

平成 29 年度経済産業省委託

石油精製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)
石油精製業等の最近の事故調査報告書

平成 30 年 3 月

高压ガス保安協会

目次

目 次

1. 総論	1
1.1 趣旨	1
1.2 委員会	1
1.3 委員構成（敬称略、順不同）	1
1.4 委員会の開催状況	2
2. 高圧ガス事故概要報告	2
3. メール配信	4
4. まとめ	6
4.1 高圧ガス事故概要報告	6
(1) 総括	6
(2) 事故の抽出	6
4.2 メール配信	6
4.3 今後の事故分析への提言	6

別添 1 高圧ガス事故概要報告

1.1 液化塩素製造施設からの塩素漏えい	9
1.2 重油直接脱硫装置の圧力計配管からの内部流体の漏えい火災	13
1.3 熱交換器から可燃性ガス漏えい、火災	19
1.4 反応器出口配管からシクロヘキセン漏えい	23
1.5 ドレン配管からベンゼン漏えい	27
1.6 圧縮水素スタンドの水素漏えい	31
1.7 圧縮水素スタンドの緊急離脱カプラ継手部から水素漏えい	35
1.8 液化酸素容器の破裂	39
1.9 冷凍設備からアンモニア漏えい	45
1.10 冷凍設備からアンモニア漏えい	49

1. 総論

1.1 趣旨

石油精製プラント等の事故情報調査（以下、「本調査」という。）は、石油精製プラントの安全操業を確保するため、石油精製プラント等における高圧ガス事故について調査を行い、再発防止のための効果的な対策について検討し、周知することにより、もってコンビナート事業所における事故災害を未然に防止することを目的とする。

このため、本調査では、経済産業省商務流通保安グループ保安課高圧ガス保安室から提供された高圧ガス事故報告情報の中から、平成 28 年以降に報告され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を抽出して、現地調査を含む事故原因の調査解析を行い、個別の事故事例ごとに、高圧ガス事故概要報告を作成した。

1.2 委員会

本調査の実施に当たって、高圧ガス保安協会（KHK）に高圧ガス事故調査解析委員会を設置し、事故事例の調査、解析、評価、再発防止策、教訓などについて検討を行った。

1.3 委員構成（敬称略、順不同）

委員長	小林 英男	東京工業大学	名誉教授
副委員長	三宅 淳巳	横浜国立大学先端科学高等研究院	副研究院長・教授
委員	木村 雄二	工学院大学	名誉教授
	辻 裕一	東京電機大学	工学部 機械工学科 教授
	堀口 貞茲	元 国立研究開発法人	産業技術総合研究所
	横山 千昭	東北大学	多元物質科学研究所 教授
	村田 耕三	山口県	総務部 消防保安課 調整監
	中条 孝之	三重県	防災対策部消防・保安課 主幹

オブザーバー

厚生労働省労働基準局 安全衛生部化学物質対策課
消防庁特殊災害室 コンビナート保安係
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
危険物保安技術協会 事故防止調査研修センター
石油連盟 技術環境安全部
石油化学工業協会 技術部
一般社団法人 日本化学工業協会 環境安全部
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
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 安全工学会

1.4 委員会の開催状況

表 1 事故調査解析委員会の開催状況一覧表

回 数	開 催 日	議 事 内 容
第 1 回	平成 29 年 10 月 26 日（木）	◎ 平成 29 年度事業計画の審議 ◎ 個別事故の調査先の審議
第 2 回	平成 30 年 1 月 11 日（木）	◎ 高圧ガス事故概要報告の審議
第 3 回	平成 30 年 2 月 21 日（水）	◎ 高圧ガス事故概要報告の審議
第 4 回	平成 29 年 3 月 19 日（月）	◎ 高圧ガス事故概要報告の審議 ◎ 平成 29 年度報告書（案）の審議

2. 高圧ガス事故概要報告

石油精製プラント等に関する事故情報として、表 2（平成 28 年度実施分 10 件）に示す事例について、それぞれ事故概要、事故原因、再発防止対策、教訓などを簡潔にまとめた高圧ガス事故概要報告を作成した。また、高圧ガス事故概要報告に記載している図表、写真の提供者および事故を起こした事業者に対し、経済産業省または KHK が不特定多数に公開することについて了解を得たのち、KHK のホームページ（下記の URL）で高圧ガス事故概要報告の情報提供を行った。

○冷凍保安規則関係事故

http://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/ref.html

○コンビナート等保安規則関係事故

http://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/comb.html

○一般高圧ガス保安規則関係事故

http://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/gen_lp.html

○その他（高圧ガス保安法以外）

http://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/other.html

平成 29 年度に情報提供した高圧ガス事故概要報告を、別添 1 に示す。

別添 1 高圧ガス事故概要報告 1.1～1.10

表 2 高圧ガス事故概要報告一覧表（平成 29 年度実施分）

別 添 1	区分	事故の呼称 (code 番号)	Code	事故 発生日	委員会 審議日	ホーム ページ 掲載日
1.1	コンビ	液化塩素製造施設からの塩素漏えい	2016 -139	H28.3.30	H30.3.19	H30.3.28
1.2	コンビ	重油直接脱硫装置の圧力計配管からの 内部流体の漏えい火災	2016 -171	H28.5.17	H30.3.19	H30.3.28
1.3	コンビ	熱交換器から可燃性ガス漏えい、火災	2016 -284	H28.7.22	H30.3.19	H30.3.28
1.4	コンビ	反応器出口配管からシクロヘキセン漏 えい	2016 -028	H28.1.24	H30.3.19	H30.3.28
1.5	コンビ	ドレン配管からベンゼン漏えい	2016 -117	H28.4.14	H30.3.19	H30.3.28
1.6	一般	圧縮水素スタンドの水素漏えい	2016 -082	H28.3.8	H30.3.19	H30.3.28
1.7	一般	圧縮水素スタンドの緊急離脱カプラ継 手部から水素漏えい	2016 -186	H28.5.23	H30.3.19	H30.3.28
1.8	一般	液化酸素容器の破裂	2016 -343	H28.9.10	H30.3.19	H30.3.28
1.9	冷凍	冷凍設備からアンモニア漏えい	2016 -040	H28.2.8	H30.3.19	H30.3.28
1.10	冷凍	冷凍設備からアンモニア漏えい	2016 -318	H28.8.27	H30.3.19	H30.3.28
区分	冷凍：冷凍保安規則関係事故、コンビ：コンビナート等保安規則関係事故、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、その他：高圧ガス保安法適用外の事故（危険 物など）					

3. メール配信

高圧ガス事故概要報告は、KHK のホームページで情報提供するとともに、高圧ガス事故概要報告のホームページへの掲載を周知する目的で、事業者、学識経験者および行政機関等へプライバシーの保護を考慮して、メール配信を行った。

メール配信先は、KHKが発行するメールマガジンの購読希望者として登録しているアドレス宛（平成30年3月現在1,125件）に配信した。

配信結果一覧表を表3に示す。また、配信メールの一例を以下に示す。

○配信メールの例（平成30年3月28日付け）

KHK NEWS WATCHING

KHK メールマガジン＜事故レポート＞（2018/3/28 発行）

高圧ガス保安協会 (KHK)

■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ <http://www.khk.or.jp> ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■

★★★ 目 次 ★★★

◆事故調査解析委員会からの報告

事故調査解析委員会がとりまとめた、高圧ガス事故概要報告書を更新致しました。

コンビナート等保安規則関係事故

- 液化塩素製造施設からの塩素漏えい
- 重油直接脱硫装置の圧力計配管からの内部流体の漏えい火災
- 熱交換器から可燃性ガス漏えい、火災
- 反応器出口配管からシクロヘキセン漏えい
- ドレン配管からベンゼン漏えい

https://www.khk.or.jp/activities/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

- 圧縮水素スタンドの水素漏えい
- 圧縮水素スタンドの緊急離脱カプラ継手部から水素漏えい
- 液化酸素容器の破裂

https://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/gen_lp.html

冷凍保安規則關係事故

- 冷凍設備からアンモニア漏えい（２件）

https://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/ref.html

表 3 配信結果一覧表

番号	事故の呼称	Code	配信日
1.1	液化塩素製造施設からの塩素漏えい	2016 -139	H30.3.28
1.2	重油直接脱硫装置の圧力計配管からの内部流体の漏えい火災	2016 -171	H30.3.28
1.3	熱交換器から可燃性ガス漏えい、火災	2016 -284	H30.3.28
1.4	反応器出口配管からシクロヘキセン漏えい	2016 -028	H30.3.28
1.5	ドレン配管からベンゼン漏えい	2016 -117	H30.3.28
1.6	圧縮水素スタンドの水素漏えい	2016 -082	H30.3.28
1.7	圧縮水素スタンドの緊急離脱カプラ継手部から水素漏えい	2016 -186	H30.3.28
1.8	液化酸素容器の破裂	2016 -343	H30.3.28
1.9	冷凍設備からアンモニア漏えい	2016 -040	H30.3.28
1.10	冷凍設備からアンモニア漏えい	2016 -318	H30.3.28

4. まとめ

4.1 高圧ガス事故概要報告

(1) 総括

- ① 本調査では、平成 28 年以降に報告された石油精製業等に対し教訓として価値が高いと思われる 10 件の事故を抽出し、それぞれの事故について、事故概要、事故原因、教訓などを簡潔にまとめた「高圧ガス事故概要報告」を作成した。
- ② 「高圧ガス事故概要報告」は、事故を起こした事業者の了解を得たのち、KHK のホームページで情報提供を行った。さらに、高圧ガス事故概要報告のホームページへの掲載を周知する目的で、事業者、学識経験者等へメール配信を行った。
- ③ 平成 30 年 3 月における KHK ホームページ内の「高圧ガス事故事例」のページビュー数は、2,905 件（前年同期：3,343 件）であった。

(2) 事故の抽出

- ① 平成 28 年以降に報告された事故のなかから、石油精製業等に対し教訓として価値が高いと思われる事故のうち、コンビナート事業所におけるリスクの大きい事故として、1) 人身被害が発生した事故（被害が大きい事故）、2) 人身被害が想定される爆発事象、火災事象、破裂・破損事象、毒性ガスの噴出・漏えい、可燃性ガスまたは酸素の大量噴出・漏えいの事故（危険性の高い事故）、コンビナート事業所以外の事故として、3) 圧縮水素スタンドの事故（火災事象、破裂・破損事象の事故など）、4) 多数の人的被害を伴う冷凍装置の事故、5) 高圧ガス事故以外の事故などを含む 14 件を抽出した（表 2 参照）。
- ② 抽出した事例について、他事業者の気づきや参考となる情報を入手するため、事業者の協力を得て現地ヒアリングを実施し、事故概要、事故原因、再発防止対策、教訓などとともに、図、写真も交え、A4 数枚程度で簡潔に整理した「高圧ガス事故概要報告」を作成した。

4.2 メール配信

高圧ガス事故概要報告は、KHK のホームページで情報提供するとともに、ホームページへの掲載を周知する目的で、事業者、学識経験者および行政機関等へプライバシーの保護を考慮して、メール配信を行った。

平成 29 年度に配信したメールは、KHK が独自に発行しているメールマガジンの購読希望者として登録しているアドレス宛（平成 30 年 3 月現在 1,125 件）に配信した。

4.3 今後の事故分析への提言

高圧ガスによる災害の未然防止、再発防止を図るためには、事故情報は重要な教訓であり、石油精製業のみならず、化学、冷凍、その他の業種なども含めた幅広い事故情報の活用、共有が重要となる。

以上

別添 1 高压ガス事故概要報告

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2016-139	事故の呼称 液化塩素製造施設からの塩素漏えい事故			
発生日時 2016 年 3 月 30 日(水) 11 時 04 分		事故発生場所 愛知県 名古屋市	事故発生事象 1 次)噴出・漏えい	事故発生原因 主)組織運営不良 副)操作基準書の 不備
施設名称 液化塩素製造施設	機器 フランジ締結部		材質 フランジ材質 S25C	概略の寸法 フランジ径 95mm
ガスの種類および名称 塩素	高圧ガス製造能力 839, 920m ³ /日(標準状態)		常用圧力 0. 75MPa	常用温度 17℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害:あり 物的被害:なし				
事故の概要 液化塩素製造施設は、精製した塩水を電気分解して、塩素、水素及び苛性ソーダを生産する設備である(図-1)。当該事業所には2系統の塩素の液化設備(A 系液化設備、B 系液化設備)あり、事故当時はA系機器整備のため A 系は停止、B 系は通常運転となっていた(図-2)。 整備中のA系液化設備において、協力会社従業員が弁の開放検査後の復旧準備のため、閉止板を取り外した際、配管内部の液化塩素が気化し塩素ガスとして漏えいし、吸引した事故が発生した(図-3)。 以下、事故の概要を時系列で記す(図-4)。				
【3月30日】 作業は、社員 1 名及び協力会社従業員 2 名で行っていた。				
1. 8:40 頃 社員から、当日の作業指示があった。 ・A系液化設備の弁の開放検査後の復旧準備のため、取り外した弁②の二次側フランジの閉止板を一旦取り外し、フランジ当たり面を清掃後、再び閉止板を取り付ける作業を行う。 弁②の他、停止中の A 系液化設備の弁整備の都合で閉止板を設置した箇所の一次側及び二次側フランジ当たり面の清掃と清掃後、再び閉止板を取り付ける作業も行う。 ・閉止板の取り外しは社員が行い、塩素除害設備にブロワーで吸引している除害ホースをあてがって閉止板の取り外し作業を行う。				
2. 11:04 頃 ・予め社員が取り外していた弁②の二次側フランジの当たり面を協力会社従業員が、清掃後、閉止板を取り付け、この作業の流れで、一次側閉止板の取り外し作業に取りかかった。 この時点で、閉止した弁①に内漏れがあったため、弁①～弁②の一次側閉止板間に液化塩素が滞留していた。 ・弁②の一次側閉止板のボルトを緩めた時点で“ブツ”という音がして黄色いガスが発生した。2階にいた社員が音に気づき、1階に移動し、作業をしていた協力会社従業員2人に避難指示を出した。				

3. 11:04～11:06 頃

漏えい箇所から、約 30m 範囲内の塩素漏洩検知計 4 計器で警報発令。

※警報設定点 0.5ppm

4. 11:10

・作業指示者の社員 1 名が空気呼吸器を装着し、漏えいしているフランジに除害ホースを取り付け、その後、応援者(社員) 1 名と共に以下処置を行い、漏えいを止めた。

1) 漏えい部に除害用ホースを装着し、ガス吸引した。

2) 弁①を、ハンドル回しにて強く増し締め直した。

3) 弁②の一次側閉止板のボルト・ナットを増し締めし、ガス漏えいを止めた。

なお、噴出・漏えいの程度は、塩素ガスとして 10L 以下であった。

事故発生原因の詳細

(作業管理面の原因)

1) A 系液化設備と B 系液化設備は、弁①を閉止して縁切りをし、A 系側は配管内の液化塩素を塩素除害設備で処理した後、空気置換していた。

2) 弁②の整備のため、弁②の取り外し作業を行った。(弁②の取り外し作業中は、除害ホースを吸引しながら弁を取り外した)その後、取り外した一次側フランジ及び二次側フランジに閉止板を取り付けた。

3) B 系側の閉止した弁①は内漏れしており、弁①～弁②の一次側閉止板間には液化塩素が滞留した。

4) 作業の予定のない弁②一次側フランジ面の清掃を、協力会社従業員が清掃を行なおうとし、除害ホースを使用せずに閉止板取り外し作業を行った。

5) 一次側フランジの閉止板を取り外す際の滞留していた液化塩素が気化し漏えいし、作業を行っていた協力会社従業員が吸引した。

(設備管理面の原因)

A 系液化設備と B 系液化設備の縁切りのため、弁①を閉止したが、内漏れが起こり、配管内に液化塩素が滞留した。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(作業管理面の対策)

1) 毒性ガスが通る装置において、閉止板取り外しの場合は、社員が作業を実施することを文書で周知する。

2) また、弁は内漏れする可能性があることを前提に、閉止板の取り外し作業等において協力会社も除害ホースの使用及び防毒マスクの装着を義務付けて実施する。上記内容を主旨とした内容を作業基準に追加した。

3) 社員は、協力会社との作業前ミーティングで、「作業内容」、「危険性」、「注意事項」、「禁止事項」を具体的に説明し、指示する。

4) 近接して別系統が運転している場合は、「運転中」、「停止中」の表示を設置する。

(設備管理面の対策)

2 系統(運転中、停止中)の液化設備を縁切りする場合には、共通配管部(図-4 の破線部分)は取り外し、縁切りのため閉止した運転中側の弁には、2 重対策として、閉止板を取り付ける。

教訓(事故調査解析委員会作成)

1) 2 系統の設備で、一方の系を運転中に他方の系を開放する場合、2 系統を遮断する弁から必ず漏れが起こる(内漏れ)。

2) 内漏れに対して、二重弁などの設備上の対策と、開放作業の手順書の作成と実行が必須である。

事業所の事故調査委員会

事故対策会議を開催(平成27年4月1日)

10:30～11:30 16:30～18:00 ※委員会を午前と午後で実施

ソーダ課課長、課員、他部署の代表、環境保安課

事故原因、対策等を検討

備考

なし

キーワード

液化塩素製造施設、塩素ガス、閉止板、2系統設備、縁切り、フランジ、弁、内漏れ

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

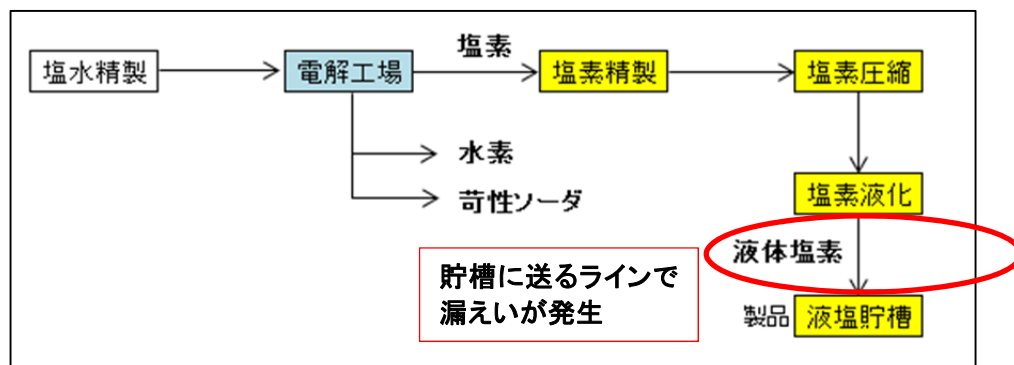


図-1 電解フロー図(事業所提供)

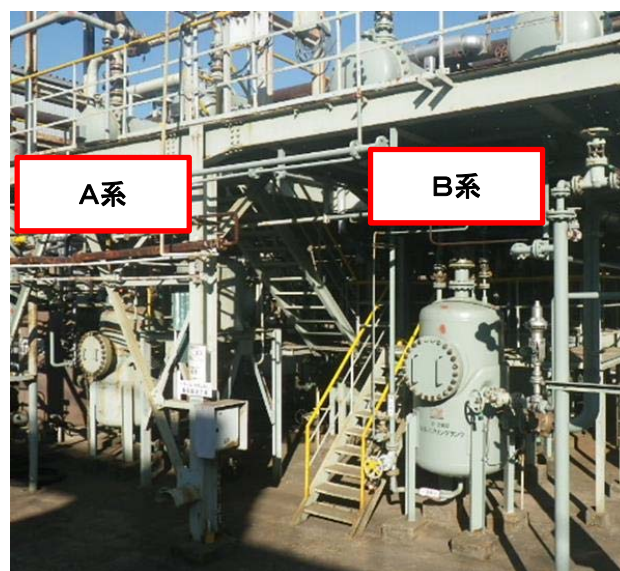


図-2 液化設備全体

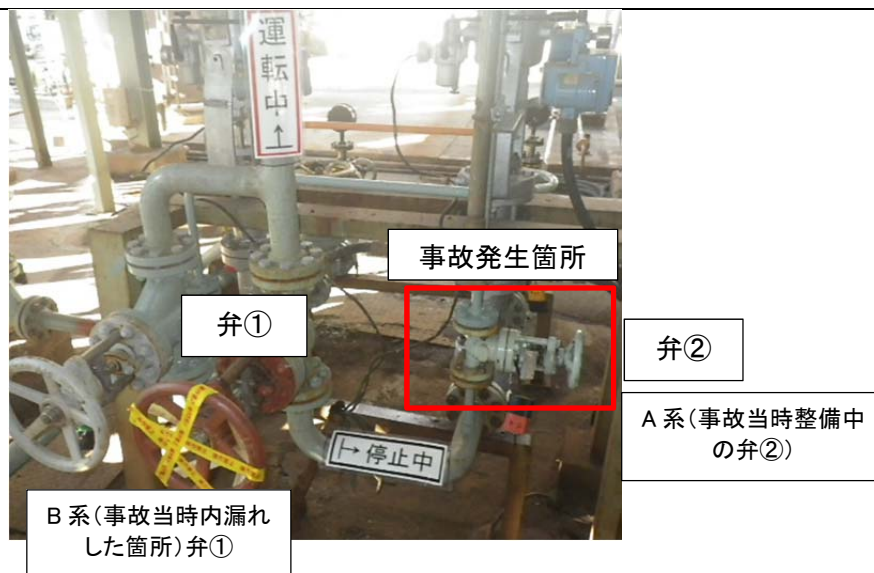


図-3 事故発生箇所(全体)

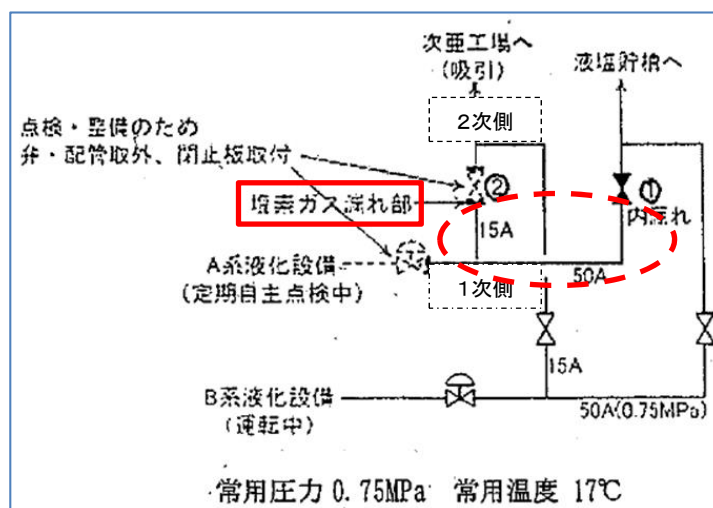


図-4 製造工程図(抜粋版)

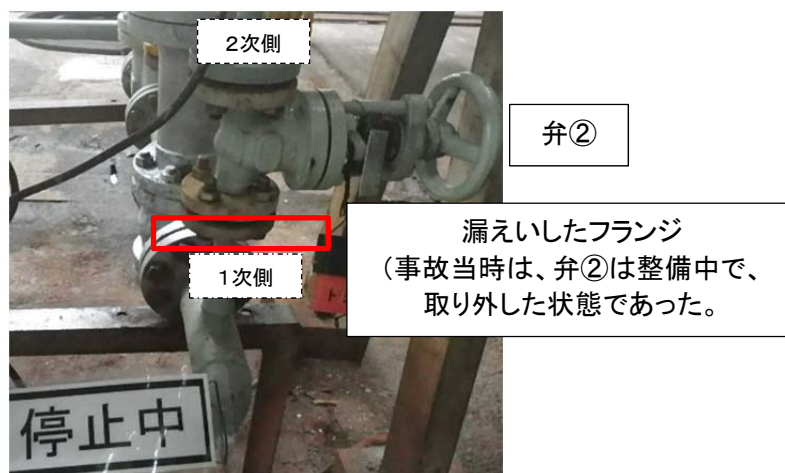


図-5 事故発生箇所(拡大)

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2016-171		事故の呼称 重油直接脱硫装置の圧力計配管からの内部流体の漏えい火災		
発生日時 2016-5-17 5時 50 分		事故発生場所 北海道 苫小牧市	事故発生事象 1 次)漏えい① 2 次)火災	事故発生原因 主)腐食管理不良
施設名称 重油直接脱硫装置	機器 蒸留塔 (RH-V15) 圧力指示計取出し配管	材質 配管:STPA25 (5Cr-0.5Mo)		概略の寸法 配管:3/4B
ガスの種類及び名称 脱硫重油(分解により生成した軽質油、ガス分含む)		高圧ガス製造能力 112,452,554 m ³ /D (標準状態)	常用圧力 0.3MPa	常用温度 395℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害:無し 物的被害:重油直接脱硫装置 RH-V15圧力発信器取出配管(2,200万円) 推定漏洩量は0.94M3				
事故の概要 重油直接脱硫装置(Residue Hydrodesulfurization Unit、以下RH装置)は、原料である重油中の硫黄分と窒素分を水素化脱硫/脱窒素反応により硫化水素/アンモニアとして分離し、重油流動接触分解装置(Resid Fluid Catalytic Cracking Unit、以下RFCC装置)の原料に適した油に調整する装置である。 RH装置の内容液は、温度が下がると凝固する脱硫重油である為、行き止まり配管である当該配管は、加温のためにスチームトレース(チューブ)が施工されている。また、本体温度が200℃以上の設備である為SUS製スチームトレースとなっている。 (添付図-1) RH装置の蒸留塔(RH-V15)に設置されている圧力指示計(RH-PI-211)取出配管から外面腐食により開孔し、内部の可燃物が漏れ、発火した。 以下、事故の概要を時系列で示す。 【5月17日】 ① 5:20 製油課直員は計器室の運転画面にてRH-V15温度指示計の値の変化を認めた。 ② 5:50 製油課直員は通常業務で他の製造装置のサンプル採取を実施後、前述の温度指示計の値の変化が気になり、RH-V15付近に行ったところ、RH-V15中段付近に約1mの火炎を発見し、直ちに直長へ連絡した。直長は、RH-V15中段付近にて火災発生を確認後、構内一斉放送を実施し、自衛防災隊(地区共同防災組織共同隊含む)出動した。 ③ 5:58 RH装置、硫黄回収装置を緊急停止。 ④ 6:00 苫小牧市消防本部及び警察署通報し、苫小牧地区共同防災組織共同埠頭隊に出動要請した。 ④ 6:09 現場指揮所設置 事務指揮所設置(本館2階) RH装置固定散水開始。 ⑥ 6:14 共同隊大型化学高所放水車より放水開始した。				

- ⑦ 6:23 共同埠頭隊入構。
- ⑧ 6:26 苫小牧市消防本部入構、警察署入構
(以降順次到着車両入構)
苫小牧市消防本部、大型高所放水車より放水開始
- ⑨ 7:25 RH-V15に窒素封入開始
- ⑩ 7:33 苫小牧市消防本部がRH-V15中段付近の火災鎮火を確認
RH-V15への冷却散水継続
- ⑪ 8:02 RH-V15残油拔出し準備開始
- ⑫ 8:57 RH-V15残油拔出し開始
以降、RH-V15の液位、温度を継続監視。
- ⑬ 17:15 漏れ部位を確認し、当該配管に応急措置(自己融着性シリコンテープにて巻き付け)を実施。油、ガス漏れがないことを確認し、
RH-V15への冷却散水を停止した。
- ⑭ 18:01 苫小牧市消防本部が出構した。

事故発生原因の詳細

RH装置は、平成6年に稼働後、平成25年8月にプラント全体に対して、保温を解体し外面腐食検査を実施した。その結果、火災発生部位であるRH-V15圧力指示計取出し配管は、外面腐食による減肉は0.5mm未満であった。

平成28年に火災が発生した当該部位は、局所的な外面腐食により減肉し破孔に至り、内部の可燃物が漏れ、発火した。

平成25年の外面腐食点検において、当該配管の外面腐食が軽微であった事実を踏まえて、以下のように保温材下の外面腐食が短期間で進行し開孔に至ったものと推定する。

- ① RH装置は、臨海地区にあり海塩粒子を含んだ雨水、湿気を含んだ海風がある為、常時湿潤環境にあり、経年的な保温板金の劣化が発生し易い環境にある。
- ② 平成25年の外面腐食点検時では、腐食が軽微であったため、点検後、そのまま保温材を復旧した。また、SUS製スチームトレースのスチーム漏れ等は認められなかった。しかし、稼働後20年間でSUS製スチームトレースの塩化物応力腐食割れが発生していたが、破孔までには至ってなかったと推定される。(添付図-2)
- ③ その後応力腐食割れが進行し、破孔に至り、微量なスチーム漏れが発生した。当該配管の伝熱シミュレーションを実施しており、損傷部位は80℃程度であることが分かった。当該配管が外面腐食の発生しやすい温度領域にあり、これより、当該配管の外面腐食が急激に進展し、開孔し、内部の可燃物が漏れて、発火したものと推定される。
(添付図-3)

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

1. SUS製スチームトレースの点検

SUS製スチームトレースを施工している行き止まり保温配管(対象537箇所:当該配管を除く)に対し、スチームトレース漏れ(スチーム、水)の有無の確認を実施した。

その結果、スチームトレース漏れを6箇所に認めた。漏れ部に対して、保温材を剥がして配管の検査を実施したが、最大減肉0.5mmの肌荒れ程度の軽微な外面腐食のみであった。これは、当該配管と比較して行き止まり長さが短い為、流れのある主配管からの伝熱を受け、高温であったことから外面腐食の影響が軽微であったものと推定される。

2. 外面腐食着眼点の追加

『設備点検検査業務要領』付属書 外面腐食管理』において、SUS製スチームトレースが塩化物応力腐食割れによるスチーム漏れの可能性があることを明記し、点検部位の着眼点として追加した。

3. 外面腐食点検

事業所は、平成22年より計画的に外面腐食点検を実施しているが、事業所内を4つのエリアに分割し、工務部門主体及び製造部門主体による外面腐食点検をエリアが重ならないように1エ

リアを 2 年毎に実施している。今回の事例を受けて、上記2項の着眼点を追加して継続的に外面腐食点検を実施している。

4. SUS製スチームトレース

内部流体温度が200℃を超える設備はSUS製スチームトレースを採用する事に設備標準では規定されているが、行き止まり配管のように内部流体温度が実際に200℃以下になる部分は銅管に変更するように進めている。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ① SUS製スチームトレースは、海塩粒子を含んだ雨水によって応力腐食割れ発生の可能性がある
- ② 保温材を施工した行き止まり配管では、内部流体温度(200℃以上)に関係なく外面腐食が適度な温度(80℃)で発生する可能性がある。
- ③ 保温材を施工した行き止まり配管の外面腐食(腐食を加速する温度による)は前年度の事故概要にもあった。
「高圧ガス事故概要報告」整理番号『2015-214』
事故の呼称 『蒸留塔ボトム配管のドレン弁ノズルからのプロセス流体漏えい』

事業所の事故調査委員会

「第1回対策会議」(2016 年 5 月 18 日)、以下「第 7 回対策会議」(2016 年 5 月 24 日)まで連日に 7 回開催した。

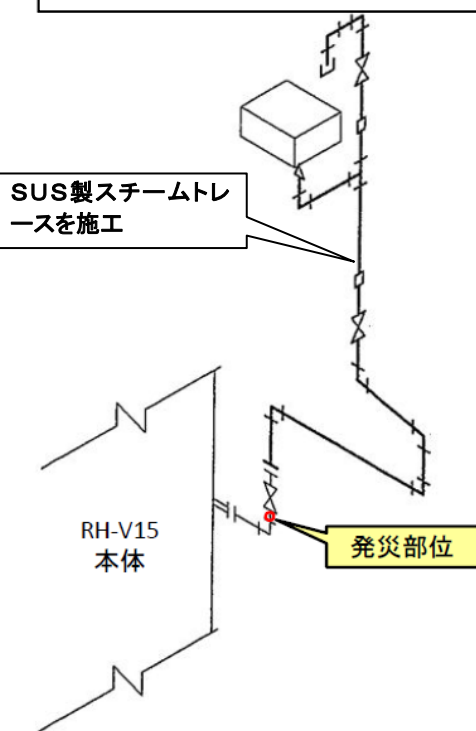
備考

キーワード

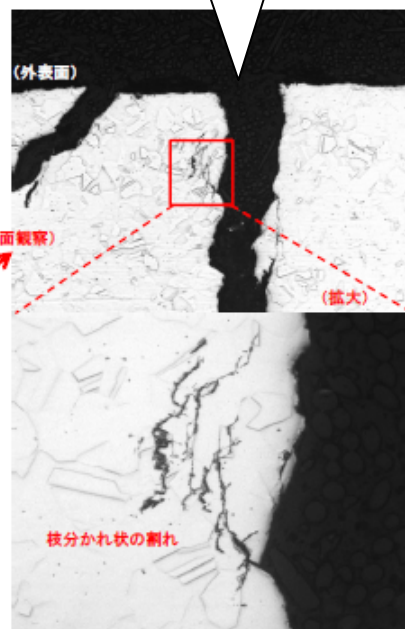
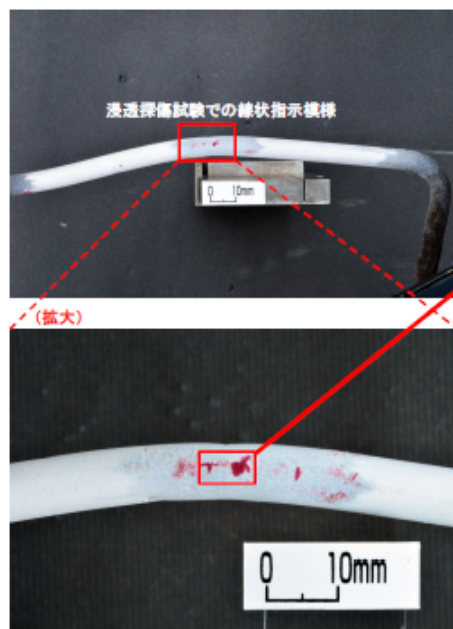
外面腐食保温材、行き止まり配管、SUS製スチームトレース(チューブ)、海塩粒子を含んだ雨水、塩化物応力腐食割れ

関係図面

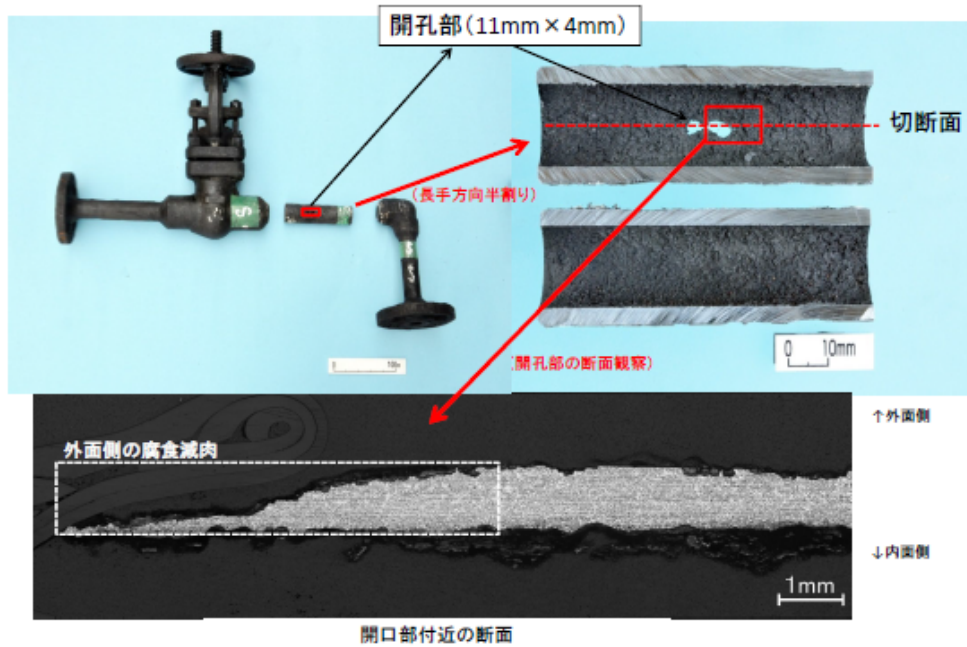
添付図-1 当該配管のスプール図



添付図-2 SUS製スチームトレース配管調査結果
(応力腐食割れ)

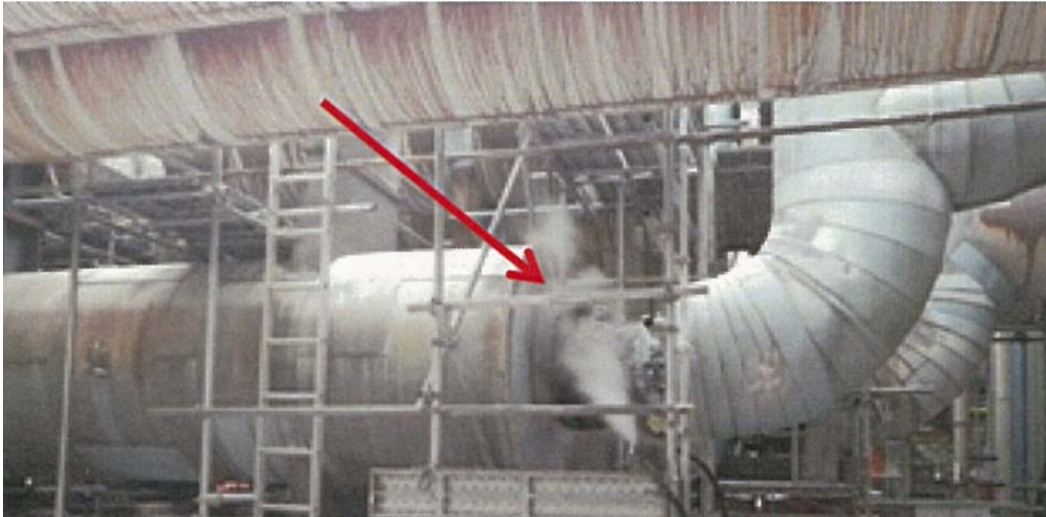


添付図-3 開口部の状況



高圧ガス事故概要報告

整理番号 2016-284	事故の呼称 熱交換器から可燃性ガス漏えい、火災			
発生日時 2016 年 7 月 22 日(金) 15 時 00 分	事故発生場所 愛知県知多市	事故発生事象 1 次)噴出・漏えい② 2 次)火災	事故発生原因 主)シール管理不良 副)検査管理不良	
施設名称 接触改質装置	機器 熱交換器	材質 フランジ 2.25Cr-1Mo リングガスケット 5Cr-0.5Mo	概略の寸法 外径 φ1,150mm 長さ 8,015mm	
ガスの種類および名称 改質油(ベンゼン、トルエン、キシレンの混合油)、水素		高圧ガス製造能力 157,523,062m ³ /日(事業所) 23,500 バレル/日(改質装置)	常用圧力 1.38MPa	常用温度 547℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害 なし 物的被害 なし				
事故の概要 水素ガス圧縮機の電源異常に伴い、ナフサ水素化脱硫装置を緊急停止した。上記に伴い、接触改質装置の緊急停止を行い、停止操作後に現場の確認を行ったところ、15 時 13 分に接触改質装置の熱交換器入り口フランジより小火を確認したので、消火器による消火活動、及び公設消防への通報を行った。 以下、事故の概要を時系列で記す。 ～7 月上旬 4 年に一度の全装置停止を伴う定期修理工事を実施。 (当該フランジ部は開放点検を実施。) 7 月 15 日 接触改質装置の運転開始。 (ホットボルティングを 7 月 14 日、7 月 16 日に実施。) 7 月 17 日 実ガスによる気密試験を実施。(試験時の圧力は 1.1MPa) 7 月 22 日 14 時 25 分 水素ガス圧縮機の電源異常により、ナフサ水素化脱硫装置を緊急停止。 14 時 26 分 接触改質装置の水素ガス圧縮機を停止。 14 時 27 分 接触改質装置を緊急停止。 15 時 13 分 緊急停止操作後に現場の点検を行ったところ小火を確認。消火器で消火活動開始。 15 時 16 分 公設消防へ通報。 15 時 26 分 公設消防現場到着。 15 時 37 分 鎮火確認				
事故発生原因の詳細 発災後にフランジ部およびリングガスケット部の点検を実施した結果、リングガスケット部にキズがあることを確認した。フランジ部は異常はなかった。 また、改質装置の水素ガス圧縮機が停止した後、発災した熱交換器の出口側差圧制御弁が全閉近くまで急閉止したことにより、圧力変動が発生していることを確認した。 これらのことから、緊急停止に伴う圧力変動に伴い、発災した熱交換器入り口側				

フランジ部のリングガスケット不良箇所から、生成油(改質油+水素)が大気に漏えいし自然発火に至った。
事業所側で講じた対策(再発防止対策) ・ 今回のキズの度合いを参考とし、フランジ開放後のリングガスケットの点検を実施する。 ・ 水平展開として、他の装置で緊急停止に伴い圧力が上昇した機器がないか確認を行い、必要に応じて制御の変更を行う。(該当する機器はなかった。)
教訓(事故調査解析委員会作成) ・ 緊急停止に伴い圧力が変動する機器では、ガスケットのわずかなキズが漏えいにつながる。開放点検時などでガスケットを取外した場合は、ガスケットの検査をしなければ交換が原則である。 ・ 既設の設備であっても、緊急時に自動的に閉止される弁によって、連動して温度と圧力が変動する箇所を抽出し、その影響を評価するなどのリスクアセスメントを実施し、非定常運転時におけるハザードを抽出し、リスクを低減することが重要である。
事業所の事故調査委員会 なし
備考 -----
キーワード 接触改質装置、熱交換器、フランジ、ガスケット、緊急停止、水素、漏えい、火災
関係図面(特記事項以外は事業所提供)  The photograph shows a large, complex industrial heat exchanger system. A red arrow points to a specific area where a leak is occurring, with white vapor or smoke visible. The equipment is surrounded by scaffolding and other industrial structures. 熱交換器全体



フランジ部拡大 1



フランジ部拡大 2



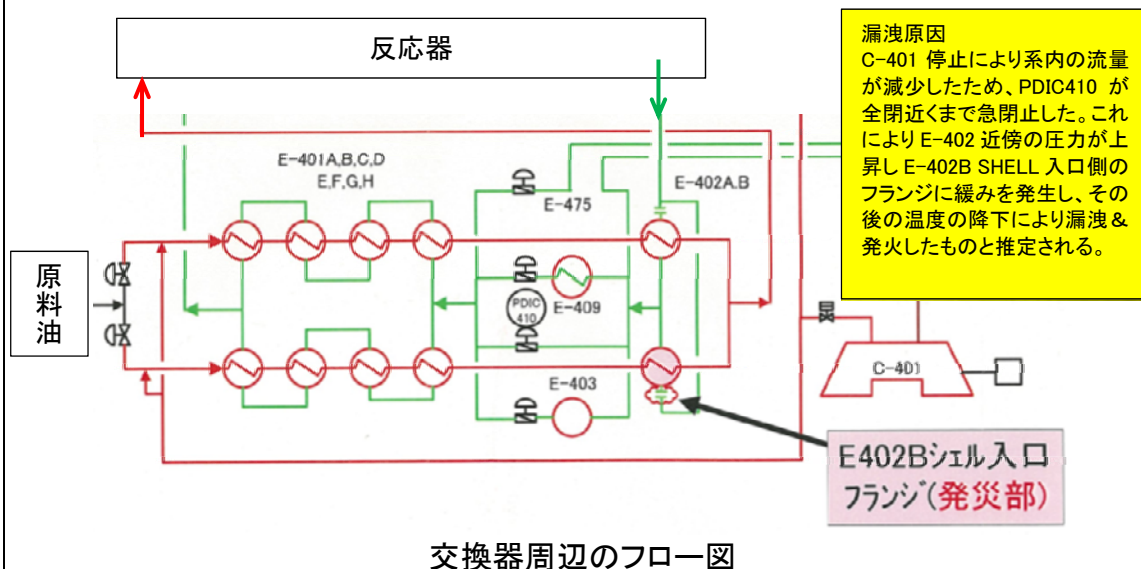
リングガスケット



キズ部拡大 1



キズ部拡大 2



高圧ガス事故概要報告

整理番号 2016-028	事故の呼称 反応器出口配管からシクロヘキセン漏えい		
発生日時 2016-1-24 18時46分	事故発生場所 岡山県倉敷市	事故発生事象 1次)噴出・漏えい③ 2次)	事故発生原因 主)操作基準等の不備
施設名称 シクロヘキサノール製造施設	機器 第二水和反応器出口配管	材質 配管:SUS304 ガスケット:ふっ素樹脂系シート	概略の寸法 配管:6B
ガスの種類及び名称 シクロヘキセン、シクロヘキサノール	高圧ガス製造能力 6,952,790 m ³ /D (標準状態)	常用圧力 0.4～0.6 MPa	常用温度 100～130℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害:無し 物的被害:フランジガスケットの変形、破断(損害額:10,430円) 推定漏洩量は 848 リットル(シクロヘキセン、シクロヘキサノールの混合液)			
事故の概要 シクロヘキサノール製造施設はベンゼンと水素を原料とし、中間原料であるシクロヘキセンと、シクロヘキサノールを製造する施設である。第二水和反応器出口配管は、反応器の出口液を反応器と分離工程の圧力差を利用して、分離工程へ移送するための配管であり、内部流体は、シクロヘキサノール、シクロヘキセンの混合物である。 当該施設の定常運転中に、インターロックの作動により、遮断弁<XV-301>及び調節弁<FCV-301>が閉止し、その復帰作業中において、第二水和反応器出口から分離工程へ送液する配管(図1参照)のフランジ締結部より油漏れが発生した(図2参照)。 以下、事故の概要を時系列で示す。 ① 8:38 第二水和反応器出口流量<FIC-301>の指示値が不安定であったため、当日の寒波によると考え、<FIC-301>流量発信器本体に蒸気を吹きかけて加温する措置を行った。 ② 18:38 <FIC-301>は手動制御の状態で、<FIC-301>流量発信器本体の加温措置を継続していたにも関わらず、<FIC-301>の指示値のみが変化し、『第二水和反応器 → 分離工程 ガス吹き抜け防止』の保護機能(図3参照)によるインターロックが作動し、<XV-301>及び<FCV-301>が自動閉止した。 ③ 18:38 パネルオペレーターは、第二水和反応器の液面が通常通りであるという安全確認を行い、第二水和反応器から分離工程への流れの復帰操作を始めた。 ④ 18:39 <FCV-301>を開放し、監視を継続した。パネルオペレーターは、第二水和反応器の液面上昇が止まらないため、<FCV-301>の開度を更に上げた。 ⑤ 18:45 チーフが、<XV-301>が閉止されており流れがないため第二水和反応器の液面が回復しないということに気づき、運転主任へ連絡し、<XV-301>を開放するように指示を受けた。 ⑥ 18:46 <FCV-301>で分離工程へ流量制御しながらつなぎこむため、一度<FCV-301>を閉止し、<XV-301>を開放した。その後、再度<FCV-301>の開放操作を行った。 ⑦ 18:49 分離工程オイルダイクの油漏れ検知器(ES-018)作動。 ⑧ 18:50 運転主任が第二水和反応器→分離工程の間の配管からの油漏れを確認。 ⑨ 18:51 プラント緊急停止。 ⑩ 18:53 119番通報。 ⑪ 19:10 水島消防署(指揮車、大型高所放水車、泡原液搬送車、大型化学車)正門到着。 ⑫ 21:15 ダイク内に漏れた油をケミカルスワードラムへ回収完了。			

⑬ 22:34 製造所の第2次緊急体制解除。
事故発生原因の詳細 ①<FIC-301>の流量計の凍結に起因する誤指示により、『第二水和反応器→分離工程 ガス吹き抜け防止』の保護機能が働き<XV-301>及び<FCV-301>の2つの弁が閉止した。 ②次に<FCV-301>を開放したが、<XV-301>が閉止状態だったこと及び分離工程が負圧系であるため、<XV-301>と<FCV-301>間の配管内液が一部蒸発し、減圧状態の空間が生じた。 ③次に<FCV-301>を閉止し、<XV-301>を開放したが、配管内の減圧状態の空間に液が急激に流入し、油撃作用により配管内圧力が上昇した。 ④検討の結果、当該配管系のフランジは、施工時に耐圧試験圧力の1.5MPaで漏れが発生しないように締め付けられていたが、油撃作用により配管内圧力が運転圧力から3.4MPa上昇し、ガスケットが変形(図4参照)し、開口部ができたため、油漏れに至った。
事業所側で講じた対策(再発防止対策) ①遮断弁の作動基数の変更 『第二水和反応器→分離工程 ガス吹き抜け防止』の保護機能のインターロックは<FCV-301>のみを閉止し、<XV-301>は閉止しない仕様に変更した。 ②類似箇所の見直しと改善 装置の部分的な停止・遮断が発生した後の復帰時に、操作によって空間部が発生する場合など、油撃作用が発生する可能性のある所についての見直しを行い、必要な対策を実施した。 ③凍結対策の実施 <FIC-301>の凍結による誤指示を防止するため、当該計器に凍結防止措置としてスチームトレースと、保温を実施した。 ④油撃作用についての教育 油撃作用に関する知識不足を補うため、運転員全員に教育を行った。
教訓(事故調査解析委員会作成) ①同一系統の2つのバルブがインターロックで閉止する場合、その後のバルブの開放操作で2つのバルブの間の配管に減圧空間が生じることがある。 ②操作時に空間部があり、液が急激に流れ込む場合には、油撃が発生する可能性がある。 ③ボール弁などの開閉により液の流れを急激に止める箇所では油撃が発生する可能性があるため、設備の設計、変更の際には留意する。
事業所の事故調査委員会 発災日から2016年2月5日にかけて事故調査委員会(シクロヘキサノール製造施設第二水和反応器出口配管からの油漏れ事故)を7回開催し、報告書を取りまとめた。
備考
キーワード 油撃(オイルハンマ)、インターロック、漏えい、危険予知、減圧の空間、バルブ開閉操作
関係図面 漏洩ヶ所 ・オリフィス一次側フランジ ・弁ボンネットフランジ

図1 第二水和反応器出口配管の概略フロー及び漏えい箇所

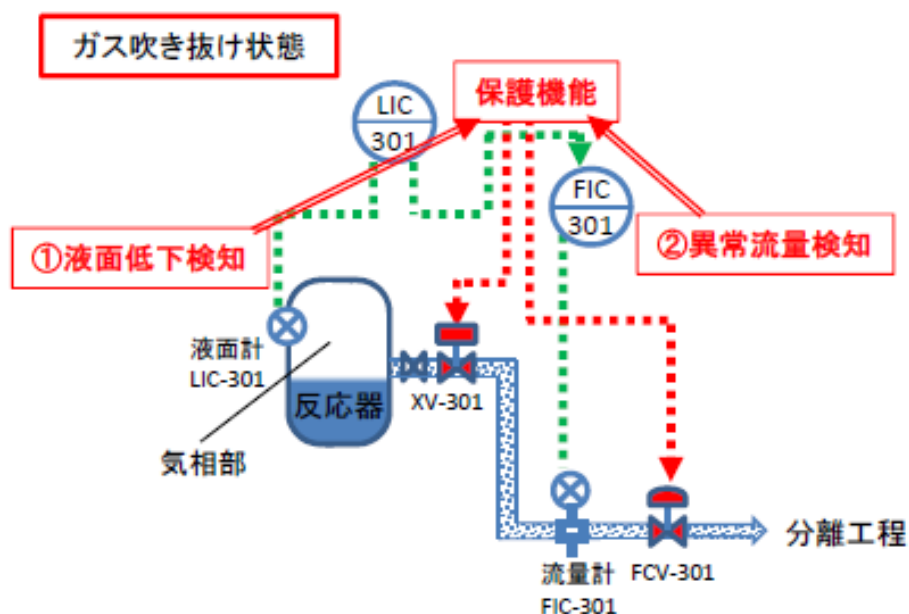


FIC-301 オリフィスフランジ



FCV-301 上流弁

図2 漏えい箇所



『第二水和反応器 → 分離工程 ガス吹き抜け防止』の保護機能とは
 反応器内の液面の低下により気相部が出口ノズルまで達して、分離工程へガスが急
 激に流れることがあり、その結果として、分離工程に大きな運転変動や、内部構造物の
 破損をもたらす可能性がある。これを防止するため、「第二水和反応器」液面の異常低
 下、又は「第二水和反応器」出口流量指示値の異常上昇を検知してインターロックによ
 り<XV-301>及び<FCV-301>を閉止しており、これを『第二水和反応器 → 分離工程
 ガス吹き抜け防止』の保護機能という。

図3 ガス吹き抜け防止保護機能について



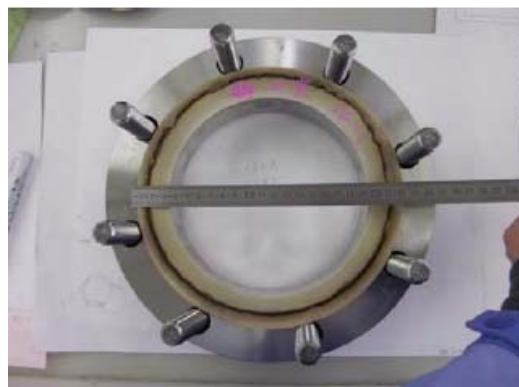
FCV-301 前弁ボンネットフランジガスケット



左記、破断部近傍拡大



FIC-301 オリフィス上流側フランジガスケット



FIC-301 オリフィス下流側フランジガスケット

図4 ガスケット目視検査記録

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2016-117		事故の呼称 ドレン配管からベンゼン漏洩		
発生日時 2016 年 4 月 14 日(木) 18 時 25 分頃		事故発生場所 岡山県倉敷市	事故発生事象 1 次)噴出・漏えい① 2 次)	事故発生原因 主)腐食管理不良 副)検査管理不良
施設名称 水素化脱アル キル装置	機器 ベンゼン 整 合塔 塔頂分離器 のドレン配管	材質 STPG370	概略の寸法 径 2B 肉厚 3.9mm	
ガスの種類および名称 ベンゼン		高圧ガス製造能力 265,081,563m ³ /日(事業所) 2,339,800N m ³ /日(ベンゼン 整合塔)	常用圧力 0.49MPa	常用温 度 80 度
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害 なし 物的被害 なし				
事故の概要 集中装置係員が 18 時頃から現場を巡回していたところ、油の臭気を感じたため、周囲を点検した結果、集中化装置(以下、INT 装置という)の水素化脱アルキル装置(以下、HDA 装置という)に設置してあるベンゼン整合塔塔頂分離器(以下、INT-VE-803)のドレン配管からミスト状の漏洩を覚知した。係員は無線にて計器室に連絡し、計器室から 119 番へ通報を行った。 以下、事故の概要を時系列で記す。 ～4 月 14 日 HDA 装置定常運転 18 時 00 分頃 集中装置係員が現場巡回開始 18 時 25 分頃 集中装置係員が現場付近で臭気を確認 漏洩箇所は INT-VE-803 ドレン配管と特定、無線で計器室に 連絡 18 時 28 分 集中装置班長 119 番通報 18 時 31 分 HDA 装置を緊急運転停止 18 時 37 分 自衛消防等出動 19 時 00 分 公設消防現地到着 運転停止以降、漏洩停止のための脱圧による INT-VE-803 ド レン配管からの漏洩量の低下と INT-VE-803 滞油の抜き出し 作業を調整しながら継続 22 時 00 分 漏洩量の低下を確認、バンド掛け作業を開始 22 時 29 分 バンド掛け作業完了、漏洩停止				
事故発生原因の詳細 漏洩箇所は、ドレン配管(2B)の直管部であり(図1)、フランジ開放後に確認した結果、内部には全面的なスケールが付着しており、配管底部にはスケールが堆積していた(図2)。開口はピンホール状であった(図3)。漏洩部は局部的に減肉していた(図4)。 原因は、当該プロセスに常時注入している硫化剤由来で生成した硫化鉄と、装置運転停止時のスチームパージおよびその後の開放点検で混入した水分と酸素				

から硫酸が生じ、局所的な腐食減肉が進行して開口したと推定される(図5、図6)。

事業所側で講じた対策(再発防止策)

当該配管に対しての再発防止策

- ・ 検査部位を設定し、点ではなく面で測定し、寿命管理を行い、肉厚管理を強化
- ・ ドレン配管を水平部がない形状に仕様変更(図7)
- ・ 運転停止時に、窒素保圧による酸素遮断

類似箇所への再発防止策

- ・ 類似性の高い箇所の緊急点検を実施。(当該配管で内面減肉を横方向に確認)
- ・ 硫化鉄の酸化による湿潤硫酸腐食となりうる滞留部の肉厚未測定箇所について水平展開検査を実施
- ・ 装置のプラント検査手順に「HDA 装置の腐食箇所の情報」、「HDA 装置の腐食メカニズム」を反映し、今後の検査計画に適用
- ・ 事故情報、事故原因及び再発防止策を同社他事業所へ周知(注意喚起、未然防止)

教訓(事故調査解析委員会作成)

ドレン配管は、スラッジ、気体および液体が滞留しやすい構造となっている。このため、ドレン配管は腐食環境の形成を事前に確認し、適切な肉厚測定を実施すること、腐食管理が容易な構造を採用すること、耐食性材料を選定することなどの適切な腐食管理と検査管理が必要である。

事業所の事故調査委員会

4/19、4/22、4/27、5/11、5/17 に事故調査会議を開催

備考

キーワード

漏洩、ベンゼン、ドレン配管、湿潤硫酸腐食、腐食管理、検査管理

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

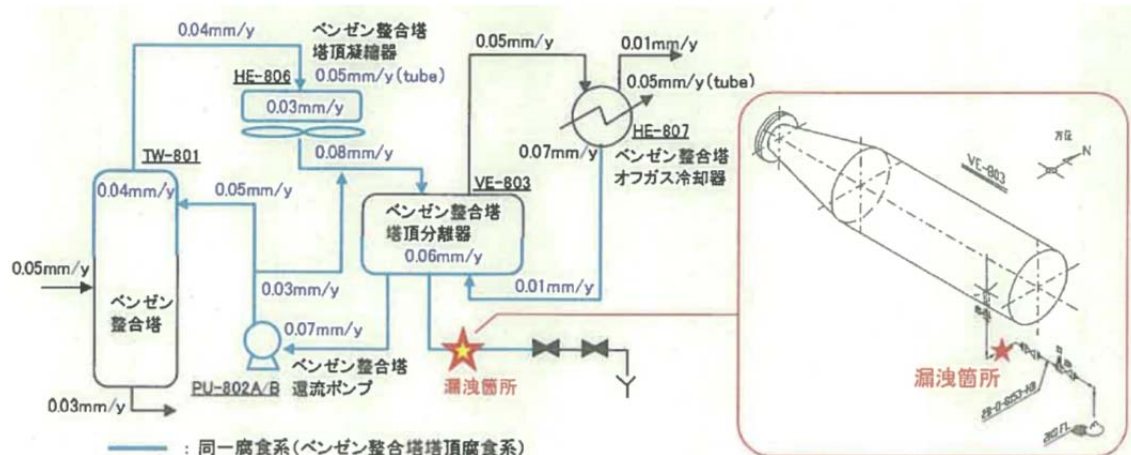


図1 ベンゼン整合塔から漏洩箇所までのフロー

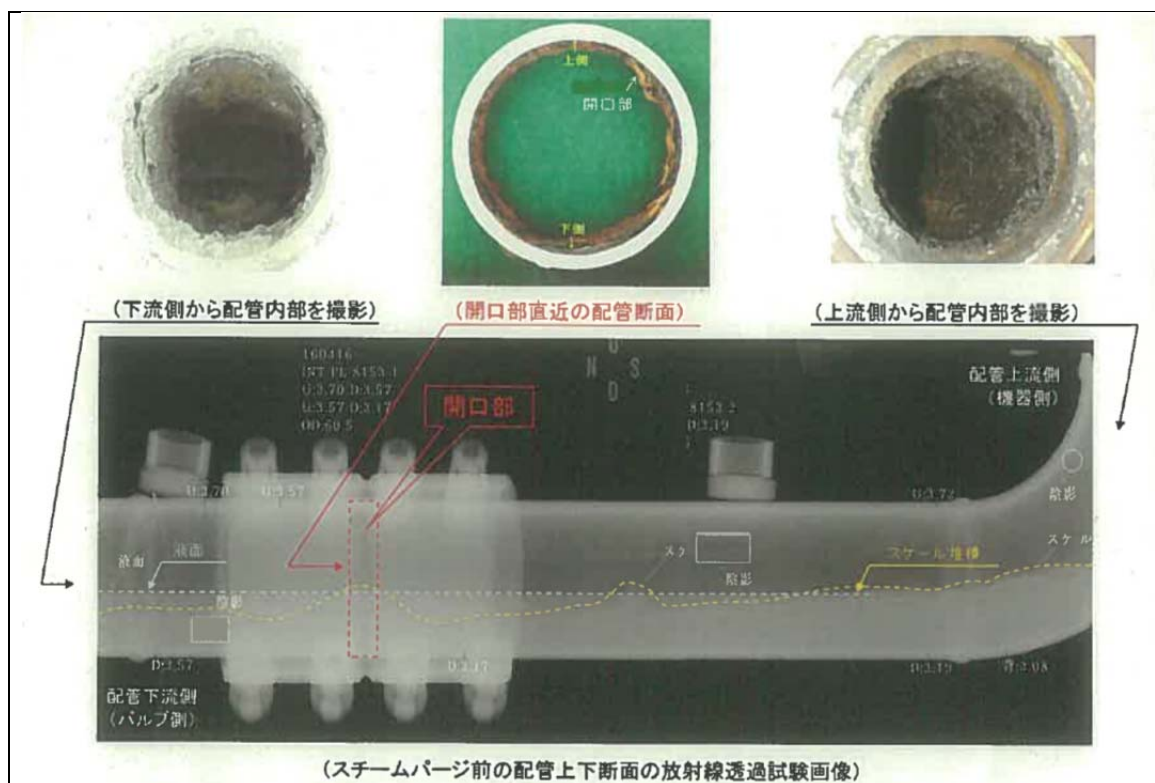


図2 漏洩配管内部のスケール付着・体積状況



図3 漏洩位置と開口サイズ

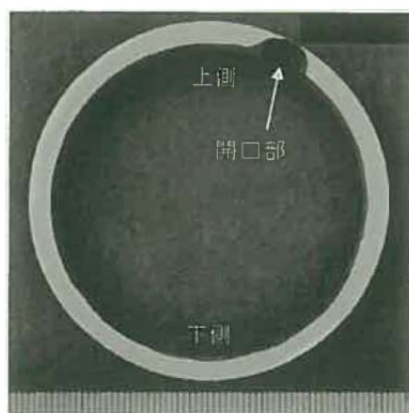


図4 漏洩位置近傍の断面

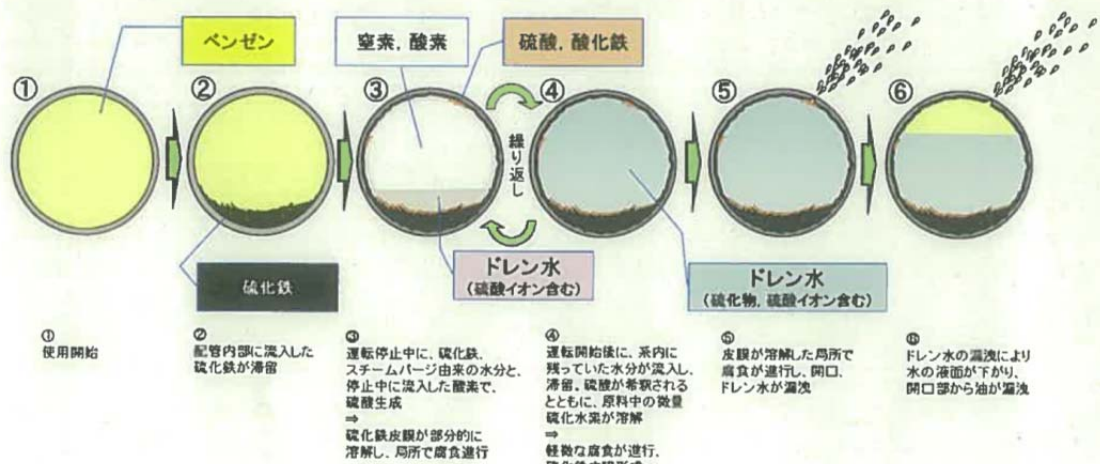


図5 推定腐食メカニズム(マクロ)

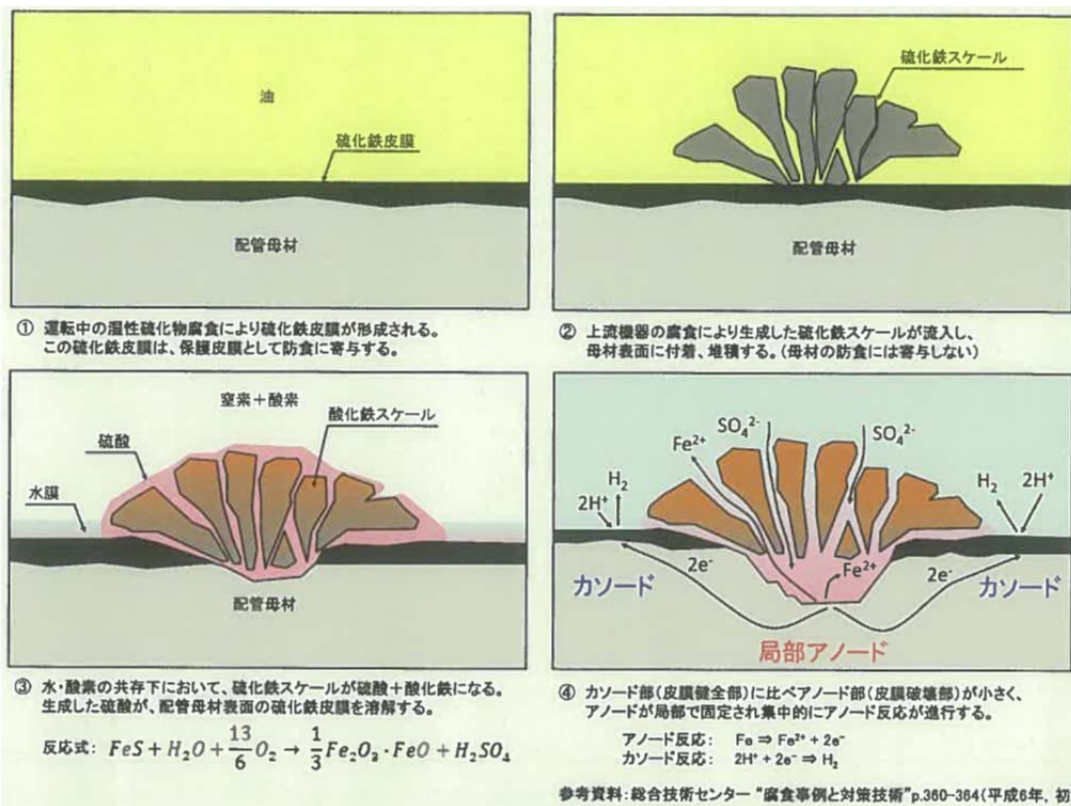


図6 推定腐食メカニズム(ミクロ)

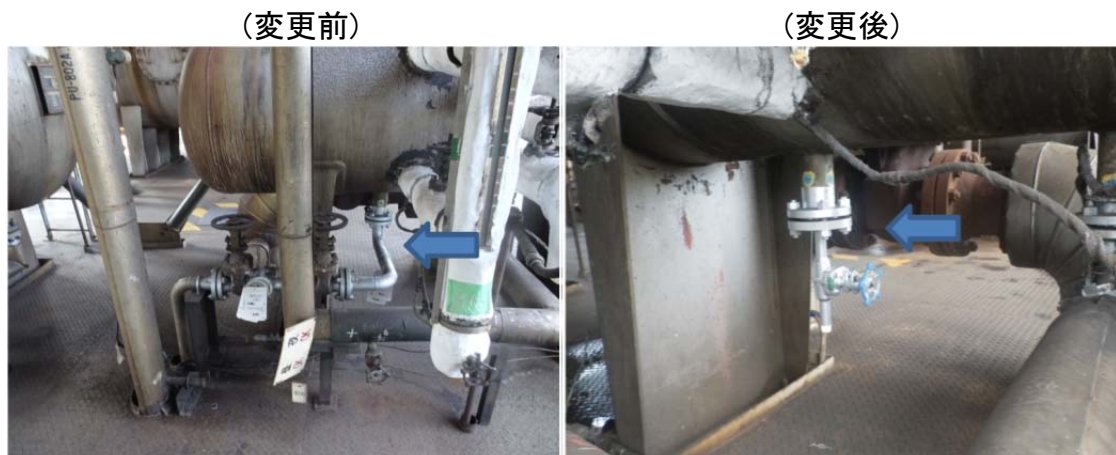


図7 ドレン配管形状変更

高圧ガス事故概要報告

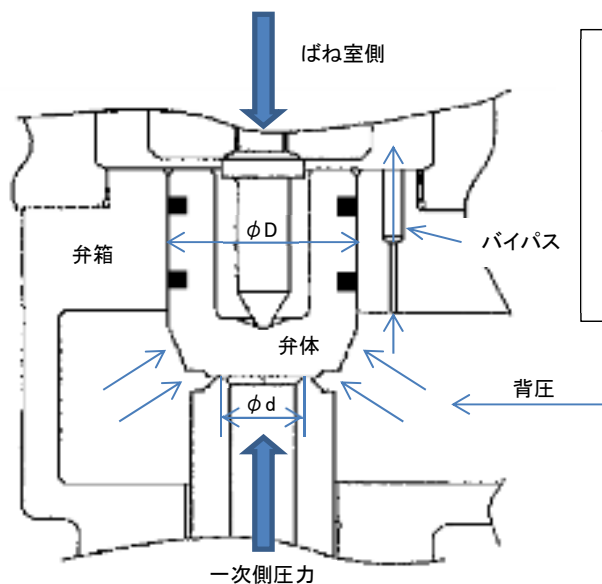
整理番号 2016-082	事故の呼称 圧縮水素スタンドの水素漏えい			
発生日時 2016年3月8日(火) 13時51分	事故発生場所 埼玉県 さいたま市	事故発生事象 1次)噴出・漏えい③ 2次)	事故発生原因 主)操作基準等の不備 副)誤操作、誤判断、認知確認ミス	
施設名称 圧縮水素 スタンド	機器 安全弁(ディスペンサー、蓄圧器)	材質 部位 SUS316L (Ni 当量材)	概略の寸法 口径 3mm	
ガスの種類および名称 水素		高圧ガス製造能力 44,223.0m ³ /日(事業所) 8,160Nm ³ /日(水素スタンド)	常用圧力 82MPa	常用温度 35.0℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害:なし 物的被害:なし				
事故の概要 水素出荷カードルの充填作業終了後、脱圧操作を実施中にディスペンサー安全弁及び蓄圧器安全弁から水素と水封安全器内のシール水が放散配管開口部から噴出した。放散音が発生した他、放散配管に曲げ応力が作用し、放散配管先端部が変形した。 以下、事故の概要を時系列で記す。 13:00 水素出荷カードルへ充填開始 13:49 充填終了後、接続配管廻りの脱圧操作完了 13:51 ディスペンサー廻りの遠隔自動脱圧のため、事務所内制御盤から現場と連絡を取り合いながら脱圧ボタンを操作 直後、ディスペンサー安全弁及び蓄圧器安全弁から水素と水封安全器内のシール水が放散配管開口部から噴出 放散音が発生した他、放散配管に曲げ応力が作用し、放散配管先端部が変形 噴出・漏えいの程度:48 m³				
事故発生原因の詳細 事故発生原因として、次の3つが考えられる。 ① 脱圧作業手順 事業所は水素カードル充填手順書を定めており、規定された手順に従って作業を行うこととなっていたが、事故発生時は「作業手順1:接続配管脱圧作業」のみの作業を行うところ、作業手順1に引き続き「作業手順2:容器充填用ディスペンサー廻り脱圧作業」も含めて脱圧作業を行った。 ② 脱圧速度調整用手動弁の調整不足 容器充填用ディスペンサーはFCV 充填用ディスペンサーと基本設計が同じであったため、容器充填用ディスペンサー自動放散弁及びその二次側に放散速度調整用手動弁が設置されていた。 容器充填用ディスペンサーでは当該弁を使用する必要はないため、納入時には				

脱圧速度調整がされていなかった。そのため、適切な開度が 1/4 回転程度であるのに対し、1 回転となっていた。 ③ 背圧による安全弁の作動に関する認識の不足 水素出荷カードルの充填作業終了後に使用する脱圧ラインは、安全弁放散ラインと同一の系統に接続されていた。容器充填用ディスペンサー廻りの脱圧作業のため、容器充填用ディスペンサー自動放散弁を操作した際、放散速度調整用手動弁の調整不足により、安全弁放散ラインに流速の早い水素が流れこんだ。そのため安全弁放散ラインの圧力が上昇し、FCV 充填用ディスペンサー安全弁の二次側に背圧がかかり、安全弁が作動した。さらに FCV 充填用ディスペンサー安全弁から放出された水素により安全弁放散ラインの圧力が上昇し、82MPa 蓄圧器の安全弁の二次側に背圧がかかり、安全弁が作動した。	事業所側で講じた対策(再発防止対策) 事業所は、次の 3 つの再発防止対策を講じた。 ① 脱圧作業手順の改訂とその周知 水素カードル充填マニュアルを改訂し、例えば次の事項を明確にした。 1) 脱圧範囲は接続配管廻りとし、ディスペンサー廻りの遠隔自動脱圧は禁止とすること。 2) 脱圧で使用する手動弁の操作は、急激な脱圧を防ぐよう慎重に行うこと。 また、充填要員に対し、マニュアルの改訂内容を周知するとともに、作業方法を遵守するように伝えた。 ② 脱圧速度調整用手動弁の調整手順の明確化 メーカーに調整を依頼した際は、現場作業調整要領書の提出を求め、その内容について事前に協議することとした。 また、要領書に基づき実施した調整とその結果を担当者が確認することを明確にした。 ③ 放散ラインの設計見直し 安全弁メーカーの報告書から背圧 0.45MPa で安全弁が作動する可能性が示されたので、仮に今回のように安全弁が放出しても背圧が 0.2MPa 以下となるように放散配管口径の設計を見直し、改造した。
教訓(事故調査解析委員会作成) ➤ 作動圧力が高い安全弁であっても、瞬間的に背圧がかかった場合は作動圧力よりも低い、わずかな圧力で安全弁が作動する場合がある。安全弁の先に設置する配管は、背圧の発生も考慮に入れて径を選定する必要がある。 ➤ 既存の設計を流用して別の用途に設備を使用する場合は、設計側とユーザー側で設備の操作に関して認識のずれがないように、十分なすり合せをすることが重要である。 ➤ 異なる用途で使用する同型のディスペンサーの系統は原則として別系統とし、やむをえず共有の系統とする場合は、背圧の影響など事前の検証が必要である。	事業所の事故調査委員会 なし 備考 なし

キーワード

水素スタンド、水素、安全弁、背圧、脱圧、放散、漏えい

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

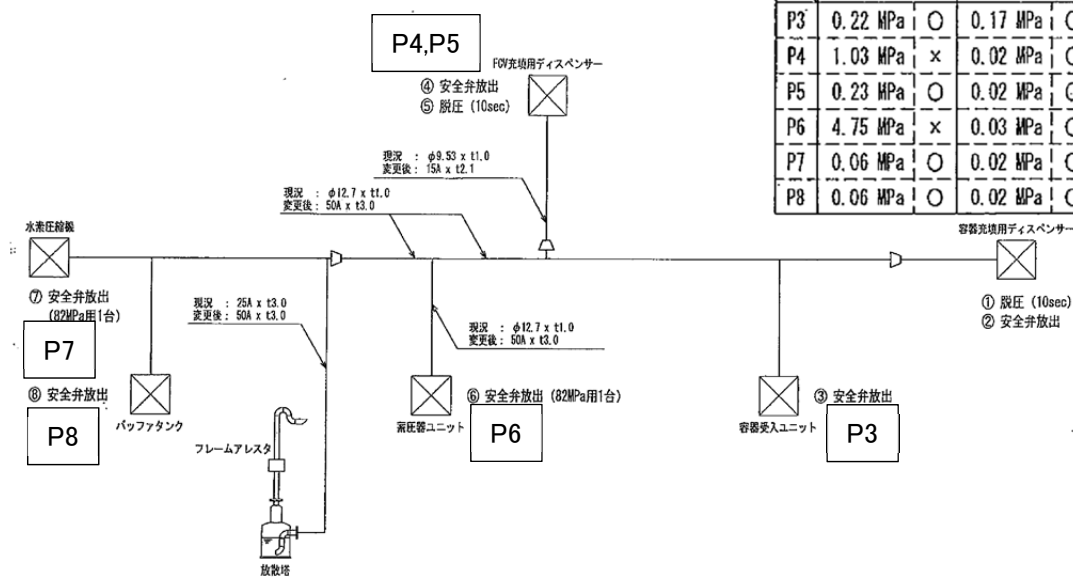


瞬間的に背圧が生じると、バイパスを通して弁体を押し下げる力と釣り合う前に、背圧により弁体が押し上げられる

弁体への背圧の作用(概略図)

C. 容器充填用ディスペンサー接続部

	現 況		変 更 後	
P3	0.22 MPa	○	0.17 MPa	○
P4	1.03 MPa	×	0.02 MPa	○
P5	0.23 MPa	○	0.02 MPa	○
P6	4.75 MPa	×	0.03 MPa	○
P7	0.06 MPa	○	0.02 MPa	○
P8	0.06 MPa	○	0.02 MPa	○



放散時の配管内圧力検討

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2016-186	事故の呼称 圧縮水素スタンドの緊急離脱カプラ継手部からの水素漏えい			
発生日時 2016 年 5 月 23 日(月) 10 時 37 分	事故発生場所 福岡県 北九州市	事故発生事象 1 次) 噴出・漏えい ② 2 次)	事故発生原因 主) 締結管理不良 副) その他(作動による 機械部品の緩み)	
施設名称 圧縮水素スタンド	機器 緊急離脱カプラ	材質 SUS316	概略の寸法 長さ 296mm × 外径 44mm	
ガスの種類および名称 水素	高圧ガス製造能力 12,366 m ³ /日		常用圧力 70.0MPa	常用温度 -40～40℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害:なし 物的被害:なし				
事故の概要 FCV に水素を充填中にディスペンサーのガス検知器が作動し、設備が緊急停止した事故。 以下、事故の概要を時系列で記す。 【5 月 23 日】 9:30 月次点検日のため、ガス漏洩検査の間のみ充填に対応するとして営業を開始した。 10:35 FCV に水素の充填を開始した。 10:37 ディスペンサー内の定置ガス検知器がHH警報を発報し、非常停止状態となった。(HH警報の設定値は、48%LEL=19,200ppm) FCV への充填は中断したが、ほぼ満充填(2.23kg)した状態でホース自動脱圧したので、FCV は送り出した。 11:00 ステーション閉店処理後に、水素気密試験(70MPa)を実施したが、ポータブルガス検知器は反応せず、漏れ箇所の特定に至らず。 19:20 FCV を用いた充填テストを行うこととし、テスト前に自動気密試験を実施し、ディスペンサー内部の継手部に漏えいがないことを確認。 19:35 FCV を用いた充填テストを実施したところ、緊急離脱カプラ上部の継手部から漏えいしていることをポータブル検知器で確認。(約 3,000ppm) 【5 月 24 日】 11:00 漏えいを確認した緊急離脱カプラ上部の継手部について、規定トルクの下限 90Nm でトルク確認を実施したところ、規定トルクを下回っていた。 継手部を取り外し、整備した後、締付けトルク 110Nm(規定トルク 90～120Nm)で締付けを実施。 14:00 改めて FCV を用いた充填テストを行うこととし、テスト前に自動気密試験を実施し、ディスペンサー内部の継手部に漏えいがないことを確認。 14:10 FCV を用いた充填テストを実施したところ、緊急離脱カプラの本体上部から漏えい。(本体からの漏えい量が多かったため、継手部からの漏えいの有無は確認できず。) 15:00 緊急離脱カプラの本体の漏えいを復旧することはできず、また当該緊急離脱カプラは交換を予定していたため、ディスペンサーの改造工事を実施し、緊急離脱カプラも当初の予定通り他社製に交換。(変更許可申請工事)				

噴出・漏えいの程度:微量
事故発生原因の詳細 事故発生原因として、次の2つが考えられる。 ① 継手の締付けトルクの低下 温度圧力変化又は、地震などによる振動により締付けトルクが低下。その結果、常温での気密試験では水素漏えいが発生しないが、FCV充填時の-40℃の高圧水素が急速に流れ込む時にのみ、水素が漏えいする現象が発生。 ② 緊急離脱カプラの性能 当該緊急離脱カプらは、次の理由により、リコールを実施している型式。 1) 加工不良(部品加工時の刃物との焼付き、切粉の巻き込み) 2) シール面の傷(組立て工程時に付いた傷) 3) Oリングの損傷 また、継手の増し締めを行うため取外し、取付けを行ったことが、当り面の傷による漏えいを誘発。
事業所側で講じた対策(再発防止対策) 事業所は、次の2つの再発防止対策を講じた。 ① 定期的なトルク確認 4ヶ月周期で全てのねじ込み式継手をトルク確認出来る月次点検を実施し、その時に記入の合いマークを毎月点検して、締結トルク値低下の発生が無い事を確認。 ② 緊急離脱カプラの交換 欠陥を有し本体部品のシール面に漏えいの可能性を有する緊急離脱カプらについては、他社製の離脱カプらに交換。(変更許可申請工事) ③ FCVへの試験充填を取り入れた漏えい試験の適用検討 冷却された水素ガスが、噴流として衝突する部分に関しては、静圧での気密試験では見つけられない漏えいが発生する可能性が有るので、FCVへの試験充填を取り入れた定期的な漏えい試験の適用を検討。
教訓(事故調査解析委員会作成) 締結部の教訓 低温高圧の水素が通る機器では、水素充填時と待機状態における温度勾配、及び地震などの外部からの振動により生じた締結部のわずかな緩みから、微量な水素の漏えいが生じる。定期的に締結部の締付け状態を確認する必要がある。 緊急離脱カプラの教訓 低温高圧の水素が通る機器では、加工時、組立時のわずかな傷が気密性を損なう原因となる。特に、緊急離脱カプらなど組立後に内部の状態を確認できない機器では、加工後、組立前の部品の状態をよく確認し、傷の発生を防止することが重要である。
事業所の事故調査委員会 なし
備考 なし
キーワード 水素スタンド、水素、緊急離脱カプら、低温高圧、温度勾配、漏えい

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

緊急離脱カプラ



ディスペンサー(背面)

緊急離脱カプラ



ディスペンサー(正面)

漏えい箇所



緊急離脱カプラ上部の継手部
(5/23 の漏えい箇所)

漏洩箇所



緊急離脱カプラ(交換前の部品)

緊急離脱カプラ



緊急離脱カプラ(交換後の様子)



継手部の増し締めの様子(二人作業)

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2016-343	事故の呼称 液化酸素容器の破裂			
発生日時 2016 年 9 月 10 日(土) 9 時 50 分頃		事故発生場所 神奈川県 横須賀市	事故発生事象 1 次)破裂・破 損等 2 次)	事故発生原因 主)操作基準等の 不備
施設名称 充填所	機器 容器 (超低温容器)	材質 SUS304(内槽、外槽) 銅、ステンレス鋼(加 圧コイル)	概略の寸法(容器) H 1,180mm φ 465mm (内容積 175 リットル)	
ガスの種類および名称 酸素		高圧ガス製造能力 25m3/H(容器の最大 供給量) 197,085.6Nm3/ 日(事 業所)	常用圧力 1.37MPa (容器)	常用温度 30℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害 1 名(死亡) 物的被害 低温容器 18 本、充填所建屋等の破損				
事故の概要 事業所に保管していた液化酸素容器(内容積175リットル)の内槽安全弁が連続作動し、容器上部に霜付きが生じていたため、保安係員代理者が別の空容器に液化酸素を移充填していたところ、当該容器が破裂した。破裂により、作業を行っていた保安係員代理者が被災した。人的被害 死亡 1 名、物的被害 低温容器 18 本、充填所建屋等の破損。以下時系列で事故概要を示す。				
9/8 当該事業所において、液化酸素を当該容器に充填。				
9/9 配送会社が客先へ配送したが、客先の誤発注であったため、配送会社が同日充てん工場に持ち帰った。 このとき、従業員は容器の外観検査を実施し、外観及び安全弁に異常はなかった。				
9/10 2:30～2:40 配送会社の配送員が配送準備中に、当該容器の内槽安全弁が連続して作動し、容器上部に霜付きを視認したが、従業員への即座の連絡は行わず配送に出た。(申し送り事項で従業員へ連絡。) 9:00 頃 保安係員代理者(従業員)が1人で当該容器から空容器に移充填を開始。 9:50 頃 当該容器が破裂。現場にかけつけた従業員は、移充填作業を実施していた保安係員代理者が倒れていることを確認し、消防への連絡のため事務所に走った。保安係員代理者は病院に搬送されたが、まもなく死亡が確認された。				

事故発生原因の詳細

事業所で行った事故調査の結果、容器加圧コイルの継手(銅製)に金属疲労によるき裂が確認されたことから、ここから酸素が真空断熱槽内に漏えいしたことにより容器の断熱性能が低下し内槽圧力が上昇した。(安全弁が連続して作動。)

さらに、従業員が容器に残っていた液化酸素を別容器に急速で移充填したことにより、内槽圧力が真空断熱槽の圧力よりも低くなり、内槽が急激に変形した。内槽と外槽が衝突した際に、0.3MPa を超える酸素雰囲気中であつたため、断熱材が瞬時に燃焼した。このことにより、真空断熱槽内の圧力が急上昇して外槽が破裂した。

容器加圧コイルが疲労した要因としては、移動、運搬時の車両等からの振動が考えられるが、製造年が近い容器であっても健全性を保ち、現に使用されている超低温容器が存在することから、移動、運搬時の車両等からの振動以外に、いくつかの要因が重なり、最終的に加圧コイルにき裂が生じ、漏えいが生じたと考えられる。

過去に発生した、超低温容器の事故報告書(今回の事業所とは無関係)では、移動、運搬時の転倒、転落により、ネックチューブが座屈することが報告されている。このような状態の容器では、ネックチューブおよび加圧コイルに負荷が繰り返し生じ、き裂が発生する。今回の事故でも同様にネックチューブに座屈が生じていた可能性は否定できない。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

1. LGC(Liquid Gas Container: 以下 LGC とする。)の取扱について

- 1) LGC を落下、転倒、横倒しで運搬するなど、ネックチューブと加圧コイルに損傷を与えるような取扱いをしない。
- 2) LGCの外観検査は以下の項目を確認し、損傷のある容器は使用を中止し、容器メーカーに連絡し指示を仰ぐ。
 - ① ハンドルリング、外槽肩部(周溶接部)、吊り上げ用ブラケット、配管などに転倒跡、損傷がないこと
 - ② 外槽に異常な霜付き、露付きがないこと。
 - ③ 外槽に大きな凹みがないこと。
 - ④ フットリング(スカート)に損傷がなく、自立できること。
 - ⑤ 底部(下部サポート部)外面に異常な出っ張り(凸)がないこと。
 - ⑥ 液面計に大きな傾きがないこと、および液面計フランジ溶接部に陥没または著しい傾きがないこと。
 - ⑦ 内槽の異常揺れ、異常音がないこと。

2. 断熱不良容器の取扱いについて

残液処理中に内槽の圧力が真空断熱槽の圧力より低くなることを防ぐため、不活性ガス容器と不良容器の気相部を接続し、一定の圧力を維持しながら、液取出し弁より放出する。

放出する場合は周囲に可燃物がないことを確認し、使用する設備、器具は油脂、異物の付着がないように管理する。

4. 従業員への教育について

事故の原因、メカニズムを説明し、LGCの構造から取扱上の注意事項、異常が

見られる容器の取扱いに関して、繰り返し教育を行う。

5. 新規容器の選定について

酸素中の燃焼試験から、真空断熱槽に酸素が漏えいした場合でも、酸素の圧力が0.3MPa以下であれば、断熱材が延焼しないことから、外槽破裂板の作動圧力は0.3MPa以下であること、また大量に漏えいした場合でも可能な限り大容量の放出を可能とする破裂板を装着した容器を選定する。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- 超低温容器の断熱不良に伴う破裂事故は過去にも発生している。断熱不良に至る根本的な原因を調査し、対策を講じることが重要である。
- 断熱不良が疑われる超低温容器には、ガスを充填してはならない。速やかに容器メーカーに連絡し、速やかな残液処理が出来ず、保管せざる得ない場合は土のうなどで容器の三方向を覆い安全な場所に設置するなど、万が一の破裂に備える。
- 断熱不良が疑われる超低温容器から残液を放出する場合は、内槽の圧力を不活性ガスで保つなど、内槽と真空断熱槽に差圧が生じないように放出する。
- 容器の転倒、転落により、内槽を支える下部サポート部が変形、または外槽と内槽の溶接部が破断すると、運搬時の振動などにより、ネックチューブ、加圧コイルに負荷が繰り返し生じ、疲労の原因となる。外観に大きな損傷が生じていない場合であっても、転倒、転落した超低温容器は使用を中止し、廃棄処分する。

事業所の事故調査委員会

- 液化酸素用低温容器破裂事故調査委員会(全8回)
- 事故調査ワーキングチーム(全10回)
- 現地調査会(全1回)

備考

現在流通している超低温容器の外槽安全弁は、外層(真空断熱槽)の圧力が0.7MPa以上の圧力で作動する安全弁が設置されている場合があるが、錆などにより所定の圧力に達しても作動しにくくなっている場合がある。そのような安全弁が設置されている容器については、液化窒素などの不活性ガスを充てんする容器に用途を変更するか、又は、安全弁をより低い圧力(0.3MPa程度)で作動する安全弁が装着された容器に順次取替えを行っていくことが望まれる。

キーワード

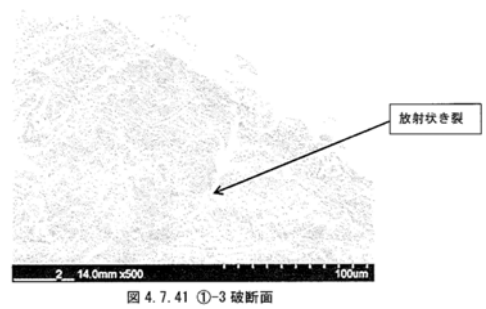
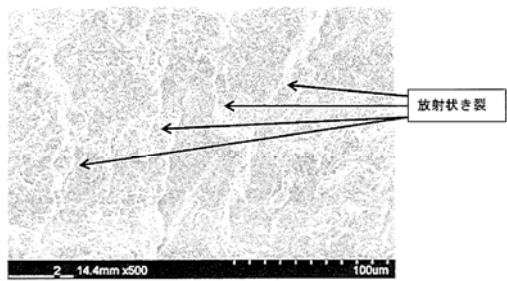
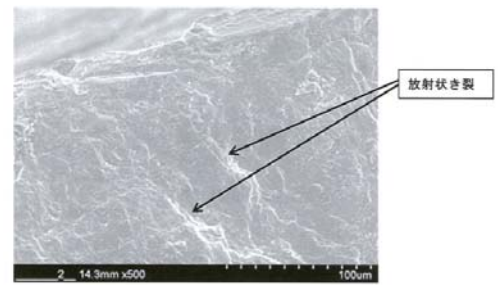
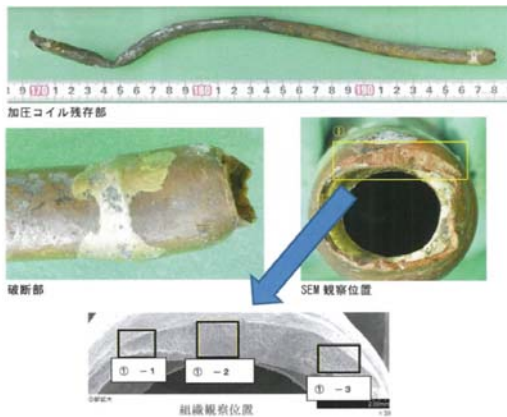
超低温容器、液化酸素、破裂、断熱不良、金属疲労、漏えい、安全弁作動

発災容器の様子





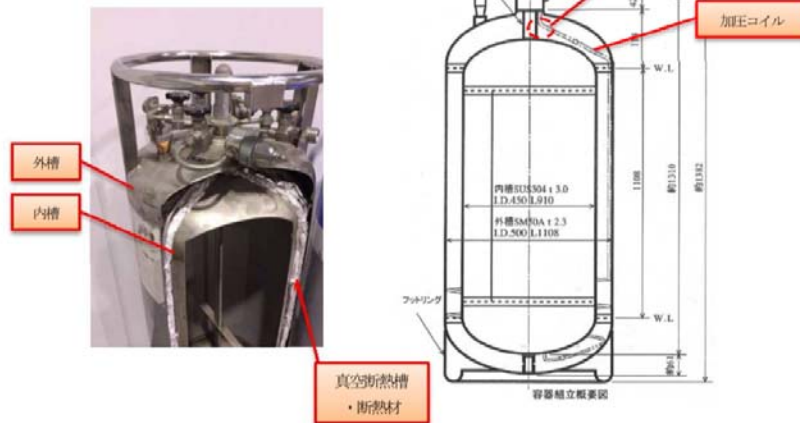
加圧コイル部における疲労部位



超低温容器の概略

製造年月：1993 年 5 月

【同型容器のカットモデル・図面】



残液回収施設

内槽を保圧する不活性ガス

残液は蒸発器を通して、放出管へ



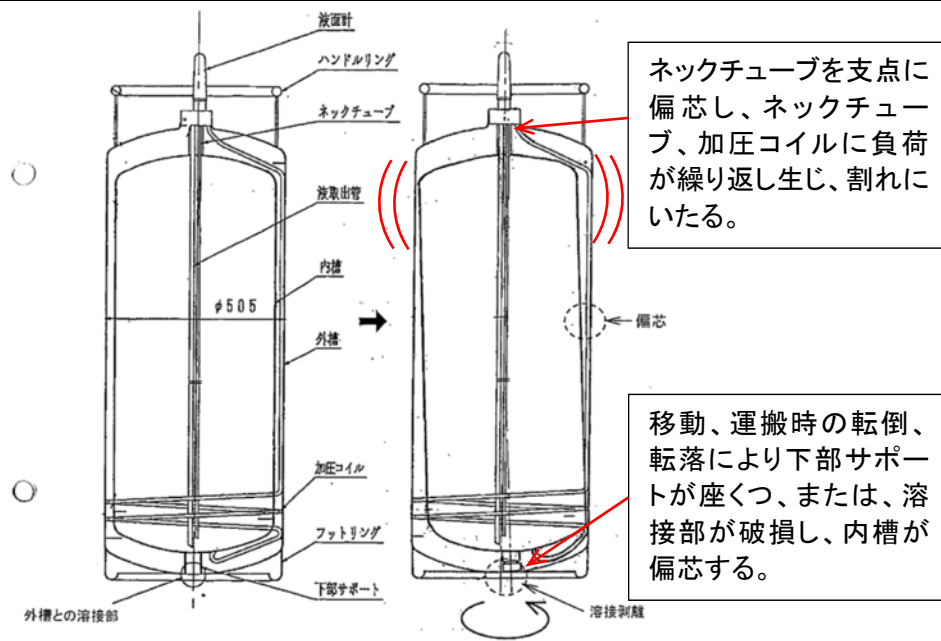
外観



残液回収時の接続例
(写真の容器は断熱不良容器ではない)

※ 窒素の容器で、放出のテストをしたところ、約 8 時間で容器内の残液を放出。

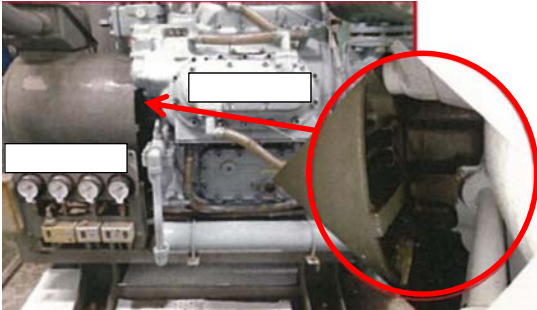
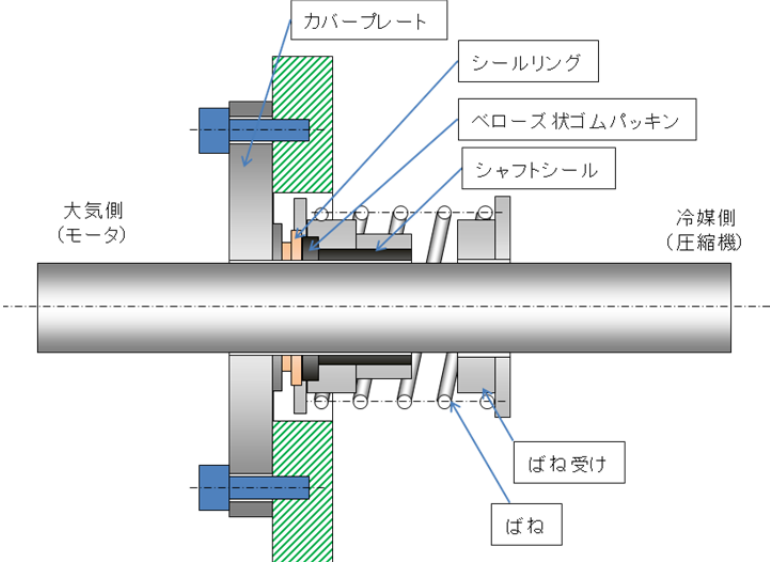
過去に発生した超低温容器の内槽の偏芯(発災事業所とは無関係)



超低温容器における下部サポート外れによる内槽の偏芯

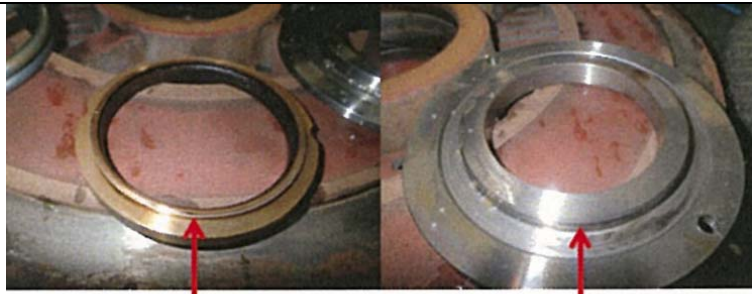
高圧ガス事故概要報告

整理番号 2016-040	事故の呼称 冷凍設備からアンモニア漏えい			
発生日時 2016 月 2 月 8 日(月) 20 時 36 分		事故発生場所 佐賀県佐賀市	事故発生事象 1 次)噴出・漏えい② 2 次)	事故発生原因 主)シール管理不良
施設名称 冷凍設備	機器 メカニカルシール	材質 ニトリルゴム	概略の寸法 φ 150mm × t11mm (シールリングの外径と厚さ)	
ガスの種類および名称 アンモニア		高圧ガス製造能力 125.42 冷凍トン/日	常用圧力 1.2MPa	常用温度 5～35℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人的被害 なし 物的被害 なし				
事故の概要 事故発生時は製造ラインの生産が終了し、当該冷凍機は停止中であった。(アンモニア-炭酸ガス冷凍機であるため、炭酸ガスの圧力上昇を防ぐため間欠運転は自動で行っている。) 20:36頃、 冷凍機の機械室から冷媒漏れの警報が発報したため、現場を確認し、漏えい検知器の指示値が100ppm 程度を指示していた。除害装置が稼動していることを同時に確認した。 22:00頃 漏えい検知器の指示値が50ppm まで低下したため、保護具を着用し室内に入り、漏えい箇所の特定作業を開始したところ、冷凍機下にオイル漏れ(冷媒の漏えい)を確認した。 漏えい箇所の調査を実施した結果、圧縮機のメカニカルシール部分からの漏えいと判明した。漏えいは軽微で、かつ除害装置の作動により、周辺への漏えい、及び人的被害はなかった。				
事故発生原因の詳細 圧縮機のメカニカルシールを調査した結果、ベローズ状ゴムパッキンにカーボンのカスが付着していた。また、パッキン面に肌荒れを起こしていた。このため、圧縮機内部の冷媒をシールできず、オイル漏れが生じた。(当該メカニカルシールは前回の交換から、7, 155時間使用。メーカー推奨の交換周期は、15, 000時間で約半分の使用であった。) 何故カーボンのカスが発生したかについて、冷凍機メーカーからの回答はなかったが、他の冷凍機メーカーからの情報では、冷媒の清浄度が低下した状態で運転を継続した場合、または長期の停止により油膜切れを起こした状態で運転を開始すると、このような事象になる可能性があるとのことであった。 なお、当該メカニカルシールの他の使用品についても調査をしたところ、シールリングの厚みは10. 95mmあり、許容範囲内であった(新品は11. 0mm、使用限度は10mm)。カバープレートの摺動面とシールリングの当たり面にキズ、摩耗などは見られなかった。				

事業所側で講じた対策(再発防止対策) 1) 同一冷凍機(8台)の補修計画を見直し、前回のメカニカルシール交換から経過が長い機器から交換を実施する。 2) メカニカルシールからのオイルの漏えい状況を確認する(運転中1分間に2～3滴が適正な状態)。
教訓(事故調査解析委員会作成) メカニカルシールはメーカ推奨の交換周期以内であっても、停止期間が長い場合、又は潤滑油の清浄度が低下した状態で運転を継続した場合に、使用状況によってはシール漏れが生じる。定期的に運転中の潤滑油の滴下量を確認し、漏えいが生じる前に交換する必要がある。
事業所の事故調査委員会 なし
備考 なし
キーワード 冷凍機、アンモニア、メカニカルシール、シール管理、漏えい、交換周期
関係図面(特記事項以外は事業所提供)  圧縮機とメカニカルシール部の外観  冷媒の漏えい状況  メカニカルシールの概略図



ベローズ状ゴムパッキン
の当たり面



シールリング側当たり面

カバープレート側当たり面

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2016-318		事故の呼称 冷凍設備からアンモニア漏えい		
発生日時 2016年8月27日(土) 7時55分		事故発生場所 佐賀県佐賀市	事故発生事象 1次)噴出・漏えい① 2次)	事故発生原因 主)腐食管理不良 副)
施設名称 冷凍設備	機器 オイル戻し配管	材質 STS370 (変更後 SUS304)	概略の寸法 φ10mm	
ガスの種類および名称 アンモニア		高圧ガス製造能力 197.07 冷凍トン/日	常用圧力 1.2MPa	常用温度 5～35℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人的被害 なし 物的被害 なし				
事故の概要 事故発生時は工場稼働日で当該冷凍ラインは通常運転中であった。7:55頃冷凍機の機械室から冷媒漏れの警報が発報したため、冷凍機の運転を停止した。アンモニア漏えい検知器の指示値が50ppmで、漏えい量はごく微量、建物外への漏えいはなかった。 冷凍機設置事業者に連絡し、到着後漏えい箇所の確認作業を実施したところ、オイルタンクと油戻し間の配管から油の漏えいを確認した。油に溶けた極微量のアンモニアが拡散したことで警報が発報した。				
事故発生原因の詳細 漏えい箇所は、オイルタンクと油戻しの間の配管(計装用の配管)で、設置スペースを小さくするために、保温材の中を貫通させる構造となっていたが、この保温材下で配管が腐食し、ピンホールが生じたため、油とアンモニアが漏えいした。				
事業所側で講じた対策(再発防止対策) 1) 漏えいした配管の径路を変更し、保温材を貫通しないようにした。 2) 同型の冷凍機についても水平展開し、配管の経路を変更した。				
教訓(事故調査解析委員会作成) 1) 保温材下に設置した配管が腐食する事例は、他の事業所でも多数発生している。保温材下は、結露などにより湿潤環境になりやすく腐食する可能性が高い一方で、外見からは腐食の状況がわからず漏えいに至るまで放置される傾向にある。潤滑油が通る計装配管であっても例外ではない。保温材が使用されている配管については、全て定期的に保温材下の状況を確認し、腐食の有無を把握する必要がある。 2) 保温の不要な配管については、レイアウトなどの設計上の制約条件が許す限り、不要に保温材を貫通させず設計することが重要である。				
事業所の事故調査委員会 なし				

備考
なし

キーワード

冷凍機、計装配管、保温材、腐食、アンモニア、漏えい

関係図面(特記事項以外は事業所提供)



漏えい時の様子



漏えい箇所(拡大)



変更後の配管



変更後の配管