令和６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
（石油精製プラント等の事故調査）
報告書

令和７年３月

高圧ガス保安協会

目次

1. 調査概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

2. 高圧ガス事故の情報整理及び内容分析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6

3. 高圧ガス事故の類型化調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7

4. 石油精製業等の最近の事故調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

5. 事故の定義に関する調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12

6. 国内外の高圧ガス事故情報に関する普及啓発活動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13

7. 重大事故等の調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14

8. 高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

9. 高圧ガス保安の実施状況調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17

10. まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19

別添 1　高圧ガス関係事故年報

別添 2　類型化調査報告書

別添 3　高圧ガス事故概要報告

別添 4　事故の定義に関する調査

別添 5　国内外の高圧ガス事故情報に関する普及啓発活動報告書

別添 6　重大事故等の調査報告書

別添 7　視聴覚資料の補足説明資料

1. 調査概要

1.1 調査目的

本事業は、石油精製プラント等における高圧ガスに係る事故等（以下、「事故」という。）について調査を行い、情報整理するとともに、保安対策上広く展開することが有用と認められるものについて、原因及び類型化の調査を行い、再発防止のための効果的な対策を講じ、教訓を加えてその内容を周知すること等により、高圧ガスに係る公共の安全の確保を図ることを目的とする。

また、高圧ガス認定（完成・保安）検査実施者に対しては、認定検査実施者告示等の認定基準に則した保安管理システムの確立及び継続的改善の状況、パフォーマンス向上状況等の観点から調査を行い、指摘や助言等の情報提供を行うことにより事業者の保安管理システムの改善及び自主保安活動の向上を促し、事故災害を未然に防止に資することを目的とする。

1.2 調査内容

（1） 高圧ガス事故の情報整理及び内容分析

高圧ガス保安法（以下「高圧法」という。）第 74 条第 4 項の規定に基づき都道府県知事等から経済産業大臣に報告された事故情報のうち、令和 6 年（1 月から 12 月）に発生した事故情報の提供を国（経済産業省大臣官房産業保安・安全グループ高圧ガス保安室。以下同じ）から受け、事故情報ごとに分類し、情報整理、内容分析、情報発信などを行った。

（2） 高圧ガス事故の類型化調査

国から指定された対象とする事故 1 件について、調査を行い「発生事象の概要」、「近年における発生件数」、「原因」、「注意すべき事項」等について図表、写真等を用いた報告書（以下「類型化調査報告書」という。）を作成した。

作成した類型化調査報告書は、後述する事故調査解析委員会にて審議し、その内容の技術的妥当性等について検討した。

事故調査解析委員会の審議が終了した類型化調査報告書は、プライバシーの保護を考慮した上で高圧ガスの事業者、学識経験者および行政機関等へ速やかに情報発信を行った。

情報発信を行った類型化調査報告書をとりまとめ、事業報告書を作成した。

（3） 石油精製業等の最近の事故調査

国から提供された高圧ガス事故報告情報の中から、令和 4 年以降に発生した石油精製業等に対し教訓としての価値が高いと思われる事故 15 件を抽出して、事故原因の調査（現地調査を含む。）を行い、「事故区分」、「事故名称」、「事故発生日時」、「事故発生場所」、「高圧ガス名」、「法令違反の有無」、「被害状況（周囲への影響等）」、「事故概要」、「事故原因」、「再発防止対策」、「教訓および当該事故に関する注目すべき点」、「その他」の事項について、1 事故ごとに数ページ程度で図表、写真等を用いて簡潔にまとめた報告書（以下「高圧ガス事故概要報告」という。）14 件を作成した。また、昨年度、報告書の公開について、事故を起こした事業者の了解を得られなかった事故 1 件について、事故原因の再調査を行い、報告書 1 件を作成した。図表、写真の提供者および報告書に記載された事故を起こした事業者に対し、国または受託者が不特定多数に公開することについて了解を得た。

作成した高圧ガス事故概要報告は、後述する事故調査解析委員会にて審議し、その内容の技術的妥当性等について検討した。

事故調査解析委員会の審議が終了した高圧ガス事故概要報告は、プライバシーの保護を考慮した上で高圧ガスの事業者、学識経験者および行政機関等へ速やかに情報発信を行った。同時に国に対し、高圧ガス事故概要報告および高圧ガス事故概要報告に掲載した事故を起こした事業者名も記入した非公開用高圧ガス事故概要報告も併せてメール等で送付した。

情報発信を行った高圧ガス事故概要報告をとりまとめ、事業報告書を作成した。

（4） 事故の定義に関する調査

今後も保安を担保した上で、より合理的な事故報告を求めることができるよう、事故の定義見直しの検討を実施し、報告書を作成した。

作成した報告書は、後述する事故調査解析委員会にて審議し、その内容の妥当性等について検討し、令和 6 年 9 月 30 日に国に提出した。また、国の指示により、令和 6 年 9 月 30 日以降も、事故調査解析委

員会にて事故の定義見直しの検討を継続し、事業報告書を作成した。

(5)　国内外の高圧ガス事故情報に関する普及啓発活動

高圧ガスの事業者等を対象として、令和 5 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故情報調査）報告書の内容に関する説明会をオンライン形式にて実施し、説明会後には説明内容、時間配分等の改善点等を検討整理した。

国外の教訓としての価値が高いと思われる高圧ガス事故情報を広く周知するべく、現に公開されている高圧ガス事故に関する英語の報告書を活用し、日本語に翻訳した報告書を 3 件作成した。作成した報告書は、高圧ガスの事業者、学識経験者および行政機関等へ速やかに情報発信を行った。

(6)　重大事故等の調査

国の指示を受け、国内で発生した重大事故 1 件について、指示を受けた日に現地調査を実施し、国へ報告書を提出した。

作成した報告書は、後述する事故調査解析委員会にて報告し、有識者の意見を聴取した。国へ提出した報告書のうち、必要と判断した個所をとりまとめ、事業報告書を作成した。

(7)　高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備

高圧ガス事故防止のためには、事故、トラブルを題材とした視聴覚資料を作成、広く周知することが有効と考えられるため、過去に国内で発生した事故、トラブルのうち、石油精製業等に対し教訓としての価値が高いと思われる事故、トラブルを 2 件抽出して、現に事故、トラブルを体験した事業者の協力を得て、実際の映像（新たに撮影する映像の他、事故、トラブルが発生した当時のニュース映像等を含む。）、CG 映像、シミュレーション結果等により事故、トラブルを再現した視聴覚資料（それぞれ 10 分程度）を作成した。

視聴覚資料の理解を補助するため、事故の概要や専門用語などを解説した資料（以下「視聴覚資料の補足説明資料」という。）を作成した。

視聴覚資料の対象とする事故、トラブルの抽出、視聴覚資料、視聴覚資料の補足説明資料、調査報告書の要約資料は、後述する視聴覚資料の整備委員会にて審議し、その内容の技術的妥当性等について検討した。

(8)　高圧ガス保安の実施状況調査

高圧ガス認定（完成・保安）検査実施者（以下「認定事業所」という。）を対象に保安管理システムの実施、継続的改善等の観点から調査を行い、改善を要する事項及び評価できる事項について取りまとめた。

1.3 調査実施体制

(1)　高圧ガス事故の情報整理及び内容分析

本調査では、委員会を設置していない。

(2)　高圧ガス事故の類型化調査

本調査では、「事故調査解析委員会」を設置し、検討を行った。同委員会の委員の選定にあたっては、国に相談の上決定した。同委員会の委員構成は、次のとおり。

【委員長】

木村　雄二	学校法人　工学院大学　名誉教授

【委員】

伊里　友一朗	国立大学法人　横浜国立大学　大学院環境情報研究院　准教授
辻　　佳子	国立大学法人　東京大学　環境安全研究センター　センター長　教授
平川　哲也	山口県 総務部 消防保安課 産業保安班長　主幹
中条　孝之	三重県　防災対策部　コンビナート防災監
和田　有司	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 研究環境整備本部 副本部長
菊地　隆司	国立大学法人　北海道大学　工学研究院　応用化学部門　教授

阪上　隆英　　国立大学法人　神戸大学　大学院工学研究科　機械工学専攻　教授
矢吹　彰広　　国立大学法人　広島大学　大学院先進理工系科学研究科　教授
澁谷　忠弘　　国立大学法人　横浜国立大学　総合学術高等研究院　教授

【関係者】
経済産業省大臣官房産業保安・安全グループ高圧ガス保安室
総務省消防庁予防課特殊災害室
厚生労働省労働基準局安全衛生部
独立行政法人　労働者健康安全機構　労働安全衛生総合研究所
国立研究開発法人　産業技術総合研究所
石油連盟
石油化学工業協会
一般社団法人　日本化学工業協会
一般社団法人　日本産業・医療ガス協会
一般社団法人　日本冷凍空調工業会
一般社団法人　日本冷凍空調設備工業連合会
危険物保安技術協会
特定非営利活動法人　保安力向上センター
一般社団法人　水素供給利用技術協会
一般社団法人　全国 LP ガス協会

【事務局】
特別民間法人高圧ガス保安協会　保安技術部門

(3)　石油精製業等の最近の事故調査
本調査では、前述した 1.3（2）の調査で設置した事故調査解析委員会を活用し、検討を行った。

(4)　事故の定義に関する調査
本調査では、前述した 1.3（2）の調査で設置した事故調査解析委員会を活用し、検討を行った。

(5)　国内外の高圧ガス事故情報に関する普及啓発活動
本活動では、前述した 1.3（2）の調査で設置した事故調査解析委員会を活用し、実施した。

(6)　重大事故等の調査
本調査では、1 件の重大事故等について、指示を受けた日に現地調査を実施し、国へ報告書を提出した。
前述した 1.3（2）の調査で設置した事故調査解析委員会を活用し、有識者の意見を聴取した。

(7)　高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備
本調査では、「視聴覚資料の整備委員会」を設置し、検討を行った。同委員会の委員の選定にあたっては、国に相談の上決定した。同委員会の委員構成は、次のとおり。

【委員長】
越　　光男　　国立大学法人　東京大学　名誉教授

【委員】
伊里　友一朗　　国立大学法人　横浜国立大学　大学院環境情報研究院　准教授
和田　有司　　国立研究開発法人 産業技術総合研究所 研究環境整備本部 副本部長
茂木　俊夫　　国立大学法人　東京大学　大学院工学系研究科　准教授
前田　和也　　一般社団法人　日本産業・医療ガス協会　常務執行役員
三浦　安史　　石油連盟　安全管理部長
佐藤　浩治　　一般社団法人　大阪府高圧ガス安全協会　専務理事
筆保　慶一　　一般社団法人　兵庫県高圧ガス保安協会　専務理事 兼 事務局長

（第 1 回）
髙橋　文夫　　一般社団法人　日本化学工業協会　環境安全部　部長
（第 1 回から第 2 回まで）
藤本　正彦　　石油化学工業協会　技術部　技術部長
（第 2 回から第 5 回まで）
番場　啓泰　　一般社団法人　日本化学工業協会　環境安全部　部長
藤田　圭祐　　新居浜市消防本部　予防課　保安係長
西原　知弘　　住友化学株式会社　愛媛工場　環境安全部　主席部員　兼　警備消防課長
（第 3 回から第 5 回まで）
今福　孝明　　石油化学工業協会　技術部　技術部長

【関係者】
経済産業省大臣官房産業保安・安全グループ高圧ガス保安室
株式会社 KAFKA-和布可
株式会社イエローツーカンパニー

【事務局】
特別民間法人高圧ガス保安協会　保安技術部門

(8)　高圧ガス保安の実施状況調査
本調査では、委員会を設置していない。

1.4 委員会開催状況

(1)　高圧ガス事故の情報整理及び内容分析
本調査では、委員会を設置していない。

(2)　高圧ガス事故の類型化調査
委員会開催状況は、表 1-1 のとおり。

表 1-1　委員会開催状況

回次	開催日	議事内容
第 1 回	令和 6 年 6 月 14 日	・　高圧ガス事故の類型化調査の選定候補の審議
第 3 回	令和 6 年 9 月 3 日	・　高圧ガス事故の類型化調査案の中間報告
第 4 回	令和 7 年 1 月 15 日	・　高圧ガス事故の類型化調査案の中間報告
第 5 回	令和 7 年 2 月 5 日	・　高圧ガス事故の類型化調査案の審議 ・　事業報告書案の審議

(3)　石油精製業等の最近の事故調査
委員会開催状況は、表 1-2 のとおり。

表 1-2　委員会開催状況

回次	開催日	議事内容
第 1 回	令和 6 年 6 月 14 日	・　高圧ガス事故概要報告の選定候補の審議
第 3 回	令和 6 年 9 月 3 日	・　高圧ガス事故概要報告案の中間報告、審議
第 4 回	令和 7 年 1 月 15 日	・　高圧ガス事故概要報告案の審議
第 5 回	令和 7 年 2 月 5 日	・　高圧ガス事故概要報告の審議 ・　事業報告書案の審議

(4)　事故の定義に関する調査

委員会開催状況は、表 1-3 のとおり。

表 1-3　委員会開催状況

回次	開催日	議事内容
第 1 回	令和 6 年 6 月 14 日	・　事故の定義に関する調査方針の審議
第 2 回	令和 6 年 7 月 25 日	・　事故の定義に関する調査の中間報告
第 3 回	令和 6 年 9 月 3 日	・　事故の定義に関する調査の中間報告、審議
第 5 回	令和 7 年 2 月 5 日	・　説明資料案の審議 ・　事業報告書案の審議

(5)　国内外の高圧ガス事故情報に関する普及啓発活動

委員会開催状況は、表 1-4 のとおり、委員会にて、有識者の意見を聴取した。

表 1-4　委員会開催状況

回次	開催日	議事内容
第 1 回	令和 6 年 6 月 14 日	・　国外の高圧ガス事故に関する事故情報の翻訳の審議
第 5 回	令和 7 年 2 月 5 日	・　令和 5 年度報告書の説明会の報告 ・　CSB 報告書の翻訳作業の報告

(6)　重大事故等の調査

委員会開催状況は、表 1-5 のとおり。

表 1-5　委員会開催状況

回次	開催日	議事内容
第 4 回	令和 7 年 1 月 15 日	・　重大事故の報告

(7)　高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備

委員会開催状況は、表 1-6 のとおり。

表 1-6　委員会開催状況

回次	開催日	議事内容
第 1 回	令和 6 年 7 月 10 日	・　視聴覚資料の選定候補の決定
第 2 回	令和 6 年 9 月 25 日	・　視聴覚資料の映像作成、編集等の作業を行う業者の決定
第 3 回	令和 6 年 12 月 4 日	・　視聴覚資料の素案の審議 ・　視聴覚資料の補足説明資料の素案の審議
第 4 回	令和 7 年 2 月 3 日	・　視聴覚資料の案の審議 ・　視聴覚資料の補足説明資料の案の審議 ・　事業報告書案の審議
第 5 回	令和 7 年 2 月 19 日から 令和 7 年 2 月 26 日まで （書面審議）	・　視聴覚資料の案の審議

(8)　高圧ガス保安の実施状況調査

本調査では、委員会を設置していない。

2. 高圧ガス事故の情報整理及び内容分析

2.1 高圧ガス事故情報（月報）

高圧法第 74 条第 4 項の規定に基づき都道府県知事から経済産業大臣に報告された事故情報のうち、令和 6 年に発生した事故の情報の提供を国から受け、事故情報ごとに分類し、情報整理を行い、月報として取りまとめ、国に報告した。

2.2 情報発信

2.1 で報告した内容について、高圧ガス事業に従事する関係者宛てに情報発信（メール配信）を行った。うち、2.1 の表 2 以下については、直近 6 年間分とした。情報発信（メール配信）先は、国と協議し、KHK が配信するメール配信サービス「KHK-Friends」の配信希望者として登録しているアドレス宛（令和 7 年 3 月現在 2,830 件）とした。

2.3 高圧ガス関係事故年報

2.1 で報告した内容について取りまとめた高圧ガス関係事故年報を作成した。作成の際は、本年の事故統計に係る分析結果を理解しやすい形で記述した。様式については、過去の本事業と同じとした。詳細は、別添 1「高圧ガス関係事故年報」を参照のこと。

2.4 事故事例データベース

国から提供を受けた 2.1 のデータを毎年蓄積したデータベースについて、次の 2 つの作業を実施した。

① 2.1、2.3 で得られた情報を事故事例データベースに入力。
② データを四半期ごとに取りまとめ、電子媒体で国に提出。

2.5 高圧ガス事故の統計資料の作成

国からの指示に基づき高圧ガス事故の統計資料の作成を行った。資料作成にあたっては、2.1 で報告した内容および国から提供を受けた事故事例データベースをもとに作成した。

3. 高圧ガス事故の類型化調査

3.1 調査対象

国から指定された対象とする事故、次の 1 件とした。

・ 地震に関連する高圧ガス事故の注意事項

3.2 報告書の作成

事故ごとに調査を行い、類型化調査報告書を作成した。作成した類型化調査報告書は、事故調査解析委員会にて審議し、その内容の技術的妥当性等について検討した。それぞれの類型化調査報告書は、別添 2 のとおり。それぞれの類型化調査報告書の作成に際しては、次の関係者に現地調査、ヒヤリング調査などのご協力を頂いた。

表 3-1 現地調査、ヒヤリング調査などにご協力頂いた関係者※

類型化調査報告書	関係者
地震に関連する高圧ガス事故の注意事項	・ なし

※ 掲載を希望しない関係者は、省略している。

3.3 情報発信

事故ごとに作成した類型化調査報告書は、KHK のウェブサイト（次の URL）に掲載した。

・ 高圧ガス事故統計資料等 事例ごとの注意事項（経済産業省委託事業）
https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/statistics_material.html

その後、高圧ガスの事業者、学識経験者および行政機関等に、プライバシーの保護を考慮し BCC でメール配信を行った。メール配信先は、国と協議し、KHK が配信するメール配信サービス「KHK-Friends」の配信希望者として登録しているアドレス宛（令和 7 年 3 月現在 2,830 件）とした。

情報発信の結果は、表 3-2 に示すとおり。

表 3-2 情報発信の結果

類型化調査報告書	ウェブサイト掲載日	電子メール配信日
地震に関連する高圧ガス事故の注意事項	令和 7 年 2 月 26 日	令和 7 年 3 月 21 日

4. 石油精製業等の最近の事故調査

4.1 調査対象の抽出

(1) 対象とする事故

調査の対象とする事故は、事故調査解析委員会で審議し、国から提供を受けた高圧ガス事故情報のうち、次のいずれかに該当する事故とした。

① 令和 5 年に発生した事故

② 令和 4 年度に調査を実施したが、報告書の公開について、事故を起こした事業者の了解を得られなかった事故

(2) 調査対象の抽出

次の基本方針に基づき、事故調査解析委員会で審議し、石油精製業等に対し教訓としての価値が高いと思われる事故 15 件を抽出した。

① コンビナート等保安規則関係事故で、被害の大きい事故

・ 人身被害が発生した事故
・ 多大な物的被害を生じた事故
・ 被害の大きい事故につながる可能性があると考えられる事故

② コンビナート等保安規則関係事故で、事故発生事象の危険性が高い事故

・ 爆発、火災、破裂・破損（2 次事象も含む）の事故
・ 毒性ガスの噴出・漏えいの事故
・ 可燃性ガスの大量噴出・漏えいの事故
・ 酸素の大量噴出・漏えいの事故

③ コンビナート等保安規則関係以外事故で、社会的影響、関心の高い事故

・ 人身被害が発生した事故
・ 多大な物的被害を生じた事故
・ 被害の大きい事故につながる可能性があると考えられる事故
・ 爆発、火災、破裂・破損の事故
・ 毒性ガスの噴出・漏えいの事故
・ 可燃性ガスの大量噴出・漏えいの事故
・ 酸素の大量噴出・漏えいの事故

④ コンビナート等保安規則関係以外事故で、教訓としての価値が高いと考えられる事故

・ 水素スタンド関係の事故
・ 冷凍保安規則適用事業所の事故
・ 消火設備関係の事故
・ 容器の喪失・盗難の事故

4.2 報告書の作成

抽出した事故について、事故原因の調査解析（現地調査を含む。）を行い、高圧ガス事故概要報告を作成し、事故調査解析委員会で審議し、その内容の技術的妥当性等について検討した。作成した高圧ガス事故概要報告の事故の区分、事故の呼称、事故発生日などは、表 4-1 に示すとおり。また、それぞれの高圧ガス事故概要報告は、別添 3 のとおり。高圧ガス事故概要報告に記載している図表、写真は、その提供者および事故を起こした事業者に対し、国または KHK が不特定多数に公開することについて、了解を得た。

表 4-1　高圧ガス事故概要報告一覧

枝番	区分※1	整理番号	事故の呼称	事故発生日	委員会審議日※2
1	コンビ	2023-062	液安製造装置一酸化炭素漏洩	令和 5 年 2 月 5 日	令和 6 年 9 月 3 日
2	コンビ	2023-233	塩素ガス漏洩事故	令和 5 年 7 月 8 日	令和 7 年 1 月 15 日
3	コンビ	2023-347	液化窒素ローリー充塡ホース外れによる液化窒素漏洩	令和 5 年 9 月 2 日	令和 7 年 2 月 5 日
4	コンビ	2023-635	液化酸素ポンプモーターの破裂	令和 5 年 1 月 26 日	令和 7 年 1 月 15 日
5	コンビ	2023-310	合成ゴム製造施設における高圧ガス漏洩	令和 5 年 7 月 12 日	令和 7 年 1 月 15 日
6	コンビ	2023-330	水素ガス爆発事故	令和 5 年 6 月 20 日	令和 6 年 9 月 3 日
7	コンビ	2023-669	接触改質装置触媒再生セクション安全弁作動	令和 5 年 12 月 8 日	令和 6 年 9 月 3 日
8	一般	2023-579	窒素供給管の誤接続による窒息事故	令和 5 年 10 月 20 日	令和 7 年 1 月 15 日
9	一般	2023-546	二酸化炭素消火設備の誤作動による二酸化炭素の放出事故	令和 5 年 10 月 16 日	令和 6 年 9 月 3 日
10	一般	2023-434	圧縮水素製造施設脱湿塔における水素着火事故	令和 5 年 8 月 22 日	令和 7 年 1 月 15 日
11	LP 則	2023-644	バルク貯槽ＬＰガス漏洩事故	令和 5 年 12 月 14 日	令和 7 年 1 月 15 日
12	一般	2023-556	火力発電所アンモニアガス漏洩事故	令和 5 年 10 月 11 日	令和 7 年 1 月 15 日
13	一般	2023-560	アンモニア漏洩事故	令和 5 年 11 月 2 日	令和 6 年 9 月 3 日
14	一般	2023-234	充塡架台接続フレキシブルホース破裂	令和 5 年 6 月 23 日	令和 7 年 1 月 15 日
15	一般	2022-329	酸素ガス火災及び破損事故	令和 4 年 6 月 16 日	令和 7 年 1 月 15 日

※1　区分は、次のとおり。
一　般：一般高圧ガス保安規則関係事故
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関係事故
冷　凍：冷凍保安規則関係事故
その他：高圧ガス事故ではない事故

※2　委員会審議日は、最後に審議を実施した日。

4.3 情報発信

事故調査解析委員会の審議が終了した高圧ガス事故概要報告は、KHK のウェブサイト（次の URL）に掲載した。

- 冷凍保安規則関係事故
  https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/ref.html
- コンビナート等保安規則関係事故
  https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/comb.html
- 一般高圧ガス保安規則・液化石油ガス保安規則関係事故
  https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/gen_lp.html
- その他
  https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/other.html

その後、高圧ガスの事業者、学識経験者および行政機関等に、プライバシーの保護を考慮し BCC でメール配信を行った。メール配信先は、国と協議し、KHK が配信するメール配信サービス「KHK-Friends」の配信希望者として登録しているアドレス宛（令和 7 年 3 月現在 2,830 件）とした。

情報発信の結果は、表 4-2 に示すとおり。

表 4-2　情報発信の結果

枝番	区分※1	整理番号	事故の呼称	ウェブサイト掲載日	電子メール配信日
1	コンビ	2023-062	液安製造装置一酸化炭素漏洩	令和 6 年 12 月 9 日	令和 6 年 12 月 13 日
2	コンビ	2023-233	塩素ガス漏洩事故	令和 7 年 2 月 26 日	令和 7 年 3 月 21 日
3	コンビ	2023-347	液化窒素ローリー充塡ホース外れによる液化窒素漏洩	令和 7 年 2 月 26 日	令和 7 年 3 月 21 日
4	コンビ	2023-635	液化酸素ポンプモーターの破裂	令和 7 年 3 月 12 日	令和 7 年 3 月 21 日
5	コンビ	2023-310	合成ゴム製造施設における高圧ガス漏洩	令和 7 年 2 月 26 日	令和 7 年 3 月 21 日
6	コンビ	2023-330	水素ガス爆発事故	令和 6 年 12 月 9 日	令和 6 年 12 月 13 日
7	コンビ	2023-669	接触改質装置触媒再生セクション安全弁作動	令和 6 年 11 月 7 日	令和 6 年 12 月 13 日
8	一般	2023-579	窒素供給管の誤接続による窒息事故	令和 7 年 3 月 18 日	令和 7 年 3 月 21 日
9	一般	2023-546	二酸化炭素消火設備の誤作動による二酸化炭素の放出事故	令和 6 年 12 月 9 日	令和 6 年 12 月 13 日
10	一般	2023-434	圧縮水素製造施設脱湿塔における水素着火事故	令和 7 年 2 月 26 日	令和 7 年 3 月 21 日
11	LP 則	2023-644	バルク貯槽ＬＰガス漏洩事故	令和 7 年 3 月 12 日	令和 7 年 3 月 21 日
12	一般	2023-556	火力発電所アンモニアガス漏洩事故	令和 7 年 3 月 12 日	令和 7 年 3 月 21 日
13	一般	2023-560	アンモニア漏洩事故	令和 6 年 12 月 19 日	令和 7 年 1 月 17 日
14	一般	2023-234	充塡架台接続フレキシブルホース破裂	令和 7 年 2 月 26 日	令和 7 年 3 月 21 日
15	一般	2022-329	酸素ガス火災及び破損事故	令和 7 年 2 月 26 日	令和 7 年 3 月 21 日

※1　区分は、次のとおり。
一　般：一般高圧ガス保安規則関係事故
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関係事故
冷　凍：冷凍保安規則関係事故
その他：高圧ガス事故ではない事故

5. 事故の定義に関する調査

（1） 第 1 回事故調査解析委員会

第 1 回事故調査解析委員会では、次の 4 つの見直し案について説明した。

① 毒性ガス、締結部、微少漏えい、人的被害なしの場合、事故としない
② 毒性ガス、締結部、微少漏えい、人的被害なし、増し締めなどで漏えいが止まる場合、事故としない
③ 冷凍則が適用され、人的被害なしの場合、事故としない
④ ①～③の組合せ

（2） 第 2 回事故調査解析委員会

第 2 回事故調査解析委員会では、次の 3 つの調査の進め方について説明した。

① 現行規定（法令、要領等のルール全般）の課題の確認
② 高圧ガス・石油コンビナート事故対応要領（改正案）を作成
③ 調査で得た知見をその他の提言としてまとめる

また、次の資料について説明を行い、現行規定（事故対応要領）の課題を示し、国から示された事故対応要領の見直し案について審議した。

① 高圧ガス保安法及び高圧ガス・石油コンビナート事故対応要領の解説
② 高圧ガス取締法逐条解説
③ 海外における高圧ガス事故の定義について
④ 高圧ガス・石油コンビナート事故対応要領と DOT 規程の比較
⑤ METI 資料 事故報告対象見直し検討
⑥ 高圧ガス事故件数集計
⑦ 高圧ガス事故データ（毒性ガス仕分け）
⑧ 高圧ガス事故データ（冷凍関係）

（3） 第 3 回事故調査解析委員会

第 3 回事故調査解析委員会では、事故の定義の見直しについて審議を行ったが、さらなる検討が必要であるとして、年度内に委員会での結論出さず、次年度も引き続き議論を行うために論点を整理することとした。

（4） 第 3 回事故調査解析委員会後

第 3 回事故調査解析委員会後、事故定義等の改正案については、国と相談の結果、より多面的に情報を収集分析し、検討を行うことが適切との結論になったことから、第 3 回事故調査解析委員会の審議結果をまとめ国に報告した。詳細は、別添 4「事故の定義に関する調査報告書」を参照のこと。また、事故の定義の見直しについて、引き続き、検討を進め、年度末までにとりまとめ、国に提出することとした。

（5） 第 5 回事故調査解析委員会

第 4 回事故調査解析委員会において国から次年度も検討を継続する方針が示されたことから、第 5 回事故調査解析委員会では、今後の事故定義の見直しについて検討すべき事項を整理し、次の 3 つ検討項目を提案した。

① 事故情報の更なる分析、根本原因の特定
② 蓄積情報の活用方法の検討
③ 根本原因を踏まえた対応策の検討

6. 国内外の高圧ガス事故情報に関する普及啓発活動

6.1 活動概要

（1） 高圧ガスの事業者等に対する昨年度委託調査報告書の説明会

・ 高圧ガス保安協会が令和 6 年 9 月に開催した「事故の教訓と保安管理技術セミナー」における「事故調査解析委員会の活動」と「視聴覚資料の整備委員会の活動」の講演映像を、無償でオンライン配信する。
・ 配信案内は、高圧ガス保安協会ホームページ、メール情報提供（「KHK-friends」など）で行う。
・ 登録者にはアンケートを行い、説明内容、時間配分等の改善点を集計する。
・ 配信期間は令和 6 年 12 月以降とする。

（2） 国外の高圧ガス事故に関する英語の報告書の翻訳

・ The U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board（以下「CSB」という。）が作成した、次の 3 件の報告書を翻訳する。
  （1） 2023-01-I-CA:Furnace Tube Rupture and Fire at Marathon Martinez Renewables Facility
  （2） 2017-08-I-TX: Organic Peroxide Decomposition, Release, and Fire at Arkema Crosby Following Hurricane Harvey Flooding
  （3） 2017-01-I-KS: Key Lessons for Preventing Inadvertent Mixing During Chemical Unloading Operations
・ 翻訳資料は高圧ガス保安協会ホームページに掲載し、メール情報提供（「KHK-friends」など）で周知する。

6.2 活動結果

（1） 高圧ガスの事業者等に対する昨年度委託調査報告書の説明会

・ 高圧ガス保安協会が令和 6 年 9 月に開催した「事故の教訓と保安管理技術セミナー」における「事故調査解析委員会の活動」と「視聴覚資料の整備委員会の活動」の講演映像を、無償でオンライン配信した。
・ 配信案内は、高圧ガス保安協会ホームページ、メール配信サービス「KHK-Friends」で行った。
・ 配信期間は令和 7 年 2 月 1 日（土）～2 月 28 日（金）。
・ 登録者にはアンケートを行い、説明内容、時間配分等の改善点を集計した。アンケート結果の詳細は、別添 5-1、別添 5-2 を参照のこと。

（2） 国外の高圧ガス事故に関する英語の報告書の翻訳

・ The U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board（以下「CSB」という。）が作成した、次の 3 件の報告書を翻訳した。翻訳の報告書は、別添 5-3、別添 5-4、別添 5-5 を参照のこと。

① 2023-01-I-CA:Furnace Tube Rupture and Fire at Marathon Martinez Renewables Facility
② 2017-08-I-TX: Organic Peroxide Decomposition, Release, and Fire at Arkema Crosby Following Hurricane Harvey Flooding
③ 2017-01-I-KS: Key Lessons for Preventing Inadvertent Mixing During Chemical Unloading Operations

・ 翻訳資料は高圧ガス保安協会ホームページに掲載し、メール配信サービス「KHK-Friends」で情報発信を行った。メール配信先は、国と協議し、KHK が配信するメール配信サービス「KHK-Friends」の配信希望者として登録しているアドレス宛（令和 7 年 3 月現在 2,830 件）とした。

7. 重大事故等の調査

7.1 愛知県で発生した事故

(1) 調査対象

国から指示を受け、令和 6 年 11 月 29 日に愛知県で発生した高圧ガス事故を調査対象とした。

(2) 調査方法

国から指示を受け、令和 6 年 12 月 4 日に現地調査を実施した。

(3) 報告書の作成

現地調査の結果を、報告書にとりまとめ、国に提出した。概要は別添 6 のとおり。

8. 高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備

8.1 対象とする事故、トラブルの抽出、選定

(1) 対象とする事故、トラブルの抽出

対象とする国内で発生した高圧ガス事故、トラブルの候補を、次の 2 つに分類し、抽出した。

① コンビナート等保安規則適用事業所の高圧ガス事故、トラブル 12 件

② コンビナート等保安規則適用事業所以外の高圧ガス事故、トラブル 16 件

抽出に際しては、次の事由を勘案した。

- 視聴覚資料の特性を勘案し、可視化することにより、紙媒体の報告書よりも容易に理解できるまたは理解が深まると考えられる事故、トラブルである。
- 10 分程度という限られた時間を勘案し、複雑なプロセス、反応等を含まない事故、トラブルである。ただし、別に作成する視聴覚資料の補足説明資料があることは加味する。
- 実績の少ない国内の事故、トラブルを再現した公開の視聴覚資料をいう特性を勘案し、死者を伴わない事故、トラブルを優先する。
- コンビナート等保安規則適用事業所の事故、トラブルは、特定の業種業態などのみ行う作業、発生しうる特殊な事象に起因する事故ではなく、様々な事業所で行う作業、発生しうる事象に起因する事故を優先する。
- コンビナート等保安規則適用事業所以外の事故、トラブルは、高圧ガスを取り扱っている意識が低い、または、意識していない者に対し、安全意識の向上に資する事故を優先する。

(2) コンビナート等保安規則適用事業所の高圧ガス事故、トラブルの選定

視聴覚資料の整備委員会で審議し、対象とする候補として抽出したコンビナート等保安規則適用事業所の高圧ガス事故、トラブル 12 件より 3 件を選定し、優先順位を付け選択し、上位から順に、事業者に協力をお願いすることにした。

その後、事業所側に本事業内容、選定経緯を説明し、協力について了承が得られた事故「アンモニア漏えい事故（2023-060）」を本年度の視聴覚資料（コンビ）の対象事故とした。

(3) コンビナート等保安規則適用事業所以外の高圧ガス事故、トラブルの選定

視聴覚資料の整備委員会で審議し、対象とする候補として抽出したコンビナート等保安規則適用事業所以外の高圧ガス事故、トラブル 16 件より 3 件を選定し、優先順位を付け選択し、上位から順に、事業者に協力をお願いすることにした。

その後、事業所側に本事業内容、選定経緯を説明し、事業所側の協力について、条件付きであるが、了承が得られた事故「液化酸素ガス漏えい事故（2021-469）」を本年度の視聴覚資料（コンビ以外）の対象事故とした。

8.2 視聴覚資料

視聴覚資料の整備委員会は、視聴覚資料の構成を審議し、その内容の技術的妥当性等について検討し、2 つの視聴覚資料（10 分 59 秒、10 分 31 秒）を作成した。

視聴覚資料の整備委員会で示された視聴覚資料の作成方針は、次のとおり。

- 視聴覚資料で説明する内容は、原則として、高圧ガス事故概要報告に基づくものとする。ただし、事業者に確認して裏付けが取れた事項は、高圧ガス事故概要報告に記載がない事項であっても追加してよい。
- 視聴覚資料の構成は、高圧ガス事故概要報告を網羅的に紹介するのではなく、特に重要な伝えたい教訓を重視し、抜粋して紹介するものとする。
  例えば、原因と対策は、その関係性が明確で、かつ、重要なものをまとめて紹介する。
  例えば、高圧ガス事故概要報告と補足説明資料が別にあることを前提とし、事故発生事象、時系列、関係者の役職と職責などの詳細情報は含めない。
- 事故発生事象を再現するとき、判明している情報は可能な限り考慮するが、厳密な裏付けは不要とする。
- 視聴覚資料における事業者名、個人名などの扱いは、次のとおりとする。
  - 事業者名は、事業者の承諾が得られた場合、公開する。
  - 個人名は、公開しない。

➢ 事業者名の公開の可否は、事業者の意向を尊重する（事業者に選択権がある）。

・ コンビナート等保安規則適用事業所以外の高圧ガス事故、トラブルを題材とした視聴覚資料は、その対象を一般消費者、学生などと想定し、高圧ガスに馴染みのない者でも理解しやすい作品になるよう努める。
例えば、可能な限り専門用語を使用しない。

8.3 視聴覚資料の補足説明資料

視聴覚資料の整備委員会は、視聴覚資料の補足説明資料の構成を審議し、その内容の技術的妥当性等について検討し、視聴覚資料の補足説明資料を作成した。視聴覚資料の補足説明は、別添 7 のとおり。

視聴覚資料の整備委員会で示された視聴覚資料の補足説明資料の作成方針は、次のとおり。

・ 工事の実施体制、登場する人物の役割などを明確に説明する。
・ 事故が発生した設備について、他の業界の視聴者にもわかるように説明する。

8.4 視聴覚教材の公開

作成した視聴覚資料、視聴覚資料の補足説明資料、調査報告書の要約資料は、国と協議し、本事業にかかる実績報告書の内容の審査（必要に応じて行われる現地調査を含む）が終了した後、委託業務内容の公表を申請することにした。その公表の承認を受けた後、速やかに、視聴覚資料の整備委員会の委員に配布し、また、KHK のウェブサイトに掲載し、公開することにした。

9. 高圧ガス保安の実施状況調査

9.1 目的

認定事業所に対して、認定検査実施者告示等の認定基準に則した保安管理システムの確立及び継続的改善の状況、パフォーマンス向上状況等の観点から調査を行い、指摘や助言等の情報提供を行うことにより事業者の保安管理システムの改善及び自主保安活動の向上を促し、事故災害を未然に防止に資することを目的とする。

9.2 調査概要

(1) 調査実施事業所

認定事業所（83 事業所　令和 6 年 4 月現在）のうち、表 1 に示す事業所に対して調査を行った。

表 1　調査実施事業所

	事業所名（業種）
1	A 社　（石油化学）
2	B 社　（石油化学）
3	C 社　（石油化学）
4	D 社　（石油精製）
5	E 社　（石油化学）
6	F 社　（石油精製）
7	G 社　（石油化学）

(2) 調査方法及び調査内容

委託事業の業務を合理的かつ円滑に行うため、経済産業省が実施する法第 62 条第 1 項に基づく、法第 39 条の 3 及び第 39 条の 5 に規定する認定基準への適合状況並びに設備の検査及び検査管理の実施状況等に関する検査に同行し、表 2 に示す調査内容について、保安管理システムの実施、継続的改善等の観点から調査を行い、改善を要する事項及び評価できる事項について取りまとめた。

表 2　調査内容

	調査内容
1	本社の保安にかかる基本姿勢、保安管理の実施状況及び評価
2	本社の事業所及び検査管理組織に対する監査の実施状況及び有効性
3	保安管理方針の理解、特定要求事項等の遵守状況及び評価
4	リスクアセスメント及びリスク低減策の実施状況及び評価
5	保安管理目標等の達成状況及び評価
6	保安管理システムの実施に不可欠な資源の用意配分の実施状況及び評価
7	非定常作業にかかる実施状況及び評価
8	変更管理（製造施設等の新増設等を含む）の実施状況及び評価

9	社内外の保安関連情報の積極的な収集及び規程類への有効な活用状況及び評価
10	機器の寿命管理及び開放検査体制に関する実施状況及び評価
11	教育及び訓練に関する実施状況及び評価
12	保安管理システムの実施状況の調査及び評価の状況、並びに監査の実施状況及びその有効性の評価
13	検査組織の体制、保安検査の実施状況及び評価並びに検査管理組織の体制、検査管理の実施状況及び評価

(3) 調査スケジュール

表 3 に調査スケジュールを示す。

表 3　調査スケジュール

	事業所名	調査日
1	A 社	令和 6 年 7 月 3 日(現地)
2	B 社	令和 6 年 9 月 13 日(現地)
3	C 社	令和 6 年 9 月 26 日(現地)
4	D 社	令和 6 年 10 月 18 日(web)
5	E 社	令和 7 年 1 月 21,22 日(現地)
6	F 社	令和 7 年 1 月 28 日(現地)
7	G 社	令和 7 年 2 月 4,5 日(現地)

9.3 調査結果

調査結果は、個社の機密情報が含まれることから、非公表とする。

10. まとめ

（1）　高圧ガス事故の情報整理及び内容分析

高圧法第 74 条第 4 項の規定に基づき都道府県知事等から経済産業大臣に報告された事故情報のうち、令和 6 年（1 月から 12 月）に発生した事故情報の提供を国から受け、事故情報ごとに分類し、情報整理、内容分析、情報発信などを行った。

（2）　高圧ガス事故の類型化調査

次の 1 件の類型化調査報告書を作成した。

・　地震に関連する高圧ガス事故の注意事項

作成した類型化調査報告書は、事故調査解析委員会にて審議し、その内容の技術的妥当性等について検討した。

事故調査解析委員会の審議が終了した類型化調査報告書は、プライバシーの保護を考慮した上で高圧ガスの事業者、学識経験者および行政機関等へ速やかに情報発信を行った。

情報発信を行った類型化調査報告書をとりまとめ、事業報告書を作成した。

（3）　石油精製業等の最近の事故調査

次の 15 件の高圧ガス事故概要報告を作成した。

① 2023-062　液安製造装置一酸化炭素漏洩
② 2023-233　塩素ガス漏洩事故
③ 2023-347　液化窒素ローリー充塡ホース外れによる液化窒素漏洩
④ 2023-635　液化酸素ポンプモーターの破裂
⑤ 2023-310　合成ゴム製造施設における高圧ガス漏洩
⑥ 2023-330　水素ガス爆発事故
⑦ 2023-669　接触改質装置触媒再生セクション安全弁作動
⑧ 2023-579　窒素供給管の誤接続による窒息事故
⑨ 2023-546　二酸化炭素消火設備の誤作動による二酸化炭素の放出事故
⑩ 2023-434　圧縮水素製造施設脱湿塔における水素着火事故
⑪ 2023-644　バルク貯槽ＬＰ ガス漏洩事故
⑫ 2023-556　火力発電所アンモニアガス漏洩事故
⑬ 2023-560　アンモニア漏洩事故
⑭ 2023-234　充塡架台接続フレキシブルホース破裂
⑮ 2022-329　酸素ガス火災及び破損事故

図表、写真の提供者および報告書に記載された事故を起こした事業者に対し、国または受託者が不特定多数に公開することについて了解を得た。

作成した高圧ガス事故概要報告は、事故調査解析委員会にて審議し、その内容の技術的妥当性等について検討した。

事故調査解析委員会の審議が終了した高圧ガス事故概要報告は、プライバシーの保護を考慮した上で高圧ガスの事業者、学識経験者および行政機関等へ速やかに情報発信を行った。同時に国に対し、高圧ガス事故概要報告および高圧ガス事故概要報告に掲載した事故を起こした事業者名も記入した非公開用高圧ガス事故概要報告も併せてメール等で送付した。

情報発信を行った高圧ガス事故概要報告をとりまとめ、事業報告書を作成した。

（4）　事故の定義に関する調査

今後も保安を担保した上で、より合理的な事故報告を求めることができるよう、事故の定義見直しの検討を実施し、報告書を作成した。

作成した報告書は、事故調査解析委員会にて審議し、令和 6 年 9 月 30 日に国に提出した。また、国の指示により、報告提出後も、事故調査解析委員会にて検討を継続し、事業報告書を作成した。

（5）　国内外の高圧ガス事故情報に関する普及啓発活動

高圧ガスの事業者等を対象として、令和 5 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故情報調査）報告書の内容に関する説明会をオンライン形式にて実施し、説明会後には説

明内容、時間配分等の改善点等を検討整理した。
国外の教訓としての価値が高いと思われる高圧ガス事故情報を広く周知するべく、The U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board が公開している高圧ガス事故に関する英語の報告書を活用し、日本語に翻訳した報告書を 3 件作成した。作成した報告書は、高圧ガス保安協会ホームページに掲載し、高圧ガスの事業者、学識経験者および行政機関等へ情報発信を行った。

（6）　重大事故等の調査
国から指示を受け、次の 1 件について、指示を受けた日に現地調査を実施し、現地調査の結果を、報告書にとりまとめ、提出した。
・　令和 6 年 11 月 29 日に愛知県で発生した高圧ガス事故
事業報告書の作成の詳細は、国と協議した。

（7）　高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備
高圧ガス事故防止のためには、事故、トラブルを題材とした視聴覚資料を作成、広く周知することが有効と考えられるため、過去に発生した事故、トラブルのうち、石油精製業等に対し教訓としての価値が高いと思われる事故、トラブルを 2 件抽出して、現に事故、トラブルを体験した事業者の協力を得て、実際の映像（新たに撮影する映像の他、事故、トラブルが発生した当時のニュース映像等を含む。）、CG 映像、シミュレーション結果等により事故、トラブルを再現した視聴覚資料（10 分 59 秒、10 分 31 秒）とした。
また、視聴覚資料の理解を補助するため、視聴覚資料の補足説明資料を作成した。
視聴覚資料の対象とする事故、トラブルの抽出、視聴覚資料、視聴覚資料の補足説明資料は、視聴覚資料の整備委員会にて審議し、その内容の技術的妥当性等について検討した。
作成した視聴覚教材の公開方法は、国と協議した。

（8）　高圧ガス保安の実施状況調査
高圧ガス保安の実施状況調査 8.3 の調査結果より、改善を要する事項及び評価できる事項について主な内容を纏めたものを以下に述べる。
① 改善を要する事項について
1) 事業所の体制について
a) 法令遵守について
○ 工事管理において、法令等の知見のある保安管理部門が積極的に共有ファイルをチェックする仕組みがあると良いという指摘があった。
○ 高圧ガス設備における特定変更工事や軽微変更工事等の判定に必要な判断基準の資料を工場全体統一の資料として共有化し、部門間の判定に齟齬の発生しないよう検討を期待するという指摘があった。
b) 保安管理方針、保安管理目標・計画について
○ 保安管理計画の目標・計画において、事業所計画と各部門計画に明確な一貫性を持たせ、より定量的で具体的な目標設定をすることについて指摘があった。
c)リスクアセスメントについて
○ 危険源抽出時の網羅性について、外部情報を参考に更なる改善を期待するという指摘があった。
d)人的資源について
○ 3 管理部門の資格保有率に関して、他の認定事業所と比較して取得率が低いことについて、計画的な資格取得向上を期待するという指摘があった。
e) 変更管理について
○ フロー図がコピーされて活用していることから、改定時の差し替えが確実に行われ、変更漏れが無いような仕組みの検討を期待するという指摘があった。
○ 変更工事進捗管理表の運用について、管理が十分機能していなかった事例が確認されたことについて、再発防止が望まれることの指摘があった。
f) 文書管理について
○ 法令及び規程類(本社・事業所)と現場マニュアル類などで使用する用語に不整合となっている箇所が散見されることから整合性があるよう確認することが望まれるという指摘があった。

○　規定が多くなっているから管理・運用が複雑化していることが懸念されることから、適切に管理・運用が実施されるよう改善を進めて欲しいという指摘があった。
○　種々の手順が規程類と各職場要領に規定されているが、従業員がより理解しやすい

g）教育・訓練について
○　要領など規定類が改正された後、従業員へ改正内容について教育・周知が実施されたことが明確に確認できなかったことから、教育資料などを工夫することを期待するという指摘があった。

h）事故・労災について
○　安全活動指導、教育の再徹底、作業リスク低減も積極的に行っているが、労災事故件数に減少傾向が見られないことから、工場の作業にかかわる全員により有効に届くよう、さらなる向上が望まれるという指摘があった。
○　腐食原因の設備トラブルが低減できていない状況ことから、本社や他所を含めて取り組み、成果が上がることを期待するという指摘があった。

②　評価できる事項について

1）本社の体制について

a）本社の関与について
○　本社がしっかりと事業所保安管理（規程類などの文書類・ルール、法対応などの各課題、監査など）を統制・指導し、また事業所はそれを確実に実施する仕組みが構築され実行されていた。
○　本社幹部が頻度良く事業所の会議に参加し保安管理状況を把握するなど、本社製油事業所一体となって事業所保安管理の向上に努めていた。

b）本社監査について
○　本社監査において、工場幹部や管理職だけでなく、現場リーダーにまで広げてヒアリングを行い、実施中の施策に係る現場レベルの声を丁寧に聞き取り、今後の方針・計画に反映していた。

2）事業所の体制について

a）法令遵守について
○　法令手続きに対応する全社統一ガイドラインを作成し、事業所に展開していた。
○　計器室に漏えいの範囲として、詳しく記載された判断基準等が掲示されており、事故の適切な判断に寄与する良い取り組みをしていた。
○　システムにより工事管理、変更工事及び保安検査の業務管理を適切に実施して、手続きの抜け漏れを確実に防止する活動をしていた。
○　法対応文書を全て電子DB化して省力化を図ろうとする取り組みは､業務負担軽減とともに、人の関与によるミス削減にも繋がる良い取り組みを実施していた。

b）人的資源について
○　人員増を行うとともに育成担当者の配置など人的資源の投資を着実に実施していた。
○　現場リーダー大幅に増員するなど管理範囲の適正化を行い、部内のコミュニケーションの円滑化や管理向上に繋がる良い活動をしていた。

c）教育・訓練について
○　運転部門中心に、自主保全力アップを目指し、他社外部講習を積極利用するなど情報交流により教育の幅を広げていた。
○　プラントシュミレーターを導入して新人から中堅層の運転技能アップの成果が上げていた。

d）設備管理について
○　配管の外面腐食防止活動として、全配管の被覆を全て取り除き抜けなく腐食検査を実施していた。また、新技術による AI 解析を取り入れる等検査結果の精度の向上に取り組んでいた。
○　配管外面腐食対策として、専門教育等を受講した専門的な視点を有する協力会社の検査員により点検を実施し、不具合懸念箇所の抽出増に繋がるなど検査の有効性向上に繋げていた。
○　設備管理部門においてJPI設備維持管理士及びNDIレベル2資格も積極的に取得していた。
○　運転管理部門による日常保全活動として、外面腐食によるトラブル削減活動に取り組み、活動の成果を全従業員に周知し、同活動のモチベーション維持を図り成果を上げていた。

e) 事故・労災防止について
- ○ 協力会社と事業所一体で熱中症対策に取り組み、官庁と相談して熱中症対策用テントの設置等を行い、2024 年夏期において熱中症ゼロを達成していた。

f) 協力会社管理について
- ○ スマホアプリを活用した協力会社作業員の表彰システムの導入により、協力会社作業員のモチベーション及びコミュニケーションの向上が図られていた。

g) 新技術、DX の推進について
- ○ AI を活用したリスク検索システムにより、作業におけるリスクの抽出やヒヤリハット解析などを行い、事故・労災削減の効果を上げていた。
- ○ 先進技術導入の推進を全社で精力的に進めており、多くの技術を導入・計画し、各工場への水平展開を進めていた。

別添 1

高圧ガス関係事故年報

1. まえがき

高圧ガス関係事故年報は、令和 6 年 1 月から令和 6 年 12 月までに発生した高圧ガス保安法関係事故（令和 7 年 2 月 15 日時点）について、その事故内容について分析・評価を行ったものであり、今後の高圧ガス保安対策に資するものである。

なお、高圧ガス事故のうち、「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」に係る事故については、高圧ガス・石油コンビナート事故対応要領に基づき高圧ガス事故から除外されている。

2. 高圧ガス保安法関係事故

高圧ガス保安法関係事故の発生件数は、経済産業省（当時は通商産業省）からの受託事業として、高圧ガスに関連する事故情報の収集を開始した昭和 60 年から平成 11 年まで年間 100 件前後で推移していたが、平成 12 年から増加に転じ、以後増加し続け近年も高い水準で推移している。令和 6 年は、790 件で令和 5 年と比べ 25 件の減少となった。

令和 6 年における事故発生件数の減少は、移動の事故件数が 5 件、その他の事故件数が 28 件、令和 5 年と比較し増加したが、製造事業所の事故件数が 56 件、消費の事故件数が 2 件減少したことによる。

平成 23 年より事故措置マニュアルが改正され、事故の定義、事故の原因の項目が大きく変わっているため、以下に記述する事故原因等による分析、評価は、平成 22 年以前と平成 23 年以後とに分けて評価を行っている。

2.1 事故発生件数の推移と分析・評価

（1） 年別事故発生件数の推移

表 1 に、最近 10 年間（平成 27 年から令和 6 年まで）における月別の事故発生件数を示す。最近 6 年間では、令和元年は 753 件、令和 2 年は 709 件、令和 3 年は 739 件、令和 4 年は 799 件、令和 5 年は 815 件であったのに対し、令和 6 年は 790 件と最近 6 年間の事故件数の中では 3 番目に高い水準となった。

事故の内訳は表 1-1（災害）及び表 1-2（喪失・盗難）にあるように、令和 6 年の災害事故は 745 件となり、令和 5 年の 780 件と比較し 35 件減少した。喪失・盗難事故については、令和 6 年は 45 件となり、令和 5 年の 35 件と比較し 10 件増加した。

（2） 事故区分別発生件数

表 2 に、最近 20 年間（平成 17 年から令和 6 年まで）における高圧ガス事故の事故区分別による統計結果を示す。表 2 から、事故件数は平成 17 年から平成 28 年までは増加傾向を示していたが、平成 28 年の 1271 件をピークに減少傾向を示している。また、災害事故の件数を表 2-1 に、喪失・盗難事故の件数を表 2-2 にそれぞれ示す。災害事故の件数は、平成 17 年から平成 30 年までは増加傾向を示していたが、平成 30 年の 929 件をピークに 600 件から 800 件の間で推移している。また、喪失・盗難事故は、平成 17 年から平成 23 年までは増加していたが、平成 23 年の 593 件をピークに減少傾向を示し、さらに平成 30 年の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の適用を受ける容器の喪失・盗難の取扱いの見直し以降は、50 件程度で推移している。

表 2 から、最近 6 年間における事故の総件数は 4605 件であり、製造事業所の事故 3765 件（82%）、消費の事故 469 件（10%）、その他の事故 233 件（5%）、移動の事故 138 件（3%）の順となった。喪失・盗難の事故は、最近 6 年間における事故の総件数は 4605 件のうち 268 件（6%）であった。

また、令和 6 年に発生した高圧ガス事故件数 790 件の事故区分別内訳は、製造事業所の事故 623 件（79%）、消費の事故 80 件（10%）、その他の事故 63 件（8%）、移動の事故 24 件（3%）の順となった。喪失・盗難の事故は、令和 6 年における事故件数 790 件のうち 45 件（6%）であった。

表 2-1 から、災害事故について同様に比較して見ると、最近 6 年間における事故の総

件数は 4337 件であり、製造事業所の事故 3746 件（86%）、消費の事故 317 件（7%）、その他の事故 142 件（3%）、移動の事故 131 件（3%）の順となった。令和 6 年に発生した災害事故件数 734 件の内訳は、製造事業所の災害事故 610 件（83%）、消費の事故 59 件（8%）、移動の事故 24 件（3%）、その他の事故 42 件（6%）の順となった。令和 6 年の事故の割合は、最近 6 年間の割合と同じく、製造事業所の事故の割合が高い。

（3） 事故原因等による分析・評価

表 3 に、平成 17 年から平成 22 年までの 6 年間における高圧ガス事故の事故原因による統計結果を示す。総件数 4469 件のうち、災害事故は 1736 件（39%）、喪失・盗難の事故は、2733 件（61%）であった。

表 3-1 から、災害事故について見ると、災害事故 1736 件のうち、設備上（ハード）、すなわち設備の設計・構造不良及び設備の維持・管理不良によるもの（以下「設備上事故」と総称する。）が 958 件（55%）、運転・操作上（ソフト）、すなわち管理・操作基準の不備及び運転・工事に係るミスによるもの（以下「運転・操作上事故」と総称する。）が 499 件（29%）、その他の事故、すなわち交通事故、自然災害、原因不明等によるものが 279 件（16%）である。

別表 3 に、平成 23 年から令和 6 年までにおける高圧ガス事故の事故原因による統計結果を示す。令和 6 年の事故件数は 790 件であり、その内訳は、設備の維持管理不良によるものが 352 件（45%）、自然災害、交通事故、盗難など、その他によるものが 261 件（33%）、ヒューマンファクターによるものが 86 件（11%）、設備の設計、製作不良によるものが 73 件（9%）、組織体制の不良によるものが 18 件（2%）である。

別表 3-1 に示すように、令和 6 年の災害事故の特徴について考察すると、災害事故件数 745 件に対して、設備の維持管理不良によるものが 342 件（46%）、自然災害、交通事故など、その他によるものが 226 件（30%）、ヒューマンファクターによるものが 86 件（12%）、設備の設計、製作不良 73 件（10%）、組織体制の不良によるものが 18 件（2%）であった。

腐食管理、締結管理等の設備の維持管理、ヒューマンファクター及び設備の設計、製作不良への対策が重要と考えられる。

2.2 事故区分による分析・評価

高圧ガスの事故区分、すなわち製造事業所の事故、移動の事故、消費の事故及びその他の事故について分析・評価した結果を以下に示す。

（1） 製造事業所の事故分析

（イ） 製造事業所における事故の特徴

製造事業所に適用される省令は、一般高圧ガス保安規則（以下「一般則」という。）、液化石油ガス保安規則（以下「液石則」という。）、コンビナート等保安規則（以下「コンビ則」という。）及び冷凍保安規則（以下「冷凍則」という。）である。表 2 では、これら省令の分類による事故件数の推移も示しており、近年は、特に冷凍則適用事業所、一般則適用事業所及びコンビ則適用事業所における事故が増加している。

表 2-1 から、令和 6 年における製造事業所の災害事故 620 件の内訳を見ると、冷凍則適用事業所が 246 件（40%）と一番多く、コンビ則適用事業所が 201 件（32%）、一般則適用事業所の災害事故が 142 件（23%）、液石則適用事業所が 31 件（4%）である。

（ロ） 業種別事故件数

表 4 に、最近 20 年間（平成 17 年から令和 6 年まで）における製造事業所の事故における統計結果を示す。また、最近 6 年間に製造事業所で発生した事故 3765 件について、業種別に分類すると、一般化学が 619 件（16%）、石油精製が 535 件（14%）、食品が 463 件（12%）、石油化学が 255 件（7%）、自動車が 158 件（4%）、機械が 155 件（4%）、電気が 101 件（3%）の順となっている。近年、食品の業種で事故が増加している

が、多くの事故が冷凍設備からの冷媒の漏洩である。

（ハ） 事故原因による分析

表 5 に、平成 17 年から平成 22 年までの 6 年間における製造事業所の事故原因における統計結果を示す。総件数 1080 件のうち、災害事故は 1073 件（99%）、喪失・盗難の事故は、7 件（1%）であり、喪失・盗難事故は殆ど発生していない。表 5-1 の災害事故について見ると、製造事業所の事故 1073 件のうち、設備上事故が 786 件（73%）、運転・操作上の事故が 192 件（18%）、その他によるものが 95 件（9%）となっている。更にその内容について精査すると、劣化・腐食等による事故が 539 件（50%）と大部分を占め、点検不良によるものが 130 件（12%）、製作不良によるものが 75 件（7%）、認知確認ミスによるものが 71 件（7%）、誤操作によるものが 57 件（5%）の順となっている。

別表 5 に、平成 23 年から令和 6 年までにおける製造事業所の事故原因による統計結果を示す。最近 6 年間に製造事業所で発生した事故 3765 件について、その内訳は、設備の維持管理によるものが 1835 件（49%）、設備の設計、製作の不良によるものが 570 件（15%）、ヒューマンファクターによるものが 268 件（7%）、組織体制の不良によるものが 80 件（2%）であった。更に精査すると、腐食管理不良による事故が 914 件（24%）と多くを占め、締結管理不良 301 件（8%）、シール管理不良が 282 件（7%）、施工管理不良が 245 件（6%）の順となっている。

令和 6 年の事故の総件数は 623 件であり、その内訳は、設備の維持管理によるものが 305 件（49%）、設備の設計、製作の不良によるものが 68 件（11%）、ヒューマンファクターによるものが 53 件（9%）、組織体制の不良によるものが 14 件（2%）であった。更に精査すると、腐食管理不良による事故が 151 件（24%）と多くを占め、誤操作、誤判断 51 件（8%）、締結管理不良 46 件（7%）、シール管理不良 47 件（8%）、施工管理不良 33 件（5%）の順となっている。

（2） 移動中の事故分析

（イ） 物質名による分析

表 6 に、最近 20 年間（平成 17 年から令和 6 年まで）の移動中の事故について、ガスの物質名別による統計結果を示す。令和 6 年は、LP ガスが 8 件（33%）、その他のガスが 16 件（67%）となっている。喪失・盗難事故は表 6-2 に示すが、令和 6 年は 0 件であった。

（ロ） 事故原因による分析

表 7 に、平成 17 年から平成 22 年までの 6 年間における移動中事故の事故原因における統計結果を示す。総件数 167 件のうち、災害事故は 158 件（95%）、喪失・盗難の事故は、9 件（5%）である。

表 7-1 の災害事故について見ると、移動中の災害事故 158 件のうち、交通事故によるものが 57 件（36%）を占めた。また、認知確認ミスによる事故は 27 件（17%）発生している。誤操作は 17 件（11%）、誤判断は 17 件（11%）、劣化・腐食等による事故は 16 件（10%）発生している。

別表 7 に、平成 23 年から令和 6 年までにおける移動中事故の原因による統計結果を示す。最近 6 年間の事故件数 138 件のうち、災害事故は 132 件（96%）、喪失・盗難の事故は、6 件（4%）である。

令和 6 年の事故の総件数は 24 件であり、その内訳は、交通事故によるものが 6 件（25%）、誤操作・誤判断 4 件（17%）、容器管理不良によるものが 2 件（8%）、である。令和 6 年は交通事故による事故が比較的多かった。

別表 7-1 の災害事故について見ると、最近 6 年間の災害事故 132 件のうち、交通事故によるものが 36 件（27%）を占めた。また、容器管理不良は 22 件（17%）、誤操作・誤判断による事故は 16 件（12%）、点検不良は 8 件（6%）発生している。

（3） 消費先の事故分析

（イ） 物質名による分析

表 8 に、最近 20 年間（平成 17 年から令和 6 年まで）における高圧ガス事故の消費先で発生した事故について、ガスの物質名別による統計結果を示す。令和 6 年は 80 件発生しており、LP ガスが 22 件（28%）、アセチレンが 18 件（23%）、酸素が 8 件（10%）である。

また、表 8-1 に、ガスの物質名別による消費先の災害事故の統計結果を示す。最近 6 年間に発生した 317 件について、ガスの物質名別による分析を行うと、アセチレンが 77 件（24%）、LP ガスによる事故が 75 件（24%）とこれらで約半数を占めている。なお、表 8-2 に示すように容器の喪失・盗難件数が増加傾向にあったが、平成 23 年以降減少している。また、高圧ガス・石油コンビナート事故対応要領の制定による事故の定義等の改正のため、平成 30 年以降は、LP ガスの喪失・盗難事故が減少している。令和 6 年は 21 件発生しており、そのうち 7 件（33%）はアセチレン容器、5 件（24%）は LP ガス容器、2 件（10%）は酸素容器の喪失・盗難事故である。

（ロ） 事故原因による分析

表 9 に、平成 17 年から平成 22 年までの 6 年間における消費先の高圧ガス事故の事故原因による統計結果を示す。消費先事故 3137 件のうち、災害事故は 434 件（14%）、喪失・盗難によるものが 2703 件（86%）である。

表 9-1 に、平成 17 年から平成 22 年までの 6 年間における消費先の災害事故原因による統計結果を示す。消費先事故 434 件について、原因分析を行うと、その主原因は、劣化・腐食等によるものが 58 件（13%）、誤判断が 56 件（13%）、認知確認ミスによるものが 55 件（12%）、誤操作によるものが 52 件（12%）、点検不良が 42 件（10%）であった。特に、誤操作、誤判断及び認知確認ミスの合計は 163 件（38%）であり、ヒューマンエラーに関する事故が多いのが特徴である。

別表 9 に、平成 23 年から令和 6 年までにおける消費先事故の原因による統計結果を示す。令和 6 年の事故の総件数は 80 件であり、その内災害事故は 59 件（74%）、喪失・盗難件数は 21 件（26%）であった。

別表 9-1 に、平成 23 年から令和 6 年までにおける、消費先の災害事故原因による統計結果を示す。令和 6 年の消費先の災害事故 59 件について、原因分析を行うと、誤操作・誤判断によるものが 20 件（34%）、点検不良によるものが 7 件（12%）、容器管理不良によるものが 5 件（8%）、腐食管理不良によるものが 3 件（5%）であった。また、令和 5 年と比較すると、誤操作・誤判断によるものが共通して多い。高圧ガスの消費では、容器を含む消費器具類の点検及び作業手順の確認及び作業の確実な実施が、事故防止に対して重要であることが示唆される。

（4） その他事故（製造事業所、移動中、消費先に係る事故以外の事故）の取扱状態による分析

表 10 に、最近 20 年間（平成 17 年から令 65 年まで）における、その他の高圧ガス事故の統計結果を示す。最近 20 年間のその他事故 477 件について事故時の取扱状態による分析を行うと、容器のくず化によるものが 28 件（6%）、放置容器によるものが 22 件（5%）、ごみ処理中によるものが 1 件（1%）の順であった。

2.3 現象別区分、人的被害、事故等級による分析

表 11、表 12、表 13 に、最近 20 年間（平成 17 年から令和 6 年まで）における高圧ガス事故について、現象別区分、人的被害及び事故等級による統計結果を示す。

（1） 現象別区分による分析

表 11 に示すように、令和 6 年に発生した高圧ガスの事故件数は 790 件で、そのうち喪失・盗難は 45 件（6%）となっている。

表 11-1 には、高圧ガスの災害事故について、現象別区分、人的被害及び事故等級による統計結果を示す。令和 6 年の事故の総件数は 745 件で、事故現象別にみると、噴出・漏えい 654 件（88%）、破裂・破損等 36 件（5%）、火災 21 件（3%）、爆発 5 件（1%）の順であり、大半が噴出・漏えいであった。

別表 11 に示すように、噴出・漏えい 654 件のうち、漏えい①は 392 件（60%）、漏えい②は 152 件（23%）、漏えい③は 110 件（17%）であった。

令和 6 年に発生した災害事故について、災害事故件数 1 件当たりの死傷者数をみると、0.087 人／件であった。これを現象別にみると、爆発 0.800 人／件、火災 0.381 人／件、噴出・漏えい 0.060 人／件、破裂・破損等 0.222 人／件、その他 0.207 人／件となり、爆発が発生すると死傷者が発生する比率が高い。

（2） 人的被害による分析

表 12 に、最近 20 年間（平成 17 年から令和 6 年まで）の人的被害の統計結果を示す。最近 6 年間における人身事故の総件数は 241 件であり、盗難、喪失を除く災害事故 4337 件に対する人身事故の割合は 6%となる。最近 6 年間における人的被害は、死者が 21 名、重傷者が 67 名、軽傷者が 266 名であり、平均 1 年間あたりの死傷者数は 59 人であった。また、人身事故 1 件あたりの死傷者数（死傷者数／人身事故件数）は 1.47 人／件であった。

令和 6 年の人身事故の件数は 50 件であり、盗難、喪失を除く災害事故 745 件に対する人身事故の割合は 7%となる。令和 6 年の人的被害は、死者が 3 名、重傷者が 8 名、軽傷者が 54 名であり、1 年間の死傷者数は 65 名であった。また、人身事故 1 件あたりの死傷者数（死傷者数／人身事故件数）は 1.3 人／件であった。

（3） 事故等級による分析

表 13 に、最近 20 年間（平成 17 年から令和 6 年まで）の等級別の統計結果を示す。A 級事故は最近 20 年間で 6 件発生しているが、平成 25 年以降発生していない。B 級事故は平成 17 年までは、毎年 10 件前後発生していたが、平成 18 年に 25 件と大幅に増加した。平成 20 年から平成 27 年までは 40～80 件であった。平成 28 年以降は、令和 2 年の 45 件、令和 5 年の 36 件、令和 6 年の 58 件を除いて 20 件程度で推移している。

別表 13 に示すように、令和 6 年の B 級事故 58 件の内、B2 級事故が 55 件であった。B 級事故から B2 級事故を除いた B1 級事故 3 件の概要は以下の通りである。

① LP ガス爆発事故（事故発生日：4 月 15 日）

・金属スクラップ卸売業者の従業員 1 名が、廃棄作業のため、ガストーチ（LP ガス及び酸素ガス）で LP ガスタンクローリのタンク側面の穴開け作業を行っていたところ、タンクが爆発して、LP ガスタンクローリ前方にいた他の従業員 1 名が爆風で吹き飛び死亡した。

作業前には、タンク付属の圧力計の指示値が 0 MPa であることを確認した上で、タンク前方のマンホールを開放して、高圧洗浄機によりタンク内に注水を行っていたが、満水にはしておらず、LP ガスが残留しており、爆発が発生したと推定される。

② 液化石油ガス窯爆発火災（事故発生日：11 月 29 日）

・瓦を焼くためのガス窯の点火作業中に、窯が爆発、作業をしていた従業員 1 名が爆発に巻き込まれ死亡した。

爆風により窯、工場の窓ガラス、壁等が破壊され、隣接する鉄道線路内まで破片が散乱した。

③ 液化石油ガス一酸化炭素中毒事故（事故発生日：12 月 13 日）

・焼き物の素焼きのために LP ガス炉を使用していたと推定される被害者が工房内で死

亡、消防によるガス検知で一酸化炭素(170ppm)を検出した。ガス販売事業者によるガス漏れ点検において、供給設備に異常は確認されなかった。
窯小屋の換気が十分でなかったこと、窯が完全に密閉されていなかったことを起因とし、何らかの原因で不完全燃焼を起こし、一酸化炭素が発生したと推定される。

【参考 1】　事故の分類

高圧ガス・石油コンビナート事故対応要領（２０２３１２１２保局第１号）より抜粋

分類	説　明
Ａ級	次の各号のいずれかに該当する事故をいう。 ① 死者５名以上の事故 ② 死者及び重傷者が合計して１０名以上の事故であって、①以外のもの ③ 死者及び負傷者（重傷者及び軽傷者をいう。以下同じ。）が合計して３０名以上の事故であって、①及び②以外のもの ④ 爆発・火災等により建物又は構造物の大規模な破壊、倒壊滅失等の甚大な物的被害（直接に生ずる物的被害の総額が５億円以上）が生じた事故 ⑤ 大規模な火災又はガスの大量噴出・漏えいが現に進行中であって、大災害に発展するおそれがある事故
Ｂ級 Ｂ１級 Ｂ２級	Ａ級事故以外の事故であって、次の「Ｂ１級事故」又は「Ｂ２級事故」のいずれかに該当する事故をいう。 ① 死者１名以上４名以下の事故 ② 重傷者２名以上９名以下の事故であって、①以外のもの ③ 負傷者６名以上２９名以下の事故であって、①及び②以外のもの ④ 爆発・火災等により建物又は構造物の大規模な損傷等の多大な物的被害（直接に生ずる物的被害の総額が１億円以上５億円未満）を生じた事故 同一事業所において、Ａ級事故、Ｂ級事故又はＣ１級事故が発生した日から１年を経過しない間に発生したＣ１級事故（高圧ガスに係る事故に限る。）
Ｃ級 Ｃ１級

高圧ガス事故の集計

表１　高圧ガス事故集計表

年 月	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	令和元年	令和2年	令和3年	令和4年	令和5年	令和6年	合計
１月	67	87	96	81	54	63	56	52	53	70	679
２月	92	80	79	74	61	47	58	67	56	54	668
	159	167	175	155	115	110	114	119	109	124	
３月	97	127	72	68	59	43	49	65	59	64	703
	256	294	247	223	174	153	163	184	168	188	
４月	110	153	73	73	70	51	54	81	61	64	790
	366	447	320	296	244	204	217	265	229	252	
５月	67	103	82	85	67	49	68	58	63	69	711
	433	550	402	381	311	253	285	323	292	321	
６月	101	81	83	95	54	62	65	71	65	78	755
	534	631	485	476	365	315	350	394	357	399	
７月	88	98	104	191	71	57	65	85	90	75	924
	622	729	589	667	436	372	415	479	447	474	
８月	72	107	81	83	57	105	66	68	79	75	793
	694	836	670	750	493	477	481	547	526	549	
９月	63	74	69	85	61	55	72	65	82	78	704
	757	910	739	835	554	532	553	612	608	627	
１０月	91	121	82	102	63	56	55	58	76	57	761
	848	1031	821	937	617	588	608	670	684	684	
１１月	79	129	80	89	65	69	75	66	60	60	772
	927	1160	901	1026	682	657	683	736	744	744	
１２月	81	111	100	66	71	52	56	63	71	46	717
	1008	1271	1001	1092	753	709	739	799	815	790	
合計	1008	1271	1001	1092	753	709	739	799	815	790	8977
対前年比		26.1	▲ 21.2	9.1	▲ 31.0	▲ 5.8	4.2	8.1	2.0	▲ 3.1	

表 1-1　高圧ガス事故集計表（災害）

年 月	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	令和元年	令和2年	令和3年	令和4年	令和5年	令和6年	合計
１月	38	64	67	65	52	59	53	48	50	70	566
２月	57	56	55	58	58	44	55	63	56	51	553
	95	120	122	123	110	103	108	111	106	121	
３月	65	87	51	52	53	41	45	64	55	56	569
	160	207	173	175	163	144	153	175	161	177	
４月	77	62	53	65	63	44	52	74	58	58	606
	237	269	226	240	226	188	205	249	219	235	
５月	47	83	58	83	64	46	62	56	60	67	626
	284	352	284	323	290	234	267	305	279	302	
６月	82	59	68	93	52	58	60	68	63	71	674
	366	411	352	416	342	292	327	373	342	373	
７月	67	75	75	120	64	50	62	81	86	72	752
	433	486	427	536	406	342	389	454	428	445	
８月	60	74	63	78	57	99	61	66	78	74	710
	493	560	490	614	463	441	450	520	506	519	
９月	32	62	55	78	55	50	67	59	79	68	605
	525	622	545	692	518	491	517	579	585	587	
10月	62	91	65	93	52	55	54	56	74	55	657
	587	713	610	785	570	546	571	635	659	642	
11月	67	103	59	84	62	64	73	65	57	58	692
	654	816	669	869	632	610	644	700	716	700	
12月	52	84	76	60	65	49	52	60	64	45	607
	706	900	745	929	697	659	696	760	780	745	
合計	706	900	745	929	697	659	696	760	780	745	7617
対前年比		27.5	▲ 17.2	24.7	▲ 25.0	▲ 5.5	5.6	9.2	2.6	▲ 4.5	

表 1-2　高圧ガス事故集計表（喪失・盗難）

年 月	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	令和1年	令和2年	令和3年	令和4年	令和5年	令和6年	合計
1月	29	23	29	16	2	4	3	4	3	0	113
2月	35	24	24	16	3	3	3	4	0	3	115
	64	47	53	32	5	7	6	8	3	3	
3月	32	40	21	16	6	2	4	1	4	8	134
	96	87	74	48	11	9	10	9	7	11	
4月	33	91	20	8	7	7	2	7	3	6	184
	129	178	94	56	18	16	12	16	10	17	
5月	20	20	24	2	3	3	6	2	3	2	85
	149	198	118	58	21	19	18	18	13	19	
6月	19	22	15	2	2	4	5	3	2	7	81
	168	220	133	60	23	23	23	21	15	26	
7月	21	23	29	71	7	7	3	4	4	3	172
	189	243	162	131	30	30	26	25	19	29	
8月	12	33	18	5	0	6	5	2	1	1	83
	201	276	180	136	30	36	31	27	20	30	
9月	31	12	14	7	6	5	5	6	3	10	99
	232	288	194	143	36	41	36	33	23	40	
10月	29	30	17	9	11	1	1	2	2	2	104
	261	318	211	152	47	42	37	35	25	42	
11月	12	26	21	5	3	5	2	1	3	2	80
	273	344	232	157	50	47	39	36	28	44	
12月	29	27	24	6	6	3	4	3	7	1	110
	302	371	256	163	56	50	43	39	35	45	
合計	302	371	256	163	56	50	43	39	35	45	1360
対前年比		22.8	▲ 31.0	▲ 36.3	▲ 65.6	▲ 10.7	▲ 14.0	▲ 9.3	▲ 10.3	28.6	

表２　高圧ガス保安法関係事故件数の推移

区分＼年		平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年	平成22年	平成23年	平成24年	平成25年	平成26年	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	令和元年	令和2年	令和3年	令和4年	令和5年	令和6年	合計	最近6年間合計
製	冷　凍	17	22	40	53	85	94	180	125	150	140	193	273	271	330	306	260	286	317	318	246	3706	1733
造	コンビナート	15	37	31	79	55	56	68	150	205	293	280	354	213	297	114	163	163	171	171	201	3116	983
事	Ｌ　Ｐ	10	8	25	21	20	29	27	21	24	18	17	22	12	33	37	23	17	32	26	33	455	168
業	一　般	26	35	55	61	93	113	131	112	82	74	84	138	145	167	160	128	131	155	164	143	2197	881
所	計	68	102	151	214	253	292	406	408	461	525	574	787	641	827	617	574	597	675	679	623	9474	3765
移　動		21	30	31	30	21	34	31	30	46	31	24	23	19	22	28	16	22	29	19	24	531	138
消　費		400	408	535	586	573	635	648	609	488	483	380	445	320	191	70	73	91	73	82	80	7170	469
その他		17	16	19	18	10	5	5	13	14	8	30	16	21	52	38	46	29	22	35	63	477	233
合　計		506	556	736	848	857	966	1090	1060	1009	1047	1008	1271	1001	1092	753	709	739	799	815	790	17652	4605

表 2-1　高圧ガス保安法関係事故件数の推移（災害）

区分＼年		平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年	平成22年	平成23年	平成24年	平成25年	平成26年	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	令和元年	令和2年	令和3年	令和4年	令和5年	令和6年	合計	最近6年間合計
製	冷　凍	17	21	40	53	85	94	180	125	150	140	193	273	271	330	306	260	286	317	318	246	3705	1733
造	コンビナート	15	37	31	79	55	55	68	150	205	293	280	354	213	297	114	163	163	171	171	201	3115	983
事	Ｌ　Ｐ	10	8	24	21	20	28	27	21	23	18	17	20	11	28	37	23	17	30	25	31	439	163
業	一　般	26	34	55	61	93	111	129	110	81	74	84	137	143	161	154	126	130	153	162	142	2166	867
所	計	68	100	150	214	253	288	404	406	459	525	574	784	638	816	611	572	596	671	676	620	9425	3746
移　動		21	29	29	27	19	33	26	29	42	31	24	23	18	20	26	15	22	26	19	24	503	132
消　費		62	54	95	93	49	81	62	83	52	73	83	80	72	73	44	55	59	44	56	59	1329	317
その他		16	12	14	16	8	5	5	13	10	7	25	13	17	20	16	17	19	19	29	42	323	142
合　計		167	195	288	350	329	407	497	531	563	636	706	900	745	929	697	659	696	760	780	745	11580	4337

表 2-2　高圧ガス保安法関係事故件数の推移（喪失・盗難）

区分＼年		平成17年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年	平成22年	平成23年	平成24年	平成25年	平成26年	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	令和元年	令和2年	令和3年	令和4年	令和5年	令和6年	合計	最近6年間合計
製造事業所	冷凍	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	コンビナート	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	LP	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	5	0	0	0	2	1	2	16	5
	一般	0	1	0	0	0	2	2	2	1	0	0	1	2	6	6	2	1	2	2	1	31	14
	計	0	2	1	0	0	4	2	2	2	0	0	3	3	11	6	2	1	4	3	3	49	19
移動		0	1	2	3	2	1	5	1	4	0	0	0	1	2	2	1	0	3	0	0	28	6
消費		338	354	440	493	524	554	586	526	436	410	297	365	248	118	26	18	32	29	26	21	5841	152
その他		1	4	5	2	2	0	0	0	4	1	5	3	4	32	22	29	10	3	6	21	154	91
合計		339	361	448	498	528	559	593	529	446	411	302	371	256	163	56	50	43	39	35	45	6072	268

表 3　高圧ガス事故の原因別による分析

区分＼年	設備上（ハード）										運転・操作上（ソフト）											その他								
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他	計	管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他	計	交通事故	ごみ処理・くず化	盗難	自然災害	原因不明	その他	計	合計
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任体制の不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス												
平成23年以降は別表に記載																														
平成22年	16	0	28	44	173	37	0	210	0	254	2	4	2	0	8	25	18	40	83	0	91	10	0	528	3	7	73	621	966
平成21年	7	1	17	25	136	42	0	178	0	203	8	2	1	0	11	16	20	30	66	0	77	8	0	481	11	4	73	577	857
平成20年	7	2	15	24	122	58	2	182	0	206	3	1	6	2	12	34	30	18	82	0	94	7	4	469	9	7	52	548	848
平成19年	11	0	17	28	93	19	0	112	0	140	10	6	9	0	25	19	30	28	77	0	102	9	1	421	24	8	31	494	736
平成18年	7	1	9	17	64	14	2	80	0	97	9	3	6	0	18	18	8	24	50	0	68	14	2	330	19	5	21	391	556
平成17年	3	2	4	9	40	9	0	49	0	58	5	2	8	0	15	18	9	25	52	0	67	11	3	318	25	5	19	381	506
合計	51	6	90	147	628	179	4	811	0	958	37	18	32	2	89	130	115	165	410	0	499	59	10	2547	91	36	269	3012	4469

表 3-1　高圧ガス事故の原因別による分析（災害）

区分／年	設備上（ハード）										運転・操作上（ソフト）											その他								
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他	計	管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他	計	交通事故	ごみ処理・くず化	盗難	自然災害	原因不明	その他	計	合計
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任管理体制の不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス												
平成23年以降は別表に記載																													
平成22年	16	0	28	44	173	37	0	210	0	254	2	4	2	0	8	25	18	40	83	0	91	10	0		3	7	42	62	407
平成21年	7	1	17	25	136	42	0	178	0	203	8	2	1	0	11	16	20	30	66	0	77	8	0		3	4	34	49	329
平成20年	7	2	15	24	122	58	2	182	0	206	3	1	6	2	12	34	30	18	82	0	94	7	4		4	7	28	50	350
平成19年	11	0	17	28	93	19	0	112	0	140	10	6	9	0	25	19	30	28	77	0	102	9	1		14	8	14	46	288
平成18年	7	1	9	17	64	14	2	80	0	97	9	3	6	0	18	18	8	24	50	0	68	14	2		0	5	9	30	195
平成17年	3	2	4	9	40	9	0	49	0	58	5	2	8	0	15	18	9	25	52	0	67	11	3		10	3	15	42	167
合計	51	6	90	147	628	179	4	811	0	958	37	18	32	2	89	130	115	165	410	0	499	59	10		34	34	142	279	1736

表 3-2　高圧ガス事故の原因別による分析（喪失・盗難）

区分／年	設備上（ハード）										運転・操作上（ソフト）											その他								
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他	計	管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他	計	交通事故	ごみ処理・くず化	盗難	自然災害	原因不明	その他	計	合計
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任管理体制の不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス												
平成23年以降は別表に記載																													
平成22年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	528	0	0	31	559	559
平成21年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	481	8	0	39	528	528
平成20年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	469	5	0	24	498	498
平成19年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	421	10	0	17	448	448
平成18年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330	19	0	12	361	361
平成17年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	318	15	2	4	339	339
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2547	57	2	127	2733	2733

別表３　高圧ガス事故の原因別による分析

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	17	21	35	73	155	31	43	51	50	22	352	1	15	2	18	81	5	86	16	6	232	7	261	790
令和5年	27	27	50	104	168	10	45	63	50	30	366	0	18	2	20	78	3	81	13	8	213	10	244	815
令和4年	32	21	60	113	171	23	44	47	47	28	360	0	11	2	13	55	10	65	8	7	221	12	248	799
令和3年	31	28	42	101	139	26	29	56	58	19	327	0	14	3	17	68	4	72	7	9	191	15	222	739
令和2年	27	49	32	108	133	26	40	61	49	14	323	0	17	1	18	47	6	53	3	2	186	16	207	709
令和元年	27	29	40	96	170	15	36	51	45	11	328	3	7	2	12	58	9	67	13	13	206	18	250	753
平成30年	39	71	50	160	142	23	36	122	153	13	489	4	11	0	15	58	15	73	89	20	182	64	355	1092
平成29年	30	25	47	102	120	34	30	106	137	8	435	0	9	3	12	38	3	41	23	19	164	205	411	1001
平成28年	32	17	39	88	121	23	44	179	214	10	591	1	13	1	15	43	9	52	84	22	153	266	525	1271
平成27年	63	11	27	101	108	34	17	98	172	21	450	3	6	1	10	42	6	48	8	17	99	275	399	1008
平成26年	55	17	24	96	89	21	11	97	178	16	412	0	16	6	22	33	6	39	24	16	91	347	478	1047
平成25年	41	16	32	89	88	32	18	85	109	20	352	0	15	1	16	50	3	53	7	18	62	412	499	1009
平成24年	38	11	15	64	77	66	8	67	75	11	304	0	13	1	14	69	13	82	53	14	69	460	596	1060
平成23年	25	17	11	53	68	66	8	41	29	20	232	0	8	1	9	45	4	49	184	7	85	471	747	1090
合計	484	360	504	1348	1749	430	409	1124	1366	243	5321	12	173	26	211	765	96	861	532	178	2154	2578	5442	13183
最近6年間合計	161	175	259	595	936	131	237	329	299	124	2056	4	82	12	98	387	37	424	60	45	1249	78	1432	4605

別表 3-1　高圧ガス事故の原因別による分析（災害）

区分	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	17	21	35	73	155	31	43	51	50	12	342	1	15	2	18	81	5	86	11	6	209	0	226	745
令和5年	27	27	50	104	168	10	45	63	50	16	352	0	18	2	20	78	3	81	8	8	207	0	223	780
令和4年	32	21	60	113	171	23	44	47	47	16	348	0	11	2	13	55	10	65	4	7	210	0	221	760
令和3年	31	28	42	101	139	26	29	56	58	18	326	0	14	3	17	68	4	72	5	9	166	0	180	696
令和2年	27	49	32	108	133	26	40	61	49	14	323	0	17	1	18	47	6	53	2	2	153	0	157	659
令和元年	27	29	40	96	170	15	36	51	45	10	327	3	7	2	12	58	9	67	3	13	179	0	195	697
平成30年	39	71	50	160	142	23	36	122	153	13	489	4	11	0	15	58	15	73	17	20	155	0	192	929
平成29年	30	25	47	102	120	34	30	106	137	8	435	0	9	3	12	38	3	41	3	19	133	0	155	745
平成28年	32	17	39	88	121	23	44	179	214	10	591	1	13	1	15	43	9	52	8	22	124	0	154	900
平成27年	63	11	27	101	108	34	17	98	172	21	450	3	6	1	10	42	6	48	4	17	76	0	97	706
平成26年	55	17	24	96	89	21	11	97	178	16	412	0	16	6	22	33	6	39	6	16	45	0	67	636
平成25年	41	16	32	89	88	32	18	85	109	20	352	0	15	1	16	50	3	53	3	18	32	0	53	563
平成24年	38	11	15	64	77	66	8	67	75	11	304	0	13	1	14	69	13	82	11	14	42	0	67	531
平成23年	25	17	11	53	68	66	8	41	29	19	231	0	8	1	9	45	4	49	86	7	62	0	155	497
合計	484	360	504	1348	1749	430	409	1124	1366	204	5282	12	173	26	211	765	96	861	171	178	1793	0	2142	9844
最近6年間合計	161	175	259	595	936	131	237	329	299	86	2018	4	82	12	98	387	37	424	33	45	1124	0	1202	4337

別表 3-2　高圧ガス事故の原因別による分析（喪失・盗難）

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	5	0	23	7	35	45
令和5年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14	0	0	0	0	0	0	0	5	0	6	10	21	35
令和4年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	4	0	11	12	27	39
令和3年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	25	15	42	43
令和2年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	33	16	50	50
令和元年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	10	0	27	18	55	56
平成30年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	27	64	163	163
平成29年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	31	205	256	256
平成28年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0	29	266	371	371
平成27年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	23	275	302	302
平成26年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	46	347	411	411
平成25年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	30	412	446	446
平成24年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	27	460	529	529
平成23年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	98	0	23	471	592	593
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	0	0	0	0	0	0	0	361	0	361	2578	3300	3339
最近6年間合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	38	0	0	0	0	0	0	0	27	0	125	78	230	268

表 4　製造事業所の業種別事故件数

業種 / 年	石油精製	石油化学	一般化学	貯蔵基地	製鉄所	鉄工所	機械	電気	自動車	食品	その他	合　計
令和6年	95	61	109	9	5	6	27	8	20	91	192	623
令和5年	112	40	90	8	11	3	41	8	27	95	244	679
令和4年	95	45	132	6	3	4	26	16	34	74	240	675
令和3年	85	49	96	4	2	5	11	18	29	65	233	597
令和2年	79	35	102	2	3	5	25	20	19	65	219	574
令和元年	69	25	90	3	5	10	25	31	29	73	257	617
平成30年	240	39	83	3	0	1	19	25	46	104	267	827
平成29年	189	20	70	2	2	2	34	19	35	69	199	641
平成28年	327	12	88	4	5	3	16	29	39	60	204	787
平成27年	251	11	44	4	3	4	25	18	16	60	138	574
平成26年	258	13	35	6	6	4	12	19	13	41	118	525
平成25年	178	9	37	6	5	3	18	23	11	38	133	461
平成24年	123	15	41	7	5	7	15	18	9	36	132	408
平成23年	42	9	47	5	6	5	13	26	53	42	158	406
平成22年	31	4	47	4	5	3	14	15	5	26	138	292
平成21年	36	8	25	4	5	3	18	15	15	17	107	253
平成20年	47	17	27	2	4	4	9	9	6	14	75	214
平成19年	6	10	16	3	6	3	8	8	4	12	75	151
平成18年	14	12	16	0	1	2	3	4	1	9	40	102
平成17年	1	6	6	4	1	1	5	2	0	5	37	68
合計	2278	440	1201	86	83	78	364	331	411	996	3206	9474
最近6年間合計	535	255	619	32	29	33	155	101	158	463	1385	3765

表 4-1　製造事業所の業種別事故件数（災害）

業種 / 年	石油精製	石油化学	一般化学	貯蔵基地	製鉄所	鉄工所	機械	電気	自動車	食品	その他	合　計
令和6年	95	61	109	9	5	6	27	8	20	91	189	620
令和5年	112	40	90	8	11	3	41	8	27	95	241	676
令和4年	95	45	131	6	3	4	26	16	34	74	237	671
令和3年	85	49	96	4	2	5	11	18	29	65	232	596
令和2年	79	35	102	2	3	5	25	20	19	65	217	572
令和元年	69	25	90	3	5	10	25	31	29	73	251	611
平成30年	240	39	83	3	0	1	19	25	46	104	256	816
平成29年	189	20	70	2	2	2	34	19	35	69	196	638
平成28年	327	12	88	4	5	3	16	29	39	60	201	784
平成27年	251	11	44	4	3	4	25	18	16	60	138	574
平成26年	258	13	35	6	6	4	12	19	13	41	118	525
平成25年	178	9	37	6	5	3	18	23	11	38	131	459
平成24年	123	15	41	7	5	7	15	18	9	36	130	406
平成23年	42	9	47	5	6	5	13	26	53	42	156	404
平成22年	30	4	47	4	5	3	14	15	5	26	135	288
平成21年	36	8	25	4	5	3	18	15	15	17	107	253
平成20年	47	17	27	2	4	4	9	9	6	14	75	214
平成19年	6	10	16	3	6	3	8	8	4	12	74	150
平成18年	14	12	16	0	1	2	3	4	1	9	38	100
平成17年	1	6	6	4	1	1	5	2	0	5	37	68
合計	2277	440	1200	86	83	78	364	331	411	996	3159	9425
最近6年間合計	535	255	618	32	29	33	155	101	158	463	1367	3746

表 4-2　製造事業所の業種別事故件数（喪失・盗難）

業種 / 年	石油精製	石油化学	一般化学	貯蔵基地	製鉄所	鉄工所	機械	電気	自動車	食品	その他	合　計
令和6年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
令和5年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
令和4年	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4
令和3年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
令和2年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
令和元年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
平成30年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11
平成29年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
平成28年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
平成27年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成26年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成25年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
平成24年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
平成23年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
平成22年	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
平成21年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成20年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成19年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
平成18年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
平成17年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	47	49
最近6年間合計	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	18	19

表５　製造事業所事故の原因別による分析

区分＼年	設備上(ハード)									計	運転・操作上(ソフト)										計	その他			計	合計
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他		管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他		盗難	自然災害	その他		
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任管理体制不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス								
平成23年以降は別表に記載																										
平成22年	12	0	27	39	155	30	0	185	0	224	1	2	0	0	3	8	7	19	34	0	37	3	0	28	31	292
平成21年	6	0	16	22	123	39	0	162	0	184	4	1	0	0	5	10	9	18	37	0	42	0	3	24	27	253
平成20年	5	2	12	19	100	40	1	141	0	160	1	0	1	2	4	17	6	10	33	0	37	0	1	16	17	214
平成19年	6	0	13	19	81	9	0	90	0	109	2	2	0	0	4	8	11	8	27	0	31	1	1	9	11	151
平成18年	4	1	6	11	53	9	2	64	0	75	4	1	0	0	5	6	3	9	18	0	23	1	1	2	4	102
平成17年	1	2	1	4	27	3	0	30	0	34	3	1	0	0	4	8	3	7	18	0	22	0	7	5	12	68
合計	34	5	75	114	539	130	3	672	0	786	15	7	1	2	25	57	39	71	167	0	192	5	13	84	102	1080

表 5-1　製造事業所事故の原因別による分析（災害）

区分＼年	設備上(ハード)									計	運転・操作上(ソフト)										計	その他			計	合計
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他		管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他		盗難	自然災害	その他		
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任体制不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス									
平成23年以降は別表に記載																										
平成22年	12	0	27	39	155	30	0	185	0	224	1	2	0	0	3	8	7	19	34	0	37		0	27	27	288
平成21年	6	0	16	22	123	39	0	162	0	184	4	1	0	0	5	10	9	18	37	0	42		3	24	27	253
平成20年	5	2	12	19	100	40	1	141	0	160	1	0	1	2	4	17	6	10	33	0	37		1	16	17	214
平成19年	6	0	13	19	81	9	0	90	0	109	2	2	0	0	4	8	11	8	27	0	31		1	9	10	150
平成18年	4	1	6	11	53	9	2	64	0	75	4	1	0	0	5	6	3	9	18	0	23		0	2	2	100
平成17年	1	2	1	4	27	3	0	30	0	34	3	1	0	0	4	8	3	7	18	0	22		7	5	12	68
合計	34	5	75	114	539	130	3	672	0	786	15	7	1	2	25	57	39	71	167	0	192	0	12	83	95	1073

表 5-2　製造事業所事故の原因別による分析（喪失・盗難）

区分／年	設備上(ハード)									計	運転・操作上(ソフト)										計	その他			計	合計
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他		管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他		盗難	自然災害	その他		
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任体制不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス									
平成23年以降は別表に記載																										
平成22年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	4	4
平成21年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成20年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成19年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
平成18年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2
平成17年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1	7	7

別表５　製造事業所事故の原因別による分析

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	15	20	33	68	151	27	31	46	47	3	305	1	11	2	14	51	2	53	10	0	171	2	183	623
令和5年	27	25	46	98	161	8	38	61	47	3	318	0	15	2	17	49	1	50	7	1	185	3	196	679
令和4年	30	20	58	108	167	23	40	40	43	6	319	0	10	2	12	43	5	48	4	0	182	2	188	675
令和3年	31	27	40	98	139	25	24	50	55	2	295	0	11	3	14	40	0	40	5	0	145	0	150	597
令和2年	27	48	29	104	128	26	32	57	46	2	291	0	12	1	13	30	4	34	2	0	130	0	132	574
令和元年	26	29	39	94	168	15	32	47	44	1	307	3	5	2	10	39	4	43	4	2	152	5	163	617
平成30年	38	70	50	158	139	23	26	115	152	3	458	3	8	0	11	40	3	43	17	1	139	0	157	827
平成29年	29	24	45	98	119	31	25	98	135	3	411	0	7	3	10	21	0	21	1	2	96	2	101	641
平成28年	31	17	39	87	120	22	37	177	212	2	570	0	6	0	6	23	2	25	8	0	90	1	99	787
平成27年	59	9	24	92	104	33	6	95	167	6	411	2	2	0	4	16	3	19	2	1	45	0	48	574
平成26年	49	17	23	89	88	20	0	90	178	1	377	0	13	3	16	20	0	20	1	1	21	0	23	525
平成25年	39	15	31	85	83	31	1	83	106	3	307	0	8	1	9	31	0	31	2	0	25	2	29	461
平成24年	37	9	14	60	75	53	0	63	74	2	267	0	10	0	10	41	0	41	4	0	25	1	30	408
平成23年	24	15	10	49	64	60	1	33	28	6	192	0	4	1	5	29	1	30	82	1	45	2	130	406
合計	462	345	481	1288	1706	397	293	1055	1334	43	4828	9	122	20	151	473	25	498	149	9	1451	20	1629	8394
最近6年間合計	156	169	245	570	914	124	197	301	282	17	1835	4	64	12	80	252	16	268	32	3	965	12	1012	3765

別表 5-1　製造事業所事故の原因別による分析（災害）

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	15	20	33	68	151	27	31	46	47	2	304	1	11	2	14	51	2	53	10	0	171	0	181	620
令和5年	27	25	46	98	161	8	38	61	47	3	318	0	15	2	17	49	1	50	7	1	185	0	193	676
令和4年	30	20	58	108	167	23	40	40	43	6	319	0	10	2	12	43	5	48	3	0	181	0	184	671
令和3年	31	27	40	98	139	25	24	50	55	2	295	0	11	3	14	40	0	40	5	0	144	0	149	596
令和2年	27	48	29	104	128	26	32	57	46	2	291	0	12	1	13	30	4	34	2	0	128	0	130	572
令和元年	26	29	39	94	168	15	32	47	44	1	307	3	5	2	10	39	4	43	3	2	152	0	157	611
平成30年	38	70	50	158	139	23	26	115	152	3	458	3	8	0	11	40	3	43	11	1	134	0	146	816
平成29年	29	24	45	98	119	31	25	98	135	3	411	0	7	3	10	21	0	21	1	2	95	0	98	638
平成28年	31	17	39	87	120	22	37	177	212	2	570	0	6	0	6	23	2	25	7	0	89	0	96	784
平成27年	59	9	24	92	104	33	6	95	167	6	411	2	2	0	4	16	3	19	2	1	45	0	48	574
平成26年	49	17	23	89	88	20	0	90	178	1	377	0	13	3	16	20	0	20	1	1	21	0	23	525
平成25年	39	15	31	85	83	31	1	83	106	3	307	0	8	1	9	31	0	31	2	0	25	0	27	459
平成24年	37	9	14	60	75	53	0	63	74	2	267	0	10	0	10	41	0	41	4	0	24	0	28	406
平成23年	24	15	10	49	64	60	1	33	28	6	192	0	4	1	5	29	1	30	82	1	45	0	128	404
合計	462	345	481	1288	1706	397	293	1055	1334	42	4827	9	122	20	151	473	25	498	140	9	1439	0	1588	8352
最近6年間合計	156	169	245	570	914	124	197	301	282	16	1834	4	64	12	80	252	16	268	30	3	961	0	994	3746

別表 5-2　製造事業所事故の原因別による分析（喪失・盗難）

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3
令和5年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3
令和4年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	4	4
令和3年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
令和2年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2
令和元年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	6	6
平成30年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	5	0	11	11
平成29年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3
平成28年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3	3
平成27年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成26年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成25年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
平成24年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
平成23年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0	12	20	41	42
最近6年間合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	12	18	19

表 6　移動中事故の物質名による分析

種類／年	LPガス	アセチレン	その他のガス	合　計
令和6年	8	0	16	24
令和5年	5	0	14	19
令和4年	10	3	16	29
令和3年	11	0	11	22
令和2年	6	0	10	16
令和元年	13	1	14	28
平成30年	8	4	10	22
平成29年	7	1	11	19
平成28年	19	1	3	23
平成27年	16	0	8	24
平成26年	11	1	19	31
平成25年	27	0	19	46
平成24年	15	2	13	30
平成23年	16	2	13	31
平成22年	20	0	14	34
平成21年	11	1	9	21
平成20年	16	3	11	30
平成19年	16	2	13	31
平成18年	21	0	9	30
平成17年	13	3	5	21
合計	269	24	238	531
最近6年間合計	53	4	81	138

表 6-1　移動中事故の物質名による分析（災害）

種類／年	LPガス	アセチレン	その他のガス	合　計
令和6年	8	0	16	24
令和5年	5	0	14	19
令和4年	9	2	15	26
令和3年	11	0	11	22
令和2年	6	0	9	15
令和元年	13	1	12	26
平成30年	8	2	10	20
平成29年	6	1	11	18
平成28年	19	1	3	23
平成27年	16	0	8	24
平成26年	11	1	19	31
平成25年	24	0	18	42
平成24年	15	2	12	29
平成23年	12	2	12	26
平成22年	20	0	13	33
平成21年	11	0	8	19
平成20年	14	2	11	27
平成19年	15	1	13	29
平成18年	21	0	8	29
平成17年	13	3	5	21
合計	257	18	228	503
最近6年間合計	52	3	77	132

表 6-2　移動中事故の物質名による分析（喪失・盗難）

種類 / 年	LPガス	アセチレン	その他のガス	合　計
令和6年	0	0	0	0
令和5年	0	0	0	0
令和4年	1	1	1	3
令和3年	0	0	0	0
令和2年	0	0	1	1
令和元年	0	0	2	2
平成30年	0	2	0	2
平成29年	1	0	0	1
平成28年	0	0	0	0
平成27年	0	0	0	0
平成26年	0	0	0	0
平成25年	3	0	1	4
平成24年	0	0	1	1
平成23年	4	0	1	5
平成22年	0	0	1	1
平成21年	0	1	1	2
平成20年	2	1	0	3
平成19年	1	1	0	2
平成18年	0	0	1	1
平成17年	0	0	0	0
合計	12	6	10	28
最近6年間合計	1	1	4	6

表７　移動中事故の原因別による分析

区分＼年	設備上(ハード)										運転・操作上(ソフト)											その他					
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他	計	管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他	計	交通事故	盗難	自然災害	その他	計	合計
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任管理体制不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス									
平成23年以降は別表に記載																											
平成22年	0	0	0	0	3	1	0	4	0	4	1	0	0	0	1	5	4	8	17	0	18	9	0	0	3	12	34
平成21年	0	0	0	0	4	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	3	3	6	0	6	8	2	0	1	11	21
平成20年	0	0	0	0	5	2	0	7	0	7	0	0	1	0	1	3	4	2	9	0	10	7	0	0	6	13	30
平成19年	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	4	0	0	0	4	4	5	5	14	0	18	9	0	0	3	12	31
平成18年	1	0	1	2	4	0	0	4	0	6	0	0	0	0	0	2	0	5	7	0	7	13	0	0	4	17	30
平成17年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	1	4	8	0	9	11	0	0	1	12	21
合計	1	0	1	2	16	4	0	20	0	22	5	0	2	0	7	17	17	27	61	0	68	57	2	0	18	77	167

表 7-1　移動中事故の原因別による分析（災害）

区分＼年	設備上(ハード)									計	運転・操作上(ソフト)										計	その他				計	合計
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他		管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他		交通事故	盗難	自然災害	その他		
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任管理体制不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス									
平成23年以降は別表に記載																											
平成22年	0	0	0	0	3	1	0	4	0	4	1	0	0	0	1	5	4	8	17	0	18	9		0	2	11	33
平成21年	0	0	0	0	4	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	3	3	6	0	6	8		0	1	9	19
平成20年	0	0	0	0	5	2	0	7	0	7	0	0	1	0	1	3	4	2	9	0	10	7		0	3	10	27
平成19年	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	4	0	0	0	4	4	5	5	14	0	18	9		0	1	10	29
平成18年	1	0	1	2	4	0	0	4	0	6	0	0	0	0	0	2	0	5	7	0	7	13		0	3	16	29
平成17年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	1	4	8	0	9	11		0	1	12	21
合計	1	0	1	2	16	4	0	20	0	22	5	0	2	0	7	17	17	27	61	0	68	57		0	11	68	158

表 7-2　移動中事故の原因別による分析（喪失・盗難）

区分／年	設備上(ハード)									計	運転・操作上(ソフト)										計	その他				計	合計
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他		管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他		交通事故	盗難	自然災害	その他		
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任体制不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス									
平成23年以降は別表に記載																											
平成22年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
平成21年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2
平成20年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3
平成19年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
平成18年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
平成17年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	7	9	9

別表７　移動中事故の原因別による分析

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	0	1	1	2	0	0	2	0	2	2	6	0	0	0	0	4	1	5	0	6	5	0	11	24
令和5年	0	1	0	1	2	0	0	0	0	4	6	0	1	0	1	3	0	3	0	7	1	0	8	19
令和4年	1	0	1	2	0	0	1	3	0	4	8	0	0	0	0	1	0	1	0	6	12	0	18	29
令和3年	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4	6	0	1	0	1	3	0	3	0	9	3	0	12	22
令和2年	0	0	0	0	0	0	2	0	0	6	8	0	1	0	1	1	0	1	0	2	4	0	6	16
令和元年	0	0	1	1	0	0	2	0	0	3	5	0	0	0	0	4	1	5	0	6	10	1	17	28
平成30年	0	1	0	1	0	0	2	0	0	3	5	0	0	0	0	3	1	4	0	8	4	0	12	22
平成29年	0	1	1	2	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	1	2	0	2	0	6	6	0	12	19
平成28年	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	5	0	1	0	1	5	1	6	0	10	1	0	11	23
平成27年	0	0	0	0	1	1	4	0	0	2	8	0	0	0	0	4	1	5	0	10	1	0	11	24
平成26年	6	0	1	7	0	1	2	1	0	5	9	0	0	1	1	0	0	0	0	8	6	0	14	31
平成25年	2	1	0	3	5	1	3	0	2	3	14	0	2	0	2	6	0	6	0	16	2	3	21	46
平成24年	1	0	1	2	2	4	0	1	1	0	8	0	0	0	0	4	2	6	0	11	3	0	14	30
平成23年	0	2	1	3	0	2	1	1	0	5	9	0	1	0	1	3	1	4	3	5	5	1	14	31
合計	10	7	7	24	10	10	22	6	6	45	99	0	8	1	9	43	8	51	3	110	63	5	181	364
最近6年間合計	1	2	3	6	2	1	8	3	2	23	39	0	3	0	3	16	2	18	0	36	35	1	72	138

別表 7-1　移動中事故の原因別による分析（災害）

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	0	1	1	2	0	0	2	0	2	2	6	0	0	0	0	4	1	5	0	6	5	0	11	24
令和5年	0	1	0	1	2	0	0	0	0	4	6	0	1	0	1	3	0	3	0	7	1	0	8	19
令和4年	1	0	1	2	0	0	1	3	0	3	7	0	0	0	0	1	0	1	0	6	10	0	16	26
令和3年	0	0	0	0	0	1	1	0	0	4	6	0	1	0	1	3	0	3	0	9	3	0	12	22
令和2年	0	0	0	0	0	0	2	0	0	6	8	0	1	0	1	1	0	1	0	2	3	0	5	15
令和元年	0	0	1	1	0	0	2	0	0	3	5	0	0	0	0	4	1	5	0	6	9	0	15	26
平成30年	0	1	0	1	0	0	2	0	0	3	5	0	0	0	0	3	1	4	0	8	2	0	10	20
平成29年	0	1	1	2	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	1	2	0	2	0	6	5	0	11	18
平成28年	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	5	0	1	0	1	5	1	6	0	10	1	0	11	23
平成27年	0	0	0	0	1	1	4	0	0	2	8	0	0	0	0	4	1	5	0	10	1	0	11	24
平成26年	6	0	1	7	0	1	2	1	0	5	9	0	0	1	1	0	0	0	0	8	6	0	14	31
平成25年	2	1	0	3	5	1	3	0	2	3	14	0	2	0	2	6	0	6	0	16	1	0	17	42
平成24年	1	0	1	2	2	4	0	1	1	0	8	0	0	0	0	4	2	6	0	11	2	0	13	29
平成23年	0	2	1	3	0	2	1	1	0	4	8	0	1	0	1	3	1	4	2	5	3	0	10	26
合計	10	7	7	24	10	10	22	6	6	43	97	0	8	1	9	43	8	51	2	110	52	0	164	345
最近6年間合計	1	2	3	6	2	1	8	3	2	22	38	0	3	0	3	16	2	18	0	36	31	0	67	132

別表 7-2　移動中事故の原因別による分析（喪失・盗難）

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
令和5年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
令和4年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	3
令和3年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
令和2年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
令和元年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
平成30年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2
平成29年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
平成28年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成27年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成26年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平成25年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	4
平成24年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
平成23年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	4	5
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	11	5	17	19
最近6年間合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	5	6

表 8　消費先事故の物質名による分析

種類／年	アセチレン	ＬＰガス	塩　素	酸　素	特殊高圧ガス	その他	合　計
令和6年	18	22	2	8	1	29	80
令和5年	19	15	0	14	0	34	82
令和4年	20	13	0	11	1	28	73
令和3年	26	12	2	19	1	31	91
令和2年	23	15	1	7	1	26	73
令和元年	18	31	0	6	0	15	70
平成30年	20	109	1	17	1	43	191
平成29年	28	258	1	12	0	21	320
平成28年	34	376	1	13	1	20	445
平成27年	40	305	0	11	1	23	380
平成26年	47	405	1	15	1	14	483
平成25年	55	386	2	22	0	23	488
平成24年	63	521	0	7	0	18	609
平成23年	52	551	0	26	0	19	648
平成22年	55	532	0	26	0	22	635
平成21年	48	491	1	14	1	18	573
平成20年	55	485	0	23	2	21	586
平成19年	58	434	2	17	0	24	535
平成18年	35	347	2	13	1	10	408
平成17年	46	331	1	14	0	8	400
合計	760	5639	17	295	12	447	7170
最近6年間合計	124	108	5	65	4	163	469

表 8-1　消費先事故の物質名による分析（災害）

種類／年	アセチレン	ＬＰガス	塩　素	酸　素	特殊高圧ガス	その他	合　計
令和6年	11	17	2	6	1	22	59
令和5年	12	11	0	8	0	25	56
令和4年	9	9	0	7	1	18	44
令和3年	17	8	2	10	1	21	59
令和2年	18	9	1	6	1	20	55
令和元年	10	21	0	3	0	10	44
平成30年	11	33	1	8	1	19	73
平成29年	13	39	1	4	0	15	72
平成28年	16	41	1	7	1	14	80
平成27年	21	39	0	4	1	18	83
平成26年	19	40	1	2	1	10	73
平成25年	10	26	2	3	0	11	52
平成24年	34	37	0	2	0	10	83
平成23年	14	31	0	7	0	10	62
平成22年	16	39	0	13	0	13	81
平成21年	10	25	1	1	1	11	49
平成20年	24	38	0	13	2	16	93
平成19年	26	41	2	5	0	21	95
平成18年	15	25	2	3	1	8	54
平成17年	21	26	1	7	0	7	62
合計	327	555	17	119	12	299	1329
最近6年間合計	77	75	5	40	4	116	317

表 8-2　消費先事故の物質名による分析（喪失・盗難）

種類／年	アセチレン	ＬＰガス	塩　素	酸　素	特殊高圧ガス	その他	合　計
令和6年	7	5	0	2	0	7	21
令和5年	7	4	0	6	0	9	26
令和4年	11	4	0	4	0	10	29
令和3年	9	4	0	9	0	10	32
令和2年	5	6	0	1	0	6	18
令和元年	8	10	0	3	0	5	26
平成30年	9	76	0	9	0	24	118
平成29年	15	219	0	8	0	6	248
平成28年	18	335	0	6	0	6	365
平成27年	19	266	0	7	0	5	297
平成26年	28	365	0	13	0	4	410
平成25年	45	360	0	19	0	12	436
平成24年	29	484	0	5	0	8	526
平成23年	38	520	0	19	0	9	586
平成22年	39	493	0	13	0	9	554
平成21年	38	466	0	13	0	7	524
平成20年	31	447	0	10	0	5	493
平成19年	32	393	0	12	0	3	440
平成18年	20	322	0	10	0	2	354
平成17年	25	305	0	7	0	1	338
合計	433	5084	0	176	0	148	5841
最近6年間合計	47	33	0	25	0	47	152

表９　消費先事故の原因別による分析

区分＼年	設備上(ハード)										運転・操作上(ソフト)											その他				
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他	計	管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他	計	盗難	自然災害	その他	計	合計
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任管理体制不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス								
平成23年以降は別表に記載																										
平成22年	4	0	1	5	12	6	0	18	0	23	0	2	2	0	4	12	7	12	31	0	35	525	3	49	577	635
平成21年	1	1	1	3	6	3	0	9	0	12	2	1	1	0	4	6	7	7	20	0	24	478	8	51	537	573
平成20年	2	0	3	5	15	15	1	31	0	36	2	0	4	0	6	13	20	6	39	0	45	466	7	32	505	586
平成19年	4	0	3	7	9	9	0	18	0	25	4	4	9	0	17	5	13	11	29	0	46	417	22	25	464	535
平成18年	2	0	2	4	4	5	0	9	0	13	5	2	3	0	10	9	5	9	23	0	33	328	16	18	362	408
平成17年	2	0	3	5	12	4	0	16	0	21	2	0	7	0	9	7	4	10	21	0	30	318	17	14	349	400
合計	15	1	13	29	58	42	1	101	0	130	15	9	26	0	50	52	56	55	163	0	213	2532	73	189	2794	3137

表 9-1　消費先事故の原因別による分析（災害）

区分＼年	設備上(ハード)										運転・操作上(ソフト)											その他				
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他	計	管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他	計	盗難	自然災害	その他	計	合計
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任体制不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス								
平成23年以降は別表に記載																										
平成22年	4	0	1	5	12	6	0	18	0	23	0	2	2	0	4	12	7	12	31	0	35		3	20	23	81
平成21年	1	1	1	3	6	3	0	9	0	12	2	1	1	0	4	6	7	7	20	0	24		0	13	13	49
平成20年	2	0	3	5	15	15	1	31	0	36	2	0	4	0	6	13	20	6	39	0	45		2	10	12	93
平成19年	4	0	3	7	9	9	0	18	0	25	4	4	9	0	17	5	13	11	29	0	46		13	11	24	95
平成18年	2	0	2	4	4	5	0	9	0	13	5	2	3	0	10	9	5	9	23	0	33		0	8	8	54
平成17年	2	0	3	5	12	4	0	16	0	21	2	0	7	0	9	7	4	10	21	0	30		2	9	11	62
合計	15	1	13	29	58	42	1	101	0	130	15	9	26	0	50	52	56	55	163	0	213		20	71	91	434

表 9-2　消費先事故の原因別による分析（喪失・盗難）

区分＼年	設備上(ハード)									計	運転・操作上(ソフト)										計	その他			計	合計
	設備の設計・構造不良			小計	設備の維持・管理不良			小計	その他		管理・操作基準の不備				小計	運転・工事に係るミス			小計	その他		盗難	自然災害	その他		
	構造不良	材質不良	製作不良		劣化・腐食等	点検不良	誤作動				操作基準の不備	情報提供の不備	作業環境の不適	責任体制不備		誤操作	誤判断	認知確認ミス								
	平成23年以降は別表に記載																									
平成22年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	525	0	29	554	554
平成21年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	478	8	38	524	524
平成20年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	466	5	22	493	493
平成19年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	417	9	14	440	440
平成18年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328	16	10	354	354
平成17年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	318	15	5	338	338
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2532	53	118	2703	2703

別表 9　消費先事故の原因別による分析

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	1	0	0	1	3	2	7	2	0	12	26	0	1	0	1	20	2	22	6	0	20	4	30	80
令和5年	1	0	4	5	1	1	7	1	1	19	30	0	0	0	0	18	2	20	5	0	16	6	27	82
令和4年	0	0	0	0	2	0	3	3	3	13	24	0	1	0	1	9	5	14	4	1	20	9	34	73
令和3年	0	0	1	1	0	0	4	6	0	9	19	0	2	0	2	19	2	21	1	0	31	16	48	91
令和2年	0	1	2	3	5	0	5	3	2	3	18	0	4	0	4	14	1	15	0	0	29	4	33	73
令和元年	0	0	0	0	1	0	2	3	0	3	9	0	1	0	1	10	3	13	7	4	28	8	47	70
平成30年	1	0	0	1	1	0	7	7	1	2	18	0	2	0	2	11	9	20	50	11	32	57	150	191
平成29年	1	0	1	2	1	3	4	7	2	0	17	0	1	0	1	12	1	13	22	11	52	202	287	320
平成28年	1	0	0	1	1	1	5	1	1	4	13	1	6	1	8	14	6	20	76	12	51	264	403	445
平成27年	4	1	2	7	3	0	7	2	0	10	22	1	3	1	5	18	1	19	6	6	42	273	327	380
平成26年	0	0	0	0	1	0	7	6	0	8	22	0	3	1	4	13	5	18	23	7	62	347	439	483
平成25年	0	0	0	0	0	0	14	2	1	8	25	0	5	0	5	12	2	14	5	2	30	407	444	488
平成24年	0	2	0	2	0	9	8	3	0	8	28	0	3	1	4	21	7	28	48	2	38	459	547	609
平成23年	1	0	0	1	4	3	6	7	1	8	29	0	3	0	3	11	2	13	99	0	35	468	602	648
合計	10	4	10	24	23	19	86	53	12	107	300	2	35	4	41	202	48	250	352	56	486	2524	3418	4033
最近6年間合計	2	1	7	10	12	3	28	18	6	59	126	0	9	0	9	90	15	105	23	5	144	47	219	469

別表 9-1　消費先事故の原因別による分析（災害）

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	1	0	0	1	3	2	7	2	0	5	19	0	1	0	1	20	2	22	1	0	15	0	16	59
令和5年	1	0	4	5	1	1	7	1	1	8	19	0	0	0	0	18	2	20	0	0	12	0	12	56
令和4年	0	0	0	0	2	0	3	3	3	4	15	0	1	0	1	9	5	14	1	1	12	0	14	44
令和3年	0	0	1	1	0	0	4	6	0	9	19	0	2	0	2	19	2	21	0	0	16	0	16	59
令和2年	0	1	2	3	5	0	5	3	2	3	18	0	4	0	4	14	1	15	0	0	15	0	15	55
令和元年	0	0	0	0	1	0	2	3	0	3	9	0	1	0	1	10	3	13	0	4	17	0	21	44
平成30年	1	0	0	1	1	0	7	7	1	2	18	0	2	0	2	11	9	20	5	11	16	0	32	73
平成29年	1	0	1	2	1	3	4	7	2	0	17	0	1	0	1	12	1	13	2	11	26	0	39	72
平成28年	1	0	0	1	1	1	5	1	1	4	13	1	6	1	8	14	6	20	1	12	25	0	38	80
平成27年	4	1	2	7	3	0	7	2	0	10	22	1	3	1	5	18	1	19	2	6	22	0	30	83
平成26年	0	0	0	0	1	0	7	6	0	8	22	0	3	1	4	13	5	18	5	7	17	0	29	73
平成25年	0	0	0	0	0	0	14	2	1	8	25	0	5	0	5	12	2	14	1	2	5	0	8	52
平成24年	0	2	0	2	0	9	8	3	0	8	28	0	3	1	4	21	7	28	6	2	13	0	21	83
平成23年	1	0	0	1	4	3	6	7	1	8	29	0	3	0	3	11	2	13	2	0	14	0	16	62
合計	10	4	10	24	23	19	86	53	12	80	273	2	35	4	41	202	48	250	26	56	225	0	307	895
最近6年間合計	2	1	7	10	12	3	28	18	6	32	99	0	9	0	9	90	15	105	2	5	87	0	94	317

別表 9-2　消費先事故の原因別による分析（喪失・盗難）

区分＼年	設備の設計、製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の不良				ヒューマンファクター			その他					合計
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計	自然災害	交通事故	その他	盗難	計	
令和6年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	4	14	21
令和5年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11	0	0	0	0	0	0	0	5	0	4	6	15	26
令和4年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	3	0	8	9	20	29
令和3年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	15	16	32	32
令和2年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	18	18
令和元年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	11	8	26	26
平成30年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	16	57	118	118
平成29年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	26	202	248	248
平成28年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	26	264	365	365
平成27年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	20	273	297	297
平成26年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	45	347	410	410
平成25年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	25	407	436	436
平成24年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	25	459	526	526
平成23年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	0	21	468	586	586
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	326	0	261	2524	3111	3138
最近6年間合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	27	0	0	0	0	0	0	0	21	0	57	47	125	152

表 10　製造事業所、移動中、消費先に係る事故以外の事故の取扱状態による分析

取扱状態＼年	ごみ処理中	容器のくず化	放置容器	その他	合計
令和6年	0	0	1	62	63
令和5年	0	0	0	35	35
令和4年	0	0	1	21	22
令和3年	0	0	0	29	29
令和2年	0	0	2	44	46
令和元年	0	0	1	37	38
平成30年	0	3	0	49	52
平成29年	0	3	1	17	21
平成28年	0	1	1	14	16
平成27年	0	0	0	30	30
平成26年	0	3	0	5	8
平成25年	0	0	3	11	14
平成24年	0	2	2	9	13
平成23年	0	3	0	2	5
平成22年	0	1	3	1	5
平成21年	0	1	0	9	10
平成20年	0	6	2	10	18
平成19年	1	1	2	15	19
平成18年	0	2	3	11	16
平成17年	0	2	0	15	17
合計	1	28	22	426	477
最近6年間合計	0	0	5	228	233

表 10-1　製造事業所、移動中、消費先に係る事故以外の事故の取扱状態による分析（災害）

取扱状態 / 年	ごみ処理中	容器のくず化	放置容器	その他	合計
令和6年	0	0	1	41	42
令和5年	0	0	0	29	29
令和4年	0	0	1	18	19
令和3年	0	0	0	19	19
令和2年	0	0	2	15	17
令和元年	0	0	1	15	16
平成30年	0	3	0	17	20
平成29年	0	3	1	13	17
平成28年	0	1	1	11	13
平成27年	0	0	0	25	25
平成26年	0	3	0	4	7
平成25年	0	0	3	7	10
平成24年	0	2	2	9	13
平成23年	0	3	0	2	5
平成22年	0	1	3	1	5
平成21年	0	1	0	7	8
平成20年	0	6	2	8	16
平成19年	1	1	2	10	14
平成18年	0	2	3	7	12
平成17年	0	2	0	14	16
合計	1	28	22	272	323
最近6年間合計	0	0	5	137	142

表 10-2　製造事業所、移動中、消費先に係る事故以外の事故の取扱状態による分析（喪失・盗難）

取扱状態 / 年	ごみ処理中	容器のくず化	放置容器	その他	合計
令和6年	0	0	0	21	21
令和5年	0	0	0	6	6
令和4年	0	0	0	3	3
令和3年	0	0	0	10	10
令和2年	0	0	0	29	29
令和元年	0	0	0	22	22
平成30年	0	0	0	32	32
平成29年	0	0	0	4	4
平成28年	0	0	0	3	3
平成27年	0	0	0	5	5
平成26年	0	0	0	1	1
平成25年	0	0	0	4	4
平成24年	0	0	0	0	0
平成23年	0	0	0	0	0
平成22年	0	0	0	0	0
平成21年	0	0	0	2	2
平成20年	0	0	0	2	2
平成19年	0	0	0	5	5
平成18年	0	0	0	4	4
平成17年	0	0	0	1	1
合計	0	0	0	154	154
最近6年間合計	0	0	0	91	91

表 11　現象別区分による分析　1/3

年 / 現象	平成17年			平成18年			平成19年			平成20年			平成21年			平成22年		
	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　　発	16	0	12	14	1	11	15	0	16	24	0	18	12	0	15	13	2	19
火　　災	41	0	16	44	1	20	44	4	16	54	2	15	33	0	28	40	0	14
噴出・漏えい	89	0	20	115	1	26	211	0	31	246	1	34	249	1	58	314	0	23
破裂・破損等	9	1	4	9	1	3	13	1	5	19	1	15	21	1	2	19	0	9
そ の 他	351	2	5	374	0	31	453	0	12	505	0	11	542	3	1	580	1	13
合　　計	506	3	57	556	4	91	736	5	80	848	4	93	857	5	104	966	3	78

表 11-1　現象別区分による分析（災害）　1/3

年 / 現象	平成17年			平成18年			平成19年			平成20年			平成21年			平成22年		
	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　　発	16	0	12	14	1	11	15	0	16	24	0	18	12	0	15	13	2	19
火　　災	41	0	16	44	1	20	44	4	16	54	2	15	33	0	28	40	0	14
噴出・漏えい	89	0	20	115	1	26	211	0	31	246	1	34	249	1	58	314	0	23
破裂・破損等	9	1	4	9	1	3	13	1	5	19	1	15	21	1	2	19	0	9
そ の 他	12	2	5	13	0	31	5	0	12	7	0	11	14	3	1	21	1	13
合　　計	167	3	57	195	4	91	288	5	80	350	4	93	329	5	104	407	3	78

表 11-2　現象別区分による分析（喪失・盗難）　1/3

年 / 現象	平成17年			平成18年			平成19年			平成20年			平成21年			平成22年		
	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　　発																		
火　　災																		
噴出・漏えい																		
破裂・破損等																		
そ の 他	339	0	0	361	0	0	448	0	0	498	0	0	528	0	0	559	0	0
合　　計	339	0	0	361	0	0	448	0	0	498	0	0	528	0	0	559	0	0

表 11　現象別区分による分析　2/3

現象＼年	平成23年			平成24年			平成25年			平成26年			平成27年			平成28年		
	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　　発	6	0	6	7	2	26	4	0	2	3	0	1	7	0	5	7	0	6
火　　災	27	0	4	20	0	5	4	0	0	20	0	2	7	0	1	10	0	2
噴出・漏えい	411	1	28	462	0	36	534	2	29	599	2	59	664	2	44	857	1	35
破裂・破損等	45	0	3	38	1	7	16	0	5	12	0	3	20	0	8	17	1	8
そ の 他	601	0	28	533	0	12	451	0	8	413	1	8	310	0	10	380	2	0
合　　計	1090	1	69	1060	3	86	1009	2	44	1047	3	73	1008	2	68	1271	4	51

表 11-1　現象別区分による分析（災害）　2/3

現象＼年	平成23年			平成24年			平成25年			平成26年			平成27年			平成28年		
	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　　発	6	0	6	7	2	26	4	0	2	3	0	1	7	0	5	7	0	6
火　　災	27	0	4	20	0	5	4	0	0	20	0	2	7	0	1	10	0	2
噴出・漏えい	411	1	28	462	0	36	534	2	29	599	2	59	664	2	44	857	1	35
破裂・破損等	45	0	3	38	1	7	16	0	5	12	0	3	20	0	8	17	1	8
そ の 他	8	0	28	4	0	12	5	0	8	2	1	8	8	0	10	9	2	0
合　　計	497	1	69	531	3	86	563	2	44	636	3	73	706	2	68	900	4	51

表 11-2　現象別区分による分析（喪失・盗難）　2/3

現象＼年	平成23年			平成24年			平成25年			平成26年			平成27年			平成28年		
	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　　発																		
火　　災																		
噴出・漏えい																		
破裂・破損等																		
そ の 他	593	0	0	529	0	0	446	0	0	411	0	0	302	0	0	371	0	0
合　　計	593	0	0	529	0	0	446	0	0	411	0	0	302	0	0	371	0	0

表 11　現象別区分による分析　3/3

現象＼年	平成29年			平成30年			令和元年			令和2年			令和3年			令和4年			令和5年			令和6年			合計			最近6年間合計		
	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　発	5	1	5	6	0	4	5	0	6	3	0	3	6	1	4	4	0	2	5	0	5	5	2	2	167	9	168	28	3	22
火　災	5	0	4	12	0	4	21	1	9	16	0	9	17	0	5	16	0	7	20	0	5	21	0	8	472	8	174	111	1	43
噴出・漏えい	718	0	33	878	0	44	611	1	36	589	1	34	632	6	46	697	1	22	690	0	27	654	0	39	10220	20	704	3873	9	204
破裂・破損等	10	0	2	17	0	2	39	0	4	32	1	5	28	0	6	22	0	0	35	0	9	36	0	8	457	8	108	192	1	32
そ の 他	263	0	2	179	0	12	77	0	7	69	1	2	56	1	0	60	1	2	65	3	16	74	1	5	6336	16	185	401	7	32
合　計	1001	1	46	1092	0	66	753	2	62	709	3	53	739	8	61	799	2	33	815	3	62	790	3	62	17652	61	1339	4605	21	333

表 11-1　現象別区分による分析（災害）　3/3

現象＼年	平成29年			平成30年			令和元年			令和2年			令和3年			令和4年			令和5年			令和6年			合計			最近6年間合計		
	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　発	5	1	5	6	0	4	5	0	6	3	0	3	6	1	4	4	0	2	5	0	5	5	2	2	167	9	168	28	3	22
火　災	5	0	4	12	0	4	21	1	9	16	0	9	17	0	5	16	0	7	20	0	5	21	0	8	472	8	174	111	1	43
噴出・漏えい	718	0	33	878	0	44	611	1	36	589	1	34	632	6	46	697	1	22	690	0	27	654	0	39	10220	20	704	3873	9	204
破裂・破損等	10	0	2	17	0	2	39	0	4	32	1	5	28	0	6	22	0	0	35	0	9	36	0	8	457	8	108	192	1	32
そ の 他	7	0	2	16	0	12	21	0	7	19	1	2	13	1	0	21	1	2	30	3	16	29	1	5	264	16	185	133	7	32
合　計	745	1	46	929	0	66	697	2	62	659	3	53	696	8	61	760	2	33	780	3	62	745	3	62	11580	61	1339	4337	21	333

表 11-2　現象別区分による分析（喪失・盗難）　3/3

現象＼年	平成29年			平成30年			令和元年			令和2年			令和3年			令和4年			令和5年			令和6年			合計			最近6年間合計		
	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　発																														
火　災																														
噴出・漏えい																														
破裂・破損等																														
そ の 他	256	0	0	163	0	0	56	0	0	50	0	0	43	0	0	39	0	0	35	0	0	45	0	0	6072	0	0	268	0	0
合　計	256	0	0	163	0	0	56	0	0	50	0	0	43	0	0	39	0	0	35	0	0	45	0	0	6072	0	0	268	0	0

別表 11　現象別区分による分析

現象＼年		平成28年			平成29年			平成30年			令和元年			令和2年			令和3年			令和4年			令和5年			令和6年			最近6年間合計		
		件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　発		7	0	6	5	1	5	6	0	4	5	0	6	3	0	3	6	1	4	4	0	2	5	0	5	5	2	2	28	3	22
火　災		10	0	2	5	0	4	12	0	4	21	1	9	16	0	9	17	0	5	16	0	7	20	0	5	21	0	8	111	1	43
漏えい	漏えい①	264	0	2	297	0	4	383	0	13	382	0	15	381	1	19	373	0	4	424	0	1	376	0	1	392	0	8	2328	1	48
	漏えい②	475	0	18	312	0	10	385	0	11	142	0	7	161	0	8	161	2	9	165	0	10	175	0	12	152	0	14	956	2	60
	漏えい③	118	1	15	109	0	19	110	0	20	87	1	14	47	0	7	98	4	33	108	1	11	139	0	14	110	0	17	589	6	96
計		857	1	35	718	0	33	878	0	44	611	1	36	589	1	34	632	6	46	697	1	22	690	0	27	654	0	39	3873	9	204
破裂・破損		17	1	8	10	0	2	17	0	2	39	0	4	32	1	5	28	0	6	22	0	0	35	0	9	36	0	8	192	1	32
その他		380	2	0	263	0	2	179	0	12	77	0	7	69	1	2	56	1	0	60	1	2	65	3	16	74	1	5	401	7	32
合　計		1271	4	51	1001	1	46	1092	0	66	753	2	62	709	3	53	739	8	61	799	2	33	815	3	62	790	3	62	4605	21	333

〔注〕漏えい①とは、機器、配管等の本体（溶接部を含む。）からの噴出・漏えいをいう。
〔注〕漏えい②とは、締結部、開閉部又は可動シール部からの噴出・漏えいをいう。
〔注〕漏えい③とは、噴出・漏えい①又は噴出・漏えい②以外の噴出・漏えいをいう。

別表 11-1　現象別区分による分析（災害）

現象＼年		平成28年			平成29年			平成30年			令和元年			令和2年			令和3年			令和4年			令和5年			令和6年			最近6年間合計		
		件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者	件数	死者	負傷者
爆　発		7	0	6	5	1	5	6	0	4	5	0	6	3	0	3	6	1	4	4	0	2	5	0	5	5	2	2	28	3	22
火　災		10	0	2	5	0	4	12	0	4	21	1	9	16	0	9	17	0	5	16	0	7	20	0	5	21	0	8	111	1	43
漏えい	漏えい①	264	0	2	297	0	4	383	0	13	382	0	15	381	1	19	373	0	4	424	0	1	376	0	1	392	0	8	2328	1	48
	漏えい②	475	0	18	312	0	10	385	0	11	142	0	7	161	0	8	161	2	9	165	0	10	175	0	12	152	0	14	956	2	60
	漏えい③	118	1	15	109	0	19	110	0	20	87	1	14	47	0	7	98	4	33	108	1	11	139	0	14	110	0	17	589	6	96
計		857	1	35	718	0	33	878	0	44	611	1	36	589	1	34	632	6	46	697	1	22	690	0	27	654	0	39	3873	9	204
破裂・破損		17	1	8	10	0	2	17	0	2	39	0	4	32	1	5	28	0	6	22	0	0	35	0	9	36	0	8	192	1	32
その他		9	2	0	7	0	2	16	0	12	21	0	7	19	1	2	13	1	0	21	1	2	30	3	16	29	1	5	133	7	32
合　計		900	4	51	745	1	46	929	0	66	697	2	62	659	3	53	696	8	61	760	2	33	780	3	62	745	3	62	4337	21	333

〔注〕漏えい①とは、機器、配管等の本体（溶接部を含む。）からの噴出・漏えいをいう。
〔注〕漏えい②とは、締結部、開閉部又は可動シール部からの噴出・漏えいをいう。
〔注〕漏えい③とは、噴出・漏えい①又は噴出・漏えい②以外の噴出・漏えいをいう。

表 12　人的被害の推移

区分 年	人身事故件数	死　亡（名）	重　傷（名）	軽　傷（名）	死傷者合計（名）
令和6年	50	3	8	54	65
令和5年	43	3	14	48	65
令和4年	30	2	6	27	35
令和3年	36	8	12	49	69
令和2年	38	3	14	39	56
令和元年	44	2	13	49	64
平成30年	45	0	11	55	66
平成29年	37	1	9	37	47
平成28年	40	4	7	44	55
平成27年	50	2	12	56	70
平成26年	31	3	9	64	76
平成25年	36	2	10	34	46
平成24年	43	3	14	72	89
平成23年	33	1	10	59	70
平成22年	41	3	19	59	81
平成21年	36	5	14	90	109
平成20年	57	4	13	80	97
平成19年	53	5	15	65	85
平成18年	51	4	8	83	95
平成17年	42	3	6	51	60
合計	836	61	224	1115	1400
最近6年間合計	241	21	67	266	354

表 13　事故等級別事故発生件数

級 年	A級	B級	C級	合　計
令和6年	0	60	730	790
令和5年	0	36	779	815
令和4年	0	27	772	799
令和3年	0	25	714	739
令和2年	0	45	664	709
令和元年	0	24	729	753
平成30年	0	24	1068	1092
平成29年	0	19	982	1001
平成28年	0	22	1249	1271
平成27年	0	49	959	1008
平成26年	0	46	1001	1047
平成25年	0	43	966	1009
平成24年	1	63	996	1060
平成23年	3	76	1011	1090
平成22年	0	64	902	966
平成21年	2	57	798	857
平成20年	0	56	792	848
平成19年	0	15	721	736
平成18年	0	25	531	556
平成17年	0	11	495	506
合計	6	787	16859	17652
最近6年間合計	0	217	4388	4605

表 13-1　事故等級別事故発生件数（災害）

級／年	A級	B級	C級	合　計
令和6年	0	60	685	745
令和5年	0	36	744	780
令和4年	0	27	733	760
令和3年	0	25	671	696
令和2年	0	45	614	659
令和元年	0	24	673	697
平成30年	0	24	905	929
平成29年	0	19	726	745
平成28年	0	22	878	900
平成27年	0	49	657	706
平成26年	0	46	590	636
平成25年	0	43	520	563
平成24年	1	63	467	531
平成23年	3	76	418	497
平成22年	0	59	348	407
平成21年	2	56	271	329
平成20年	0	54	296	350
平成19年	0	13	275	288
平成18年	0	18	177	195
平成17年	0	4	163	167
合計	6	763	10811	11580
最近6年間合計	0	217	4120	4337

表 13-2　事故等級別事故発生件数（喪失・盗難）

級／年	A級	B級	C級	合　計
令和6年	0	0	45	45
令和5年	0	0	35	35
令和4年	0	0	39	39
令和3年	0	0	43	43
令和2年	0	0	50	50
令和元年	0	0	56	56
平成30年	0	0	163	163
平成29年	0	0	256	256
平成28年	0	0	371	371
平成27年	0	0	302	302
平成26年	0	0	411	411
平成25年	0	0	446	446
平成24年	0	0	529	529
平成23年	0	0	593	593
平成22年	0	5	554	559
平成21年	0	1	527	528
平成20年	0	2	496	498
平成19年	0	2	446	448
平成18年	0	7	354	361
平成17年	0	7	332	339
合計	0	24	6048	6072
最近6年間合計	0	0	268	268

別表 13　事故等級別事故発生件数

級／年	A級	B級		C級			合　計
		Ｂ１級	Ｂ２級	C級	Ｃ１級	Ｃ２級	
令和6年	0	3	57		152	578	790
令和5年	0	4	32		148	631	815
令和4年	0	2	25		138	634	799
令和3年	0	5	20		109	605	739
令和2年	0	3	42		96	568	709
令和元年	0	3	21		119	610	753

※1　Ｂ１級事故は、B級事故からＢ２級事故を除いたもの。Ｂ２級事故は、同一事業所において事故が発生した日から１年を経過しない間に発生したC級事故（平成２８年以降は、同一事業所においてA級事故、B級事故又はＣ１級事故が発生した日から１年を経過しない間に発生したＣ１級事故）。

※2　Ｃ１級事故は、C級事故のうち人的被害がある事故、爆発、火災、破裂・破損が発生した事故、毒性ガスが漏えいした事故、反応暴走に起因する事故、多量漏えいが発生した事故。Ｃ２級事故は、C級事故からＣ１級事故を除いたもの。C級事故＝Ｃ１級事故＋Ｃ２級事故

別表 13-1　事故等級別事故発生件数（災害）

級／年	A級	B級		C級			合　計
		Ｂ１級	Ｂ２級	C級	Ｃ１級	Ｃ２級	
令和6年	0	3	57		152	533	745
令和5年	0	4	32		148	596	780
令和4年	0	2	25		138	595	760
令和3年	0	5	20		109	562	696
令和2年	0	3	42		96	518	659
令和元年	0	3	21		119	554	697

※1　Ｂ１級事故は、B級事故からＢ２級事故を除いたもの。Ｂ２級事故は、同一事業所において事故が発生した日から１年を経過しない間に発生したC級事故（平成２８年以降は、同一事業所においてA級事故、B級事故又はＣ１級事故が発生した日から１年を経過しない間に発生したＣ１級事故）。

※2　Ｃ１級事故は、C級事故のうち人的被害がある事故、爆発、火災、破裂・破損が発生した事故、毒性ガスが漏えいした事故、反応暴走に起因する事故、多量漏えいが発生した事故。Ｃ２級事故は、C級事故からＣ１級事故を除いたもの。C級事故＝Ｃ１級事故＋Ｃ２級事故

令和６年に発生した高圧ガス事故一覧表

2024年に発生した高圧ガス保安法事故一覧表
製造事業所の災害事故

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
1	製造事業所(コ)一種	液化塩素製造設備からの塩素漏えい	2/15	神奈川県	0	0	1	1	塩素	B2	漏洩		一般化学	熱交換器	＜製造中＞(スタートアップ)	＜操作基準等の不備＞			保安検査に伴う機器開放点検後の気密試験を完了し、液化塩素蒸発器への液化塩素の受け入れ作業中に蒸発器周辺から塩素が漏えいした。 担当作業員1名が塩素を吸引し被災した。	20年以上(49年)
2	製造事業所(LP)一種	LPガスオートスタンド内のオートガス噴出事故	9/9	栃木県	0	0	1	1	ブタン	B2	漏洩		充填所	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			作業員がタクシー車両へのブタンガス充填を行う際、車両容器内の圧力が貯槽圧力より高くなっていたため均圧ホースがうまく挿せなかった。 そこで、容器内のガスを外に放出させることで容器内圧を下げようと、圧力計付きの継手を車両容器に挿したがが、バルブが半開状態であったため、継手からガスが噴出し、作業員の顔にガスがかかり負傷した。	15年以上20年未満
3	製造事業所(LP)一種	液化石油ガス噴出事故	12/23	栃木県	0	0	1	1	プロパン	B2	漏洩		その他(LPガス製造)	その他	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(充填ノズル位置不良)	＜誤操作、誤判断＞		回転式充填機を使用中、充填ノズルが容器に完全に接続がされない状態で充填が開始されたことによりガスが噴出した。 作業員が異常に気付き、機械を止めようと停止ボタンを押そうとした際に噴出したガスが顔に触れ凍傷を負った。	20年以上(31年)
4	製造事業所(冷凍)二種	冷凍設備からのアンモニア漏えい	1/9	岐阜県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(シャットダウン)	＜その他＞(経年劣化)			2024年1月9日05時30分頃、冷凍設備(第二種製造施設)のアンモニア漏えい重警報が発報した。 ユニット内で漏えいしたアンモニアは除害装置で中和されたため、外部への漏えいはなし。 同日09時30分頃、取引先により現地調査したところ、冷媒液面計取り出し部バルブグランドパッキンより漏えいしていたため、増し締めを実施した。 外部への影響はなし。	
5	製造事業所(コ)一種	常圧蒸留装置アンモニアガス漏えい事故	1/9	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		石油精製	バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			運転中の高圧ガス製造施設において、定常パトロール中に臭気を感じたため周辺を調査したところ、調節弁のグランド部からの微小漏えいを確認した。	20年以上(26年)
6	製造事業所(コ)一種	液化アンモニア製造施設液面計ドレン弁可動シール部からのアンモニア微量漏れ	1/10	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		石油精製	配管、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞	＜その他＞(経年使用によるグランドパッキン劣化)		定置式ガス検知器発報により現場を点検したところ、液面計スタンドパイプドレン弁グランド部からの微量漏えいを覚知した。 直ちに仕切弁グランド部を増し締めし、漏えいの停止を確認した。 ガス検知器0を確認した。	20年以上(53年)
7	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア漏えい事故	1/16	茨城県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			2024年1月16日(火)08時00分頃、高圧レシーバーバルブを開とする際にグランド部よりアンモニア液が漏えいしたことを確認した。 バルブとグランドパッキン部にあるアンモニアガスが凝縮し、開閉作業により溜っていたアンモニア液が漏えいしたと推測される。 グランドナットを増し締めし、ハンディ検知器で発報が無かったことから、アンモニアの漏えいが停止したことを確認した。	20年以上(31年)
8	製造事業所(コ)一種	脱圧槽グローブ弁からのアンモニア漏えい事故	2/5	富山県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜シール管理不良＞			2月5日10時40分、アンモニアプラントスタートアップ操作中にグローブ弁を開け始めたところ、アンモニア臭を確認した。 ガス検知器にてグランドパッキン付近からの漏えいを確認した。 直ちにグランド部を増し締めし、漏えいを停止した。 近傍のガス検知器の発報はなかった。 13時00分、原因をグランドパッキンの劣化と推定し、応急対策として5本あるグランドパッキンの内1本を取り外し、新しいグランドパッキン2本を追加、漏えいがないことを確認した。 県へ事故の発生について連絡した。	20年以上(64年)
9	製造事業所(冷凍)一種	低圧受液器(LR2)均圧配管からのアンモニア漏えい	2/24	三重県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		製造停止日に、アンモニアガス検知器が作動。 作動箇所周辺を硫黄を焚いて調査したところ、低圧受液器均圧配管にてアンモニアの漏えいを確認した。	20年以上(22年)
10	製造事業所(コ)一種	重質油脱硫分解装置緊急遮断弁上流チャッキ弁から出火	2/26	神奈川県	0	0	0	0	水素	B2	漏洩	火災	石油精製	配管、フランジ	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞		高温	2月26日(月)09時35分、加熱炉出口緊急遮断弁上流チャッキ弁付近で水素漏えいによる小火災を覚知したため、直ちにスチームにより消火を実施	20年以上
11	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア漏えい事故(5号機)	3/4	茨城県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(シャットダウン)	＜シール管理不良＞			2024年3月4日(月)23時10分頃、作業者がスクリュー冷凍機を停止後、過冷却器入口の給液バルブを閉操作中に、バルブからアンモニアが微量漏えいした。 スクリュー冷凍機の上部に設置された漏えい検知装置が一時的に24ppmを超え警報が発報し、漏えいを覚知した。 応急措置として、冷媒配管ラインのガス回収を実施し、漏えいの停止を確認した。	20年以上(31年)
12	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア漏えい事故(1号機)	3/12	茨城県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			2024年3月4日(月)20時50分頃、勤務者が蒸発式凝縮器1号機のガス検知器指示計の表示が、6ppmを指していることに気づいた。 ハンディ検知器を用いて、蒸発式凝縮器設置のガス検知器周辺のバルブを調査した。 当該機器の均圧管バルブグランド部から、アンモニア漏えいを特定し、グランドナット増し締めを行い、漏えいが停止したことを確認した。	20年以上(31年)
13	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍設備からのアンモニア漏えい事故	4/24	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年4月24日、生産稼働中にガス漏えい警報が発報(ユニット内備付検知器)し、ブライン系統でアンモニア漏えい警報(200ppm)発報しユニットが停止した。 自社社員で確認を行うが漏えい箇所の特定ができず、運転不可停止措置を行い装置メーカーへ点検を依頼した。 4月25日、メーカーによる点検の結果、オイルクーラー系統のフランジ部からの漏えいと判断したが、4月30日に再発。	5年以上7年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
14	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍設備からのアンモニア漏えい事故	4/29	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年4月29日、生産稼働中にアンモニアガス漏えい警報設備が漏えい警報(200ppm)発報し停止した。 係員にて確認を行うが漏えい箇所の特定ができず、運転不可停止措置を行い装置メーカーへ点検を依頼した。 メーカーによる点検の結果、オイルクーラー系統のフランジ部からの微量の漏えいを発見した。	5年以上7年未満
15	製造事業所(コ)一種	液化アンモニア製造施設アンモニア配管漏えい	5/2	和歌山県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		製鉄所	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			液化アンモニア製造設備に設置の定置式アンモニア計が、25ppm以上で発報した。 現場確認にて、還流ポンプ出口圧力計接続のユニオン部からの漏えいと判明し、直ちに予備系統に切り替えを行うことで漏えい停止措置を実施した。	20年以上(52年)
16	製造事業所(冷凍)一種	低圧受液器均圧配管からのアンモニア漏えい	5/7	三重県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜施工管理不良＞			製造停止日に、アンモニアガス検知器の数値が19.5ppmまで上昇したので周囲を点検したところ、フリーザー用液溜器下部にて少量のアンモニア漏えいを確認した。 保温材を剥がして確認したところ、タンク下のブローバルブ取付配管の溶接からアンモニアの漏えいを確認した。	20年以上(45年)
17	製造事業所(冷凍)一種	フリーザー圧力計配管からのアンモニア漏えい	5/22	三重県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜施工管理不良＞			製造停止日に、作業者よりアンモニア臭がすると連絡があったので周囲を点検していたところ、フリーザーの圧力計の配管から微量のアンモニア漏えいを確認した。	10年以上15年未満
18	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍設備からのアンモニア漏えい事故	5/23	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年5月23日、生産稼働中にガス漏えい警報(ユニット内備付検知器)がアンモニア漏えい警報(200ppm)を発報し、ユニットが停止した。 自社社員により確認を行うが漏えい箇所の特定ができず、運転不可・停止措置を行い装置メーカーへ点検依頼した。 5月31日、メーカー点検の結果、閉止フランジからの漏えいを発見した。	5年以上7年未満
19	製造事業所(一般)一種	液化塩素タンク出口元弁からの塩素ガス漏えい	5/28	兵庫県	0	0	0	0	塩素	B2	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞	＜シール管理不良＞		液化塩素タンク上部の出口元バルブ2次側からの微量漏れでガス検知器(0.5ppm)が作動し、塩素漏れを確認。 増し締めしたが止まらず、元バルブを閉止。 漏れ箇所に排気ダクトを設置し、除害装置へガスを誘導した。 人的、物的被害なし、外部への漏えいなし。	20年以上(23年)
20	製造事業所(冷凍)二種	冷凍設備アンモニアガス漏えい事故	5/29	静岡県	0	0	0	0	その他(アンモニア、R23)	B2	漏洩		食品	冷凍設備、バルブ	＜停止中＞(工事中)	＜シール管理不良＞			2024年5月29日09時30分頃、緊急遮断弁取替作業中にアンモニア臭を感じたため、付近のガス漏れ点検を実施し、緊急遮断弁出口バルブボンネットからの漏えいを確認した。 復旧不可能のため、冷媒回収後、冷凍設備を停止し、消防に事故報告した。 同日、消防の現地調査実施後、部品(ガスケット)交換を実施、漏えいの無いことを確認、冷凍設備を復旧した。 人的・物的被害無し。	15年以上20年未満
21	製造事業所(コ)一種	エチレン製造装置火災	6/11	神奈川県	0	0	0	0	ナフサ	B2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(温度変動での熱応力)	＜腐食管理不良＞		エチレン製造装置は、2024年5月31日に定期修理が終了し、スタートアップを開始した。 6月11日09時12分、フィードイン作業開始 13時12分、フィードイン作業終了 17時38分、協力会社社員が輻射部入口圧力計上流部より火災を発見した 17時41分、装置緊急停止、系内をスチームパージ開始 17時49分、119番通報 17時50分、鎮火確認	20年以上(50年)
22	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍設備からのアンモニア漏えい事故	6/12	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年6月12日、生産稼働中にガス漏えい警報(ユニット内備付検知器)が発報し、ブライン冷凍機でアンモニア漏えい警報(200ppm)が発報しユニットが停止した。 係員が確認を行うが、漏えい箇所の特定ができず、運転停止措置を行い装置メーカーに点検を依頼した。 6月18日、メーカー点検の結果、高圧側安全弁止めバルブ、ディスクケースより漏えいを発見した。 6月20日、試運転時に油戻しの締め込み継手より漏えいを発見した。	5年以上7年未満
23	製造事業所(コ)一種	芳香族製造施設液面コントロール弁からの高圧ガス漏えい事故	6/17	大分県	0	0	0	0	その他(水素、ハイドロカーボン(ベンゼン55%))	B2	漏洩		石油化学	その他(液面計)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞			現場パトロール中に、水添油分離槽周辺で微量の臭気を覚知した。 ガス検知器で漏えい箇所の特定を開始したところ、油分離槽の現場型液面計本体の北側、南側の2箇所から滲み程度の漏れを発見した	1年以上3年未満
24	製造事業所(コ)一種	エチレン製造装置火災	6/18	神奈川県	0	0	0	0	ナフサ	B2	漏洩	火災	石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(温度変動での熱応力)	＜腐食管理不良＞	自然発火	エチレン製造装置は、2024年5月31日に定期修理が終了し、スタートアップを開始した。 6月18日22時30分、現場巡回時に火災覚知 22時47分、119番通報 23時05分、原料ナフサ遮断による消火確認 23時51分、消防により鎮火確認 02時30分、スチームパージ完了	20年以上(50年)
25	製造事業所(コ)一種	芳香族製造施設液面コントロール弁からの高圧ガス漏えい事故	6/28	大分県	0	0	0	0	その他(水素、ハイドロカーボン(ベンゼン55%))	B2	漏洩		石油化学	バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞			現場パトロール中に液面コントロール弁グランド部で、滲みを確認した。 ガス検知器で、グランド部からのハイドロカーボンの漏えいを特定した。	20年以上(46年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
26	製造事業所(冷凍)一種	フリーザーフローロ弁からのアンモニア漏えい	6/30	三重県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、蒸発器	＜停止中＞	＜点検不良＞	＜シール管理不良＞		製造停止日に、アンモニア漏れ検知器が作動したため確認したところ、フリーザーのフロート弁のニードルケース周辺より少量のアンモニア漏えいを確認した。	20年以上(22年)
27	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍設備からのアンモニア漏えい事故	6/30	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年6月30日、生産稼働停止後の設備洗浄中にガス漏えい警報器(フリーザー上部検知器)がアンモニア濃度警報(200ppm)を発報した。 社員で確認を行い、漏えい箇所を特定した。 シリンダー押さえ板ナットの増し締めを行い、漏えい停止した。 7月1日、生産にて該当設備の運転を開始した。	5年以上7年未満
28	製造事業所(冷凍)一種	アンモニアガス漏えい事故	7/10	静岡県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年7月10日09時48分頃、事業所従業員がガス臭気及びガス漏れ警報器の発報を確認。 発報箇所付近を調査するも漏えい箇所を発見できなかったため、冷媒ガスの回収を開始した。 メンテナンス業者に連絡し、設備を停止して非難した。 7月11日13時30分頃、再度の調査で漏えい箇所を特定した。 漏えい量は微量、人的・物的被害無し。	20年以上(61年)
29	製造事業所(コ)一種	液化メチルアミン製造施設ベーパー配管漏えい	7/14	新潟県	0	0	0	0	その他(トリメチルアミン)	B2	漏洩		一般化学	配管	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞	＜その他＞(保温材の管理不足)		2024年7月14日17時20分頃、メチルアミン装置の起動操作を行っていたところ、トリメチルアミン塔フラットフォームに設置されたガス検知器が発報した。 現場を確認すると、トリメチルアミン塔ベーパー配管保温内から臭気を確認した。 臭気源確認のため起動操作を中断し、装置の安全化を行った。 7月15日、配管の保温を解体したところ、著しい外部腐食が認めれた。 気密試験を実施し、漏えい部位を確認した。	7年以上10年未満
30	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍設備(ブライン系統)からのアンモニア漏えい事故	7/14	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年7月14日、生産稼働中にガス漏えい警報(ユニット内備付検知器)が発報し、ブライン系統冷凍機でアンモニア漏えい警報警報(200ppm)が発報し、ユニットが停止した。 自社係員で確認を行うが、漏えい箇所の特定ができず、運転不可措置を行い、装置メーカーに点検を依頼した。 7月15日、メーカー点検の結果、高圧吐出し止め弁のキャップ内にガスが溜まっていることを確認した。	5年以上7年未満
31	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍設備(フリーザー系統)からのアンモニア漏えい事故	7/18	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞	＜締結管理不良＞			2024年7月18日、フリーザー(蒸発器)において給液調整(ニードルバルブ)の摩耗により給液の量が多く、応急処置として給液バルブを操作し供給を止め対応。 冷媒液が適量となり、給液バルブを操作し給液しようとした所アンモニア臭がした為給液バルブを閉め生産を停止した。 自社係員にて確認を行い漏えい箇所を特定した。 バルブボンネット部の増し締めを行った結果、漏えいは停止した。	5年以上7年未満
32	製造事業所(一般)一種	三弗化窒素製造施設三弗化窒素漏えい	7/20	山口県	0	0	0	0	その他(三弗化窒素)	B2	漏洩		一般化学	その他(仕切栓)	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞	＜シール管理不良＞		三弗化窒素製造施設の充填場において、サンプリングをするため作業員がフレキシブルホース先端の仕切栓を緩めたところ、フレキシブルホース内の三弗化窒素が漏えいし、ガス検知器が発報した。 直ちに作業員が仕切栓を増し締めしたため、漏えいは停止した。	20年以上
33	製造事業所(コ)一種	液化アンモニア製造施設レベル計チェッカーノブからのアンモニア微量漏えい	7/25	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		石油精製	その他(液面計)	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			現場巡回中、液面確認のため当該レベル計チェッカーノブを操作した際、グランドからの微量漏えいを覚知した。	20年以上(54年)
34	製造事業所(コ)一種	高純度アンモニア製造設備高騰カット塔リボイラー漏えい	7/28	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		一般化学	熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			設備運転パトロール中に、リボイラーのスチームドレンからアンモニア臭を覚知した。 パックテスト及びPh試験により漏えいを確認した。 リボイラー内部でアンモニアが、蒸気側へ漏えいした恐れがあると判断しプラントを停止した。 プラント停止後は臭気無しを確認した。	20年以上(41年)
35	製造事業所(一般)一種	液化アンモニアの安全弁損傷によるアンモニア放出	8/5	兵庫県	0	0	0	0	アンモニア	B2	その他(パージ配管からの放出、安全弁損傷)		機械	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(配管設計における検討不足)			液化アンモニアを燃料としてガスタービンに供給する試験設備において、起動前の準備の際に安全弁が損傷した。 本管圧が動作圧以下にもかかわらず、安全弁を通過して、アンモニア液が除害設備に放出された。 その結果、除害設備で吸収しきれなかった一部アンモニアガスが大気中に放出された。	1年未満
36	製造事業所(コ)一種	ハイライト製造施設からの液化塩素漏えい事故	8/21	富山県	0	0	0	0	塩素	B2	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜荷役中＞	＜誤操作、誤判断＞			2024年8月7日07時40分、液化塩素ローリーから当該事業所貯槽に荷下ろしを開始した。 08時30分頃、流量が所定量にならないため確認をしたところ、ローリーのバイパスバルブが開となっていることを発見した。 ローリーの運転手がこのバルブを急開止したため、流量が所定量より上昇した。 これを受け事業所の運転員が揚塩の動力源であるエアーのブローバルブを開けて調整しようとしたが、開度が大きかったため、エアーの圧力がローリーの内圧を下回り、液化塩素がエアーのラインを逆流した。 ブローラインは10Aと25Aの2系統があり、通常の流量調整には10Aのラインを使用するが、反応が遅いとの判断から、25Aのラインを操作した。 エアーのラインの操作にあたり、圧力を確認しなかった。 逆流した液化塩素が開となっている25Aのブローバルブから漏えいし、貯槽室内に設置していたガス検知器が発報した。 応急対策として当該ブローバルブを閉止し、漏えいを停止した。 10時50分頃、県に事故の発生を報告した。	20年以上(55年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
37	製造事業所(コ)一種	液化酸素特定消費設備ゴムホースの火災	9/11	三重県	0	0	0	0	酸素	B2	火災		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜設計不良＞		その他(高温物体)	塩素法酸化チタン工場の酸化工程では四塩化チタンと酸素を反応させ、粗酸化チタンを生産しているが、酸化反応器では閉塞防止のため、ジルコンビーズによるブラストを行っている。 ジルコンビーズの供給量が低下したため、流動用酸素量をバルブ調整した際、圧力バランスが変動して酸化反応器側の高温ガスが逆流しスコアチューブの一次側ゴムホースが高温下に曝され火災が発生した。	20年以上(50年)
38	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア漏えい事故	9/17	岐阜県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞	＜シール管理不良＞		冷凍設備稼働中に1階冷凍機械室のアンモニア冷媒漏えい検知器が作動、アンモニア除害装置が運転し、同時に冷凍設備が停止した。 アンモニアの除害を確認後、室内へ入り冷媒漏れ点検を開始。 冷凍機吐出バルブのグランド部より微量の漏れを確認し、グランドの増し締め及びパッキンの交換を実施した。 人的被害、事業所敷地外への漏えいなし。	15年以上20年未満
39	製造事業所(コ)一種	接触改質装置水素ガス火災事故	9/27	千葉県	0	0	0	0	水素	B2	漏洩	火災	石油精製	配管、フランジ	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞	＜施工管理不良＞	不明	運転中の高圧ガス製造施設において、運転作業員が反応塔から加熱炉へ行くプロセス配管上のフランジ付近に炎を目視確認した。 直ちに計器室への連絡を行い、当該装置の緊急停止を開始した。 当該配管系内の脱圧が完了し、鎮火を確認した。	20年以上(52年)
40	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍設備からのアンモニア漏えい事故	9/29	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			2024年9月29日、生産稼働中にガス漏えい警報が発報(ユニット内備付検知器)し、ブライン系統でアンモエア漏えい警報(200ppm)が発報しユニットが停止した。 係員が漏えい点検を行い、携帯型機械式検知器において漏えい箇所3か所を発見した。 当該漏えい箇所(フランジ部)の増し締めを実施し漏えい停止を確認した。	5年以上7年未満
41	製造事業所(コ)一種	液化アンモエア製造施設レベノレ計チェッカーノブからのアンモニア微量漏えい	10/11	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		石油精製	その他(液面計)	＜製造中＞	＜シール管理不良＞	＜設計不良＞		ガス検知器発報で現場を確認した際、レベル計チェッカーノブグランドからの微量漏えいを覚知した。	20年以上(55年)
42	製造事業所(冷凍)一種	アンモエア冷凍設備からのアンモニア漏えい事故	10/12	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年10月12日03時53分、急速冷凍系統でアンモニアガス漏えい警報が発報(ユニット内備付検知器、50ppm)発報した。 係員は該当機を停止させ、漏えい点検実施した。 携帯型機械式検知器において超微量ではあったが漏洩箇所4か所を発見した。 当該漏洩箇所(グランドパッキン部)を増締め実施、その後、漏洩反応無し。 県へ連絡した。 18時41分、停止中であったが再びアンモニア漏洩警報(50ppm)が発報した。 係員による再点検を実値したが、漏えい箇所を特定することは出来なかった。 停止中での漏洩であることを踏まえ、10月13日にレシーバー周辺の止弁と配管接続の土台(ボンネット)ボルト4点を増締めした。 レシーバー出入口となる合計12か所のボンネットボルトを締めた。 上記作業が終了した4時間後に臭気の確認を実施し、問題が無し。 13日09時、アンモニア漏洩発報有無の確認ならびに当該冷凍機の臭気確認を行い、若干の臭気を感じたことから再び漏えい点検を実施した。 レシーバーとその他とでバルブ操作により縁を切り、10月15日ならびに16日点検を実施。 16日、オイル供給ラインのエコのマイザを制御する液冷媒側電磁弁の根元からの漏洩を確認し、メーカーに修理要請した。 18日、当該電磁弁Oリングを交換し、漏えい点検において異状なし。 23日、運転再開。 11月26日までアンモニア漏えい無し。	5年以上7年未満
43	製造事業所(一般)二種	高圧ガス設備の毒性ガス漏えい	10/16	新潟県	0	0	0	0	その他(モノメチルアミン)	B2	漏洩		一般化学	バルブ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜誤操作、誤判断＞	＜操作基準等の不備＞		製造施設内にある二軸押出機に取り付けてある液添ノズル(高圧ガス設備の一部)の圧力調整作業中、作業場所周辺でモノメチルアミン臭がすることを確認。 圧力調整ネジの操作範囲を超えてネジを緩め、締まらない状態となったためと想定される。 液添ノズル上流のバルブを閉止することで漏れを抑止でき、臭気も収まったため、その後運転停止操作を実施。	1年未満
44	製造事業所(コ)一種	ガス設備の毒性ガス漏えい	10/17	新潟県	0	0	0	0	その他(水素、一酸化炭素)	B2	漏洩		一般化学	バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			製造施設内にあるオキソガス製造設備の周辺に設置してあるガス検知器1台がガス濃度の上昇を検知し、警報が発報した。 一酸化炭素として26ppmを確認した。 作業員2名がポータブル式ガス検知器を用いて現場施設周囲を測定U定点検し運転中であったガス設備ガードベットミスト抜きラインバルブのグランド部から微小漏れが発生していることを発見した。 グランド部の増し締めを行うことによって漏れは停止した。	10年以上15年未満
45	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍機からのアンモニア漏えい	11/5	三重県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(スタートアップ)	＜誤操作、誤判断＞	＜操作基準等の不備＞		アンモニア冷凍機のオイルレベルが補給基準を下回っていたため、立ち上げ運転中に専用のオイル補充ポンプを使って圧縮機の吸入配管に専用のチャージホースを繋ぎ、油補給作業をしていた。 アンモニア冷凍機周辺でアンモニア臭を感じたため、作業を中止し、冷凍機を停止させ原因調査した。	20年以上(41年)
46	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機冷媒ガス漏えい事故	11/18	三重県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞	＜シール管理不良＞			2024年11月18日05時24分、冷凍機運転時にアンモニア漏洩重警報発報。 06時29分、係員が警報内容を確認し、応援を要請。除害装置(スクラバー)の作動を確認。 07時00分、応援者が到着。被害状況を確認及び立入規制を実施し、アンモニア漏洩箇所の特定作業を開始。冷凍機設置業者に連絡。 08時30分、圧縮機メカニカルシール部からアンモニアが漏洩する音を確認し、圧縮機と連結した吸入側配管と吐出側配管のバルブを閉止。 17時30分、メカニカルシール、カバーパッキンを交換し、漏洩がないことを確認。	5年以上7年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
47	製造事業所(コ)一種	液化メチルアミン製造施設反応器出口ガスバイパス弁下流配管からのメチルアミン反応ガス漏えい	11/18	新潟県	0	0	0	0	その他(アンモニア、トリメチルアミン、モノメチルアミン、ジメチルアミン、メタノール、水)	B2	漏洩		一般化学	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜設計不良＞			2024年11月8日23時55分頃、液化メチルアミン製造施設のパトロール中に臭気を確認した。 周囲を点検したところ反応器出口バイパス弁下流配管の保温板金隙間でポータブルガス検知器が反応したため、119番通報及び防火防災隊の発動を要請し、装置は直ちに緊急停止を行った。 安全化後、リークテストを実施し、反応器下流配管レジューサー部本体(溶接線ではない箇所)より漏れが発生していることを確認した。	7年以上10年未満
48	製造事業所(冷凍)一種	アンモニアガス漏えい事故	11/19	静岡県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年11月19日(火)08時00分頃、事業所の従業員がガス臭を感じたため、漏えい箇所の調査を開始した。 12時00分頃、冷却シリンダのガスバルブグランド付近からの微量な漏れと判断、増し締めし稼働した。 ガス検知器の数値が低下傾向であったため、稼働を継続していた。 11月20日(水)05時20分頃、ガス臭及びガス漏れ警報器の発報を確認したため、設備を停止し. 再度調査を開始した。 15時00分頃、配管部分から漏えいしているのを発見、消防に口頭で事故報告した。 ガスの漏えい量は微量である。	20年以上(45年)
49	製造事業所(冷凍)一種	アイスブラントブライン冷凍機からのアンモニアガス微小漏えい事故	11/21	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			2024年11月21日11時頃、ブライン冷凍機を清掃の為、ケーシングを開けたところ僅かなアンモニア臭がした。 漏えい検知警報設備のレベルを確認したところ無反応であった。 11月22日、メーカーによる点検・冷媒回収を実施したところ、原因は圧縮機メカニカルシール部と推定。 11月23日、メカニカルシールの取替えを行い、運転を再開した。	3年以上5年未満
50	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍機からのアンモニア漏えい	11/27	三重県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、熱交換器	＜停止中＞(休止中)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		アンモニア冷凍機のインタークーラー蓋表面部(錆除去部)の硫黄反応確認を行ったところ、微量のアンモニア漏れ反応を確認した。	20年以上(45年)
51	製造事業所(一般)一種	ローリー荷役作業中のアンモニアガス噴出・漏えい事故	11/27	徳島県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		一般化学	配管、フランジ	＜荷役中＞	＜誤操作、誤判断＞			事故当時、アンモニア製造設備(高圧ガス設備)への荷役作業中であった。 11月27日08時30分頃から、荷役作業前の真空引き作業を実施。 規定時間になっても真空に到達しなかったため、締結部(フランジ式継手)からの大気流入が原因と判断し、フランジ式継手の締め直しをしようとボルトを緩めたところ、アンモニアガスが漏えいした。 残留ガスは少量であったため、漏えいは直ぐに収まった。 アンモニアガスの最大漏えい量は、真空引き配管の容積より0.001㎥。 10時頃、県に通報した。	15年以上20年未満
52	製造事業所(コ)一種	アンモニア製造施設からのアンモニアガス漏えい事故	11/28	富山県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		一般化学	配管	＜製造中＞	＜腐食管理不良＞			2024年11月28日11時00分、操業員が現場近くを巡回していたところ、アンモニア臭を確認。 周囲を確認したところ、低圧吸収塔行アンモニアガス配管のサポート部より漏洩していることを発見した。 11時25分、当該ラインの縁切りを行い、脱圧、窒素ガスによる置換を実施した。 13時20分、県に事故の発生を報告した。	20年以上(55年)
53	製造事業所(コ)一種	アンモニア貯槽付属液面計のアングル弁グランド部からの毒性ガス漏えい	11/29	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		石油精製	バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			パトロール時に作業員が臭気を感じたため確認すると、装置アンモニア貯槽付属液面計(高圧側)のアングル弁グランド部から、アンモニアの微細泡漏えいを発見した。 直ちに脱圧・グランド部の増し締めを実施し、漏えい停止。 人的および物的被害なし。	20年以上(45年)
54	製造事業所(コ)一種	アンモニアコンプレッサーのクランク室のベントからの毒性ガス漏えい	11/29	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		石油精製	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			装置内のアンモニア貯槽に受入後、アンモニアコンプレッサー付近で臭気を感じたため、確認すると、コンプレッサーのクランク室のベントから、大気へのアンモニア微量漏洩を発見した。 直ちに縁切り、脱圧を実施し、漏洩停止した。 人的および物的被害なし。	20年以上(45年)
55	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア漏えい事故	12/15	茨城県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		食品	冷凍設備、バルブ	＜製造中＞	＜シール管理不良＞			2024年12月15日(日)04時57分頃、アンモニア施設のガス検知器が発報した。 ブラインクーラーの検知器において、2～4ppmの微量な漏えい値を示していたため、アンモニアが漏えいしていることを覚知した。 硫黄棒およびハンディ検知器にて周辺施設の漏えい状況を調査したところ、凝縮器後のレシーバー戻りバルブグランド部からのアンモニア漏えいを特定し、グランドナット増し締めを行い、漏えいが停止したことを確認した。	20年以上(32年)
56	製造事業所(コ)一種	常圧蒸留装置アンモニアガス漏えい事故	12/19	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	B2	漏洩		石油精製	その他(液面計)	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞			2024年12月19日02時27分、アンモニアホルダー付近のガス検知器が吹鳴したため現場確認を行ったところ、アンモニアホルダーのレベル計上下部の三方弁のグランド部からの漏えいを覚知した。 レベル計元弁の閉止を行い現在漏えいは停止した。	20年以上(56年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
57	製造事業所(コ)一種	アイソマックス廃水処理装置硫化水素ガス漏えい事故	12/21	千葉県	0	0	0	0	その他(硫化水素)	B2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			現場運転員が現場点検中に、アイソマックス廃水処理装置のディスプレースメント式液面計の保温板金からの液垂れと硫化水素臭を確認した。 保温板金を解体したところ、ディスプレースメント式液面計本体のドレン弁上流配管より内面腐食によるピンホールを確認した。 スタンドパイプ及びディスプレースメント式液面計の取出し弁を閉止、圧抜きを実施した。	20年以上(50年)
58	製造事業所(コ)一種	スチレンモノマー製造施設触媒充填作業中の火災事故	3/27	大分県	0	1	1	2	その他(ポリエチルベンゼン)	C1	火災		石油化学	反応器	＜停止中＞	＜その他＞		静電気	スチレンモノマー製造施設(アルキル化反応工程、トランスアルキル化反応器)はシャットダウンメンテナンス中であった 2024年3月26日、当該設備(反応器)への触媒充填作業開始 3月27日08時30分～、作業前ミーティング、内部酸素濃度測定、作業段取り 09時40分～、作業者2名が当該設備に入り、作業を開始 ゼオライト触媒3,500kg充填後、片付け、休憩、作業開始前の酸素濃度測定 13時15分、作業者2名が当該反応器に入り作業を継続 14時45分頃、充填に伴い充填高さが上がってきたため、サニーホースを介して投入から、樹脂製ジャバラホースから直接投入する操作に切り替えた これにより充填速度が上昇し、静電気が発生し易い状況になった可能性がある 15時10分頃、突然音とともに足元から2～3秒発火し、反応器内部で作業していた2名が被災	20年以上(33年)
59	製造事業所(一般)	LPガス噴出事故	7/8	徳島県	0	1	0	1	液化石油ガス	C1	漏洩		充填所	容器、バルブ	＜製造中＞	＜誤操作、誤判断＞			2024年7月8日11時43分頃、事務所内でガス漏れ警報が作動したため、充填所の作業者に連絡するも応答がなく、事務所より他の従業員が確認に向かった。 現場では、LPガス充填ボンベ(50k容器)が転倒しガスが噴射していた。 作業者がガスバルブを止めようとしていたが、勢いが強くボンベキャップを取り外しできずにいた。 現場に向かった他の従業員がボンベキャップを取り、バルブを閉めガス止めは完了した。 作業者は、ガス止め作業中に噴出したLPガスを体に浴び右腕と顔が赤みを帯びており、その後、病院を受診し、凍傷により即日入院となった。	20年以上(22年)
60	製造事業所(冷凍)二種	アンモニア漏えい事故	1/12	静岡県	0	0	5	5	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			1月12日(金)07時45分頃従業員が入室したところ、アンモニア臭がして喉の痛み、目の痛みを訴えて1名が救急搬送され、一晩入院した。 2名が自主通院により治療を受け、2名は自主手当により当日午後職場に復帰した。 ガス漏れ警報器とハザードランプは反応していなかった。	10年以上15年未満
61	製造事業所(一般)二種	空気呼吸器(空気ボンベ)の噴出事故	9/11	福岡県	0	0	2	2	空気	C1	漏洩		その他(航空自衛隊)	圧縮機	＜その他＞(空気ボンベ取付け中)	＜操作基準等の不備＞	＜誤操作、誤判断＞		2024年9月11日16時05分頃、野外訓練施設にて学生教育中、当事者(学生)は、同僚学生の空気呼吸器のボンベ交換作業のため、そく止弁を少し開け、ねじ部のゴミを取る作業を開始した。 そく止弁を少し開けた瞬間にボンベから大量の空気が噴出し、ボンベが飛翔した。 その際、ボンベが当事者の左頬に接触した。 実習場天井に衝突した後、関係者(学生)の背中に接触し落下した。	10年以上15年未満
62	製造事業所(コ)一種	アンモニア低温貯蔵タンク附属配管からのアンモニア漏えい事故	10/25	岡山県	0	0	2	2	アンモニア	C1	漏洩		石油化学	その他(ノンコード配管継手部)	＜製造中＞	＜その他＞(調査中)			アンモニア低温貯蔵タンク開放検査後、液張り込み用のクールダウン配管のベントノズルに接続していた注水配管(テフロン製ホース:ノンコード)が突然外れ、液化アンモニアが噴出した。 当該配管の縁切りを行い漏洩は停止。 近くで作業していた協力会社社員4名がガスを吸引し、内2名が救急車で搬送・経過観察含め3日間の検査入院、他2名は容体確認を行った結果、病院搬送なし。	20年以上(53年)
63	製造事業所(LP)一種	LPガス充填所でのLPガス噴出事故	1/16	栃木県	0	0	1	1	プロパン	C1	漏洩		その他(ガス製造販売)	その他(充てん機)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(充填機ノズル調整不良)	＜誤操作、誤判断＞		回転式充填機でプロパンガスの充填作業を行っていたところ、容器バルブと充填機ノズルの接続部分からプロパンガスが噴出した。 充填作業者が充填作業停止ボタンを押すために設備に近づいたところ、噴出したガスが左頬にかかり負傷した。	15年以上20年未満
64	製造事業所(冷凍)	高圧ガス(R-22)漏えい事故	1/18	大阪府	0	0	1	1	フルオロカーボン22	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(工事中)	＜点検不良＞	＜誤操作、誤判断＞		クーリングコイル交換のため、メイン冷媒配管吐出三方弁バルブ操作にてポンプダウン後、対象機器系統のみ吐出配管・吸入管三方弁バルブ操作を行い閉栓。 クーリングコイルの配管を切り離し、メイン吐出バルブを開放した約10分後、作業中のサクション側配管より冷媒ガスが噴出した。	
65	製造事業所(一般)一種	アンモニアボンベ受入れ前準備作業で左目被液	2/27	神奈川県	0	0	1	1	その他(アンモニア、分解ガス(C5+ガス))	C1	漏洩		石油化学	容器本体	＜停止中＞	＜操作基準等の不備＞			2024年2月27日(火)22時11分頃、アンモニアボンベ受入れ前準備作業開始 ボンベコック弁閉止 マニホールド弁閉止⇒液ヘッダー元弁閉止 袋ナット緩め⇒脱圧完了後マニホールド弁取外し⇒袋ナット上向きでマニホールド弁を床に仮置き…この時点で異常なし 22時18分頃、キャップを取り付けようと持ち上げたところ、アンモニアが噴出し日足目に被液 現場洗眼器で洗浄するも、視力低下までは至らないが赤く充血、緊急搬送	1年未満
66	製造事業所(一般)一種	塩素ガス漏えい事故	4/3	埼玉県	0	0	1	1	塩素	C1	漏洩		その他(高圧ガス製造)	配管、フランジ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜誤操作、誤判断＞			塩素充填設備に設けられている吸収筒内の水分吸収剤(ゼオライト)交換を行った後、漏えい確認中、フランジ継手が片締めだったため、塩素ガスが漏えいした。 被災者は、漏えいした塩素ガスを吸収するため、除害用ホースを漏えい箇所にあて、ガスの回収作業を行ったが、作業していた場所が塩素雰囲気であったため、塩素ガスを吸入した	5年以上7年未満
67	製造事業所(LP)一種	容器バルブ誤開放によるLPガス噴出事故	4/24	栃木県	0	0	1	1	プロパン	C1	漏洩		充填所	容器、バルブ	＜製造中＞	＜誤操作、誤判断＞			過充填容器のガスを貯槽に回収するため、充填ノズルを容器に接続し回収作業を行った際、作業終了後にバルブを閉止したつもりが開放した状態で充填ノズルを取り外したため、容器からガスが噴出した。 噴出してから3秒程度でバルブを閉止したが、ガスが左手の手袋布部にかかり負傷した。	20年以上(31年)
68	製造事業所(一般)一種	一酸化窒素精製実験装置破裂事故	5/21	東京都	0	0	1	1	その他(一酸化窒素)	C1	破裂破損等	漏洩	その他(工業ガス工場)	その他(回収トラップ)	＜製造中＞	＜誤操作、誤判断＞	＜設計不良＞		2024年5月21日18時33分頃、当該事業所実験室内の一酸化窒素精製実験装置において、作業終了後の系内残留ガス回収作業中に、液封と思われる現象が発生した。 系内の回収トラップを含む配管内が異常圧力になり、回収トラップが破裂し一酸化窒素が漏えい、作業者1名が破裂飛散物にて負傷、建物の窓ガラス、天井なども破損した。	15年以上20年未満
69	製造事業所(一般)一種	空気液化分離装置の出荷設備における液化窒素漏えい事故	6/29	神奈川県	0	0	1	1	窒素	C1	漏洩		一般化学	タンクローリ、バルブ	＜荷役中＞	＜誤操作、誤判断＞	＜情報伝達の不備＞		空気分離装置で製造した液化窒素を移動式製造設備(ローリー)へ荷役作業後、移動式製造設備の充填弁を閉止せずに充填ホースを外したため、液化窒素7,940kgが漏えいし、作業員1名が負傷した。	15年以上20年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
70	製造事業所(コ)一種	ローリー充填後のローリーからの液化窒素漏えい	7/18	兵庫県	0	0	1	1	窒素	C1	漏洩		一般化学	タンクローリ、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			液体窒素ローリー充填完了後、ローリー側の仕切弁を閉め忘れた状態で充填ホースを外したため、液体窒素が漏えい。 直ちに仕切弁を閉めようとしたが閉まらず、体勢を変えて閉めた際に液化窒素を被液し、低温火傷を負った。	20年以上
71	製造事業所(一般)	バルブ操作用油圧設備アキュムレータ内部部品(ブラダ)飛び出し	9/28	兵庫県	0	0	1	1	窒素	C1	破裂破損等		製鉄所	その他(圧力計)	＜停止中＞(検査・点検中)	＜施工管理不良＞	＜シール管理不良＞		2024年9月28日15時00分頃、バルブ操作用油圧設備のアキュムレータブラダ取替作業を開始 16時50分頃、ブラダの取替完了 17時00分頃、試運転調整の為、アキュムレータへの窒素充填を開始 17時10分頃、アキュムレータより異音が発生した為、窒素供給バルブを閉止。同時にアキュムレータの窒素ガスの圧抜きを行おうと、アキュムレータの圧抜きバルブに手を伸ばした際に、ブラダがシェルから飛び出し、右前腕に接触した 17時15分頃、救急車を要請し病院へ搬送 軽傷1名(右前腕裂傷)	15年以上20年未満
72	製造事業所(一般)	酸素ガス爆発事故	11/26	千葉県	0	0	1	1	酸素	C1	爆発	漏洩	その他(病院)	容器、調整器	＜消費中＞	＜誤操作、誤判断＞		温度上昇(断熱圧縮)	圧縮酸素ガス容器から酸素を供給するため容器元弁を開けたところ、調整器が爆発し、酸素ガスが漏えいした。 直ちに元弁を閉止し、漏えいは停止した。 元弁を操作した者1名が手に熱傷を負った。	
73	製造事業所(コ)一種	脱圧槽液面計からの液化アンモニア漏えい事故	1/1	富山県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		一般化学	その他(中間貯槽)	＜製造中＞(定常運転)	＜自然災害＞(地震)			1月1日16時10分、令和6年能登半島地震発生(事業所内震度5弱)。 揺れが収まった後、脱圧槽のアンモニアガス検知器が発報。 16時15分、現地確認を行い、脱圧槽の液面計下部より液化アンモニアが漏えいしていることを発見した。 16時20分、ライフゼムを着用の上、液面計元弁閉止操作を開始した。 16時30分、元弁の閉止操作が完了し、漏えいが停止した。併せて県災害対策本部へ事故の発生について連絡した。 19時20分、県消防へ事故の発生について連絡した。 この時点では液面計のガラス破損が原因と推定されると報告 1月4日10時30分、窒素ガスにて液面計周辺の漏えいテストを実施し、漏えい箇所が液面計下部袋ナットであることが判明した。	20年以上(64年)
74	製造事業所(コ)一種	SP等製造施設のバルブグランド部からのアンモニアガスの微量漏えい	1/5	三重県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油化学	バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞	＜点検不良＞		21時55分頃、現場作業中にアンモニア臭気を感じたため、臭気元を確認したところ、23時00分アンモニアバルブグランド部よりアンモニア臭気(漏れ)を確認した。 直ちにグランド部の増し締め及びバルブの開閉操作により、臭気は収まった。	10年以上15年未満
75	製造事業所(コ)一種	製造施設高圧ガス設備及びガス設備の毒性ガス漏えい	1/16	新潟県	0	0	0	0	その他(一酸化炭素50%、水素50%)	C1	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞	＜締結管理不良＞		一酸化炭素のガス検知器が発報したので現場を確認したところ、制御弁のグランド部及び逆止弁のフランジ部からの漏えいが確認された。 制御弁のグランド部は増し締めで漏えいが停止したが、逆止弁のフランジ部は増し締めでは停止できなかった。 そのため、運転を停止し漏えい部の取り外しを行った。 確認したところ、ガスケットの変形があったため、取替えを行った後、漏えいがないことを確認した。	10年以上15年未満
76	製造事業所(冷凍)	冷媒漏えい事故	1/19	岐阜県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜その他＞(溶接部腐食)	＜腐食管理不良＞		生産開始の準備として冷凍機を起動し、運転状況を確認したところ異臭に気付き、冷凍設備を停止した。 ほぼ同じくして、アンモニア除害装置が自動で作動した:アンモニア検知器200ppmで作動する設定 冷凍機の停止で自動弁が閉じ、アンモニアの漏えいが止まった。	10年以上15年未満
77	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機のストレナー蓋フランジ部からのアンモニア微量漏えい	1/19	兵庫県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油化学	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年1月19日06時30分頃、アンモニア吸収式冷凍機にてわずかなアンモニア臭気を感じたため調査した。 当該施設のガス漏えい検知警報設備の発報はなかった。 10時30分頃、漏えい個所をストレナー蓋フランジ部と特定した。 11時00分頃、フランジを増し締めした。 13時00分頃、漏えい箇所を再確認したところ、臭気は無かった。	15年以上20年未満
78	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機の圧縮機メカニカルシール部からのアンモニア微量漏えい	1/25	兵庫県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油化学	冷凍設備	＜停止中＞	＜シール管理不良＞			停止している冷凍機のアンモニアガス検知器を整備中、管制室モニターで確認したところ、ガス検知器で7ppmの指示があることに気付いた。 現場を確認しアンモニア臭を感じたため、直ちに除害設備を手動で稼働し、ケーシング内アンモニアガスの除害を行った。 調査の結果、圧縮機メカニカルシール部からの微量漏えいであった。	20年以上(44年)
79	製造事業所(コ)一種	蟻酸メチル製造施設チャンネルフランジからのメタノール混合ガス漏えい	1/26	新潟県	0	0	0	0	その他(メタノール99.6%、蟻酸メチル0.4%)	C1	漏洩		一般化学	熱交換器、フランジ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年1月23日(火)、蟻酸メチル装置を起動後、必要生産量に合わせ生産量増量操作を適時実施していた。 1月26日(金)02時00分頃、生産量増量操作に伴う作業のために運転員1名が多管式熱交換器の設置されている架構2階でプロセス液特有の臭気を確認し、他の運転員1名を呼び出し2名で調査を開始した。 02時10分頃、多管式熱交換器チャンネルフランジ保温付近でプロセス液の漏えいを確認したため、直ちに119番通報するとともに防火防災隊発動の要請を行った。 直ちに蟻酸メチル製造装置は緊急停止し、漏えい設備内の液移送と窒素置換操作処置を実施した。 漏えい箇所調査により、プロセス側チャンネルフランジからの漏えいであることを確認した。	20年以上(35年)
80	製造事業所(一般)	液化アンモニア製造施設液化アンモニア漏えい事故	1/30	静岡県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜停止中＞(休止中)	＜締結管理不良＞	＜点検不良＞		2024年1月30日(火)23時30分頃、シフト巡視時に高圧ガス設備にて警報が発報し、巡視点検を行ったが臭気と漏れ等の異常は確認できなかった。 翌日09時に再度ガス検知器を用いて点検を行った際、バルブ部よりガスが検知された(測定値20ppm)。 風下では臭気が確認された。 配管等には異常は見られず、温度収縮による締結部の緩みが原因と推測。 バルブ締結部の増し締めを行って漏れは停止した。 漏れ量は臭気を感じる程度であり、液面計の液量に変動なし。	20年以上(23年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
81	製造事業所(冷凍)一種	冷凍設備ユニットからのアンモニアガス微小漏えい事故	2/2	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜施工管理不良＞			事故当時、当該冷凍施設ユニットは点検期間中であった。 2月2日03時45分頃、ガス漏えい検知警報設備が作動し、従業員が現場へ駆け付け漏えいを確認。 従業員は、設備メーカーに事故の通報をした後、ビニール袋でガス拡散防止措置を実施。 消防に通報。 製造メーカーの従業員到着後、関係者で漏れ箇所の特定を行い、原因と推定される止め弁のグランドパッキンの増締めを行い漏えいは停止した。	10年以上15年未満
82	製造事業所(冷凍)一種	冷凍設備アンモニア冷媒漏えい事故	2/5	香川県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		ラインフリーザー天井裏(上部パネル外側)でアンモニア漏えい検知器作動(50ppmで作動設定)。 確認したところ既に0ppmであったが、微小なアンモニア臭がする為ライン停止。 メーカーと調査した結果、膨張弁出口バルブボンネット取付部のガスケットより軽微(カニ泡程度)の漏えいを確認。 該当箇所のガスケットと取付ボルトを交換し、ガス漏れ確認後復旧した。	10年以上15年未満
83	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷媒漏えい	2/8	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		その他(冷凍倉庫)	冷凍設備、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2月8日(木)07時46分頃、アンモニア漏えい検知器が作動し、ユニット内を確認したところ、高圧スイッチ元弁のグランド部よりアンモニア漏えいを確認した。	1年以上3年未満
84	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア漏えい事故	2/8	茨城県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年2月8日16時00分、アンモニア冷凍施設の中間冷却器吸入部分のアンモニアが噴出した。 漏えい箇所をバルブで縁切りし、漏えい停止を確認した。	
85	製造事業所(LP)一種	液化石油ガス爆発事故	2/15	福岡県	0	0	0	0	プロパン	C1	爆発		その他(容器検査所)	その他(燃焼炉)	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞		裸火	真空ポンプを用い、容器を真空状態にするために、残留ガス(気体)を燃焼炉にて焼却していた。 操作を誤り燃焼炉に液状のガスを混入させてしまい、小爆発をおこし燃焼炉のメンテナンス扉が吹き飛んだ	15年以上20年未満
86	製造事業所(冷凍)一種	冷凍施設ユニットからのアンモニアガス微小漏えい事故	3/4	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			当該冷凍施設ユニットは、通常運転中であった。 2024年3月4日23時36分頃、ガス漏えい検知警報が作動。 従業員が駆け付け、圧縮機付近の銅配管継手部分の微小漏えいを確認し、継手の増締めを実施。 ガス漏えいは停止した。	10年以上15年未満
87	製造事業所(コ)一種	ポリブタジエン製造施設配管の手動弁からのアンモニア漏えい事故	3/7	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜締結管理不良＞			合成ゴム製造プラントの定期検査が終了し、スタート準備を行っていた。 冷凍機の試運転を実施後、アンモニア臭気に気づき、現場を確認したところ、膨張弁廻りの保温配管より液体アンモニアが滴下していることを確認した。 直ちに前後の弁を閉止し、漏えい拡大防止措置を実施し、自衛防災組織に移行した。	20年以上(58年)
88	製造事業所(冷凍)一種	空冷チラー冷媒漏えい火災事故	3/13	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C1	火災	漏洩	その他(オフィスビル)	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年3月13日、空冷チラー操作盤より白煙発生。 点検の結果、空冷チラー操作盤動力部周辺より白煙が発生しており、消防による消火活動あり。 機器操作部及び圧縮機周辺が損傷している状況。 機内冷媒圧力は0MPaであり、冷媒漏えいが発生していると判断。	20年以上(20年)
89	製造事業所(冷凍)二種	アンモニアガス漏えい事故	3/13	静岡県	0	0	0	0	その他(アンモニア、R23)	C1	漏洩		食品	冷凍設備、バルブ	＜製造中＞	＜腐食管理不良＞			機械室に設けられた第二種冷凍設備(アンモニア/R23)の点検作業を実施中に、室内でアンモニア臭気を確認した。 ガス漏れ警報器は作動していない。 アンモニア試験紙を使用し、緊急遮断弁部分で漏えい個所を特定した。 漏えい箇所は、緊急遮断弁本体のピンホールであった。 ガス回収を行い、設備を停止し、漏えい防止措置を行った。	15年以上20年未満
90	製造事業所(コ)一種	エチレン装置配管工事における小火	3/22	神奈川県	0	0	0	0	その他(分解ガス(C5+ガス))	C1	火災		石油化学	配管	＜停止中＞(工事中)	＜情報伝達の不備＞			エチレン製造装置は定修で停止中であった。 発災時には改造工事のため、発災配管に接続している2B配管を金属鋸で切断し、10B本管の溶断作業に入るところであった。 2024年3月22日14時20分、2次パージ完了後、製造運転員が当該系統のガス検知0を確認 14時30分、10B配管溶断前に、安全対策として2B配管切断面から試し火を入れたところ、一瞬発火した。 火はすぐに消えたものの燻りがあったため、注水による消火を実施し、燻りも停止した。 14時59分、消防に通報。	20年以上(50年)
91	製造事業所(コ)一種	液化酸化エチレン製造施設酸化エチレン漏えい事故	3/28	広島県	0	0	0	0	その他(酸化エチレン)	C1	漏洩		一般化学	反応器	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞	＜施工管理不良＞		当該機器はグラスライニング機器であり、当年3月定修において、3月14日に保安検査に合格し運転を開始した。 通常生産どおり反応釜(6㎥)に所定量のメタクリル酸を仕込み、続いて液化酸化エチレンを所定流量で滴下した。 その間、温度、圧力等異状なく反応終了を待っていたところ、反応釜直近の固定式ガス検知器が断続的に点灯、すぐに固定式ガス検知器は0ppmを指示していた。 反応釜周辺をポータブルガス検知器でチェックしたところ、本体フランジの隙間で微量のガスを検知したため、直ちに手動にてシャットダウンに入り、放圧、除害設備にて残ガスを処理した。 人的、周囲の物的被害はなし。	1年以上3年未満
92	製造事業所(コ)一種	付属冷凍設備アンモニア漏えい事故	3/30	山口県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年3月30日(土)12時05分、重合製造施設のアンモニア付属冷凍設備の現場ガス検知器(アンモニア)が作動したため現場を確認した。 携帯ガス検知器にて漏えい箇所を発見し、バルブ閉止及びステンレス導管の接手を増し締めすることで、アンモニアの漏えいを止めた。	15年以上20年未満
93	製造事業所(一般)一種	CE液化酸素充填ポンプ火災及び漏えい事故	4/5	長野県	0	0	0	0	酸素	C1	火災	漏洩	その他(一般高圧ガス販売事業所)	ポンプ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞		摩擦熱	2024年4月5日10時30分頃、医療用酸素充填を行うため高圧ポンプを起動。 11時20分頃、医療用酸素充填室で作業中、ポンプ運転中のCEヤードから大きな破裂音を確認。 状況を確認すると、酸素ポンプ付近より出火。 直ちに1名が緊急遮断弁操作、2名が消火器で消火活動を実施。 鎮火後、各ラインバルブを全て閉止。 エンジニアリング会社のポンプ開放検査により、液留めタンクに破孔を確認。 当該破孔から酸素ガスが漏えいした。	7年以上10年未満
94	製造事業所(コ)一種	脱アンモニア塔ノズル付け根からの滲み漏れ	4/10	広島県	0	0	0	0	その他(ジエチルアミン)	C1	漏洩		石油化学	その他(蒸留器)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(使用ノズルの材質不良)	＜製作不良＞		2024年4月8日、エチルアミン製造設備を定常運転中、夜勤帯で運転員が巡回点検していたところ、3階付近で微かな異臭を感じた。 ガス検知器は作動していない：警報設定値24ppm。 確認調査のため運転を停止し、水蒸留(内部置換)及び保温材解体後、4月10日に温度計ノズル(20A溶接部)を浸透探傷した結果ノズル本体からの指示模様を確認。 ノズル本体の割れ及びジエチルアミンの漏えいの発生と判断した。	15年以上20年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
95	製造事業所(一般)一種	水素圧縮機の二段吐出弁の折損	4/11	愛知県	0	0	0	0	水素	C1	破裂破損等	漏洩	充填所	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞			水素の圧縮機(F往復式)の二段吐出弁のセンターボルトが疲労により折損し、二段目で圧縮した水素ガスが、一段吐出スナッパに逆流し圧力が上昇、安全弁の設定圧力(5.2MPa)を超えたため安全弁が作動した。	新設試運転中
96	製造事業所(コ)一種	塩化ビニル製造設備安全弁作動による塩化ビニルモノマー放出事故	4/16	兵庫県	0	0	0	0	その他(塩化ビニル)	C1	その他(反応暴走)	漏洩	一般化学	反応器	＜製造中＞(定常運転)	＜自然災害＞			事業所の電気系統は電力会社からの供給と自家発電システムで賄っているが、落雷予報の為に電力会社からの供給を切り離していたタイミングで設備異常が発生した為に、一時的に電力供給が全て停止した。 2024年4月16日20時22分、全停電により重合機および冷却設備が停止した為、重合反応中の9基に対して重合禁止剤を投入した。 20時41分、パネル警報により重合機(1基)の内圧異常(警報設定:1.00MPa)を確認した。 20時51分、重合機内圧上昇が止まらず、安全弁(作動圧:1.5MPa)が作動し、重合機内部の塩化ビニルモノマーガスが噴出した。 重合機内圧:1.52⇒1.35MPa 20時55分、重合機周辺の交通遮断を実施した。 21時04分、重合機内圧が再び上昇し安全弁が作動し、重合機内部の塩化ビニルモノマーガスが噴出した。その後、重合機内圧上昇は止まった。重合機内圧:1.44⇒1.33MPa	20年以上(27年)
97	製造事業所(一般)一種	アンモニアガス噴出・漏えい事故	4/17	徳島県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		一般化学	配管、フランジ	＜製造中＞	＜誤操作、誤判断＞			事故当時アンモニア製造設備(高圧ガス設備)の定期自主検査中であった。 4月17日08時55分、当該事業所の協力会社従業員により 検査対象の温度センサーを外そうとした際に、誤って外す必要のないフランジを緩めてしまった。 緩めたフランジが送ガス中(気化器2次側:高圧ガス範囲)であったため、フランジ隙間よりアンモニアガスが噴出・漏えいした。 アンモニアガスの漏えい量は、0.05㎥である。 直ちにライフゼムを装着した当該事業所の作業者が増し締めを行い、ポータブルガス検知器で最終確認し、漏えいが収まったことを確認した。 物的・人的被害なし。 17時頃、県に通報した。	15年以上20年未満
98	製造事業所(冷凍)二種	アンモニアガス漏えい事故	5/6	愛知県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜その他＞(試運転)	＜腐食管理不良＞			2024年4月26日までは正常運転していたが、長期連休のため設備が停止していた。 5月6日08時、連休明けの商品生産活動の再開に備えて、冷凍機の運転を開始。 08時10分頃、製造エリアにてアンモニア臭がすると製造部署担当者より連絡があり、設備を停止した。 高圧ガスの漏えいの有無を確認できないため、施工メーカーに連絡し、11時過ぎから漏えい検知器で調査を行った。 13時30分頃、ガスの漏えいを確認したので冷凍機側で吸入ガス・送液バルブを閉めた。 充填冷媒量262kg、回収冷媒量260kg、推定冷媒漏えい量2kg。	10年以上15年未満
99	製造事業所(一般)一種	圧縮水素ガス受入れ時における接続部破断事故	5/17	富山県	0	0	0	0	水素	C1	破裂破損等	漏洩	一般化学	配管、継手	＜荷役中＞	＜締結管理不良＞	＜操作基準等の不備＞		2024年5月17日13時00分、圧縮水素トレーラーからの充てん前準備として備品庫からホースを取り出した 水素タンクの受入弁が閉であることを確認した 13時05分、各弁が閉であることを確認し、トレーラー運転手がトレーラー側の接続を、当該事業所の従業員がタンク側のホースをそれぞれ接続した ホースの気密を確認するため、トレーラー側の供給弁を微開し圧張りしたところ、減圧弁元弁手前の接続部(袋ナット接続)にてカニ泡程度の微小漏えいを確認したため、供給弁を一旦閉止し、接続部の増し締めを行った。 再度、トレーラー側の供給弁を微開したところ、接続部の袋ナットが破断し、水素が噴出した ホースの動きが止まるのを待ってから、トレーラーの供給バルブを閉止して漏えいを停止した 15時30分、県に事故の発生を報告した	20年以上(30年)
100	製造事業所(コ)一種	空気分離装置圧縮ガス漏えい外槽破裂事故	5/19	千葉県	0	0	0	0	その他(空気、酸素、窒素)	C1	漏洩	破裂破損等	一般化学	その他(分離器)	＜製造中＞(スタートアップ)	＜設計不良＞			2024年5月18日09時00分、空気分離装置定期修理のため、予備の空気分離装置の起動を開始した。 5月19日05時37分、外槽圧力上昇の警報が発報したため、処置操作、状況確認を行った結果、運転継続不可と判断し、06時56分当該空気分離装置の停止操作に入った。 07時09分、下部塔入口弁閉止により外槽との縁切りを完了したが、07時30分に当該空気分離装置外槽破壊に至った。	20年以上(56年)
101	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア漏えい事故	5/30	静岡県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			2024年5月30日23時00分頃、アンモニア警報アラームが発生し、監視画面上で30ppm程度のアンモニアを検知していた。 漏えい箇所を確認したところ、アンモニア冷凍機のアンモニア液送コントロール弁のシャフト部より漏えいを確認した。	15年以上20年未満
102	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機のアンモニア漏えい事故	6/4	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		その他(卸売市場)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			2024年6月4日(火)07時14分、当該機器のアンモニア漏えい検知器が作動したため、警備員が当該機器を停止。 直ちにメーカーへ連絡し、メーカーが確認したところ圧縮機接続部(可動シール部分)のアンモニア漏えいを確認した。	10年以上15年未満
103	製造事業所(冷凍)一種	フリーザーシリンダー凍結によるアンモニア漏れ	6/7	兵庫県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(シャットダウン)	＜シール管理不良＞	＜誤操作、誤判断＞		2024年6月7日(金)15時00分、フリーザー担当者から業務担当者に冷凍機室側のフリーザーアンモニア送液バルブ停止時刻(15時53分)とフリーザー停止時刻(16時15分)を連絡。 16時15分、フリーザーアンモニア液面計にて液面が低下してこないため業務担当者に確認したところ、送液バルブの閉め忘れが判明。 16時17分、送液バルブを停止し、冷凍機室からフリーザーまでの配管及びフリーザー内のアンモニア液のガス引きをフリーザー担当者に依頼。 16時20分、ミックス(フリージング前の液体原料)がなくなったためダッシャーを停止し、フリーザーシリンダー内に温水を通して熱交換を実施し、アンモニア液を蒸発させる。(背圧弁開度50～75%、連成計圧力0.05MPa前後) 17時00分、フリーザーシリンダー周りの霜付きが、通常生産時に比べかなり多い状態になっていた。 17時15分、フリーザーアンモニア液面計にて液面が低下してきたことを確認。(ほぼ熱交換を終える) 17時25分、シリンダー後方のシール部付近よりアンモニア漏れ発生(約2～3分で漏れは止まる) 17時40分、シリンダー内の残ったアンモニア液をオイルドラムへ落とし込みシリンダー内の液を空にする。⇒CIP洗浄終了後にシリンダー固定ボルトの増し締めを実施(ホットガス0.8MPaにて漏れなし)	10年以上15年未満
104	製造事業所(一般)一種	アンモニア製造施設液安受入設備安全弁アンモニア漏えい	6/12	山口県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		一般化学	安全弁	＜製造中＞(スタートアップ)	＜誤操作、誤判断＞			アンモニア製造施設において、受け入れ作業中にアンモニア受入れ配管ガス側の安全弁からアンモニアガスが漏えいし、除害設備に流入したことが判明した。	20年以上

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
105	製造事業所(一般)	液化塩素充填時における漏えい事故	6/14	富山県	0	0	0	0	塩素	C1	漏洩		運送	配管、継手	＜その他＞(充填作業中)	＜締結管理不良＞			2024年6月14日10時00分頃、液化塩素タンクローリーから液化塩素貯槽に充填を開始。 受入側とローリーの配管をフレキ管でフランジ接続し、貯槽の内圧による気密試験を実施したところ、受入配管とフレキシブルホースのフランジ接続部から液化塩素が漏えいし、漏えい検知器が発報した。 直ちにフランジのボルトを増し締めしたが、漏えいが停止しなかったため、充填作業を中断しガスケットの交換を行った。 交換後、再度貯槽の内圧で気密試験を行い、漏えいが無いことを確認した。 10時20分頃、充填作業を再開したが、約1分後にガス検知器が発報したため、直ちに作業を停止した。 受け入れ側のエアコンプレッサーにより送液ラインを加圧し、漏えい箇所の調査を行ったところ、受入配管とフレキシブルホースのフランジ接続部からの漏えいであることを特定した。 11時50分頃、担当者から県に事故報告を行った。	15年以上20年未満
106	製造事業所(冷凍)一種	過冷却冷凍機設備からのアンモニアガス微小漏えい事故	6/14	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			当該過冷却冷凍機設備は、通常運転中であった。 2024年6月14日03時32分頃、ガス漏えい検知警報が作動。 従業員が駆け付け、熱交換器プレート上部より漏れを確認。 プレート上流側バルブ及び下流側バルブを閉止し、ガス漏えいは停止した。	7年以上10年未満
107	製造事業所(一般)一種	液化アンモニアの安全弁作動	6/19	兵庫県	0	0	0	0	アンモニア	C1	その他(安全弁作動)		機械	安全弁	＜製造中＞(スタートアップ)	＜その他＞(消費設備側との調整不足)			液化アンモニアを燃料としてガスタービンに供給する試験設備において、燃料供給試験中に、液体を供給するポンプ出口の安全弁が作動した。 安全弁から放出されたアンモニアは、全量除害設備に回収処理された。	1年未満
108	製造事業所(コ)一種	ベンゼン製造装置ベンゼンガス火災事故	6/23	千葉県	0	0	0	0	その他(ベンゼン)	C1	火災		石油精製	配管、フランジ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞		自然発火	ベンゼン製造装置(芳香族製造装置)の熱交換器シェル側出口フランジ部分からベンゼンガスが漏えいし出火した。	20年以上(31年)
109	製造事業所(コ)一種	アンモニア漏えい事故	6/24	茨城県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		一般化学	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年6月24日20時50分頃、アンモニア冷媒の冷凍機より、アンモニアが微量に漏えいした。 製造所の運転を停止するとともに、ケーシング内で散水し、アンモニアの吸収を開始したため、屋外への漏えいは無かった。 消防署及び自衛消防隊に通報した。 7月4日、装置内のアンモニアの回収が全て終了し、漏えいが停止したことを確認した。 ケーシング内で吸収したアンモニアは、燃焼処理を行った。	20年以上(53年)
110	製造事業所(冷凍)	アンモニアガス漏えい事故	7/2	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年7月2日(火)08時25分頃、アンモニア漏えい警報器が作動し、冷凍機ユニット内をアンモニア漏えい検知器で確認したところ、手動膨張弁ガスケットよりアンモニア漏えいを確認した。 バルブを閉止し、冷媒回収して使用停止とした。	10年以上15年未満
111	製造事業所(冷凍)一種	アンモニアガス噴出事故	7/5	青森県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		その他(倉庫業)	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞	＜その他＞(設備設置後45年経過し、経年劣化によるものと推定)			事故当時、冷凍設備は、通常運転中で圧縮機6台のうち3台が稼働していた。 2024年7月5日11時27分頃、係員が建物屋上からの微量の煙を目視確認、また屋上からスーッと音がしているのを確認したため、直ちに屋上へ急行した。 係員は、屋上の安全弁のバルブを閉め、稼働中の圧縮機及び凝縮器を緊急停止させた。 停止した圧縮機1基の圧力は1.6Mpaであった。 他の圧縮機2基は、高圧遮断装置により停止済み。	20年以上(45年)
112	製造事業所(冷凍)一種	製氷室アンモニア漏えい事故	7/7	兵庫県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		その他(冷蔵倉庫)	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞	＜点検不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年7月7日18時30分、事務所設置のアンモニア警報器が作動。 従業員が調べたところ製氷室内配管よりアンモニアガスの漏えいを発見した 。 直ちに換気扇による製氷室内のガスの除害と休日のため運転停止中であったが送液バルブを増し締めし漏えい個所へのアンモニアの流入を防ぎ、消防に通報を行った。 冷凍機を起動させ、配管内に残るアンモニアの回収を行った。 アンモニアガスの漏えい量は推定10kg。	20年以上(51年)
113	製造事業所(冷凍)二種	アンモニア漏えい事故	7/9	宮城県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年7月9日(火)15時15分頃、異常発報があり、冷凍機吐出温度異常により稼働停止した。 15時30分頃、アンモニア漏えいの警報があった。 当該冷凍機メーカーを呼び、16時にから点検を行い、18時15分頃漏えい箇所を油戻し配管の腐食部ピンホールと特定した。 20時30分頃、溶接修理することにより漏えいが停止した。	7年以上10年未満
114	製造事業所(冷凍)	アンモニア冷凍機圧縮機メカニカルシール漏れ	7/17	兵庫県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(休止中)	＜シール管理不良＞			2024年7月17日10時14分、アンモニア冷凍機ユニット内に設置するアンモニア漏えい検知器にて漏れ検出、警報発報し、自動散水装置が起動。 若干アンモニア臭があり、メーカーが漏れ箇所を調査した結果、圧縮機メカニカルシール部からのアンモニア漏えいを確認。	20年以上(25年)
115	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア冷凍設備からのアンモニアガス漏えい事故	7/19	千葉県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜締結管理不良＞			急速凍結系統冷凍機でアンモニア50ppm漏えい警報が発報した。 安全のため設備停止。 装置内部より若干のアンモニア臭気を確認した。 漏えい検知器を使用し漏えい箇所の特定を実施、レシーバーバルブボンネット部及び圧力計取付継手部より漏えい検知した。	5年以上7年未満
116	製造事業所(コ)一種	中圧水素化分解装置重質軽油/水素混合ガス火災事故	7/20	千葉県	0	0	0	0	その他(水素、重質軽油)	C1	漏洩	火災	石油精製	熱交換器、フランジ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(悪天候：豪雨)		その他(調査中)	2024年7月20日22時50分頃、豪雨の影響で硫黄回収装置、排煙脱硫装置が臨時停止した。 当該装置の停止に伴う現場作業に向かう途中、運転中の中圧水素分解装置での火災を発見した。 直ちに消防に通報するとともに停止操作に入り、停止作業中に漏えい・火災は自然に収まった。	20年以上(53年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
117	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機からのアンモニアガス微小漏えい事故	7/21	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜施工管理不良＞			本冷凍施設は、排水トラブルにより停止中であった。 2024年7月21日02時36分頃、ガス漏えい検知警報が作動。 従業員が駆け付けるもアンモニア(冷媒)臭はせず、一旦は経過観察とする。 翌日、メンテナンス業者による点検をしたところ、潤滑油が戻る配管の食込み継手部分より10kgの漏えいがあったことが判明し、通報に至る。 2024年3月1日、漏えい警報発報で機器復旧により、臭気なし経過観察で対応。 2024年5月4日、漏えい警報発報で漏えい箇所のボルト増し締め措置により漏えい停止、経過観察で対応。 この過去の2件分を含め、10kgの漏えい量があったと推定される。 措置としては、食込み継手を分解、清掃し、液状ガスケット塗布を行うことで漏えいは停止した。	3年以上5年未満
118	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機冷媒ガス漏えい事故	7/31	三重県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜シール管理不良＞			2024年7月31日17時49分、生産が終わり、冷凍機停止中にアンモニア漏えい(軽)警報発報。 18時06分、係員が警報内容を確認。漏えい検知器の指示値が150ppmであることを確認し、冷凍機設置業者に連絡。 18時15分、別件で来社していた冷凍機設置業者と漏えい箇所の調査を開始。連絡を受けた冷凍機設置業者が加わり調査を継続。 19時50分、中間吸入圧力調整弁のプラグからの漏えいを確認。プラグ留めの増し締め実施し、漏えい検知器にて漏えいがないことを確認。 20時24府、20分ほど冷凍機を稼働させ、警報発報及び異常がないことを確認。	7年以上10年未満
119	製造事業所(一般)一種	液化アンモニア製造施設付属貯槽設備アンモニア漏えい事故	8/9	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		一般化学	配管、フランジ	＜製造中＞(シャットダウン)	＜自然災害＞(地震)			2024年8月9日19時57分頃、神奈川県西部において最大深度5弱の地震が発生した。 スタッフによる現場パトロールを開始。 液化アンモニア貯槽上部から白煙が出ているのを発見し、ただちに拡散防止用の散水設備を起動した。 保安係員による漏えい対策(フランジ増締め等)を実施したが．改善効果は見られず漏えいは継続した。 直ちに市消へ通報した。	20年以上(34年)
120	製造事業所(冷凍)二種	アンモニアガス漏えい事故	8/13	新潟県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜腐食管理不良＞			夏季休暇中の停止状態において、当該冷凍機よりアンモニア漏えい警報が発報した。 点検の結果、検知器誤報ではないことを確認し、アンモニア臭を感じたことから、メーカー修理を依頼。 メーカーによりアンモニア漏えいが確認され、漏えい配管前後のバルブ閉止による縁切りを行い、漏えいを停止した。 人的、物的被害無し。	5年以上7年未満
121	製造事業所(コ)一種	アンモニア製造施設一酸化炭素ガス送出設備混合ガス漏えい事故	8/15	山口県	0	0	0	0	その他(一酸化炭素、二酸化炭素、水素、硫化水素、窒素、アルゴン、メタン、水蒸気)	C1	漏洩		一般化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			アンモニア製造施設において、ガスセパレーター液面計ノズルフランジ付近のボルトが朽ちていたことから、8月15日に施設を停止し、ボルトの取替えを行った。 気密試験を実施したところ、液面計とガスセパレーター間の配管において漏えいを確認した。	20年以上(28年)
122	製造事業所(一般)	容器置場における脱硝用アンモニアガス漏えい	8/15	三重県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	容器本体	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞	＜点検不良＞		ボイラーの排ガス脱硝装置(排気ガス中に含まれる窒素酸化物をアンモニアと反応させ無害化する装置)に使用しているアンモニアガスボンベ(その他貯蔵)よりアンモニアガスが漏えいした。	20年以上(26年)
123	製造事業所(コ)一種	スチレンモノマー製造装置ベンゼン漏えい事故	8/16	山口県	0	0	0	0	その他(ベンゼン)	C1	漏洩		石油化学	安全弁	＜製造中＞(シャットダウン)	＜組織運営不良＞			・スチレンモノマー製造装置のシャットダウン操作中、フィールドマンが、エチルベンゼンプロダクトフレッシュベンゼン熱交換器のチューブ入口に設置している圧力計の指示値が上昇していることを発見し、脱圧を行った。 ・圧力の上昇原因について調査したところ、当該ラインは孤立・液封状態になっており、熱膨張による影響を確認した結果、当該ラインに設置している安全弁が作動したと判断した。 ・安全弁より放出されたガスは、同施設内の他系(ベントガス洗浄塔)へ送液され、外部への漏えいはなかった。	20年以上(32年)
124	製造事業所(コ)一種	第一潤滑油溶剤脱蝋装置コンプレッサーからのアンモニア漏えい	8/19	三重県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油精製	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			2024年8月19日14時31分頃、潤滑油溶剤脱蝋装置コンプレッサー起動時に、シリンダーのヘッドカバー(締結部)よりアンモニア(高圧ガス毒性ガス)微量漏えい発生。 直ちにコンプレッサー停止し漏えい停止。	20年以上(63年)
125	製造事業所(冷凍)二種	アンモニアR717漏えい事故	8/19	大阪府	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜その他＞(経年劣化)			従業員が出社後、機器を稼働させるためパーフェクター室内へ入室した際に若干のアンモニア臭を確認。 連絡を受けて直ちに駆け付けたメーカーが調査を実施し、パーフェクター(蒸発器)の冷媒レベル調整バルブからの漏えいを確認した。	20年以上(21年)
126	製造事業所(コ)一種	液化塩素製造施設塩素ガス漏えい事故	8/21	三重県	0	0	0	0	塩素	C1	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜荷役中＞	＜シール管理不良＞			8月21日(水)09時50分、液化塩素ローリー車受入作業中に液化塩素製造施設内の塩素漏えい検知器が発報し、点検したところ廃ガスヘッダーの逆止弁グランド部より微量の塩素漏れが確認された。	20年以上(50年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
127	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア漏えい事故	8/26	熊本県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年8月26日16時頃、日常点検中にアンモニア冷凍機からアンモニアの臭気を確知した。 冷凍機の製造業者に調査を依頼し、漏れ箇所の特定(低圧受液器給液膨張弁)及び応急措置を実施した。 応急措置として、当該膨張弁本体のキャップ部の増締めを行った際、アンモニアガスが漏えいし、修理不能となり、膨張弁の取替が必要となった。	20年以上(56年)
128	製造事業所(一般)二種	液化炭酸ガス漏れ	8/29	沖縄県	0	0	0	0	炭酸ガス	C1	漏洩		食品	容器、安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜操作基準等の不備＞			2024年8月29日(木)00時頃、ボンベ置き場点検の際、使用していないボンベのバルブ付近に氷付きが確認されたが、ガス漏れのような音もせず、二酸化炭素検知器の数値も正常範囲であった事から、翌朝出社する担当者への引継ぎ事項とした。 8月29日(水)07時頃、出社した担当者がボンベ置き場を点検、炭酸ガスの漏れとバルブの凍結を確認、対応のため各関係先へ連絡を行った 県に連絡した。 08時33分頃、炭酸ガス購入先担当者と連絡が繋がり、凍結個所をぬるま湯で解凍してバルブを閉じる指導があり実施、ガス漏れが止まった。 モンキースパナでホースの金具を増し締め、石鹸水で漏れ確認を行ったが漏れは確認されなかった。	1年未満
129	製造事業所(コ)一種	液化アンモニア漏えい事故	9/10	福岡県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		一般化学	バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		液化アンモニア製造施設において夜勤の点検見回り中にアンモニア臭がしたため、臭気発生源を点検したところ液化アンモニアタンクから気化器の間のバルブ1カ所(25Aグローブ弁)のグランド部よりカニ泡程度の漏れが発見された。 設備停止中。	20年(63年)以上
130	製造事業所(冷凍)一種	アンモニア漏えい事故	9/17	愛知県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	配管、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化による配管腐食)			2024年9月17日、アンモニア臭を感じたためメーカーに連絡し調査を依頼した。 設備停止し調査したところ、漏えい箇所は特定できなかったが、推定該当部のバルブを縁切りした。 9月18日、送液配管よりピンホールを発見した。	5年以上7年未満
131	製造事業所(LP)	オートガススタンドにおける引張事故	9/18	東京都	0	0	0	0	ブタン	C1	その他(充填ホース引張事故(漏えいなし))	破裂破損等	スタンド	配管、継手	＜製造中＞	＜誤操作、誤判断＞	＜操作基準等の不備＞		来店した車を計量機に誘導。鍵を預かり、お客様立会で数量指定の充填を開始。 すぐ次の車が来店し、他の計量機へ誘導。 同時に当該計量器の充填が終了し、伝票が印字された。 さらに来店する車があり、待たされる事を嫌ったお客様は鍵を自分で取り「いくらか」と会計を急かされたため、ノズルを外す前に会計を行った。 他の充填の準備を始めた。会計が終わったお客様はトランクが開いたままだったので、自分でバルブを閉め、トランク閉めて走り出し、ホースを引っ張った。 引っ張られたホースはセーフティカップリング部より外れ、反動でリアガラスに当たり破損、車両は直ちに停止。 警報器の作動無し。 車両からノズルを外し、車両は脇へ移動。 計量機入口にコーンを置き充填中止とした。 事故による負傷者無し。 物損事故の為、警察へ通報。	20年以上(22年)
132	製造事業所(冷凍)	漏えい	9/26	岩手県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年9月26日、運転状況を確認した際にアンモニアガスの臭いに気づき、漏えいの可能性を考え運転を停止した。 専門業者が来場し、漏えい箇所を特定し応急対応をした。 漏えいの原因は、経年劣化による配管の腐食によるピンホール。 物的被害及び人的被害はなし。	20年以上(20年)
133	製造事業所(コ)一種	プロピレン出荷ポンプメカニカルシール部より漏えい	9/27	香川県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C1	漏洩		その他(石油製造)	ポンプ	＜荷役中＞	＜その他＞(ガス切り不足)			プロピレン出荷準備による循環作業中に出荷ポンプ紬部分のメカニカルシールから白く気化したガスを目視し漏えいを確認。 圧力低下措置にて漏えい停止を確認した。	20年(46年)以上
134	製造事業所(コ)一種	分解油水添脱硫装置加熱炉点火用LPGボンベからの火災	9/27	大阪府	0	0	0	0	その他(ブタン、プロパン、メタン)	C1	漏洩	火災	石油精製	容器、調整器	＜製造中＞(スタートアップ)	＜シール管理不良＞	＜締結管理不良＞	静電気	2024年9月27日11時45分頃、製造課員が分解油水添脱硫装置の加熱炉の点火作業時に、点火用のLPGボンベから出火していることを発見し、直ちに消火器を用いて消火を行った。 点火作業は3人にて実施することとしている。 当該作業については手順書「加熱炉操作要領」を使用し、作業前に危険予知ミーティングを実施した。 危険予知内容としては点火前の炉内パージ不足による未燃ガス残存及び、パイロットバーナー失火による未燃ガスへの引火等、プロセス側のリスクを抽出した。 手順書に則り、点火作業は通常通りの 3 名を配置し、以下の作業分担で実施した。 作業者A:加熱炉ステージ上の覗き窓から加熱炉炉内を監視し、点火状況を確認。 作業者B:地上で火炎のついたトーチをバーナーユニットへ差し込む作業を実施。 作業者C:地上でパイロットバーナーガス元弁の開放を実施。 LPGボンベにトーチを接続した状態で保管してある治具を保管庫より準備し、ねじ込み部の緩みを確認後、ボンベの変形や治具の状況を触診および外観目視にて点検実施し、減圧弁の正常な作動状況を確認した。 LPGボンベの元弁を開放し、イグナイターでトーチに点火後、加熱炉のパイロットバーナーへ点火するために、トーチを1本目のバーナーユニットへ差し込んだ。 1本目の点火が完了し2本目に移動した際に、作業者Bがトーチをバーナーユニットののぞき窓(ガラス)に火炎が反射して映っていることに気づき、後ろを振り返った際にボンベから火炎が発生している事を確認した。 作業者BとCはトーチのガス流入弁及びパイロットバーナーガス元弁をそれぞれ閉止し避難した。 ボンベ火炎の連絡受けた作業者Aはステージから地上に降り、近くの消火器でボンベの火炎を消火後、速やかにボンベ元弁を閉止し、その後に、水によるボンベの冷却を実施した。	10年以上15年未満
135	製造事業所(冷凍)一種	アンモニアの漏えい事故	9/29	茨城県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(スタートアップ)	＜その他＞(調査中)			2024年9月29日(日)08時00分頃、アンモニア冷凍機において、漏えい警報が発報した。 現場確認したところ、エンクロージャー内でアンモニア臭がしており、漏えい検知器が60ppmを指示していたことから、漏えいを確認した。 当該機器は9月27日(金)11時50分に停止してから運転していなかった。	10年以上15年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
136	製造事業所(一般)	高圧ガス消費施設における亜硫酸ガス漏えい事故	9/29	滋賀県	0	0	0	0	その他(亜硫酸ガス)	C1	漏洩		建設	ゴムホース	＜製造中＞(スタートアップ)	＜誤操作、誤判断＞	＜腐食管理不良＞		2024年9月29日23時00分、始動準備のため、ガスの元栓を開放 23時05分、流量メータが上がらないため、コックを全開に開放 23時05分、ガスホースに圧がかかり耐えられなく破損(ホース老朽化の可能性あり)、亜硫酸ガス漏洩したため、作業者がコック閉める 人的・物的被害無し	20年以上
137	製造事業所(一般)二種	液化窒素製造設備液体窒素漏えい事故	10/2	香川県	0	0	0	0	窒素	C1	漏洩		その他(研究所)	コールド・エバポレータ、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年10月2日11時00分頃、液化窒素を貯留するコールドエバポレーターの日常点検中、建物内に設置される気液分離機の排気口より漏えいを確認した。 直ちにCEタンク2次側の供給弁を閉止し漏えいを停止させた。	10年以上15年未満
138	製造事業所(一般)一種	アンモニア気化供給設備フレキシブルホース接続ナット部アンモニア漏えい	10/4	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油精製	フレキシブルホース	＜その他＞(使用済みボンベ搬出時)	＜その他＞(調査中)			液体アンモニアの使用済みボンベの搬出準備のため、フレキシブルホース接続ナット部を取外す作業を開始した。 フレキシブルホースを取り外すため、袋ナットを外すところ、誤って違う袋ナットを緩めてしまい、アンモニアが漏洩した。 直ちに縁切り処置を行い、漏えいは停止した。	20年以上
139	製造事業所(一般)一種	ボイラーアンモニア気化供給設備フレキシブルホース接続ナット部アンモニア漏えい	10/4	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油精製	配管、継手	＜停止中＞	＜誤操作、誤判断＞			使用済み液体アンモニアボンベの搬出準備のため、フレキシブルホース接続ナット部を取外す作業を開始した。 フレキシブルホースを取り外すため、袋ナットを外すところ、誤って違う袋ナットを緩めたことにより、アンモニアが漏えいした。 直ちに縁切り処置を行い、漏えいは停止した。	20年以上
140	製造事業所(コ)一種	工場排水排出口からの油膜海上漏えい	10/15	愛媛県	0	0	0	0	その他(水素、炭化水素)	C1	漏洩		石油精製	その他(動力回収タービン)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			水素化分解装置原料油フィードポンプ用動力回収タービンのシールハウジング部に穴が開き、内部の油が冷却水側へ流れ出した。 冷却水の温度を下げるためのクーリングタワーにおいて、冷却水が入る上部のトラフ部で目詰まりを起こした。 上部トラス部から溢れた油を含む冷却水の一部が、クーリングタワー水槽へ落ちる過程で水槽外へ流出し、ガードベースンを経由して工場排水口から海上へ油膜漏えいした。	20年以上(36年)
141	製造事業所(一般)一種	アルゴンガス噴出・破損事故	10/19	山形県	0	0	0	0	その他(アルゴン)	C1	破裂破損等	漏洩	その他(レジャー)	容器本体	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞	＜締結管理不良＞		当該装置において自動運転を開始し、規定温度に到達後、規定圧まで圧縮機の加圧を実施。 規定圧力到達前に圧力を保持できなくなり噴出音を発するとともにヒーターが停止した。 同時にエリア内の酸素濃度低下が確認された。 作業者1名は隣接する作業場連絡通路のシャッターを閉じた後、速やかに屋外に避難したため人的被害はなかった。 エリア内の安全確認後、設備を点検したところ断熱材、アクリル板、SUS板が散乱していた。	5年以上7年未満
142	製造事業所(一般)一種	ボイラーアンモニア気化供給設備ボンベ切替弁グランド部アンモニア漏えい	10/21	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油精製	配管、バルブ	＜停止中＞	＜点検不良＞			ボイラーの排ガス中の窒素酸化物(Nox)の低減対策として使用しているアンモニアのボンベが空になったため、充填されているボンベ側へ切替作業を実施していた。 空ボンベ側の弁(3箇所)を閉め、充慎ボンベ側の弁(2箇所)を開けた際に、事前に充填ボンベの接続部に塗布していたフェノールフタレインが反応している事に気付き、アンモニア漏洩を覚知した。 フェノールフタレインは、アルカリ性に反応し無色からピンク色に変化するため、接続部に塗布することにより、漏洩確認を行っている。 直ちに、充填ボンベ側の弁を閉め、洩れていた弁グランド部の増し締めを行い、漏えいは停止した。	20年以上
143	製造事業所(冷凍)二種	高圧法事故(アンモニア漏えい)	10/23	愛媛県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年10月23日(水)19時30分頃、建物内にある冷凍機1台よりアンモニア臭がすることを従業員が覚知。 直ちに冷凍機の稼働を停止し、給液電磁弁の両端にある止め弁開止措置を講じ、漏えい停止に至った。 漏えい量は不明だが、冷凍機に設置されているアンモニア検知器は検知していない程度の微小漏えい。	10年以上15年未満
144	製造事業所(コ)一種	液安製造施設液化アンモニア漏えい	11/1	山口県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜荷役中＞	＜その他＞(調査中)			液安出荷用ローディングアームを用いて、船に液化アンモニアを積込している最中に、ユニット船側のバタフライ弁軸シール部から液化アンモニアが5リットル程度(船床上へ0.2リットル、受皿へ4.8リットル)漏えいした。 人的被害、環境影響(海上への流出)は無し。	5年以上7年未満
145	製造事業所(一般)一種	ボイラー(第3号)アンモニア気化供給設備ボンベ切替弁グランド部アンモニア漏えい	11/2	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		石油精製	配管、バルブ	＜停止中＞	＜その他＞(調査中)			ボイラーの排ガス中の窒素酸化物(Nox)の低減対策として使用しているアンモニアのボンベが空になったため、充填されているボンベ側へ切替作業を実施していた。 空ボンベ側の弁(3箇所)を閉め、充慎ボンベ側の弁(2箇所)を開けた際に、事前に充填ボンベの接続部に塗布していたフェノールフタレインが反応している事に気付き、アンモニア漏洩を覚知した。 フェノールフタレインは、アルカリ性に反応し無色からピンク色に変化するため、接続部に塗布することにより、漏洩確認を行っている。 直ちに、充填ボンベ側の弁を閉め、洩れていた弁グランド部の増し締めを行い、漏えいは停止した。	20年以上
146	製造事業所(一般)一種	水素ガス漏えい事故	11/11	愛知県	0	0	0	0	水素	C1	破裂破損等	漏洩	その他(水素ステーション)	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜設計不良＞	＜シール管理不良＞		2024年11月11日、開店前の点検で異常なし、車両2台に充填を実施した。 15時00分、点検にて該当部の微量洩れを発見し、増し締め対応を行った。 4洩れ量に変化なかったため、分解し配管を確認すると、コーン＆スレッド部にて配管の曲がりがあり洩れていると判断した。 取り外した配管を確認すると亀裂があった。	5年以上7年未満
147	製造事業所(コ)一種	液化酸素の漏えい事故	11/11	神奈川県	0	0	0	0	酸素	C1	漏洩		一般化学	コールド・エバポレータ、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			日常点検中、液化酸素貯蔵設備(CE)の放出口からの液化酸素漏えいを確認したため、放出口へ弊がっている元弁(手動弁)を閉止して漏えいを停止した。 放出口から元弁の間に設置している調節弁から漏えいしていることを確認した。	20年以上(30年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
148	製造事業所(一般)一種	アンモニアの漏えい	11/11	茨城県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		機械	配管、フランジ	＜製造中＞	＜誤操作、誤判断＞			2024年11月11日(月曜日)14時頃、コンパインドプラント信頼性試験設備においてアンモニア供給設備の試運転のため、蒸発器を加圧加温中に、別作業で当該設備にいた作業員が上部からガス漏えい音を確認。 ほぼ同時に臭気を感じた。 直後に、現場ガス警報器が鳴動した。 当該現場を調査したところ、手動弁のフランジ部よりガス漏えいしていることを確認、増し締めを実施し、漏えいが停止したことを確認した。	15年以上20年未満
149	製造事業所(コ)一種	モノメチルアミン及び塩化ビニル製造施設モノメチルアミン漏えい事故	11/14	福岡県	0	0	0	0	その他(モノメチルアミン)	C1	漏洩		一般化学	反応器	＜製造中＞(スタートアップ)	＜締結管理不良＞	＜点検不良＞		2024年11月14日(木)10時30分頃、反応器(モノメチルアミン化機)内の原料モノメチルアミンを装入、昇温完了後、原料料ジクロロエタン滴下前に反応器周辺で若干の原料モノメチルアミン臭気がしたため、直ちに冷却を実施した。 ガス漏洩検知器の検知なし。 10時10分、原料モノメチルアミン装入、昇温完了(80℃、1.8MPa) 10時20分、反応器周辺で原料モノメチルアミン臭気により微量漏れ発見 10時30分、係長へ連絡→現場確認 10時40分、反応器の冷却開始、課長へ連絡後、社内緊急通報指示 10時45分、社内緊急通報実施 11時38分、反応器周辺臭気なし(29℃、0.3MPa) 12時19分、県にメールにて事象の報告	20年以上(30年)
150	製造事業所(一般)一種	アンモニアガス漏えい事故	11/20	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		機械	配管、バルブ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜施工管理不良＞	＜締結管理不良＞		アンモニア燃焼試験準備のため、流量制御装置ユニットに飽和ガスを供給したところ、手動弁のグランドパッキン部からアンモニアガスが漏えいした。	1年以上3年未満
151	製造事業所(冷凍)一種	フリーズドライ冷却設備アンモニア漏えい事故	12/4	香川県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			事故当時フリーズドライ装置用の冷凍機は、通常運転中であった。 22時15分、冷凍機操作盤よりユニットー括異常が点灯し、製造担当者が冷凍機械室へ状態を調査しに行っていたところ、22時49分にアンモニア漏洩警報が発報したので直ちに冷凍機械室を立入禁止とし、明朝にメーカーに連絡を行った。 アンモニアガスの漏洩は微量であったため、周囲への影響はなかった。	5年以上7年未満
152	製造事業所(コ)一種	ラジアントコイル入口部保温材の火災	12/4	大分県	0	0	0	0	その他(不明)	C1	火災		石油化学	その他(断熱材)	＜製造中＞(スタートアップ)	＜誤操作、誤判断＞	＜施工管理不良＞	高温	8月16日、分解反応管更新工事等の為当該炉停止 12月3日17時00分頃、当該炉スタートアップ作業開始 12月4日00時25分、現場運転員がラジアントコイル入口ヘッダー上部配管保温部の燃焼を発見	20年以上(47年)
153	製造事業所(コ)一種	工場における塩素ガスの漏えい事故	12/12	茨城県	0	0	0	0	塩素	C1	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞	＜腐食管理不良＞		液化塩素製造施設において、オペレーターが80Aグローブバルブを閉方向に操作したところ、操作した数分後に塩素ガス漏えい検知器が発報し、塩素ガスの漏えいを覚知した。 現場にて直ちに漏えい箇所の確認を行ったところ、当該バルブのグランド部からごく微量の塩素ガスが漏えいしていることを確認した。	20年以上(50年)
154	製造事業所(コ)一種	メカニカルシール漏れ	12/15	神奈川県	0	0	0	0	その他(酸化エチレン)	C1	漏洩		石油化学	ポンプ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年12月15日04時45分頃、ガス検知器が発報した。 各所現場点検したところ、ポンプメカニカルシール部からの漏れを確認した。 予備ポンプへ切り替え、ポンプ停止、液抜き、窒素ブローを行い、漏れ停止を確認した。	20年以上(45年)
155	製造事業所(冷凍)一種	冷却設備アンモニア冷媒漏えい事故	12/16	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		その他(冷蔵倉庫)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年12月16日21時08分、アンモニア冷凍機のある機械室のガス漏れ警報機が作動した。 在社していた社員が機械室を確認したところアンモニア臭を確認した。 直ちに責任者へ連絡し、22時00分に責任者及び当社管理職の2名で機械の停止操作を行った。 23時00分まで経過観察。 発報時より濃度が下がり、周囲への危険性が無いと判断したため退社。 17日08時50分、濃度に変化が見られず、消防へ毒性ガスの漏えいとして通報。 13時00分、漏えい箇所を特定し弁類の閉止を行い残留冷媒の中和措置を行った。 14時00分、室内濃度0を確認し消防へ対処終了の連絡を行った。 漏えいしたガス量は推定2kgである。	10年以上15年未満
156	製造事業所(コ)一種	重質軽油水素化分解装置分離塔液面計取出弁の接続フランジから火災発生事故	12/17	北海道	0	0	0	0	その他(重質軽油)	C1	その他(重質軽油の漏えい)	火災	石油精製	その他(分離塔)	＜製造中＞(スタートアップ)	＜締結管理不良＞		自然発火	現場巡回点検中、重質軽油水素化分解装置分離塔液面計の取出弁付近で火炎を認知し、当該装置を緊急停止すると共に消防、警察へ通報した。	20年以上(41年)
157	製造事業所(コ)一種	2024年能登半島地震に伴う、LPG受入配管からの漏えい	1/1	石川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		貯蔵基地	配管、継手	＜停止中＞	＜自然災害＞(地震)			2024年1月1日16時10分に発生した「令和6年能登半島地震(事業所内地震計観測値:震度6強、861Gal)」に伴い架構に敷設されているLPG受入配管の位置がずれ、フランジ継手の締結部が開き、配管内の残液が漏えいした。 1.地震発生後、大津波警報(16時22分)、津波警報(20時30分)の発令及び夜間で余震が続く状況のため、設備点検を見合せ。 2.津波注意報(1月2日01時15分)切替後に宿直明者が同配管からの漏えいを発見し(同日07時30分頃)、配管縁切り(ブロック化)後、脱圧(配管内の液回収)作業を開始。 →漏えい箇所:LPG受入配管のフランジ継手 低温プロパン液:2箇所、コーナー部、バルブステーション部 低温ブタン液:2箇所、コーナー部、バルブステーション部 3.09時30分頃、漏えい箇所4箇所のうち3箇所(低温ブタン液バルブステーション部を除く)の漏えい停止 4.17時00分頃、残りの漏えい箇所1箇所(低温ブタン液バルブステーション部)の漏えい停止	10年以上15年未満
158	製造事業所(一般)一種	ヘリウムガス漏えい事故	1/1	石川県	0	0	0	0	その他(ヘリウム)	C2	漏洩		その他(研究所)	その他(ガス乾燥機)	＜製造中＞	＜自然災害＞(地震)			能登半島地震の影響を受け、事業所で所有する乾燥機2台の内1台からヘリウムガス漏えいが発生。 リーク箇所は乾燥機内の吸着塔内部の溶接部付近、漏えい量は微量。	20年以上(27年)
159	製造事業所(LP)一種	LPガス漏えい事故	1/2	石川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		充填所	配管、フランジ	＜停止中＞	＜自然災害＞(地震)			1月1日16時頃発生の地震直後には漏えいは確認されなかったが、1月2日までの余震等の影響により、20tタンクに繋がる液送ポンプの出口フランジ部より漏えいを確認した。	20年以上(50年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
160	製造事業所(コ)一種	ブチレンタンク受入配管からの微量漏えい事故	1/4	北海道	0	0	0	0	ブタン	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(事故発生原因の詳細のとおり)			当該配管の目視点検中、配管表面に錆こぶを発見した。 石鹸水を塗布しカニ泡程度の微量な漏えいを覚知した。	20年以上(30年)
161	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機冷媒ガス漏えい事故	1/4	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(会社事務所)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年1月4日22時00分頃、吸込圧力低下を知らせる警報を発したため、当該ビルの防災センター職員により機器の緊急停止を行った。 後日、メーカーにより冷媒回収を実施したとろ、充填量150kgに対し26kgを回収。	20年以上(23年)
162	製造事業所(冷凍)	室外機から冷媒ガスの漏えい	1/5	岐阜県	0	0	0	0	フルオロカーボン32	C2	破裂破損等	漏洩	その他(福祉事業所)	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年1月5日(金)14時45分頃、当所に設置された室外機の冷媒ガスの高圧導管が脱落し、破裂音と白い煙が発生した。 室外機を確認したところフレアレスジョイントが外れ、冷媒ガスが漏えいしていた。 ガスの種類:R32、約5kg	
163	製造事業所(一般)一種	水素ステーション水素ガス漏えい事故	1/6	石川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	配管、継手	＜貯蔵中＞	＜自然災害＞(地震)			2024年1月6日の現地調査の結果、能登半島地震の影響で蓄圧器4本中3本が空になっており、水素の漏えいが判明した。	1年未満
164	製造事業所(一般)一種	窒素ガス漏えい事故	1/7	大分県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		一般化学	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞			2024年1月7日(日)06時00分頃、事業所に設置している液化窒素低温貯槽の使用開始前の定時点検を保安係員が行っていたところ、受入充填用ホースのパージを行うガスライン溶接部分からカニ泡程度のリークを発見した。 外気温度低下時はバルブリークが無いか漏えい検査液で確認を行っていた。 CEの内圧は0.65MPaで制御に問題はなし。 リーク箇所は微量の為着霜も認められず。漏えい個所は逆止弁と受入ラインパージガスストップバルブ間の逆止弁側にある為、ストップバルブを閉止しリークを停止させた。 流路は受入ラインパージガスストップバルブから逆止弁に流れており、逆止弁からはガスの流れはない。 当該貯槽は2ヶ月に1度定期的に漏えい検査を行っており、前回の2023年12月6日に点検した際には漏えいしていなかった。	20年以上(34年)
165	製造事業所(一般)一種	液化エチレン発火事故	1/7	石川県	0	0	0	0	エチレン	C2	火災		一般化学	コールド・エバポレータ、配管	＜停止中＞(検査・点検中)	＜自然災害＞		その他(落雷)	液化エチレンタンク点検時に貯槽圧力の放圧基準のため、安全上放圧バルブ微開にて13時から放出を開始した。 15時頃落雷による大きな音がしたため、貯槽を確認すると放圧管出口から出火を確認した。 直ちに放圧バルブを閉めて鎮火を確認し、工業責任者及び管轄消防へ通報し、現場確認を行った。	20年以上(23年)
166	製造事業所(コ)一種	水素製造装置炭化水素漏えい事故	1/7	千葉県	0	0	0	0	その他(炭化水素)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜情報伝達の不備＞	＜誤操作、誤判断＞		運転中の高圧ガス製造施設において、定常パトロール中に改質炉入口のサンプルクーラー行き取出し元弁下流(高圧ガス範囲外)配管にて保温隙間部より漏えいを確認した為、直ちに取出し元弁を閉止した。	20年以上(48年)
167	製造事業所(冷凍)	ロウ付け部より冷媒漏えい事故	1/9	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(商業ビル)	冷凍設備、配管	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞	＜シール管理不良＞		定期務備作業(機器停止)の一環として、校正済みの安全弁取り付けを行った際に、冷媒漏えいを発見、確認 人的被害無し 冷媒漏えい量5.2Kg	15年以上20年未満
168	製造事業所(冷凍)	パッケージエアコンフロンR410A漏えい事故	1/9	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(休止中)	＜その他＞(老朽化)	＜腐食管理不良＞		2024年1月9日、暖房不調により点検、圧縮機吐出配管のピンホールからガス漏れを確認した。 1月12日、メーカー修理を実施、圧縮機吐出配管のピンホールの溶接を実施した。	10年以上15年未満
169	製造事業所(冷凍)二種	チラーユニット機器内部の冷媒ガス漏れ	1/10	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(事務所ビル)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(休止中)	＜その他＞(老朽化)			機器点検中に油にじみを確認した為、機器を停止させ石鹸水を用い冷媒ガス漏れ箇所を確認	20年以上(23年)
170	製造事業所(コ)一種	フロン22製造施設におけるR-245caフロンの漏えい事故	1/10	茨城県	0	0	0	0	その他(R-245ca)	C2	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞			2024年1月10日(水)18時45分頃、フロン22製造施設起用作業のためライン確認を行った際、当該施設の蒸留塔断熱材に霜が付いていることに気づいた。 断熱材にR-245ca漏えい検知器を近づけたところ、R-245caを検知し、R-245caが漏えいしていることを確認した。 漏えい発見後、漏えい箇所の縁切りを行い、残液は次工程の蒸留塔に吹き送り、窒素パージを開始した。 消防に連絡し、現場の安全確認を受けた。	20年以上(38年)
171	製造事業所(冷凍)二種	冷媒漏えい事故	1/10	神奈川県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、配管	＜停止中＞(検査・点検中)	＜点検不良＞			2024年1月10日(水)、年次法定点検にて膨張弁根元(ロウ付け部)より冷媒漏れを確認した。 ロウ付け部に目に見えない微細なピンホール等があったのではないかと推測している。 漏れ発覚したその場で主要バルブを閉じて運転停止し、冷媒漏れが無い事を確認した。 念の為、漏えい部にテープを巻いて暫定対策を実施した。	10年以上15年未満
172	製造事業所(コ)一種	エチレンガス漏えい事故	1/12	山口県	0	0	0	0	エチレン	C2	漏洩		石油化学	安全弁	＜荷役中＞	＜操作基準等の不備＞			エチレン揚げ荷役作業(船側よりローディングアームを使用してエチレンタンクに受け入れる作業)において、受入バルブの開度が不十分であったため上流側の圧力が上昇し安全弁が作動した。 放出されたエチレンはすべてフレアースタックに送られたため外部への影響はない。	20年以上(35年)
173	製造事業所(コ)一種	液化ブタンの漏えい事故	1/15	茨城県	0	0	0	0	ブタン	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年1月15日15時05分頃、アロマ製造装置内のコンデンセート蒸留装置において、液化ブタン配管表面に霜付きを確認したが、ガス検知器は反応しなかった。 装置を停止し、1月18日配管の窒素テストを実施したところ、液化ブタンの漏えいを確認した。 漏えい箇所をブロックして、窒素にて置換し、液化ブタンの漏えいが停止したことを確認した。	10年以上15年未満
174	製造事業所(冷凍)	R410A漏えい事故	1/15	静岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞	＜締結管理不良＞		1月15日(月)09時頃、冷蔵庫内温度が通常より高いことから施工会社に確認を要請。 同日17時頃現地調査を行い、冷媒圧力が0であることからガス漏れと判断した。 1月16日(火)に漏れ箇所を調べたところ、メンテナンスバルブの配管付け根(フレア)の破断を確認した。 人的・物的被害なし。	5年以上7年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
175	製造事業所(コ)一種	安全弁ラインでのLPG漏えい	1/16	大阪府	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年1月16日(火)16時30分頃、設備検査担当協力会社員がブテン転換装置の配管検査を実施中に安全弁行き3B配管で異常減肉腐食を覚知したため運転Gへ連絡。 運転G及び直課長が現場を確認し、腐食状態から運転継続不可、即時停止を判断。 ガス検知器での測定を実施し反応なしであったが、運転を停止し、内容物パージ実施後配管の詳細検査を行い、さびこぶを撤去したところ配管貫通を覚知した。	20年以上(37年)
176	製造事業所(コ)一種	高級アルコール製造施設出口配管からの水素漏えい事故	1/16	千葉県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油化学	配管	＜停止中＞	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		高級アルコール製造施設の運転停止中に、オペレーターがパトロールにて最終水添クーラー出口配管より微量の油(ハイドロカーボンに水素が溶解した液)の惨み漏れを覚知した。 直ちに当該機器ブロック間で脱圧・脱液を実施後に、油滲み部分の保温を解体したところ、水平部に部分的な外面腐食を確認した。	20年以上(25年)
177	製造事業所(冷凍)	果汁充填室空調機冷媒漏えい	1/16	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	破裂破損等	漏洩	食品	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			空調機に「冷媒圧力計異常」が発生。 圧力センサー値0MPa、及び室内機熱交換器で油滲みを確認。 窒素加圧による気泡確認で、熱交換器仕切り板銅管根元部(Uベンド)よりガス漏れを確認した。	10年以上15年未満
178	製造事業所(冷凍)	冷媒ガス漏えいについて	1/17	宮崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			事業所内における空調機より冷媒ガス(R410A)が11.3kg(貯蔵全量16.9kg)漏えいした。 空調の定期点検時に、冷媒回収を行ったところ、充てん量16.9kgのところ5.6kgしか回収できなかったため漏えいしていると判断した。	10年以上15年未満
179	製造事業所(一般)一種	原料取付ライン弁からの混合ガス漏えい	1/17	三重県	0	0	0	0	その他(ジボラン、アルゴン)	C2	漏洩		一般化学	バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(ホウ酸析出物による固着)			ジボラン原料ガスラインをジボランからアルゴンに置換するため、アルゴンでパージしたところ、ジボラン原料取付ライン弁グランド部からガス漏れが発生した。	20年以上(20年)
180	製造事業所(コ)一種	アルキレーション装置アナライザー(分析計)取出し配管からのLPG微量漏えい	1/17	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			現場巡回中、運転状態にあったリサイクルiC4分析計取出し配管で微小漏えいを覚知した。 取出し元バルブを閉止し、脱圧実施により微量漏えいの停止を確認した。	20年以上(36年)
181	製造事業所(冷凍)	フルオロカーボンガス漏えい事故	1/18	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		自動車	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			1月12日(金)、設備が自動で低圧異常停止。※異常の原因が漏えいだと断定できない。 1月17日(水)、メーカー調査開始。※当時メーカーは事故届出必要無しの見解。 1月18日(木)、遵法部署より県に連絡、事故届出必要の見解及びメーカー調査の結果がガス漏えいと覚知。県へ速報送付。	3年以上5年未満
182	製造事業所(コ)一種	圧力計導圧配管からのエチレンガス漏えい	1/18	神奈川県	0	0	0	0	エチレン	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞			2024年1月18日(金)07時25分頃、運転員がパトロール中、圧力計導圧配管の開放・清掃後の窒素による加圧・落圧パージ作業時に、白い付着物に気づき調査した結果、漏えいが確認された。	20年以上(52年)
183	製造事業所(LP)一種	オートガススタンドにおける充てんホース引張り事故	1/18	東京都	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他(充填ホース引張事故(漏出・漏えい無し))		スタンド	フレキシブルホース	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			当該車両を充てん中に隣のレーンへ別の車両を誘導、当該車両のガスが止まり充てんが終了した為、充填ホースが接続された状態を忘れてしまい、お客様に鍵と伝票を渡した。 お客様は、充填ホースが接続されたまま車両を発進させた。 セフテイカップリングが正常に作動し離脱、車両はスタンド構内で停止した。 事故に気付いた充てん員が、直ちに充填ホースを外した。 ガスの漏えい、車両その他設備の損傷は無し。	20年以上(35年)
184	製造事業所(一般)	水素ステーションディスペンサー遮断弁より水素漏えい	1/18	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		自動車	配管、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)	＜シール管理不良＞		朝一、自動気密時にディスペンサーユニット内水素センサーが発報し、緊急停止。 遮断弁の下側リークポートより漏れを確認。	3年以上5年未満
185	製造事業所(コ)一種	フラッシングラインからのLPG漏えい	1/19	岡山県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜設計不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年1月19日(金)21時50分頃、現場巡回中の運転員がフラッシング配管部に霜が付着しているのを発見した。 予備機のポンプへの切り替えを行い、縁切り及び脱圧を行った後、窒素による置換を行った。 携帯型及び定置式のガス検知機は吹鳴なし。 翌日09時30分頃、窒素(0.2MPa)により気密テストを実施し、フラッシング配管部からの漏えいを確認した。	20年以上(57年)
186	製造事業所(一般)一種	液化酸素CEの外槽安全板作動	1/19	兵庫県	0	0	0	0	酸素	C2	破裂破損等		鉄工所	コールド・エバポレータ	＜停止中＞	＜腐食管理不良＞			(前提条件) 本酸素CEは老朽化が進んでおり、昨年末に真空度を測定した際に不適合(2.7kPa)が確認されたため、残ガスを使い切った状態で使用を停止していた。 昨年度(2023年1月)の自主検査では真空度は1.8Pa(適合範囲)であった。 近日中に撤去することで進めていたため液の残量は無く、残圧も0.2MPaG程度であった。 (事故発生時) 事象が発生する前日の1月18日の18時頃の終業時には当該CEに問題は見られなかった。 1月19日の08時頃、CE周囲に白い粉末が大量に飛散している事を従業員が発見。 酸素CEの頭頂部の安全板が破損していたことから、CE断熱部に充填されていたパーライトが周囲に飛散したものと断定し、機器およびガスメーカーに連絡した。	20年以上(52年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
187	製造事業所(一般)一種	水素圧縮機室の定置ガス検知器の発報	1/19	東京都	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞			2023年12月22日(金)09:09、水素圧縮機運転中に水素圧縮機室固定式ガス検知器発報(14.6%LEL)、インターロックにより装置停止、閉店 12月26日(火)漏えい箇所調査 AM、メーカー作業にて、試運転を行い漏えい個所を調査した結果、水素圧縮機5段シリンダーヘッドよりポータブルガス検知器にてオーバーレンジの水素漏えいを確認 PM、当該部Oリング交換作業を実施。交換後、試運転・気密試験を行い水素漏えいなしを確認 12月27日(水)、固定式ガス検知器のログデータ継続監視の上、営業再開 2024年1月19日(金)、事故再発 11時17分、水素圧縮機復圧運転中、定置式ガス検知器が12.5%LELの水素を検知して発報、インターロックにより装置停止、閉店 1月29日(月)、漏えい箇所調査 AM、メーカー作業にて、30回以上試運転を行い漏えい箇所調査を行ったが漏えい再現できず、漏えい箇所特定には歪らず PM、一方でログデータより、同社他STと比較して当STは水素圧縮機起動時に急昇圧していることが分かり、この急昇圧がOリングシール部からの漏えい要因と推測 この急昇圧の原因・対策として水素圧縮機スピルバック弁の交換を実施 1月30日(火)、スピルバック弁交換 終日、交換後の水素圧縮機起動時のログデータが、他STと同様に25MPa付近までは緩やかに昇圧しており、改善を確認 再度試運転および漏えい箇所調査を実施し、正常運転・漏えいなしを確認 1月31日(水)、営業再開	7年以上10年未満
188	製造事業所(一般)一種	水素ステーションでの冷凍機膨張弁キャップ部からのフロン漏えい事故	1/19	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(振動による緩み)	＜締結管理不良＞		1月19日(金) 06時00分、冷凍機運転開始：停止中の日常点検 07時30分、冷凍機の冷却不足発見：ブライン出口温度が−14.7℃から下がらない状態 フロンガス漏えいの可能性があるため、周辺をガス検知器にて捜索するが、反応なし 冷凍機運転停止 08時31分、サービス担当者へ連絡 1月23日(火) 09時00分、メーカー現地調査を実施し、冷凍機膨張弁キャップ部からのフロン漏えいを確認、増し締めにて漏えい停止 13時00分、フロン再充填し、試運転での漏えい無し、正常に冷却されることを確認 1月26日(金) 13時00分、営業再開	3年以上5年未満
189	製造事業所(コ)一種	フッ素系ファイン化合物試験設備六フッ化プロピレン漏えい事故	1/20	千葉県	0	0	0	0	その他(六フッ化プロピレン)	C2	破裂破損等	漏洩	一般化学	ポンプ	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞	＜点検不良＞		定量ポンプから反応器へのHFP(六フッ化プロピレン)のフィードが乱れたため、運転員は手動でインバータの出力を調整したが安定しなかった。 運転員は見回りにて実機を確認したところ、ブリーザー弁に霜が発生しているのを発見し、直ちにポンプを停止した。 通液しているHFPは約−15℃であることから、ダイヤフラムが破損し、その部分から微量に漏えいしたHFPがブリーザー弁を冷やし、霜を発生させたと推測される。	15年以上20年未満
190	製造事業所(一般)一種	液化窒素製造設備(CE)充填ロパージライン配管からの漏えい	1/20	神奈川県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		機械	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜設計不良＞			液化窒素充填時に液漏れが発生した。 充填中の立合者が発見し、保安監督者に報告。 施工業者に確認し、溶接面の割れが原因と判明。	10年以上15年未満
191	製造事業所(コ)一種	残油脱硫装置発信機LOW側SUS配管からの水素微量漏えい	1/20	神奈川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(スタートアップ)	＜検査管理不良＞			現場巡回中、残油脱硫装置流量計導圧管付近からガスの微量漏えいを覚知したため、導圧管のバルブを閉止後に脱圧を行い、漏えいの停止を確認した。	20年以上(32年)
192	製造事業所(冷凍)二種	フロンガス漏えい事故	1/22	福島県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(圃場研究)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜自然災害＞(地震)			2024年1月22日(月)10時15分頃、空冷モジュールチラーアラームが作動したため、施工業者に連絡した。 翌日故障機器を停止し点検を実施したところ、フロンガスが漏えいしている事が判明した。 フロンガスの漏えい量は、10.6kgである。	5年以上7年未満
193	製造事業所(一般)一種	水素圧縮機出口逆止弁2次側コーン＆スレッド継手からの漏えい	1/23	神奈川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			1月23日16時47分、FCV充填後、17時12分に水素圧縮機による高圧蓄圧器の復圧を正常に完了し、水素圧縮機が正常に停止したことを確認した。 約10分後の17時22分、水素圧縮機室内の固定式拡散型ガス検知器がH警報を発報した。 翌日の営業を停止とし、漏えい箇所の特定のため、携帯型ガス検知器にて水素圧縮機内を点検したところ、水素圧縮機出口逆止弁コーン＆スレッド継手付近からの漏えいを確認した。 安全のため、水素圧縮機内は脱圧処置を施した。 1月24日、元請け及びメーカーにて漏えい箇所の調査を実施したところ、水素圧縮機出口逆止弁の2次側のコーン＆スレッド継手のリークポートから漏えいしていることを確認した。 漏えい継手部を規定トルクで締め付け、所定の80MPaまで昇圧し30分間圧力保持を行い、漏えいがないことを確認した。	1年未満
194	製造事業所(冷凍)	装置冷却用チラー冷媒ガス漏えい	1/23	滋賀県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(プラスチック製品製造)	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(冷媒配管ロウ付け部の経年劣化)			2023年12月27日、圧縮機コイル過熱警報発生の連絡を受け、同日調査し、冷媒不足を確認。 2024年1月15日～16日、冷媒回収を実施し、7.0kg不足を確認。 1月23日、蒸発器冷媒入口配管のろう付け部から潤滑油と冷媒の漏洩を確認。	10年以上15年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
195	製造事業所(LP)一種	液化石油ガス漏えい事故	1/24	長野県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		機械	安全弁	＜製造中＞(スタートアップ)	＜その他＞(緊急遮断弁の作動不良、ガスコンプレッサー圧力スイッチ設定圧異常)	＜点検不良＞		ローリーからのLPガス受け入れ作業時、ガス受入用ガスコンプレッサーを起動したところ、ローリー側の気相側緊急遮断弁が開いておらず、内圧が高まったことでガスコンプレッサーの安全弁が作動しLPガスが噴出した。 ガスコンプレッサーの保護機構(圧力スイッチ)は作動しなかった。	10年以上15年未満
196	製造事業所(一般)一種	ガス設備の窒素ラインの安全弁作動	1/26	福岡県	0	0	0	0	窒素	C2	その他(安全弁の作動)		その他(水素ステーション)	安全弁	＜製造中＞(スタートアップ)	＜誤操作、誤判断＞			・1月24日(水) 水素発生装置が緊急停止したため、窒素パージを実施 窒素ボンベ内の残圧低下に伴い、窒素の流量が低下、ST保安員はボンベ内の窒素を使い切るために窒素ラインに設置されている減圧弁二次圧の設定を通常値の0.45MPaから0.8MPaに変更 この時、窒素が流れている状態で減圧弁を操作したため設定値を正しく変更出来ず、減圧弁の下流に設置している安全弁の設定圧力である0.99MPaを超える値になっていたと推定 ・1月25日(木) 水素製造装置の調整及び、窒素ボンベ手配待ちのためSTは休業とした ・1月26日(金) 12:00、窒素ボンベ内の残圧が無くなったため、窒素ボンベの交換を実施 窒素ボンベ交換に伴い、減圧弁に新品のボンベ圧(約11MPa)がかかり二次圧が0.99MPaを超え安全弁が作動したと推定 ・1月27日(土) 07:30、開店準備及び始業前点検開始 07:40、窒素ボンベの圧力計が4.8MPaと前日の点検時から約5MPa減圧していることを確認(26日の終業時点検は10.9MPaを確認) 08:35、ST保安員が本社担当者へ連絡 09:30、水素発生装置のメーカーがSTに駆け付け、窒素ラインに設置されている安全弁の作動を確認 13:36、消防に通報 ・1月31日(水)、工場整備のため当該安全弁を取外し、メーカーへ送付 ・2月20日(火)、安全弁復旧取り付け作業実施	7年以上10年未満
197	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボン漏えい事故	1/26	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		機械	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)	＜点検不良＞		事故当時、圧縮機試験装置は運転中であった。 2024年1月26日14時頃、運転員が圧縮機吸込み圧力低下を確認。 冷水配管を開放し、冷媒リークテスタによる調査により、16時頃蒸発器からの冷媒漏えいを確認。 漏えい対象部位の閉止措置を行い、冷媒回収を実施。 冷媒漏えい量は41kg。	20年以上(23年)
198	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機R404A漏えい事故	1/29	山口県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞			1月29日(月)、冷凍設備点検においてリークチェック用スプレーを用いて、点検をしていたところ、凝縮器出口配管の溶接部よりカニ泡程度の漏えいを確認した。 1月30日(火)、点検業者において冷媒を回収したところ、充填量50kgに対し、回収量が40.8kgと9.2kgの漏えいが確認された。	1年未満
199	製造事業所(LP)一種	LPGの漏えい事故	1/29	茨城県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		容器検査所	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年1月24日10時00分頃、貯槽の液面計配管部よりLPGが漏えいしていることを確認した。 液面計のバルブを閉止し、LPGの漏えいが停止したことを確認した。	
200	製造事業所(コ)一種	液化石油ガス製造施設出荷設備破損事故	1/29	千葉県	0	0	0	0	プロパン	C2	その他(外部衝撃による破損(漏えいなし))		貯蔵基地	配管、継手	＜荷役中＞	＜誤操作、誤判断＞			充填口でプロパンの積み込みが完了し、ローリー運転士は出荷手仕舞い作業を完了したと思い込みローリーを出構させた。 その際. 異音に気づき車両を停止させた。 現場を確認すると、ローディングアームが接続された状態で車両を移動させたことで出荷関係の配管等が損傷していた。 発災前にローリーとの接続部のガス抜きを実施しており、発災後はローデイングアームとローリーが接続された状態であった。 発災後に発泡液により気密試験を実絡し、漏えいは確認されていない。	20年以上(31年)
201	製造事業所(コ)一種	常圧蒸留装置オフガスコンプレッサー下流配管からの液化石油ガス漏えい事故	1/29	千葉県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年1月29日01時40分、巡回点検中に常圧蒸留装置オフガスコンプレッサー付近でLPGの臭気及び異音がしているのを発見した。 直ちに漏えい箇所を特定し、ガス検知器で確認したところ漏えいを覚知した。 01時52分、電話にて消防へ通報および、非常体制を発令した。 漏えい箇所を速やかに縁切り・脱圧し、漏えいは停止した。	20年以上(56年)
202	製造事業所(冷凍)二種	急速冷凍機R22漏えい事故	1/31	山口県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			日常点検において冷凍設備が異常停止していることを確認した。 点検・調査したところ、受液器の液面が通常点検時よりも低下していたため、当該冷凍設備を停止のうえ、漏えい検査を実施した結果、天井裏の給液電磁弁接続部から漏えいしていることが判明した。 充填量130kgに対し回収量が3kgであったため、漏えい量は127kg。	20年以上(20年)
203	製造事業所(一般)一種	エコ・ステーション圧縮天然ガス漏えい事故	1/31	大阪府	0	0	0	0	天然ガス	C2	漏洩		その他(圧縮天然ガススタンド)	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(破損)			2024年1月31日20時30分、当該圧縮機ユニットのガス漏えい検知警報設備が発報し、設備が非常停止。 設備メンテナンス会社が調査したところ、圧縮機ダストフィルターと吐出圧力発信器元バルブ間の配管部からガス漏れを確認。	15年以上20年未満
204	製造事業所(LP)一種	液化石油ガス漏えい事故	2/5	大阪府	0	0	0	0	その他(プロパン、ブタン)	C2	漏洩		充填所	安全弁	＜その他＞(ローリー受入中)	＜その他＞(経年による誤作動の疑い)			2024年2月5日08時00分頃、ローリー受入作業を開始した。 08時50分頃、ガス漏えい検知器が作動したため、直ちに緊急遮断弁を作動させた。 ローリーの受入を含めた施設全体の稼働を停止させた後、漏えい箇所を確認したところ、LPG20t貯槽の安全弁の放出管から噴出漏えいしていた。	20年以上(51年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
205	製造事業所(コ)一種	重油脱硫装置レベルゲージ取出しノズルから漏えい	2/6	大阪府	0	0	0	0	その他(水素、硫化水素、炭化水素)	C2	漏洩		石油精製	その他(液面計)	＜製造中＞(定常運転)	＜設計不良＞			2024年2月6日(水)16時47分頃、運転員が重油脱硫装置の巡回点検を実施中に低圧ホットセパレーターの上段レベルゲージ周辺で漏えい疑義を覚知したため、直ちにレベルゲージの取出しバルブを閉止し圧抜きを実施した。 漏えい箇所を確認したところ、レベルゲージ取出しノズル溶接線に割れを認めたため、当該割れ箇所から漏えいしたと特定した。	10年以上15年未満
206	製造事業所(コ)一種	循環窒素圧縮機4段吐出伸縮管窒素ガス漏えい事故	2/6	大分県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		一般化学	圧縮機、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(不明)			2月6日18時51分、循環窒素圧縮機が吐出圧3.6MPa、吐出流量34,600㎥/hで通常運転中に機械故障警報「サージ近接」が発生。 19時09分、循環窒素圧縮機を停止。 保安係員1名が、循環窒素圧縮機の防音カバー内に設置された酸素濃度計の指示15%を確認した為、窒素ガスの漏えいを推測したが、外観目視点検では漏えい箇所を確認できなかった。 2月8日、循環窒素圧縮機の防音カバーを取外し、点検を実施した結果、4段吐出伸縮管からの漏えいを確認した。	10年以上15年未満
207	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機の冷媒ガス(R-407C)漏えい事故	2/6	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		機械	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞	＜操作基準等の不備＞		運転中にファンモーターユニットが脱落したことで、熱交換器銅管に接触し、ファンモーターユニット及び熱交換器銅管が破損した。 破損した熱交換器銅管から冷媒ガス(R-407C)が約80kg漏えいした。	10年以上15年未満
208	製造事業所(冷凍)二種	クーリング用チラーユニット冷媒ガス漏えい事故	2/7	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		機械	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2月5日、集中クーラント装置にアラーム発生 設備停止 2月7日、修理業者による原因調査 熱交換器に油滲みを確認、高圧ガス漏えいと推定 2月13日、県に事故報告	15年以上20年未満
209	製造事業所(一般)一種	水素ステーションディスペンサー充填ホースからの水素漏えい事故	2/7	東京都	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	その他(充填ホース)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(異物混入)			2024年2月7日17時25分、3台連続充填の3台目で、ディスペンサー吸引式ガス検知器HH発報 携帯式ガス検知器でディスペンサーノズル周辺を検査するも検知無し 関係各所に連絡後、閉店 2月8日09時00分、都より試運転(保圧試験)の許可あり ST保安員で保圧試験するも、再度ディスペンサー吸引式ガス検知器HH発報 漏えい量が多く、正確な漏えい箇所特定できず 2月9日13時00分、メーカーにて現地調査実施 80MPaで漏れ確認を行い、充填ホースからの水素漏えいを確認(ノズルから200mm程度の位置) 2月15日09時00分、ホース交換実施 ホース交換後、気密試験てて漏れ無しを確認 12時35分、行政の許可を得て営業再開	3年以上5年未満
210	製造事業所(冷凍)一種	R404A漏えい事故	2/7	静岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2022年5月及び2023年9月 液面計が下がってきたためメーカー点検を実施たが、漏えいを確認出来ず、通常使用での蒸散による液面変化ととらえ漏えい無しと判断 2024年2月7日 冷却性能が低下したため、検知器で点検した結果、オイルセパレーター配管部からの漏えいを確認 人的・物的被害無し	20年以上(23年)
211	製造事業所(冷凍)二種	フロン機器冷媒漏えい	2/8	大分県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン401A)	C2	漏洩		自動車	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(老朽化)			2024年2月8日、冷媒が漏れていることを確認 3月1日、メーカーが修理を実施 3月4日、フロンガスの漏えい量を確認した 冷媒:R401A、漏えい量:35kg	7年以上10年未満
212	製造事業所(冷凍)二種	冷凍設備フルオロカーボン漏えい事故	2/8	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(役所)	冷凍設備、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			圧縮機の振動によりインジェクション用配管が損傷しフロンガスが漏えいした	20年以上(27年)
213	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機フロン漏えい事故	2/9	香川県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン407E)	C2	漏洩		窯業	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(シャットダウン)	＜シール管理不良＞			2月8日09時00分、当該機のメーカー年次点検を実施。 点検の中でオイルフィルターの開放点検を実施。 15時00分、オイルフィルター復旧、リークテストで漏れがないことを確認。 2月9日09時00分、前日開放したオイルフィルターから潤滑油にじみ漏れを発見。 潤滑油と共にフロン漏えいの可能性もあるため回収手配。 13時42分、残存冷媒を全量回収し、規定封入量との重量差からフロン漏えいと特定。	10年以上15年未満
214	製造事業所(コ)一種	常圧蒸留装置フィードラインからLPG漏えい	2/9	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年2月9日10時30分頃、外面腐食点検二次検査のため、保温解体時に極微量の霜を覚知した	20年以上
215	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機冷媒漏えいの件	2/9	長崎県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		その他(金属加工)	冷凍設備、凝縮器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(凝縮器チューブ経年劣化腐食)			2023年3月30日に発生した同型他冷凍機の凝縮器チューブからの冷媒事故を受け、同年数使用の当該冷凍機状態確認の為、凝縮器チューブ過流探傷試験を行った。 2023年12月11日、過流探傷検査開始。 12月27日、過流探傷試験中、凝縮器チューブの穴開きを発見。 チューブ全数確認し、1,314本中2本の穴開きを確認。 穴開きチューブを封止し冷凍機運転禁止措置(冷水・冷却水バルブ閉止及び電源断)、冷媒回収作業手配 2024月2月5日、媒回収作業開始 初期封入量2,800kgに対し回収量1,494kg、1,306kgの冷媒リークが発生していることが判明した。	20年以上(21年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
216	製造事業所(冷凍)二種	冷媒ガスR410Aの漏えい	2/9	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		機械	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞	＜点検不良＞		パッケージエアコンの暖房能力が低下(室内温度が通常時より5℃低下)したため、2月9日(火)にメーカー点検を行った。 点検の結果、冷媒ガス圧力不足が原因で、冷媒ガスR410Aの漏えいが判明した。	20年以上(27年)
217	製造事業所(冷凍)	屋上設置空調機から屋内機への接続配管の冷媒(R410A)漏えい	2/13	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年による銅管の疲労破壊)			2024年2月13日(火)08時55分、中央監視室でエラーメッセージ発報、当該機停止 15時15分、協力会社による各所点検開始 17時55分、屋上室外機の圧力計が0であることを確認 14日(水)10時01分、空調機管理職場より冷媒漏えい事故発生の連絡 19日(月)15時49分、フロン回収を試みるも回収量0 窒素充填による漏えい箇所特定作業で、4階廊下天井裏で室内機向け冷媒分岐配管近傍で漏えい音確認 22日15時44分、天井裏で状況確認できないため、冷媒分岐配管を切り取り目視確認 分岐部溶接個所近傍の曲がり部に長さ約6mmの亀裂確認 26日(月)10時08分、その他配管、接続部等漏えい無しを確認	15年以上20年未満
218	製造事業所(一般)一種	液化アルゴンの漏えい	2/13	茨城県	0	0	0	0	その他(アルゴン)	C2	漏洩		機械	コールド・エバポレータ、バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜シール管理不良＞	＜点検不良＞		2024年2月13日13時00分、日常点検において高圧用アルゴンCE設備のポンプ送液弁が凍結していることを発見し、当該ポンプ送液弁から液化アルゴンが漏えいしていることを覚知した。 目視の結果、グランドナット部より液漏れしていることを確認した。	5年以上7年未満
219	製造事業所(冷凍)	冷凍設備漏えい事故	2/14	大阪府	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		機械	冷凍設備	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(疲労)			2024年2月14日(水)10時30分頃、当該設備定期点検の際に室外機よりガスの漏えいを確認。 同日、業者に対し早急な原因の究明と修理実施を依頼した。	7年以上10年未満
220	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボン漏えい事故	2/14	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		機械	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜シール管理不良＞	＜点検不良＞		2024年2月14日、空調機の定期点検中にメンテナンス業者が冷媒ガス漏えいを発見、設備停止。 3月18日、膨張弁からの漏えいと確認。 県に事故報告。 3月26日、設備内の残冷媒ガスを回収。	15年以上20年未満
221	製造事業所(一般)	炭酸ガス配管溶接部にピンホール発生	2/15	山梨県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		食品	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			炭酸ガス貯槽のブローを行った際、保冷部より煙を確認した。 保冷部を外し再度確認したところ、配管溶接部にピンホールが発生していたので、使用を停止した。	20年以上(36年)
222	製造事業所(冷凍)二種	撰別除湿チラーR404A漏えい事故	2/16	山口県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(休止中)	＜締結管理不良＞			2月16日18時頃、冷凍機を起動しようとしたところ、圧力が0MPaであったため、起動することができなかった。 製造メーカーに点検調査を依頼。 2月19日、点検調査の結果、高圧側圧力計チェックジョイント部からの漏えいを確認。 漏えい量は28kgと全量が漏えい。	3年以上5年未満
223	製造事業所(一般)一種	液化硫化カルボニル製造設備容器バルブ漏えい事故	2/17	静岡県	0	0	0	0	その他(液化COS(液化硫化カルボニル))	C2	漏洩		一般化学	容器、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜操作基準等の不備＞			通常運転中の2月17日10時30分頃、出荷用の容器に液化COS(液化硫化カルボニル)を充填中、容器の開閉バルブから液滴及び凍結が確認され、COSガス検知器が作動した。 作業員は、直ちに製品タンクの底弁を閉止して、容器へのCOS充填経路を遮断、施設を封鎖し、屋外に避難した。 10分後、管理室(施設からは隔離されている)でCOSガス検知器の値が低下したことを確認できたので、ライフゼムを装備して現場に戻ったところ、開閉バルブの凍結(溶け始めていた)は確認できたが、液滴は確認できなかった。 念のため漏れ箇所の確認として、製品タンク底弁を開き(容器の開閉バルブは開のまま)事故時の状況を再現したが、漏えいは確認できなかった。	3年以上5年未満
224	製造事業所(コ)一種	エチレン装置配管リード線漏えい	2/19	神奈川県	0	0	0	0	その他(分解ガス(H2～C2))	C2	漏洩		石油化学	配管	＜停止中＞(工事中)	＜製作不良＞			2024年3月1日(金)13時30分、工事立会者より脱メタン塔フィードブレクーラー差圧計導圧管低圧側本体保温板金部よりガス検知の報告あり。 13時35分、班長現場確認。 13時40分、現場担当者へ導圧管元弁閉止及び、窒素置換を指示。 14時15分、導圧管元弁閉止及び、脱圧後単体窒素パージにて保温板金不具合部からのガス濃度低下を確認。HC検出無し。 3月1日、保温板金解体。 3月3日、窒素にて気密確認、溶接線クラック覚知。	20年以上(50年)
225	製造事業所(一般)一種	液化酸素貯槽充填受入配管溶接部の微小リーク	2/20	大阪府	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		充填所	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2月20日、ローリーより充填した際、受入配管の溶接部に“濡れ”が発生している事を運転員が発見した。 該当箇所は充填時以外に圧力がかからない箇所であるため、調査をメーカーに依頼した。 2月22日、現地調査を実施した。 受入配管に圧力をかけて発泡液検査をしたところ、溶接部からカニ泡が発生している事が確認されたため、消防に経緯を報告した。 人的被害および物的被害は無し。	20年以上(22年)
226	製造事業所(コ)一種	安全弁作動によるエチレン漏えい事故	2/21	大分県	0	0	0	0	エチレン	C2	漏洩		石油化学	安全弁	＜製造中＞(シャットダウン)	＜その他＞			スチレンモノマー製造施設のシャットダウンメンテナンスに向けた圧縮機の停止操作の際、圧縮機の吸入側に設置している安全弁が作動した。	20年以上(33年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
227	製造事業所(一般)二種	液化酸素気化器配管からの漏えい	2/21	山形県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		その他(石英ガラス製造)	熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年2月21日(水)13時30分、液化酸素ローリー車からCEへガスを充てんした際、ガスが漏えいしているような音をローリー配送者が確認。 同日従業員が確認したところ漏えいは確認できなかった。 翌22日(木)13時30分、再度従業員が確認したところ、ガスが漏えいしているような音を確認。 気化器上部の配管の溶接部から漏えいしたと考えられる。 ガス漏えい確認後、ジュート巻で該当部を補修し、圧力降下がみられないことからガス漏えいの恐れがないことを設備業者と確認の上、運転を継続した。 同日はローリー車からの充てんはなされていない。 当事業者では1日3回の点検を実施しており、21日及び22日も当該点検では異常は確認されなかった。 付近では火気及び油脂類の使用の実態はない。 本件について、県は2月26日(月)13時30分頃、事業者からの情報提供により認知した。 2月29日(木)、運転を停止。 3月1日(金)、気化器更新に係る工事を実施し、漏えい等がない旨を確認の上、現在は運転を再開している。 気化器については製造後40年が経過していたことから本体ごと更新し、新たな気化器は製造から20年経過したものを取り付けている。	20年以上(40年)
228	製造事業所(冷凍)一種	冷媒漏えい	2/21	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	破裂破損等	漏洩	食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(工事中)	＜締結管理不良＞	＜誤操作、誤判断＞		ターボ冷凍機整備中に、バルブが無い系統の銅管フレア一継手部が外れて冷媒が漏えいした。	15年以上20年未満
229	製造事業所(冷凍)	R404A漏えい事故	2/21	静岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年6月21日、急速凍結庫の庫内温度が冷えないため、点検を実施したところ、凍結庫内のフィルタドライヤの継手部分から冷媒(R404A)の漏えいを確認した。 人的、物的被害無し。	7年以上10年未満
230	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機冷媒ガス漏えい事故	2/22	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年2月22日、メーカーによる月1回の定期点検の際に、冷媒ガス液面計の液面レベルが低下していた。 冷媒漏れを疑い、リークテスター等でユニット周りや配管周り等を点検するも異常が無かった。 3月1日、詳細な点検(ガス濃度計による点検等)を実施の結果、膨張弁入口付近の配管にピンホールができており、冷媒漏れを確認した。	20年以上(28年)
231	製造事業所(一般)一種	LNG漏えい事故	2/22	三重県	0	0	0	0	メタン	C2	漏洩		窯業	蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜操作基準等の不備＞	＜点検不良＞		事故当時のLNGサテライト設備(高圧ガス設備)は、通常運転中であった。 出口ガス圧力0.208Mpa、出口ガス温度35.5℃。 2024年2月22日(木)16時00分頃、巡回点検中に当該LNG気化器上部にて漏えい音を確認し、直ちに系統切り離しによる安全処置操作を実施したところ、漏えい音は無くなった。 3月3日、足場組立後の目視点検・漏えい試験を行い、5箇所のき裂を確認した。 今後、気化器を工場へ発送し製造メーカーにて詳細調査を行う予定。	5年以上7年未満
232	製造事業所(一般)二種	窒素CE液取出し弁からの窒素漏えい	2/26	大阪府	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		食品	コールド・エバポレータ、バルブ	＜停止中＞	＜締結管理不良＞			2024年2月22日(木)16時00分頃、終業のため当該バルブを閉止。 2月23日～25日(金～日)は休業のためバルブ開閉作業は無し。 2月26日(月)08時20分頃、始業のため当該バルブ開作業の際に、バルブ周辺に着氷が見られ漏えいが疑われた。 バルブを増し締めしようとするも着氷のため操作できず、検査会社へ連絡し解氷後、検査を行なったところ漏えいを確認した。	15年以上20年未満
233	製造事業所(冷凍)一種	空調用冷凍設備からの冷媒漏えい	2/28	兵庫県	0	0	0	0	その他(不明)	C2	漏洩		その他(新聞印刷)	冷凍設備、凝縮器	＜停止中＞	＜その他＞(経年劣化)			機器エラー(圧縮機油圧低下異常)発生に伴い、圧縮機の電磁弁など部品交換をする際に、冷媒を回収。 回収量が少ないため、冷媒漏えいの可能性があると思われたため、窒素による加圧確認にて空気熱交換(凝縮器)配管部にて漏えいの反応があった。	10年以上15年未満
234	製造事業所(一般)一種	酸素漏えい事故	2/28	茨城県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		鉄工所	配管	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年2月28日07時00分頃、日常点検を行っていた際に、液化送液ラインの蒸発器手前の配管に、作業員が亀裂を発見し、酸素が漏えいしていることを確認した。 漏えい箇所については、内外部を調査し、応急措置としてテーピングによる漏えい阻止の措置を行った。 当該配管は、3月11日に変更工事として溶接補修を行い、気密試験を実施し漏えいが無いことを確認した。	20年以上(48年)
235	製造事業所(冷凍)一種	空調用冷凍設備からの冷媒漏えい	2/28	兵庫県	0	0	0	0	その他(不明)	C2	漏洩		その他(新聞印刷)	冷凍設備、凝縮器	＜停止中＞	＜その他＞(経年劣化)			圧縮機油圧低下異常発生に伴い、冷媒を回収し回収量が少ないため、冷媒漏えいの可能性があると思われた。 窒素による加圧確認にて、サイクル側空気熱交換(凝縮器)配管部にて漏えい反応があった。	
236	製造事業所(冷凍)二種	フロン漏えい事故	2/29	新潟県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		窯業	冷凍設備、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			事故当時ライン液チラーは通常運転中であった。 13時頃、チラー設備の圧縮機にエラーコードが出ていることを発見し、高圧側・低圧側の冷媒圧力指示値はともに0.2MPa程度であることを確認した。 フロンが漏れている可能性があるとのメーカー見解を得て、バルブを閉じて漏えいを停止させた。	15年以上20年未満
237	製造事業所(コ)一種	アルコールケトン製造施設C4留分漏えい事故	3/4	千葉県	0	0	0	0	その他(C4)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年3月1日(金)、パトロール中に臭気及び配管に漏れ痕を確認。 当該部分をブロックし、液抜き洗浄を実施。 3月4日(月)、当該配管をワイヤーブラシでケレン後、0.5mmの開孔を確認、漏えい箇所特定。	20年以上(31年)
238	製造事業所(冷凍)	フロン漏えい事故2	3/6	新潟県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		窯業	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(流路閉塞)	＜腐食管理不良＞		事故当時、チラーは通常運転中であった。 チラー設備の圧縮機にエラーが出ていることを発見したため、稼働を停止し漏えいを停止させた。 フロンを回収し、漏えい箇所を確認したところ、水熱交換器(蒸発器)から内部リークしていることが判明した。 冷凍機は2系統あり、もう片方は2月29日に漏えい事故を起こし、停止中であった。	15年以上20年未満
239	製造事業所(冷凍)	加圧炉用チラーユニット内の冷媒漏えい	3/7	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			チラー精密診断の際、膨張弁からコンプレッサーの機械油の漏えい痕が発見された 漏えい箇所は冷媒循環系統なので、機械油と冷媒が混ざって漏えいしていると推定された	10年以上15年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
240	製造事業所(コ)一種	高圧ポリエチレンプラントR12漏えい事故	3/9	三重県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボンR12)	C2	漏洩		石油化学	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(検査・点検中)	＜シール管理不良＞			2024年3月9日、高圧ポリエチレンプラント定期修理期間中にエチレン凝縮装置の冷媒(フロン12)の系内保有量を液面計の指示値から確認したところ、想定以上に減少していた。 その後の調査で、弁の内漏れによる圧縮機停止中のメカニカルシールからの漏えい(3.8t)、圧縮機メカニカルシール不良による漏えい(1.7t)が原因であると判断した。	20年以上(51年)
241	製造事業所(コ)一種	高圧フィルタ出口圧力計導圧管からの炭酸ガス漏えい事故	3/10	富山県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		一般化学	配管	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞			2024年3月8日19時35分、停止していた液化炭酸プラントのスタートアップ操作を開始。 3月10日10時00分、パトロール中の運転員が漏えい音を確認。 調査を行ったところ、高圧フィルタ出口配管に数mmの割れを発見し、そこから炭酸ガスが漏えいしていることを確認した。 漏えいしたガスが炭酸ガスであり、漏えい量も微量であったことから、プラントの運転を継続した。 3月11日09時00分、再度状況を確認し漏えい事故と判断、プラントを停止した。 10時20分、県へ事故の発生について連絡した。	20年以上(64年)
242	製造事業所(冷凍)	フロンガス漏えい事故	3/11	埼玉県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		食品	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年3月11日、冷凍機圧力低下 3月21日、メーカー点検の結果、冷媒漏えいと判断、当該設備稼働停止。 4月10日、膨張弁交換、冷媒回収。 規定冷媒量19.5kg、回収量5.5kg、漏えい量14kg。 気密試験により、コンデンサの内部リークを確認。 5月9日、水冷チラーコンデンサを交換。 漏えい点検及び作動確認異常なし判定により、復旧。	7年以上10年未満
243	製造事業所(一般)一種	窒素ガス漏えい事故	3/12	大分県	0	0	0	0	窒素	C2	破裂破損等	漏洩	運送	タンクローリ、蒸発器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(金属疲労)			客先の納入が終わり帰社後、車両後部より空気が漏れるような音がしたので近づいて点検したところ、加圧蒸発器ドレン金具部の付け根付近が割れて窒素ガスが漏れていることを発見した。 ガス漏れを防ぐ為、出口弁を閉じ窒素ガスが流れない様措置を施した。	20年以上(36年)
244	製造事業所(冷凍)	冷凍設備冷媒ガス漏えい事故	3/12	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(役所)	冷凍設備、液分離器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			ビル管理会社の職員が冷凍設備熱交換器下部の床面に油にじみを発見。 機器の運転を停止し、漏れ箇所を調査するも特定できなかったが、圧力低下は確認した。	
245	製造事業所(コ)一種	水添脱硫接触改質装置の液面計取り出し配管からの漏えい	3/13	大阪府	0	0	0	0	その他(液化石油ガス、軟質ナフサ)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年3月13日09時56分頃、運転員がパトロール中に液面計取出し配管周辺において、漏えい痕を発見した。 保温材を除去したところ、配管の開孔を確認した。	20年以上(55年)
246	製造事業所(冷凍)一種	冷媒ガスR404Aの漏えい事故	3/13	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年3月13日07時00分、冷凍機の空気側熱交換器より、冷媒ガスR404Aが漏えいしたことを覚知した。 直ちに冷凍機を停止し、漏えいが停止したことを確認した。	
247	製造事業所(一般)一種	液化炭酸ガス貯槽配管溶接部漏えい事故	3/14	山口県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		一般化学	配管	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			・定期自主検査において、気密試験を実施していたところ、発泡液を塗布した際に微量の気泡を発見した。 ・漏えい個所が貯槽と第一弁の間であったため、貯槽内のガスをすべて抜いて処置完了とした。	20年以上(50年)
248	製造事業所(コ)一種	アルコールケトン製造施設C4留分漏えい事故	3/14	千葉県	0	0	0	0	その他(C4)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年3月11日、ガードセパレーターレベルゲージ高圧側取出し弁ノズル配管より惨み跡をパトロールにて覚知した。 取出し弁閉によるブロック(応急措置)可能であり、現場の状況から異常現象には該当しないと判断している。 速やかにブロック液抜き水洗浄を実施し、設備管理部への引き渡し後、惨み跡の検査をワイヤーブラシ施工後に実施、開孔を確認した。	20年以上(31年)
249	製造事業所(冷凍)	冷凍機からの冷媒漏えい事故	3/15	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜点検不良＞		2024年3月15日、冷凍設備を停止。 3月18日、運転前点検で冷媒ガス圧力がほぼゼロになっていることを確認、設備停止。 業者の点検の結果、熱交換器から冷水系統に油が混入しており、熱交換器からの漏えいと推定。 15日の時点で圧力異常が発生しており、フロンが漏えいしていたと推定。 3月18日、県に事故報告。	5年以上7年未満
250	製造事業所(冷凍)	R410A冷凍設備冷媒漏えい事故	3/15	千葉県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		機械	冷凍設備、凝縮器	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞			2024年2月7日、冷凍設備にエラーが発生し自動停止したため、メーカーに修理を依頼 3月15日、メーカーが気密試験を実施し、漏えい箇所を特定した 冷媒(R410A)漏えい量6.5kg	15年以上20年未満
251	製造事業所(コ)一種	直接重油脱硫装置水素漏えい事故	3/15	千葉県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	その他(槽)	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			運転中の高圧ガス製造設備において、定常パトロール中に塔槽の上部液面計取出し付近より、重油又は水素漏れの疑いがあったため、当該装置を停止した。 窒素パージを行い、気密試験を実施したところ、ノズル下部の補強板溶接線より漏れが認められた。	20年以上(49年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
252	製造事業所(一般)二種	蓄圧器室低圧安全弁の作動事故	3/15	東京都	0	0	0	0	水素	C2	その他(安全弁作動)		その他(水素ステーション)	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			2024年3月15日(金)10時15分、水素トレーラー受け入れ作業開始 10時55分、水素トレーラー受け入れ作業完了。 水素トラー払出弁(V103)を全開とすべきところ、全開になっていないまま蓄圧器への往復運転(水素圧縮機稼働)を開始した。…ミス① 11時00分、しばらくの間水素圧縮機稼働が出来ていたが、水素トレーラーの圧力が徐々に低下した。 水素圧縮機吸込み圧力が不足(0.65MPa必要なところ0.3MPaまで低下)し、水素圧縮機吸込み圧力LLが発生、インターロックにより装置が停止した。 11時15分、現場点検し水素トレーラー払出弁(V103)が全開になっていないことを確認した。 改めて当該弁を全開とし、蓄圧器への往復運転(水素圧縮機稼働)を開始した。 この時、水素圧縮機吸込みラインの減圧弁の追従性を確保するため、水素圧縮機吸込み圧力を手動操作で0.45MPa程度まで昇圧すべきであったが、失念したまま水素圧縮機稼働操作を開始した。…ミス② 11時17分、このため減圧弁が追従できず、過大に開動作し、減圧弁下流安全弁(設定値0.99MPa)が作動した。 11時30分、ST保安員より関係部署に連絡、閉店作業。 13時15分、都に連絡。 3月18日(月)14時00分、都に連絡し、現地調査、水素圧縮機試運転の承諾を得た。 安全弁の予備品への交換についても伝えた。 3月19日(火)、元請にて安全弁の予備品への交換、及び現地調査を実施した。 ミス①、ミス②が重なり、安全弁作動に至ったことを確認した 復旧後の試運転で、正常に往復運転(水素圧縮機稼働)が完了すること、外部に水素漏えいの無いことを確認した。 14時55分、都に報告、電話説明を行い、営業再開の許可を得た。 始業前点検実施、ST営業再開した。	7年以上10年未満
253	製造事業所(コ)一種	集中合理化装置水添脱硫装置安全弁作動	3/16	三重県	0	0	0	0	水素	C2	その他(安全弁作動)		石油精製	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			停止中の圧縮機の健全性確認のため、他機へ切替準備作業を行っていた。 系統内と当該機を同圧にするため、当該機の2段デリコックを開けたところ、2段吐出側から2段吸入側(1段吐出側)へ水素リッチガスが逆流し、他機1段吐出側安全弁が作動した。	20年以上(20年)
254	製造事業所(冷凍)二種	フロンガス((R134a)漏えい	3/16	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年3月15日(金)、異常発報(低圧凍結防止異常、冷結防止異常)し運転停止。 3月16日(土)、メーカーにて蒸発器からの冷媒漏れを確認。	5年以上7年未満
255	製造事業所(一般)二種	工場火災による酸素消費配管損傷事故	3/16	栃木県	0	0	0	0	酸素	C2	火災		鉄工所	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(工場火災)		高温	2024年3月16日10時20分頃、事業所内で炭酸ガスボンベを用いて溶接作業を行っていたところ、火花が事業所の防音壁に燃え移り 火災が発生。 火災により、酸素CEの低圧配管が損傷。 当該酸素CEは溶接作業とは無関係。	3年以上5年未満
256	製造事業所(コ)一種	水素発生装置変成ガスタンクからの水素ガス漏えい	3/17	大阪府	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		一般化学	その他(分離器)	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			定常運転中、ドレン抜き中に水素発生装置変成ガスタンクのノズル溶接部より漏れを発見。 直ちに非常時連絡網で連絡し、装置通常停止。 停止後は装置内を窒素にて安全化。	15年以上20年未満
257	製造事業所(冷凍)	冷却器出口サクション配管エルボ部からの冷媒漏えい事故	3/17	神奈川県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		運送	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			冷凍機分解整備を行なった際、冷媒充填を行った為、後日漏えい点検を行ったところ、庫内クーラー付近より漏えいを発見	20年以上(26年)
258	製造事業所(冷凍)一種	冷媒ガスR22の漏えい事故	3/18	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		機械	その他(調査中)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年3月18日10時00分、運転不調のためメーカーによる点検を行った際、圧力計の値が0になっており、ガス漏れが発生している可能性を指摘された。 直ちに冷凍機を停止し、冷媒ガスR22の漏えいが停止したことを確認した。	
259	製造事業所(コ)一種	付属冷凍設備からの冷媒漏えい	3/19	三重県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		石油化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜誤操作、誤判断＞			2024年3月19日(火)13時30分、協力会社社員が付属冷凍設備の圧力計整備において、冷媒ラインと接続され且つ圧力が掛かっている状況で圧力計のねじ込み部を取り外した為、冷媒R-22が漏えいした。 状況を確認した製造課職長が直ちに圧力計のねじ込み部を締めさせて、漏えいは停止した。	20年以上
260	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機からの冷媒漏えい事故	3/19	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(駅舎)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜締結管理不良＞			2024年3月19日、冷房シーズンイン点検にて冷媒漏れを発見した。 冷凍機運転時に低圧圧力異常となり故障停止した。	20年以上(27年)
261	製造事業所(コ)一種	常圧蒸留装置導圧配管からの可燃性ガス微量漏えい	3/20	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			現場巡回中、待機状態にあった常圧蒸留装置のタービン自動起動圧力検出器の取出し管で微量漏えいを覚知し、ポンプの入口/出口バルブを閉止、脱圧し、漏えいの停止を確認した。	20年以上(52年)
262	製造事業所(LP)一種	15t貯槽ブタンガス漏えい	3/21	三重県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		スタンド	配管	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞			2024年3月21日、作業前巡視点検時に15t貯槽付近で異臭を感じ、フランジ溶接部よりガス漏えいを確認。 応急処置として漏えい防止テープ、コーキングを行い、漏えい停止。	20年以上(53年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
263	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボンガス漏えい事故	3/22	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(役所)	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年3月22日09時00分、空調機保守業者により定期点検を開始。 11時30分、冷媒ガスの漏えい確認。 室外機の熱交換器フィン部分から油の滲みを確認。 リークテスターでは反応が無いものの、状況から微量な漏えいが発生していると判断。 室外機の冷媒ガス回収開始。 16時00分、漏えい防止措置実施完了。 当該室外機の冷媒管バルブ閉止により他の系統と切り離し。 16時30分、消防に報告。	10年以上15年未満
264	製造事業所(LP)	液化炭酸ガス製造施設破損事故	3/25	千葉県	0	0	0	0	プロパン	C2	その他(外部衝撃による破損)		スタンド	配管、バルブ	＜その他＞(充填直後)	＜誤操作、誤判断＞			タクシーへの充填作業を実施し、充填終了後にディスペンサーの接続を外す前に運転手が車両を発進し、引きずられたディスペンサーが破損、破損個所から漏えいした。	20年以上(29年)
265	製造事業所(冷凍)一種	フォークリフト接触による、冷却器配管の破損に伴う二酸化炭素冷媒漏えい事故	3/27	宮城県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		その他(冷蔵倉庫)	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(自損)			冷凍機稼働中、冷蔵室の荷物をフォークリフトにて入出庫の際、同室内の積荷にフォークリフトのツメが引っ掛かり荷崩れが発生。 崩れる荷物との接触回避時に、フォークリフトのマストが同室天井部に設置された冷却器に接触。 冷却器の蒸発器用配管の溶接部が破損し、二酸化炭素冷媒が漏えいした。 漏えい量は不明。 即時二酸化炭素ポンプ停止及びバルブ閉止にて当該冷却器を冷媒配管系統と縁切りし、二酸化炭素濃度低下のため同室の扉を開放した。	1年未満
266	製造事業所(一般)一種	安全弁からの液化炭酸ガス漏えい	3/28	長野県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		食品	安全弁	＜停止中＞(検査・点検中)	＜誤操作、誤判断＞			液化炭酸ガスCE製造設備の定期自主検査を行い、安全弁作動検査を実施した。 安全弁作動検査時には、2基の元弁を閉止後に安全弁接続部を取外し作動試験を実施することになっていた。 しかし、1基の元弁を閉止せずに安全弁を取り外したため、ガスラインの炭酸ガスが接続接手部より放出された。 約5分後、作業員がガスの漏えいに気づき元弁を閉止し放出を停止した。	20年以上(30年)
267	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機からの冷媒漏えい事故	3/28	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(駅舎)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜締結管理不良＞			2024年3月22日、冷凍機シーズンイン点検実施、低圧カットにて冷凍機停止 3月28日、故障調査実施、リークディテクターにて冷媒漏れを検知	20年以上(24年)
268	製造事業所(冷凍)二種	水冷チラーフロン冷媒漏えい	3/29	大分県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、蒸発器	＜停止中＞	＜設計不良＞			冷凍機吸込圧力低下異常発生のため点検を実施。 当該機の冷水前後バルブを閉め蒸発器内の冷水を排出したところ、水配管の圧力計にて著しい圧力の上昇が確認されたため、蒸発器内部水配管側の漏れと判断し冷媒回収を実施。 機内充填冷媒を回収した結果、規定充填量28kgに対し回収量5.64kg、漏えい量は約23kgであった。	5年以上7年未満
269	製造事業所(冷凍)二種	チリングユニット冷媒配管からのガス漏れ	4/2	山形県	0	0	0	0	フルオロカーボン32	C2	漏洩		電気	冷凍設備、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞			2024年3月26日、Bサーキットにて圧縮機異常が発生、翌日同サーキットにて圧縮機不良判定 4月2日、同設備Aサーキットにて低圧異常が発生 4月3日、調査の結果、Aサーキットの配管とBサーキットインジェクション配管が接触、摩耗したことでA・Bサーキットから冷媒漏れが発生している事を確認	1年以上3年未満
270	製造事業所(コ)一種	液体窒素ローリー充填ホース外れによる液体窒素漏えい	4/3	岡山県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		一般化学	配管、継手	＜荷役中＞	＜誤操作、誤判断＞			2024年4月3日11時50分頃、ローリーが入構し、乗務員は液化窒素の充填準備作業を開始した。 11時51分、液化窒素の充填開始後、分析準備を行おうとした際にフレキシブルホースに接触し、ジョイント(ローリー側)が外れて液化窒素が漏えいした。 直後に乗務員のポンプ停止操作等により漏えいは止まった。 11時52分、工場オペレーターが乗務員から内線電話で報告を受け、現場に駆け付けたが既に漏えいは停止していた。 怪我人は無し。	20年以上(55年)
271	製造事業所(冷凍)	空調機フロン漏えい	4/3	滋賀県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		その他(プラスチック製造業)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞			2024年3月30日、冷媒圧力低下にて異常停止発生した。 4月2日、製造メーカーによる点検を実施し、冷媒回収作業と窒素加圧による漏えい箇所の特定を実施した。 冷媒回収作業では、封入量29.6kgに対し、回収量1.18kgであったことから、漏えい量は28.42kgと考えられる。 窒素加圧による漏れ箇所特定作業を実施し、室内機の漏れ箇所を調査した結果、電子膨張弁からの冷媒漏れが判明した。 4月3日、漏えい事故として県に対して事故報告を行った。 現状は空気入り防止と、室外機にその他の漏れがないか確認するために窒素加圧状態にて放置。 4月13日、膨張弁交換。窒素ガスによる気密検査を実施して漏えいがないことを確認した上で運転を再開した。	10年以上15年未満
272	製造事業所(冷凍)二種	冷媒ガスR407Cの漏えい事故	4/3	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年4月3日(水)12時00分頃、チラーユニットに異常警報が発生したため、点検業者に調査を依頼したところ、空気熱交換器Uベンド部分1箇所にピンホールがあり、冷媒R407Cが漏えいしていることを確認した。	
273	製造事業所(コ)一種	圧力検出配管C4LPG漏えい	4/4	神奈川県	0	0	0	0	その他(C4LPG)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜貯蔵中＞	＜腐食管理不良＞			2024年4月4日(木)13時20分、現場にてLPG貯槽圧力検出配管からLPG臭気覚知 圧力検出配管元弁を閉止、漏えい停止 16時15分、県へ報告 疑義箇所が保温内部であるため、漏えい箇所特定できず 4月6日(土)09時00分、保温板金取外して調査実施、漏えい箇所特定 4月8日(月)09時00分、県へ報告	20年以上
274	製造事業所(冷凍)一種	原動冷凍機(R22)膨張弁後段配管冷媒漏えい事故	4/4	京都府	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞	＜腐食管理不良＞			設備運転時に異常を覚知し、設備を停止。 膨張弁～ブラインクーラー間の配管直管部2ヶ所から漏えいを確認。 漏えい量300kg程度。	20年以上

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
275	製造事業所(冷凍)二種	高圧側圧力計本体からのフロンガス漏えい事故	4/4	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		電気	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞	＜その他＞(不具合)			2024年4月4日(木)、設備運転員による巡視点検の際に水冷式チリングユニットの圧力計付近からリーク音を確認した。	7年以上10年未満
276	製造事業所(冷凍)	フロンガス(R134a)漏えい事故	4/4	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(不動産管理)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞			2024年4月4日、メーカー定期点検時に出口閉鎖弁のフランジより、油にじみを発見。 点検業者から設備担当者に、油と共に冷媒が漏れている旨の報告あり。 点検業者が当該漏えい個所のボルトの増し締めを実施し、漏えい停止を確認。 4月12日、点検業者が冷媒回収を実施。190kgの冷媒が漏えいしたと推定	1年以上3年未満
277	製造事業所(冷凍)二種	冷凍設備からのフルオロカーボン22漏えい事故	4/5	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(製薬業)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(開閉部パッキンの汚れ)			工場に設置されている冷凍設備の日常点検を実施したところ、吐出用操作バルブにオイル状の汚れの付着を確認。 点検者が不審に思いテスターを使用するとR22の漏えいが確認された。	20年以上
278	製造事業所(一般)一種	冷却水循環系統内冷却水への水素漏えい	4/5	福島県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(研究所)	熱交換器	＜製造中＞(スタートアップ)	＜自然災害＞			機器起動時に冷却水循環系統のサイトグラスに気泡が確認されたので、4月5日に調査を行ったところ、ガス漏えい検知器に反応が見られた。 4月8日にメーカー調査を実施し、中圧圧縮機もしくは高圧圧縮機から冷却水内へ水素が漏えいした可能性が高いことが判明した。 その後の検査で、高圧圧縮機からの漏えいと推測された。	1年以上3年未満
279	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機冷媒ガス漏えい事故	4/5	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(会社事務所)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			ヒートポンプの定期点検を実施して試運転確認したところ、性能データに異常があったためガス検査及びリークチェックによりアキュームレータに接続する配管接合部腐食箇所で冷媒漏れを発見した。	20年以上(32年)
280	製造事業所(冷凍)二種	チラーからの冷媒漏えい	4/5	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(病院)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年4月5日13時00分、定期保守点検実施中に配管接合部から冷媒漏えいを発見。 漏えい箇所をブチルテープにて補修し、空調停止。 ロウ付け補修にて復旧。	20年以上(28年)
281	製造事業所(コ)一種	冷凍機からの冷媒ガス漏えい	4/7	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		石油化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜締結管理不良＞			酸化エチレン貯槽の冷却のため、当該冷凍機は運転中であったが、安全弁検査のため機器を一旦停止し安全弁を取り外した。 4月3日、安全弁取付け後ガス漏えい検知器により気密試験を実施。 4月7日、冷凍機が圧力異常により自動停止し、現場確認したところ安全弁取付けネジ継手部分から冷媒(R22)が漏えいしていることを確認した。 漏えい量は9kg。	20年以上(35年)
282	製造事業所(コ)一種	アルキレーション装置ノルマルブタン留出オフサイト配管からのブタン漏えい事故	4/11	神奈川県	0	0	0	0	ブタン	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞			配管外面腐食検査後、塗装のための錆落とし作業中に、施工していた協力会社員により漏えいを覚知した。	20年以上(37年)
283	製造事業所(一般)一種	低圧圧縮機安全弁作動事故	4/11	東京都	0	0	0	0	水素	C2	その他(安全弁の作動)		その他(水素ステーション)	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2023年7月より、低圧圧縮機4段ピストンリング摩耗の影響と思われる4段圧抜けにより、3段吐出し圧力上昇傾向が確認されていた。 安全弁設定圧力(16.7MPa)を超過しないよう、中間蓄圧器満蓄設定を40MPaから、3段吐出し圧力の傾向を見ながら低めに変更して営業継続していた。 2024年4月11日(木)12時08分、低圧圧縮機3段吐出し圧力を監視しつつ、復圧停止目標圧を37MPaから40MPa(中間蓄圧器満蓄上限)に変更して低圧圧縮機運転開始。 12時54分、復圧40MPaで正常終了。 低圧圧縮機起動中の監視では、3段吐出し圧力ピーク15.5MPa程度と通常よりやや高めではあるが、3段安全弁設定圧力(16.7MPa)までは余裕がある状態を確認した。 13時37分、同じ復圧停止圧力設定(40MPa)で再度復圧開始。 14時03分、3段吐出し圧力が16.97MPaまで上昇しており、3段安全弁の作動の可能性を確認した。 低圧圧縮機の運用中止。外部漏えい無しを確認。 14時16分～、関係各所に連絡。 15時58分、当該圧縮機電源ブレーカー断及び入・出弁閉止、他圧縮機での営業再開。 4月23日(火)、当該安全弁取外し。 5月9日(木)、定期自主検査開始。 5月15日(水)～、低圧圧縮機開放点検実施、4段ピストンリング交換(経年使用による摩耗あり)、整備済3段安全弁復旧。	3年以上5年未満
284	製造事業所(冷凍)	塩化ナッシュポンプ硫酸冷却施設冷媒漏えい事故	4/11	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(非鉄金属精錬)	冷凍設備、凝縮器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(調査中)			チラーユニット蒸発器変更に伴い、系列他機にて冷媒圧力0MPaを確認した。 窒素加圧にて、凝縮器銅チューブロウ付け部及び銅チューブベント部から漏えいが認められた。	1年以上3年未満
285	製造事業所(一般)一種	酸素漏えい事故	4/12	愛媛県	0	0	0	0	酸素	C2	破裂破損等	漏洩	一般化学	安全弁	＜停止中＞	＜施工管理不良＞			2024年4月12日(金)17時42分頃、酸素CE貯槽付近で異変を感じた社員が保安監督者に通報し、貯槽の安全弁が作動して酸素ガスが漏えいしていることを確認した。 18時52分、安全弁元弁を閉鎖し、漏えいが停止した。 後日調査の結果、貯槽の安全弁設定圧力許容誤差により、常用圧力の範囲内であるにも関わらず作動したと推測される。	新設試運転中

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
286	製造事業所(コ)一種	アルコールケトン製造施設C3留分漏えい事故	4/12	千葉県	0	0	0	0	その他(C3)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年4月11日(木)09時30分頃、アルールケトン製造施設シェル側入口配管保冷材解体中、錆こぶを発見。 臭気を感じるもガス検知器検知せず、漏えい箇所の特定できず。 4月12日(金)12時00分頃、窒素置換後ブロックを実施し、設備管理部へ引き渡し。 ワイヤーブラシ施工後検査を実施、開孔を確認した。	20年以上(31年)
287	製造事業所(冷凍)二種	ビル用マルチエアコンフロン機器冷媒漏えい	4/12	大分県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン401A)	C2	漏洩		自動車	冷凍設備	＜停止中＞(休止中)	＜その他＞(老朽化)			2024年3月8日、暖房能力が低いとの連絡からメーカーにて原因調査を実施し、室外機のフィン目詰まりと判断。 4月12日、室外機洗浄後、復旧確認で能力が低かった為、ガス圧力を確認した所、フロンガスの漏えいを覚知した。 冷媒:R410A、漏えい量:44.5kg	15年以上20年未満
288	製造事業所(一般)一種	熱交換器入口のコーン&スレッド継手からの漏えい	4/12	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年4月12日(月)14時11分、ディスペンサー固定ガス検知器3台が発報し、重故障発生。 ポータブル検知機で熱交換器配管(コーン＆スレッド継手)付近で2500ppmの漏えい確認。 系内脱圧措置後、検知器で漏えい停止を確認、他ディスペンサーに切替。 再確認のため、常用圧力を張り込むが、漏えい無し。 4月18日、メーカーにて熱交換器入口・出口配管継手を規定トルクで締め込み、入口側継手で若干の緩み確認。	1年以上3年未満
289	製造事業所(冷凍)二種	冷媒ガスR404Aの漏えい事故	4/15	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		食品	冷凍設備、熱交換器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年4月15日(月)15時頃、メーカーによる点検の際、スクリュー冷凍機油冷却器のプレート熱交換器に油じみを確認した。	10年以上15年未満
290	製造事業所(冷凍)二種	空冷チラー水熱交換器冷媒漏れ	4/17	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(公民館)	冷凍設備、熱交換器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(経年劣化)			2024年4月17日(水)、保守点検においてメンテナンス作業員が、空冷チラーの停止時冷媒圧力が0MPaとなっていることを確認。 ブライン系統(ブライン膨張タンク)にてガス検知器に反応があり、冷媒漏えい発生と判断した。	20年以上(24年)
291	製造事業所(冷凍)	フルオロカーボン漏えい事故	4/18	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞	＜施工管理不良＞		空調の効きが悪いため、操作盤を確認したところアラームが発報していた。 担当部署に室外機の点検を依頼したところ、キャピラリーチューブからフロン漏れを確認した。	7年以上10年未満
292	製造事業所(一般)	製品に冷媒を充填した際、冷媒配管が破断し充填した冷媒が噴出	4/18	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		機械	その他	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(配管フレア加工時の肉厚の不足)			2024年4月18日(木)、生産している製品(冷凍機)の2次冷媒充填完了後にチャージガンを外そうとした際、製品の冷媒配管が破断し、冷媒が漏えいした。	15年以上20年未満
293	製造事業所(冷凍)二種	空気分離装置付帯冷凍機フロンガス漏えい	4/20	広島県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			安全弁フランジ部からフロンガス(R134a)が漏えいし設備がトリップ。 再起動し運転再開したが、再び設備がトリップした。 設備を停止し、当該冷凍設備の調査を行ったところ、蒸発器安全弁フランジ部及び蒸発器チューブ破損部から冷媒フロンガス(R134a)が漏えいしているのを発見した。 冷媒フロンは全量漏えいした。前回充填量:1,497kg。	20年以上(22年)
294	製造事業所(コ)一種	フッ素樹脂製造施設一次側配管四弗化エチレン/エチレン混合ガス漏えい事故	4/22	千葉県	0	0	0	0	その他(四弗化エチレンとエチレンの混合ガス)	C2	漏洩		一般化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜設計不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年4月22日(月)10時49分頃、他の漏えい事案(高圧事故非該当)の横展開として圧縮機付近をポータブルガス検知器で調査中、ガス漏えいを検知した。 石鹸水にて漏えい箇所の特定を行い、一次側配管ダミーサポート部より漏えいを確認した。	20年以上(42年)
295	製造事業所(一般)一種	水素ステーション水素ガス漏えい事故	4/22	神奈川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	配管、継手	＜停止中＞	＜製作不良＞			2024年4月22日(月)04時44分、ディスペンサ吸引式ガスH警報発報 04時45分、ディスペンサ吸引式ガスHH警報発報のため自動緊急停止 04時52分、ディスペンサ拡散式ガスH警報発報 05時05分、警備会社にて警報リセット 09時10分、ST保安員より本社等に連絡 09時30分、消防に通報、営業停止 14時00分、ディスペンサーメーカーにより漏えい箇所調査 82MPaに昇圧し、ポータブルガス検知器で調査したところ、漏えい箇所をディスペンサ内熱交換器入口継手と特定 4月26日(金)10時00分、メーカーにより漏えい原因調査を実施	3年以上5年未満
296	製造事業所(コ)一種	アルキレーション装置硫酸漏えい事故	4/22	愛知県	0	0	0	0	その他(硫酸、ガソリン、ブタン)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜腐食管理不良＞		アルキレーション装置定常運転中に係員が現場巡回時、反応器スピルウォール内(地上)にて硫酸液滴を発見したため、地上から2階に移動して漏れ箇所の捜索を行い、温度計ノズル付根に滲み洩れ(硫酸洩れ)を発見した。 係員は、直ちに直長に連絡した後、消防に通報した。 漏えい量は1リットル未満である。	20年以上(38年)
297	製造事業所(冷凍)	空気熱交換器内ヘッダー部からの冷媒漏れ	4/24	兵庫県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン407E)	C2	漏洩		その他(会社事務所)	冷凍設備、熱交換器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜点検不良＞			バルブ交換後の気密試験中、冷媒の減少に気づき、設備周辺を発泡液で捜索したところ、空気熱交換器内ヘッダー部でカニ泡が見られた。	15年以上20年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
298	製造事業所(一般)二種	酸素CE酸素漏えい	4/24	山口県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		その他(造船)	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			・2024年4月24日、年次点検中に酸素CE加圧蒸発器アルミフィン部に繋がる配管部に漏えいを確認したため、加圧蒸発器元弁を全閉とした。 ・6月21日、日常点検時に当該漏えい発生箇所において再度漏えいを確認し、メンテナンス業者に連絡した。 ・6月25日、メンテナンス業者が、加圧蒸発器へ繋がる全ての弁を全閉とし、漏えいを停止させた。	20年以上(29年)
299	製造事業所(冷凍)二種	空冷チラー電磁弁より冷媒漏えい事故	4/24	東京都	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		電気	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年4月24日16時20分頃、空冷チラーで異常表示発報、運転停止。保守業者へ対応依頼連絡。 4月25日09時30分頃、当該機器内部圧力0MPaを確認。 調査実施し、電磁弁2箇所のフランジ接続部より漏えい確認。 機器更新予定。 冷媒漏えい量46kg。	20年以上(29年)
300	製造事業所(冷凍)二種	R407C冷媒漏えい事故	4/25	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(熱供給)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(振動)			2024年4月25日16時00分、冷房インに伴う外観検査を実施した際、ストレーナードライヤの油じみが多大であることを確認。 リークテスターで確認すも、漏れ反応なし。 5月9日14時30分、漏れ箇所特定のため冷媒回収実施。規定量54kgに対し回収量19.1kg、冷媒漏れと判断。 5月15日10時30分、窒素加圧し漏れ箇所調査実施、ストレーナドライヤ二次側フレア部より冷媒漏れ確認。 フレア部増し締めにより漏れは停止。 5月15日～24日、窒素加圧し気密試験実施。圧力低下が無いことを確認。	10年以上15年未満
301	製造事業所(一般)一種	移動式製造設備からの液化炭酸ガス噴出(安全弁)事故	4/25	大阪府	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		運送	安全弁	＜製造中＞(スタートアップ)	＜誤操作、誤判断＞			工場敷地内において、移動式製造設備から貯槽へ液化炭酸ガスの荷下ろし作業を実施する際、操作を誤り圧力が高まってしまい、移動式製造設備の安全弁が噴出した。	10年以上15年未満
302	製造事業所(コ)一種	LPG輸入基地施設ブタンガス漏えい事故	4/26	千葉県	0	0	0	0	ブタン	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年4月26日06時00分頃、計器室で現場設置のポンプ付近のガス検知器が発報したため、現場を確認したところブリーダー付近に白く凍った部分を発見した。 白く凍った部分をポータブルガス検知器で確認したところ、可燃性ガスを検知した。 当該ラインの縁切り、脱圧、窒素による可燃性ガスパージを行い、可燃性ガスの無いことを確認した。	20年以上(43年)
303	製造事業所(コ)一種	フッ素ゴム製造施設供給配管四弗化エチレン/エチレン混合ガス漏えい事故	4/29	千葉県	0	0	0	0	その他(四弗化エチレンとプロピレンの混合ガス)	C2	漏洩		一般化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年4月28日23時59分、DCS画面確認中にエリアモニターの指示上昇を確認し、運転員がポータブルガス検知器で調査を開始した。 4月29日00時49分、圧縮機を使用して重合槽の昇圧を開始し、01時15分に別のモニターの発報を確認した。 01時45分、圧縮機周辺でポータブルガス検知器での指示上昇を確認し、調査を継続していたところ、重合槽供給配管の断熱内部よりガス検知した。 漏えい箇所の特定を進めたが、特定できずにガス検知が継続するため、03時50分漏えいと判断し行政へ通報した。 直ちに供給を停止し、重合槽供給配管の縁切りを行い漏えいを停止させ、燃焼設備へ脱圧し、窒素置換にて措置完了の確認を行った。 断熱を解体したところ、ラック上のサポート接触部にて配管外部からの腐食による漏えいが確認された。	20年以上(33年)
304	製造事業所(コ)一種	アルキレーション装置脱プロパン塔行きコアレッサー上流配管でのLPG漏えい	4/29	大阪府	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			アルキレーション装置において、運転員がパトロール中に脱プロパン塔行きコアレッサー上流配管からガス状のLPGが噴出していることを目視にて発見した。	20年以上(31年)
305	製造事業所(一般)一種	水素ステーション冷凍機フロン配管からの漏えい	4/30	千葉県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(調査中)			営業開始前の試運転において、付属冷凍設備が起動しないためフロンガス検知機で調査したところ、冷凍機ユニット内でガス漏えいを確認した。	3年以上5年未満
306	製造事業所(コ)一種	水素発生装置PSA吸着器からの水素ガス漏えい	4/30	大阪府	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		一般化学	その他(分離器)	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞			定常運転中、日常点検中に水素発生装置PSA吸着器溶接部より漏れを発見。 直ちに連絡し、装置通常停止。 停止後は装置内を窒素にて安全化した。	15年以上20年未満
307	製造事業所(一般)二種	液化窒素漏えい事故	4/30	愛知県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		その他(鉄・非鉄金属加工販売)	コールド・エバポレータ、配管	＜停止中＞	＜締結管理不良＞			事故発生日は工場の稼働が停止しており、窒素の製造も行われていなかった。 従業員がガスの漏えいを確認し、警察・消防に通報した。 出動した消防によってバルブを操作し漏えいが収まった。 漏えい箇所を調査したところ、蒸発器につながる配管フランジ接続部で漏れを確認した。 気温差による締め付けボルトの緩みが発生したと推定する。	5年以上7年未満
308	製造事業所(コ)一種	気密試験におけるコンプレッサーシール部からの窒素ガス漏えい	4/30	神奈川県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		石油精製	バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(バルブからの漏れこみ)	＜誤操作、誤判断＞		(中間報告) 定期自主検査において、気密試験を行うために窒素ガスで0.3MPaまで昇圧するところ、ラインアップ不備により3.0MPaまで圧力がかかり、停止中のリサイクルガスコンプレッサーシールオイルベントから窒素ガスが漏えいした。 (確報) パトロール時にリサイクルガスコンプレッサーシールオイルベントから霧状に気密ガス(窒素主体の潤滑油ミスト混合ガス)が漏れているのを係員が発見した。 原因調査を行った結果、リサイクルガスコンプレッサーリアクター系の気密テストの圧力が、コンプレッサーケーシングに掛かっていることが判明したため、脱圧弁の開放により圧力を低下させることで漏れは停止した。	20年以上(49年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
309	製造事業所(コ)一種	アルキレーション装置硫酸分離槽圧力調節弁のバイパス弁本体よりLPG漏えい	5/1	大阪府	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	バルブ	＜製造中＞(シャットダウン)	＜設計不良＞			2024年5月1日00時45分頃、4月29日に発生した漏えい事故により装置を停止していた。 装置内のLPG回収作業を実施していた際に、圧力調整弁の保温下部に霜が付着していたため、ガス検知器による測定を行いLPGの漏えいを覚知した。 当該系統のブロック、窒素置換を行い、可燃性ガス濃度0ppmを確認した。	20年以上(31年)
310	製造事業所(コ)一種	プロパンBOGコンデンサからの漏えい事故	5/2	長崎県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		その他(輸入及び出荷基地)	熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年5月2日(木)、日常運転におけるプロパンBOGコンプレッサ起動直後に、ガス検知器が発報した。 調査の結果、プロパンBOGコンデンサのUチューブからの漏えいであることがわかった。 漏えい発生時、温度23.0℃、圧力1.10MPa 5月2日14時41分、日常運転のためプロパンBOGコンプレッサ起動 14時42分、プロパンヒータ地区のガス検知器が発報 14時48分、BOGコンデンサからの微量漏えいを確認 5月3日00時50分、BOGコンデンサ孤立および他のBOGコンデンサへ切り替え完了 5月9日13時00分、BOGコンデンサUチューブ1本からの漏えいを確認	20年以上(40年)
311	製造事業所(LP)一種	オートガススタンドにおける充てんホース引張り事故	5/2	東京都	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他(充填ホース引張り事故(噴出・漏えい無し))		その他(オートガススタンド)	その他(セイフティカップリング)	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			2024年5月2日09時30分頃、オートガス充填のためにトラックが来店、鍵を預かり、車輪止めを設置して充填を開始した。 その時既に、他に2台が充填中で、充填待ち車両も2あった。 本来であれば、事務所で待機中の社員に応援を要請すべきところ、1人で対応できると過信し応援要請をしなかった。 トラックに充填完了し、充填ホースを外す前に「ホースを外していないので待つように」運転手に伝えて、伝票と鍵を渡した。 運転手は鍵を渡されたので、充填完了と思い込み車両を発進させた。 車輪止めにより一度は停止したが、さらにアンセルを踏み込んだため車輪止めを1m程前進したところでセイフティカップリングが離脱した。	20年以上(29年)
312	製造事業所(コ)一種	水素製造装置高温変成部トップ安全弁上流配管からの水素ガス微量漏えい	5/2	神奈川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞			日常巡回点検時、携帯ガス検知器が発報し周辺調査の結果、水素製造装置高温変成部トップ安全弁上流配管の溶接線近傍で微量漏えいを覚知した。	20年以上(55年)
313	製造事業所(一般)二種	移動式空気充塡機空気漏えい事故	5/3	大阪府	0	0	0	0	空気	C2	漏洩		その他(役所)	その他(充填ホース)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			移動式空気充塡機により容器に空気を充塡中、充塡ホースの一部に膨らみを発見し、空気が漏えいしていることを確認した。 使用を停止した。	3年以上5年未満
314	製造事業所(コ)一種	アロマ製造装置におけるキシレン等の漏えい	5/3	茨城県	0	0	0	0	その他(水素、ブタン、プロパン、メタン、エタン、キシレン等)	C2	漏洩		石油精製	その他(液面計)	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞	＜点検不良＞		2024年5月3日22時45分頃、アロマ製造装置液面計ドレン弁上流溶接部付近から、キシレン等の混合液体による滲みが確認された。 混合液体には軟質ガス成分(水素、メタン、エタン、プロパン、ブタン)が3.6%程度溶解している。	10年以上15年未満
315	製造事業所(冷凍)一種	過冷却設備過冷却器プレート冷媒漏れ	5/4	京都府	0	0	0	0	アンモニア	C2	漏洩		食品	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			冷凍機のガス検知器が作動し、冷凍機が自動停止した。 過冷却器プレートのガスケット部(消耗品のパッキン)が断裂し、漏えいが確認された。	7年以上10年未満
316	製造事業所(冷凍)	チラー熱交換器からの冷媒ガス漏れ	5/5	兵庫県	0	0	0	0	フルオロカーボン32	C2	漏洩		その他(商業ビル)	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年5月5日17時00分頃、チラーにエラー発生、当該機器運転停止 5月7日、5月9日、メーカーがエラー原因を調査し、熱交換器からの冷媒ガス漏れが判明、当該機器の停止処置を実施	1年未満
317	製造事業所(コ)一種	尿素製造施設からの混合ガス漏えい事故	5/6	富山県	0	0	0	0	その他(尿素35%、アンモニア25%、二酸化炭素17%、水蒸気23%)	C2	漏洩		一般化学	反応器	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞			2024年5月6日20時30分、尿素合成塔周囲でアンモニア臭を感じたため、調査したところ合成塔上部検出孔からのアンモニアガスの漏えいを発見 21時30分頃、県に事故の発生を報告 22時00分、尿素プラント停止操作開始 5月7日04時30分、合成塔の脱圧完了	20年以上(27年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
318	製造事業所(一般)二種	液化酸素CE安全弁から液化酸素の噴出	5/6	大阪府	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		鉄工所	コールド・エバポレータ、バルブ	＜貯蔵中＞	＜容器管理不良＞			2024年5月6日20時30分頃、当該事業所敷地内CE設備から、蒸気のようなものが噴出していると近隣住民より110番通報があり、その後、警察から消防に通報があった。	20年以上(20年)
319	製造事業所(一般)一種	アルゴン漏えい事故	5/6	福岡県	0	0	0	0	その他(アルゴン)	C2	破裂破損等	漏洩	自動車	その他(流量計)	＜停止中＞(休止中)	＜その他＞(製品の欠陥)			工場に設置している液化アルゴン/液化炭酸用混合装置のアルゴン用流量計が破損し、アルゴンガスが漏えいした。 2024年4月28日までガスを使用しており、休み明け5月6日にガスを使用しようとした際にガスが抜けていることに気が付き、流量計の破損を発見した。	3年以上5年未満
320	製造事業所(コ)一種	重油脱硫装置液面計取り出しラインリサイクル水素漏えい	5/7	大阪府	0	0	0	0	その他(水素、硫化水素)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年5月7日(火)22時40分頃、運転員による重油脱硫装置の巡回点検実施中にリサイクルガスノックアウトドラムの液面計の上部取出しライン(配管溶接部)からのにじみを確認した。 ガス検知器での測定を実施したところ反応があり漏えいを覚知した。	20年以上(53年)
321	製造事業所(冷凍)二種	ビル用マルチエアコンフロン機器冷媒漏えい	5/7	大分県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン401A)	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(休止中)	＜その他＞(経年劣化)			2024年5月7日、室内機操作パネルで低圧圧力異常を表示。 5月14日、メーカーにて確認したところ、フロンガスの漏えいを覚知。 冷媒:R410A、漏えい量:6kg	15年以上20年未満
322	製造事業所(冷凍)	水冷式空調機冷媒(R407C)漏えい事故	5/7	滋賀県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(食品容器等製造)	冷凍設備、凝縮器	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞			水冷式空調機運転開始時に異常警報発生。 窒素ガスを冷凍機内に封入し、石鹸水による気密検査を実施して、凝縮器内の漏えいを確認した。	15年以上20年未満
323	製造事業所(コ)一種	窒素ガス漏えい事故	5/7	神奈川県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		その他(空気液化分離)	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜設計不良＞		2024年5月7日08時15分、液化窒素を充填するために来場したタンクローリー乗務員が、液化窒素出荷ゲート付近で液化窒素配管に着霜を確認し、当該工場担当者に連絡した。 担当者は、出荷ゲートを封鎖した後、着霜箇所特定のために配管周囲の保温材を解体し、気密試験、石鹸水塗布及び酸素濃度測定の実施により、伸縮配管のピンホールを発見した。	20年以上(28年)
324	製造事業所(一般)一種	炭酸ガス回収設備脱臭塔再生用過熱器内部漏れ	5/7	群馬県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		食品	熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(35年使用による経年劣化)			炭酸ガス回収設備の脱臭塔再生行程時に用い二酸化炭素加熱器(熱交換器:水蒸気・炭酸ガス)でチューブ穴空きによる内部リークが発生した。	20年以上(35年)
325	製造事業所(冷凍)二種	フロンガス(R134a)漏えい	5/8	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年4月24日(水)、メーカー定期点検時に不具合確認(該当箇所より油漏れ)、運転停止 5月8日(水)、設備停止中にリークテスターで確認したところ、反応があり冷媒漏えいと断定	15年以上20年未満
326	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機冷媒ガス漏えい事故	5/8	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(事務所ビル)	冷凍設備、凝縮器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			2024年5月8日、点検業者が冷凍機を保守点検中、空気熱交換器(凝縮器)配管部にて油汚れを発見した。 石鹸水を用いて漏れ調査を実施したところ、冷媒漏えいを確認した。	20年以上(21年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
327	製造事業所(一般)一種	水素発生装置からの微量酸素の溶け込んだ電解液(KOH)漏えい	5/12	兵庫県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		機械	配管、継手	<製造中>(定常運転)	<設計不良>			水素発生装置の運転中、酸素側分離機下部の置換用窒素供給配管フランジ部から、微量酸素の溶け込んだ電解液(水酸化カリウム溶液)が漏えいした。 2024年5月12日07時45分、水素発生装置の運転停止操作のため、水素発生装置建屋に移動した際に、液体の漏えいを発見:後に監視カメラ映像から、5月11日20時26分頃、電解液漏えいの発生を事後確認 07時49分、水素発生装置を停止 07時58分、水素圧縮機を停止。 08時00分、管理者に電話連絡 08時17分、酸素側/水素側電解液循環ポンプを手動停止。現場の立入禁止措置を実施。 08時22分、機器内の脱圧開始 08時51分、脱圧完了	1年未満
328	製造事業所(冷凍)	フルオロカーボン漏えい事故	5/14	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン32	C2	漏洩		石油化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	<製造中>(定常運転)	<施工管理不良>	<点検不良>		2024年5月14日13時26分、冷凍機低圧側圧力異常アラーム発報、設備停止 5月15日15時00分、メーカー担当者が点検を実施したところ冷媒が漏えいしたことを確認 5月15日16時25分、県に事故報告	5年以上7年未満
329	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機における冷媒ガス漏えい事故	5/15	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、凝縮器	<製造中>(定常運転)	<検査管理不良>			空調用冷凍設備の運転中、集中監視室で圧力低下の異常警告が作動したため、工場の屋上に設置されているチラーを確認したところ、凝縮器の配管にピンホールが生じ、冷媒ガスが86kg(全量)漏洩していることを発見した。	15年以上20年未満
330	製造事業所(冷凍)	R134a漏えい事故	5/16	三重県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(博物館)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	<製造中>(定常運転)	<不良行為>	<操作基準等の不備>		2024年5月15日、当該冷凍機は検査会社により定期点検を実施した。 点検完了後、当該冷凍機はユーザーに引き渡された。 5月16日01時頃、当該冷凍機は、08時に蓄熱完了を目標に運転を開始した。 01時15分頃、安全弁が作動し、冷媒ガスが噴出した。 01時22分頃、湯温上昇により、当該冷凍機は自動停止した。	1年以上3年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
331	製造事業所(LP)一種	LPGスタンドにおける充てんホース引張り事故	5/16	東京都	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他(充填ホース引張り事故(噴出・漏えい無し))		その他(LPGスタンド)	その他(セイフティカップリング)	<製造中>(定常運転)	<誤操作、誤判断>			2024年5月16日(木)04時50分、充填完了後、充填ノズルを抜く前に車両が発進し、充填ホースの緊急離脱カプラが離脱するとともに、車両の燃料充填口が変形した。	
332	製造事業所(コ)一種	間接脱硫部門水素製造装置スタートアップ操作循環切り替え作業時の安全弁作動	5/16	神奈川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	圧縮機	<製造中>(スタートアップ)	<その他>(配管差圧考慮不足による安全弁の作動)			水素製造装置スタートアップ操作における循環切り替え作業時に、コンプレッサー吐出に設置された安全弁の作動を現場オペレーターが覚知した。 圧力コントロールバルブを操作し、フレアへの脱圧により安全弁作動が停止した。	20年以上(49年)
333	製造事業所(一般)	液化窒素CE安全弁からの窒素噴出事故	5/18	大阪府	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		その他(研究所)	コールド・エバポレータ、継手	<貯蔵中>	<点検不良>	<誤操作、誤判断>		移動式製造設備(タンクローリー)から液化窒素コールドエバポレーター(高圧法上の第二種製造設備)に液化窒素を充填していたところ、CE内槽の圧力が上昇し、内槽安全弁が作動して窒素ガスが噴出した。 作業者(タンクローリー運転手)が直ちに充填作業を中止して安全を確保したため、作業者の負傷や設備の破損等の被害は発生しなかった。	20年以上
334	製造事業所(冷凍)	冷媒ガス(R407C)漏えい事故	5/20	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		電気	冷凍設備、熱交換器	<製造中>(定常運転)	<その他>(経年劣化)			空調用冷凍機チラーが停止したため、点検を実施した。 点検の結果、低圧異常の表示があり、冷媒系統の圧力計がほ0を示して停止していた。 水蓄熱用空冷ヒートポンプスクリューチラー内蔵の水熱交換器の穴あきにより、冷媒ガスが冷温水内へ漏えいしたと推測される。 漏えい量は、充填量全てと推測される。	15年以上20年未満
335	製造事業所(一般)	フロン(R32)漏えい事故	5/20	滋賀県	0	0	0	0	フルオロカーボン32	C2	漏洩		その他(家電製品製造)	ポンプ	<製造中>(定常運転)	<検査管理不良>			冷媒(フロンR32)供給設備は運転中であった。 設備の点検実施時に、冷媒供給装置ポンプより漏えいが発生。 貯蔵元バルブを閉止し、ポンプを運転停止し応急措置を行った。	15年以上20年未満
336	製造事業所(冷凍)二種	冷凍設備からのフルオロカーボン134a漏えい事故	5/20	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(製薬業)	冷凍設備、圧縮機	<製造中>(スタートアップ)	<その他>(熱交換器チューブの破損)			2024年5月20日、冷熱センターに設置された冷凍設備起動時に、冷却水流量低下の警報が発報し異常停止を確認。 テスターを使用するも、外部への冷媒の漏えいは確認できず。 異常停止の原因調査を開始。 6月4日、冷媒の漏えいが判明した。	20年以上(21年)
337	製造事業所(冷凍)二種	冷媒ガスR407Cの漏えい事故	5/20	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(充填品の製造)	冷凍設備、熱交換器	<製造中>(エマージェンシーシャットダウン)	<腐食管理不良>	<点検不良>		2024年5月20日(月)14時30分頃、空冷チラーユニット施設の冷凍機で低圧圧力低下防止保護警報が発報され、異常停止した。 当該機器を調査した結果、空気熱交換器Uベント部において微量の冷媒(R407C)が漏えいしていることを覚知した。	15年以上20年未満
338	製造事業所(冷凍)二種	チラー熱交換器からの冷媒ガス漏えい事故	5/20	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(事務所ビル)	冷凍設備、圧縮機	<製造中>(定常運転)	<その他>(経年劣化)			2024年5月20日08時00分頃、異常警報が発報し運転停止。 再起動をかけたが運転しないため、保守会社に連絡して臨時点検を実施。 水熱交換器より、冷媒ガス漏れ反応が確認された。	20年以上(34年)
339	製造事業所(冷凍)一種	冷凍設備フロン漏えい	5/21	広島県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		石油化学	冷凍設備、圧縮機	<停止中>	<点検不良>	<検査管理不良>		2024年5月18日(土)、生産調整のためメチルイソブチルケトン製造装置プラントのアルドール工程をシャットダウン。併せて、冷凍機の運転を停止した。 5月21日(火)17時30分頃、毎週点検のため、点検者が冷凍設備のカバーを開放したところ、圧縮機とモーターのカップリング付近からガスが漏れるような異音に気付いた。 確認したところ、可動シール部からフロンの漏えいを発見。 発見者が直ちにモーターのカップリングを手回しで閉め、フロンの漏えいを停止した。 詳細調査の結果、冷媒フロン(R-134a)675.61kgが漏えいした。	10年以上15年未満
340	製造事業所(冷凍)	氷蓄熱装置冷凍機冷媒漏えい	5/21	神奈川県	0	0	0	0	その他(R463A-J)	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	<製造中>(定常運転)	<不良行為>			2024年5月21日(火)、冷凍機の異常で業者手配を行い調査の結果、レシーバータンクへ接続されている銅管部分に亀裂が発生し冷媒ガスが漏えいしていることが判明した。	3年以上5年未満
341	製造事業所(冷凍)一種	ミートセンターガス漏えい事故	5/23	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	破裂破損等	漏洩	その他(家畜の屠畜解体)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	<停止中>(検査・点検中)	<腐食管理不良>			高圧ガス一種製造者(冷凍)の設備点検時に、空調用配管(低圧部)が腐食化に伴い完全に切断され、冷媒ガス(R22)が推定70kg漏えいしていることを発見した。 漏えい事故発見後、貯蔵タンクから配管への送気を遮断するためにバルブ閉塞を実施し、改修できるまでの間、運転を中止した。	20年以上(30年)
342	製造事業所(コ)一種	重油水添脱硫装置チューブ側入口フランジ部混合ガス(軽油+水素)漏えい事故	5/23	千葉県	0	0	0	0	その他(軽油、水素)	C2	漏洩		石油精製	配管、フランジ	<製造中>(スタートアップ)	<シール管理不良>			重油水添脱硫装置のエフルエントリサイクルガス熱交換器の、チューブ側入口フランジ付近よりガス漏えいが発生した。 所内、消防への連絡を実施し、当該装置の緊急停止を行い、脱圧により漏えいは停止した。	20年以上(56年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
343	製造事業所(一般)一種	液化窒素CEの送ガス蒸発器溶接部からの窒素漏えい	5/26	兵庫県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		その他(ガスセンター)	その他(送ガス蒸発器)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(蒸発器入口管(液ライン4本)の温度分布違いによる応力発生)			日常点検中に、当該蒸発器の下部1箇所で窒素ガスの漏えいを発見した。	10年以上15年未満
344	製造事業所(冷凍)	冷媒ガス(R410A)の漏えい	5/29	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		電気	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			空冷ヒートポンプマルチエアコンの定期点検時にガス検知器でガス漏れを確認。 ガス漏れ箇所特定のため、キャピラリーチューブを清掃中にガスが噴き出した。 室外機の入口・出口バルブを閉止した。	15年以上20年未満
345	製造事業所(コ)一種	ブタンガスベーパライザー安全弁作動	5/30	大分県	0	0	0	0	ブタン	C2	漏洩		石油化学	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			当該プラントのブタンベーパライザー(高圧ガス設備)は通常運転中であった：温度80℃、圧力0.87MPa。 2024年5月30日06時00分頃、ベーパーライザーへのブタン供給圧力が変動し、それに追随してベーパーライザーも圧力上昇したため、係員がベーパーライザーの圧力を下げるべく付属の圧力調節弁を操作した。 ベーパーライザーの内圧は加熱器の熱源である加熱蒸気量で制御しており、ベーパーライザーの内圧を下げるにはこの圧力調節弁を閉じるべきであったが、開方向へ操作をしてしまったため、ベーパーライザーの圧力が上昇し安全弁が作動した：作動圧力0.92MPa。 安全弁から吹き出したブタンガスは10kg程度で、フレアスタックで燃焼処理した。	20年以上(51年)
346	製造事業所(LP)	安全弁作動によるガス放出	5/30	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		貯蔵基地	安全弁	＜製造中＞	＜点検不良＞			2024年5月30日07時30分、設備の目視点検中に受入側配管安全弁放出管から液化石油ガスが微量に放出されていることを確認。 ストレージタンクバルブを開放するも収まらないため、安全弁元弁を閉止し、放出を停止した。 前日終業時に、ストレージタンク受入れバルブの開放(液封対策)が不十分であったと考えられる。	20年以上(55年)
347	製造事業所(冷凍)	R410A漏えい事故	5/30	三重県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			空調機6系統中、4系統にて冷媒循環量不足のエラー表示があった。 リークテスターでフロンを検知する室内機が見つかり、冷媒回収を実施。 室内機1台の蒸発器の水没気密試験を実施した結果、室内機の蒸発器の銅配管からの漏えいを確認した。	3年以上5年未満
348	製造事業所(LP)	安全弁作動によるガス放出	5/30	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		貯蔵基地	安全弁	＜製造中＞	＜点検不良＞			2024年5月30日07時30分、保安係員が設備の目視点検中に、ストレージタンク受入液側配管の安全弁から液化石油ガスが、微量放出されていることを発見した。 ストレージタンクバルブを開放するも放出が収まらなかったため、安全弁元弁を閉止して放出を停止させた。	20年以上(55年)
349	製造事業所(コ)一種	重油脱硫装置供給ガス圧縮機吸入ガス分離槽レベル計上部取出配管から水素漏えい	5/31	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞			2024年5月31日13時05分、重油脱硫装置供給ガス圧縮機第2段吸入ガス分離槽レベル計上部取出配管から、内部流体(4MPa、水素)が漏えいしている状況を協力会社社員が発見した。 13時20分、直ちに係員へ連絡が入り、不具合箇所孤立のため、当該コンプレッサーの切替操作を開始した。 14時07分、コンプレッサーの切替操作完了。 14時08分、コンプレッサーの孤立・脱圧実施。 14時16分、不具合のあったレベル計を孤立した。	20年以上(49年)
350	製造事業所(コ)一種	灯軽油脱硫装置ストリッパー塔頂受槽レベル計下取出配管にピンホール発生	5/31	愛知県	0	0	0	0	その他(軟質炭化水素、硫化水素)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年5月31日(金)11:00頃、灯軽油脱硫装置ストリッパー塔頂受槽周辺で臭気を感じた。 11時20分、ガス検知器、硫化水素検知器を携行し当該箇所周辺の詳細点検を行った結果、レベル計下取出配管周辺でガス検知器、硫化水素検知器の指示上昇を確認。 16時00分、保温内部での漏えいが考えられるため、保温解体、不具合有無確認のための体制構築及び手順作成を行ったのちに保温解体作業開始。 16時10分、保温解体結果、レベル計下取出し配管に開口(約1mm)を認めた。 非破壊検査の結果、内面腐食による開口であることが分かった。	20年以上(49年)
351	製造事業所(冷凍)二種	新オペチラー冷媒漏れ	6/2	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(病院)	冷凍設備、蒸発器	＜停止中＞	＜その他＞(調査中)			2024年6月2日21時30分頃、当該場所に設置されている第二種冷凍設備の警報が鳴動したため、作業員が設備の確認を行った。 当該冷凍機は同日の午後より停止中であったため、メーカーに点検依頼した。 翌6月3日11時00分頃、メーカーにて調査し、蒸発器の冷媒コイル部分に穴が空き、フルオロカーボン(R22)約30kgが漏えいしていることを発見した。	20年以上(41年)
352	製造事業所(冷凍)二種	冷媒ガスR407Cの漏えい事故	6/3	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年6月3日(月)11時00分頃、チラーユニットに異常警報が発生したため、点検業者に調査を依頼したところ、空気熱交換器Uベンド部分2箇所にピンホールがあり、冷媒R407Cが漏えいしていることを確認した。	
353	製造事業所(冷凍)	スクリュー冷凍機からの冷媒漏えい	6/3	滋賀県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		その他(スポーツ施設)	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年6月7日、定期点検により当該機が冷媒不足の懸念があるため、圧力計を確認したところ、圧力値が著しく低い値を示していた。 メンテナンス事業者により調査を実施したところ、蒸発器から冷媒ガスが6kg漏えいしていることが判明した。	20年以上(25年)
354	製造事業所(冷凍)二種	冷媒漏えい事故	6/3	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		機械	冷凍設備、凝縮器	＜製造中＞(定常運転)	＜容器管理不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年5月27日(月)14時30分頃、低圧圧力異常により冷凍機停止。再起動後は正常運転。 6月3日、異状が再発、テスターで調査し冷媒漏れ検知。 6月4日、メーカーへ調査依頼。 6月12日、メーカー調査により、凝縮器の亀裂による冷媒漏れ特定。 6月17日、冷媒回収。充填量650kg、回収量190kg、漏えい量460kg。	15年以上20年未満
355	製造事業所(コ)一種	LPG貯蔵出荷施設LPガス漏えい事故	6/4	千葉県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		当該配管の計画検査の結果、貫孔の可能性があることが分かり、ガス検知器で調査し、炭化水素を検知した。 漏えいしていると判断し、直ちに縁切り脱圧を実施し、漏えい停止を確認した。	20年以上(56年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
356	製造事業所(一般)二種	液化酸素漏えい事故	6/4	静岡県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		その他(病院)	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(熱影響による応力及び着氷による荷重)			液化酸素CEの緊急遮断弁から1次側配管に霜が付着し、少量の煙が有ったため、ホースで水をかけて氷を溶融した。 溶接部より、液体酸素が漏えいしていることを確認した。	15年以上20年未満
357	製造事業所(コ)一種	製品出荷設備群窒素製造装置安全弁作動	6/4	愛媛県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		石油精製	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			液化窒素搬入会社係員による液化窒素の充填作業中に、立ち合い者が安全弁からの放出音と出口配管の凍結を認め、安全弁が作動したと判断した。	10年以上15年未満
358	製造事業所(冷凍)	ヒートポンプチラー冷媒ガス漏れ事故	6/5	滋賀県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(社会教育施設)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜腐食管理不良＞			当該施設では、屋外機械室に3台のヒートポンプチラーを設置し、そのうちの1台を稼働させることで、館内の空調機器を運転している。 2024年6月5日(水)、空調設備保守点検業務を委託している事業者による保守点検を実施した。 停止中のヒートポンプチラーの冷媒ガス(R22)が著しく減少しており、水側熱交換器から漏えいが確認されたことからバルブを閉止した。 漏えい量については、調査中だが、概ね全量(38kg)を想定している。 今後は、溶接等の応急的な修繕工事、水側熱交換器の取替工事の順で施工予定。	20年以上(33年)
359	製造事業所(コ)一種	ドレンノズルからの軽質ナフサ漏えい	6/6	岡山県	0	0	0	0	その他(軟質ナフサ)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜施工管理不良＞		2024年6月6日(木)07時00分頃、現場巡回中の運転員が放散塔還流ポンプの出口PGドレンノズル部から軽質ナフサが滲んで付着しているのを目視発見した。 予備機のポンプへの切り替えを行い、バルブ縁切りならびに脱圧を行い滲み停止を確認した。 携帯型ならびに定置式のガス検知機の吹鳴はなかった。 11時20分頃、状況を消防に連絡し、同日17時30分頃、県から高圧ガス事故である旨の連絡を受けた。	20年以上(39年)
360	製造事業所(冷凍)	発酵ソフト急冷庫クーラー冷媒漏れ	6/6	神奈川県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		食品	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			急冷庫クーラーのデフロスト運転(霜取り運転)を行っていたところ、低圧異状を発報し、装置が停止した。 点検業者が確認したところ、ホットガスバイパス弁の作動不良を確認した。 ホットガスバイパス弁を交換する際に、油漏れを確認した。 冷媒回収量から12.9kgが漏えいしたと推定される。	10年以上15年未満
361	製造事業所(冷凍)二種	フロンガス漏えい事故	6/6	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		機械	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜その他＞(試運転)	＜腐食管理不良＞			2024年6月6日、定期の設備点検を実施し、冷凍機周囲を赤外線リークディレクターにより漏えい点検を実施したところフロンガスの微量の反応を確認した。 冷媒ガス配管を被覆する断熱材を剝いで石鹸水を塗布したところ、銅管と銅管の溶接箇所からガスの漏えいを確認した。	10年以上15年未満
362	製造事業所(コ)一種	重油分解センター重油接触分解装置吸収塔ドレンポッドノズルからの可燃性ガス漏えい	6/7	三重県	0	0	0	0	その他(プロパン、ガソリン)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			当該施設のガス検知器が発報し、現場確認を実施したところ、ドレン配管から軽質ガスを含むガソリンの漏えいを確認した。 直ちに関係者へ連絡すると共にRFCC緊急停止操作に入り、該当部位への水置換を実施し保安上安全な状態へ移行した。	20年以上(28年)
363	製造事業所(一般)一種	水素圧縮機出口逆止弁2次側コーン＆スレッド継手からの漏えい	6/7	神奈川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年6月7日(金)13時36分、1台目のFCVへの充填を開始し、ほぼ同時に水素圧縮機が高圧蓄圧器の復圧及びCVへの押し込み充填を開始した。 1台目の充填は正常に終了した。 13時43分、水素圧縮機が全ての高圧蓄圧器の復圧が完了する前に、2台目のFCVが来店し充填を開始した。 0.94kgまで充填が進んだところで、水素圧縮機定置式ガス検知器がガス漏えい重故障発報し、充填が自動停止した。 設備は高圧蓄圧器復圧中に緊急停止し、水素圧縮機、トレーラー、中間蓄圧器、高圧蓄圧器、ディスペンサーは連結配管上に設置された遮断弁で切り離され、圧力を保持したまま停止した。 ポータブルガス検知器で水素圧縮機室内を点検し、水素圧縮機出口配管のコーン＆スレッド継手近傍でオーバーレンジ検知した。 6月8日(土)09時00分、元請およびメーカーにて漏えい箇所の調査を実施した。 水素圧縮機のシリンダヘッドに配管を介さずに直接組み込まれているチャッキ弁と出口配管は、コーン＆スレッド構造で接続されており、継手部のリークポートより漏えいしていることを確認した。 合いマークのずれは見られなかったが、当該漏えい継手部を規定トルクで締め付けたところ、1/16回転締まった。 所定の80MPaまで昇圧し、30分間圧力保持を行い、漏えいが無いことを確認して営業を再開した。	1年以上3年未満
364	製造事業所(一般)一種	送ガス蒸発器の溶接部より窒素ガスの漏えい	6/9	愛知県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		自動車	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			送ガス蒸発器の上部より、ガス噴出音と思われる異音に気付いた。 異音は高所のため、足場を設置し点検を行ったところ、送ガス蒸発器の溶接部より、窒素ガスの漏えいを確認した。	15年以上20年未満
365	製造事業所(一般)二種	液化窒素CEの充填受入配管溶接部からの窒素漏えい	6/9	兵庫県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		機械	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(◎経年劣化、〇疲労破壊)			液化窒素充填時に保冷箇所に薄く霜付きが発生、保冷を解体して確認した結果、配管のろう付け部分に亀裂を発見した。	20年以上(39年)
366	製造事業所(コ)一種	重油脱硫装置水素回収設備洗浄コンバインドガス分離槽液面計下取出配管漏えい	6/11	愛知県	0	0	0	0	その他(水素、メタン)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞	＜その他＞(経年疲労割れ)		水素回収設備供給ガス圧縮機洗浄コンバインドガス分離槽周辺配管の検査下地処理作業を、協力会社社員が実施中に僅かな液だれを確認し、担当者へ連絡した。 連絡を受け当該圧縮機の停止準備と並行して、詳細確認をした結果、液面計下取り出し配管に僅かな漏えいを発見した。 圧縮機を停止し、孤立脱圧し、窒素による置換操作を実施した。	20年以上(49年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
367	製造事業所(冷凍)一種	フリーザー設備安全弁二酸化炭素噴出漏えい事故	6/13	香川県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		食品	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化による制御トラブル)	＜点検不良＞		・アンモニア/二酸化炭素二元冷凍機ユニットの制御通信エラーにより制御不能に陥り安全弁(安全装置)が作動し二酸化炭素が噴出した。 ・不具合電気部品の交換により対策を行った。	10年以上15年未満
368	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機高圧冷媒漏えい	6/13	沖縄県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(貸事務所業)	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(蒸発器内部からの漏えいのため、構造上目視での確認不可)			2024年6月13日01時39分、冷凍機がエラーコード「コイル加熱・INV異常」にて異常停止、冷媒漏えい警報の発報無し。 14時00分、機器メーカーにより外観をリークテスターにて調査漏えい発見無し。 原因は、電子膨張弁不具合・ガス漏えいの可能性として調査継続方針にて、同日の調査終了。 6月14日09時30分、機器メーカーによる電子膨張弁不具合調査の結果、正常であることを確認。 ガス配管接続部のリークチェック及び冷媒回収を行った。 冷媒回収量:規定49kg、回収16kg、漏えい量33kg。 冷媒漏えいと判断したが、リークチェックには反応なし。 6月18日11時20分、冷水・冷却水配管の開放作業を開始。 15時00分、蒸発器の冷水配管より冷媒の漏えいが確認された。	10年以上15年未満
369	製造事業所(LP)	漏えい事故	6/13	山梨県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		充填所	配管		＜腐食管理不良＞			受入れライン(気相)の配管溶接部ピンホールによるガス漏えい。	10年以上15年未満
370	製造事業所(一般)	窒素ガス配管からの漏えい	6/13	神奈川県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		機械	コールド・エバポレータ、配管	＜貯蔵中＞	＜その他＞(調査中)			液化窒素ローリー車より貯槽に液化窒素受入後、充填受入配管ブロー時に充填ライン安全弁配管溶接部より、液化窒素が漏えいしていることを発見した。 ブローにより配管内脱圧確認後、当該漏えい箇所ビニールテープで塞いだ。 受入側配管からの漏えいで、受入を中止したので実質的な影響はない	20年以上(22年)
371	製造事業所(コ)一種	マンホール結合部四弗化エチレンガス漏えい事故	6/14	千葉県	0	0	0	0	その他(四フッ化エチレン)	C2	漏洩		一般化学	反応器	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年6月14日11時09分、四弗化エチレン製造施設の重合槽圧力の降下が発生し、重合がシーケンスにより停止し、ガスホルダーへのガス回収が開始された。 現場係員がガスマスクを着用し、当該重合槽に向かうと、マンホールより高圧ガスの四弗化エチレンが漏えいしている事を確認した。	20年以上(42年)
372	製造事業所(一般)一種	エコ・ステーションCNG漏えい事故	6/16	埼玉県	0	0	0	0	メタン	C2	漏洩		スタンド	圧縮機	＜製造中＞	＜製作不良＞			2024年6月16日(日)、圧縮機のガス検知器レベル上昇が発生したため圧縮機を停止。 6月29日(土)、詳細点検をした結果、圧縮機熱交換器の伝熱管からのガス微少漏えいを確認した。	20年以上(24年)
373	製造事業所(冷凍)	フルオロカーボン漏えい事故	6/17	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年6月17日02時00分、圧縮機がエラー表示で緊急停止。メーカーに点検を依頼。 08時00分、県に速報を入れたうえで、メーカー点検を実施。 6月18日10時00分、低圧側冷媒配管のピンホールによる漏えいと確認、県に事故報告。	20年以上(24年)
374	製造事業所(コ)一種	高圧酸素ガス漏えい事故	6/19	大分県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		製鉄所	配管	＜製造中＞	＜その他＞(配管振動影響)			高圧ガス製造施設の日常点検にて、安全弁配管溶接箇所からのガス漏れを確認。 設備を停止してガス漏れを止め、当該箇所の補修を実施。 補修においては変更許可申請等の法定手続きを遅滞なく実施。	20年以上(52年)
375	製造事業所(一般)一種	オートクレーブ循環ファン接続ノズルからの圧縮空気漏えい	6/19	三重県	0	0	0	0	空気	C2	漏洩		その他(板ガラス加工)	その他(横置き円筒加圧槽)	＜製造中＞(スタートアップ)	＜検査管理不良＞			エアーレシーバータンクの元圧力の上りが遅く、2024年6月19日に点検を実施した。 目視検査では異常がなく、各部フランジ増し締めを実施し、同日13時頃に試運転を実施した所、循環ファン接続ノズル付近よりエアリーク音があり、エアリーク箇所を確認するとフランジ直下の溶接線よりエアリークを確認した。 直ちに試運転を中止し、内外保温材を取外し当該箇所へカラーチェックを実施したところ、ヘアークラックを確認した。	20年以上(40年)
376	製造事業所(コ)一種	冷媒R-22の漏えい事故	6/19	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		石油化学	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(検査・点検中)	＜施工管理不良＞	＜締結管理不良＞		2024年6月10日(月)、酸化エチレン製造施設冷凍機の開放検査後、窒素にて吸入側圧力で気密試験を行ったが漏れは無かった。 その後、吐出側圧力で気密試験を行うため、冷凍機内部に冷媒R-22を充填した。 6月19日(水)21時頃、運転前に冷媒の充填量を確認したところ、R-22が全量漏えいしていることを覚知した。	20年以上(32年)
377	製造事業所(コ)一種	水素ガス漏えい事故	6/20	千葉県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年6月19日(水)23時35分頃、当該配管周辺のガス検知器が吹鳴した。 ポータブルガス検知器で調査するも、検出しなかった。 6月20日(木)00時35分頃、ガス検知器が再度吹鳴したため、周辺を発泡液で調査した結果、01時15分頃、漏えい箇所(カニ泡)を特定した。 応急措置としてバンド巻き補修を実施、以降漏えい検知は無し。	20年以上(31年)
378	製造事業所(冷凍)二種	冷媒(R-22)漏えい事故	6/20	茨城県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		食品		＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年6月20日(木)、仕込み空調冷凍機を運転させたところ、サイトグラスに気泡の発生を確認したため、漏えいの疑いが高いことから設備を停止させ、点検を実施した。 その結果、配管に亀裂が入っていることが確認されたため、当該箇所にテーピングを施し、漏えいが収まったことを確認した。	20年以上(不明)
379	製造事業所(冷凍)二種	電気室空調用個別空調機事故	6/21	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(役所)	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年6月21日(金)09時00分、空調機保守業者による定期点検開始 11時00分、冷媒ガスの漏えい確認:室外機熱交換器フィン部分からの油の滲みを確認、リークテスターで反応あり 15時00分、室外機冷媒管バルブ閉止、冷媒回収後、窒素ガス充填 空調機定期点検の際、不具合が疑われたため詳細点検を実施した結果、室外機熱交換器により冷媒ガス漏えいを確認。人的被害はなし。 (2024年～2025年度に修繕を実施予定)	10年以上15年未満
380	製造事業所(コ)一種	LPGの漏えい事故	6/21	茨城県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		貯蔵基地	配管、フランジ	＜貯蔵中＞	＜施工管理不良＞	＜締結管理不良＞		2024年6月21日(金)08時50分頃、プロパン低温タンクにおいて、作業員が圧力計及び液面計の月例点検を行っていたところ、受け入れ時に使用するガス抜き用配管からカゲロウの発生を確認した。 ガス検知器で測定を行ったところ、LPGの漏えいが確認されたため、バルブ閉止により漏えい箇所をブロックした。	20年以上(30年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
381	製造事業所(冷凍)	フロンガス漏えい事故	6/23	北海道	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞			インジェクション配管固定器具が外れており、冷凍機運転時の振動によって配管が割れて、冷媒ガス漏れが発生した。	15年以上20年未満
382	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機における冷媒ガス漏えい事故	6/23	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(原因不明)			冷凍設備のプレート式熱交換器の冷媒配管が何らかの原因で破損し、冷媒ガス86kg(全量)が漏えいした。 熱交換器は密閉されており、ブラインから冷媒成分が検出されたため、何らかの原因でブライン配管も破損し、漏えいしたガスは全てブラインに溶け込んだものと推定される。	20年以上(20年)
383	製造事業所(冷凍)	空調機フロンガス漏えい事故	6/24	広島県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			・7月からの運転再開にあたり、6月24日に年1回の自主点検で冷媒残量測定したところ、11.7kgの冷媒減少が見られた。 初期充填量18.8kgに対し回収量は7.1kg ・その後の気密試験において屋内機の銅管溶接部の3ヶ所からカニ泡程度の漏れを発見したため、消防に連絡した。 ※当該空調機は夏季(7～10月)のみの運転	20年以上(20年)
384	製造事業所(冷凍)二種	チラーユニット漏えい事故	6/24	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		機械	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年6月24日09時45分、故障警報発報。 調査を行ったところ、冷媒圧力低下を確認。 6月25日15時50分、冷媒回収、漏えい量は24kgと確認。人的被害等無し。 7月5日10時00分頃、窒素加圧により、低圧圧力計取出し用チェックジョイント部より漏えい確認。 7月12日10時00分頃、減圧確認⇒減圧無し。 7月25日、01MPa程度の減圧を確認。低圧圧力計取出し用チェックジョイント部より漏えいを再確認。	15年以上20年未満
385	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機圧縮機電源接続端子ガスケット部漏えい事故	6/25	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		建設	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年1月27日、現場で209日稼働していた冷凍機を停止。 2月1日、現場で冷媒回収、窒素封入。 2月16日、フロン回収量80.94kg(充填量155.31kg)のため漏えい覚知。 2月26日、気密試験で漏えい箇所特定(圧縮機電源接続端子から微量漏えい)。 6月26日、報告者が漏えい覚知。	1年未満
386	製造事業所(コ)一種	流動接触分解装洗浄塔差圧計高圧側導圧管漏えい事故	6/25	神奈川県	0	0	0	0	その他(エタン)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(スタートアップ)	＜シール管理不良＞	＜誤操作、誤判断＞		スタートアップ中の作業者が、流動接触分解装置(LPG洗浄装置)塔頂よりラダー降下中、差圧計高圧側導圧管よりの漏えいを覚知した。 直ちに漏えい箇所ブロック(取出しバルブ閉止)を実施し、消防へ通報した。	20年以上(37年)
387	製造事業所(一般)一種	二酸化炭素の漏えい事故	6/26	茨城県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		食品	配管、バルブ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜シール管理不良＞			2024年6月26日09時35分頃、メンテナンス後の立ち上げ作業を行ったところ、液化炭酸ガス貯槽のバルブのグランド部から、白煙(二酸化炭素)が上がっているのを確認した。 09時40分頃、担当者が到着した際にはカニ泡程度の状態に落ち着いていた。	15年以上20年未満
388	製造事業所(冷凍)二種	パッケージエアコン冷媒漏えい	6/28	大分県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン401A)	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞	＜その他＞(老朽化)			2024年6月28日、冷媒が漏れていることを確認。 7月19日、メーカーが修理を実施。 7月24日、フロンガスの漏えい量を確定した。 冷媒:R401A、漏えい量16kg。	7年以上10年未満
389	製造事業所(一般)一種	液化炭酸ガス噴出事故	6/29	富山県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		運送	安全弁	＜荷役中＞	＜誤操作、誤判断＞	＜操作基準等の不備＞		2024年6月29日08時30分、CEへの液化炭酸ガス充填のため、ローリーの気相ホースをCEと接続し、CEの気相バルブを開放してローリー気相ホースの内部パージを実施した。 この際、開とすべきローリー側の気相バルブを開き忘れた。 08時40分頃、CEへの液化炭酸ガス充填を開始した。 充填作業開始後、作業員はローリー操作盤から離れ、ローリー助手席で確認書及び伝票の記入を行っていた。 08時45分頃、CE内層圧力が上昇し、内層安全弁よりガスが噴出した。 作業者は噴出に気づき操作盤に戻ったが、ローリー側の気相バルブが閉であることに気づき、当該バルブを開放した。 事業所立会者が、内層ガス放出弁を操作し内層圧を常用圧力以下に下げた。 08時48分頃、安全弁の作動が停止した。	15年以上20年未満
390	製造事業所(コ)一種	減圧軽油水素化脱硫装置水素ガス漏えい事故	6/30	千葉県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管、バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜誤操作、誤判断＞			減圧軽油水素化脱硫装置のドレンライン閉塞解除のため、詰まり解除作業を実施していたところ、急に詰りが取れ、ドレンライン上流側のブロック弁からの漏れ込みがあり、ドレンノズルから水素ガスが漏えいした。	20年以上(50年)
391	製造事業所(一般)二種	液化窒素CEの液面計配管溶接部からの窒素漏えい	7/1	兵庫県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		その他(塗料製造)	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化、疲労破壊)			日常点検時に液面計の針の動きに異常がみられたため、販売店に連絡して確認したところ、液面計配管のろう付け部分から発泡水をかけて分かる程度の微小の漏れが発生していることが判明した。	20年以上(42年)
392	製造事業所(コ)一種	スチレンモノマー製造施設フロン漏えい	7/2	山口県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		石油化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜その他＞(設備撤去作業中)	＜腐食管理不良＞			高圧ガス設備の廃止に向けてエチレンタンクのBOG冷凍機からフロン回収作業を行っていた。 凝縮器下部ドレン弁下流のフランジ付き回収ノズル配管(ノンコード)に腐食による割れが生じ、フロンが約30リットル漏えいした。 覚知後、速やかに当該ノズルの上部にあるバルブを閉止したことにより漏えいは停止した。	20年以上(28年)
393	製造事業所(冷凍)二種	空調機冷媒漏えい事故	7/2	鹿児島県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			2024年7月2日(火)、空調機の低圧カット異常が発生。 停止時の冷媒圧力が通常値より低いことに気付いた。 冷媒漏れと考え、冷媒回収を行ったが僅かなガス成分しか残っておらず回収出来なかった。 冷媒漏えい量は元の封入量10.5kg。 窒素加圧して調査したところ、圧縮機本体のボルトキャップ部分から微量漏えいが確認された。	7年以上10年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
394	製造事業所(一般)一種	液化酸素CE酸素漏えい	7/3	山口県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		その他(鉄鋼業)	バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			作業員が酸素CEの巡回点検時に出口圧力調整弁付近から酸素が漏えいしているのを発見した。 直ちに緊急遮断弁を閉止したことによって漏えいは停止した。 漏えい量は約1,000㎥。 漏えいの原因は、圧力調整弁のダイヤフラムが経年劣化により破損したと考えられる。	20年以上(36年)
395	製造事業所(一般)一種	水素圧縮機漏えい	7/3	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	圧縮機、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			2024年7月3日(水)08時00分、開店前の設備点検実施、異常なし 09時00分、ステーション営業開始 13時31分、1台目の充填終了後、制御盤の軽故障ランプ点灯を認識、確認したところ、水素圧縮機室内ガス検知器がガス漏えいを検知していた。 13時32分、水素圧縮機は蓄圧器の復圧を完了し自動停止、均圧、脱圧処理された。 記録により13時24分に、14%LELを検知していた。 ステーションは、休業とした。 14時10分、県に報告。 携帯ガス検知器で配管継手、遮断弁グランド等を調査するも漏えい箇所特定できず。 7月4日(木)09時00分、メーカー等を含めて漏えい箇所探索開始。 前日の検知器警報は、3段シリンダヘッドと3段吐出し配管接続部継手からの漏えいを検知したものと推察された。 7月5日(金)、水素圧縮機メーカーにより、漏えい箇所確認、漏えい部位のシール部品(銅パッキン、Oリング)交換、規定トルクでの締結作業実施。 県より試運転の許可取得。 7月6日(土)、7日(日)、試運転後の漏えい確認、締結部の緩みチェック等異常なし。	1年以上3年未満
396	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機冷媒ガス漏えい事故	7/4	大阪府	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン407E)	C2	漏洩		その他	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			冷凍機の年間保安点検時に、リークチェックした際にエコノマイザ出口配管部分の溶接箇所からカニ泡程度の漏れを検出した	15年以上20年未満
397	製造事業所(コ)一種	接触改質装置窒素・水素混合ガス漏えい事故	7/6	千葉県	0	0	0	0	その他(窒素、水素)	C2	漏洩		石油精製	配管、継手	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞			運転開始作業中の高圧ガス製造施設において、分離槽の液送管から窒素・水素混合ガスの漏えいを確認した。	20年以上(52年)
398	製造事業所(一般)一種	水素製造プラント水素ガス漏えい事故	7/7	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(レジャー)	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			水素トレーラーへの充填作業中、充てん施設天井部のガス検知器が発報、水素充填非常停止。 トレーラーへの充填ホース接続接手(ねじ接合)より水素漏えいを音で確認。 ラインブロック処置、当該継手増し締めにより、漏えいは収まった。	1年未満
399	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボン漏えい事故	7/8	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		機械	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(工事中)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年7月8日、バルブの交換工事を行う際、ガス量の減少を確認。 冷媒配管経路中の熱交換器に、油にじみを確認、付近から冷媒ガス漏れと推定。 設備は運転停止中。 7月9日09時00分、修理業者の点検の結果、空冷式熱交換器付近から冷媒が漏えいしたことを確認。 7月9日11時00分、県に事故報告。	15年以上20年未満
400	製造事業所(一般)一種	移動式製造設備窒素漏えい事故	7/8	岡山県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		運送	タンクローリ、フレキシブルチューブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜設計不良＞			2024年7月8日06時00分、移動式製造設備が自社を出発。 06時21分、近隣の充填事業所にて液化窒素を充填。 10時58分、県外の事業所まで運送し、荷卸しした。 15時46分、県外の充填事業所にて、再度液化窒素を充填。 16時47分、自社に帰るため出発。 この時点まで移動式製造設備に異常なし。 18時00分、自社に到着し終業点検を行っていたところ、ガス漏れ音を確認。 調査したところ、ポンプ吐出側のフレキシブルチューブ配管部からの漏れを発見したため、バイパス弁を閉止し漏えい停止した。 負傷者なし。	15年以上20年未満
401	製造事業所(コ)一種	塩化ビニルモノマー製造施設二塩化エチレン漏えい事故	7/11	山口県	0	0	0	0	その他(二塩化エチレン)	C2	漏洩		一般化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			塩化ビニルモノマー製造施設の定常運転中、二塩化エチレン(EDC)配管付近から臭気を認知したため、当該配管の保温を解体したところ、外面腐食部からEDCの漏えいを確認した。 直ちに当該プラントを緊急停止し、EDC配管漏えい箇所の上流バルブを閉め、縁切りを行うことで漏えいは停止した。	20年以上(56年)
402	製造事業所(コ)一種	液化石油ガス製造施設プロパンガス漏えい事故	7/12	千葉県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		貯蔵基地	配管	＜荷役中＞	＜締結管理不良＞			プロパン出荷作業中に、配管温度計取付部(耐圧部分でない締結部)から漏えいがあったため出荷を停止した。 当該配管を縁切りし、液回収及び脱圧を実施した。	20年以上(49年)
403	製造事業所(冷凍)	冷媒ガスR410Aの漏えい事故	7/12	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(研究所)	冷凍設備、蒸発器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			2024年6月14日(金)、所内空調設備の定期点検を実施したところ、点検業者より試作棟空調設備系統における冷媒循環量不足が指摘された。 点検結果を受け、7月11日(木)から7月12日(金)に当該設備における異常原因調査(空調設備からボンベに冷媒ガスR410Aを回収し、室外機と室内機・冷媒ガス配管に分け、個別に気密試験を実施)をした。 冷媒の初期充填量17.5kgに対して回収量が8.4kgであったこと、室外機側の気密圧力が2.0MPaから1.2MPaまで低下していたことが確認された。 以上から、室外機で冷媒ガスR410A が漏えいしていることを覚知した。	15年以上20年未満
404	製造事業所(一般)一種	LNG漏えい事故	7/13	愛媛県	0	0	0	0	メタン	C2	漏洩		運送	容器、安全弁	＜荷役中＞	＜誤操作、誤判断＞			2024年7月13日13時、当該事業所構内にて液化天然ガス荷卸し作業(昇圧)中、副安全弁元弁を閉止せずに作業を行った為、放散管より気化したLNGが漏えいした。 漏えいに気が付き作業員が副安全弁元弁を閉止し、人的被害、物的被害、共にない事から作業を再開し荷卸し作業を終了した。	3年以上5年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
405	製造事業所(コ)一種	エチレン製造装置プロピレン漏えい事故	7/15	山口県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油化学	その他(分離器)	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞			・エチレン製造装置の通常運転中、装置内に設置しているガス検知器が発報したため、現場を調査したところ、プロピレン冷凍給気ドラム本体の保温内でガスを検知したため、消防並びに関係官庁へ通報を行った。 ・装置を緊急停止した場合、圧力上昇により漏えい量が増加し、危険な状態となる恐れがあるため、想定される漏えい部近傍への窒素拡散並びに監視体制を整えたうえで、通常停止により、漏えい停止措置を行った。 ・通常停止に合わせて、7月23日03時00分に当該系を孤立しパージを開始、7月23日19時00分にガス検知器により可燃性ガスの漏えい停止を確認した。 ・機器の内部目視検査並びにMTを実施したところ、機器内部のインピジメントバッフル(緩衝板)サポートの本体溶接部に割れ(2箇所)を認めた。	20年以上(56年)
406	製造事業所(コ)一種	高級アルコール製造施設水素ガス漏えい事故	7/15	千葉県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(スタートアップ)	＜施工管理不良＞	＜腐食管理不良＞		高級アルコール製造施設の定期修理立ち上げ時、固定ガス検知器が吹鳴し、異常を覚知した。 石鹸水により漏れ箇所調査した結果、圧縮機の1段吐出し圧力発信器行き配管(U字サポート接触部)からの漏えいであることを確認した。	20年以上(25年)
407	製造事業所(一般)一種	圧縮空気製造設備安全弁作動による空気漏えい事故	7/15	大阪府	0	0	0	0	空気	C2	漏洩		その他(役所)	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞			2024年7月15日(月)14時15分、圧縮空気製造設備により容器へ充てん作業(29.4MPa充てん)を開始し、通常運転中であった。 14時22分、安全弁が作動し、異音がしたため緊急停止した。 製造装置の圧力計を確認したところ34MPaとなっていた。	20年以上(25年)
408	製造事業所(コ)一種	パラキシレン製造装置出口配管からの混合キシレン漏えい	7/16	岡山県	0	0	0	0	その他(混合キシレン)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜設計不良＞		2024年7月16日(火)22時30分頃、現場巡回中の運転員がアイソマークレイタワー出口配管の保温内から液(内容物：混合キシレン)が滴下(1滴/30秒)している事を発見した。 当該配管周辺の立入禁止措置およびカメラ設置による監視強化とした。 携帯型ならびに定置式ガス検知機の吹鳴はなかった。 翌日、7月17日(水)14時30分、県消防へ状況を報告、16時05分に経緯を報告。	20年以上(36年)
409	製造事業所(コ)一種	液化炭酸ガス・ドライアイス製造施設取出し配管からの炭酸ガス漏えい事故	7/16	千葉県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		石油精製	配管、フランジ	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年7月16日10時10分頃、保全員が炭酸ガス・ドライアイス製造施設取出し配管の一次弁下流配管フランジ溶接部から、気泡を伴った二酸化炭素の漏えいを確認した。 速やかに一次弁を閉止し、脱圧を実施した。	20年以上(21年)
410	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボンガス漏えい事故	7/17	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		その他(電子部品加工)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年7月16日　ヒートサイクル運転開始直後、「冷凍機(低温側)圧力異常警報」が発報したため、装置を停止した。 再度、立ち上げ実施するも状況変わらず。 メーカー点検を依頼した。 7月17日、メーカー点検実施。 冷凍機高温側の圧縮機戻り配管に接続されたバルブ接続部より漏れを確認した。	10年以上15年未満
411	製造事業所(LP)一種	自動車の誤発進による充てんホースの引っ張り事故	7/17	石川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	破裂破損等		その他(LPGスタンド)	その他(セイフティカップリング)	＜製造中＞	＜誤操作、誤判断＞			LPGスタンドにおいて、タクシーにLPGを充てん後、充てんノズルを外す前に車両が発進したため、緊急離脱カプラーが外れた。	20年以上
412	製造事業所(コ)一種	ポリプロピレン製造施設ポリプロピレンガス漏えい事故	7/18	千葉県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			プロピレンと思われる臭気をやや強く感じ、詳細点検のためプロピレンリサイクル設備を脱圧し、窒素置換した。 リサイクルプロピレン配管(1B、炭素鋼、断熱有り)付近より陽炎を発見し、ポータブルガス検知器で可燃性ガスを検知した。 断熱材を解体したところ、配管外面腐食及び腐食部位にピンホールを確認した。	20年以上(27年)
413	製造事業所(一般)	移動式水素ステーションにおける水素漏えい事故	7/18	滋賀県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		建設	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜締結管理不良＞			ディスペンサユニットへ水素を供給する自動弁の動作不良が確認されたため、充填準備作業を中止し、自動弁の動作確認を実施することとした。 自動弁の動作確認を行う際、下記(1)～(4)の手順で作業を行うこととしていたが、手順(1)の作業実施が抜け落ち、VENTライン配管継手から水素の漏えいが発生した。 (1)蓄圧タンク元弁を「閉」にする (2)装置をメンテナンスモードに切り替える。(制御盤タッチパネルで切替) (3)自動弁へ強制開/閉指令を出力し動作を目視確認する。(制御盤タッチパネルで人が操作) (4)同系統の電気・窒素で動作している自動弁すべてに対して動作確認を実施する。	1年未満
414	製造事業所(一般)	エコ・ステーションディスペンサ緊急離脱カプラ水素ガス漏えい事故	7/19	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(高圧ガス販売)	その他(安全装置)	＜停止中＞(検査・点検中)	＜検査管理不良＞			2024年7月19日(金)、営業前に圧力保持試験を実施したところ、ディスペンサ上部にある定置式ガス漏えい検知器が反応(約2,100ppm)した。 携帯式ガス漏えい検知器による漏えい調査の結果、緊急離脱カプラにて水素漏えいを確認(5,000ppm以上)した。	7年以上10年未満
415	製造事業所(コ)一種	エチレンプラント独立加熱炉(蒸気過熱炉)の過熱により機器破損	7/23	大阪府	0	0	0	0		C2	破裂破損等		一般化学	加熱炉	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			エチレンプラントのスタートアップに伴い、プラント内の圧縮機のタービンの動力となる高温高圧スチームを製造するため、独立過熱炉を立ち上げている最中に 機器に異常が発生し、緊急停止を行なった。 開放検査をしたところ、独立過熱炉内の配管等に損傷を確認し、事故発生を覚知した。	20年以上(55年)
416	製造事業所(コ)一種	LPGコアレッサー安全弁弁漏れ	7/24	愛媛県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他(安全弁作動)		石油精製	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(スプリング折損)			現場パトロール中のオペレーターが、当該安全弁本体及び出口配管(フレアースタック行き)に霜が付着していることを確認したことから、安全弁が作動したと推測した。 安全弁出口ラインは、フレアースタック系へのクローズドラインとなっており、大気への直接的な漏えいは無い。	10年以上15年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
417	製造事業所(冷凍)二種	凝縮器配管支持金具貫通部からの冷媒漏えい事故	7/24	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		運送	冷凍設備、凝縮器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		冷房の効きが悪いとの報告があり、保守管理会社が調査を実施し、冷媒ガス(RI34a)の圧力低下が原因であると断定した。 8月2日(金)、ガス漏れ調査を実施したところ、凝縮器配管支持金具貫通部から冷媒漏えいしていることが判明した。 8月8日(木)、定例巡視時には冷媒ガスが完全に放出された。	7年以上10年未満
418	製造事業所(冷凍)一種	フルオロカーボンガス(R22)漏えい事故	7/25	新潟県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	安全弁	＜停止中＞	＜点検不良＞			稼働を停止していた冷凍設備を再稼働させるため点検したところ、高圧受液器内のフロンガスが無くなっていることを確認した。 受液器に通じるバルブは安全弁以外全閉であったことから安全弁も閉止した。 業者が確認したところ、安全弁リフト部からの漏えいが確認された。	20年以上(34年)
419	製造事業所(冷凍)二種	製氷機R22漏えい事故	7/25	静岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		石油化学	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			2024年7月25日、設備の冷媒漏えい検査中に、温水用蛇管コイルの曲がり部より漏えいを確認した。	15年以上20年未満
420	製造事業所(コ)一種	フルオロカーボンガス漏えい事故	7/28	福岡県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		設備パトロール中にフロンチェッカーにより漏えいを発見した。 構内緊急通報、縁切り操作実施、冷凍機停止。	20年以上(34年)
421	製造事業所(コ)一種	第三集中合理化装置水素分析計導圧配管からの水素ガス漏えい	7/28	三重県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			ローカルパトロールに係員が水素分析計近傍にてスチームトレースからのスチーム漏れを発見した。 ガスの臭いも感知しており、ポータブルガス検知器により、水素分析計行き配管の漏れを確認した	20年以上(53年)
422	製造事業所(冷凍)一種	炭酸ガス漏えい事故	7/29	岐阜県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		食品	安全弁	＜製造中＞(スタートアップ)	＜検査管理不良＞	＜その他＞(センサー不良)		炭酸ガス調節器のセンサーが故障し、炭酸ガス受液器内の圧力保持運転が出来ず、炭酸ガス受液器内の圧力が上昇し、繰り返し安全弁の吹き出し圧力を超え、安全弁が作動し炭酸ガスが漏えいした。 炭酸ガス受液器の炭酸ガス圧力調節器センサーの故障により、冷凍設備が起動できなかった。	15年以上20年未満
423	製造事業所(一般)一種	水素圧縮機5段吸込み安全弁作動	7/30	神奈川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞			7月30日(水)13時22分、当日4台目のFCVへ充填を開始し、正常に終了。 13時24分、水素圧縮機から高圧蓄圧器の復圧中に水素圧縮機の5段吸込みラインの圧力発信機が圧力異常高HH(46.5MPa) 警報を発報しインターロックにより水素圧縮機が自動停止。 13時28分、水素圧縮機自動停止により圧力が下がり警報リセット可能状態となったため警報をリセット。 16時04分、水素圧縮機メーカーが異常発生時の運転データを解析した結果、5段吸込みラインの圧力発信機が52MPaを記録していることが判明。 同ラインに設置されている安全弁は設定圧力が50.0MPaであることから当該安全弁が作動していたと判断。 16時33分、ステーション保安監督者から消防へ通報。 8月2日(金)09時30分、水素圧縮機メーカーによる水素圧縮機5段シリンダバルブの開放点検を実施。 当該安全弁は取り外し、安全弁メーカーで整備を実施。 8月22日、メーカー整備完了した安全弁取付け実施。 水素圧縮機の整備(5段シリンダバルブの交換)、試運転実施、装置復旧。消防へ報告し営業再開の許可を得た。 8月26日17時20分、営業再開。	7年以上10年未満
424	製造事業所(冷凍)	空調機からの冷媒ガス漏えい	7/30	宮崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞			空調機より冷媒ガス(R410A)が7.6kg(貯蔵全量11.8kg)漏えいした。 空調機のエラーコードが発報し調査のため冷媒回収を行ったところ、4.2kgしか回収できなかったため漏えいしていると判断した。	10年以上15年未満
425	製造事業所(冷凍)	空調機からの冷媒ガス漏えい	7/30	宮崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			空調機より冷媒ガス(R410A)が14.1kg(貯蔵全量19.4kg)漏えいした。 空調機のエラーコードが発報し調査のため冷媒回収を行ったところ、5.3kgしか回収できなかったため漏えいしていると判断した。	7年以上10年未満
426	製造事業所(冷凍)	チラーユニットからのフロンガス漏えい	7/31	山形県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(医療関係)	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞	＜その他＞(外的な振動等でチューブが接触しチューブに亀裂が発生がした)			2024年7月31日(水)05時頃、空冷用チラー本体の圧力低下により監視装置鳴動のため、当該事業者より空調機メーカーに連絡し点検依頼を行った。 8月8日(水)、メーカーによる現地点検の結果、熱交換器コイル部分より漏えいが確認され、当事故について事業者が覚知した。 R410A、10.6kg中、10.6kg漏えい。 当該事業者は3ヶ月に1度の自主点検及び1年に1度のメーカーによる点検を実施しており、前回実施時には異常は確認されなかった。	3年以上5年未満
427	製造事業所(一般)一種	酸素ガス漏えい事故	8/1	愛知県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		製鉄所	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年8月1日、定期自主検査時に蒸発器下部配管からの白煙が出ていることを確認し、送ガス蒸発器下部配管溶接部より液化酸素ガスの漏えいを覚知した。 1988年製造のアルミ製送ガス蒸発器で、設置後36年経過しており、経年劣化により、溶接部に割れが生じ、漏えいに至ったと推察する。	20年以上(36年)
428	製造事業所(一般)二種	窒素ガス漏えい事故	8/1	埼玉県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		一般化学	蒸発器	＜製造中＞(シャットダウン)	＜その他＞(経年劣化)			2024年8月1日、定期自主検査の際に加圧蒸発器出口配管の安全弁ライン配管分岐継手のろう付け部に、経年劣化によるピンホールがあり漏えい発生を確認。 微量の漏洩の為、ピンホールの有無は目視確認出来ず、事故報告の必要性がないものと思い、修繕日を計画し進めていた。 9月19日、県に事故報告を行った。	5年以上7年未満
429	製造事業所(冷凍)一種	炭酸ガス漏えい事故	8/2	福岡県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		食品	冷凍設備、受液器	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞			2024年8月2日04時42分、アンモニア低圧受液器液面異常高発報により、冷凍機運転状態確認をしたところ、二酸化炭素受液器の液面が0になっていることを確認した。 07時、漏えい検査を実施し、二酸化炭素受液器タンク圧力センサーねじ込み部より漏えいを確認した。	1年以上3年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
430	製造事業所(冷凍)二種	冷媒配管からの漏えい	8/2	京都府	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(ホテル)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	<製造中>(定常運転)	<その他>(振動により配管が支持材(経年劣化により若干変形)に接触し続け、配管が破損し冷媒が漏えいした)			振動により配管が支持材(経年劣化により若干変形)に接触し続け、配管が破損し冷媒が漏えいした。	10年以上15年未満
431	製造事業所(コ)一種	水素化分解装置前留塔塔頂還流ポンプ吐出配管圧力計からの漏えい	8/3	愛媛県	0	0	0	0	その他(液化石油ガス、水素)	C2	漏洩		石油精製	その他(圧力計)	<製造中>(定常運転)	<その他>(調査中)			パトロール中のオペレーターが、運転中のポンプ吐出圧力計のガラス蓋が落下し、文字盤が歪んでいることを発見した。 圧力計本体をポータブル可燃性ガス検知器にて測定したところ、ガスを検知したため、漏えいと判断した。	5年以上7年未満
432	製造事業所(コ)一種	残油流動接触分解設備群スポンジ吸収塔液面計低圧部取出し配管からの漏えい	8/3	愛媛県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	<製造中>(定常運転)	<その他>(調査中)			現場パトロール中のオペレーターが、臭気を感じ、ポータブルガス検知器にて測定したところ、液面計低圧側取出しバルブと計器受圧部間の配管からガスを検知したため、漏えいと判断した。	10年以上15年未満
433	製造事業所(コ)一種	液化石油ガス製造施設プロパンガス漏えい事故	8/5	千葉県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		貯蔵基地	配管	<製造中>(スタートアップ)	<腐食管理不良>			事故に係る配管取替工事完了後、空の配管内にプロパン低温液を張込中に、当該配管ドレン配管(20A)より微量の漏えいを確認した。	20年以上(49年)
434	製造事業所(冷凍)二種	R134a漏えい事故	8/5	静岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、凝縮器	<製造中>(定常運転)	<腐食管理不良>			2024年8月5日、冷凍機が低圧異状で緊急停止した。 点検したところ、凝縮器内部フレートが破損し、凝縮器内での冷媒漏えいを確認した。	5年以上7年未満
435	製造事業所(コ)一種	エチレン製造装置ブタンガス漏えい	8/6	神奈川県	0	0	0	0	ブタン	C2	漏洩		石油化学	その他(エチレン製造施設のアセチレン水添塔)	<製造中>(定常運転)	<腐食管理不良>	<検査管理不良>		2024年8月6日(火)09時25分、エチレン製造装置にてガス漏えい覚知 09時35分、消防へ通報 10時00分、不具合部周辺のガス検知無しを確認	20年以上(50年)
436	製造事業所(冷凍)二種	R407C漏えい事故	8/6	鹿児島県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(宿泊業)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	<製造中>(定常運転)	<腐食管理不良>	<点検不良>		2024年8月6日06時30分、空調用冷温水チラー冷房運転中、冷温水が冷えていない為ホテル従業員が機器確認を行う。 警報発生は無く、高圧側1.75MPa、低圧側0.39MPaであり、同機種の他の系統(高圧側2.4MPa、低圧側1.05MPa)と圧力比較し能力発揮していない状態であった。 運転休止し、点検開始 06時40分頃、外周点検(ガスリークテスター使用し点検実施)により冷媒漏れ反応発見。 08時30分頃、仕切弁では、冷媒ガスの閉塞封印が出来ない為、協力会社により調整弁マトメ部品銅配管切り離し閉塞溶接処理作業を行う。 09時50分、銅配管閉塞溶接作業完了 チラー運転使用禁止措置完了。 冷媒ガス漏えい試験、泡・冷媒ガスリークテスター試験実施、冷媒ガス漏れ無し。	15年以上20年未満
437	製造事業所(コ)一種	常圧蒸留装置流量計配管からの液化石油ガス漏えい事故	8/6	千葉県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	<製造中>(定常運転)	<検査管理不良>	<情報伝達の不備>		2024年6月9日09時15分頃、運転委が巡回中に当該配管から液体が滴下しているのに気づいた。 当該漏えい箇所の縁切りのため、流量計の元弁閉止、脱圧操作を行い、可燃性ガス検知器により漏えい停止を確認した。 09時50分頃、県へ報告を行った。	20年以上(56年)
438	製造事業所(一般)一種	液化アルゴンガス貯槽付帯安全弁からのアルゴンガス漏えい	8/7	茨城県	0	0	0	0	その他(アルゴン)	C2	漏洩		その他(非鉄金属製造)	安全弁	<貯蔵中>	<その他>(調査中)			2024年8月7日10時00分頃、貯槽内液面計で90%付近まで液化アルゴンガスを貯槽へ受入れたところ、貯槽内圧力が1MPa程度まで上昇し、安全弁からアルゴンガスが漏えいした。 2023年11月に実施した自主検査において、安全弁の吹き始め圧力は0.92MPaであり、吹き止まり圧力は0.82MPaであった。	7年以上10年未満
439	製造事業所(コ)一種	アンモニア製造施設からの窒素ガス漏えい事故	8/7	富山県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		一般化学	配管、バルブ	<製造中>(定常運転)	<シール管理不良>	<検査管理不良>		2024年8月7日16時30分、高圧窒素蓄圧器入口弁のグランド部より窒素ガスが漏れていることを確認。 グランド部の増し締めを実施するもカニ泡程度の漏れ継続。 16時50分頃、県に事故の発生を報告。 8月12日10時00分、当該バルブ整備のため、高圧窒素ラインの脱圧を実施、脱圧後、バルブを取り外した。 8月14日14時00分、当該バルブを分解整備、グランドパッキンを交換。	20年以上(30年)
440	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボン漏えい事故	8/7	熊本県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(製薬業)	冷凍設備、蒸発器	<製造中>	<その他>(熱交換器の劣化)			2024年8月7日(水)、日常点検中に機器パネルにて「低圧遮断」警報を確認。 8月8日(木)、協力会社に依頼して原因を調査したところ、圧力低下を確認。 リークチェッカーでは漏れ箇所を確認できなかったことから、熱交換器内部で冷媒が漏えいしている可能性が高いと判断。	10年以上15年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
441	製造事業所(LP)	50kg容器からの漏えい事故	8/8	島根県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		その他(第一種製造所)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞(不明)	＜容器管理不良＞		50kg容器からの漏えいによりガス漏れ警報器が反応し緊急遮断した。 2024年8月8日16時00分、充てん所に容器回収業者から、使用済みの50kg容器17本が持ち込まれた。 その時点では異音や異臭は認められなかった。 その後容器のバルブ操作は行っていない。 21時20分、警備会社がガス漏れ監視装置に異常信号を受信し、21時23分連絡を受けた職員が現場確認を行うと、持ち込み容器17本の内の1本からガス漏れを確認した。 ガス漏れ確認後、該当容器のバルブを閉め、容器置き場のシャッターを全開にして換気を実施した。 漏えい量及び回収時の残ガス量は不明。	20年以上(34年)
442	製造事業所(冷凍)一種	冷媒ガス漏えい事故	8/8	静岡県	0	0	0	0	その他(R23)	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜設計不良＞			2024年8月8日(木)08時00分頃、日常点検時に冷蔵庫の温度が高かったため調査をしたところ、低圧機の吐出配管に亀裂があり、配管部分からのガスの漏えいを覚知した。 設備を停止後、応急処置としてガス溶接により漏洩を遮断した。 漏えいしたガスはR23で、漏えい量は推定で70～80kgである。	20年以上(29年)
443	製造事業所(コ)一種	高圧法ポリエチレン製造施設二次圧縮機インタークーラー内管亀裂によるエチレン漏えい	8/9	岡山県	0	0	0	0	その他(エチレン)	C2	漏洩		石油化学	熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(複合要因(事故詳細参照))			2024年08月09日04時17分頃、側冷水塔の冷却水戻りラインに設置した可燃性ガス検知器が一時的に発報した。 運転主任がポータブル可燃性ガス検知器を持参して冷水塔へ現場確認に向かい、検知部近傍を測定した結果、可燃性ガスを検知した。 安全確認の為、詳細調査が必要と判断し、同日09時32分に当該系列を停止した。 冷却水使用箇所で可燃性ガスが混入しうる箇所の調査を行った結果、当該系列二次圧縮機インタークーラーから冷却水側へのエチレンガスが混入した可能性が高いと判断した。 8月15日、混入元と考えられる配管の分解点検を実施し、18時頃に内管に亀裂が生じている事を確認した。 08月16日、高圧ガスの微量漏えいを県へ連絡した。	20年以上(52年)
444	製造事業所(冷凍)ニ種	フルオロカーボン漏えい事故	8/9	熊本県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		冷凍機の劣化部品を交換する計画があり、新品への交換を実施した際に冷媒ガスの減少を確認。 劣化部品のねじ込み部からの微量漏えいと考えて新品に交換した。 2024年8月9日(金)、冷媒ガスの減少が確認されたため、点検を行い、装置の外側から漏えいが確認できず、蒸発器の冷水側に微量の油が浮遊していたことから、蒸発器からの漏えいが疑われたため点検を手配。 県に報告。 8月20日(火)、蒸発器の点検を行った結果、蒸発器のチューブ2本からの漏えいが確認された。	20年以上(24年)
445	製造事業所(LP)一種	液化石油ガス受入れ配管腐食によるガス漏えい事故	8/9	鹿児島県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		その他(LPガス販売)	配管	＜その他＞(荷役準備中)	＜腐食管理不良＞			船舶による液受入作業の準備の為、充填所敷地内の受入ラインバルブを開きライン各所の漏えい状況を確認しようとしたところ、液ラインの腐食箇所より液が噴出した。	20年以上(50年)
446	製造事業所(一般)一種	窒素CE充填フレキホース接続口溶接部からの漏えい事故	8/12	東京都	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		その他(病院)	コールド・エバポレータ、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞			2024年8月8日(木)、充填時に漏えいを疑われるものを充填作業員が発見し、販売事業者に確認を依頼した。 8月12日、CEタンクへ液化窒素を充填する作業中、充填用フレキホース接続部裏側の溶接部からの液化窒素の漏えいを販売事業者が確認し病院側に報告した。 13日(火)、都へ連絡した。	15年以上20年未満
447	製造事業所(コ)一種	エチレン製造施設脱プロパン塔下部配管からのブタン/ブテン類混合ガス漏えい事故	8/13	千葉県	0	0	0	0	その他(ブタン、ブテン類を主成分とする混合物)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年8月13日04時10分頃、定置式ガス検知器が発報。 現場確認を行ったところ、脱プロパン塔下部配管保温材から液体が漏れていることを確認した。 プラントの緊急停止を実施。	20年以上(50年)
448	製造事業所(LP)一種	充填ホース引張事故	8/13	東京都	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他(充填ホース引張事故(漏えいなし))		スタンド	その他(充填ホース、セイフティカップリング)	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			充填作業終了後、充填ホースを外す前に伝票と鍵を返却したため車両が発進、セイフティカップリングが外れた。 カップリングを再装着し、検知器で漏えい無しを確認した	20年以上
449	製造事業所(冷凍)	フロンガス(R134a)漏えい事故	8/15	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(不動産管理)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞			2024年8月15日、メーカー点検時にエコノマイザー出口配管フランジ部より、油にじみを発見。 点検業者から設備担当者に、油と共に冷媒が漏れている旨の報告あり。 点検業者が当該漏えい箇所のボルト増し締めめを実施し、漏えい停止を確認。 点検業者が冷媒回収を実施、294.04kg回収。機器充填量が300kgのため5.96kg冷媒が漏えいしたと推定。	1年以上3年未満
450	製造事業所(LP)	オートガススタンドブタンガスディスペンサー破損事故	8/16	千葉県	0	0	0	0	ブタン	C2	破裂破損等		その他(オートガススタンド)	配管	＜その他＞(車両にLPガス充填終了後)	＜誤操作、誤判断＞			タクシー車両にオートガスを充填後、充填ホースを外し忘れ、タクシー運転手がタクシーを発進させた。 充填ホースが伸び、ディスペンサーを巻き込み、ディスペンサーの防爆カバーの蝶番が破損、防爆カバーが外れた。 ディスペンサー内部の銅パイプが曲がり、パイプ継ぎ目のネジが破損した。 緊急遮断装置を作動させ、配管のバルブを全閉止、スタンドの営業を停止した。	20年以上(22年)
451	製造事業所(一般)一種	液化酸素ガス製造施設酸素ガス漏えい	8/16	山口県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		機械	安全弁	＜貯蔵中＞	＜誤操作、誤判断＞			液化酸素製造施設付近で異音がしたため、保安係員が施設を確認したところ、貯槽タンク内圧が高く貯槽安全弁の動作(酸素ガス漏えい)を確認した。 放出弁を操作して貯槽タンク内の減圧作業を実施し、安全弁の動作(漏えい)停止を確認した。	20年以上(48年)
452	製造事業所(冷凍)	空調機からの冷媒ガス漏えい	8/16	宮崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞			空調機点検中に冷却能力不足が疑われるため冷媒回収を行ったところ、充てん量16kgのうち2.1kgしか回収できず、13.9kg漏えいしていると判断した。	10年以上15年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
453	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボン漏えい事故	8/16	熊本県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜シール管理不良＞			2024年8月16日(金)、当該冷凍機は22時から運転開始した。しかし、設定温度の-15℃まで冷却が達しなかったため、協力会社へ点検依頼。 翌17日(土)09時頃、協力会社による点検を実施。 冷媒の充填量が減っていたため、漏えい確認試験を実施。 安全弁吐出口からガスの漏えいを確認:漏えい量は17kg	5年以上7年未満
454	製造事業所(一般)	2.9tLPGバルク設備フランジフレキからの漏えい	8/17	福島県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		一般化学	配管、継手	＜停止中＞	＜その他＞(自然的要因:腐食)			バルク貯槽液相緊急遮断弁出口接続フランジフレキ下部(ブレードとブランジを締結している部分)からの漏えい	1年未満
455	製造事業所(冷凍)	冷凍機冷媒(R448A)漏えい	8/18	群馬県	0	0	0	0	その他(R448A)	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞	＜その他＞(膨張弁作動不良による給液配管の異常振動)			2024年8月18日01時30分頃、貯蔵原料の温度異常から冷却保温用チルド冷凍機の稼働状況を確認したところ、低圧異常が発生していた。 冷凍機を停止させ、冷凍機メーカーに点検を依頼。 調査したところ高圧給液配管の溶接部より亀裂を確認し、冷媒漏えいによる低圧異常であることが判明した。	1年以上3年未満
456	製造事業所(一般)一種	水素漏えい事故	8/19	福岡県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	配管、継手	＜製造中＞	＜その他＞(Oリング材質の不良)			FCV充填中に緊急離脱カプラより10000ppmの漏れを検知したため、臨時閉店とした。 他県で同トラブルが頻発しており、原因は緊急離脱カプラのOリングの材質を変更したことで、漏れが発生している。 Oリングの材質に問題があり、現在新しい素材に変更を計画している。	5年以上7年未満
457	製造事業所(コ)一種	安全弁元弁一次側ブロー弁前流配管からの漏えい	8/19	三重県	0	0	0	0	その他(二酸化炭素、スチーム)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年8月19日(月)23時20分、現場運転員が定時パトロール中にガス漏れの音を聞き、職長へ報告すると同時に、計器室より二酸化炭素、一酸化炭素、可燃性ガス検知器を携帯し、漏えい箇所(安全弁元弁一次側ブロー弁前流配管)を特定した。 速やかに一次側弁を閉止し漏えいを停止した。	20年以上
458	製造事業所(冷凍)一種	フルオロカーボンR-22漏えい事故	8/19	宮城県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(製氷所)	冷凍設備	＜停止中＞(休止中)	＜その他＞(管理不良)	＜組織運営不良＞		2022年2月から運転停止していた製氷用冷凍機2基について、2024年8月19日冷媒ガスフルオロカーボンR-22を抜く作業を始めた際、冷媒ガスが全く抜けなかったことから漏えいが判明した。 事業者は漏えいを事故と認識しておらず、冷媒R-22が抜去作業で抜けないものの事故届を当時は出さず、9月17日廃止届の審査中に消防からの指摘で判明した。 漏えい時期は2022年2月以降と考えられるが、具体的時期は不明で、おそらく長期間微量漏えいしていたと考えられる。 冷媒ガスを抜く作業では漏えい箇所の調査しておらず、漏えい箇所及び原因は不明。	20年以上(35年)
459	製造事業所(冷凍)	空調チラー漏えい	8/19	滋賀県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		その他(プラスチック製造業)	冷凍設備、凝縮器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(異物混入による隙間腐食)			2024年8月19日11時30分頃、運休明け運転時に冷凍機で故障警報発令。現地を確認すると、圧縮機吐出/吸込圧力が0Mpaであった。 15時30分頃、メーカー到着後、フロン回収実施。フロン回収量は0kgであり、19.5kg全て漏れていた。 窒素加圧による漏れ箇所確認結果より、漏えい部は凝縮器と推測。	1年以上3年未満
460	製造事業所(冷凍)	冷凍機フロンガス漏えい	8/20	宮崎県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン401A)	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞			2024年8月20日、冷凍機から異常警報発報。 点検を実施し、熱交換器の詰まりが原因である可能性が高いことから洗浄を行い運転を再開するも、再度異常警報で停止。 再点検を行った結果、冷媒の漏えいを確認した。 漏えい量:11.29kg(貯蔵全量:11.9kg)。	7年以上10年未満
461	製造事業所(コ)一種	減圧軽油水素化脱硫装置リッチアミン溶液ガス漏えい事故	8/20	千葉県	0	0	0	0	その他(リッチアミン溶液)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			減圧軽油水素化脱硫装置正常運転中、液面調節弁上流配管の溶接部下部の腐食・開口部からリッチアミン溶液の漏洩を覚知し、ブロッキング操作を実施した。	20年以上(48年)
462	製造事業所(一般)一種	水素圧縮機5段吐出し安全弁作動	8/20	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	その他(安全弁作動)		その他(水素ステーション)	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞			2024年8月20日(火)14時03分、充填後の高圧蓄圧器復圧中に5段吐出しラインの圧力発信器がHH警報発報。水素圧縮機自動停止。 緊急停止前後の水素圧縮機ユニット内、水素漏えい無し。 5段吐出し遮断弁閉止により締切運転状態が発生し、吐出し圧力が急上昇し安全弁が作動した。	5年以上7年未満
463	製造事業所(冷凍)	冷凍機圧縮機側水冷却器チューブよりR22冷媒漏えい	8/22	長崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(老朽化)			8月14日、冷凍機の圧縮機側の低圧部圧力が低いため運転を停止した。 停止時に外部配管からの冷媒漏れがない点検を行ったが漏れは確認されなかった。 8月19日、再度運転を行った。 8月21日、点検で低圧部の圧力が低い状態であったため運転を停止し、メーカーへ連絡した。 8月22日、メーカーの点検を行い、16時20分頃に水冷却器より冷媒漏れが確認された。	20年(24年)以上
464	製造事業所(冷凍)	冷凍機からのフロン漏えい	8/22	宮崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞			2024年8月22日、倉庫内の巡視中に、冷凍機冷媒配管下の床面に液垂れを目視確認した。 ガス検知器でフルオロカーボン(R22)を検知したため、断熱材を外したところ、配管ろう付け部からの漏えいが確認された。 冷媒回収を実施した結果、漏えい量は5.48kgであった。貯蔵全量:43.5kg。	20年以上
465	製造事業所(一般)一種	冷凍機フロン漏えい	8/24	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞	＜製作不良＞		2024年8月24日(土)17時00分、冷凍機の重故障アラームによりシステム停止、ステーション臨時閉店。 8月25日(日)、臨時休業、トラブル調査依頼。 8月26日(月)、臨時休業、現地確認オイルリーク箇所の特定、計器類を接続している銅配管ろう付け部の破損を確認。 フロンが漏洩していることから県へ報告、報告書を提出。 フロンリーク量の確認のために全量回収し分析手配。 窒素封入状態で作業終了。 フロン、オイル、配管の手配を行い後日再充填とし休業のままとした。	1年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
466	製造事業所(冷凍)	R-410Aガス漏えい事故	8/26	静岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年8月26日朝、マシン室温度が34℃となっておりトラブルと判断、専門業者に確認作業を依頼した。 熱交換器上部にフロン漏れの反応を確認した。 熱交換器フィン内部でピンホール漏れを確認した。	15年以上20年未満
467	製造事業所(コ)一種	エーテル製造装置プレフィルター上流配管からのLPG微量漏えい	8/26	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(シャットダウン)	＜腐食管理不良＞			当該施設は定期修理に伴う装置停止操作中に携帯ガス検知器が発報し周辺機器等の検査を行い結果、プレフィルター上流配管の微量漏えいを覚知したため、速やかに仕切弁閉止および脱圧にて漏えい停止を確認した。	20年以上(32年)
468	製造事業所(コ)一種	プロパンガスの漏えい事故	8/27	茨城県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		石油精製	容器、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞	＜誤操作、誤判断＞		2024年8月27日14時40分、プロパンガスボンベ(50kg)への充てん作業中、充てん機のセンサーに不具合が生じ、キャップが出来なくなったため、充てん口からプロパンガスが漏えい(白煙が発生)した。	20年以上(53年)
469	製造事業所(冷凍)一種	冷凍機保護装置インジェクション銅配管冷媒漏えい事故	8/27	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(非鉄金属)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			2024年8月27日(火)13時30分頃、当該設備の膨張弁交換作業を完了後、試運転前の点検にて保護装置銅配管(インジェクション配管)から冷媒ガスが漏れていることを確認した。	10年以上15年未満
470	製造事業所(一般)	移動中の容器からの特定不活性ガス漏えい事故	8/27	三重県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボンHFO1234yf)	C2	漏洩		石油化学	容器、安全弁	＜荷役中＞	＜その他＞(調査中)			①2024年8月20日、当該事業所製造の特定不活性ガス(HFO1234yf)において、保管委託先を出発後、納入先での荷卸し作業中に、通常よりも軽いボンベがあった為 、納入全数(100kg容器×36本)のリークチェックを実施した所、2本において可溶栓部分からの漏れを確認した。 当該品は、納入先への受け渡しは行わず、保管委託先に持ち戻り適切な環境下での保管を行った。 ②2024年8月27日、当該事業所製造の特定不活性ガス(HFO1234yf)において、保管委託先を出発後、納入先での荷卸し作業時に、納入全数(100kg容器×36本)のリークチェックを実施した所、1本において可溶栓部分から、微量の漏れを確認した。 当該品は、納入先への受け渡しは行わず、保管委託先に持ち戻り適切な環境下での保管を行った。	
471	製造事業所(コ)一種	圧縮空気充填施設安全弁の作動(漏えい)	8/27	三重県	0	0	0	0	空気	C2	漏洩		一般化学	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞			圧縮空気充填施設を運転し、大容器(47リットル親ボンベ)に充てん中に安全弁が作動した。	20年以上(35年)
472	製造事業所(冷凍)二種	冷凍設備冷媒ガス漏えい事故	8/27	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			委託作業員が冷凍倉庫に入ったところ、天井から液体が垂れ、床に液だまりができているのを発見。 メーカーが調査したところ、当該液体は冷媒ガスであることが判明した。	
473	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボン漏えい事故	8/28	熊本県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(病院)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞	＜その他＞(配管の経年劣化)			2024年8月28日(水)10時00分頃、空調が効かなくなったため設備を確認。 「高圧遮断」警報が発報し、チラーユニットの異常停止を発見した。 速やかに修理業者へ依頼して原因を調査したところ、同日16時頃、熱交換器冷媒配管からの圧力低下を確認。 発報原因が、冷媒ガス漏えいによる圧縮機過熱運転によるアラーム停止と特定。	10年以上15年未満
474	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機	8/29	神奈川県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜シール管理不良＞	＜締結管理不良＞		2024年4月29日～5月9日の連休中の年次点検にて、オイルフィルターと安全弁の検査済品交換を行った際、冷媒が不足気味に運転している事を確認したが、ガス漏れ検査では漏えい箇所を特定出来なかった。 8月26日～29日に窒素による気密試験で漏えい箇所を絞り込み、防熱材を剥がし、石鹸水及びリークディテクタにより、膨張弁2カ所、アキュムレータボンネットバルブ2カ所の締結部から微小の泡を確認した。 8月30日、修繕部署より夜勤の冷凍機保安責任者に連絡した。	7年以上10年未満
475	製造事業所(一般)二種	液化窒素CE充填残圧ドレン用バルブからの漏えい	8/29	兵庫県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		その他(評価・分析サービス)	バルブ	＜その他＞(充填作業中)	＜シール管理不良＞	＜その他＞(経年劣化)		2024年8月29日09時00分、液化窒素CEに充填開始 09時09分、充填完了。ローリーの供給弁、CEの充填弁を閉止。 ブロー弁を開放しようとした際に、ブロー弁口付近から液化窒素の微量漏洩を現認。 ブロー弁開放、排出後、液化窒素の漏洩は止まったので、供給弁及び充填弁に問題がないことを確認。 11時00分、販売店に原因調査を要請。 11時40分、原因調査実施。ブロー弁を分解したところ、消耗品のパッキン破損を現認。 11時55分、パッキン交換、リークチェック実施し、復旧完了。	10年以上15年未満
476	製造事業所(コ)一種	ブチルゴム製造施設における高圧ガス漏えい	9/1	神奈川県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		ブチルゴム製造施設内の触媒工程にある、塩化水素設備の気密・置換に使用する窒素のチューブ配管で発生した。 2024年9月1日06時55分、設備の塩化水素ボンベ切り替え作業で、配管内のガス置換を行う為、窒素ボンベの元弁を開けた際に漏れ音が有り、直ちにボンベ元弁を閉止した。 窒素チューブ配管の一部に濃い変色箇所があり、そこからの漏えいと推定。 9月2日09時30分、関係個所へ報告	3年以上5年未満
477	製造事業所(一般)一種	酸素ガス漏えい事故	9/1	山形県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		窯業	コールド・エバポレータ、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(温度変化による疲労破壊)			当該事業所は送ガス用蒸発器(酸素空冷式気化器)を2基所有しており、交互に運転を行っている。 2024年9月1日06時30分頃、日常点検実施時に気化器の切替を実施した。 停止させた気化器が通常の霜付状態と違ったため点検を実施したところ、上部から漏えい音が聞こえクラックが確認された。	20年以上(39年)
478	製造事業所(コ)一種	アルコールケトン製造施設C4留分ガス漏えい事故	9/2	千葉県	0	0	0	0	その他(C4留分)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年8月31日11時00分頃、パトロールにて上部配管内容物由来と思われる着色確認、ブロック後液抜き実施。 9月2日15時20分、当該配管をワイヤーブラシでケレン後検査、開孔(2箇所)を確認した。 9月3日、再度検査を実施し、新たに開孔(1箇所)を確認した。	20年以上(31年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
479	製造事業所(冷凍)二種	熱源機冷媒管からの漏えい事故	9/2	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		電気	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年9月2日08時20分頃、巡視点検中に設備機械室内の動力制御盤にて、熱源機の故障表示により、当該熱源機が運転停止していることを確認した。 保守業者への対応依頼の連絡を入れる。 13時頃、調査を開始。 当該機器において内部圧力0MPaを確認。 漏れ箇所の調査機材が不足していたため、9月13日に改めて調査を実施したところ、圧縮機から油圧計への配管より漏洩を確認。 現在対象機は運転停止としている。 冷媒漏えい量40kg。	20年以上(24年)
480	製造事業所(冷凍)二種	低級音実験恒温槽試験室	9/2	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、バルブ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞			2024年9月2日、月頭点検時に膨張弁部保温材外周でリークチェッカーにより15g/年以上の漏れを検出、設備停止し停止状態では検出されないことを確認。 9月3日、サプライヤー原因調査で石鹸水により膨張弁接続フランジ部のシール切れと判明し、電磁弁前後の配管バルブ閉止し、リークチェッカーで未検出を確認。 8月30日の始業点検では検出されていない。	10年以上15年未満
481	製造事業所(コ)一種	低温液化石油ガス輸入設備海上出荷先端部安全弁取出し配管漏えい	9/2	愛知県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞			2024年9月2日、桟橋上でLPG(プロピレン)の海上出荷準備中に安全点検を実施し、安全弁付近よりわずかな異音を確認した。 詳細点検の結果、安全弁取出し配管からの漏えいを確認したため、漏えい箇所の孤立・脱圧を実施した。	20年以上(50年)
482	製造事業所(冷凍)二種	空冷ヒートポンプチラー電磁弁からの冷媒漏えい事故	9/2	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(寺院)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化による金属疲労)			2024年9月2日06時00分、中央監視室内監視装置にてチラー一括異常表示あり。 保守業者へ対応依頼の連絡を入れ、11時頃保守点検業者にて調査を実施、均圧用電磁弁配管部に亀裂が発生し冷媒漏れ反応があることを確認。 冷媒液側バルブを閉止し、当該回路を停止とした。 9月5日(木)09時頃、残存冷媒回収を実施、回収量26.4kg、漏洩量58.6kg。	15年以上20年未満
483	製造事業所(コ)一種	ポンプ吐出圧力計からの漏えい	9/3	愛媛県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	その他(圧力計)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			現場パトロール中のオペレーターが、ポンプ吐出圧力計のグリセリン充填量が減少していることを発見した。 吐出圧力計本体周辺をポータブルガス検知器にて測定したところ、50%LELの可燃性ガスを検知したため、LPGの微量漏えいと判断した。	7年以上10年未満
484	製造事業所(一般)一種	可搬容器内の配管溶接部からの水素ガス漏えい事故	9/3	熊本県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(高圧ガス製造所)	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(不十分な経年管理)			顧客容器3基の充填中に発生。 3基のうち1基からガスの噴出音を確認したため、充填を他容器に切り替えた。 設備充填弁及び容器側元弁を3基とも閉止後に、音源付近の容器配管に発泡液を塗布して、漏えい個所を特定した。 当該容器内のシリンダー全ての単独弁を閉止し、配管内の水素ガスをベントスタックへ放出・脱圧後に、充填禁止表示および隔離を実施した。 受入時並びに途中の経過確認時には漏えいは確認出来なかった。	20年(38年)以上
485	製造事業所(冷凍)一種	水冷チラー蒸発器内部における冷媒漏洩(冷媒R407C)	9/3	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(化学工場)	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞	＜その他＞(金属疲労)		2024年9月3日(火)17時40分、中央監視室で冷凍機(冷水チラー)一括警報発報、現場を確認したところ、冷凍機エラーが表示され異常停止していることを確認。 9月4日(水)、メーカーへ点検依頼を実施。 9月18日(水)、リークチェッカーによる漏れ確認を実施。反応が無く外部への漏洩箇所は認められなかった。 合わせて漏えい箇所調査により冷媒回収を実施、3.1kgを回収。 冷媒充填量14kgに対し回収量3.1kgであり、10.9kgの冷媒量が減少している事を確認。 9月19日(木)09時50分、消防に電話で冷媒漏えい事故第一報の報告実施。 9月20日(金)10時00分頃、漏えい箇所確認のため窒素による気密試験を開始。試験圧力1.0MPa。 10月3日(木)10時00分頃、圧力降下は認められず低圧側1.5Mpa、高圧側2.3Mpaで再度気密試験を実施。リークチェッカーにて蒸発器冷水ノズル内部で反応あり。 10月15日(火)09時00頃、圧力降下は認められず、冷水側の汚れにより漏れ箇所が塞がっている事が考えられるため蒸発器の冷水側に水を通し洗浄を実施。14時00分頃、再度気密試験を開始。 10月18日(金)09時00頃、蒸発器に圧力降下が見られた事から漏洩箇所が蒸発器内部である事を特定した。	15年以上20年未満
486	製造事業所(冷凍)二種	農産物処理加工施設フロンガス漏えい事故	9/4	北海道	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化による腐食)			加工施設で作業していたところ、フリーザー冷媒配管のドライヤ接続部からガス漏れ(冷媒R-22)を発見した。 直ちにフリーザーエリアから従業員を非難させるとともに冷凍機及びフリーザーを緊急停止させ、メンテナンス会社に連絡した。 メンテナンス会社の社員と現場を確認したところ、ドライヤ接続部の経年劣化による腐食で冷媒漏れが起こっていた。	20年以上(30年)
487	製造事業所(コ)一種	付属冷凍設備熱交換器チューブからフロン漏えい事故	9/5	大分県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	破裂破損等	漏洩	石油化学	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年9月5日、冷凍機不調により品質確保が困難になったためプラントを停止、現場確認では、原因を特定できず。 9月7日、メーカーによる冷凍機の点検を行った結果、熱交換器のチューブ(冷媒側、R134a)からのガスの漏えいが判明。 ガスの漏えい量は309.8kgである。	10年以上15年未満
488	製造事業所(コ)一種	液化塩素製造施設フロンガス漏えい事故	9/6	千葉県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞	＜施工管理不良＞		2024年9月6日09時45分、液化塩素製造施設の設備の一部である冷凍機の中間冷却器のレベル計下部取り出しノズル(20A)付近よりオイル漏れを発見した。 当該ノズルはオイルとフロンが共存する配管であり、断熱解体後、石鹸水にて漏えい確認を行ったところ、少量の発泡が確認されたため、高圧ガス事故と判断し通報した。	20年以上(50年)
489	製造事業所(一般)	水素エンジンベンチ圧縮機の圧力計元バルブの圧力計側継手リークポートからの水素漏えい	9/6	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		自動車	配管、継手	＜製造中＞(スタートアップ)	＜施工管理不良＞	＜製作不良＞		定期自主検査翌日の点検にて、漏えいを確認した。 定期樹種検査で着脱した圧力計に接続しているパイプ継手部より漏えい発生。 継手部の脱着は無し。、	1年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
490	製造事業所(コ)一種	直接重油脱硫装置水素ガス漏えい事故	9/7	千葉県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞	＜施工管理不良＞		運転中の高圧ガス製造施設において、運転作業員が異音に気づき、各製造施設へ供給している水素配管から水素ガスの漏えいを確認した。 直ちに当該装置の緊急停止を行い、当該配管の脱圧及び窒素パージを実施し漏えい停止を確認した。	20年以上(50年)
491	製造事業所(冷凍)一種	メタクリル樹脂製造施設冷凍機からのフロンR22微小漏えい	9/7	新潟県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞			冷媒配管からの油漏れを確認し、フロン検知器で確認したところ、200ppmの濃度が確認された。 直ちに冷凍機の運転を停止し、バルブを閉止した。 当該箇所は2024年2月の試運転時に漏洩が発生し溶接補修した箇所であったが、補修が完全ではなく再度漏えいした。	20年以上(27年)
492	製造事業所(コ)一種	再生用配管からのLPG漏えい	9/8	愛媛県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			現場パトロール中のオペレーターが、臭気を感じ、ポータブルガス検知器にて測定したところ、再生用配管よりプロピレンが漏えいしていることを確認した。	10年以上15年未満
493	製造事業所(冷凍)二種	ターボ冷凍機安全弁作動	9/11	大分県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞			冷凍機停止中に送水されていた冷水が、40℃以上となり、冷水温度上昇とともに蒸発器内の圧力も上昇。 上昇した蒸発器圧力が、蒸発器安全弁の吹き出し圧力を超えたため、安全弁から冷媒が漏えいした。	15年以上20年未満
494	製造事業所(一般)	重油脱硫装置供給ガス圧縮機第一段吸入ベントラインから水素漏えい	9/11	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞			2024年9月11日22時00分、重油脱硫装置供給ガス圧縮機フロア上固定式ガス検知器の1次警報(510ppm)が発報した為、現場の点検を実施。 23時30分、点検中にポータブル高感度ガス検知器が圧縮機吸入ライン近辺にて反応した為、不具合があると判断。 12日02時00分、コンプレッサーの切替操作を行った後、当該機器を孤立し詳細点検を開始した。 06時00分、窒素昇圧、石鹸水によるリークテストを行い漏洩部位を特定した。	20年以上(49年)
495	製造事業所(冷凍)二種	蒸発器ロウ付け部からの漏えい事故	9/11	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(熱供給施設)	冷凍設備、蒸発器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			当該部は保冷施工されているため、今日に至るまでの定期点検での直接法では確認できなかったが、運転状況(間接法)でも特に異常は認められなかった。 冷水製造に支障はなく、今日に至るまで不具合や故障は1度もなかった。 圧縮機交換作業(定期自主点検含む)に着手し、冷媒を回収した結果、回収量が明らかに少なかった。 圧縮機交換後の気密試験において、保冷施工箇所も解体した結果、ロウ付け部の漏洩が判明した。 他の冷凍機3基の回収量は95%以上と問題はなかったが、確認した結果、気密試験にて漏えいが判明した。	10年以上15年未満
496	製造事業所(コ)一種	重油分解センターサンプル時、高圧ガス容器(ボンベ)ラプチャーディスク作動	9/11	三重県	0	0	0	0	その他(水素、メタン)	C2	その他(高圧ガス容器(ボンベ)安全装置(ラプチャーディスク)の作動)		石油精製	容器、破裂板	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			定期サンプル採取時、ボンベから破裂音がし、直ちにサンプル採取作業を中止した	20年以上(28年)
497	製造事業所(LP)	配送車両LPガス転倒ガス漏れ事故	9/12	岐阜県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		運送	容器、バルブ	＜荷役中＞	＜誤操作、誤判断＞	＜容器管理不良＞		配送担当者が供給設備付近となる店舗北側の歩道に駐車し、テールゲートリフターにLPガス50kg容器×5本を昇降板上に乗せて、車両左後部でテールゲートリフターの降下操作(10cm程度降下)をしたところ、LPガス容器3本が昇 降板から転倒・落下し、その内の2本の容器からLPガスが漏えいした。	
498	製造事業所(コ)一種	常圧蒸留装置製造施設装置フラッシング配管からのLPG漏えい	9/12	大分県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		事業所所員がLPGのサンプル採取を行うために当該ポンプ近傍へ向かったところ、ポンプメカニカルシールのフラッシング配管からLPGが微量漏えいしているのを目視で覚知した。 直ちにポンプ吸入弁、吐出弁を閉止して縁切り措置を実施の上、フレアアウトによる脱圧を行い、漏えいを停止した。	20年(20年)以上
499	製造事業所(一般)一種	二酸化炭素の漏えい事故	9/12	茨城県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		食品	配管、バルブ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜その他＞(調査中)			2024年9月12日13時08分頃、工程点検中に安全弁本体、放出側配管の霜つきを発見し、安全弁が作動し、炭酸ガスが漏えいしていることを確認した。 工程を停止し安全弁付近の圧力値を確認したところ、吹き止まりの設定圧力より低い値であったが、漏えいし続けていたため、元弁を閉止し、本体の解凍を行った。 解凍後、再度元弁を開けたが、同様の事象が起きたため、元弁を閉止し、再整備を行うこととした。	
500	製造事業所(LP)一種	自動車の誤発進による充てんホースの引っ張り事故	9/13	石川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	破裂破損等		その他(LPGスタンド)	その他(セイフティカップリング)	＜製造中＞	＜誤操作、誤判断＞			LPGスタンドにおいて、タクシーにLPGを充てん後、充てんノズルを外す前に車両が発進したため、緊急離脱カプラーが外れた。	20年以上
501	製造事業所(コ)一種	ブルドン管圧力計からの混合ガス漏えい	9/15	山口県	0	0	0	0	その他(水素、炭化水素)	C2	漏洩		石油精製	その他(圧力計)	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			巡回点検中、わずかな臭気を感じたため周囲の調査を実施し、石けん水の塗布により圧力計側面から微量漏えいが確認された。 直ちに元弁をブロックした後、圧力計を取外し空気による漏えい確認を実施した。 確認の結果、圧力計ブルドン管に開孔を認めた。	20年以上(27年)
502	製造事業所(コ)一種	重油流動接触分解装置プロピレン凝縮器安全弁窒素漏えい事故	9/16	北海道	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		石油精製	安全弁	＜製造中＞(スタートアップ)	＜操作基準等の不備＞			窒素による系内の乾燥作業終了時、乾燥用窒素供給弁より先に放出用ドレン弁を閉めた為系内圧力が上昇し安全弁に前漏れが発生した。	20年以上(30年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
503	製造事業所(一般)	ローリー主安全弁作動	9/19	山梨県	0	0	0	0	天然ガス	C2	漏洩		運送	タンクローリ	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			クールダウンを開始後、昇圧の最中に他作業を行ったため、一時的に圧力計の監視が疎かとなり、ローリータンク圧力が安全弁吹き出し圧力まで上昇して、ローリー側の主安全弁が作動した。	5年以上7年未満
504	製造事業所(冷凍)	フルオロカーボン漏えい事故	9/19	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞	＜操作基準等の不備＞		2024年9月19日18時00分、通常操業時に冷却機能が不十分になったため、設備を停止、メンテナンス業者に連絡。 19時10分、冷媒の漏えいが疑われたため県へ連絡。 9月20日、メンテナンス業者が状況確認。 冷媒の全量漏えいを確認した。	7年以上10年未満
505	製造事業所(冷凍)二種	R22漏えい事故	9/19	静岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(高圧保護スイッチの作動不良)			2024年9月19日午前、社員が冷凍機が高圧異常で停止していることを確認し、警報解除して運転復旧を行った。 15時頃に再び高圧異常で停止したため確認したところ、冷却塔ファンが過電流で停止し、高圧異常が発生していた。 15時15分頃、当該冷凍機の冷媒圧力が上昇し、高圧保護スイッチが働いていたが、停止するはずが停止せずに稼働が続いたため、吐出安全弁の吹き始め値まで冷媒圧力が上昇し、冷媒が放出した。	20年以上(39年)
506	製造事業所(冷凍)二種	フロンガス(R134a)漏えい事故	9/19	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年8月8日(木)、風洞設備運転時、気流温度調整の際にエラー発報したため運転停止し担当保全に調査依頼。 9月19日(木)、メーカの原因調査時に蒸発器内冷水から冷媒漏えいと推定、気密確認の結果、冷媒漏洩と断定。	20年以上(26年)
507	製造事業所(冷凍)	空調機冷媒漏えい事故	9/20	鹿児島県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、凝縮器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年9月20日(金)、日常点検の作業員が成形工室空調機系統にて運転時の冷媒圧力の低下を確認。 設備担当者が調査したところ、停止時、通常冷媒圧力(低圧、高圧の両方)0.95MPaのところ、0.8MPaとなっていた。 空調業者の点検において冷却塔において冷媒ガスが検出され、凝縮器から冷却水配管への漏れが考えられたため、漏えい系統のバルブを閉鎖、系統内の冷媒回収を行い、漏えいを止めた。	7年以上10年未満
508	製造事業所(コ)一種	入出荷施設ボトム配管ガス漏えい	9/21	神奈川県	0	0	0	0	その他(ブテン-1)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年9月21日20時10分頃、現場にて漏洩覚知、漏洩物ブテン-1 20時25分、119番通報	20年以上
509	製造事業所(コ)一種	工場排水排出口からの油膜海上漏えい	9/21	愛媛県	0	0	0	0	その他(水素、炭化水素)	C2	漏洩		石油精製	その他(動力回収タービン)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			水素化分解装置群(原料油フィードポンプ用動力回収タービン)のシールハウジング(メカニカルシールを装着する部品で冷却水ジャケット付の構造)部に穴が開き、内部の油が冷却水側へ漏れ出した。 冷却に使用した冷却水の温度を下げるためのクーリングタワーにおいて、冷却水の水質調整の為に開閉される自動弁が開き、油を含む冷却水がガードベースンへ到達した。 ガードベースンを経由して工場排水排出口から海上に油膜が漏洩した。	20年以上(36年)
510	製造事業所(コ)一種	入出荷施設ボトム配管ガス漏洩	9/21	神奈川県	0	0	0	0	その他(ブテン-1)	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞	＜その他＞(ポンプ振動による繰返し応力)		2024年9月21日20時10分、現場にて漏洩覚知。 漏洩物:ブテン-1。 20時25分、119番通報。	20年以上
511	製造事業所(冷凍)一種	フルオロカーボン漏えい事故	9/22	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞	＜操作基準等の不備＞		2024年9月2日、メーカー点検を実施した際に、ブライン(メタノール水溶液)の濃度が低下しており、凍結の恐れがあったためブライン設定温度を-3.5℃から-3.0℃に変更し、運転継続とした。 9月22日15時30分、チラーユニット吸入圧力低下(低圧異常)にて停止 20時30分、パトロールにてブライン(メタノール水溶液)中に気泡を確認 21時20分、屋外のブラインタンク周辺より、ガス検知器にてフロンガス検知し、漏えいを確認 22時30分、県に事故報告	1年以上3年未満
512	製造事業所(コ)一種	アンモニア製造施設からの合成ガス漏えい事故	9/23	富山県	0	0	0	0	その他(水素、アンモニア、窒素等)	C2	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜製造中＞	＜その他＞(不明)			2024年9月23日00時45分、アンモニアプラント液安冷凍機建屋内アンモニアガス検知器が作動したため、パトロールを実施したところ、液安分離器ガス側導圧管の元弁グランド部より合成ガス漏えいを確認。 06時30分頃、増し締めにより、グランド部からの漏えいがないことを確認。 08時00分、県に事故の発生を報告	20年以上(55年)
513	製造事業所(一般)二種	安全弁作動事故	9/23	愛媛県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		鉄工所	コールド・エバポレータ	＜貯蔵中＞	＜操作基準等の不備＞	＜その他＞(不作為)		液化酸素CEの内槽安全弁及び蒸発器出口安全弁が作動した。 発生直前の3日間は休業日のため、貯蔵のみで製造・消費は行われていなかった。 負傷者等なし。	15年以上20年未満
514	製造事業所(冷凍)	フルオロカーボン漏えい事故	9/24	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞			2024年9月24日10時30分、パトロール中に空調用チラーからのエラーメッセージを発見、点検実施。 11時30分、県に第一報報告。 12時00分、メーカー点検の結果、冷媒漏れを確認。	7年以上10年未満
515	製造事業所(冷凍)一種	空冷チラー冷媒(R22)漏れ	9/24	三重県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(病院)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(スタートアップ)	＜施工管理不良＞	＜締結管理不良＞		2024年月24日(火)、空冷チラー夜間運転開始時に機械異常を示す警報が発報。 9月25日(水)、機器確認を行ったところ、サーキットの圧力指示が0であった。	20年以上(28年)
516	製造事業所(冷凍)	業務用エアコンからのフロン漏れ	9/24	滋賀県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(プラスチック製造業)	冷凍設備、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(膨張弁の経年劣化)			2024年9月24日09時16分、エアコンを稼働するも冷えず、使用を停止して点検業者に点検を依頼。 同日午後に、回収作業を実施して前回の充填量に対して14.5kgの減少が認められ、フロン漏れが発覚。 膨張弁の劣化により、膨らみと亀裂が確認され、新品と交換後、冷媒充填、再稼働を実施。	10年以上15年未満
517	製造事業所(一般)二種	アルゴンガス漏えい	9/26	福岡県	0	0	0	0	その他(アルゴン)	C2	漏洩		その他(非鉄金属製造)	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜その他＞(ピンホール)		液化アルゴンをローリー車から貯槽へ充填中、受入れ配管からの漏えい確認を実施したところ充填ラインの溶接部より極微量の漏えいが確認された。 直ちに充填ラインの元バルブを閉止し、当該箇所からの漏えい防止を図った。	20年(29年)以上

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
518	製造事業所(一般)一種	水素の漏えい	9/26	茨城県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		機械	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年9月26日(木)13時23分頃、コンバインドプラント信頼性試験設備において水素を使用した燃焼試験中に、減圧弁の不具合により二次側の圧力が上昇し、安全弁が作動して水素が大気中に漏えいした。	15年以上20年未満
519	製造事業所(一般)一種	窒素ガス漏えい事故	9/26	愛知県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		窯業	その他(加圧炉)	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞			試運転確認時、設定値40℃、1.38MPaのプログラムを稼働させたととろ、加圧稼働中の缶内圧力が1.2MPa付近に到達した際、エア漏れのような異音に気づき設備を停止した。 普段使用しているプログラムは、設定値170℃、0.5MPa。 リークチェッカーにて扉の2時方向からのリークを確認し、設備は稼働停止した。 メーカー確認により、発生原因はOリングのキズによるものと判明した為、メーカーにてOリング交換を実値した結果、リークは解消された。	10年以上15年未満
520	製造事業所(コ)一種	フレキシブルホースからのLPG漏えい	9/28	山口県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	フレキシブルホース	＜製造中＞(定常運転)	＜操作基準等の不備＞			液化石油ガスのサンプル採取のため、フレキシブルホースを高圧ガスボンベに接続し通液を行った際、端管部と金属ホース継手部から漏えいが生じた。 覚知後、直ちに縁切りを行い漏えいは停止した。	1年以上3年未満
521	製造事業所(一般)一種	圧縮天然ガススタンド天然ガス漏えい事故	9/29	大阪府	0	0	0	0	天然ガス	C2	破裂破損等	漏洩	運送	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(老朽化)			2024年9月29日(日)09時30分頃、車両に天然ガスを充填している際にガス漏れがあり使用停止。 メンテ ナンス会社が点検をした際、ディスペンサーの充塡三方弁と充塡カプラ間のL字継手部にピンホールを確認した。	20年以上(22年)
522	製造事業所(コ)一種	FCCプロピレン導管からのプロピレン漏えい	9/29	三重県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜その他＞(転送中)	＜腐食管理不良＞	＜施工管理不良＞		2024年9月29日08時30分頃、製造所内にあるFCCプロピレン移送導管(他社からの受け入れ)の漏洩を発見、直ちに導管の脱圧を実施した。 漏洩箇所は導管の架台接触部で、直径0.1mmのピンホールを確認。 応急対応として脱圧後に漏洩箇所へのバンド当て補修を実施した。 8月の漏洩個所(2024-481)とは別の場所。	20年以上(45年)
523	製造事業所(一般)一種	液化硫化カルボニル製造設備硫化カルボニルガス漏えい事故	10/3	静岡県	0	0	0	0	その他(硫化カルボニル)	C2	漏洩		一般化学	熱交換器	＜貯蔵中＞	＜製作不良＞	＜誤操作、誤判断＞		2024年10月3日09時00分頃、硫化カルボニルでの気密試験を試みるため、液化ガスの生産を停止する作業を実施していたところ、ガス検知器が反応した。 念のため、ポータブルガス検知器で温水ユニットのオーバーフロー水付近を調べたところ、水面付近が最も硫化水素ガス濃度が高かった。 硫化カルボニルが温水に漏洩、加水分解により硫化水素として検出されていると判断した。 硫化カルボニルでの気密試験は諦め、通常の停止作業に変更。 硫化カルボニルを排出後、窒素置換をしてから事故原因の調査を開始した。	3年以上5年未満
524	製造事業所(コ)一種	液化窒素貯槽充填配管安全弁作動	10/3	愛媛県	0	0	0	0	窒素	C2	その他(安全弁作動)		石油精製	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			液化窒素搬入会社社員による液化窒素貯槽への液化窒素充填作業に立ち会ったオペレーターが、液化窒素受入れ配管の安全弁の作動を確認した。	20年以上(33年)
525	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機冷媒R22漏えい事故	10/3	佐賀県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(圧力開閉器経年劣化)	＜シール管理不良＞		2024年10月3日08時30分頃、定時巡回点検の際、冷媒量が減っていることを確認し、直ちに業者に連絡。 点検を実施したところ、圧力開閉器からの冷媒漏れを発見。 10月3日20時00分頃、圧力開閉器の交換を実施。 人的、物的被害はなし。 漏えい量は推定20kg。	20年以上(25年)
526	製造事業所(コ)一種	フルオロカーボン製造施設R-21漏えい事故	10/4	千葉県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボンR21)	C2	漏洩		一般化学	熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年10月3日16時30分、フルオロカーボン製造施設の一部であるプロセスを冷却するためのブライン(塩化カルシウム水溶液)を保有するタンクのガス層分析を実施したところ、フルオロカーボン21が検出された。 ブラインに係る設備を停止するとともに、順次設備の点検を実施した。 10月4日08時40分、ブラインを使用してフルオロカーボン21を冷却するクーラーのチューブ漏れを確認した。	7年以上10年未満
527	製造事業所(コ)一種	フルオロカーボン製造施設R-21漏えい事故	10/4	千葉県	0	0	0	0	その他(フルオロカーボンR21)	C2	漏洩		一般化学	熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年10月3日16時30分、フルオロカーボン製造施設の一部であるプロセスを冷却するためのブライン(塩化カルシウム水溶液)を保有するタンクのガス層分析を実施したところ、フルオロカーボン21が検出された。 ブラインに係る設備を停止するとともに、順次設備の点検を実施した。 10月4日08時40分、ブラインを使用してフルオロカーボン21を冷却するクーラー(HE-438)のチューブ漏れを確認した。	7年以上10年未満
528	製造事業所(冷凍)二種	冷媒ガス漏えい事故	10/4	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン32	C2	漏洩		その他(会社事務所)	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			日常点検中に空冷式冷房専用チラーの圧力計を確認した際、数値に異常(通常時の半分以下)を確認した。 メーカーに調査を依頼したところ、冷媒ガスの漏洩が発覚した。	1年以上3年未満
529	製造事業所(一般)一種	送気配管ベント管からの天然ガス漏えい	10/5	兵庫県	0	0	0	0	天然ガス	C2	漏洩		機械	配管	＜停止中＞	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		実圧燃焼試験設備への送気配管のベント部分にピンホール2箇所が発生し、天然ガスが漏えいした。 2024年10月5日15時00分頃、現場巡回員が実圧燃焼試験設備への送気配管ベント部分からの噴出音及びガス臭を確認。 保温されており、この時点では漏れ箇所の特定はできていない。 送気配管はガス圧を保持していたが不使用中。 当日10時の巡回点検時には異常なかった。 17時25分、残圧抜きを開始。 22時38分、脱圧完了、漏洩停止を確認。 6日08時44分、保温材を除去して確認した結果、ベント配管2箇所にピンホールが発生していることを確認。 天然ガスの漏洩量は、最大で717㎥と推定。	20年以上(27年)
530	製造事業所(コ)一種	炭酸ガス吸収塔行き水素、窒素供給配管からの漏えい	10/7	三重県	0	0	0	0	その他(水素、一酸化炭素、二酸化炭素、メタン)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜設計不良＞		2024年10月7日(月)09時30分、設備課員が点検を行っている際に、漏えいを確認した。 速やかに関係部署へ連絡、製造課にて停止操作を実施し、漏えい部に対して窒素吹き掛けを行った	20年以上

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
531	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機からのフロン冷媒漏えい事故	10/7	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		食品	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年9月20日(金)、当該機を機側で起動したところ、膨張弁低圧制限が発生し、冷水出口温度が既定の温度まで下がらない事象が発生した。 10月7日(月)、冷凍機内の冷媒を回収したところ、650kg中13.4kgの回収となり、漏れ量が636.6kgであることを特定した。 10月8日(火)、蒸発器のとぇる＆チューブ式熱交換器のシェル側に圧力をかけて漏れ確認を実施し、チューブ1個所から漏れがあることを特定した。	10年以上15年未満
532	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機室ターボ冷凍機フロンガス漏えい事故	10/8	栃木県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜設計不良＞	＜検査管理不良＞		2024年10月8日08時40分、メーカーによる中間点検にて凝縮器圧力及び蒸発器圧力の異常を発見し、詳細調査を実施。 11時00分、冷媒の漏えいが推測されたので、直ちに各接続部の保温材を取り外して冷媒テスターにて漏えい箇所の調査を実施し、潤滑油戻し配管(銅管)のフレア接続部より漏えい反応を確認した。 10月9日17時11分、メーカーに冷媒の引抜、原因調査及び修復工事を依頼し、潤滑油戻し配管を取り外して確認した結果、亀裂を発見した。 冷媒の引抜を実施した結果、冷媒782.65kgの漏えいを確認した。	7年以上10年未満
533	製造事業所(コ)一種	LPGコアレッサー付属差圧計プラグねじ込み部からのLPG漏えい	10/9	愛媛県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	その他(差圧計)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			現場パトロール中のオペレーターが、集中合理化装置LPGコアレッサー付属差圧計本体のねじ込み部より、LPGの漏えいを目視で確認した。	20年以上(36年)
534	製造事業所(冷凍)	空冷モジュールチラーからの冷媒漏れ	10/9	宮崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(繊維工業)	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(経年劣化、振動)			2024年10月1日、当該空調機から圧縮機過負荷異常発報。 10月7日、保全担当が、冷凍機の圧縮機下部に油滲みを発見。 冷媒の漏えいを疑い、協力企業へ冷媒回収を依頼。 10月8日、冷媒を回収、気密試験。 10月9日、気密試験により、圧縮機溶接部から漏えいを確認し、冷媒漏れと判断。	15年以上20年未満
535	製造事業所(冷凍)二種	フロンガス(R407C)漏えい事故	10/9	埼玉県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(研究所)	冷凍設備、熱交換器	＜停止中＞(休止中)	＜その他＞(凍結パンク)			2024年10月5日(土)、当該冷凍機サーキットの異常停止を確認。 他の冷凍機は継続運転中。 10月9日(水)、メーカーによる点検の実施。 規定量60kgに対して、算定漏えい量60kgを確認。 10月10日(月)、メーカーによる調査。 冷水/冷媒熱交後裟の内部からの漏えいを特定。	20年以上(22年)
536	製造事業所(冷凍)二種	フロンガス(R407C)漏えい事故	10/9	埼玉県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(研究所)	冷凍設備、熱交換器	＜停止中＞(休止中)	＜その他＞(凍結パンク)			2024年10月5日(土)、サーキットの異常停止を確認 10月9日(水)、メーカーによる点検の実施。 規定量60kgに対して、算定漏えい量60kgを確認。 10月10日(木)、メーカーによる調査。当該サーキット冷水/冷媒熱交換器の内部からの漏えいを特定。	20年以上(22年)
537	製造事業所(冷凍)	冷媒ガス(R4107C)の漏えい事故	10/9	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(研究所)	冷凍設備、蒸発器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			2024年10月7日(月)、水冷式冷凍機の日常点検時に低圧異常が表示されていたため、10月9日(水)にメーカーの点検を実施した。 点検では冷媒漏れの原因を特定できなかったが、蒸発器に接続する冷水配管及び凝縮器に接続する冷却水配管のバルブを閉止して停止処理を行ったところ、冷却水配管側より冷媒R410Aを検知したため、凝縮器から漏えいしたことを覚知した。	5年以上7年未満
538	製造事業所(冷凍)二種	冷凍設備冷媒ガス漏えい事故	10/10	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年10月10日11時00分、委託作業員が点検中に冷凍設備から冷媒ガスが漏えいしているのを発見。 メーカーが調査したところ冷媒ガス34kgの漏えいが判明した。	20年以上(31年)
539	製造事業所(コ)一種	水素化反応製造施設水素ガス漏えい事故	10/11	千葉県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞	＜腐食管理不良＞		2024年10月11日23時55分、パトロールにて水素化反応製造施設出口配管の保温材より微量の液だれを発見。 10月12日00時00分、漏えい疑い個所をブロック縁切りし、装置停止操作開始。系内脱圧、残液回収、窒素パージ実施。 10月15日、当該配管検査の結果、ワイヤブラシ施工後に0.2φ以下の開孔を認めた。	20年以上(37年)
540	製造事業所(一般)一種	水素ガス漏えい事故	10/11	千葉県	0	0	0	0	その他(水素、炭酸ガス)	C2	漏洩		一般化学	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			点検巡視中に熱交換器出口配管の保温板金から液が滴下しているのを発見した。 保温板金を外したところ、配管溶接線から水素ガス、炭酸ガス及び内液が漏洩していることを確認した。 製造施設を停止、周辺機器及び配管を窒素置換し漏洩は停止した。	20年以上(29年)
541	製造事業所(冷凍)	空冷モジュールチラーからの冷媒漏れ	10/15	宮崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(繊維工業)	冷凍設備、圧縮機	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(経年劣化、振動)			2024年10月1日、当該空調機から圧縮機過負荷異常発報。 10月5日、保全担当が、冷凍機の圧縮機下部に油滲みを発見。 冷媒の漏えいを疑い、協力企業へ冷媒回収を依頼。 10月8日、冷媒を回収、気密試験。 10月9日、気密試験により、落圧を確認するも、リーク液に反応無し、引き続き、リーク箇所の特定作業を継続。 10月15日、圧縮機溶接面の、表面塗装をワイヤブラシにて除去、ピンホールを特定し、冷媒漏れと判断。	15年以上20年未満
542	製造事業所(コ)一種	ブタジエン抽出施設ブテンガス漏えい事故	10/16	千葉県	0	0	0	0	その他(ブテン)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			2024年10月16日10時30分頃、製造施設の保全員が保温下地倹査の状況確認をしていたところ、C4臭気を感じた。 調査したところ、抽出蒸留塔の配管部から高感度ガス検知器にてガス漏えいを検知した。 該当設備の縁切り及び内液の抜出しを実施した。	20年以上(46年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
543	製造事業所(一般)二種	水素ステーション蓄圧器室低圧安全弁の作動事故	10/17	東京都	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			2024年10月17日(木)07時00分、月次点検作業開始：固定式ガス検知器アラームテスト、各機器漏えい確認等。 07時41分、水素圧縮機室内の固定式ガス検知器アラームテスト完了。 水素圧縮機内脱圧状態のため、復旧手順書を携帯し、同書の手順どおり、減圧弁を圧張し復旧した。 08時23分、ガスアラームテスト及び漏えいチェックテスト(水素圧縮機を除く)を終了。 営業再開準備を終えたため、トレーラーから荷卸し蓄圧機への荷卸し作業を実施したものの、「荷卸し」ボタンを押した瞬間に水素圧縮機入口圧力HH警報が発報した。 HH警報は0.90MPa、H警報は0.88MPa設定。 08時30分、トレーラー元弁閉止・圧抜きなど対応実施、閉店。 ST保安員より関係者へ状況共有。 ログデータを確認した結果、水素圧縮機入口圧力が最大1.04MPaまで上昇していることを確認。 安全弁が作動したと判断した。 11:00、都に安全弁作動を報告。 10月18日(金)、現地調査、復旧。 09時00分、元請事業者と本社担当者が現地調査実施。 再現試験のため、作動した安全弁を現地整備。 設定圧0.99MPaで作動することを確認した後に再度取付。 事故発生と同じ条件で再現試験を実施するも、再現せず。 残る可能性としては、減圧弁圧張時の設定ミスが考えられる。 午後、作動した安全弁を予備品と交換。 水素圧縮機試運転を行い、外部漏えいないこと、正常運転していることを確認。 17時00分頃、本社担当者から都に状況報告。 18時30分、再発防止策として当面の間、減圧弁を手動圧張り時の写真記録を残すこととし、STの営業を再開した。	7年以上10年未満
544	製造事業所(冷凍)	フルオロカーボン漏えい事故	10/18	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞			2024年10月18日(金)16時48分頃、発見者より当該室外機周辺にオイルが付着していると設備保全部署へ連絡有。 調査の結果、冷媒漏れを確認した為、対象設備を停止させた。 10月22日(火)08時30分頃、法定冷凍トンの確認の結果、事故届対象設備と覚知、県へ報告。	20年以上(20年)
545	製造事業所(一般)一種	液化窒素製造施設(CE)における空温式蒸発器からの液化窒素漏えい事故	10/19	静岡県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		一般化学	熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		CEより蒸発器に通液したところ、蒸発器入口配管の異変を感じ発泡剤にて確認して、微量の漏えいを発見した。 蒸発器入口・出口弁を閉止した。	20年以上(51年)
546	製造事業所(一般)一種	酸素ガス製造設備酸素ガス減圧弁出口安全弁漏えい	10/19	三重県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		電気	安全弁	＜停止中＞	＜点検不良＞			酸素ガス製造設備において、消費停止中の酸素カードル圧力降下を確認した。 現場調査の結果、酸素ガス減圧弁出口安全弁シートリーク又は吐出圧力の設定不良により、系外への漏洩が確認された。	20年以上(22年)
547	製造事業所(一般)	窒素製造設備安全弁作動	10/19	愛知県	0	0	0	0	空気	C2	漏洩		一般化学	安全弁	＜製造中＞(スタートアップ)	＜誤操作、誤判断＞			窒素製造設備の定期検査後のスタートアップ作業時で、コールドボックスの起動操作前に原料空気側のラインと廃ガスラインの間の起動弁を手動で閉止操作を実施。 実際は、微開(1/16回転)の状態であった。(操作不備) その後、コールドボックスの起動操作で当該起動弁の開閉状況を目視で確認したが、全閉と判断し(誤認識) 原料空気による圧力上昇作業を開始したところ、起動弁より廃ガスラインに原料空気が漏れ込み圧力が上昇し、安全弁が作動し空気が放出した。	20年以上(29年)
548	製造事業所(一般)一種	窒素供給設備からの液化窒素ガス漏えい	10/21	愛媛県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		鉄工所	配管、バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜シール管理不良＞			2024年10月21日00時35分頃、窒素供給設備近辺にてエアー漏れ音を確認 00時40分頃、窒素供給設備の送ガス自動弁より窒素ガス漏れを確認 01時10分頃、当該系統前後のバルブ閉止	20年以上(25年)
549	製造事業所(コ)一種	プロパンガス配管からの微量漏えい	10/21	大分県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		貯蔵基地	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜施工管理不良＞		定期点検の為、赤外線ガス検知カメラで内航バース行き6Bプロパンガス配管の検査をしていた際に、微量漏えいを検知。 漏えい検知箇所は配管ラック上の架台接触部で、裸配管に防触テープとステンレス板金が巻かれている。 高感度ガス検知器を用いて再度検査を実施したところ、漏えいしていることが確認できたため、当該配管の縁切り、脱圧を実施。 併せて、配管の水平展開検査を行った。	20年以上(36年)
550	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機からのフロン漏れ	10/21	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		製鉄所	冷凍設備	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			2024年8月25日、冷凍機運転中に制御(温度調整)の不具合が発生した。 設置業者に依頼し、4回分けての調査を実施した。 10月21日、溶媒蒸発缶入口のノズルにピンホールを発見、漏洩が発覚した。	10年以上15年未満
551	製造事業所(コ)一種	高圧法ポリエチレン製造施設エチレン漏えい事故	10/21	山口県	0	0	0	0	エチレン	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞	＜その他＞(調査中)			変更許可に係る完成検査(実ガスでの気密試験)の準備中(圧力：20.9MPa、温度：174℃)に、高圧循環工程のスチームドレン集合配管の排出口から、エチレンの漏えいを覚知した。 調査の結果、高圧循環工程のリサイクルクーラー行き高圧ガス配管(二重管構造、内管：エチレン/外管：蒸気)の内管において、窒素投入用のノズル付け根溶接部に、き裂(気密漏れ)を確認した。 当該漏えい部は、変更許可により取り替えた部分ではない。	20年以上(54年)
552	製造事業所(LP)一種	液化石油ガス製造施設における液化石油ガスの漏えい事故	10/21	茨城県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		その他(燃料小売業)	圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年10月21日(月)13時00分頃、日常点検時においてガス受入用ガスコンプレッサーのフレキシブル配管にカニ泡を発見し、液化石油ガスが漏えいしていることを覚知した。	20年以上(40年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
553	製造事業所(冷凍)二種	空調用ターボ冷凍機におけるフロン漏えい	10/21	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		食品	冷凍設備、凝縮器	＜停止中＞	＜シール管理不良＞	＜点検不良＞		・2024年10月9日(水)06時00分頃、当該冷凍機台数制御により自動停止。以降非稼動となる。 日常パトロールは稼動の有無に関わらず、毎日実施。各圧力確認(凝縮/蒸発/給油) ・10月20日(日)07時30分頃、日常定期パトロールにて当該冷凍機の各圧力が0.35MPa程度と通常であることを確認。 ・10月21日(月)07時30分頃、日常パトロールにて当該冷凍機の各圧力が0MPaになっていることを発見した。 10時00分、確認のため試運転(手動起動)を実施したが運転出来ず。蒸発器圧力低下で停止。 10時30分、フロンが抜けている可能性が高い為、本設備の整備を請け負っているメーカーというへ連絡。 15時30分、メーカーが来場し現状確認。リークテスタによる冷媒漏えい点検の結果、凝縮器安全弁周辺より漏えいを確認。 ・10月22日(火)、社内で情報共有。 ・10月23日(水)、メーカーが来場し、フロン(R134a)回収実施。封入総量240kg、回収量6.8kgであったことから漏洩量は233.2kgであった。 ・10月24日(木)14時30分、消防事故発生報告を実施。 ・10月23日(水)～10月25日(金)メーカーによる気密テストにて漏えい箇所を凝縮器安全弁取付部ユニオンと特定した。 ・11月11日(月)、本件に関する最終報告(経緯・原因・是正方針)及び見解説明を受け受諾。 ・11月20日(水)、当該報告書を消防へ提出。	15年以上20年未満
554	製造事業所(コ)一種	水素製造装置水素配管からの水素ガス漏えい	10/23	大分県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		定期巡回点検中に水素配管近傍の通路上で携帯型ガス検知器が鳴動し、可燃性ガスが漏えいしているおそれがあることを覚知。 目視、音等によるガス漏洩箇所の特定はできなかったため、速やかに装置を停止して縁切り、脱圧を実施の上、保温材を除去して点検を行った結果、開孔部があることを確認。	20年以上(52年)
555	製造事業所(コ)一種	水素製造装置塔出口配管からの水素ガス漏えい	10/24	岡山県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜施工管理不良＞		2024年10月24日(木)14時50分頃、設備検査グループで実施した放射線透過試験の結果、配管に著しい外面減肉があることを覚知したため、施設管理グループに連絡。 15時00分頃、管理グループがガス検を行い0%LELであったが、微量の一酸化炭素を検知したため、バイパス操作準備及び保温解体の準備を開始。 10月25日09時00分頃、保温解体実施後、配管表面に著しい錆こぶの付着があることを確認。 09時30分、気密テストにて錆こぶの隙間からカニ泡を覚知。	20年以上(28年)
556	製造事業所(冷凍)一種	冷凍設備内冷媒漏れ事故	10/25	愛知県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備、蒸発器	＜製造中＞(定常運転)	＜製作不良＞			製品生産中に庫内温度が上昇したことから系統内の調査を実施。 空気冷却器の銅管分より冷媒漏洩を確認した為、気密試験にて漏洩箇所の特定を実施。 ベンドと直管のロウ付部にて母材表面に膨らみがあり、その箇所で漏洩があることを確認した。	20年以上(21年)
557	製造事業所(コ)一種	エーテル製造装置窒素配管からの窒素微量漏えい	10/26	神奈川県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			当該施設は定期修理後の装置立上操作中に微量漏えいを覚知したため、速やかに仕切弁閉止および脱圧にて漏えい停止を確認した。	20年以上(52年)
558	製造事業所(冷凍)	空調機からの冷媒漏えい	10/30	宮崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜検査管理不良＞			2024年10月22日、当該空調機の室外機からオイル漏れを発見。 10月30日、冷媒回収を行った結果、8.43kgの冷媒漏洩を確認：回収量11.07kg、貯蔵全量：19.5kg	15年以上20年未満
559	製造事業所(コ)一種	圧力計ドレン抜き配管微量漏れ	10/30	神奈川県	0	0	0	0	その他(エチレン、メタン)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年10月30日10時15分頃、酸化エチレン製造施設を点検中に、エチレン臭がした。 各所点検したところ、循環ブロワー吐出圧力計導圧配管ドレン抜き配管(15A)に変色があり、手を当てたところガスが微量漏れしているのを確認した。	20年以上(55年)
560	製造事業所(一般)二種	発電所酸素ガス漏えい事故	11/1	宮城県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		電気	配管、継手	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年11月1日(金)13時00分、運転員によるパトロール中異音に気付き、点検を実施。 機酸素ガス注入設備の下側ティーズに生じたピンホールから酸素ガスが漏えいしていることを特定し、バルブを閉止して漏えいを止めた。	20年以上
561	製造事業所(LP)	オートスタンドの誤発進	11/2	三重県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他(セイフティカップリング作動)		スタンド	継手	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞	＜操作基準等の不備＞		オートガススタンドにおいてオートガス充填後に、給油ノズルを外し忘れた為に、給油車両が発進してセーフティカップリングが作動した。	15年以上20年未満
562	製造事業所(コ)一種	プロパンドレン配管の腐食によるプロパン漏えい事故	11/4	愛媛県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		その他(石油等の貯蔵、受払業務)	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年11月4日(月)19時26分、施設内のガス検知器が発報：1,516ppm。 19時33分、プロパン配管(12B)に付設されている小口径ドレン配管(3/4B)サポートシュー溶接部に腐食・減肉による小さな穴あきが発生し、少量のプロパンガスが漏えいしていることを当直の保安係員が確認。 19時34分、保安係員より保安主任者へ連絡。 19時41分、保安係員が近接バルブを操作し、当該箇所のブロック縁切り完了。 19時59分、保安主任者より上長に状況連絡。 20時02分、保安係員が脱圧作業を実施し漏えい停止。 20時34分、保安主任者が到着し、漏えい箇所からの漏えいが停止していることを確認。 20時47分、保安主任者より上長に漏えい停止を連絡。	10年以上15年未満
563	製造事業所(一般)一種	移動式製造設備窒素ガス漏えい事故	11/4	神奈川県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		運送	タンクローリ、蒸発器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(外部衝撃+応力集中)			月例点検を実施したところ、加圧器集合管60φと連結管50φ接続部の溶接個所より微量な漏えいを確認した。 漏えい確認後 、加圧器入口弁及び気相締切弁を閉止し、漏えいを停止した。	15年以上20年未満
564	製造事業所(冷凍)一種	フルオロカーボン漏えい事故	11/5	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、凝縮器	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年11月4日、空調用冷凍機の圧縮機がエラー表示で緊急停止、メーカーに点検を依頼 11月5日11時00分、メーカーによる点検で凝縮器冷媒配管にピンホールがあり冷媒漏れが判明 13時30分、事故を県に報告	20年以上(24年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
565	製造事業所(一般)	炭酸ガス回収設備からの二酸化炭素漏えい事故	11/5	福岡県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		食品	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			日常点検中に異音(ガス漏れ音)に気付き、漏れ箇所を調査したところ炭酸ガス圧縮機出口から高圧ブレクーラー間の配管エルボ溶接部の割れを発見したため、炭酸ガス回収設備を停止した。	20年以上(34年)
566	製造事業所(冷凍)一種	フルオロカーボン漏えい事故	11/6	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、凝縮器	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年11月6日09時57分、10月より運転停止中の当該冷凍設備の試運転を行おうとした際、低圧異常警報により緊急停止した。 確認したところ冷媒圧力計が0MPaを示し漏えいを確認した。 15時45分、メーカー点検の結果、水冷凝縮器内での漏えいと思われるため県へ報告。	20年以上(20年)
567	製造事業所(冷凍)二種	冷凍設備冷媒ガス漏えい事故	11/6	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン32	C2	漏洩		その他(会社事務所)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞			2024年11月6日11時15分、冷凍設備メーカーが保守点検を行っていたところ、3台の冷凍設備ユニット内部から冷媒ガスの漏洩を確認した。	1年以上3年未満
568	製造事業所(コ)一種	完成検査気密試験時の窒素漏えい	11/7	大阪府	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		石油精製	反応器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜施工管理不良＞			2024年11月7日(木)15時27分頃、SAF(航空燃料)製造装置建設工事に伴う高圧ガス完成検査の気密試験のため、当該試験範囲に窒素ガスを張り込み、段階的に昇圧していた。 系内圧力が約7.0MPa付近で異常音がしたため、施工会社現場担当者が窒素ローリーによる張り込みを停止し、現場を確認した。 反応器本体フランジ部からの窒素ガスの漏洩を確認し、直ちに周囲の作業員への退避を指示した。	新設試運転中
569	製造事業所(LP)一種	安全弁からのガス漏えい事故	11/8	三重県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		充填所	安全弁	＜製造中＞(スタートアップ)	＜操作基準等の不備＞	＜その他＞(安全弁のゴミ噛み)		充填所のスタートアップ時に、バルブ全開の状態で液送ポンプを稼働させたため、急激な圧力上昇により安全弁が作動。 吹き戻り時にゴミが詰まることにより弁が完全に閉まらなくなり、ガス漏えいが発生した。	20年以上
570	製造事業所(一般)一種	移動式空気充填機空気漏えい事故	11/8	大阪府	0	0	0	0	空気	C2	漏洩		その他(役所)	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(不明)			空気ボンベ充填中に異音がしたため確認したところ、3段安全弁からの噴気を確認した。	3年以上5年未満
571	製造事業所(一般)一種	液体窒素CEの受入配管ブロー弁からの漏えい事故	11/8	東京都	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		その他(学校)	コールド・エバポレータ、バルブ	＜荷役中＞	＜シール管理不良＞			液体窒素タンクローリーから液体窒素の納入受入作業を実施していたところ、液体窒素配管のブロー弁から外部へ液体窒素の漏出(出流れ)が発生した。 当該バルブの増し締めにより漏えいを止めようと試みたもののハンドルが固着して動かず、漏えいを止められなかったので、受入作業を中止した。	7年以上10年未満
572	製造事業所(LP)一種	タンク下配管溶接部微少漏えい事故	11/11	鳥取県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		その他(LPガス事業)	配管	＜停止中＞(検査・点検中)	＜腐食管理不良＞	＜その他＞(老朽化)		営業開始の日常点検中、ガス臭を確認。 調査により、液化石油ガス貯槽下のノンシールポンプの戻り配管溶接部より微少漏洩していることが判明し稼働停止。 漏洩部に溶接補修を行い完成検査後、稼働を再開。	20年以上(58年)
573	製造事業所(冷凍)二種	冷媒液バイパス電磁弁からのフロンガス漏えい事故	11/12	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		整備業者が定期点検整備を実施していたところ、冷媒液バイパス電磁弁から漏れを確認したため冷凍機を停止した。	15年以上20年未満
574	製造事業所(コ)一種	水素化分解装置群塔頂油凝縮器シェル側入口圧力計からのLPG漏えい	11/13	愛媛県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	その他(圧力計)	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			現場パトロール中のオペレーターが、水素化分解装置塔頂油凝縮器シェル側入口圧力計本体より、LPGの漏洩をポータブルガス検知器で確認した。	10年以上15年未満
575	製造事業所(一般)一種	フロンガス(R-22)漏えい事故	11/13	千葉県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備、圧縮機	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(老朽化、金属疲労)			液化炭酸ガス製造施設付属冷凍設備付近において異音があり、確認したところ、圧縮機吸込圧力計の導管に周方向に亀裂が生じ、冷媒(R-22)が漏えいしていた。 設備メーカーに確認後、圧縮機吸込部から導管を外し、漏洩は停止した。	20年以上(36年)
576	製造事業所(一般)二種	液化酸素製造施設充てんラインドレン配管からの液化酸素漏えい事故	11/14	神奈川県	0	0	0	0	酸素	C2	破裂破損等	漏洩	その他(病院)	コールド・エバポレータ、配管	＜製造中＞	＜その他＞(弁及び配管を支持するサポート材が不十分であったため)	＜情報伝達の不備＞		2024年11月14日、液化酸素移動式製造設備(ローリー)から液化酸素製造施設(CE)に液化酸素を受入れ作業中に充てんラインのドレン配管から微小漏えいを覚知した。 目視では漏えい箇所が発見できなかったため、11月15日に浸透探傷試験を行い、漏えい箇所を特定した。 ドレン弁の付け根の配管が捻じ曲がった状態であった以外は異常なかった。	20年以上(34年)
577	製造事業所(冷凍)一種	高圧ガス製造施設(冷凍)ウォーターチリングユニット冷媒漏えい	11/15	鹿児島県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(国立研究開発法人)	冷凍設備、バルブ	＜停止中＞	＜腐食管理不良＞			高圧ガス製造施設の高圧ガス巡視点検時に、ウォーターチリングユニットよりガス噴出音(微小なガス音)を冷凍保安責任者が確認したため、調査したところ空気熱交換器の銅管より冷媒漏えいを確認。 冷凍保安責任者は冷媒回収を行い、漏えいを止めた。	10年以上15年未満
578	製造事業所(コ)一種	ナフサ漏えい事故	11/15	宮城県	0	0	0	0	ナフサ	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜施工管理不良＞	＜検査管理不良＞		2024年11月15日(金)15時頃、サンプル採取準備中に、ナフサ水素化脱硫装置のプロダクトサンプリングライン下流あるサンプリングクーラーの水面にナフサ油膜が張っていることを覚知した。 直ちにサンプリングライン上流弁を閉止し、漏えいを停止した。	20年以上(28年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
579	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機からのフロンガス漏えい	11/15	東京都	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(放送業)	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			ユニット型水冷式スクリュー冷凍機において異常警報(吸込低圧異常)が発生し、保守業者に緊急調査を依頼。 作業員と現場調査を実施、点検を開始し運転状況を確認したところ、スクリュー冷凍機気密不良による冷媒漏えいが懸念され冷媒量減少が要因と推測された。 冷媒量を確認する為に冷媒回収を行い、フロンガスの漏えいが確認された。 冷媒回収後、機内窒素加圧にて漏えい箇所特定作業を実施し、蒸発器(プレート熱交換器)内部で気密不良が発生している事を確認。 現在、当該設備については停止状態とし運用は禁止としている。	15年以上20年未満
580	製造事業所(LP)一種	液化石油ガス漏えい事故	11/17	富山県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		充填所	配管	＜製造中＞	＜施工管理不良＞			20234年11月17日11時30分、交代勤務者が点検中に、残ガス回収ラインのアフタークーラー水槽内より気泡が出ているのを発見 11月18日10時00分、県に申請手続きについて相談がありそのやり取りの中で「液化石油ガス漏えい」が判明 11月22日13時00分、県に事故報告	20年以上(29年)
581	製造事業所(冷凍)二種	冷媒ガス(R-22)漏えい事故	11/19	兵庫県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		運送	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			冷却不良が確認され、メーカーによる点検の結果、冷媒不足を確認。 漏えい検査を実施し、漏えいの特定(天井裏配管)に至った。 事故の発覚後速やかに消防へ一報入れ、翌日の現地調査時に変更届及び事故届を提出。 変更届の提出後、腐食配管の更新工事を行った。	15年以上20年未満
582	製造事業所(冷凍)	アンモニア冷媒漏えい	11/20	神奈川県	0	0	0	0	アンモニア	C2	漏洩		その他(倉庫業)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			冷凍機ユニット内アンモニア漏えい、2024年11月20日(水)22時57分頃に警報、23時15分頃に異常として検知し、同ユニットを強制停止。 11月21日(木)、中圧圧力取出配管部からの漏えいを確認。 バルブを閉にし、対象部へのアンモニア流入を停止した。	7年以上10年未満
583	製造事業所(コ)一種	常圧蒸留装置デブタチャージポンプ配管からのLPG微量漏えい	11/21	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	その他(圧力計用リード線)	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞			当該施設は定期修理後の装置立上操作中に微量漏えいを覚知したため、速やかに仕切弁閉止および脱圧にて漏えい停止を確認した。	20年以上(53年)
584	製造事業所(一般)一種	安全弁からの炭酸ガス漏えい事故	11/22	北海道	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		一般化学	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞	＜操作基準等の不備＞		液化炭酸ガス貯槽から液化炭酸ガスローリーへ約6t(約80%)ほど充てんが行われたところで、当該安全弁作動し炭酸ガスが放出口から漏洩した。	10年以上15年未満
585	製造事業所(コ)一種	コーキング装置ブタンガス漏えい事故	11/22	山口県	0	0	0	0	ブタン	C2	漏洩		石油精製	その他(圧力計)	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			コーキング装置で巡回点検を実施していた運転員が、ブタン前処理槽出口圧力計全体が凍結(霜付着)していることを覚知し、速やかに元弁を閉止した。 圧力計を取外し、加圧試験を実施した結果、圧力計ブルドン管に開孔を認めた。	10年以上15年未満
586	製造事業所(冷凍)二種	冷凍機冷媒R22漏えい事故	11/23	佐賀県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		食品	冷凍設備、配管	＜停止中＞	＜施工管理不良＞	＜情報伝達の不備＞		冷凍機更新に伴い、冷凍機撤去時に冷媒漏えい 2024年11月23日、冷凍機メーカーによる既設冷凍機の撤去作業準備 10時40分、冷凍機タンク内へ冷媒回収 11時00分、冷凍機と受液器の液管を切断したところ、液管バルブが閉まりきらず冷媒漏れがあることが判明。液管切断部を潰したが、完全には漏れが止まらなかったため放置。 11月24日、クレーンによる冷凍機撤去作業 14時20分、クレーンにより廃棄予定の冷凍機を指定の保管場所に移動 16時10分、事業所担当者が冷凍機を確認したところ、冷媒量が減っていることに気付き、冷凍機メーカーに状況確認後、冷媒漏れを止めるよう指示 16時30分、液管切断部(潰した箇所)の溶接作業を行い、漏れは停止 ・冷凍機メーカーは廃棄作業を下請け業者に委託していた。 ・冷媒漏れの報告は、下請け業者から冷凍機メーカーに報告されていた。 ・人的物的被害はなし。 ・漏れ量：推定70kg。	20年以上(25年)
587	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボン漏えい事故	11/26	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他	冷凍設備	＜停止中＞(休止中)	＜その他＞(経年劣化)			該当機器は、2基の冷凍機により構成されているが、2023年4月3日内1基の圧縮機締結部より冷媒漏れが発生。 2023年8月17日、当該冷凍機の冷媒抜き取りを実施した。 以前より、該当機器は運用停止中であり、ほぼ稼働していなかった。 毎日の圧力計目視による記録上で、2024年11月15日より、他の1機の吸込圧力・吐出圧力が徐々に低下していることを確認していたが、暫くの間、圧力低下に気が付かなかった。 2024年11月26日、冷媒漏れの可能性が高いとして事故報告に至った。 判明時には、既に圧力がかなり低くなっており、当該冷凍機の冷媒全量が漏れ出たと推定。 漏えい検知器を用いて冷媒漏れ箇所の特定を試みたものの、漏れ箇所は特定できなかった。 該当機器は運用停止中であり、運用上の影響・社会的影響はなかった	15年以上20年未満
588	製造事業所(コ)一種	アルキレーション装置フィードコアレッサー圧力計ノズルからのLPG微量漏えい	11/27	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞			当該施設は定期修理後の装置立上操作中に微量漏洩を覚知したため、速やかに仕切弁閉止および脱圧にて漏洩停止を確認した。	20年以上(37年)
589	製造事業所(冷凍)一種	空冷チラー冷媒漏えい	11/29	大分県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(役所)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(経年劣化)			2024年11月28日、冷凍機オイルレベルスイッチ開異常発報があり、停止し、点検の結果、チラーの圧縮機・圧力センサ間のキャピラリーチューブから冷媒及び潤滑油の漏えいを確認した。	20年以上(21年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
590	製造事業所(一般)一種	LNG漏えい事故	11/29	広島県	0	0	0	0	メタン	C2	漏洩		一般化学	配管	＜消費中＞	＜その他＞(経年劣化)			2024年11月29日10時頃、毎年実施している配管の漏えい検査において脱臭炉へ燃料ガスとしてLNGを供給している配管の溶接部分から、微量の漏れを確認した。 漏えい箇所のパテ埋めにより応急処置を実施。 後日漏えい箇所のろう付け補修、配管の交換を行う予定。 漏えい個所は高所の、通常時に人や物が近づけない場所であり、被害等は無し。	7年以上10年未満
591	製造事業所(コ)一種	重合製造施設混合ガス(ブタジエン等)漏えい事故	11/30	山口県	0	0	0	0	その他(ブタジエン、ブテン、シクロヘキサン)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜設計不良＞			2024年11月30日(土)04時25分、重合製造施設にて、現場確認中の作業員が、C4ガスの臭気を覚知した。 定置式ガス検知器の作動なし。 調査の結果、回転機器出口配管(25A)の圧力計用取出し配管(15A)分岐元の溶接部より、C4ガスの漏えいを発見した。 直近のバルブを閉止し、漏えい部を縁切りすることで、漏えいは停止した。	10年以上15年未満
592	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボン漏えい事故	12/2	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	漏洩		その他(役所)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜停止中＞(工事中)	＜検査管理不良＞	＜自然災害＞(地震)		2024年10月30日、冷媒量減少が見られたため、メーカーによる点検(漏えい検知液及び窒素ガスによる加圧漏えい試験)を実施。 ⇒発泡箇所は無く、圧力降下も見られなかったため、圧縮機及びオイルポンプメカニカルシールの交換を実施した。 11月26日、運転停止中に空調メンテナンス業者が屋上熱交換器の塗装を実施したところ、塗装した熱交換器冷媒配管に油じみが発生したため、冷媒漏えいを疑い再度点検を実施。 12月2日、熱交換器からの冷媒漏えいが確認できたため、県に報告。	7年以上10年未満
593	製造事業所(冷凍)	フルオロカーボン漏えい事故	12/3	福岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		自動車	冷凍設備、熱交換器	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞			2024年12月2日(月)、試運転時、圧力の異常低下により設備自動停止。 12月6日(金)AM、メーカー調査実施、ガス漏洩と覚知。	5年以上7年未満
594	製造事業所(コ)一種	芳香族製造施設メチルシクロペンタジエンガス漏えい事故	12/3	千葉県	0	0	0	0	その他(メチルシクロペンタジエン)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年12月2日17時30分、パトロールにて芳香族製造施設上流配管の保混材に液だれ跡を発見。 17時32分、当該個所を念のためブロック縁切りし、当該系統停止操作開始。当該系内の脱圧後窒素パージ終了。 12月3日11時15分、当該配管検査の結果、ケレン後に開孔を認めた。	20年以上(55年)
595	製造事業所(一般)	特定高圧ガス消費配管からの酸素漏れ	12/4	宮崎県	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		その他(精錬所)	配管	＜停止中＞	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年12月3日17時00分頃、精錬所構内の建屋内高所にてガス漏れの音が確認された。 12月4日00時00分頃、上記を受けて各所点検を実施した所、建屋内上部を通っている配管(特定高圧ガス消費施設に係る消費配管)から音がしていることを確認。 今回漏れが確認された酸素配管の他にエア配管等も同じ箇所を通っており、また夜間であった事、当該箇所がアクセスの難しい場所であったため、翌朝から詳細を調査。 12月4日12時00分頃、酸素配管からの漏れであることを特定。 当該配管行きの元バルブを閉とし、漏れ箇所からの漏れが収まったことを確認した。 休転中であったため施設は停止されていた。 2024年1月8日、新規配管の作成後、漏れが確認された配管を取り外して、配管交換実施。 取り外した配管を確認した所、外部腐食によるピンホール1か所が確認された。	20年以上
596	製造事業所(コ)一種	プロピレンの漏えい事故	12/4	茨城県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油化学	配管、フランジ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜施工管理不良＞	＜締結管理不良＞		2024年12月4日(木)、ポリプロピレンプラントの反応器下部ドレンノズル付近のフランジ部より、プロピレンが漏えいしガス検知器が発報した。	15年以上20年未満
597	製造事業所(コ)一種	外航バースプロパン用液回収配管からの少量液漏れ	12/4	大分県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		貯蔵基地	配管	＜荷役中＞	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年12月4日(水)02時頃、外航バース外航船からのプロパン荷揚げ中、プロパン荷揚げ配管に接続しているプロパン用液回収配管(保冷配管、1.5B)で少量の液漏れを確認した。 速やかに荷役を中断し、当該部の液回収、脱圧及び仕切り板挿入によるブロックを実施した。	20年以上(36年)
598	製造事業所(コ)一種	プラント間連結管ブテンガス漏えい事故	12/5	山口県	0	0	0	0	その他(ブテン)	C2	漏洩		石油化学	配管、バルブ	＜停止中＞	＜その他＞(調査中)			安全弁入側弁のボンネット締結部からブテンが漏洩した。 過去から当該弁の開放点検時にチューブ内面へのヘドロの堆積が確認されており、チューブ内面の孔食による減肉が確認されていた。 腐食の原因としてスチームドレンがチューブ管内に残り、ヘドロ化して堆積することが考えられた為、ヘドロをパージしようとチューブ管内にスチームを通蒸した。 しばらくして周辺でガス臭を感じた為、調査したところ、当該弁からの漏えいを発見した。	20年以上(66年)
599	製造事業所(冷凍)一種	R407c漏えい事故	12/6	山口県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	漏洩		その他(病院)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			メーカーの定期点検にて、冷凍設備の漏えい点検をリークチェッカーを用いて実施したところ、冷媒漏れを発見した。 点検業者において冷媒を回収したところ、充填量31kgに対し、31kgの全量漏えいを確認。	15年以上20年未満
600	製造事業所(冷凍)二種	フルオロカーボン漏えい事故	12/7	富山県	0	0	0	0	フルオロカーボン407C	C2	破裂破損等	漏洩	機械	冷凍設備、凝縮器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(プロペラファンの脱落による破片飛散)	＜点検不良＞		2024年12月7日、集中クーラント装置にアラーム発生し設備停止。 修理業者に調査を依頼(休日の為、翌週対応) 12月10日、修理業者の点検の結果、空冷式熱交換器のプロペラファンが破損し、飛散した破片が冷媒配管を損傷したことで冷媒が漏えいしたことを確認した。(ゲージ圧0) 12月17日16時00分、県に事故報告。	15年以上20年未満
601	製造事業所(冷凍)	圧縮機キャピラリーチューブよりR404A冷媒漏えい	12/7	長崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(配管外部腐食)			2024年12月7日03時35分、冷凍機の低圧カット警報が発報したため、現場にて点検を行ったところ、エコノマイザー配管に取り付けてあるキャピラリーチューブよりオイル漏れがあった。 ガス漏れ検知スプレーにてガス漏れ点検を行ない、冷媒漏れが発見された。 運転を停止させ、冷媒のバルブを閉止した。 11時20分よりメーカーにて漏れ点検と冷媒遮断の措置を行った。	10年以上15年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
602	製造事業所(コ)一種	重油流動接触分解装置プロピレン製品凝縮器安全弁のシート漏れ事故	12/10	北海道	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油精製	安全弁	＜製造中＞(シャットダウン)	＜その他＞(安全弁シート面へのスケール噛み込み)			装置停止操作による圧力変化(当該安全弁の設定圧力未満)に起因したと考えられる、安全弁のシート漏れが発生した	20年以上(30年)
603	製造事業所(コ)一種	接触改質装置オフサイト水素配管水素漏えい	12/11	神奈川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			当該配管は、2024年11月23日の定期補修後の運転開始時より製造した水素を送気するため使用していた。 漏えいを覚知したため、速やかに仕切弁閉止および脱圧にて漏えい停止を確認した。	20年以上(39年)
604	製造事業所(冷凍)	水素ステーション付属冷凍設備フルオロカーボン漏えい事故	12/13	神奈川県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	冷凍設備、配管・継手・バルブ	＜製造中＞(シャットダウン)	＜点検不良＞	＜施工管理不良＞		2024年12月10日火曜日、冷凍機フロンの液量を確認するサイトグラスからフロンが見えないため、定期自主検査に合わせてメーカー調査を実施した。 目視検査の結果、圧縮機吐出チャッキ弁フランジ結合部より油染みを確認、増し締め後漏えいがないことを確認した。 12月13日金曜日11時00分、10日の調査結果を受け、冷凍機フロンの全量回収を実施した結果、回収量11.68kgであり前回充填量が29kgであったことから、17.32kgの漏えいを確認した。 13時00分、漏えい箇所特定のため窒素気密試験を実施したところ、冷媒蒸発器用膨張弁前電磁弁グランド部からカニ泡程度の漏えいを確認し、漏えい箇所の増し締めを実施した。 気密試験を行い、圧力降下及び漏えいがないことを確認した。 16時55分、消防に通報。 12月20日金曜日10時00分、消防に事故届書を提出。 1月13日月曜日、メーカーによる再調査を実施。目視点検、フロン量確認、全締結部の増し締め、窒素による気密試験を行い、異常及び漏えいがないことを確認 。 2月4日火曜日、消防に事故調査報告書を提出。	7年以上10年未満
605	製造事業所(コ)一種	残油流動接触分解設備群プロピレン精製装置安全弁作動	12/14	愛媛県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	その他(安全弁作動)		石油精製	安全弁	＜製造中＞(定常運転)	＜誤操作、誤判断＞			プロピレンドライヤーの定期再生中に、ボトム再生剤が作動不良となり、再生シーケンスが停止したため、手動操作にて再度シーケンスの再開措置を実施中、誤って閉止予定の無い別の弁を閉止したため、その系統とつなが っている安全弁3基が作動した。	10年以上15年未満
606	製造事業所(コ)一種	アルキレーション装置アシッドセトラーレベル計ノズルからのLPG微量漏えい	12/14	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		石油精製	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞			当該施設は定期修理後の装置立上操作中に微量漏えいを覚知したため、速やかに仕切弁閉止および脱圧にて漏えい停止を確認した。	20年以上(37年)
607	製造事業所(コ)一種	水素漏えい事故	12/15	愛媛県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		運送	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜検査管理不良＞		接触改質装置の高圧ガス配管から水素が漏えいした。	20年以上(42年)
608	製造事業所(冷凍)一種	R404A漏えい事故	12/16	静岡県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備	＜停止中＞(検査・点検中)	＜シール管理不良＞			2024年12月16日夜、1日1回実施する冷媒レベル点検において、冷媒レベルが減少していたため、冷媒検知測定器で調査した結果、圧縮機メカニカルシール周辺でR404Aが漏えいしていることを確認した。	20年以上(20年)
609	製造事業所(コ)一種	プロピレンの漏えい事故	12/16	茨城県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜腐食管理不良＞	＜点検不良＞		2024年12月16日(月)08時00分頃、ポリプロピレンプラントの回収プロピレンコンデンサの下流配管からプロピレンが漏洩し、ガス検知器が発報した。	20年以上(32年)
610	製造事業所(コ)一種	アルコールケトン製造施設C8/C12類混合ガス漏えい事故	12/18	千葉県	0	0	0	0	その他(C8、C12類)	C2	漏洩		石油化学	配管	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			2024年12月18日13時30分、パトロールにアルコールケトン製造施設出口配管保温材に液だれ跡を発見。 14時07分、当該箇所を念のためブロック縁切りし、当該系統停止操作開始。 18時45分、当該配管検査の結果、開孔を認めた。	20年以上(31年)
611	製造事業所(冷凍)一種	製氷冷凍冷蔵工場製氷機R22漏えい事故	12/19	山口県	0	0	0	0	フルオロカーボン22	C2	漏洩		その他(製氷)	冷凍設備、凝縮器	＜製造中＞(定常運転)	＜その他＞(調査中)			日次点検時に冷媒圧力・冷媒量の異常を発見した。 原因調査をした結果、凝縮器から冷媒が漏れていることが判明した。	20年以上(25年)
612	製造事業所(一般)一種	超臨界炭酸ガス抽出装置からの炭酸ガス漏えい事故	12/20	富山県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		一般化学	その他(抽出槽)	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(調査中)			2024年12月20日、抽出槽からジャケット部への炭酸ガスの漏えいが疑われるため、ジャケットの取り外し及び抽出槽の非破壊検査を実施したところ、抽出槽の割れを確認した。 ジャケットの取り外しについては、事前に高圧ガス製造施設の改造に伴う変更許可申請及び許可済み。 12月27日14時00分頃、県に事故の発生について連絡した。	10年以上15年未満
613	製造事業所(コ)一種	軽油水添脱硫装置水素ガス漏えい事故	12/20	千葉県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		石油精製	熱交換器	＜製造中＞(シャットダウン)	＜その他＞(調査中)			2024年12月20日09時00分、軽油水添脱硫装置のシステム障害による停止操作中、現場恒設ガス検知器のアラーム吹鳴を受け、製油グループ員が現場を確認したところ、熱交換器のステーショナリフランジ付近からの軽油の漏えいを発見・覚知し、計器室に連絡した。	20年以上(31年)
614	製造事業所(一般)一種	空気・窒素ガス製造設備圧縮空気継手部漏えい事故	12/20	神奈川県	0	0	0	0	空気	C2	漏洩		その他(電気関連インフラ施設)	配管、継手	＜製造中＞(スタートアップ)	＜腐食管理不良＞	＜設計不良＞		衝撃試験のため、空気圧縮機の圧縮空気19.6Mpaを供給したところガスが抜ける大きな音がした。 確認したところ継手に腐食により穴が開いており、そこからガスが漏れていることを発見した。	20年以上(34年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
615	製造事業所(LP)一種	オートガススタンド液化石油ガス漏えい事故	12/21	北海道	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		その他(高圧ガス製造)	その他(充填ノズルと手締めバルブの継ぎ手部分)	<製造中>(定常運転)	<点検不良>			タクシーへ充填中に、パッキンの老朽化のため充填ノズルと手締めバルブの継ぎ手部分から少量のガスが漏洩し、警報器が作動した。	10年以上15年未満
616	製造事業所(コ)一種	製品入出荷施設プロピレンガス漏えい事故	12/24	千葉県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油化学	配管	<製造中>(定常運転)	<その他>(調査中)			2024年12月24日14時30分、外面腐食検査にて腐食を発見。 ポータブルガス検知器で0～100ppm程度ガス検知したので、漏えいと判断し、当該箇所をブロックし脱圧。 16時00分、ポータブルガス検知器で0ppm確認。	20年以上(55年)
617	製造事業所(コ)一種	圧力計ドレン抜き配管微量漏れ	12/24	神奈川県	0	0	0	0	その他(エチレン、メタン)	C2	漏洩		石油化学	配管	<製造中>(定常運転)	<その他>(調査中)			2024年12月24日04:00頃、酸化エチレン製造施設周りを点検中にガスの噴き出し音がした。 各所点検したところ、吐出圧力計導圧配管ドレン抜き配管(15A)に変色があり、手を当てたところガスが微量漏れしているのを確認した。	20年以上(57年)
618	製造事業所(一般)	タンクローリー(移動式製造設備)における加圧蒸発器からのLNG微少漏えい	12/25	静岡県	0	0	0	0	その他(LNG)	C2	漏洩		運送	タンクローリ、配管	<製造中>	<腐食管理不良>	<検査管理不良>		2024年12月25日、LNGプラントにおいてタンクローリー(移動式製造設備)によりLNGを充填(製造)したところ、当該車両の加圧蒸発器の配管溶接部から点滴状のLNGが微少漏えいした。 調査したところ、ピンホール状の開口部が2か所発生していることが分かった。 暫定対策として、即日、安全化作業(漏えい部位の系統を窒素置換)を実施した。	15年以上20年未満
619	製造事業所(冷凍)	パッケージクーラーからの冷媒漏れ	12/27	宮崎県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		一般化学	冷凍設備	<製造中>(定常運転)	<その他>(調査中)			空調機より冷媒ガス(R410A)が16.2kg(貯蔵全量16.9kg)漏えいした。 日常点検にて低圧異常のエラーコードを発見し冷媒回収を行ったところ、0.7kgしか回収できず漏洩していると判断した。	10年以上15年未満
620	製造事業所(一般)一種	水素ステーション漏えい事故	12/28	石川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(水素ステーション)	その他(充填ホース)	<製造中>(定常運転)	<その他>(通常の使用によるホースの劣化)			定置式圧縮水素スタンドにおいて、FCVへの圧縮水素充填中、充填ノズルの吸引式ガス検知器が動作(設定値:1,000ppm超)し、充填が停止した。	1年以上3年未満

2024年に発生した高圧ガス保安法事故一覧表
移動中の災害事故

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
1	移動	車両側板の閉め忘れによりLPG容器が転落したことによる漏えい	6/7	大阪府	0	0	1	1	液化石油ガス	C1	漏洩		運送	容器、バルブ	＜移動中＞	＜点検不良＞	＜容器管理不良＞		LPG消費先での容器交換作業後に、運搬車両の左前側板を閉め忘れたまま次の配送先に向けて走行を開始したところ、右カーブでLPG容器(50kg8本、25kg容器3本)が道路に落下した。 弾みで落下した50kgLPG容器1本よりガス(液状)が漏えいした。 直ちに漏えい容器を立てた後、容器バルブを閉止して漏えいは停止した。	
2	移動	炭酸ガス漏えい	8/21	山口県	0	0	1	1	炭酸ガス	C1	破裂破損等	漏洩	その他(高圧ガス配送)	容器、安全弁	＜その他＞(容器搬入中)	＜容器管理不良＞			トラックの荷台にシートを掛けた状態で長時間(約1時間)炭酸ガス容器(充瓶)を放置していたため、容器内圧力が上昇し、顧客先搬入中に容器安全弁が動作し、炭酸ガスが漏えいした。 容器内ガス(内容量30㎥)が流出し、漏えいは停止した。 噴出した炭酸ガスが従業員1名の腕に当たり軽傷を負った。	
3	移動	移動式製造設備炭酸ガス噴出事故	3/19	宮城県	0	0	3	3	炭酸ガス	C2	漏洩		運送	タンクローリ、バルブ	＜移動中＞	＜交通事故＞(他損)			2024年3月19日(火)07時40分、荷主から委託を受けた運送会社の運転手が、神奈川県の炭酸ガスプラントにて当該荷主保有のタンクローリー(液化炭酸ガス移動式製造設備)に液化炭酸ガス約9tを積み、東北自動車道下り線経由で当該荷主の仙台工場に向け出発した。 13時22分、東北自動車道下り線蔵王PAの手前1km地点(303.2km)で、清掃作業のため路肩を低速で走行していた清掃車両に後方から衝突し、タンクローリーが横転、液化炭酸ガスが噴出した。 14時15分、当該荷主の関連会社の社員2名が現場に到着し、事故状況確認後、安全確保のため放出バルブを開放し、漏えい箇所の特定及び漏えい停止のための検討を開始した。 液化炭酸ガスの漏えい量が減少し、ポンプ周辺を視認できるようになった時点で放出バルブを閉止し、15時42分、ポンプ液戻り弁を閉止することにより漏えいが停止した。 16時13分、トレーラー車及びクレーン車によりタンクローリーの積載作業を開始。 19時25分に作業を終え、23時10分に当該荷主高圧ガス流通センターに到着した。 3月20日(水)00時30分から、タンクに残っていた炭酸ガスを放出するためバルブを開放(タンク内圧0.9MPa)し、02時30分に炭酸ガスの漏えいがほぼ停止したことを確認した(タンク内圧0.1MPa)。 そのまま静置し、08時30分に確認したところ、タンク内の圧力は0MPaであった。 タンクにその他の異常がないことを確認し、昇圧防止のため、タンクに接続されている配管等を取り外した。 この事故により、東北自動車道下り線白石～村田間は、3月19日13時30分頃から21時00分頃まで通行止めとなった。	7年以上10年未満
4	移動	液化天然ガスローリー加圧蒸発器破損	2/13	愛知県	0	0	0	0	その他(液化天然ガス)	C2	破裂破損等		運送	タンクローリ、蒸発器	＜移動中＞	＜交通事故＞			移動式製造設備である液化天然ガスローリーが、当該事故発生場所を走行中、道路上の落下物が車両下部に据え付けられている加圧蒸発器に接触し、加圧蒸発器配管を変形させた。	3年以上5年未満
5	移動	高架下LGC漏えい事故	3/8	大阪府	0	0	0	0	酸素	C2	漏洩		運送	容器、バルブ	＜移動中＞	＜誤操作、誤判断＞			配送委託会社の乗務員が酸素の可搬式超低温容器(LGC)を4本積載(内1本空瓶)して移動中、高架下を通過しようとした際、橋桁防護工にLGCの液面計と保圧弁が接触した。 4本すべての液面計が破損し、LGC1本(満充填:160kg)の保圧弁が脱落した。 高架下を通過後、直ちに他の車両の通行を妨げず、周辺に火気の使用がない安全な空地に停車。 保圧弁が脱落したLGCからの漏えいが確認できたため、放出弁を操作し減圧した後、漏えい部に盲栓を打設。 4本すべての容器に対して石鹸水にて漏えいがないことを確認後、容器を工場に回収した。	
6	移動	ローリー液化窒素漏えい事故	3/18	新潟県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		運送	タンクローリ、フレキシブルチューブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜誤操作、誤判断＞			工場で液体窒素の積込みを行い、帰社中にガス漏れ音がしたため接続するバルブを閉止し、漏えいを停止させた。	5年以上7年未満
7	移動	移動式液化炭酸ガス製造設備からの漏えい	4/24	神奈川県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		運送	タンクローリ、配管	＜移動中＞	＜その他＞(経年劣化、経年振動)			移動式製造設備の液化炭酸ガスローリー荷卸し終了後、帰庫して移動終了後の点検で漏えいを発見した。 漏えい箇所は、液面計液側計装導管のクラック。 残ガスを容器置場でブローして、ローリー内圧を0.1MPaに下げた。	20年以上(21年)
8	移動	サービスエリアにおけるローリーからの液化炭酸ガスの漏えい	5/1	茨城県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		運送	タンクローリ、配管	＜移動中＞	＜点検不良＞			2024年5月1日11時30分頃、タンクローリーにて液化炭酸ガスを輸送中に、高速道路サービスエリアで、液化炭酸ガスの漏えいを覚知した。 操作箱内を確認し、液面計銅管部からの漏えいを発見した。 消防等関係部署に連絡した。	20年以上(21年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
9	移動	アルゴンガス漏えい事故	5/4	福岡県	0	0	0	0	その他(アルゴン)	C2	漏洩		運送	蒸発器	<停止中>(検査・点検中)	<その他>(経年劣化)			2024年5月4日(土)12時00分頃、移動式製造設備の終業点検中に加圧蒸発器付近の配管溶接部から、アルゴンの漏えいを確認した。	15年以上20年未満
10	移動	名神高速道路下り489.2KP液化石油ガスボンベの落下漏えい事故	5/13	京都府	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		その他(液化石油ガス販売事業者)	容器、バルブ	<移動中>	<その他>(車両積載時のLPガス容器固定不良)			高速道路上を走行中の車両からLPガス20kg容器1本が転落し、衝撃によりバルブが開きLPガスが0.1㎥漏えいした。 車両は、質量販売先の露天商のものであった。 物的、人的被害はなかった。	
11	移動	液化炭酸ガス漏えい事故	6/14	福岡県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		運送	タンクローリ、配管	<停止中>(検査・点検中)	<その他>(振動による疲労)			2024年6月14日(金)16時50分頃、終業点検をしていた際、異音により脱圧配管溶接部からのガス漏れを確認した。	7年以上10年未満
12	移動	東海北陸自動車道上り13.2KP付近LPガス漏えい事故	6/29	岐阜県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		その他(製造・販売事業所)	容器、安全弁	<移動中>	<交通事故>(自損)	<容器管理不良>		LPガス消費設備より撤去したLPガス500kgボンベ3本を搬送用のトラックに積載し自動車道を走行中、左フロントタイヤがバーストし路肩に停車した。 積載しているLPガス500kgボンベの安全弁が作動しLPガスボンベ1本よりLPガスが噴出し、しばらくして2本目のボンベの安全弁が作動しLPガスが噴出した。 消防による散水によりLPガスの噴出が止まり、引き上げ用のトラックにLPガス500kgボンベ3本を載せ替え移動したところ、再度LPガスボンベ1本の安全弁が作動しLPガスが噴出した。 ネクスコ駐車場に停車、消防の現場到着前に更に1本のボンベの安全弁が作動しLPガスが噴出、消防による散水を実施し2本のLPガスボンベの噴出を止めた。 LPガスの漏えいのみで、物的・人的被害なし。	10年以上15年未満
13	移動	東海北陸自動車道上りLPガス漏えい事故	6/29	岐阜県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		その他(製造販売事業者)	容器、安全弁	<移動中>	<交通事故>(自損)	<容器管理不良>		LPガス消費設備より撤去したLPガス500kgボンベ×3本を搬送用のトラックに積載し自動車道を走行中、左フロントタイヤがバーストし路肩に停車した。 停車中に積載しているLPガスボンベの1本の安全弁が作動し、LPガスが噴出した。 しばらくして2本目のボンベの安全弁が作動しLPガスが噴出した。 消防の散水によりLPガスの噴出が止まり、引き上げ用のトラックにLPガスボンベ3本を載せ替え移動したところ、再度LPガスボンベ1本の安全弁が作動しLPガスが噴出した。 このため、駐車場に移動し停車した。 消防の現場到着前に更に1本のボンベの安全弁が作動しLPガスが噴出、消防による散水を実施し2本のLPガスボンベの噴出を止めた。 LPガスの漏えいのみで、人的物的被害なし。	10年以上15年未満
14	移動	液化炭酸ガス漏えい事故	7/3	福岡県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		運送	タンクローリ、配管	<停止中>(検査・点検中)	<その他>(振動による疲労)			2024年7月3日(水)12時00分頃、終業点検をしていた際、異音により脱圧配管溶接部からのガス漏れを確認した。	20年以上(27年)
15	移動	移動式液化炭酸ガス製造設備からの漏えい	7/11	神奈川県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		運送	タンクローリ、配管	<貯蔵中>	<製作不良>			移動式製造設備の液化炭酸ガスローリー荷卸し終了後、帰庫して移動終了時の点検でガス漏れを発見。 液面計の液側計装導管にクラック。 液面計元弁の元弁を閉止。	20年以上(21年)
16	移動	液化石油ガス漏えい事故	7/26	愛媛県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他(危険な状態)	漏洩	販売店	容器、バルブ	<移動中>	<交通事故>(他損)			LPガスを配送中、交差点において一般車両との衝突事故を起こした。 配送車が転覆し、車載していたLPガス容器27本(50kg容器12本・20kg容器15本)が車道に散乱し、危険な状態となった。 そのうち、50kg容器2本については落下の衝撃でバルブが開の状態となり、且つ、キャップが変形して離脱できず、バルブを閉鎖できずに漏えいが継続した。 20kg容器2本については落下の衝撃で1本はバルブが損傷し、残りの1本はバルブが開の状態となり、バルブから微小な漏えいが継続した。	

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
17	移動	冷媒(410A)容器の可溶栓溶解による漏えい事故	7/30	岡山県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(空調メンテ)	容器、安全弁	＜移動中＞	＜容器管理不良＞			2024年7月30日に空調機メンテナンスのため顧客訪問し、冷媒410A(19.0kg)を2本の20kg容器へそれぞれ回収する。 8月9日、再生処理の手続きを行うために容器の重量を計測したところ、当該容器内が空であったため当該容器の漏れ検査を実施したところ、可溶栓部(安全装置)の溶解により冷媒ガスが漏えいしていることが判明。 当該事業所の容器管理者は、漏えいを覚知した際に管轄行政庁への事故報告義務を把握していなかった。 その結果、上司への報告がなされておらず、その後、2024年3月に当容器管理者が退職したこともあり、事故報告の遅延に至る。 2024年11月26日、同様の事故が発生し、上司が従業員から報告を受けたことで過去に遡って調査したところ、4件の事故を覚知、当局への通報に至った。 4件ともに回収容器は別のものである。	
18	移動	液化アルゴンLGC空容器運搬中の転落事故	7/31	東京都	0	0	0	0	その他(アルゴン)	C2	漏洩		その他(ガス・エネルギー)	容器本体	＜移動中＞	＜誤操作、誤判断＞			アルゴンLGC空容器を移送中、トラック荷台の後方アオリロックをかけ忘れたため、ラッシングベルトで固定していたが、発進時に後方アオリが倒れ、容器が落下した。 落下により液面計が破損し、アルゴンガスが漏えいした。 空容器であったため、漏えい量は不明。	
19	移動	道路標示工事車LPガス火災事故	8/19	岐阜県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	火災		建設	その他(手押しライナー)	＜移動中＞	＜不良行為＞	＜容器管理不良＞	裸火(バーナー)	道路工事で手押しライナーによる路面標示作業後、手押しライナーのLPガスバーナーの火力を弱めた状態のまま路面標示作業車両の荷台に積載し交通量の少ない場所へ移動していた。 荷台の火災に気付き脇道に停車し手押しライナー付近が燃えているのを確認した。 手押しライナーのLPガスホースを焼き延焼拡大し、路面標示工事車両(4tトラック)及び積載していたLPガスボンベ(50kg×2本、10kg×2本、5kg×2本)並びに隣接の住宅の一部が焼損した。	
20	移動	タンクローリーからの窒素ガス漏えい	8/21	長野県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		運送	タンクローリ、バルブ	＜停止中＞	＜シール管理不良＞	＜その他＞(経年劣化)		2024年8月21日17時50分、ローリー運航終了時の点検で異常なし。 21時50分、同じ乗務員が帰宅の際、ローリーからガスが漏えいしていることを発見。 漏えいを止めることができなかったため、他の従業員に連絡。 22時20分、漏えい元のバルブを閉止し漏えい停止。	10年以上15年未満
21	移動	R-404Aガス漏えい事故	8/23	千葉県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		石油化学	容器、バルブ	＜移動中＞	＜施工管理不良＞	＜製作不良＞		海外メーカーに発注し輸入したR404A容器に漏えいが発生した。 納入された容器をフロンディテクターで検査中、48本中の1本のバルブ取付け溶接部でガスを検知した。 直ちにガスを回収し、処理を実施した。	
22	移動	LPガス漏えい事案(容器交換時の漏えい事案)	10/4	熊本県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		その他(LPガス保安・配送事業者)	容器、バルブ	＜その他＞(容器交換時)	＜誤操作、誤判断＞	＜その他＞(取扱い誤り：キャップを付けずに移動)		2024年10月4日(金)、保安機関職員が容器交換時に、残ガス容器を高圧ホースから外して保護キャップを着けないまま容器庫から出していたところ、容器庫外で手を滑らせて容器を倒した。 その際容器のバルブが、配送車のゲート部分に当たり、バルブが少し開いた状態で根元(スピンドル部)から折れたため、バルブを閉めることができず容器内部の残ガスが放出。 配送委託元の販売事業者が駆け付け、容器を発生地隣接の畑に移動し、ガスを完全に放出させた。 10時40分頃に完了。	
23	移動	LPガス配送中事故	10/28	鹿児島県	0	0	0	0	プロパン	C2	その他(車両転落による容器散乱)	漏洩	その他(LPG配送業務)	容器、バルブ	＜移動中＞	＜交通事故＞(自損)			車両にLPG容器(20kg容器10本、50kg容器27本)を積載し、荷締め機にて固定して配送開始。 13時50分頃、狭い道路を走行中、対向車とすれ違い、離合する際に左タイヤが道路左にはみ出しハンドル操作制御ができなくなり、高低差3mほど下にある田んぼに車両ごと転落した(単独事故)。 転落の勢いで容器が散乱し、容器キャップの緩み又は容器キャップ内へ田んぼの泥が入ったことが原因で容器バルブが緩みガス漏洩発生、運転手は危険を感じ車両より脱出した。 13時55分頃、消防、警察へ通報した。 14時20分頃、消防により現場から半径300mほど現場道路封鎖し、漏洩している容器バルブを閉止した。 15時10分、警察官により現場検証。 容器破損無し、ガス漏洩時間およそ30分。	
24	移動	LPガスの漏えい事故	12/28	茨城県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		運送	タンクローリ	＜移動中＞	＜シール管理不良＞	＜施工管理不良＞		2024年12月28日08時53分頃、民生用ローリーにて充填作業終了後、ホース収納時にガス臭を感知し確認したところ、ローリーのスイベルジョイント部からガス漏えいを確認した。 漏えい量不明。 充填終了時の積載量4,240リットル、最終LPガス積載量4,240リットルであり、漏えいによる積載量に変化は無かった。	5年以上7年未満

2024年に発生した高圧ガス保安法事故一覧表
消費中の災害事故

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
1	消費	LPガス爆発事故	4/15	茨城県	1	0	0	1	その他(液化石油ガス、酸素)	B1	爆発		その他(金属スクラップ卸売業)	溶接・溶断機器	<消費中>	<誤操作、誤判断>	<操作基準等の不備>		2024年4月15日10時頃、使用済みのLPガスタンクローリが当該事業所に持ち込まれ、タンクに付属する圧力計の指示値が0MPaであるることを確認した。 13時頃からタンク前方のマンホールを開放し、高圧洗浄機によりタンク内に2時間ほど注水を行った後、従業員1名がタンク側面にガストーチ(LPガス及び酸素ガス)で穴あけ作業を行っていたところ、爆発し、キャビン付近にいた従業員1名が爆風で吹き飛び死亡した。	
2	消費	液化石油ガス窯爆発事故	11/29	愛知県	1	0	0	1	液化石油ガス	B1	爆発		窯業	その他(工業炉)	<消費中>	<その他>(調査中)		その他(調査中)	2024年11月29日16時前に、瓦を焼くためのガス窯の点火作業をしていた従業員から「窯の様子がおかしい」と別の従業員へ電話連絡があった。 その従業員が窯へ向かっている途中に、その窯が爆発し、爆風により窯、工場の窓ガラス、壁等が破壊され、隣接する鉄道線路内まで破片が散乱した。 作業をしていた従業員1名がその爆発に巻き込まれ死亡した。	15年以上20年未満
3	消費	液化石油ガス一酸化炭素中毒事故	12/13	鹿児島県	1	0	0	1	液化石油ガス	B1	その他(不完全燃焼による一酸化炭素中毒)	漏洩	窯業	その他(陶磁器焼成炉)	<消費中>	<誤操作、誤判断>			事故当日、被害者が焼き物の素焼きのために窯小屋でLPガス炉を使用していたものと推定される。 窯元を訪れた友人が工房内で椅子に座っている被害者を発見。 声をかけるも応答がなく、工房入口で異臭を確認。 消防に通報。 10時55分頃、消防の現場到着、周囲にガス臭あり。 消防はガス検知を実施し、一酸化炭素(170ppm)を検出。 消防の隊員1名が空気呼吸器着装後、建物内進入し傷病者を救出。 救助隊は近隣住民に火気厳禁の呼びかけを行う。 被害者は搬送後に死亡が確認される。 11時15分頃、消防から連絡を受けたガス販売事業者が現場に到着。 ガス漏れ点検を実施し、供給設備の異常は確認されず。	20年以上(21年)
4	消費	アセチレンが漏えい、静電気により発火した事故	2/3	岐阜県	0	1	0	1	アセチレン	C1	火災		その他(し尿浄化施設)	容器、調整器	<その他>(事業所休日)	<不良行為>		静電気	アセチレンガスボンベに取り付けていた圧力調整器を、被災者が操作していたときに発火した	
5	消費	液化石油ガス漏えい火災事故	5/28	富山県	0	1	1	2	液化石油ガス	C1	漏洩	火災	食品	容器、調整器	<消費中>	<誤操作、誤判断>	<操作基準等の不備>	裸火	2024年5月28日09時00分、食品会社従業員2名が事業所内にてLPG10kgボンベ、8kgボンベにそれぞれ圧力調整器・鋳物コンロを接続し、コンロの上に鍋を載せ、甘酒の加熱作業を行っていた。 09時30分、8kgボンベ側コンロの火力が弱くなっていたため、ガス栓(調整器2次側)は閉栓し消火したが、容器元弁は開栓状態のまま残置した。 10kgボンベ側コンロは着火状態で加熱作業を継続。 09時40分、8kgボンベを片付けようと容器元弁が開栓されたままの状態で調整器とガス栓接続部を緩めたところ、ガスが噴出し、10kgボンベ側で使用中のコンロの火に引火した。 　引火した炎が従業員1名の作業服に燃え移り、全身の20%に火傷を負う重症を負った。 　他従業員1名も両手に火傷を負った。 10時00分頃、消費先である食品会社より消防へ救急車を要請した。 　消防・警察による現場検証・事情聴取。 15時00分頃、消費者より販売業者へ連絡。 17時15分頃、販売業者より県に事故の発生を報告。	1年未満
6	消費	酸素供給設備の破裂事故	7/18	群馬県	0	1	0	1	酸素	C1	破裂破損等		機械	容器、調整器	<消費中>	<誤操作、誤判断>			7㎥酸素容器に10kg調整器を接続し、当該設備を使用しようと従業員が開栓したところ調整器が破裂した。 飛散した部品が当該従業員の頭部に当たり、負傷した。 調整器の脱着はガス供給会社社員ではなく、当該事業所の従業員が行っており、誤った脱着を行ったと推定される。	20年以上(30年)
7	消費	液化石油ガス消費中における火災事故	9/5	北海道	0	1	0	1	液化石油ガス	C1	漏洩	火災	その他(生鮮魚介卸業)	その他(鋳物コンロ)	<消費中>	<誤操作、誤判断>		裸火(バーナー)	従業員が、店内に設置している鋳物コンロのガス栓を開放後に点火棒を使用し点火を試みたが点火できなかった。 鋳物コンロのガス栓はそのまま開放状態で、屋外に設置している液化石油ガス容器のバルブを開放後に再度点火を試みたところ漏えいしていた液化石油ガスに引火した。 異常を察知した同建物内の他店舗従業員数名により、鋳物コンロ付近から炎が立ち上がっていること、及び事故発生店舗従業員が倒れていることを確認後に119番通報し、粉末消火器にて完全に消火された。	3年以上5年未満
8	消費	アセチレンガス使用中の爆発事故	10/18	宮城県	0	1	0	1	その他(アセチレン、酸素)	C1	爆発		その他(再生資源卸売業)	溶接・溶断機器	<消費中>	<誤操作、誤判断>		火花(溶断)	事業所工場内において従業員が、密閉された廃棄ドラム缶をアセチレンガス切断器を使用し切断作業を開始したため、発生した火花がドラム缶内の内容物に引火し、爆発した。	

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
9	消費	一酸化炭素中毒事故	6/26	佐賀県	0	0	3	3	液化石油ガス	C1	その他（中毒）		食品	その他(ガススチームオーブン)	＜消費中＞	＜その他＞(ガス機器の不完全燃焼、換気不足)			・事故発生場所は米粉製麺工場である。 ・2024年6月26日14時00分頃、従業員3名がスチームオーブン(LPガス消費機器)を使用中体調不良を起こし、病院に搬送。 ・一酸化炭素中毒、1週間の入院と加療が必要と診断。 2名は1週間後退院し、残る1名は1週間後に退院した。 ・作業部屋には換気扇が5台設置され、事故発生時はすべて回していた。 扉は閉め切っていた。	
10	消費	焼成窯による一酸化炭素中毒事故	1/12	岐阜県	0	0	2	2	液化石油ガス	C1	その他(不完全燃焼)		窯業	その他(焼成炉)	＜消費中＞	＜誤操作、誤判断＞			陶磁器の焼成炉(還元焼成)を年末年始で1週間以上停止させていて、年始最初の点火をした。 焼成炉及び大気の低温度による排気(煙突の自然排気:ドラフト効果)が機能せず、空気の給気側も常時燃焼時の給気量に絞ってあったため給気と排気のバランスが崩れ、徐々に不完全燃焼を起こした。 発生した一酸化炭素が炉の外部へと漏れ、点火の作業をしていた社長が吸込み負傷した。 負傷者は倒れた1名と、救助しようとして喉の痛みを訴えた1名の計2名。	
11	消費	溶断機ホース破裂事故	7/12	北海道	0	0	2	2	アセチレン	C1	破裂破損等	漏洩	建設	溶接・溶断機器	＜消費中＞	＜点検不良＞	＜組織運営不良＞	火花(溶断)	2024年7月12日14時35分頃、倉庫の屋外で鉄屑廃棄用ドラム缶の底に水抜き穴をガス溶断機で作成していたところ、溶断口からの炎が安定しなくなり、溶断口に近接するアセチレン側の高圧ホースが何らかの原因で破断した。 溶断口の火が破裂箇所から漏えいしたアセチレンガスに引火したことにより火災化し、従業員2名が負傷した。 別作業をしていた従業員2名が破裂音で異常に気付き、水道ホースにより直ちに鎮火し、119番通報した。	
12	消費	ハンドトーチガス漏えい火災事故	1/29	広島県	0	0	1	1	プロパン	C1	漏洩	火災	建設	ゴムホース	＜消費中＞	＜点検不良＞	＜誤操作、誤判断＞	裸火	事故発生場所において、ハンドトーチを使用して現場作業用器具を清掃中、ハンドトーチとプロパンガスボンベをつなぐホースに亀裂が入りガスが漏えいし出火した。 慌ててボンベのバルブ閉止する際に転倒し、転倒した被害者の顔面にトーチバーナーの炎が向いてしまい火傷を負った。 Ⅰ度熱傷1名。	
13	消費	LPガス容器搬入時の漏えい火災事故	2/4	東京都	0	0	1	1	液化石油ガス	C1	漏洩	火災	運送	容器、バルブ	＜移動中＞	＜誤操作、誤判断＞	＜その他＞(雨天で滑りやすい状況)	その他(検証中)	2024年2月4日(月)07時00分、保安業務員が当日の保安及び配送業務のため、LPガス容器35本(50kg×25本、30kg×2本、20kg×7本)を配送車に積載し、工場を出発した。 09時45分までに、保安点検5件、50kg容器15本の交換を完了した。 09時55分、当該事故現場に到着した。 車両停止後、テールゲートで50kg容器4本を下ろし、内1本を転がして搬入した。 交換時にキャップを外した際、誤って容器を転倒させた。 何らかの原因で容器バルブが開放され、液状のガスが噴出した。 直ちにバルブを閉止するも、約3秒間ガスが噴出した。 何らかの原因で漏えい気化したガスに引火し、いったんは車載の消火器で消し止めたが、再度出火し火災に至った。	1年以上3年未満
14	消費	LPG漏えい火災事故	2/19	新潟県	0	0	1	1	液化石油ガス	C1	漏洩	火災	その他(民家:住居中)	容器本体	＜その他＞(LPG移充てん中)	＜不良行為＞	＜点検不良＞	裸火	使用容器からガスが漏えいし、ストーブの火気に引火	
15	消費	プロピレンガス漏えい事故	3/2	香川県	0	0	1	1	その他(プロピレン)	C1	漏洩		鉄工所	その他(集合装置)	＜消費中＞	＜その他＞(圧力調整器の不具合)			プロピレン集合装置の1次側バルブを開けた際、圧力調整器の弁体が固着しており、圧力が減圧されず水封安全器の破裂板が破裂し、プロピレンガスが漏えいした。	20年以上(27年)
16	消費	酸素ガス火災事故	3/28	福島県	0	0	1	1	酸素	C1	火災		その他(ガラス製造工場)	容器、調整器	＜消費中＞	＜誤操作、誤判断＞		高温	2024年3月28日(木)07時10分頃、当該事業所の職員が、ソフトカーボン蒸着装置に使用する酸素ガス容器のバルブを開ける際に付近から爆発音とともに火花が発生(約5秒間)。 この影響で圧力調整器が破損した。 発生した火花が周囲に引火し、小規模の火災が発生したが、直ちに消火し、ボンベの元栓を閉めた。 ボンベの元栓周辺から火花が散ったが、詳細な発火場所は不明。 08時45分頃、消防に連絡。 作業者1名が軽度の火傷を負った。 同日中に警察および消防と合同で実況見分を行った。	20年以上(46年)
17	消費	動物病院火災事故	4/22	愛媛県	0	0	1	1	酸素	C1	火災		その他(動物病院)	容器、調整器	＜消費中＞	＜操作基準等の不備＞	＜締結管理不良＞	高温	2024年4月22日12時20分頃、動物手術の準備のため、酸素の容器元弁を開けたところ出火し、院長1名が左腕に熱傷を負った。 火災により動物病院併用住宅1棟及び当該病院内の収容物並びに隣接建物1棟の一部を焼損した。 関係者からの通報で消防隊及び救急隊が出動し、消火・救急活動を実施。 消火活動時、酸素容器を屋外へ搬出。 同日16時01分火災鎮火。	20年以上(21年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
18	消費	ガスホース破損(破裂)	5/18	宮崎県	0	0	1	1	酸素	C1	破裂破損等	漏洩	その他(製材、鋸目立て)	その他(ホース)	<製造中>(スタートアップ)	<誤操作、誤判断>			製材所で使用している鋸目立て用の高圧ガス設備ホースの取替えを、販売事業者が行った。 その際、当該設備の規格に合わない低圧用のホースを取り付けたため、リークテストによる圧力に耐えきれずホースが破裂し、ホース内にあった酸素が漏えいした。	
19	消費	高圧ガス(アセチレン)消費に伴う事故	5/22	大阪府	0	0	1	1	その他(アセチレン、空気)	C1	漏洩	火災	その他(鉄道)	容器、安全弁	<消費中>	<点検不良>	<誤操作、誤判断>	火花	アセチレンガスの溶接でレールボンド(軌道回路を構成する部品の一つでレールとレールを電気的に接続する:銅線)をレールに沿わして接続する作業を行っている際、作業中のアセチレンガス容器の上部から出火した。 水(バケツ1杯)をかけたが火が消えなかったため、作業員がボンベのコックを閉めたところ、安全弁から火が噴出したため、消火器で消火した。	
20	消費	液化石油ガス容器噴出事故	6/4	愛知県	0	0	1	1	液化石油ガス	C1	漏洩		運送	容器、バルブ	<移動中>	<誤操作、誤判断>			配送員が容器運搬車両から容器を下ろして、液化石油ガス消費者宅の容器設置場所まで、手押し車で容器を運搬し、容器を手押し車から外そうとして後ろに下がったところ、敷地の犬走りから足を踏み外し、容器を抱きかかえるように後方の畑に転倒した。 その際に、配送員は、慌てて容器を起こそうとし、容器のバルブを誤って開け、液化石油ガスが噴出、配送員のズボンに液化石油ガスがかかり、火傷の負傷をした。 液化石油ガス50kg容器、充填量118リットル、推定噴出量0.1㎥。	
21	消費	アンモニアガスの漏えい事故	6/6	茨城県	0	0	1	1	アンモニア	C1	漏洩		運送	容器、バルブ	<消費中>	<誤操作、誤判断>			2024年6月6日07時48分頃、当該消費者工場のBA炉において、BA炉にアンモニアガスを供給するボンベの交換作業を実施していた。 ボンベ配送会社の配送員が、アンモニアガスの使用済み容器を充填容器に交換する際、誤操作によりホース付属バルブが開となり、使用済み容器のアンモニア残ガスを漏えいさせた。 配送員1名が病院に救急搬送された。	1年以上3年未満
22	消費	漏えいによる爆発	6/28	福岡県	0	0	1	1	液化石油ガス	C1	漏洩	爆発	鉄工所	容器本体	<消費中>	<誤操作、誤判断>		高温	2024年6月28日07時30分頃、塗装乾燥炉のバーナーにパイロットバーナーを用いて点火作業をした後、一旦炉を後にした。 約40分後の08時10分頃、炉の様子をうかがうと、何らかの原因により途中失火を起こしていたため、再度点火作業を行おうと、マッチを近付けたところ炉内に滞留していた液化石油ガスに引火し、爆発した。	
23	消費	火災事故(バーナーのバルブを締めきれていないことによる残火延焼)	9/5	福島県	0	0	1	1	液化石油ガス	C1	火災		その他(金属加工)	加熱炉	<製造中>(スタートアップ)	<誤操作、誤判断>			中子製造機の金型の余熱着火用プロパンバーナーで着火したあと、当該バーナーのバルブを締めきれていなかったため、残っていた炎から付近にあったパネル(ベニヤ板)に燃え移り、火災となった。 金型余熱後その場から一時離れていたが、煙が出ていることに気がつき消火器で消火した。 中子製造機の一部と付近の壁が損傷した。	10年以上15年未満
24	消費	モノシラン漏えい事故	1/15	茨城県	0	0	0	0	その他(モノシラン)	C1	漏洩	火災	その他(研究所)	容器、調整器	<停止中>(工事中)	<その他>(調査中)			2024年1月15日(月)、SiGeエピ装置のガス配管工事を実施していた。 10時頃、モノシラン用ガスレギュレーターボックスのパネルを開け、内部にある既設配管を緩めたところ、ガス検知器が6～8ppmのモノシランガスを検出した。 直ちにガスレギュレーターボックスのパネルを閉め、モノシランガスが検出されなくなった後に、緩めた配管を締め直し、作業を中止した。	
25	消費	アセチレンガス火災事故	1/23	新潟県	0	0	0	0	アセチレン	C1	漏洩	火災	建設	容器、調整器	<貯蔵中>	<点検不良>	<締結管理不良>	高温	容器バルブを開放したアセチレンガス容器3本連結×2からの気化量を増加させるため、ブルーシートを被せ、その周辺に電気ストーブを置いて容器を温めていたところ、ガス調整器金具と連結金具の締付不良により、容器内のガスが漏えいし、電気ストーブに接触して火災が発生したと推定される。	
26	消費	アセチレン・酸素容器逆火事故	2/3	宮崎県	0	0	0	0	その他(アセチレン、酸素)	C1	火災		建設	溶接・溶断機器	<消費中>	<検査管理不良>		逆火	当該事業所においてアセチレン及び酸素を利用し鉄板の切断作業を行っていたところ、火口から逆火が発生した	
27	消費	噴出・漏えい、火災事故	3/5	山梨県	0	0	0	0	プロパン	C1	漏洩	火災	その他(病院)	容器本体	<消費中>	<その他>(経年劣化)		裸火(バーナー)	オートガスバーナー使用中に現場を離れた際、ゴムホースから漏えいしたガスに引火し、ゴムホース、エアコンリモコン、棚が焼損した。	
28	消費	試験設備窒素安全弁作動	3/18	兵庫県	0	0	0	0	窒素	C1	漏洩		機械	安全弁	<製造中>(シャットダウン)	<誤操作、誤判断>			試験後、設備停止処置中に系統の一次圧が残った状態で制御空気を断としてしまったため、安全弁上流の制御弁(減圧弁)がフェールオープン動作し、制御弁(減圧弁)下流に一次圧が流れたことで安全弁(設定圧:3.82MPa)が作動した。 事象確認後、制御空気の供給を再開し制御弁(減圧弁)を全閉させたことで、制御弁(減圧弁)下流二次圧の上昇も収まり、安全弁も噴き止まった。	20年以上(44年)
29	消費	建築中工事現場における液化石油ガス火災事故	4/10	北海道	0	0	0	0	液化石油ガス	C1	火災		建設	容器本体	<貯蔵中>	<その他>(不明)		裸火	建物の屋上にてアスファルト防水(トーチ工法)作業を行っており、16時10分頃作業を終えその後片付けを行い、16時30分に作業員は退場した。 6階外壁で作業していた作業員が焦げ臭いので周囲を確認したところ、屋上のフレコン(紙類専用集積)より出火、16時45分に現場職員にその旨を連絡し、職員が現地到着時点では隣接したプロパンに引火しており当該職員が消防に通報した。	

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
30	消費	アセチレン溶断中の火花による林野火災事故	4/18	広島県	0	0	0	0	アセチレン	C1	火災		その他(解体業)		＜消費中＞	＜その他＞			トラック解体のため、アセチレン溶断にてマフラーを切断中、火花が飛散し付近の枯れ草に着火、準備していた水バケツにて消火を試みたが、消すことができず周囲に燃え広がり山林8アールを焼損した。	
31	消費	乾燥炉火災事故	5/13	岐阜県	0	0	0	0	プロパン	C1	火災		窯業	その他(バッチ式乾燥炉)	＜製造中＞(定常運転)	＜点検不良＞		その他(熱風)	窯業工場内の機械設備である「バッチ式乾燥炉」において、当該乾燥炉に設置されている炉内温度センサーの故障により、乾燥炉内の温度が上昇し火災に至った。	20年以上(25年)
32	消費	アセチレン容器火災事故	6/20	愛媛県	0	0	0	0	アセチレン	C1	火災		その他(研究所)	容器、安全弁	＜消費中＞	＜誤操作、誤判断＞		裸火(逆火)	当該研究所実験棟の建設現場において、杭打ち後の杭頭溶断のためアセチレンガスを使用し作業を行っていた。 作業長が他の作業員から「ガスボンベからシューッと音がしている」と聞き、約20m離れたアセチレンガス容器置場の状況を確認に行った。 アセチレンガスボンベ安全弁(可溶栓)からのガス漏れと、日除け用にボンベを覆っていた防炎シートが燃えているのを確認した。 直ちに元栓を閉め、消火バケツにより防炎シートの火を消した。 ボンベが熱を持っていたため、消防到着まで作業者が水道ホースを使用して容器に水をかけて冷却し、消防到着後は事業所屋外消火栓を使用して容器の冷却を継続した。 容器所有者の販売店到着後、アセチレンガス全量放出を確認し、鎮火とした。	
33	消費	液化塩素ガス漏えい事故	6/26	神奈川県	0	0	0	0	塩素	C1	漏洩	その他	その他(学校)	配管、継手	＜消費中＞	＜容器管理不良＞	＜操作基準等の不備＞		2024年6月26日 実験室Aで液化塩素シリンダーキャビネットの警報が発報し、ボンベ元バルブの接続部分からの液漏れが確認され、塩素ガスボンベからの塩素ガスの漏えいが確認された。 ボンベ元バルブが固着して閉鎖できないため、塩素除害吸着装置を通じてガスを排気する措置が取られた。 2024年7月31日 実験室A及び同フロアにおいて塩素臭を確認したため、緊急保安装置を稼働させた。 2024年8月14日 排気系統が同一の隣接する実験室Bにて、排気ダクトを通した塩素を起因とする反応生成物の付着を金属表面で確認し、異臭の発生も室内外で確認した。 実験室Aのシリンダーキャビネット内の塩素ガスの配管バルブは「閉」状態であり、塩素ガス臭は無く、塩素ガス検知器では塩素ガスは検知されなかった。 2024年8月19日 総合安全管理部門が状況確認を行った際、実験室Aのシリンダーキャビネット内では塩素ガス検知器及び塩素ガス用検知器では塩素ガスは検知されなかった。 2024年8月22日 ガス業者により、シリンダーキャビネット内の液化塩素ガスボンベ元バルブの接続部分の増し締めの実施及びガス供給ラインからの取り外し実施。 2024年9月10日 ガス業者により塩素ガスボンベが回収された。	20年以上(22年)
34	消費	圧縮アセチレンガスを使用した溶断中の事故	7/5	大阪府	0	0	0	0	その他(アセチレン、酸素)	C1	その他(法令違反があり、その結果として災害が発生した)		機械	溶接・溶断機器	＜消費中＞	＜その他＞(法廷離隔距離の不足)		火花(溶断)	2024年7月5日11時25分頃、倉庫内で従業員がアセチレンガスを使用し、鉄材を溶断していたところ、付近に置いていた揮発性有機溶剤の入った一斗缶から発生した可燃性蒸気に、火花が飛散し、出火に至った。	
35	消費	LPガス爆音機火災事故	7/11	愛媛県	0	0	0	0	液化石油ガス	C1	漏洩	火災	その他(農業)	その他(爆音器(バードキラー))	＜消費中＞	＜締結管理不良＞	＜点検不良＞	裸火	鳥獣撃退用の爆音機をLPG容器(8kg)に繋ぎ使用したところ、容器と爆音機の連結部から出火し、当該爆音機の調整器取付ハンドルを焼損した。 負傷者等なし。	7年以上10年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
36	消費	塩素ガスの漏えい事故	7/26	茨城県	0	0	0	0	塩素	C1	漏洩		一般化学	配管、継手	＜貯蔵中＞	＜腐食管理不良＞	＜設計不良＞		2024年7月26日(金)00時20分頃、液化塩素(50kgボンベ)を消費する設備内で塩素ガス漏えい検知器が発報(0.5ppm超)し、塩素ガスの漏えいを覚知した。 00時55分頃、当該ボンベのボンベバルブを閉止し、塩素ガスの漏えいが停止したことを確認した。	5年以上7年未満
37	消費	可搬式液化酸素容器LGCの安全板作動	7/29	兵庫県	0	0	0	0	酸素	C1	破裂破損等	漏洩	その他(病院)	容器、破裂板	＜消費中＞	＜容器管理不良＞			2024年7月29日23時50分、当該消費者(病院)から中央配管の酸素が供給されていない旨、販売会社に連絡あり。 7月30日00時15分、現場到着し、予備酸素(気体7000リットル)で一時的に酸素供給を復帰。 酸素ボンベ室内を確認したところ、使用中液化酸素(160kg容器2本)及び予備用液化酸素(160kg容器2本) とも酸素がなくなっていた。 02時00分、医療用液化酸素を配達し、現状復帰。	1年未満
38	消費	LPガス漏えい火災事故	8/6	大阪府	0	0	0	0	液化石油ガス	C1	漏洩	火災	その他(道路標示施工業者)	その他(溶融材手引き四輪施工機)	＜消費中＞	＜誤操作、誤判断＞		裸火	事故発生場所において、普通貨物自動車荷台上にLPG50kgボンベ×2、5kgボンベ×5本(内1本については施工機にて使用中)を積載し停車させた。 09時04分ごろ荷台に積載していた道路標示施工機の加温機に点火し、加温機付近にて従業員数名が作業準備していたところ、ヘルメットの顎紐が未使用の5kgボンベのバルブ部分に引っ掛かりバルブが開放された際に、ガスが加温機に向かって噴出、引火した。	
39	消費	医療用酸素ボンベ破裂事故	8/11	千葉県	0	0	0	0	酸素	C1	破裂破損等		その他(病院)		＜停止中＞	＜腐食管理不良＞	＜容器管理不良＞		病院ボンベ庫に医療用ガスボンベ7本を、使用しないまま20年近く放置していたため、内1本の容器が腐食により破裂した。 人的被害無し、ボンベ庫壁破損、付近の窓ガラス10枚破損。 容器は消防立会いのもと、ガス抜きをして回収した。	20年以上
40	消費	液化炭酸ガス容器破裂	9/26	新潟県	0	0	0	0	炭酸ガス	C1	破裂破損等		その他(ペットサロン)	容器本体	＜停止中＞	＜腐食管理不良＞			ベットシャンプー用で使用する炭酸泉生成装置に接続した液化炭酸ガス容器が破裂した。 破裂した容器は店舗内の天井を含む内装を破損させた。 容器は下から65mmのところと150mmの位置にかけて破断した。 容器の元々の厚さは3.1mmであったところ、破裂時は1.7mmまで内部腐食により減肉していた。	
41	消費	液体窒素ボンベ連結フレキホースの破損	10/16	兵庫県	0	0	0	0	窒素	C1	破裂破損等		機械	配管	＜停止中＞	＜誤操作、誤判断＞	＜操作基準等の不備＞		2024年10月15日深夜、液体窒素LGCを使用中に、圧力低下で交換の警報が出たため、LGCバルブと別のバルブを同時に閉めて、別のLGCに切り替えた。 16日12時、フレキホースが、液封によって閉めたバルブ付近で破損した。	
42	消費	アセチレン容器火災事故	12/10	広島県	0	0	0	0	アセチレン	C1	漏洩	火災	建設	容器、安全弁	＜その他＞(消費場所での保管中)	＜容器管理不良＞	＜施工管理不良＞	その他(調査中)	建物解体業者3名が、地上部の単管に固定したアセチレン容器Aからホースを延ばし、解体建物4階部分でアセチレンガス溶断機を使用して鉄筋の溶断作業を行っていた。 解体作業中に下から声がするのでその方向を見ると、地上部の容器Aの近くに固定せず立てて保管していた未開封のアセチレン容器B(7kg)が横転しており、容器Bの安全弁から噴き出す炎を確認した。 出火を発見した周辺住民が消防に通報。 解体業者は容器Bの炎が着火した防音シートを消火器で消火し、容器Bも消火器で消火しようとするが炎は消えなかったため、水道のホースを使用し散水するとともに容器の販売業者に連絡。 その後、到着した消防により冷却注水を実施。 販売業者が到着後、消防が容器Bの炎に放水し消火、直ちに販売業者が2箇所の安全弁に木栓を打ち込み、10時11分鎮火した。	
43	消費	火災事故	11/28	岐阜県	0	0	1	1	その他(アセチレン、酸素)	C2	火災		自動車	溶接・溶断機器	＜消費中＞	＜誤操作、誤判断＞		裸火(バーナー)	事業所内において車両整備のため、パーツクリーナーを噴射した後、同箇所でガス溶接機を使用し溶断作業をしようとしたところ、付近に滞留していた可燃性蒸気に引火した。	
44	消費	混合ガス(窒素、一酸化窒素)の漏えい事故	1/1	岐阜県	0	0	0	0	その他(窒素、一酸化窒素)	C2	漏洩		その他(官公庁)	容器、調整器	＜消費中＞	＜自然災害＞(地震)			2024年1月1日能登半島地震の発生に伴い、2024年1月5日に高山大気測定局の点検を行ったところ、混合標準ガス容器1本(1.5㎥・届出対象外)が倒れており圧力計が「0」を示していた。 1月1日16時10分の地震発生以降、当該測定局の窒素酸化物濃度が一時的に上昇していることから、地震によって容器が転倒しレギュレーター結合部から漏えいしたと推測される。	
45	消費	ボンベ転倒による営農ガス(液化石油ガス)噴出事故	2/17	栃木県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		その他(農業)	配管、継手	＜消費中＞	＜点検不良＞	＜自然災害＞		事業者がイチゴハウス裏を通りかかった際に、ガスボンベ及びボンベ架台が倒れているのを発見した。 配管よりガス漏れ音がしているため、50kgボンベ4本のバルブを全て閉め、ガス販売事業者に連絡した。 ガス販売事業者が、強風によりボンベ及びボンベ架台が転倒し、衝撃で消費配管のねじ込み部に亀裂が生じ、液化石油ガスが噴出(最大42.0㎥)したことを確認した。 2月15日から16日にかけて強風注意報が発令されており、その間に転倒したと考えられるが、日常点検を実施しておらず詳細な事故発生時刻は不明。 当該事故による人的被害は無し。	20年以上(24年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
46	消費	液化石油ガス漏えい事故	3/10	鳥取県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		その他(木炭製造販売)	容器、安全弁	<停止中>(休止中)	<その他>(安全弁内部への水分侵入による腐食)			2024年3月10日13時36分、消費者から設置のバルク貯槽付近から異音と異臭がするとの連絡あり。 14時00分頃、現地に到着し確認したところ、ベーパーライザーの液相から気相に切り替わった直後にある安全弁からガスが噴出していた。 液封状態にならないように措置を行ったうえで安全弁の閉止弁を閉止し、気相ラインのみで運転を再開した。 原因追究のためメーカーによる現地調査を3月13日に実施。 同じ事象が再現するか確認したところ、ベーパーライザーに附属している安全弁が通常は0.88Mpaで作動するべきところ、0.3Mpa程度で作動した事を確認した。 その場で安全弁を新品に交換し、正常稼働を確認しベーパーライザーの運転を再開した。	5年以上7年未満
47	消費	ショッピングモールガス噴出について	3/19	宮崎県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	破裂破損等	漏洩	食品	容器、安全弁	<停止中>	<容器管理不良>			ショッピングモール1階食品フロアのレジ前に設置されているドライアイス製造用の液化炭酸ガス容器(保冷用のパウダードライアイス製造機の原料として使用:ガス最大容量150kg)の破裂板が破裂し、安全弁からガスが噴出した。 容器の残圧を確認したところ「0」になっており貯蔵していたガスのほとんどが抜け出たことが確認された。	3年以上5年未満
48	消費	LPガス漏えい事故	3/22	青森県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		運送	配管	<消費中>	<誤操作、誤判断>	<情報伝達の不備>		2024年3月22日08時40分、鉄道会社立合のもと舗装工事業者が踏切内のアスファルトをカッターで切断作業中にガス臭があり作業を中断。 カッターにより地中に埋設されていたガス配管ブレードホース(保護管内へ設置)を損傷しガス漏れした。 09時05分、鉄道会社の立会管理者が漏えい箇所より4m上流の配管ガスバルブを閉めガス漏れを停止。 09時15分、アスファルトを剥がしガス配管損傷箇所を確認。 09時53分、連絡をうけたガス販売業者が現地に到着。 13時00分、鉄道会社職員が損傷したブレードホースをバルブより切り離し、バルブへキャップを施し漏れ側配管へのガス供給を遮断した。 ガス配管ブレードホース内を流れる液化石油ガスは、鉄道線路を融雪する熱風式融雪装置に供給していた。	3年以上5年未満
49	消費	営農ハウスからのLPガス噴出事故	4/28	栃木県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		その他(農業)	容器、安全弁	<停止中>(休止中)	<その他>(高温)			2024年4月28日(日)13時45分、イチゴハウスに設置されていたLPガスボンベ(50kg、4本)について、営農者が片方のボンベの安全弁からガスが噴出していることに気づいた。 ガス販売業者に連絡した。 14時20分、ガス販売業者が現場に到着し、ボンベの温度上昇による液移動に伴い噴出したと判断し、水道につないだホースでボンベに散水を行ったところ、ガスの噴出は収まった。 ガスの噴出による負傷者や設備等の損傷は発生していない。 ガスの噴出量はおよそ7.4kgまたはそれ以下と推定される。	
50	消費	営農ハウスからのLPガス噴出事故	5/21	栃木県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		その他(農業)	容器、安全弁	<停止中>(休止中)	<その他>(高温)			2024年5月21日(火)14時25分イチゴハウスに設置されていたLPガスボンベ(50kg、8本)について、営農者が片方のボンベの安全弁からガスが噴出していることに気づいた。 ガス販売業者に連絡。 15時25分、ガス販売業者が現場に到着し、高圧ホースを外しガス栓の開閉を数回行いボンベ内の圧力を下げたところ、ガスの噴出は収まった。 ガスの噴出による負傷者や設備等の損傷は発生していない。 ガスの噴出量はおよそ2.7kg程度とわれる。	
51	消費	フロン回収容器からのR404A漏えい事故	6/22	茨城県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		運送	容器、安全弁	<荷役中>	<その他>(容器保管時直射日光への対応不足)			2024年6月22日0930分頃、冷凍機の整備を請け負ったメーカーが、当該冷凍機の冷媒を容器に回収していたが、容器溶栓からR404Aが漏えいしていることを覚知した。	
52	消費	噴出・漏えい	6/24	静岡県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		鉄工所	容器、安全弁	<貯蔵中>	<その他>(安全弁作動)			鉄工所敷地内に貯蔵されていた炭酸ガス容器からガスが噴出し、付近住民からの119番通報により消防が出動、ガスの噴出が止まるまで消防による安全管理が行われた。 外気温の上昇にともない容器内部圧力が上昇し、安全板が破裂したと推定される。	
53	消費	空調設備機器からの冷媒ガス(R-410A)漏えい事故	7/2	岐阜県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		電気	冷凍設備、配管・継手・バルブ	<製造中>(定常運転)	<その他>(経年劣化)			空調機器の能力の低下があったため、調査を実施すると、冷媒ガスの圧力低下の症状がみられ、冷媒ガスの漏えいであると確認する。 原因調査の結果、経年による劣化により室外機の冷媒管(銅管)のろう付け部から漏えいした。	7年以上10年未満
54	消費	pH調整装置の炭酸ガス配管部の安全弁作動	7/18	兵庫県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		その他(工具製造)	安全弁	<消費中>	<容器管理不良>			2024年7月18日(木)08時10分頃、所内下水処理施設に設置している液化炭酸ガスボンベの容量が少なくなったため、2本中1本を新品に交換。 11時45分頃、下水処理施設よりガスの噴出音が聞こえるとの所内通報があり、現場確認したところ、液化炭酸ガスボンベに接続している配管の安全弁よりガスが噴出していた。 液化炭酸ガスボンベの安全弁は作動せず。	3年以上5年未満
55	消費	炭酸ガス容器(30kg)からのガス噴出漏えい	7/25	佐賀県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		その他(研究所)	容器、安全弁	<貯蔵中>	<その他>(直射日光)			2024年7月25日15時20分頃、ビニールハウス内の炭酸ガス濃度調整用の30kg容器の破裂版が作動し、容器内のガスが噴出、漏えいした。 人的・物的被害なし。 直射日光により容器が高温高圧となり、破裂版が作動した。	

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因(副因)	着火源	事故概要	備考(使用年数等)
56	消費	混合ガス(酸化エチレン+フロン134a)漏えい事故	8/1	兵庫県	0	0	0	0	その他(酸化エチレン、R-134A)	C2	漏洩		一般化学	配管、継手	＜消費中＞	＜締結管理不良＞	＜点検不良＞		ガス分析のため、分析する高圧ガス容器の口金に分析配管用の接続継手を取付け、容器弁を開とした。 その際に接続継手よりガスが漏えい・噴出し、容器弁を操作していた分析者の腕に漏えいガスが当たった。 ガスが当たった分析者に負傷等は発生しなかった。	20年以上(35年)
57	消費	アルゴンガス漏えい事故	8/6	千葉県	0	0	0	0	その他(アルゴン)	C2	漏洩		石油化学	容器、安全弁	＜消費中＞	＜設計不良＞			ボンベ小屋からガス漏れ音を覚知。 ボンベ小屋内部を確認すると、消費設備のアルゴンガスボンベのバルブ(法定外安全弁)からガスが噴き出していることを確認した。 ボンベの元バルブを閉止し、ガス噴出は停止した。	20年以上(25年)
58	消費	移動式製造設備(窒素ガスローリー)加圧蒸発器配管溶接部からのガス漏えい	8/19	神奈川県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		運送	タンクローリ、蒸発器	＜荷役中＞	＜点検不良＞	＜検査管理不良＞		液化窒素荷卸し作業終了後の点検で、蒸発器より微量な漏えいを発見した。 加圧器入口弁と、気相締切弁を閉止し漏えいは停止した。	1年以上3年未満
59	消費	液化炭酸ガス漏えい事故	9/9	大阪府	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		その他(飲食店)	容器、安全弁	＜貯蔵中＞	＜検査管理不良＞			防災センターの職員が地下1階飲食店の更衣室兼倉庫から漏気音が聞こえたため倉庫を開けたところ、液化炭酸ガスボンベ1本からガスが漏えいしていることを確認し、警備会社及び消防に通報した。	

2024年に発生した高圧ガス保安法事故一覧表
その他の災害事故

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
1	その他	LPガス漏えい火災事故	7/6	大阪府	0	1	0	1	液化石油ガス	C1	漏洩	火災	その他(高圧ガス販売所)	容器本体	＜荷役中＞	＜容器管理不良＞		裸火（バーナー）	ハンドトーチバーナーをLPガス容器に接続し、バーナーから火を噴出させた状態でバーナーの点検・修理作業を行っていた。 この際、後方の軽トラックの荷台に積んでいたLPガス容器が転落し、転落したLPガス容器から噴出したガスにハンドトーチバーナーの火が引火し、火災に至った。	
2	その他	圧縮アセチレンガス容器漏えい火災事故	5/4	神奈川県	0	0	2	2	アセチレン	C1	漏洩	火災	その他	容器、安全弁	＜貯蔵中＞	＜その他＞(もらい火)	＜容器管理不良＞	裸火	自宅敷地内の玄関前に残置されていた物品が何らかの原因により燃え、付近に残置されていた圧縮アセチレンガス容器(12.5リットル)1本が火にあぶられた。 当該容器の可溶栓からアセチレンガスが噴出、引火し、住宅の外壁等が焼損した。	
3	その他	マニホールドチャージホース事故	5/15	神奈川県	0	0	1	1	酸素	C1	破裂破損等		その他(家庭用電化製品修理)	その他(高圧ホース)	＜その他＞(業務準備中)	＜操作基準等の不備＞	＜誤操作、誤判断＞		冷蔵庫の修理時に通常、窒素ガスで行う窒素ブローの作業を、窒素ガスと調整器(減圧弁)のセットが見つからないため、窒素の代用として酸素でブローできないか確認しようとした。 事業所内の駐車場で酸素ボンベ・バルブ(アダプター)・マニホールドを接続、酸素ボンベのバルブを一瞬開けてすぐ閉め、バルブを開けた瞬間、マニホールドのホースが大きな音と共に破裂した。	
4	その他	液化石油ガス漏えい火災事故	11/11	北海道	0	0	1	1	液化石油ガス	C1	漏洩	火災	その他(高圧ガス販売)	その他(LPガストーチバーナー)	＜消費中＞	＜検査管理不良＞		裸火	当該事業所従業員が、顧客から預かった鋳物コンロの清掃のためトーチバーナーを使用中に、ホースに亀裂が入りガスが漏えいした。 その際、バーナーの炎が漏えいしたガスに引火し、使用者(事業所従業員)が右腕に火傷を負った。 直ちに容器バルブを閉止し、トーチバーナーの使用を中止した。	
5	その他	漏洩ガスへの引火事案	12/25	長崎県	0	0	1	1	ブタン	C1	火災		窯業	その他(ガス消費設備(焼成炉))	＜停止中＞	＜誤操作、誤判断＞		静電気	焼成炉のガス着火が正常に出来ない為、焼成炉メーカーに調査依頼し、ブタンガスの再液化が原因との事で、液抜きしたが着火しない為販売店へ連絡。 現場調査を行い配管の一部に再液化したガスが滞留している事が原因と推測し、販売店担当者が不具合原因解消の為、プラグ止めしていたドレンポットより液抜きしたガスをバケツに受けていた。 火気は無かったもののバケツ内のガスに着火したため、近くにあった消火器ですぐに消火致した。	1年以上3年未満
6	その他	貯蔵所における輸入容器からの硫化水素漏えい事故	2/3	神奈川県	0	0	0	0	その他(硫化水素)	C1	漏洩		運送	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞(調査中)			輸入した高圧ガス容器(硫化水素・600kg)を、検査、通関後に物流センター倉庫に保管していた。 2024年2月3日(土)16時00分頃、当該倉庫の検知器でセレン化水素の警報発報。 17時00分頃、外周より現場確認、警報確認、除害装置の起動確認、全ての検知器の数値0を確認した。 庫内吸引ダクトの稼働を音により確認。 21時00分頃、検知器の数値が0であることを確認し、警報を解除した。 2月4日(日)、検知器の数値が0であることを確認後、シャッター全開放。 酸素吸入器を装着し、庫内の製品を確認しセレン化水素検知器に反応する物が無いことを確認した。 14時00分頃、硫化水素の容器付近化わずかな臭気が感じられ、漏えい製品の推定に至る。 2月5日(月)、当該硫化水素の輸入者により、現物確認を行った。 石鹸水スプレーをバルブ付近に吹き確認したが、漏えいは確認されなかった。 2月6日(火)、硫化水素専用検知機により検査を行い、漏えいを検知した。 関係者の一致した見解として、フランジパッキンの不具合の可能性ありとなった。 4月6日～7月7日、ポータブル漏えい検知器による漏えい反応無し。 7月8日、物流センターから輸入会社工場に移送。 7月9日～7月12日、無害化処理実施後、窒素ガス封入、異状なし。 7月30日～、工場より物流センターを経て、生産国へ輸送。事故原因究明予定。	
7	その他	アンモニアタンク受入弁グランド部からのアンモニアガス漏えい	4/19	沖縄県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		電気	バルブ	＜荷役中＞	＜その他＞(グランド部からの微量漏えい)			液化アンモニア受入終了後の残液圧送中に、タンク受入弁グランド部よりアンモニアガス漏えい発生。 残液圧送を一時中断し、グランド部増締め実施。 増締め後、漏れが収束したことから残液圧送再開。	20年以上(41年)
8	その他	液化窒素の漏えいによる配管破損事故	5/2	山梨県	0	0	0	0	窒素	C1	漏洩		一般化学	コールド・エバポレータ、配管	＜停止中＞(検査・点検中)	＜操作基準等の不備＞	＜誤操作、誤判断＞		2024年5月2日09時30分頃、窒素発生装置の定期修理中に、自動調節弁の駆動部を外したところ、上流側の液化窒素タンク元弁が開いていたため、、液化窒素が高圧ガス設備及びガス設備吸着塔まで逆流し、その間の配管溶接部に亀裂が生じ外部に漏えいした。	20年以上(25年)

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
9	その他	第1種貯蔵所で発生した水素ローダー落下事故	5/15	神奈川県	0	0	0	0	水素	C1	破裂破損等		その他(非鉄金属製造)	配管	＜荷役中＞	＜誤操作、誤判断＞			車両を所定位置に移動、残ガスローダー積込みのため車両アウトリガー設置、引き揚げ路レール設置等準備 水素ガスローダーを引き揚げるためのワイヤーフックを水素ガスローダーに接続し、操作開始 ウインチを稼働させ引き揚げ開始、その後巻き取りワイヤーの緩みを確認 ワイヤーが固定されず、水素ローダーが落下、車両停止アングルを乗り越え、受入・遮断弁ユニット架台に衝突し停止 残ガスローダー元弁、水素高圧ストップ弁及びブロー弁が閉であったため、水素ガスの漏えいは無し	
10	その他	液化アンモニア漏えい事故	6/20	富山県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		電気	配管、継手	＜貯蔵中＞	＜締結管理不良＞			2024年6月20日19時18分、ガス検知器が発報したため現場確認したところ、液化アンモニア貯槽周辺1m程の範囲でアンモニア臭を感じた。 貯槽払出遮断弁フランジ締結部から、アンモニアの白煙が生じていることを確認した。 19時24分、貯槽元弁及び当該弁下流の弁を閉止し、漏えいを停止するととも、漏えい箇所に注水し除害を行った。 液封を防ぐためにブロー弁を開とし、配管の圧力降下措置を行った。	20年以上(33年)
11	その他	ローリー荷役作業中のアンモニアガス噴出・漏えい事故	7/12	徳島県	0	0	0	0	アンモニア	C1	漏洩		運送	タンクローリ、フレキシブルホース	＜荷役中＞	＜検査管理不良＞			事故当時アンモニア製造設備(高圧ガス設備)の荷役作業中であった。 7月12日08時30分頃から、荷役作業前の気密試験(窒素ガス：1.4MPa)を実施し、異常がなかったため送液バルブを開放し、実ガス(液化アンモニア)の荷役作業を開始した。 数分後に、アンモニア臭がしたため、周辺を確認し、フレキシブルホースから噴出・漏えいしている事を特定した。 直ちに荷役作業を中止し、荷役配管およびフレキシブルホース内の安全化作業(真空引き)を実施した。 ポータブルガス検知器で周辺を確認し、漏えいが収まったことを確認した。 荷役作業用のローリーは、高圧ガス範囲(気液混合：0.9MPa)であり、アンモニアガスの漏えい量は、0.025㎥である。 当日17時頃、県に通報した。	10年以上15年未満
12	その他	炭酸ガス漏えい事故	11/22	東京都	0	0	0	0	炭酸ガス	C1	漏洩		その他(下水処理)	容器、バルブ	＜停止中＞(検査・点検中)	＜誤操作、誤判断＞			2024年11月22日(金)14時頃、消防法第17条の3の3に基づく点検業者によるセンター内発電機・特高受電棟内発電機室の消防設備保守点検において、窒素ガス放出試験を行った。 放出終了後、炭酸ガスボンベが設置されている室内にいた点検業者が、炭酸ガスボンベからのガス噴出音に気付き室内から退避した。 炭酸ガスボンベの容器弁は一度開放されると閉止できないため、ボンベが空になるまで漏えいが続いた。	20年以上(20年)
13	その他	容器延焼事故	1/13	大阪府	0	0	0	0	プロパン	C2	その他(高圧ガスを充填した容器が火災により危険な状態となった)		自動車	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞(火災)			火災が発生し、1F倉庫内に貯蔵していた容器が火災により熱の影響を受けた。 なお、火災原因は高圧ガスによるものではない。	1年未満
14	その他	LPGの漏えい事故	1/24	茨城県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		その他(省エネルギーサービス)	その他(気化器)	＜貯蔵中＞	＜点検不良＞			2024年1月24日10時頃、循環温水から可燃性ガスの反応があり、貯槽の気化器よりLPGが漏えいしていることを確認した。 漏えい箇所を縁切りし、圧力の下がり方を見る限り、カニ泡程度の漏れと思われる。 気化器を開放していないので、漏えい箇所と漏れ具合の詳細な断定はできていない。 当該機器は、現在は縁切りした状態であるため、漏えいは停止しており、今後は当該機器を使用しない予定であるため、撤去予定。	15年以上20年未満
15	その他	液化石油ガス漏えい事故	1/25	和歌山県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		一般化学	その他(バルク貯槽高圧ホース)	＜荷役中＞	＜その他＞(経年劣化)			ガス補給会社が荷役中に臭気を確認、消費事業所担当者に伝えた。 担当者から連絡を受けた供給会社作業員が現場に向かい、980kgバルク貯槽の高圧ホースからガスが漏えいしているのを発見した。 液相バルブとラインバルブを閉止し、漏えいを停止させた。	20年以上(23年)
16	その他	LNGサテライト内LNG漏えい事故	2/6	福島県	0	0	0	0	その他(液化天然ガス)	C2	漏洩		電気	継手	＜貯蔵中＞	＜その他＞(経年劣化)	＜自然災害＞		通常ガスの使用中に場内でガス漏れ警報器が作動し確認したところ、第一種貯蔵所出口の弁付近からのガス漏れを発見した。 弁本体のフランジ式継手の固定ナットを増し締めし、ガス漏れを止めた。	5年以上7年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
17	その他	水素ガス漏えい事故	3/19	福島県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他（研究所）	その他(減圧弁(圧力調整器))	＜貯蔵中＞	＜その他＞(経年劣化)			水素ガスカードル貯蔵庫に納入された水素ガスカードル(充てん圧力19.6MPa)を貯蔵庫内の配管に接続し、バルブを開放したところ、配管の途中にある減圧弁から水素ガスが漏えいした。 直ちにバルブを閉止し、漏えいは収まった。	
18	その他	分析用二酸化炭素の容器からの二酸化炭素漏えい	3/19	神奈川県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		一般化学	容器、破裂板	＜貯蔵中＞	＜誤操作、誤判断＞	＜操作基準等の不備＞		2024年3月19日13時30分頃、当該事業所社員が、事前に事業所に届けられていた1本の二酸化炭素容器(約3kg)が収納された木箱から音がすることに気付いた。 木箱を開放したところ、木箱内側に霜が付き、安全弁付近からガスが噴出している状況を発見した。 直ちに木箱ごと容器を換気のできる部屋に移動し、換気扇を付け退室し、ガスが抜けるのを待った。 3月19日15時50分頃、同社環境安全部の担当者から、消防宛て電話で事象を報告した。	
19	その他	水素漏えい	3/23	山口県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		一般化学	配管、バルブ	＜貯蔵中＞	＜操作基準等の不備＞			水素室高圧側圧力計において圧力低下警報が発報したため現場確認を実施したところ、携帯ガス検知器により減圧弁リリーフポートから水素漏えいを確認した。 当該減圧弁の一次側及び二次側のバルブを全閉し、脱圧することで漏えいを停止させた。	1年未満
20	その他	フルオロカーボンガス容器漏えい事故	3/26	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	容器本体	＜荷役中＞	＜設計不良＞			運輸会社が自社の倉庫において容器の出荷作業中、他の容器に比べ軽く感じたフルオロカーボンガス容器を2本発見したため、販売店へ連絡した。 販売店にて当該容器2本を調査したところ、容器のバルブと容器のつなぎ目付近にピンホールを発見した。	
21	その他	LNG貯蔵施設付帯の気化器内配管からのガス漏えい	4/18	山梨県	0	0	0	0	天然ガス	C2	漏洩		その他(繊維製品・プラスチック成型)	コールド・エバポレータ、配管	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(温度変化による配管の疲労破壊)			気化器の給水タンク内で気泡が断続的に発生していたため、ガス検知器でタンク内を検査したところ作動確認。 気化器のバルブを閉止し、漏れが停止したため、気化器配管からの漏えいと判断した。	15年以上20年未満
22	その他	水素ガス設備の漏えい事故	4/25	福島県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		電気	配管、継手	＜停止中＞	＜その他＞(配管エルボ部の水素脆化及び経年劣化により減肉)			水素ボンベ業者が水素ガスボンベ設備(予備用側)のボンベ取り替え後のリークチェック圧力が前回より低下していることを確認(14MPaから10MPa)し、水素ガスボンベヘッダー出口配管エルボ部の微少漏えいを発見した。	20年以上(41年)
23	その他	水素ガス設備の漏えい事故	5/1	福島県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		電気	配管、継手	＜停止中＞	＜その他＞(配管エルボ部の水素脆化及び経年劣化により減肉)			水素ボンベ業者が水素ガスボンベ設備(予備用側)のボンベ取り替え後のリークチェック圧力が前回より低下していることを確認(14MPaから13MPa)し、水素ガスボンベヘッダー出口配管エルボ部の微少漏えいを発見した。	20年以上(41年)
24	その他	LNG貯蔵設備付帯の気化器内配管化のガス漏えい	5/20	山梨県	0	0	0	0	天然ガス	C2	漏洩		その他(繊維製品、プラスチック成型)	コールド・エバポレータ、蒸発器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜その他＞(温度変化による配管の疲労破壊)			当該気化器と別の1台についてガス漏れ修理を実施後、気化器へ温水を供給する配管内のエアー抜きを行いガスの検知を行ったところ、当該気化器の温水配管からガスを検知した。 ステンレス製タンク下部継手溶接部に亀裂(約10mm)を確認した。	15年以上20年未満
25	その他	LPガス漏えい事故	6/3	愛知県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩		食品	配管、継手	＜その他＞(充填開始時)	＜締結管理不良＞			バルク貯槽に充填しようとローリーのカップリングを貯蔵へ挿してポンプを作動させたところ、貯槽側カップリングと液取入弁元弁の間からガスが噴出した。	1年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
26	その他	容器延焼事案	6/25	千葉県	0	0	0	0	プロパン	C2	その他(炎に焙られ容器が危険な状態となった)	漏洩	その他(焼付塗装)	容器、バルブ	<その他>(調査中)	<その他>(火災の延焼)			2024年6月25日18時55分頃、事業所内より発生したと思われる火災が、事業所全体に延焼し、保有する高圧ガス容器8本が炎に焙られた。 焙られた容器のうち、一部には残ガスがあったが、バルブ等が損傷し噴出した。	
27	その他	一般民家の風呂用で使用する液化炭酸ガスの漏えい	7/7	愛知県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	漏洩		その他(民家:住居中)	容器、安全弁	<貯蔵中>	<容器管理不良>			一般住宅の風呂用で使用する液化炭酸ガス30kg容器が2本設置されており、うち予備で設置されている1本(配管接続無し)が、直射日光による容器の温度上昇により内圧が上昇し安全弁が作動してガスが漏えいした。	7年以上10年未満
28	その他	発電機室消火設備ボンベからの窒素誤放出事故	7/9	東京都	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		その他(オフィス、商業施設、その他)	容器、バルブ	<貯蔵中>	<誤操作、誤判断>			窒素消火設備点検作業の放出試験時に、放出用テスト容器の接続先を間違えて、ガス加圧ラインにテスト用ガスを送った。 加圧された窒素ガスが誤って放出された。 7月9日09時00分、KYミーティングを行い、消防用設備点検を開始する。 10時30分、29階の不活性ガス消火設備の点検を終え、8階へ移動し準備を開始する。 11時10分、放出試験開始後、放出時のガス量の違いからテスト用ガスではなく本ボンベ内ガスが放出されていると気づき、ボンベ室へ戻り放出試験を中止。 中止後、テスト用ボンベの接続間違え及び本ボンベ設置のゲージ目盛りを確認し、61本中17本が放出されたことを確認する。 確認後、作業責任者より統括作業責任者へ報告。 11時15分、統括作業責任者より関係各所へ現況報告を行う。 12時30分、点検業者他2名、高圧ボンベメーカー責任者が現場に到着。 消防の現場検証が行われる事を統括作業責任者より報告を受ける。 14時30分、消防の現場検証の開始。 15時30分、消防の現場検証が終了し、消防から本日中に現場復旧し、翌朝08時00分～08時30分までに報告するように指示を受ける。 15時45分、復旧用ボンベの搬入経路の確認および搬入経路上に養生を行う。 16時45分、KYミーティングを行い、復旧作業を開始する。 19時00分、復旧作業終了後、設備中央監視室へ報告を行う。 現場確認を行い、不活性ガス消火設備を正常状態に戻す。 19時20分、設備中央監視室および防災センターにて報告書を作成し提出、退館。 7月10日08時30分、統括作業責任者より電話にて消防へ不活性ガス消火設備の復旧完了の報告。 その後、消防への報告。	3年以上5年未満
29	その他	カードル庫水素ガス漏えい事故	8/1	神奈川県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		その他(都市ガス)	配管、継手	<貯蔵中>	<締結管理不良>			2024年8月1日11時24分頃、水素カードルと連結管を接続するネジ部から水素ガスが漏えいした。	10年以上15年未満
30	その他	FCCプロピレン導管からのプロピレン漏えい	8/25	三重県	0	0	0	0	その他(プロピレン)	C2	漏洩		石油化学	配管	<その他>(転送中)	<腐食管理不良>	<施工管理不良>		2024年8月25日08時33分頃、製造所内にある移送導管(他社からの受け入れ)からプロピレンの漏えいを発見、直ちに送出を停止し、導管の脱圧を実施した。 漏えい箇所は導管の架台接触部に施工した防食テープの端部近傍で直径0.08mmのピンホールを確認、応急対応として脱圧後に漏えい箇所へのバンド当て補修を実施した。	20年以上(45年)
31	その他	LNG貯槽付帯の気化器内配管亀裂に伴う温水循環配管からのガス検知	8/27	山梨県	0	0	0	0	天然ガス	C2	漏洩		その他(繊維製品・プラスチック成型)	コールド・エバポレータ、蒸発器	<消費中>	<その他>(温度変動による影響と推定)			ガス消費中にガス漏れ検知警報発報。 警報盤確認により、気化器へ温水を供給する配管ラインに設置の膨張槽でのガス漏れ検知であった。 膨張槽内を目視確認すると、気泡の発生が確認でき運転中の気化器からのガス漏れと推定した。 過去の漏えい実績も、同様に膨張槽で気泡が確認された。	15年以上20年未満

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
32	その他	LNG貯蔵設備付帯の気化器内配管亀裂に伴う温水循環配管からのガス検知	8/27	山梨県	0	0	0	0	天然ガス	C2	漏洩		その他(繊維製品、プラスチック成型)	コールド・エバポレータ、配管	＜消費中＞	＜その他＞(温度変動による影響と推定)			日中のガス消費中にガス漏れ検知による警報が発報した。 警報盤を確認すると気化器へ温水を供給する配管ラインに設置の膨張槽でのガス漏れ検知であった。 膨張槽内を目視確認すると気泡の発生が確認でき、運転中の気化器からのガス漏れと推定できた。 過去に発生した気化器からのガス漏れの際も、同様に膨張槽で気泡が確認された.	15年以上20年未満
33	その他	LPガス漏えい事故	9/20	愛知県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	破裂破損等	漏洩	自動車	安全弁	＜貯蔵中＞	＜シール管理不良＞			2024年9月19日(木)、安全弁が作動したため、安全弁元弁を閉止した上で一晩放置した。 9月20日(金)、元弁を開放したところ再度安全弁からガスが噴出したことから、異変を認知した。	7年以上10年未満
34	その他	LPガスボンベから噴出したガスへの着火	9/27	京都府	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	漏洩	火災	その他(民家:住居中)	容器、安全弁	＜貯蔵中＞	＜その他＞(火災の熱による安全弁作動)		裸火	バーベキュー用に、LPガスボンベ5kg1本を販売業者から購入し、自宅2階に保管していた。 火災発生時使用なし。 自宅に隣接している小屋から火災が発生し、自宅へ延焼。 保管していたLPガスボンベが火災による熱でボンベ内の圧力が上昇したため、安全弁が作動し、噴出したLPガスに着火した。	
35	その他	発電設備窒素ガス漏えい事故	10/5	栃木県	0	0	0	0	窒素	C2	漏洩		電気	その他(圧力計)	＜貯蔵中＞	＜その他＞(経年劣化)			2024年10月5日、当該発電所は通常運転中であった。 00時40分、運転員による巡視点検中、ガスタービン建屋内の高圧ガスボンベ保管設備にて、15本中1本の窒素ガスボンベに付属する圧力計の圧力が通常より低いことを確認した。 通常圧力値28MPa、当該圧力計指示値14MPa。 漏洩箇所を特定できずに経過観察。 17時48分、経過観察のために現場確認すると圧力計指示値が12MPaになっていた。 圧力計頭頂部のブローアウトキャップが外れており、窒素ガス漏洩を確認した。 当該圧力計を取り外しボンベからのガス漏洩は解消。 10月7日午前中、保全担当者にて同型式の新品の圧力計を取り付けた。	5年以上7年未満
36	その他	野外放置容器(所有者不明)からのLPガス漏えい	10/20	長野県	0	0	0	0	プロパン	C2	漏洩		その他	容器、バルブ	＜その他＞(何者による屋外放置)	＜その他＞(何らかの原因によりバルブが開かれた)			現場周辺の住民から「ガスの臭いがする」との通報が消防にあったため、消防が現場を確認。 現場周辺にLPガスの放置容器1本があり、その容器のバルブから漏えいしていることが判明。 バルブ閉止して漏えいを止めた。 漏えいした原因は不明。	
37	その他	フルオロカーボン漏えい事故	11/13	北海道	0	0	0	0	その他(フルオロカーボン)	C2	漏洩		機械	冷凍設備、凝縮器	＜停止中＞(検査・点検中)	＜施工管理不良＞			フリーザー設備の新設を受注した設備会社の作業員が、屋外冷媒配管の防熱工事作業を足場最上段(高さ約6.5m)で行っていた。 作業員の腰袋に入れていた板金加工用はさみが足場の手すりに引っかかり落下。 落下したはさみが、新設フリーザー用に設置した空冷式凝縮器に接触して凝縮器配管部にピンホールが生じ、充てん済みであった冷媒約30kgが噴出した。	新設試運転中
38	その他	水素貯蔵所水素ガス噴出	11/13	愛知県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		自動車	配管、バルブ	＜貯蔵中＞	＜誤操作、誤判断＞			当該事業所は水素カードルの貯蔵中(140m³×6基、水素)であった。 2024年11月13日14時45分頃、当該事業所の請負作業者1名が貯蔵所内の水素ガスカードル1基の交換作業を実施するために配管部の脱圧作業を実施していた。 カードルの元バルブを閉め忘れた状態で大気解放用のバルブを操作したため水素ガスが大気放出管から噴出した。 通常時と異なる大きな音がしたため元バルブを閉めたところ、天井に取り付けられた水素検知機が1,000ppmの水素を検出し、警報を発報した。 周囲状況を確認し被害や破損、出火等が無いことを確認した。	7年以上10年未満
39	その他	水素窒素集中供給装置からの水素漏えい	11/20	三重県	0	0	0	0	水素	C2	漏洩		電気	安全弁	＜貯蔵中＞	＜点検不良＞			水素ガス供給装置において、気密試験(1回/年)を実施したところ、水素供給母管安全弁のシートリークによる水素ガスの微量漏えいを確認した。	20年以上(21年)
40	その他	冷媒(410A)容器の可溶栓溶解による漏えい事故	11/26	岡山県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(空調メンテ)	容器、安全弁	＜貯蔵中＞	＜容器管理不良＞			2024年11月19日、空調機メンテナンスのため顧客訪問し、冷媒410A(7.0kg)を20kg容器へ回収する。 11月26日に再生処理の手続きを行うために容器の重量を計測したところ、当該容器内が空であったため当該容器の漏れ検査を実施したところ、可溶栓部（安全装置）の溶解により冷媒ガスが漏えいしていることが判明する。 当該事業所の容器管理者は、漏えいを覚知した際に管轄行政庁への事故報告義務を把握していなかった。 その結果、上司への報告がなされておらず、その後、2024年3月に当容器管理者が退職したこともあり、事故報告の遅延に至る。 2024年11月26日、同様の事故が発生し、上司が従業員から報告を受けたことで過去に遡って調査したところ、4件の事故を覚知、当局への通報に至った。 4件ともに回収容器は別のものである。	

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要	備考（使用年数等）
41	その他	ボンベ可溶栓破損による冷媒ガス漏えい事故	12/3	徳島県	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	漏洩		その他(空調工事)	容器、安全弁	＜貯蔵中＞	＜点検不良＞			2024年11月1日、病院の空調機の修理作業時に冷媒R410Aを4.6Kg回収。 12月3日サービスステーションにて再生処理の手続きをする際、冷媒ボンベの重量を測定すると、空の重量と一致したため、漏れ検査を実施したところ、可溶栓から漏洩し放出されていたことが判明した。 人的・物的被害なし。	
42	その他	フロンガス(R404A)漏えい事故	12/10	千葉県	0	0	0	0	フルオロカーボン404A	C2	漏洩		一般化学	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞（調査中）			R404Aを輸入し、外部契約している倉庫に搬入した。 リークディテタで検査を実施、ガスを検知したため、反応箇所に石鹸水をかけた所、カニ抱(気泡)を確認した。 漏えい容器は風通し良い場所に分離して保管。 残ガス回収業者を手配し、回収作業を実施した。	

2024年に発生した高圧ガス保安法事故一覧表
盗難・紛失事故（製造事業所）

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要
1	製造事業所（一般）	窒素容器の盗難事故	2/10	千葉県	0	0	0	0	窒素	C2	その他（盗難）		その他(工事現場)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜容器管理不良＞			改装現場に置いてあった窒素ボンベ1本が盗難被害にあった。 改修工事期間中、建物内に窒素ボンベを置いていたが、他業者工事の邪魔になるため、敷地内の屋外へボンベを置いた。 2024年2月8日17時00分に作業が終わり現場を離れ、2月10日07時00分に現場に到着した際、置いてあった窒素ボンベが無いことに気づき盗難を確認した。
2	製造事業所（LP）	LPガス用溶接容器喪失	9/10	長野県	0	0	0	0	プロパン	C2	その他（盗難）		充填所	容器本体	＜貯蔵中＞	＜盗難＞			2024年9月6日(金)、新容器(8kg)2本を充填 9月10日(火)、担当者が取引先に届けようとしたところ、1本しか確認できなかった。 取引先、関係社員に確認したが見つからなかったため、喪失が発覚。 当該事業所は、夜間休日は入口は施錠されているが、容器置場は施錠されていない。 セキュリティシステムは事務所のみで、容器置場には設置されていない。警備員等の配置もなし。
3	製造事業所（LP）	LPガス容器盗難事故	10/21	香川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他（盗難）		充填所	容器本体	＜その他＞(充填後保管中)	＜盗難＞			2024年10月8日(火)、工場で販売店容器の検査を完了し、本社工場へ運搬。 本社工場にてガスの充填完了後に、充填員及び事務員で確認。 販売店より配達依頼があるまで本社工場充填容器置場に保管していた。 10月21日(月)、販売店より配達依頼があり、車両に積込をしようとした際にLPガス容器が無い事に気付いた。 出先への誤配送、客先への誤配達、社員緊急用容器の確認作業を11月7日(木)まで実施したが発見できなかったことから、警察へ盗難届を提出した。 警察による現場確認があり、県LPガス協会及び県へ報告を行った。

2024年に発生した高圧ガス保安法事故一覧表
盗難・紛失事故（移動中）

番号	code	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要
																	該当事故無し			

2024年に発生した高圧ガス保安法事故一覧表
盗難・紛失事故（消費）

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要
1	消費	プロパンガス容器の喪失事故	2/20	青森県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他（紛失）		建設	容器本体	＜その他＞(保管中)	＜自然災害＞			2024年2月21日(水)17時30分頃、建設現場の現場代理人から「2月19日夜から20日朝にかけて、日中の気温上昇で雪解けが一気に進み洪水が発生、資材と一緒に容器2本が川へ流出し、下流を捜索したが見つからない」との連絡が販売業者に入った。 販売業者は22日(木)10時頃に現場を確認したところ、既に復旧していたため現場代理人の立会いの下、状況説明を受け現状を確認したが容器は見当たらなかった。 26日(月)、警察に対して遺失届を提出し受理された。 無くなった容器は、消費者に土木工事現場向け(解氷、乾燥)に10kg容器を2本貸し出していた。
2	消費	高圧ガス容器喪失事故(窒素ガス容器の喪失)	2/29	広島県	0	0	0	0	窒素	C2	その他（紛失）		その他(高圧ガス消費事業所)	容器本体	＜その他＞(不明)	＜容器管理不良＞			2024年2月29日、冷媒導管の気密試験用に用いられる窒素ガス容器(1.5㎥×1本)が喪失していることが発覚した
3	消費	高圧ガス(酸素)容器の喪失	3/8	宮崎県	0	0	0	0	酸素	C2	その他（紛失）		その他（会社事務所）	容器本体	＜貯蔵中＞	＜容器管理不良＞			1998年11月13日、0.5㎥酸素ボンベ納入 2018年8月3日、0.3㎥酸素ボンベ納入 2024年3月1日、販売店により定期的に送付される高圧ガスボンベ出荷明細書を消費者が受領 3月8日、出荷明細書内にあるボンベのうち2本の所在が確認できず、販売店及び県に報告
4	消費	アセチレンガス及び酸素容器の盗難事故	3/14	宮城県	0	0	0	0	その他(アセチレン、酸素)	C2	その他（盗難）		その他(橋梁建設現場)	溶接・溶断機器	＜貯蔵中＞	＜容器管理不良＞			2024年3月13日(水)19時30分、工事作業を終え、アセチレンガス容器(7.1kg)2本、酸素容器(7㎥)4本を現場に残し帰宅。 3月14日(木)07時00分、作業を再開しようとしたところ、アセチレンガス容器1本、酸素容器2本が無くなっていることに気付いた。 直ちに容器所有者に連絡すると共に、警察に被害届を提出した。
5	消費	高圧ガス(酸素)容器の喪失	3/18	宮崎県	0	0	0	0	酸素	C2	その他（紛失）		一般化学	容器本体	＜貯蔵中＞	＜容器管理不良＞			2023年10月より、消費者及び販売店両者により当該ボンベの所在について調査 2024年3月18日、所在が確認できないため、県に報告 2018年に、今回事故届を提出したボンベと同日に納入された別のボンベの廃棄履歴が残っており、その際に併せて廃棄した可能性もある
6	消費	高圧ガス容器流失事案	3/24	熊本県	0	0	0	0	その他(アセチレン、液化石油ガス、酸素、アルゴン)	C2	その他（紛失）		その他(工事現場)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜自然災害＞			当該工事現場は、一級河川河口付近で川の半分を締め切って、堰の工事を実施していた。 流出容器のガスは溶断で使用していた。 施工に当たり、河川の右半分を堰き止めて作業スペース及び作業道を造成し、造成地には作業用の資材及び容器を留置していた。 容器は鎖で固縛されていた。 2024年3月24日(日)、前日からの大雨により当該河川が増水した。 同日15時30分頃、ガス容器(アセチレン2本、LPG2本、酸素14本、アルゴン7本、計25本)及び資材等の流出を下請事業者が覚知した。 下請事業者により発注者及び販売店に報告があり、発注者を通じて河川事務所、漁協へ報告がなされた。
7	消費	空気ボンベ喪失事故	3/28	岩手県	0	0	0	0	空気	C2	その他（紛失）		その他(消防署)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜容器管理不良＞			当該消防本部では空気ボンベを135本所有し、消防職員が各種訓練、火災現場、救助現場等に使用しているが、そのうち1本(容量4.7リットル、充填圧力29.4MPa)を喪失した。 当該ボンベは2022年6月28日、県救助技術指導会に職員1名が訓練用として使用している。 その後、当該職員は貯蔵庫へ保管したと証言している。 貯蔵庫の空気ボンベは必要に応じ各種訓練、車両への積載、現場活動、エアテント及びゴムボートの設営などいろいろな用途で使用している。 その際、他署所への貸し出し以外は帳簿の記入をしておらず、いつの時点で喪失したかは不明。 2023年度、3年ごとの耐圧試験の対象であったため、在庫を確認したところ、当該空気ボンベの所在が不明となっていることが判明。 全所属、全職員に確認するも見つけることができず、2024年4月1日に事故届書を提出。
8	消費	プロパンガス容器の喪失事故	4/1	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他（紛失）		その他(法人)	容器本体	＜その他＞(不明)	＜容器管理不良＞			2023年6月、販売事業者は、消費者に搬入(2022年10月19日)した容器が返却されていないため、容器返却依頼を行った。 2023年9月、消費者は販売事業者に対し、当該容器の所在が確認できなかった旨報告。 近隣営業所の持ち込みの可能性もあるため、販売事業者と協議のうえで確認期間を設けた。 2024年4月、期間内に容器は発見されず、容器喪失と判断した。

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要
9	消費	窒素ガスボンベの喪失	4/18	茨城県	0	0	0	0	窒素	C2	その他（紛失）		その他(発電所)	容器本体	＜その他＞(保管中)	＜容器管理不良＞			当該販売店が、当該消費者に2015年より窒素ガスを販売し、容器3本を貸与していた。 当該消費者は、窒素ガスを風力発電所の点検業務で使用していたが、2016年より同発電所の点検業務から撤退した。 当該販売店は、当該消費者に、容器の返却を求めたところ、3本中1本だけ返却された。 その後も継続して返却を求めてきたが、当該消費者は調査中と回答するばかりで進展が見られなかった。 2023年7月、当該販売店が当該消費者に対し、残り2本の窒素ガス容器の本格的な調査を改めて催告したところ、同年8月に再調査を行った。 調査の結果、窒素ガス容器2本が喪失していることが発覚した。 喪失した容器は、窒素ガス10リットル容器×2本
10	消費	アルゴンガス容器の盗難事故	45408	愛知県	0	0	0	0	その他(アルゴン)	C2	その他（盗難）		その他(中古車販売)	容器本体		＜盗難＞			容器所有者より販売店を経由しエンドユーザーへアルゴンガスを納品していた。 2024年2月に、消費者であるエンドユーザーの破産手続についての通知が販売店に届き、貸与品であるアルゴンガスボンベ2本の返却を弁護士事務所に依頼した。 4月26日に弁護士事務所から回答があり、2月～4月の間に消費場所に置いていた容器が盗難に遭い、当該容器の所在が確認できないという内容であった。
11	消費	アセチレンガス容器盗難事案	6/6	熊本県	0	0	0	0	その他(アセチレン、酸素)	C2	その他（盗難）		その他(消費先)	容器、調整器	＜その他＞(消費先での容器盗難)	＜盗難＞			・石材店工場の解体作業を2024年6月5日(水)から6月6日(木)にかけて、①届出者、②A(届出者知人・当該工事請負者)、③B(A知人)の3名で施工。 ・Aが持ち込んだ資材(LPG)による進捗が芳しくなかったため、6月6日、届出者の酸素容器(7㎥)とアセチレンガス容器(7kg)を持ち込んで解体作業実施。 　ガス容器は敷地の隅(道路の横)に置いて施工 ・同日16時頃、解体作業で出たスクラップ品を、届出者とAで運搬して約1時間後に解体現場に戻ると、Bは既に現場から撤収していた。 　この時、高圧ガス容器が無かったため、Bが持っていると思い、届出者とAもそのまま帰宅。 ・後日ボンベを回収すべく、届出者がBに連絡を取るも不通。また、Bの名刺に記載された住所を訪ねたが、Bは存在していなかった。 ・6月21日、警察に盗難届を提出。 　Bの車のナンバーも報告しているが、現在も発見には至っていない。
12	消費	酸素、アセチレン容器喪失	6/23	福井県	0	0	0	0	その他(アセチレン、酸素)	C2	その他（紛失）		その他(ダム工事現場)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞(紛失)			2024年6月23日(土)、工事現場にアセチレンガス7kg容器2本、酸素ガス7㎥容器2本を保管していた所、土砂災害により地盤が崩壊し、土砂と共に容器4本が工事現場から流出した。 6月24日(月)、事故の概要について、販売店から県へ連絡するとともに、所轄の消防へ連絡した。
13	消費	LPガス及び酸素ガス容器の盗難事故	6/26	千葉県	0	0	0	0	その他(液化石油ガス、酸素)	C2	その他（盗難）		その他(解体作業現場)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜盗難＞			当該事故現場にて保管していたところ、入口を破壊され容器が盗難にあったことを後日確認し、警察に通報した。 事情聴取完了、被害届受理済。
14	消費	高圧ガス(窒素)容器の喪失	6/27	宮崎県	0	0	0	0	窒素	C2	その他（紛		一般化学	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞(紛失)			2017年9月4日、ボンベ納入 2024年5月、当該消費者により当該ボンベの所在について調査 2024年6月27日、所在が確認できないため、県に報告
15	消費	高圧ガス容器盗難事故	9/8	大分県	0	0	0	0	その他(アセチレン、酸素)	C2	その他（盗難）		その他(現場倉庫)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜盗難＞			盗難被害にあった高圧ガス容器は、消費作業終了後に現場倉庫に施錠して保管していた。 2024年9月8日12時頃、作業者が施錠された倉庫に保管していた高圧ガス容器及び切断器等器具一式が盗難被害にあっていることを確認し、警察に被害を届け出た。
16	消費	重量販売容器の所在不明	9/13	三重県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他（紛失）		その他(お客様保管場所他)	容器本体	＜その他＞(所在不明)	＜その他＞(貸与お客様等による紛失他)			販売先と異なるお客さまから、弊社容器を所有している連絡を頂いた事案が発生。 原因は販売先のお客さまが、他設備を転売する際に容器も付属物として転売したことによる。 これを受けて弊社の全容器に対して、お客さま先における所在の確認を実施。 この結果、不明容器の存在が判明した。 36件、88本、容量5～20。
17	消費	高圧ガス容器喪失事故	9/22	石川県	0	0	0	0	その他(アセチレン、酸素、炭酸ガス)	C2	その他（紛失）		その他(工事現場)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜自然災害＞			2024年9月22日(日)10時00分頃、工事現場付近の小屋(第1～第3置場の3ヶ所)に保管していた高圧ガス容器51本が土砂災害により流出した。 小屋に保管していた容器には転倒防止措置をしていたが、3ヶ所共に小屋ごと流された。 休日であったため流出した容器は使用しておらす、容器弁は閉止されていた。
18	消費	容器(アセチレン・酸素)喪失	9/24	長野県	0	0	0	0	その他(アセチレン、酸素)	C2	その他（紛失）		その他(堰堤工事現場)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜自然災害＞			砂防堰堤工事において、溶接に使用していたアセチレンボンベ(7kg)1本、酸素ボンベ(7㎥)2本が流失していることを、当該高圧ガスを消費していた工事業者9月24日に覚知した。 9月18日からの大雨で、9月19日未明に流失したと推測される。 当該消費者から県に第1報があったのは、11月6日であった。

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要
19	消費	液化炭酸ガス容器喪失事故	9/25	福岡県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他(農業協同組合)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞(不明、調査中)			・2016年8月以降に出荷した炭酸ガス容器の返却がなく、状況を確認した。 ・客先に容器はなく、更に先の客先へ容器を納品した可能性があるものの当時の担当者・記録共に見つけられず容器所在が分からない状況であることが判明した。 ・客先を訪問し現地状況も確認したが、当該容器を見つける事出来ず喪失と判断した。
20	消費	炭酸ガス容器の喪失事故	10/22	愛知県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他（金属加工）	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞（紛失）			販売店を経由しエンドユーザーへ炭酸ガスを納品していた。 2024年10月22日、貯蔵していた容器置き場にて確認したが容器(30kg×1本)が無く、販売店に容器を紛失していたことを連絡した。
21	消費	LPガス容器の喪失事故	11/30	山形県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他（紛失）		その他(工事現場)	容器本体	＜消費中＞	＜自然災害＞			2024年11月頃、販売事業者が顧客へ質量販売容器の所在の確認をしたところ、10kgボンベ1本が所在不明となっていることが判明。 販売事業者によれば、2024年7月の大雨災害の際、紛失したとされる。 当該容器は、道路舗装用として工事現場に持ち出して使用するものだったため、プロテクター開口部へのベルト取り付けなど流出防止対策は施されておらず、流失に至ったと推定される。 販売事業者から消費者に対して容器を改めて探すよう連絡し、2か月ほどが経過したが、発見に至っていない。

2024年に発生した高圧ガス保安法事故一覧表
盗難・紛失事故（その他）

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要
1	その他	炭酸ガス容器紛失事故	3/15	栃木県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他（民家：住居中）	容器本体	＜その他＞（容器紛失）	＜その他＞（紛失）			2022年7月出荷容器の2本について今期の使用有無融認のため、2024年3月に訪問。 当該容器について現物確認できず、先方確認も返却済みとの返答であったが、返却履歴なし。 2024年3月～8月期限にて容器調査実施し、当該容器について未返却であったため、事故届(喪失)として届出実施。
2	その他	炭酸ガス容器紛失事故	3/15	栃木県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他（民家：住居中）	容器本体	＜その他＞（容器紛失）	＜その他＞（紛失）			2021年8月出荷容器の3本について今期の使用有無融認のため、2024年3月に訪問。 当該容器について現物確認できず、先方確認も返却済みとの返答であったが、返却履歴なし。 2024年3月～8月期限にて容器調査実施し、当該容器について未返却であったため、事故届(喪失)として届出実施。
3	その他	LPガス容器の喪失事故	3/26	新潟県	0	0	0	0	プロパン	C2	その他（紛失）		その他	容器本体	＜その他＞	＜その他＞（紛失）			2015年2月2日、当該顧客は販売店からLPガス容器(8kg)を購入し、道路等の舗装工事に使用していた。 1年に1回の頻度で、質量販売として購入していた。 2024年3月26日、道路舗装工事で使用するためLPガス容器を積込む際、車両センターに保管していたLPガス容器が無いことに気づいた。
4	その他	冷媒ガス(R-134a)容器紛失事故	4/1	兵庫県	0	0	0	0	フルオロカーボン134a	C2	その他（紛失）		販売店	容器本体	＜貯蔵中＞	＜容器管理不良＞			高圧ガスボンベ(R134a充填用10kg)が所在不明となった。 2023年9月29日(金)、棚卸時に上記高圧ガスボンベがないことに気づき、作業現場、従業員、取引先、冷媒ガス取引業者、他部門の管理者へ確認を行っていたが、発見に至らなかったため喪失と判断した。 事業所担当者が市への届出が必要となることを認識しておらず、2024年4月3日(水)に報告があった。
5	その他	炭酸ガス容器紛失事故	4/2	栃木県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他（民家：住居中）	容器本体	＜その他＞（容器紛失）	＜その他＞（紛失）			2018年8月出荷容器の4本について、長期停滞容器だったため、今後の使用確認に2024年4月に訪問。 納屋及び使用機材周辺に容器確認できず、先方も2年程使用しておらず、返却済みとの認識であったが、返却履歴なし。 現物確認出来ず、今後の使用予定がないとのことだったため、事故届(喪失)として届出実施。
6	その他	容器喪失事故	4/5	岡山県	0	0	0	0	酸素	C2	その他（紛失）		その他(自動車整備工場)	容器本体	＜その他＞（不明）	＜その他＞(管理体制の不備)			当該販売店が、顧客(自動車整備)に配送した容器(7㎥×2本)の所在が不明であるため、2024年4月頃から顧客へ当該容器の所在について調査依頼を行っていた。 4月5日、顧客から容器を発見できないと最終報告を受け、その後、顧客が現場に持ち出した可能性も考えられるため、持出した可能性のある現場を調査を行っていたが発見に至らず。 10月28日、消防へ事故届を提出した。 4月5日、販売店から警察へ遺失物届を提出。
7	その他	炭酸ガス容器紛失事故	5/24	山梨県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他（民家：住居中）	容器本体	＜その他＞（容器紛失）	＜その他＞（紛失）			2022年9月出荷容器の2本について、今期の使用有無確認に2024年5月に訪問。 当該容器について現物確認できず、9月5日別容器回収と併せ最終確認訪問。 他場所での保管なく、担当者も交代しており詳細確認出来ず。 現物確認出来なかったため、事故届(喪失)として届出実施。
8	その他	液化石油ガス容器の喪失事故	5/31	北海道	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他（紛失）		その他(不明)	容器本体	＜その他＞（容器貸出中）	＜その他＞（不明）			取引先に8kg容器2本の貸出中、取引先が吸収合併し消滅したことから容器の返却を合併後の会社に依頼したところ、2本中1本の容器の行方が判らず、喪失していることが判明した。
9	その他	プロパンガス容器の喪失事故	6/3	埼玉県	0	0	0	0	プロパン	C2	その他（紛失）		その他（フォークリフト倉庫）	容器本体	＜その他＞	＜その他＞（紛失）			2014年11月10日、フォークリフト用オートガス(15kg)1本を納品 2018年12月、長期貸与につき容器返却を求めるも、所在不明で調査するとの回答 2019年、納入先倉庫貸与契約終了 2020年7月21日、納入先担当者変更 2024年6月3日、納入先担当者より、調査したが容器所在不明のため買取清算の申し出有り 容器喪失として処理
10	その他	アセチレンガス容器の喪失事故	6/26	北海道	0	0	0	0	アセチレン	C2	その他（紛失）		その他(路上)	容器本体	＜移動中＞	＜容器管理不良＞			2024年6月26日07時10分頃、当該消費者の敷地内において、作業員が4tユニック車に線路工事に必要な作業資機材の山越器や緊張器の他、アセチレンガスボンベ2本などを積載して作業現場に向けて出発した。 09時00分頃、作業現場に到着した際、当該車両のアオリが下がっていることを認め積載物を確認したところ、ボンベの1本が紛失していることが判明した。 走行途中に何らかの理由によりアオリが下がり積載物のボンベが落下紛失したと判断され、ボンベの捜索を開始した。 当該車両の走行した経路の捜索を実施すると共に、警察及び道路管理者などへの通報を行ったが、紛失したボンベの発見には至らなかった。 翌27日から7月1日の間に、前記の走行経路を再捜索するも発見するには至らなかったが、7月2日の捜索において、11時50分、道脇の草むらで当該ボンベを発見することができた。 ボンベの紛失を手配していた関係警察及び道路管理者にも「発見回収」の報告をすると共に、同ボンベの充填会社にてガス漏れ検査を実施し、ガスの漏えいはないことを確認した。 ボンベの紛失を通報により認知した警察では、報道機関等への通報により、危険物アセチレンガスボンベの発見と取扱のための注意を地域住民に喚起している。

番号	事故区分	事故名称	年月日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	規模	1次事象	2次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因（主因）	事故原因（副因）	着火源	事故概要
11	その他	キセノンガス容器の喪失事故	6/28	福島県	0	0	0	0	その他（キセノン）	C2	その他（紛失）		その他(容器置場)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞(紛失)			2023年12月12日に入荷したキセノンガス1リットル容器を当該販売店内の容器置場で保管していたが、2024年6月28日の棚卸しの際、保当該容器が不明になっていることが発覚した。 納入先・引取業者等が誤って持ち出していないかの確認を行い、当該ボンベがどこにもないことを確認した。 その後、当該販売店で2024年11月27日に紛失場所で当該容器が戻されていたことが確認された。 戻されていた容器は未使用の状態の可能性が高い。
12	その他	炭酸ガス容器紛失事故	7/12	栃木県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他（民家：住居中）	容器本体	＜その他＞(容器紛失)	＜その他＞(紛失)			2022年9月出荷容器の2本について、今期の使用有無確認に2024年7月に訪問。 認識者と周辺状況も合わ調査するも現物確認できず、返却履歴も無いため、事故届(喪失)として届出実施。
13	その他	炭酸ガス容器紛失事故	7/12	栃木県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他（民家：住居中）	容器本体	＜その他＞(容器紛失)	＜その他＞(紛失)			2022年7月出荷容器の2本について、今期の使用有無融認のため、2024年3月に訪問。 当該容器について現物確認できず、先方確認も返却済みとの返答であったが、返却履歴なし。 2024年3月～8月期限にて容器調査実施し、当該容器について未返却であったため、事故届(喪失)として届出実施。
14	その他	LPG5kg容器1本の喪失	7/24	愛媛県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他（紛失）		その他(物販店舗)	容器、調整器	＜その他＞(質量販売中)	＜その他＞(紛失)			2018年12月、当該顧客一口コンロ用のLPG5kg容器を質量販売として引き渡す。 2019年6月時点の調査実施時には容器の所在を確認していたが、2023年6月に容器充填期限超過容器の所在を調査していると、当該顧客へ引き渡した容器が返却されていないことが判明した。 現状について顧客へ確認すると一口コンロごと容器の行方が不明になっていた。 2023年12月に現地で捜索を実施するも発見には至らず、継続して店舗の担当者へ店舗内の捜索及び従業員への聞き取り等を行い、行方を探すように伝える。 2024年4月、県LPガス協会へ相談し、県下事業所へ周知協力を得たうえで、同時並行で現地調査していたが 、顧客側からも行方については不明であると回答を得た。 2024年7月24日、管轄消防へ相談をした。 2024年8月21日時点で発見するに至らないため、容器の喪失として確定させ、消防へ事故届出書を提出。
15	その他	LPガス容器喪失事故	8/6	神奈川県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他（紛失）		その他(建設現場)	容器本体	＜その他＞	＜その他＞(紛失)			2018年2月1日、販売店から当該顧客にLPガス容器(8kg×1本)を貸出した。用途は建設現場での使用。 2024年7月22日、容器管理簿確認中に、当該顧客へ貸し出したLPガス容器が未返却であることが判明、顧客に連絡。 2024年8月6日、顧客から連絡あり。捜索するも当該容器が所在不明であり、現場に置き忘れた可能性が高いとのこと。 2024年8月7日、LPガス容器喪失事故として県へ連絡。当該LPガス容器は、継続して探索中。
16	その他	容器喪失事故	9/2	大阪府	0	0	0	0	フルオロカーボン410A	C2	その他（紛失）		その他(容器置場)	容器本体	＜貯蔵中＞	＜その他＞(紛失)			2024年7月26日、作業現場で当該喪失容器を使用するため、協力会社従業員が事故発生場所容器置場から当該喪失容器を持ち出したが、使用しなかったため容器置場に戻した。 9月2日、容器置場において容器の棚卸しをしていたところ、フルオロカーボンガス容器1本が無くなっていることが判明した。 7月26日に当該喪失容器を持ち出した協力会社の従業員に所在を聴取した際、思い当たる節がないとの回答があり、協力会社の倉庫、車両及び販売先を捜索するも発見出来なかったため、消防に通報した。
17	その他	液化石油ガス容器喪失事	9/13	愛知県	0	0	0	0	液化石油ガス	C2	その他（紛失）		その他(LPガス販売事業所)	容器本体	＜その他＞(各消費事業所の環境による)	＜その他＞(消費者等による紛失他)			LPガス販売事業者が管理しているデータをもとに貸与した容器の所在有無を現地確認した結果、19本が不明であることが判明した。
18	その他	液化炭酸ガス容器6本喪失	9/20	静岡県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他（農業）	容器本体	＜その他＞	＜その他＞(紛失)			農家に納品(販売)した液化炭酸カス容器6本(2015年3本、2016年1本、2017年2本)が返却されておらず、2024年に先方に確認したところ、2018年に6本とも返却済との回答があった。 容器管理システムには、返却された履歴は無かった。 当該容器を別の顧客に出荷した履歴もなく、所在不明となった事から送出届を提出した。
19	その他	炭酸ガス容器の喪失(27kg容器1本)	9/30	兵庫県	0	0	0	0	炭酸ガス	C2	その他（紛失）		その他（農業）	容器本体	＜その他＞(容器喪失)	＜その他＞(容器譲渡し後、返却されず喪失)			当該販売店が管理する容器管理システム上にて、未返却の容器が記録に残っていた。 苺農家向けに使用される炭酸ガス容器1本が、2018年9月20日に出荷して以来、所在不明となっていた。 その容器の出荷可能性のある需要家や、販売店内の返却容器を確認するも所在不明。
20	その他	高圧ガス容器喪失事案	11/1	熊本県	0	0	0	0	その他（液化石油ガス、酸素）	C2	その他（紛失）		その他(消費事業所)	容器本体	＜その他＞(不明)	＜その他＞(紛失)			2020年、販売店から容器の所在確認の依頼があり、それ以降探していたが当該容器を発見できなかった。 2024年10月22日、発見が困難であると判断し、販売店に再度相談したところ、県への届出指示を受けた。 警察に紛失届提出も相談したが、紛失時点から相当期間を経過しているため、受理できないとの回答あり。
21	その他	空気呼吸器用ボンベ1本紛失	12/6	埼玉県	0	0	0	0	空気	C2	その他（盗難）		その他(工事現場)	容器本体	＜その他＞(工事現場にて保管中)	＜盗難＞			2024年11月13日(水)より空気呼扱器を販売店から当該顧客に貸出、同社から工事会社へ貸し出していた。 同現場にて、2024年11月23日(土)に電動工具等の盗難被害が発生。 これを受け、収容可能な限りの電動工具等をコンテナに収納し、施錠していたが、空気呼吸器を収納するスペースがコンテナになかったことから、ユニック車の荷台に施錠なしの状態で載せていた。 その後、12月5日(木)～12月6日(金)20時00分の間に二度目の盗難被害が発生し、荷台に載せていた空気呼吸器2台のうち1台が盗聴にあった。 現場は、敷地内に入るための施錠設備はなく、自由には入れる状態であった

別添 2

類型化調査報告書

地震に関連する高圧ガス事故の注意事項

特別民間法人高圧ガス保安協会

1. 目的

令和 6 年 1 月 1 日（月）16 時 10 分、石川県能登地方を震源とする能登半島地震（マグニチュード 7.6、最大震度 7）が発生した。石川県輪島市と志賀町で最大震度 7 を観測したほか、北陸地方を中心に北海道から九州地方にかけて非常に広範囲で揺れが観測され、日本海沿岸には広範囲に津波が襲来した。また、この地震により石川県、富山県、岐阜県において地震に起因する高圧ガスの噴出・漏えい事故計 6 件の報告があった。

これまで経済産業省は、東日本大震災での事故等を踏まえ、既存の高圧ガス設備の耐震性の向上対策の取組みを事業者に要請している [1)]。事故調査解析委員会においても、国の委託事業により東日本大震災における高圧ガス設備等の被害状況の解析 [2)3)]、高圧ガス容器の流出に関する被害状況 [4)] の整理を行い、高圧ガスに関連する地震対策とりまとめた。

本年度は、令和 6 年能登半島地震による高圧ガス事故の調査を行うとともに、地震に関連する高圧ガス事故に焦点を当て、地震による高圧ガス事故の未然防止に向けて、今後の対策を図るための注意事項をとりまとめる。

2. 事故の抽出

高圧ガス事故事例データベース [5)] を活用し [6)]、東日本大震災が発生した平成 23 年から令和 5 年までの 13 年間で発生した喪失、盗難を除いた高圧ガス事故（以下「事故」という）8,453 件のうち、地震が原因と考えられる事故 95 件を抽出した。このうち、津波が原因と考えられる事故は 12 件である。

抽出の条件は、次のとおりである。

① 事故原因（主因）が「自然災害」の事故
② キーワード「地震」、「津波」

また、高圧ガス事故事例データベース [5)] により、平成 23 年から令和 5 年までの 13 年間で発生した高圧ガス容器の喪失による高圧ガス事故 706 件のうち、地震または津波が原因と考えられる高圧ガス事故 69 件を抽出した。このうち、東日本大震災が発生した平成 23 年は 7 件、平成 24 年から令和 5 年までは 62 件である。

抽出の条件は、次のとおりである。

① 1 次事象が「その他（紛失）」
② 事故原因（主因）が「〈自然災害〉（地震）」、「〈自然災害〉（津波）」

3. 地震における事故の集計

(1) 事故件数と分野（規制対象）別の分類

平成 23 年から令和 5 年までの 13 年間の地震または津波における事故件数を、表 1 に示す。最大震度 7 を観測した東日本大震災（平成 23 年）に関連する事故 81 件が最も多く、次いで最大震度 6 弱を観測した大阪府北部を震源とする地震（平成 30 年）に関連する事故が 6 件、最大震度 7 を観測した熊本地震（平成 28 年）に関連する事故が 3 件報告されている。また、平成 27 年、令和 3 年、令和 4 年にも地震に関連した事故の報告があったが、これらはすべて比較的揺

れの大きかった地震（震度 5 弱以上）により発生した事故である。

地震または津波が原因である事故について、分野（規制対象）別で分類した結果を、表 2 に示す。分野（規制対象）は、製造事業所、移動、消費、その他に区分している。製造事業所はさらに、一般高圧ガス保安規則を適用する製造事業所（以下、「製造事業所（一般）」という）、冷凍保安規則を適用する製造事業所（以下、「製造事業所（冷凍）という」）、コンビナート等保安規則を適用する製造事業所（以下、製造事業所（コンビ）という）、液化石油ガス保安規則を適用する製造事業所（以下、製造事業所（LP）という）に区分している。

製造事業所（冷凍）の事故が 62 件（65%）と最も多く、半数以上を占める。次いで製造事業所（一般）の事故が 24 件（25%）、製造事業所（コンビ）の事故が 3 件（3%）と続く。なお、製造事業所（コンビ）の事故 3 件のうち、1 件が人的被害の発生した事故である。

地震における事故（95 件）のうち、人的被害を伴った事故は、東日本大震災において千葉県の製造事業所（コンビ）で発生した 1 件のみであり、地震により球形貯槽が倒壊し火災爆発事故が発生した（重傷者 1 名、軽傷者 5 名　計 6 名）。球形貯槽は、開放検査後であり、貯槽内の空気を排出する目的で、満水状態にあった。本震の揺れで、球形貯槽の支柱間のブレースの多くが破断し、本震から 29 分後に発生した余震で球形貯槽が倒壊した。球形貯槽が倒壊したことにより、周辺の配管が破断し、LP ガスが漏えい、出火、散水設備を用いて周辺貯槽の冷却散水を行ったが爆発に至った。また、LP ガスの漏えいが継続したのは、高圧ガス保安法に定める技術上の基準に違反して配管の緊急遮断弁を開状態で固定していたことが要因の一つであった。事業所は再発防止策として、耐震設計構造物の補強、周辺配管等の設計見直し、社内基準、規則の見直しなどを行っている [7)]。

製造事業所（コンビ）の事故 3 件のうち、2 件は東日本大震災において宮城県で発生した津波による事故である。うち 1 件は、津波により事業所内のタンクローリ出荷設備付近で燃料配管が損傷し、燃料油、LP ガスが漏えいした。漏えい後に火災が発生し、LP ガス出荷設備、ガソリンタンクなどに延焼した。この事業所では、約 1 年にわたり製品の生産を停止するという甚大な被害を受けた。

表 1　平成 23 年から令和 5 年までの地震または津波が原因である事故件数

H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31/R1	R2	R3	R4	R5	合計
81	0	0	0	1	4	0	6	0	0	2	1	0	95

表 2　地震または津波が原因である事故（規制対象別）の集計

製造事業所				移動	消費	その他	合計
（一般）	（冷凍）	（コンビ）	（LP）				
24	62	3	2	2	1	1	95

(2)　事故事象の集計

地震または津波が原因である事故について、事故事象別で分類した結果を、表 3 に示す。事故事象の分類は、漏えいが 83 件（87%）と最も多く、過半数を占める。漏えい以外の事象は、破裂・破損が 9 件（9%）、爆発が 2 件（2%）、火災が 1 件（1%）である。

漏えい事象 83 件のうち、62 件が製造事業所（冷凍）で発生しており、半数以上が直接の地震による揺れ、冷凍設備の横転などによる、母材やろう付け部の破断、損傷に起因している。漏え

い事象(83 件)の内訳は、漏えい③が 80 件(96%)と大半を占める。漏えい③では、地震または津波による作用により、設備などが破損、変形し、高圧ガスが漏えいに至った事故が多く報告された。なお、締結部の締結力が不十分であったため、地震動により締結部が緩み、高圧ガスが漏えいしたが、適切な増し締めにより処置が完了した事故などは、漏えい②に分類している[8)]。

爆発事象 2 件のうち、1 件は上述した千葉県で発生した人的被害を伴った事故であり、もう 1 件は、東日本大震災により配管が破断し、着火して爆発した事故である。

火災事象 1 件は、東日本大震災に伴い、タンクローリが津波により流され、炎上した事故である。

破裂・破損事象 9 件のうち、5 件はコールド・エバポレータ(CE)で発生しており、地震により、外槽とレグの溶接継手にき裂が生じた事故、貯槽の変形の事故などである。残る4件は、空気分離装置と配管が破損した事故、津波によりタンクローリが破損した事故である。

表 3　地震または津波が原因である事故(事故事象別)の集計

漏えい				爆発	火災	破裂・破損	合計
	漏えい①※1	漏えい②※2	漏えい③※3				
83	0	3	80	2	1	9	95

※1:「漏えい①」は、次のいずれかを前提とした漏えい事象をいう[8)]。

- 圧力容器、配管などの本体(溶接継手を含む)に、損傷、破壊(腐食、疲労、エロージョン／コロージョン、応力腐食割れ、クリープなど)が発生し、漏えいする。
- 漏えい防止機構(密封機構、シール)を維持するためのガスケット、パッキンなどに、損傷、破壊が発生し、漏えいする。

※2:「漏えい②」は、次のいずれかを前提とした漏えい事象をいう[8)]。

- 締結部の締結力が不十分で、使用中に緩み、高圧ガスが漏えいする。ただし、適切な増し締めにより、漏えいが停止できることを前提とする。
- 締結部、開閉部または可動シール部の漏えい防止機構を維持するためのガスケットまたはパッキンが、使用環境(内部流体、圧力、温度など)に対して適切な材質を選定し、使用していたが、性能低下して、高圧ガスが漏えいする。ただし、新しいガスケットまたはパッキンに取り換えた場合(リングジョイントガスケットは、すり合わせを行なった場合を含む)、漏えいが止まることを前提とする。
- 締結部、開閉部または可動シール部の漏えい防止機構を維持するためのガスケットまたはパッキンが、適切にセットされず、高圧ガスが漏えいする。ただし、新しいガスケットまたはパッキンを正しくセットした場合、漏えいが止まることを前提とする。

※3:「漏えい③」は、漏えい①または漏えい②以外の漏えい事象をいう[8)]。

- 運転員、作業者などの誤操作、外部からの衝撃、安全弁の作動、周辺の火災などの結果、漏えいが発生し、その詳細は多岐にわたる。

4.　ヒアリング調査

能登半島地震に関連した事故として報告のあった富山県の事業所 1 社に、事故に関してヒアリング調査を行った。調査結果を、表 4 に示す。

表 4　富山県の事業所で発生した地震に関連する事故の調査結果

事故発生日時	令和 6 年(2024 年)1 月 1 日　16 時 10 分頃
事故発生場所	富山県富山市
施設名称	アンモニア製造施設
ガスの種類	アンモニア
事故区分	製造事業所(コンビ)
事故概要	地震(富山市で震度 5 強)が発生し、揺れが収まった後、アンモニア製造施設のガス検知器が発報したため、操業員が現場へ急行し、調査を行ったところ、脱圧槽の液面計下部より液化アンモニアの漏えいを確認した。操業員は、空気呼吸器を装着し、液面計元弁の閉止操作を行い、漏えいは停止した。 その後、窒素ガスにより液面計周辺の漏れ試験を実施し、漏えい箇所が液面計下部ねじ込み式継手であることを特定した。
被害状況	人身被害:なし　物的被害:なし
事故分類	＜漏えい②＞(締結部:ねじ込み式継手)
事故原因	液状化が発生し、直接基礎がめり込み沈下したことにより脱圧槽が傾いたことに加え、地震動により、ねじ込み式継手が緩み、漏えいしたものと考えられる。液状化は、脱圧槽付近にある工業用水の埋設配管が地震以前から漏水しており、地盤が緩んでいたことが推定される。
再発防止策	地盤沈下補修工事および脱圧槽基礎補修を実施。

この事故では、能登半島地震の発生に際し、アンモニア製造施設の脱圧槽液面計下部ねじ込み式継手より、約 100ml 程度の液化アンモニアが漏えいしたが(図 1 参照)、人的被害はなく、事業所外にも影響はなかった。事業所において事故の詳細を検証した結果、事業所外の河川から事業所内へ取り入れている工業用水の埋設配管は、脱圧槽付近で以前から漏水していたと推定される(図 2 参照)。埋設配管の漏水により、液状化で地盤沈下が発生し、脱圧槽の直接基礎がめり込み沈下したことが考えられる。事業所は、地震動と脱圧槽の直接基礎のめり込み沈下に伴う傾きにより、ねじ込み式継手に緩みが発生したと推定している。脱圧槽に隣接する別の貯槽も地盤沈下により傾いていた(図 3 参照)。

液状化は地下水位が高いと発生しやすくなる。地下水位は、今回のように埋設配管からの漏水以外にも、降雨等にもより変動し、設計時に適切に水位を設定して液状化判定を実施する必要がある。直接基礎形式の場合、液状化により基礎の沈下、傾斜が発生することを避けることは難しい。また、当該事業所のように海や河川に近い場合、地盤が流動化(地面が水平方向に移動)する恐れもある。加えて、現行基準では、貯槽の支柱は同一基礎と緊結することとされているが、当該貯槽の支柱の基礎は独立しており、沈下および傾斜がより大きくなったと考えられる。液状化の発生を適切に評価し、液状化の発生が想定される場合には、液状化対策の実施をするか、杭基礎形式を採用する必要がある。

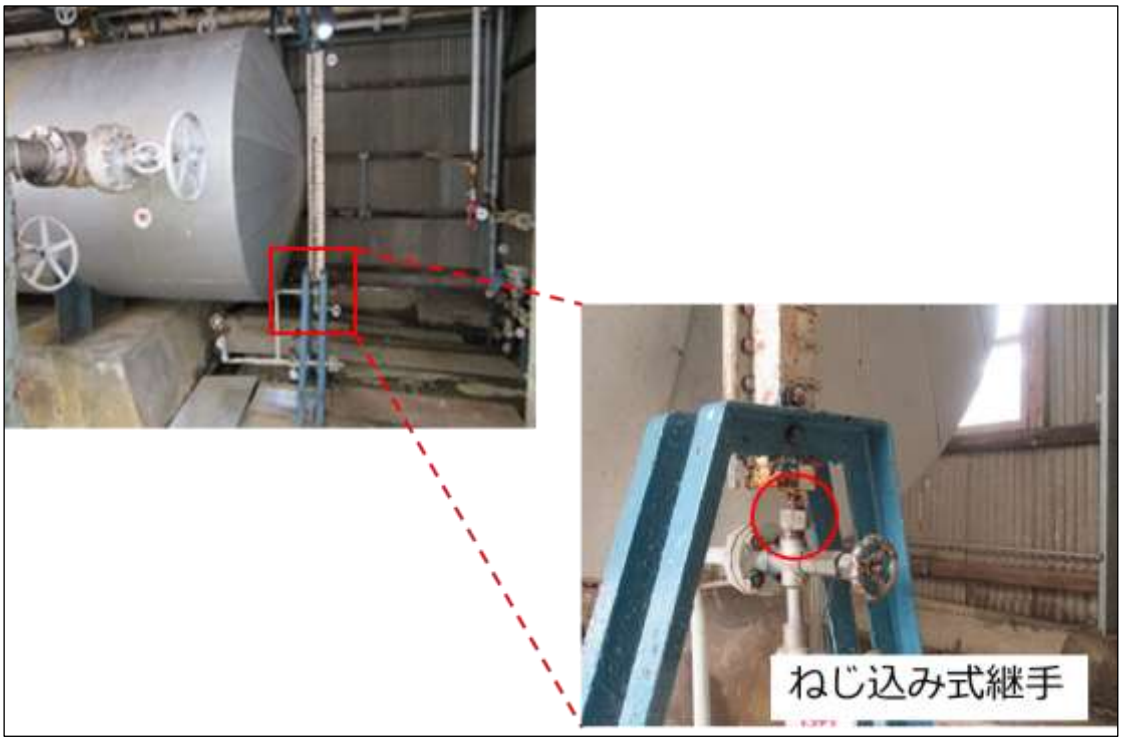


図 1　脱圧槽液面計付近（事業所提供）

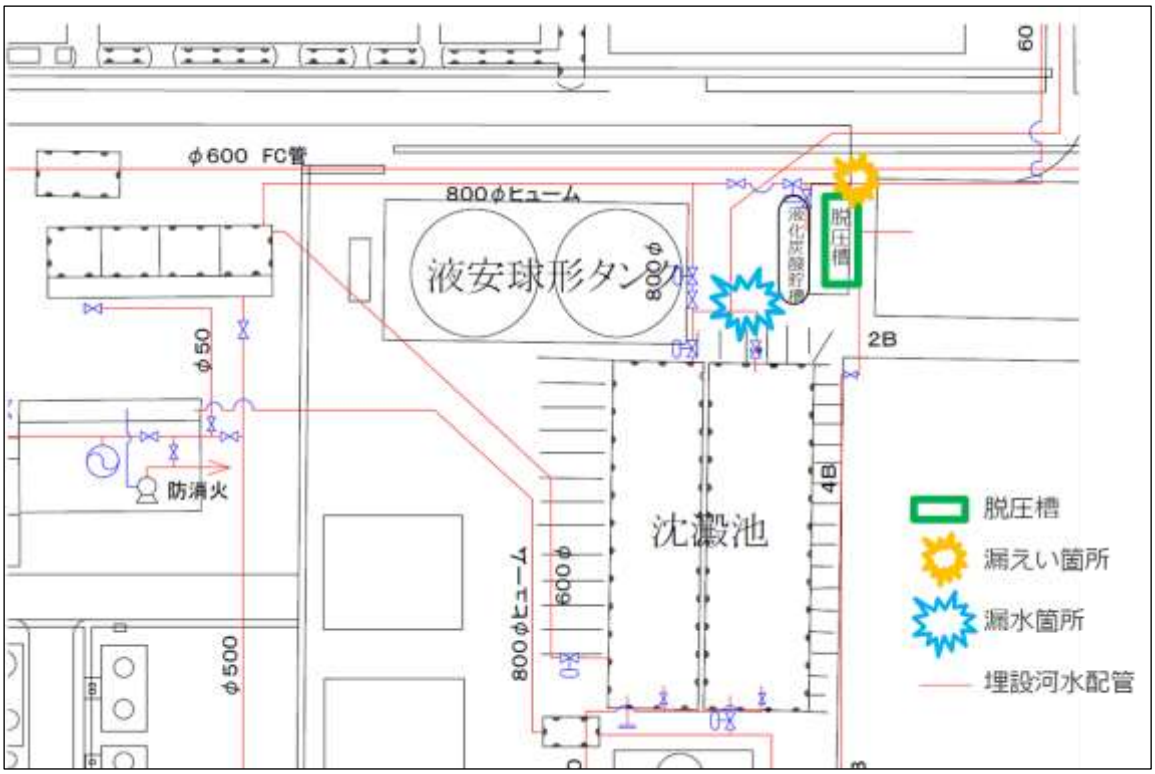


図 2　埋設配管概略図（事業所提供）

図 3　脱圧槽沈下状況（事業所提供）

上記以外に能登半島地震に関連し、石川県と岐阜県から高圧ガス事故の報告が 5 件あった。報告された事故（5 件）に人的被害はなく、すべて漏えい事象である。漏えい事象は、本震や余震により、震度 5 弱以上が観測された事業所において発生している。なお、報告された事故 5 件のうち、4 件が高圧ガス設備の締結部からの漏えい事象である。

5.　注意事項

地震または津波による事故は、95 件すべてが震度 5 弱以上の地震で発生している。震度 5 弱以上の地震はいつ発生してもおかしくないので、あらかじめ次のような地震対策を行うことが重要である。

① 事故事象は、地震または津波による作用により、設備などが破損、変形し、高圧ガスが漏えいに至る、漏えい③が多く発生している。大規模な地震が発生した場合は外的要因が多分にあるため、事故を完全に防ぐことは困難であるが、人的被害を伴うような事故は防止しなければならない。そのため、施設や設備、機器の重要性や危険性のほか、耐用年数や使用頻度を踏まえて、事故防止対策を講じる必要がある。また、地震被害が発生した場合でも、被害を最小限にするため、適用される法令や地域の防災計画などに従い、関係者間で必要な情報を速やかに共有し、迅速で的確な行動が取れるよう体制とルールを定めておくことが重要である。

② 過去に発生した地震が起因する事故の半数以上は、製造事業所（冷凍）で発生している。製造事業所（冷凍）では、地震または津波により、高圧ガス設備が破損、変形し、高圧ガスが漏えいに至る、漏えい③の事象が多く発生している。機器使用者（ユーザ）と機器製造者（メーカ）は、過去の事故事例を参考にした [9]、地震による事故の未然防止策を講じる必要がある。

③ 能登半島地震に起因する高圧ガス事故 6 件のうち、5 件が締結部の緩みによる漏えいであった。事故後に、適切な増し締めにより処置が完了した事故が 2 件あった。締結部の緩みは、地震における漏えいの発生につながるため、事業者は、日常点検において、締結管理を確実に行うことが重要である。

④ 事業者はいつ起こるか分からない地震などの自然災害に対して、常に問題意識を持ち、危険源を洗い出し、自治体の要請や最新の科学的知見、技術を踏まえて積極的に対策を講じていくことが望まれる[10)～12)]。

⑤ 高圧ガス保安法令では、高圧ガス設備等の耐震性能の確保を図るため、各規則において所定の能力以上の設備に対し耐震性能を要求し、高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示において要求耐震性能を定めている。平成 30 年に制定した、「高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示」は、最新の評価方法に基づく高圧ガス設備の耐震設計を行いやすくするため、性能規定化された耐震設計基準である。さらに大規模地震及び津波に対する事業者の保安の取組みの向上を図るため、大規模地震対策及び津波対策を危害予防規程に定めることとなっている。事業者は、自らの設備の耐震性能を把握するとともに、継続的に危害予防規程を含めた地震津波対策の見直しなどを行っていく必要がある。

参考文献

1) 経済産業省、第 20 回 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 資料 6 耐震対策の取り組み状況
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/pdf/020_06_00.pdf

2) GIS を用いた東日本大震災における高圧ガス設備等の被害状況の解析
https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/sinnsaihigair1.pdf

3) 球形貯槽のブレース構造の応力解析
https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/buresukouzou.pdf

4) 事例ごとの注意事項（経済産業省委託事業）東日本大震災に容器流出について
https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/youkiryusyutur1.pdf

5) 令和 5 年度 高圧ガス事故事例データベース

6) 藤井亮、小林英男、山田敏弘、高圧ガス事故の統計と解析（全体）、高圧ガス、Vol.60、No.11、p.905-912（2023）

7) 高圧ガス事故概要報告 2011-078（LPG 球形貯槽の倒壊による火災及び爆発）
https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/2011-078r1.pdf

8) 小林英男他、「高圧ガス事故の統計と解析【改訂版】」、高圧ガス保安協会、（2023）

9) 小林英男他、東日本大震災と高圧ガス施設、高圧ガス、Vol.49、No.6、p.4-66（2012）

10) 高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備（国外）（経済産業省委託事業）〈ハリケーンという異常気象がもたらす危険〉
日本語字幕 https://www.youtube.com/watch?v=aGtzulMnaeA
日本語ナレーション https://www.youtube.com/watch?v=ZA0U5b7BKQg

11) Investigation Report —Organic Peroxide Decomposition, Release, and Fire at Arkema Crosby Following Hurricane Harvey Flooding –（REPORT NO. 2017-08-I TX, May, 2018）、CSB

（Chemical Safety and Hazard Investigation Board）
12）NATECH 特集号、「安全工学」、安全工学会、Vol.63、No.6（2024）

別添 3

高圧ガス事故概要報告

別添 3-1

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称		
2023-062	液安製造装置一酸化炭素漏洩		
事故発生日時	事故発生場所	事故発生事象	事故発生原因
2023 年 2 月 5 日(日) 01 時 24 分	山口県 宇部市	1 次)漏えい② 2 次)	主)締結管理不良 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
液安製造施設	一酸化炭素 分離装置	フランジ: SUS304 ラップジョイント: A5083 ガスケット:PTFE	呼び圧力 30K 呼び径 40A ガスケット厚さ 2.0mm

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
可燃性毒性ガス (一酸化炭素)	43,906,000 ㎥／日(事業所) 96,682 ㎥／日(施　設)	0.053MPa	−196℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: 軽症者 1 名
物的被害: なし

事故の概要

液化アンモニアを製造する施設の一酸化炭素分離装置において、定常運転中、バルブのフランジ継手から一酸化炭素が漏えいした。漏えいしたガスは、計器室に流入した。また、フランジ継手の増し締め作業を行った1名が、一酸化炭素中毒(以下「CO中毒」という)の症状を訴えた。

以下、事故の概要を時系列で記す。

2022 年 6 月 29 日(水)	定期自主検査を終えて、運転課は液安製造施設(図 1 参照)の運転を開始した。
2023 年 1 月 25 日(水)	
00 時 30 分	原料である混合ガスを供給する工場がトラブルのため、運転課は液安製造施設の運転を停止した。
2 月 1 日(水)	
16 時 30 分	運転課は、運転開始前の一酸化炭素分離装置の予冷措置を開始した。
2 月 2 日(木)	
09 時 00 分	一酸化炭素分離装置の予冷措置を終え、運転課は液安製造施設の運転を開始した。
2 月 5 日(日)	
01 時 24 分	一酸化炭素分離装置に設置したガス漏えい検知警報設備(AS10051)が、一酸化炭素の漏えいを検知し、発報した(図 2、3 参照)。
01 時 28 分	運転員 2 名(運転員 A、B)は、現場パトロールを実施し、一酸化炭素分離装置の混合ガス配管に設置したブロー弁の 1 次側フランジ継手で、ガスの漏えいを発見した(図 4 参照)。
01 時 45 分	計器室内に設置したガス漏えい検知警報設備(AS10052)が、一酸化炭素の漏えいを検知し、発報した(図 2、3 参照)。 運転主任は、計器室のエアコンを停止し、窓を開放した。

01 時 46 分	運転員 A は、計器室の運転主任に連絡した。
01 時 48 分	運転主任は、漏えいを確認した現場に向かった。
01 時 50 分	運転主任は、ブロー弁の 1 次側フランジ継手の増し締め作業を開始した。 運転主任は、中毒症状を発症した(意識あり、歩行困難)。
01 時 58 分	運転主任は救急の必要性がない(大丈夫)と伝えたため、公設消防の判断により、救急車の出動要請を見送った。
02 時 05 分	運転課は、増し締め作業では漏えいが停止しなかったため、液安製造施設の運転停止操作を実施した。
02 時 07 分	液安製造施設の運転停止操作を完了した。
02 時 45 分	運転員 A は、運転主任の容体が回復しないため、救急車要請を行った。
03 時 00 分	救急車が到着し、運転主任を病院に搬送した。
03 時 35 分～ 05 時 11 分	環境安全 G 安全 TL および環境 TL は、災害および被害報告のため、公設消防、県、環境保健所、市、労働基準監督署へ通報した。

事故発生原因の詳細

(1) 装置の概要

一酸化炭素分離装置は、混合ガス(水素/一酸化炭素＝55/45)より水素と一酸化炭素を分離精製している(図 1 参照)。

(2) 漏えいが発生した原因

漏えいが発生した一酸化炭素分離装置は、深冷装置(最低温度-190℃)である。そのため、運転を開始する場合は冷却操作を、運転を停止する場合は加温操作を実施する。この運転開始と運転停止の温度変化と時間経過により、ガスケットが変形し、ガスケット面圧が低下したため、漏えいが発生した(図 4、5 参照)。なお、ガスケットはメーカー推奨圧力の使用可能範囲外で使用していた。

また、事故後にガスケットの厚さを確認し、片締めの傾向を確認した(図 6 参照)。ガスケットの元の厚さは 2mm であり、事故後の最大厚さ 1.94mm(漏えい発生箇所、図 4 参照)でも、ガスケットのメーカー推奨付け面圧 25.5MPa(圧縮率 3%)まで締められている。しかし、漏えい停止のために増し締めを実施したため、初期締め付け不足であった可能性も考えられる。

事故前には、PMC(Piping Material Classification)の改訂により、当該箇所に使用されるガスケットは変更され、常用圧力はメーカー推奨圧力の使用可能範囲内となっていた。しかし、事故時に使用していたガスケットも、常用圧力はメーカー推奨圧力の使用可能範囲内であると認識していたため、ガスケットの使用を継続していた。なお、次の定期自主検査において、PMC 改訂に伴うガスケットの変更をする予定であった。

(3) 計器室にガスが流入した原因

計器室は、ガス流入防止機構(陽圧管理)がなかった。過去にガス流入防止措置として、ケーブル貫通部の隙間を発砲ウレタン樹脂で埋めることを試みたが、完全に埋めることができなかった。なお、液安製造施設の計器室は、コンビナート等保安規則第 5 条第 1 項第 61 号ハに該当しないため、高圧ガス保安法ではガスの侵入防止措置は求められていない。

(4) 人的被害が発生した原因

ガス漏えい時の対応は、工場統合文書の保護具管理基準(防毒マスク着用義務

について記載)に定めてあるが、緊急時の対応基準には詳細なプラント停止、退避等の基準の記載が不十分であった。

計器室に一酸化炭素が流入していた状況から早急に漏えいを停止させるため、運転員から連絡を受けた主任自らが増し締め作業に向かった。作業場所が屋外であり、風上側から作業すれば保護具なしでもできると判断し、適切な保護具(空気呼吸器)を着用せずに増し締め作業を実施したため、CO 中毒となった。また、バルブの 8 時方向に噴出する白煙を確認したため、増し締め作業において、白煙を避けることで、CO 中毒も回避できると考えてしまった(図 7 参照)。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) 復旧作業

一酸化炭素分離装置の気密試験を実施し、漏えい箇所は当該フランジのみであることを確認したため、ガスケット交換を実施した。

(2) 作業の見直し

一酸化炭素分離装置の使用開始時には事前に気密試験を実施する。漏えい時の対応基準および手順(漏えい時の濃度に応じた基準、保護具着用、プラント停止、避難)を定めた。

(3) ガス漏えい検知の強化

DMC(ジメチルカーボネート)工場と同様に可燃性ガス、毒性ガスが発生する工場に立ち入る際は腕時計型ガス検知器を携帯させることとした。

(4) 計器室へのガス流入防止

計器室の DCS 操作周辺を壁で仕切り、陽圧管理とした。

(5) 保安教育

運転員全員及び事業所全体に事故概要説明、保護具着用の徹底を周知した。当該職場への CO 中毒の危険性と安全データシートによる一酸化炭素の特性について教育を実施した。

(6) 水平展開

ガス分離発生装置のガスケット交換などの総点検を実施した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

① 計器室は施設の運転管理をするために人が常駐する場所であり、可燃性ガス、毒性ガスが流入することは絶対に避けなければならない。また、計器室に毒性ガスが流入する可能性がある場合には、計器室内に適切な呼吸保護具を備え、定期的に装着訓練を実施することが重要である。

② 高圧ガス設備においてガスケットを使用する場合は、流体の種類、使用する圧力および温度を踏まえ選定しなければならない。適切なガスケットを使用している場合においても、温度変化、時間経過による、ガスケット面圧の低下を想定した締結管理が必要である。

③ 一酸化炭素は、空気とほぼ同じ重さであり、漏えい時には、漏えい箇所から全ての方向に対して適切な隔離距離の設定が必要である。漏えい箇所付近で作業を行う場合には、適切な呼吸保護具を装着しなければならない。

事業所の事故調査委員会

委員会と調査チームの設置はないが、事業所長以下、各部門での会議を数回実施した。当該報告書や概要は、事業所内の保安管理委員会、安全衛生委員会、社

内イントラ等で周知した。

備考

キーワード
可燃性毒性ガス、一酸化炭素、漏えい、中毒、ガスケット、締結管理、計器室

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

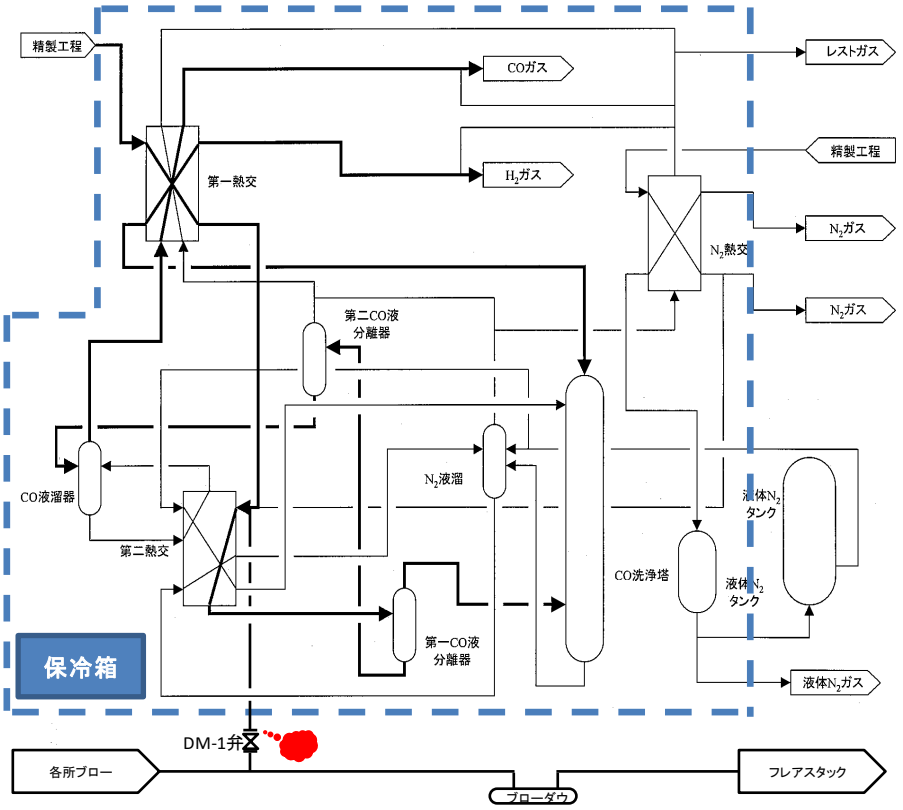


図１　液安製造施設の一酸化炭素分離装置

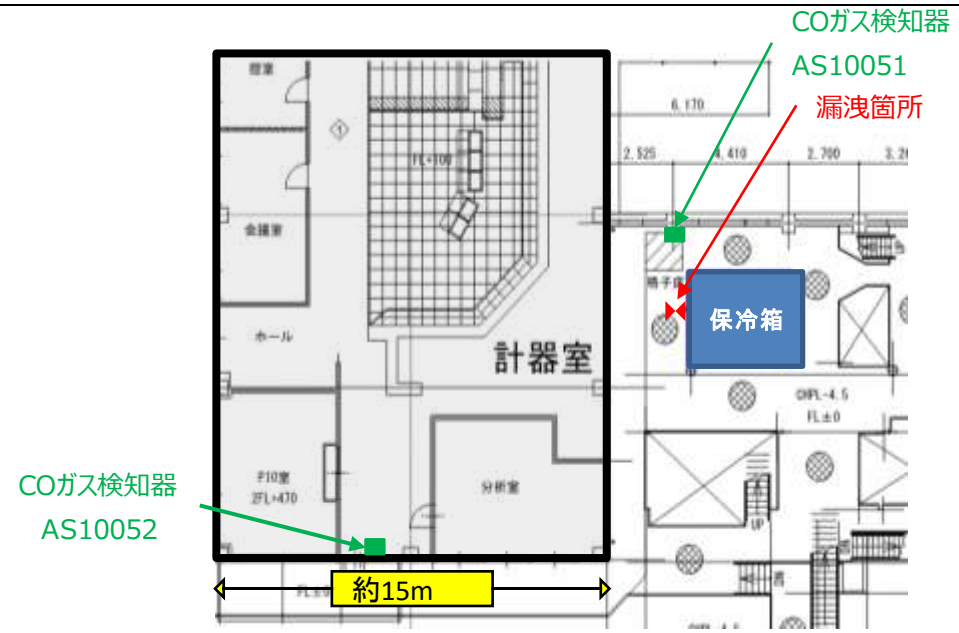


図 2　ガス漏えい検知警報設備（検知部）の設置箇所
（2 階　平面図）

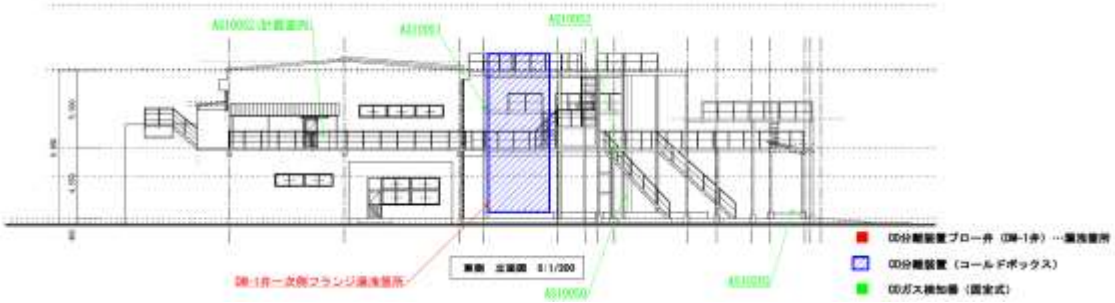


図 3　ガス漏えい検知警報設備（検知部）の設置箇所
（立面図）

図 4　漏えいが発生したフランジ継手
（事故翌日の漏えい確認）

【漏洩部のフランジ構造】
フランジ下側から漏洩した

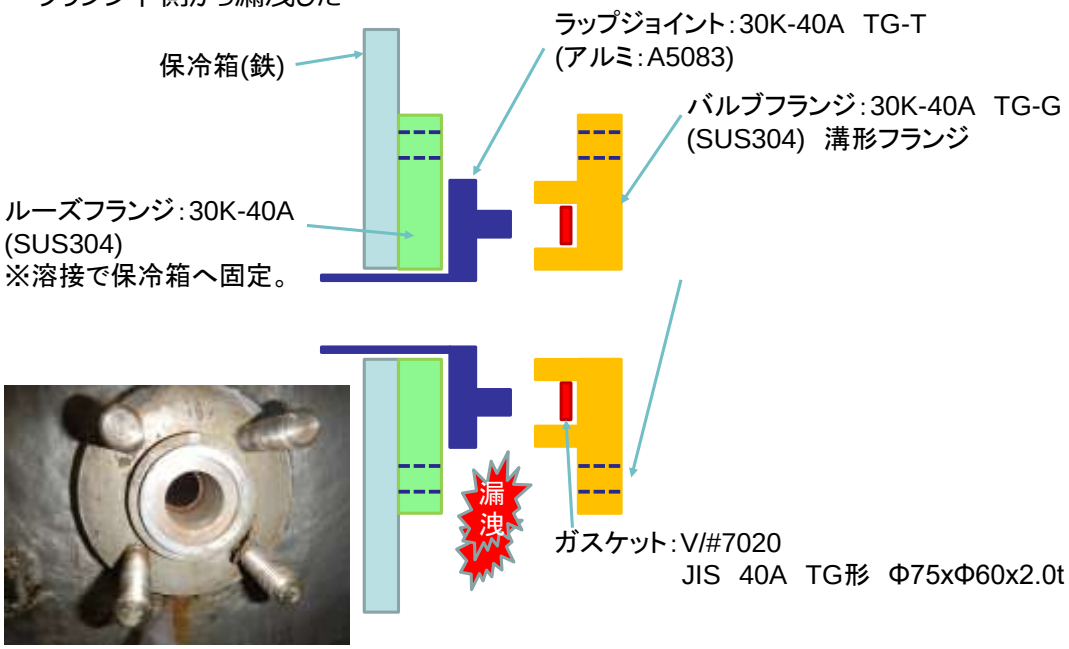


図 5　漏えいが発生したフランジ継手の構造

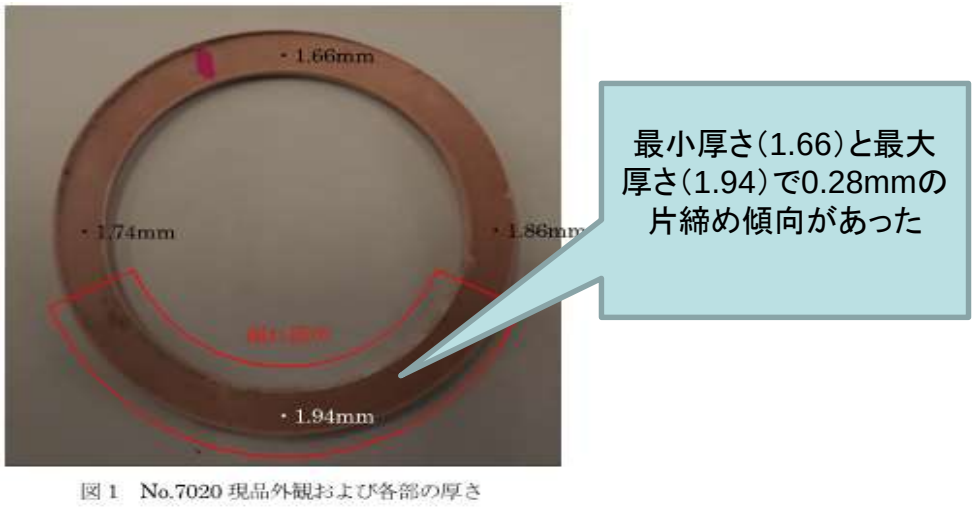


図 1　No.7020 現品外観および各部の厚さ

図 6　事故後のガスケットの厚さ

図 7　事故時のバルブからの白煙の噴出方向

別添 3-2

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称		
2023-233	塩素ガス漏洩事故		
事故発生日時	事故発生場所	事故発生事象	事故発生原因
2023 年 7 月 8 日(土) 23 時 08 分	愛媛県 新居浜市	1 次)漏えい① 2 次)	主)製作不良 副)施工管理不良

施設名称	機器	材質	概略の寸法
塩素誘導体プラント	隔膜式 圧力計	ダイヤフラム膜　タンタル、 膜ボディ　チタン	φ95mm×H173mm

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
毒性ガス(塩素)	5,034,199 ㎥／日(事業所) 2,182,269 ㎥／日(施　設)	1.2MPa	40℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: 軽症者 1 名
物的被害: 断熱材、配管、圧力計の損傷

事故の概要

塩素誘導体プラントにおいて、定常運転中、凝縮器に設けた隔膜式圧力計から約934 kgの毒性ガス(塩素)が漏えいした。

以下、事故の概要を時系列で記す。

7 月 8 日(土)

23 時 08 分	塩素建屋(以下、「建屋」という)の 5 階に設置したガス漏えい検知警報設備が、塩素の漏えいを検知し、発報した。 漏えい検知に連動し、建屋の扉が自動閉止して、製造課は計器室から排気ブロワによる除害作業を開始した。
23 時 20 分	警備消防課は、公設消防に通報した。
23 時 25 分	事業所の製造課は、塩素誘導体プラントの全停止操作を開始した。
23 時 28 分	警備消防課は、従業員に対し、構内放送で塩素ガスの漏えいを知らせ、各課へ機動要員の出動を要請した。
23 時 30 分	警備消防課は、周辺住民に対し、地域広報塔からの放送(アナウンス)により、事業所内で発生したガスの漏えいおよび念のために窓を閉めて屋内待機を知らせた。 機動要員 A は、自分の職場から集合場所に自転車で向かっている途中(保護具として安全靴、ヘルメットおよび保護メガネを着用)に、塩素誘導体プラント外周道路付近で臭気を感じた。 機動要員 A は、集合場所に到着後、咳き込み始めた。
23 時 52 分	警備消防課は、周辺住民に対し、地域広報塔からの放送(アナウンス)により、屋内退避と窓の閉止を呼びかけた。
23 時 59 分	事業所は、現場指揮所と現地連絡所(事務所内)を設置した。

7 月 9 日(日)

00 時 17 分	公設消防は、事業所の機動要員 A を救急搬送した。
00 時 24 分	公設消防は、事業所の現場指揮所に到着した。
00 時 51 分	警備消防課は、周辺住民に対し、地域広報塔からの放送(アナウンス)により、屋内退避と窓の閉止を、改めて呼びかけた。
02 時 27 分	公設消防は、塩素建屋外部への漏えいが無くなり周辺の安全が

	確認されたため退場した。 事業所は、現場指揮所と現地連絡所を解散した。
02 時 48 分	製造課は、塩素機器の塩素を液体塩素貯槽に送る液抜き作業（遠隔操作）を開始した。
05 時 48 分	警備消防課は、周辺住民に対し、地域広報塔からの放送（アナウンス）により、屋内退避と窓の閉止解除を、2 回呼びかけた。
06 時 12 分	製造課は、塩素機器の液抜き作業を完了した。
08 時 05 分	製造課は、塩素機器の系内除害のための窒素パージを開始した。
08 時 08 分	警備消防課は、周辺住民に対し、地域広報塔からの放送（アナウンス）により、安全を確認したため、屋内退避と窓の閉止解除を、改めて呼びかけた。
7 月 10 日（月）	
08 時 50 分	製造課は、窒素パージを行った後、漏洩箇所と推定されていた塩素建屋の 5 階に進入した。凝縮器に設けた隔膜式圧力計からガスが漏洩していることが確認できたため、当該圧力計の至近にある手動弁を閉操作した。

事故発生原因の詳細

(1) 漏えいが発生した箇所

漏えいが発生した箇所は、塩素誘導体プラントの塩素工程にある建屋（図 1 参照）。尚、この建屋には塩素が漏洩した際にガスを封じ込め、吸引し除害系へ送る機能を有している。電解工場で製造した高圧の塩素ガスを液化する凝縮器が設置されており、その凝縮器に設けた圧力計から、塩素が漏えいした。当該圧力計は事故発生 3 ケ月前の定修工事にて新品に取替更新を行った。

(2) 凝縮器に設けた圧力計

凝縮器に設けた圧力計は、隔膜式圧力計である（図 2 参照）。

ブルドン管式圧力計と圧力を測定する流体の間にダイヤフラムを設け、この間に圧力伝達媒体（オイル）を封入している。

圧力を測定する流体は、乾燥した塩素である。

圧力計の主な部品の材質は、ダイヤフラム膜がタンタル、膜ボディがチタン、ガスケットが PTFE、フランジ（ブルドン管側）とブルドン管が SUS316、ボルトが SNB7 である。

(3) 漏えいに至った時系列

事業所は、漏えいを次の 2 つに分類した。

① 初期漏えい

② 2 次漏えい

この分類に基づき、漏えいに至った時系列を、以下に示す。

① 初期漏えい

- フランジガスケットまたはダイヤフラム膜から極微量の乾燥した塩素が漏えいした。漏えいの原因は特定できなかったが、フランジガスケットの締め付け不足または片締めによるガスケット面圧の低下、もしくはダイヤフラム膜に傷があったことによる塩素と膜ボディの接触が想定される。

② 2 次漏えい

- 乾燥した塩素は、膜ボディに到達し、材質のチタンと激しく反応して、発火燃焼し

た。
- 乾燥した塩素と膜ボディの燃焼熱により、ガスケットが軟化し、フランジ継手から乾燥した塩素が漏えいした。このとき、漏えい速度および漏えい量は、ともに増加した。
- 高温（250℃以上）となった塩素ガスにより、ダイヤフラム膜が腐食した結果、膜ボディに到達する乾燥した塩素の量が増加し、圧力計が吹き飛んだ（図 3（a）参照）。
- 高温となった塩素ガスにより、フランジ（ブルドン管側）が腐食した結果、ボルトが溶断され、脱落して、燃焼していなかった膜ボディが吹き飛んだ（図 3（b）参照）。

事業所側で講じた対策（再発防止対策）

(1) 漏えい防止対策

① 初期漏えい防止対策

- 圧力計を購入した場合の受入れ検査では、メーカの検査記録の確認に加えて、目視検査でダイヤフラム膜に損傷がないことを確認する。
- ダイヤフラム膜とガスケットが接触する型式の圧力計について、取付け作業のポイント集を作成し、すべての作業者に対して、教育をする。また、協力会社に作業を依頼する場合、工事仕様書にポイント集を添付する。

② 2 次漏えい防止対策

- 事業所内の液化塩素または塩素ガスの設備、配管系に設けた圧力計（117 台）の目視検査を行い、外観に異常がないことを確認した。
- 乾燥した塩素の設備、配管系に設けた圧力計のうち、膜ボディの材質がチタンの圧力計（23 台）のリスク評価を行う。評価結果を踏まえ、チタンを使用していない圧力計に変更する（事故後の膜ボディについては SUS316 に変更）。変更が完了するまで、指示値を確認するときを除き、元弁を閉止し、乾燥した塩素と接触する機会を最小限にする暫定対策を実施する。
- 当該圧力計は、十数年前からベンダーを指名して同型式、同材質のものを発注、使用していた。今回の更新（2023 年 3 月定修）を実施するための「計器見積仕様書」には、使用流体を気体塩素と記載した上で、従前同様の形式、膜材質、接液部材質をそれぞれ指定していた。
- 発注を受けてベンダーから提出された「見積書」には、圧力計にチタンが使用されている旨の記載はなかった（ベンダーから提出された構造図面では、圧力計の株、接液部、ダイヤフラムなどついては材質の記載はあったが、計器取付金具（膜ボディ）にチタンが使用されている記載はなかった）。
- 同様の計器を購入する場合の見積仕様書には、使用禁止材料を明記する。さらに、乾燥した塩素の設備、配管系で使用する計器は、見積書、仕様明細書を受け取ったときに、各部材の材質が明記され、かつ、チタンを使用されていないことを確認する（基準書となるメンテナンスフィロソフィーに記載）。

③ 水平展開

- 事業所内の乾燥した塩素を取扱うすべてのプロセスについて、①と②のうちで、必要と判断した対策を実施する。
- 事業者（グループ会社を含む）内で、この事故情報を共有する。

(2) 機動要員の出動時の安全対策

社内規程を見直し、事業所の警備消防課は、一定の条件に該当する事故が発生した場合、機動要員に対して出動を要請する際は、集合場所までの安全が確認され

た後に出動要請を行うこと、また必要な保護具の持参、着用を連絡することを社内規定に追加変更した。

教訓（事故調査解析委員会作成）

① 高圧ガスを取扱う者は、そのガスの高圧ガス保安法令上の分類、物理的性質、化学的性質などを理解し、流体と接触する設備の材料を適切に選定する必要がある。

② 塩素を取扱う者は、乾燥状態の塩素とチタンが激しく反応し、発火燃焼することを理解すべきである。

③ 事業所外に影響を及ぼす可能性を想定し、日頃から積極的に周辺住民とのリスクコミュニケーションを図ることが重要である。

事業所の事故調査委員会

事業所内で対策会議を 11 回開催し、再発防止策を決定した。

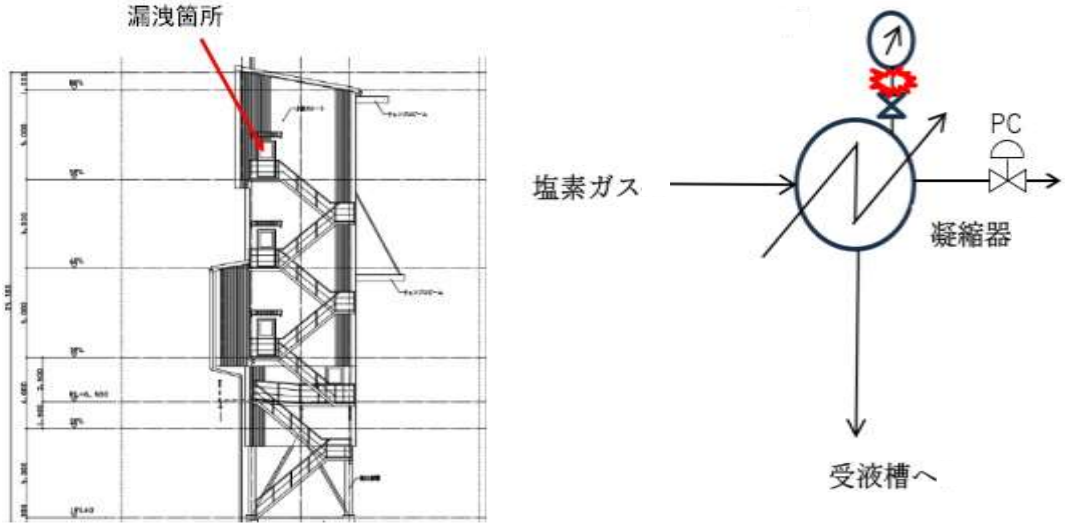
備考

特別民間法人高圧ガス保安協会は、視聴覚教材「知って安全ガスの知識−高圧ガスの特性と取扱い−塩素」に、乾燥した塩素とチタンが激しく反応して、発火燃焼する実験映像を収録している。

キーワード

毒性ガス、塩素、漏えい、圧力計、リスクコミュニケーション

関係図面（特記事項以外は事業所提供）



（a）建屋　　（b）塩素工程

図 1　漏えいが発生した箇所

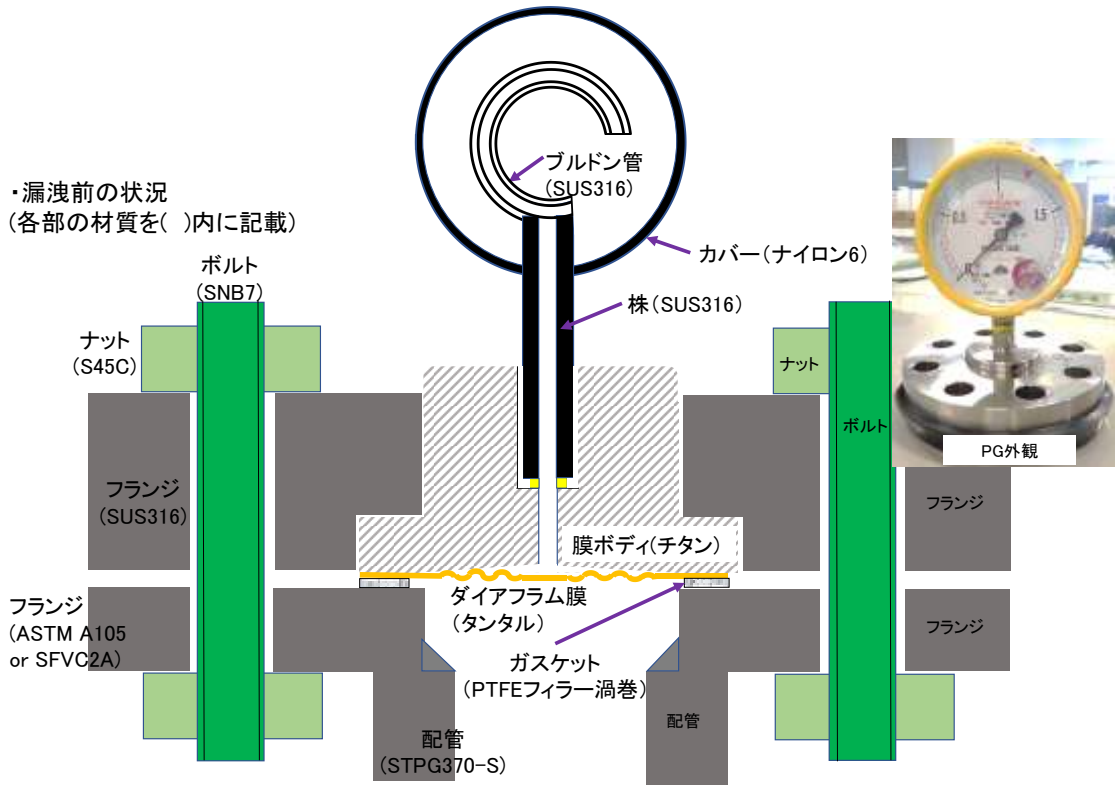


図 2　凝縮器に設けた圧力計

（a）吹き飛んだ圧力計　　（b）脱落したボルト及び吹き飛んだ膜ボディのかけら

図 3　事故発生後の状況

別添 3-3

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称		
2023-347	液化窒素タンクローリ充填ホース外れによる液化窒素漏えい		
事故発生日時 2023 年 9 月 2 日(土) 7 時 54 分	事故発生場所 岡山県 倉敷市	事故発生事象 1 次)漏えい③ 2 次)	事故発生原因 主)(その他:接続ミス) 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
液化窒素充填設備	継手	不明	2B

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
不活性ガス(窒素)	12,162,595 ㎥／日(事業所) 232,909 ㎥／日(充填ポンプ)	0.35 MPa	−196℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害:重傷者 1 名
物的被害:工場設備側接続部 30 千円

事故の概要

液化窒素タンクローリ(以下、「ローリ」という)に液化窒素を充填中、充填に使用するフレキシブルチューブの接続部(工場側)が外れて液化窒素が漏えいした(図 1 参照)。ローリ乗務員が被液し、凍傷(重傷)を負った。

以下、事故の概要を時系列で記す。

9 月 2 日(土)

7 時 45 分	ローリが工場へ入構した。
7 時 54 分	ローリ乗務員は、ローリへの積込用のポンプを起動し、工場の液化窒素充填場所で充填作業を開始した。
7 時 55 分	充填開始直後に、常設しているフレキシブルチューブと工場の設備側を繋ぐフレキシブルチューブの接続部が外れ液化窒素が漏えいした。 ・約 4 分間液化窒素の漏えいがあり、工場側の設備より約 800kg の液化窒素が漏えいした(漏えい量は積込み前後の工場側の貯槽の液面差から算出)。 ・乗務員は、工場設備側ローリ積荷元弁及びローリ側の元弁を閉めた(順序及び詳細な状態は不明)。 ・乗務員は、液化窒素を体に浴びて被災した。
8 時 00 分	乗務員は、計量室から構内事務所棟にいたオペレータに通報した。
8 時 04 分	オペレータが現場に到着し、乗務員の状況等を確認した。
8 時 07 分	オペレータが救急車を要請した。
8 時 13 分	救急車が到着した。
8 時 20 分頃	乗務員を病院へ搬送した。

事故発生原因の詳細

(1) 漏えいが発生した原因(フレキシブルチューブ接続部の傷の状況により下記が推測される)

① フレキシブルチューブの定期自主検査後、復旧のため、フレキシブルチューブ側の接続部(以下、「フレキ接続部」という)と「工場設備側の接続部(以下、

「工場接続部」という)を締め付ける際、両方の角部のみが接触した状態でハンマーにより衝撃が加えられ、工場接続部が変形した(図 2 参照)。

② 点検作業後の復旧は、フレキ接続部及び工場接続部のそれぞれの角部のみがかみ合っただけで、不完全な接続状態となっていた(図 3 参照)。

③ 継続的な使用による振動及び温度変化により当該接続部が緩み、最終的に圧力に耐えられず、接続部が外れ液化窒素が漏えいした。

(2) フレキシブルチューブに関する情報

年に 1 度、高圧ガス保安法第 35 条の 2 に基づく定期自主検査のためにフレキシブルチューブを外し、耐圧試験、外観検査を実施し、再び接続する作業がある。

・当該フレキシブルチューブは定期自主検査において合格している(直近の実施日は 2023 年 5 月 20 日)。

・定期自主検査終了後の再接続時(復旧時)に、フレキシブルチューブの漏えい検査に合格し、復旧作業完了とした。

・工場内の計 6 か所で定期自主検査及び復旧作業を実施。液化酸素充填場所 2 か所、液化窒素充填場所 4 か所において、同様の接続部の仕様となっている。

・当該復旧作業以降、事故発生まで約 360 回の充填作業が、当該フレキシブルチューブにより実施された。

・工場の設備復旧作業者は、前年以前にも設備復旧の実施経験があった。

・当該定期自主検査及び設備の復旧作業(フレキシブルチューブの脱着)は、工場従業員が実施した。

(3) 人的被害が発生した原因

超低温流体の危険について入構教育受講者に伝わっていなかった可能性があり、すぐに避難しなかった。なお、今回の事故原因の接続部は常時接続されているものであり、充填ごとに取外しを行うようなものではない。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) 水平展開

工場内の 6 か所の充填場所うち、事故発生か所以外の残りの 5 か所の同仕様の接続部に対して、適切に接続されていることを確認した。また、接続部の確認は、毎日実施する。

(2) 確認しやすい点検方法の導入(緊急対策)

適切に接続された接続部に合マークを入れ、毎日の初回積込み時に接続状況の判断が容易に実施できる点検方法を導入した(図 4 参照)。

(3) ポスターの掲示

安全行動の手順を記したポスターを掲示してすべての入場者に周知する(図 5 参照)。

(4) 作業手順及び確認方法の文書化

充填用急速ジョイント運用手順を新規制定し、従業員に教育および資格認定を行った。

(5) 入構教育

① 同様の災害が発生した場合を想定し、速やかに避難できる位置に立って作業するように立ち位置に関するルールを定め、運送会社への周知、充填場所に掲示を行った。乗務員の入構教育時には、立ち位置に関するルールを説明する。

② 液化ガスの漏えいが発生した場合は、安全な場所に避難し、オペレータへ通報することを最優先とするルールを明確にし、訪問者への安全入構教育に含める。

(6) 接続部の変更

恒久対策として工場内の 6 か所の充填場所の接続部について、フランジ接続への変更を行った(図 6 参照)。

教訓(事故調査解析委員会作成)

① 超低温の液化ガスは、直接身体に触れると凍傷になる。皮手袋、安全靴などを着用し、間接的に液化ガスに触れた場合でも凍傷となることがあり、気化したガスの吸引による酸欠の危険もあるため、液化ガスとの接触は避けなければならない。

② 打撃による締結作業は、締結不良を招くおそれがあるため、避けることが望ましい。

③ タンクローリへの充填作業は、充填所側の適切な管理下で実施する。

④ 作業中に、設備が通常の状態と異なることを確認した場合には、自己の判断で行動せず、緊急時のルールに従い行動することが重要である。

事業所の事故調査委員会

—

備考

—

キーワード

フレキシブルチューブ、接続部、入構教育

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

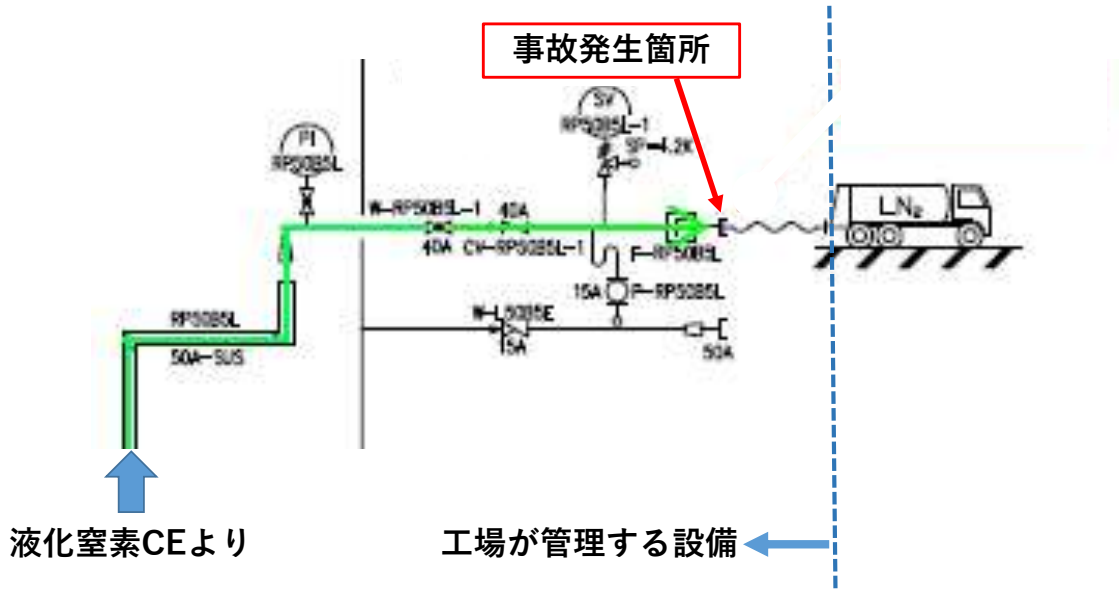
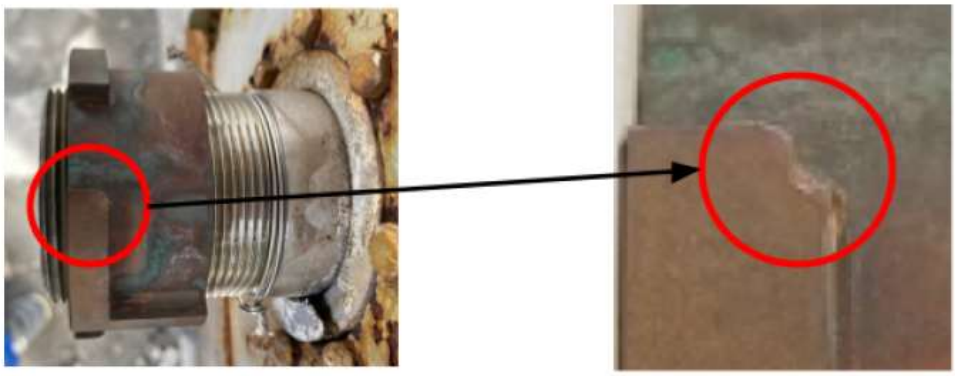
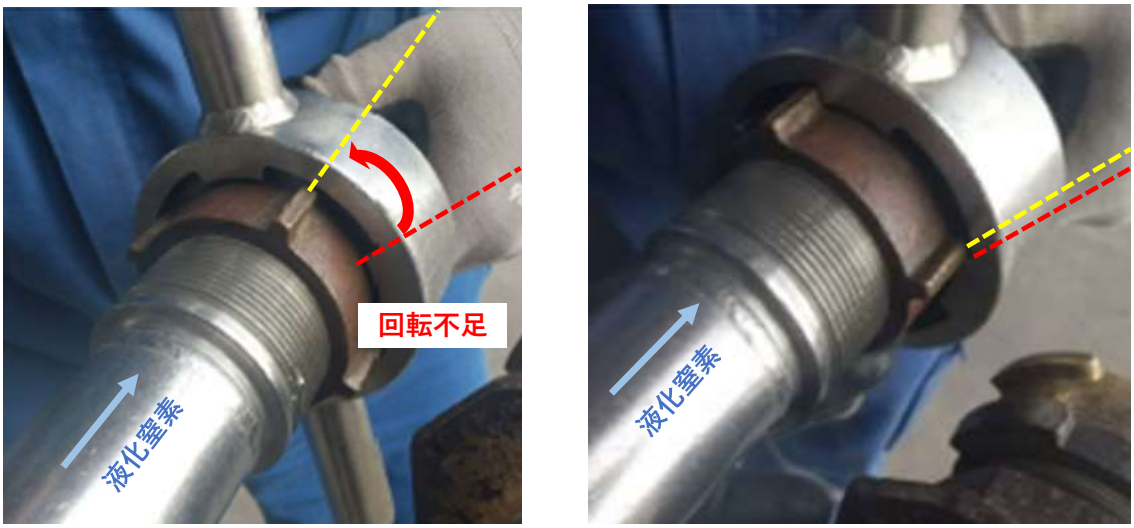


図 1 液化窒素 CE からローリまでのフロー図



工場接続部　　角部拡大

図 2　工場接続部



不完全な接続状態　　完全な接続状態

図 3　接続状態

図 4　接続部の合マーク

図 5　安全行動手順ポスター

図 6　フランジ接続

別添 3-4

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称		
2023-635	液化酸素ポンプモータの破裂		
事故発生日時	事故発生場所	事故発生事象	事故発生原因
2023 年 1 月 26 日(木) 6 時 22 分	三重県 四日市市	1 次)爆発 2 次)	主)点検不良 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
空気液化分離製造施設	ポンプ	FC200	吐出量　287,280 ㎥／日

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
支燃性ガス(酸素)	9,639,110 ㎥／日(事業所) 1,247,04 ㎥／日(施　設)	0.3MPa	−183℃

被害状況(人的被害、物的被害)

人的被害: 重傷者 1 名

物的被害: 液化酸素ポンプモータ

事故の概要

事業所において、液化酸素をタンクローリに払い出す作業中、ポンプのメカニカルシールから支燃性ガス(酸素)が漏えいし、ポンプモータ内に滞留して、爆発した。

以下、事故の概要を時系列で記す。

06 時 10 分	運送会社の従業員は、タンクローリに液化酸素を積み込むため、事業所に入った。
06 時 15 分	運送会社の従業員は、液化酸素の充塡準備作業を開始した。
06 時 22 分	運送会社の従業員は、液化酸素の充塡を開始するため、ポンプのスイッチを操作した。 ポンプのモータが、破裂した(図 1～3 参照)。 運送会社の従業員は、1m 程度飛ばされ、転倒した。
06 時 24 分	事業所の保安係員 2 名(A と B)は、運送会社の従業員より連絡を受け、現場に急行した。
06 時 25 分	2 名の保安係員(A と B)は、現場の状況を確認した。 保安係員 A は、運送会社の従業員の手当てを行った。 保安係員 B は、ポンプの運転停止操作を行った。

事故発生原因の詳細

(1) 施設の概要

事業所では、空気液化分離製造施設により、液化酸素、液化窒素、液化アルゴン、酸素ガス、窒素ガスを製造し、出荷している。

タンクローリの運転手が入構するためには、この事業所の安全教育を受けなければならない。入構教育は 1 年毎に再教育を実施している。ポンプ操作に関する教育を受け、許可を受けた者のみがポンプ操作を行っている。初回のポンプ操作に関する教育では、手順書を用いて、現場で作業内容の確認を行っている。

(2) 液化酸素ポンプの概要

モータの軸の先に、液化酸素のポンプが据付けられている(図 4、図 5 参照)。ポンプのメカニカルシールなどの消耗品は、事業所で交換を行っている。発災したポンプのメカニカルシールについては、日常点検で漏えいの有無も確認しており、前日の点検では漏えいなしと判断していた。

(3) 爆発の原因

ポンプとモータ部の軸部の凍結防止のため、スチームでパージをしているが、低温下（発災時の朝の気温は-8℃）でスチームはノズル部で凍ってしまい、スチーム加温が止まっている状態であり、ポンプとモータは完全に氷で覆われた状態（アイスブリッジ）であった。メカニカルシール部から微量ずつ漏えいした液化酸素がモータ内部に浸入し、モータ内部が酸素雰囲気となっていた。

ポンプの起動に伴い、モータ内部の絶縁油や塗料（ワニス）が高温となった。通常の雰囲気では絶縁油や塗料は発火しないが、酸素雰囲気であったため、発火し、爆発したものと推定される。

事業所側で講じた対策（再発防止対策）

(1) 防御板の設置

現場に防御板を設置し、万一の破裂に備えた。

(2) 凍結防止対策の見直し

アイスブリッジの対策として、蒸気銅管(8mm)を SUS フレキシブルホース(15mm)に変更し、モータにも温度計を取り付けた。また、アイスブリッジの確認を毎勤務（3 回/日）とした。

- 機器ごとの点検項目を見やすくチェックしやすいように改善した。点検漏れのないようわかりやすい様式とした。
- 事故届をしなかったこと（事故原因を低温脆性、軸封部の漏れと考え、事故に非該当と判断してしまった）については、安全会議内で特別教育を実施し、再発防止を実施した。

(3) モータの更新

モータ内に酸素が侵入しないように、あらかじめモータケース内に窒素を封入したタイプのモータに順次更新する。

(4) 作業責任区分の明確化

タンクローリの払出し作業において、弁の開閉作業を事業所と運送会社のどちらで行うか等明確に手順書に記載し、液体酸素ポンプに関して事業所の従業員が運転することを追記した。

教訓（事故調査解析委員会作成）

① 通常の雰囲気中では燃えにくい物質でも、酸素が豊富な雰囲気中では燃焼する可能がある。酸素を取り扱う設備では、漏えいがないことを注意するとともに、漏えいした酸素が滞留する場所がないことも注意する。

② 設備が通常の状態と異なることを確認した場合は、自己の判断で設備を起動させずに、所属長や責任者に連絡し、指示を仰ぐ。設備の責任者は、設備が通常の状態と異なることを確認した場合には、作業者に作業を行わせない。

③ 事業所は、作業マニュアルに作業環境の温度範囲（最高の温度および最低の温度）を定め、温度範囲外では作業者が作業を行なわないように監督することが重要である。

④ 高圧ガス事故（疑いを含む）が発生した場合は、直ちに、関係行政機関へ通報する必要ある。

事業所の事故調査委員会

会議の名称は「液化酸素ポンプ爆発事象の打ち合わせ」であり、安全リスク部長、

製造部長、工場長が参加し、事故後 3 カ月以内に 6 回実施した。

備考

※1 事故事象

ポンプモータが破裂しているが、次の事由により、高圧ガス事故の事故発生事象は、爆発と整理した。

・ポンプ内にあった高圧ガス（液化酸素）が、外部に漏えいし、ポンプモータ内に滞留して、可燃性物質の急速な燃焼反応を助けた（外部爆発）。
・漏えいした高圧ガスが関与した爆発事象の影響で、ポンプモータが破裂した。
・破裂したポンプモータは、非耐圧部材である。

※2 三重県が作成した報告書

三重県は、この事故事例をまとめた資料を作成し、公開している。

・Ⅰ．高圧ガス保安法の事故事例（三重県内）
【整理番号 2023-三重-災害 8】 令和 5 年 1 月 26 日発生 液化酸素ポンプのモーターの破裂【コンビ則】

キーワード

支燃性ガス、酸素、爆発、ポンプ

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

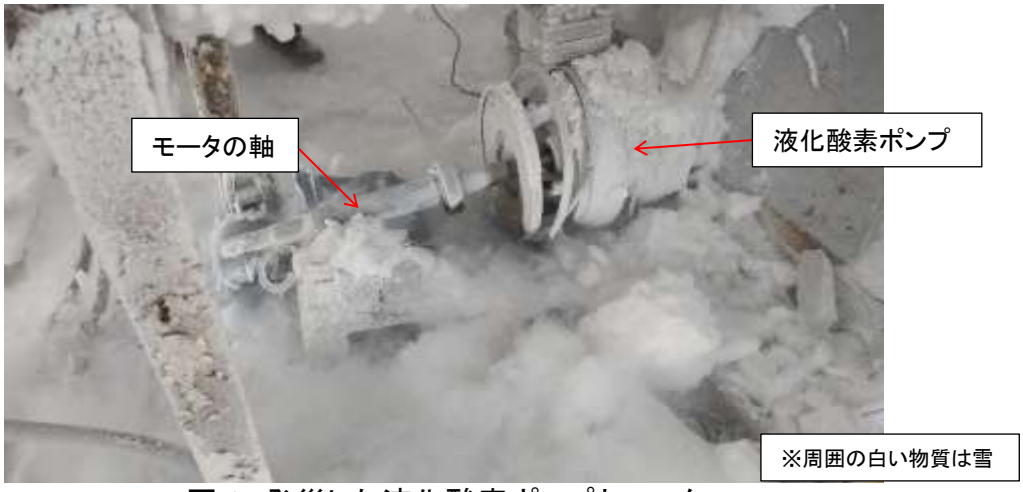


図 1 発災した液化酸素ポンプとモータ

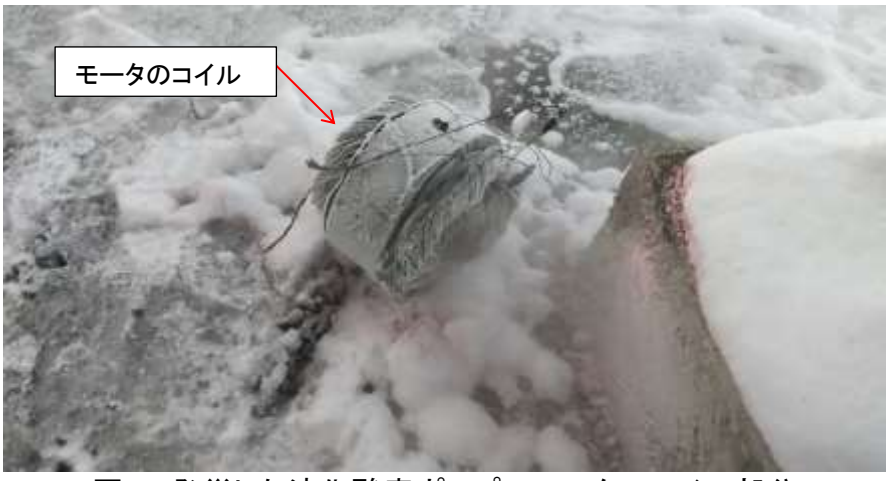


図 2　発災した液化酸素ポンプのモータのコイル部分

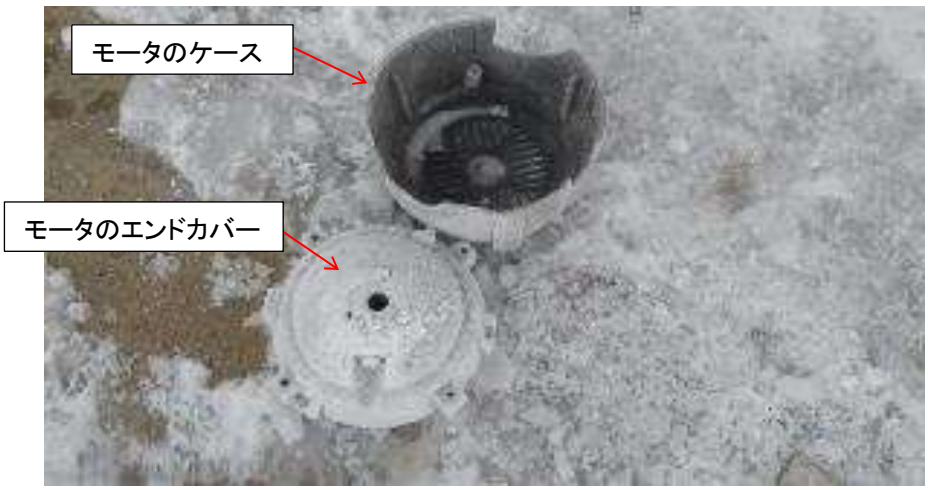


図 3　発災した液化酸素ポンプのモータのケース部分

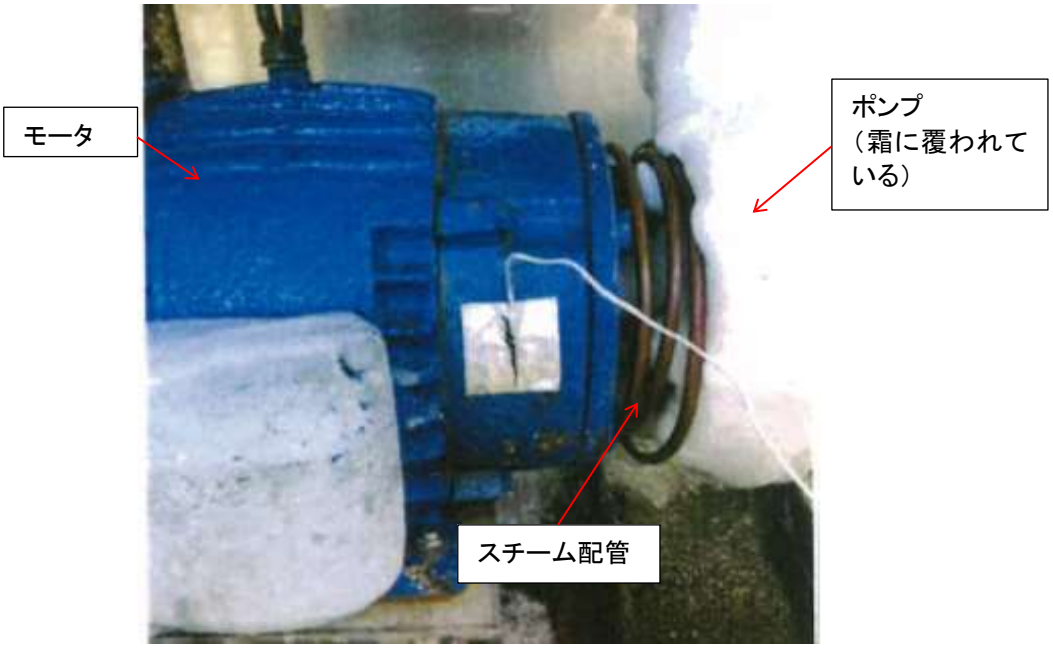


図 4　発災した液化酸素ポンプとモータの同型機

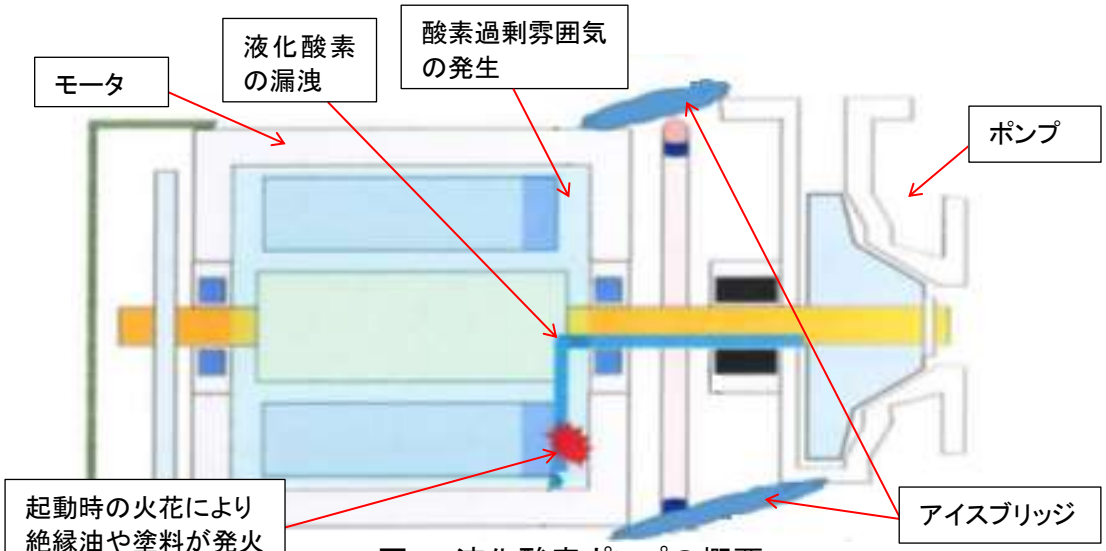


図 5　液化酸素ポンプの概要

別添 3-5

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称		
2023-310	合成ゴム製造施設における高圧ガス漏えい		
事故発生日時	事故発生場所	事故発生事象	事故発生原因
2023 年 7 月 12 日(水) 4 時 18 分	神奈川県 川崎市	1 次)漏えい② 2 次)	主)締結管理不良 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
合成ゴム製造施設	反応器用触媒ストレーナ	本体:SUS316L ガスケット:テフロン	呼び径 3/4B

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
可燃性毒性ガス(クロルメチル)	9,686,685 ㎥／日(事業所) 9,672,055 ㎥／日(施設)	0.98 MPa	−90℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: なし
物的被害: なし

事故の概要

合成ゴム製造施設において、反応器の反応を停止させた後の現場点検中、反応工程にある触媒配管の Y 型ストレーナから触媒および溶媒のクロルメチルが漏えいした(図 1、図 2 参照)。

以下、事故の概要を時系列で記す。

7 月 12 日(水)

3 時 41 分	バッチ式のため、反応器の反応停止操作を開始した。
4 時 18 分	従業員 A は、反応器周辺の現場点検中、触媒配管下部のステージ上に霜付きがあるのを確認し、計器室に連絡した。 従業員 A は、触媒配管の保冷材を取り外し、保冷材下にある Y 型ストレーナのキャップ部から液滴の漏えいを確認した。発見時はすでに反応停止工程中であったため、漏えい箇所は前後の弁の閉止により縁切り状態を確保した。
4 時 30 分	従業員 A は、漏えい箇所の脱圧を完了し、漏えい停止を確認した。 Y 型ストレーナを点検し、キャップ部のガスケットが変形していることを確認した。
9 時 10 分	事業所の保安部門は、詳細を確認し、県消防保安課へ報告した。
9 時 15 分	事業所の保安部門は、公設消防へ情報提供した。

事故発生原因の詳細

(1) 施設の概要

高圧ガスの C4 モノマーと危険物の C5 モノマーを原料として、触媒を用いて重合反応を行い、合成ゴムを製造している。

合成ゴムの重合反応は低温状態で行われるため、冷媒として冷却水、エチレン等を使用して、段階的に原料を冷却している。

原料および触媒の溶媒としてクロルメチルを使用しており、圧縮機や精製塔によって精製して循環利用している。

(2) 漏えいが発生した原因

(直接原因)

① Y 型ストレーナのキャップ部に使用しているガスケットが内圧の影響を受けて部分的に外側に向けて変形し、最終的に変形部がシール機能を失って漏えいに至った(図 3 参照)。

② 反応工程の自動弁稼働状況と配管内の残存する液の状態を確認し、液封が発生していないことを確認した。

(間接原因)

① 漏えい箇所は運転中に熱サイクルがあり、経時変化により Y 型ストレーナのキャップに緩みが生じた可能性がある。ガスケットに内圧がかかった際、キャップの緩みがあった部分で外側に向けてガスケットが変形したものと推定する。
その後、同型の Y 型ストレーナとガスケットを用いて、キャップに緩みがある状態で窒素加圧による再現テストを実施した結果、ガスケットの変形を確認できた。

② Y 型ストレーナの点検手順はあるものの、安全面、設備面、品質面のそれぞれで制定しており、重要なポイントや Know-Why を見落としてしまう可能性があった。
また、既存の手順に、ストレーナキャップの締付状態の確認を目的とした、ガスケットのはめ込み状態(はみ出し状況)点検の記載はなかった。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) シール機能の確認

ガスケットの仕様(流体/圧力/温度)は適正であること、および他の系列も含めたストレーナ本体のシール面不良(腐食や変形)もなく、設備の仕様に問題はないと判断した。

(2) 点検作業の見直し

漏えい箇所を熱サイクルのあるプロセスとして認識し、定期的に目視点検を行い、キャップ部の増し締めやガスケットのはみ出し状況の確認を実施する。

目視点検を反映する手順改訂の際は、今回の事故事例も追記して、技術伝承につなげる。(2023 年 9 月末完了)

Y 型ストレーナの点検手順を一本化し、重要なポイントや Know-Why を一度に把握できるようにし、理解度を上げた点検管理を行った。(2023 年 9 月末完了)

(3) 水平展開結果

漏えい箇所のガスケット交換を行い、キャップ締付時にガスケットのはめ込み不良がないことを確認した。

漏えいが発生していない他の系列についても目視点検を行い、ガスケットのはみ出しがないことを確認した。

他の系列についてもガスケット交換を行い、ストレーナキャップの締付不良はないことを確認した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

① 締結部の温度変動は、締結力を変化させ、シール性能を低下させる場合がある。締結力の変化により、ガスケットが破損または変形し、漏えいに繋がることを認識しなければならない。

② 締結時のガスケットの状態を点検することが重要である。また、過去に発生した事故トラブルの教訓は作業手順書に反映し、適切に施設を維持管理する必要がある。

③　複数に分かれた作業手順書は見落とし、理解不足を招く恐れがあり、作業手順書は一つにまとめることが望ましい。作業手順書が複数に分かれている場合は、事前に作業関係者全員で手順、注意事項などの重要事項を確認した上で、作業することが重要である。

事業所の事故調査委員会

緊急対策会議を 1 回、工場連絡会を 2 回開催し、事故原因の調査、対策の確認を実施した。

備考

ー

キーワード

可燃性毒性ガス、クロルメチル、漏えい、反応器、Y 型ストレーナ、ガスケット

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

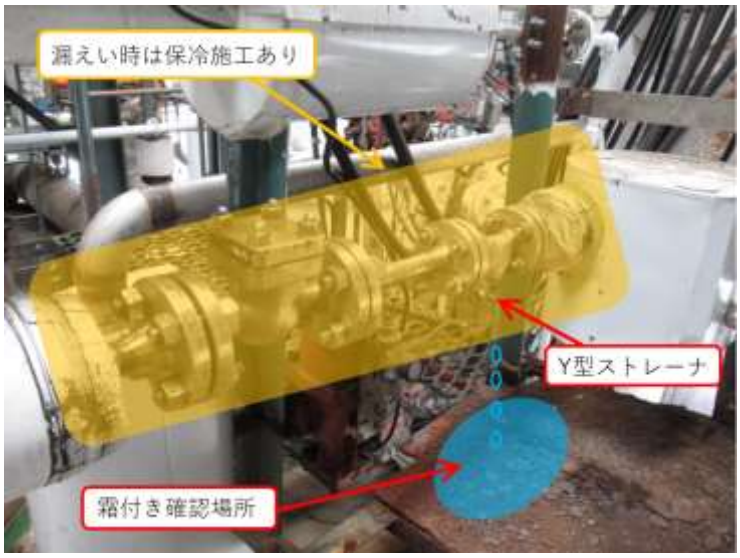


図 1　事故発生後の合成ゴム製造施設の触媒配管付近

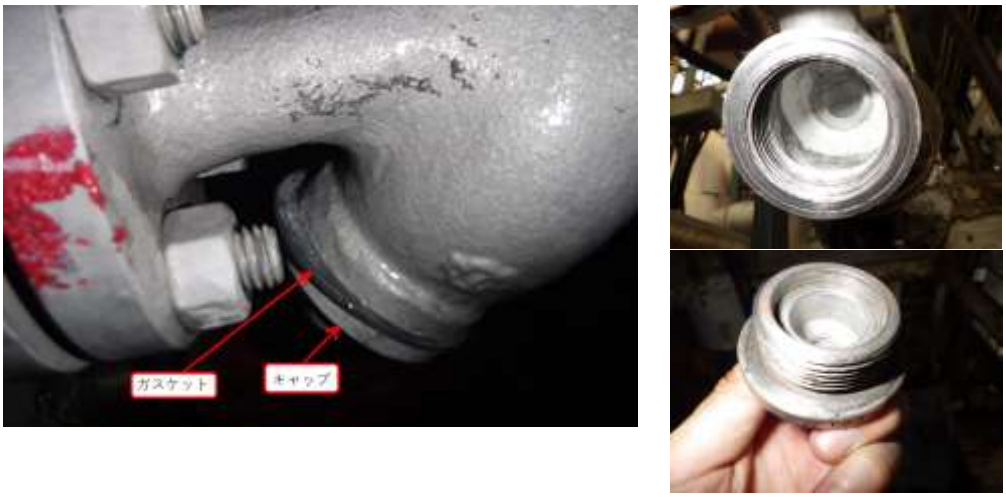


図 2　Y 型ストレーナのキャップ

（左：事故時の状態、右：Y 型ストレーナとキャップが離脱した状態（参考））

図 3　事故後のガスケットの変形状況
（左：使用していたガスケット、右：新品のガスケット（参考））

別添 3-6

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2023-330	事故の呼称 水素ガス爆発事故		
事故発生日時 2023 年 6 月 20 日(火) 11 時 44 分	事故発生場所 神奈川県 川崎市	事故発生事象 1 次)爆発 2 次)	事故発生原因 主)設計不良 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
水素化反応器、 サンプリングボックス	反応器、 その他(サンプリングボックス)	PVC(ポリ塩化ビニル)	サンプリングボックス 幅 400mm×奥行 300mm ×高さ 350mm

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
可燃性ガス(水素)	4,516,021 ㎥／日(事業所)		
不活性ガス(窒素)	4.0 ㎥／日(水素化反応器)	0.99 MPa	104℃
	ー(サンプリングボックス)	0.36 MPa	60～70℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害:なし
物的被害:サンプリングボックス(前面扉および側面の破損　100 千円)

事故の概要

医薬品中間体を製造する高圧ガス反応器において、サンプリングラインに粉末金属触媒による詰まりが生じたため運転を停止し、高圧ガス反応器を空槽化してサンプリングラインを取り外し、清掃、復旧を行った。

その後、高圧ガス反応器の気密試験のため、気密試験ラインに窒素カードルを接続し、反応器内の圧力が気密試験圧力に到達するまで窒素を充填した。このとき、水素ローダー側の元弁が閉止されていなかったため、気密試験ラインに水素が混入し、窒素と水素の混合ガスが反応器に充填された。

気密試験完了後、サンプリングラインの窒素置換を行うため、気密試験に使用した窒素と水素の混合ガスをサンプリングラインへ放出した。放出時に発生した静電気により、窒素と水素の混合ガスが爆発し、サンプリングボックスが破損した。

以下、事故の概要を時系列で記す。

6 月 19 日(月)	運転停止
15 時 00 分	空槽化した高圧ガス反応器のサンプリングラインを取外して清掃した後、復旧した。翌日から高圧ガス反応器の気密試験を予定していた。
6 月 20 日(火)	
9 時 00 分	試験用の窒素ガスのカードルを水素の供給配管の枝管に接続し、高圧ガス反応器の昇圧を開始した。 高圧ガス反応器の気密試験を完了後、気密試験用の窒素ガスの脱圧を開始した。
11 時 44 分	作業員は、脱圧中に隣接したサンプリングラインを窒素置換するため、手動バルブを開放した。 そのとき、透明 PVC 製のサンプリングボックスが爆発し、前面扉及び側面の一部が周辺約 5m の範囲に飛散した。 周囲への二次被害・影響はなかった。 作業員は手動バルブを閉止し作業を中止、直ちに上司へ連絡、

	上司は環境安全課長へ連絡した。
11 時 56 分	環境安全課長は 119 番通報した。
	高圧ガス反応器は大気圧まで脱圧を継続し状態を保持した。
12 時 00 分頃	県消防保安課担当者へ異常現象発生を連絡した。
	自衛防災隊は、周辺を区画し立入禁止とした。
	公設消防到着後、現場確認(防災活動なし)が行われた。
13 時 40 分頃	公設消防は退場した。

事故発生原因の詳細

(1) 施設の概要

高圧ガス反応器では、金属触媒を介して中間体(液)と水素を反応させ、医薬品原料を製造している。

この反応器では、運転圧力が一定の値となるように水素供給量を調整している。

(2) 事故発生原因

事故発生前、高圧ガス反応器の気密試験のため、この反応器に窒素を充填したが、その際、この反応器へ水素(原料)を供給する水素ローダー側の元弁が閉止されていなかったことと、窒素の供給配管が、水素の供給配管と同じ配管系統であったことから、反応器に水素が混入した(図 1 参照)。

作業員は、隣接したサンプリングラインの窒素置換作業のため、この反応器からサンプリングボックスに向けて、この反応器内に充填されていた気密試験用ガス(窒素ガス)をブローした。

配管内に残存していた微量(数 g と推定)の粉末金属触媒が水素とともに急速に流れたことにより、サンプリングライン先端で静電気放電が発生、サンプリングボックス内へ放出された水素が、空気と混合して着火・爆発し、サンプリングボックスが破損した(図 2 参照)。

① 人的原因

- 作業指示が口頭のみで、指示した側の思い込み(当然、水素元弁は閉めるだろう)があった。

② 物的原因

- ローダー側水素元弁を閉めなかったため、窒素カードルから高圧ガス反応器への配管に水素が混入した。
- サンプリングボックスが樹脂製でああったため、静電気を帯電しやすかった。
- サンプリングボックスが樹脂製であり、チューブ先端で発生する静電気に対し、十分な除電能力がなかった。
- 金属触媒が高圧ガス反応器に残存した状態で、窒素や水素と一緒にブローすると静電気が発生する。水素が同伴された場合は爆発に至る。

③ 管理的原因

- 手順書に、今回の気密試験の作業方法が記載されていなかった。
- 気密試験に関する情報伝達に不備(窒素カードル接続箇所等)があり、作業開始前にラインチェック図(弁の開閉をチェックする図)が用意できていなかった。
- 窒素カードル接続位置が、高圧ガス反応器への水素供給ラインであり、ローダー側水素元弁が開放、かつ水素ローダーが接続されていた。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- 再発防止完了迄、高圧ガス反応器運転及びサンプリングボックスの使用を停止した。(8 月 10 日　対策完了)

・実証実験を行い、ブロー時の静電気を確認した。
以下の再発防止策を講じた。
(1) 人的対策
- 工事に関する連絡事項、指示した内容や確認事項は連絡ノートに記載し、伝達ミスや伝達不足を防止する。

(2) 物的対策
① 静電気発生防止
サンプリングボックスを金属製に変更し、接地を取ることで帯電しないようにした（図 3 参照）。
② 着火防止
サンプリング中、残存する水素が万一大気へ放出されても着火させない予防措置として、チューブ先端を水中に浸けたサンプリング方式に変更し、静電気放電を抑制した。サンプリングライン置換作業時も同様とした。
(3) 管理的対策
- 手順書を作成して、気密試験の作業方法を記載する。
- 作業前に手順及びラインチェック図を確認し、担当課に連絡する。
- 連絡手順についても手順書に記載する。
- 気密試験時、窒素カードル接続位置を高圧ガス反応器本体に変更し、水素供給ラインを使用しない手順とする。

教訓（事故調査解析委員会作成）
① 手順書のない作業を行う場合は、手順がある場合に比べ、予期しない作業の抜け、漏れにより事故が生じる。気密試験やパージ作業であっても、作業手順を定め、これを遵守して作業に当たることが原則である。
② 可燃性ガスを取り扱う設備で気密試験を行う場合は、前後の可燃性ガスの配管の経路を確認し、弁の開閉状態を確認し、配管の縁切りを確実に行い、気密試験を行う部位に可燃性ガスが混入しないよう措置することが重要である。
③ 作業の指示を行う場合は、口頭だけでなく、必要に応じて現地での説明を行い、指示者と作業者の認識をすり合わせることが重要である。
④ 作業を開始する前には危険予知活動を実施し、事故の未然防止に努めることが重要である。

事業所の事故調査委員会
7/6 サンプリングボックス改善後静電気試験報告、及び今後の方針会議
7/14 サンプリングボックス改善後静電気試験報告、及び今後の方針会議

備考

キーワード
気密試験、元バルブ、静電気、水素、窒素、供給配管

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

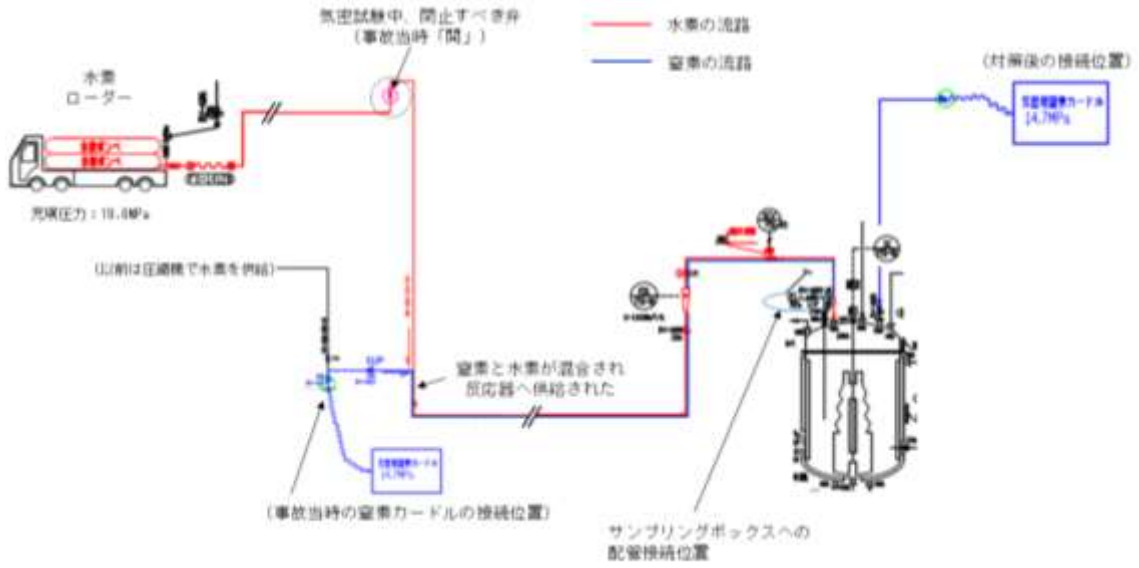


図 1　系統図の概略

図 2　サンプリングボックス

図 3　金属製のサンプリングボックス

別添 3-7

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称		
2023-669	接触改質装置触媒再生セクション安全弁作動		
事故発生日時 2023 年 12 月 8 日(金) 0 時 30 分	事故発生場所 三重県 四日市市	事故発生事象 1 次)漏えい③ 2 次)	事故発生原因 主)設計不良 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
接触改質装置	安全弁	ボディ、ボンネット SCPH2 ノズル、ディスク SUS304	入口径 1 1/2B, JPI300RF のど部の径 15.9mm 出口径 2B, JPI150RF

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
可燃性ガス(水素)	82,716,872 ㎥／日(事業所) 7,200,220 ㎥／日(施設)	1.84 MPa	260℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: なし
物的被害: なし

事故の概要

接触改質装置の通常運転中、一次的な圧力変動により安全弁のシート面でスケールを噛み込み、シール性が低下し、水素(220kg)が出口配管側に漏えいした。なお、漏えいした水素は全てフレアー設備で燃料として回収された。

以下、事故の概要を時系列で記す。

12 月 7 日(木)

23 時 30 分頃　通常運転中、運転員 A は接触改質装置から所内へ供給している水素流量の低下傾向を確認。(2.00→1.75t/h まで低下)。同時にフレアー管理部署より、フレアー回収量増加の連絡をもらう。
運転員 A、B、C は水素流量低下の原因調査を開始。

12 月 8 日(金)

0 時 30 分頃　運転員 B は触手にて、安全弁の出口配管(2 次側)が温かいことを確認したため、内部流体が流れており安全弁が作動していると判断。当該系内圧力が 1.66MPa であったことから、安全弁(設定圧力:1.93MPa)が故障していると判断し、圧力上昇に備えて圧力調節弁に係員を配置した上で安全弁の入口(1 次側)弁を閉止。閉止前後で現場圧力計の値は 1.66 MPa と変化無いものの、接触改質装置から所内へ供給している水素流量が回復(1.75→2.00t/h)。

0 時 40 分頃　直長は、所内通報後、触媒再生セクションの停止操作を開始。

1 時 10 分頃　運転員 B は、当該系の漏洩チェックを実施し、漏れなしを確認。

2 時 25 分頃　安全推進課長は、県防災対策部　消防・保安課に連絡(一般電話)。

3 時 50 分頃　運転員 A、B、C は、触媒再生セクションの停止操作を完了。ブロック脱圧完了。

8 時 40 分頃　安全推進課長は、公設消防へ連絡(一般電話)。

事故発生原因の詳細

(1) 安全弁周りの設備構成

作動した安全弁は、水素と触媒が流れる触媒再生フローに設置されている。安全弁の上流側には、気液分離槽と圧力調節弁があり、安全弁の下流側には、触媒移送槽と反応塔がある(図 1 参照)。再生した触媒は、水素で槽から反応塔に移送している。再生された触媒が重力により槽へ落下することで、触媒再生フローには圧力変動が生じるため、圧力調節弁で圧力調整を行っている。

(2) 事故後の安全弁と圧力調節弁の調査

事故後の吹き出しテストの結果、極微圧でシート漏れを確認した。分解整備の結果、弁体と弁座のシール部にスケール(約 2mm の球状の硬質スケール)の噛み込み及び噛み込み部の傷を確認した(図 2、図 3 参照)。圧力調節弁は、模擬信号、実圧力(空気)の入力により問題なく作動すること、弁座の当たり面に傷等の損傷がないことを確認した。

(3) 圧力変動の理由

安全弁が作動した際には、一時的に再生された触媒の落下量が多く、圧力変動が大きかったと推定した。圧力調節弁が圧力上昇を検知したが、閉方向への制御(圧力低下措置)が遅い、または小さい事で瞬間的に圧力が上昇したと考えられる。

瞬間的な圧力上昇により、安全弁のシート面が動き、スケールを噛み込んだことでシール性が低下し、安全弁からフレアー回収設備へ水素が流れたと判断した。

(4) ガスの吹き出し量

安全弁の吹き出し量は最大でも 0.2t/h 程度であり、定格吹き出し量 1.2t/h よりも少ないことから、安全弁の設定圧力(1.93MPa)まで達していないと判断した。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) 圧力調節弁の調整及び運転圧力の検討

再生された触媒の落下による圧力変動は構造上必ず発生するため、圧力調節弁が働く際の制御感度設定を調整し、当該安全弁の瞬間的な圧力上昇を抑えた。加えて圧力調節弁の圧力設定の運転圧力と安全弁の設定圧力の差を確保した。(1.48～1.83MPa→1.52～1.79MPa)

(2) 安全弁のシール性補修

予備の安全弁を取り付け復旧し、シール性の低下した安全弁は点検・補修後、適切な能力を持つことを確認した。

(3) その他

水平展開を実施し、触媒が重力で落ちてくる特殊な系であり、同様の箇所が他事業所も含めて他に無いことを確認した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

① 瞬間的な圧力変動が発生する系内の圧力調整には、安全弁の設定圧力を踏まえた圧力制御の範囲設定が重要である。安全弁作動が繰り返し発生する場合には、圧力制御の範囲設定の見直しが必要である。

② プロセスの内部、外部に着目し、系内に異物(スケール)が存在する要因を把握し、異物による事故を防止する必要がある。

事業所の事故調査委員会

12 月 8 日(金) 8:30～ (参加:所長、各副所長、関係部署長、係長、課員)

12 月 12 日(火)11:30～(参加:関係部署長、係長、課員)

12 月 13 日(水)16:00～(参加:各副所長、関係部署長、係長、課員)

備考
―

キーワード
漏えい、安全弁、スケール、触媒再生

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

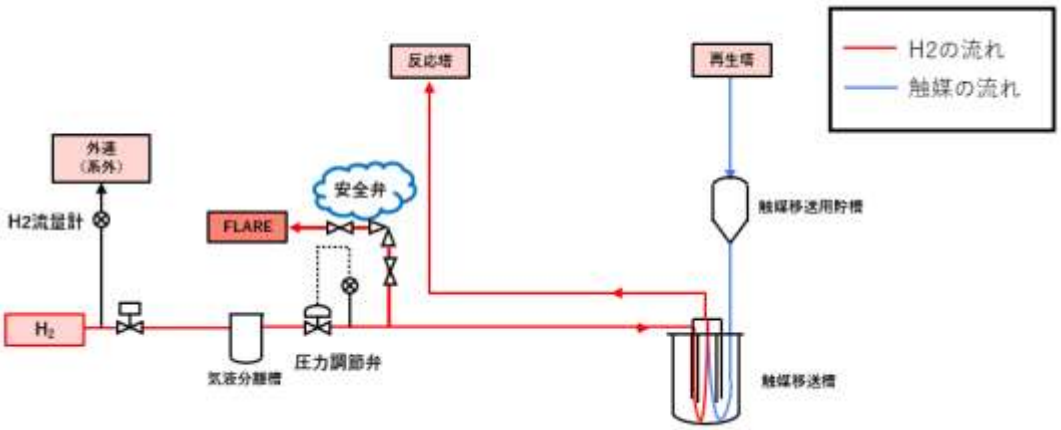


図 1　触媒再生のフロー図

図 2　安全弁の弁体と弁座のシール部に噛み込んだスケール

図 3　スケール噛み込みによる安全弁の弁体シートの傷

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称		
2023-579	窒素供給管の誤接続による窒息事故		
事故発生日時 2023 年 10 月 20 日(金) 8 時 00 分頃	事故発生場所 滋賀県 湖南市	事故発生事象 1 次)その他(酸欠) 2 次)	事故発生原因 主)誤操作など 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
800L 反応槽	反応器	SUS304	内容積 1,135L、外径 1.2m 全高 1.5m

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
不活性ガス(窒素)	ー(消費)	ーMPa(消費)	ー℃(消費)

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: 死者 1 名
物的被害: なし

事故の概要

工場において、反応槽を洗浄するため、入槽準備作業をしていた作業員が不活性ガス(窒素)を吸引して倒れ、公設消防により病院へ救急搬送されたが、その後死亡が確認された。

以下、事故の概要を時系列で記す。

07 時 30 分頃　作業員 A は、反応槽を洗浄するため、入槽準備作業を開始した。

08 時 45 分頃　現場担当課長(以下、「課長」という)は、反応槽の前で倒れている作業員 A を発見した。
課長は、次の作業を行った。
① 現場担当係長(以下、「係長」という)に対し、119 番通報と AED(自動体外式除細動器)の手配を指示した。
② 複数名の作業員と協力し、作業員 A を事務所へ移動させた。

08 時 48 分頃　係長から指示を受けた別の作業員は、119 番通報し、AED(自動体外式除細動器)を手配した。

08 時 49 分頃　課長は係長らと協力し、作業員 A に対し、心肺蘇生を行い、AED(自動体外式除細動器)を使用した。

09 時 07 分頃　公設消防は、作業員 A を救急車、ドクターヘリで救急搬送した。
その後、搬送先の病院で死亡が確認された。

事故発生原因の詳細

(1) 工場の概要

この工場では、反応槽を使用して複数品種の合成樹脂製品を製造している。

反応槽で主に使用されるガスの種類としては、窒素と空気である。窒素は、コールド・エバポレータ(CE)から供給され、減圧後、反応槽内の酸化反応を防ぐ用途などで使用されている。圧縮空気は、反応槽内で製造された粘度の高い製品を加圧して次工程へ払い出す用途などで使用されている(図 1 参照)。

(2) 反応槽の洗浄作業

合成樹脂の製造に使用する反応槽は、製品の品種を変える場合、洗浄作業を行っている。

反応槽の洗浄作業は、通常、入槽作業は行わず、溶剤による洗浄および攪拌で行

う。ただし、溶剤の攪拌によっても洗浄しきれない製品がある場合のみ入槽洗浄を行う。そのため、工場は送気マスク(肺力吸引形)を備え、その使用を入槽洗浄作業手順書(社内規程)に定めていた。

(3) 作業環境

作業員 A は、工場で備えていた送気マスク(肺力吸引形)のホース部分を改造し、製造工程で使用する配管のガス取出し口に接続可能な継手を取り付けていた(図 2 参照)。

改造した送気マスクのホースの継手は、窒素供給配管のガス取出し口の継手に接続されていた。

なお、窒素供給配管に隣接し、圧縮空気供給配管も設置されていた。配管には、ガスの名称を明記していたが、両方のガス取出し口の継手は同一の形状であった(図 3 参照)。

工場では、入槽洗浄作業手順書(社内規程)に定めている内容以外の作業は認めていない。また、人体に供給する目的で設置されている配管はない。

(4) 事故発生原因の推定

作業員 A は、反応槽の洗浄作業を行う際、呼吸がしづらいという理由などから、送気マスクのホースを改造し、圧縮空気供給配管のガス取出し口に接続しようとした。しかし、誤って窒素供給配管のガス取出し口に接続し、送気マスクを装着した。その結果、高濃度の窒素を吸引し、酸素欠乏に陥り、窒息のため死亡した。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) 注意喚起文書の掲示

工場では、圧縮空気を含むすべての供給配管のガス取出し口近傍に、人体に供給してはならない旨の注意喚起文書の掲示を行った。

(2) 入槽作業手順書の見直し

① 洗浄の事前準備から作業に関わる全ての事項を 2 名体制で行うこと。
② 入槽作業者は、新たに制定した入槽作業許可申請書を事前に部長または社長に提出し、許可を受けたうえで作業を行うこととした。
③ 酸素濃度の適正状況下であれば、防毒マスクを装着して作業を実施し、送気マスク(肺力吸引形から電動送風機形に変更)は異常時のみの使用とした。

教訓(事故調査解析委員会作成)

① 高濃度の窒素を吸入すると、酸欠により死亡することがあるため、酸欠の危険性を認識させる教育が必要である。
② 入槽作業などの非定常作業では、複数名の体制で周囲の状況と作業の安全を確認することが必要である。さらに、チェックシートなどを活用することによって、一連の作業のなかで危険防止が図られるような仕組みを構築することが重要である。
③ 安全操作の手順、注意すべき事項などをマニュアル化し、常に掲示することにより、いつでも、誰でも安全に作業ができる環境づくりが必要である。
④ マニュアル、要領、手順書など定められたルールは、常に全員が確実に守らなければならず、その基本をおろそかにしない企業風土の醸成が、安定、安全操業を目指すうえで、重要である。

事業所の事故調査委員会
　会議体の名称はないが、役職担当者、現場担当者など様々なメンバーで、多人数から少人数まで含めて、個別に延べ 20 回会議を行い、報告書をとりまとめた。

備考
　ー

キーワード
窒素、圧縮空気、不活性ガス、入槽作業、窒息、酸欠

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

図 1　800L 反応槽
（矢印は、窒素供給配管と圧縮空気供給配管）

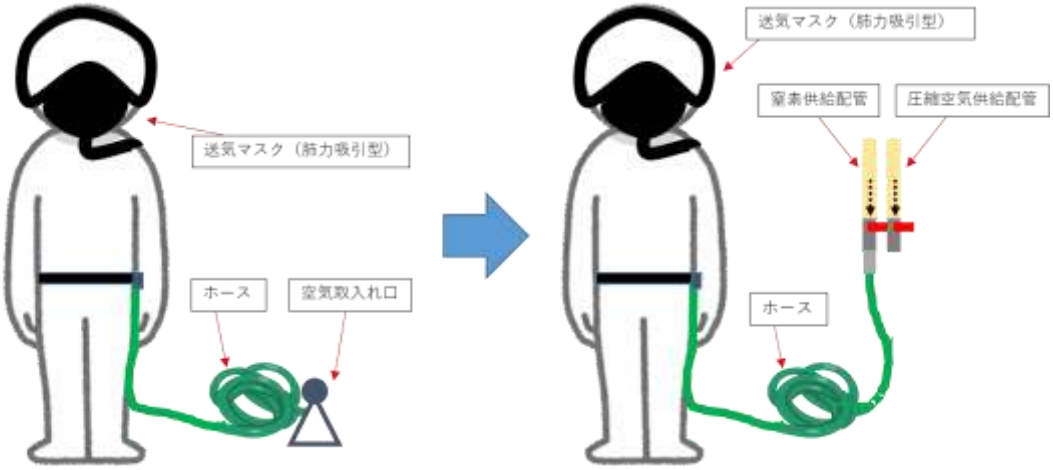


図 2　入槽時の作業環境イメージ図
（左：社内規程による使用方法　右：事故発生時の使用方法）
（ヒアリング内容を基に高圧ガス保安協会が作成）

図 3　事故発生時の窒素供給配管と圧縮空気供給配管

別添 3-9

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称
2023-546	二酸化炭素消火設備の誤作動による二酸化炭素の放出事故

事故発生日時	事故発生場所	事故発生事象	事故発生原因
2023 年 10 月 16 日（月） 8 時 55 分	山梨県 北杜市	1 次）漏えい③ 2 次）	主）その他 （不明、調査中） 副）

施設名称	機器	材質	概略の寸法
不活性ガス 消火設備	一般継目なし容器、 附属品	容　器　マンガン鋼 附属品　C3771	容器　内容積 68 リットル 計 25 本

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
不活性ガス （二酸化炭素）	ー （消費）	24.5MPa （耐圧試験圧力）	ー℃ （消費）

被害状況（人的被害、物的被害）
人的被害：軽症者 3 名
物的被害：なし

事故の概要

工場において、電気設備の検査中、二酸化炭素を消火剤とする不活性ガス消火設備が作動し、放出口から二酸化炭素が放出された。

電気設備検査業者作業員（以下「作業員」という）3 名が、救急搬送された。

以下、事故の概要を時系列で記す。

08 時 45 分頃　作業員は、検査を行うため、工場全体の停電措置を実施した。

08 時 50 分頃　工場職員、作業員（3 名）及び協力会社社員の計 10 名程度は、電気設備の検査を実施するため発電機で電源供給を行い、電気室に入った。

08 時 55 分頃　二酸化炭素を消火剤とする全域放出方式の不活性ガス消火設備（以下、「二酸化炭素消火設備」という）が、避難を促す音声警報を発した。
作業員 3 名は、消火設備の点検作業に伴う警報と考え、電気室内で検査を継続した。

09 時 00 分頃　噴射ヘッドから二酸化炭素消火剤が放射された。
工場職員、作業員 A、B 及び協力会社社員は電気室外に退避した。退避した作業員 B は気分が悪く立てないほどの症状だった。
作業員 A が点呼を実施し、作業員 C が電気室内に取り残されていることを確認した。
作業員 A は、取り残された作業員 C を救出するため、電気室に入室したが、取り残された社員を救出できず、本人も意識を失い取り残された。
協力会社社員 4 名が電気室に入室し、取り残された作業員 A、C を救出した。
電気室内から救出された作業員 A、C は、意識を失っていたが、協力会社社員により心肺蘇生措置を実施した結果、意識を取り戻した。

09 時 05 分頃	協力業者社員は、119 番通報した。
09 時 35 分頃	公設消防は、意識を失った作業員 A、C 及び気分の悪くなった作業員 B の 3 名を救急搬送した。
14 時 10 分頃	工場長は、救急搬送された作業員 3 名が、搬送先の病院で診察を受け、退院した事を確認した。

事故発生原因の詳細

(1) 二酸化炭素消火設備の概要

この工場は、1994 年に竣工した。二酸化炭素消火設備は、その時に設置された(図 1～図 3 参照)。

二酸化炭素消火設備が放出される場所(以下「防護区画」という)は、起動ボタンの手動操作のみによって起動する(図 4 参照)。

2023 年 9 月に消防用設備の定期点検(総合点検)を実施したとき、異常は確認されなかった。

(2) 二酸化炭素消火設備の起動原因

事業者は、公設消防、警察、メーカの立会いの下、二酸化炭素消火設備の制御盤の異常の有無を検討したが、異常は認められなかった。また、手動起動装置を操作した形跡も確認できなかった。消火設備メーカは停電作業の際に何らかの理由によって大きく電圧変動が発生したことによる消火設備の誤作動と判断した。

(3) 特別民間法人高圧ガス保安協会の調査

消防庁は、令和 2 年 12 月から令和 3 年 4 月にかけて、二酸化炭素消火設備に係る死亡事故が相次いで発生したことを受け、有識者検討会を設置し、再発防止策のあり方を検討し、その検討結果を踏まえて、政省令を改正した。

特別民間法人高圧ガス保安協会は、今回の事故について、政省令の改正に対する事業所の対応状況を調査した。主な改正内容と調査結果は、次のとおりであった。

① 標識の設置
省令改正後に、防護区画、消火ボンベ庫の出入口等の見やすい箇所に二酸化炭素の危険性を注意喚起する標識を見やすい箇所に設置した(図 5 参照)。

② 図書の備え付け
省令改正後に、二酸化炭素消火設備の制御盤の付近に工事や点検時にとるべき措置の具体的内容及び手順を定めた図書を備え付けた。

③ 閉止弁の設置
工場竣工時(二酸化炭素消火設備設置時)に、二酸化炭素消火設備の集合管又は操作管に、一定の基準に適合する閉止弁を設置済(図 6 参照)。

④ 防護区画に人が立ち入る場合の措置
事故時は、防護区画に人が立ち入る場合は、閉止弁が閉止された状態となっていなかった。

⑤ 消火剤が放出された場合の措置
事故時は、消火剤が放出された場合は、防護区画に人が立ち入らないように維持されていなかった。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) 事業所は消火設備メーカが判断した誤作動の要因について再現実験を行ったが原因が判明しなかったので、別事業所で使用実績があり、これまでも不具合事例のない別メーカの二酸化炭素消火設備への更新工事(配管を除く)を実施した。

(2) 電機室内作業における運用の見直し
① 電気室入退出手順マニュアルを作成し、「電気室入退出チェック表」に必要事項記入する。
② 閉止弁を開閉するためのハンドルに電気室の扉の鍵を取り付け、閉止弁を閉止した後に電気室の扉を解錠する手順とした(図 7 参照)。
③ 防護区画に人が立ち入る場合の措置および消火剤が放出された場合の措置として、防護区画に監視カメラ、二酸化炭素濃度測定器を設置し、防護区画内の監視を強化した。
(3) 工場職員、検査業者を含む協力会社社員に対して、定期的に二酸化炭素消火設備に関する安全衛生教育を実施する。

教訓(事故調査解析委員会作成)
① 事業所は、二酸化炭素消火設備からガス放出のおそれのある場所で作業を行わせる際、作業者に対して、入退出手順マニュアルを遵守させるとともに、作業前に避難経路を提示し、避難を促す音声警報があった場合は、速やかに避難を実施し、思い込みによる行動(避難の音声警報を点検作業のものと思い込み避難しない)を避けさせることが重要である。
② 事業所は、作業者に対して、二酸化炭素が放出された場所に立ち入ることは非常に危険であることを認識させる必要がある。また、二酸化炭素が放出された場所には、安全が確認できるまで、人が立ち入らないように維持しなければならない。
③ 二酸化炭素消火設備は、窒息消火のため、消火後の電気設備に対する影響が少ない。しかし、意図しないガス放出により、これまで死者を伴う人身被害が発生している。事業所は、二酸化炭素消火設備を設置する前に、長所だけでなく危険性も知っておかなければならない。

事業所の事故調査委員会
ー

備考
二酸化炭素消火設備の事故は、過去にも発生しており、事故調査解析委員会は、次の事故について高圧ガス事故概要報告を作成している。
・ 2020-541 機械式立体駐車場への不活性ガス消火設備の噴出事故
・ 2021-001 二酸化炭素の噴出・漏えいによる死亡事故
また、事故調査解析委員会は、二酸化炭素消火設備の事故について、次の報告書も作成している。
・ 二酸化炭素消火設備の高圧ガス事故に関する注意事項

キーワード
消火設備、二酸化炭素、閉止弁、防護区画

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

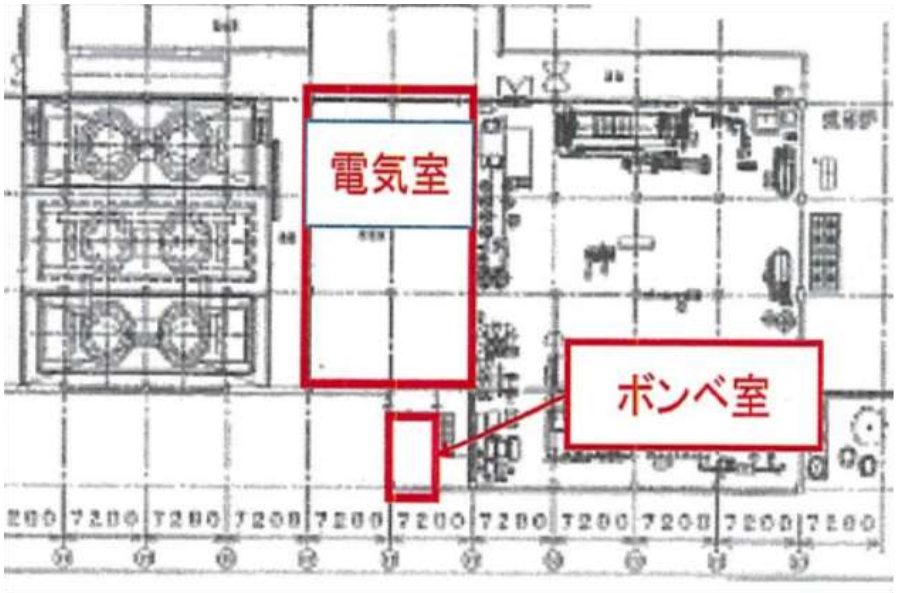


図１　二酸化炭素消火設備設置場所

図２　電気室

図 3　ボンベ室

図 4　手動起動装置

図 5　標識

図 6　閉止弁

図 7　閉止弁のハンドルに電気室の鍵を取り付けた状況

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称			
2023-434	圧縮水素製造施設脱湿塔における水素着火事故			
事故発生日時		事故発生場所	事故発生事象	事故発生原因
2023 年 8 月 22 日(火) 14 時 44 分		兵庫県 尼崎市	1 次)漏えい② 2 次)火災	主)締結管理不良 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
圧縮水素製造施設	脱湿塔	本体フランジ　SFVC2A 閉止フランジ　SFVC2A ボルト　SNB7	外径　665mm PCD　595mm 内径　325.4mm

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
可燃性ガス(水素)	466,835.5 ㎥／日(事業所) 41,346.3 ㎥／日(施　設)	19.6MPa	300℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: なし
物的被害: なし

事故の概要

圧縮水素製造施設において、定常運転中、脱湿塔のボルト締めフランジ継手から可燃性ガス(水素)が漏えいし、燃焼した。

以下、事故の概要を時系列で記す。

8 月 22 日(火)

13 時 15 分　製造部門は、圧縮水素を長尺容器に充填する作業を開始した。

14 時 44 分　圧縮水素製造施設で、爆発音が発生した。
保安係員は、脱湿塔上部の保温外装板に、火炎を確認した。
保安係員は、圧縮機の緊急停止操作をした。
圧縮機の緊急停止操作に伴い、構内放送が発報した。
保安係員は、精製装置のバルブの閉操作をした。
消防班は、構内放送を受け、消火応援出動して、散水冷却放水をした。

14 時 50 分　保安係員は、脱湿塔上部の保温外装板に、火炎がないことを確認した。

16 時 27 分　保安統括者は、兵庫県に報告した。

16 時 41 分　保安統括者は、公設消防に報告した。

18 時 26 分　保安統括者は、兵庫県から、次の連絡を受けた。
- 高圧ガス保安法の事故として、届け出る必要がある。
- 圧縮水素製造施設は、脱湿塔の気密試験を実施し、漏えいがないことを確認すれば、使用を再開してよい。

8 月 23 日(水)

20 時 30 分　製造部門は、脱湿塔のボルト締めフランジ継手を増し締めし、気密試験を実施して、漏えいがないことを確認した。

20 時 44 分　製造部門は、圧縮水素製造施設の運転を再開した。

事故発生原因の詳細

(1) 事業所および圧縮水素製造施設の概要

この事業所では、圧縮水素を製造し、容器(長尺容器、カードルを含む)に充填して、出荷している。

圧縮水素製造施設は、連続運転をしている。その製造工程の概要は、次のとおりである(図 1 参照)。

① 事業所に隣接する別事業者から、塩化ナトリウム水溶液の電気分解の副産物である低圧の水素ガスを受入れ、水素ホルダーに貯蔵する。

② 上記①で必要な水素ガスが確保できない場合は、水素発生装置で低圧の水素ガスを製造する。

③ 上記①と②の低圧の水素ガス(水分含有)を圧縮機で昇圧した後、精製装置(セパレータ、脱酸塔、脱湿塔など)で不純物を除去する。

④ 精製した圧縮水素を容器(長尺容器、カードルを含む)に充填して、出荷する。

(2) 漏えいが発生した設備

漏えいが発生した設備は、圧縮水素製造施設の精製装置にある脱湿塔 A である(図 1 参照)。

脱湿塔は、圧縮水素が含有する水分を除去するため、その内部に活性炭、モレキュラーシーブを充填している。通常運転の温度は、10℃以下である。しかし、活性炭、モレキュラーシーブの性能を維持するため、定期に、再生運転を行う。再生運転の温度は 230℃であり、通常運転と比して高温となる。

(3) 漏えいが発生した箇所

漏えいが発生した箇所は、本体フランジと閉止フランジのボルト締めフランジ継手である(図 2 参照)。このボルト締めフランジ継手には、エネルギー損失の減少と作業員の火傷防止を目的として、保温材を設置していた。また、含水による保温材の性能低下を防ぐため、雨水浸入の防止を目的として、外装板を設置していた。

(4) 漏えいの原因(推定)

再生運転の高温より、脱湿塔のボルト締めフランジ継手の締結力が低下し、圧縮水素が漏えいした。再生運転で高温となるボルト締めフランジ継手に設置された保温材は、その高温を保持する機能により、締結力低下の一因となった。

(5) 火災の原因(推定)

脱湿塔のボルト締めフランジ継手から漏えいした圧縮水素は、保温外装板の内部に滞留し、爆発性雰囲気を生じた。そこに、誘導雷または静電気放電があり、燃焼した。なお、着火源は消去法により推定した。誘導雷は、事故発生の直前に事業所周辺の天候が急変し、雷雨が発生していたため、消去できなかった。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) 締結管理

定期自主検査(1 回／年)では、脱湿塔上部の保温材を外し、ボルト締めフランジ継手の増し締めを、打撃スパナとハンマを用いて、打撃により行う※。

(2) ガス漏えい検知

ガス漏えい検知警報設備の検知部(吸引式)を新たに設置し、脱湿塔上部の保温外装板の内部(上面付近)に捕集口を設けた(図 3 参照)。

(3) 滞留しない構造

脱湿塔上部の保温外装板の側面上部には、通気口(1/4B)を設けていたが、上面にも通気口(1/2B)を増設した(図 4 参照)。

教訓（事故調査解析委員会作成）

① ボルト締結は、ねじ山の斜面の原理を適用している。坂道を上るには押す力が必要であるが、下るには力は必要としない。締結は必ず緩み、環境（温度変化、振動など）が緩みを促進する。締結には緩むことを前提とした管理が必要である。締結の維持管理では、適切な点検周期を設定し、緩みがないことを確認する。しかし、現状は、緩んだ後の漏えいを検出し、増し締めで対処している。締結の維持管理には不確かさがあり、ハザードとなる。

② 保温材は、保温によるエネルギー損失の低減と作業者の火傷防止という機能がある。一方で、高温になるボルト締めフランジ継手に保温材を設置すると、ボルトが伸び、締結力が低下して漏えいに至る場合がある。すなわち、保温材はその機能に不確かさがあり、ハザードとなる。保温材を設置する場合は、リスクアセスメントを実施し、適切な箇所に設置が重要である。そのうえで、高温になるボルト締めフランジ継手に設置した場合は、適切な締結管理が必要である。

③ 水素は、空気中の爆発範囲が広く、最小発火エネルギーも低いため、滞留しない構造が重要である。そのうえで、水素の滞留の可能性を否定できない場合は、着火を防止する安全対策の検討が必要である。

④ 高圧ガス事故（疑いを含む）が発生した場合は、直ちに、関係行政機関へ通報する必要ある。

事業所の事故調査委員会

製造部門は、トラブル報告書（事故発生原因の分析、再発防止対策などを含む）を作成した。事業所内の関係部門は、これを確認、承認して、情報共有をした。また、本社に提出し、他事業所への情報共有をした。

備考

※ 打撃による増し締め

ボルト締めフランジ継手の増し締めを、打撃スパナとハンマを用いて打撃により行った結果、漏えい事故に至った事例がある。フランジ継手は、強く締め過ぎないようにする必要がある。フランジ継手は強く締めれば、締めるほど安全と考えるのは間違いである。

＜2021-201 連続触媒再生改質装置第一反応塔入口フランジ部からの火災 https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/jikogaiyouhoukoku/04_2021-201.pdf＞

キーワード

可燃性ガス、水素、漏えい、火災、塔、ボルト締めフランジ継手、締結管理、保温材、誘導雷、静電気、滞留

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

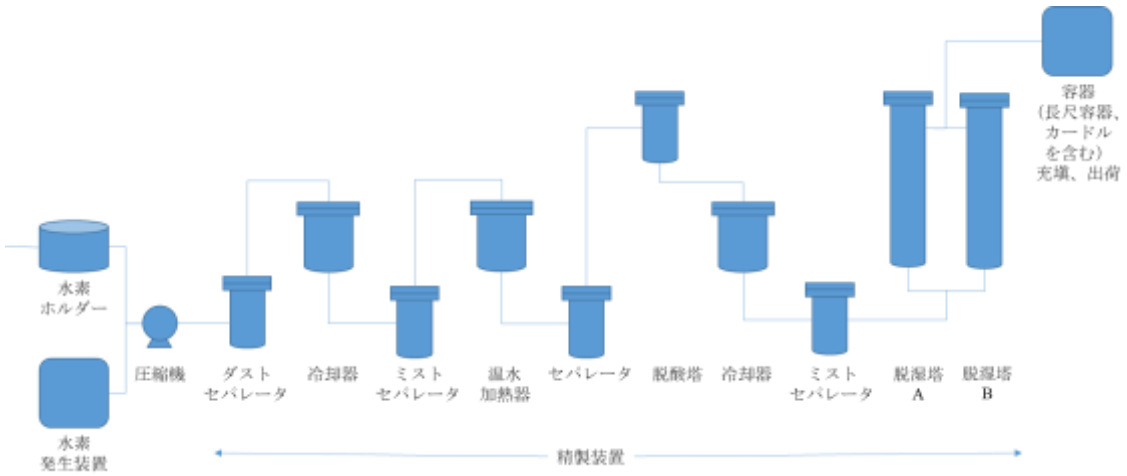


図 1　圧縮水素製造施設の製造工程の概要
（KHK 作成）

図 2　漏えいが発生した脱湿塔 A のボルト締めフランジ継手
（保温外装板と保温材を取り外した状態）

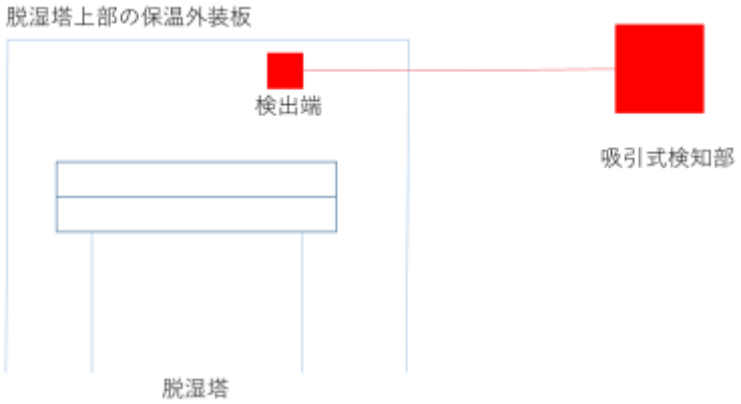


図 3　脱湿塔上部の保温外装板の内部のガス漏えい検知
（KHK 作成）

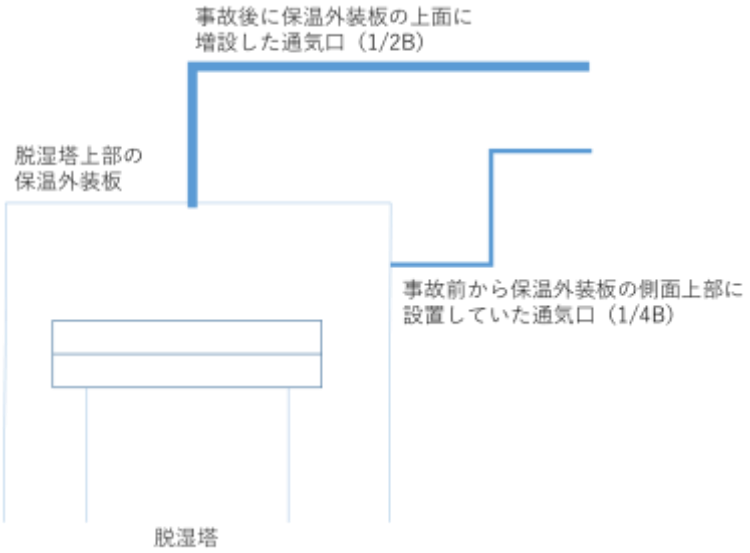


図 4　脱湿塔上部の保温外装板に設けた通気口
（KHK 作成）

別添3-11

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称
2023-644	バルク貯槽 LP ガス漏えい事故

事故発生日時	事故発生場所	事故発生事象	事故発生原因
2023 年 12 月 14 日(木) 18 時 59 分	佐賀県 佐賀市	1 次)漏えい③ 2 次)	主)不良行為

施設名称	機器	材質	概略の寸法
産業廃棄物処理施設	ガス取出弁(980kg バルク貯槽)	不明	不明

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
可燃性ガス(液化石油ガス)	ー(廃棄)	1.8 MPa	ー℃(廃棄)

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: なし
物的被害: なし

事故の概要

産業廃棄物処理業者(以下「産廃業者」という。)は、バルク貯槽 3 基の廃棄処分を行うため、バルク貯槽を自社まで移動させた。その後、荷下ろしの際、バルク貯槽 3 基のうち 1 基のガス取出し弁が破損し、中に残っていた液化石油ガスが漏えいした(図 1 参照)。

以下、事故の概要を時系列で記す。また、主な関係者とバルク貯槽の移動の全体像を図 2 に示す。

2022 年 7 月 2022 年 11 月 2023 年 2 月	液化石油ガス販売事業者(以下「販売事業者」という。)A は、3 か所の集合住宅に設置されていた合計 3 基のバルク貯槽(1 か所 1 基ずつ、貯蔵能力は 980kg×2 基と 500kg×1 基、全て所有者は販売事業者 A)を、容器からの供給に変更するため、A 社に移動させた。 販売事業者 A は、移動させる前にバルク貯槽内にガスが残っていることを確認したため、移動後、A 社の空調用として使用した。
上記～2023 年 12 月 3 日(日)まで	販売事業者 A は、空調用として使用後、各バルク貯槽の外面に「空」と印をつけた。しかし、実際は 3 基のうち 2 基(980kg×1 基、500kg×1 基)にはガスが残ったままであり、また、装置されている液面計で残量を確認しなかった。 この時の残量は不明。
12 月 4 日(月)	販売事業者 A は、過去にバルク貯槽の廃棄を依頼したことのある産廃業者 B に廃棄を依頼した。産廃業者 B は、当該バルク貯槽 3 基を A 社から回収し、B 社に移動させた。 その後、産廃業者 B は廃棄できないと考え、産廃業者 C に廃棄を依頼した。 なお、産廃業者 B から産廃業者 C への廃棄依頼については、販売事業者 A に相談はなかった。
12 月 14 日(木)	
9 時 50 分	産廃業者 C は、B 社にあったバルク貯槽 3 基を C 社へ移動させた。

11 時 50 分	産廃業者 C から販売事業者 A に対して残ガスの有無について確認の連絡があったが、販売事業者 A は残ガスがないとの認識であったため、残ガスはないと回答した。 なお、販売事業者 A は、この時初めて 3 基のバルク貯槽が C 社にあることを認識した。
14 時 10 分	販売事業者 A は、産廃業者 C から「バルク貯槽荷下ろしの際にバルブが破損した。残ガスがあるようだがトーチバーナーで切断して良いか」と確認があった。販売事業者 A は、即日対応できないため、切断作業は危険性があることから延期を指示し、翌日対応とした。
18 時 59 分	産廃業者 C は、販売事業者 A に対して「ガス漏れが発生したため現場に来てほしい」と要請した。販売事業者 A は、現場まで距離があることから、別の販売事業者 D に出動を依頼した。
19 時 05 分	産廃業者 C は、消防及び警察に通報した。また、出動した販売事業者 D が応急処置（詳細は不明）にて漏えいを停止させた。
20 時 38 分	出動した消防、警察は、被害の拡大がないと判断したことから作業を終了した。
12 月 15 日（水）	
10 時～16 時	販売事業者 A、産廃業者 B、産廃業者 C、自治体が改めて現場で確認したところ、応急処置をしていたバルク貯槽 1 基からガスの漏えいを認めたため、専門業者に対応を依頼した。専門業者は現場到着後、残ガスを回収し、自社へ移動させた。
12 月 16 日（木）	専門業者は、残り 2 基のバルク貯槽を専門業者敷地内に移動させた。
12 月 27 日（水）	専門業者は、残りのバルク貯槽 2 基を廃棄処分した。

事故発生原因の詳細

① 販売事業者（容器所有者）は、バルク貯槽内のガス残量を確認せず「空」と印をつけた。

② 販売事業者（容器所有者）は、バルク貯槽を残ガス回収、窒素置換、水置換、くず化処分を行わずに、業者へ引き渡した。また、業者選定において、バルク貯槽の廃棄方法の知識のある業者に依頼しなかった。

③ 産廃業者は、バルク貯槽内の残ガスを認めたにもかかわらず処理作業を継続してしまった。

事業所側で講じた対策（再発防止対策）

① 法令順守

バルク貯槽の廃棄処分に関しては、法令で定められた手順に基づき専門業者に依頼し撤去及び処分を実施。

② バルク貯槽の管理手続き

バルク貯槽の使用中は検査周期の管理を徹底。バルク貯槽の廃棄後は特定設備検査合格証の返納手続きを確実に実施。

③ チェック体制の確立

バルク貯槽廃棄手順のチェック体制を確立。

④ その他

緊急出動要請の際は思い込みで判断せず、事実確認のため速やかに出動。

教訓（事故調査解析委員会作成）

① バルク貯槽の廃棄は、貯槽内のガスが確実に存在しない状態で実施しなければならない。バルク貯槽の廃棄及び移動については、以下の資料が参考になる。
- 日団協技術指針 G 002 2023 バルク貯槽くず化指針
- LP ガスバルク貯槽移送基準 KHKS 0840 (2022)

② 事故発生県の LP ガス協会では、バルク貯槽の廃棄方法を含むバルク貯槽関係の説明会を行っており、当該販売事業者も参加していた。しかし、今回の事故が発生した。説明会を受けても適切な廃棄が実施されない、参加した社内で情報が展開されないことで事故が発生してしまった事例である。

③ 備考にもある通り、法定検査期限についても守られず事故となっている。従来から法令を遵守することは当たり前に必要である。

事業所の事故調査委員会

ー

備考

① 残ガス量は、980kg バルク貯槽で約 35%（約 343kg）（専門業者到着時点）、500kg バルク貯槽で約 20%(約 100kg)（産廃業者 C 到着後）。

② 県の LP ガス協会による本件に関する内容は以下の通り。
- バルク貯槽関係の説明会は毎年開催している（直近 3 年程度）。目的は、バルク貯槽の法定検査対応であり、廃棄についても説明している。当該販売事業者も参加していた。
- バルク貯槽の廃棄を希望する販売事業者がいれば、協会から県内の廃棄業者を紹介している。
- 今回の事故を受け、県内の事業者に対し、事故発生から約 4 か月後の令和 6 年 3 月 25 日に、今回の事故の内容及びバルク貯槽の廃棄処理について急遽説明会を実施した。

③ 当該バルク貯槽の廃棄は、法定検査期限※のため行われたが、3 基の内 2 基は法定検査期限が過ぎていたものであった。

※バルク貯槽の法定検査：民生用に使用されるバルク貯槽は製造の日から 20 年以内に検査を行うことが法令により定められている。（法令：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及び関係政省令）

キーワード

可燃性ガス、プロパン、漏えい、バルク貯槽、くず化、残ガス処理、廃棄

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

図 1　漏えいが発生したバルク貯槽

図 2　主な関係者とバルク貯槽の移動の全体像（ヒアリングを基に KHK が作成）

別添3-12

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称		
2023-556	火力発電所アンモニアガス漏洩事故		
事故発生日時 2023 年 10 月 11 日(水) 9 時 4 分	事故発生場所 沖縄県 うるま市	事故発生事象 1 次)漏えい③※ 2 次)	事故発生原因 主)誤操作など 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
アンモニア製造設備	配管	フランジ:SFVC2A	呼び圧力 10K 呼び径 25A

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
可燃性毒性ガス(アンモニア)、 不活性ガス(窒素)	19,834 ㎥／日	－MPa	－℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: なし
物的被害: なし

事故の概要

火力発電所において、船舶からアンモニア製造設備への液化アンモニア受入れ作業中に、配管の開口部から可燃性毒性ガス(アンモニアガス)と不活性ガス(窒素ガス)の混合ガスが漏えいした(図 1、図 2 参照)。

以下、事故の概要を時系列で記す。

10 月 6 日(金)　保守グループ員、協力会社社員は、アンモニア製造設備の払出用圧縮機に設けた安全弁の弁座漏えい試験を実施し、シート漏れを確認した(安全弁の設定圧力 1.77MPa に対して、約 1.2MPa でシートリークが発生)。

10 月 10 日(火)　協力会社社員は、安全弁の元弁を閉操作した後、安全弁を取り外し、安全弁の補修工事を開始した。安全弁を取り外した配管の開口部(ボルト締めフランジ継手)を異物混入防止のためテープで養生した。

10 月 11 日(水)

08 時 30 分頃　発電グループ員、協力会社社員、船舶業者は、船舶からアンモニア製造設備に液化アンモニアを受け入れるため、受入配管の窒素ブロー(図 3 参照)、受入ホースのリークチェック(図 4 参照)、受入ホースおよび受入配管のアンモニアガス置換(図 5 参照)を実施した。
受入配管、戻り配管の圧力が 0.3MPa になったタイミングで、船舶側のアンモニアガス元弁を閉操作した。

09 時 03 分　発電グループ員は、受入配管と戻り配管のブロー弁(605 と 625)を開操作し、アンモニアガスで配管内に残っていた窒素ガスを、ブロー配管を経由して、希釈槽にパージした(図 6 参照)。

09 時 04 分　圧縮機付近に居た協力会社社員が、保護シートが被された圧縮機よりガスの噴出音とアンモニア臭を確認した。
漏えい箇所付近に設置されていたガス漏えい検知警報設備(6 台)は、アンモニアガスの漏えいを検知し、発報および点燈した(図 7 参照)。

	協力会社社員より連絡を受けた発電グループ員は、受入配管と戻り配管のブロー弁（605 と 625）を閉操作し、アンモニア受入作業を停止した。 保護メガネ、防毒マスクを装着した協力会社社員は、圧縮機の保護シートを開放し、安全弁を取り外した開口部からの漏えいであることを確認した。漏えい防止措置として、配管の開口部に閉止板を取り付けた。 発電グループ員、協力会社社員、船舶業者は、漏えい停止を確認し、アンモニア受入作業を再開した。アンモニア受入作業を完了した後、圧縮機に安全弁を取り付けた。
10 月 24 日（火）	保守グループ員は、県に漏えいが事故に該当するかの確認のため連絡を行った。 （漏えいしたガスは 0.5MPa 未満であったため、高圧ガス事故に該当するかについて事業所内および沖縄県高圧ガス保安協会に確認を行っていたため、漏えい発生から連絡までに時間を要した。）

事故発生原因の詳細

① 人的要因

アンモニアガス製造設備の受入設備（受入配管）と払出設備（圧縮機）は、それぞれ別系統と思い込み、ブロー配管を通して系統が繋がっていることに気づいていなかった。また、過去の安全弁取外し作業において問題が発生していなかったため、圧縮機の安全弁取外し後に、安全弁出口側フランジ部に接続されているブロー配管からのアンモニアガスの逆流について想定できなかった。

液化アンモニアの受入作業を実施した発電グループ員と協力会社社員は、圧縮機の安全弁が取り外されていたことは把握していたが、受入作業との関連は無いと考え、作業関係者に情報共有をしていなかった。

② 環境要因

圧縮機には塩害防止のための保護シートが被されており、保護シートを開けなければ、安全弁が取り外されたことが確認できない状況であった。

③ 管理要因

アンモニアガス製造設備から安全弁を取外す作業は、バルブの開閉のみを確認するだけで、安全弁取外し後のフランジの状態は確認していなかった。

安全弁を圧縮機から取り外した後、閉止板の有無について確認する手順が無かった。

液化アンモニア受入作業と払出設備の補修作業の重複に伴うリスクの想定ができていなかった。

以上のような要因が重なり、安全弁取外し後の開口部からのアンモニアガスの逆流について想定できておらず、閉止対策が不十分であったため、開口部よりアンモニアガスが漏えいした。

事業所側で講じた対策（再発防止対策）

① 人的要因

社員、協力会社社員に対して、ブロー配管からのアンモニアの逆流について想定

できるように、勉強会を行う。
　受入作業に直接関係しない作業者への気付きを促すため、周辺設備の点検補修作業について周知するとともに、関係者間でのコミュニケーションを密にする。
　今回の事例を業務マニュアルに記載し、勉強会を実施する。
② 環境要因
　アンモニアガス圧縮機の補修作業中は、保護シートに「作業中」、「点検・補修中」等の注意喚起表示を張り付け、保護シートを開けなくても、内部で作業が行われていることが分かるようにする。
③ 管理要因
　点検または補修において、配管等の系統から安全弁、付属機器等を取り外す場合、設備本体側の開口部、配管等の養生については、異物混入だけでなく、逆流も考慮し、閉止板を取り付けるなどの措置を講じる。閉止板の取り付けは、原則、危険物、化学物質等の漏えいによる被害影響が懸念される箇所すべてに対して行うこととし、保守グループ担当者は閉止措置した箇所を確認する。
　アンモニア製造設備の定期自主検査における作業手順書および業務支援システム、類似工事の作業手順書に、今回の事例を注意事項として追加する。
　液化アンモニア受入と関連する設備の補修作業が重複しないよう日程調整を行う。

教訓（事故調査解析委員会作成）
① 安全弁の出口側に接続されている放出管は、他の系統と共有されている場合が多い。安全弁を取り外した際は、放出管からのガスの逆流に備え、閉止板による確実な縁切り作業が必要である。
② 高圧ガスを取り扱う者は、工事中も、高圧ガスが移動する配管、機器等の状態を確実に把握しておかなければならない。

事業所の事故調査委員会
　―

備考
※ 漏えいの部位は、締結部（ボルト締めフランジ継手）であるが、安全弁を取外し、テープで養生していた開口部であった。そのため、次に示す漏えい②の前提に該当しないので、漏えい③となる。
- 締結部の締結力が不十分で、使用中に緩み、高圧ガスが漏えいする。
- 締結部、開閉部または可動シール部の漏えい防止機構を維持するためガスケットまたはパッキンの性能低下、不適切なセットにより、高圧ガスが漏えいする。

キーワード
安全弁、弁取外し作業、アンモニア、閉止板、縁切り

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

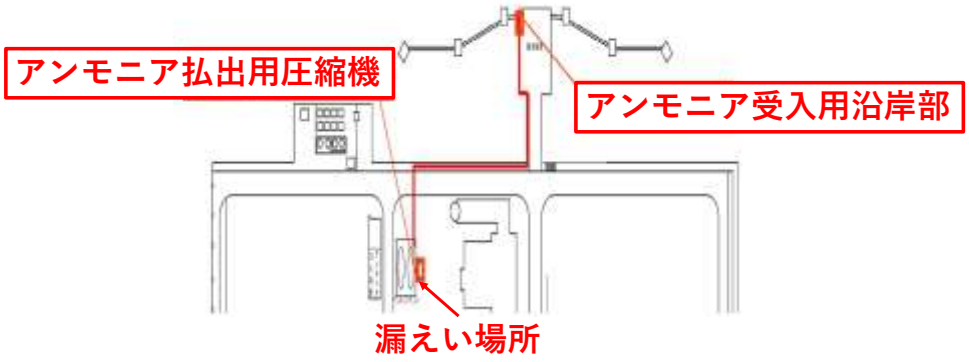


図１　アンモニア製造設備の概要

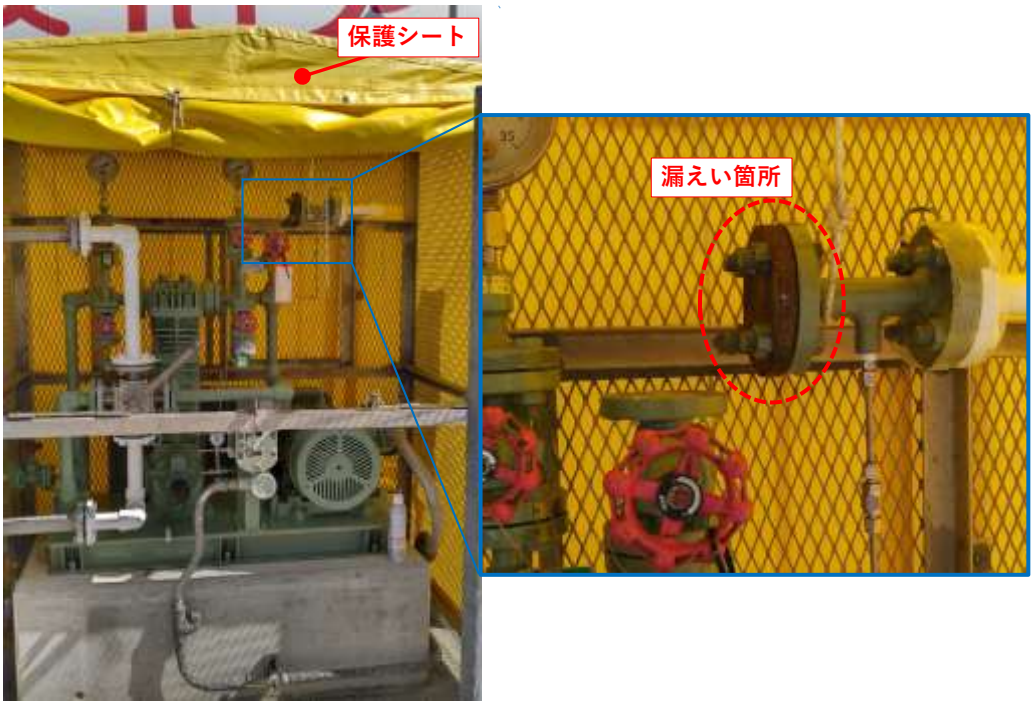


図２　漏えい発生場所（安全弁出口側フランジ面）

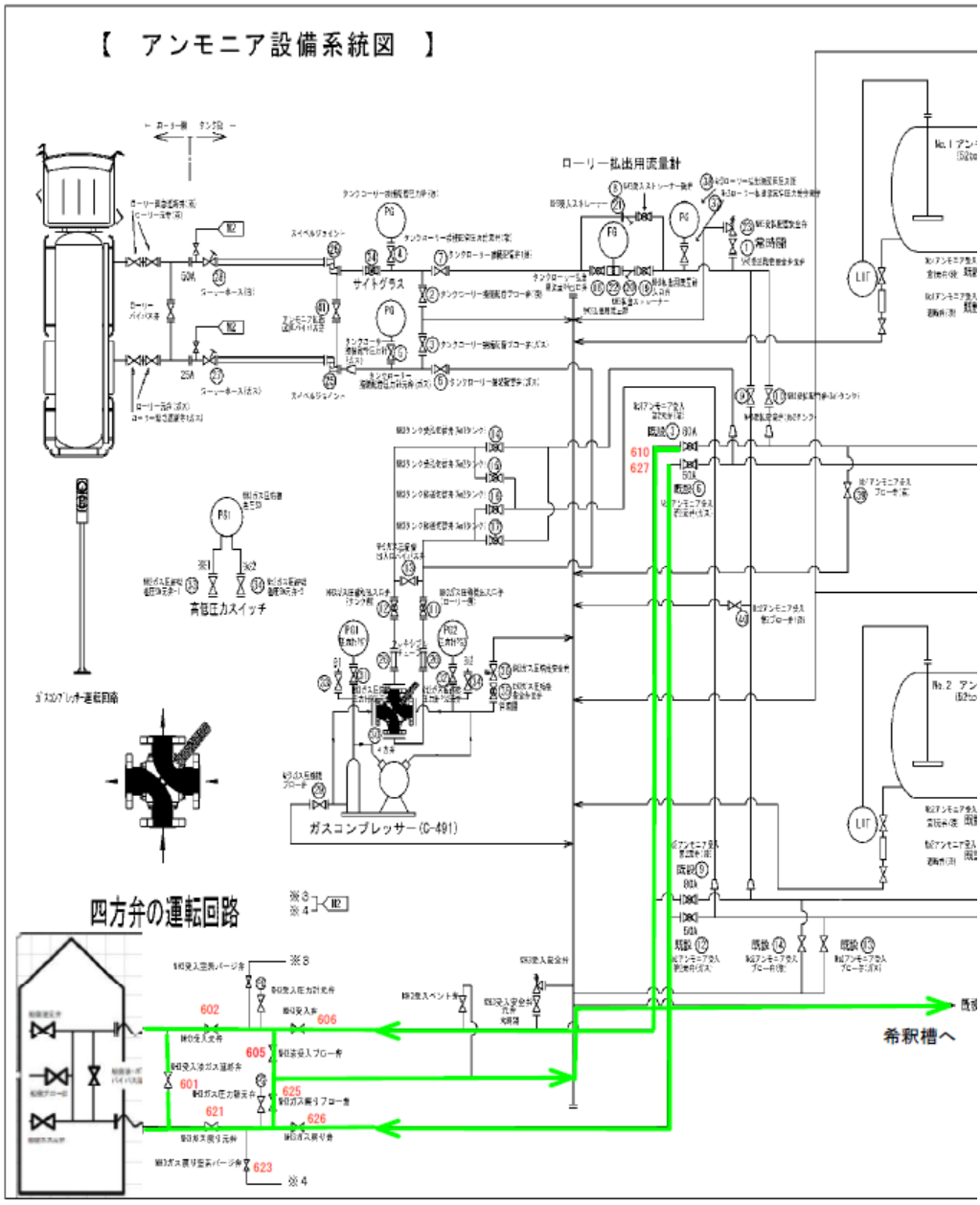


図 3　受入配管の窒素ブロー系統

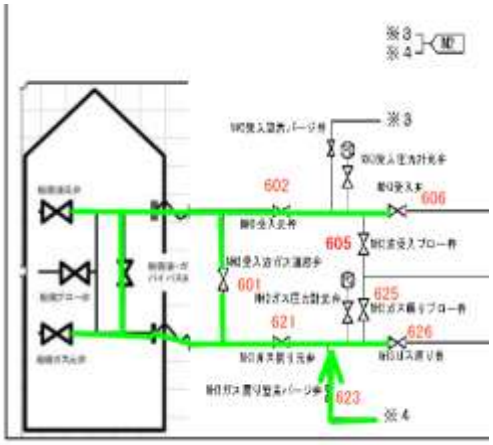


図 4　受入ホースのリークチェック系統

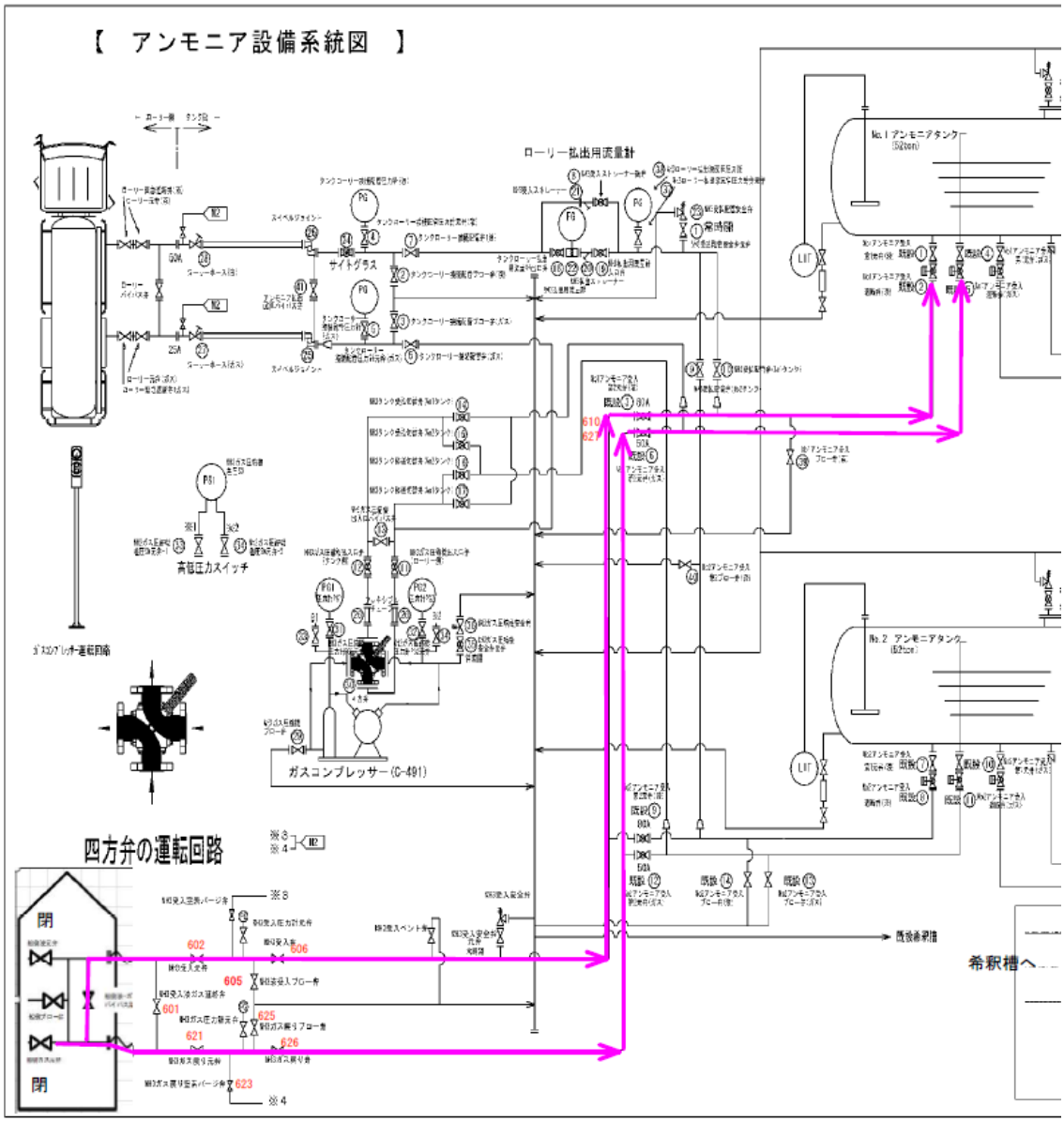


図 5　受入ホースおよび受入配管のアンモニアガス置換系統

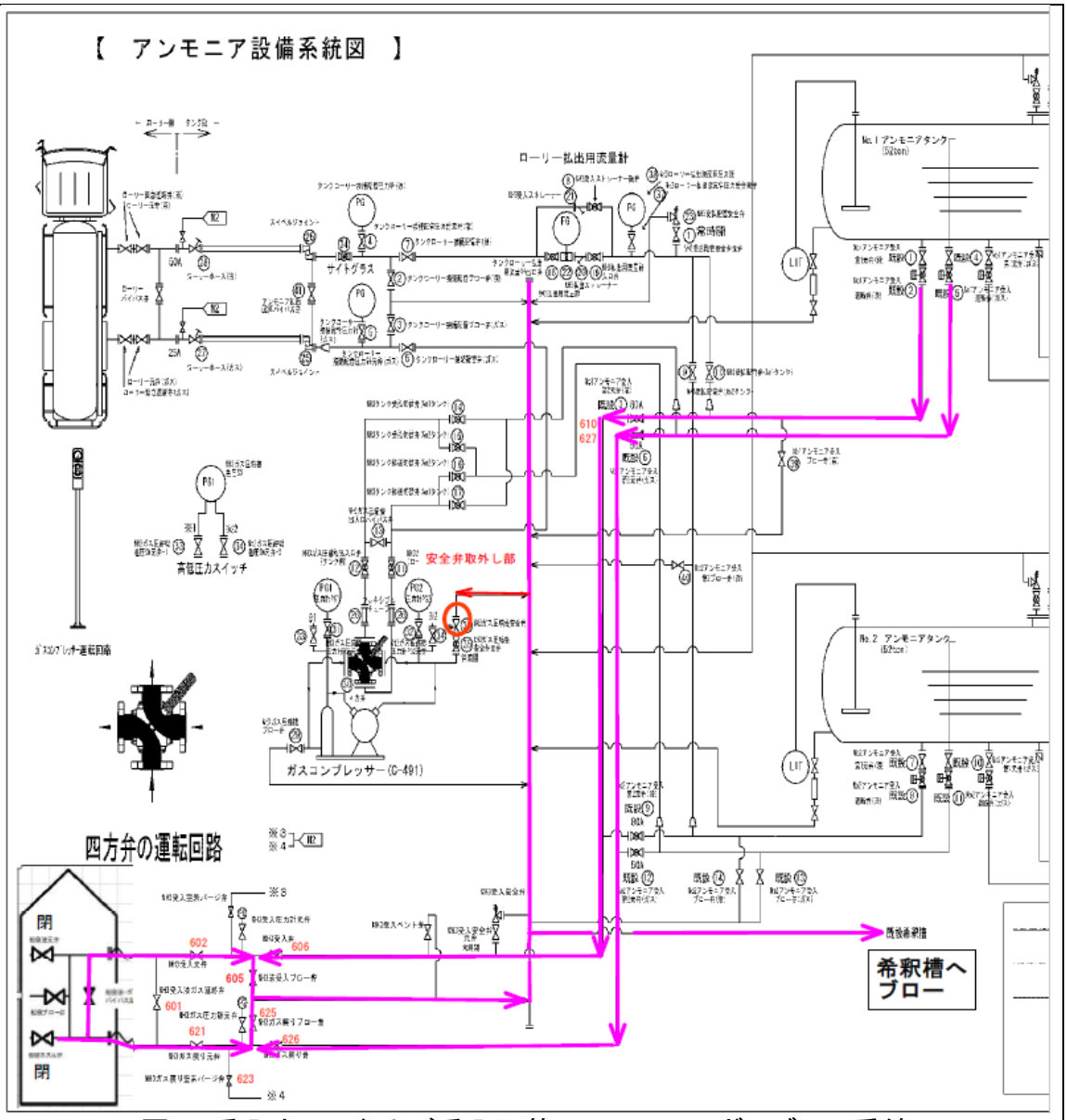


図 6　受入ホースおよび受入配管のアンモニアガスブロー系統

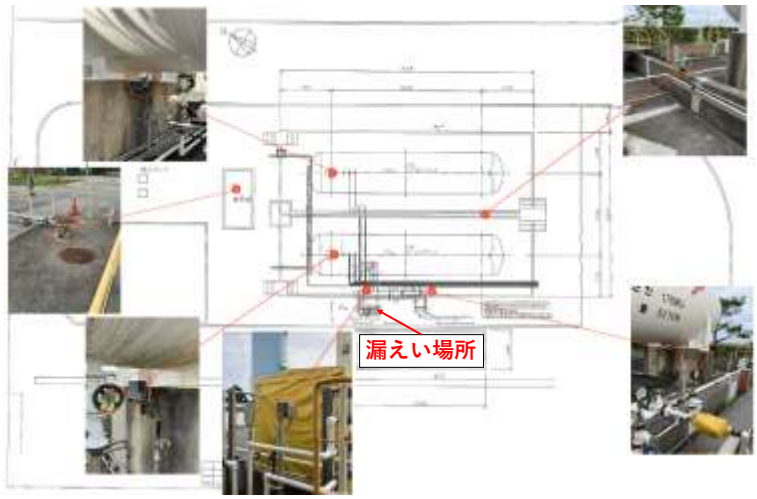


図 7　漏えい箇所付近に設置されていたガス漏えい検知警報設備

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称		
2023-560	アンモニア漏洩事故		
事故発生日時	事故発生場所	事故発生事象	事故発生原因
2023 年 11 月 2 日(木) 16 時 15 分	大分県 大分市	1 次)漏えい③ 2 次)	主)誤操作など 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
アンモニア貯蔵製造施設	横置円筒形貯槽、バルブ(液受入弁)	貯　槽　SPV315 バルブ　SCPH2	貯　槽　117.5 ㎥ バルブ　50A

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
可燃性毒性ガス(アンモニア)	87,600 ㎥／日	1.45MPa	40℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: 軽傷者 1 名
物的被害: なし

事故の概要

常温の液化アンモニアを貯蔵し、気化器で気化させ顧客へ供給しているプラント(図 1 参照)において、横置円筒形貯槽(以下、単に「貯槽」という)を開放し、入槽して内部の点検作業中に、貯槽底部のノズルからアンモニア水が貯槽内部に噴出して、作業員の目に飛沫が入り、負傷した。

以下、事故の概要を時系列で記す。

10 月 30 日(月)	事業所は、アンモニア貯蔵製造施設の法定点検を開始した。 No.2 貯槽から No.1 貯槽へ液移送開始した。
11 月 1 日(水)	No.2 貯槽受入系統の N_2 パージを実施した。 No.2 貯槽の N_2 パージの作業開始前に、別の作業手順書を準備していたことに気づき、その場にて手書き変更した手順書で、N_2 パージを実施した。 No.2 貯槽の水張(全量)、水抜き(半量)を実施した。
11 月 2 日(木)	
9 時 20 分	作業前ミーティングを実施した。
11 時 45 分	No.2 貯槽の水抜き(残り半量)を実施した。
13 時 10 分	引き渡し可能な所定の状態の確認後、製造部門から保修部門へ引渡した。
13 時 30 分	No.2 貯槽のマンホールを開放し、排気ファンにて換気した。
14 時 55 分	No.2 貯槽内のアンモニア濃度 0ppm、酸素濃度 21%を確認した。
16 時 05 分	事業所の作業員 2 名(製造課員と保修課員)は、貯槽の内部に入り、内部点検作業を開始した。
16 時 15 分頃	協力会社の作業員は、逆止弁の分解点検を行うため貯槽の底部に設けたバルブ(液受入弁)を開操作した。 貯槽の底部のノズルから、アンモニア水が貯槽の内部に噴出した。 アンモニア水の飛沫が、貯槽の内部の点検作業をしていた事業所の製造課員の目に入った。 協力会社の作業員は、流動音を確認したため、バルブ(液受入

	弁)を閉操作した。 貯槽の内部にいた事業所の作業員 2 名は、貯槽の外に出た。
16 時 15 分～	アンモニア水の飛沫が目に入った製造課員は、洗眼器で目を洗浄した(およそ 30 分間継続して洗浄)。
17 時 18 分	製造課員は、同僚が運転する車で病院に向かい、受診した。

事故発生原因の詳細

(1) 作業手順書

この事業所には、N_2 パージにおける 3 つの作業手順書(①受入系統単独、②貯槽内単独、③受入系統および貯槽内の一括)があり、③の作業手順書を現場に持っていく必要があったが、誤って①と②の作業手順書を持って行った(図 2-1～3 を参照)。No.2 貯槽の N_2 パージの作業開始前に、別の作業手順書であることに気づき、その場にて手順書②を手書き変更した(図 3 を参照)。

(2) 入槽前の作業

手書きで変更した作業手順書にて除害作業を行った結果、液受入弁と逆止弁の間に液化アンモニアが残留した(図 4、5 参照)。

(3) 事故発生時の状況

事業所の作業員 2 名が貯槽内部の点検作業の中、協力会社の作業員は液化アンモニアが残留していると思わず、逆止弁の分解点検を行うため貯槽の底部に設けたバルブ(液受入弁)を開操作した(図 6 参照)。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) 相互確認の徹底

着手前、着工前、作業前の各ミーティングにより作業手順の相互確認を徹底する。

(2) 変更管理の明確化

作業手順書を変更する場合、確認方法および承認方法を明確化した。

(3) 入槽作業に係るルールの見直し

① タンクおよび液受入弁、逆止弁までの排水を製造部門、その後の系統確認を製造部門と保修部門で実施し保修部門へ引渡すよう、作業所掌を明確化した。
② 入槽作業中は、タンク直結の弁操作を禁止した。
③ 入槽作業中は、他作業員にも分かるよう表示を設置した。
④ 安全確認時および清掃時に装着する保護具の対象を明確化した。

(4) 教育

定期的(1 回／年)に、事業所内の勉強会を実施する。

教訓(事故調査解析委員会作成)

① 事業所は、作業者(従業員、協力会社社員)に対して、作業前に適切な作業手順書を提供し、作業者間で情報共有されていることを確認しなければならない。
② 作業手順書が適切なものであるかを積極的に確認し、作業手順書が別のものであると気づいた場合には、安全に作業を中断し、正しい作業手順書を準備し、作業者全員に周知徹底する。
③ 作業手順書の変更は、些細な変更であっても細心の注意を払い、変更によるリスクの洗い出しをすることが必要である。

事業所の事故調査委員会

事業所内の会議(事故対策会議__第 1 回:11/3、第 2 回、3 回:11/5、第 4 回:11/7 計 4 回)

関係企業を含めた会議(事故防止検討会議__第 1 回:11/6、第 2 回:11/7　計 2 回)

備考

―

キーワード

可燃性毒性ガス、アンモニア、横置き円筒形貯槽、点検整備、除害作業、入槽作業、作業手順書

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

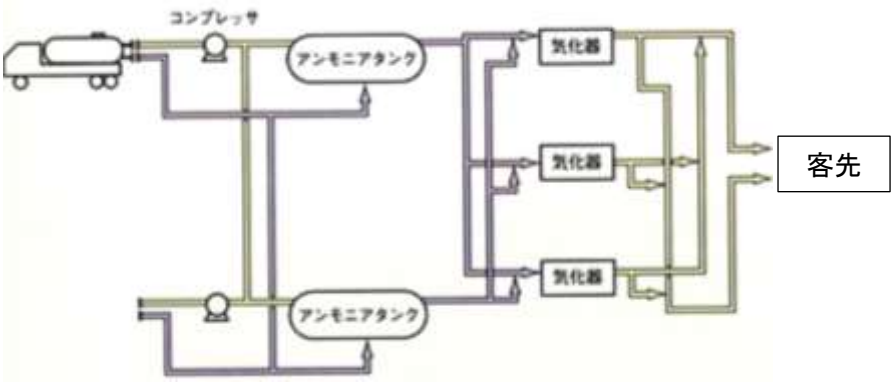


図 1　施設の概要

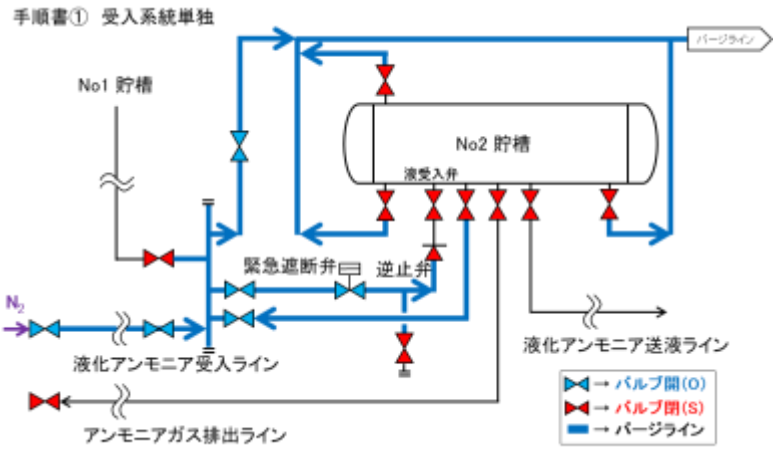


図 2-1　作業手順書(手順書①　受入系統単独)

(ヒアリング内容を基に高圧ガス保安協会が作成)

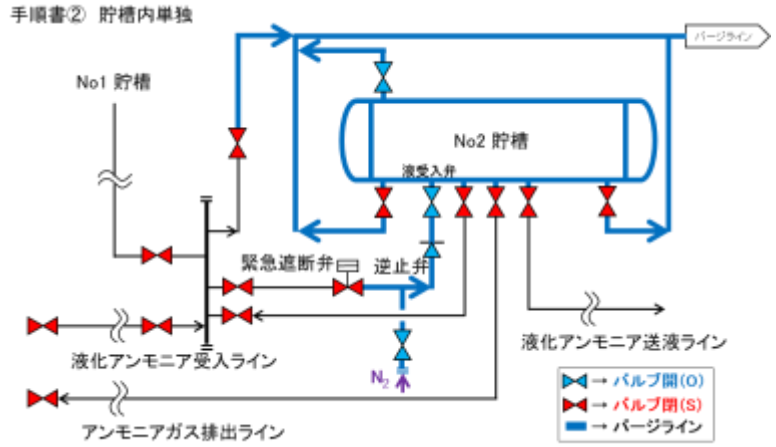


図 2-2 作業手順書（手順書② 貯槽内単独）
（ヒアリング内容を基に高圧ガス保安協会が作成）

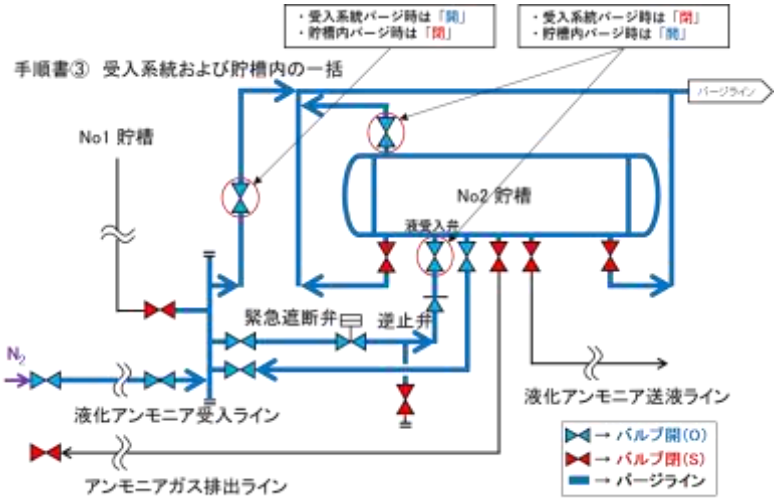


図 2-3 作業手順書（手順書③ 受入系統および貯槽内の一括）
（ヒアリング内容を基に高圧ガス保安協会が作成）

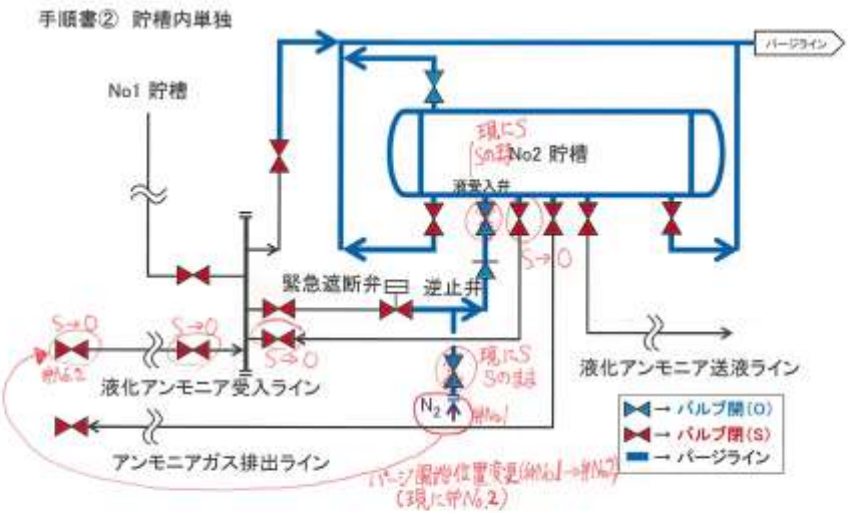


図 3 手順書②に手書き変更した手順書イメージ（作業前）
（ヒアリング内容を基に高圧ガス保安協会が作成）

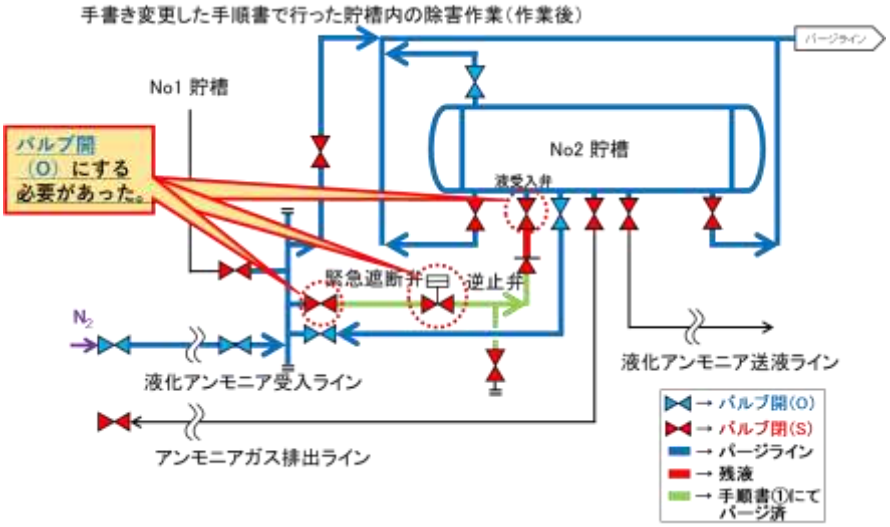


図 4　手書き変更した手順書で行った貯槽内の除害作業（作業後）
（ヒアリング内容を基に高圧ガス保安協会が作成）

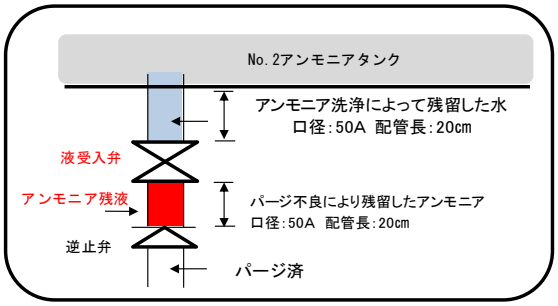


図 5　入槽前の作業

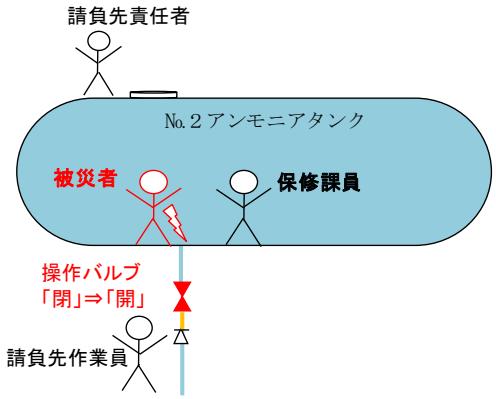


図 6　事故発生時の状況

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2023-234	事故の呼称 充填架台接続フレキシブルホース破裂		
事故発生日時 2023 年 6 月 23 日(金) 15 時 30 分	事故発生場所 長崎県 長崎市	事故発生事象 1 次)火災 2 次)	事故発生原因 主)操作基準等の不備 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
医療用酸素容器充填架台	配管、バルブ、フレキシブルホース	配　管　SUS304 バルブ　C3771B フレキシブルホース内層　PFA	呼び径　8A 内径　3.5 ㎜ 内径　9 ㎜

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
支燃性ガス(酸素)	227,220.8 ㎥／日(事業所) 17,062 ㎥／日(施設)	20 MPa	35℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: なし
物的被害: フレキシブルホースの破裂

事故の概要

一般高圧ガスの充填所において、最高充填圧力 19.6MPa の医療用酸素ガス容器を取り付けた充填架台 5 台をフレキシブルホースで直列に接続し、酸素ガスを当該容器に充填を行った。充填終了後に、充填架台の配管内を脱圧した際、フレキシブルホースから火花が出て、当該フレキシブルホースが破裂した。

以下、事故の概要を時系列で記す。

6 月 23 日(金)

13 時 00 分	作業員は、医療用酸素ガス容器を取り付けた 5 台の充填架台を、それぞれフレキシブルホースで接続し、充填作業を開始した(図 1、2 参照)。
15 時 25 分	作業員は、19.6MPa で充填終了後に配管内を脱圧。配管内の圧力が 15MPa から下がりにくくなったため、一部の充填容器の容器元バルブが開いていると思い脱圧を中断し、各々の充填容器の容器元バルブの閉止を確認した。
15 時 29 分	作業員は、全ての充填容器の容器元バルブが閉まっていたことを確認ししため、再び脱圧を開始した。
15 時 30 分	配管内の圧力が 12MPa 程度まで下がったあたりで、充填架台の 1 台目と 2 台目を繋いだフレキシブルホースから火花が出て、当該フレキシブルホースが破裂した(図 3、4 参照)。
16 時 00 分	工場長は、県消防保安室へ電話で報告した。
16 時 15 分	工場長は、社内コンプライアンス室へ報告した。
18 時 00 分	作業員は、破裂したフレキシブルホースと接続されていた両側の充填架台 2 台との接続を解除した。
18 時 30 分	作業員は、その他の充填架台について点検を実施した。

事故発生原因の詳細

(1)施設の概要

酸素充填場所では、医療用酸素ガス容器充填架台 3～5 台をフレキシブルホース

で接続(充塡本数により接続する架台の数量の変更あり。事故時は架台 5 台を直列に接続)し、充塡作業を実施している。
作業手順は次の通り
1. 充塡架台に医療用酸素ガス容器の取り付け
2. 充塡切替バルブを開け、充塡用配管に酸素ガスを流入
3. 充填切替バルブを閉にした後、充塡架台放出バルブを開け、配管内の空気を排出(排出後は充塡架台放出バルブを閉)
4. 2 および 3 を 2 回繰り返した後、容器元バルブ、充塡切替バルブをそれぞれ開けて充塡開始
5. 所定の圧力に到達した後、充塡切替バルブ、容器元バルブをそれぞれ閉止して充塡完了
6. 充塡用配管内の残ガスを充塡架台放出バルブから排出し、配管内を脱圧

(2)火花が発生した原因
脱圧時に2台目の充塡架台上流側の充塡時の入口バルブ(以下、「入口バルブ」という)内で、何らかの原因で燃焼が発生(図5、6、7参照)、火炎がフレキシブルホース内に侵入し、当該フレキシブルホースが破裂した。
なお、2台目の充塡架台の入口バルブ及び1台目の充塡時の出口バルブ(以下、「出口バルブ」という)は、日頃から操作することは無く、常時開となっていた。保管中のフレキシブルホースは末端が閉止されておらず、異物が混入する可能性があった。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)
(1) 設備改修
① 全充塡架台の入口バルブ及び出口バルブのシートアセンブリを交換し、充塡架台接続用のフレキシブルホースを銅配管に変更した(図 8 参照)。
② 保管中の連結菅の末端はプラグ閉止し、異物混入対策を行った(図 9 参照)。
(2) 基準書、手順書の改定
充塡用配管内の脱圧時のバルブの開閉操作についての基準書、手順書の改定し、注意事項を掲示した(図 10 参照)。
(3) 教育実施
工場作業員へ改定した基準書、手順書を用いた再教育を実施した。

教訓(事故調査解析委員会作成)
① 酸素は、濃度が高まるにつれ燃焼速度の増加、発火温度の低下、火炎温度の上昇をもたらし、点火エネルギーも小さくなって爆発の危険性が増大するため、配管内への異物の混入には十分注意する必要がある。
② バルブ類の「開」、「閉」の操作は慎重に行い、急激な圧力上昇が起こらないようにする。
③ 酸素は、他のものの燃焼を助ける性質(支燃性)があり、空気中で不燃性のものでも酸素中では可燃性となることもあるので、設備の接続部の材質に注意する必要がある。
④ 配管とフレキシブルホースの切り離し及び接続を行う場合は、これらの内部への異物の混入を防ぐ必要がある。

事業所の事故調査委員会
―

備考

　事業所は、当初事故発生原因について、バルブのシートパッキンが脱落してフレキシブルホースを閉塞したことによるものと考えていたが、バルブメーカーの調査結果を基に協議し、入口バルブ付近での燃焼とした。

キーワード

酸素、バルブ操作、脱圧、フレキシブルホース、シートアセンブリ

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

図１　充塡架台設置状況

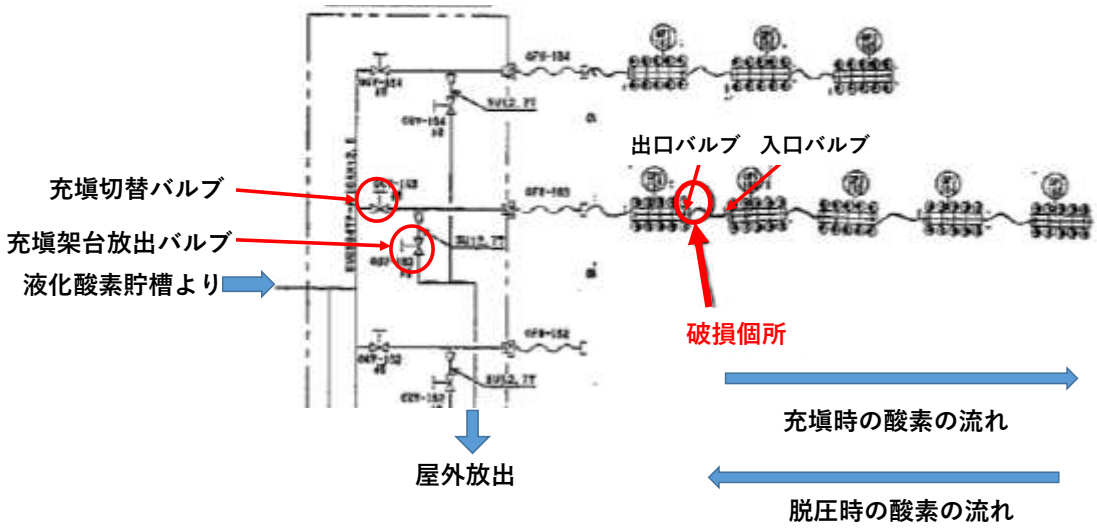


図２　充塡架台フローシート抜粋

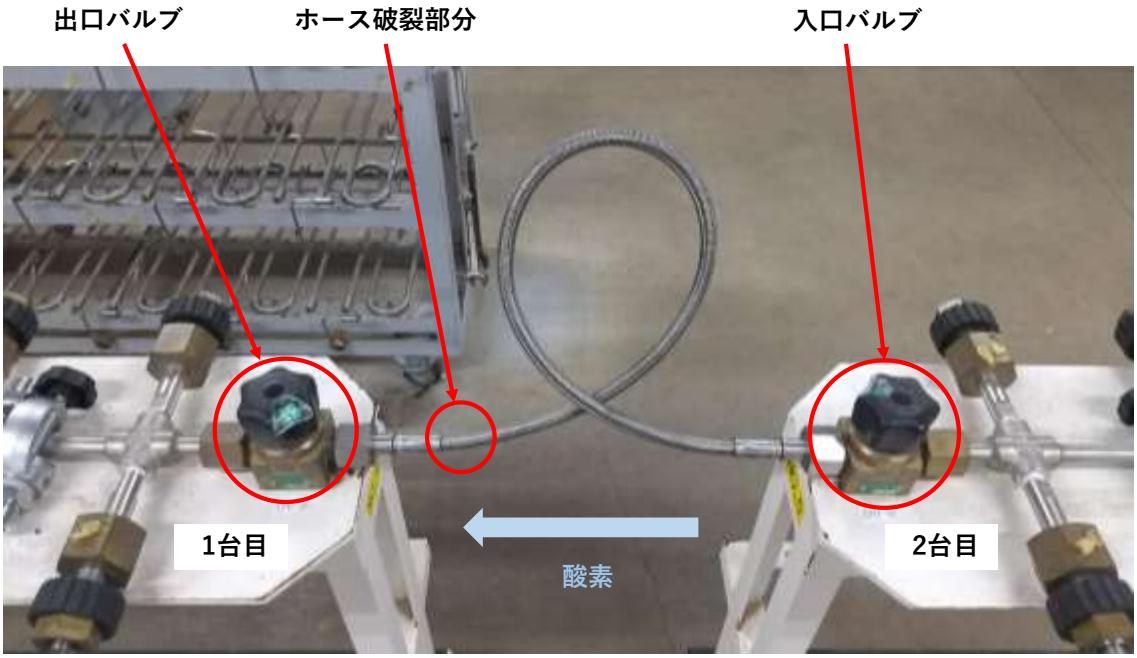


図 3　充塡架台接続箇所

図 4　破裂したフレキシブルホース

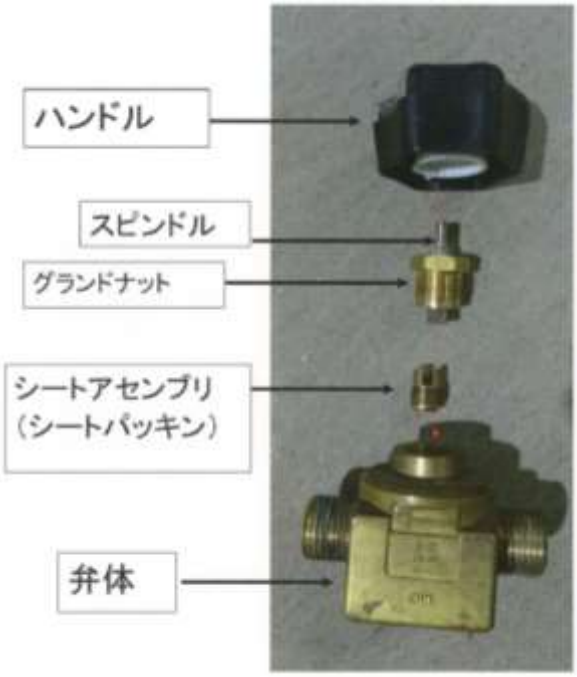


図 5　バルブ構造

図 6　シートアセンブリ（通常）

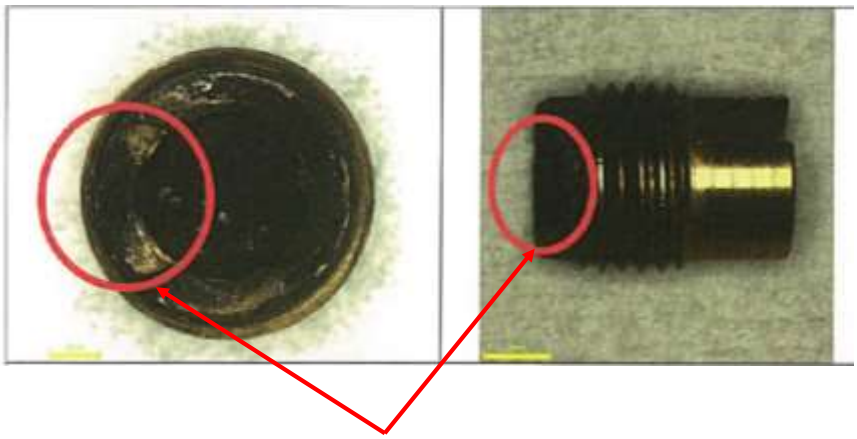


図 7　シートアセンブリ（燃焼後）

図 8　設備改修（銅配管に変更）

図 9　プラグ閉止

図 10　注意事項の掲示

高圧ガス事故概要報告

整理番号	事故の呼称
2022-329	酸素ガス火災及び破損事故

事故発生日時	事故発生場所	事故発生事象	事故発生原因
2022 年 6 月 16 日(木) 14 時 30 分	大阪府 東大阪市	1 次)漏えい① 2 次)火災	主)その他(不明、調査中) 副)

施設名称	機器	材質	概略の寸法
加圧蒸発器付低温貯槽 (二重殻真空断熱構造)	ポンプ(二重殻真空断熱構造)	内槽(配管) SUS304TP-A ポンプ圧縮部 SUS304	吐出量 5,057.7 ㎥／日

ガスの種類および名称	高圧ガス製造能力	常用圧力	常用温度
支燃性ガス(酸素ガス)	11,885.7 ㎥／日(事業所)	23MPa	−196～40℃

被害状況(人的被害、物的被害)
人的被害: なし
物的被害: ポンプ、配管(断熱材を含む)の一部焼損

事故の概要

製造事業所において、加圧蒸発器付低温貯槽(二重殻真空断熱構造)で貯蔵している支燃性ガス(酸素ガス)を一般継目なし容器に充填するため、ポンプを起動し、充填作業の準備をしていたとき、ポンプの真空断熱層(内槽と外槽の間)で漏えいが発生し、火災に至った。

以下、事故の概要を時系列で記す。

14 時 20 分　作業員は、充填室内にあるポンプの稼働スイッチを押下した。

14 時 30 分　作業員は、加圧蒸発器付低温貯槽(二重殻真空断熱構造)付近で破裂音が聞こえたため、現場に向かった。
作業員は、ポンプから火炎が上がっていたため、以下を実施した。
① ポンプの停止操作
② 充填操作盤内、主電源切
③ 低温貯槽の元弁の閉操作
④ 消火器を用いた初期消火活動

14 時 36 分　作業員から連絡を受けた従業員は、119 番通報した。

14 時 40 分　作業員は、消火器(粉末消火剤)6 本を使い、火災を鎮圧した。

14 時 42 分　公設消防は、現場に到着した。公設消防は、鎮火を確認した(図 1 参照)。

18 時 18 分　公設消防は、撤収した。

事故発生原因の詳細

(1) 施設の概要

この事業所では、液化酸素を加圧蒸発器付低温貯槽(二重殻真空断熱構造)により貯蔵している。その液化酸素をポンプで昇圧し、蒸発器で気化した酸素ガスを蓄圧器に蓄圧して、一般継目なし容器(主に医療用)に充填している(図 2 参照)。

(2) ポンプの構造

① ポンプは、二重殻真空断熱構造である(図 3 参照)。

② ポンプの内槽には、吐出配管、吸入配管、液抜き配管などが溶接されている。
③ ポンプの内槽と外槽の間には、断熱材が施工されている。
④ ポンプの外槽には、真空状態の保持と緊急時の圧抜きを目的として、バルブ(シールオフ弁)が溶接されている。

(3) 事故前のポンプの状況
① ポンプは、設置から約 13 年が経過していた。
② ポンプ運転中に、エア噛み(ポンプの配管内に気体が混入し、気泡、エア溜まりが発生して、吐出圧力、吐出量が低下する現象)が発生する場合があった。

(4) 事故後のポンプの状況
① ポンプの外槽を確認した結果、次が確認された。
・ ポンプの外槽に設置されたバルブ(シールオフ弁)は、作動していた。
・ ポンプの外槽とバルブ(シールオフ弁)の溶接継手は、破損していた(図 4 参照)。
② ポンプの内槽と外槽の間を確認した結果、次が確認された。
・ ポンプの内槽の底部(外面)と外槽の底部(内面)は、激しく焼損していた(図 5、図 6 参照)。
・ ポンプの内槽の底部に溶接されていたエルボは、一部が開口(溶解)していた(図 7 参照)。
・ エルボに溶接されていた液抜き配管の一部は、焼失していた(図 6 参照)。
・ ポンプの内槽と外槽の間の断熱材は、焼失していた。
・ ポンプの電気配線は、焼損していた。
③ ポンプ圧縮部を確認した結果、次が確認された。
・ ポンプ圧縮部のシートが溶損していた。

(5) 火災に至った時系列(推定)
(事業所の推定)
空運転によるポンプ圧縮部の摩擦熱により火災に至ったと推定される。
① 事故が起きた時は、ポンプのエア噛みが頻繁に起こりやすい状況であった。
② 事故当時は、ポンプのエア噛みや空運転を検知する安全装置を事業者側で無効化していた。
③ 吐出側の配管逆止弁の封止機能が低下していたため、吐出側の気化したガスが逆流して、加圧蒸発器付低温貯槽からの液化酸素が供給されにくい状態になっていた。
④ ポンプの内槽の液位が低い又は無い状態になり、エア噛みや空運転しやすい条件であった。
⑤ 液化酸素に浸漬した状態では、ポンプ圧縮部で着火することはないため、実際には液化酸素がポンプ圧縮部内に無い状態で運転されていたことが推定される。
⑥ ポンプの圧縮部内に液化酸素が無い状態で運転されていたことで、シリンダーの摩擦熱により発熱し、シートが溶融し、溶けた金属が真下にある液抜き配管へ落ち、燃焼したため火災に至ったと推定される。(図 6、7 参照)

(特別民間法人高圧ガス保安協会の推定)
液抜き配管とエルボの溶接部近傍に亀裂が生じ液化酸素がポンプの内槽と外層の間に漏えいして酸素が滞留し、静電気火花または摩擦熱で発火し、断熱材を燃焼させたため火災に至ったと推定される。(図 9 参照)

① ポンプの内槽の底部に設置された液抜き配管が、ポンプの振動などの要因で、液抜き配管とエルボの溶接部近傍に疲労亀裂が生じ、液化酸素が漏えいしたと推定される。(図 8、9)
② ポンプの内槽と外槽の間に滞留した酸素により、静電気火花または摩擦熱で発火し、断熱材を燃焼させたため火災に至ったと推定される。
③ ポンプの内槽と外槽の間の圧力が上昇し、ポンプの外槽に設置されたバルブ(シールオフ弁)が作動した。また、ポンプの外槽とバルブ(シールオフ弁)の溶接継手が破損した。(図 4)

上記のような 2 つの要因が考えられるが、液抜き配管の溶損が激しく火災に行った要因を決定づける証拠の特定は困難であるため、推定に留めることとした。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) ポンプの型式変更

設備を復旧するとき、ポンプの型式を変更し、メンテナンスが容易なポンプを導入した。

(2) 事業所内教育

(ア) 事故発生時の緊急対応、操作手順、連絡方法などを再確認した。

(イ) 防災訓練の中に消火器訓練を取り入れ、迅速に初期消火ができるようにした。

(3) 社内教育

事故情報を全事業所に展開し、注意喚起した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

① 二重殻真空断熱構造のポンプの吐出配管、吸入配管、液抜き配管などはその構造から目視で直接確認することができない箇所がある。そのため、ユーザは、異音、異常な振動、エア噛み、などが認められた場合は、安易に運転を継続せず、ポンプメーカに調査を依頼することが重要である。
② 事業所は、ポンプで火災が発生した場合に備えた対応マニュアルを策定し、保安教育を行うことが重要である。
③ 防災訓練に初期消火器訓練を実施し、火災時の初期消火を迅速に行えるようにすることが重要である。
④ ポンプ運転中は、安全装置を無効化しないことが重要である。
⑤ 事業者は、ポンプにベアリングモニターを設置し常時、状態を確認することが重要である。

事業所の事故調査委員会

関係者(保安、技術、製造、ポンプメーカなど)を集めた会議を複数回開催し、事故原因の究明、再発防止対策などを取り纏めた。

備考

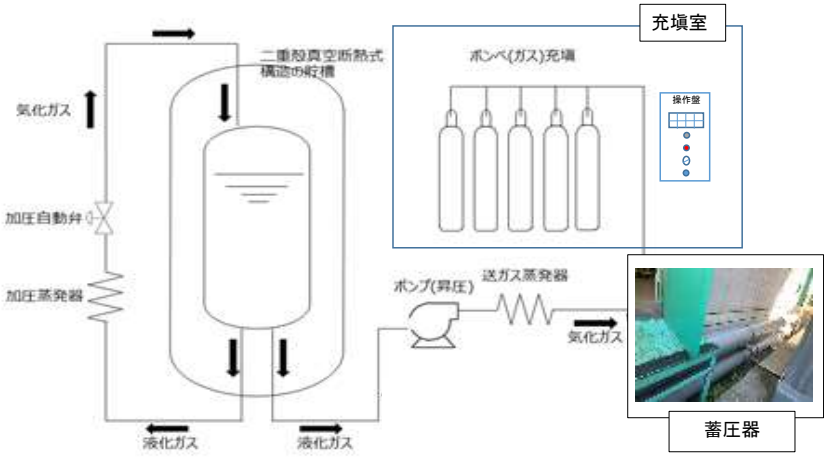
ー

キーワード

加圧蒸発器付低温貯槽、ポンプ、二重殻真空断熱構造、支燃性ガス、酸素ガス、漏えい、火災

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

図 1　火災鎮圧後のポンプ



（出典）
令和 2 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）取扱い上のリスクが小さいと考えられる高圧ガス利用製品等についての法の適用等の見直しに係る調査・検討　報告書

図 2　製造施設の概要

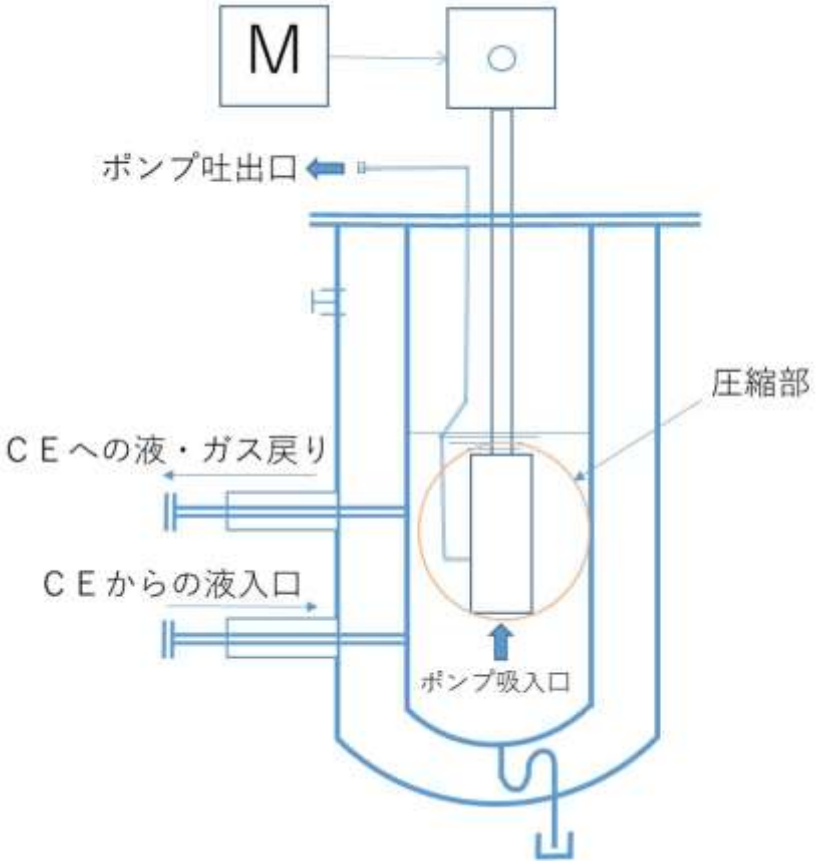
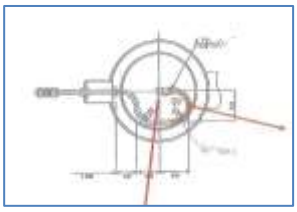


図 3　ポンプの概要

図 4　事故後のポンプの状況（外槽）

図 5　事故後のポンプの状況（外槽の底部（内面））

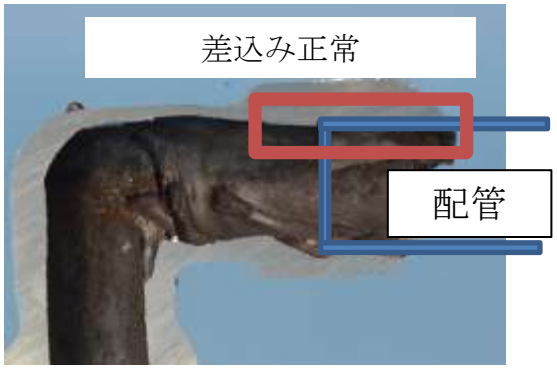


底部から見た図

図 6　事故後のポンプの状況（内槽の底部）

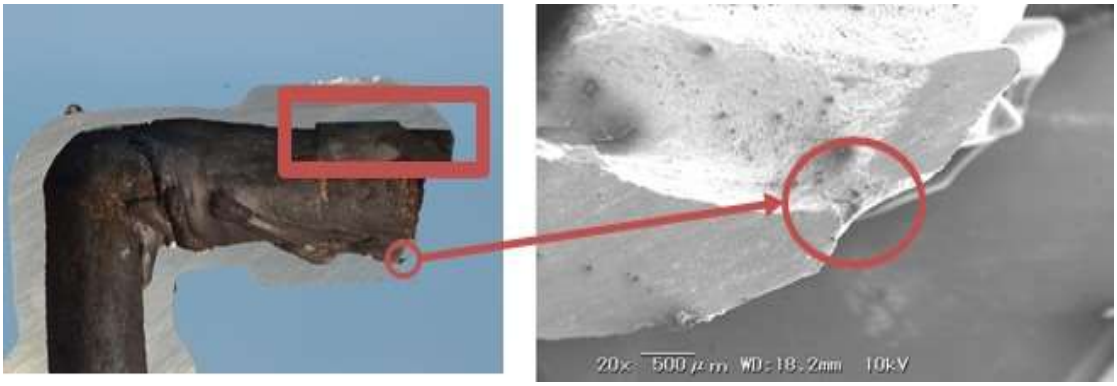
図 7　事故後のポンプの状況（内槽の底部のエルボ）

切断後のエルボ（差込み不良）



切断後のエルボ（差込み正常）

図 8　ポンプの内槽の底部に溶接されていたエルボ



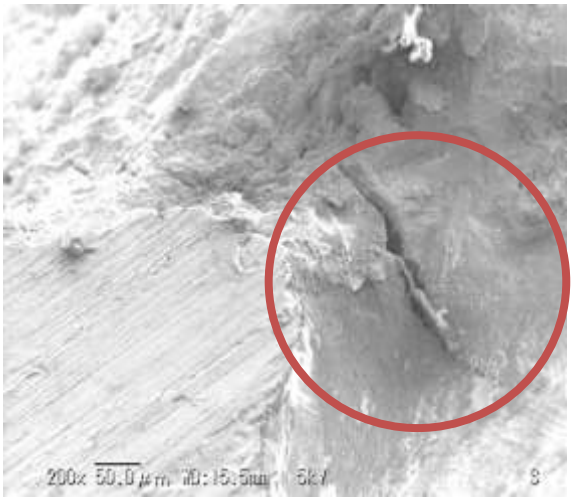


図 9　エルボの亀裂状況

別添 4

事故の定義に関する調査

令和６年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業
（石油精製プラント等の事故調査）

事故の定義に関する調査報告書

令和６年９月３０日

特別民間法人　高圧ガス保安協会

1. 調査概要

1.1 調査内容

平成３０年度に高圧ガス・石油コンビナート事故対応要領の改正を行い、その際に定められた事故の定義に基づき、現在に至るまでの約５年間、高圧ガス事故の対応を実施してきたところであるが、高圧ガス保安に従事する関係者への負担が過重となっている現状が鑑みられる。今後も保安を担保した上で、より合理的な事故報告を求めることができるよう、事故の定義見直しの検討を実施する。

1.2 調査実施体制

本調査では、「事故調査解析委員会」を設置し、検討を行った。同委員会の委員の選定にあたっては、国（経済産業省産業保安グループ高圧ガス保安室）に相談の上決定した。同委員会の委員構成は、次のとおり。

【委員長】

木村　雄二	学校法人　工学院大学　名誉教授

【委員】

伊里　友一朗	国立大学法人　横浜国立大学　大学院環境情報研究院　准教授
菊地　隆司	国立大学法人　北海道大学　工学研究院　応用化学部門　教授
阪上　隆英	国立大学法人　神戸大学大学院　工学研究科　機械工学専攻　教授
澁谷　忠弘	国立大学法人　横浜国立大学　総合学術高等研究院　教授
辻　　佳子	国立大学法人　東京大学　環境安全研究センター　センター長　教授
平川　哲也	山口県　総務部　消防保安課　産業保安班長　主幹
中条　孝之	三重県　防災対策部　コンビナート防災監
和田　有司	国立研究開発法人　産業技術総合研究所　研究環境整備本部　副本部長
矢吹　彰広	国立大学法人　広島大学　大学院先進理工系科学研究科　教授

【関係者】

経済産業省大臣官房産業保安・安全グループ高圧ガス保安室
総務省消防庁予防課特殊災害室
厚生労働省労働基準局安全衛生部
独立行政法人　労働者健康安全機構　労働安全衛生総合研究所
石油連盟
石油化学工業協会
一般社団法人　日本化学工業協会
一般社団法人　日本産業・医療ガス協会
一般社団法人　日本冷凍空調工業会
一般社団法人　日本冷凍空調設備工業連合会
危険物保安技術協会
国立研究開発法人　産業技術総合研究所
特定非営利活動法人　保安力向上センター
一般社団法人　水素供給利用技術協会
一般社団法人　全国 LP ガス協会

【事務局】

特別民間法人高圧ガス保安協会　保安技術部門

1.3 委員会開催状況

委員会開催状況は、表 1 のとおり。議事内容については事故の定義に関するもののみを示す。

表 1　委員会開催状況

回次	開催日	議事内容
第 1 回	令和 6 年 6 月 14 日	・　事故の定義に関する調査方針の審議
第 2 回	令和 6 年 7 月 25 日	・　事故の定義に関する調査の中間報告
第 3 回	令和 6 年 9 月 3 日	・　事故の定義に関する調査の中間報告、審議

2. 審議結果など

第３回までの委員会において事故の定義の見直しについて審議を行ったが、さらなる検討が必要であるとして委員会での結論は先送りとなった。事故定義等の改正案については、国と相談の結果、より多面的に情報を収集・分析し、検討を行うことが適切との結論になったことから、引き続き、検討を進め、年度末までにとりまとめ、国に提出する。

以上

別添 5

国内外の高圧ガス事故に関する普及啓発活動報告書

別添 5-1

アンケート結果の報告〈事故調査解析委員会の活動〉

特別民間法人高圧ガス保安協会

概要

2025 年 2 月 1 日から 2025 年 2 月 28 日の期間においてオンライン開催された「令和 5 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故情報調査）の報告書説明会-事故調査解析委員会の活動-」に参加された受講者 293 名に、セミナーの改善等を目的としてアンケート調査を実施。参加者 293 人中 58 人（19%）の回答があった。

アンケート結果

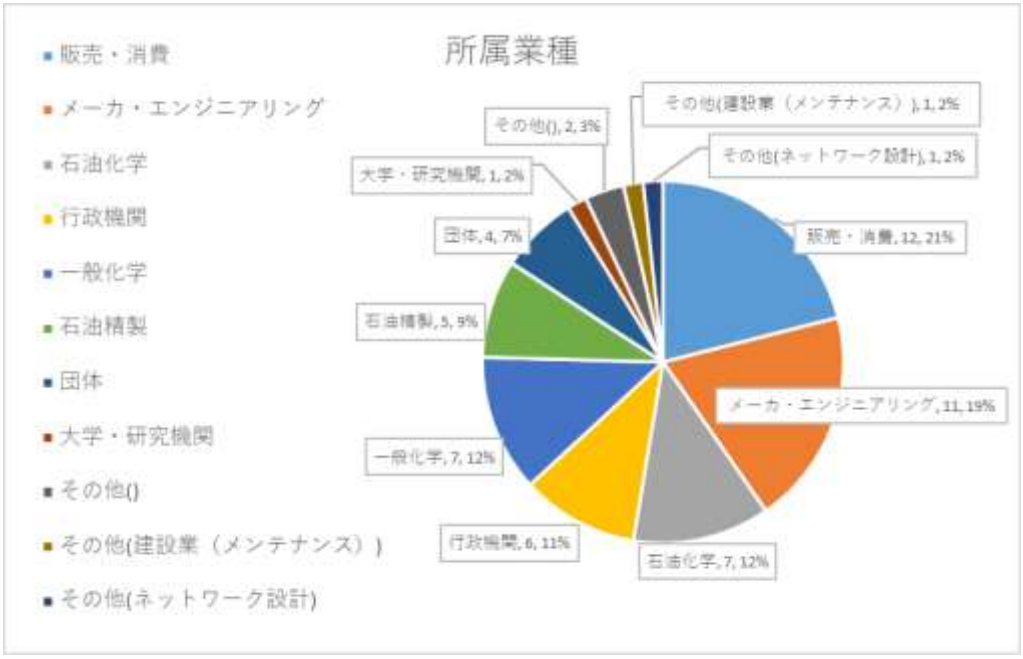
受講者情報（所属業種、経験年数等）、説明会に対する評価、KHK ホームページに掲載している報告書などの閲覧実績の有無、自由記述の感想にて構成されている。
具体的なアンケート各項目については下記のまとめ、別途アンケート用紙を参照。

要約

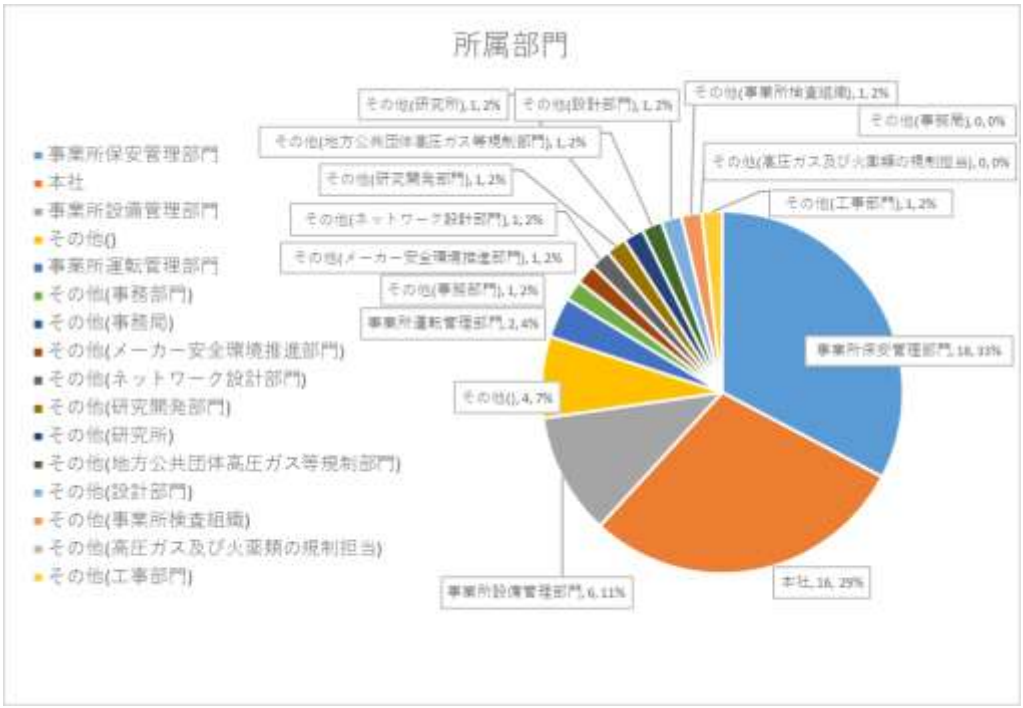
「令和 5 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故情報調査）の報告書説明会」に参加された受講者の所属業種については、販売・消費が最も多く 21%、次いでメーカ・エンジニアリングが 19%、石油化学が 12%となった。
受講者の経験年数については、5 年未満が最も多く 29%となった。オンライン説明会については、満足が 53%と最も多く、次いで適切が 35%、非常に満足が 12%となる。自由記述の感想では、同じガス業界でも常時携わっていない特殊な事故ケースに学ぶことは多く、参考になった、事故事例の動画を紹介いただいたが、内容が分かりやすかったので社内教育にも役立てたいと思う、継続的な開催をお願いしたいなどのコメントが見られた。

各項目の集計結果

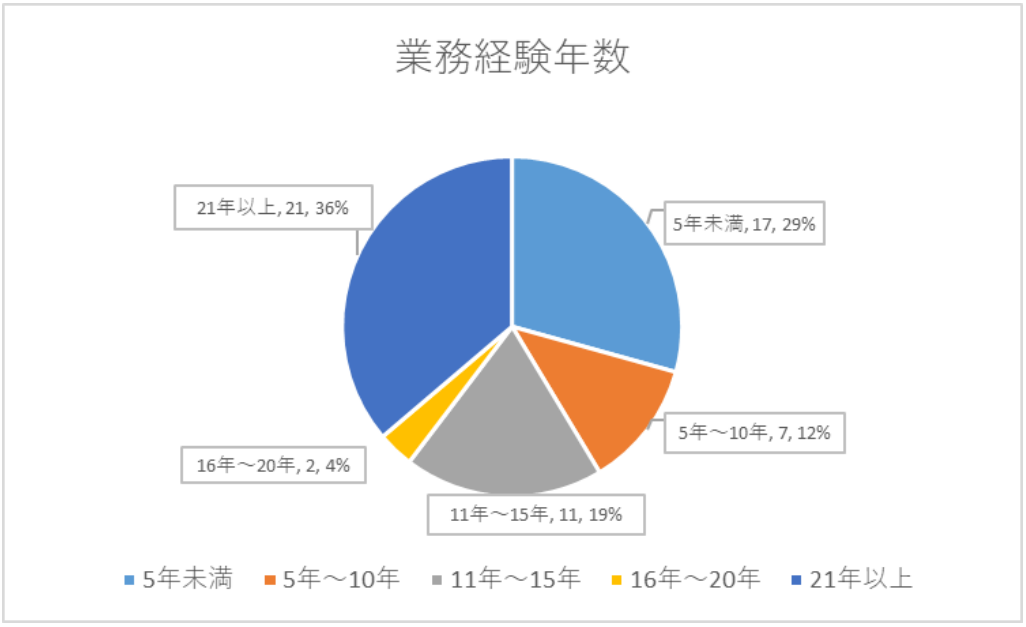
1. 所属業種についてご回答ください。



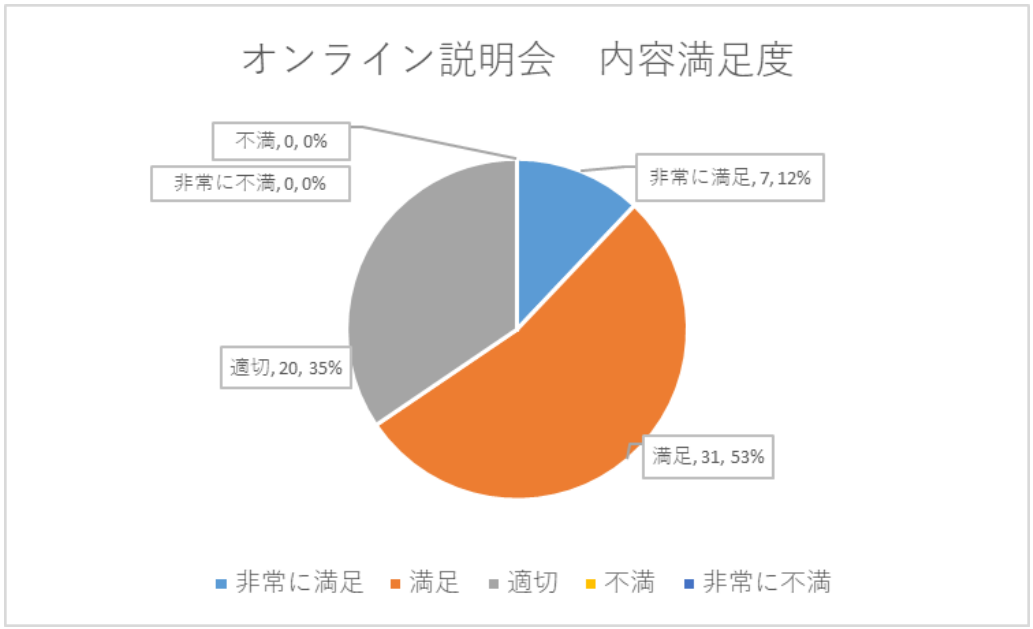
2. 所属部門についてご回答ください。



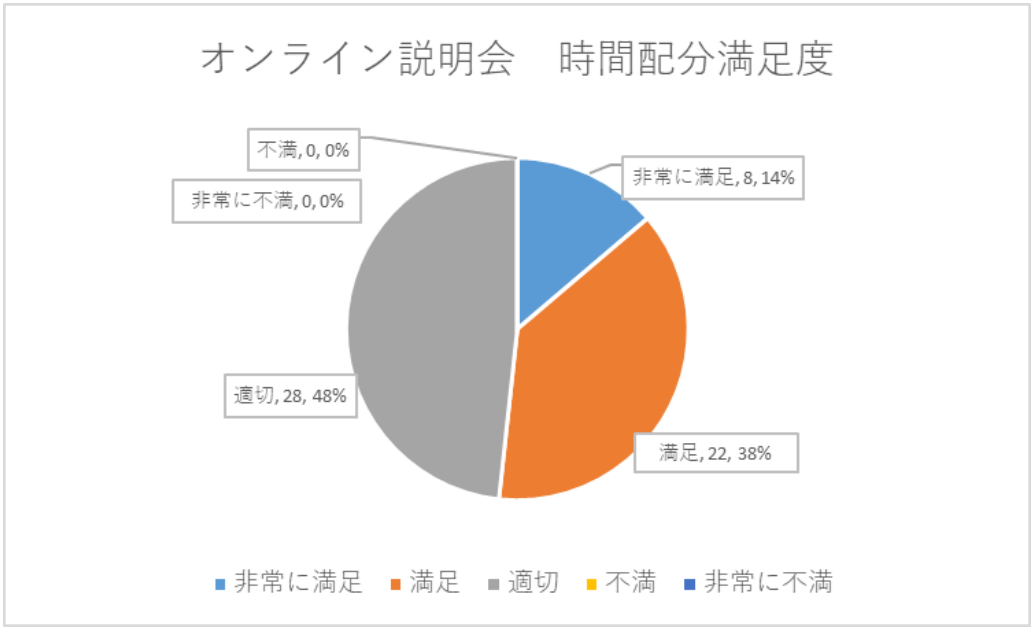
3. 業務経験年数についてご回答ください。



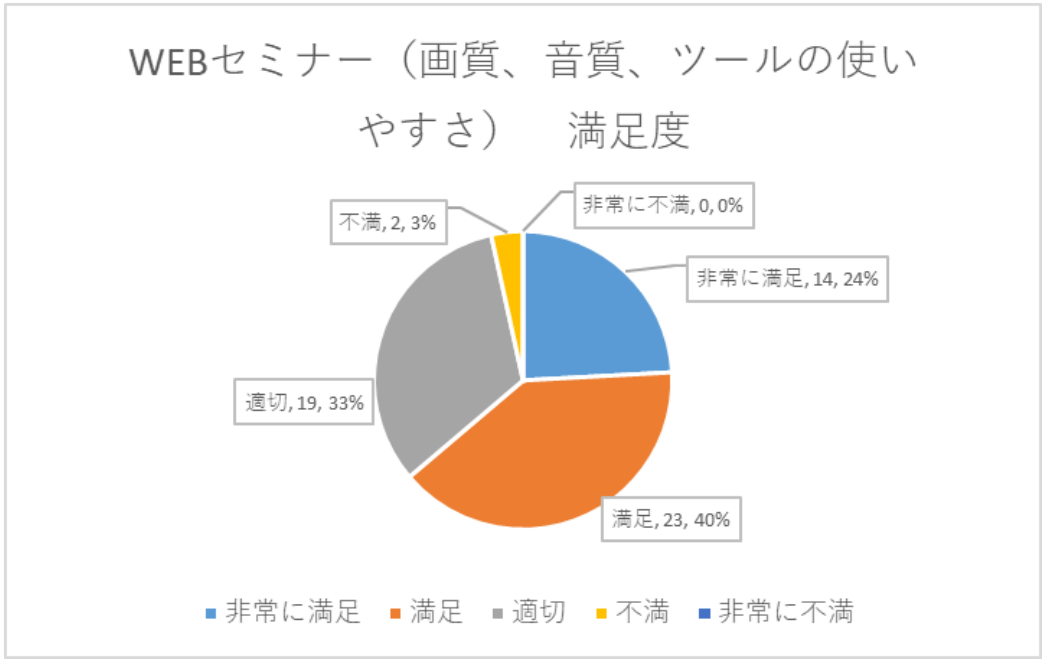
4. オンライン説明会の内容はいかがでしたでしょうか。



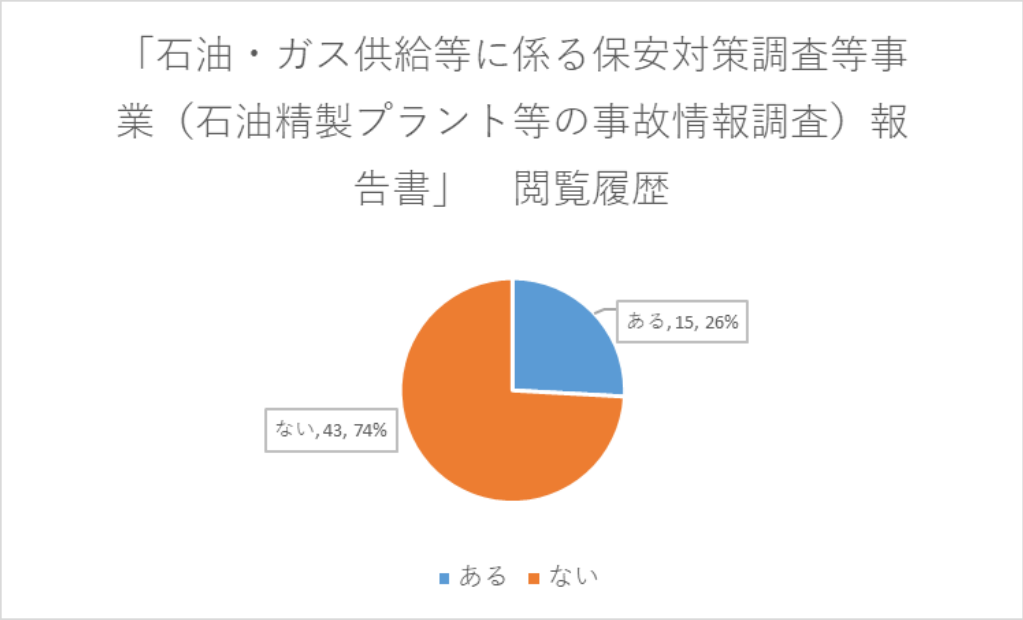
5. オンライン説明会の時間配分はいかがでしたでしょうか。



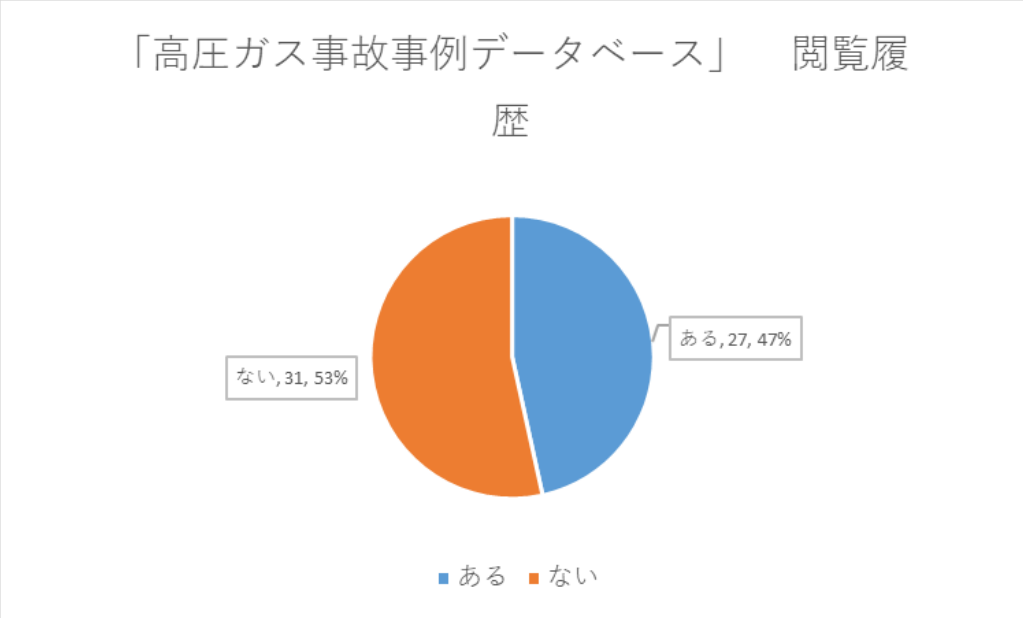
6. WEB セミナー（画質、音質、ツールの使いやすさ）についていかがでしたでしょうか。



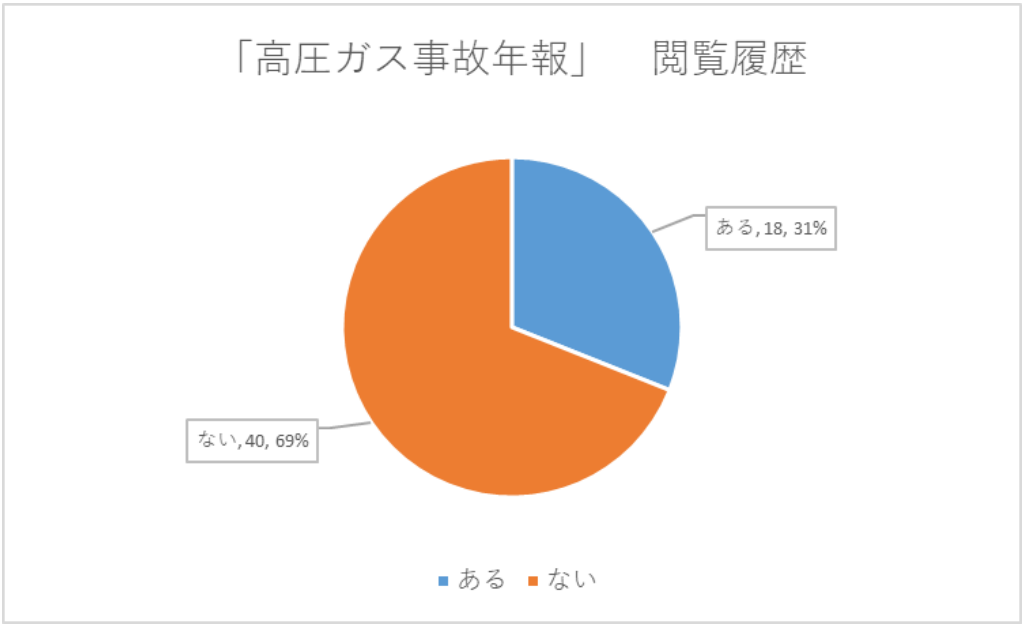
7. これまでに、「石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故情報調査）報告書」について、閲覧されたことはございますか。



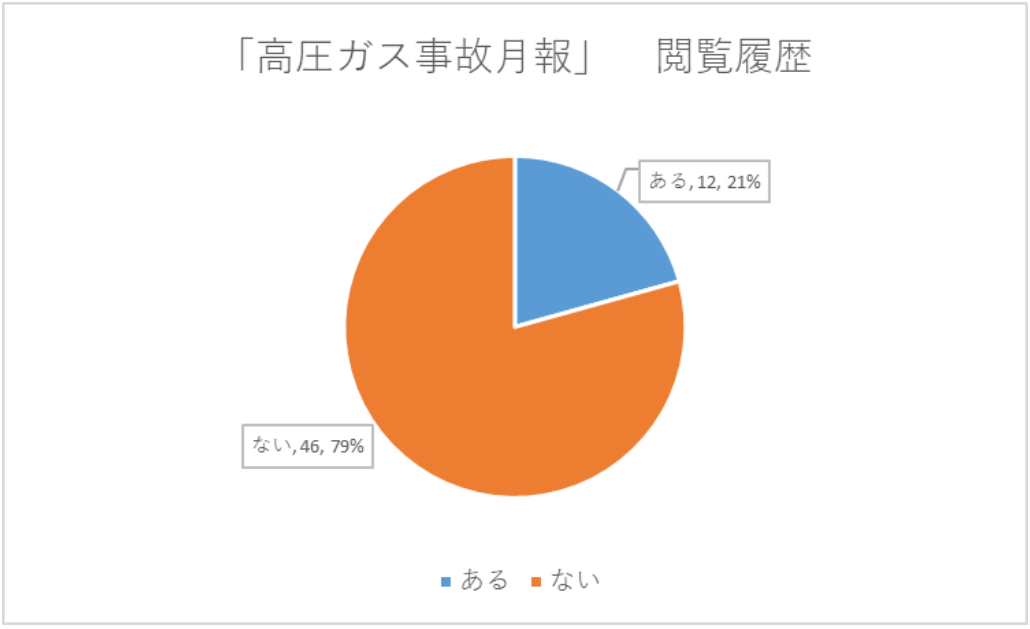
8. これまでに、「高圧ガス事故事例データベース」について、閲覧されたことはございますか。



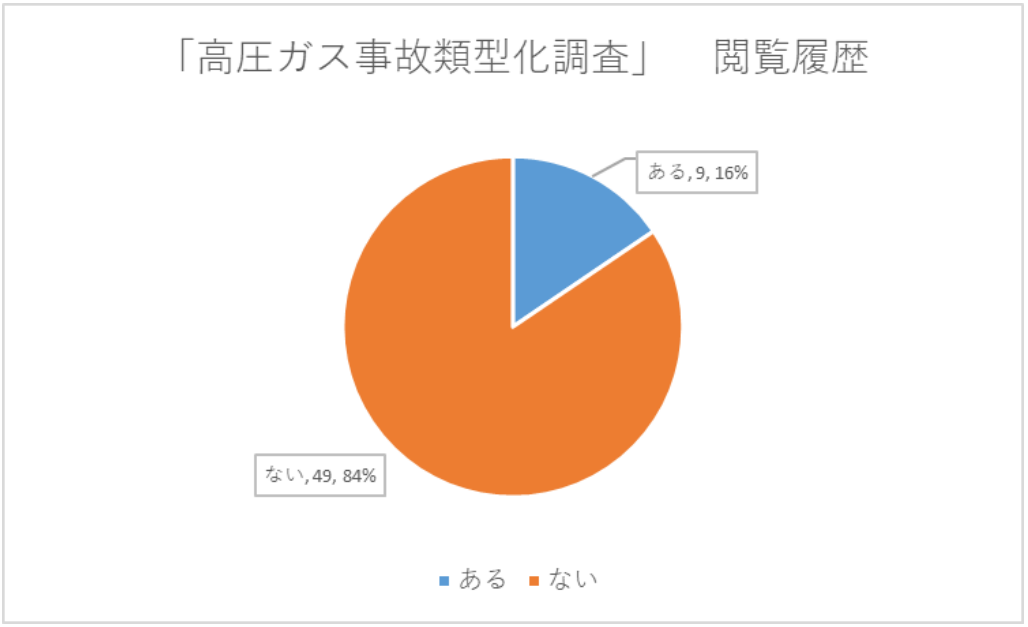
9. これまでに、「高圧ガス事故年報」について、閲覧されたことはございますか。



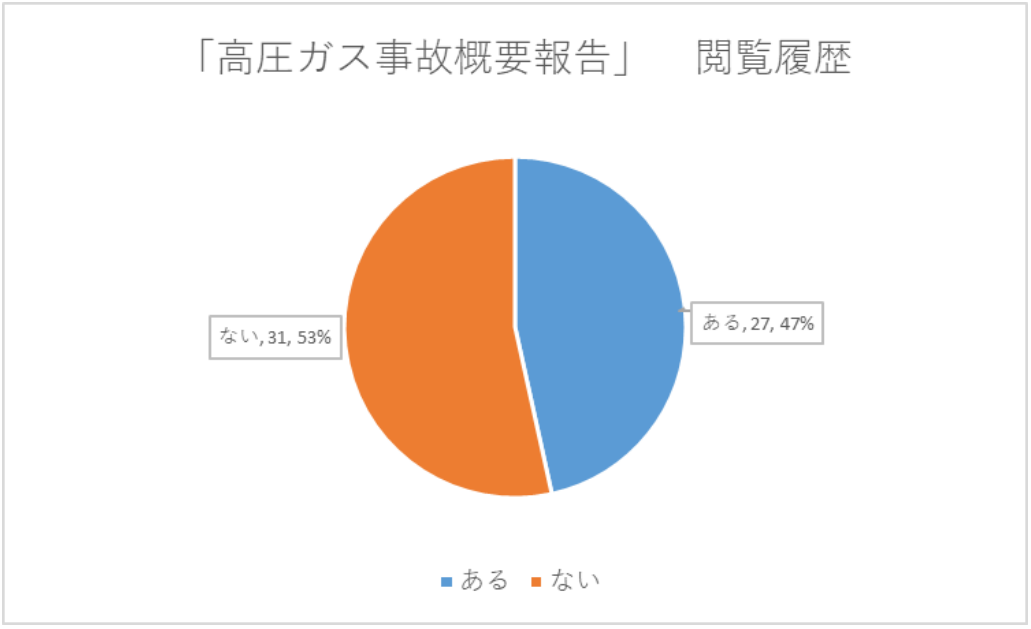
10. これまでに、「高圧ガス事故月報」について、閲覧されたことはございますか。



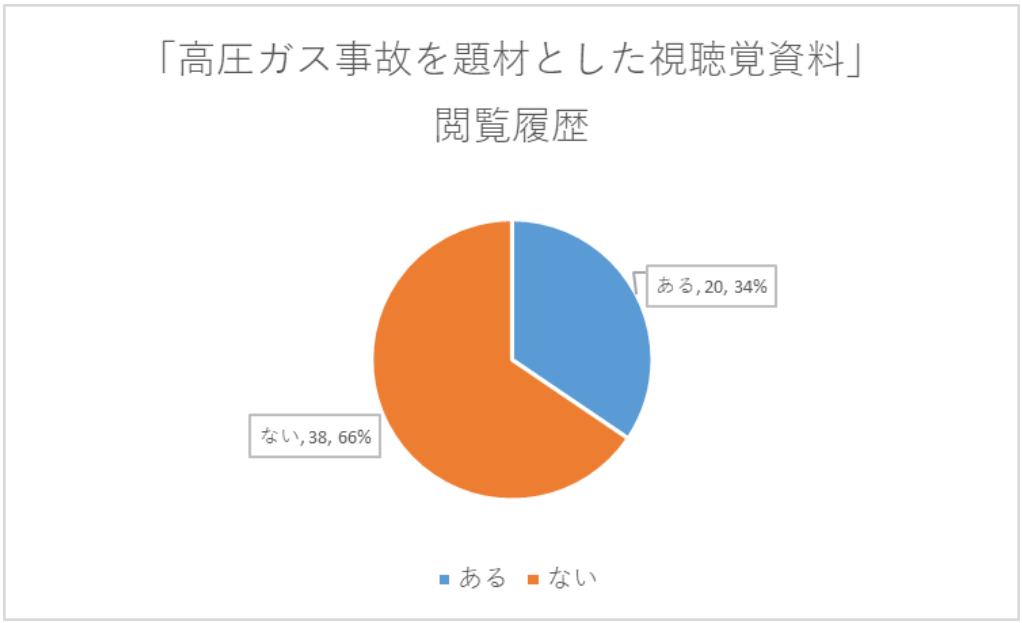
11. これまでに、「高圧ガス事故類型化調査」について、閲覧されたことはございますか。



12. これまでに、「高圧ガス事故概要報告」について、閲覧されたことはございますか。



13. これまでに、「高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料」について、閲覧されたことはございますか。



14. その他、本委託事業への要望等お寄せください。

委託事業報告書の公開を早くしてほしい。
団体　21 年以上

事故事例は参考になりました。また、データベースなどの紹介もあり今後活用したいと思います。
石油精製　5 年未満

文字や表よりも、できるだけ多く、図、イラスト・写真・動画等で、事故発生や再発防止策の情報を見やすく、解り易く説明・開示をいただくことで、作業現場者にも直接的に安全衛生・環境への配慮を徹底させることができ、事故再発防止に効果的と感じる。
メーカ・エンジニアリング　5 年～10 年

同じガス業界でもいつも携わっていない特殊な事故ケースに学ぶ事は多く、勉強になります。ありがとうございました。
メーカ・エンジニアリング　21 年以上

説明会ありがとうございました。今後も機会があれば参加したいので、継続的な開催をお願い致し

ます。
石油化学　5 年未満

動画で事故事例を見せて頂けるのはとても分かりやすく良かったです。ホームページに掲載されているので、社内教育にも役立てたいと思います。
メーカ・エンジニアリング　16 年～20 年

今後も事故に関する情報・分析のご提供をお願いいたします。恥ずかしながら専門用語がところどころあり（今回では水素自動車の事故のご説明）個人的な知識の浅さも原因ですが、可能であれば講義内で用語の説明も入れていただけると幸いです。
販売・消費　21 年以上

はじめて視聴しました。先日までは高圧ガス製造保安技術資格試験の勉強として事例をみてきましたが、これからは販売事業で仕入先や販売先の事故事例として、積極的に学んでいきます。
販売・消費　5 年未満

今までこういった情報があることを知らなかったので勉強になりました。
メーカ・エンジニアリング　21 年以上

今回のような事故事例の説明を今後もお願いしたい。
一般化学　11 年～15 年

今後、事故事例データベースを活用し、設備の保安管理向上につなげていきたい。
石油化学　5 年～10 年

次年度も開催を希望します。
行政機関　5 年未満

別添 5-2

アンケート結果の報告〈視聴覚資料の整備委員会の活動〉

特別民間法人高圧ガス保安協会

概要

2025 年 2 月 1 日から 2025 年 2 月 28 日の期間においてオンライン開催された「令和 5 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故情報調査）の報告書説明会-視聴覚資料の整備委員会の活動-」に参加された受講者 293 名に、セミナーの改善等を目的としてアンケート調査を実施。参加者 293 人中 50 人（17%）の回答があった。

アンケート結果

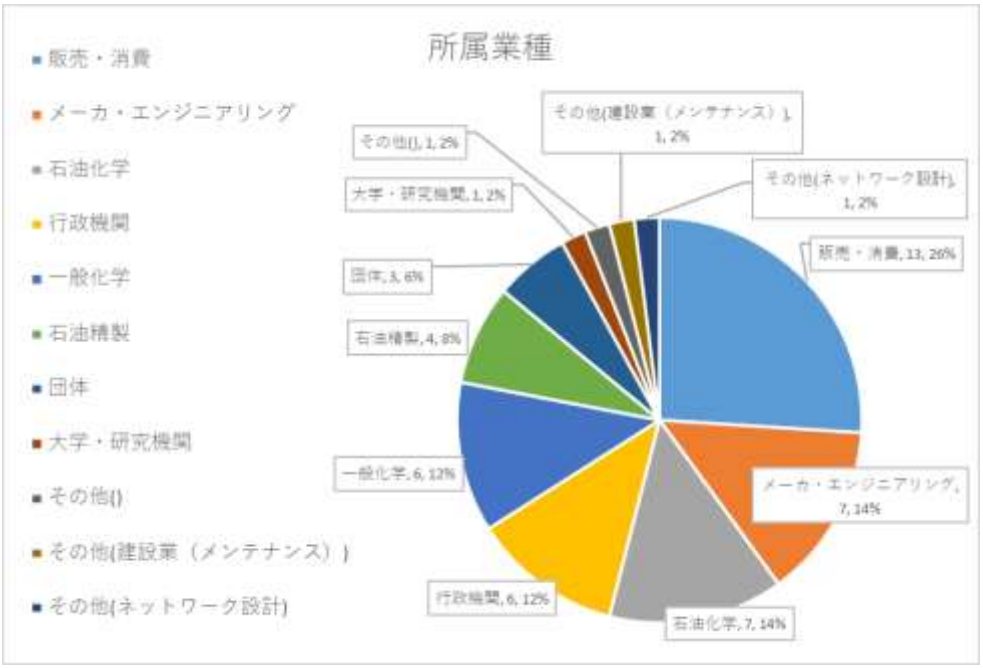
受講者情報（所属業種、経験年数等）、説明会に対する評価、KHK ホームページに掲載している報告書などの閲覧実績の有無、自由記述の感想にて構成されている。
具体的なアンケート各項目については下記のまとめ、別途アンケート用紙を参照。

要約

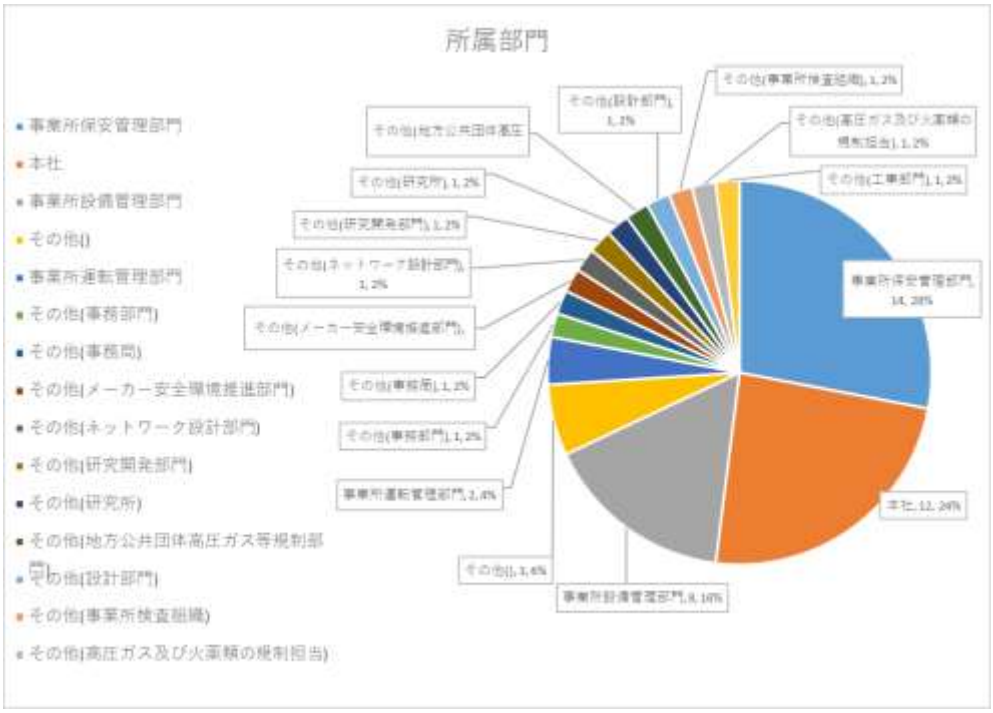
「令和 5 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故情報調査）の報告書説明会」に参加された受講者の所属業種については、販売・消費が最も多く 26%、次いでメーカ・エンジニアリング、石油化学が同率で 14%となった。
受講者の経験年数については、16 年～20 年が最も多く 53%となった。オンライン説明会については、満足が 54%と最も多く、次いで適切が 28%、非常に満足が 18%となる。自由記述の感想では、視聴覚資料は保安活動に有効な教材になるのでこれからも資料が増えることを期待する、動画で事故事例を見せて頂けるのはとても分かりやすく良かったので、社内教育に役立てたいと思う、引き続き関連するセミナーの開催を希望するなどのコメントが見られた。

各項目の集計結果

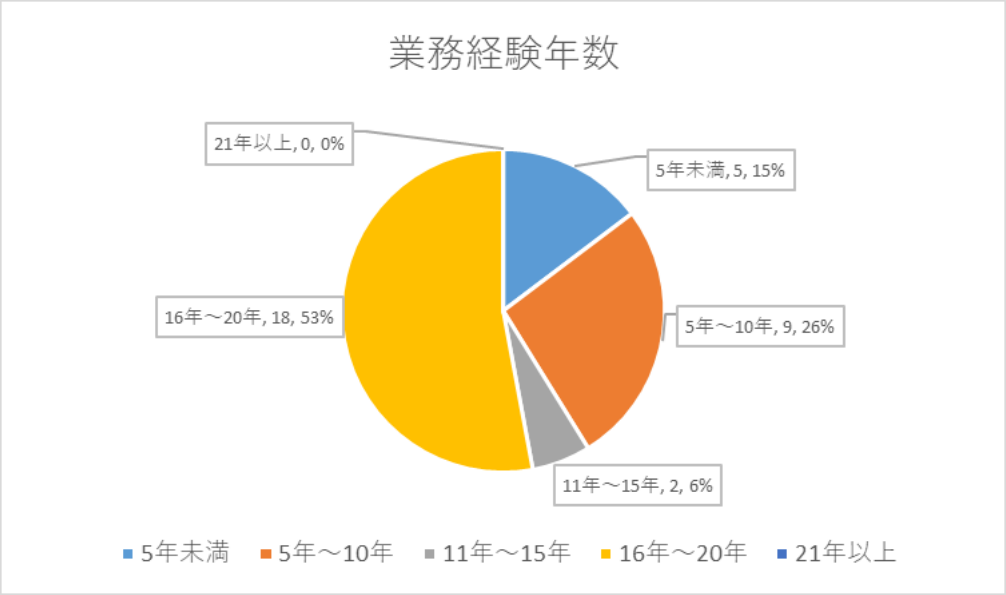
1. 所属業種についてご回答ください。



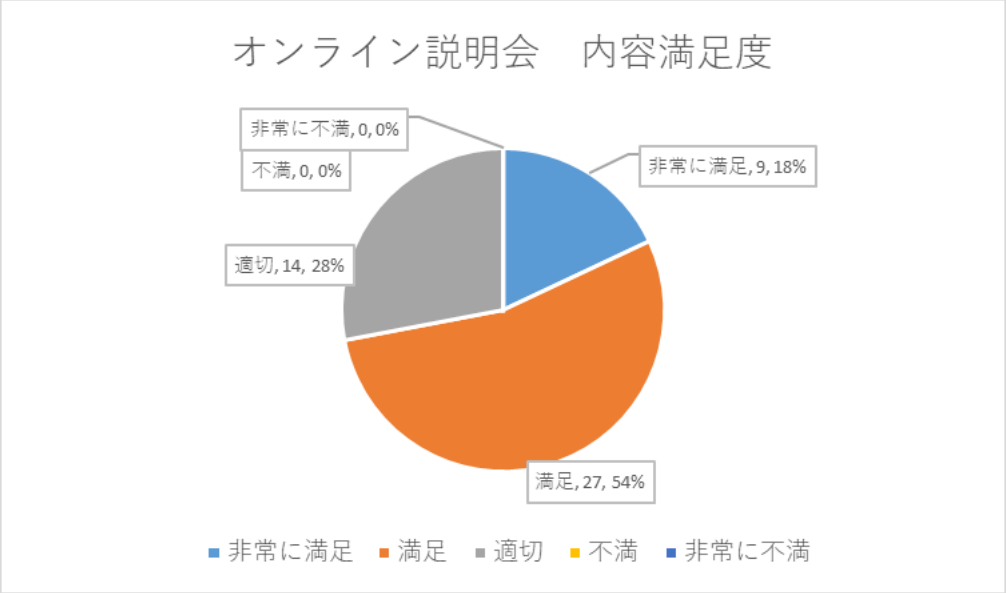
2. 所属部門についてご回答ください。



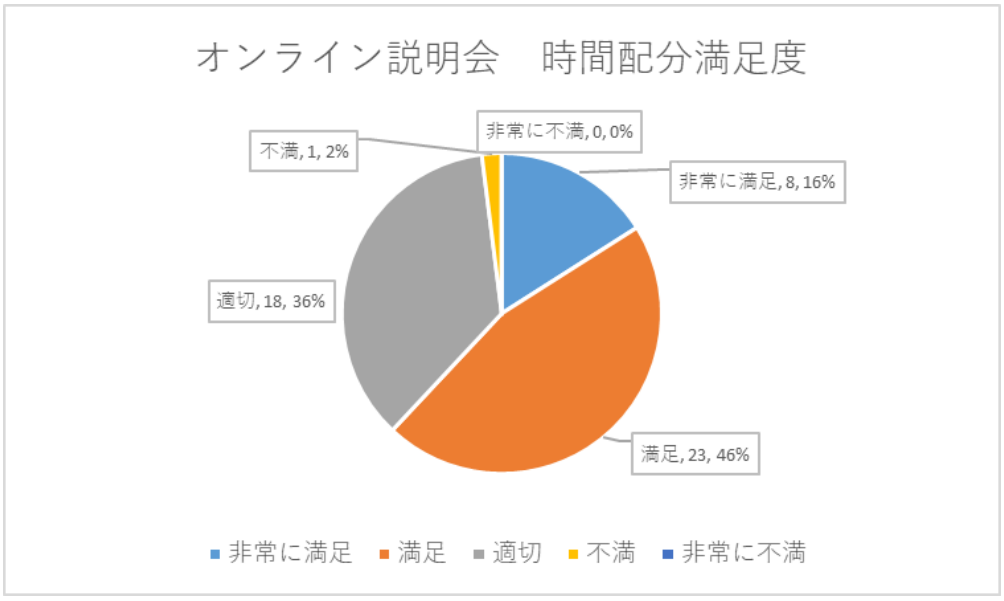
3. 業務経験年数についてご回答ください。



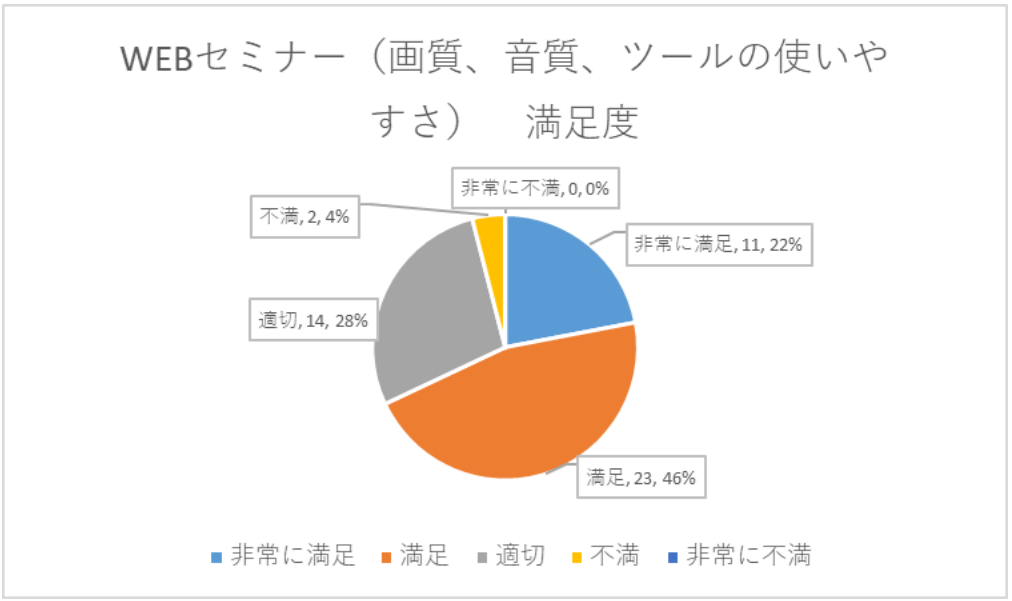
4. オンライン説明会の内容はいかがでしたでしょうか。



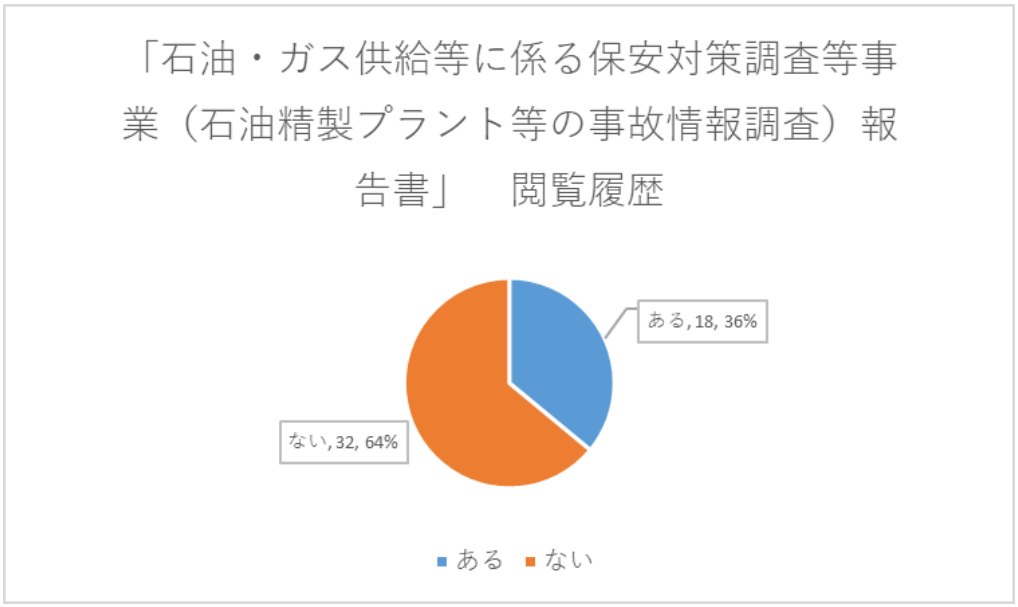
5. オンライン説明会の時間配分はいかがでしたでしょうか。



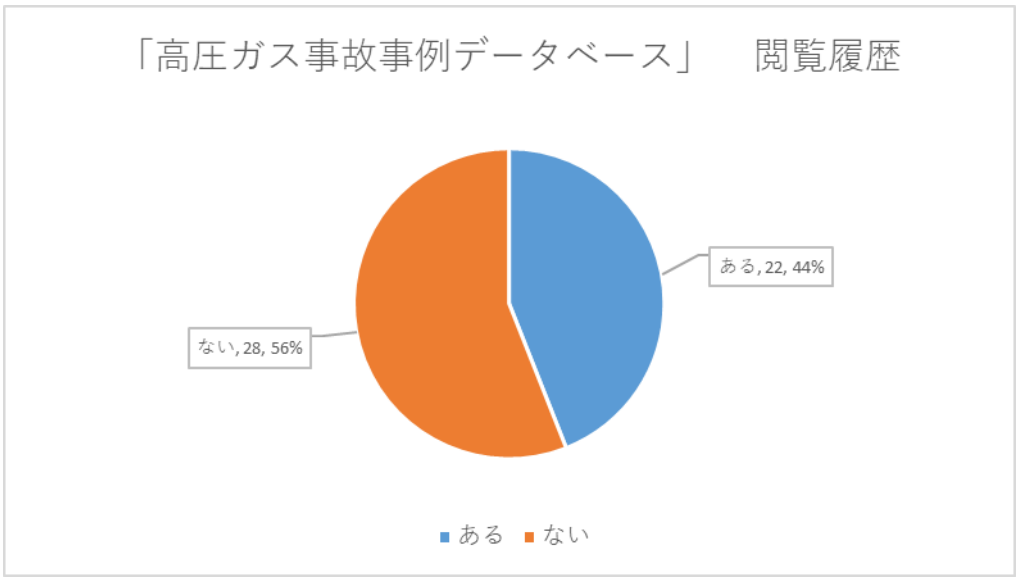
6. WEB セミナー（画質、音質、ツールの使いやすさ）についていかがでしたでしょうか。



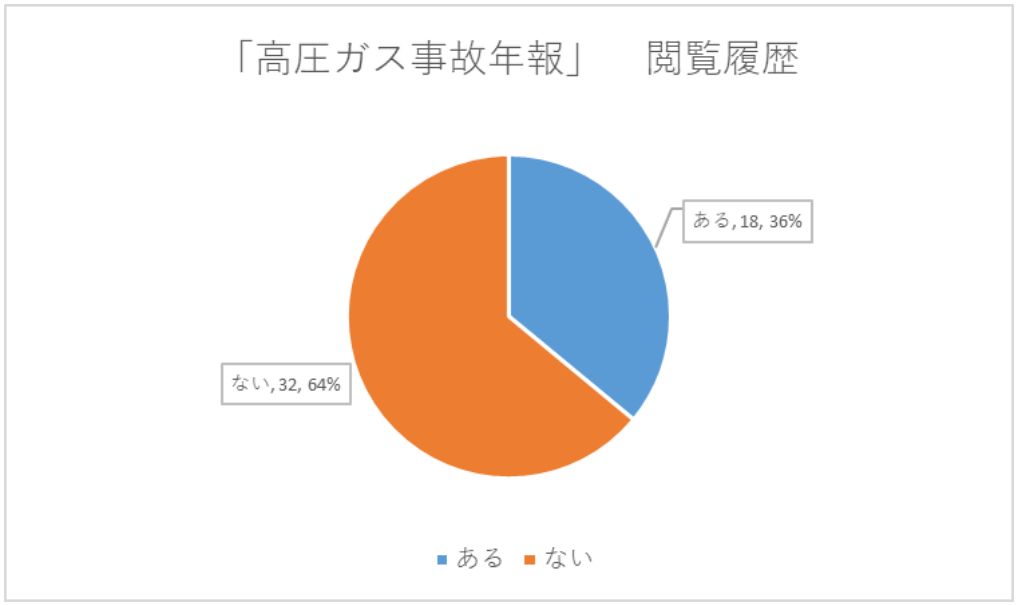
7. これまでに、「石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故情報調査）報告書」について、閲覧されたことはございますか。



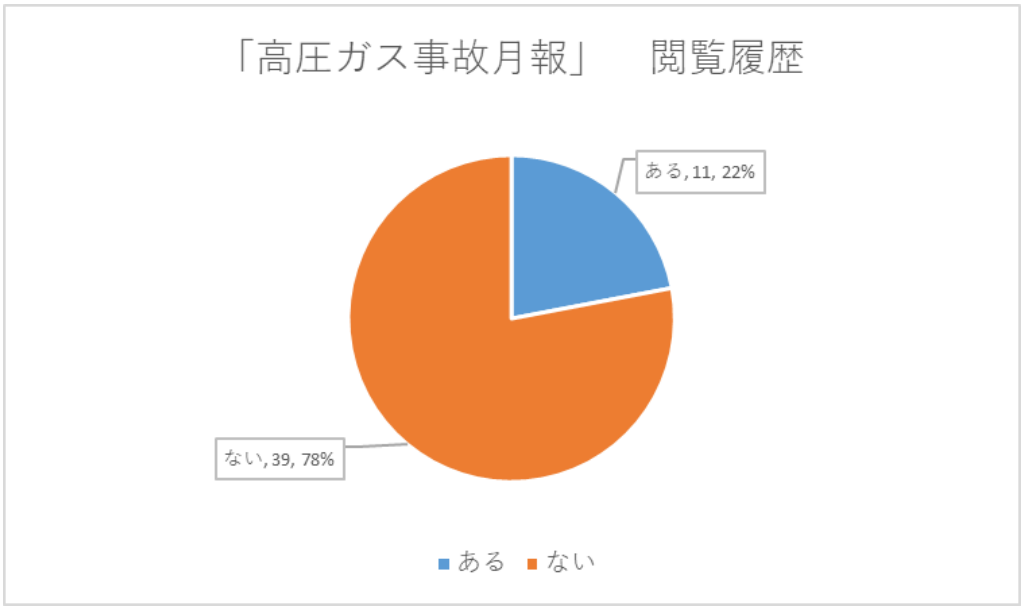
8. これまでに、「高圧ガス事故事例データベース」について、閲覧されたことはございますか。



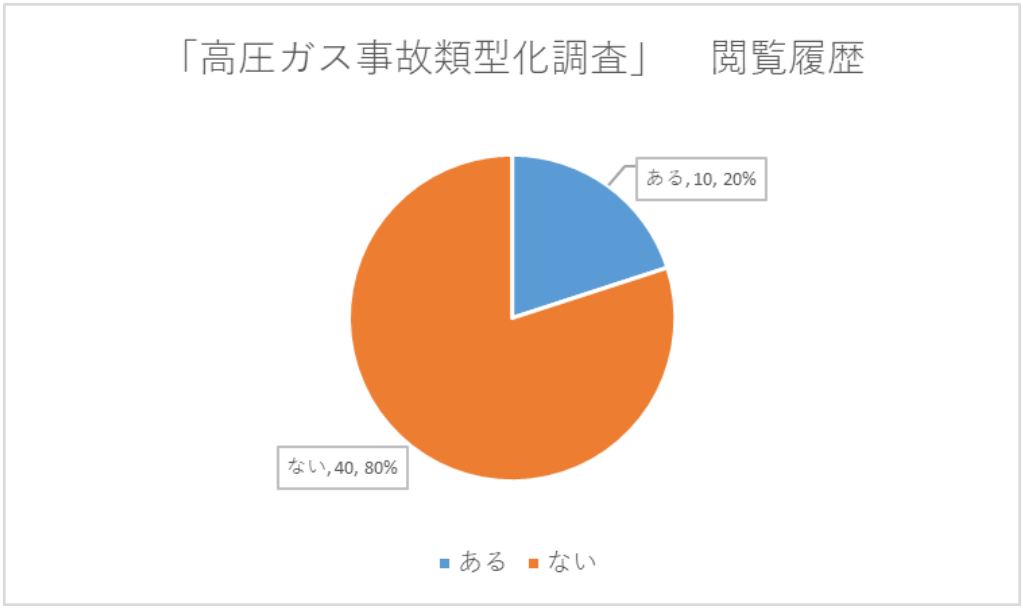
9. これまでに、「高圧ガス事故年報」について、閲覧されたことはございますか。



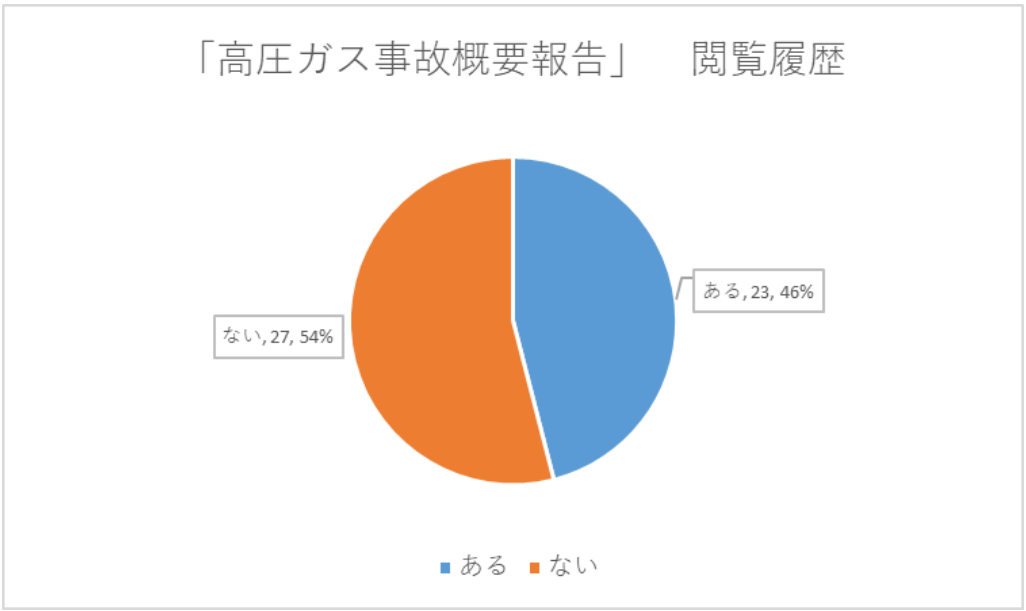
10. これまでに、「高圧ガス事故月報」について、閲覧されたことはございますか。



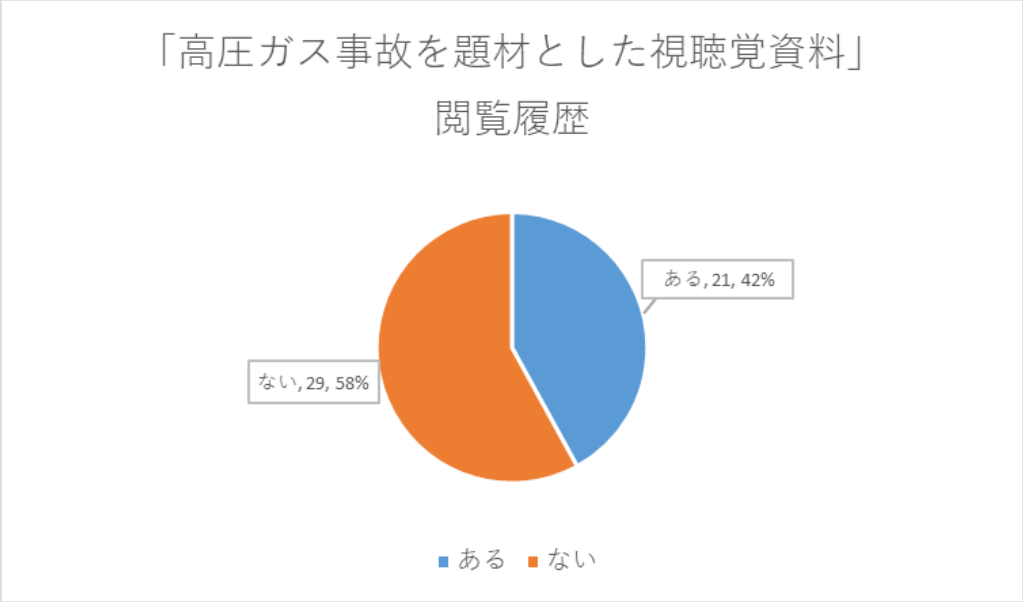
11. これまでに、「高圧ガス事故類型化調査」について、閲覧されたことはございますか。



12. これまでに、「高圧ガス事故概要報告」について、閲覧されたことはございますか。



13. これまでに、「高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料」について、閲覧されたことはございますか。



14. その他、本委託事業への要望等お寄せください。

事業者の社内教育における視聴覚資料の活用方法などを示してほしい。
団体　21 年以上

ガス種別に絞った範囲で、事故事例や大手企業の取り組みなどを紹介していただきたい。
販売・消費　11 年～15 年

高圧ガスの危険性について視聴覚資料は社員教育に活用させていただいております。引き続きよろしくお願いいたします。
販売・消費　5 年未満

非常に解り易い映像情報になっていて、視覚的に現場の作業者にも活用できる内容と思います。ただ、組織体制を通じても、注意喚起だけでは、個人への依存性が高く、中々徹底できないことが現実にある。真の恒久対策として、災害・事故を再発させない仕組み（ハード・ソフトのシステム）化やルールづくりにどう活かし、反映させられるかが重要と感じた。
メーカ・エンジニアリング　11 年～15 年

事故事例が映像で表現されていることで、文章や図表のみと比較して非常にわかりやすかった。
その他(ネットワーク設計)　21 年以上

ご説明ありがとうございました。映像資料がとても分かりやすく、他の資料も見てみようかなと思いました。
石油化学　5 年未満

業務上該当しない事例でしたが、高圧ガスが持つ危険性を改めて再認識出来ました。視聴覚資料は保安活動に有効な教材になりますので、これからも資料が増えることを期待します。
一般化学　21 年以上

貴重な経験をベースとした講話を視聴させて頂き有難うございました。管理の方向性を一歩踏み外すと多大な損害や被害と対応が必要となることをリスクにも入れて、考える重要性を改めて考えさせられました。
一般化学　21 年以上

動画で事故事例を見せて頂けるのはとても分かりやすく良かったです。ホームページに掲載されているので、社内教育にも役立てたいと思います。
メーカ・エンジニアリング　16 年～20 年

高圧ガス容器の事故事例の動画は一般消費者にもわかり易く、非常に良い資料だと思います。
一般化学　11 年～15 年

このような企画をまたお願いいたします。
販売・消費　21 年以上

次年度も実施を希望します。
行政機関　5 年未満

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

マラソン・マルティネス再生可能燃料施設における加熱炉管の破裂および火災

カリフォルニア州マルティネス｜*事故発生日：2023年11月19日*｜**No. 2023-01-I-CA**

調査の最新情報

2024年2月

2023年11月19日午前0時21分頃、カリフォルニア州マルティネスにあるマルティネス再生可能燃料施設で、ユニット起動中に反応器チャージ加熱炉内で金属管が破裂し、再生可能ディーゼルと水素が流出した。これにより火災が発生し、マラソン社の従業員1名が重傷を負った（**図1**）。本報告書は、この事故に関するCSBによる継続中の調査に関する最新情報を提供するものである。

背景情報

- マルティネス再生可能燃料施設は、Marathon Petroleum社（以下「マラソン社」）とネステ社[a] による50対50の出資比率による共同事業であり、マラソン社の子会社[b] によって運営されている [1]。この施設は、2020年にマラソン社が生産を中止するまで、さまざまな所有者の下で100年以上にわたって石油精製所として稼働していた。マラソン社は同施設を再生可能燃料製造施設に転換し、2023年初頭に生産を開始した。2023年末までに設計上のフル稼働まで引き上げる計画であった [2]。

- 事故の際、再生可能ディーゼルと水素が流出した。再生可能ディーゼルは、植物油や動物性脂肪を原料とするバイオマス由来のディーゼル燃料であり [3, 4]、引火点が135～168°F（約57～76°C）の可燃性液体である [5]。水素は無色無臭で非常に可燃性の高い気体である [6]。

図1：加熱炉火災の監視カメラ映像（出典：マラソン社）

[a] ネステ社は、フィンランドのエスポーに本社を置く再生可能なディーゼル燃料および持続可能な燃料のサプライヤーである [9, 10]。
[b] マルティネス再生可能燃料施設は、マラソン社の子会社であるTesoro Refining & Marketing Company LLC社が運営している [11]。

- この事故は、元の石油精製所のディーゼル水素化処理ユニットから転換されたプロセス装置である、水素化脱酸素反応（hydrodeoxygenation, HDO）ユニットの初期起動中に発生した。HDOプロセスは、再生可能原料から酸素を触媒反応により除去し、下流のユニットでさらに処理して、従来のディーゼル燃料の代替となる再生可能なディーゼル燃料を製造するものである [7]。マラソン社は、元のディーゼル水素化処理ユニットの機器を再利用し、プロセス配管を再構成し、新たな機器を導入して既存のユニットを新しいHDOユニットに転換した。

- HDOユニットは、再生可能な原料、リサイクルされた再生可能ディーゼル燃料、水素を、後続の処理工程の前に予熱するための加熱炉を備えている。この加熱炉内では、最大11基の燃料ガス燃焼バーナーが、炉内のステンレス鋼管を通って流れるプロセス流体を加熱する（**図4**）。HDOへの転換プロジェクトの際、マラソン社は加熱炉内に新たに再構成された管を設置した。記録によると、新しい管はASTM A312規格のグレード321ステンレス鋼で構成されていたことが示されている。

事故の概要

- 2023年11月18日の夜勤時、マラソン社はHDOユニットの起動作業を進めていた。作業員はユニット内に再生可能ディーゼルと水素の循環を確立し、加熱炉を使用してプロセス流体の加熱を開始していた。

- 事故発生までの1時間、マラソン社の運転スタッフは加熱炉の温度制御に関する問題に対処していた。炉内の温度計が炉管表面の過熱を示し、制御室にあるコンピューター制御システムの画面上で1,100°F（約593°C）に達した時点で、音声と視覚による高温アラームが作動した。破裂の数分前には、すべての管温度指示計が高温アラームの設定値を超え、10個の指示計のうち8個が約1,490°F（約810°C）から1,710°F（約932°C）の温度を示していた。

- 炉内の温度を下げるため、マラソン社の運転スタッフは炉内の流量を増加させ、現場のオペレーターに対して2基のバーナーを停止するよう指示した。現場オペレーターは加熱炉にて手動の燃料ガスバルブを閉め、点火中だった4基のバーナーのうち2つを停止させた。午前0時21分頃、現場オペレーターがこの作業を完了した直後に、加熱炉内の管が破裂し、高温の再生可能ディーゼルと水素が放出された。加熱炉から流出した物質が引火し、火災が発生した（**図1**）。現場オペレーターは流出した物質と火災により重傷を負い、顔と体の大部分にⅢ度熱傷を負った。現場オペレーターは重傷を負いながらも、加熱炉エリアから約80ヤード（約73メートル）離れた現場オペレーター用シェルターまで移動し、そこで同僚に発見され、ヘリコプターで近くの病院に搬送された。火災は午前1時15分頃に鎮火し、午前2時頃に警報が解除された [8]。

- 事故の翌朝、マラソン社の従業員は、通常は閉じられているはずの加熱炉上流の手動バイパスバルブが開いている（不適切な位置になっている）ことを発見した。これにより、加熱炉を迂回する流路が生じていた可能性がある。加熱炉内のディーゼル燃料の流量を監視するための流量計は、開いていたバイパスバルブの上流に設置されており、事故発生時にも流量を示していた。加熱炉へ流れる再生可能ディーゼル燃料の流量が少なく、炉の下流の温度が高い場合には加熱炉を自動的に停止させるための安全インターロックが存在したが、計器はこれらの条件を一切検知せず、インターロックは作動しなかった（**図2**）。加熱炉をバイパスする流れは、高温安全インターロック計器の上流にあるプロセス配管に戻されていたと思われる。

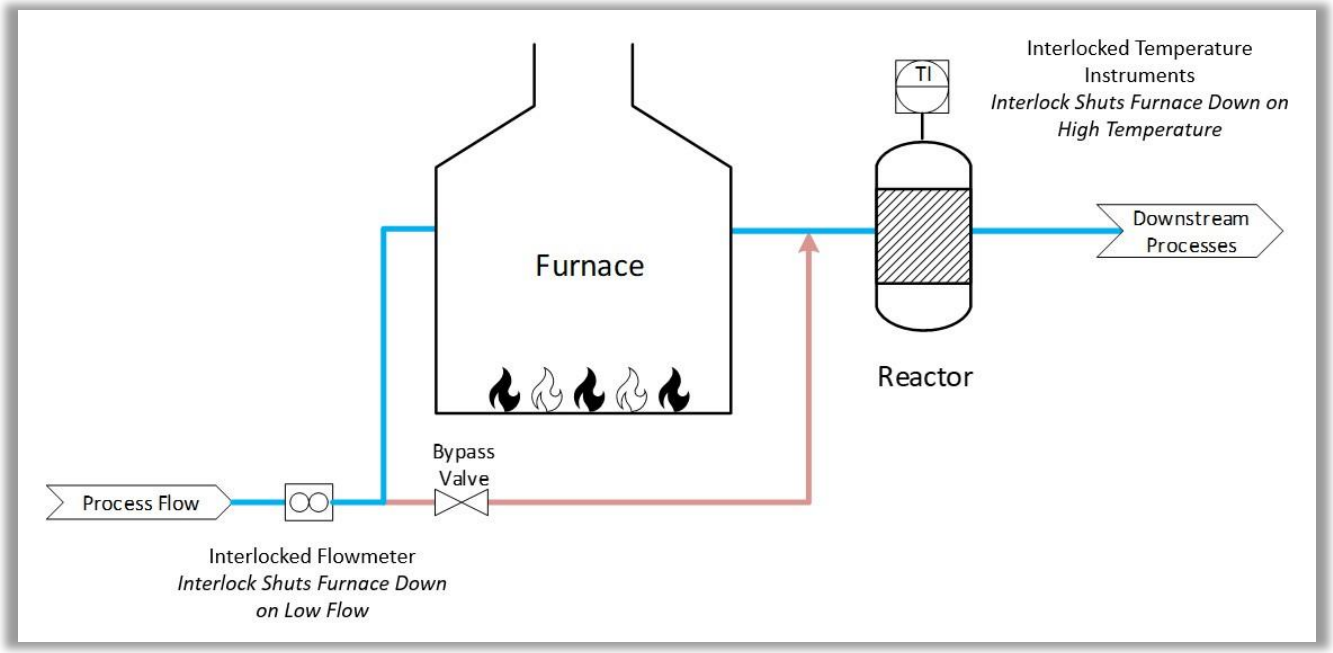


図2：事故後に開いていたことが確認されたバイパスバルブと加熱炉の安全インターロック計器との配置関係を示す簡略化されたプロセスフロー図。注：すべての計器およびインターロックが示されているわけではない。（出典：CSB）

加熱炉管の破損

- 事故後の加熱炉の調査により、流出箇所は加熱炉内の破裂した対流伝熱部の管であることが確認された（**図3**および**図4**）。加熱炉の管に関するさらなる調査が進行中である。

図3：事故後の加熱炉管の画像（上から見た図）（出典：マラソン社）

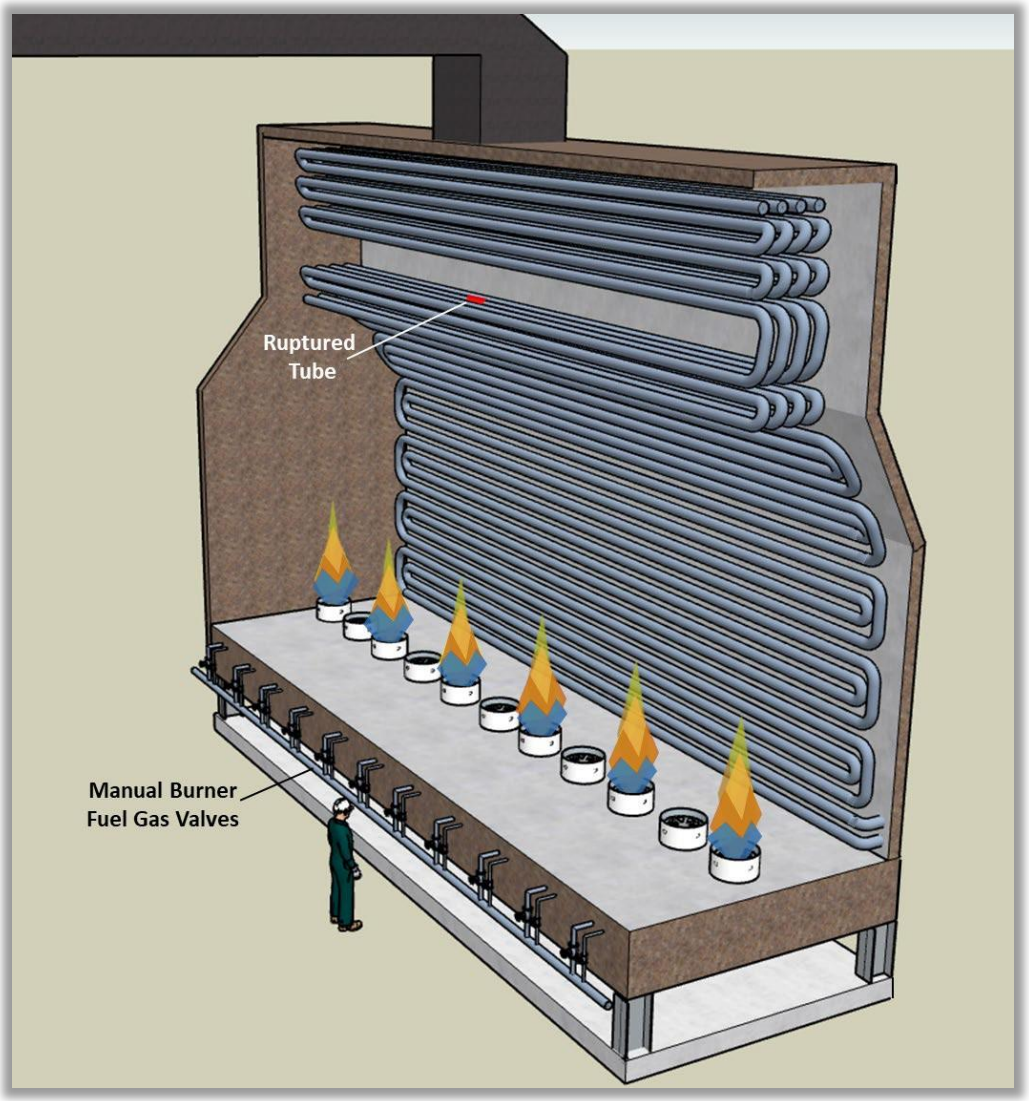


図4：加熱炉の内部図（管の破損箇所を示す）。人物は縮尺のために示している。上の図で点灯しているバーナーは、必ずしも事故発生時の実際の状態を表しているわけではない。（出典：CSB）

今後の進め方

- CSBは、事実の収集と以下の主要分野についての分析を継続している。
  - 加熱炉内部の部品の継続的な検査
  - 加熱炉管の冶金学的調査と故障モードの分析
  - 潜在的な危険シナリオの特定と管理
  - 関連施設、企業、業界の基準
- 調査は継続中であり、最終的なCSB調査報告書には、完全な調査結果、分析、および必要に応じて提言が詳細に記載される予定である。

参考文献

[1] Marathon Petroleum「Martinez Renewable Fuels Project」（オンライン）https://www.marathonmartinezrenewables.com/（閲覧日：2024年1月16日）

[2] Marathon Petroleum「Portfolio」（オンライン）https://www.marathonmartinezrenewables.com/Portfolio/ （閲覧日：2024年1月16日）

[3] United States Environmental Protection Agency（EPA）「Renewable Fuel Annual Standards」（オンライン）https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/renewable-fuel-annual-standards（閲覧日：2024年1月17日）

[4] 米国カリフォルニア州コントラコスタ郡「Martinez Refinery Renewable Fuels Project」（オンライン）https://www.contracosta.ca.gov/DocumentCenter/View/74650/LP20-2046-Presentation-County-Planning-Commission-（閲覧日：2024年1月26日）

[5] Marathon Petroleum「Safety Data Sheet - Renewable Diesel」（オンライン）https://www.marathonpetroleum.com/content/documents/Operations/MPC_SDS_Sheets/Marathon_Petroleum_Renewable_Diesel/Marathon_Petroleum_Renewable_Diesel.pdf （閲覧日：2024年1月26日）

[6] CAMEO Chemicals「Hydrogen」（オンライン）https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/8729（閲覧日：2024年1月26日）

[7] G. D. V. Nolfi, K. Gallucci, & L. Rossi「Green Diesel Production by Catalytic Hydrodeoxygenation of Vegetables Oils」『International Journal of Environmental Research and Public Health』vol. 18, no. 24, p. 13041, 2021.

[8] コントラコスタ郡健康サービス局有害物質プログラム（2023年11月22日）「Attachment B: 72-hour Follow-up Notification Report Form」（オンライン）https://www.cchealth.org/home/showpublisheddocument/28946/638362439614070000（閲覧日：2024年1月16日）

[9] Neste「Neste in North America」（オンライン）https://www.neste.us/neste-in-north-america/who-we-are/neste-in-north-america（閲覧日：2024年2月15日）

[10] Neste「Who we are」（オンライン）https://www.neste.com/about-neste/who-we-are（閲覧日：2024年2月15日）

[11] 米国カリフォルニア州コントラコスタ郡「Martinez Refinery Renewable Fuels Project」（オンライン）https://www.contracosta.ca.gov/7961/Martinez-Refinery-Renewable-Fuels-Projec（閲覧日：2024年2月15日）

別添 5-4

CSB

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

Investigation Report

ハリケーン・ハービーによる洪水後にアルケマ・クロスビーにおいて発生した有機過酸化物の分解、流出、火災

テキサス州クロスビー

事故発生日：2017年8月31日
緊急対応要員への曝露、地域住民の避難、物的被害

重要課題：

- 洪水に対する施設の脆弱性の理解
- 洪水リスク評価の実施
- 洪水に対するレジリエンスの強化
- 緊急対応の改善

報告書番号：2017-08-I-TX
2018年5月

CSB（U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board）は、人々と環境を保護するために独立した調査を通じて化学安全の向上を推進することを使命とする独立した連邦機関である。

CSBは科学的調査機関であり、法執行機関や規制機関ではない。1990年の改正大気浄化法に基づき設立され、事故の原因を特定し、安全に関する勧告を行い、化学安全に関する課題を調査研究し、化学安全に関わる他の政府機関の有効性を評価する役割を担っている。CSBに関する詳細は、www.csb.govを参照のこと。

CSBは、その活動と決定を調査報告書を通じて公表しており、報告書には必要に応じて安全対策の勧告が含まれる場合がある。以下は、CSBが発行する報告書の種類である。

Investigation Reports（調査報告書）：重大な化学事故に関する正式かつ詳細な報告書であり、主な調査結果、根本原因、安全に関する勧告が記載されている。

Investigation Digests（調査ダイジェスト）：調査報告書の要約版で、平易な言葉で書かれている。

Case Studies（ケーススタディ）：調査報告書よりもテーマを絞った調査報告書。

Safety Bulletins（安全速報）：短い出版物で、多くは単一の安全性トピックに焦点を当てている。

Hazard Investigations（危険調査）：重大な化学的危険性に関するより広範な調査研究。

Safety Videos（安全ビデオ）：事故の各側面をアニメーションで表現したり、CSBの安全メッセージを強調したビデオ。

CSBの出版物は、www.csb.gov から自由に閲覧できるほか、下記まで問い合わせることで入手可能。

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

Office of Congressional, Public, and Board Affairs 1750 Pennsylvania Ave NW, Suite 910

Washington, DC 20006

(202) 261-7600

偶発的な流出またはその調査に関連するCSBの結論、調査結果、または勧告のいかなる部分も、証拠として認められず、またそのような報告書に記載された事項に起因する損害賠償を求める訴訟や法的措置において使用することはできない。42 U.S.C. § 7412(r)(6)(G) を参照のこと。

目次

略語、頭字語、および略称 6

1. 要約 8

1.1. 事故と活動の概要 8
1.1.1. ハリケーン・ハービーへの備え 9
1.1.2. 有機過酸化物の移動 10
1.1.3. 緊急対応活動 11

1.2. 主要な調査結果と教訓 12

1.3. 業界に対するガイダンス 15

1.4. 勧告事項の概要 15

2. アルケマ・クロスビー事業の背景情報 16

2.1. 有機過酸化物 16

2.2. 有機過酸化物の貯蔵施設 18

2.3. 冷蔵設備 18

2.4. 非常用発電機 19

2.5. 液体窒素システム 20

2.6. 冷蔵トレーラー 21

2.7. 製品用トート容器 22

3. 事故の概要 24

3.1. 2017年8月24日（木） 27

3.2. 2017年8月25日（金） 28

3.3. 2017年8月26日（土） 29

3.4. 2017年8月27日（日） 31

3.5. 2017年8月28日（月） 38

3.6. 2017年8月29日（火） 44

3.7. 2017年8月30日（水） 47

3.8. 2017年8月31日（木） 50

3.9. 2017年9月1日（金） 52

3.10. 2017年9月2日（土） 54

3.11. 2017年9月3日（日） 55

3.12. 2017年9月4日（月） 56

4. 洪水に関する情報 57

4.1. アルケマ・クロスビー施設における洪水保険料率地図（FIRM）の歴史 64

4.2. 洪水保険調査 66

4.3. 基準洪水標高 67

4.4. 2016年の保険報告書が洪水リスクを特定・評価 69

5. アルケマ・クロスビー施設の洪水設計 70
5.1. ハリケーン対策計画 70
5.2. 緊急対応計画 70
5.3. 貯蔵施設の安全ガイドライン 71
5.4. プロセスハザード分析 71
5.5. プロセス安全のワーストケースシナリオ 72
5.6. アルケマの声明 72

6. 洪水対策のガイダンス 74
6.1. 米国土木学会 74
6.2. 化学プロセス安全センター 74
6.2.1 化学物質の倉庫保管に関する安全ガイドライン 75
6.2.2. 反応性物質の安全な保管および取扱いに関するガイドライン 75
6.2.3. 現場での緊急事態に対する技術計画に関するガイドライン 76
6.3. 連邦緊急事態管理庁 77
6.4. 米国環境保護庁の施設設計基準 77
6.5. FM Global 77
6.6. 英国環境庁 78
6.7. 英国化学工業協会 80
6.8. 国連防災機関 81

7. 規制の分析 82
7.1. 洪水ハザード 82
7.1.1. 米国のアプローチ 82
7.1.2. 欧州連合（EU）のアプローチ 84
7.2. 反応性ハザード 85

8. 企業が自社施設の洪水リスクを評価する方法 87

9. その他の洪水事故 90
9.1. 福島第一原発事故報告書 90
9.2. サンジャシント・パイプライン洪水事故 92

10. 緊急対応活動 95

11. 避難区域 96
11.1. 二酸化硫黄 96
11.2. イソブチレン 97
11.3. アルケマ施設で発生した有機過酸化物の流出と燃焼による、未だ不明な潜在的健康影響 97
11.4. 人員配置 98
11.5 高速道路90号線の通行維持 99

12. 洪水災害の発生頻度とコスト 101

13. Natechリスクアセスメントとマネジメント 104

14. ハリケーン・ハービーによるその他の産業流出事故 106

15. 勧告 108

15.1. 反応性物質研究からの環境保護庁への再勧告 108

15.2. アルケマ・クロスビー施設 108

15.3. アルケマ社 108

15.4. 化学プロセス安全センター（CCPS） 108

15.4. ハリス郡 109

16. 参考文献 110

付録A: 原因分析 125

付録B: 有機過酸化物に関する追加情報 126

付録C: 冷却喪失リスクの評価 128

ハービー洪水 — シミュレーションによるリスク評価 131

異常気象に対するレジリエンス 133

略語、頭字語、および略称

ACC	アメリカ化学協議会（American Chemistry Council）
AEGL	急性暴露ガイドラインレベル（Acute Exposure Guideline Level）
AEP	年間超過確率（Annual Exceedance Probability）
ALARA	合理的に達成可能な限り低減（As Low As Reasonably Achievable）
ALARP	合理的に実行可能な限り低減（As Low As Reasonably Practicable）
API	米国石油協会（American Petroleum Institute）
AQI	大気質指標（Air Quality Index）
ASCE	米国土木学会（American Society of Civil Engineers）
ASPECT	空中スペクトル分光環境収集技術（Airborne Spectral Photometric Environment Collection Technology）
BFE	基準洪水標高（Base Flood Elevation）
BOC	水路底（Bottom of Channel）
CCPS	化学プロセス安全センター（Center for Chemical Process Safety）
CDL	商業運転免許（Commercial Driver License）
CFR	連邦規則（Code of Federal Regulations）
COMAH	重大災害ハザード規制（Control of Major Accident Hazards）
CSB	米国化学事故調査委員会（U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board）
CVFD	クロスビー・ボランティア消防団（Crosby Volunteer Fire Department）
DOT	米国運輸省（U.S. Department of Transportation）
EPA	米国環境保護庁（U.S. Environmental Protection Agency）
EPR	環境許認可規則（Environmental Permitting Regulations）
EU-JRC	欧州委員会合同研究センター（European Commission’s Joint Research Centre）
FEMA	連邦緊急事態管理庁（Federal Emergency Management Agency）
FIA	連邦保険管理局（Federal Insurance Administration）
FIRM	洪水保険料率地図（Flood Insurance Rate Map）
FIS	洪水保険調査（Flood Insurance Study）
HCFCD	ハリス郡洪水管理地区（Harris County Flood Control District）
HSE	労働安全衛生庁（Health and Safety Executive）
IAEA	国際原子力機関（International Atomic Energy Agency）
KOP	キング・オブ・プルシア（King of Prussia）
LOPA	安全防護層分析（Layer of Protection Analysis）
NFPA	米国防火協会（National Fire Protection Association）
NIMS	国家インシデント管理システム（National Incident Management System）
NOAA	米国海洋大気庁（National Oceanic and Atmospheric Administration）
NTSB	米国運輸安全委員会（National Transportation Safety Board）
OSHA	労働安全衛生局（Occupational Safety and Health Administration）
PHA	プロセスハザード分析（Process Hazard Analysis）
PSM	プロセス安全管理（Process Safety Management）

PVC	ポリ塩化ビニル（Polyvinyl Chloride）
RAGAGEP	広く認められ一般的に受け入れられているエンジニアリングに関するグッドプラクティス（Recognized and Generally Accepted Good Engineering Practice）
RMP	リスク管理計画（Risk Management Plan）
RP	推奨される業務慣行（Recommended Practice）
SDS	安全データシート（Safety Data Sheet）
SADT	自己加速分解温度（Self-Accelerating Decomposition Temperature）
SCBA	自給式呼吸具（Self-Contained Breathing Apparatus）
SDS	安全データシート（Safety Data Sheet）
TCEQ	テキサス州環境品質委員会（Texas Commission on Environmental Quality）
TEPCO	東京電力株式会社（Tokyo Electric Power Company）
TOB	堤防頂部（Top of Bank）
TVA	テネシー渓谷開発公社（Tennessee Valley Authority）
U.K.	英国（United Kingdom）
UN	国際連合（United Nations）
U.S.	アメリカ合衆国（United States of America）
USACE	米国陸軍工兵隊（U.S. Army Corps of Engineers）
USCG	米国沿岸警備隊（U.S. Coast Guard）
USGS	米国地質調査所（U.S. Geological Survey）

1. 要約

1.1. 事故と活動の概要

1. 2017年8月24日、カテゴリー4のハリケーン「ハービー」がテキサス州南東部に上陸した。その後数日間、この嵐はテキサス州南東部とルイジアナ州南西部に前例のない量の降雨をもたらし、大きな洪水を引き起こした。ハリケーン・ハービーは、米国史上、ハリケーン・カトリーナに次いで2番目に大きな被害をもたらした熱帯低気圧で、大雨をもたらした。ハリケーン・ハービーによって68人が死亡、30万棟以上の家屋が浸水し、約4万人が自宅からの避難を余儀なくされた。ハリケーン・ハービーは、地元、州、連邦政府による大規模な緊急対応活動を必要とした。

2. アルケマ・クロスビー施設は、100年氾濫原および500年氾濫原に位置している[a]。ハリケーン・ハービーによる大雨によって発生した広範囲に及ぶ洪水は、設備の設計高さを超え、工場の電源、予備電源、重要な有機過酸化物の冷却システムを喪失させた。その結果、アルケマは待機状態の冷蔵トレーラーを使って有機過酸化物製品を冷却した。この洪水により、最終的にアルケマの全従業員は施設からの避難を余儀なくされた。統合司令部は、アルケマ施設の周囲に1.5マイル（約2.6km）の避難区域を設定し、住民の安全のためにこの区域からの住民の移動を支援した。

3. 2017年8月31日、冷蔵トレーラー内に保管されていた有機過酸化物製品が分解し、過酸化物とトレーラーが燃えた。蒸気が工場に隣接する公道を横切り、分解生成物から発生したガスにさらされた21人が医療処置を受けた。この道路はハリケーンの復旧作業のための重要なルートであったため、緊急対応当局は当初、アルケマ施設周辺に設定された避難区域を通過する道路であるにもかかわらず、閉鎖しない判断を下した。その後の数日間にわたり、2度目の火災と統合司令部が行った管理燃焼により、低温保管が必要な有機過酸化物製品を積んだ8台のトレーラーがさらに焼失した。3回の火災によって35万ポンド（約160トン）を超える有機過酸化物が燃焼した。その結果、同施設から1.5マイル（約2.6km）圏内に住んでいたため避難していた200人以上の住民は、1週間家に戻ることができなかった。図1は、ハリケーン・ハービーがテキサス州南東部を通過し、同施設が浸水した際に、アルケマ・クロスビー施設で発生した一連の事故と活動を時系列で示したものである。

[a] 100年氾濫原は、基準洪水標高とも呼ばれ、どの年においても洪水の危険性が1パーセントの地域である。500年氾濫原は、どの年においても洪水の危険性が0.2%の地域である。

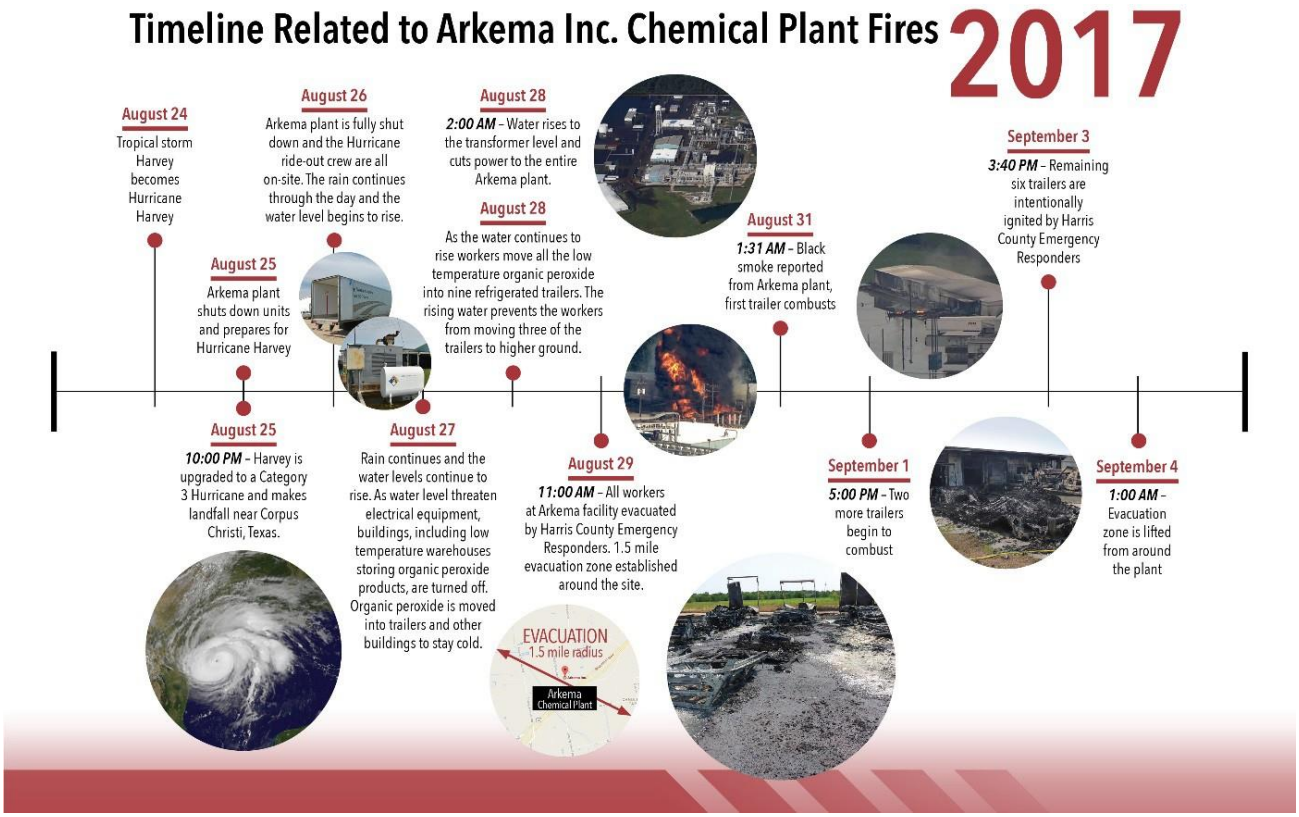


図1：時系列で示すアルケマ・クロスビー施設で発生した事象と活動の概要

1.1.1. ハリケーン・ハービーへの備え

4. ハリケーン・ハービーがメキシコ湾を10日以上かけて通過した後、2017年8月24日（木）、暴風雨がテキサス州の中部および北部沿岸に影響を与え、テキサス州上空で停滞する可能性が高いことが明らかになった [1]。気象学者たちは、この暴風雨が2017年8月25日（金）に上陸し、テキサス州の広い範囲に12～20インチ（約30～50cm）の大雨をもたらし、一部の地域では暴風雨の期間中に30インチ（約75cm）に達する可能性があると予測した [2]。アルケマ・クロスビー施設の職員は、施設周辺地域は暴風雨の直接の進路には入らないと予測されてはいたものの、ハリケーン・ハービーに備えて準備を開始した。

5. アルケマ・クロスビー施設は、ハリケーンの前後を含め、どのように従業員と財産を保護するかを詳述したハリケーン対策計画を文書化していた。2017年8月24日（木）、アルケマの担当者は、ハリケーンがクロスビー施設に影響を与えた場合に備えて、施設の準備が必要であると判断した。アルケマ・クロスビー施設の従業員の経験を総合すると、予測される雨量では周辺道路が冠水する可能性が高く、「現場対応チーム（ride-out crew）」の出動が必要になる可能性が高いと判断された。このチームは、他の従業員が施設に出入りすることが困難になるため、現場に留まることになっていた。しかし、クロスビーの従業員は誰も、雨の量や洪水の規模、あるいはその結果起こりうる壊滅的な損害の可能性を予想していなかった。何十年にもわたる施設運営経験を持つ従業員でさえ、施設での軽度の冠水は予想したものの、安全システムに影響を及ぼすほどの水害は想定していなかった。

6. ハリケーン対策計画に従い、2017年8月25日（金）、アルケマは生産を停止し、嵐に備えて多くの予防措置を講じた。これらの予防措置には、予想される強風で吹き飛ばされたり、損傷を与える可能性のある緩んだ資材を固定すること、洪水に浸らないように可搬式装置を高所

に移動させること、洪水でも稼働可能なボートとフォークリフトを確保すること、土嚢やその他の防水対策を準備すること、十分な予備燃料を確保することなどが含まれていた。加えて、アルケマ・クロスビー施設では、現場対応チームを動員し、その後アルケマは、湾岸地域にあるすべてのアルケマ施設に対するハリケーンの潜在的な影響を管理するため、全社的な「危機管理チーム（crisis team）」を発足させた。

1.1.2. 有機過酸化物の移動

7. アルケマ・クロスビー施設で製造・保管されている有機過酸化物はすべて、自己加速分解温度（SADT：Self-Accelerating Decomposition Temperature）と呼ばれる臨界温度以下に保たなければ分解・燃焼する可能性がある。クロスビー施設の有機過酸化物製品の中には、SADTが非常に低く、分解を防ぐために連続的な冷却が必要なものがあった。このため、－20°F（約－29°C）の低温に保たれている冷蔵有機過酸化物の低温貯蔵棟（「低温倉庫」）にある有機過酸化物製品は、倉庫の電力が失われ、必要な冷却能力を維持できなくなった場合、低温を保つために他の冷蔵エリアに移動する必要があった。

8. ハリケーン・ハービーがヒューストン上空で停滞し、この地域に前例のない量の降雨をもたらす中、現場対応チームはアルケマ・クロスビー施設内の状況を監視しながら、洪水の増水状況を監視した。暴風雨が進むにつれ、水位の上昇が続くようであれば、現場対応チームはショートを防ぐために電気機器の通電を事前に遮断する必要があることは明らかであった。しかし、現場対応チームは、これまでの経験から、この状況はまだ管理可能であり、ハリケーンが施設の安全性に及ぼす影響はごくわずかで済むだろうと信じていた。暴風雨の間、現場対応チームは、水位上昇がやがて止まり、数時間持ちこたえれば水位が下がり始めるであろうと考えていた。

9. 2017年8月27日（日）、国立ハリケーンセンターは、「ハービーはテキサス州南東部上空で蛇行を続けており、壊滅的で生命を脅かすほどの洪水を引き起こす雨を降らせている [3]」と発表した。日曜日の早い時間には施設で大きな洪水が発生し、現場対応チームは、水が電気設備に到達する前に、いくつかの低温倉庫の電源を予防的に遮断した。

10. 日曜日の午後までに、クロスビー施設の一部の水位は約4フィート（約1.2m）となった。水位の上昇に伴い、低温倉庫の冷却システムの継続運転が困難になる恐れが生じたため、作業員は有機過酸化物製品を敷地内にあった冷蔵トラックトレーラーに移し始めた。水位上昇のために低温倉庫の半数が手動で電源を遮断された後も、現場対応チームはさらに別の倉庫も失うとは考えていなかったため、まだ十分な保管スペースが確保できると信じていた。低温倉庫からの製品がトレーラーに満載されると、これらの冷蔵トレーラーは施設内の高台にある「レイダウンエリア」と呼ばれる場所に移動され、冷蔵トレーラーが稼働し、有機過酸化物製品の冷却が維持された。

11. 豪雨が続く中、アルケマ・クロスビー施設の水位は上昇し続けた。作業員たちはさらに多くの低温倉庫の電源を遮断し、有機過酸化物製品を別の場所へ移動させる必要があった。日曜日の夜までに、作業員たちは増水に直面し、7棟の低温倉庫のうち1棟を除くすべての電源を遮断し、有機過酸化物製品を冷蔵トレーラーに移動させた。月曜日の終わりまでに、6台の冷蔵トレーラーが施設の高台に移動された。

12. 2017年8月28日（月）の午前2時頃、洪水が施設の主変圧器に達し、敷地内のすべての建物が停電した。バックアップ発電機は自動的に作動したが、洪水の増大により、作業員は安全のために発電機を停止せざるを得なかった。その結果、最後に残っていた低温倉庫も電力を失った。

13. 月曜日を通じて、作業員が冷蔵トレーラーや有機過酸化物を積んだパレットを移動させるために使用していた設備が次々と故障し始めた。施設で使用していたフォークリフトやセミトレーラーの電気系統が冠水の影響を受けて故障したためである。この時点で、現場対応チームは冷蔵トレーラーを施設内のより高い場所へ移動させることができなくなり、有機過酸化物のパレットを持ち上げることも不可能となった。さらに、低温倉庫周辺の水位は胸の高さまで上昇し、現場対応チームの移動は困難になった。

14. 月曜日の終わりまでに、作業員たちは、電源を失った最後の低温倉庫から残りの有機過酸化物の小容器（合計約2,160個）を手作業で最後に残った冷蔵トレーラーへ移動させていた。この時点までに、作業員たちは合計約10,500個（35万ポンド（約160トン）以上）の製品を9台の冷蔵トレーラーに移動させていた。しかし、そのうちの3台（4,000個以上の容器を積載）は冠水の影響で高台に運ぶことができず、増水によってトレーラーの燃料タンク内に水が流れ込み、冷却機能の喪失が懸念される状況となった。

15. アルケマ本社の担当者は、冷蔵トレーラーが電力を失った場合、内部の有機過酸化物製品が数日以内にSADTに達して発火する可能性があると判断した。アルケマの担当者は、この状況の悪化について地元の緊急対応要員に警告した。アルケマはまた、2017年8月30日（水）正午から、冷蔵トレーラーの遠隔測定データと、冷蔵トレーラー6台の有機過酸化物の推定SADTの情報を統合司令部に提供し始めた。

16. 2017年8月29日（火）の朝、アルケマは緊急対応要員に対して現場対応チームを避難させるよう要請した。避難完了後、緊急対応要員は、冷蔵トレーラーが発火する可能性を想定したモデリング結果に基づき、施設周辺1.5マイル（約2.6km）の避難区域を設定した。アルケマは、有機過酸化物の分解による危険性について統合司令部に警告し、この物質にさらされる可能性のある緊急対応要員は、個人用保護具と自給式呼吸具を着用すべきであると警告した。

1.1.3. 緊急対応活動

17. アルケマ・クロスビー施設で化学反応を伴う事故が発生することが明らかになり、緊急対応要員がその事態に対処している間も、ハリケーン・ハービーに対する大規模な緊急対応が進行していた。ハリケーンとそれに伴う洪水がヒューストン地域から東へ進み、ボーモント地域に拡大するにつれ、緊急対応要員も移動を余儀なくされた。ハリケーンによる降雨で州間高速道路10号線の一部が冠水したため、ハリケーンの救援・救助物資の輸送に最適なルートは、アルケマ・クロスビー事故の避難区域の中央を通る東行きの高速道路90号線となった。

18. こうした制約と、必要な場所へ人員や機材を輸送する重要性を考慮し、ハリス郡当局は、避難区域は維持しつつ、東行きの高速道路90号線については通行可能な状態を保った。また、冷蔵トレーラーの内容物が燃焼を開始した場合に備え、緊急対応要員は道路を封鎖する準備を整えていた。

19. 2017年8月30日（水）深夜直前、避難区域周辺を監視するために配置されていた警察官のうち2人が、同地域の洪水に関連する通報に対応するため高速道路90号線を西に走行中、アルケマ・クロスビー施設から発生した白煙の雲の中を車で通過したと報告した。彼らが白煙の報告をした後、統合司令部は高速道路90号線を閉鎖した。

20. 白煙の報告を受け、クロスビー・ボランティア消防団の隊員2名がアルケマ施設へ派遣され、現場の状況を評価することとなった。現場到着後、これらの消防団員は白煙や有機過酸化物の分解の兆候を確認できなかった。また統合司令部は、アルケマ社から提供された遠隔測定データを確認した。そのデータには、いくつかの冷蔵トレーラー内の温度測定値が含まれており、3台の冷蔵トレーラー内の空気温度が推定SADTを超えていることが判明した。しかし、

9台の冷蔵トレーラーのうち3台はこのデータを提供できなかった。さらに、データが提供されたトレーラーでも、測定されていたのはトレーラー内部の空気温度のみであり、有機過酸化物製品そのものの温度は測定されていなかったので、その測定結果だけでは、有機過酸化物が分解しているかどうかを判断することはできなかった。東行き高速道路90号線を可能な限り長く開通させておく必要性と、分解が発生していないことを目視で確認したことから、緊急対応要員は高速道路の通行を再開した。

21. 白煙の中を走行した警察官は、自分の車のドライブレコーダーに白煙が記録されているのを確認し、施設で何らかの放出が発生していると他の警察官に報告した。その後、他の3人の警察官が、現場の警察官とドライブレコーダーの映像を確認するため、高速道路90号線を東へ向かった。これらの警察官もアルケマ施設の近くを通過する際、施設から発生した白煙の中を走行したと報告した。

22. その後間もなく、5人の警察官全員が、アルケマ・クロスビー施設から発生した白煙の中を走行したことで、化学物質に暴露した可能性があると認識した。彼らは、自身のさまざまな症状を考慮し、迅速な治療を受けるため、高速道路90号線を西へ走行し指揮所へ向かった。

23. 5人の警察官が4台の警察車両に分乗し、高速道路90号線を指揮所に向かって西に走行した。警察官たちは避難区域の南西端に到着したとき、電話で医療支援を要請した。移動中、警察官たちはアルケマ・クロスビー施設からの黒煙にさらされたと報告した。避難区域の南西端に到着するまでに、警察官たちは吐き気、頭痛、喉の痛み、目のかゆみなどの症状を訴えた。他の緊急対応要員が、煙にさらされたと訴える警察官を診察し、露出した皮膚を水で洗浄した。

24. 指揮所に到着した警察官たちは、緊急対応要員に自らの経験を報告した。これを受けてハリス郡の緊急対応当局は高速道路90号線の両方向の通行を遮断した。高速道路90号線は、この数日後に警報が解除されるまでは閉鎖となった。夜になると、9台の冷蔵トレーラーのうち1台で有機過酸化物の分解が進行し、火災が発生した。

25. 翌日の2017年9月1日（金）午後5時頃、新たに2台の冷蔵トレーラーが発火・炎上した。この時点で、洪水の影響でレイダウンエリアの高台に移動できなかった冷蔵トレーラー3台はすべて焼失し、高台にあった残りの冷蔵トレーラー6台は燃焼せずにいた。これらのトレーラーの冷却装置はまだ稼働していた可能性が高いが、トレーラー内部の内容物を確認する手段がなく、遠隔測定データに頼るしかなかったため、統合司令部は有機過酸化物の内容物を安全に除去することができなかった。

26. 避難していた住民は、6台の冷蔵トレーラーがまだ燃焼していなかったため、引き続き1.5マイル（約2.6km）の避難区域内に再び入ることができなかった。この頃、多くの避難者が、自宅の様子を確認できないことや所持品を持ち出せないことに不安を抱き始めた。残りのトレーラーが燃え尽きるまでに数日から数週間かかることが明らかになったため、緊急対応要員はこれらのトレーラーの管理燃焼を実施する計画を策定した。

27. 2017年9月3日（日）、緊急対応要員がアルケマ・クロスビー施設に入り、避難と事故を終息させるために、残りの6つの冷蔵トレーラーに対して管理燃焼を実施した。それが燃え尽きた後、緊急対応要員は避難区域を解除し、住民の帰宅が許可された。最終的に、2017年9月4日、統合司令部は警報解除を宣言し、高速道路90号線を通行可能にした。

1.2. 主要な調査結果と教訓

28. 有機過酸化物は反応性の高い化学物質であり、本質的に不安定である。この不安定性のため、これらの反応性化学物質は、有機過酸化物が分解し熱や副生成物が発生することを防ぐため

に、特別な保管と取扱いの注意が必要である。有機過酸化物は、製品の温度に応じた速度で継続的に分解する。有機過酸化物の安全性に関する重要な特性の一つが、自己加速分解温度（SADT）である。アルケマが製造するすべての有機過酸化物は、分解速度を安全なレベルに制限するため、それぞれのSADTより低い温度で保管しなければならない。アルケマ・クロスビー施設では、冷蔵トレーラーが冷却機能を失い、低温貯蔵を必要とする内部の有機過酸化物製品が分解・燃焼したため、最初の3台の冷蔵トレーラーが2度の火災で燃焼した。企業は、有機過酸化物製品をSADT以下の温度に維持するために、十分な安全対策を講じる必要がある。

29. アルケマは、有機過酸化物製品を低温に保ち、SADTに達しないようにするため、複数の安全システムを導入していた。アルケマのプロセスハザード分析（PHA：process hazard analysis）においてPHAチームメンバーは、低温倉庫における冗長化された冷却システム、低温倉庫が停電した際の緊急用発電機、代替冷却手段としての液体窒素、有機過酸化物を一時的に保管するための冷蔵トレーラーなどの安全防護層を特定していた。しかし、ハリケーン・ハービーでは、これらすべての安全防護層が、共通の故障要因である洪水によって機能不全に陥った。電源喪失に対するアルケマの安全対策のいずれも、ハービー規模の洪水に対する独立防護層分析の同社または業界の基準を満たしていなかった。この洪水によって施設は電力を喪失し、バックアップの非常用発電機、液体窒素システム、有機過酸化物製品を一時的に保管・冷却するための冷蔵トレーラーも機能しなくなった。企業は、安全防護層に共通の故障要因がないようにする必要がある。

30. 連邦緊急事態管理庁（FEMA：Federal Emergency Management Agency）の洪水保険料率地図と洪水保険調査は、洪水に関する重要なリスク情報を提供する。アルケマ・クロスビー施設は、同地域の洪水地図や洪水調査が作成される前に建設された。CSBの調査によると、アルケマ・クロスビー施設を含む地域の最初の洪水地図は1985年に発行されており、その時点では施設の洪水リスクは最小とされていた。FEMAは2007年に、関連する洪水保険料率地図を大幅に更新した。その結果、アルケマ・クロスビー施設全体が氾濫原内にあることが明らかになった。施設の一部は100年氾濫原にあり、敷地の残りの部分は500年氾濫原に含まれていた。アルケマの保険会社であるFM Globalが2016年9月に作成した報告書では、氾濫原の指定を含むクロスビー施設の洪水リスクが指摘されていたが、過去に在籍していた施設管理者を除き、アルケマ・クロスビー施設の従業員は、この情報を認識していなかった可能性がある。米国のプロセス安全規制では、企業に対し関連するプロセス安全情報の収集を義務付けているが、洪水保険料率地図や関連調査を必須のプロセス安全情報として明示的に指定してはいない。CSBが調査したところ、他の企業においても、必要な安全分析において洪水関連情報が収集・評価されていない場合、洪水リスクが自社の施設にプロセス安全上のハザードをもたらす可能性について認識していないことが明らかとなった。

31. クロスビー施設の低温倉庫のPHAを実施したアルケマチームは、洪水リスクを文書化していなかった。仮にPHAにおいて洪水リスクが評価されていたとしても、洪水に関する業界ガイダンスは限られており、ハリケーン・ハービーの洪水によるハザードに対し、具体的かつ十分に安全側な対策を講じるには不十分であったと考えられる。しかしながら、洪水リスク評価がなかったにもかかわらず、クロスビー施設には100年に一度の洪水に対しては、低温倉庫の冷却を維持するための十分な安全対策が整っていたように見受けられる。

32. 企業が洪水ハザードに対処するための業界向け安全ガイダンスは、化学プロセス安全センター（CCPS：Center for Chemical Process Safety）やFEMAなど、複数の機関から提供されていた。しかし、これらの指針は一般的すぎるか、あるいは十分に安全側な対策を求める内容ではなかったため、アルケマが今回の事故を防ぐための有効な手立てとはならなかった。例えば、このガイダンスでは、ハリケーン・ハービー規模の洪水によって、アルケマ・クロスビー施

設の安全システムが機能不全に陥るのを防げるだけの高さに、重要な設備を設置することを義務付けていない。このような課題を踏まえるなら、危険物を取り扱う化学施設向けに、洪水、ハリケーン、吹雪、竜巻、干ばつなどの極端な気象現象に備えるための、より強固な業界ガイダンスが必要である。

33. アルケマ・クロスビー施設は過去40年間にわたり洪水の被害を受けてきたが、長年勤務している従業員の記憶では、ハリケーン・ハービー以前に洪水が2フィート（約60cm）を超えたことはなかった。その結果、アルケマは安全システムの浸水を発生確率の高いリスクとは考えていなかった。しかし、100年洪水や500年洪水のリスクを評価する際、個々の従業員の経験のみに頼るのでは、リスクレベルを適切に判断するには不十分である。例えば、アルケマ・クロスビー施設の長年の従業員は、2001年の熱帯暴風雨アリソンが、同施設における過去の洪水の最高水位基準だったと記憶していた。しかし、洪水記録によると、クロスビー施設においては、1994年のハリケーン・ローザによる降雨や、2015年の無名の嵐による降雨の方がアリソンよりもより深刻な洪水をもたらしていた。ハリケーン・ハービーでは、アルケマ・クロスビー施設の一部で5フィート（約1.5メートル）を超える浸水が発生した。企業は、過去の外部事象に基づいた施設リスクをより適切に記録するためのシステムを構築し、重要な事故の概要情報を保持しておく必要がある。洪水のような外部事象は発生確率が低いものの、重大な健康被害や安全リスクをもたらす可能性がある。

34. ハリケーン・ハービーによる洪水は、500年氾濫原の標高を超えて広がった。この洪水レベルは同地域において前例のないものであったが、異常洪水は定期的に発生していた。1994年以降、アルケマ・クロスビー施設に最も近い水位計は、3回の100年洪水を記録しており、そのうちの1回は500年洪水基準に近い水位に達していた。近年、異常な降雨による洪水の発生頻度は増加しており、2015年のEPAの報告書によると、この傾向は今後も続くと予測されており、米国の多くの地域で洪水リスクが高まっている。このEPAの報告書では、テキサス州は将来の洪水被害の潜在リスクが全米で最も高い地域のうちの一つであることを示している。

35. 避難区域を二分する形の高速道路90号線は、緊急対応当局によって避難区域が設定された後も東行き車線が通行可能なままだった。統合司令部にとってこの判断は困難なものであったが、東方向に移動するハリケーン・ハービーの進路に関連して、人員および資源の移動を確保するために高速道路90号線を開放することで、緊急対応要員が最初の火災発生後も施設の近くを通って通行できるようにしていた。しかし、クロスビー施設の状況が不安定になり、有機過酸化物の分解が進行する可能性があると報告された時点で、緊急対応当局は高速道路90号線を閉鎖し、代替ルートを確保すべきであった。この判断により、少なくとも21人が、燃焼中の冷蔵トレーラーや有機過酸化物からの分解生成物と煙に曝露した。ハリケーン・ハービーの緊急対応要員には、高速道路90号線以外で、重要な輸送ルートを確保するための選択肢が限られていた。有機過酸化物を積載したトレーラーの遠隔測定データには燃焼の兆候は示されていなかったが、警察官たちは白煙の中を走行し、蒸気の臭いを感じ、曝露症状を経験したことから、化学物質の放出を報告した。緊急時には、データが不完全であったり、相反する情報が得られたりすることが多いため、緊急対応要員は、できる限り安全側な判断を行い、自身と一般市民の安全を確保すべきである。

36. 英国では、環境庁が、規制対象施設が洪水対策計画を実施するのに役立つガイダンスを公開している。この洪水対策ガイダンスでは、企業がすべての施設における洪水リスクを把握し、洪水モデリング結果を取得し、洪水対策計画を策定し、洪水レジリエンスを向上させることを推奨している。また、このガイダンスでは、企業が洪水発生前に洪水対策計画を策定・実施できるようにすることや、各計画には作業員の保護、危険なプロセスの安全対策、危険物の安全確保の手順を含めることを推奨している。アルケマ・クロスビー施設の事故に関連す

る事項として、環境庁の洪水対策ガイダンスでは、洪水の影響を受けやすい化学製品の安全対策の実施や、電力供給や液体窒素などの主要なユーティリティの保護を、先を見越して実施することについて、具体的に記載している。

1.3. 業界に対するガイダンス

37. 本件の事故を受け、アルケマはクロスビー施設の、施設内の関連地点の標高を把握するための敷地高調査および、ハリケーンなどの異常気象時に起こりうる洪水状況を評価するための水文学的調査を委託した。アルケマはこれらのデータを活用し、さまざまな深刻度の洪水に対するリスクを評価することで、今後起こり得る冷却システムの喪失による有機過酸化物製品の分解に備えた対策を講じることができる。

38. アルケマが事故後に講じた積極的な対応を踏まえ、CSBは、洪水などの異常気象の影響を受けやすい地域において、化学物質の製造、取扱い、または保管を行う施設を持つ企業に向けたガイダンスを以下の通り示す。

- 該当する施設は、異常気象への脆弱性を評価するための分析を実施するべきである。企業は、プロセス安全情報プログラムの一環として、洪水マップなどの重要な安全情報を収集すべきである。この重要な安全情報を評価し、施設のどの部分が100年氾濫原または500年氾濫原に含まれるのかを判断すべきである。さらに企業は、地震ハザードマップを評価して地震リスクを把握し、強風などの他の異常気象リスクも考慮する必要がある。
- 企業は、リスク評価および関連する安全対策の適切性を、施設のプロセス安全マネジメントプログラムを活用（例えばプロセスハザード分析や施設配置など）して検証すべきである。施設は、異常気象シナリオによる潜在的影響を評価し、緩和策を講じる際には、十分に安全側のリスクマネジメントアプローチを適用するよう努めるべきである。
- 施設は、重要な安全対策および設備が一般的な故障モードに対して脆弱にならないようにすべきである。洪水を想定する場合、施設が冠水する水位に達した際にも機能する、独立した安全防護層を確保する必要がある。

1.4. 勧告事項の概要

39. 本報告書は、本事故の状況とその原因の詳細を明らかにし、重要な安全上の教訓を提示するとともに、同様の事故を防止することを目的として、産業界向けに安全ガイダンスを提示するものである。CSBは本調査の結果を受けて、アルケマ・クロスビー施設の管理者、アルケマ社、米国化学工学会／化学プロセス安全センター（CCPS）、およびテキサス州ハリス郡当局に対し、安全勧告を行う。CSBは、本書に記載された主要な安全上の教訓とガイダンスを、各企業が自社施設への適用を検討し、既存のプロセス安全マネジメントの業務慣行と設備設計を評価したうえで改善を検討することを強く求める。

2. アルケマ・クロスビー事業の背景情報

40. アルケマ・グループは、年間売上90億ドルを誇るグローバルな化学メーカーであり、約50カ国で事業を展開し、全世界で約20,000人の従業員を擁している [4][a]。同社は、2004年にトタル社の化学品部門が再編された際に設立された [5]。

41. 北米では、アルケマ・グループは、ペンシルベニア州キング・オブ・プルシア（KOP）に本社を置く子会社 Arkema Inc.（アルケマ）の下で事業を展開している [6]。この地域子会社は約6,000人を雇用し、米国、カナダ、メキシコ、ブラジルに48の事業所を運営している [6]。

42. アルケマは多様な化学製品を製造しており、その中には「Luperox®」と呼ばれる各種有機過酸化物製品が含まれる[b]。これらの有機過酸化物の多くは輸送規制により航空輸送が禁止されている。その結果、アルケマ・グループ全体では、これらの有機過酸化物製品を9カ国で現地生産している [7][c]。子会社のArkema Inc.は、米国、メキシコ、ブラジルの3カ国で有機過酸化物製品を生産している。

43. 米国内では、アルケマは以下の3カ所で有機過酸化物製品を製造している。

- テキサス州クロスビー（アルケマ・クロスビー）[8]
- バージニア州フランクリン [9]
- ニューヨーク州ジェネシオ [10]

2.1. 有機過酸化物

44. テキサス州クロスビーにあるアルケマの施設では、約50人の従業員が約30種類の有機過酸化物製品を製造し、ポリマー製造業者に販売している [11, p. 2]。販売された有機過酸化物製品は、人工大理石のカウンタートップ、ポリスチレンのカップやプレート、ポリ塩化ビニル（PVC）のプレートやカップ、自動車部品（ホース、ガスケット、ヘッドライトアセンブリ等）など、さまざまな消費者向け製品の製造に使用されている [12]。アルケマの前身は1960年にクロスビー工場の敷地を購入し、1960年代に化学製造プロセスを確立した[d] [e]。

45. 有機過酸化物は不安定な化学薬品であるため、重合開始剤や硬化剤として商業的に重要な役割を果たしている [13, p. 219]。この不安定性のため、有機過酸化物の保管と取扱いには特別な注意が必要である［13, p. 219］。有機過酸化物の不安定性は、ペルオキシ基として知られる酸素-酸素（-O-O-）結合に由来する［14, p. 3］[f]。このペルオキシ基は熱によって分解し、熱や副生成物を発生させるとともに、商業的に有用な化学反応を引き起こす［14, p. 3］[g]。

---

[a] 売上高はアルケマが報告した75億ユーロを、2017年9月の為替レート（1ユーロ＝1.2ドル）で換算 [4]。

[b] 「有機過酸化物は、汎用ポリマー（低密度ポリエチレン、PVC、ポリスチレンの反応開始剤）、アクリルポリマー、不飽和ポリエステル、ゴム架橋などさまざまな分野で使用される開始剤である。[アルケマ・グループの社内推定によれば]、この分野では世界第2位である。主な競合企業は AkzoNobel およびUnited Initiators である [214, p. 24]」

[c] アルケマは、有機過酸化物製品Luperoxの製造を、米国、メキシコ、ブラジル、ドイツ、イタリア、インド、中国、韓国、日本（合弁会社）で行っている [7]。

[d] アルケマは、長年にわたって化学製品の生産設備と倉庫施設を拡張してきた。

[e] アルケマの記録によると、クロスビーの敷地はもともとWallace & Tiernan社が所有していた。1969年にWallace & Tiernan社はPennsalt社と合併し、Pennwalt社となった。その後、1990年にElf Aquitaine社に買収されるまで、クロスビー施設はPennwalt社のものであった。2004年のアルケマ設立に伴い、同施設はArkema Inc.の一部となった。

[f] 官能基とは、分子に特定の化学的性質を与える原子の集合体である。『The Functional Group Explained』（官能基の説明）[215]。

[g] AkzoNobel社は、『Crosslinking Polymers with Organic Peroxides』（有機過酸化物による架橋処理）[175]、『Free Radical Polymerization』（フリーラジカル重合）[174]、『Unsaturated Polyester Resin Curing』（不飽和ポリエステル樹脂の硬化）[173] など、有機過酸化物の産業用途を紹介する複数の動画を公開している。

46. 有機過酸化物は、温度に応じた速度で継続的に分解する ［13, p. 219］。各有機過酸化物にはそれぞれ異なる分解速度があり、品質や安全上の理由から低温保管が必要なものもある [14, p. 3]、[11, p. 2]、[15, p. 71][a]。

47. 有機過酸化物が分解すると熱が発生し、発生した熱が周囲への放熱速度を上回ると、有機過酸化物の温度が上昇し、残存する過酸化物の分解が促進される可能性がある [13, p. 219]。温度が上昇すると、この反応は自己加速分解温度に達して暴走反応を引き起こす可能性がある [13, p. 219]、[16, p. 4][b]。

48. 有機過酸化物の安全性を評価する上で重要な指標の一つが、自己加速分解温度（SADT：Self-Accelerating Decomposition Temperature）である。SADTは、輸送時の包装状態において自己加速分解を起こす最低温度を指す [17, p. 7][c] [d]。有機過酸化物はSADT以下の温度でも分解するが、その分解速度は十分に遅いため、自己加速分解には至らない [17, p. 8]。図2は、アルケマの安全ビデオから抜粋したもので、自己反応性分解による激しい反応を示している [18][e]。

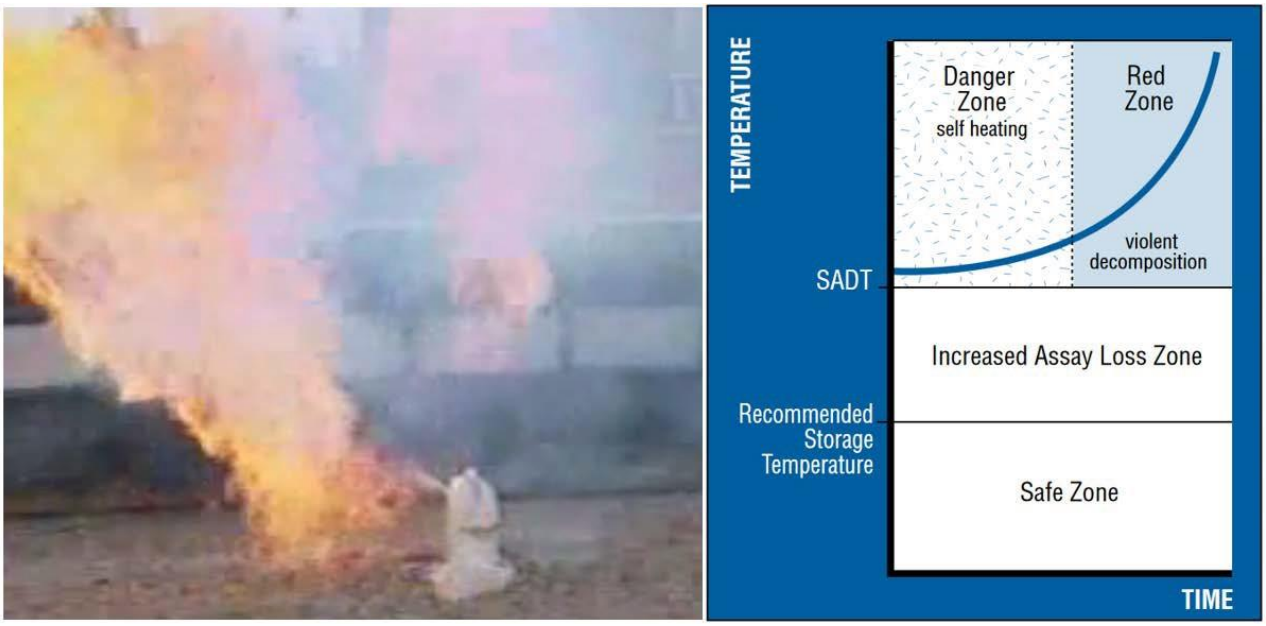


図2：有機過酸化物の分解。左の画像は、自己加速分解を起こしている有機過酸化物の容器の様子を映したビデオの一場面 [18]。右の図は、有機過酸化物製品が「推奨保管温度」以下では安全であり、温度がSADTを超えると制御不能な分解反応が起こることを示すアルケマ作成の説明イラストである [11, p. 3]。

49. 事故当時、アルケマ・クロスビーの施設では、低温倉庫に冷蔵が必要な有機過酸化物製品が約367,000ポンド（約170トン）保管されていた。これらの製品は、SADTが23°F（−5℃）から113°F（45℃）の範囲にあるため、冷蔵を必要とする11種類の有機過酸化物が含まれていた

[a] 有機過酸化物の分解では蒸気（ガス）が発生する。この蒸気の一部は可燃性であるが、過酸化水素の分解とは異なり、有機過酸化物は一般的に酸素を放出しない [14, p. 17]。

[b] 熱暴走は以下のように説明される。「発熱反応が熱暴走を引き起こす可能性がある。熱暴走は、反応によって発生する熱量が除去される熱量を超えたときに始まる。蓄積した余剰熱が反応物の温度を上昇させ、その結果として反応速度が上昇する。これにより、熱の発生速度が加速され、熱暴走が起こる [176, p. 1]。」

[c] SADTは、包装された状態で試験された有機過酸化物が1週間以内に自己加速分解を示す最低温度である。したがって、SADTは有機過酸化物の組成だけでなく、その包装形態にも依存する [14, p. 16]。

[d] 「SADTは、標準的な包装に入った製品が自己加速分解を起こす最低温度である。この反応は激しく進行することがあり、通常は包装を破裂させ、過酸化物、液体および気体の分解生成物が広範囲に飛散する。発生した熱は可燃性蒸気を自己発火させる可能性がある。一般に、SADTに達してから分解が激しくなるまでには一定の時間がかかるが、その時間の長さは、SADTをどの程度超過しているかによって異なり、超過温度が高いほど急速に分解が進行する [153, p. 1]。」

[e] オリジナルビデオはアルケマの公式ウェブサイト [236] で公開されている。

[a]。これらの有機過酸化物製品は危険であるが、米国運輸省（DOT：Department of Transportation）の規制では最も危険なクラスの有機過酸化物には指定されていない[b]。これらの有機過酸化物は爆発する可能性があるものの、最終製品としての包装状態では、長期的に冷却が停止するような潜在的な加熱シナリオなどにより、火災の方がより可能性のあるハザードである [19][c]。有機過酸化物に関するその他の情報は、付録Bに記載されている。

2.2. 有機過酸化物の貯蔵施設

50. アルケマ・クロスビー施設には、9棟の有機過酸化物貯蔵棟がある。このうち7棟は低温倉庫と呼ばれる冷蔵保管施設であり、これらの低温倉庫は、貯蔵される有機過酸化物の要件に応じて、－20°F（約－29℃）から0°F（約－18℃）の範囲で温度管理されている（図3）。1棟は常温で運用される有機過酸化物保管施設である。最終有機過酸化物の保管施設はアルケマ・クロスビー施設内で最大の保管施設であり、その内部は複数の区画に分かれており、40°F（約4°C）から常温の範囲で温度管理されている。

図3：クロスビーの低温倉庫。アルケマ・クロスビー施設にある7つの低温倉庫のうち3つがこの写真に写っている。（出典：CSBの写真）

2.3. 冷蔵設備

51. 7棟の低温倉庫は、それぞれ電力駆動の冷却装置を使用して冷蔵している（図4）。各低温倉庫には少なくとも2つの冷却装置が設置されており、そのうちの一つはバックアップ用である。アルケマで扱っている有機過酸化物の一部は自己加速分解温度以下に維持するために冷却が必要なため、同社の手順では、冷蔵設備に問題が発生した場合に迅速に対応することの重要性が強調されている。

[a] アルケマの各有機過酸化物製品の必要保管温度は、SADTよりもかなり低く設定されている。

[b] 49 C.F.R. §173.128 (b)（2004）。

[c] 有機過酸化物の安全データシートでは、C～Fのタイプの有機過酸化物に対して炎のピクトグラムと「加熱により火災の危険性あり」というハザード警告が表示されている。タイプAおよびBの有機過酸化物には爆発の危険性がある [19]。

図4：アルケマ・クロスビー施設の低温倉庫の保冷に使用されている標準的な冷蔵設備。左の写真は、低温倉庫の内部から熱を除去するために使用される冷却用蒸発器である。右の写真は、冷媒から熱を除去するための冷凍凝縮装置と、冷却装置および照明などの建物用電気機器に電力を供給する電源装置である[a]。（出典：CSBの写真）

52. アルケマの手順書には、低温倉庫の温度上昇が発生する可能性のあるさまざまなシナリオに沿った対応措置が詳述されている。対応策として、以下の措置が挙げられる。

- 冷蔵設備の問題に対するメンテナンスの迅速化
- 有機過酸化物製品の別の低温倉庫への移動
- 予備電力を供給するための非常用発電機の始動
- 代替冷蔵源としての液体窒素の使用
- 有機過酸化物製品の冷蔵トラックトレーラーへの移動

2.4. 非常用発電機

53. アルケマ・クロスビー施設では、7基のディーゼル式非常用発電機が設置されており、施設内の建物や設備にバックアップ電力を供給している（図5）。このうち2基は、アルケマの低温倉庫にバックアップ電力を供給している。

[a] 冷却に関する基本的な説明については、『HOW IT WORKS: Refrigerators』（冷蔵庫の仕組み）を参照のこと [208]。

図5：アルケマ・クロスビー施設にある7台の非常用発電機のうちの1台。発電機21-GN-1は、アルケマの7棟の低温倉庫に非常用電力を供給する2基の発電機のうちの1基である。発電機の底部（コンクリート基礎の上部）は地面から約2フィート（約60cm）の高さにある。（出典：CSBの写真）

2.5. 液体窒素システム

54. アルケマ・クロスビー施設では、液体窒素システムを使用して、低温倉庫のためのバックアップ用緊急冷却源を供給している（図6）。電源やバックアップ電源の喪失など、冷却システムに重大な問題が発生した場合、作業員は短いホースを接続し、バルブを開くことで、有機過酸化物低温倉庫のいずれかに液体窒素を注入し、冷却源を供給することができる。これは、電力に依存しない冷却手段である。各低温倉庫には、液体窒素専用の配管が設置されている。通常、この配管にはキャップが取り付けられ、誤使用を防ぐためにシステムはロックされている。注入された液体窒素は、極低温であることに加え、酸素濃度を低下させるため、作業員に窒息ハザードを生じさせる。

図6：アルケマ・クロスビー施設の液体窒素タンク。このタンクには最大40,000ポンド（約18トン）の液体窒素が貯蔵されており、有機過酸化物の低温倉庫に注入することでバックアップ用の冷却源とすることができる。（出典：CSBの写真）

2.6. 冷蔵トレーラー

55. 低温倉庫内の温度が上昇する事態に対する最終的なバックアップ手段として、有機過酸化物製品を可搬型の冷蔵トラックトレーラーへ移すことができる（図7）。アルケマは、これらの冷蔵トレーラーを主に有機過酸化物製品の顧客への輸送に使用しているが、アルケマの手順書では、緊急時や低温倉庫の冷却システムの修理中に限り、これらのトレーラーを一時的な保管場所として使用することを認めている。これらの冷蔵トレーラーの燃料タンクは、冷却ユニットに電力を供給するコンテナの下に設置されている。満タンであれば、一般的に適切な低温状態を1週間以上維持することが可能である。

図7：冷蔵トラックトレーラー。アルケマは、有機過酸化物製品の顧客への輸送や、低温倉庫の一つまたは複数で低温状態を維持できない場合の一時的な保管場所の提供を目的として、このような冷蔵トラックトレーラーを約12台使用していた。（出典：CSBの写真）

2.7. 製品用トート容器

56. 低温貯蔵を必要とする有機過酸化物製品は、一般的に1ガロン（約3.8リットル）または5ガロン（約19リットル）のプラスチック容器、またはトート容器に梱包されている。顧客は少量の有機過酸化物を使用することが多いため、トート容器は顧客にとって利便性が高い包装形態である。このような有機過酸化物トート容器はパレットに積み重ねられ、シュリンク包装されるため、作業員が施設内で製品を容易に移動させることができ、輸送時の安定性も確保される（図8）。

図8：積み重ねられた有機過酸化物のトート容器。この写真は、シュリンク包装された5ガロン容器がパレット上に積み重ねられた例である。（出典：アルケマの写真）

3. 事故の概要

57. 国立ハリケーンセンターは、ハリケーン・ハービー[a] とそれがもたらした大雨についてまとめた報告書を作成した。ハリケーン・ハービーは、テキサス州中部の海岸沿いに上陸する前の時点でカテゴリー4の暴風雨だった [20, p. 1]。この嵐は停滞し、その結果、「テキサス州南東部に60インチ（約152cm）を超える歴史的な降雨量をもたらした [20, p. 1]」。ハリケーンの進路を以下の図9に示す。図9に示すとおり、ハリケーンは2度上陸し、テキサス州南東部付近に長時間留まったことで、この地域に大量の降雨をもたらした。

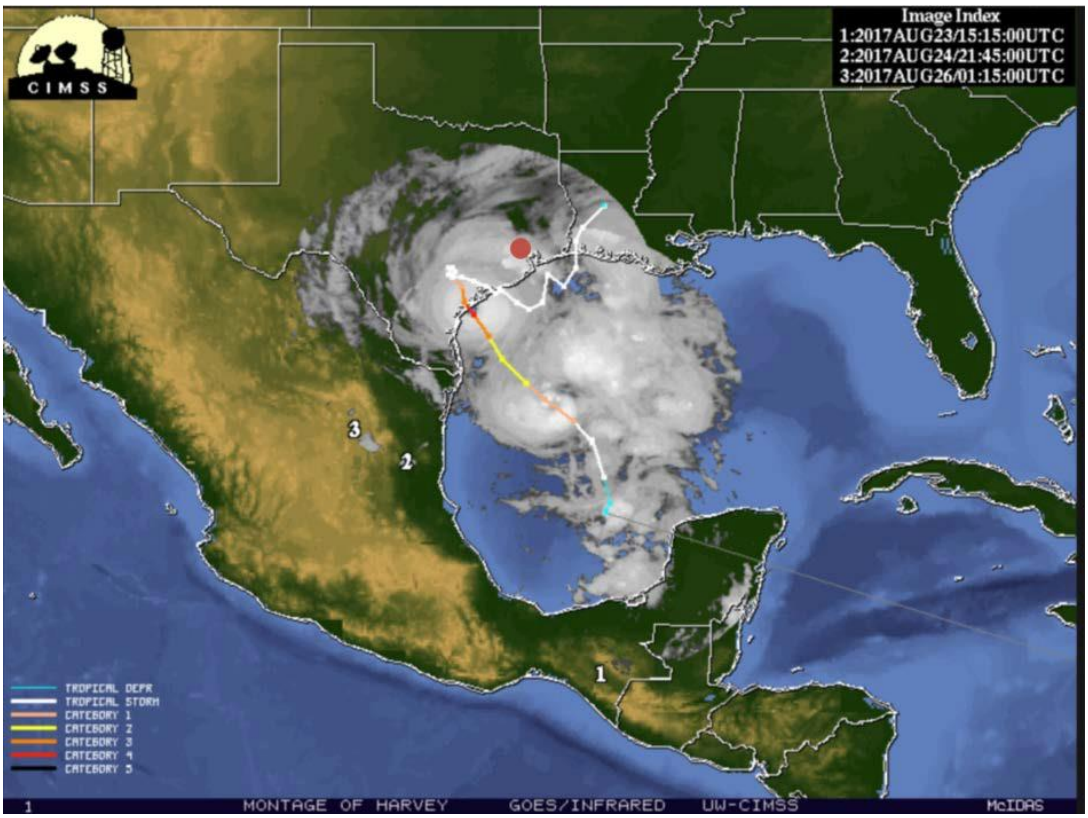


図9：ハリケーン・ハービーの進路。赤い丸は、アルケマ・クロスビー施設のおおよその位置を示している。（出典：Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies [21]、CSBによる編集画像）

58. ハリケーン・ハービーに関する国立ハリケーンセンターの『Tropical Cyclone Report』（熱帯低気圧レポート）は、被害状況を次のように記している。

> この豪雨により壊滅的な洪水が発生し、ハービーは米国史上2番目に大きな被害額を出したハリケーンとなった（1250億ドル）[b]。これは、インフレ調整後の評価で、ハリケーン・カトリーナ（2005年）に次ぐ規模である。テキサス州では少なくとも68人が暴風雨の直接的な影響で死亡しており、これは1919年以来、同州で最も多くの死者を出した熱帯低気圧となった [20, p. 1]。

59. 降雨に関して報告書は、「ハービーは、1880年代頃に信頼できる降水記録が始まって以来、その降雨範囲とピーク降水量の両面において、米国の歴史上最も重大な熱帯低気圧による降

[a] 2018年4月、世界気象機関は嵐の名称リストから「ハービー」を除外した。これは、ハービーが非常に壊滅的な被害をもたらしたため、今後同じ名前を使用することが不適切と判断されたためである。1953年以降、合計86の暴風雨名が廃止されている [234]。

[b] 国立ハリケーンセンターの報告書は、米国海洋大気庁（NOAA）が作成した被害推定値を使用している [20, p. 9]。『Billion - Dollar Weather and Climate Disasters: Table of Events』[224] を参照のこと。

雨事象であった [20, p. 6]」とした。報告書はまた、この暴風雨により4万人が危険地域から退避または避難し、30万以上の建造物が浸水し、約50万台の車両が損壊したと指摘している [20, p. 9]。図10と図11は、ハリケーンによる降水の影響が最も大きかった地域を示している。

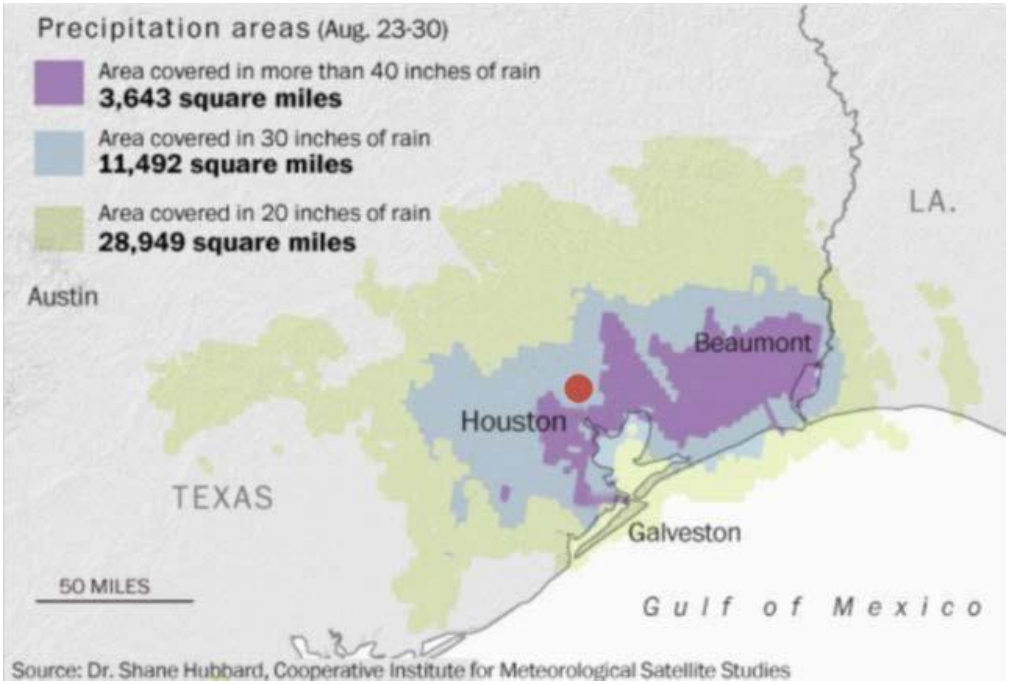
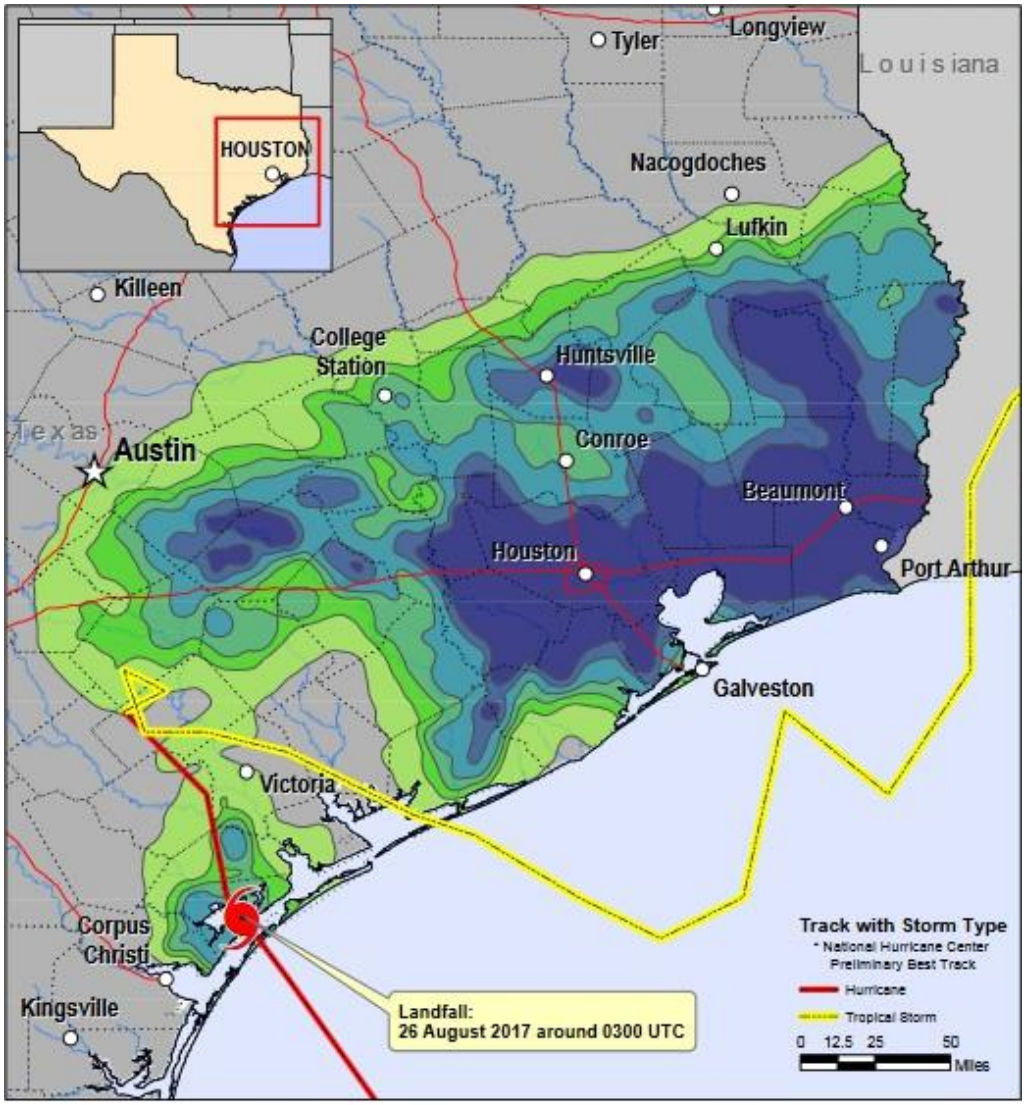


図10：ハリケーン・ハービーによる降水量（テキサス州南東部）。赤い丸はアルケマ・クロスビー施設のおおよその位置を示している [22]。（出典：CSBによる編集画像）



Hurricane Harvey, 25 - 31 August 2017
Annual Exceedance Probabilities (AEPs) for the Worst Case 4-day Rainfall

図11：NOAA米国気象局が作成した、年間発生確率に対する降水量の超過を示す地図（ハリケーン・ハービー、テキサス州南東部）。地域ごとにハービー級の降水量が年間で発生する確率を示し、色分けしている [23]、[24]。

60. 表1に示すように、予測降水量はハリケーン・ハービー襲来までの数日間増加し続け、上陸後も増加した。

表1：ハリケーン・ハービーによるヒューストン地域の予測降水量。

日付	テキサス州南東部における予測総降水量
8月24日（木）	12～30インチ
8月25日（金）	15～35インチ
8月26日（土）	15～40インチ
8月27日（日）	15～50インチ

61. 最終的に、アルケマ・クロスビー施設の雨量計は、ハリケーン・ハービーの期間中に39インチ（約100cm）を超える降雨量を記録した（図12）。

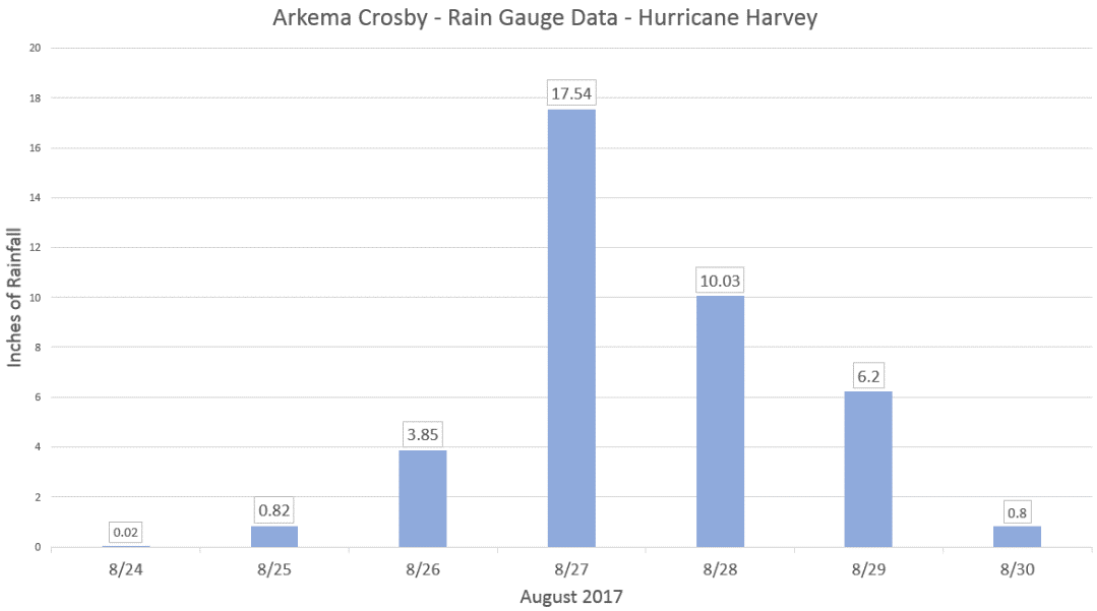


図12：アルケマ・クロスビー施設の雨量計データ。アルケマの施設では、ハリケーン・ハービーの影響を受けた数日間に39インチを超える降雨を記録した。

3.1. 2017年8月24日（木）

62. ハリケーン・ハービーは、メキシコ湾を10日以上にわたって移動した後、テキサス州の中部および北部沿岸部に影響を及ぼし、最終的にはテキサス州南東部地域で停滞する可能性が高いことが明らかになった [1]。2017年8月24日（中部夏時間）午前10時、国立ハリケーンセンターは最新情報を発表し、ハリケーン・ハービーが勢力を強めており、暴風雨による深刻な洪水を引き起こすことが予測されると警告した。発表された最新情報では、以下のように述べられている。

> ハービーは今朝急速に勢力を強め、上陸時には大型ハリケーンとなり、テキサス州沿岸の一部に生命を脅かす高潮、豪雨、強風をもたらす見込みである。熱帯暴風雨級の強風がハリケーンや高潮の警戒区域に到達するのは金曜日であるため [2]、生命と財産を守るための準備は本日中に完了しておく必要がある。
>
> 金曜日から来週初めにかけて、テキサス州沿岸の大部分で12～20インチ（約30～51cm）、一部地域では最大30インチ（約76cm）の大雨による、生命を脅かすほどの洪水が予想されている。

63. ハリケーン・ハービーが翌日（2017年8月25日金曜日）に上陸することを見越して、アルケマ・クロスビー施設の職員は嵐への備えを開始した。アルケマ・クロスビー施設にはハリケーン計画があり、ハリケーン発生前、発生中、および発生後における従業員と施設の保護方法が詳細に記されていた。この計画の実施を担当するチームは、ハリケーンシーズンの始まり（6月1日）以降、定期的に会議を開き、メキシコ湾で形成される、またはメキシコ湾に移動する暴風雨を監視していた。また、アルケマ・クロスビー施設は、潜在的な嵐の脅威について本社部門のスタッフと連絡を取り合い、協力しながら、ハリケーンが発生している間は施設に留まって対応に当たるスタッフで構成される現場対応チームをいつ稼働させるかを決定した。現場対応チームは、ハリケーンの間、施設の安全確保と状況の変化を監視する責任を負う。現場対応チームは以下の構成となっている。

- 管理者（2名）
- オペレーター（4名）

- 冷却設備専門技術者（1名）
- 保守担当（3名）
- 機械・電気技師（2名）

64. 木曜日、アルケマの職員は、ハリケーンがクロスビー施設に影響を与えることを想定し、工場の準備を整える必要があると判断した。施設の担当者は数日前からハリケーン・ハービーの進行状況を監視しており、ハリケーン対策計画の実施準備が整っていた。現地の天気予報に基づき、アルケマの施設管理担当者は、ハリケーンがクロスビー施設の南を通過すると予想し、ハリケーンの間、施設では10～15インチ（約25～38cm）の雨が降ると見積もっていた。施設の管理チームは会合を開き、施設が深刻な影響を受けた場合に備えて、適切な施設のシャットダウン方法および最善のハリケーン対策について協議した。

65. 2017年8月24日（木）午後10時（中部夏時間）、国立ハリケーンセンターは、「テキサス州の中部および北部沿岸地域において、壊滅的かつ生命を脅かす洪水が発生する可能性があり、15～25インチ（約38～64cm）の豪雨が予想される。一部地域では最大35インチ（約89cm）に達する可能性がある [25]」と予測した。その日の終わりには、クロスビー地域の降水量予測は15～18インチ（約38～46cm）と天気予報が告げており、アルケマ・クロスビーの管理チームは本格的な準備作業を開始した。

66. これまでの経験に基づき、アルケマ・クロスビー施設の従業員は、このレベルの雨は道路を冠水させるのに十分であり、作業員の出入りが困難になるため、現場対応チームの出動が必要になることを認識していた。クロスビー施設の職員は、40インチ（約100cm）の降水があると、施設内には1～2フィート（約30～60cm）の浸水が発生し、施設内の移動は困難になるが、安全システムには影響がないと想定していた。アルケマの物流部門は、サプライヤーや顧客に電話し、同施設が原料を必要としないことや生産が中断する可能性が高いことを伝えた。

3.2. 2017年8月25日（金）

67. 2017年8月25日（金）の朝の時点で、クロスビー施設の区域の天気予報は、ハリケーンの期間中、降水量は15～25インチ（約38～64cm）に達し、一部地域では最大35インチ（約89cm）に及ぶ可能性があると伝えていた [26]。連邦緊急事態管理庁（FEMA：Federal Emergency Management Agency）はテキサス州緊急事態管理局や他の機関と協力し、ハリケーンの影響を管理するための物資や人員を事前に配置した [27]。その日の終わりには、FEMAはこの状況を「大規模災害」と正式に宣言した［28］。

68. 降水量の増加が予測されたことで、地域の道路が冠水する可能性が高くなり、12名で構成される現場対応チームの招集が必要であると判断された。しかしながら、施設の停電や、冷蔵された有機過酸化物製品への潜在的な影響に関しての懸念は持たれていなかった。

69. 2017年8月25日（金）午後2時、ハリケーン・ハービーはカテゴリー3のハリケーンへと変わり、金曜日の夕方にはカテゴリー4のハリケーンへと発達し、風速は時速130マイル（約210km）に達した [1]。この日一日でハービーが沿岸部に接近し、ハービーの外側の雨雲がクロスビー施設周辺で降雨をもたらし始めた（図13）。

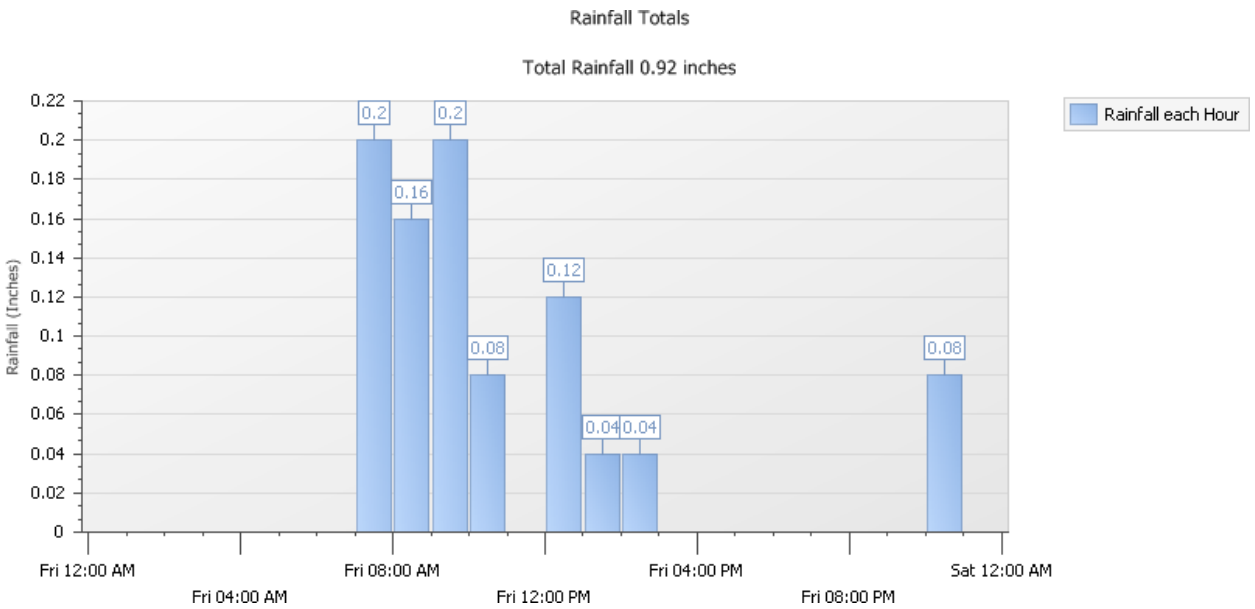


図13：ハリケーン・ハービーによる、2017年8月25日（金）の1時間ごとの降水量。アルケマ・クロスビー施設の北東約2.5マイルにあるシーダーバイユー観測ステーション1740が8月25日に測定した、ハリケーン・ハービーによる降雨の1時間ごとの降水量グラフ [29]。

70. アルケマは、ハリケーン・ハービーの接近に伴い、クロスビー施設での生産を停止した。工場の従業員は、以下の対策を含めたハリケーンへの準備を開始した。

- 暴風雨による飛散や洪水で流されることを防ぐため、足場や空の製品用トート容器など、緩んでいる資材を固定。
- ポータブル機器（コンプレッサーなど）を高所に移動させ、洪水の影響を受けないように配置。
- プロセスシャットダウン（プロセス機器を空にして洗浄する作業も含む）の完了。
- オフロードフォークリフトやボートを含む暴風雨対策用の機材を施設内に配置。
- ポンプ、ホース、土嚢などの機材を適所に配置。
- 非常用発電機および冷蔵トレーラーのディーゼル燃料タンクに燃料を補充。
- 液体窒素タンクが満充填であることを確認。
- 暴風雨のシナリオと是正措置について現場対応チームのメンバーと確認。
- 大雨に備えて排水処理設備の水位を下げる。

71. 金曜日、アルケマ・クロスビー施設に降った雨は1インチ（約2.5cm）程度であったが、嵐の勢力は強まりつつあった（図13）[29]。午後10時頃、ハリケーン・ハービーの目が、テキサス州南部湾岸にあるコーパスクリスティの北東約30マイルの地点に上陸した [1]。暴風雨がテキサス州内に進むにつれて、国立ハリケーンセンターは、テキサス州の中部および北部の沿岸部全域で15から30インチ（約38から76cm）の大雨が降り「壊滅的で生命を脅かす洪水」が発生すると予測し、一部の地域では40インチ（約100cm）に達すると警告した [30]。

3.3. 2017年8月26日（土）

72. 午前10時の時点で、国立ハリケーンセンターからの予報は変わらず、15〜30インチの大雨、一部地域では40インチに達する大雨との予報であった [31]。ヒューストン地域で雨が降り続

く中、クロスビー施設では浸水が始まり、（クロスビー施設がある）シーダーバイユー流域では水位が約13フィート（約4m）上昇した（図14）。

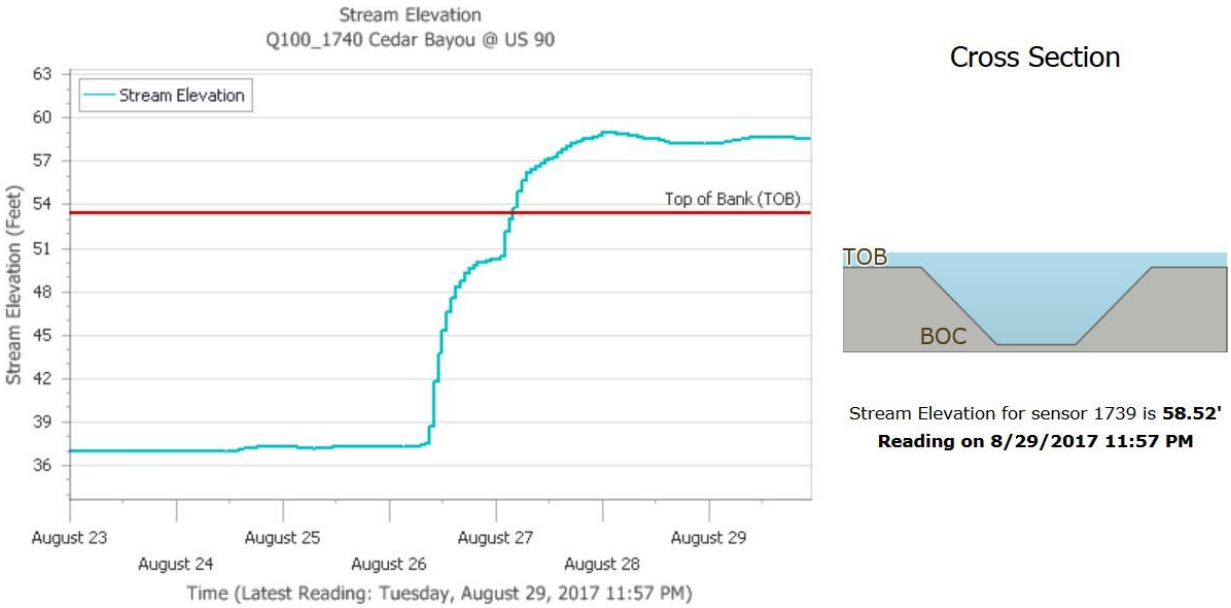


図14：ハリケーン・ハービーによるシーダーバイユー流域の水位を示す観測ステーション1740のグラフ。水位は、2017年8月26日（土）の一日を通して、徐々に上昇し続けた [29][a] [b]。

73. アルケマが施設を停止し、現場対応チームを始動させると、クロスビーの現場対応チーム12名は嵐の間、施設内に留まった。その後、事態が進展し、現場対応チームは有機過酸化物製品をクロスビー施設内の安全な場所に移動させる作業を開始した。施設内の水位が上昇する中、現場対応チームは工場の状態を監視し、特に工場のユーティリティと廃水処理システムが増加する負荷に対応できるかを確認した。現場対応チームは施設周辺を巡回し、風や水で移動する恐れのある物がないか確認するとともに、施設の状況を把握した。今後時間が経過し、増水が続くようであれば、現場対応チームは、各建物の電源用変圧器を含む電気設備への通電を事前に遮断し、ショートしないようにする必要があるだろう。

74. 現場対応チームは、主に各設備が地面からどの程度の高さに設置されているかを評価することで、施設内の電気設備の浸水リスクを分析した。低温倉庫の480ボルト変圧器の浸水は、その故障が設備の損壊だけでなく付近の作業員を感電させる危険性もあるため、最大の懸念事項であった。現場対応チームは、低温倉庫（あるいは他の建物）において水の影響を受けやすい電気機器に浸水が到達するリスクがあると判断すると、その時点で、水が電気機器に到達する前に手動で建物全体の電源を切った。

75. 土曜日の夜、暴風雨のために工場の電話システムが機能停止したが、現場対応チームは携帯電話を使うことができた。一日中降り続いた雨により施設の浸水状況は悪化し、低温倉庫周辺には停滞水が広がった。現場対応チームのメンバーは、水位がさらに上昇すれば、低温倉庫の一部が停電し、それに伴い冷却能力を失うため、有機過酸化物製品を移動させる必要があることを認識した。しかし、この時点では、現場対応チームは、事態は管理可能であり、ハリケーンが施設運営に与える影響も最小限に留まると考えていた。

[a] 水路底（BOC：Bottom of Channel）とは、バイユーの最も低い地点の標高を指す。堤防頂部（TOB：Top of Bank）とは、大雨の際に水が溢れ出す可能性のある場所における堤防の高さを指す。特定の河川の水深を求めるには、堤防頂部の測定値から水路底の標高を差し引く [139]。

[b] 高速道路90号線のシーダーバイユーでは、堤防頂部は53.4フィート（約1.8m）、水路底は36.09フィート（約1.1m）である [29]。

76. アルケマ本社の担当者は、嵐の進路上にあるテキサス州のアルケマ施設における豪雨対応を支援するため、全社危機管理チームを招集した。危機管理チームは、あらゆる種類の危機的状況の際に支援を提供し、コミュニケーションを調整する。危機管理チームのメンバーはこの時点ですでに会合を開いていたが、クロスビー施設（および同地域の他のアルケマ施設）の現場対応チームならば、洪水の水位上昇が止まりさえすれば、施設で起こるいかなる種類の流出や事故も防ぐことができると考えており、また、水位の上昇も間もなく止まるだろうと予想していた。

77. 午後10時、国立ハリケーンセンターは最新情報を発表し、2017年8月31日までにさらに15～25インチの降雨量、一部地域では合計40インチに達する降雨量の予測を報告した [32]。この最新情報には、テキサス州南東部の大部分で「生命を脅かす」洪水の危険が続くという警告が含まれていた [32]。2017年8月26日（土）の終わりまでに、アルケマ・クロスビー施設付近では約5インチの雨が降った（図15）[29]。

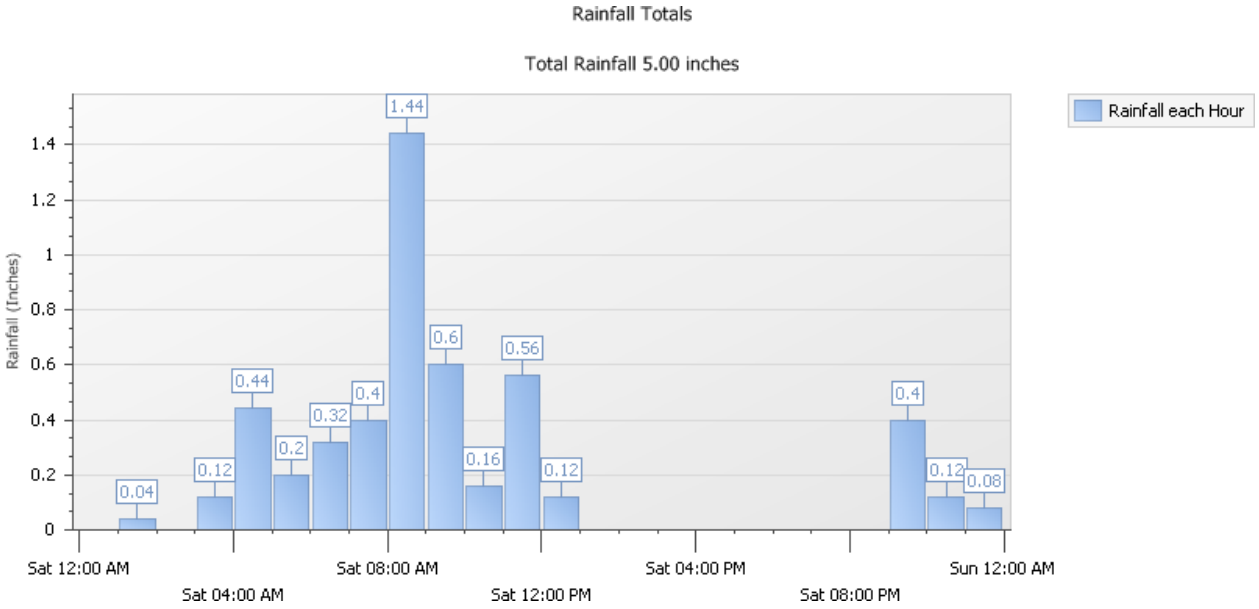


図15：ハリケーン・ハービーによる、2017年8月26日（土）の1時間ごとの降水量。シーダーバイユー観測ステーション1740が8月26日に測定した、ハリケーン・ハービーによる降雨の1時間ごとの降水量グラフ [29]。

78. 雨は降り続き、ハリケーン・ハービーがテキサス州南東部に停滞する中、アルケマ・クロスビー施設の水位は上昇し続けた。ハービーによる前例のない降雨がテキサス州南東部全域に降り注ぎ、下流の水位も上昇し続けたため、施設内の水位の上昇速度が加速し始めた（図14）。しかし、現場対応チームは、気象予報が最大30インチの降水を予測していることを確認し、その範囲であれば対応可能であり、低温倉庫を含めた施設に深刻な影響を及ぼすことはないと判断していた。実際、その日の正午頃、現場対応チームの管理者は、現場対応チームの解散及び数日以内に通常の人員配置と操業に戻す計画について議論するため、電子メールを送った。しかし、土曜日の夜になっても嵐は予想通りには収束せず、施設内の水位は依然として上昇し続けたため、管理チームは運用上の意思決定を「1日ごとに判断する」方針に変更した。

3.4. 2017年8月27日（日）

79. 午後10時、国立ハリケーンセンターは最新情報を発表し、「ハービーはテキサス州南東部上空で蛇行を続けており、壊滅的で生命を脅かすほどの洪水を引き起こす雨を降らせている [3]」と報告した。また、今後数日間で、さらに15～25インチ（約38～64cm）の降雨が予想され、

一部地域では総雨量が50インチ（約130cm）に達する可能性があると予測した [3]。この最新情報の中で、「安全のため、不要不急の外出は控えるように」との警告が出された［3］。

80. 日曜日の早朝、大規模な洪水が発生し、現場対応チームのメンバーは、水位が電気設備に達する前に、一部の低温倉庫の電源を予防的に遮断した。図16は、アルケマ・クロスビー施設のGoogle Earthによる俯瞰画像である。この画像では、左下（南西部）が低地であり、右上（北東部）に向かうにつれて地盤が高くなっている。午後2時の時点で、施設の一部には4フィート（約1.2m）の水が溜まっていた。水位の上昇に伴い、低温倉庫（図16中の左から右へ番号1～7）の運用に影響が及び、現場対応チームによってほぼその番号順に倉庫への電源が遮断され、有機過酸化物製品は低温倉庫から冷蔵トレーラーへと移動された。

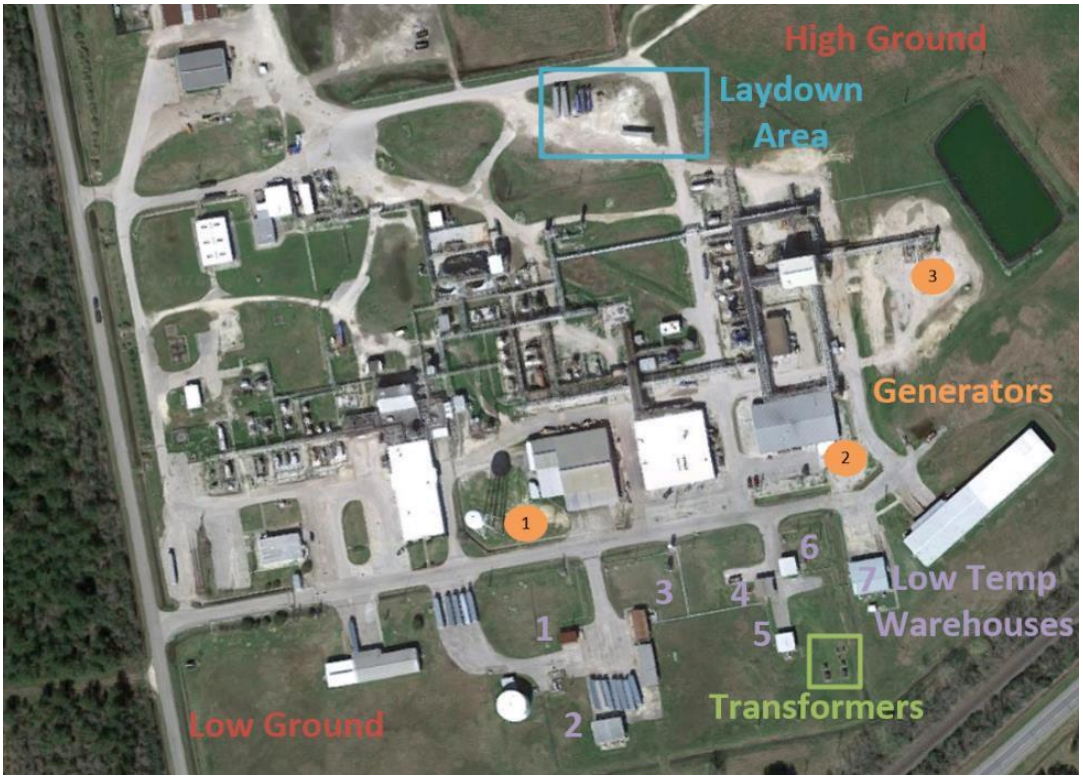


図16：ハリケーン・ハービーが襲来する前のアルケマ・クロスビー施設のGoogle Earth俯瞰画像。この図は、施設の主要な設備の配置を示しているが、建物や発電機に振られている番号は実際の設備番号とは一致しない。（出典：CSBによる編集画像）

81. アルケマ・クロスビー施設は、他のアルケマ有機過酸化物製造施設向けに、有機過酸化物の低温保管機能を提供する、地域の流通センターとして機能していた。中心的な流通拠点として同施設には11台の冷蔵トレーラーが配備されており、バックアップ保管用の貯蔵庫として使用されていた。図16には、低温倉庫2の隣に冷蔵トレーラーが多数見える。

82. 水位の上昇に伴い、作業員が低温倉庫の電源を切ると（図17）、現場対応チームは7棟ある低温倉庫のうち6棟から有機過酸化物製品を取り出し、別の低温倉庫または施設内にある11台の冷蔵トレーラーのうちの1台へ移動させた。日曜日の午後早くには、作業員は3棟の低温倉庫の電源を遮断した。低温倉庫1は、浸水が電気部品に達する恐れがあったため、最初に手動で電源を落とした。次に低温倉庫2と低温倉庫3の電源が手動で遮断され、そこに保管されていた有機過酸化物製品は別の場所に移された。現場対応チームはフォークリフト（図18）を使って、これら3棟の低温倉庫から約20パレットの有機過酸化物製品を2台の冷蔵トレーラーに

移し、その後、それらを高台にあるレイダウンエリアに移動させた[a]。この最初の3棟の低温倉庫が空になった後、現場対応チームは「現場では他の倉庫の冷却能力が失われる可能性はないと考えているが、もしそうなった場合、十分に（有機過酸化物を）保管できる能力（冷蔵トレーラー）は確保できない可能性がある。」との報告を送った。現場対応チームの想定とは異なり、洪水の水位は下がることなく、むしろ上昇し続けた。その結果、他の低温倉庫も電源を失い、作業員は有機過酸化物製品を別の場所へ移動する作業を継続することとなった。

図17：低温倉庫の裏に設置された空調設備。空調設備に重ねて引かれた赤い線は、アルケマ・クロスビー施設の最終的な浸水水位を示している。（出典：CSBの写真）

[a] クロスビー施設にはセミトレーラートラック（「ヤードミュール」と呼ばれる）が2台配備されており、作業員はこれを使って冷蔵トレーラーを施設内で移動させていた。

図18：現場対応チームが使用したフォークリフト。この画像に示されているフォークリフトは、現場対応チームのメンバーが、浸水水位の上昇に伴い電源を遮断した保管施設から有機過酸化物のパレットを移動させるために使用したものである。（出典：アルケマの写真）

83. 洪水の水位が上昇したため、現場対応チームは低温倉庫だけでなく、工場内の他の建物の電源も遮断した。他の建物への電力供給が停止されたことで、現場対応チームは廃水処理施設など一部のシステムを遠隔監視する能力を失った。その結果、現場対応チームは工場の重要なデータを1時間ごとに手作業で記録するようになり、危険な天候にさらされる機会が増え、12名の対応チーム全体の作業負荷も増大した。

84. 水位がさらに上昇したため、施設の給水ポンプおよび消火用水ポンプの電源を切る必要が生じた。上昇した水位はバックアップ発電機の一部にも達し、現場対応チームはその電源も遮断することになった。電源を切った発電機には図16の低温倉庫1、2、3にバックアップ電力を供給していた発電機（図19）も含まれていたが、現場対応チームメンバーの安全を確保するためにはそうせざるを得なかった。なお、すでに手動で電源を落としていた低温倉庫については、バックアップ発電機の供給も不要である。

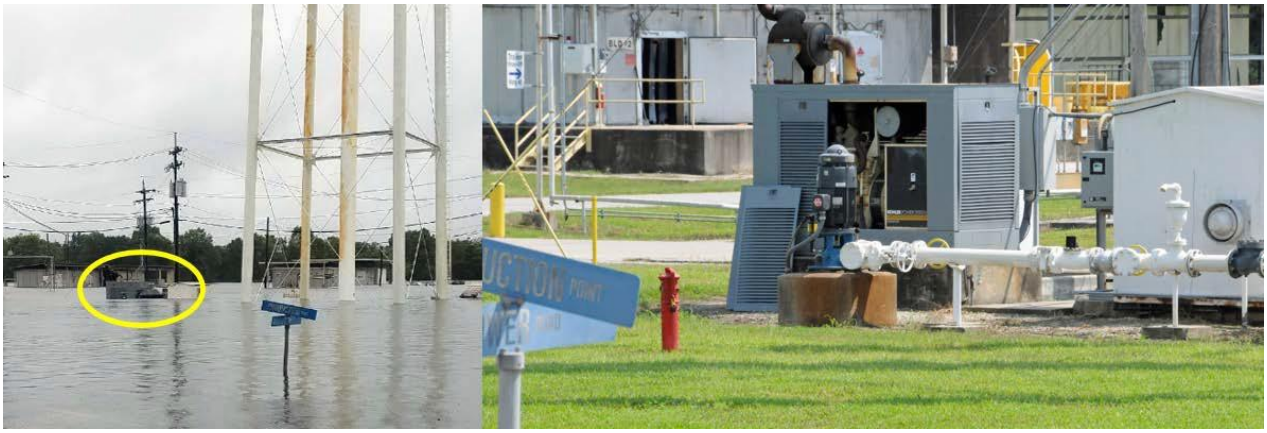


図19：低温倉庫にバックアップ電力を供給する非常用発電機。左の写真は、2017年8月29日（火）に洪水標高が発電機の下半分を覆った様子を示している（黄色の楕円部分）。右の写真は、事故後に撮影された同じ発電機の様子である。（出典：CSBが修正したアルケマ社の写真（左）、CSBの写真（右））

85. 水位が上昇し、施設内の車両の移動が困難になり始めたため、現場対応チームのメンバーは浸水を避けるため、自家用車を高台に移動した。

86. 前述したように、液体窒素のタンクは、低温倉庫の冷却能力喪失や電力喪失に備えたアルケマの安全対策の一つであった。作業員は液体窒素を冷蔵保管施設に直接注入して温度を下げることができる。しかし、日曜日には、施設全体の電力が完全に失われる危険性が明確になったため、現場対応チームは液体窒素システムが確実に使用できるように準備することを決定した。液体窒素の配管システムにより、必要に応じて各低温倉庫に1カ所ずつ窒素を注入することが可能であったが、しかし、増水によって配管が水没し始め、システムの利用が困難になり始めた。この状況を受け、現場対応チームのメンバーが、現時点でもアルケマ・クロスビー施設内を走行可能な、車高を上げて大型タイヤを装備した自家用車を持つ工場監督者を呼び寄せた。現場に到着した工場監督者は、浸水水位が上昇してもアクセスできるように、窒素配管システムに1フィートの延長部分（図20）を追加した。その後、工場監督者は現場を離れる前に、さらに有機過酸化物製品を冷蔵トレーラーに移すのを手伝った。

図20：液体窒素配管の延長。工場監督者は、有機過酸化物製品が保管されている低温倉庫に現場対応チームが液体窒素を注入する必要が生じた場合に備え、接続ポイントが洪水標高より上に維持されるよう液体窒素の配管を延長した。しかし、この延長された接続部も十分な高さではなく、水位のさらなる上昇により最終的には浸水してしまった。（出典：CSBの写真）

87. 現場対応チームは、低温倉庫の電源を切った後、そこに保管されていた有機過酸化物製品を、まだ電源が供給されている他の低温倉庫か冷蔵トレーラーに移動した。その後、冷蔵トレーラーは、施設の北端にあるレイダウンエリアに移された（図21）。日曜日の夜までに、現場対応チームは低温倉庫7を除くすべての低温倉庫の電源を手動で遮断し、その後、6棟の低温倉庫から搬出した有機過酸化物製品を、工場北端のレイダウンエリアで稼働していた6台の冷蔵トレーラーに移し替えた。

図21：レイダウンエリアに配置された冷蔵トレーラー。この写真は、アルケマ・クロスビー施設に停められた、有機過酸化物製品を積んだ6台の冷蔵トレーラーを示している。写真上部には空のタンカートレーラー2台も確認できる。（出典：アルケマ社提供写真）

88. ハリケーン・ハービーの一連の出来事を通して、現場対応チームの管理者は、アルケマ社の全社危機管理チームと継続的に連絡を取り合い、工場の状況を共有していた。アルケマ・クロスビーの工場長は、工場の状況を詳細に記した電子メールを毎日、本社の担当者に送り、低温倉庫の喪失など重要な事象が発生した際には携帯電話で連絡を取った。現場対応チームはアルケマ本社に現場の状況を伝え、低温倉庫の冷却システムが機能しなくなった際には、最善の対応方法について助言を求めた。

89. テキサス州南東部の広範囲では日曜日いっぱい豪雨が続いた。数時間の間、ハリケーン・ハービーは東南東にゆっくりと移動し、メキシコ湾北西部では豪雨帯の形成が続き、テキサス州の北部沿岸部やルイジアナ州南西部へと流れ込んでいた。ヒューストン広域圏では、すでに20～27インチ（約51～69cm）の降水量が記録されており、さらに今後数日間で15～25インチ（38～64cm）の降水量が予測されていた。一部の地域では累積降水量が50インチ（約130cm）に達する可能性があるとされ、地域史上最大級の降水量になると予測されていた。図22に示すように、この日、アルケマ・クロスビー施設周辺では、ハリケーン・ハービーによる一日降水量の最大値（約23インチ（約58cm））が記録された [29]。

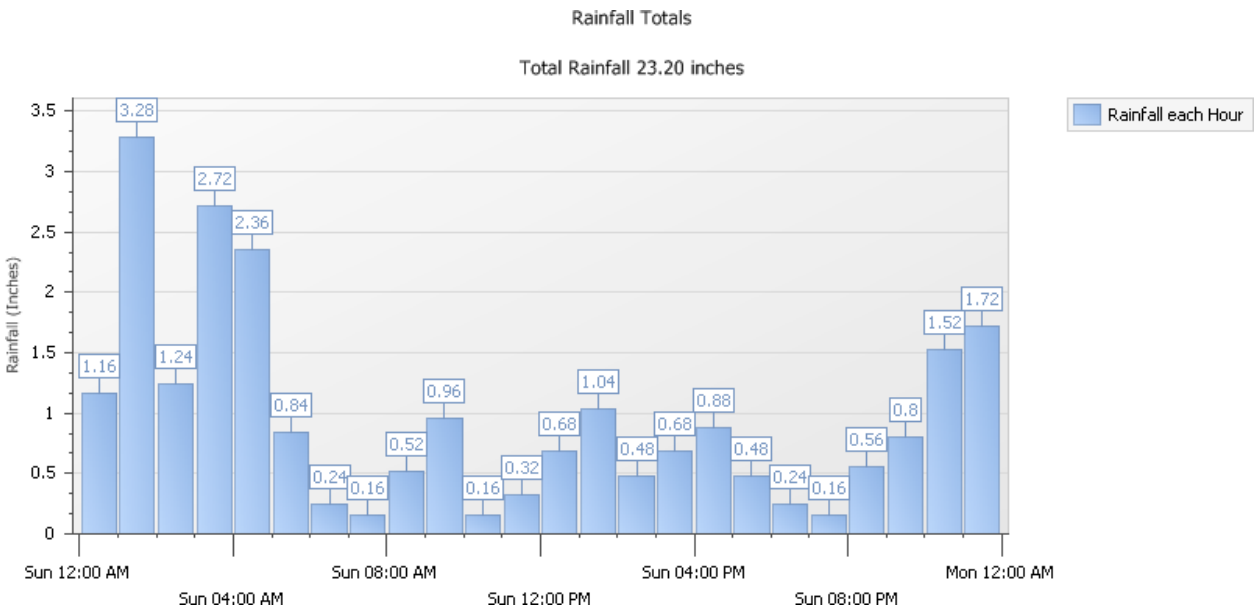


図22：ハリケーン・ハービーによる、2017年8月27日（日）の1時間ごとの降水量。シーダーバイユー観測ステーション1740が8月27日に測定した、ハリケーン・ハービーによる降雨の1時間ごとの降水量グラフ [29]。

3.5. 2017年8月28日（月）

90. ハリケーン・ハービーによる雨はこの地域で降り続き、施設の浸水は終日上昇し続けた。アルケマ・クロスビー施設では、降雨が長時間途切れることもあったが、周辺地域ではすでに大量の水が溜まっていたため、工場内の水位は上昇し続けた（図23）。

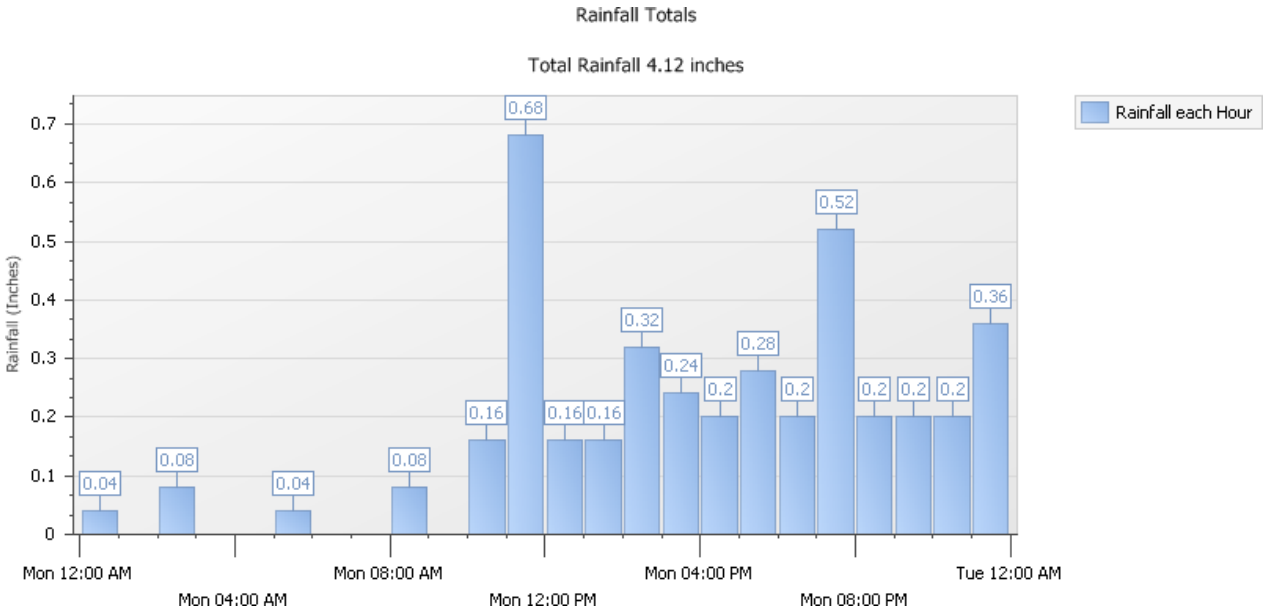


図23：ハリケーン・ハービーによる、2017年8月28日（月）の1時間ごとの降水量。シーダーバイユー観測ステーション1740が8月28日に測定した、ハリケーン・ハービーによる降雨の1時間ごとの降水量グラフ [29]。

91. 午前2時頃、CenterPoint社[a] の主変圧器（図24）が増水により故障した。残っていた2台の発電

[a] CenterPointは、アルケマ・クロスビー施設に電力を供給していた電力会社である。

機（図16、発電機2および3）がこの時点で作動し、唯一稼働していた有機過酸化物の低温貯蔵棟である低温倉庫7に電力を供給した（図25）。その後、発電機の1台が浸水により故障したが、もう1台の発電機は稼働を続け、低温倉庫7に電力を供給していた。施設には一次電源がなく、非常用発電機も長くはもたないだろうと判断した現場対応チームは、午前3時頃、低温倉庫7内の有機過酸化物製品を建物の外に停めてあった2台の冷蔵トレーラーへ移動させる作業を開始した。その残りの低温倉庫には10万ポンド（約45トン）を超える有機過酸化物製品が保管されており、現場対応チームは低温状態を維持できる可能性のある冷蔵トレーラーに製品を移す必要性を認識していた。

図24：アルケマ・クロスビー施設のCenterPoint社製変圧器。これらは、アルケマ・クロスビー施設にあるCenterPoint社の主変圧器である。（出典：CSBの写真）

図25：非常用発電機。これは、アルケマ・クロスビー施設の停電時に自動的に作動する非常用発電機の一つである。（出典：CSBの写真）

92. 午前4時頃、電源喪失により廃水処理ポンプが作動不能となった。その結果、施設はプロセス機器と廃水タンクを囲む防液堤の排水ができなくなり、廃水処理用の防液堤には、廃水が溜まり始めた。この状況は、低温有機過酸化物製品の冷却が失われることに対して直接の影響はなかったが、現場対応チームの作業負担を増大させ、その業務をより複雑にした。

93. 月曜の朝5時頃、洪水がさらに増水し続ける中、現場対応チームは、電気設備への影響を防ぐため、先手を打って最後の非常用発電機（図25）を停止した。これにより、いずれの低温倉庫にも電力が供給されていない状態となった。

94. 月曜日の朝、現場対応チームが液体窒素冷却システムを点検したところ、前日に工場監督者が追加した1フィート（約30cm）の配管延長部が完全に洪水に浸かっており、システムが使用不能となっていた。クロスビー施設で40年近くの経験を持つ工場監督者は、この延長によって接続部が予想される洪水標高より十分に高くなると考えていた。しかし、水位はそれを上回る高さまで上昇し、配管延長部は最終的に完全に水没した。

95. 午前中、冷蔵トレーラーや有機過酸化物製品のパレットを移動させるために作業員が使用していた機器（フォークリフトやセミトレーラートラック）の電気系統が浸水の影響で次々と故障し始めた。この時点から、現場対応チームは有機過酸化物のパレットを持ち上げることも、冷蔵トレーラーをレイダウンエリアへ移動させることもできなくなった。その結果、3台の冷蔵トレーラーが保管倉庫のそばに取り残された（図26）。さらに、低温倉庫周辺の水位は胸の高さまで達し、現場対応チームの移動や作業は一層困難になった。また、まだ有機過酸化物製品を積み込んでおらず、レイダウンエリアへ移動させる予定だった空の冷蔵トレーラーも、燃料タンクに水が入り込み、使用不能になった。その結果、今回の事故中に有機過酸化物製品を保管できた冷蔵トレーラーは、11台中9台のみだった。

図26：高台へ移動できなかった3台の冷蔵トレーラー [33]。この航空写真は、アルケマ社の現場対応チームが避難した後、2棟の有機過酸化物製品保管倉庫の近くに取り残された3台の冷蔵トレーラー（黄色と赤の円）を示している。（出典：CSBによる編集写真）

96. 月曜日の朝、アルケマの全社危機管理チームは、低温保管が必要な有機過酸化物製品を安全に管理するためのシナリオを検討した。チームの最優先事項は、有機過酸化物製品の発火を防ぐことであり、そのためには、冷蔵トレーラーに冷蔵システムの稼働に十分な燃料があることの確認、冷却の維持、冷蔵トレーラーを低温保管が可能な別のアルケマ施設または他の

有機過酸化物メーカーの施設へ移動する選択への調整も必要となる。しかし、全社危機管理チームは、敷地外での保管の可能性を検討したものの、輸送用の車両や運転手がクロスビー施設に到達できないと判断した。

97. しかし、もしアルケマが有機過酸化物製品を敷地外に移動させたいと考えていたのであれば、そのような決定はかなり早い段階、可能であればハリケーン・ハービーが上陸する前の段階で行うべきであった。運輸省の規制では、危険物を輸送する運転手に対し、危険物輸送資格付きの商業運転免許の取得を義務付けている [34]。有機過酸化物は危険物に分類されるため、アルケマはこの資格を持つ運転手を確保する必要があった。しかし、特にハリケーンのような緊急事態では、この要件を満たす追加の運転手を確保し、さらに輸送手段を手配するには、数日から数週間を要しただろう。

98. 図16に示されている低温倉庫7には、約50パレット分の有機過酸化物製品が残っていた。低温倉庫の電源が完全に失われ、冷却機能も停止したため、作業員はこれらのパレットを移動させる必要があった。現場対応チームのメンバーは、低温倉庫7内のパレットを分解し、個々の有機過酸化物容器を手作業で近くの建物に停めた冷蔵トレーラーへ移した。最終的に現場対応チームは、合計約2,160個の有機過酸化物容器を低温倉庫7から最後の冷蔵トレーラーまで手作業で移動した。この作業は深夜まで続き、現場対応チームは懐中電灯を頼りに暗闇の倉庫内で作業を完了させた。

99. 月曜日の終わりまでに、作業員は、低温保管が必要な11種類の有機過酸化物製品（約10,500個の個別容器に収納され、総重量350,000ポンド（約160トン）以上）を9台の冷蔵トレーラーに移した。図27と図28は、9つの冷蔵トレーラーの最終的な位置を示している。施設の南端近くにあった3台の冷蔵トレーラーは、4,000個以上の有機過酸化物容器を収納していたが、依然として浸水したままであり、現場対応チームはこれらのトレーラーは稼働し続けることができず、収容している有機過酸化物製品を冷蔵し続けることができないのではないかと懸念していた。

図27：有機過酸化物製品を積載した9台の冷蔵トレーラーの配置。（出典：Google Earthの画像をCSBが加工）

図28：有機過酸化物製品を積載した9台の冷蔵トレーラーの写真。（出典: アルケマ提供の写真をCSBが加工）

100. 図29に示されているように、洪水は最終的に一部の低温倉庫の床面を超える高さまで上昇した。しかし、その時点までに現場対応チームは、これらの低温倉庫からすべての有機過酸化物製品を搬出し終えていた。もし、有機過酸化物製品が倉庫内に残されていた場合、バックアップ安全システムの有無にかかわらず、温かい水によって急速に加熱され、発火したであろう。

図29：アルケマ・クロスビー施設の低温倉庫。赤い線は、洪水の最高水位を示しており、地上から約5フィート（約1.5メートル）の高さに達していた。（出典：CSBの写真）

101. 月曜日の夜まで、施設内を移動する最も実用的かつ安全な方法はボートであった（図30）。現場には2隻のボートがあった。1隻は小型のボートで、アルケマの工場におけるハリケーン対策計画の一環として事前に用意されていたもの。もう1隻は、洪水標高の上昇に伴い、現場

対応チームのメンバーの親族が持ち込んだ全長16フィート（約4.9メートル）の大型ボートである。

図30：現場対応チームがアルケマ・クロスビー施設内を移動するために使用したボート。写真に写っているのは、洪水の中で施設内を移動するために使用された16フィートのボートに乗った現場対応チームの2人のメンバーである。（出典：アルケマの写真）

102. 現場対応チームが状況の深刻さをアルケマの全社危機管理チームに報告した後、全社危機管理チームはハリス郡の緊急対応要員に対し、クロスビー施設での化学物質の流出や火災の可能性があることを警告した。また、アルケマの全社危機管理チームは、レイダウンエリア以外に配置された冷蔵トレーラーが停電した場合、トレーラー内の有機過酸化物製品が発火する可能性があることを想定し、対応準備を開始した。全社危機管理チームが実施した分析の結果、冷蔵トレーラーが機能を失った場合、内部の製品は数日以内に自己加速分解温度（SADT）に達し、発火する可能性が高いことが判明した。

3.6. 2017年8月29日（火）

103. 深夜頃、心配した家族が地元当局に通報したため、ハリス郡の緊急対応要員が現場対応チームのメンバー1名を避難させた。残りの現場対応チームメンバーは、避難する前に、現場を確認し、明るくなってから冷蔵トレーラーの状態を再評価するために残った。

104. 火曜日の朝、現場対応チームは、夜間の間に1台の冷蔵トレーラーが部分的に傾き、建物にもたれかかっているのを発見した（図31）。この傾きは、洪水による水流がトレーラーのサポートを倒すほど強かったか、トレーラーが有機過酸化物製品を過積載していたか、あるいはその両方の状況が重なったために起こったと思われる。全社危機管理チームのメンバーは、現場対応チームから図31の写真を受け取り、クロスビーの施設では有機過酸化物製品の分解が原因で少なくとも1件の火災が発生する可能性が高いと推察した。少なくとも冷蔵トレーラーのいくつか（レイダウンエリアに移動できなかったもの）は電力を維持できず、最終的には冷却ができなくなるだろう。アルケマ社の全社危機管理チームは、ハリス郡の緊急対応要員に現場対応チームの避難を要請することを決定した。

図31：2017年8月29日（火）朝のクロスビー施設の状況。この写真は、現場対応チームが全社危機管理チームに送信したもので、左側のトレーラーが傾いている様子を示している。（出典: アルケマの写真をCSBが編集したもの）

105. 火曜日の午前中、現場対応チームは、施設の状況を確認して、アルケマの全社危機管理チームおよび緊急対応要員へ最新情報を提供するため、最後にもう一度ボートで施設内を巡回した。正午頃、ハリス郡の緊急対応要員がボートで現場対応チームを避難させ、近くの消防署に移送した。

106. 図31に示されている3台の冷蔵トレーラーは、現場対応チームが高台にあるレイダウンエリアへ移動できなかったトレーラーである。図31に示された3台の冷蔵トレーラーの冷却システムは、高水位が原因で故障した可能性が高い。一方で、レイダウンエリアにあった6台の冷蔵トレーラーは、依然として稼働し、有機過酸化物製品の冷却を維持していた（図32）。

図32：高台に置かれた有機過酸化物用の冷蔵トレーラー。この写真は、2017年8月29日（火）、ハリケーン・ハービーによる高水位の洪水の中、有機過酸化物製品を収容し、アルケマ・クロスビー施設北側の高台に設置されていた冷蔵トレーラーである。この場所にあった6台のトレーラーは2017年9月3日の管理燃焼の際にすべて焼却された。（出典：アルケマの写真）

107. 日中、クロスビー施設では、洪水標高が廃水タンクを囲む二次防壁の上端を超え、有機液体

が洪水水に流出した。二次防壁内に設置されていた2基の廃水タンクは大気に開放されており、過度の降雨によって内部の液体が溢れ出た。アルケマは、約23,000ポンド（約10,400kg）の有機化合物が洪水水に流出したと報告した（表2）。

表2：洪水水中に放出された化学物質。アルケマの廃水タンクが溢れた際、以下の化学物質（およびその数量）が、ハリケーン・ハービーによる洪水水へ流出した。

化学物質	数量 （ポンド）
tert-アミルアルコール	2,026
tert-ブチルアルコール	2,026
ジ-tert-ブチル過酸化物	507
ジ-tert-アミル過酸化物	507
2,5-ジメチル-2,5-ジ-（tert-ブチル過酸化物）ヘキサン	507
エチルベンゼン	405
ナフタレン	405
ナフサ（重質および軽質）	6,089
キシレン	405
1,2,4-トリメチルベンゼン	2,229
ミネラルスピリット	8,106

108. 午後、アルケマは9台の冷蔵トレーラーのうち6台から遠隔測定データの受信を開始した。このデータは、6台の冷蔵トレーラーの製造メーカーから提供されたものであった。他の3台のトレーラーは別のメーカーから供給されたもので、遠隔測定データ機能はなかった。遠隔測定データには、冷蔵トレーラー内の空気温度や、冷却システムが作動しているかどうかの情報が記録されていた。アルケマは、このデータを緊急対応要員に提供し、冷蔵トレーラーがいつ燃え始めるかを推定するために使用した。積載されていた有機過酸化物製品の種類に基づく冷蔵トレーラーのSADTの推定値は、19°F（約－7°C）から70°F（約21°C）の範囲であった。ただし、注意すべき点として、遠隔測定データで得られた温度は、各冷蔵トレーラー内部の「空気の温度」であり、有機過酸化物製品そのものの温度を直接測定したものではなかった。また、暴風雨の中、積み込み作業が慌ただしかったため、現場対応チームのメンバーは各冷蔵トレーラーにどの種類の有機過酸化物製品が積載されているのかを正確に特定することができなかった。そのため、遠隔測定データは、トレーラーの冷却がいつ停止し、内部の温度がどの程度上昇しているかを把握する参考にはなったが、このデータから冷蔵トレーラーやその内容物がいつ発火するかを正確に判断することはできなかった。

109. 現場対応チームがクロスビー施設から避難した際、工場長は緊急対応要員に対し、施設の概要と冷蔵トレーラーの状態について、当時の状況を理解している範囲で説明した。また、工場長は、多くの冷蔵トレーラーが電力を失い、冷却機能を維持できない状態であることを緊急対応要員に伝えた。また、アルケマは、事故発生中を通じて緊急司令センターにスタッフを常駐させ、緊急対応要員に最新情報を伝えた。

110. アルケマ・クロスビー事故を担当した緊急対応要員は、同施設周囲1.5マイル（約2.4km）を避難区域に設定した（図33）。FEMA、米国環境保護庁（EPA：Environmental Protection Agency）、およびハリス郡消防局を含む緊急対応機関は、冷蔵トレーラーの燃焼を前提とし

た分析とシミュレーションを実施した。この分析では、二酸化硫黄貯蔵タンクからの流出、イソブチレン貯蔵タンクからの流出、燃焼した冷蔵トレーラーからの降灰が評価された。分析結果によると、冷蔵トレーラーの燃焼による煤煙や粒子状物質の影響を考慮した場合、1マイル（約1.6km）の避難区域で十分であると判断された。しかし、保守的に考えて、地域住民の安全を高め、資源を効率的に配分することを考慮し、緊急対応機関は避難区域を1.5マイル（約2.4km）に拡大する決定を下した。この決定プロセスにおいて、アルケマ本社の全社危機管理チームと協議が行われた結果、同危機管理チームも、有機過酸化物の燃焼が避けられないという想定のもと、1.5マイルの避難区域が妥当であると同意した。その結果、緊急対応要員が避難区域内の住民の避難を開始し、約205人の住民が自宅から避難した。

図33：避難区域の拡大。アルケマ・クロスビー施設周辺の1.5マイルの拡大避難区域が赤丸内に表示されている。（出典：Google Earthの画像をCSBが加工）

111. 午後4時50分、アルケマは施設から避難したことを一般に知らせる公式声明を発表し、現在の状況について警告を行った。同声明は、事故について以下のように述べた。

> 現在、クロスビー地域ではこれまでにない水位の上昇により、有機過酸化物製品保管用の予備コンテナの冷却機能が損なわれている。アルケマとしては、嵐が収まるまでは、施設の現状に対してできる対応が限られている。当社は、各冷蔵コンテナの温度を遠隔監視している。現時点では、直ちに危険が差し迫っているとは考えていないが、施設内で化学反応が発生し、火災や爆発につながる可能性がある [35]。

3.7. 2017年8月30日（水）

112. 緊急対応要員は住民の避難と避難区域の維持を継続した。避難区域につながる道路を監視するために、多くの連邦機関や地方機関が人員を提供した。緊急対応要員には、アルケマ・クロスビー施設で「爆発の可能性が差し迫っている」との警告が伝えられていた。避難した地域住民の中にも、工場での事故が差し迫っていると考え、避難を急いだ者がいた [36]。

113. クロスビー施設での対応のため、国家インシデント管理システム（NIMS：National Incident

Management System）の手順に従い、統合司令部が設置された。統合司令部は、ハリス郡消防署長事務所、クロスビー・ボランティア消防団、ハリス郡保安官事務所および警察官、ハリス郡公害管理局、アルケマ社、EPA、テキサス州環境品質委員会（TCEQ：Texas Commission on Environmental Quality）で構成され、事故の後半にはヒューストン市爆発物処理班も加わった。クロスビー・ボランティア消防団が事故指揮を担当し、指揮所はクロスビー消防署に設置された。

114. 図34は、避難区域周辺に配置された緊急対応要員の位置を示している。避難区域への立ち入りを防ぐため、戦略的な地点に道路封鎖が設置された。避難区域の周辺には、燃焼生成物を検査するための大気モニタリングステーションが設置された。

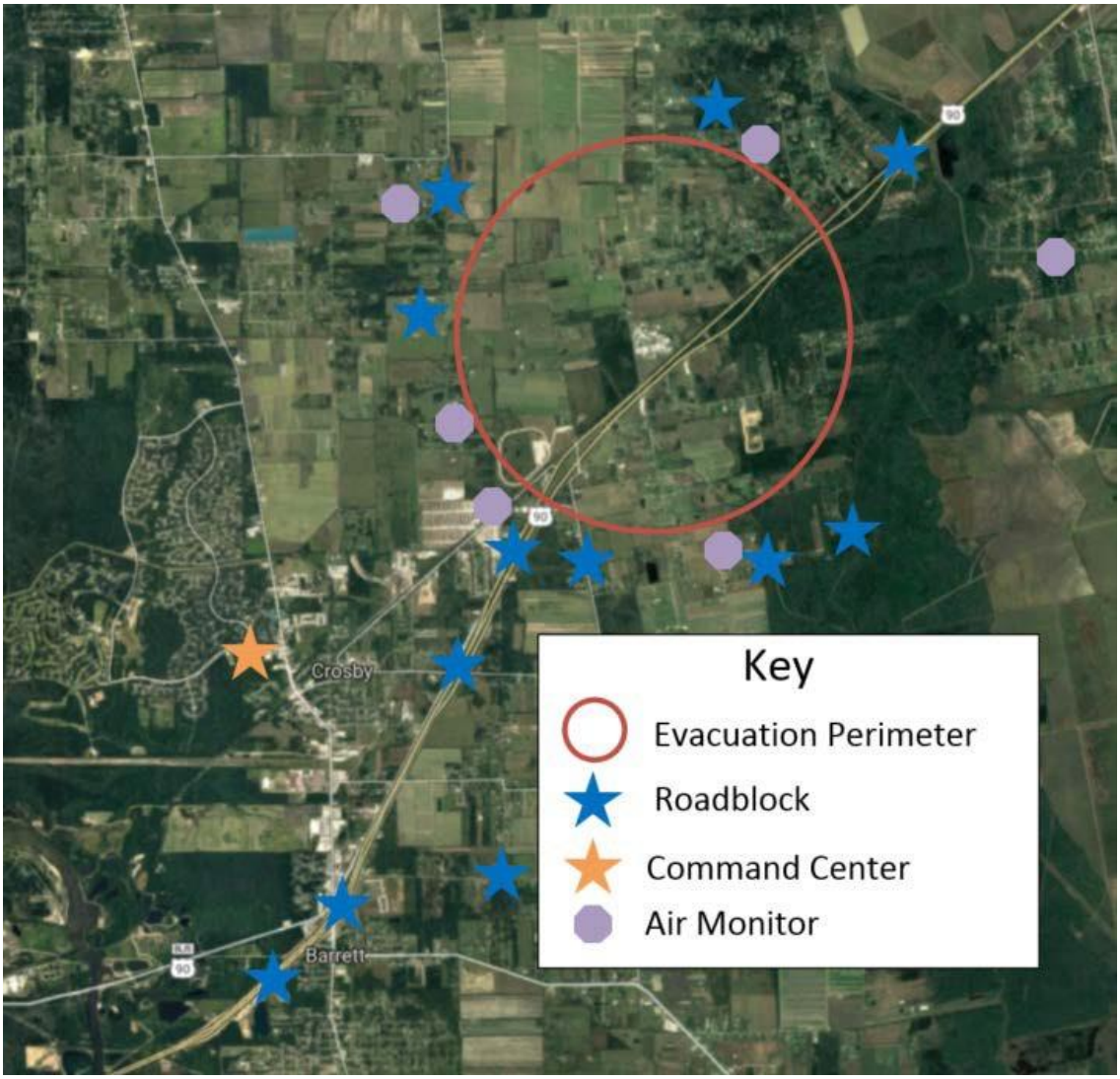


図34：避難区域と主要な待機場所。避難区域（赤丸）は、緊急対応要員の待機場所（道路封鎖、司令センター、大気モニタリングステーションなど）に囲まれている。（出典：Google Earthの画像をCSBが加工）

115. 統合司令部は、アルケマ・クロスビー施設での事故発生が避けられない状況であることを認識し、緊急対応要員はその対応計画を進めていた。しかし同時に、ハリケーン・ハービーに対する大規模な緊急対応作業も進行中であった。ハリケーンがヒューストン地域からボーモント地域へ移動するにつれ、緊急対応要員も移動を余儀なくされた。嵐による降雨で州間高速道路10号線が冠水し通行不能となったため、アルケマ・クロスビー事故の避難区域の中央を通る高速道路90号線が、資源輸送の唯一のルートとなった（図35）。この状況から人員や

機材を必要な地域へ輸送することを優先し、避難区域が設定されている間も高速道路90号線はその目的のために通行可能とされた。統合司令部は、冷蔵トレーラーの燃焼が確認された時点で、緊急対応要員を配置して道路を封鎖した。周辺道路が冠水していたため、高速道路90号線が閉鎖されると、避難区域を迂回するには数時間を要する状況であった。

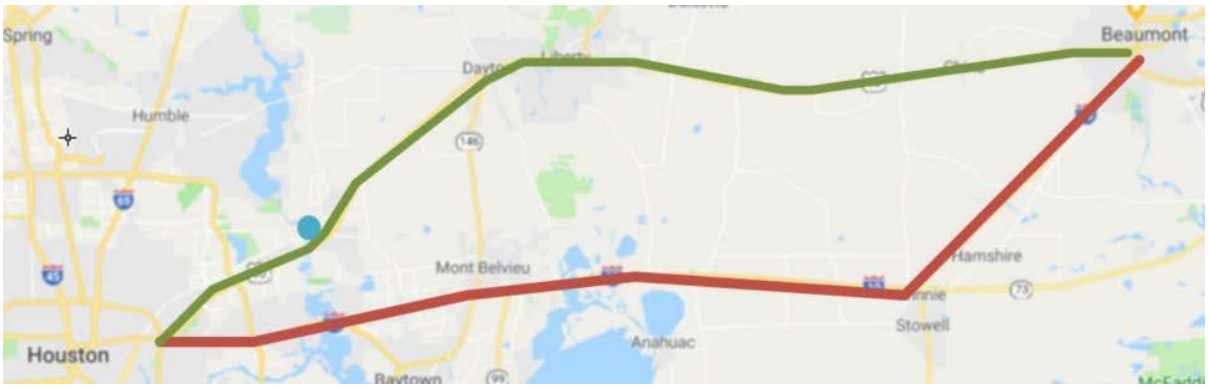


図35：ヒューストンとボーモント間の主要ルート。このGoogleマップに示されているように、州間高速道路10号線（赤線で示す）が冠水したため、高速道路90号線（緑線で示す）がヒューストンとボーモントの間でハリケーン救援物資を運ぶための重要な輸送路となった。アルケマ・クロスビー施設の位置は青い丸で示されている。（出典：Googleマップの画像をCSBが編集）

116. アルケマ社は引き続き統合司令部に遠隔測定データを提供し、冷蔵トレーラー内の温度を追跡した。また、アルケマと緊急対応要員は、施設の状況や次の対応について話し合うため、日中に定期的な会議を開いた。アルケマは、冷蔵トレーラーの現場配置図と、それぞれのトレーラーに積載されている有機過酸化物製品の概算リスト、および各トレーラー内の製品の推定SADTを統合司令部に提供した。統合司令部のメンバーは、冷蔵トレーラー内部の温度データを基に、どのトレーラーがいつ燃焼するかを予測できると考えていた。しかし、3台の冷蔵トレーラーは遠隔測定データの送信機能がなく、アルケマも緊急対応要員も、これらのトレーラー内部の温度を把握することができなかった。さらに、アルケマは各トレーラーに積載されている製品を完全には把握していなかったため、SADTの数値はあくまで推定値であった。

117. 深夜直前、避難区域の周辺を監視するよう任命された警察官のうち2人が、上司から高水位警報への対応を求められた。2名の警察官は、アルケマ・クロスビー施設の北東に配置されていたが、対応のため持ち場を離れて高速道路90号線を西に走行中、アルケマ工場の近くに差し掛かった際に「大きなガス雲」の中に突入し（図36）、このガス雲は警察車両を包み込み、車内にも流入した（図37）。警察官は直ちに車両を反転させ、元の場所であるアルケマ・クロスビー施設の北東へと撤退した。ガス雲には化学物質特有の臭気があり、警察官たちは曝露による健康被害（目、皮膚、喉、呼吸器の刺激）を受けた[a]。そのため、このガス雲を化学物質の流出と判断し、高速道路90号線の封鎖を開始した。その後、警察官たちはこの化学物質の流出を統合司令部に報告した。

[a] 2名の警察官のうち1名は呼吸用保護具を所持していたが、曝露があまりにも急に発生したため、使用する時間がなかった。この警察官は、特殊対応グループに所属しており、その装備として呼吸用保護具を携行していた。特殊対応グループは、抗議行動などに対応するための訓練を受けた少数精鋭の警察官部隊であり、あらゆる状況に対処できる装備と準備を整え、平和的な解決を促進する役割を担っている [237]。

図36：警察車両のドライブレコーダー映像に映る白煙。左のドライブレコーダー映像には、2017年8月30日午後11時52分頃、アルケマ・クロスビー施設付近に発生した白煙の雲[a]が写っている。右の画像は、白煙がない状態のドライブレコーダー映像であり、比較のための基準となる。（出典: テキサス州ハリス郡）

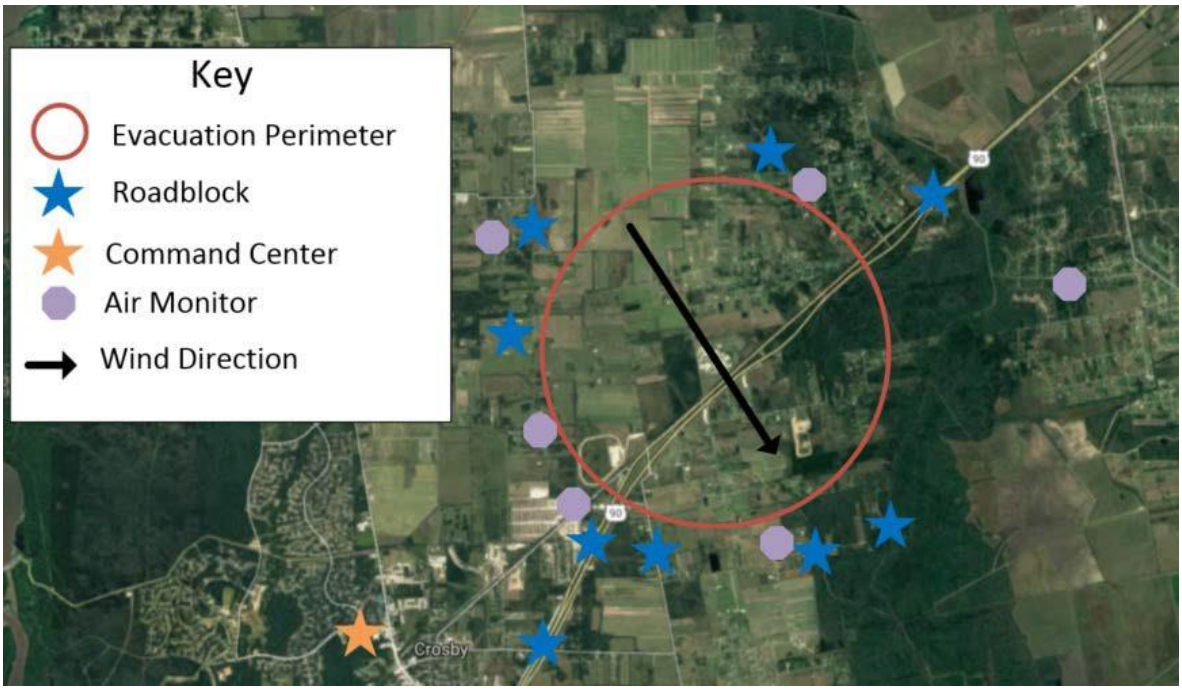


図37：2017年8月30日の推定風向。白煙の雲に最初にさらされた警察官は、高速道路90号線の北東の道路封鎖地点から高速道路90号線を西に走行していた。（出典：Google Earthの画像をCSBが加工）

3.8. 2017年8月31日（木）

118. 真夜中頃、アルケマの工場で煙が上がっているとの通報を受け、統合司令部は活動拠点となっている消防署で緊急対応要員とともに安全ブリーフィングを実施した。各部隊は工場の状況について説明を受け、潜在的な化学物質の放出に対して風上に位置するよう指示された。

119. 利用可能な遠隔測定データには、冷蔵トレーラー内の温度の急上昇は示されていなかったので、統合司令部はクロスビー・ボランティア消防団の隊員2名を派遣し、クロスビー施設内で火災が発生しているかどうかを確認させた。消防団員は施設での有機過酸化物の分解を示す現象は確認できず、その旨を指揮所に報告した。午前0時30分、アルケマの施設で火災や煙は確認されなかったため、当局は当初報告された白煙は「低く漂う気象雲」であると判断し、高速道路90号線の通行を再開した。遠隔測定データや大気モニタリングデータにも燃焼の兆

[a] 白煙の中心は、警察車両のドライブレコーダーの記録では、北緯29.947683度、西経95.018305度付近で高速道路90号線を横切った。

候は示されておらず、前述の通り、高速道路90号線は支援が必要なボーモント地域へ緊急対応要員を輸送するための重要な交通ルートであった。司令センターは遠隔測定データを頼りに、冷蔵トレーラー内の有機過酸化物が分解し始めた場合には警告として活用できると考えていた。しかし、この時点で統合司令部は、白煙を発生させた可能性が高い冷蔵トレーラーには遠隔測定データの送信機能がないことを把握していなかった。

120. 最初に雲の中を運転したと報告した警察官は、それが化学物質の流出であると考えており、他の警察官に対し、自分たちの車両のドライブレコーダーに雲が記録されており、それは報告した流出を示すものであることを伝えた。その後、他の3人の警察官が、最初の警察官とドライブレコーダーの映像を確認するため、高速道路90号線を車で走行した。この3人の警察官も、アルケマ施設の近くを通り過ぎるとき、アルケマ施設から発生した雲の中を走行することとなった。彼らはエアコンを切ったにもかかわらず、白煙が車両内部に侵入した。

121. 3人の警察官は避難区域の北東端に到着すると、最初の警察車両のドライブレコーダー映像を確認した。そこには、白煙が映っていた。直近で白い雲の中を走行した3人の警察官は、目のかゆみと喉の痛みを訴えた。彼らは直ちに、自分たちもアルケマ施設から流出した化学物質に曝露したと考えた。さらに、彼らの位置から高速道路90号線の上空にアルケマ施設から発生した黒煙が見えた（図38）。黒煙と体調の異変に、付近の道路の浸水状況と警察官たちの迅速な医療処置を求める気持ちが重なり、警察官たちは指揮所と浸水していない病院へ向かって高速道路90号線を西へ走行した。合計5人の警察官が4台の警察車両で高速道路90号線を走行した。避難区域の南端に到達した警察官たちは、電話で医療支援を要請した。

図38：警察車両のドライブレコーダー映像に映る黒煙。黄色の円で囲まれた部分は、2017年8月31日午前1時30分頃、アルケマ・クロスビー施設から発生した黒煙を示している。この画像が記録されたとき、警察車両はアルケマ・クロスビー施設の北東約2.5マイル地点、シェイディレーン近くの高速道路90号線上に駐車していた。（出典：テキサス州ハリス郡、CSBによる編集画像）

122. 警察車両が高速道路90号線を西に走ると、警察官たちは再びアルケマ施設から発生した雲に曝露した。5人の警察官の健康状態は悪化し始め、避難区域の南端に到着する頃には、吐き気と激しい頭痛に襲われた。他の緊急対応要員が、曝露を訴える警察官に除染処置を施し、露出した皮膚を水で洗い流した。

123. 前線指揮所に到着した警察官たちは、そこにいた緊急対応要員に自らの曝露経験を報告した。その結果、当局は高速道路90号線の通行を封鎖した。それ以降、高速道路90号線は、9月4日に警報解除が出るまで通行止めとなった。

124. 救急医療技術者（EMT：emergency medical technician）が警察官の支援のために出動した。EMTが現場に向かう途中、彼らの車両も雲の中を通過した。EMTが現場に到着した時点で、すでに多くの警察官が曝露症状を訴えており、嘔吐する者もいた。到着直後、EMTのうち3人も曝露症状を訴えた。最終的に、21人の緊急対応要員が、アルケマ・クロスビー施設から発

生した煙への曝露に関する医療評価を受けるために病院へ搬送された。

125. 午前2時頃、火曜日の朝に傾いた冷蔵トレーラー内の有機過酸化物製品に分解が生じて燃え出し、冷蔵トレーラーが炎上した。図39は、燃えたトレーラーの翌朝の様子である。図には、低温倉庫7の外にあった2台の冷蔵トレーラーも写っている。これら2台の冷蔵トレーラーは、次に分解が生じ、燃え出すだろうと統合司令部が予想したものである。

図39：アルケマ・クロスビー施設で最初に燃焼した冷蔵トレーラー。この画像は、最初に燃焼した冷蔵トレーラーが建物21の外で燻っている様子を示している [37]。

126. 午後、EPAはクロスビー施設の上空を飛行し、大気モニタリングを実施した。モニタリングの結果、夜間に燃えた冷蔵トレーラーのすぐ風下で、低濃度の過酸化物が検出された。ただし、この飛行調査は高い高度で実施されたため、必ずしも地上の状況を反映したものではないことに留意されたい。

127. 午後4時55分、アルケマはクロスビー施設の状況について声明を発表した [38]。声明の一部は以下の通りである。

> 現在、工場には記録上最大の6フィート（約1.8メートル）の浸水が発生している。主電源と2つの非常用バックアップ電源を失った。その結果、敷地内の化学物質に対する重要な冷却機能が失われ、貯蔵されている物質が爆発し、激しい火災を引き起こす可能性がある。この高水位と電力喪失のため、我々にはこれを防ぐ手立てがない [38]。

3.9. 2017年9月1日（金）

128. アルケマは地域住民向けに記者会見を開いて最新情報を提供し、ハリス郡公害管理局は以下の声明を発表した。

> 曝露リスクを低減するため、住民は屋内に留まり、すべての窓とドアを閉め、エアコンを停止して外気の取り込みを遮断すること。どうしても外出が避けられない場合は、煙の流れを避けて移動し、屋外での活動（仕事、運動、遊び）を最小限にすること [39]。

129. 日中、ハリス郡のヘリコプターがアルケマ・クロスビー施設の状況調査を行った。ヘリコプターは、冷蔵トレーラーの上空を飛行し、燃焼の兆候を確認するとともに、クロスビー施設のリスク管理計画におけるワーストケースシナリオ評価の要因である、イソブチレンおよび

二酸化硫黄の原料タンク[a]の調査を行った。午前10時の時点で施設の状況は落ち着いており、有機過酸化物を積載した残りの冷蔵トレーラー8台には燃焼の兆候は見られなかった。

130. 午後5時頃、さらに2台の冷蔵トレーラーが発火し、火災が発生した。この時点で、8月28日（月）の洪水のために高台に移動できなかった3台の冷蔵トレーラーはすべて焼失した。一方、残り6台の有機過酸化物を積載した冷蔵トレーラーはレイダウンエリア（高台）にあり、燃焼していなかった。図40は、燃焼中の2台の冷蔵トレーラーから発生する煙の様子を示し、図41は、焼失した2台の冷蔵トレーラーの残骸を示している。

図40：燃えている2台目と3台目の冷蔵トレーラー。2017年9月1日にアルケマ・クロスビー施設で燃焼している2台の冷蔵トレーラーから火と煙が見える [40]。

図41：有機過酸化物製品を保管する2台のトレーラーを焼失させた2度目の火災の残骸。2回目の火災で、有機過酸化物製品を保管する冷蔵トレーラー2台が焼失した後の画像。（出典：CSBの写真）

[a] これらのタンクに関する追加情報は、セクション11.1および11.2を参照のこと。

3.10. 2017年9月2日（土）

131. 2017年9月2日（土）の時点で、冷蔵された有機過酸化物を積載したトレーラーは6台のみが残っていた（図42）。これらの6台の冷蔵トレーラーは、冷却装置が稼働している可能性は高かったが、分解と燃焼が発生するまでにどれくらい持つのかは不確かであった。

図42：最後に残った6台の冷蔵有機過酸化物トレーラーの位置 [41]。（出典：CSBによる編集写真）

132. 午後1時20分頃、統合司令部は、施設上空の再偵察飛行を実施した。この飛行調査により、少なくとも1台の冷蔵トレーラーが冷却能力を失っていることが判明した。また、残るトレーラーの周囲には分解した物質や煙が確認されたが、火災は発生していなかった。赤外線カメラの画像によると、冷蔵トレーラーの少なくとも1台から漏れ出している物質は高温であった。この物質を特定するためにアルケマの担当者に問い合わせたところ、正確な組成を特定することはできなかったが、漏出物は有機過酸化物の分解による副生成物である可能性が高いと推測された。

133. 避難が続く中、避難区域に入ることができない住民からは、自宅の確認や所持品の回収ができないことへの心配の声が上がり始めた。住民たちは避難解除とクロスビー施設の状況改善を求め、当局に対して圧力をかけるようになった。これを受けて、避難の終結を促進するため、統合司令部は午後6時頃、地域対応チームと会合を開き、残る6台の冷蔵トレーラーの管理燃焼の実施可能性について議論した。関係者は管理燃焼の計画を策定し、最終承認を得るためにアルケマへ提案を行った。午後7時までに、アルケマを含む統合司令部内のすべての関係者がこの計画を承認した。

134. 管理燃焼を実施するにあたり懸念されたのは、レイダウンエリア内の最も近い冷蔵トレーラーから約40ヤード（約36.6メートル）の距離に位置するイソブチレン貯蔵タンクの安全性であった（図43）。この懸念は、6台の冷蔵トレーラーの管理燃焼によりイソブチレン貯蔵タンクが加熱され、場合によっては化学物質の放出や爆発を引き起こす可能性があることから生じていた。緊急対応要員は、タンクとの距離が十分に確保されていること、ならびにタンクの換気が適切であることから、大きな事故にはつながらないと判断した。しかし、実際の管理燃焼の計画では、5台の冷蔵トレーラーを先に燃焼させ、最後の1台がイソブチレン貯蔵タンクの熱遮蔽として機能するように燃焼させることで、安全性を確保する方針がとられた。

この最後のトレーラーは、他の5台の燃焼が完了した後に、単独で燃焼させる計画となった。

図43：アルケマ・クロスビー施設のイソブチレン貯蔵タンク。イソブチレン貯蔵タンクは、レイダウンエリア内で6台の冷蔵トレーラーの管理燃焼が実施される場所から約40ヤードの距離にあり、安全性への懸念があった。（出典：CSBの写真）

3.11. 2017年9月3日（日）

135. 統合司令部は日曜日に再び施設上空の偵察飛行を実施し、冷蔵トレーラーからさらなる物質の漏出を確認した。これは、冷蔵トレーラー内で依然として何らかの化学反応が進行中であることを示していた。この情報を踏まえ、緊急対応要員は、冷蔵トレーラーに近づいたり、内部の物質を取り扱ったりするのは危険と判断した。

136. 統合司令部は午前10時頃に再招集され、今後の対応について協議を行った。緊急対応要員は、冷蔵トレーラー内で断続的に進行している分解反応と、次に発生しうる事象に関する情報が不足していることを懸念していた。また、すべての有機過酸化物製品の燃焼スケジュールが明確になっていないことも懸念事項となった。一方、避難住民は自宅に戻ることを切望していた。このような状況の下、管理燃焼を実施することが迅速かつ確実に事故を収束させる妥当な方法であると判断され、前夜に策定された管理燃焼計画を進めることが決定された。

137. アルケマは、タンクの位置によるハザードと放出のリスクの評価に役立てるため、二酸化硫黄およびイソブチレンの貯蔵タンクに関する情報を統合司令部に提供した。この情報をもとに、統合司令部は、管理燃焼中に二酸化硫黄タンクやイソブチレンタンクから物質が放出される可能性は低いと判断した。

138. 午後12時45分、管理燃焼計画について、突入班に対するブリーフィングが実施された。管理燃焼の実施前に、まず分解した有機過酸化物がイソブチレンタンク付近に漏れていないことを確認するため、一つの突入班がタンク周辺の目視偵察を行う。このような漏出がある場合、トレーラー燃焼時に着火し、イソブチレンタンクへの接炎の危険性があるためである。タンク付近で漏出物が確認された場合、計画を見直し、管理燃焼を実施する前にタンクの排出方法を検討することとし、タンク付近に漏出物が確認されなかった場合は、計画通りに管理燃焼を開始することとされた。

139. 目視偵察チームは、管理燃焼の実施は安全であると判断した。管理燃焼のため、ハリス郡の緊急対応要員は、レイダウンエリアにある6台の冷蔵トレーラーそれぞれに、遠隔操作可能な発火装置を設置した。また、突入班メンバー全員は、冷蔵トレーラーから漏出する未知の分解生成物による健康リスクに備え、自給式呼吸器を装着した。

140. 午後3時40分頃、緊急対応要員は有機過酸化物を積載した残る6台の冷蔵トレーラーの管理燃焼を開始した。ハリス郡消防署長事務所は、間もなく実施される管理燃焼に関して市民に警告する公式声明を発表した [42]。

141. 午後9時頃、避難区域内で追加の大気モニタリングが実施されたが、いずれの測定値も基準値を超えるものはなかった。この結果を受け、緊急対応チームは、地域社会に対する健康リスクがもはや存在しないと判断し、アルケマ・クロスビー施設の人員体制が整い次第、避難区域の解除が可能とされた。

3.12. 2017年9月4日（月）

142. 午前1時頃、統合司令部は避難区域の解除を承認し、住民の帰宅を許可した。

4. 洪水に関する情報

143. アルケマ・クロスビー施設は、テキサス州ハリス郡に位置している。ハリス郡洪水管理地区[a]によると、洪水はこの地域における自然災害の主要な懸念事項である。その要因として、平坦な地形、水を吸収しにくい粘土質の土壌、年間平均降水量48インチ（約122cm）などが挙げられる [43]。

144. 米国海洋大気庁（NOAA：National Oceanic and Atmospheric Administration）は、「高潮は常に潜在的な脅威ではあるものの、過去30年間でより多くの人々が命を落としたのは内陸部での洪水によってである」として、ハリケーンによる内陸部での洪水を「しばしば最も致命的な」影響をもたらすと指摘している [44]。また、NOAAは、総降雨量が特に多くなるケースとして、勢力の弱い嵐が移動速度を落とす、または特定の地域で停滞する状況を挙げている [44]。熱帯暴風雨は激しい降雨を伴うことがあるため、ハリケーンは沿岸から数百マイル離れた内陸部にも重大な影響を及ぼす可能性がある [44]。そのため、NOAAは、沿岸部の洪水リスクがある地域の住民や事業者に対し、「ハリケーン」と聞いたら内陸部の「洪水」を思い浮かべるよう提言している [44]。

145. ハリケーン・ハービーは、1961年以降でテキサス州を襲った最も強力なハリケーンであり、米国に上陸したカテゴリー4のハリケーンとしては2004年以降で初めてのものであった [45]。ハリス郡洪水管理地区の報告によると、ハリケーン・ハービーによる4日間にわたる降雨の影響で、約1兆ガロン（約3.8兆リットル）の雨水がハリス郡に降り注いだ [46]。この雨量は、ハリス郡全域（1,800平方マイル≒4,662平方キロメートル）を33インチ（約84cm）の水で覆うことができる規模であった [46]。この暴風雨によって、13万6千以上の建造物が浸水被害を受けた [46]。

146. ハリス郡洪水管理地区は洪水警報システムを運用しており、センサーが備え付けられた154カ所の観測ステーションを設置し、降雨量と水位のデータを送信している [47]（図44）。この観測システムは、1983年に13基の測定器で始まり、その後拡張されて現在の154基に至っている [47]。

[a] テキサス州議会は、1929年および1935年の壊滅的な洪水を受け、1937年にハリス郡洪水管理地区を設立した [127]。同洪水管理地区の使命は、「地域社会および自然環境の価値を適切に考慮しながら、洪水被害を軽減するプロジェクトを提供すること [127]」である。

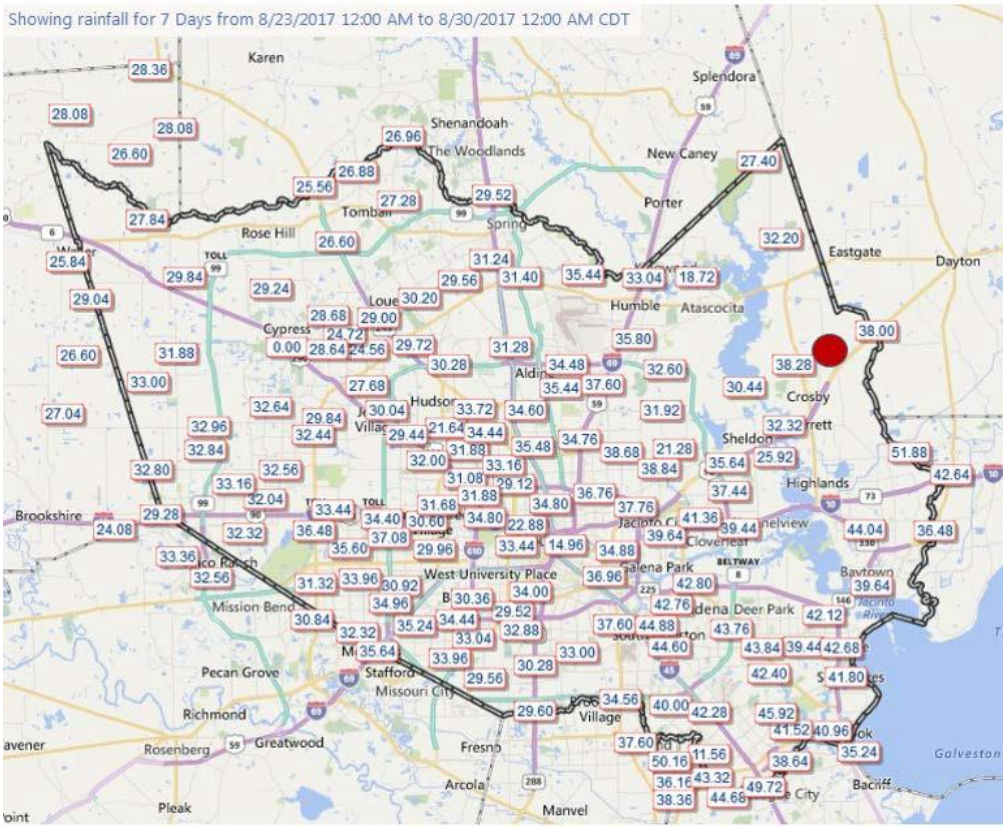


図44：ハリス郡洪水管理地区の観測ステーションマップ。このマップは、ハリケーン・ハービーによる7日間の累積降雨量（単位：インチ）を示している [48]。赤い丸は、アルケマ・クロスビー施設のおおよその位置を示している。（出典：CSBによる編集画像）

147. ハリス郡にはガルベストン湾に注ぐ22の流域[a] がある [49][b]。アルケマ・クロスビー施設は、そのうちのシーダーバイユー流域に位置している（図45）。このシーダーバイユー流域には約37,000人が住んでおり、流域面積は202平方マイル（約523平方キロメートル）で、流域内には128マイル（約206キロメートル）にわたる開水路が含まれている [50]。シーダーバイユーの本流は約40マイル（約64キロメートル）の長さがあり、南へ流れ、最終的にガルベストン湾へと注いでいる [50]。

[a] 流域（watershed）とは、河川や小川などの共通の水路へと水が流れ込む地理的領域である。ハリス郡には22の主要な流域がある [139]。

[b] 詳細は、洪水保険調査『Flood Insurance Study: Harris County, Texas and Incorporated Areas:Volume 1 of 12』（2017年1月6日） [49] の21ページにあるハリス郡の流域の項を参照のこと。洪水保険調査の第1巻（番号48201CV001E）を閲覧するには、FEMAの洪水地図サービスセンターのウェブサイトにアクセスし、アルケマ・クロスビー施設の住所（18000 Crosby Eastgate Rd., 77532）を入力してから、「Show all products for this area」をクリックする。続いて、「Effective Products」フォルダを選択し、「FIS Reports」をクリックしてから、「Product ID」列に地図「48201CV001E」が表示されるまでページを下にスクロールする。

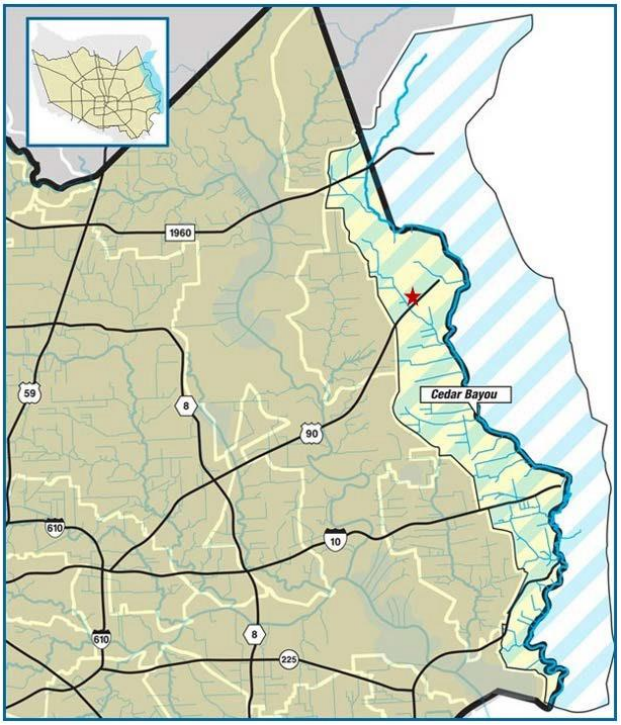


図45：テキサス州ハリス郡のシーダーバイユー流域の地図。右側の白と青の縞模様部分がシーダーバイユー流域である。赤い星印はアルケマ・クロスビー施設のおおよその位置を示す [50]。（出典：CSBによる編集画像）

148. 連邦議会は、1968年に国家洪水保険プログラムを設立し［51, p. 1］、その後、1970年代後半には連邦保険局が洪水保険調査を担当するようになった [52, p. 1][a]。現在、このプログラムは連邦緊急事態管理庁（FEMA）が運営している [51, p. 2]。その進展の一環として、洪水保険調査（FIS：Flood Insurance Studies）グループは、洪水保険や氾濫原開発規制の基礎となる地図や報告書の提供を開始した [52, p. 2]。これらの地図には、洪水保険料率地図（FIRM：Flood Insurance Rate Map）が含まれる［52, p. 3］。FIRMは、以下のような作業に使用される。

- 不動産が氾濫原にあるかどうかを判断する。
- 不動産の洪水保険区域を示す。
- 不動産のおおよその基準洪水標高を設定する [52, p. 13][b] [c]。

149. シーダーバイユー流域には、過去に洪水が発生した記録がある [50]。図46は、アルケマ・クロスビー施設が氾濫原内に位置していることを示している[d]。アルケマ・クロスビー施設の北

[a] 1954年、テネシー川流域開発公社（TVA：Tennessee Valley Authority）は、地域の洪水ハザード情報を提供する最初の連邦機関となった [52, p. 1]。

[b] 1989年以降、洪水保険料率地図（FIRM）には、氾濫原がどのように洪水流域と洪水外縁部に区分されているか、どのような点において河川が詳細に調査されているかなどを示す情報等が追加された。『Utilizing Information from Flood Hazard Studies』の6-15および6-16ページを参照のこと [52]。

[c] 基準洪水標高（BFE：Base Flood Elevation）は、特定の地域で任意の年に1%以上の確率で発生する洪水の水位を指す。BFEは、基準洪水または100年洪水とも呼ばれる [61, p. 1]。

[d] 氾濫原（floodplain）とは、河川や小川に隣接し、自然に洪水が発生しやすい地域である [128]。「湿地帯の流れの緩やかな川（バイユー）や小川は、時折、大雨によって自然に水位が上昇し、堤防を超えて隣接する土地を浸水させることがある。こうした浸水区域が氾濫原と呼ばれる [139]。」（ハイパーリンクを追加。）「これは、一連のパラメータ（想定された時間にわたって流域で発生する仮想の降雨など）に基づいて、バイユーや小川から洪水が発生する可能性のある地域を予測してマッピングした氾濫原に過ぎない。実際の降雨時には、自然条件によって想定以上の降水や流出が発生し、FEMAの洪水保険料率地図（FIRM）で示されるよりも洪水標高が深く、範囲が広がる可能性がある [127]。」（ハイパーリンクを追加。）

および東にはシーダーバイユーと名称不明の支流が流れ、西側にはアドロング水路（Adlong Ditch）がある。アドロング水路はアルケマ施設から南東へ約3マイル（約4.8km）流れ、シーダーバイユーと合流する。アルケマ・クロスビー施設での洪水の発生は、当該地域の降雨量と、アドロング水路およびシーダーバイユーがその降水をガルベストン湾へ排水する能力などの複数の要因に依存している[a]。

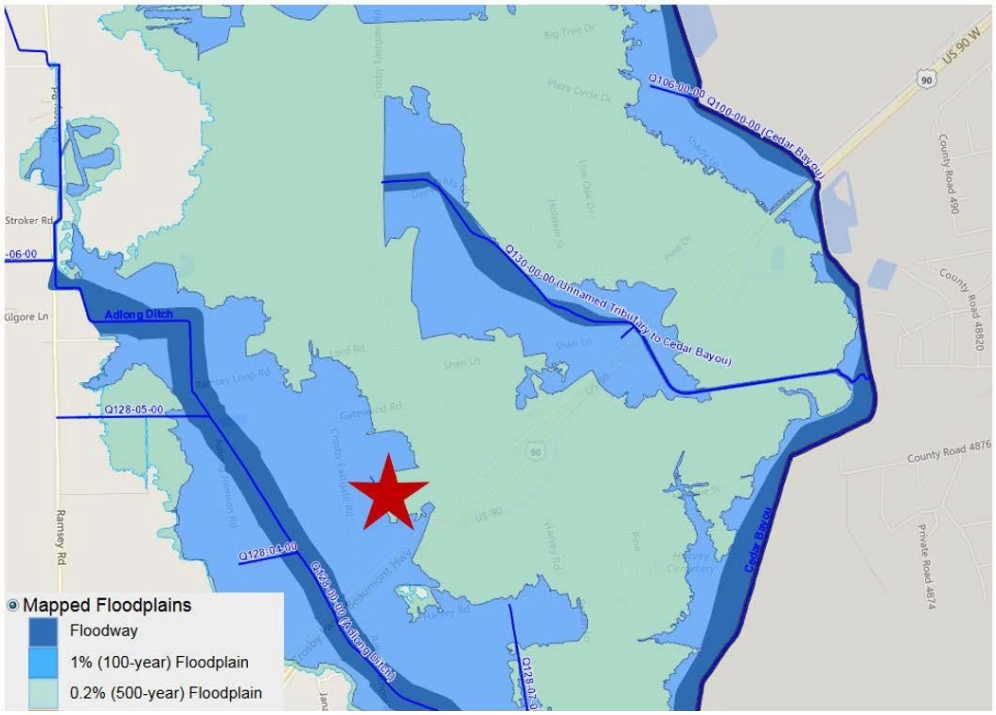


図46：アルケマ・クロスビー施設付近のおおよその氾濫原マップ。赤い星印で示されたアルケマ・クロスビー施設は、アドロング水路（Adlong Ditch）とシーダーバイユー（Cedar Bayou）の支流（名称不明）の洪水流域[b] 間に位置している。また、この施設は100年氾濫原[c] および500年氾濫原[d] の両方の中にある [53]。（出典：CSBによる編集画像）

150. ハリス郡洪水管理地区の観測ステーション1740（図47）は、アルケマ・クロスビー施設の北東約3マイル（約4.8km）の位置にあり、シーダーバイユーが高速道路90号線の下を通る地点に設置されている（図48）。

[a] USGSは、100年洪水の決定方法や、年間超過確率（AEP：Annual Exceedance Probability）が1%と言ったときの（つまり100年洪水の）精度について等の追加的な洪水情報を提供している [216]。

[b] 洪水流域（floodway）は、100年洪水に備えて 侵入堆積が生じないように確保すべき区域[128]であり、侵入堆積（encroachment）とは、水の流れを妨げるような氾濫原の開発のことをいう [129]。

[c] 「1%（100年）氾濫原は、連邦緊急事態管理庁（FEMA）の洪水保険料率地図（FIRMまたは氾濫原地図）において「特別洪水危険区域」とも呼ばれるが、これは1%（100年）洪水時にバイユーや小川などの水路が溢れ出すことによる洪水の危険性がある地域である。1%（100年）氾濫原に位置する構造物は、1年間に最低でも1%の確率で洪水に見舞われる可能性がある。統計的には、1%（100年）氾濫原に位置する構造物は、多くの住宅ローンの期間である30年間に、最低でも26%の確率で洪水に見舞われる。また、構造物が高架でないと仮定した場合、バイユーや小川に近づくほど洪水リスクは高くなる。地図上に示された1%（100年）氾濫原は、市または郡によって土地開発が規制されている地域である [139]。」(ハイパーリンクを追加。）

[d] 「0.2%（500年）氾濫原とは、0.2%（500年）洪水時にバイユーや小川などの水路が溢れることにより洪水が発生する危険のある区域である。0.2%（500年）氾濫原に位置する構造物は、1年間に最低でも0.2%の確率で洪水に見舞われる可能性がある。統計的には、0.2%（500年）氾濫原に位置する構造物は、多くの住宅ローンの期間である30年間に、最低でも6%の確率で洪水に見舞われる。また、構造物が高架でないと仮定した場合、バイユーや小川に近ければ近いほど洪水リスクは高くなる［139］。」(ハイパーリンクを追加。）

図47：観測ステーション1740。この観測ステーションは、バブラーシステムを使用し、シーダーバイユーが高速道路90号線と交差する地点（アルケマ・クロスビー施設の北東約3マイル）の水位を測定する[a]。（出典：CSB写真）

[a] 「バブラーは、ハリス郡全域の観測ステーションで使用されている3種類のリアルタイム水位測定装置の一つである。バブラーシステムは水中に設置され、オリフィスラインと呼ばれる開口部のあるチューブを使用する。このチューブは、観測ステーションの送信機から、装置の水中部分にあるチューブ開口部まで伸びており、圧力を測定することにより水位を決定する。チューブ内に一定量の空気を流し、管内の空気の内圧と管外の水の外圧の差を測定することにより水位を算出する [139]。」 (ハイパーリンクを追加。)

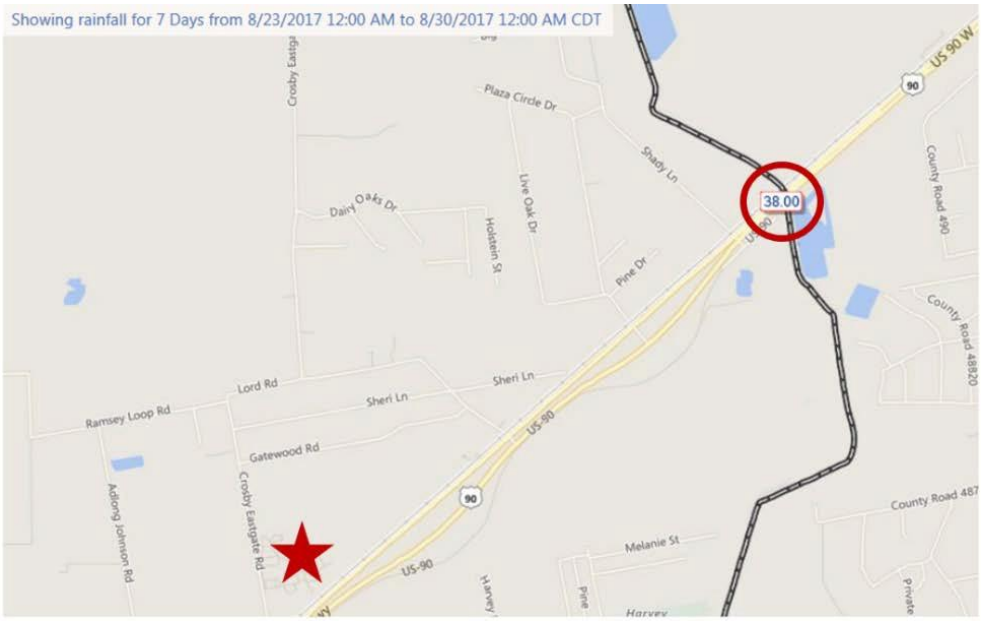


図48：アルケマ・クロスビー施設とシーダーバイユー観測ステーション1740。この地図は、アルケマ・クロスビー施設（赤い星印）と最寄りのシーダーバイユー測候ステーション（赤い丸印）の近接を示している。観測ステーション1740は、クロスビー施設の約3マイル北東にある [48]。（出典：CSBによる編集画像）

151. ハリケーン・ハービーの際、観測ステーション1740は総降水量38インチ（約96.5cm）を記録し（図49）、その結果、シーダーバイユーの水位は約59フィート（約18メートル）となり（図50）、1984年の観測ステーション設置以来、最高水位を記録した [29][a]。この降雨は、ヒューストン地域の年間平均降水量の約80%が、わずか数日間で降り注いだことに相当する [54]。2017年8月27日、この観測ステーションは約21.5インチ（約54.6cm）の降雨を記録し、ハリス郡の12時間および24時間の500年確率降雨量を2インチ以上も上回った[b]。

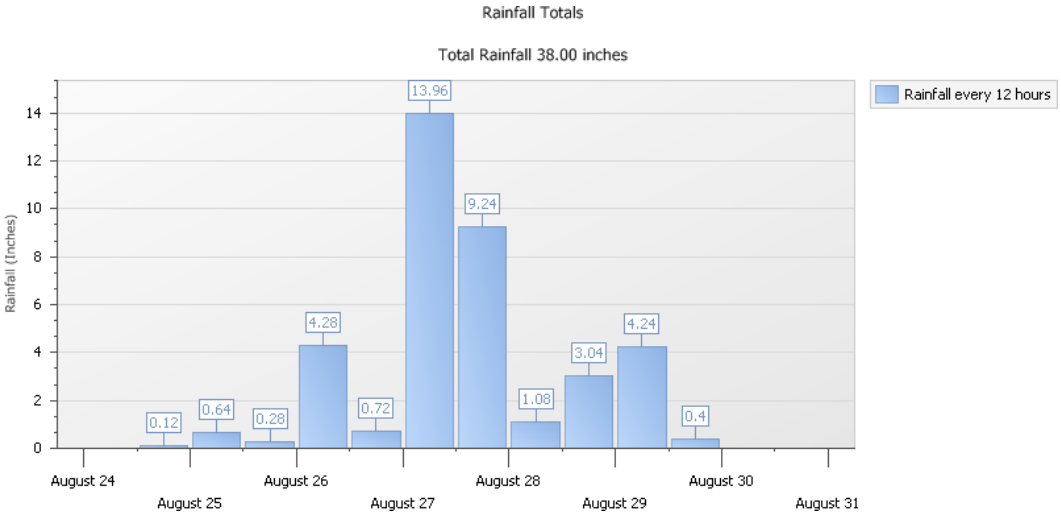


図49：ハリケーン・ハービー時の総雨量。シーダーバイユー観測ステーション1740は、ハリケーン・ハービーによる降雨量を記録した [29]。2017年8月27日午前中には、12時間最大降雨量約14インチを観測した [29]。

[a] 観測ステーション1740の「Stream Elevation」タブをクリックすると、過去の暴風雨による水位データが閲覧可能[29]。

[b] ハリス郡では、0.2%（500年確率）降雨量は24時間で約19インチ（約48.3cm）である。1%（100年確率）降雨量は、24時間で13インチ強、12時間で約11インチ弱である [217]。アルケマ・クロスビー施設（ハリス郡シーダーバイユー流域）における500年確率降雨量は、24時間で19.3インチ、2日で20.7インチ、4日で22.3インチである [49, p. 33]。図49に示すように、ハリケーンハービーの降雨量は、これらの500年確率降雨量の水準基標をすべて上回った。

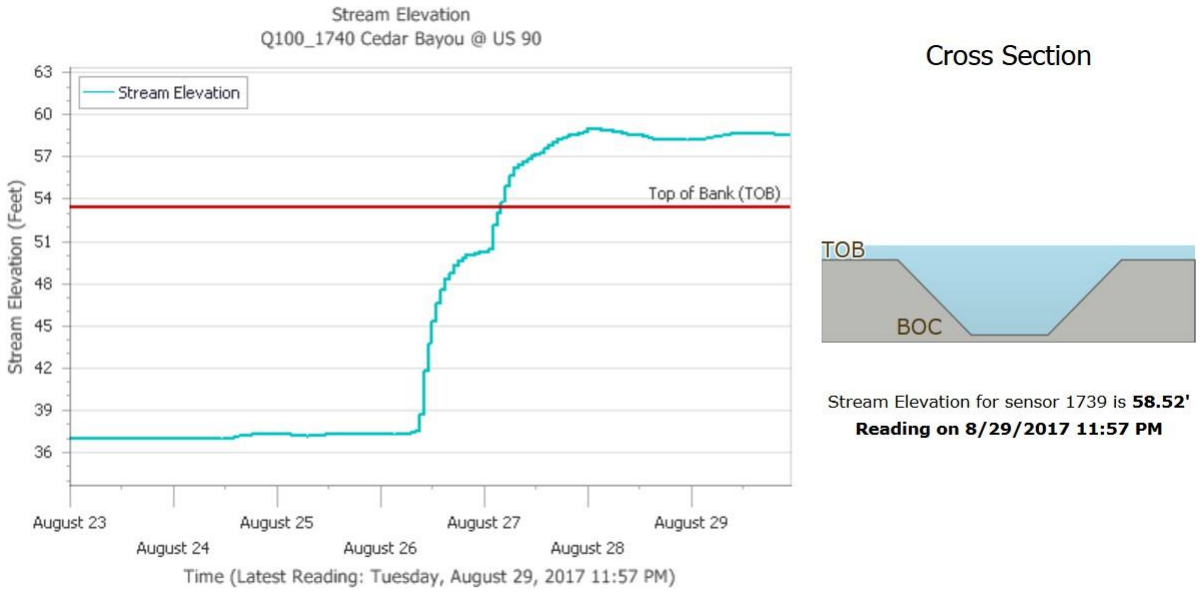


図50：観測ステーション1740の河川水位データ。このグラフは、ハリケーン・ハービーによるシーダーバイユーの水位変化を示している [29]。2017年8月28日午前1時33分頃に記録された最高水位は、約59フィートであった [29][a]。

152. シーダーバイユーの水位が59フィートに達したことは、0.2%確率の洪水（500年洪水）で予測されていた約57フィートという水位を超えていたことになる（表3）[29][b]。その結果、ハリケーン・ハービー後にアルケマ・クロスビー施設で発生した洪水は、500年洪水の想定水位を上回った。クロスビー施設が位置する氾濫原を考慮すると、この規模の洪水が50年間に発生する可能性は約10%である [55]。

表3：洪水発生確率ごとの予測水位。これらの洪水発生確率ごとの水位予測値は、シーダーバイユー（観測ステーション1740）における推定データである [29]。

Flood Frequency	Elevation
10% (10-year)	52.60'
2% (50-year)	54.30'
1% (100-year)	54.90'
.2% (500-year)	56.80'

153. ハリス郡洪水管理地区は、各観測ステーションの測定値履歴を保持している。ハリケーン・ハービー以前におけるシーダーバイユー（観測ステーション1740）の最高水位は、1994年に記録された約56フィートであった（表4） [29]。

[a] 高速道路90号線付近のシーダーバイユー（観測ステーション1740）において、堤防頂部（TOB：Top of Bank）は53.4フィート、水路底（BOC：Bottom of Channel）は36.09フィートである [29]。「Stream Elevation」タブをクリックすると、観測ステーション1740の過去の情報を閲覧可能 [29]。

[b] 観測ステーション1740の「Stream Elevation」タブをクリックすると、過去の河川水位データが表示される [29]。

表4：過去の暴風雨時の水位データ。これらはシーダーバイユー（観測ステーション1740）における過去の水位を示している [29]。なお、ハリス郡洪水管理地区のウェブサイトには明記されていないが、1994年の洪水はハリケーン・ローザによるものである可能性が高い。

Historical Storm

Date	Event	Elevation
10/18/1994		56.08'
5/20/2000		50.08'
9/13/2008	Ike	53.70'
10/31/2015		55.10'
6/4/2016		50.40'
8/27/2017	Harvey	59.00'
High water mark elevations are approximate.		

4.1. アルケマ・クロスビー施設における洪水保険料率地図（FIRM）の歴史

154. アルケマ・クロスビー施設の現在および過去2回の洪水保険料率地図（FIRM: Flood Insurance Rate Map）は、FEMAの洪水地図サービスセンターのウェブサイトから閲覧可能である。これらの地図では、クロスビー施設の洪水リスクが時間の経過とともに高まっていることが示されている。閲覧可能な版の洪水保険料率地図における主な特徴は以下のとおりである。

- 1985年9月：この版では、クロスビー施設の大部分が「ゾーンC：最小浸水区域」に指定されていた [56][a]。
- 1996年11月：この版では、クロスビー施設の大部分が「その他の地域（ゾーンX）：500年氾濫原外とされた地域」に位置するとされていた [57][b]。また、施設の南西隅にあるごく一部が「ゾーンA：100年洪水で浸水する特別洪水危険区域」に分類されたが、基準洪水標高は設定されていなかった [57]。
- 2007年6月：この現行版では、クロスビー施設全体が100年氾濫原または500年氾濫原に含まれるとされている [58][c]。

155. これらの地図の改訂の中でも、2007年6月の更新は、アルケマ・クロスビー施設全体が氾濫原に含まれることが明確になった点で特に重要である（図51）。施設の一部は100年氾濫原に、残りの部分は500年氾濫原にある。

[a] 1985年9月27日の洪水保険料率地図（番号4802870240D）を閲覧するには、FEMAの洪水地図サービスセンターのウェブサイトにアクセスし、アルケマ・クロスビー施設の住所（18000 Crosby Eastgate Rd., 77532）を入力してから、「Show all products for this area」をクリックする。続いて、「Historic Products」フォルダ、「FIRM Panels」の順にクリックしてから、「Product ID」列に地図「4802870240D」が表示されるまでページを下にスクロールする。

[b] 1996年11月6日の洪水保険料率地図（番号48201C0535J）を閲覧するには、FEMAの洪水地図サービスセンターのウェブサイトにアクセスし、アルケマ・クロスビー施設の住所（18000 Crosby Eastgate Rd., 77532）を入力してから、「Show all products for this area」をクリックする。続いて、「Historic Products」フォルダ、「FIRM Panels」の順にクリックしてから、「Product ID」列に地図「48201C0535J」が表示される3ページに移動する。

[c] 2007年6月18日の洪水保険料率地図（番号48201C0535L）を閲覧するには、FEMAの洪水地図サービスセンターのウェブサイトにアクセスし、アルケマ・クロスビー施設の住所（18000 Crosby Eastgate Rd., 77532）を入力してから、2つの「地図画像」アイコンの一方をクリックして表示またはダウンロードする。

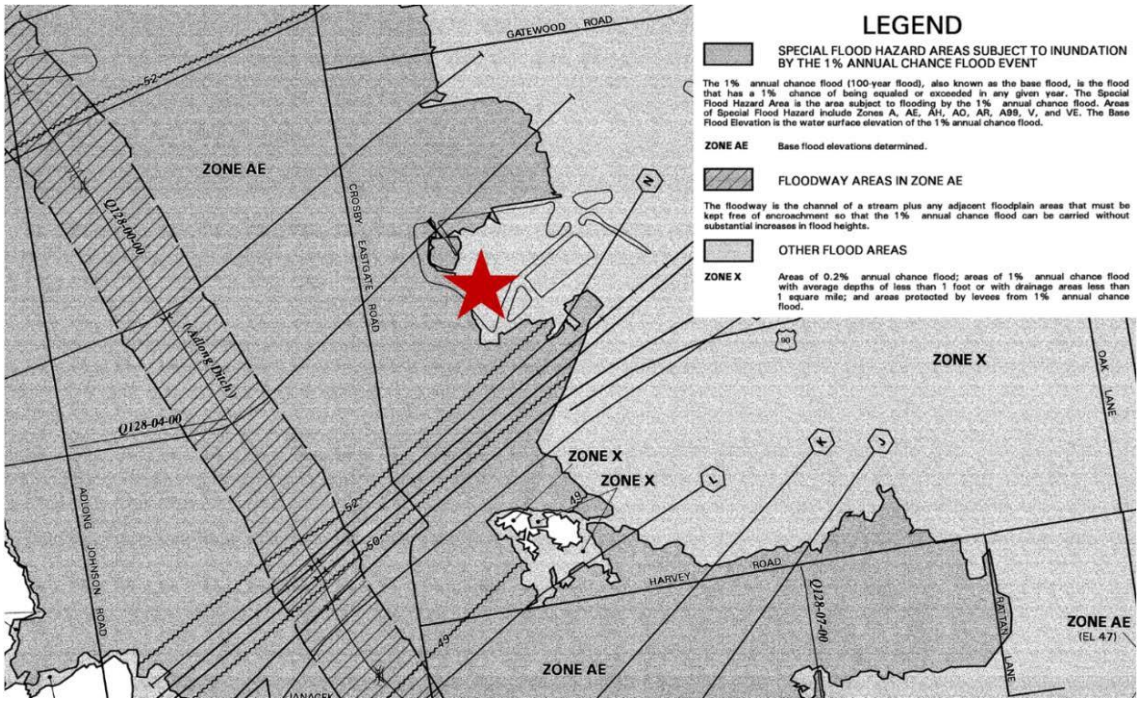


図51：2007年6月の洪水保険料率地図（FIRM）の抜粋。FIRMのこの部分は、アルケマ・クロスビー施設が100年氾濫原および500年氾濫原内に位置していることを示している [58]。（出典：CSBによる編集画像）

156. FEMAの洪水地図サイトでは、デジタル版の洪水地図画像も提供されている。図52は、アルケマ・クロスビー施設のデジタル洪水地図を示しており、この地図から、アルケマの電力供給設備と有機過酸化物の低温倉庫は100年氾濫原内にあることがわかる。

図52：100年氾濫原にあるアルケマ・クロスビー施設南部。このデジタル画像は、アルケマの電力供給設備および有機過酸化物の冷蔵施設がある南部の区域が、100年氾濫原に含まれることを示している。地図の青色部分は「ゾーンAE：100年氾濫原」を示している [58][a]。

[a] 2007年6月18日の洪水保険料率地図（番号48201C0535L）のデジタル版を入手するには、FEMAの洪水地図サービスセンターのウェブサイトにアクセスし、アルケマ・クロスビー施設の住所（18000 Crosby Eastgate Rd., 77532）を入力し、「View Web Map」アイコンをクリックする [58]。

157. さらに、アルケマの保険会社であるファクトリーミューチュアル保険会社（FM Global）が2016年9月に発行した報告書によると、アドロング水路はアルケマ・クロスビー施設に対する洪水リスク要因であると指摘されている。FM Globalの報告書では、施設の一部が100年氾濫原に、残りの部分が500年氾濫原に分類されていることが確認されている。

4.2. 洪水保険調査

158. FEMAは、洪水保険料率地図（FIRM）を提供するだけでなく、各地域に対して洪水保険調査を実施し、洪水標高の詳細地図である「洪水プロファイル」を含む報告書も提供している（図53） [59]。テキサス州ハリス郡の洪水保険調査には、アルケマ・クロスビー施設付近の河川であるシーダーバイユー、アドロング水路、および施設北東に位置する名称不明の支流に関する詳細な洪水標高地図が含まれている [59][a]。

[a] ハリス郡の洪水保険調査は全12巻から成るが、アルケマ・クロスビー施設の洪水リスクを理解する上で特に関連性が高いのは第1巻および第8巻である。FEMAの洪水地図サービスセンターのウェブサイト上では、第1巻の製品識別番号は48201CV001E、第8巻は48201CV008Dである[49]、[60]。これらの文書を閲覧するには、FEMAの洪水地図サービスセンターのウェブサイトに移動し、アルケマ・クロスビー施設の住所（18000 Crosby Eastgate Rd., 77532）を入力してから、「Show all products for this area」をクリックする。続いて、「Effective Products」フォルダを選択し、「FIS Reports」をクリックする [59]。

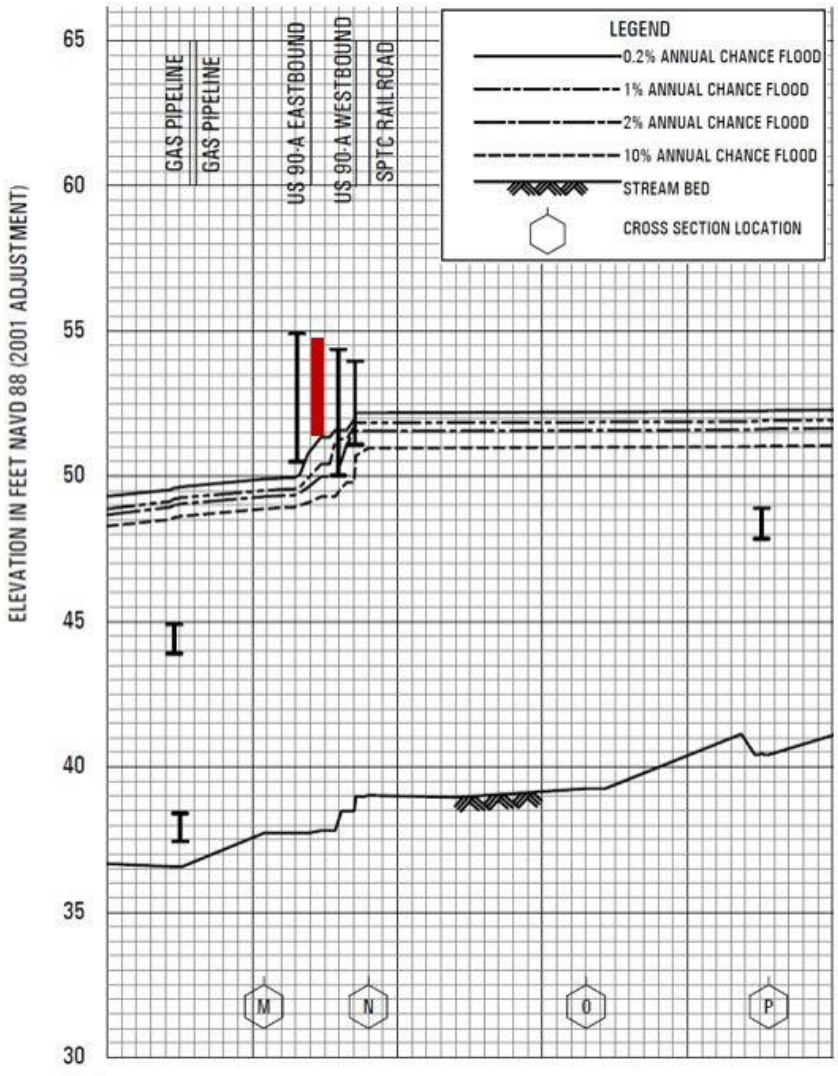


図53：アドロング水路の洪水プロファイルの抜粋。この図は、アドロング水路の洪水プロファイルの抜粋であり、アルケマ・クロスビー施設周辺の洪水確率ごとの予測水位を示している [60, p. 35]。赤い長方形はCSBによって追加されたもので、ハリケーン・ハービーによる洪水のおおよその水位が500年洪水標高を2フィート以上上回ったことを示している。100年洪水と500年洪水の水位差が1フィート未満であることを考慮すると、500年洪水標高を2フィート超過したことは極めて重要な事象である。（CSBによる編集画像）

4.3. 基準洪水標高

159. 図54に示されているとおり、洪水保険料率地図（FIRM）では、アルケマ・クロスビー施設における基準洪水標高（100年洪水標高に相当）は52フィートと定められている [58]。

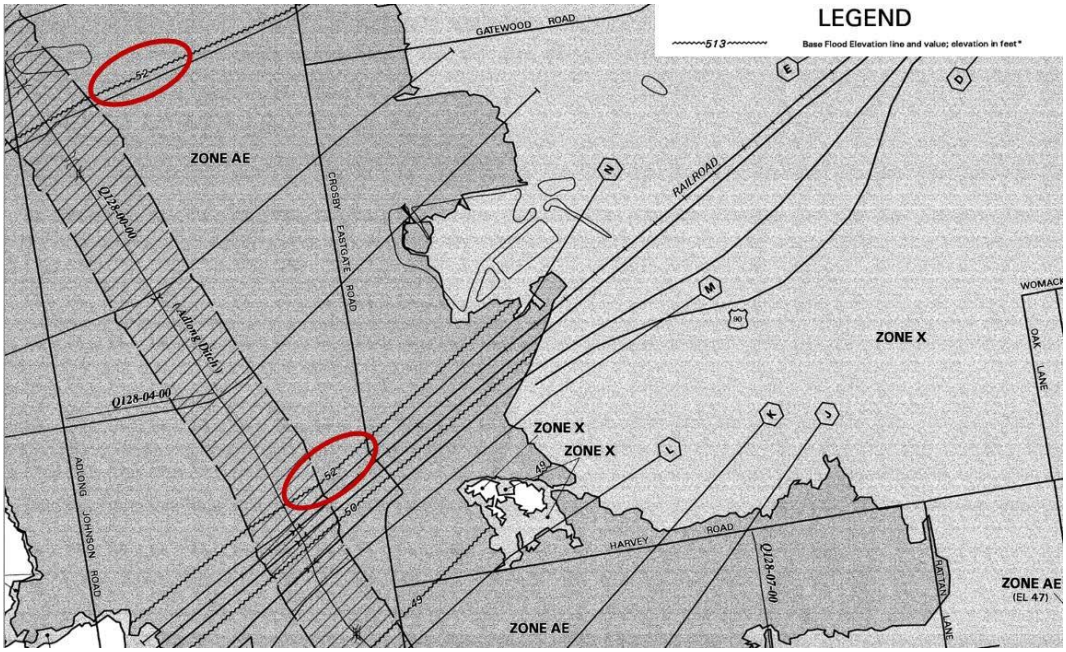


図54：アルケマ・クロスビー施設における基準洪水標高。洪水保険料率地図（FIRM）には、クロスビー施設の基準洪水標高が52フィートと示されている[58]。（CSBにより編集した地図）

160. 図55は、アルケマ・クロスビー施設内に複数ある標高測量標のうちの一つを示している。基準洪水標高は、この測量標の標高よりも6インチ高い位置にある。

図55：液体窒素貯蔵タンク付近の標高測量標。コンクリートブロック上に設置された金属プレートには、標高が51.5フィートであり、基準洪水標高よりも約6インチ低いことを示している。ハリケーン・ハービーの際の洪水標高は、この測量標の高さより3フィート以上高かった。（出典：CSBの写真）

161. FEMAによると、実際の洪水では基準洪水標高を超える洪水となる場合も多い。FEMAは、近

年のハリケーン（カトリーナ、アイク、サンディなど）において、地域によっては洪水標高が基準洪水標高を数フィート上回り、洪水の範囲も洪水保険料率地図（FIRM）に示された範囲を大幅に超えて広がったと警告している [61]。

4.4. 2016年の保険報告書が洪水リスクを特定・評価

162. FM Globalは、ロードアイランド州に本社を置き、世界中に拠点を持つ保険会社であり、大企業向けに損害防止保険を提供している。FM Global[a] のエンジニアは、顧客企業の施設を訪問する際に、洪水、強風、地震のハザードマップを確認し、自然災害による損失リスクを評価する [62, p. 21]。

163. ハリケーン・ハービーの1年前、FM Globalのエンジニアはアルケマ・クロスビー施設を訪問し、クロスビー工場の工場長と面談した上で、クロスビー施設は他の保険リスクに加えて洪水リスクの影響を受けやすいとの報告書を作成した[b]。2016年9月のFM Global報告書では、アドロング水路がアルケマ・クロスビー施設に対する洪水リスク要因であると明確に指摘されていた。また、同施設が100年氾濫原および500年氾濫原の両方に位置していることも確認された。さらに、FM Globalは100年洪水と500年洪水について物的損害と事業中断損失の見積もりを作成し、その結果、500年洪水が発生した場合、100年洪水と比較して、物的損害は5倍、事業中断損失は16倍に拡大する可能性があることを示した。

164. FM Globalによると、同社のエンジニアは毎年10万件以上の現地調査を実施し、700種類のデータを収集している [63]。FM Globalはこれらのデータを分析し、保険損失が発生する可能性の高い施設や、損失が顕在化しやすい要因を特定している [63]。また、FM Globalは顧客企業に報告書を提供し、リスク改善策の優先順位を決定するための支援を行っている [63]。FM Globalのリスク評価ツールの一つであるベンチマークツール「RiskMark」は、評価対象施設のリスク品質を100点満点のスコアで測定する [63]。RiskMarkのスコアが高いほどリスク品質が高いことを表し、リスク管理が適切に行われ、損失リスクが低い施設とされる [64]。RiskMarkには、自然ハザード（洪水など）を含む4つの構成要素が含まれている [62, p. 21]。FM Globalの報告によると、RiskMarkのスコアが最も低い施設は、RiskMarkスコアが高い施設に比べ、損失発生率が7倍高い [63]。さらに、FM Globalは、RiskMarkスコアが低い拠点は、RiskMarkスコアが高い拠点よりも損失が30倍深刻であると報告している。

165. 2016年のFM Globalの報告書はアルケマの経営陣にもRiskMarkスコアを提供した。クロスビー施設のスコアは、他のアルケマ施設や、FM Globalが保険を提供する他の危険物製造施設と比較して、下位25%グループ（最もリスクが高い）に位置していた。クロスビー施設は、洪水などの自然ハザードのスコアが低かった。FM Globalはアルケマ・クロスビー施設の洪水リスクを認識したが、FM Global報告書ではアルケマに対して洪水リスクを軽減するための具体的な推奨策を提案しなかった。さらに、アルケマが報告書を基に行った変更について、FM Globalは満足していたとされる。なお、FM Global報告書ではクロスビー施設の複数の問題点が指摘されており、施設側はその多くの問題に対応していた。

[a] FM Globalは、2017年より前まではアルケマ・クロスビー施設の保険会社であったが、アルケマは2017年に保険会社を変更したため、ハリケーン・ハービー発生時にはFM Globalは保険契約会社ではなかった。

[b] 2016年9月にFM Globalの担当者と面談した工場長は、2017年初頭にアルケマを退職していた。その後に暫定的な役割を担ったアルケマのマネージャーは、FM Globalの報告書を知らなかった。

5. アルケマ・クロスビー施設の洪水設計

166. CSBの調査によると、アルケマ・クロスビー施設には特定の洪水設計基準は存在しなかったが、同施設のハリケーン対策計画、緊急対応計画、プロセスハザード分析（PHA）、ワーストケースシナリオ、およびハリケーン・ハービーによる洪水に関してアルケマが発表した書面声明などを通じて、施設がどのように洪水の影響を認識していたかを把握できる。事故後のアルケマの声明で示された見解は、アルケマの従業員がCSBの調査官に対して述べた内容とも一致している。同施設は過去に洪水を経験しており、ハリケーン・ハービー以前に多くの従業員が施設内で確認した最大の水位は約2フィートであった。

5.1. ハリケーン対策計画

167. アルケマ・クロスビーのハリケーン対策計画では、洪水対策として以下の対策が記載されている。

- 可能な範囲で貯蔵タンクを満タンにし、浮きあがりを防ぐ。
- ゴミ収集コンテナを水で満たし、浮きあがりを防ぐ。
- 数フィートの浸水の中でも移動可能な、大型トラクター用タイヤを装備したオフロードフォークリフトを調達する [65]。
- 浅瀬でも航行可能な平底ボートを入手する [66]。
- 個人用保護雨具の一つとして、防水長靴を備蓄する。

5.2. 緊急対応計画

168. アルケマ・クロスビーの緊急対応計画には、以下を含めさまざまな緊急事態の可能性について記載されている。

- 有機過酸化物の分解
- 電力の喪失
- 洪水などの異常気象現象

169. 緊急対応計画の洪水および高水位に関するセクションでは、ハリケーン・ハービー時のような大規模な洪水は考慮されていない。アルケマはこの緊急計画を作成する際、明示されてはいないものの、より低い水位の洪水を前提としていた。緊急対応計画には以下のように記されている。

> 設備、作業場、制御室、事務所などに水が入らないよう注意を払うこと。激しい暴風雨の際は、これらのエリアを点検し、損害や人的被害を防止すること。必要に応じて、必須でない人員を退避させること。
>
> 大雨の際には、以下の項目を点検すること。
>
> - タンクのすべての二次防壁の水位を監視する。
> - 必要に応じて、雨水貯留ゲートを開放する。
> - 必要に応じて、すべての容器および設備を固定する。
> - 衛生用下水槽の水位を監視する。

170. 緊急対応計画では、事前の対策や異常気象時の作業員の安全確保に重点を置いている。しか

し、アルケマの緊急対応計画には、洪水が電力喪失を引き起こし、それに伴う冷却機能の喪失が有機過酸化物の分解を招く可能性は記載されていない。

5.3. 貯蔵施設の安全ガイドライン

171. アルケマ・クロスビー施設には、有機過酸化物の保管に関するガイダンス、制約、およびプロセス安全情報を提供するための方針が文書化されていた。この方針には、低温倉庫の電力が喪失した場合に有機過酸化物製品の冷却を行うために、オペレーターが取るべき行動等が詳細に記されていた。この方針は2016年に改定され、低温倉庫への電力供給が失われた際にバックアップ発電機が作動しなかった場合には、有機過酸化物製品を冷蔵トレーラーに移動するよう、作業員に指示した。液体窒素システムは、「他に代替手段がない場合」に使用することとされていた。ハリケーン・ハービーの際に試みられたように、500年洪水の水位の場合、冷蔵トレーラーに積載してレイダウンエリアに配置していれば、有機過酸化物製品の冷却が十分に維持され、分解事故を防げたかもしれない[a]。

5.4. プロセスハザード分析

172. アルケマがクロスビー施設の低温倉庫に対して実施したプロセスハザード分析（PHA）では、洪水リスクについての記録がなかった[b]。仮にアルケマのPHAが洪水リスクを評価していたとしても、当時の業界における洪水対策ガイダンスは限られており、ハリケーン・ハービーによる洪水のハザードに対して、具体的かつ十分に安全側の対策を講じるには不十分であった。しかしながら、洪水リスク評価がなかったにもかかわらず、クロスビー施設には、100年洪水に対しては低温倉庫の冷却能力を維持するための十分な安全対策が整っていたように見受けられる。

173. 低温倉庫のPHAが実施された当時のアルケマの全社PHA方針では、洪水が潜在的な起因事象の一つとして含まれていたが、クロスビー施設のPHAでは洪水リスクについての記録がなかった。一方で、低温倉庫を対象としたアルケマのPHAでは、低温倉庫内の温度上昇を引き起こす可能性のあるシナリオとして以下の3つが特定されていた。

- コンプレッサー故障による冷却機能の喪失
- 冷媒漏れによる冷却機能の喪失
- 電力の喪失

174. 電力喪失の可能性に対処するため、クロスビーのPHAチームは以下の安全対策を特定した。

- すべての低温保管施設に電力を供給する非常用発電機
- 代替冷却手段としての液体窒素供給
- 2時間ごとの手動温度チェック、および影響を受けた低温保管施設から、冷却機能を提供

---

[a] ハリケーン・ハービーの際、アドロング水路の水位は約54.5フィートに達した。レイダウンエリアの標高は52フィートであり、冷蔵トレーラーの燃料タンクは地上から3フィート5インチの高さにあった。もしすべての冷蔵トレーラーがレイダウンエリアに配置されており、作業員が現場に留まって監視できていた場合、冷却機能を失わずに済んだかもしれない。

[b] アルケマの低温倉庫に関するPHAは2013年11月に完了している。アルケマは、リスク評価およびリスク低減プログラムにおいて、「合理的に実行可能な限り低減（ALARP：As Low As Reasonably Practicable）」の原則を用いている。化学プロセス安全センター（CCPS）はALARPを、次のように定義している。「リスク低減の努力は、追加的な犠牲（コスト、時間、労力、またはその他の資源の消費）が、達成されるリスク低減の度合いに対して著しく不均衡になるまで続けられるべきという考え方である。「合理的に達成可能な限り低減（ALARA：As Low As Reasonably Achievable）」という用語も同義で使用されることが多い [178]。」

可能な別の倉庫または移動式の冷蔵トレーラーに有機過酸化物製品を移動する能力

175. PHAプロセスにおける安全対策の有効性の評価では、ハリケーン・ハービー級の洪水は想定していなかった。アルケマの企業方針も業界基準も、ハザードの起因事象に依存しない安全対策を求めている。しかし、ハービーによる洪水は、クロスビー施設の電力喪失を引き起こしただけでなく、アルケマが安全防護層として想定していた安全対策にも以下のような共通の故障モードをもたらした。

- 非常用発電機が浸水し、使用不能になった
- 液体窒素配管が浸水し、使用不能になった
- 冷蔵トレーラーのディーゼル燃料タンクが浸水し、使用不能になった

176. クロスビー施設は、ハリケーン・ハービーにより生じた洪水の規模に対応できる独立した十分な安全防護層を欠いていたため、適切に保護されず、有機過酸化物製品が分解する事態に至った。アルケマ・クロスビーPHAに対する追加の詳細分析については付録Cを参照のこと。

5.5. プロセス安全のワーストケースシナリオ

177. アルケマの各事業所では、最も重大なハザードに対する社員の意識を高めるため、プロセス安全におけるワーストケースシナリオのリストを作成している。アルケマでは、これらのハザードについて従業員に伝えるため、安全オリエンテーション研修や定期的な安全会議を通じて情報共有を行っている。

178. アルケマの管理者は、各施設のPHAを評価し、プロセス安全のワーストケースシナリオのリストを作成した。クロスビー施設におけるワーストケースシナリオの作成では、火災、爆発、化学物質の流出、異常気象など、さまざまなハザードカテゴリーを評価した[a]。アルケマの管理者が文書化した異常気象には、さまざまな自然災害が含まれていたが[b]、洪水は含まれていなかった。

5.6. アルケマの声明

179. アルケマは、事故後の声明文書において、同社のクロスビー施設における歴史は1960年に遡ることを強調した。クロスビーでの57年の歴史の中で、多くのハリケーンや熱帯暴風雨が同施設に影響を与えた。アルケマは、現在の従業員の中には40年間クロスビー施設に勤務している者もおり、過去の最悪の洪水時でもピックアップトラックで敷地内を走行できたと述べた。これらの長年の従業員は、2001年の熱帯暴風雨アリソン [67] を、クロスビー施設における過去最大の洪水の指標として認識していた。また、アルケマは、2008年のハリケーン・アイク [68] や2005年のハリケーン・リタ [69] などの近年のハリケーンはハービーよりもクロスビーに近い地点に上陸し、両ハリケーンとも大雨をもたらしたが、ハービーのような大規模な洪水には至らなかったと述べている。

180. CSBの指摘によると、アルケマが言及した過去の嵐のいずれも、ハリケーン・ハービーの降水量を超えてはいなかったが、1994年のハリケーン・ローザ（Rosa）および2015年の無名の暴風雨は、アルケマ・クロスビー施設付近でハリケーン・アイクやリタを上回る降水量を記録していた。アルケマ・クロスビー施設付近で記録された2日間合計の最高降雨量は以下の通りである。

[a] 異常気象には、ハリケーン、干ばつ、竜巻、吹雪、洪水が含まれる [240]。
[b] これらの自然災害には、竜巻、雷、異常高温などが含まれていた。

- ハリケーン・ローザ（1994年）：23インチ
- 熱帯暴風雨アリソン（2001年）：2.7インチ
- ハリケーン・リタ（2005年）：3.8インチ
- ハリケーン・アイク（2008年）：6.5インチ
- ハリケーン・ハービー（2017年）：26.5インチ

181. ハリケーン・ハービー以前において、ハリス郡洪水管理地区の雨量計データによると、アルケマ・クロスビー施設でハービーに匹敵する降水量を記録した最も直近の事象は2015年10月の無名の暴風雨であり、2日間で合計13インチの降水量を記録していた [29][a]。

182. アルケマの記録によれば、2015年10月の暴風雨ではクロスビー施設では浸水が発生したものの、低温倉庫および非常用発電機は浸水しなかった。また、この暴風雨による化学物質の流出や火災は発生しなかった。

[a] 2015年の暴風雨の最大雨量は、同年10月31日に記録された。

6. 洪水対策のガイダンス

183. 施設における洪水ハザードへの対処方法については、複数の異なる機関からガイダンスが提供されている。しかしながら、仮にアルケマがハリケーン・ハービーの到来前にこれらのガイダンスを適用していたとしても、本件の事故を防ぐことは困難であったと考えられる。この結論は、米国では、より強固な洪水対策ガイダンスが必要であることを示唆している。

6.1. 米国土木学会

184. 米国土木学会（ASCE：American Society of Civil Engineers）は、洪水ハザード地域における建物および構造物の立地選定、設計、建設の基準として、ASCE 24『洪水耐性設計と建設（Flood Resistant Design and Construction）』を発行している［70, p.1］[a]。ASCE 24は、商業施設、住宅、工業施設、教育施設、医療施設、および重要施設も対象としている［70, p.1］。また、ASCE 24は、建物の用途や公共またはコミュニティの機能への潜在的リスクに基づき、洪水設計クラスを定めている（表5） [70, p. 8]。

表5：洪水設計クラス。各ASCE洪水設計クラスは、建物の用途と公衆に対する潜在的リスクで決まる [70, p.8]。

Flood Design Class	Public Risk or Community Disruption	Building Example
1	Minimal	Temporary Buildings, and Vehicle Parking Structures
2	Moderate	Residential, Commercial, or Industrial Buildings
3	High	Museum, Church, or Community Centers
4	Substantial	Air Traffic Control, Police Station, or Hazardous Chemical Manufacturing or Storage

185. 洪水設計クラス4には、「洪水による故障や機能停止、損傷が発生した場合、地域社会全体に重大なリスクをもたらす建物」が含まれる [70, p. 8]。また、このクラスには、アルケマ・クロスビー工場のような「危険な燃料や化学物質および有害廃棄物などの物質の製造、処理、取扱い、保管、使用、または廃棄を行う施設」も該当する [70, p. 8]。

186. ASCE 24は、基準洪水標高に加え、洪水設計クラスと洪水ハザード区域の特性に応じた基準洪水標高からの追加高さを規定している［70, p.4］。洪水設計クラス4の建物および構造物は、基準洪水標高＋2フィート、または500年洪水の水位まで、基礎部分を高くするか保護措置を講じる必要がある [70, p. 4]。アルケマ・クロスビー施設の基準洪水標高は52フィートであるため、ASCE 24に従った新規建設では、54フィート以下の建物や構造物には洪水に耐性のある材料を使用し、すべての機器やユーティリティを54フィート以上に配置することが求められる [70, p. 4]。しかし、ハリケーン・ハービーによる洪水標高を考慮すると、この基準では低温倉庫やそのバックアップシステムを十分に保護することはできなかった。

6.2. 化学プロセス安全センター

187. 米国化学工学会（AIChE：American Institute of Chemical Engineers）の化学プロセス安全センター（CCPS：Center for Chemical Process Safety）は、化学、製薬、石油産業におけるプロセ

[a] ASCE 24は建築基準法の対象となる建物および構造物に適用される最低要件を定めており、国際建築基準（*International Codes*®）から参照されている規格である [70, p. 1]。

ス安全性の課題を特定し、対応するための法人会員制組織である。CCPSは、これらの業界で広く使用されている一連のガイダンス文書を発行している。

6.2.1 化学物質の倉庫保管に関する安全ガイドライン

188. CCPSはその書籍『化学物質の倉庫保管に関する安全ガイドライン（Guidelines for Safe Warehousing of Chemicals）』の中で、化学物質の保管は「負傷、疾病、環境被害、物的損害、事業中断などの潜在的なハザードを含む」と述べている [71, p. 1]。また、自然災害（洪水を含む）がこれらのハザードの引き金となる可能性があるとも指摘している [71, p. 1]。CCPSは企業に対し、これらのリスクを評価するよう注意を促しつつ、「化学品の倉庫保管に伴うリスクを十分に理解し、適切な措置を講じて損失を防止または軽減することが極めて重要である」と述べている [71, p. 1]。

189. CCPSは、洪水による化学物質の環境流出の可能性を指摘している[71, p. 59]。洪水リスクを理解するために、CCPSは企業に対し、FEMAの資料（洪水保険調査や洪水保険料率地図）を参照するよう求めている。また、CCPSは、「100年洪水の発生間隔とそれに関連する洪水標高は、洪水ポテンシャルの推定に最も広く使用されている基準である」とも述べている [71, p. 59]。

190. CCPSは、包括的な倉庫保管リスク管理戦略の重要性を強調しており、緊急事態計画ではさまざまな緊急事態シナリオを考慮することを推奨している [71, p. 135]。また、化学物質の流出につながる分解反応を、企業の緊急事態計画で考慮すべきシナリオの一つとして挙げている [71, p. 135]。さらに、洪水によって引き起こされる化学物質流出の見込みを緊急事態計画に組み込むことを推奨している [71, p. 136]。

191. 『化学物質の倉庫保管に関する安全ガイドライン』の中でCCPSは、洪水被害を軽減する目的で、企業向けに、設計および緊急時の保護対策に関して以下を含めたガイダンスを提供している。

- 倉庫の床面を基準洪水標高より高く設計する
- 適切な余裕高（フリーボード）を考慮した堤防や洪水防壁を建設する[a]
- 防水閉鎖装置、洪水対策用ドア、窓用シールドを設置する
- 冷却が必要な化学物質を移動させる [71, p. 106]

192. CCPSのガイダンスでは、建築物を「基準洪水標高より高い位置」に建設することが推奨されているが、この条件は100年洪水標高よりも高いことを意味すると解釈できるであろう。しかし、重要な設備を基準洪水標高よりどれだけ高くすべきかについての具体的な基準が明示されていないため、このCCPSのガイダンスだけではアルケマ・クロスビー事故を防ぐには不十分であったかもしれない。

6.2.2. 反応性物質の安全な保管および取扱いに関するガイドライン

193. CCPSは、その書籍『反応性物質の安全な保管および取扱いに関するガイドライン（Guidelines for Safe Storage and Handling of Reactive Materials）』の中で、反応性化学物質に関するガイダンスを提供している。反応性化学物質とは、自己反応性を持ち、分解してより単

[a] 「フリーボード（freeboard）は、安全係数として一定の洪水標高より数フィート分（一般的には1～3フィート）上に設定される追加の高さであり、特に重要施設に適用される。フリーボードは、波の影響、橋の開口部の収縮、流域の都市化による水文学的影響など、洪水時の水位上昇に寄与しうる多くの未知の要因を補正するための措置である [228, p. 1]。」

純な分子に分かれる物質のことを指す [13, p. 2]。CCPSは特に有機過酸化物について言及し、これらの化学物質は「特有の安定性の問題を抱えており、工業化学物質の中でも特に危険性が高い [13, p. 3]」と指摘している。また、有機過酸化物は、「分解の速度が加速し続け、最終的に制御不能な高速度反応（「暴走」分解反応）に至る可能性がある」と述べている [13, p. 3]。

194. CCPSは、設備設計者に対し「安全な施設を設計するための出発点として、既存の規格や基準の使用を考慮する」ことを推奨している [13, p. 138]。その理由は、「規格や基準には、過去の経験や事故から得られた技術的知見や教訓が豊富に組み込まれている [13, p. 138]」からである。さらに、多くの規格が危険化学物質の特性や管理システム（例：緊急計画と対応）について規定していると指摘している [13, p. 138]。

195. CCPSは、アルケマ・クロスビー事故に関連する有機過酸化物の分解によるハザードについて、以下を指摘している。

> 「有機過酸化物は不安定であるため、その貯蔵と取扱いには特別な注意が必要である [13, p. 219]。」
>
> 「有機過酸化物の安全な貯蔵と取扱いにおける主なハザードは熱感受性であり、多くの場合、可燃性または引火性である [13, p. 219]。」
>
> 「ほとんどの有機過酸化物は、一度着火すると激しく燃焼し、一部の物質は、分解時に希釈されていない状態（例：乾燥した過酸化ベンゾイルなど）や密封された状態である場合には、爆ごうを起こす可能性がある [13, p. 219]。」

196. CCPSは、有機過酸化物の分解特性についても以下のように説明している。

> 有機過酸化物はすべて熱に対する感受性を持ち、その感受性は過酸化物の反応性が高くなるほど増加する。有機過酸化物は常に分解を受け、その速度は物質の温度に依存する。分解熱から得られる熱エネルギーが周囲への放熱速度を上回ると、温度の上昇によって残りの過酸化物の分解が加速される。このプロセスが進行して制御不能になると、典型的な「暴走反応」の分解になる。クメンヒドロペルオキシドなど、一部の有機過酸化物では、この分解が自己触媒的であるため、暴走の危険性が高まる。すなわち、分解生成物がさらなる分解を促進し、反応が自己加速的に進行する [13, p. 219]。

197. CCPSは、洪水の可能性がある場合、反応性化学物質の容器を高い位置に保管することを検討するよう推奨している [13, p. 156]。しかし、予想洪水標高をどの程度上回る高さに保管すべきかについての具体的な基準は示されていない。

6.2.3. 現場での緊急事態に対する技術計画に関するガイドライン

198. CCPSは、その書籍『現場での緊急事態に対する技術計画に関するガイドライン（Guidelines for Technical Planning for On-Site Emergencies）』の中で、企業が緊急事態計画を策定する際のガイダンスを提供している [72, p. 153]。緊急事態計画のガイダンスには、「発生が想定される事故の特定、利用可能なリソースの評価、対応戦術の考案、適切な組織化、必要なリソースの定義、が含まれる」［72、p. 153］。さらに、CCPSは、特定のハザードごとの対応手順の策定に関するガイダンスも提供しており、これにはハリケーンおよび洪水に関する対応手順も含まれている [72, pp. 172-177]。

199. CCPSは、施設が氾濫原内に位置している場合、洪水の可能性がある場合、または過去に洪水があった場合には、企業が洪水対応手順を策定することを推奨している [72, p. 177]。CCPSは企業に対し、洪水の予測水位の考察に資する、利用可能な洪水調査情報を求めるよう指摘し

ている [72, p. 177]。

6.3. 連邦緊急事態管理庁

200. 連邦緊急事態管理庁（FEMA：Federal Emergency Management Agency）は、アルケマ・クロスビー施設のような重要施設における非常用電源システム（および電力供給先の機器）を、予測される最大の洪水標高に対して保護することを推奨している。具体的には、以下のいずれかの基準を満たすことが求められる [73, pp. 6-12]。

- 基準洪水標高＋2フィート
- 地方自治体が採用した設計洪水標高＋1フィート
- 500年洪水標高＋1フィート [73, pp. 6-12]

201. 前述のとおり、ハリケーン・ハービーの際の水位は、基準洪水標高を2フィート以上上回っていた。この水位を考慮すると、FEMAのガイダンスのみでは、低温倉庫およびバックアップシステムを十分に保護するには不十分であった。

6.4. 米国環境保護庁の施設設計基準

202. 米国環境保護庁（EPA：Environmental Protection Agency）は、異常気象に対する建物のレジリエンスを強化するために、施設設計基準を策定している [74]。EPAは、洪水ハザード区域にある重要な建物については、100年洪水標高より3フィート高い位置に建設することを推奨している [74]。

203. もしアルケマがこのガイダンスをハリケーン・ハービー前に適用していた場合、事故を防ぐことができた可能性がある。しかし、このEPAの基準はEPAの対象となる建物に対する指針であり、一般的な業界ガイダンスとして意図されたものではない。

6.5. FM Global

204. FM Globalは、企業向けに洪水対策のガイダンスを提供するために『洪水緊急対応計画の策定（Creating a Flood Emergency Response Plan）』を発行している [75]。FM Globalは、洪水に備えておくことで、洪水被害や事業中断を軽減できると確信している [75, p. 1]。また、成功の要因は、洪水発生前に十分な時間をかけて洪水対策計画を策定することにあると考えている [75, p. 1]。

205. 安全性を高めることに加え、洪水への備えは適切な経営判断でもある。FM Globalの損害履歴によると、「適切に整備された洪水緊急対応計画を持つ施設は、計画がない、または計画が不十分な施設と比較して、被害額が約70%少なく、事業の再開も早い」と報告されている [75, p. 1]。

206. FM Globalの洪水対策ガイダンスでは、重要設備の高所設置が洪水リスク軽減の重要な施策であるとされている。重要設備を高所に移設することは、洪水発生時の人的介入の必要性を低減し、重要かつ恒久的なリスク軽減につながるからである [75, p. 1]。

207. FM Globalは、洪水対策の一環として以下の行動を取ることを推奨している。

- 洪水リスクを評価し、潜在的な被害を把握する
- 信頼性の高い洪水警報システムを導入する
- 洪水警報の発令時間と対応時間のバランスを取る（洪水対応行動を開始するのに利用可能な時間と、スタッフがその行動をとるのに必要な時間とのバランスをとる）。

- 重要設備を高所に移設する、恒久的な防水壁を設置するなど、洪水リスクを恒久的に低減する施策を特定し、導入する
- 一時的な防水壁の設置、重要在庫の移動、高価値な移動式機器の移設など、効果的な緊急対応策を確立する
- 文書化された洪水対策計画を作成し、その使用方法について従業員訓練を実施し、定期的に計画全体のシミュレーションを行う [75, p. 2]

208. FM Globalのガイダンスでは、効果的な洪水計画の他の要素として以下を挙げている [75, pp. 2-3]。

- 計画の発動、生産資源の再配置、運転の停止の権限を持つ責任者の明確化
- 電気設備の安全な停止・隔離、重要な資材や設備の高所設置・移設手順の文書化
- 主要な建物や区域への浸水を防ぐための信頼性の高い手段・方法の確立
- 洪水が長期化した場合に従業員やその家族を支援するための方策
- 洪水の影響を受けにくい地域に住む従業員に対して特に依頼する体制の構築
- 設備、人員、事業活動の変化に応じた洪水計画の定期的な見直しと更新

209. FM Globalのガイダンスは一般的な内容であり、アルケマがクロスビー施設の事故を防ぐために効果的に活用することは困難であった。

6.6. 英国環境庁

210. 英国では、環境庁が『洪水への備え – EPRおよびCOMAHに基づく規制対象施設向けガイド（Preparing for Flooding – A guide for sites regulated under EPR and COMAH）』を公表し、規制対象施設が洪水対策計画を策定し、環境許認可および関連規制を遵守するための支援を行っている [76][a] [b]。英国では、ハリス郡と同様に洪水が頻繁に発生する。環境庁の洪水対策ガイダンスでは、規制対象の企業に対し以下の措置を講じるよう推奨している。

- 自社の施設が洪水リスクのある地域に位置しているかどうかを確認する。
- 洪水の発生が差し迫っているかどうかを把握する。
- 洪水警報の仕組みを理解する。
- 敷地の地形情報を入手し、より詳細な洪水シミュレーションを実施する。
- 洪水対応計画を策定する。
- 以下の方法により、施設の洪水レジリエンスを向上させる。
    a. 洪水から業務を保護するための対策を講じる。
    b. 洪水を阻止する、遅らせる、またはそらすため、以下を含む防護措置を適用する。
        i. 排水システムの余剰容量を確保する

[a] EPRは、イングランドおよびウェールズにおける環境許認可規則（Environmental Permitting Regulations）の略称である [147]。COMAHは、英国の化学産業に適用される重大災害ハザード規制（Control of Major Accident Hazards）を指す [242]。健康安全局（HSE：Health and Safety Executive）、環境庁（EA：Environment Agency）、およびスコットランド環境保護庁（SEPA：Scottish Environmental Protection Agency）は、それぞれこれらの規則の施行を担当する英国の所轄官庁である [148], [149], [150]。

[b] 環境庁は、企業向けに洪水対策の一般的な手引書として『*Would your business stay afloat?（あなたのビジネスは洪水に備えられるか？）*』も発行している [219]。

ii. 調整池などの排水技術を活用する

iii. 地面を高くするか、高台を設ける

iv. 排水および洪水管理システムの維持管理を適切に行う [76]

211. 化学製品倉庫について、環境庁は、洪水の影響を受けやすい製品（有機過酸化物など）を、予測される洪水標高より高い場所に移動させることを推奨している。また、環境庁は、取り外し可能な防水壁などの洪水対策を採用することを企業に推奨している。さらに、環境庁は、洪水対策製品の選択肢や供給業者の情報を掲載したウェブサイトを企業に案内している [76, pp. 1-4]。

212. 環境庁のガイダンスは、洪水対策計画は施設の事故対応計画や緊急対応計画の一部として策定すべきであると記している [76, p. 2]。また、適切な洪水計画には、作業員の安全確保、危険なプロセスの安全措置、資材の安全確保を含めるべきであると推奨している [76, p. 2]。さらに、企業は洪水発生までの時間内に計画を確実に実行できるように準備しておく必要がある [76, p. 2]。

213. 環境庁の洪水計画ガイダンスは、企業に対し、洪水警報が発令されても対応時間が限られる可能性があること、またすべての洪水対策が機能するとは限らないことを認識し考慮するよう警告している [76, p. 2]。

214. 環境庁の洪水計画ガイダンスでは、「効果的な計画は、その工場の設備および運転方法に特有の洪水リスクの十分な理解に基づくべきである」と述べている［76, p.3］。また、特に重大災害ハザード規制（COMAH：Control of Major Accident Hazards）規制の対象となる施設では、洪水ハザード・オペラビリティ（Hazop）分析を実施することを推奨している [76, p. 3]。

215. アルケマ・クロスビー事故との関連性がある点として、環境庁の洪水対策ガイダンスでは、電力や液体窒素などの主要なユーティリティについて具体的に言及している。洪水対策ガイダンスは、次のように述べている。

> 電力（施設内の変圧器や変電所を含む）、ガス、蒸気、加熱装置、冷却装置、水供給システムを、予測される洪水標高より高い位置に配置するか、洪水耐性を持たせるか、洪水発生前に安全に隔離または遮断できるようにすべきである。ユーティリティの喪失は長期間に及ぶ可能性があるため、重要設備のバックアップシステムの導入を検討すべきである。

216. また、アルケマ・クロスビー事故に関連する点として、環境庁の洪水対策ガイダンスでは、倉庫内の影響を受けやすい製品を、予測される洪水標高より高い位置に移動することを推奨している [76, p. 4]。

217. 環境庁のガイダンスでは、企業が洪水対策計画を策定する際に以下の要因を考慮することを推奨している。

- 洪水で設備が浸水することによって生じるハザード
- 電力供給などのユーティリティの短期的および長期的な喪失
- 重要な安全装置の喪失
- ハードウェア、操作手順、技能、および訓練を考慮に入れた手動操作の実施能力
- 運転を安全に停止し、要員を移動させ、化学物質を安全な状態とするために必要な時間 [76, p.3]。

218. 環境庁の洪水計画ガイダンスは、適切な行動や必要な情報の特定を含め、洪水が予測された場合に行動を起こすことの重要性を強調している。環境庁は、優れた洪水計画には以下の構成要素が含まれるとしている。

- 訓練を受けた作業員への洪水対応業務の割り当て
- 洪水警報、天気予報、洪水標高の情報源の特定
- 運転の停止、設備の隔離、作業員の避難など、事前に決めておいた対応を開始するための「トリガーポイント」の設定（降水量、河川水位、洪水警報など）
- 運用方法も含めた、洪水防御設備の設計詳細
- 緊急対応に必要な資源（ポンプ、発電機、清掃用機材など）の供給元の連絡先と契約状況
- 洪水後の対応（排水作業、工場や設備の健全性の確認、実地棚卸のチェックによる汚染物質・危険物・放射性物質の紛失確認を含む。） [76, p. 3]

219. また、環境庁の洪水計画ガイダンスでは、異常気象時の限られた時間や少ない資源を考慮した上で、職員がその責任遂行に備え、必要な行動が実際に行えるようにするため、定期的な訓練の実施と見直しを推奨している［76, p.3］。

6.7. 英国化学工業協会

220. 英国の化学業界団体である化学工業協会（CIA：Chemical Industries Association）[a]は、その報告書『気候変動の中で化学事業を防御する - 気候変動適応計画の立て方（Safeguarding Chemical Businesses in a Changing Climate – How to Prepare a Climate Change Adaptation Plan）』の中で、気候変動によって英国の化学施設は、激しい降雨により頻繁かつ深刻な洪水のリスクが増加する状況に直面する可能性があることを認めている [77, p. 4][b]。

221. この報告書では、異常気象に備えることは、気象リスクが増大する中で事業継続を可能にする観点からも有益であると述べられている [77, p. 7]。米国の気象現象と同様に、洪水は英国で最も頻繁に発生する自然災害である [77, p. 7]。しかし、米国とは異なり、英国では、環境保護システムの一環として、洪水に対する備えを特に化学施設に義務付けている［77, p.7］。

222. 洪水リスク評価の初期段階として、化学工業協会は、企業に対して以下の質問に対する検討を行うことを推奨している。

- 施設は洪水の影響を受けやすいか？
- 施設は過去に洪水の被害を受けたことがあるか？
- 気候変動は将来の洪水リスクに影響を与えるか？ [77, p. 7]

223. この報告書は、3つの施設に影響を与えた2013年の洪水事象をレビューしている。この事象から得られた主な教訓として、洪水防御対策は機能しない可能性もあることを認識した上で、洪水対策計画を策定することが不可欠であるという点が挙げられる [77, pp. 12-13]。

---

[a] 化学工業協会（Chemical Industries Association）[192]。英国・化学工業協会は、健康、安全、環境、セキュリティの問題を網羅するレスポンシブル・ケア・プログラムを英国で実施している [77, p. 10]。米国では、米国化学工業協会（ACC：American Chemistry Council）が、アルケマ [232] などの会員企業にレスポンシブル・ケア [233] の遵守を求めている。

[b] 本報告書は、化学ビジネス協会（CBA：Chemical Business Association）[193]、化学工業協会（CIA）[192]、非鉄アライアンス（Non-Ferrous Alliance）[194]、および英国環境庁の気候対応支援サービス（Climate Ready Support Service）[196]のパートナーシップによって作成された [77]。注：環境庁は2016年3月に気候変動対応プログラムを終了した [195]。

6.8. 国連防災機関

224. 2015年3月、国際連合（UN）は、既存のリスクを軽減し、自然災害および人為的災害に対するレジリエンス[a]を強化するため、世界的な災害リスク管理に関する文書を発表した [78]。

225. 結論の一つとして、国連は次のように述べている。

> （2005年から2015年の間）、災害は引き続き甚大な被害をもたらし、その結果、人々、地域社会、さらには国家全体の福祉と安全に影響を及ぼしてきた。災害によって70万人以上が命を落とし、140万人以上が負傷し、約2,300万人が家を失った。全体として、15億人以上が何らかの形で災害の影響を受け、その中でも特に女性、子供、弱い立場にある人々がより不当な影響を受けている。経済的損失の総額は1兆4,000億ドル以上であった。さらに、2008年から2012年の間に、災害によって1億4,400万人が避難を余儀なくされた [78, p. 10]。
>
> 人、地域社会、国、そしてその暮らし、健康、文化、遺産、社会経済的資産、そして生態系をより効果的に守り、レジリエンスを強化するためには、災害リスクを事前に予測し、計画し、軽減することが緊急かつ重要である。

226. 国連報告書では、災害リスク要因には地域的、国家的、または世界的な範囲のものがあるが、地域特有のリスクを理解することが災害リスク軽減には不可欠であると指摘している [78, p. 13]。また、発生前に災害リスクを軽減する方が、発生後の対応や復旧に頼るよりも費用対効果が高いとも指摘している [78, p. 13]。災害発生前にリスクを軽減するには、関連データの収集と分析が不可欠であり、リスクマップを含むこれらのデータは、適切な意思決定者、一般市民、および災害にさらされる地域社会に対して共有されるべきである [78, p. 15]。災害リスクを評価するため、基準（ベースライン）を定期的に見直すべきである [78, p. 14]。報告書は、災害後の復興においては、「より良い復興」を行い、災害リスク教育と意識向上によって、将来の災害リスクを軽減することが重要であると指摘している [78, p. 14]。

227. 国連は、地方政府および国家政府に対し、災害の発生を予防し、既存のリスクを軽減し、レジリエンスを強化することを目的としたリスク軽減戦略と計画を採用することを推奨している [78, p. 16]。政府においても、既存の規制を遵守させるための仕組みやインセンティブの確立を「促進」するとともに、災害リスク管理に十分重点を置くように規制を更新すべきである [78, p. 17]。

228. ただし、この国連文書はあくまで一般的なガイダンスを提供するものであり、ハリケーン・ハービーの襲来前にアルケマが適用すれば事故を防げたと思われるような具体的な規定は含まれていなかった。

[a] 国連はレジリエンス（resilience）を、「システム、コミュニティ、社会が危険にさらされたとき、その影響に適時かつ効率的に抵抗、吸収、適応、転換、回復する能力であり、リスク管理を通じた基本的な構造や機能の維持および回復が含まれる。[220]」と定義している。

7. 規制の分析

7.1. 洪水ハザード

229. 前節で述べたように、アルケマのような企業が異常気象に備える際に役立つ、産業界で利用可能な確固とした洪水リスクガイダンスは存在しないに等しい。CCPSに対するCSBの勧告は、このギャップを埋めることを目的としている。

7.1.1. 米国のアプローチ

230. 既存の業界ガイダンスにおける弱点と同様に、連邦安全規制においても、企業が洪水などの異常気象をどのように評価し、対応すべきかに関する具体的な要件や詳細なガイダンスが不足している。

7.1.1.1. OSHAのプロセス安全管理基準

231. アルケマは、クロスビー施設における有機過酸化物の製造プロセスは、OSHAのプロセス安全管理（PSM：Process Safety Management）基準[a]の適用対象であると見なしている。これは、施設内で使用または保管されている化学物質の量によるものである[b]。さらに、アルケマは、有機過酸化物を保管する建物のうち1棟が、OSHAのPSM基準の適用対象であると認識している。7棟の低温倉庫については、PSM基準の適用対象とは考えていなかった。ただし、アルケマは「ベストプラクティス」として、PSMプログラムを施設全体に適用していた。

232. 1990年の大気浄化法改正により、OSHAにはPSM基準の公布が義務付けられ、同時にEPAにはリスク管理計画（Risk Management Plan）規制の策定が義務付けられた [79]。OSHAが導入したPSM基準の主な目的は、規制対象の化学物質を一定量以上保管する施設において、高度に危険な物質の意図しない放出を防止することである。特に、作業員が当該化学物質による重大な危険にさらされる可能性がある施設の安全性を確保することに重点を置いている。PSMは、14の要素を通じて、プロセス安全を体系的に管理することを目的としている [79][c]。PSMは、化学プロセス全体の安全性を確保するための基本的な原則に基づいており、これらは規制要件として正式に定められている。具体的には、プロセスハザード分析の実施、適切な運転手順の確立、従業員の十分な訓練と関与の確保、プロセス設備の機械的健全性の維持、そして意図しない流出事故発生時に備えた十分な緊急対応計画の確保などが求められる[d]。

233. OSHAは、PSM基準の長所はそのパフォーマンスベースの性質にあると考えている [80]。具体的には、PSM基準自体に明記されていなくても、OSHAのガイダンスを通じてプロセス安全情報の多くの例を提供していると主張している [80]。さらに、洪水に関連する文書（FEMAの洪水地図や洪水保険調査など）はPSM基準にプロセス安全情報として明示的に示されてはいないが、OSHAは、洪水リスクのある施設ではこれらの情報をプロセス安全情報とみなすことができるとし、それにより管理変更レビューの必要性を促すことができると述べている [80]。また、PSM基準では、施設の立地要件が明確に定義されていない。しかし、OSHAは、これは企業が洪水リスクや洪水ハザードを施設立地のレビューで考慮する必要がないことを意味するわけではないと主張している [80]。しかしながら、PSM基準には、企業が洪水保険

---

[a] 29 C.F.R. §1910.119

[b] PSM基準は、化学組成と量（付録Aに記載）、または引火特性（引火点が100°F未満）のいずれかにより危険とみなされた化学薬品を対象としている。アルケマ・クロスビー施設には、PSM対象（十分な量の）化学薬品があった。これらは、付録Aに記載された化学物質または引火点が100°F未満の化学物質である。

[c] 29 C.F.R. §1910.119

[d] 29 C.F.R. §1910.119

料率地図や関連調査をプロセス安全情報として考慮することを義務付ける明示的な規制要件は含まれていない。また、洪水リスクや洪水ハザードをPHA（プロセスハザード分析）や施設立地レビューで考慮することも含まれていない。さらに、CSBの調査では、洪水リスクや洪水ハザードに関する最新で適用可能なOSHAのガイダンスは確認できなかった。

234. OSHAが業界向けに提供するPSMガイダンスでは、PHAは「プロセスに影響を及ぼす可能性のある外部要因」を分析すべきであると述べている [81]。企業がPHAの中で洪水リスクを外部要因として分析することは可能であるが、この限定的なガイダンスでは、洪水や洪水リスクについての具体的な議論や評価をPHAチームに促すには不十分であろう。

7.1.1.2. EPAリスク管理プログラム

235. アルケマは、クロスビー施設においては、二酸化硫黄とイソブチレンの2種類の化学物質が、EPAのリスク管理計画（RMP：Risk Management Plan）規則[a]の適用対象であると認識している。しかし、低温倉庫はRMP規則の適用対象外であると考えている。アルケマ・クロスビー施設は、2014年に最新のRMPをEPAに提出した。

236. EPAのRMP規則は、化学事故の防止を目的として策定された。この規則では、施設に対し、化学物質流出のワーストケースの潜在的影響だけでなく、より発生の可能性が高い、一般市民にも影響を与えるシナリオについても評価することを求めている。この規則では、施設の種類に応じて、対象プロセスの潜在的ハザードの分析、従業員の訓練の実施、運転手順の文書化、対象プロセスの機械的健全性の維持、事故流出等の事象の調査、および事故防止プログラムの定期的な再評価を、施設に対して義務付けている[b]。また、施設は、事故発生時に取るべき手順について緊急対応要員と調整し、施設のRMPにすべての遵守手順をまとめなければならない[c]。RMP規則はまた、施設の所有者および運営者が、規制対象物質を一定量以上保管している場合、政府に登録し、一定の情報を提供することを義務付けている。特に、企業は、規制対象物質の事故流出が周辺環境に与える影響について、ワーストケースを想定して分析した結果を提出しなければならない。企業はまた、施設内の化学物質の性質と影響範囲に関する詳細データ、事故履歴データ、当該化学物質の流出を防ぐための適切な企業プログラム、事故流出時の緊急対応情報など、多くのデータを文書化しなければならない[d]。

237. EPAがRMP規則を制定した際、PHAの要件は、OSHAのPSM規則と整合性を持たせることを意図していた。1996年の新たなRMP規則に関するコメントへの対応としてEPAは、RMPのPHA要件に関する以下のガイダンスを提供した。「通常、適切に実施されたPHAにおいては、地震、洪水、強風などの外的要因による損傷に対する脆弱性を検討し、これらの事象によってプロセスの健全性が損なわれた場合の潜在的な影響を評価する。[82]」。また、EPAの一般RMPガイダンスでは、Program 2[e] に該当する施設向けに考慮すべき事項として、「内部故障

---

[a] 40 C.F.R. §§68.150-68.195.

[b] 40 C.F.R. Part 68.

[c] 40 C.F.R. Part 68.

[d] 40 C.F.R. §§68.150-68.195.

[e] RMP規則に基づき、アルケマはProgram 3施設に分類される。RMP規則において、Program 2施設とは、Program 1およびProgram 3施設の適格要件を満たさない施設を指す。（40 C.F.R. § 68.10(c)）。Program 1施設とは、次の要件をすべて満たす施設を指す。「(1) RMP提出前の5年間において、規制物質の偶発的な放出により、当該物質、その反応生成物、当該物質に関係する爆発により発生した過圧、または当該物質に関係する火災により発生した輻射熱に暴露したことにより、施設外で(i)死亡、(ii)負傷、または(iii)環境受容体の暴露に対する対応または修復活動のいずれかに至った事故がなかった。(2) サブパートBおよび§68.25に基づいて行われたワーストケースの流出事故評価における有毒物質または可燃性物質のエンドポイントまでの距離が、§68.30で定義されるいかなる公共受容体までの距離よりも短い。(3) 発生源となる定置型施設、地域の緊急計画、対応機関の間で緊急対応手順が調整されている。」（40 C.F.R. § 68.10(b)）。Program 3施設とは、次のいずれかの要件を満たす施設である。「対象となるプロセスは、本節の(b)項の

だけでなく、合理的に予測される外的要因。地震、ハリケーン、洪水の影響を受けやすい地域にある場合、規制対象物質を流出させることなく当該プロセスがこれらの自然災害に耐えられるかを検討する必要がある。」 [83, pp. 6: 10-11]」とも記している。

238. EPAは、規制間の矛盾を避けるため、次のようにコメントしている。「OSHA PSMとの整合性を確保するため、EPAは、PHAに関するOSHAの文言を採用した。そのため、EPAは、外的要因の考慮に関する文言を本規則に追加していない。しかしEPAは、適切なリスク管理プログラムにおいて、発生源として外的要因によって生じるハザードを考慮しなければならないことを認めている。適切に実施されたPHAでは、通常、プロセスが地震、洪水、強風などの外的要因による損傷を受けやすいかどうかを考慮し、これらの事象によってプロセスの健全性が損なわれた場合の潜在的な影響を評価するべきである。（1996 RMP RTC, 9-23）[82, 84]。」。

239. EPAは、次のようにも説明している。「内部故障だけでなく、合理的に予測される外的要因も考慮すべきである。地震、ハリケーン、洪水の影響を受けやすい地域にある場合、プロセスが規制対象物質を放出せずにこれらの自然災害に耐えられるかどうかを検討する必要がある（RMP一般ガイダンス、6-10～6-11ページ［83, 84］）」。

240. EPAはまた、企業のプロセスを検討する際、「考慮すべき事項は、化学物質やプロセスに依存し、本質的に施設ごとに異なる。そのため、規制は、各施設が当該ハザードに適切に対処できるよう、独自の措置を決定することを求めている。その際、業界のコンセンサス規範や基準のような、業界のグッドプラクティスや、広く認められ一般的に受け入れられているエンジニアリングに関するグッドプラクティス（RAGAGEP: recognized and generally accepted good engineering practices）を活用する必要がある [84]」。しかし、前述のとおり、業界のコンセンサス規範や基準には、洪水リスクに関して効果的なガイダンスが十分に整備されていない。したがって、限られたOSHAガイダンスや不十分な業界基準に依存したり、業界基準が存在しない状況の中で、EPAの本来の意図を満たすためには、OSHAのガイダンスの不備を補う新たなガイダンスが必要である。

241. 連邦政府の安全要求事項には、両方の規制枠組みにおいて、指定された危険物質を対象とする規定が存在し、また、現行の規制構造内で洪水リスクを分析する潜在性があるにもかかわらず、PSM基準およびRMP規則のいずれの規定においても、プロセス安全と関連付けた洪水リスクの評価を明確かつ具体的に義務付ける規制要件は存在しない。

7.1.2. 欧州連合（EU）のアプローチ

242. 米国のアプローチとは対照的に、欧州連合（EU）では、主要な化学事故リスクは「セベソ指令」によって規制されている。この指令は、特定の危険物質を使用、取扱い、または保管する産業活動に適用される [85, p. 53]。セベソ指令では、大量の危険化学物質を製造または保管する一部の施設に対し、安全報告書の作成を義務付けている。この報告書では、施設が重大事故防止方針を有していること、事故シナリオが特定されリスクが軽減されていること、を説明する必要がある [85, p. 53]。また、セベソ指令では、施設が工場の地理的要因によって増大するリスクにも適切に対応することを求めている。したがって、アルケマ・クロスビー施

要件を満たさない場合、かつ以下のいずれかの条件を満たす場合にProgram 3に分類される：(1) プロセスがNAICSコード32211、32411、32511、325181、325188、325192、325199、325211、325311、または32532のいずれかに該当する、または(2) プロセスがOSHAのプロセス安全管理基準（29 C.F.R. §1910.119）の適用対象である。(e) いずれかの時点で、対象プロセスがそのProgramレベルの適格基準を満たさなくなった場合、所有者または運営者は、新たに適用されるProgramレベルの要件を遵守し、§68.190に従ってRMPを更新しなければならない。(f) 本パートの規定は、40 C.F.R. 55.2で定義される外大陸棚（OCS：Outer Continental Shelf）の発生源施設には適用されない」（40 C.F.R. §68.10(d)）。

設のような有機過酸化物を製造する施設がEU内に所在し、セベソ指令の適用対象となる場合、同指令の下で作成が義務付けられる安全報告書には、ハリケーンによる洪水リスクも含める必要があった。

243. EUは、過去の事故を踏まえ、2012年にセベソ指令を改正し、異常気象リスクへの対応を強化した。セベソ指令は現在、洪水や地震などの自然災害について、企業が安全報告書で定期的に特定・評価することを義務付けている [85, p. 54]。

7.2. 反応性ハザード

244. 2017年8月にアルケマ・クロスビー施設で発生した事故は、反応性事故であった。反応性事故とは、制御不能な化学反応に伴う突発的な事象であり、温度や圧力の著しい上昇、または大量のガス発生を伴い、人、財産、または環境に深刻な危害をもたらす潜在性がある [86, p. 103]。CSBは、2002年9月、重大ハザード調査を完了し、『反応性ハザード管理の改善（Improving Reactive Hazard Management）』という報告書を発表した [86]。CSBは、反応性事故を防止するには、良好な反応性ハザードの管理が必要であると結論づけた [86], [87, p. 4]。

245. 『反応性ハザード管理の改善』において、CSBは次のように記している。

> 対象物質リストを作成する際、EPAは、化学物質が暴露によって深刻な脅威をもたらすかどうかのみを考慮した。毒性と可燃性に関しては明確な基準が用いられた。しかし、現場特有の要因やプロセス条件は複雑であるため、EPAは反応性の指標となる固有の特性を決定することができなかった。EPAは、当時、「反応性物質を特定するための基準策定に十分な技術情報がなかった」と結論づけた。その結果、1994年1月のRMPの130の規制対象化学物質リストには、反応性ハザードに基づいてリストアップされた物質は含まれていない［86、p.60］。

246. CSBが2002年に行った『反応性ハザード管理の改善』調査では、「過去の事故の半数以上は、（有機過酸化物と同様に）OSHAとEPAのプロセス安全規則から除外されている化学物質が関与していた」ことが判明した[a]。そこで同調査は、「EPAの事故流出防止規則（40 CFR 68）は、反応性ハザードの適用範囲に重大な欠陥がある [86, p.87]」と結論づけた。

247. その結果、CSBはEPAに対し、反応性物質の適用範囲と規制を拡大するための勧告（勧告番号2001-1-H-R3）を行った。この勧告には次のように記されている。「事故流出防止要件（40 CFR 68）を改定し、自己反応性化学物質や化学物質の組み合わせ、プロセス固有の条件によって引き起こされるものを含め、一般市民に深刻な影響を及ぼす可能性のある壊滅的な反応性ハザードを明確に規制対象に指定すること。本報告書に示した、反応性ハザードの適用範囲に関するOSHAへの勧告を考慮すること。規制改正に必要であれば、議会権限を求めること [86]」。

248. しかし、EPAはCSBの勧告通りの対応を行わなかった。その代わりにEPAは、2003年の円卓会議への参加、反応性物質データ収集の改善を目的とした事故報告システムの改定、CCPSとの協力の下での化学反応性ハザード管理に関する出版物の発行（2003年）、反応性物質に関する2つの安全警告の公表（2004年および2005年）など、反応性ハザード管理の強化に役立つと考えられる他の多くの措置を講じた。EPAはまた、大気浄化法の一般義務条項に基づく権限を引き続き行使し、「極めて危険な物質」の製造、加工、取扱い、貯蔵を行う施設にRMP要件を適用するとCSBに通知した。しかし、CSBは、これらの代替措置は不十分であり、勧告

[a] これらの事故に関与した特定の化学物質がOSHAやEPAの規則の直接的な規制対象とはなっていなかった場合でも、同じプロセス内で使用される他の化学物質が対象となれば、全体として連邦安全規制の対象となった可能性がある。

2001-1-H-R3で提案された規制の変更が引き続き必要であると考え、この勧告を「未対応 – 不適切な対応 [88]」に指定した。CSBは現在、事故防止に向け、EPAに対してこの勧告の再提示を行っている。何よりもまず、CSBは、反応性化学物質は当初勧告された方法でRMPの対象とすべきであると引き続き考えている。第二に、アルケマの事故にとってより重要なことであるが、もし反応性化学物質がRMPの対象であり、アルケマがRMPの要件に従って、必要な施設外の影響分析（ワーストケースと代替シナリオの両方）を実施していたならば、同社はクロスビー施設現場の洪水脆弱性に関連するハザードを特定し、より高いレベルのリスクベース思考プロセスを通じて、施設内に保管されていた有機過酸化物に対し、引き続き起こりうる脅威を特定できたかもしれない。

8. 企業が自社施設の洪水リスクを評価する方法

249. OSHA、EPA、または既存の化学産業規格において洪水リスクに関するガイダンスが不足していることを踏まえると、企業は自社施設の洪水リスクを評価するための適切な手法を確立できていないかもしれない。

250. 本件の事故を受け、アルケマはクロスビー施設の敷地高調査を実施し、施設内の関連地点の標高を把握するとともに、ハリケーンなどの異常気象時に起こりうる洪水状況を評価するための水文学的調査を委託した。アルケマはこれらのデータを活用し、さまざまな深刻度の洪水に対するリスクを評価することで、今後の冷却システムの喪失による有機過酸化物製品の分解に備えた対策を講じることができる。

251. 2007年、FEMAはアルケマ・クロスビー施設が含まれる地域の洪水関連文書を更新した。FEMAは、有機過酸化物を保管する低温倉庫が所在する地域の洪水指定地図を変更し、当該倉庫を500年洪水区域から除外し、100年洪水区域に再分類した。また、FEMAは基準洪水標高を52フィートと定めた。しかし、アルケマは、この新たな情報をプロセス安全管理システムに反映せず、洪水リスクの再評価を行わなかった。

252. プロセス安全情報とは、企業が施設のプロセス安全上のハザードを特定し理解するために必要なすべての情報を広義に表現したものである[a]。OSHAは最低限のプロセス安全情報要件として「適用する設計コードおよび基準」などを含むデータを定めているが、FEMAの洪水地図や洪水保険調査をプロセス安全情報として明確に特定してはいない[b]。さらに、洪水リスクの考慮をも含むと読み取れるような、プロセス安全情報に関する他の小見出しは見られない。にもかかわらず、OSHAは、洪水リスクのある施設においては、FEMAの洪水地図や洪水保険調査を必要なプロセス安全情報と見なすことができるという立場を取っている [80]。

253. 企業が洪水地図や洪水保険調査をプロセス安全情報と見なさない場合、これらの文書はプロセスハザード分析や施設立地レビューの際に考慮から外れるかもしれない。また、洪水関連の重要な情報文書が更新されても、企業は変更管理レビューの必要性を認識しないかもしれない。その結果、企業のプロセス安全管理システムにおいて、重要な洪水リスク情報が見落とされるリスクがある。実際、本件において、アルケマがプロセス安全情報の収集に使用したチェックリストには、洪水地図や洪水保険調査が考慮されていなかった。

254. 施設立地レビューの際に洪水リスクを評価することは、企業がプロセス安全ハザードを引き起こす可能性のある洪水リスクを評価する上で有効なアプローチの一つとなる。OSHAのPSM基準またはEPAのRMP規則の適用対象となる化学製造施設は、プロセス安全管理システム内のプロセスハザード分析項目の一つとして、施設立地の評価を実施することが求められている[c]。

255. しかし、OSHAおよびEPAのいずれの規制機関も、企業が施設立地ハザードを評価する際に網羅すべき具体的な要件を定義していない。そのため、CSBの調査では、企業の施設立地レビューにおいて洪水リスク評価を求める既存の要件を特定することはできず、また、クロスビー施設においては、洪水リスク評価が文書化されていた形跡はなかった。OSHAの見解は、PSM基準では施設の立地要件が明確に定義されていないが、それは企業が洪水リスクや洪水ハザードを施設立地のレビューで考慮する必要がないことを意味するわけではない、というものだ [80]。

---

[a] 29 C.F.R. §1910.119(d)
[b] 29 C.F.R. §1910.119(d)
[c] 29 C.F.R. §1910.119および40 C.F.R. §§68.150-68.195

256. 業界の施設立地ガイダンスは、一般に、プロセスプラント近隣の建物に居る人々を脅かす可能性のある爆発、火災、有毒化学物質の流出のハザードの評価と管理に重点を置いている[89]。ここに焦点が当てられている理由は、2005年にテキサス州テキサスシティーのBP社の製油所で発生した爆発事故などの事故に端を発している。この事故では、異性化装置の近くに置かれていたトレーラー付近にいた15名の作業員が死亡した [90]。CSBがBPテキサスシティー事故に関する調査結果を発表したことを受け、米国石油協会（API：American Petroleum Institute）や化学プロセス安全センター（CCPS）などの業界団体は、施設立地ハザードを評価するためのガイダンス文書を作成した [89]。

257. API推奨規格752（API RP 752）『プロセスプラントの常設建造物の立地に関連するハザード管理（Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Permanent Buildings）』は、2009年に関連部分が更新され、OSHAのPSM基準の適用対象となる施設を運営する企業に対して、新規または既存の施設内の作業員を爆発、火災、有毒物質の流出から保護するためのリスク管理に関する追加ガイダンスを提供している [91, p. 1]。API RP 752では、新規および既存の建物の立地評価を行うための体系的なプロセスが示されている [91, p. 5]。しかし、API RP 752では、有機過酸化物製品を保管するアルケマの低温倉庫のような貯蔵施設は対象から除外されている。これは、倉庫は主に物質を保管するためのものであり、作業員が常駐する建物ではないためである [91, p. 5]。

258. CCPSは、その書籍『ハザード評価手順ガイドライン（Guidelines for Hazard Evaluation Procedures）』の中で、施設の立地について以下の3つの重複する側面を挙げている。

- 周辺環境に対する施設の位置
- 施設のレイアウトと設備および建物の配置間隔
- 居住建築物における人員の保護 [92, p. 288]。

259. 『ハザード評価手順ガイドライン』では、洪水ハザードの評価を排除してはいないものの、企業が洪水リスクを評価する方法についての具体的なガイダンスは提供されていない [92]。ただし、CCPSは、図で表した仮想的な施設を用いて概念的に施設ハザード分析を説明している。施設の近くに河川があるという前提の下で、ハザードレビューチームが洪水発生によって引き起こされるであろう施設への損傷を、洪水リスクへの質疑を通して検討するものである [92, pp. 330-336]。

260. CCPSのガイドラインでは、異常気象の重要性について次のように説明している。

> フェンスラインの外で発生した原因事象については、しばしば後付けのように議論される。洪水、停電、強風、地盤変動、その他の自然の力は、発生時期や規模を正確に予測することは困難であるが、プロセスへの影響はある程度予測可能である。このような予測可能な影響に対しては、適切な対策を講じることで、人々、財産、および環境を保護することが可能である。[92, p. 202]

261. CCPSは、『施設立地およびレイアウトのガイドライン（Guidelines for Facility Siting and Layout）』の中で、多くの州や地区が、洪水による損害を最小限に抑えるためにゾーニング規制を導入していることに言及している［93, p.32］。これらの規制は、企業が洪水の発生しやすい地域に施設を建設することを制限するかもしれないし、特定の標高における設備の設置を制約するかもしれない [93, p. 32]。CCPSは、企業が新たな用地を選択する際に確認・検討すべき洪水情報として、以下を特定した。

- 過去の洪水履歴情報（発生日時、総降水量、洪水深度を含む）の取得

- 当該地域の洪水管理組織の有無の確認、および洪水管理設備の運用・維持管理責任者の特定
- 当該地域の洪水モデルの開発状況の確認 [93, p. 157]

262. 施設立地[a] に関連するハザードを評価するために、アルケマの技術的PHAチームメンバー（少なくとも1名のオペレーターを含む）が、「流出により職場や地域社会の人々に影響を与える化学物質の種類と規模を定性的に特定する」ための施設立地のチェックリストをレビューした。しかし、このチェックリストには、洪水や洪水リスクに関して気づきを与える項目は一切含まれていなかった。

263. 企業は、PHAプロセスを施設の洪水リスクを評価するための適切な手段と考えることもあるが、実際には、PHAチームに洪水リスクの専門知識を有するメンバーが含まれていないことが多い。土木技術者は、洪水リスクに関する高度な専門知識を有する専門家グループの一つに相当するため、洪水リスクの特定と評価を行うチームには土木技術者を加えることが望ましい [94]。

264. 業界ガイダンスには潜在的な洪水リスクの評価を含めるべきであり、PHAチームが施設の洪水リスクを認識した場合は、洪水リスクに関する専門知識を有する者を少なくとも1名は追加し、チームの専門性を強化すべきである。

265. OSHAのPSM基準では、PHAチームに関して以下の要件が規定されている。

- エンジニアリングとプロセスの運転の専門知識を有するチーム
- 評価対象プロセスに特化した経験と知識を持つ、少なくとも1名の従業員
- 使用する特定のPHA手法に精通した者1名[b]

266. OSHAはPHAチームに必要な工学分野を特定していないが、化学技術者が関与することが最も多い。化学技術者の中には洪水リスクに精通している者もいるが、企業は、包括的な洪水リスクアセスメントを実施するために、化学技術者に研修を提供するか、土木技術者や関連する洪水評価の経験を有する他の専門家など、外部の専門技術者の支援を確保する必要がある。

[a] アルケマは、施設立地（facility siting）を、「対象プロセスのハザードと工場内の人間との位置関係、隣接するプロセス工場の建物に影響を及ぼす可能性のあるハザードの特定、およびそれらのハザードに関するリスクの管理」と定義している。

[b] 29 C.F.R. §1910.119(e)(4)

9. その他の洪水事故

267. 長年にわたって多くの洪水事故が産業施設に影響を与えてきた。本節では、アルケマ・クロスビー事故と関連性のある2つの事例として、福島原子力発電所事故とサンジャシント・パイプライン事故について簡単に取り上げる。福島の事故はクロスビーの事故よりもはるかに深刻なものであったが、産業界は両事故から得られた教訓を活かし、将来の異常気象による被害を防ぐことができる。

9.1. 福島第一原発事故報告書

268. 2011年3月11日に発生した東日本大震災はマグニチュード9.0を記録した。この地震により発生した津波は、日本の東北沿岸を襲い、一部では30フィート（約9メートル）を超える高さの波が押し寄せた [95, p. 1]。この地震と津波により、15,000人以上が死亡し、6,000人以上が負傷した。日本の東北沿岸では、建物やインフラが甚大な被害を受けた [95, p. 1]。

269. 地震と津波の影響で、東京電力福島第一原子力発電所で原子力事故が発生した [95, p. 1]。この事故は、1986年のチェルノブイリ原発事故以来、最悪の原発事故となった。福島原発での放射性核種の放出により、半径20キロメートル（12.5マイル）圏内にいた10万人以上の人々が避難を余儀なくされた [95]。

270. 福島事故を受けて、国際原子力機関（IAEA：International Atomic Energy Agency）は、「人的、組織的、技術的な要因を考慮し、事故の原因と背景を詳細に分析し、必要な教訓を得て行動に移すことができるようにする [95]」ことを目的とした調査を実施した。この報告書では、原発の設計、緊急事態への備え、深刻な事故への対応策、ならびに対応体制の課題が浮き彫りになった [95]。調査結果ではさらに、「原子力発電所においてすべての電力が長時間喪失することはないという前提があった」こと、また「大規模な自然災害と同時に原子力事故が発生する可能性に対する備えが不十分であったこと」が指摘された [95]。福島事故とアルケマ・クロスビー事故では影響の規模に大きな違いがあるものの、両事故から得られる教訓には共通点がある。

271. 東日本大震災は福島施設の電力供給に損害を与え、引き続いて発生した津波は所内のインフラにも甚大な被害をもたらした。この複合的な障害により、敷地外および敷地内の電力が完全に失われ、稼働中の3基の原子炉および使用済み核燃料プールの冷却機能が失われた [95]。発電所の作業員による懸命な対応にもかかわらず、3基の原子炉の炉心が過熱し、核燃料が溶融（メルトダウン）し、3つの格納容器が損傷した。さらに、水素ガスの放出により爆発が発生し、作業員が負傷し、放射性核種が環境中に放出された [95]。図56は、津波による福島第一原発の水位上昇を示している。この水位は、主要電気設備（スイッチギア）とバックアップシステム（ディーゼル発電機）の両方の高さを超えていた。

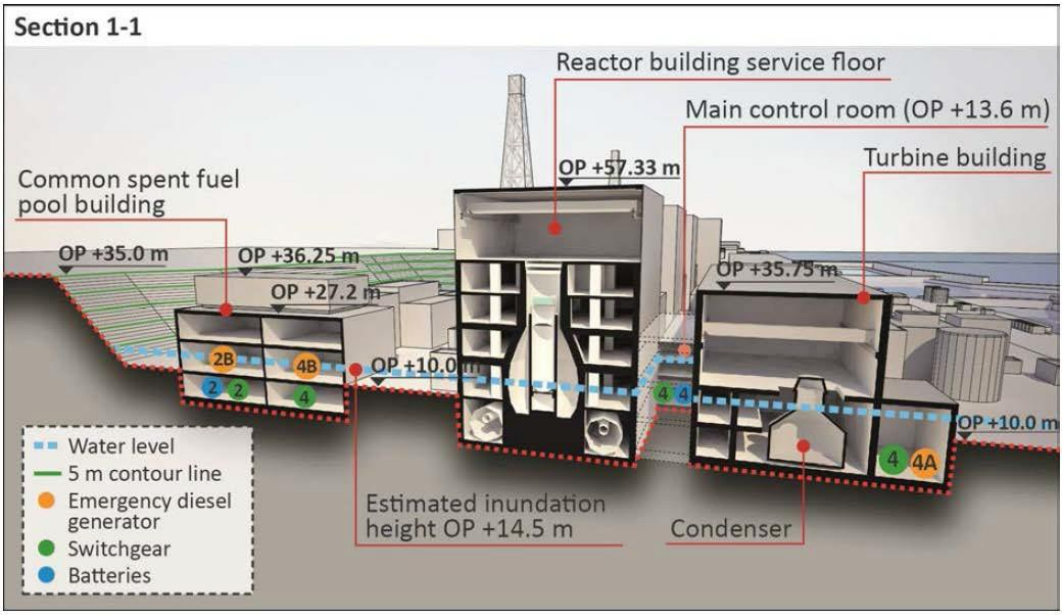


図56：福島第一原発の水位。このIAEAの図は、東日本大震災による津波の影響で福島第一原発が浸水した水位を示している [95]。

272. ハリケーン・ハービーによる洪水と同様に、東日本大震災による地震と津波は、福島原発が当初設計された際のハザード想定を大幅に上回った [95, p. 3]。当初の設計で考慮された地震ハザードと波高は、主に過去の気象データと地震データに基づいて評価されていた [95, p. 3]。さらに、事故前の時点では、この地域はマグニチュード8クラスの地震の可能性があると分類されており、マグニチュード9の地震は信憑性がないと判断されていた [95, p. 3]。

273. IAEAの報告書には、異常気象に備える化学施設にも適用可能な以下のような知見が示されている。

> 自然ハザードの評価は、十分に安全側である必要がある。原子力発電所の設計基準を策定する際に、主に過去のデータに基づいて検討するだけでは、極端な自然ハザードのリスクを正しく評価することはできない。包括的なデータが利用可能であっても、観測期間が比較的短いため、自然ハザードの予測には依然として大きな不確実性が残る [95, p. 4]。
>
> 自然ハザードの評価では、複数のハザードが同時または連続して発生する可能性と、それらが原子力発電所に及ぼす複合的な影響を考慮する必要がある。また、複数の原子炉ユニットへの影響も考慮する必要がある [95, p. 4]。

274. 危険物を取り扱う化学施設と同様に、原子力発電所もリスクを低減するために複数の独立した安全防護層を設けている。福島第一原発では、放射性核種の環境中への放出を防ぐために、4つの安全防護層が存在していた。これらの安全防護層は、幅広い潜在的なハザードから保護するために作られたが、津波や洪水といった外的ハザードは十分に考慮されていなかった [95, p. 5]。その結果、洪水により3つの安全防護層が同時に機能不全に陥ったが、これはすべてが同一の共通原因によって機能不全に陥ったことになる。IAEA報告書は次のように結論づけている。

> 複数の安全システムが共通原因により故障したことは、設計時には想定されていなかったプラントの状態を引き起こした。その結果、深層防護の第四層である、重大事故の進行防止および影響緩和のための防護手段が機能せず、原子炉の冷却を回復し、格納容器の健全性を維持することができなかった。電力の完全喪失、監視装置の不作動による安

全関連パラメータ情報不足、制御装置の喪失、運用手順の不十分さが相まって、事故の進行を止めることができず、その結果、事故の影響を抑えることが不可能になった [95, p. 5]。

275. 福島施設が当初設計・建設された1960年代および1970年代には、地震や洪水などの外的ハザードを推定する際、過去の気象データと地震データを用いるのが原子力業界の慣行であった [95, p. 50]。事業者は、どのような災害事象についても施設に最も近い場所で発生する可能性を想定し、記録された災害の最大レベルをさらに増加させることにより、検討には安全側な想定をしていたであろう[95, p. 50]。福島第一原発でも、公式のデータを基にした安全側な推定値を用いて、最大地震強度および津波の波高を設定していたが、2011年3月11日に実際に発生した地震や津波はその想定値を上回った。例えば、津波の最大波高は、1960年に発生したチリ地震のデータを基に海抜約10フィート（約3メートル）と推定された。しかし、実際に福島第一原発を襲った津波の高さは、その約3倍に相当した [95, p. 50]。2009年の再評価により、津波の波高は海抜約20フィート（約6メートル）と再評価され、これに応じて施設では特定のポンプのモーターの設置位置を高くする措置がとられた [95, p. 51]。しかし、この再評価後でもバックアップ発電機の高所移動は行っておらず、対策としては不十分であった[95, p. 51]。

9.2. サンジャシント・パイプライン洪水事故

276. 1994年10月、ハリケーン・ローザによる大気中の湿気の影響で、テキサス州ヒューストン近郊のサンジャシント川流域が大規模な洪水に見舞われた [96], [97]。サンジャシント流域は、アルケマ・クロスビー施設の西方数マイルに位置し、同施設があるシーダーバイユー流域に隣接している [97]。この洪水により、8本のパイプラインが損壊し、29本のパイプラインが損傷を受けた [98, p. v]。その結果、35,000バレル以上の石油製品が川に流出した [98, p. v]。河川に放出された炭化水素の引火により、547人が火傷や煙の吸入により負傷した [98, p. v][a]。（図57）。

[a] サンジャシント川火災の地元ニュース報道の映像 [222]

図57：1994年のサンジャシント川火災。この地元ニュースの写真は、1994年10月にパイプラインの破裂により石油製品が流出した結果、発生したサンジャシント川の火災を示している [99]。

277. 1994年10月中の1週間、ハリケーン・ローザの影響が続いたテキサス州南東部では、ヒューストン近郊のサンジャシント川周辺で15～20インチ（約38～50cm）の降雨が記録された [98, p. 2]。この降雨により発生した洪水は、極めて危険な洪水であった [96][a]。洪水により14,000人が避難を余儀なくされ、20人が死亡した [98, p. v]。パイプラインの流出事故への対応には700万ドル以上の費用がかかり、推定物的損害額は約1,600万ドルであった [98, p. v]。

278. 1994年10月19日、洪水の影響で最初のパイプライン（直径8インチの液化石油ガスパイプライン）が破損した [98, p. 4]。翌日の10月20日には、ガソリンを輸送していた直径40インチおよび36インチのパイプラインを含む多数のパイプラインが破損した [98, pp. 4-6]。 1994年10月20日、流出したガソリンが引火し、5回の爆発が引き起こされた [98, p. 6]。この事故を受け、パイプラインの流出地点を中心に半径9マイルの避難区域が指定された [98, p. 7]。1994年10月23日、緊急対応チームは未燃焼の流出石油製品の管理燃焼を実施した [98, pp. 13-17]。

279. 国家運輸安全委員会（NTSB：National Transportation Safety Board）はこの事故を調査し、1996年に報告書を発表した [98]。調査の一環として、NTSBは1991年から1993年の3年間に米国内で発生した洪水によるパイプライン破損事故を調査した [98, p. 35]。その結果、合計21件のパイプライン破裂が確認されたが、その中には天然ガスパイプライン13件、「高揮発性液体」を含むパイプライン3件が含まれていた [98, pp. 35-36]。この調査の結果、NTSBは同様の事故の再発防止のため、9件の安全勧告を発表した [98, p. v].

280. NTSBの調査報告では、11の結論が示されており、そのうち少なくとも以下の2点はアルケマ・クロスビー施設の洪水事故にも適用できる。

1. 洪水によって損壊または破裂した大半のパイプラインの設計基準には、氾濫原調査が考

[a] 米国運輸安全委員会（NTSB）の報告書には、ヒューストン周辺の過去の洪水状況が詳細に記されており、この地域は洪水の常襲地帯として知られ、1907年から1996年の間に17回の洪水が発生していたことが示されている [98, p. 4]。

慮されていなかった。むしろ、事業者は、パイプライン設置当時の一般的な設計基準のみを使用していた [98, p. 47]。

2. 氾濫原を横断するパイプラインを設計するための基準は、パイプラインに襲いかかる複数の脅威を定義し、パイプラインを設計するための調査・研究・将来的な検討を行い、運用期間中に設計の健全性を定期的に再評価するために必要である [98, p. 47]。

10. 緊急対応活動

281. アルケマ・クロスビー事故が発生する前から、緊急対応コミュニティはハリケーン・ハービーへの対応に追われていた。ハービーによる被害は、テキサス州史上最大規模の災害対応を要した [27]。緊急対応要員は、82機の航空機と100隻以上のボートを使用して、12万件以上の救助活動を実施した [27]。また、300万食以上の食料と水が被災者に配布され、2万4000人以上の避難者がホテルに収容された [27]。さらに、2万1000人以上の連邦職員がハリケーン・ハービーの救援活動に派遣され、テキサス州とルイジアナ州に向けて5万3000ポンドの医療機器および物資が輸送された [100]。この連邦職員の中には、動員された6,300人以上の現役軍人も含まれていた [100]。

282. ハリケーン・ハービーがテキサス沿岸に到達すると、EPA、TCEQ（テキサス州環境品質委員会）、米国沿岸警備隊、テキサス州土地管理局による統合司令部が組織され、すべての緊急対応活動を統括した [101]。統合司令部は、州兵および連邦都市捜索救助隊からの支援も受けた [101]。統合司令部は、コーパスクリスティ、ヒューストン、ボーモントの3つの作戦拠点に分かれて活動した [101]。ヒューストン地域では、ハリス郡が統合司令部を支援し、ハリス郡消防署長事務所およびハリス郡消防局を含む緊急対応リソースを提供した。

283. 米国陸軍工兵隊は150人以上の要員を派遣し、緊急対応において洪水対策およびインフラ復旧作業を担当した [100]。

284. 事故発生中、EPAは、航空機搭載型スペクトル測光環境収集（ASPECT: Airborne Spectral Photometric Environment Collection Technology）システムを搭載した航空機を投入し、空気中の有害化学物質を監視した [101]。ASPECTによる測定では、有機過酸化物を積載した冷蔵トレーラーが燃焼した際にも、空気中の化学物質濃度は基準値を超えるレベルには達していなかった [101]。また、EPAは、冷蔵トレーラー内の有機過酸化物の分解が進行する一連の事象の中で、煙と大気の質を監視し、周辺地域でさらなる火災が発生する可能性を評価した。さらに、クロスビー施設から流出する可能性のある有機化学物質を検出するため、下流の表層水のサンプルを4カ所で採取した [101]。アルケマ・クロスビー施設では、有機過酸化物を積載した9台のトレーラーが燃焼するなどの化学物質の放出が報告されたが、EPAの水質検査では、これらのサンプルから有機過酸化物やその分解生成物は検出されなかった。

11. 避難区域

285. 1.5マイルの避難区域を設定する際、緊急対応当局は、避難区域を維持するための人員配置要件、冷蔵トレーラーに一時保管されている有機過酸化物製品の燃焼による大気質への影響可能性、そしてEPA規制対象の化学物質でありアルケマのリスク管理計画に記載されている二酸化硫黄およびイソブチレンの流出可能性等、複数の要因を考慮した。アルケマは、有機過酸化物の製造のために二酸化硫黄とイソブチレンを貯蔵・使用している。

11.1. 二酸化硫黄

286. アルケマ・クロスビー施設の二酸化硫黄貯蔵タンク（図58）は、イソブチレン貯蔵タンクから300フィート（約90メートル）以上、有機過酸化物製品を保管していた最も近い冷蔵トレーラーから約400フィート（約120メートル）の距離にあった。放出の可能性は低いにもかかわらず、緊急対応当局は、タンクの圧力開放装置が開放され、そのまま開放状態が継続するシナリオに基づいて、1時間当たり16,000ポンド（約7.3トン）の二酸化硫黄放出をモデル化した。なお、この事故では二酸化硫黄は放出されなかった。

図58：クロスビー施設の二酸化硫黄貯蔵タンク。アルケマ・クロスビー施設の二酸化硫黄貯蔵タンクは、事故当時、イソブチレンタンクから約300フィート、有機過酸化物製品を貯蔵していた最も近い冷蔵トレーラーから約400フィートの距離にあった。（出典：CSBの写真）

287. モデリングでは、二酸化硫黄の濃度が急性曝露ガイドライン（AEGL）のレベル2（AEGL-2）およびレベル3（AEGL-3）に達する可能性のある風下方向への影響範囲を評価した。AEGLの値の定義は以下の通りである。

- AEGL-3（死亡の可能性）：この濃度を超えると、一般の人（影響を受けやすい個人を含む）が生命を脅かす健康被害を受ける、または死亡する可能性がある [102, p. 394]。
- AEGL-2（負傷の可能性）：この濃度を超えると、一般の人（影響を受けやすい個人を含む）が不可逆的または重篤で長期的な健康被害を受ける、あるいは避難行動に支障をきたす可能性がある [102, p. 394]。

288. モデルでは、二酸化硫黄に4時間暴露した場合のAEGL値として、0.75ppm（AEGL-2）と19ppm（AEGL-3）が用いられた[102, p. 397]。

289. モデリングの結果、AEGL-3（生命を脅かすレベル）の二酸化硫黄濃度は、アルケマ・クロスビー施設から約1マイル以上には及ばないことが示された。一方、AEGL-2（健康被害の可能性があるレベル）の濃度は、アルケマ施設から数マイルにわたって広がる可能性があった。しかし、緊急対応当局はこのシナリオを現実的ではないと判断し、この可能性を考慮しての避難区域の拡大は行わなかった。

11.2. イソブチレン

290. アルケマ・クロスビー施設のイソブチレン貯蔵タンク（図59）は、有機過酸化物製品を保管していた最も近い冷蔵トレーラーから100フィート（約30メートル）以上の距離があった。イソブチレンの潜在的危険性を評価するため、緊急対応当局は、イソブチレン貯蔵タンクの爆発シナリオをモデル化した。モデリングの結果、予測される爆風圧の影響はアルケマ・クロスビー施設内に集中することが示された。

図59：アルケマ・クロスビー施設のイソブチレン貯蔵タンク。アルケマ・クロスビー施設のイソブチレン貯蔵タンクは、有機過酸化物製品が入った最も近い冷蔵トレーラーから100フィート以上離れた場所にあった。（出典：CSBの写真）

11.3. アルケマ施設で発生した有機過酸化物の流出と燃焼による、未だ不明な潜在的健康影響

291. CSBは、有機過酸化物の分解によって発生した蒸気雲や、有機過酸化物の包装材や冷蔵トレーラーの燃焼で生じた煙に曝露したことによる、クロスビー地域の住民や初期対応者の長期的な健康影響について、現時点では把握していない。CSBは、この事故によって空気中に拡散した物質の毒性や潜在的な健康影響について断定的な見解を示すことができない。一部の緊急対応要員や地元住民は、有機過酸化物の分解によって発生した蒸気雲や、有機過酸化物の燃焼やアルケマが一時的にこれらの製品を保管していた冷蔵トレーラーの燃焼によって発生した煙による健康への影響を懸念していた。CSBは、アルケマが提供した関連する安全データシート（SDS）の情報を確認したが、既存のSDSには、蒸気雲に含まれる未知の物質の成分や量、あるいは低温倉庫から移動された有機過酸化物製品を保管していたトレーラーの燃焼生成物に関する情報は含まれていなかった。

292. 前述のとおり、EPAは、あらゆる物質の流出による大気および水質に対する影響を監視する

ために、この事故のために要員と機材を投入した。EPAの航空機によるASPECT試験および地表水の検査では、有機過酸化物の痕跡は検出されなかった。また、EPAは、大気質指標（AQI：Air Quality Index）とそれに基づく手法を適用し、有害な空気を吸入した人が経験するかもしれない潜在的な健康影響を判断しようとした。例えば、有機過酸化物製品や冷蔵トレーラーからの不完全燃焼による煤煙粒子を吸い込んだり、関連する粒子状物質を吸い込んだりすると、健康に悪影響を及ぼす可能性がある。

293. AQIは、有害な空気を吸った後、数時間または数日以内に人々が経験する可能性のある健康影響を表すために使用される指標である [103, p. 2]。EPAの担当者は、有機過酸化物製品や冷蔵トレーラーの不完全燃焼により発生すると予測される煤粒子の評価を行った。このような粒子汚染または粒子状物質は、AQIの基準汚染物質の一つとされている[a]。EPAのパンフレット『大気質指標：大気質と健康の指針（Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health）』には、「心臓や肺に疾患のある人、高齢者[b]、子供は影響を受けやすいため、リスクが高いと考えられる [103, p.3]」と記されている。クロスビー事故で発生した可能性のある有害な大気状態を評価するため、EPAの担当者は、EPAのAQIレベルを使って、不健康、非常に不健康、危険の3段階からなる大気による健康懸念のモデルを開発した。EPAによるこれらの大気質カテゴリーの説明は以下のとおりである。

- 不健康：AQI値が151～200の間になると、すべての人が健康への影響を受ける可能性があり、特に影響を受けやすい人はより深刻な影響を受ける可能性がある。
- 非常に不健康：AQI値が201～300の間になると、健康警報が発令され、すべての人がより深刻な健康影響を受ける可能性がある。
- 危険：AQI値が300を超えると、緊急事態の健康警告が発令され、一般住民全員が深刻な健康影響を受ける可能性が高まる。 [103, p. 3]

294. EPAの担当者はまた、AQIスコアの上昇に伴い、潜在的な健康リスクが増大することを示す3段階のカテゴリーを使用して、AQIを組み込んだモデルを開発しようと試みた。しかし、アルケマ・クロスビー事故における予測拡散モデルは、実際の拡散状況を正確に反映しておらず、その他の実務上の困難もあったため、AQIを基に継続的または長期的に健康影響を分析するEPAの試みは、決定的な結論を導き出すに至っていない。事故で放出された蒸気や煙は、数時間から数日以内に拡散し、消失したため、クロスビー事故での大気排出物に関する裏付けとなる追加データが不足している。このため、CSBはこの問題について意味のある結論を出すことができていない。そこで、本報告書では、アルケマ・クロスビー施設で発生した有機過酸化物の分解による健康影響についての詳細な分析はせず、事故後に医療機関を受診した人々が経験した短期的な健康影響について、この事故の重要な側面の一つとして言及する。

11.4. 人員配置

295. 二酸化硫黄、イソブチレン、大気質のシナリオを評価した結果に基づき、緊急対応当局は半径1マイルの避難区域が必要であると判断した。しかし、ハリス郡全域でハリケーン・ハービーの洪水に対する救援活動が行われており、緊急対応要員の需要が非常に高かったため、人員配置が重要な要素となった。1マイルの避難区域を維持するために必要な人員を評価する際、

[a] 大気質指標の基準汚染物質には、他に地表オゾン、一酸化炭素、二酸化硫黄が含まれる [103, p. 2]。

[b] 「通常の加齢プロセスにより、高齢者は有害な空気にさらされることにより健康リスクが高まる可能性がある。研究によると、60代半ばから空気汚染に対する感受性が増すことが示されている。しかし、心臓発作のリスク、およびそれに関連する粒子汚染によるリスクは、男性では40代半ば、女性では50代半ばから始まる可能性がある [103, p. 3]。」

地域の道路配置を考慮すると、1.5マイルの避難区域とするほうが少ない人員で対応可能であることを緊急対応当局が発見した。避難区域を0.5マイル拡大することで、より広範で安全な避難区域が確保できるうえに、必要な緊急対応要員の数を削減できるため、当局は1.5マイルの避難区域とすることを決定した。

11.5 高速道路90号線の通行維持

296. 避難区域が設定された後も、避難区域の中央とクロスビー施設の近くを通る高速道路90号線は交通規制されることなく開放されていた。統合司令部がこのような決定を下したのは、ハリケーン・ハービーによる深刻な洪水被害を受けていたボーモント地域へ、ヒューストン方面から人員や機材を輸送するための主要幹線道路が高速道路90号線しか残っていなかったからである。この状況は、すべての緊急対応要員と統合司令部にとって難しい決断を迫った。一方で統合司令部は、冷却が不十分となり、加速度的に分解が進んでいる可能性のある有機過酸化物の潜在的な危険性を考慮する必要があった。他方、ハリケーン・ハービーが東へ移動するのに合わせて、緊急対応要員やその他の資源も同様に移動しなければならなかったため、高速道路90号線は極めて重要な輸送経路であった。緊急対応要員は、クロスビー施設の状況を監視し、冷蔵トレーラーでの火災や化学物質の流出の兆候が確認された場合には、直ちに高速道路90号線を閉鎖する計画を立てていた。

297. 2017年8月30日（水）以降アルケマは、有機過酸化物を積載した6台の冷蔵トレーラーの空気温度が上昇しており、そのうち3台では製品の推定SADTを超えていることを示す遠隔測定データを統合司令部に提供した。しかし、最初に発火した冷蔵トレーラーには遠隔測定データを生成する機能がなく、緊急対応要員はそのトレーラー内の有機過酸化物製品が分解し始める時間を正確に予測できなかった。また、現場対応チームは、各冷蔵トレーラー内に積載された有機過酸化物製品の推定リストを作成したものの、トレーラーへの積み込み作業が慌ただしかったため、リストの正確性を保証できなかった。その結果、最初に燃焼した冷蔵トレーラー内の有機過酸化物が急速な分解・燃焼を開始するのに十分な高温に達したときも、高速道路90号線は依然として通行可能な状態であった[a]。

298. 2017年8月30日（水）午後11時50分頃、有機過酸化物の分解が最初の冷蔵トレーラー内で始まったとみられる時点で、2人の警察官がアルケマ・クロスビー施設から発生した白い煙の中を車で通過した。警察官が白煙の通報を行った後、緊急対応要員は高速道路90号線を閉鎖したが、その後、クロスビー施設での分解が目視確認されなかったことや、遠隔測定データが分解の進行を示していなかったことから、緊急対応要員は高速道路90号線を再び通行可能とした。アルケマ施設で白煙が目視確認できなかったため、緊急対応要員は、警察官が通過した煙の正体は「低層の気象雲（おそらく霧）」であったと結論づけた。最初の有機過酸化物の分解が確認されなかったため、緊急対応要員は高速道路90号線を再開通させた。確かに難しい決断ではあったが、高速道路90号線を再開通させたことで、より多くの緊急対応要員や一般市民が化学物質の雲にさらされる可能性が生じた。後になって、有機過酸化物の分解が確認された後、緊急対応要員により高速道路90号線のすべての車線が閉鎖された。

299. この事故は、緊急対応時に選択肢を吟味することの難しさを示している。アルケマ・クロスビーの事故は、ハリケーン・ハービーによって引き起こされた大規模な緊急事態の中で起きていた。避難区域の厳格な施行を担当する当局者のニーズと、ハリケーン・ハービーへの対応を優先する当局者のニーズは相反していた。緊急事態当局は当然のことながら、当初は高

[a] 冷蔵トレーラーには複数の種類の有機過酸化物製品が保管されており、燃焼時には酸素が限られていたため、分解の進行はそれぞれ異なっていたと考えられる。このため、この事故で放出された化学物質の正確な組成を特定することはできない。

速道路90号線を開通させていた。しかし、クロスビー施設の状況が不安定になり、有機過酸化物の分解が進行する可能性があると報告された時点で、緊急対応当局は高速道路90号線を閉鎖し、適切な代替ルートを確保すべきであった。緊急事態においては、データは不完全であることが多く、矛盾していることさえある。そのため、緊急対応要員は、慎重な判断を優先し、安全側に立った対応を取り、それにより、自分自身および一般市民の安全を最大限に確保するよう行動すべきである。

12. 洪水災害の発生頻度とコスト

300. 長い再現期間を持つ洪水（100年洪水や500年洪水など）の発生頻度推定には不確実性が伴う [54, p. 2]。

301. 欧州委員会共同研究センターが2004年に発表した報告書によると、米国における自然災害による損害額は、1970年の年間45億ドルから、1999年には年間60億～100億ドルに増加した（すべて1970年基準のドル換算） [104, p. 2][a]。自然災害の発生率が増加すれば、施設のレジリエンスを強化するための適切な措置が取られない限り、その影響を受ける化学施設では、事故の頻度や損害コストが増加する可能性がある。

302. 近年、極端な降雨による洪水の発生が増加しており、EPAの気候専門家の中には、この傾向は今後も続き [105, 106]、その結果、米国の多くの地域で洪水リスクが高まる [106] と予測する者もいる。将来予測によれば、テキサス州は、全米で最も大きな洪水被害を受けるとされている（図60）[106]。

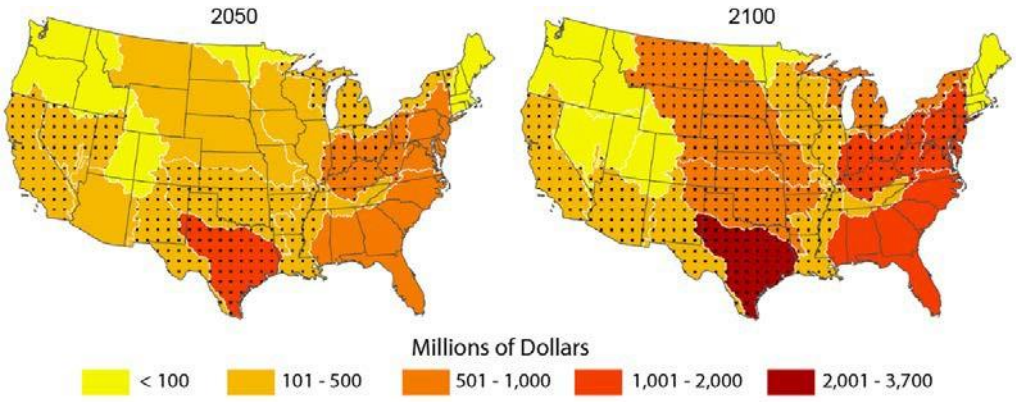


図60：気候変動が抑制されなかった場合の将来の洪水被害 [106][b] [c]。この予測では、2014年の米ドルを基準として将来の被害額を推定している。

303. 国際的な保険会社であるスイス・リーが行った2017年の調査によると、地震、暴風雨、洪水、山火事などの自然災害の増加したため、災害による世界的な保険損失[d] が2016年の保険金請求を急増させた [107]。同報告書によれば、2016年の保険損失の42%は自然災害に起因するものであった。また、人為的災害の減少とは対照的に、自然災害は増加し続けている（図61および図62）[108]。北米では2016年、災害事象による保険損失が最も大きく、その主な原因はハリケーン、雹（ひょう）、雷雨、深刻な洪水であった [108]。

[a] 2017年のドル価値に換算すると、1970年の損失額は284億ドルであったが、1999年までに631億ドルに増加した [223]。

[b] 「詳細については、EPAの『Climate Change in the United States: Benefits of Global Action』を参照のこと」[182]。（ハイパーリンクを追加）。

[c] 「気候変動とは、長期間にわたる気候の指標における重大な変化を指す。言い換えれば、気候変動には、気温、降水量、風のパターンなどの大きな変化が含まれ、数十年またはそれ以上をかけて生じる」[229]。（ハイパーリンクを追加）

[d] この報告書では、大災害（カタストロフィ）を「1億900万ドルを超える保険損失をもたらす事象、あるいは少なくとも20人の死者、50人の負傷者、2,000人の避難者を出す事象」と定義している [108, p. 2]。

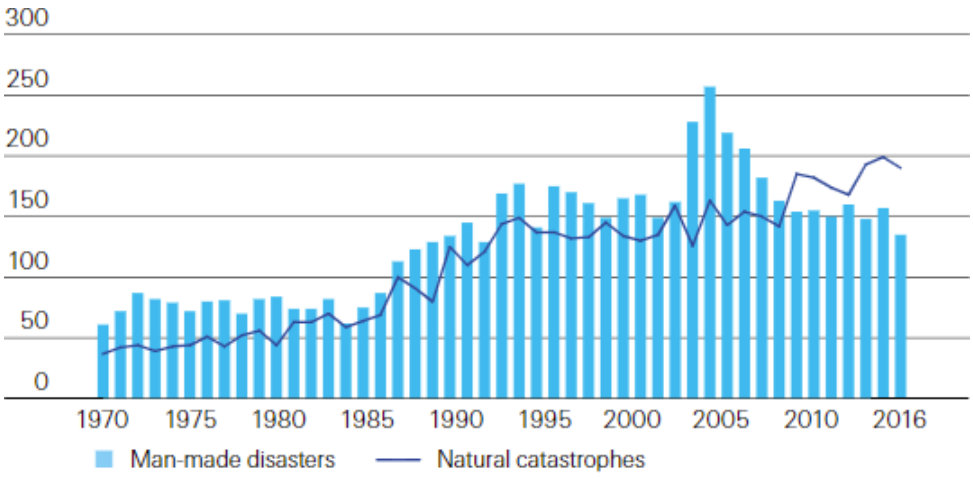


図61：スイス・リーによる保険損失に関する調査。国際的な保険会社であるスイス・リーは、1970年から2016年までの災害に起因する保険損失を調査した [108, p. 2]。

Figure 3
Insured catastrophe losses 1970–2016 in USD billion, at 2016 prices

1 1992: Hurricane Andrew
2 1994: Northridge earthquake
3 1999: Winter Storm Lothar
4 2001: 9/11 attacks
5 2004: Hurricanes Ivan, Charley, Frances
6 2005: Hurricanes Katrina, Rita, Wilma
7 2008: Hurricanes Ike, Gustav
8 2010: Chile, New Zealand earthquakes
9 2011: Japan, New Zealand earthquakes, Thailand flood
10 2012: Hurricane Sandy

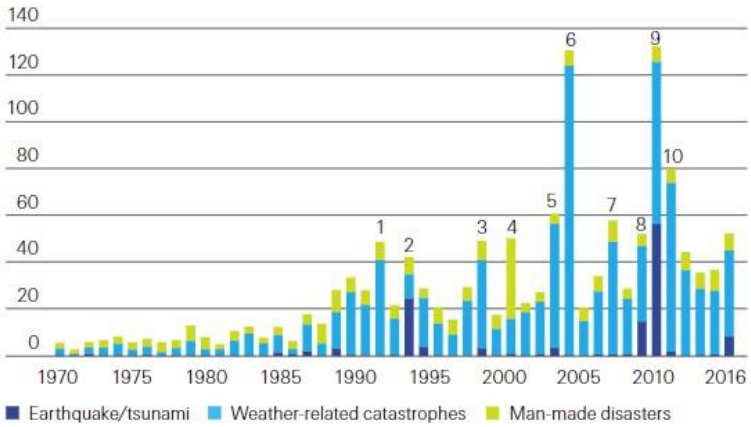


図62：1970年から2016年までに発生した大災害による保険損失。スイス・リーは、1970年～2016年の間に発生した災害による保険損失額を調査した（単位は10億米ドル、2016年の価値に換算） [108, p.4]。

304. 2016年のスイス・リーの報告では、洪水が、米国において保険が不十分な状態のリスクとなっていることが指摘されている [108]。この指摘は、人々や産業界が洪水リスクを十分に認識していない可能性を示唆している。同報告書は、「米国は依然として洪水リスクに対して極めて脆弱な状況にある」と指摘している [108, p. 14]。特にヒューストン都市圏については、氾濫原に建設された都市であり、大雨時に洪水の影響を受けやすいことに言及した上で、「2016年と2015年の2度にわたる内陸洪水でヒューストンは数十億ドルの損失を被ったが、これは決して予測不可能な事態ではなかった [108, p.15]」と指摘している。

305. スイス・リーは、米国の洪水に対する保険が不十分な状況は、「個別事象の選択が不適切なために損失の経験が不足し」、「根底にあるリスクの本当の規模を十分に把握できない [108, p. 16]」ことが原因であると説明している。要するに、多くの人々は過去の洪水の記憶をもとにリスクを判断しているが、これでは洪水リスクの程度をきちんと認識する適切な評価方法とは言えないと結論付けている。このような姿勢はアルケマ・クロスビー施設でも見られ、従業員は、自分たちの、過去の降雨とそれによる施設への影響の記憶をもとに洪水リスクを想定していたが、数百年の範囲も考慮したシナリオに基づくリスク評価と比較すると、数十年の個人的な経験のみに依存するリスク評価は信頼性が低いリスク評価方法と言わざるを得ない。数十年に一度しか起こらない洪水といった、影響は大きいが頻度の低い事象は、十分に把握できない可能性がある。このような現実的な見通しをもってしても、スイス・リーは、

米国における洪水保険の請求額は年間150億ドル程度と予想していたが、スイス・リーがレポートを発表したわずか数ヵ月後にハリケーン・ハービーが引き起こした洪水被害額は200億ドルを超えた。

13. Natechリスクアセスメントとマネジメント

306. 世界各地で発生した異常気象（1999年のトルコ地震、2002年の欧州全域の洪水に始まる）に伴う数多くの化学物質の流出事故を受け、欧州委員会は、京都大学防災研究所などの機関と協力し、今後このような事故をどのように防ぐことができるか分析を開始した [104, p. 1]。この研究グループは、異常気象（Natech[a] の一種）発生時における産業事故のリスクに関する情報がほとんど存在しないことを明らかにした [104, p. 1]。

307. 欧州委員会共同研究センター（EU-JRC）が発刊した異常気象による産業事故に関する最新の書籍には、次のように記されている。

> 近年、自然災害の発生件数は過去最多を記録し、産業施設やインフラに前例のない被害をもたらした。2011年の東日本大震災（地震と津波）に加え、最近の主な例としては、2012年のハリケーン・サンディによる複数の炭化水素の流出や下水の放出、2011年のタイの洪水による工業団地の損害、2005年のハリケーン・カトリーナおよびリタによるメキシコ湾沖の石油・ガスインフラの壊滅的な被害などが挙げられる。これらの出来事は、危険な施設や、危険な物質を処理、貯蔵、輸送するその他のインフラにおいて、自然ハザードが火災、爆発、有害物質や放射性物質の放出を引き起こす可能性があることを明確に示した。自然ハザードによって引き起こされるこうした技術的な「二次的影響」は、「Natech」事故と呼ばれる。このような事故は、多くの自然災害において繰り返し発生しているにもかかわらず、見過ごされがちな特徴であり、その社会的、環境的、経済的影響も重大で長期にわたることが多い [85, p. 1]。

308. Natechハザードは、すでに異常気象に対処している住民の負担を増大させ、広範囲にわたる有害化学物質の同時流出を引き起こす可能性がある [85, p. 1]。EU-JRCは、異常気象によるリスクの評価が難しい理由として、このテーマが多くの専門分野に関わるものであり、従来の専門分野の枠を超えた学際的なアプローチが必要であることを指摘している [85, p. 3]。例えば、クロスビー施設で発生した洪水は、主に土木工学の問題であるが、洪水によって有機過酸化物製品の冷却ができなくなったため、化学工学や電気工学とも関連する問題となった。さらに、異常気象によるリスクは比較的新しいものと見なされており、最近の事故を受けてようやく注目されるようになってきた段階である [85, p. 3]。適切な対応をさらに複雑にしているのは、「従来の」産業事故を防止するための既存の保護対策や安全防護層が、異常気象事故も防御してくれるという認識が根強い点である [85, p. 3]。

309. EU-JRCのNatech報告書は、異常気象を想定したシナリオ検討においては、緊急対応要員と関連資源の不足を想定しなければならないことを指摘している。なぜなら、緊急対応要員はすでに異常気象による影響の多くに対処中である可能性が高く、有害化学物質の放出が発生した場合、緊急対応要員自身が危険にさらされるとともに、その重要な業務遂行が妨げられる可能性があるからである [85, p. 4]。異常気象、特に洪水は、事故が発生している施設へのアクセスを困難にする可能性がある。道路のアクセスや通行ができなくなると、緊急対応要員が施設に到達できず、地域住民が避難できない事態が発生する可能性がある [85, p. 4]。

310. 異常気象に対するリスク軽減計画は効果的である [85, p. 35]。EU-JRCの報告では、当然のことながら、リスク軽減策を事前に実施し、異常気象に特化した設計を行っている企業のほうが、異常気象発生時に被害を抑制し、操業を継続できる可能性が高いと報告されている [85, p. 35]。しかし、産業界および当局の多くは、異常気象リスクを過小評価している、と同報告書

[a] Natechは、あらゆる種類の自然災害によって引き起こされる技術上の災害（technological disaster triggered by any type of natural disaster）と定義される [104, p. 1]。

は指摘している。また、異常気象リスクにどのように対処すべきかについてのガイダンスがないことも指摘されている [85, p. 35]。

311. EU-JRCは、企業にとって最も深刻な課題は、安全システムの故障そのものではなく、自然ハザードに対する備えが不十分であることであると指摘している [85, p. 35]。この報告書は、化学施設が安全措置の基礎として一般的な設計基準を用いることが多く、立地ごとの異常気象リスクを十分に評価していないと結論づけた [85, p. 35]。

312. 施設が洪水に見舞われると、複数の要因により運転上の障害や化学物質の流出が発生する恐れがある。例えば、洪水によって貯蔵タンク（特に大気圧貯蔵タンク）が基礎から浮き上がると、内容物が流出する恐れがある。浮き上がったタンクは、内容物を放出してより深刻な事故につながるだけでなく、他の安定したタンクや浮いているタンクにも影響を与える可能性がある。水の流れが配管に負荷をかけるため、配管接続部が破損する可能性もある [85, p. 40]。例えば、アルケマ・クロスビー施設のように、水が電気設備に侵入して停電を引き起こし、それが間接的に事故を引き起こすこともある。洪水は広範囲に影響を及ぼしやすく、流出した危険な化学物質が広い地域に拡散する可能性がある [85, p. 42]。洪水が引き起こす複合的なリスクは、施設周辺の地域社会と環境の両方に深刻な脅威をもたらす。

14. ハリケーン・ハービーによるその他の産業流出事故

313. ハリケーン・ハービー対応の一環として、263人のEPA職員が救援活動に従事した [101]。ハリケーン・ハービーの影響を受けた地域には、合計41カ所のスーパーファンド対象地（EPAによる指定汚染区域）が存在していた [101]。EPAは、2017年9月2日時点で、そのうち13カ所が浸水または暴風雨に起因すると思われる被害を受けたと報告した [109]。この13カ所のうち11カ所は、洪水のためにハリケーン発生中にはアクセスができず、EPA職員が試料採取を行えたのは洪水が引いた後だった [109]。EPAが試料採取の後に分析した結果、1カ所を除き、スーパーファンド対象地の汚染状況はハリケーン発生前と同様であったと判断された [110]。

314. サンジャシント川廃棄物埋立地のスーパーファンド対象地には、有毒なダイオキシンが含まれていた [111]。この対象地はハリス郡にあり、1960年代に製紙工場の廃棄物を処理するために建設された廃棄物貯留池だった [112]。この貯留池の広さは約34エーカー（約13.8ヘクタール）で、サンジャシント川の西岸にあった。ハリケーン後にEPAが調査を行ったところ、保護カバー（廃棄物の流出を防止するために設置）が洪水で損傷し、下の廃棄物が露出していたことが判明した [113]。この対象地に関してEPAが推奨するダイオキシンの浄化レベルは1キログラムあたり30ナノグラムだった。しかし、採取された試料は70,000ナノグラム以上の濃度を示した [113]。その後の分析で、洪水が保護カバーの下の川底を12フィート浸食したことが判明した [114]。

315. ハリケーン・ハービーの最中およびその後に、EPAはヒューストン南東部の製油所付近で大気モニタリング試験を実施したが、通常の大気レベルを超える有害化学物質は検出されなかった [101]。しかし、バレロ・ヒューストン製油所では、ハリケーン・ハービーの影響で軽質原油貯蔵タンクが破損し、ベンゼンやその他の有機化合物が流出した [101]。このタンクは、洪水によって基礎から浮き上がり、タンクの底部と側壁が分離して破損した。

316. 米国沿岸警備隊が運営する国家対応センターは、米国内で石油、化学物質、放射性物質、生物学的物質、および病原性物質の環境への放出を報告するための連邦政府指定連絡窓口となっている [115]。産業施設が化学物質を環境に流出させた場合、国家対応センターに通知し、その流出を報告する義務がある[a]。

317. ハリケーン・ハービー期間中の国家対応センターのデータによると、産業施設から環境への流出が102件報告され、そのすべてが何らかの形でハリケーンの影響を受けたものであった [116]。このうち44件は、施設のフレアを使用した「管理された」放出であり、ハリケーン到来前のシャットダウン作業中およびハリケーン通過後の再稼働時に発生した [116]。米国エネルギー省の推計では、ハリケーン・ハービーが上陸する直前に、米国内の石油生産量の24.5%、メキシコ湾の天然ガス生産量の25.9%、メキシコ湾岸の石油精製能力の43% [117]（米国の精製能力の12%）が予防的措置として操業停止された [118]。最大規模の環境汚染は、ハリケーン・ハービーによる洪水で被害を受けた大型貯蔵タンクから発生した [116]。

318. 例えば、テキサス州ガリーナパークで発生した流出事故は、マゼラン・ミッドストリーム・パートナーズL.P.社の施設で発生した。2017年9月1日午前0時過ぎ、マゼラン社は、同社のガリーナパーク施設が洪水の影響で、未知の量の「ガソリン系の製品」を流出させたと通知した [116]。12時間後の更新情報でマゼラン社は、洪水により1,000バレル（42,000ガロン）のガソリンが流出したと報告した [116]。さらに、その2日後、マゼラン社は、流出が近隣の水域に到達したと報告した [116]。流出事故から4日後の2017年9月5日、マゼラン社は、ガソリンの推定流出量を10,988バレル（約46万1,000ガロン）に修正した [116]。

[a] 40 C.F.R. §302.6

319. マゼラン・ミッドストリーム社のガリーナパークターミナルの原油貯蔵タンクの容量は720万バレルである [119]。このターミナルは、ヒューストンやテキサスシティーの製油所だけでなく、この地域の他のターミナルやパイプラインにもサービスを提供している [120]。ハリケーン・ハービーによる洪水で、施設内の2基の貯蔵タンクが破損し、内容物が流出した [121]。流出したガソリンの回収作業を行ったが、回収できたのは約20%にとどまり、残りの大部分は地面に浸透するか、蒸発したと考えられる [121]。

15. 勧告

CSBは、42 U.S.C. §7412(r)(6)(C)(i)および(ii)に基づく権限により、米国の化学産業の安全な操業を促進し、将来の事故から労働者および地域社会を保護するために、以下の安全勧告を行う。

15.1. 反応性物質研究からの環境保護庁への再勧告

2001-1-H-R3[a]

40 CFR 68（リスク管理計画）の偶発的放出防止要件を改定し、公衆に深刻な影響を与える可能性のある壊滅的な反応性ハザードを明示的に対象とすること。これには、自己反応性化学物質や化学物質とプロセス固有の条件の組み合わせによって発生するハザードを含めること。反応性ハザード規制の適用範囲に関するOSHAへの報告書『反応性ハザード管理の改善』の勧告を考慮すること。規制の改正が必要な場合には、議会の承認を得ること。

15.2. アルケマ・クロスビー施設

2017-08-I-TX-R1

洪水リスクを合理的に実行可能な限り低減（ALARP）すること。洪水に対する安全対策が独立した安全防護層の要件を満たすようにすること。

15.3. アルケマ社

2017-08-I-TX-R2

18ヵ月以内に、アルケマおよびその子会社のうち、有機過酸化物を製造またはを閾値量以上の高危険性化学物質（HHC）[b]を取り扱うプロセスを持つ会社に対し、該当施設がハリケーンや洪水などの異常気象に関するリスクにさらされているかどうかを定期的に（PHAサイクルに応じて）評価することを義務付ける方針を策定すること。

2017-08-I-TX-R3

有機過酸化物を製造する施設、または閾値量以上の高危険性化学物質（HHC）[c]を取り扱うプロセスを有する施設に対し、異常気象（ハリケーンや洪水を含む）発生時にバックアップ電源などの重要な安全対策が意図した通りに機能するよう、企業としての要件を確立すること。

15.4. 化学プロセス安全センター（CCPS）

2017-08-I-TX-R4

米国内の化学施設におけるあらゆる種類の異常気象リスクを幅広く包括的に評価するためのガイダンスを作成すること。ガイダンスでは、本報告書で特定された問題を取り上げ、異常気象に備えるために必要な行動、異常気象時の物理的インフラおよび人員のレジリエンスおよび保護、そして適切な場合には異常気象後の復旧作業を対象とすべきである。このガイダンスには、以下の内容を網羅すること。

- 異常気象（洪水を含むがそれに限定しない）を原因とする、重要な安全装置または機器の共通要因による機能不全リスクに対応すること。洪水シナリオにおいては、洪水の水

[a] 2001-1-H-R3の現在のステータスは、「未対応 – 不適切な対応 [88]」である。本CSB勧告に対するEPAの対応の詳細と概要については、「勧告ステータス変更概要」を参照のこと。

[b] 29 C.F.R. §1910.119 Appendix A

[c] 29 C.F.R. §1910.119 Appendix A

位が施設に到達した場合にも、十分な独立した安全防護層が維持されるよう設計すべきである。

- 施設の異常気象リスクに対する脆弱性を評価すること。洪水地図のような関連する安全情報を、プロセス安全情報として組み込むべきである。
- リスク評価およびプロセスハザード分析を実施する際に、どのような施設に対しても正確で信頼性の高い評価が行えるよう、関連する専門分野（工学を含む）の専門家を参加させること。

15.4. ハリス郡

2017-08-I-TX-R5

アルケマ・クロスビー事故で得られた教訓を活かして緊急対応訓練を更新し、避難区域を管理する職員への有害化学物質の暴露を防ぐこと。危険物質放出時に、避難区域内での緊急機材・人員の安全な移動を確保するため、既存のプロトコルを更新し、分析ツールの使用、大気モニタリング、および個人防護具の使用に関する訓練カリキュラムを改定すること。定期的な再訓練プロセスを制度化すること。

16. 参考文献

[1] 米国気象局,『Major Hurricane Harvey - August 25-29, 2017』（2017年）（オンライン） 入手先：http://www.weather.gov/crp/hurricane_harvey （閲覧日：2017年10月31日）。

[2] 国立ハリケーンセンター,『Tropical Storm Harvey Discussion Number 16 - August 24, 2017 at 10:00 am』（2017年8月24日）（オンライン） 入手先：http://www.nhc.noaa.gov/archive/2017/al09/al092017.discus.016.shtml? （閲覧日：2017年12月30日）

[3] 国立ハリケーンセンター,『Tropical Storm Harvey Discussion Number 29 - August 27, 2017 at 10:00 am』（2017年8月27日）（オンライン） 入手先：http://www.nhc.noaa.gov/archive/2017/al09/al092017.discus.029.shtml?

[4] アルケマ,『Arkema Group at a glance』（オンライン） 入手先：https://www.arkema.com/en/arkema-group/profile/（閲覧日：2017年9月20日）。

[5] アルケマ,『Arkema is independent』（2006年5月16日） （オンライン） 入手先：https://www.arkema.com/en/media/news/news-details/Arkema-is-independant/ （閲覧日：2017年9月20日）。

[6] アルケマ,『Arkema in the Americas at a glance』（オンライン） 入手先：http://www.arkema-americas.com/en/arkema-americas/at-a-glance/

[7] アルケマ,『Luperox organic peroxides FAQ (frequently asked questions)』（オンライン） 入手先：http://www.luperox.com/en/FAQ/ （閲覧日：2017年12月30日）

[8] アルケマ,『Crosby, Texas production plant』（オンライン） 入手先：http://www.arkema-americas.com/en/arkema-americas/united-states/crosby-tx/ （閲覧日：2017年10月31日）。

[9] アルケマ,『Franklin, Virginia production plant』（オンライン） 入手先：http://www.arkema-americas.com/en/arkema- americas/united-states/franklin-va/ （閲覧日：2017年10月31日）。

[10] アルケマ,『Geneseo, New York production plant』（オンライン） 入手先：http://www.arkema-americas.com/en/arkema- americas/united-states/geneseo-ny/ （閲覧日：2017年10月31日）。

[11] アルケマ,『Organic Peroxides - Their Safe Handling and Use』（2007年）（オンライン） 入手先：https://www.luperox.com/export/sites/organicperoxide/.content/medias/downloads/literature/their-safe-handling-and-use.pdf

[12] アルケマ,『Plant Overview - Crosby, Texas』（2015年12月8日）（オンライン） 入手先：http://www.arkema-americas.com/export/sites/americas/.content/medias/downloads/arkema-in-the-americas/arkema-inc-crosby-texas-overview.pdf （閲覧日：2017年10月31日）。

[13] 化学プロセス安全センター（CCPS）,『Guidelines for Safe Storage and Handling of Reactive Materials』, 米国化学工学会（AIChE：American Institute of Chemical Engineers）：ニューヨーク（1995年）

[14] SPI（米国プラスチック工業協会）有機過酸化物生産者安全部,『Safety and Handling of Organic Peroxides』（2012年）（オンライン） 入手先：http://www.plasticsindustry.org/sites/plastics.dev/files/AS-109%20v%206%2021%202013.pdf （閲覧日：2017年12月30日）

[15] R. W. Johnson, S. W. Rudy, S. D. Unwin,『Essential Practices for Managing Chemical Reactivity Hazards』, 米国化学工学会／化学プロセス安全センター: ニューヨーク州ニューヨーク（2003年）

[16] HSE,『The Storage and Handling of Organic Peroxides』（1998年）（オンライン） 入手先：http://www.hse.gov.uk/pUbns/priced/cs21.pdf

[17] AkzoNobel,『Safety of Organic Peroxides』（2011年）（オンライン） 入手先：https://polymerchemistry.akzonobel.com/siteassets/brochures/akzonobel_safety_of_organic_peroxides_low-res_protected_june2011.pdf

[18] jschanna,『Self Accelerating Decomposition Temperature』（2008年11月2日）（オンライン） 入手先：https://www.youtube.com/watch?v=98jOeCr06Xs （閲覧日：2017年12月30日）。

[19] ネブラスカ大学リンカーン校,『Safe Operating Procedure - Organic Peroxides Chemical Hazards & Risk Minimization』（2013年1月）（オンライン） 入手先：https://ehs.unl.edu/sop/s-organic_peroxides_chem_haz_risk_min.pdf

[20] D. A. Zelinsky, E. S. Blake,『National Hurricane Center Tropical Cyclone Report: Hurricane Harvey (AL092017)』（January 2018年1月23日）（オンライン） 入手先：https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL092017_Harvey.pdf （閲覧日：2018年1月26日）。

[21] 気象衛星共同研究所（CIMSS）,『Hurricane Harvey Montage Archive (Gulf Only)』（2017年）（オンライン） 入手先：http://tropic.ssec.wisc.edu/storm_archive/montage/atlantic/2017/HARVEY17-track.part.gif （閲覧日：2017年3月16日）。

[22] T. W. Channel,『Historic Hurricane Harvey's Recap』, The Weather Channel（2017年9月2日）（オンライン）入手先：https://weather.com/storms/hurricane/news/tropical-storm-harvey-forecast-texas-louisiana-arkansas（閲覧日：2018年3月16日）

[23] NOAA,『Hurricane Harvey, 25 - 31 August 2017: Annual Exceedance Probabilities (AEPs) for the Worst Case 4-day Rainfall』（2017年11月16日）（オンライン） 入手先：ftp://hdsc.nws.noaa.gov/pub/hdsc/data/aep/201708_Harvey/AEP_HurricaneHarvey_August2017.pdf（閲覧日：2018年4月9日）

[24] NOAA,『NOAA's National Weather Service: Hydrometeorological Design Studies Center: Exceedence Probability Analysis for Selected Storm Events』（2017年4月21日） （オンライン）入手先：http://www.nws.noaa.gov/oh/hdsc/aep_storm_analysis/ （閲覧日：2018年4月9日）。

[25] 国立ハリケーンセンター,『Hurricane Harvey Discussion 19 - August 24, 2017 at 10:00 pm』（2017年8月24日）（オンライン）入手先：http://www.nhc.noaa.gov/archive/2017/al09/al092017.discus.019.shtml?

[26] 国立ハリケーンセンター,『Hurricane Harvey Advisory Number 21 - August 25, 2017 at 10:00 am』（2017年8月25日）（オンライン）入手先：http://www.nhc.noaa.gov/archive/2017/al09/al092017.public.021.shtml? （閲覧日：2017年12月30日）

[27] FEMA,『Historic Disaster Response to Hurricane Harvey in Texas』（2017年9月22日）（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/news-release/2017/09/22/historic-disaster-response-hurricane-harvey-texas （閲覧日：2018年1月3日）

[28] FEMA（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/disaster/4332 （閲覧日：2018年1月5日）。

[29] HCFCD,『Gauge Station 1740 Data』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.harriscountyfws.org/GageDetail/Index/1740?span=24%20Hours&v=rainfall （閲覧日：2017年12月31日）

[30] 国立ハリケーンセンター,『Hurricane Harvey Discussion Number 23 - August 25, 2017 at 10:00 pm』（2017年8月25日）（オンライン）入手先：http://www.nhc.noaa.gov/archive/2017/al09/al092017.discus.023.shtml?

[31] 国立ハリケーンセンター,『Hurricane Harvey Discussion Number 25 - August 26, 2017 at 10:00 am』（2017年8月26日）（オンライン）入手先：http://www.nhc.noaa.gov/archive/2017/al09/al092017.discus.025.shtml?

[32] 国立ハリケーンセンター,『Tropical Storm Harvey Discussion Number 27 - August 26, 2017 at 10:00 pm』（2017年8月26日）（オンライン）入手先：http://www.nhc.noaa.gov/archive/2017/al09/al092017.discus.027.shtml?

[33] アルケマ,『At Arkema Chemicals. Crosby, TX.』（2017年8月31日）（オンライン）入手先：https://www.facebook.com/ArkemaGroup/photos/pcb.1440874039292495/1440865229293376/?type=3&theater （閲覧日：2018年5月3日）

[34] テキサス州公共安全局,『Texas Commercial Motor Vehicle Drivers Handbook』（2014年6月）（オンライン）入手先：https://www.dps.texas.gov/internetforms/Forms/DL-7C.pdf （閲覧日：2018年4月19日）。

[35] アルケマ,『Arkema Crosby Press Updates』（オンライン）入手先：https://www.arkema-americas.com/en/social-responsibility/incident-page-2/previous-update-statements/ （閲覧日：2018年1月17日）。

[36] KHOU,『KHOU.COM』（オンライン）（閲覧日：2018年1月8日）。

[37] R. Gold, E. Ailworth,『Chemicals Catch Fire at Plant Flooded by Harvey』（2017年8月31日）（オンライン）入手先：https://www.wsj.com/articles/explosions-reported-at-arkema-chemical-plant-1504173125 （閲覧日：2018年5月3日）。

[38] アルケマ,『Comments from Rich Rowe, President & CEO, Arkema Inc on our Site in Crosby, Texas』（2017年8月30日）（オンライン）入手先：https://www.arkema-americas.com/en/social-responsibility/incident-page-2/presidents-message/ （閲覧日：2017年12月30日）。

[39] テキサス州ハリス郡,『Harris County Pollution Control Response to Arkema Fire』（2017年9月1日）（オンライン）入手先：http://www.readyharris.org/News-Information/Ready-Harris-News/Post/26812 （閲覧日：2017年12月30日）。

[40] A. Berzon,『Questions Arise About Health Hazards From Chemical-Plant Explosions』（2017年9月9日）（オンライン）入手先：https://www.wsj.com/articles/questions-arise-about-health-hazards-from-chemical-plant-explosions-1504962592 （閲覧日：2018年5月3日）。

[41] M. Evans, C. M. Matthews,『New Fires Erupt at Arkema Plant Outside Houston』（2017年9月1日）（オンライン）入手先：https://www.wsj.com/articles/new-fires-erupt-at-arkema-plant-outside-houston-1504307845 （閲覧日：2018年5月3日）。

[42] ハリス郡消防署長事務所,『Statement Regarding Arkema Incident』（2017年9月3日）（オンライン）入手先：https://pbs.twimg.com/media/DI1BoPGUMAAVjyO.jpg（閲覧日：2017年12月30日）。

[43] HCFCD,『About The District』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/about/

[44] USNOAA,『Hurricane Flooding: A Deadly Inland Danger - Think Inland Flooding』（オンライン）入手先：https://www.weather.gov/media/owlie/InlandFlooding.pdf

[45] USDOE,『Hurricane Harvey: Event Report (Update #1)』（2017年8月26日）（オンライン）入手先：https://energy.gov/sites/prod/files/2017/10/f37/Hurricane%20Harvey%20Event%20Summary%20%231.pdf（閲覧日：2017年12月20日）。

[46] HCFCD,『Hurricane Harvey: Harris County Has Never Seen A Storm Like Harvey』（2017年9月17日）（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/hurricane-harvey/

[47] HCFCD,『About FWS (Flood Warning System)』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.harriscountyfws.org/About

[48] HCFCD,『Harris County Flood Warning System』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.harriscountyfws.org/ （閲覧日：2018年1月1日）。

[49] FEMA,『Flood Insurance Study: Harris County, Texas and Incorporated Areas: Volume 1 of 12』（2017年1月6日）（オンライン）入手先：https://msc.fema.gov/portal/search（閲覧日：2018年1月1日）。

[50] HCFCD,『Cedar Bayou』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/projects-studies/cedar-bayou/

[51] FEMA,『Chapter 10: The National Flood Insurance Program』（オンライン）入手先：https://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/chapter%2010%20-%20the%20national%20flood%20insurance%20program.pdf

[52] FEMA,『Chapter 6: Utilizing Information from Flood Hazard Studies』（オンライン）入手先：https://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/chapter%206%20-%20utilizing%20information%20from%20flook%20hazard%20studies.pdf（閲覧日：2018年1月1日）。

[53] HCFCD,『Flood Education Mapping Tool』（2017年）（オンライン）入手先：http://www.harriscountyfemt.org/（閲覧日：2018年1月1日）。

[54] USDOI,『Technique for Estimating the Magnitude and Frequency of Floods in the Houston, Texas, Metropolitan Area』（1980年4月）（オンライン）入手先：https://pubs.usgs.gov/wri/1980/0017/report.pdf（閲覧日：2018年1月1日）。

[55] 米国気象局,『Flood Return Period Calculator』（オンライン）入手先：https://www.weather.gov/epz/wxcalc_floodperiod （閲覧日：2018年1月1日）。

[56] FEMA,『FEMA Flood Map Service Center: FIRM 4802870240D』（1985年9月27日）（オンライン）入手先：https://msc.fema.gov/portal （閲覧日：2018年1月1日）。

[57] FEMA,『FEMA Flood Map Service Center: FIRM 48201C0535J』（1996年11月6日）（オンライン）入手先：https://msc.fema.gov/portal （閲覧日：2018年1月1日）。

[58] FEMA,『FEMA Flood Map Service Center: FIRM 48201C0535L』（2007年6月18日）（オンライン）入手先：https://msc.fema.gov/portal

[59] FEMA,『Flood Insurance Study』（2017年3月7日）（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/flood-insurance-study

[60] FEMA,『Flood Insurance Study: Harris County, Texas and Incorporated Areas: Volume 8 of 12』（2017年1月6日）（オンライン）入手先：https://msc.fema.gov/portal （閲覧日：2018年1月1日）。

[61] FEMA,『Designing for Flood Levels Above the BFE [Base Flood Elevation] After Hurricane Sandy』（2013年4月）（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/media-library-data/1381405016896-8bdeadf634c366439c35568a588feb24/SandyRA5DesignAboveBFE_508_FINAL2.pdf （閲覧日：2018年1月1日）。

[62] FM Global,『2017 Resilience Index Annual Report』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.fmglobal.com/~/media/Files/FMGlobal/Resilience%20Index/Resilience_Methodology.pdf?la=en

[63] FM Global,『Using Predictive Analytics, FM Global Takes the Guesswork Out of Risk Management』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.fmglobal.com/products-and-services/services/predictive-analytics

[64] AFM,『Benchmarking Risk Quality』（2018年）（オンライン） 入手先：http://www.affiliatedfm.com.au/About/News/envision-11-2-risk-quality.aspx

[65] NITCO,『Types of Forklifts: Selecting the Right Equipment for the Job』（オンライン）入手先：https://www.nitco- lift.com/blog/types-of-forklifts/（閲覧日：2017年10月27日）。

[66] Sundance,『Flat Bottom Boat Advantages』（2017年）（オンライン）入手先：http://www.sundanceboats.com/flat-bottom-boat-advantages/（閲覧日：2017年10月31日）。

[67] HCFD,『Tropical Storm Allison』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/storm-center/tropical-storm-allison-2001/

[68] HCFCD,『Hurricane Ike』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/storm-center/hurricane-ike-2008/（閲覧日：2018年1月1日）。

[69] Hurricanes: Science and Society,『2005 - Hurricane Rita』（2015年）（オンライン）入手先：http://www.hurricanescience.org/history/storms/2000s/rita/（閲覧日：2018年1月1日）。

[70] ASCE,『Highlights of ASCE 24-14: Flood Reesistant Design and Construction』（2014年）（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/media-library-data/1436288616344-93e90f72a5e4ba75bac2c5bb0c92d251/ASCE24-14_Highlights_Jan2015_revise2.pdf

[71] CCPS,『Guidelines for Safe Warehousing of Chemicals』, 米国化学工学会（AIChE）: ニューヨーク（1998年）

[72] CCPS,『Guidelines for Technical Planning for On-Site Emergencies』, 米国化学工学会（AIChE）: ニューヨーク（1995年）

[73] FEMA,『Emergency Power Systems for Critical Facilities: A Best Practices Approach to Improving Reliability』（2014年9月1日）（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/media-library-data/1424214818421-60725708b37ee7c1dd72a8fc84a8e498/FEMAP-1019_Final_02-06-2015.pdf

[74] USEPA,『Best Practices for Increasing Resiliency at EPA Facilities』（2017年1月12日）（オンライン）入手先：https://19january2017snapshot.epa.gov/greeningepa/best-practices-increasing-resiliency-epa-facilities_.html（閲覧日：2017年10月21日）。

[75] FM Global,『Creating a Flood Emergency Response Plan』（2017年3月）（オンライン）入手先：https://www.fmglobal.com/~/media/Files/FMGlobal/Nat%20Haz%20Toolkit/P0589.pdf（閲覧日：2018年1月1日）。

[76] 環境庁,『Preparing for flooding: A guide for sites regulated under EEPR and COMAH (June 2015)』（2015年6月）（オンライン）入手先：https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/439863/LIT_7176.pdf（閲覧日：2018年1月1日）

[77] 米国化学工業協会,『Safeguarding chemical businesses in a changing climate: How to prepare a Climate Change Adaptation Plan』（2015年3月）（オンライン）入手先：http://www.chemical.org.uk/downloads/5300/0/Climate_Change_Adaptation_guidance_Final_March2015.pdf.aspx（閲覧日：2017年9月23日）

[78] 国連防災機関,『Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030』（2015年3月18日）（オンライン）入手先：http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf（閲覧日：2018年1月1日）。

[79] 米国労働省（USDOL）／米国労働安全衛生局,『Process Safety Management Guidelines for Compliance- OSHA 3133』（1994年）（オンライン）入手先： https://www.osha.gov/Publications/osha3133.html（閲覧日：2018年2月21日）。

[80] USDOL,『*OSHA Comments on CSB Draft Investigation Report of the Arkema Crosby Incident*』（2018年）

[81] USDOL, 『Process Safety Management Guidelines for Compliance: OSHA 3133』（1994年 （再版））（オンライン）入手先：https://www.osha.gov/Publications/osha3133.pdf （閲覧日：2017年1月22日）。

[82] USEPA, 『Risk Management Plan Rule, Summary and Response to Comments』（1996年）

[83] USEPA, 『General Risk Management Program Guidance: Chapter 6: Prevention Program (Program 2)』（2004年4月）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-11/documents/chap-06-final.pdf （閲覧日：2018年4月19日）。

[84] USEPA, 『*EPA Comments on CSB Draft Investigation Report of the Arkema Crosby Incident*』（2018年）

[85] E. Krausman, A. M. Cruz, E. Salzano, 『Natech Risk Assessment and Management』, Elsevier: オックスフォード（2017年）

[86] USCSB, 『Hazard Investigation: Improving Reactive Hazard Management: 2001-01-H』（2002年10月）（オンライン）入手先：https://www.csb.gov/improving-reactive-hazard-management/ （閲覧日：2017年1月22日）。

[87] USCSB, 『Fire and Explosion: Hazards of Benzoyl Peroxide - Report No. 2003-3-C-OH』（2003年10月）（オンライン）入手先：https://www.csb.gov/file.aspx?DocumentId=5587

[88] USCSB, 『Recommendations Status Change Summary: Improving Reactive Hazard Management: 2001-1-H-R3』（2014年3月11日）（オンライン）入手先：https://www.csb.gov/assets/recommendation/status_change_summary-_reactives_r3.pdf（閲覧日：2017年2月19日）。

[89] N. Prophet, 『The Benefits of a Risk-Based Approach to Facility Siting』「*Global Congress on Process Safety*」（2012年）

[90] USCSB, 『Urgent Trailer Siting Recommendation』（2005年10月25日）（オンライン）入手先：https://www.csb.gov/assets/1/20/bp_recs_2.pdf?13853 （閲覧日：2018年4月18日）。

[91] 米国石油協会（API：American Petroleum Institute）, 『API Recommended Practice 752, Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Permanent Buildings』, API: ワシントンD.C.（2009年）

[92] CCPS, 『Guidelilnes for Hazard Evaluation Procedures』, 第三版、Wiley-Interscience: ニューヨーク（2008年）

[93] CCPS, 『Guidelines for Facility Siting and Layout』, Wiley-Interscience: ニューヨーク（2003年）

[94] Exponent, 『Flood Hazard Analysis』（オンライン）入手先：https://www.exponent.com/services/practices/engineering/civil-engineering/capabilities/water-resources/flood-hazard-analysis/?serviceId=179e99e8-7fd8-4725-a8a4-6c74a7b74915&loadAllByPageSize=true&knowledgePageSize=3&knowledgePageNum=0&newseventPageSize=3&（閲覧日：2018年2月8日）。

[95] 国際原子力機関（IAEA）事務局長, 『The Fukushima Daiichi Accident』（2015年）（オンライン）入手先：http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1710-ReportByTheDG-Web.pdf （閲覧日：2018年1月1日）。

[96] USDOI, 『Floods in Southeast Texas, October 1994』（1995年1月）（オンライン）入手先：https://pubs.usgs.gov/fs/fs- 073-94/pdf/FS-94-073.pdf （閲覧日：2018年1月18日）。

[97] HCFCD, 『Harris County's Watersheds: A Web of Watersheds and Sub-Watersheds』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/drainage-network/harris-countys-watersheds/

[98] USNTSB, 『Evaluation of Pipeline Failures During Flooding and of Spill Response Actions, San Jacinto River Near Houston, Texas, October 1994』（1996年9月6日）（オンライン）入手先：https://permanent.access.gpo.gov/lps109479/SIR9604.pdf （閲覧日：2018年1月18日）。

[99] Channel 13 Eyewitness News（ヒューストン）,『River of Fire: Remembering the Flood of 1994』（2016年10月20日）（オンライン）入手先：http://abc13.com/news/fire-and-rain-remembering-the-flood-of-1994/1563118/#gallery-17 （閲覧日：2018年1月18日）。

[100] USDHS（米国国土安全保障省）,『Federal Government Continues Response to Hurricane Harvey』（2017年9月1日）（オンライン）入手先：https://www.dhs.gov/news/2017/09/01/federal-government-continues-response-hurricane-harvey （閲覧日：2018年1月5日）。

[101] USEPA,『EPA's Response to Hurricane Harvey』（2017年）（オンライン）入手先：https://epa.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=fadbae6b2832436fb65ca497bd75b9a6 （閲覧日：2018年1月11日）

[102] 急性曝露指針レベル委員会, 毒性学委員会, 米国科学アカデミー附属研究会議,「Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 8」（2010年）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/sulfurdioxide_final_volume8_2010.pdf （閲覧日：2018年1月23日）

[103] USEPA,『Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health』（2014年2月）（オンライン）入手先：https://www3.epa.gov/airnow/aqi_brochure_02_14.pdf （閲覧日：2018年1月23日）。

[104] A. M. Cruz, L. J. Steinberg, A. L. Arellano, J.-P. Nordvik, F. Pisano,『State of the Art in Natech Risk Management』（2004年）（オンライン）入手先：http://www.unisdr.org/files/2631_FinalNatechStateofthe20Artcorrected.pdf （閲覧日：2018年1月24日）。

[105] USEPA,『Climate Action Benefits: Water Resources』（2015年6月22日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/cira/climate-action-benefits-water-resources （閲覧日：2018年1月23日）。

[106] USEPA,『Climate Action Benefits: Inland Flooding』（2015年6月22日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/cira/climate-action-benefits-inland-flooding （閲覧日：2017年10月21日）。

[107] Swiss Re,『Global insured losses from disaster events were USD 54 billion in 2016, up 42% from 2015, latest Swiss Re Institute sigma says』（2017年3月28日）（オンライン）入手先：http://www.swissre.com/media/news_releases/nr20170328_sigma_2_2017.html （閲覧日：2017年12月18日）。

[108] Swiss Re Institute,『Natural catastrophes and man-made disasters in 2016: a year of widespread damages』（2017年2月10日）（オンライン）入手先：http://media.swissre.com/documents/sigma2_2017_en.pdf （閲覧日：2017年12月18日）。

[109] USEPA,『Status of Superfund Sites in Areas Affected by Harvey』（2017年9月2日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/newsreleases/status-superfund-sites-areas-affected-harvey （閲覧日：2018年1月11日）。

[110] USEPA,『Hurricane Harvey 2017』（2018年）（オンライン）入手先：https://response.epa.gov/site/doc_list.aspx?site_id=12353 （閲覧日：2018年1月11日）。

[111] USEPA,『San Jacinto River Waste Pits Superfund Site』（2017年12月）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/tx/sjrwp （閲覧日：2018年1月11日）。

[112] USEPA,『San Jacinto River Waste Pits Site: Harris County, Texas』（2016年9月）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-10/documents/100001061_1.pdf （閲覧日：2018年1月11日）。

[113] USEPA,『San Jacinto Waste Pits Superfund Site - Update』（2017年10月12日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/newsreleases/san-jacinto-waste-pits-superfund-site-update （閲覧日：2018年1月11日）。

[114] USEPA, 『Additional Repairs Planned for San Jacinto Waste Pits Superfund Site』（2017年10月19日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/newsreleases/additional-repairs-planned-san-jacinto-waste-pits-superfund-site （閲覧日：2018年1月11日）。

[115] USEPA, 『National Response Center』（2017年6月1日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/emergency- response/national-response-center （閲覧日：2018年1月11日）。

[116] USCG, 『Welcome to the National Response Center』（2018年）（オンライン）入手先：http://www.nrc.uscg.mil/ （閲覧日：2018年1月11日）。

[117] USDOE, 『Hurricane Harvey: Event Report (Update #5)』（2017年8月28日）（オンライン）入手先：https://energy.gov/sites/prod/files/2017/10/f37/Hurricane%20Harvey%20Event%20Summary%20%235.pdf （閲覧日：2018年1月11日）。

[118] USDOE, 『Hurricane Harvey: Event Report (Update #1)』（2017年8月26日）（オンライン）入手先：https://energy.gov/sites/prod/files/2017/10/f37/Hurricane%20Harvey%20Event%20Summary%20%231.pdf（閲覧日：2018年1月11日）。

[119] Magellan, 『Crude Products』（2018年）（オンライン）入手先：https://www.magellanlp.com/WhatWeDo/CrudeProducts.aspx （閲覧日：2018年1月11日）。

[120] Magellan, 『Texas Crude Oil and Condensate Logistics and Export Opportunities』（2017年5月）（オンライン）入手先：https://www.magellanlp.com/Investors/~/media/D813687464FF4252B3BA8C7241BD8769.ashx?db=master （閲覧日：2018年1月11日）。

[121] TCEQ, 『Air Emission Event Reporting Data: Galena Park Terminal』（2017年9月12日）（オンライン）入手先：http://www2.tceq.texas.gov/oce/eer/index.cfm?fuseaction=main.getDetails&target=266754 （閲覧日：2018年1月11日）。

[122] アルケマ, 『Products and Raw Materials on site in Crosby, Texas』（2017年）（オンライン）入手先：http://www.arkema- americas.com/en/social-responsibility/incident-page-2/products-and-raw-materials/ （閲覧日：2017年12月31日）。

[123] NFPA, 『NFPA 432: Code for the Storage of Organic Peroxide Formulations』（2002年）（オンライン）入手先：http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=432

[124] アルケマ, 『Safety Data Sheet: Luperox 221』（2015年10月18日）（オンライン）入手先：http://www.quickfds.com/cmt_bin/wfds-affform2?compte=ATO?US_PI.EN&langue=EN&transaction=181400109204877&client=&societe=&code_fds=

[125] 米国海洋大気庁（NOAA）, 『Exceedance Probability Analysis for Selected Storm Events』（2017年9月21日）（オンライン）入手先：ftp://hdsc.nws.noaa.gov/pub/hdsc/data/aep/201708_Harvey/AEP_HurricaneHarvey_August2017.pdf（閲覧日：2018年4月3日）

[126] CCPS, 『Layer of Protection Analysis - Simplified Risk Assessment』, New York: 米国化学工学会（AIChE）：ニューヨーク, 2001.

[127] HCFCD, 『Hurricane Harvey FAQS』（2017年9月17日）（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/hurricane- harvey/hurricane-harvey-faqs/

[128] USACE, 『Flood Risk Management: Floodplains and Floodways』（2012年6月8日）（オンライン）入手先：https://www.youtube.com/watch?v=Pqyessf4xBA

[129] Souther Tier Central Regional Planning & Development Board, 『Floodway Encroachments』（オンライン）入手先：https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwi6ncfJ6q3WAhXn8YMKHRd4CqUQFgguMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.floods.org%2Face-files%2Foutreach%2FFP_Facts_12_Floodway_Encroachments.doc&usg=AFQjCNHus- WSsPPUq9pVIiKFyD_cfzbZjg

[130] J. M. Wright, 『Floodplain Management: Principles and Current Practices』（2007年）（オンライン）入手先：https://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/cover.pdf

[131] FEMA, 『Chapter 4: Risk Assessment』（オンライン）入手先：https://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/chapter%204%20-%20flood%20risk%20assessment.pdf

[132] FEMA, 『Chapter 1: Floods and Floodplains』（オンライン）入手先：https://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/chapter%201%20-%20floods%20and%20floodplains.pdf

[133] FEMA, 『Chapter 2: Types of Floods and Floodplains』（オンライン）入手先：https://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/chapter%202%20-%20types%20of%20floods%20and%20floodplains.pdf

[134] FEMA, 『Selected References』（オンライン）入手先：https://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/selected%20references.pdf

[135] FEMA, 『Chapter 5: Delineating Flood-Prone Areas』（オンライン）入手先：https://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/chapter%205%20-%20delineating%20flood-prone%20areas.pdf

[136] FEMA, 『Chapter 3: Evolution of Policies and Approaches to Address Flooding』（オンライン）入手先：https://training.fema.gov/hiedu/docs/fmc/chapter%203%20-%20evolution%20of%20policies%20and%20approaches%20to%20address%20.pdf

[137] J. M. Wright, 『The Nation's Responses to Flood Disasters: A Historical Account』（2000年4月）（オンライン）入手先：http://www.floods.org/PDF/hist_fpm.pdf

[138] FEMA, 『Unit 3: NFIP Flood Studies and Maps』（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/pdf/floodplain/nfip_sg_unit_3.pdf

[139] HCFCD, 『Harris County Flood Warning System - Glossary of Terms』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.harriscountyfws.org/Glossary

[140] USDOI, 『Guidelines for Determining Flood Flow Frequency: Bulletin # 17B of the Hydrology Subcommittee』（1982年3月）（オンライン）入手先：https://water.usgs.gov/osw/bulletin17b/dl_flow.pdf

[141] パデュー大学, 『Plan Today For Tomorrow's Flood: A Flood Response Plan for Agricultural Retailers』（オンライン）入手先：https://www.extension.purdue.edu/extmedia/PPP/PPP-87.pdf

[142] Silver Jackets, 『Emergency Action Plan Guidebook』（2015年1月）（オンライン）入手先：http://www.lrh.usace.army.mil/Portals/38/docs/civil%20works/Emergency%20Action%20Plan%20Guidebook.pdf

[143] A. Whitfield, 『Assessing and Reducing Flood Risks on Major Hazard Sites』（2003年）（オンライン）入手先：https://www.icheme.org/communities/subject_groups/safety%20and%20loss%20prevention/resources/hazards%20archive/~/media/Documents/Subject%20Groups/Safety_Loss_Prevention/Hazards%20Archive/XVII/XVII-Paper-11.pdf

[144] Floodline - スコットランド環境保護庁, 『Prepare for flooding: A guide for Regulated Sites in Scotland』（2015年5月）（オンライン）入手先：http://www.floodlinescotland.org.uk/media/4141/regulated_sites_guide.pdf

[145] 米国防火協会,『NFPA 921: Guide for Fire & Explosion Investigations』（2017年）（オンライン）入手先：http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and- standards?mode=code&code=921

[146] USCSB,『Board Order 040: Investigation Protocol』（オンライン）

[147] 英国国立公文書館,『The Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2016』（2016年）（オンライン）入手先：http://www.legislation.gov.uk/uksi/2016/1154/made

[148] 英国労働安全衛生庁（HSE）,『About HSE』（オンライン）入手先：http://www.hse.gov.uk/aboutus/

[149] 英国環境庁,『Environment Agency』（オンライン）入手先：https://www.gov.uk/government/organisations/environment-agency

[150] スコットランド環境保護庁,『SEPA - Scottish Environment Protection Agency』（オンライン）入手先：https://www.sepa.org.uk/

[151] FEMA,『Freeboard,』（2017年3月7日）（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/freeboard

[152] アルケマ,『Safety Data Sheets』（オンライン）入手先：http://www.quickfds.com/cmt_bin/wfds-affform2?compte=ATO%A7US_PI.EN&langue=EN&transaction=181751930121166&client=&societe=&code_fds=

[153] アルケマ,『Organic Peroxides - Storage Temperature, SADT, and Storage Stability』（2007年）（オンライン）入手先：http://www.luperox.com/export/sites/organicperoxide/.content/medias/downloads/literature/storage-temperature.pdf

[154] アルケマ,『Recommended Disposal Method for Organic Peroxides』（2007年）（オンライン）入手先：http://www.luperox.com/export/sites/organicperoxide/.content/medias/downloads/literature/recommended-disposal-methods.pdf

[155] アルケマ,『Dialkyl Peroxides』（2007年）（オンライン）入手先：https://intranet.ssp.ulaval.ca/cgpc/fsss/fichiers/LUPEROX%20101XL45_dialkyl-peroxides%20tech.pdf

[156] アルケマ,『Organic Peroxides』（オンライン）入手先：https://www.arkema.com/en/arkema-group/organization/high-performance-materials/performance-additives/functional-additives/

[157] CCOHS,『Organic Peroxides - Hazards』（2017年9月29日）（オンライン）入手先：https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/organic/organic_peroxide.html

[158] ChemicalSafetyFacts.org,『Organic Peroxide』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.chemicalsafetyfacts.org/organic-peroxide/

[159] EHS,『Organic Peroxide』（オンライン）入手先：http://www.ehsdb.com/organic-peroxide.php

[160] AkzoNobel,『AkzoNobel Safety Services Organic Peroxides』（2015年6月22日）（オンライン）入手先：https://www.youtube.com/watch?v=OrGXltyUvFc

[161] SLAC,『Organic Peroxides Safe Handling Guideline』（2013年5月20日）（オンライン）入手先：http://www-group.slac.stanford.edu/esh/eshmanual/references/chemsafetyGuidePeroxides.pdf

[162] C. M. McCloskey,『Safe Handling of Organic Peroxides: An Overview』,「*Plant/Operations Progress*」, Vol. 8, No. 4, pp. 185-188（1989年10月）

[163] CAMEO Chemicals, 『Organic Peroxide Types D, E, F』（オンライン）入手先：https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/19079

[164] D. E. Clark, 『Peroxides and Peroxide-Forming Compounds』, 「*Chemical Health & Safety*」, pp. 12-22（2001年）

[165] AB Chemitrans, 『Organic Peroxide's Safe Handling and Use』（オンライン）入手先：http://abchemitrans.com/dokumenty/Brochure_ORGANIC_PEROXIDES.pdf

[166] AkzoNobel, 『Storage of Organic Peroxides』（2011年）（オンライン）入手先：https://polymerchemistry.akzonobel.com/siteassets/brochures/akzonobel_storage_of_organic_peroxides_low-res_protected_june2011.pdf

[167] HSE, 『The Control of Major Accident Hazards Regulations 2015』（2015年）（オンライン）入手先：http://www.hse.gov.uk/pUbns/priced/l111.pdf

[168] NFPA, 『NFPA 400: Hazardous Materials Code』（2016年）（オンライン）入手先：http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=400

[169] NFPA, 『NFPA 110: Standard for Emergency and Standby Power Systems』（2016年）（オンライン）入手先：http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=110

[170] NFPA, 『NFPA 111: Standard on Stored Electrical Energy Emergency and Standby Power Systems』（2016年）（オンライン）入手先：http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=111

[171] NFPA, 『NFPA 495: Explosive Materials Code』（2013年）（オンライン）入手先：http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=495

[172] NFPA, 『Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response』（2017年）（オンライン）入手先：http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=704

[173] AkzoNobel, 『Unsaturated Polyester Resin Curing』（2017年2月14日）（オンライン）入手先：https://www.youtube.com/watch?v=ZEjXmHwEWFc&t=94s

[174] AkzoNobel, 『Free Radical Polymerization』（2016年7月20日）（オンライン）入手先：https://www.youtube.com/watch?v=0yOJajPJptA

[175] AkzoNobel, 『Crosslinking Polymers with Organic Peroxides』（2016年7月20日）（オンライン）入手先：https://www.youtube.com/watch?v=dXT1r5WA6SM&t=1s

[176] HSE, 『Chemical Reaction Hazards and the Risk of Thermal Runaway』（2014年8月）（オンライン）入手先：http://www.hse.gov.uk/pubns/indg254.pdf

[177] R. W. Johnson, 『Introduction to Layer of Protection Analysis (LOPA)』（オンライン）入手先：https://www.aiche.org/academy/videos/introduction-layer-protection-analysis-lopa

[178] CCPS, 『CCPS Process Safety Glossary』（オンライン）入手先：http://www.aiche.org/ccps/resources/glossary（閲覧日：2017年2月1日）。

[179] J. Melillo, T. C. Richmond, G. Yohe, 『Climate Change Impacts in the United States』（2014年）（オンライン）入手先：http://s3.amazonaws.com/nca2014/high/NCA3_Climate_Change_Impacts_in_the_United%20States_HighRes.pdf

[180] USEPA, 『Climate Change in the United States: Benefits of Global Action』（2017年1月18日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/cira

[181] USEPA, 『Climate Action Benefits: Key Findings』（2015年6月22日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/cira/climate-action-benefits-key-findings#national-highlights （閲覧日：2017年10月21日）。

[182] USEPA, 『Estimated Flood Damages Due to Unmitigated Climate Change』（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/flooding-fig-1-download.png

[183] 合衆国地球変動研究プログラム, 『Water Resources』（2014年）（オンライン）入手先：http://nca2014.globalchange.gov/report/sectors/water

[184] USEPA, 『Climate Change in the United States: Benefits of Global Action』（2015年）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/cirareport.pdf

[185] USEPA, 『Climate Change: Basic Information』（2017年5月9日）（オンライン）入手先：https://archive.epa.gov/epa/climatechange/climate-change-basic-information.html

[186] C. A. Challener, 『Hurricane Season Rapidly Approaches: Lessons Learned and Tips for Weathering the Next Storm』（2006年5月22日）（オンライン）入手先：http://www.chemalliance.org/featured/?sec=5&id=7017

[187] Louisiana Chemical Association, 『KatRita』（2006年）（オンライン）入手先：https://web.archive.org/web/20061208080941/http://www.lca.org:80/documents/Learings%20Final%2002%2017%2006.pdf

[188] Louisiana Chemical Association, 『Storm Preparation Document Version 2』（2006年5月30日）（オンライン）入手先：https://web.archive.org/web/20060923061107/http://www.lca.org/documents/Storm%20Preparation%20Document%20Version%202.pdf

[189] USDOE, 『Is Your Plant Prepared for a Hurricane?』（2006年7月）（オンライン）入手先：https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/pdfs/40324.pdf

[190] 環境庁, 『Flood Risk Assessment in Flood Zones 2 and 3』（2017年2月27日）（オンライン）入手先：https://www.gov.uk/guidance/flood-risk-assessment-in-flood-zones-2-and-3#assessments

[191] ASCE, 『Highlights of ASCE 24-05: Flood Resistant Design and Construction』（2010年12月）（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1643-20490-4974/asce24_highlights_dec2010.pdf

[192] CIA, 『Chemical Industries Association』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.cia.org.uk/

[193] CBA, 『Chemical Business Association』（2017年）（オンライン）入手先：http://www.chemical.org.uk/home.aspx

[194] NFA, 『Non-Ferrous Alliance』（オンライン）入手先：http://www.nfalliance.org.uk/

[195] The Guardian, 『Environment Agency Closes Climate Change Advice Service』（2016年4月14日）（オンライン）入手先：https://www.theguardian.com/environment/2016/apr/14/environment-agency-closes-climate-change-advice-service

[196] 環境庁, 『Climate Ready』（2014年1月16日）（オンライン）入手先：http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140328084915/http://www.environment-agency.gov.uk/research/137557.aspx

[197] S. Kuzydym, S. Noll, 『Inside the Confusion and Contradictions Surrounding the Arkema Chemical Explosion』（2017年9月）（オンライン）入手先：http://www.khou.com/news/local/inside-the-confusion-and-contradictions-surrounding-the-arkema-chemical-explosion/470447818

[198] USEPA, 『Guidelines for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)』（2006年5月）（オンライン）入手先：https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1006KOQ.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006+Thru+2010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=

[199] USEPA, 『Process for Developing Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs)』（2016年9月6日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/aegl/process-developing-acute-exposure-guideline-levels-aegls

[200] USEPA, 『Acute Exposure Guideline Levels for Airbone Chemicals』（2017年1月31日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/aegl

[201] USEPA, 『Sulfur Dioxide Results - AEGL Program』（2016年9月1日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/aegl/sulfur-dioxide-results-aegl-program

[202] HCFCD, 『IKE Day 1, Day 2, and Storm Total Rainfall』（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/media/1239/hurricane_ike_rainfall_report.pdf

[203] 熱帯暴風雨アリソン復興プロジェクト, 『Off The Charts: Tropical Storm Allison Public Report』（2002年6月）（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/media/1351/ts-allison_pubreportenglish.pdf

[204] R. D. Knabb, D. P. Brown, J. R. Rhome, 『Tropical Cyclone Report: Hurricane Rita - 18-26 September 2005』（2006年3月16日）（オンライン）入手先：http://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL182005_Rita.pdf

[205] USEPA, 『List of Regulated Substances Under the Risk Management Plan (RMP) Rule』（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/rmp/list-regulated-substances-under-risk-management-plan-rmp-program

[206] USEPA, 『Risk Management Plan (RMP) Rule』（2017年8月28日）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/rmp （閲覧日：2017年10月27日）。

[207] USDOL, 『1910.119 App A: List of Highly Hazardous Chemicals, Toxics and Reactives (Mandatory)』（2011年12月27日）（オンライン）入手先：https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9761

[208] Documentary Tube, 『How it Works: Refrigerators (720p)』（2015年6月22日）（オンライン）入手先：https://www.youtube.com/watch?v=wzqTWv8zGlM

[209] KPRC, 『Crosby Arkema Plant Has History of Recent Violations』（2017年8月31日）（オンライン）入手先：https://www.click2houston.com/news/crosby-arkema-plant-has-history-of-recent-violations

[210] CBS SF Bay Area, 『Fire Burns at Crosby, Texas Chemical Plant』（2017年9月1日）（オンライン）入手先：https://www.youtube.com/watch?v=DpO4BJSGCeo

[211] 国立ハリケーンセンター, 『Tropical Storm Harvey Discussion Number 33 - August 28, 2017 at 10:00 am』（2017年8月28日）（オンライン）入手先：http://www.nhc.noaa.gov/archive/2017/al09/al092017.discus.033.shtml?

[212] 米国運輸安全委員会, 『Evaluation of Pipeline Failures During Flooding and of Spill Response Actions, San Jacinto River Near Houston, Texas, October 1994』, ワシントンD.C.（1996年）

[213] 米国気象局,『weather.gov』（オンライン）入手先：http://www.weather.gov/crp/hurricane_harvey （閲覧日：2017年10月31日）。

[214] アルケマ,『Reference Document 2016: Including the Annual Financial Report』（2017年3月30日）（オンライン）入手先：https://www.arkema.com/export/sites/global/.content/medias/downloads/investorrelations/en/finance/arkema-2016-reference-document.pdf（閲覧日：2017年12月30日）。

[215] FuseSchool,『The Functional Group Explained』（2013年5月23日）（オンライン）入手先：https://www.youtube.com/watch?v=nMTQKBn2Iss （閲覧日：2017年12月30日）。

[216] USGS,『100-Year Flood - It's All About Chance』（2010年4月）（オンライン）入手先：https://pubs.usgs.gov/gip/106/pdf/100-year-flood_041210web.pdf（閲覧日：2018年1月1日）。

[217] HCFCD,『Glossary』（2018年）（オンライン）入手先：https://www.hcfcd.org/glossary/ （閲覧日：2018年1月1日）。

[218] （オンライン）

[219] 環境庁,『Would your business stay afloat?A guide to preparing your business for flooding』（オンライン）入手先：https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/410606/LIT_5284.pdf （閲覧日：2018年1月1日）。

[220] 国連防災機関,『Disaster Risk Reduction Terminology: Resilience』（2017年2月2日）（オンライン）入手先：https://www.unisdr.org/we/inform/terminology#letter-r （閲覧日：2018年1月17日）。

[221] A. Yung, D. Barrett,『Rain by the Cubit: The Great Southeast Texas Flood of 1994』（オンライン）入手先：https://semspub.epa.gov/work/06/9108108.pdf（閲覧日：2018年1月18日）。

[222] Channel 13 Eyewitness News（ヒューストン）,『San Jac River Fire 1994』（2014年10月7日）（オンライン）入手先：https://www.youtube.com/watch?v=2kYmXxxHLX4 （閲覧日：2018年1月18日）。

[223] FinanceRef/Alioth LLC.,『Inflation Calculator』（2017年）（オンライン）入手先：http://www.in2013dollars.com/1970-dollars-in-2017（閲覧日：2018年1月24日）。

[224] NOAA全米環境情報センター（NCEI：National Centers for Environmental Information）,『Billion - Dollar Weather and Climate Disasters: Table of Events』（2018年）（オンライン）入手先：https://www.ncdc.noaa.gov/billions/events/US/1980-2017 （閲覧日：2018年1月26日）。

[225] H. Tabuchi, N. Popovich, B. Migliozzi, A. W. Lehren,『Floods Are Getting Worse, and 2,500 Chemical Sites Lie in the Water's Path』, New York Times（2018年2月6日）（オンライン）入手先：https://www.nytimes.com/interactive/2018/02/06/climate/flood-toxic-chemicals.html?hp&action=click&pgtype=Homepage&clickSource=g-artboard%20g-artboard-v4&module=second-column-region&region=top-news&WT.nav=top-news（閲覧日：2018年2月6日）。

[226] 化学プロセス安全センター（CCPS）,『Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems』, 第二版, Wiley: ニューヨーク（2011年）

[227] ABS Group,『Evaluation and Compliance with Facility Siting Regulations in the US』（オンライン）入手先：http://media.arpel2011.clk.com.uy/XX/23Fitzgerald.pdf （閲覧日：2018年2月6日）

[228] FEMA,『Critical Facilities and Higher Standards』（オンライン）入手先：https://www.fema.gov/media-library-data/1436818953164-4f8f6fc191d26a924f67911c5eaa6848/FPM_1_Page_CriticalFacilities.pdf（閲覧日：2018年2月21日）

[229] USEPA, 『Climate Change: Basic Information』（オンライン）入手先：https://archive.epa.gov/epa/climatechange/climate-change-basic-information.html（閲覧日：2018年2月21日）。

[230] 化学プロセス安全センター（CCPS）, 『CCPS Pamphlet Series: Recovery from Natural Disasters』（2014年）（オンライン）入手先：https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/summaries/natural_disaster_pamphlet-11-14-2014.pdf（閲覧日：2018年3月6日）。

[231] C. Clements, 『The Structured What If / Checklist: A New Twist On An Old Approach』（2012年4月3日）（オンライン）入手先：https://www.aiche.org/academy/videos/conference-presentations/structured-what-ifchecklist-new-twist-on-old-approach（閲覧日：2018年3月7日）。

[232] アメリカ化学協議会, 『Responsible Care: About: Member Companies』（2018年）（オンライン）入手先：https://www.americanchemistry.com/Membership/MemberCompanies/ （閲覧日：2018年4月10日）。

[233] アメリカ化学協議会, 『Responsible Care: Program Elements』（2018年）（オンライン）入手先：https://responsiblecare.americanchemistry.com/ResponsibleCare/Responsible-Care-Program-Elements.aspx（閲覧日：2018年4月10日）。

[234] NOAA, 『Harvey, Irma, Maria and Nate Retired by the World Meteorological Organization』（2018年4月12日）（オンライン）入手先：http://www.noaa.gov/media-release/harvey-irma-maria-and-nate-retired-by-world-meteorological-organization（閲覧日：2018年4月13日）。

[235] FMCSA, 『How to Comply with Federal Hazardous Materials Regulations』（2014年12月17日）（オンライン）入手先：https://www.fmcsa.dot.gov/regulations/hazardous-materials/how-comply-federal-hazardous-materials-regulations（閲覧日：2018年4月17日）。

[236] アルケマ, 『Luperox Organic Peroxide Safety Precautions』（オンライン）入手先：https://www.luperox.com/en/safety/ （閲覧日：2018年4月17日）。

[237] テキサス州ヒューストン市, 『Police Department: Special Operations - Special Response Group (Srg)』（2018年）（オンライン）入手先：http://www.houstontx.gov/police/special_operations/special_response_group.htm （閲覧日：2018年4月19日）。

[238] HCFCD, 『Gauge Station 1740 Data』（2017年）（オンライン）入手先：https://www.harriscountyfws.org/GageDetail/Index/1740?From=8/29/2017%2011:00:00%20PM&span=2%20days&v=rainfall

[239] USEPA, 『Understanding the Link Between Climate Change and Extreme Weather』（2016年）（オンライン）入手先：https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-change-science/understanding-link-between-climate-change-and-extreme-weather_.html（閲覧日：2018年5月3日）。

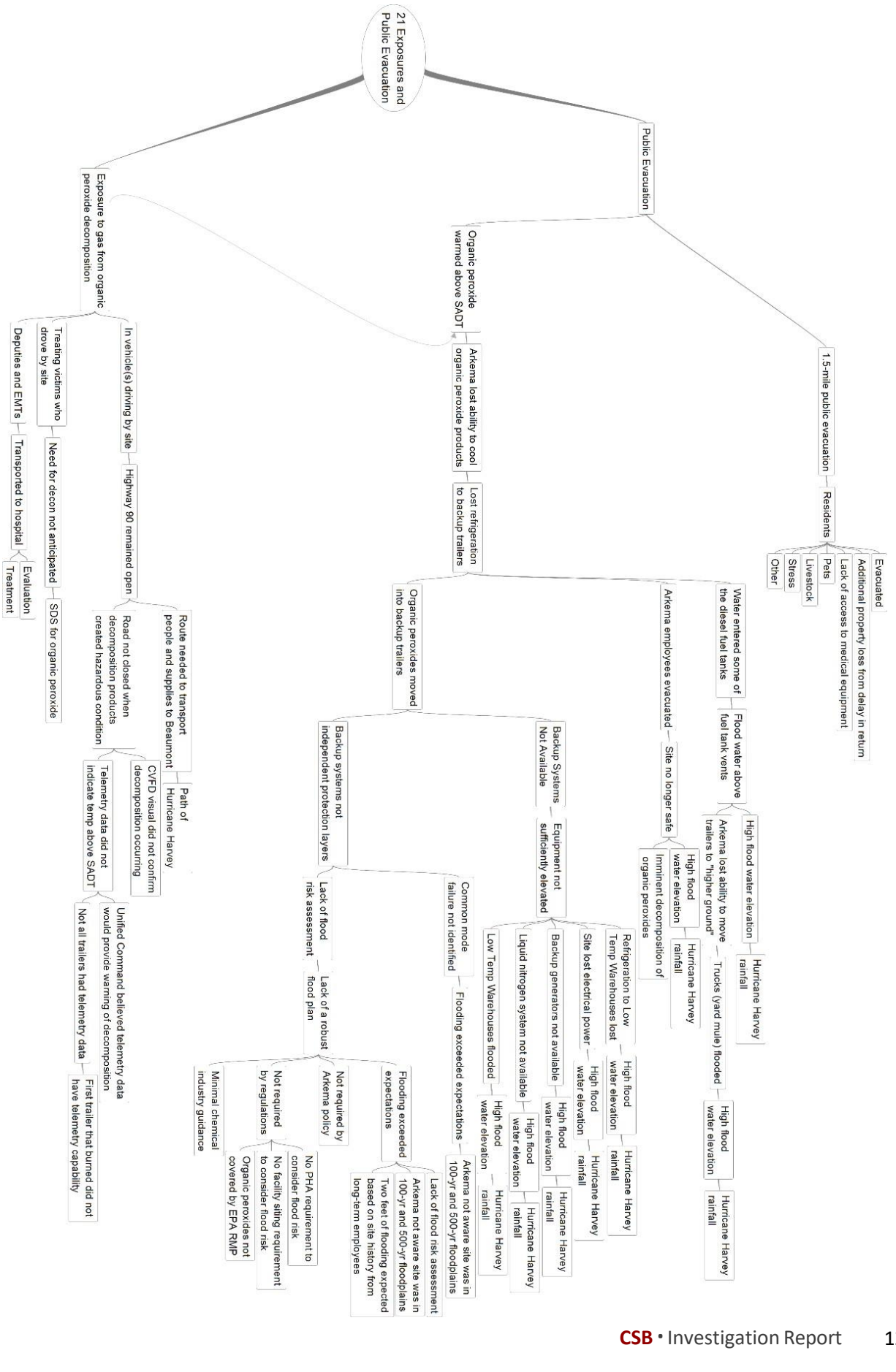
[240] 米国環境教育財団（NEEF：National Environmental Education Foundation）, 『Extreme Weather 101』（2018年）（オンライン）入手先：https://www.udemy.com/extreme-weather-101/learn/v4/overview （閲覧日：2018年5月3日）。

[241] J. Johnson, 『Texas Flood Shows Need for Chemical Safety Rule, Advocates Say』（2017年9月7日）（オンライン）入手先：https://cen.acs.org/articles/95/i36/Texas-flood-shows-need-for-chemical-safety-rule-advocates-say.html（閲覧日：2018年5月3日）。

[242] 米国国立公文書館, 『The Control of Major Accident Hazards Regulations 2015』（2015年）（オンライン）入手先：http://www.legislation.gov.uk/uksi/2015/483/contents/made

[243] USEPA, 『General RMP Guidance』（2004年4月）（オンライン）入手先：https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-11/documents/chap-06-final.pdf（閲覧日：2018年4月18日）。

付録A: 原因分析


21 Exposures and Public Evacuation
Public Evacuation
1.5-mile public evacuation
Residents
Evacuated
Additional property loss from delay in return
Lack of access to medical equipment
Pets
Livestock
Stress
Other
Water entered some of the diesel fuel tanks
Flood water above fuel tank vents
High flood water elevation
Hurricane Harvey rainfall
Arkema lost ability to move trailers to "higher ground"
Trucks (yard mule) flooded
High flood water elevation
Hurricane Harvey rainfall
Arkema employees evacuated
Site no longer safe
High flood water elevation
Hurricane Harvey rainfall
Imminent decomposition of organic peroxides
Refrigeration to Low Temp Warehouses lost
High flood water elevation
Hurricane Harvey rainfall
Site lost electrical power
High flood water elevation
Hurricane Harvey rainfall
Backup generators not available
High flood water elevation
Hurricane Harvey rainfall
Liquid nitrogen system not available
High flood water elevation
Hurricane Harvey rainfall
Low Temp Warehouses flooded
High flood water elevation
Hurricane Harvey rainfall
Backup Systems Not Available
Equipment not sufficiently elevated
Organic peroxides moved into backup trailers
Lost refrigeration to backup trailers
Organic peroxide warmed above SADT
Arkema lost ability to cool organic peroxide products
Backup systems not independent protection layers
Lack of flood risk assessment
Lack of a robust flood plan
Not required by Arkema policy
Not required by regulations
No facility siting requirement to consider flood risk
No PHA requirement to consider flood risk
Organic peroxides not covered by EPA RMP
Minimal chemical industry guidance
Common mode failure not identified
Flooding exceeded expectations
Flooding exceeded expectations
Arkema not aware site was in 100-yr and 500-yr floodplains
Two feet of flooding expected based on site history from long-term employees
Lack of flood risk assessment
Arkema not aware site was in 100-yr and 500-yr floodplains
Arkema not aware site was in 100-yr and 500-yr floodplains
Exposure to gas from organic peroxide decomposition
In vehicle(s) driving by site
Highway 90 remained open
Route needed to transport people and supplies to Beaumont
Path of Hurricane Harvey
Road not closed when decomposition products created hazardous condition
CVFD visual did not confirm decomposition occurring
Telemetry data did not indicate temp above SADT
Unified Command believed telemetry data would provide warning of decomposition
Not all trailers had telemetry data
First trailer that burned did not have telemetry capability
Treating victims who drove by site
Need for decon not anticipated
SDS for organic peroxide
Deputies and EMTs
Transported to hospital
Evaluation
Treatment

付録B: 有機過酸化物に関する追加情報

320. 表6は、アルケマ・クロスビーの事故に関与した有機過酸化物に関する情報であり、製品の商品名、有機過酸化物の種類、最大保管温度、自己加速分解温度、および各製品のハザードカテゴリー（タイプ）を示す。

表6：冷蔵有機過酸化物の在庫と特性。有機過酸化物の特性は、安全性データシート（SDS）から抜粋した [122][a]。Luperox™ は、アルケマが有機過酸化物製品の販売に使用している商品名である。

Luperox™	Peroxide Chemical Family	Maximum Storage Temperature (˚F)	SADT (˚F)	Hazard Category (Type)
10	Peroxyester	14	70	D
10M75	Peroxyester	14	81	D
11M45	Peroxyester	32	113	D
11M75	Peroxyester	32	84	C
188M75	Peroxyester	5	59	D
221	Peroxydicarbonate	-9	23	C
233M75S	Peroxydicarbonate	14	68	D
223S	Peroxydicarbonate	0	59	C
223V75	Peroxydicarbonate	14	77	D
225M60	Peroxydicarbonate	14	50	C
546M75	Peroxyester	14	77	D
	Total Inventory (Pounds)	367,000		

321. DOT規制では、有機過酸化物の危険度に基づいて7つのカテゴリー（「タイプ」）を定めており、この分類は、有機過酸化物の特性に加え、包装形態（容器のデザインやサイズ）も考慮している[b]。有機過酸化物はタイプAからタイプGに分類され、タイプAが最も危険性が高く、タイプGが最も危険性が低い[c]。表6に示すように、アルケマ・クロスビーの事故に関与した有機過酸化物はタイプCおよびタイプDである。これらの有機過酸化物は危険性があるが、最も危険なカテゴリーには該当しない。タイプCやタイプDの有機過酸化物は爆発の可能性があるが、最終製品の包装状態の場合、長期的に冷却が停止するような潜在的な加熱シナリオでは、火災の方が起こりやすい [19][d]。

322. アルケマの冷蔵有機過酸化物に関する追加情報は、全米防火協会（NFPA）432「有機過酸化物製剤の保管に関する規定（Code for the Storage of Organic Peroxide Formulations）」の保管クラスとともに、同社のウェブサイトで提供されている [11]。2007年、アルケマは『有機過酸化物 ― その安全な取扱いと使用』を発行した [11]。この安全ガイダンスによると、クロスビー事故に関与した冷蔵有機過酸化物製品には、クラスI、II、IIIの有機過酸化物が含まれてい

[a] 個々の製品の安全データシート（SDS）と、アルケマが発行した『Organic Peroxides– Their Safe Handling and Use（有機過酸化物 — その安全な取扱いと使用）』の安全ガイダンス文書との間に温度の不一致があることに注意すること。

[b] 49 C.F.R. §173.128 (b)（2004）

[c] 49 C.F.R. §173.128 (b)（2004）

[d] タイプCからタイプFまでの有機過酸化物のSDSでは炎のピクトグラムが使われ「加熱により発火する恐れがある」警告文が記載されている。タイプAおよびタイプBの有機過酸化物には爆発の危険性がある [19]。

た [11, pp.6-7]。このガイダンス文書を作成するにあたり、アルケマは、1997年版のNFPA 432を使用し、潜在的な危険性に基づいて有機過酸化物を以下のように定義した。

- クラスI － 「爆ごうはしないが、爆燃の可能性がある製剤」[a]
- クラスII － 「非常に急速に燃焼し、重大な反応性ハザードを有する製剤」
- クラスIII － 「急速に燃焼し、中程度の反応性ハザードを有する製剤 [123]」[b]

323. アルケマの安全ガイドラインでは、有機過酸化物を表6の適正保管温度以下に維持することの重要性が強調されている [11, pp. 4-5][c]。クロスビー事件に関係した有機過酸化物のうち、Luperox™ 221は最も低い保管温度（－9°F（約－23℃））が必要であった [124][d]。Luperox™ 221はクラスIの有機過酸化物でもあり、特定条件下で爆燃する可能性がある [11, pp. 6-7]。Luperox™ 221は、クロスビー施設での在庫が最も少量（3,000ポンド（約1360kg）未満）であったが、SADT（自己加速分解温度）が23°F（約73℃）と低く[124]、施設内で唯一この高リスクカテゴリーに分類される製品であり、特に温度管理が不十分な場合に分解のリスクが高かった [124]。

[a] 爆燃と爆轟は、爆発の一種である。爆轟は通常、爆燃よりも高い圧力を発生させ、より大きな被害をもたらす。
[b] NFPA 432の2002年版に記載の定義は、1997年版の定義と同じである。NFPA 432は2009年に廃止され、その内容はNFPA 400「*Hazardous Materials Code*（危険物規定）」に統合された [168, p. 1]。
[c] この安全ガイダンス文書と個々の製品のSDSとの間には温度設定の不一致があることに注意すること。
[d] アルケマ・クロスビー施設ではLuperox™ 221を製造していないが、ニューヨーク州ジェネシオで製造され、顧客に販売されるまでの一時保管のためにクロスビー施設に出荷される有機過酸化物の一つである。

付録C: 冷却喪失リスクの評価

324. アルケマは、クロスビー施設の有機過酸化物貯蔵に関するプロセスハザード分析（PHA）を2013年11月に実施した。PHAは、管理者（レビューリーダー）、安全技術者、プロセス技術者、生産施設のオペレーター、および有機過酸化物の冷蔵倉庫での作業経験を持つ出荷担当オペレーターで構成されたチームによって実施された。PHAの実施手法として構造化されたWhat-If分析が用いられた。

325. 一般的に、企業はリスク評価にリスクマトリックスを使用する。図63は、その一例を示している[a]。アルケマのリスクマトリックスを使用し、PHAチームは各ハザードのリスクを以下の3つの評価段階で分析した。

- 既存の安全対策がすべて利用できない場合のリスク（潜在的）
- 既存の安全対策が利用できる場合のリスク（現在）
- 既存の安全対策と提案された追加対策が利用できる場合のリスク（最終）

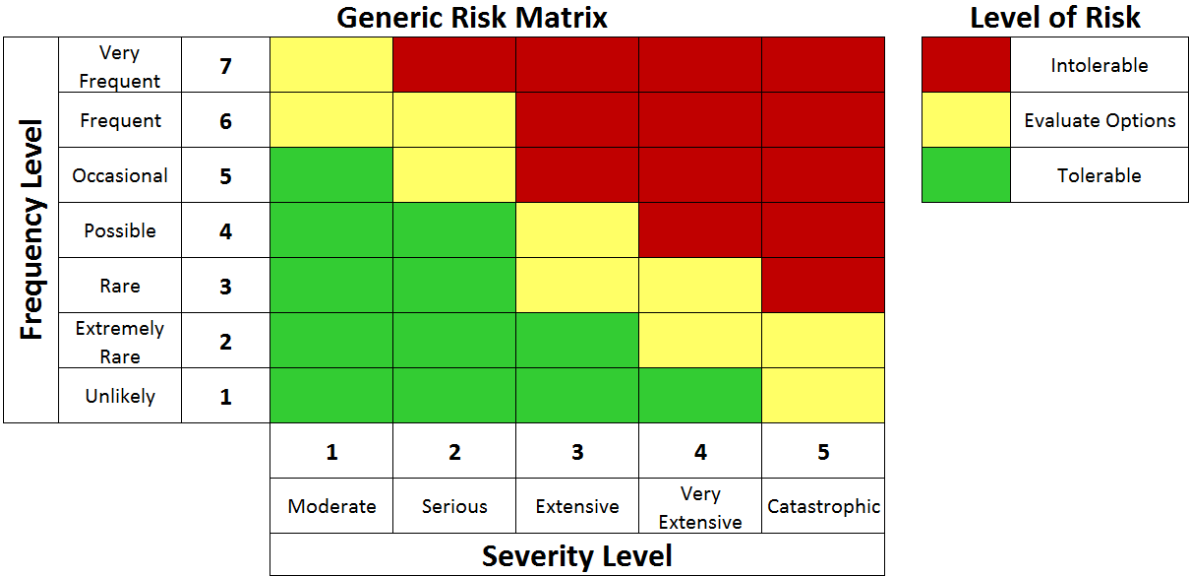


図63：一般的なリスクマトリックス。この図は、企業がリスクを評価する際に、潜在的なハザードを頻度と重大度の関数として表現するのに利用できる一般的なリスクマトリックスの例を示している。アルケマのリスクマトリックスと同様、このリスクマトリックスでは、許容可能（緑）、選択肢を検討（黄）、許容不可能（赤）の3つのリスクレベルが使用されている[b]。

326. 低温倉庫のレビューでは、温度上昇をもたらす可能性のある以下の3つの潜在的シナリオが評価された。

- コンプレッサー故障による冷却機能の喪失
- 冷媒漏れによる冷却機能の喪失
- 電源喪失

327. アルケマのPHA報告書には、PHAチームが洪水シナリオを検討した記録は残されていなかっ

[a] このリスクマトリックスの例は、『*Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment（安全防護層分析：簡易プロセスリスク評価）*』[126, p. 23] で提供されている例に基づいている。

[b] このリスクマトリックスの例は、『*Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment（安全防護層分析：簡易プロセスリスク評価）*』[126, p. 23] を参考にしている。

た[a]。低温倉庫のPHAが実施された時点では、企業のPHA要件には、すべてのPHAチームが洪水シナリオを検討することを義務付ける規定はなかった。2014年、アルケマは、企業のPHA方針を改定し、PHAチームに洪水のような自然災害の特定と評価を義務付けた。

328. 電源喪失を想定したシナリオについて、低温倉庫のPHAでは、事業上の結果と安全上の結果の両方が文書化されていた。冷却機能の喪失を伴う電源喪失のシナリオでは、PHAチームは安全上の結果を「製品の分解による火災リスク」として、その影響を「人的傷害の可能性」として文書化した。チームはさらに、冷蔵倉庫の内部温度がSADTに達するには、電源喪失が4時間以上続く必要があると記録した。

329. アルケマのプロセスに従い、PHAチームはまず、いかなる安全対策もない状態での電源喪失による潜在的影響を評価した。チームは、この評価結果に対して、頻度レベル6（頻繁）を割り当てた。シナリオの頻度は、アルケマの社内データベース、ベンダーのデータ、プラントの運用実績に基づいて評価された。アルケマは「頻繁」の定義を「設備のライフサイクルの10年間に数回起こる可能性のある事象」とした。チームはまた、このシナリオの重大度レベルを「3（甚大）」と評価した。

330. アルケマは、重大度レベルをさらに4つのカテゴリーに細分化している。

- 安全 ― 施設内
- 安全 ― 施設外
- 環境
- 財務（ドルまたはユーロ）

331. PHAには、重大度レベル3（甚大）が選択された要因は詳述されていない。アルケマのPHA方針によると、重大度レベル3という結果は、「不可逆的な影響を伴う曝露／負傷」または施設外の一般市民への影響として「公共の避難所待機措置」に相当する。

332. 図64に示す一般的なリスクマトリックスで、頻度レベル6（頻繁）と重大度レベル3（甚大）の組み合わせを適用すると、「許容不可能」なリスクと判定される。業務上の機密情報の関係で示していないが、アルケマのリスクマトリックスを用いた結果も同様である。

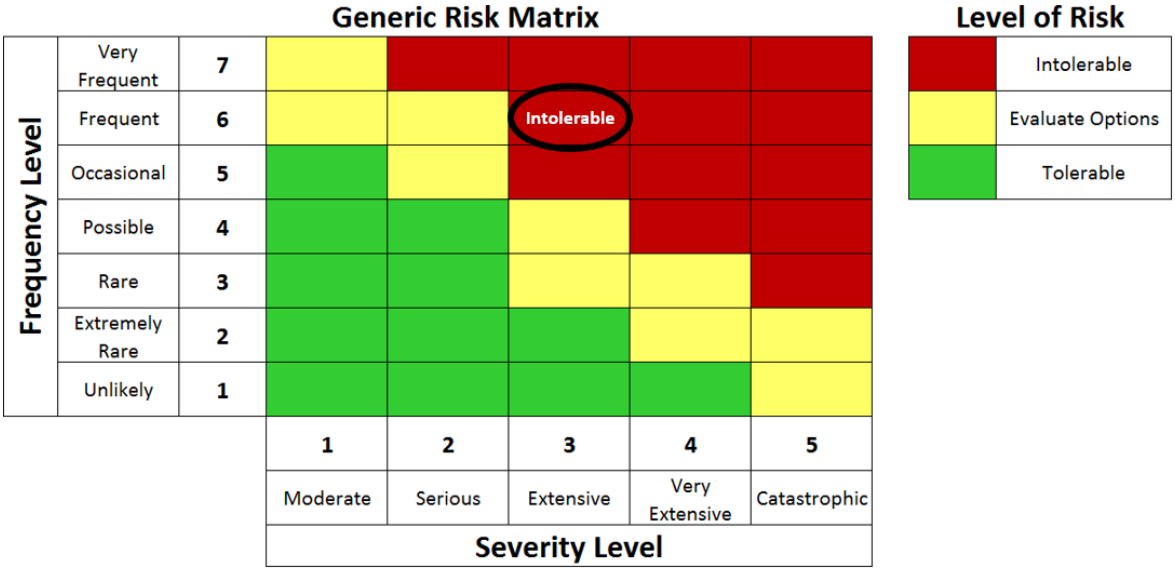


図64：低温倉庫の電源喪失に関するリスク評価例（リスク低減効果を考慮しない

[a] PHA報告書では洪水について議論されていない。

場合）。このリスク評価例は、アルケマの低温倉庫の電源喪失に関する潜在的リスクを、安全対策によるリスク低減効果を考慮せずに推定したものである。

333. アルケマでは、図64に示される「許容不可能なリスク（赤）」に該当するシナリオ、または重大度レベルの高い「選択肢を検討（黄）」に分類されるシナリオについては、必ず安全防護層分析（LOPA: Layer of Protection Analysis）を実施することが求められる。LOPAは、リスクを分析・評価するための半定量的な手法である。LOPAを用いるとPHAチームは、すでに実施されている安全対策に着目し、それらがリスク低減にどの程度有効かを判断する。シナリオの複雑さによっては、PHAチームが実施する場合もあれば、別のチームが後日、詳細な分析を実施することもある。

334. 次に、PHAチームは、既存の安全対策を特定し、それぞれにリスク低減効果の値を割り当てる。低温倉庫のPHAの電源喪失シナリオでPHAチームが特定した安全対策には以下が含まれる。

- すべての低温倉庫に電力を供給する非常用発電機
- 代替冷却手段としての液体窒素供給
- 2時間ごとに実施される手動温度チェック、および、影響を受けた低温倉庫から別の冷蔵施設または移動式冷蔵トレーラーへの有機過酸化物の移動能力のチェック

335. PHAチームは、非常用発電機に2段階、液体窒素システムに1段階、有機過酸化物在庫の再配置能力に1段階のリスク低減効果を割り当てた。合計でPHAチームは、これらの既存の安全対策に対して4段階のリスク低減効果を割り当てた。

336. 図65に示すように、既存の安全対策による4段階のリスク低減効果を適用することで、リスクレベルは「許容不可能」から「許容可能」へと低下した。同マトリックスにおける「許容可能なリスク」は、アルケマにとって長期的に受け入れ可能なリスクレベルであると判断されたため、PHAチームはこれ以上のリスク低減策を推奨しなかった。

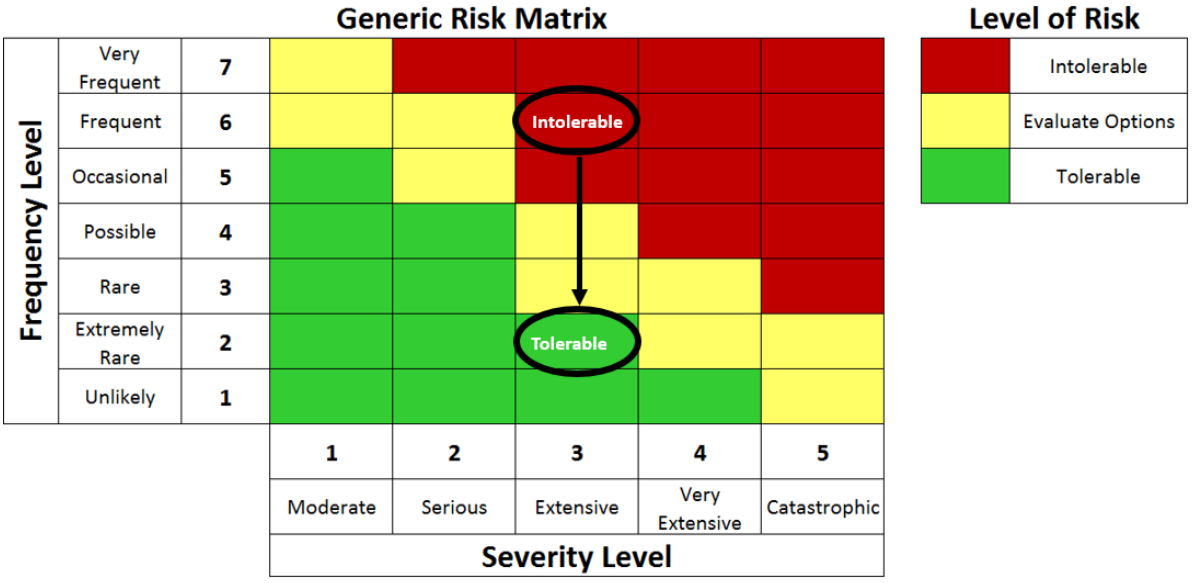


図65：低温倉庫の電源喪失に関するリスク評価例（リスク低減効果を考慮した場合）。このリスク評価例は、アルケマの低温倉庫の電源喪失に関する潜在リスクを、同社の既存の安全対策に対して4段階のリスク低減効果を適用して推定したものである。

ハービー洪水 — シミュレーションによるリスク評価

337. ハリケーン・ハービーによる有機過酸化物の分解事故から学んだ知識と、アルケマのPHA実施要件を基に、ハービー級の洪水に対する既存の安全対策を考慮したシミュレーションを用いてリスク評価を行うことができる。このシミュレーションを用いたリスク評価の目的は、このレベルの異常気象が化学施設に及ぼす潜在的な影響を示すことである。

338. 500年洪水時の水位を大きく超える降雨現象は、頻度レベル4（起こりうる）または頻度レベル3（まれ）と評価できる。アルケマのPHA方針では、「起こりうる」事象は、100年に1回から1,000年に1回の頻度での発生が予想されるものと定義されているが、氾濫原に関して入手可能な最も低い頻度のものは500年洪水であり、ハービーの洪水はその水位を2フィート以上超えてしまった。さらに、米国海洋大気庁（NOAA）の降雨量推定によると、ハービー時の降雨量は1,000年に1回未満の発生確率であったとされている [125]。この頻度は、アルケマのPHA方針においては「まれ」に相当する。この情報を基に、ハービー級の洪水の頻度を「まれ」と想定する。

339. アルケマの詳細な重大度ガイドラインを用いると、避難措置が実施されたハリケーン・ハービーによる有機過酸化物の分解事故は、重大度レベル4（極めて甚大）に該当する。アルケマの重大度ガイドラインでは、一般市民の避難を伴う事象は重大度レベル4（極めて甚大）であると明確に定義されている。

340. 図66は、ハリケーン・ハービー時の降雨によるアルケマのリスクを推定したものである。 洪水による電源喪失の頻度レベル3（まれ）と、一般市民の避難を伴う影響の重大度レベル4（極めて甚大）を組み合わせて評価したところ、安全対策を考慮しない場合のリスクレベルは2（選択肢を検討）となった。

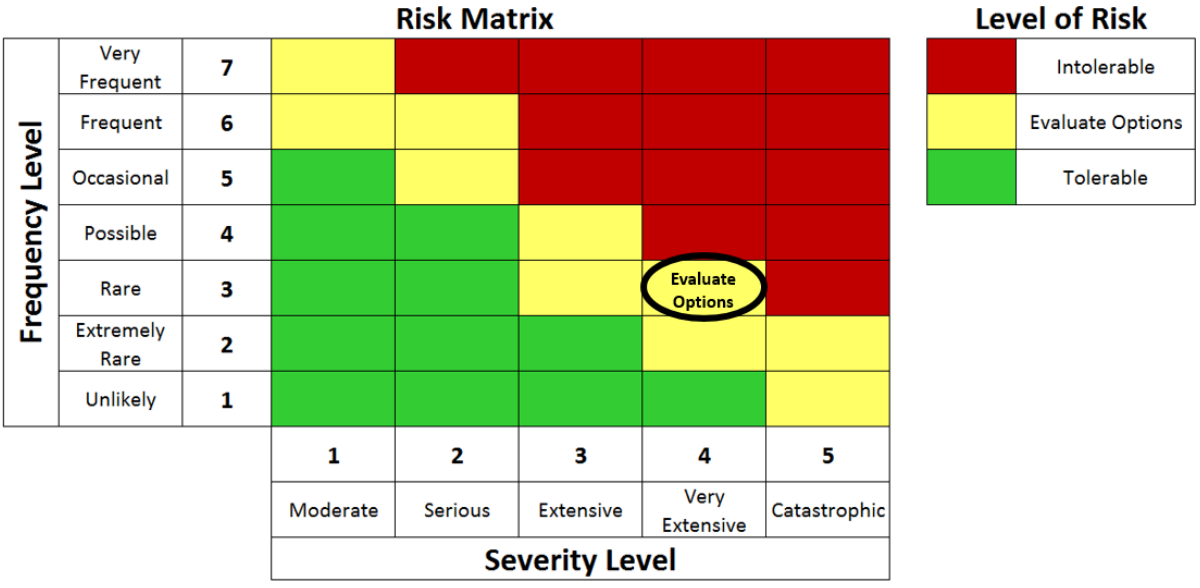


図66：ハリケーン・ハービーの洪水による低温倉庫の電源喪失リスク評価の例。低温倉庫の電源喪失を引き起こした洪水は、同社の各バックアップシステムも使用不能にしたため、安全対策が利用できなかった。

341. アルケマは、電源喪失のシナリオにおいて、以下の安全対策が機能することを想定していた。

- 非常用発電機によるバックアップ電源供給
- 液体窒素による低温倉庫の緊急冷却
- バックアップ用冷蔵トレーラーによる冗長構成の低温保管施設

342. アルケマのPHAにはLOPAが含まれている。これは広く認知されたハザード分析手法であり、特定のハザードや事故シナリオに対して安全防護層が十分に機能するかどうかを判断するものである。CCPSは、その書籍『安全防護層分析：簡易プロセスリスク評価（Layer of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment）』の中で「安全防護層分析（LOPA）は、リスクを分析・評価するための半定量的手法である」[126, p. 1] と説明している[a]。

343. ハリケーン・ハービー規模の洪水（500年洪水を大幅に超える規模）シナリオにおいて、洪水による電源喪失が発生した場合、アルケマにはリスクを低減するための十分な安全対策がなかった。施設の電源喪失を引き起こした洪水は、アルケマが安全防護層として想定していた以下の安全対策は、共通の故障モードの影響を受けた。

- 非常用発電機が浸水し、使用不能になった
- 液体窒素配管が浸水し、使用不能になった
- 冷蔵トレーラーのディーゼル燃料タンクが浸水し、使用不能になった

344. 安全防護層分析（LOPA）において、リスク低減効果が適用されるのは、特定の基準を満たす特別な安全対策に限られる [126, p. 80]。CCPSはこれらの特別な安全対策を「独立安全防護層（independent protection layers）」またはIPLと呼んでいる [126]。CCPSによる要件では、独立安全防護層として認められるためには、デバイス、システム、またはアクション（各種安全対策）が以下を満たす必要がある [126, p. 80]。

1. 設計通りに機能した場合、最終事象を防止する効果があること（有効性）
2. 起因事象および、同じシナリオで既に使用されている他の独立安全防護層の構成要素から独立していること（独立性）
3. 検証可能であること — 想定される有効性（最終事象の防止、必要時の故障確率）が、文書化、レビュー、試験など何らかの方法によって検証可能であること（検証性）[126, p. 80]

345. LOPAにおいては、すべての独立安全防護層（IPL）は安全対策であるが、すべての安全対策が独立安全防護層であるわけではない [126, p. 76]。

346. 確立されたCCPS要件では、安全対策が独立安全防護層として機能し、LOPAのリスク低減効果を提供するためには、起因事象から独立している必要がある [126, p. 80]。しかし、ハービー洪水では、施設の電源喪失を引き起こした洪水が、非常用発電機、液体窒素システム、冷蔵トレーラーにも被害を与えた。最終的に、アルケマの安全対策は、ハービー級の洪水時においては、CCPSが求める独立安全防護層の要件を満たすものはなかった。このリスクを低減できる独立安全防護層がなかったため、同社はPHAで特定されていない、レベル2（選択肢を検討）のリスクを知らずのうちに抱えることになった。このシミュレーション例では、アルケマのPHA方針は、リスクを「合理的に実行可能な限り低減」するための追加的なリスク低減策を、LOPAの適用を通じて検討することを求めている。

347. アルケマの安全防護層分析の実施方法を詳述したマニュアルでは、起因事象を「望ましくない結果につながる一連の事象の最初の事象」と説明している。アルケマの安全防護層分析マニュアルでは、起因事象の例として、特に洪水、ハリケーン、地震などの自然現象が挙げられている。

348. アルケマの安全防護層に関する内部ガイダンスでは、起因事象が安全対策の安全機能の遂行

[a] CCPSは「半定量的（semi-quantitative）」を、「結果、発生確率、またはリスクレベルのある程度の定量化を含むリスク分析手法 [178]」と定義している。CCPSの引用文は「semiquantitative」を「semi-quantitative」に修正している。

を妨げる可能性がある場合、その安全対策を独立安全防護層として認めないと規定している。同ガイダンスでは、独立安全防護層の条件として、当該の安全対策は「起因事象や他の（安全対策の）性能に関係なく、危険なシナリオの進行を防止できること」が求められている。したがって、アルケマの安全防護層分析ガイダンスでは、非常用発電機、液体窒素システム、移動式冷蔵トレーラーなどの安全対策は、洪水によって機能不全になることを理由に、ハービー規模の洪水シナリオにおける安全防護層として適用できないとされる。

349. 将来的にハリケーン・ハービー規模の洪水が発生した場合においてもアルケマが企業リスク目標を達成できるようにするためには、クロスビー施設が高い洪水標高でも保護されるようにするか、高水位の洪水下でも安全機能を発揮できるように安全対策を改善する必要がある。考えられる対策の一例として、低温倉庫、電気系統、および非常用発電機の設置高さを上げること、あるいはハリケーンへの準備段階で冷蔵トレーラーを配置できるよう、敷地内に高台エリアを確保することが挙げられる。

異常気象に対するレジリエンス

350. ハリケーン・ハービーに伴う洪水は、アルケマの安全対策が備えていた設計上の能力を超えたが、CSBの調査は、アルケマの安全対策は100年洪水に対しては十分な保護機能を提供できたであろうと結論づけた。

351. 基準洪水標高が52フィートの100年洪水では、バルブや配管接続部が水没する可能性があるため、クロスビー施設の液体窒素システムは使用不能になるであろうが、他の安全対策は設計通りに機能するであろう。非常用発電機は基準洪水標高より高い位置にあり、おそらく使用可能であろう。加えて、100年洪水時の水位では、有機過酸化物製品を冷蔵トレーラーに移設する能力が損なわれる可能性は低い。さらに、100年洪水時でも利用できるように液体窒素システムの構造を改良すれば、さらなるリスク軽減が可能である。

352. アルケマの安全対策は100年洪水に対して一定の耐久性を持つと考えられるが、アルケマは、ハリケーン・ハービーの際の洪水標高やその他の異常気象による将来の洪水に対するレジリエンスを確保するための選択肢を評価するにあたり、プログラムの徹底的な見直しを行い、より頻繁に発生する洪水に対しても安全対策が確実に機能するようにするべきである。

Members of the U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board:

Vanessa Allen Sutherland, J.D./M.B.A.
Chairperson

Manuel Ehrlich
Member

Richard Engler
Member

Kristen Kulinowski, Ph.D.
Member

Case Study

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

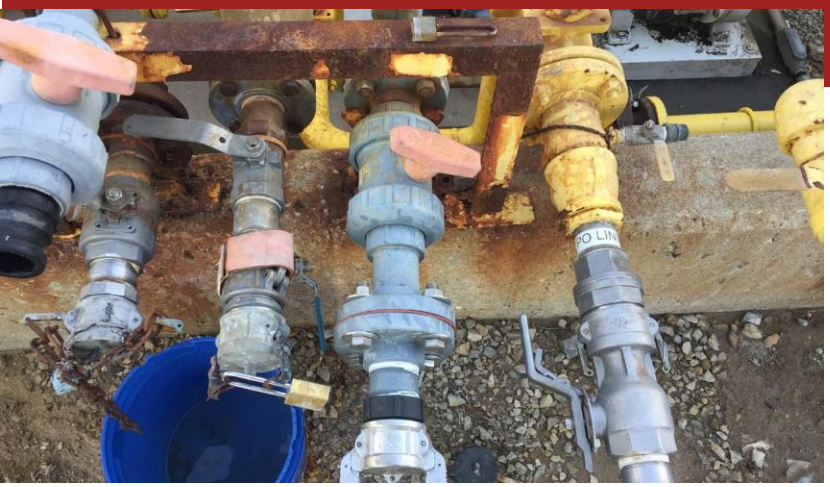
化学物質の荷下ろし作業中の誤混合防止のための重要な教訓

カンザス州アチソンにおける化学反応と流出

MGPI Processing, Inc.
事故発生日：2016年10月21日
140人以上が医療処置を受け、6人が入院

No. 2017-01-I-KS

2017年12月発行



重要課題：

- 化学物質移送設備の設計
- 緊急遮断の自動化とリモート操作
- 配管マーキング
- 化学物質の荷下ろし手順
- ヒューマンファクター
- 緊急事態計画

CSB（The U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board）は、**人々と環境を保護するために独立した調査を通じて化学安全の改善を推進**することを使命とする独立した連邦機関である。

CSBは科学的調査機関であり、法執行機関や規制機関ではない。1990年の改正大気浄化法に基づき設立され、事故の根本原因および寄与要因を特定し、安全に関する勧告を行い、化学安全に関する課題を調査研究し、化学安全に関わる他の政府機関の有効性を評価する役割を担っている。CSBに関する詳細は、www.csb.govを参照のこと。

CSBは、その活動と決定内容について調査報告書を通じて公表しており、報告書には必要に応じて安全対策の勧告が含まれる。以下は、CSBが発行する報告書の種類の例である。

CSB Investigation Reports（調査報告書）：重大な化学事故に関する正式かつ詳細な報告書であり、主な調査結果、根本原因、安全に関する勧告が記載されている。

CSB Investigation Digests（調査ダイジェスト）：調査報告書の要約版で、平易な言葉で書かれている。

CSB Case Studies（ケーススタディ）：完全な調査報告書よりも取り扱う課題が限定されるが、特定の事故に関する調査情報を提示し、関連する予防策について議論している。

CSB Safety Bulletins（安全速報）：化学事故の防止を促進することを目的とした内容で、新しい情報や適時性のある情報を提供する一般向けで簡潔な出版物。

CSB Hazard Investigations（ハザード調査）：重大な化学ハザードに関するより広範な調査研究。

Safety Videos（安全ビデオ）：労働者と環境の保護の改善という同機関の使命を支える、質の高い広報資料。

CSBの出版物は、www.csb.gov からダウンロードできるほか、下記に問い合わせても入手可能。

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board
Office of Congressional, Public,
and Board Affairs
1750 Pennsylvania Ave NW,
Suite 910
Washington, DC 20006
(202) 261-7600

化学事故、その調査に関連するCSBの結論、調査結果、または勧告のいかなる部分も、証拠として認められるものではなく、また損害賠償を求める訴訟や法的措置において使用することはできない。42 U.S.C. § 7412(r)(6)(G) を参照のこと。

用語集

酸（Acid）：水素イオンを供与する能力を持つ物質（例：硫酸）。酸の水溶液のpHは7未満である。

塩基（Base）：プロトン供与体から水素イオンを受容する能力を持つ物質（例：次亜塩素酸ナトリウム）。塩基（アルカリ）の水溶液はpHが7を超える。塩基は酸と反応して塩を生成する。

運送状（Bill of Lading）：運送会社によって発行される文書で、輸送される貨物の種類、数量、および目的地が詳細に記載されている。

貨物タンク（Cargo tank）：液体、気体、固体、または半固体を輸送することを主目的としたタンクで、動力車に取り付けられているか、その一部を構成している。本ケーススタディでは「タンクトラック」とも呼んでいる。

貨物タンク自動車（Cargo tank motor vehicle）：1つまたは複数の貨物タンクが車両に恒久的に取り付けられているか、車両の一部を構成している動力車[1]。

カムレバーダストキャップ（Cam lever dust cap）：充填ラインの接続ポイントに取り付けられる金属製またはプラスチック製のキャップで、ゴミの侵入や充填ラインへのアクセスを防止するために使われる。このキャップにはレバーが付いており、レバーを閉じるとキャップを除去できない構造になっている。レバーは閉じた状態でロックすることができ、許可のないアクセスを防ぐ。

接続ポイント（Connection point）：ホースが充填ラインに接続される場所。

デイタンク（Day tank）：1日または短期間で使用するのに十分な化学物質を収容するタンク。通常、大型のバルク貯蔵タンクから化学物質を移送して毎日または必要に応じて補充される。

排出ホース（Discharge hose）：貨物タンク自動車から充填ラインに接続されるホース。

充填ライン（Fill lines）：貨物タンク自動車から化学物質を荷下ろしするためにホースが接続される、施設側の配管。

暖房、換気、空調（Heating, ventilation and air conditioning）：室内空間に熱快適性と空気品質を提供するシステム。

貨物運送会社（Motor carrier）：道路を使って化学物質を配送する化学品流通会社の総称。

Mod Bエリア（Mod B area）：MGPIでの事故の発生場所。移送設備、タンクヤード、プロセスエリア、および制御室を含む。

Mod Bビル（Mod B building）：Mod Bエリア内の建物で、屋内化学プロセスルーム、ロッカールーム、実験室、および制御室を含む。

プルーム（Plume）：継続して排出されるガス雲。

スプリットリング（Split ring）：2つの物体を接続するために使用される、円周上に切れ目の入った金属リング。キーリングとも呼ばれる。

移送設備（Transfer equipment）：貨物タンク自動車から貯蔵タンクへの化学物質の荷下ろし・移送に使用される充填ライン、バルブ、配管の総称。

[1] 49 C.F.R. § 171.8 (2017).

略語および頭字語

AAR & IP	事後報告書および改善計画（After-Action Report and Improvement Plan）
ACDEM	アチソン郡緊急事態管理局（Atchison County Department of Emergency Management）
AFD	アチソン消防局（Atchison Fire Department）
ANSI	米国規格協会（American National Standards Institute）
API	米国石油協会（American Petroleum Institute）
ASHRAE	米国暖房冷凍空調学会（American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers）
ATSDR	有害物質疾病登録庁（Agency for Toxic Substances and Disease Registry）
CCPS	化学プロセス安全センター（Center for Chemical Process Safety）
CEPR	緊急事態計画・対応委員会（Commission on Emergency Planning and Response）
CI	塩素協会（Chlorine Institute）
CIA	化学工業協会（英国）（Chemical Industry Association）
Cl	塩素（chlorine）
CSB	米国化学事故調査委員会 （U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board）
CTMV	貨物タンク自動車（cargo tank motor vehicle）
DOT	米国運輸省（U.S. Department of Transportation）
EMS	緊急医療サービス（Emergency Medical Services）
EPA	米国環境保護庁（U.S. Environmental Protection Agency）
EPCRA	緊急事態計画および地域住民の知る権利法（Emergency Planning and Community Right-to-Know Act）
ERPG	緊急対応計画ガイドライン（Emergency Response Planning Guidelines）
FMCSA	米国連邦自動車運輸安全局（U.S. Federal Motor Carrier Safety Administration）
H_2SO_4	硫酸（sulfuric acid）
hazmat	危険物（hazardous materials）
HMEP	危険物緊急時対応計画（Hazardous Materials Emergency Preparedness）
HMR	危険物規制（Hazardous Materials Regulation）
HOCl	次亜塩素酸（hypochlorous acid）
HVAC	暖房・換気・空調（heating, ventilation and air conditioning）
KDEM	カンザス州緊急事態管理局（Kansas Department of Emergency Management）
KDHE	カンザス州保健環境局（Kansas Department of Health and Environment）
LEPC	地域緊急事態計画委員会（Local Emergency Planning Committee）
NACD	全国化学品流通業協会（National Association of Chemical Distributors）
NaClO	次亜塩素酸ナトリウム（sodium hypochlorite）

NEP	国家重点プログラム（National Emphasis Program）
NIOSH	国立労働安全衛生研究所（National Institute for Occupational Safety and Health）
NPRM	規則制定案通知（Notice of Proposed Rulemaking）
NRC	国家対応センター（National Response Center）
NSSP	全国症候群監視プログラム（National Syndromic Surveillance Program）
OSHA	米国労働安全衛生局（U.S. Occupational Safety and Health Administration）
pH	水素イオン指数（potential of hydrogen）
PHA	プロセスハザード分析（process hazard analysis）
PHMSA	米国パイプライン・危険物安全局（U.S. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration）
PO	酸化プロピレン（propylene oxide）
PPE	個人用保護具（personal protective equipment）
ppm	百万分率（parts per million）
PSM	高度危険化学物質のプロセス安全管理（Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals）
RMP	リスク管理プログラム（Risk Management Program）
SDS	安全データシート（Safety Data Sheet）
SERC	州緊急事態対応委員会（State Emergency Response Commission）
SO_2	二酸化硫黄（sulfur dioxide）
VOC	揮発性有機化合物（volatile organic compound）
WWTP	廃水処理施設（Wastewater Treatment Plant）

1.0　はじめに

本ケーススタディでは、2016年10月21日にカンザス州アチソンにあるMGPI Processing, Inc.（MGPI社）の施設で発生した、混合禁忌の化学物質の誤混合について詳しく検討する。硫酸と、次亜塩素酸ナトリウム（低濃度では一般的に漂白剤として知られる）の混合により、塩素などの化合物を含む雲が発生した。この雲は、施設内の労働者と周辺地域の住民に影響を及ぼした。この事故は、MGPI施設のタンクヤードにおいて、Harcros Chemicals（ハークロス）の貨物タンク自動車（CTMV：cargo tank motor vehicle）からの、定期的な硫酸の納入作業中に発生した。

アチソン郡緊急事態管理局（ACDEM：Atchison County Department of Emergency Management）は、数千人の地域住民に屋内退避を命じ、一部の地域では避難を指示した。一般市民、MGPI社の従業員、ハークロスの従業員など140人以上が医療処置を受け、その内、MGPI社の従業員1人と一般市民5人が、化学反応により発生した雲への曝露により入院した。

この事故では特定の2種類の物質が関与していたが、多くの酸や塩基、あるいは他の混合禁忌の化学物質が、荷下ろし作業やその他の活動中に誤って混合されると、危険性を持った反応を引き起こす可能性がある。CTMVからの化学物質の荷下ろし作業は、定置の施設における他のプロセスと比較すると単純であると思われがちだが、これらの作業では極めて大量の化学物質が関わる可能性があるため、事故が起きた場合の影響は深刻なものとなる可能性がある[2]。全国化学品流通業協会（NACD：National Association of Chemical Distributors）によると、2016年には8.4秒ごとに3990万トン以上の製品が顧客に納入されたという。したがって、施設管理者は、管理の階層化（hierarchy of controls）を適用し、ヒューマンファクターを考慮することによって、化学物質移送設備の設計と運用に細心の注意を払い、誤って混合される可能性を低減し、万が一事故が発生した際の影響を軽減する必要がある。さらに、CTMVの運転手が化学物質の荷下ろしに直接関与する状況では、化学物質が安全に荷下ろしされるよう、化学品流通会社と施設管理者の間で責任を分担する必要がある。本ケーススタディでは、MGPI社で発生した事故の要因を検証し、化学物質の受け入れ施設と配送会社が同様の事故を防止するための重要な教訓を提示する。

目次

1.0　はじめに
2.0　背景
3.0　事故の概要
4.0　化学分析
5.0　事故分析
6.0　荷下ろし作業における類似事故
7.0　業界団体とガイダンス
8.0　規制監督とガイダンス
9.0　MGPIとハークロスの事故後の変更点
10.0　重要な教訓
11.0　結論
12.0　勧告
付録A - 簡易原因分析
付録B - 化学物質荷下ろし作業において推奨される対策

[2] Center for Chemical Process Safety『*Unloading and Loading Hazardous Materials Process Safety Beacon*』（オンライン、2015年9月）https://www.aiche.org/sites/default/files/cep/20150920.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

2.0 背景

2.1 MGPI PROCESSING, INC.（MGPI社）

MGPIの施設は、ミズーリ州カンザスシティの北西約50マイルに位置するカンザス州アチソン市の、主都市部の近くに位置している。同社は1941年に小さな蒸留所として設立され、現在はMGP Ingredients, Inc.の事業子会社となっている。アチソン工場には2つの事業部門があり、1つは食品用アルコール、蒸留残渣飼料、燃料用アルコール、コーン油などの蒸留製品を生産し、他の事業部門では食品および非食品用途向けの特殊および一般的な小麦デンプンやタンパク質からなる原料を生産している。アチソン工場には、穀物加工場、蒸留作業場、倉庫、研究所、オフィスビルがあり、140人の従業員が勤務している。そのうち100名は、全米食品商業労働組合のLocal 74Dに所属している。

2.2 HARCROS CHEMICALS（ハークロス社）

ハークロスは、工業用化学製品および特殊化学製品の製造・販売を手がけ、中西部と南東部を中心に米国全土の幅広い産業顧客に製品を供給している。カンザス州カンザスシティに本社を置くハークロスは、2つの化学製品製造施設と29の流通拠点を運営している。ハークロスは、化学製品の配送用に約50台の危険物CTMVを運用している[3]。2016年、ハークロスは、事故が発生したMGPI社のプロセスエリアに硫酸、水酸化ナトリウム、酸化プロピレンを供給していた。

2.3 プロセスの概要

2016年10月の事故は、MGPIのMod Bエリアで発生した。このエリアでは、顧客の仕様に基づいて特殊小麦デンプンが製造されている（図1）。Mod Bでは、特殊および一般用途のデンプン製造で様々な特性を実現するために、各種化学物質が使用されている。これには、pH調整によるデンプンの改質のための硫酸の使用や、デンプンの酸化のための次亜塩素酸ナトリウムの使用などが含まれる。Mod Bエリアは、線路によって本工場とは分離されており、Gasoline Alleyと呼ばれる連絡道路沿いに位置し、MGPI社の廃水処理施設（WWTP：Wastewater Treatment Plant）に隣接している（図2）。Mod Bエリアは、Mod Bビルと、それに隣接する屋外タンクヤードで構成されている（図3）。Mod Bビルには、化学物質を混合して製品を製造する屋内プロセスエリアがある。このビルには、ロッカールーム、実験室、オペレーターが作業の大半（プロセスの状況監視など）を行う制御室も備わっている。

図1：カンザス州アチソンにあるMGPI社のMod B施設（出典：MGPI）

[3] Federal Motor Carrier Safety Administration『*Safety Measurement Profile for Harcros Chemicals Inc.*』https://ai.fmcsa.dot.gov/SMS/Carrier/980774/CompleteProfile.aspx （閲覧日：2017年9月12日）。

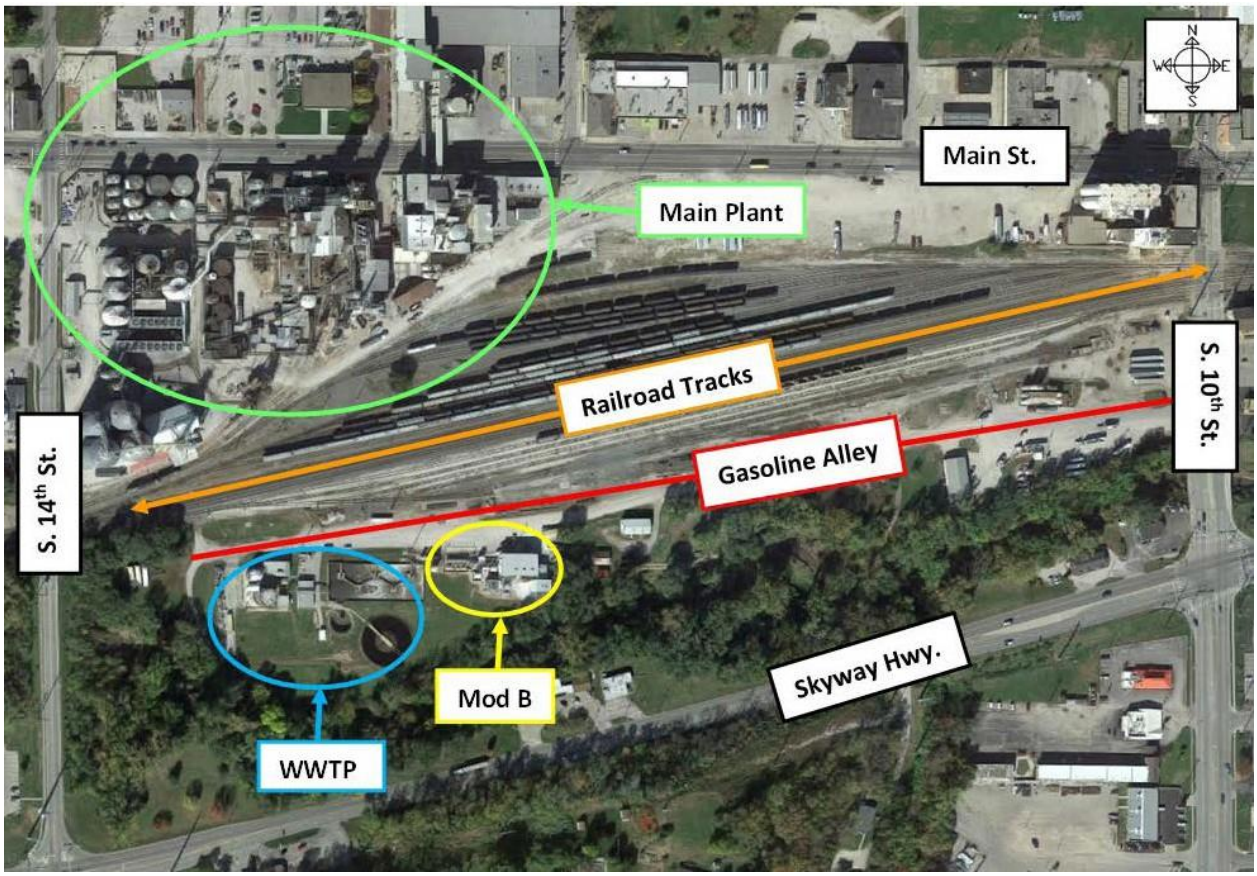


図2：MGPI社とその周辺エリア（出典：Google）

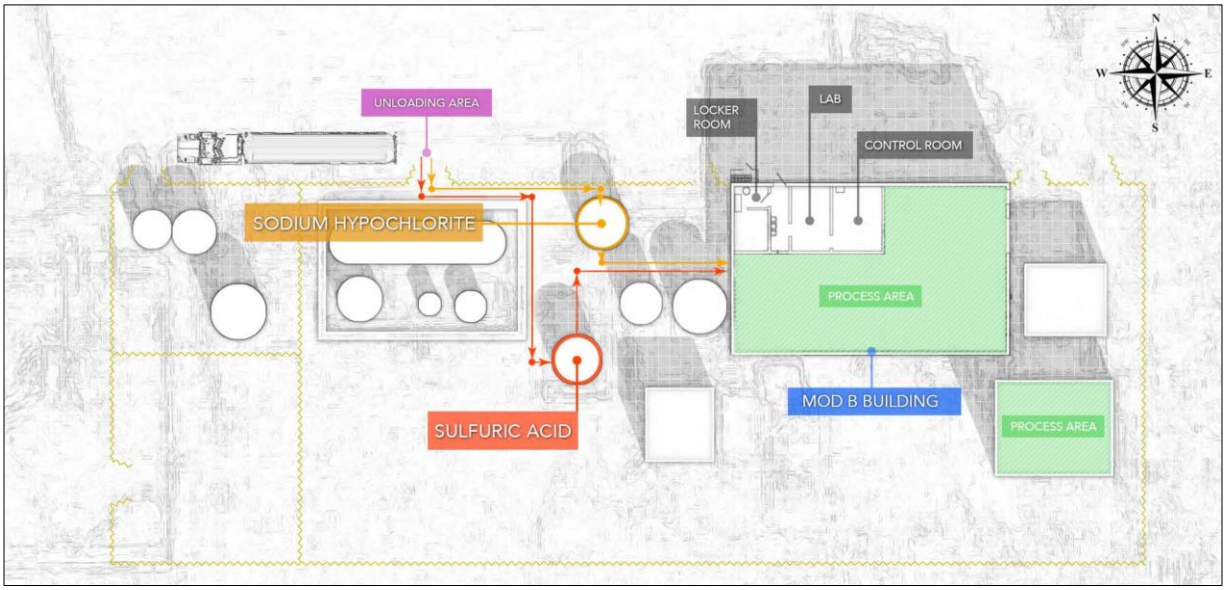


図3：化学物質の荷下ろし用のMod Bエリアとタンクヤード（左）とMod Bビル（右）（出典：CSB）

タンクヤードの周囲には荷下ろしエリアがあり、ここで様々な企業のCTMVが次亜塩素酸ナトリウム[4]、硫酸、酸化プロピレン、水酸化ナトリウム、無水酢酸[5] の5種類の化学物質をバルク納入している。CTMVの運転手は、貨物タンクから充填ラインに排出ホースを接続して化学物質を移送する。化学物質はそこから配管を通ってタンクヤード内の複数の大型バルク貯蔵タンクに流れる（図4）。その後、オペレーターが必要に応じてこれらの化学物質を少量ずつMod Bビル内のデイタンクやプロセス容器に移送し、生産に利用している。

図4：事故発生時の化学物質の荷下ろし作業（出典：MGPI社）[6]

Mod Bに納入される化学物質の中には、12.5%の次亜塩素酸ナトリウムが含まれている。これは、漂白剤の濃縮バージョンである。MGPIは、次亜塩素酸ナトリウムを化学物質の荷下ろしエリアで受け入れ、配管を通じて屋外の6,500ガロン（約24,600L）のバルクタンクに移送し、大気圧下で保管している。オペレーターは、配管を介して次亜塩素酸ナトリウムをMod Bビル内にある小型のデイタンクに移し、そこからさらに必要に応じてプロセス容器に移送している。Mod Bに納入されるもう一つの化学物質は硫酸である。MGPIは、30％の硫酸を化学物質の荷下ろしエリアで受け入れ、屋外の8,500ガロン（約32,000L）のデイタンクに貯蔵している。オペレーターは硫酸をデイタンクから直接プロセスに移送して使用している。

2.3.1　事故発生前の化学物質の荷下ろし作業

化学物質を納入する際に充填ラインにアクセスするには、まず、タンクヤードエリアと各化学物質に対応する5つの充填ラインを囲む有刺鉄線のゲートを、オペレーターが解錠する必要がある（図4）。次に、オペレーターは、納入される化学物質用の充填ラインを固定しているカムレバーダストキャップの南京錠を解錠する。カムレバーダストキャップは、使用していない充填ラインの先端をキャップで覆うことで、充填ラインへの不適切なアクセスを防止する。図5に示すように、カムレバーダストキャップは、2つのレバーを係合させ、南京錠と2つの割リングで所定の位置にロックすることで固定される。CTMVの運転手は、オペレーターが移送する化学物質用の充填ラインを解錠し、確認することを前提として作業を始める。オペレーターは、運転手に適切な充填ラインを示した後、解錠が完了すると、制御室に戻る。運転手はダストキャップを取り外し、排出ホースを貨物タンクから充填ラインに接続する。納入が完了すると、運転手は充填ラインのダストキャップを元に戻し、

[4] 本ケーススタディでは、水酸化ナトリウムを「苛性ソーダ」とも呼ぶ。

[5] Mod B において、米国労働安全衛生局（OSHA：Occupational Safety and Health Administration）の「高度危険化学物質のプロセス安全管理規則（Process Safety Management of High Hazardous Chemicals standard）」（29 C.F.R §1910.119）は、その規則の対象となる閾値以上の量が貯蔵されている2種類の化学物質（酸化プロピレン（荷下ろしエリアで受け入れられる引火性液体）およびオキシ塩化リン（荷下ろしエリアでは受け入れられない））に適用されている。本事故に関与した2つの化学物質は、この規則の対象外である。

[6] この写真は、MGPIが事故直後に充填ラインに接続されたハークロスのCTMVを撮影したもの。この時点で、放水システムが作動し、流出の影響を軽減していた。

南京錠を閉めて再び固定する。MGPIでは、納入時のみ充填ラインのダストキャップを解錠する運用を過去から現在に至るまで実施している。

図5：Mod Bの充填ライン末端にある施錠されたカムレバーダストキャップ（出典：CSB）

3.0 事故の概要

3.1 事故

2016年10月21日午前7時35分頃、ハークロスのCTMVが30%硫酸を予定通り配送するため、MGPI社のアチソン施設に到着した。到着後、ハークロスの従業員（運転手）[7] は運転席から降り、荷下ろしのために貨物タンクを加圧し始めた。午前7時42分頃、運転手は運送状をMod Bビルに持ち込み、そこで当直のMGPIの夜勤オペレーターが荷受けの書類を確認し、署名した。運転手がMGPIに到着したのは朝7時35分で、日勤シフトの開始前であったため、夜勤シフトのオペレーターが荷受けを行った。

午前7時44分、オペレーターは運転手をMod Bビルから化学物質の荷下ろしエリアまで案内した。彼らがCTMVの後部に到着すると、運転手は書類を貨物タンクの後部に置き、助手席側を歩き、個人用保護具（PPE：personal protective equipment）を装着した[8]。この間、オペレーターは移送装置の前のゲートを解錠し、硫酸充填ラインのカムレバーダストキャップの錠を外した。オペレーターは硫酸充填ラインの錠を充填ライン上部の山形鋼に置いた（図6）。運転手は貨物タンクの背面からシール[9] を取り外し、それをオペレーターに渡し、その後、CTMVからホースを取り出して接続作業を開始した。オペレーターは、運転手に硫酸充填ラインの位置を指し示し、運転手がその位置を確認したと報告しているが、運転手は、オペレーターが充填ラインを指示しなかったと主張している。続いてオペレーターは午前7時47分頃、運転手が排出ホースを充填ラインに接続するのを見ることなく、Mod Bビルに戻っていった。運転手は、施設内で最初に目にした解錠済みの充填ラインからダストキャップを取り外した。運転手は、それが硫酸の充填ラインだと思い込んでいた。運転手はホース

[7] ハークロスのこの運転手は、2016年にMod Bに硫酸を配送していた複数のハークロスの運転手のうちの1人である。ハークロスは前年に硫酸を多数回納入しており、そのうちの6回をこの運転手が担当した。次亜塩素酸ナトリウムの納入は、別の化学品流通会社が行っていたため、ハークロスの運転手は関与していない。

[8] 運転手は、化学耐性のあるコート、ゴム手袋、フェイスシールド付きヘルメット、安全メガネを着用していた。

[9] 内容物の改ざんを防止し、トレーラーの内容物が運送状やその他の書類に記載されている内容と一致していることを受取人が確認できるように、貨物タンクのトレーラーバルブとキャップにはシールが貼られている。このシールは、貨物タンクから剥がすと破れ、再度貼り付けられないようになっている。シールの番号は、発送者が作成した書類上の番号と一致するようになっている。

を充填ラインに接続し、次にホースをトラックに接続した。運転手は貨物タンクの空気圧を点検し[10]、漏れがないことを確認すると、施設のバルブを開き、続けて貨物タンクのバルブを開き、硫酸の排出を開始した。運転手は運転席に戻る途中で空気圧をチェックし、運転席に乗り込んで書類を置いた。その間、MGPIの日勤オペレーターと研修生はMod Bビルで夜勤オペレーターとプラントの運転状況について話し合っていた。

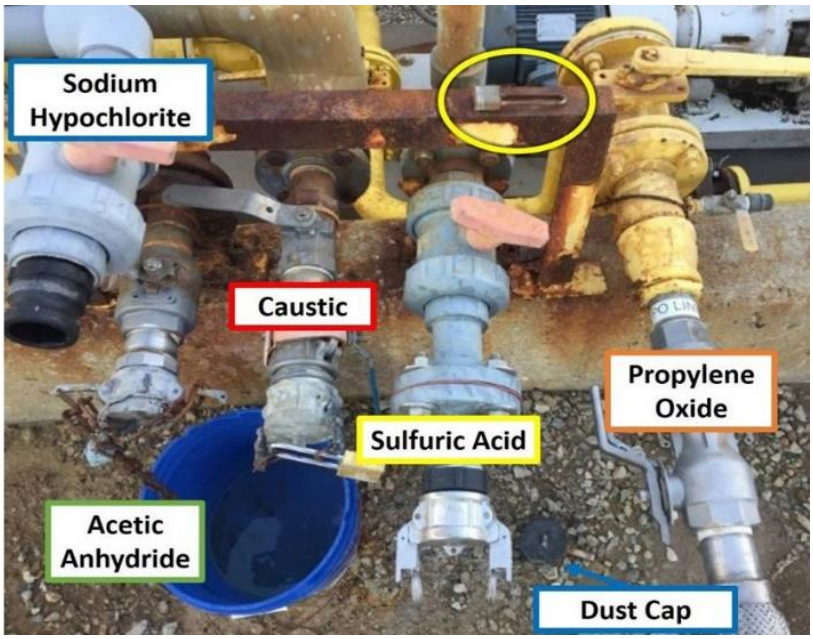


図6：事故後の接続部分の状態。硫酸充填ラインの南京錠（丸で囲んだ部分）が山形鋼の上に置かれている。充填ラインの下の地面に置かれた次亜塩素酸ナトリウムのダストキャップ（出典：CSB）

午前8時少し前、次亜塩素酸ナトリウムのバルクタンクから黄緑色のガスが噴出し、雲を形成し始めた。この雲は次第に大きくなり、ハークロスのトラックとMod Bビルを覆い、その後、施設を越えて北東方向へと移動した。

ガス流出の発生時にMod Bの制御室にいた3人のオペレーターは、ビル内に侵入したガスの異臭によって化学反応にすぐに気づいた。彼らはすぐに緊急脱出用呼吸具のフェイスピースを使用しようとしたが、呼吸具のフェイスピースがすぐにアクセスできる場所に保管されていなかったか、別の場所に移動されていたため、使用することができなかった[11]。その結果、3人のオペレーターは全員、呼吸用保護具なしで建物から避難せざるを得なかった。建物を出た後、オペレーターたちは雲の中を通って北東方向（図2）に走り抜け、線路付近の新鮮な空気のある場所までたどり着いた。線路に到着したオペレーターの1人が、無線機を使ってMGPIの従業員に緊急事態を知らせた。この通報を受けて、別の従業員が午前7時59分に911に通報した。

トラックの運転席にいた運転手は、まずバックミラーにガス雲が映っていることに気づいた。運転手はトラック後部の接続エリアに向かおうとして運転席側を走ったが、ガスに圧倒されて断念した。運転手は向きを変えて助手席側から同じことを試みたが、やはりガスに圧倒されてしまった。この時、隣接するWWTPのマネージャーがガス流出を目撃し、運転手に自分の方向に走るよう叫んだ。WWTPのマネージャーは運転手をWWTPの制御室に連れて行き、水を飲ませ、運転手が建物内にい

[10] 運転手はエアゲージと圧力調整器を使用して空気圧を点検する。適用される圧力は、製品の粘度やその他の物理的特性、温度や湿度、機器のパラメータ、トラックからタンクまでの配管の長さ、顧客施設での空気供給状況など、各積荷に応じた様々な変数によって異なる。

[11] 夜勤および日勤のオペレーターは、各自のロッカーから呼吸具のフェイスピースを取り出そうとしたが、できなかった。フェイスピースには、5分間の脱出用ボンベが付いている。MGPIでは研修生にはロッカーが割り当てられないため、研修生にはロッカーがなく、通常は制御室のカウンターに呼吸具を保管していた。しかし、前のシフトがカウンタースペースを必要としたため、別の場所に移動されていた（セクション5.4）。

て、雲の外にいることをMGPIの従業員に無線で連絡した。また、WWTPのマネージャーはMGPIの経営管理者にも電話と無線で流出事故について警告した。

硫酸のダストキャップは荷下ろしの直前に解錠されていたが、CSBの調査では、次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインも運転手からアクセス可能な状態であったことが判明した（図7）。運転手は、安全対策が施されていない次亜塩素酸ナトリウムバルクタンクへの充填ラインに、硫酸の排出ホースを接続したため、約4,000ガロン（約15,000L）の硫酸と5,850ガロン（約22,000L）の次亜塩素酸ナトリウムが誤混合された。この混合禁忌の化学物質の誤混合により反応が起こり、塩素ガスとその他の化合物を含む雲状の物質が流出した（セクション4.0参照）。

図7：スプリットリングが外れた次亜塩素酸ナトリウムダストキャップ。スプリットリングが無いため、ダストキャップを南京錠で固定できなかった（出典：CSB）

3.2 緊急対応

アチソン消防局（AFD：Atchison Fire Department）は午前8時2分に化学物質流出の通報を受け、午前8時5分に現場に到着した。雲またはプルームは、高さ数百フィートに達し、ゆっくりと北北東方向に移動していると推定された。時間帯の関係で、施設の周辺は交通量が多く、消防隊は付近の交差点を封鎖して、プルームの発生しているエリアへの車の進入を制限し、車を誘導した。午前8時10分までの時点で、Mod Bのオペレーターは病院へ向かう途中であり、ほぼ同時刻、MGPIは緊急対応要員に「塩素のような」プルームは、硫酸と次亜塩素酸ナトリウムが誤混合されて反応した結果生じた可能性が高いと伝えた。ほぼ同時刻に、アチソン郡緊急事態管理局（ACDEM：Atchison County Department of Emergency Management）は、アチソン郡の11,000人の住民に屋内退避を指示した[12]。MGPIは消防局と協力して、流出を抑制するための計画を策定した。数分後、プルームは北西に移動したため、緊急対応要員はより安全な場所に避難する必要が生じた。午前8時43分までに、危険物（hazmat：hazardous materials）運搬車が追加の緊急対応要員と機材とともに到着した。緊急対応要員は貨物タンクの排出バルブを安全に閉じ、トラックのエンジンを停止させることができた。また、化学反応によって発生したプルームを抑制するために、水スプレーを設置し、手動でMod B散水システム（スプリンクラー）を作動させた。

プルームがMod Bの西側に移動すると、WWTPのマネージャー、運転手、そして運転手の世話をしていた2人の消防士がいたWWTPに向かってプルームが移動し始めた。彼らはプルームが自分たちの方向に向かっているのを見ると、その場から避難した。その後、緊急医療サービス（EMS：Emergency Medical Services）車両が運転手を病院に搬送し、雲への曝露による症状の治療を受けさせた。同時に、施設付近で発生した自動車事故により、2人の消防士による支援が必要となった。自動車事故の被害者の治療中に、風によりプルームが移動し、その2人の消防士がプルームにさらされたため、2人とも病院に搬送された。

カンザス州ハイウェイパトロールは、午前中の間、ヘリコプターからプルームの規模と移動を監視

[12] ACDEMは、テレビ、ラジオ、ソーシャルメディアを通じて、地域住民に屋内退避と避難命令を出した。

し、緊急対応要員を支援した。風向きが変わったことで緊急対応要員たちは困難に直面した。プルームが市の北西部に向かって動き始めたものの、風速が弱まったため煙の動きは鈍くなった[13]。ACDEMは、プルームの及んでいない北側の学校や住民に対して避難命令を出した。バスを使って800人の中高生を風上のアチソン市南側に無事に避難させた。午前10時半頃、カンザス州ハイウェイパトロールは緊急対応要員に、プルームは市の北西部郊外に達し、急速に消散していると報告した。事故発生から約3時間後の午前11時、ACDEMは安全宣言を発し、屋内退避と避難命令を解除した。

3.3 影響

化学反応とガスの流出により、MGPIの従業員4名、ハークロスの運転手、および140人を超える地域住民が医療処置を受けた[14]。このうち、有毒な雲に直接曝露されたMGPIの従業員1名が病院に入院し、3日後に退院した。市民5人が病院に入院し、そのうち4人は2日以内に、1人は5日後に退院した。病院や医療センターを訪れた人の多くが、塩素への急性暴露の症状として一般的とされる、息切れ、咳、喉の炎症などの呼吸器系全般の症状を訴えた。入院しなかった人の大半は診察後に自宅に帰されたが、一部は診察を受ける前に帰宅した。

塩素は黄緑色の気体で、目、皮膚、気道を刺激する可能性がある[15]。症状の程度は、濃度、曝露経路、曝露時間によって異なり、一部の症状は遅れて現れる（表1）[16]。急性曝露による長期にわたる健康への影響は、通常、高濃度への曝露後に発症する合併症と関連している[17]。

表1：動物およびヒトの研究に基づく、短期間の塩素曝露による潜在的な健康への影響（出典：ATSDR）

濃度	潜在的な健康への影響[18]
1～3 ppm	軽度の鼻への刺激
5 ppm	目の刺激
5～15 ppm	喉の炎症
30 ppm	即時の胸痛、嘔吐、呼吸数の変化、咳
40～60 ppm	肺の損傷および肺に液体がたまる状態（肺水腫）
430 ppmを30分間	死亡
1,000 ppmを数分間	死亡

4.0 化学分析

[13] 最寄りの気象観測所はミズーリ州セントジョセフにあり、2016年10月21日の午前10時53分までは穏やかな風が吹いていたと報告している。

[14] CSBは、流出の結果として医療処置を受けた人々に関する患者情報を近隣の病院や診療所から収集した。

[15] Centers for Disease Control and Prevention「Facts about Chlorine」、https://emergency.cdc.gov/agent/chlorine/basics/facts.asp （閲覧日：2017年9月12日）

[16] ATSDRによると、上記の濃度は概算であり、影響は曝露時間にも依存する。一般的に、アレルギーや花粉症などの呼吸器疾患を患っている人やヘビースモーカーは、健康な人や非喫煙者よりも深刻な影響を受ける傾向にある。有害物質疾病登録庁（ATSDR：Agency for oxic Substances and Disease Registry）『Toxicological Profile for Chlorine』（オンライン）https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp172.pdf（閲覧日：2017年11月27日）

[17] Centers for Disease Control and Prevention『Facts about Chlorine』、https://emergency.cdc.gov/agent/chlorine/basics/facts.asp （閲覧日：2017年9月12日）

[18] Agency for Toxic Substances and Disease Registry『Toxicological Profile for Chlorine』（オンライン）https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp172.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

CSBは、事故に関与したタンクおよびトラックの内容物を特定するために化学分析を委託した[19]。調査員は、次亜塩素酸ナトリウムと硫酸が混合されたと推測される次亜塩素酸ナトリウムバルクタンク、下流の次亜塩素酸ナトリウムのデイタンク、および事故後のCTMVに残っていた液体からサンプルを採取した。実験室での試験の結果、バルクタンクとトラックの推定内容物と一致し、次亜塩素酸ナトリウム溶液と30%硫酸が関与していることが確認された[20]。採取されたサンプルの分析からは、次亜塩素酸ナトリウムと硫酸に含まれる以外の元素は検出されなかった。

MGPIで使用されている次亜塩素酸ナトリウム（NaClO）は希釈水溶液として供給されており、次亜塩素酸ナトリウム（10～16%）、塩化ナトリウム（12%）、水酸化ナトリウム（4%）、水（残量）を含んでいる。次亜塩素酸ナトリウム溶液は、漂白剤特有の臭いを持つ澄明な黄色の液体である。強塩基性であり、酸やアンモニア、有機塩素化合物などと反応する[21]。酸と混合すると、次亜塩素酸イオンは塩素ガスを発生させることが知られており、溶液から発生した塩素ガスは深刻な塩素流出を引き起こす可能性がある[22]。硫酸（H_2SO_4）は強酸であり、塩基（アルカリ）と激しく反応し、ほとんどの金属に対して腐食性を示す。硫酸は水やその他の有機物と激しい反応を起こし、熱や刺激性のあるガスを発生させることがある[23]。

また、CSBは、事故当日にどのような反応経路が起こり得たかを完全に理解し、どのような生成物が生成され放出されたかを判断するための分析も委託した。委託先は、反応生成物の生成と大気中でのプルームの挙動の両方に対する気象条件の影響を評価した。分析の結果、正確な化学反応は明確に決定できないものの、主な毒性反応生成物は塩素およびその他の塩素含有化合物である可能性が高いという結論に達した[24]。次亜塩素酸ナトリウムと硫酸が混合された際、直ちに強い発熱反応が始まった[25]。タンクに追加された液体とこの反応によって発生したガスは、直径3インチの大気ベントとバルクタンクの屋根に設置された直径18インチの蓋を通じて放出された。

混合物の温度とpH、および次亜塩素酸ナトリウムタンクに硫酸が投入された際に起こった混合の程度によって、いくつかの異なる反応系列が生じた可能性がある。初期反応で生成された物質は、さらに反応して、毒性なガス（g）生成物と水溶液（aq）、イオン種を生成した可能性が高い。これには以下が含まれていた可能性がある。

- 塩素ガス（$Cl_2(g)$）
- 二酸化塩素（$ClO_2(g)$）
- 塩化水素（HCl(g)）または塩酸（HCl(aq)）
- 硫酸ナトリウム（Na2SO4(aq)）
- 重硫酸ナトリウム（$NaHSO_4(aq)$）
- 水
- 酸素（$O_2(g)$）

---

[19] Case Forensics『Characterization of Reactants MGPI Processing Inc. in Atchison Kansas』（2017年、オンライン）http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003_Report._Redacted.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

[20] ハークロスのCTMVの2件の硫酸サンプルの密度は、それぞれ1.228 g/cm^3 および1.227 g/cm^{3}であり、30%硫酸の密度と一致している。事故後の下流デイタンクからの次亜塩素酸ナトリウムのpHは12.3であった。12.5%次亜塩素酸ナトリウムのpH範囲は11.5から13.5である。Case Forensics『Characterization of Reactants MGPI Processing Inc. in Atchison Kansas.』（2017年、オンライン）http://www.csb.gov/assets/1/19/2445003_Report._Redacted.pdf （閲覧日：2017年9月12日）

[21] The Chlorine Institute Pamphlet 96『Sodium Hypochlorite Manual』第4版, The Chlorine Institute: バージニア州アーリントン（2011年10月）

[22] The Chlorine Institute Pamphlet 96『Sodium Hypochlorite Manual』第4版, The Chlorine Institute: バージニア州アーリントン（2011年10月）

[23] National Institute of Occupational Safety and Health 『Pocket Guide to Chemical Hazards, Sulfuric Acid』（オンライン）https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0577.html（閲覧日：2017年9月12日）

[24] Peterson, E.; Reed, M. 『*MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*』（CSBに提出した技術報告書）ワシントンDC（2017年）

[25] Peterson, E.; Reed, M. 『*MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*』（CSBに提出した技術報告書）ワシントンDC（2017年）

硫酸により次亜塩素酸ナトリウムのpHが低下し、反応で発生した熱と相まって、次亜塩素酸ナトリウムの分解速度が加速した。その結果、反応物および分解生成物の両方が関与する、いくつかの主反応および副次反応が起こった可能性がある[26]。硫酸と次亜塩素酸ナトリウムの間の典型的な反応経路では、次亜塩素酸と硫酸ナトリウムが生成され、次亜塩素酸はさらに分解して塩素および二酸化塩素を形成する。二酸化塩素自体も分解して塩素ガスと酸素ガスを生成することがある。また、二酸化塩素は塩酸と反応して、40～70°C（104～158°F）の温度で塩素ガスと水になる[27]。これらの塩素含有化合物は黄緑色を帯びている。MGPIの複数の従業員は、CSBの調査員に対して、発生したガス雲は黄色がかった緑色をしていたと述べた（図8）。起こりえた化学反応に関する技術的概要については、CSBの委託先報告書を参照のこと。

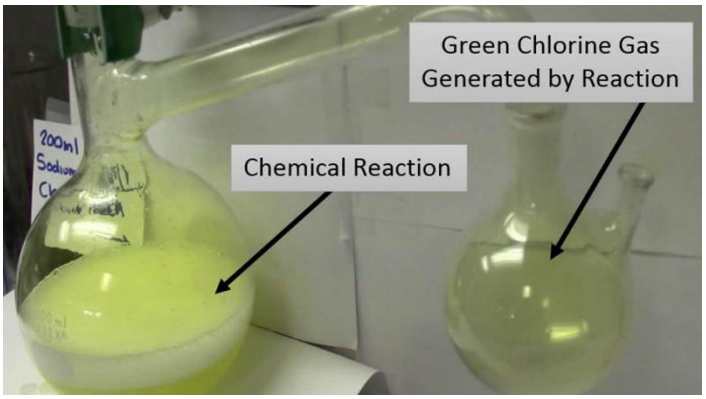


図8：ハークロスの硫酸サンプルを新しいClorox® 漂白剤（5～10%次亜塩素酸ナトリウム）に加えてから約1分後の化学反応[28]。これら2つを混合した結果、小さな塩素ガスの泡が発生し（左）、蒸留装置に集められた（右）（出典：CSB）

セクション3.3で説明したように、誤混合によって生じた一連の反応により、健康に悪影響を及ぼす可能性のある有毒な生成物が生成された。その健康への影響度合いは、生成された有毒生成物の濃度に大きく依存する。反応および反応生成物の量は、発生源の状態や環境（温度、濃度、pHなど）に左右されるが、委託先は、次亜塩素酸ナトリウムは事故時に完全に分解された可能性があると保守的に想定した[29]。反応により生成された塩素ガスの理論上の最大量は、塩素がさらに反応したり、プルームから除去されたりしなかったと仮定して3,490ポンド（1583kg）と推定された[30]。プルーム内の塩素と水の反応によって、塩素ガスの総量は減少した可能性が高い[31]。

事故発生時には、プルームに存在する化学物質の濃度をリアルタイムで検出できるような大気モニタリングデータは存在しなかった。MGPIは、Mod Bエリアとその周辺に固定式の大気モニタリング装置を設置していたが、これらは酸化プロピレンとオキシ塩化リンの濃度を検出するためのものであった。緊急対応要員がトラックの排出バルブを閉めることで反応を抑制した直後、大気質のモニタリングを実施し、事故の発生した建物およびその周辺地域の大気は安全であると判断した。さらに、米国環境保護庁（EPA：the U.S. Environmental Protection Agency）が午後1時に到着し、塩素センサーを搭載した携帯型検出器を使用して、現場および周辺の大気モニタリングを開始した。モニタリングの結果、塩素は検出されなかった。MGPIにより雇われた環境コンサルタントも、午後3時30

[26] Peterson, E.; Reed, M. 『*MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*』（CSBに提出した技術報告書）ワシントンDC（2017年）

[27] Peterson, E.; Reed, M. 『*MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*』（CSBに提出した技術報告書）ワシントンDC（2017年）

[28] 『Safety Data Sheet for Clorox Regular Bleach;1』The Clorox Company: カリフォルニア州オークランド（2015年6月12日）（オンライン）https://www.thecloroxcompany.com/wp-content/uploads/cloroxregular-bleach12015-06-12.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

[29] Peterson, E.; Reed, M. 『*MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*』（CSBに提出した技術報告書）ワシントンDC（2017年）

[30] Peterson, E.; Reed, M. 『*MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*』（CSBに提出した技術報告書）ワシントンDC（2017年）

[31] Peterson, E.; Reed, M. 『*MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*』（CSBに提出した技術報告書）ワシントンDC（2017年）

分に様々な機器を使用してリアルタイムの大気モニタリングを実施し、Mod Bのすぐ近くで塩素濃度が0.1～11.7ppmであることを検出した[32]。モニタリングの時点では、プルームの大部分が消散してから約5時間が経過しており、塩素濃度は地域社会では検出限界以下であることが確認された。

委託先は、同様の大気条件下における塩素ガス雲の特徴を理解するために、PHAST™ ソフトウェアを使用して仮想的な放出のモデル化も行った。PHASTソフトウェアは、化学物質が大気中でどのように拡散するかを予測するために数学的計算を用いる。拡散モデルの結果は、放出源と周囲の大気の特性に大きく依存する。プルームモデリングは、事故当日の雲の基本的な特性を一部で提示しているものの、プルームの濃度や移動距離は実際の状況を反映してはいない。この理由として、モデルが副次的な反応、気象の変動、または事故当日に塩素やその他の化合物の濃度を薄くした可能性のあるその他の条件を考慮していない点が挙げられる。

大気状態の分析と仮想的な放出モデリングにより、MGPIでの事故の深刻さには天候が重要な役割を果たしたと結論付けられた。発熱反応により比較的高温のガスに浮力が生じ、その結果、プルームがバルクタンクの上方に持ち上げられ、その後風下に拡散した可能性が高い[33]。最寄りの気象観測所のデータによると、事故発生から1時間以内に、大気は霧と無風の状態から、南からの微風を伴う霧の状態へと変化した[34]。このような条件下では、大気は安定しており、風または大気乱流（atmospheric turbulence）[35]（またはその複合）はほとんどないか、まったくないとみなされる。化学物質流出時に大気が安定している場合、化学物質が大気中で容易に混合または希釈されないため、プルームの拡散は遅い[36]。しかし、事故当日は霧や高湿度が生じていたため、空気が水分で飽和しており、これにより発生中および既存のプルーム内の塩素を溶解し、状況が改善された可能性がある。一方で、プルームの浮力により、塩素やその他の化学物質の濃度が最も高い部分は、地域社会上空の高い位置にとどまり、地上レベルでの影響を軽減した可能性がある。

5.0 事故分析

5.1 ヒューマンファクター

CSBは、オペレーターと運転手の化学物質移送設備との関わりに影響を与え、その結果として事故を発生させた、いくつかのヒューマンファクターの問題を特定した。本セクションでは、これらの問題について説明し、より安全な設計戦略を適用することで、オペレーターと運転手の行動への依存度をどのように低減できるのかについて述べる。「ヒューマンファクター」は、作業環境における作業員、設備、およびプロセスの相互作用を扱うものであり[37]、作業現場の設計と物理的特性、作業員のストレスや疲労、そして手順、訓練、コミュニケーションを含めた作業体制など、安全性に影響を与える可能性のある幅広い分野が含まれる[38]。プロセスプラントの運転や保守を行うために、作業員は装置を頻繁に扱う必要があるため、施設管理者は、プロセスのハザードを特定し安全対策を評価する際に、ヒューマンファクターの役割を慎重に検討して不具合や障害が生じる可能性を減らすか排除しなければならない。ヒューマンファクターは、あらゆるレベルの管理の階層化

---

[32] 大気モニタリング機器により、現場の62サンプル中3サンプルで0.1～0.2 ppmの二酸化硫黄が検出された。

[33] Peterson, E.; Reed, M. 『*MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*』（CSBに提出した技術報告書）ワシントンDC（2017年）

[34] Peterson, E.; Reed, M. 『*MGPI Investigation Support – Chemical Reactions and Air Modeling*』（CSBに提出した技術報告書）ワシントンDC（2017年）

[35] 大気乱流（atmospheric turbulence）とは、速度と方向の両方が変動する不規則な空気の動きまたは風を指す。この状態により、大気中での化学物質の混合が増加する。Hanna, S.; Britter, R. 『*Wind flow and Vapor Cloud Dispersion at Industrial and Urban Sites*』（オンライン）CCPS/AIChE: ニューヨーク（2002年）pp 14. http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kt002YJLVL/wind-flow-vapor-cloud/definitions-concepts（閲覧日：2017年12月6日）

[36] Wells, G. 『*Major Hazards and their Management*』（オンライン）IChemE: 英国ウォリックシャー州ラグビー（1997年）pp 33. http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kt00A7EN31/major-hazards-their-management/wind-dispersion（閲覧日：2017年12月6日）

[37] Crowl, D. 『*Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries--Introduction* 』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2007年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt004MHZ41/human-factors-methods/introduction（閲覧日：2017年9月12日）

[38] Crowl, D. 『*Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries--Introduction* 』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2007年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt004MHZ41/human-factors-methods/introduction（閲覧日：2017年9月12日）

（hierarchy of controls）（設計、管理策、PPEに至るまで）に組み入れられなければならず、管理が効果的に機能するように徹底し、きちんと理解してもらえるようにしなければならない[39]。

危険な化学物質に関連するリスクが、代替化またはその他の本質安全な手法によって排除できない場合[40]、次となるアプローチは、人と機械の相互作用の限界を考慮し、追加の保護対策を提供するシステムを設計することである[41]。人との相互作用を必要とするすべてのプロセスおよび装置について、施設にはヒューマンファクターを適用し、どのように作業者が装置と関わり、使用するのかを理解しなければならない[42]。装置の主要な属性としては、アクセス性、サイズ、形状、ラベル表示、配色などが挙げられるが、これらは人間の身体的および精神的な能力を考慮して設定すべきである[43]。例えば、装置は指定されたタスクに適合し、不必要な複雑さを省き、その構成要素は認識しやすく、ユーザーの訓練や経験と一致するよう設計されていなければならない。

表2：Mod Bの充填ラインにおける化学的不適合：安全ではない組み合わせは「**X**」で示されている（出典：CSB）[44]

	硫酸	次亜塩素酸ナトリウム	水酸化ナトリウム	無水酢酸	酸化プロピレン
硫酸		X	X	X	X
次亜塩素酸ナトリウム[45]	X			X	X
水酸化ナトリウム	X			X	X
無水酢酸[46]	X	X	X		X
酸化プロピレン[47]	X	X	X	X	

5.1.1 化学物質移送設備の設計

5.1.1.1 充填ラインの近接

[39] 管理の階層化（hierarchy of controls）は、ハザードとその結果を排除または低減するために管理策を階層順に適用する概念である。CCPS『*Guidelines for Engineering Design for Process Safety--Introduction*』第2版（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2012年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00A68RS1/guidelines-engineering/inherent（閲覧日：2017年9月12日）

[40] 本質安全なアプローチは、例えば、より危険性の低い物質やプロセス条件を使用することによってハザードを排除する。

[41] 『*A Human Factors Roadmap for the Management of Major Accident Hazard*』（オンライン）HSE: 英国マージーサイド, http://www.hse.gov.uk/humanfactors/resources/hf-roadmap.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

[42] Crowl, D. 『*Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries--Introduction*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2007年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt004MHZ41/human-factors-methods/introduction（閲覧日：2017年9月12日）

[43] Crowl, D. 『*Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries--Introduction*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2007年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt004MHZ41/human-factors-methods/introduction（閲覧日：2017年9月12日）

[44] 表2に挙げた化学物質の組み合わせの中には、通常は激しい反応は起こらないが、特定の条件下では激しい反応が起こる可能性があるものもある。混合禁忌性および反応性に関する情報については、化学物質製造会社の安全データシート（SDS）を参照すること。また、CSBは、化学物質の反応性の組み合わせについて、EPAの化学反応性ワークシートも利用した。http://response.restoration.noaa.gov/reactivityworksheet. 塩素協会, Pamphlet 96『Sodium Hypochlorite Incompatibility Chart』第4版, 塩素協会: バージニア州アーリントン（2011年10月）

[45] 塩素協会, Pamphlet 96『Sodium Hypochlorite Incompatibility Chart』第4版, 塩素協会: バージニア州アーリントン（2011年10月）

[46] 無水酢酸は、アルコール、アミン、酸化剤、強塩基、水と激しく反応する。国立労働安全衛生研究所（NIOSH）『*Pocket Guide to Chemical Hazards, Acetic Anhydride*』CDC: ジョージア州アトランタ（2015年7月）（オンライン）https://www.cdc.gov/niosh/ipcsneng/neng0209.html（閲覧日：2017年11月27日）

[47] セントラルミシガン大学『*Chemical Incompatibility Chart*』（オンライン）https://www.cmich.edu/fas/fsr/rm/EHS/Documents/chemical%20compatibility%20chart.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

CSBの調査によると、Mod Bエリアにおいて、硫酸の充填ラインが次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインに近接していたことが、化学物質移送時に誤接続が発生する可能性を高めていた。このMod Bの化学物質移送エリアには5本の充填ラインがあったが、いずれも互いに近い位置に配置されていた。特に、次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインは硫酸の充填ラインから約18インチ（約46cm）の距離にあった（図9）[48]。次亜塩素酸ナトリウムと硫酸が混合禁忌であることに加え、Mod Bに納入された他の化学物質も混合すると反応危険性を示す（表2）。

充填ラインを物理的に隔離するか、距離を取って分離することで、バルク荷下ろし作業中の誤接続のリスクを低減できる。

充填ラインを物理的に隔離するか、距離を取って分離することで、誤接続のリスクを低減できる[49]。物理的な隔離は受動的管理[50]と考えられ、様々なクラスや種類の化学物質を受け入れる際には特に重要となる。研究所や輸送業界では、化学物質の容器からの流出や漏出時の混合を防ぐために、化学物質の保管に物理的な分離を適用している。酸の荷降ろしを塩基の荷降ろしエリアから離れた場所で行うことで、意図しない反応のリスクが低減される。これは、CTMVの運転手が化学物質を誤って混合禁忌の化学物質の充填ラインに荷下ろしするには、施設の別のエリアまで運転しなければならないためである。

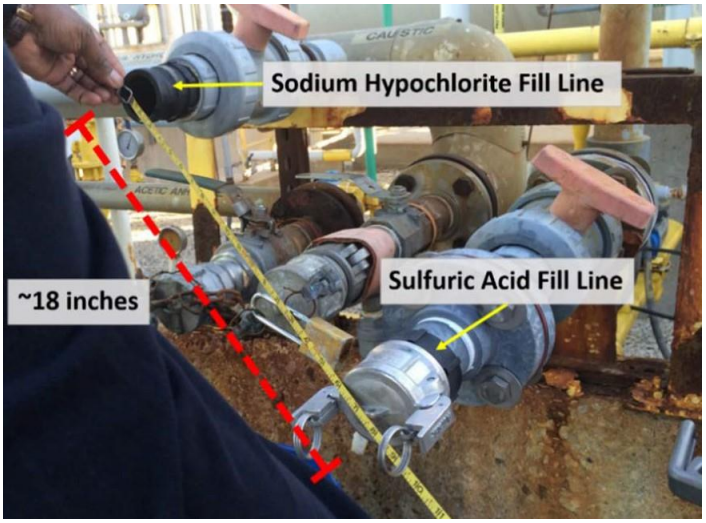


図9：充填ライン間の距離（出典：CSB）

5.1.1.2 同一の接続仕様とロック

事故後に行われた荷下ろしエリアの調査により、硫酸の納入時にオペレーターが硫酸のダストキャップのロックを解除した際、次亜塩素酸ナトリウムと無水酢酸の充填ラインのダストキャップが固定されていなかったことが判明した。次亜塩素酸ナトリウムのダストキャップは、レバーの一方のスプリットリングが欠けていたため、ロックできなかった。カムレバーの1つにスプリットリングがない場合、南京錠で充填ラインのダストキャップを固定することはできない（図5および図7）[51]。

---

[48] CSBは、化学物質の充填ラインが現在と同じ配置でMod Bに初めて設置されたのは1996年であると判断した。CSBは誤接続に関連する過去の事故を割り出さなかったが、この充填ラインの近接配置が今回の事故で不注意による誤接続の可能性を高めたと結論付けた。

[49] CCPS『*Guidelines for Process Safety in Batch Reaction Systems--Table 3: Equipment Configuration and Layout*』（1999年、オンライン）p 11, 15, 33. http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt003JMGR1/guidelines-process-safety/equipment--configuration（閲覧日：2017年9月12日）

[50] 受動的管理（passive control）は、装置の能動的な機能や人間の関与を必要とせず、プロセスおよび設計戦略を通じて危険を最小化するものである。受動的制御の例としては、スペースの確保や、適合しないホースカップリングの使用が挙げられる。CCPS『Guidelines for Engineering Design for Process Safety--Introduction』第2版*5.1.1*（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2012年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00A68RS1/guidelines-engineering/inherent（閲覧日：2017年9月12日）

[51] CSBは、事故現場で発見された次亜塩素酸ナトリウムのダストキャップと単一のスプリットリングの機械的機能試験を通じて、

CSBは、次亜塩素酸ナトリウムのダストキャップがスプリットリングを欠いていた原因や、事故前にどれくらいの期間、未固定の状態で充填ライン上に放置されていたのかを特定できなかった。可能性として、9日前に最後に次亜塩素酸ナトリウムを納入した運転手が、次亜塩素酸ナトリウムのダストキャップを固定せず、MGPIがそれに気づかなかった可能性がある。MOD Bのオペレーターは、スプリットリングが化学腐食を起こし、それが原因でスプリットリングが劣化してダストキャップから外れた可能性があると報告した。直接の原因ではないが、CSBは無水酢酸のダストキャップについても、レバーの1つからスプリットリングがなくなっていることに気づいた。無水酢酸ダストキャップでは、チェーンがカムレバーの一方のスプリットリングに取り付けられるとともに、スプリットリングのない方のレバーに巻き付けられていたため、充填ラインに固定されているように見えた（図6）。

MGPIは、2010年の食品安全検査を受けて、製品汚染や改ざん問題を防止するためにすべての受入ラインでダストキャップの使用を開始した。ダストキャップを固定することは、プロセス安全または環境上の理由からの具体的要件ではなかったが、適切に実施されれば、運転手が誤った充填ラインに接続することを防ぐ唯一の物理的障壁となっていた。MGPIには、運転手が誤った接続を行うことを防ぐ設計上または技術上の管理策が存在しなかった。事故発生当時、Mod Bの充填ラインは外観が類似しており、サイズも同じであった。オペレーター側は習慣的に使用していない充填ラインをダストキャップでロックしていたため、運転手側は接続前にオペレーターが正しい充填ラインのダストキャップの固定を解除してくれるものと考えていた。両方の充填ラインは直径と向きが同一であったため、運転手はロックが解除されていた次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインに誤って硫酸のホースを接続することが可能であった。

貨物運送会社と協力して、化学物質または化学物質クラスごとに独自形状を持ち、色分け表示された継手でホースカップリングと充填ラインを接続する方法を選択する

化学プロセスプラントおよび化学品流通会社は、ラインの接続や手動設定の際に間違いが発生しづらい、または発生しない機器の設計や選定を行うことで、誤接続の可能性を低減することが可能である[52]。特定のホースはそれに適合する充填ラインにしか接続できないように設計することも対策の一つである。サイズや形状が特殊なホースカップリングや充填ラインコネクタを使用することも、誤ったホースの接続による誤った物質の移送を排除または低減する、受動的管理の例である（図10）。

南京錠と1つのスプリットリングのみを使用してダストキャップを充填ラインにロックする方法は存在しないことを確認した（例: スプリットリングが欠けていたレバーに南京錠を通すなどの方法は不可能であった）。

[52] CCPS『*Inherently Safer Chemical Processes-- A Life Cycle Approach: 4.5.10 Limitation of Available Energy*』第2版（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2009年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0068GQQ3/inherently-safer-chemical/limitation-available（閲覧日：2017年9月12日）

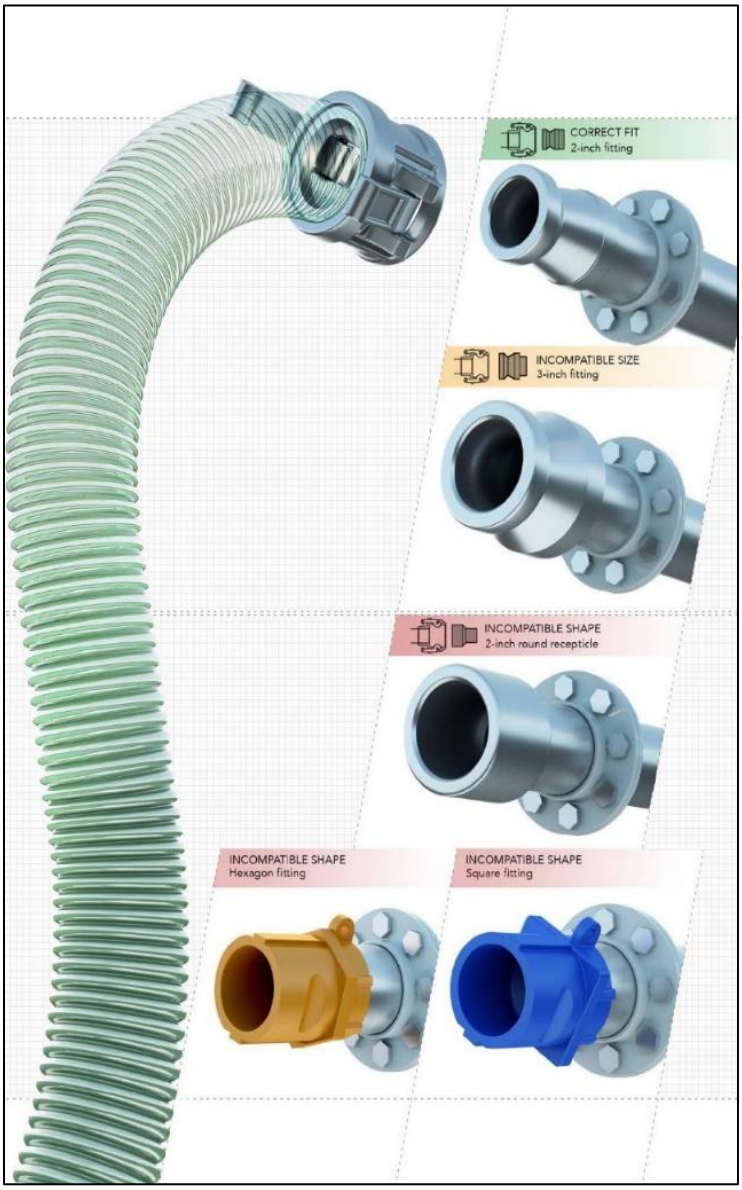


図10：充填ラインの形状とサイズの組み合わせにより、配送中の誤接続を回避する（出典：CSB）

CSBは、様々なホースメーカーが提供する継手の直径範囲を確認した結果、Mod Bで使用されている充填ラインのサイズと向きは、一般的な業界慣行と一致していることが分かった。化学物質流通業界からの情報によると、この種のサービスでは、2インチおよび3インチの丸型ホースカップリングと充填ライン受け口の組み合わせが最も一般的である。充填ラインが同一サイズであることにより、施設は複数の化学品流通会社から化学物質の納品を受けることができるが、誤接続の可能性も生じる。事故後、ハークロスはMGPIと協力し、硫酸用に独特な形状の移送装置を選定し、そのラインに別の配送ホースを接続できないようにした（セクション9.0参照）。複数の化学物質を受け入れる施設は、配送会社と協力して、どのようなサイズと形状のホースカップリングが実現可能かを判断し、それに応じて荷下ろし設備を改修すべきである。

適切な接続を確保する上で色分けも有効な手段となる。化学物質の各クラスに関連付けられた色を、配管マーカー、カップリング、充填ライン、移送配管に使用することができる[53]。例えば、施設および化学品流通会社は、酸にはオレンジ色の六角形のカップリングと充填ライン受け口を、塩基には

[53] 米国機械学会（ASME）規格A13.1『*Scheme for the Identification of Pipes*』（配管識別スキーム）には、6つの化学物質カテゴリー別に配管の色分けを定義するカラーチャートと、その他の化学物質用にユーザー定義の4つのカラーオプションが用意されている。

紫色の四角形のカップリングと受けロを選択することができる。

また、CSBは、次亜塩素酸ナトリウムと硫酸のダストキャップに同一の南京錠を使用するMGPIのやり方が、誤接続の可能性を高めるかどうかについても評価した。CSBは、因果関係はないものの、同じ鍵で両方の化学物質のダストキャップを開けることができるなら、その結果として、誤って別のラインのダストキャップを開けてしまう可能性があることから、この方法では誤接続が起こりうると判断した。Mod Bとは異なり、敷地内のWWTPでは、Mod Bの移送エリアから約200フィート離れた場所においてCTMV経由で4種類の化学物質[54]を受け入れているが、各充填ラインには異なる南京錠と鍵を使用している[55]。各バルブに異なる南京錠と鍵を使用することで、オペレーターが別の鍵で誤ったバルブの錠を開けてしまうことを防止できる。

5.1.2 配管マーキング

移送装置および配管に示す配管マーキングは正確で読みやすいものでなければならない。配管マーカーは、充填ラインにできるだけ近い位置に配置する

配管マーキング、ラベル、タグは、作業員が操作を必要とする設備を識別し、他の手段では管理できないハザードを伝達できるので、プロセスプラントや危険化学物質を扱う全ての施設において極めて重要である。適切な装置の識別により、誤った装置を使用したり、誤った操作を行ったりするといった作業ミス[56]の発生を減らすことができる[57]。CSBは、Mod Bの荷下ろしエリアの配管マーキングシステムに、誤接続につながる可能性が高い重要な欠陥が複数あることを発見した。CSBは、このエリアの5つの充填ラインのうち、接続ポイントに配管マーカーが付けられていたのは酸化プロピレンのみだったことを確認した（図11）。MGPIがすべての充填ラインの接続ポイント、あるいは少なくとも次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインの接続ポイントに配管マーカーや識別タグを付けていれば、運転手は誤った充填ラインに排出ホースを接続していることを即座に認識できた可能性がある。

---

[54] MGPIの敷地内にあるWWTPは、リン酸、水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）、尿素、塩化第二鉄を受け入れている。

[55] MGPIは、WWTPの4つの充填ラインのうち3つの移送バルブをロックしていた。苛性ソーダラインにはキャップが取り付けられており、Mod Bの充填ラインと同様に、カムレバーを用いて充填ライン端部にキャップを固定し、施錠するようになっていた。CSBは、キャップは苛性ソーダ充填ラインの末端に取り付けられていたが、一方のレバーにはスプリットリングが付いていないように見られたため、事故当時は施錠されていなかったことを確認した。

[56] 通常、誤った操作や、誤った値の入力により、決められた手順から外れた作業を行うことが過失につながる。

[57] Crowl, D. 『*Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries - 11. Labeling*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2007年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt004MI1B3/human-factors-methods/labeling（閲覧日：2017年9月12日）

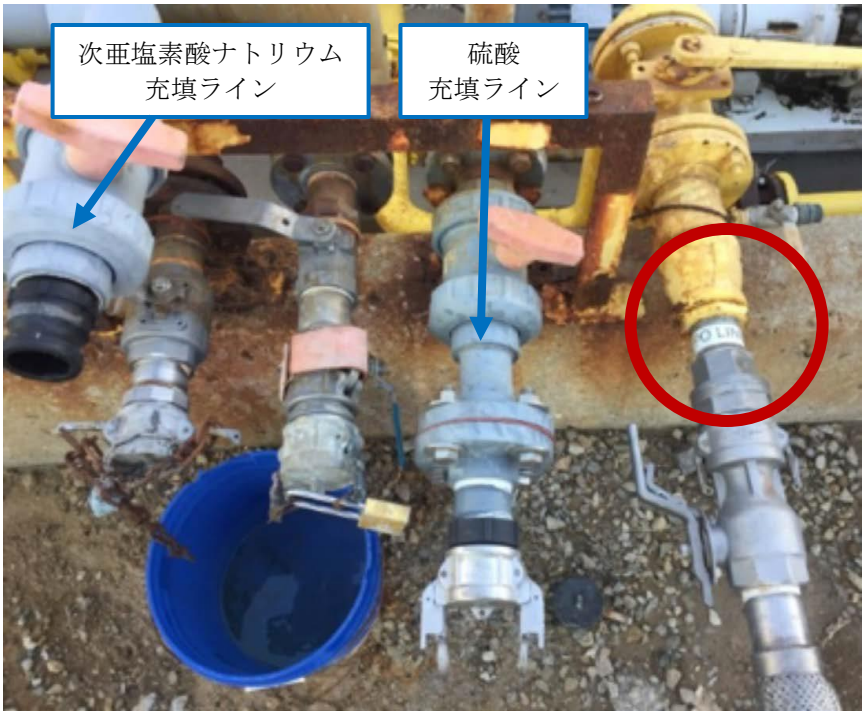


図11：次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインも硫酸の充填ラインも、接続ポイントに配管マーカーや識別タグが貼付されていなかった。一方で、MGPIは、酸化プロピレン（PO）充填ラインには接続ポイント付近に配管マーカーを付していた（丸印）（出典：CSB）

また、CSBは、Mod Bの一部の充填ラインの下流にある配管のマーキング位置や向きは、配管配置に不慣れな運転手にとって正しい接続かどうかを判断しにくいものであることも確認した。配管マーカーは、配管に沿って、始点（接続ポイントなど）から終点（タンクなど）まで、複数の地点に配置するのが一般的である[58]。これらの配管マーカーは、通常の視線から見やすく、容易に追跡できるように戦略的に配置されている必要がある[59]。効果的な配置により、配管を「追跡」することが可能になる。CSBは、硫酸と次亜塩素酸ナトリウムの配管に沿って配管マーカーを調査し、MGPIが充填ラインの接続ポイントのできるかぎり近くに配管マーカーを配置していなかったことを確認した。Mod Bのすべての充填ラインのすぐ下流の配管は、90度のエルボーで方向転換していた（図12、右）。次亜塩素酸ナトリウムと硫酸の配管マーカーは、エルボーと充填ラインから数フィート下流の位置に設置されていた（図12、右）。業界における配管識別に関する推奨慣行では、配管マーカーを方向変更点に隣接して配置すべきであるとしている[60]。また、MGPIは、次亜塩素酸ナトリウムの配管用に、配管に緩く取り付けるスリーブ式またはラップ式のマーカーを選択していた。さらに、配管マーカーの文字は、充填ラインエリアの見やすい地点から見ると上下逆になっていた（図12、左）。MGPIの次亜塩素酸ナトリウム配管マーカーの配置と向きは、運転手が硫酸ホースを充填ラインに接続する際に、その視認性と可読性を低下させるものだったと思われる。

[58] 米国機械学会.『A13.1 Scheme for the Identification of Pipes』ASME: ニューヨーク（2007年）
[59] 米国機械学会.『A13.1 Scheme for the Identification of Pipes』ASME: ニューヨーク（2007年）
[60] 米国機械学会.『A13.1 Scheme for the Identification of Pipes』ASME: ニューヨーク（2007年）

図12：上下逆に表示されている次亜塩素酸ナトリウムの配管マーカー（左）と、以前使用されていた「塩酸」のラベルが残って誤表示されている硫酸の配管（上）。両方の配管マーカーは、充填ラインおよびエルボーから数フィートの位置に配置されている（右）（出典：CSB）

事故後の調査で、硫酸の充填ラインは、以前の使用状況から「塩酸」と誤って識別されていたことが判明した（図12、上）[61]。CSBは、荷下ろしステーションと充填ラインから南に約3フィート離れた地面に、損傷した硫酸配管マーカーを発見したが、この配管マーカーが事故前に硫酸の充填ラインに取り付けられていたかどうかは判断できなかった[62]。

これと比較すると、CSBは、WWTPの設計と識別スキームは、Mod Bよりもはるかにシンプルであると指摘している。例えば、WWTPの化学物質充填ラインは、各接続ポイントの上にラベルでより明確にマーキングされている（図13）。

図13：WWTPの化学物質充填ライン（出典：CSB）

[61] デンプンプロセスを変えたため、移送システムは2009年に変更され、MGPIは恒久的に塩酸を硫酸に置き換えた。

[62] 事故発生前、硫酸ラインの表示は、以前塩酸を使用していた際に使われていた塩酸マーカーの上に、接着式の配管マーカーをテープで固定する形で取り付けられていた。MGPIによれば、事故時に使用された散水システムや消防車の水噴射、および緊急対応作業によって配管マーカーが外れてしまったとされている。

5.1.3 化学物質の荷下ろし手順

プロセスをより安全なものにするには、設計や配管のマーキングと同様、操作手順においてヒューマンファクターに細心の注意を払う必要がある。手順の設計や配置が「何をすべきか」を明確に示していない場合、結果として混乱が生じ、過誤の発生可能性が高まる[63]。これに対応するため、チェックリストなどの作業支援ツールを手順に組み込むことで、重要な手順が確実に守られるようすることができる。施設運営者が作業員に対して手順に関する訓練をどの程度行い、その知識と技能を検証しているかも、過誤の発生可能性に影響を与える要因となる[64]。CSBの調査によると、MGPIの荷下ろし手順は実際の作業慣行と一致しておらず、オペレーターがこれらを理解し安全に遵守できるようにするための厳格なプロセスが不足していた。また、ハークロスの手順も作業慣行と一致しておらず、これらの欠陥やその他の問題は、不十分な訓練に起因していた。

5.1.3.1 MGPI

5.1.3.1.1 手順と作業慣行の不一致

セクション3.1で述べたように、オペレーターは、制御室で運転手と書類に署名した後、運転手を荷下ろしエリアまで案内した。その途中で、オペレーターは、安全シャワーの場所を運転手に示し、その後、硫酸充填ラインのロックを解除した。オペレーターは、運転手に充填ラインの場所を指し示し、運転手がその場所を確認したと報告している。しかし、運転手は、オペレーターがその場所を指し示さなかったと報告している。その後、運転手が貨物タンクから内容物を排出するため、接続を確立し、化学物質移送バルブを開く前に、オペレーターは制御室に戻った。この作業手順は、Mod Bにおける硫酸荷下ろし手順と2つの重要な点で一致していなかった。第一に、手順書では、オペレーターが「米国運輸省（DOT：Department of Transportation）承認の運転手が荷下ろしホースをタンクの荷下ろしステーションに接続」し、「運転手が他の接続口にホースを接続することを防止」することにより、接続を確認しなければならないとしている。第二に、運転手が準備を整えホースが接続された後は、硫酸の充填ラインバルブを開けるのは（運転手ではなく）オペレーターの役割とされている。これらの手順のいずれかに従っていれば、オペレーターには排出ホースと充填ラインの接続を目視確認する必要あった。オペレーターは硫酸の充填ラインバルブの位置を運転手よりも把握していることから、運転手が次亜塩素酸ナトリウムのラインに接続したことに対し、オペレーターが、接続が正しいかを確認した時や、バルブを開けようとした時に気付くことができたかもしれない。

CSBの調査によると、一部のオペレーターは荷下ろし手順のこの2つのステップを十分に理解していなかった。オペレーターたちは手順書には正しい接続を確認する指示は記載されていないと認識していたが、実際にはMod Bのすべての荷下ろし手順に確認のステップが含まれていた。オペレーターの1人は、CSBの調査員に対して、1つの充填ライン（正しい充填ライン）のみロックを解除すれば、トラック運転手はそのラインにのみ接続可能であるから正しく荷下ろしができる、というのは論理的であると報告した。また、複数のオペレーターが、Mod Bの他の全ての荷下ろし手順とは対照的に、トラック運転手に充填ラインのバルブを開けさせるのが彼らの通常の慣行であると報告した。彼らは、トラック運転手は適切な個人用保護具を着用しているため、充填ラインから漏出または流出が発生した場合を考えると、トラック運転手が充填ラインのバルブを開ける方が安全だと考えていた。

5.1.3.1.2 訓練とアクティブモニタリング

CSBは、MGPIの訓練プログラムおよびアクティブモニタリングプロセスを調査し、これらが事故の直接的な要因となった可能性について評価した。訓練に関しては、DOT規制が危険物（hazmat：hazardous materials）取扱従業員に対する要件を規定している。この規則では、危険物取扱者には一

---

[63] CCPS『*Inherently Safer Chemical Processes--A Life Cycle Approach: 6.4 Error Prevention*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2009年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0068GRV3/inherently-safer-chemical/error-prevention（閲覧日：2007年9月12日）

[64] CCPS『*Inherently Safer Chemical Processes--A Life Cycle Approach: 6.4 Error Prevention*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2009年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0068GRV3/inherently-safer-chemical/error-prevention（閲覧日：2007年9月12日）

般認識／習熟訓練、および貨物タンクからの荷下ろし訓練などの機能別訓練が義務付けられている[65]。また、訓練は、最初の訓練から少なくとも3年に1回実施しなければならない[66]。CSBの調査によれば、訓練プログラムの一環として、MGPIはMod Bのオペレーターに対して、荷下ろし手順を含むすべての手順を毎年見直すことを義務付けている。さらに、MGPIは、Mod Bでは「ツールボックス・トーク」と呼ばれる、オペレーターが化学物質の配送に関する観察事項や必要な変更点などについて話し合うミーティングが定期的に実施されていると主張している。事故当日に勤務していたMod Bのオペレーターは、硫酸の荷下ろし手順に関するMGPIの訓練要件をすべて満たしていた[67]。しかし、一部のオペレーターは手順書では正しい充填ラインの確認は求められていないと認識しており、また、充填ラインのバルブを開けるのは（トラック運転手ではなく）オペレーターであると規定されていることを知らないオペレーターもいた。CSBは、これらの認識の相違は、MGPIの訓練プログラムの不十分さを示していると結論付けた。

MGPIの訓練プログラムを評価するにあたり、CSBは、MGPIのアクティブモニタリングプロセスを調査する必要性も認めた。アクティブモニタリングとは、バリアやリスクコントロールが効果的に機能するよう、ラインマネージャー（すなわち現場で作業を行う人々を直接監督する人）が先を見越して実施する、公式および非公式のすべてのチェック活動を指す[68]。これに対して監査は通常、ライン管理からある程度の独立性を保って実施される[69]。アクティブモニタリングはライン管理の責任に焦点を当て、ラインマネージャーが安全システムをより効果的に実施できるようにする[70]。

CSBは、Mod Bの荷下ろし作業ではアクティブモニタリングプロセスが存在していたにもかかわらず、そのプロセスでは、オペレーターが手順書通りに作業を行っていないことを特定できなかったことを明らかにした。オペレーターは、化学物質への曝露を避けるため、施設の移送バルブを運転手に開けさせるという形で手順から逸脱した。しかし、この手順逸脱行為により、運転手が化学物質を混合することを防ぐための重要なバリアが取り除かれてしまった。Mod Bの監督者は、荷下ろし作業の大部分に参加・監督することで、荷下ろしの実施を監視しているはずだが、CSBによる調査ではオペレーターによる逸脱行為に関する記録や報告が存在しないことが判明した。こうした記録や報告があれば、荷下ろしの方法や手順を改善する最善の方法を経営陣に伝えられたと思われ、アクティブモニタリングの重要な役割を証明したであろう。例えば、運転手ではなくオペレーターが施設の移送バルブを開けなければならないという要件に対し、オペレーターが逸脱しているという記録が作成されていた場合、オペレーター、監督者、および適切な経営陣は、そうした逸脱行為に対する安全リスクを評価し、それに応じて方法や手順を調整することができたはずである。事故当日、Mod Bの監督者は非番であった。その要因があったとしても、CSBの調査では、MGPIが彼に対して移送作業を適切に監督するための必要な訓練を提供していなかったことが判明した。適切な監督者には、ケースバイケースで不適合を是正すること以上の能力が求められる。

システムや手順は常に意図した通りに機能するとは限らないため、企業はアクティブモニタリングを通じて、それらを定期的かつ効果的に検証することが極めて重要である[71]。有意義な従業員参加が伴えば、必要に応じて、実際のオペレーターの作業内容に一致するよう手順を記述・更新することができる。ただし、実際の作業が安全性を損なうような形で手順から逸脱している（例えば、オペレーターの確認なしにトラック運転手がホースラインの接続を行うなど）ことが判明した場合、手順を遵守するための監督指導、訓練、検証が必要である。

あるいは、実際のオペレーターによる作業が手順書に記載されている内容よりも安全である場合、

---

[65] 49C.F.R. § 172.704(a) (2017).

[66] 49C.F.R. § 172.704(c)(2) (2017)

[67] Mod Bのオペレーターは、直近では2016年6月から7月にかけて硫酸の荷下ろし手順に関する訓練を完了していた。

[68] Wilkinson, P. 『*The role of "Active Monitoring" in Preventing Major Accidents*』（オンライン）Noetic Group (Risk): 豪州キャンベラおよび米国ワシントンDC. http://www.csb.gov/assets/1/7/Wilkinson_Active_Monitoring.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

[69] Wilkinson, P. 『*The role of "Active Monitoring" in Preventing Major Accidents*』（オンライン）Noetic Group (Risk): 豪州キャンベラおよび米国ワシントンDC. http://www.csb.gov/assets/1/7/Wilkinson_Active_Monitoring.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

[70] Wilkinson, P. 『*The role of "Active Monitoring" in Preventing Major Accidents*』（オンライン）Noetic Group (Risk): 豪州キャンベラおよび米国ワシントンDC. http://www.csb.gov/assets/1/7/Wilkinson_Active_Monitoring.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

[71] Wilkinson, P. 『*The role of "Active Monitoring" in Preventing Major Accidents*』（オンライン）Noetic Group (Risk): 豪州キャンベラおよび米国ワシントンDC. http://www.csb.gov/assets/1/7/Wilkinson_Active_Monitoring.pdf（閲覧日：2017年9月12日）

管理者はその行動を手順書に組み入れ、新たな手順を基にした訓練を実施することができる。CSBは、この点はアクティブモニタリングにおいて重要であると結論付けた。次亜塩素酸ナトリウム充填ラインのダストキャップが最後の配送後にロックされたかどうかは判断できなかったものの、Mod Bの荷下ろし手順書には納品後の充填ラインのダストキャップがロックされたことを確認する手順は記載されていなかった。事故発生以前には、2本の充填ラインが物理的にロックできない状態であったにもかかわらず、オペレーターは、ダストキャップがロックされていることを確認することが日常業務であるとCSBに報告していた。荷下ろし手順には、納品後に充填ラインが適切にロックされていることを確認する手段が必ず含まれているべきであり、その実施状況は定期的に確認すべきである。MGPIが荷下ろし手順について効果的なアクティブモニタリングを実施していれば、管理者は手順と実際の作業との間の不一致に気づき、手順を改訂し、それに基づいてオペレーターに適切な訓練を提供できたであろう。

5.1.3.1.3MGPIにおける他の化学物質の荷下ろし手順との比較

因果関係はないものの、CSBは比較のために、MGPIの他の化学物質の荷下ろし手順（Mod Bエリアの次亜塩素酸ナトリウムおよびWWTPにおける化学物質の荷下ろし手順を含む）を検証したところ、それらの手順に一貫性がないことが判明した。手順の一貫性は、標準的かつ効果的なフォーマットやページレイアウトの使用などにより、手順が容易に遵守できるようになる[72]。手順はまた、完全かつ正確で、適切なレベルの詳細事項を含まなければならない[73]。これは、特に重要な作業や活動に関する手順に当てはまる。手順が陳腐化、不正確、利用不可能、または実施が困難であるために守られない場合、安全上のリスクが生じることが多い[74]。

CSBは、Mod Bにおける硫酸と次亜塩素酸ナトリウムの荷下ろし手順を調査した結果、そのアプローチが一貫していないことを確認した。次亜塩素酸ナトリウムの手順には、各ステップにオペレーターが署名し、日付・時刻を記入する欄があったが、硫酸の手順にはなかった（図14）。さらに、次亜塩素酸ナトリウムの手順は、特にトラック運転手の行動が手順に沿っていることを確認する点において、より詳細かつ明確であった。例えば、次亜塩素酸ナトリウムの手順では、「供給業者には車両の移送バルブをゆっくり開けさせる」と明記されているが、硫酸の手順では車両の移送バルブに関する記載は無かった。CSBは、硫酸の荷下ろし手順に対する厳格さは、少なくとも次亜塩素酸ナトリウムの手順と同等、あるいはそれ以上であるべきであったと指摘している。特に、硫酸はEPAの緊急事態計画および地域住民の知る権利法（EPCRA：Emergency Planning and Community Right-to-Know Act）の下で「極めて危険な物質」に分類されているが、次亜塩素酸ナトリウムはその対象外であるため、その重要性はさらに高い[75]。

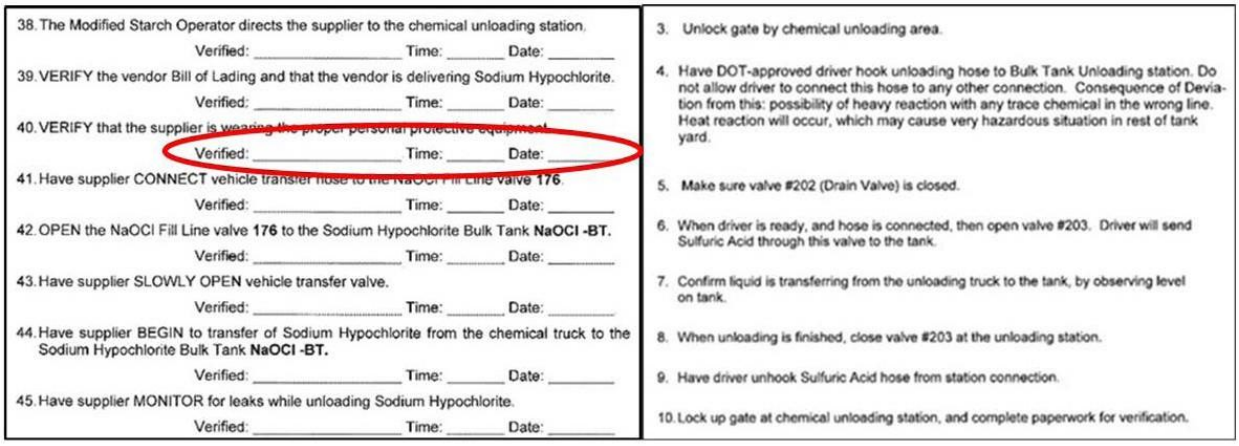
---

[72] CCPS『*Guidelines for Writing Effective Operating and Maintenance Procedures*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（1996年）http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpGWEOMP01/guidelines-writing-effective/guidelines-writing-effective（閲覧日：2007年9月20日）

[73] CCPS『*Guidelines for Writing Effective Operating and Maintenance Procedures*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（1996年）http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpGWEOMP01/guidelines-writing-effective/guidelines-writing-effective（閲覧日：2007年9月20日）

[74] CCPS『*Inherently Safer Chemical Processes--A Life Cycle Approach: 6.4 Error Prevention*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2009年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0068GRV3/inherently-safer-chemical/error-prevention（閲覧日：2007年9月12日）

[75] EPCRAは、業界に対し、危険物質の保管、使用、および流出に関する情報を連邦政府、州政府、および地方政府に報告することを求めている。硫酸はEPCRAの「極めて危険な物質」リストに含まれており、報告が必要な量は1,000ポンドである。40 C.F.R. §355 app. A（2017年）。EPCRAの詳細については、セクション5.5.2を参照のこと。



38. The Modified Starch Operator directs the supplier to the chemical unloading station.
Verified: _____ Time: _____ Date: _____
39. VERIFY the vendor Bill of Lading and that the vendor is delivering Sodium Hypochlorite.
Verified: _____ Time: _____ Date: _____
40. VERIFY that the supplier is wearing the proper personal protective equipment.
Verified: _____ Time: _____ Date: _____
41. Have supplier CONNECT vehicle transfer hose to the NaOCl Fill Line valve **176**.
Verified: _____ Time: _____ Date: _____
42. OPEN the NaOCl Fill Line valve **176** to the Sodium Hypochlorite Bulk Tank **NaOCl -BT.**
Verified: _____ Time: _____ Date: _____
43. Have supplier SLOWLY OPEN vehicle transfer valve.
Verified: _____ Time: _____ Date: _____
44. Have supplier BEGIN to transfer of Sodium Hypochlorite from the chemical truck to the Sodium Hypochlorite Bulk Tank **NaOCl -BT.**
Verified: _____ Time: _____ Date: _____
45. Have supplier MONITOR for leaks while unloading Sodium Hypochlorite.
Verified: _____ Time: _____ Date: _____

3. Unlock gate by chemical unloading area.
4. Have DOT-approved driver hook unloading hose to Bulk Tank Unloading station. Do not allow driver to connect this hose to any other connection. Consequence of Deviation from this: possibility of heavy reaction with any trace chemical in the wrong line. Heat reaction will occur, which may cause very hazardous situation in rest of tank yard.
5. Make sure valve #202 (Drain Valve) is closed.
6. When driver is ready, and hose is connected, then open valve #203. Driver will send Sulfuric Acid through this valve to the tank.
7. Confirm liquid is transferring from the unloading truck to the tank, by observing level on tank.
8. When unloading is finished, close valve #203 at the unloading station.
9. Have driver unhook Sulfuric Acid hose from station connection.
10. Lock up gate at chemical unloading station, and complete paperwork for verification.

図14：Mod Bの次亜塩素酸ナトリウム荷下ろし手順（左）と硫酸荷下ろし手順（右）の一部（出典：MGPI）

CSBはまた、WWTPの手順では、化学物質の荷下ろしに関して大きく異なった、より具体的なアプローチが採用されていることも確認した。硫酸の荷下ろし手順では欠落している重要なステップが、例えば、Mod Bにも納入される化学物質である苛性ソーダのWWTP荷下ろし手順には含まれている。正しい接続の確認については、WWTPの苛性ソーダ荷下ろし手順には、「トラック運転手がホースを正しい充填ラインに接続し、すべての接続が確実に行われていることを確認する。接続が正しいことを確認した旨をトラック運転手の書類に署名し、（略）その後、運転手に苛性ソーダの荷下ろしを開始させる」と記載されている。この確認に関する手順は、Mod Bエリアの硫酸荷下ろし手順の確認ステップと比較してはるかに具体的である。また、この手順書では、納入後にキャップがロックされていることをWWTPの担当者が確認することも求めている。手順にこのようなステップを盛り込んでも、そのステップが確実に実行されるという保証はないが、重要な検証ステップを含めることで、そのようなステップが見落とされる可能性は低くなる。

5.1.3.2 ハークロス

5.1.3.2.1 手順と作業慣行の不一致

CSBはハークロスのCTMV荷下ろし手順を確認した結果、作業慣行が手順書と一致していない重大な点を2つ特定した。事故当日、運転手はオペレーターが荷下ろしエリアを離れた後、最初に解錠されていると見えた充填ラインに排出ホースを接続した。その後、バルブを開き、運転席に戻った。まず、手順では、運転手は「移送する物質が正しい容器に入ることを慎重に確認」しなければならないと規定されている。次に、「移送を継続的に監視する」とも規定されている[76]。しかし、CSBの調査では、運転手がトラック内の物質が正しい容器に入ることを確認するための措置、例えば、オペレーターと一緒に充填ラインを追跡する、あるいはオペレーターが荷下ろしエリアを離れる前に正しい接続であることを確認するよう求めるといった行動を取らなかったことが判明した。さらに、トラック運転手は荷下ろしエリアとは反対方向を向いたトラックの運転席にいたため（図15）、移送を継続的に監視していなかった[77]。この手順の2番目のステップが守られていたならば、運転手はトラックの後部近くの場所から荷下ろし作業を監視していた可能性が高く、それにより硫酸の流れを止めるために充填ラインまたはトラックのバルブを直ちに閉めることができたと考えられる。

---

[76] この手順は、米国運輸省規制49 C.F.R. §177.834(i) (2017) の要件である。49 C.F.R. §177.834(i)(2) (2017) には、「貨物タンクを使用して危険物を輸送する貨物運送会社は、荷下ろし中は常に貨物タンクに有資格者が立ち会っている状態を確保しなければならない」と規定されている。49 C.F.R §177.834(i)(2)(2017)

[77] 4949 C.F.R. § 177.834(i)(3) (2017) には、有資格者が貨物タンクの積み込みまたは荷下ろしに「立ち会う」条件が記載されている。立ち会いは、(1)有資格者が貨物タンクから25フィート以内に位置し、警戒を怠らず、視界を妨げられずに貨物タンクと配送ホースを視認できること、(2)有資格者がビデオカメラで観察し、積み込みまたは荷下ろしシステムに各種の安全装置が装備されていること、または(3)積み込みまたは荷下ろしに使用されるホースは、人的介入なしに、供給元および受入先のタンクの両方から1秒以内に製品の流出入を停止できること、が要求事項となっている。49 C.F.R. §177.834(i)(3) (2017年)

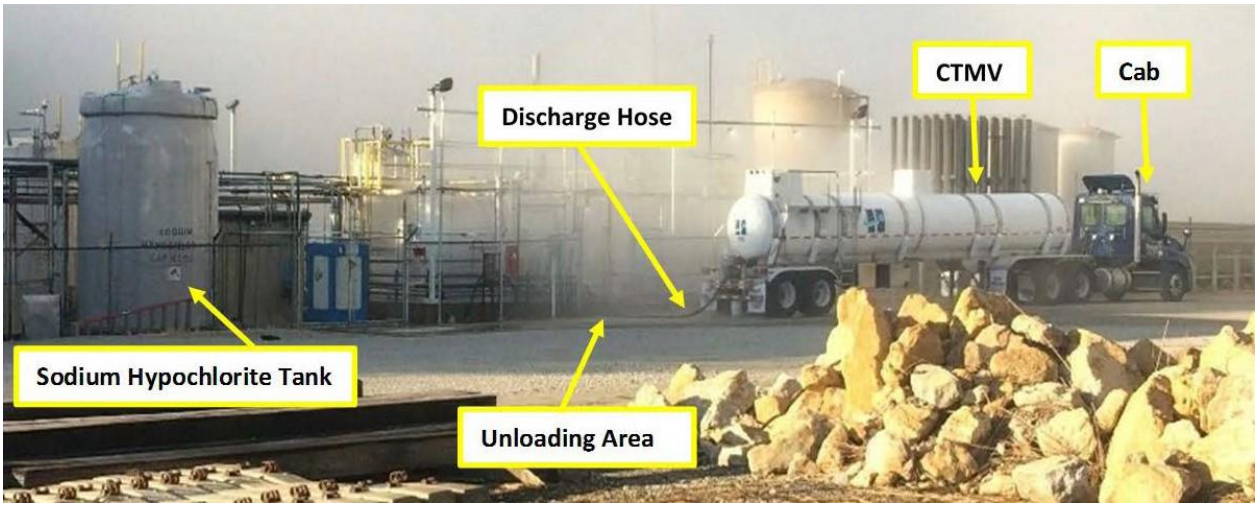


図15：事故後に撮影された、Mod B荷下ろしエリアで次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインに接続しているハークロスCTMVの写真（次亜塩素酸ナトリウムタンクおよびCTMVの運転席を含む）（出典：MGPI）

これにより、化学反応がより早い段階で減速または停止し、その結果として事故の影響が軽減されていた可能性がある。しかし、トラック運転手はトラックバルブを閉じようと試みたものの、すでにガス雲が発達し、毒性ガスに囲まれていたため、安全にバルブを閉じることができなかった。

CSBは、タンクトラックの荷下ろし手順におけるこの2つのステップについて、運転手が熟知していなかった可能性が高いと結論付けた。実際、運転手が正しく接続されていることを確認しなかったのは、オペレーターが1本の充填ライン（すなわち正しいライン）しか解錠しないと考え、運転手が解錠されているのを目にした充填ラインが唯一かつ正しいラインだと推測したためである可能性が高い。MGPIのオペレーターが想定したように、トラック運転手も他のすべての充填ラインが適切に固定されていると想定していた。さらに、運転手はCSBに対し、運転席に戻ったのは書類を片付けるためだったと報告している。ハークロスは、トラックの側面ミラーを通して排出ホースや貨物トラックを遮るもの無く見ることで、運転手は運転席の中からでも荷下ろし作業を継続的に監視できたはずであると主張している[78]。

5.1.3.2.2 訓練

CSBはまた、ハークロスの訓練プログラムを調査し、事故当日に作業慣行と一致していなかった重要な安全手順の重要性が効果的に伝達されていない点で、このプログラムに欠陥があると判断した。ハークロスの訓練プログラムの一環として、運転手はタンクトラック研修記録に記載された様々なタスクを完了することが求められており、研修トレーナーがそれを観察し、完了時にイニシャルで署名する必要がある。これらのタスクには、「顧客の配管が正しい貯蔵容器に接続されていることを確認すること」と「漏れやその他の不具合を防ぐため、荷下ろし作業中は接続部およびタンク部を常時監視すること」の2つが含まれる。研修記録では、運転手がハークロスの全ての最新の研修要件を満たしていたことが示されているが[79]、CSBによる聴取中に運転手は、正しい接続を確認することが手順として求められていることについて言及しなかった。また、荷下ろしプロセスを継続的に

[78] 米国運輸省の米国パイプライン・危険物安全局（PHMSA）は、MGPIでの事故と類似する多数の事故を調査しており、その中には2015年にフロリダ州ホリーヒルで発生した事故（セクション6.0）も含まれている。ホリーヒルの事故では、運輸省は、荷下ろし中にトラック運転手がトラックの運転席に入ることを社内の手順で義務付けていたため、配送会社が立ち会い要件に違反したとして摘発した。調査チームは、トラックの運転席に座っていると、運転手が貨物タンク後部および配送ホースから約40フィート（約12メートル）離れた位置にいることになり、ホースやその周辺で発生している活動を視線の遮断なく視認できないことを確認した。MGPIでの事故においても、ハークロスの運転手に関して同様の状況が発生していた。

[79] タンクトラック研修記録によれば、運転手は直近では2016年に訓練を修了していた。また、CSBは、運転手が危険物およびタンカーの商業運転免許証を現在有効に保持していることも確認した。

監視する責任があることについても触れなかった。

ハークロスの訓練記録を確認したところ、CSBは事故の一因となり得る別の問題領域を特定した。タンクトラック研修記録には、運転手がトレーラー前部にある製品流出を停止する内部バルブ用の空気圧式[80] 緊急遮断スイッチの位置を把握していることが示されていたが[81]、CSBは運転手が事故発生時に運転席にいたにもかかわらず、この緊急遮断スイッチを作動させていなかったことを確認した（図16参照）。

図16：ハークロスのCTMV（右）と緊急遮断スイッチ（左）（出典：ハークロスおよびCSB）

DOTの運転手訓練に関する規則では、容量が1,000ガロン以上の貨物タンクまたは可搬式タンクを使用する車両の操作に関しては、「貨物タンクまたは可搬式タンクの緊急制御機能の操作」に関する訓練を行うことが義務づけられている[82]。この訓練は、49 C.F.R. §177.816(d)および49 C.F.R. §172.704(c)(2)に基づいて3年ごとに実施しなければならない。したがって、運転手は緊急遮断用リモートスイッチの位置やその機能について熟知している必要がある。もしハークロスが、運転手に緊急遮断用リモートスイッチの位置を確認し作動させる模擬訓練を課すなど、十分な訓練を提供していたならば、運転手はトレーラー後部のバルブを閉じようとするのではなく、この緊急遮断スイッチの作動を試みていたかもしれない。適切な訓練がなければ、どれだけ文書を読んで確認しても、実際の緊急事態で適切な対応を確実に取ることは期待しにくい。

5.1.3.3 手順策定における協力

CSBは、施設および化学品流通会社が、荷下ろし作業に関連するリスクを特定および評価し、それらのリスクに対処する手順を策定・合意するために、協力することが極めて重要であると結論付

施設と化学品流通会社は、化学物質の荷下ろし手順を策定・合意するために協力すべきである。

[80] 空気圧式とは、加圧された空気またはガスを封入すること、またはそれらにより作動させることを指す。

[81] ハークロスのタンクトレーラーは、DOT 412規格であり、操作してから30秒以内にタンクの排出口を閉鎖可能なストップバルブを備え、リモート操作が可能であることが要求されている。49 C.F.R. §178.345および178.348 (2017)。ハークロスによると、同社の貨物タンクにはタンクトラックからの化学物質の流出を止めることができた可能性のある4つの装置が設置されていた。（1）貨物タンク後部に設置された外部手動主弁、（2）貨物タンク後部に設置された内部手動弁、（3）貨物タンク前部に設置された空気圧式緊急遮断弁、（4）貨物タンク頂部、ドーム付近に設置された手動弁。

[82] 49C.F.R. §177.816(b)(1)（2017）

けた。このような協力により、責任が明確に定義される。例えば、事故当日、トラック運転手が充填ラインのバルブを開けたが、これはMGPIの手順ではオペレーターが行うことになっていた。この行動は、ハークロスの手順と矛盾するものであった。手順が両者によって共同で作成されるか合意されていれば、役割が入れ替わることはなかったかもしれない。また、手順には、施設担当者の方が施設の設備に精通しているため、施設担当者が納入時に現場に物理的に立ち会うことを求めるプロセスを確立するべきである。施設担当者とCTMV運転手の双方が化学物質の荷下ろしプロセスを監視することで、どちらの担当者も問題を特定できるようになり、安全な作業実施の可能性が高まる。

この事故が示すように、施設担当者とCTMV運転手の双方が化学物質の移送前に正しい接続を確認することが重要である。複数の人間が関わる手順を調整する際に、チェックリストやその他ヒント、リマインダーなどの手段を用いることは、特に安全にとって重要なステップの見落としを防ぐために不可欠である[83]。正しい接続の確認は、口頭と目視の両方による確認を行うべきである。口頭および目視による確認を組み合わせることが重要である。なぜなら、作業者自身が自分の間違いや見落としを発見しやすくなり、起こっている事象に関して自身の理解が正しいかどうかも確認できる可能性が高まるからである。事故当日、口頭による確認も視覚的な確認も行われず、また要求もされなかった。オペレーターは正しい接続を指し示したと報告しているが、運転手はその情報を聞いた記憶がないと述べている。また可能ならば、接続ポイントから貯蔵タンクまでの充填ラインをオペレーターが運転手とともに確認する設備巡回を実施することも有効である。さらに、施設および化学品流通会社の管理者は、定期的に、または設備や化学物質が変更された場合には、荷下ろし手順に関する効果的な訓練を提供すべきである。最後に、管理者および監督者は、手順が適切に遵守されているか能動的に監視し、必要に応じて手順を更新しなければならない。

5.2 自動化とリモートシャットダウン

化学物質の荷下ろし作業中の安全を維持するためのインターロックと緩和措置の設置または設定

事故発生時、MGPIのMod Bプロセス制御システムには、次亜塩素酸ナトリウムのバルクタンク内で温度、圧力、または液面の上限超過などのプロセス逸脱が発生した場合に、化学物質の移送を自動的に停止する計器が備わっていなかった。今回の反応では大きな圧力が発生し、タンクは納入前の時点ですでに90%まで充填されていたため、圧力や液面レベルのインジケーターにインターロックが設置されていれば、移送バルブに自動的に閉止信号が送られ、オペレーターによる操作を必要とせずに化学物質の移送が停止できたかもしれない。

警報やインターロックはアクティブセーフガードとして機能し、作動中はプロセス変数を監視し、ハザードを排除または軽減する役割を果たす[84]。プロセスプラントでは、オペレーターの操作なしにプロセス設備を自動的に修正または停止させるように計装機器を設定することが可能であり、あるいは制御システムを介してオペレーターがリモートでプロセス逸脱（圧力上昇など）を軽減できるように信号を送ることもできる。MGPIの次亜塩素酸ナトリウムタンクには液面レベルインジケーターが設置されており、液面がタンク容量に近づくと制御システムで警報を発する。しかし、このインジケーターは液面レベルが高いことをオペレーターに通知するだけで、移送を自動的に停止するようには設定されていなかった。事故当日、硫酸がタンク内に流れ込み始めた後、午前7時59分に次亜塩素酸ナトリウムのバルクタンクの液面インジケーターが警報を発した。オペレーターへの聞き取り調査によれば、これはおそらく、オペレーターが化学反応に気付き、制御室の建物から避難を開始した頃とほぼ同じタイミングだったと考えられる。

MGPIは、Mod Bプロセス用に2つの緊急停止ボタンを設置していた。1つは制御室に、もう1つは屋

---

[83] CCPS『*Guidelines for Writing Effective Operating and Maintenance Procedures--5.4 Procedure Checklist Elements*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（1996年）http://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpGWEOMP01/viewerType:toc/root_slug:guidelines-for-writing-effective-operating-and-maintenance-procedures（閲覧日：2017年9月12日）

[84] CCPS『*Guidelines for Engineering Design for Process Safety - 5.1.7 Safeguard Stewardship*』第2版（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2012年）http://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00A68RY1/guidelines-engineering/safeguard-stewardship（閲覧日：2017年9月12日）

内プロセスエリアに配置され、化学物質の荷下ろしエリアの下流にある設備やプロセスをリモートで停止させることが可能だった。また、オペレーターは制御システムを介して設備をリモートで停止させることもできた。緊急停止ボタンの1つは、次亜塩素酸ナトリウムタンクからデイタンクへの流れを停止することができたが、化学物質の荷下ろしエリアからバルクタンクへの流れを停止することはできなかった。また、MGPIは、荷下ろしエリアにおける酸化プロピレンの流出を緩和するための放水システムを備えており、緊急対応要員が手動で作動させて反応により生じた雲を抑える助けとなった。

制御室にガス雲が侵入したことで、オペレーターは化学プロセス用の緊急停止ボタンを作動させることができなかった。緊急停止ボタンを作動させればプロセスを停止させることはできたであろうが、化学物質の荷下ろしエリアにはリモート停止機能がなかったため、反応そのものを緩和することはできなかったであろう。

化学物質の荷下ろしエリアに自動化システムを設計・設置することは、荷下ろしプロセスに追加のセーフガードを提供する。このシステムは、予期せぬ反応やタンクのオーバーフローが発生した際に、バルクタンクやデイタンクに化学物質を供給するバルブを自動的に閉じる機能を持つ。MGPIにこのような自動遮断装置が設置されていれば、緊急対応要員が約45分後にハークロスのトラックの排出バルブを閉じるずっと前に、バルクタンク内で次亜塩素酸ナトリウムと反応していた硫酸の流れを止めることができただろう。

5.3 MOD Bの換気

CSBの調査によれば、事故前のMod Bビルとその換気システムの設計により、反応で発生したガス雲が建物内に流入し、オペレーターが避難を余儀なくされたことが判明した。反応によって発生したガスが充満したため、制御室内のオペレーターは避難を余儀なくされ、外部のさらに高濃度の化学物質によって生ずる呼吸器系の危険から身を守るための緊急脱出用呼吸具を取り出す時間もなかった。

Mod Bビルには陽圧の制御室があり、隣接する屋内プロセスエリアから有害ガスが制御室内に侵入するのを防ぐよう設計されている。陽圧は、制御室内の空気圧を屋内プロセスエリアよりも高く維持することで実現される。MGPIのMod B用の暖房・換気・空調（HVAC：heating, ventilation, and air conditioning）システムは、Mod Bビル外部の2つの吸気口から空気を引き込む、高速モーター付き容量4トンのエアハンドラーを備えている。一方の吸気口は、タンクヤードおよびバルク化学物質移送エリアに隣接する、建物の1階部分に設けられている。制御室内の空気圧は常時計測され、生産エリアの空気圧と比較されている。制御室の圧力が生産エリアの圧力を下回る場合、アラームが作動し、オペレーターに避難を促す仕組みとなっている。

MGPIは、制御室の職員を生産エリア内の有害な蒸気から保護する目的で設計していたが、建物外部からの有害ガスや蒸気から職員を守ることは考慮していなかった。MGPIでは化学物質の荷下ろしエリアおよびタンクヤードで多くの危険物を受け入れ、貯蔵していたため、タンクトラックの荷下ろし作業や、タンクの換気口や圧力解放装置から発生する蒸気が、ドアや隙間、吸気口を通じて制御室内に侵入する可能性があった。

新鮮な空気を取り入れて制御室に空気を供給するための吸気口には、粒子フィルター以外の浄化システムやフィルターがなく、屋外の空気から塩素ガスやその他のガスを効果的に除去する機能を備えていなかった。毒性物質が放出される時に換気システムを停止することで制御室内への影響を軽減することは可能だが、オペレーターがガスの流出に気づく前に、Mod Bビルの吸気口を通じてガス雲が侵入してしまっていた。MGPIは、Mod Bタンクヤード近くに、酸化プロピレン濃度のみを検出する屋外空気モニターを設置していた。酸化プロピレン濃度が事前に設定された閾値に達した場合、制御室に警報が鳴り、緊急対応計画に基づきオペレーターは換気システムを停止する必要があった。HVACの吸気システムには、ガスが吸気口を通じて侵入する前にオペレーターに避難用呼吸具の装着を警告できる毒性ガスアラームはなかった。

2003年、CSBは、ルイジアナ州バトンルージュにあるHoneywell International, Inc.（ハネウェル）の化学プラントで塩素ガスが流出した事故を調査した。この事故では、7人の作業員が負傷し、半径0.5マ

イル以内の住民に対して屋内退避勧告が発令された[85]。塩素は故障した冷却システムから流出し、MGPIの事故と同様に、換気システムを通じて職員のいる制御室内に侵入した。CSBの調査では、ハネウェルでの塩素流出が3.5時間続いた理由の一つとして、オペレーターが問題を調査し、漏出源を遮断する前に現場から避難せざるを得なかった点を挙げている。

MGPIと同様、ハネウェルの制御室も有害ガスの侵入を防ぐ目的で陽圧設計されていた。ただし、MGPIのMod Bビルが生産エリアに対してのみ陽圧を維持していたのに対し、ハネウェルの制御室は外気圧よりも高い圧力を維持するよう設計されていた。ハネウェルでは、外部の蒸気が制御室に侵入するのを防ぐため、新鮮な空気を取り込むように換気システムの吸気口をプラントの最も高い位置に設置していた。しかし、CSBの調査によると、2003年の流出事故では、この陽圧制御システムが人員や設備を十分に保護できなかったことが判明した。ハネウェルの事故では、屋根に設置されたHVAC吸気ダクトに穴や隙間が見つかり、それが流出中の塩素が建物内に引き込まれる原因となった。さらに、ハネウェルの制御室用換気システムの吸気口には、毒性ガスの警報装置や自動遮断機能が設置されておらず、あるのは手動遮断装置だけであった。

5.3.1 ガイダンスと基準

危険な化学物質を取り扱う施設の建物内の職員を保護するための、建物および換気システムの設計基準や業界ガイダンスは限られている。米国石油協会（API：American Petroleum Institute）は石油精製所の基準を策定しており、API Recommended Practice 550、551、752は、他の業界でも役立つであろう陽圧制御室に関する指針である。また、塩素協会（CI：Chlorine Institute）は、次亜塩素酸ナトリウムを取り扱う施設の建物および換気システムの設計ガイダンスを提供している。MGPIはCIの会員ではないが（セクション7.1参照）、CIが発行するPamphlet 64は換気システム設計に関するガイダンスを提供しており、次亜塩素酸ナトリウムを取り扱う業界や施設にとって有用であると考えられる。

Pamphlet 64（セクション7.1参照）は、次亜塩素酸ナトリウムに関する緊急対応計画を取り扱っており、建物および換気システムを設計する際、流出時の建物内の職員への影響を最小限に抑えることを検討するよう提案している[86]。例えば、塩素ガスは空気より重く、低い場所に滞留しやすいため、吸気口を高所に設置することが推奨している[87]。Mod Bビルの吸気口は1階にあったため、化学反応開始直後、ガス雲中の塩素濃度が高い空気を建物内に取り込む原因となったと考えられる。さらに、Pamphlet 64では、塩素流出時に建物内にいる人員の安全を確保するため、塩素モニターをアラームと連動させ換気システムを自動停止する仕組みや、供給空気から塩素を除去するためのフィルター装置を設置することを推奨している。こうした制御装置がない場合、オペレーターは呼吸用保護具に頼らざるを得ないが、MGPIのケースでは、ガス雲が制御室に警告なしに侵入したため、呼吸用保護具の使用が困難であった（セクション5.4参照）。

制御室の具体的な設計要件は含まれていないが、米国労働安全衛生局（OSHA：Occupational Safety and Health Administration）の「高度危険化学物質のプロセス安全管理」（PSM：Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals）基準では、対象プロセスに対するプロセスハザード分析（PHA：process hazard analysis）の実施を施設に求めている[88]。PSMはパフォーマンスベースの基準であり、毒性、反応性、可燃性、または爆発性を持つ化学物質の、壊滅的な流出を防止または影響を最小化するための要件を含む（セクション8.1参照）[89]。PSM基準は、特定の化学物質を指定された閾値以上の量で使用するプロセスに適用される[90]。PSMは雇用主に対し、対象プロセスについて最

---

[85] CSB「Honeywell Chemical Incidents」（2005年8月8日）http://www.csb.gov/investigations/completed-investigations/?F_InvestigationId=54（閲覧日：2017年10月3日）

[86] 塩素協会, Pamphlet 64『*Emergency Response Plans for Chlor-Alkali, Sodium Hypochlorite and Hydrogen Chlorite Facilities*』*第7版*, 塩素協会: バージニア州アーリントン（2014年11月）

[87] 塩素協会, Pamphlet 64『*Emergency Response Plans for Chlor-Alkali, Sodium Hypochlorite and Hydrogen Chlorite Facilities*』*第7版*, 塩素協会: バージニア州アーリントン（2014年11月）

[88] 29C.F.R. §1910.119(e) (2017)

[89] 29C.F.R. §1910.119 (2017)

[90] 19C.F.R. §1910.119(a)(1) (2017)

初のPHAを実施し、プロセスに関連するハザードを特定、評価、管理することを求めている[91]。特に、PHAには施設の立地に関する評価が含まれなければならない[92]。施設の立地を評価する際、流出した毒性ガスや可燃性ガスが制御室に侵入する可能性の有無を検討する必要がある。

2008年、OSHAはPSM基準に基づき、ニュージャージー州サウスカーニーにある塩素アルカリプラントであるKuehne Chemical社[93]に対して、塩素ラインからの壊滅的な流出によって制御室内に侵入した塩素ガスに対して適切に対応しなかったとして出頭命令を出した。塩素は、一定量以上が保管されている場合、PSM基準の対象となる化学物質である。MGPIの事故当日、塩素ガスやその他の毒性化合物がMod Bビルに侵入したが、塩素は、いずれもPSM基準対象外となる硫酸と次亜塩素酸ナトリウムの反応副生成物であった。

しかし、Mod Bにおける他のプロセスや化学物質はPSM基準の適用対象であり、これにはMod Bに閾値量以上が保管されていた2種類の化学物質、すなわち酸化プロピレン（荷下ろしエリアで受領される）とオキシ塩化リン（荷下ろしエリアで受領されない）が含まれている。MGPIの事故を受けて、OSHAは当初MGPIに対して12件の違反として警告した[94]。その中の1つは、毒性で可燃性の蒸気が加圧空調設備を通じて制御室に侵入するハザードを考慮した適切なPHAを実施していなかったことであった。また、MGPIは施設の立地に関連するハザードを十分に考慮していないとして特に指摘された。OSHAは「従業員は、職場での負傷や死亡につながる爆発、火災、および健康危害をもたらす揮発性有機化合物（VOC：volatile organic compounds）の大気中への流出にさらされていた」と結論付けた[95]。もし事故前に毒性蒸気が制御室に侵入するハザードが認識されていれば、Mod Bの換気システムがその侵入を防ぐように改良または設計されていたかもしれない。

化学物質の荷下ろしステーション付近の建物の設計と換気システムを評価し、流出や化学反応が発生した場合に職員が確実に保護されるようにする

一般的に参照される文献では、陽圧制御室および換気システムについて簡単に触れている。『*Lees' Loss Prevention in the Process Industries*』（第4版）は、気密設計の必要性、陽圧要件、および通常時の換気状態を遮断する仕組みを備えた、制御室建物内の毒性ガス検知器やアラームの使用の可能性について説明している[96]。また、化学工業協会（英国）（CIA：Chemical Industry Association）による『*Process Plant Hazard and Control Building Design*』（1979年）では、毒性ガスの流出に対する制御室の保護設計についても論じている[97]。特に、「汚染される可能性のある通常の外部換気・給気装置は密閉可能でなければならない…（さらに）緊急時には、制御室建物内の職員には、緊急事態の間またはプラントを停止するために必要な時間の間、清浄な空気が供給されなければならない」と述べている[98]。さらに、CIAは、「建物そのものが危険にさらされるような風の条件下でも」、十分に離れた場所からダクトを通して汚染されていない空気を供給することが可能であると認めている[99]。本ケーススタディのセクション3.1および5.4で説明しているとおり、Mod Bのオペレーターは、タンクヤードに隣接する通気口を通じて建物内に毒性ガスが侵入したこと、適切な防毒マスクを取りに行けなかったことにより、他のプロセスを停止できないまま建物から避難せざるを得なかった。

---

[91] 29C.F.R. §1910.119(e)(1) (2017)

[92] 29C.F.R. §1910. 119(e)(3)(v) (2017)

[93] Kuehne社. http://www.kuehnecompany.com/history/（閲覧日：2017年11月27日）

[94] OSHAとMGPIは2017年5月10日に非公式和解合意に達し、違反件数および罰金が削減された。詳細はセクション8.1を参照のこと。

[95] OSHA検査番号1186824、違反1項目7。この違反は非公式和解合意で修正され、一般的なPHA違反である違反1項目6へと統合された。

[96] Mannan, S. Lees『*Loss Prevention in the Process Industries*』Vols. 1-3, 第4版（オンライン）Elsevier: マサチューセッツ州ウォルサム（2012年）http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpLLPPIVH2/lees-loss-prevention/lees-loss-prevention（閲覧日：2017年9月13日）

[97] Chemical Industry Association（1979年）『An approach to the categorization of process plant hazard and control building design』ロンドン、英国（1979年）

[98] Chemical Industry Association（1979年）『An approach to the categorization of process plant hazard and control building design』ロンドン、英国（1979年）Appendix III.6.

[99] Chemical Industry Association（1979年）『An approach to the categorization of process plant hazard and control building design』ロンドン、英国（1979年）Appendix III.6.

化学プロセス安全センター（CCPS：Center for Chemical Process Safety）による『*Guidelines for Facility Siting and Layout*』（2003年）では、制御棟の配置および建物のHVAC吸気口の設置について検討している。CCPSは、設備のベントおよび開放ベントが安全な場所、特に建物のHVAC吸気口から十分に離れた安全な距離に配置されるべきであると推奨している[100]。さらに、CCPSは、API RP 752に基づく影響分析を実施し、制御室建物に対する潜在的な毒性影響に対応すべきであると提案している。分析の結果、制御室建物が影響を受けると示された場合には、空気の供給、HVACの加圧、またはシャットダウンといった緩和措置を講じるべきである[101]。

5.3.2 ASHRAEに対する以前の勧告

Mod Bビルと換気システムが、屋外のタンクヤードからの放出による室内への侵入を防止するか、または自動的に対応するよう設計されていたなら、オペレーターはプロセスを安全に停止し、緊急脱出用呼吸具を取り出し、避難するためのより多くの時間を確保できたであろう。米国では、様々な発生源から放出される多様な危険物質から作業員を守るための、建物用換気システムの具体的な設計方法に関する基準やガイダンスが不足しているため、2005年にハネウェル調査の結論を受けて、CSBは勧告2003-13-I-LA-R22[102]を米国暖房冷凍空調学会（ASHRAE：the American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers）に対して発行した。CSBはASHRAEに対し、「危険物質の流出が発生した場合に従業員と設備を保護するための、HVACシステムおよびその他の必要な制御室コンポーネントの効果的な設計とメンテナンスに関するガイダンスを作成すること」と勧告した。2015年、CSBはこの勧告のステータスを「未解決－受け入れ可能な対応または代替対応」に更新した[103]。当時、ASHRAEはこの勧告を支持する意思を表明し、ASHRAEハンドブックの一章、基準、または設計ガイドとして提案された「危険区域の暖房、換気および空調」という名称の新しいガイダンス文書の概要をCSBに提出した。また、ASHRAEは2016年2月にこのガイダンス文書の草案作成を開始する計画であることを示した。

ASHRAEは、HVAC業界向けに合意された自主基準を策定・公表する世界的な非営利団体である[104]。これらの基準は許容可能な性能の最低値を定義している一方で、その他の文書では性能の向上を促進している[105]。ASHRAEは米国規格協会（ANSI：American National Standards Institute）によって認定されており、ANSIの適正手続き要件および基準策定要件を遵守している[106]。OSHAは、認識されているハザードを特定する目的において特定のOSHA基準がないため、ANSIおよびASHRAE基準を国家合意基準として認めており、それらの基準は一般義務条項の対象となるっている[107]。さらに、建築およびエネルギーに関するモデル規約には一部のASHRAE基準が採用されており、管轄区域によっては厳格な遵守が義務付けられている[108]。

---

[100] CCPS『*Guidelines for Facility Siting and Layout*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2003年）http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpGFSL0005/guidelines-facility-siting/guidelines-facility-siting（閲覧日：2017年9月13日）

[101] CCPS『*Guidelines for Facility Siting and Layout*』（オンライン）化学プロセス安全センター/AIChE: ニューヨーク州ニューヨーク（2003年）http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpGFSL0005/guidelines-facility-siting/guidelines-facility-siting（閲覧日：2017年9月13日）

[102] 『Recommendation Status Change Summary, 2003-13-I-LA-R22』http://www.csb.gov/assets/recommendation/Status_Change_Summary_ASHRAE_(Honeywell_R22)_O-ARAR1.pdf（閲覧日：2017年9月13日）

[103] 「未解決－受け入れ可能な対応または代替対応」への指定は、完了までのスケジュール文書を含め、実施された場合には勧告の目的を果たす行動計画の回答が受領者からあったことを意味する。

[104] ASHRAE『About ASHRAE』https://www.ashrae.org/about-ashrae（閲覧日：2017年9月13日）

[105] ASHRAE『Standards and Guidelines』https://www.ashrae.org/standards-research--technology/standards--guidelines（閲覧日：2017年9月13日）

[106] ASHRAE『Standards and Guidelines』https://www.ashrae.org/standards-research--technology/standards--guidelines（閲覧日：2017年9月13日）

[107] 労働安全衛生法（the Occupational Safety and Health Act）Section 5(A)(1)では、雇用主は、死亡または深刻な身体的危害を引き起こす、または引き起こす可能性が高いと認識されているハザードを伴わない、雇用と就業場所を提供することが義務付けられている。この規定により、OSHAは次の4つの条件が満たされた場合に違反通知を発行できる。1）雇用主が職場からハザードを排除しなかった、2）その危険が、違反を指摘された雇用主個人に、または雇用主の業界で一般に「認識」されていた、3）認識されたハザードが死または深刻な身体的危害を引き起こしていた、または引き起こす可能性があった、4）その危険を排除または大幅に削減できる実行可能な手段があった。

[108] ASHRAE標準90.1『*Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*』、ASHRAE: ジョージア州アトランタ（2016年）

2014年、ASHRAEはCSBに対し、「危険区域の暖房、換気および空調」と題した一章または基準の草案概要を提出した。この概要は11のセクションに分かれており、最初のいくつかのセクションでは目的、範囲、定義、および適用基準を扱っており、11番目のセクションでは参考文献を提供している。他のセクションでは、関連する危険物質、作業スペースに関連するハザードの発生源、保護の原則、設備の選択と設置などのトピックについてガイダンスを提供している。注目すべき点として、作業スペースに関連するハザードの発生源に関するセクションでは、ASHRAEは外部発生源、内部発生源、および複合発生源を区別している。MGPIはMod Bビルのプロセスエリアにあった内部発生源からMod Bビル内の職員を保護していたが、Mod Bビル内に侵入した毒性雲は外部発生源、より具体的には複合発生源によるものであった。さらに、ハザードに関するセクションでは、通常状態および異常状態（例えば、意図しない化学反応による流出の結果として）において存在する危険な状態について取り上げている。

設備の選択に関するセクションでは、他の基準と連携しながら、換気設備、加圧設備、およびろ過を含む様々な内容を取り上げている。換気については、保護の原則のセクションでさらに詳しく説明されており、陽圧換気と負圧換気の違いを明確にしている。また、加圧、封じ込め、隔離と除去、ろ過などの他の保護原則についても取り上げている。この基準または一章の残りの部分では、施設が職員を保護するための適切な機器を選択し、設置するのに役立つ内容が含まれている。

ASHRAEは、基準または一章の草案やその完成までのスケジュールをCSBにまだ提供していない。MGPIでの事故は、ASHRAEが2014年にCSBに提案したように、専用ガイダンスの策定を継続する必要性を浮き彫りにしている。CSBは、化学施設における建物の換気を扱う既存の基準やガイダンスには、多様な化学物質や発生源からのハザードを管理するために必要なHVACシステムの設計および維持管理に関する具体的な情報が欠けていると判断した。ASHRAEがこのガイダンスを発行すれば、施設はそれを活用して作業者のいる建物や化学プロセスの設計や改良、または内部もしくは外部発生源からの汚染物質を処理するための工学的管理策の有効性を評価することが可能になる。

5.4 緊急脱出用呼吸具へのアクセス

MGPIの緊急対応計画では、安全に実施可能であれば流出源を遮断し、当該エリアから避難することを求めている。セクション5.2で説明したとおり、制御室内に毒性雲が侵入したため、オペレーターは安全な場所からの移送停止操作による流出の停止ができなかった。その結果、オペレーターは直ちに建物から避難したが、CSBの調査によれば、Mod Bのオペレーターは脱出用呼吸具に即座にアクセスできなかった[109]。Mod Bには、有害な大気環境での緊急避難で短時間使用することを想定した、呼吸用空気を満たした移動式の脱出用ボンベが配備されていた。これらは事故発生時に容易に利用可能であったものの、呼吸具に取り付けて使うフェイスピースが利用可能な状態ではなかった。Mod Bのオペレーターによれば、オペレーターたちはシフト終了時にフェイスピースを個人用ロッカーに収納して施錠し、シフト開始時に取り出す習慣があった。今回の事故はシフト交代時に発生したため、新しく勤務に入る日勤オペレーターの呼吸具は施錠保管されたままであった。さらに問題を複雑にしたのは、これらのロッカーがダイヤル式の施錠装置を備えており、緊急時にはロックを解除するのにより長い時間を要する点である。

MGPIの呼吸具訓練プログラムの記録によれば、同社は従業員に対して、使用していないときには呼吸具を適切に保管し、損傷を防ぐよう指導している[110]。防護装置の損傷を防ぐために適切な保管が重要である一方で、呼吸具への即時のアクセスが妨げられるような保管方法は避けるべきである。OSHAの呼吸用保護具基準では、緊急用呼吸具は作業エリアにアクセス可能な状態で保管され、緊急用呼吸具を収納していることが明確に表示された収納スペースまたはカバー内に保管することを求めている[111]。MGPIの事故では、屋外での化学物質流出から自らを保護するためにオペレーターは呼

[109] 脱出用呼吸具は呼吸用空気の供給源にフードまたはフェイスピースが取り付けられたもので、緊急時の避難のみに使用することを目的としている。

[110] 事故当日、制御室内にいたオペレーターは、直近では2016年4月に呼吸用保護具の訓練を修了していた。

[111] OSHA『Respiratory Protection Standard』29 C.F.R. §1910.134(h)(2)(ii) (2017)
MGPIは、事故後、Mod Bでの緊急脱出用呼吸具の入手可能性を確保することで、この問題に直ちに対処した。事故後の変更内容については、セクション9.0を参照のこと。

吸用保護具に頼らざるを得ない状況であったため、即時アクセスが極めて重要であった。前述の通り、Mod Bエリアには硫酸の移送を直ちに停止したり建物の換気システムを停止したりする自動制御装置が装備されていなかった。そのため、MGPIがMod Bのオペレーターに、フェイスピースや移動式の脱出用ボンベを含む呼吸具の、容易にアクセス可能な保管場所を提供していれば、Mod Bのオペレーターは避難前に脱出用呼吸具を着用し、その結果負傷の重篤度を軽減できたかもしれない。

CSBの調査によれば、トラック運転手も事故発生時に呼吸用保護具を利用できなかった。ハークロスは顧客が要求しない場合には配送運転手に呼吸具を装備する義務を課しておらず、呼吸具を提供していなかった[112]。このため、ハークロスの運転手は通常、呼吸用保護具基準に基づく訓練を受けていない。ハークロスによれば、MGPIには呼吸具の使用要件がなく、同社から口頭で配送指示を受けた際にもそのような要件は示されなかった。そのため、ハークロスは、MGPIに化学物質を配送する際には、運転手が呼吸具を着用する必要があるような、既知の職場のハザードはないという前提の下で運用を行っていた。しかし、CSBは、ハークロスが作成した硫酸の安全データシート（SDS）には、個人保護のために有機性蒸気用カートリッジと全面フェイスピースを備えた化学防毒マスクを着用することが記載されていることを発見した。そのため、MGPIはハークロスの運転手がトラック内に呼吸具を備えているという前提で運用していた。さらに、CSBは、ハークロスのタンクトラック研修記録には、配送される化学物質のSDSに従い、適切なすべての個人用保護具（PPE）を着用する必要があると記載されていることも確認した。CSBは、事故当日、この種の呼吸具が運転手に提供されていなかったと判断した。有機性蒸気用カートリッジと全面フェイスピースを備えた化学防毒マスクは、運転手に清浄な呼吸空気を提供することはできなかったかもしれないが、少なくともある程度の保護を提供することができたであろう。その結果、運転手がより軽傷で避難できたかもしれない。

CTMVでの呼吸用保護具の提供に関する規制を確認したところ、CSBは、米国パイプライン・危険物安全局（PHMSA：Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration）の危険物規制（HMR：Hazardous Materials Regulation）において、特定の化学物質の輸送時に呼吸用保護具の提供が義務付けられていることを確認した。たとえば、塩素を輸送するCTMVには、塩素用として国立労働安全衛生研究所（NIOSH：National Institute of Occupational Safety and Health）が承認したタイプのガスマスクが装備されていなければならない[113]。また、一酸化炭素や低温液体を輸送する運送会社は、NIOSH承認の自給式空気呼吸具を運転手に提供する必要がある[114]。硫酸の輸送については同様の規制が存在しないが、これらの要件は、状況に応じて化学品流通会社が運転手に呼吸用保護具を提供することの重要性を示している。したがって、化学品流通会社は、適切な個人用保護具（PPE）の着用と、荷下ろし作業中における化学物質の流出や漏出への対応に関する訓練を行う必要があるかどうかを評価すべきである。事故の緩和措置ができそうな場合には、それを実施するため、化学品流通会社はCTMVに適切なPPEを備えておくべきである。事故の緩和が不可能な場合には、事故発生時に安全に避難できるよう、化学品流通会社は、運転手がCTMVに備えられた緊急脱出用呼吸具へアクセスすること、運転手が適切に装着訓練を受けていること、を確実にすべきである。さらに、化学品流通会社がCTMVに防毒マスクを備えることに加えて、施設側も荷下ろしエリア付近に緊急用の呼吸用保護具を備えることが可能である。適切な訓練を受けた運転手は、流出事故が発生した場合には、これらの緊急用防毒マスクにアクセスし、安全に避難することが可能となる。

CSBは、ハークロスの運転手に対する呼吸保護の方針が不十分であると判断したが、その理由の一つとして、前述の通り、ハークロスが職場のハザードを判断する際に顧客からの連絡に依存していることが挙げられる。しかし、当事者がコミュニケーションの責任を積極的に明確化しない場合、このような依存関係は間違いの元となる。つまり、一方の当事者の不作為が、他方の側からは義務として解釈されている可能性がある。このように、化学品流通会社と施設管理者の間で、化学物質を安全に荷下ろしするための責任を共有する必要がある。したがって、CSBは、ハークロスが各顧客の施設における化学物質の荷下ろしに関連する呼吸器系のハザードを事前に評価するプロセスを

---

[112] ハークロスは、同社の顧客のうち2社は、呼吸器系の危険事態が生じる可能性があるため、ハークロスの運転手が当該顧客の施設に配達を行う際には、呼吸用保護具をすぐに利用できるようにしておくことを求めていると述べた。ハークロスは、一方の顧客には珪藻土を、他方の顧客には苛性ソーダと苛性カリを配送している。両顧客ともろ過式呼吸用保護具の使用を求めている。

[113] 49C.F.R. §177.840(e) (2017年)

[114] 49C.F.R. §177.840(k) (2017年)

確立することを勧告している。この評価では、運転手が化学物質の予期せぬ反応や流出が発生した場合に、緊急脱出用呼吸具を必要とするかどうかを判断すべきである。このような保護のための装備および訓練は、OSHAの呼吸用保護具基準に従って適切に提供されるべきである。最後に、MGPIのオペレーターが直面した問題を回避するために、これらの装備はCTMV内のすぐにアクセス可能な場所に保管する必要がある。

5.5 緊急事態計画と対応の分析

5.5.1 事故後のレビューと改善

2016年10月の本事故後、市および郡の緊急対応要員は、対応中に特定された課題を検討するため、事故後の批評を実施した。対応は概ね成功と評価されたものの、アチソン郡緊急事態管理局（ACDEM：Atchison County Department of Emergency Management）が発行した「事後報告書および改善計画（AAR & IP：After-Action Report and Improvement Plan）」では、いくつかの問題点や改善が必要な領域が指摘された。ほとんどの緊急対応要員は、事故当日における機関間の連絡および調整が良好であったことに同意していたが、事故に関する一般市民への伝達や地域病院への最新情報の提供において課題があったと指摘した。報告書では、コミュニティ通知システムCodeRED®に関する問題が挙げられた。CodeREDは、音声、テキスト、電子メール、モバイルアラートなど様々な方法で緊急事態や悪天候について警告・通知する大量通知システムのプロバイダーである[115]。アチソン郡ではCodeREDを使用しているが、事故発生時には通知が配信されなかった。CodeREDが機能しない状況下で、ACDEMおよび地域の緊急対応要員は、ソーシャルメディアや地元のラジオ・テレビを利用して緊急事態の詳細を伝えた。AAR & IPの中でACDEMが特定したように、CodeRED通知が送信されなかった原因は、システムに関する訓練不足であった。事故以降、CodeREDに関しては進展が見られている。ACDEMは、CodeREDシステムに関する追加訓練を完了し、システムが適切に機能できるようにするとともに、通知システムの周知活動を強化した。

一部の緊急対応要員は、反応に関与した化学物質について迅速に把握したものの、ガス雲に含まれる化学物質の正確な種類や濃度、また曝露による地域社会への影響については、事故発生中を通じてほとんど知らされていなかった。事後レビューの一環として、病院の職員からは、潜在的な被害者の状況や当該化学物質の除染手順に関する情報が提供されなかったとの報告があった。さらに、事故対策本部が放出された化学物質に関する情報を病院に直接伝達したのは、事故発生から約1時間半から2時間後であった。緊急対応要員は、一般市民を病院搬送前に評価するためのトリアージステーションを市内に設置した。アチソン病院は当初対応が困難であったものの、到着した患者全員を除染し治療することができた。ACDEMによれば、事故後、地域の病院と連携し、事象の規模に応じて緊急対策本部または指揮所に、代表者を配置する計画を立てた。これは、病院に伝えるべきすべての最新情報を代表者が把握できるようにするための措置である。

事故発生時、カンザス州保健環境局（KDHE：Kansas Department of Health and Environment）は、全国症候群監視プログラム（NSSP：National Syndromic Surveillance Program）を通じて症候群監視を開始した[116]。NSSPシステムは、あらゆるレベルの公衆衛生機関が即座に健康情報を伝達・共有し、危険事象や感染症の発生に対する認識を高め、対応することを可能にする[117]。KDHEの疫学者はこのシステムを使用して、反応に関与した化学物質による健康への影響を調査し、事故発生から2時間以内に州および地域の保健局や病院との情報共有を開始した[118]。

事故後、AAR & IPは、同様の事故が発生した場合には、より緊密な連携と、曝露情報を伝達する連絡窓口が必要であることを認識した。MGPIは、事故から2か月を経過しないうちに、アチソン病院の代表者を含む地域の緊急対応要員とともに訓練を実施し、Mod Bで使用される化学物質の危険性

---

[115] OnSolve CodeREDの製品説明書. https://www.onsolve.com/solutions/products/ codered/（閲覧日：2017年10月30日）

[116] 全国症候群監視プログラム『Chemical Spill in Kansas: Importance of Sharing Information across Sites』CDC（2017年2月）https%3A%2F%2Fwww.cdc. gov%2Fnssp%2Fdocuments%2Fsuccess-story-chemical-spill-20170201.pdf&usg=AOvVaw2QLzSqlBWPlTpKez3akXCg（閲覧日：2017年10月30日）

[117] https://www.cdc.gov/nssp/overview.html

[118] 全国症候群監視プログラム『Chemical Spill in Kansas: Importance of Sharing Information across Sites』CDC（2017年2月）https%3A%2F%2Fwww.cdc. gov%2Fnssp%2Fdocuments%2Fsuccess-story-chemical-spill-20170201.pdf&usg=AOvVaw2QLzSqlBWPlTpKez3akXCg（閲覧日：2017年10月30日）

について議論した（セクション5.5.2.1参照）。

5.5.2 州および地域の緊急事態計画

化学物質による緊急事態に対する地域の備えに関する懸念に対処し、一般市民が情報を入手できるようにすることを目的として、1986年の緊急事態計画および地域住民の知る権利法（EPCRA：Emergency Planning and Community Right-to-Know Act）は、州が化学物質による事故に備えて事前に計画を立てるための枠組みを確立した[119]。EPCRAは、(1)緊急事態計画（§§301～303）、(2)緊急放出通知（§304）、(3)危険化学物質の在庫報告（§§311～312）、(4)毒性化学物質の排出量報告（§313）の4つの部分に分けられている[120]。EPCRAの各セクションで対象とされる化学物質は異なり、報告を必要とする量も異なる[121]。

EPCRA第301条では、各州が緊急対応に関する専門知識を持つ個人で構成される州緊急事態対応委員会（SERC：State Emergency Response Commission）を設立することを求めている[122]。また、各SERCには緊急計画地区を設定することが求められ、それぞれの地区には地域緊急計画委員会（LEPC：Local Emergency Planning Committee）を設置しなければならない[123]。LEPCは、選挙で選ばれた州および地方の公務員、警察、消防、民間防衛、公衆衛生、交通、環境の専門家、EPCRAの緊急事態計画要件の対象となる施設の代表者、地域団体、およびメディアで構成されていなければならない[124]。SERCはLEPCの活動を監督および調整し、一般市民からの情報提供依頼の受付および処理の手順を確立するとともに、地域緊急対応計画をレビューする役割を担う。一方、LEPCは地域緊急対応計画を作成し、計画を毎年見直し、一般市民に情報を提供する[125]。

地域緊急対応計画は、LEPCが利害関係者の参加を得て作成する[126]。これらの計画では、(1)極めて危険な物質の施設および輸送経路の特定、(2)現場および現場外での緊急対応手順の記載、(3)計画を実施するための地域コーディネーターおよび施設コーディネーターの指名、(4)緊急通知手順の概要、(5)化学物質の流出による影響が及ぶ可能性のある地域および人口を判断する手段の説明、(6)地域の緊急設備および施設、ならびにそれらの責任者の記載、(7)避難計画の概要、(8)緊急対応要員向けの訓練プログラム（スケジュールを含む）の提供、および(9)緊急対応計画の実施方法およびスケジュールの詳細、が提供されていなければならない[127]。EPCRA第311条の対象施設は、緊急・危険化学物質インベントリフォームを毎年、管轄するSERC、LEPC、および地元の消防署に提出する必要がある[128]。施設は、Tier IまたはTier IIのインベントリフォームを提出する[129]。Tier Iインベントリフォームに含まれる情報は、(1)前年中の任意の時点で施設内に存在した各カテゴリーの危険化学物質の最大量の推定値（範囲で表記）、(2)各カテゴリーの危険化学物質に関する1日あたり平均量の推定値（範囲で表記）、(3)各カテゴリーの有害化学物質の一般的な保存場所、を含む[130]。Tier IIインベントリフォームもほぼ同じ情報を含むが、危険カテゴリーごとではなく化学物質ごとに情報を記載する

---

[119] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年11月2日）

[120] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年11月2日）

[121] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年10月31日）

[122] 42U.S.C. §11001 (1986)

[123] 42U.S.C. §11001 (1986年)

[124] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年11月2日）

[125] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年11月2日）

[126] EPA. 地域緊急計画委員会. https://www.epa.gov/epcra/local-emergency-planning-committees（閲覧日：2017年11月2日）

[127] EPA. 地域緊急計画委員会. https://www.epa.gov/epcra/local-emergency-planning-committees（閲覧日：2017年11月2日）

[128] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年10月31日）

[129] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年10月31日）

[130] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年10月31日）

[131]。第311条および第312条に基づいて提出される情報は、SERCおよびLEPCを通じて一般市民が入手可能である[132]。

EPCRAは緊急事態計画およびその管理において重要な機能を提供しているが、資金難から不足が生じている場合が多い。EPAが2008年に実施した調査によると、LEPCの大半は連邦政府からの技術支援やガイダンスを受けていないものの、その多くが活動を指揮する上で連邦政府による支援は「重要な役割を果たす」と報告している[133]。LEPCの活動に対しては、米国運輸省（DOT：Department of Transportation）の危険物緊急時対応計画（HMEP：Hazardous Materials Emergency Preparedness）助成金のような連邦政府の補助金が時折提供されるものの、多くのLEPCはEPCRA報告提出に伴う州の手数料を通じてのみ直接的な資金を得ているか、資金がまったくない状態で運営されている[134]。そのため、LEPCがその能力を十分に発揮できるようにするためには、利用可能な助成金やリソースを最大限に活用することが重要である。

カンザス州では、緊急事態計画・対応委員会（CEPR：Commission on Emergency Planning and Response）が州の緊急事態対応委員会として機能している。CEPRは連邦政府のEPCRA条項を実施し、州および地域の緊急対応および準備能力の向上に取り組んでいる[135]。これは、地域の危険緩和計画の策定支援、訓練および演習の実施、緊急事態対応のレビューおよび改善案の提言、を通じて達成されている[136]。CEPRは、緊急事態計画地区の指定、州内の105のLEPCの監督、訓練助成金の提案の調整など、様々な職務を担っている[137]。

また、カンザス州緊急事態管理局（KDEM：Kansas Department of Emergency Management）はCEPRに行政支援を提供するとともに、これらの組織は共同で州内のLEPCに情報および訓練を提供している。CEPRおよびKDEMは、LEPCの職務および責任、活動例、演習例、利用しうる他のLEPC資金源に関する情報を提供するLEPCハンドブックを発行している[138]。さらに、CEPRはLEPCに対して、会議でのプレゼンテーションや地域訓練活動など、様々なリソースを提供している。

5.5.2.1 アチソン郡のLEPC

緊急事態計画および対応を検討する中で、CSBは、対応に関しては緊急対応要員や一般市民にさらなる影響を与えるような問題はなかったものの、市や郡がこのような事態を想定した訓練を実施していなかったことを指摘した。アチソン消防局（AFD：Atchison Fire Department）に関して、CSBは、AFDがMGPIを対象に年次視察を実施し、MGPI従業員向けの年次消火器訓練も行っていたことを確認した。さらに、AFDは施設のスプリンクラー、安全シャワー／洗眼ステーション、非常灯、消火栓の年次検査を実施している。アチソン郡のLEPC[139]に関して、CSBは、LEPCがACDEMと協力して地域の緊急対応要員向けに年間を通じて訓練や机上演習を実施していることを確認した。LEPCは3年ごとに本格的な演習を実施しているが、2016年10月の事故以前の最近の演習は主に感染症、銃乱射事件、および悪天候に重点が置かれており、化学施設での事故、より具体的には地域での未知の化学物質の流出事故に関連する演習は含まれていなかった。2019年第2四半期には機能的な危険物演

---

[131] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年10月31日）

[132] EPA『The Emergency Planning and Community Right-to-Know Act』https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/epcra_fact_sheet.pdf（閲覧日：2017年10月31日）

[133] EPA『2008 Nationwide Survey of Local Emergency Planning Committees (LEPCs): Final Report』https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-08/documents/2008_lepcsurv.pdf（閲覧日：2017年12月5日）

[134] EPA『2008 Nationwide Survey of Local Emergency Planning Committees (LEPCs): Final Report』https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-08/documents/2008_lepcsurv.pdf（閲覧日：2017年12月5日）

[135] カンザス州緊急事態管理局、緊急事態計画・対応委員会. http://www.kansastag.gov/KDEM.asp?PageID=408（閲覧日：2017年12月4日）

[136] カンザス州緊急事態管理局、緊急事態計画・対応委員会. http://www.kansastag.gov/KDEM.asp?PageID=408（閲覧日：2017年12月4日）

[137] カンザス州緊急事態管理局、緊急事態計画・対応委員会. http://www.kansastag.gov/KDEM.asp?PageID=408（閲覧日：2017年12月4日）

[138] カンザス州緊急事態管理局『Kansas LEPC Handbook』http://kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/2014%20LEPC%20Handbook%209%20apr%2014.pdf（閲覧日：2017年10月30日）

[139] アチソン郡のLEPCはACDEMによって運営されている。

習が予定されている。

事故後、MGPIは地域の緊急事態計画担当者および対応者との連携を強化した。2016年12月12日の週に、MGPIはMod Bに緊急対応要員を招き、そこで使用・保管されている化学物質に関する訓練を実施し、それらの化学物質の特性と危険性について議論した。この訓練は3回に分けて行われ、AFD、アチソン郡LEPC、およびアチソン病院の関係者が参加した。この訓練でMGPIは、Mod Bで使用されるすべての化学物質に関する混合禁忌マトリクス、緊急対応計画、および施設の地図（バルクタンクおよび保管化学物質の位置を含む）のコピーを提供した。また、この会議の中で、事故以降にMod Bに配備された新しいPPEも紹介された。さらに、2017年10月6日、MGPIはカンザス州ハイアワサでKDEMが主催した机上演習に参加した。この演習では、鉄道車両の脱線による塩素ガスの漏出を想定したシミュレーションが行われた。アチソン郡LEPCのメンバーもこの演習に参加した。

MGPIが地域の緊急計画担当者および対応者との連携を強化したのと同様に、緊急対応要員および施設側もアチソン郡LEPCへの参加を増加させた。2016年4月のLEPC名簿には20名が記載されていたが、2017年3月の最新の名簿には、法執行機関、EMS（緊急医療サービス）、消防およびMGPIの代表者を含む26名が記載されている。2017年3月22日に開催されたLEPC会議では、委員会メンバーによりMGPIで発生した事故を題材とした机上演習が実施された。地域の緊急対応部門は、その日の出来事について議論するとともに、成功点や将来の改善点について話し合った。また、MGPIは、緊急対応計画について毎年末に議論するよう要請した。LEPCの会議は、2017年5月、7月、および8月にも開催された。

CSBは、アチソン郡LEPCが、極めて危険な化学物質を生産または保管する施設によって提出されるEPAリスク管理計画をレビューしておらず、訓練対象にしていないことを確認した。さらに、CSBは、アチソン郡内にはEPAリスク管理プログラム（RMP：Risk Management Program）の対象となる十分な量の危険化学物質を保管している施設がMGPI以外に4つ存在すると結論づけた。KDEMは、事前計画や訓練のために施設のリスク管理計画を州から取得することをLEPCに奨励している[140]。しかし、アチソン郡は事故前にリスク管理計画を取得またはレビューしていなかった。MGPIが提出したリスク管理計画には、EPAのRMPの対象外である次亜塩素酸ナトリウムや硫酸は含まれていなかった。しかし、CSBは、LEPCが施設のリスク管理計画をレビューし、それらの施設で処理および保管されている化学物質の敷地外流出に対する訓練を行うことで、有用な情報を得られる可能性があると判断した。

5.5.3 HMEP助成金プログラム

LEPCは通常、州の手数料やその他の民間資金源を通じてのみ資金を受け取るため、LEPCおよびSERCは連邦助成金の機会を活用して緊急事態計画および訓練プログラムを支援・強化する必要がある[141]。PHMSAが提供するHMEP助成金プログラムは、危険物緊急事態計画および訓練を強化するための財政的および技術的支援とガイダンスを提供している[142]。HMEP助成金は、計画用と訓練用の2つがある[143]。計画助成金の目的は、EPCRAに基づいて緊急事態計画を策定、改善、実施することである。訓練助成金は、危険物事故に対応する公的セクターの職員の訓練に対する資金提供である。州、準州、部族国家は、HMEP助成金を受け取るための機関を指定することができる[144]。カンザス州

---

[140] カンザス州緊急事態管理局『Kansas LEPC Handbook』pp 35. http://kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/2014%20LEPC%20Handbook%209%20apr%2014.pdf（閲覧日：2017年10月31日）. KDEM『How LEPCs can use RMP tools when planning for chemical accidents』（2016年7月）http://kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/Risk%20Management%20Program-EPA%20Ndiaye%20and%20Brewer.pdf（閲覧日：2017年10月31日）

[141] EPA『2008 Nationwide Survey of LEPCs』pp 26. https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-08/documents/2008_lepcsurv.pdf（閲覧日：2017年11月1日）

[142] 危険物補助金プログラムは、DOTが危険物の荷送人および運送会社から徴収する登録料によって賄われている。『PHMSA Hazardous Materials Grants Program』https://www.phmsa.dot.gov/grants/hazmat/hazardous-materials-grants-program（閲覧日：2017年10月31日）

[143] 『PHMSA Hazardous Materials Grants Program』https://www.phmsa.dot.gov/grants/hazmat/hazardous-materials-grants-program（閲覧日：2017年10月31日）

[144] 『PHMSA Hazardous Materials Grants Program』https://www.phmsa.dot.gov/grants/hazmat/hazardous-materials-grants-program（閲覧日：2017年10月31日）

では、活動中で適格なLEPCからプロジェクト提案をKDEMが募集し、PHMSAに助成金申請を提出している[145]。PHMSAが助成金を供与すると、KDEMは助成金を配分し、資金の使用状況を監視する[146]。2014～2015会計年度には、カンザス州は368,000ドルの助成金を受け取った[147]。KDEMは、LEPCへの直接的な資金配分、地元対応者の利益となる演習および訓練計画への資金提供、または大学および訓練機関を通じた州および地域の危険物訓練への資金提供を行うことができる[148]。HMEP助成金プログラムは、危険物輸送事故を防止するための計画および訓練に対して優先順位を指定している[149]。これには、特定の管轄区域内の危険物リスクのレベルを判断するための適切なハザード評価の実施、郡の緊急対応能力を試験して訓練や計画立案のギャップを特定するための演習の実施が含まれる[150]。適格な訓練活動には、毒性化学物質の流出など、化学物質特有の対応訓練が含まれる[151]。計画活動には、危険物の机上演習および定置の施設向けの危険物防災活動が含まれる[152]。

アチソン郡LEPCは、地域の税収から資金が提供されている。CSBの調査によれば、アチソン郡LEPCは2007年以降、HMEP助成金を計画や訓練の目的で直接申請または受給していない。2007年には、郡の緊急対策計画を更新するための助成金を受け取った。また、2013年には、州全体の危険物輸送順序のパターンを特定するために行った、12郡における物品の地域流動調査申請（申請は他の郡）に含まれていた。KDEMは、HMEP助成金を活用して州および地域レベルでの活動を実施しており、LEPCや緊急対応要員がこれらに参加できるようにしている。CSBは、アチソン郡LEPCが計画および訓練活動を拡充するための助成金を申請することで利益を得られる可能性があると判断した。そのため、CSBは、アチソン郡LEPCが州および地域レベルで利用可能な訓練および情報資源をより効果的に活用し、危険物関連の緊急事態に備えるための資金を提供する助成金を州と協力して申請するべきであると結論付けている。さらに、LEPCは郡内の化学施設と協力して事前計画および訓練を増やし、地域社会が将来の事故に備られるようにするべきである。

6.0　荷下ろし作業における類似事故

CSBの調査によれば、過去数年間において、荷下ろし中の誤混合に関連する類似の事故が原因で多数の負傷者が発生している。PHMSAは2003年から2007年の事故データをレビューした結果、報告義務が課されている危険物の移動に付随する積み込みおよび荷下ろし作業中に発生したハイウェイ事故[153]が多数発生していることを確認した[154] [155]。CSBはPHMSAに対し、類似の事故に関する情報を要請し、その提供を受けた。その一例として、フロリダ州ホリーヒルで発生した事故が挙げられる。この事故はMGPI事故に類似しており、次亜塩素酸ナトリウムを配送する運送会社が関与していた。

CSBはPHMSAの2014年から2017年までの事故データを検討し、間違ったタンクにホースを接続した

---

[145] 『Kansas HMEP Grant Guideline』KDEM（2016年）pp 3, 5. http://www.kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/HMEP%202015-2016%20Grant%20Guide%20.pdf（閲覧日：2017年11月1日）

[146] 『Kansas HMEP Grant Guideline』KDEM（2016年）pp 5, 17. http://www.kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/HMEP%202015-2016%20Grant%20Guide%20.pdf（閲覧日：2017年11月1日）

[147] 『Kansas HMEP Grant Guideline』KDEM（2016年）pp 5. http://www.kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/HMEP%202015-2016%20Grant%20Guide%20.pdf（閲覧日：2017年11月1日）

[148] 『Kansas HMEP Grant Guideline』KDEM（2016年）pp 5. http://www.kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/HMEP%202015-2016%20Grant%20Guide%20.pdf（閲覧日：2017年11月1日）

[149] 『Kansas HMEP Grant Guideline』KDEM（2016年）pp 5. http://www.kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/HMEP%202015-2016%20Grant%20Guide%20.pdf（閲覧日：2017年11月1日）

[150] 『Kansas HMEP Grant Guideline』KDEM（2016年）pp 7. http://www.kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/HMEP%202015-2016%20Grant%20Guide%20.pdf（閲覧日：2017年11月1日）

[151] 『Kansas HMEP Grant Guideline』KDEM（2016年）pp 9. http://www.kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/HMEP%202015-2016%20Grant%20Guide%20.pdf（閲覧日：2017年11月1日）

[152] 『Kansas HMEP Grant Guideline』KDEM（2016年）pp 10-11. http://www.kansastag.gov/AdvHTML_doc_upload/HMEP%202015-2016%20Grant%20Guide%20.pdf（閲覧日：2017年11月1日）

[153] PHMSAの規制は危険物の商業輸送に適用され、輸送に伴う積み込み、荷下ろし、保管を含む。49 C.F.R. §171.1(c) (2017) では、輸送機能を、(1)移動、(2)危険物の移動に付随する積み込み、(3)危険物の移動に付随する荷下ろし、(4)危険物の移動に付随する保管、の4つの領域に分けている。

[154] PHMSAの規制では、49 C.F.R. §171.16 (2017) に記載の通り、危険物の事故に関する詳細な書面報告が求められている。また、49 C.F.R. §171.15（2017年）で規定された閾値を満たす重大な事故については、即時報告が義務付けられている。

[155] PHMSAのデータとガイダンスに関する詳細については、セクション8.2.1「PHMSAのガイダンス」を参照。

ことによる荷下ろし事故が頻繁に発生していることを確認した。ただし、これらの事故の多くは混合可能な物質間で発生しており、タンクの過充填という結果になることが多かった。MGPI事故のように、タンク接続のミスにより混合禁忌の物質が誤混合されて化学反応を引き起こす事故は比較的稀である。しかしながら、2014年1月1日以降[156]、MGPI事故のように混合禁忌の物質が誤って混合され、化学反応が発生した事故は8件発生している。これらの事故では44人が負傷し、846人が避難を余儀なくされた（表3）。

ホリーヒル事故

2015年にフロリダ州ホリーヒルで発生した、MGPI事故に類似した事故について、米国パイプライン・危険物安全局（PHMSA：U.S. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration）が調査を行った。PHMSAの調査では、タンクトラックの運転手が次亜塩素酸ナトリウムを搭載したトラックの配送ホースを、硫酸を貯蔵する2つのタンクへの充填ラインに接続したことが明らかとなった。この2つの物質が混ざり合うことでガスが発生し、オペレーターと数名の地域住民を巻き込む事態となった。

DOTの調査チームは、「貨物タンクの荷下ろしに関する同社の標準作業手順および関連訓練は、49 C.F.R. §177.834(i)で規定されている荷下ろし中の立ち会い要件に違反している」と結論づけた。この手順は、貨物タンクと固定貯蔵タンクのバルブを開いて液体の流れを開始した後、貨物タンクの後部を離れ、トラックの運転席に登ってエンジンを始動し、空気圧を上げるという流れである。DOTの調査チームは、トラックの運転席に座ると貨物タンクの後部や配送ホースから約40フィート（約12メートル）離れた場所に位置することになり、荷下ろし作業中のホースや作業の全体を視野に捉えることができないと結論付けた。その結果、接続部分で異常が発生しても、運転席から戻るまで運転手はそれに気づかない可能性があった。ホリーヒルでの事故では、事態が制御不能に陥った後に、運転手が車両後部に戻る際に化学物質のガス雲の中に入ってしまったとされている。

表3：PHMSAデータベースに登録された誤混合を伴う事故（出典：CSB）

PHMSA合計：（2014年1月1日～2017年6月9日）	
事故：	8件
負傷者：	44人
入院：	2人
避難した人数：	846人

データの分析から、これらの事故は定期的に発生しており、特定の産業に限定されないことが明らかになった。例えば、水処理施設、発電所、公共および民間のプール、その他の産業施設で事故が発生している。こうした事故は、激しい化学反応を引き起こし、有害ガスが大気中に放出される可能性があるため、負傷者や避難者を生じさせる事態につながりかねない。荷下ろし中の誤混合は、複数種類の化学物質を受け入れる施設であればどこでも発生する可能性がある。CSBは、本ケーススタディから得られた重要な教訓と勧告を、認知度の高い業界ガイダンスや規制当局のガイダンス

[156] 2017年6月9日まで。

に追加採用することで、同様の事故を防止できると結論付けている。

7.0 業界団体とガイダンス

7.1 塩素協会

塩素協会（CI：Chlorine Institute）は、クロールアルカリ系[157]の化学物質の生産、流通、使用に焦点を当てた技術系の業界団体である[158]。CIの会員には、塩素の生産者、包装会社、配送会社、利用者、および供給者が含まれる。CIの北米における生産者会員は、アメリカとカナダにおける総塩素生産能力の大部分を占めている。

CIは、その塩素管理プログラムの一環として、塩素を生産、流通、または使用する会員に対し、毎年「会員の安全およびセキュリティに関する誓約書」および「パンフレット認証」への署名を求めている。これにより、会員は安全とセキュリティを推進・実践することを誓約し、塩素管理に関するポリシー（安全およびセキュリティ監査、クロールアルカリ運用のハザード評価を含む）を実践し、遵守していることを証明する[159]。さらに、CIはクロールアルカリ業界および緊急対応要員向けに、多くの安全リソースおよび技術パンフレットを開発し、ガイドライン、推奨プラクティス、その他の情報を提供している。CSBはMGPIの設備およびプロセスに関連するパンフレットをレビューし、これらのパンフレットに記載された情報を自主的に遵守していれば、事故の防止または緩和が可能であったであろうと結論付けた。

CI Pamphlet 96『次亜塩素酸ナトリウムマニュアル』は、次亜塩素酸ナトリウムに関する情報を提供することを目的としたガイダンス文書であり、その特性、製造、安全な取り扱い、包装、輸送および使用、ならびにこれらの分野に関連する規制について記載している[160]。Pamphlet 96の重要な部分の一つが付録D「Guidance to Avoid Accidental Mixing」（偶発的な混合を防ぐためのガイダンス）であり、これは以前の版に新たに追加された内容である。付録Dで推奨されている荷下ろし手順には、「荷下ろしの接続部および配管が正しいことを確認する（ラベルや配管経路などを確認）」、「別の人による接続確認を行う」、「監視および立会いに関する適用規則に従う」が含まれる[161]。さらに、付録Dでは以下を推奨している。

- 次亜塩素酸ナトリウムの荷下ろし接続部を、混合禁忌製品の積み込み・荷下ろし接続部から離れた場所に設置すること。
- 荷下ろし担当者が接続ポイントから受入タンクまでの製品配管を追跡できるように、次亜塩素酸ナトリウムの配管は短く、見やすく、マーキングをできる限り明確にすること。
- 次亜塩素酸ナトリウム専用の荷下ろしラインを設け、混合禁忌の問題を回避すること。
- 適切な確認の前にタンクへの荷下ろしが行われることのないよう、ロックアウトシステムの使用を検討すること。

前述のとおり、混合禁忌の関係にある化学物質であるにもかかわらず、MGPIの次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインと硫酸の充填ラインはわずか18インチ（約45cm）しか離れていなかった。また、充填ライン接続ポイントに最も近い次亜塩素酸ナトリウム配管のマーカーは、配管への取り付けが緩く、上下逆に見える状態だった。配管マーカーが、接続ポイント部分や、すぐ下流のエルボー部分に配置されていれば、配管をたどりやすかったと思われる。さらに、Pamphlet 96では触れられていないが、次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインの接続ポイントにも、CTMVホースの受け口にも、誤接続を防ぐために同一のサイズや形状を避けるといった措置はなされていなかった。また、MGPIは荷下ろしエリアの充填ラインのキャップを開けるために南京錠と鍵を使用していたが、事故発生時には次亜塩素酸ナトリウムの充填ラインの鍵はかかっていなかった。最後に、MGPIもハークロスも、

---

[157] クロールアルカリ製品とは、塩素、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、次亜塩素酸ナトリウム、無水塩化水素、塩酸の総称である。

[158] 塩素協会, https://www.chlorineinstitute.org/about-us/（閲覧日：2017年9月12日）

[159] 塩素協会, https://www.chlorineinstitute.org/hess/hess-overview/（閲覧日：2017年11月15日）

[160] 塩素協会, Pamphlet 96『Sodium Hypochlorite Manual』第4版, 塩素協会: バージニア州アーリントン（2011年10月）

[161] 塩素協会, Pamphlet 96『Sodium Hypochlorite Manual』第4版, 塩素協会: バージニア州アーリントン（2011年10月）

正しく接続されているか否かを確認していなかった。もしMGPIが事故前に自主的にPamphlet 96に従っていれば、事故を防止できたか、その発生可能性を低くできたと思われる。

CIのPamphlet 64『クロールアルカリ、次亜塩素酸ナトリウム、および塩化水素施設向け緊急対応計画』は、クロールアルカリ製品の偶発的な流出時などに使用される緊急対応計画の基本部分となっている[162]。その他、雇用主が脱出用呼吸具を提供し、建物の換気システムの設計および運用においては、建物内の職員に対する流出の影響を最小限に抑える措置を検討することを推奨している[163]。セクション5.4で説明されているように、事故発生時にオペレーターが脱出用呼吸具に容易にアクセスできず、呼吸用保護具なしで避難しなければならなかったことが問題となった。また、セクション5.3で述べられているように、Mod Bの制御室の換気システムは職員をプルームから保護できなかった。MGPIが事故前から自主的にPamphlet 64の指針に従っていれば、誤混合によって引き起こされた結果の深刻度合いを軽減できた可能性がある。次亜塩素酸ナトリウムはCI会員企業が取り扱う化学物質の一つであるため、CSBは調査完了後、CIと協力して本ケーススタディから得られた重要な教訓を周知する予定である。

7.2 全国化学品流通業協会

全国化学品流通業協会（NACD：National Association of Chemical Distributors）は、化学品流通会社とそのサプライチェーンパートナーの国際的な協会である[164]。会員は、化学製品を加工、配合、混合、再包装、保管、輸送、および販売する企業で構成され、製品を750,000以上の顧客に提供している[165]。NACDの約450の会員企業および提携企業は、米国における化学物質流通能力の85%以上を占めている[166]。

NACDの会員企業となるには一定の要件を満たす必要があるが、その一つがNACDの「Responsible Distribution® プログラム」への参加である[167]。このプログラムでは、会員は健康、安全、環境保護に関するパフォーマンスの、継続的改善に取り組むことが求められている[168]。NACDは、第三者による検証を必須としている、環境、健康、安全およびセキュリティプログラムを通じてこれを達成している[169]。NACDのResponsible Distributionプログラムの認証は、各NACD会員および化学物質取扱提携企業[170]の会社施設の20%を抽出して検証することとなっている[171]。現地でのプログラム検証は、「Responsible Distributionプログラム基本指針」および「管理実践規範」に基づく仕様書に照らして、独立した第三者の検証者によって行われる[172]。この検証に少なくとも3年に一度合格することが、NACDの会員資格を継続する条件となっている[173]。Harcros Chemicals Inc.（ハークロス）は、NACDのResponsible Distributionプログラムの認証を受けた会員である[174]。そのため、ハークロスの製造施設および流通施設は、Responsible Distributionの現地調査の対象となっている[175]。

2002年、CSBは「反応性ハザード管理の改善」調査研究に基づき、NACDに対する勧告を発表した[176]。

---

[162] 塩素協会, Pamphlet 64 *『Emergency Response Plans for Chlor-Alkali, Sodium Hypochlorite and Hydrogen Chlorite Facilities』* 第7版, 塩素協会: バージニア州アーリントン（2014年11月）

[163] 塩素協会, Pamphlet 64 *『Emergency Response Plans for Chlor-Alkali, Sodium Hypochlorite and Hydrogen Chlorite Facilities』* 第7版, 塩素協会: バージニア州アーリントン（2014年11月）

[164] 全国化学品流通業協会. https://www.nacd.com/about/about/ （閲覧日：2017年12月4日）

[165] 全国化学品流通業協会. https://www.nacd.com/about/about/ （閲覧日：2017年12月4日）

[166] 全国化学品流通業協会. https://www.nacd.com/about/about/（閲覧日：2017年12月4日）

[167] 全国化学品流通業協会. https://www.nacd.com/about/about/ （閲覧日：2017年12月4日）

[168] 全国化学品流通業協会. https://www.nacd.com/about/about/ （閲覧日：2017年12月4日）

[169] 全国化学品流通業協会『Responsible Distribution』https://www.nacd.com/rd/about/ （閲覧日：2017年12月4日）

[170] 化学物質取扱提携企業の例としては、公共倉庫や運送会社が挙げられる。

[171] 全国化学品流通業協会『Third Party Verification』https://www.nacd.com/rd/about/verification/ （閲覧日：2017年12月4日）

[172] 全国化学品流通業協会『Third Party Verification』https://www.nacd.com/rd/about/verification/ （閲覧日：2017年12月4日）

[173] 全国化学品流通業協会『Third Party Verification』https://www.nacd.com/rd/about/verification/ （閲覧日：2017年12月4日）

[174] 『Harcros Distribution』http://harcros.com/distribution（閲覧日：2017年12月4日）

[175] 『Harcros Distribution』http://harcros.com/distribution（閲覧日：2017年12月4日）

[176] CSB『Improving Reactive Hazard Management』http://www.csb.gov/assets/1/19/ReactiveHazardInvestigationReport.pdf（閲覧日：2017年9月19日）

この調査研究でCSBは、1980年から2001年の間に発生した反応性ハザードを伴う167件の重大事故のうち、50%以上がOSHAおよびEPAの既存のプロセス安全基準の対象とはなっていない化学物質に関係するものであり、30%が化学物質を大量に使用または消費する施設で発生したことを明らかにした[177]。これを受け、CSBはNACDに対し、「既存のResponsible Distributionプロセスを拡大し、反応性ハザード管理を重点分野として含めること」、および「最低限、混合禁忌の化学物質の偶発的な混合によるハザードを含む、保管および取り扱いを対象とする改定を確実に実施すること」を勧告した[178]。この勧告に応じてNACDは、2003年にResponsible Distributionプログラムの管理実践規範を改定し、会員企業の施設での化学物質の積み込みおよび荷下ろし手順に、混合禁忌の化学物質の偶発的混合によるハザードへの認識向上などを盛り込んだ。2016年のMGPI事故当時、ハークロスの荷下ろし手順では、不適切な積み込みや荷下ろしによる偶発的混合のリスクを最小限に抑えるため、正しい接続を確実にするための検証が求められていた。

NACDによる手順確認の変更は、Responsible Distributionプログラムに参加する会員企業およびその化学物質取扱提携企業にのみ適用されるものであった。しかし、NACDは、不注意による化学物質混合のハザードへの認識を高めるための情報を顧客（化学物質を受け取る施設等）も受け取れるよう、会員企業がそのためのプロセスを確立していることを確認できる内容に、管理実践規範も改定した。この確認プロセスの一環として、会員企業は、積み込みおよび荷下ろし、化学物質の保管、混合禁忌の化学物質混合のハザードに関するガイダンスおよび情報が、顧客や倉庫会社、運送会社といった下流の利用者にどのように共有されているかを説明しなければならない。

下流の利用者はResponsible Distributionプログラムの対象ではないものの、NACDは様々なイベント、会議、およびウェビナーを開催し、それらを通じて下流の利用者も情報共有や得られた教訓の恩恵を受けることができる。このため、CSBは本ケーススタディの公表後、NACDと協力して、教訓や推奨プラクティスがNACDの会員企業だけでなく、NACDの活動に参加する非会員の配送会社や下流の利用者にも共有されるようにする予定である。

8.0 規制監督とガイダンス

CSBは、この事故への規制の適用性を判断するために、様々な機関の各種規制をレビューした。OSHAとPHMSA、この2つの機関による規制が本ケーススタディ議論の対象に含まれる。OSHAは、この事故に起因する調査を実施し、完了した。OSHAがMGPIとハークロスに対して指摘した違反の多くは、CSBの調査結果に一致している。その他の違反については、30%硫酸および次亜塩素酸ナトリウム以外の化学物質が関与しているという点でCSBの調査範囲外であるが、ここでは、MGPIが事故前に自主的に実施したプロセスハザード分析（PHA：Process Hazard Analysis）に関する洞察を提供するため、ここでの説明には含めている。前述のとおり、PHAはOSHAのPSM基準で義務付けられているが、事故に関与した2種類の化学物質については、その基準の対象外であるため、MGPIによって実施されたものは自主的なものだった。CSBはまた、PHMSAの規制もレビューした。これに関してCSBは、PHMSAのHMRとその規制の経緯を調査し、特に混合禁忌の化学物質の誤混合に関する部分は適切であることを確認した。このため、CSBはHMRおよび関連するPHMSAのガイダンスをこの事故に関連付けながらレビューした。

8.1 OSHA

OSHAにはバルク荷下ろし作業に関する特定の基準はないものの、化学物質の安全な取り扱いに適用される複数の規則が存在する。例えば、OSHAの「ハザードコミュニケーション基準」では、雇用主に対し、職場で取り扱いや保管が行われる危険物質に関する効果的なコミュニケーションおよび訓練を従業員に提供することを求めている[179]。これには、反応性などの化学的特性や、従業員が化学物質への暴露から身を守るための対策が含まれる[180]。

---

[177] CSB『Improving Reactive Hazard Management』http://www.csb.gov/assets/1/19/ReactiveHazardInvestigationReport.pdf（閲覧日：2017年9月19日）

[178] CSB『Improving Reactive Hazard Management』http://www.csb.gov/assets/1/19/ReactiveHazardInvestigationReport.pdf（閲覧日：2017年9月19日）

[179] 29CFR 1910.1200(h)

[180] 29CFR 1910.1200(h)(3)(ii), 1910.1200(h)(3)(iii)

Mod Bプロセスでは、酸化プロピレンとオキシ塩化リンという2種類の化学物質を使用しており、これらはOSHAのPSM基準の対象となっている。この基準には、危険性の高い化学物質の取り扱いに伴うハザードを管理するための要件が含まれている。次亜塩素酸ナトリウムと30%硫酸は対象化学物質ではないが、MGPIは自主的に、対象外である化学物質の荷下ろし設備や作業も含め、Mod Bプロセス全体にPSMの要素の多くを適用した。PSMの重要な規定のひとつにPHAがあり、潜在的なプロセスのリスクと、それを軽減するための安全対策を特定することを従業員に求めている。事故前のMod Bに対して2015年3月に実施されたPHAでは、MGPIはオペレーターのミスや化学製品の「不適切な発送」により、誤った化学物質が次亜塩素酸ナトリウムのバルクタンクに移送される可能性を確認していた。MGPIは、誤った化学物質の移送を防ぐための一般的な管理上の安全対策、例えばトレーニングや手順など、を措置していたが、そのほとんどは、このケーススタディで説明されている2016年10月の事故を防ぐことも軽減することもできなかった。

この事故の後、OSHAはMGPIに対し、事故に関与したプロセスや活動の規制遵守状況、およびMod BでPSM対象となる化学物質のPSM適用状況に対する検査を実施した。また、OSHAは、MGPI施設内における、ハークロスへの要求事項に対する遵守状況検査も実施した。2017年4月19日、OSHAはMGPIとハークロスに対して違反通告を出した。MGPIに課された違反の一部は、OSHAのPSM基準に関連するものであり、OSHAのPSM対象化学施設のための国家重点プログラム（NEP：National Emphasis Program）でカバーされる内容であった[181]。セクション5.3で述べられているように、PSM違反の1つは、施設立地に関するPHA要件に関連するものであり、具体的には、Mod Bビル内の制御室を含む有人構造物に関するものであった。

他のOSHA違反には、Mod Bの制御室に十分な数の非常口が設置されていなかったこと、緊急時対応計画の要件に違反していたこと（MGPIのオペレーターが書面で定められた計画に従って呼吸具を取り出せなかったこと）、および硫酸の荷下ろしの標準作業手順に従うために必要とされているハザードコミュニケーション訓練が従業員に提供されていなかったことが含まれる。2017年5月10日、OSHAとMGPIは非公式和解合意に署名し、一部の指摘事項および罰則が修正または撤回された。

ハークロスは、OSHAのハザードコミュニケーション訓練要件に基づく訓練の不足により、従業員が化学物質の危険にさらされないようにする義務を怠ったとして違反を通告された。この違反では、ハークロスの運転手が、荷下ろし作業中の化学物質の誤混合を防止するための適切な措置（作業手順）や、化学物質が漏出した際の緊急時の手順に関する訓練を受けていなかったことが指摘された。ハークロスは2017年5月8日、OSHAと非公式和解合意に達した。

8.2 PHMSA

PHMSAは、危険物の安全な輸送を促進し、人々と環境を保護することを目的として、2004年にDOTの機関として設立された[182]。PHMSAは、国家政策を策定し、基準を設定および執行し、教育を行い、事故防止のための研究を実施している[183]。PHMSA内の危険物安全局は、HMRを執行しており[184]、これらの規則は一般的に、鉄道車両、航空機、自動車、船舶を通じて州間、州内、外国の運送会社によって輸送される危険物に適用される[185]。ハークロスは、MGPIやその他の施設に自動車を使用して危険物を配送しているため、HMRの対象となる。PHMSAはまた、輸送に伴う積み込み、荷下ろし、保管を含む、商業的な危険物の輸送についても規制している[186]。

PHMSAは、CSBに対し、類似事故に関する最近のPHMSAの調査の記録、荷下ろし事故に関するガイダンス文書、および荷下ろし事故の徹底的な調査を可能にするその他の情報を提供した。荷下ろしと混合禁忌の化学物質の誤混合を伴う同様の事故については、セクション6.0で取り上げている。

---

[181] 前述の通り、OSHAのPSMは、Mod Bエリアで閾値以上の量で保管されている2種類の化学物質、(1)酸化プロピレン、(2)オキシ塩化リンに適用される。OSHAのPSM基準に関する詳細情報は、https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9760 を参照のこと。PSM対象化質施設に関するNEPを含むOSHAのNEPに関する情報は、https:// www.osha.gov/dep/neps/nep-programs.html を参照のこと。

[182] PHMSA『Mission, Vision and Goals』https://www.phmsa.dot.gov/about/mission（閲覧日：2017年9月13日）

[183] PHMSA『Mission, Vision and Goals』https://www.phmsa.dot.gov/about/mission（閲覧日：2017年9月13日）

[184] 49C.F.R. Parts 171-180（2017年）. HMR、特に立ち会い要件に関するより詳細な説明については、セクション5.1.3を参照のこと。

[185] 49C.F.R. §171.1(c) (2017)

[186] 49C.F.R. §171.1(c) (2017)

8.2.1 PHMSAのガイダンス

セクション6.0で述べたように、荷下ろし作業中に混合禁忌の化学物質が誤混合される同様の事故は、比較的頻繁に発生している。PHMSAは、2003年から2007年の間に発生した、道路および鉄道で輸送された危険物のバルク積み込みおよび荷下ろしに関係した重大事故のデータを調査した。その結果、事故原因が報告された事故のうち33%は積み込みまたは荷下ろし作業時の誤操作に起因することが判明した。これらの事故原因の例としては、「作業中の立ち会いや監視を怠ったこと、バルブを誤った位置に設定したこと、ホースやその他の機器を不適切に接続したこと」などが挙げられる[187]。PHMSAはまた、「重大な事故の90%は道路輸送での積み込み作業中または荷下ろし作業中に発生しており、これらの事故の約75%はCTMVが関与している」ことも確認した[188]。

バルク荷下ろし事故の頻発と、CSBおよびNTSBによる安全勧告を受けて、2011年にPHMSAはHMRを改正する規則制定案通知（NPRM：Notice of Proposed Rulemaking）を発行した[189]。この改正案では、CTMVの積み込みや荷下ろしに従事する各作業員に対して、リスク評価を実施し、その結果に基づいて安全な作業手順を策定し、実施することが義務付けられる予定であった[190]。PHMSAは、これらの作業を行う人員に対する追加の訓練および資格要件も提案した[191]。さらに、この規則案では、MGPIのような施設に対して、CTMVに搭載されたホースの保守点検プログラムを現行基準に一致した形で実施することも義務付けることになっていた[192]。しかし、コメントを受け取り補足的な政策分析を行った後、PHMSAは、規則制定を通じたバルク積み込みおよびバルク荷下ろし作業の安全リスクに対処するアプローチについて再検討した。結果、規則制定の代わりに、PHMSAは啓発活動を行うこととし、現行の規制と併せてバルク積み込みおよびバルク荷下ろしに関する指針を提供するガイダンス文書[193]を発行することを決定した。

2014年、OSHAおよびEPAからの助言を受け、PHMSAは『貨物タンク自動車（CTMV：Cargo Tank Motor Vehicle）の積み込み／荷下ろし作業：推奨されるベストプラクティスガイド』（PHMSAガイド）を発行した[194]。PHMSAは同時に、化学物質運送用トラックの運転手向けの参考資料として、2ページのポケットガイド（PHMSAポケットガイド）も発行した。

PHMSAガイドは、訓練、リスク評価および監査の実施、およびそれら評価と監査に基づく明確な作業手順の実施に関する様々なベストプラクティスを提供している[195]。PHMSAは、運送会社または施設に雇用されている危険物取扱者の全員に対して、安全な積み込み／荷下ろし手順の理解度を測るために毎年評価を行うことを推奨している[196]。また、従業員を観察・評価し、その業務遂行に対してフィードバックを提供すべきであるとした[197]。CSBの調査によると、MGPIもハークロスも、荷下

---

187 連邦官報第76巻『Hazardous Materials: Cargo Tank Motor Vehicle Loading and Unloading Operations』pp. 13313, 13315（2011年3月11日）。分析は、事故報告書で報告された事故原因を反映している。すべての事故報告書が事故原因を報告しているわけではなく、報告書に事故原因が示されていない場合、PHMSAは事故原因を想定していない。約39%は事故原因を含んでいなかった。

188 連邦官報第76巻『Hazardous Materials: Cargo Tank Motor Vehicle Loading and Unloading Operations』セクションIII-A, pp. 13313, 13315（2011年3月11日）

189 連邦官報第76巻『Hazardous Materials: Cargo Tank Motor Vehicle Loading and Unloading Operations』セクションII, pp. 13313, 13315（2011年3月11日）

190 連邦官報第76巻『Hazardous Materials: Cargo Tank Motor Vehicle Loading and Unloading Operations』pp. 13313, 13313（2011年3月11日）

191 連邦官報第76巻『Hazardous Materials: Cargo Tank Motor Vehicle Loading and Unloading Operations』pp. 13313, 13313（2011年3月11日）

192 連邦官報第76巻『Hazardous Materials: Cargo Tank Motor Vehicle Loading and Unloading Operations』pp. 13313, 13313（2011年3月11日）

193 ガイダンスは法的拘束力を持たず、特定の行動を義務付けたり要求したりするものではない。その目的は、有益な情報を提供し、規則または法令の意義を明確にし、要件を実施するためのPHMSAの方針を伝えることである。連邦官報第76巻『Hazardous Materials: Cargo Tank Motor Vehicle Loading and Unloading Operations』pp. 13313, 13315（2011年3月11日）。

194 「Cargo Tank Motor Vehicle (CTMV) Loading/Unloading Operations: Recommended Best Practices Guide」（オンライン）https://hazmatonline.phmsa.dot.gov/services/publication_documents/CTMV%20Guidelines.pdf（閲覧日：2017年12月7日）

195 「Cargo Tank Motor Vehicle (CTMV) Loading/Unloading Operations: Recommended Best Practices Guide」（オンライン）https://hazmatonline.phmsa.dot.gov/services/publication_documents/CTMV%20Guidelines.pdf（閲覧日：2017年12月7日）

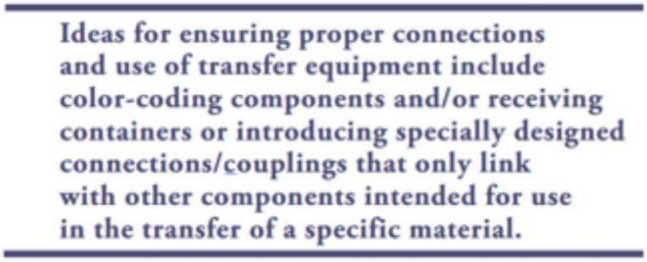
196 『Cargo Tank Motor Vehicle (CTMV) Loading/Unloading Operations: Recommended Best Practices Guide』pp 5.（オンライン）https://hazmatonline.phmsa.dot.gov/services/publication_documents/CTMV%20Guidelines.pdf（閲覧日：2017年12月7日）

197 「Cargo Tank Motor Vehicle (CTMV) Loading/Unloading Operations: Recommended Best Practices Guide」pp 5（オンライン）

ろし作業を行うMod Bの従業員やハークロスの運転手に対する評価やフィードバックの提供に関するプログラムやプロセスを持っていなかったことが分かった。MGPIとハークロスが荷下ろし作業中のオペレーターを積極的に監視していれば、オペレーターや運転手が文書化された荷下ろし手順に従っていないことに気付き、適切なフィードバックと訓練を提供して、不備を是正できた可能性がある[198]。

PHMSAはまた、CTMVの積み込みまたは荷下ろしを行う当事者に対して、施設職員またはCTMV運転手のどちらが積み込み／荷下ろし作業を担当するのかを明確に特定することを含め、作業のリスク評価を行うよう推奨している。また、安全な積み込み／荷下ろしを確保するための手順を評価し、改善すべき領域を特定する必要がある。もしMGPIの管理者が事故前にリスク評価を実施していれば、バルブ操作における施設職員とCTMV運転手の役割と責任が入れ替わることはなかったかもしれないし、手順から重要なステップが抜け落ちていることが特定され、修正されていた可能性もある[199]。さらにMGPIは、Mod Bでの誤った配管マーカーや、接続ポイントにおける標識や配管マーカーの不足を特定できたかもしれない[200]。PHMSAは、雇用主がこれらのリスク評価を活用し、新たな操作手順とするか、既存の手順を強化することを推奨している[201]。

事故以前は、ハークロスとMGPI社のいずれの手順においても、化学物質が適切なタンクに移送されていること、およびタンクに化学物質を収容するのに十分な余裕があることの確認が義務付けられていたが、両社の手順とも運転手とオペレーター間の口頭によるコミュニケーションに依存していた。混合禁忌の接続間の距離を長くする、独自の継手を選ぶ、より明確な配管マーキングを施すなど、設計上の問題を解決することができれば、誤接続の可能性が大幅に低減する可能性がある。PHMSAガイドは、混合禁忌の物質の混合を回避するための技術工学的な管理策の実施も提案しており（図17）、これらの技術工学的な管理策が実施されていれば事故を防ぐことができた可能性がある[202]。さらに、PHMSAガイドは、施設のオペレーターに対して、荷下ろし作業中に運送会社の人員を監督し、荷下ろし中の監督や、荷下ろし手順を遵守させるための書面による指示または少なくとも十分な情報の提供をすることなどを推奨している。



移送装置の適切な接続と使用を確保するためのアイデアとして、コンポーネントや受け入れ容器を色分けしたり、特定の物質の移送に使用することを目的とした他のコンポーネントとのみ接続する特別に設計された接続部／カップリングを導入したりすることが挙げられる。

図17：「CTMVの積み込み／荷下ろし作業：推奨されるベストプラクティスガイド」からの抜粋（出典：PHMSA）

https://hazmatonline.phmsa.dot.gov/services/publication_documents/CTMV%20Guidelines.pdf（閲覧日：2017年12月7日）

198 事故後、MGPIは荷下ろし手順を変更し、特に、荷下ろし中にオペレーターを監視するための従業員を配置することを義務付けた。手順上の不備に関する説明はセクション5.1.3を、MGPIの更新された手順の分析はセクション9.0を参照のこと。

199 操作手順に関する説明はセクション5.1.3を参照のこと。

200 MGPIのラベル表示上の不備の分析はセクション5.1.2を参照のこと。

201 『Cargo Tank Motor Vehicle (CTMV) Loading/Unloading Operations: Recommended Best Practices Guide』（オンライン）
https://hazmatonline.phmsa.dot.gov/services/publication_documents/CTMV%20Guidelines.pdf（閲覧日：2017年12月7日）

202 MGPIの化学物質移送設備の設計に関する分析については、セクション5.1.1を参照のこと。

8.2.2 責任の共有

エネルギーおよびその他の危険物質の安全な輸送を推進することで人々や環境を保護するというPHMSAの使命は、HMRの執行とガイダンスの発行によって一部達成される。PHMSAの使命は危険物の輸送面に重点を置いているが、PHMSAはCSBと同様に、危険物の安全な積み込み／荷下ろしの責任は輸送会社と施設の双方で共有すべきであると結論付けている[203]。PHMSAガイドは、施設職員が主導的役割を果たすべき分野を明確にするために、訓練や評価、リスク評価、緊急対応、作業手順など、ベストプラクティスの実用的な応用例を提供している。CSBは、化学物質の安全な荷下ろしにおいても施設が重要な役割を果たしていると結論づけ、本ケーススタディで得られた教訓と提言は、類似の事故を防止するためのPHMSAおよびその他の機関のガイダンスや規制を補完するものであると結論づけている。

2ページからなるPHMSAポケットガイドは、主に運送会社の人員向けに、積み込み／荷下ろし前に確認すべき事項を提示している。化学物質を受け入れる施設にとっては、PHMSAの既存のガイダンスだけでなく、化学物質の積み込み／荷下ろし前に施設担当者が参照できる簡潔な参考ガイドも役立つ。そのため、CSBは「CTMVで化学物質を受け入れる施設のための推奨プラクティス」（付録B）を作成した。これは、本ケーススタディの補足文書として発行される予定である。

9.0 MGPIおよびハークロスによる事故後の変更

事故直後、MGPIは恒久的な変更が実施されるまでの間、同様の事故の発生を防ぐため、移送設備と荷下ろしエリアに一時的な変更を加えた。これには、各充填ラインのキャップには個別の鍵付きロックを取り付けること、充填ラインのキャップを別のロック機構を持つキャップに取り替えること、充填ラインの接続ポイントやエルボーの近くに新しい配管マーカーを設置すること（または既存のマーカーをよりしっかりと固定すること）、充填ラインに新しい色分けタグを取り付けること、および化学物質の荷下ろし手順を更新することが含まれていた。さらに、ハークロスはMGPIと協力して、Mod Bの硫酸充填ラインとハークロスの硫酸配送ホースに新しいカップリングを選定して取り付けた。これらのカップリングは特殊なサイズと形状を共有しており、正しい配送ホース以外は硫酸充填ラインに接続できないようになっている。また、これらのカップリングはMod Bの荷下ろしエリアにある他のすべてのカップリングとは異なる色で区別されている（図18）。

図18：Mod Bの硫酸充填ラインに設置された新しいカップリング（出典：MGPI）

上述の緊急対策を実施した後、MGPIはMod Bにおいて、以下を含むその他の数多くの工学およびプロセス安全の観点からの変更を実施した。

[203] 『Cargo Tank Motor Vehicle (CTMV) Loading/Unloading Operations: Recommended Best Practices Guide』pp 13. https://hazmatonline.phmsa.dot.gov/services/publication_documents/CTMV%20Guidelines.pdf（閲覧日：2017年12月7日）

- 化学物質の荷下ろし接続の調整（各荷下ろし接続ポイントの間隔を最低3フィート離し、それぞれの周囲に安全ケージを設置し、カードリーダーによるアクセスと関連するアクセス管理制御を行う）（図19）。
- 警報設定の追加に対応する工学的システムインターロック
- 追加の監視装置および緊急停止装置
- オペレーター制御室および空調設備の設計変更
- スプリンクラー放水システムを含む緊急対応および準備態勢の変更

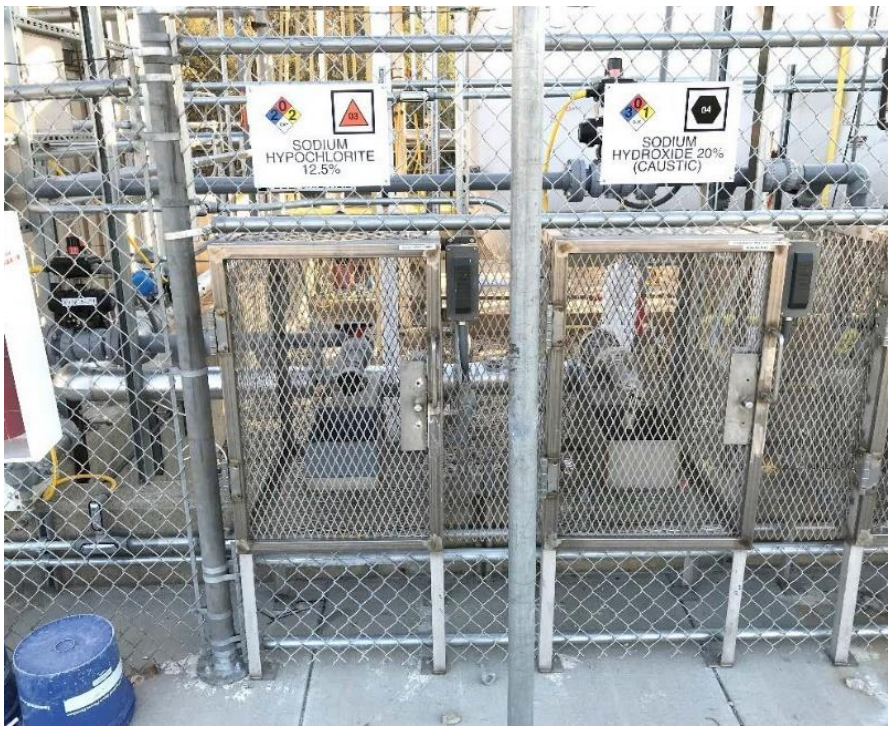


図19：Mod Bにおける接続ポイントの周囲に安全ケージを設置して、荷下ろし用の接続箇所を分離（出典：MGPI）

MGPIとハークロスの両社は、化学物質の荷下ろしの業務慣行と手順も改定した。MGPIでは現在、シフト交代から20分以内の荷下ろしを禁止し、貨物タンクのホースを化学物質の充填ラインに接続・切断する際には安全監視員の立ち会いを義務付けている。また、この手順では、配送の前後には充填ラインを点検し、すべてのダストキャップの固定・施錠を確認することもオペレーターに義務付けている。ハークロスは、MGPI専用の硫酸荷下ろし手順を新たに作成し、現在は同社の運転手には、タンカーの事前荷下ろしチェックリストをすべて顧客とともに確認することが義務付けられている。

MGPIとハークロスが独自に行った業務慣行と手順の変更とは別に、両社はオペレーターと運転手間の連携を強化するための変更も行った。例えば、オペレーターと運転手は、手順が確実に守られるように、また、化学物質の荷下ろし前に正しい接続が行われたことを証明するために、書面による確認フォームに記入をしなければならない。MGPIはオペレーターに対し、運転手がCTMVの緊急停止ボタンを識別できるように指導することを求めている。

この事故の後、MGPIはMod Bの緊急用呼吸具の保管方法とアクセス性も変更した。Mod Bの制御室では現在、緊急用呼吸具のフェイスピースを脱出用ボンベとは別々に保管するのではなく、空気供

給ボンベとフードの両方を収納したキャビネットを備え付けており[204]、同様の事故が発生した場合にオペレーターを保護すべく容易にアクセスできるようにしている。

MGPIは、この事故後の設備やプロセスの変更の検討と実施において、Mod Bの従業員（労働組合員を含む）から引き続き積極的な参加を得た。例えば、事故後の作業エリアの変更の要望を労働組合員に意見を求め、労働組合員はMod Bの変更に関するすべての変更管理[205]文書のレビューに関与した。MGPIは、荷下ろし手順の改定や新しい手順の策定についても労働組合員から意見を聞いた。労働組合員は、手順書を手に施設をくまなく歩き、手順についてオペレーターが再訓練を受ける頻度について提案を行い、その提案は採用され、会社の業務慣行に組み込まれた。

CSBは、事故後にMGPIが実施した変更の多くが、このケーススタディで提示された多くのヒューマンファクターと、設計上の問題に対処していると結論づけている。また、MGPIとハークロスは、同様の事故の可能性を減らすための手順や設計の変更を共同で策定、合意した。本セクションで例示した荷下ろし設備とプロセスの変更は、調査で示された重要な教訓に従って実施されることで、化学物質の荷下ろし作業中の誤混合の可能性を大幅に低減することができる。

10.0 重要な教訓

化学物質を受け入れる定置の施設の場合：

1. 化学物質の荷下ろしプロセスおよび設備に関連するリスクを評価する場合に、誤接続防止のための管理策および安全対策を評価する際には、管理の階層化（hierarchy of controls）を適用すること。施設要員またはCTMV運転手による人的介入を必要とする化学物質の荷下ろし作業については、必ず、誤接続の可能性を高めるヒューマンファクターの問題を特定し、対処すること。
2. 化学物質の移送設備およびプロセス（充填ライン、移送バルブ、配管、受入タンクなど）を評価し、可能であれば、化学物質の荷下ろし作業中の安全操作を維持するための安全装置を設置および構成すること（例：インターロックや緩和措置をプロセス制御システムに組み込む）。制御システムは、危険なプロセス状態（温度、液面レベル、圧力、空気中の濃度など）を監視し、化学物質の荷下ろし中に反応や放出が意図せず発生した場合には、化学物質の移送やその他のプロセスを自動的に停止するべきである。自動化されたプロセス制御や安全システムが実現できない場合は、移送バルブおよび移送設備、換気システム、散水システム、その他の緩和システムを構成し、緊急時に施設の配管や受入タンクへの化学物質の流れを停止できるよう、リモートで操作できるようにすべきである。
3. 混合禁忌の化学物質用の充填ラインが互いに容易に区別できるほど物理的に離れた位置に配置されるよう（例えば、酸は塩基から離れた荷下ろしエリアに配送する）、化学物質移送設備を設計または変更し、不注意による混合に起因する反応事故を回避する。
4. 複数の化学物質が近接した場所で荷下ろしされる場合には特に、化学品流通会社と協力して、化学物質または化学物質クラスごとに、独特な形状と色分け表示を持った継手を備えたホースカップリングおよび充填ライン接続方法を選択すること。この場合、各充填ラインにそれぞれが、形状が異なる（例えば、酸には四角形、塩基には六角形）継手を採用する、または異なる直径（例えば、2インチまたは3インチの円形）の継手を採用する等の方法が考えられる。
5. 配管のマーキングと移送設備（充填ライン、バルブ、移送配管、タンクなど）の識別表示が明確であり、業界で受け入れられている基準（ASME A13.1-2007「配管システムの識別スキーム」など）に従って、装置内に含まれる物質が正確に表示されているようにする。荷下ろし作業に携わる作業員が、接続作業を行う前に装置や化学物質を容易に識別できるよう、充填ラインの接続ポイントにできるだけ近い位置に配管マーカーを貼り付ける。これは、1つのエリアに複数の異なる化学物質の充填ラインがある場合に特に重要である。

---

[204] フード（hood）とは、頭部および首を完全に覆う呼吸具の吸入口カバーであり、肩や胴体の一部を覆うタイプもある。フェイスピースの代わりとして脱出用ボンベと一緒に使用されることがある。

[205] 変更管理（Management of Change）とは、設備、プロセス、組織に対する変更を評価および管理し、その変更によって生じる可能性のあるハザードを特定して対処するためのプロセスである。

6. 化学品流通会社と協力してリスクアセスメントを実施し、その結果に基づいて、責任が明確に定義されるように、化学物質の荷下ろしおよび緊急時の作業手順を策定し、合意する。手順には、施設職員が化学物質の配送中に物理的に立ち会うことを求めるプロセスを定めるべきである。施設職員と運転手の双方が、化学物質を排出する前に、口頭および目視、書面によるチェックリスト、設備の巡回点検などにより、正しい接続が行われていることを確認する。施設および化学品流通会社の両方の管理者は、手順に関する効果的な初期訓練および更新研修を定期的に実施するか、設備や化学物質が変更された際に実施すべきである。さらに、管理者は手順の遵守を積極的に監視し、適合性を確保すべきである。

7. 化学物質の荷下ろし場所付近の有人構造物の建物設計および換気システムを評価し、漏出や化学反応が発生した場合に職員を保護できるようにすること。設計上の考慮事項には、陽圧換気システム、空気清浄およびろ過システム、流出が発生した場合に自動的に空調システムを停止するセンサーおよび警報機、化学物質が空気供給源に侵入しないよう注意深く選択された吸気口の位置などを含むべきである。これらのシステムは、適切に機能していることを確認するために定期的に点検する必要がある。

8. 化学物質の荷下ろしエリアおよびバルク貯蔵タンク付近のすべての有人建物において、毒性物質の流出が発生した場合の緊急用呼吸具および脱出用ボンベの入手可能性を評価する。作業員が器具にいつでもすぐにアクセスできるようにするため、シフトの合間であっても、緊急用呼吸具の構成部品をロッカーに鍵をかけて保管することは避ける。制御室と緊急避難経路の確認を行い、脱出用ボンベの近くで従業員用呼吸具が最もアクセスしやすい場所を特定し、それに応じて緊急対応と呼吸用保護具の手順を更新し、訓練を行う。

9. 荷下ろし作業中、漏出や予期せぬ反応と流出が発生した場合に備え、運転手および職員のために、化学物質の荷下ろしエリア付近に緊急脱出用呼吸具を用意する。

化学品流通会社の場合：

10. 運転手がすべてのCTMVの緊急遮断装置の場所と使用方法を完全に把握できている状態にする。

11. 荷下ろし作業中に化学物質の漏出や流出が発生した場合に備え、適切な個人用保護具（PPE）を着用し、事故に対応するための訓練を運転手に対して実施する必要性を評価する。事故の緩和が可能な場合にはそれを実行できるよう、化学品流通会社はCTMVに適切なPPEを備えておくべきである。一方、事故の緩和が不可能な場合には、事故発生時に安全に避難できるよう、運転手がCTMVに備えられた緊急脱出用呼吸具にアクセスし、適切に装着する訓練を受けられるようにすべきである。

11.0 結論

米国の化学品流通会社の85%以上が加盟する全国化学品流通業協会（NACD：National Association of Chemical Distributors）によると、2016年には、8.4秒ごとに3990万トン以上の製品が顧客に配送された。MGPIで発生した事故は、荷下ろし作業が比較的単純であっても、配送中に移送される化学物質の量が多い場合には、作業者や周辺地域に大きな影響を及ぼし得ることを浮き彫りにした。定置の施設では化学物質の配送は日常的に行われるため、CSBは施設および化学品流通会社に対し、本ケーススタディから得られた重要な教訓と推奨される対策を採用し、不慮の混合事故の発生を防止または低減するための管理策と業務慣行を共同で実践するよう促している。本ケーススタディの発表後、CSBは塩素協会、NACD、および化学施設および化学品の輸送作業員を代表する労働組合と協力し、会員に重要な教訓と推奨される対策を周知してゆく予定である。

12.0 勧告

米国暖房冷凍空調学会（ASHRAE）に対する勧告：

CSBは、2005年にハネウェルの塩素流出事故調査の一環としてASHRAEに対して行った以下の勧告を再度表明する。

2003-13-I-LA-R22:

有害物質が流出した場合に、従業員と設備を保護するように設計されたHVACシステムおよびその他必要な制御室コンポーネントの効果的な設計と維持管理に関するガイダンスを策定すること。

今回の調査の結果から、CSBは以下の安全勧告を行う。

MGPIに対する勧告 ：

2017-01-I-KS-R1:

Mod Bビルおよび換気システムに関する独立した工学的評価を委託し、その評価結果に基づいて、化学物質の流出から職員を保護するための設計変更および管理策を実施すること。最低限、この評価では、建物の換気システムの有効性、化学物質の屋内および屋外の供給源、吸気口の位置、ろ過や除去などの汚染物質制御方法、汚染物質の監視装置、自動化に関して評価する必要がある。換気システムの工学的評価では、通常運転時の空気中の汚染物質だけでなく、流出、放出、意図しない反応や誤接続により生成された化学物質についても考慮すべきである。

2017-01-I-KS-R2:

Mod Bの化学物質移送設備（充填ライン、移送バルブ、移送配管、タンク、その他の関連設備など）の評価を実施し、バルク荷下ろし中の予期せぬ反応、化学物質の流出または漏出を防止および緩和するための適切な工学的安全策を導入する。可能な場合には、配送中に作業員が誤った化学物質移送バルブを開くことがないよう、警報やインターロックなどの安全装置を設置する。また、プロセスの逸脱や異常な状態（圧力、温度、流量、液面レベル、ガス検知など）に基づいて、施設への化学物質の移送を自動的に停止する緩和措置を導入する。

ハークロスに対する勧告：

2017-01-I-KS-R3:

CTMVの運転手が緊急時に化学物質の流れを止められるようにすることを目的として、CTMVに設置された各種緊急遮断装置の場所、使用タイミング、およびその装置の有効性について、運転手が確実に理解するための再教育プログラムを策定すること。この再教育プログラムでは、荷下ろし作業中に発生し得る特定の事故シナリオ（例：不注意による誤混合、化学物質の流出など）を想定し、すべての遮断装置が作動する状況を運転手がシミュレーションする訓練を含めること。また、再教育訓練プログラムの有効性を評価するプロセスを確立すること。

2017-01-I-KS-R4:

顧客の施設における化学物質の荷下ろしに関連する呼吸器系ハザードを評価するプロセスを確立すること。この評価では最低限、事故による化学反応または流出が発生した場合に、運転手が緊急脱出用呼吸具を必要とするかどうかの判断を含めるべきである。評価の結果、呼吸用保護具が必要であると判断された場合は、適切な保護具およびその使用に関する訓練を提供すること。これらの保護具および訓練は、OSHAの呼吸器保護基準（29 C.F.R §1910.134）に準拠して提供する必要がある。また、保護具は、即座にアクセス可能な場所に保管すべきである。

アチソン郡緊急事態管理局に対する勧告：

2017-01-I-KS-R5:

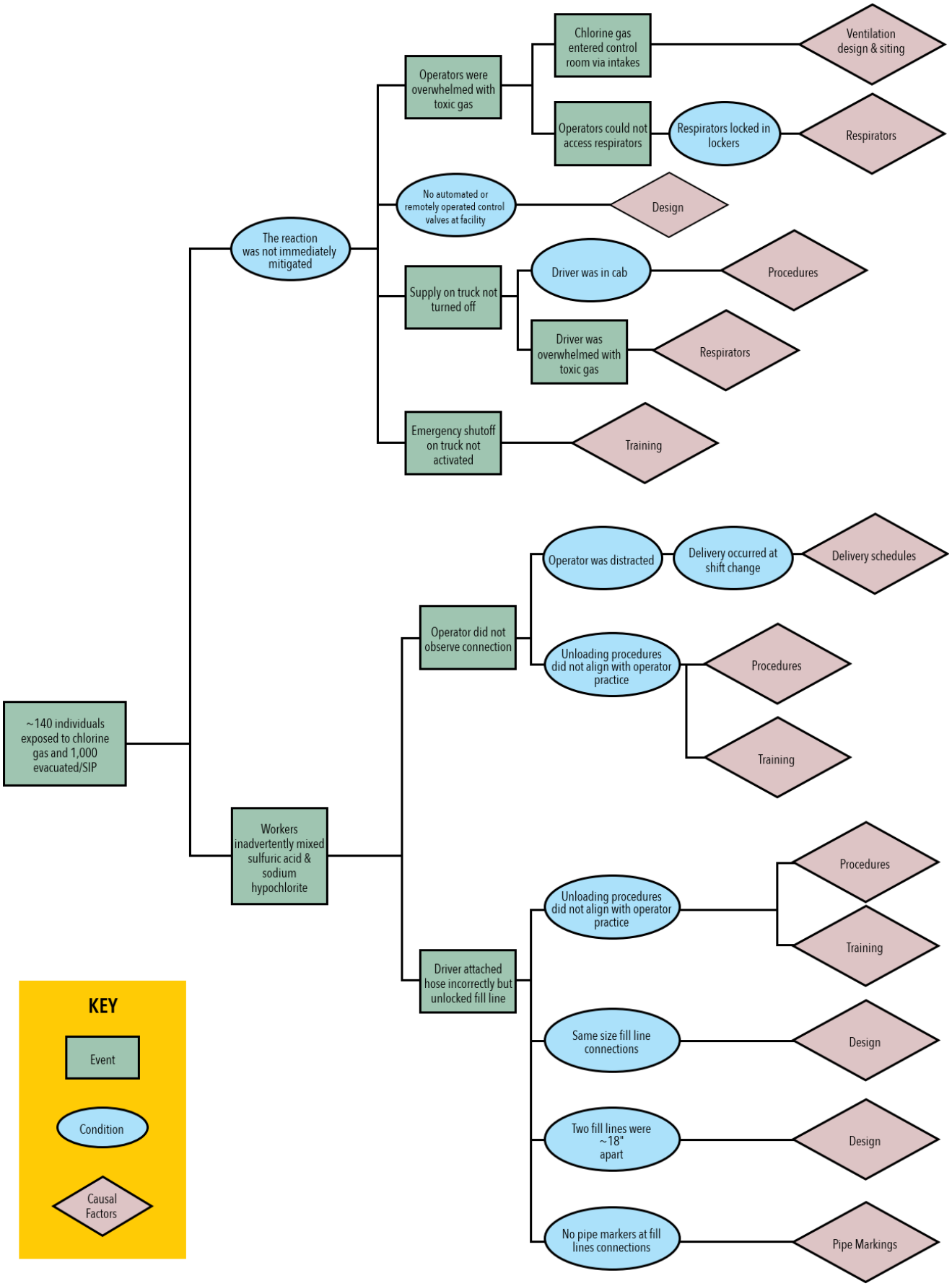
アチソン郡内の緊急対応要員が危険物に関わる将来の事故に備えられるよう、計画策定および訓練活動を調整すること。アチソン郡地域緊急計画委員会は、以下の措置を講じるべきである。

a) 施設がEPAのリスク管理計画を提出または改定する時にレビューし、リスク管理プログラム対象施設および年間Tier IIレポートにより大量の有害化学物質を保管していると報告されている郡内の他のすべての施設で、事前計画を実施する。

b) 今後3年以内に、施設外での化学物質流出シナリオを想定した本格的な有害物質演習を実施すること。この演習には、地域の緊急対応機関、病院、学校、固定施設からの参加者を含めるべきである。また、演習中に特定された調整事項やコミュニケーション上の問題を明確化し、解決すること。

c) 州および地域の緊急対応訓練およびプログラムへの参加を強化すること。カンザス州緊急事態管理局と協力し、郡内の追加訓練および事前計画活動の資金援助を目的として、危険物緊急時対応計画（HMEP）の助成金提案書を提出すること。

付録A - 簡易原因分析


~140 individuals exposed to chlorine gas and 1,000 evacuated/SIP
The reaction was not immediately mitigated
Operators were overwhelmed with toxic gas
Chlorine gas entered control room via intakes
Ventilation design & siting
Operators could not access respirators
Respirators locked in lockers
Respirators
No automated or remotely operated control valves at facility
Design
Supply on truck not turned off
Driver was in cab
Procedures
Driver was overwhelmed with toxic gas
Respirators
Emergency shutoff on truck not activated
Training
Workers inadvertently mixed sulfuric acid & sodium hypochlorite
Operator did not observe connection
Operator was distracted
Delivery occurred at shift change
Delivery schedules
Unloading procedures did not align with operator practice
Procedures
Training
Driver attached hose incorrectly but unlocked fill line
Unloading procedures did not align with operator practice
Procedures
Training
Same size fill line connections
Design
Two fill lines were ~18" apart
Design
No pipe markers at fill lines connections
Pipe Markings
KEY
Event
Condition
Causal Factors

付録B – 化学物質荷下ろし作業において推奨される対策

(このページは意図的に余白としている)

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

荷下ろし作業中の誤混合の回避

貨物タンク自動車（CTMV）で化学物質を受け取る施設向けに推奨される対策

施設は、化学物質の配送中に不慮の誤混合事故の発生可能性を評価する際や、使用する化学物質やその荷下ろし設備、または化学品流通会社に変更が生じた場合には、以下のチェック項目について検討することを強く推奨する[1]。

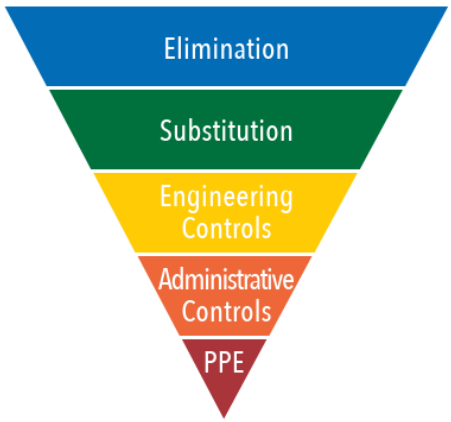
設計

- 荷下ろし設備およびプロセスに管理の階層化（hierarchy of controls）を適用する場合、混合を回避するため、より保護機能の高い安全対策（例えば、本質的に安全な戦略や設計管理）を実施または設置可能か？
- 作業員や運転手が設備とどのように関わるかを調査する際、どのようなヒューマンファクターの問題が誤混合の可能性を高めるか？
- 混合禁忌の化学物質の充填ラインまたは受入タンクは、隔離または距離を置いて設置できるか？
- 誤接続を防ぐために、充填ラインに独自の継手を選定することは可能か？
- あなたの施設には、緊急時にCTMVから施設の配管や機器への化学物質の流れを停止できる自動化機能が備わっているか（すなわち移送バルブに）？　それらの制御は、制御システムまたは緊急スイッチを通じてリモート操作可能か？
- 化学物質の移送設備には、運転手が該当する充填ラインを容易に特定できるよう、適切なラベルが貼られているか？　接続前に配管を追跡する必要がないよう、充填ラインにはラベルがしっかり貼付されているか？

配管マーキング

- あなたの施設は、化学品流通会社と協力して、流通会社が納入する各化学物質の荷下ろしに関して現場固有の手順を策定し、その手順内容に合意しているか？　混合禁忌の化学物質の混合が生じる可能性と緊急時対応計画について検討したか？　それらの手順や計画は、定期的に更新され、変更が生じるたびに相互に共有されているか？

管理の階層化（hierarchy of controls）



[1] 米国パイプライン・危険物安全局（PHMSA：Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration）によるCTMVに関するガイダンス. https://www.phmsa.dot.gov/staticfiles/PHMSA/DownloadableFiles/Files/ctmv_pocket_guide_short_09212015.pdf.

手順

- あなたの荷下ろしプロセスには、施設職員と運転手が協力して正しい接続を行うための確認手順が含まれているか？
- 荷下ろし作業の責任は明確に定義され、関係者全員に理解されているか？
- 流出や放出が発生した場合に備え、呼吸具や緊急避難用パックなどの個人用保護具（PPE）が、施設職員や運転手全員がいつでもすぐに利用できるような状態で保管されているか？
- 化学品流通会社と協力し、化学物質配送時の緊急事態における運転手の行動を定義しているか？　運転手がCTMVの緊急停止装置を作動させる方法について訓練を受けていることを確認しているか？

誤混合事故

CSBは、カンザス州アチソンにある施設で発生した、CTMVの硫酸が次亜塩素酸ナトリウムタンクに誤って混入した事故を調査した。これら2つの化学物質が混合することで化学反応が起こり、塩素ガスを含む濃い黄緑色の雲が発生した。何千人もの地域住民に屋内退避が命じられ、一部の地域では避難が行われた。一般市民や従業員など140人以上が医療措置を受け、入院が必要な者もいた。

CSBは、この事故や類似の事故は、化学物質の荷下ろしエリアの設計を改善し、混合禁忌の化学物質を誤って接続しないようにすることで防止できた可能性があると結論付けた。また、充填ラインの接続ポイントに明確な配管マーカーを設置することでも、CTMVと施設の充填ラインの接続時にミスを起こす機会を減少させることもできた。

化学物質荷下ろし作業中の事故防止は、化学品流通会社と化学物質を受け取る施設双方で**責任を共有**しなければならない。したがって、施設と流通会社は協力して役割と責任を明確に定義した手順書を策定し、合意の上で安全な荷下ろし作業の実施を確保する必要がある。

Case Study

U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board

化学物質の荷下ろし作業中の誤混合防止のための重要な教訓

カンザス州アチソンにおける化学反応と流出

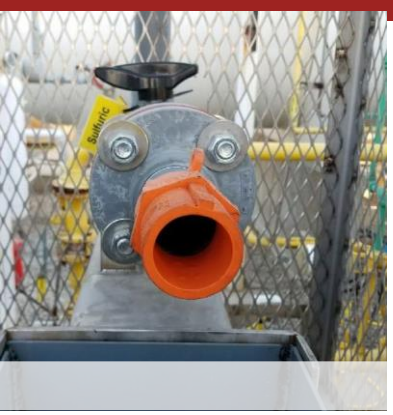
Members of the U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board:

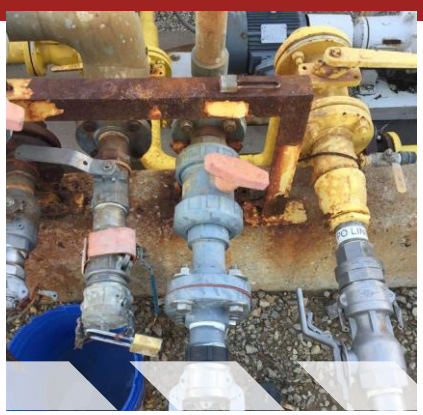
Vanessa Allen Sutherland, J.D./M.B.A.
Chairperson

Manuel Ehrlich
Member

Richard Engler
Member

Kristen Kulinowski, Ph.D.
Member





別添 6

重大事故等の調査報告書

令和 6 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故調査）における重大事故等の調査について

1. 趣旨

高圧ガス保安協会は、令和 6 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故調査）において、経済産業省の指示に基づき、令和 6 年(2024 年)11 月 29 日（金）15 時 59 分頃に愛知県で発生した事故について、早急に情報を収集するため、現地調査を実施した。

2. 事故概要

(1) 事故発生日時

令和 6 年(2024 年)11 月 29 日（金）15 時 59 分頃

(2) 場所

愛知県

(3) 被害の状況

① 人的被害

死者 1 名

② 物的被害

窯、工場の外壁等

(4) 事故の概要

瓦を焼くためのガス窯の点火作業中に爆発が発生し、工場の窓ガラス及び壁が破壊され、従業員 1 名が死亡した。この工場には、液化石油ガスを燃料とする窯があり、爆発の前には「窯の様子がおかしい」と死亡した従業員から事務所に連絡があった。工場に隣接する名古屋鉄道・三河線の線路に爆風で破片が飛散した影響で、碧南～刈谷市間の上下線で 1 時間 30 分程度の運転見合わせとなった。

3. 調査概要

(1) 日時場所

令和 6 年 12 月 4 日（水）13 時 00 分から 15 時 00 分まで

(2) 調査の概要

高圧ガス保安協会職員 3 名は、愛知県、経済産業省中部近畿産業保安監督部に同行し、以下のような内容について調査を行い、国に報告書を提出した。

① 高圧ガス保安法の許可、届出等
② 主な設備構成
③ 高圧ガスの使用方法
④ 事故時の状況
⑤ 事故原因、再発防止対策
⑥ 今後の状況

4. 過去の同種の事故の発生状況

事故事例データベースを用いて、事故事例データベースの事故概要に「瓦」が含まれる事故で、1次事象が「爆発」であるものを抽出したところ、21件の登録を確認した。うち、1件はB級事故であった。詳細は別添1のとおり。

以上

事故ｺｰﾄﾞ	事故区分	事故分類	事故名称	事故発生日	県名	死者	重傷	軽傷	計	物質名	1次事象	業種	設備区分	取扱状態	事故原因(主因)	事故原因(副因)	着火源	事故概要
1979-055	消費	C	消費中のＬＰガス爆発	1979/11/20	京都府	0	0	1	1	液化石油ガス	爆発	食品		＜消費中＞（停止）	＜点検不良＞			同工場は、昨夜19日午後7時に作業が終了し、約15分後ガスのタネ火を消し、午後10時半ごろ、工場内を見回った時は、ガスの臭いなど異常はなかった。ところが20日午前2時55分ごろ、突然爆音とともに火災が発生した。火災は約30分後に鎮火したが、工場内部の菓子製造に使用する機器は、すべて使用不能となり、建物の屋根は吹き飛び、コンクリート壁は落下、ヒビ割れし、裏の住家、離れのガラスのほとんどが割れ屋根瓦の3/1はずり落ちていた。中庭に駐車していた軽ライトバン自動車も爆風で横倒しとなった。付近一帯の民家にもガラス窓の破損の被害が及んだ。
1985-051	消費	C	ＬＰガス爆発	1985/4/6	三重県	0	0	0	0	液化石油ガス	爆発	窯業	熱処理炉	＜消費中＞	＜誤操作＞		裸火	製瓦用焼成炉に点火したところ、突然爆発が起こったが、直ちにＬＰガス容器のバルブを閉止したので、二次爆発には至らなかった。
1987-037	消費	C	ＬＰガス爆発	1987/3/13	兵庫県	0	0	0	0	液化石油ガス	爆発	窯業	熱処理炉	＜消費中＞	＜誤操作＞		裸火	瓦製造工場で、通常焼成炉に焼けた瓦が挿入された状態でブタンガスを注入し、高温の瓦の熱でブタンガスの分解反応によって燻化するが、事故時は瓦が挿入されない状態でブタンガスが注入され、排ガス処理炉の残火によって引火し爆発した。
1990-031	消費	C	焼成炉のガスバーナー立消えによる爆発	1990/6/22	兵庫県	0	1	0	1	液化石油ガス	爆発	窯業	熱処理炉	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞（置換不良）		裸火（バーナー）	瓦焼成のため焼成炉に点火したところ、燃料のブタンガスが漏れていたため、安全装置が働いて点火しなかった。窯の扉を開けてガスを抜いた後、再び点火したところ、突然燃え上がった。立消えしてから次の点火にいたる間、ガスが炉内に滞留し、それが着火により燃え上がった。
1990-041	消費	C	焼成炉点火中の爆発	1990/8/31	三重県	0	0	0	0	液化石油ガス	爆発	窯業	熱処理炉	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞（置換不良）		裸火（バーナー）	瓦製造用の焼成バーナーのバルブを開き、10分後に炉口より点火したところ、炉内で爆発が起こった。誤操作によりいぶし用生ガスのバルブを「開」としたため、生ガスが炉内に充満し、そこに焼成用バーナーに点火したため爆発した。
1990-056	消費	C	焼成炉のガスバーナー立消えによる爆発	1990/11/1	岐阜県	0	0	1	1	液化石油ガス	爆発	窯業	熱処理炉	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞（置換不良）		火花（電気）	瓦焼成炉に点火したのち１時間たってから炉を見たところ、立消えしていた。炉内のガスを排除するために、炉の扉を開け中のガスを扇風機で追い出そうとコンセントに接続したところ、炉内にガスが滞留していたため爆発した。
1991-048	消費	B	焼成炉のガスバーナー立消えによる爆発	1991/12/30	沖縄県	1	0	1	2	液化石油ガス	爆発	窯業	熱処理炉、バルブ	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞（置換不良）		裸火（バーナー）	従業員が瓦焼成炉のバーナーに点火し、自動運転に切換えた。約３時間後、操作盤を確認したところ、炉内温度が49゜Ｃを表示していたので送風機を停止し、ＬＰガス気化器入口バルブを閉め、さらにベーバーラインのバルブを閉めたとき爆発した。バルブ操作した工場長はバーナーの近くで倒れていた。
1993-050	消費	C	容器交換中のＬＰガス爆発	1993/10/15	鹿児島県	0	1	0	1	液化石油ガス	爆発	窯業	容器本体	＜その他＞（容器の交換）	＜誤操作＞（取扱不良）		不明	瓦工場で瓦の乾燥に使用するブタンガス容器の取替え作業をしていたところ、漏れたガスが引火し爆発した。作業員が顔や腕などに火傷を負った。鉄骨スレート工場及び容器を積んできたトラック１台が全焼した。
1997-086	消費	C	瓦製造工場でのＬＰガス爆発	1997/10/7	兵庫県	0	0	0	0	液化石油ガス	爆発	その他	熱処理炉	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞（置換不良）		裸火（バーナー）	瓦製造工場で焼成炉のバーナーに点火したところ、数秒後にバーナーに点火していないことに気付き、再度点火したところ焼成炉内に滞留していたガスに引火し爆発した。点火プラグにカーボンが付着しており点火しなかったもの。
1998-007	消費	C	焼成炉点火中の爆発	1998/2/13	福岡県	0	1	0	1	液化石油ガス	爆発	窯業	熱処理炉	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞（置換不良）		裸火（バーナー）	屋根瓦製造工場で焼成炉の扉を閉めバーナーに点火したところ突然爆発が起きた。この爆風によって鉄製の扉が吹き飛び作業員が重傷を負った。作業員が点火棒で点火した時、炉内に滞留していたＬＰガスに引火・爆発したもの。
2000-107	消費	C	焼成炉でのＬＰガス爆発	2000/12/4	兵庫県	0	1	0	1	液化石油ガス	爆発	窯業	熱処理炉	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞（置換不良）		裸火（バーナー）	瓦製造工場でガス焼成炉4基に火入れを行っていた。15時頃、炉に点火し、午前9時頃に自動的に消えることになっていた。午前7時30分頃に出勤した社員が4基の内1基の炉の火が消えているのに気づきバーナーのコックを閉止した時、炉内で爆発が起きた。爆風によって炉の扉が吹き飛び、従業員が両肩骨折の重傷を負った。炉の火が立消えしており、滞留したＬＰガスがバーナーの火によって引火し爆発したものとみられている。
2001-113	消費	C	瓦焼成炉でのＬＰガス爆発	2001/8/22	兵庫県	0	0	1	1	液化石油ガス	爆発	窯業	熱処理炉	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞（置換不良）		裸火（バーナー）	瓦製造工場の焼成炉で瓦を焼いていたところ、6本のＬＰガスバーナーの内2本の炎が消えているのに気付き点検の後、再点火したところ爆発が起きた。この爆発で作業員が軽いやけどを負った。

2005-316	消費	C	バーナーの点火ミスによる液化石油ガスの爆発	2005/10/24	岩手県	0	1	0	1	液化石油ガス	爆発	食品	容器本体、バーナー	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞		裸火（ライター）	社長が工場内のせんべいを焼く機械のバーナーに点火したが、その際、バーナーに着火したかどうか確認しなかった。その後、確認したところ火が消えていたので再度点火したところ、漏れていた液化石油ガスが爆発し、社長が頭、手に火傷を負った。爆発した機械は工場に据え付けられているもので、煉瓦造りの炉でせんべいを乾燥させるものであり、炉のバーナーはライターにより点火する方法であった。消費者がバーナーの着火を確認しなかったこと、ガスの漏えいに気付かずに、点火しようとしてしまったことが原因とみられる。
2008-037	消費	C	焼成炉における液化石油ガスの爆発	2008/1/14	愛媛県	0	0	1	1	液化石油ガス	爆発	窯業	容器本体、焼成炉	＜消費中＞	＜誤操作＞		裸火	瓦を焼く焼成炉を使用しようとしていたところ、点火しなかったため、しばらくして再度点火しようとした際、爆発が発生し、従業員１名が顔にやけどを負った。原因としては、最初の点火を失敗した際に焼成炉内に液化石油ガスが漏えい、炉内に滞留し、そのまま点火作業を実施したため、爆発が起こったものとみられる。
2008-098	消費	C	瓦焼成炉における爆発	2008/2/6	兵庫県	0	0	0	0	液化石油ガス（プタン）	爆発	窯業	焼成炉	＜運転切替中＞	＜誤判断＞、＜認知確認ミス＞		自然発火	瓦製作工場において、焼成炉に瓦を入れて980℃で運転したあと、930℃で燻し工程に入り、翌日の9:00頃に火を消して冷却を始めた、翌々日の朝、冷却が完了した判断し、炉の前面扉を開けたところ、爆発が発生した。この事故により作業員1名が軽傷を負った。原因として、通常は炉内温度が約400℃以下になった時点で冷却を終了するが、事故当日は、より高温の状態で終了し、扉を開けたものとみられる。炉内には燻し処理中のためのプタン分解ガス及び残留プタンが滞留しており、扉を開けた際、大量の空気が流入し、爆発的に燃焼が起こったものとみられる。なお、炉内温度を測定する温度計は、正常に作動することが確認されており、扉を開放する際に作業員が炉内温度の確認を実施していなかった。
2008-198	消費	C	焼成炉点火作業中の爆発	2008/3/5	山梨県	0	0	0	0	液化石油ガス	爆発	窯業	焼成炉	＜スタートアップ中＞	＜操作基準の不備＞、＜認知確認ミス＞		裸火	瓦を焼成するための炉において、点火するためにガス栓を開いたが、点火器が無いことに気づき、ガス栓を開いたまま点火器を取りに焼成炉から離れた。点火器をもって作業場に戻り、焼成炉を点火したところ、炉内に滞留していたガスに着火し爆発が発生した。この爆発により、建屋のガラス、シャッター、焼成炉が破損した。なお、作業者は、爆風口の裏側から点火したため、負傷しなかった。今後は、ガス漏れ警報器を追加し、作業手順・点検管理表の作成と運用を実施することとした。
2008-335	消費	C	瓦工場におけるガス加温式気化器での爆発	2008/6/3	愛媛県	0	0	1	1	液化石油ガス	爆発	窯業	気化器、バーナー	＜消費中＞	＜誤判断＞、＜認知確認ミス＞		裸火（バーナー）	瓦製造工場において、液化石油ガス（プタン）供給設備に付属しているガス加温式気化器の種火バーナーに火が点かなかったため、当事業所にガスを供給している販売事業者に連絡した。販売事業者が現場に到着し、状況を確認したところ、工場従業員は、液化石油ガス供給ラインの常用側がガス切れとなっていたため、予備ラインに切り替えた状態にしていた。販売事業者は、点検を行い、異常がないことを確認した後、気化器の口火確認窓のガラス付きふたを開け、窓から内部を覗きつつ点火操作を実施したところ爆発が発生した。この事故により、従業員1名が軽傷を負った。原因は、再三の点火失敗により、気化器内部に液化石油ガスが滞留していたためである。滞留ガスを排除した際、ガス臭がしなかったので、ガス検知器による確認を怠った。また、当気化器は約1か月間使用されておらず、点火装置に不具合が生じていたことも一因である。その結果、点火操作を実施した際に気化器内部に滞留していたガスに着火、爆発したものとみられる。事故後、販売事業所において、気化器の作動原理、取扱い方法等について従業員に教育が実施された。
2010-044	消費	C	瓦製造工程にある炉の爆発	2010/2/28	兵庫県	0	0	0	0	液化石油ガス	爆発	窯業	炉、バーナー	＜消費中＞	＜認知確認ミス＞		裸火（バーナー）	瓦の製造工程において、2日間焼成炉内で寝かせた瓦を焼成するため、アフターバーナー（炉内に空気の流れを生成するため、メインバーナー点火前に点火するバーナー）に点火後、しばらくして炉内で爆発が起き、瓦投入口の扉が吹き飛んだ。作業者は既に現場を離れていたため、怪我はなかった。原因は、コミライン（焼成した瓦の表面に炭素の膜を生成させる目的で、生のＬＰガスを吹き付ける工程に使用するライン）の元バルブの閉め忘れ又はコミラインからのガスの漏えいにより、炉内に高濃度のLPガスが充満し、アフターバーナーの点火に伴い、空気と混合したため、爆発したものと推定される。
2016-390	**消費**	**C 1**	**ＬＰガス消費設備での爆発**	**2016/9/13**	**愛知県**	**0**	**0**	**0**	**0**	**液化石油ガス**	**爆発**	**窯業**	**燃焼器**	**＜消費中＞**	**＜誤操作、誤判断＞**		その他（燃焼器）	**瓦工場の2号窯のガスバーナーに作業者が点火しようとしたが、最初は不着火であった。ガスバーナーのコックを開けた状態で数秒間経過した後、再点火したところ、焼成窯内に滞留したLPガスに引火して爆発した。当該作業場の窓ガラスと焼成窯の扉が破損した。その他周囲に被害はなかった。鬼瓦の焼成窯のガスバーナーに最初の点火を試みて不着火となった際に、ガスバーナーのコックを閉め忘れてしまった。ガスバーナーのコックを開いた状態で数十秒間経過した後に再点火を行ったところ、再点火までの間に、焼成窯の内部にLPガスが充満していたため、爆発に至ったと推定される。**

2018-081	消費	Ｃ１	炉内に滞留した液化石油ガスに着火、爆発	2018/3/31	愛媛県	0	0	0	0	液化石油ガス	爆発	窯業	容器本体、調整器	＜消費中＞	＜誤操作、誤判断＞		火花（電気）	瓦を焼成するため、燻焼炉のバーナー全3基中2基に点火しようとしたが火がつかなかった。そのため、もう1基のバーナーを使うため点検に移ったが点検の間、LPガスは供給したままであった。点検後、換気を行わずに当該1基のバーナーに点火した結果、燻焼炉内に充満したLPガスに引火、爆発した。爆発の衝撃で供給設備が自動停止したため、爆発後のガス漏えいはなく、火災にも発展していない。
2023-035	消費	Ｃ１	液化石油ガス爆発事故	2023/1/31	埼玉県	0	0	0	0	液化石油ガス	爆発	窯業	その他(LPガス消費設備(瓦等焼き物製造用焼成炉))	＜消費中＞	＜誤操作、誤判断＞			瓦等焼き物を製造するための炉で、はじめに「燃焼用LPガス」にて炉内温度を上げるところ、バルブ操作の手順を誤り、先に「燻し用LPガス」を炉内に導入し、LPガスバーナーに着火したため、炉内で異状燃焼をきたした。

別添 7

視聴覚資料の補足説明資料

令和 6 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業
（石油精製プラント等の事故調査）
高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備（国内）　補足説明資料

タ イ ト ル	見落とされた 2 ㎜～メカニカルシールからの毒性ガス漏えい～
事 故 事 例	【整 理 番 号】2023-060 【事故の呼称】アンモニア漏えい事故
映 像 時 間	10 分 59 秒
資料の概要	2023 年に発生した高圧ガスの漏えい事故を題材とした視聴覚資料。 資料の構成は、次のとおり。 1. 事故の報道、事故の概要 2. 事故の詳細（時系列を含む。） 3. 事故原因と事業所の再発防止対策 4. 事故の教訓 5. まとめ
事故の概要	【事故発生日時、場所】2023 年 2 月 14 日（火）9 時 15 分、愛媛県新居浜市 【施 設 名 称 、 機 器】液安貯蔵プラント、ポンプ 【高圧ガスの種類（名称）】可燃性毒性ガス（アンモニア） 【常用圧力、常用温度】2.02MPa、－33～＋50℃ 【被　害　状　況】人的被害：なし、物的被害：なし 【事　故　の　概　要】 低温の液化アンモニアを貯蔵し、送液するプラントにおいて、ポンプのモータを点検整備するため、協力会社の作業員が、モータを取り外す作業をしているとき、メカニカルシールからアンモニアガスが漏えいした。
アンモニアの性質など[1)]	・ 高圧ガス保安法では、可燃性ガスおよび毒性ガスに分類される。 ・ アンモニアそのものは比較的安定ではあるが、酸やハロゲンとはきわめてよく反応する。 ・ 息詰まるような刺激臭があり、目に対してきわめて危険である。 ・ 標準大気圧における沸点は－33.4℃。 ・ 臨界温度は 132.5℃。 ・ 気体のアンモニアは水によく溶けるので、除害剤として水が使用できる。 ・ 液化アンモニアが蒸発すると、0℃、標準大気圧では、体積が 800 倍のアンモニアガスとなる。 ・ 1 日 8 時間労働における職場の空気中のアンモニアガスの許容濃度は 25ppm である。 許容濃度（2020 年の ACGIH の勧告値）は、次のとおり。 長 期 暴 露 限 界 値（ＴＬＶ-ＴＷＡ） 25ppm 短時間暴露限界値（ＴＬＶ-STEL） 35ppm
部門員、作業員の職制	【事業所の操業課員】工事管理、工事前の環境設定を実施 【協力会社の作業員】現場でポンプ取り外し作業を実施

リスクコミュニケーション	・　事故発生時、周辺住民に対し敷地境界に設置された広報塔による広報を実施、特にガス漏洩事故の場合、広域影響を考慮して室内待機を要請。 ・　事故発生時、ワンタッチオートダイヤルにて、近隣自治会長、学校、教育委員会へ火災・液漏れ・ガス漏れのどのタイプの事故なのか電話連絡が入るようになっている。
用語解説	【メカニカルシール】 ポンプや撹拌機などの回転機器に取り付けて、高圧力・高速回転する軸のまわりから流体の漏れを制御する部品。 【除害作業】 毒性ガスが漏えいしたとき、その毒性ガスを人畜及び植物に被害を及ばさないように処理すること。処理の具体的な方法は、拡散を防止すること、吸収・吸着（水又は吸着剤による。）、中和（中和剤による。）すること、燃焼させること等である。 【縦型ポンプ】 電動機やベアリング（玉軸受）が床面上にあるため、メンテナンスが容易。水中ポンプと違い、電動機が陸上にあること、水中ケーブルを使用していないことで絶縁低下のトラブルが少なくなる。 【セットプレート】 ポンプのモータを取り外す際、メカニカルシール脱落防止のため差し込むプレート。 【ガス検知器（北川式ガス検知管）】 北川式ガス検知器は、「検知管」と「ガス採取器」で 構成されている。 検知管に試料ガスを通気すると薬剤が特定のガスと 反応して変色する。変色した先端の目盛りを読み取る だけでガス濃度が判る。 【工事仕様書】 工事仕様書とは、工事を行う際に必要な材料の品質や、施工手順を詳しく指示する図書のこと。
参考資料	・　高圧ガス事故概要報告（2023-060　アンモニア漏洩事故） https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/2023/03_2023-060.pdf

参考文献

1） 高圧ガス保安技術第 20 次改訂版、高圧ガス保安協会

令和 6 年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業
（石油精製プラント等の事故調査）
高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備（国内）　補足説明資料

タイトル	思い込みの代償～超低温容器からの液化酸素漏えい～
事故事例	【整理番号】2021-469 【事故の呼称】液化酸素ガス漏えい事故
映像時間	10 分 31 秒
資料の概要	2021 年に発生した高圧ガスの漏えい事故を題材とした視聴覚資料。 資料の構成は、次のとおり。 1. 事故の報道、事故の概要 2. 事故の詳細（時系列を含む。） 3. 事故原因と事業所の再発防止対策 4. 事故の教訓 5. まとめ
事故の概要	【事故発生日時、場所】2021 年 11 月 10 日（水）9 時 10 分、福岡県北九州市 【施設名称、機器】液化酸素消費設備、超低温容器（176 リットル） 【高圧ガスの種類（名称）】支燃性ガス（酸素） 【常用圧力、常用温度】1.34MPa（最高充塡圧力）、－℃（消費） 【被害状況】人的被害：重傷者 1 名、物的被害：なし 【事故の概要】 液化酸素容器（超低温容器）から高圧ガスを消費するため、作業員が液化酸素容器の加圧調整弁を操作して、液化酸素容器内の圧力をより高めようとした。しかし、保圧弁の取付けナットを加圧調整弁のロックナットと誤認し、緩めたため、保圧弁が脱落し、液化酸素が漏えいした。
酸素の性質など[1)]	・ 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。 ・ 地球において、重量割合で空気中に 23.0%存在する。 ・ 酸素ガスは無色、無味、無臭の気体で、空気よりやや重い。 ・ 液化酸素は淡青色の透明な液体で、水よりやや重い。 ・ 標準大気圧における沸点は－183.0℃、融点は－218.4℃。 ・ 臨界温度は －118.4℃。 ・ 液化酸素が蒸発すると、0℃、標準大気圧では、体積がおよそ 800 倍の酸素ガスとなる。
部門員、作業員の職制	【作業員】製品の加工、溶接等を担当。ベテラン作業員。 【作業指揮者】クルー（作業者）に作業目的、方法、手順を説明し、役割分担を決め、安全・防災上のポイントを具体的かつ明確に指示を行なう者。
用語解説	【製缶作業】 鉄やステンレスなどの金属を切断や曲げの加工・溶接などを行い、クレーンや船の部品、建物の骨組み等を作り出す加工のことをいう。また、機械を用いてより複雑な形状の構造物を作り出すことから、板金加工とは区別して考え

	られる。 【線状加熱作業】 線状加熱とは、金属板の切断や溶接の際に問題となる局所熱応力による塑性変形を逆に利用して曲面形成を行う造船固有の加工法をいう。 【専用の皮手袋】 耐水性、耐寒性を備えた寒剤用グローブ、乾いた革手袋などの保護具をいう。 【超低温容器[2)]】 温度が零下50度以下の液化ガスを充填することができる容器であって断熱材で被覆することにより容器内のガスの温度が常用の温度を超えて上昇しないような措置を講じてあるものをいう。 【附属品】 容器に高圧ガスを充填しようとするときに、その容器に装置されていなければならないバルブ、安全弁等をいう。 【加圧弁[3)]】 加圧調整弁の元弁で、ガス使用時に開く。保圧弁と呼ばれる場合もある。 【（加圧）調整弁[3)]】 容器内圧を設定圧力まで上昇させ、自動的にその設定圧力を保持する。この弁は自動で容器内圧が設定圧力より低いと弁は開き、設定圧力に達すると弁は閉じる。 【加圧コイル[3)]】 容器の外槽内側真空部に取り付けられており、このコイルに流入した液化ガスは気化ガスとなり、内槽上部に戻される。 【真空断熱[4)]】 内槽と外槽の間に断熱材を積層し、かつ、常温において10Pa程度まで真空引きされたものをいう。 【カードル[5)]】 2つ以上の容器を1つのフレームに固定したもので、集合容器という。
参考資料	・　高圧ガス事故概要報告（2021-469　液化酸素ガス漏えい事故） https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/2022/09_2021-469.pdf 視聴覚資料では、教訓④について、事故調査解析委員会に確認のうえ、一部修正を行っている。 また、視聴覚資料では、統一性を持たせるため、「保圧弁」「保圧バルブ」を「加圧弁」、「加圧調整弁」を「調整弁」としている。 本事例以外の超低温容器に関する高圧ガス事故概要報告 ・　高圧ガス事故概要報告（2016-343　液化酸素容器の破裂） https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/ippan_soku/2016-343.pdf ・　高圧ガス事故概要報告（2004-038　医療用超低温酸素容器の爆発） https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/2004-038.pdf

参考文献
1） 高圧ガスの取扱ガイドブック 第3次改訂版液化酸素編、特別民間法人高圧ガス保安協会
2） 高圧ガス保安法規集 第22次改訂版、高圧ガス保安協会
3） 可搬式超低温液化ガス容器 取扱説明書、株式会社クライオワン
4） 高圧ガス保安技術 第20次改訂版、特別民間法人高圧ガス保安協会
5） 高圧ガス・液化石油ガス法令用語解説 第6次改訂版、特別民間法人高圧ガス保安協会

（様式２）

二次利用未承諾リスト

報告書の題名　令和６年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故調査）報告書

委託事業名　令和６年度石油・ガス供給等に係る保安対策調査等事業（石油精製プラント等の事故調査）

受注事業者名　高圧ガス保安協会

頁	図表番号	タイトル
264-268	別添5-3	マラソン・マルティネス再生可能燃料施設における加熱炉管の破裂および火災
269-402	別添5-4	ハリケーン・ハービーによる洪水後にアルケマ・クロスビーにおいて発生した有機過酸化物の分解、流出、火災
403-461	別添5-5	化学物質の荷下ろし作業中の誤混合防止のための重要な教訓