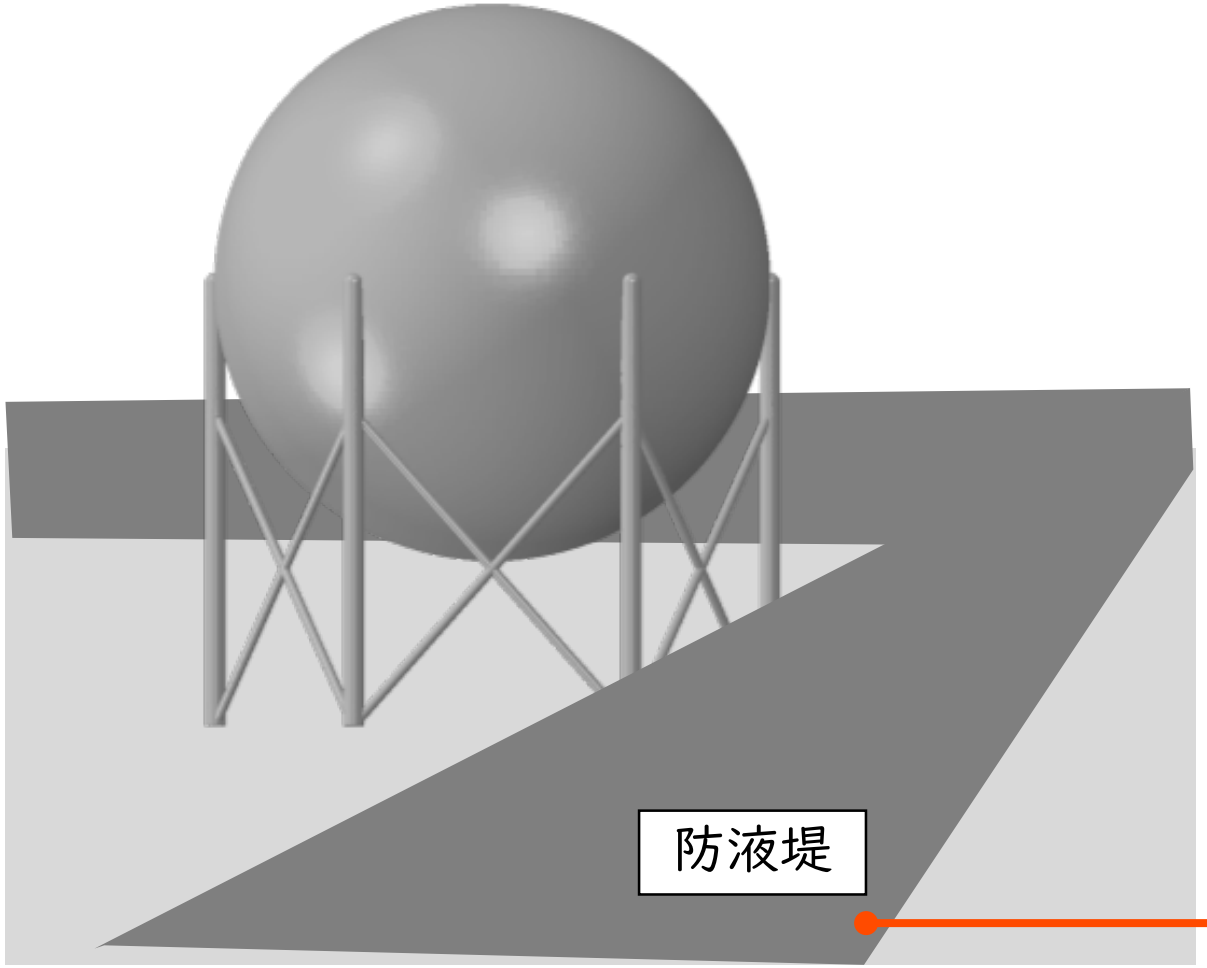
可燃性ガスの貯槽にあってはガス名の朱書き又は貯槽直径の1/10以上の幅の帯状の赤色塗装（液化石油ガス貯槽は朱書きのみ）
特定不活性ガスはガス名を橙色で書き、又は貯槽直径の1/10以上の幅の帯状の橙色塗色地下埋設貯槽は標識の掲示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

漏えい液化ガスの流出防止措置

一般第6条1項7号、
液石第6条1項10号、
コンビ第5条1項35号

139



- 可燃性液化ガス貯槽
- 液化石油ガス貯槽
- 液化酸素貯槽

↓

貯蔵能力1000トン以上
[コンビ則適用の貯槽のうち、可燃性ガスのものは500トン以上に規制強化]

毒性液化ガス貯槽

↓

貯蔵能力５トン以上

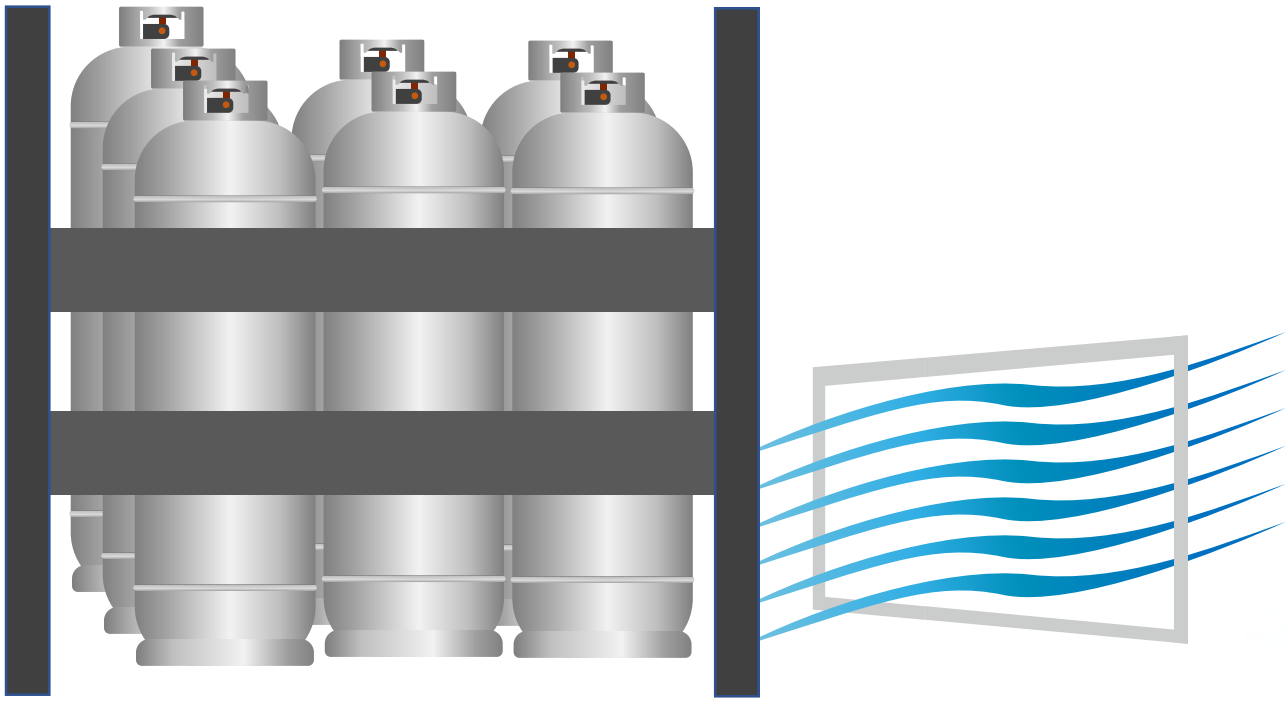
防液堤の内外に設備の設置制限有り

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス又は特定不活性ガスの製造設備を設置する室の構造

一般第6条1項9号、液石第6条1項12号、
コンビ第5条1項51号

140



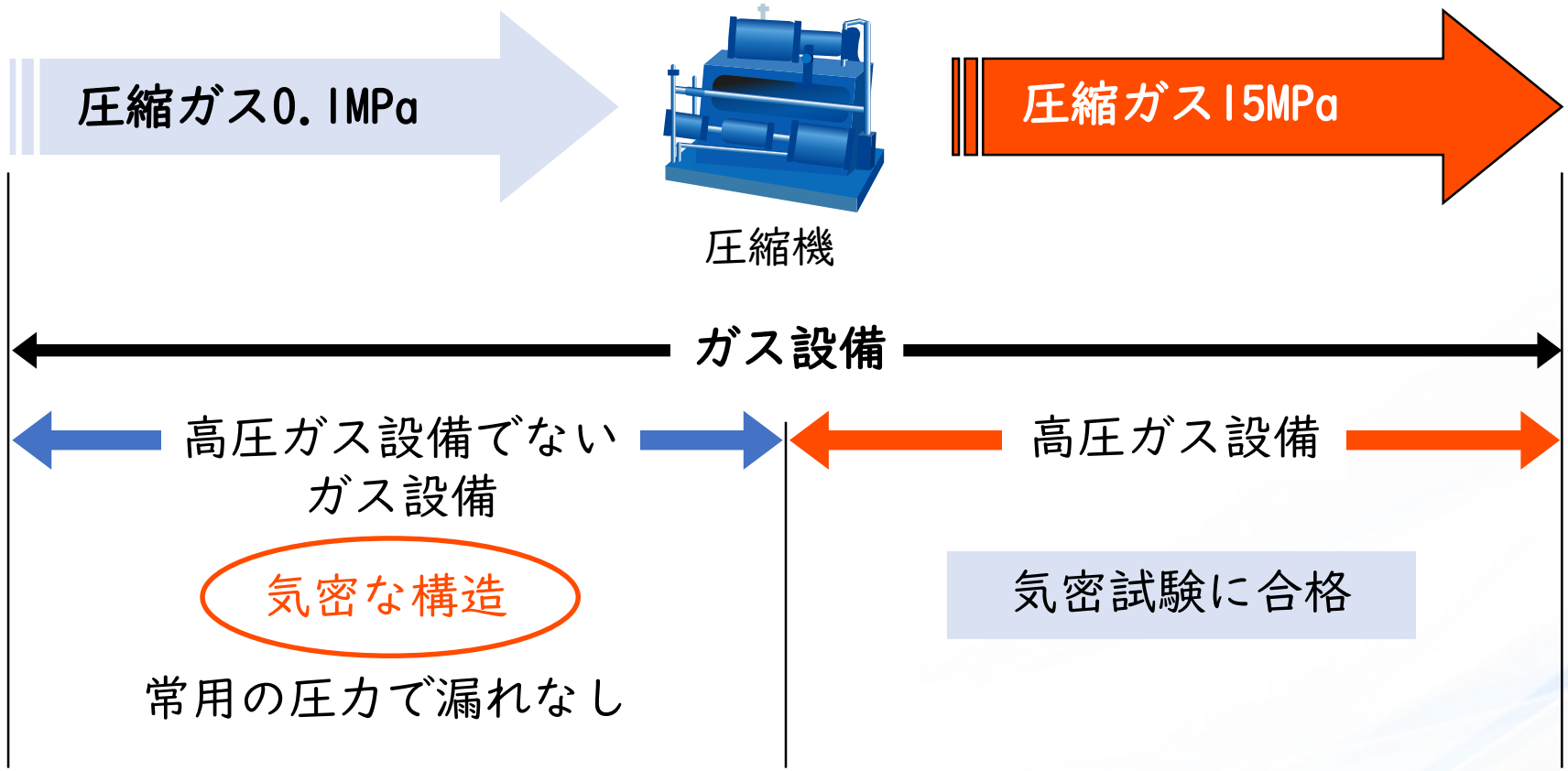
漏えいガスが滞留しない構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備（高圧ガス設備を除く）の気密な構造

一般第6条1項10号、液石第6条1項13号、
コンビ第5条1項15号

可燃性ガス（液化石油ガスを含む）、毒性ガス、酸素（空気取入口を除く。）のものに限る。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の耐圧試験

一般則第6条1項11号
コンビ則第5条1項17号

142

＊第二種特定設備等以外の高圧ガス設備（第一種特定設備を含む。）
1　水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.5以上の圧力
2　空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.25以上の圧力

＊第二種特定設備等
1　水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.3以上の圧力
2　空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.1以上の圧力

平成31.3.29
改正・施行

・第一種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を４として設計した設備(特定設備検査規則第2条16号、第11条1項、第14条1項)
・第二種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を3.5として設計した設備(特定設備検査規則第2条17号、第11条2項、第14条3項)
・第二種特定設備等とは、第二種特定設備その他設計上常用の圧力の1.5倍より小さい圧力で耐圧試験を行う必要のある設備（設備の例→圧縮水素スタンドの蓄圧器等＝耐圧試験圧力は常用の圧力の1.3倍の圧力）をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の気密試験

一般第6条1項12号、
液石第6条1項18号、
コンビ第5条1項18号

143

常用の圧力*以上の圧力

例示基準

試験方法等

① 空気、その他の危険性のない気体の圧力により行う。
② 当該高圧ガス設備がぜい性破壊を起こすおそれのない温度で行う。
③ 気密試験圧力は、常用の圧力以上の圧力とし、漏えいの確認はその圧力を10分間以上保持した後に行う。
④ 試験の状況によって危険がないと判断される場合は、当該高圧ガス設備によって貯蔵又は処理される高圧ガスを使用して行うことができる。

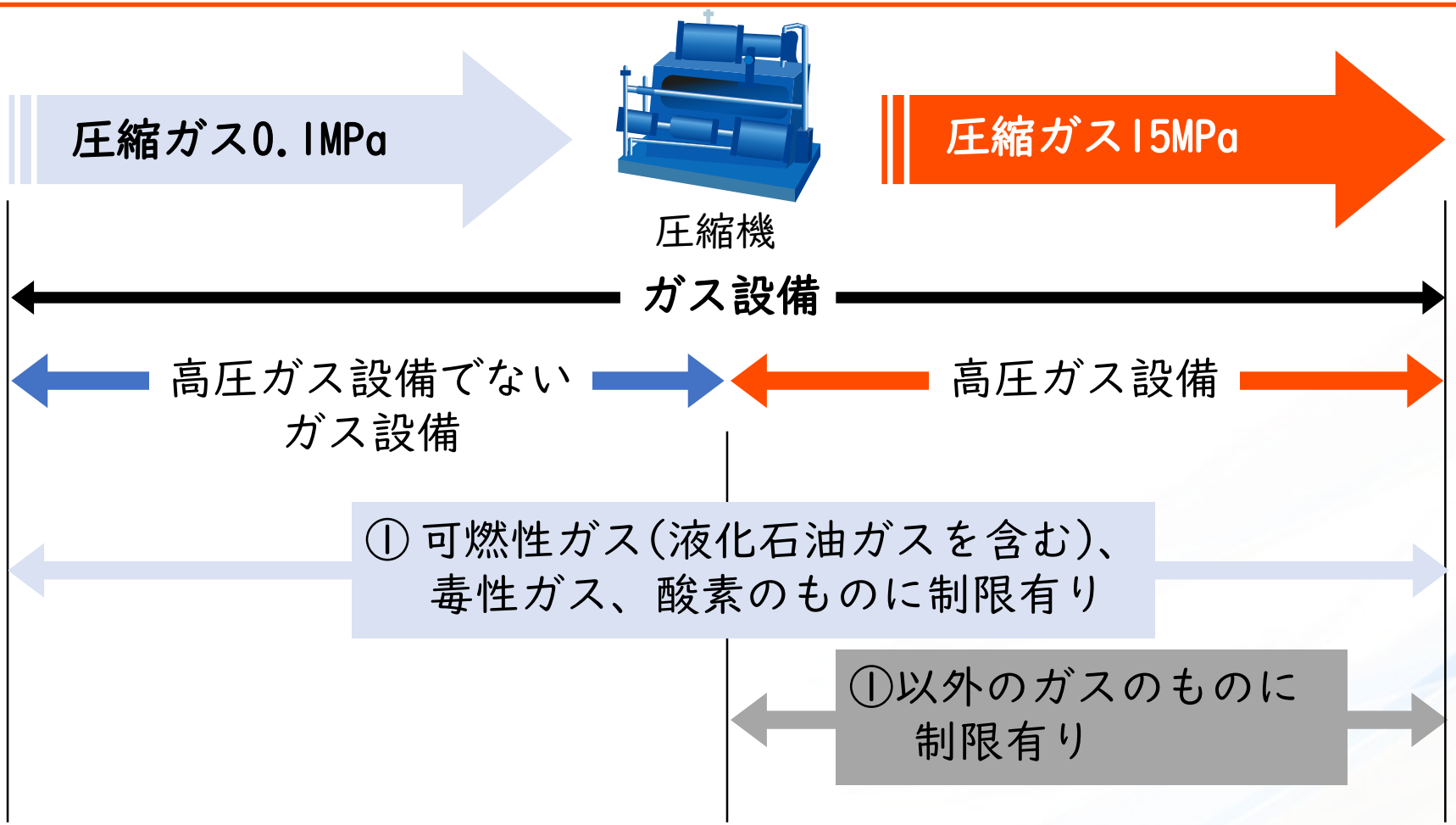
＊常用の圧力：設備の正常な使用状態における最高の圧力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備に使用する材料の制限

一般第6条1項14号、液石第6条1項14号、
コンビ第5条1項16号

材料に及ぼす化学的影響・物理的影響に対し安全な化学的成分・機械的性質を有するもの

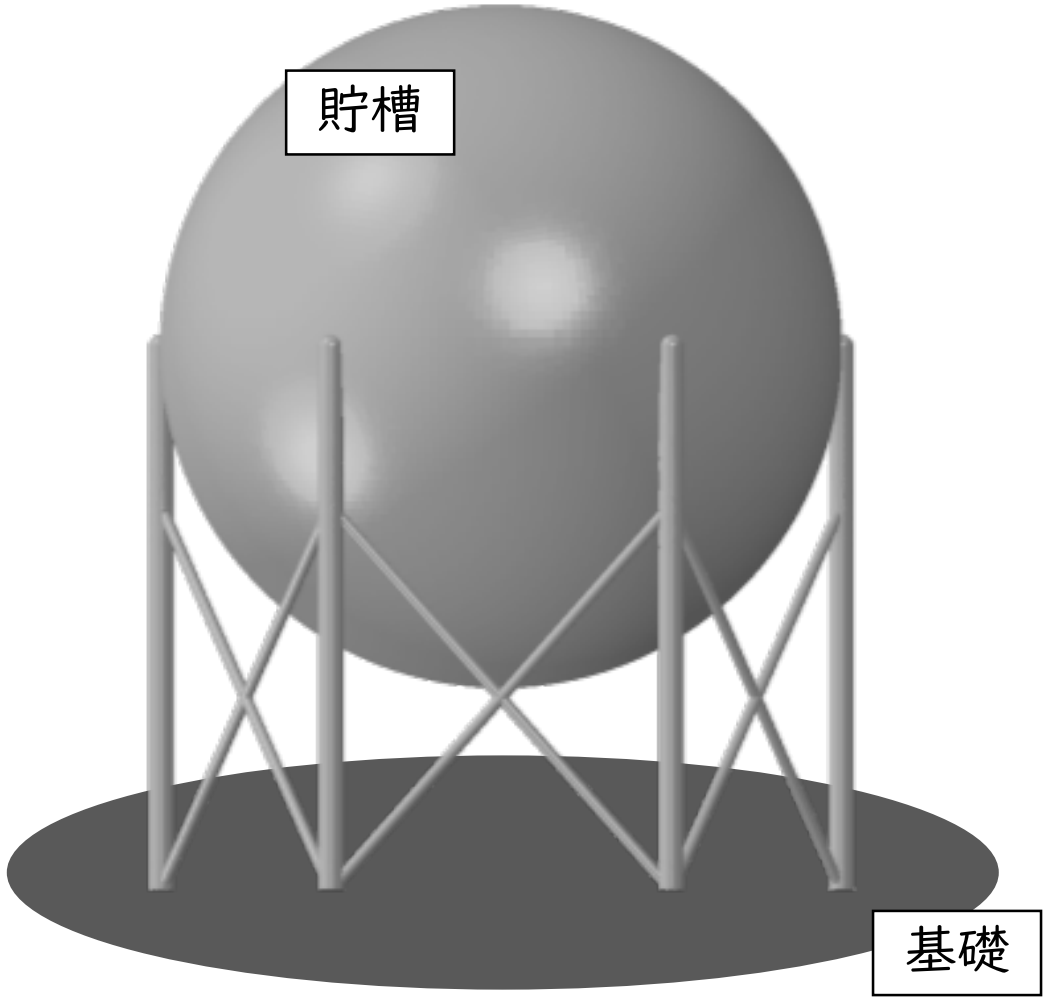


高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備の基礎

一般第6条1項15号、液石第6条1項15号、コンビ第5条1項23号

145



すべてのガスの種類の

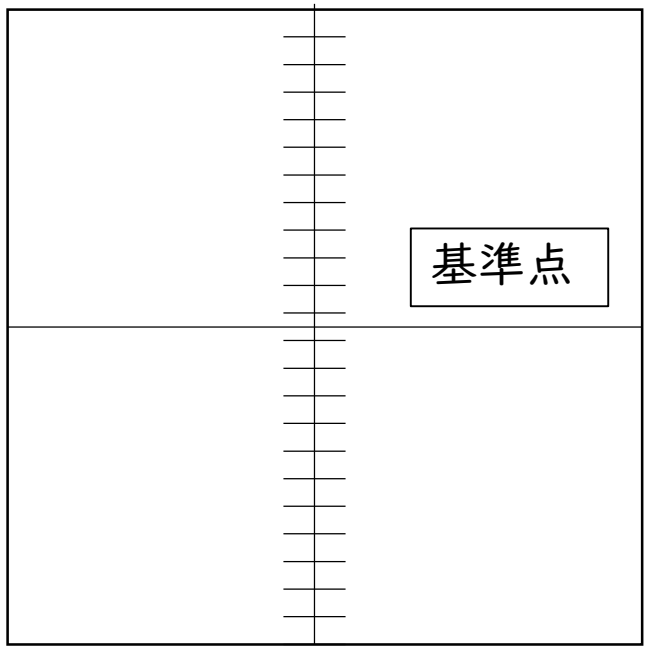
① 高圧ガス設備の基礎は、高圧ガス設備に有害なひずみを生じないもの

② 貯蔵能力が100m³以上又は1トン以上の貯槽の支柱又は底部は、同一の基礎に緊結

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の沈下状況を測定する措置

一般第6条1項16号、液石第6条1項16号、コンビ第5条1項64号



沈下測定基準点のイメージ

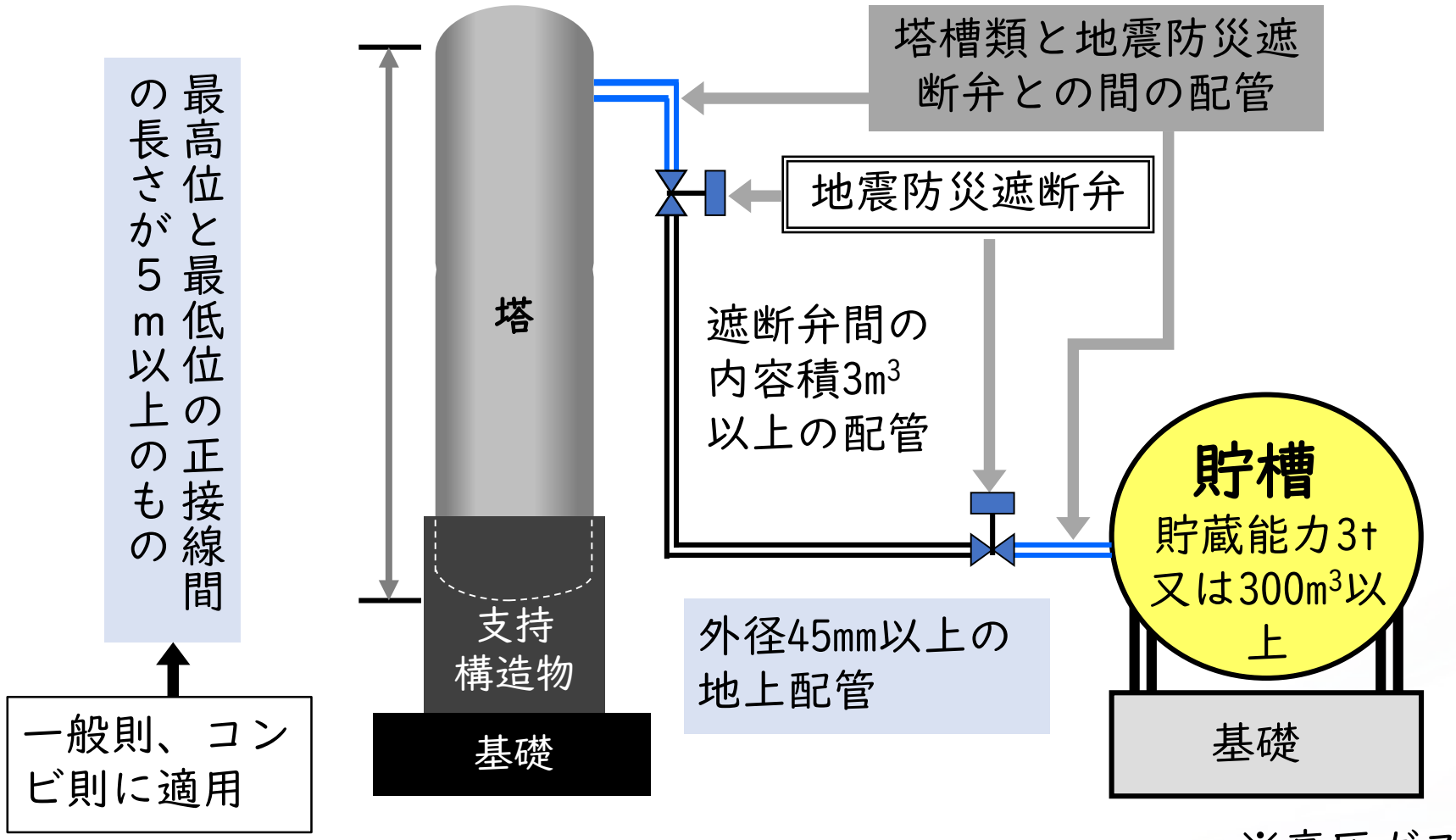
貯槽の沈下状況の測定

貯槽の貯蔵能力
100ｍ^{3}以上又は1t以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐震に関する性能の保有

一般則第6条1項17号、
液石則第6条1項20号、
コンビ則第5条1項24号、
耐震性能を定める告示



所定の耐震に関する性能を有すること。

※高圧ガスの種類は限定されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備に安全装置（許容圧力を超えたとき、許容圧力以下に戻す）の設置

148

一般第6条1項19号、20号、液石第6条1項21号、22号、コンビ第5条1項21号、22号

可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、特定不活性ガス、毒性ガス、酸素の安全弁又は破裂板に放出管を設置

→放出管の開口部は適切な位置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

放出管の開口部の例

一般第6条1項20号、液石第6条1項22号、
コンビ第5条1項22号

149

例示基準

液化石油ガス貯槽と配管の放出管の開口部

→周囲に着火源のない所定の高さ以上

例示基準

アンモニア設備の放出管の開口部

→除害設備内に接続

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化ガス貯槽に液面計の設置（ガラス液面計（ゲージグラス）を設置する場合）

150

一般第6条1項22号、
液石第6条1項24号、
コンビ第5条1項33号

丸形ガラス管液面計

→不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）又は酸素の超低温貯槽以外の貯槽には使用禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、特定不活性ガス、毒性ガス貯槽にガラス液面計（ゲージグラス）を設置する場合

151

一般第6条1項22号、
液石第6条1項24号、
コンビ第5条1項33号

例示基準

貯槽と液面計との接続配管に液面計の破損による液化ガス漏えい防止措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽の直近にバルブ（元バルブ）を設けるほか、同配管系統内に１つ以上のバルブを設置

一般第6条1項24号、
液石第6条1項25号、
コンビ第5条1項43号

可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、毒性ガス、酸素の送り出し、受入れ用配管に必要

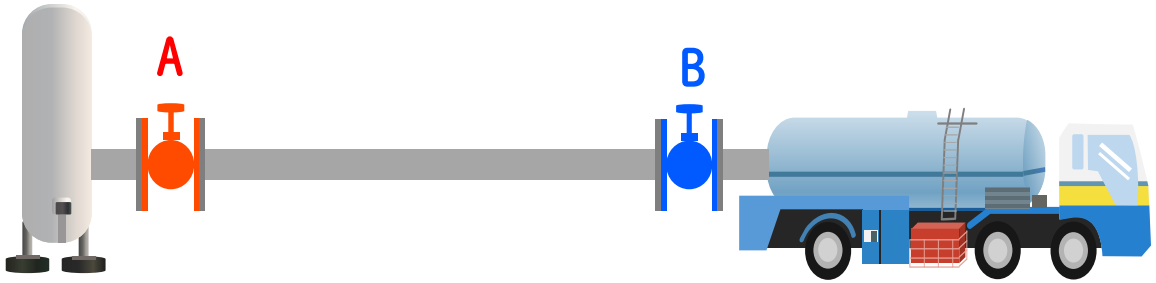
バルブは使用時以外は閉止

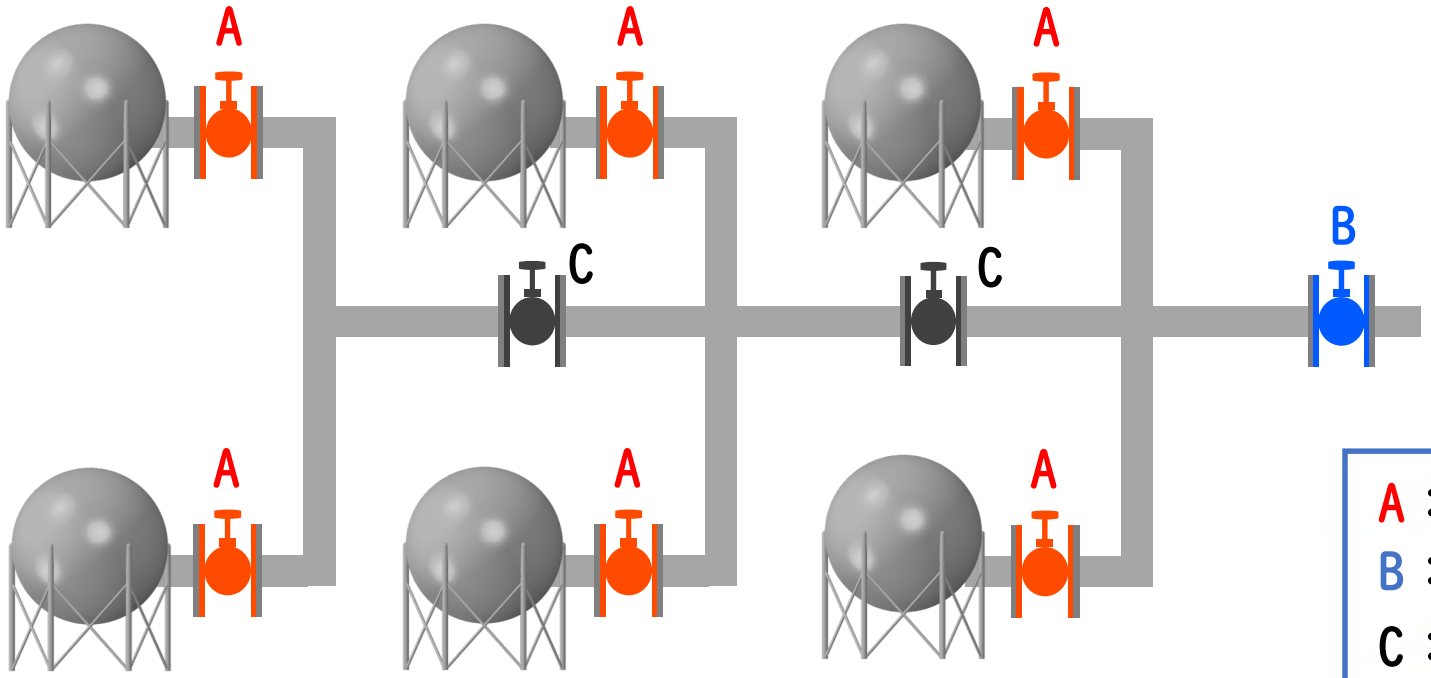
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガスの受入れ・送り出し配管のバルブの設置例

一般第6条1項24号、　液石第6条1項25号、
コンビ第5条1項43号

153





A：貯槽の直近に設けたバルブ（元バルブ）
B：他の一つのバルブ（二以上のバルブ）
C：必ずしも設けなくてもよいバルブ

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

貯槽の送り出し、受入れ用配管に、液化ガス漏えい時に安全に速やかに遮断する措置

一般第6条1項25号、
液石第6条1項26号、
コンビ第5条1項44号

緊急遮断装置

例示基準

可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、酸素の液化ガス貯槽であって、内容積が5000L以上のものに必要

例示基準

緊急遮断装置の操作位置（貯槽の外面から5m以上（コンビ則のものは10m以上））

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

停電等による製造設備機能の確保のための保安電力の常備

一般第6条1項27号、液石第6条1項32号、
コンビ第5条1項50号、第10条38号

155

[対象設備等]

① 反応、分離、精製設備等の自動制御装置

② 製造施設の保安確保設備

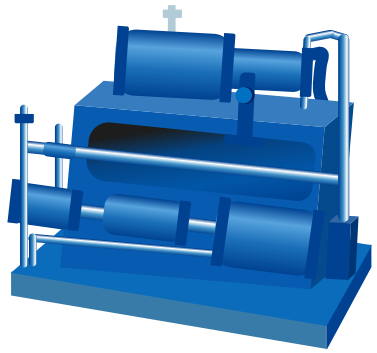
（告示：防消火設備、緊急遮断装置、散水設備、水噴霧装置、ガス漏えい検知警報設備、 通報設備、除害設備、過充塡防止装置、水封機能維持装置、保安上必要な冷却水ポンプ、非常用照明、コンビナート製造事業所間の導管系の運転監視装置、安全制御装置、ガス漏えい検知警報設備、除害設備、通報設備、非常用照明）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮アセチレンガスの充塡施設

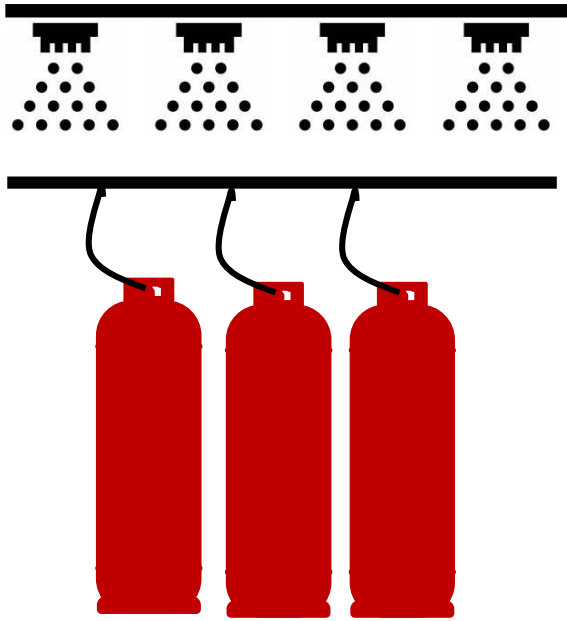
一般第6条1項28号、29号
コンビ第5条1項58号、59号

火災等による容器の破裂防止措置（散水設備）



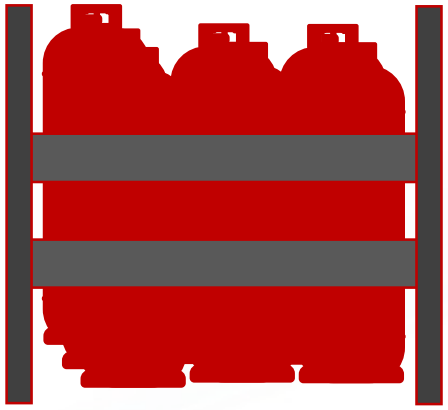
圧縮機室

障壁で区画



容器充塡場

障壁で区画

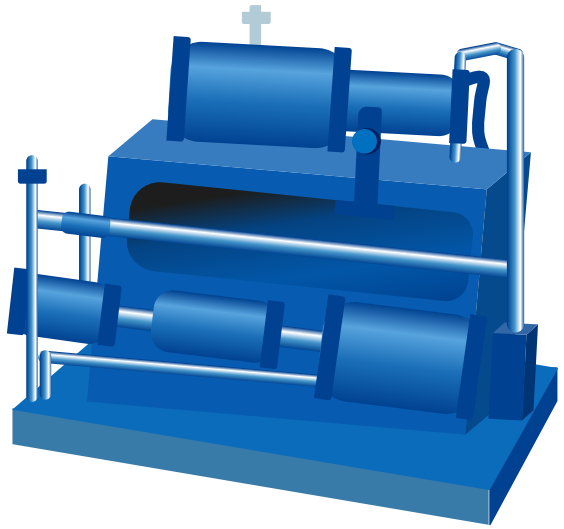


充塡容器の容器置場

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

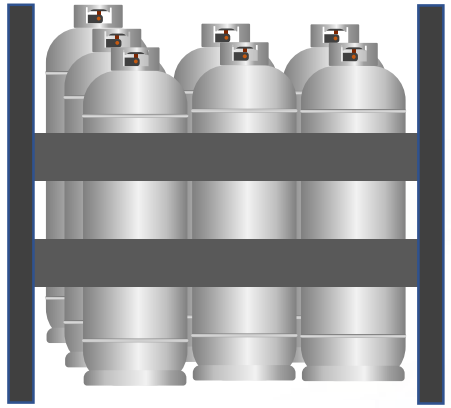
圧力10MPa以上の圧縮ガスの充填施設（圧縮アセチレンガス以外）

一般第6条1項30号、
コンビ第5条1項60号



障壁で区画

容器充填場



容器置場

障壁で区画不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯槽等の温度上昇防止措置等

一般第6条1項32号、
液石第6条1項28号、
コンビ第5条1項31号、32号

① 可燃性ガス貯槽、毒性ガス貯槽とこれら貯槽の支柱
② 可燃性ガス貯槽の周辺にある酸素貯槽、不活性ガス貯槽又は空気貯槽とこれら貯槽の支柱
③ 可燃性物質を取り扱う設備の周辺にある酸素貯槽、不活性ガス貯槽又は空気貯槽とこれらの貯槽の支柱

例示基準

水噴霧装置、散水設備、耐熱被覆

④ 地盤面上設置の液化石油ガス貯槽とその貯槽の支柱

例示基準

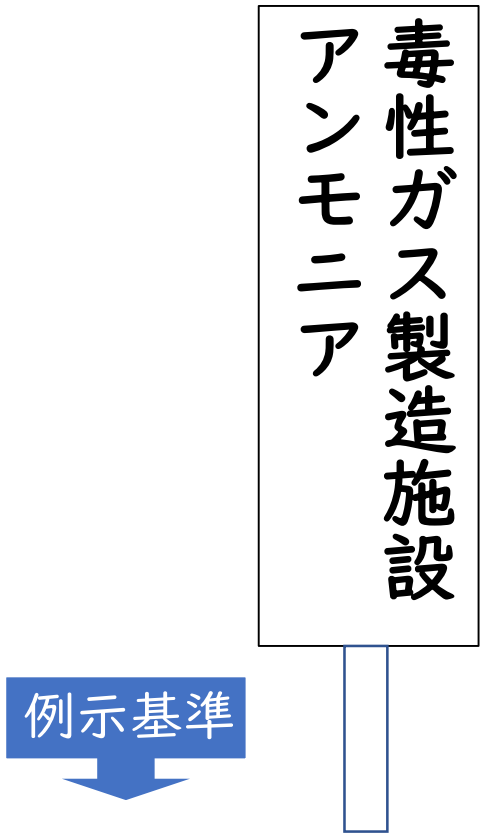
耐熱性を有する措置（耐熱被覆）又は有効に冷却する措置（水噴霧装置、散水設備）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガス製造施設の識別措置と危険標識の掲示

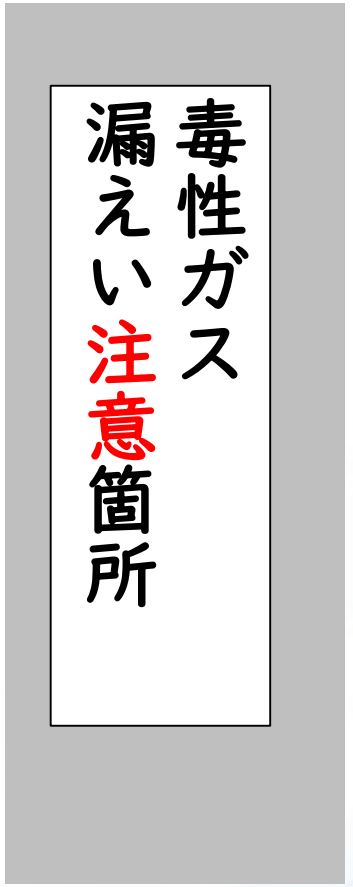
一般第6条1項33号、
コンビ第5条1項52号

159



例示基準

毒性ガス製造施設は
他の製造施設と区分識別標示



例示基準

ポンプ、バルブ等の漏えいのおそれのある箇所に危険標識を掲示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガスの製造設備

一般第6条1項35号、37号、
コンビ第5条1項41号、46号

160

例示基準

- 毒性ガスのガス設備の配管等は溶接接合

  （例外：溶接接合が適当でない場合は、保安上必要な強度を有するフランジ接合又はねじ接合継手による接合）

- 製造設備に除害のための措置（特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等、亜硫酸ガス、アンモニア、塩素、クロルメチル、酸化エチレン、シアン化水素、ホスゲン、硫化水素の製造設備）

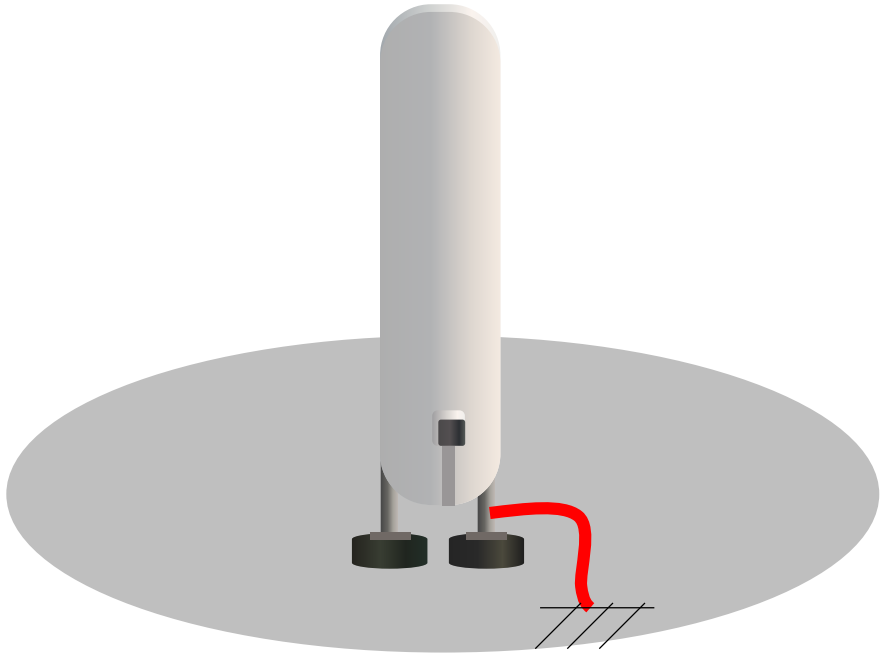
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス及び特定不活性ガス製造設備の静電気除去措置

一般第6条1項38号、
液石第6条1項30号、
コンビ第5条1項47号

161

関係例示基準



接地抵抗値は総合100Ω
（避雷設備を設けるものは
総合10Ω）以下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

防消火設備（防火設備、消火設備）の設置

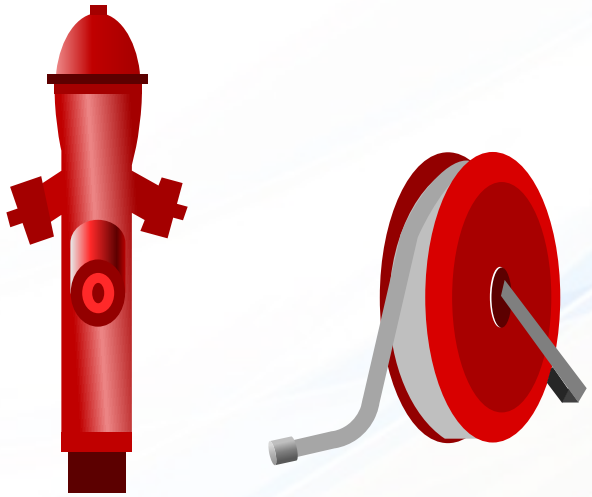
一般第6条1項39号、39号の2、
液石第6条1項31号、
コンビ第5条1項54号、54号の2

例示基準

・可燃性ガス、液化石油ガス、酸素、三フッ化窒素の製造施設には、適切な防消火設備を適切な箇所に設置（コンビ則適用の毒性ガスの製造施設にも設置）

・特定不活性ガスの製造施設には、適切な消火設備を適切な箇所に設置

消火設備の例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

事業所に、緊急時に通報を速やかに行うための措置

一般第6条1項40号、液石第6条1項33号、
コンビ第5条1項63号

163

サイレン、構内放送設備等

例示基準

すべての製造事業所（ガスの種類、規模にかかわらず）に必要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

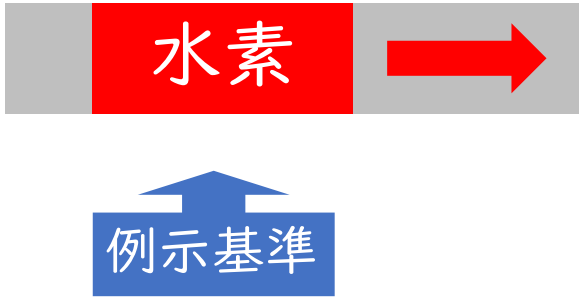
作業員がバルブ等を適切に操作できるような措置

一般第6条1項41号、液石第6条1項34号、
コンビ第5条1項45号

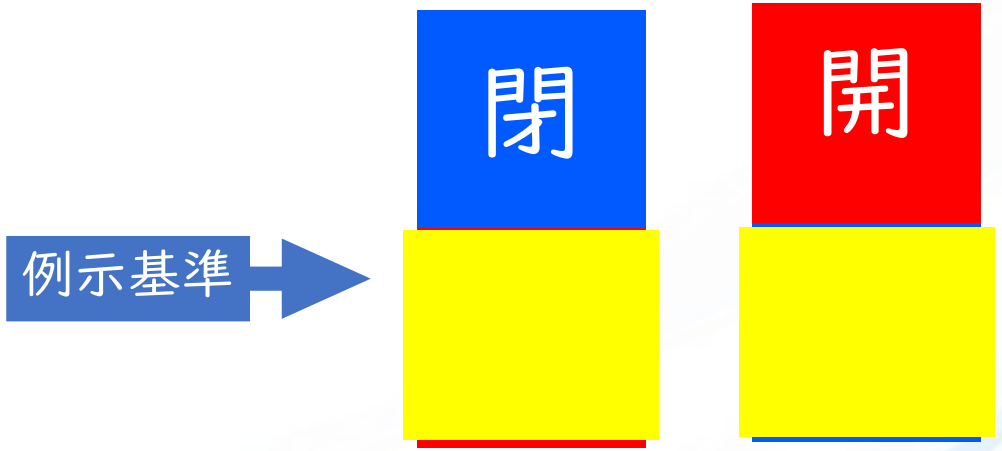
164

ガスの種類に関係なく、高圧ガス製造設備のすべてのバルブ、コック、操作ボタンに措置が必要

流体の種類、流れ方向



開閉方向、開閉表示



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

容器置場の構造

一般第6条1項42号ロ、液石第6条1項35号ロ、
コンビ第5条1項65号ロ

165

1　多層階とすることができる充塡容器等

①　不活性ガスのもの
②　圧縮空気のもの
③　断熱材で被覆してあるもの
④　シリンダーキャビネットに収納されているもの

2　２階建とすることができる充塡容器等

①　充塡圧力が２０MPa以下の圧縮水素のもののみ
②　酸素のもののみ
③　同時に、①と不活性ガスのもの
④　同時に、②と不活性ガスのもの
⑤　液化石油ガスのもの

3　１階建としなければならない充塡容器等

①　可燃性ガス（充塡圧力が２０MPa以下の圧縮水素のもの、１③及び１④のものを除く。）のもの
②　同時に、可燃性ガス（３①のものに限る。）と酸素（１③及び１④のものを除く。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場に講じるべき措置等

第一種置場距離・第二種置場距離の保有→

障壁設置の場合は、減じられた距離の保有（可燃性ガス、液化石油ガス及び毒性ガス以外の充填容器等のみで面積25㎡未満のものは距離不要）

直射日光を遮る措置（爆風を上方向に解放できるもの）→

可燃性ガス、液化石油ガス及び酸素の充填容器等

漏えいガスが滞留しない構造→

可燃性ガス、特定不活性ガス、液化石油ガスの充填容器等のもの

除害の措置→定められた毒性ガスの充填容器等のもの

消火設備の設置→

可燃性ガス、液化石油ガス、特定不活性ガス、酸素、三フッ化窒素の充填容器等のもの

一般第6条1項42号ハ～ヘ、チ、ヌ、
液石第6条1項35号ハ～ヘ、チ、
コンビ第5条1項65号ニ～ト、リ、ル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

安全弁・逃し弁の止め弁の常時開放

一般第6条2項1号、液石第6条2項1号、
コンビ第5条2項1号

167

操作できないような措置（施錠）

例外：安全弁・逃し弁の修理又は清掃で特に必要な場合

例示基準

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

高圧ガスの充填方法

一般第6条2項2号イ、ロ、ハ、
液石第6条2項1号ロ、ハ
コンビ第5条2項2号イ、ロ、ハ

貯槽への液化ガスの充填→

① ガスの容量が（常用の温度で）その貯槽の内容積の90%を超えないこと

② 毒性ガスの場合は、90%を超えることを自動的に検知し、かつ、警報する措置も必要

継目なし容器への充填→

充填前に容器の音響検査（ アセチレン以外の圧縮ガス、液化アンモニア、液化炭酸ガス及び液化塩素のものに限る。）

車両に固定した容器への（送り出し）充填、車両に固定した容器から貯槽等への（受入れ）充填→

車止めで車両を固定（内容積4000L以上のものに限る。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

アセチレンガスの充塡方法

一般第6条1項25号、
液石第6条1項26号、
コンビ第5条1項44号

169

冷却散水

例示基準

- 最高充塡圧力：2.5MPa以下
- 充塡後の措置：15℃で1.5MPa以下になるような措置（24時間静置等）

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

充塡容器等への措置

一般第6条2項2号へ、チ、
液石第6条2項1号ホ、
コンビ第5条2項2号ト、リ

170

酸素と三フッ化窒素の容器への充塡方法

① あらかじめ、バルブ、容器及び充塡用配管とバルブとの接触部に付着した石油類、油脂類、汚れ等を除去
② 容器とバルブとの間に可燃性のパッキン使用禁止

充塡容器等、バルブ、充塡用枝管の加熱方法

① 熱湿布
② 温度40℃以下の温湯 その他の液体（可燃性のもの又は有害なものを除く。）
③ 空気調和設備（温度40℃以下、自動制御装置を設けた所定の防爆性能を有するもの）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造施設・製造設備の日常点検

一般第6条2項4号、
液石第6条2項4号、
コンビ第5条2項2号

171

1 製造施設の点検

① 点検内容→製造施設の異常の有無
② 点検時期→製造設備の使用開始時及び使用終了時

2 製造設備の点検

① 点検内容→製造設備の作動状況
② 点検時期→1日に1回以上頻繁に

3 点検後の措置→

異常があった場合は、危険を防止する措置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備の修理、清掃作業における措置等

1　作業計画の作成

2　作業責任者の決定

3　作業の実施

① 作業計画に従う

② 作業責任者の監視の下、又は責任者と連絡できる措置

（貯蔵所、消費設備の修理、清掃においても同様）

一般第6条2項5号イ、
液石第6条2項5号イ、
コンビ第5条2項6号イ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

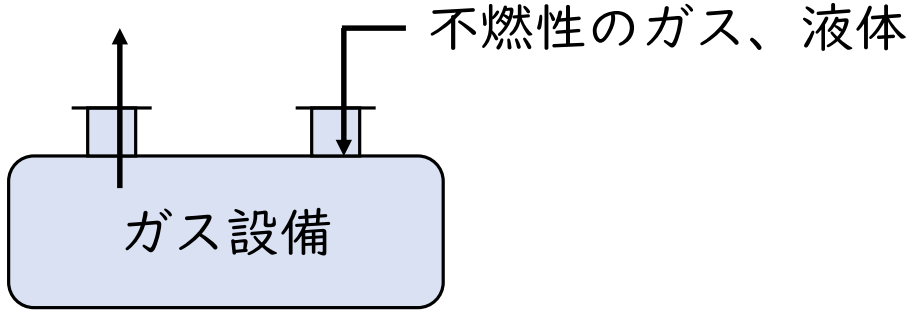
ガス設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置（１）

一般第6条2項5号ロハ、
液石第6条2項5号ロハ、
コンビ第5条2項6号ロハ

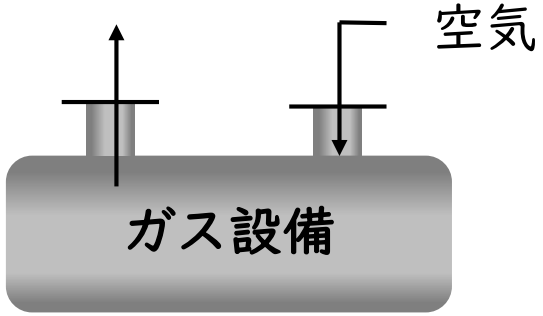
可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素のガス設備

1ガス置換

例示基準



2 空気置換（再置換）



3 開放又は設備内に人が入る場合

① 可燃性ガス、特定不活性ガスのもの→酸素濃度が18～2まで空気置換
② 毒性ガスのもの→酸素濃度が18～22%まで空気置換、入る直前にガス濃度測定、
特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等のものは空気呼吸器等呼吸用保護具を装着

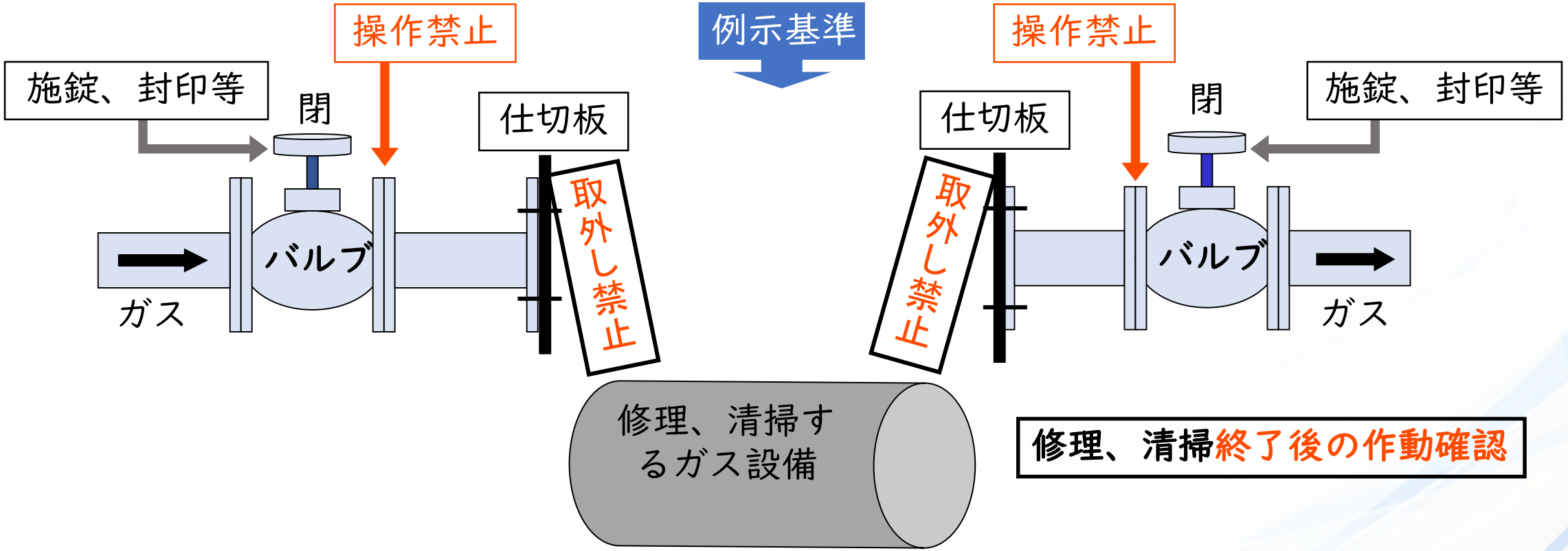
（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス設備の修理、清掃時の危険を防止する措置（２）

一般第6条2項5号ニ、液石第6条2項5号ニ、
コンビ第5条2項6号ニ

ガス設備を開放して修理、清掃時の措置



（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器置場等に講じる措置

一般第6条2項8号、
液石第6条2項7号、
コンビ第5条2項5号

175

1 容器置場（不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）、空気のものを除く。）の周囲２m以内

① 火気使用禁止
② 引火性、発火性物を置くことの禁止（例外：容器とこれら火気等を遮る措置を講じた場合）

2　充塡容器等の貯蔵方法

① 充塡容器と残ガス容器とを区分
② 可燃性ガス、毒性ガス、特定不活性ガス、酸素の充塡容器等をそれぞれ区分
③ 容器の温度40℃以下
④ 転落転倒防止（内容積５L超のものに限る。）
⑤ バルブの損傷防止
⑥ 粗暴な取扱い禁止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コールド・エバポレータ(CE) [送液ポンプが附属しないものに限る。]

CEとは

専ら液化アルゴン、液化炭酸ガス、液化窒素又は液化酸素の貯槽（二重殻真空断熱式構造のものに限る。）に接続された蒸発器により当該液化ガスを気化するための高圧ガス設備をいう。

（平成16年3月29日改正施行）
従来型に比べて安全装置等が追加されたことにより、貯槽等の保安距離基準が緩和されている。

一般第6条の2**第1項**

従来型CE

充塡

一般第8条**第1項・第2項**

従来型移動式製造設備

一般第6条2項6号、液石第6条2項6号、コンビ第5条2項7号

一般第6条の2**第2項**

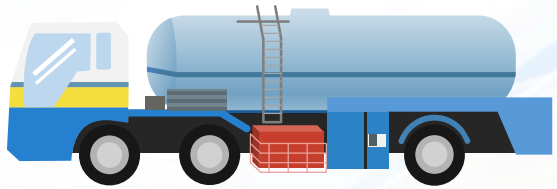
新型CE

充塡

一般第8条第1項・第2項扱い

充塡

一般第8条**第3項・第4項**



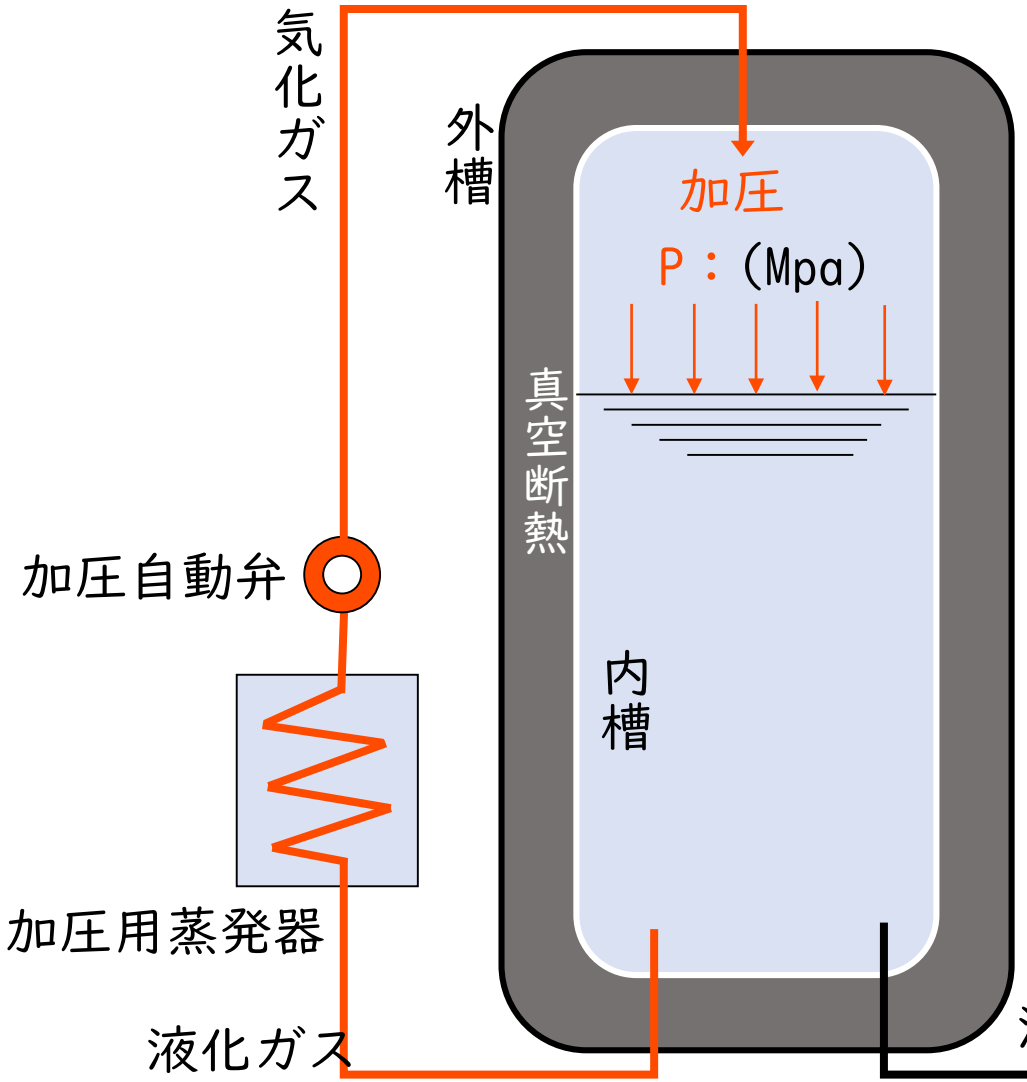
新型移動式製造設備

送液ポンプが附属するものは一般第6条、コンビ第5条で規制される。

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

CEにおける高圧ガスの製造とは

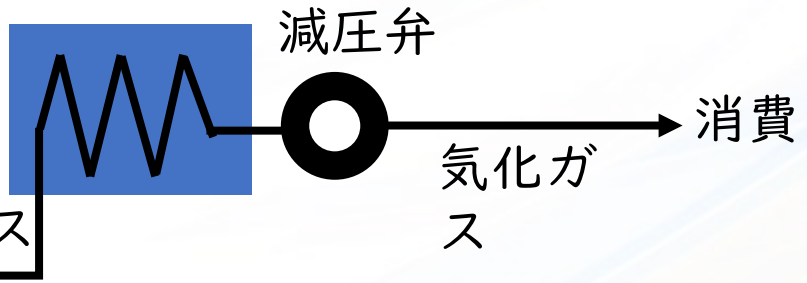
一般第6条の2、
コンビ第5条の2



＊製造：左図中の矢印のサイクル
＊製造量（処理能力）：
〔一般第2条1項18号ト(ハ)①(ii)〕

$$Q\ (m^3/日) = \frac{W \times (10P+1) \times 24}{\frac{22.4}{分子量} \times 液密度 \times 1000}$$

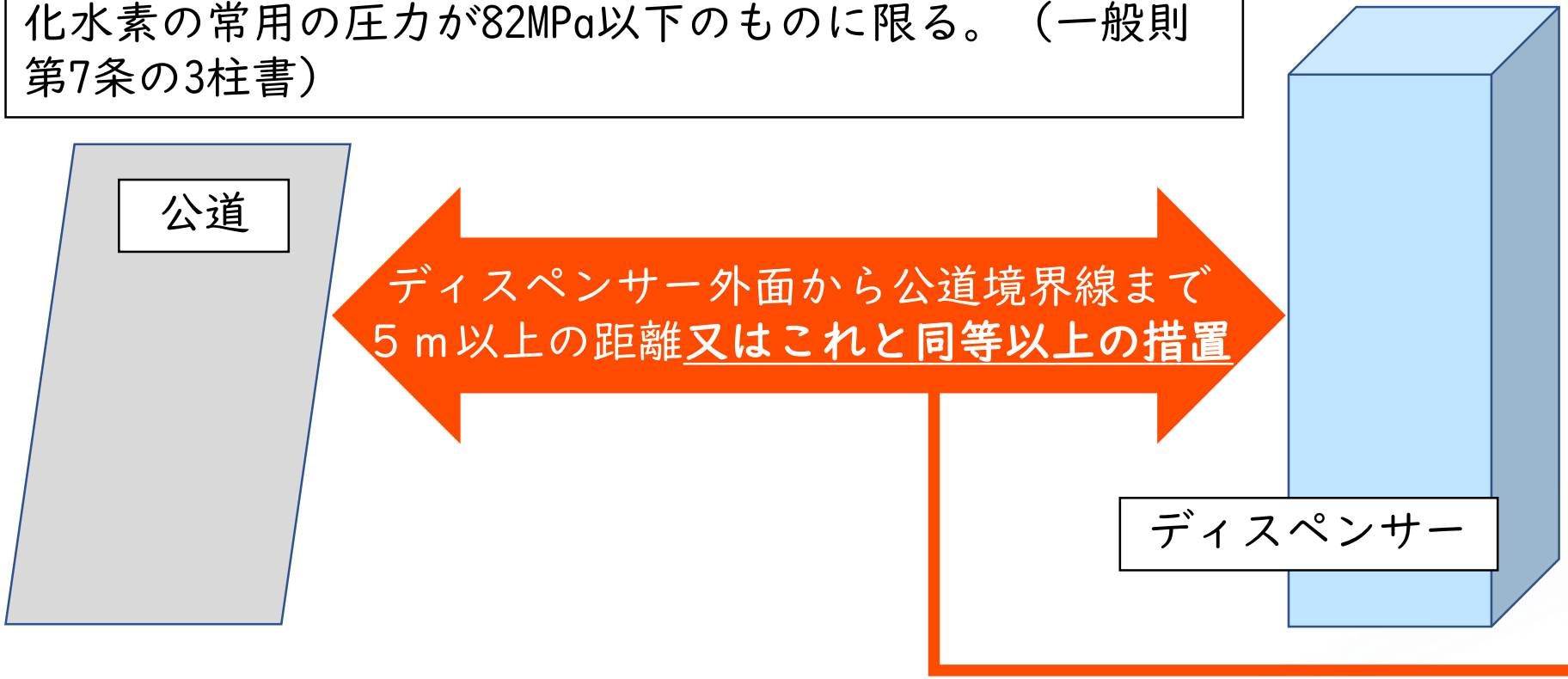
W：送ガス用蒸発器の公称能力の数値（単位m^3/h）
P ：送ガス用蒸発器の常用の圧力の数値（単位MPa）
〔ただし、送ガス用蒸発器の常用の圧力が1MPa未満の場合〕



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

圧縮天然ガス（CNG）スタンドの例

「圧縮水素スタンド」→当該スタンド内の圧縮水素及び液化水素の常用の圧力が82MPa以下のものに限る。（一般則第7条の3柱書）



一般第7条1項2号、2項4号、7条の2第1項5号、7条の3第1項2号、2項2号
液石第8条1項2号、コンビ第7条1項2号、2項4号、7条の2第1項5号、7条の3第1項2号、2項2号

圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド、液化石油ガススタンドは**5m以上**
圧縮水素スタンドは**8m又は6m以上**

例外：所定の距離と同等以上の措置を講じると、距離を短縮できる場合がある。（液化石油ガススタンドを除く）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮天然ガススタンドに係る技術上の基準の主なもの（２）

一般第7条2項、
コンビ7条2項

179

- 充塡設備に過充塡防止措置
- ディスペンサー上部の屋根は不燃性又は難燃性の材料で漏えいガスが滞留しない構造
- 貯槽の送り出し又は受入れ配管に、ガスを送り出し又は受入れるとき以外に自動遮断措置
- スタンドの車両出入口を除き、その周囲に高さ2ｍ以上の防火壁の設置（外部からガスを受入れるものに限る。）
- ディスペンサーに自動ガス遮断と漏えい防止措置（外部からガスを受入れるものに限る。）

自動減圧装置

- 圧縮天然ガスは、空気中の混入比率が容積で1000分の１において感知できる着臭

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動式製造設備による高圧ガスの充填

180

1 可燃性ガス、毒性ガス、酸素の充填（従来型CEを含む。）→

第一種保安物件に対し15ｍ以上の距離、第二種保安物件に対し10ｍ以上の距離の確認

（例外：許可を受け又は届出をした製造設備、貯蔵所の指定位置で充填するときは、その事業所内の第一種保安物件及び第二種保安物件に対しては距離不要。）

一般第8条2項、4項、
液石第9条2項

2 新型CEに新型移動式製造設備から酸素を充填→

事業所敷地境界線まで４ｍ以上の距離確認、周囲４ｍ以内の火気使用禁止、引火性又は発火性物を置くことの禁止

3 液化石油ガスを貯槽、容器に充填→

① 内容積1000Ｌを超える貯槽、容器には、液面計又は過充填防止装置が装置
② 内容積1000Ｌ以下の貯槽、容器には、液面計と過充填防止装置が装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術上の基準の適用区分（製造）

処理能力 第一種ガス（ m^3／日）	その他のガス	技術上の基準 （A）	（B）	（C）
300以上	100以上	第一種製造者		許可
30以上 300未満	30以上 100未満	第二種製造者		届出
0以上 30未満	0以上 30未満	第二種製造者	届出	
		その他製造者	許可及び届出不要	

法第11条、12条、13条、一般第6条～8条の2、10条～13条、液石第6条～9条、11条～14条

（A）　・・すべての製造者に適用される技術上の基準
（B）　・・第一種製造者とすべての第二種製造者に適用される技術上の基準
（C）　・・第一種製造者と処理能力が３０㎥／日以上の第二種製造者に適用される技術上の基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

技術上の基準の適用区分（貯蔵）

貯蔵数量	
第一種ガス（m^3）	（注）第二種ガス
3000以上	1000以上
300以上 3000未満	300以上 1000未満
0.15超 300未満	0.15超 300未満

技術上の基準 →

（A）	（B）	
第一種貯蔵所		許可
第二種貯蔵所		届出
上記貯蔵所以外での貯蔵		許可、届出不要

一般第18条、21条、22条、23条、26条、液石第19条、22条、23条、24条、27条

（注）第一種ガス以外は現行すべて第二種ガス

（A）　・・1.5kg超のすべての貯蔵に適用される技術上の基準
（B）　・・第一種貯蔵所と第二種貯蔵所に適用される技術上の基準

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

移動に対する規制(移動監視者等)

移動方法について特別な規制を受けるガスの種類とその数量

一般第49条1項17号、
50条13号、液石第48条14号、49条8号

ガスの種類		数量
圧縮ガス	可燃性ガス、酸素	容積　300m³以上
	毒性ガス	容積　100m³以上
	特殊高圧ガス	容積　0を超える数量
液化ガス	可燃性ガス、液化石油ガス、酸素	質量　3000kg以上
	毒性ガス	質量　1000kg以上
	圧縮水素スタンドの液化水素の貯槽に充填する液化水素	質量　0を超える数量
	特殊高圧ガス	質量　0を超える数量

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特別な規制を受ける高圧ガスの車両による移動において受ける特別な規制

特別な規制事項

必要な措置

1　移動監視者による移動中の監視
2　事故が発生した場合、危険な状態となった場合の措置
　① 荷送人に連絡する措置
　② 応援を受ける措置

移動方法

1　繁華街等を回避
2　所定の運転時間を超える場合→運転者２人

一般第49条1項19号、20号、50条13号、
液石第48条16号、17号、49条8号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

移動監視者の乗務が必要なガスの移動について、これに加えて以下の場合、連続運転（移動）時間に応じ運転者２人乗務が必要

185

一般第49条1項20号、50条13号、液石第48条17号、49条8号

１人の運転者が、１回の中断（休憩）が連続10分以上、かつ、合計30分以上の中断（休憩）をしない場合であって

※10分未満の中断（休憩）は、運転と見なされる。

連続して４時間を超えて運転する場合

１人の運転者が、４時間につき１回が連続10分以上、かつ、合計30分以上の中断（休憩）をする場合も含み

１日当たり９時間を超えて運転する場合

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

消費設備等の保安のための距離

1 特定高圧ガスの消費設備の貯蔵施設及び減圧設備の外面から第一種保安物件に対し第一種設備距離以上、第二種保安物件に対し第二種設備距離以上の距離［特に定められたCEは事業所境界線まで4m以上の距離］保有。

2 特定高圧ガスの消費設備の貯蔵設備等の周囲5m以内［特に定められたCEは境界線まで4m以内］では、火気使用禁止、引火性物又は発火性物を置くことの禁止。ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置を講じた場合は距離不要。

3 特定高圧ガスの消費設備以外の消費設備において、可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、酸素又は三フッ化窒素の貯蔵設備等の周囲5m以内では、喫煙禁止（一般ガスのみ）、火気使用禁止、引火性物、発火性物を置くことの禁止。ただし、漏えいガス流動防止措置又はガス検知連動消火措置は距離不要。

一般第55条、60条、（第21条、26条）
液石第53条、58条、（第22条、27条）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、特定不活性ガス及び酸素の廃棄に係る主な基準

一般第62条
液石第60条

187

① 容器とともに廃棄することの禁止。

② **可燃性ガス、特定不活性ガス又は液化石油ガスの廃棄**は、火気を取り扱う場所、　引火性又は発火性の物をたい積した場所及びその付近（液化石油ガスは８ｍ以内）を避け、大気中放出廃棄は、通風の良い場所で少量ずつ。

③ **可燃性ガス、特定不活性ガス、液化石油ガス又は毒性ガスの継続かつ反復廃棄**は、ガスの滞留を検知するための措置。

④ **酸素又は三フッ化窒素の廃棄**は、バルブ、器具類の石油類、油脂類その他の可燃性の物を除去。

⑤ **廃棄後の容器**は、バルブを閉止し、容器の転倒防止及びバルブの損傷防止措置（液化石油ガスのものは容器の転倒防止なし）。

⑥ **充塡容器等、バルブ又は配管の加熱方法**は、熱湿布、40度以下の温湯等又は40度以下の空気調和設備。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者

丙種化学（特別）講習

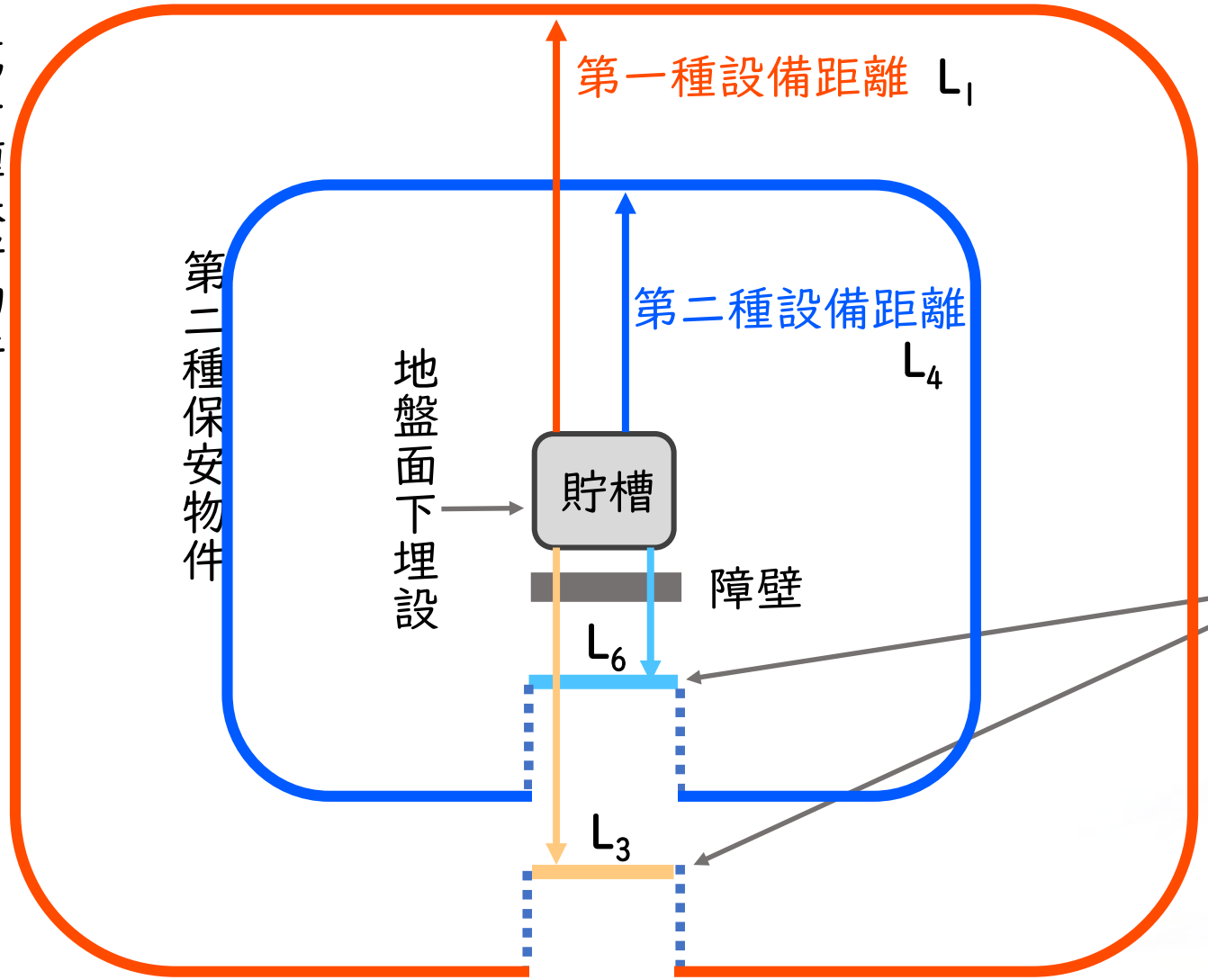
法令～液化石油ガス保安規則～

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

貯槽の外面から設備距離(1)

液石第2条1項16号、17号、
第6条1項2号、3号

189



貯槽の貯蔵能力に応じた距離

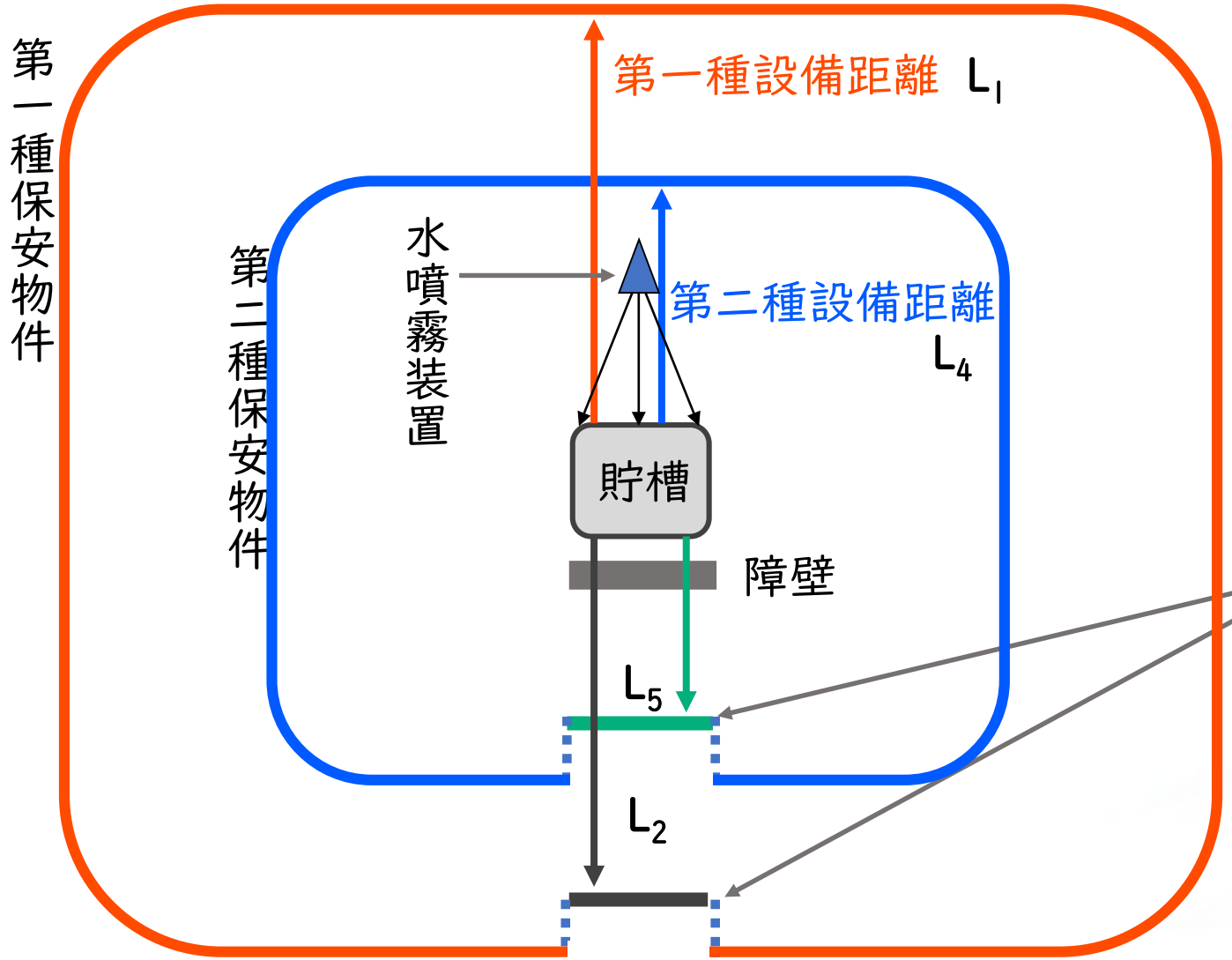
$L_1 > L_3 > L_4 > L_6$

障壁設置で減じられた距離

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

貯槽の外面から設備距離(2)

液石第2条1項16号、17号、
第6条1項2号、3号



貯槽の貯蔵能力に応じた距離

$L_1 > L_2 > L_4 > L_5$

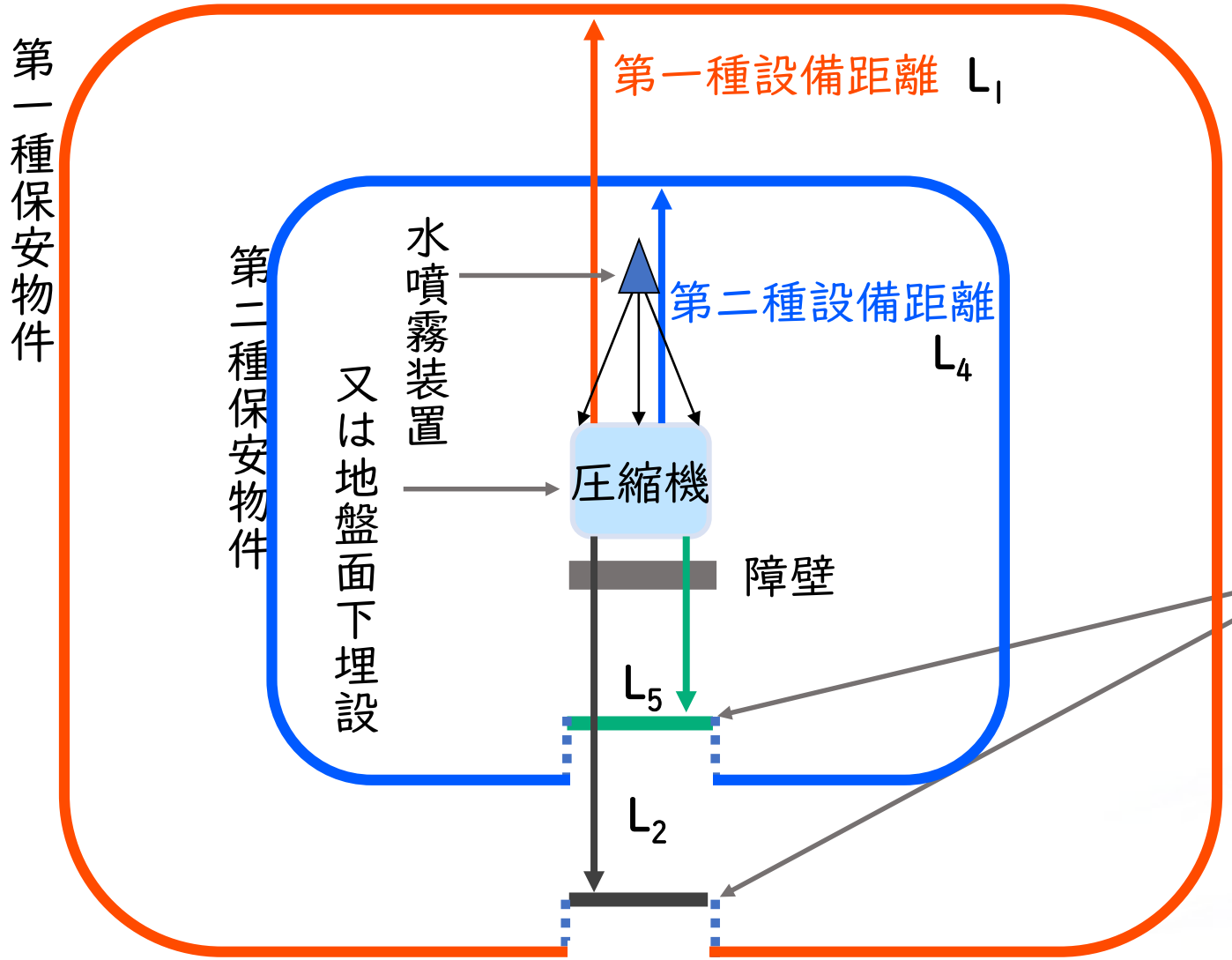
水噴霧装置と障壁設置で減じられた距離

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

処理設備の外面から設備距離

液石第2条1項16号、17号、
第6条1項2号、3号

191



処理設備が接続する貯槽の貯蔵能力に応じた距離

$L_1 > L_2 > L_4 > L_5$

地盤面下埋設と障壁設置又は水噴霧装置と障壁設置で減じられた距離

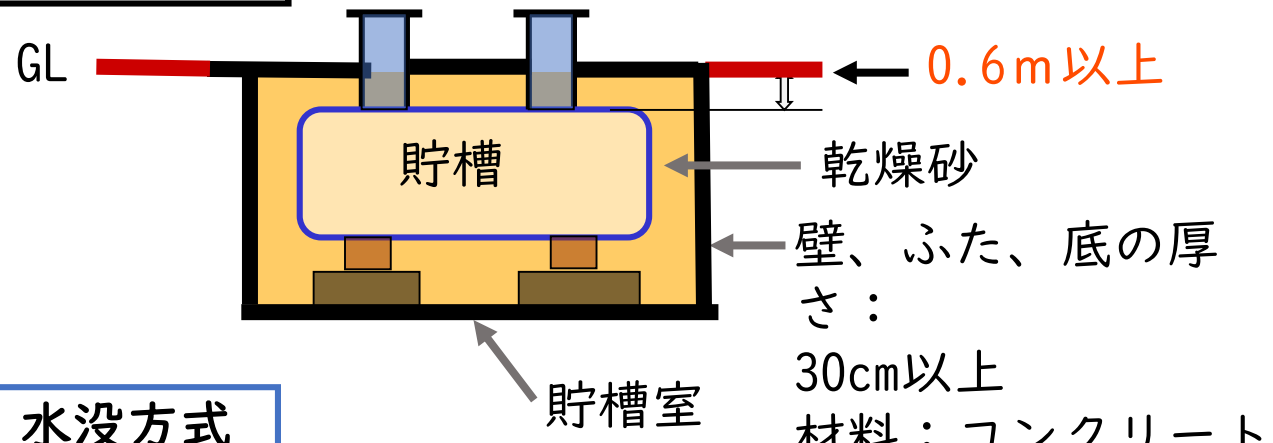
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガス（特定液化石油ガス）貯槽の地下埋設基準

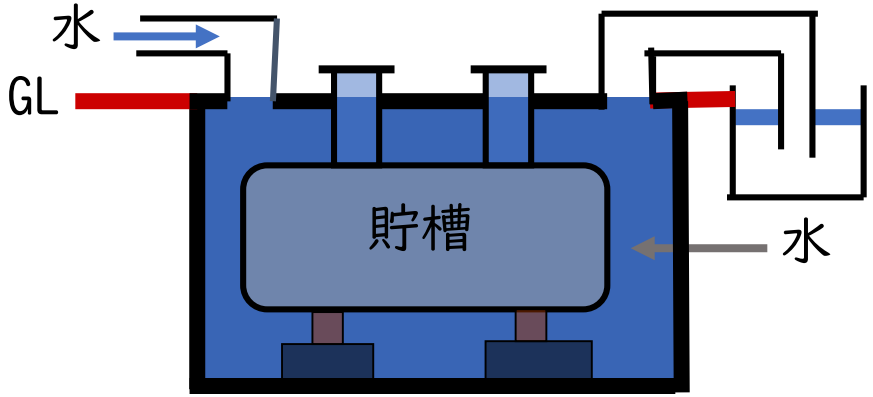
液石第6条1項5号、
コンビ第5条1項38号

方式→例示基準

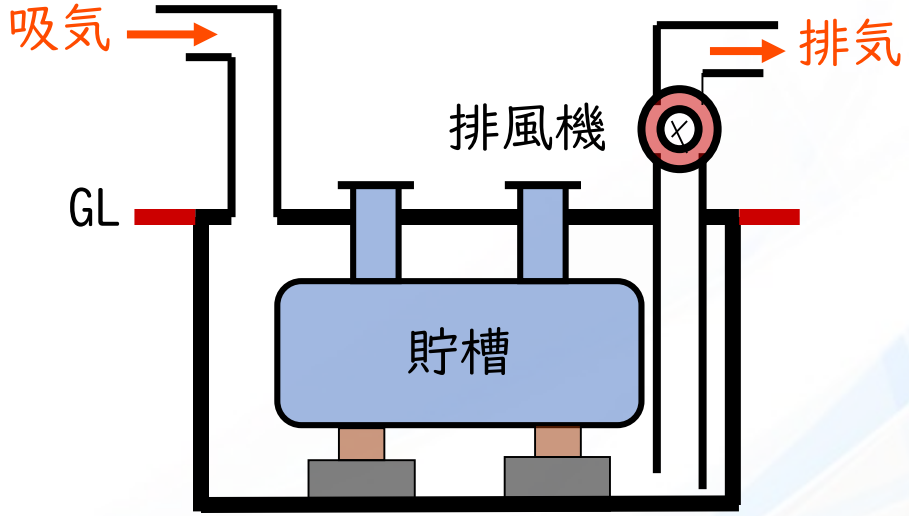
砂詰方式



水没方式



強制換気方式



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

液化石油ガススタンドに係る技術上の基準

液石第8条

第一種製造設備の技術上の基準のほとんどが準用されているほか、スタンドの基準が追加規定されている。

[主な追加規定]

① ディスペンサーの外面から公道の道路境界線まで５m以上の離隔距離

② 充塡を受ける車両は、地盤面上設置の貯槽の外面から３m以上離れて停止させる措置、又はガードレール等の防護措置

③ 充塡する液化石油ガスは、空気中の混入比率が容量で1000分の１において感知できる着臭

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

液化石油ガスの特定高圧ガス消費事業所

194

液石第53条、71条

［主な基準］

① 減圧設備の外面から第一種設備距離及び第二種設備距離（減圧設備が接続する貯蔵設備（貯槽）の貯蔵能力に応じた距離）

② 消費設備の貯蔵設備等（貯蔵設備から減圧設備までの設備及び導管）の外面から消費設備外の火気を使用する場所に対し８m以上の離隔距離、若しくは漏えいガスの流動防止措置若しくは漏えい検知連動装置による使用火気の消火措置

③ 取扱主任者の資格等

イ　液化石油ガスの製造又は特定高圧ガスである液化石油ガスの消費について１年以上の経験者

ロ　製造保安責任者免状（甲、乙、丙種）の交付を受けている者

ハ　所定の講習修了者、所定の学歴・経験（同等の資格者を含む。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者

丙種化学（特別）講習

法令～コンビナート等保安規則～

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

特定製造事業所とは

コンビ第2条1項13号、20号～24号

コンビナート等保安規則の適用を受ける事業所

コンビナート地域内の製造事業所	コンビナート地域外の製造事業所	
A（コンビナート製造事業所でもある。）	B　地域にかかわらず（A及びCで除外された事業所、地域を含む。）	C　用途地域内（工業専用・工業地域を除く。）
次の①及び②の製造事業所を除いた製造事業所 ① 専ら燃料用に供給し、又は専ら容器に充填するものであって、貯蔵能力が2000m³（20t）以上の可燃性ガス貯槽を設置していない製造事業所 ② 専ら不活性ガス・空気の製造事業所 （コンビ第2条1項22号イ）	＊ 保安用不活性ガス以外の処理能力が100万m³／日（貯槽を有し、専ら充填は200万m³／日）以上 ＊ 不活性・空気は、処理能力が400万m³／日（貯槽を有し、充填は800万m³／日）以上 （コンビ第2条1項22号ロ）	＊ 保安用不活性ガス以外の処理能力が50万m³／日（貯槽を有し、専ら充填は100万m³／日）以上 ＊ 不活性・空気は、処理　能力が200万m³／日（貯槽を有し、充填は400万m³／日）以上 （コンビ第2条1項22号ハ）
第一種製造者の定置式製造設備（処理設備を有するもの）である製造事業所		

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス製造施設（小規模製造施設を除く。）の保安距離

コンビ則第5条
1項2号、3号

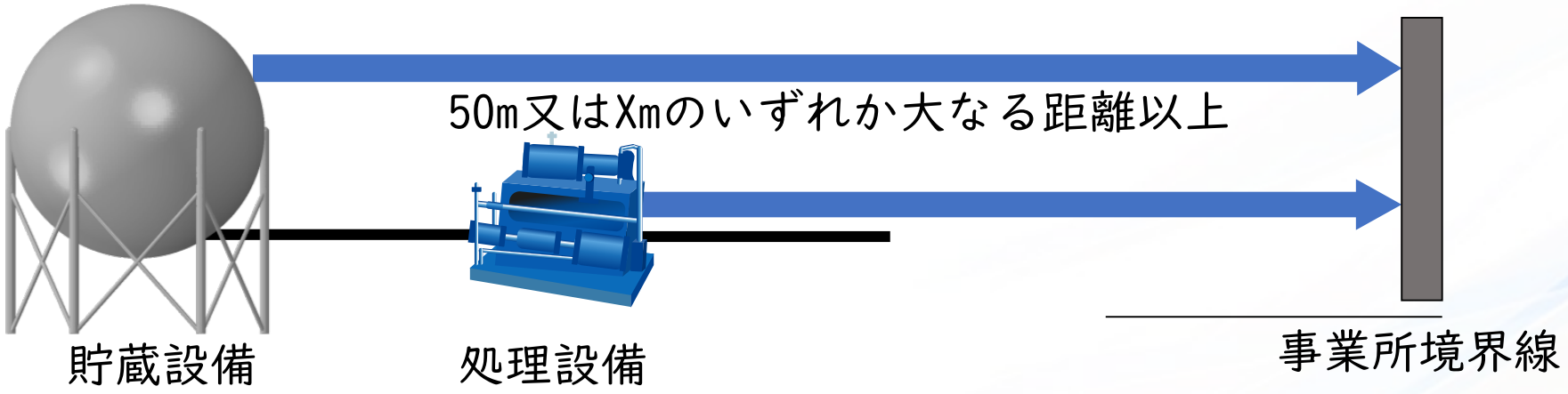
197

$$X = 0.480^3 \sqrt{K \cdot W}\ （最低50m）$$

X：有しなければならない距離（m）
K：ガスの種類・温度による係数
W：貯蔵能力（計算要）又は処理設備内の質量（t）

※処理能力は保安距離には関係しない。

新設製造施設：0.480→0.576
：保安距離は事業所境界線で確保



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガス製造施設から保安物件までの所定の距離

コンビ則第5条1項4号

イ：　製造施設（特に定められたものを除く。）の外面から当該特定製造事業所の境界線まで20ｍ以上

ロ：　ガス設備（配管を除く。）の外面から貯蔵能力又は処理能力に対応する距離であって次の算式により得られたもの

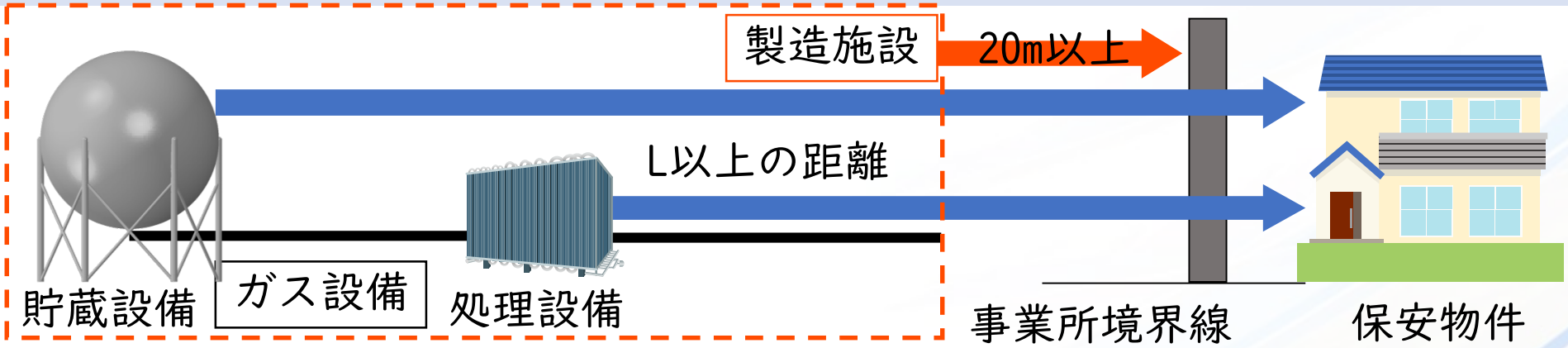
（イ）０≦Ｘ＜1,000の場合　　$L = 70 + 4\sqrt{10}$

（ロ）1,000≦Ｘ＜10,000の場合　　$L = 70 + \frac{2}{5}\sqrt{X}$

（ハ）10,000 ≦Ｘ　の場合　　Ｌ＝110

Ｌ　ガス設備の外面から保安物件までの距離（単位m）

Ｘ　貯蔵能力（単位　圧縮ガスm^3、液化ガスkg）又は処理能力（単位m^3）



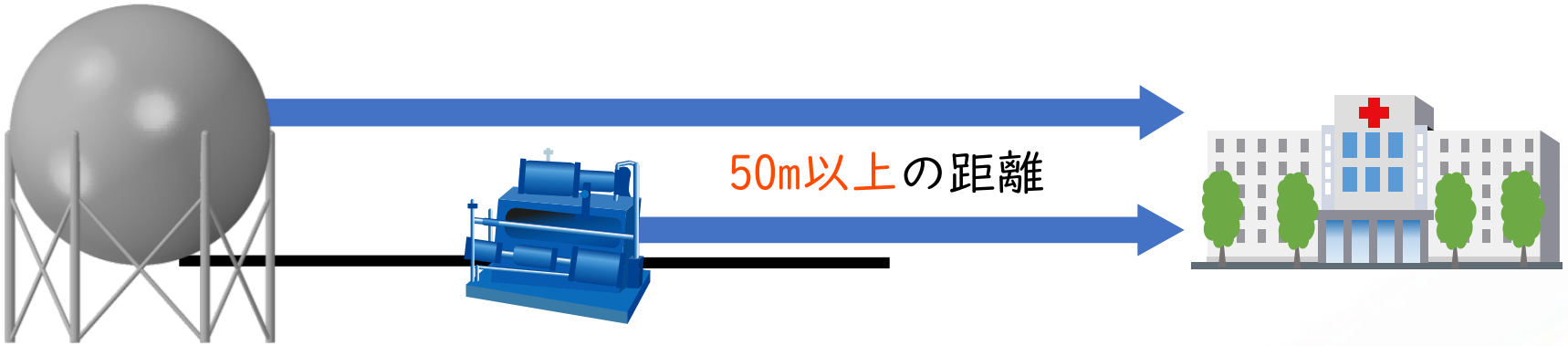
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス及び毒性ガス以外の製造施設の所要の距離

コンビ則第5条1項5号

199

※特に定められた不活性ガス、空気の製造施設を除く。



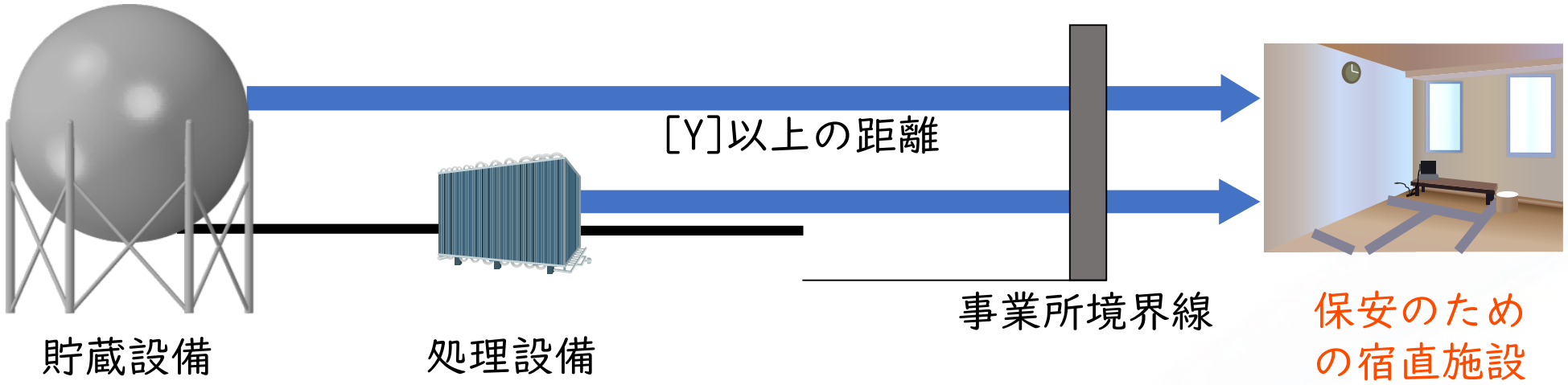
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

他事業所の保安のための宿直施設に対する所要の距離

コンビ則第5条1項7号

200

※ 一般高圧ガス保安規則（貯蔵能力又は処理能力に応じた距離）又は液化石油ガス保安規則（貯蔵能力に応じた距離）に規定する第二種設備距離[Y]以上の距離



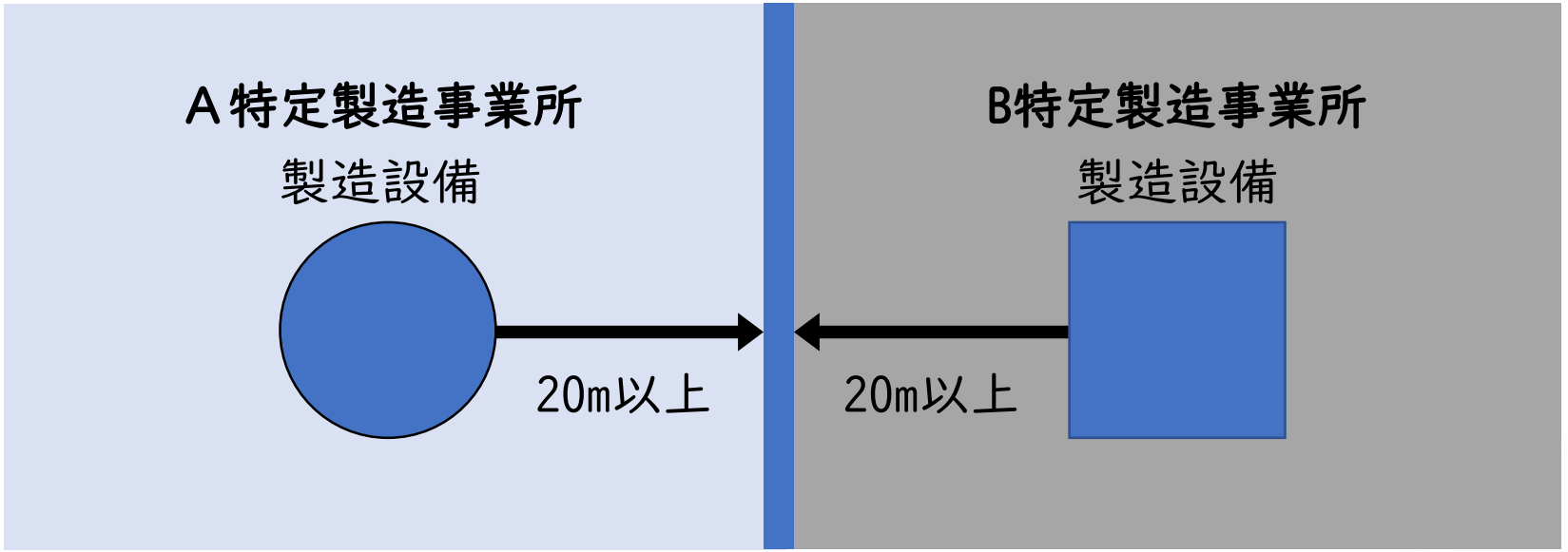
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特定製造事業所の製造設備間の距離

コンビ則第5条1項4号

201

※特に定められた製造設備を除く

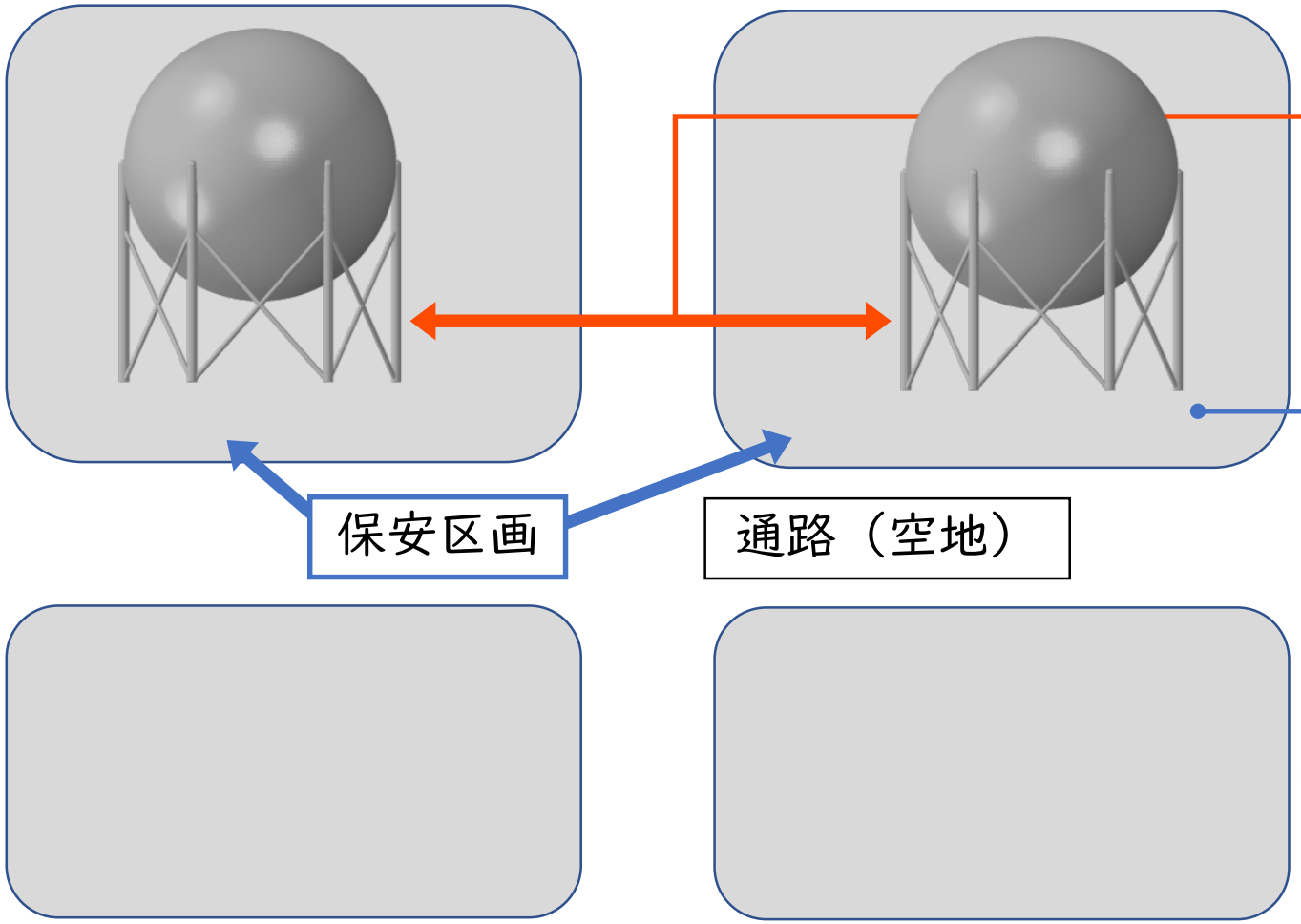


高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安区画

コンビ第5条1項9号、10号

202



高圧ガス設備間距離30m以上

面積20000m^{2}以下

保安区画内の高圧ガス設備の燃焼熱量の値制限あり

保安区画

通路（空地）

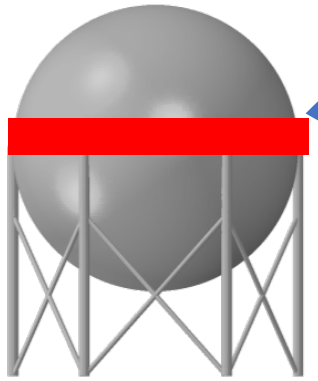
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス貯槽と高圧ガス設備間距離

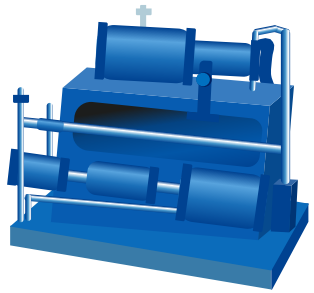
コンビ第5条1項12号

処理能力：20万m³／日以上

燃焼熱量：50.2GJ以上



30m以上の距離



圧縮機

可燃性ガス貯槽

高圧ガス設備

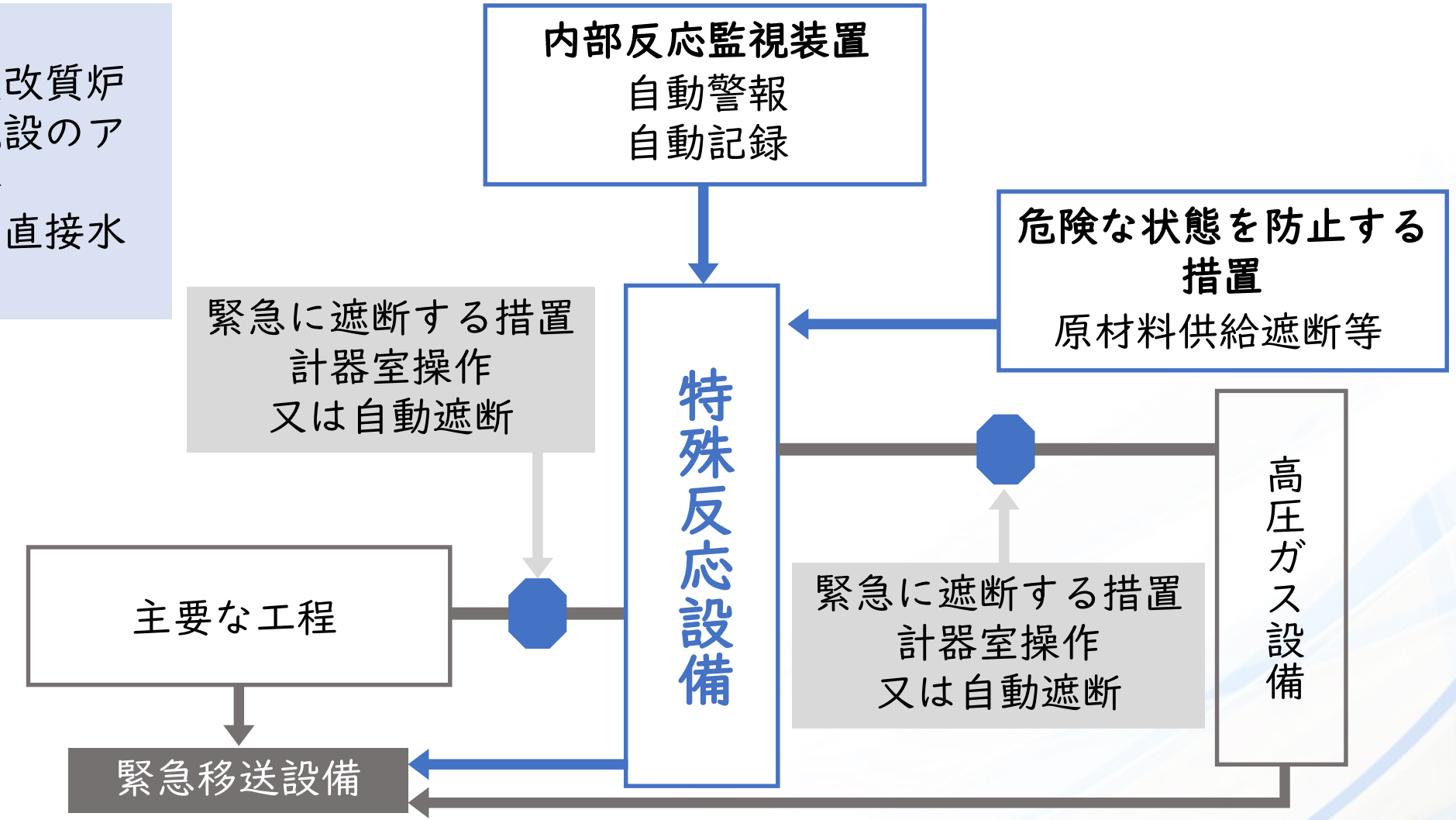
処理能力： 50.2GJ以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

特殊反応設備等

コンビ第5条1項25号～28号

［製造細目告示］
＊アンモニア二次改質炉
＊エチレン製造施設のアセチレン水添塔
＊石油精製の重油直接水添脱硫反応器等



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

インターロック機構

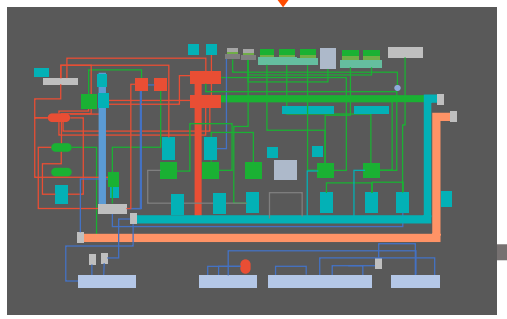
コンビ則第5条1項49号

205

インターロック機構

不正な手順

正常な条件を逸脱



計装回路

製造設備

（可燃性ガス又は毒性ガスのものに限る。）

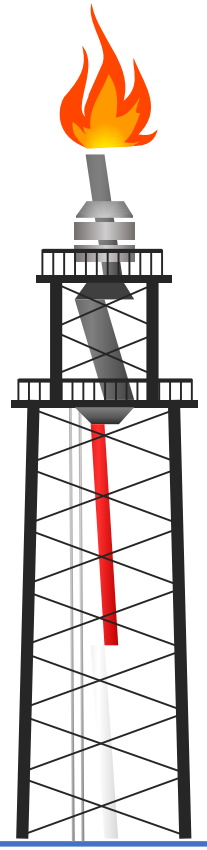
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

フレアースタック・ベントスタック

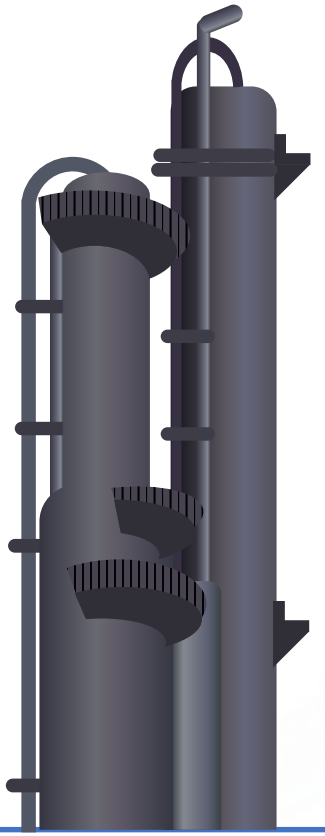
コンビ第5条
1項55、56号

206



フレアースタック

＊高さ
＊位置
＊燃焼能力
＊構造



ベントスタック

＊高さ
＊位置
＊ガスの放出方法

＊ガスの種類・量・性状
＊周囲の状況に応じて適切なもの

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス製造設備の計器室

コンビ第5条1項61号

207

① 安全な位置

② 安全な構造（扉及び窓は耐火構造）

③ 炭化水素類その他定められた可燃性ガスの製造施設の計器室は、外部からのガスの侵入防止措置

例示基準

二重扉

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安のための保安用不活性ガス等の保有

コンビ第5条1項62号

[対象]

可燃性ガス、毒性ガス、酸素の製造事業所

[不活性ガス等]

- すべての製造設備が危険な状態になった場合のガスのパージ、シール等の応急措置に必要な数量及び圧力の、窒素その他の不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）又はスチームを保有（他事業所から確実に供給を受けられる措置でも可）
- 防消火設備の作動に必要な数量の水は常時保有

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

毒性ガスの置場距離

コンビ第5条第1項第65号ハ

209

（イ）	$0 \leqq x < 9$ の場合	$m = 54$
（ロ）	$9 \leqq x < 25$ の場合	$m = 18\sqrt{x}$
（ハ）	$25 \leqq x$ の場合	$m = 90$

m：容器置場の外面から保安物件までの距離（m）
X：容器置場の面積（m^2）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の導管（１）

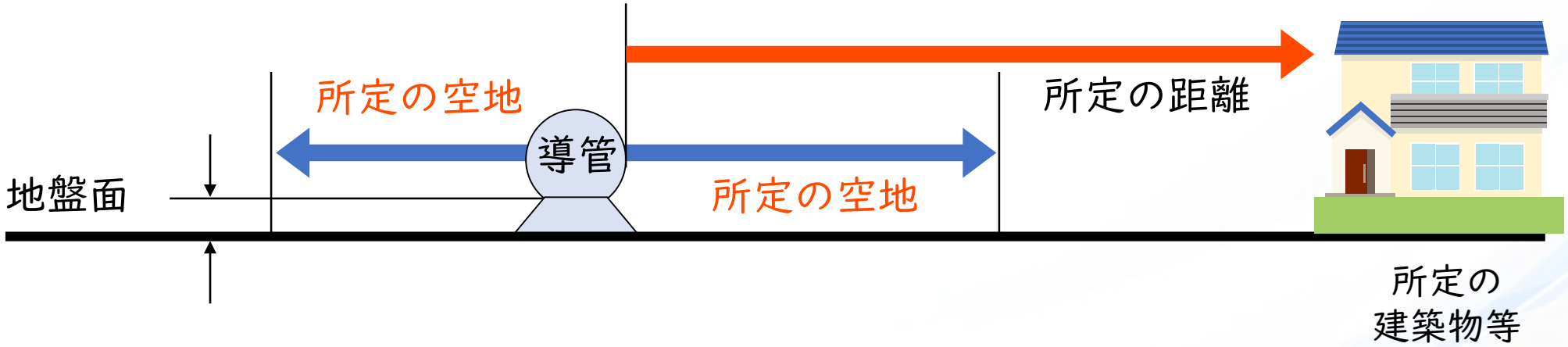
コンビ第10条

［地盤面上設置の場合の主な基準］

① 標識（高圧ガスの種類、異常時の連絡先等）

② 住宅、学校、病院等の建築物等に対し所定の距離

③ 導管の両側に、所定の幅の空地の保有



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の導管（２）

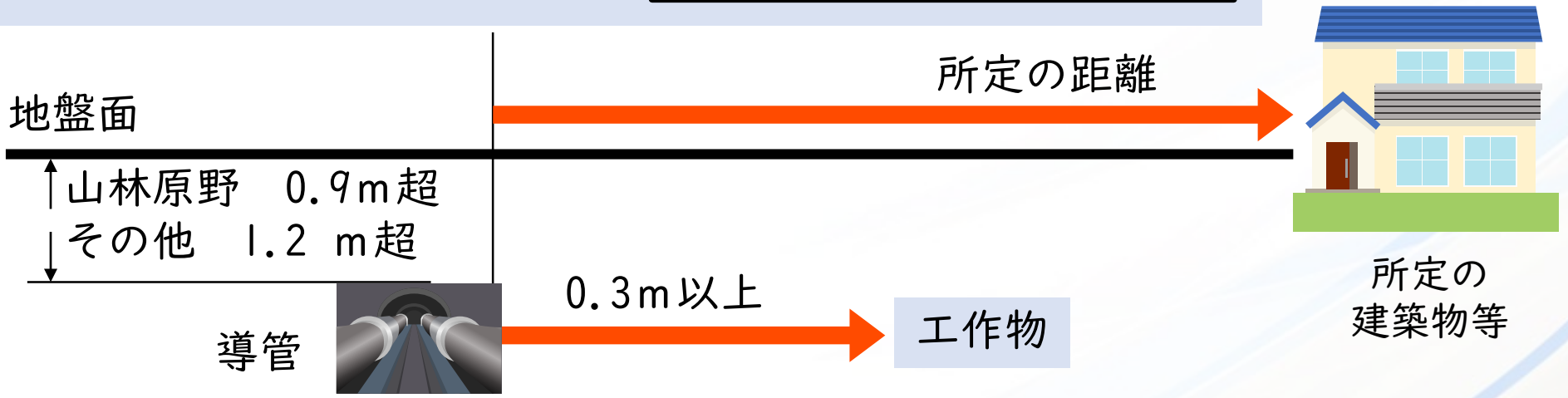
コンビ第10条

[地盤面下埋設設置の場合の主な基準]

① 標識（高圧ガスの種類、異常時の連絡先等）
② 地下街を含む建築物等に対し所定の距離
③ 他の工作物に対し0.3m以上の距離
④ 所定の深さ

高圧ガス導管埋設標示
エチレン　　○○kg/ cm^3

高圧ガス導管が埋設されています。異常を発見された方は、下記にご連絡ください。
連絡先　●●●●



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

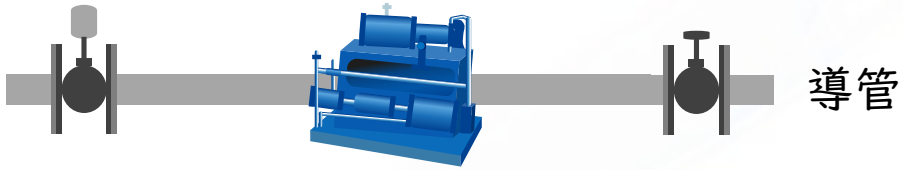
コンビナート製造事業所間の導管（３）

導管系の保安設備等

① 運転状態監視装置（圧縮機、ポンプ、バルブ）
② 異常事態の警報装置
③ 安全制御装置
④ ガス漏えい検知警報設備又は検知口（可燃性ガス、毒性ガス（告示で定めるものに限る。）又は特定不活性ガス）
⑤ 緊急遮断装置（市街地、主要河川、湖沼等を横断するものに限る。（不活性ガスのものを除く。））
⑥ ガス置換の措置
⑦ 感震装置
⑧ 避雷設備
⑨ 保安電力
⑩ 導管経路に巡回監視車、保安用資機材倉庫

コンビ第10条
26号～39号

［導管系］



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

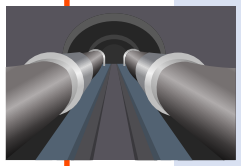
コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（１）

Aコンビナート製造事業所 → Bコンビナート製造事業所

Aコンビナート製造事業所 → Cコンビナート製造事業所

Aコンビナート製造事業所

導管



Bコンビナート製造事業所

関係事業所であり、
関連事業所でもある。
また、隣接事業所でもある。

Cコンビナート製造事業所

関係事業所である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（２）

コンビ第11条１項

214

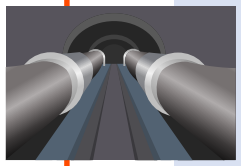
Bコンビナート製造事業所 → Aコンビナート製造事業所

Bコンビナート製造事業所 → Cコンビナート製造事業所

Aコンビナート製造事業所

関係事業所であり、
関連事業所でもある。
また、隣接事業所でもある。

導管



Bコンビナート製造事業所

Cコンビナート製造事業所

関係事業所であり、
隣接事業所でもある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

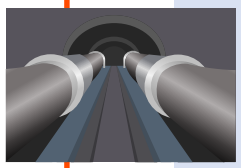
コンビナート製造事業所の関係事業所と関連事業所（３）

コンビ第11条１項

215

Cコンビナート製造事業所

- Aコンビナート製造事業所
- Bコンビナート製造事業所

Aコンビナート製造事業所		Bコンビナート製造事業所	Cコンビナート製造事業所
関係事業所である。	導管 	関係事業所であり、隣接事業所でもある。	

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

コンビナート製造事業所間の連絡等

コンビ
第11条

216

隣接事業所に対し書面作成・送付

＊隣接境界内側100m以内の製造施設、危険物、毒劇物設備の設置、撤去。

＊隣接境界内側100m以内の可燃性ガスの放出設備、火気設備の設置、撤去。

＊隣接境界内側100m以内の消火栓、貯水槽等、通用門、避難場所の設置、撤去。

※境界線から所定距離内の高圧ガス設備の設置、着工、完成年月日、改修内容等の事前連絡。

関連事業所に対し

＊直通電話、無線又は有線通信設備の設置。

＊導管供給の開始・停止の事前連絡。

＊輸送ガスの種類、成分、圧力、流量等の重要な変更の事前連絡。

＊輸送高圧ガスの製造設備の運転停止の事前連絡。

※**関係事業所**から危険時・事故時の対応に関して緊急応援を受ける措置を事前に講じる

関係事業所に対し

＊保安の連絡系統、連絡担当者、連絡方法を定め製造開始前に通知。

＊事故発生の連絡。

＊多量のガス放出の計画・実施の事前連絡。

＊異常な騒音・振動発生の事前連絡。

＊訓練の警報・火炎・発煙の事前連絡。

＊隣接境界内側50m以内の火気使用の事前連絡。

＊隣接境界内側100m以内の大量の火気使用の事前連絡。

＊その他特別事態発生時の連絡。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

E－2　丙種化学特別講習　保安管理技術
教材一例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者

丙種化学（特別）講習

保安管理技術

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

講習内容

初級　高圧ガス保安管理技術　第17次　改訂版

序

1. 高圧ガスの定義と分類
2. 単位

Ⅰ．学識

1. 気体の一般的性質
2. 気体の化学反応
3. 燃焼・爆発
4. ガス各論
5. 流動・伝熱
6. 材料力学の基礎
7. 高圧装置用材料
8. 金属の腐食と防食
9. 高圧設備

Ⅱ．保安管理技術

1. 安全管理
2. 保安・防災設備
3. 運転管理
4. 設備管理
5. 事故発生状況の推移と事故事例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

1.1　安全理論と安全推進手法
1.2　安全管理体制

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1.1　安全理論と安全推進手法

ハインリッヒの法則

同一の潜在要因による重大な災害1 件当たり、中程度の災害が29件、無傷害事故300件という比率になる。
この法則から学べることは、ヒヤリの段階で危険な要因を排除しておくことは、重大災害の発生の予防対策の１つとして重要なことである。

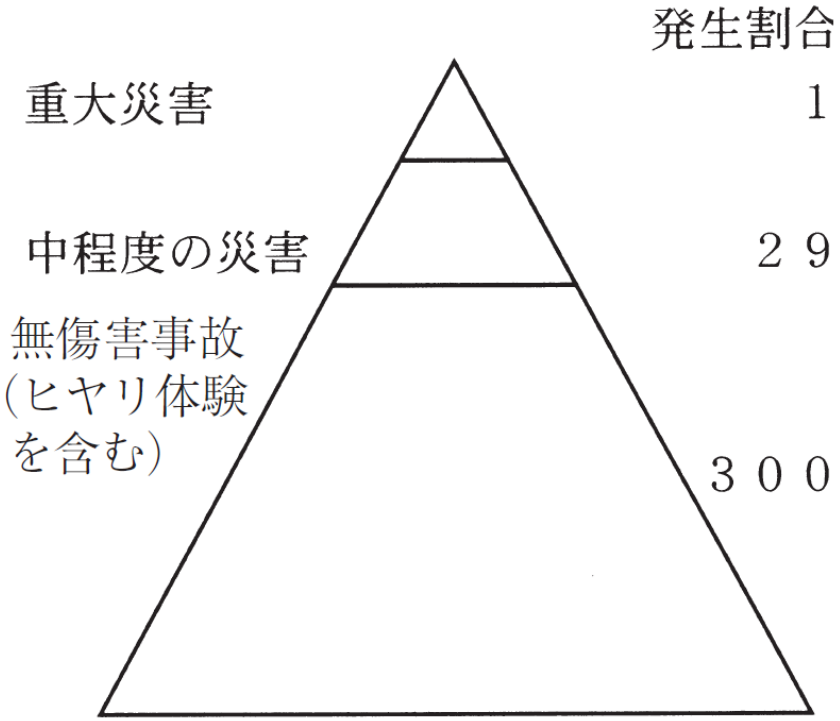


図 1.1　ハインリッヒの法則の概念図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

災害連鎖の防止

- 高圧ガス施設などの製造プロセスの構成は複雑。
  - 反応、分離回収、洗浄、精製、排ガス・排水処理などの工程。
  - 未反応原料や溶媒のリサイクル。
- プロセスの一部に不具合が発生した場合、その上流、下流にもその影響が及ぶ。
- 主要な部分で制御限界を超えた変動があった場合に、機器ごとまたは工程ごとに自動停止、自動遮断ができるシステムを構築しトラブルの連鎖を防止。
- 災害連鎖の防止
  - 緊急停止した場合の後処置方法基準化。
  - 定期的な訓練。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

4M

事故の原因分析や対策検討の際に人間工学の面から、要因を4つのジャンル（4M）に整理することにより原因の本質を捉える。

- MAN（人）
  本人および本人以外の直接関与した人のヒューマンファクタに関与する要因。
- MACHINE（機械）
  設備、機器などの物的な因子が関与した要因。
- MEDIA（媒体または環境）
  作業環境、マニュアル、作業情報といった、主としてMAN とMACHINE の媒体となるものが関与した要因。
- MANAGEMENT（管理）
  管理システム、方法が関与した要因。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

フェーズ理論

人間の信頼性は意識レベルに依存している。この意識レベルを5 段階のフェーズに分けた考え方。

フェーズ	意識の状態	注意のモード	生理的状態
0	無意識、失神	ゼロ	睡眠、脳発作
I	意識ぼけ	不注意状態	疲労、単調、居眠り
II	リラックス状態 思考は内界に向かう	不活性 注意リズム低下	安静起居生活・休息時 他律的リズムに同期
III	積極的活動、 前向き思考、 意欲的	活性 注意野は広い	情報処理は柔軟で速い 予測の見直し、情動の自制
IV	過緊張、情動興奮	注意は焦点に固着	緊急防衛反応、 慌てる→パニック状態

※出典 「中級　高圧ガス保安技術」 高圧ガス保安協会

不注意ミスを起こさないためにはフェーズⅢで作業する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

リスクマネジメント

- 高圧ガス製造設備には、さまざまな危険源（ハザード）が潜んでいる。ハザードを解析してリスクの大きさを評価し、ハザードが顕在化しないよう事前に対応策を講じる。
- ハザードが顕在化したときに危害を拡大させない策を事前に講じる。

リスクマネジメントの構成要素

- リスクアセスメント
- リスクの受容
- リスク対応
- リスクコミュニケーション

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

リスクアセスメント

高圧ガス製造施設のリスクを知るために、ハザードを特定し、その危害の起こりやすさ（発生確率）と影響度（損害の大きさ）の組合せからリスクの大きさ（リスクレベル）を見積る。

リスク対応

リスクアセスメントの結果を受けて、企業としてどのようにリスクに対応するかを決定。

- **リスクの低減**：起こりやすさや影響度を変えて、リスクの低減をはかる。
- **リスクの移転**：他社・他事業所などとリスクを共有する。
- **リスクの回避**：ある特定のリスクにさらされないため、ある活動に参画しない又はある活動から撤退する。
- **リスクの保有**：情報に基づいた意思決定によって、リスクを保有する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

リスクの受容

リスクの受容は、リスク対応において決定された方法のうち、リスクの回避以外は、リスク対応後にリスクが残留することとなる。この残留するリスクを企業として受け入れる。

リスクコミュニケーション

リスクコミュニケーションは、内部と外部に対してリスクの対話と共有を行い、リスクの受容を周囲に理解してもらうことである。内部とは企業内、事業所内の関係者であり、外部とは行政、取引先、事業所の近隣住民などが該当する。

ヒヤリ・ハット

日常の業務の中で「ヒヤリ」としたり、思わず「ハット」するような危うい経験をお互いに報告しあって、全員の経験として注意を喚起する活動。

- ハインリッヒの法則に基づき、小さなうちに事故の芽を摘むことにより、中程度さらには重大な事故への誘発を防ぐ。
- 各人が事故の芽を摘む努力をすることによって安全に対する意識を高める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

5S活動

設備の健全性維持や職場環境の改善として安全活動の基本。

3S（整理、整頓、清掃）+2S（清潔、躾）

- 3Sがおろそかな職場は潜在危険の温床。
  職場、プラントを大切にしようとする社員の意識も低下。
- TPM（Total Productive Maintenance）活動にも取り入れられる。

指差呼称

行おうとしている作業が間違いないこと、現場の状況が作業に適合していることなどを確認するために、対象を指で差し、それが正しいことを確認したら「ヨシ」と声を出していうことによって誤操作を防止するために励行する習慣。

対象を指で差し、大声で確認する行動によって集中力を高めるため、誤操作防止手法として重要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危険予知

危険予知訓練（KYT）

作業開始前に経験と想像力を働かせ、起こる可能性のある危険を想定し、その危険を回避する対策を立てることによって災害を未然に防止する手法。

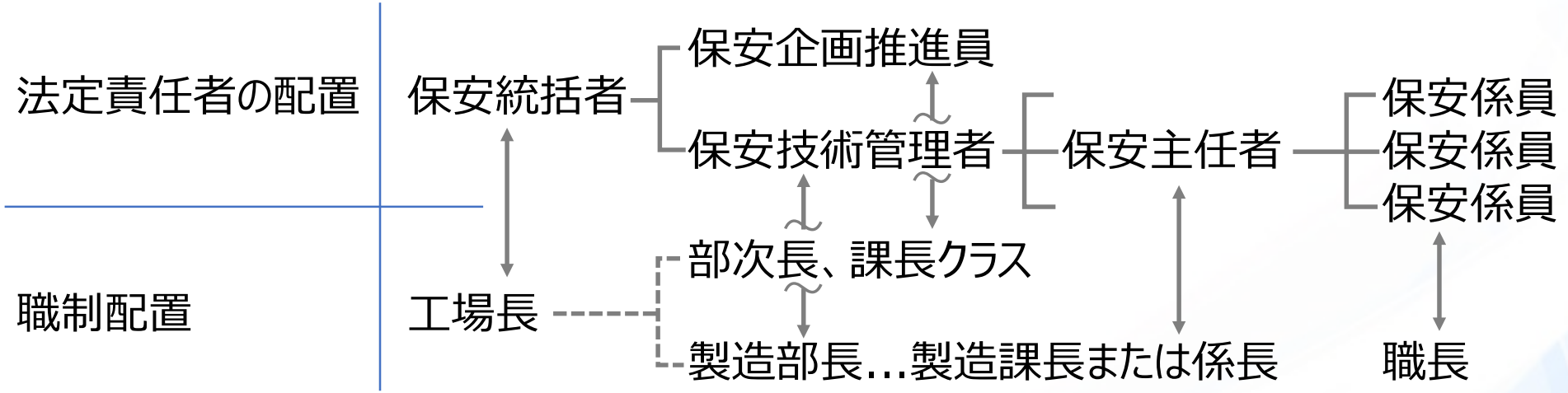
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

1.2 安全管理体制

事業所の組織と法定責任者の配置

(大規模工場)



保安統括者： 高圧ガスの製造に係る保安に関する業務の統括管理
保安技術管理者： 保安統括者を補佐し、高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的な事項の管理
保安主任者： 保安技術管理者を補佐して保安係員を指揮
保安係員： 製造施設の維持、製造の方法の監視その他高圧ガスの製造に係る保安に関する技術的事項を管理
保安企画推進員： 危害予防規程の立案・整備、保安教育計画の立案・推進、その他高圧ガスの製造に係る保安に関する業務で、保安統括者を補佐する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

大規模工事に際しての組織

増設、改造および定期修理など大規模な工事を行う際には、作業が錯綜し、工事に係る安全確保が難しい。

工事の実施にあたっては、工事に関係する社内各部門のほかに協力会社を含めた臨時の工事管理組織を編成し、それぞれの役割、責任分担を明確にし、各作業の連絡、調整を密に行い、工事に係る災害を防止する。

緊急事態発生時の組織

事故・災害が発生し、それが初期段階で鎮圧できずに長期化し、または拡大が予想されるときは、事業所を挙げてこれに対処する必要がある。

災害対策本部組織を事前に編成し、対応できるようにしておくことが必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

保安に関する関係事業所などとの協定

コンビ則では、コンビナート事業所は、関係事業所から緊急時に必要な応援を受けられるようにしておくことが規定されており、関係事業所間で相互応援協定が結ばれている。

また、関係事業所に対して、保安上必要な各種の事項を連絡する義務があるため、防災協議会を設置して、コンビナート自主保安基準を制定し、運営しているところが多い。

また、高圧ガスの移動中の事故に備えて地域防災協議会を結成し、相互応援協定を締結している例がある。

このほか、行政機関と事業所との間に保安協定などを締結している例、石災法に基づく共同防災組織の共同防災規程の制定の例などがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

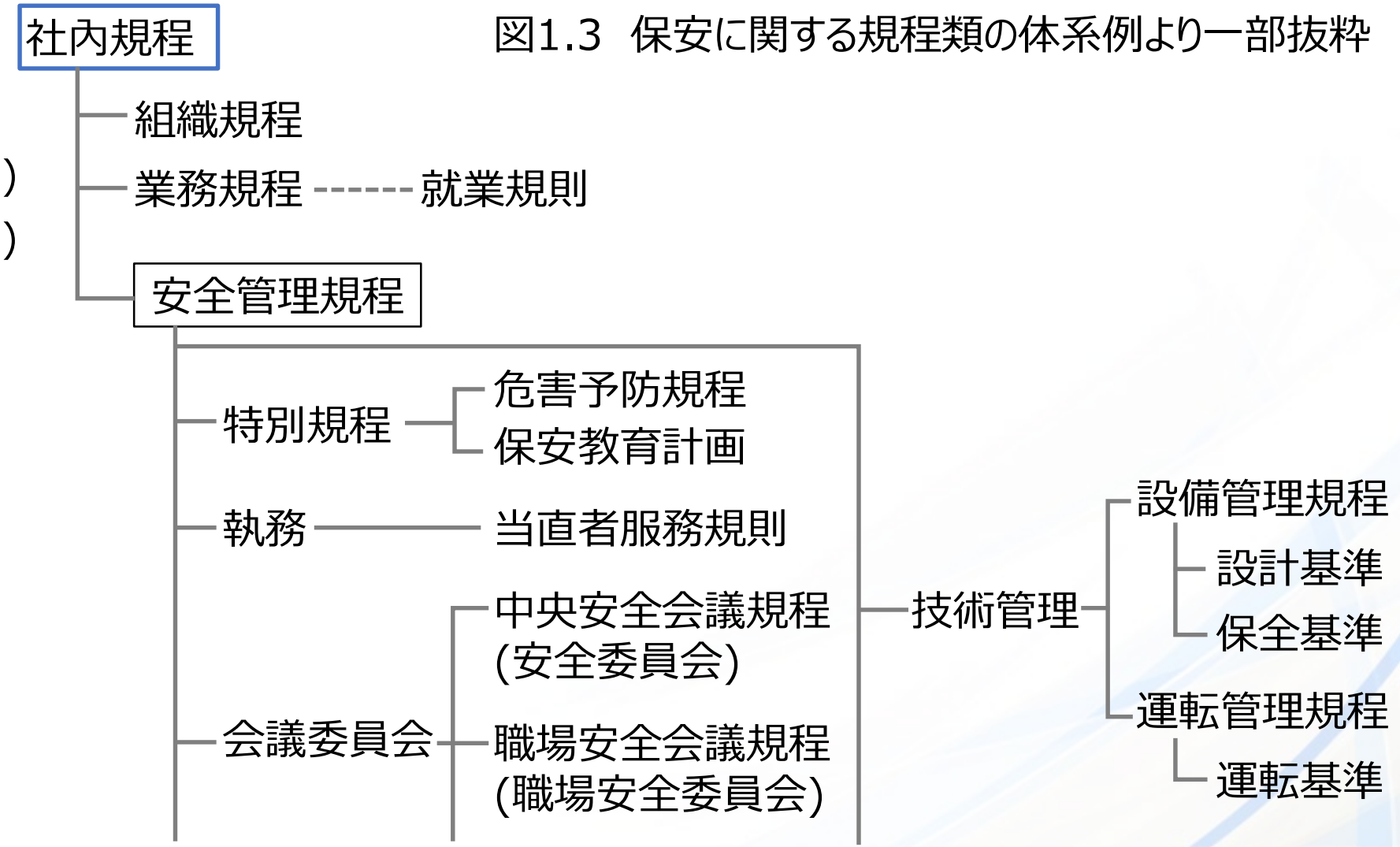
1. 安全管理

保安規程

法律で義務づけ

- 危害予防規程（高圧法）
- 保安教育計画（高圧法）

図1.3　保安に関する規程類の体系例より一部抜粋



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

1. 安全管理

組織の運営

- **事業所単位**：保安査察、安全表彰制度、改善提案制度、災害情報の収集・活用、交通安全指導など。
- **職場単位**：危険予知活動、安全パトロール、小集団活動、ヒヤリハット事例の活用、事故事例研究など。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

各部門の役割

製造部門

取り扱う物質の取扱方法の確立、設備の運転基準・緊急時措置基準・点検基準の確立および点検の実施、異常状態が発生した場合は適切に処理。

用役部門

製造に必要な電気、蒸気、用水、計装用空気、不活性ガスなどの用役を供給する部門で、緊急時においても、必要な用役を確保。

入出荷部門

入出荷作業は、事業所と輸送業者の接点であり、双方に管理上の盲点が生じないよう連絡を密接に行い、操業に支障が出ないよう確実な入出荷管理を行う。

設備管理部門

適性な設計、設備の適切な検査、保全により、設備を健全な状態に保つ。また、製造部門と連携し、設備状況の情報交換、検査方法や時期の見直しなどを行って事故防止を図る。

保安管理部門

保安施策の推進、保安査察、行政機関への申請などを行う部門で、上記各部門の保安活動の遂行に対し、専門的な立場から助言、指導を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

教育訓練

教育訓練は人材育成や事業所の安全確保を図る面などから必要不可欠。
保安教育計画を、事業所の特別規程として位置づけ、教育体制、教育資料・施設、教育の方法・時期などを規定し充実を図る。

教育体制

事業所長を最高責任者とし、教育推進者、教育実施責任者、教育訓練指導者を選任し、それぞれの職務を明確にし、組織を編成する。必要に応じて教育委員会などを設置し、教育計画の策定や実施に関する調整などを行う。

方法と時期

教育の方法

- OJT（職場内教育）方式：　業務を実施しながら行う
- OFF-JT（職場外教育）方式：　職場外で時間を設定して行う。

一般に、実務教育はOJＴ 方式で、基礎技術、法令関係教育などはOFF−JＴ 方式で実施。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 安全管理

教育の時期

- OJT方式：業務の実施と一体であるため、職場が教育の場
- OFF-JT方式：入社時、配置転換・昇進時、設備の新設・改造時、高圧ガス保安活動促進週間など機会を捉えて実施。

教育内容

教育内容は、職場・知識レベル、経験年数などに応じて、それぞれに必要な知識・技能教育、および全般的な安全教育を体系的に行う。
協力会社従業員に対しても、安全教育を中心に必要な事項について教育。
安全教育には、安全理論、安全推進手法、安全意識、関係法令などが含まれる。

教育内容

教育訓練の評価および記録は、目的の達成度の確認、次回の教育訓練計画の立案に貴重な資料。

教育実施後の評価方法

筆記テスト、レポート、受講者の業務実施時にチェックする方法など。

教育の記録

自己管理および集団管理のため使用。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

2.1　電気設備
2.2　保安装置
2.3　防災設備
2.4　用役設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.1 電気設備

電気設備計画

- 電気設備の設置についてはコンビ則などに規定されており、その仕様、構造などについてはガス防爆指針（自主基準）に示されている。
- 電気設備を設置する場合には、設置箇所が危険箇所として区分されており、この区分により電気機器の防爆構造が決められている。
- 電気設備はできるだけ非危険箇所に設置することが望ましいが、危険箇所に設置せざるをえない場合は、設置する場所がどの程度危険であるかを知る必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

危険箇所区分

爆発性ガスの存在状態によって次のように区分。

① **特別危険箇所**

爆発性雰囲気が通常の状態において、連続し長時間にわたり、または頻繁に可燃性ガス蒸気が爆発の危険のある濃度に達する場所。

② **第一類危険箇所**

通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成するおそれがある場所。

③ **第二類危険箇所**

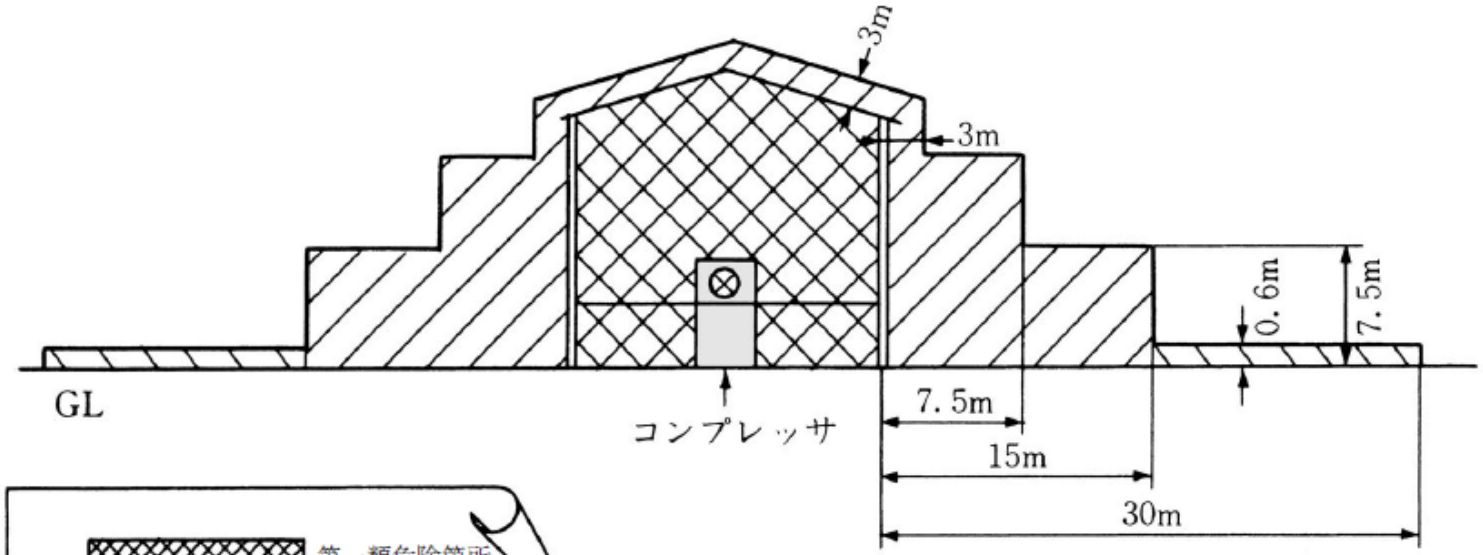
通常の状態において、爆発性雰囲気を生成するおそれが少なく、また、生成した場合でも短時間しか持続しない場所。

④ **非危険箇所**

①～③以外の場所。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備



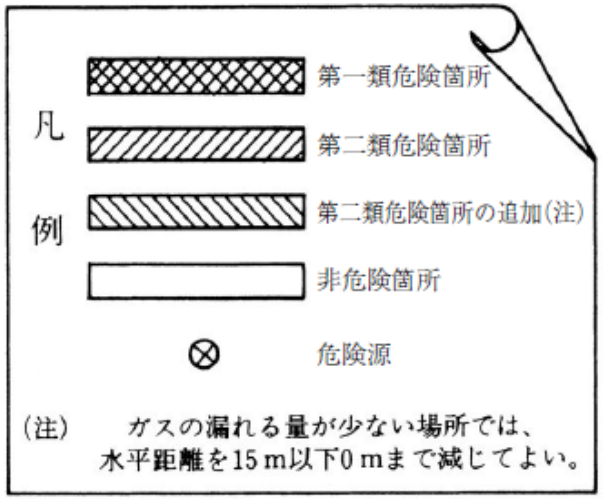


図 2.1　危険箇所の区分例

密閉された建物内にコンプレッサが設置されている場合（コンプレッサは、しばしば分解修理が行われる。）

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

2. 保安･防災設備

電気機器の防爆構造

- 本質安全防爆構造
- 耐圧防爆構造
- 内圧防爆構造
- 油入防爆構造
- 安全増防爆構造
- 樹脂充てん防爆構造
- 非点火防爆構造
- 特殊防爆構造

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

保安電力

- 停電などにより当該設備の機能が失われ、災害などに至らないように保安確保のための設備が必要。
- 一般則、液石則およびコンビ則例示基準では、保安電力などとして、原則、同種のものを含み2 以上を保有することが規定。
- 保安電力としては、自家用発電設備と買電設備との組合せが一般的。

自家発電設備

事業所内に発電機を設置して、事業所で使用する電力の一部またはほとんどを供給するために発電を行う設備。

常用発電設備

電力会社が供給する電力と電圧、周波数などを連系して常時供給。

非常用発電設備

電力会社の停電などの非常時に作動して電力を供給。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

蓄電池設備

- 非常用電源として、鉛蓄電池やニッケルカドミウムアルカリ蓄電池などを使用。
- 電池の容量

  設備を安全に停止できる保安面から決定。（非常用発電設備が設置されている場合は5 ～ 10 分、設置されていない場合は30 分程度電力を供給。）

無停電電源設備（UPS)

- 設備の安全上、コンピュータや電子機器などの制御装置や緊急安全装置など瞬時の停電も許容されないものに電力を供給。
- 通常は、30 分間以上電力を供給できるように蓄電池の容量を決定。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

接地計画

接地

地上の構造物などと大地に埋設設置した導体とを金属導体でつないで、これらの構造物などと大地電位を同電位にすること。

- 静電接地
- 保安接地
- 避雷接地　など

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

静電気の発生と帯電

製造設備における代表的な静電気の発生例

① 配管中を液体が流れるとき、その摩擦により発生。
② 液体、ガスが小さな穴から噴出するときに発生。
③ 貯槽内の液体が揺動して発生。
④ 空気中に噴出した液体類が細かく飛散して小滴になるとき発生。
⑤ 相互に密着している物体が剥離するときに発生。
⑥ 器壁などの表面に付着した液体類が液滴となって離れるときに発生。

- 液体の固有抵抗が大きいものは帯電しやすい。
- 流速などが大きいほど帯電量が多くなる傾向。

帯電した静電気は、放電により減少していくが、このとき発生する火花が発火源となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

静電気による爆発・火災の発生限界

最小発火エネルギー

- 発火に必要な最小のエネルギー。
- 静電気による爆発・火災を防止するためには、静電気の放電エネルギーを最小発火エネルギーよりも小さくする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

静電気災害の防止

表2.1　静電気災害の防止対策

対策項目	具体的防止対策
1. 静電気の発生の抑制	(1) 液体類の流速(初速、最大流速)制限 (2) 液体類、気体類の中の夾雑物の除去 (3) 液体類、気体類の吹出し防止
2. 静電気の緩和、除去の促進	(1) 接地、ボンディングの実施 (2) 静置時間の設定 (3) 空気のイオン化(除電器) (4) 湿度の付与 (5) 絶縁体への導電性付与(帯電防止剤) (6) 作業者の帯電防止(静電靴、静電作業衣)
3. 爆発性ガスの形成防止	(1) 不活性ガスの注入 (2) 液温管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

接地

導体と大地を電気的に接続して、導体の電位を大地とほぼ同電位にすること。

ボンディング

2 つ以上の導体を電気的に接続して、相互にほぼ同電位にすること。

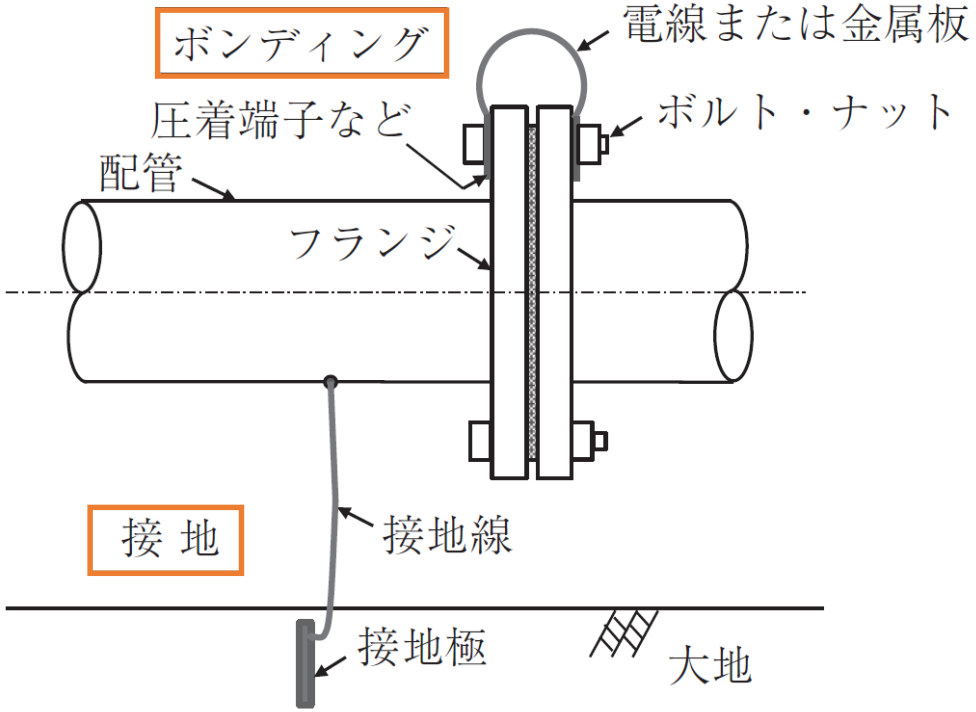


図 2.2　接地とボンディングの例

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

2. 保安・防災設備

静電気の緩和

帯電防止剤による導電性向上、除電器の使用、静置時間の確保など。

静電気除去設備の基準

① 接地抵抗値は総合100 Ω以下（避雷設備を設けるものでは総合10 Ω以下）。

② 接地接続線は、通常の使用状態で容易に腐食や断線しないものを使用。

正常な状態に維持するために、定期的に接地抵抗値の測定、断線、損傷箇所の有無を確認するなどの検査を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

避雷設置

避雷設備

落雷を誘導して、他の設備に影響を及ぼさないように保護する。
建築基準法では、JIS A 4201「建築物等の雷保護」の外部雷保護システムに適合する構造と規定。

避雷接地

避雷設備に雷撃を受けたとき、その雷電流を大地に放流する。
接地極の接地抵抗値を極力小さくするとともに、被保護物とその周辺の接地電位を一様にし、被害の発生を防止することが大切。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

安全装置

設備の内部の圧力が許容圧力を超えた場合に破損、破壊を防止するため、設備の圧力を許容圧力以下に速やかに下げる。

【安全装置の種類】

- 安全弁
- 破裂板
- 逃し弁
- 自動圧力制御装置
- 溶栓

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

安全弁

- 通常は機械的荷重によって閉の状態を維持。
- あらかじめ定められた圧力に上昇した場合、自動的に弁体が開き、内部の圧力を下げる。
- ばね式安全弁が多く使用されている。
  - リフト形式よる分類
    揚程式、全量式
  - 放出状態による分類
    開放型、密閉型

主な利点

① 圧力が下がれば自動的に復元し放出が停止。
② 作動設定圧力の微調節が可能で精度もよい。

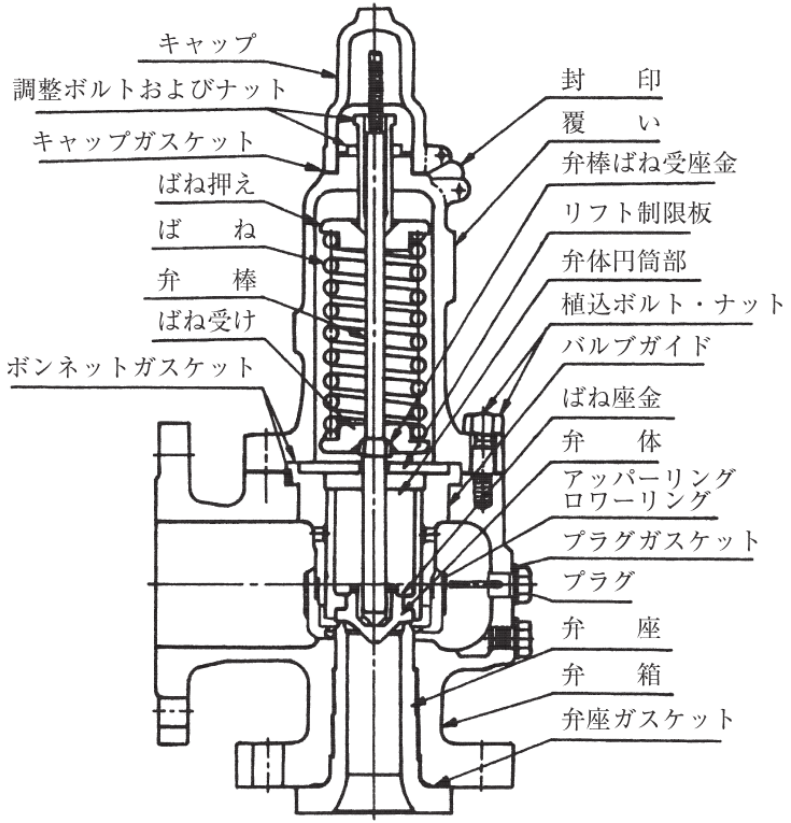


図 2.3　ばね式安全弁の例(密閉型全量安全弁)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

破裂板

密閉された設備内の圧力が過剰になったり、負圧になったとき設備の破損を防止する。

【ばね式安全弁と比較した場合の主な特徴】

① 構造が簡単で、吹出し抵抗が少ない。
② 圧力を降下させるまでの時間が極めて短時間。
③ 高粘性、固着性、腐食性の流体に適している。
④ 破裂板が作動した場合、破裂板の取替えが必要。

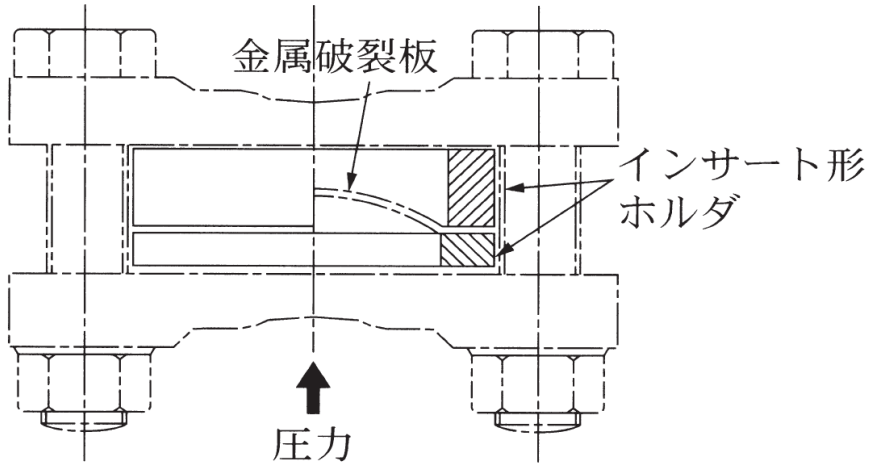


図 2.4　インサート形ホルダを用いたドーム形金属破裂板の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

逃し弁

- 一般にポンプや液体配管などに設置。
- 設定圧力になると、自動的に弁が開き、内部の流体を放出して圧力を下げる。
- 構造、機能は、ばね式安全弁と同様。

自動圧力制御装置

- 設備内に流入する流体量を自動的に制御して、圧力の異常上昇を防止する設備。

溶栓

- 規定温度以上になると可溶合金が溶融して、内部の流体を外部に放出し、破壊を防止する。

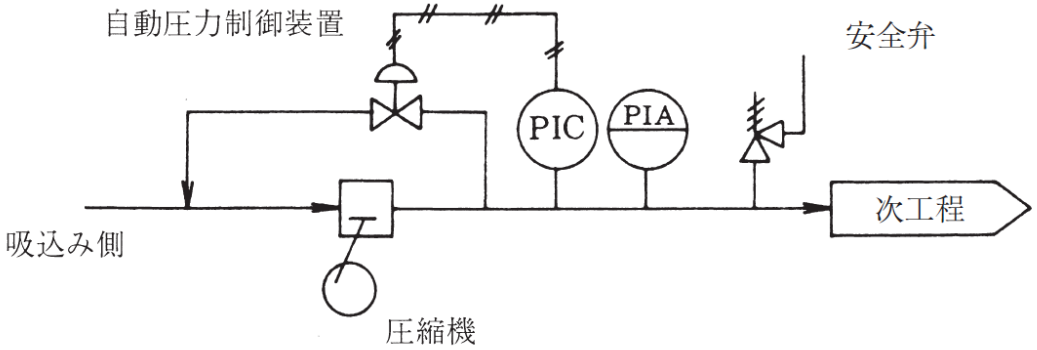


図 2.5　圧縮機に設けた自動圧力制御装置の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

安全装置の選定

① 気体の圧力上昇を防止する場合ばね式安全弁、自動圧力制御装置

② ばね式安全弁を設けることが不適当な場合破裂板、自動圧力制御装置

③ 液体の圧力上昇を防止する場合逃し弁、ばね式安全弁、自動圧力制御装置

安全装置の設置

圧力区分ごとに設置。

【圧力区分の例】

① 上流に高圧部があり、減圧弁を介して下流に低圧側がある場合の高圧部と低圧部

② 多段式往復圧縮機の各段

③ 高圧ガスの貯槽、導管

④ 弁などで遮断される部分であって、加熱、化学反応などによって、圧力が上昇するおそれのある部分

⑤ 圧縮機、ポンプの吐出し側、反応器、分解炉などの下流側の部分

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

安全装置の吹出し量

安全装置の設計にあたっては、プロセスを吟味したうえで「吹出し量」を決定し、これに基づいて「必要口径（吹出し面積）」を決定。

吹出し量

その設備が受ける最も過酷な状況を想定し決定。

① 高圧側からの減圧部では、高圧側が最大圧力であるときに、減圧弁が全開になった状態を想定して吹出し量とする。

② 周辺の火災による想定では、各例示基準に示された入熱量で蒸発する液化ガスの蒸発量を吹出し量とする。

③ 圧縮機各段においては、各段の最大能力時の吐出し量を吹出し量とする。

必要口径（吹出し面積）

計算方法は、各例示基準に規定。計算に用いる吹出し量決定圧力は、圧縮ガスの高圧ガス設備にかかわるばね式安全弁および破裂板については、許容圧力の1.1 倍以下、液化ガスの高圧ガス設備にかかるばね式安全弁については、許容圧力の1.2 倍以下の圧力である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

ばね式安全弁の取付け方法

① 目視点検が容易な位置に、弁軸を鉛直方向にして取り付ける。

② 弁の入口配管は、異物による安全弁の作動を妨げないように配管の場合には上側から取り出す。

③ 入口配管は、弁の呼び径と同じかそれ以上の管径とし、ポケットを設けない。

④ 安全弁または破裂板には放出管を設け、その開口部の位置を放出するガスの性質に応じた適切な位置とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

緊急遮断装置の概要

ダイヤフラム式遮断弁

- スプリング、ダイヤフラム、弁棒および弁体から構成。
- 通常はダイヤフラムの下部に空気圧をかけ、スプリングを押し上げて開の状態にしている。
- 非常時においては、電磁弁などにより空気圧を断ち、弁体を下げ閉止する。

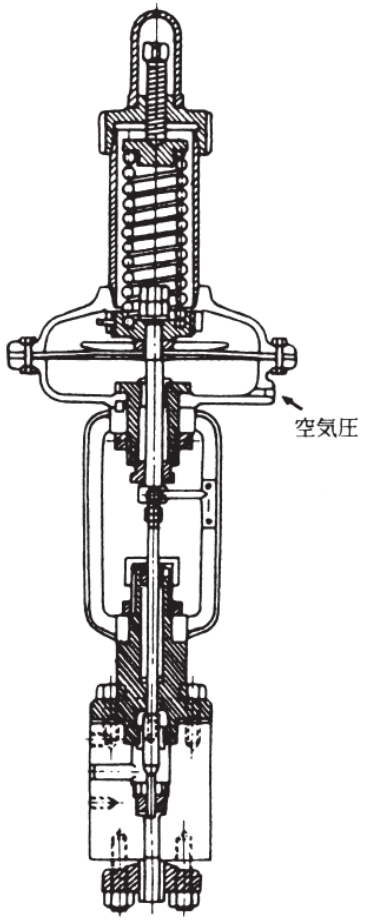


図 2.6　ダイヤフラム式遮断弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

緊急遮断装置の機能

性能の要件

- 速く、確実に作動すること。
- 弁座からの漏えいがないこと。
  一般則などの例示基準およびKHKS（保安検査基準、定期自主検査指針）においては、弁座の漏えい検査の方法が規定されている。

  また、弁の遮断により、配管系などにおいてウォータハンマが生じないような措置を講じておく必要があり、長距離配管においては十分な注意が必要。

緊急遮断装置の設置箇所の例

① 内容積5000L以上の可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の液化ガスの貯槽に取り付けた液化ガスの払出しまたは受入れのための配管。

② コンビ則適用事業所の可燃性ガス、毒性ガスまたは酸素の高圧ガス設備（貯槽を除く。）のうち、特殊反応設備またはその他の高圧ガス設備であって、燃焼熱量または停滞量が規定値以上のもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

緊急遮断装置の設置上の注意事項

- 貯槽に取り付ける緊急遮断装置は、貯槽元弁の外側のできる限り貯槽に近い位置に設ける。
- 遮断弁開閉用の押ボタンの操作を行う位置は、当該貯槽の外面から5m以上（コンビ則の適用を受ける事業所では10m以上）離れた場所であって、大量流出が発生しても十分安全な場所で、かつ、速やかに操作が行える場所。
- 特殊反応設備などに設けるものは、計器室で操作できるものまたは自動的に作動するもの。

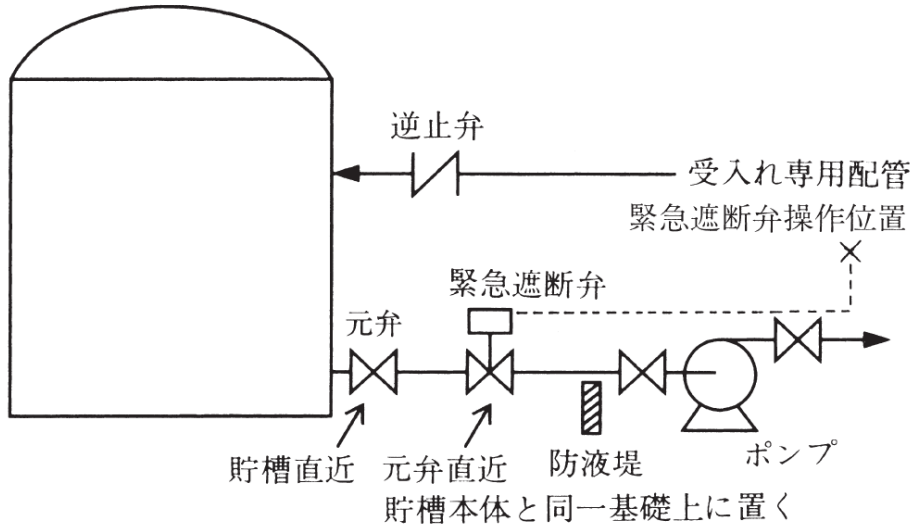


図 2.7　液化ガス貯槽緊急遮断装置設置の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

逆流防止装置

特定高圧ガスの消費設備において、設備内のガスが減圧設備や容器に逆流することを防止する装置で、U 字管や自動遮断装置などがあり、逆止弁（逆止め弁、チェック弁、ノンリターン弁ともいう。）はその一例。

逆止弁

流体の背圧によって弁を作動させて逆流を防止。

【機構による主な分類】

- リフト逆止弁
- スイング逆止弁

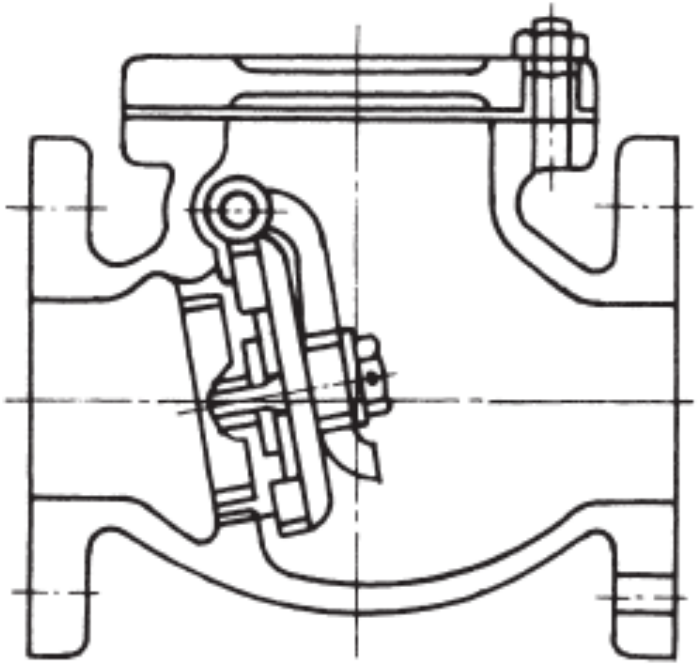
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

逆止弁の構造・機構

スイング逆止弁

弁がちょうつがい（ヒンジ）によって弁箱に取り付けられている。水平配管、垂直配管に使用。ただし、垂直配管の場合は、下から上向きに流れるように取り付ける。



(a)　スイング逆止弁

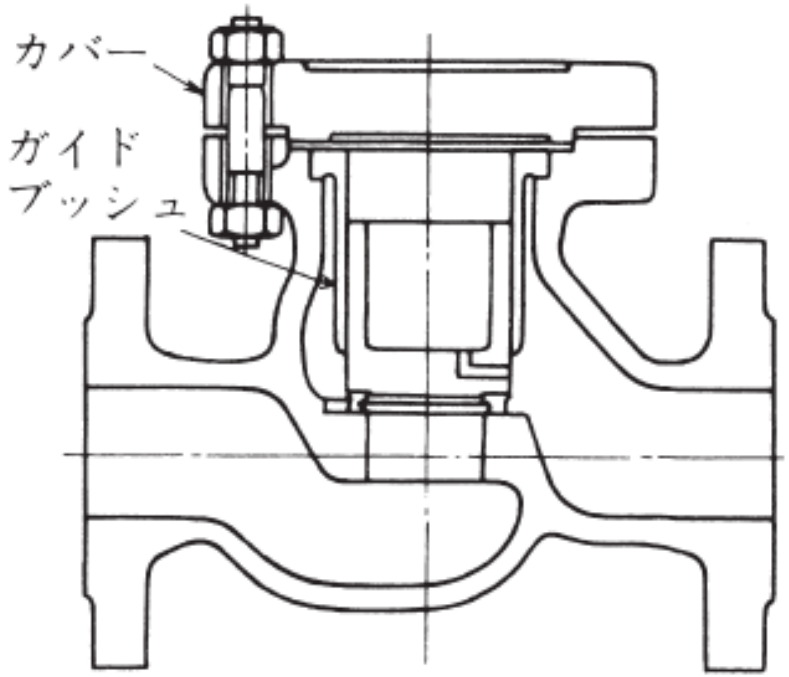
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

逆止弁の構造・機構

リフト逆止弁

弁が弁箱またはふたに設けられたガイドによって、弁座に対して垂直方向に作動する。垂直配管には使用できないタイプがある。



(b)　リフト逆止弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

逆止弁の適用

一般則、液石則適用の貯槽の液化ガス受入れ専用配管には、緊急遮断装置に代えて逆止弁（逆止め弁）を用いることができる。
この他の配管でも、逆流を起こすおそれのある箇所には、逆止弁を設け安全性の向上を図ることが望ましい。

貯槽の負圧防止対策

低温の液化ガスの貯槽は、圧力が大気圧付近で取り扱われているため、大気圧力以下に下がる（負圧）と貯槽が潰れることがある。

次の措置を講じて、負圧による設備の破壊を防止する。

1）　圧力計および圧力警報設備を設置する。
2）　次のうち１以上を設ける。

　　①　真空安全弁
　　②　他の貯槽または施設からのガス導入配管（均圧管）
　　③　圧力と連動する緊急遮断装置を設けた冷凍制御設備
　　④　圧力と連動する緊急遮断装置を設けた送液設備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.3 防災設備

防消火設備

可燃性ガスなどの製造施設の防火および消火のために使用する設備。

防火設備

水噴霧装置、散水装置、放水装置（固定式放水銃、移動式放水銃、放水砲および消火栓）などをいい、火災の予防および火災による類焼を防止する設備。

消火設備

消火薬剤を放射する設備および不活性ガスなどによる拡散設備をいい、直接消火する設備。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

防火設備の種類と性能

1）散水装置	固定された孔あき配管または散水ノズル付き配管により散水する装置で、当該対象設備の表面積1m^2 につき5 L/min 以上の水量を散水できるもの。
2）水噴霧装置	固定された噴霧ノズル付き配管により水を噴霧する装置をいい、当該対象設備の表面積1m^2 につき5 L/min 以上の水量を噴霧できるもの。
3）固定式放水銃	対象設備に対して固定して設置されたもので、筒先圧力が0.35 MPa（ゲージ圧力）以上で、かつ、放水能力が400 L/min 以上のもの。
4）移動式放水銃	対象設備に対し搬入して、ホースにより消火栓に直結するもの。性能は固定式放水銃と同じ。
5）放水砲	消防車に搭載したものまたは動力車でけん引するものなどで、放水能力が1900 L/min 以上のもの。
6）消火栓	屋外に設置され、かつ、ホース、筒先、ハンドルなどの放水器具を備えたもので、筒先圧力0.35 MPa（ゲージ圧力）以上、放水能力400 L/min 以上のもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

消火設備の種類と性能

1）粉末消火器

可搬性または動力車搭載のものであって、能力単位B － 10 以上のもの。

2）不活性ガスなどによる拡散設備

常時十分な量を十分な圧力で供給できるもの。建屋内の高圧ガス製造設備では、上記粉末消火器の代替とすることができる。

防消火活動

火災の形態に応じて、防災計画を立て、次の事項が確実に実施されるようにしなければならない。

① 設備基準に応じて設置されていること。

② 設備の性能、使用方法を関係者が熟知していること。

③ 防消火技術が研究され、教育訓練が行われていること。

④ 円滑に使用できるよう、日常から点検整備が行われていること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

冷却装置

冷却用水噴霧装置、散水装置

冷却する貯槽および貯槽に附属する液面計、バルブ類を含め、全表面に均一に水を放射できるもの。

消火栓

当該貯槽の外面から40m以内で、貯槽に対していずれの方向からも水を放射できるもの。

水源の容量

水源の容量は、同時に放射を必要とする最大水量を30分間以上連続して放射できる量。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

支柱の温度上昇防止措置

高さ1m以上の支柱に対して、厚さ50mm以上の耐火コンクリートまたはこれと同等以上の耐火性能を有する不燃性の断熱材で被覆する。

断熱材の選定

ロックウールなどの不燃性の無機質のもの、支柱の耐火被覆では耐火断熱コンクリートなどが使用される。

圧縮ガス貯槽およびその支柱の温度上昇防止措置

貯槽およびその支柱のいずれの部分に対しても水を放射できるように、安全な場所に消火栓を設置するか、消火栓と同等以上の水量を放射できる消防ポンプ自動車を備え付けることが必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

火災報知設備

火災による被害を軽減するため、火災の初期段階で速やかに発見し、連絡を行い防災活動を行うための設備。

【火災報知設備の構成の例】

- 感知器
- 発信機
- 受信機

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

ガス漏えい検知警報設備

可燃性ガス、毒性ガスなどの漏えいを早期に検出し、警報を発し、災害の未然防止に寄与するための設備。

【可燃性ガスの検知部の主な方式】

- 接触燃焼式
- 半導体式

【毒性ガスおよび酸素の主な方式】

- 半導体（セラミック）式
- ガルバニ電池式

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

接触燃焼式

可燃性ガスが検知素子に接触するとその表面で接触燃焼反応が起こり、その燃焼熱により温度が上昇し、白金線コイルの電気抵抗値が増大するということを利用。

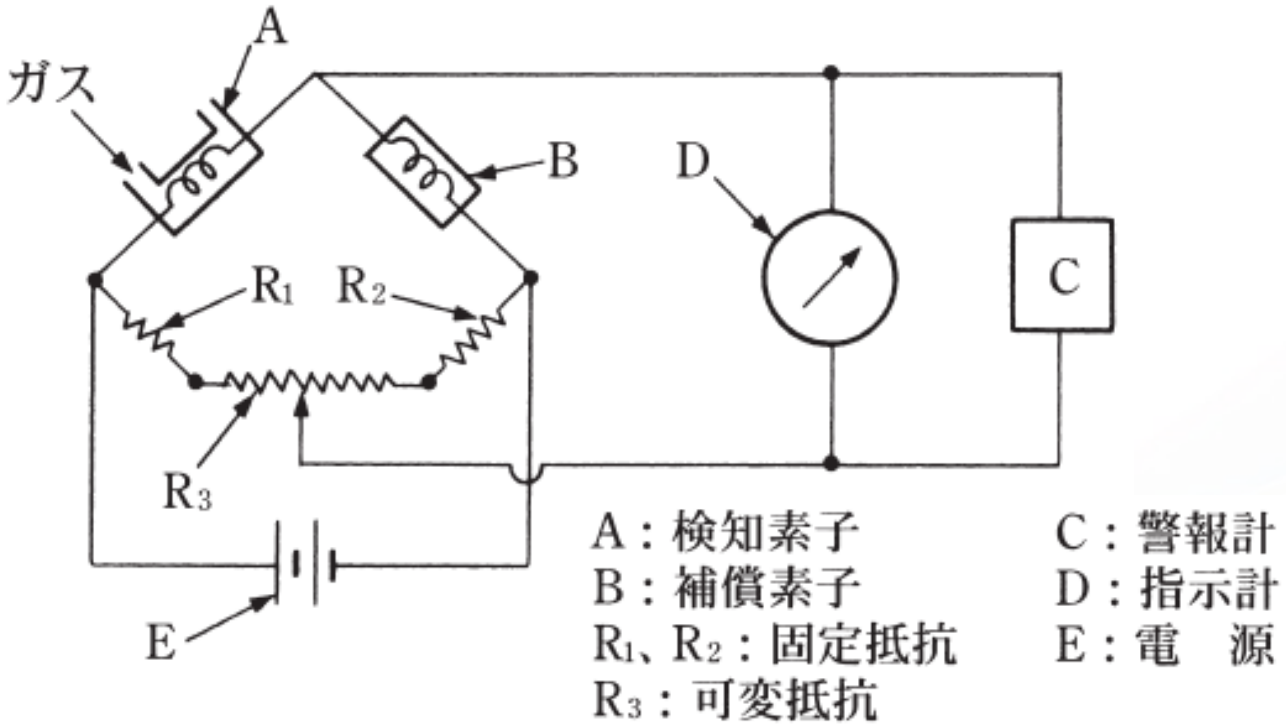


図2.10　接触燃焼式の回路

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

2. 保安・防災設備

半導体式（セラミック式）

加熱された金属酸化物の半導体（SnO_2、ZnOなど）に可燃性ガスが触れると、可燃性ガス濃度の増加により金属酸化物の電気抵抗値が変化するということを利用。

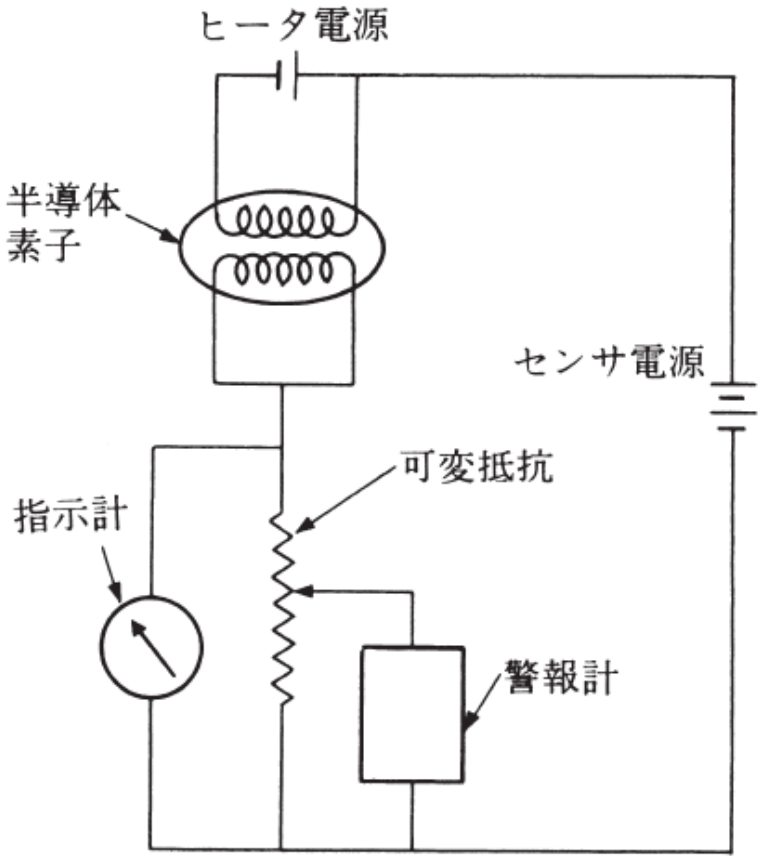


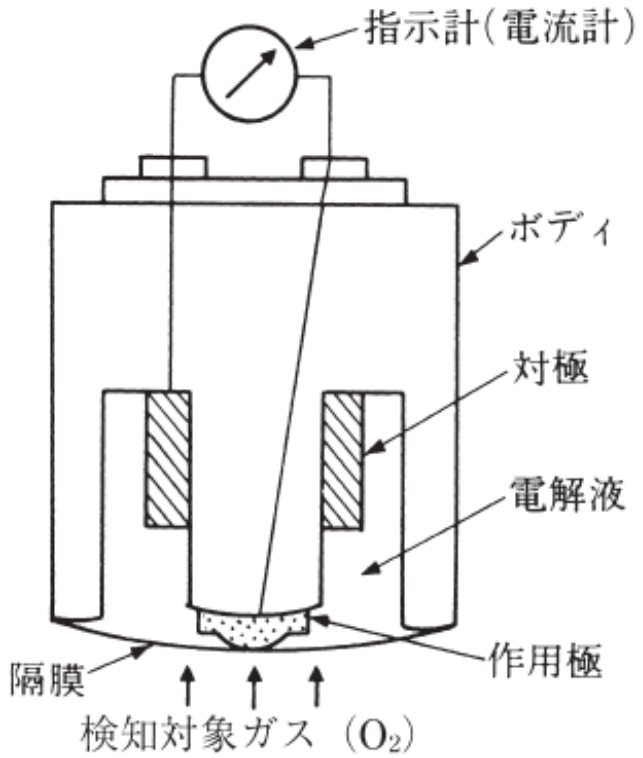
図2.11　半導体式の回路

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

2. 保安・防災設備

ガルバニ電池式

酸素の測定によく使われる。電解溶液中に金陰極、鉛陽極を入れると電池が形成され、その電池の出力は陰極付近の溶存酸素濃度に比例することを利用。



ガルバニ電池式の原理
（「中級　高圧ガス保安技術」より）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

検知警報設備のシステム

保安のために設置される検知警報設備の要件

① 連続的に検知できること。

② 微量な成分の確認が行えること。

③ 遠隔に伝送でき、警報が発せられること。

サンプリング部、検知部、増幅部、指示・警報部電源部などによって構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

検知警報設備の機能と構造の基準

一般則などの例示基準に示されている主な点

1）設定されたガス濃度（以下「警報設定値」）において自動的に警報を発する。

2）警報設定値は下記の値とし、任意に設定できること。

① 可燃性ガス　：　爆発下限界の1/4 以下の値

② 酸素　　：　25 %

③ 毒性ガス（対象となるガスの種類が指定されている。）

：許容濃度以下の値（アンモニア、塩素その他これらに類する毒性ガスであって試験用標準ガスの調整が困難なものにあっては、許容濃度値の2 倍の値以下）

3）警報を発したあとは、原則として、雰囲気のガス濃度が変化しても、警報を発信し続けるものとし、その確認または対策を講じることにより警報が停止するもの。

4）警報はランプの点灯または点滅と同時に警報を発するもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

検知警報設備の設置箇所

検知警報設備の検出端部の設置場所と個数

- 建物の中の設備群の周囲10mにつき1個以上の割合で計算した数
- 建物の外の設備群の周囲20mにつき1個以上の割合で計算した数　　など

検出端部の高さ

当該ガスの比重、周囲の状況、ガス設備の高さなどの条件に応じて設置する検出端部の高さを決定。

指示・警報部の設置位置

関係者が常駐する場所で、警報時に各種の対策を講ずるのに適切な場所。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

保守管理事項

機能を維持するため日常検査、定期検査など保守検査が重要。

1）検知器の機能維持

センサの劣化（雨水、塵埃、腐食性ガスなどによる劣化）の確認。

2）指示警報部

警報設定値、応答時間の規格を満足するように調整。応答時間のテストは実際に検知部と指示警報部を組み合わせて実施。

3）検査の周期

検知警報設備は、1 か月に1 回以上警報回路の検査を実施する。1 年に1 回以上検知および警報に係る検査を実施する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

地震検知システムと設備停止

- 地震が発生時は、機器の損傷などにより製造施設の内容物の流出などが懸念される。
- 内容物流出による二次災害を防止するために、速やかに高圧ガス製造施設を安全に停止することが大切。
- 地震計と連動し、インターロック機構や緊急遮断装置などにより緊急停止システムを構築する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

流動・流出および拡散を防止する設備

防液堤

貯槽内の液化ガスが液体の状態で漏えいした場合、これを貯槽の限られた範囲を越えて他へ流出することを防止する。

1）必要容量

防液堤の容量は貯槽の貯蔵能力に相当する容積以上の容積。

ただし、液化ガスの種類および貯槽内の圧力に応じて液化ガスが大気中に流出したときに生じる蒸発減を差し引いて、必要容量を算定することができる。

2）構造

① 材料は、鉄筋コンクリート、鉄骨・鉄筋コンクリート、金属、土またはこれらの組合せとする。

② 防液堤は液密なものとする。配管の貫通部は、間隙からの漏えい防止および防食の措置を講じる。

③ 毒性ガスの貯槽に係る防液堤の高さは、防液堤内における貯槽などの保全および防災活動に支障のない範囲において防液堤内にたまる液の表面積ができる限り小さくなるようにする。

詳細は一般則などの各例示基準を参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

スチームカーテン

配管に設けた多数の噴射口からスチームを上方に噴出させ、拡散してきたガスを遮断、希釈し更に上方へ拡散させる。

防火壁

漏えいしたガスが、火気を取り扱う施設に流動することを防止するための措置（流動防止措置）の１つ。

例として、高さ2m以上の防火壁（障壁を含む。）を設け、かつ、製造設備または貯蔵設備などと火気を使用する場所との間の迂回水平距離を8m以上とすることが定められている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

障壁

ガス爆発の場合、障壁を設けることによって、衝撃などによる被害を軽減する。

1）障壁の設置

- 充塡設備における圧縮機と容器置場との間
- 可燃性ガスの製造設備と火気を使用する設備との間　　など

2）障壁の配置

日常の作業、消火活動などに支障ないように設置。

3）障壁の構造

障壁は、鉄筋コンクリート、鋼板など。

厚みなどの詳細は一般則などの各例示基準を参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

危険事態発生防止装置

1）　当該特殊反応設備に対する原材料の供給を遮断し、内容物を放出するための装置

2）　不活性ガス、冷却水または反応停止剤などを供給するための装置

最も有効な装置については、遠隔操作または自動的に作動するものでなければならない。

緊急移送設備

特殊反応設備などの製造設備では、異常事態が発生した場合、当該設備内の内容物を当該設備外に安全に、かつ速やかに移送する。

内容物は、主に下記の方法によって処理される。

1）安全に燃焼させる。

2）除害したのち安全に廃棄する（中和、吸着除去など）。

3）安全な場所に設置した貯槽に一時的に移送する。

4）安全に放出させる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

インターロック機構

- 誤操作などにより適正な手順以外の手順による操作が行われることを防止。
- 正常な製造の行われる条件を逸脱したとき、自動的に当該製造設備に対する原材料などの供給を遮断。

など

インターロック機構は、高い信頼性が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

フレアースタック

- 装置から移送されるガスを焼却
- 焼却する位置によって大きく2つに分類
  - エレベーテッドフレアー ： 高所で焼却を行う塔型
  - グランドフレアー ： 地上で焼却する燃焼炉型

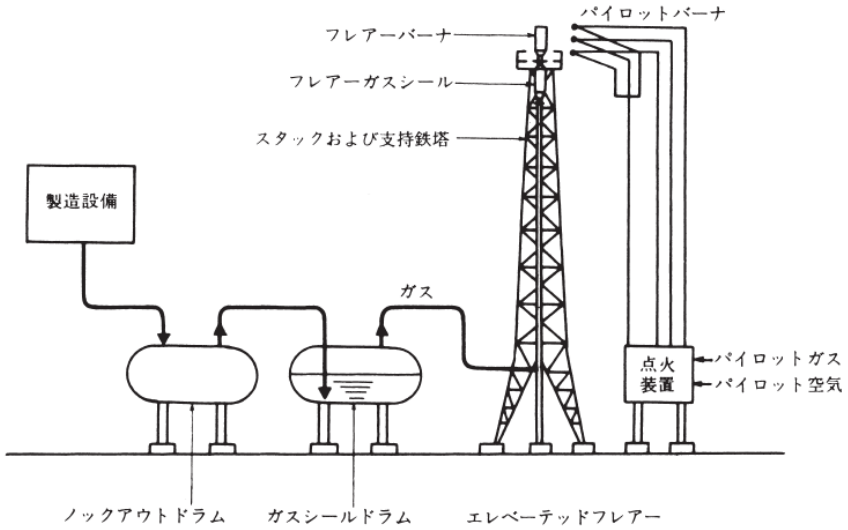


図2.12 エレベーテッドフレアー

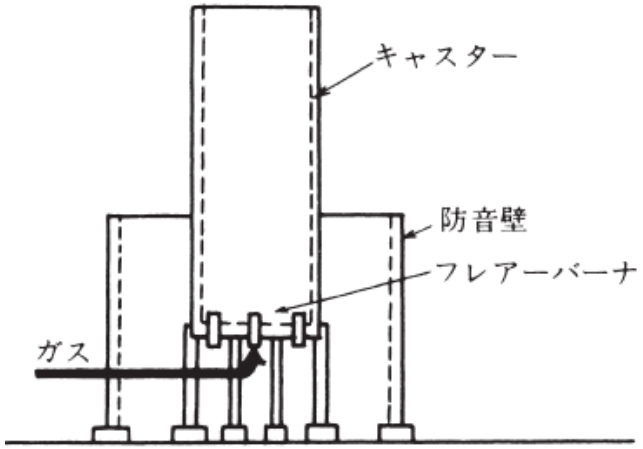


図2.13 グランドフレアー

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

2. 保安・防災設備

1）燃焼炎の安定性

エレベーテッドフレアーのバーナは通常の拡散式ガスバーナと同様。安定燃焼のために、火炎が消えない程度に燃焼ガス流速の調整を行う。

2）黒煙発生の防止

燃焼ガスに重質の炭化水素が含まれている場合や燃焼用空気が不足した場合は、黒煙が発生することがある。黒煙発生の防止として、主に使用されているのがスチームの吹込み式である。

3）逆火防止

フレアースタックの火が装置側に波及しないよう逆火防止設備を設ける必要がある。これにはドライシール、水封および不活性ガスによるパージ設備などがある。

4）騒音の防止

エレベーテッドフレアーは、スチームノズル部にマフラを取り付け、騒音防止する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

5）放射熱

フレアースタックの火炎からは多量の放射熱が放射されるため、その周辺設備や人体に放射熱により損傷を与えないようにする。

コンビ則例示基準では、フレアースタックの位置および高さはその直下の地表面における放射熱が4.65 kW/m^{2}以下になるよう規定。

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

2. 保安・防災設備

ベントスタック

① 可燃性ガスのベントスタックの高さは、放出された可燃性ガスの着地濃度が爆発下限界未満となるような十分な高さとする。

② 毒性ガスの緊急用ベントスタックからの放出は、コンビ則関係例示基準「30. 除害のための措置」の基準に基づいて行う。その場合、放出されたガスの着地濃度が許容濃度以下となるように行う。また、その他のベントスタックの場合には、除害した後に放出する。

③ 緊急用ベントスタックの放出口の位置は、作業員が定常作業を行う場所および作業員が通常通行する場所の直下またはこれらの場所から10 m 以内の範囲にないように、その他のベントスタックでは5 m 以内の範囲にないようにする。

④ 可燃性ガスのベントスタックには、静電気または落雷などによる着火を防止する措置を講じ、万一着火した場合においても、直ちに消火することができる措置を講じること。

⑤ ベントスタックまたは付属配管内には、ドレンの滞留を防止するための措置を講じること。

⑥ 液化ガスが同伴して放出され、または急冷されるおそれのあるベントスタックには、当該ベントスタックに係る高圧ガス設備に近接して気液分離器を設ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

除害のための措置

拡散の防止

- 水などの溶媒によって希釈しガスの蒸気圧を低下。
- 安全な場所へ移送。
- 吸着剤などにより液化ガスの蒸発を防止。
- 不燃性の毒性ガスは建物で覆うなどの措置。
- 障壁、局所排気装置などによりガスの拡散を防止。
- 集液溝または防液堤によって他への流出を防止。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

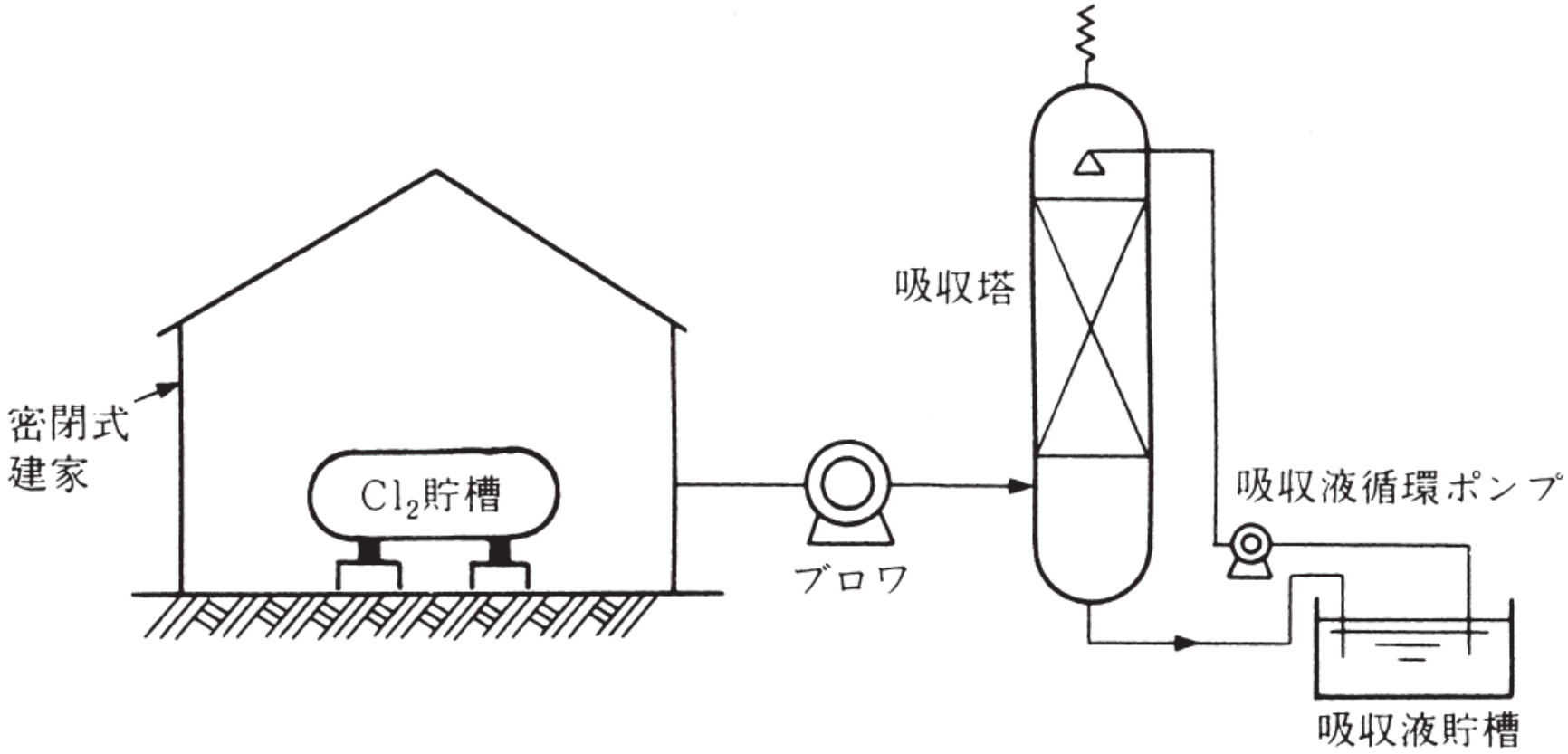


図 2.14　塩素の除害装置フローシート

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

2. 保安・防災設備

除害措置

- 水、吸収剤、中和剤によって吸収または中和。
- 吸着剤によって吸着除去。
- 貯槽の周囲に設けた誘導溝により集液溝、ピットなどに回収された液化ガスをポンプなどの移送設備によって、安全に製造設備に返送。
- アンモニア、シアン化水素は燃焼設備で安全に燃焼。

除害設備

- 除害剤散布装置または散水装置
- ガスを吸引し、これを除害剤と接触させる装置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

除害剤

図2.2　毒性ガスと除害剤

毒性ガス名	除害剤
塩素	カセイソーダ水溶液、炭酸ソーダ水溶液、消石灰
ホスゲン	カセイソーダ水溶液、消石灰
硫化水素	カセイソーダ水溶液、炭酸ソーダ水溶液
シアン化水素	カセイソーダ水溶液
亜硫酸ガス	カセイソーダ水溶液、炭酸ソーダ水溶液、大量の水
アンモニア、酸化エチレン、クロルメチル	大量の水

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

除害作業に必要な保護具

- **空気呼吸器、送気式マスク、酸素呼吸器**
  空気呼吸器（酸素呼吸器）は、送気式マスクに比べて行動は比較的自由であるが、容器に充塡されている空気（酸素）量により時間的な制約を受ける。
- **隔離式防毒マスク**
  毒性ガスの濃度により吸着剤が破過するまでの時間が異なる。特に高濃度になる場合には、使用できないことがあるので注意。
- **保護手袋、保護長靴、保護衣**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安･防災設備

防災資機材の備蓄

- 消防自動車
- 防災資機材
  - 消火薬剤
  - 流出油処理機材
  - 応急工事用資機材

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2.4 用役設備

用水設備

- 用水設備は防消火設備が所定の機能を発揮できるように必要な量を常時保有することが必要。
- 他の設備の事故による被害によって機能が失われないような安全な位置に設置。
- 送水機能が失われないよう保安電力などを保有する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

空気供給設備

- 計装機器の駆動源に使用。
- 清浄な乾燥した空気の供給を行うことが大切。
- 油分、水分などが混入しないような配慮が必要。
  1） 無給油タイプのスクリュー圧縮機などを採用する。
  2） 供給元の配管には、メインフィルタを設けるとともに個々の計装用計器ごとに取り付けられている空気取入れ配管には個別フィルタを設ける。
  3） エアレシーバを設置し、空気圧力の脈動緩衝、凝縮水の除去を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安・防災設備

不活性ガス供給設備

装置内のガスなどの排除、工事のためのガス置換、貯槽などのシール用、爆発混合気防止用として不活性ガスが使用されている。また、災害防止の応急措置として使用されるため、製造施設が危険な事態になったときを想定し、必要となる量とその圧力を考慮しておくことが重要。

不活性ガスの供給設備は、他の事故による被害によって、機能を失うことのないような安全な位置に設置するとともに、保安電力を保有する。

蒸気設備

蒸気は、防災面においてスチームカーテンに使用されており、スチームの幕を張り、火気を扱っている加熱炉などへのガスの侵入遮断および可燃性ガスなどの希釈を図る設備である。また、加熱炉のバーナなどのスチームアトマイジングやフレアースタックの黒煙防止などにも使用されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

3.1　運転基準
3.2　製造設備の運転
3.3　誤操作防止
3.4　緊急措置
3.5　漏えいの防止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.1 運転基準

運転状態の解析

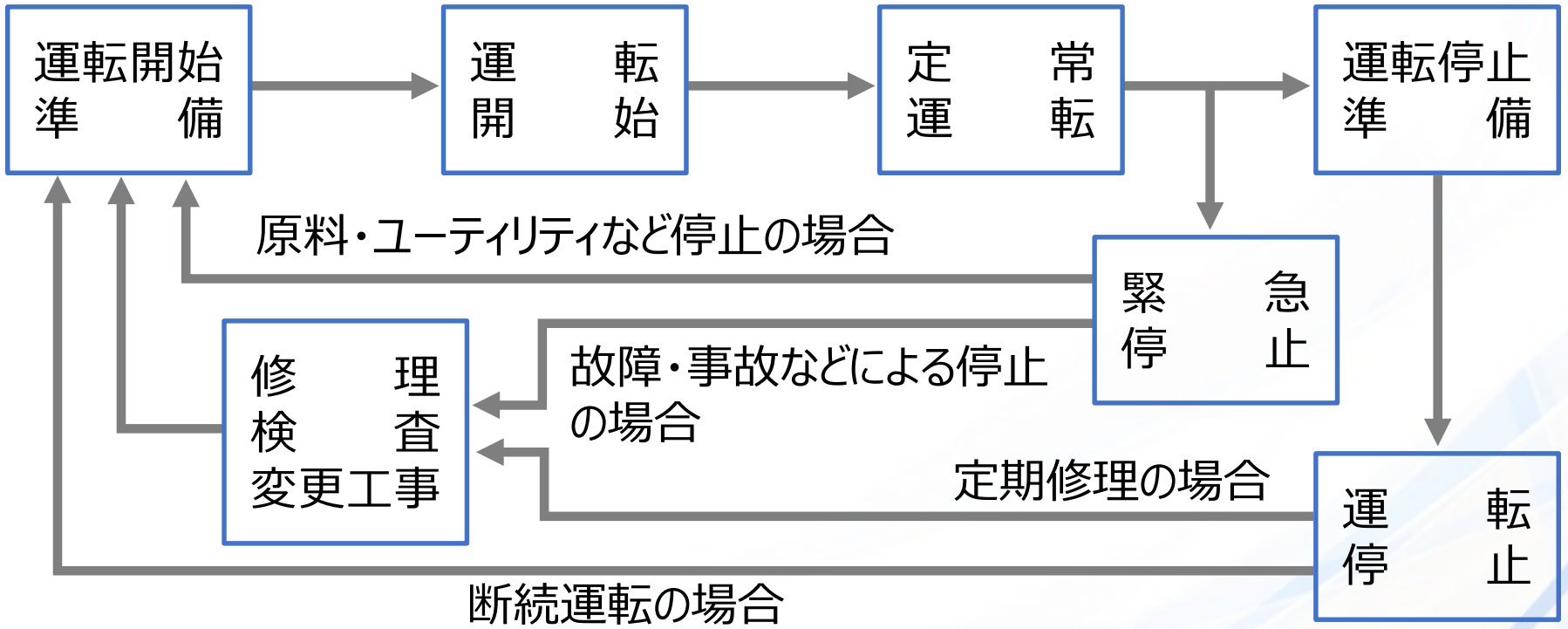


図3.1 運転操作のサイクル

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

3. 運転管理

定常作業

高圧ガス製造設備の運転が、安定で異常なく継続し、製品を生産している状態が定常運転で、この状態での作業は、運転状態の監視、調整のための若干の操作および点検作業だけであり、この作業は日常的に反復するので定常作業という。

非定常作業

定常運転の作業以外を非定常作業と呼んで区分するが、非定常作業は一般には、頻度が少なく、スケジュール化されていない作業をいう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

非定常作業の特徴

① 作業頻度が少なく、経験の浅い作業が多い。
② 作業基準書のない作業が多い。
③ 作業が断続的となり、作業内容も変化しやすい。
④ 時間的に余裕のない場合が多い。
⑤ 保全部門など他部門との連携作業になる。

非定常作業には上記の特徴があり、事故と結びつく要因が多い。

作業内容や作業基準などを明確にし、十分な連絡体制のもとに行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

運転基準の必要性

適正な運転を行うための運転操作の標準化

高圧ガスを安全に製造するため、運転員個人差により発生する操作上のばらつきをなくし適正な運転を維持。

① 作業内容の正確な伝達

② 作業方法の統一化

③ 作業の責任範囲、責任の所在の明確化

④ 安全確保・安定操業の維持

教育、訓練、作業の改善、技術の伝達・保存を図るための資料としても活用。

成文化された文書を運転基準類と定義。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

運転基準の構成

製造設備に係わる固有技術の技術指針から運転の操作・作業方法まで含まれる。

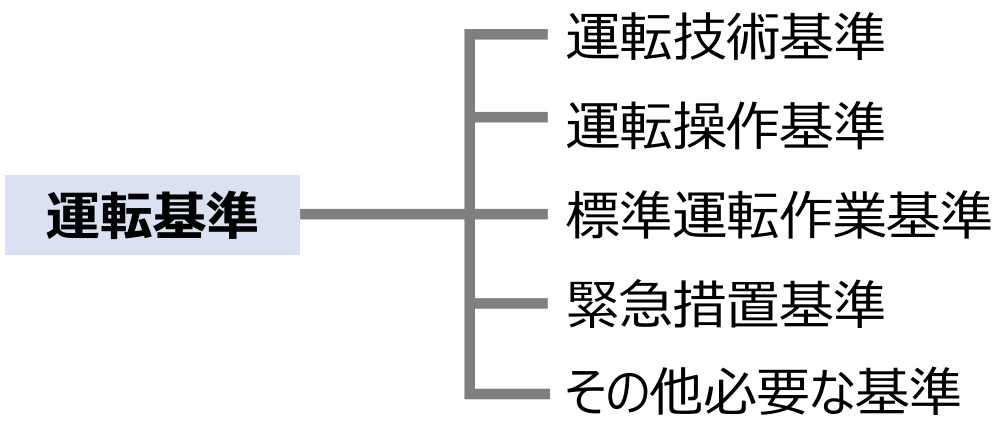


図3.2　運転基準の分類の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

運転技術基準

取り扱う原料、中間品、製品、プロセス、装置、機器などについて、主に以下のことを技術的に解説。

① 物性
② 物質収支および熱収支
③ 設備配置
④ 機器の構造・機能
⑤ 計装系統図、制御機構
⑥ 保安のための設備
⑦ 製品規格と管理限界
⑧ 関係法規

原料や製品などのもつ危険性（火災・爆発危険性、人体に対する有害性・毒性、腐食性、環境影響評価）に十分配慮して記述する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

運転操作基準

運転準備から運転停止操作に至る各運転操作および不調時の措置または減量運転（低負荷運転）の各操作に関し、作業手順と方法、操作管理限界、操作（作業）範囲などを明示。

標準運転作業基準

装置全般に係る運転操作以外の機器単体および単位作業の操作手順を明記。

緊急措置基準

原料またはユーティリティの停止時、大量のガス、液などの漏えい、漏えいした可燃性物質の火災・爆発および地震発生時の緊急停止操作についての運転操作の方法を記述。

各運転操作は、製造管理組織のどの職位が判断して指示し、誰が操作するか指揮命令系統ならびに作業範囲と責任を明確にしてく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

基準類の制定

（1）作成者など

事業所の組織の構成、特に技術スタッフの存在の有無によって異なるが、一般的にはプラントの担当スタッフが原案を作成し、関係者と検討のうえ成案とし、製造課長が決定し、事業所長などの承認をもって制定する。

（2）作成方式

運転基準類の記述様式は、事業所の発展の経過、風土によってさまざまな様式があるが一般的には、記述方式、フローチャート方式、箇条書き方式などがあり、それぞれ一長一短がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

記述方式

運転・操作の順序を項目立てて説明。熟読すればよく理解できる。運転技術基準書のように、工程図や設備の図面などと併用してプロセスを説明する場合に適している。

項　　目	内　　容
第1前蒸留塔（C−1） および 第2前蒸留塔（C−2） フィード E−1、E−2 E−5 C−1　フィード段	C−1 および C−2 原料油から軽質分および重質分を取り除き、反応塔（C−50）へ送入する留分をつくる前処理部門である。 オフサイトの原料油タンク（D−101）からオフサイト原料張込ポンプ（G 101 A & B）によって送られてくる原料油は、熱回収のため、C−1 および C−2 塔頂物と E−1 および E−3 で熱交換され、スチーム・ヒータ（E−5）で所定の張込温度 140 ℃まで加熱され、C−1 の第 25 段にフィードされる。 フィード流量は FRC で制御される。 ついで…… （以下略）

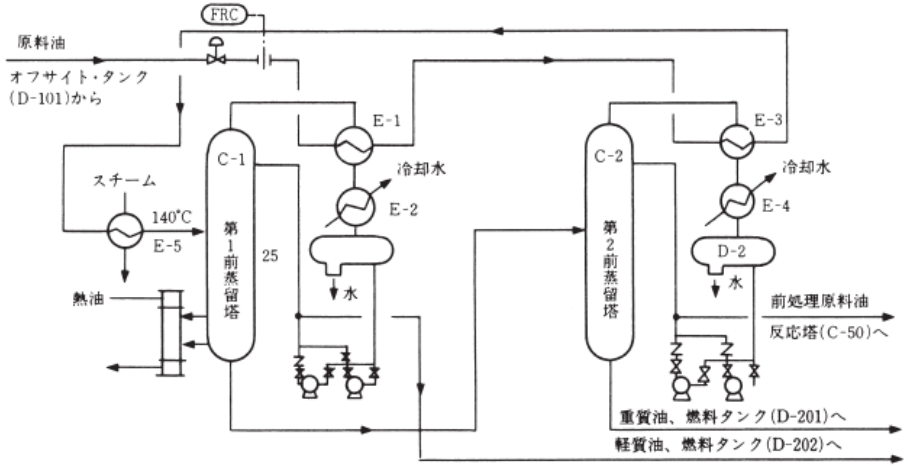


図3.3　記述方式の書式の例

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

3. 運転管理

フローチャート方式

記述事項が少ないが、複雑な操作手順が視覚的に理解できるところに最大の特徴がある。連続しておよび多数の操作を行う場合、判断を要する操作を行う場合に適している。

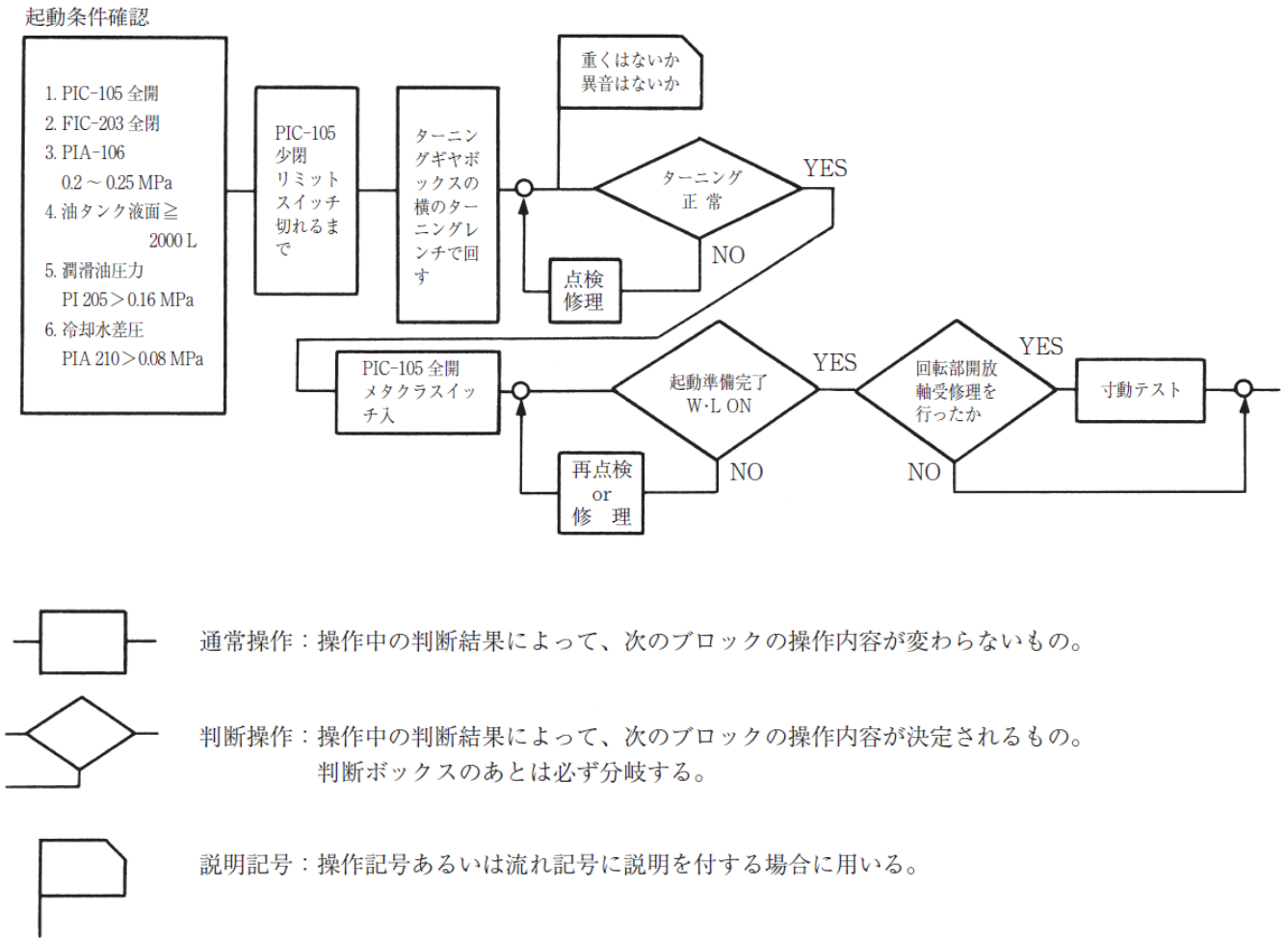


図3.4　フローチャート方式による運転基準の例

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

3. 運転管理

箇条書き方式

この方式は、フローチャート方式より若干記述が多くボリュームが増えるが、各項目が簡潔に記述されているため習熟すれば使いやすい面が多い。

	全停電ケース			
	操作番号	操作項目	操作内容	注意事項
組長	1	連絡	ページングで全停電を放送	15分間は無停電装置が働く
	2	係員の指揮		
	⋮	⋮	⋮	⋮
パネルマン	1	全員集合	非常ボタンを押す	
	2	全ファーネス消火	燃料元FSV閉	油およびガス
	3	大型コンプレッサ駆動タービン停止	KT－1スチーム FSV 閉	
	⋮	⋮	⋮	⋮
蒸留	1	ファーネス・パージ	F－1、F－2、F－3スナッフィング・スチームサービス	

図3.5　箇条書き方式による運転基準の例

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

3.2 製造設備の運転

運転の態様

⑴ 運転開始
① 新設設備の試運転を含む運転開始
② 定期修理・検査後などの運転開始
③ 一時休止後の運転開始

⑵ 定常運転
① 定常運転
② 減量運転

⑶ 運転停止
① 定期修理・検査などによる計画停止
② 突発的故障などによる故障停止
③ 事故の発生などによる緊急停止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

運転開始準備

1）関係者打合せ会の開催
2）運転開始指示書の発行
3）運転要員の手配
4）必要資材の手配と投入
5）設備の点検
6）気密試験の実施
7）系内の置換
8）各種ユーティリティの受入れ
9）その他の点検・確認事項

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

運転開始

1）原料ガス導入

2）運転開始

3）現場の巡回

4）起動時における異常事態発生の対策

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

定常運転

定常運転中は運転諸元を注意深く監視し、不調または異常な状態の早期発見に努めるほか、定期的な巡回・点検を行う。

運転中に点検すべき事項

① 温度、圧力、流量、液面などの諸元が管理限界内にあることを確認する。

② 運転中、温度、圧力、流量などを変化させる場合、操作は徐々に行う。

③ 運転諸元の変動の早期発見に努め、偏倚がある場合には正常に復帰させる操作を行う。

④ 現場の巡回・点検を行い、設備・機器に異常のないことを確認するほか、定時的な作業を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

減量運転（ロードダウン）

1）限界値の確定

減量運転を行う場合は、機器の能力やプロセスの特性に応じた限界値を確定しておき、それを下回って運転をしないこと。

2）運転方法

運転方法（ダウンスピードを含む。）を運転基準などで確立しておき、それに従い操作する。減量運転では運転諸元の変動を注意深く監視して対応することが大切である。

不調時の措置

運転中に異常が起こり、運転諸元が管理限界を超えまたはそのおそれのあるときは、運転操作基準に従って速やかに適切な措置をとる。異常の種類と程度により、運転継続不能の場合は停止の措置を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

運転中に起こりうる異常

回転機器などの振動、異音の発生

- ガス圧縮機などの回転機器は、正常な状態にあっても機械特有の音を出しながら稼動。
- 構成部品のいずれかに欠陥があれば振動、異音が発生し、摩擦、衝撃により異常な発熱が起こる。
- 機器構成部品に異常がなくても、遠心圧縮機のサージング、ポンプのキャビテーションの発生により振動、異音が発生。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

100

配管における流路閉塞

流体成分のいずれかが凝固したり、含有される固形成分または不純物が流速の減少で沈着したり、流体成分が反応して固形物を生成するなど固体が配管内に蓄積して流路を閉塞することがある。

① 配管のスラッジによる詰まり。

② 水分、潤滑油などが凍結、固化して起こる詰まり。

③ 流体中の成分が反応して固形物を生成したり、液化ガスと水分が水和物を生成することによる詰まり。

④ 人為的なものであるが、設備内部に残置されたウエスなどによる閉塞。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

101

棚段塔での異常

塔（棚段塔、充填塔）そのものには可動部分がないため、比較的異常の発生は少ないが、内部状態の把握が困難なことがあるので、異常な現象について理解しておくことが大切。

⑴ 飛沫同伴（エントレインメント）

塔内の蒸気速度が速くなると、液滴が蒸気に同伴して上のトレイまで到達する現象で、トレイの段効率低下の原因となる。

⑵ いつ汪現象（フラッディング）

塔内の蒸気速度がさらに増加すると、トレイ上の泡沫層が高くなり飛沫同伴量が増大して、ついには降下液のすべてが上段に運ばれる現象。

この場合は、精製が行われず物質収支が合わなくなり、塔底液引抜量が減少して運転が困難となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

加熱炉、反応器に起きる異常

加熱炉において、加熱管の一部がロングフレームによる過熱や、スケールの沈着による過熱状態が続くと強度が低下し破壊するおそれを生ずる。

また、反応器においては、触媒が不均一に充塡されると、局部的に反応が進行してその反応熱によりホットスポットを生ずることがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプに起きる異常

空引き現象

ポンプのケーシング内に液が満たされていない（ガス抜き不十分）ときに所定の揚程、流量に達せず、ハンチング（不安定な脈動）を起こす現象。

霜着き

低温装置などの外表面に空気中の水蒸気が凝縮し氷結して霜状に付着する現象。

【主な原因】

- 装置内部の低温のガスまたは液化ガスの漏えい、バルブの内漏れなどによる装置の異常な低温。
- 低温装置の断熱不良。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

運転停止（計画停止、故障停止、緊急停止）

【計画停止の際の重要項目】

- 運転停止準備
  - 1）運転停止のための打合せ会合開催
  - 2）運転停止指示書の発行
  - 3）運転要員の手配
  - 4）必要な資器材の準備
- 運転停止操作
  - 1）停止操作
  - 2）ガス置換
  - 3) 運転停止後の点検
  - 4) 装置の開放、工事着手の指示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

ガス置換

ガス置換に用いるガス

- 一般には窒素ガスが最も多く利用されている。
- 水蒸気、水、二酸化炭素などが利用される場合もある。
- 二酸化炭素はアンモニアと作用して、カルバミン酸アンモニウム（または水の存在下で炭酸アンモニウム）を生成し、配管などを閉塞するので、アンモニアの設備には利用できない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ガス置換完了の確認

ガスの種類	ガス置換完了の確認濃度	空気再置換完了後に作業員が設備の内部へ入る場合に確認するガス濃度	
可燃性ガス	爆発下限界の1/4以下の値	—	酸素18～22 vol%（修理などの作業期間中も確認）
毒性ガス	許容濃度以下の値	許容濃度以下（入る直前に再確認）	
酸素ガス	酸素22vol%以下の値	—	

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

設備の点検

製造設備の使用開始時、製造設備の使用終了時、製造設備の運転中に、製造設備の作動状況について異常のないことを点検し、異常を認めたときは、設備の補修などを行い、危険のない状態で運転する。

製造設備の使用開始前および使用終了後の点検

点検準備

a　保全・保安部門などの関係部門および保全担当者とあらかじめ協議し、点検計画を定め、点検者に対しその周知徹底を図る。変更した場合も同様。

b　点検計画に基づき、使用するチェックリストなどを作成し、点検者に徹底する。

c　指示および報告の手続きを明確にする。

d　点検に要する測定のための器具、工具および保護具などを準備、確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

使用開始時の点検項目

a　製造設備の内部にある内容物の状況

b　計器類の機能、特にインターロック、緊急用シーケンス、警報および自動制御の機能

c　緊急遮断および緊急放出装置、通報設備、除害設備、静電気防止および除去設備その他の保安設備の機能

d　各配管系統のバルブなどの開閉状態および仕切板の挿入・取外し状況（ラインアップ）

e　回転機器の潤滑油補給状況および回転駆動状況

f　製造設備全般における漏えいの有無

g　可燃性ガスおよび毒性ガスの滞留しやすい場所におけるそのガスの濃度

h　電気、用水、蒸気、空気などのユーティリティの準備状況

i　保安用窒素などの準備状況

j　保安用電力などの準備状況

k　その他の異常の有無

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

使用終了時の点検項目

a　使用終了の直前における各設備の運転状況

b　使用終了後における製造設備の内部にある残留物の状況

c　製造設備内のガス、液などの不活性ガスなどによる置換状況

この場合で作業のため設備内に作業者が入るときにはさらに空気による置換の状況を確認。

d　開放する製造設備と連結している他の製造設備などの遮断の状況

e　製造設備の全般における腐食、摩耗、損傷などの異常の有無

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

運転中の点検

高圧ガス製造設備を運転中は、ガスの種類および製造設備の態様に応じて、１日１回以上頻繁に製造設備の作動状況を点検しなければならない。

この点検を日常点検と呼び、この点検と並行して保全担当者が非破壊試験器具などを用いて行う検査を日常検査と呼んで区別する。

日常点検の目的は、運転中の異常状態を早期に発見し、その対策を講ずることによって、事故・災害を防止することにある。

点検準備

a　保全、保安部門などの関係部門と打合せを行い、運転部門の行う日常点検の範囲と方法、頻度などの点検計画を定め、点検者に教育、周知・徹底する。

b　点検計画に基づき、点検のチェックシートを作成し、点検を実施する運転員に教育、徹底する。

c　点検結果の判断基準、処置、報告経路などを明示する。

d　点検に使用する工具、測定器具、保護具などを定め、準備・確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

111

点検項目

a　製造設備などからの漏えいの有無
b　計器類の指示、警報、制御の状態
c　製造設備などの温度、圧力、流量などの運転諸元の変動およびその傾向の有無
d　製造設備などの外部腐食、摩耗、き裂その他の損傷の有無
e　回転機械の振動、異常音、異常昇温その他の駆動状況
f　塔槽類、配管などの振動および異常音の有無
g　ガス漏えい検知警報設備の作動状態
h　貯槽の液面の指示
i　接地接続線の断線その他の損傷の有無
j　その他の異常の有無と処置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

点検の結果、異常を認めた場合の措置

1）危険を防止する措置

a　異常を認めた設備の原因の排除
b　予備機への切替え
c　負荷の低下
d　異常を認めた設備または機器を含む工程を停止して行う補修
e　すべての工程を停止して行う補修

2）異常原因の究明

装置、機器などの異常が明らかになった場合は、異常の原因を究明し、適切な対策を講じ安全を確保したうえで運転を再開。

3）補修などの記録と活用

製造設備および機器などの点検結果、補修などの実績は、設備台帳に記録し保存するとともに、これを検討し、設備の劣化傾向その他の特性を把握して、次回の点検、補修などの計画または設備の改良に活用。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

バルブの操作

共通事項

① バルブを急速に開けると、圧力の急上昇その他運転が不安定になるので操作は静かに行う。

② 液体を長い距離移送する大口径配管のバルブの閉止操作は、手動、自動を問わず操作速度はウォータハンマを起こさない速度以下で操作する。

③ 運転開始など重要な作業に係るバルブ操作または通常と異なるバルブの操作には、バルブチャートやバルブチェックリストなどを準備し、確認しながら操作を行う。

④ 他の製造設備などに影響のあるバルブの操作は、関係する部署に定められた事項を連絡し、操作終了後は報告を確実に励行する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

手動バルブの操作

① バルブ操作は、開閉操作に伴う振動、異音、漏えいなどがないことを確認しながら行う。また、直近に圧力計、温度計、流量計、液面計などの計器がある場合には、その指示を見ながら操作する。

② ストッパを備えていないボール弁などで、90°操作で開閉する場合は、規定の位置で操作が完了するよう注意しながら操作する。

③ ゲート弁は原則として全開または全閉で使用する。

④ バルブを操作する場合は、バルブの材質、構造および内部流体を熟知し、過大な力を加えないよう操作する。また、バルブの閉切りの最終段階において衝撃を加えないこと。

⑤ ハンドルまたはレバーを外して運転しているバルブを操作する場合は、所定のハンドルなどを装着して操作する。

⑥ 液化ガス配管のバルブを操作する場合には、配管が液封状態にならない手順で閉止操作を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

115

自動バルブの操作

① 遠隔で操作する自動バルブは、その機構、能力、特性などを十分理解したうえで操作する。

② 操作開始時および操作中は、計器が正常に作動していることを確認して行う。

③ 緊急時に手動操作に切り替えて操作する必要のあるバルブについては、運転基準などで明確にしておき、その規定に従い操作する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

ハンドル廻しの使用制限

① 当該バルブの材質、構造および大きさなどに対して十分安全であることを確認した長さのハンドル廻しまたはトルクレンチ（単能型であるもの。）によって操作する。この場合、ハンドル廻しなどが適用できるバルブの口径範囲をその保管場所などに掲示するとともにハンドル廻しなどにも所定の標示（図3.6）を行う。

② ハンドル廻しなどでバルブの開閉操作を行う場合は、異常な姿勢や多勢の運転員によって制限トルクを超える過大な力を加えない。
特に閉止の際の最終段階で、過大な力または衝撃を加えない。

③ 手または規定のハンドル廻しなどによる開閉操作が非常にかたく困難な場合は、無理な操作をせず、状況を判断して行い、操作中に異常を感じた場合は、速やかに運転責任者に報告してその指示を受ける。

図3.6 ハンドル廻しに標示の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

その他の注意事項

① バルブ操作には、適正な操作トルクで操作できるよう作業架台を設置する。

② 夜間時または暗所にあっては、バルブの表示、配管内部流体などの表示が識別ができる程度の照明のもとで行う。

その他の単位作業

タンクローリからの受入れ・払出し、充塡、ポンプ・ストレーナの切替え、ベント（ドレン）のブロー作業　　など

原料などの受入れ

- 原料をタンカー、タンクローリ、ドラム、ボンベなどで受け入れる場合、事業所以外の第三者が関与するので作業の接点、操作の区分、区分ごとの責任者および操作に係る連絡方法を明確にして、適正な手順で操作することが肝要である。
- 液化ガスの貯槽の貯蔵可能容量は、その貯槽の常用の温度においてその内容積の90 %以下と規定されているので、受入れにあたっては液面を監視し、規制値を超えてはならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器（ボンベ）への充塡

高圧ガスを充塡する容器

a　容器には所定の刻印（打刻を含む。）および表示がなされていること。

b　容器再検査期間を経過していないものであること。

c　腐食、凹み、傷、アーク痕など強度に影響のないものであること。

d　その他要件を満たしたものであること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

容器への充塡圧力、充塡量

a　圧縮ガスは温度35℃（アセチレンは15℃）において、その容器の最高充塡圧力以下であること。

b　液化ガスは次式による。

$$G = V / C$$

G：充塡できる液化ガスの質量［kg］、

V：容器の内容積［L］、C：容器則に定められた数値

この式によって与えられた質量を超える質量を充塡することを過充塡といい、容器の破壊の原因となる。

c　反応性の高い特殊高圧ガスなどは、容器内で異常反応が起きても、その圧力が容器の耐圧強度以下になるように最大充塡量を定めている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

120

その他の注意事項

a　充塡工場に戻される容器には残ガスがあるものがある。不注意に容器バルブを開くと予期せぬ事故を起こす危険があるため、容器バルブは静かに開く。

b　容器バルブが開いたまま戻ってきた容器は、水分が浸入して内部が腐食している危険性があるので、内部を検査する。

c　長期停滞容器は特に外観検査を念入りに行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

ポンプ、ストレーナの切替え操作

1）バルブ、スイッチの操作

手順どおり操作する。

2）パージなど

切替え後、整備・清掃のため内容液などを抜き出す場合、液が可燃性であるときには容器は金属製のものを使用し、接地するなど静電気対策を確実に行う。

ドレン（ベント）の抜出し（ブロー）

1）立会いの励行

ドレン抜きの作業は、他の作業と並行することが多く、監視外でドレンの排出が終わり、内容物が噴出する事故が多い。

2）静電気対策

可燃性液体の抜出しには、静電気対策を確実に実施する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.3 誤操作防止

誤操作の発生原因

ヒューマンエラー

① 認知のエラー
② 判断のエラー
③ 意思決定のエラー
④ 行動のエラー

ヒューマンエラーは誤操作を発生させる直接的な原因であるが、エラーを生じさせる背後要因も発生原因の重要な要素。

直接的な原因とともに、背後要因についても検討することが必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

123

誤操作の防止

- 人間が行う運転操作や作業にはミスがつきもの。
- 誤操作の防止には、いろいろな角度からヒューマンファクタ（人間の特性や関与するもの）を検討し、それに基づいて対策を講じることが必要。
- 人間の特性および盲点（表3.2、表3.3参照）はいろいろなエラーを誘発し、誤操作を引き起こすことから、これらを踏まえて誤操作防止対策をとることが必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

表3.1 人間の特性

忘れる。
脳の処理能力は小さい。
二つのことを同時にできない。
集中すると視野が狭くなる。(熱中すると他のことを見ない)
相互依存する。
思い込みをする。
予測しないことには弱い。
最小の努力、最短時間で行動する。
錯覚する。
単純な繰返し作業には弱い。
ルールを軽視する。
覚醒度は日周変化する。
コミュニケーションミスをしやすい。

表 3.2 人間の盲点

運転員は装置を止めようとはしない。
複雑な手順は省略する。
簡単に見つからない操作手順は実施されない。
パニック状態では、簡単な操作しかできない。
作業効率を阻害する安全装置は外される。
ゆっくり動いている回転体は力が弱いと思う。
操作中は操作の重大性に気づかない。
時間に余裕があると、他の仕事に手を出す。
異常が起こると全員が現場に集まる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

信頼性の向上

１） 単調となりやすい作業は作業リズムに変化をもたせることが有効。

２） 重要装置には簡単に操作できる緊急遮断装置などを効果的に設ける。また、緊急措置訓練を重ね、確実に操作できる自信を運転員にもたせることが必要。

３） コンソールの構造などマン・マシン・インターフェースに人間工学的対策を十分配慮することが重要。

４） 指差呼称は、作業の際に指で対象物を指して確認し、大きな声を出すことによって脳に刺激を与え、活性化を図ることになるのでエラーの発生確率が低下する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

設備的対策

マン・マシン・インターフェース

ディスプレー上の情報は運転員の行動を決定する。

DCS により制御されるプラントでは、CRT と運転員の配置は人間の身体的特性に合わせて構成されることが必要。

キーボードの位置関係も運転員が迅速、かつ、的確に判断できるように操作性が確保されていなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

機器の配列など

回分操作のプラント（エラーの事例）

- 運転中の反応器と休止中の反応器とを間違えてバルブを操作。
- ポンプの切替え操作において稼働中のポンプを停止。
- ユーティリティステーションで作業用空気と窒素を間違えて連結。

このようなエラーには

- 複数の反応器がある場合はバルブをブロック化して配置、塗色を変える、表示をするなどの対策。
- ポンプの誤操作には、ポンプとローカルスイッチを１対１で対応させて配置。
- 接続ミスには、ユーティリティごとにサイズを統一する、接続方法の形式を変える。

などの対応でエラーを避ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表示・標識など

- **機器**

  機番を表示。

- **操作バルブ**

  タグナンバーを付す、開閉方向の表示、内部流体の名称、流れ方向、行先などの表示、常時開・閉の標示。

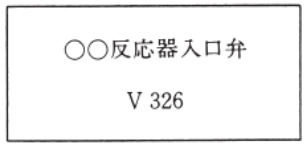


図 3.7　バルブのタグナンバーの例

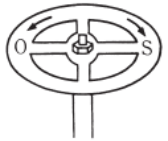


図 3.8　バルブ開閉方向の表示の例

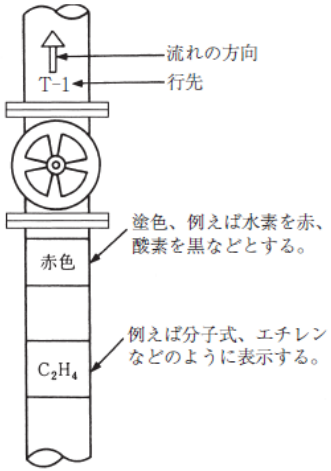
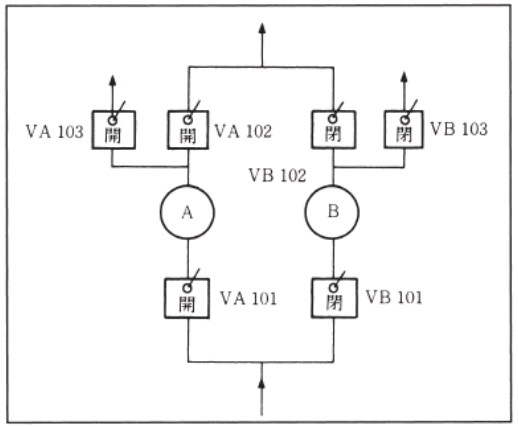


図 3.9　液体の名称、流れ方向の表示の例

裏表に「開」、「閉」と記入した札を
2 枚 1 組として使用する。

(a)　開閉標示の下げ札



(b)　切替バルブ開閉標示モード

図 3.10　バルブ開閉状態の標示方法の例

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

スイッチなどの保護

重要なスイッチ（緊急停止スイッチなど）

- カバー
- ダブルアクションで操作
- 施錠

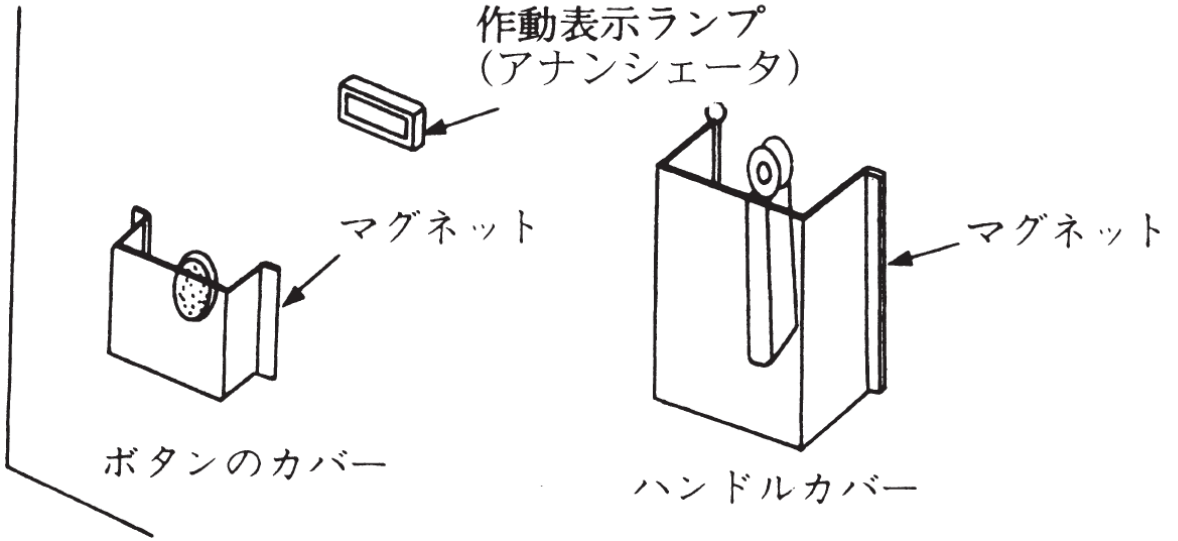


図 3.11　スイッチの保護カバーの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

警報

警報は音や光を発するもので、ガス漏えい検知警報設備の警報は音と光を同時に発するものであることが規定。

警報音は音量、音質、高低、連続、断続で区分し、光は色彩、光量、連続、断続で区分し、これらの組合せで内容の軽重、緊急度に対応。

最近では、これらの警報を発すると同時に、合成音で対応すべき操作を指示するボイスアラームシステムを採用したプラントが増加。

警報の種類（異常の状態）によっては、異常内容を確認するか、措置が終わるまでは発報条件から外れ正常に回復しても警報が停止しないシステムとしなければならないものもある。

設備の安全計装

最近のプラントでは、運転管理の高密化、省力化もあって高度な計装システムが採用され、誤操作、誤った手順で操作されないようインターロックを組み込んでいる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

131

運転管理上の対策

- 運転条件の変更などの徹底
- 交替引継ぎ
- 非定常作業

運転操作上の対策

- 確認の励行
- 基準の遵守

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

管理上の対策

a) 保安レベルの向上

1）誤操作防止手法の活用

2）小さな異常の報告

b) 新入社員および配転社員に対する教育・訓練

c) 運転員の健康管理など

d) 事故例の活用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3.4 緊急措置

異常状態

不調： 正常でない乱れた状態ではあるが、運転を停止することなく、正常に戻しうる状態。

故障： 設備を正常な手順により停止して、補修などの措置を要するが、人身に損傷がなく、また、その設備以外には損害を及ぼさない状態。

事故： 破壊、漏えい、火災または爆発などが起こり、緊急措置を必要とし、設備に若干の損害を生ずるが、事業所自らの措置により、人身に損傷がなく、かつ、第三者に脅威を及ぼさない状態。

災害： 大きい事故または自然災害などにより人身、設備などに損害を及ぼし、第三者に脅威を与え、あるいは外部に援助を要請するような状態。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

緊急に運転を停止する場合

⑴ 原料の供給が停止したとき

⑵ 用役（電力、用水、スチーム、計装用空気、保安用不活性ガス）などの供給が停止したとき

⑶ 機器・配管など設備から相当な量のガスが漏えいしたとき

⑷ 反応器の異常反応または反応が暴走したとき

⑸ 火災または爆発が発生したとき

⑹ 天災（地震・津波、台風・高潮、落雷その他）が発生したとき

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

防災活動

a）連絡通報など

1）プラント内連絡

2）事業所内連絡

3）人員の点呼・確認

4）防災組織の編成

5）外部通報

b）初期消火活動

1）初期消火

2）延焼防止など

c）立入禁止と避難

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 運転管理

漏えいの要因

a）腐食による漏えい
b）破壊による漏えい
c）接続部の気密保持性能の低下による漏えい
d）バルブ操作の誤り、不備により漏えいするケース
e）その他

漏えい防止の方法

a）機械的要因による漏えい防止対策
b）圧力、温度の異常上昇の例と防止対策
c）緩みや摩耗による漏えいの防止対策
d）運転操作に起因する漏えいの防止対策

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

4.1　設備管理の推進体制
4.2　設備の検査
4.3　工事管理
4.4　設備管理にかかわる事故事例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.1　設備管理の推進体制

事業所における設備管理部門の位置づけ

1）事業所長の下に設備管理部門、製造部門、保安管理部門、その他の部門が直属し、それぞれ独立した形で存在するケース。

2）事業所長の下に設備管理部門が直属し、その中に保全管理、製造部門などがあるケース。

3）本社機構設備管理部門の中に製造部門と保全管理部門が存在し、事業所を管理するケース。

4）製造部門の中に設備管理をする部署が存在するケース。

5）製造部門と設備管理部門が機能分化していないケース。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

設備管理部門の分類

1）配置による分類

集中保全、 地域保全、 部門保全、 折衷型保全

2）工学的専門技術による分類

材料、機械、電気、計装、建築、土木などに分化した組織

3）設備管理機能による分類

計画管理、設備診断、検査、工事管理、整備・修理などに分化した組織

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

規程類の整備

【設備管理規程】

- 安全管理規程の中の技術管理の項などに位置づけ
- 設計基準、保全基準に大別される。

【保全基準の一例】

- 一般共通保全基準
- 設備個別保全基準
- 定期修理作業基準
- 点検・検査基準
- 工事基準

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

工事管理規程

工事実施に関する管理事項を定めるもの

【工事管理規程の一例】

- 各関係部門の責任区分
- 製造部門と工事担当部門との引継ぎおよび引渡し方法
- 工事作業管理 – 火気使用工事
  塔槽内作業
  移動式クレーン作業
  掘削作業
  電気機器使用作業
  放射線同位元素持込み使用作業
  ガス置換、空気置換作業
  その他
- 協力会社の管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

142

協力会社管理規程

協力会社の従業者による作業を適切、かつ、円滑に進め、作業者の安全を確保することを目的として定めるもの

【協力会社管理規程の一例】

- 協力会社安全衛生管理
- 高圧ガス危害予防管理
- 協力会社作業の統括管理
- 協力会社の作業管理
- 防火管理
- 構内交通安全管理
- その他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

保全計画

【一般的な保全計画の作成手順】

- 対象設備の明確化
  保全計画の対象とする設備を明確にし、管理単位（機器、部品など）を定めて計画を立案。
- 重要度ランクの設定
  保全業務を効率的に進めるため、対象とした設備に重要度ランクを設定する。
  　判定要素：安全性、生産性、保全性
- 保全方式の決定
  機器および部品の重要度、経済性、故障予知技術（診断技術）の有無などに応じて保全方式を決定。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

生産保全

- 生産目的に合致した保全を経営的な視点から実施。
- 生産性を高め、経済的な保全方式。

生産保全

設備が機能を停止する前、あるいは要求された性能の低下をきたす前に、計画的に設備を整備し、突発故障を防止することを目的とする方式。時間基準保全（定期保全）と状態基準保全がある。

計画事後保全

- 設備が故障または要求された性能の低下をきたしてから整備、修理を行うことを前提に計画的に管理する方式。
- 重要度ランクに応じてあらかじめ対象機器を決めて計画的に管理することにより、修繕費の効率的な配分を行うことが可能。
- 生産活動や安全の維持の面で支障を及ぼさない設備について適用されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

改良保全

- 設備の性能や健全性、保全性などを向上させる目的で設備を改善する方式。
- 保全工事内容のみならず、機器設計上の改良点を提案し、再設計する行為も含まれる。

状態基準保全

予知保全ともいい、検出技術、設備診断技術などにより、設備の劣化傾向を把握して設備の寿命を予測し、次の整備・修理の時期を決める方式。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

長期計画の作成

- 設備の置かれている環境に応じて長期計画を策定して管理。
- 塗装や、劣化の進行が遅く対象範囲の広い腐食は更新費用も大きくなるので、長期計画の策定は大きな意味がある。

保全カレンダーの作成

個々の設備に実施する保全活動の時期を操業計画と調整して保全カレンダーを作成。

保全記録

保全の結果は記録として整理し、保管。保全効果の判定、評価の材料にするとともに次の保全計画に活用。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.2 設備の検査・診断

事業所の受入検査

設備、機器、部品などが仕様書、承認図および検査項目などの要求事項に適合しているか確認。

特定設備

特定設備検査合格証または特定設備基準適合証の交付を受け、その旨が表示されていることを確認。

認定試験者の試験にかかわるもの

認定試験者試験等成績書および所定の表示がなされていることを確認。

その他の高圧ガス設備

事業所で耐圧試験、気密試験および必要に応じて非破壊試験を実施。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

社内検査

受入検査合格後、設備全体の気密試験など事業所として検査を実施。

都道府県知事などの完成検査

- 都道府県知事などの完成検査を受け、合格後に運転可能。
- 変更工事については経済産業大臣の認定を受けた認定完成検査実施者が自ら完成検査を実施し所定の検査記録を都道府県知事に届け出た場合は、都道府県知事などが行う完成検査は不要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

製造設備の維持管理のための検査

日常検査

- 運転中に設備管理部門の検査担当者が検査用機器を用いて行う検査。

定期検査

- 1年に1 回以上行わなければならない。
- 検査の方法は定期自主検査指針（KHKS)に規定。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

耐圧試験、気密試験

耐圧試験

- 耐圧性能および強度の検査として目視検査のほか、肉厚測定などの非破壊検査を行う。
- 耐圧試験は一般則などにより除外されているが、耐圧強度に関係ある部分の溶接による補修を実施した場合、腐食などにより耐圧強度が低下していると認められる場合は、実施する。

耐圧試験の方法

① 原則として水を用いた液圧試験によって行う。

② やむを得ない理由で水を使用することが不適当な場合は、空気またはその他の危険性のない気体によって行うことができる。

③ 特に定める設備を除き耐圧試験の圧力は、液体で行う場合は常用の圧力の1.5 倍以上とし、気体の圧力による場合は常用の圧力の1.25 倍以上で行い、その圧力を5 ～ 20 分間保持して圧力容器などに強度上弱い部分がないことを確かめる。

④ 耐圧試験は、耐圧試験において膨らみ、伸び、漏えいなどの異常がないとき合格とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

気密試験

一般に、配管、計測器が取り付けられた検査の最終段階で行い、漏えいのないことを確認する。

気密試験の方法

① 原則として、空気その他危険性のない気体によって行う。
② 常用の圧力以上の圧力を10 分間以上保持したのち、漏えいの確認を行う。
③ 検査の状況により、危険のおそれがないと判断される場合は、使用するガスで行ってもよいが、この場合は昇圧を徐々に行い、異常のないことを確認しながら行う。
④ 気密試験圧力において漏えいなどの異常がないとき、合格とする。
   1) 高圧ガス設備を開放した場合の気密試験
   原則として、気密試験圧力は常用の圧力以上とし、危険性のない気体を用いて行う。ただし、運転状態の高圧ガスを用いることが適当な場合には、当該高圧ガス設備の運転状態の圧力で、運転状態の高圧ガスを用いて実施することができる。
   2) 高圧ガス設備を開放しない場合の気密試験
   当該高圧ガス設備の運転状態の圧力で、運転状態の高圧ガスまたは危険性のない気体を用いて実施する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

その他の試験

音響検査

- 高圧ガスを継目なし容器に充塡するとき、あらかじめテストハンマなどで容器を軽くたたき、その音色によって欠陥の有無を判定。
- 製造設備では、はめあい部分、ボルト・ナットの緩みなどの点検にも利用。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

定期検査の結果の記録

1) 検査をしたガス設備
2) 検査をしたガス設備 ごとの検査方法および結果
3) 検査年月日
4) 検査の実施について監督を行った保安係員の氏名

上記の項目以外に、設備の製作所名および製作年月日、今回の検査にいたる間に取替え補修などを行った場合にはその内容および補修後の検査結果、検査担当者の氏名、次回検査予定日などを記録した台帳を整備。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.3 工事管理

定期検査の結果の記録

1) 検査をしたガス設備
2) 検査をしたガス設備 ごとの検査方法および結果
3) 検査年月日
4) 検査の実施について監督を行った保安係員の氏名

上記の項目以外に、設備の製作所名および製作年月日、今回の検査にいたる間に取替え補修などを行った場合にはその内容および補修後の検査結果、検査担当者の氏名、次回検査予定日などを記録した台帳を整備。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

工事計画と準備

1） 工事の目的、内容、工程
2） 設備の名称、位置、内容物
3） 法令の規制の有無と申請の要否
4） 工事状況、工事内容や工程の変更などの連絡方法
5） 作業分担、作業責任者
6） 縁切り、洗浄、ガス置換の完了など作業環境確保の確認方法
7） 有害物や酸欠のような作業の危険性の有無と保護具着用などの安全対策
8） 火気使用作業、塔槽内作業などの危険作業に伴う養生やガス置換などの安全対策
9） 作業許可手続き、作業・工事方法
10） 工事完了後のテスト、確認などの方法

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

工事の各段階における安全確保

a）安全教育

作業員に対し、工事目的、作業するうえでの危険性、工場内安全ルール、緊急時の処置、および工事計画書の説明などの安全教育を実施し、徹底を図る。

b）工事の手続き

1）工事着工

2）火気使用工事

3）塔槽内作業

c）工事における安全確保

工事期間中は、毎日定例的にミーティングを行い、当日の作業内容、危険想定事象、安全対策、その他必要事項の伝達を行う。

d）工事完了時の確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

月　日（発行 No.　）

工事内容

工事実施・火気作業許可（申請）書

期間　自　年　月　日　時　至　年　月　日　時

件名

施工者　作業責任者　担当者

工事内容（作業担当課記入）（必要により別途指示書を発行し添付のこと）

許可条件（管理責任課記入）（必要により別途指示書を発行し添付のこと）

（必要に応じ作業指示書および安全対策計画書を添付）

関係課	課	課	課	課
管理責任課	課長	係長	主任	担当
作業責任課	課長	係長	主任	担当

他の許可状況	項目	月日
	道路使用許可 掘削許可 活線作業許可 活線近接作業許可 タンク内作業許可	

保護具など養生：眼鏡　ゴム手袋　安全帯　長靴　マスク（防じん・防毒）　ゴーグル　フード式安全帽

ロープ　囲い

標識（危険・注意・禁止）

足場　手摺り　歩み板　梯子　防網　囲い　監視人　投下設備　重量掲示

火気使用内容

火気使用期間　自　月　日　時　至　月　日　時

消火器準備　型　個

場所などの略図（必要により別途詳細図を添付のこと）

許可条件（管理責任課記入）（原則として夜間の発行許可はしないこと）（必要により別途指示書を発行し添付のこと）

火気危険作業養生確認者

管理責任課	課長	係長	主任	担当

火気許可札

火気種類

養生

工事連絡着工完了確認

作業内容　月　日

立会人　常時　着工　随時

確認部署　養生確認者

着工準備	実施者（　）
減温	
減濃	
液抜き	
水洗い	
パージ No.	
〃 窒素	
〃 AIR	
ガス検知	
電源断	
接地	
γ線遮断	
禁札	
仕切板入れ	

着工確認：許可札交付者　作業責任課担当者　管理責任課担当者

完了確認：後片付確認　許可札返納　確認者　管理責任課　作業責任課

図 4.2　工事実施・火気使用許可手続の様式例

塔槽内作業申請書

年　月　日

主任安全管理者殿

施工者　作業責任課
協力企業名　課名　課
責任者氏名　申請者氏名

作業責任課

塔槽などの名称		場所工程	
作業日時	（自）　月　日　時　分（至）　月　日　時　分		
作業内容			
塔槽内容物			

管理責任課　安全対策

塔槽など内部の前処理	動力源解除（施錠・禁札）	機械名 機番	
	連絡配管などの縁切り（仕切板）		窒素パージ
	連絡バルブなどの禁札		水張りパージ
	マンホールなどの開放（全部、一部）		水洗
	エアーパージ	（その他）	
測定項目	酸素濃度：21％		
	可燃性ガス：爆発下限界の 1/4 以下		
	毒性ガス：許容濃度以下		
	（取り扱う可燃性ガスの爆発下限界または毒性ガスの許容濃度などを記入しておく。）		

監視人指定　管理責任課　作業責任課　協力企業

許可条件

管理責任課	課長	課補	（副）主任

作業責任課	課長	課補	主務（補）

（注）塔槽などに入る当日は「当日作業許可申請書」を提出し、当日許可を受けること。

〔順序〕
施工者→作業責任課→管理責任課→作業責任課→管理責任課（原紙保管）　作業責任課　主任安全管理者保安担当課
（複写）

図 4.3　塔槽内作業許可手続の様式例

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

4. 設備管理

工事上の管理事項

a）火気使用工事

事業所で工事上の管理対象となる火気

- 火炎… 溶接、溶断、内燃機関の火気
- 火花… 電動工具などで生じる電気火花、グラインダ、たがね、ハンマなどで生じる摩擦火花、衝撃火花など
- 高熱物… はんだごて、電熱器、電動機、燃焼器など

作業を始める前に、次の処置をして火災を防止

① 工事対象設備およびその周辺から可燃物を除去し、ガスが滞留していないことを確認する。

② 工事現場には、消火器を準備する。

③ 工事対象設備が可燃性ガスの製造設備であれば、不活性ガスによるガス置換を行い、設備内のガス濃度を爆発下限界値の1/4 以下にする。

④ 工事箇所が運転中の可燃性ガスの製造設備と近接している場合には、防火壁などの養生を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

b）塔槽内作業

1）作業開始前の安全対策

⑴ 移液、圧抜き・ガス放出

⑵ ガス置換、水洗、空気による再置換

⑶ 縁切り

⑷ 必要に応じて作業環境にかかわる数値などを表示

2）塔槽の開放

- 塔槽の開放は運転、保全の両担当者が立ち会って実施。
- 開放後には、塔槽内に入る前に内部の酸素濃度および毒性ガスの濃度をチェック。
- 開口部に「立入禁止」などの標識を掲げ、第三者がみだりに立ち入らない処置をとる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

3）塔槽内作業

① 酸素欠乏危険作業主任者を選任し、監視人を決める。

② 強制通風などにより塔槽内は換気を十分に行い、酸素濃度を許容範囲内に保つ。

③ 必要により、塔槽内部の状況に適合した保護具を着用する。

④ 「塔（槽）内作業中」の標識と入塔（槽）者を明示したボードを掲示。

4）作業終了後の確認

① 塔槽内に残留物のないことや清掃の状態をチェックしマンホールを閉止。

② 可燃性ガスの設備の場合、空気に置換されている塔槽内を再度窒素で置換する。

③ 窒素置換終了後、縁切りの復旧などを行う。

④ 運転、保全両担当者立会いで作業を終了し、復旧を確認。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

c）酸素欠乏症（酸欠）の防止

- 酸欠は作業する環境において酸素濃度の低下により血液中の酸素が不足するために起こる症状。
- 思考能力低下、意識欠乏、卒倒、重篤な場合は死に至ることがある。
- 酸欠の場所としては、塔槽類内部のほか、掘削作業でのくぼ地、バクテリアなどの腐敗による閉所など、換気が十分でない箇所での発生が多い。
- 酸欠の防止には、空気流通スペースを十分にとって換気を行い、作業中の酸素濃度を定期的にチェックし、酸素濃度が18～22 vol%の範囲にあることを確認する。自然の換気が不十分な場合は強制換気設備（ブロワ、ファンなど）を設置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 設備管理

工事管理の記録、保存

- 各工事終了後にデータを整理し、工事内容、工事安全管理のポイントなどを関係者と協議確認し、工事記録として保存する。
- これらの記録は工事履歴として管理され、その後の保全計画、同種工事における工程や安全管理の参考にする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4.4 設備管理にかかわる事故事例

1） 加熱炉管のクリープによる天然ガス噴出
2） フッ素樹脂製造装置における分解爆発
3） 脱硫油放散塔の補修溶接箇所からの漏えい・火災
4） 反応器の破裂板作動による混合ガス噴出
5） 重質ナフサ移送配管の外面腐食による液流出

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 事故発生状況の推移と事故事例

5.1　事故発生状況の推移と事故原因への対応
5.2　大事故例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 事故発生状況の推移と事故事例

5.1 事故発生状況の推移と事故原因への対応

昭和40年代：　急激に事故災害多発（100件以上）
　　50年代：　減少傾向（60数件）
　　60年代：　90件以下で推移
平成3年～　：　再び100件超える（しばらく100件前後）
　　→平成13年以降増加傾向
平成23年　　：　490件（東日本大震災の影響も有り）
平成27、28年：熊本地震や台風10号など
　　自然災害の影響で増加に転じる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 事故発生状況の推移と事故事例

5.2 大事故例

災害事故の原因

- 設備の施工管理不良
- 設備の腐食管理不良
- 操作基準等の不備
- 誤操作・誤判断
- 自然災害

製作・施工管理はもとより、誤操作・誤判断など人が関係するミスを少なくし、あわせて設備の点検を十分行って、機器材料の劣化・腐食の早期発見に努めること重要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 事故発生状況の推移と事故事例

167

事故の概要

1984年12月2日深夜、インドのボパール市にある農薬工場から猛毒のメチルイソシアネートが漏えい。事故直後約3千人が死亡、その後死者は2万人を超え、約60万人が後遺症に苦しむ。

事故の経過

貯槽に流入した大量の水とMICが反応し、温度が上昇。鉄イオンの触媒作用により、MICが三量化反応を起こし発熱、反応暴走にまで進んだ。その結果、温度、圧力が急上昇し漏えいに至ったと推定。

事故原因とその教訓

- ハード面、ソフト面での対策が不十分。
- 安全処理設備が停止していた。またフレアースタック行きの配管が、外されていて使用できなかった。
- ガス漏えい検知警報設備が設置されていなかった。
- 貯槽内のMICの温度管理がなされていなかった。
- 異常事態に運転員が気づいたが、休憩中ですぐに対応しなかった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

E－3　丙種化学特別講習　学識
教材一例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者

丙種化学（特別）講習

学識

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

α） 法令による高圧ガス

高圧法で定義されている高圧ガスで、法第２条の第１号から第４号のいずれかに該当するガス。
本法で定義されている高圧ガスの分類とその主なガスの例は表I.1に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b） 法令によらない高圧ガス

高圧法で定義されていない高圧ガスで、ガスの性質（物理的、化学的、生理学的）その他により分類される。

① 物理的な状態による分類
　圧縮ガス、液化ガス、溶解ガス

② 燃焼性による分類
　可燃性ガス、支燃性ガス、不燃性ガス

③ 生理学的性質による分類
　毒性ガス、単純窒息性ガス

④ その他の分類
　特殊材料ガス、自然発火性ガス、分解爆発性ガス

この分類による主なガスの例は表I.2に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 単位

a）SI単位

高圧ガス保安技術の分野で使用する単位は、全面的にSI単位である。

SI単位は、世界共通の実用単位系として定められた国際単位系(SI)に属する単位で、SI基本単位とSI組立単位からなる。

高圧ガス保安技術に関連の深いSI基本単位とSI組立単位が表2.1に示されている。

この中で、組立単位は、密度や速度のように基本単位で組立てることができるが、圧力や熱量のように固有の名称が与えられているものもある。

SI接頭語について

SI単位で表した数値が、大きくまた小さくなりすぎた時にキロ(k)やミリ(m)の接頭語をつけて表すことができる。

SI接頭語は表2.2に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b） 温度の単位

温度の単位は、熱力学温度のケルビン(K)。
組立温度であるセルシウス温度(℃)もある。
ケルビン(K)とセルシウス温度(℃)との関係は、

- セルシウス温度(℃)＝ケルビン(K)－273
- ケルビン(K)＝セルシウス温度(℃)＋273

で表される。

〔例題2.1〕35℃は何ケルビンか。
ケルビン(K)＝35＋273＝308 K

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c） 圧力の単位

圧力の単位はパスカル(Pa)。

1パスカルは面積1平方メートルの面に、力1ニュートンが垂直にかかるときの圧力。($Pa = N/m^2$)

圧力計で示される装置や容器などの内部の圧力はゲージ圧力で、ゲージ圧力は(p_g)は$p_g = p - p_a$の式で表される。

ここで、pは、真空を０とした絶対圧力

paは、大気圧

なお、大気圧は気象状態により変化するが、101325Paを標準大気圧としている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d） エネルギー・仕事・熱量の単位

エネルギー・仕事・熱量の単位はジュール（J)。
１ジュールは１ニュートンの力で、物体を１ｍ動かす仕事（J=N/m)である。

e） 仕事率、動力の単位

仕事率、動力の単位はワット(W)。
１ワットは、１秒当たりのエネルギーが１ジュールであるときの仕事率あるいは動力。(W=J/s)
参考例題2.4

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1．気体の一般的性質

1．物質

1　純物質と混合物

- 純物質：1種類の物質からできている。
- 混合物：2種類以上の純物質からできている。

混合物のどの部分も同じ性質を示すものを均一混合物、部分的に性質がことなるものを不均一混合物という。

物質の分類図が図1.1に示されている。

2　物質の状態変化

純物質は、温度、圧力が一定の状態で、個体液体、気体のどれかの状態をとる。

物質の温度を変化させると、この状態が変する。

例えば、水（液体）の場合、標準大気圧下で100℃以上で水蒸気（気体）、0℃以下で氷（固体）となる。この変化の仕方を状態変化という。

加熱による純物質の状態変化が図1.2に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　単体と化合物

a）元素

元素は物質を構成する最も基本的な成分。

b）単体と化合物

単体は１種類の元素からできている純物質。

例：水素H_2、酸素O_2、炭素Cなど。

化合物は２種類以上の元素からできている純物質

例：水H_2O、プロパンC_3H_8二酸化炭素CO_2など。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　原子、分子、イオン

a）原子

物質はすべて原子と呼ばれる粒子からできている。
原子は、物質構成の基本単位であるとともに、物質の基本成分でもある。
原子は、中心に正電気をもつ陽子と原子核のまわりを回る負電気をもつ電子よりなる。
図1.3にヘリウムを例とした原子構造が示されている。

原子に係わる３つの法則

① 質量保存の法則

化学変化の前後において、物質の総量（質量）は変わらない。

② 定比例の法則

同じ化合物の成分元素の質量の比は、常に一定である。

③ 倍数比例の法則

A,B２種の元素から、２種以上の化合物をつくるとき、A元素の一定量と化合するB元素の質量の間には、簡単な整数比はなりたつ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）分子と分子式

物質としての性質をもつ最小の粒子を分子という。

- 原子１個よりなる分子を単原子分子、
- 原子２個よりなる分子を２原子分子、
- 原子３個以上よりなる分子を多原子分子

という。

分子を元素記号で表したものを分子式という。

気体反応の法則

同温、同圧のもとで、２種以上の気体の反応においては、それらの気体の体積の間に簡単な整数比が成り立つ。

c）イオン

原子は正電荷を持つ陽子と負電荷をもつ電子があり、原子が電子を受け取ったり失ったりすると、原子全体として電荷をもつようになる。

このような電荷をもつ粒子をイオンといい、正電気を帯びたものを陽イオン、負電気を帯びたものを陰イオンという。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5　物質の量

a）原子量

原子の質量の大小を表す。

炭素原子１個の質量を12としたときの他の各原子の相対質量を原子量とした。

高圧ガスに関わっている主な元素の原子量が表1.1に示されている。

b）分子量

分子の質量の大小を表すのが分子量で、分子量は、分子を構成すのがる原子の原子量の総和で与えられる。

c）物質量

molで表される量をその原子・分子の物質量という。

原子・分子の１molあたりの質量をモル質量（kg/mol）と言い、1mol当たり体積はモル体積（m^3/mol）である。

モル質量をkg/molの単位で表すと原子量・分子量と数値的に同じになる。どの物質でも、1molに含まれる粒子（原子・分子）の数は6.02×1023個である。この数をアボガドロ定数という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6　アボガドロの法則

アボガドロの法則は、「すべての気体において同じ温度、同じ圧力のもとで、同じ体積中に含まれる分子の数は常に同じ」という法則で、この法則から、「すべての気体１molは標準状態でおよそ22.4Lの体積を占める」と言い表せる。

これは、モル体積(m^3/mol)、(L/mol)を意味する。

参考例題例題1.2

7　気体の密度

単位体積当たりの質量を密度という。

(kg/m^3)または(g/L)

密度の逆数（単位質量当たりの体積）を比体積という。

ある気体の密度を空気の密度と比較することを空気に対する相対密度（比重）という。

参考例題例題1.4

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 理想気体の性質

1 ボイルの法則

ボイルの法則：「温度一定ならば、一定量の気体の体積は圧力に反比例して変わる」すなわち、
$p_1V_1=p_2V_2$で、pV＝一定である。

2 シャルルの法則

シャルルの法則：「圧力が一定ならば、一定量の気体の体積は熱力学温度に比例して変わる」すなわち、
$V_1/T_1=V_2/T_2$で、V/T＝一定である。

3 ボイルーシャルルの法則

温度、圧力とも変化する場合の気体の体積の変化は、ボイルーシャルルの法則に従う。

ボイルーシャルルの法則：

「一定量の気体の体積は、圧力に反比例し、熱力学温度に比例して変わる。」

すなわち、$p_1V_1/T_1=p_2V_2/T_2$で、pV/T＝一定である。

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　状態方程式

ボイルーシャルルの法則から、気体がｎ[mol]の場合、pV＝nRTが成り立つ。

この式を理想気体の状態方程式という。Rは定数で気体定数といい、気体の種類には無関係な定数でR＝8.3145J/(mol/K)である。

参考例題例題1.5、1.6

5　熱容量と比熱容量

物質の温度を単位温度だけ上昇させるのに必要な熱量を熱容量という。

単位質量当たりの熱容量を比熱容量、1mol当たりの熱容量をモル熱容量という。

温度をT_1からT_2まで変化させる熱量Qは、$Q＝mc(T_2－T_1)$mは質量、cは比熱容量または

$Q＝nC_m\ (T_2－T_1)$

nはmol、C_mはモル熱容量である。

一定圧力のもとで加熱する場合を定圧比熱容量、定圧モル熱容量といい、一定容積のもとで加熱する場合を定容比熱容量、定容モル熱容量という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6　混合気体

混合気体の全圧は、各成分気体の分圧の和に等しい。これをドルトンの法則という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 実在気体の性質

1 実在気体のpVT関係

実在気体のpVT関係が図1.9に示されている。

図に見られるように、圧力が低く十分高い温度T_2では理想気体の法則に従う。

温度の低下とともにこの法則からずれていく。

臨界点

ある温度T_cで２相領域が無限小になるC点を臨界点という。

臨界点での温度、圧力、体積を、それぞれ臨界温度、臨界圧力、臨界モル体積といい、これらを総称して臨界定数という。

臨界温度および臨界圧力を少し超えている領域の流体は超臨界流体と呼ばれ、系の体積を変化させても液相は生じない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　実在気体の状態方程式

実在気体の状態変化、すなわちp,V,Tを表すのにファン・デル・ワールス式がある。

この式は、理想気体の状態方程式に気体分子の大きさと分子間の引力を補正した式で、１モル当たりの実在気体の状態方程式として表わされている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 気体と液体の性質

Ⅰ 相変化、状態図

ある物質の圧力、温度による固相、液相気相間の状態変化を相変化といい、それを表した図を状態図という。

状態図の例が図Ⅰ.10に示されている。

この図で、OCを蒸留曲線、OBを融解曲線、OAを昇華曲線という。

OCを横切って液体から気体になる現象を気化または蒸発、その時の温度を沸点といい、気体から液体になる現象を凝縮という。

OBを横切って固体から液体になる現象を融解、液体から固体になる現象を凝固という。それぞれの温度を融点あるいは凝固点という。

OAを横切って固体から気体になる現象を昇華という。

点Oは３相が同時に存在する点で、三重点という。

点Cは臨界点を示し、p_cは臨界圧力、T_cは臨界温度という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 沸騰・沸点

液体を加熱して温度を上げると、液体の表面からだけでなく内部からも気化が起こり、液体内部で生じた気泡がやがては表面から外部に放出するようになる。

この現象を沸騰という。

液体が沸騰を開始する温度を沸点という。

表1.5に主な液体及びガスの沸点が示されている。

3 純物質の飽和蒸気圧

密閉された容器に液体を入れ、一定温度で蒸発させると、気体と液体は平行状態になる。この状態での気体を飽和蒸気というこの飽和蒸気が示す圧力を飽和蒸気圧、あるいは単に蒸気圧という。

同一物質の飽和蒸気圧は、温度が一定なら液量にかかわらず一定である。

飽和蒸気圧は温度が高くなるとともに高くなる。

図1.11に、飽和蒸気圧と温度の関係の例が示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　潜熱、顕熱、蒸発熱（気化熱）

単位量の液体を気化させるのに必要な熱量を蒸発熱あるいは気化熱という。

標準大気圧下で水を加熱していくと100℃になると沸騰を生じる。

水を100℃まで加熱する熱量を顕熱という。

100℃で沸騰を生じた水を加熱しても、蒸発し終わるまでは温度が上がらず、水の蒸発のみに使われる。このように物質の相変化のみに使われる熱量を潜熱、蒸発熱のことを蒸発潜熱という。

逆に、気体が凝縮して液体になるときは、その時の温度における蒸発熱に相当する熱量を出す。これを凝縮熱という。

参考例題1.9

5　液体の膨張と圧縮

液体は気体と同様に、圧力一定のもとで温度が変化すれば体積は変化する。一方、温度一定のもとで圧力が変化すれば、同じく体積は変化する。ただし、液体は気体に比べて体積の変化は小さい。また、液体の種類によって変化の大きさが異なる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 熱、仕事、エネルギー

熱と仕事の関係から、系に加えられた熱エネルギーQ[J]＝系がした機械的仕事W[J]＋系に蓄えられたエネルギー（内部エネルギーの増加）ΔU[J]の関係式が成り立つ。この関係をエネルギー保存の法則あるいは熱力学の第一法則という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 化学反応と化学反応式

化学反応において、反応前の物質を反応物、反応後の物質を生成物という。

反応物の全体を原系、生成物の全体を生成系といい、化学反応に関与している全体を反応系という。

化学反応は化学反応式で表される。例えば、一酸化炭素と水素からメタンを合成する反応は、次の反応式で表される。

$$CO + 3H_2 \leftrightharpoons CH_4 + H_2O(g)$$

左辺の一酸化炭素と水素が反応物、両者で原型を形成する。右辺のメタンと水蒸気が生成物、両者で生成系を形成する。

この反応では、1molの一酸化炭素と3molの水素が反応して1molのメタンと1molの水蒸気が生成することがわかる。

また、化学反応式で左辺の原型と右辺の生成系の原子の種類とそれぞれの原子の数は等しい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

この反応式を構成する炭素原子、水素原子、酸素原子の左辺と右辺の数は次の通り、同数である。

- 炭素原子：左辺1個、右辺1個
- 水素原子：左辺6個、右辺6個
- 酸素原子：左辺1個、右辺1個

参考例題：例題2.1

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 反応熱と化学反応

1 反応熱

化学反応は反応熱を伴う。反応熱は発熱の場合と吸熱の場合があり、それぞれ発熱反応、吸熱反応という。

反応熱も含めて表示した化学反応式を熱化学方程式という。

熱化学方程式で表示される反応熱は、発熱の場合は正、吸熱の場合は負となる。

2 燃焼熱と熱化学方程式

物質1molが完全燃焼したときに発生する熱を燃焼熱という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　分解爆発性の化合物

アセチレンは濃度100%（空気や酸素のない状態）で分解爆発する危険性をもつ。
圧縮すると分解爆発を起こす危険性があり、取扱いに注意を要する。

酸化エチレンも分解爆発性の化合物でありアセチレン同様取扱いに注意を要する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 化学平衡と反応速度

1　反応速度と化学平衡

2　圧力変化と温度変化の化学平衡への影響

（この項、初級の検定試験レベルとしては難解なので、割愛します。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ. 燃焼・爆発とは

Ⅰ 燃焼・爆発の定義

a）燃焼と爆発

燃焼とは、物質が酸素あるいは空気などと反応し、熱と光を発生しながら反応が急速に進行する現象。気体が燃えて発光する部分をを炎または火炎という。

爆発とは、圧力が急に発生するか、開放されることによって大きな音とともにガスが激しく膨張する現象。爆発には、物理的な爆発と化学的な爆発がある。

高圧容器の破裂は物理的な爆発の例で、化学的な爆発は激しい燃焼反応により起こる場合が多い。

b）可燃性ガスと支燃性ガス

燃焼や化学的爆発が起こるためには、燃焼するものと燃焼を支えるものが必要。

ガスの場合、燃焼するものを可燃性ガス、可燃性ガスの燃焼を支える働きをするガスを支燃性ガスという。なお、直接燃焼に関与しないガスは不燃性ガスと呼ばれている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　爆発の種類

a）混合ガスの爆発

可燃性ガスと空気、酸素などの支燃性ガスとの混合物の爆発。

b）蒸気雲爆発

大量の可燃性のガスあるいは液体が空気中に放出され、ガスや蒸気が拡散した状態で着火すると爆発する。これを蒸気雲爆発と呼ぶ。

大規模な蒸気雲爆発ではファイヤーボールが発生することが多い。

蒸気雲爆発は化学的爆発である。

c）粉塵爆発

石炭粉、小麦粉、プラスチックの粉体、金属の粉体などの可燃性の微粉が空気中に浮遊している状態で着火すると爆発する。

これを粉塵爆発と呼ぶ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d）液体・個体爆発物の爆発

火薬類やニトロメタン、過酸化物などの液体や固体状物質は着火すると分解あるいは分子内酸化反応を起こすことにより、また、液体や固体状の可燃性物質と酸化剤の混合物が反応して激しく発熱すると爆発する。

e）高圧設備の破裂

高圧設備が破裂し、内部の圧力が大きな音を伴って放出される現象で、物理的な爆発である。

f）蒸気爆発

加圧下で貯蔵されている低温液化ガスや高温加熱液体の容器の一部が破損して急激に内圧が開放されると、気液平衡がくずれて激しい沸騰が起こり、爆発的に蒸発することがある。

これを蒸気爆発と呼ぶ。

蒸気爆発は物理的爆発である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　燃焼・爆発の反応と生成物

a）燃焼・爆発の反応

可燃性物質が空気中で燃焼する場合、空気中の酸素と反応するので、この反応を燃焼反応または酸化反応と呼ぶ。

例えば、プロパンが空気中で燃焼した場合の燃焼反応の反応式は次のようになる。

$$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O(g) + 2043kJ$$

つまり、この反応は、1molのプロパンが5molの酸素と反応し3molの二酸化炭素と4molの水(g)が生成し、2043kJの発熱量（燃焼熱）を伴う発熱反応である。

これはプロパンの炭素原子と水素原子が完全に酸化されたので、この反応式を完全燃焼式といい、原型の組成が完全燃焼式に従った組成で混合されているとき、この混合ガスの組成を完全燃焼組成という。

また、この反応式のように、生成した水を水蒸気とした場合の発熱量を真発熱量といい、生成した水を液体とした場合の発熱量を総発熱量という。

参考例題：例題3.2

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）燃焼生成物

通常、燃焼や爆発では反応が完全燃焼で進むことはまれで、副生物が燃焼ガス中に混じる。

炭化水素系ガスの場合、一酸化炭素すすなどの他、タール状の高分子重合物なども生成する。

さらに、空気を支燃性ガスとしてして高温燃焼する場合、窒素酸化物が生成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 爆発・爆ごうの発生

Ⅰ 発火現象

燃焼は爆発の発生を発火あるいは着火という。
発火が起こるためには、燃焼反応の発熱が大きく燃焼速度が大きいことが必要。
ある条件下で、可燃性ガスと支燃性ガスとの混合ガスの温度を高くすると発火に至る。
このような発火を自然発火という。
外部からエネルギーを与えられて発火する現象を点火という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　外部発火源の例

a）摩擦

摩擦による高温で、マッチの擦り、ガスの高速噴火など。

b）打撃

打撃による火花や高温で、金槌で金属を強打、機械の振動による発熱など。

c）裸火

裸火の火炎で、溶接用のバーナ、ストーブ、ボイラーなどの火炎。

d）高温物体

高温物体との接触で、高温炉や加熱配管など。

e）電気火花

電気設備のスイッチの開閉、電気配線の断線や接触不良、ショートなど。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

f）静電気放電

物体に蓄積した静電気の放電エネルギー。

液体が配管中を流れる場合、ガスや液体が高速で噴出する場合、落雷など。

g）断熱圧縮

高圧設備のバルブを急激に開くと低圧側の配管や装置にガスが流入し、断熱的に圧縮し高温になる。

h）衝撃波

高圧設備の安全弁からベント配管に急速に高圧ガスが放出されると、超音速で圧縮が進むことがある。その際衝撃波が生じ高温となる。

i）レーザー光などの光線

レーザー光のような強い光の放射によりプラズマが発生して高温になる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　爆ごうの発生

爆ごうは化学的爆発の一種で、火炎の伝ぱ速度が音速を超えて広がるもの。火炎の前面に衝撃波を伴っているのが特徴。（爆発は火炎の伝ぱん速度が音速に達していないもの）

発火のエネルギーが強力なとき、ガスの圧力が高いときに爆ごうに移りやすい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 燃焼・爆発の危険性

1 発火温度と引火点

可燃性ガスが空気中で自然発火を起こす最低の温度を発火温度、あるいは発火点と呼ぶ。

可燃性液体または固体の表面付近に炎を近づけると発火する。これを引火という。

引火点とは、可燃性液体または固体の蒸気と空気の混合ガスの組成が爆発範囲の下限の組成に達する温度である。

2 最小発火エネルギー

爆発範囲内にある可燃性混合ガスを発火させるのに必要な最小のエネルギーを最小発火エネルギーという。

発火に要するエネルギーは、爆発範囲付近で大きく、化学量論組成付近では小さい。

最小発火エネルギーは、圧力の上昇とともに低下し、発火しやすくなる。

代表的な可燃性ガスの最小発火エネルギーが表3.5に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　爆発限界

可燃性混合ガス中の可燃性ガスの発火が起こるためには、ある濃度範囲になっている必要がある。

発火（爆発あるいは燃焼）が起こる可燃性ガスの濃度範囲を爆発範囲あるいは燃焼範囲と呼ぶ。その範囲の最低濃度を爆発下限界あるいは燃焼下限界、最高濃度を爆発上限界、あるいは燃焼上限界と呼ぶ。

代表的な可燃性ガスの空気中の爆発限界値が表3.6に示されている。

支燃性ガスが酸素の場合は爆発範囲は広くなり、爆発の危険性が高くなる。

可燃性混合ガスに窒素のような不活性ガスを添加すると爆発範囲は狭くなる。プロパン－空気混合ガスに窒素、二酸化炭素を添加した場合の爆発範囲の変化が図3.2に示されている。

希釈ガスを加える際に添加量の目安になるのが限界酸素濃度。これは、爆発限界の曲線上で酸素濃度が最小になる値。可燃性ガスの限界酸素濃度の例が表3.7に示されている。

爆発限界は、温度や圧力の影響を受けて変化する。

一般に、温度、圧力ともに上昇すると爆発下限界は低下し、爆発上限界は上昇して爆発範囲は広くなる。その際、下限界に比較して上限界側の変化が大きい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　爆ごう範囲

爆発範囲と同様、爆ごうの場合も爆ごうを起す可燃性ガスの濃度の範囲があり、それを爆ごう範囲という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. 火災・爆発事故の特徴

1 火災の影響

火災による直接の影響は熱放射。熱放射には高温のガスや固体からの放射があるが、問題になるのは、すすなどの固体放射である。

2 爆風の影響

爆発や爆ごうの場合には爆風の影響がある。

爆風は爆発や爆ごうで周囲に広がる圧力波で爆心から離れた位置における爆風の圧力の変化が図3.3に示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　爆発の事故例

＜LPガス充填所における火災爆発事故＞

LPガスの充填所でボンベの充填作業中にガスが発火して火災が発生し、周囲のボンベが加熱により次々にガスが吹き出して発火し、充填所全体が火災となった。

火災発生の原因は、LPガスのボンベへ過充填したことと、そのボンベのバルブを開けてガスを放出したため静電気が発生し、放電により発火した。

過充填や安易にバルブを開くことは、たいへん危険な行為である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1. 可燃性ガスおよび支燃性ガス

1 水素

水素(H_2)は、地球の大気中に含まれている割合はわずかであるが、宇宙空間ではほとんどが水素で水素原子の形で存在している。

水素は、アンモニアの製造原料、灯油や重油の脱硫、高純度シリコンの製造用、燃料電池用など、広い分野で使用されている。また、液体水素は宇宙開発ロケットの燃料として使われている。

a) 製造法

水素の工業的製造法の代表例

① 水蒸気改質法

炭化水素に高温で水蒸気を反応させる。

無触媒では1300℃で、ニッケル触媒を用いると700～800℃で反応させる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

② 副生水素の回収

ナフサの接触改質、重質油の接触分解、エチレン製造などからの副生ガスやコークス炉ガスから低温液化分離法、膜分離法などで水素を回収する。

食塩電解装置から純度の高い水素が得られる。

③ メタノールからの水素製造

主として銅系の触媒を使い、温度200～300℃、圧力1.5～2MPaでメタノールを水蒸気と反応させて製造する

b）性質

水素は、無色、無臭の可燃性ガス。拡散速度が最も大きく、粘度は小さく、熱伝導度は非常に大きい。還元性が強い。

水素と酸素の体積比が2:1の混合ガスは水素爆鳴気と呼ばれ、着火により激しく爆発する。

水素と塩素の混合ガスは、光により激しい爆発を伴って塩化水素が生成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

常温大気圧における空気中の最小発火エネルギーの最低値は0.02mjと非常に小さく、静電気放電などで容易に着火する危険性がある。

ある種の湿生環境にある高張力鋼は水素脆化を起こす。また、高温高圧の水素ガスに接する炭素鋼や低合金鋼は水素浸食を起こす。

2　メタン

メタン(CH4)は、アルカン（パラフィン系炭化水素の中で分子量が最も小さい。有機物の腐敗や分解に伴って発生するガスであるが、資源的には天然ガスも主成分である。

a）製造法

工業的には天然ガスが使われており、海外から輸入されるLNGが原料となっている。

b）性質

メタンは、無色、無臭、無毒の可燃性のガスである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　LPガス

LPガスは、液化石油ガスの略称で、炭素数が3および4の炭化水素、すなわちプロパン、ブタン、プロピレンなどの混合物である。

LPガスは、家庭用および工業用、自動車燃料などに使われている。

a）製造法

天然ガスや原油の随伴ガスから回収されたLPガスが輸入されている他、石油の精製工程やエチレンの製造工程からの分離回収されている。

b）性質

プロパンおよびブタンは、いずれも無色無臭、可燃性のガスである。

LPガスは常温で圧縮すると容易に液化する。

ガスの密度は空気の1.5～2倍で低い所に滞留しやすい。液状のLPガスは電気絶縁性がよいため静電気が蓄積されやすく、その放電による火花で発火する危険性が高い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　エチレン

エチレン（$CH_2=CH_2$）は、最も簡単な構造のアルケン（オレフィン炭化水素）で、石油化学工業の基礎原料として重要な位置を占めている。

a）製造法

工業的なエチレンの製造は、炭化水素の高温熱分解で行われている。炭化水素はナフサやプロパン、ブタンなどが使われる。

二次的な重縮合反応の抑制のため反応時間を1秒以下で行い反応管の出口で急冷する。

急冷された分解ガスは、圧縮、蒸留分離を行なって製品とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）性質

エチレンは、無色で可燃性のある独特の甘い臭いを持つガスである。水にはほとんど溶けないが、アルコール、エーテルにはよく溶ける。

二重結合をもつので種々の付加反応を起こす。

c）エチレンの利用

エチレンは、石油化学の中心的な原料で、さまざまな化学品が製造されている。

エチレンから製造される化学品の主なものが図4.2に示されている。

① ポリエチレン

ポリエチレンは、耐久性、耐薬品性、電気絶縁性に優れ加工も容易である。

重合度により機械的性質が変化し、結晶化度によって密度が変り、それによっても特性が変化する。

密度の高低により、低密度、中密度、高密度のポリエチレンがある。表4.1に低密度ポリエチレンと高密度ポリエチレンの代表的な製法、製品の特長、用途が示されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

② 酸化エチレン（エチレンオキシド）

酸化エチレンは、エーテル臭のある無色の可燃性のガスで、高濃度で刺激臭があり、毒性ガスである。

水、アルコール、エーテルおよび大部分の有機溶剤にすべての割合で溶解する。常温大気圧下の空気中の爆発範囲は3.0～100%であり、空気が存在しなくても着火により分解爆発を起こす。

酸化エチレンは反応性に富み、水、アルコール、酸、アミンなどと反応する。

用途はエチレングリコール、エタノールアミンなどの合成原料として用いられる。

酸化エチレンは、エチレンを空気または酸素により直接酸化して製造するが、普通は酸素を用いる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5　アセチレン

アセチレン(CHCH)は、三重結合をもつアルキン（アセチレン系炭化水素）の中で分子量が最小のものである。

溶断、溶接用に広く使われ、また、アセチレンを高温で加熱分解するとカーボンブラックが得られ、乾電池用電極などに使われている。

a）製造法

アセチレンの工業的な製法には、カルシウムカーバイトと水の反応による方法、ブタンやナフサの高温熱分解による方法がある。

b）性質

無色の可燃性ガスで、純粋なものはエーテルのような香気を有するが、通常は共有する不純物のため特有の臭気がある。

常温大気圧の空気中の爆発範囲は2.5～100%で、分解爆発を起こす危険性が高い。

アセチレンを圧縮してそのまま容器に充填することは危険なので、高圧ガス容器の内部に多孔質物質を詰め、それに溶剤を浸み込ませ、これを溶剤として溶解充填する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6　酸素および空気

酸素は空気中に約21Vol%含まれ、生物の存在に欠くことのできないガスである。

酸素は、合成ガス製造用、製鋼用、化学工業での酸化反応用、水処理曝気用、溶断・溶接用など、さらに、酸素吸入やなどの医療用に使用されている。

a）製造法

工業的には、空気の液化分離法によって製造するが、中小規模では吸着分離法、膜分離法による酸素富化も行われている。

空気液化分離法は空気を低温で液化し、酸素、窒素、アルゴンなどの蒸気圧が異なることを利用して蒸留により分離する方法で、蒸留塔の塔底から蒸気圧の低い酸素を得る。

吸着分離法は、ゼオライトのような多孔質の固体吸着剤に対する吸着能が酸素と窒素で異なることを利用して分離し酸素を得る。

膜分離法は、膜に対する透過能がガスによって異なることを利用して分離し酸素を得る。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

酸素は無色無臭のガスで水にわずかに溶ける。

ガス、液体、個体を問わず常磁性を示す。

酸素は化学的に活性で、酸化剤として作用し、強力な支燃性ガスである。ほとんどの単体や化合物と反応して酸化物を作る。酸素中の可燃物は空気中よりも激しく燃焼する。

空気も無色、無臭のガスで、常温の水にわずかに溶ける。

酸素が不足すると酸素欠乏症になり生命の危険を招くので、作業場における酸素濃度は18%以上に保つ。逆に酸素が過剰の場合にも生体にとって有害になることがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 毒性ガス

Ⅰ 一酸化炭素

一酸化炭素(CO)は無色、無臭で、毒性の強いガスである。メタノール、酢酸、ブタノールなどの合成、金属酸化物の還元、高純度ニッケルの製造などに使用されている。

a）製造法

工業的には石油あるいは石炭をガス化して得られる水性ガスや製鉄所からの副生ガスから回収する方法で製造される。

b）性質

一酸化炭素は極めて還元性が強く、金属の酸化物を還元して単体金属に変える。鉄、コバルト、ニッケルなどの金属と反応して金属カルボニルを生成する。

高温の一酸化炭素は鋼などと接触すると、炭素を生成して金属組織内に拡散浸透することにより浸炭を起こし、金属材料を劣化させる。

したがって、高温や高圧の一酸化炭素を使用する場合は炭素鋼、低合金鋼の使用を避ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一酸化炭素を吸入すると赤血球のヘモグロビンと結びついて赤血球の機能を破壊して酸素運搬機能が失われ、死に至ることがある。

c）一酸化炭素の利用

① メタノール合成

一酸化炭素と水素の混合ガスを高温高圧下、触媒を使って反応させるとメタノールが得られる。

② 酢酸合成

メタノールと一酸化炭素によるメタノールのカルボニル化反応により高い選択率で酢酸を合成する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　アンモニア

アンモニア(NH3)は、窒素肥料、硝酸、尿素などの製造原料に使われる他、各種の工業製品や合成繊維の原料として工業上極めて重要な物質である。

a）製造法

アンモニアは、窒素と水素から生産されている。
窒素と水素からのアンモニア合成反応は圧力が高い方が化学平衡的に有利のため、高圧で反応させる。触媒はFe_3O_4を主体とし、これに各種酸化物を加えた混合触媒が使われている。
アンモニア合成塔の触媒層の温度分布を最適化し、反応効率だけでなく、エネルギー効率も高めている。

b）性質

アンモニアは、強い刺激臭をもつ無色の可燃性かつ、毒性のガスである。水に非常によく溶け、水溶液は弱アルカリ性を示す。燃焼すると窒素と水を生ずる。液化アンモニアはハロゲンや強酸などと反応すると激しく反応し、発火爆発することもある。アンモニアは銅および銅合金に対し激しい腐食性を示す。鉄および鉄合金に対しては常温では腐食性を示さないが、高温・高圧下でアンモニアの生成や分解が生じる条件では、普通鋼に対して窒化や水素脆化作用を起こす。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c）アンモニアの利用

① 尿素

アンモニアと二酸化炭素を反応させると尿素が得られる。尿素は肥料のほか、尿素樹脂、メラミンなどの合成原料に使われている。

② 硝酸

アンモニアを空気で酸化させると硝酸が得られる。白金あるいは白金系合金触媒を用い、高温で空気と反応させる。二酸化窒素を含む生成ガスを水に吸収させると硝酸になる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　塩素

塩素(Cl2)は激しい刺激臭のある黄緑色のガスで、毒性が極めて強く、酸化力が強いので可燃性物質に対して支燃性を示す。

塩素は、塩化ビニルなどのプラスティック類、合成ゴム、医薬品などさまざまなの原料に使用される他、水道水の殺菌や廃水処理に利用されている。

a）製造法

工業的には、塩素は食塩水の電気分解によって製造される。電解法は、日本ではイオン交換膜法で実施されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）性質

塩素は反応活性が強く、希ガス、炭素、窒素、酸素以外の元素と直接化合する。

塩素と水素との等体積混合ガスは、塩素爆鳴気と呼ばれ、加熱、日光の直射、紫外線などにより爆発的に反応して塩化水素になる。

水分を含んだ塩素ガスは、常温でも極めて腐食性が高く、チタン以外のほとんどの金属材料を激しく腐食するが、乾燥した塩素ガスは常温では金属に対する腐食性はほとんどない。しかし、チタンは乾燥した塩素に対しては激しく反応し、発火燃焼してガス状の四塩化チタンになる。したがってチタンを乾燥した塩素の配管などに使わない。

塩素は極めて毒性が強く、吸入すると呼吸器が侵される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3. 不燃性ガス

Ⅰ 希ガス

希ガスは周期律表最右列に並ぶヘリウム(He)、ネオン(Ne)、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)、ラドン(Rn)の総称で、空中に微量存在することから希ガスと名づけられた。表4.3に希ガスの空気中の存在量と主な性質が示されている。

希ガスは、ネオンサインなどの管球用ガスとして使われる。プラズマディスプレイではヘリウム、ネオン、キセノンなどが使われる。

アルゴンは、電球、放電管用封入ガス、アルミニウムやステンレス鋼などの溶接用保護ガスなどに使われる。

ヘリウムは、気球用ガス、半導体や光ファイバー製造用、ガスクロマトグラフ分析用などに使われる。

さらに、液体ヘリウムは極低温の物性研究や磁気共鳴画像診断装置(MRI)の伝導マグネットの冷却にも用いられる。

キセノンは、モル質量が大きく、イオン化が容易なため、医療用や工業用のX線装置の検出器に利用されているほか、人口衛星の姿勢制御のためのイオンエンジンにも使われている。

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

a）製造法

① アルゴン

空気液化分離装置の精留塔から比較的アルゴンの多い部分を抜出し、さらに精製をして高純度のアルゴンを得る。

② ヘリウム

ヘリウムを0.2～3%含む天然ガスから液化、吸着等の方法によってヘリウムを得る。

③ ネオン

空気液化分離の副生ガスを精製して得る。

④ クリプトン、キセノン

空気液化分離装置で分離された液化酸素中から精留により分離する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）性質

希ガスはいずれも無色、無臭のガスである。

化学的に不活性とされているが、XeF_2、XeO_2KrF_2など、種々の化合物をつくることが報告されている。

2　窒素

窒素(N_2)は、空気中に約78Vol%含まれ、無色、無臭のガスである。アンモニア合成用に使用されるほか、化学工業や電子工業などで保安用、装置のパージ用などに使われる。液化窒素は食品や細胞などの急速冷凍用などにも使われる。

a）製造法

空気の液化分離装置やPSA法などによって製造される。

b）性質

窒素は常温付近では不活性ガスである。しかし、原子状の窒素は化学的に活性が高いので、高温で種々の反応を起こす。例えば、空気中での燃焼では酸素と反応して窒素酸化物(NO_x)となる。

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　二酸化炭素

二酸化炭素(CO_2)は炭酸ガスとも呼ばれ、空気中で炭素化合物が燃焼する時、動物の呼吸、有機物の腐敗などによって発生する。

二酸化炭素は、工業的には尿素やソーダ灰(無水炭酸ナトリウム)などの製造、清涼飲料水や消火剤などに使われている。ドライアイスは寒剤や保冷用に広く使われている。

a）製造法

主として石油および石炭からの水素製造の際の副生物として回収される。圧縮液化すれば液化二酸化炭素が得られ、これを減圧弁を通して噴出させるとドライアイスになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）性質

無色、無臭のガスで不燃性である。大気圧では冷却しても液体とならず固体のライアイスになり、加圧・冷却すると液化する。

マグネシウムやナトリウムなどは二酸化炭素中で激しく燃焼し酸化物になる。

二酸化炭素は水によく溶解し、大気圧、常温付近での溶解量は水とほぼ同体積になる。水中では一部が炭酸となり弱酸性を呈する。

二酸化炭素は、従来単純窒息性ガスとみなされていたが、空気中の濃度が2%以上になると呼吸障害を起こし、3%以上で呼吸困難やめまいを生ずるなど、毒性を有していることが明らかになっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4. フルオロカーボン

フルオロカーボンは、脂肪族炭化水素の水素の一部あるいは全てをフッ素で置換した化合物。

このうち、フッ素と塩素で置換したものがクロロフルオロカーボン(CFC)、水素とフッ素からなるものをハイドロフルオロカーボン(HFC)である。

現在、主として冷媒関係の分野で使用されているのはHFCである。

a） 性質

フルオロカーボンは、全般に常温では無色のガスあるいは液体で、無臭あるいはわずかに芳香がある。フッ素原子が多いほど熱的に安定である。

CFCは不燃性であり、毒性もほとんどない。

化学的にも比較的安定で200℃以下ではほとんどの金属と反応しない。酸または酸化剤に対しても安定であるが、水が存在するとアルカリとわずかに反応する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

HFCも分子中の水素原子の数が少なければ常温大気圧の空気中では不燃性であるが、水素の割合が大きい場合(H/Fの比率が１以上）は空気中で可燃性になる。

フルオロカーボンは、火災などで加熱されると分解して有毒なフッ化水素が発生し、塩素を含む場合は塩化水素も発生する。

b）用途

フルオロカーボンの最も大きな用途は冷凍空調における冷媒であり、ハイドロフルオロカーボンは家庭用や業務用などに使われている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5. 特殊高圧ガス

特殊高圧ガスは、先端産業などで使用されている特殊材料ガスの中から、危険性が高く取扱いに特別な注意を要するシラン、ジシラン、アルシン、ホスフィンなど７種類のガスで、高圧法で指定されている。特殊高圧ガスは可燃性で強い毒性を有し、自然発火性や分解爆発性などの性質をもつ。

Ⅰ　シランおよびジシラン

シラン(SiH_4モノシランともいう)およびジシラン(Si_2H_6)は、無色でわずかに刺激臭のあるガスで、可燃性で自然発火性があり常温でも空気と接触すると発火する。

シランは常温では安定であるが高温では分解する。

ジシランは300℃付近で分解を開始し、シランや水素を発生する。

シランおよびジシランは純水や酸性水溶液とはほとんど反応しないが、アルカリ性水溶液とは反応して水素を発生する。塩素および臭素とは常温で爆発的に反応する。

シランおよびジシランは、半導体素子の製造でエピタキシャル薄膜製造工程やCVD工程で使われ、複写機感光ドラムに使用されるアモルファスシリコンの成膜にも使われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　アルシン

アルシン(AsH_3)は、ニラのような不快臭をもつ無色で可燃性、極めて毒性の強いガスである。

常温では安定で230～240℃付近から分解が始まる。

塩素とは激しく反応して塩化水素とヒ素を生ずる。

吸入すると血中のヘモグロビンと結合し、溶血作用を起こす。

アルシンは、半導体製造におけるドーピングガスとしてエピタキシャル工程や拡散工程、CVD工程、イオン注入工程などに使われ、ガリウムーヒ素系化合物半導体の製造などにも使われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　ホスフィン

ホスフィン(PH_3)は、無色の不快臭をもつガスで、常温の空気中で自然発火する。常温では安定で、約300℃から分解が始まる。

フッ素、塩素などとは爆発的に反応する。

ホスフィンは水蒸気と反応してリン酸、亜リン酸、水素を生じる。

極めて毒性の強いガスで、吸入すると肺水腫を起こす。

ホスフィンは、シリコン半導体の製造におけるドーピング用ガスとしてエピタキシャル、拡散、CVDおよびイオン注入工程で使われている。

また、飼料や貯蔵庫などの害虫駆除の燻蒸剤としても使われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ. 流動

1 円管内の流れ

a）流量・流速・管径

管径＜内径D、外径D_0＞[m]

管内部の流体が満ちる空間の直径を内径と呼び、菅自体の直径を外径と呼ぶ。

外径＝内径＋管の厚さ。

管の断面積＜A＞ [m^2]

流量の計算に用いることから、内径を用いて計算する。

断面積　$A=\frac{\pi D^2}{4}$　　$[m^2]=[m]^2$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

流量 <体積流量q、質量流量q_m>

管の断面を単位時間に通過する流体の量。体積で表す場合と質量で表す場合がある。

体積流量　$q = A\bar{u}$　　$\left[\frac{m^3}{s}\right] = [m^2] \cdot \left[\frac{m}{s}\right]$

質量流量　$q_m = \rho q$　　$\left[\frac{kg}{s}\right] = \left[\frac{kg}{m^3}\right] \cdot \left[\frac{m^3}{s}\right]$

質量流量は体積流量に流体密度$\rho\left[{}^{kg}/_{m^3}\right]$を乗じたものである

流速 <u、平均流速 $\bar{u}$、最大流速u_{max}>

円管内での流速は、中心で最も早く、管壁で最も遅くなる。流体輸送の計算では、管断面の平均流速を使用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

工業で使用される経済（慣用）流速

液体	流速［m/s］	気体	流速[m/s]
ポンプ　吸込み側 　　吐出し側	0.5～2.0 1.0～3.0	圧縮機　吸込み側（往復式） 〃　　吐出し側	10以下 7～20
一般給水（工場）	1.0～3.0	一般ガスライン	8～15
高圧水(5～10 MPa※)	0.5～1.0	飽和水蒸気（450kPa以下）	30以下
高粘度液体	0.1～1.6	〃　　（450kPa以上）	50以下

液体の流速は気体の流速より一桁小さくなる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）層流と乱流

レイノルズ数＜Re＞

流れの慣性力と粘性力の比。流体の密度＜ρ＞、流体の粘度＜μ＞、管径、流速により決まる無次元数で、流れの状態の判別に用いられる。

$$R_e = \frac{\text{慣性力（動く力）}}{\text{粘性力（摩擦力）}} = \frac{D\bar{u}\rho}{\mu} \qquad [-] = \left[\frac{[m]\cdot\left[\frac{m}{s}\right]\cdot\left[\frac{kg}{m^3}\right]}{[Pa\cdot s]}\right]$$

レイノルズの実験

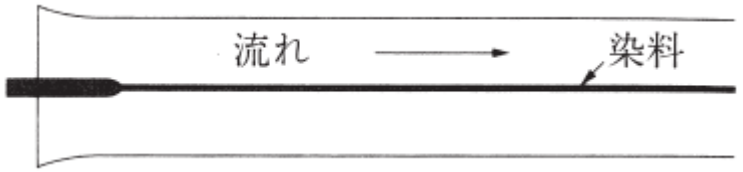
水平に設置したガラスの円管内を流れる水の速度を変えて、流れの状態を観察した実験。
流れにインクなどの染料を注入して流れの状態を観察した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

円管内の流れ

層流　Re＜2100

流体の各部が管壁に並行に流れる。



層流

遷移域　2100＜Re＜4000

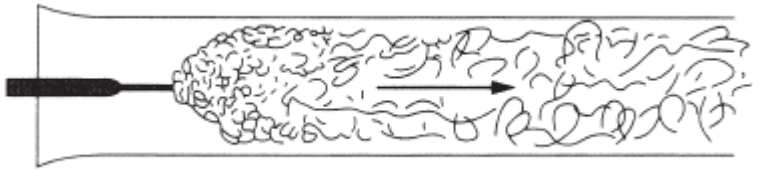
流れの状態が不安定で層流になったり乱流になったりする。

乱流　Re＞4000

流体の各部が不規則な方向に互いに入り乱れながら流れる。

レイノルズ数が増えると層流から乱流に変化する

油や高分子溶液など粘度の高い液体では、層流状態で輸送されることが多い



乱流

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

内径 150 mm の鋼管を用いて水を平均流速 2.0 m/sで送るとき、鋼管内の流れの状態について次のうち正しいものはどれか。

ただし、水の密度は 1000 kg/m^3,粘度は 1.0 × 10^{-3}Pa・s とする。　（H14-2学識）

(1) R_e = 1.50 × 10^3 となり,層流である。
(2) R_e = 1.50 × 10^3 となり,乱流である。
(3) R_e = 3.00 × 10^5 となり,層流である。
(4) R_e = 3.00 × 10^5 となり,乱流である。
(5) R_e = 3.00 × 10^5 となり,遷移域である。

SI基本単位$[s]$,$[m]$,$[kg]$,$[K]$（テキストp.7）に置き換えて計算する

答(4)

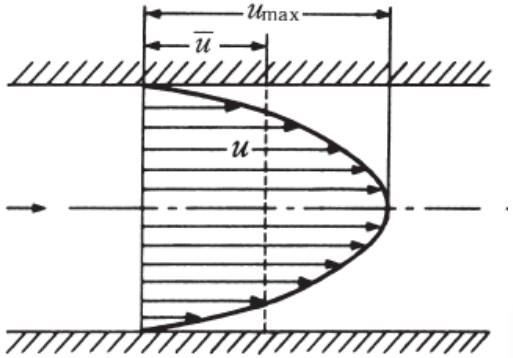
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c）流れの速度分布

層流

流速の分布は放物線となり、管の中心部で最大＜u_{max}＞となる。

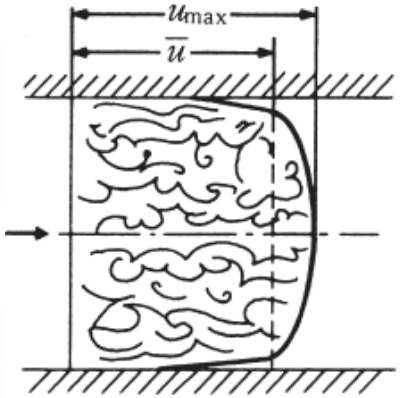
$$平均流速 \quad \bar{u} = \frac{u_{max}}{2} \qquad \left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right] = \left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$$



層流

乱流

流速は管中心部で最も大きいが、管内の速度分布はほぼ一様になる。



乱流

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2 ベルヌーイの定理

定常流れによる非圧縮性流体のエネルギー保存則。流体が持つ機械的エネルギーは、運動エネルギー、位置エネルギー、圧力エネルギーの和で表され、管路の各断面における流体の機械エネルギーは一定となる。

機械的エネルギー　＝ **運動エネルギー**　＋　**位置エネルギー**　＋　**圧力エネルギー**　＝　**一定**

$$\frac{\rho u^2}{2} + \rho g h + P = const. \quad [Pa]$$

÷ρ

$$\frac{u^2}{2} + gh + \frac{P}{\rho} = const. \quad \left[\frac{J}{kg}\right]$$

＜単位計算＞

$$\left[\frac{J}{kg}\right] \cdot \left[\frac{kg}{m^3}\right] = \left[\frac{Nm}{kg}\right] \cdot \left[\frac{kg}{m^3}\right] = \left[\frac{N}{m^2}\right] = [Pa]$$

左の式（単位$[P_a]$）を密度$\rho[^{kg}/m^3]$で割ると右の式（単位$[^J/_{kg}]$）となる

気体は圧縮性流体であるが、工業で使用される流速の範囲では気体にもベルヌーイの定理が成り立つ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ベルヌーイの定理を使った計算～水槽から流出する水の速度～

右図において、水面①と出口②にける機械的エネルギーの総量は等しい

$$\frac{\bar{u}_1^2}{2} + gh_1 + \frac{p_1}{\rho} = \frac{\bar{u}_2^2}{2} + gh_2 + \frac{p_2}{\rho}$$

ここに，$p_1 = p_2$（いずれも大気圧）

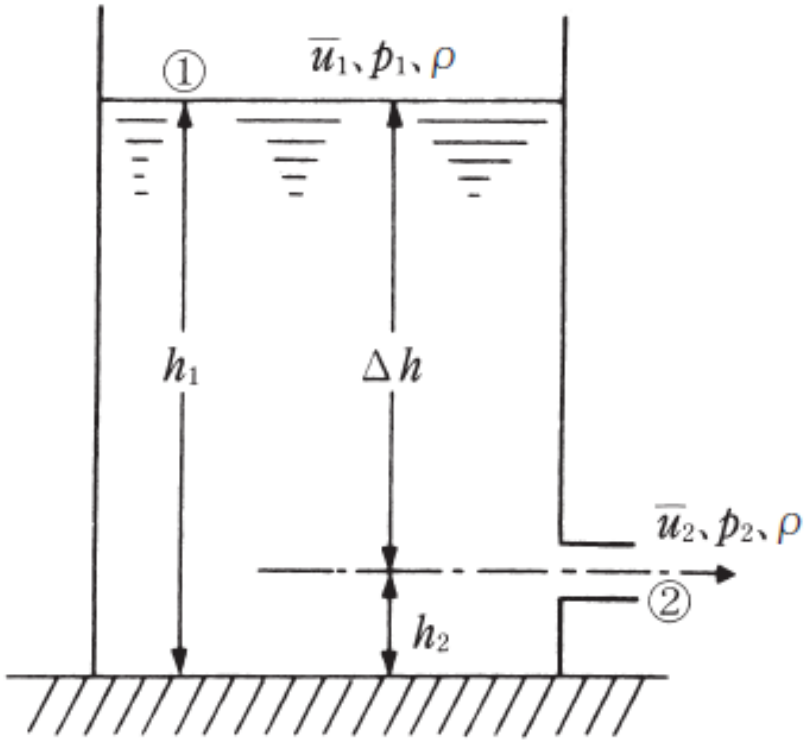
また、①の断面積は②の断面積に比べて十分大きく、

水面の低下を無視できるため、

$$\bar{u}_2 \gg \bar{u}_1 \cong 0$$

とおける。よって、

$$\bar{u}_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} = \sqrt{2g\Delta h} \qquad (5.10)$$



出口流速は密度ρには関わらず水位差Δhだけで決まることが分かる

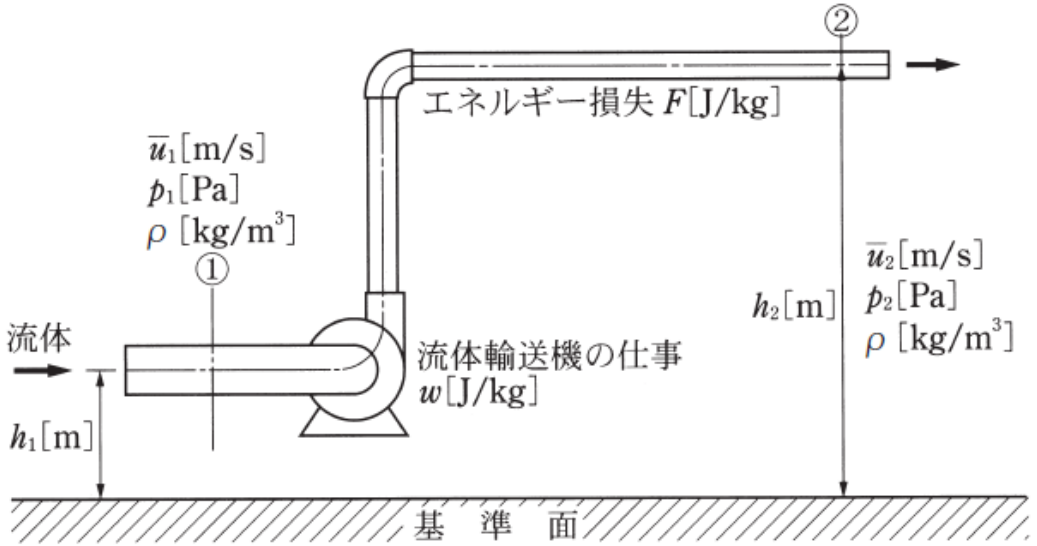
g=9.8$\left[{}^{m}/_{s^2}\right]$（重力加速度）この値と単位は覚えておくこと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 流れのエネルギー損失

a)摩擦による損失

実際の流体は、ポンプ等の流体輸送機から与えられる仕事$w\ [J/kg]$や管壁との摩擦の影響を受ける。



輸送管路とエネルギー保存

エネルギー損失$F\ \left[\frac{J}{kg}\right]$

まっすぐな円管路内を流れる流体において、摩擦により失われる機械的エネルギーFのこと。エネルギー保存則より次式の関係となる。

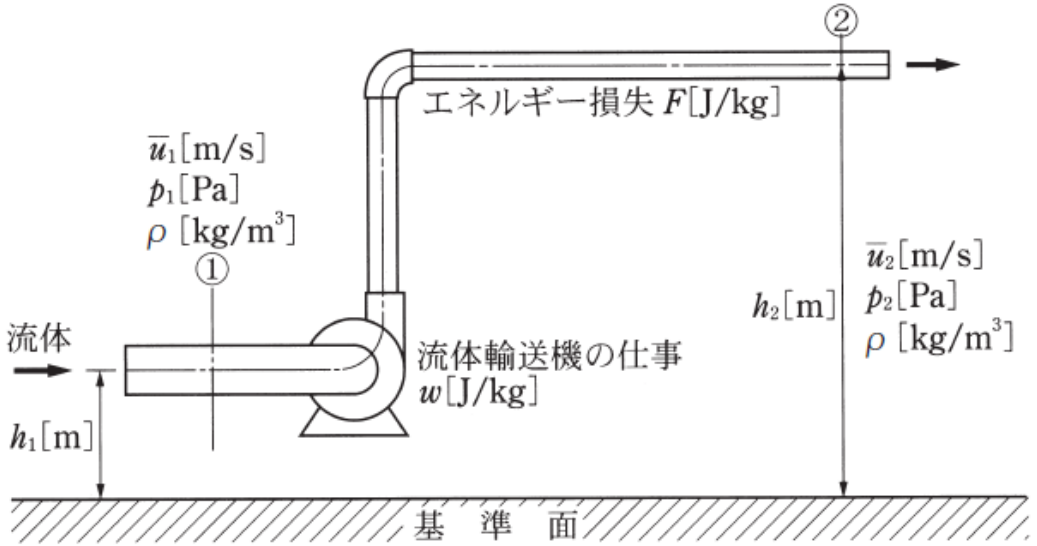
$$\left(\frac{\bar{u}_1^2}{2}+gh_1+\frac{p_1}{\rho}\right)+w=\left(\frac{\bar{u}_2^2}{2}+gh_2+\frac{p_2}{\rho}\right)+F \quad [J] \quad (5.11)$$

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

流体の輸送に必要な仕事w $[J]$

需要側②と供給側①のエネルギー差に
①②間のエネルギー損失Fを加えたエネルギー
として求めることができる

$$w=\left(\frac{\overline{u}_2^2}{2}+gh_2+\frac{p_2}{\rho}\right)-\left(\frac{\overline{u}_1^2}{2}+gh_1+\frac{p_1}{\rho}\right)+F \qquad [J]$$



輸送管路とエネルギー保存

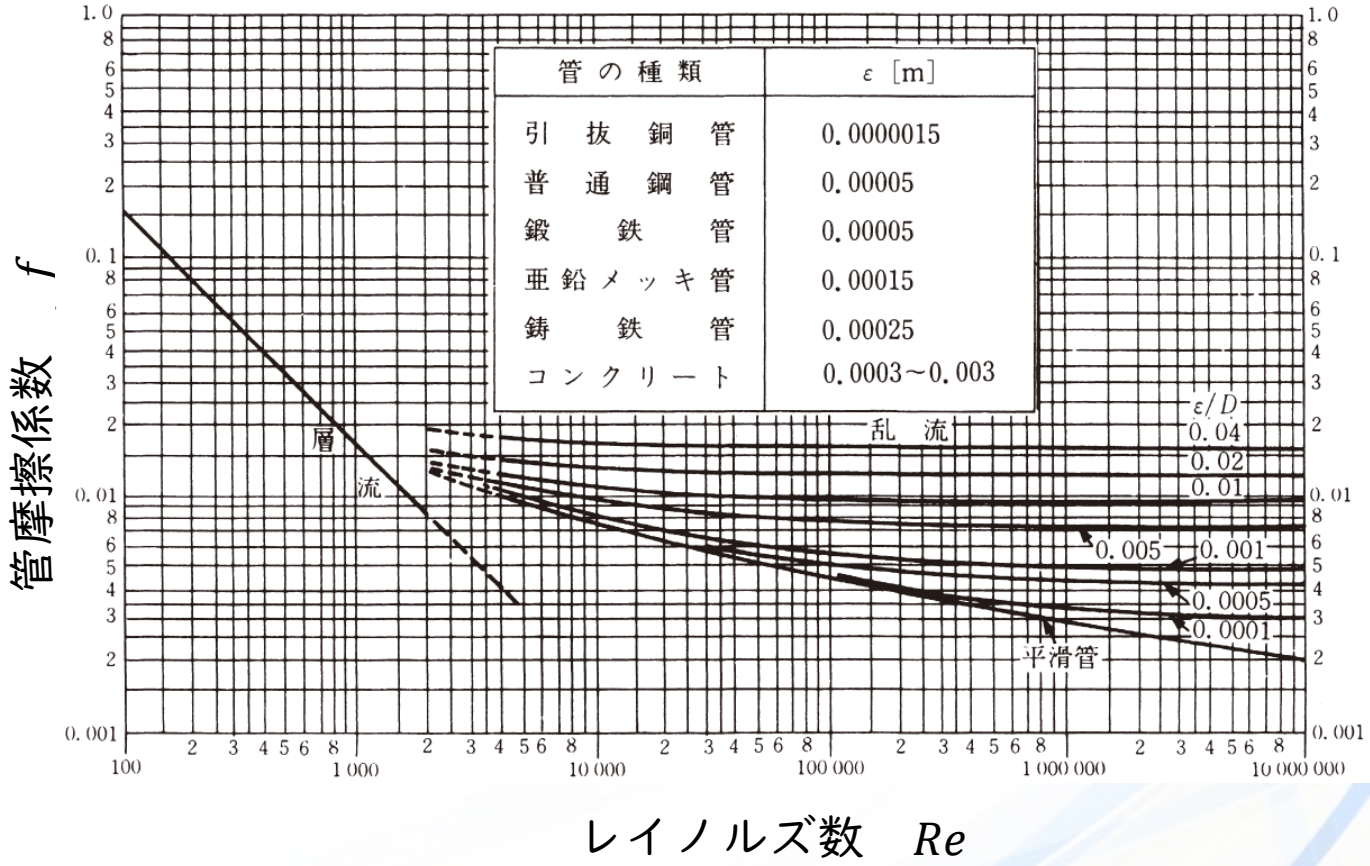
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

管摩擦係数f [−]

層流ではレイノルズ数に反比例する。
乱流ではレイノルズ数や管壁の粗さにより変わるため実測値に基づいた関係図を用いる。

層流の場合：　$f = \frac{16}{Re}$

乱流の場合：　右図



層流の摩擦係数は管内粗度によらずRe数で決まる

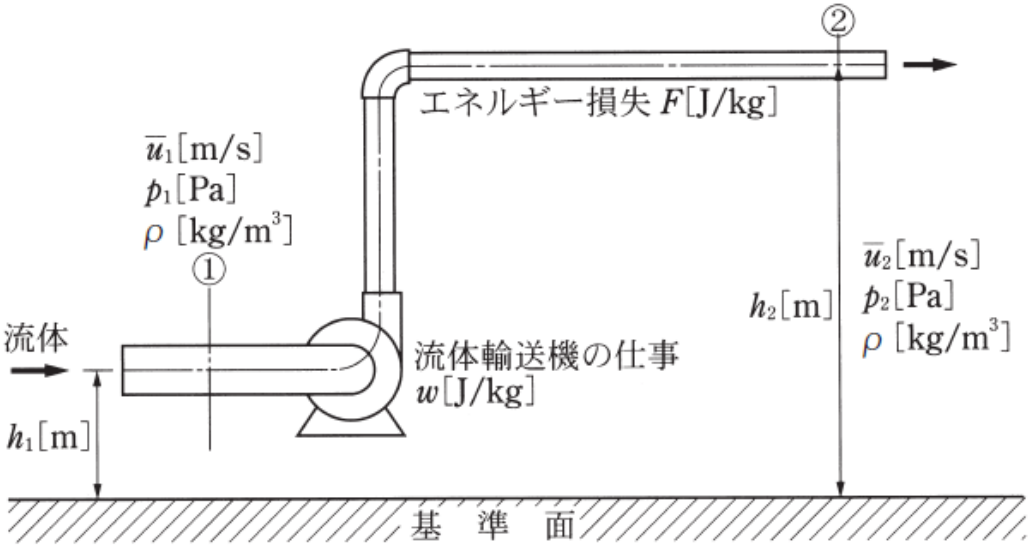
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ファニングの式

まっすぐな円管路内を流れる流体が乱流の場合に、
エネルギー損失を求める式。

$$F = 4f \cdot \frac{\bar{u}^2}{2} \cdot \frac{L}{D} \quad \left[\frac{J}{kg}\right]$$

L　：管路の長さ　$[m]$



輸送管路とエネルギー保存

圧力損失Δp $[P_a]$

ファニングの式で求められる。

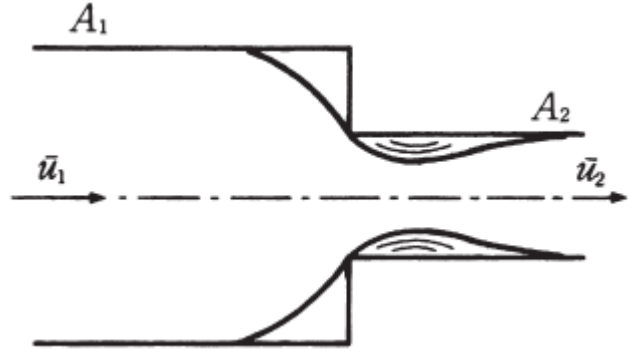
$$\Delta p = \rho F = 4f \cdot \frac{\rho \bar{u}^2}{2} \cdot \frac{L}{D}$$

圧力損失は流速の二乗と管長さに比例し、管直径に反比例する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）摩擦以外のエネルギー損失

管路の急激な縮小・拡大又は管路に管継手、曲がり管、弁、流量計などが挿入されていると、流体内に渦を生じてエネルギーの損失が起こる。

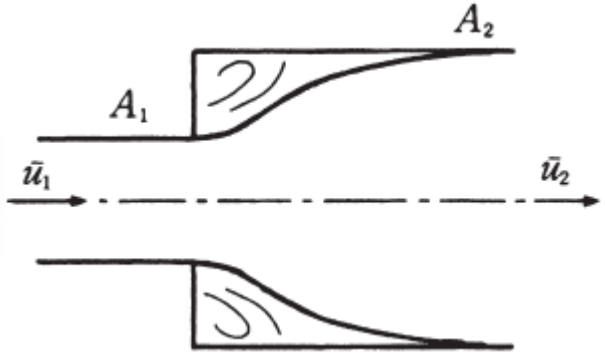


管路断面の縮小

相当長さ＜ L_e ＞

挿入物によるエネルギー損失と等価な損失を与える直管の長さ。

ファニングの式中のLを相当長さを考慮した（ L ＋ L_e ）とすることで、挿入物によるエネルギー損失を含めて計算することができる。



管路断面の拡大

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　伝熱

熱の移動のことで伝導、対流、放射の伝熱機構がある。熱は自然には高温から低温へ移動する。

Ⅰ　伝導伝熱

固体の中の伝熱（熱伝導）のこと。原子等の振動運動（熱エネルギー）が隣接する原子等へ伝わっていく機構。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

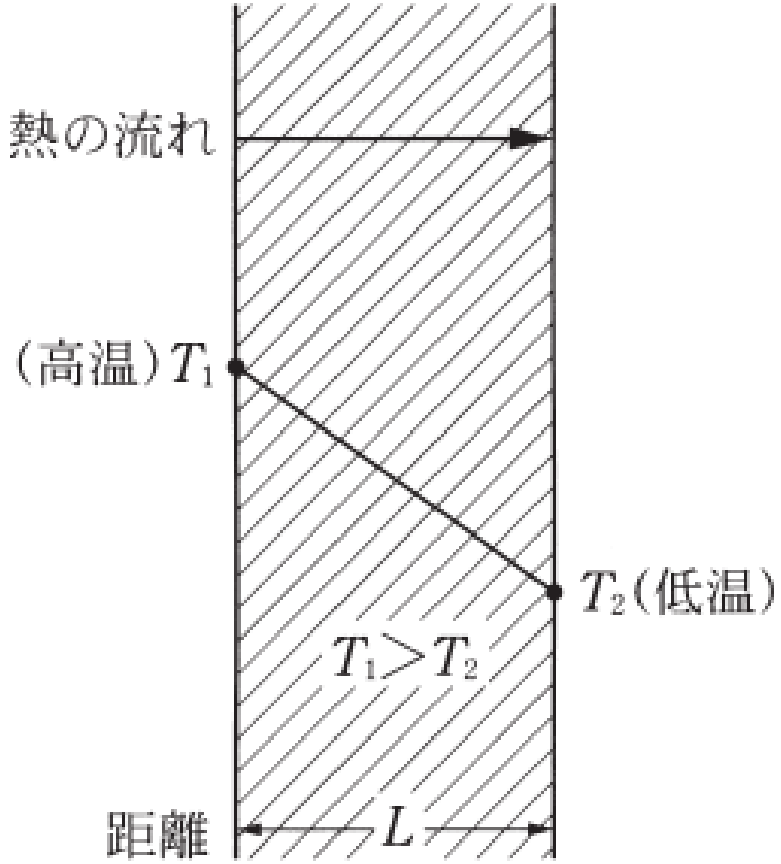
熱伝導率＜k＞　$\left[\frac{W}{m \cdot K}\right]$

物質の熱の伝わりやすさを表す値。

一般に、

金属（固体）＞液体あるいは非金属（固体）＞気体

空気（気体）は断熱層としての効果がある



伝熱速度Φ　$[W] = \left[J/s\right]$

平面壁における高温から低温への定常的な伝熱の場合、

厚さLの壁を通過する伝熱速度は次式となる。

$$\Phi = kA\frac{T_1 - T_2}{L} \qquad [W]$$

A　：伝熱面積　$[m^2]$

$\frac{T_1 - T_2}{L}$　：温度勾配　$[K/m]$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　対流伝熱と熱伝達

a）対流伝熱

流体内の伝熱のこと。熱エネルギーを持つ流体自体が対流により移動する機構。
対流は自然対流と強制対流に大別される。

自然対流：温度差により自然に起こる対流
強制対流：ポンプ等により機械的に起こされる対流

b）熱伝達

固体表面と流体間の伝熱のこと。

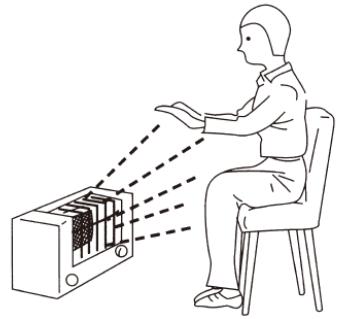
c）熱貫流

固体壁を隔てた高温流体から低温流体への伝熱。熱交換器で用いられる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　放射伝熱

空間を隔てて熱エネルギーを電磁波（熱放射線）の形で放射して伝熱する機構。
熱を伝える媒体を必要としない。

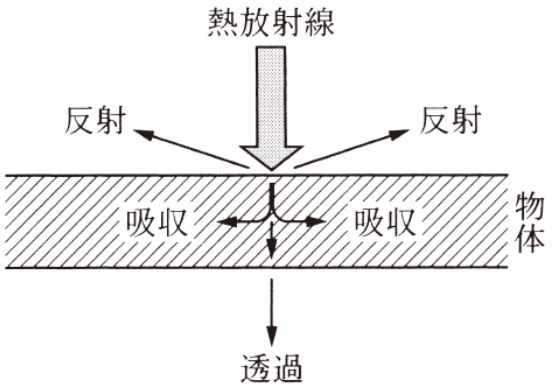


黒体

熱放射線をすべて吸収する仮想的かつ理想的な物体。

通常の物質では、熱放射線の一部を反射・透過した残りを吸収する。

黒体から放射される熱量[W/m^2]は黒体温度[K]の4乗に比例する

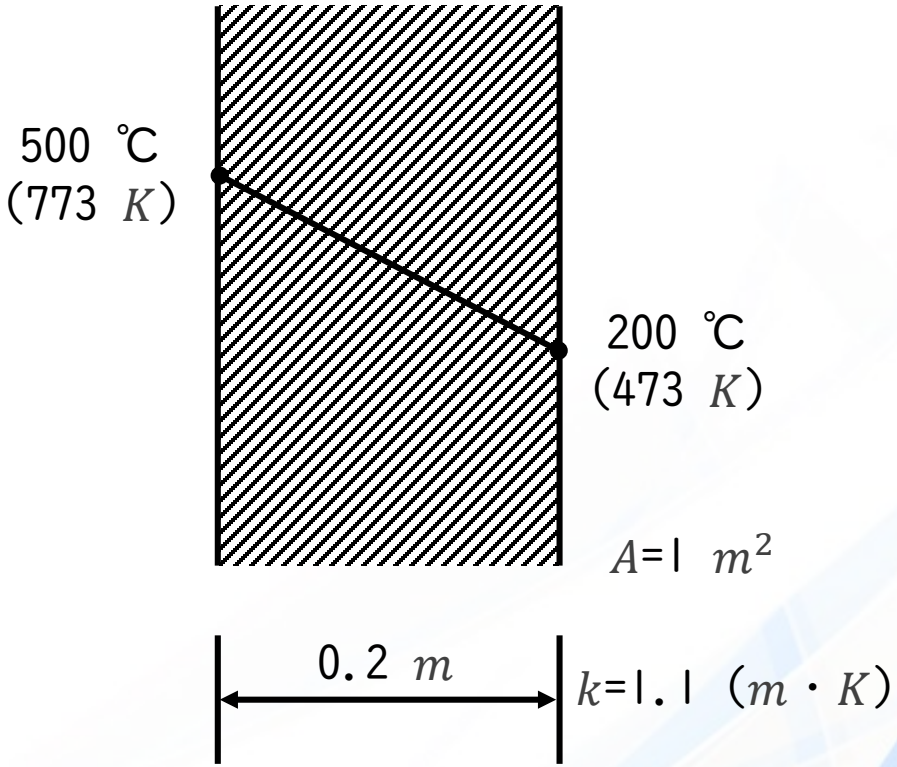


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

p. 71

86

厚さ20 cmの耐火れんがの炉壁がある。
炉壁の内面温度500℃、外面温度200℃のとき、
単位時間あたり、平面壁1 m^2当たりの熱損失量はいくらか。
ただし、耐火れんがの熱伝導率は1.1 $W/(m \cdot K)$とする。



$$\Phi = kA\frac{\Delta T}{L}$$

$$\frac{\Delta T}{L} = \frac{773 - 473}{0.2} = 1500 \quad \left[\frac{K}{m}\right]$$

$$\therefore \Phi = 1.1\left[\frac{W}{m \cdot K}\right] \times 1[m^2] \times 1500\left[\frac{K}{m}\right]$$
$$= 1650[W] = 1.65[kW]$$

注意：① 出題内容を図に描いて考える ② SI基本単位$[s], [m], [kg], [K]$に置き換えて計算する

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

Ⅰ　応力とひずみ

1　荷重の種類

部材に外から加わる力を荷重といい、加わり方や加わる速度の違いにより分類することができる。

荷重の加わり方に注目した場合の分類の例は以下。

a）引張荷重

b）圧縮荷重

c）せん断荷重

d）ねじり荷重

e）曲げ荷重

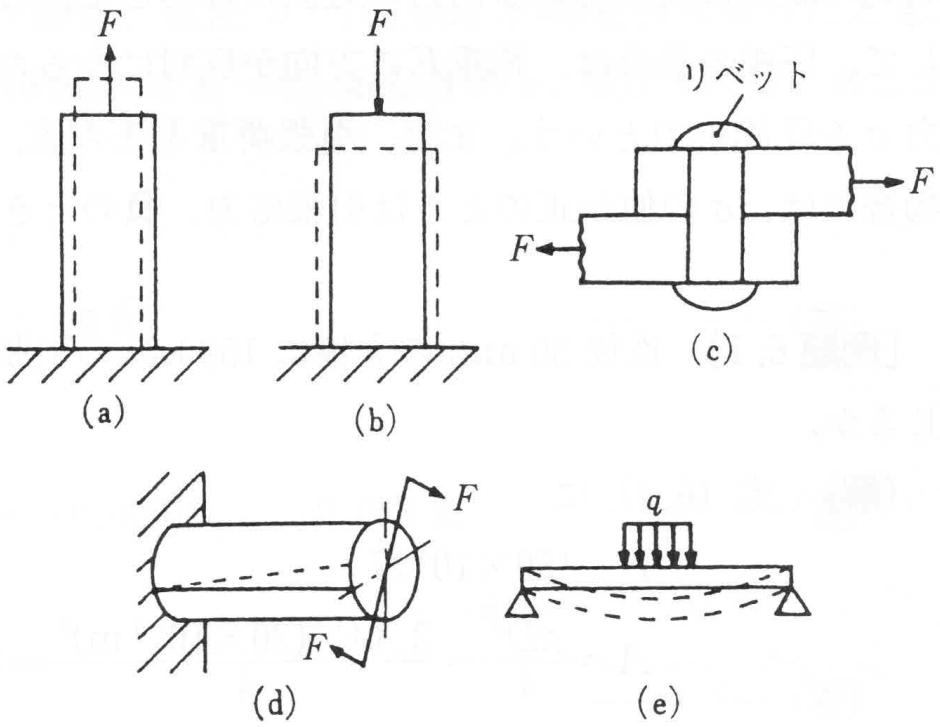


図 6.1　荷重の種類

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　応力（垂直応力）

力の釣合いより、

$F - F_{\mathrm{I}} = 0 \quad \therefore$ 内力$F_{\mathrm{I}} = F$ [N]
ここで、棒の断面積をA [m^2]とすると、

応力$\sigma = \dfrac{F_{\mathrm{I}}}{A} = \dfrac{F}{A}$ [MPa]　($\mathrm{Pa} = \mathrm{N/m^2}$)

$\mathrm{MPa} = 10^6\mathrm{Pa} = 10^6\mathrm{N/m^2}$

$\begin{cases} F > 0 \quad \Rightarrow \quad \sigma > 0 \text{（引張応力）} \\ F < 0 \quad \Rightarrow \quad \sigma < 0 \text{（圧縮応力）} \end{cases}$

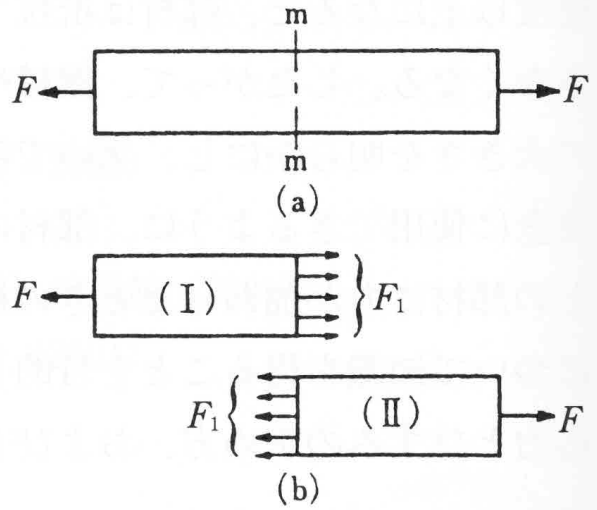


図 6.2　棒の引張りと応力

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〖例題6.1〗一様な断面をもつ丸棒の引張り

$$d = 30\text{mm} = 30 \times 10^{-3}\text{m}$$
$$F = 150\text{kN} = 150 \times 10^{3}\text{N}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (30 \times 10^{-3}\text{m})^2}{4} = \pi \times 225 \times 10^{-6}\text{m}^2$$

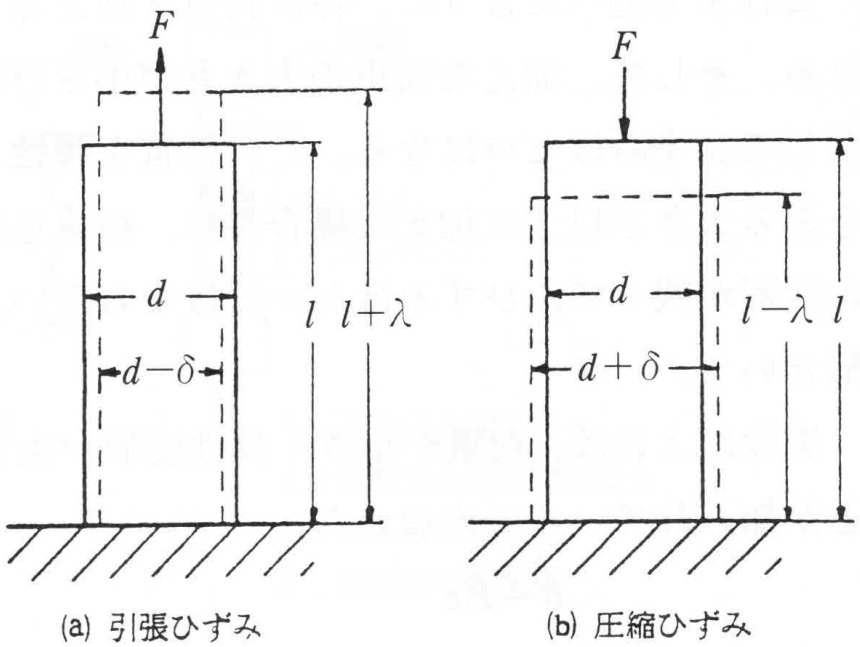
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{150 \times 10^{3}\text{N}}{\pi \times 225 \times 10^{-6}\text{m}^2} = 212 \times 10^{6}\text{N/m}^2 \ = 212\text{MPa}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　ひずみ（垂直ひずみ）

$$\begin{cases} \text{縦ひずみ } \varepsilon = \dfrac{\lambda}{l} \quad (\ \Rightarrow\ \lambda = \varepsilon l) \\ \quad \text{（ひずみと伸びの関係式）} \\ \text{横ひずみ } \varepsilon' = -\dfrac{\delta}{d} \end{cases}$$

$$\text{ポアソン比 } \nu = -\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \quad (\ \Rightarrow\ \varepsilon' = -\nu\varepsilon)$$



(a) 引張ひずみ　(b) 圧縮ひずみ

図 6.3　棒の引張／圧縮変形とひずみ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〖例題6.2〗一様な断面をもつ丸棒の引張り

$l = 5.00\mathrm{m}$ ， $d = 100\mathrm{mm} = 100 \times 10^{-3}\mathrm{m}$

$\lambda = 3\mathrm{mm} = 3 \times 10^{-3}\mathrm{m}$ ， $\delta = 0.018\mathrm{mm} = 0.018 \times 10^{-3}\mathrm{m} = 18 \times 10^{-6}\mathrm{m}$

縦ひずみ $\varepsilon = \dfrac{\lambda}{l} = \dfrac{3 \times 10^{-3}\mathrm{m}}{5.00\mathrm{m}} = 0.0006 = 0.06\ \%$

横ひずみ $\varepsilon' = -\dfrac{\delta}{d} = -\dfrac{18 \times 10^{-6}\mathrm{m}}{100 \times 10^{-3}\mathrm{m}} = -0.00018 = -0.018\%$

ポアソン比 $\nu = -\dfrac{\varepsilon'}{\varepsilon} = -\dfrac{(-0.00018)}{0.0006} = 0.3$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　フックの法則

応力とひずみの関係式

$$\sigma = E\varepsilon \quad \Leftrightarrow \quad \varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad \left(\varepsilon' = -\nu\varepsilon = -\nu\frac{\sigma}{E}\right)$$

E: 縦弾性係数（ヤング率）　[GPa]

($\mathrm{GPa} = 10^9\mathrm{Pa} = 10^9\mathrm{N/m^2}$)

応力、ひずみ、伸びの計算手順

外力　F

↓ ←力の釣合式

内力　F_I、応力　σ

↓ ←応力とひずみの関係式（フックの法則）

ひずみ　ε

↓ ←ひずみと伸びの関係式

伸び　λ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〖例題6.3〗一様な断面をもつ丸棒の引張り

$$l = 5.00\mathrm{m} \quad , \quad d = 100\mathrm{mm} = 100 \times 10^{-3}\mathrm{m}$$
$$F = 200\mathrm{kN} = 200 \times 10^{3}\mathrm{N}$$
$$E = 206\mathrm{GPa} = 206 \times 10^{9}\mathrm{Pa}\ (\mathrm{N/m^2})$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (100 \times 10^{-3}\mathrm{m})^2}{4} = \pi \times 25 \times 10^{-4}\mathrm{m^2}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{200 \times 10^{3}\mathrm{N}}{\pi \times 25 \times 10^{-4}\mathrm{m^2}} = 25.5 \times 10^{6}\mathrm{N/m^2} = 25.5 \times 10^{6}\mathrm{Pa} = 25.5\mathrm{MPa}$$

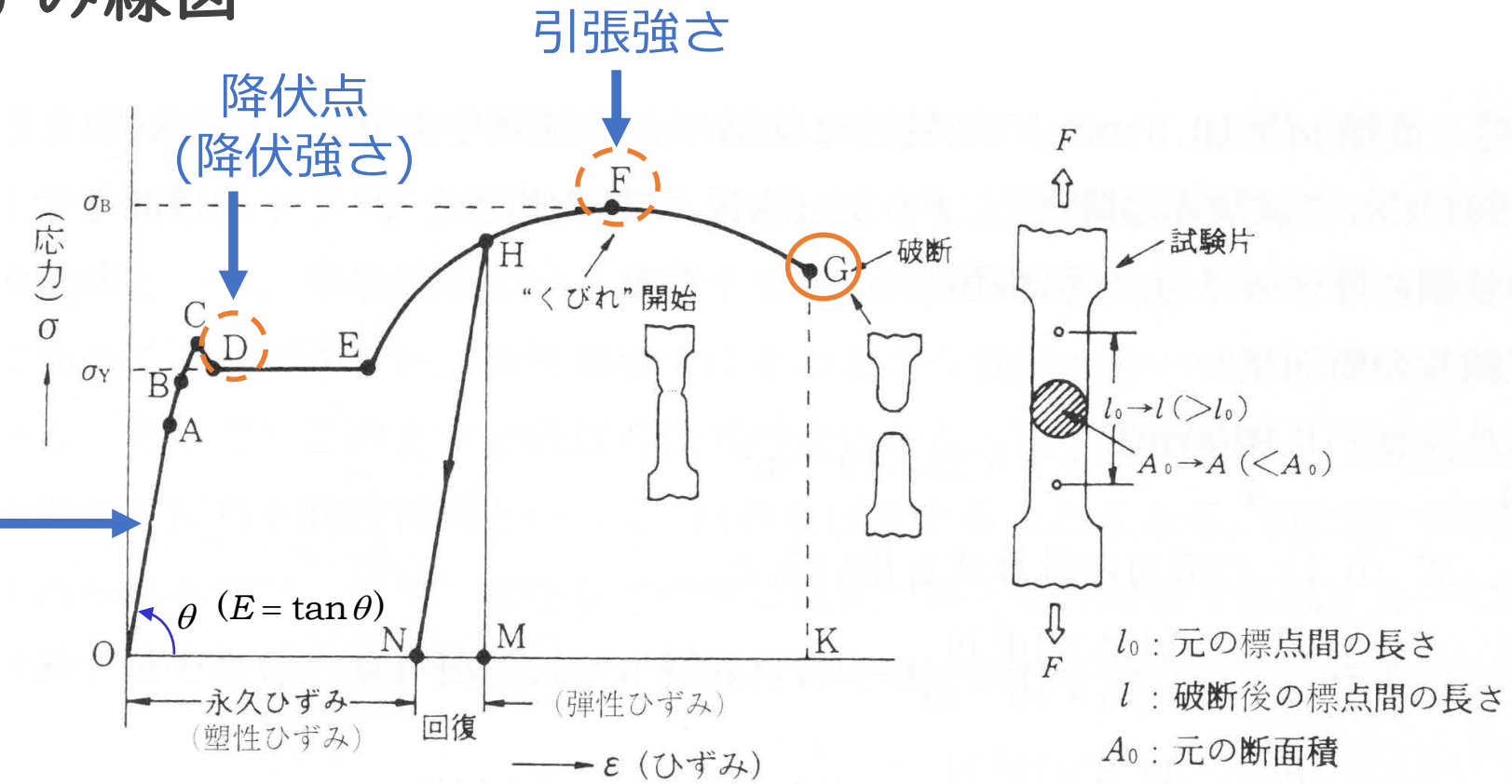
$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{25.5 \times 10^{6}\mathrm{Pa}}{206 \times 10^{9}\mathrm{Pa}} = 0.000124 = 0.0124\ \%$$

$$= 124 \times 10^{-6} = 124\mu = 124\ \text{マイクロストレイン}\ (\mu = 10^{-6})$$

$$\lambda = \varepsilon l = 0.000124 \times 5.00\mathrm{m} = 0.62 \times 10^{-3}\mathrm{m} = 0.62\mathrm{mm}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5　応力 － ひずみ線図



弾性変形（0 → B）⇒ 塑性変形（B → G）⇒ 破壊

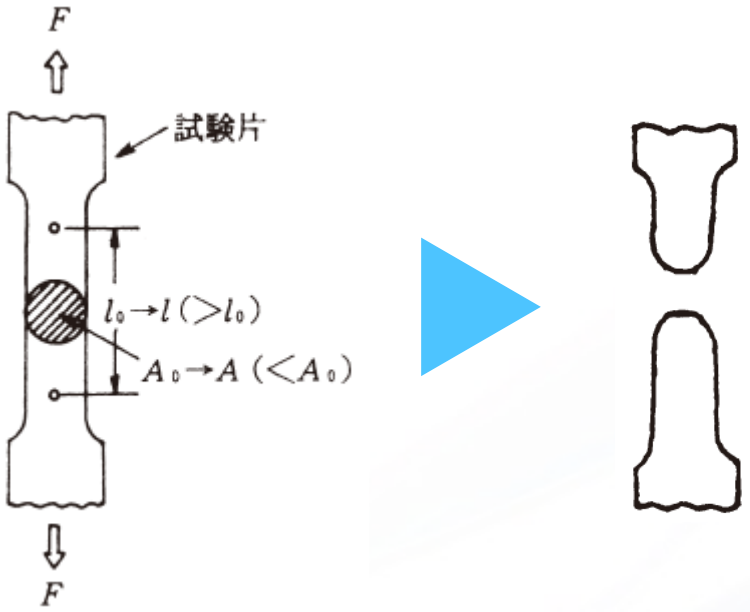
図 6.4　応力-ひずみ線図

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

材料試験（引張試験）

【参考】



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

【参考】（続き）

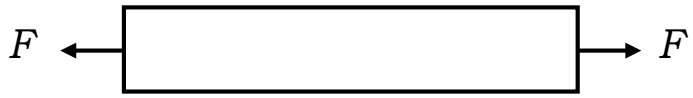
$$\text{伸び}(\%): \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100$$

$$\text{絞り}(\%): \frac{\Delta A}{A_0} \times 100 = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100$$

強度（Strength）
　破壊に対する抵抗力
剛性（Rigidity）
　変形に対する抵抗力
靭性（Toughness）
　破壊に要するエネルギー

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

〖例題6.4〗一様な断面をもつ丸棒の引張り



$d = 10\text{mm} = 10 \times 10^{-3}\text{m}$

降伏荷重: $F = 19.4\text{kN} = 19.4 \times 10^{3}\text{N}$

最大荷重: $F = 32.6\text{kN} = 32.6 \times 10^{3}\text{N}$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (10 \times 10^{-3}\text{m})^2}{4} = \pi \times 25 \times 10^{-6}\text{m}^2$$

$$\text{降伏強さ } \sigma_{\text{Y}} = \frac{F}{A} = \frac{19.4 \times 10^{3}\text{N}}{\pi \times 25 \times 10^{-6}\text{m}^2} = 247 \times 10^{6}\text{N/m}^2 = 247\text{MPa}$$

$$\text{引張強さ } \sigma_{\text{B}} = \frac{F}{A} = \frac{32.6 \times 10^{3}\text{N}}{\pi \times 25 \times 10^{-6}\text{m}^2} = 415 \times 10^{6}\text{N/m}^2 = 415\text{MPa}$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　強度と破壊

1　応力集中

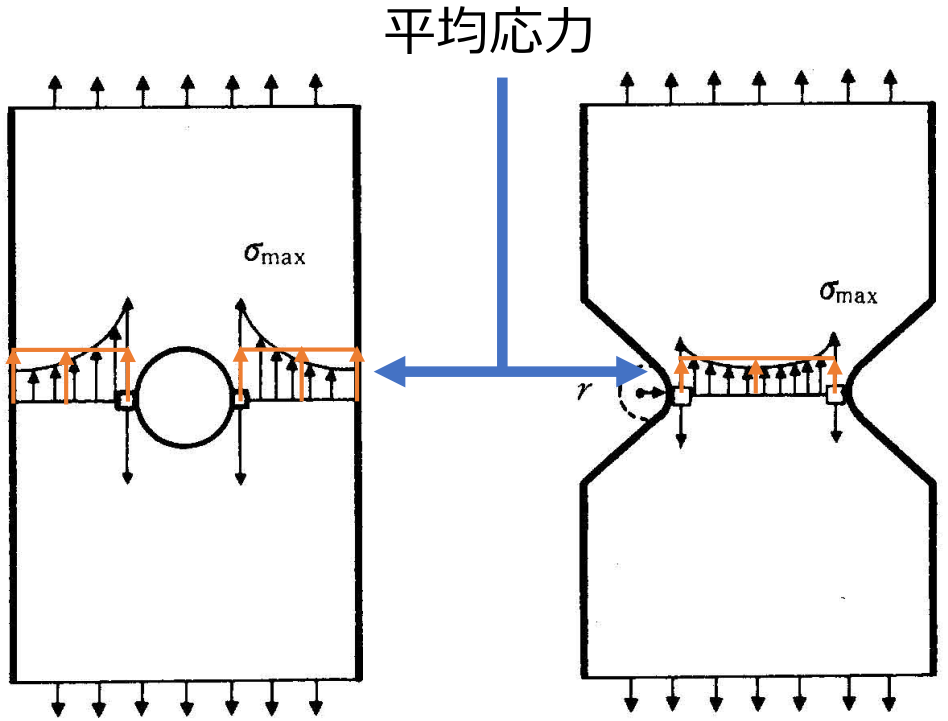


図 6.5　応力集中

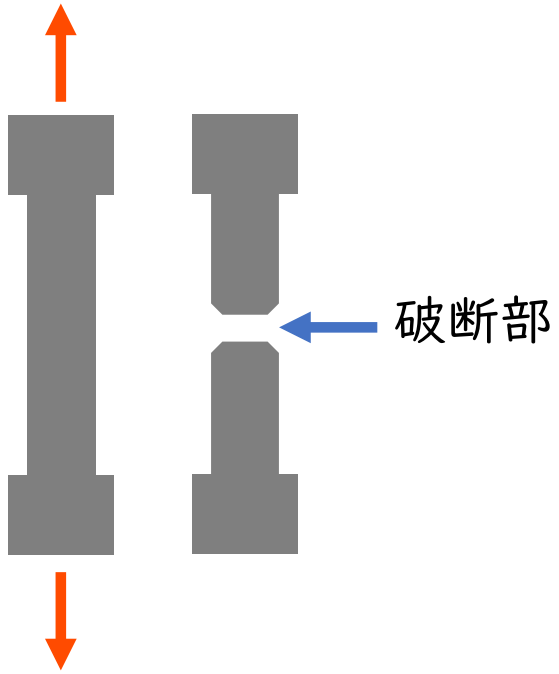
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　延性破壊と脆性破壊

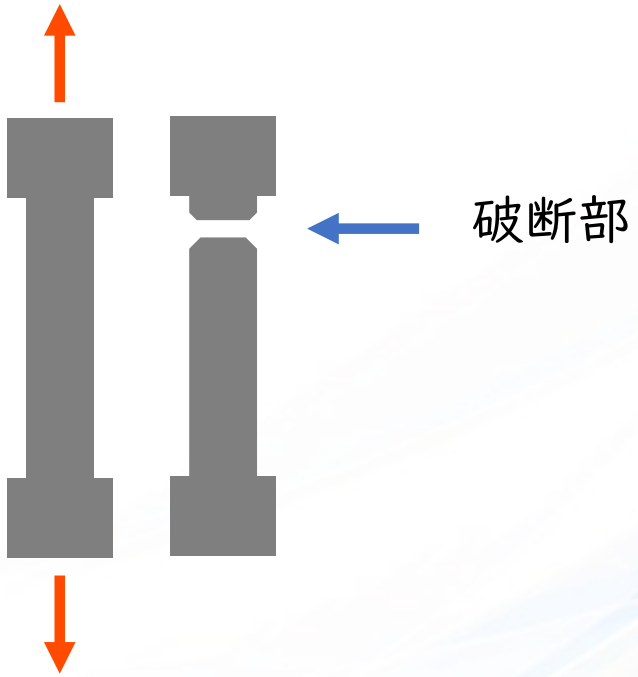
弾性変形　⇒　塑性変形　⇒　破壊

軟鋼



延性破壊

鋳鉄



脆性破壊

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　疲労

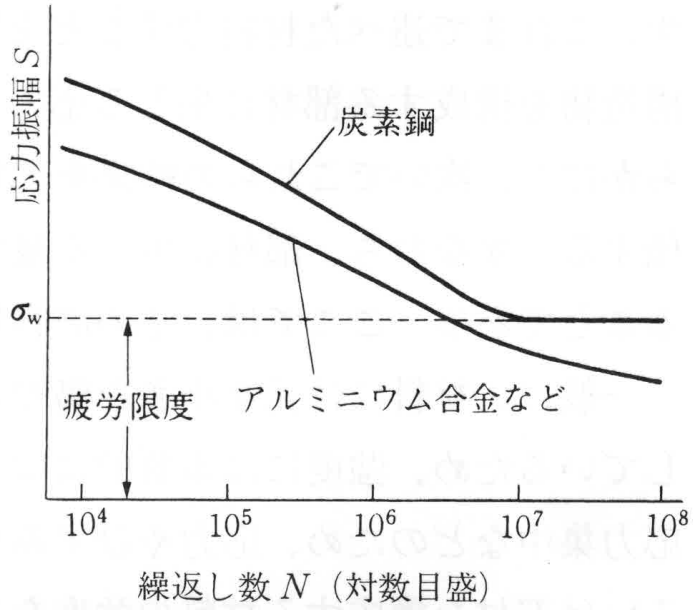


図 6.6　S-N曲線（疲労寿命曲線）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　クリープ

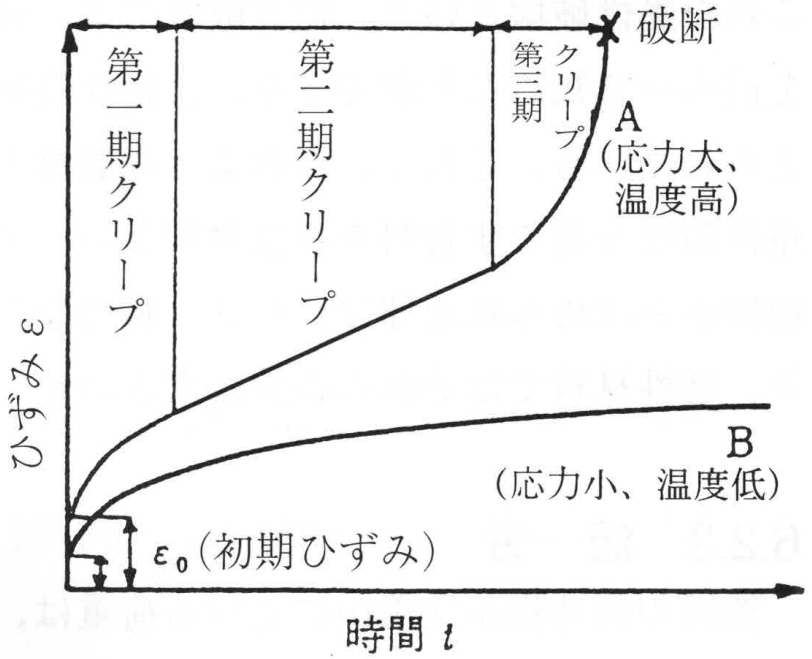


図 6.7　クリープ曲線

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5　許容応力と安全率

- **強度評価**
  過大な応力によって機械・構造物が破壊しないようにするには、その機械・構造物が十分な強度を有することが必要である。

$$\text{使用応力} \leq \text{許容応力} \qquad \text{許容応力} = \frac{\text{基準強さ}}{\text{安全率}}$$

基準強さの例：　引張強さ　（静荷重をうける脆性材料）
降伏点　（静荷重をうける延性材料）

安全率　＞1　（応力計算の精度や強度のバラツキなどの不確かさを考慮）
［例］4（化学プラント）、3（原発の重要機器、施設）、1.5（航空機）

- **剛性評価**
  過大な変形によって機械・構造物の機能が喪失しないようにするには、その機械・構造物の荷重に対する変形のしにくさ、すなわち、十分な剛性を有することが必要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ　材料の基礎

1次結合

（a）イオン結合
（b）共有結合
（c）金属結合

2次結合

（d）ファン・デル・ワールス結合
（ex. 水素結合）

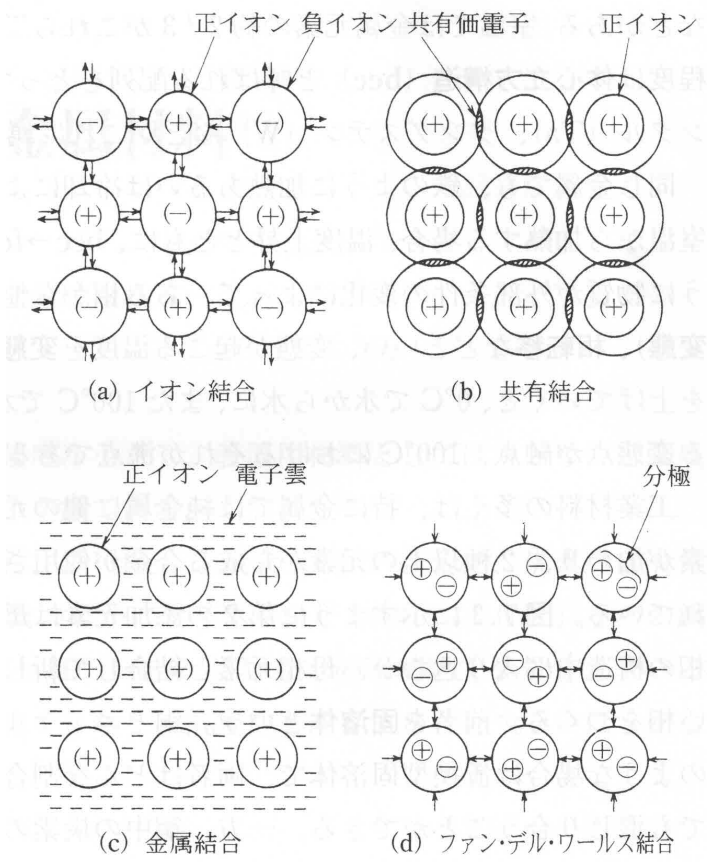
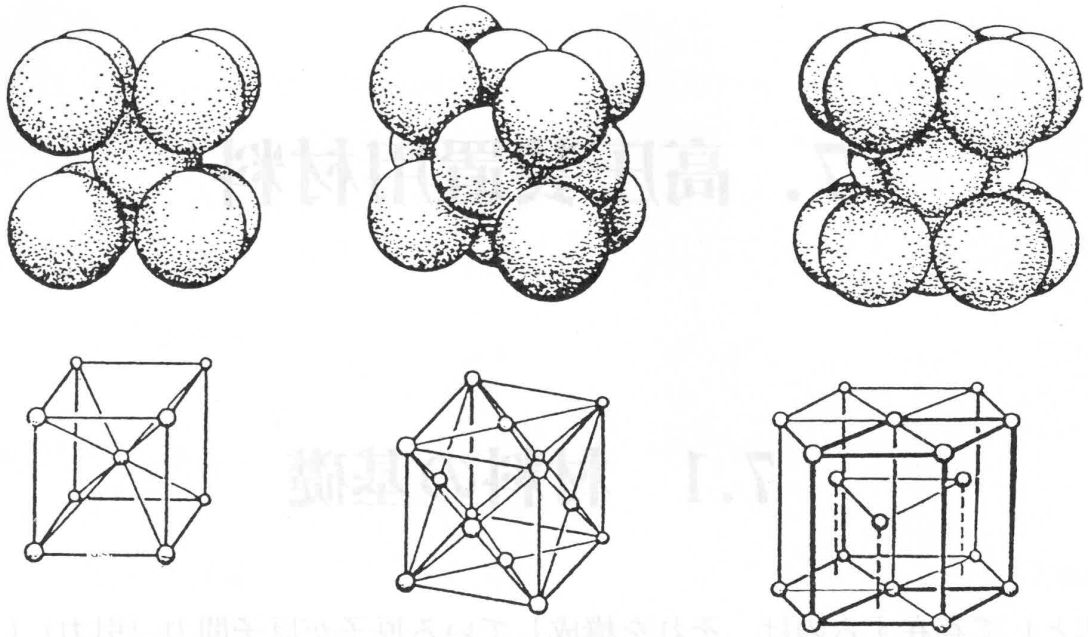


図 7.1　原子の結合様式

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

代表的な結晶構造



(a) 体心立方構造(bcc)　(b) 面心立方構造(fcc)　(c) 最密六方構造(hcp)

図 7.2　主な金属の結晶格子の単位胞

(Cr, Mo, Fe)　(Al, Ni, Cu, Ag, Fe)　(Zn, Cd, Mg)

Feの相変態（相転移）

bcc → fcc → bcc

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

固溶体

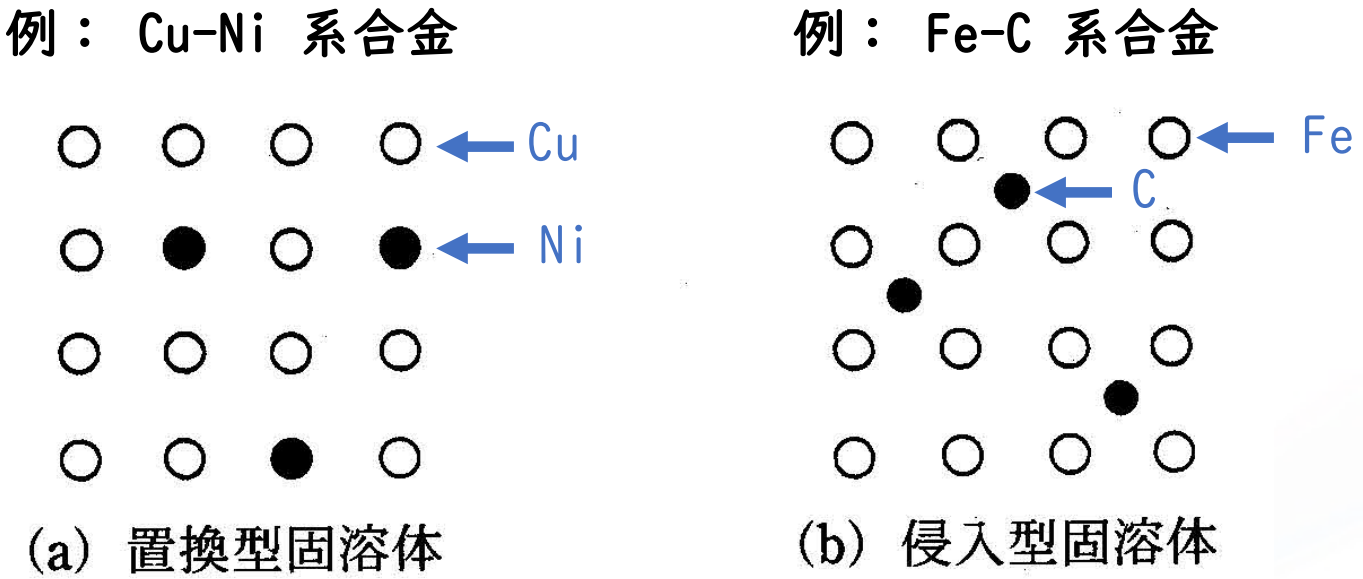


図 7.3 固溶体の構造

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表 7.1 材料の諸性質の定性的比較

項目	金属材料	プラスチック	セラミックス
化学結合	金属結合	共有結合	イオン結合 共有結合
融点 沸点 密度	中~高 高 大	低 低 小	高 高 中
電導性、熱伝導性 熱膨張率	高 中	低 大	低 小
硬さ、圧縮強さ 弾性率	中 大	小 小	大 大
周期表での元素の組合せ	中央部	炭素との結合	右端と左端

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　金属材料

Ⅰ 炭素鋼

C（0.02～2 %）＋Si，Mn＋P，S

a）炭素含有量と炭素鋼の機械的性質の関係

炭素鋼の機械的性質は、炭素含有量によって大きく変化する。

引張強さ、降伏点は炭素含有量の増加とともに大きくなり、伸び、絞りなどは小さくなる。

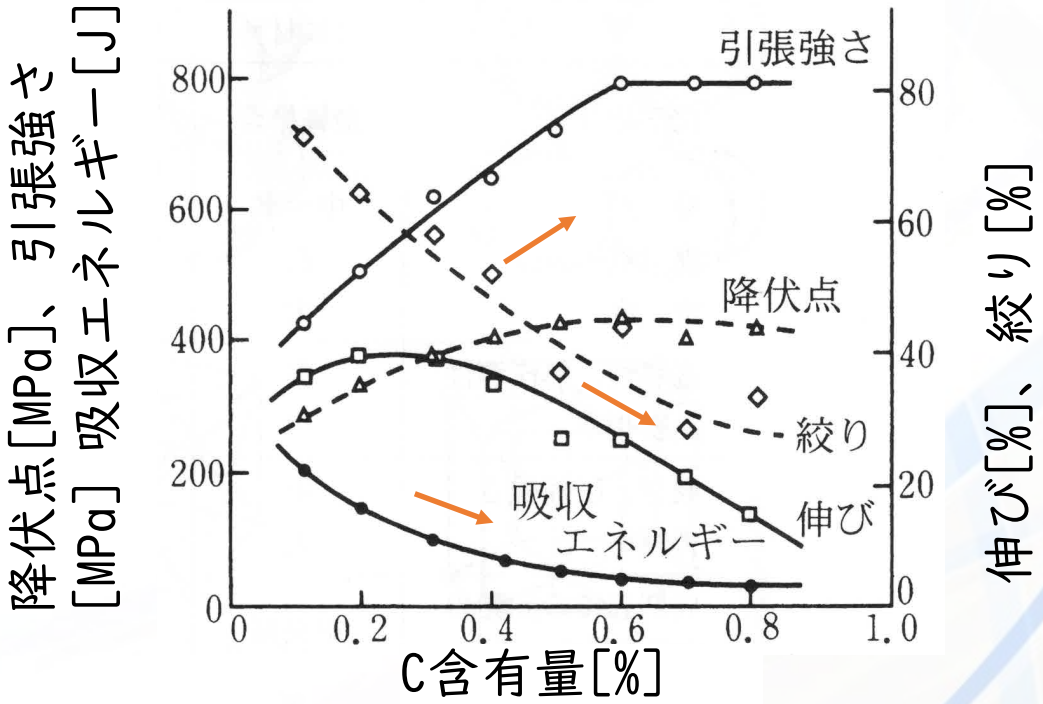


図7.4 焼ならしした炭素鋼の機械的性質に及ぼす炭素含有量の影響

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b） 炭素鋼の熱処理

所定の高温度に加熱し、ある時間保持した後適当な方法と速度で冷却する一連の操作

- 焼ならし（焼準）　：加熱 ⇒ 保持 ⇒ 空冷（大気中）
- 焼なまし（焼鈍）　：加熱 ⇒ 保持 ⇒ 徐冷（炉中）
- 焼入れ　：加熱 ⇒ 保持 ⇒ 急冷（水、油中）
- 焼もどし　：再加熱 （共析変態温度以下）⇒ 冷却

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c） 炭素鋼の種類

- 普通鋼（引張強さ 600MPa未満，C量 0.6%未満）
- 特殊鋼
- 低炭素鋼（C量 0.25%未満）
- 中炭素鋼（C量 0.25%以上 0.6%未満）
- 高炭素鋼 （0.6%以上）
- キルド鋼
- セミキルド鋼
- リムド鋼

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　合金鋼

C+Ni, Cr, Mn, Mo, etc.

a）高張力鋼（High Tensile Strength Steel）
- Mn, Si, Ni, Cr, Mo, etc. 微量添加
- 靭性・溶接性保持＋高強度
- HT60（590 MPa 級），HT70（690 MPa 級），HT80（780 MPa 級）

b）クロムモリブデン鋼
- Cr, Mo 少量添加
- 溶接性、加工性良好
- +Ni（ニッケルクロムモリブデン鋼）高温靭性改善

c）ニッケル鋼
- Ni 少量添加
- 低温靭性改善

【参考】

$590\mathrm{MPa} = 60\mathrm{kg/mm^2}$
$690\mathrm{MPa} = 70\mathrm{kg/mm^2}$
$780\mathrm{MPa} = 80\mathrm{kg/mm^2}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d）ステンレス鋼

- Cr ≧ 約11%添加　耐食性良好

（1）13クロムステンレス鋼
（Fe-Cr系：フェライト、マルテンサイト系）
- 大気中/水中でさびが発生しにくい

（2）18-8ステンレス鋼（SUS304）
（Fe-Cr-Ni系:オーステナイト系）
高耐食性，磁性なし
高温/低温での優れた機械的性質（高温 & 低温用材料）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　鋳鉄および鋳鋼

a）鋳鉄

- C ≧ 2 %　脆性，低衝撃性，難溶接性
- 複雑形状の鋳物
- 使用制限：高圧ガス設備用

b）鋳鋼

- 溶鋼 ⇒ 鋳型注入 ⇒ 鋳造品
  普通鋼鋳鋼，合金鋼鋳鋼，ステンレス鋳鋼，etc.

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　銅および銅合金

a）銅

元素記号Cu。電気及び熱の良伝導体であり、軟らかく展延性に富み、加工性がよい。耐食性もある程度ある。熱交換器用管材に用いられる。

b）黄銅

銅と亜鉛（Zn）の合金。真鍮とも呼ぶ。亜鉛の含有率40%以下が実用的。銅に比べて、強度耐食性に優れる。鋳造しやすい。継手、バルブに用いられる。

c）青銅

銅とスズ（Sn）の合金。砲金とも呼ぶ。Snを10%程度含む。黄銅に比べて、強度が高く延性に富み、耐食性に優れる。鋳造しやすい。青銅にリン（P）を加えたものはリン青銅と呼ぶ。バルブ、コックに用いられる。

d）　アルミニウム青銅

銅とアルミニウム（Al）の合金。Alを6～12%含む。青銅に比べて、機械的性質、耐食性、耐熱性に優れる。製造法が難しい。化学工業用機器に用いられる。

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5　アルミニウムおよびアルミニウム合金

代表的な軽金属。純度が高いほど軟らかく加工性がよい。酸、アルカリ、海水等に侵される。
銅、ケイ素（Si）、マグネシウム（Mg）等を添加して合金化することで、強度を改善して用いる。
アルミニウム合金は、軽く機械的性質が良好で、低温での脆化現象がなく、加工性も良い。
極低温機器材料に用いられる。

6　チタンおよびチタン合金

軽金属。純金属でもある程度強度が高く、海水や腐食性環境で優れた耐食性がある。純金属は熱交換器用材料に用いられ、チタン合金は航空機部品に用いられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7　金属材料の温度特性

a）低温特性

低温用材料

低温用Ni鋼（最低使用温度制限）

18-8ステンレス鋼 ＊

アルミニウムおよびアルミニウム合金 ＊

銅および銅合金 ＊

＊ 結晶構造： 面心立方格子（fcc）
極低温においても脆性を示さない

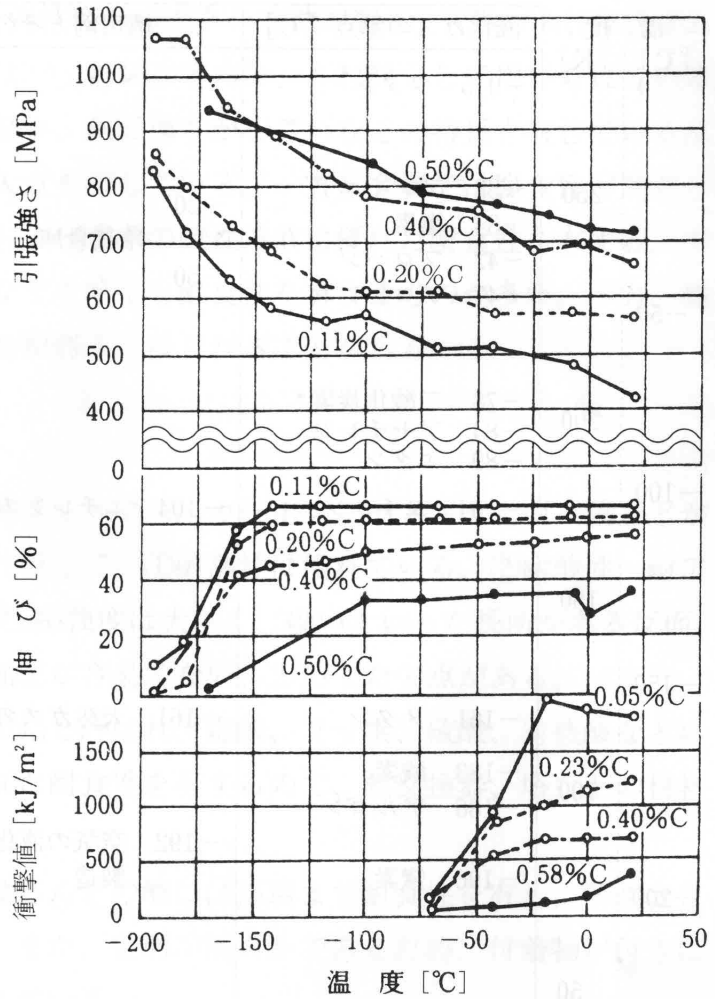


図 7.5　低温における炭素鋼の機械的性質

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

低温材料の例

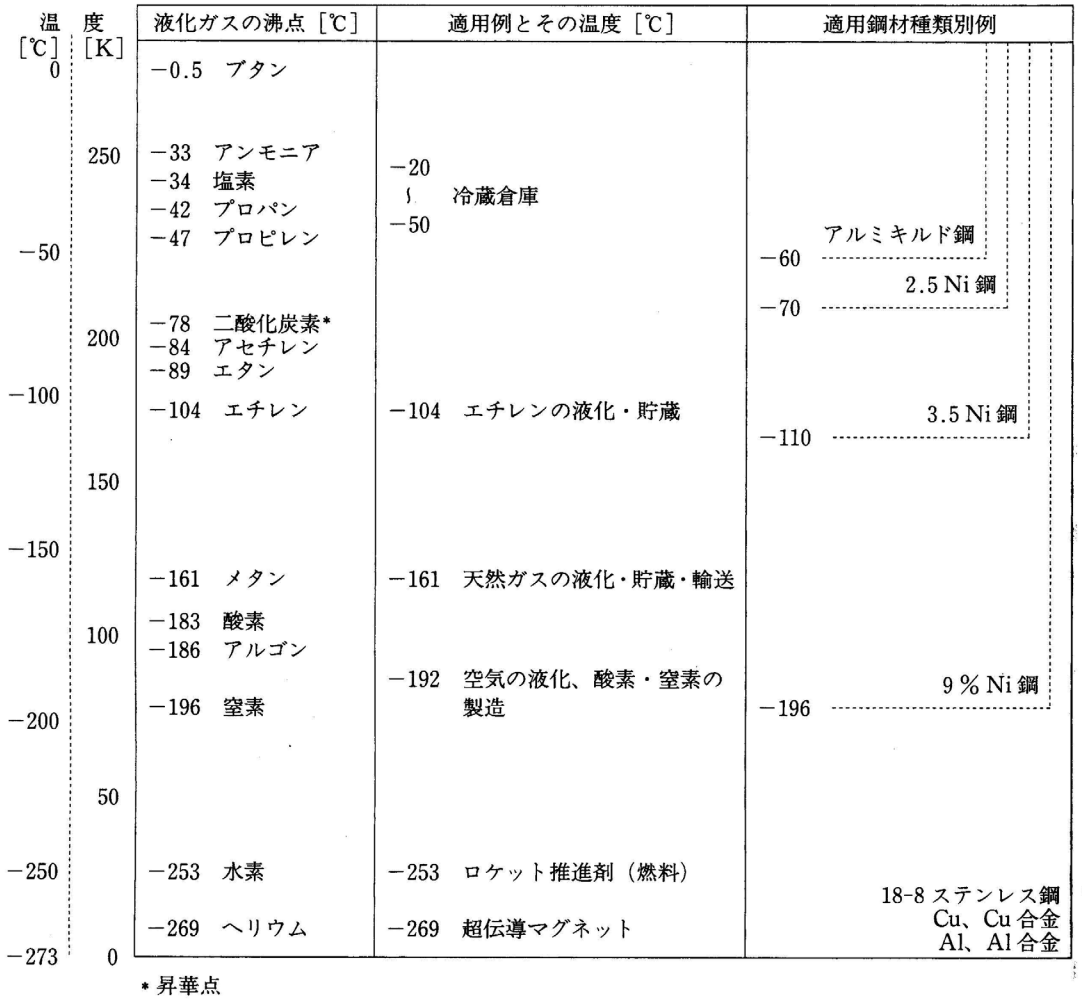


図 7.6 低温で使用される鉄鋼および非鉄金属材料の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）高温特性

高温用材料

Cr-Mo鋼 ← Cr、Mo 添加による高温強度向上

18-8ステンレス鋼

25Cr-20Niステンレス鋼

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3 非金属材料

1 有機材料

熱可塑性樹脂（塩化ビニル樹脂，ポリエチレン，フッ素樹脂，etc.）
熱硬化性樹脂（エポキシ樹脂，フェノール樹脂，不飽和ポリエステル樹脂，etc.）

- エラストマー

2 無機材料

- カーボン
- ガラス
- セラミックス
- エンジニアリングセラミックス（ファインセラミックス）

【参考】

高耐熱性プラスチック
- エンプラ（エンジニアリングプラスチック）
- スーパーエンプラ

3 複合材料

- FRP（Fiber Reinforced Plastics：繊維強化プラスチック）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ　腐食の基礎

化学的劣化

- 腐食（Corrosion）

湿食：水（電解質溶液）の存在下
乾食：水の存在は不要、高温下

← 溶存酸素(02)
水素イオン(H+)

【参考】

物理的劣化

- 摩耗（Wear）
  - 固体－固体間（摩擦）
- エロージョン（Erosion）
  - 固体－流体間（衝突

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

1　原子とイオン

陽イオン：原子 － 電子 ，陰イオン：原子 ＋ 電子

2　酸化と還元

酸化： － 電子 ，還元：＋ 電子

腐食は酸化反応（金属が電子を奪われて陽イオンになる）

3　イオン化傾向

イオン化列

（イオン化列の順序がそのまま腐食しやすさを決めているわけではない）

4　pH

環境のpHが腐食に影響することが多い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　湿食

1　腐食電池

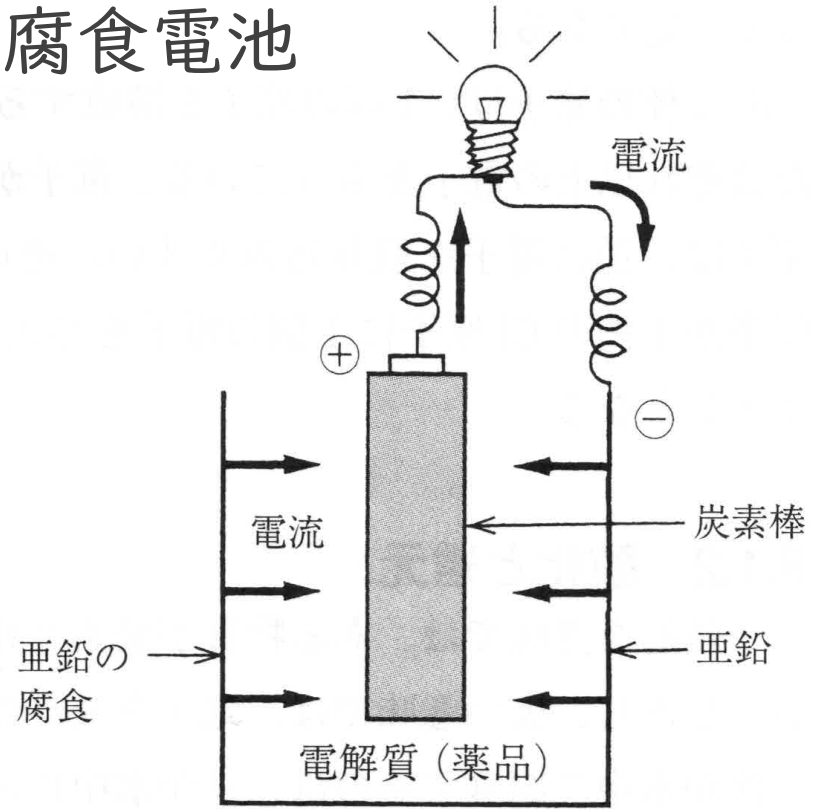


図 8.1　乾電池（腐食電池のモデル）

（異種金属接触腐食）

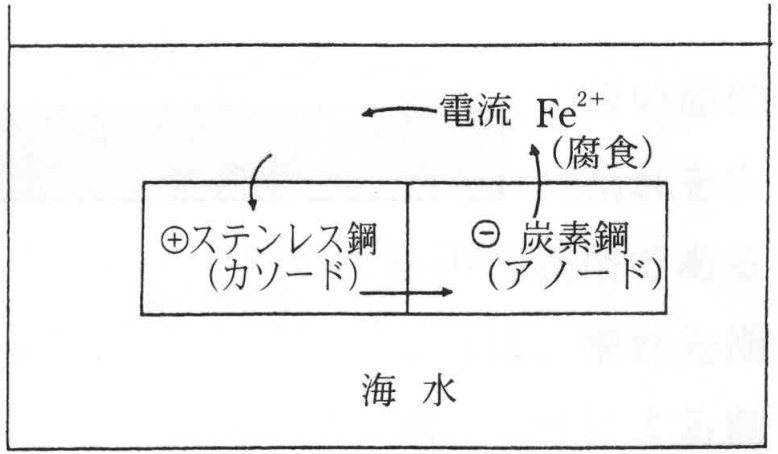


図 8.2　ステンレス鋼と炭素鋼の接触でできる腐食電池

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　種々の金属の腐食特性

- **炭素鋼**
  さび（保護性小）
- **銅、亜鉛**
  腐食生成物皮膜（耐食性良好）
- **ステンレス鋼、アルミニウム、チタン**
  不動態皮膜（耐食性良好）
  海水中での局部腐食（ステンレス鋼、アルミニウム）
  酸性環境では腐食生成物皮膜、不動態皮膜は溶解し保護性（耐食性）は失われる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　種々の湿食

a）均一腐食

b）異種金属接触腐食

c）材質の不均一による腐食

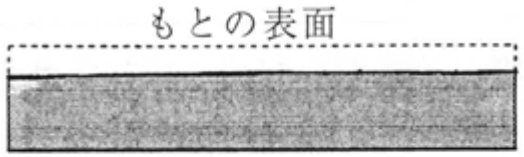
d）孔食

e）粒界腐食

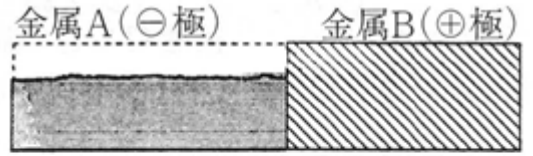
f）応力腐食割れ

g）腐食疲労

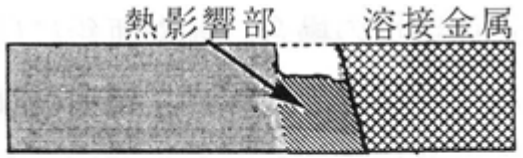
h）エロージョン・コロージョン



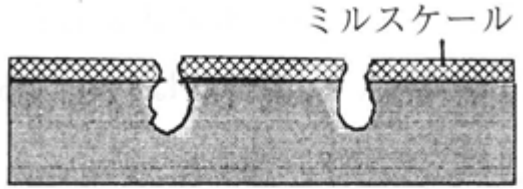
a）均一腐食
対象：金属全般。



b）異種金属接触腐食
対象：金属全般。亜鉛、アルミニウム(合金)、炭素鋼に多い。



c）材質不均一による腐食①
(溶接部の腐食)
対象：炭素鋼など。

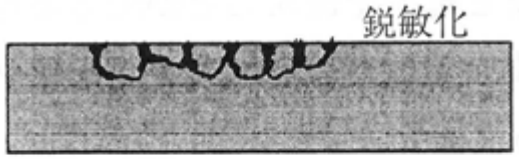


c）材質不均一による腐食②
(表面皮膜の不均質部の腐食)
対象：例えば、ミルスケール付着炭素鋼。

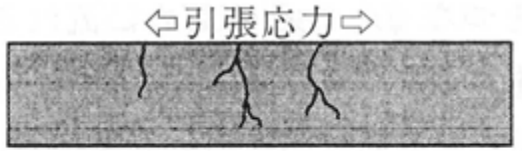
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d）孔食
対象：金属全般。

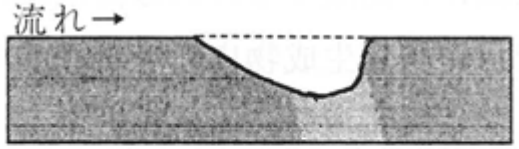


e）粒界腐食
対象：主にステンレス鋼、
高ニッケル合金。
（黄銅、アルミニウム）



f）応力腐食割れ
対象：金属全般。

g）腐食疲労
対象：金属全般。



h）エロージョン・コロージョン
対象：金属全般。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　乾食

1）酸化　高温の空気（酸素）／水蒸気／二酸化炭素
2）硫化　硫化水素／硫化水素を含む高温ガス
3）ハロゲンガス腐食　高温の塩素ガス／塩化水素ガス
4）水素浸食　高温高圧の水素ガス環境（Cr-Mo系低・中合金鋼）
5）侵炭　高温のCO-CO_2／CH_4-H_2／CO-H_2-H_2Oガス
6）カルボニル腐食　高温高圧の一酸化炭素
7）窒化　高温の窒素ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表8.1 種々の乾食

種類	対象金属*	腐食の内容と対策
1）酸化	炭素鋼など	高温の空気、酸素、水蒸気、二酸化炭素中で酸化物皮膜を生成。クロム、ニッケル、アルミニウム、炭素鋼などでは皮膜が緻密であるため、時間とともに酸化速度は低下。炭素鋼にクロムやケイ素を加えると耐酸化性向上。ステンレス鋼ではかなり良好。高ニッケル合金はさらに良好。
2）硫化	炭素鋼 ニッケル	硫化水素やこれを含むガス中で硫化物皮膜を生成。アルミニウムやクロムは強い。これらを加えると炭素鋼の耐硫化性改善。水素が共存すると炭素鋼の硫化物皮膜は多孔質化し、これらの合金鋼も耐食性劣化。ステンレス鋼は良好。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表8.1 種々の乾食（続き）

種類	対象金属*	腐食の内容と対策
3）ハロゲンガス腐食	炭素鋼 低合金鋼 ステンレス鋼	高温の塩素ガス、塩化水素ガス中で炭素鋼、ステンレス鋼、クロムなどは激しく腐食。水分がある塩素ガスにチタンは良好であるが、乾燥した塩素には激しく侵される。低濃度のハロゲンガスを含む都市ガス焼却炉燃焼ガス中ではボイラ管付着灰中に低融点化合物ができ、酸化物スケールを破壊して腐食増大。
4）水素侵食	炭素鋼	高温高圧の水素ガスに接する炭素鋼や低合金鋼中には水素が侵入し、炭化物と反応して鋼を脱炭させ、高圧のメタンガスを生成するため結晶粒界に微細なき裂が生じ、機械的性質が低下する。Cr-Mo系低中合金鋼はこれらの元素が炭化物を安定化させるので強い。ステンレス鋼は良好。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表8.1 種々の乾食（続き）

種類	対象金属*	腐食の内容と対策
5）浸炭	炭素鋼 低合金鋼 ステンレス鋼	一酸化炭素、炭化水素を含む環境中で金属表面に炭素が遊離・付着する場合、炭素が金属内に侵入し、金属炭化物を生成して脆化。ステンレス鋼はこのため固溶クロムが低下して耐食性低下。25% Cr-20% Ni鋳鋼、20%Cr-30% Ni鋼は改善。
6）カルボニル腐食 一酸化炭素(CO)	鋼、ニッケル	高温高圧の一酸化炭素は、鉄、ニッケルなどに作用して揮発性のカルボニル化合物を生成して腐食する。銅のライニングなどを施す。
7）窒化	炭素鋼 低合金鋼	高温窒素ガスが金属に侵入し窒素化物を生成するため脆化。高温のアンモニアガス中でも問題。オーステナイト系ステンレス鋼では改善。ニッケルが高いほど良好。

＊ その環境で実用的に使用される金属で腐食問題のあるもの。他の金属も腐食しうる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　防食法

Ⅰ　腐食対策の考え方

腐食が起こりにくい構造設計と材料選択

- 構造設計による腐食の軽減
- 適切な構造設計下での各種防食法の適用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　各種の防食法

ａ）有機被覆

ｂ）金属被覆

ｃ）環境処理

・ 有害物質の除去　・ 防食剤の添加

ｄ）電気防食法（図8.4参照）

・ カソード防食法

犠牲陽極法（流電陽極法）、外部電源法

ｅ）耐食金属の利用

ｆ）腐食しろの付加

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

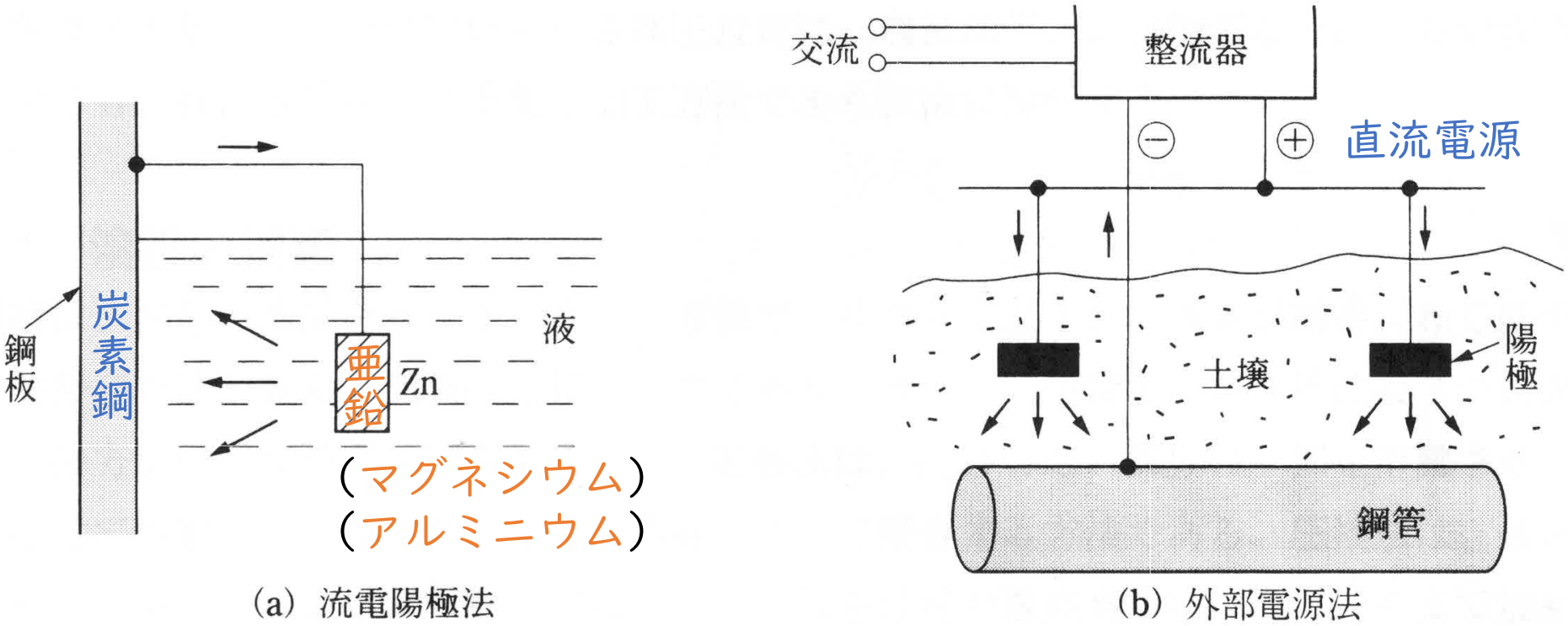


図 8.4　電気防食法の原理

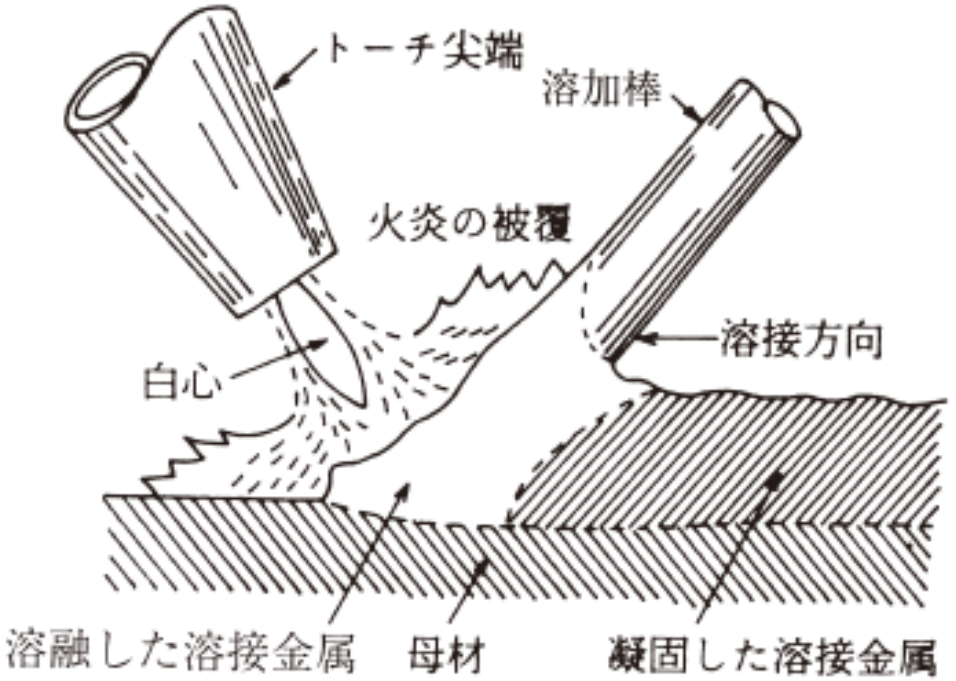
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Ⅰ　溶接加工と非破壊検査

1　溶接の種類

a）ガス溶接

可燃性ガスの燃焼熱を利用



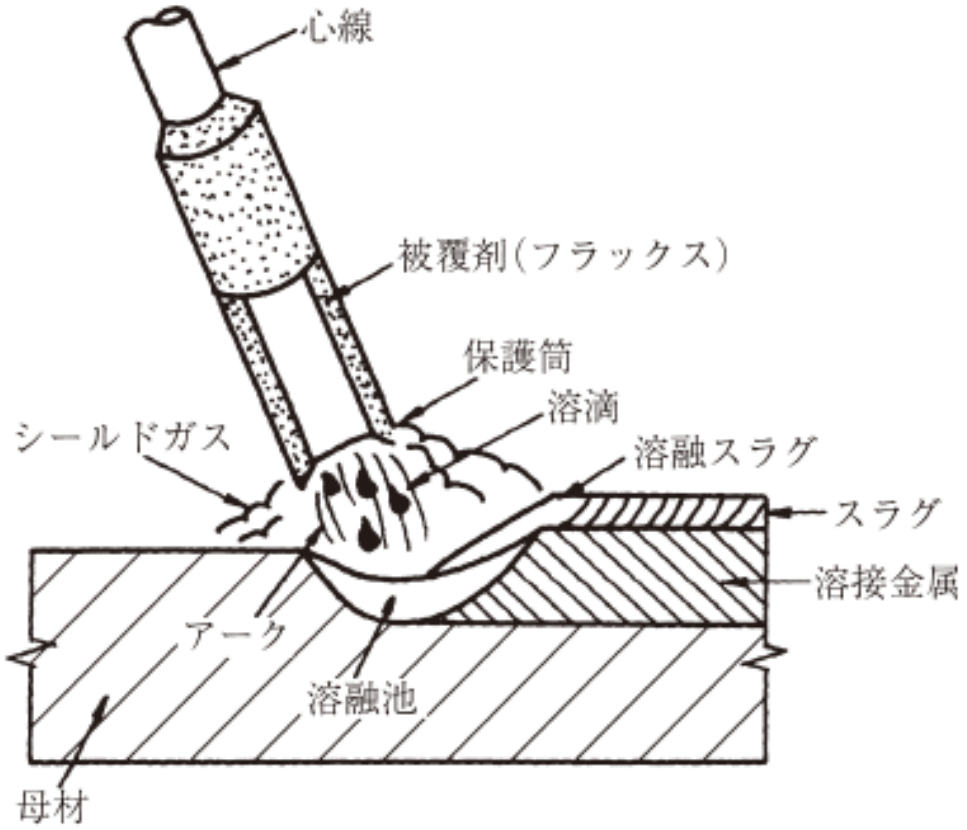
酸素アセチレン溶接

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b） 被覆アーク溶接

心線（電極）と被溶接部の間にアークを発生させる



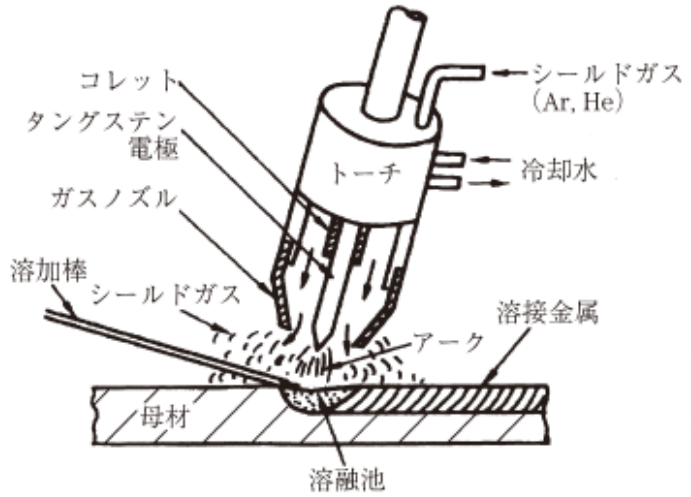
被覆アーク溶接

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c） ティグ溶接

タングステン電極と非溶接部との間にアークを発生

溶加棒が必要



ティグ溶接

d） サブマージアーク溶接

あらかじめ酸付された粒状のフラックス中に

ワイヤ（電極）を送給

サブマージアーク溶接

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

e）ミグ溶接とマグ溶接

総称してガスシールド消耗電極式アーク溶接と呼ぶ。

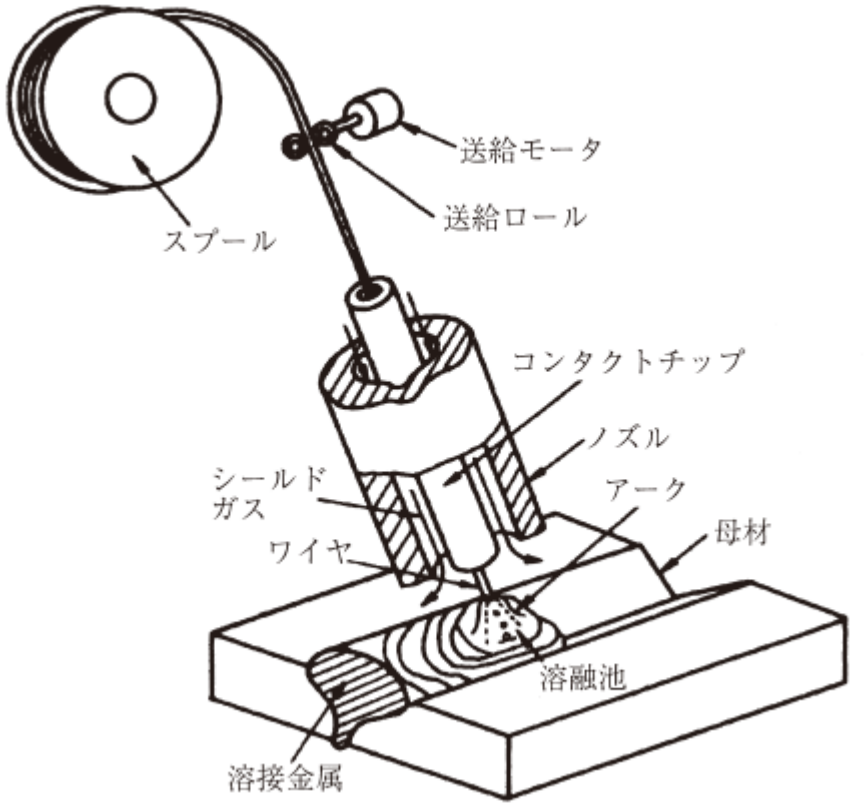
ミグ溶接とマグ溶接はシールドガスが異なる

フラックスの目的

- アークを安定させる
- 酸化を防止する
- 酸化した不純物を排除する

溶接品質を維持する手段として

フラックスとシールドガス（A_r, H_r）の2種類がある



ミグ溶接及びマグ溶接

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

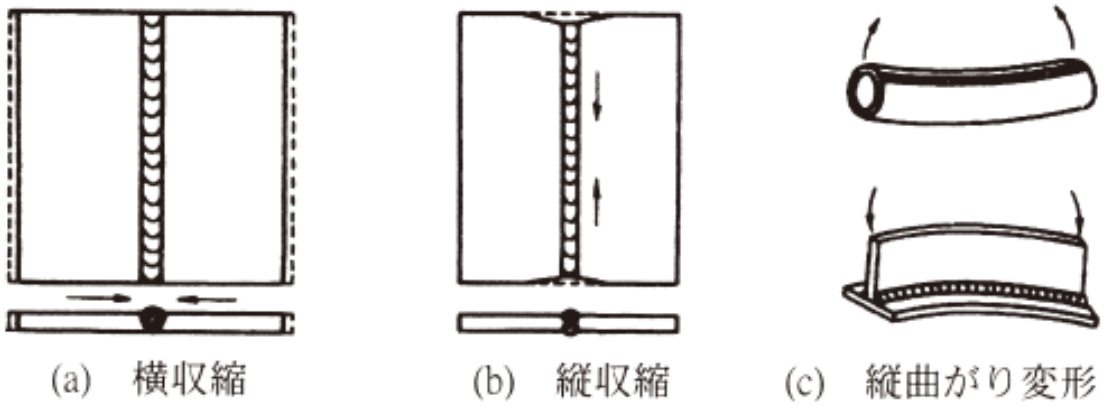
	電極=溶加棒	電極≠溶加棒	フラックス	シールドガス
被覆アーク溶接	○		○	
サブマージドアーク溶接	○		○	
ミグ溶接	○			○
マグ溶接	○			○
ティグ溶接		○		○
プラズマアーク溶接		○		○

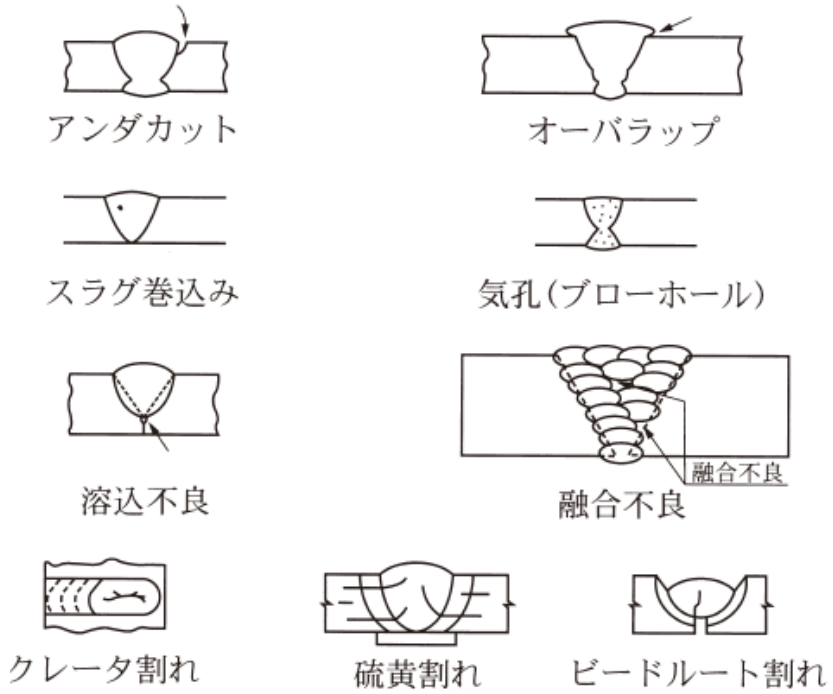
注1. フラックスには、ガス安定剤(溶接部をガスで被覆して空気の進入を防止する)、アーク安定剤、脱酸剤(溶融金属中に浸入した酸素をスラグとして除去する)、合金剤(溶接 金属の金属成分を微調整する)などが含まれている。
注2. MIG(イナートガスメタルアーク溶接)、MAG(アクティブガスメタルアーク溶接)
TIG(イナートガスタングステンアーク溶接)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　溶接部の欠陥と溶接管理および検査

a)　残留応力と溶接欠陥



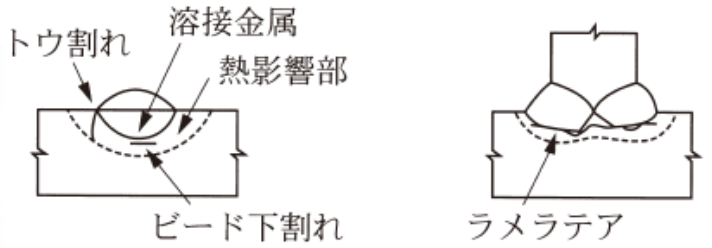


b)　溶接管理

安全・衛生管理、溶接材料の管理、作業中の管理を行う。

c)　溶接部の検査

外観検査、寸法測定、所定時間経過後の非破壊試験、機械試験を行う。

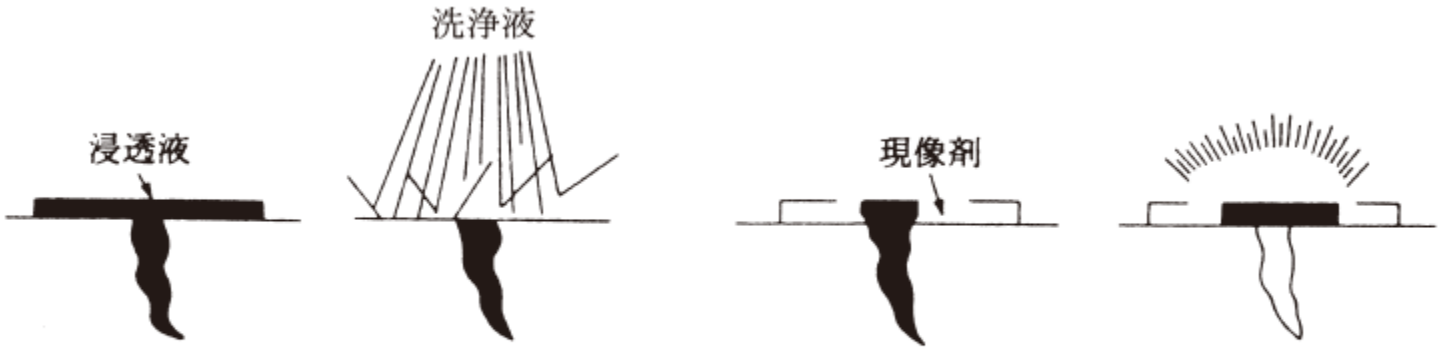


高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　非破壊試験

a）　浸透探傷試験

浸透液に蛍光染料を混ぜブラックライトで検知する



(a)　浸透処理　(b)　余剰浸透液の除去（洗浄など）　(c)　現像処理　(d)　観　察

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b） 磁気探傷試験（磁粉探傷試験）

強磁性体の試験体を磁化させたとき、表面又は表面付近の欠陥により磁力線が表面に漏洩することを利用し、磁粉を用いて欠陥を検知する

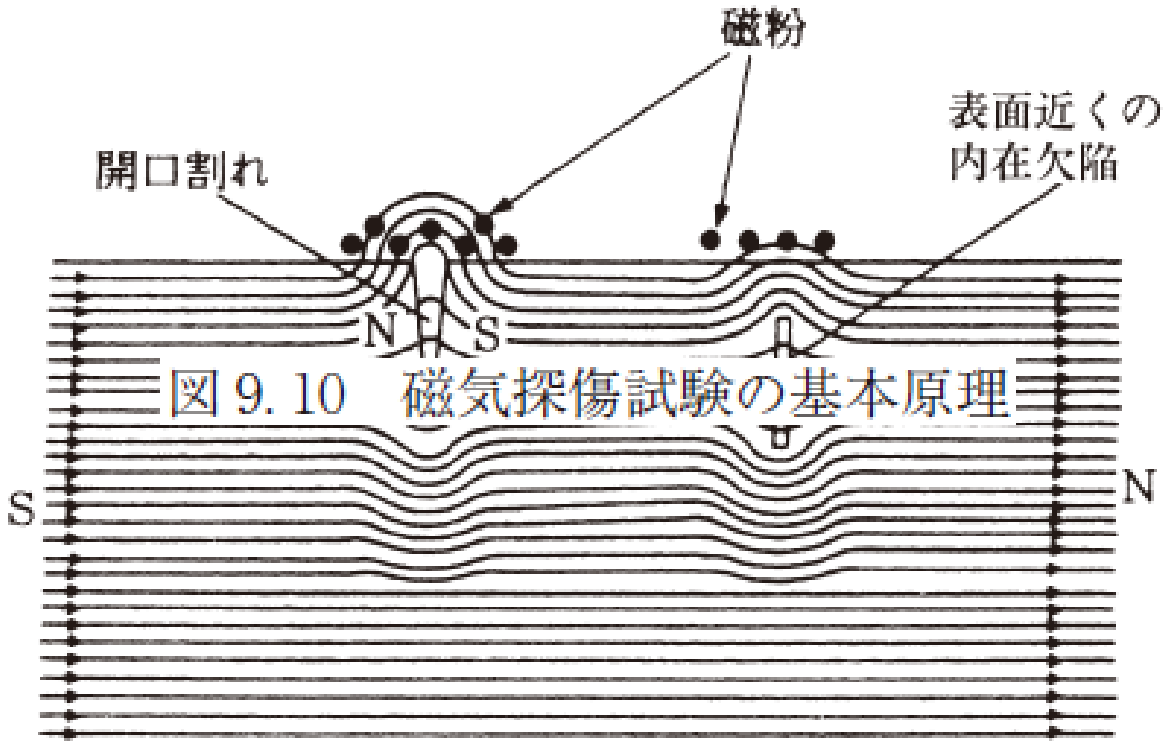


図 9. 10　磁気探傷試験の基本原理

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

c） 放射線透過試験

試験体内部に割れやブローホールがある場合、

放射線を透過すると透過量が多くなることを利用して

欠陥を検知する。

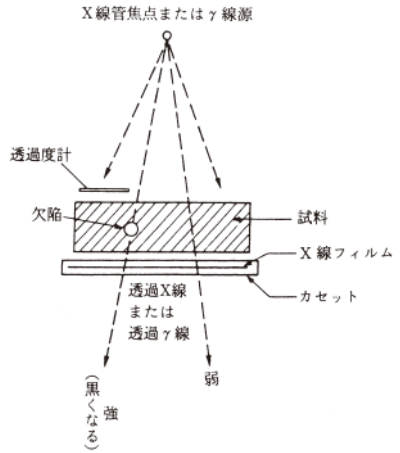
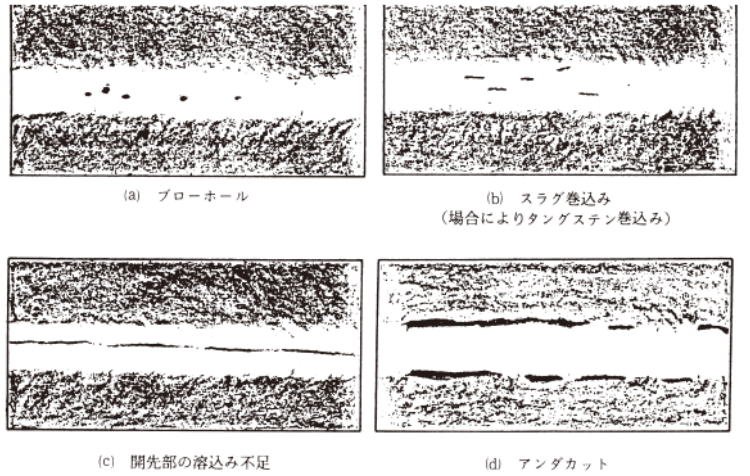


図 9.11　放射線透過試験の原理



(a)　ブローホール

(b)　スラグ巻込み
（場合によりタングステン巻込み）

(c)　開先部の溶込み不足

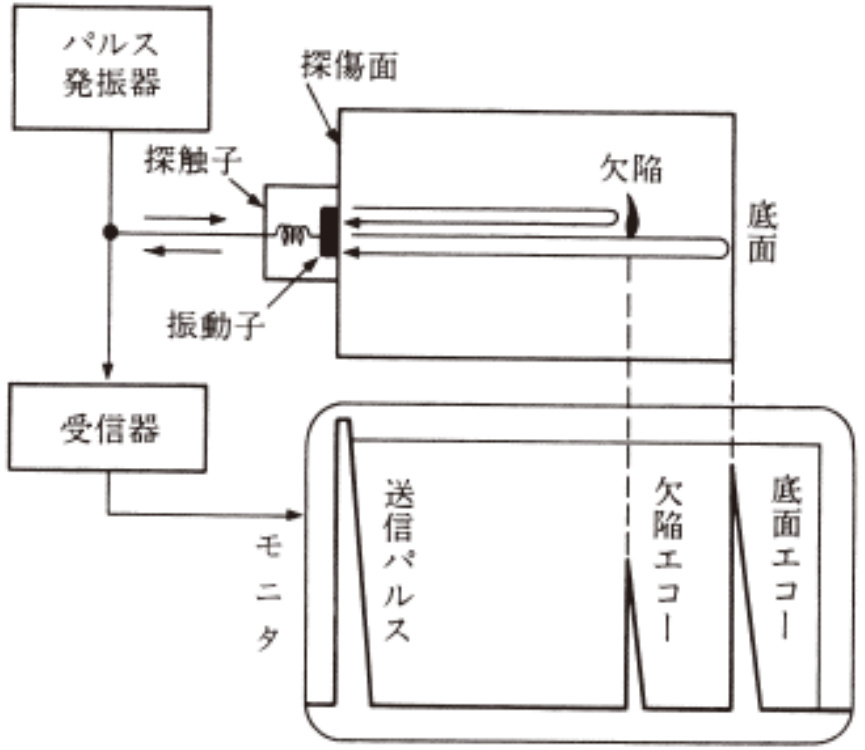
(d)　アンダカット

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d） 超音波探傷試験

試験体に超音波を入射したとき、欠陥により一部が反射されることを利用して検知する。

厚さ計としても使用できる（底面エコー）



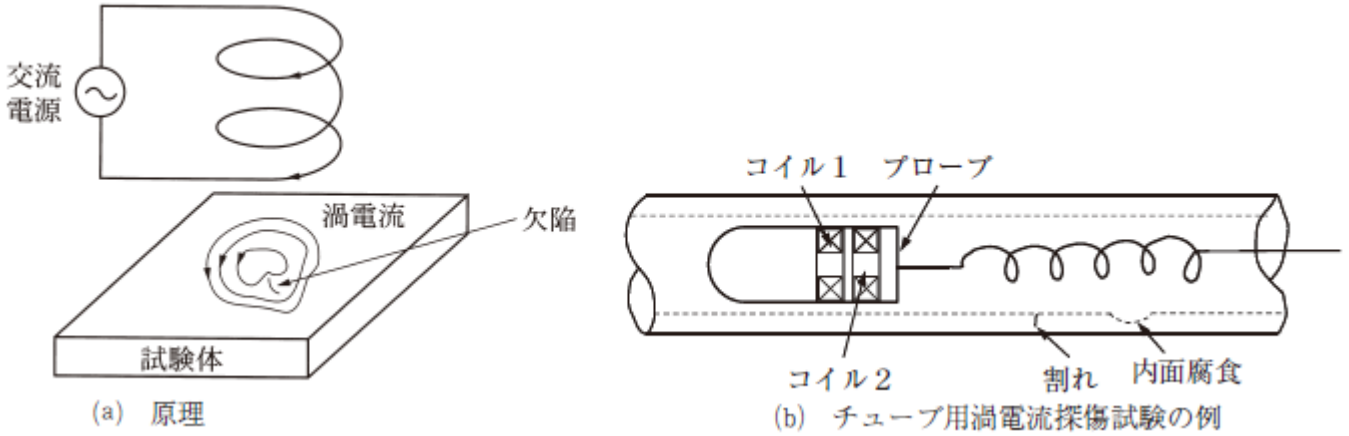
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

e） 渦電流探傷試験（渦流探傷試験）

交流電流を流したコイルにより時間的に変化する磁場を試験体に加えたとき、

欠陥によって渦電流変化することを利用して検出する。

熱交換器チューブの検査に最適



(a)　原理

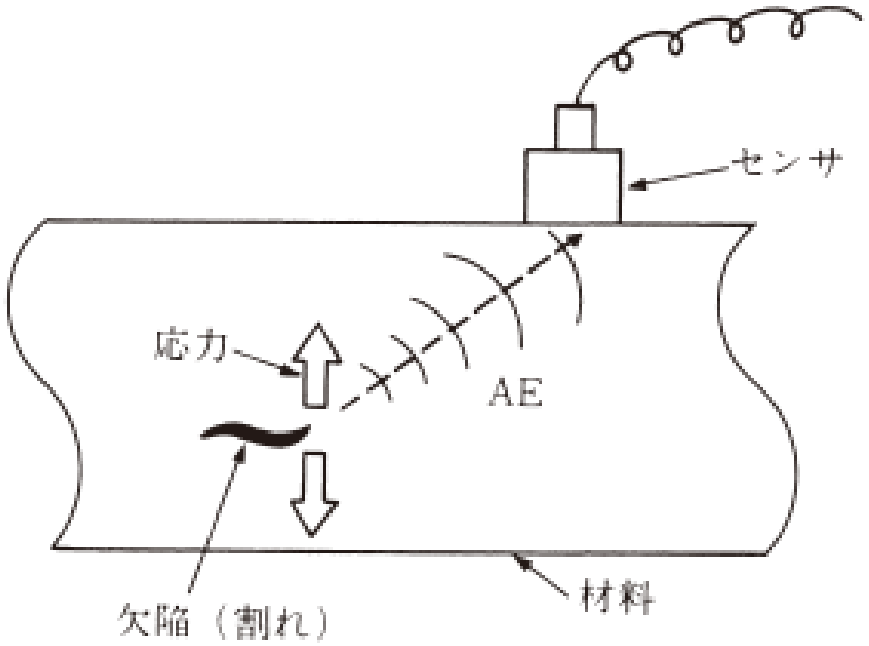
(b)　チューブ用渦電流探傷試験の例

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

f） アコースティック・エミッション試験（AE試験）

材料が外力を受けて変形し、または破壊する時に開放されるエネルギーが
主に超音波として放出されることを利用して進行中の欠陥を検出する。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

非破壊検査	表面欠陥	表面および表面付近の欠陥	内部欠陥
浸透探傷試験	○		
磁粉探傷試験		○	
放射線透過試験			○
超音波探傷試験			○
過流探傷試験		○	
アコースティック・エミッション			○（進展中の欠陥）

磁粉探傷試験は磁性体に、渦流探傷試験は導電体に適用する

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

145

溶接加工と非破壊試験に関する次の記述のうち正しいものはどれか。

（H16-2保安）

イ．溶接は，金属を加熱して行っているので，残留応力が発生することはない。

ロ．溶接欠陥の一つであるアンダカットとは，溶接の北端に沿って母体が掘られて溶着金属が満たされないで，溝となって残っている部分のことである。

ハ．磁粉探傷試験は，すべての金属材料の欠陥の検査に適用できる。

ニ．超音波探傷試験は，材料内部に存在する欠陥の検査に適している。

(1)イ、ロ　(2)ロ、ニ　(3)ハ、ニ　(4)イ、ロ、ハ　(5)イ、ハ、ニ

答(2)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　高圧装置

Ⅰ　塔槽類

a）反応器
b）蒸留塔
c）吸収塔
d）吸着塔
e）再生塔
f）槽

- **高圧ガス容器およびその附属品**
  a）容器の分類と形状・構造 b）高圧ガス容器とその附属品
- **管・管継手**
  a）管 b）管継手 c）配管設計上の注意
- **バルブ**
  a）種類，構造など b）使用上の注意事項

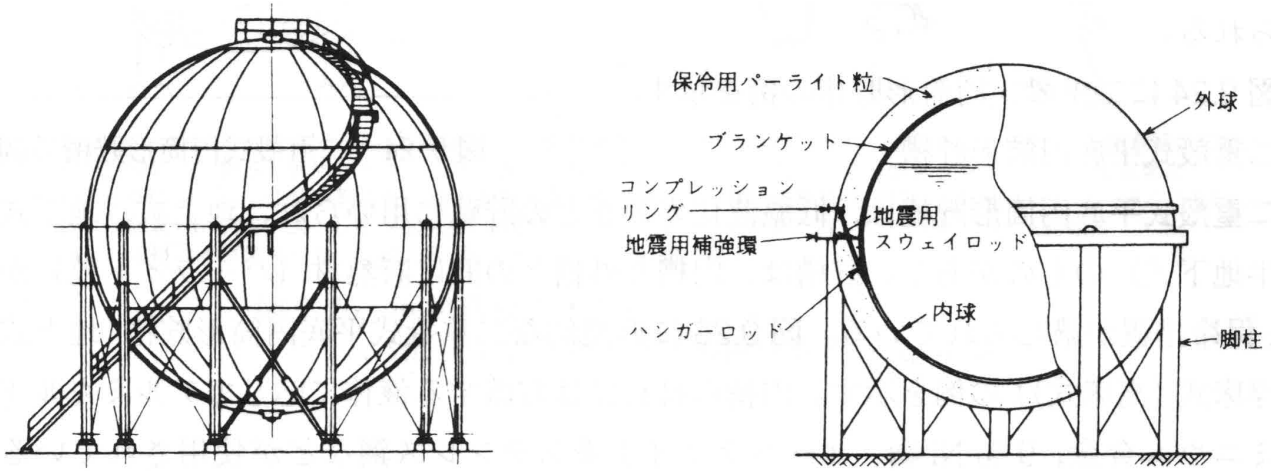
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　貯槽

a）球形貯槽

- 単殻式球形貯槽（高張力鋼製）
  圧縮ガス（天然ガス）、液化ガス（プロパン、ブタン、etc.）
  常温高圧で大容量貯蔵
- 二重殻式球形貯槽（内槽：オーステナイト系ステンレス鋼製）
  低温液化ガス



(a)　外観　　(b)　断面（二重殻式）

図 9.22　球形貯槽の例

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）円筒形貯槽

1）横置円筒形貯槽

単純構造、易製作

LPガス、液化アンモニア、液化塩素、etc.（小容量貯槽）

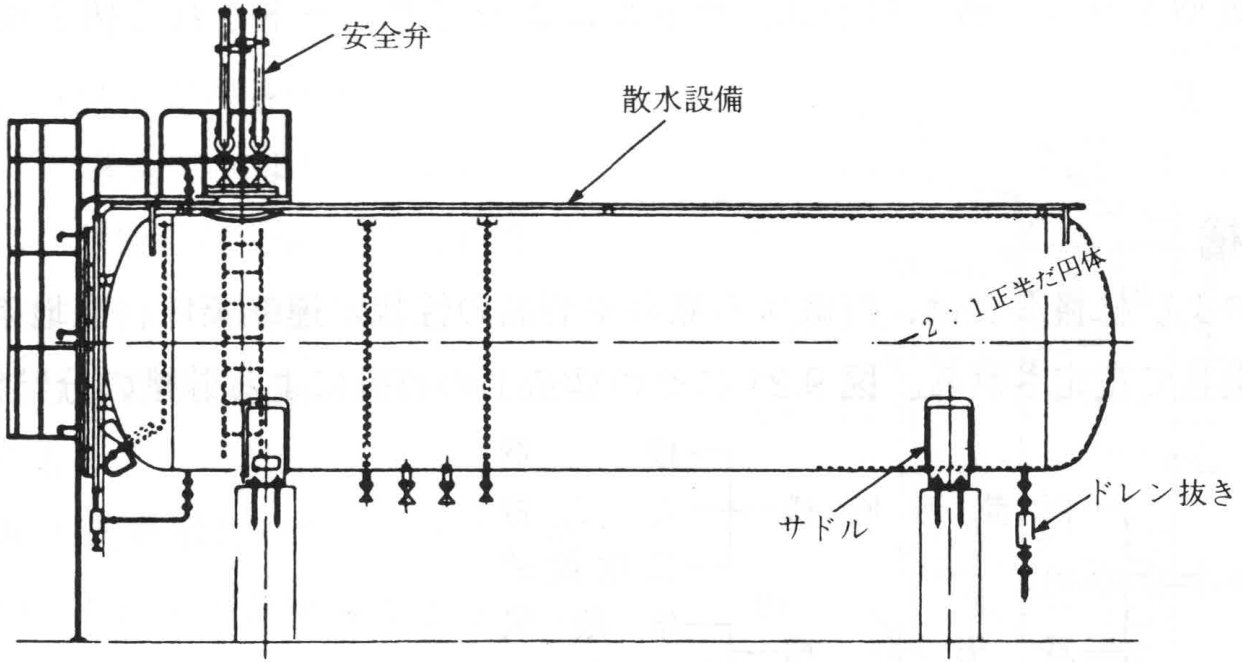


図 9.23　横置円筒形貯槽の例

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）二重殻式円筒形貯槽

内槽：オーステナイト系ステンレス鋼製
内槽/外槽間：断熱材（パーライト粒）充填＋真空断熱
外槽：炭素鋼製

コールド・エバポレータ（CE）の貯槽
（液化酸素、液化窒素、液化アルゴン、液化炭酸ガスの貯槽）

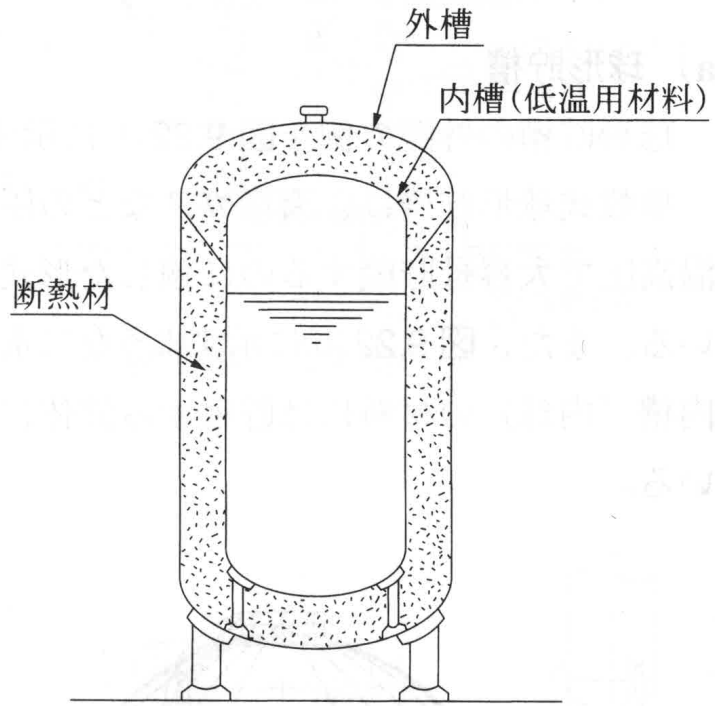


図 9.24　二重殻式円筒形貯槽の例

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3）二重殻式平底円筒形貯槽

内槽：アルミキルド鋼 or アルミニウム合金 or
9%Ni鋼 or オーステナイト系ステンレス鋼製
内槽/外槽間：断熱材（保冷用パーライト粒）充填
外槽：炭素鋼製

低温液化ガスなどの貯槽

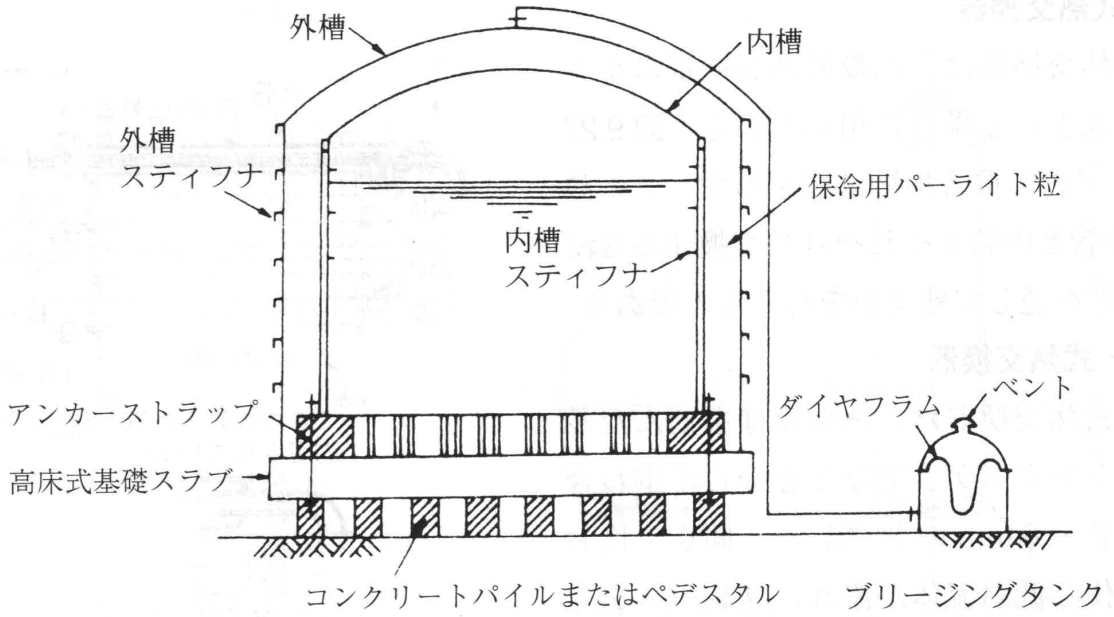


図 9.25　二重殻式平底円筒形貯槽の例

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　熱交換器

a）多管円筒形熱交換器

b）二重管式熱交換器

c）プレート式熱交換器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　高圧ガス容器およびその附属品

a）容器の分類と形状・構造

1）製造方法・材料などによる分類
（1）継目なし容器（2）溶接容器（3）超低温容器（4）繊維強化プラスチック複合容器

2）輸送形態・荷姿による分類
（1）可搬容器（2）タンクローリ用容器（3）バルク容器

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1）製造方法・材料などによる分類

（1）継目なし容器（シームレス容器）

マンネスマン式（鍛造成形加工）
エルハルト式（押し出し成形加工）

圧縮ガス用可搬式中・小型容器（内容積 ≦ 47L）

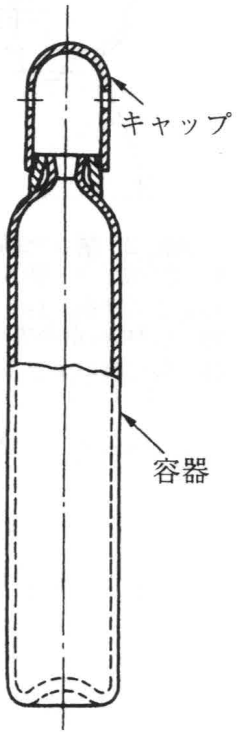


図 9.29　継目なし容器の形状の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）溶接容器

冷間加工による成形＋溶接
液化ガス用容器（比較的低い蒸気圧）
常温用容器
（鋼板、高張力鋼板、アルミニウム合金板）

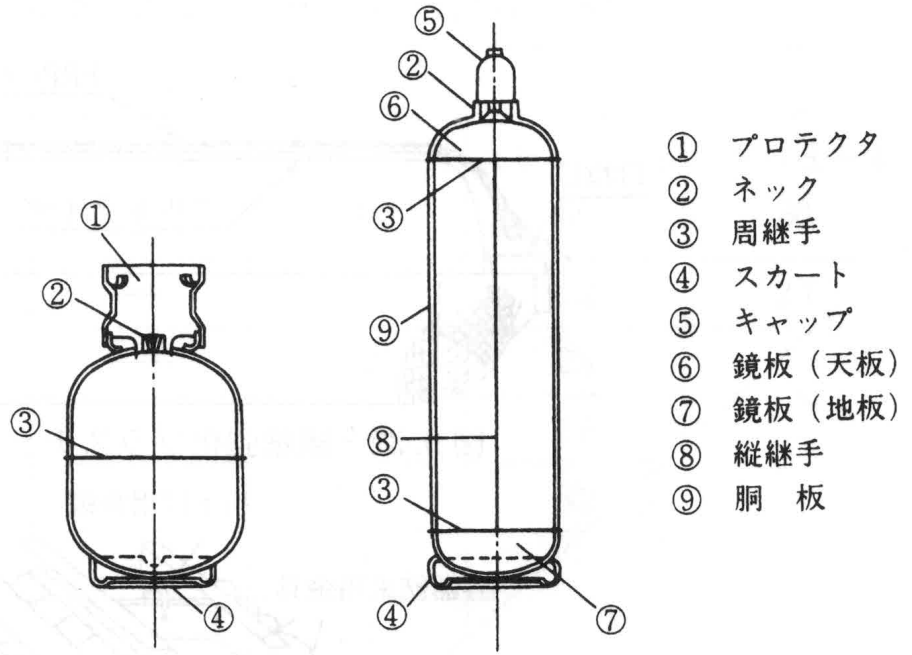


図 9.30　溶接容器の形状の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（3）超低温容器

内槽、外槽：冷間加工による成形＋溶接
内槽（18-8オーステナイト系ステンレス鋼）
内槽/外槽間(断熱材＋真空引き)
液化ガス（≦-50℃）用容器

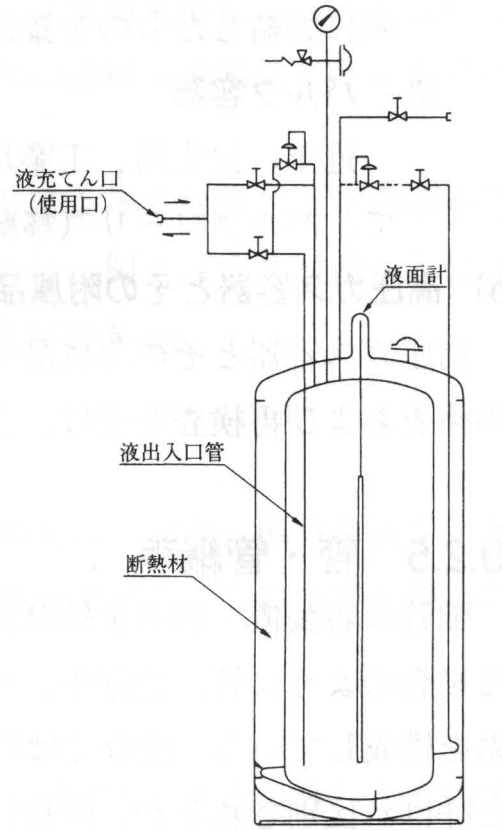


図 9.31　超低温容器の形状の例

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（4）繊維強化プラスチック複合容器

フィラメントワインデイング成形（樹脂含侵連続繊維）

フープ巻（周方向のみ）

フープ巻＋ヘリカル巻（周方向＋軸方向）

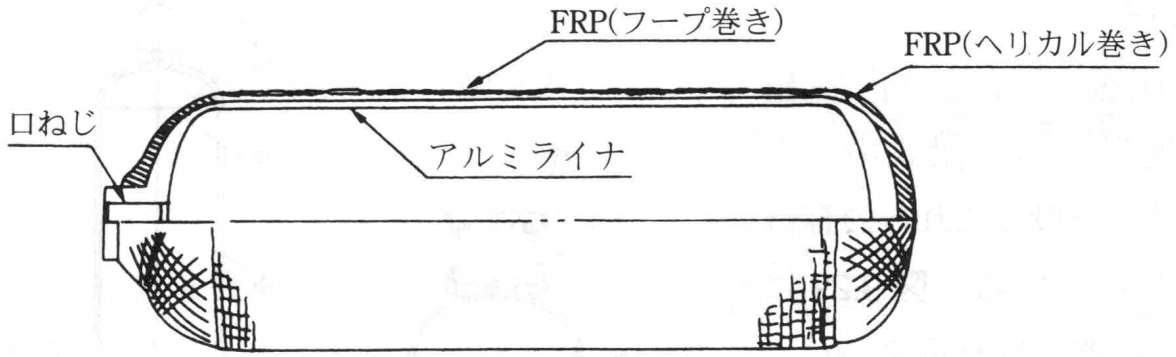


図 9.32　繊維強化プラスチック複合容器の形状の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）輸送形態・荷姿による分類

（1）可搬容器

小型容器（内容積 ＜ 30L）
中型容器
　LPガス用50kg容器（内容積 118L）
　圧縮酸素ガス容器　（内容積 47L）
大型容器
　塩素1トン容器、LPガス500kg容器

（2）タンクローリ用容器
　常温用、超低温用（真空二重殻構造）

（3）バルク容器
　民生/工業用LPガス供給

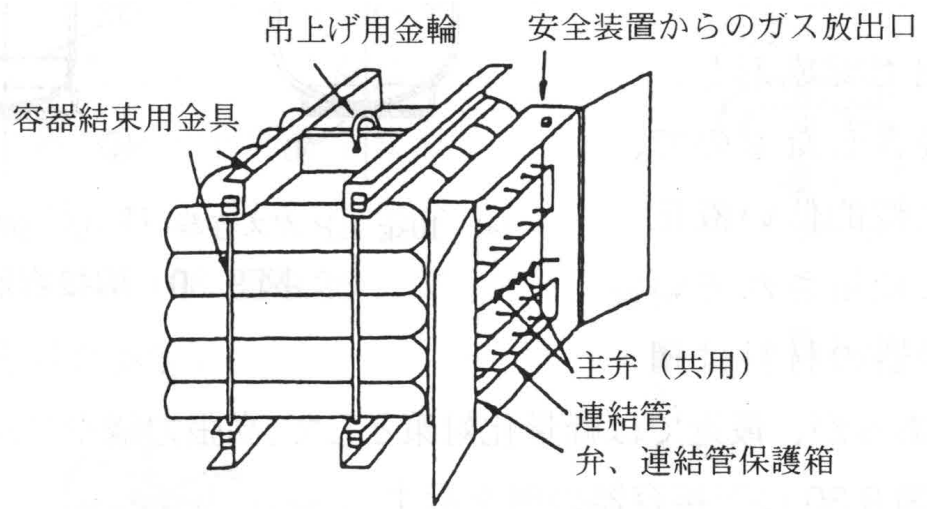


図 9.33　カードルの例

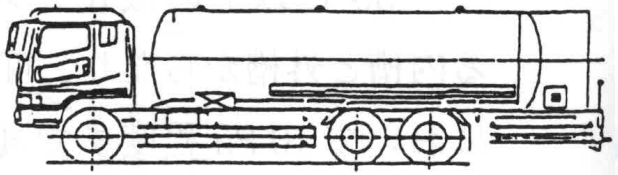


図 9.34　タンクローリの例

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5　管・管継手

a）管

- 管の外径を基準とした呼び径（JIS）
  A呼称（mm単位）、B呼称（インチ単位）
- 厚さを表すスケジュール番号
  低温液化ガス
- 適用例
  圧力配管用炭素鋼鋼管（STPG: Steel Tube Pipe General）

b）管継手

1）溶接式管継手
2）フランジ式管継手

c）配管設計上の注意

適切な配管ルートやサポートの設定（ルート形状、強度、etc.）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6　バルブ

a）種類、構造など

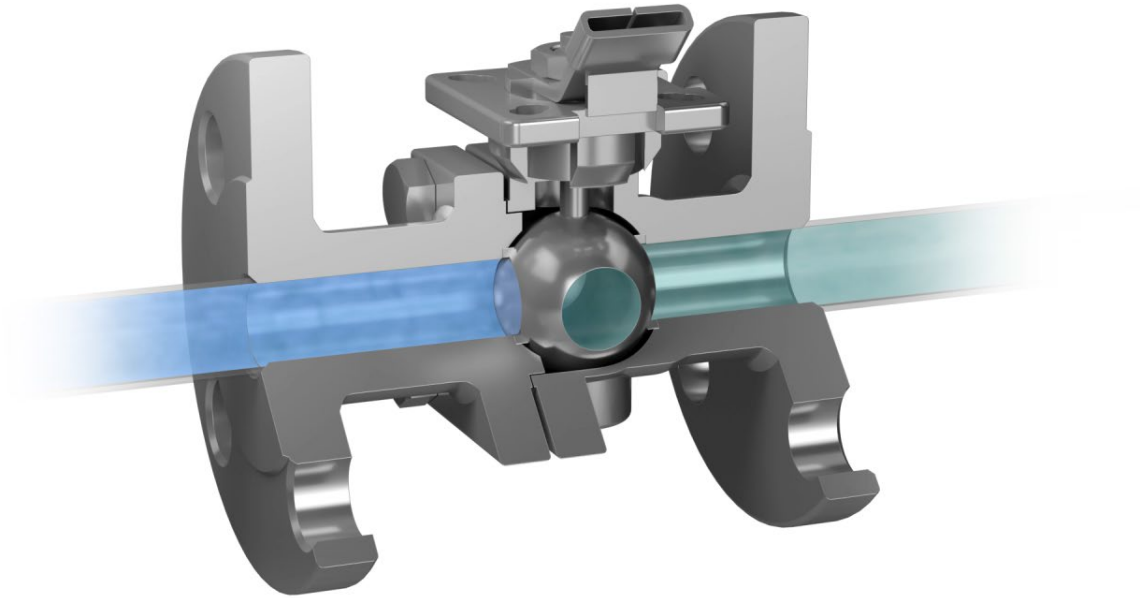
1）仕切弁（ゲート弁）　2）玉形弁（グローブ弁）　3）ボール弁、
4）プラグ弁　　5）バタフライ弁　　6）その他のバルブ

b）使用上の注意事項

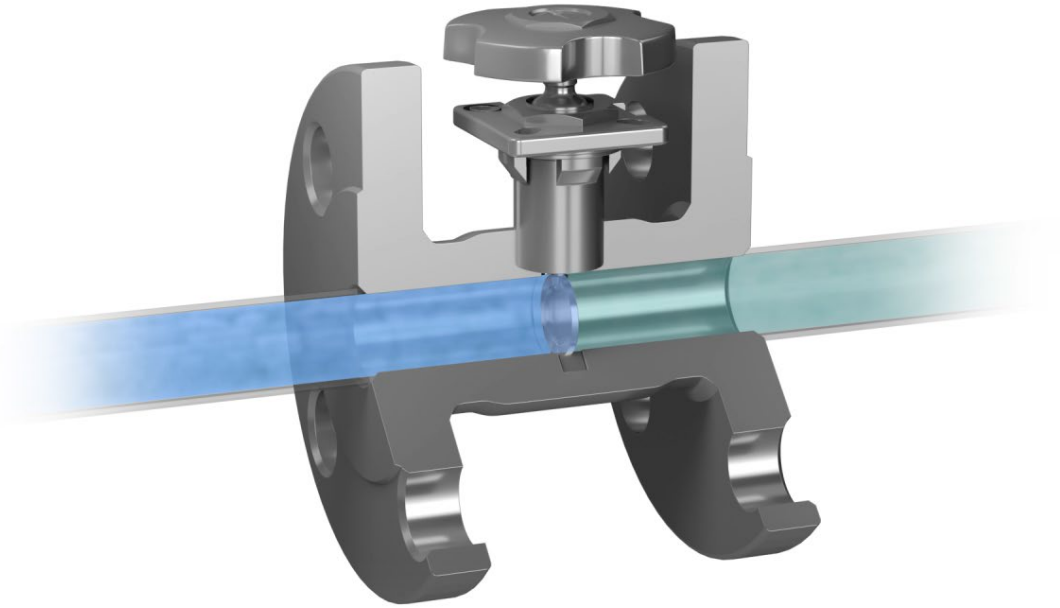
1）材料　2）圧力による制限　3）シール材（ガスケット、パッキン）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

バルブの動作機構の一例



ボール弁



バタフライ弁

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　計装

Ⅰ　計装機器

a)　温度計

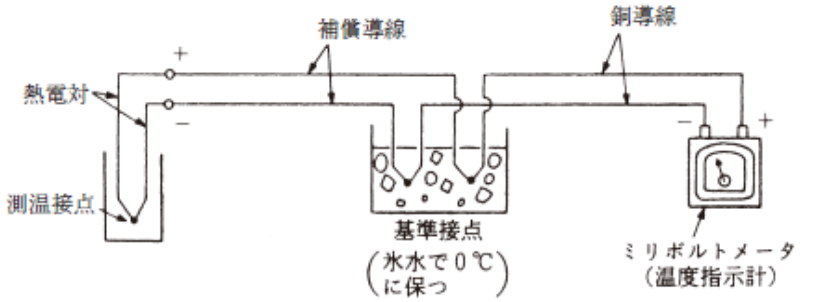
1）ガラス製温度計

2）バイメタル式温度計

3）液体充満圧力式温度計

4）熱電温度計

異種金属の接合点の温度差に比例した起電力が発生する



熱電温度計の基本的構成

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b） 圧力計

1） U字管圧力計（マノメータ）

2） 重錘式圧力計

3） ブルドン管圧力計

なるべく温度変化、振動・衝撃の少ない場所に設置し、

凍結や高圧ガスの侵入に注意する。

定期的に精度検査を行う。

酸素ガス用では「禁油」と表示し、油を使用しない。

4） 隔膜式圧力計

腐食性流体、高粘度流体、スリラーなど固形物混入、

凝固しやすい流体などに用いられる

5） ベローズ式圧力計

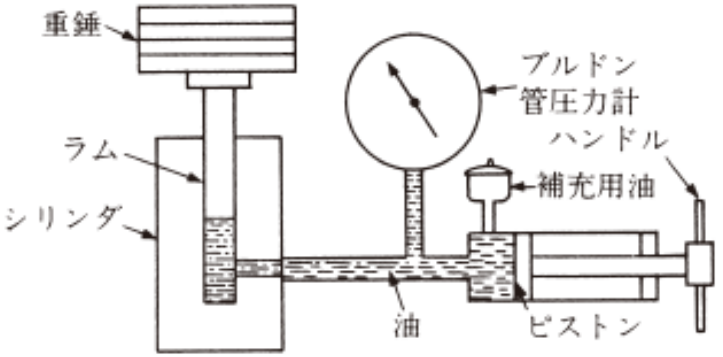


図 9.44 重錘式圧力計の原理

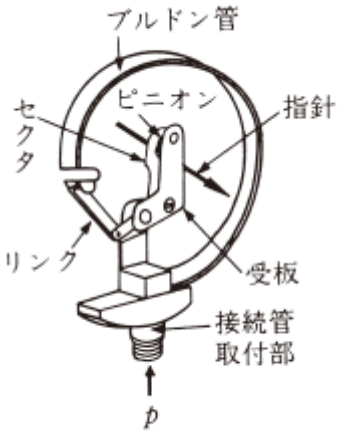


図 9.45 ブルドン管圧力計

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c） 差圧発信器

1） 電子式差圧発信器（静電容量式）

2） 電子式差圧発信器（半導体式）

3） 空気圧式差圧発信器（力平衡式）

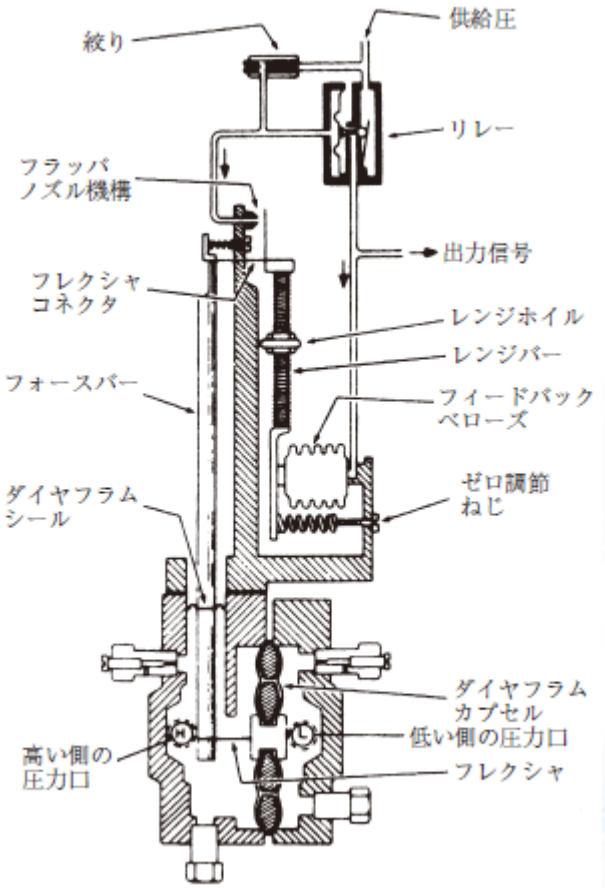


図 9.46　空気圧式差圧伝送器の原理図

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

d） 流量計

1） 差圧流量計

オリフィス流量計とベンチュリ流量計がある。

流れを絞る　→　前後の圧力差を計測する

流量は圧力差の平方根に比例する（9.3）式

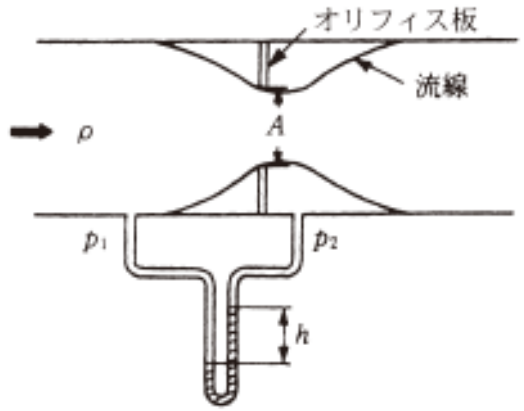


図 9.47　オリフィス流量計の原理

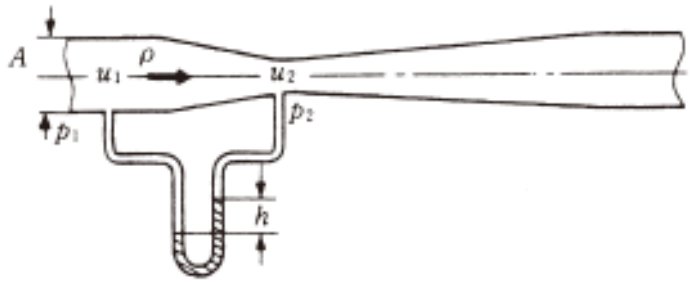


図 9.48　ベンチュリ流量計の原理

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2)　面積式流量計（ロータメータ）

流量が直視できる

流れは　下→上

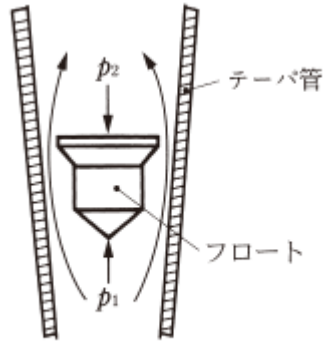


図 9.49　ロータメータの原理

3)　渦流量計

渦の発生周波数は流速に比例し、

物体の太さに反比例する

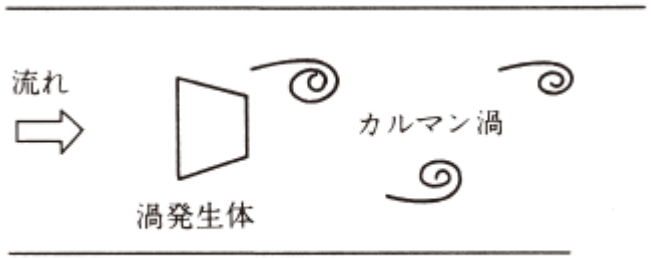
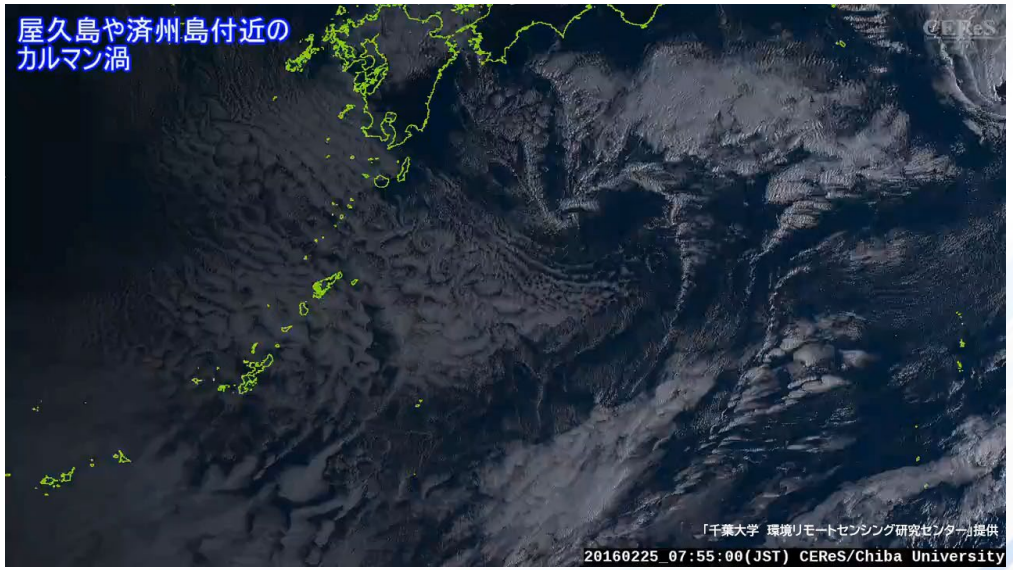


図 9.50　渦流量計



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4） 容積式流量計

精度が高い

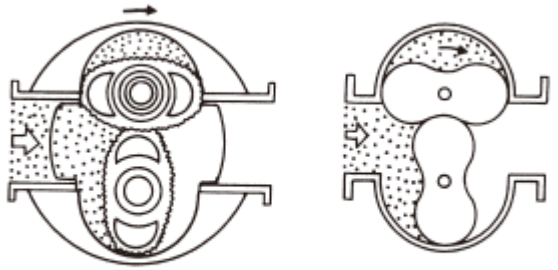


図 9.51 容積式流量計

5） タービン流量計

低粘度液体にも適している

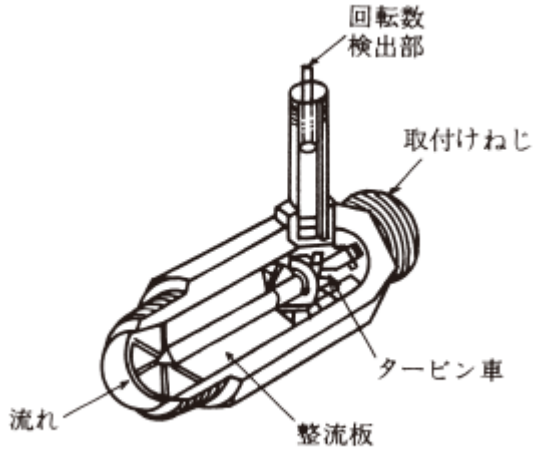


図 9.52 タービン式流量計

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

e） 液面計

1） ゲージグラス（ガラス液面計）

2） 差圧式液面計

液底面の圧力をマノメータで読む

$\rho_0 \gg \rho \quad \rightarrow \quad h_0 \ll h$

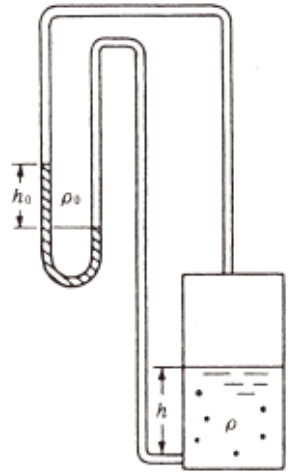


図 9.55　差圧式液面計の原理

3） ディスプレーサ式液面計

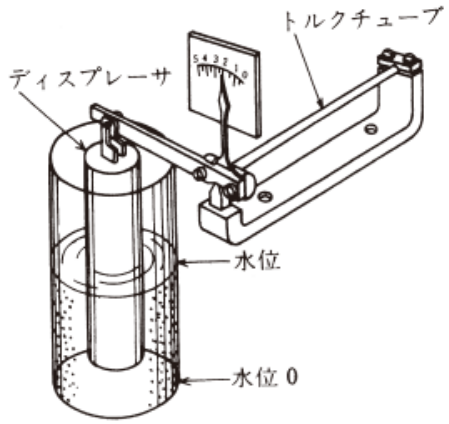


図 9.56　ディスプレーサ式液面計

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4)　タンクゲージ

フロート式とワイヤドラム式がある。

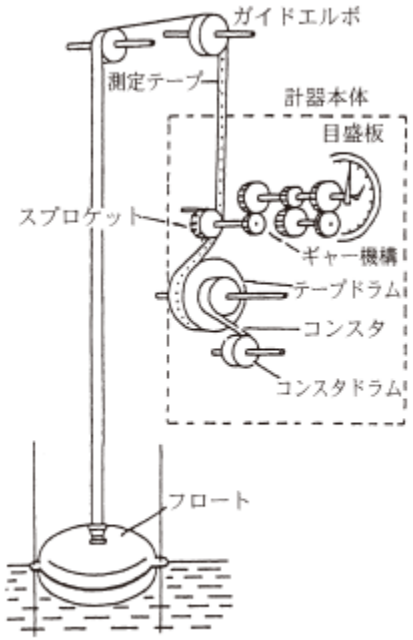


図 9.57　フロート式液面計

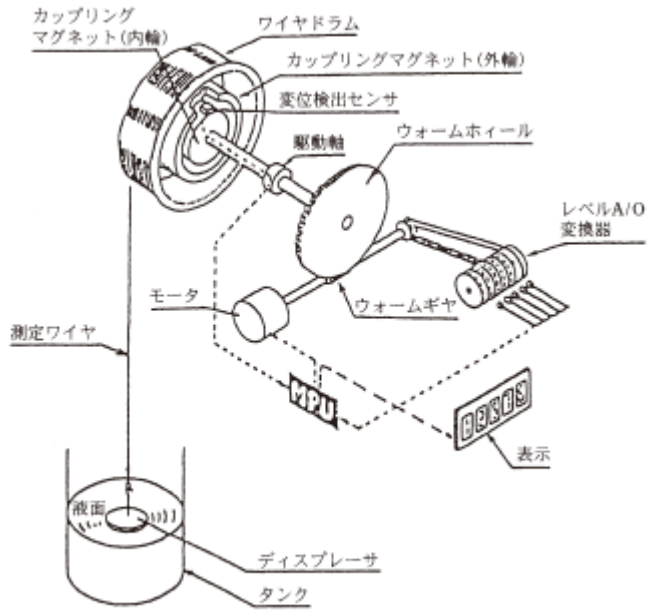


図 9.58　ワイヤドラム式液面計

5)　金属管式マグネットゲージ

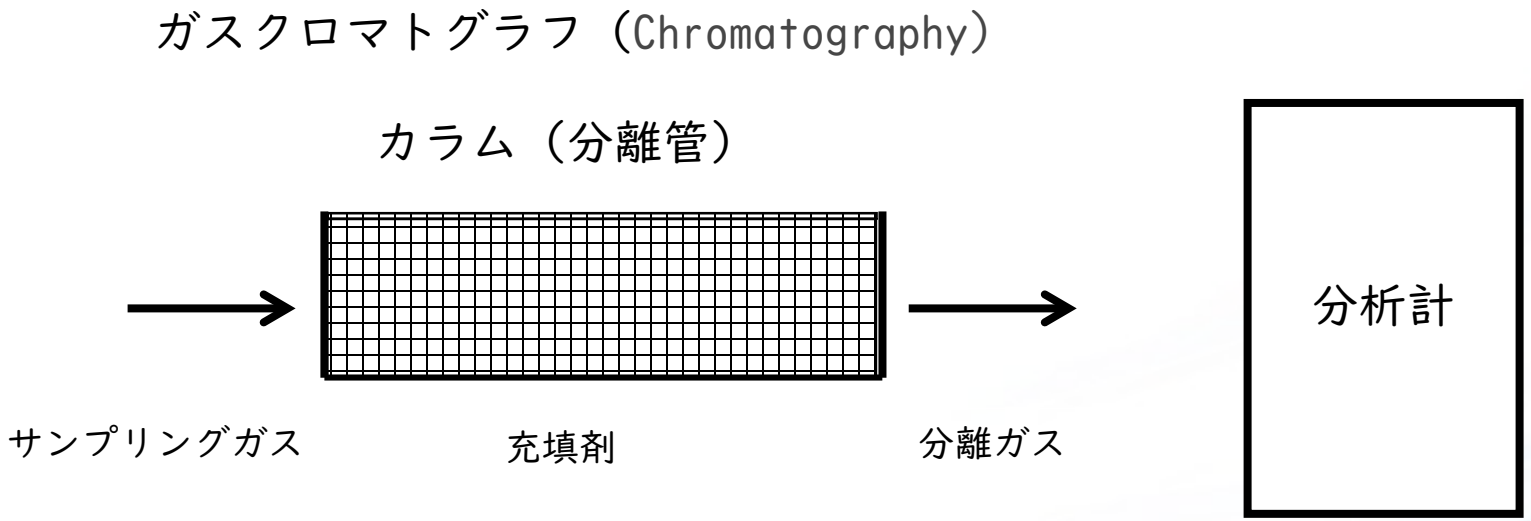
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

f） 分析計（ガス濃度分析）

l） ガスクロマトグラフ

カラムを通過する速度の違いから混合ガスが個々の成分に分離されて出てくる（親和力の差）
「分離のための装置」と「分析のための装置」が組み合わされて分析計が構成される



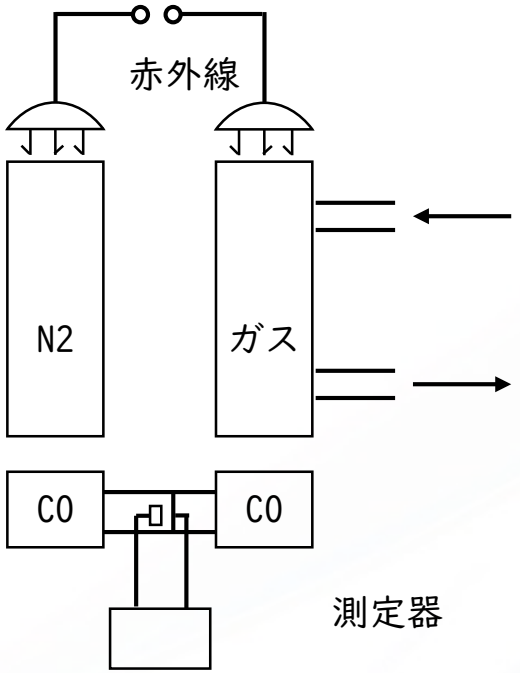
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

f） 分析計（ガス濃度分析）

2） 赤外線式分析計

サンプリングガスと基準ガスの赤外線吸収量の差から濃度を検出する。

右図の場合、基準ガスであるN_2は赤外線を吸収しない。



3） 熱伝導率式分析計

4） ジルコニア式酸素計

伝導率式分析計、

ジルコニア式分析計も基準ガスとの比較で測定する

5） 磁気式酸素計

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　計装制御システム

a）検出部

b）調節部（表示部を含む。）

1）プロセス制御方式

(1)フィードバック制御

目標値と制御量の偏差を無くすように制御する。

外乱に対する対応が遅くなる

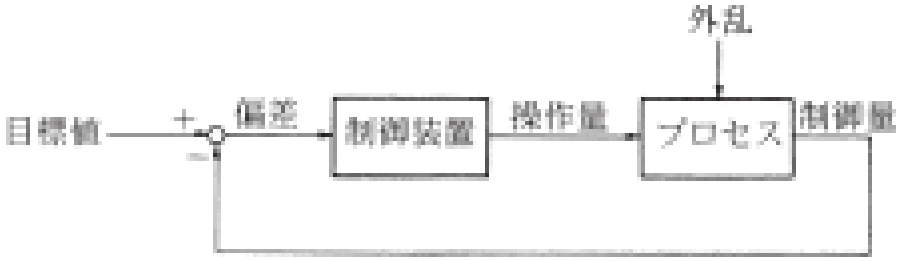


図 9.59　フィードバック制御系

(2) フィードフォワード制御

外乱が入った場合、外乱の影響が制御量に現れる前に打ち消す操作を加える。

外乱に対応できるデータと制御機能が必要

図 9.60　フィードフォワード制御系

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) カスケード制御

燃焼空気の温度変化への対応：
廃熱回収による温度変化→温度調節計と流量調節計
を組み合わせて制御

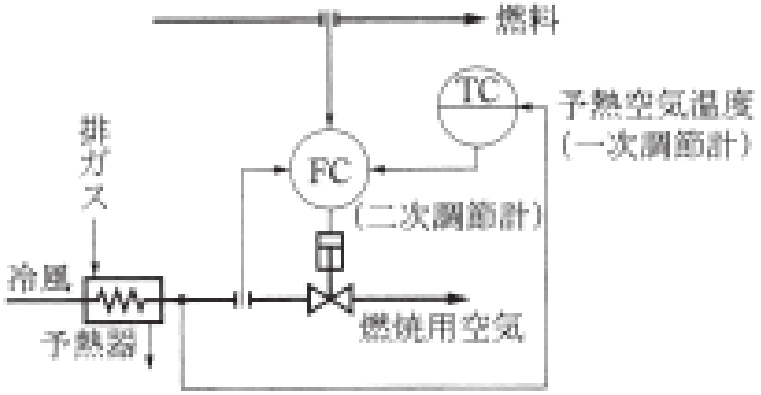


図 9.61 カスケード制御例

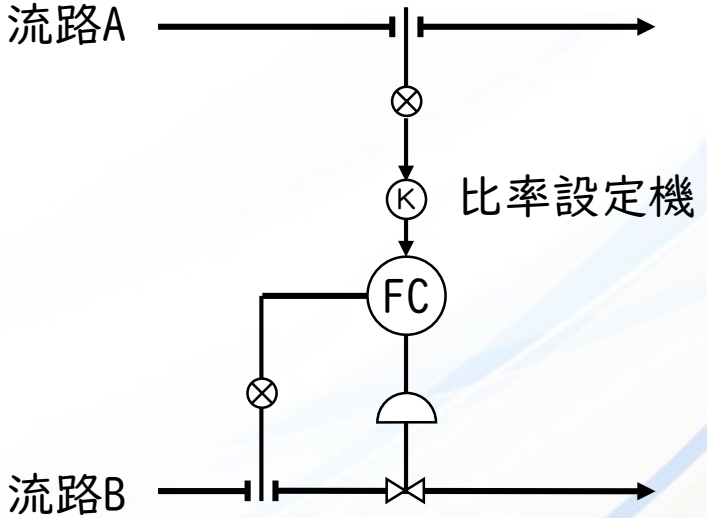
(4) 比率制御制御

最適空燃比の維持：
流路A（ガソリン1g）に対する流路B（燃焼空気14.7g）
の比率が一定になるよう制御

(5) プログラム制御

(6) シーケンス制御

(7) アドバンスト制御



比率制御の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2）制御動作

目標値と制御値の差である制御偏差を打ち消すために行う制御装置の動作。

PID制御がよく用いられる。

P:比例動作 「現在」生じている偏差の大きさに比例して修正する

I: 積分動作 「過去」に生じた残留偏差を積分して修正する

D:微分動作 急変した偏差の方向と速さを検知して「未来」に対応する

これらを組み合わせて「現在」、「過去」、「未来」に対応した適切な制御をおこなう

3）制御機器

c）操作部

d）伝送部

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　安全計装

a）フール・プルーフ

誤った操作をしないように機器に対して配慮する
仮にミスを犯しても機器の安全性を保持できるようにする

- スイッチや操作ボタンにカバー
- 二段操作式のスイッチ
- インターロック(起動条件)
- 逆向きや間違った箇所には組み込めない

病院：酸素ガスと麻酔性ガスのつなぎ口形状を変える

往復圧縮機吸入吐出弁：取り付け口形状を変える

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）フェール・セーフ

異常や故障が生じたとき、装置が安全な状態であるよう予め配慮する

- 信号が断たれた場合、安全側に振り切れる(バーンアウト)
- 弁のエヤレスオープン、エヤレスクローズで安全側に動く
- 逆信号特性によって、操作を安全側に導く
- 警報器の回路(異常時励磁、異常時非励磁)
- 機械の異常で自動停止(振動、軸受温度、サージングなど)

異常時対応　←　想定外を無くす

c）冗長システム

d）警報システム

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4　圧縮機とポンプ

1　圧縮機

a）　ターボ型圧縮機

羽根車を使う流体機械をターボ型という

1）遠心圧縮機

中（小）風量、高圧力

遠心力の作用でエネルギーを付加

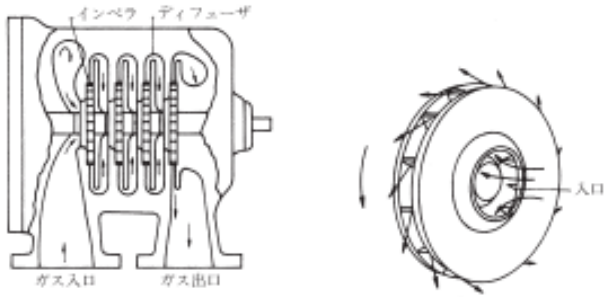


図 9.67　遠心圧縮機の構造

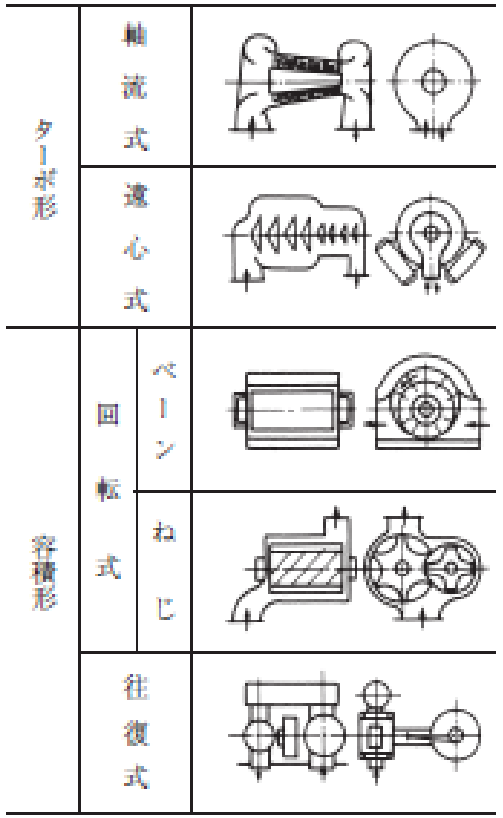


図 9.66　圧縮機の分類

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）性能

ターボ型の流体機械の風量-圧力特性は安定域では
右下がりの特性となる。
圧力上昇が限界点に達すると失速を起こし、
不安定現象（サージング）に突入する

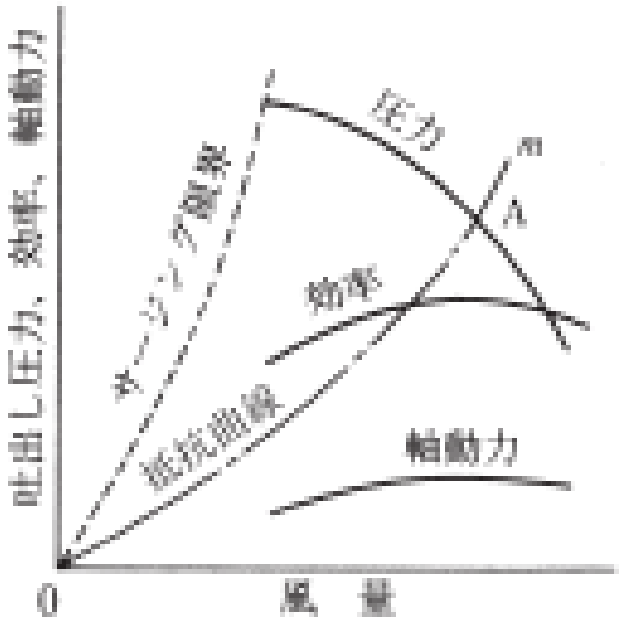


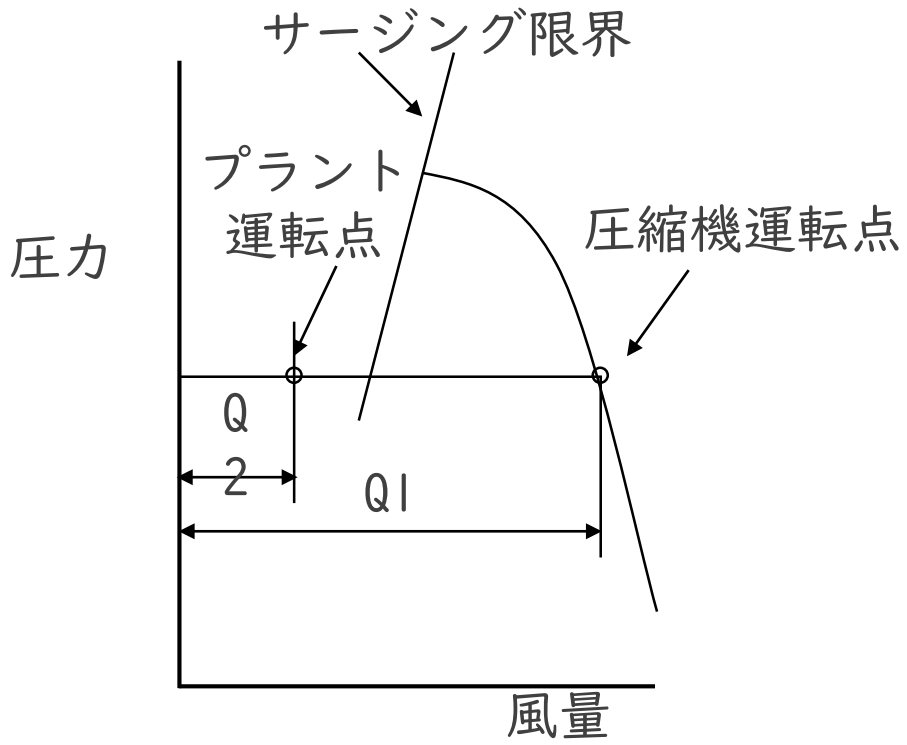
図 9.68　遠心圧縮機性能曲線

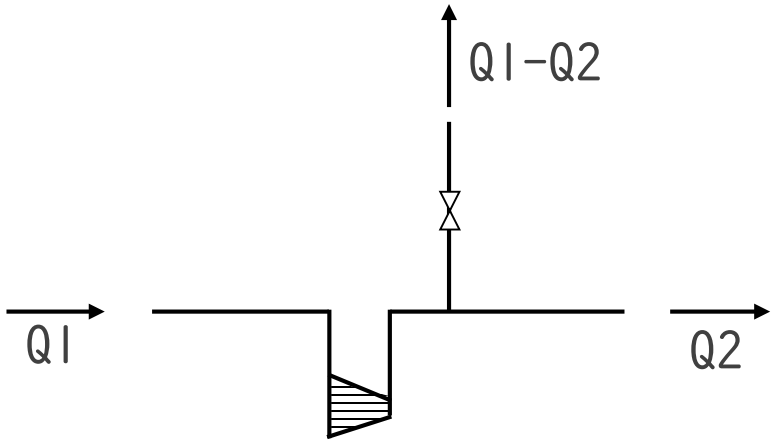
A：運転点（風量は送風先の抵抗で決まる）

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

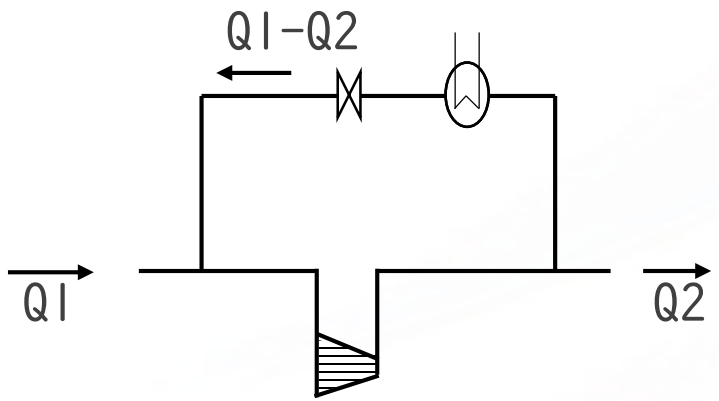
（2）容量調整

① バイパスコントロール





放風運転



バイパス運転

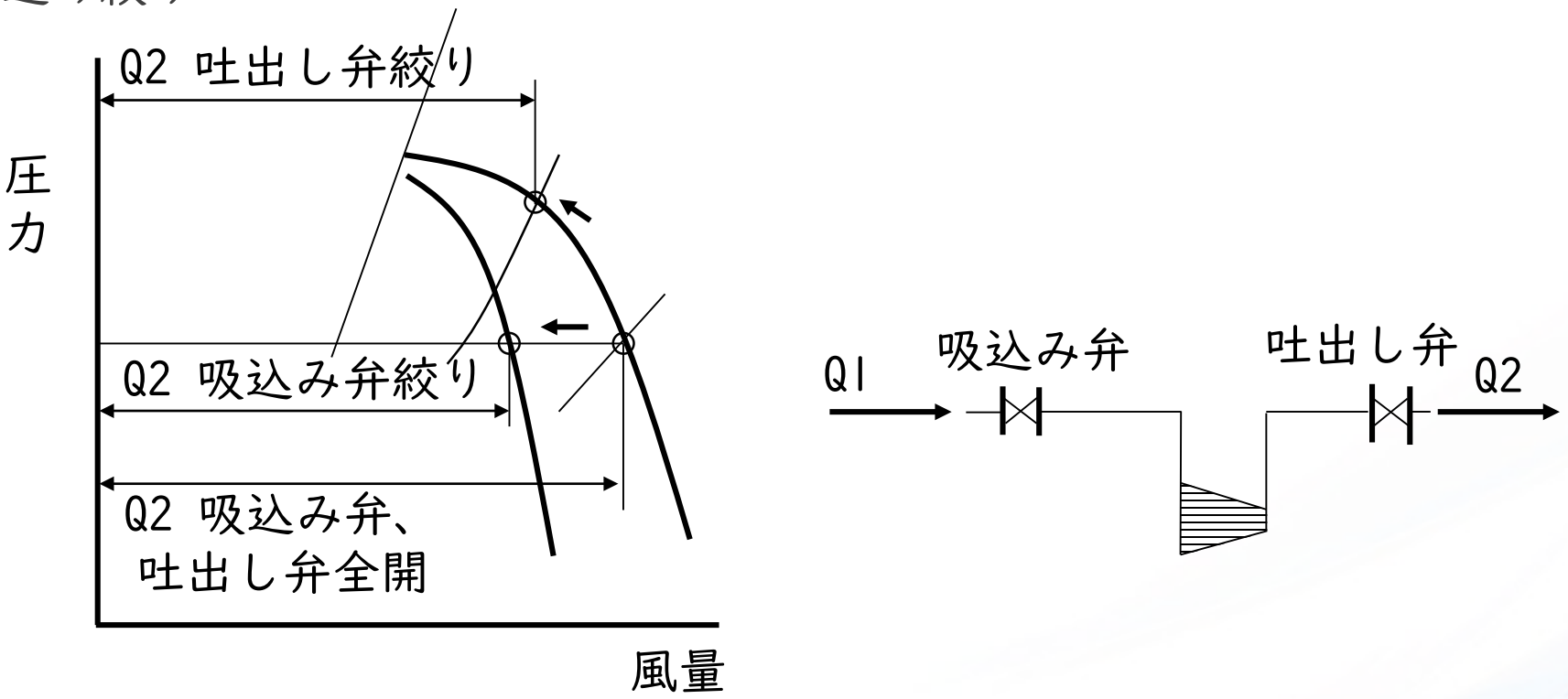
ターボ圧縮機の風量制御（バイパス運転、放風運転）

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

② 吐出し絞り

③ 吸込み絞り



ターボ圧縮機の風量制御（吸込み絞り、吐出し絞り）

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

④　ベーンコントロール

回転羽根車の前に回転しない可動羽根を置く ― 流路面積と流入角度を変える

使用できる流量範囲が広がり、効率低下も少ない

⑤速度制御

2）軸流型圧縮機

大風量、低圧力

揚力の作用でエネルギーを付加

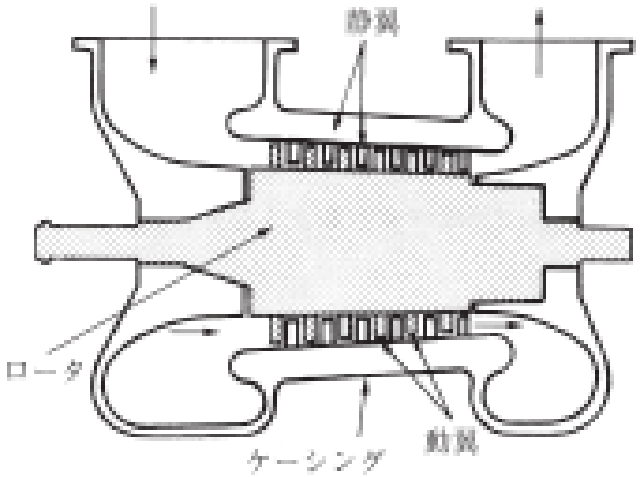
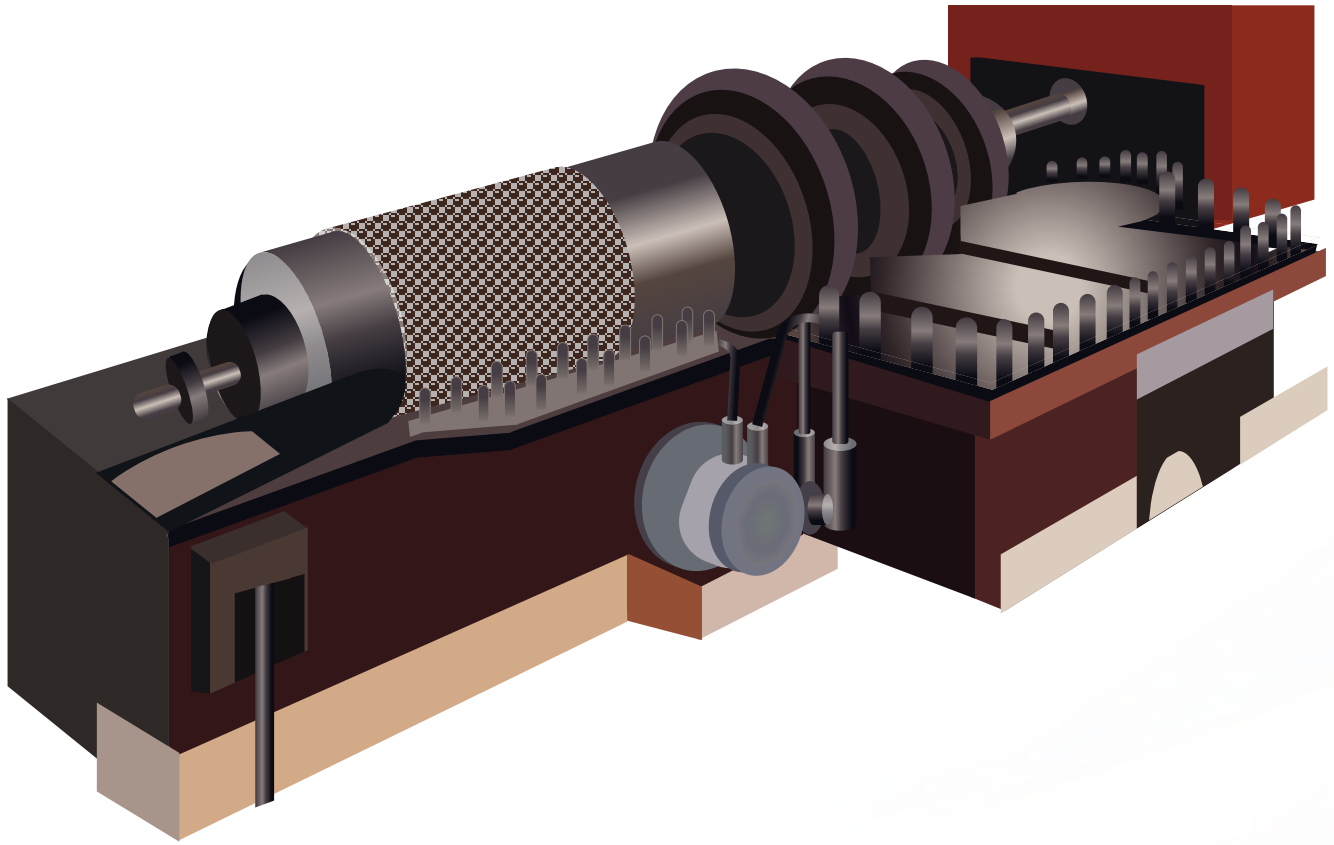


図 9.69　軸流圧縮機

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

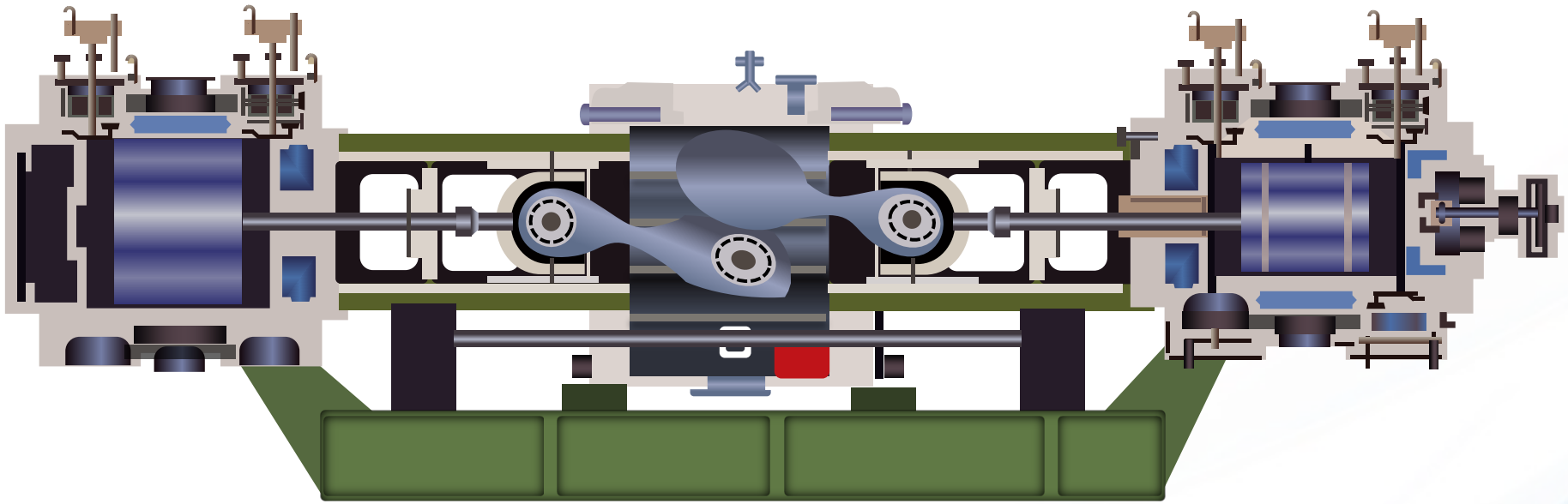


軸流圧縮機（左）と遠心圧縮機（右）の回転部イメージ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）容積型圧縮機

1）往復圧縮機



往復圧縮機イメージ図

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

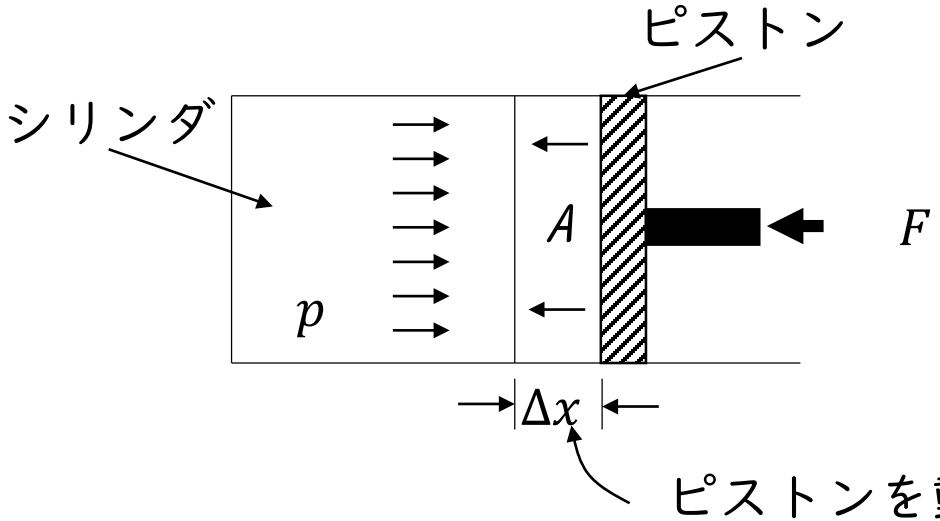
①圧縮の仕事

仕事＝力×移動距離

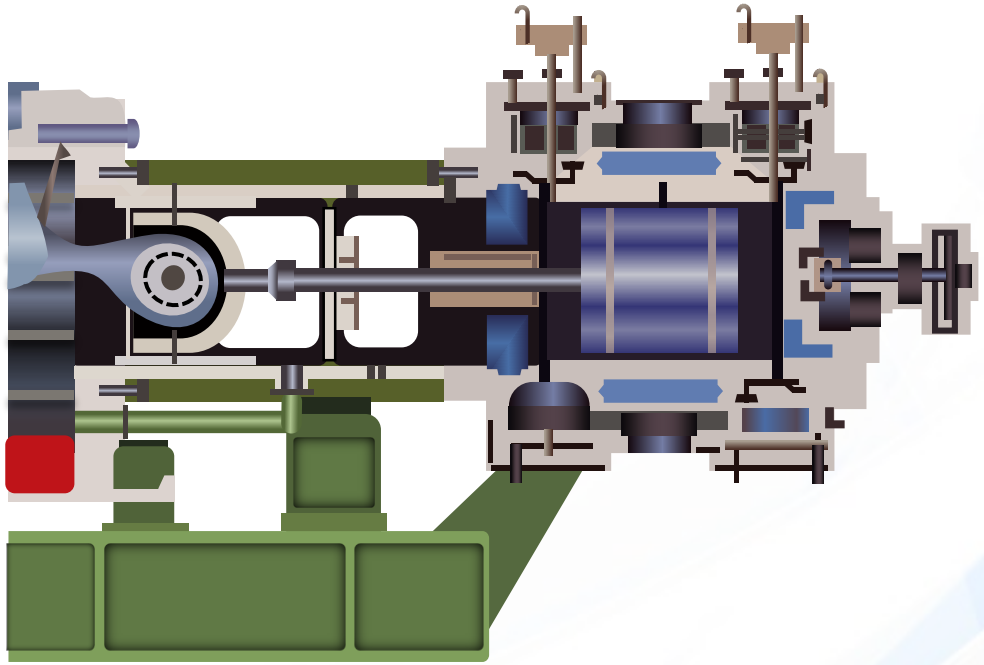
$W[J] = F[N] \times \Delta x[m]$

$F = pA[N]$　$\Delta V = A\Delta x[m^3]$　とおくと

$W = p\Delta V[J]$　(9.7)



ピストンによる圧縮の説明



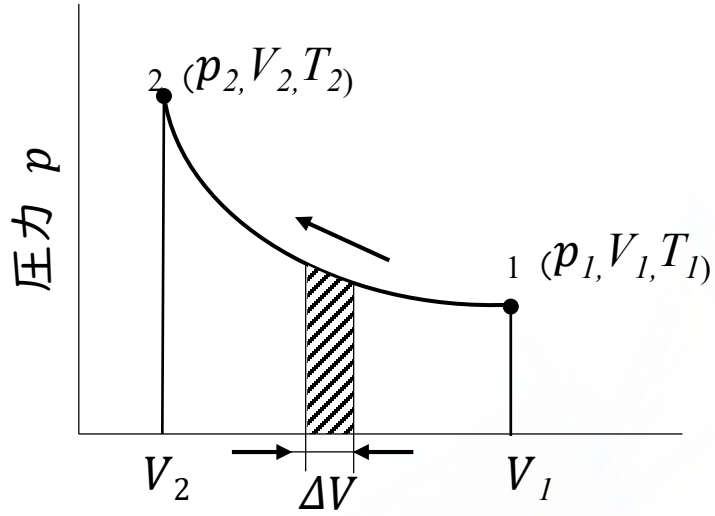
往復圧縮機イメージ図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ピストンによる圧縮仕事は

$$\int_{v_2}^{V_1} p\Delta V$$

で、曲線12の下の面積で表される



②気体の圧縮

圧縮は瞬時に行われるのでほぼ断熱圧縮

↓

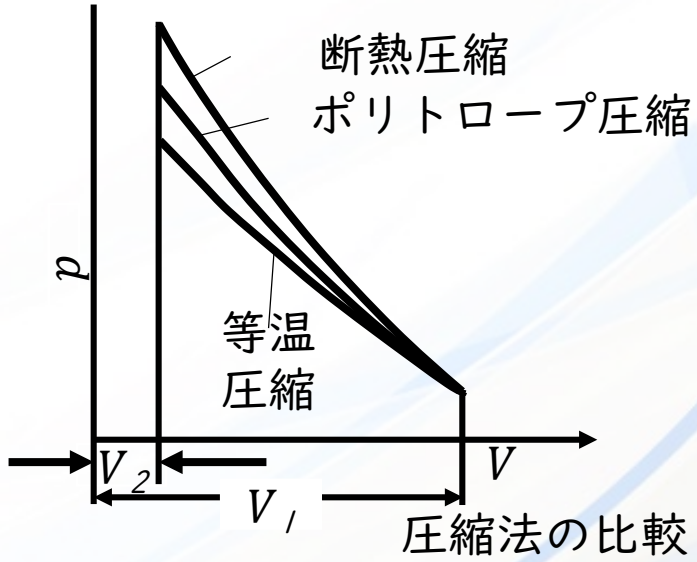
若干放熱がある

↓

等温圧縮に近づく

↓

ポリトロープ圧縮



圧縮法の比較

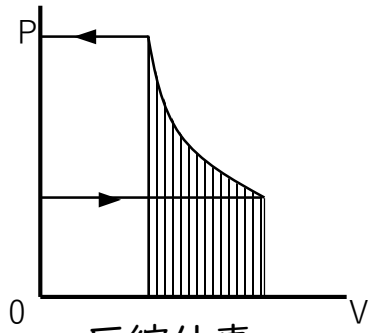
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

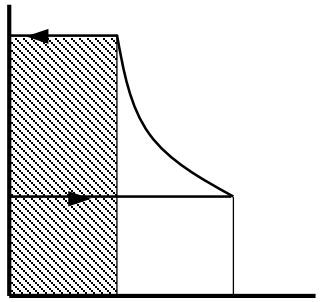
③1段圧縮の理論サイクル

圧縮機全体の仕事（正味の仕事）は ：

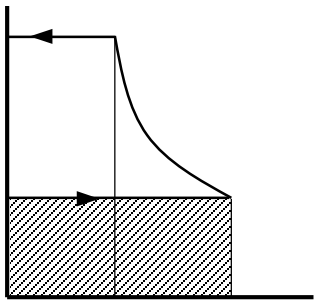
正味の仕事＝圧縮仕事 ＋ 吐出し仕事 － 吸い込み仕事



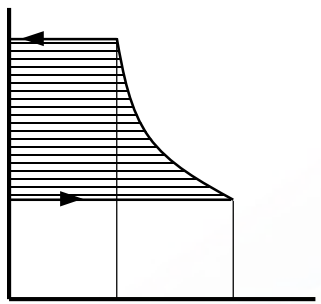
圧縮仕事
（閉じた系の仕事）



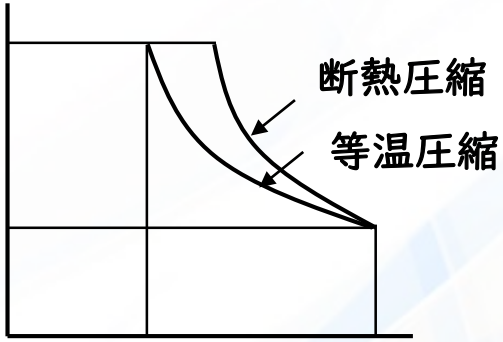
吐出し仕事



吸込み仕事



正味の仕事
（開いた系の仕事）



断熱圧縮： $pV^{\gamma} = const.$
等温圧縮： $pV = const.$

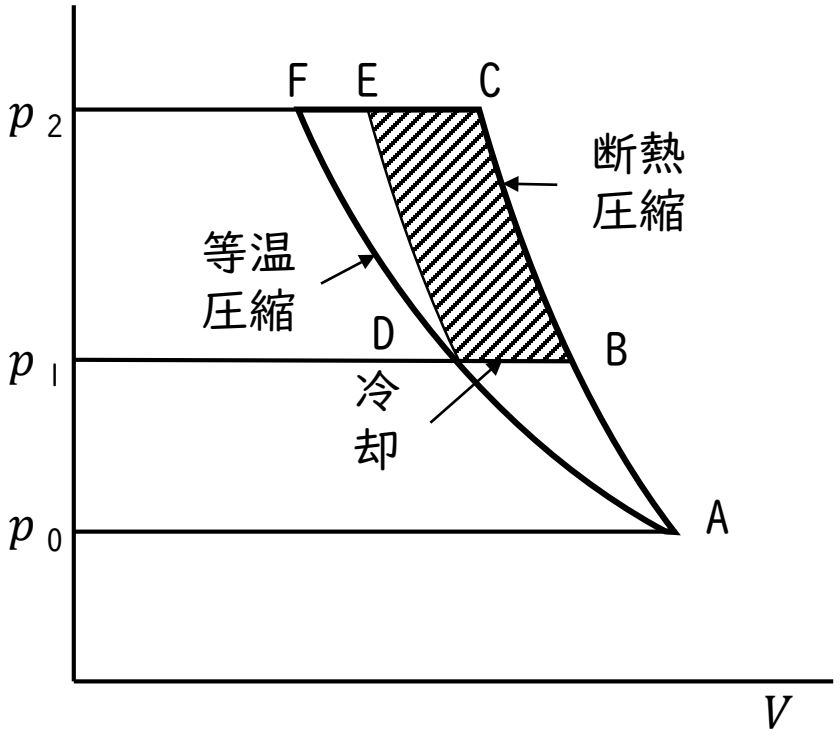
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

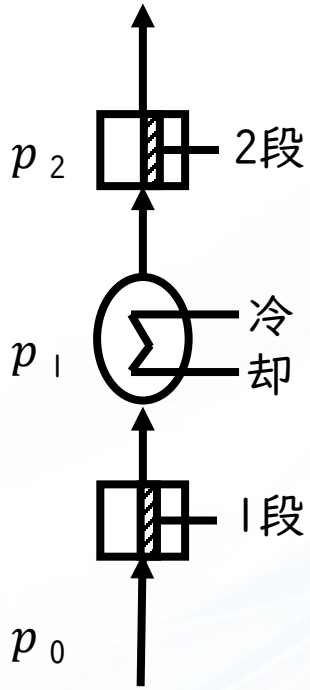
④実際の圧縮機のサイクル

⑤多段圧縮

多段に分け中間冷却器を入れると断熱圧縮から等温圧縮に近づき動力が少なくなる

2段の場合



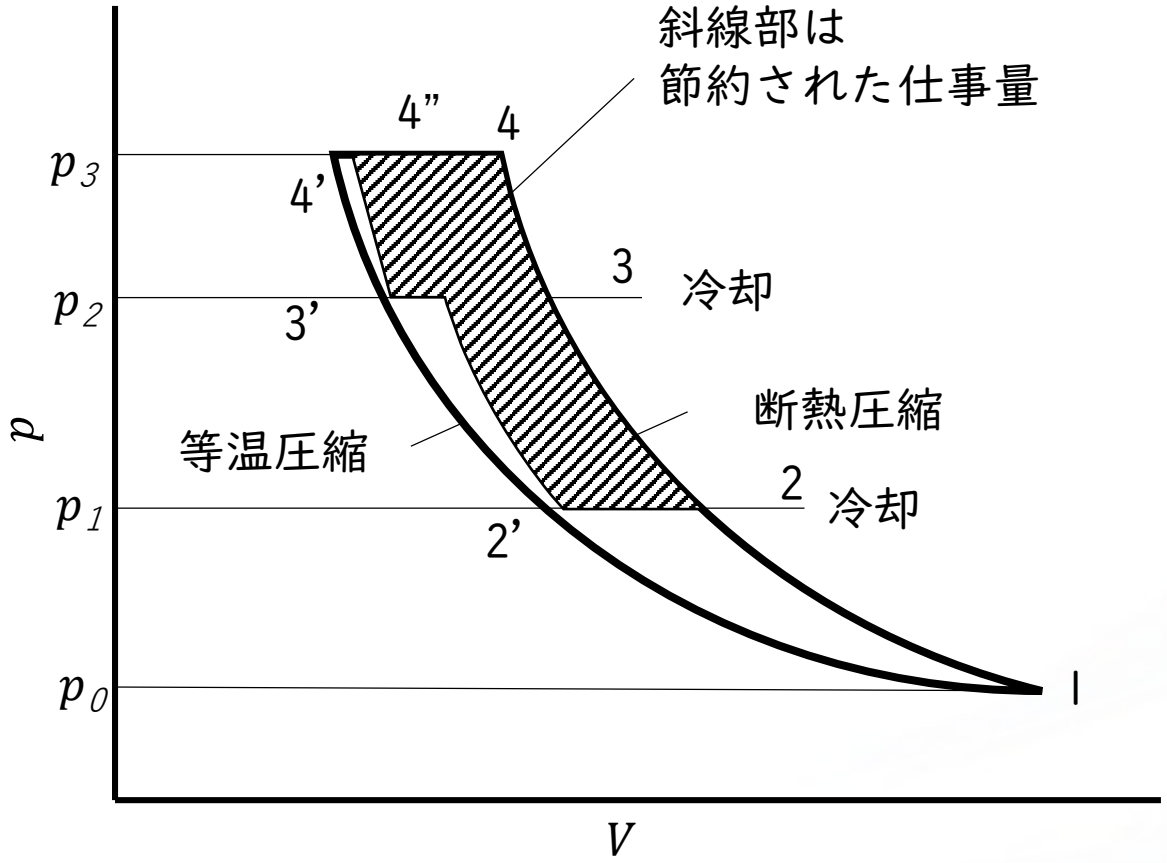


高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3段の場合

2段冷却



多段圧縮説明図

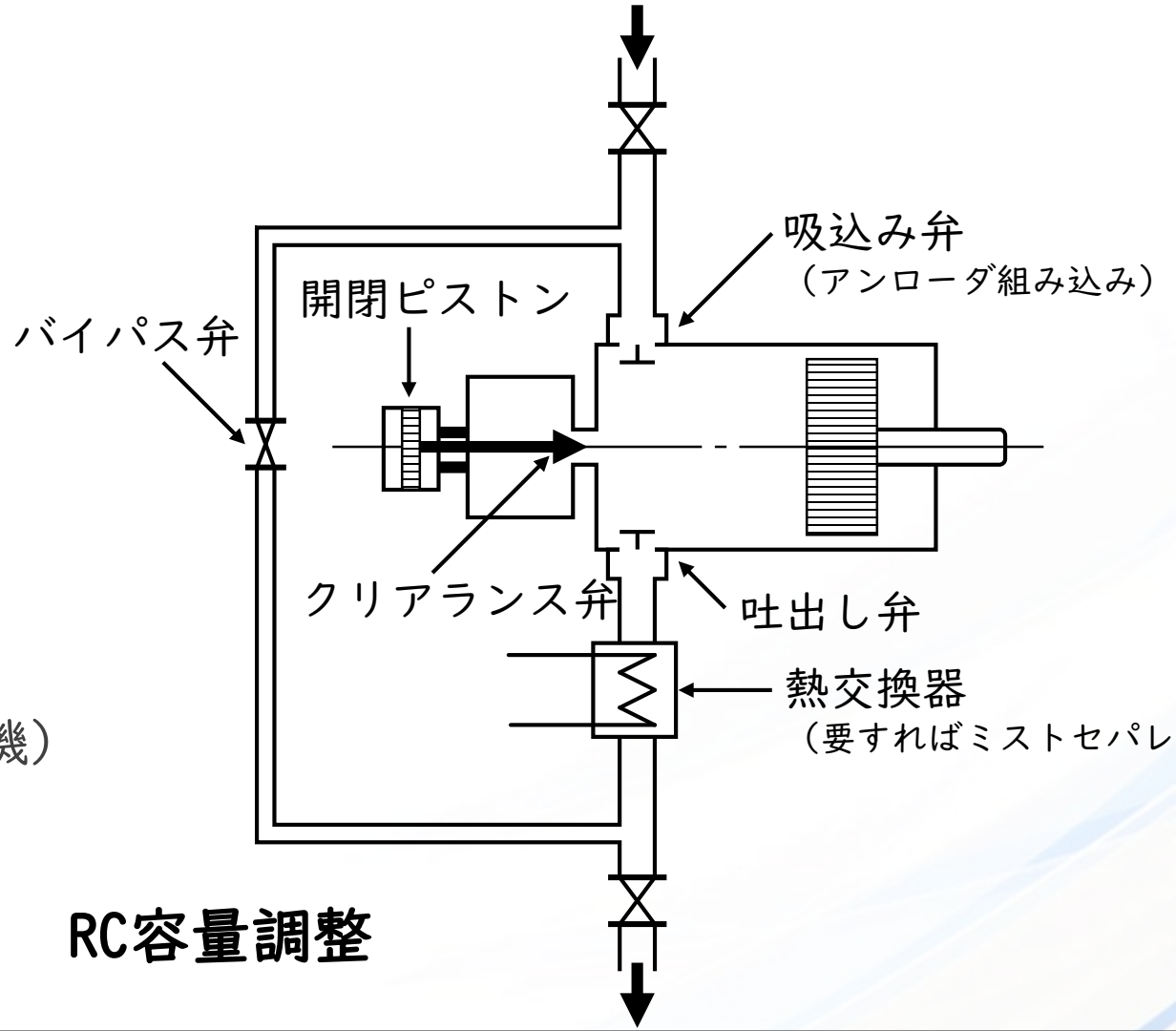
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(2)容量調整

- クリアランス弁方式
- 吸込み弁アンローダ方式
- 速度制御方式
- バイパス方式

往復圧縮機の風量は圧力にかかわらず
ピストンの往復回数で決まる



RC容量調整

2）ねじ圧縮機（スクリュー圧縮機）

3）ベーン圧縮機

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

189

圧縮機とポンプに関する次の記述のうち正しいものはどれか。

イ．クリアランス弁方式による圧縮機の容量調整方法は，往復圧縮機と遠心圧縮機に用いられる。

ロ．軸流圧縮機は，高い圧力は得にくいが，大流量の気体の圧縮に適している。

ハ．ポンプが停止するなど，配管内の液圧が急激に変化すると水撃作用が発生することがある。

ニ．軸流ポンプは，吐出し量が増加するにしたがい軸動力は増加する。

（1） イ、ロ　（2） イ、ニ　（3）ロ、ハ　（4）イ、ハ、ニ　（5） ロ、ハ、ニ

答(3)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2　ポンプ

a）ターボ型ポンプ

1）種類

（1）遠心ポンプ

ポンプでは通常圧力では表わされず、液体をどの高さまで汲み上げられるかを示す「揚程（m）」で表す。圧力$\Delta p[P_a]$と揚程$h[m]$　との間には　$\Delta p = \rho g h$　という関係がある。

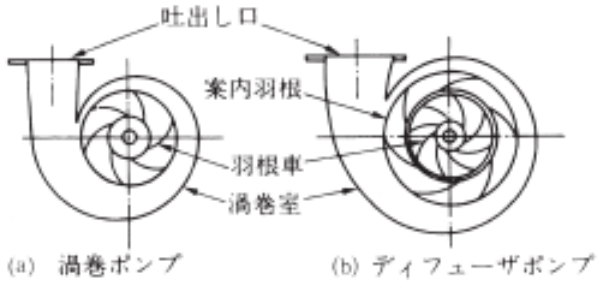


図 9.79　遠心ポンプの形式

小流量高揚程

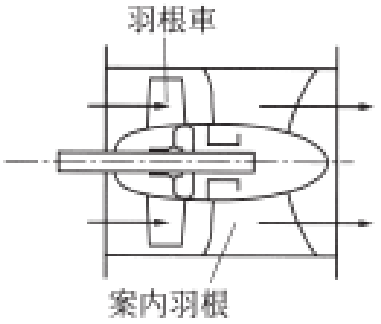


図 9.80　軸流ポンプ

大流量低揚程

図 9.81　斜流ポンプ

中流量中揚程

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（2）軸流ポンプ

（3）射流ポンプ

2）構造

3）各種ポンプの特徴

（1）特性曲線

遠心ポンプと軸流ポンプの動力特性の違いに注意

遠心ポンプは吐出し弁を閉めて起動し、軸流ポンプは吐出し弁を開けて起動する

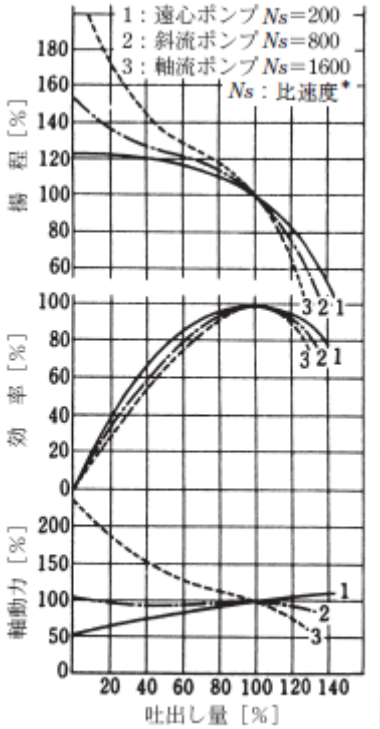


図 9. 83　ポンプの特性曲線

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（1）特性曲線

（2）キャビテーション

「現象」

液体の蒸気圧 ＞ 流体の圧力
↓
気泡の発生→生成消滅の繰り返し
↓
振動、騒音、エロージョンの発生

「対策」

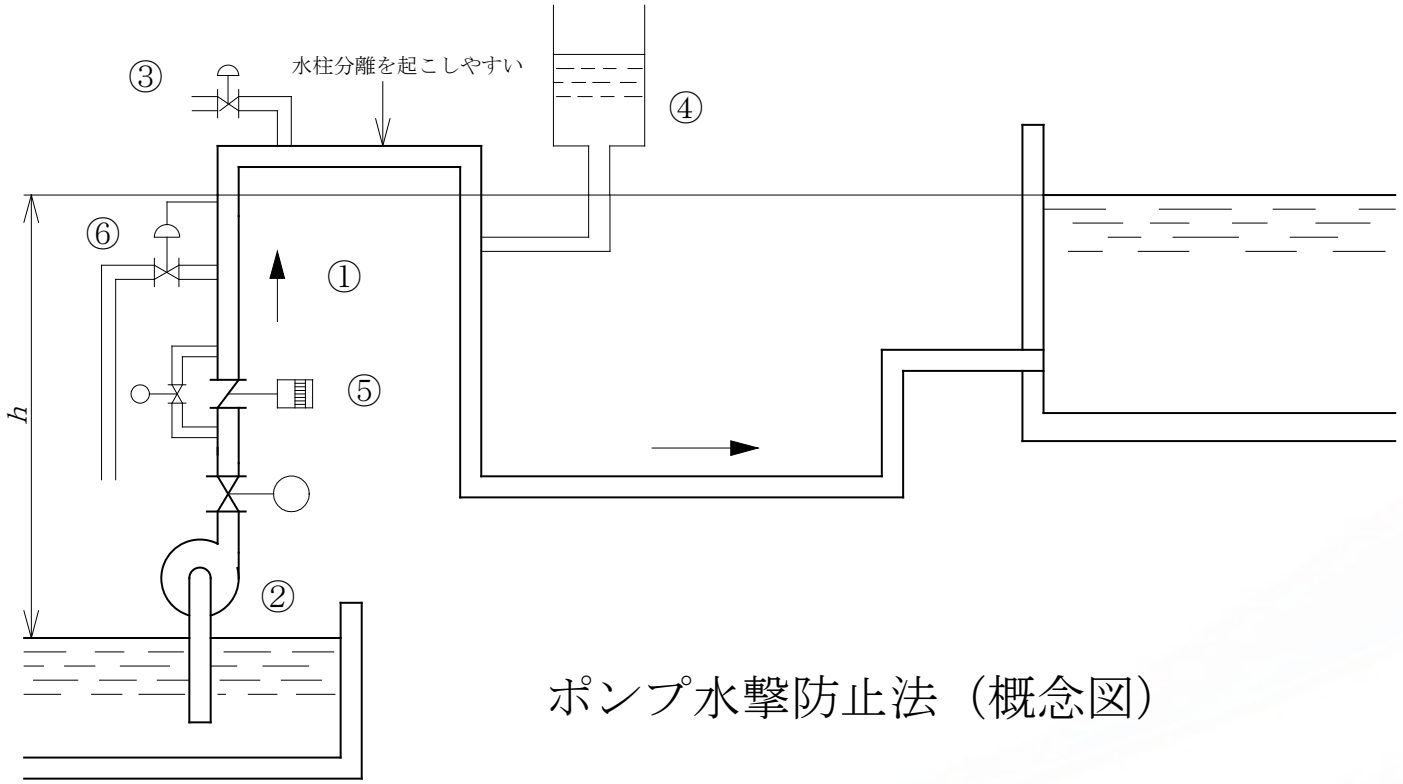
吸い込み圧力を小さくする

吸い込み圧力を上げる

吸込み流速を下げる（回転数を下げる）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(3) 水撃作用



ポンプ水撃防止法（概念図）

① 流速を遅く　② ﾌﾗｲﾎｲｰﾙ効果を大きく　③ 吐出し管路に空気弁　④ サージタンクによるクッション
⑤ 緩閉逆止弁　⑥ 自動調節吐出弁

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

b）容積形ポンプ

往復ポンプでは脈動対策が必要 → 複動型（複数のシリンダー）、アキュームレータ（エアークッション）

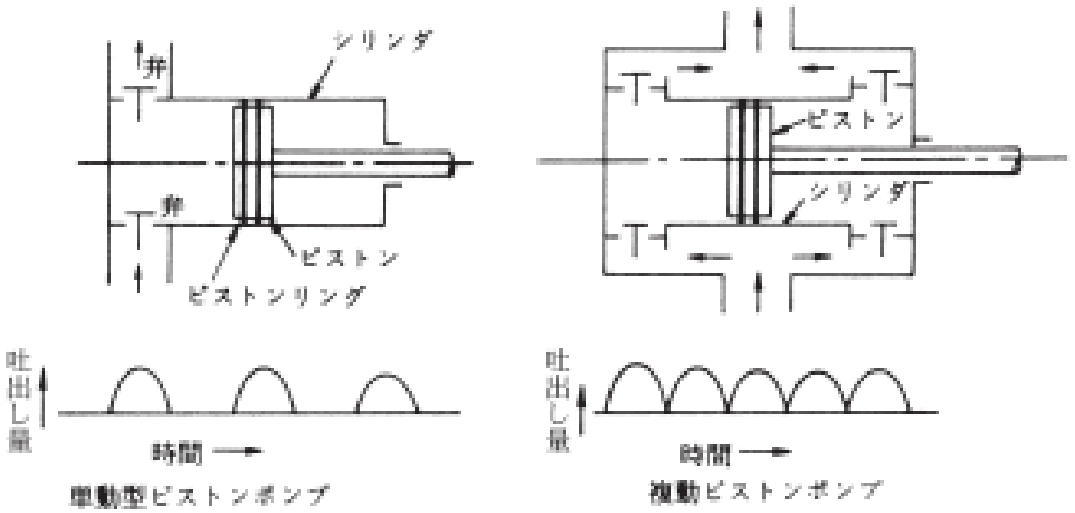


図 9.84　往復ポンプの吐出し液体の脈動の例

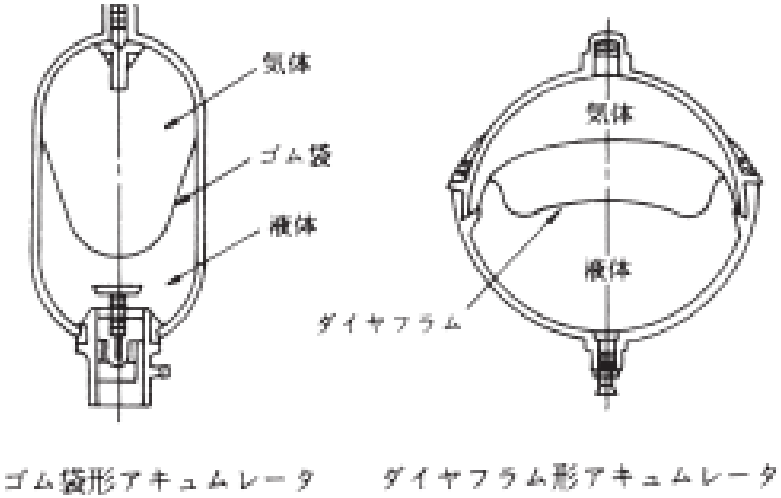


図 9.85　アキュムレータの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

ポンプの運転に関する次の記述のうち正しいものはどれか。

（H16-2保安）

イ. 遠心ポンプで発生するキャビテーションは，最も圧力が低くなる羽根車入口で起こりやすい。

ロ. 遠心ポンプのキャビテーションの発生防止法として，ポンプの据付け位置をで きるだけ下げることは有効である。

ハ. ポンプで発生する水撃作用（ウォータハンマ）は，停電などでポンプが急に停止したときに発生することがある。

ニ. 遠心ポンプは，吸込み弁および吐出し弁を開けた後に起動する。

（1）イ、ハ　（2）イ、ロ、ハ　（3）イ、ロ、ニ　（4）イ、ハ、ニ　（5）ロ、ハ、ニ

答(2)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5　流体の漏えい防止

1　ガスケット・パッキン

2　静的機器の漏えい防止

a)　塔・槽、熱交換器

b)　配管

c)　バルブ

d)　ボルトの締付け管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3　動的機器の漏えい防止

a)　往復圧縮機の軸封装置

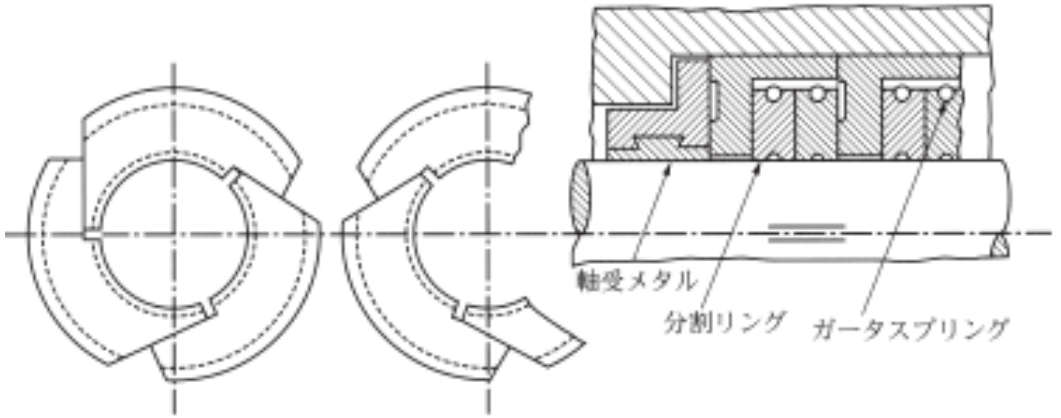


図 9.89　ピストンロッドパッキンの例（セグメントタイプ）

b)　遠心圧縮機の軸封装置

1)　ラビリンスシール

2)　オイルフィルムシール

中央のシール室にガス圧より

Δpだけ高圧のシール油を供給する

3)　ドライガスシール

回転リングと固定リングは非接触

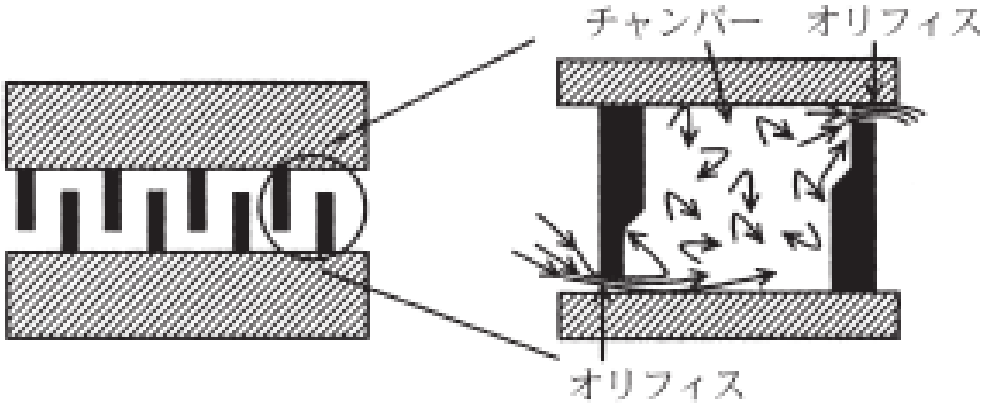


図 9.90　ラビリンスシールとシール内の流体の流れ

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

c） 往復ポンプの軸封装置

d） 遠心ポンプの軸封装置

1）グランドパッキン

締め付けボルトを強く締め付けすぎると発熱、潤滑性能劣化、軸摩耗などを起こす

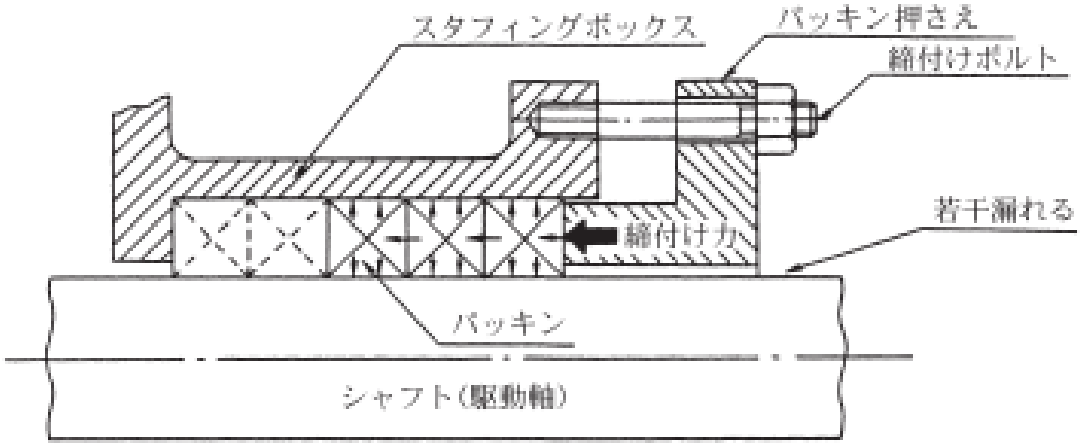
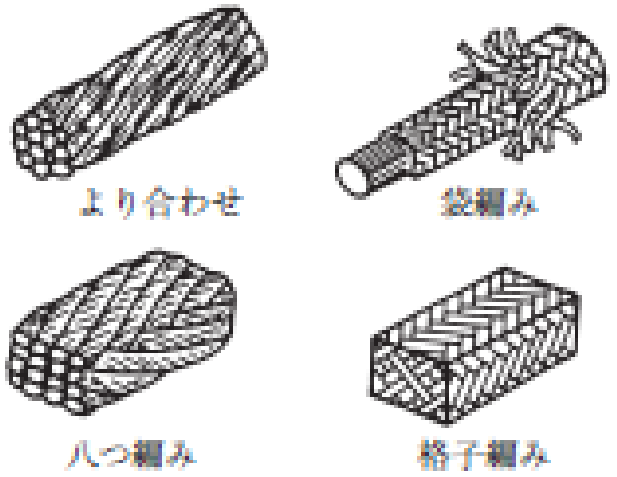


図 9.93 グランドパッキン



グランドの成形

（テキスト p.127 参照）

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2) メカニカルシール

回転リングと固定リングが接触摺動 → 片方は軟質材（カーボン）、
他方は硬質材（特殊鋼、超硬合金、セラミックス）とする

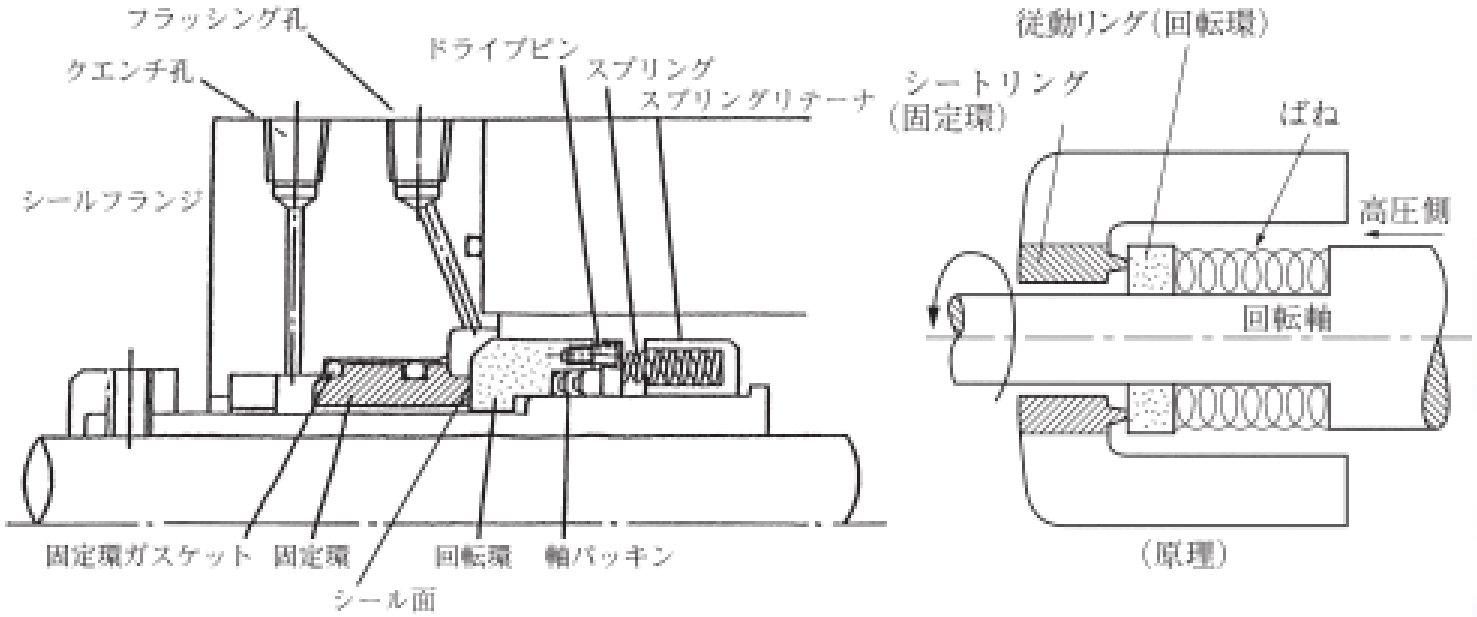


図 9.94　メカニカルシール

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

9-97 流体の漏えい防止に関する次の記述のうち正しいものはどれか。

（H14-2保安）

イ. 一般的に，静止接合面に挿入するシールをパッキン，往復運動や回転運動の習動部に使用するものをガスケットと呼ぶ。

ロ. ボルトの締付け方法は，手締め法，トルク法のほか目的に応じた有効な方法を採用する。

ハ. ラビリンスシールは，静的機器の漏えい防止によく用いられる。

ニ. メカニカルシールは，可燃性や毒性の流体を扱う場合の回転用シールとしてよく使用される。

（1）イ、ロ　（2）イ、ハ　（3）ロ、ハ　（4）ロ、ニ　（5）ハ、ニ

答(4)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

E－4　保安係員（一般）　法令
教材一例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者
保安係員（一般）講習
最近の高圧ガス保安法令の改正状況等

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

平成28年11月1日施行の
高圧ガス保安法施行令改正の概要

2

1．改正の背景

近年、技術進歩等に伴い、新たな種類の高圧ガスや高圧ガスを利用した新たな形状・用途の製品が次々と生まれている。高圧ガスの保安規制においては、こうした変化に対応していくとともに、迅速・柔軟かつ効率的に保安水準の更なる維持・向上が図られるよう「保安のスマート化」が求められている。
今般、平成28年3月に産業構造審議会保安分科会高圧ガス小委員会において取りまとめられた高圧ガス保安のスマート化に係る報告書を踏まえ、高圧ガス保安法施行令（平成9年政令第20号）（以下「政令」という。）が改正された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成28年11月1日施行の
高圧ガス保安法施行令改正の概要

２．改正の概要

（１） 適用除外の範囲の拡大について（第２条関係）
高圧ガスを利用した新たな製品開発の動向に対応するため、ガス量、ガス種、使用条件、設備の構造等から災害の発生のおそれがない高圧ガスとして高圧ガス保安法の適用除外とするものについて、ガスの容積が0.15m^{3}以下のもののうち経済産業大臣が定める設備内の高圧ガスが追加された。

（２） 可燃性がわずかなフルオロカーボンの取扱いについて（第３条表関係）
新たな冷媒の製品化に対応するため、フルオロカーボンのうち可燃性は認められるがその燃焼性の程度がわずかなもの（具体的には、フルオロオレフィン1234yf及びフルオロオレフィン1234zeを想定）について、第一種ガスに位置付けられるようにするため、所要の改正がなされた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成28年11月1日施行の
高圧ガス保安法施行令改正の概要

（３） 認定事業所制度の更新期間の延長について（第10条関係）

IoT、ビッグデータの活用等により、レベルの高い自主保安を講じている事業者が増加していることを踏まえ、効率的な規制を行うと共に、事業者の保安力の更なる向上を動機付けるため、一定の保安力を有すると認められる事業者について、自ら完成検査を行うことができる者の認定に係る有効期間が、通常の５年から２年間延長の７年とされた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成28年11月1日施行の
高圧ガス保安法施行令改正の概要

３．政令の公布・施行期日

平成28年10月28日公布、平成28年11月１日施行
（認定期間を２年延長する改正のみ平成29年４月１日施行）
（参考）容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則、関係告示、関係通達、関係例示基準は、いずれも平成28年11月１日公布、同日施行

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

平成28年11月１日施行の高圧ガス保安法政省令・告示・通達（内規）改正の主な内容

１．液化ガスの定義（法第2条内規）

液化ガスは現に液体であって、①沸点が40℃以下のもの、又は②沸点が40℃を超える液体がその沸点以上かつ1MPa以上の状態にある場合のもの（既存設備は従来どおりでも可）→ **圧力が1MPa未満の沸点が40℃を超える液体は、漏えい後も液体のままで、リスクが低いことから、高圧ガスの規制対象外とされた。**

２．毒性ガスの定義（一般則第２条・コンビ則第２条・内規等）

掲名されたガス及び毒劇法の毒物を毒性ガスに。混合ガスの場合は急性毒性（LC50）が500ppm（４時間）以下は毒性ガス

※毒性ガスの定義のじょ限量200ppm、軽微変更の1ppmは削除。コンビ則の毒性ガス保安距離の L1・L2・L3は、L3のみに

３．処理量の合算規定（法第5条内規）

同一事業所内は原則として全てを合算するが、**独立・非連結施設で処理能力100m³／日（第一種ガスは300m³／日）未満は合算しなくてもよい。ただし、これらは第二種製造者としての規制を受ける。**（既存設備は従来どおりでも可）

４．貯蔵量の合算規定（法第16条内規）

消火設備内高圧ガス以外の「30m以内合算」は、容器については22.5m以内、障壁があれば11.25m（容器置場の面積が８m²未満は6.36m）以内を合算

なお、「同一構築物内合算」は、容器及び容器以外の設備についても削除

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1.5

平成28年11月１日施行の高圧ガス保安法政省令・告示・通達（内規）改正の主な内容

５．水電解水素発生装置への対応（一般則第2条、第７条の３、コンビ則第2条等）

大規模な圧縮水素スタンド対応の水電解水素発生装置の処理能力計算式、技術基準の追加

６．適用除外の拡大（政令第2条、政令告示第4条の2）

設備内のガスの容積が標準状態で0.15m^{3}以下のものであって、分析機器、エアバッグ発生器、空気銃・準空気銃、消火用放水銃、空気銃・準空気銃・消火用放水銃に充塡するための設備、冷媒ガス充塡（マニホールド）が適用除外に

７．新冷媒への対応（政令第3条、冷凍則第2条、一般則第2条、コンビ則第2条、容器則第2条等）

HFC32、HFO1234yf、HFO1234zeを「特定不活性ガス」とし、可燃性ガスに準じた技術基準を追加し、完成検査方法・保安検査方法を規則別表に追加

なお、これらは「不活性ガス」に含まれ、併せて「第一種ガス」として扱われる。

８．冷凍設備の指定設備認定証が無効とならない変更工事（冷凍則第62条）

冷凍設備の認定指定設備の変更工事について、「同一の部品への交換」を「同等の部品への交換」に拡大

９．販売主任者の選任不要（一般則第72条）

酸素40%未満のスクーバダイビング呼吸用ガスの販売主任者の選任が不要に

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図1.6

平成28年11月１日施行の高圧ガス保安法政省令・告示・通達（内規）改正の主な内容

10. 輸入検査の適用除外となる高圧ガスの改正（一般則第46条、製造細目告示第12条の17）

a 法の適用除外となるガス量0.15m³以下のエアバッグガス発生器を適用除外としており、当該エアバッグガス発生器は、自動車用エアバッグだけではなく、着衣形エアバッグ、救命胴衣などを膨らますものを対象としている。そのため、これらのエアバッグを膨らますためのエアバッグガス発生器については、法の適用除外となり、輸入検査も適用除外となる。

b ガス量0.15m³を超えるエアバッグガス発生器については、これまでどおり輸入検査が必要となるが、自動車用エアバッグガス発生器については、一般則及び製造細目告示の要件を満たしていれば、輸入検査は適用除外となる。

c 新たに航空法第10条の規定に適合する容器、いわゆる耐空証明を有しており、航空機で使用するための容器についても輸入検査の適用除外としている。

11. その他の改正

① **スーパー認定完成・保安検査実施者の更新期限を5年から7年に延長** ⟶ この改正①のみ平成29年4月1日施行

② 内容積25リットル未満の容器を２本まで積載・移動は移動基準の一部免除

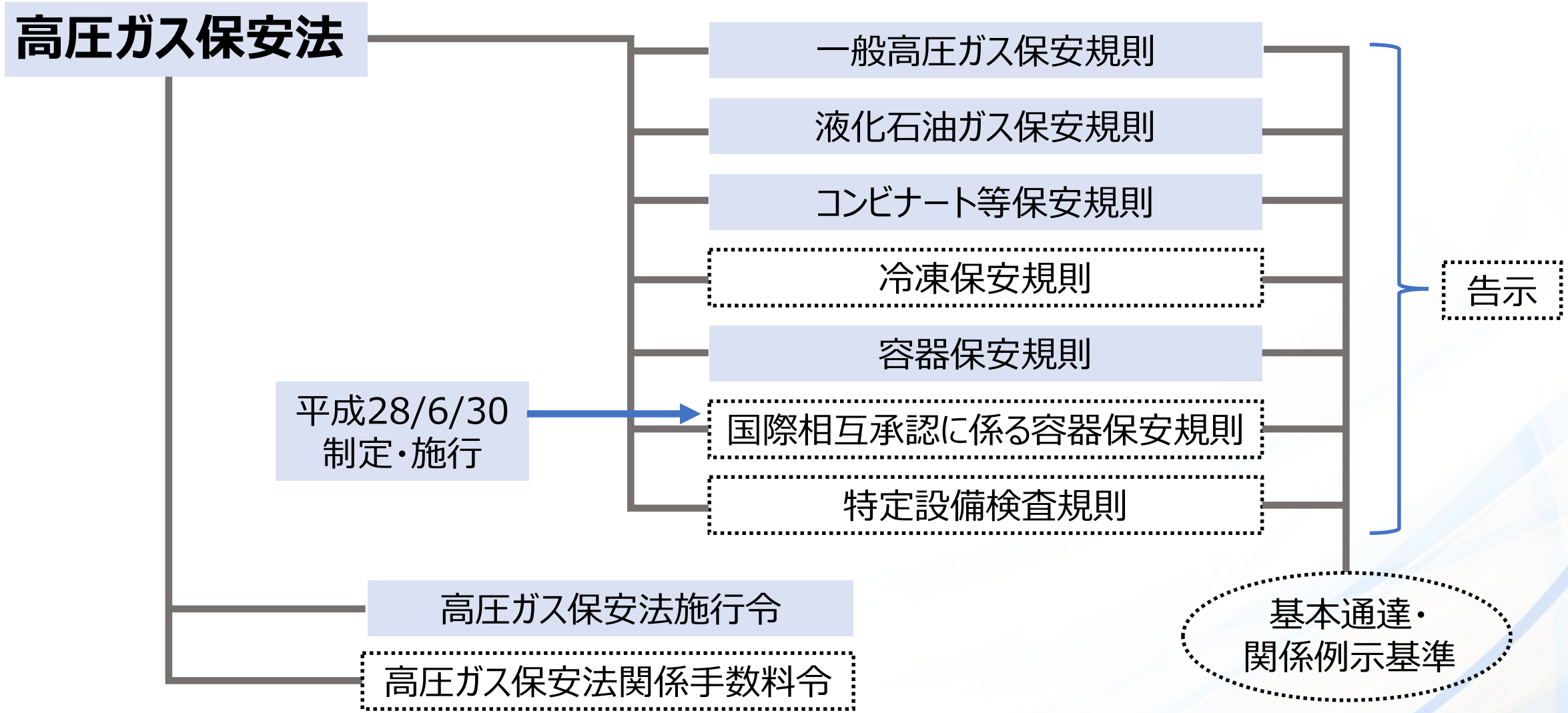
③ 樹脂・ゴム・金属等の成形加工機器は「高圧ガスの製造」の非該当

④ 省令中：「充てん」→「充塡」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2

高圧ガス保安法令の構成（主要なもの）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガスとは（圧縮ガス）

法第２条１、２号

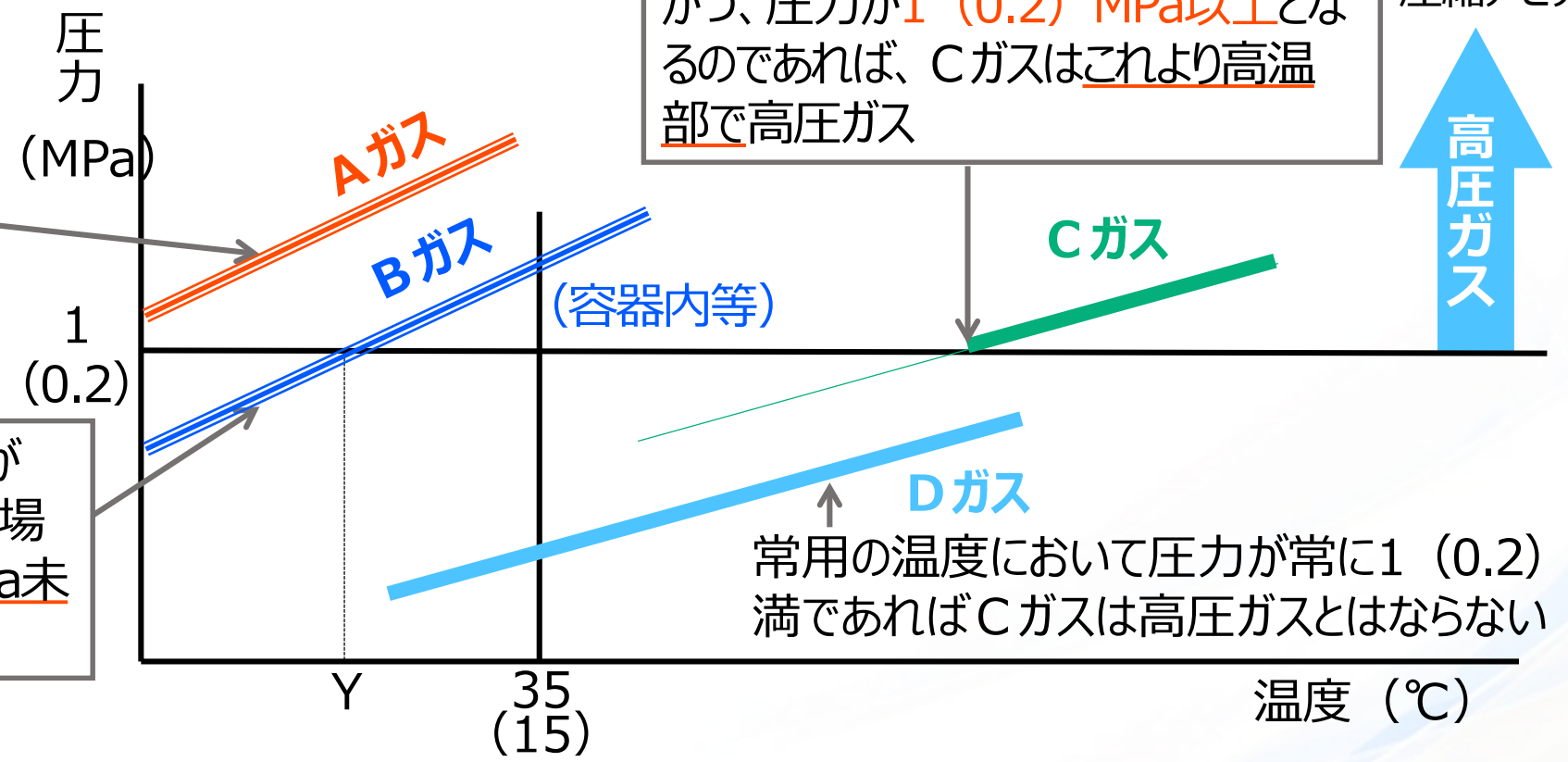
圧縮ガス

常用の温度において圧力が常に1（0.2）MPa以上であればＡガスは高圧ガス

温度35（15）度で圧力が1（0.2） MPa以上となる場合、Bガスは1（0.2） MPa未満の部分を含め高圧ガス

これより高温部が常用の温度であり、かつ、圧力が1（0.2）MPa以上となるのであれば、Ｃガスはこれより高温部で高圧ガス

（ ）内の数値は、圧縮アセチレンガス



常用の温度において圧力が常に1（0.2） MPa未満であればＣガスは高圧ガスとはならない

常用の温度

平成28/2/26改正・施行

（一般則第6条2項2号ヲ他）

＊ **常用の温度**：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

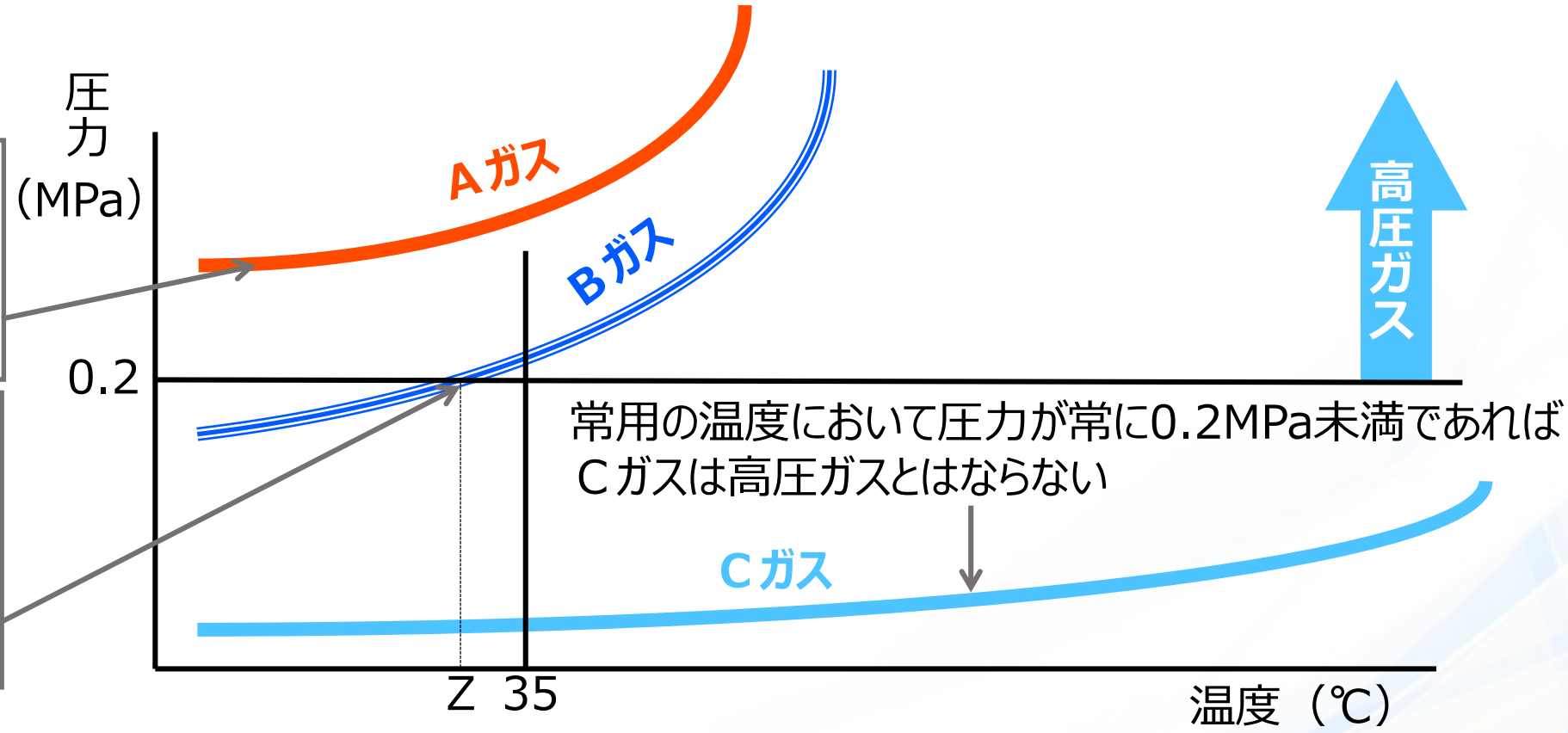
高圧ガスとは（液化ガス）

法第2条3号

液化ガス

常用の温度において圧力が常に0.2MPa以上であればＡガスは高圧ガス

圧力が0.2MPaとなる場合の温度が35度以下であればＢガスは0.2MPa未満の部分を含め高圧ガス



常用の温度

平成28/2/26改正・施行
（一般則第6条2項2号ヲ他）

＊ **常用の温度**：設備の使用過程において通常なりうる最高の温度
（容器の場合、常用の温度は圧縮水素運送自動車用容器（65℃）を除き、40℃）

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

図5

液化ガスの定義

法第２条関係基本通達

12

「液化ガス」とは、次のいずれかに該当するものをいう。

① 大気圧下における沸点（当該液体が純物質か混合物であるか否かにかかわらず、当該液体の蒸気圧が大気圧と等しくなる温度をいう。以下②において同じ。）が40℃以下のもの

② 大気圧下における沸点が40℃を超える液体が、その沸点以上**かつ1MPa以上の状態**にある場合のもの

平成28/11/1法２条関係通達（内規）改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図4

高圧ガス保安法の適用除外の主なもの（追加）

政令第２条３項９号（追加）　平成28/11/1追加

九 ガスを圧縮、液化その他の方法で処理する設備内の高圧ガスであって、当該設備内のガスの容積が0.15m^{3}以下のもののうち、経済産業大臣が（告示で）定めるもの

法第3条、政令第2条3項9号

法規集P119施行令第2条第3項第9号 P1018政令関係告示第4条の2

政令関係告示第４条の２（追加）

１．分析機器内における高圧ガス
　分析機器の例→混合物の成分を分離する装置（超臨界CO^2クロマトグラフ等）
２．エアバッグガス発生器内における高圧ガス（自動車用、高所用、雪崩れ用、救命胴衣用等）
３．銃砲刀剣類所持等取締法に規定する空気銃又は準空気銃内における高圧ガス
４．消火活動のため使用される放水銃内における高圧ガス
５．３及び４に規定する空気銃、準空気銃、又は放水銃へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス
６．冷凍設備へ高圧ガスを充塡するための設備内における高圧ガス（１～６のいずれも該当条件がある。－ 記載省略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7-1

高圧ガス保安法の適用除外の主なもの（追加）

法規集P179
一般則第2条第1項第1、2号

14

可燃性ガス、毒性ガスの見直し及び特定不活性ガスの追加（一般則第２条「用語の定義」）

可燃性ガス

一般則第２条第１項第１号に掲名したガス（アクリロニトリル以下39種類＝改正なし）及びその他のガスであって、次のイ又はロに該当するもの（フルオロオレフィン1234yf及びフルオロオレフィン1234zeを除く。）

イ　爆発限界の下限が10%以下のもの

ロ　爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの

毒性ガス

一般則第２条第１項第２号に掲名したガス（アクリロニトリル以下33種類＝改正なし）及びその他のガスであって毒物及び劇物取締法第２条第１項に規定する毒物（じょ限量の規定は削除し、急性毒性を有するガスを毒性ガスとすることが基本とされた。）

以上　平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7-1（参考）

毒物及び劇物取締法における毒性ガス

15

4-8-(2). 毒性ガスに該当する毒劇法毒物のうち、曝露経路がガス(吸入)であって、急性毒性(LC_{50})が500ppm(4時間)以下に相当 する物質にはどのようなものがあるか。

(答え)

- 以下に示す16物質が該当します。(平成29年6月現在)
- このうち、10物質は一般則の毒性ガスに掲名されています。(一般則第 2条第1項第2号)

No.	CAS	物質名	毒劇法該当箇所	一般則で掲名の有無	LC_{50}の値　ppm(4h)
1	10294-34-5	三塩化ホウ素	政令第1条第6号の10	–	26.5(ラット、マウス)
2	7637-07-2	三弗化ホウ素	政令第1条第6号の12	掲名ガス	436(ラット)
3	7783-55-3	三フッ化リン	政令第1条第6号の13	掲名ガス	33.52(マウス、LCL)
4	74-90-8	シアン化水素	法律別表第1第7号 政令第1条第8号	掲名ガス	50.2(ラット)
5	460-19-5	ジシアン	政令第1条第8号	–	175(ラット)
6	506-77-4	塩化シアン	政令第1条第8号	–	44.7(マウス)
7	7783-60-0	四フッ化硫黄	政令第1条第13号の3	掲名ガス	19(ラット)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7-1（参考）

毒物及び劇物取締法における毒性ガス

No.	CAS	物質名	毒劇法該当箇所	一般則で掲名の有無	LC_{50}の値　ppm(4h)
8	19287-45-7	ジボラン	政令第1条第13号の4	掲名ガス	40(ラット)
9	7783-79-1	フッ化セレン(VI)	政令第1条第18号	–	5(ラット、LCLO)
10	7783-07-5	セレン化水素	政令第1条第18号	掲名ガス	2.63(モルモット、参考値)
11	7784-42-1	アルシン(ヒ化水素)	政令第1条第23号	掲名ガス	16.2(ラット)
12	7784-36-3	五フッ化ヒ素	政令第1条第23号	掲名ガス	データなし
13	2699-79-8	フッ化スルフリル	政令第1条第24号の2	–	400(マウス)
14	75-44-5	ホスゲン	政令第1条第24号の4	掲名ガス	5.58(ラット)
15	7803-51-2	ホスフィン(リン化水素)	政令第1条第30号	掲名ガス	11(ラット)
16	7783-82-6	六フッ化タングステン	政令第1条第31号	–	117(ラット)

注1)　表中の法律とは:毒物及び劇物取締法(昭和25年法律第303号)
2)　表中の政令とは: 毒物及び劇物指定令(昭和40年政令第2号)
(毒劇法該当箇所は平成28年7月1日改正時点のものを示す)

備考1)　LC50の値は、厚生労働省のホームページGHSモデル・SDS情報、毒物及び劇物取締法に関する通知等ホームページより引用しています。
2)　LCSの値の括弧内は実験対象とした動物の種類を示します。

平成28/11/1改正

平成29/6/23付け　通達改正のQ&A（追加分）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用除外の主なもの（追加）

法規集P179
一般則第2条第1項第1、2号

17

一般則第２条関係通達（内規）、第１項第２号中「毒性ガス」について（下記文章追加）

毒性ガスとは、掲名するガスに加え、毒物平均とし以下のとお及び劇物取締法（昭和二十五年法律第三百三号）第2条第1項で規定する毒物のうち、ガス（吸入）で評価された毒物であって、法第2条の定義による高圧ガスであるものをいう。

掲名するガス又は毒物及び劇物取締法第２条第１項で規定する毒物との混合物については、毒性ガスの曝露経路がガスによる吸入であって、その急性毒性（LC50）が500ppm（４時間）以下である場合のものを毒性ガスの対象とする。ただし、掲名するガスが50%以上の混合物については、毒性ガスとして扱うこととする。混合物の急性毒性の値の計算方法は、加重調和りとする。

$$P = \frac{100}{\frac{n1}{P_1} + \frac{n2}{P_2} + \frac{n3}{P_3} + \cdots \frac{ni}{P_i}}$$

以上　平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法の適用除外の主なもの（追加）

法規集P179
一般則第2条第1項第1、2号

18

P ： 混合ガスの急性吸入毒性の値（ppm）

Pi： i成分の急性吸入毒性（LC50）の値（ppm）。ただし、毒性の値を持たない物質の場合は無限大とする。

ni： 混合ガス中のi成分の濃度（%）

（注） 毒物劇物取締法に規定する毒物のうち製剤にあっては、当該製剤を混合物として扱い、原体の急性毒性の値を用いて上記の計算方法により算出する。当該製剤と他のガスとの混合物の場合も同様。

また、LC50の値が、1時間値しか得られない場合には、国際連合化学品の分類および表示に関する世界調和システム（GHS）第3.1章急性毒性の注意書きに基づき、1時間での数値を2で割った値を4時間に相当する数値とする。

以上　平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

不活性ガス
（政令第３条により「第一種ガス」となる。）

一般則第２条第１項第４号に掲名したガス

ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン、窒素、二酸化炭素又は　フルオロカーボン（可燃性ガスを除く。→不活性のもの及び難燃性のものを指す。）

（可燃性ガスに該当しない**フルオロカーボン**として、①フルオロオレフィン1234yf、②フルオロオレフィン1234ze及び③フルオロカーボン32（③は、爆発下限界13.8%、爆発上限界29.9%）が含まれる。（一般則第101条、製造細目告示第15条参照））

法規集P184
一般則第2条第1項
第4号、第4号の2

特定不活性ガス（政令第3条により「第一種ガス」となる。）

一般則第2条第1項第4号の2に掲名したガス不活性ガスのうち次のもの

イ　フルオロオレフィン1234yf
ロ　フルオロオレフィン1234ze
ハ　フルオロカーボン32

以上　平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図7-3

第一種ガスとは

法第5条、政令第3条
一般則第101条

20

比較的災害の発生のおそれが小さいものとして指定された次の10種類の高圧ガス

法規集P120
施行令第3条表一

高圧ガス保安法施行令第３条表第１号上欄

＊ヘリウム
＊ネオン
＊アルゴン
＊クリプトン
＊キセノン
＊ラドン
＊窒素
＊二酸化炭素
＊空気
＊フルオロカーボン（難燃性を有するものとして経済産業省令で定める燃焼性の基準に適合するものに限る。）

← 平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

一般則第101条（新設条項）

不燃性のものはここに該当する。

燃焼性の基準

第101条　令第3条表第1号上欄の経済産業省令で定める燃焼性の基準は、次の各号の**いずれかに該当すること**とする。

一　次のイ及びロの**いずれにも該当しないこと。**

　　イ　爆発限界の**下限が10%以下**のもの

　　ロ　爆発限界の**上限と下限の差が20%以上**のもの

二　ガスと着火源との接触を維持しない限り火炎が認められないこと。

法規集　P281
一般則第101条

フルオロカーボン32はこれに該当する。

製造細目告示第15条（削除条項の復活）

（燃焼性の基準を満たすフルオロカーボン）

第15条　一般高圧ガス保安規則第101条第2号に規定する燃焼性の基準を満たすフルオロカーボンは、次のとおりとする。

一　フルオロオレフィン1234yf

二　フルオロオレフィン1234ze

法規集　P1048
製造細目告示第15条

以上　平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図8

製造許可・製造事業届

法第5条1項1号
2項1号

法規集P5
第5条第1項第1号関係（内規）

処理能力が所定の値以上の設備で高圧ガスの製造をしようとする者

第一種製造者

事業所ごとに、知事等に許可申請 → **知事等の許可** → **施設の設置工事着工**

第二種製造者

処理能力が所定の値未満の設備で高圧ガスの製造の事業をしようとする者

事業所ごとに、事業開始の日の20日前までに知事等に届出

図中「知事等」とは、「都道府県知事又は指定都市の長」をいう。（図37参照）

平成28.11.1法５条関係通達（内規）H30.3.30一部改正

＊複数の処理設備がある場合、①同一の処理設備が並列で設置され、同時稼働できないことが確実である場合、②処理能力が100m³（第一種ガスの場合は300m³）未満の場合であって他の製造施設とガス設備で接続されていないもの（用役の用に供する窒素及び空気のみが通り、緊急時の遮断措置が講じられている配管で接続されているもの等を含む。）で、かつ、他の製造施設の機能に支障を及ぼすおそれのない場合にあっては、これらの処理能力を合算しなくてよいものとする。この場合、当該製造施設は、それぞれ法第５条第２項の適用（第二種製造者＝製造事業届出が必要）を受けることとなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図9

第一種製造者の製造施設に係る技術上の基準の区分

一般則第6条～8条の2、液石則第6条～9条、コンビ則第5条～7条の3

区分 / 製造設備	一般高圧ガス製造事業所 一般高圧ガス保安規則	液化石油ガス製造事業所 液化石油ガス保安規則	特定製造事業所 コンビナート等保安規則
定置式製造設備	① ②～⑤を除く一般ガス製造設備 ② コールド・エバポレータ製造設備 ③ 圧縮天然ガススタンド ④ 液化天然ガススタンド ⑤ 圧縮水素スタンド	① ②を除く液化石油ガス製造設備 ［第一種製造設備 第二種製造設備］ ② 液化石油ガススタンド	① ②～⑥を除く製造設備 ② コールド・エバポレータ製造設備 ③ 特定液化石油ガススタンド ④ 圧縮天然ガススタンド ⑤ 液化天然ガススタンド ⑥ 圧縮水素スタンド
移動式製造設備	① **移動式圧縮水素スタンド** ② ①以外の移動式製造設備	① ポンプ付液化石油ガスタンクローリ ② ①以外の移動式製造設備	**法規集P220 一般則第8条の2**

平成28.2.26追加(第8条の2）・施行

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

水素スタンドに係る規制見直しの代表的な成果

- これまでの規制改革実施計画等を踏まえ、水素スタンドに係る規制の見直しを実施。
- (H25年実施計画25項目他 H27実施計画は一部実施済み)
- 水素スタンドの設置に係る基本的な規制の整備は実施済み。
- 安倍総理は「水素の活用を阻んできた規制を昨年一挙に改革しました。(H26.9.29)」「安倍内閣の規制改革 によって、昨年夢の水素社会への幕が開きました。(H27.2.12)」と発言。

1. 82MPaの水素スタンドの設置が可能へ
(平成24年11月、平成26年11月)

40MPa スタンド

- 燃料電池自動車の航続距離延長に対応するため、82MPaの水素スタンドの技術基準を整備。
- 輸送等で効率的な液化水素に対応するための技術基準を整備。
- これらの規制見直しにより、本格的な普及が可能へ。

本格普及へ

2. ガソリンスタンドや天然ガススタンドとの併設が可能へ
(①平成24年5月、2平成26年4月)

82MPaスタンド、都市部でガソリン又は天然ガススタンドとの併設可能

- 既存のガソリンスタンドや天然ガススタンドと併設することにより、建設及び運用コストが削減。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

水素スタンドに係る規制見直しの代表的な成果

3. 公道とディスペンサー間の距離基準の性能規定化
(平成28年2月)

- 従来の距離規制(8m)を 性能規定化することにより実質 的に距離の短縮が可能。
スタン ドレイアウトの自由度が向上。(82MPS:8m、40MPa:6m)

4. 移動式水素スタンド、小規模水素スタンドの基準を整備
(平成28年2月)

- 移動式圧縮水素スタンドの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10-1

容積（貯蔵量）の合算について

（法第16条関係基本通達）
→図10-2　参照

法規集P10法第16条

① 消火設備内高圧ガス（不活性ガスに限る。）とそれ以外の高圧ガスは区分し、両者は合算しない。
また、消火設備内高圧ガスについては、設備が配管で接続されている場合のみ合算する。

② 消火設備内高圧ガス以外の高圧ガスについては、次のいずれかの場合は合算する。

イ　「容器又は容器以外の貯蔵設備」（以下これらを「設備」と総称する。）が配管で接続されている場合

ロ　設備が配管で接続されないときであって次の場合

（ｉ）容器以外の貯蔵設備同士又は容器と容器以外の貯蔵設備との間が30m以下である場合

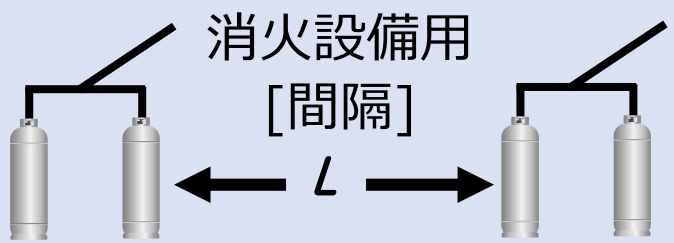
以上　平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

貯蔵能力の合算

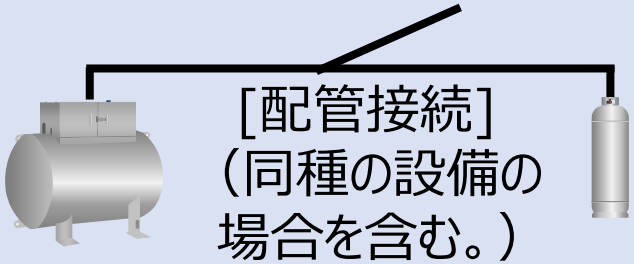
法第16条関係基本通達

①



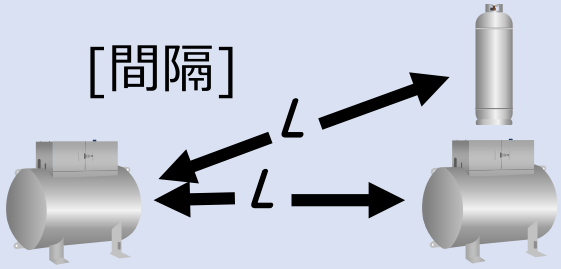
設備（容器）の間隔（L）に関係なく、配管接続のもののみ一つの貯蔵として合算する。また、消火設備以外の高圧ガスとは合算しない。

②イ



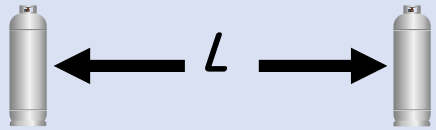
容器又は容器以外の貯蔵設備が配管接続の場合は、その間隔に関係なく、一つの貯蔵として合算する。

②ロ
(i)



容器以外の貯蔵設備と容器以外の貯蔵設備又は容器と容器以外の貯蔵設備との間（Ｌ）が30m以下の場合は、一つの貯蔵として合算する。

②ロ
(ii)



容器と容器との間（Ｌ）が22.5m以下である場合はひとつの貯蔵として合算する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10-3

容積（貯蔵量）の合算について

（法第16条関係基本通達）
→図10-2　参照

28

（ⅱ）　容器と容器の間（多層階の場合、建物内の上下関係を含む。）が22.5m（次のa及びbの場合は、それぞれに示す距離）以下である場合

a　容器と容器の間に厚さ12cm以上の鉄筋コンクリート造り又はこれと同等以上の強度を有する構造の障壁（bにおいて単に「障壁」という。）が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所（容器置場の６面が閉鎖されているのではなく、両者が有効に遮断されていれば側面や上方は開放されていてもよい。bにおいて同じ。）に設置されている場合（bの場合を除く。）　11.25m

b　それぞれの容器置場の面積が８㎡以下の場合であって、容器と容器の間に障壁が設置され、かつ、両者が有効に遮られている場合であって、容器が破裂した際にその圧力が解放されることを妨げない場所に設置されている場合　6.36m

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図11

製造とは（法第５条関係（６）通達（内規）

法第1条、第5条

法規集P5第5条
関係（内規）

- **圧力を変化させる場合**
  - 高圧ガスでないガスを高圧ガスに！ 圧縮機等
  - 高圧ガスをさらに昇圧！ 圧縮機等
  - 高圧ガスを圧力の低い高圧ガスに降圧！ 減圧弁等
  - 高圧ガス状態の液化ガスをポンプ又は気体によりさらに加圧！ ポンプ･CE等
- **状態を変化させる場合**
  - ガスを液化させ、高圧ガス状態の液化ガスに！ 液化機等
  - 高圧ガス状態の液化ガスを気化させ、高圧ガスに！ 気化器等
- **容器に高圧ガスを充塡する場合** 充塡機･移充塡等

高圧ガスを蓄圧せず、火薬類を消費することによって高圧ガスを瞬間的に生成することは、高圧ガスの製造には該当しない。また、樹脂、ゴム及び金属の内部に高圧ガスを一時的に留めて成形又は加工に用いる金型等へ当該ガスを充塡することは、高圧ガスの製造には該当しない。

← 平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図12

高圧ガスの廃棄

（法第25条一般第61条、62条液石第59条、60条

廃棄の方法基準の遵守のみ

[基準に従って廃棄すべき高圧ガス]

- 「一般高圧ガス保安規則」
  可燃性ガス、毒性ガス、**特定不活性ガス**、酸素
- 「液化石油ガス保安規則」
  液化石油ガス

平成28/11/1改正

法規集　P253
一般則第61条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図13-1

酸素に係る販売に関する規制の緩和

31

- 法第28条及び一般則第72条第1項で、販売業者は、酸素を販売する販売所においては販売主任者を選任すべきこととされている。
  その販売主任者を選任すべき酸素の販売所のうち、スクーバダイビング用のいわゆる「ナイトロックスガス」を販売している販売所について一部緩和された。

【販売主任者を選任すべき販売するガスの種類】

「酸素（スクーバダイビング呼吸用のガスであって、当該ガス中の酸素の容量が全容量の４０％未満のものを除く。）」

平成28/11/1改正

平成31/1/11（　）書き部分を第2項から第1項に移項

法規集P265
一般則第72条第1項

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

図13-2

圧縮水素に係る販売に関する規制の緩和

（１）　販売業者等に係る技術上の基準の改正
（圧縮水素を燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器に係る特例）（一般則第40条第1号）「高圧ガスの引渡し先の保安状況を明記した台帳を備えること（圧縮水素を燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器に充塡する圧縮水素を販売する場合を除く。）。」

（２）　販売主任者の選任についての緩和（一般則第72条）
販売主任者を選任すべき高圧ガスの種類として水素が指定されているが、その「水素」が次のように改正された。
「水素（圧縮水素を燃料として使用する車両に固定された燃料装置用容器に充塡する圧縮水素（「車両用圧縮水素」という。）の販売に係る保安に関する業務の管理を適切に実施できる体制が整備されている圧縮水素スタンドにおいて販売される車両用圧縮水素を除く。）」

法規集P237
一般則第40条第1号

平成31/1/11改正

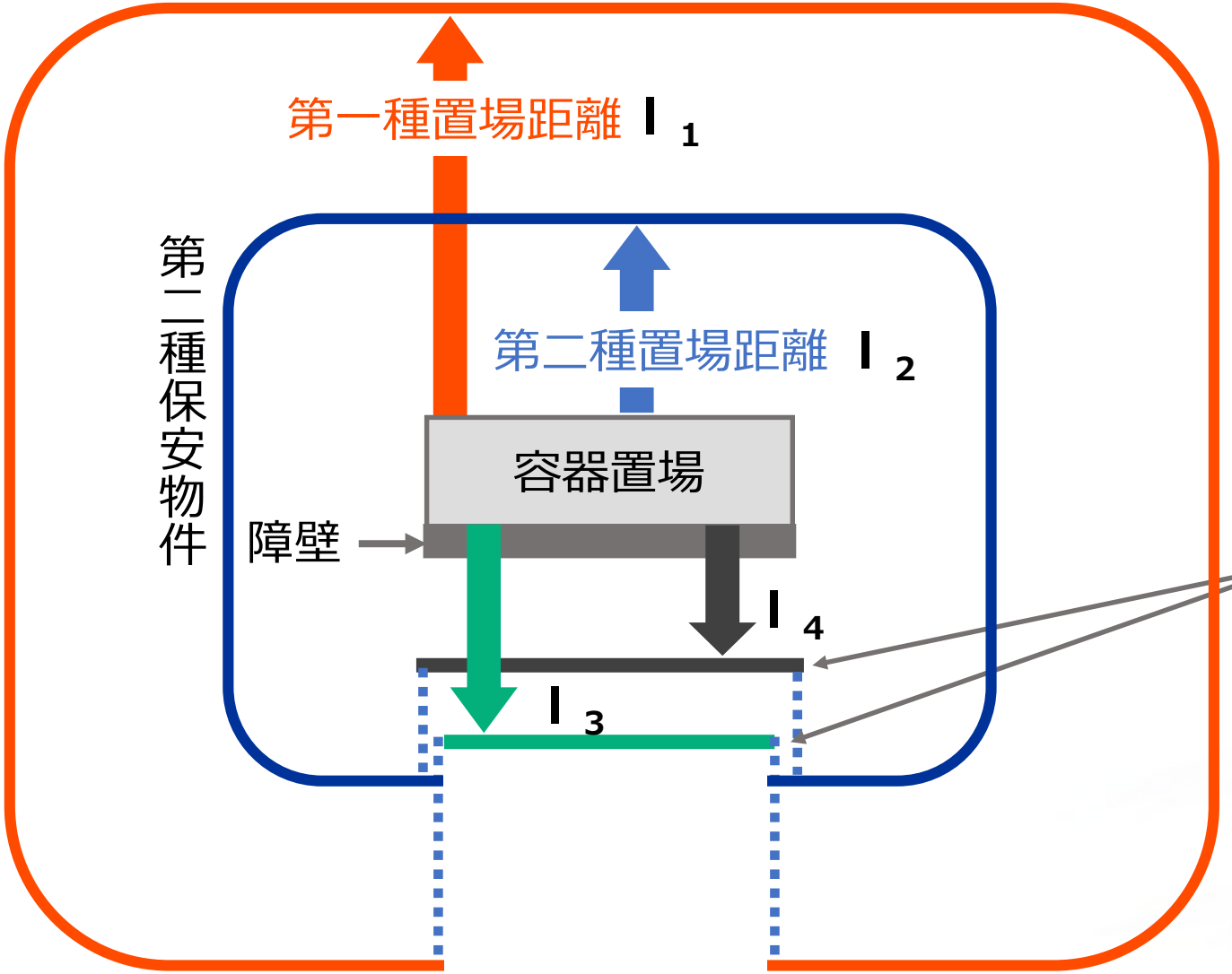
法規集P265
一般則第72条第1号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図14

第一種置場距離・第二種置場距離（容器置場の外面から）

一般第2条1項21号、22号、第6条1項42号八、二、液石第2条1項18号、19号、第6条1項35号八、ニ



面積8m²以上において

$l_1 > l_2 > l_3 > l_4$

床面積に応じて算出した距離

障壁設置で減じられた距離

可燃性ガス（液化石油ガスを含む）及び毒性ガス以外の高圧ガスのもので、面積が25m²未満のものは、障壁の有無に関係なく距離不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

第一種置場距離・第二種置場距離（容器置場の外面から）

平成28/11/1改正

コンビ則の場合、毒性ガスについてはじょ限量に応じた距離とされていたが、一律従前のじょ限量100万分の50を超え100万分の200以下の区分（m^3）の場合の置場面積対応距離に改正された。

図16

一般第2条1項21号、22号、第6条1項42号八、二、液石第2条1項18号、19号、第6条1項35号八、二、コンビ第1条1項25号、26号、第5条1項65号八、二、ホ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図15

毒性ガスのガス設備の外面から保安物件までの距離

コンビ則第5条第1項第4号ロ

改正前

じょ限量による区分

L ＼ X	$0 \leq x < 1000$	$1000 \leq x < 10000$	$10000 \leq x$
L1（～1ppm）	$90+4\sqrt{10}$	$90+\frac{2}{5}\sqrt{x}$	130
L2（1～50ppm）	$80+4\sqrt{10}$	$80+\frac{2}{5}\sqrt{x}$	120
L3（50～200ppm）	$70+4\sqrt{10}$	$70+\frac{2}{5}\sqrt{x}$	110

L：ガス設備の外面から保安物件までの距離（m）
X：貯蔵能力（圧縮ガスはm^3、液化ガスはkg）又は処理能力（m）

平成28.11.1 改正後

（イ）	$0 \leq x < 1000$の場合	$L = 70+4\sqrt{10}$
（ロ）	$1000 \leq x < 10000$の場合	$L=70+\frac{2}{5}\sqrt{x}$
（ハ）	$10000 \leq x$の場合	L=110

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図16

毒性ガスの置場距離

コンビ則第5条第1項第65号ハ

改正前

m ＼ X	$0 \leq x < 9$	$9 \leq x < 25$	$25 \leq x$
m1 (～1ppm)	66	$22\sqrt{x}$	110
m2 (1～50ppm)	60	$20\sqrt{x}$	100
m3 (50～200ppm)	54	$18\sqrt{x}$	90

じょ限量による区分

m：容器置場の外面から保安物件までの距離（m）
X：容器置場の面積（㎡）

平成28.11.1 改正後

(イ)	$0 \leq x < 9$の場合	m=54
(ロ)	$9 \leq x < 25$の場合	$m=18\sqrt{x}$
(ハ)	$25 \leq x$の場合	m=90

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図17

可燃性ガス（液化石油ガスを含む）、特定不活性ガスの製造設備から火気取扱施設に対する措置等

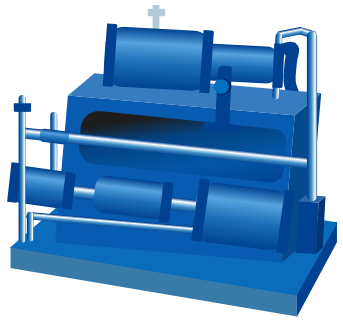
次の①～③のいずれかの措置等

① 製造設備の外面（岩盤貯槽は配管竪坑の内面）から8m以上の距離
② 漏えいガス流動防止措置
③ 漏えい検知連動火気消火措置

一般第6条1項3号、液石第6条1項7号、コンビ第5条1項14号

法規集P195
一般則第6条第1項第3号

迂回水平距離が8m以上となるように設置すればよい。



圧縮機

（漏えいガス）流動防止措置

例示基準

8m未満の場合

防火壁

火気取扱施設

（事業所以外のものも対象）

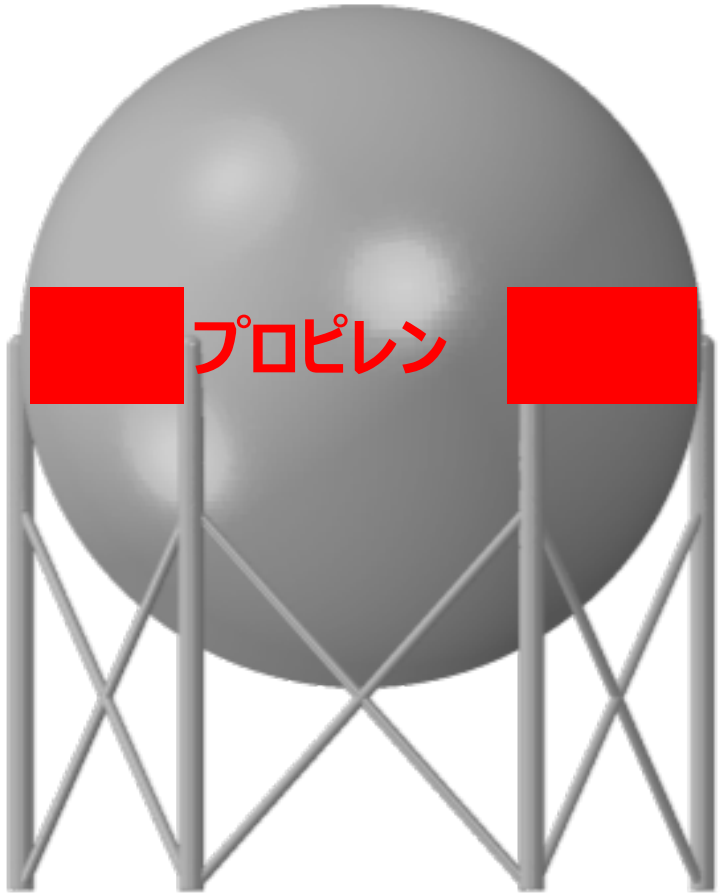
（漏えい検知）連動火気消火装置

平成28/11/1改正

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

可燃性ガス貯槽(液化石油ガス貯槽)又は特定不活性ガス貯槽の識別措置

一般第6条1項6号、液石第6条1項9号、 コンビ第5条1項29号



地下埋設貯槽も識別措置が必要

平成28/11/1改正

法規集P195
一般則第6条第1項第6号

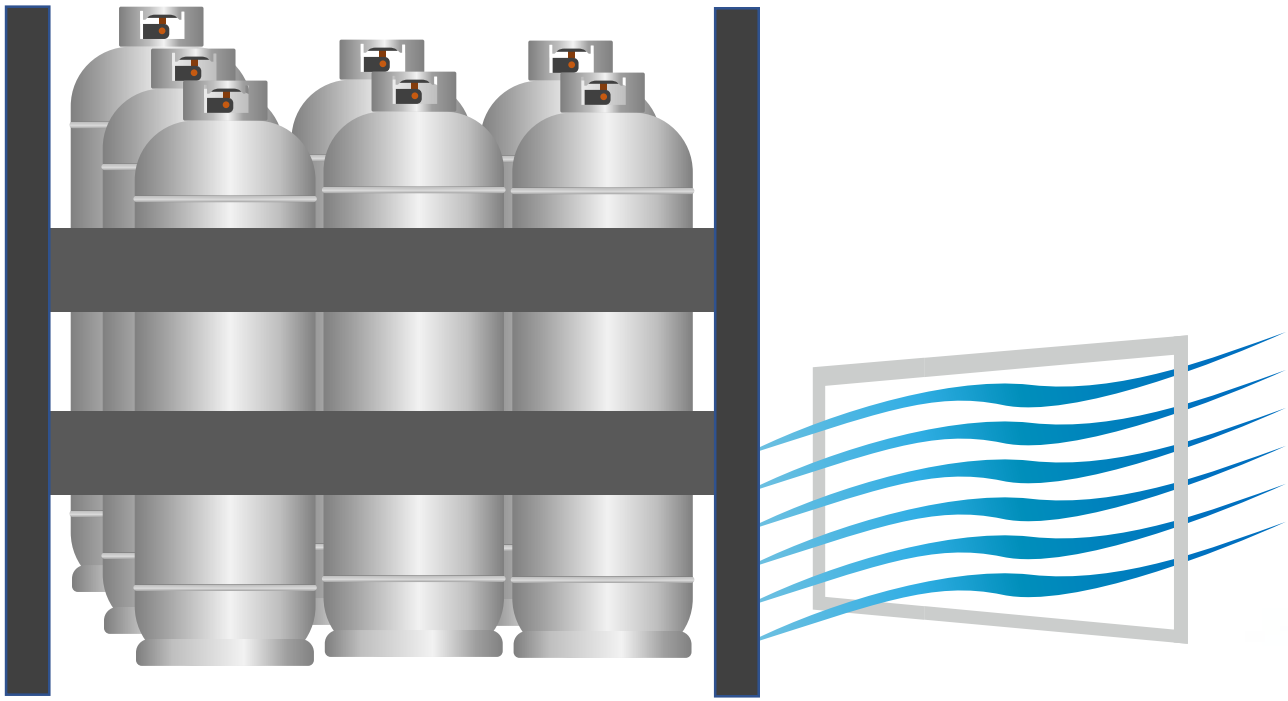
例示基準

可燃性ガスの貯槽にあってはガス名の朱書き又は貯槽直径の1/10以上の幅の帯状の赤色塗装（液化石油ガス貯槽は朱書きのみ）
特定不活性ガスはガス名を橙色で書き、又は貯槽直径の1/10以上の幅の帯状の橙色塗色地下埋設貯槽は標識の掲示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可燃性ガス又は特定不活性ガスの製造設備を設置する室の構造

一般第6条1項9号、液石第6条1項12号、
コンビ第5条1項51号



漏えいガスが滞留しない構造

平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス設備に安全装置（許容圧力を超えたとき、許容圧力以下に戻す）の設置

一般第6条1項19号、20号、液石第6条1項21号、22号、コンビ第5条1項21号、22号

平成28/11/1改正

法規集P197
一般則第6条
第1項第19、20号

可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、**特定不活性ガス**、毒性ガス、酸素の安全弁又は破裂板に放出管を設置

→放出管の開口部は適切な位置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図22

可燃性ガス（液化石油ガスを含む。）、特定不活性ガス、毒性ガス貯槽にガラス液面計（ゲージグラス）を設置する場合

一般第6条1項22号、
液石第6条1項24号、
コンビ第5条1項33号

例示基準

貯槽と液面計との接続配管に液面計の破損による液化ガス漏えい防止措置

法規集P197
一般則第6条
第1項第22号

平成28/11/1改正

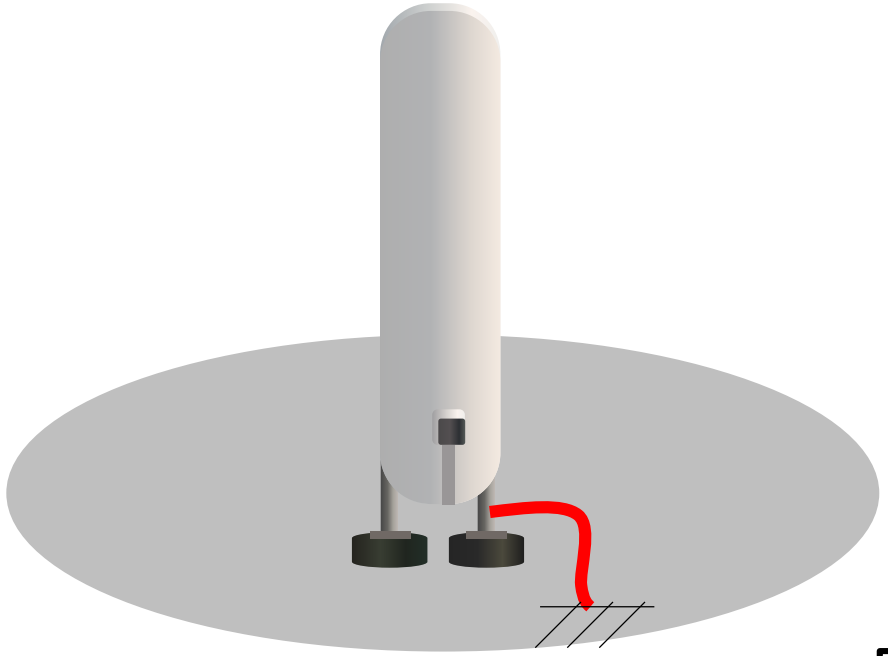
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図23

可燃性ガス及び特定不活性ガス製造設備の静電気除去措置

一般第6条1項38号、
液石第6条1項30号、
コンビ第5条1項47号

関係例示基準



接地抵抗値は総合100Ω（避雷設備を設けるものは総合10Ω）以下

法規集P199
一般則第6条
第1項第38号

平成28/11/1改正

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

図25

防消火設備（防火設備、消火設備）の設置

43

一般第6条1項39号、39号の2、
液石第6条1項31号、
コンビ第5条1項54号、54号の2

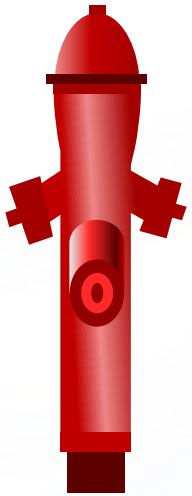
法規集P199
一般則第6条第1項
第39号、第39号の2

例示基準

- 可燃性ガス、液化石油ガス、酸素、三フッ化窒素の製造施設には、適切な防消火設備を適切な箇所に設置（コンビ則適用の毒性ガスの製造施設にも設置）
- 特定不活性ガスの製造施設には、適切な消火設備を適切な箇所に設置

平成
28/11/1
改正

消火設備の例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図25

容器置場に講じるべき措置等

第一種置場距離・第二種置場距離の保有→

障壁設置の場合は、減じられた距離の保有（可燃性ガス、液化石油ガス及び毒性ガス以外の充塡容器等のみで面積25m²未満のものは距離不要）

一般第6条1項42号ハ～ヘ、チ、ヌ、液石第6条1項35号ハ～ヘ、チ、コンビ第5条1項65号ニ～ト、リ、ル

直射日光を遮る措置（爆風を上方向に解放できるもの）→

可燃性ガス、液化石油ガス及び酸素の充塡容器等

漏えいガスが滞留しない構造→

可燃性ガス、**特定不活性ガス**、液化石油ガスの充塡容器等のもの

平成28/11/1改正

除害の措置→定められた毒性ガスの充塡容器等のもの

適切な消火設備を適切な箇所に設置→

可燃性ガス、液化石油ガス、**特定不活性ガス**、酸素、三フッ化窒素の充塡容器等のもの

法規集P199
一般則第6条第1項第42号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図27

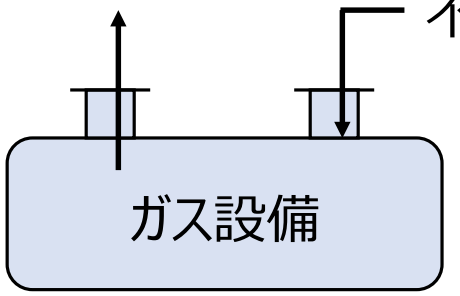
ガス設備の修理、清掃作業における危険を防止する措置

- 可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、**特定不活性ガス**、酸素のガス設備

1ガス置換

例示基準

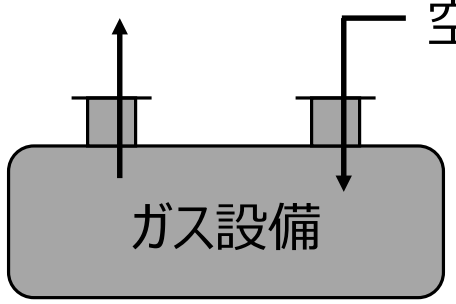
不燃性のガス、液体



平成28/11/1改正

2 空気置換（再置換）

空気



一般第6条2項5号ロハ、液石第6条2項5号ロハ、コンビ第5条2項6号ロハ

法規集P204 一般則第6条第2項第5号ロ、ハ

3 開放又は設備内に人が入る場合

① 可燃性ガス、**特定不活性ガス**のもの→酸素濃度が18～2まで空気置換

② 毒性ガスのもの→酸素濃度が18～22%まで空気置換、入る直前にガス濃度測定、特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等のものは空気呼吸器等呼吸用保護具を装着

（貯蔵所、消費施設の修理、清掃においても同様）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28

容器置場に講じる措置

平成28/11/1改正

1 容器置場（不活性ガス（**特定不活性ガスを除く**。）、空気のものを除く。）の周囲２ｍ以内

① 火気使用禁止

② 引火性、発火性物を置くことの禁止（例外：容器とこれら火気等を遮る措置を講じた場合）

一般第6条2項8号、液石第6条2項7号、コンビ第5条2項5号

法規集P205 一般則第6条第2項第8号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28

充塡容器等の貯蔵方法

47

2　充塡容器等の貯蔵方法

① 充塡容器と残ガス容器とを区分
② 可燃性ガス、毒性ガス、**特定不活性ガス**、酸素の充塡容器等をそれぞれ区分
③ 容器の温度40℃以下
④ 転落転倒防止（内容積５L超のものに限る。）
⑤ バルブの損傷防止
⑥ 粗暴な取扱い禁止

平成28/11/1改正

一般第6条2項8号、液石第6条2項7号、コンビ第5条2項5号

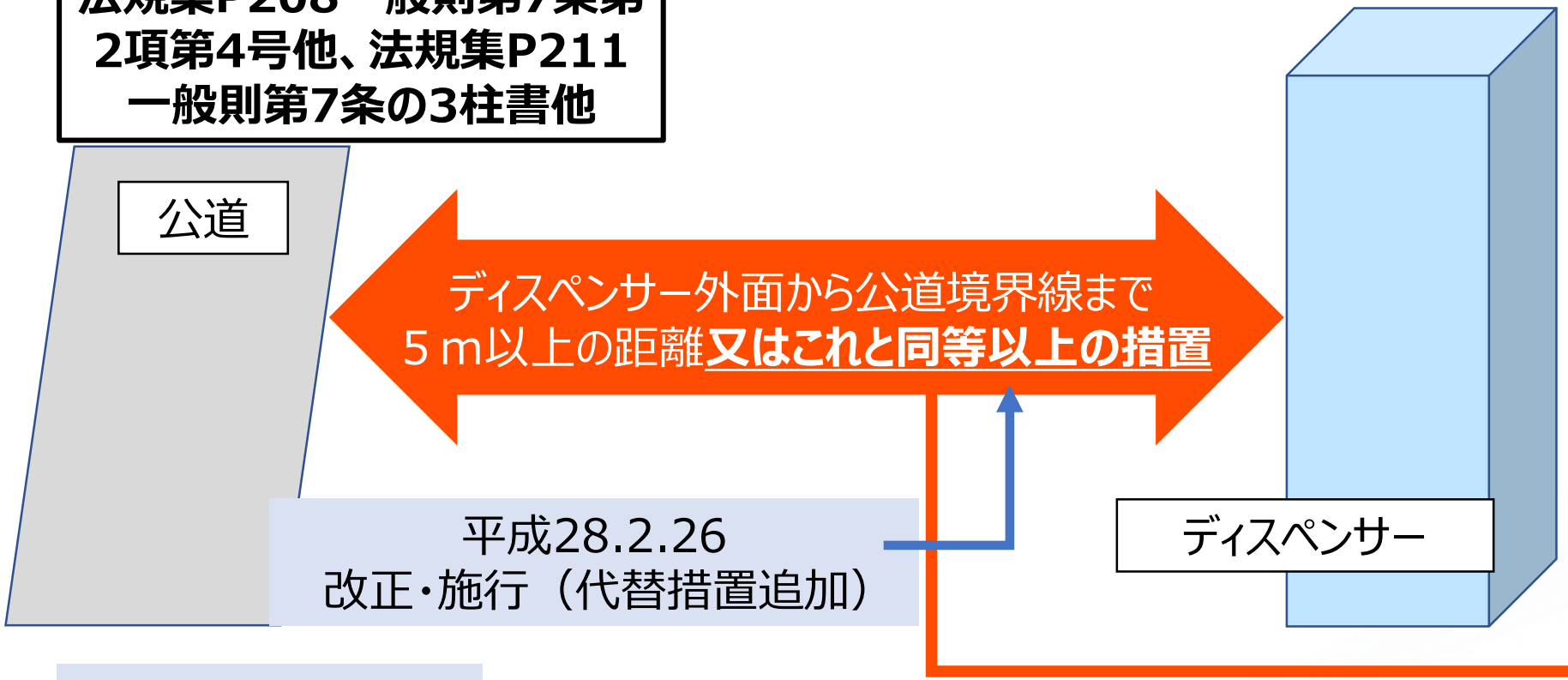
法規集P205 一般則第6条第2項第8号

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図28

圧縮天然ガススタンド等に係る技術上の基準の主なもの

法規集P208一般則第7条第2項第4号他、法規集P211一般則第7条の3柱書他



**一般第7条1項2号、2項4号、7条の2第1項5号、7条の3第1項2号、2項2号
液石第8条1項2号、コンビ第7条1項2号、2項4号、7条の2第1項5号、7条の3第1項2号、2項2号**

平成28.2.26
改正・施行（代替措置追加）

圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド、液化石油ガススタンドは**5m以上**
圧縮水素スタンドは**8m又は6m以上**

平成31.3.29改正

「圧縮水素スタンド」→当該スタンド内の圧縮水素及び液化水素の常用の圧力が82MPa以下のものに限る。（一般則第7条の3柱書）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図30

応急措置用の工具等の携行

49

ローリー車両、トラック車両による場合とも同様

法規集P242一般則第49条第1項第14、15号他

一般第49条1項14号、15号、50条9号、10号
液石第48条12号、49条5号

平成28/11/1改正

可燃性ガス・**特定不活性ガス**・液化石油ガス・酸素・三フッ化窒素（少量の容器（20L→25L、合計40L→50L以下に量緩和）のみの場合の例外あり。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図30

応急措置用の工具等の携行

ローリー車両、トラック車両による場合とも同様

平成28/11/1改正

可燃性ガス・**特定不活性ガス**・液化石油ガス・酸素・三フッ化窒素（少量の容器（**20L→25L、合計40L→50L以下に量緩和**）のみの場合の例外あり。）

一般第49条1項14号、15号、50条
9号、10号
液石第48条12号、49条5号

法規集P242
一般則第49条第1項第14、15号他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図31

俗称：イエローカード（注意書面）の例

一般第49条1項21号、50条14号、
液石第48条18号、49条9号

高圧ガスの名称、性状及び移動中の災害防止のために必要な注意事項を記載した書面（可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、**特定不活性ガス**、酸素、特殊高圧ガス）

法規集P243
一般則第49条第1項
第21号他

平成28/11/1改正

（毒性ガスを除き、移動時の注意事項を示したラベルを添付した少量の容器（**20L→25L、合計40L→50L以下に量緩和**）のみの場合の例外あり。）

毒性ガスを除き、「警戒標の掲示」及び「駐車規制」についても少量の容器（量緩和あり）のみの場合規制が免除される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図32

可燃性ガス、液化石油ガス、毒性ガス、特定不活性ガス及び酸素の廃棄に係る主な基準

一般第62条
液石第60条

① 容器とともに廃棄することの禁止。

② **可燃性ガス、特定不活性ガス又は液化石油ガスの廃棄**は、火気を取り扱う場所、 引火性又は発火性の物をたい積した場所及びその付近（液化石油ガスは８ｍ以内）を避け、大気中放出廃棄は、通風の良い場所で少量ずつ。

③ **可燃性ガス、特定不活性ガス、液化石油ガス又は毒性ガスの継続かつ反復廃棄**は、ガスの滞留を検知するための措置。

④ **酸素又は三フッ化窒素の廃棄**は、バルブ、器具類の石油類、油脂類その他の可燃性の物を除去。

⑤ **廃棄後の容器**は、バルブを閉止し、容器の転倒防止及びバルブの損傷防止措置（液化石油ガスのものは容器の転倒防止なし）。

⑥ **充塡容器等、バルブ又は配管の加熱方法**は、熱湿布、40度以下の温湯等又は40度以下の空気調和設備。

法規集P253
一般則第62条他

平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図33

保安のための保安用不活性ガス等の保有

[対象]

可燃性ガス、毒性ガス、酸素の製造事業所

[不活性ガス等]

- すべての製造設備が危険な状態になった場合のガスのパージ、シール等の応急措置に必要な数量及び圧力の、窒素その他の不活性ガス（**特定不活性ガスを除く**。）又はスチームを保有（他事業所から確実に供給を受けられる措置でも可）
- 防消火設備の作動に必要な数量の水は常時保有

「保安用不活性ガス」の定義は、一般則基本通達（内規）の第65条関係及びコンビ則基本通達（内規）第2条第1項第22号関係に記述された。

コンビ第2条第1項第22号第5条1項62号

法規集P516 コンビ第2条第1項第22号関係ロ（内規）

平成28/11/1改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図34

コンビナート製造事業所間の導管（３）

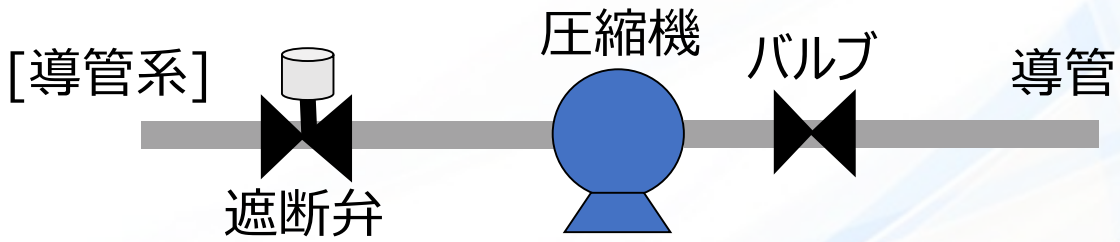
導管系の保安設備等

① 運転状態監視装置（圧縮機、ポンプ、バルブ）
② 異常事態の警報装置
③ 安全制御装置
④ ガス漏えい検知警報設備又は検知口（可燃性ガス、毒性ガス（告示で定めるものに限る。）又は**特定不活性ガス**）
⑤ 緊急遮断装置（市街地、主要河川、湖沼等を横断するものに限る。（不活性ガスのものを除く。））
⑥ ガス置換の措置
⑦ 感震装置
⑧ 避雷設備
⑨ 保安電力
⑩ 導管経路に巡回監視車、保安用資機材倉庫

平成28/11/1改正

コンビ第10条
26号～39号

法規集P553
コンビ第10条第26号他



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図35

容器保安規則等の一部改正について

水素燃料電池二輪車に係る基準の追加

「規制改革実施計画」（2014年6月14日閣議決定）において、水素燃料電池二輪車（以下「圧縮水素二輪自動車」という。）の市場投入を促進するため、高圧ガス保安法令において基準の追加の方策について検討することとされた。高圧ガス保安法令上すでに存在していた国際圧縮水素自動車の技術基準をベースに検討し、圧縮水素二輪自動車についても国際圧縮水素自動車と同様、燃料としての水素を充填する容器及びその附属品の保護等の安全性は車両側で担保されるため、国際圧縮水素自動車の技術基準を一部修正しつつ、同様の内容の規定を圧縮水素二輪自動車にも適用することが結論づけられた。その結論を踏まえ、関係法令に圧縮水素二輪自動車に係る規定を定めるため、平成29年５月８日、容器保安規則、液化石油ガス保安規則、一般高圧ガス保安規則、コンビナート等保安規則及び容器保安規則に基づき表示等の細目、容器再検査の方法等を定める告示を改正する等の措置が講じられた。

（改正内容の一例）　容器保安規則第２条（用語の定義）

13号の5　圧縮水素二輪自動車燃料装置用容器　金属ライナー製繊維強化プラスチック複合容器であって、二輪自動車の燃料装置用として圧縮水素を充填するための容器（新設）

法規集P800
容器則第2条
第13号の5他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図36-1

二酸化炭素冷媒に係る法の適用除外の対象の変更に伴う政令等の一部改正について

１．改正の背景

平成29年7月20日付け「高圧ガス保安法施行令」改正公布。同年7月25日施行

（１）高圧ガス保安のスマート化

近年、技術進歩等に伴い、新たな種類の高圧ガスや高圧ガスを利用した新たな形状・用途の製品が次々と生まれている。高圧ガスの保安規制においては、こうした変化に対応していくとともに、迅速・柔軟かつ効率的に保安水準の更なる維持・向上が図られるよう「保安のスマート化」が求められている。

今般、平成28年３月に産業構造審議会保安分科会高圧ガス小委員会において取りまとめられた高圧ガス保安のスマート化に係る報告書を踏まえ、地球温暖化対策に係る社会の要望や二酸化炭素を活用した冷凍設備に係る技術の進歩等に柔軟に対応した合理的な規制とするため、高圧ガス保安法施行令（平成９年政令第20号。）の改正を行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図36-2

二酸化炭素冷媒に係る法の適用除外の対象の変更に伴う政令等の一部改正について

2．　改正内容　　高圧ガス保安法施行令

第２条（適用除外）第３項（二酸化炭素冷媒に係る適用除外の対象の変更）

改正後	現行
四　冷凍能力が３トン以上５トン未満の冷凍設備内における高圧ガスである二酸化炭素及びフルオロカーボン（不活性のものに限る。）（下線部分追加）	四　冷凍能力が３トン以上５トン未満の冷凍設備内における高圧ガスであるフルオロカーボン（不活性のものに限る。）

法規集P119
施行令第2条第3項第4号、P120 第4条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

二酸化炭素冷媒に係る法の適用除外の対象の変更に伴う政令等の一部改正について

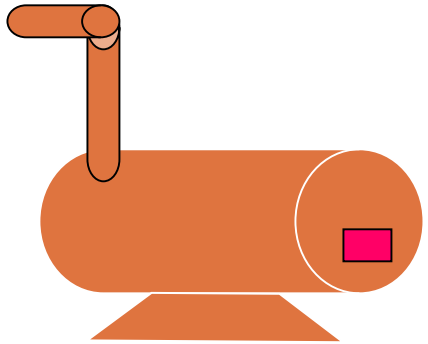
第４条（二酸化炭素冷媒に係る許可･届出の対象の冷凍能力の値の変更）

ガスの種類	法第５条第１項第２号の政令で定める値	法第５条第２項第２号の政令で定める値
一　二酸化炭素及びフルオロカーボン（不活性のものに限る。）（下線部分追加） 二　（略）	50トン／日（以上） （製造許可が必要） （略）	20トン／日（以上） （製造届出が必要） （略）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

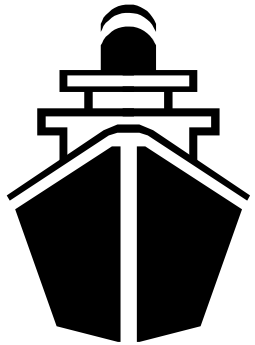
図36-3

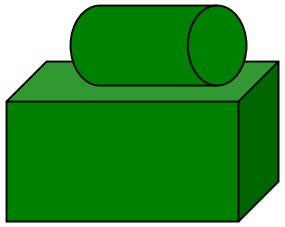
高圧ガス保安法の適用を除外される主なもの



高圧ボイラー・同導管内の高圧蒸気

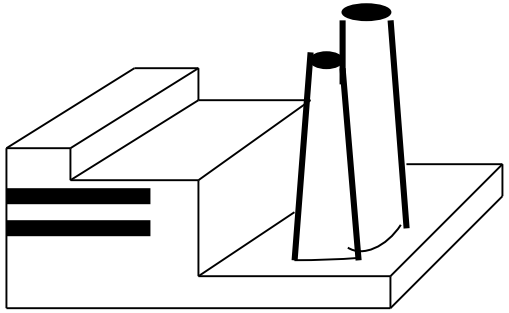
船舶内の高圧ガス



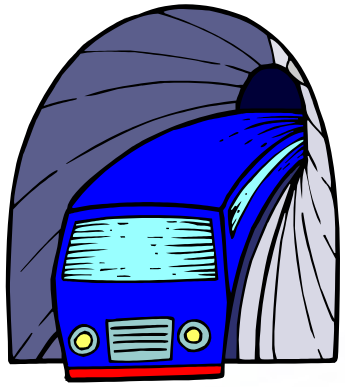


電気工作物内の高圧ガス

航空機内の高圧ガス



原子炉・同附属施設内の高圧ガス

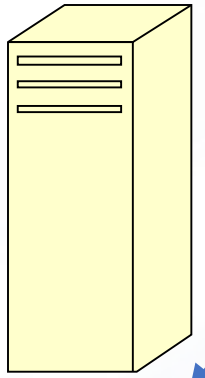


鉄道車両のエアコン内の高圧ガス

法第３条
政第２条

平成29年7月20日追加・同年7月25日施行

法規集P119
施行令第2条
第3項第4号

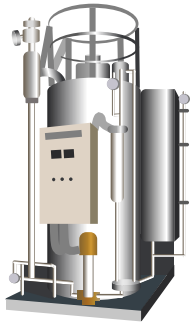


３トン（二酸化炭素、不活性のフルオロカーボンは５トン）未満の冷凍設備内の高圧ガス

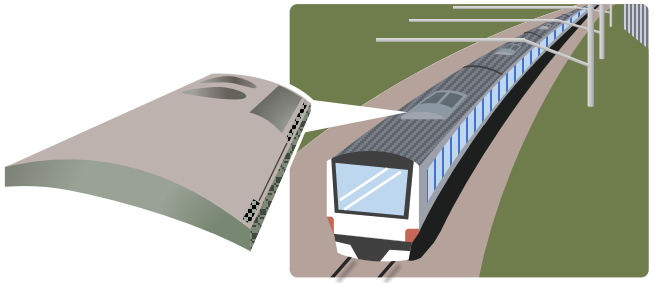
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図36-3

法の適用を除外される主なもの（１）

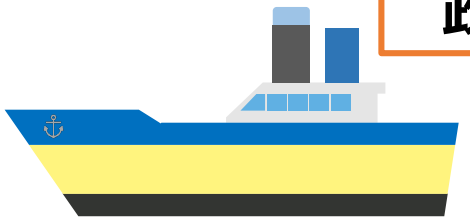


高圧ボイラー・同導管内の高圧蒸気



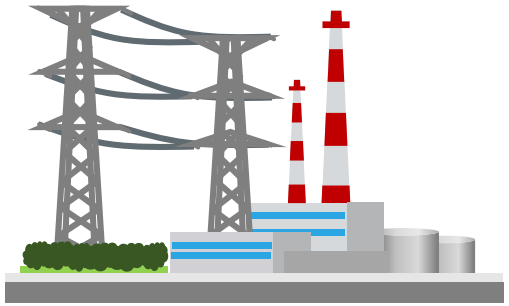
鉄道車両のエアコン内の高圧ガス

法第３条
政第２条

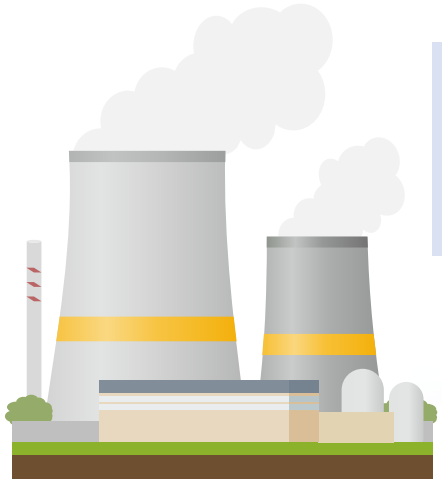


船舶内の高圧ガス

航空機内の高圧ガス

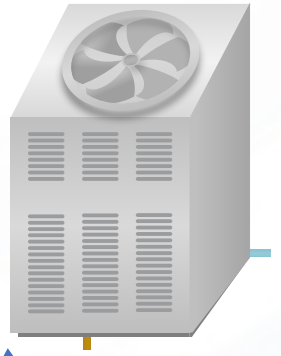


電気工作物内の高圧ガス



原子炉・同附属施設内の高圧ガス

平成29年7月
20日追加・同年
7月25日施行



法規集P119
施行令第2条
第3項第4号

３トン（二酸化炭素、不活性のフルオロカーボンは５トン）未満の冷凍設備内の高圧ガス

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

製造の許可等

法第5条1項2号、
2項2号、政第4条

61

冷凍能力の数値の区分

法規集P120
施行令第4条

平成29年7月20日追加・
同年7月25日施行

	二酸化炭素、フルオロカーボン（不活性のもの）	フルオロカーボン（不活性のものを除く。）、アンモニア	その他のガス
第一種製造者（許可）	50トン以上	50トン以上	20トン以上
第二種製造者（届出）	20トン以上 50トン未満	5トン以上 50トン未満	3トン以上 20トン未満

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒ガス種別規制体系　Ⅰ

法第5条1項2号、
2項2号、政第4条

二酸化炭素、フルオロカーボン〔不活性のもの〕

法規集P120
施行令第4条

平成29年7月20日追加・
同年7月25日施行

	二酸化炭素、フルオロカーボン（不活性のもの）	フルオロカーボン（不活性のものを除く。）、アンモニア	その他のガス
第一種製造者（許可）	50トン以上	50トン以上	20トン以上
第二種製造者（届出）	20トン以上 50トン未満	5トン以上 50トン未満	3トン以上 20トン未満

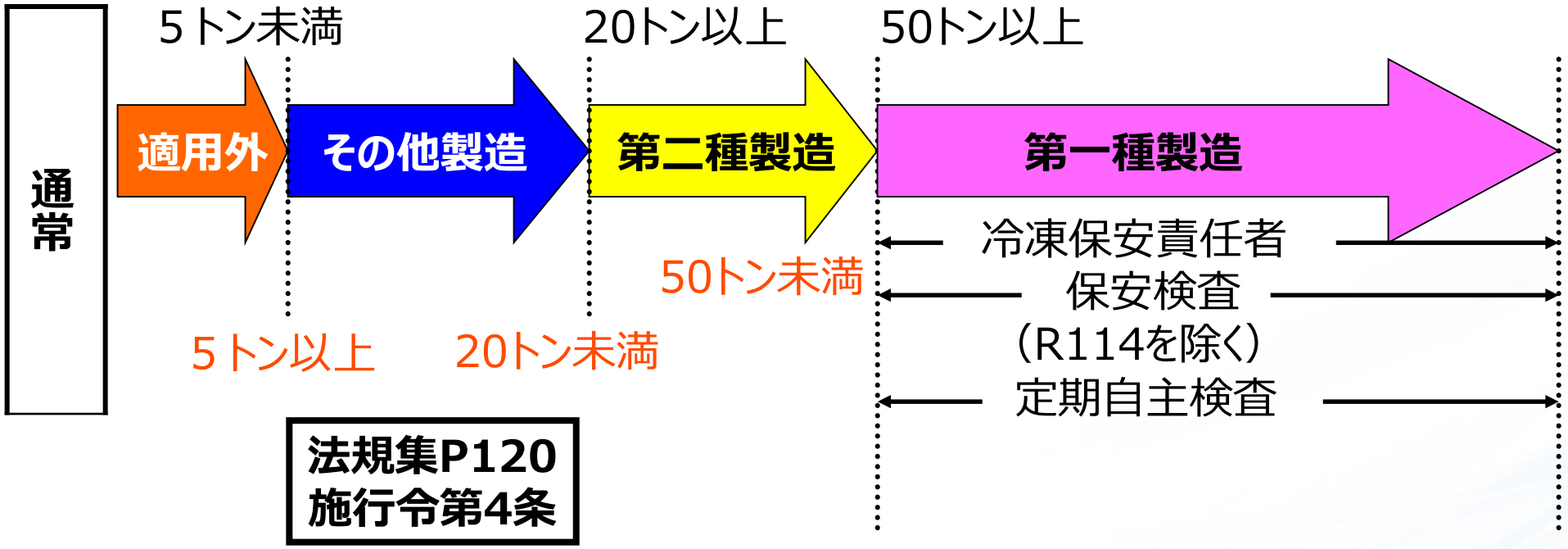
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

冷媒ガス種別規制体系　Ⅰ

二酸化炭素、フルオロカーボン〔不活性のもの〕

二酸化炭素（平成29年7月20日追加・同年7月25日施行）

法第3条、5条、27条の4、35条、35条の2、政令2条3項4号、冷凍第36条、40条、44条



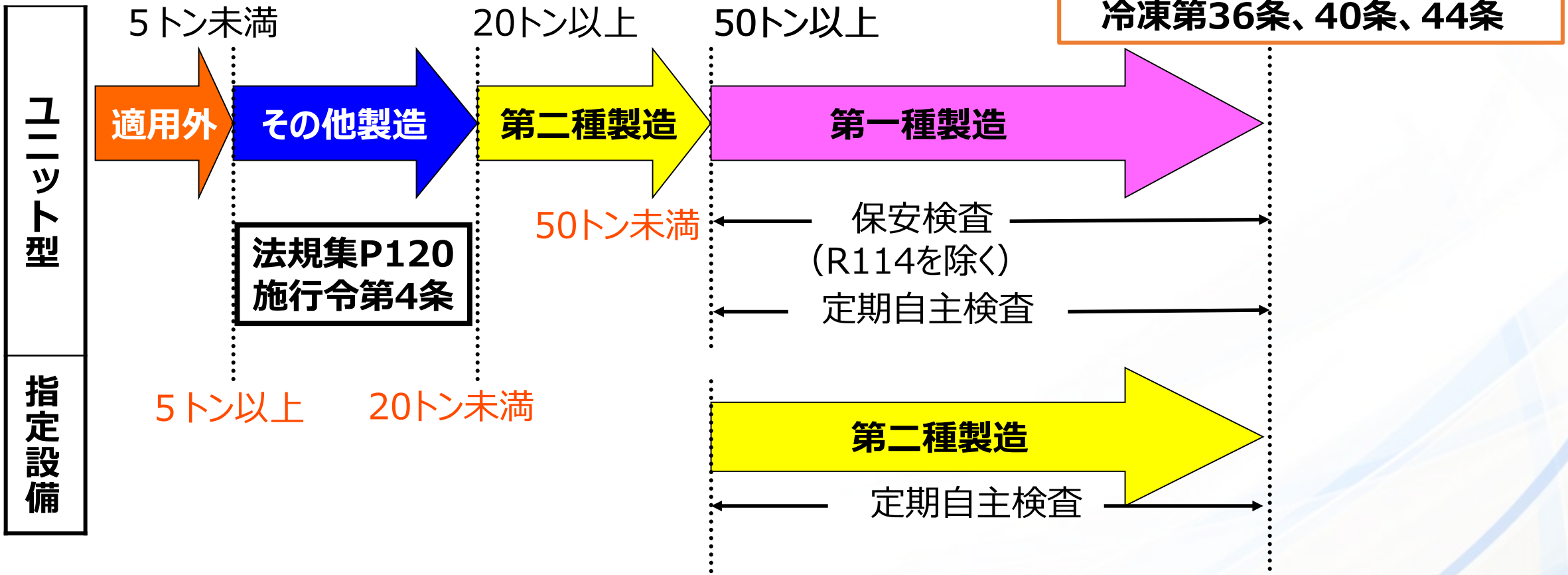
法規集P120
施行令第4条

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

冷媒ガス種別規制体系　Ⅰ

二酸化炭素、フルオロカーボン〔不活性のもの〕

法第3条、5条、27条の4、35条、35条の2、政令2条3項4号、冷凍第36条、40条、44条



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

図36-6

ガスの定義関係（冷凍保安規則第２条）改正

１．　**可燃性ガス**　アンモニア、イソブタン、エタン、エチレン、クロルメチル、水素、ノルマルブタン、プロパン、プロピレン及びその他のガスであって次のイ又はロに該当するもの（フルオロオレフィン1234yf及びフルオロオレフィン1234zeを除く。）

　　イ　爆発限界（空気と混合した場合の爆発限界をいう。以下同じ。）の下限が10%以下のもの

　　ロ　爆発限界の上限と下限の差が20%以上のもの

２．　**毒性ガス**　アンモニア、クロルメチル及びその他のガスであって毒物及び劇物取締法第２条第１項に規定する毒物

３．　**不活性ガス**　ヘリウム、二酸化炭素又はフルオロカーボン（可燃性ガスを除く。）

３の２．**特定不活性ガス**　不活性ガスのうち、次に掲げるもの

　　イ　フルオロオレフィン1234yf

　　ロ　フルオロオレフィン1234ze

　　ハ　フルオロカーボン32

１～３号は平成29年7月25日改正施行、3号の2は平成28年11月1日改正施行

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図37

地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律の施行

平成29年11月15日経済産業省令第83号により改正（平成30年4月1日施行）容器則、冷凍則、液石則、一般則、コンビ則等の改正

法規集P193
一般則第3条第1項他

（第一種製造者に係る製造の許可の申請）〔一般則の例　〕

第３条　法第５条第１項の規定により許可を受けようとする者は、様式第１の高圧ガス製造許可申請書に製造計画書を添えて、事業所の所在地（移動式製造設備を使用する者にあっては、当該設備の使用の本拠の所在地。以下同じ。）を管轄する**都道府県知事**に提出しなければならない。（以下略。第２項略）

以下は、説明用の条文であるため、実際の条文とは異なる。

都道府県知事（当該事業所が地方自治法第252条の19第1項の指定都市（以下「指定都市」という。）の区域内にある場合であつて、当該事業所に係る事務が高圧ガス保安法施行令第22条に規定する事務（高圧ガスを取り扱う事業所の集積の程度、高圧ガスの処理量その他の高圧ガスの取扱いの状況を考慮して経済産業大臣が定める区域に所在する事業所（コンビ則適用事業所）並びに液化石油ガス法に規定する施設等に係る事務）に該当しない場合にあっては、当該事業所の所在地を管轄する指定都市の長。以下、第二種製造者の届出、承継の届出、変更の工事等の許可の申請、同軽微な変更の届出、第一種貯蔵所の設置の許可の申請、第二種貯蔵所の設置の届出、完成検査の申請、販売業者の販売の事業の届出、高圧ガスの製造の開始又は廃止の届出、特定高圧ガスの消費者に係る消費の届出、危害予防規程の届出等、保安統括者等の選任等の届出、保安検査の申請等、事故届等において同じ。）

下線部分追加

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

都道府県知事の事務の指定都市への移行等

平成30年4月から、都道府県知事の行ってきた事務の大半が「指定都市」へ移行

地方自治法第252条の19第1項の指定都市と

法定人口が50万人以上を擁する市のうち、政令で指定された場合に、一般市から移行が成される。これを **「指定都市」**という。

政令指定都市の位置。
全国に20ある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図38-1

保安企画推進員の資格等

法第27条の3、一般第70条、液石第68条、コンビ第29条

68

規模	製造する高圧ガスの容積：100万m^3 ／日以上（貯槽有・充塡のみは200万m^3 ／日以上 ） （ガスの種類を問わない。）
	高圧ガスの容積＝ 保安用不活性ガス以外の不活性ガス及び空気の容積の４分の３並びに保安用不活性ガスの容積は算入しない。
資格	製造保安責任者免状は不要
経験	① 保安技術管理者：３年以上 ② 保安主任者等：５年以上 ③ 保安係員等：７年以上 ④ 保安企画指導：３年以上 ⑤ 大学、高専等（化学、物理、工学）卒（**当該課程を修めて学校教育法による専門職大学の前期課程を修了した場合を含む。**）、製造保安経験：７年以上 ⑥ 高校等（工業）卒、製造保安経験：10年以上

平成30年7月17日追加・31年4月1日施行

法規集P265　一般則第70条第5号他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図38-2

販売主任者・特定高圧ガス取扱主任者の資格等

法第28条、一般第72条、73条、液石第70条、71条

69

販売主任者

法規集P266　一般則第73条第2号他

	選任対象ガス	資格	経験
第一種販売主任者	アセチレンほか21種類の一般高圧ガス	甲種化・機、乙種化・機責任者免状、第一種販売主任者免状	所定のガスの製造又は販売6か月以上
第二種販売主任者	液化石油ガス	甲種化・機、乙種化・機、丙種化学（液石）責任者免状、第二種販売主任者免状	液化石油ガスの製造又は販売6か月以上

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

販売主任者・特定高圧ガス取扱主任者の資格等

法第28条、一般第72条、73条、液石第70条、71条

特定高圧ガス取扱主任者

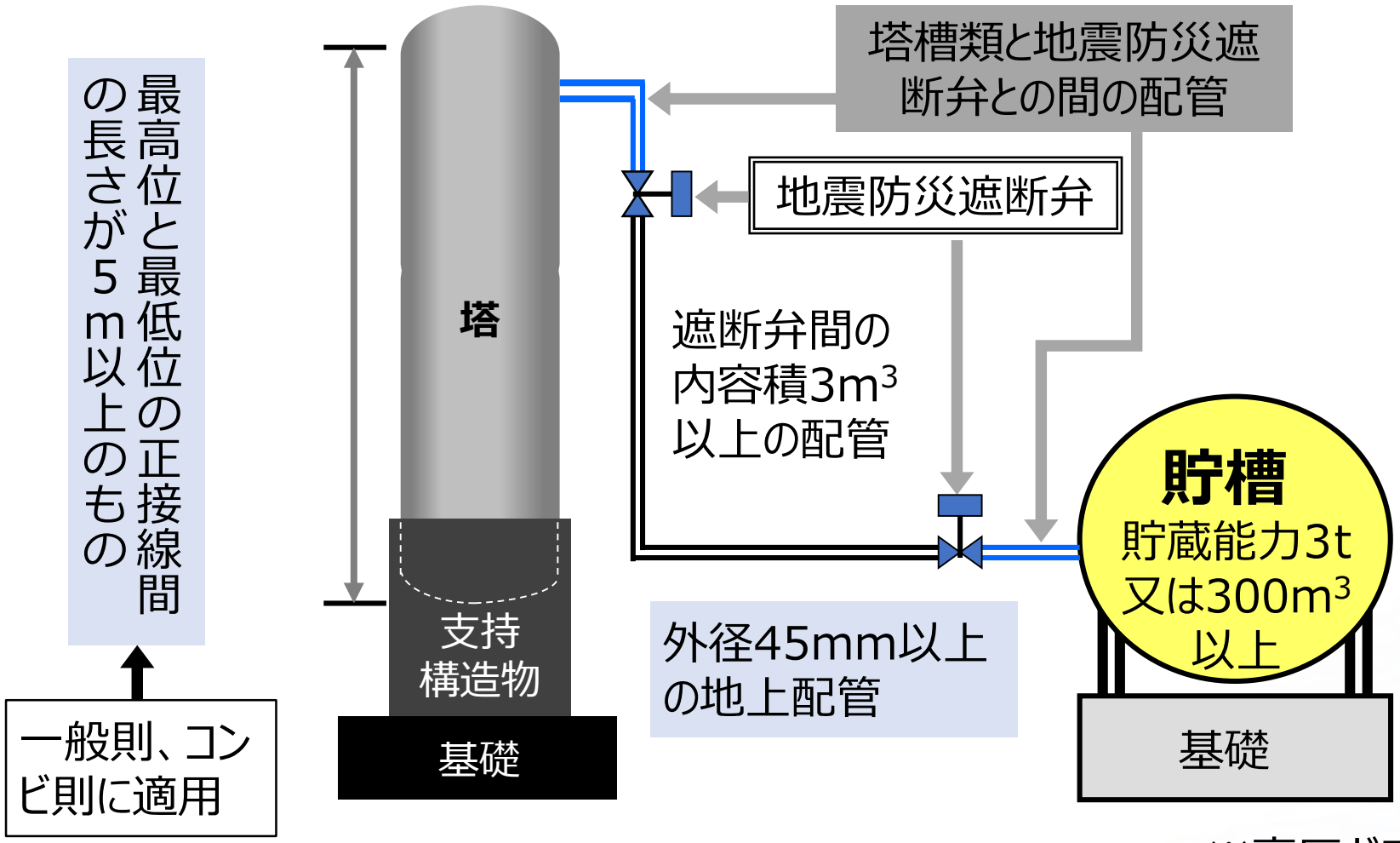
法規集P266　一般則第73条第2号他

特定高圧ガス	資格等
特殊高圧ガス、 圧縮水素、 圧縮天然ガス、 液化酸素、 液化アンモニア、 液化塩素、 液化石油ガス	① 選任対象の特定高圧ガスの製造又は消費の１年以上の経験 ② 大学ほか所定の学校卒業者（当該課程を修めて学校教育法による専門職大学の前期課程を修了した場合を含む。） ③ 高圧ガス保安協会の所定の講習修了者 ④ 高校又は旧工業高校卒業で特定高圧ガスの製造又は消費の６か月以上の経験 ⑤ 甲種化・機、乙種化・機、丙種化学責任者免状、第一種販売主任者免状（液化石油ガス以外の主任者への選任に限る。）の保有者

平成30年7月17日追加・31年4月1日施行

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

耐震に関する性能の保有



一般則第6条1項17号、液石則第6条1項20号、コンビ則第5条1項24号、耐震性能を定める告示

所定の耐震に関する性能を有すること。

平成30.11.14改正。
令和元.9.1から施行。
それまでは耐震設計基準

※高圧ガスの種類は限定されていない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図39-2

危害予防規程に定めるべき事項（１）

1 製造施設の位置、構造、設備・製造の方法の基準
2 保安管理体制・保安統括者等の職務
3 製造設備の安全な運転、操作
4 製造施設の保安のための巡視、点検
5 製造施設の新増設工事、修理作業の管理
6 危険時の措置・訓練方法
7 **大規模な地震に係る防災及び減災対策**
8 協力会社の作業管理
9 従業者に対する危害予防規程の周知方法、規程違反者の措置
10 保安関係の記録
11 危害予防規程の作成、変更の手続
12 その他災害の発生の防止に必要な事項
13 製造施設の新設、変更時の安全審査[→コンビ則適用事業所のみ]

＊ 大規模地震対策特別措置法の地震防災対策強化地域は、警戒宣言発令時の措置等
＊ 南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の指定地域は、津波からの避難、訓練、教育に関する細目

一般第63条、液石第61条、コンビ第22条

法規集P254 一般則第63条第２項他

平成30.11.14改正、令和元.9.1から施行。一般則第63条第2項改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図39-3

危害予防規程に定めるべき事項（２）

津波防災地域づくりに関する法律の規定により津波浸水想定が設定された区域内にある事業所の場合

一般第63条、液石第61条、コンビ第22条

該当事業所は、図39-2の事項のほか、次の事項の細目について定めること。

法規集P254
一般則第63条第２項他

1 津波に関する警報が発令された場合における当該警報の伝達方法、避難場所、避難の経路その他の避難に関すること。
2 津波に関する警報が発令された場合における作業の速やかな停止、設備の安全な停止並びに避難時間の確保に係る判断基準、手順及び権限に関すること。
3 津波に関する防災に係る必要な教育、訓練及び広報に関すること。
4 津波による製造設備又は貯蔵設備の破損又は流出による事業所内及び周辺地域において想定される被害並びに当該被害が及ぶと想定される地域を管轄する都道府県知事及び市町村長に対する当該被害の想定に係る情報提供に関すること（津波浸水想定が３ｍを超える場合に限る。）。

平成30.11.14改正、
令和元.9.1から施行。
一般則第63条第2項改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

危害予防規程に定めるべき事項（２）

5 充塡容器等（高圧ガスを燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器を除く。）の事業所からの流出防止を図るための措置並びに流出した充塡容器等（同）の回収方針に関すること（津波浸水想定が1m（車両に固定した容器に係る事項にあっては、2m）を超える場合に限る。）。

6 津波に関する警報が発令された場合における緊急遮断装置、防消火設備、通報設備、防液堤その他の保安に関する設備等の作業手順及び当該設備等の機能が喪失した場合における対応策に関すること。

7 津波による被害を受けた製造施設の保安確保の方法に関すること。

一般第63条、液石第61条、コンビ第22条

法規集P254
一般則第63条第２項他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図40

容器の充塡期限の明示

一般則第40条第3号
液石則第41条第3号

75

液化石油ガス容器の充塡期限明示の例

法規集P237
一般則第40条第3号他

平成31年3月15日基本通達（内規）改正
一般則第40条第3号、液石則第41条第3号関係
（令和元年5月1日から施行。同年10月31日までは従前どおりでもよい。）
「明示すべき事項は、充てん期限○ー□（○は年、□は月を示す。）とする。年については、西暦年4桁とし、月については、次回の再検査を受けないで高圧ガスを充塡できる最終日を含む月とする。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図41

高圧ガス設備の耐圧試験

一般則第6条1項11号
コンビ則第5条1項17号

76

＊第二種特定設備等以外の高圧ガス設備（第一種特定設備を含む。）
1　水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.5以上の圧力
2　空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.25以上の圧力

法規集P196
一般則第6条
第11項第11号他

＊第二種特定設備等
1　水その他の安全な液体を使用→常用の圧力×1.3以上の圧力
2　空気、窒素等の気体を使用→常用の圧力×1.1以上の圧力

平成31.3.29
改正・施行

・第一種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を４として設計した設備(特定設備検査規則第2条16号、第11条1項、第14条1項)
・第二種特定設備：材料の引張強さに関する安全率を3.5として設計した設備(特定設備検査規則第2条17号、第11条2項、第14条3項)
・**第二種特定設備等とは、第二種特定設備その他設計上常用の圧力の1.5倍より小さい圧力で耐圧試験を行う必要のある設備（設備の例→圧縮水素スタンドの蓄圧器等＝耐圧試験圧力は常用の圧力の1.3倍の圧力）をいう。**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図42

圧縮水素スタンド関係（省令第21号）・一般高圧ガス保安規則改正（平成31.3.29公布、施行）

1．圧縮水素スタンドの定義 ➡ 当該圧縮水素スタンド内の圧縮水素及び**液化水素***の常用の圧力が82MPa以下のものに限る。（一般則第7条の3柱書）

*従前は1MPa未満

一般則第7条の3第1項、第10号、同第2項第2号、第27号

2．圧縮水素スタンド（可燃性ガスが通る部分に限る。）は、その外面から火気（当該圧縮水素スタンド内のものを除く。）を取り扱う施設に対し８ｍ（常用の圧力が40MPa以下の可燃性ガス（液化水素を除く。）が通る部分にあっては６ｍ、**同40MPaを超える液化水素が通る部分にあっては10m、同1MPa以上40MPa以下の液化水素が通る部分にあっては9m、同1MPa未満の液化水素が通る部分にあっては2m**）以上の距離を有し、又は流動防止措置若しくは当該可燃性ガスが漏えいしたときに連動装置により直ちに使用中の火気を消すための措置を講ずること。（一般則第7条の3第1項第10号）

法規集P211～218
一般則第7条の3

一般則第7条の3第2項第2号にあっては「圧縮水素スタンド」を「高圧ガス設備」と読み替える。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図43

定期自主検査の実施時期について

一般第83条、液石第81条、コンビ第38条

78

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）の改正

一般則第83条関係の内規の例

定期自主検査の実施時期は事業者の個別の事情に応じて合理的に設定されるものであり、例えば、規則第79条第３項に基づき、前回の保安検査の日から１年を経過した日（「基準日」という。）の前後１月以内（認定完成検査実施者、認定保安検査実施者又は自主保安高度化事業者にあっては、基準日の前後３月以内）に受け又は自ら行う保安検査に対応して定期自主検査の実施日を設定することも可能である。

平成31年3月15日改正、同年4月1日施行

法規集P270
一般則 第83条他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図44

容器保安規則の改正

平成31.4.22改正
令和元5.1施行

79

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）の改正

法規集P801
容器則第2条
第20号他

第2条　（用語の定義）の改正（FC容器の定義中、ガス名列挙が廃止され、具体的ガス名は基本通達（内規）に移行した。）

20号　FC一類容器　液化フルオロカーボン（可燃性ガス及び毒性ガスを除く。）であって次のいずれにも該当するものを充塡する容器
　イ　温度48度における圧力の数値の三分の五倍が3.0メガパスカル以下であるもの
　ロ　温度60度における圧力の数値が2.4メガパスカル以下であるもの

21号　FC二類容器　液化フルオロカーボン（可燃性ガス及び毒性ガスを除く。）であって次のいずれにも該当するもの又は前号に掲げるガスを充塡する容器
　イ　温度48度における圧力の数値の三分の五倍が4.0メガパスカル以下であるもの
　ロ　温度60度における圧力の数値が3.2メガパスカル以下であるもの

22号　FC三類容器　液化フルオロカーボン（可燃性ガス及び毒性ガスを除く。）であって次のいずれにも該当するもの又は前二号に掲げるガスを充塡する容器
　イ　温度48度における圧力の数値の三分の五倍が5.0メガパスカル以下であるもの
　ロ　温度60度における圧力の数値が4.0メガパスカル以下であるもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45-1

圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器の定義新設等

80

法規集P799
容器則
第2条他

（１） 圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器の定義新設等現行法令上、水素自動車に用いる高圧ガス容器は「繊維強化プラスチック複合容器」に限定されている。一方で、フォークリフト等の産業用車両については、鋼製の「継目なし容器」を使用するニーズがあることを踏まえ、新たに「圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器」を定義するとともに、その再検査における規格等を定めた。

（２） 自動車燃料装置用容器に係る氏名等表示義務の明確化（図45-2参照）
車載又は非車載状態の自動車燃料装置用容器について、氏名等を表示する義務が生じる場合及び表示方法を明確化した。

（３） 容器再検査のための充塡行為等に係る解釈の明確化（図46参照）
圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド、圧縮水素スタンド並びに移動式圧縮水素スタンド等において容器再検査の準備のみを目的として実施する充塡行為等について、その位置付けや注意事項を明記した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45-1（続き）

圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器の定義新設等

容器保安規則の改正（令和元年11月12日省令第41号。令和2年4月1日施行）

第二条　この規則において次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。

一～九［略］

十　一般継目なし容器　継目なし容器であつて、圧縮天然ガス自動車燃料装置用容器、**圧縮水素自動車燃料装置用容器**及びアルミニウム合金製スクーバ用継目なし容器以外のもの

十一・十二［略］

十三　圧縮水素自動車燃料装置用容器　**次のイ又はロに掲げるもの（第十三号の三に掲げるものを除く。）**

イ　圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器　継目なし容器であつて、自動車の燃料装置用として圧縮水素を充塡するための容器

ロ　圧縮水素自動車燃料装置用複合容器　繊維強化プラスチック複合容器であつて、自動車の燃料装置用として圧縮水素を充塡するための容器

法規集P799
容器則
第2条他

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図45-2

容器則関係条項（主なもの）

１．圧縮水素自動車燃料装置用継目なし容器
① フォークリフト等の産業用車両に利用
② 鋼製継目なし容器
③ 耐圧試験圧力　最高充塡圧力の数値の13/10
④ 刻印の方式　記号VH1
⑤ 表示の方式　容器の外面に容器の所有者の氏名又は名称、住所及び電話番号を明示（自動車又は二輪自動車に装着する場合は、2.⑤の例による。）
⑥ 容器再検査における規格　充塡可能期限を延長しようとする場合は、所定の外観検査、漏えい試験に加え、超音波探傷試験等に合格するものであること

法規集P799～825
容器則第2条～第26条

第2条第13号、第27号の2、第27号の3、第8条第1項第4号の2、第3項第4号、第10条第1項第3号、26条第5項

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

容器則関係条項（主なもの）

法規集P799～825
容器則第2条～第26条

第2条第13号、第27号の2、第27号の3、第8条第1項第4号の2、第3項第4号、第10条第1項第3号、26条第5項

２．圧縮水素自動車燃料装置用複合容器

① 水素自動車に利用
② 繊維強化プラスチック複合容器
③ 耐圧試験圧力　最高充塡圧力の数値の3/2
④ 刻印の方式
ライナーの最小破裂圧力が最高充塡圧力の125%以上の金属ライナー製複合容器　記号VH2
同125%未満の金属ライナー製複合容器　記号VH3
⑤ 表示の方式　イ　自動車又は二輪自動車に装置したもので、その所有者又は譲受人と容器の所有者が同一であるもの
ロ　自動車又は二輪自動車に装置していないもので、容器を譲渡することがあらかじめ明らかな場合において、当該容器を自動車若しくは二輪自動車に装着する者又は当該容器の譲渡のみを行う者が所有するもの
イ、ロの場合は容器の所有者の氏名又は名称、住所及び電話番号の明示は義務付けなし

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図46

「高圧ガスの製造」の定義の追加（内規の改正）

84

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）

20191021保局第1号 令和 元年11月12日改正

令和　2年4月1日施行

Ⅰ　高圧ガス保安法関係

法規集P5 法 第5条関係通達（内規）

第5条関係（製造の許可等）

（１）　[略]

（２）　第1項第1号及び第2項第1号中「高圧ガスの製造」は、以下に掲げる試験等は含まないこととする。

① 圧縮機等の製造又は輸入をした者が、その製造又は輸入した機器の性能検査をする場合等の試運転及び容器等の製造又は輸入をした者が、その製造又は輸入した容器等に対して行う耐圧試験、気密試験のための充塡等

② [略]

③ 容器検査所が、容器再検査のために容器に高圧ガスを充塡する行為（容器検査所が高圧ガスを容器に充塡するための設備を備えていない場合にあって、容器検査所の依頼に基づき、圧縮天然ガススタンド、液化天然ガススタンド、圧縮水素スタンド又は高圧ガス充塡所（以下「スタンド等」という。）において、容器再検査のために必要な高圧ガスを容器に充塡する行為を含む。）（以下「再検査充塡」という。）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図47

圧縮水素を充塡する者のうち保安統括者の選任が不要となる者

令和2年2月28日
改正・施行

85

（一般則第64条第2項第5号、コンビ則第23条第2項第5号）

法規集P260
一般則
第64条第2項第5号

処理能力が25万㎥未満の事業所において、〔（一般則のみ）又は移動式圧縮水素スタンドにより、〕専ら常用の圧力が82MPa以下の圧縮水素を燃料として使用する車両に固定された容器に圧縮水素を充塡する者であって、次のいずれかに該当する者にその製造に係る保安について監督させるもの

イ　甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、丙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状又は乙種機械責任者免状の交付を受けた者であり、かつ、圧縮水素又は液化水素の製造に関し6月以上の経験を有する者
（従前どおり）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

圧縮水素を充填する者のうち保安統括者の選任が不要となる者

令和2年2月28日
改正・施行

86

（所定の講習修了者であって可燃性ガス等の経験を有する者を追加）

法規集P260
一般則
第64条第2項第5号

ロ　甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、丙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状又は乙種機械責任者免状の交付を受けた者であり、かつ、圧縮水素スタンドにおける高圧ガスの製造に関する講習（当該講習を適切に実施することができる者が行うものに限る。）を修了した者であって、圧縮天然ガススタンドに係る高圧ガスの製造に関し6月以上の経験を有する者　（新設）

ハ　甲種化学責任者免状、乙種化学責任者免状、甲種機械責任者免状又は乙種機械責任者免状の交付を受けた者であり、かつ、圧縮水素スタンドにおける高圧ガスの製造に関する講習（当該講習を適切に実施することができる者が行うものに限る。）を修了した者であって、可燃性ガスの製造に関し6月以上の経験を有する者　（新設）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図48

車載容器の再使用（容器の他車への載せ換え利用）の許容

87

高圧ガス保安法令上、水素自動車等の燃料装置用ボンベ及び附属品を自動車間で転載した場合は、数年ごとの定期検査において不合格としており、転載を認めていなかったが、今般、有識者委員会における議論結果を踏まえ、一定の安全条件を満たす場合には、自動車間で転載を行った場合にも定期検査を合格とし、転載を可能とすることとした。（令和2年6月15日経済産業省告示第129号により改正・同年7月1日施行）

法規集P1095～1096
容器則細目告示第22条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

車載容器の再使用（容器の他車への載せ換え利用）の許容

容器保安規則に基づき表示等の細目、容器再検査の方法等を定める告示

（改正後）	（改正前）
（容器再検査における容器の規格） 第22条第2項 二　自動車又は二輪自動車に装置されている容器にあっては、次に掲げるものとする。 イ　略 ロ　容器は、当該容器に貼付されている容器証票に記載された車台番号と異なる車台番号の自動車又は二輪自動車に装置されたことがないものであること。 ただし、当該容器の自動車又は二輪自動車からの取り外し、自動車又は二輪自動車に装置されていない状態における保管及び自動車又は二輪自動車への装置において、当該容器及びこれに装置された附属品の損傷を防止する措置その他当該容器及び附属品の保安を確保するために必要な措置を講じた場合にあっては、この限りでない。 三　自動車又は二輪自動車に装置されていない容器にあっては・・・（二と同様の改正あり。附属品も同様の改正あり。詳細略）	（容器再検査における容器の規格） 第22条第2項 二　自動車又は二輪自動車に装置されている容器にあっては、次に掲げるものとする。 イ　略 ロ　容器は、当該容器に貼付されている容器証票に記載された車台番号と異なる車台番号の自動車又は二輪自動車に装置されたことがないものであること。

法規集P1095～1096
容器則細目告示第22条

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図49

都道府県等による調査機関の更なる活用を促進し、保安行政の維持を図るべく通達の一部を改正するもの

89

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について(内規)(20170718 保局第1号) 新旧対照表

改正前欄に掲げる規定の傍線を付した部分は、これに順次対応する改正後欄に掲げる規定の傍線を付した部分のように改め、改正後欄に二重傍線を付した規定で改正前欄にこれに対応するものを掲げていないものは、これを加える。

法規集P6法　第8条関係
通達（内規）
P1056　耐震告示
第3条関係通達（内規）

令和2年7月1日付け20200619保局第2号により内規（基本通達）を改正

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

都道府県等による調査機関の更なる活用を促進し、保安行政の維持を図るべく通達の一部を改正するもの

（改正後）

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について(内規)

制定 20170718保局第1号平成29年7月25日
改正 20171102保局第2号 平成29年11月15日
20180323保局第4号 平成30年3月30日
20181105保局第1号 平成30年11月14日
20181210保局第1号平成30年12月27日
20181225保局第2号 平成31年1月11日
20190308保局第1号 平成31年 3月15日
20190325保局第1号 平成31年3月29日
20190418保局第1号平成31年4月22日
20190606保局第1号和 元年 6月14日
20191021保局第1号 令和元年11月12日
20191206保局第1号令和元年12月20日
20200213保局第2号和 2年 2月28日
20200408保局第1号 台和 2年 4月10日
20200528保局第1号和 2年 6月15日
20200608保局第2号令和2年6月26日
20200619保局第号令和2年7月1日

法規集P1095～1096
容器則細目告示第22条

(1)高圧ガス保安法及び高圧ガス保安法施行令の運用及び解釈について

1.高圧ガス保安法関係

第8条関係(許可の基準)

(1)都道府県知事又は指定都市の長は、技術上の基準に関する審査業務(第14条第3項で準用する場合を含む。)に当たっては、必要に応じて申請書に添付された高圧ガス保安協会又はその他外部の調査機関 による評価結果等を活用することができる。なお、貯蔵所の許可についても、同様に取り扱うものとする。

(2) (略)

(12) 高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示の運用及び解釈について

第3条関係
都道府県知事又は指定都市の長は、「前条に定める耐震性能を保有することを確認することとする。」の確認 に当たっては、必要に応じて申請書に添付された高圧ガス保安協会又はその他外部の調査機関による評価結果 等を活用することができる。

（改正前）

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について(内規)

制定 20170718保局第1号 平成29年7月25日
改正 20171102保局第2号 平成29年11月15日
20180323保局第4号 平成30年3月30日
20181105保局第1号平成30年11月14日
20181210保局第1号 平成30年12月27日
20181225保局第2号 平成31年 1月11日
20190308保局第1号 平成31年3月15日
20190325保局第1号 平成31年3月29日
20190418保局第1号 平成31年 4月22日
20190606保局第1号令和元年6月14日
20191021保局第1号令和元年11月12日
201912069局第1号令和元年12月20日
20200213保局第2号令和 2年 2月28日
20200408保局第1号 台和 2年 4月10日
20200528保局第1号令和2年6月15日
20200608保局第2号令和 2年6月26日

(1) 高圧ガス保安法及び高圧ガス保安法施行令の運用及び解釈について

1.高圧ガス保安法関係

第8条関係(許可の基準)

(1) 都道府県知事又は指定都市の長は、技術上の基準に関する審査業務(第14条第3項で準用する場合を含む。)に当たっては、必要に応じて外部の調査機関による評価結果等を活用しても差し支えない。 なお、貯蔵所の許可についても、同様に取り扱うものとする。

(2) (略)

(12) 高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示の運用及び解釈について

[新設]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス保安法及び関係政省令等の運用及び解釈について（内規）

法規集P1095～1096
容器則細目告示第22条

従前の内規を廃止・再制定
制定　　平成26年7月14日付　　20140625商局第1号
（上記内規を廃止・再制定）

上記内規を廃止・再制定
制定　　平成29年7月25日付　　20170718保局第1号
改正　　平成29年11月15日付　20171102保局第2号
改正　　令和2年7月1日付　　20200619保局第2号

上記内規を廃止・再制定
制定　　令和2年8月6日付　　20200715保局第1号

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

高圧ガス保安法関係のweb情報について

経済産業省　産業保安HP
（データの閲覧、ダウンロードが可能）
高圧ガスの安全
最新情報→年月日順　法令改正状況・通達情報
審議会・研究会

産業構造審議会
- 保安・消費生活用製品安全分科会
  高圧ガス小委員会
- スマート保安官民協議会
  高圧ガス保安部会

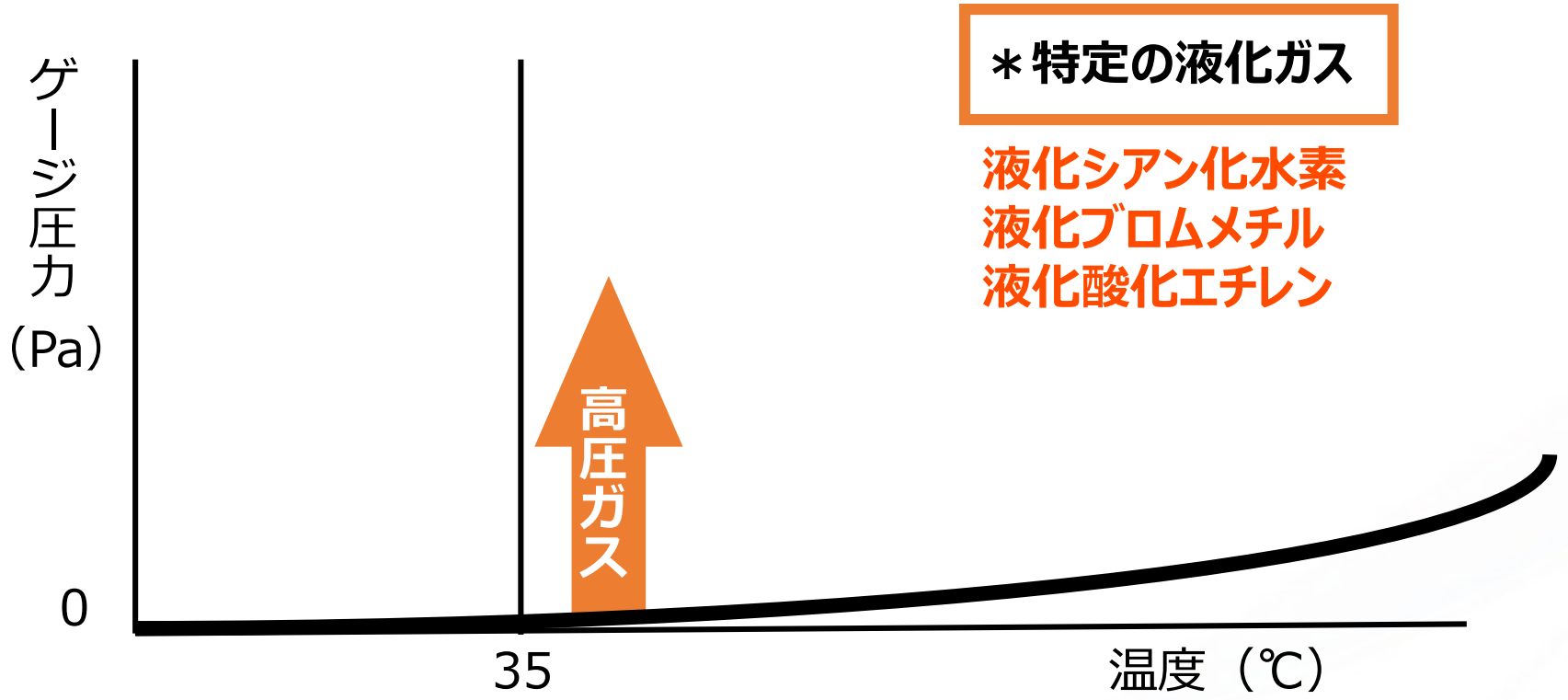
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図10-1

高圧ガスとは（３）

法第2条4号
政第1条

93



＊特定の液化ガス

液化シアン化水素
液化ブロムメチル
液化酸化エチレン

特定の液化ガス（３種類）の場合は、温度35度において
圧力0パスカルを超えるものであれば「高圧ガス」と定義される。

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

E－5　保安係員（一般）　保安管理技術
教材一例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者
保安係員（一般）講習
保安管理技術～保安係員の役割と心構え～

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

目次

はじめに（講習の目的）
1．保安係員制度の誕生
2．保安管理体制と保安係員の位置づけ
3．保安係員の法定職務
4．保安係員の具体的な業務
5．保安係員の心構え
6．事故事例と保安係員の責任（役割）
7．訓練に関する情報交換内容の紹介
8．ビデオによる「役割、心構え」を整理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

はじめに（講習の目的）

高圧ガス保安法の目的は
高圧ガスによる災害を防止して公共の安全を確保する。

↓

公共の安全を確保するとは、住民と高圧ガスを取り扱う人の安全を確保すること

↓

安全を確保とは、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、移動その他適切な取扱いをすることにより高圧ガスによる事故、災害の防止すること

↓

そのためには、係員としての法的責務と職務を理解・確認し確実に実施する。また、自己研鑽することが基本である。

↓

保安係員講習はその手段の一つである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

テキストp.3、10行目より

保安係員の保安講習の目的と法令の関係

4

資格

①**製造保安の要**ともいうべき保安係員は、誰でもがなれるというものではない。
②**高度の知識**が要求される国家試験に合格し、製造保安責任者免状の交付を受け**所定の経験を経た者**に限って選任されることができる。（法第２７条の２参照）

罰則

③しかし、法律の基づく命令の規定に違反したときは、**免状を返納**させられることがある。（法第30条参照）
④また、都道府県知事が保安係員にその職務を行わせることが公共の安全の維持や災害の発生防止に支障を及ぼすおそれがあると認めたときは、**解任**を命じられることがある。（法第34条参照）

講習

⑤保安係員に選任された者は、法令（法第27条の2参照）に定める期間ごとに**講習**を受けなければならない。このことは、この法律が保安係員の**知識、技能のレベルの維持、向上**に、いかに厳しい配慮を求めているかを示している。

まとめ

⑥保安係員の職務は、省令（一般則第76条、コンビ則第31条）に示されており、**保安管理上の位置付けがいかに重視**されているかがうかがえる。
⑦保安係員は、保安係員として選任された上述の背景を十分に理解し、企業の一員としてだけでなく、公共の安全を確保するという社会的責務を果たしていただきたい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

1．保安係員制度の誕生

高圧ガス保安法制改定の経緯と保安係員制度

保安係員は現場の第一線の管理者として保安管理全般にわたり自主保安の重要な役割を担っている。

我が国で高圧ガスの工業生産開始

初期の事故発生

1907

1922

圧縮瓦斯及液化瓦斯取締法公布
(内務省＝警察行政の一環) (大正11年4月)

利用拡大に伴う事故増加

1951

高圧ガス取締法公布
(通商産業省＝産業行政の一環)
(昭和26年4月)

1963

法改正
自主保安の導入
高圧ガス保安協会設立

1973

コンビナート事故が多発

次頁参照

1975

保安係員制度の誕生

法改正
技術基準の強化
保安管理組織の強化

1986

法改正
コンビナート等保安規則の制定
指定検査機関制度の導入

1996

高圧ガス保安法に名称変更、性能規定化
認定制度の導入
(平成8年3月)

規制緩和の流れ

2005

民間規格の導入

機能性基準
KHKS

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

昭和48年の主なコンビナート事故

	月日	事業所	災害の種類	死者	負傷者
1	3/3	ゼネラル石油堺製油所	重油脱硫装置火災	0	0
2	3/15	三菱油化鹿島工場	ポリプロピレン装置火災	0	3
3	4/23	三菱化成水島工場	ポリエチレン装置火災爆発	0	0
4	5/8	鹿島石油鹿島製油所	蒸留装置火災	0	2
5	6/25	東洋曹達南陽工場	炭酸ガス吸収塔爆発	0	0
6	7/7	出光石油化学徳山工場	アセチレン水添塔火災	1	0
7	8/23	興亜石油大阪製油所	加熱炉爆発	0	0
8	9/16	大阪石油化学泉北工場	ナフサ分解炉火災	0	0
9	10/8	チッソ石油化学五井製造所	ポリプロピレン重合槽の漏えい爆発	4	9
10	10/13	住友化学愛媛工場	高圧ポリエチレン反応器火災	0	0
11	10/18	日本石油化学浮島工場	エチリデンノルボルネン装置火災	2	2
12	10/25	日本ユニカー川崎工場	高圧ポリエチレン装置火災	0	0
13	10/26	東亜燃料工業川崎製油所	水添脱硫装置火災	0	0
14	10/28	信越化学工業直江津工場	塩ビモノマー装置爆発火災	1	24
15	12/4	旭電化鹿島工場	CMA製造装置破裂	3	3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

参考

平成18～29年の重大事故例

	月日	事業所	災害の種類	死者	負傷者
18	5/8	出光興産千葉工場	PCプラント除害塔塩素流出	0	15
19	12/21	三菱化学鹿島工場	第二エチレンプラント分解炉火災	4	0
21	4/15	住友化学愛媛工場	電解プラント除害塔塩素漏えい	0	32
23	3/11	コスモ石油千葉製油所	東日本大震災によるLPガス貯槽火災爆発	0	6
23	11/13	東ソー南陽事業所	塩ビモノマー製造施設爆発火災	1	0
24	4/21	三井化学岩国大竹工場	レゾルシンプラント爆発火災	1	9
24	6/29	日本触媒姫路製造所	アクリル酸製造爆発火災	1	36
25	1/9	三菱マテリアル四日市工場	多結晶シリコン製造装置爆発	5	13
27	8/5	中国アセチレン	アセチレンガス製造施設爆発火災	0	1
29	1/22	JXTGエネルギー和歌山製油所	潤滑油精製装置の火災	0	0

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安管理体制と保安係員の位置づけ

製造の許可をうけた第一種製造者等はその規模に応じて保安管理組織を設ける。保安統括者等の職務内容が法令で規定され、その責任と分担が明確にされている。

区分	負傷者
保安統括者 （事業所長）	保安に関する業務を統括管理
保安企画推進員 （保安担当部長）	保安統括者を補佐し、危害予防規程・保安教育計画の立案と及び推進、保安に関する基本方針の立案、設計施工の保安上の助言、勧告等の省令定めるもの
保安技術管理者 （製造部長）	保安統括者を補佐し、製造に係る保安に関する技術的事項を管理
保安主任者 （製造課長・係長）	担当する製造施設について保安技術管理者を補佐し、保安係員を指揮
保安係員 （製造直長、班長）	**担当する製造施設の維持、製造の方法の監視その他製造に係る保安に関する技術的事項を管理**
冷凍保安責任者	冷凍の製造に係る保安に関する業務を管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2. 保安管理体制と保安係員の位置づけ

保安統括者等の選任の概要

保安統括者
＊
保安技術管理者
保安企画推進員
保安主任者
保安係員

処理能力：100万（貯槽を設置し、充てんは200万m³／日）以上は選任

保安統括者
＊
保安技術管理者
保安係員

法27条
一般第64条～66条、69条、70条、液石第62条～64条、67条、68条、コンビ第23条～25条、28条、29条

LPガスは、燃焼消費、充てん：（処理能力：50万m³／日未満）

＊保安技術管理者選任不要
① 統括者が免状・経験
② 可燃性・毒性ガスの気化器、減圧弁製造・燃焼消費：（処理能力25万m³／日未満）
③ 移動式製造設備
④ 可燃性、毒性ガス以外の製造：（処理能力25万m³／日未満）
⑤ CNGスタンド（コンビ）

第一種製造者の事業所には保安係員の選任が必要である。
保安係員は部下を指揮監督する。夜間など運転上大きな責任と権限を持つ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等の選任の概要

法第27条の2、27条の3、33条

10

第一種製造者・第二種製造者（特定）

名称	選任区分	資格等	義務講習
保安統括者	事業所ごと	統括管理者	–
保安技術管理者	事業所ごと	免状と経験	–
保安企画推進員※	事業所ごと	知識と経験	あり
保安主任者※	施設ごと	免状と経験	あり
保安係員	**施設ごと**	**免状と経験**	**あり**

※一日に製造するガスの容積が100万m^3以上の第一種製造者のみ選任

高圧ガス保安協会や指定講習機関が行う講習

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

保安統括者等及びそれらの代理者並びに販売主任者等の選解任届出

法第27条の2　5、6項、　27条の3　3項、33条3項、（28条）、一般第67条2項

保安統括者等の選解任届出			
保安統括者等	正	代理者	都道府県知事への届出手続
保安統括者	○	○	選解任した都度、遅滞なく届出
保安技術管理者	○	×	その年の前年の8月1日からその　年の7月31日までに選解任した者について、その年の8月1日以後、遅滞なく（まとめて）届出（選解任した都度、遅滞なく届出）
保安企画推進員	○	×	
保安主任者	○	×	
保安係員	○	×	
（販売主任者）	○	–	
（特定高圧ガス取扱主任者）	○	–	

○は選解任届出が必要、×は不要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員の法定職務

高圧ガス保安法　第32条第3項では、「保安係員は製造施設の維持、製造方法の監視等、高圧ガス製造に関する技術的事項で省令で定めるもの（一般則第76条、コンビ則第31条）を管理する。」
〔保安係員は、保安統括者、技術管理者、主任者の指揮を受け業務を実施すると共に部下を指揮・監督して業務を実施させ、安全を確保する法的責任がある。〕

高圧ガス製造に関する技術的事項（一般則第76条、コンビ則第31条）

1) **製造施設**の位置、構造、設備が法第８条第１号の省令に定める技術基準に適合するように監督すること。
2) **製造の方法**が法第８条第２号の省令定める技術基準に適合するように監督すること。
3) **定期自主検査**の実施を監督すること。
4) 製造施設、方法についての**巡視、点検**を行うこと。
5) 製造に係る保安についての作業標準、設備管理基準、災害発生時の措置**基準などの作成に関して助言**を行うこと。
6) 災害の発生又はそのおそれのある場合における**応急措置を実施**すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．保安係員の具体的な業務

一般則第76条、
コンビ則第31条

1）製造施設の位置、構造、設備が省令の技術基準に適合するように監督する。（一般則76条1号）

一般則第6条で、警戒標、火気施設との距離、防消火設備、防液堤、気密性の保持、設備の基礎、計測器、安全装置、ガス漏えい検知器、除害設備、拡散防止設備、保護具、緊急用連絡通報設備、弁の開閉表示、静電気除去設備、保安電力、容器置場や導管の位置・構造などが基準に適合していることを監督する。
特に設備の維持や適合するように部下に指示し実行することや設備変更など計画段階から参画して意見具申するなどの業務も重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

４．保安係員の具体的な業務

一般則第76条、
コンビ則第31条

2）　製造方法が省令の技術基準に適合するように監督する。（一般則76条2号）

一般則第6条2項で、安全弁の元弁の全開、圧縮してはならないガスなどが定められていること、液化ガスの充てん量の制限、容器の音響検査、設備の日常点検、設備の修理清掃時の基準（作業計画、責任者、ガス置換、ガス濃度の確認、保護具の使用、開放部分の弁の閉止や仕切板の挿入、表示など）、弁類の操作時に過大な力を加えない措置をするなどを監督する。
特に作業・操作方法の見直しや運転開始前後のチェックなどが重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

４．保安係員の具体的な業務

一般則第76条、
コンビ則第31条

3）　定期自主検査の実施を監督する。（一般則76条3号）

1年に1回以上定期的な自主検査（一般則83条）の実施について立会い監督する。検査記録を作成し、保存する。
定期自主検査記録に記載する事項は
（１）ガス設備名
（２）ガス設備ごとの検査の方法、結果
（３）検査年月日
（４）検査の実施の監督を行った保安係員氏名
その検査の方法、結果の内容が最低限、法の基準に沿っていることを確認する。
保安検査基準・定期自主検査指針（一般則関係 KHK S 0850-1, 1850-1, コンビ則関係 KHK S 0850-3,1850-3 ）など参照する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

４．保安係員の具体的な業務

一般則第76条、
コンビ則第31条

16

4）　製造施設、方法についての巡視、点検を行う。（一般則76条4号）

自らまたは部下に指示して、日常の巡視・点検を運転開始・終了時、運転中（1日１回以上頻繁に）　（一般則6条2項4号に定める内容で）に行い、技術基準に適合していることを確認する。　（点検項目・ポイントを明確に）
異常がある場合は現場で現物を確認する。
非定常作業、変更管理は現場の第一線管理者として安全性の確認や評価をする。
定期修理についても、開放機器の状況確認や開放機器の作業前環境設定、保護具の要否の判断などについても現場の第一線安全管理者として関与する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

４．保安係員の具体的な業務

一般則第76条、
コンビ則第31条

17

5）　作業標準、設備管理基準、**災害発生時の措置基準**などの**作成に関して助言**する。（一般則76条5号）

- 各基準の作成、変更などに積極的に参画して、現場の意見を反映させる。
- 管理基準や異常時判断基準などを明確にして、それらを決めた技術的背景を理解し、的確に判断する能力を身につける。
- 作業の基準類を定期的に見直し、規則の沿い改訂する。
- 改善提案などによる変更も職制の下で変更するが、変更管理の観点課から、設備の設計思想との対応なども検討しておく。
- 教育訓練についても定期的なもの以外のについては都度おこなうものは、「ムリ、ムダ、ムラ」を避け「必要な人に、必要とすることを、必要な時期に行う」ことに心掛ける

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

４．保安係員の具体的な業務

一般則第76条、
コンビ則第31条

18

6）　災害の発生又はそのおそれのある場合に**応急措置を実施**する。（一般則76条6号）

応急措置の実施は即断即決が要求される重要な任務である。

- 非定常作業や異常時の対応についてよく理解する。
- 災害の発生などの予想しがたい異常事態を想定し、臨機応変に指揮できるよう技術基準などについて原理原則を深く理解する。
- 上記の基準の制定や改訂に参画する。
- きめ細かな想定による応急措置訓練を計画し、応急措置が確実に実施ができるまで継続的に訓練する。
- 発災時の連絡、避難、誘導、初期活動を関係先とも検討しておく。
- 保安係員の自覚、自己研鑽、自己管理方法として、行動時の自問答、ルールを遵守、沈着な判断と行動、毎日トラブルの想定と対応の検討する。行動の前に一呼吸も冷静沈着な措置に役立つ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

緊急時の応急処置を的確にするための方策例

1）応急処置の自動化
2）基準類の整備
3）緊急措置の操作が簡単に的確にできる設備に改善
4）緊急時に操作するバルブ類を色別しておく
5）応急措置に必要な用品を分別し、整備しておく
6）応急措置の実行者を決めておく
7）指揮者の代行順を決めておく
8）緊急通報訓練の実施
9）事故想定訓練の実施
10）夜間停電時の訓練の実施

} 机上訓練（シミュレーション）

1）不測の事態を想定したPKY
2）想定内の異常事態のリストアップ
3）過去のトラブルを組み合わせて事故想定をする
4）プラント同時多発を想定する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

緊急時の応急処置を的確にするための方策例

事故事例を参考に

① 事例に学ぶ点検の実施
② 事例研究のミーティングの実施
③ 事例の水平展開の実施

危険に対する感性や知識レベル向上のため、Know-howに加えてKnow-whyについても教育する。
責任者としての自覚、自己研鑽、自己管理（例）するには

① 異常時の判断を話し合う
② 行動前の自問自答
③ ルールの遵守
④ 異常時に沈着判断と行動に努める
⑤ トラブルを想定し対応を考える
⑥ 傾向管理などにより異常の兆候を捉える
⑦ 緊急時の対応の順位付けと熟知
⑧ 行動前に精神を整える

緊急停止後もプロセスの状態の変化を予測し、その対応を検討しておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．保安係員の心構え

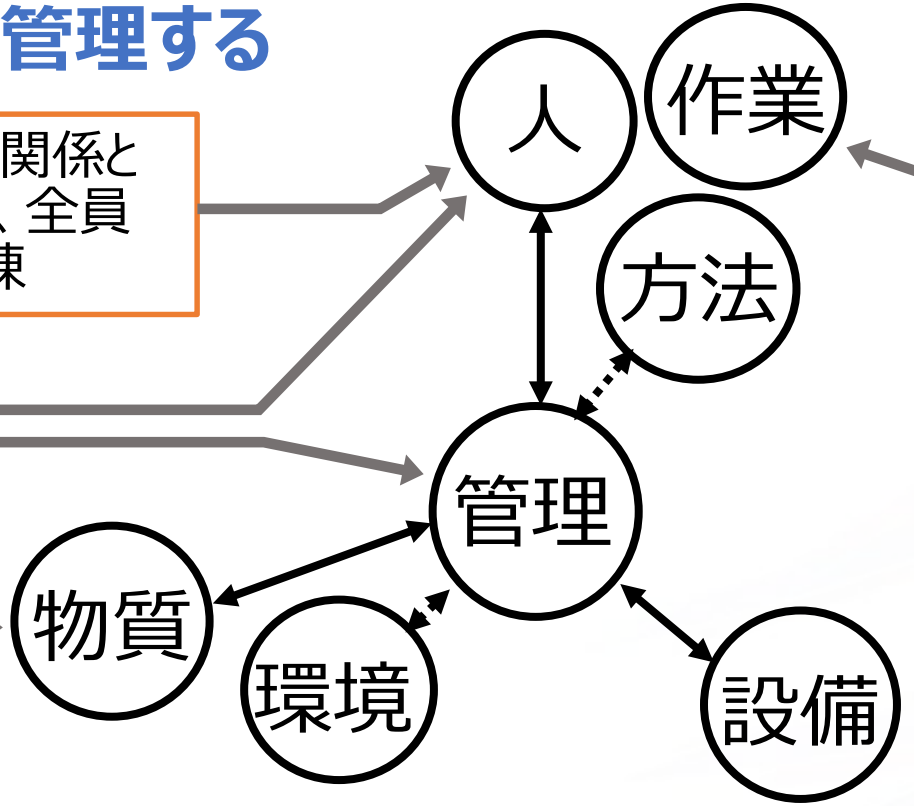
安全は設備、物質と人（作業）の３つ要素を管理することで、その基本は人である。
保安係員は人の能力を高め、職場環境を充実させるための要である。
予測、気配り、思いやり、謙虚な態度がゆとり、平常心を生み安全な職場環境を形成すると考えられる。

4Mのジャンルに整理し管理する

自己管理とグループ管理、信頼関係と人間関係、世代交代への対応、全員参加による保安確保、教育訓練

特に人については、気配り、思いやりが人に対する安全管理の基本である。

物理的危険性化学的危険性
人体への有害性の知識を広げる



ヒューマンエラーを防ぐ
自身の仕事の管理
部下への仕事の与え方
緊急時の初期対応

圧力、温度など基準限界値内の保持
検査結果から管理事項把握
異常の発生しない運転管理日常点検と保全記録の確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．保安係員の心構え

5.1　取扱い物質への対応

高圧ガスのみならず自分の職場の全ての取扱物質について、危険性（反応性・燃焼性など）、有害性（毒性、窒息性など）を熟知する。

（１）物理的危険性
　　高圧の気体、液化ガスの気化、閉じられた容器内など圧力に耐えきれなくなったときの破裂の危険性

（２）化学的危険性
　　a）可燃性：ガスの発火爆発、可燃性液体や固体の気化による発火爆発
　　b）支燃性：酸素や酸素濃度の高い空気、塩素など燃焼性を高める。高温の鉄、油脂類との燃焼など
　　c）反応性：２種類以上の物質が混合反応して熱エネルギーを放出。

（３）人体への有害性
　　a）毒性：急性毒性、慢性毒性、皮膚・粘膜などへの腐食性
　　b）窒息性：酸素や空気以外のガスには窒息性がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．保安係員の心構え

5.2　設備への対応

高圧ガスの充塡などした容器や設備の気密性や耐圧性能が重要。保安係員は設備の運転時のそれらを考慮する。災害が拡大しないような措置を常に心がけする。

① 温度圧力などが基準値以内
② 定期検査などから機器の問題点や注意点の把握
③ 運転管理
④ 設備管理（日常点検、修理、清掃などによる設備保全）
⑤ 保全記録の確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．保安係員の心構え

5.3　作業への対応

作業はそれに携わる人の不確定な要素が高いため、ヒュウマンエラーを防ぐ対策が重要である。

① 運転管理上（運転条件変更時の徹底、交代引継ぎ、非定常作業管理）
② 運転操作上（確認の励行、基準の順守）
③ 保安レベル（誤操作防止手法の活用、小さな異常の報告）
④ 教育・訓練（特に新入社員や配転者など）
⑤ 健康管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．保安係員の心構え

5.4　管理について

① 自己管理
② 部下の管理と監督
③ グループの管理
④ 管理するための人間関係の確立
⑤ 技術の伝承
⑥ 全員参加の保安体制の確立
⑦ 教育・訓練

① 視聴覚教材やシミュレータによる教育
② 事故経験者による講話
③ 事故想定から災害対応作戦訓練の実施
④ 爆発実験装置などによる研修
⑤ 実消火訓練や救助誘導訓練

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．保安係員の心構え

5.5　緊急時の初期対応

緊急時の場合でも保安係員の冷静、沈着な行動と部下を指揮できる能力を付けるために

１）　平常時から緊急時の初期対応を考える。
２）　想定訓練、防災訓練のマンネリ化を防止する。
３）　緊急時の冷静、沈着な行動ができるよう精神力の修練をする。

緊急事態に遭遇する機会減少対策として

１）　体験談や記録などを参考に自分職場に当てはめて考える。
２）　起こりうる異常状態や手順書どおりにならないことを想定し、関係者でその対応を検討する。
３）　上記２）項の検討結果を踏まえて手順書を変更して訓練を実施する。実施結果から再度見直す。
４）　教育・訓練により、役割分担の範囲を広げる。
５）　事故事例から人の行動にかかわるものを参考に自らの職場に当てはめてその対応を検討してみる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

５．保安係員の心構え

地震発生時の緊急処置例

１） 身の安全を確保
２） 緊急停止処置（決められた手順により）
３） 工事や火気使用の停止
４） 人員の安否確認と救助（掲示板などの利用）
５） 連絡設備、非常用電源用役の供給状況の確認。
６） 危険物の漏えい、発火、設備の損傷の有無と通報初期対応
７） 防災設備の異常の有無
８） 関係先（社内外）への通報連絡
９） 隣接プラントなどの被害状況の把握
10） 避難誘導
11） 処置終了後の人員の把握

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

５．保安係員の心構え

緊急時のストレス解消による信頼性向上策

１） 操作手順の単純化や手順のフロー化による処置確認
２） 操作手順の反復訓練と訓練中の判断訓練を追加
３） 役割分担の明確化と引き継ぎ時の役割の確認
４） 情報の共有化と見える化（掲示板などの利用）
５） 指示の単純明確化と過大な情報は要求しない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．保安係員の心構え

5.6　保安の向上のために

係員（管理者）の条件･要求事項

１）高度な知識
２）経験
３）判断力
４）理解力
５）問題解決能力（実行力）
６）指導力（人を見抜き、活かす能力）
７）協調性

係員の要求事項を達成するには

１）自己研鑽
２）保安意識

の高揚に努める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．保安係員の心構え

保安係員の役割（チームリーダーとして）

1） 安定した安全な生産活動をする
2） 設備を熟知して、適切な応急措置ができる
3） 安全を最重点にした合理化・改善ができる
4） 意思疎通をよくして、人間関係のよい職場づくりができる
5） 作業方法・管理システムなどに精通し、活用できる
6） 初心を忘れないリーダーである

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

５．保安係員の心構え

管理者の安全管理義務（労働安全衛生法による）

1）安全作業に対する妥協の排除
2）不安全行為の黙認の排除
3）安全施設不使用の排除
4）安全チェックリスト等の使用
5）安全作業方法の採用
6）科学的合理性に基づく安全管理
7）必要な安全措置や対策を行ってから現場を離れる
8）使用機器の安全基準遵守の確認
9）協力会社作業員への安全指示の徹底
10）緊急事態時の災害拡大の防止

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

管理監督者（保安係員）に課せられる法的責任

法的責任

- **刑事法上の責任**
  - 故意
  - **業務上過失致死傷等**
  - 業務上失火等
- **民事法上の責任**
  - 契約責任、債務不履行責任
  - 不法行為責任
  - 工作物瑕疵責任
- **特別刑法上の責任**
  - 労安法上の責任
  - 消防法上の責任
  - 高圧ガス保安法上の責任
  - その他　特別刑法上の責任

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

事故の注意義務と法規の関係

注意義務を怠り、過失により人の生命や財産に損害を与えると、刑法、民法の規定に基づき処罰や損害賠償の義務を負う

刑法第211条　業務上必要な注意を怠り、よって人を死傷させた者は、5年以下の懲役若しくは禁固又は50万円以下の罰金に処する。

民法第709条　故意又は過失によって他人の権利又は法律上保護される利益を侵害した者は、これによって生じる損害を賠償する責任を負う。

- **過失**とは、予見可能な結果について、結果回避義務の違反があったことをいう。
- **業務上過失**とは、仕事において、本来期待される**注意義務**を怠ることをいう。
- 注意義務には、**結果予見義務と結果回避義務**がある。
- **結果予見義務**とは予め知ることのできるものは予見しておくことをいう。
- **結果回避義務**とは回避が必要と予見された事態にはそれを避けるための対策をとること。
- 結果回避義務については、専門的な職業に従事する者は一般人よりも高度の結果回避義務が要求されると考えられている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

溶接工事中にタンクが爆発し作業員死亡

当時の現場監督、業務上過失致死罪起訴

天然ガス取扱い施設で平成＊＊年12月天然ガスが含まれる排水タンクの配管を補修するため溶接作業をしていたところ、溶接の火が発火源となり天然ガスに引火爆発し作業員が吹き飛ばされて死亡した。
ガス採取時に出る廃液をためるタンクにガスを含む廃液が流入しないよう配管を遮断し、作業時検知器でガス濃度を測るなどの安全対策をしなければいけないのに怠った疑い**（業務上過失致死）**で、配管溶接作業の監督だった社員を書類送検した。。
天然ガス爆発死亡事故で現場監督に実刑判決
地方裁判所は、本死亡事故で、業務上過失致死罪に問われた被告に、**禁固１年６月、執行猶予５年**（求刑禁固１年６月）の判決を言い渡した。 裁判官は判決理由で「**極めて基本的な注意義務を怠った事故で過失は重大**だが、会社側の安全管理態勢もずさんで被告一人に責任を負わせることはできない」と会社側の問題点も指摘した。
弁護側は、公判で起訴内容を認め、「深く反省している」と執行猶予を求めていた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

オートガススタンドの貯槽から放出したLPガスの発火爆発

1．発生日時：平成26年10月12日（日）18時ごろ
2．発生場所：千葉県市川市　オートガススタンド
3．概要：
① 当該オートガススタンド会社がスタンド内の液化石油ガス貯槽（15ｔ、地下埋設）の開放検査業務を検査会社に委託した。
② 検査会社は開放検査の事前準備として、当日朝より貯槽内の残液と残ガスの回収作業をして午前中に終了した。
③ 午後から貯槽の残ガス処理作業として、貯槽に水を注入して残ガスを押し出し、燃焼処理していた。
④ **作業責任者は、水置換が途中であったが、窒素による置換に変更するための準備として、貯槽内の圧力を下げるために残ガスを大気放出した。**
⑤ 一方、１７時３０分より作業責任者の指示を受けた作業員が電動インパクトレンチを使用して、貯槽のマンホールのボルトを外していた。
⑥ 18時ごろ、マンホール付近で爆発火災が発生し、当該工事に従事していた作業員５名が火傷を負い（重傷：３名、軽症：２名）　、当該貯槽周辺部と当該スタンドに隣接した物置１棟が焼損した。

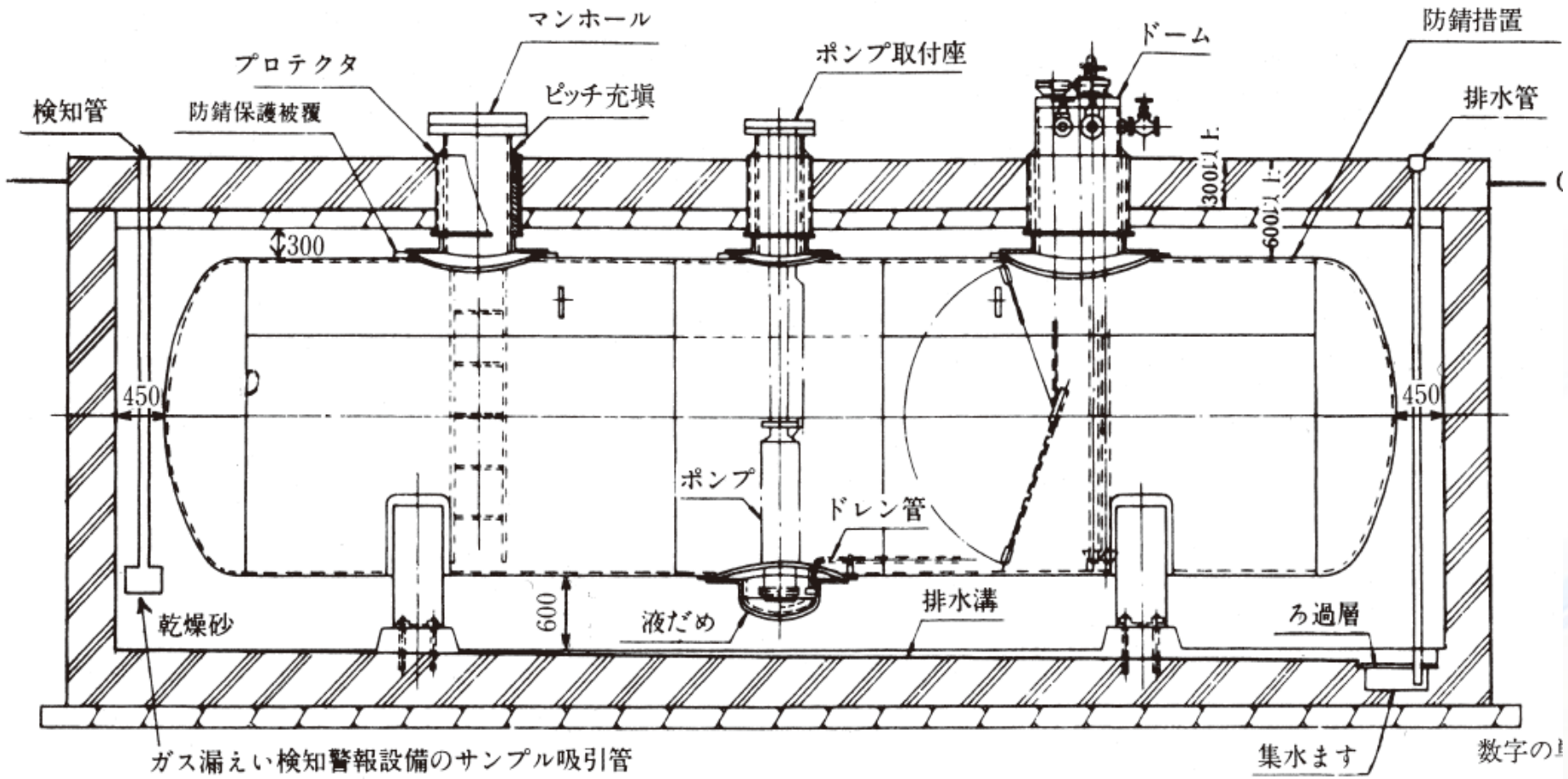
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

LPガス貯槽概略



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

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

直接原因

1） 開放検査業務を受託した検査会社の作業責任者が、水置換による貯槽内の残ガス処理を途中で止めて、**貯槽の内圧を下げるため残ガスを大気に放出した**。

2） 一方で、作業責任者の指示を受けた作業員が貯槽マンホールのボルトを防爆構造ではない**電動インパクトレンチ**を使用して取り外していたため、これが**発火源となり**、大気放出により滞留していたLPガス、または貯槽マンホールフランジのすき間から漏えいしたLPガスに引火し、爆発火災となったと推定される。

間接原因

1） 作業責任者が**規定にない残ガス処理を水置換から窒素置換に途中で切り替えた**。

2） 作業責任者は、**「残ガス処理の途中切り替え」を行うことを一般の作業者に周知しなかった**ため、一般の作業者は水注入作業を止めたことで貯槽内のガス置換が完了したものと勘違いした。

3） 防爆構造でない電動インパクトレンチを持ち込み使用する際、**LPガスが滞留していないかの安全確認を十分行っていなかった**。

4） 当該スタンドに設置しているガス漏えい検知警報設備は、開放検査準備作業のため当日の朝から電源を切る必要があり使用できないため、検査会社は携帯型ガス検知器を持ち込んだが活用していなかった。

5） 液化石油ガススタンドの**保安監督者**は、委託先の検査会社に対して十分な**監督体制をとっていなかった**。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

対策（県による通知）

ガス設備の開放時における安全確保の徹底について

1 ガス設備を開放する際は、取り扱うガスの種類に応じた**適切な方法で残ガスの処理**を十分に行うこと。
2 可燃性ガスのガス設備を開放する際は、**可燃性ガスが滞留・存在していないことを確認できるまで、着火源となり得るものを持ち込まない**こと。
3 ガス設備の開放に当たっては、危害予防規程及び関係規定類を遵守すること。
4 ガス設備の開放に当たっては、あらかじめ作業計画を定めるとともに作業責任者を定め、**日々の作業内容について作業開始前に従業者全員へ周知徹底**すること。
5 ガス設備を開放する作業を外部に委託するときは、委託先の保安上の責任範囲及びその管理方法を具体的に定めること。また、事業所の責任者（保安係員、保安監督者等）は委託先の作業基準の作成を指導するとともに、委託先の従事者が基準を遵守するよう監督すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

事故・ヒヤリ発生源

		４Ｍ			
		Man	Machine	Material	Management
		作業者	機械、道具	原料、材料、	規則、組織、方法
３Ｈ	はじめて				
	久しぶり				開放検査
	変更した		ガス検知器	水から窒素	パージ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

一般第63条、液石第61条、
コンビ第22条

危害予防規程に定めるべき事項

1　製造施設の位置、構造、設備・製造の方法の基準
2　保安管理体制・保安統括者等の職務
3　製造設備の安全な運転、操作
4　製造施設の保安のための巡視、点検
5　製造施設の新増設工事、修理作業の管理
6　危険時の措置・訓練方法
7　協力会社の作業管理
8　従業者に対する危害予防規程の周知方法、規程違反者の措置
9　保安関係の記録
10 危害予防規程の作成、変更の手続
11 その他災害の発生の防止に必要な事項
12 製造施設の新設、変更時の安全審査[→コンビ則適用事業所]
＊ 大規模地震対策特別措置法の地震防災対策強化地域は、警戒宣　言発令時の措置等
＊ 南海トラフ地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法の指定地域は、津波からの避難、訓練、教育に関する細目

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

危害予防規程に定めるべき事項

＊作業計画の作成 → 計画に従って作業

＊作業責任者の決定

↓

作業責任者の監視の下、又は責任者と連絡できる措置を講じて作業

一般第6条5号イ、18条1号二、55条2項5号、60条1項17号、冷凍則第9条3号

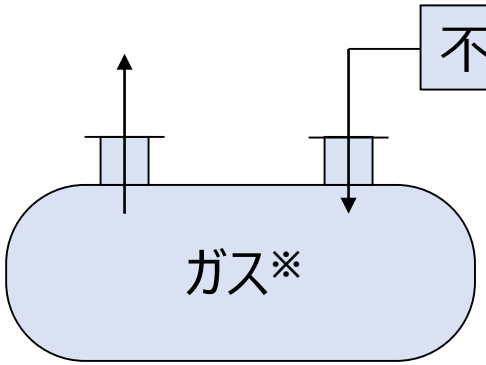
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

ガス設備の修理、清掃時の危険を防止する措置

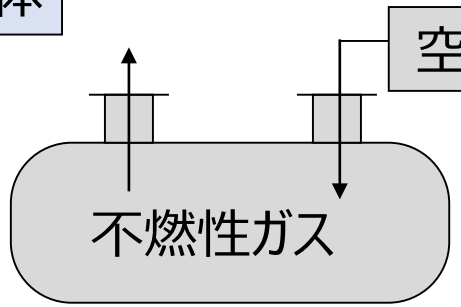
一般第6条6号ロ、八、二、18条1号ニ、55条2項5号、60条1項17号、冷凍則第9条3号

Ⅰ ガス置換



※可燃性ガス、毒性ガス、酸素

Ⅱ 空気置換（再置換）



開放又は設備内に人が入る場合

可燃性ガスで人が設備内に入るとき、酸素濃度が18～22%になるまで空気により置換

毒性ガスで人が設備内に入るとき、
＃1 酸素濃度が１８～２２%になるまで空気により置換。入る直前にガス濃度測定
（毒性ガスは許容濃度以下、可燃性ガスは爆発下限界の1/4以下を確認）
＃2 特殊高圧ガス、五フッ化ヒ素等は、空気呼吸器等呼吸用保護具を装着

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

火気使用作業管理の基本

火気工事の安全管理

火炎・火花を発する工事、高温物を使用する工事と内燃機関と非防爆の電気機器を使用する工事など

① 工事実施前
- 計画の立案　・安全打合せ　・安全指示書の作成、承認と交付
- 安全指導、教育　・準備作業（圧・液抜き、洗浄、置換、検知、遮断など）

② 工事実施
- 着工前の指示確認、責任者の確認、立会人の指名　・許可証の交付と実施の許可
- 作業前安全措置状況と作業環境の確認と立会い
- 作業は関係者立会いの下に開始　・異常時の作業中止と避難

③工事終了時
- 火気の消火　・現場の整理　・確認検収　・工事終了後火気現場の確認

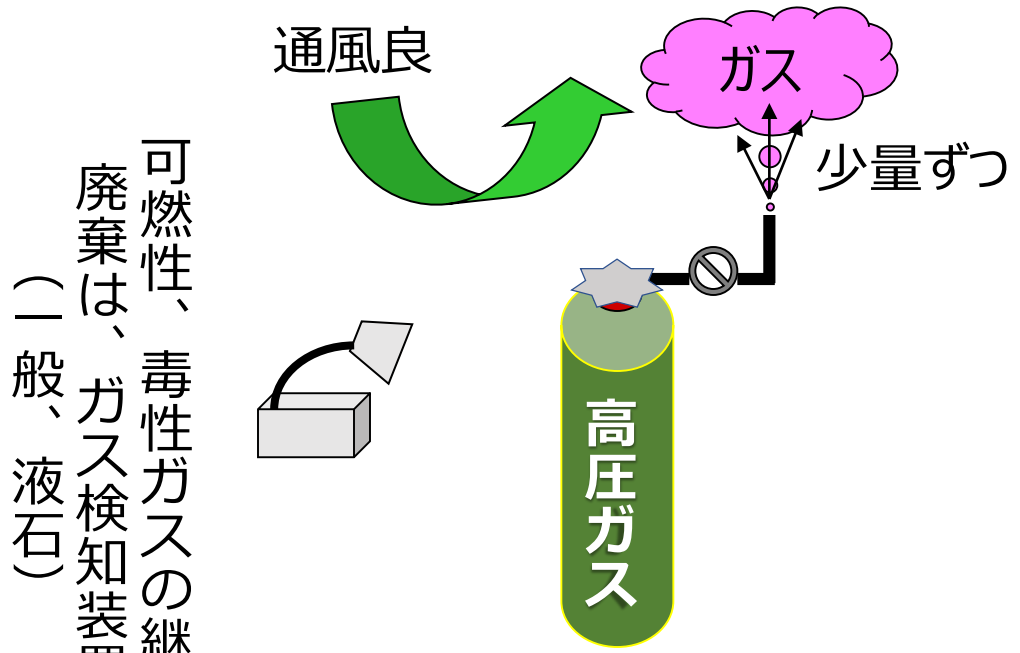
作業前安全措置（例）
1）可燃物の除去と可燃性ガス等の滞留がないことの確認
2）消火器の準備
3）工事対象設備の不活性ガス置換と可燃性ガス濃度の確認
4）防火壁などの養生の確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

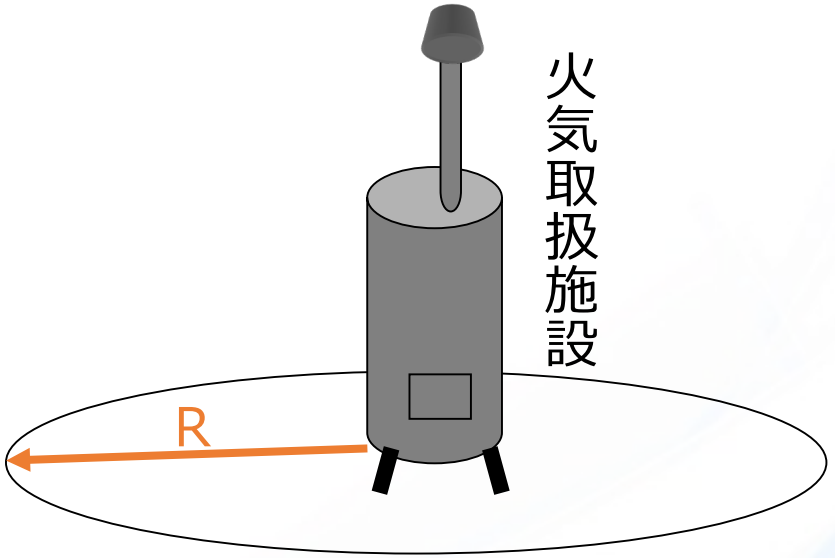
6．事故事例と保安係員の責任（役割）

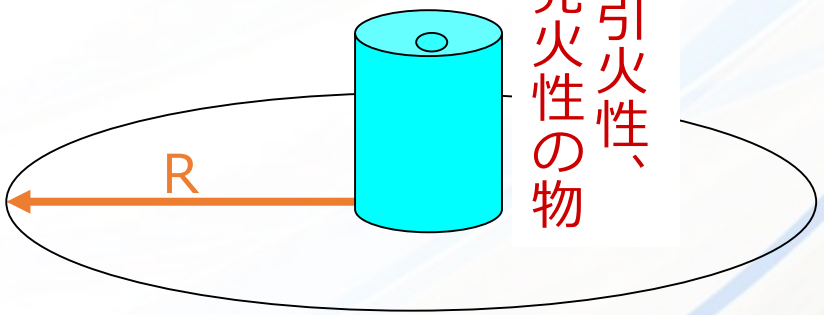
法25条、一般62条、液石60条

火気使用作業管理の基本



可燃性、毒性ガスの継続廃棄は、ガス検知装置（一般、液石）





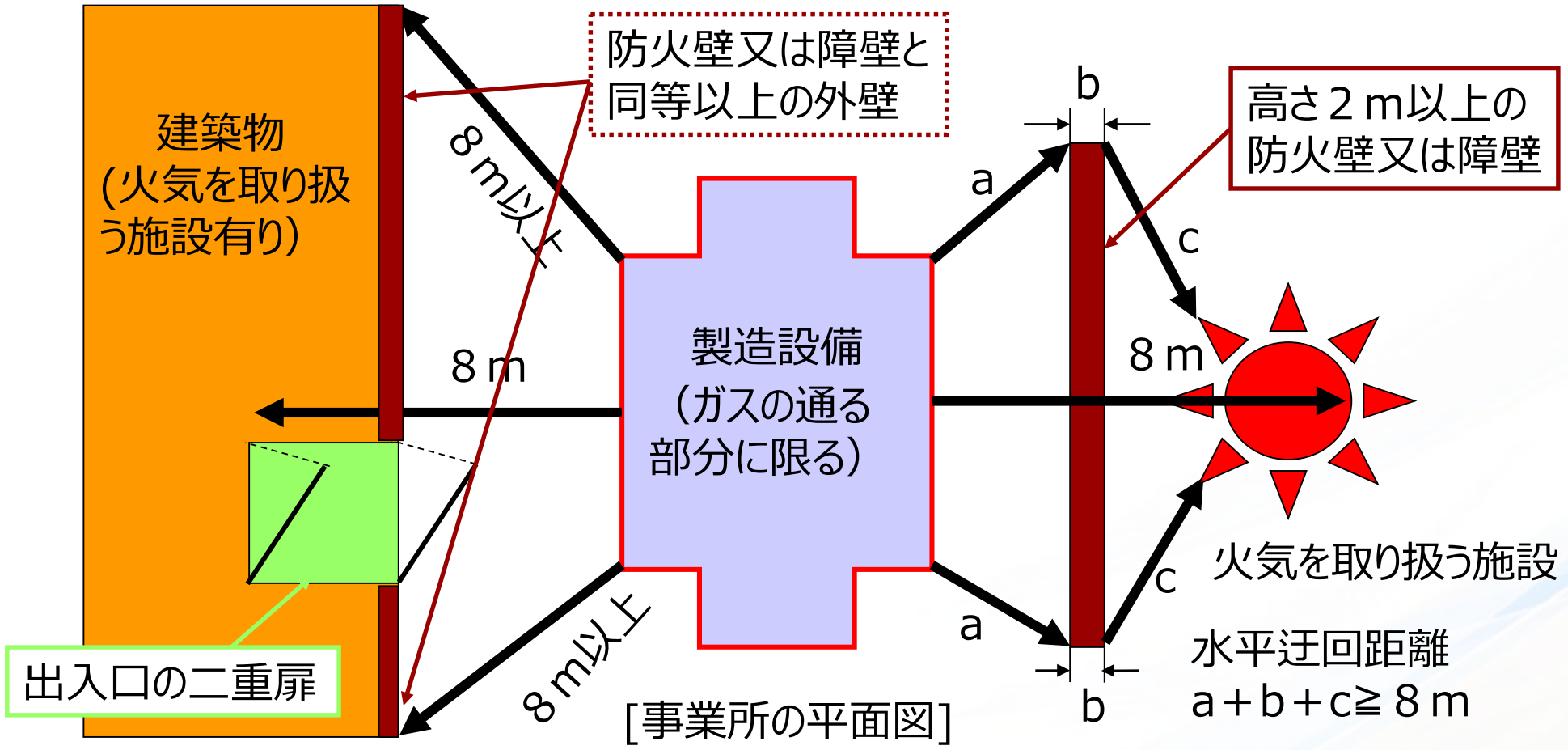
- 可燃性ガスは付近を避ける（一般）
- **液化石油ガスは８ｍ以内を避ける（液石）**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

一般6条1項3号、22条、26条

可燃性ガス製造設備の火気等制限



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

６．事故事例と保安係員の責任（役割）

保安係員の業務上の視点

１）製造施設の技術上の基準

- 可燃性設備と火気使用施設との距離
- ガスが漏えいしないような気密性の保持
- 弁類の開閉表示

２）製造方法の基準

設備の修理または清掃時の基準（作業計画、責任者、内部のガス置換、ガス濃度の確認、保護具の使用、開放部分の弁の閉止と仕切板の挿入）

３）巡視及び点検の実施

製造施設の及び製造保方法について巡視及び点検をする。作業指示書の確認や作業開始前の環境設定など現場の第一線で安全確認をする。

現場の作業を注意深く見よ！排水タンクなどの危険を読みとる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

窒素貯槽の開放検査中の酸欠

平成28年7月5日　愛知県

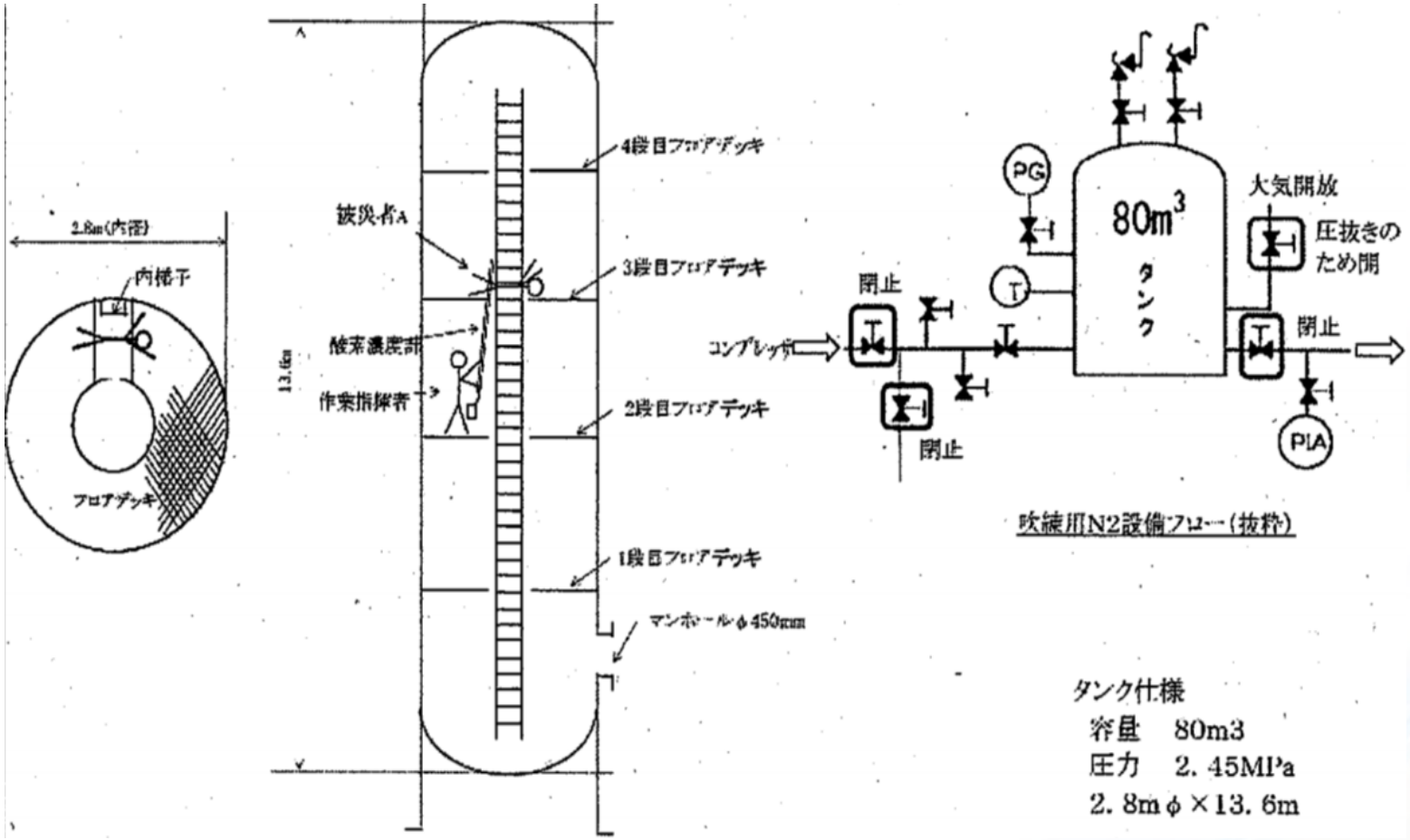
窒素タンクの内部点検作業中、４段あるフロアのうち２段目から３段目フロアに上った際、突然作業者が酸素欠乏症で倒れた。

8時30分	工事責任者Bは、工事内容の打ち合わせ後、窒素タンクのバルブ操作、札掛けを実施した。
9時30分	被災者Aは、工事責任者Bと作業指揮者Cを含む5名で、窒素タンク**内部点検作業のTBMを実施した。**
10時45分	工事責任者Bは、マンホールを開放し、作業指揮者Cに、**タンク内部を空気で置換するよう指示した。**
12時45分	工事責任者Bは、窒素タンク内部の下部マンホール周辺の酸素濃度を測定後(20.9%)、窒素タンクに入り、1段目フロアの酸素濃度を測定した。(20.9%)次に1段目フロアから2段目フロアの酸素濃度を測定した。(20.9%)工事責任者Bは一旦外に出て作業指揮者Cに測定作業を引き継いだ。
12時59分	作業指揮者Cは被災者Aとタンク内に入り、2段目から3段目フロアの酸素濃度を測定した。(20.8%)
13時06分	被災者Aは、2段目から3段目フロアに上った際、突然倒れた。(酸欠によるものと推定)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

窒素貯槽の開放検査中の酸欠（続き）

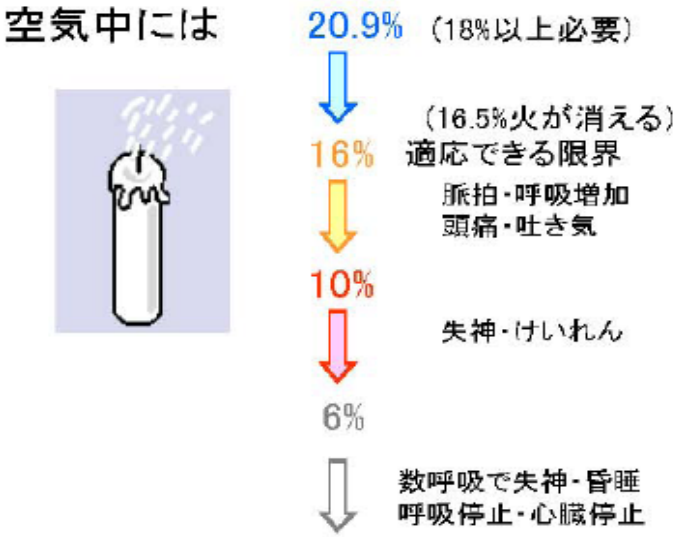


高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

酸素欠乏と症状

酸素	
濃度（vol%）	症状
18以下	酸素欠乏
16～12	脈拍・呼吸数の増加、集中力の低下、頭痛、耳鳴り、吐き気、筋力低下、チアノーゼ
14～9	判断力低下、不安定な精神状態、ため息、疲労感、酩酊、頭痛、耳鳴り、吐き気、記憶力低下、全身脱力、体温上昇、チアノーゼ
10～6	**意識消失、昏倒**、全身筋肉けいれん、吐き気、おう吐、虚脱、チアノーゼ
6～	あえぎ呼吸、昏睡、呼吸緩除から停止、けいれん、心停止
0	２呼吸で意識喪失、90秒で大脳死



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

酸素欠乏と症状（続き）

- **原因**

① 作業開始時、タンク内の空気置換が不十分空気置換方法が不適切であった。
（開放箇所が下段１箇所のみ）

② タンク内の酸素濃度測定方法が不適切（測定箇所の不足）
測定と並行して非破壊検査準備を開始したため、結果として酸素濃度が確認されていない場所に立ち入った。

- **対策**

① タンク内に立ち入る際の条件設定の再徹底立入り条件設定、許可を確実に実施することを徹底する。
タンク内酸素濃度測定方法基準の見直し徹底する。（測定完了まで作業者立入り禁止の明記等）。

② 適切なタンク内空気置換方法の徹底

空気置換基準を改訂する。（開放箇所の明確化等）製造部門、設備管理部門、施工者の３者で事前に置換方法を確認する。

窒素のガス密度は1.25kg/m^3、空気のガス密度は1.29kg/ m^3

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

事故・ヒヤリ発生源

		４Ｍ			
		Man	Machine	Material	Management
		作業者	機械、道具	原料、材料、	規則、組織、方法
３Ｈ	はじめて				
	久しぶり		タンクの開放検査		タンク内の空気置換
	変更した				タンク内空気置換確認と点検作業の順序

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

塔槽内作業管理の基本

● 塔槽内作業の安全管理

① 作業実施前準備

・計画の立案　・責任区分と体制の明確化　・安全打合せ　・安全指示書の作成、承認と交付
・動機器の施錠管理　・作業時使用の工具、保護具などの準備　・安全指導、教育

② 作業実施

・配管などの遮断（仕切板の挿入）と標示
・内容物の排除と洗浄作業と作業前の連絡と標示
・塔槽内置換と空気置換　・塔槽内各種対象ガス濃度と酸素濃度の検査
・着工前の指示確認、責任者の確認、監視人の指名
・塔槽内作業許可証の交付と工事実施の許可
・作業前安全措置状況と作業環境の確認と立会い
・作業員の管理と感電防止　・作業実施時の監視人任務と立会い　・異常時の作業中止と避難

③ 作業終了時

・内部点検　・現場の整理　・確認検収　・作業途中では開口部の安全処置

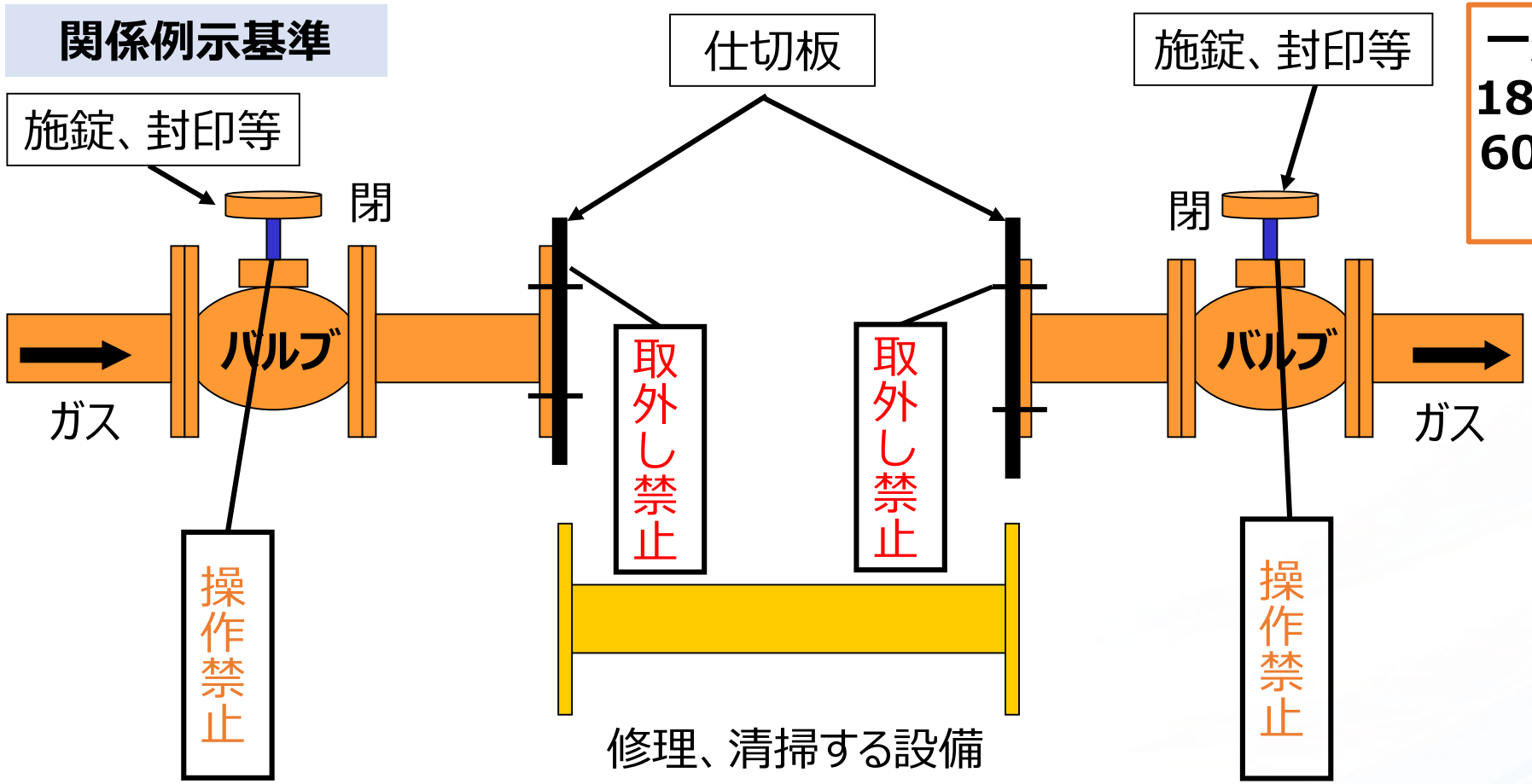
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

ガス設備の修理、清掃時の危険を防止する措置

関係例示基準

一般第6条5号ロ、八、ニ、18条1号ニ、55条2項5号、60条1項17号、冷凍則第9条第3号



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

保安係員の業務上の視点

1）製造施設の技術上の基準
弁類の開閉表示

2）製造方法の基準
設備の修理または清掃時の基準（作業計画、責任者、内部のガス置換、ガス濃度の確認、保護具の使用、開放部分の弁の閉止と仕切板の挿入）

3）巡視及び点検の実施
製造施設の及び製造保方法について巡視及び点検をする。
定期修理などに当たっては、作業指示書の確認や作業開始前の環境設定や保護具の要否など現場の第一線で安全確をする。

4）基準類の不具合の検討など

現場の作業を事前に確認しておく。酸欠危険作業の立ち会いや養生確認する

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

6．事故事例と保安係員の責任（役割）

作業員による事故防止について（METIの注意喚起）

令和2年5月14日、三重県において、法定検査における貯槽開放作業中に1名が死亡される事故が発生しました。
この事故は、高圧ガス設備である貯蔵タンクの法定検査における貯槽開放作業中に、協力会社の現場責任者が、マンホール開放直後に、作業を予定していない窒素雰囲気下の貯槽内部に、許可を得ず自ら入槽し、酸欠により罹災されたものです。

罹災者は、熟練した作業員であり、かつ、現場責任者の立場にあり、事前に危害発生リスクを十分認識していたと考えられる方でした。このため、事業者の皆様におかれましては、熟練した作業員の方であっても、こうした事故が発生するリスクがあることを踏まえ、作業を行うにあたっては、あらためて、作業の危険性を十分に認識し、常に念頭におくとともに、作業計画に従って作業すること、また、作業に危険性や違和感を感じた場合は、周囲からも声がけするなど、安全管理に一層注意していただきますようお願いします。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7． 訓練に関する情報交換内容の紹介

緊急措置訓練工夫事例

- 緊急措置マニュアルの問題点を探しながら行う現場での訓練
- 顕在化したヒヤリハット事例が緊急措置マニュアルで対応できるか検討
- 夜間停電（非常灯と懐中電灯）の状態での緊急操作訓練
- 「抜き打ち」による緊急措置訓練に変更し問題点を顕在化させる
- 初期緊急措置の確実化と出来る範囲を拡大する訓練
- オペレータが緊急措置訓練のシナリオを作り訓練してマニュアルを見直す

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7．訓練に関する情報交換内容の紹介

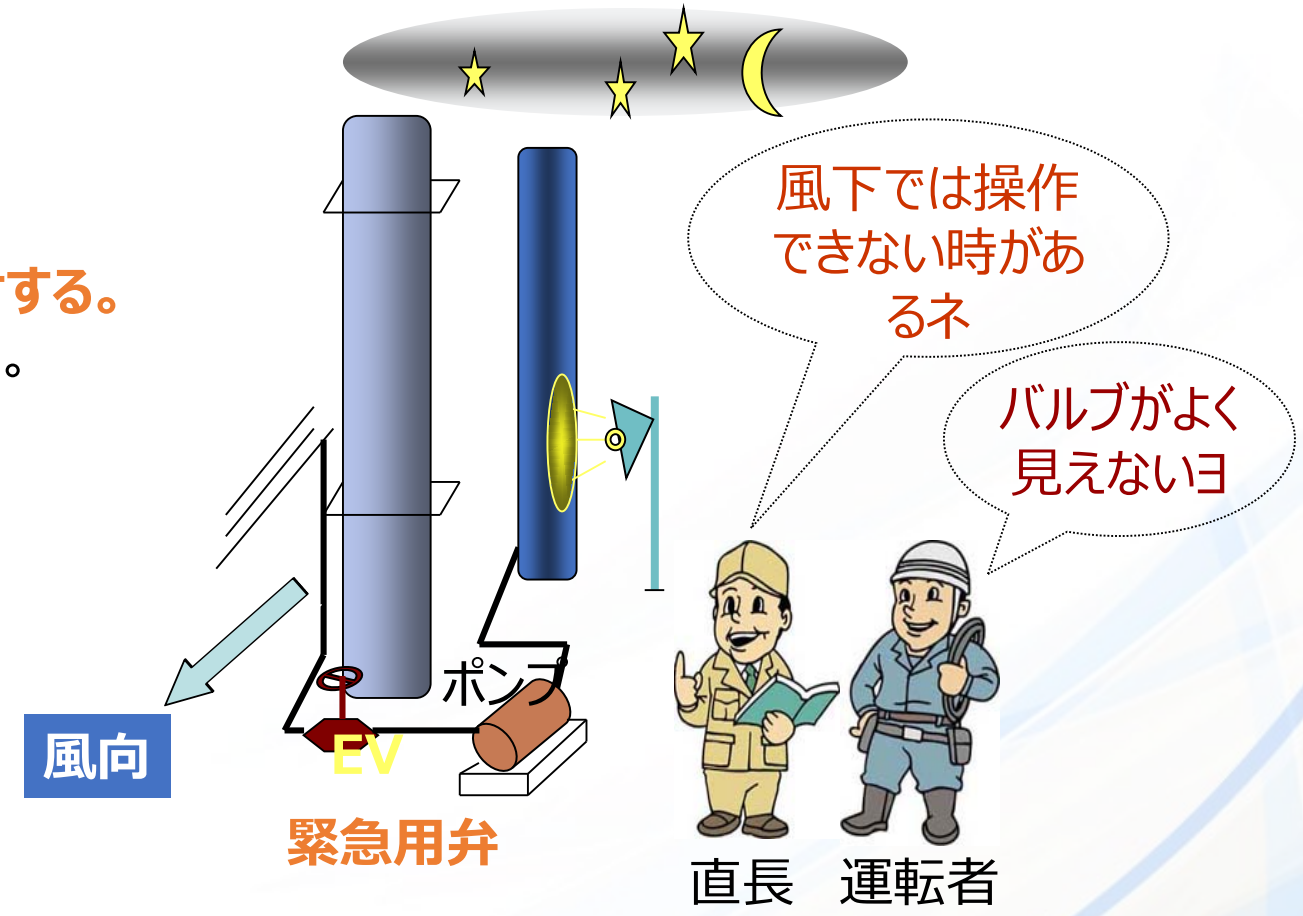
緊急措置マニュアルの問題点を探しながら行う現場での訓練

完璧なマニュアルはない

- 現場の環境は日、時間で違う。
- 緊急マニュアルを持って現場に行く。
  その環境で適切な作業ができるか二人で検討する。
- 問題点は提案し課で検討して対策案作成する。

期待される効果

- マニュアルの弱点の把握と補完
- 緊急措置のOJT
- 技術根拠の理解（技術伝承）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7．訓練に関する情報交換内容の紹介

顕在化したヒヤリハット事例が緊急措置マニュアルで対応できるか検討

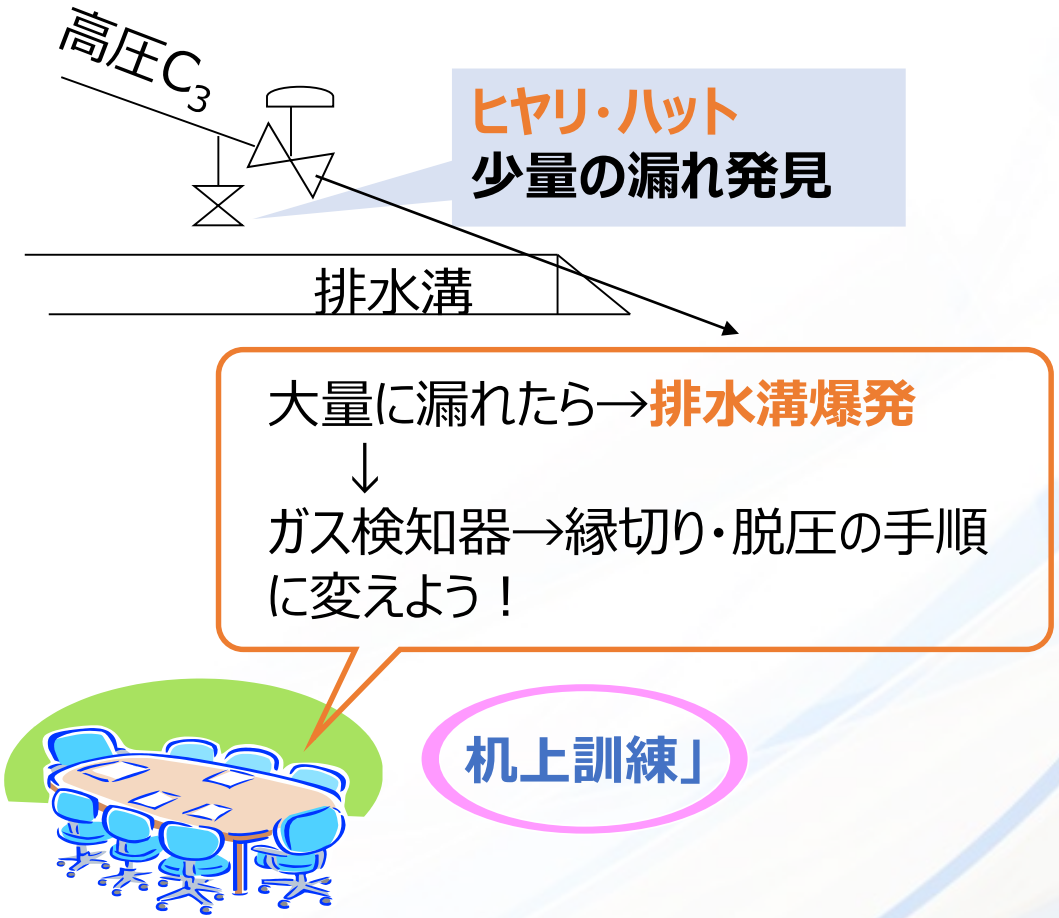
ヒヤリハット事例が実際に起きたら

ヒヤリハット事例が顕在化したとき、緊急措置マニュアルで対応できるか、班で検討する。

問題点は提案し、課で検討して対策案を作成する。

期待される効果

- 緊急措置のOJT
- 現場、現実に則した対策
- ヒヤリハットの活用・意識向上



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7．訓練に関する情報交換内容の紹介

夜間停電（非常灯と懐中電灯）の状態での緊急操作訓練

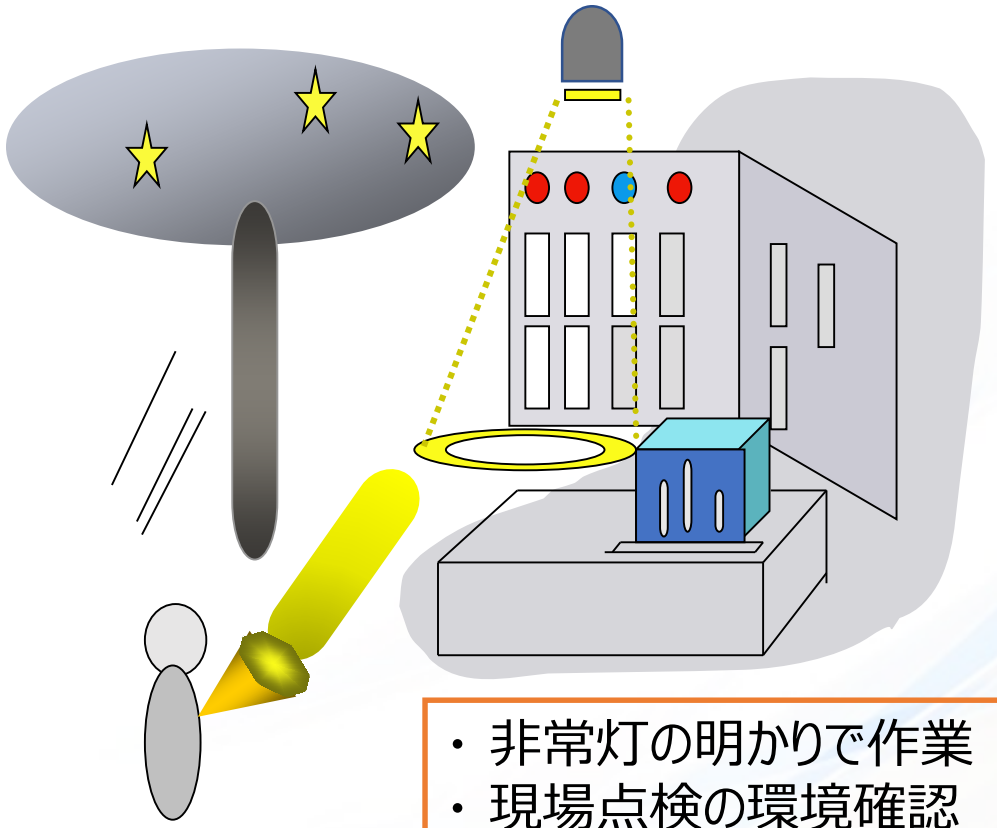
緊急時の環境の体験訓練

計画停電時を選んで、夜間停電（非常灯と懐中電灯）の状態で実際に緊急操作ができるか、訓練する。）

問題点は洗い出し課で検討して対策案を出す。

期待される効果

- 実際の停電時の環境を体験し、パニックを回避する訓練
- マニュアルの弱点の把握と補完



・非常灯の明かりで作業
・現場点検の環境確認
・（ユーティリティ供給確認）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7．訓練に関する情報交換内容の紹介

「抜き打ち」による緊急措置訓練に変更し問題点を顕在化させる

やり方を変えてみると問題点が見えてくる

緊急措置の机上訓練

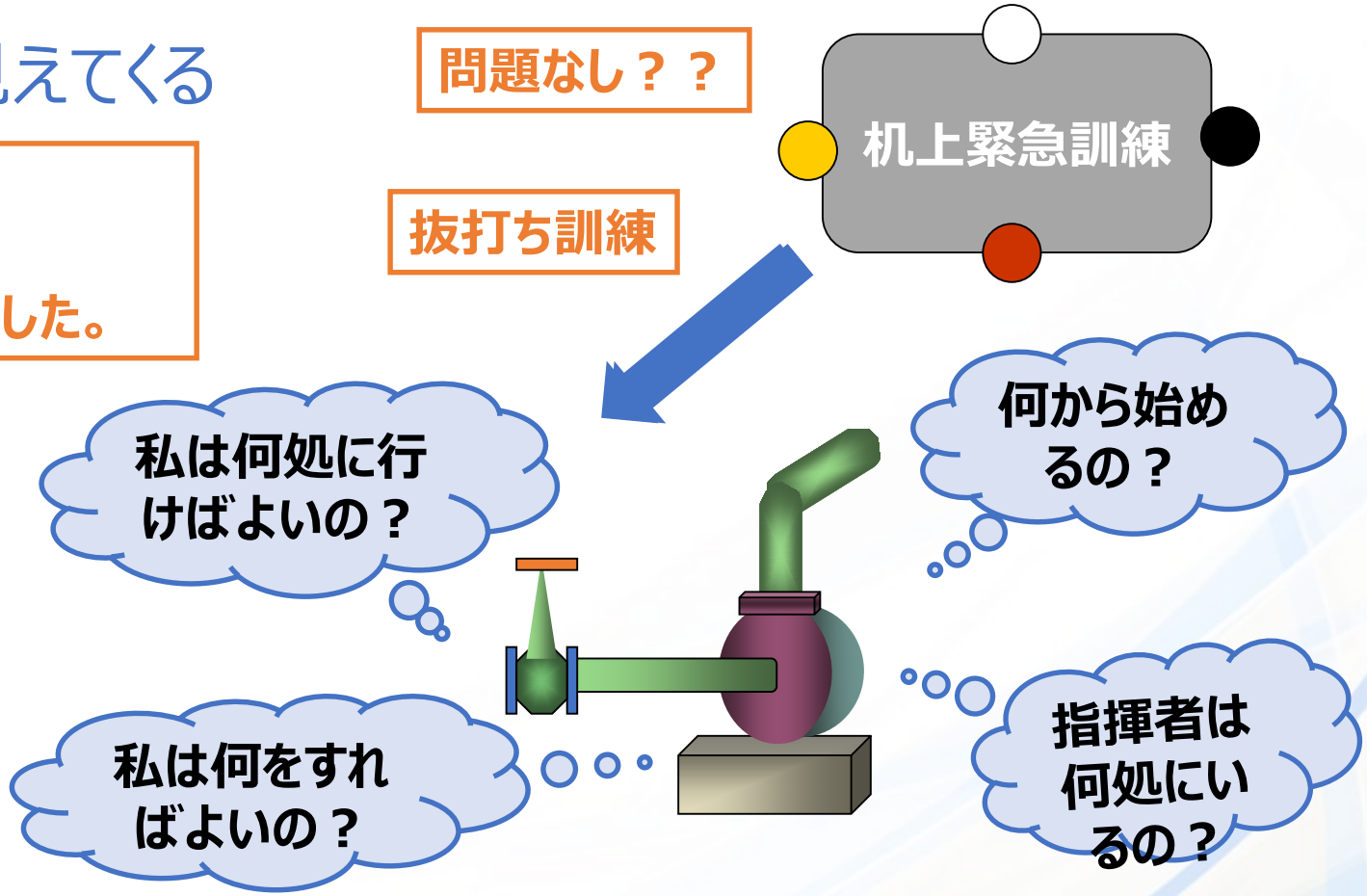
↓

「抜き打ち」に変えてみたら問題点が顕在化した。

問題点を纏めてシステムの再構築をする。

期待される効果

- 現状システムの弱点の洗い出し
- 身体で覚えるＯＪＴ（実戦的）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7．訓練に関する情報交換内容の紹介

初期緊急措置の確実化と出来る範囲を拡大する訓練

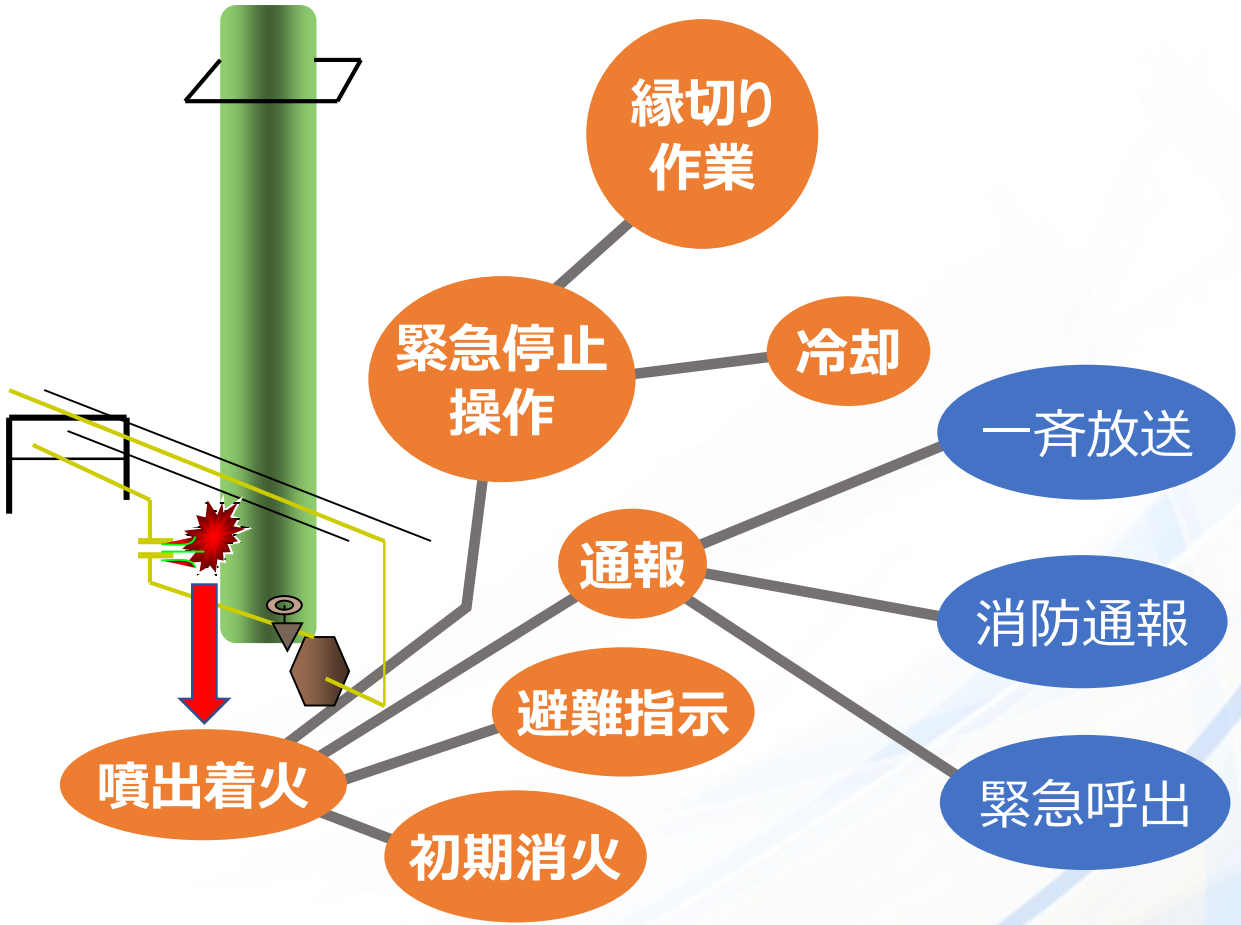
最初の５分の措置が重要

発災時、最初の５分間での初期緊急措置の確実化と出来る範囲を拡大する訓練

- 初期緊急措置操作の是非で、以後の対応が全く異なる。
- 初期消火、縁切り、拡大防止、通報連絡などする。

期待される効果

- 迅速で適切な緊急操作のOJT
- 身体で覚えるOJT （実戦的）



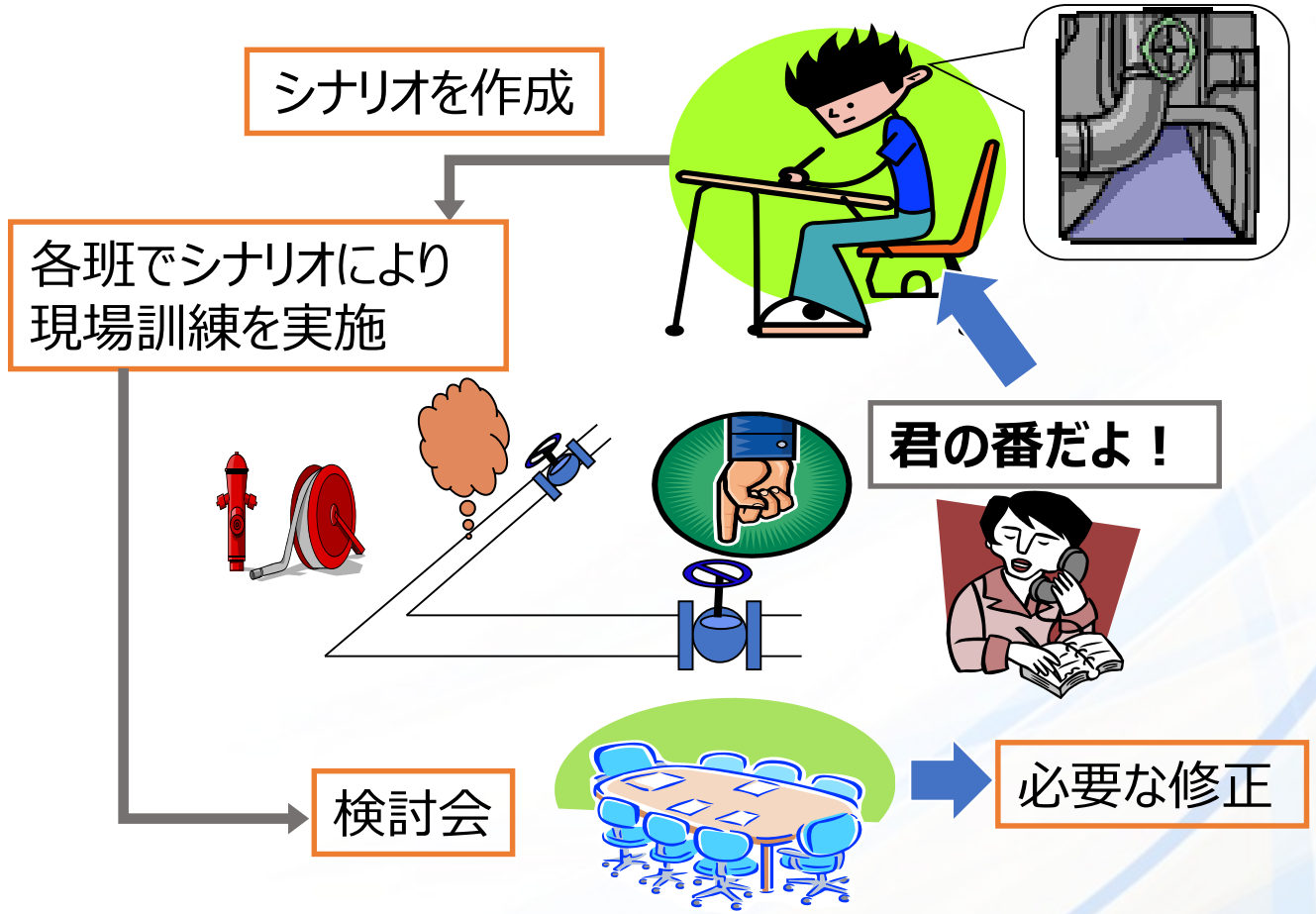
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

7．訓練に関する情報交換内容の紹介

オペレータが緊急措置訓練のシナリオを作り訓練してマニュアルを見直す

シナリオを自ら作り訓練する

オペレータ自身が漏えい措置訓練のシナリオを作り、各班で訓練して問題点を出しマニュアルを見直す。



期待される効果

- オペレータのOJTに役立つ。
  （設備調査、操作方法、過去事例など）
- 現実に合ったマニュアルが作成出来る。
- 各班間の意志疎通がなされる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

８．ビデオによる「役割、心構え」を整理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

おわりに

事故事例から教訓を読みとると

- 設備を熟知する。
- 設備の操作方法や作業方法を**原理・原則に則り考える。**
- 操作方法や作業方法を変更するときは、その根拠等を**調べる。（過去の教訓に行き着く。）**
  変更管理は規則に従い行う。（チームで安全性を検討するなど）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者

保安係員（一般）講習

保安管理技術～保安係員のための設備管理～

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

目次

3．保安係員のための設備管理

- 3.1　材料の劣化（テキストp63）
- 3.2　ガス漏えい防止（p81）
- 3.3　高圧ガス設備の点検・検査（p115）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp63)

3.1　材料の劣化

- 金属材料は、時間の経過とともに、下記などの劣化が起こる。
  - 化学的な劣化：腐食（corrosion）
  - 物理的な劣化：摩耗（wear）、エロージョン（erosion）
- **腐食**には様々な形態がある。
  - **材料の厚みが均一**もしくは**局部的に減少**
  - 腐食が関与して**材料にき裂**発生
- 物理的な劣化
  - 外力などの機械的な要因により発生するが、
  - 腐食などの化学的な劣化条件もそろうと、劣化が加速されることもある。
- 当章で、代表的な材料劣化メカニズム（仕組み）、劣化の防止・抑制のための知識を習得する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp63)

- 3.1.1　湿食

- （１）湿食の特徴

- 腐食：液体の水の存在の有無で２つの形態に分類できる。
  - **湿食（wet corrosion）**
    淡水、塩水、酸、塩類水溶液などの電解質溶液で、イオンが移動することによる電池作用により発生。よって、水蒸気、氷中で湿食は起こらない。
  - **乾食（dry corrosion）**
- **湿食**は、**図3.1** のように亜鉛などの金属がイオンとなって電解質へ溶け出すことで起き、炭素棒から亜鉛筒に直流の電流が流れる。

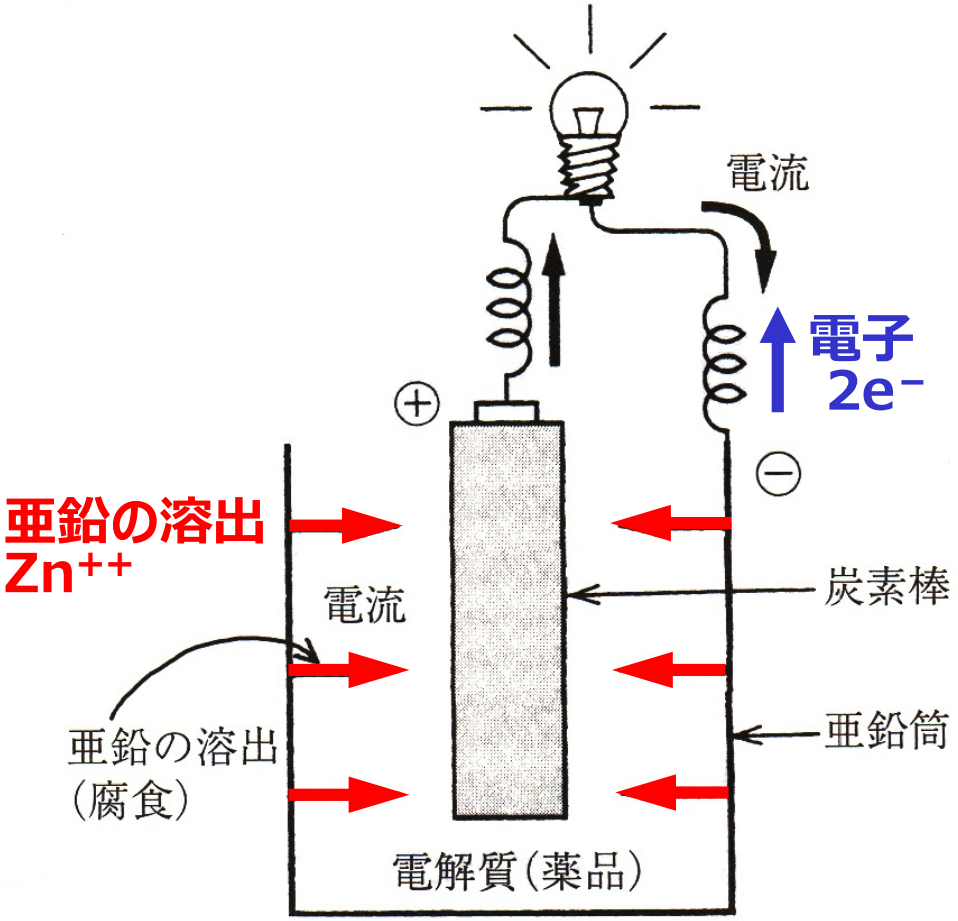


図 3.1　乾電池（腐食電池のモデル）

$Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e^-$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

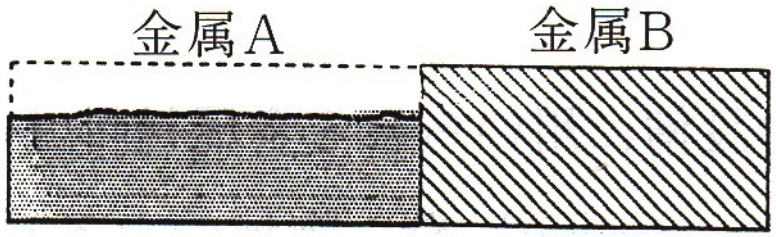
3．保安係員のための設備管理

(テキストp64)

- （2）湿食の種類
- (a) 均一腐食
  - ✓ **全面腐食**とも呼ばれ、腐食環境にさらされている表面が、**ほぼ均一の速度で侵食される腐食で、酸性環境や海水中の炭素鋼などが典型例（図3.2）**
- (b) 異種金属接触腐食
  - ✓ 腐食環境中で、**異なる２つの金属を接触させると、片方の金属の腐食が促進される現象を異種金属腐食**という。
  - ✓ **図3.3** のようにステンレス鋼と炭素鋼を接触させると、炭素鋼の腐食が促進されることが一例として挙げられる。
  - ✓ このとき、**腐食される側の面積が相対的に小さい場合に、より腐食が促進される。**

対象：金属全般。

図 3.2　均一腐食



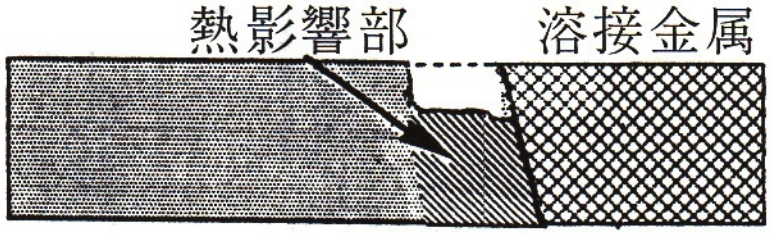
A：炭素鋼（その他、アルミニウム、亜鉛など）
B：ステンレス鋼

図 3.3　異種金属接触腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

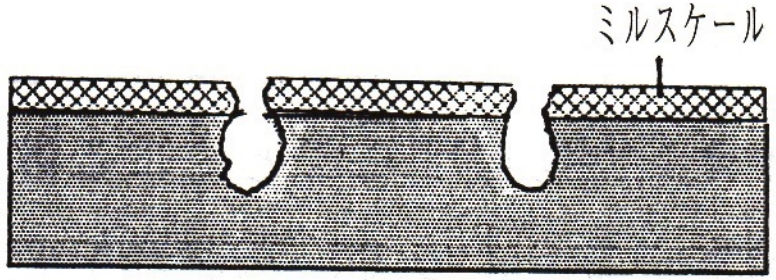
3．保安係員のための設備管理

- **(c) 材質の不均一による腐食（選択腐食）**
  - ✓ 同じ金属であっても、**局所的な材質や表面状態の違いで、電池作用により局所的に腐食が促進される。**
  - ✓ **図3.4** のような**溶接部**（母材ー熱影響部ー溶接金属部の違い）や、**図3.5** のように**炭素鋼黒皮**（ミルスケール）**のピンホールや割れ目などでの選択腐食が典型例。**



対象：炭素鋼など。

図 3.4　材質不均一による腐食①
（溶接部の腐食）



対象：例えば、ミルスケール付着炭素鋼。

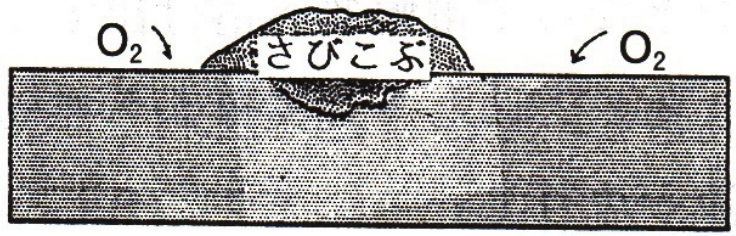
図 3.5　材質不均一による腐食②
（表面皮膜の不均質部の腐食）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp64～p65)

- **(d) 通気差腐食**
  - ✓ 炭素鋼などに付着物が存在するなどにより**溶存酸素の供給が異なることで**、電池作用によりその部分が腐食するものを**通気差腐食**という。
  - ✓ **図3.6** のように**水中の炭素鋼**の、**さびこぶ**（こぶ状のかさの高いさび）**の下**で**孔状に腐食**するのが典型例。
- **(e) 孔食**
  - ✓ **ステンレス鋼は、表面に不動態皮膜（緻密な酸化皮膜）を形成することで耐食性を示す**が、湿性環境中に**Cl^-がかなり高い濃度で存在し局所的に濃縮するとき**に、この**不動態皮膜が局所的に破壊されるとマクロ電池が形成され孔状に侵食が進行**したものを**孔食という。(図3.7)**
  - ✓ 孔食は種々の金属に生じるが、塩化物環境にあるステンレス鋼で顕著で、**アルミニウムやその合金でも同様に生じる。**



対象：炭素鋼、銅（合金）。

図 3.6　通気差腐食

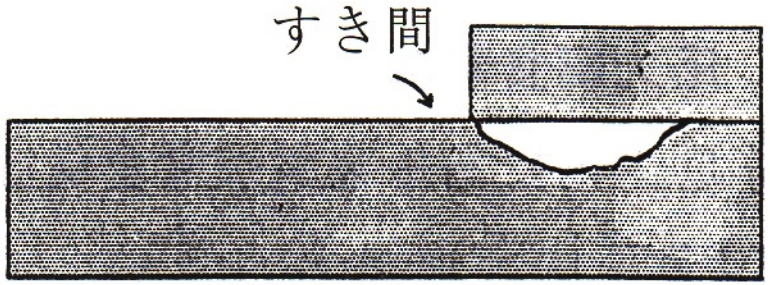
対象：金属全般。

図 3.7　孔　食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(f) すき間腐食**
  - ✓ ステンレス鋼のような不動態皮膜をもつ金属に**狭いすき間がある構造の場合に、通気差電池の作用で、すき間内溶液は低pH、高Cl^-となり、すき間内の不動態皮膜が破壊され、電池作用によりすき間が腐食する現象をすき間腐食**という。（**図3.8**）。
  - ✓ **フランジ締付け部やシール部分、海水中での貝の付着部**などで発生する。

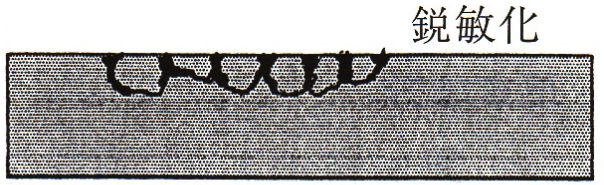


対象：主にステンレス鋼、アルミニウム（合金）。

図3.8　すき間腐食

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- **(g) 粒界腐食**
  - ✓ SUS304 のような**ステンレス鋼を溶接や熱処理すると**、鋼中のクロムと炭素が反応し**炭化クロムが生成されることで、結晶粒界のクロム濃度が低下**し、**鋭敏化と呼ばれる不動態皮膜を生成できなくなる部分が生まれる。**
  - ✓ **鋭敏化したステンレス鋼が腐食環境にさらされると**、電池作用により**結晶粒界が選択的に侵食され、粒界腐食が起こる（図3.9）**。
  - ✓ 炭素量の低い（≦ 0.030 %）鋼種（例：SUS 304L）や Ti や Nb を添加した鋼などでは、短時間の加熱では鋭敏化を生じにくい。
  - ✓ **図3.10** は、SUS 304 において発生した粒界腐食の事例。



対象：主にステンレス鋼、
高ニッケル合金。
（黄銅、アルミニウム）

図 3.9　粒界腐食

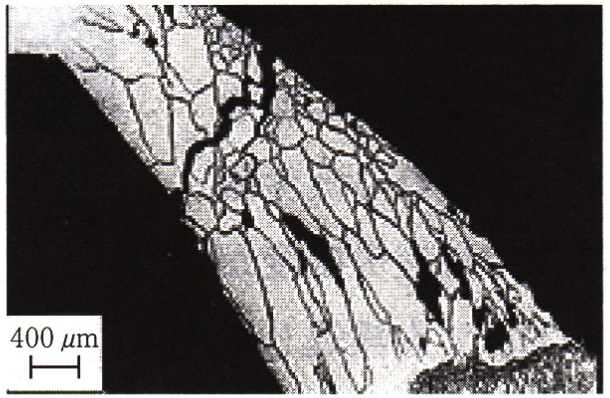
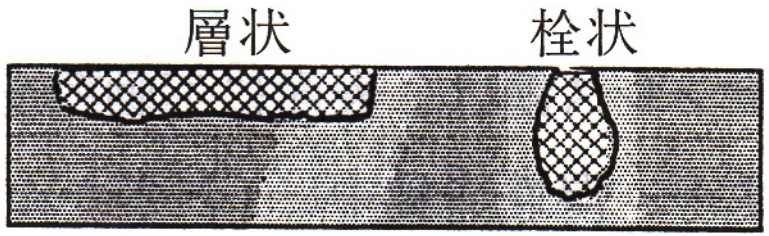


図 3.10　SUS304 における粒界腐食 [3)]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(h) 脱成分腐食**
  - ✓ 合金から１つの成分が選択的に失われる腐食で、黄銅（30～50 % Zn-Cu 合金）から亜鉛だけが選択的に失われる**脱亜鉛腐食が代表的（図3.11）**。
  - ✓ 腐食生成物は合金内に残るので外観的には変色しただけのように見えるが、強度や伸びが著しく低下している。
  - ✓ 類似の腐食に、ねずみ鋳鉄の黒鉛化腐食（グラファイト腐食）がある。
  - ✓ 鉄分が腐食し、腐食生成物が黒鉛のネットワーク（網目状組織）を埋める。
  - ✓ 腐食したようには見えないが、**衝撃を受けると破損する。**



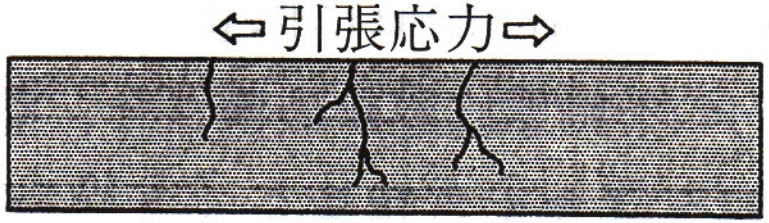
対象：黄銅。

図 3.11　脱成分腐食（脱亜鉛腐食）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp66)

- **(i) 応力腐食割れ**
  - ✓ **引張応力下にある金属が腐食環境中で割れを生じる現象を応力腐食割れ**という（**図3.12**）。
  - ✓ **図3.13** はCl^- による SUS 304 の応力腐食割れの事例である。
  - ✓ この応力腐食割れの現象には、次のような特徴がある。
    - ①**引張応力でのみ割れ**、**圧縮応力では割れない。**
    - ②**金属材料と環境物質との特定の組み合わせの場合に割れる。**



対象：金属全般。

図 3.12　応力腐食割れ

図 3.13　塩化物イオンによる SUS304 の応力腐食割れ [3)]

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp66～p67)

- **(j) 腐食疲労**
  - ✓ **図3.14** のように**腐食性環境中に置かれた金属材料が繰返し応力を受けると**、大気中に比べて、**少ない繰返し数で破壊することがあり**、この現象を**腐食疲労**という。
  - ✓ この現象は、繰返し数が少なくなるケースだけでなく、疲労限度が下がった場合にも発生する。
  - ✓ **図3.15** に示す応力振幅と繰返し数の関係から、大気中では繰返し数を増やしても、応力値が下がらず水平となる疲労限度があるのに対して、**腐食環境中では疲労限度が見られなくなり、応力をいくら下げても繰返し数を多くすると破壊が起こる。**

図 3.14　腐食疲労

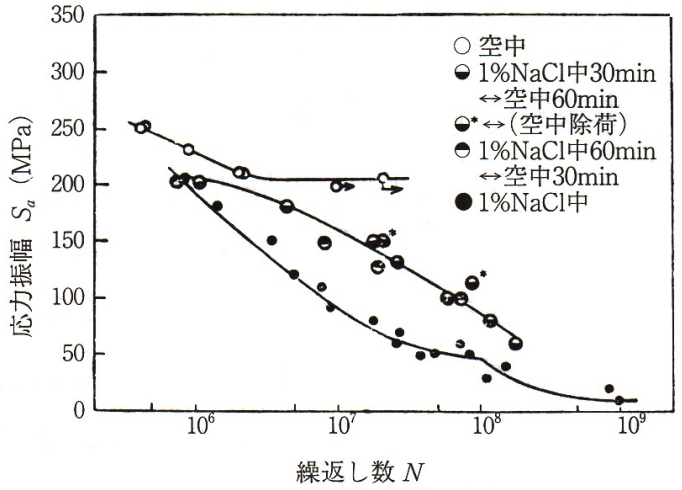


図 3.15　腐食環境下における S–N 曲線の例

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

3．保安係員のための設備管理

- **(k) エロージョン・コロージョン**
  - ✓ **エロージョン**（機械的損傷）と**コロージョン**（腐食）が**同時に作用し材料が損傷する現象**である。
  - ✓ エロージョンによる直接的な損傷がなくても、腐食生成物や保護皮膜が除去され、直接金属が腐食環境に接することで腐食が促進される（**図3.16**）。
  - ✓ そのため、**エロージョンと腐食各々の損傷を足し合わせたものよりも、大きな損傷を与えることがある。**

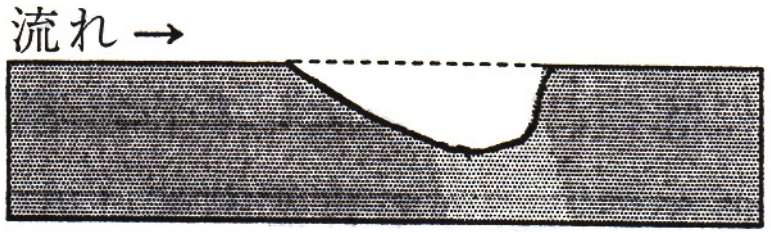


図 3.16　エロージョン・コロージョン

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **〈湿食による事故例〉**
- ① メチルアミン製造施設からの漏えい
  - 通常中のパトロールにより、メチルアミン蒸留塔付近にわずかな臭気を感じたが、発生源特定には至らず。
  - 翌日の詳細検査結果から、同塔液面計取り出しノズル付近の塔本体保温の隙間が漏えい箇所であることが判明し、運転を停止した。
  - 装置停止後、保温および防食塗料を剥がして検査を実施したところ、当該ノズルに大きな変形が認められ、PT 検査結果から割れが検出された。
  - また、漏えい部の近傍は、外面腐食によって大きく減肉していた。
  - ノズルサイズ 50A、公称肉厚 3.9 mm。残肉厚 3 mm (肉厚測定値よりの推定)
  - ただし、漏えい箇所の肉厚測定未実施で、漏えい部分の残肉厚は 1mm 以下。
  - また、変形は、ケレン作業時生じたものと推定され、検査記録には、6.0 mmdの凹み有りとの記載がさなれていたが、残肉厚が 3 mm あり、凹みも問題無しと判断されたため、補修の必要は無く、次年度に更新することとしていた。
- **参考：KHK事故情報 URL**

https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/2008-001.pdf

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp68)

- 3.1.2　乾食

- 乾食の主なものは高温ガスによる腐食であり、空気、酸素、水蒸気、ハロゲンガス、硫化水素、水素、一酸化炭素、二酸化炭素、あるいはガス中に含まれるバナジウムなどの特殊な不純物によって生じる。
- 高温用材料には、耐食性だけでなく高温強度も求められるため、材料の選定には注意が必要。
  - **（１）表面反応**
  - **(a) 酸化**
    - ✓ 酸化は、高温の空気（酸素）、水蒸気、二酸化炭素などによって起こる。
    - ✓ 生成する酸化物皮膜が緻密で割れ目などを生じなければ保護性を示し、酸化速度は皮膜の成長とともに低下する。
    - ✓ 炭素鋼では保護性が小さいが、クロムなどを添加した合金鋼やステンレス鋼などは耐酸化性が改善されている。
    - ✓ カルシウムやマグネシウムの酸化物皮膜は、その比容積が素地金属の比容積より小さいので連続的でなく、保護性は小さい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp68～p69)

- **(b) 硫化**
  - ✓ 硫化水素やこれを含む高温ガスは、金属と反応して硫化する。
  - ✓ 炭素鋼やニッケルは硫化し易く、アルミニウムやクロムは優れた耐硫化性をもつ。
  - ✓ 鉄にクロムを加えた合金鋼は、鉄ークロム複合硫化物皮膜を生成するため耐硫化性が改善される。
  - ✓ しかし、水素が共存すると硫化物皮膜は多孔質化して保護性が低下するため、ステンレス鋼の使用が必要となる。
- **(c) ハロゲン化**
  - ✓ 高温の塩素ガスや塩化水素ガスは、炭素鋼、ステンレス鋼、クロムなどの、多くの金属を激しく腐食させる。
  - ✓ 塩化物からなる腐食生成物の保護性は小さい。
  - ✓ 200 ℃以上の塩素ガスは炭素鋼を激しく腐食し、600 ℃以上の塩素ガスは非常に激しい腐食性がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp69)

- （2）侵食

- (a) **浸炭、脱炭**
  - ✓ 高温の $CO-CO_2$ 、CH_4-H_2、$CO-H_2-H_2O$ などのガス環境に接する炭素鋼やステンレス鋼では、ガス組成次第で炭素が析出・浸入したり（浸炭）、鋼から奪われたり（脱炭）する。
  - ✓ この結果、材質劣化が生じる。
  - ✓ 浸炭の影響のほうが大きく、炭化物の生成によって炭素鋼は硬化し、ステンレス鋼では固溶クロム濃度が低下する。
  - ✓ 高ニッケル系ステンレス系合金は、浸炭されにくいが完全ではない。
- (b) **水素侵食**
  - ✓ 高温、高圧の水素ガス環境では、水素が鋼中に侵入し、鋼中の炭化物（セメンタイト）と反応して脱炭させるとともに、メタンガスを生成する。（$Fe_3C + 2H_2 \rightarrow CH_4 + 3Fe$）
  - ✓ メタンガスは結晶粒界に蓄積し、その高い圧力により多数の微細なき裂を生じる。
  - ✓ この作用により鋼の機械強度が低下する現象を、水素侵食という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- ✓ 鋼に加えたクロムやモリブデンは安定な炭化物を作るため、クロムーモリブデン系の低、中合金鋼の耐水素侵食性は良い。
- ✓ **図3.17** のネルソン線図は Cr－Mo 鋼が使用できる水素分圧および温度の限界を実績的に示したもの。
- ✓ **図3.18** は、炭素鋼において発生した水素侵食の事例。

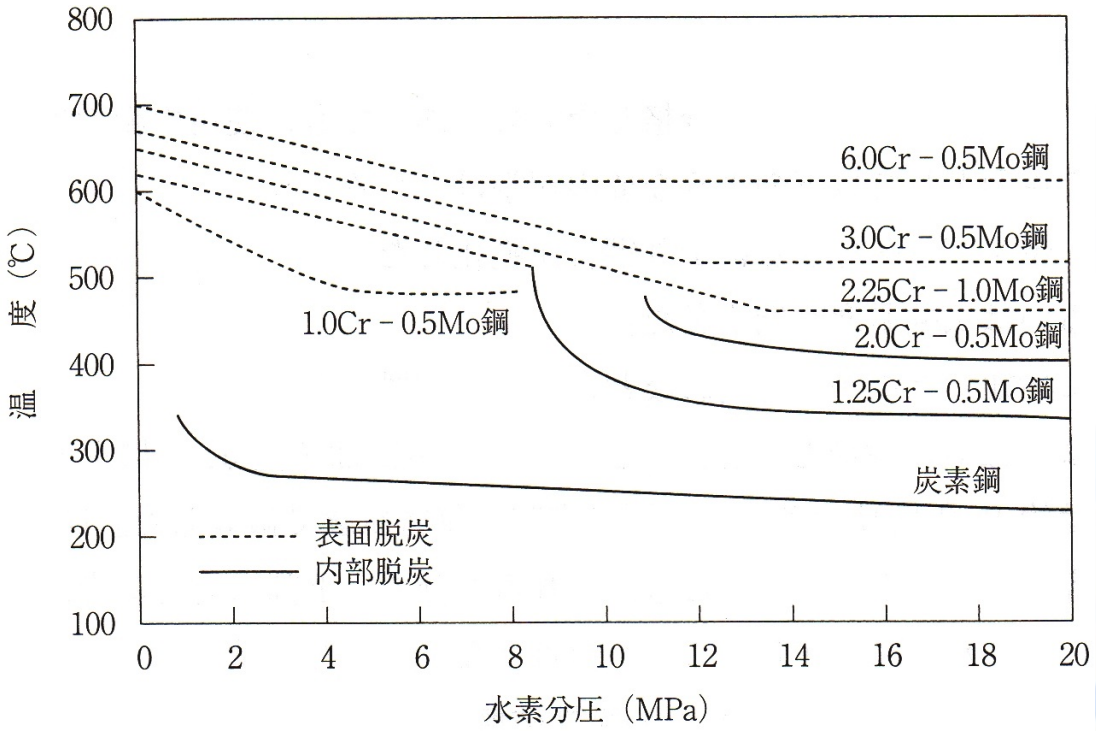
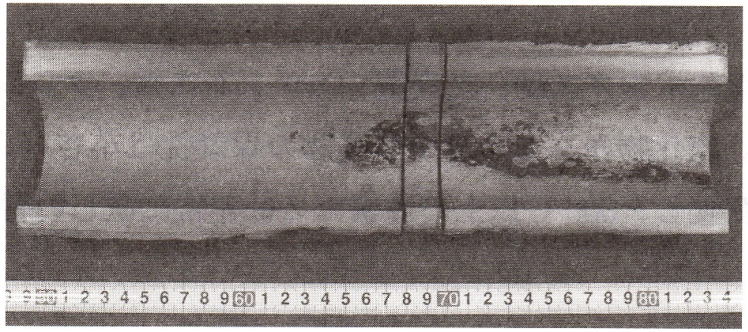


図 3.17　ネルソン図

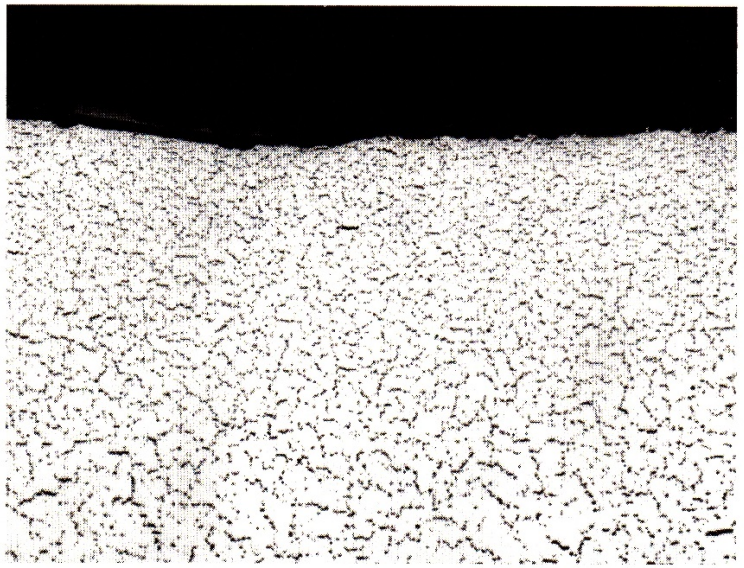
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

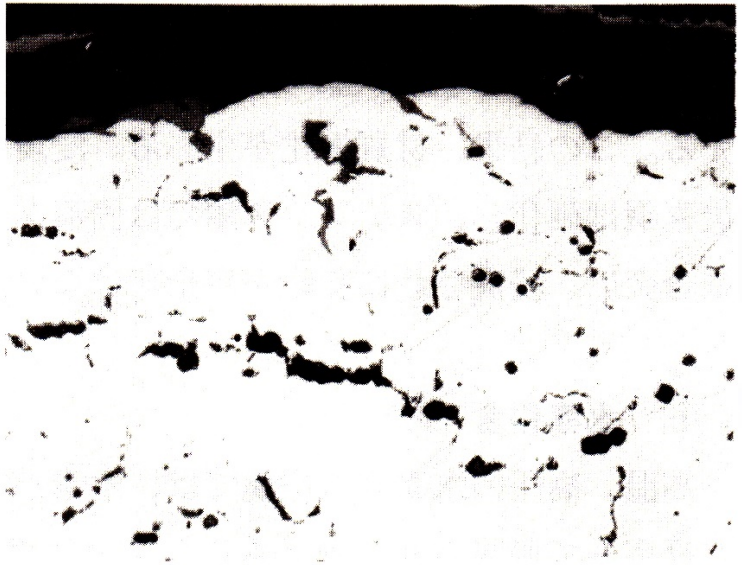
(テキストp70)



ⓐ水素侵食が発生した配管の写真



ⓑミクロ観察



ⓒさらに拡大したミクロ観察

図 3.18　水素侵食のミクロ観察[5)]

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

3．保安係員のための設備管理

(テキストp70)

- **(c) 窒化**
  - ✓ 高温の窒素ガスは、金属に侵入して窒化物を生成するので、炭素鋼や低合金鋼は脆化する。
  - ✓ ステンレス鋼、特にニッケル量の高いオーステナイト系ステンレス鋼は、耐窒化性が良い。
- **（3）脆性破壊**

➢ 圧力容器は、製造時に耐圧試験に合格したものであっても、使用中脆性破壊を起こす場合があり、その原因として以下のような要因が挙げられる。

- ① 使用中、焼きもどし脆化などにより鋼材が脆化した。
- ② 運転あるいは試験温度が低すぎた。
- ③ 製造時に検知できなかった割れなどの欠陥が進展した。

➢ 脆性破壊により破裂、飛散した圧力容器の破片の破断面を**図3.19**に示す。

➢ 事故を起こした圧力容器は約17 年間使用され、定期検査時の気密試験で破裂した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **図3.19** に示した破断面は圧力容器の割れの開始箇所と考えられる部分で、上部に見える半円状の溶接金属と母材の境界に割れが既に存在し、これが起点となり、また、試験温度が低く圧力容器材料の延性－脆性遷移温度以下であったため脆性破壊を起こしたものと推定された。

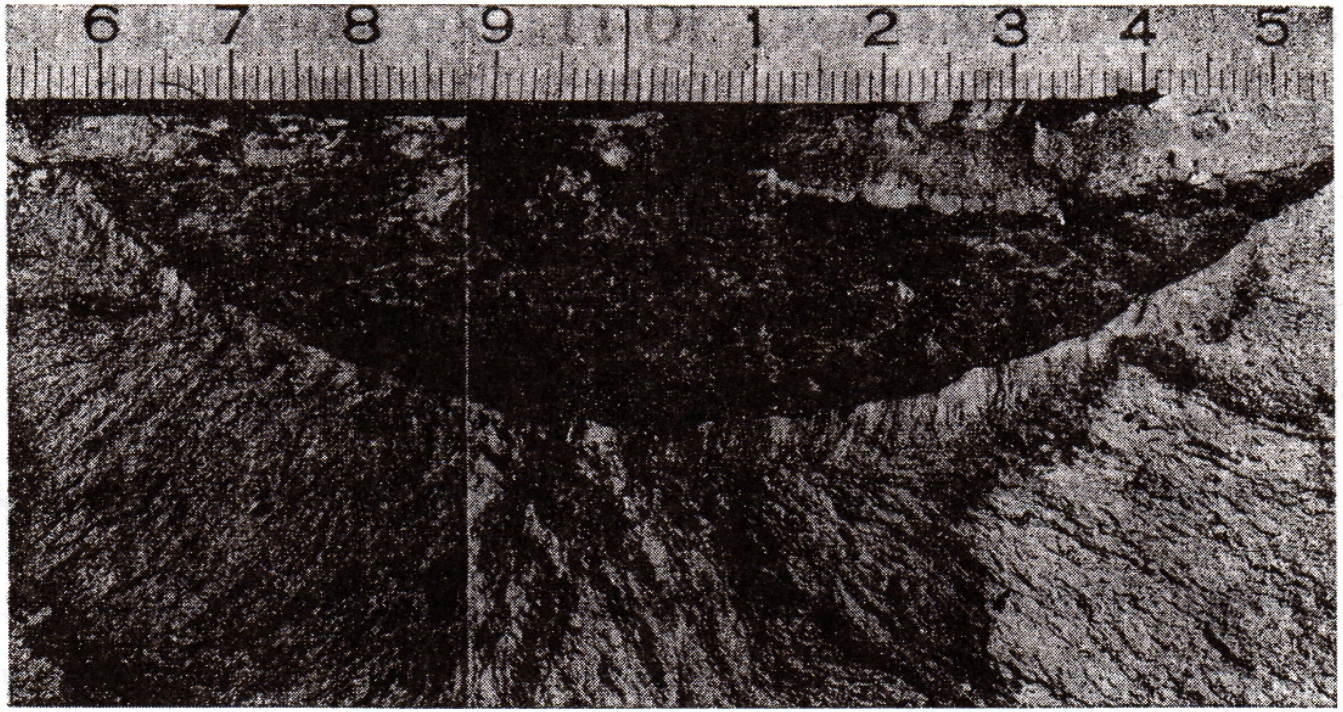


図 3.19　脆性破壊した圧力容器の破断面

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **（4）疲労破壊**

➢ 金属疲労には、繰返し数が107 回を超えるような高サイクル疲労と、数百～数千回の低サイクル疲労がある。

➢ 疲労破断面には、ビーチマークと呼ばれる貝殻状のしま模様が形成されることが多く、このビーチマークから変動荷重によるき裂伝ぱの方向、起点、破壊過程などを知ることができる。

- **〈乾食による事故例〉**
- **② アンモニア製造施設ナフサ改質ガス漏えい**
  - 午前中、作業員がアンモニア製造設備の異音に気付き、ガスの漏えいを覚知したため、直ちにプラントを停止した。
  - また、プラント内部の可燃性、毒性ガスは大気中に安全に放出し、保安用窒素でパージした。
  - この漏えい事故に伴う火災・爆発の発生及び人的被害は無かった。
  - 調査の結果、ナフサ１次改質炉出口配管（材質：SB410、Φ 577.6 mm）の外面に、周方向のき裂（長さ：約 130 mm）が確認された。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- 配管破損の原因は、当該配管外部に保温材が施工されていたため、配管外部温度が上昇し、配管材料の耐熱温度（約450℃）を超えて使用した事によるクリープ破断と考えられる。
- この配管は、定期修理前までは、破損部に保温材は施工されていなかったが、定期修理時、一旦剥離した配管外部の保温材を再度被覆させる際、現場作業員の判断により、施工仕様書の保温材施工範囲外の箇所に保温材を被覆してしまった。
- そのため、それまでは配管外部表面温度は約180℃ となっていたところ、保温材施工により当該配管外部表面温度は600 ℃ を超える温度となり、クリープ破断が発生したものと推定される。

- **参考：KHK事故情報 URL**

https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/2008-625.pdf

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp72)

- 3.1.3　材料の温度依存性

- 高圧ガス設備の操業温度条件は極低温から 1500℃ 付近まであり、そこに使用される材料には種々のものがある。
- ここでは、化学プラントの圧力容器および配管に多く用いられている炭素鋼、低合金鋼、オーステナイト系ステンレス鋼を中心に述べる。
  - **（1）低温における靭性低下**
    - 1912年　タイタニック号沈没事故の原因は、氷山との衝突によるものといわれているが、低温脆性破壊が主因といわれている。
    - 炭素鋼で低温において瞬時に破壊する事例があり、延性を伴わないため脆性破壊と呼ばれ、破壊の伝ぱが急速であるため大事故につながる可能性がある。
    - シャルピー衝撃試験片の破断面は**図3.20** に示すように、延性破壊面と脆性破面からなり、その比率を破面率といい、延性破面率の高い材料ほど破断面の変形が大きく靭性が高い。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **図3.21** に示すように破面率および吸収エネルギーに温度依存性がある。
- この例では、吸収エネルギーは、高温域より 0℃ 近くまでは変化しないが、0℃を超えて低温側へ移ると急激に低下しはじめる。
- このような現象を遷移現象といい、脆性破壊が比較的低温で発生する原因となっている。
- なお、オーステナイト系ステンレス鋼は、靭性の遷移現象が顕著でなく、低温においても十分な靭性を有しているのでLNGプラント などの低温プラントで使用されている。
- 脆性破壊は、炭素鋼および低合金鋼などのいわゆるフェライト系鋼材に発生しやすい。

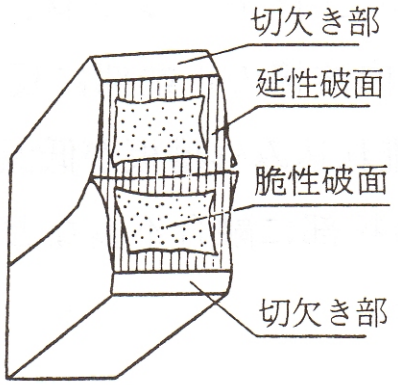


図 3.20　シャルピー試験片の破断面

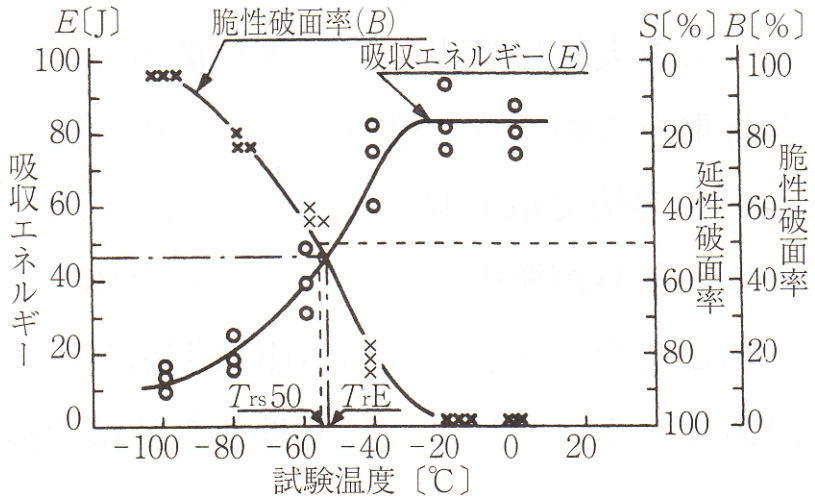


図 3.21　シャルピー試験結果の例

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **〈脆性破壊による事故例〉**
- **①　CEからの窒素供給配管の破損**
  - 液化窒素の気化設備からループ配管につながる配管が、気化ガス温度の低下から低温脆化により破損し、窒素ガスが漏えいした。
  - 【時系列】
    - **発災前日**　13:10　1000 Nm3/h 窒素送気開始
      13:30　気化設備を空温式 ➡ 温浴式に切替（温浴槽温度SET 40度）
    - 14:20　気化送気量増　1000 ➡ 2000 Nm^3/h
      21:56　気化設備出口ガス温度 0℃ まで低下
      23:40　気化量を更に増　2000 ➡ 3000 Nm^3/h
      発災当日　0:12　気化設備出口ガス温度 － 50 ℃ まで降下
    - 4:00　0.8 MPa 窒素ヘッダー圧が 0.35 MPa まで降圧この時点で最初の配管破損が発生したと考えられる。
      4:10　運河沿いの窒素配管埋設部破損による窒素ガス漏えい確認

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp73～p74)

- 4:45　気化設備と窒素ヘッダーを切離すため弁閉止により、運河沿い窒素漏えい停止
  4:55　気化設備安全弁作動
  4:57　温浴式気化器出口配管破損により、再度窒素漏えい壊れた配管により蒸発器アルミフィン変形
  5:30　気化器への液体窒素送り弁閉止し、窒素漏えい停止

- 設備的な原因は、温浴式気化器にて液体窒素を気化していたが、加温用蒸気の調節弁作動に不具合があり、蒸気供給が不足であった。
- このため、通常気化窒素ガス温度よりも遙かに低い温度（－ 50 ℃ 以下）までガス温度が低下し、非高圧ガス設備配管の埋設部で、低温保温状態が保持されて低温脆化が起こり、設計耐圧（0.97 MPa）未満の圧力で破損した。
- 管理的な原因の１つとしては、気化器出口値窒素ガスの温度低下を見逃したことである。
- また、低温脆化の危険性に対する周知が不足していたためであった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- （2）クリープと高温における材料の安定性

- (a) クリープ
  - ✓ 高温の一定温度下で材料に一定の外力を作用さた場合、ひずみが時間とともに増加する現象をクリープという。
  - ✓ 材料の融点（絶対温度）の 40～50 % 以上に相当する温度で使用するとき、材料に作用する応力が一定のままであっても経時的に変形が進行し、結晶粒の粗大化、炭化物析出・粗大化などにより結晶粒界にボイドを生成し、材料を脆化させる。
  - ✓ このボイドは、さらに結晶粒界割れへと進展し、ついにはクリープ破断強さが著しく低下する。
  - ✓ この現象を特に、クリープ脆化と呼んでいる。
  - ✓ 材料がクリープ変形の過程で次第に劣化し、破断することをクリープ破断（クリープラプチャ）という。
  - ✓ **図3.22** に示すようにクリープ現象は、温度が高いほど、また応力が高いほど顕著になり、ひずみ速度および破断に至るまでの時間で表される。
  - ✓ **図3.23** は過熱によりクリープ破断を起こした加熱炉管の外観を示す。
  - ✓ この損傷例は、加熱炉管内で吸熱反応を起こすプロセス流体の流れが運転ミスにより止まってしまい、その結果、加熱炉管の表面温度が設計条件を大きく超え、クリープ破断を起こしたものである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp75)

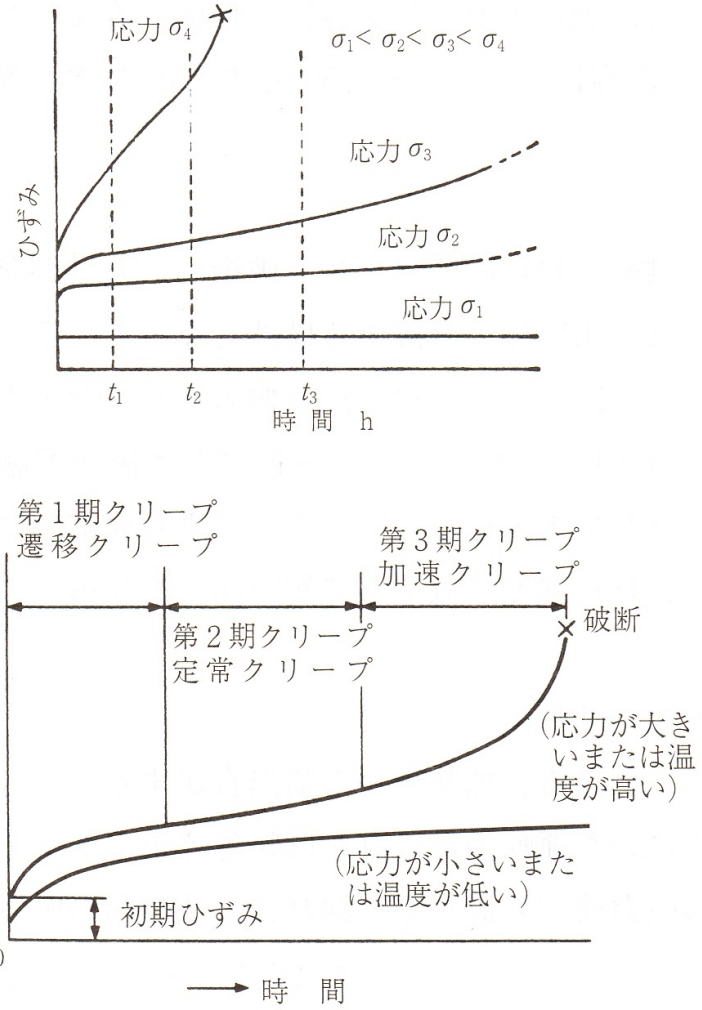


図 3.22　一定応力下における材料のクリープ曲線

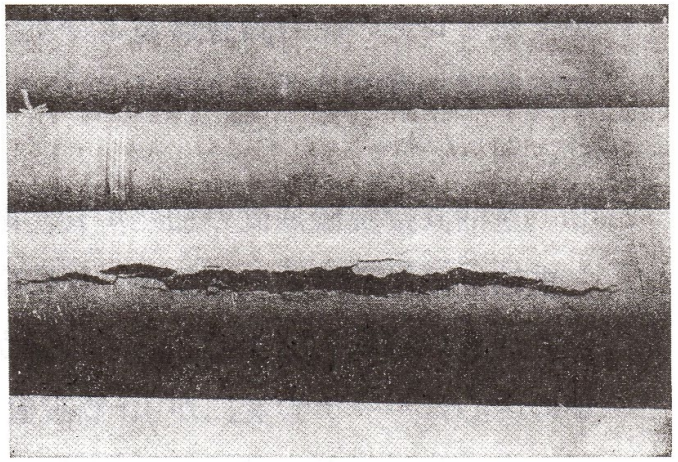


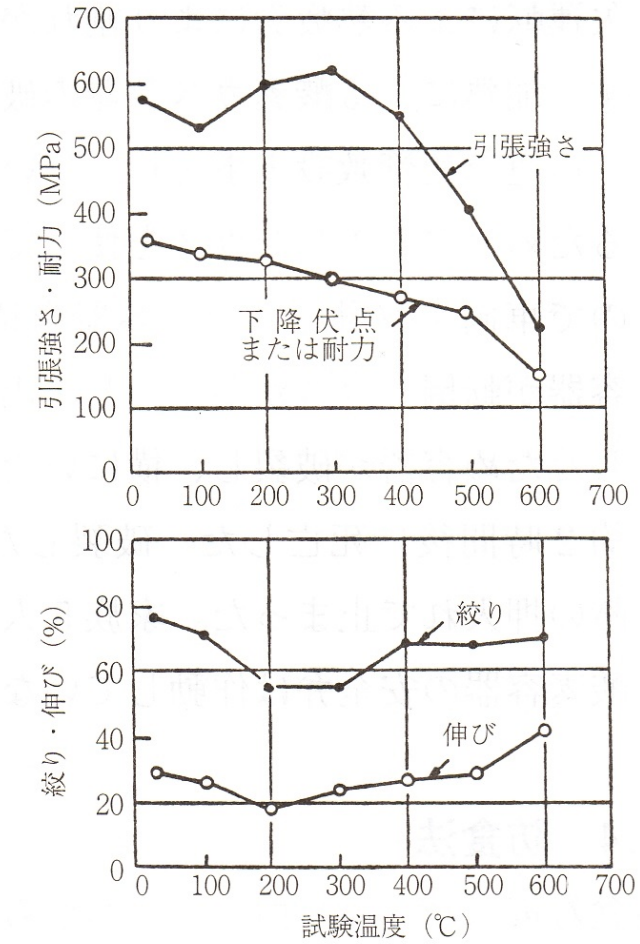
図 3.23　クリープ破断した加熱炉管の例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp73～p74)

- **(b) 高温における材料の強度**
  - ✓ 鋼材は、常温はもとより高温においても広く用いられている材料の１つであるが、その強度は温度の上昇とともに低下する。
  - ✓ **図3.24** は、炭素鋼の高温における諸特性を短時間引張試験により求めたもの。
  - ✓ この現象が顕著に現れる温度領域では、化学成分により異なるが、一般に炭素鋼では約 380 ℃以上、低合金鋼では 450 ℃ 以上、オーステナイト系ステンレス鋼では約 550 ℃ 以上といわれている。



（注） SM50B：0.17C、0.33Si、1.44MN、0.024Al

図 3.24　短時間高温引張試験

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp75～p76)

- **〈高温特性による事故例〉**
- **② 重油直接脱硫装置の加熱炉管溶融**
  - 重油直接脱硫装置の運転中、反応塔供給加熱炉の加熱炉管が破損し、火災が発生した。
  - 加熱炉管は入口側で２パスに分れ、出口側で合流する構造となっている。
  - 加熱炉の中心にバーナの焚口が 10 個設置されており、事故当時 6 個を点火していた。
  - 加熱炉管の入口側が軸方向に開口し、また U ベント近傍が４箇所溶融。
  - 長期的にバーナを入口側に偏らせた焚き方をしていたことにより局部的にコークが生成、成長し、管壁温度が上昇し、材料強度が低下して短時間でクリープにより破損したもの。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp76～p77)

- 3.1.4　防食法

- 腐食対策には、環境面と材料面からのアプローチがあり、プロセスや構造、運転条件、防食剤などにより腐食環境を抑制したり、耐食性を高めた材料の選定や、防食被覆の採用などが挙げられる。
- 配管での過大な流速や乱流の防止、大気中の構造物での水の滞留回避、伝熱面での腐食性物質の濃縮緩和、応力腐食割れ環境での引張応力低減などがその例である。
  - **（１）有機被覆**
    - 防食法の１つとして、有機材料による被覆があり、有機被覆の主体は塗装。
    - 一般的に被覆の厚さによってつぎのようにいわれている。
      - **0.1 mm 以下　　：塗装**
      - **0.1 mm 以上～1 mm 以下　　：コーティング**
      - **1 mm 以上　　：ライニング**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp76～p77)

- **(a) ライニング**
  - ✓ ライニングの材料
    - **熱可塑性樹脂**：ポリ塩化ビニル、ポリエチレン、フッ素樹脂
    - **熱硬化性樹脂**：エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂
    - **ゴムなど**
  - ✓ ライニング材はライニング素地の金属との付着が、劣化の大きな要因となる。
  - ✓ すなわち、ライニングの内外面で温度差があった場合には、水蒸気拡散が促進されることがあり水あるいは水溶液が金属素地に到達すると、ライニング皮膜と金属との付着力を弱め、その場所での膨れ・剥離といった損傷をもたらす。
  - ✓ このような損傷を少しでも防止する意味で、ライニング材にガラスのフレークを混入させて、耐食性の向上を図る方法がある。
  - ✓ フッ素樹脂ライニングは、耐薬品性、耐熱性に優れているが、半透膜の性質をもつ樹脂であるため水蒸気拡散が生じやすく、膨れ・剥離などの損傷を起こしやすいので留意することが必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(b) 塗装**
  - ✓ 大気中の構造物の塗装に最も頻繁に用いられる基本の塗装仕様（耐久性10年程度）
    - **下塗り**：さび止めペイント
    - **上塗り**：フタル酸エステル
  - ✓ 海岸など厳しい環境では：ジンクリッチペイント－エポキシ樹脂系塗料－ポリウレタン樹脂塗料の塗り重ね
  - ✓ **水環境で有効なのは**：タールエポキシ樹脂系、エポキシ樹脂系塗料の厚塗り
  - ✓ 素地との良い密着が極めて重要で、ブラスト法等による素地調整を十分行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **（2）金属被覆**

- 金属被覆：**めっき、溶射**（ thermal spraying ）、**クラッド**（cladding）など
- **亜鉛めっき**：大気環境における炭素鋼の防食に使われる。
  - 加工などによるめっき欠損により下地の鋼がわずかに露出する程度であれば、**図3.25** のとおり電池作用で炭素鋼は防食される。
  - 亜鉛めっきが腐食し鋼が露出すると、防食作用もなくなるため、露出部はジンクリッチペイントの塗装などにより補修する。

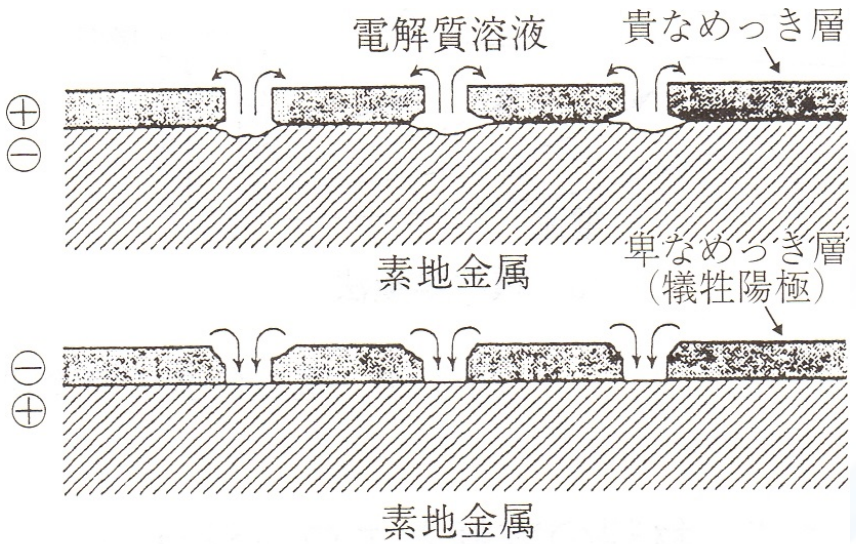


図 3.25　金属被覆の説明図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp77～p78)

（2）金属被覆

- 溶射は、コーティング材料を加熱により溶融もしくは軟化させ、微粒子状にして加速し被覆対象物表面に衝突させて、扁平に潰れた粒子を凝固・堆積させることにより皮膜を形成するコーティング技術の１種で、溶射の方法には各種の方法がある。
- クラッドは、爆着などにより２つの金属を冶金的に接合したもので、これにより耐食性と強度など、お互いの金属の弱点をカバーすることができる。

（3）環境処理

- 環境処理には次の方法などがある。
  - 腐食性物質を除去・低減する方法
  - 温度を下げて腐食の反応速度を落す方法
  - 防食剤を添加する方法
- 例えば、大気中の除湿、ボイラ給水の脱気（酸素除去）や防食剤の注入、開放循環冷却水系でのオーステナイト系ステンレス鋼の応力腐食割れ防止のための Cl^- の低減や防食剤の注入などがある。
- 防食剤の種類によって、有効性、経済性、環境負荷などが異なるため、適正なものを選定する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **（4）電気防食法**

- 電気防食法：アノード防食法、カソード防食法があり、**通常、カソード防食法が使用される。**
- 湿食は、金属の溶出に伴い電流が流れることから、これと逆方向の電流を流すことで、腐食を抑制できる。
- 防食方法には、**図3.26** に示すように２つある。
  - **犠牲陽極法**：電極を腐食させることで電気を流す方法
    - 土壌中　　：マグネシウム使用
    - 海水中　　：アルミニウムを使用
    - 土壌・海水中　：亜鉛を使用
    - 熱交換器では、亜鉛合金の犠牲陽極法が採用され、陽極減量を計算して開放点検周期に合せ交換。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **外部電源法**：外部から直接電流を流す方法
  - 適用例　　：埋設パイプライン、海底パイプライン、護岸や海洋構造物の海中　　部など

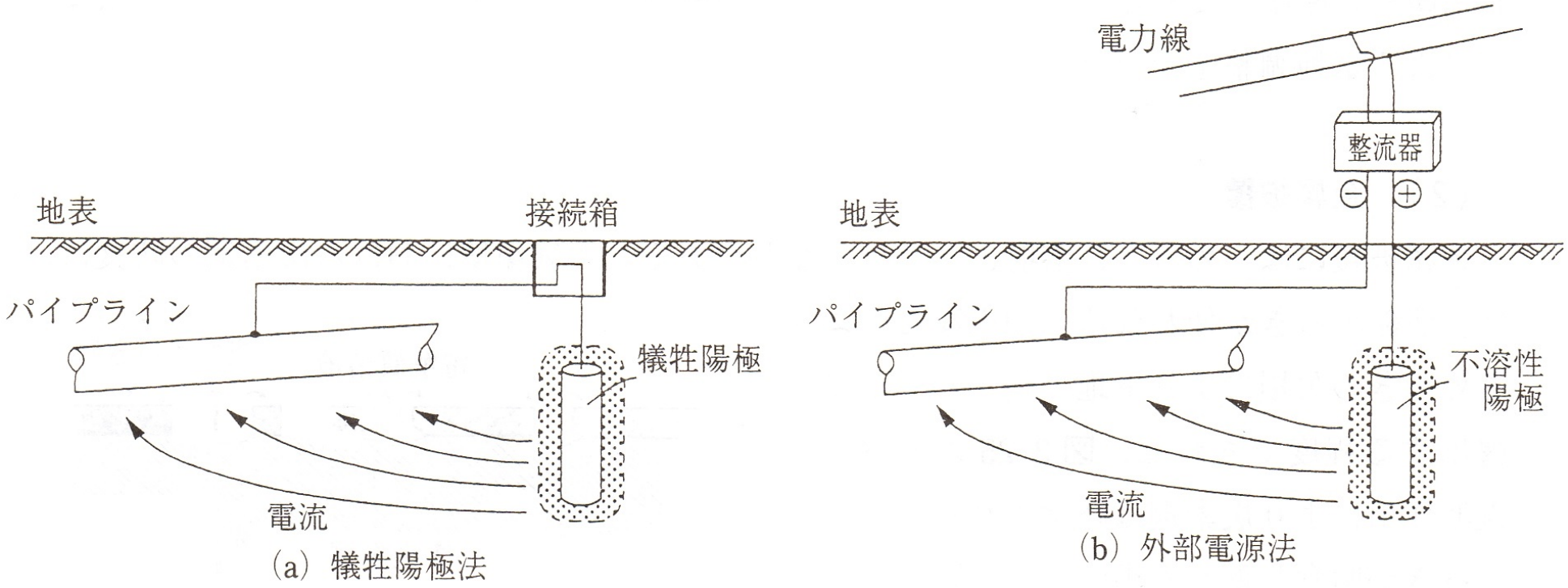


図 3.26　電気防食の概念図（埋設パイプラインの場合）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp78～p79)

- 3.1.5　材料の摩耗とエロージョン

- ２つの固体表面が接触して相対運動をするとき、接触部分の材料が表面から取り去られていく現象を摩耗という。
- 凝着摩耗：ある表面粗さを有する２つの固体表面が実際に接触する部分（真実接触部）で凝着により材料が取り去られる。
  - アブレシブ摩耗：固体間に存在する硬い粒子や、一方の固体表面に存在する突起の切削作用により生じる。
- 摩耗と類似した現象にエロージョンがあり、エロージョンは固体と接する流体（気相、液相）が関与する損傷で、流体そのもの、あるいは流体に含まれる気泡、固体粒子、液滴などが固体表面にある角度で衝突することによって生じる。
- 摩耗、エロージョンは機械的な損傷で、どんな種類の材料でも生じる可能性がある。
- 流体が腐食性の場合には、エロージョン・コロージョンを生ずる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp79)

105

- **（１）エロージョンの種類**

➢ **エロージョン**：機械的作用の種類により次の４種類に大別できる。

- **(a) レインエロージョン**
  - ✓ 水滴、雨滴、油滴などの液滴や液滴ジェットなどが、固体表面に繰返し衝突し、材料表面ならびに内部で発生する応力により、へこみやき裂などを発生して機械的損傷を生ずる現象。
- **(b) キャビテーションエロージョン**
  - ✓ **キャビテーション**：液流速が大きい部分で静圧が下がり、液中の溶存ガスや液蒸気で満たされた気泡（キャビティ）を発生する現象。
  - ✓ こうして発生した気泡が短時間で高圧部に移動することによりつぶれ、この際の衝撃圧により材料が損傷する現象をキャビテーションエロージョンという。
  - ✓ 静圧が急激に変化する箇所で生じるため、ポンプインペラ、バルブ、曲がり管、オリフィスなどでしばしば見られる現象。
- **(c) サンドエロージョン**
  - ✓ 気流中に含まれる固体粒子が気流とともに運動し、固体表面に繰返し衝突することにより、材料が塑性変形、き裂、掘起こし、切削、表面剥離などの機械的損傷を受ける現象。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp79～p80)

- **(d) スラリーエロージョン**
  - ✓ **スラリーエロージョン**：固体粒子を含む液体（スラリーという。）中の材料が損傷される現象。
  - ✓ 固体粒子の水力輸送におけるパイプやバルブ、ポンプなどで生じる。
  - ✓ サンドエロージョンとの違いは固体粒子が含まれる流体が異なることで、スラリーエロージョンにおいては、固体粒子の衝突速度や衝突角度に及ぼす流体（液体）の影響が、サンドエロージョンよりも大きい。

- **（2）材料の耐エロージョン性**

- エロージョン損傷では一般的に、金属では硬い材料ほど耐エロージョン性に富む傾向があり、一方、プラスチックでは逆に軟らかい材料ほど耐エロージョン性に富む傾向がある。
- しかし、すべての材料の耐エロージョン性を硬さのみで順位付けることはできない。
- キャビテーションエロージョン以外のエロージョンでは、損傷量は液滴や固体粒子の衝突角度の影響を大きく受ける。
- すなわち、脆性材料では液滴や固体粒子が材料に垂直に衝突するときに、一方、延性材料では水平に近い低角度で衝突するときに損傷が最大となる傾向を示す。
- 従って、エロージョンを考慮した材料選定の際には注意が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **〈エロージョンによる事故例〉**
- **② 蒸発塔の原油入口配管からの漏えい**
  - 常圧蒸留装置の蒸発塔原油入口配管からの原油漏えいをパトロール員が発見。
  - 直ちに当該装置停止作業を行い、装置停止後に脱圧を実施し漏えいを止めた。
  - 原因は、下流系の腐食防止のため、蒸発器の入口配管にカセイソーダを注入するインナーノズル部において、異種流体の温度差によりカセイソーダ中の水分が蒸発したため、腐食性物質の濃縮と硫化水素濃度の高い軽質原油を通油したことが複合的に作用し、インナーノズルが開口した。
  - その開口部からのカセイソーダが本管ノズル部内面に衝突することで、エロージョン・コロージョンが発生したと推定される。
- **参考：KHK事故情報 URL**

https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/2009-0202.pdf

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp81)

3.2　ガス漏えい防止

- 多くの高圧ガス事故はガスの漏えいであり、さらに、そのガスに着火・爆発することや、吸入することによる中毒などである。
- 漏えいの原因は種々あるが、腐食、破壊、接続部の気密保持性能の低下、運転操作ミスに起因する漏えい、その他外力により破損して漏えいするケースなどがある。

- 3.2.1　流体の漏れ量と検出

- （1）ピンホールからの漏えい量

➢ 細長い円筒状のピンホールなどから気体または液体が少量漏えいする場合は粘性流体であると考えられ、この場合の漏えい量（その温度、圧力での値）は、次式で求められる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp81)

- $q = (\pi/128)\,\Delta p D^4/(\mu L)$
  - q：　漏えい量（m^3/s）　（その温度、圧力での値）
  - Δp：差圧（Pa）
  - D：　孔径（m）
  - L：　孔の長さ（m）
  - μ：　粘度（Pa･s）
- **漏えい量**
  - ピンホール孔径の４乗に比例、圧力差に比例、孔の長さに反比例
  - したがって、最初は小さい孔でも、この孔径が拡大していくと漏えい量は加速度的に増大するので、速やかに措置を講ずる必要がある。
  - また、粘度に反比例するのでガス種により異なり、粘度の低い**水素**は他の条件が同じであっても、**漏えい量が多くなる**。
  - 漏えい量比較：孔径 10 μm、長さ 1 cm 、吹き出し差圧 500 kPaのすき間からの漏えい量
    - **空気 345.6 cm^3/日**　　**水素 720 cm^3/日**

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp82)

- **（2）破断口からの液体の漏えい量**

- ピンホール状ではなく、相当に大きい破断口から漏えいする場合を試算するが、液体とガスでは計算式は異なる
- 液体の場合の漏えい量

$$q = CA\sqrt{2gh} \quad (\mathrm{m^3/s})$$

  - q：漏えい量（$\mathrm{m^3/s}$）　（その温度、圧力での値）
  - C：0.5～0.6（–）
  - A：破断口の断面積（$\mathrm{m^2}$）
  - g：重力の加速度（＝ 9.8 $\mathrm{m/s^2}$）
  - h：破断口にかかる内外圧力差（液頭）(m)
- ここで、プロパン貯槽底部に接続されている 2B の液ラインが破断したときの流出量を求める。
  2B 鋼管断面積: $(0.0527\ \mathrm{m})^2 \times \pi/4 = 0.002181\ \mathrm{m^2}$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp82)

内外圧力差（液頭）：　温度 20 ℃、圧力を 0.83 MPa (G)、液密度を500 kg/m³、液面高さを 2 m とすると、

$$h = \frac{0.83 \times 10^6\ \text{Pa}}{500\ \text{kg/m}^3 \times 9.8\ \text{m/s}^2} + 2\ \text{m} = 171.4\ \text{m}$$

$$q = 0.5 \times 0.002181\ \text{m}^2 \times \sqrt{2 \times 9.8\ \text{m/s}^2 \times 171.4m} = 0.006321\ \text{m}^3/\text{s}$$

1分当りの漏えい容積 0.06321 m³/s × 60 s/min = **3.8 m³/min**
1分当りの漏えい質量 3.8 m³/min × 500 kg/m³ = **1900 kg/min**

$$\text{1分当りの漏えいガス容積} \frac{1900\ \text{kg/min}}{44\ \text{kg/kmol}} \times 22.4\ \text{m}^3/\text{kmol}$$

= **967 m³/min**（at 大気圧）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- **（3）破断口からのガス体での漏えい量**

➢ ガス体が破断口から噴出する場合は、安全弁作動時とおおむね同じ条件で、バネ式安全弁の吹出し量計算式で求められる。

➢ (2)の液体噴出量算出と同条件で、プロパン貯槽の2Bのガスライン破損時の流出量を求める。

$$W = CKp_1A\sqrt{M/zT}$$

- W：吹出しガス流量（kg/h）
- C：　断熱指数（定圧比熱 c_p と定容比熱 c_v の比）から得られる値で、例示基準の安全弁の吹出し量算定式の項で説明されている。2495
- K：　吹出係数であり、安全弁であれば ℓ /D （ ℓ はリフト、D は弁座口の径）から、例示基準で定める。ここでは、0.5とする。
- $p1$：高圧側の圧力 0.83 MPa(G) + 0.1013 MPa
  = 0.9313 MPa (絶対圧力)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp83)

A：吹出し面積　（２）と同じ 21.81 cm²

M：分子量 44

z：圧縮係数で、例示基準により求められる。不明時は 1.0

T：ガス温度（K）　20 + 273 = 293 K

= 0.9313 MPa (絶対圧力)

$$W = 2495 \times 0.5 \times 0.9313 \times 21.81 \times \sqrt{44/(1.0 \times 293)}$$

= 9819 kg/h = 164 kg/min **= 83 m³/min** (at 大気圧)

以上の計算例では同じ口径（2B のSTPG が破断したとして計算）での漏えい量を算出した。

その結果、ガス体に比べ液体のほうが約 10 倍漏えい量が多くなる結果となった。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

（4）漏れと検出

- 保安検査基準 (KHKS 0850-1 (2011)) などの高圧ガス設備の気密性能の確認は、「発泡液の塗布、ガス漏えい検知器等を用いた測定又は放置法漏れ試験があり、設備の状況、検査状況等を考慮して、これらの方法の内最適な試験（必要に応じて組み合わせて）を採用する。」とされている。
- つまり、法律上発泡液の塗布により漏えいが確認できない場合（発泡が認められない場合）は、気密性能を有しているとも解される。
- JIS B 2490「管フランジ用ガスケットの密封特性試験方法」などにより、10^{-4}～10^{-2} Pa･m^3/s の検出精度が標準であり、前述のピンホールなどからの漏えい量の項での計算例が検出限界となる。
- 市販されている高感度検知器の検出限界は、市販の発泡液に比べ約100～1000 倍高感度とされ、漏えい検知の有効な手段といえる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp83)

表 3.1 検知器の検出限界の例

型番	A	B	C	D
検知形式	リークチェッカー自給式			定置拡散式
検知方法	熱線型半導体式			接触燃焼式
検出感度	5.0×10^{-6} atm.cm^3/s 1 ppm≦警報	3.3×10^{-5} atm. Cm^3/s 10 ppm≦警報	5.0×10^{-6} atm. Cm^3/s 1ppm≦警報	800 ppm≦表示 1 ppm≦警報

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 3.2.2　シール技術

- （１）静的機器の漏えい防止用ガスケット

- 静的機器のフランジ継手の漏れ止めに使用されるガスケットには多くの種類がある。
- 漏れ止め性能：フランジ表面粗さ、締付け圧力、ガスケット種別によって異なる。

- (a) ガスケットの材質

- ガスケットの種類を素材別に下記に分類

ガスケット	非金属ガスケット	合成ゴム、合成樹脂(テフロン)、皮革など
	金属ガスケット	軟鉄、炭素鋼、ステンレス鋼、銅、モネルメタル、アルミニウムなど
	組合せガスケット	２種以上のガスケット材の長所を取入れ、組合せたもので、弾力性のあるガスケットをテフロン材や金属薄板で包んだものがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp84)

- ✓ **非石綿ジョイントシートガスケット**
  - 石綿繊維に代わり非石綿鉱物、人工繊維、または有機繊維によって代替し製品化されているが、これらの代替繊維はゴムとの濡れ性が石綿繊維に比べ低く、ゴムの配合量を増やす必要がある。
  - そのため、高温での熱硬化、運手時の応力緩和などが大きくなる。
  - したがって、非石綿ジョイントシートガスケットの使用限界温度はせいぜい百数十℃程度でしかない。
- ✓ **200 ℃ 前後の温度域に対して使用可能なガスケット**（下記の３種）
  - **膨張黒鉛シートガスケット**：ゴムバインダーを使用していない
  - 石綿繊維と同様な濡れ性を示すような代替繊維を用いたガスケット
  - バインダーにPTFE（フッ素樹脂）などを使用したガスケット。しかし、これらにも問題点があり、
    - 【短期的な使用時】　PTFE系での上限使用温度、膨張黒鉛系ではガスの浸透率、ガスケットの厚さに起因するフランジ強度やボルト締付け力などに対する注意が必要。
    - 【長期的な使用時】　ガスケットの長期寿命データはほとんどないために、適切なガスケット交換時期などが不明。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp84～p85)

- また、内部流体に対する耐食性、耐薬品性について、使用されて間もない代替製品では、メーカー公表の耐薬品性データだけでは試験品目が少なく、ガスケット選定時に各ガスケット成分の耐薬品性を類推せざるを得ない場合も多い。
- 特殊化合物や、混合物である場合は、独自で浸漬試験を行う必要が生じるが、ガスケットの耐薬品性試験の特に定まった方法がなく、試験結果の評価基準も確立されていないのが現状。

- **(b) 配管に用いられるガスケット**
  - ✓ 配管接続部のフランジおよびガスケットは使用条件により多種多様のものがある。
  - ✓ フランジの規定：高圧ガス保安法に基づいたJIS などの規格による
  - ✓ **表3.2** に各機器に使用されているフランジ形式の例、ガスケットの例を示す。

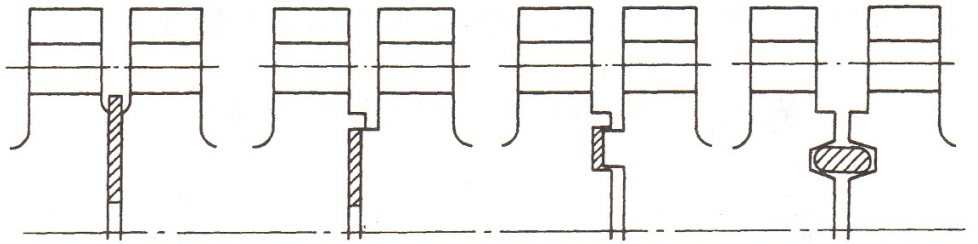


図 3.27　フランジ継手の構造（ガスケット座形状による型式の例）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp86)

表 3.2 配管に用いられるガスケット

機器	接合部 開放部	フランジの形式		ガスケット例＊	
		低圧	中・高圧	低圧	中・高圧
塔・槽	マンホール	平面型	はめ込み形・溝形	シートガスケット	MJ、MR
	ノズル	平面型	溝形	シートガスケット	MJ、MR
貯槽	ノズル	平面型	溝形	MJ シートガスケット	MJ、MR
	マンホール	平面型	溝形	シートガスケット	MJ、MR
熱交換器	ノズル	平面型	溝形	シートガスケット	SW、MR
	シェルカバー	平面型	はめ込み形・溝形	シートガスケット	MJ
配管	フランジ	平面型	溝形	シートガスケット	MJ、MR
バルブ	フランジ	平面型	はめ込み形・溝形	シートガスケット	MJ、MR

＊ MJ:メタルジャケットガスケット、MR:メタルリングガスケット(オーバル型、オクタゴナル型など)
SW:スパイラルワウンドガスケット(渦巻形成形品)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(c) バルブに用いられるガスケット**
  - ✓ 2B 以上のバルブ
    - **ボデイ―フランジ**：メタルジャケットガスケットが用いられる。
    - **グランド部**：グランドパッキンが使用され、同材質は黒鉛を主材とし潤滑剤で表面処理したもの、テフロン繊維を格子編みにしたものなどがある。
  - ✓ バルブで問題になる現象に**弁座漏れ（シートの中漏れ）**がある。
    - バルブシートからの漏れ量を皆無にすることは難しく、工事などの縁切りのときは、バルブのみでの遮断は危険であるため、**継手部に仕切板を挿入する**。
    - **バルブ弁座漏れ量許容量**：JIS B 2003：2013「バルブの検査通則」にて規定
    - 漏れ量の区分及び許容量並びに試験結果の判定を**表3.3** に示す。
    - **緊急遮断弁弁座漏れ検査**：水圧または空気、窒素などによる漏えい検査を行う。JIS B 2003：2013「バルブの検査通則」は改正され、空気圧の場合は試験圧 0.6 MPa とし、許容漏れ量は４段階（レート A～レート D）によりそれぞれの規格で適切な許容漏れ量を選択して規定するとされている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp86)

表 3.3 弁座漏れ量の区分及び許容量*2

試検流体	区分			
	レートA	レートB	レートC	レートD
水	漏れのないこと	0.01 mm^3/s× バルブの呼び径*1	0.03 mm^3/s× バルブの呼び径*1	0.1 mm^3/s× バルブの呼び径*1
空気	漏れのないこと	0.3 mm^3/s× バルブの呼び径*1	3 mm^3/s× バルブの呼び径*1	30 mm^3/s× バルブの呼び径*1

*1 バルブの呼び径は、A呼びを使用する。
*2 漏れの許容量は、大気に放出する場合とする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(d) 塔・槽に用いられるガスケット**
  - ✓ 使用圧力などによるフランジガスケットの種類
    - **低圧**：非石綿ジョイントシートなど
    - **中圧**：メタルジャケットガスケットなど
    - **高温、高圧**：渦巻形ガスケットまたは金属リングガスケット
    - **反応塔大口径端部フランジまたは超高圧装置のフランジ**：自己緊密式ガスケット
- **(e) 熱交換器に用いられるガスケット**
  - ✓ 熱交換器のノズル、シェルカバーのフランジガスケットには非石綿ジョイントシート、メタルジャケットガスケット、金属リングガスケットなどが使用される。
- **（2）ガスケットの締付け管理**
- **(a) ガスケットの締付け**
  - ✓ ボルトの締付け力は、フランジの剛性を基準とした許容応力およびボルトの強度を基準とした許容応力を超えない範囲で、漏えいを起こさない必要なシール面圧を確保する条件で設定されている。
  - ✓ この締付け力を確保するには**表3.4** に示すようなボルト締付け管理が必要となり、重要性や使用条件などから適切な方法を採用しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

表 3.4 ボルト締付け管理法

管理法	工具、測定器具	特徴
トルク法	トルクレンチ パワーレンチ	精度はあまりよくない 摩擦抵抗の影響が大きい
ナット回転角法	一般スパナなど	初期位置が不明確、精度が低い
皿ばね	一般スパナなど	ボルト更新要、増し締め不要
ボルトの伸び測定法	ロータボルト マイクロメータ ノギス ストレンゲージ	特殊ボルト 両端測定面を平滑仕上げ 精度が高い 温度などの測定条件を一定に

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp87)

表 3.4 ボルト締付け管理法（続き）

管理法	工具、測定器具	特徴
軸力測定法	超音波軸力計 ボルトテンショナ	ボルト更新要、特殊ボルト 両端面の平行度、平滑仕上げ 精度が高い 締付けに時間がかかる 装置が高価 温度など測定条件を一定に
ヒータ	温度計	特殊ボルト 火気使用

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp87)

- ✓ ガスケットが圧縮荷重を受けて圧縮されている初期締付け力は、フランジ（内圧がかかっていない状態）のボルトの初期有効長さを L とすると、ボルトは若干伸びて有効長さは $L + \ell_1$ になる。
- ✓ 内圧がかかるとボルトはさらに伸びて $L + \ell_2$ となりフランジ面間は開く方向になる。
- ✓ 従って、ボルトの伸び量 $\Delta\ell$ は $\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$ となる。
- ✓ このとき、ガスケットの初期締付け圧はわずかに小さくなり、このときガスケットに最小締付け圧が残らないと流体は漏れ始める。

- ✓ しかし。ガスケットに復元力があり、ガスケットの縮み量を t とすれば、内圧がかからないときの
  t_2 から、内圧がかかったときの t1 に、ガスケットの縮み量は少なくなる。
- ✓ 即ち、ガスケット縮み量は Δt は、$\Delta t = t_2 - t_1$ となる。
- ✓ 従って、漏れを生じないためには $\Delta\ell$ <Δt の条件が必要であり、ボルトの伸び量はガスケットの復元量（回復量）よりも大であってはならない。
- ✓ 又、**ガスケットに復元力**がなければ漏れることになる。
- ✓ 実際には $\Delta\ell = \Delta t$ となっている。

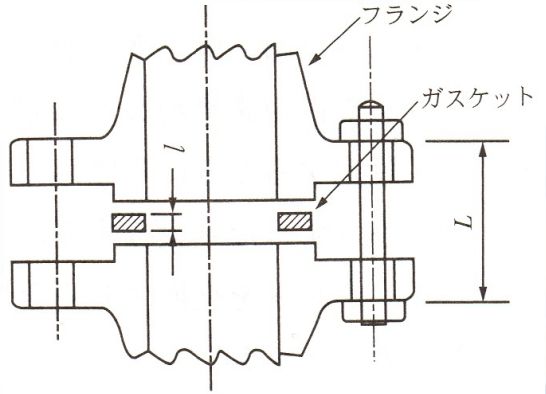


図 3.28　ガスケット締付け状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(b) 締付け管理**
  - ✓ フランジ、ガスケットからの漏えいの主な原因を**表3.5** に示す。
  - ✓ 漏えい原因：設計上の不備、材質選定不良、腐食・劣化、締付け完了不良
    - 締付け管理の問題を除けば、技術的に解決できる問題であり、適切な対策を講じれば繰り返し発生することは少ない。
    - 締付け管理の問題については、常にそのポイントをおさえた管理なくしては、漏えいを絶つことは難しい。
  - ✓ 以下に、フランジのガスケットシールを念頭においた締付け管理ポイントを示す。
  - **1) フランジおよびガスケット当り面**
    - ① ２面間の平行度と軸心の狂いが基準値以内であること。
    - ② ２面間の間隔が配管サポートなどで拘束されていないこと。拘束力が強いとボルトの締付け力が消費されて必要な締付け力を与えることができない。
    - ③ ガスケットの当たり面は、傷、腐食、付着物などがなく当たり幅が均一であること。
    - ④ フランジ背面のナット当たり面の加工状態が良好で、平行度が保たれていること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **2) ボルト、ナット**
  - ① 規格、材質、寸法が規定のものであること。
  - ② ネジ山に変形、腐食、傷などの欠陥がないこと。
  - ③ ナット座面がボルトの軸心に対して直角度が保たれていること。
  - ④ ネジ山、ナット座面には適切な潤滑剤または焼付き防止剤を塗布する。
    固着した古い潤滑剤などは完全に除去すること。
    潤滑剤などは締付け力を設定するときに考慮した摩擦係数の条件を満たすこと。
    すなわち摩擦係数が小さすぎたり大きすぎるものは、避けなければならない。
  - ⑤ ボルトを交換する場合は、その締付け箇所のボルト全部を交換すること。
- **3) ボルト、ナット**
  - ① 特殊な場合を除き、基本的に再使用しない。
  - ② 規格、材質、寸法が規定のものであること。
  - ③ リングジョイントガスケットなどは、フランジ側のシール面との当たりを均一になるようにする合わせ修正する。
  - ④ ガスケットへの塗布剤は、使用上問題のないことを確認しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp88)

表3.5 フランジ、ガスケットからの漏えいの原因と対策

漏えいの原因	状況	対策
・高温、高圧に対する構造選定の不適正	適正に施工し、締め付けても、漏えいが止まらなかったり、あるいは熱変化などで漏れる頻度が多い。	フランジ、ガスケット、ボルトなどの構造や材質を再検討する。3者のうちのいずれか、またはすべてを1ランク上げて解決する場合が多い。
・配管の熱応力などの異常な力によるフランジ、またはボルトの損傷	破損したら漏えいするが、破損しなくても、ガスケット面圧が変化し、漏えいすることがある。	配管の可とう性を再検討し、可とう性を増す。フランジサポートの位置、構造条件などを改善する。
・フランジ、ガスケット、ボルトの熱膨張の不均一	構造などが良くても、フランジ部に温度勾配があるときは漏えいが起こる場合がある。	フランジ部の温度勾配を緩やかにし、熱膨張を均一化する。
・フランジの剛性不足	フランジが変形し、均一で適正なガスケット面圧が得られない。	フランジの剛性を上げる。可能であればガスケット係数を下げてみる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp88)

表3.5 フランジ、ガスケットからの漏えいの原因と対策（続き）

漏えいの原因	状況	対策
・フランジのガスケット当たり面の傷	機械的な損傷、吹抜けによるエロージョン腐食などにより損傷し、ガスケットが馴染まない。	ガスケット当たり面を再加工するか、またはフランジを取り替える。
・フランジの平行度不良、心狂い	ボルトを均一に締めてもガスケットは均一に締まらない。	フランジの平行度や心を修正する。
・ボルトの強度不足	高温強度などが不足している場合がある。	材質、寸法を再検討する。
・ボルトのゆるみ	振動、熱変化、応力変動などでゆるむ。	ボルトサイズを上げる。熱変化を均一にする。時々増し締めする。
・ボルトの腐食、劣化	外面より腐食することが多い。	取り替える。
・ボルトの焼付き	長時間使用したものは焼き付いて締まらないことがある。	高温用潤滑剤を塗布しておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp88)

表3.5 フランジ、ガスケットからの漏えいの原因と対策（続き）

漏えいの原因	状況	対策
・ガスケットの面圧不足	種々の組合せで起こる。	増し締めなど。
・ガスケットの腐食、変質 ・ガスケットの劣化	流体により腐食したり、経年的に劣化変質する	材質、形状、寸法変更、取替え。
・ガスケットの材質欠陥	ラミネーションなど。	受入検査の充実。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp90)

131

- **〈ガスケット関連事故例〉**
- **① 水酸化テトラメチルアンモニウム製造施設のフランジ部からの漏えい**
  - 水酸化テトラメチルアンモニウム（TMAH）製造施設の反応器で、液面低下警報が発報したため点検を実施したところ、液面調節弁の上流側フランジより反応液の漏えいを確認した。
  - 直ちに設備を停止し、液面調節弁の前後弁を閉止して漏えいを止めた。
  - 漏えいした反応液は大量の水に吸収させ、除害設備で処理した。
  - また、反応器は建物内にあり、漏えいした反応液は建物内に溜まったため、周辺住民への影響はなかった。
  - 漏えい部を開放したところ、フランジのガスケットが破断していた。
  - なお、発災設備は、９月17日に更新・完成検査を行ったおり、その際、ガスケットも更新していた。
  - その後の調査で、ガスケットは、配管クラス表により管理していたが、アスベストのガスケットからノンアスベストへ変更した際、配管クラス表が変更されていなかったため、使用するガスケットが明確になっていなかった。
- **参考：KHK事故情報 URL**

https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/2009-246.pdf

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(c) 締付け作業**
  - ✓ 締付け箇所のすべてのボルトに均一な所定の締付け力を与えるため、JIS B 2251「フランジ継手締付け方法」により、次のような点に注意して作業を行う。
    - ① 締付け箇所周辺の配管サポート類はゆるめておく。
    - ② フランジの平行度、軸心を保ちながら締付け力を数ステップに分けて、対角のボルト同士を順次締付けていく。
    - ③ 最後に、フランジの面間をチェックしながら、全ボルトを所定の締付け力で数回繰返し締付ける。
      この作業は、**図3.29** に示すように 1 回だけの締付けだけではボルトに規定軸力を与えることができず、数回繰返し締付けることによって、規定軸力を均一に与えることができる重要な作業である。

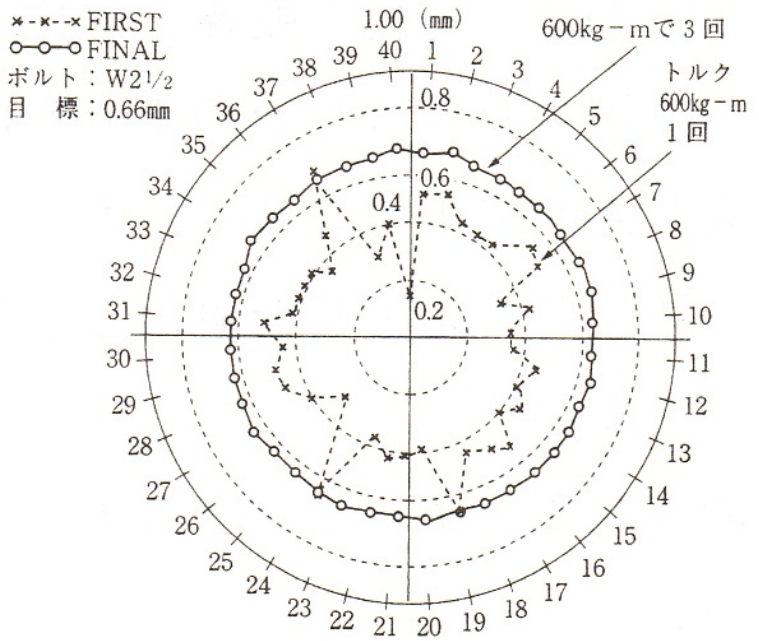


図 3.29　ボルト締付け管理
伸び（軸力）のバラツキの例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(d) ホットボルティング**
  - ✓ 使用条件が高温の場合、熱膨張でボルトがゆるむ（特に、保温されたボルトはゆるみが大きくなるので、可能であれば保温材を外すとよい。）ので、熱膨張を見込んで締付け力を高くしたり、昇温後に増し締め（**ホットボルティング**）することが必要となる。
  - ✓ 増し締めする場合の締付け力は、規定締付け力をあまり超えないよう、締め過ぎないように注意する必要がある。
  - ✓ 締過ぎるとガスケットやフランジがへたり、かえって漏れやすくなる場合がある。
  - ✓ また、装置のスタートアップ時や停止時、大幅な運転条件変更時には、大きな温度変化を伴う場合が多い。
  - ✓ このような場合には、フランジ、ボルト、ガスケットに温度差が一時的に生じ、特に降温時はボルトがゆがみ、漏れやすい状態となるので注意が必要。
  - ✓ この対策として、昇温時の増し締め管理が必要である。
  - ＊　低温で運転する装置では、運転開始時において降温の過程で増し締めすることを**コールドボルティング**という。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(e) 漏えい時の増し締めの危険性**
  - ✓ フランジのわずかな漏れは増し締めで止まることがあるが、加圧下での増し締めは、片締めを起こし、許容応力を超える締付け力でボルトが伸び、あるいはガスケットの損傷を起こし、かえって漏えい量が増加する危険があるので、大気圧まで減圧し、ガスケット、フランジ面を点検の上、締め付け直すことが肝要である。
- **（3）既存石綿ジョイントシートの取扱い**

➢ 過去に使用されていた石綿を含むガスケットを取り外す場合
- 石綿障害を予防する。
- 廃棄物の適切な処理が必要。

➢ 石綿ジョイントシートを取り外すときの１例
- まず、へらのようなスクレーパで古いガスケットを浮かせるように、またできるだけ大きい断片で取り除く。
- 劣化や乾燥、固化などにより粉じんが飛散しやすい状態になっているおそれがある場合などは、そのまま無理にはがしたり、サンドペーパやグラインダなどでこすると発じんが発生するので、ガスケット材を水などで濡らし粉じんの飛散を抑制するとともに、防護着、防護具を着用し手作業でする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp92)

- 当然、周囲への飛散防止も併せて行わなければならない。
- 取り外したガスケット材は、散乱しないようにプラスチックなどの袋に入れ、廃棄物として適切に処分しなければならない。

– **（4）動的機器の漏えい防止**

– **(a) 往復圧縮機の軸封装置**

✓ 往復圧縮機の軸封装置には**図3.30** のような**ピストンロッドパッキン**が使用される。同パッキンの形式：クランプタイプとセグメントタイプがある。

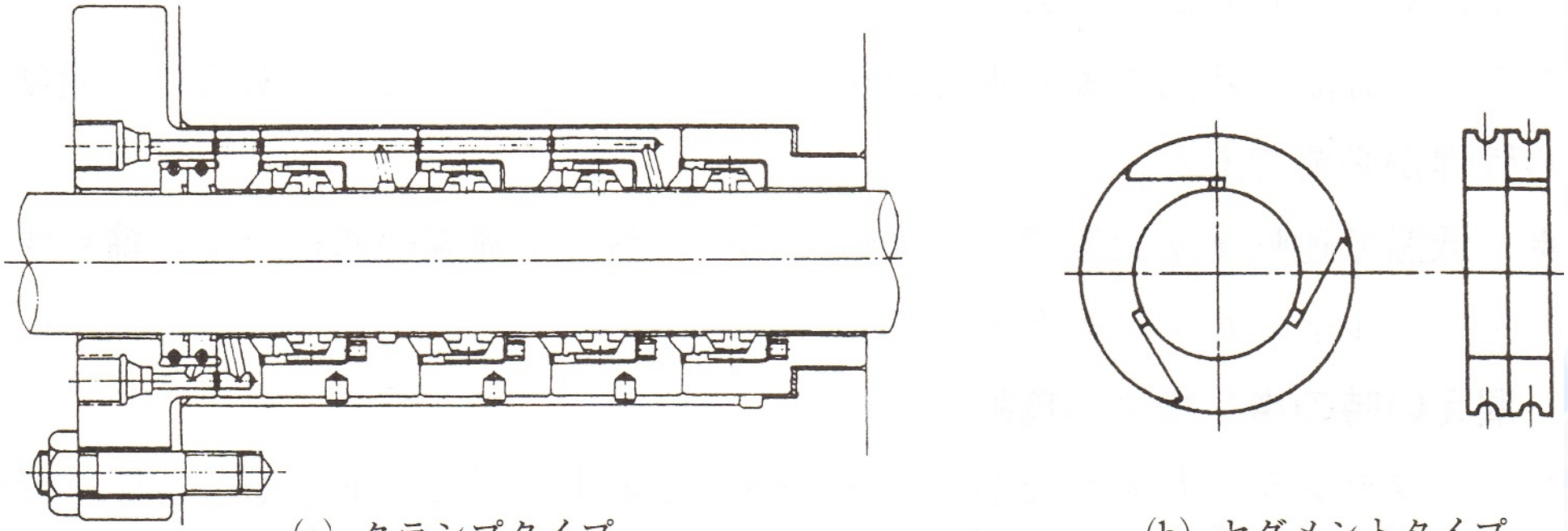
✓ **ピストンロッド**

- パッキンとのわずかなすき間を介して、または接触して往復運動をしているため、ダスト、さびがあるとピストンロッドの外周に傷がつきやすい。
- 傷がつくとパッキンの損耗が早くなるので点検整備が必要である。
- したがって、この部分への注油は冷却、ダストの付着防止、焼付き、かじりの防止のために重要である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- 特に四フッ化エチレンパッキンは給油式に比べて発熱が大きいので冷却が必要である。
- また、近年は無給油式のものも使用されている。



(a) クランプタイプ　　(b) セグメントタイプ

図 3.30　ピストンロッドパッキンの種類

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp92～p93)

- **(b) 遠心圧縮機の軸封装置**
  - ✓ 遠心圧縮機の軸封装置はケーシングの壁と回転する軸とのすき間からのガス漏れを防止するものでラビリンスシール、カーボンリングシール、メカニカルシール、オイルフィルムシール、ドライガスシールなど
  - ✓ 遠心圧縮機は高速で運転されており、軸とシール部材とのすき間は非常に小さいので、シール機構の不具合は、振動発生、ガスによる汚染、オーバーヒート、サージングなどを発生させる。
  - ✓ したがって、運転状態の把握、ガスによる汚染、トラブルの分析など、常に神経を使う必要がある。

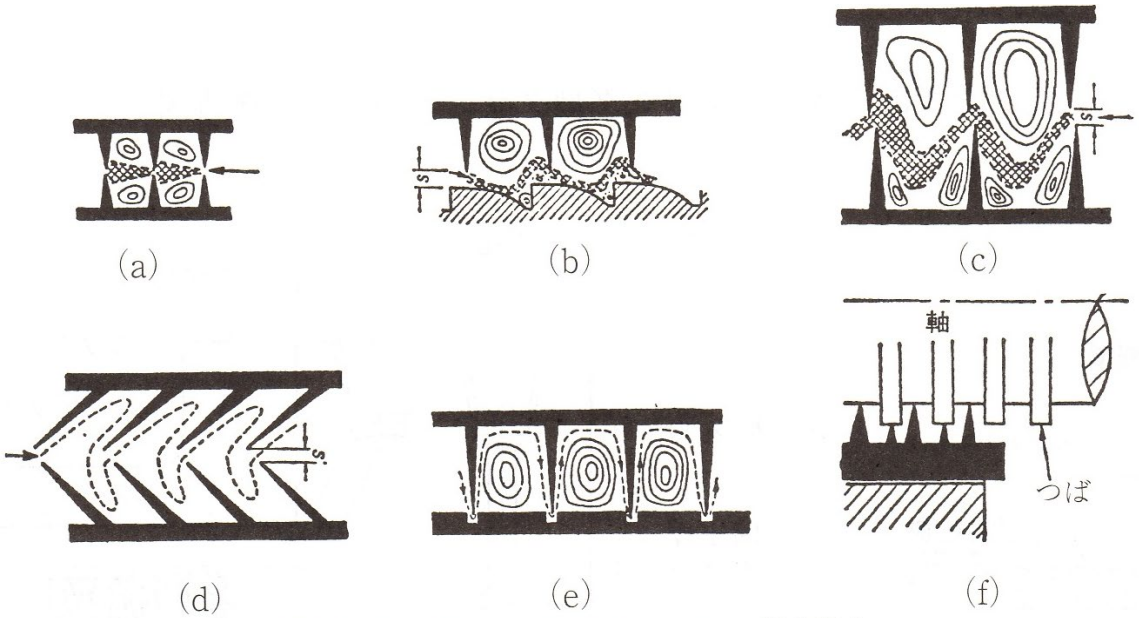


図 3.31　ラビリンスシールの種類例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp93)

- **(c) 往復ポンプの軸封装置**
  - ✓ 往復ポンプの軸封装置は往復圧縮機の場合と同様だが、往復ポンプのほうが構造的には簡単。
  - ✓ ピストンロッドパッキンとしてグランドパッキンが用いられる。
- **(d) 遠心ポンプの軸封装置**
  - ✓ **遠心ポンプの軸封装置**：グランドパッキン形式（**図3.32**）メカニカルシール形式（**図3.33**）
  - ✓ グランドパッキン
    - わずかな漏れが許される場合に使用するもので、ボルトを強く締め付けると、漏えいは一時的に止まっても摩耗による発熱が生じ、シャフトスリーブに傷がつき、液の漏れが始まることになる。
    - また動力損失も大きい。
    - したがって、漏えいと摩擦の調整をいかに行うかが重要である。
  - ✓ メカニカルシール
    - 端面密封方式で、軸に直角にセットされている精密な部品なので、振動に弱いため、取り扱いは慎重に行い、運転管理には十分な注意が必要。
    - 特に漏れ出したら止めることはできないので早めの処置が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp94)

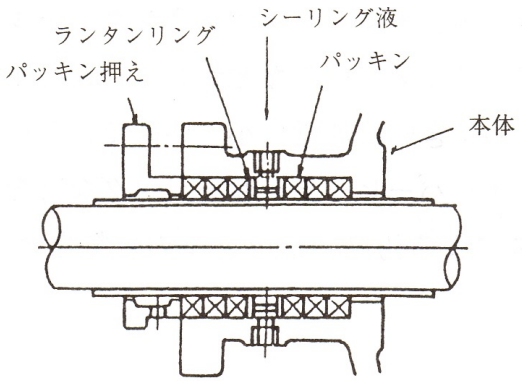


図 3.32　ランタンリング型グランドパッキン構造図

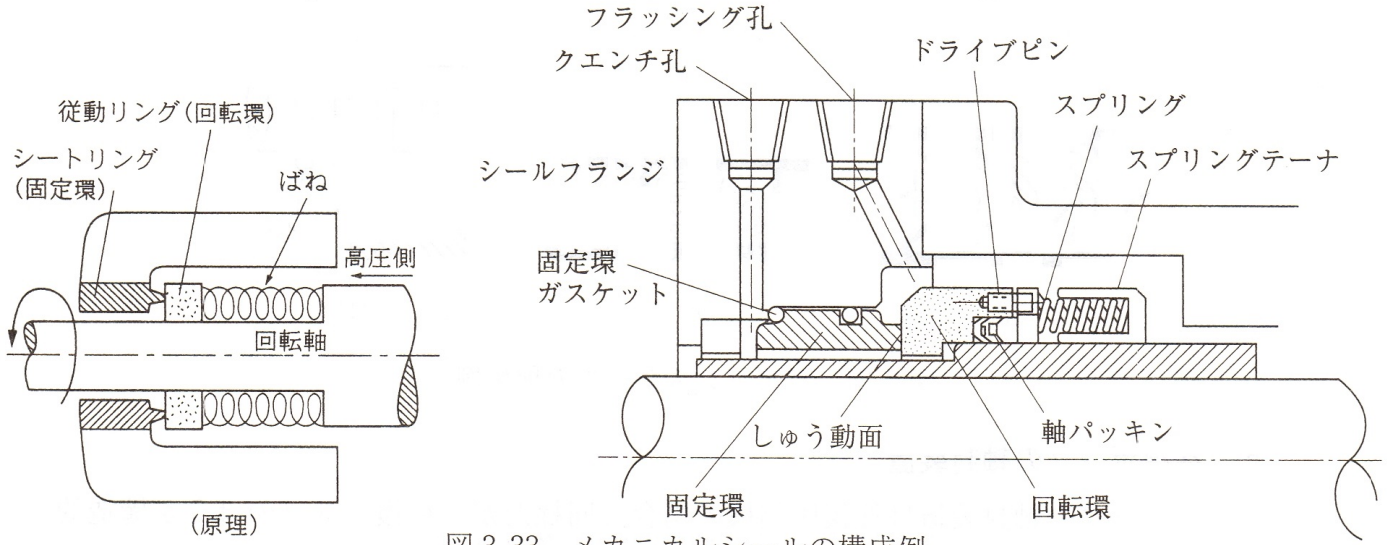


図 3.33　メカニカルシールの構成例

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

3．保安係員のための設備管理

(テキストp94)

（5）ゆるみや摩耗による漏えい対策

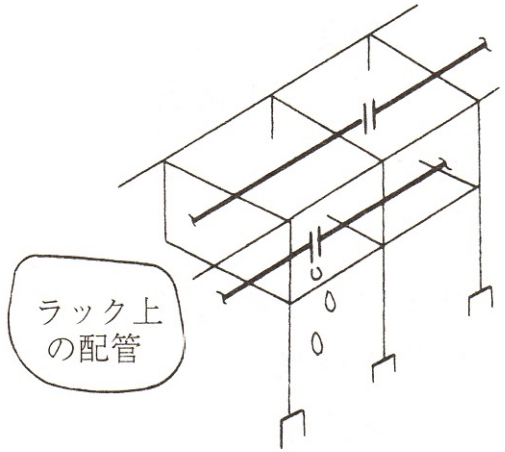
- 容器の運搬中に、振動で容器バルブがゆるみガスが漏えいしたり、ポンプのグランドパッキンが摩耗して液が漏えいする事例がある。
- ゆるみ対策として下記などの措置を行う
  - フランジなどの初期締付けを適正に施工する。
  - 運転後の温度上昇の幅が大きいものは、運転開始時の昇温過程でホットボルティングを適切に実施する。
- 圧縮機など回転機の軸封、しゅう動部における必要な摩耗対策
  ① 潤滑油の管理（質と量の確保）
  ② ピストンロッドやシャフトなどしゅう動部の摩耗しやすい部分の材質の適正な選定および摩耗状態の管理
  ③ メタリックパッキンなどの材質、加工方法などの適正化
  ④ パッキンの材質、形状の適切な選択
  ⑤ 点検、補修の適切な実施

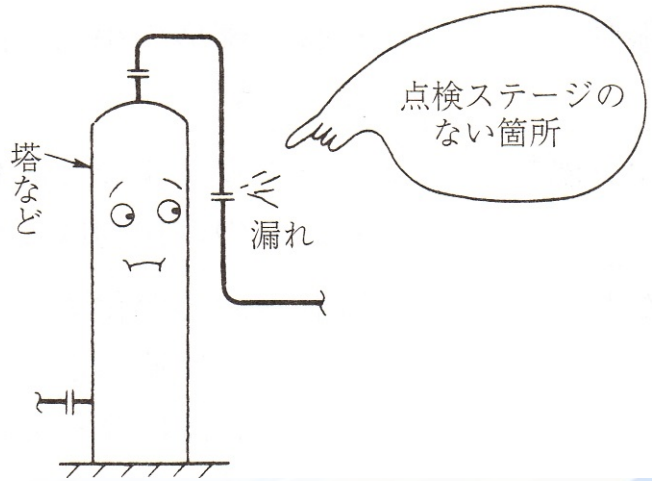
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp94～p95)

3.2.3　漏えいに注意すべき箇所

- 漏れは、火災、爆発、公害などに大きくつながる要因であり、装置プラントでの設備故障の６割は、漏れ現象を伴う故障ともいわれている。
- 非定常運転などにおける一時的な漏れ、機器や配管からの漏れは、一般的には母材部よりも接合部、継手部からが多く、内部漏れについても注意が必要。
  - **（１）漏れやすい箇所**
  - **(a) 施工、点検が難しい所**
  - **1) 高所の締付け部**

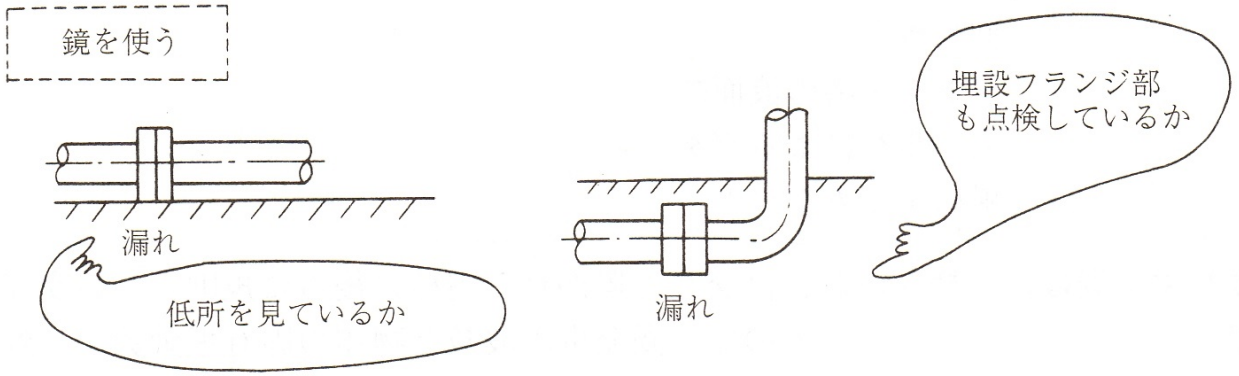




Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **2) 低所および地下の締付け部**



- **3) 狭い場所および物陰の締付け部**
  - ★　　架構、ステージの下、機器の裏側、大口径配管の裏側などは注意して点検しなければならない。

- **(b) 振動のある箇所**
  - ✓ 配管などの振動源と振動の発生しやすい箇所を**表3.6** に示す。
  - ✓ 配管の振動は、摩耗、疲労割れ、締付け部のゆるみなどを引き起こし、漏れにつながる。
  - ✓ 振動防止は、単純にサポートを強化して押え込むと、逃げが吸収できなくなるため、かえって過大応力が作用し折損の原因となる場合もある。
  - ✓ また、剛性が上がって固有振動数が変わり、運転条件が変化したときに共振を発生することもあるので十分注意しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp96)

- ✓ サポートの強化、改善に当たっては、振動原因をよく調査し、振動方向や固有振動数に注意した設計を行わなければならない。
- ✓ 振動のある箇所の点検で特に注意すべきポイントを次に示す。

表 3.6 配管などの振動源と原因

振動源	探すポイント･特徴	原因の例
脈動	・往復ポンプ、コンプレッサがその系内にないか ・コントロール弁の開閉、繰り返し	・アキュムレータ、スナッバ、絞りの機能不良 ・制御系の乱れ
気柱振動	・往復圧縮機の出入口配管に生じる	・ガス密度の変化 ・サイジング不適当
カルマン渦	・サーモウェルなど流れに差し込んだものの振動はどうか	・共振

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp96)

144

表 3.6 配管などの振動源と原因（続き）

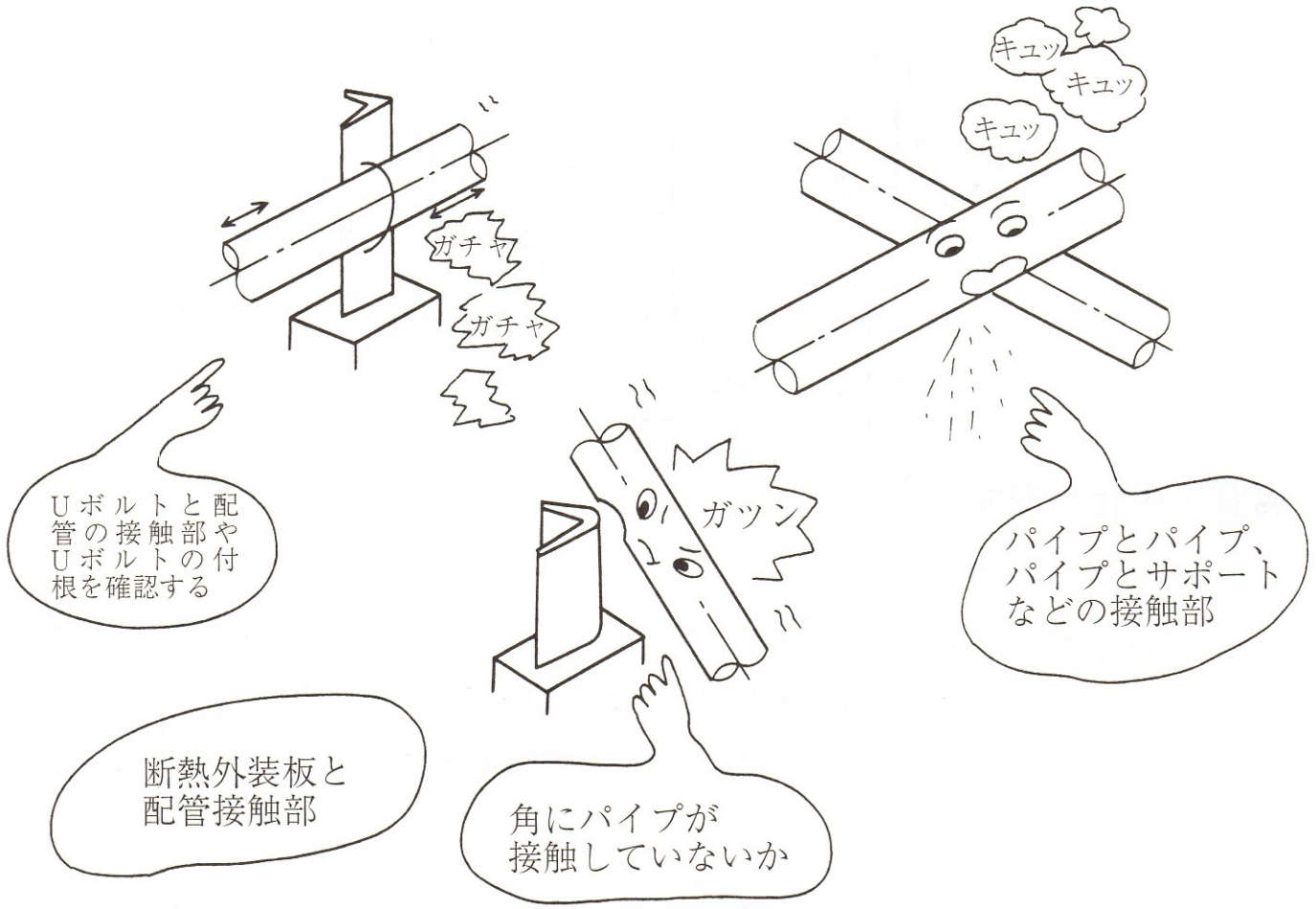
振動源	探すポイント･特徴	原因の例
乱流など	・流れ方向の変化する箇所 ・弁の絞りは適当か ・二相混合流になっている箇所 ・ハンマリング(スチームなど)	・サイジング不適当 ・操作不適当) ・ドレン抜き不良
衝撃	・急激な弁の開閉をしていないか	・操作不適当 ・サイジング不適当
周囲の状況	・周囲に振動源はないか 例えば、回転機器 タンク･塔の液面の波打ち 人の歩行によるガタツキ 風によるガタツキ	・配管そのものの振動対策およびサポートの不適当

＊カルマン渦は、一様な流れに直交して置かれた円柱の後ろに規則正しい交互に並んだ2列の渦列が形成されるもので、渦発生周波数と物体の固有振動数が一致すると 共振し振動の原因となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

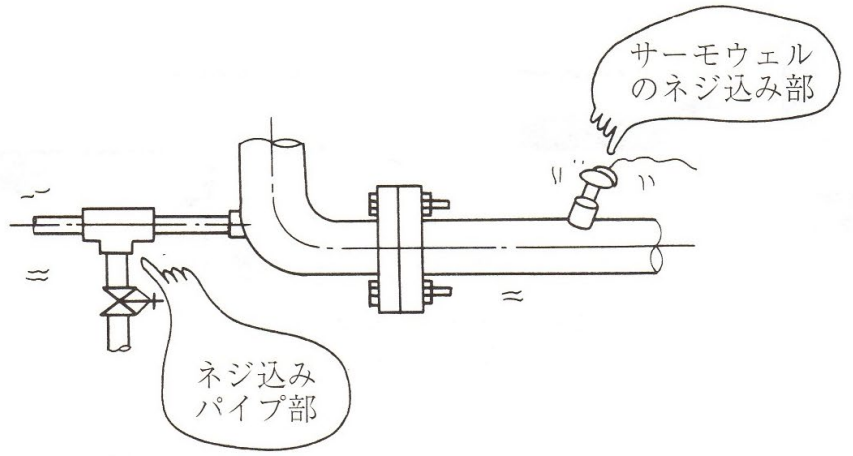
- **1) 接触摩耗**



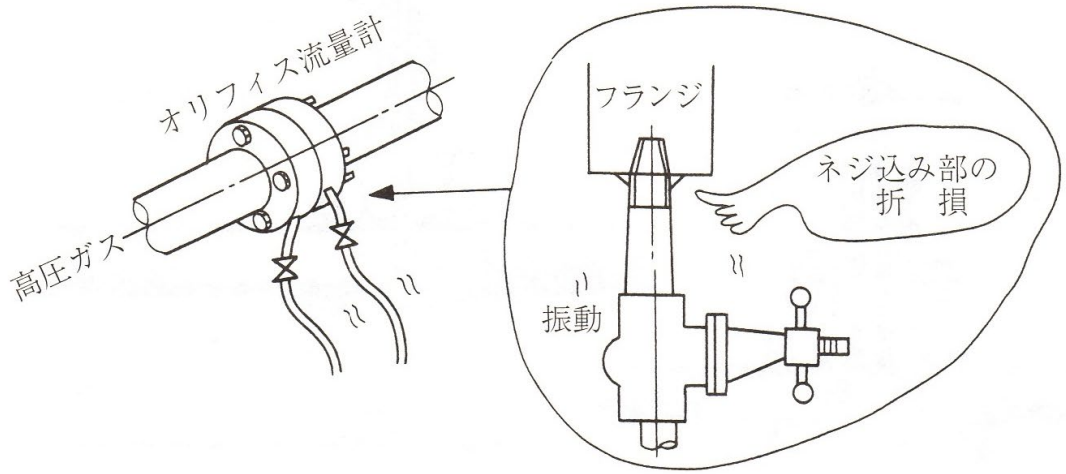
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **2) ねじの折損**

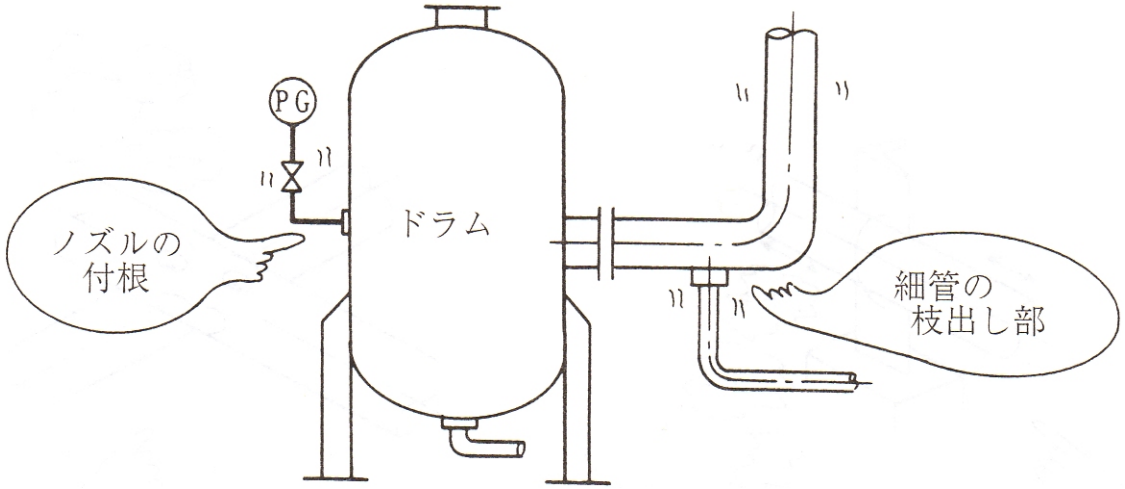


振動から漏れに至った例



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 3) 疲労折損、応力腐食割れ



(c) 腐食･劣化しやすい箇所

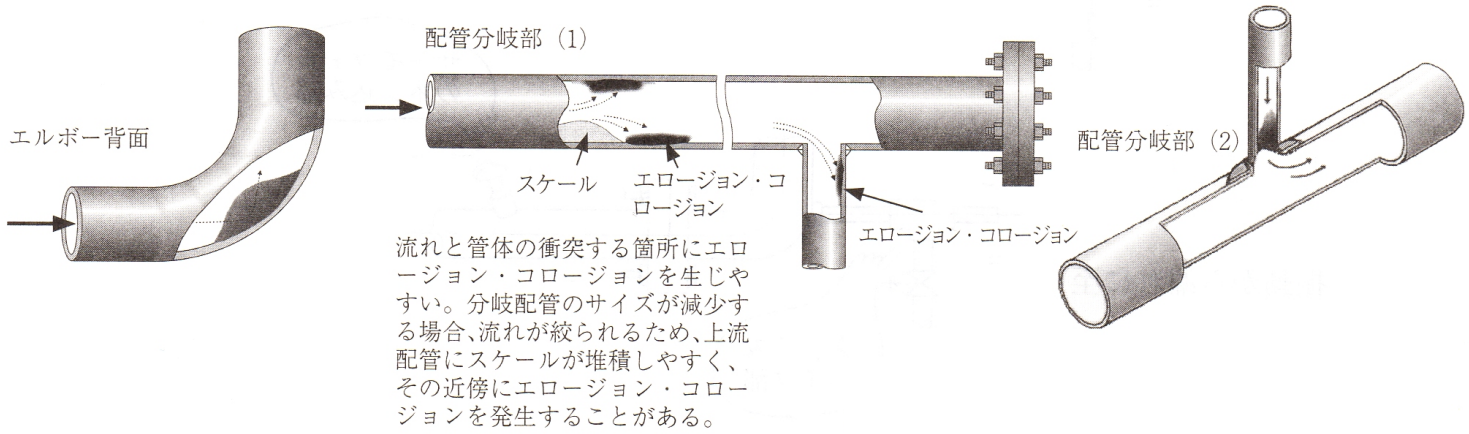
1) 流れの変わる箇所

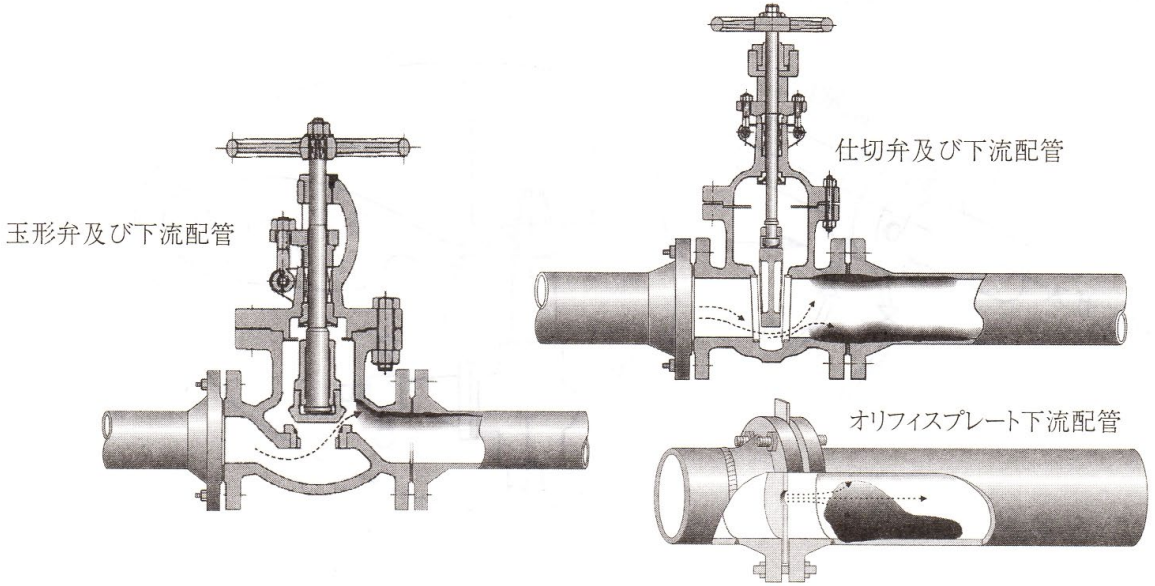
- ヘッダから分岐されるパイプ、エルボおよびその下流配管など流れの変わる箇所（乱流が生じやすい箇所や、流速が速くなる箇所）などでは、エロージョンによる漏えいの可能性がある。
- 特に、内部流体に腐食性物質がある場合には、エロージョン･コロージョンが促進され
- また、加熱炉などでは、炭化物が付着し温度上昇することでクリープ損傷を起こす可能性がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp98)

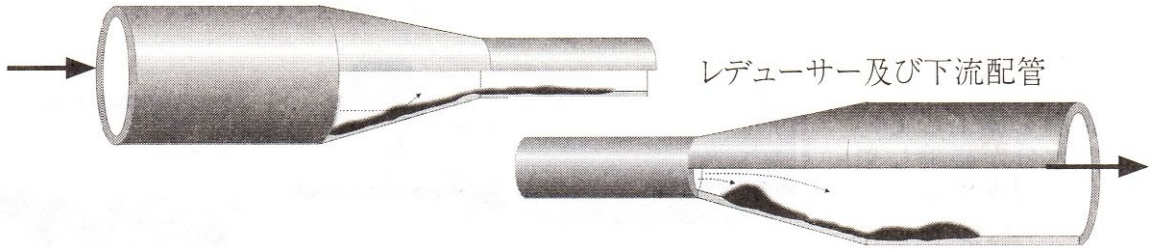




高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

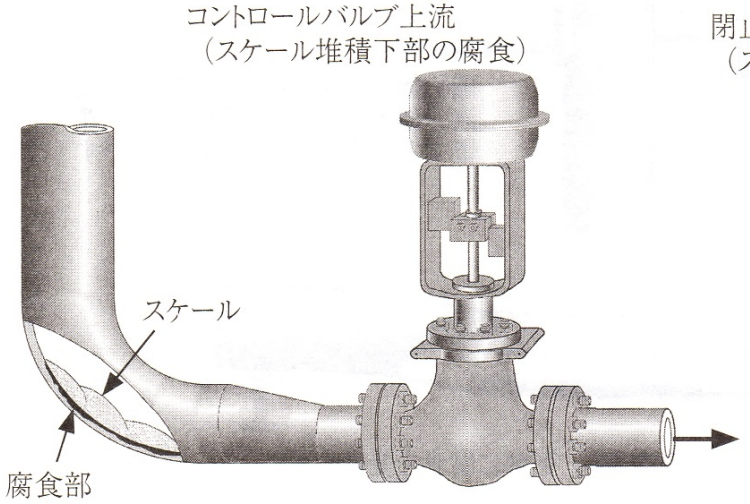
3．保安係員のための設備管理

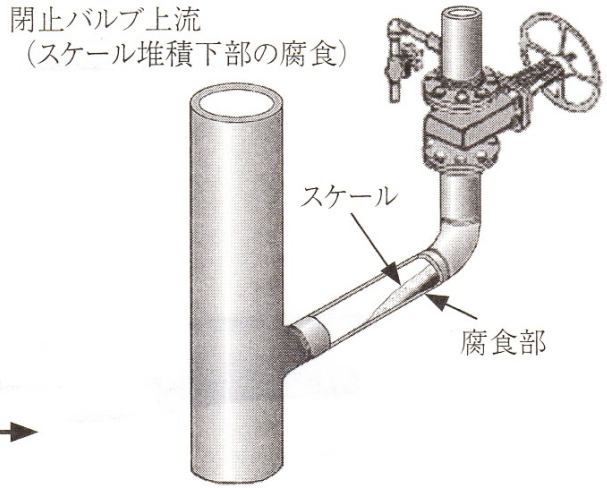
(テキストp98～p99)



2) 流れの滞留しやすい箇所

- ドレン抜き、分岐管、バルブ下流など比較的流れが遅くなったり、滞留しやすい箇所では、内部流体に腐食性物質が存在すると、濃縮や通気差などにより、腐食が発生する可能性がある。

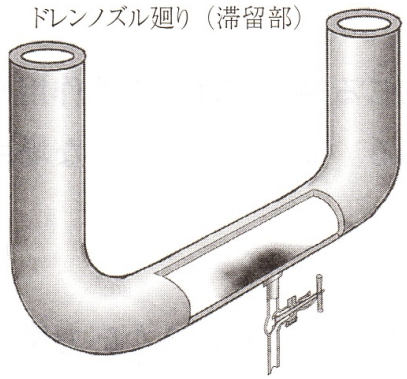


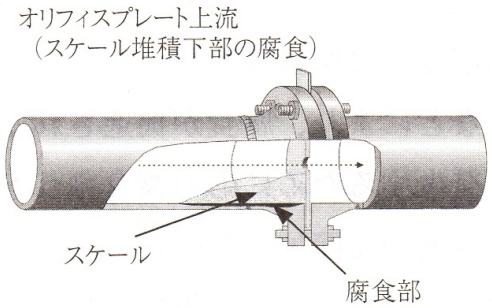


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

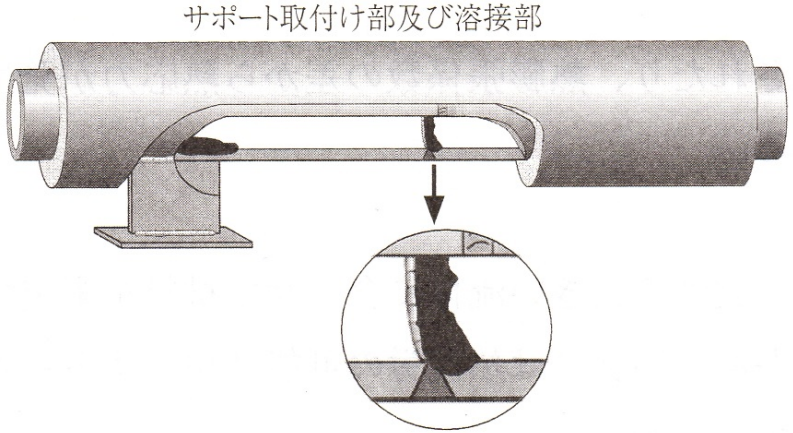
(テキストp99)





3) 相変化の生じる箇所

- 内部流体が反応や蒸発などにより相変化の生じる箇所では、腐食性物質の凝縮などにより腐食が発生する可能性がある。



サポート取付け部はフィン効果による局部冷却により、腐食が促進する。

また、溶接部は、裏波ビードの形状により、流れが乱れ、局部的な初期凝縮部となりやすい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

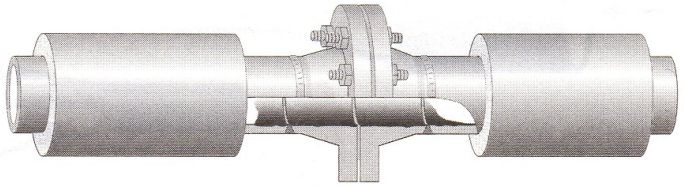
3．保安係員のための設備管理

(テキストp100)

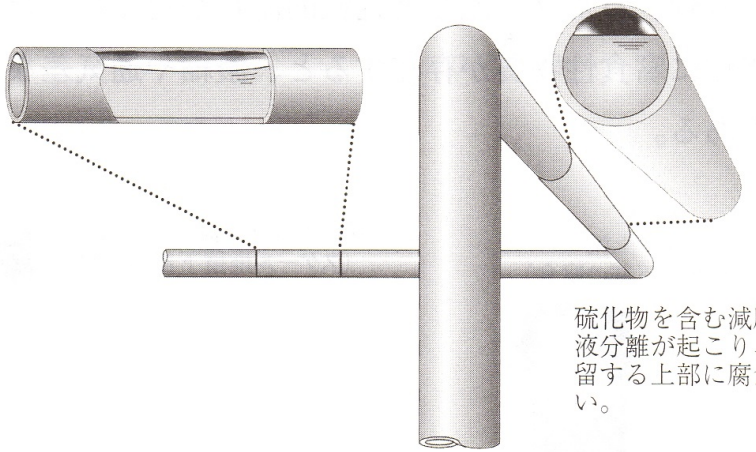
151

保温を施工していない部位

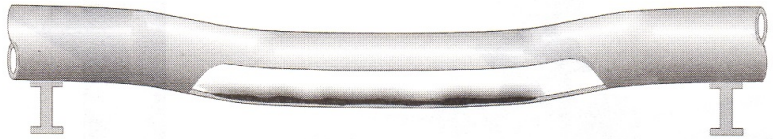
局部的に保温を施工していない部分で水分が凝縮しやすく、腐食が促進する。



（ベーパーゾーンの腐食）



硫化物を含む減圧配管等で、気液分離が起こり、硫化水素が滞留する上部に腐食が発生しやすい。



長い導管のたわみ部分にドレンが滞留し、下部に腐食を受けやすい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

4) 温度差の生じる箇所

- 内部流体に腐食性物質が存在し、温度差が生じる箇所では、電池作用や流れの不均一などにより、腐食が促進される可能性がある。
- なお、このような場所では熱応力も発生するために応力腐食割れも生じやすい。

5) 強度の冷間加工を受けた箇所および溶接部

- 強い冷間加工による組織変化により耐食性が低下したり、また応力腐食割れが原因となって漏れることがある。
- 特に、炭素鋼、低合金鋼ではアルカリ性溶液、炭酸水、硫化水素、液体アンモニアなどが、またオーステナイト系ステンレス鋼では、塩化物イオン、ポリチオン酸溶液、アルカリ性溶液、高温水蒸気などが応力腐食割れの原因となる。

6) 異種金属の接触

- 電位差のため腐食が促進されたり、熱膨張係数の差から熱応力が発生して熱疲労などが発生する可能性がある。

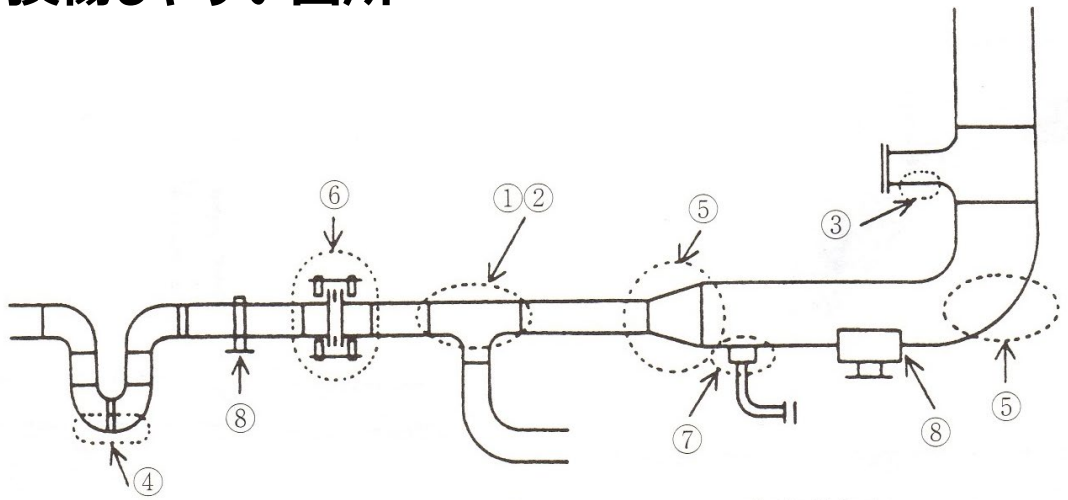
7) 異種流体の混合部

- 異種流体の混合部では、腐食性の大きい流体に合わせて材料を選定する必要があり、各流体に温度差がある場合には熱疲労の可能性が考えられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp100～p101)

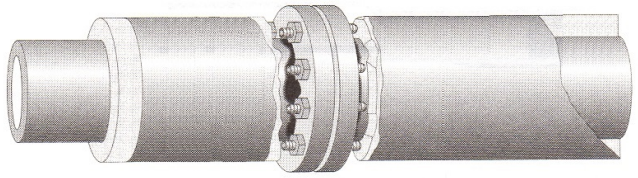
8) 配管の劣化･損傷しやすい箇所



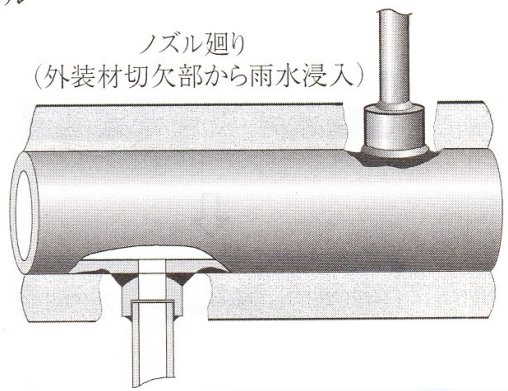
①流体合流部　②流体分流部　③デッドエンド　④液滞留部
⑤流速流路の変化部　⑥シール部　⑦ノズル部　⑧溶接部 & HAZ 部

配管劣化・損傷部位のモデル

フランジ部（外装材端部から雨水浸入）



ノズル廻り
（外装材切欠部から雨水浸入）

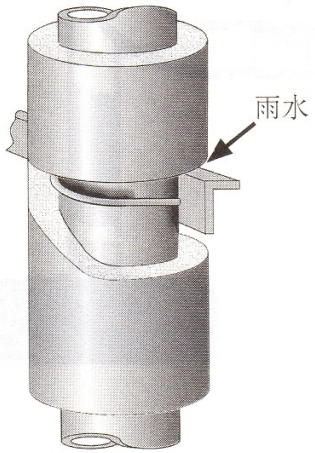


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

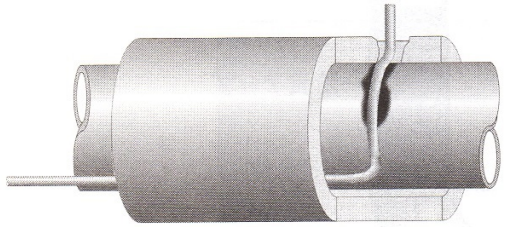
3．保安係員のための設備管理

(テキストp101)

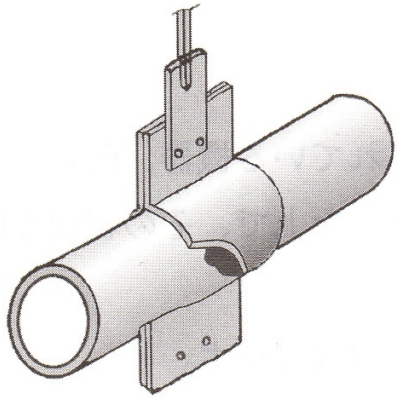
サポート取付け部
（外装材切欠部から雨水浸入）



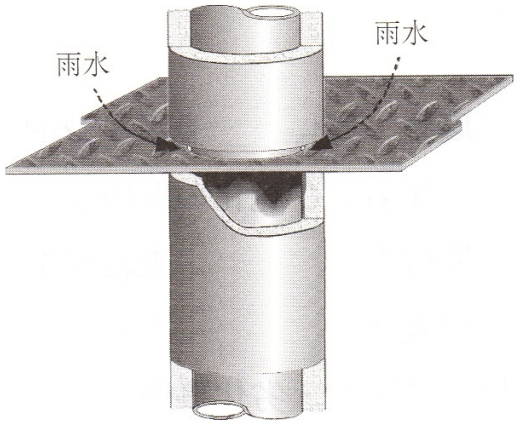
抱線入口出口
（外装材切欠部から雨水浸入）



ハンガーサポート部



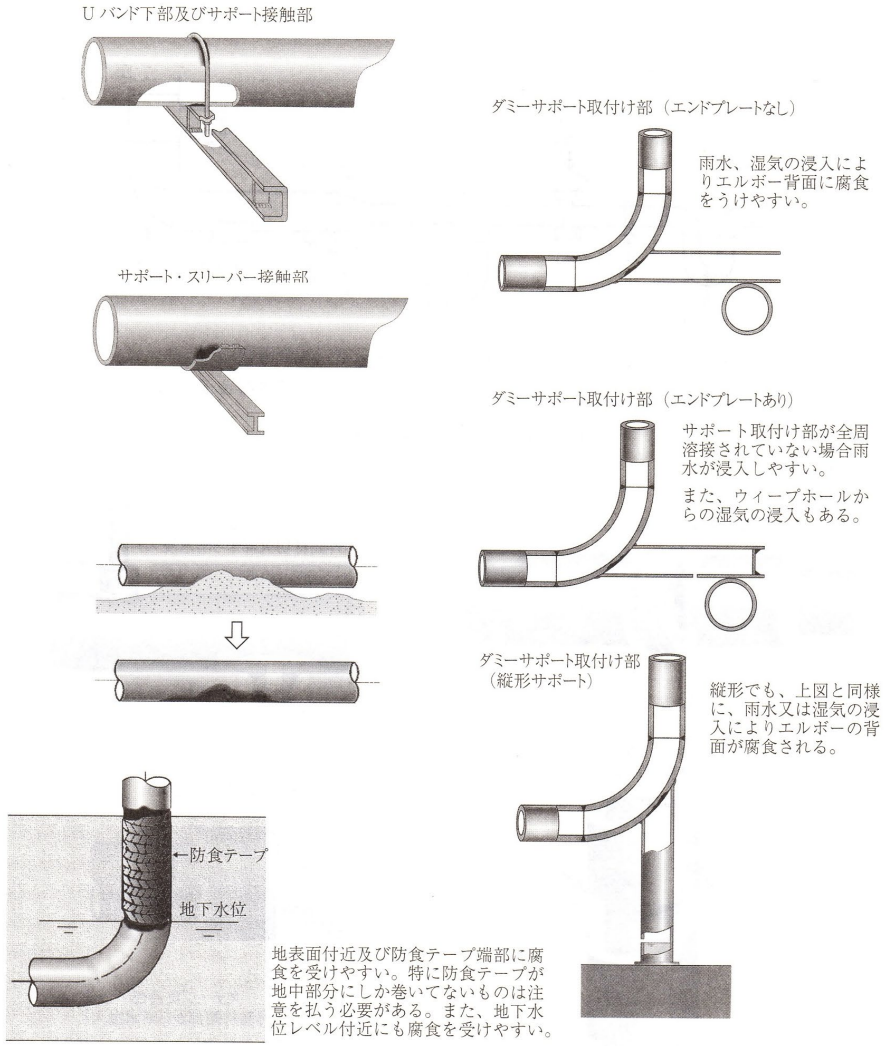
ステージ貫通部
（外装材端部から雨水浸入）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp102)



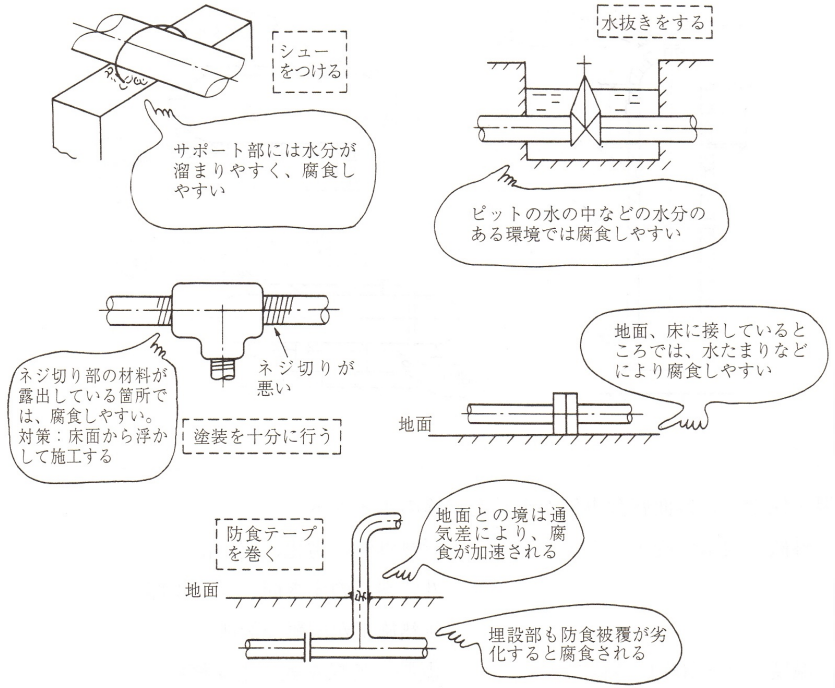
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp102～p103)

(d) 腐食･劣化の点検ポイント

- ✓ 劣化および脆化の要因がある条件で使用されている機器、配管については、特に定期検査での劣化検査結果を運転側でも把握した上で、その状況を踏まえた運転上の配慮と点検の視点が重要である。
- ✓ 以下に腐食･劣化事例の多い箇所の点検箇所の例を示す。

1) 配管の外面腐食

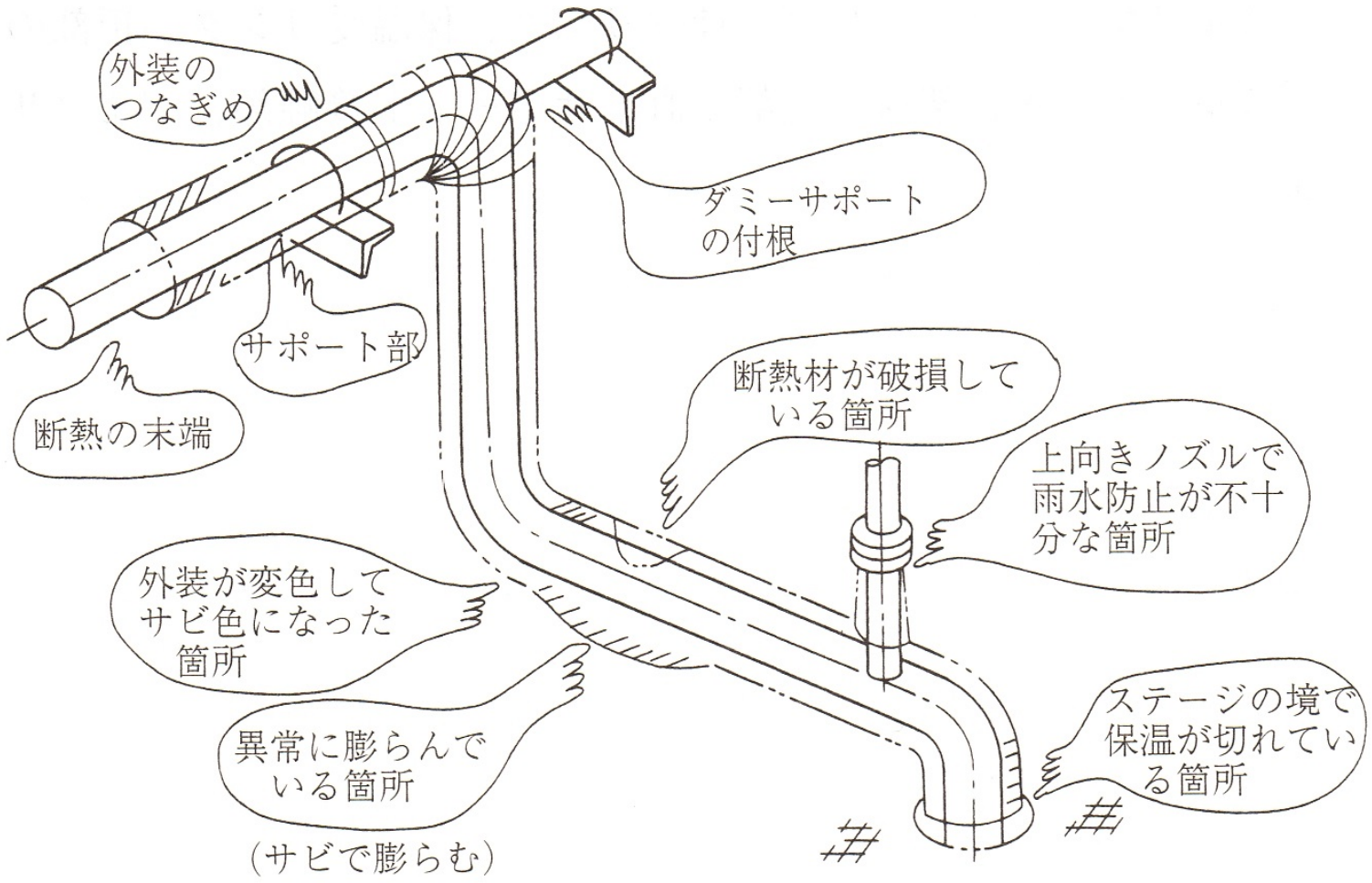


高圧ガス保安協会 The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp103)

2) 保温･保冷下の腐食

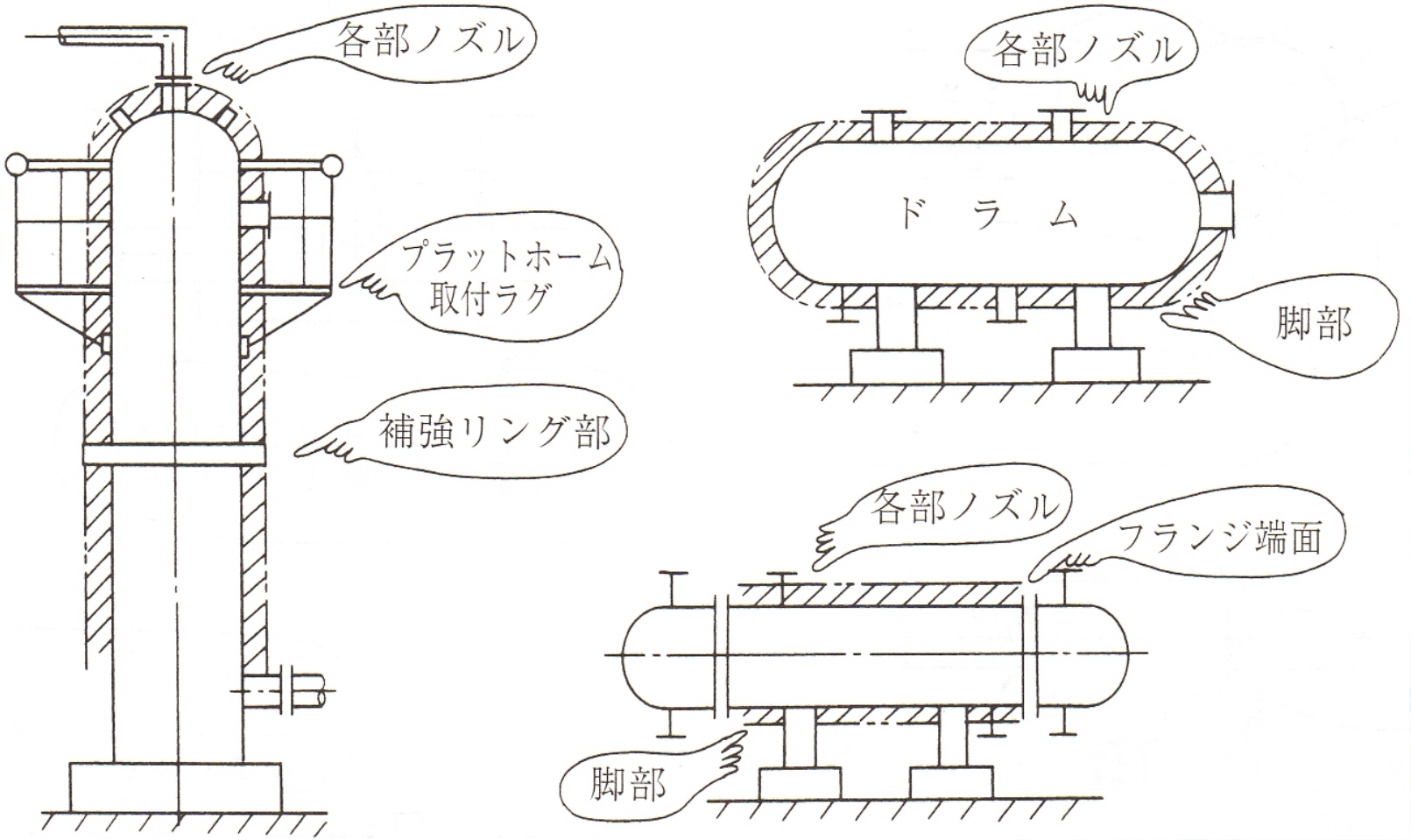
① 配管



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

② 塔、ドラム、熱交換器など



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp104)

159

保温・保冷下の外面腐食事例から見た点検のポイント

1. 外観：**雨水の浸入しやすい箇所**
   - 断熱外装の劣化、開口部
   - 外装端部のすき間、シール部
   - 断熱施工が困難な箇所
2. 温度：**0～100 ℃の範囲**
   - 湿潤・乾燥を繰り返す箇所
   - 間欠運転を行う箇所
   - 冬場だけスチームを通気する箇所
3. 構造：**雨水溜まり、結露しやすい箇所**

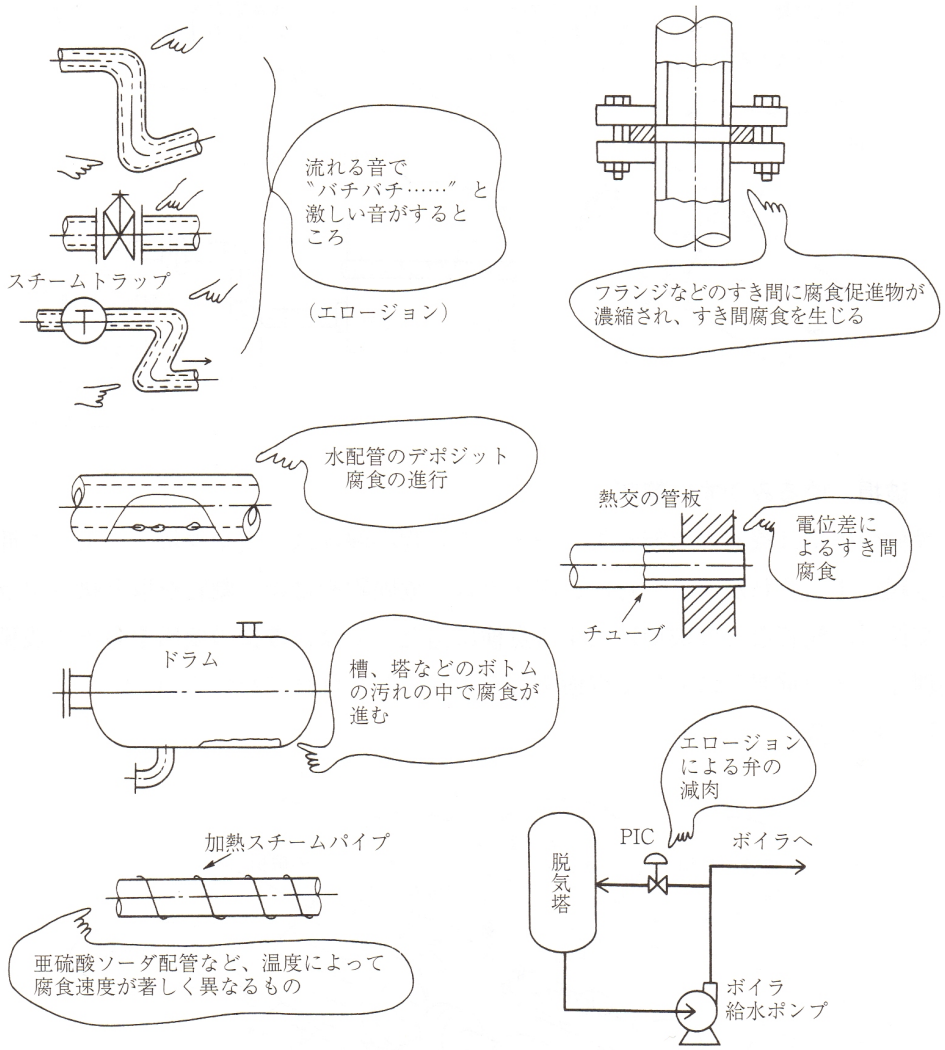
   ノズルリブ、サポートリブ、補強リング、保温受リング、頂部の突起物、
   ノズル、デッキ、架構貫通部、直下サポート上接触部、パイプサポート内部

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

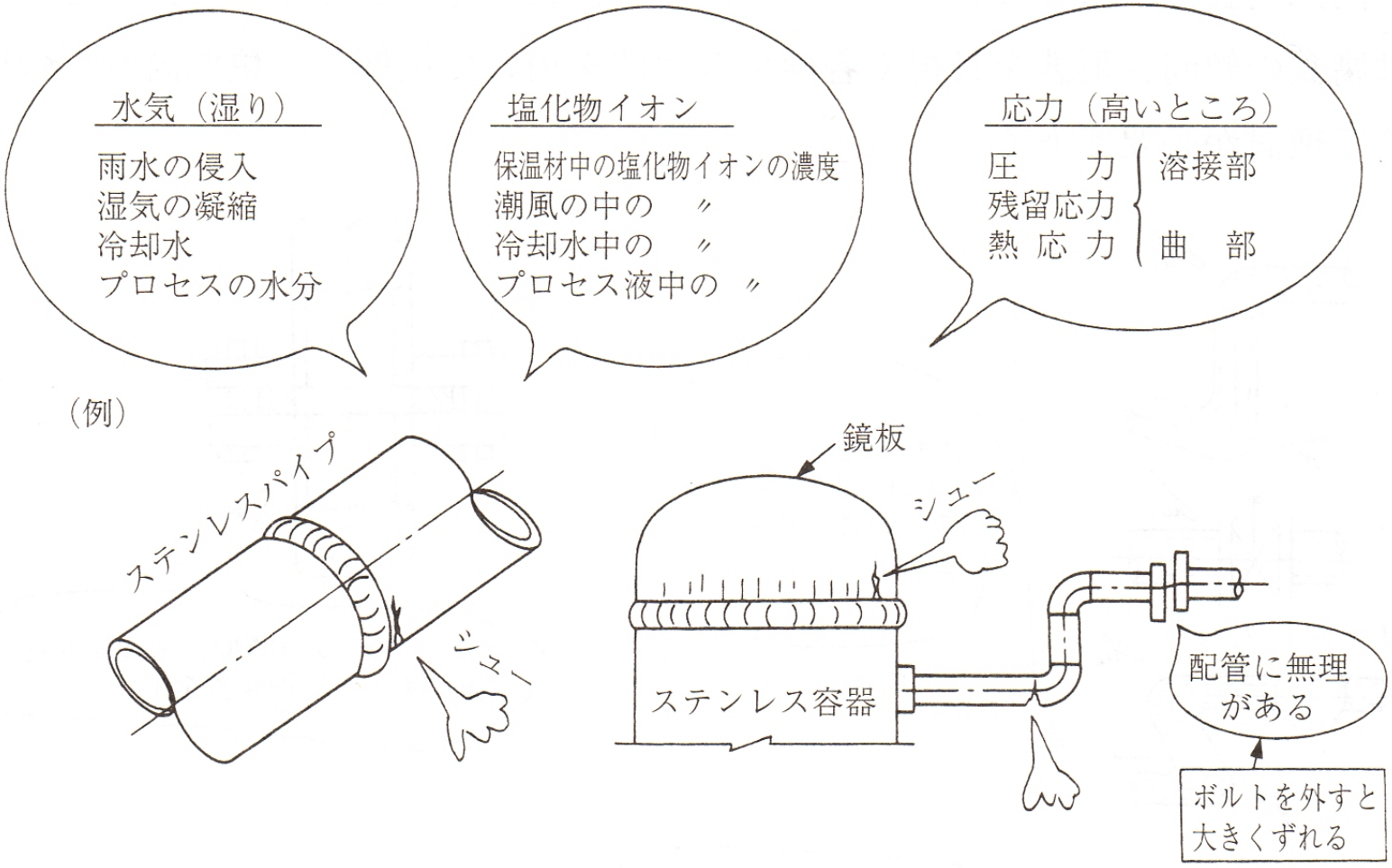
3) 内部腐食

- 内部腐食は、微量成分を含む内部流体の性状、運転条件をよく把握し、開放時には腐食の傾向、形態を目視や各種検査手法を用いて把握し、類似箇所への展開も含めて検討が必要。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4) ステンレス鋼の割れ（応力腐食割れ（SCC））



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

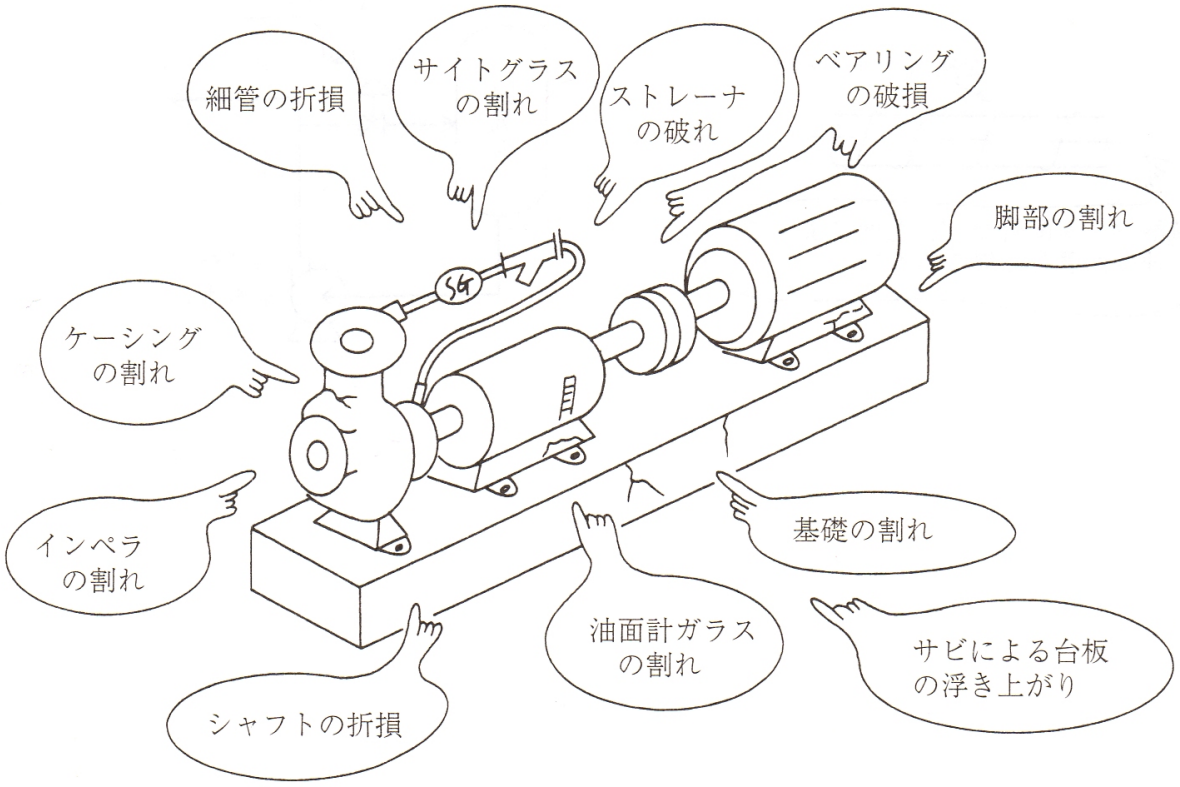
(テキストp106)

(e) 破損、ゆるみやすい箇所

- ✓ 設備の破損は機器の機能を失う一方、内容物の漏れは、安全環境上の大きな問題を引き起こすおそれがある。
- ✓ 特に、高圧ガス、危険物や毒物、劇物を取り扱うドラム、熱交換器、配管などの破損に関する点検に当たっては、破損の要因を各々の設備毎に整理し、その重要度に応じて点検を行うようにしなければならない。

1) 回転機

- ● ここでは、ポンプの場合について、破損しやすい箇所を示したが、これらの破損は次の異常へと波及することが考えられる。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp107)

163

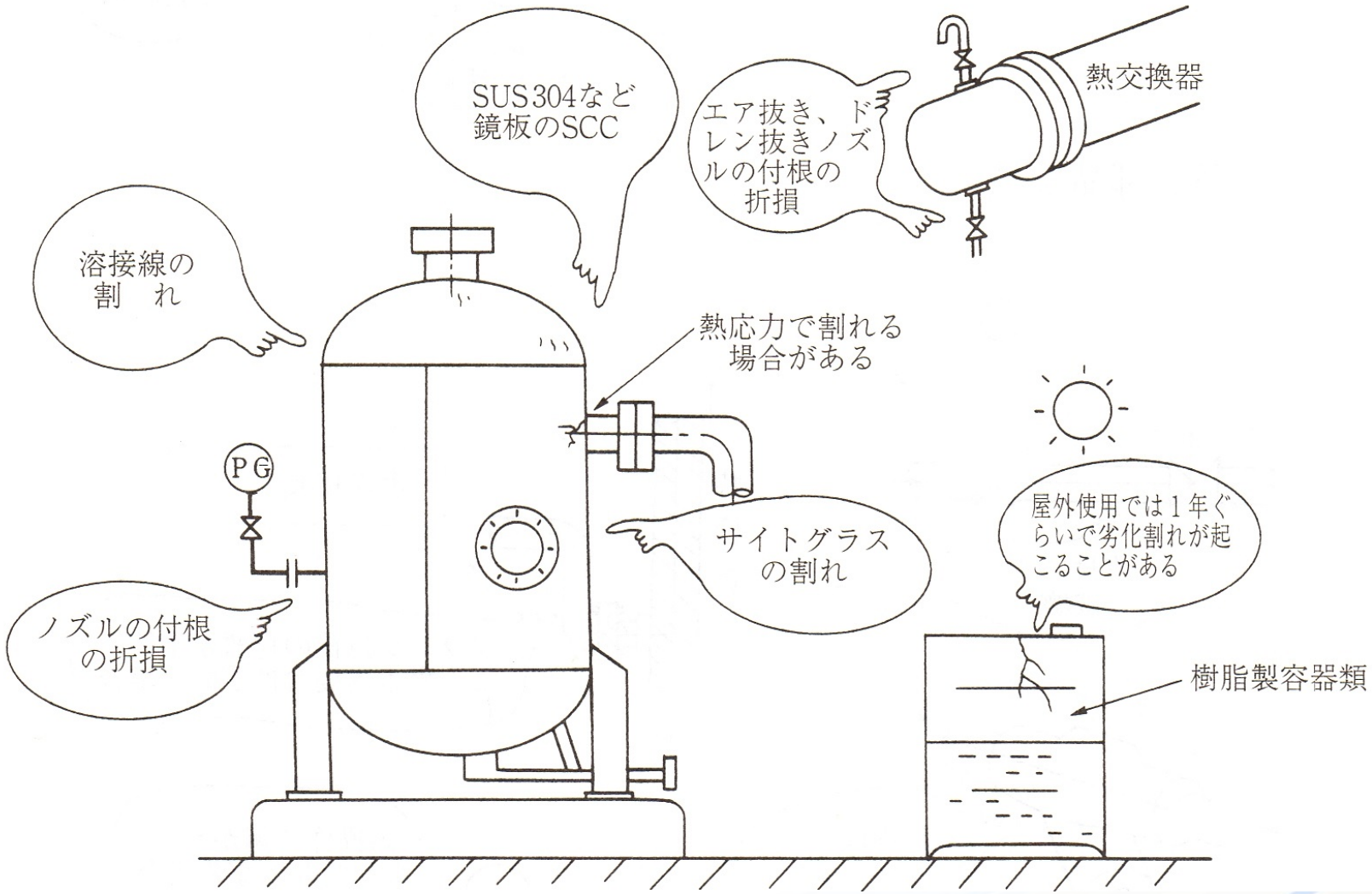
① サイトグラスが割れると、外部に液が噴出する。
② 細管が折損すると、外部に液が噴出する。
③ ケーシングが割れると、外部に液が噴出する。
④ ストレーナの破れはメカニカルシールの破損や漏れとなる。
⑤ ベアリングの破損はメカニカルシールの破損や漏れとなる。
⑥ インペラの割れは異常振動の発生になる。
⑦ シャフトの折損は異常振動の発生になる。
⑧ 油面計ガラスの割れはベアリングの焼付きになる。
⑨ 基礎の割れはアライメントの狂いになる。
⑩ 台板の浮き上がりはアライメントの狂いになる。
⑪ 脚部の割れはアライメントの狂いになる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp107)

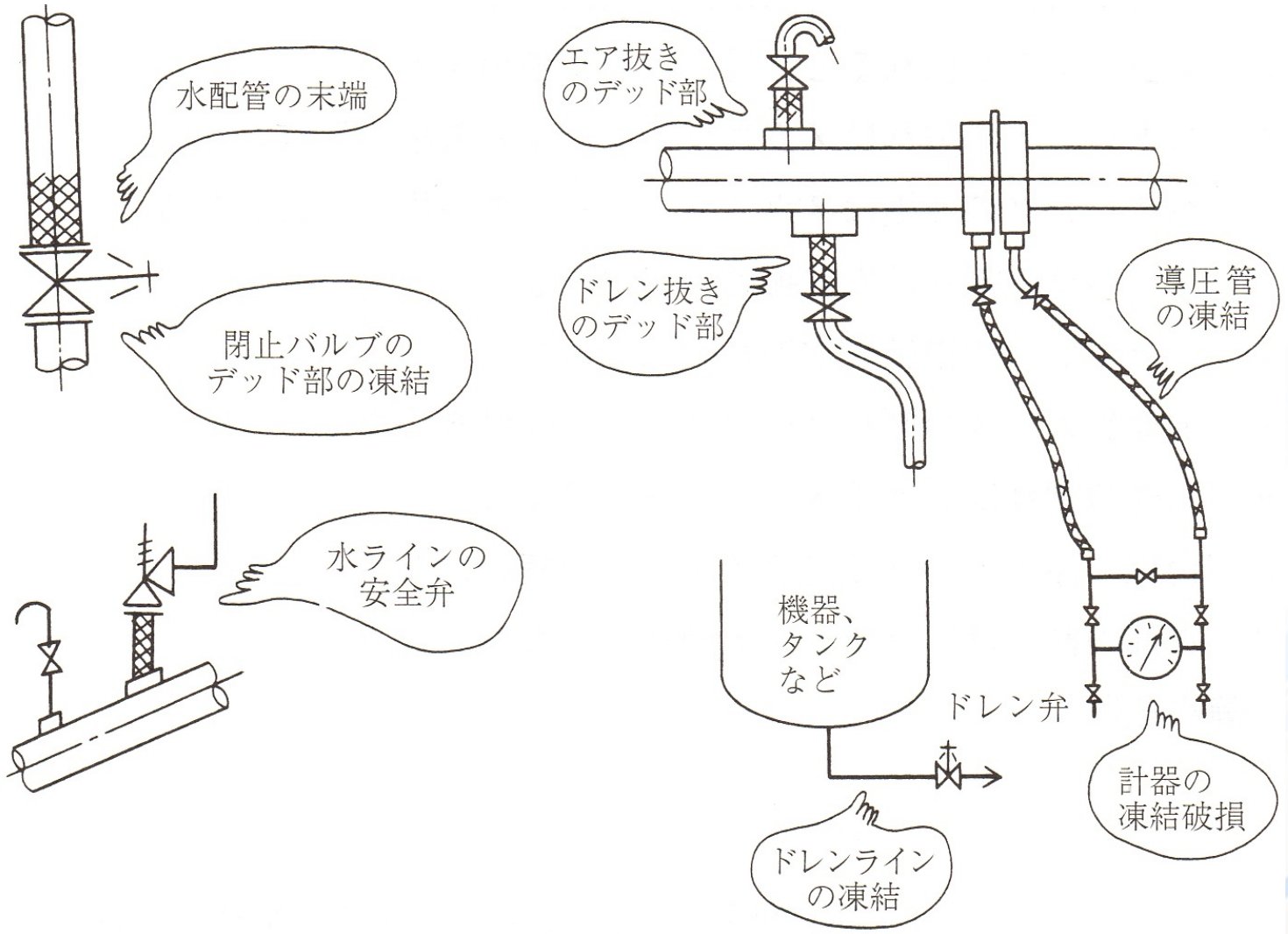
2) 静止機器



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

3．保安係員のための設備管理

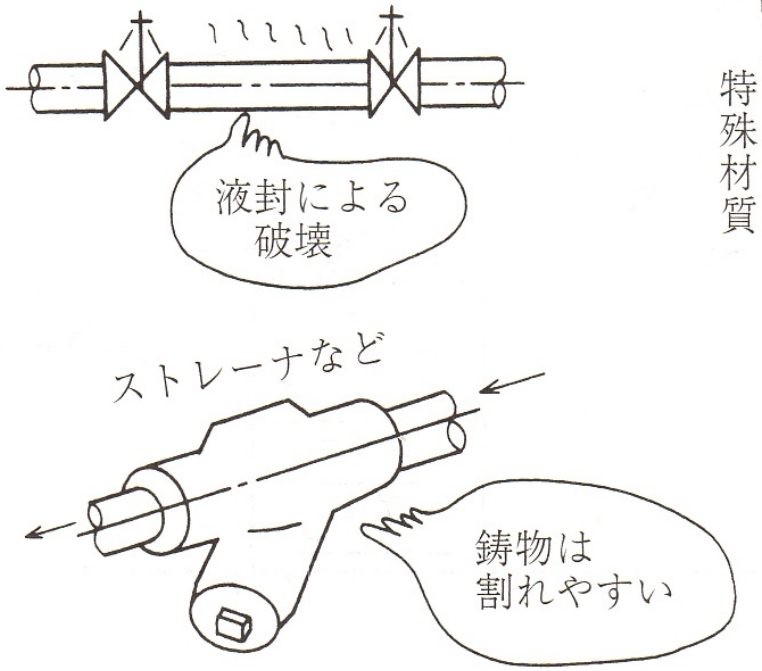
3) 凍結による破壊

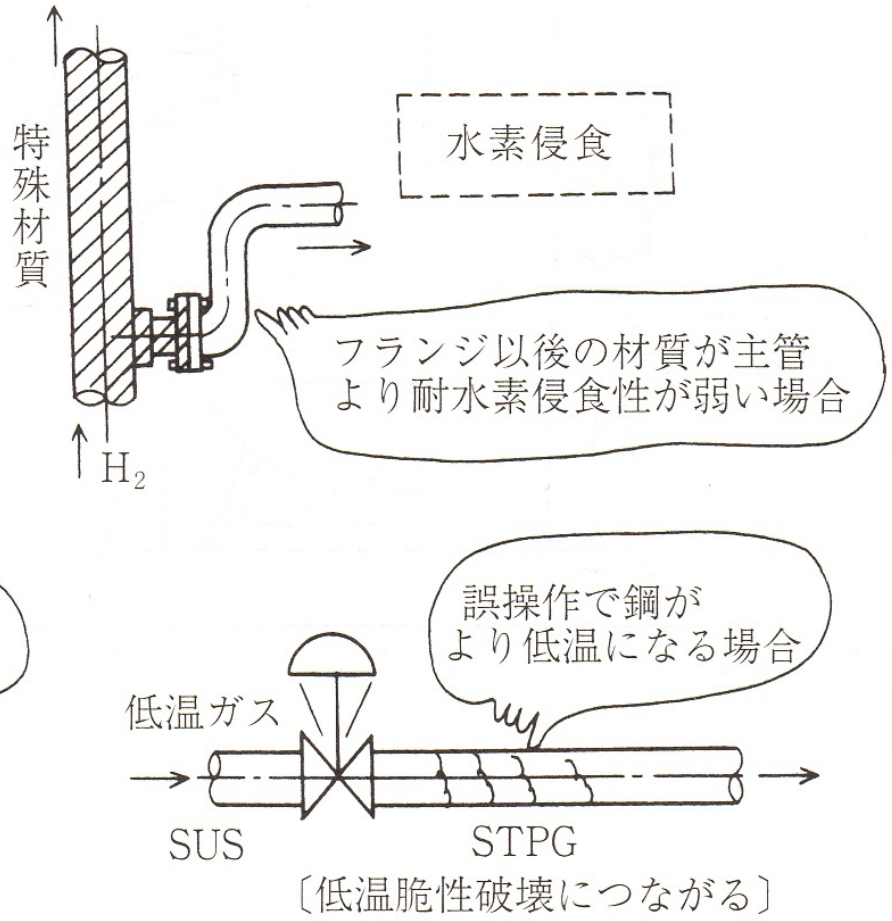


Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

4) 配管、部品など

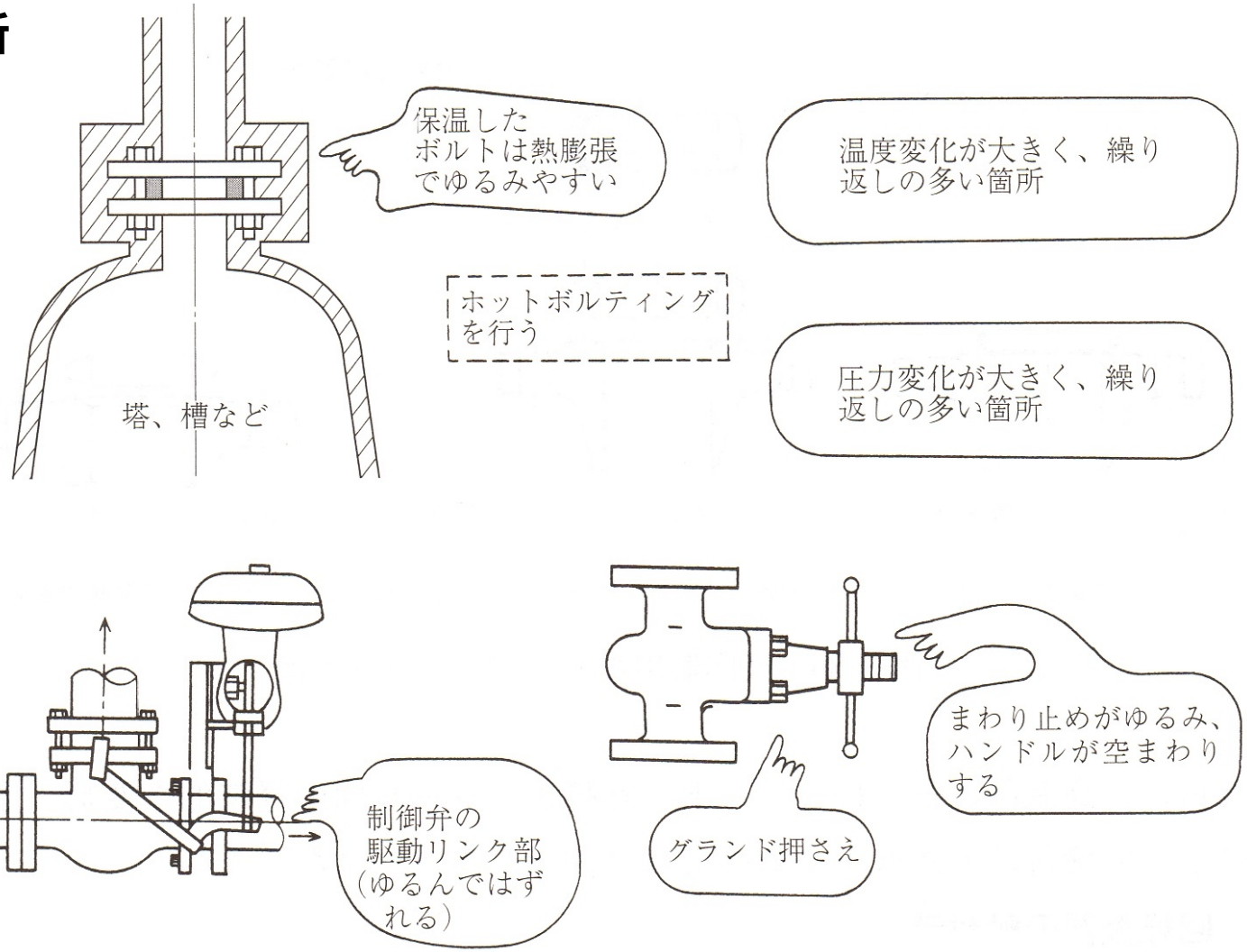




高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

5) ゆるみやすい箇所



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp109～p110)

- **(f) 特殊継手および大口径継手**
  - ✓ 高圧の容器や配管フランジには次のようなメタルガスケットが多く使われている。
    図3.34、図3.35
    - デルタリング、リングジョイント、コーンリング、レンズリング
    - これらの継手は、わずかなシール面の傷や片締めおよび温度変化の影響などを受けやすい。
  - ✓ 自己緊密式ガスケットシールでは、運転圧力が作用して必要なシール面圧を確保するため、所定圧力以下では漏れる場合があるので注意しなければならない。
  - ✓ また、機器本体などの大口径フランジは、シール面の加工精度不良や経時的な変形が生じやすく、ボルト径も一般に大きくなるため、締付け力の不足や不均一が起こりやすいので漏えいに注意する必要がある。
  - ✓ さらに、高温部の継手は、ボルトの熱膨張、シール面の経時的な変形、温度変化などによって締付け力が低下するので特に注意しなければならない。

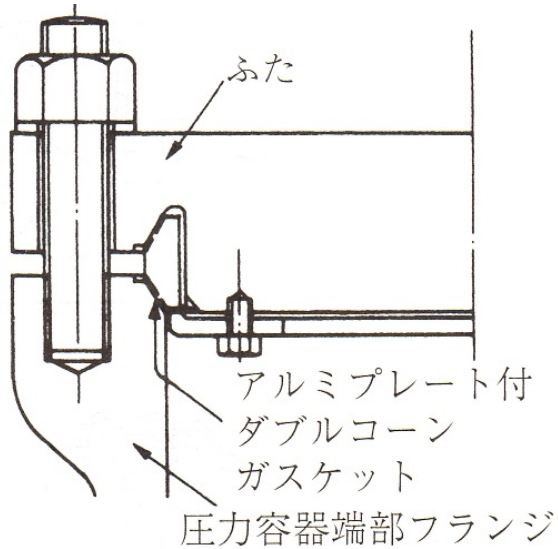
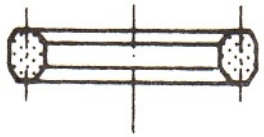
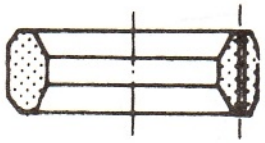


図 3.34　高温高圧合成塔のふた部詳細

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

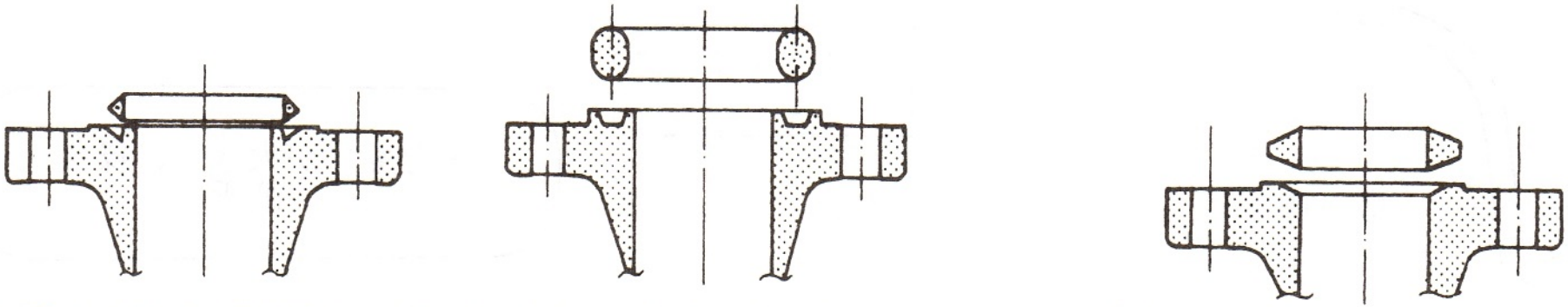


（オクタゴナル型）



（API　RX 自己緊密型）

（オーバル型）



（a）デルタリングガスケット　（b）リングジョイントガスケット　（c）レンズリングガスケット

（注）　デルタリング、レンズリング、API RX リングジョイントガスケットは自己緊密型である。

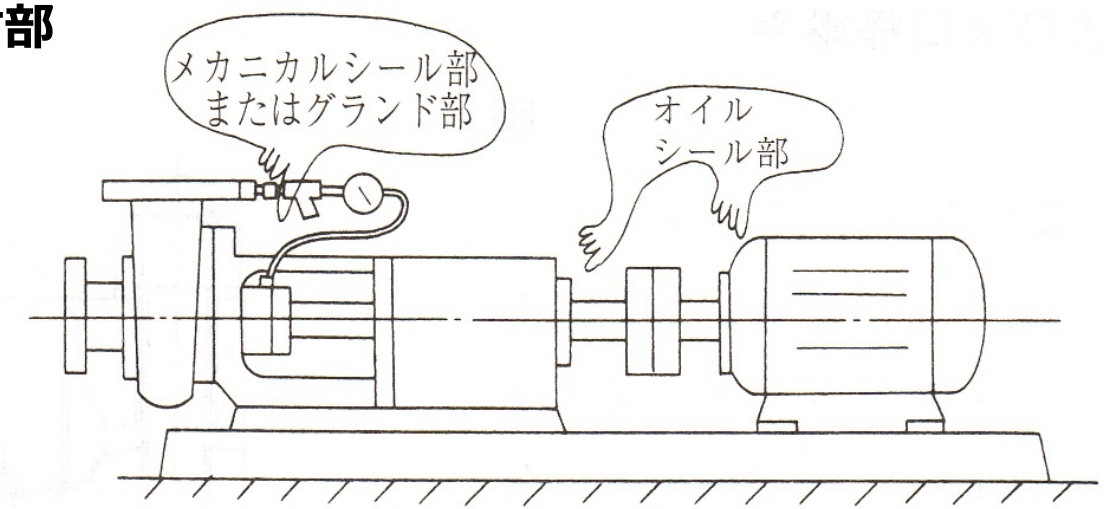
図 3.35　反応器用などのガスケットの例

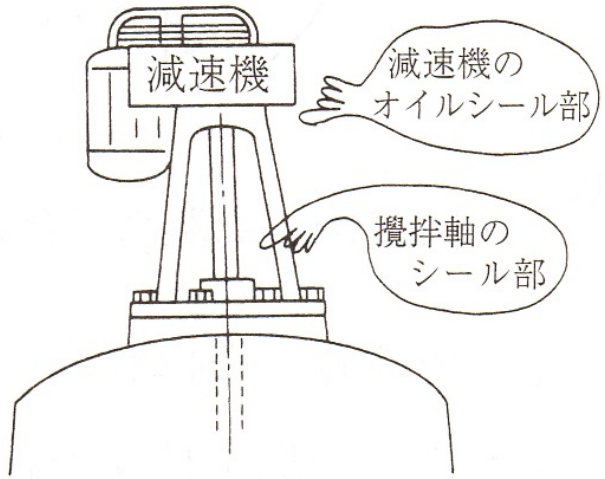
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

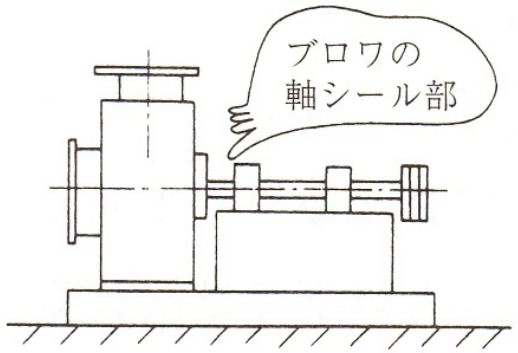
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(g) 回転機器の軸封部**







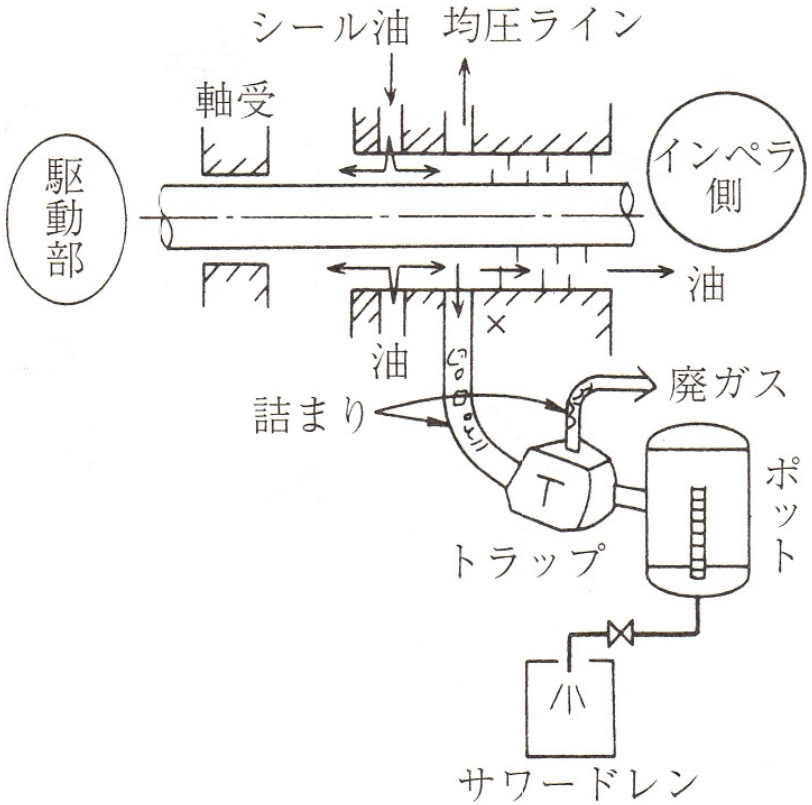
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

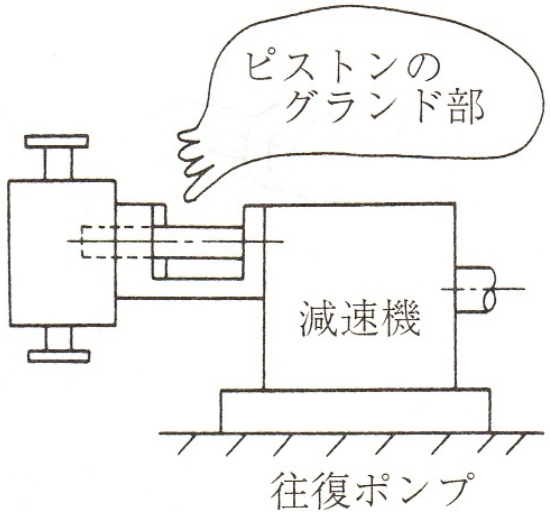
3．保安係員のための設備管理

(テキストp110)

171

シール部の機構（略図）





☆遠心圧縮機のオイルフィルムシールは、サワーオイルでチェックする。

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

(テキストp111)

3.2.4　ガス漏えいの早期発見

- ガスの漏えい防止は、可燃性ガスや毒性ガス漏えい時に発生するおそれがある災害を防止する上で最も有効、かつ、確実な手段である。
- 不幸にしてガスの漏えいがあったとしても、これを早期に発見できていれば、二次災害の拡大を最小限に止めることができる。

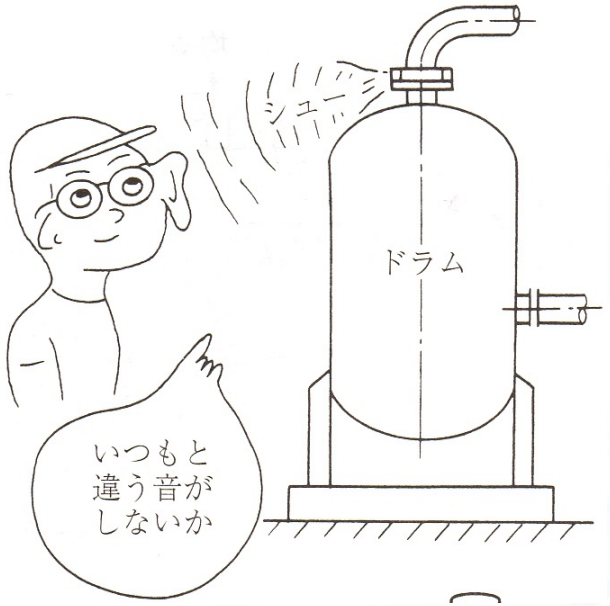
（１）ガス漏えいの早期発見の手段と工夫

- 異常の早期発見には五感を活用：視覚、聴覚、臭覚、味覚、触覚
- 多くのガス種では味覚は対象にならないので、異常状態を判断する手段の三原則といわれる、「見る、触れる、聞く」が主になる。
  - **「見る」**　：外観目視点検など
  - **「触れる」**：直接手で触れて振動、温度などの変化を知ること
  - **「聞く」**　：振動音などの異常音を耳で聴き分けること
- 以上の三原則のほかに、着臭または有臭のガスでは「かぐ」ことによって、異常状態の判断を行うことができる。
- 運転中の従業者の五感などで異常を察知することには限度があり、定期検査での各種検査手法を用いた点検、ガス漏えい検知器による連続監視が通常行われる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(a) 日常点検時の工夫**
  - ✓ ガス漏えいの早期発見は、運転員が設備の巡視点検の中で主に五感を働かせて行うもので、日常点検の中で最も重要な項目の１つである。
  - ✓ 人による点検は、時間的には点の監視であり連続監視ではない。
  - ✓ できるだけ巡視する人の各巡視時刻をずらして点検の回数を多くする工夫も必要である。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

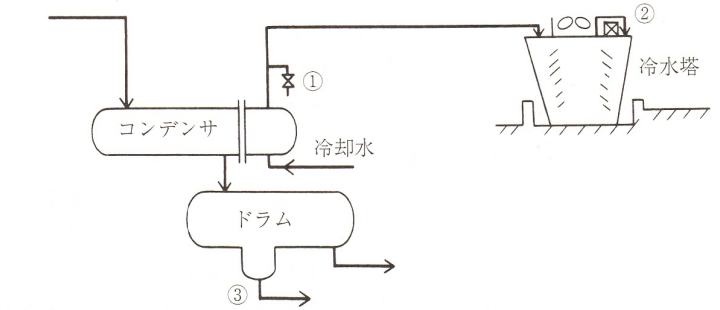
(テキストp112)

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

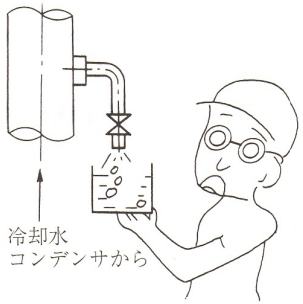
3．保安係員のための設備管理

(テキストp113)

コンデンサ冷却水における点検

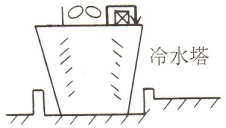


①シェル側の圧力が高い場合



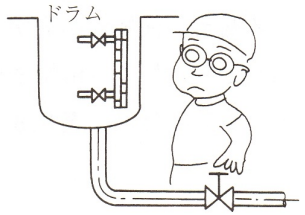
コンデンサ出口の冷却水をサンプリングして気泡が多いときはガス漏えい検知器で検知する

②シェル側の圧力が高い場合



冷却水または冷水塔ファンのガスをサンプリングしてガス漏えい検知器で検知する

③チューブ側の水圧が高い場合



ドラムのブーツに水がある場合、または通常より界面が高い場合、冷却水が漏れている可能性がある

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

(テキストp113～p114)

(b) プラントの立上げ、停止時の工夫

- ✓ プラントの立上げ時、停止時などにはガス漏えいを早く知ることが重要である。
- ✓ 早期発見の工夫例を**表3.7** に示す。

表3.7 プラント立上げ、停止時の異常早期発見工夫例

区分	内容
パトロール体制に関するもの	・パトロール頻度の増加 ・パトロール要員の増加 ・ガス漏れ発見専従者の配置 ・保安担当者によるパトロール ・直責任者によるパトロール

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp113～p114)

表3.7 プラント立上げ、停止時の異常早期発見工夫例（続き）

区分	内容
ガス検知器以外の発見方法	・pH 試験紙の使用 ・気密テスト(放置テスト、発泡液によるテスト) ・水素リークに対し、ステンレス金網の赤熱による検知 ・高温高圧フランジリークに対し、抵抗変化で検知 ・熱油ポンプリークに対し、温度センサで検知 ・音、臭いを重点的に ・低温ラインの霜付現象
ガス漏えい重点箇所	・回転機廻り ・フランジ(特に低温部、高温部、温度変化大なる部分)よ りの微少漏れに対し、保温部に小孔をあけ、フランジにテ ープをはり、小孔より検知など ・熱交換器廻り(特に、加熱蒸気側、冷却水側へのリーク) 蒸気の場合コンデンセートのドレン分析、冷却水に対して はガス分離ボックスでガス分析など ・コールドボックス内、圧力上昇測定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp113～p114)

表3.7 プラント立上げ、停止時の異常早期発見工夫例（続き）

区分	内容
その他	・総合ガス検知システムの採用(関係プラントと相互監視) ・立上げ前、立上げ後、リークチェック ・立上げ途中(温度または圧力の上昇途中)の段階的リーク チェック ・立上げ後1か月間重点箇所リークチェック ・安定するまで点検員のガス検知器携帯 ・立上げ停止チェックリストの完備

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp114～p115)

(c) ガス漏えい検知器による工夫

- ✓ 防災上の観点から、ガス漏えいの早期発見のためのガス漏えい検知器の充実は、最重要項目の１つである。
- ✓ センサの配置に当たっては、拡散性、ガスの相対密度（比重）、特定機器の重点化などを考慮して重点配備しなければならない。
- ✓ **表3.8** にガス漏えい検知器の重点配置例を示す。

表3.8 ガス漏えい検知器の重点配置例

区分	内容
拡散を考慮した配備	・風向を考慮して配置 ・あらゆる風向に対応できるよう均等配置 ・エリア内碁盤目に配置 ・実際に拡散テストをやって決定 ・着火源設備を配慮 ・重点設備に対し設置ピッチを 10 m ピッチ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp114～p115)

表3.8 ガス漏えい検知器の重点配置例（続き）

区分	内容
比重を考慮した配備	・重いガスに対してピット、側溝への配置 ・架構々造物に対して重点フロアに設置 ・軽いガスに対してベンチレータ近傍設置 ・水素に対してフランジ上部に設置 ・屋外設置の軽いガスは拡散するので設置しない
特定機器を重点化し重点配備	・回転機、反応器、貯蔵設備 ・毒性ガス取扱機器、加熱炉(着火源)周り、熱交換器、蒸 発器周り ・過去に漏えいした箇所、自動起動の回転機、制御弁など
建屋内機器を重点化し重点配備	・室内設置の回転機は機器ごとに配置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

表3.8 ガス漏えい検知器の重点配置例（続き）

区分	内容
その他	・熱交換器のチューブ破れを想定、水側(冷却塔、冷却水ピット、排水ピット)に設置 ・分析室、計器室、電気室内への設置 ・計器室などの内圧保持用空気取入口、加熱炉燃焼エアー吸入口に設置 ・配管ダクト、ケーブルダクト内に設置 ・壁面近傍に設置 ・隣接プラントからの流入検知用としてプラント周辺に設置

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp115)

3.3　高圧ガス設備の点検・検査

- 製造設備の機器は生き物であり、機器が工場内に据え付けられ、運転を開始すると同時に、腐食や摩耗などの劣化が始まる。
- 機能低下や陳腐化も始り、やがて所期の目的を達しなくなる。
- 保全管理は、運転管理部門と設備管理部門がそれぞれの立場から、最も効果的な取組みを目指して安全・安定運転の確保のため、運転中の設備の状態を的確につかむことがその原点である。
- したがって、運転員が生産のために毎日使用する設備の機能や構造を知り、設備を大切にすることによって、はじめて設備から生じる生産量、品質、コスト、安全、公害防止などについて満足することができる状態を確保することができる。
- 近年、設備年齢が長期化する傾向にあり、点検はさらに重要な要素となってきた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp115～p116)

3.3.1 運転中検査

- 運転中検査（OSI：On Stream Inspection）とは、運転を停止することなく設備の異常を検知および寿命予測を行い、設備の信頼性の向上を図るために実施する検査であり、**図3.36** のように日常検査と通常検査の２種類に大別される。
- **日常検査**： 主に五感を使った検査によって設備の異常を早期発見するもので、日頃から身近に設備に接している運転管理部門の日常パトロールで実施されることが多い。

  通常検査： 検査器具を用いて設備の状態を定量的に把握し、異常を検知するもので、一般に設備管理部門で実施される。
- 設備の連続運転が認められるようになり、運転中検査はますます重要な検査となっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp116)

184

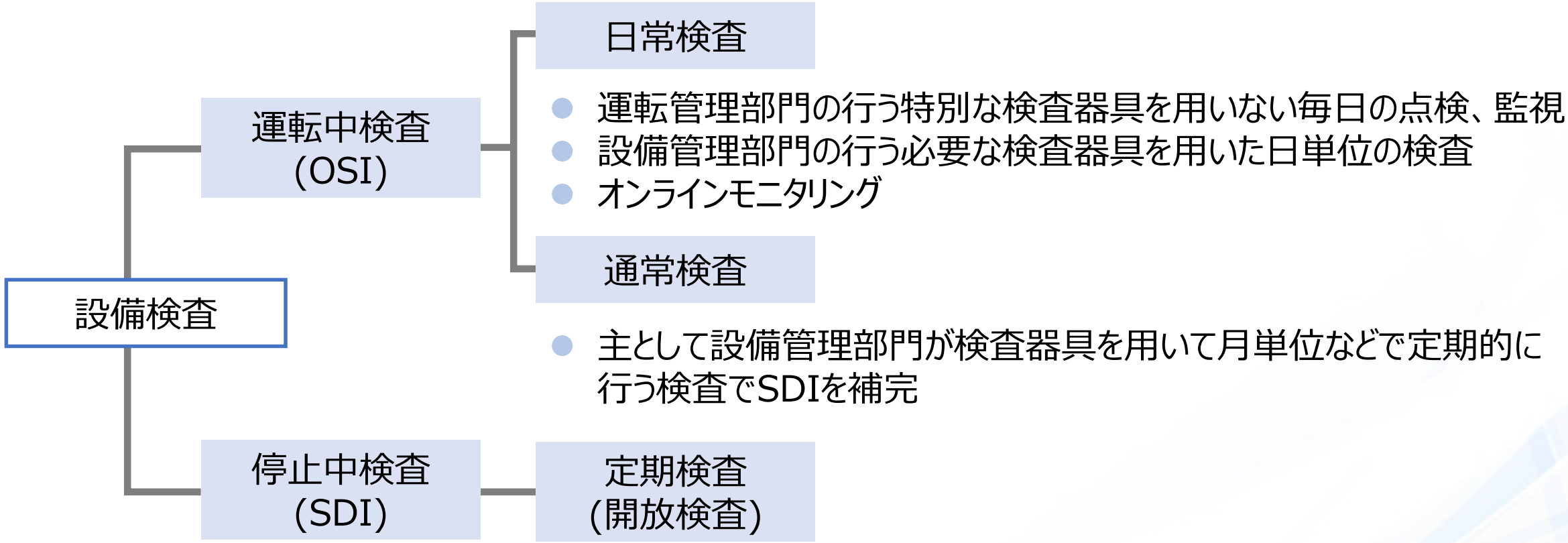


図 3.36 設備検査の体系図の一例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp116)

185

- 停止中検査（SDI：Shut Down Inspection）という、運転を停止して行う検査も設備検査の１つとしてある。
- 日常検査で異常兆候が確認された場合は、設備管理部門による精密診断などを実施し、補修要否、補修方法、補修時期を検討する。
- 異常の判断に対しては個人差が出やすいので、可能な限り定量的に判断することが必要。
- 検査結果活用のための設備管理システムを構築する必要がある。
- OSI を適用するに当たって、次のような技術的背景が整備され、その内容に精通していることが重要。
  ① 点検、検査要領
  ② 異常検知および予知技術
  ③ 欠陥監視技術
  ④ 非破壊検査および劣化診断技術
  ⑤ 技術情報管理

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp116)

186

- OSI の目指すところ：適切な検査を行うことにより、設備を常に安定な状態に維持すること。
- 設備重要度分類による管理
  - 膨大な量の機器の一律管理は困難でかつ無駄も多いため、
  - 設備ごとにの重要度に応じて、検査内容、検査周期、検査方法などを定め、重要ポイントについて抜けのない合理的な検査を実施する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp116～p117)

3.3.2 各設備の運転中検査

（１）往復圧縮機

- **取扱者に必要なこと**：構造・機能の確実な理解圧縮機正常運転状態の把握運転記録の整理分析による故障の有無把握
- さらに、圧縮機故障の早期発見と適切な処置により、事故を起こさないようにするために異常現象が、圧縮機の正常状態と比べて、どのような形で起きるかを取扱者がよく認識しておく必要がある。
- 主な異常現象を次に記述

(a) 各段ガス圧力の異常

- ✓ 多段圧縮機に規定圧力を示さない段があるとき、状況により異常発生部位の判定ができる。
- ✓ 多段圧縮機に規定圧力を示さない段があるとき、状況により異常発生部位の判定ができる。
  - **圧力低下**：その段の吸込み弁、吐出し弁の漏れ、ピストンリング摩耗、または前段冷却器の過冷などが原因
  - **圧力の上昇**：後段の吸込み弁、吐出し弁の漏れ、ピストンリング摩耗、その段の冷却器の能力低下、または管路抵抗増大などが原因

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp117)

- **(b) 各段ガス温度の異常**
  - ✓ 吸込み温度異常上昇：吸込弁ガス漏れによる逆流、前段冷却器性低下などで発生
  - ✓ 吐出し温度異常上昇：吐出弁ガス漏れによる逆流、圧力比増加などで発生
- **(c) 異音**
  - ✓ 往復圧縮機は、正常な運転状態でも、部品の組合せに伴う機械特有の音を出しながら運転を続けているもので、いずれかに異常が発生すれば、異音または作動音の変化が生じる。
  - ✓ **異音発生原因**
    - クランクシャフト、クロスヘッド、コネクチングロッドなどの締付け部のゆるみ、軸受部のすき間増大などがあると、フレームに反響音又は異常作動音が聞こえる。
      この異常音がフレーム内に反響することもあるので、慎重に調査することが必要。
    - 吸込み弁、吐出し弁の弁板やスプリング破損、弁板気密不良による吹き抜け、弁押しボルトゆるみによる弁の踊り、シリンダ弁組付部の気密不良などによるガス吹抜けにより、弁室内に異音が反響したり、異常作動音が発生する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 冷却器、水油分離器または配管内で、物を叩くような音がすることがあるが、内部部品のゆるみ、異物混入、気柱振動などにより、異音が反響して聞こえることなどが原因

- **(d) 異常振動**
  - ✓ **異常振動原因**
    - 各部のゆるみによる振動のほかに、往復圧縮機は、「吸込み → 圧縮 → 吐出し」のサイクルにより、必ず圧力の脈動が発生し、この脈動により機械的な気柱振動が発生し、配管系にも影響を与えることがある。
      この脈動を抑制するため、スナッバなどが設置される。
    - 各部のゆるみ、配管サポートのゆるみなどで、その固有振動数が変化し、脈動周波数に近付くと、機械的共振を引き起こし異常振動の原因となる。
    - 圧縮ガスの温度、圧力、組成などの変動に伴って、ガス密度や流量が変わり脈動周波数が変化することによって、配管系の気柱固有振動数に近づき気柱振動を引き起こすことがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

- **(e) 吐出し量（吸込み量）低下（能力低下）**
  - ✓ 吸込み弁、吐出し弁の破損漏れ、ピストンリング漏れ、組立不良によるピストンクリアランス増大による体積効率の低下、または冷却器能力低下やチャンネルカバー内のショートパス、シリンダ冷却不良などによって圧縮機の能力が低下する。
  - ✓ これらは、各段のガス温度、圧力をモリエル線図などで求めた理論値と運転値を比較することにより、原因を推定することができる。
- **(f) 空気圧縮機の異常**
  - **1) 吐出しガス温度の上昇**
    - 吐出しガス温度は、潤滑油の劣化や発火と密接な関係があり、特に、150 ℃ 以上になると潤滑油の酸化は急激に進行する。
    - また、潤滑油中には鉄や銅が存在したり、堆積したカーボンが混入すると、自然発火温度が下がり、発火の危険性があるので、吐出しガス温度は低く抑えなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp118～p119)

191

- 以下に吐出しガス温度の上昇防止の主な注意点を列挙する。
  - ① 圧力比をできるだけ低くする。
    吐出しガス温度は、圧力比に関係する。
  - ② フィルタの目詰まりを防ぐ。
    空気吸込み口フィルタの目詰まりによって吸込み空気量が減少すると、その分だけ圧力比が高くなって吐出しガス温度が上昇する。
  - ③ 吸込み空気温度をできるだけ低く抑える。
    吐出しガス温度は吸込みガス温度の上昇以上に高くなるので、吸込み空気温度をできるだけ低く抑えるのは防災上有効である。
  - ④ シリンダの冷却を確実に行う。
    シリンダジャケットの冷却水が流れないと断熱圧縮に近づくので吐出し温度上昇の原因となる。
  - ⑤ 吸込み弁、吐出し弁の作動不良を防ぐ。
    吸込み弁あるいは吐出し弁が異常を起こすと圧縮した空気が吸込み弁、吐出し弁から逆流し再圧縮を起こし、吐出しガス温度の異常上昇を招く。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp118～p119)

- **2) 吐出し配管系内への油分の付着、堆積**
  - 圧縮機シリンダの潤滑油、吐出し系のアキュムレータ作動油などが吐出し配管内や付帯機器内に少しずつ付着、滞留すると、高温で吐き出される圧縮空気により酸化、劣化し、オイルカーボンとなって堆積する。
  - このような堆積した油分は、発火温度が低く、高温の圧縮空気などにより発火する危険性が高いので注意しなければならない。
  - 以下に、油分の付着、堆積を防ぐ上での主な注意点を列挙する。
    ① 吐出し配管系内を定期的に点検、清掃する。
    ② 設備は、点検、清掃しやすい構造、油溜まりのない構造とする。
    ③ 温度計を設置し吐出しガス温度の異常上昇を監視する。
    ④ できれば空気系と油を隔離する構造が望ましい。
- **3) 断熱圧縮**
  - 吐出し配管系での弁操作において、弁前後の圧力差が大きいとき急激に弁操作を行うと、断熱圧縮を起こし、異常高温となるので避けなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(g) 潤滑油系の異常

- ✓ 圧縮機などの回転機器の潤滑油系は、しゅう動部を円滑に作動させる最も重要な要素であり、**表3.9** に潤滑油に関連する代表的な故障と対策を示す。

表3.9 圧縮機の異常現象と原因と対策(潤滑油に関するもの)[12)]

異常現象	原因	対策
油圧が低い	クランクケース油量不足	油を追加
	オイルストレーナの目詰まり	清掃
	吸込み部オイル配管の詰まり	清掃
	オイルポンプの能力低下	分解点検
	オイルの粘度低下	油を交換、油分析
	リリーフ弁の作動、漏れ	分解点検
	エアー吸込み	リークテスト
	軸受すき間増大	分解点検、油中金属分析

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp119～p120)

表3.9 圧縮機の異常現象と原因と対策(潤滑油に関するもの)[12)]（続き）

異常現象	原因	対策
油圧が高い	オイル配管の詰まり	清掃
	潤滑油の粘度が高い、劣化	適正な粘度のものを使用、油分析
	軸受すき間過小	分解点検
シリンダ注油器の作動不足	注油器内油量不足	油を追加
	注油器内吸込口の詰まり	清掃
油温が異常に高い	潤滑油の粘度が高すぎる、または低すぎる	適正な粘度のものを使用、油分析
	クランクケース油量不足	油を追加
	油の劣化	油を交換、油分析
	軸受またはしゅう動部の焼付き	分解点検
	軸受すき間過小	分解点検
	冷却器汚れ、能力低下	清掃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp119～p120)

表3.9 圧縮機の異常現象と原因と対策(潤滑油に関するもの)[12)]（続き）

異常現象	原因	対策
シリンダ温度が異常に高い	吐出しバルブなどにカーボン付着	清掃(カーボン付着の項参照)
	シリンダの給油量不足	注油量調整
吐出しガス温度が異常に高い	シリンダの給油量不足	注油量調整
	吐出しバルブなどにカーボン付着	清掃
クーラ吐出しガス温度が異常に高かったり、連続的に衝撃音がある	カーボンが詰まり熱交換不良	清掃
	バルブシート面にカーボンが多量に付着	清掃
	冷却水側の汚れ、詰まり	清掃

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp119～p120)

表3.9 圧縮機の異常現象と原因と対策(潤滑油に関するもの)[12)]（続き）

異常現象	原因	対策
吐出しバルブ、バルブシート、吐出し集合管、アフタクーラにカーボン多量に付着	潤滑油の性能不足	高品質圧縮機油を使う
	シリンダ注油量が多すぎる	注油量調整
	吐出しガス温度が高すぎる	冷却水系統の見直し、各部の清掃
アンローダ作動不良	アンローダ圧力調整弁へのガム状物質の堆積	高品質圧縮機油を使う

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(2) 遠心圧縮機

(a) 運転中の留意点

- ✓ しゅう動部が少ないので、連続運転中に運転条件の変化がなければ、安定した運転が可能。
- ✓ 運転条件を変化させるときには、特性曲線と危険回転数に留意して操作を行うことが重要。
- ✓ 定期的開放点検は、特に腐食性の激しいガスや汚れのひどいガスを取り扱う場合を除き、全装置停止時に、同時に行う程度でよい。
- ✓ 高速回転機であるため、日常運転において記録の採取とその分析を行い、異常の早期発見と予寿命予測により、突発的停止が起こらないよう管理することが重要。

(b) 異常現象

1) 振動

- 高速回転での運転のため、特に振動に注意が必要。
- 過大振動の場合、軸封部分の接触破損によるガス漏れ発生、軸受損傷、回転体損傷などの大事故を発生することになるので、原因を確かめ適切な処置を施すことが必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp119, p121)

198

- 振動発生の主な原因と対策は次のとおり。

① 回転体のアンバランス

- **アンバランスの原因**：ⓐ製作時の残留アンバランス、ⓑ油、ごみ、タールなどの付着、ⓒ締付け部（ねじ、リベット、溶接など）のゆるみ、ⓓ腐食や摩耗など
- **対策**：状況を的確に把握し、回転体の点検、清掃を行うとともに、必要に応じて羽根車の補修または交換および動釣合試験を行う。

② 軸受の特性不適当

- 平軸受と軸との間隔が適正でなかったり、軸受の摩耗で軸との間隔が増大すると、振動を起こすことがあり、また軸受の形状、給油圧力、給油孔の位置などでオイルホイップを起こし、振動を生じることがある。
- **対策**：軸系の危険回転数の分析による適切な軸受選定、定期的な軸受間隙の調整整備、適切な潤滑を行うことが重要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp121)

199

③ ラビリンスと回転体との接触

- ラビリンスと軸の間隙は非常に小さいので、接触によって局部的な発熱を生じ、回転体が変形して振動を起こすことがある。
- 対策：定期点検と間隙調整が必要。

④ サージング状態で運転している場合

- 吐出し側の抵抗が大きくなり風量が減少すると圧力変動が発生する不安定な運転状態（サージング）が生じ振動が発生し、この状態で運転を続けていると、軸受や羽根車の破損を招き、重大事故を起こすことになる。
- **対策**：ミニマムフロー弁の設定値の確認、風量の増加、吸込み弁を絞るなどが必要。

⑤ 据付けまたは芯出し不良

- 軸継手の芯出し不良による振動は、回転体のアンバランス振動と同じような振動になる。
- **対策**：機械の据付け水平度と芯出しが基準値内になるように調整し、高温になる蒸気タービンなどは、常温から運転状態まで軸心が大きく変化するので運転状態を考慮してオフセットをつけておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp121)

200

⑥ 基礎の不良

- 据付け面の腐食、基礎の沈下、基礎ボルトのゆるみ、基礎の割れなどにより振動が生じることがある。

2) 性能低下

- 羽根車が腐食性ガス、汚れたガス又はガス中のドレンなどにより腐食や摩耗を生じたり、油、スケール、タールなどが付着したりすると、徐々に性能が低下する。
- **対策**：原因を確かめそれぞれに適切な処置を行う。

3) 軸封装置からのガス漏れ

- ラビリンスシール、カーボンシールと軸との接触、メカニカルシールの損傷、オイルフィルムシールのフィルム損傷などの軸封装置の損傷により、ガス漏れを生じることがあり、ガスの種類によりガス中毒、爆発、火災などの大事故につながる恐れもある。
- **対策**：日常点検を確実に行い、異常が発見されたらすみやかに補修などの処置をとる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp121～p122)

(2) ポンプ

- トラブルはプラント稼働初期に起こることが多い。
- **初期トラブル原因**：設計ミス（構造、材質など）や設計条件と実際の運転条件が合致していないことが多い。
- ポンプを無事故で長時間連続運転させるために、起動、停止の手順、操作、構造などを熟知し、チェックリストによる点検、異常現象の早期発見に努めることが重要。

(a) 渦巻ポンプ

1) 始動時の注意事項

① 軸受の潤滑油レベル、グリース充てん状況を確認し、必要により補給する。
② 吸込み弁を開放し、吐出し弁を全閉にしておく。
③ 低温液化ガスポンプの場合には、ポンプ本体の予冷を行う。
④ ポンプの吸込み管に液が充満していることを確認し、フート弁の作動不良などの不具合があれば修理する。
⑤ 圧力計が締切り圧を示し、異常な音、振動がないことを確認し、規定回転数に達してから、吐出し弁を徐々に開き、圧力計がハンチングする場合はガス抜きする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

2) 運転中の注意事項

① 軸受温度の異常の有無と潤滑状況を確認する。

② 軸封部からの漏れがないか、異常な発熱がないか確認し、必要なときは、シール液や潤滑油、冷却液などの調整をする。

③ 異常音や異常振動が起きたときは、キャビテーション、サージング、空気の吸込みなど異常の原因を確かめ、必要なときは、ポンプを停止して処置する。

④ 吐出し量、圧力計、電流計などの異常の有無を確認し、必要な処置を施す。

3) 停止時の注意事項

① 吐出し弁を全閉してからスイッチを切る。

② 長期間停止時には、ポンプ内の液体を抜いておく。

(b) 軸流ポンプ

✓ 吐出し量ゼロのときに所要動力が最大になることを考慮し、ポンプの特性を十分理解して、始動、停止の作業を行うことが必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp122～p123)

(c) 往復ポンプ

✓ 特に注意しなければならない事項は次のとおり。

① 始動時にグランドパッキンの締込み程度を確認する。

② 始動時にガス抜きを実施し、特に蒸発しやすい液体、低温液化ガスなどを取り扱う場合は入念に実施し、必要により予冷する。

③ 水撃作用防止のため、管系の弁操作は慎重に行う。

④ 運転中の圧力の振れ、管系の振動、騒音など水撃作用の有無を確認する。

1) 停止時の注意事項

⑤ 吐出し弁を全閉してからスイッチを切る。

⑥ 長期間停止時には、ポンプ内の液体を抜いておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp123)

（4）塔、槽、熱交換器

(a) 日常点検項目

- ✓ 塔槽類は使用目的や条件により、多種多様の形式や構造があり、点検方法も画一的ではないが、一般的な日常点検項目は次のとおり。
  - ① 基礎のき裂などの異常の有無
  - ② アンカーボルト、ナットのゆるみ、腐食の有無
  - ③ 本体表面の腐食の有無（保温、保冷材および外装板の状況）
  - ④ 本体フランジ、マンホール、ノズルなどの継手部からの漏えいの有無
  - ⑤ ノズル部（特に小径のもの留意）の腐食および振動の有無
  - ⑥ ライニングをしたものについては、漏えい検知孔からの漏えい有無
  - ⑦ 架台、階段、踊場、歩廊、ダビッドなどの腐食および損傷状況
  - ⑧ 本体および附属計器の異常振動の有無
  - ⑨ 内部異常音
- ✓ これらをもとに、個々の機器ごとにチェックリストを作成して、主として五感により点検を行う。

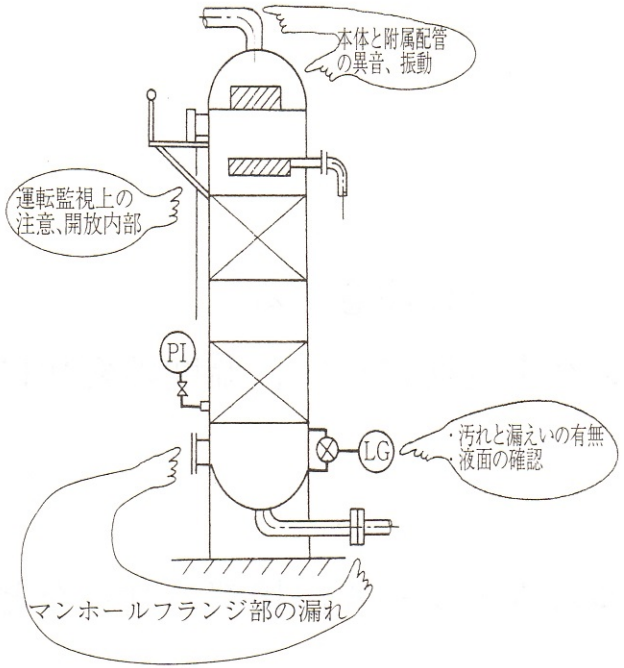
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

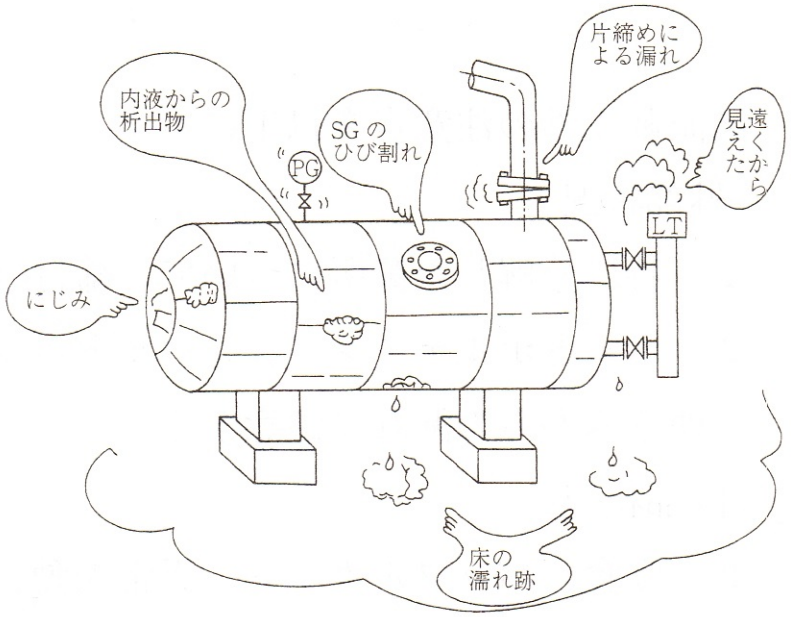
(テキストp123～p124)

(b) 事例に見る点検ポイント

✓ 以下に事例から見た点検ポイントを示す。

1) 塔槽類のチェックポイント





Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp124)

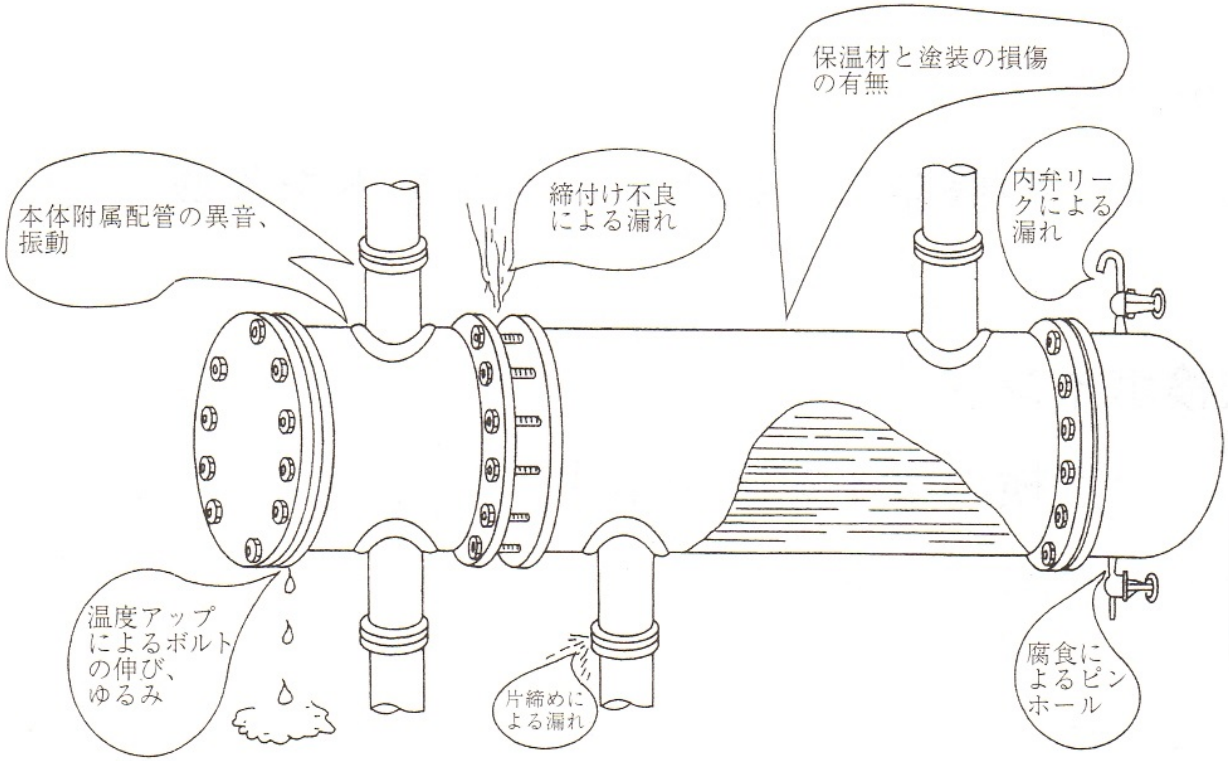
206

- 図記載以外の注意点を次に示す。
  ① ステンレス製の場合、鏡板の溶接部の応力腐食割れに注意する。
  ② 細いノズルは、腐食、振動、割れなどにより折れやすいので注意する。
  ③ 高所のフランジは締付けしにくい場合が多いので、仕切板の出し入れなどの工事後は特に漏れに注意する。
  ④ 運転を開始して温度が上昇してきたら、フランジ部の漏れに注意する。
  ⑤ レベル計のフロートひっかかりなどに注意する。
  ⑥ 充てん物の汚れや腐食を確認する。
  ⑦ 塔の圧力損失は正常値であることを確認する。
  ⑧ 板金のゆるみ、保温材の脱落のないことを確認する。
  ⑨ 脚の付根などは雨水で腐食しやすいので変色、ふくれなどに注意する。
  ⑩ 取外し、取付工事後は、ガスケットが正規どおりに入っているか確認する。
  ⑪ 補修箇所や分解箇所は継続監視する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp124)

2) 熱交換器類のチェックポイント



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp124～p125)

- 図記載以外の注意点を次に示す。

〔外部状況〕

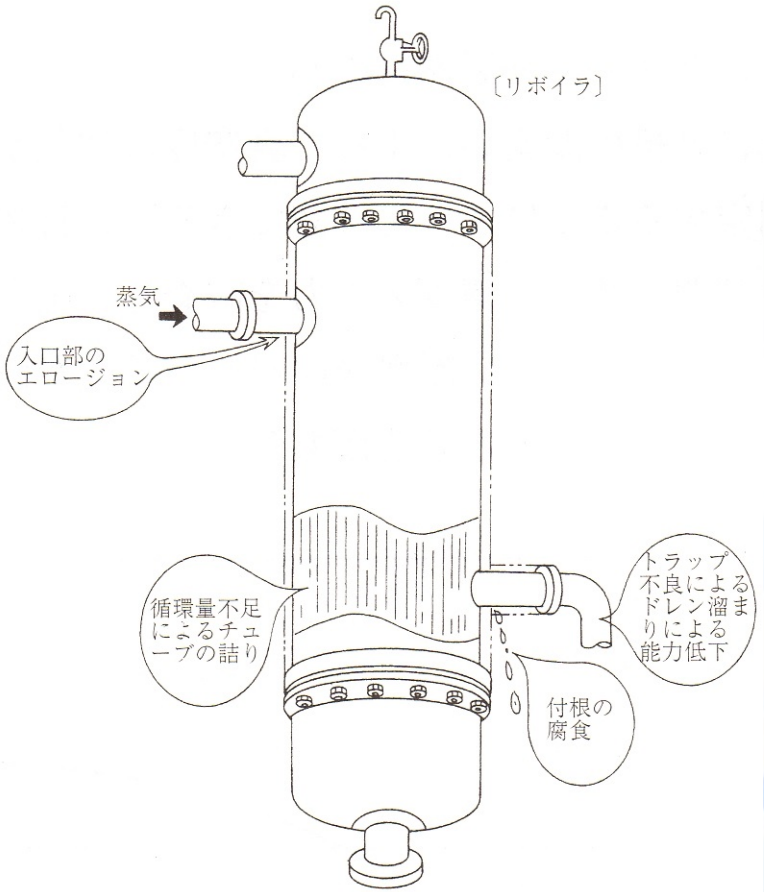
① 特に分解した箇所について、締付け部からの漏れに注意する。

② ホットボルティング、コールドボルティングを適切に行い、温度変化によるゆるみからの漏れに注意する。

〔内部状況〕

① 腐食、バッフルカット、異常振動、拡管ゆるみ、シール溶接部の割れなどが原因となるチューブの内部漏れを推測する。

② チューブの汚れ、詰りによる能力低下の有無を定期的に確認する。



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

（5）CE（Cold Evaporator）

- **ガス種類**：液化酸素などの超低温液化ガス
- **構造**：二重構造
- **断熱**：粉末真空断熱や多層真空断熱法（アルミ箔とガラス繊維を内槽に渦巻き状に巻き付け、高真空としたもの）断熱の目的は入熱を可能な限り排除するため。
- 高圧ガス保安法では、液化酸素・液化窒素・液化アルゴン・液化炭酸ガス用の二重殻真空断熱式構造の貯槽は**コールド・エバポレータと定義されている。**
- 1970年代設置のCEでは、超低温ガスに起因する熱サイクル疲労からの漏えい報告が2004年頃より急激に増加している。
- 漏えい箇所は、配管溶接部、ろう付け部が大半を占めており、人的被害は比較的軽微だが、重大事故防止の観点から積極的な点検・検査により漏えいの早期発見が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp125～p126)

(a) 真空断熱の管理

- ✓ CE
  - **二重殻構造**：内槽（主にオーステナイト系ステンレス鋼を使用）外槽（炭素鋼）
  - **断熱材**：内槽と外槽間にパーライト（砕いた真珠岩を高温焼成。白色、多孔質で園芸の土壌改良材・栽培用土にも使用）
  - **真空度**：常温で 13～1.3 Pa (0.1～0.01 mmHg) 位で、使用状態の低温になるとさらに 1 桁程度真空度が良くなる。パーライトの性能を**図3.37** に示す。

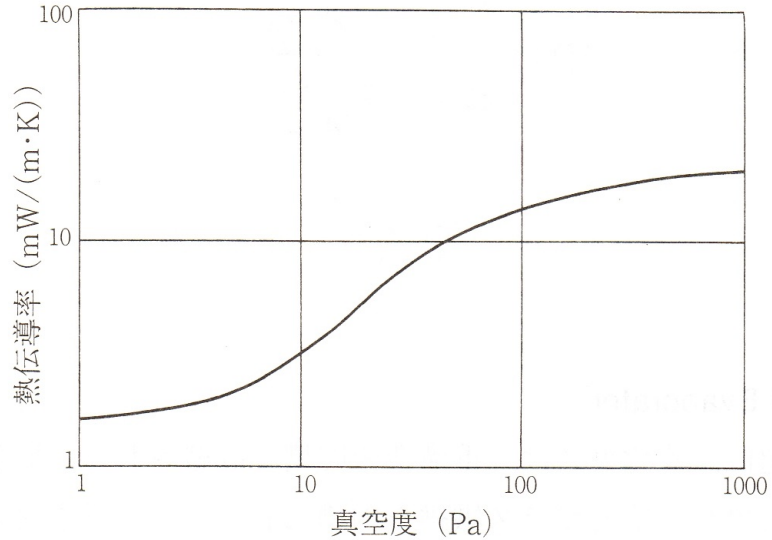


図 3.37　パーライトを充てんした断熱層の真空度と熱伝導率の関係
（充てん密度：80 kg/m^3　使用温度：−196 ～ 31 ℃）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp126)

211

- 断熱層真空度は、金属表面やパーライトに吸着されたガス分子が徐々に放出されたり、まれに外槽の漏えいによって真空度の劣化が起こる。
- **真空度の定期的測定**：休業時に作業終了時と開始時の内槽ガス圧力を測定し、圧力上昇度により真空度の劣化を推定可能。
- **結露の発生**：パーライト沈下による空間部では外槽に結露が発生するので注意が必要。

(b) 配管などの氷結、収縮

- ✓ 通常の保冷配管の断熱層は、水分が浸入、凍結しやすく、浸入した水は凍結、融解を繰り返して断熱層を破壊していくので、性能劣化した保冷層は更新するほうがよく、着霜状況により判断する必要がある。
- ✓ 配管に付着した霜は、霜状であれば問題ないが、長時間のうちには凍結、融解を繰り返して氷が成長することがある。
- ✓ 24時間連続使用の場合はこの傾向があり、凍結による膨張よって配管に過大な応力がかかり、特に自然通気型の蒸発器などの近接した配管では、氷の膨張力によって破損することがあるので、氷のあまり成長しないうちに温湯を注水し、融解しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp126～p127)

- ✓ **配管収縮**：低温の液化ガスを送入することで配管は収縮するので、長い管はベローズを設けてこの収縮を吸収するが、通常の配管は曲がり部を設けて逃すように設置されている。
- ✓ **フランジ部**：通常、金属ガスケットを使用しており、常温、低温を繰り返して使用するときは漏えいを起こすおそれがあるので、留意しなければならない。

(c) 異常圧力の防止処置

- ✓ 時間の経過とともに、外部からの熱の侵入により温度が上昇し、昇温の速さは真空度、充てん量などで異なる。
- ✓ したがって、日常点検により貯槽圧力を監視し、必要に応じて放出弁からガスを放出し、貯槽内圧力を下げることが必要。
- ✓ 長期停止時は、加圧蒸発器元弁を閉じるなどの対応が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp126～p127)

(6) 加熱炉

- **管理ポイント**：過酷な運転条件にさらされるチューブ、バーナ、耐火壁。また、附属計器、煙道、ダンパなど。
- **ホットスポット**：炉内の燃焼状況、温度分布、スケールの堆積、腐食、耐火壁劣化などで生じるので注意が必要。
- 運転管理部門は、これらのポイントの日常点検のみならず停止中の開放検査時に内部のスケール、腐食、変形、焼損などの状況を確認し、運転状況の良否を判定することが重要。

(a) 日常点検項目

- ✓ 加熱炉の一般的な日常点検項目は次のとおり。
  - ① 炉本体の異常振動
  - ② 炉本体外面の変色、変形、温度分布
  - ③ 炉本体内部の燃焼状態、各部の温度分布
  - ④ チューブ管壁の温度（分布、経時変化）
  - ⑤ 火炎、燃焼ガスの漏れ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp127)

214

⑥ スプリングハンガー荷重状況
⑦ 燃料供給状況、各ヘッダ圧力
⑧ 附属計器類の作動状況

(b) 事例に見る点検ポイント

✓ 注意すべき点は次のとおり。

① バーナの詰まりに注意する。（炎の色、形状、送液圧力）
② 天井のレンガの脱落やずれはないか。
③ コイルの外面にスケールはないか。（耀き現象）
④ コイルの内面スケールからくる表面温度のムラに注意する。
⑤ ふくれ、曲がり、伸びは実績に照らし合わせ、監視、対応方法を決める。
⑥ 内面キャスタの割れ、剥離、脱落はないか。
⑦ 加熱管のホットスポットはないか。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp128)

（7）配管、継手

- **異常の多く**：漏れ・振動・腐食・膨張・収縮・外力などによる変形、詰りなど。
- これらの異常は運転条件変更時、機器・弁類操作時、運転開始時、停止時に特に発生しやすい。
- 設置環境が悪い場所（断熱材下の雨水浸入、雨水滞留時、埋設、ピット、海浜地区、冷水塔周り、蒸気ドレン排水口近くなど）では特に劣化進行に注意して点検する必要がある。
- **重要度管理**：配管、継手の点検は、重要度に応じて点検基準を定めて実施するとともに、必要に応じて視点を定めた一斉点検を計画的に実施する。

(a) 日常点検項目

1) 振動、膨張、収縮、異常音

① 振動は手で触り、耳を当てたり、聴診器、聴診棒などを使用する。

② カウンターウェイトの位置を記録し、点検する。

③ 配管の膨張、伸縮、振動により曲がり部分やフランジ部分に無理な力が加わっていないか確認する。

④ 締付けボルトのゆるみ、ラック接点部やサポート部分の接触摩耗やサポートの外れはないかなどを調べる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

1) 振動、膨張、収縮、異常音

① 振動は手で触り、耳を当てたり、聴診器、聴診棒などを使用する。

② カウンターウェイトの位置を記録し、点検する。

③ 配管の膨張、伸縮、振動により曲がり部分やフランジ部分に無理な力が加わっていないか確認する。

④ 締付けボルトのゆるみ、ラック接点部やサポート部分の接触摩耗やサポートの外れはないかなどを調べる。

2) 漏えい点検

① 液体の漏れを点検すること。床の汚れなど。

② ガスの漏れを点検すること。ガスの種類や運転温度により、発泡液やガス漏えい検知器など適切な方法で点検する。

③ 高温部では必要に応じて運転開始後増し締めをおこなう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

3) 変形などの点検

① 外力（周辺工事、車両の通行など）による損傷の有無の確認。

② 地震による破損・変形の有無の確認。

③ 沈下による変形有無、サポート柱などの浮上がりが生じていないか。

4) 詰まりの点検

① 前後圧力差の異常はないか。

② 表面温度の異常、膨張収縮、変形はないか。

③ 異常振動（特に周辺の小口径管、計器類）はないか。

5) 腐食、劣化の点検

① 肉厚測定（特に滞留部、ドレンノズル、ベントノズルなど）。

② 流動状況、流体性状の変化、腐食性成分の増減はないか。

③ 表面温度の分布が生じていないか。

④ 設置環境の悪化、雨水滞留、断熱材の損傷などはないか。

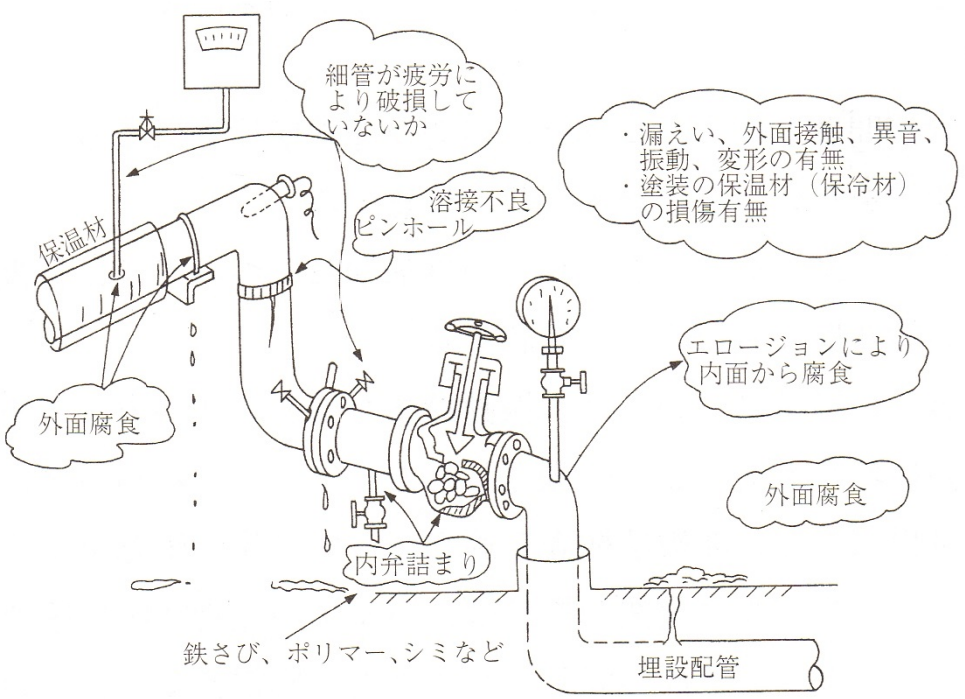
⑤ 結露、着霜の状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(b) 事例に見る点検ポイント

✓ 注意すべきポイントは次のとおり。



① 細いノズルは振動により疲労破損するおそれが大きい。特に、流動状態が変わったときは共振などに注意する。

② 細いノズルの付け根やサポート部は雨水などで腐食しやすい。

③ 適正なガスケットが使用されているか。（サイズ、材質）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp129)

219

④ 運転開始で高温になる部位は締結ボルトがゆるんで漏れやすい。
⑤ 配管のデッド部やバルブは、鉄さび、重合物などの堆積物による閉そくが発生しやすい。
⑥ 埋設配管は重機作業による損傷に注意する。
⑦ 気液混合配管はエロージョンが発生しやすい。
⑧ 溶接不良はスタート後、熱応力や疲労でクラックが発生することもある。
⑨ 保温配管は保温材の下に雨水の浸入や結露により外面が腐食しやすい。
⑩ 異材溶接は一方が腐食しやすい。（例、低合金鋼と炭素鋼）
⑪ 計器、ドレン抜き弁などの導圧管は重合物やさびなどで詰まりやすい。また凍結しやすい。
⑫ 外装板と配管の接触部は、振動で摩耗しやすい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp129～p130)

220

(8) バルブ

- 腐食、エロージョン、振動、摩耗、ゆるみ、異物のかみ込みなどによって内部部品の損傷、脱落や内部漏れが発生しやすい。
- 複雑なボデイ構造のため、熱サイクル、熱応力、無理なサポート支持などによってボディがひずみ、作動不良や漏れが発生しやすい。
- 以上のような点に注意して取り扱い、点検を行い機能維持のこと。
- **重要度管理**：バルブ点検は、重要度に応じて点検基準を定めて実施するとともに、必要に応じて視点を定めた一斉点検が効果的。

(a)バルブの日常点検

1) 特に腐食が問題となるバルブは、適切な非破壊検査によって腐食状況の点検および肉厚測定を行い、その経年変化に留意する。

2) フランジ部、グランド部などからの外部漏れについては、目視、発泡液およびガス漏えい検知器などによって確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp130)

221

3) 振動の激しい場所については、振動計またはその他の方法で測定する。異常な振動あるいは熱サイクルなどの繰返し応力を受けているバルブについては、そのフランジ付根部などの非破壊検査を適宜行って欠陥の確認をする。

4) 運転時におけるバルブ開閉の際には、バルブの作動状況の確認だけでなく、弁棒の上下によるグランド部の漏れ、バルブ内の異常音などについても注意する。

5) 摩耗のおそれがあるバルブは、必要に応じて以下の点について適切な検査方法を用いて確認する。

① 弁体と弁棒の接合部

② 内ねじ形バルブの弁体および弁棒のねじ。

③ バルブの流れ方向が垂直に取り付けられているスライドバルブ、コックなどにおける弁座部の偏摩耗

④ バルブ内のスケールなどの堆積

⑤ 腐防止剤を注入している場合、その注入管理と効果

6) ハンドル廻しなどは、使用の対象となるバルブ、備え付け個数、保管方法などを作業基準などに定めて管理し、その機能を維持する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp130～p131)

(b) 可動部分の機能維持

1) バルブの可動部分は定期的に整備し、常に機能維持に努める。
2) 使用中は、定期的に注油あるいはグリースを塗布する。ただし、酸素用バルブには絶対に油脂類を塗布してはならない。
3) 重要度に応じて運転中操作の少ないバルブは、定期的な作動テストを計画的に実施する。
4) 自動バルブは随時、潤滑油量、各部の発錆状況、モータ絶縁、雨水の浸入および空気系統の異常など、駆動機構の点検を行う。
5) バルブの開閉指示機構が円滑に、かつ、正しくバルブの開閉に追随することを確認する。
6) 低温用バルブなどの寒冷条件で使用されるバルブは、可動部の凍結または氷結に注意する。
7) バルブのステムのねじ露出部、グランド押さえ部の防錆のため、当該バルブの使用条件、設置場所などに応じた防錆剤の塗布および保護カバーの取付けなどの保護措置を講じる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp131)

(c) グランドパッキン部の機能維持

1) グランドパッキン部は定期的に漏れ点検を行い、早期発見に努める。
2) 弁棒のグランドパッキンしゅう動部は、発錆や傷のないように保持する。
3) グランドパッキン部より漏えいしたときは増し締めをするか、同パッキンを取り替える。ただし、増し締め時は、同パッキンを片締めしたり、締め過ぎないように注意する。

(9) 安全弁

- 一般的な注意事項は、バルブと同様。
- 安全弁の日常点検で注意すべき事項は次のとおり。

1) 内部漏れの有無は、安全弁入口管と放出管の温度差で管理する。
2) 振動や異常音はないか。
3) 振動により、キャップなどにゆるみがないかを確認する。ゆるみがあるときは、内部の弁棒のロックナットのゆるみも点検する。
4) サポートの支持状態の良否、ゆるみはないか。
5) 放出管に詰まりなどはないか。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

6) 放出管にドレンや雨水が溜まっていないか。

7) 高温ラインの安全弁の断熱材は良好か。

（10）計装設備

- プロセスの安定や保安を確保する上で、人間の神経系統に相当する役割を果たしており、これらの異常や故障はプロセスの運転管理上重大な影響を与える。
- 計装設備は構造が複雑で精密なものが多いが、IT技術の急速な進歩に伴って制御装置は DCS (Distributed Control System) が導入され、通常の作動状態（指示範囲、変化の挙動、理論値とのズレなど）を常に正確に把握できるようになった。
- そのわずかな変化を敏感にとらえ、対応できるようにしなければならない。
- 計器類の日常点検の注意点（事例に見る点検ポイント）を図に示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp132)

225

（11）ガス漏えい検知器

- 危険性のあるガスや液が万一漏えいした場合に、早期に感知し、適切な処置に結びつけ、事故を回避する重要な役割があるので、常に、その機能を維持しておく必要がある。
- 設置環境（ダスト、ミスト、水滴など）およびガス性状の影響を受け、サンプリング系の異常や感知部が劣化して、機能故障や精度不良を生じやすいので、日常点検で作動状況を確認し、定期点検によって機能の確認と精度を回復させ、常に確実に作動するように維持しなければならない。
- 点検は、警報器用保安電力、外部警報装置および点検のために必要な機器も併せて行う必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp132～p133)

3.3.3 保温材下の配管外面腐食の検査

- 漏えい事故の半数近くが配管系で発生し、コンビ則適用事業所では事故原因のなかで外面腐食が最も多いとされている。
- 特に、保温材下外面腐食（CUI：Corrosion Under Insulation）は保温材で遮へいされているために検出しにくく、事故リスクが極めて高い。
- **CUI対策の最大の課題**：CUI の検査は、保温材を剥がしての検査が基本であるが、膨大な量の保温配管をすべて解体剥離して検査することは不可能に近く、プラント運転中に非破壊検査によりすべての保温配管を検査することも不可能。
- 「保温材下外面腐食（CUI）に関する維持管理ガイドライン」
  - **平成24年2月**：「被覆下配管腐食診断技術調査委員会」が作成（経済産業省の石油精製業保安対策事業として）
  - 全文は一般財団法人エンジニアリング協会の web サイトで公開
  - 本検査法はリスクベースメンテナンス（RBM：Risk Based Maintenance）の考え方と目視検査・非破壊検査技術を用いて CUI が生していると思われる箇所を特定する（絞り込む）技術にある。
  - この検査法により、これまで5% 以下といわれていた CUI の検出率が大幅に向上することが期待される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp133)

227

- **【図3.38 CUI 検査基本手順要点】**
  対象配管のなかから漏えいの危険性の高い配管を適切に選別する手順、すなわち「剥離箇所の特定」を行うことにある。
  第１ステップとしては RBM の考え方を用いて保温配管の優先順位分けを行う。
  第２ステップとしては、選ばれた優先順位の高い危険配管に対して目視検査と非破壊検査でスクリーニング検査を行い、剥離検査箇所を特定する。

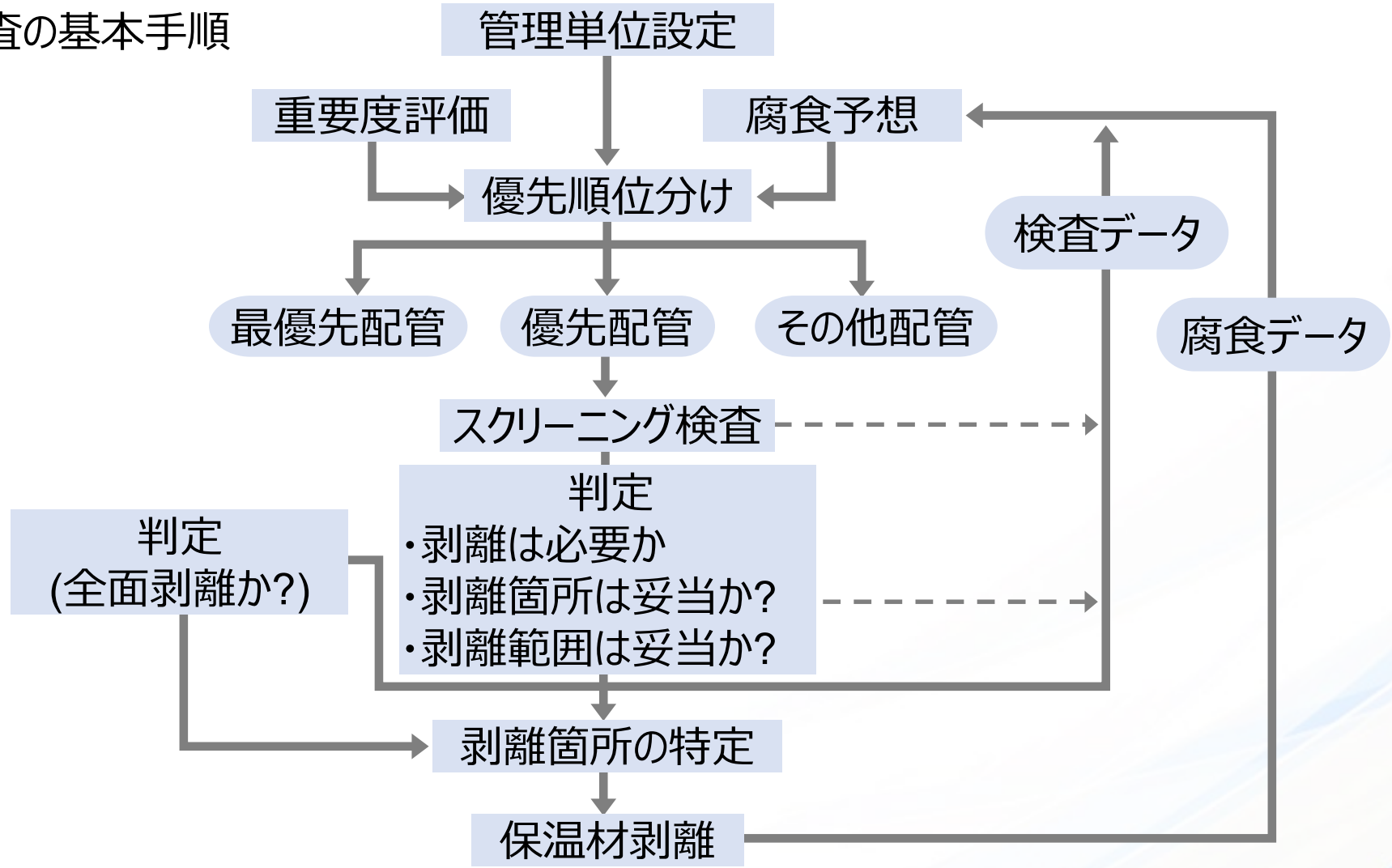
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp133)

228

図3.38 CUI 検査の基本手順



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

3．保安係員のための設備管理

(テキストp133)

229

（1）優先順位の選定

(a) 基本手順

- ガイドラインの方針では、以下に述べる詳細な手順は各事業者がそのプラントの特性に応じて自由に追加、修正、選択できるが、基本手順は遵守すべきとしている。

(b) 優先順位分け

- 優先順位分けを行うためには配管の管理対象を区分し、これを管理単位という。
- 最小単位は配管１本ごとで、管理単位は事業所方針、プラント特性に応じて管理しやすいように事業所が設定する。
- 優先順位分けは「重要度分類」と「腐食予測」から重みづけで決める。

(c) 重要度分類

- RBM における重要度、影響度に相当する概念。
- 考慮すべき要因：①健康、安全、環境への影響、②経済的影響、③内部流体の性質（揮発性、毒性、反応性、内圧）、④事業者、事業所の環境などである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp133～p134)

230

(d) 腐食予測とCUI メカニズム

- ✓ 腐食予測は RBM における破損確率の概念で、CUI による漏えいの危険性評価であり、そのため腐食メカニズムに基づいた基準化が求められる。
- ✓ **CUI 発生原因**：①保温材外装からの水の浸入、②保温材内面での結露による水膜形成のいずれかであり、加速・局所化要因としては塩化物（海塩粒子）と運転温度がある。
- ✓ ①は目視点検により評価する。
  ②は管理データにより評価する。 管理データとは経過年数、運転温度、運転条件（間欠運転の有無）、防食仕様、大気環境をいう。
- ✓ 腐食予測は以上の目視点検と管理データの両方を適正に評価する必要がある。
- ✓ 優先順位分けが腐食予測の良否にかかっている。
- ✓ 各事業所においてプラント固有の保有データや実績によって最適な腐食予測方法を求め、継続的に改良・改善していくことが必要不可欠である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp133～p134)

231

(2) スクリーニング検査

(a)スクリーニング検査の概念

- ✓ 前（１）項による優先順位ランクにおいて最優先の配管は、基本的に全面剥離による検査に進む。
- ✓ スクリーニング検査は、漏えいの危険性が潜在する優先配管に対して、剥離箇所を特定するために必要な手順である。
- ✓ スクリーニング検査は、新検査法における特徴的手順であり、いわゆる合否判定の検査ではなく、剥離して検査すべき箇所の予測・判断材料を得ることが目的。
- ✓ したがって、次のように実施する。

  ①事前に各事業所の実績や知見により判断できる箇所は不要である。

  ②全長に行う必要はなく CUI の発生しやすい箇所と環境に重点を置く。

  ③目視検査と非破壊検査を適切に使い分ける。

(b) CUI の発生しやすい箇所と環境

- ✓ 「3.2.3 漏えいに注意すべき箇所」等参照。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp135)

(c) 非破壊検査の活用

- ✓ 非破壊検査は CUI 検査に適したものを選び、以下のように目視検査のみでは判断できない場合、見逃しの危険性が高い場合などにおいて、判断を助けるよう効果的に用いる。
  - ① 目視のみでは判断できない場合（CUI の発生しやすい環境ではなく、目視検査での異常からだと剥離範囲が過大なもの）
  - ② 見逃しの危険性が高い場合（CUI の発生しやすい環境にあり、腐食予測ランクが高く、または中で、目視検査では異常がないもの）
  - ③ 高所配管を足場なしで検査したい場合（ガイド波超音波検査法を用いて地上部から検査する）
  - ④ 長尺配管（ガイド波超音波検査法を用いて高能率に検査する）
  - ⑤ 小口径配管（放射線検査法を用いて内外面同時に検査する）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp135)

233

(d) 適用可能な非破壊検査の種類と選定

- ✓ 非破壊検査には放射線検査法、パルス渦流磁気検査法およびガイド波超音波検査法がある。
- ✓ ガイド波超音波検査法は一部保温材を外して取り付けたリング状の受発信機により配管長手方向に伝ぱする超音波を発信させ、一度に長距離範囲の配管全面を走査し減肉（検出精度：最小断面欠損率 10 % 程度、内外面の区別はできない）の有無を検出できる遠隔検査技術で、アクセス困難な垂直配管や長尺配管に適している。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp135)

参考　近年の設備点検について

近年、設備点検技術は著しく進歩し、様々な点検装置を用いて多くの情報を入手できるようになった。以下にそれら点検技術の一部を紹介する。

（１）保温材下外面腐食の点検技術

- 設備の高経年化に伴い、保温材下外面腐食を検知するとともに、設備の健全性が阻害される前に処置することが求められる。
- 以下にその検知技術をいくつか紹介するが、これらの技術は保温材下外面腐食を必ずしもすべて検知できるわけではないが、使用条件によっては非常に貴重な情報が得られるのも事実である。

(a) リアルタイム RT （radiographic testing）法

- 保温材下外面腐食の点検に用いられ、腐食の分布を精度よく把握することが可能で以下の特徴がある。
  ① 保温配管、防食テープ、ライニングなどの施工状態で検査が可能。
  ② 高速検査が可能。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

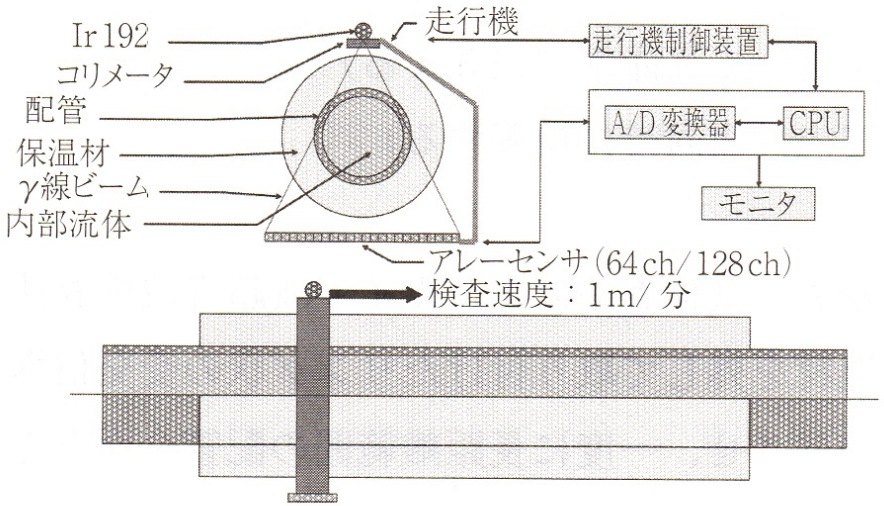
③ 運転中検査が可能（100 ℃ 以下）。

④ 曲管部分には使用できない。

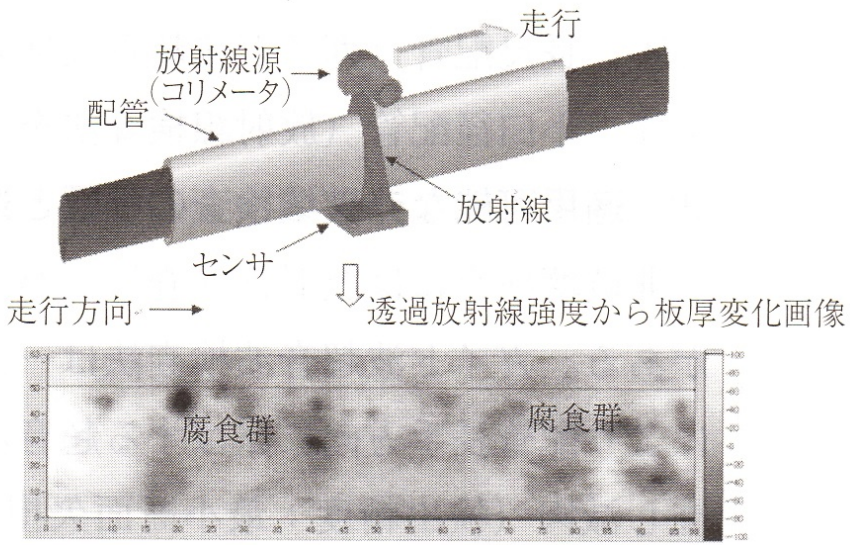
リアルタイム RT 法の原理、特徴

放射線源と半導体センサを組み合わせ、配管などの腐食を広範囲に検査可能としていて、主として腐食のスクリーニング検査として用いられる。

リアルタイム RT 法の測定原理



リアルタイム RT 法により得られる情報



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp136)

(b) ガイド波超音波法

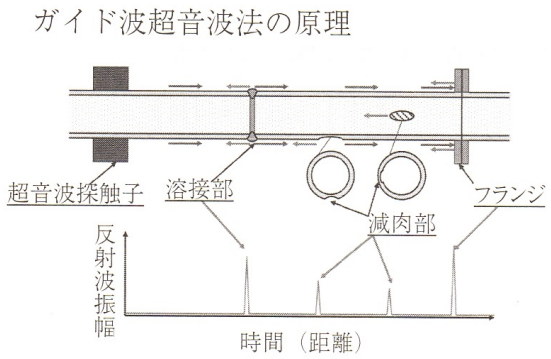
- ✓ 配管腐食点検に用いられる技術で、保温材下外面腐食の点検だけでなく、人が直接目視できないような狭い場所の点検にも用いられ、１つ超音波センサで比較的広範囲な検査が可能だが、以下のような問題点もある。

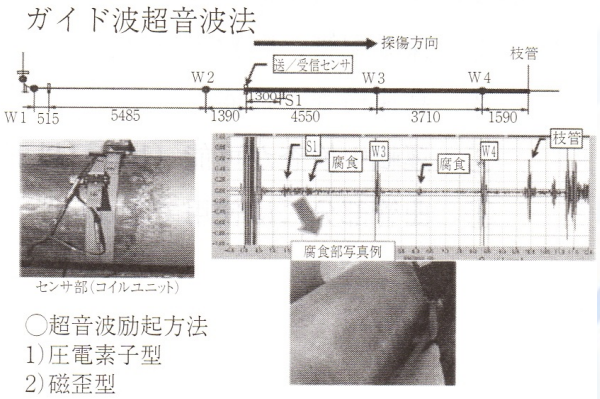
① 曲管部分の検査は困難。

② 配管のフランジ間の検査に限られる。

③ 塗装、防食テープによる減衰で超音波の伝ぱ距離が減少する。

ガイド波超音波法の原理、特徴
長手方向に伝ぱする超音波（ガイド波）を用いた探傷法で配管の腐食検査に用いられ、保温材下外面腐食のスクリーニングに適している。





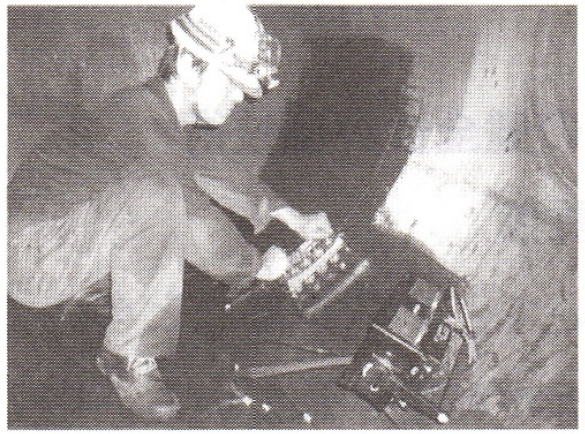
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

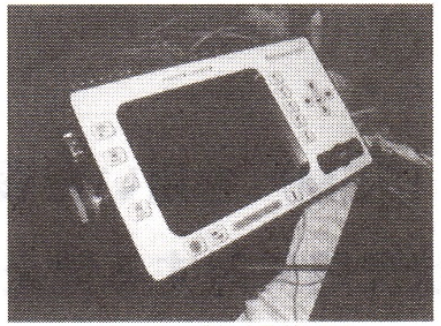
(c) 塔、槽内超音波厚さ測定装置

- ✓ 精留塔のような大型構造物の保温材下外面腐食の検査には、大掛かりな架設足場が必要になり、その費用は多額になることが一般的であるが、この技術は装置の内側から超音波によって外面腐食を検出しようとするものであるため、定期修理等で設備の開放時にしか実施できない欠点がある。
- ✓ 大掛かりな外部の架設足場不要。
- ✓ 測定精度は通常の超音波厚さ測定と同様に極めて高いが、設備の内部構造により測定の困難な部位が生じることが弱点。

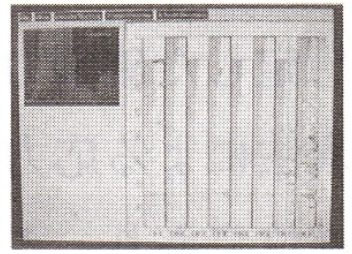
塔槽内超音波厚さ測定装置



塔槽内検査用ハンディスキャナ



ポータブル探傷器



8チャンネルのBスコープと任意のチャンネルのA波形を表示

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

(テキストp137)

238

（2）材料内部の欠陥検出技術

- 設備の材料内部の欠陥の検出には、放射線透過試験（RT）、超音波探傷試験（UT）などが用いられる。
- 近年これらの技術が進展し、例えば、超音波探傷試験では以下に示すフェイズドアレイ超音波法などの検査技術も開発されている。
- これは複数の超音波探触子を組み合わせることにより、従来に比べて多角的な情報が得られる技術である。

フェイズドアレイ超音波法の原理、特徴
複数の探触子を直線上に配置し、超音波の送信タイミングを操作することにより、超音波ビームを任意の点で収束させることができる。これゆより、欠陥の位置だけでなく、長さ、幅、奥行きなどが二次元画像で確認できる。

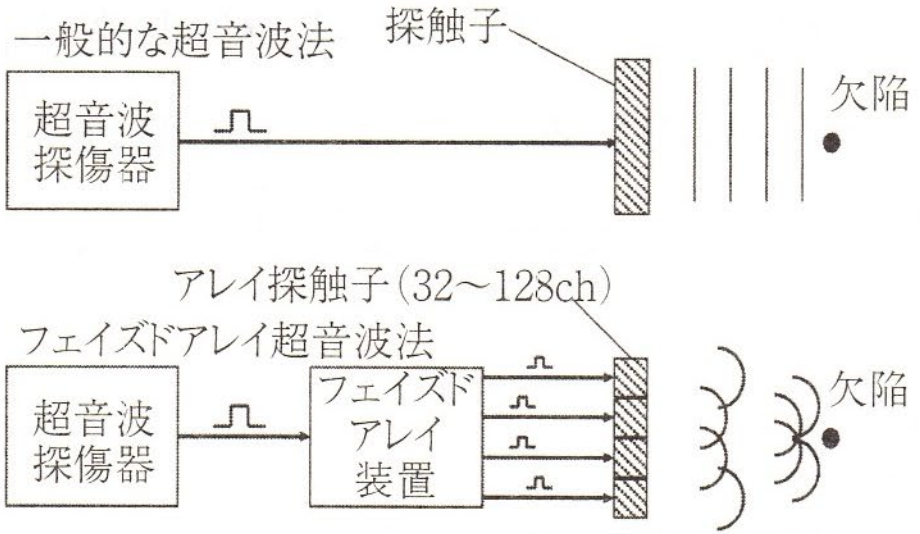
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

3．保安係員のための設備管理

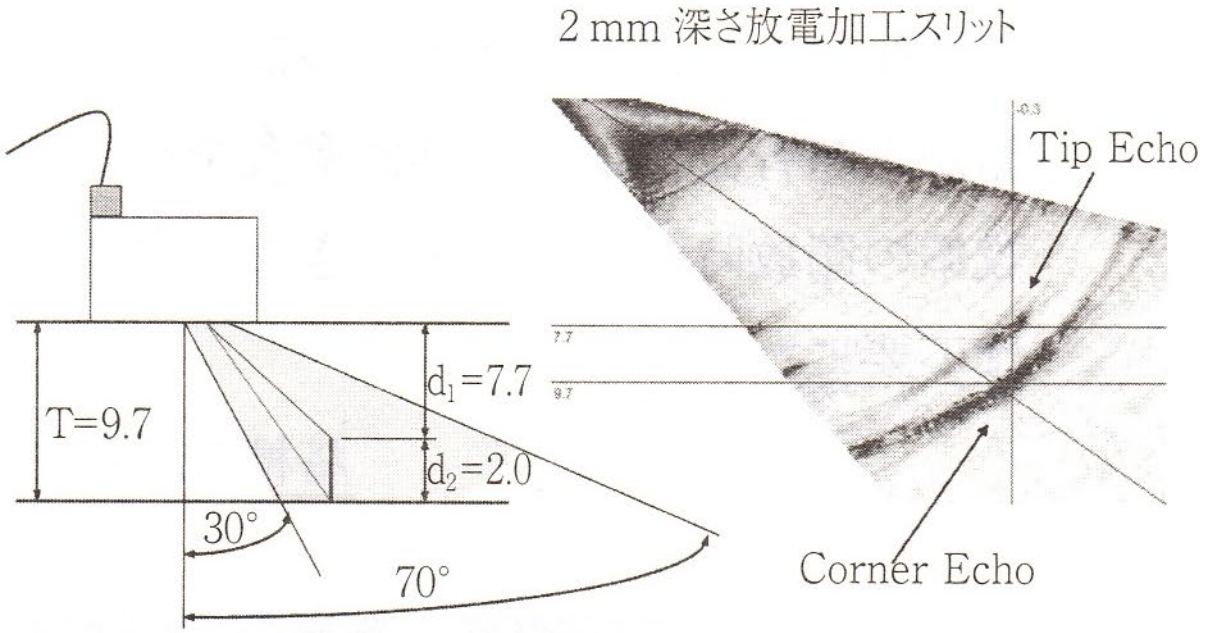
(テキストp138)

フェイズドアレイ超音波法

～超音波検査技術、多様化の一例～



フェイズドアレイ法による欠陥評価技術



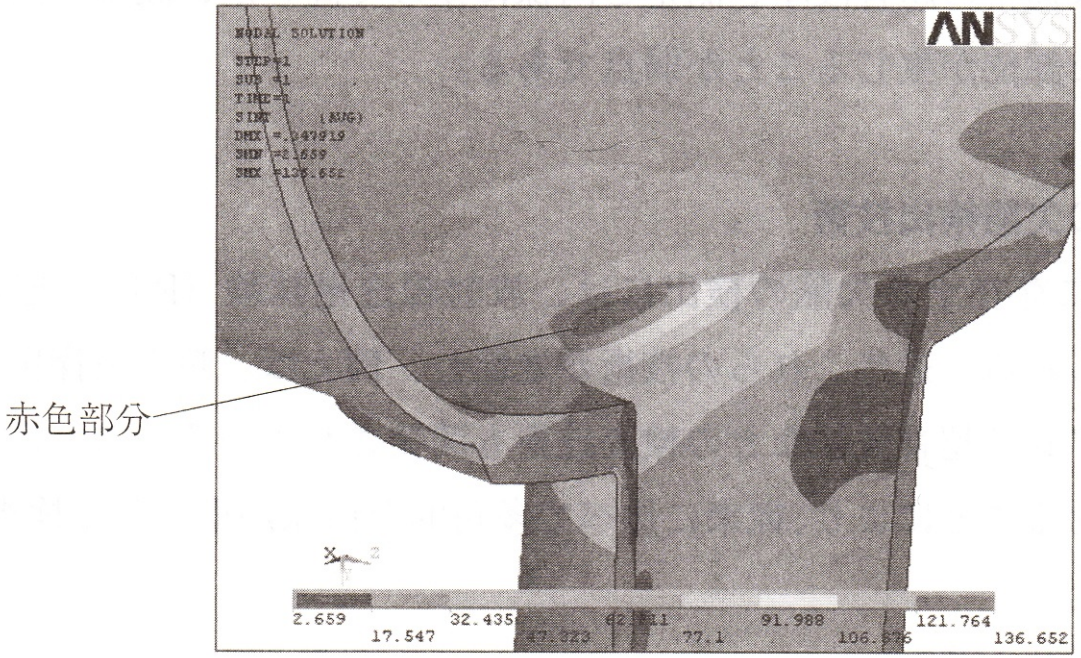
高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp138)

（3）有限要素法（FEM）を用いた設備の健全性評価技術

(a) 仮想き裂状欠陥に対する健全性評価

- ✓ 近年、圧力設備の健全性評価において、ノズル部などの応力集中部にき裂状欠陥が生じたことを想定した破壊力学解析が利用されている。
- ✓ 応力集中部の破壊力学解析では、有限要素法による応力解析が用いられる。
- ✓ 図では、赤色部分が応力集中の最も高い部位であり、このようにシュミレーションから応力集中する部位を特定することができる。



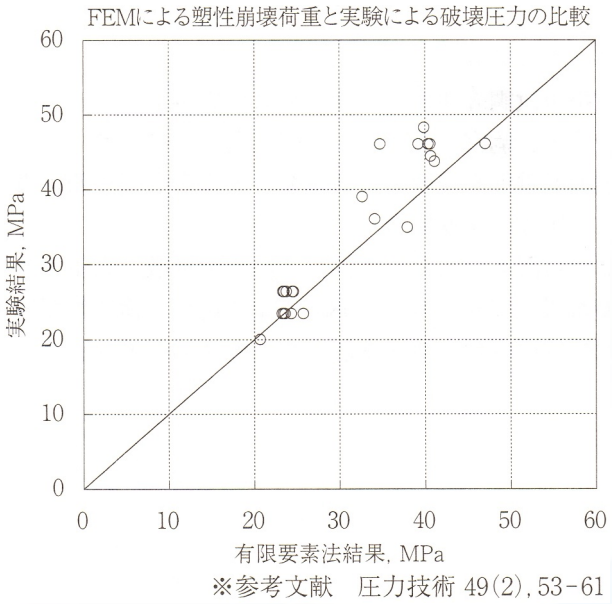
※参考規格　HPIS Z 101-1（レベル 1 評価），HPIS Z 101-2（レベル 2 評価）

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

(テキストp138)

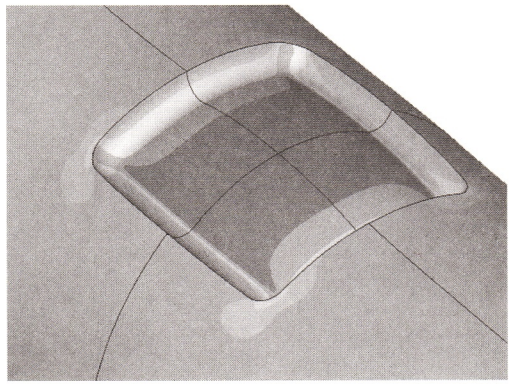
(b) 減肉損傷に対する健全性評価

- ✓ 圧力設備のメンテナンスに関する海外規格では、損傷を生じた設備の継続供用性を判断する規格が作成、運用されている。
- ✓ これらの規格に基づき、有限要素法を用いることにより、減肉損傷を有する圧力設備に対して、限界荷重までの余裕度を算出することができる。
- ✓ つまり、部分的に減肉した装置が許容できる応力（例えば、内圧によって生じる応力）の限界値はどの程度なのかを推定することが可能になる。
- ✓ 近年では、応力解析結果と破裂試験結果の比較検証が行われており、図はその比較検証結果。



※参考文献　圧力技術 49(2), 53-61

内圧を受ける減肉を有する円筒容器の応力分布



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者
保安係員（一般）講習
保安管理技術～災害防止のための安全管理～

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

目次

４．災害防止のための安全管理

- 4.1　安全管理（テキストp141）
- 4.2　安全管理の原点（p142）
- 4.3　安全対策（p147）
- 4.4　安全活動について（p158）
- 4.5　緊急事態対策（p167）
- 4.6　これからの保安係員に求められるもの（p169）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

4.1　安全管理

- 「あなたの職場は安全ですか」という問い掛けに対して、あなたならどのように答えるだろうか。
  また、部下達に同様の問い掛けをした経験があるだろうか。
- その返事の内容が「安全とは思っていない。まだ危険がある」のような回答であれば、その職場は安全な職場作りに熱心に取り組んでいると考えられる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp141～p142)

245

- 職場の安全は、図 4.1 の坂道に置かれたボールのようなもの。危険を顕在化させないためにも職場の仲間全員が危険を意識して、常に安全に向かって坂道を登っていく努力を継続することが必要。

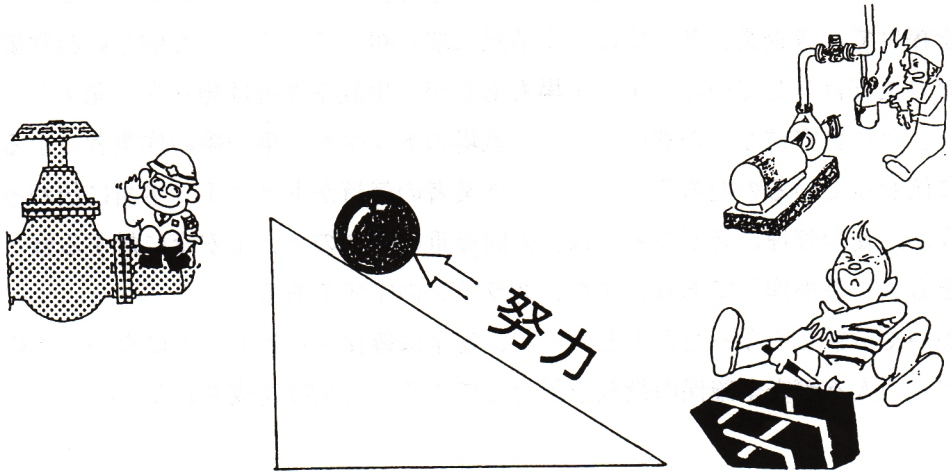


図 4.1　職場の安全管理

- 高圧ガスを取り扱う職場の事故や災害は、近年の技術革新による設備規模の大型化により、災害発生時の被害も大きくなる。
- 事故や災害は、職場に大きな被害をもたらすだけではなく、地域社会に対しても極めて大きい不安を与える。
- 安全の確保なくして生産およびその向上はありえない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp142)

246

-「安全管理」とは

- 高圧ガスを取り扱う職場に従事する者は、常に自己責任、自主管理の下、人（Man）が絡んだ複雑な因果関係の中で、「人間尊重の理念」に従い、自然科学ならびに社会科学の専門的知識を駆使して事故、災害防止のために作業者の不安全行動および作業、設備などの不安全状態を制御（改善および予防）し、職場の安全レベルの向上に努めることが必要である。
- 不幸にして事故や災害が発生したときは、あらかじめ定めた緊急事態対策により被害を最小限にとどめ、自らの安全と公共の安全を確保するように努めなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp142)

4.2 安全管理の原点

- 「安全管理」：複雑に絡み合った幾多の要素で構成されている。
- 安全管理の目的：「事故、災害防止」
- 事故や災害発生原因：何らかの形で人が絡んでいる場合が多い。
- 人（Man、人間特性）は一方で事故や災害の被害者になり、また他方で加害者にもなり、まさに「安全管理」の原点は「人」である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp142～p143)

4.2.1　人間尊重

- 各企業、各工場の安全活動スローガン例：「安全第一」、「安全はすべてに優先する」、「安全なきところに生産なし」
- 安全管理に必要なもの：人間尊重の理念の下、
  - ①安全に対する厳しい取組み姿勢をもった職場作り
  - ②ラインの完成
- 規制をいくら厳しくしても、安全は確保されるものではない。その職場のすべての人々が安全確保の役割を果たしてこそ、安全は達成される。

（１）安全に対する厳しい取組み姿勢をもった職場

- 安全に対するゆるぎない信念、行動が伝統として培われ実践され、安全文化が根付いた職場では、不安全行動が見逃されることなく自ら矯正し、指摘なしでも自ずと安全な状態が保たれていく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp143)

（２）ラインの完成と保安係員の役割

- 保安主任者、保安係員：作業者と最も長い時間、一緒に勤務。
  トップの考えを正確に、迅速に第一線の作業者まで伝え、また逆に第一線の作業者の気持ちをストレートにトップまで伝えるラインのキーマン。
- 安全な職場の状況（安全風土）は、保安主任者や保安係員の活動が反映されているともいえる。

4.2.2 ヒューマンファクタ

- すべての事故や災害の要因：人（Man、人間特性）に起因するものが必ずある。これらの関係をよく理解することが必要。

（１）ヒューマンファクタにかかわる要因

- 二つに大別できる：内的要因と外的要因。人間が判断し行動するとき、単独あるいは同時に、また連続して影響を及ぼす。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

４．災害防止のための安全管理

(テキストp143)

250

- １）内的要因：人間の情報処理系と考えてもよいが、これには多くの背後要因（知識、経験、情緒）がかかわっている。
- ２）外的要因：機械システムからの問題、組織や家庭を含んだ人間と人間との問題、作業環境要因など。

- **（２）人間の情報処理系**

➢ 人間が判断し行動する際の情報処理系は非常に複雑。
➢ モデル例：「ラスムッセンの簡易モデル」を使って人間の行動を考えてみる。

- デンマークのリソ国立研究所 J. Rasumussen が提唱
- 人間の行動解析、人間ー機械系の関連性、緊急事態での対応などを検討する上で広く使われている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp143～p144))

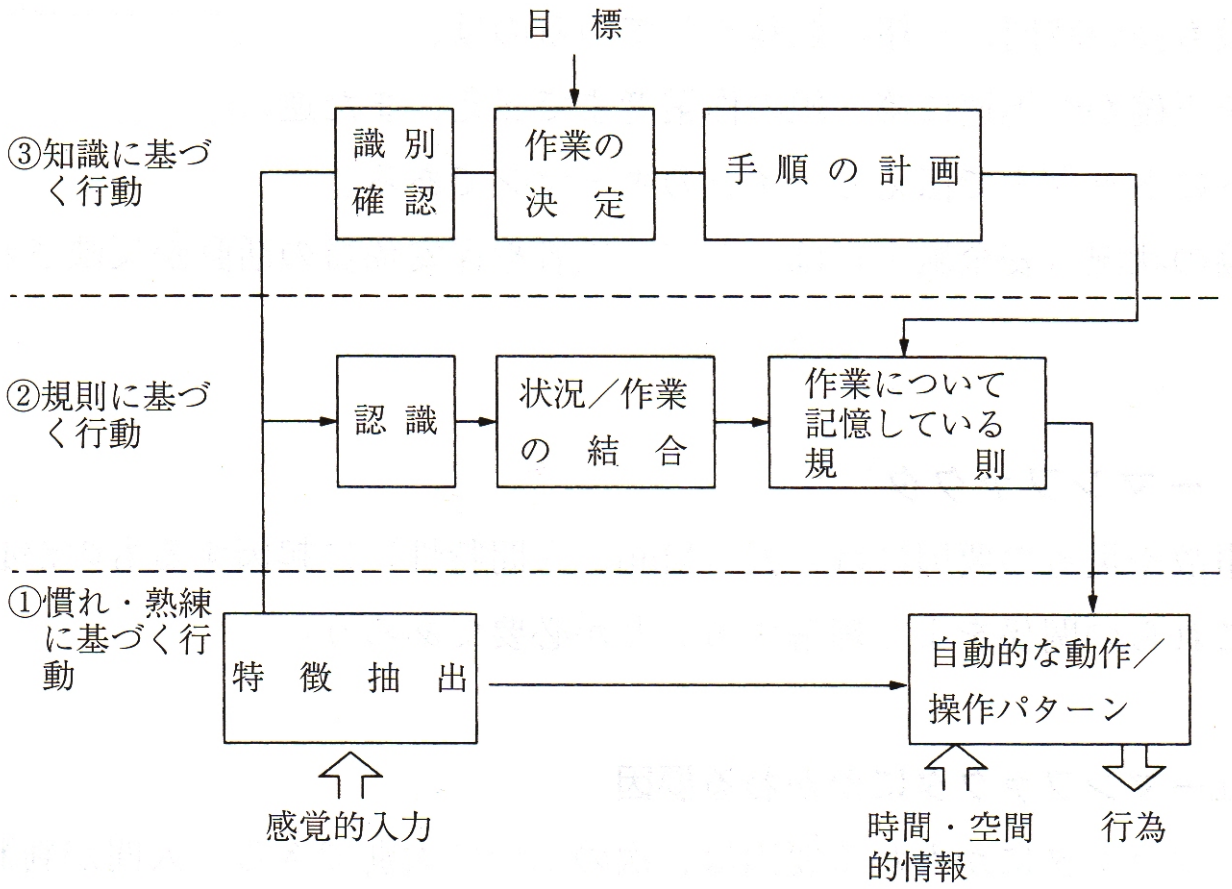


図 4.2　ラスムッセンの簡易モデル

図4.2　人間の情報処理・認知行動を３段階に分類して解析

1) 慣れ・熟練ベース、

2) 規則ベース、

3) 知識ベース

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

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

４．災害防止のための安全管理

- **１）慣れ･熟練ベース：**　不注意、ポカミス、操作の脱落、他情報の介入による操作などの置換えなど
- **２）規則ベース：**　ルール適用ミス、ルール選択不能、状況認知不可、ルール執着など
- **３）知識ベース：**　自己知識過信、状況認知ミス、操作などの順序立てミスなど

➢ したがって、人間の行動が原因でトラブルが発生したような場合、このような解析を通して真の原因を把握し、適切な対応策を講じることが、トラブルの再発防止につながる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp144～p145)

4.2.3　安全管理システム

- 人間の判断と行動によるミスや意図的な不作為等を回避したり、未然に修正する方法として、管理（マネジメント）システムを導入し、組織として対応するのが有効。
- 労働安全：日本では厚生労働省より「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針」が告示された。（1994年4月）
- プロセス安全：日本では高圧ガス保安法に基づく自主保安認定事業所の認定に際して「保安管理システム」の構築と運用が認定要件として導入された。
  - **【次の項目を含んでいる】**
    - 安全管理に関するトップの指導性・プロセス安全に関する情報の周知
    - プロセスハザード解析・運転手順書の最新化と遵守
    - 非定常作業における安全ルール・従業員の訓練・工事管理
    - 協力会社の管理・運転前安全性評価・機器健全性の維持
    - 変更管理・事故調査と教訓の活用・緊急時対応計画
    - システムの有効性に関する評価と改善・適合監査

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp145～p146)

4.2.4 安全管理の PDCA (Plan、Do、Check、Action) と保安係員の役割

（1）安全管理の PDCA

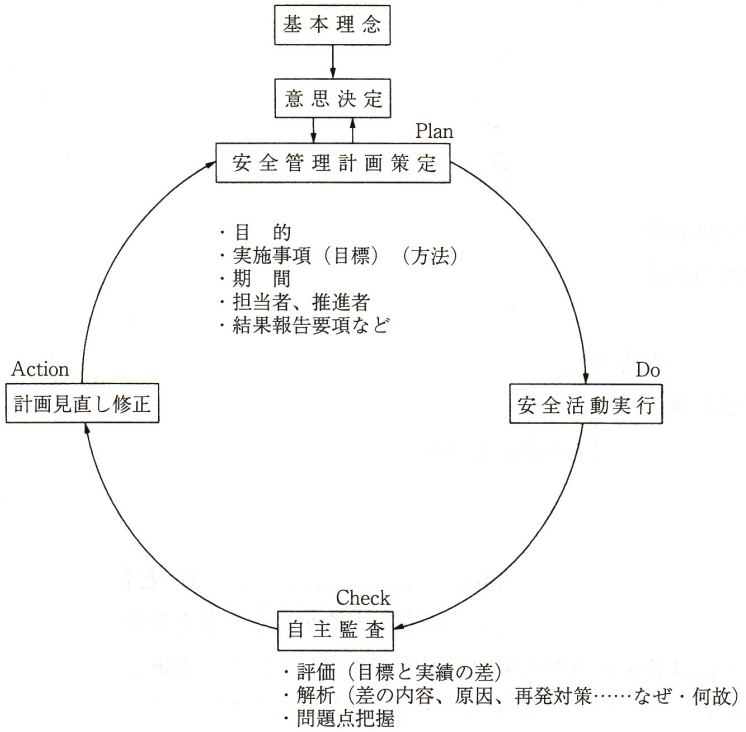


図 4.3　安全管理の PDCA サイクル

- 無事故、無災害が長時間継続できていても、職場はリスクに満ちている。
- 安全問題を解決していくには、図4.3 に示した安全管理の PDCAサイクルをそれぞれのレベル（企業、工場、職場）で確実にに循環させることが必要。
- 職場における安全管理の PDCAサイクルを回す推進役は保安主任者および保安係員である。
- 安全活動に人材や資金などの新たなリソース（資源）が必要であるときは、保安主任者や保安係員が責任を持って上司の承認を得る努力をするなど、適切な対応をすることを管理システムの責任、権限に定めておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp145～p146)

255

（2）保安係員の役割

- 法に定められた職務以外の期待される保安係員の役割
  - ① 潜在的な危険性を探ること。
  - ② 部下に、作業を安全に実施させるための方法などの**教育、指導を行うこと。**
  - ③ 部下の**安全意欲を向上**させること。

- 部下の作業者との関係で保安係員が気を配る必要がある事項
  - **狙い：職場内のコミュニケーションを良化させ、職場の安全レベルの向上を達成**
    - ① 苦情：よく聞く。
    - ② 作業命令：明確に、詳細に伝える。
    - ③ 意見や提案：進んで求める。
    - ④ 行動時の留意点：寛容、公平、言行一致、友情、親切を目標に行動する。
    - ⑤ 作業者の特性の把握：作業者の人柄、態度、信念、個性、学習意欲、能力。
    - ⑥ 働くことに対して：団結力と向上心を持たせる。
    - ⑦ 作業者の状態の把握： 作業者の顔色、視線、表情。
    - ⑧ 声掛け：作業者への積極的な一声かけ。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp147)

4.3 安全対策

- 常に危険源を探り、リスクを評価し、そのリスクに対して、「自主管理」、「自己責任」と「継続・努力」で取り組むことが必要。
- 「Know Why」を裏付けにした「適切な努力」を継続することが安全対策には不可欠。

- 4.3.1 規程、基準類の整備

- 作業者の周囲から不安全状態を排除するため、規程、基準類を定めておくことが必要。
- 次の事項を参考に、守りやすく、わかりやすく、より実態に合ったものにしなければならない。
  - ①操作の要点、要旨を記述し、目的を明確にさせること。
  - ②専門用語などの難解表現を極力避け、明確で簡単な表現を用いること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp147)

257

- ③　　複数解釈される用語や曖昧な表現は、定義を明確にして用いること。
作成した操作要領は、現場で現物を検証してみることも必要で、保安係員は、保安主任者と役割分担を明確にして、検証を実施していくことが望まれる。
- ④　　各操作の基準値、限界値を明記すること。
- ⑤　　操作のポイント、注意点、「してはならないこと」などは、アンダーライン、注記するなどして明示すること。
- ⑥　　作業者の操作上の責任範囲を明確にすること。
- ⑦　　作業者の主観、判断に頼るような記述は、極力避けること。
  - （例示）　イ．弁を微開する。➞ 弁を1／4開にする。
  - ロ．圧力を徐々に下げる。➞ 10分間で1 MPa (ゲージ圧力) まで下げる。
- ⑧　　図面、フローシート、表などを使用することにより、理解を容易にすること。
- ⑨　　フローシートに使用する記号　（計装、ユーティリティ記号など）　は、工場で統一されたものを使用すること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp148)

4.3.2 作業管理

- 作業行動において、無理、無駄、ムラを排除して疲労を軽減するとともに効率的に作業を実施することを「動作経済の原則」と呼び、環境の変化、作業などの変化に対応した管理方法を工夫しなければならない。
- 一例として、３種類の安全管理を紹介する。
  - 試運転、停止作業管理（ガス圧縮機を主体とする。）
  - 塔槽内作業管理
  - 火気使用作業

（１）試運転、停止作業管理（ガス圧縮機を主体とする。）

(a) 試運転

- 新設備の場合は、慎重に、綿密な調査、点検を行い、次の1)～4) 項について十分な打合せを行った後、試運転計画を立てて試運転を実施すること。
- 新設以外の場合は、次の3)～4) 項について打合せ会議を実施し、試運転実施。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp148～p149)

259

- **1) 設計図と試運転対象設備との比較検査**
  - 設計図と異なっているときは、責任者は理由を調査し、状況により設計図どおりに直すなど、安全確認後でなければ試運転を行ってはならない。
- **2) 部分ごとの試運転成績または部品受入検査の記録調査**
  - 工程や検査方法によっては組立て後でないと検査困難な場合もあり、各部品一覧表を作って部分ごとの調査を実施し、試運転前までに定められた基準に従って全検査を終了しておく。
    - 安全関係規則：　「高圧ガス保安法」、「ボイラー及び圧力容器安全規則」それぞれ、耐圧試験、気密試験の基準が定められている。
- **3) 試運転責任者、記録者の決定**
  - 試運転前に、責任者、記録者を定める。
  - 試運転責任者は、関係者および運転作業者に試運転目的、方法、異常時の処置などを十分に周知しなければならない。
  - 記録者は測定項目、測定場所、方法などを定めておき、試運転記録表を作成し、容易に記録できるように準備をしておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp148～p149)

260

- **4) 試運転の方法および保安上注意すべき事項**
  - **a) 計測器の準備、点検**
    - 圧力計：標準圧力計と比較し、検査に合格したものを使用する。
    - 温度計、他の計測器：基準値の誤差範囲内にあるものを使用する。
    - 電気計測器：可燃性ガス使用時、電気火花の出るものは防爆型を使用。
  - **b) 冷却水の点検**
    - 試運転前に冷却水を流し、水量、流れ方、温度などが正常かを確認する。
  - **c) 各弁の点検**
    - 各弁：異常の有無を確認。特にハンドル操作が正常に行えるかを再点検する。
      - 試運転直前：　　吸込み弁、バイパス弁、ドレン弁を開き、大気放出弁、吐出し弁は閉じてガス吸引を行っておく。
      - 仕切板挿入：　　試運転設備と他設備が配管などにより連結されている場合、試運転圧力に耐えうる仕切板を挿入し、表示し、弁のみによる遮断は絶対禁止。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp148～p149)

261

- **d) 安全弁の検査**
  - 試運転前に必ず分解点検しての使用が望ましい。
  - 試運転前に必ず規定圧力で噴気テストを行わなければならない。
- **e) 試運転方法**
  - **イ) ガス置換**
    - 窒素ガスで試運転を行う。
    - 空気を追い出しつつ置換する。
      - 置換の確認：　圧縮機最終段より２回以上ガスを採取分析し、ガス中の酸素濃度が規定値以下であることを確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp148～p149)

- **ロ) 起動および試運転中の点検**
  - ターニング：　まず手動またはターニングにより数回回転させ異常がないかを点検し、安全を確認してから起動する。
  - 起動：　はじめに、無負荷状態で運転を数分間行いつつ、電流、ガス圧力および温度と各部の異音、しゅう動状況に注意し、異常がないことを確認してから昇圧運転に移行する。
  - 昇圧運転：　各段の吸込み弁、吐出し弁の作動音に注意し、異音がないかを１つずつ確かめ、各段の圧力、圧力バランスに特に注意する。
  - その他：　ガス温度、油圧ポンプの作動状況、アンペアメータによる負荷状況、冷却器の状況なども常に点検し記録する。
  - しゅう動状況：　各段のドレンの質、量に特に注意し点検する。ピストンリング取替え後の試運転時には金属粉が大量に混入している場合は一旦停止して、原因を十分調査した後に再起動する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp150)

- **ハ) 気密試験**
  - 気密試験は通常試運転と併行して行われる。
  - 試験圧力：常用の圧力以上の圧力を保持しながら、発泡性溶液を塗布し、次の①～⑤ の項目について漏えいの有無を確かめる。
  - 保持試験：漏えいの有無を的確に把握するため、気密試験を行う区間を完全に遮断し、15～60 分間そのままの状態を保持し、圧力降下の有無を調べる保持試験を行うのも良い方法である。
    ① 各継手類、締付け部からの漏えい。
    ② 各段分離器、冷却器、附属配管からの漏えい。
    ③ バイパス弁、大気放出弁、ドレン弁、安全弁などの各附属弁からの漏えい。
    ④ ピストンロッドとメタリック部からの漏えい。
    ⑤ 各段の吸込み弁、吐出し弁などからの漏えい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp150)

264

- **ニ) 配管の振動**
  - 配管振動： 試運転中、直ちに直接の事故原因となることは少ないが、安全上の問題として極めて重要。振動は可能な限りなくすように検討が必要。
  - 腐食： 比較的注意されるが、配管振動、特に小配管は軽視されされがち。
  - 振動： 材質疲労を起こし、ついには設備破壊の原因となる。例えば、管と装置の一部が振動のため摩耗し、長時間のうちに肉厚が減少し、爆発、破裂を起こした事故例もあり、特に注意が必要。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp150～p151)

265

- **(b) 停止作業**
  - 停電または故障による停止、操業バランス上の停止、定期修理のための停止など。
  - 設備が単独で、簡単な機器であれば安全上の問題点は少ないが、流れ作業工程の一部に停止すべき装置がある場合は、停止作業を誤ると、停止装置以外の設備まで思わぬ事故を起こす場合があるので注意が必要。
  - 各装置ごとに必ず停止作業の作業標準を作成しておくことが望ましい。
  - 停止の際のスイッチ管理は、一定の基準を定めて行うことが大切。基準がないために、停止作業中にスイッチを入れてしまい、重大事故を起こした事例も多い。
  - 一定期間停止する場合の安全上注意すべき一般的事項。
    - ①　関係ある現場に停止の連絡をする。
    - ②　停止スイッチを切った後は、「停止中」、「作業中」などの表示を必ず行う。なお、停電により装置が止まったときはスイッチを切っておく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp150～p152)

266

- ③ 機器装置内のガス、液体、ドレン、その他の内容物は所定のスロップタンク（参考：泥などを分離するタンク slop tank）などに必ず全部排除する。特に厳寒地では、水が溜まったままになっていると、氷結の際の膨張により設備や配管を破壊することがある。
- ④ 停止後、他の装置と遮断するときは仕切板を用い遮断箇所を表示する。停電ま たは短時間停止後に再スタートする場合は、前記項目を必要に応じて省略する。

- **（２）塔槽内作業管理**
  - **(a) 概要**
    - 内部の点検修理や清掃などのため、運転を停止し、作業者が内部に入って作業する場合には、中毒、爆発、酸素欠乏のほか停止中の塔槽内回転機器のスイッチを誤って入れたために事故になった例が多く、しかもこれらの事故はいずれも重大事故になっている。
    - 貯槽内作業を行う場合：必ずチェックリストなどにより１項目ずつ安全を確認し 作業を行う必要がある。（後述）
  - **(b) 定義**
    - 塔槽内作業：各種の塔、貯槽、ピット、マンホール、ボックス、大口径配管など通常密閉されている中で行う作業。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp150～p152)

267

- **(c) 作業開始前の準備**
  - **1) 責任区分の確立**
    - 工事関係者と運転関係者は、あらかじ協議し作業の責任区分を明確にしておく。
  - **2) 工事監督者**
    - 作業者に具体的に安全上の措置事項を周知、明示する。
    - 作業中に有毒ガス発生または侵入のおそれがある場合、作業員に有毒ガスの性質、措置法などについて教育しておく。
  - **3) 施錠および鍵の管理**
    - 内部に機械装置のある場合は、これを起動させる動力スイッチに施錠し、鍵は塔貯槽内部の作業員が預かり、誤って他人がスイッチを入れないように管理し、工事が完全に終了した後、工事監督者の指示を受けて開錠する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp152)

268

- **4) 工具、保護具などの準備**
  - 密閉空間の作業であるから、作業に使用する工具、器具、保護具などは綿密に点検を行わなければならない。
  - 特に保護具の不備、ガス溶接作業用のアセチレン、酸素のゴムホースなどはわずかな不良でも重大災害の原因となることがある。
  - 可燃性ガス、粉じんの存在するおそれのある場所で照明、電動工具などの電気機器を使用するときは、防爆型のものを使用する。
- **5) 服装**
  - 塔槽内作業は、汚れやすく、危険性を伴うガスや流体などの皮膚付着による事故の要因となることが多いので、保護具の着用とともに皮膚の露出はできる限り避け、必ず作業衣を着用させる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp152～p153)

269

- **(d) 作業開始**
  - **1) 遮断処置および標示**
    - 危険を伴うガス、薬液などの配管は取り外して遮断することが望ましいが、やむを得ず接続したまま遮断する場合は、必ず仕切板を挿入し、その場に標示を行う。（単なるバルブ、コックのみによる遮断は危険）
  - **2) 内容物の排除および標示**
    - 置換、洗浄、移液、放出などを行う場合は、関係者にあらかじめ連絡し、「放出中」、「置換中」、「立入禁止」、「危険」などの標示を行ってから排除する。
    - 内容物排除後は、外観的に液面計、圧力計などがゼロになっていても、残液、残圧があるため、マンホールなどの大開口部を直ちに開かず、ドレン弁、放出弁、サンプル弁などの小口径のものから徐々に開放した後、最後に大開口部を開くことがより安全である。
    - 弁、仕切板などの開放に当たっては、放出方向に対して体を正面に向けないよう注意して作業する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 置換、洗浄には、不活性ガス、蒸気、水などが使用されるが、このとき塔槽内の固形物などにより圧力放出口が閉そくし、急激に貯槽内が昇圧することがあるので、圧力計に十分注意しながら徐々に行う。
- 配管が２槽以上共用になっているとき、または底部開放口が他の貯槽に接近しているときは、置換、洗浄によるガス、液などが他の系統に流入しないよう注意しないと思わぬ事故になることがあるので、適切な遮断を行うよう配慮する。

3) 塔槽内置換、洗浄後の空気検査

- 塔槽内部の置換、洗浄を行った後、塔槽内作業に入る前に必ず内部の空気検査を行い、有毒ガスによる中毒、可燃性ガスによる爆発、酸素過不足などによる事故の防止措置が講じられていることを確かめた上、安全であることを確認してから入槽する。
- 可燃性ガス：爆発下限界の1／4以下、有毒ガス、粉じん：許容濃度以下酸素濃度：18～22 %、であることを確認する。
- 空気検査は塔槽内の規定された点数を行うとともに、作業時間が長時間に及ぶときは、必要に応じて連続または随時行い、作業中にガス発生のおそれのある場合（例：塗装作業、溶接作業、スケール落しなど）で、危険のおそれがあるときは、連続換気の措置などを講じて作業を進める必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

- **5) 作業員の管理**
  - 塔槽内作業は作業環境が比較的悪いので、危険防止のため同一作業者を長時間就業させることは避け、できる限り交替で作業を行うように配慮する。
  - やむを得ず長時間貯槽内で連続作業をする場合は、作業員の健康状態を常に監視しつつ作業を進めることが望ましい。
  - 作業員には夏でも長袖の作業衣を着用させ、ヘルメットまたは作業帽をかぶり、特に油脂類の付着した作業衣を着用させてはならない。（2.1.2の（5）参照）
- **6) 感電防止**
  - 携帯用電動工具を使用する場合は、漏電による感電を防止するため導線を用いて確実にアースをとる。
  - 塔槽内で電気溶接作業を行うときは、ゴムシートを用いるとともに必ず電撃防止器を使用しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp153～p154)

272

- **7) 監視人の設置および任務**
  - 塔槽内に作業員が入っている間は必ず監視人をおき、作業員から眼を離してはならない。
  - 監視人は作業者に材料、工具を手渡す以外に、他の仕事に従事したり監視場所から離れてはならない。
  - 監視人は、異常を認めたときは直ちに救急員を招集し、命綱を用いて被害者救出作業を行うが、代わりの監視人がいない間は、自身で塔槽内に入ってはならない。
  - 救出に当たっては、呼吸保護具、命綱その他必要な保護具を必ず着用して行う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp154)

273

- **(e) 作業終了**
  - **1) 内部点検**
    - 作業終了に当たっては、作業が完全に終わったかを確かめるとともに、工具、器具、ボルト、ナット、パッキンなど内部に器材の置き忘れがないことを確認する。
  - **2) 終了連絡**
    - 作業終了の確認後は、鍵、許可証を返却し、危険防止の各種標示を取り外し、関係者に終了の連絡を確実に行う。
    - 各開口部には、ふたをしておくなどの安全処置をしておく。
- **(f) 保護具**
  - 塔槽内では工具や材料その他の物体の落下、液体の滴下などのおそれがあるためヘルメットを着用する。
  - 有害性または腐食性のある液体や飛沫などに触れる危険性があり、頭、顔、首を完全に保護する必要のある場合は耐薬品性の防護服を着用する。
  - 全身を完全に保護する場合は耐薬品性のゴムシートを着用する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

- 内部掃除に砂またはワイヤブラシを使用するときは保護めがね、防じんマスクを着用し、足はゴム靴またはゴム長靴を着用させる。
- 塔槽内作業では通常送風マスクを着用することが多い。
- 事故の際に救出困難が予想される場所では、あらかじめ作業員に安全ベルト付きの命綱を着用させ、作業員が貯槽内で作業を行っている間、監視人は命綱の一端を持ち、いつでも引き上げられるよう準備して作業する。

- **（3）火気使用作業**
  - 火気使用作業（以下「火気工事」という。）とは、ガスまたは電気　による溶接、溶断作業、グラインダ作業、ろう付け作業などの火炎や火花を発する作業、高温物体を使用する作業などをいい、内燃機関付き車両の作業地区立入りや非防爆の電気機器の使用も含める。
  - 火気工事の許可は、作業内容、作業環境、周囲の環境などを考慮の上、防災措置が可能な範囲内で許可しなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp155)

275

- **(a) 火気工事の安全管理**
  - 可燃物排除が必要条件とすれば、火気工事管理は十分条件であり、両者相まって可燃物と火気の遭遇の防止、すなわち事故や災害の未然防止が達成される。
  - 火気工事を安全に遂行するためには、多数の関係者が緊密に連携をとり合い、計画段階から実施途中のTPO (Time、Place、Occasion) の変化にも即応できるための組織的なアプローチが不可欠であり、以下にその一例について記述する。
  - **1) 火気工事の手順と安全措置**
    - **イ) 工事実施前**
      - **① 工事計画の立案**
        - 火気工事の工事計画は、運転担当課が工事担当課、保安部門およびその他関連部門と協力して立案する。
        - 工事計画は工事内容、概略工事方法、概略工程、官公庁への手続きなどを含んでいる、

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp155)

276

- **② 工事計画の立案**
  - 工事担当課は関連部署（運転担当課、保安部門、隣接課、関係課、工事施工会社など）を招集し、工事安全打合せを開催する。
  - 目的は、工事計画を基に工事内容、工事方法、工程、安全措置、安全管理体制、安全上の指示事項について合同で協議、確認し、事故、災害の防止を図るためである。
- **③ 工事安全指示書の作成・承認・交付**
  - 工事担当課は工事安全打合せの結果に基づき、火気工事の内容、方法、工程および安全上必要な指示、安全措置を記載した工事安全指示書を作成する。
  - 工事安全指示書は、運転担当課（場合によると隣接課、関係課経由）で確認、検討され、必要があれば補足、修正を加えて責任者の承認を受け工事担当課に送られる。
  - 工事担当課は、工事施工会社に交付する。
  - 工事施工会社は、工事安全指示書の内容を確認し、工事実施まで保持する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp155)

277

- **④ 安全指導、教育**
  - 運転担当課、工事担当課および工事施工会社は、工事実施現地で事故、災害を防止する目的で、「三者立会」の下で工事の内容を説明し、併せて作業者に対する安全指導を行う。
  - 工事施工会社は、工事安全指示書に従って作業者に必要な安全教育、訓練を実施し、結果を工事担当課に報告する。
- **⑤ 工事準備作業**
  - 運転担当課は工事準備チェックリストを作成し、工事の準備をする。
  - 工事準備は安全な工事環境を確保する上で必要な、下記のような事項を確実に実施、または準備し、工事に備える。圧（液）抜き、洗浄、置換、検知、遮断、ユーティリティ、電源処置（防護）、標識、照明（足場、資機材）、保護具、防消火設備など。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp156)

278

- **ロ) 工事実施、工事中**
  - **① 工事実施など**
    - 工事施工会社の工事責任者は、作業安全指示書を工事担当課の工事担当者に提出し、工事実施を申し出る。
    - 工事担当者は指示書と当日の工事内容を確認指示し、必要な工事立会人を指名し、工事実施を許可する。
      - ※工事責任者 ― 工事施工会社の統括管理者が指名した者であって、当該作業を含めて定められた範囲の安全および作業を管理する責任を有する者
      - ※工事担当者 ― 工事担当課長が当該作業の実施を担当する者として指名した者

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp156～p157)

279

- **② 実施期間**
  - 運転担当課の責任者は、準備作業チェックリストに基づいて安全措置、準備作業の実施状況を確認後、工事施工会社から提出された工事安全指示書と当日の工事実施内容とを確認し、必要な立会人を指名し「特定火気使用許可証」、または「一般火気使用許可証」の表示札を交付し、実施許可を出す。
    - ※特定火気 ― 溶接、溶断、グラインダ、ろう付け作業など火炎や火花を発生する作業
    - ※一般火気 ― 内燃機関や非防爆電気機器など高温物体を使用する作業
- **③ 工事中**
  - 工事中は運転担当課、工事担当課が立会い、ガス検知、作業環境の状況などを確認する。
  - 作業の行われている区域において、ガス漏えいなどの状況変化があったときは、作業を中断させ、さらに災害のおそれのあるときは作業者を誘導し、避難させなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp156～p157)

280

- **八) 工事終了時**
  - **① 工事終了**
    - 工事施工会社の作業責任者は、工事を終了または中断するときは、火気を完全に消火し、作業現場を整理した後、工事担当課および運転担当課の確認、検収を受ける。
    - 運転担当課に火気使許可の表示札を返却し、「火気使用後」の表示札の交付を受け、火気工事実施現場に掲示する。
  - **② 工事終了後の確認**
    - 運転担当課は工事を終了または中断したときは、火気工事実施現場を巡視し、火災発生のおそれのないことを確認する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

- **2) 火気工事の安全対策上のポイント**

① 作業計画を関係者とよく協議の上で作成し、責任者の承認を得ること。
作業に潜む、危険要因（特に火災、爆発など）をできるだけ摘出し、対策を検討しておくこと。

② 作業手順をルール化しておくこと。
工場として工事の計画段階から終了まで、手順をルール化し、文書でもって常に決められた手順に従って実施すること。

③ 責任区分と体制を明確にしておくこと。
各関係部門の責任と権限、作業承認者、作業許可者、立会者、実施者の責任と権限を工程の要所、要所で確認すること。

④ 安全措置基準を遵守すること。火気工事の区別や火災、爆発、火傷などの事故災害防止上必要な安全措置を確実に実施すること。

⑤ 状況の変化に即応できる管理体制であること。

⑥ 関連部門間の連絡、周知、調整、引継ぎを緊密にすること。

⑦ 作業実施者に十分な安全指導、教育・訓練を施すこと。

⑧ 無理な工事方法や工程は避けること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp157～p158)

282

- **(b) 火気工事の主なチェックポイント**
  - **1) 許可段階でのチェック項目**
    - ① 危険度の高い場所では、火気を使用しないで作業できないか、または、火気使用規模を小さくできないか。
    - ② 運転側の安全措置は十分か。
    - ③ 装置が異常になった場合、直ちに火気使用を中止できる体制にあるか（通報、連絡方法を含める。）。
    - ④ 監督者、作業責任者などの責任範囲は明確か。また、立会い、連絡、報告などについて定められているか。
    - ⑤ 許可手順に手落ちはないか。
    - ⑥ 工具類の点検は十分か。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp157～p158)

283

- **2) 安全措置作業の注意事項**
  - ① 引火性液体などを取り扱っていた貯槽類を、火気を使用して修理する場合は、液体や堆積物を完全に除去、清浄すること（わずかに残留した液体の蒸発による爆発性混合気体の形成の危険が残らない措置を含める。）。
  - ② 下水溝、ピットなどに引火性液体が滞留しないようにすること。
  - ③ 開口部、マンホールなどはシールすること。
  - ④ 可燃性ガスの放出は、ガスの滞留する危険のないように行うこと（ブローダウンを通じてフレアースタックでの焼却、風向き、風速などの考慮）。
  - ⑤ 作業場所に危険物などが侵入することがないように、装置の安全措置（配管の仕切板取付けなど）をとること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp157～p158)

284

- **3) 火気使用準備作業の注意事項**
  - ① 作業場所の整理、ウエス、木材などの可燃物の片付け、床の油の洗浄、砂まき、散水などの処置をとること。
  - ② 火の粉の飛散防止のための仕切り、囲いなどを設置する。
  - ③ 消火器を備え付ける。
  - ④ ガス検知器などにより安全性を確認する。
- **4) 作業中の注意事項**
  - ① 立会者を置き、異常の際には作業の中止を指示すること。
  - ② 作業現場付近では、危険物などのパージを行わないように注意する。やむを得ずパージを行うときは、作業を一時中止した後に行うこと。
  - ③ 危険物の漏えいには十分注意すること。
  - ④ ボンベ、溶接器具などは正しく取り扱われているかを確認すること。
  - ⑤ 通風が不十分な場所は、通風を良くする措置をとること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp157～p158)

- ⑥ 作業中も整理、整頓を心掛けること。
- ⑦ 万一の場合に備え、行動すべきことを想定しておくこと。

5) 作業終了時の注意事項

- 残り火のないようにすること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp159)

4.4　安全活動について

- 「集団活動」と「個人活動」に大別できる。
- 管理技術の例：予防保全（PM: Preventive Maintenance）
  - 品質管理（QC: Quality Control）
    TPM (Total Productive Maintenance 総合的生産保全)
    TQM (Total Quality Management 総合的品質管理)
- いずれも全員参加による共通の目標の達成にあり、小集団活動がベース。
  TPM、TQM においても何らかの形で安全活動が織り込まれている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキスト159)

4.4.1　安全活動の概要

- これまでの活動：発生災害の原因究明と再発防止が中心であった。
- 近年の事故・災害
  - 起こる可能性は少ないと思われたもの。
  - 設備劣化、メンテナンス不良などによるもの。
  - 技術・技能の伝承不足によるもの。
    - 人のヒューマンエラー（不安全行動や安全意識欠如によるエラーで「認知・確認」、「記憶・判断」、「動作・操作」の三つのミス）にかかわるものばかりでなく、メンテナンスのあり方や、設備の本質安全化に対する対応、教育・訓練のあり方など、組織のトップが決定し、組織全体で対応しなければならないトップマネジメントに関するものが多くなってきている。
- そこで、従来の安全活動をシステマティック（系統的）に全社レベルで展開しうる手法として、リスクアセスメント、リスク低減の実施、労働安全衛生マネジメントシステム（OHSMS）を中心とするあらたな活動（「トップダウン型安全活動」）が求められるようになってきた。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp160)

4.4.2　労働安全衛生管理の動向

- 従来の労働災害
  - 機械による挟まれ・巻き込まれ
  - 墜落・転落
  - などが中心
- 近年の労働災害で増加しているもの
  - 非定常作業（保全等作業や異常処置作業）
  - 機械故障時の復旧作業
  - ヒューマンエラーにかかわるもの

（１）ボトムアップ型安全活動の例

(a) KYT（危険予知トレーニング）による安全意識の向上

手順＝危険の発見 → 危険箇所の発表 → 危険箇所の絞り込み → 重点危険箇所
→対策 → 実行計画・スローガンの策定 → スローガン発表

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp160)

289

- **(b) ヒヤリハット報告活動の実施**
  - 手順＝ヒヤリとしたりハットしたりした体験報告の収集 → 収集事例の分析と評価 → 原因、種類、内容などをコード化 → ヒヤリハット事例集を策定 → ヒヤリハットの評価分析を基に、独自の事故防止マニュアルを作成 → マニュアルの定期的な見直し
  - ヒヤリハット事例として東京都の環境局ウェブサイトが参考になる。
    - https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/safety/index.html
  - ヒヤリハット報告書例を 図4.4 および 図4.5 に示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp161～p162)

主任	担当	T/L	GM

（平成　年　月　日）

いつ	平成　年　月　日（　）　時　分頃				報告班	
だれが	氏名		年令		勤務年数	在籍年数
内容						
どんな作業	区分1	定常　非定常　その他（　）				
	区分2	起動　停止　切替　点検　立会　洗浄　準備　調整　仕込　抜出 整備　整理　清掃　運搬　弁操作　サンプリング　パトロール その他（　）				
どこで	通路　階段（タラップ）　出入口　建屋（　）　機器（　）　その他（　）					
	転落　転倒　激突　飛来・落下　倒壊　火傷 接触　有害物暴露　爆発　火災　感電　破裂 挟まれ・巻込　踏み外し　切傷・擦傷　動作の反動 つまづく・滑る　踏み外し　その他（　）	（イラスト記入欄）				
どこを	頭　顔　目　肩　胸　背中　腹　腰　腕　肘　手　指 大腿　膝　足　足首　全身　その他（　）					
原因	行動面	不注意　確認連絡不十分　省略行為				
	作業方法面	SOP不備　工具不適当　その他（　）				
	設備面	設備不良　その他（　）				
対策	各人注意　注意喚起（標識、塗装）　SOP（制定、変更）　設備補修　設備改良　その他（　）					
	（　）班にて実施済み			処置確認欄（完了日　／　）		
				主任	担当	T/L　GM
	対策担当者（　）　対策完了期限（　）					

図4.4　ヒヤリハット報告書例（1）

平成　年　月　日

区分		災害分類			
	体験	1．墜落・転落	4．挟まれ・巻込まれ	7．高低温物接触	10．交通事故
	想定	2．転倒	5．切れ・擦れ	8．打撲	11．火災爆発
		3．飛来・落下	6．有害物接触	9．感電	12．その他（　）

いつ	平成　年　月　日　時　分頃					
どこで						
だれが		年令		勤務年数	経験年数	
どうしてどうなった						
問題点	作業環境	設備	作業方法	本人		
反省・処置	（こうした）（実施日　年　月　日）					
意見・要望	（こうして欲しい）					
対策・措置	（対策方法）					

該当事項があれば○をつける

1．よく見えなかった（聞こえなかった）
2．気がつかなかった
3．忘れた
4．知らなかった
5．深く考えなかった
6．大丈夫と思った
7．慌てていた
8．疲れていた
9．無意識に手が動いた
10．やりにくかった
11．身体のバランスを崩した

規程類			
要	改訂	平成　年　月	
否	新規	平成　年　月	

対策完了期限	年　月　日頃
担当者	

主任	部委員		課代	課長

図4.5　ヒヤリハット報告書例（2）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp160)

291

- ヒヤリハット事例を出しやすい雰囲気作りを行うことが必要であり、そのための注意点を以下に記す。
  - ① **事業所全体で取り組んでいく気運の醸成**
    「やる気のある者だけが取り組めばいい」とか「どうせ誰かが出すだろう」では事例の収集は進まない。
    特に上司は積極的に提出することが必要。
  - ② **事例を提出しやすい環境の形成**
    事例提出は匿名を認めるなど、誰もが提出しやすい環境を形成する。
    - 事例収集用の帳票を備えたり、所定フォーマットの様式を配布してもよい。
  - ③ **事例の内容やレベルは不問**
    - ある者にはヒヤリハット事例でない事例でも、別の者にはヒヤリハット事例である場合もある。内容やレベルにとらわれることなく、気付いたことは積極的に事例として提出してもらう。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp163～p164)

292

- **④ 過去の個人的なミスは不問**
  - 事例の内容により過去の個人的ミスを追求したり、個人的な評価に影響させたりするなどのペナルティーを与えることはしない。
  - 良い提案、多数提出者を表彰するなどのインセンティブを与えるのが効果的。
- **⑤ 事例を改善策に反映する体制の整備**
  - 「どうせ何も変わりはしない」や「出してもムダだと思うけど」と思われるようでは、ヒヤリハット事例を収集しても意味がない。
  - 事例を公開し、グループ討議などを経て、設備やマニュアルの改善などが必要な場合には、速やかに対応するシステムにする。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp163～p164)

293

- **(c) 3S（整理･整頓･清掃）、5S（3S + 清潔 + 躾）活動など**
  - 量規制（整理の手法で、最大在庫数、最小在庫数を決めたら、最大在庫（定量）位置に赤マークを設定し、最大量オーバーがひと目でわかるようにするやり方）、床ペンキ作戦（整頓の手法で、工場内レイアウトを考慮し、位置決めをしたら作業区、通路、休憩所、倉庫など用途に合わせてペンキで塗り分けるやり方）、線引き作戦、看板作戦など、整頓の手法で、社内の職場や場所が誰にでも、はっきりと分かるようにする。
- **(d) CSR（企業の社会的責任）の展開からコンプライアンス（法制度などの遵守）の推進**
  - 現場作業者の管理、公的資格取得支援制度の導入、法定責任者、法定委員会の設置、PL 問題の対応など。
- **(e) 改善提案制度、各種表彰制度、安全講習会、各種発表会開催などによるモチベーション喚起**
- **(f) 各種研修教育の実施**
  - 体感研修、保安教育、職長教育、安全衛生責任者教育、各種有資格者に対する再教育、OJTなど。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp164)

294

- **(g) 危険箇所の点検整備**
  - 安全診断の実施、安全パトロールの実施、作業手順の作成、災害発生時のマニュアル作成、老朽化設備などへの安全防災対策投資の実施など。
- **(h) その他**
  - 指差呼称の実施、交通労働災害防止対策、腰痛防止対策の実施、災害事例研究、環境安全監査の実施、地震発生時などの保安防災対策、防災訓練の実施、相互注意運動の実施、始業時ミーティングの実施、快適職場作り、分煙対策、健康作り、メンタルヘルス対策、産業医への委嘱、セクシャルハラスメントの防止など。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp164)

295

- **（２）トップダウン型安全活動の例**
  - 管理システムにより安全管理を推進するトップダウン型安全活動について、以下のようなJIS 規格を概説する。
- **(a) 事業ミッションの見直し**
  - 「安全・環境・品質・コスト・納期についての顧客満足度を高める」との、安全の主旨を取り入れた事業ミッションへの変革、経営資源の投入。
- **(b) JIS 規格に基づいたリスクアセスメントの実施と、設計・製造のリスク低減**
  - **1) リスクアセスメントとリスク低減、実施の過程**
    - ISO 14121 （「機械の安全性ーリスクアセスメント」国内翻訳JIS 規格では、「JIS B 9072」）に基づいて、リスクアセスメント実施
    - ISO 12100 （「機械類の安全性ー基本概念：設計のための一般原則」国内翻訳 JIS 規格では、「JIS B 9700」）に基づいて、リスク低減実施

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストテキストp164～p165)

296

- **2) リスク低減の方法**
  - ＜本質安全設計によるリスク低減＞
    ISO 12100 の条項遵守
  - 「鋭利な端部・角部・突出部の回避」、「本質安全設計の採用」、「構成部品間のポジティブな機械的作用の原理適用」、「人間工学原則遵守」、「制御システム設計時の安全原則適用」、「空圧・油圧設備の危険源防止」、「電気的危険源の防止」
    - 隔離の原則 ー　安全柵による安全防護
    - 停止の原則 ー　ドア・インターロック装置、非常停止スイッチ、ティーチング装置、イネーブル装置などの安全装置による安全防護

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストテキストp164～p165)

297

- **3) リスクアセスメントの方法と評価**
  - 「危険源（リスク）の抽出」→「評価」→「改善領域を決定」→「改善領域について改善を実施」
    - 評価点 5 － 本質安全
    - 評価点 4 － フェール・セーフ機器、フール・プルーフ機器、ガード
    - 評価点 3 － 保護具
    - 評価点 2 － 一般の検出機器
    - 評価点 1 － 表示警告・教育・訓練

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

- **4) リスクカテゴリーレベルの 5段階評価と対応**
  - 「危険源（リスク）の抽出」→「評価」→「改善領域を決定」→「改善領域について改善を実施」
    - レベルⅤ ― 許容できない（改善領域）
    - レベルⅣ ― 重大な問題あり（改善領域）
    - レベルⅢ ― 問題が多少あり（改善領域）
    - レベルⅡ ― 許容できる（維持領域）
    - レベルⅠ ― 無視できる（維持領域）
  - であり、
  - レベルⅠ「広く受け入れ可能なリスクの領域までは、安全。」
  - レベルⅡ「許容できるリスクまでは、残留リスクをリスク低減策で減らした上で、安全とみなす。」
  - レベルⅢ、レベルⅣ、レベルⅤ「許容できるリスクを超えて、許容できないリスクに至る領域については、改善安全対策を施す。」
- **5) 改善安全対策実施までの過程**
  - 「本質安全設計による危険源の除去」→「リスクの低減」→「除去できない危険源に対して、安全防護によるリスクの低減を行う。」→「最後まで低減できない残留リスクに関しては、使用者への情報提供（表示および文字による機械本体への表示など）と警告を行い、機械安全を確保する。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp165)

299

4.4.3 プロセスの潜在的危険性の把握と評価

- 安全（保安）管理システムにおいては、労働安全上の危険箇所だけでなく装置やプロセスのもつ潜在危険性について予め十分に検討し、リスクを許容レベル以下にするために必要な対策をとる。
- リスク解析手法としては、「5.3 分析法」で解説しているが、下記などがあり、個別のプロジェクト管理に安全管理を取り入れる。
  - HAZOP
  - What-if 解析
  - 予備的危険解析 (PHA)
  - FMEA
  - FMECA
  - FTA
  - ETA

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp165)

300

- これには装置の定常運転だけでなく、起動時や停止時の種々の操作など人の介在する部分を適切に考慮に入れる必要があり、運転経験豊富な保安主任者や保安係員の参画が欠かせない。
- 評価の前提となった条件（周辺環境等を含む。）の変化に応じて、適宜又は定期的に見直しを行うことも重要。
- 潜在危険性の評価の前提条件や、自然条件などによる不確定要素がある場合にはそのことも含めて、関係者に潜在危険性の評価内容が周知されている必要がある。
- 特に、運転管理や設備管理で特別な注意を要する場合、その理由（Know － Why）を含めて、第一線の担当者に繰返し教育する。
- 設計・計画部門と運転・保全部門との密接なコミュニケーションが求められ、これも保安主任者や保安係員の重要な役割となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp166)

301

4.4.4　安全活動のメリット･デメリット

- 事業体の規模、管理体制、これまでの安全活動の進化度、事故態様などによって、どのような安全活動を行うべきかが異なってくる。
- 安全方針を決める場合は職場の合意は不可欠。
  - 以下にそれぞれの安全活動のメリット･デメリットを記す。

- **（１）ボトムアップ型安全活動のメリット･デメリット**
  - **(a) メリット**
    - ボトムアップからの全員参加型の展開が図られる。
  - **(b) デメリット**
    - ヒヤリハット体験の報告が人事考課に反映されるのではないかとの危惧からの、安全活動の低迷。
    - 安全活動がマンネリ化し、実効が薄いものとなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp166)

302

- （２）トップダウン型安全活動のメリット･デメリット
  - (a) メリット
    - ①　　マネジメントにビルトイン（組み込まれた）された形での展開になるため、安全活動を意識しないで、労働安全が図られる。
    - ②　　非定常作業や、機械故障時の復旧作業、異常時への対処など、定型化されていない労働災害に対して、実効が上がる。
    - ③　　安全活動の実施と経営資源の配分が明確になる。
    - ④　　ISO 9000 シリーズなどとの連動により、統合化されたメリットを発揮できる。
  - (b) デメリット
    - 推進担当者の不足など、中小企業では、管理体制の確保が難しい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp166～p167)

303

- いずれの安全活動も一長一短があり、安全活動の形にとらわれるべきではなく状況に応じて使い分けることが必要。
- ボトムアップ型安全活動とトップダウン型安全活動とを組織やメンバーのそれぞれの状況を判断し、ハイブリッド化（混成化）させた対策の構築を目指すべきものと思われる。
- すなわち
  - ①　　現在の人的資源によって、実効・即効性があり、管理負担を伴わないいくつかの従来型の安全活動を取り入れること、
  - ②　　JIS 規格とISO に準拠したリスクアセスメントとリスク低減策を実施すること。
  - ③　　既に承認済みのISO 9000 シリーズのガイドラインであるプロジェクトマネジメントISO 10006 を媒介に統合化が図られうる OHSAS 18000 の導入と認証を新たに目指すこと、なども効果があろう。
- 安全に王道はなく、マンネリ化に陥ることなく常にほどよい緊張感をもって持することが必要である。まさに「継続こそ力なり」。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp167)

4.5　緊急事態対応

- 地震やプラント異常発生時の緊急時対応の仕方が人命・設備の損害の大小を左右。
- プラント管理者は、人の行動特性、設備の特性を部下と共有化して、十分話し合い、緊急時対応を決め、マニュアルを定め、十分な訓練を実施しなければならない。
緊急時における人の行動特性は次のようにいわれている。

  - **（1）緊急時における人間の行動特性**

① 思い込みを途中で改められない。
② 異常を示す情報を受け取らない、無視する。
③ 思考力が低下する。
④ エラーが多くなる。
⑤ 長期的関心が薄れ、その場的な関心が大きくなる。

  - これらのストレスの要因としては以下のようにいわれている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp167～p168)

305

- **（2）緊急時に与えるストレスの要因**

① 不安、焦燥感、自信喪失など。
② 社会的心理要因、例えば社会的な影響からくるもの、家庭に与える影響のストレスなど
③ 役割が曖昧であるためとっさの行動がとれない、行動の責任に対する不安など

- これらの人間行動の特性を考慮して設備や運転管理面について対策をとっておかなければならない。
- 緊急時におけるストレス解消の方策としては以下が挙げられる。

- **（3）緊急時におけるストレス解消の方策**

① 操作手順は単純化し複雑、高度な思考を必要としないマニュアルとしておくこと。
② 操作手順は体が独りで動くようになるまで反復訓練する。また訓練の中に判断訓練も入れること。
③ 緊急時の役割は明確にしておくこと。そのためには引継時において役割を確認する習慣を身に付けさせること。
④ 情報の伝達や確認は重要事項であり、その情報が共有化されるように掲示板などで関係者が見られるように配慮しておくこと。
⑤ 監督者は当面の緊急事態の対応に集中しているので、プラント管理者は当該緊急事態の周辺の影響について大局的に判断する訓練をすること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp168～p169)

306

- ⑥ 指示は単純明快に行い、過大な情報を要求しないこと。
  - 訓練を工夫してマンネリズムに陥ることのないようにする。
  - プラント管理者は訓練に参加し、訓練の実体をよく把握し、運転員の習熟度確認や対応についてフォローしなければならない。
  - 過去の（事故・災害などの）体験者の経験は貴重であり、教訓が活かせるようにマニュアル類に反映させ、伝承していく必要あり。
  - 自然災害の発生を止めることはできないが、その被害を最小限にくい止めるように対策を立てておかなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp169)

307

4.6 これからの保安係員に求められるもの

- プラント運転の要である保安係員は、プラント運転のプロであることはもちろん、安全に関して職場はもちろんのこと、社会的な責任をもっており、重要な任務の遂行者である。
- 良き管理者とは
  - 仕事上の知識、技能に優れ、人一倍意欲も旺盛であること。
  - 口やかまし過ぎたり、過干渉ではいけない。
  - 引っ込み思案で、みんなに遠慮しすぎるのはもっといけない。
  - 放任主義でもいけない。
  - 職場内の状況をよく見極め、正しい判断、適切な指示を行い、部下の信頼を勝ち取る。
  - チームパワーを発揮させ安全を確保し、業務目標を達成する。
- 一般の産業と異なり大量の危険物や高圧ガスを取り扱うプロセス産業においては管理者の役割の重要性は推して知るべしである。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

4．災害防止のための安全管理

(テキストp169)

308

- 一般的に良き管理者の５大条件として以下のことが挙げられる。
  - **信頼関係**
    - **情報収集能力と判断力**：　保安係員として付加されるものは、自分が管理している設備の履歴と失敗事例を学び、その対応について検証すること。また、緊急時の判断力が要求される。
  - **企画力、問題解決能力**
  - **人を見抜き、活かす能力**
  - **人間的魅力**
- 保安係員は目先のことにとらわれたり、受け身仕事に追われるのではなく、種々の変化に着目し、チームの力を結集して行動できるようにしておかなければならない。
- 安全は管理者の気配りのバロメーターと見ることもでき、いかにして良い風土を作るかはプラント管理者の意気込みにかかっている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

４．災害防止のための安全管理

(テキストp170)

309

- 昨今、社会情勢の変化は著しく、生産現場に携わる者でも社会情勢に無関心でいることは許されない。
  企業は社会の一員として共存しており、社会に受け入れられなければ、その存在すら問われることになる。
- したがって、事故防止はもちろんのこと、日常の生産活動においても社会に受け入れられるような情報発信と、その実績の説明責任がますます求められてきており、従来は組織内だけの安全活動だけで済まされていたが、今後は社会を意識した安全活動を展開する必要があり、その強力なる推進者として保安係員の活躍が期待されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者

保安係員（一般）講習

保安管理技術～事故事例の分析と活用～

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

目次

5．事故事例の分析と活用

- 5.1　事故の概要（テキストp171）
- 5.2　事故事例の収集（p172）
- 5.3　事故事例の検討（p173）
- 5.4　事故事例の分析（p175）
- 5.5　事故事例の活用（p192）
- 5.6　事故事例の形骸化防止（p194）

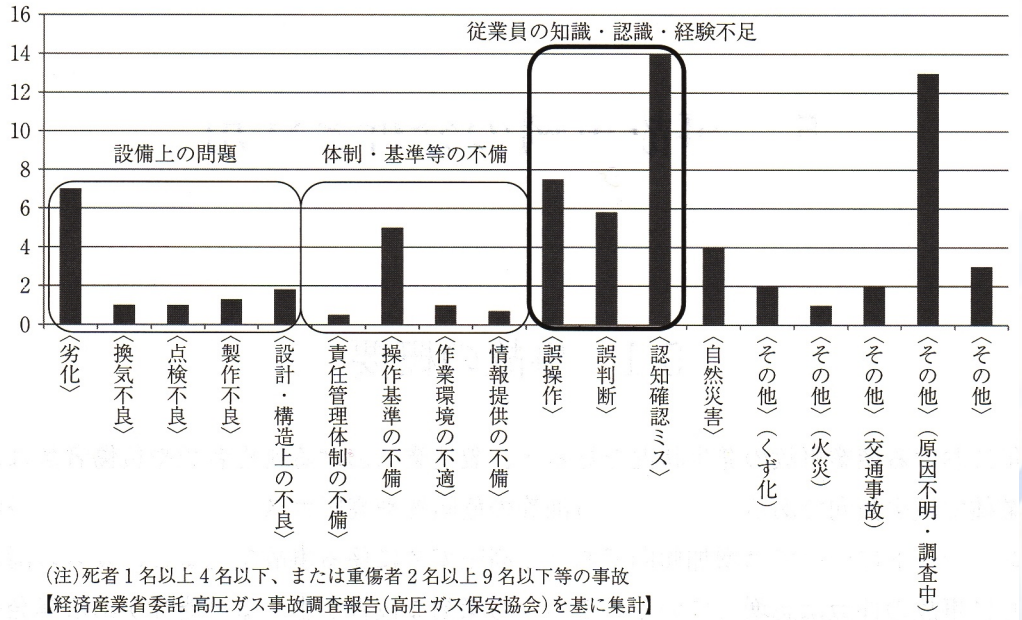
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp171～p172)

5.1　事故の概要

- 近年における産業事故：製造業における死亡事故、負傷者数は概ね全業種で減少傾向。
- 石油コンビナート：産業事故は増加傾向で、高圧ガスの事故はガス漏えいを中心に事故件数は急増。爆発や火災事故も10年前と比較すると増加。
- 過去10年間のB級以上の高圧ガス事故の発生原因では、図5.1 のとおり従業員「認知ミスや確認ミス」、「誤操作」、「誤判断」など、人為的なミスが多い。



(注)死者１名以上４名以下、または重傷者２名以上９名以下等の事故
【経済産業省委託 高圧ガス事故調査報告(高圧ガス保安協会)を基に集計】

図 5.1　過去 10 年間(平成 14 年から平成 23 年)の高圧ガス B 級(注)事故以上の事故原因

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp171)

313

- 特に重大事故発生原因の背景等を整理すると以下の通りである。
  ①不十分なリスクアセスメント
  ②人材の現場力の低下
  ③過去の事故情報の共有面での問題
- リスクアセスメントについては、安全装置を作動させた後の同装置の故障や従業員の誤操作等も踏まえたリスクアセスメント、および製造設備や製造方法の変更に伴うリスクアセスメントについて、これまで以上にその実施を徹底すべき。
- 人材の育成：危険を予知する能力、リスクアセスメントを行う能力の養成・向上が必要。
- また、基本的に企業の安全に対する意識の低下と従業員の保安の取り組みが不十分であることが考えられる。
- 従業員教育：担当業務、役割、経験年数等に応じ、企業自らがきめ細かな対応を行う必要がある。
- 設備：企業自らが安全確保を実施することが最も効果的である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp172)

5.2　事故事例の収集

5.2.1　社外事故事例の収集

- **事故事例収集の狙い**：「類似事故の再発防止」、そのため企業は発生した事故の正確な情報、真の原因を速やかに入手できる体制にあることが望ましい。
- 公的な事故調査委員会が設置された場合は真の原因や正確な情報を入手可能、また、近年、社会的に影響の大きな事故については当該会社ウェブサイトなどから正確な情報を入手できることがある。
- 再発防止の観点から、大事故に至らないアクシデント的な事例が多く入手できれば、効果的。
- **事例の活用**：企業の情報収集部門は、事故事例を取捨選択せず、現場に流すことを勧めるが、要点、教訓を含めると更によい。
- **事故事例情報入手源**：高圧ガス保安協会ウェブサイトの事故情報各業界団体からの事例集

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp172～p173)

315

- 5.2.2　社内事故事例の収集

- **社内の情報**：顕在化しないヒヤリハットから事故、災害に至るまで千差万別であり、安全、保安活動のみならず仕事の質の向上に役立てていくことが必要。

- 5.2.3　事故に係る他社との情報交換

- **社外の事故情報入手**：一般的に困難であるが、
  - 高圧ガス保安協会の事故調査委員会
  - 業界内での情報交換会
  - 地域の防災協議会
  - 石油連盟や石油化学工業協会のそれぞれの
  - 業界における情報交換の場
  - などから入手可能。
- 類似事故の再発防止に大いに役立っていることは特筆すべきこと。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp173)

5.3　事故事例の検討

- 5.3.1　事故事例の分析の意義

- 「事故事例の原因を分析して、これを経験として二度と類似事故を繰り返さない方法を講じるとともに、そこから普遍妥当性のある教訓を見つけ出して、類似災害を起こさないようにする」ことが安全管理の大きな柱。
- 図5.2 に示すように事故防止対策を検討する場合、実際に発生した事故を基に問題点を検討する問題出発型と、装置や操作に潜む問題点を摘出する問題発見型とに大別される。

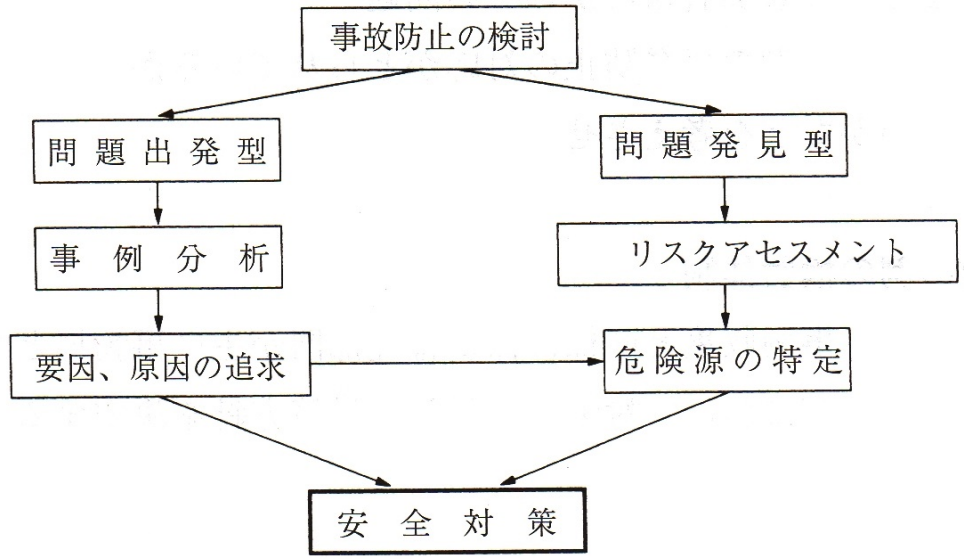


図 5.2　事故防止対策検討の手順

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp173～p174)

317

- **問題出発型**：発生事故事例を集めて分析を行い、事故の原因を明確にして対策を立てる。
  - その対応として、事故や災害を起こす原因や要因をなくしてしまう対策や、原因や要因を直接排除できない場合に、その原因や要因が発生しないようにする対策などがある。
    この方法は、事例から直接学びながら安全対策を講ずるもので、いくつかの手法がある。
- **問題発見型**：現実の事故や災害の発生を先取りして事前に対策を講じようとするもの。
  - 種々の要因などの組み合わせを想定し、予想される危険を事前に摘出し評価検討するものであるが、作業前の危険予知や新増設時の安全審査、操作や設備などの変更管理における安全確認などがあり、これを検討する手法も種々ある。
- 検討する場合のベースとなるものは、各分野における専門知識とシステム的思考であり、また事例からの教訓である。
- いずれの方法も事故や災害の事例から学ぶことが基本であり、まず分析手法を学ぶことがスタートとなる。
- このように事例から学ぶことは、安全活動の根幹をなすもので、適切な事例分析のないところに、安全活動の進歩、発展もありえないといっても過言ではない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp174)

318

5.3.2　検討体制

- **事故事例の検討**：大規模企業、事業所ではルールを定め、検討会などを開催し、事故原因究明、対策などについて協議する体制を整備している。
- **企業における事例検討**：事故に至った背景と事実を探り、再発防止を図る。 責任を追及をするものではない。
- 狙いとするところは
  - ① あらゆる観点から徹底的に分析（特に深層原因は重要）。
    これらより再発防止対策を立て、教訓を学び取ること。
  - ② 事故分析を通じ参加者自身が自分の問題として捉え、同種事故が発生する可能性はないか、類似事例の再発防止の対応がとられているか、係る事例の未然防止法はないかなどを考えさせること。

（１）社外事故事例の検討体制

- 事例収集と同様、保安管理部門が主に事務局となり、社内・事業所内の対策委員会などにおいて対策を検討し、対策方針を決定。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp174～p175)

319

- **（2）社内事故事例の検討体制**

➢ 職場単位から社内全体に至るまで事例のグレードに応じ検討。

➢ 大事故事例：必要に応じ事故原因究明と対策などを協議する体制をとる。

➢ 検討は、設備管理部門、運転管理部門および保安管理部門が協同で行う。

➢ 検討結果を、安全衛生委員会、技術委員会あるいは防災対策委員会などで協議し、最終的な対応方針を決定。

- **（3）検討体制に関する工夫**

➢ 検討を効果的に行うためには、種々の配慮が必要で、以下のようなことも考えらえる。

- ① 検討内容により、専門的な下部検討組織（WG 等）を必要に応じ設置し検討する。
- ② 社内事故発生時：関係担当役員をメンバーとする事故対策会議を設置し検討する。
- ③ 事故内容、重大性によって検討体制の変更や関係他部門の応援を求める。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp175)

320

5.4　事故事例の分析

5.4.1　事故原因

- 事故や災害の発生は、直接原因のみによって発生するのではなく、多くの場合、複数の間接原因が絡み合って各種の防御策をくぐり抜けて発生する。
- 一見、単純な原因から発生しているように見える事故でも、事故原因を探ると種々の要因が複雑に絡み合っていることがわかる。
- 因果関係を明らかにし体系化することが、事故災害分析で最も重要。
- 事故災害に至るこれらの関係を概念的に表すと図5.3 に示すような連鎖関係になる。
- これらの原因は、おおよそ次のように分類される。

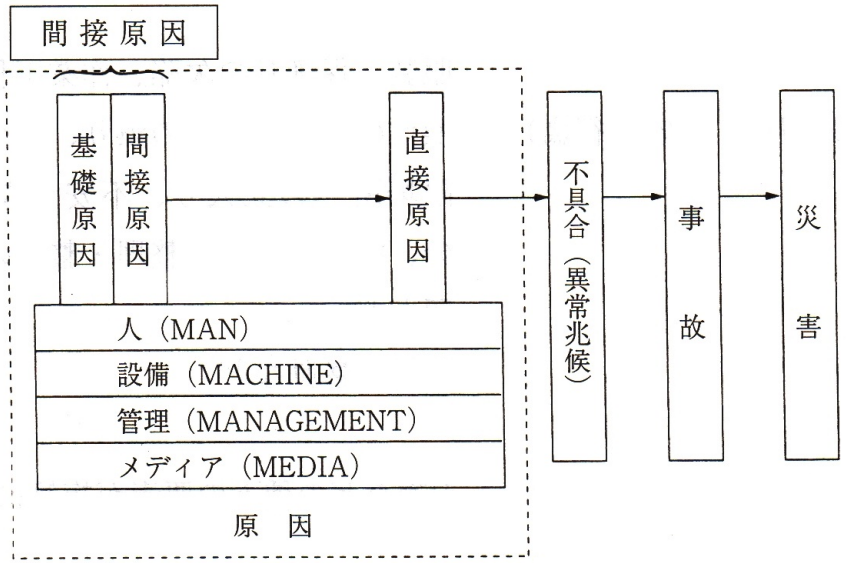


図 5.3　事故災害に至る連鎖関係

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp175～p176)

321

- **（1）基礎原因**

- 事故や災害発生の最も基本的な原因と考えられる部分で、個人の行動や考えで動かすことのできない仕組みや時間的要素、管理的側面などがその主要部分を構成する。
- 社会的原因、歴史的原因など、事故災害の誘因となった根本原因。

- **（2）間接原因**

- 基礎原因から以下の原因が誘発されると、これらを間接原因とみる。
これらは直接原因の誘因となる。
  - ① 技術的原因：機械装置設計の不良、構造材料の不適当、点検保全の不十分、不安全行為を誘う技術的欠陥など。
  - ② 教育的原因：作業工程の危険、安全実施方法の無知、軽視、無理解、訓練未熟、悪習慣、未経験など。
  - ③ 身体的原因：疾病、睡眠不足、体格不適当など。
  - ④ 精神的原因：態度不良、精神的動揺、知覚的欠陥など。
- 実際には、基礎原因と間接原因は区別ができにくいこともあり、この二つを合わせて間接原因ということもできる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp176)

322

- **（3）直接原因**
  - 事故や災害の発生に直接的に作用した原因であり、物的なものと人的なものとに分けられる。
    - ① 物的なもの(不良環境、不良設備) ：設計不良、設備の欠陥、安全対策の欠陥、物質の危険、設備的な不安全状態、照明不良、騒音など
    - ② 人的なもの(誤り、不安全行為)：操作の誤り、判断の誤り、安全対策の忘れ、危険場所への立入り、不安全な姿勢、連絡不十分、操作の誤り、整理・整頓の不良、教育の問題など。
- ③ 不可抗力：天災、暴動など。
  - 事故や災害が発生するその背後には、人や物などの種々の要素が複雑に絡み合っている。
- **（4）ハインリッヒのドミノ理論における因果関係**
  - ハインリッヒのドミノ理論とは、以下の①～⑤ の事項には因果関係があり、それらをドミノに見立て、最初のステップを失敗すれば（ドミノが倒れれば）あとのステップに連鎖し、災害や傷害につながるという理論である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp176～p177)

323

- 最初の３つのステップを１つでも除去できれば、災害や傷害は防ぐことができるとしている。
  - ① 社会環境：社会環境が、性格上の好ましくない特徴を助長し、教育を妨害することがある。社会的環境は人的欠陥の原因となる。
  - ② 人的欠陥：無謀、激しい気性、神経質、興奮性、無分別、安全手段に対する無知などの人的欠陥は、不安全行動をおかす。
  - ③ 不安全行動：吊り下げられた荷の下に立つ、警報なしに機械を起動する、ばか騒ぎ、安全装置を取り外すなどの人間の不安全行動、防護されない歯車、防護されない作業点、手すりの未設置、不十分な照明などの機械的また危険性は物質的危険性は直接に災害原因となる。
    - ・機械的
    - ・物質的
  - ④ 災害：人間の墜落、飛来物による打撃などの事象は傷害の原因となる典型的災害。
  - ⑤ 傷害：挫傷、裂傷などは直接に災害から生ずる傷害。
- 図5.4 傷害の発生は、一連の事象の連鎖により発生する。この連鎖は、ドミノを構成する要因の中から１つでも取り除くことにより断ち切られ、災害や傷害は発生しない。

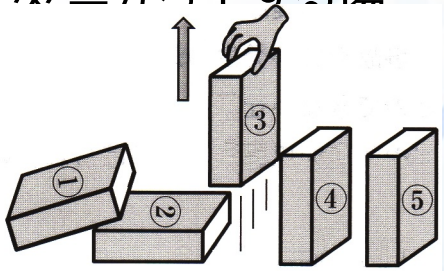


図5.4　ハインリッヒのドミノ理論

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp177)

5.4.2　分析手法の種類とその特徴

- 災害、事故、故障の分析には種々の手法があり、それぞれに特徴を有する。
- したがって、これらの分析手法の特徴をよく理解し、目的に合った手法を採用することが必要である。
- もちろん、１つの事例において複数の分析手法を活用したほうがより明確に分析できることも多く、１つの手法にこだわらず、各手法を活用して分析することが重要である。
- 表5.1 に代表的な分析手法と特徴を示す。一般に事故分析には、特性要因図、FTA、ETA が用いられ、安全性評価にはHAZOP がよく使用されている。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp178)

表5.1 分析手法と特徴 手法 目的

	手法	目的	特徴
論理図解析	特性要因図 (魚の骨)	事故解析 事故想定分析 要因と対策	○ 要因を分類し、担当部門や階層別に対策を考えるのに 便利。 ・ 要因相互の因果関係不明確。 (例)労災事故の分析
	FTA	事故解析 事故想定分析 要因と対策	○ 要因相互の因果関係や、各要因の事故に対する寄与の度合いを知るのに便利。 ○ 事故発生確率の推定も可能。 ○ 事故の波及伝ば経路(排水、配管、配線など)の明確なシステム向き。 ・ 大規模な災害や、材料欠陥、誤操作を含む事故解析は容易でない。 (例)排水異常、インターロックミスの解析
	ETA	事故解析 事故想定分析 波及効果と対策	○ 小規模のトラブルの波及拡大過程を解析するのに便利。 事故解析 ○ 一つの引金事象が事故、災害に拡大する確率の推定も可能。 ・ 事故災害のすべての要因を網羅するものではない。 (例)タンクからの漏出事故拡大の追及

(注) FTA：Fault Tree Analysis　　HAZOP：Hazard and Operability Study
　　ETA：Event Tree Analysis　　FMEA：Failure Mode and Effects Analysis

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

表5.1 分析手法と特徴 手法 目的（続き）

	手法	目的	特徴
要素解析	HAZOP	状態変位の解析	○ システムの状態変位に対して、構成要素のかかわり方を知るのに便利。 ○ FTAの頂上事象の選定に便利。 ・ 二つ以上の事象の組合せ(例えば複合事象による事 故)は考えない。
	What-if	想定事象の解析	○ 機器故障や誤操作などの影響を考えるのに便利。 ○複数の事象の組合せを想定することもできる。 ・ システム化されていないので網羅性はない。
	FMEA	故障影響解析	○ 重要なシステムを構成する部品の管理方針を考えるのに便利。 ○ FTA の際に、頂上事象に関係する構成基本事象の選択に便利。 ・ 個々の部品や故障モード相互の関係はわからない。

(注) FTA：Fault Tree Analysis　　HAZOP：Hazard and Operability Study
　　ETA：Event Tree Analysis　　FMEA：Failure Mode and Effects Analysis

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp177)

5.4.3 特性要因図（魚の骨）

（1）「特性要因図」とは

- 問題とする特性（問題点、事故など）とそれに影響を及ぼしていると思われる要因（原因）との関連を整理して、魚の骨のような図に体系的にまとめたもので、一般に「特性要因図」（魚の骨）と呼ばれれ図5.5に大略を示す。
- 骨とは特性と要因の関係を示す矢印のことで、この手法は、要因を分類し、部門別に対策を検討するのに便利であるが、要因相互間の因果関係を明確にすることはできない。

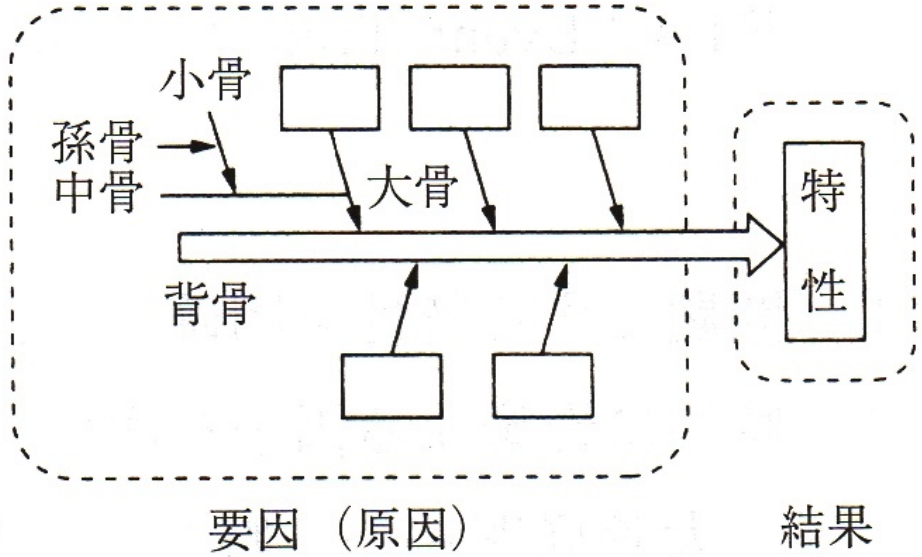


図 5.5　特性要因図（魚の骨）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp177～p178)

328

- **（2）特性要因図の作成方法**

➢ 同一職場または関連職場の関係者数名のグループ討議で、次の手順で作成する。

- ① 問題とする特性を明確にし、特性と背骨を記入する。
- ② 特性に影響する因子を次のいずれかの方法で洗い出す。
  - ⓐ 大骨展開法・・・特性に影響する要因を４～６ 項目に大分類し、これを大骨とし、以下中骨、小骨、孫骨へと原因追及しながら記入。
  - ⓑ 小骨拡張法・・・ブレーンストーミング、KJ 法などで考えられる要因を全部出し合った後、関係のある要因をグループ化して小分類、中分類、大分類し、それらを小骨、中骨、大骨として記入する。
- ③ 要因に漏れがないかを確認する。
- ④ 重要と思われる要因（５～８ 項目ぐらい）に印を付ける。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp179)

329

- 図5.6、5.7 に水注入部開孔事故の水注入部図と特性要因図などを示す。

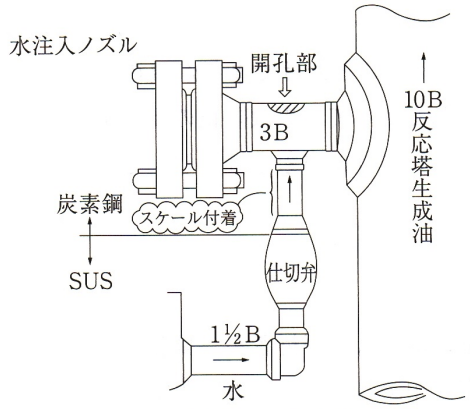
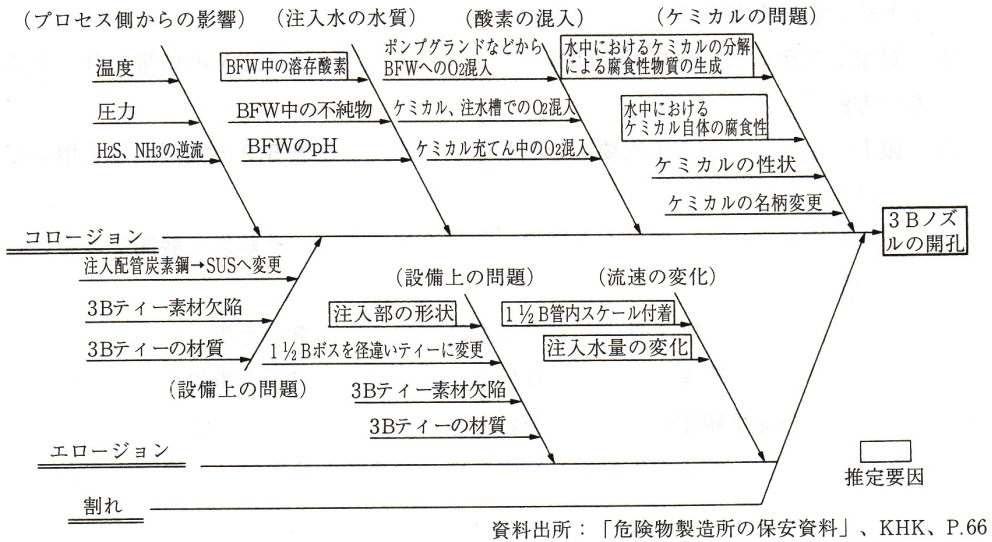


図 5.6　水注入部図



資料出所：「危険物製造所の保安資料」、KHK、P.66

図 5.7　水注入部開孔事故の特性要因図の例

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

(テキストp179～p180)

330

5.4.4 FTA (Fault Tree Analysis)

（1）FTA とは

- その発生が好ましくない事象（事故、災害など）を頂上事象として取り上げ、それが生じるための 1 次要因、2 次要因など（設備故障、誤操作など）を論理的に因果関係を考えながら展開し、解析していく図式（演繹的）解析手法。この図を FT 図という。
- FTA では、主として AND ゲート (論理積) と OR ゲート (論理和) を使って頂上事象に関係する因果関係をツリー状に表示していき、このツリーは論理式でも表せる。
- 要因や条件の生起確率が得られれば頂上事象の生起確率を算出することができる。
- FTA においては原因・結果の因果関係を論理的に矛盾なく組み立てていかなければならない。
- 既に発生した事故分析に FTA を適用する場合、実際に関与した要因で組み立てるために AND ゲートの組み合わせになりがちであり、OR ゲートの組み合わせが抜けやすい。
- OR ゲートの要素は、そのことだけで事象が顕在化するので、発生の可能性を防止するためにも重要。
- したがって、事故防止の要因を検討する場合、このことをよく理解して抜けのないように事象を抽出し、それを補強することを検討したほうがよい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp180)

331

- **（2）FTA の実施方法**

➢ １つの FT 図の作成時、１人の解析者が一貫して行う必要がある。

➢ 作成過程では随時関係部門の専門家と相談して次の手順で進める。

- ① 対象システムの範囲を決め、システムの構成、機能、作業方法、設備の故障モードとその影響などをよく理解する。
- ② 対象システムについて頂上事象を選定する。後述する ETA の結果を利用するのも一方法である。
- ③ 頂上事象につながる１次要因を列挙し、因果関係を表5.2 の論理記号を用いて結びつける。
- ④ １次要因以下について、③ と同様の作業を繰り返し、それ以上展開できないレベルまで続ける。
- ⑤ できあがった FT 図を見直し、必要な簡略化や修正を加える。
- ⑥ 各要因の発生確率を FT 図に割り付け、論理に従って頂上事象の発生確率を求める。各要因の発生確率が推定できないときは、定性的評価にとどめる。
- ⑦ 各要因の上位レベルの影響度を評価して、効果的な改善施策を検討する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp181)

332

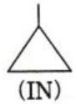
表5.2 FT 図作成に必要な事象および論理記号の例

記号	名称	説明
	頂上事象又は 中間事象	頂上事象又は中間事象。
	基本事象	これ以上は展開できない基本的な事象。 発生頻度が評価される最も低いレベルの基本的な事象。
	ANDゲート	下のすべての入力事象が生起するとき上の出力事象が発生することを示す。
	ORゲート	下の入力事象のうち、いずれか一つでも存在するとき上の出力事象が発生することを示す。
	制約ゲート	下の入力事象について、このゲートで示す右側の条件が満足する場合のみ上の出力事象が発生することを示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

表5.2 FT 図作成に必要な事象および論理記号の例（続き）

記号	名称	説明
	非展開事象 (省略記号)	情報不足や技術の不十分なことにより、これ以上展開できない事象を表す。 これ以上展開しても意味がないときの事象にも用いる。
	条件事象 (ハウスゲート)	通常発生すると思われる事象を示す。システムの状態を示す。 枠内に状態の説明を記述する。
	移行記号	FT 図上の関連する部分への移行または連結を示す。 三角形の頂上からの線のものは入る移行を示す。 枠内に数字又は記号を記し、ブランチとの連結状態。
	移行記号	上と同じ。 三角形の横からの線のものは出ていく移行を示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp182)

334

- （3）FTA の効果

➢ FT 図を作成することによって他の手法では困難な次のような効果を得ることができる。

- ① 事故発生に関係するあらゆる原因を明らかにするのに役立つ。
- ② 複数の事象を論理記号で接続して、部分的な故障からシステム全体の事故発生に関係する原因を見出すことができる。
- ③ もしシステム設計が適切でなければ、FT 図によりシステムの弱点は何か、いかにして事故につながるかが明らかになる。また、設計が適切であれば考えられるあらゆる原因は、既に検討済であることが明らかになる。
- ④ システムの故障の確立を計算するのに便利で有用な手法。したがって、信頼性、安全設計あるいはその代替案を評価する際の基礎となる。

➢ したがって、設計段階および運転段階に利用できるが、大規模な事故、災害の解析には相当のマンパワーが必要となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp182)

335

- **（4）FTA の使用方法**

- **(a) 設計段階**
  - 設備故障の組み合わせから起こる隠れた故障モードを発掘するのに有効に使用できる。
  - 危険性評価（リスクアセスメント）の結果、爆発・火災のような重大リスクの発生に至る可能性が指摘された場合などについては、FTA による再評価を試み、改善を必要とする箇所があれば設計内容に所用の修正を加えることも有効。
- **(b) 運転段階**
  - 設備の特性および作業方法を含めた FTA を行うことにより、事故につながる可能性のある設備の故障と人間のミスの組み合わせを摘出できる。

- **（5）FTA の適用例**

➢ 発熱反応における異常反応を頂上事象とした場合のツリーの簡単な例を図5.8 に示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp182)

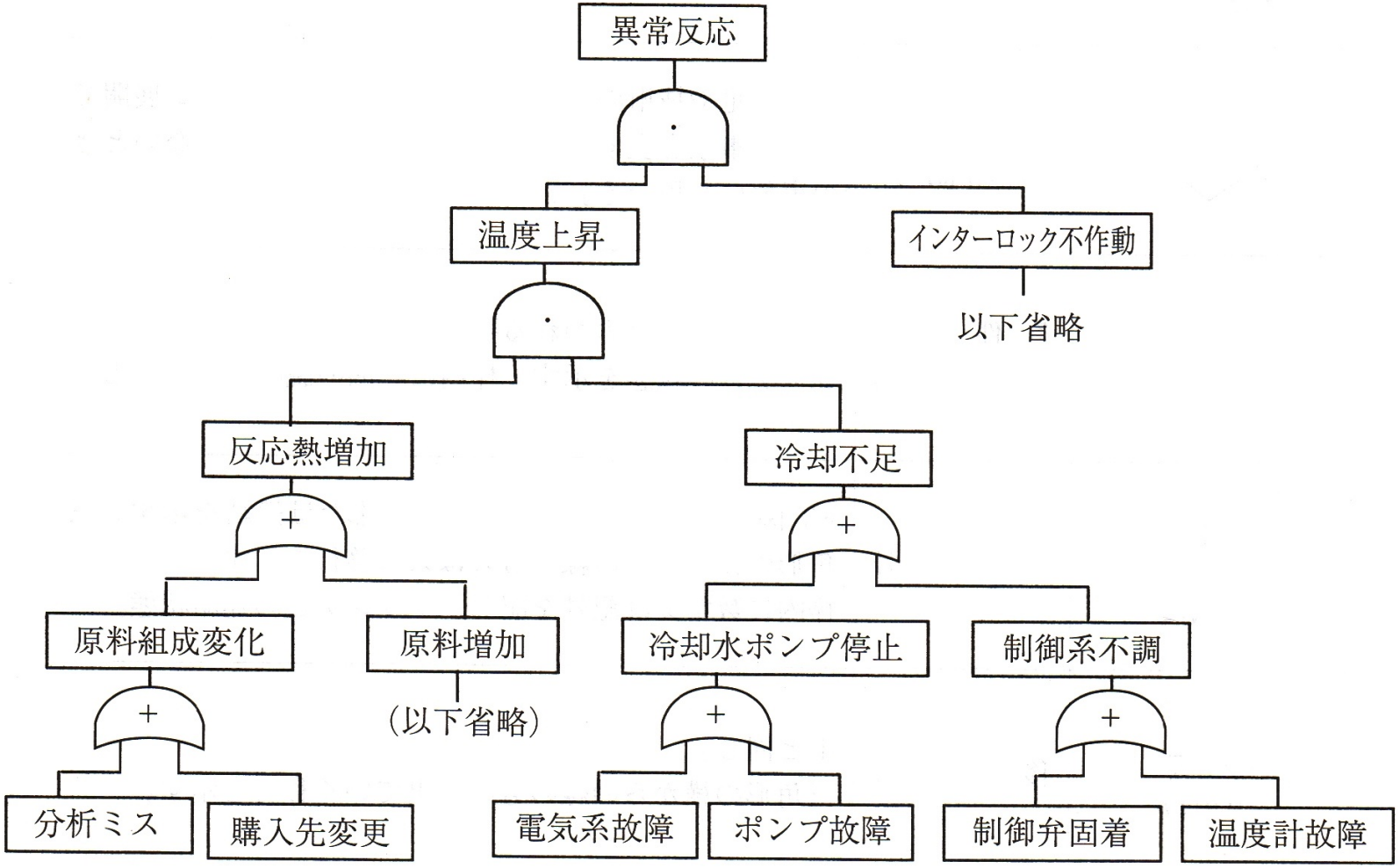


図 5.8　FT 図（FTA の解析例）

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

(テキストp183)

337

5.4.5 ETA (Event Tree Analysis)

（1）ETA とは

- ある引金的な初期事象（故障、トラブル）から出発して、時間的な経過をたどって、どのような結果事象（事故、災害など）に発展するかを樹木の枝分れ式に追及し分析する図式（帰納的）解析手法。
- 小規模なトラブルなどの波及拡大過程を解析するのに便利。
- 例えば、設備欠陥、故障や操作ミスといった引金事象が、どのように事故にまで拡大していくかを、緊急対策の成功・失敗あるいは安全・防災設備の成功・失敗（機能したかどうかを）考慮してツリー状に表現することにより、事故拡大防止対策の重要性を認識することができ、追加対策の必要性も評価できる。
- 拡大過程の各分岐点での生起確率を与え、分岐ごとにかけ合わせることによりそれぞれの結果の生起確率を求めることができる。
- FTA ではプラント全体のリスク評価を行うには膨大な時間と人を要するのに対し、ETA ではプラント全体のリスク評価を得やすいことから、FTA のトップ事象を選択する基礎として有効といえる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp183)

338

- **（2）ETA の実施方法**

➢ １名の解析者でもできるが、やや複雑なシステムでは数名の関係者が集まって、ブレーンストーミングなどを行いながら解析を進める。手順は次のとおり。

- ① 引金となる初期事象を決定する。
- ② 運転員の操作、安全装置の作動などが成功のときと失敗のときの事象を想定する。
  成功すれば分岐点の上方の線に進み、失敗すれば分岐点の下方の線に進む。
- ③ 次々と各分岐点で時系列的に発生する問題について、操作や作動が成功か失敗かを想定していく。
- ④ できあがった結果事象のシーケンスのうち、無意味なものを取り除き簡略化する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp183～p184)

339

- **（3）ETA の使用方法**

➢ ある初期事象に対する安全装置や緊急措置が決まっているシステムの解析に適しており、設計段階および運転段階で使用できる。

- **(a) 設計段階**
  - 仮想した初期事象からどのような事故や災害が起こる可能性があるか検討し、その結果から設計上組み込むべき安全対策を明確にできる。
  - 前述の FTA を実施する場合に頂上事象を定義するのに ETA が有効な手段となる。
- **(b) 運転段階**
  - 既存設備について、現状の安全対策の妥当性を評価するときや設備が故障したときの影響を評価するのに有効である。

- **（4）ETA の使用方法**

➢ 反応器（発熱反応）の冷却水停止を引金事象とした場合の ETA の簡易解析例を図5.9 に示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp184)

340

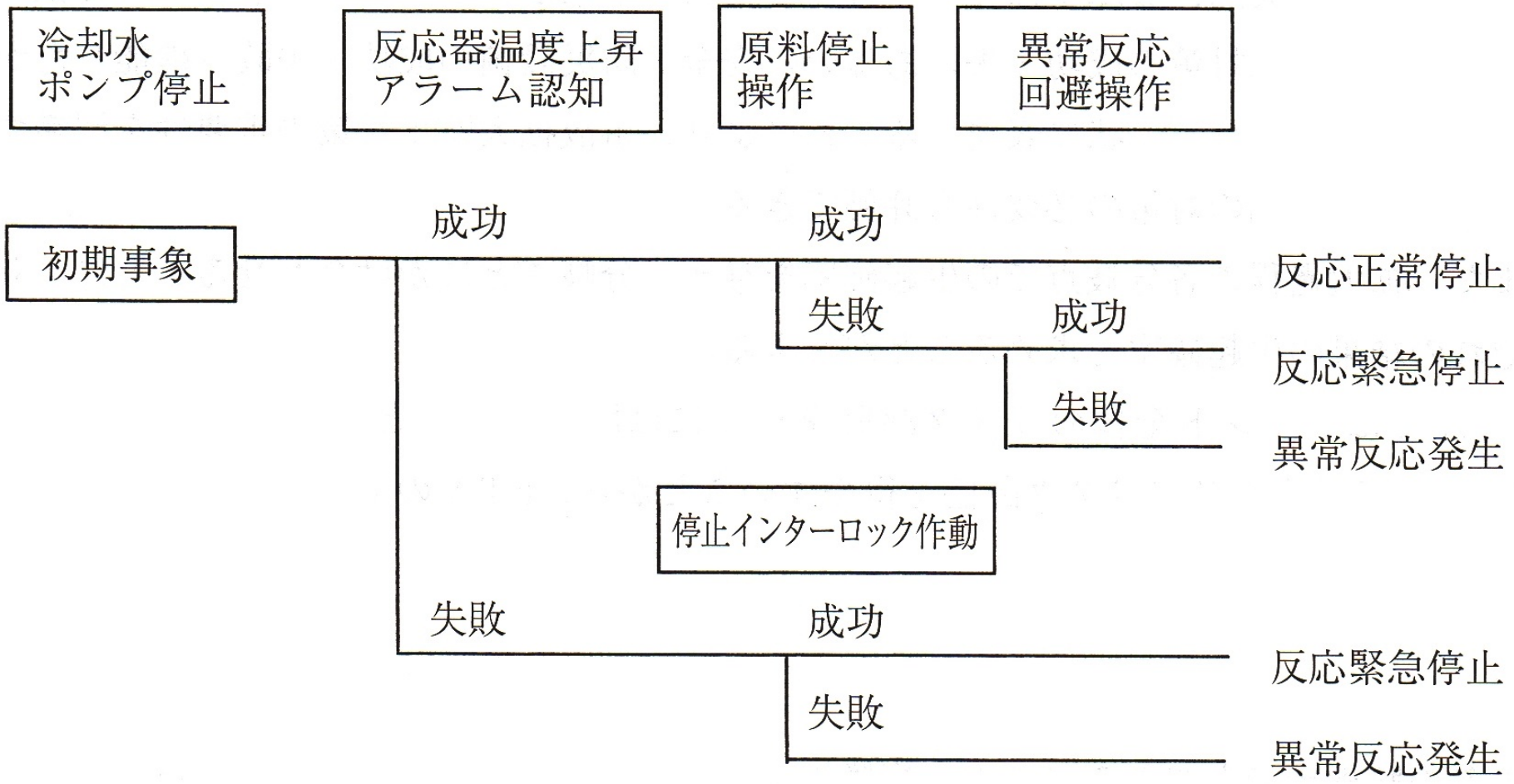


図 5.9　反応器（発熱反応）の冷却水停止の ETA の簡易解析例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp184)

341

5.4.6 HAZOP (Hazard and Operability Study)

（1）HAZOP とは

- 化学プロセスのようにフローシートで表されるものについては、操業条件の変化を定められたガイドライン（手引用語）（例：流されない、増加する、減少する。）に従って調べ、そのぞれの変化の原因と結果、とるべき対策を表にまとめて検討する手法。
- 設計で意図した状態からの「ずれ（Deviation）」をガイドワード、プロセスパラメータの組み合わせによって想定し、それがどのような潜在危険となるかを検討する手法。
- ガイドワードとして、NO 又は NOT、LESS、MORE、AS WELL AS、PART OF、REVERSE、OTHER THAN を用い、プロセスパラメータとして温度、圧力、流量、液面、組成、撹拌、pH などプロセスの諸条件を用いる。（表5.3）。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp185)

342

表 5.3 HAZOP ガイドワード一覧とその説明 用語の意味

ガイドワード	用語の意味	具体例
NO 又は NOT	設計および運転で意図した事象がまったく起こらない。(なし)	流れない。液面がなくなる。撹拌しない。反応しない。
LESS	意図した事象が減少する。(量的減少)	圧力・温度・濃度・液面などが低下する。流量・粘度・撹拌・反応などが低下する。
MORE	意図した事象が増加する。(量的増加)	圧力・温度・濃度・液面などが上昇する。流量・粘度・撹拌・反応などが増加する。
AS WELL AS	意図した事象は達成され、さらにそのほかに、意図しない事象が起こる。(質的増加)	目的地と同時に他所へ移送する。移送中に漏れる。他成分が混入する。余分な相・静電気・振動などが発生する。
PART OF	意図した事象の一部は達成されているが、達成されていないものもある。(質的減少)	複数の目的地の一部に移送しない。成分比が異なる。ある成分がない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp185)

343

表 5.3 HAZOP ガイドワード一覧とその説明 用語の意味（続き）

ガイドワード	用語の意味	具体例
REVERSE	意図した事象とは逆の事象が起こる。(逆転)	逆流する。逆回転する。逆反応が起こる。触媒の代りに停止剤が加わる。
OTHER THAN	意図した事象とはまったく異なる事象が起こる。(想定外)	移送先で変化する。まったく異なる物質を取り扱う。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp185)

344

- このようにして、「ずれ」の原因の洗い出し、「ずれ」によって生じるシステムの影響を検討し、さらに既存の安全対策の妥当性を確認して、不足している安全対策を指摘することができる手法。
- HAZOP の特徴は以下のようなもの。
  - ① システマティックに解析を進める構造化されたブレーンストーミング法である。
  - ② 本質的には単一事象の故障／トラブルの解析に適用する。
  - ③ 解析の精度と網羅性を高めるために、詳細な資料を要する。
  - ④ 網羅的に検討を進めるので、解析に長時間を要するが、プラントの潜在危険性を見落とす可能性が少なく、極めて有効な手法である。
  - ⑤ プロセス異常に対するイメージトレーニングのツールとしても有効な手法である。
- **（2）HAZOP の実施方法**
- HAZOP 解析には次の 3 段階がある。
  - ① 解析の準備
  - ② 解析の実施
  - ③ 結果の文書化

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp186)

345

- 解析対象プロセスの決定と結果の文書化は１名で足りるが、解析そのものは必ずチームで行う。
- 図5.10 のフローチャートに示すように、HAZOP 解析は対話型のプロセスである。
- HAZOP 解析では、関連のあるプロセスパラメータとガイドワードを組合せた「ずれ」を系統的に適用し、これに伴う問題点を同定する。
- 網羅性を高めるために解析には細心の注意を払って系統立って実施しなければならない。

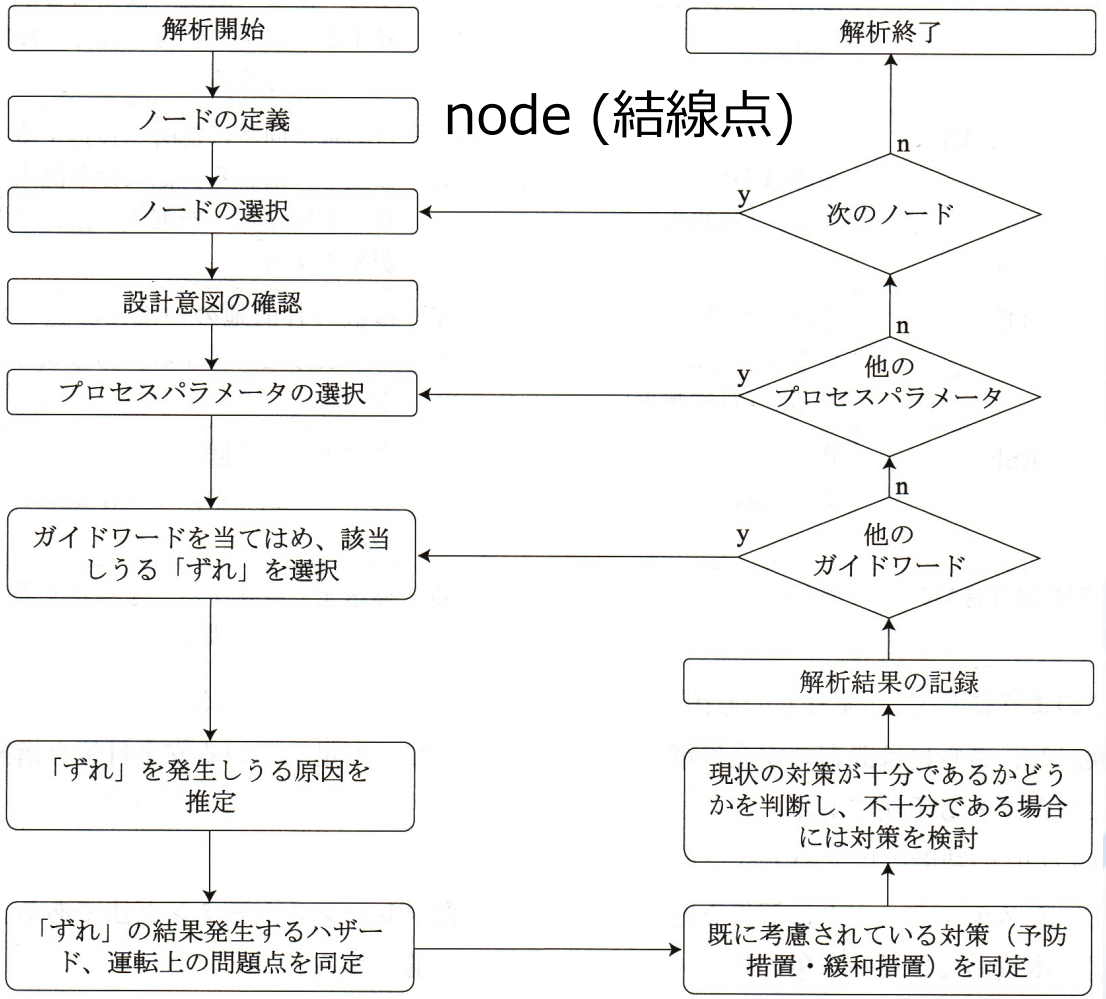


図 5.10　HAZOP 解析フローチャート

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

5．事故事例の分析と活用

(テキストp186～p187)

346

- **(a) 事前準備**
  - HAZOP 解析に必要な資料は、解析対象の規模や複雑さによって異なるが、一般的に以下のような資料が必要。
  - データは正確で網羅的である必要がある。
  - 特に既存プラントを解析する場合には、P&ID はよく確認し、現状と完全に一致している必要がある。

- ・P&ID (Piping & Instrumentation Diagram)　・PFD (Process Flow Diagram)
- ・シーケンス制御図　・物質収支・熱収支　・プラント配置図
- ・ロジックダイアグラム　・運転手順書　・機器仕様書　・事故情報

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp186～p187)

- **(b) 解析の実施**
  - HAZOP 解析では、まず、プロセスの特定のポイント、特定のセクションまたは特定の運転段階を一定のノードに分解した上で、ノードごとに解析を行う。
  - 分割するノードをどの程度の規模にするかはチームの経験に応じて決める。
  - ラインまたは機器ごとに個別に評価を行うこともできるが、チームの経験が豊富であれば、１ノードに複数のラインを含めることもできる。
  - ただし、１ノードにプロセスの広い範囲を詰め込みすぎると、ずれを見落としがちになる。
  - かといって対象範囲が小さすぎると調査が単調になりやすい上、ずれの根本原因とその潜在的影響が結びつけられず、別のものとして処理されてしまう可能性もある。
  - 次に、機器の目的とプロセスパラメータを明確にするため、設計意図を確認する。
  - 続いて、プロセスが条件から逸脱しているかどうかを、プロセスパラメータとガイドワードを組み合わせた「ずれ」と主要プロセスパラメータの比較対照により決定する。
  - HAZOP 解析では、プロセスパラメータとガイドワードの有効活用が中心になる。
  - したがって、プロセスパラメータとガイドワードが示す意味とその使い方をチーム全員に徹底しておかなければならない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp187)

348

- **(c) プロセスパラメータ**
  - ここに挙げるプロセスパラメータは、プロセスの設計意図と対象プラントの運転状況に関するものである。
  - 主なプロセス関連用語の例を以下に示す。
  - 実際の解析に用いるプロセスパラメータは対象となるプロセスに応じて決定する。

- ・Flow (流れ)
- ・Pressure (圧力)
- ・Temperature (温度)
- ・Level (液面)
- ・Composition (組成)
- ・Reaction (反応)
- ・Mixing (混合)
- ・Separation (分離)
- ・Addition (添加)
- ・Time (時間)
- ・Action (操作)
- ・Quantity (量)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp187)

- **(d) ガイドワード**
  - 前述のプロセスパラメータと以下に示すようなガイドワードを組み合わせて「ずれ」を選択する。
  - なお、プロセスパラメータとガイドワードの組み合わせのすべてが適切であるとは限らない点に注意が必要。

- ・NO 又は NOT (なし：設計意図が達成されない。)
  ・LESS (量的減少)　　・AS WELL AS (質的増加)
  ・MORE (量的増加)　　・REVERSE (逆転：設計意図と反対の状況)
  ・PART OF (質的減少)　　・OTHER THAN (想定外)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp187～p188)

350

- **(e) 解析結果の文書化**
  - 解析結果は、プロセスのずれの影響を示す系統的で一貫性のある表としてワークシートに記録する。
  - HAZOP 解析に用いられるワークシートの例を表5.4 に示す。

表 5.4　HAZOP ワークシートの例

ノード番号：　　ノード：

プロセスパラメータ：

ずれ	ずれの原因	システムへの影響	現状の対策	追加・検討項目

  - 実際の解析に当たっては、パソコンを用いてワークシートをスクリーンに投影し、解析結果を逐次入力しながら進める方法が便利である。
  - また、結果報告書を保管する際には、ワークシートに加え、解析対象の簡単な説明、対象機器の図面リスト、設計意図、対策リストなども加えておくとよい。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

- **(f) リスクランク**
  - 同定したハザードに対して、リスクランクを考慮する場合がある。
  - この場合、影響度および発生頻度の基準ならびにリスクマトリックスを用いてチームメンバーの合議によりリスクランクを決定する。
  - 又、決定したリスクランクに対し、許容判定基準に基づき対策の要否を決定する。
  - 表5.5 にリスクランクを考慮する場合の HAZOP ワークシートの例を示す。

表 5.5　リスクランクを付記した HAZOP ワークシートの例

ずれ	ずれの原因	システムへの影響	現状の対策	影響度	発生頻度	リスクランク	追加・検討項目

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp188～p189)

352

- **(g) 解析チームの構成**
  - 通常 HAZOP 解析は部門横断型のチームで行い、設計、運転管理、保安管理、設備管理などに関する知識や専門性に基づいて選出する。
  - 一般的には４～７ 名編成で、どのメンバーも解析対象の所定条件について十分な知識をもっている必要がある。
  - リーダー：
    - HAZOP 解析手法に習熟していることも重要。
    - チームメンバーが解析手順から外れないようにする役割がある。
    - 普段は自分の部下ではないスタッフを率いるスキルを備え、細かい点にも細心の注意を払える人材でなければならず、第三者的な立場、すなわち解析対象とは密接な関係にない人物が望ましい。
    - 解析を適切に主導する十分な技術知識が必要であるが、解析対象についての技術的なサポートは必要ない。
  - チームには書記を指名し、ミーティングの記録をとって次のミーティングまでにメンバーに回覧する。
  - チームメンバーは HAZOP 解析手法について事前研修を受けておくと効果的。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp189)

353

- **（3）HAZOP の使用方法**
  - HAZOP は事故分析手法というよりは、安全性評価手法として用いられるのが一般的であるが、設計段階、運転段階のいずれにも使用でき、設備や運転の変更時に使用すれば、事前の安全性確認にも大いに役立つ。
  - したがって、保安係員としては、安全の確認という観点から本手法を理解することにより、運転実務のエキスパートとして解析チームに加わることも考えられるとともに、部下がプロセス理解を高める際の教育手法の１つとして活用することができる。
- **(a) 設計段階**
  - 製造装置の新増設、改造時のプロセスの安全性検討に使用できる。
- **(b) 運転段階**
  - 既存装置の潜在危険源の抽出、異常事態発生時の対処方法の改善を図る場合にも活用できる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp189)

354

- **(c) 教育的使用**
  - 「ある流量計の指示値が設定値よりも高くなった場合、どのような原因とプロセス上の影響が考えられるか。」などの質問を部下に問かけ、計器故障も含めたさまざまな原因の抽出や影響を網羅的に発想することでプロセスに対する理解と運転技能が高まるとともに、実際にそのような事象が起こった場合に備えた模擬訓練の効果も期待できる。
- **（4）HAZOP の適用例**

➢ 一例を表5.6 に示すが、温度が高く「ずれ」たらどうなる（例え　ば、異常反応の発生）のか、その原因（例えば、冷却水の不足）は何かという具合に、設備ごと配管ごとに網羅的に洗い出し解析していく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp190)

355

表 5.6 HAZOP ワークシートの例

ノード番号:　　ノード:反応器

プロセスパラメータ:反応器温度

ずれ	ずれの原因	システムへの影響	現状の対策	追加・検討項目
Low Temperature	冷却水制御弁全開、冷却水の過剰流入	反応の低下 (ハザードの問題ではない。)	反応器温度低下アラーム	特になし
High Temperature	冷却水制御弁固着冷却水量不足	異常反応 → 圧力上昇で安全弁作動	反応器温度上昇アラーム	温度上昇変化率異常で原料停止インターロック
High Temperature	冷却水ポンプ故障	異常反応 → 圧力上昇で安全弁作動	反応器温度上昇アラーム	冷却水量低下で原料停止インターロック
High Temperature	制御用温度計故障による誤指示	自動制御により冷却水増加 → 反応低下	なし	温度測定箇所追加

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp190)

356

5.4.7 What-if

- What-if 分析は、「もし冷却水ポンプが故障停止したならば」、「もし原料供給ラインの手動弁を誤って閉止したならば」というように機器故障や誤操作などを想定した質問を繰り返すことにより、プラントに内在する危険性や運転・操作に関連する問題点を洗い出し、リスクを低減のための対策を検討する手法である。
- 「もし～したら、どうなる」という想定をするため「仮想法」とも呼ぶ。
- What-if 分析は、HAZOP と同様に複数のメンバーからなるチーム方式で実施するのが一般的であり、チームメンバーそれぞれが気付いた事項を検討するが、効率よく作業を進めるためには、プラントの特性や過去のトラブル経験などを参考にして質問リストやキーワードを事前に用意しておくとよい。
- 分析結果は表5.7 に示すようなワークシートに記入される。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp190)

357

- What-if は HAZOP ほど厳密な手法ではないが、大きな危険性や問題点を洗い出すのに役立つ簡易的な分析手法であり、安全性評価に慣れたものが実施すると短時間でも大きな効果が期待できる。

表 5.6 What-if ワークシートの例

What-if	影響／ハザード	現状の安全対策	改善事項
バルブAを誤って開放したら?	塩素ガスがタンクへ流入し、ベントより大気中へ放出され、タンク周辺に人がいる場合は人身傷害の危険性がある。	運転マニュアル教育	①バルブAは通常使用しないバルブなので施錠閉とする。 ②タンク周りに塩素ガス検知器を設置する。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp191)

358

5.4.8 FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

- FMEA は、1950年代に航空機エンジンの信頼性解析に米国で開発された手法であるが、安全性解析にも適用されている。
- FMEA は分析対象とするプラントなどの大規模なシステムを構成する機器の故障モードをあらかじめ設定し、それらの故障モードが発生した際にシステムにどのような影響が生じるかを検討し、講じられている安全対策が妥当であるか否かを分析し、問題点が見いだされれば、改善策を検討するという手順からなる。
- 化学プラントにおいてはバルブ、ポンプ、熱交換器などが構成機器となるが、それらの機器に対する故障モードを想定して分析を進める。
- 故障モードの例を表5.8 に示すが、バルブでは故障開、故障閉、動作不能（開／閉／半開状態）、流体の外部リーク、内部リークなどがある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp191)

359

表5.8 機器の故障モードと原因例

機器	故障モード	故障原因例
バルブ	内部漏えい	・弁体、弁座の変形、損傷 ・弁体、弁座接触面での異物のかみ込み
	外部漏えい	・シール部の損傷
	詰まり	・異物の混入
	閉じる/開く	・誤操作 ・誤信号
	閉じない/開かない	・異物のかみ込みなどによる固着 ・駆動装置(モータ、アクチュエータ)の故障 ・動力源(空気、電力)の喪失
	制御不能	・異物のかみ込みなどによる固着 ・駆動装置(アクチュエータなど)の故障

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp191)

表5.8 機器の故障モードと原因例（続き）

機器	故障モード	故障原因例
ポンプ	起動せず	・モータの故障 ・電力喪失 ・異物のかみ込みによる固着
	運転停止	・電力喪失 ・異物のかみ込みによる固着
	ケーシング破損	・長期使用による疲労などに伴う破損 ・腐食、外力などによる破損
	外部漏えい	シール部の損傷

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp191)

表5.8 機器の故障モードと原因例（続き）

機器	故障モード	故障原因例
熱交換器	チューブの破損・漏えい	・流体振動・長期使用による疲労などによる破損 ・腐食、外力などによる破損
	外部漏えい	・シェルフランジ部シール部材の損傷 ・締付け力の劣化
	チューブの詰まり	・異物の混入
	シェル破損	・長期使用による疲労などに伴う破損 ・腐食、外力などによる破損

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp192)

362

- 分析結果は、HAZOP のワークシートと同様の、表5.9 に示すようなワークシートに記述する。
- なお、FMEA で設定する故障は、単一故障であり、複合故障の組み合わせは取り扱わない。
- FMEA は HAZOP と同様に複数のメンバーからなるチーム方式で実施するのが一般的であり、大規模なシステムを解析する場合には費やされる時間も多大となるが、システム全体を網羅的に検証するため総合的な安全性・信頼性を向上させる効果的な手法といえる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

表5.9 FMEAワークシート例

No	機器	故障モード	原因	影響	安全対策	提言
1.1	流量制御弁 A	動作不能(開状態)	駆動系故障	A/B流量比率保持不能となり、B流量増加時には反応温度が上昇	反応器内温度計、反応器出口温度計から温度高警報。また、自動遮断系作動	特になし
1.2		動作不能(閉状態)	駆動系故障	A/B流量比率保持不能となり、B のみが反応器に供給される	反応器内温度計、反応器出口温度計からの温度低警報。警報にて運転対応	温度異常低で自動遮断系の作動検討のこと

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp192)

364

5.5　事故事例の活用

5.5.1　教訓の引出し方

- 事故分析を行って対策を立てるときは、真の原因を究明することが大切。
- そのためには、「なぜ」を５回繰り返して真の原因を究明するやり方がある。
- 分析で得られた原因について、重要度分類を行って、対策を立てていく必要がある。
- 対策を立てる場合には、多くの対策を立てるのではなく、発生の源を探索し、限定する必要がある。
- 根本的な原因に対して対策を打てば、周辺のその他の原因は自ずと解消される。
- 対策は計画的、継続的に徹底して実施していかなければならない。
- 事例からの教訓とは個々の対策ではなく、教訓とは、事故が発生する根本原因を防止するものであり、事故防止の原則でもある。
- したがって、同種作業や同種装置でなくてもその教訓は広く活用できる。
- 事例から教訓を摘出することは、危険に対する感度を高め、類似災害の再発を防止する良い機会ともなる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp192～p193)

5.5.2　事故事例の活用

- 収集、報告のルールと同様、検討、分析した事故情報は有効に活用されなければ意味がない。
- 活用の目的はとしては次のようなことが考えられる。
  - ① 安全管理の重点施策を決めるときのベースとする。（事故統計の活用）
  - ② 事故分析をして、類似事故の防止対策を立て技術の蓄積や仕事の仕組み作りに反映する。
  - ③ 注意を喚起し危険に対する感度を高め、危険予知の能力を養う。
- これらのことから事故分析情報は以下のようなものに活用できる。
  - ① 作業手順書の制定・改訂
  - ② 設備設計基準書などの制定・改訂
  - ③ 設備の改造・改善
  - ④ 運転方法の変更
  - ⑤ 教育・訓練の内容の見直し
  - ⑥ 安全活動の見直し

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

５．事故事例の分析と活用

(テキストp193)

366

- **（１）交替引継ぎ時、作業前での活用**

➢ 事例の教訓を生かすために事故情報カレンダーを作成して、交替引継ぎ時に紹介することも注意を喚起する有効な手段の１つである。

➢ また、作業直前の危険予知やミーティングのときにおいて過去の事例を紹介し、説明して、かかる同種のトラブル要因があるかどうかをメンバーに問いかけ、相互の注意喚起を促すとともに、現在実施されている防止対策が有効かどうかを確認する機会とする。

- **（2）規程類への活用**

➢ マニュアルの中に、過去に起こった事例を簡単に解説して、「なぜそのような操作を行わなければならないのか」、「どのようなところに注意しなければならないのか」を記述すればより理解が深まる。

➢ 過去に多発した事例を選別して、絶対にやってはならない事項を抜き出し、「禁止事項」としてまとめ、特別に反復教育していくことにより、無意識のうちに危険な行動を抑制する有効な手段となる。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp193～p194)

367

（3）設備の新増設時、運転変更時への活用

- 設備の新増設時や運転条件などの変更時において、過去に発生した類似設備の事例を検索し、同種事例が発生しないような対策がとられているかどうかを確認する仕組みを作っておく必要がある。
- また、事例から得られる教訓をチェックリストとしてまとめておくことも有効である。

（4）安全点検時への活用

- 事例が入手されるごとに類似災害の要因がないかを確認することを事例活用の“点”の活用とすれば、１つの装置を対象に過去に発生したあらゆる事例をリストアップして網羅的に安全点検を行うことは、事例の“面”の活用ともいえる。
- 事例を入手し、確認しても、網羅的に確認してみると意外と抜けが発見される。
- また、過去にとった対策が形骸化し有効な歯止めを成していないことに気付くこともある。
- したがって、事例の対応は、定期的に網羅的な確認をしてみることが重要である。
- 一例としてタンクの安全確認表の例を表5.10 に示す。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp195)

368

表5.10 タンクの安全確認表の例

No	項目	要因 (問題のあるもの)	課名	問題点の検討結果		
				現状および問題点	今後の検討事項	検討結果
内部爆発要因	1. 爆発雰囲気の生成	① 爆発混合気生成タンクの存在	○○○課	・ 原水タンク 15基中5基に油流入の可能性あり(過去の測定結果:爆発混合気の生成はなし) <油の流入の可能性のある箇所> ① タンク水切りピット(8箇所)からLC にてポンプアウト時LC不調の場合流入(ポンプは自動 ON、OFF) ピットの油を1回/週タンクローリにて回収 (2、3ピットは2回/週) ② ○○課8、9番ピットから流入問題なし	・ 恒久的には(平成○年)原水の受入れはまず静置タンクでセットリングし、その後原水タンクへいくルートに変更する。 ・ 恒久対策までの対応(検討事項) ① タンク水切りピット ア. 油の滞留量の実績より油が流入しないためのLCの作動範囲の再調整(余裕をもたせる) イ. タンク内ガス検知(1回/週)の実施とガスが検知された場合の窒素パージ設備(仮配管)の検討 ウ. LC の点検・検査の検討	・ 平成○年度実施予定
			○○○課	・ 排水処理タンク1基 <油の流入の可能性のある箇所> スロップタンクの水切り設備(No.5)からLCにてポンプアウト時LC不調の場合流入 (ポンプは手動 ON、OFF)	・ LCの点検・検査の検討	・ ディスプレースメント式液面計の外観、作動検査(1回/3ヶ月) ・ スロップタンクの水切りの都度、油分のないことを確認
			○○○課	・ ○○タンク3基 1基(動力) (通常は爆発混合気は生成していないが、○○装置シャットダウン時は○○性状保障できず)	・ 窒素シール設備を平成○年度 JOBで実施	・ 平成○年度実施予定

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp195)

表5.10 タンクの安全確認表の例（続き）

No	項目	要因 (問題のあるもの)	課名	問題点の検討結果		
				現状および問題点	今後の検討事項	検討結果
内部爆発要因	1. 爆発雰囲気の生成	② 窒素シール不良(出荷速度管理含む。)	○○○課	・ 窒素シールタンクの窒素流入の確認はタンク内圧力監視にて実施(アラームあ	・ 圧力検出器(アラーム含む)の点検・検査の検討	・ 現場の圧力計と計器盤の照合を定期的に実施する(1回/6ヶ月) アラームは BM
		③ タンクの空間部に爆発混合気の生成	○○○課	・ ナフサタンク2基 受払いタンクで油面の上下はほとんどなく、通常は問題ないが、シールが破損した場合などに爆発混合気を作る可能性がある。	・ 設備対策(ガス検知 + 窒素吹込み…工場は実施)を検討	・ 平成○年度 JOBにて実施予定
		④ イニシャルオイルイン時のパージ不足	○○○課	・ 窒素パージ後酸素濃度8%以下を確認してオイルイン 酸素濃度の測定位置の定めなし	・ 酸素濃度測定位置を窒素注入位置の反対側のゲージハッチですることを要領に明記	・ 要領に明記し実施済み
		⑤ タンク屋根着底後の屋根下の管理不足	○○○課	・ 屋根着底と同時に窒素封入を実施、酸素濃度8%以下を確認しながらシフト	・ 払出し量と同量の窒素を流すこと(流量管理)を標準化	・ 要領に明記し実施済み

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp194)

370

（5）訓練時への活用

- 事例を基に防災訓練やプロセス KY を実施し、防止対策の周知とその対策が有効に機能するかを検証してみる必要がある。
- 重大な災害が発生するには、幾多の保安の関門をくぐり抜けて発生に至るが、その関門を明らかにし、その関門が有効に機能するように繰り返し確認する必要がある。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp194)

371

5.6　事故事例の形骸化防止

5.6.1　形骸化防止対策

- 事例は放置しておけば風化し形骸化する。
- 過去に発生した大災害であっても、発生した事実は残るが、「なぜ発生したのか、その教訓は何か」というところまではなかなか伝わらない。
- 事故は繰り返すといわれ、その９割以上が目新しいことではなく、過去に経験したことが原因という実体からすれば、まさに事故は繰り返すといわざるをえない。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp194)

372

- 図5.11 に事故発生のサイクルを示す。
- 事例を形骸化させないための例としては
  - ① 過去発生した自社の大事故については、防災の日として定め、その事例を教育し、当時の対策が現在も有効に機能しているかを確認。
  - ② 重要と思われる事例は、年に１回職場全体で対策が有効に機能しているかを検証。

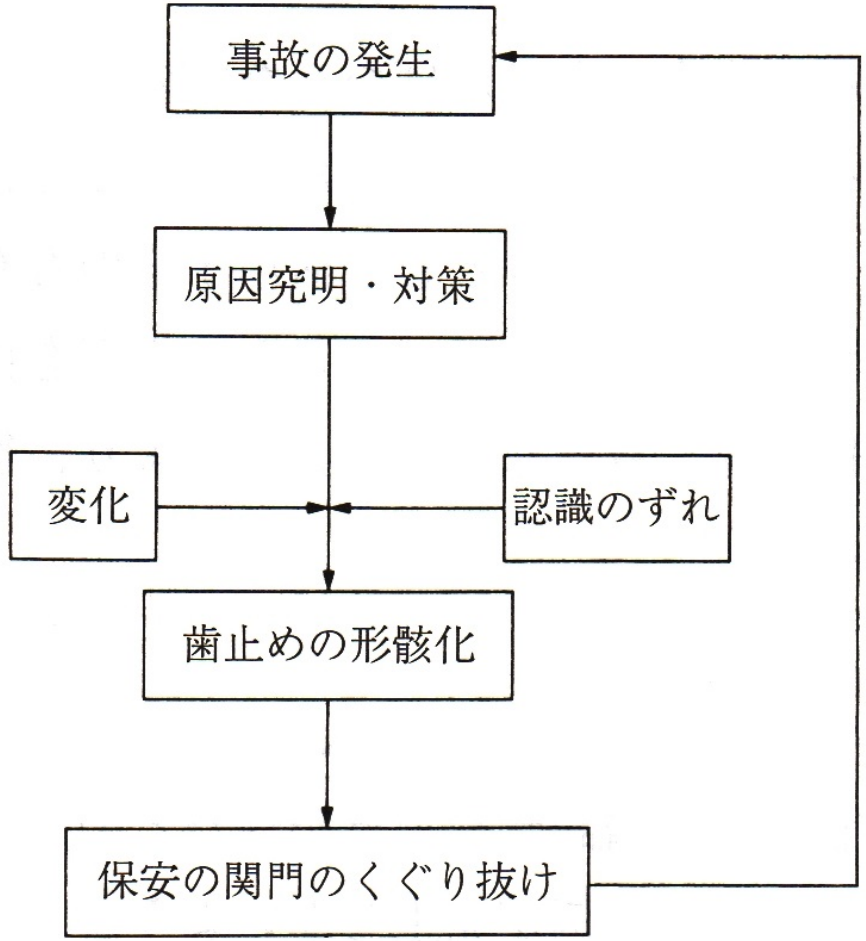


図 5.11　事故発生のサイクル

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

5．事故事例の分析と活用

(テキストp196)

373

- ③ 作業前の危険予知においては、その操作をすることによって発生した過去の事例を確認するような仕組みとデータの整備を行う。
- ④ 事例から学んだ教訓を蓄積、整理しマニュアルの中に取り込む。
- ⑤ 過去に対応をとった同類の事例を入手した場合、既に対応しているという理由で何もしないのではなく、対策が形骸化していないかという観点で再確認する。
- ⑥ さまざまな保安の関門が機能して災害に至らなかった事例は、どの関門が有効であったかを検証し、有効と思われるものは取り込む。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキストp196)

374

5.6.1　形骸化防止対策

- 保安係員は運転管理の要であり、設備管理のキーマンでもある。
- ちょっとした不具合が事故や故障の原因になるので、自らが取り扱っている装置の過去事例はもちろんのこと他社事例についても常に関心をもって検討し、トラブル発生の過程に着目して、自職場に置き換えて事故防止の関門が守られているか、その理由は何かを現場の現物、現象で確かめる必要がある。
- 部下に対しては、なぜ事故が起こったのか、自分ならどうするのかを常に問いかけていく習慣を付けさせていくことが事例の教訓を伝承する保安係員としての役割でもある。
- 心掛けるべきこととしては、以下のことが挙げられる。
  - ① 自らが取り扱っている装置の事故記録は、必ずすべて理解しておくこと。
  - ② 交替引き継ぎ時には、過去の同日に発生したトラブル事例について調べて臨み、当日ミーテイング時に説明するなど活用を図る。
  - ③ 自分が過去に体験した事例については、折に触れ部下に説明し、その原因と対策および教訓を伝承していく。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

E－6　保安係員（一般）　学識
教材一例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

高圧ガス製造保安責任者
保安係員（一般）講習
高圧ガスの危険性･有害性

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

（テキスト　16頁　表2.1　参考）

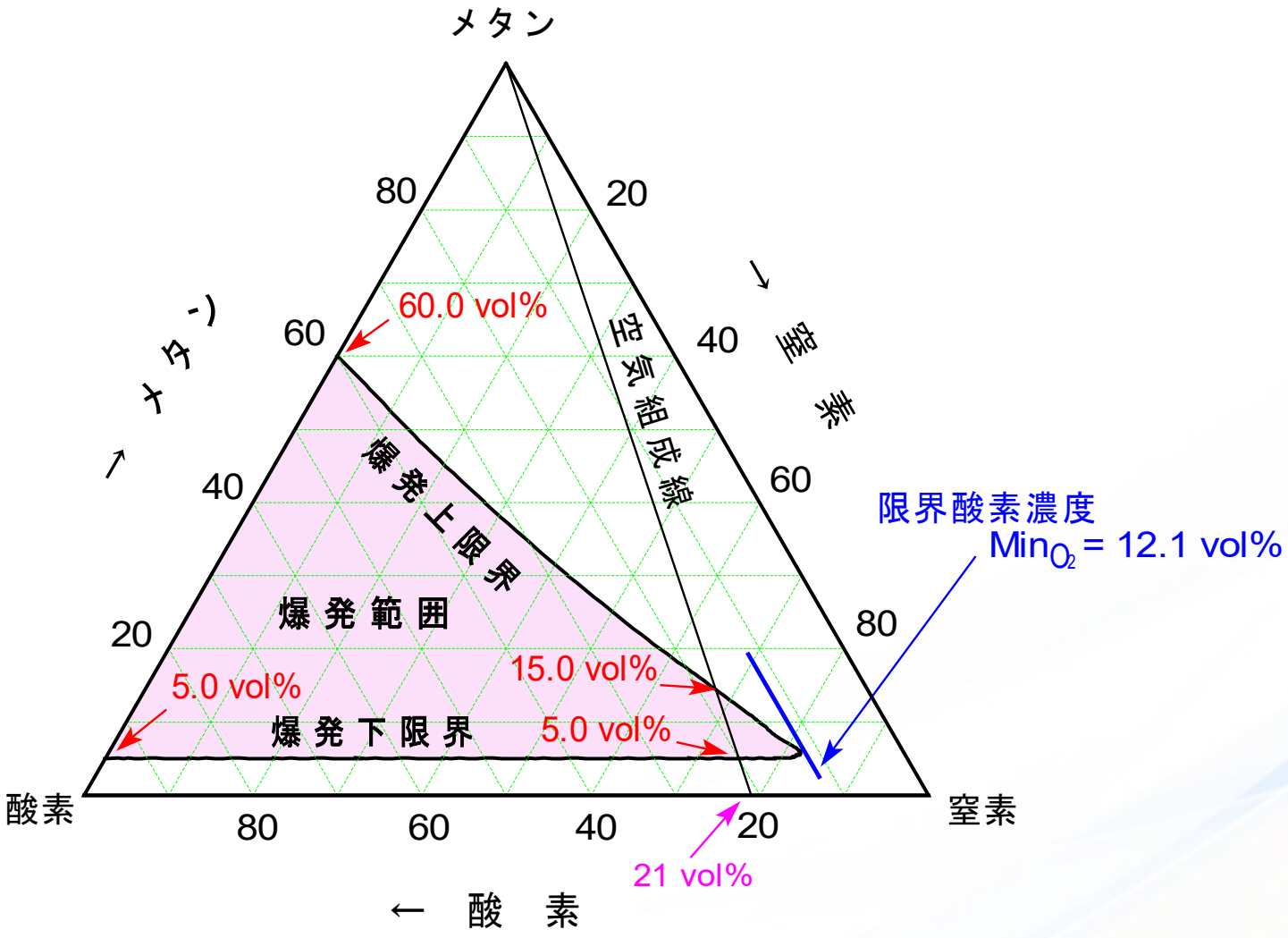
特定不活性ガスの爆発限界

2

ガス名	冷媒表記	化学式	沸点(℃)	爆発限界(vol%) 室温大気圧空気中	
				下限界	上限界
フルオロオレフィン1234yf（カーエアコン冷媒等）	HFO1234yf	$CH_2=CFCF_3$	−30	6.2	14.0
フルオロオレフィン1234ze（噴射剤、混合冷媒等）	HFO1234ze	$CHF=CHCF_3$	−19	6.4	13.3
フルオロカーボン32（エアコン冷媒等）	HFC32	CH_2F_2	−52	13.3	29.3
参考 アンモニア	R-717	NH_3	−33	15	28

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

図2.11　メタン－酸素－窒素系の大気圧、26℃における爆発範囲図

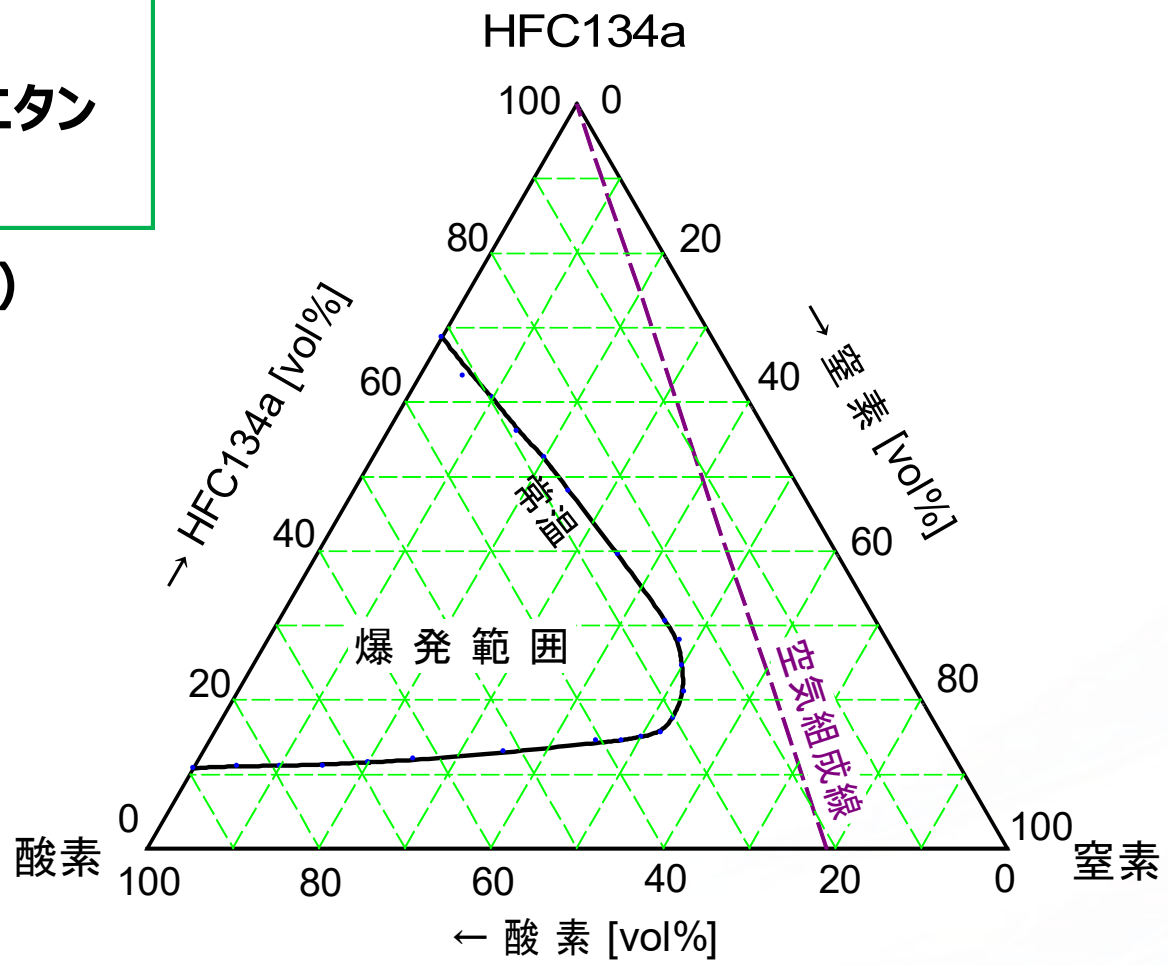


高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト23頁参考）

HFC 134a
1,1,1,2－テトラフルオロエタン
CF_3-CH_2F

（現在のカーエアコン冷媒）



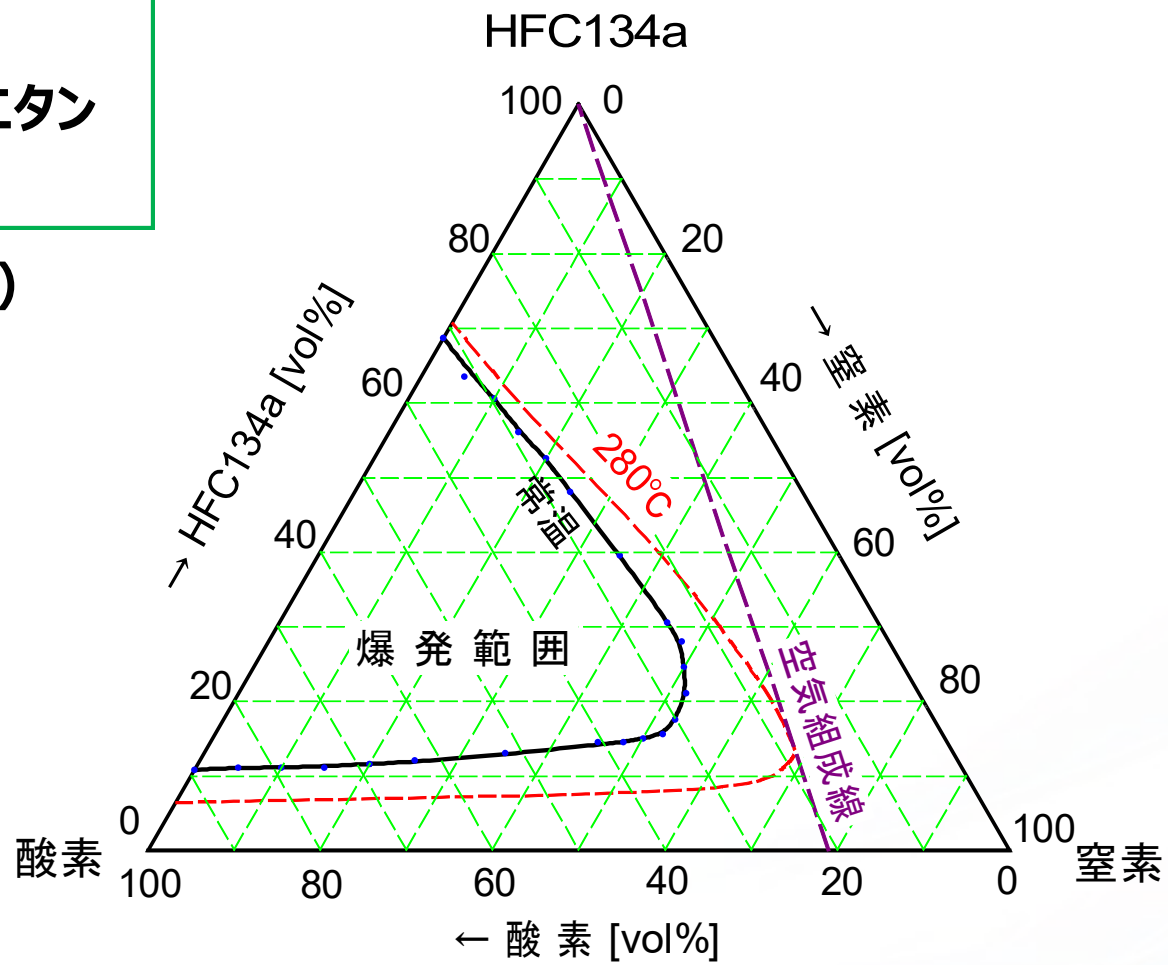
HFC134a－酸素－窒素系の爆発範囲（大気圧）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト23頁参考）

HFC 134a
1,1,1,2－テトラフルオロエタン
CF_3-CH_2F

（現在のカーエアコン冷媒）



HFC134a－酸素－窒素系の爆発範囲（大気圧）

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

高圧酸素設備の発火事例（平成16年11月、千葉県）

酸素：圧力2MPa、常温

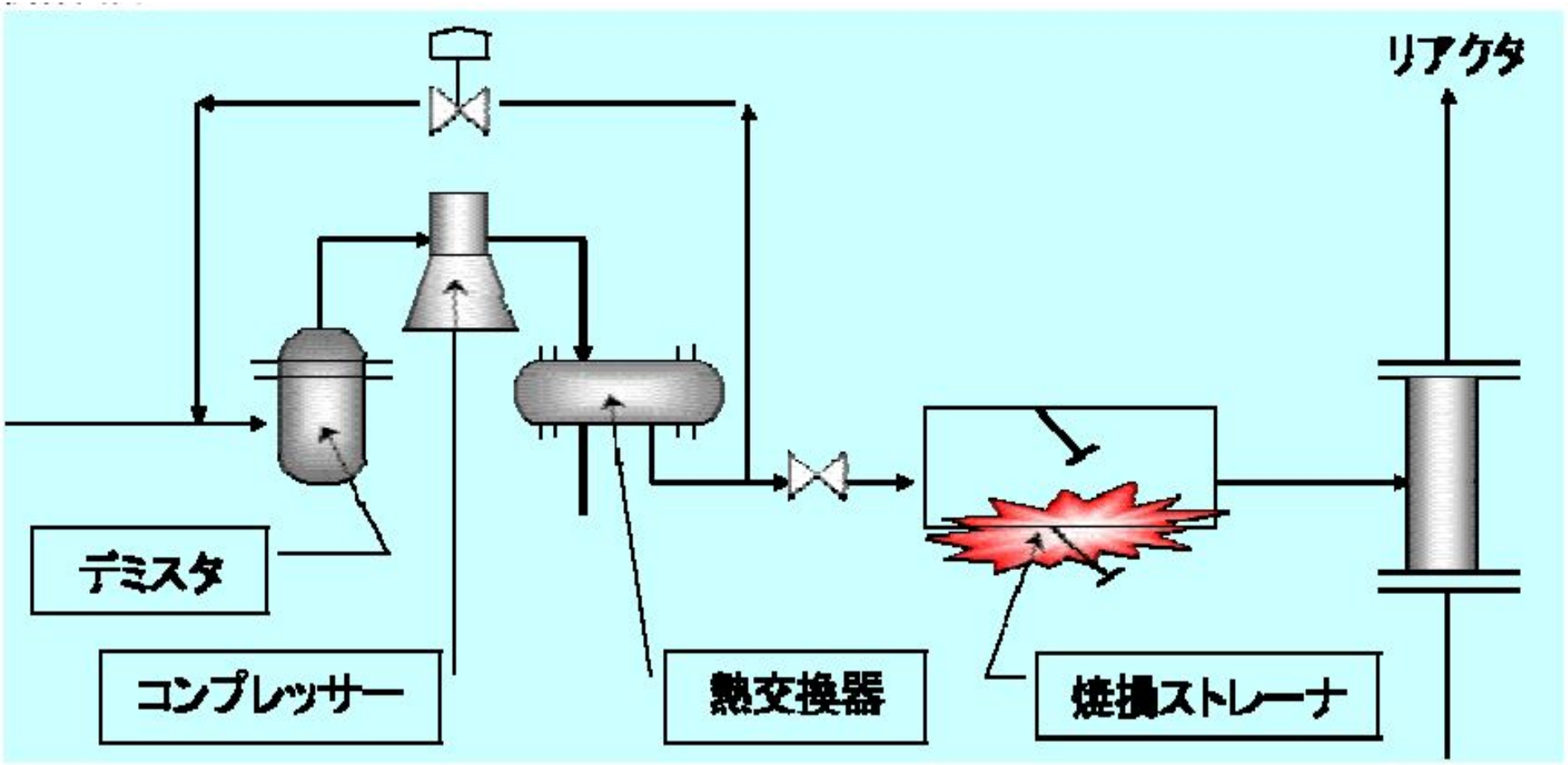


図１　発災ストレーナ付近のフロー概要

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト25頁）

高圧酸素設備の発火事例

図３　ストレーナの焼損状況

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

酸素による鋼管の燃焼

酸素の雰囲気中で鋼管の一端を加熱して燃焼が始まると、そのまま燃焼が継続する

配管　SGP白ガス管
外径　17.3mm
肉厚　2.3mm

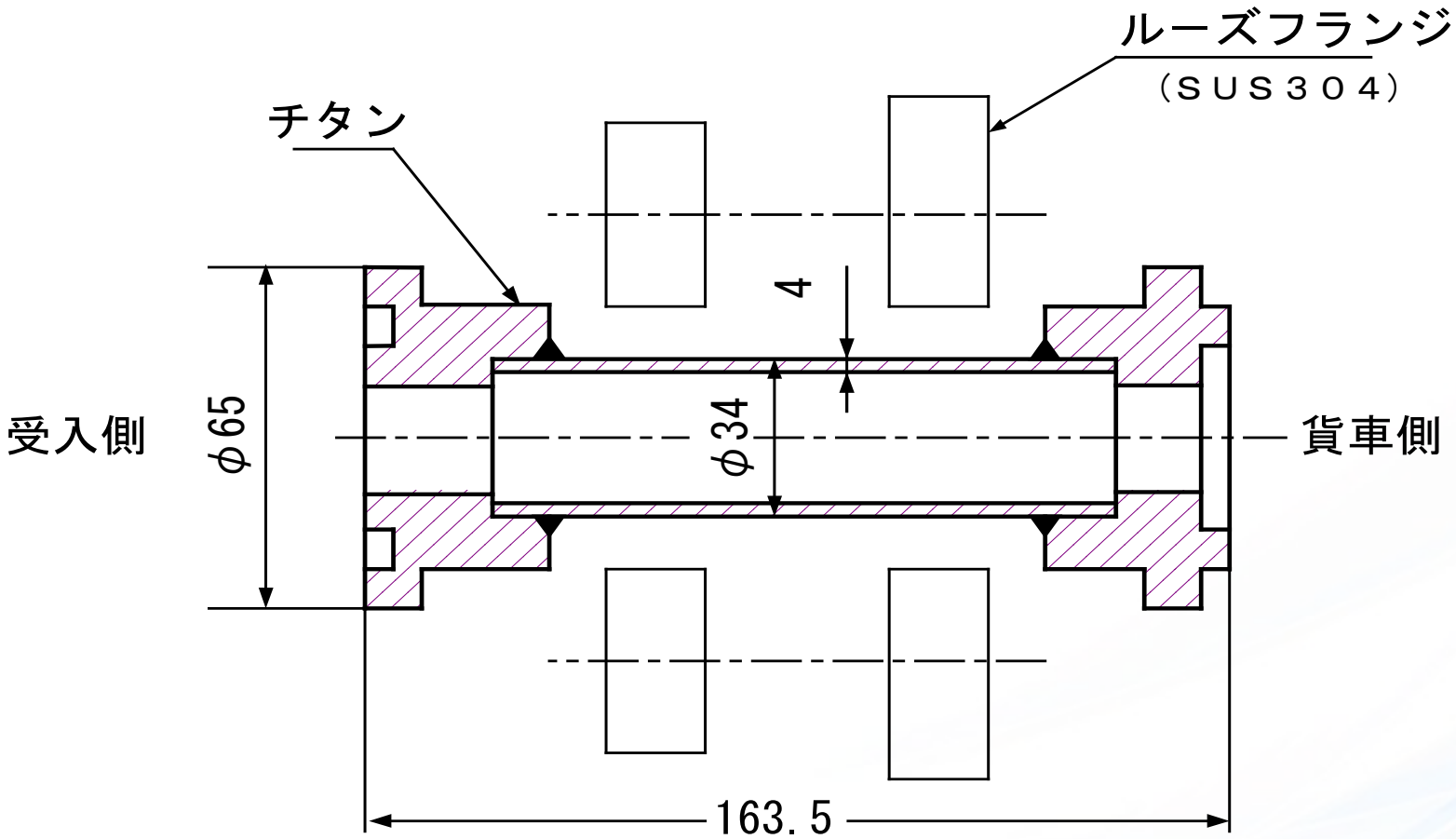
←酸素放出

$$Fe(solid) + 3/4O_2 \rightarrow 1/2Fe_2O_3(solid) \qquad \triangle H = -560\ kJ/mol$$

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

塩素の事故事例（平成6年、北海道）

それまでのSUS304／SS41製の短管からチタン製に変更



液化塩素受入中のチタン配管燃焼事故

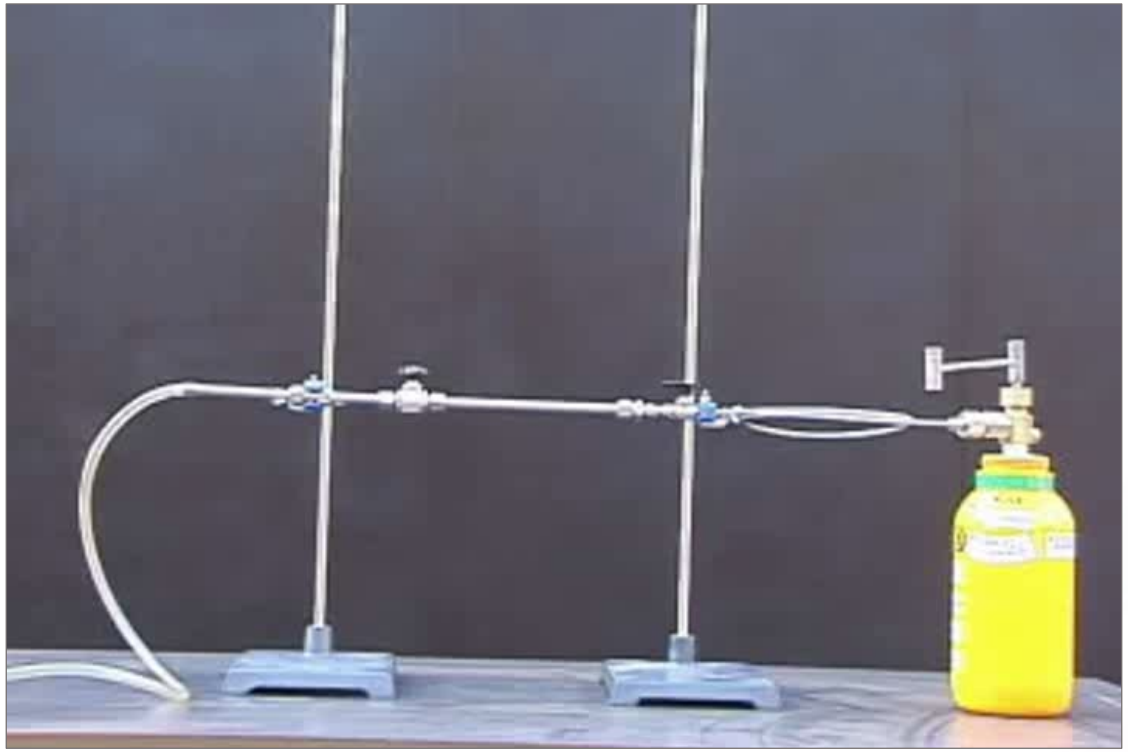
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

塩素の事故事例参考

塩素によるチタン配管発火実験

配管材質　TTP340W
外径　13.8mm
肉厚　1.5mm

温度　12°C
塩素圧力　約0.5MPa

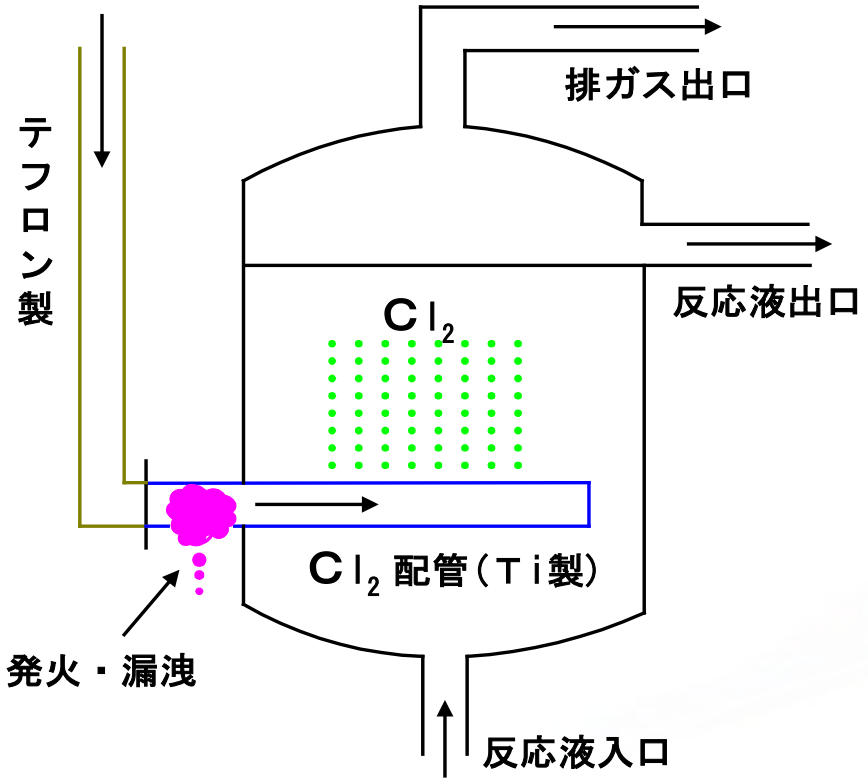


$$Ti\ (solid) + 2Cl_2 \rightarrow TiCl_4\ (liquid) \quad \triangle H = -804\ kJ/mol$$

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

塩素の事故事例参考

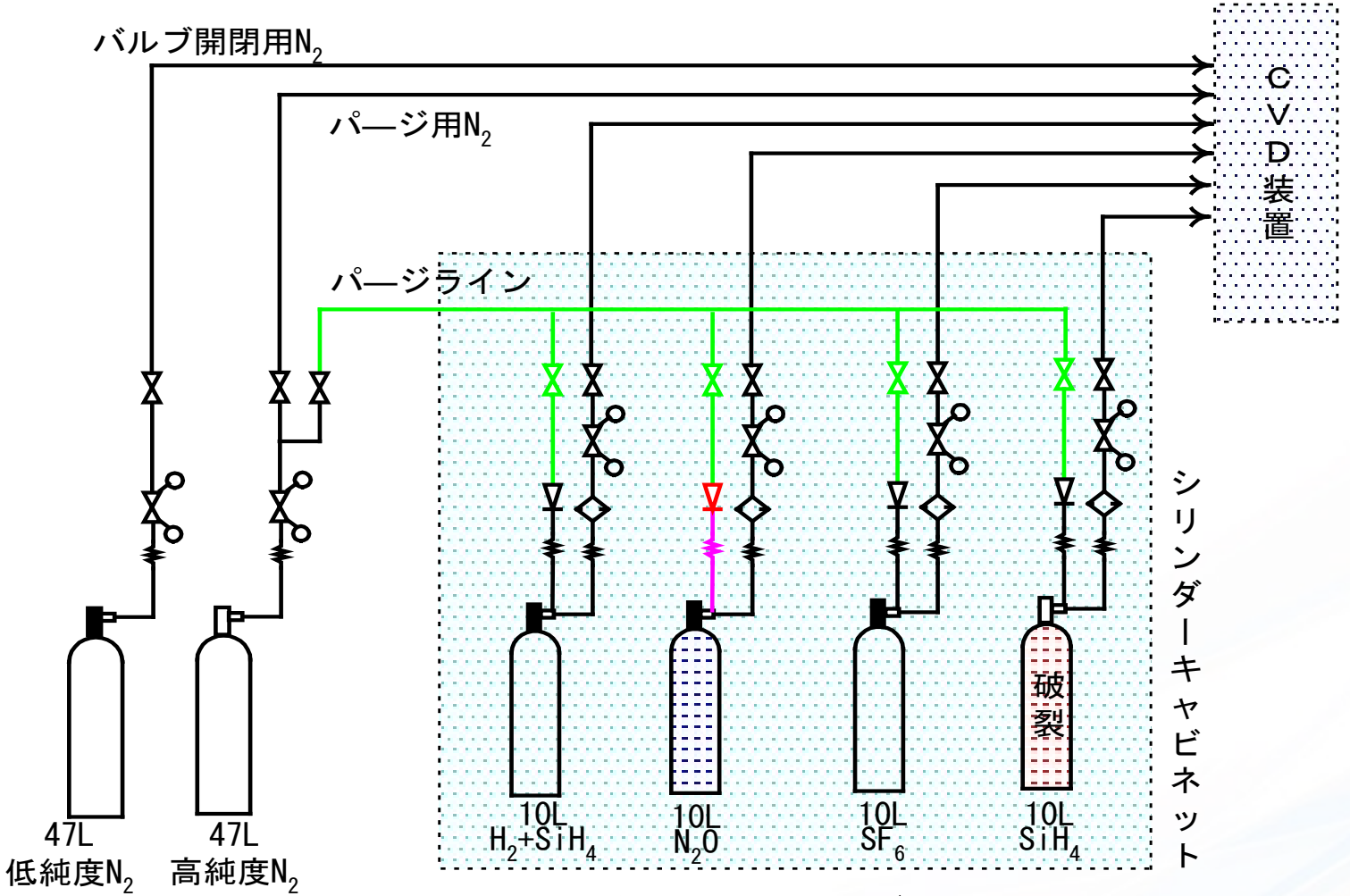
チタン製配管からの塩素漏えい事例



チタン製配管からの塩素漏洩事例

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

シラン－亜酸化窒素混合ガスの爆発事故事例（平成３年10月、大阪）

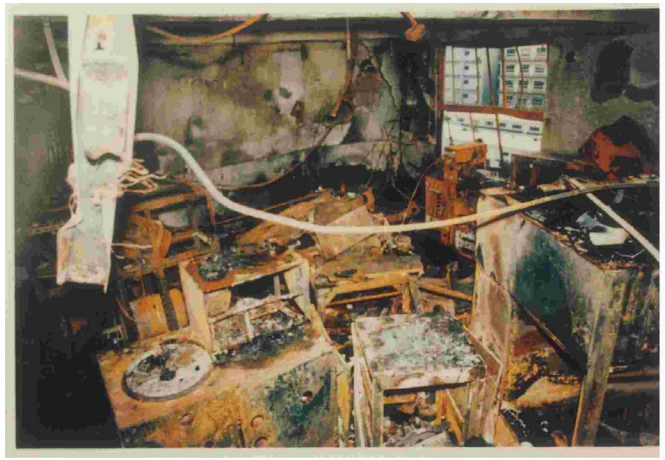


シラン－亜酸化窒素混合ガス爆発事故

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

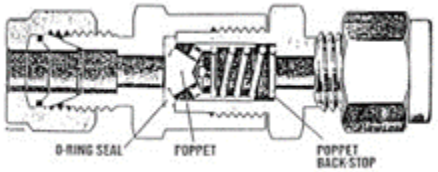
シランー亜酸化窒素混合ガスの爆発事故事例（平成３年10月、大阪）（続き）

発災室の隣の研究室から見た壁

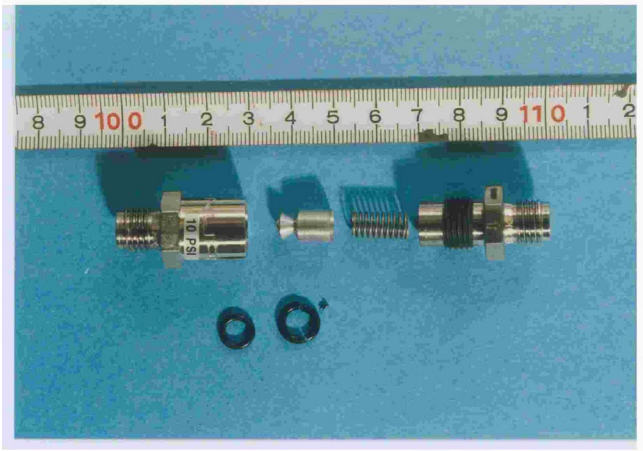


事故後の実験室内

爆発したシランガスボンベ



逆止弁



O-リング　左：正常品、　右：N_2Oと接触させたもの

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

静電気災害の事例(セルフ式ガソリンスタンド)

Stop Static.

http://www.pei.org/static/

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

静電気災害の事例

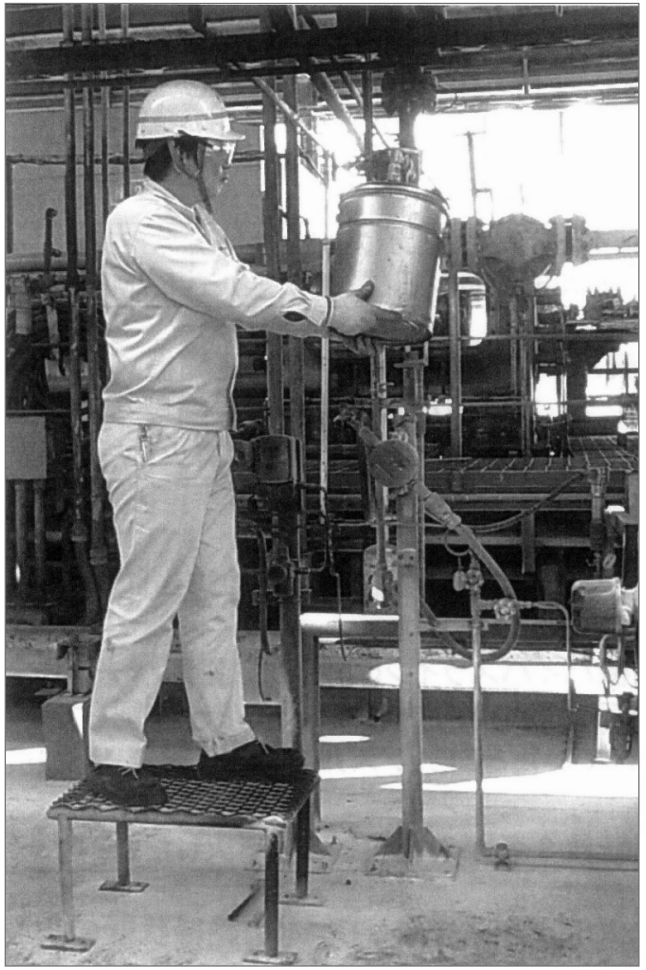
ドレン抜き作業

・高圧配管からガスと液体が噴出
・バケツやペール缶で受液
・ガス、蒸気は周囲に拡散
・接地不十分

↓

静電気の発生
↓
放電により可燃性蒸気が発火

慎重な弁操作、流出速度抑制



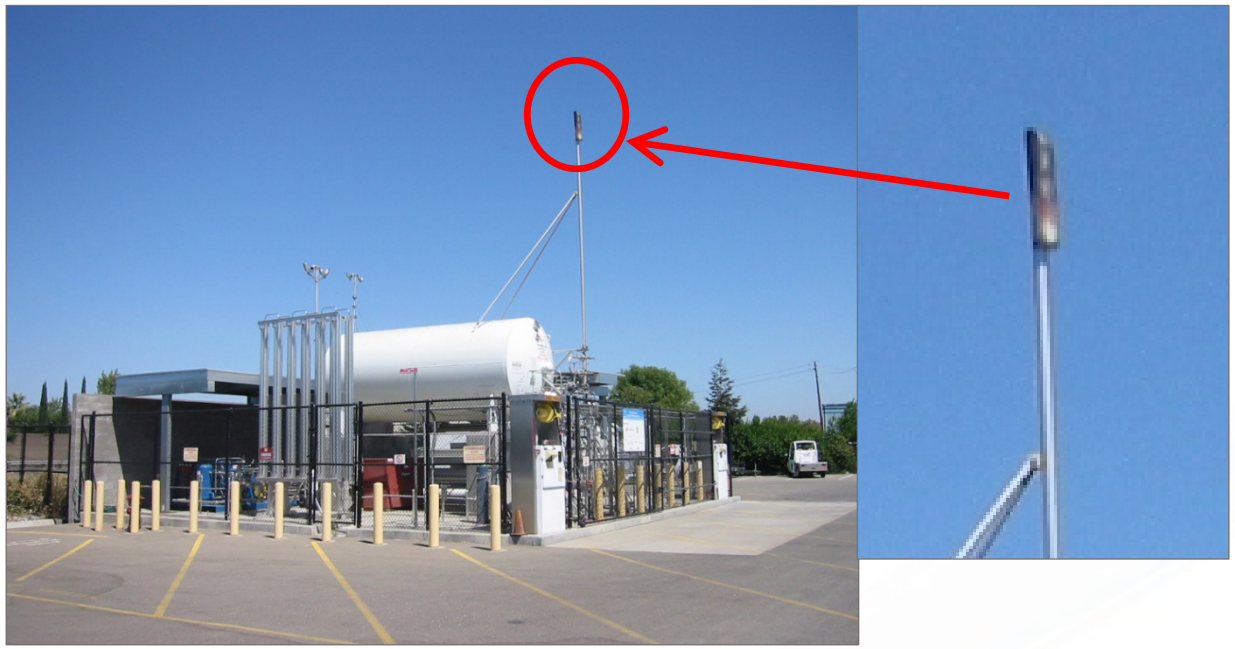
高圧水素等の噴出による発火事例も多い

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト31頁 参考）

水素スタンドのベント配管出口の変色（発火による焼け）

国内某水素スタンド
（35 MPa）



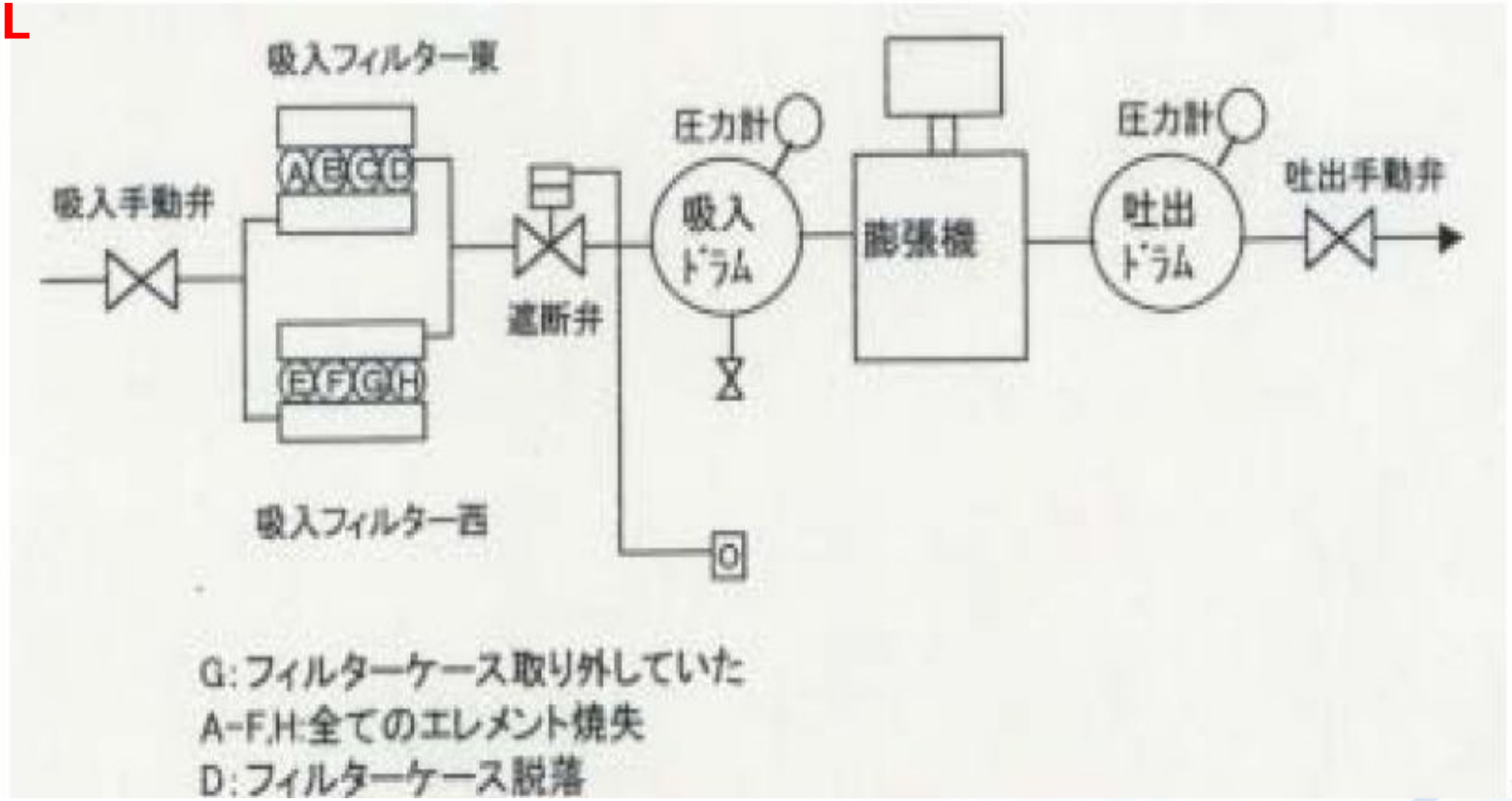
米国カリフォルニア州
サクラメント市内
水素スタンド（25MPa）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

空気分離装置の膨張機吸入フィルターの爆発事故事例）

（平成15年5月、兵庫県）

空気圧 ： 16MPa
フィルター：100mmΦ×300Ｌ



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト33頁）

空気分離装置の膨張機吸入フィルターの爆発事故事例）

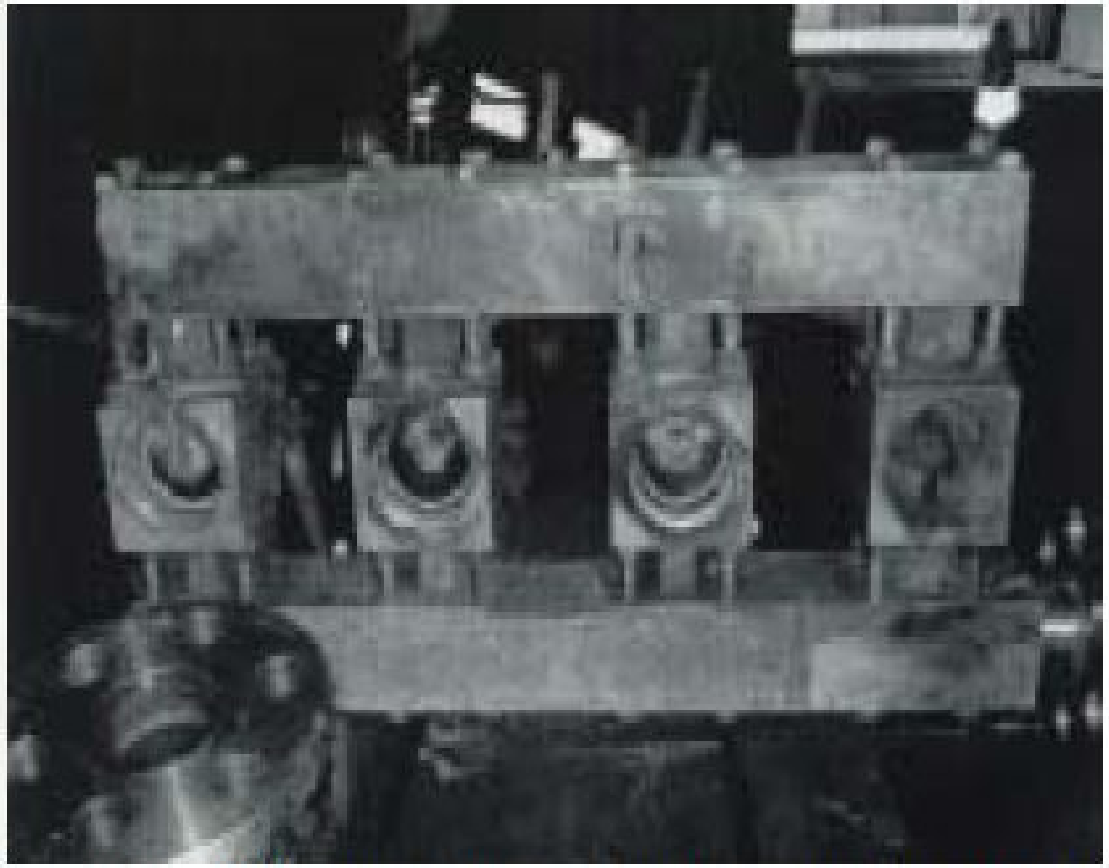


図　発災したフィルター（フィルターは取外状態）

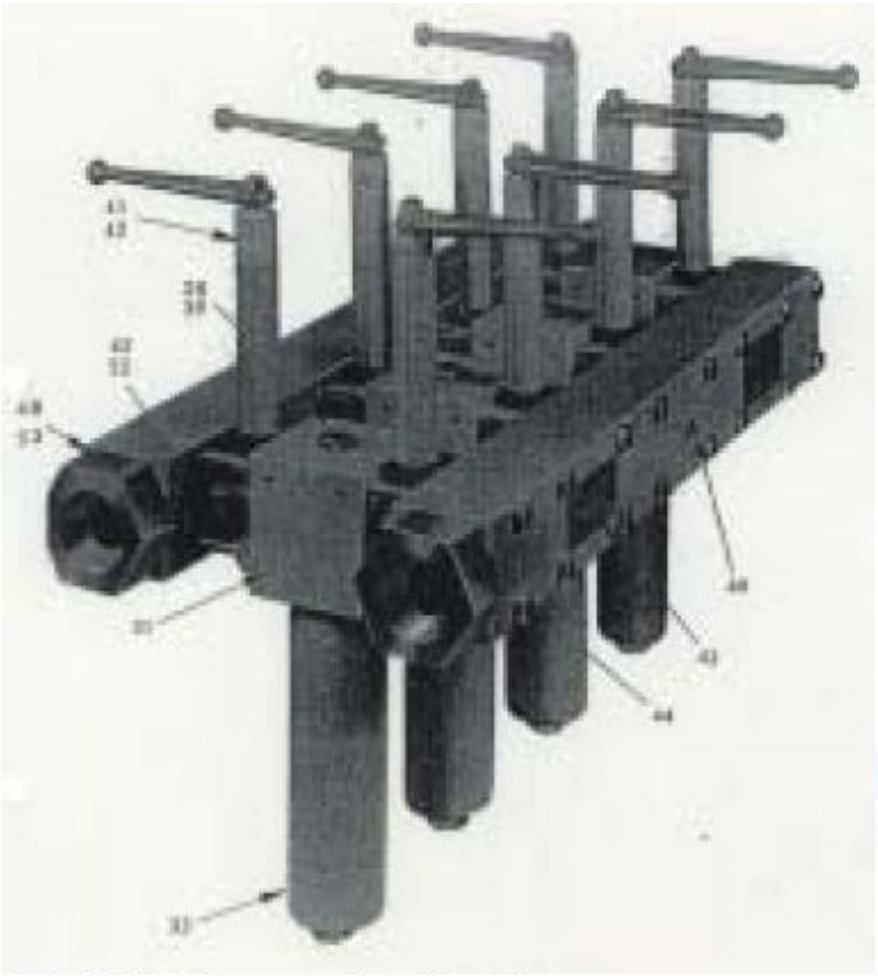


図　発災したフィルターと同型

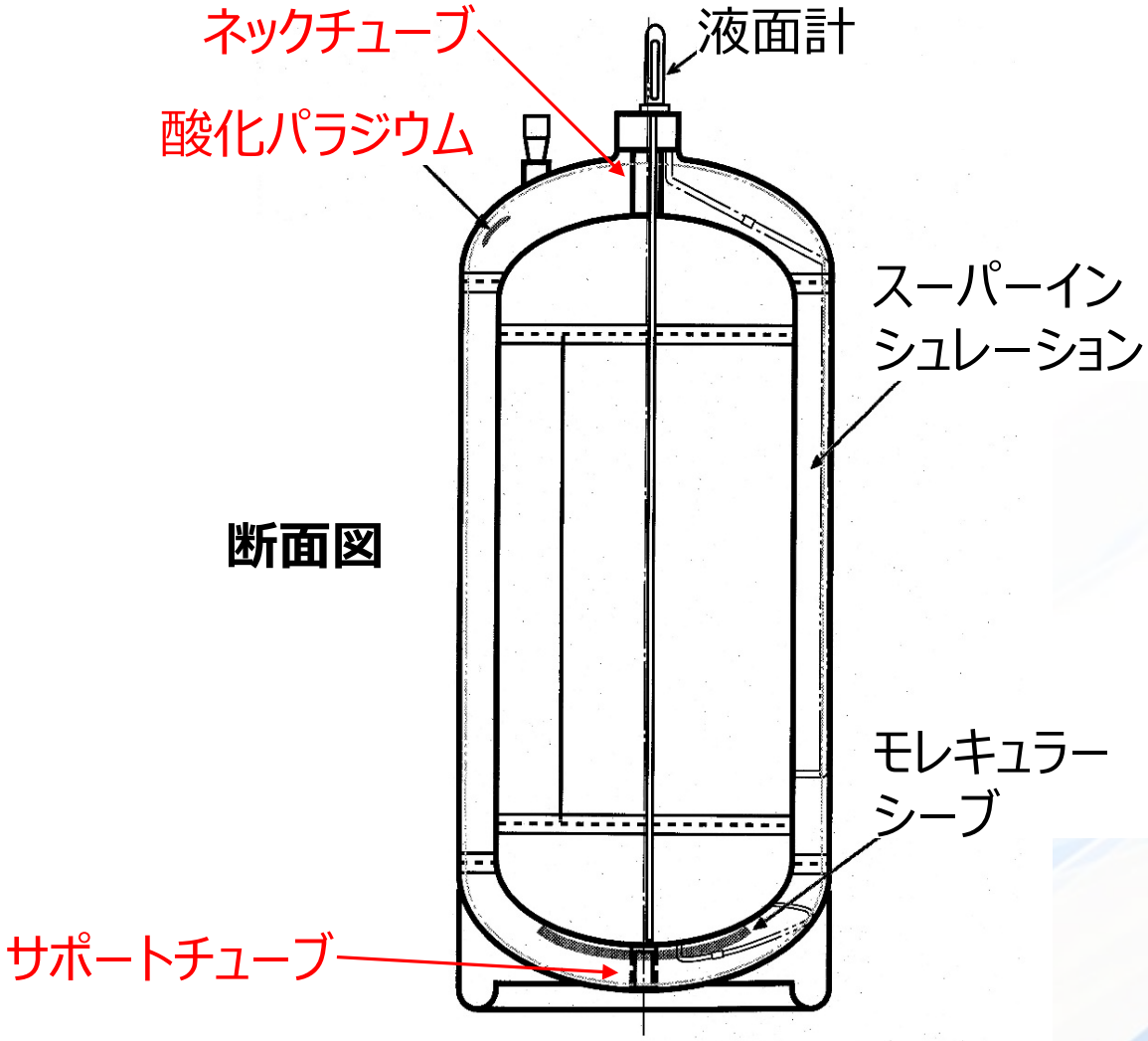
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可搬式超低温液化酸素容器の爆発事故事例

（平成16年1月、京都）

容器の例

断面図



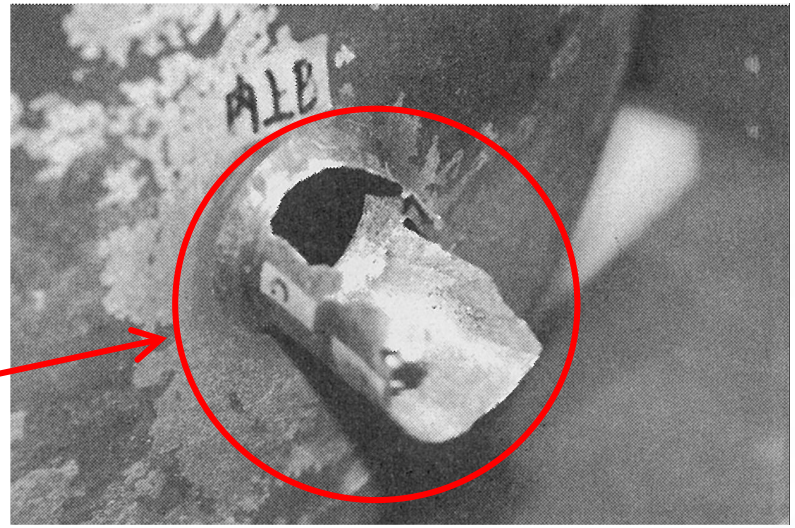
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可搬式超低温液化酸素容器の爆発事故事例（続き）

（平成16年1月、京都）

発災容器（外槽）

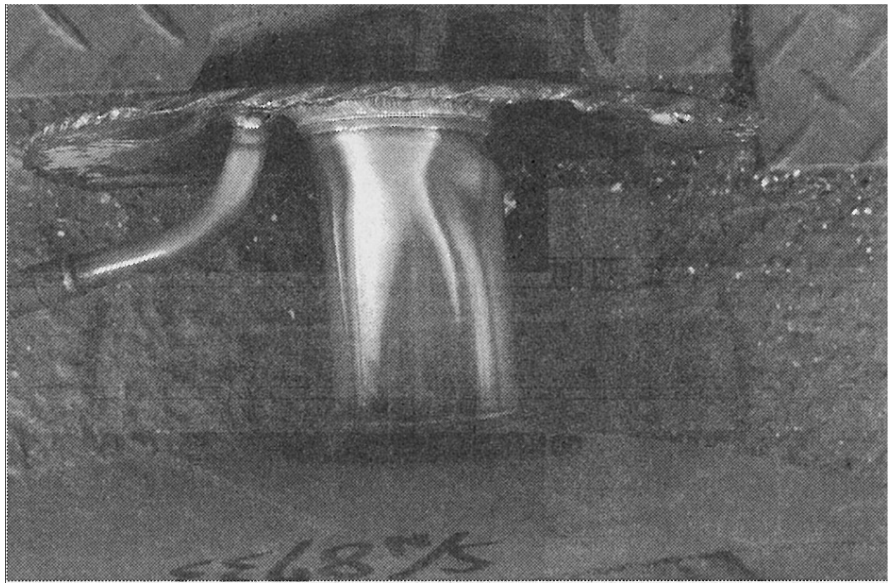
発災容器（内槽）



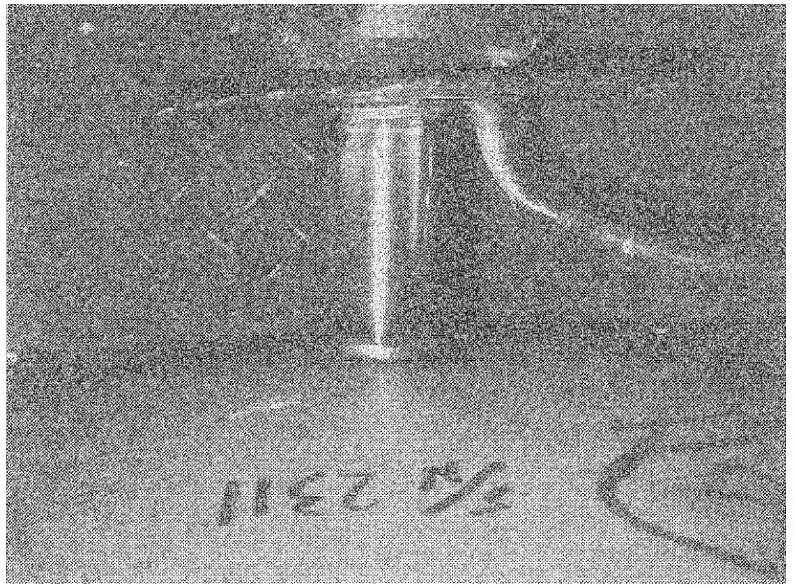
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可搬式超低温液化酸素容器の爆発事故事例（続き）

（平成16年1月、京都）



ネック変形の例1



ネック変形の例2

水で満液の容器落下試験

・転倒落下(高さ1.2m) → 液面計の破損、漏えい
ネックチューブ座屈

・片側縁石垂直落下 → ネックチューブ座屈
下部フットリングつぶれ

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

可搬式超低温液化酸素容器の爆発事故事例
類似事故事例

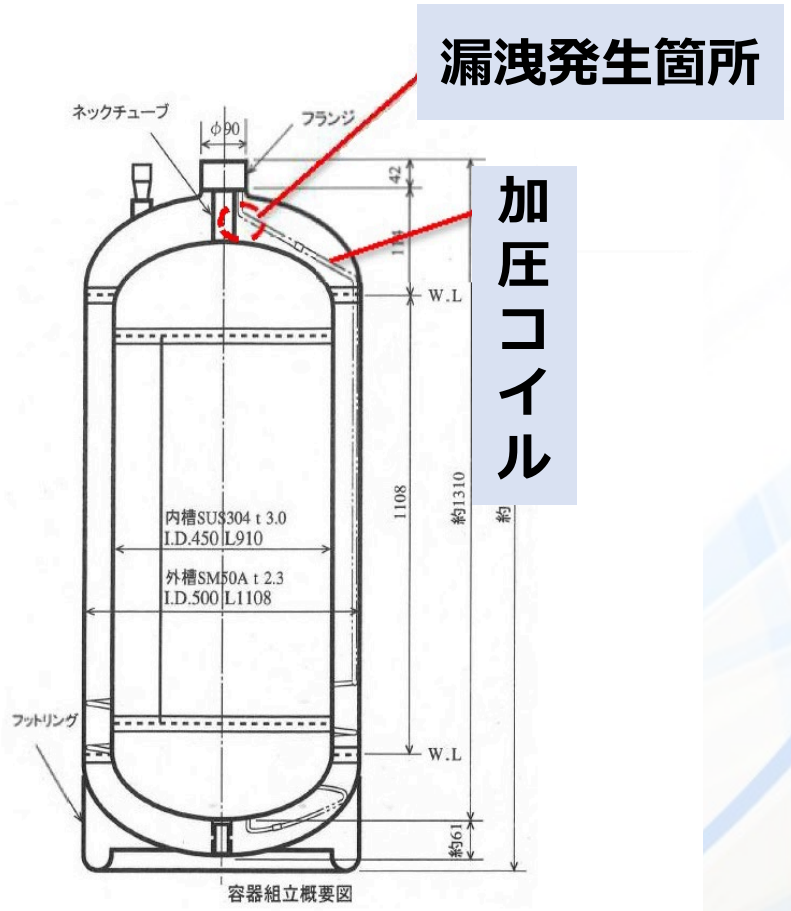
（平成28年9月10日、神奈川県）

低温液化酸素容器の破裂事故事例

ガス充填所に保管されていた低温液化酸素容器（通称LGC容器、175ﾘｯﾄﾙ容量）の内槽安全弁の作動と容器上部の霜付が認められたため、作業員が別の空容器に移充填していたところ、容器が破裂した。作業員1名が死亡、周辺の容器や建屋が熱損破損した。

真空断熱槽内の加圧コイル継手部に疲労き裂（容器は製造後23年経過）が発生し、真空槽内に酸素が流入した。移充填により内槽の圧が低下し、内槽が変形して外槽を破壊した。

作業手順の見直しや、外槽の安全装置の作動圧を低くするなどの対策が実施された。



容器組立概要図

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

静電気の帯電電位と電撃の強さ

人体の静電容量(Ｃ)＝100pFとする　(1pF ＝ 1×10^{-12} F ：ファラド)

人体の帯電電位(Ｖ) [kV]	静電エネルギー(W) [mJ]	電撃の強さ
1.0	0.05	まったく感じない
3.0	0.5	ちくりと痛む
5.0	1.3	手のひらから前腕まで痛む
10	5	手全体に痛み、電気が流れた感じを受ける

静電エネルギー　：$W = \frac{1}{2} CV^2$

人体の静電容量(Ｃ)・・・100～300 pF　個人差、着衣、発汗等で異なる

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

(テキスト38頁 参考)

アセチレンの分解爆発

横置きにしたガラス円筒中で白金線の電気加熱法で発火

① ゲージ圧 0.6kg/cm^2 (0.06MPa)
② 〃 0.7kg/cm^2 (0.07MPa)
③ 〃 1.0kg/cm^2 (0.1MPa)
④ 〃 1.5kg/cm^2 (0.15MPa)

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

エチレン／空気混合ガスの爆ごうと爆燃の比較

ビニルハウス　４m×４m×３m　　発火源　ペントライト 20g

エチレン濃度：７％

エチレン濃度：９％

$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$　　$\triangle H = -1323$ kJ/mol

化学量論組成濃度：　$C_{st} = 6.54$ vol%　空気中

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト44-45頁）

LPG球形貯槽の倒壊による火災及び爆発事故事例

（平成23年3月11日、千葉県）

過去最大級のファイアボールが発生した。

17:04～17:50に5回の大きな爆発火炎が確認されている。

最初の爆発は、球形貯槽 #374(プロパン、580kL、約300トン)による爆発で、火炎の直径は約400mと推定される。

ネット上の動画より、火炎の直径は約600mとの推定あり。（消防研究センター）

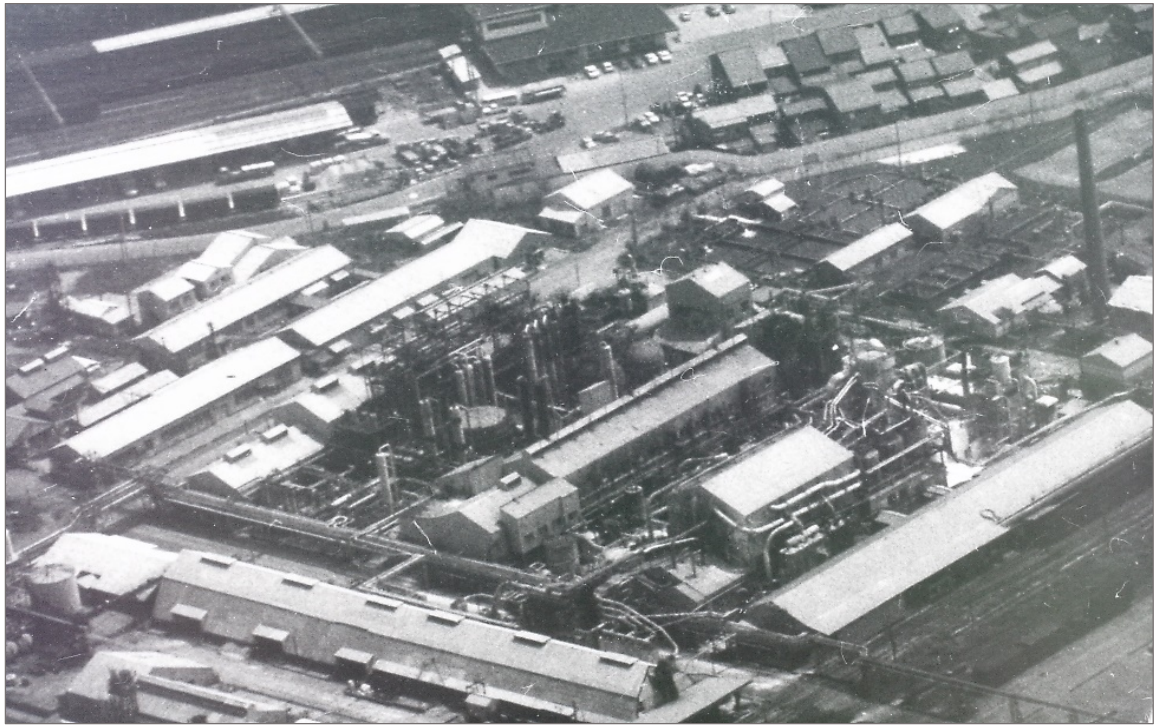
◎貯槽周囲の火災により加熱されたため、槽内の全量が爆発。
（44頁、表2.16、フラッシュ率は 0.1～0.4 → 1.0 となる ）

石油コンビナートの防災アセスメント指針の改定（25年3月）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

塩化ビニル製造工場における塩化ビニルモノマーの爆発事故事例

（昭和48年10月、新潟県）



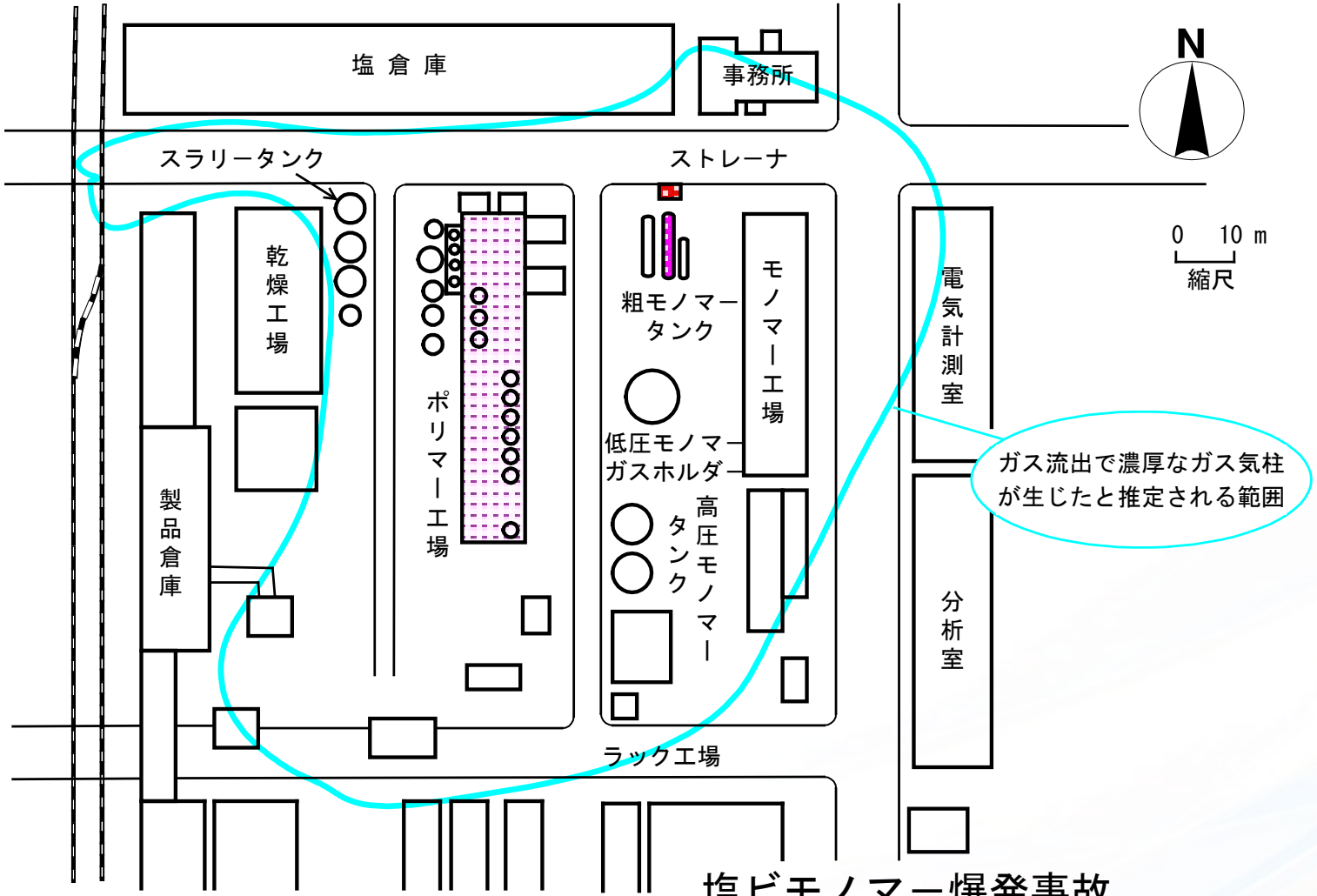
事故前の塩ビプラント全景

事故直後

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

塩化ビニル製造工場における塩化ビニルモノマーの爆発事故事例（続き）

（昭和48年10月、新潟県）



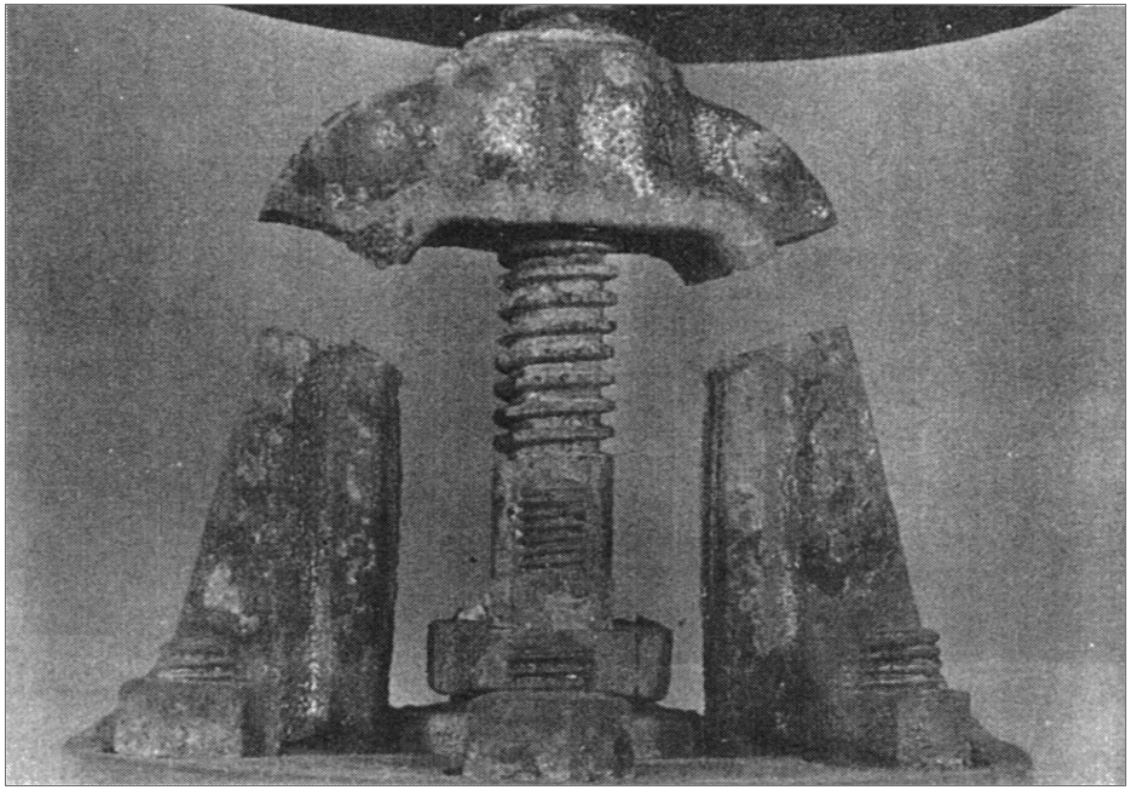
塩ビモノマー爆発事故

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

塩化ビニル製造工場における塩化ビニルモノマーの爆発事故事例（続き）

（昭和48年10月、新潟県）

鋳鉄製玉型弁のヨーク部の損傷状況



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

塩化ビニル製造工場における塩化ビニルモノマーの爆発事故事例（続き）

（昭和48年10月、新潟県）

「ハンドル廻し」

一般高圧ガス保安規則第6条第3項第6号

製造設備に設けたバルブを操作する場合には、バルブの材質、構造及び状態を勘案して過大な力を加えないよう必要な措置を講ずること。

コンビナート等保安規則第5条第3項第7号

製造設備に設けたバルブには、操作を行う場合にバルブの材質、構造及び状態を勘案して過大な力が加わらないよう必要な措置を講ずること。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト44-45頁、48-49頁）

LPG球形貯槽の倒壊による火災及び爆発事故事例

（平成23年3月11日、千葉県）

過去最大級のファイアボールが発生した。

17:04～17:50に5回の大きな爆発火炎が確認されている。

最初の爆発は、球形貯槽#374(プロパン、580kL、約300トン)による爆発で、火炎の直径は約400mと推定される。

ネット上の動画より、火炎の直径は約600mとの推定あり。（消防研究センター）

◎貯槽周囲の火災により加熱されたため、槽内の全量が爆発。
（44頁、表2.16、フラッシュ率は　0.1～0.4 →1.0となる　）

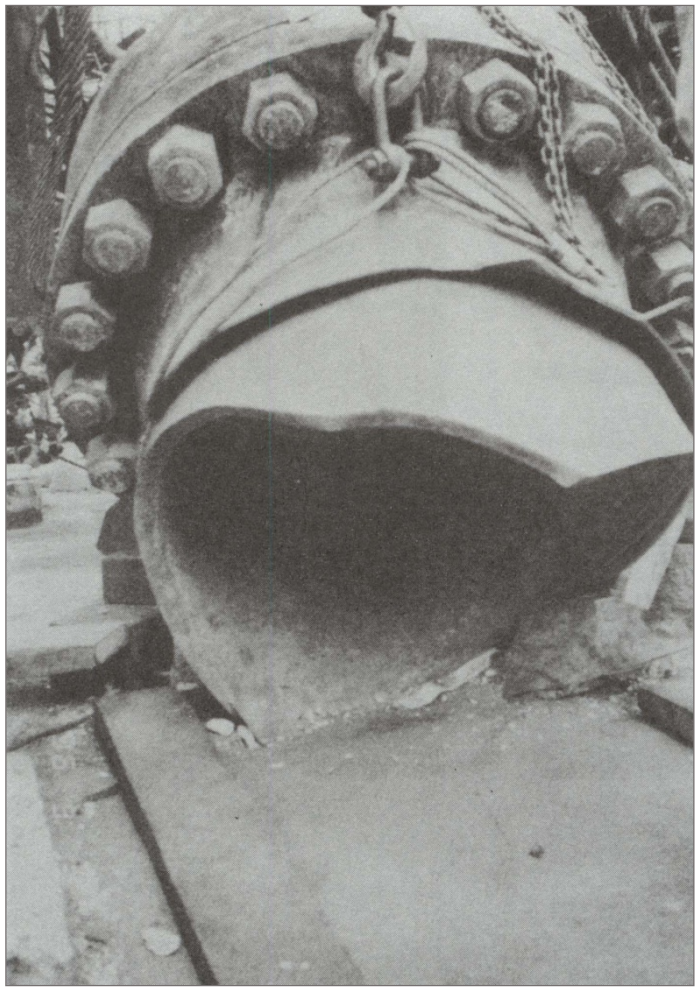
◎爆風圧による家屋等への影響は広範囲に及んだ。[窓ガラスが割れる≒0.001MPa]
（49頁、表2.17と一致→48頁、X の式では不十分　）

➡ **石油コンビナートの防災アセスメント指針の改定（25年3月）**

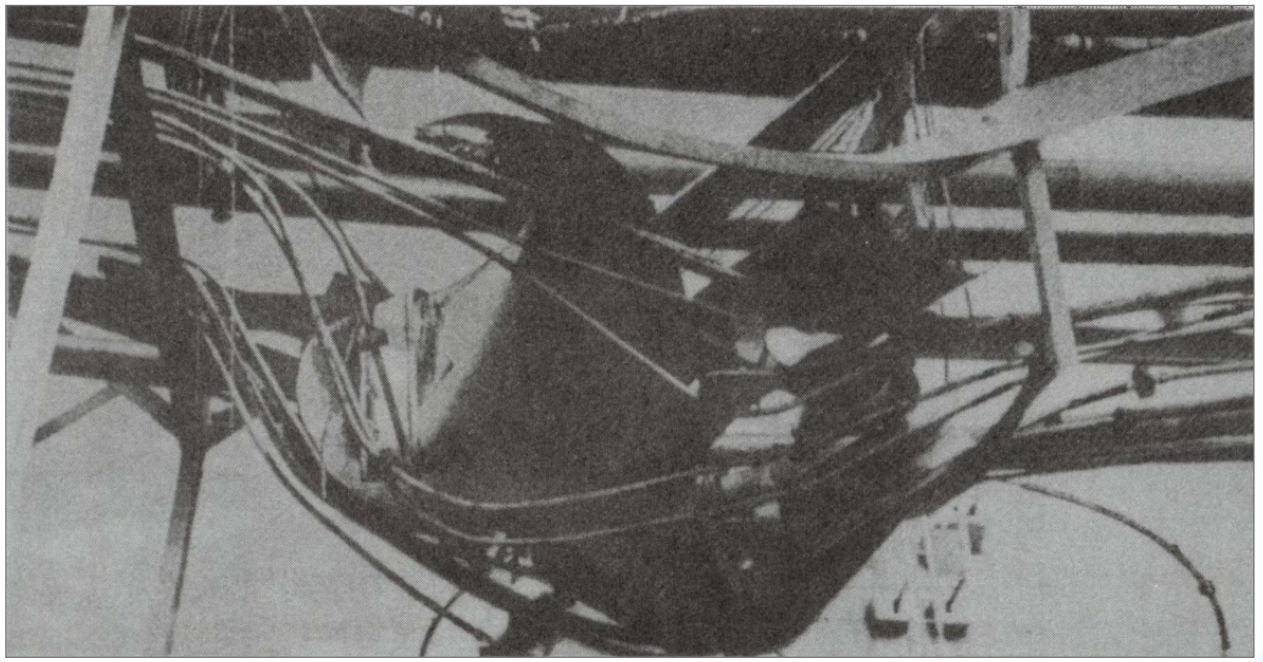
Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

マルチパーパス・バッチ式反応器の爆発事故事例

（平成8年7月、大阪府）



反応器上部



反応器下部

（ 重量2.5 ton、75 m 離れた配管ラック上に飛翔 ）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

マルチパーパス･バッチ式反応器の爆発事故事例（続き）

（平成8年7月、大阪府）

有機金属化合物製造プラント

① ナトリウム ビス 2-メトキシエトキシアルミニウムハイドライド
NaAl(OCH2CH2OCH3)2H2　（略称SAH）

原料：アルミニウム、ナトリウム、水素、2-メトキシエタノール (メチルセロソルブ)
溶媒：トルエン
１段目（常圧）アルコラート → ２段目（9MPa）水素化

② ナトリウムアルミニウムハイドライド　NaAlH4　（略称NAH）

原料：アルミニウム、ナトリウム、水素（9MPa）
溶媒：テトラヒドロフラン　（THF）

事故は、①のSAH製造工程の２段目の水素化のほぼ終了段階で発生した。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

マルチパーパス・バッチ式反応器の爆発事故事例（続き）

（平成8年7月、大阪府）

SAH 製造時に本来存在しないはずの THF 及び NAH が存在。

↓

NAH ／ THF による局部的異常反応、過熱

↓

SAH の局部的過熱

↓

SAH の発熱分解

↓

異常温度圧力上昇
反応器破裂

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

最近の重大事故：異常反応に起因する爆発・火災事故

1．塩ビモノマー製造施設における塩酸塔の爆発・火災事故

平成23年11月、山口県周南市、死者1名

2．レゾルシン製造施設における酸化反応器の爆発・火災事故

平成24年4月、山口県和気町、死者1名、重軽傷者25名

3．アクリル酸モノマー製造施設における中間タンクの爆発・火災事故

平成24年9月、兵庫県姫路市、死者1名、重軽傷者36名

4．多結晶シリコン製造施設における熱交換器の爆発事故

平成26年1月、三重県、死者5名、重軽傷者13名

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

最近の重大事故：異常反応に起因する爆発・火災事故（続き）

1．　塩ビモノマー製造施設における塩酸塔の爆発・火災事故

塩酸精製塔：

精製塔の還流槽及び一時受けタンクで起きた反応：

$$CH_2{=}CHCl + HCl \xrightarrow{FeCl_3\ (鉄さび由来)\ 触媒} CH_3CHCl_2$$

1,1-二塩化エタン

$\triangle H = -62$ kJ/mol （発熱）

この反応は低温で起こり、発熱により温度上昇して暴走に至った。
◎ 鉄さびによりこの反応が起こることは他社よりヒヤリハット情報として提供されていた。
◎ 他社では、設備開放時の湿気対策に特段の配慮をしている。
◎ この反応は、1,1,1-トリクロロエタン合成反応の第1工程としてかつて事業所でも利用されていた既知の反応である。

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト50頁　参考）

最近の重大事故：異常反応に起因する爆発・火災事故（続き）

ものづくり進化論（日経産業新聞）

東ソー火災事故に学ぶ　高機能化に潜む経験不足の落とし穴

2012/7/31 7:00

○○○社長はこう悔やむ。「ＶＣＭと塩酸を混ぜると熱を持つというのは化学の基礎知識。ベテラン社員がマニュアルより基礎知識を優先して設備を動かし続けていたら、事故は起きなかった。」

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

最近の重大事故：異常反応に起因する爆発・火災事故（続き）

平成26年5月16日　内閣官房・消防庁・厚労省・経産省

「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議報告書」

① リスクアセスメントの内容・程度が不十分

非定常作業時や緊急時を想定してのリスクアセスメント、設備・運転方法の変更時のリスクアセスメント

② 人材育成・技術伝承が不十分

Know-whyの不徹底による緊急時対応能力、多様な事故等を経験した人材の減少による危険を予知する能力（リスク感性）

③ 情報共有・伝達の不足や安全への取組の形骸化

過去の事故情報が十分共有されず、安全対策への反映が不十分。
安全への取組が形骸化し、現場保安力が低下

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

最近の重大事故：異常反応に起因する爆発・火災事故（続き）

危険物質の取扱いの基本

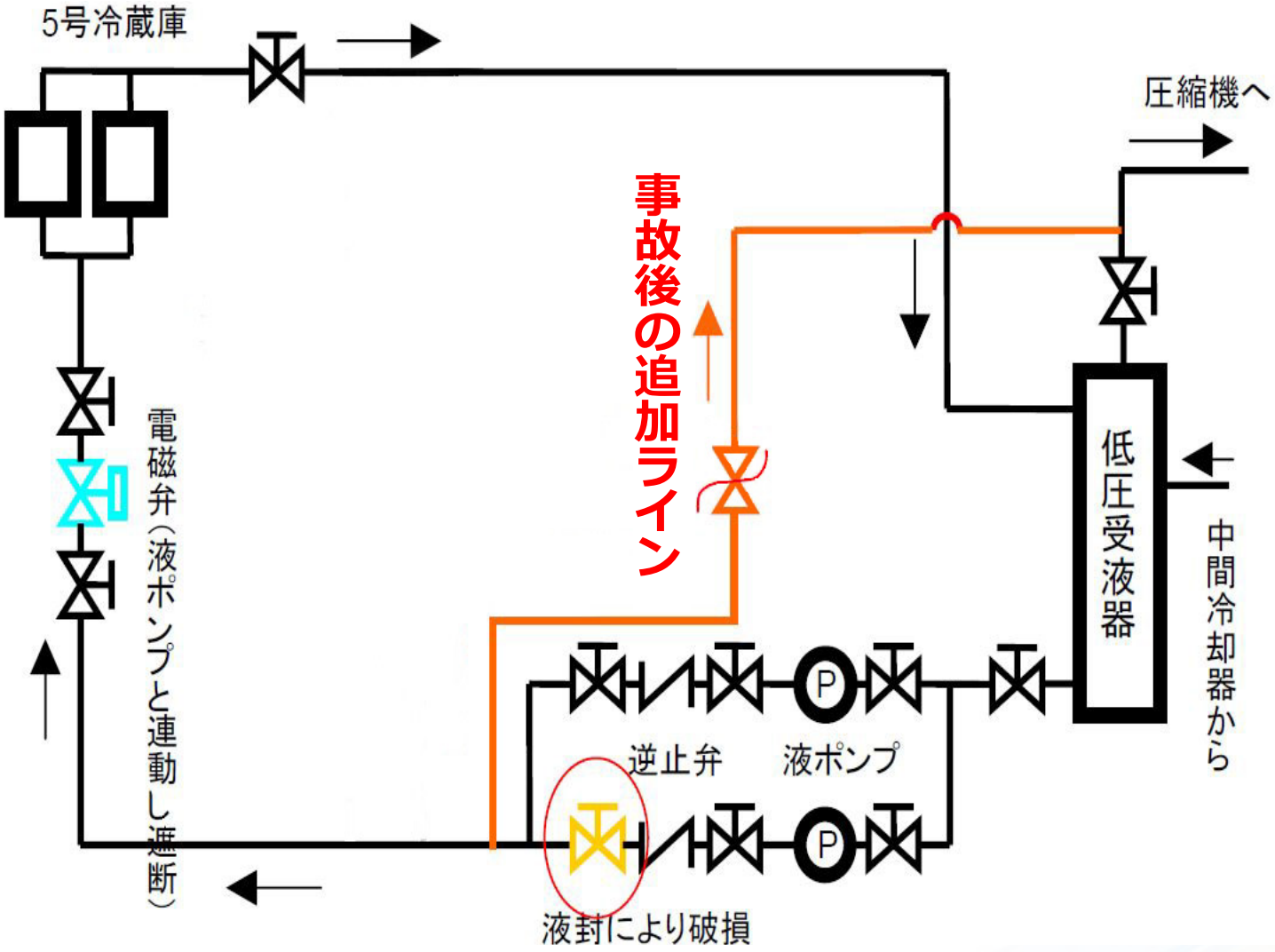
- 温度、圧力、組成 (濃度) の管理
- 反応、特に発熱反応への注意
- 気体・液体・固体相の発生の可能性

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト51頁）

バルブの破損によるアンモニアの大量漏えい事故事例

（平成17年9月、福岡県）



Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

バルブの破損によるアンモニアの大量漏えい事故事例（続き）

（平成17年9月、福岡県）

写真１　破損した吐出弁

写真２　破損状況

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

最近の類似液封事故事例（経産省・KHK事故DB）

● 小型アンモニア容器の過充填による破裂	（平成27年、千葉県）
● 熱交換器のシェル側冷却水の漏えい	（　〃　、大分県）
● 冷凍設備冷媒フィルターの亀裂による冷媒漏洩	（平成28年、千葉県）
● 貯槽受入配管フレキ管よりクロロメチル漏洩	（　〃　、三重県）
● 冷凍設備冷媒フィルターの亀裂による冷媒漏洩	（　〃　、千葉県）
● LPガス受入配管元弁のガス漏えい	（　〃　、青森県）
● 液化窒素容器に付けて放置されたフレキ管の破裂	（平成29年、大阪府）
● 液化アンモニア受入配管途中の弁の漏えい	（　〃　、茨城県）
● 冷凍設備停止中の配管破裂による冷媒漏えい	（平成30年、岡山県）
● フローグラスの破損によるブタジエン等の漏えい	（　〃　、山口県）
● 重合施設貯槽の受入配管から塩ビモノマーの漏えい	（令和元年、宮崎県）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト53頁）

毒ガスの定義の改正

2.2.1　毒性ガスの定義

「毒性ガス」として、高圧ガス保安法一般高圧ガス保安規則およびコンビナート等保安規則には33種類のガスが指定されている。また、その他のガスであって、毒物及び劇物取締法第2条第1項に規定する毒物が毒性ガスと定義されている。

半導体の製造などで使われる特殊材料ガスのうち、汎用性の高いものを「特殊高圧ガス」と呼び、その他の危険性の高いガスを「五フッ化ヒ素等」としてより厳しい規制を定めている。

平成28年11月1日　改正

例・・・フッ化水素、塩化ホスホリル、塩化リン(Ⅲ)等

「じょ限量」はなくなったが、「許容濃度」は毒性ガスのガス漏えい検知警報設備の警報設定値として引き続き使われている。（例示基準）

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト61頁　参考）

ジクロロシランの除害装置からのガス漏洩

発生日時　　平成21年8月2日（日）12:30頃
発生場所　　熊本県、半導体製造工場

【概要】

クリーンルームの2階通路にあるジクロロシラン除害装置の使用済みカートリッジの保管場所で発煙しているのが見つかり、警備員が消防に連絡した。

火災は15時過ぎに鎮火されたが、壁の一部が燃えた。

この煙を吸った従業員がのどの痛みを訴えたため、17名が病院に搬送されたが、全員軽症であった。

警察では、何らかの理由でガスが漏れカートリッジのそばの壁が焦げて煙が出たとみている。

平成21年8月3日．会社HP

平成21年8月3日、西日本新聞WEB

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan

（テキスト61頁　参考）

ジクロロシランの除害装置からのガス漏洩

（続報）
その後の新聞報道によると、搬送された病院側が救急隊からガス名をシランガスと伝えられたが、その病院ではシランガスの成分や処置方法がわからず、「シアンガス」の可能性もあると判断して解毒治療を行ったとのことである。

工場では救急隊にＳＤＳ（ＭＳＤＳ）を渡したということであるが、患者が多く、搬送先が複数になったことでこのような事態が起きたものと思われる。

事故やトラブルが発生した際の緊急対応はマニュアル化をするなど日頃から考えられているが、規模が大きくなった場合にも適切な対応ができるように管理体制を含めて見直す必要がある。

平成21年8月8日、西日本新聞WEB

ジクロロシラン → シラン
シラン → シアン
ホスフィン → ホスゲン、 等々

Copyright© The High Pressure Gas Safety Institute of Japan