

平成 28 年度経済産業省委託

石油精製業保安対策  
石油精製プラント等の事故情報調査  
に関する報告書

平成 29 年 3 月

高圧ガス保安協会

## 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 接触改質装置の改質反応器ボトム配管からのナフサ、LP ガス漏えい火災 .....	8
1.2 医療用酸素容器ユニットを充填中の酸素漏えい火災 .....	13
1.3 仕切り板入れ替え作業中の水素漏えい火災 .....	17
1.4 圧力計上部ねじ接続部からの水素漏えい火災 .....	24
1.5 フレキシブルチューブからのアンモニア漏えい .....	29
1.6 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 .....	32
1.7 液化塩素ローリ受入時のホースフランジ部からの塩素ガス漏えい .....	36
1.8 フランジ式継手からのイソヘキサン、メタノール漏えい .....	40
1.9 接触改質装置の水素移送配管からの水素漏えい .....	49
1.10 工事中の圧縮機吸込配管の塞ぎ蓋吹き飛び .....	54
1.11 スタンドにおけるディスペンサー内の継手からの水素漏えい .....	57
1.12 充填作業中の移動式スタンドにおけるディスペンサー内の遮断弁からの水素漏えい .....	61
1.13 移動式スタンドにおける緊急離脱カプラーからの水素漏えい .....	64
1.14 食品工場における CO 中毒 .....	68

## 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27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
委員	木村 雄二	工学院大学	工学部環境エネルギー化学科 教授
	堀口 貞茲	東京理科大学	工学部 講師（非常勤）
	横山 千昭	東北大学	多元物質科学研究所 教授
	笠井 尚哉	横浜国立大学	環境情報研究院 准教授
	澁谷 忠弘	横浜国立大学	安心・安全の科学研究教育センター 准教授
	村田 耕三	山口県	総務部消防保安課 産業保安班 班長 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28年6月23日(木)	◎ 平成28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28年11月7日(月)	◎ 高圧ガス事故概要報告の審議
第3回	平成29年1月18日(水)	◎ 高圧ガス事故概要報告の審議
第4回	平成29年3月15日(水)	◎ 高圧ガス事故概要報告の審議 ◎ 平成28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14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](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](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](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](http://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/other.html)

平成28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 1.1~1.15

表2 高圧ガス事故概要報告一覧表（平成28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	接触改質装置の改質反応器ボトム配管からのナフサ、LP ガス漏えい火災	2014-372	H26/12/7	H28/11/7	H29/3/30
1.2	コンビ	医療用酸素容器ユニットを充填中の酸素漏えい火災	2015-189	H27/6/8	H28/11/7	H29/3/30
1.3	コンビ	仕切り板入れ替え作業中の水素漏えい火災	2015-200	H27/6/22	H29/1/18	H29/3/30
1.4	コンビ	圧力計上部ねじ接続部からの水素漏えい火災	2015-308	H27/9/3	H28/11/7	H29/3/30
1.5	コンビ	フレキシブルチューブからのアンモニア漏えい	2015-122	H27/4/3	H28/11/7	H29/3/30
1.6	コンビ	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	2015-214	H27/7/6	H28/11/7	H29/3/30
1.7	コンビ	液化塩素ローリ受入時のホースフランジ部からの塩素ガス漏えい	2015-399	H27/11/3	H29/1/18	H29/3/30
1.8	コンビ	フランジ式継手からのイソヘキサン、メタノール漏えい	2015-264	H27/8/12	H29/1/18	H29/3/30
1.9	コンビ	接触改質装置の水素移送配管からの水素漏えい	2015-401	H27/11/10	H28/11/7	H29/3/30
1.10	冷凍	工事中の圧縮機吸込配管の塞ぎ蓋吹き飛び	2015-033	H27/2/10	H29/1/18	H29/3/30
1.11	一般	スタンドにおけるディスペンサー内の継手からの水素漏えい	2015-052	H27/3/3	H28/11/7	H29/3/30
1.12	一般	充填作業中の移動式スタンドにおけるディスペンサー内の遮断弁からの水素漏えい	2015-333	H27/10/5	H29/1/18	H29/3/30
1.13	一般	移動式スタンドにおける緊急離脱カバーからの水素漏えい	2015-363	H27/10/6	H29/3/15	H29/3/30
1.14	液石	食品工場における CO 中毒	2015-098	H27/4/10	H29/1/18	H29/3/30
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）					



表3 配信結果一覧表

番号	事故の呼称	Code	配信日
1.1	接触改質装置の改質反応器ボトム配管からのナフサ、LP ガス漏えい火災	2014-372	H29/3/30
1.2	医療用酸素容器ユニットを充填中の酸素漏えい火災	2015-189	H29/3/30
1.3	仕切り板入れ替え作業中の水素漏えい火災	2015-200	H29/3/30
1.4	圧力計上部ねじ接続部からの水素漏えい火災	2015-308	H29/3/30
1.5	フレキシブルチューブからのアンモニア漏えい	2015-122	H29/3/30
1.6	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	2015-214	H29/3/30
1.7	液化塩素ローリ受入時のホースフランジ部からの塩素ガス漏えい	2015-399	H29/3/30
1.8	フランジ式継手からのイソヘキサン、メタノール漏えい	2015-264	H29/3/30
1.9	接触改質装置の水素移送配管からの水素漏えい	2015-401	H29/3/30
1.10	工事中の圧縮機吸込配管の塞ぎ蓋吹き飛び	2015-033	H29/3/30
1.11	スタンドにおけるディスペンサー内の継手からの水素漏えい	2015-052	H29/3/30
1.12	充填作業中の移動式スタンドにおけるディスペンサー内の遮断弁からの水素漏えい	2015-333	H29/3/30
1.13	移動式スタンドにおける緊急離脱カプラーからの水素漏えい	2015-363	H29/3/30
1.14	食品工場における CO 中毒	2015-098	H29/3/30

#### 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 26 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 14 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 29 年 1 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 27 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 28 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 29 年 3 月現在 1,125 件）に配信した。なお、メールの配信については、KHK が独自に開発、運用している発信ツールを活用している。

##### 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 2014-372	事故の呼称 接触改質装置の改質反応器ボトム配管からのナフサ、LP ガス漏えい火災			
発生日時 2014/12/7 01 時 30 分頃	事故発生場所 大阪府堺市	事故発生事象 1 次)漏洩 2 次)火災	事故発生原因 (主)設計不良	
施設名称 接触改質装置	機器 配管	材質 1・1/4Cr-1/2Mo 鋼	概略の寸法 3/4B枝管 (本管22B)	
ガスの種類及び名称 液化石油ガス、ナフサ	高圧ガス製造能力 12, 540, 577m <sup>3</sup> /D (標準状態)	常用圧力 2.8MPa	常用温度 488℃	
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害:無し 物的被害:配管一部				
<p>事故の概要</p> <p>接触改質装置は通常運転中であった。2014 年 12 月 7 日 1 時 30 分頃に現場目視確認中、接触改質装置の反応器ボトムラインより出火していることを発見した。内部流体が漏えいし、内部流体温度が高く、自然発火したものと思われる。(図1)</p> <p>漏えい量は約100L で、ボトムライン22B の本管と3/4B 枝管のすみ肉溶接継手の止端部に割れが発生し、当該枝管の当て板の外周すみ肉溶接継手開口部から漏えいした。</p> <p>① 01:30 製油1課 直副長が現場目視確認中、接触改質装置の反応器ボトムライン(22B)の枝管取り出し部(3/4B)より出火していることを発見し、直長へ連絡した。</p> <p>② 01:50 接触改質装置の緊急停止アクション開始</p> <p>③ 02:35 接触改質装置の緊急停止アクション作業完了</p> <p>④ 06:00 完全消火、安全確認完了</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>1. 直接原因</p> <p>① 反応器ボトムライン(22B)の枝管取り出し部(3/4B)に、製造時のすみ肉溶接継手止端部に、溶接後熱処理後の微細な割れを確認した。(図2)</p> <p>② 当該配管周りの配管熱応力解析の結果、ボトムラインの熱変位により許容応力を超過した曲げ応力が枝管取り出し部(3/4B)に発生することが判明した。(図3)</p> <p>③ 常用温度488℃の下、クリープ脆化により枝管取り出し部(3/4B)すみ肉溶接継手止端部割れが進展して開口した。(図4)</p> <p>④ 枝管取り出し部(3/4B)の当て板の外周すみ肉溶接継手部に溶接品質不良があった。(図5)</p> <p>⑤ ③開口部より内部流体が枝管より当て板側と本管の間に漏れ、更に ④開口部より当て板の外周すみ肉溶接継手の開口部より外部に漏れた。(図6)</p> <p>2. 間接原因</p> <p>① 配管の材質が、1・1/4Cr-1/2Mo鋼である場合は、『Cr-Mo クリープ割れ検査プログラム』を12年毎に実施している。しかし、当該部は当て板があるため本管と枝管のすみ肉溶接継手は検査が出来なかった。</p>				

<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p>1. 直接原因の対策</p> <p>① 接触改質装置を含めて Cr-Mo 鋼を材料とした圧力容器及び配管に関して、溶接後熱処理後の割れの発生が懸念される箇所について、枝管のすみ肉溶接継手の非破壊検査を実施し、全て健全であること確認した。</p> <p>② 大口径配管から枝出している小口径配管について、配管熱応力の検討が実施されているかを確認し、不十分な箇所が他に無いことを確認した。</p> <p>2. 間接原因の対策</p> <p>枝管取り出し部が当て板により補強されている構造で、かつ当て板内側に溶接継手が存在する場合は、当て板下の配管と枝管の溶接継手も検査対象とすることを「Cr-Moクリープ割れ検査プログラム」に追記した。また、検査のためにアクセスできなければ、外面から斜角 UT 検査にて割れの有無を検出することも追記した。</p> <p>尚、当て板施工は、当該部分の1カ所のみであったため、結果として検査実績はない。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>① 大口径配管から枝出している小口径配管の支持方法に、運転時の熱変位により配管に過大な曲げ応力が加わっていないことを、運転管理部門及び設備管理部門合同で P&amp;ID 等及び現場の確認を実施する必要がある。</p> <p>② 大口径配管と小口径配管の接合には、管台を用いるか、溶接継手に穴と小口径配管の補強を考慮する必要がある。(単なるすみ肉溶接継手はあり得ない。)</p> <p>③ 当て板を用いる場合には、目的と効果を明確にする。(すみ肉溶接継手の上に当て板を溶接しても補強にならない。)</p>
<p>事業所の事故調査委員会</p> <p>第1回 2014年12月 7日 (推定原因/補修方法(案)策定)</p> <p>第2回 2014年12月10日 (補修方法決定)</p> <p>第3回 2015年 3月13日 (原因及び対策確定)</p>
<p>備考</p> <p>「Cr-Moクリープ割れ検査プログラム」に今回の事例を反映し、再発防止策を盛り込んで改定した。</p>
<p>キーワード</p> <p>小口径枝出し配管、熱変位による過大な曲げ応力、サポート、溶接後熱処理後の割れ、クリープ脆化、穴の補強</p>

関係図面

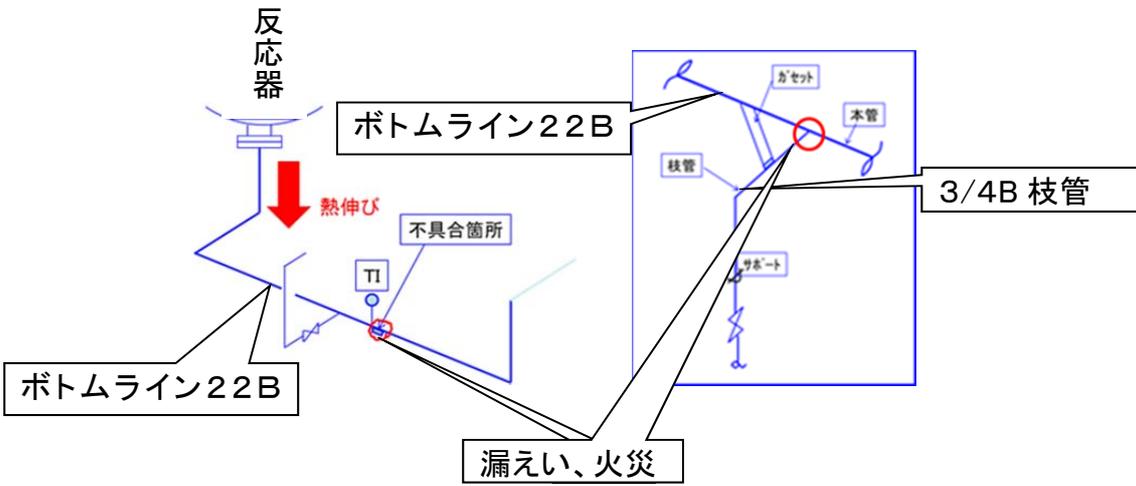


図1 漏えい、火災発生箇所

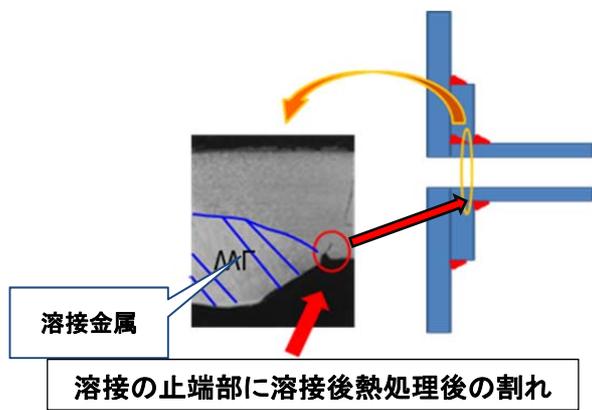


図2 枝管の割れ状況

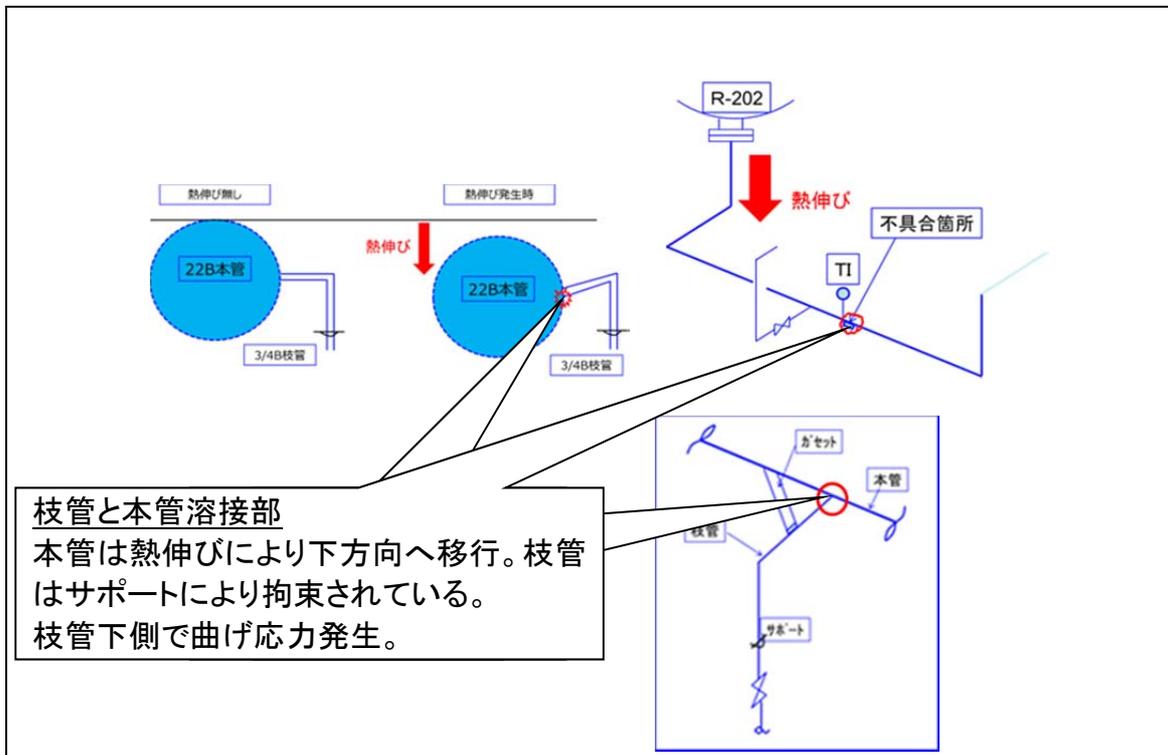
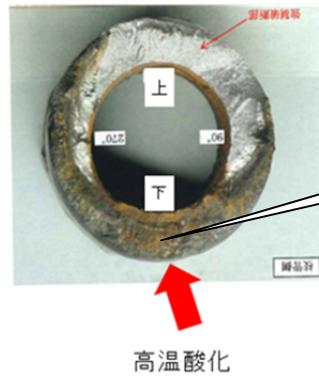


図3 枝管下側に曲げ応力

枝管割れ断面写真



常用温度488℃の下、ボトムラインが下側に熱伸び、枝管は下側半周にクリープ脆化割れが発生した

図4 枝管の割れ状況

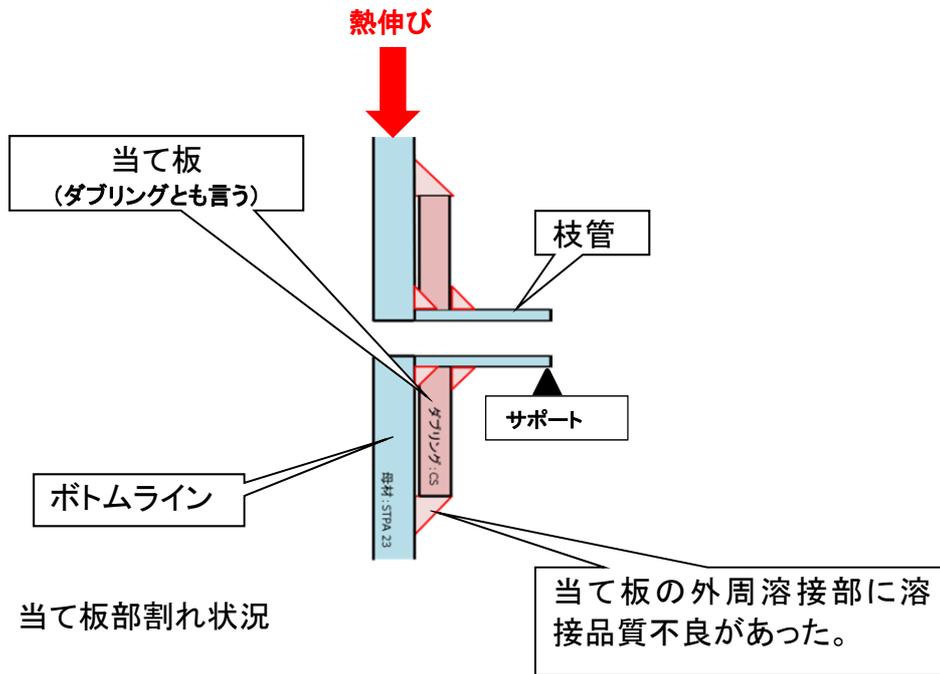


図5 当て板部割れ状況

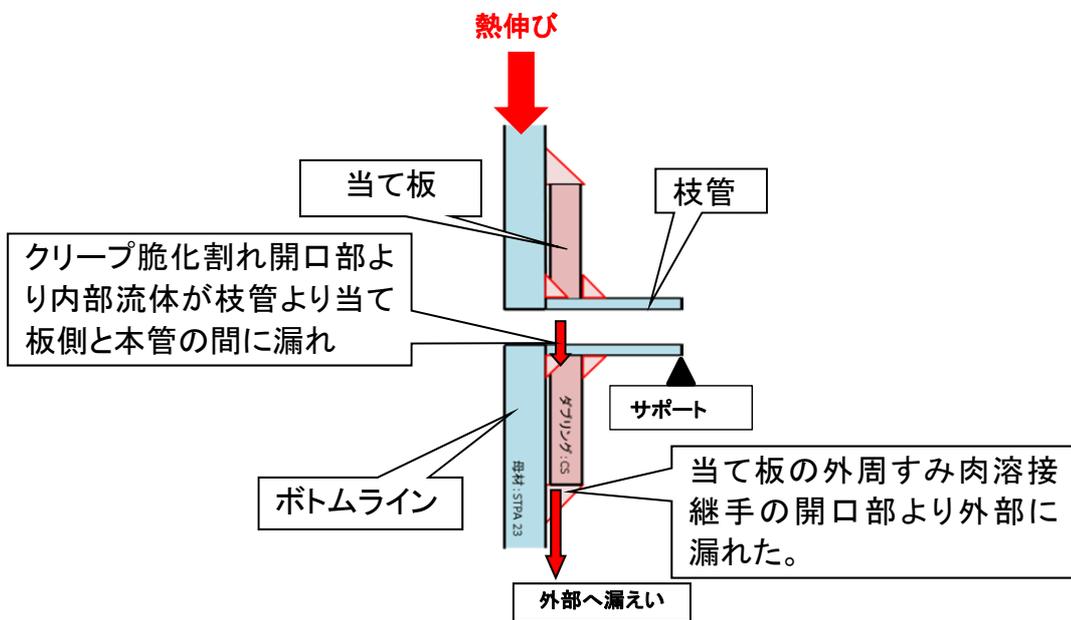


図6 枝管の漏れ形態

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-189	事故の呼称 医療用酸素容器ユニットを充填中の酸素漏えい火災			
発生日時 2015年6月8日(月) 14時45分	事故発生場所 山口県宇部市	事故発生事象 1次)漏えい 2次)火災	事故発生原因 主)締結管理不良 副)	
施設名称 充填所	機器 充填継手 (ワンタッチ式)	材質 SUS316L(チャック部) SUS303(スリーブ部) フッ素ゴム(Oリング)	概略の寸法 W22-14山 右ねじ (容器バルブ)	
ガスの種類および名称 酸素	高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0Pa) 67,646.1m <sup>3</sup> /日	常用圧力 16.2MPa	常用温度 5°C~ 35°C	
被害状況(人身被害、物的被害) 酸素漏えい時に、充填継手が焼損した。また、焼損に伴い発生した火炎により、容器8本が炎にあぶられたため、4本は廃棄、4本は容器再検査を実施した。 人的被害は発生していない。				
<p>事故の概要</p> <p>医療用酸素充填設備 No.6 により 7m<sup>3</sup> 医療用酸素容器に酸素ガスを充填中、12.7MPa まで充填したところ、容器の充填口に接続していたワンタッチ式の充填継手(以下、「充填継手」という。)が外れ、酸素ガスが漏えいした。以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 13:37 7m<sup>3</sup> 医療用酸素容器(16本)の充填を開始</li> <li>② 14:45 充填継手が容器から外れ、酸素ガスが漏えい、瞬間的に発火し、瞬時に失火、直ちに関連バルブ閉止</li> <li>③ 15:10 山口県消防保安課に通報</li> <li>④ 15:15 宇部・山陽小野田消防局に通報</li> <li>⑤ 15:40 山口県薬務課に通報</li> <li>⑥ 16:23 宇部市環境政策課に通報</li> </ul> <p>充填継手が外れた直後に、瞬間的に火炎が発生し、継手部が焼損した。また、周辺の容器及び容器に貼付されていた表示(紙)も焼損したが、すぐに炎は収まった。 近くにいた作業員2名が、酸素充填設備の系列弁および容器付属弁をそれぞれ閉止したことで、酸素の漏えいは停止した。</p> <p>酸素ガスの漏えい量 7.4Nm<sup>3</sup>(容器内残圧および漏えい時間から、事業所で推定)</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>当該充填設備の充填継手は、気密性を保つために、充填継手の先端に、Oリングが設置されている。気密性を保つためには、充填継手のOリングと容器バルブ側のOリング接触面がしっかり接触している必要がある。充填継手は、平成21年に取り付けて以来、充填前の目視検査、気密検査は行っていたが、分解整備は実施していなかった。また、充填継手が滑らかに作動せず、組み込みしづらい状況であった。</p> <p>今回発災した充填継手は焼損してしまったため、発災した充填継手のOリングの状況は確認できなかったが、同様の設備で確認したところ、ひび割れを生じているOリングが発見された。また、容器バルブ側のOリング接触面を確認したところ、複数の</p>				

<p>圧痕が確認された。</p> <p>これらのことから、充填継手の O リングのひび割れ、容器バルブ側の O リング接触面の傷(圧痕)、それらに加え、摺動性が悪化していた充填継手を使用していたため、O リングと容器バルブ側の O リング接触面がしっかりと接触せず、酸素の漏えいに至ったと推定される。</p> <p>容器バルブ側の O リング接触面から漏えいした酸素による摩擦熱、および漏えい時に充填継手内の微小な空間内で断熱圧縮した際に発生した熱により充填継手(SUS316L)が局所的に高温となった。</p> <p>さらに、高濃度の酸素雰囲気中であつたことから、赤熱した充填継手が融点以上の高温となり充填継手が焼損し、溶けた金属が容器表面の表示(紙)を燃やしたため、火炎が発生したと推定される。</p> <p>なお、発災した充填継手および容器の油分分析を実施したが、いずれからも油分は検出されなかった。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 現在運用中の全ての充填継手の分解整備実施(O リングの交換含む)</li> <li>② 充填継手の始業前の目視検査を実施し、O リングの状態、容器バルブ側の O リング接触面の確認および動作確認を実施、異常のある場合は使用停止</li> <li>③ 充填継手を定期的に分解整備実施(3 年に 1 回)</li> <li>④ 充填継手の O リングを定期的に交換実施(3 年に 1 回)</li> <li>⑤ 今回の事故原因、対策を酸素の充填手順書に記載</li> <li>⑥ 充填従業員に作業手順書等の教育の徹底</li> </ol> <p>今後、窒素ガス、アルゴンガスの充填についても上記の対策を展開していく。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 充填継手の O リングは、充填口の内部に設置されており、確認がおろそかになりやすいため、手順書に記載し、使用前に確実に確認することが重要である。</li> <li>② 頻繁に取り付け、取り外し行う酸素の充填継手は、定期的にシール性の確認を行うことが重要である。</li> <li>③ メーカーの仕様書を参考にして、充填継手の使用期限を決め、定期的に O リングを交換することが重要である。また、使用期限内であっても、点検時に O リングの劣化が確認された場合は交換し、シール性を維持することが重要である。</li> <li>④ ワンタッチ式の充填継手は、容器バルブのねじ山の方向に関係なく、直線的に取り付け、取り外しを行うため、充填継手のねじ山部が磨耗し、締結が不完全になる恐れがある。充填継手部のねじ山の健全性を管理することが重要である。 (ワンタッチ式の充填継手、回転ハンドル式の充填継手の図参照。)</li> </ol>
<p>事業所の事故調査委員会 (メンバー:工場長、環境安全部長、環境安全 GL、製造 GL、設備管理 GL、工場管理 G 主席部員、環境安全・品質管理 GL、環境安全・品質管理 G 主席部員、CAE グループリーダー、オーナー会社より環境保安部部長、環境保安部担当部長、山口支店長、品質保証部部長))</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 6 月 9 日 第 1 回 事故調査委員会(事実確認、原因調査、方針等)</li> <li>・ 6 月 12 日 第 2 回 事故調査委員会(原因調査・解析・検討等)</li> <li>・ 6 月 19 日 第 3 回 事故調査委員会(原因調査・対策検討等)</li> <li>・ 6 月 23 日 第 4 回 事故調査委員会(結果検討・対策・まとめ)</li> </ul>



<p>容器バルブ側Oリング接触面(拡大)</p>	<p>容器バルブ側Oリング接触面(圧痕拡大)</p>
<p>Oリング(健全品)</p>	<p>Oリングの表面拡大(健全品)</p>
<p>Oリング(健全品を複数回着脱し撮影)</p>	<p>ひび割れ</p>
	<p>バリ</p>
<p>ワンタッチ式の充填継手</p>	
<p>ワンタッチ式の充填継手は、継手部分を容器バルブに直線的に押し込むことで、継手内部のチャック部と容器バルブの雄ねじが締結される。</p>	
<p>回転ハンドル式の充填継手</p>	
<p>回転ハンドル式の充填継手は、ハンドルを回転させることで、継手部内雌ねじと容器バルブの雄ねじが締結される。</p>	

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-200	事故の呼称 仕切り板入れ替え作業中の水素漏えい火災			
発生日時 2015-6-22 17時03分	事故発生場所 千葉県市原市	事故発生事象 1次)漏えい 2次)火災	事故発生原因 主)誤操作など 副)情報伝達の不備	
施設名称 第4水添脱硫装置	機器 連絡配管	材質 STPG370	概略の寸法 外径 1140mm(4インチ) 厚さ 6.0mm	
ガスの種類及び名称 水素ガス	高圧ガス製造能力 7,195,536Nm <sup>3</sup> /日(標準状態)	常用圧力 2.66 MPa	常用温度 50℃	
被害状況(人身被害、物的被害) 人的被害なし、重油(LSC 重油)配管電動弁のアクチュエーター(駆動部)の焼損				
<p>事故の概要</p> <p>第2接触改質装置(2RF)の脱硫セクション(N-UF)から発生した水素リッチガスを第1水添脱硫装置(1UF)及び第3水添脱硫装置(3UF)へ送気している配管から第4水添脱硫装置(4UF)へ枝取りしている連絡配管(以下「当該配管」という)の第1弁(4UF が運転開始準備中により閉止中、以下「当該弁」という)の下流側フランジ部の仕切り板取外し作業中に、内部流体の漏洩及び火炎を発見した。(約 350Nm<sup>3</sup>漏えい)</p> <p>発災後は、1UF、3UF 側及び 2RF 側の各元弁閉止により当該配管系をブロックし、それぞれの元弁付近から窒素を投入、発災箇所周辺への冷却散水を実施した。(図1、2参照)</p> <p>以下、事故の概要を時系列で示す。ただし、関係官庁の入退所は除外した。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 6月22日17:03 頃 仕切り板取外し作業立会いの製造課員が当該配管での内部流体の漏洩及び火炎を発見(図3、4参照)</li> <li>② 17:05 頃 防衛隊発令</li> <li>③ 17:08 頃 ホットライン通報</li> <li>④ 17:15 頃 当該配管 2RF 側元弁閉止</li> <li>⑤ 17:20 頃 防衛隊本部設置</li> <li>⑥ 17:20 頃 当該配管 1UF、3UF 側元弁閉止</li> <li>⑦ 17:28 頃 発災箇所周辺に冷却散水開始</li> <li>⑧ 17:30 頃 現地対策班設置</li> <li>⑨ 17:36 頃 1UF、3UF 緊急シャットダウン開始</li> <li>⑩ 18:03 頃 当該配管 1UF、3UF 側の元弁付近から窒素投入開始</li> <li>⑪ 18:09 頃 当該配管 2RF 側の元弁付近から窒素投入開始</li> <li>⑫ 19:21 頃 可燃性ガス測定のため、1UF、3UF 側、及び 2RF 側からの窒素投入停止、冷却散水停止</li> <li>⑬ 19:33 頃 発災箇所周辺の可燃性ガスのガス検結果 0ppm、発災箇所直近 400 ppm を確認</li> <li>⑭ 19:37 頃 鎮火を確認</li> <li>⑮ 19:40 頃 当該配管 1UF、3UF 側の元弁付近から窒素投入再開</li> <li>⑯ 20:25 頃 発災箇所周辺の可燃性ガスのガス検結果 0ppm、発災箇所直近 0 ppm を確認</li> </ol>				

⑰ 21:40 頃 防衛隊解散

以下に発災箇所の当時の状況を示す。

- 4月20日 4UF 定期整備のため、仕切り板挿入。なお、2RFは停止中で圧力はなし。仕切り工事期間はシートガスケットを使用。
- 5月 1日 4UF 定期整備のため停止
- 6月11日 4UF 気密試験を実施。テスト後は脱圧し、窒素微圧保持。
- 6月21日 4UF 運転開始準備中。
- 6月22日 当該配管内部は、仕切り板より上流側は2RF運転中のため水素ガスが流れており、また上流側と下流側は、弁閉止及び仕切り板挿入により、縁切りされていた。下流側は4UFが運転準備開始中のため圧力はかかっていなかった。

事故発生原因の詳細

① 誤認による不適切な指示

今回の仕切り板取り外し作業は「環境設定手順書」を活用した。しかし、これらの作業を指示した製造課員（以下当該製造課員という）は、当該配管は使用されていないと誤認していた。そのため当該弁シート漏れに対する安全確保に係わる指示が適切ではなく、上流側のスケールのかみこみによりシート漏れを起こした。（図5参照）また、「環境設定手順書」にも配管（圧力や温度等）の状態を確認する項目はなかった。

<当該配管系が使用されていないと誤認した背景>

- ・ 当該製造課員は 4 月 20 日に仕切り板を挿入する際も立会っており、当該配管は窒素でパージ済み（圧力 0MPa）であったため、6 月 22 日の仕切り板取り外し作業の際も、仕切り板の上流側と下流側共に窒素でパージされていると思い込んでいた。
- ・ ここ近年の同箇所の仕切り板取り外し作業は、2RF 及び 4UF が停止し当該配管系を使用していない状態（圧力 0MPa）で行われており、今回も同じだと思い込んでいた。

② 作業リスク認識不足

直長は2RFが運転中で、仕切り板の上流側は水素により圧力がかかっていることを認識していたが、当該製造課員に対しては、ベテランで、かつ仕切り作業の経験も豊富であったこともあり、仕切り作業の際には十分に安全を確認するものと思い、作業に関して特段の指示を行わなかった。また、前項に記載した「環境設定手順書」は、製造課員が現場で確認する項目をリスト化しているものであったが、上流側に圧力がかかっているか確認する項目が、具体的に記載されていないかった。

上記の通り、作業担当者の誤認を未然に防止したり、作業の中で新たに生じたリスクに気づき、これを是正するような仕組みが十分ではなかった。

③ 不適切なガスケットの使用

仕切り板挿入時、圧力がゼロの状態であったことから、仕切り板とフランジとの間にシートガスケットを使用していた。しかし、仕切り板取り外し時は、仕切り板の上流側に水素（2.3MPa）が使用され、かつ当該弁がシート漏れを起こしていたため、圧力が仕切り板にかかっていた。フランジのボルトを緩めた際に、内圧によりシートガスケットが破断した。（図6参照）

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

① 仕切り板の上流と下流の状況確認

今回のような誤認を防止するために、仕切り作業前に仕切り板の上流と下流の状況確認が出来る仕組みに見直す。具体的には、仕切り作業の「環境設定手順書」に、仕切り板の上流と下流の環境(内部流体、圧力、温度)を仕切り作業前に確認し記載する。これにより仕切り板の挿入と取り外し時の環境変化の有無を確認することができて誤認を防止する。

② 作業リスクの管理強化(図7参照)

「環境設定手順書」について、事前に確認すべき項目と作業現場で確認する項目を区別し、事前に確認すべき項目については、現場の作業に着手する前に、直長の確認を終える仕組みに見直す。

仕切り板の挿入と取り外しの前には、仕切り作業においてブロックが必要な弁のシート漏れの有無を確認する。さらに、シート漏れの有無が確認できない場合は、関係部署で安全対策を協議した上で仕切り作業を行う仕組みに見直し、規則に反映して運用する。

これにより、作業に潜むリスクを認識し、それに応じた対策を講じる。

③ ガasketの運用見直し

今回、弁のシート漏れにより内部ガスがフランジから漏洩し、仕切り板用に使用していたシートガスケットが破断したため、漏洩を即座に停止することができなかった。

したがって、当該弁のように上流側と下流側を弁1つで縁切りし、弁の内部漏れが発生すると配管内の圧力が変化する可能性がある仕切り箇所についても、「通常運転時に使用している正規のガスケットを使用する」ことを規則に反映して運用する。

④ 本事例の周知教育

仕切り板作業は、全ての製造部署で発生するので、本事例の対策については、全製造課の課長、係長を交えて検討を行った。また、各部署で本事例を全運転員に周知するとともに、見直し後の規則について、教育を実施した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

④ プラントの運転(試運転開始を含む)／停止状況には細心の注意を払い、作業者間の情報共有と作業前の確実な確認が重要である。

⑤ 作業リスクの管理向上のために、手順書のチェック項目の充実と関係者のダブルチェックが重要である。

事業所の事故調査委員会

発生日から2015年6月にかけて事故対策会議を5回開催し、2015年7月2日に最終事故調査報告書を地元消防局に提出した。

備考

キーワード

配管、漏えい、火災、水素ガス、シート漏れ、誤認、ヒューマンエラー

関係図面

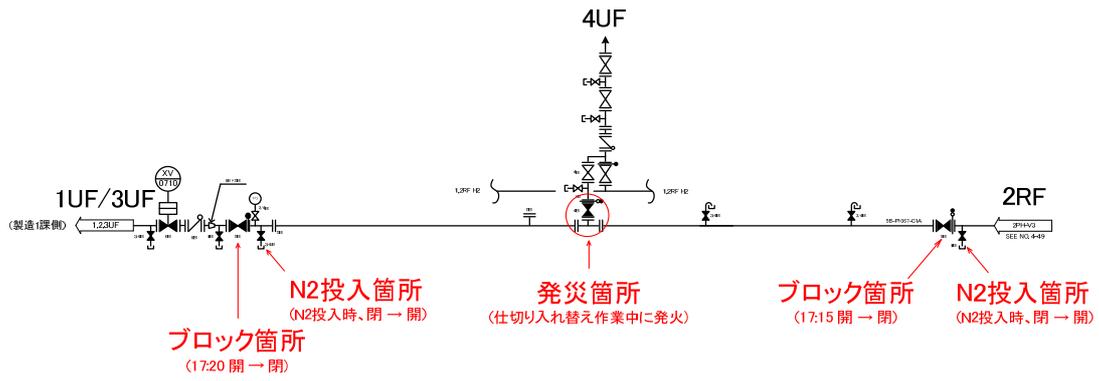


図1 プロセスフロー

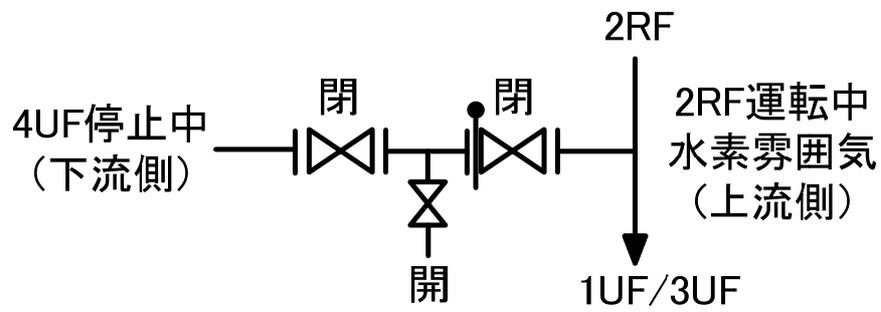
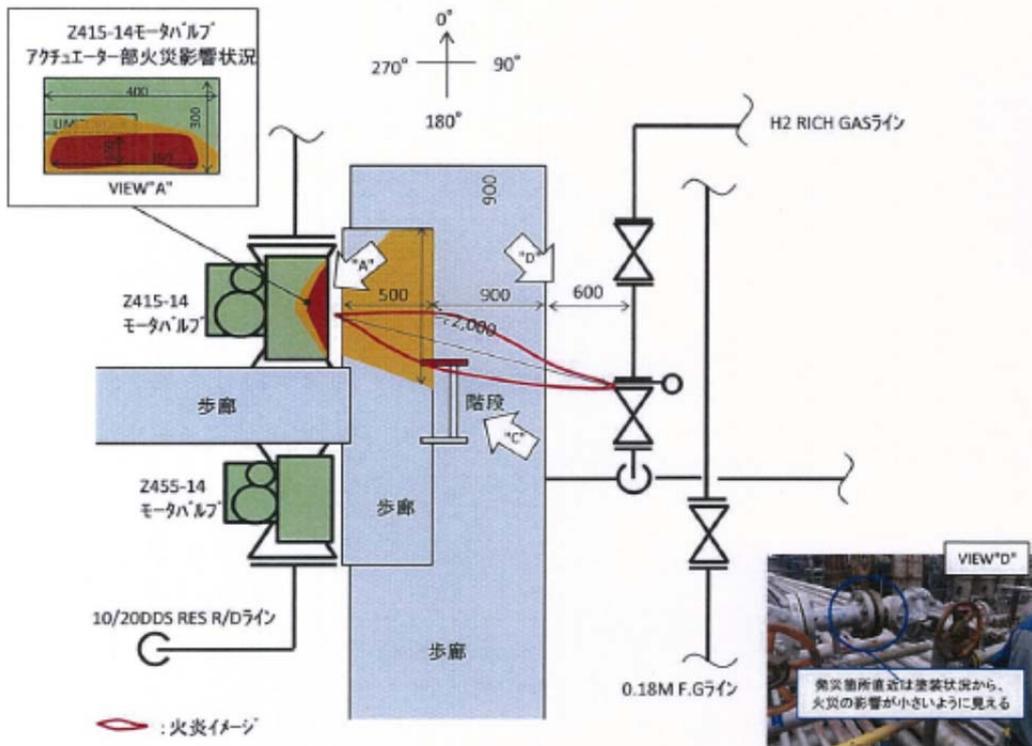


図2 発災部のプロセス詳細



図3 火災後の状況

外観目視状況(火災影響範囲図)



推定火災温度	塗装の焼損状況の目視評価基準
100～300℃	上塗り塗料の黒化・剥離、錆止め塗料の白垂化・変色しているもの。
300℃以上	塗料が全て焼失し、発錆しているもの。

※各部に火災による変形は見られない。

図4 火災の状況



図5 上流側のスケール状況



<上流側より撮影>

ガスケット仕様  
ノンアスシートガスケット  
使用範囲(ガス):1MPa

配管内側が 50mm、  
配管外側が 30mm の幅で  
吹き抜け破断している



<側方より撮影>



<下流側より撮影>

図6 ガスケットの破断状況

## 環境設定手順書(見直し案)

工事件名 \_\_\_\_\_

ISOME No.	直長印(事前) 仕切入	直長印(事前) 仕切抜

仕切入			仕切上流		仕切下流		仕切抜			仕切上流		仕切下流	
月日	担当者	直長印	内部流体		内部流体		月日	担当者	直長印	内部流体		内部流体	
			温度	℃	温度	℃				温度	℃	温度	℃
			圧力	MPa	圧力	MPa				圧力	MPa	圧力	MPa

※保護具 <input type="checkbox"/> 要 <input type="checkbox"/> 否      要:エアラインマスク,H2Sモニター,縄張り,ライフゼム,安全帯(兼品:面体,ゴム手袋含む)	備考欄
<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">■事前確認</div> 入り抜き 1. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 前直者からの申し送り(バルブ開閉状況、バルブシート漏れの確認状況)を確認したか	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">           事前に確認して直長の確認を得たうえで、次項以降の作業に着手するように見直し、規則化します。(赤枠は追加欄)         </div>
<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">■作業前の現場確認</div> 入り抜き 2. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 所管,CEC,協力会社の立会いはいりますか(エアラインマスク作業以外は三社立会不要) 3. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 作業者に当該箇所の取扱化学物質を『化学設備等作業への交付書』で説明 4. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 現場到着後、安全帯フックは手摺りに掛けた 5. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 作業場所の安全は確保されていますか(場所により足場組みがされているか) 6. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 関係弁の閉止確認(所管:札掛け実施) 7. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 作業周辺に関係ない人はいませんか(縄張りはされている) 8. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 作業者はエアラインマスクを着用していますか 9. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 直長 or ボードマンへ作業開始連絡 10. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 協力会社への作業指示(安全帯フック確認) ※開放作業中、風上へ移動 11. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 開放作業中、フランジ、バルブからの洩れはありませんか ※洩れ量が大の場合、作業中止(B/N締め) ⇒ 直長へ報告する ⇒ 安全対策会議を実施する ・洩れ量大の定義:残圧がある。作業環境の濃度を超える。ドレンが勢いよく出る。など 12. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> (仕切入時)仕切り挿入後のB/N締め付けは確実か 13. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> (仕切抜時)仕切り抜き後のB/N締め付けは確実か 14. <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 直長 or ボードマンへ作業終了連絡	

図7 手順書の改訂

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-308	事故の呼称 圧力計上部ねじ接続部からの水素漏えい火災		
発生日時 2015-9-3 18時20分	事故発生場所 山口県宇部市	事故発生事象 1次)噴出漏えい 2次)火災	事故発生原因 主)シール管理不良 副)施工管理不良
施設名称 1,6ヘキサジオール製造施設	機器 原料(エステル、水素)ライン圧力計	材質 原料ライン:SUS316 圧力計ノズル:SUS316 ガスケット:銅、アルミ	概略の寸法 原料ライン:4OA 圧力計ノズル:26A
ガスの種類及び名称 水素ガス	高圧ガス製造能力 205, 684m <sup>3</sup> /日(標準状態)	常用圧力 29.4MPa	常用温度 300℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人的被害:なし 物的被害:圧力計、保温材の焼損 被害額約147千円。			
<p>事故の概要</p> <p>定常運転中、1,6ヘキサジオール製造施設の水添プレヒーターライン(図1参照)の圧力計上部ねじ接続部から水素が漏洩(推定約11m<sup>3</sup>)し、火災が発生した。(図2参照)</p> <p>以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <p>① 16:10~16:30 現場定時パトロール実施。異常無し。</p> <p>② 17:00 頃 工事関係者が火災現場付近を通行したが、異常無し。</p> <p>③ 18:20 水添プレヒーターのラインにて火災発見。</p> <p>④ 18:21 現場の保温材上部の延焼防止のため、消火器1本を用いた。 ※完全消火をすると、漏洩している可燃性ガスの水素が充満して、爆発の危険性があるので、完全には消さなかった。</p> <p>⑤ 18:25 運転管理へ火災連絡。</p> <p>⑥ 18:26 ジオール工場の停止操作、水素・エステルのフィード停止。 ※漏洩部の保温材内に窒素注入にて消火。</p> <p>⑦ 18:33 運転管理より宇部・山陽小野田消防局へ通報。</p> <p>⑧ 18:40 公設消防到着。</p> <p>⑨ 20:30 公設消防にて鎮火宣言。 ※水素循環ラインの水素濃度が、爆発下限以下となったことを確認し、公設消防にて、鎮火と判断された。</p> <p>⑩ 21:10 災害対策本部解散。</p>			
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>以下①~③より、「ガスケット2枚取付けを起因とした面圧低下」と「打痕の存在」により、水素漏えいが発生したもの(直接原因)と推定した。</p> <p>① 圧力計検査のため圧力計を取外した者は、アルミ製ガスケットが受け座に圧着し残っていたことに気づかなかったためそのまま残してしまった。</p> <p>② 検査後、圧力計を取付けた者も、アルミ製ガスケットがそのまま残っていることに気づかずに銅製ガスケットを挿入して圧力計を設置したため、ガスケットが2枚</p>			

<p>重ねの状態となってしまった。</p> <p>③ また、以前からアルミ製ガスケットが圧着して取り外しにくかったことから、ドライバーやハンマーで外すことがあり、圧力計の受け座(アルミ製ガスケット側)に打痕が3箇所あった。(図3、4参照)</p> <p>④ この結果、打痕のあった方向と、漏洩・火災となった方向が同一であったため打痕部からガスが噴出して火災にいたったと推測される(解体した保温BOX内の保温材に約径50mmの孔が開いていた)。</p> <p>⑤ アルミ製ガスケットに関して、過去に固着した経験があったにもかかわらず、よく確認しなかった。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策) (ハード対策)</p> <p>① 今回漏洩した圧力計含め、受け座の打痕の有無を合計22ヶ所調査した。傷が見つかった圧力計の受け座(今回漏洩した圧力計を含む3ヶ所)については、打痕の傷部分を削り取り受け座を平らにした。切削加工後には浸透探傷試験にて表面の健全性を確認し、切削後の厚みが必要肉厚を満足することを確認した。</p> <p>② 今回火災の影響を受けた配管、弁について、熱影響を受けていないBラインの配管、弁等を比較し、健全であることを確認した。</p> <p>(ソフト対策)</p> <p>① アルミ製ガスケットは使用禁止とし、銅製ガスケットを使用する他、以下の内容を含む圧力計交換作業手順書を作成し、運転員に教育した(10名)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスケット固着時は、受け座に傷をつけない様に注意し取外す。</li> <li>・ガスケットの取外し、座面健全性、取付け状態を記録する。</li> </ul> <p>② 今回の事故の発生状況と原因、対策は、工場安全衛生委員会で説明し、従業員に周知した。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>① 水素など危険性の高い施設における特殊な作業をする場合は、手順書(例:非定常作業手順書)を作成し、作業員全員で注意事項を確認した上で、確実に作業を実施することが重要である。</p> <p>② ガスケット取外し作業において、ガスケットが固着すること等により取り外しにくい場合があっても、作業手順書等に従って、ドライバーやハンマー等の定められた以外の工具を使用しないことが重要である。</p>
<p>事業所の事故調査委員会 9月5日に事故調査委員会を設置し、10月14日までに4回の委員会を開催して事故原因と対策を検討した。</p>
<p>備考 ※ガスケット材質の経歴 1, 6ヘキサジオール製造施設では操業開始当初は金属接合部に銅製ガスケットを使用し、その後アルミ製に変更している。現在のジオール工場運転員等を確認したが変更理由は不明であった。アルミ製ガスケットの場合、圧力計の取り外し時に受け座に張り付いて除去しにくい為、他の同条件(温度、圧力)で使用実績が有った銅製ガスケットに、2014年10月に変更した。ガスケットメーカーに確認し 300℃付近まで使用に問題無い事を確認した。アルミも銅も本設備の運転条件に使用出来る標準品である。</p>
<p>キーワード 水素、圧力計、受け座、打痕、アルミ製ガスケット、銅製ガスケット、漏えい</p>

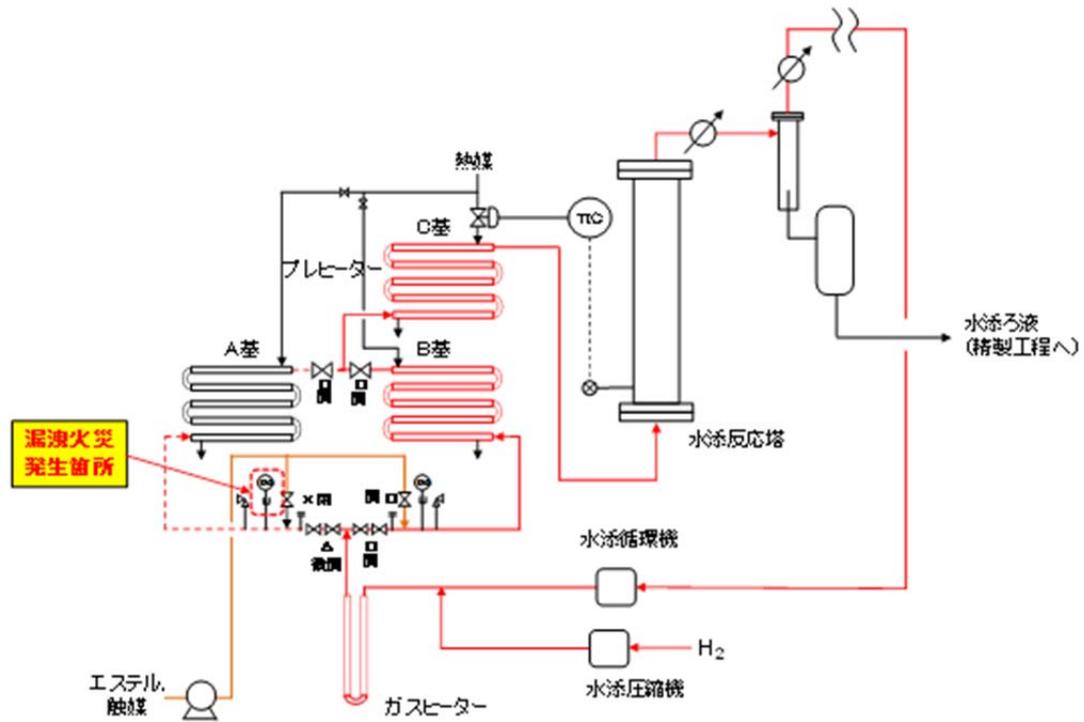


図1 水添プレヒータラインのフロー図

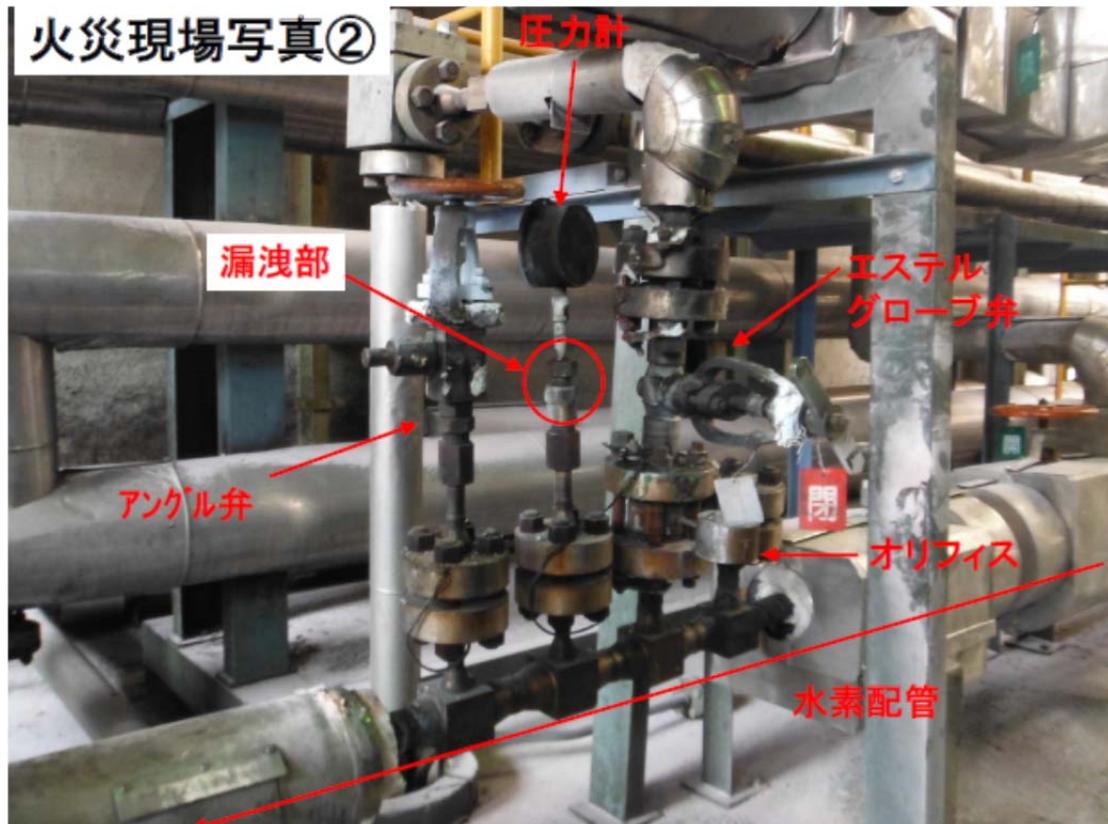


図2 火災後の状況



漏洩箇所の観察結果



圧力計

圧力計 継手部

鋼ガスケットとアルミガスケットの2枚が装着されていた。



保温Boxを180度展開したもの



ガスケットの質量測定記録



鋼ガスケットの寸法測定記録 (写真はアルミガスケットとの接触面)



アルミガスケットと受け座の接触面の写真 (写真長寸法測定値はガスケット取外し時に、圧力計受け座の加工面(内径φ17.8mm)に引っ掛かって、変形した後の値)

(mm)	鋼 (新品)	鋼 (取外し品)	アルミ (取外し品)
外径	23	23	24.3
内径	18	18	17.8
厚み (打痕部)	—	1.47-1.49	1.03-1.26



アルミガスケットと鋼ガスケットの接触面の写真 (写真にキズは見られなかった。(両側方向のキズはガスケット取外し時についていたものと推察))



圧力計受け座のガスケット面に打痕状のキズが見られた。



圧力計側のガスケット面にキズは見られなかった。

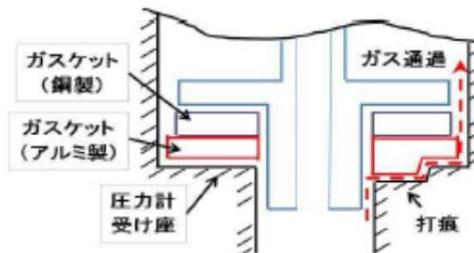
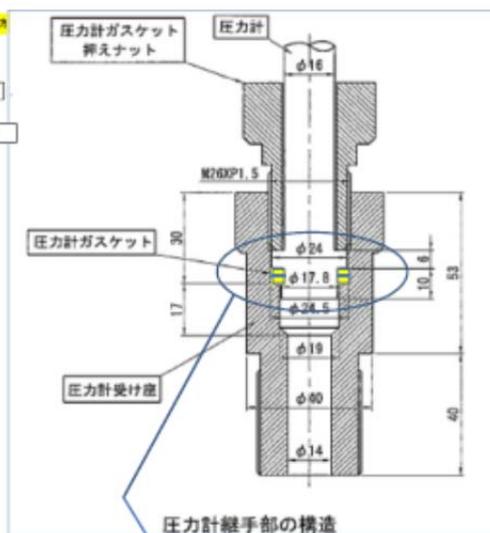


図3 原因分析



図4 圧力計受け座の打痕

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-122	事故の呼称 フレキシブルチューブからのアンモニア漏えい			
発生日時 2015年4月3日 14:00頃	事故発生場所 山口県宇部市	事故発生事象 1次)漏えい 2次)	事故発生原因 主)設計不良 副)	
施設名称 アンモニア充填設備	機器 フレキシブルチューブ	材質 SUS304	概略の寸法 φ21.5(山部)、φ13.2(谷部)	
ガスの種類および名称 アンモニア	高圧ガス製造能力 0m <sup>3</sup> /日	常用圧力 0.98MPa	常用温度 -10℃	
被害状況(人身被害、物的被害) 人的被害、物的被害なし				
<p>事故の概要</p> <p>容器検査期限切れアンモニア充填容器の残ガスを回収するために、容器にフレキシブルチューブを接続し、容器内の残ガス(アンモニア)で気密性の確認を実施しようと容器付属弁を徐開したところ、アンモニア臭を感知した(4月3日)。以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <p>平成27年</p> <p>① 4月3日 使用開始前点検において、アンモニア(容器内の残ガス)を使用して、アンモニア残ガス回収設備の気密性の確認を行ったところ、作業者はアンモニア臭を感知した。発泡液を使用して、アンモニア残ガス回収設備を点検したところ、フレキシブルチューブから微量のアンモニアガスの漏えいが認められたため、当該フレキシブルチューブを使用禁止とした。(この時点では、漏えいを事故と認識していなかった。)</p> <p>② 5月20日 保安検査機関による保安検査において、当該フレキシブルチューブの保安検査を実施したところ、目視検査、耐圧試験で不具合となり漏えい事故が発覚した。</p> <p>耐圧試験の結果、フレキシブルチューブのブレード(braid)押さえ付近から漏えいが確認され、外圧による気密試験および内部目視検査を行ったところ、ブレード押さえ近傍のチューブ部に極めて小さい穿孔が確認された。</p> <p>当該事業所では、アンモニアガスの漏えいを確認した段階が、残ガス回収前の気密性の確認時であったことから高圧ガスの事故と認識せず、都道府県への事故報告が遅れた。</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>フレキシブルチューブ着脱の繰り返しと未使用時の保管において、ブレード押さえ近傍が過度に曲がった状態であったため、チューブが破損し、アンモニアの漏えいに至ったと推定される。</p> <p>なお、使用年数は5年9ヶ月である(平成21年7月交換)。定期自主検査で目視検査および1年に1回の耐圧試験を実施している。</p>				

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

今後は、高圧ガス充填施設内の容器接続に係る、アンモニアのフレキシブルチューブの交換周期を3年と定め、定期的な取り替えを行う。

今回の事故を教訓に再度安全意識の高揚を図り、高圧ガス保安法に係る「事故の定義」及び石油コンビナート災害防止法に係る「異常現象の範囲」について、教育を実施するとともに、他法令についても法令遵守を徹底する。

教訓(事故調査解析委員会作成)

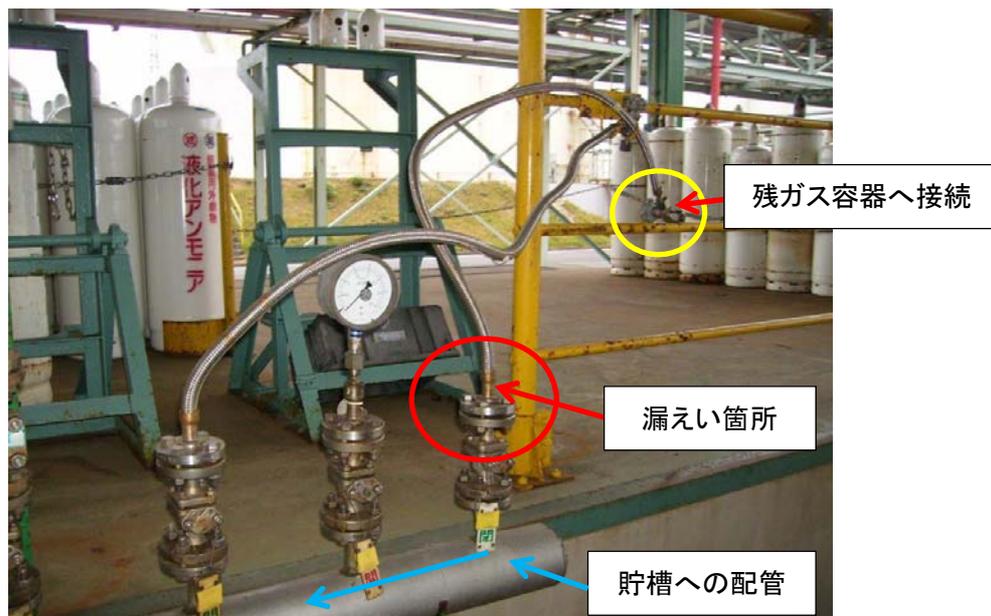
- ① フレキシブルチューブを常置の配管として使用してはならない。必要以上に長いフレキシブルチューブは、高圧ガスを流すと振れが発生し、大きな変形(たわみ)の繰り返しが発生するため、振れ止め等の措置が必要である。
- ② フレキシブルチューブは、たわみを吸収するための部材であり、疲労が懸念される部位に使用しないようにし、やむを得ず使用する場合は検査と交換の周期を考慮する必要がある。
- ③ フレキシブルチューブは、取扱要領を確認して、過度な曲げが生じないように設置する。
- ④ フレキシブルチューブは内部の確認が難しいため、使用期限をきめ、定期的に変換することも、事故の未然防止に有用である。

事業所の事故調査委員会  
なし

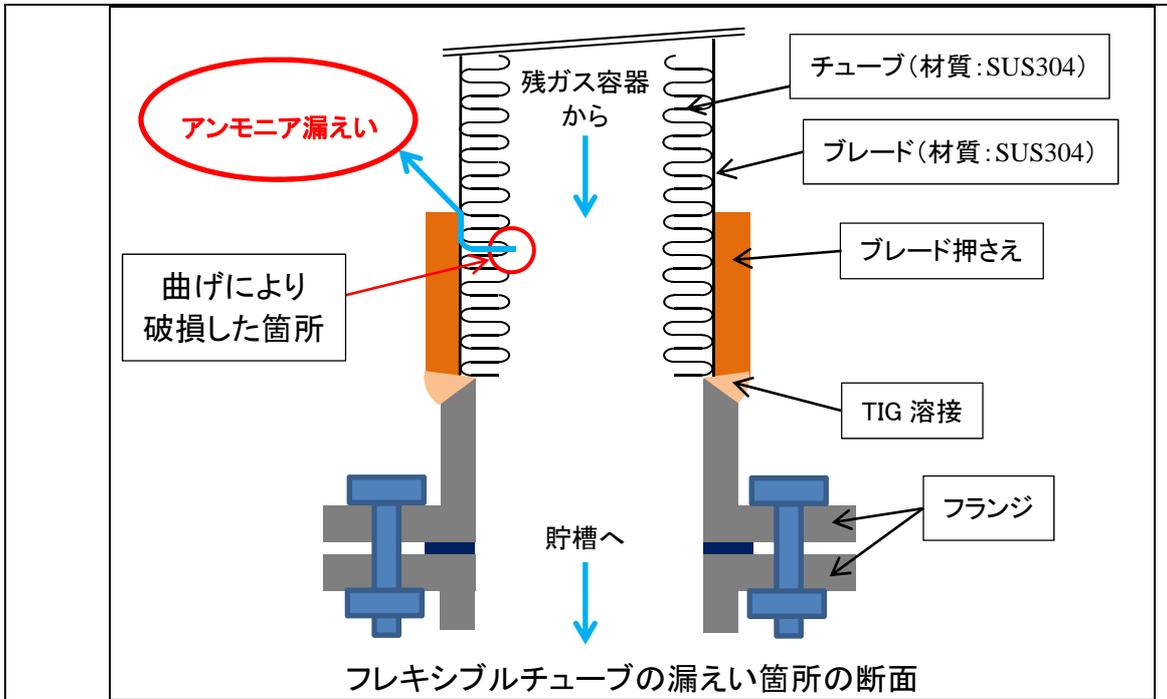
備考  
-----

キーワード  
アンモニア、フレキシブルチューブの管理

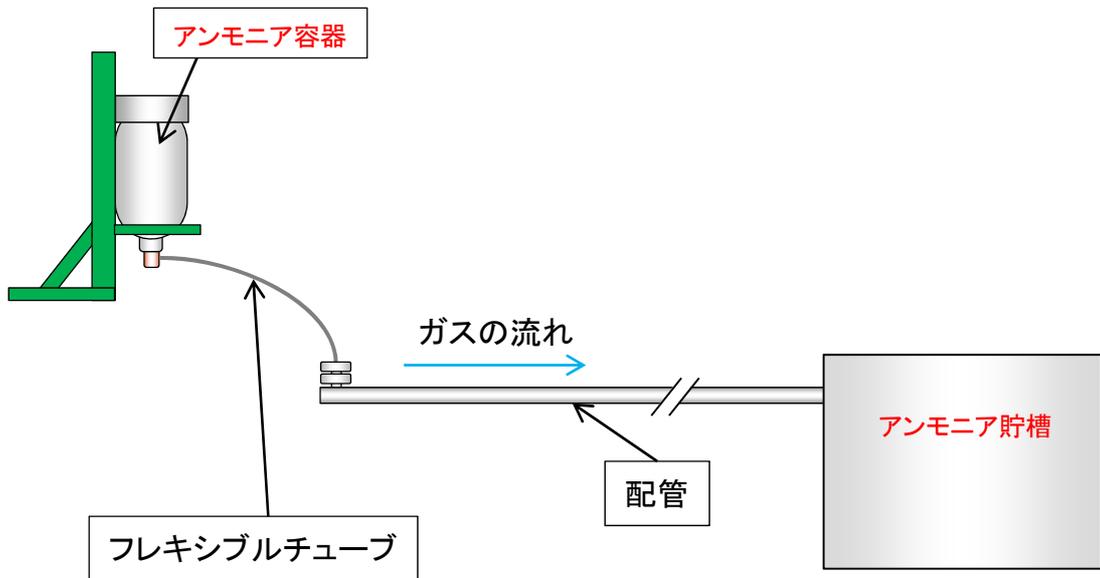
関係図面(特記事項以外は事業所提供)



漏えいが発生したアンモニア回収設備



残ガス回収のフロー



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			
発生日時 2015/7/6 9時54分	事故発生場所 新潟県新潟市	事故発生事象 1次)漏えい 2次)	事故発生原因 主)腐食管理不良 副)点検不良	
施設名称 アミン製造設備	機器 配管 (ドレン弁ノズル)	材質 STPG370-S	概略の寸法 ドレン配管25A 厚さ 4.5mm (本管 150A)	
ガスの種類及び名称 混合アミン水溶液	高圧ガス製造能力 138,474 Nm <sup>3</sup> /日 (標準状態)	常用圧力 1.08 MPa	常用温度 142℃	
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害:無し 機器への損傷:無し				
<p>事故の概要</p> <p>アミン製造設備をパトロール中に、当該設備の蒸留塔から塔再沸器(リボイラー)行きボトム配管ドレンノズルの配管保温材から液が垂れているのを発見した。(図1)直ちに、漏えい箇所を縁切りし、設備を停止後、漏えいはとまった。当該部分の保温材切欠部はコーキングされておらず、雨水等の床からの跳ね返りが配管と保温材のすき間に入る環境であった。通常運転時の内液温度は50~100℃で、構造デッド部(行き止まり配管)の代表的な腐食箇所であり、外面腐食が進行し、漏えいに至ったと推定される。</p> <p>① 9:54 班長が、アミン製造設備内の現場パトロールで蒸留塔から塔再沸器(リボイラー)行きボトム配管ドレンノズルの保温材より、液滴が垂れていることに気付いた。</p> <p>② 9:57 班長は消防局へ119番通報と同時に所内防火防災隊の発動をした。また、直ちにアミン製造設備の緊急停止を実施した。蒸留塔系内プロセス液は別タンクへ移送するとともに、漏えいプロセス液は散水にて吸収、活性汚泥設備へ全量移送した。</p> <p>③ 13:34 系内圧力ゼロ。漏えい停止。</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>1 漏えい箇所の調査結果</p> <p>蒸留塔の塔再沸器(リボイラー)のドレンラインよりプロセス流体が漏えいしたが、内液温度50~100℃で、構造デッド部の代表的な腐食箇所であり、外面腐食が発生しやすい環境であった。(図1)</p> <p>① 当該漏えい配管の保温材を取り外して確認したところ、裸配管の保温近傍部に外面腐食による減肉部と漏えいした破孔部を確認した。(写真1)</p> <p>② 配管漏えい箇所(赤色点線部分)の破孔部周辺の観察を行った。(写真2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外側に全面腐食が見られ、ピンホール箇所を中心に減肉している。</li> <li>・ノズル部の保温施工目地部での局部腐食 (図2)</li> </ul> <p>2. 原因の検討</p> <p>① 製造課による「総点検」(目視による外面腐食点検)時に、当該配管は注意肉厚以下で減肉傾向が認められた。しかし、後任への引継ぎが十分に行われず、当該配管は、次年度の更新予定であったが、計画に落ちがあった。</p> <p>② 保全 G により8年毎に実施される「ライン管理」(保温材を外して行う一斉点</p>				

<p>検)は、当該製造施設がスクラップ&amp; ビルドし、近々停止する計画もあり、本来「ライン管理」を計画すべきであったが、実施に踏み切れていなかった。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p>1. 原因の対策</p> <p>① 「総点検」及び「ライン管理」などの外面腐食点検後の記録の引き継ぎ等の運用を着実にフォロー出来るように、製造各課で保全担当を専任した。(図3)</p> <p>② 「総点検」時の気づき事項を、毎月実施される『設備定例会議』(製造課及び保全 G で開催)にて新たな議題の懸案事項として加え、工場内で共有化を図り、適切に実施出来る体制とした。(図4)</p> <p>③ 外面腐食に関する事例等により、配管点検に関する再教育を徹底した。</p> <p>2. 前年度の原因の対策</p> <p>前年度も防音材の外面腐食事故を経験しているが、その対策は上記の③である。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>今回の教訓</p> <p>① 保温材下腐食は、切欠部からの雨水の侵入の有無に拘わらず起きる。保温材下腐食に関する最近の情報を調査し、認識を新たにすることが必要である。</p> <p>② 内面腐食の原因となる構造デッド部(行き止まり配管)において、外面腐食の典型例である保温材下腐食に最適な温度条件が形成され、腐食を加速した事例であり、事故の知識として伝承する価値がある。</p> <p>③ 多くの事業所で、腐食事故は数多く経験している。しかし上記の①と②のような腐食事故の情報と経験の欠如が、腐食管理の「計画落ち」と「計画の不実施」を生む本質的な要因となっている。</p>
<p>事業所の事故調査委員会</p> <p>事故調査小委員会: 第1回 2015年7月21日</p> <p>第2回 2015年8月4日</p> <p>第3回 2015年9月7日</p>
<p>備考</p> <p>前年度の「高圧ガス事故概要報告」(同一事業所の外面腐食による漏えい事故)</p> <p>整理番号『2015-214』</p> <p>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』</p>
<p>キーワード</p> <p>小口径配管、保温材下配管外面腐食(CUI)、漏えい、行き止まり配管、</p>

関係図

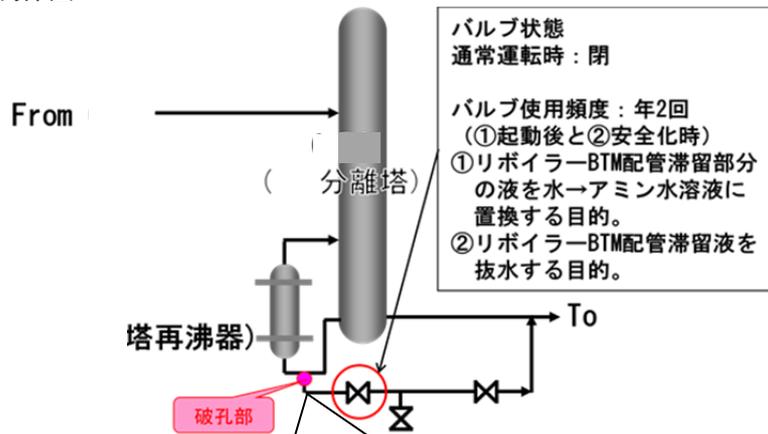


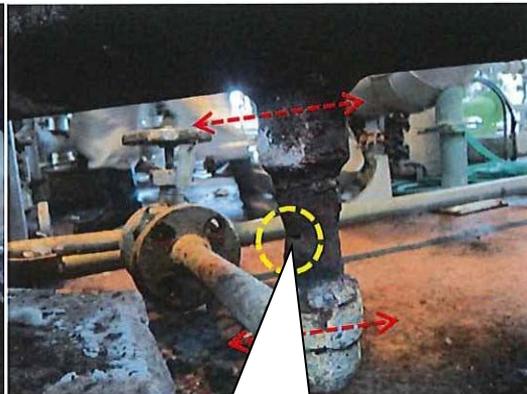
図1 漏えい箇所(破孔部)

通常運転時バルブは閉止している。内液温度は 50～100℃である構造デッド部の代表的な腐食箇所であった。



(写真1)

裸配管の保温近傍部に外面腐食による減肉部。



(写真2)

外側に全面腐食が見られ、ピンホール箇所を中心に減肉している。

内液温度 50～100℃である構造デッド部の代表的な腐食箇所

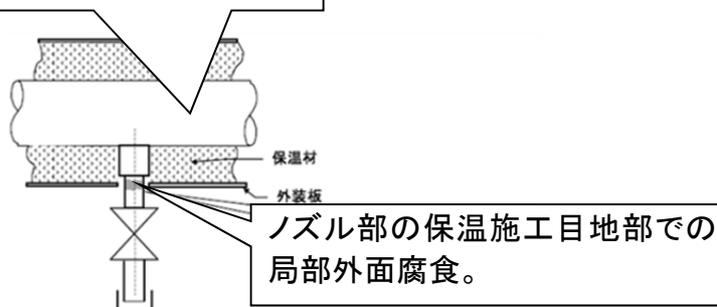


図2 保温施工目地部での局部外面腐食

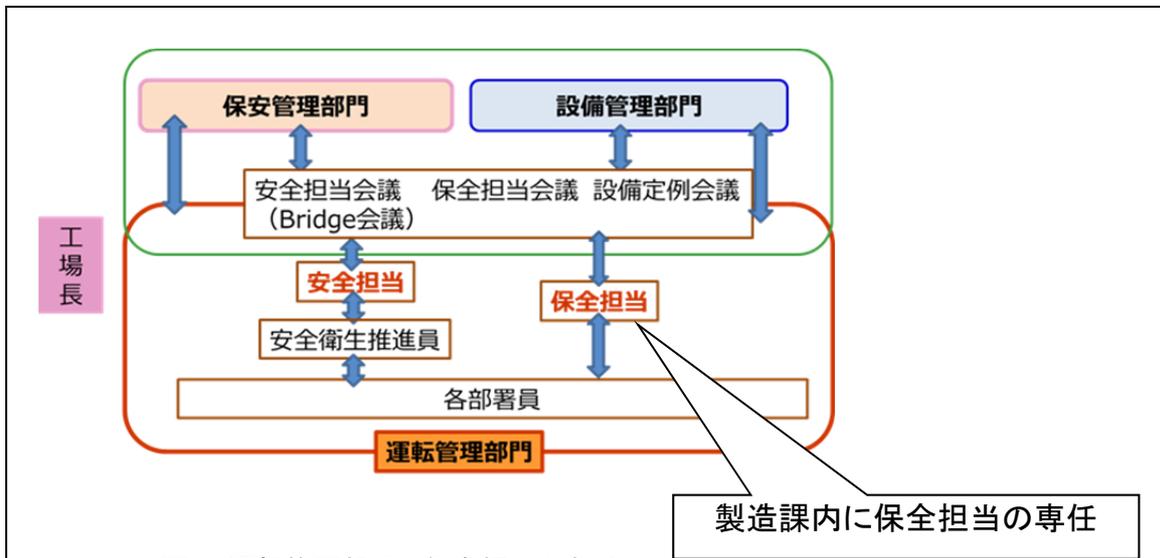


図3 運転管理部門に保全担当を専任

『設備管理フロー』の中にプラント設備の経年劣化・腐食に対し、前回、今回のCUIによる漏えい事故を含めてその原因等の徹底的な分析を行うとともに、見えにくい危険性の把握と予防策としての適切な管理体制及び保安投資が重要である。

製造課による「総点検」(目視による外面腐食点検)

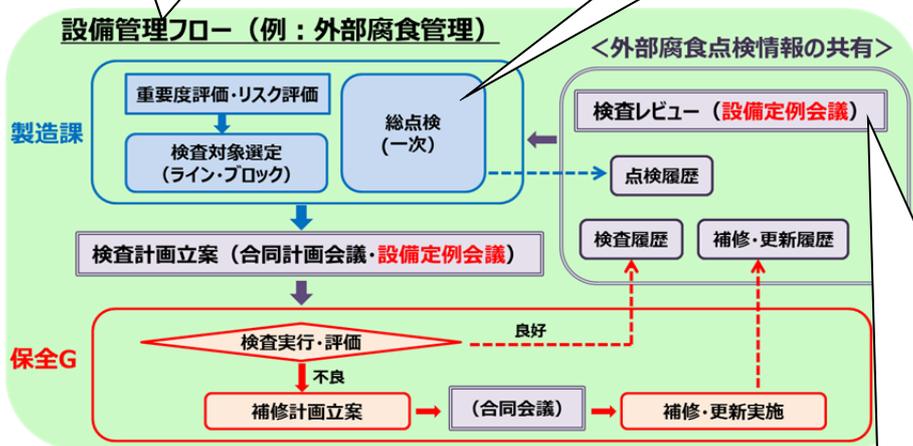


図4 設備定例会議

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-399	事故の呼称 液化塩素ローリー受入時のホースフランジ部からの塩素ガス漏えい			
発生日時 2015-11-3 12時13分頃	事故発生場所 神奈川県川崎市	事故発生事象 1次)漏えい② 2次)	事故発生原因 主)誤操作	
施設名称 液化塩素製造 設備	機器 フランジ式継手	材質 SUS316	概略の寸法 25A	
ガスの種類及び名称 塩素	高圧ガス製造能力 45,150 Nm <sup>3</sup> /日(標準 状態)	常用圧力 1.2 MPa	常用温度 30 °C	
被害状況(人身被害、物的被害) 塩素ガス吸引により軽傷1名(気管支粘膜に軽い炎症)、物的被害なし				
<p>事故の概要</p> <p>当該事業所には液化塩素ローリー受入設備が2箇所(Bステージ、Cステージ)あり、交互に受入れを行っている。Bステージ及びCステージには、それぞれ圧縮機B及び圧縮機Cが接続されている。(図1)</p> <p>事故当日はBステージの受入れを開始するために従業員が圧縮機Bの吸入弁を開ける際、誤って受入れが終了しているCステージ用の圧縮機Cの吸入弁を開けてしまい、圧縮機Cと配管に0.2MPaの塩素ガスが流入した。</p> <p>流入した塩素ガスを除害系へ抜く際、ガス側導管フランジ部より塩素ガスが漏えいし、付近で作業していた輸送会社作業員が塩素ガスを吸引し、被災した。</p> <p>以下に事故時の時系列を示す。</p> <p>12:08 頃 Cステージの液化塩素ローリーの荷下ろしが終了し、次の液化塩素ローリーがBステージに到着した。</p> <p>12:10 頃 従業員がBステージの液化塩素ローリーを加圧して荷下ろしを開始するため、圧縮機Bを起動させた。その際、受け入れ後の脱圧が完了し、停止しているCステージ用の圧縮機Cの吸入弁を誤って開けた。直ぐに吸入弁を閉めたが、圧縮機Cと配管に塩素ガスが流入した。(図2)</p> <p>輸送会社作業員はCステージで荷下ろしが終わっている液化塩素ローリー上で導管を取り外す作業を開始した。液化塩素ローリーから取り外した液側導管とガス側導管の末端には、終業後に窒素ガス乾燥を行うための乾燥用窒素導管のフランジが取り付けられた。(図3)</p> <p>12:13 頃 従業員もCステージに移動し、流入したガスを除害系へ抜くために圧縮機Cの加圧弁を操作したところ、ガス側導管の末端に付けたフランジ部から塩素ガスが漏えいし、Cステージの液化塩素ローリー上で作業していた輸送会社作業員が塩素ガスを吸引した。(図4)</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>① 圧縮機起動時の誤操作： Bステージの液化塩素ローリーを加圧するために圧縮機Bを起動するとき、従業員が誤って圧縮機Cの吸入弁を開けたことにより、塩素ガスが流入した。</p> <p>② バルブの操作手順不備： 終業後に窒素乾燥を開始するまでは導管元弁(図4のA及びB)を閉止しておく手順となっていたが、閉止されていなかったため、除害系への脱圧時に導管に塩素ガスが流れた。</p>				

- ③ 非定常作業のルール違反：  
流入した塩素ガスを除害系へ脱圧する操作は、非定常作業に該当するため、直主任の許可を受けて実施すべきところ、現場作業の従業員の判断で実施した。
- ④ 乾燥用窒素フランジ接続部の気密不良：  
受入れ用導管の末端に取り付ける乾燥用窒素フランジは、配管内部を窒素ガスで乾燥しておくために取り付けるものであるが、ボルト2本締めで取り付けられていた。また、ガスケットも長期間繰り返し使用しており、気密性が充分ではなかった。
- ⑤ 異常時を想定したガードの不足：  
防毒マスクは携帯していたが、塩素ガス漏えい後、着用が間に合わず、塩素ガスを吸引した。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- ③ 圧縮機起動時の誤操作防止措置：  
ステージ毎に色分けした表示を行い、圧縮機とステージに「待機中」又は「受入中」を示す掛札を取り付け、ステージ上の輸送会社作業者と圧縮機操作の従業員が互いに確認して掛札を替えるよう手順を整備した。
- ④ バルブの操作手順の徹底：  
実際の操作手順の再確認により安全性を評価し、必要な操作手順書の改訂を行った。ローリー上で作業を行っている時に別の操作を行わないこと、窒素乾燥はローリー退場後に行うことを明確化した。
- ⑤ 非定常作業を実施する際のルール遵守：  
緊急時以外は、非定常作業は主任による許可を受けて実施するよう<sup>に</sup>、従業員のルール遵守の再徹底を実施した。
- ⑥ 乾燥用窒素フランジの気密性確保：  
乾燥用窒素フランジのボルト留めを4本で行うよう変更し、ガスケット交換の基準を設けた。
- ⑦ 異常時発生時のガード(防毒マスク)：  
事業所と輸送会社で、防毒マスクの着用ルールについて協議し、導管の取り付け、付け外し時に着用することとした。
- ⑧ 管理者の現場監視：  
管理者が現場を監視できない状況であったことから、受入設備に監視カメラを設置し、管理者が指揮できるようにした。
- ⑨ 遮断弁の設置：  
受入用導管元弁の隣に遮断弁を設置し、液化塩素ローリー上などで輸送会社作業者が作業をしている際は、輸送会社作業者自らが遮断弁を閉状態でキロックできるようにする予定である。(図5)

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ① ローリー受入れ時は、従業員と輸送会社作業者の相互でチェックすることが誤操作防止、操作手順徹底に有効である。そのためには、従業員と輸送会社作業者とコミュニケーションをよく取り、作業内容をお互いに理解した上で行うことが重要である。
- ② 作業中に、通常とは異なる作業が必要となった場合には、一度立ち止まり、ルールの確認を行い、ルールに沿った手順で作業を実施する必要がある。
- ③ 毒性ガスが流れる可能性がある箇所は、確実に気密性を保つと共に、作業のリスクアセスメントを行い、漏えいの恐れがある作業では、防毒マスクを着用するなど、異常時への措置を取る必要がある。

事業所の事故調査委員会

なし

備考

なし

キーワード

塩素、受入、非正常作業、誤操作

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

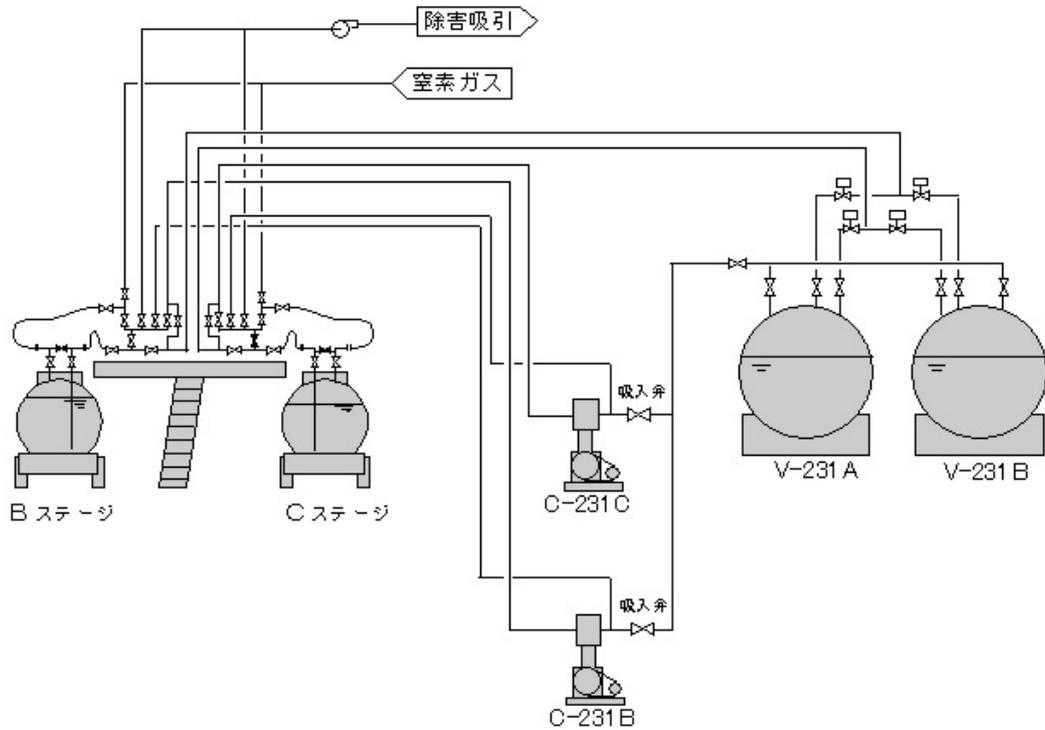


図 1 塩素ローリー受入設備の概要

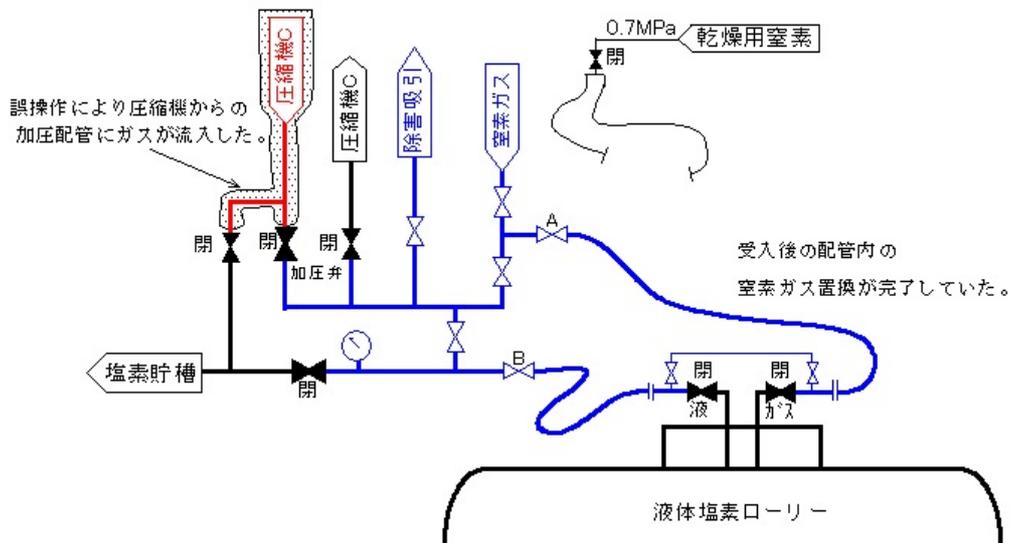


図 2 圧縮機 C への塩素ガス流入状況(C ステージ)

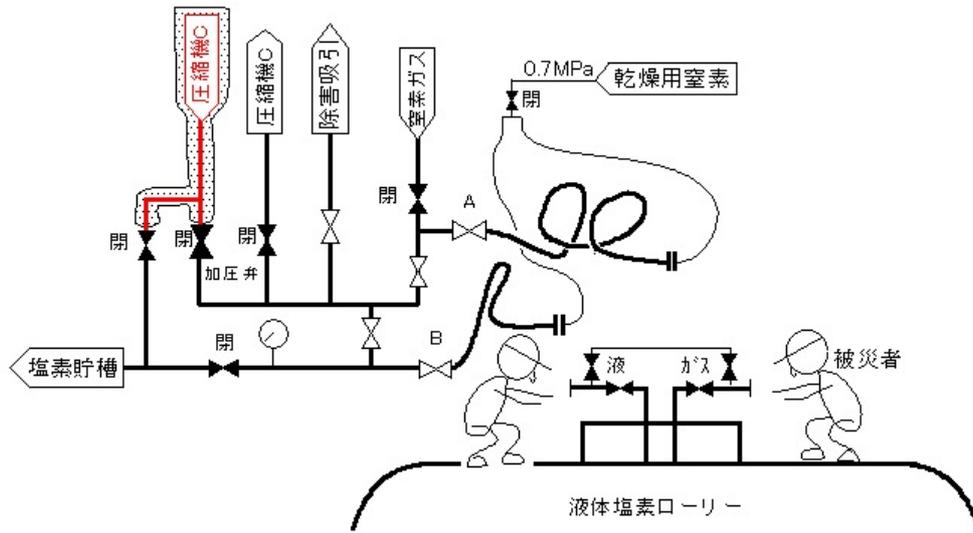


図3 受入れ導管取り外し後の状況(Cステージ)

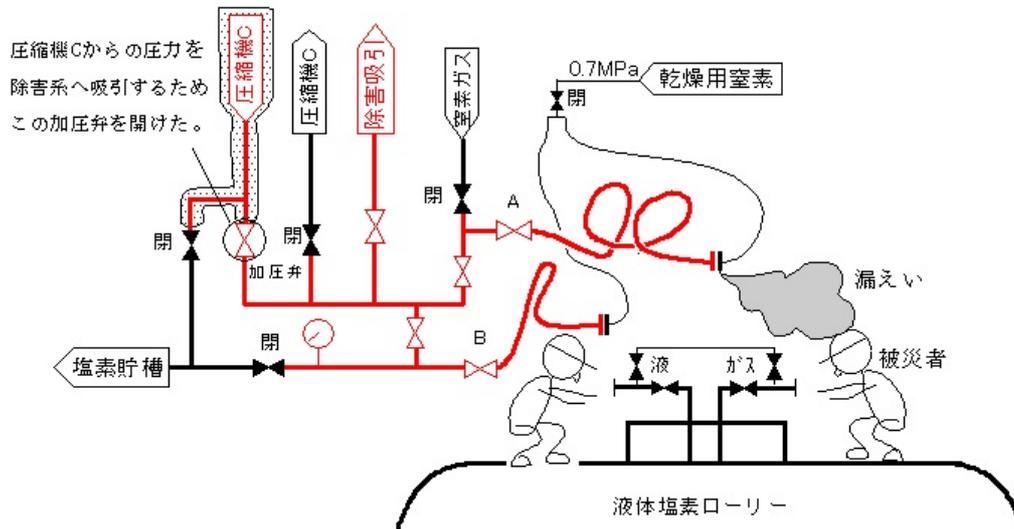


図4 漏えい、被災時の状況(Cステージ)

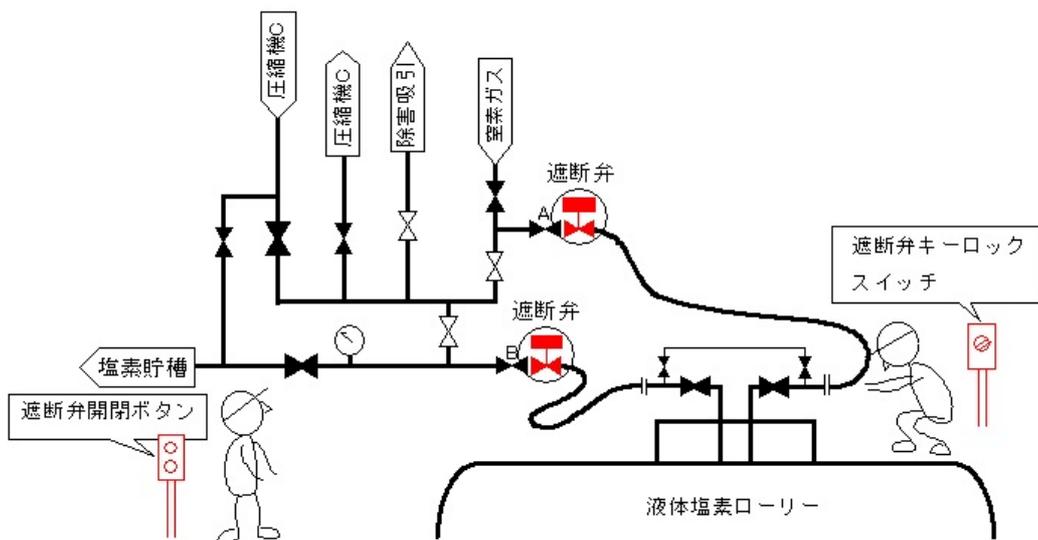


図5 遮断弁の設置

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-264	事故の呼称 フランジ式継手からのイソヘキサン、メタノール漏えい			
発生日時 2015-8-12 14時00分	事故発生場所 千葉県市原市	事故発生事象 1次)漏えい	事故発生原因 主)締結管理不良 副)	
施設名称 合成樹脂製造施設 (図1参照)	機器 混合槽 D-2301(図2、 3参照)	材質 SM400B+グラスラ イニング	概略の寸法 容量 22.33 m <sup>3</sup> 径 200 mm 厚さ下鏡及び胴 25 mm、 上鏡 30 mm	
ガスの種類及び名称 イソヘキサン 96%、メタノール 4%	高圧ガス製造能力 408,284,352Nm <sup>3</sup> /日(標 準状態)	常用圧力 0.588 MPa	常用温度 110°C	
被害状況(人身被害、物的被害) 人的被害なし、物的被害なし、漏えい量152kg				
<p>事故の概要</p> <p>このプラントは、2015年6月21日から8月8日まで、定修工事を実施した。定修工事において、1回/2年実施している混合槽D-2301の開放清掃、及び点検を行った。漏えい箇所のバッフルホルダー一部は清掃・整備し、消耗品のグランドパッキン及びガスケットを新品に交換後、復旧した。8月9日から生産を開始したが、8月9日生産以降、D-2301温度・圧力等の異常はなかった。</p> <p>今回、定置式可燃性ガス検知器が作動し、現場を確認したところ、D-2301の上部より、イソヘキサンとメタノールの混合ガスの漏えいを発見した。(図4参照)事故の概要を時系列で示す。尚、防災組織及び監督官庁等の出入り等は省略する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 7月21日(火) D-2301復旧、ガスケットの締付け実施</li> <li>② 7月27日(月) 高圧ガス設備の窒素による気密検査を実施し合格</li> <li>③ 8月09日(日) 定修後、生産開始</li> <li>④ 8月12日(水) 8時00分頃 D-2301周辺のパトロールで異常なしを確認</li> <li>⑤ 13時58分 定置式可燃性ガス検知器作動</li> <li>⑥ 14時00分 D-2301よりヘキサンガス漏えいを確認</li> <li>⑦ 14時10分 社内119通報、自衛防災班出動要請</li> <li>⑧ 14時11分 ESD操作実施、D-2301の入出CV閉止によるブロック完了</li> <li>⑨ 14時13分 ホットライン通報、一部動員発令</li> <li>⑩ 14時22分 関係官庁、近隣各社連絡、共同防災要請</li> <li>⑪ 15時14分 D-2301への放水開始</li> <li>⑫ 15時42分 D-2301脱圧弁を開け、N<sub>2</sub>ページ開始</li> <li>⑬ 18時13分 D-2301内製品溶液をD-2302へ移液開始 (翌8月13日(木) 02時22分、完了)</li> <li>⑭ 02時24分 公設消防より指揮権委譲</li> <li>⑮ 02時47分 D-2301漏えい部におけるガス検0%を確認</li> </ol> <p>D-2301は、8月14日(金)の本体スチーミング実施まで、窒素ページを継続し、漏えい部におけるガス検0%を30分毎に確認した。</p>				

#### 事故発生原因の詳細

漏えい箇所はバッフルホルダーのフランジ面であった。その他のマンホール、攪拌機座等から漏えいした痕跡は認められなかった。観察結果からガスケットが破断したメカニズムは以下と推定する。(図5、6参照)

- ① バッフルガイドのフランジ面に下側ガスケット、グランドパッキン受けリング、上側ガスケットの順にセットし、センターリングを行う。
- ② 次にバッフルガイドを上からチェンブロックを用いて少しずつ降ろし、バッフルガイドのインロー内に上側ガスケットが収まるように注意深くセットする。  
→この時にバッフルガイドのインローの端と上側ガスケットの端が若干ずれて接触し、インロー内(ドラムの中心側)に収まらず、この状態でボルトを締め付けたため上側ガスケットの端に変形が生じた。
- ③ 上側ガスケットの噛み込んだ部分は、他の場所に比べ面間が広がっているが、フランジの面間を均一となるように締め付けるため、ドラム中心側のボルト締め付け力が過大となり、下側ガスケットが必要以上に押し潰された。中心の破断面に圧縮破壊が認められた事からも締め付け過ぎが推定される。
- ④ 圧縮破壊したガスケットは弾力性が損なわれるため、運転中に徐々に変形が進行し破断に至ったと推定する。

以上より、漏えいに至った原因は、ガスケットの組み込み不良と特定した。ガスケット組み込み後は、ガスケット装着状態の確認を行っているが、作業エリアが狭く、また漏えい箇所は確認が困難な場所であった事もあり、ガスケットの噛み込みを見逃し、組み込み不良を発生させた。

#### 事業所側で講じた対策(再発防止対策)

##### (1) 今回の是正措置

漏えいした箇所を含め点検のために開放した箇所全てのガスケットを新品に交換した。

復旧後、フランジの4箇所からグランドパッキン受けリングまでの寸法を測定し、当該リングが中心にセットされている事、およびガスケットの変形、はみ出しがなくフランジ面間距離に問題ない事を確認した。また、気密試験を行い漏れがない事を確認した。

##### (2) 再発防止対策

###### ①組み込み不良防止対策

- ・ガスケットとグランドパッキン受けリングを通常通りセットし、バッフルガイドを上からチェンブロックを用いて少しずつ降ろしていく。  
バッフルガイドのインロー内に上側ガスケットが確実に収まっている事をフランジ全周から目視にて確認する。直視できない箇所は、手鏡を用いて装着状態を確認する。
- ・グランドパッキン受けリングがフランジの中心にセットされている事をフランジの4箇所から寸法を測定して確認する。
- ・トルクレンチを用いて均一な力でボルトを締め付け後、ガスケットの変形、はみ出し及びフランジ面間の測定を行い異常のない事を確認する。

## ②点検結果記録表の改正

当該箇所は非常に構造が複雑な部分であり、ガスケット組み込み後に確認すべき重要なポイントであった。今後は、図8に示す確認項目を点検結果記録表に追加し記録を残す事で、組み込み不良を防止する(図7-1、2参照)。

## ③水平展開

- ・類似機器を調査した結果、同様のバッフルホルダーを有する機器は、10台あり、10台全てのバッフルホルダーフランジの外観目視点検を行い、ガスケットの変形、はみ出し等の不具合は認めなかった。今後は図8と同様の点検結果記録表を類似機器10基にも適用する。
- ・今回、バッフルホルダーのフランジ面は特殊な構造を有するためメーカー指導員に確認を要請していた。今後は、点検前にメーカー指導員が実施する専門的な内容についても社員が把握し、必要に応じ重要な確認ポイントを点検結果記録表へ反映する。また、施工後の点検結果の確認では、重要な確認ポイントを反映した点検結果記録表に基づいた点検記録を、社員が確認する。

### 教訓(事故調査解析委員会作成)

- ① ガスケットの装着状況の確認については、トルク管理も含めて確実に実施することが重要である。また、重要な確認ポイントはチェックリスト等を用いて点検結果記録表に記載することも重要である。
- ② 主要機器のフランジ式継手の場合については、特にフランジ挿入位置確認やトルク管理を実施し、確実に施工管理をすることが重要である。

### 事業所の事故調査委員会

発生日翌日から2015年8月21日にかけて事故対策会議を4回開催し、8月18日に事故調査委員会を設置、2015年8月18日から2015年8月21日にかけて4回開催し、事故調査報告書を取りまとめた。

### 備考

### キーワード

フランジ、漏えい、ガスケット、イソヘキサン

## 製造フローの概略

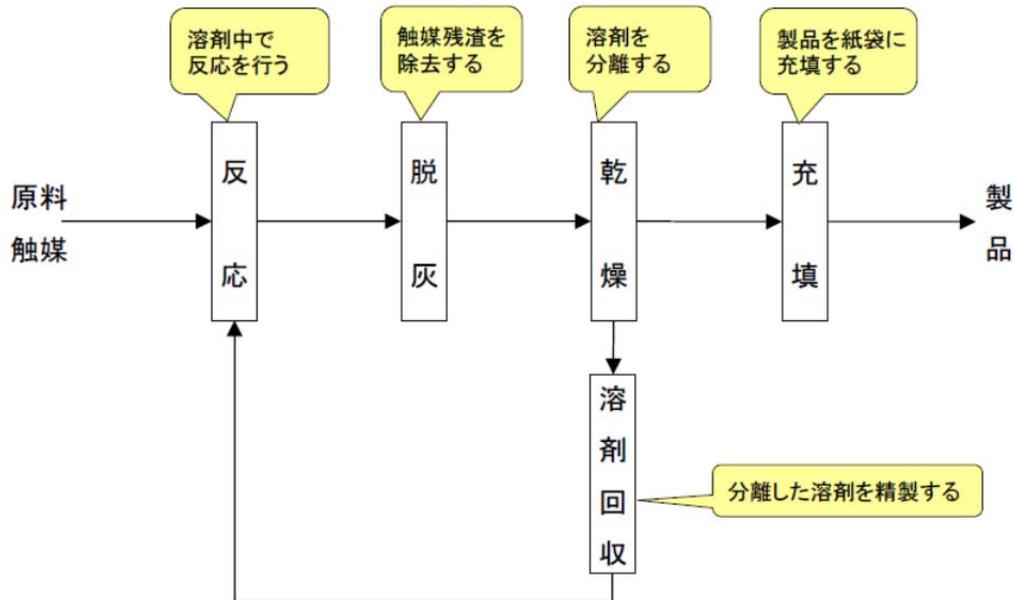


図1 ブロックフロー

### 脱灰工程 D-2301 廻りフロー（漏洩発生箇所）

- ・脱灰工程に位置し、製品溶液にメタノールを添加し、製品中の触媒を分解する
- ・D-2301出口に洗浄水を加え、分解した触媒を水側に抽出させ製品から除去する

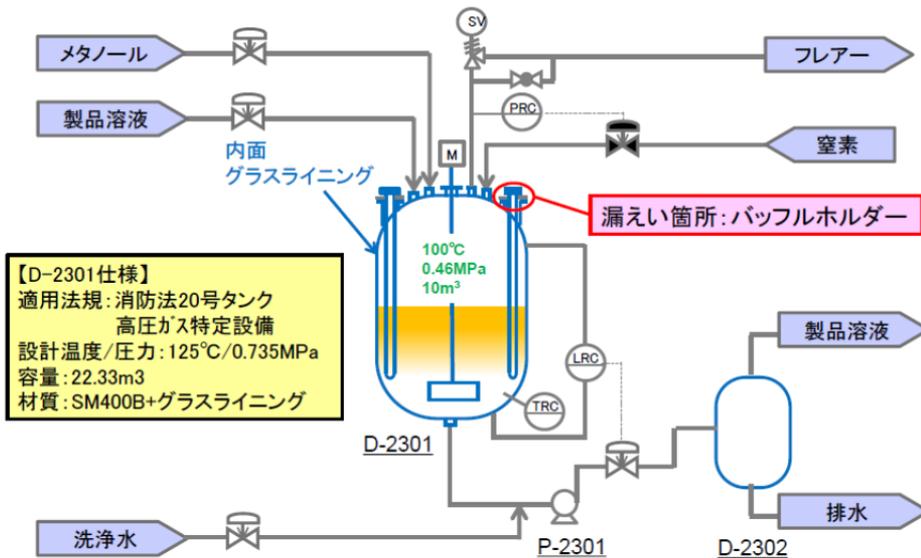


図2 プロセスフローシート

# D-2301 外観とバブルホルダー図

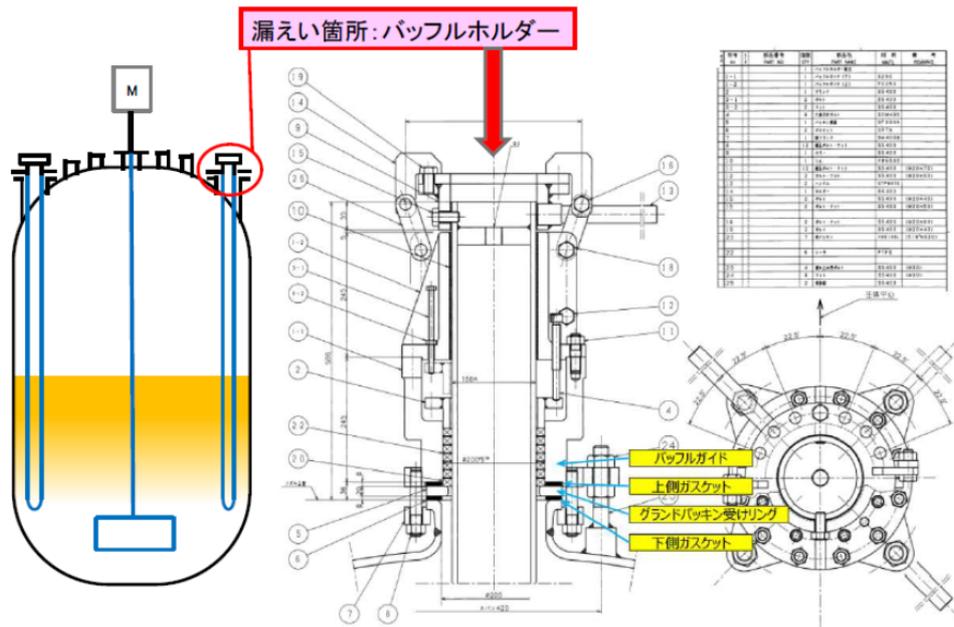


図3 対象機器図(外観、断面、詳細)

漏えい箇所  
(バップルホルダー)

D-2301



漏えい箇所写真:D-2301バップルホルダー

別紙-9



漏洩原因はバップルホルダー  
下側ガスケットの破断

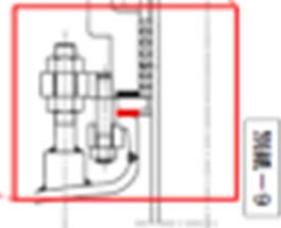


図4 漏えい箇所

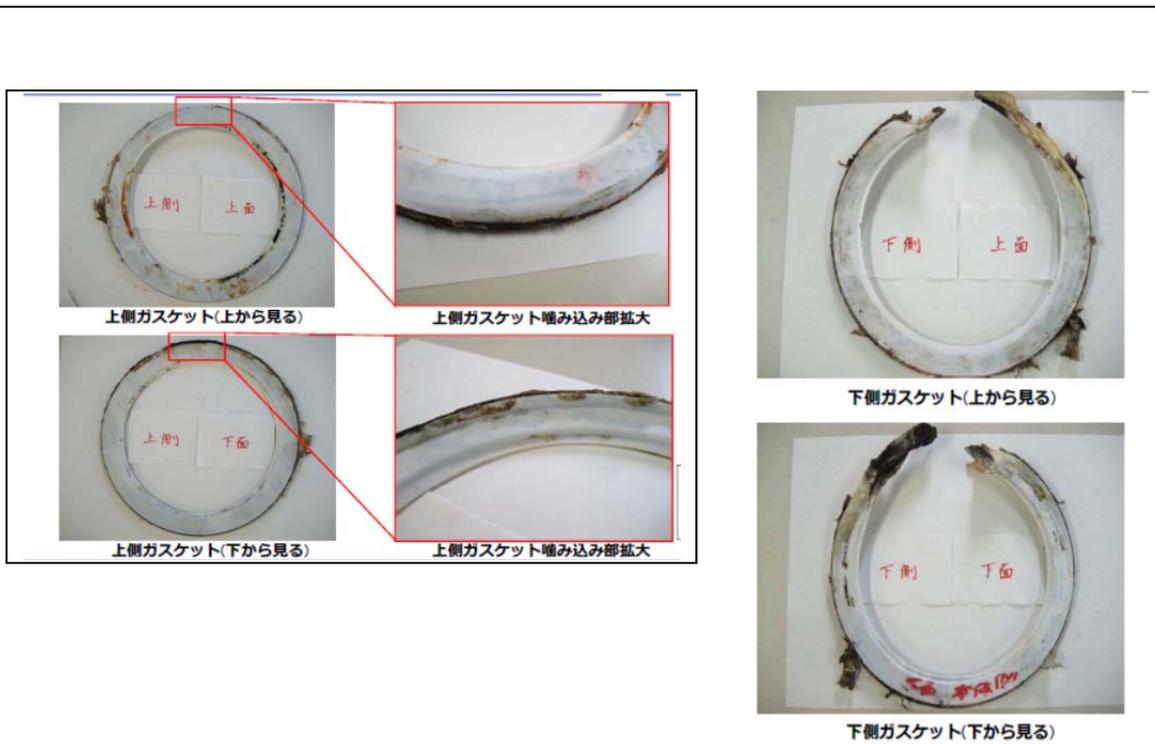


図5 ガスケット写真(上、下)

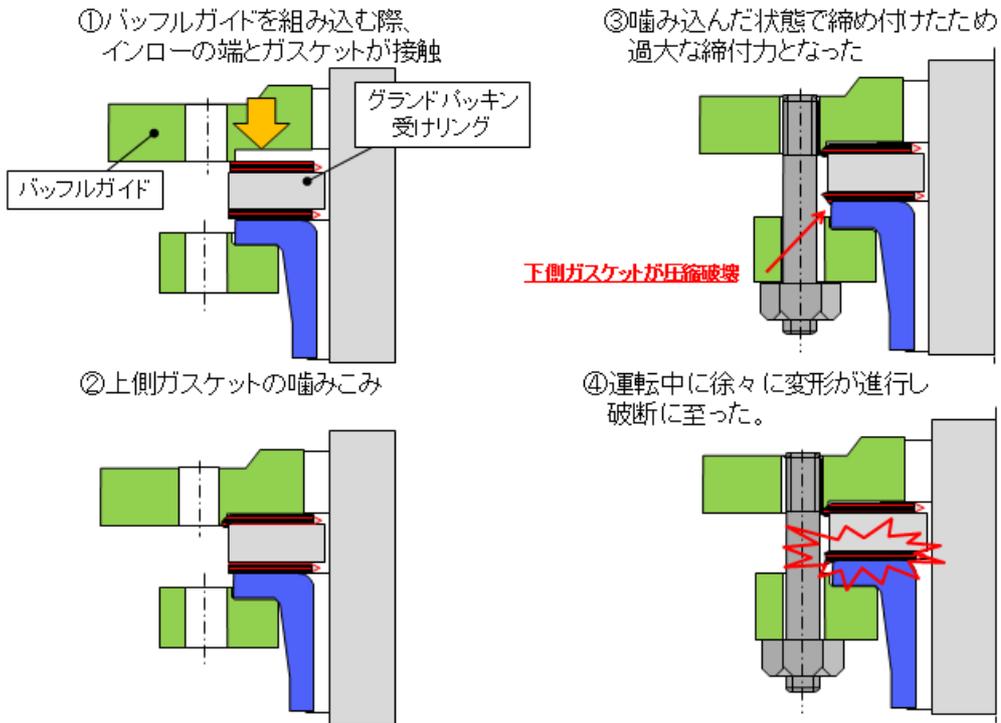


図6 ガスケット破壊のメカニズム

点検項目表

VI:目視 MT:錘打 ○:再使用  
 DI:計測 UT:超音波 △:修正  
 PT:カラーチェック ×:取替  
 ▲:改造

GLドラム

S・1/2B メカニカルシール

(■印 実施項目)

区分	点検項目	内容	処置	備考
パッフルグランド	グランドホルダーの汚れ 摩耗 損傷	■VI		
	グランド押えの損傷	■VI		
	グランドパッキンの摩耗 損傷	■VI		
	パッフルの摩耗 損傷	■VI		
	パッフルフォルダー下ガスケット損傷	■VI		
	グランドパッキン押し込みボルト緩み確認	■VI		
	フォルダー取付フランジ緩み確認	■VI		
	フォルダー受けボルト緩み確認	■VI		ペースト値:43-89N・m ペースト有:85-119N・m ※ペーシ値地にO/Vにて調整訂正を し決定する。
	パッキン受板の損傷	■VI		
	パッフルホルダー下ガスケット取付状態確認	■VI		異つ場合は手動等で確認する
	パッフルホルダーフランジ面間	■DI		
	パッキン受板の芯ずれ	■DI		

追加・改善  
部分

組立チェックリスト

項目	方法	備考	確認者/日付
分解前確認事項	合マーク/筋札/刻印等	機械構成部品/給油配管等に実施	
内部組込品状況	合マーク/図面	本組締め付け状況も確認	
最終復旧	目視/手廻し	異物混入/接触・回転抵抗確認	
潤滑油充填	目視/充填量	指定油種/量確認	

\* 合マークは洗浄/加工等で消えない様注意すること

図7-1 点検結果記録表の改善状況1(改善部→あり)

点検シート

機器 番号	機器 名称	受付 場所	1FL
1. パッフルホルダー計画(分解前)			
<p>単位:mm 基準:下フランジ/上フランジ</p>			

図7-2 点検結果記録表の改善状況2(改善部→あり)

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-401	事故の呼称 接触改質装置の水素移送配管からの水素漏えい			
発生日時 2015-11-10 13時20分頃	事故発生場所 神奈川県横浜市	事故発生事象 1次)漏えい	事故発生原因 主)腐食管理不良	
施設名称 第3接触改質装置	機器 水素ガス移送配管	材質 STPG370	概略の寸法 外径114.3mm(4インチ) ×厚さ6.0mm SCH40	
ガスの種類及び名称 水素ガス	高圧ガス製造能力 水素 69,337,132m <sup>3</sup> /日 (標準状態)	常用圧力 3.1MPa	常用温度 50℃	
被害状況(人身被害、物的被害) 人的被害なし、物的被害なし、推定漏えい量は160m <sup>3</sup> 。				
<p>事故の概要</p> <p>LPG1号棧橋北側パイプラック地上部、第3接触改質装置の水素移送配管下部からのガス漏えいを確認した。当該水素ガスは一部を第3ナフサ水素化脱硫装置で使用し、装置内を通った一部を別地区に通常は送気しているが、当日は水素ガスの送気は実施せず、通常運転圧力(2.25MPa)が掛かった状態であった。(図1～図3参照)</p> <p>① 11月10日(火)、13:20 現場作業員は、工事作業中にLPG1号棧橋北側パイプラック上でガス漏えいを音で覚知した後、操油1グループ計器室へ連絡。</p> <p>② 13:40 操油1グループ計器室より環境安全グループへ連絡。</p> <p>③ 13:40 環境安全グループより公設118番通報。</p> <p>④ 13:50 非常対策本部設置。</p> <p>⑤ 13:52 当該配管を前後のバルブでブロック完了。配管内のガスをフレアへ逃がす作業を開始。</p> <p>⑥ 13:55 現場本部設置。</p> <p>⑦ 13:56 公設消防入構。</p> <p>⑧ 14:05 環境安全グループより神奈川県工業保安課に連絡。</p> <p>⑨ 14:43 フレアにガスを逃がすことにより脱圧まで完了。</p> <p>⑩ 14:55 配管内の窒素ガスパーズ開始。</p> <p>⑪ 15:15 漏洩箇所近傍のガス検を実施し、水素を含む可燃性ガスが無いことを確認。公設消防による漏洩停止確認(ガス検知器でゼロを確認)。</p> <p>⑫ 16:35 不具合部応急補修(バンド掛け補修:消防指示)完了。</p> <p>⑬ 16:38 公設消防出構。</p> <p>自衛防災組織の動員数は、大型化学高所放水車2台、大型化学車1台を出動させるとともに、自衛防災組織員154名が出動した。</p> <p>当該配管は、発災当日、水素ガスの送気は実施せず、通常運転圧力(2.25MPa)が掛かっていた。漏洩箇所を検査したところ、配管下部に局所的な外面腐食を認め、1カ所の穿孔(Φ1mm)を確認した。(図4参照)</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>① 過去、当該腐食発生部について、腐食進行防止のために2007年に防食塗装を実施したが、素地調整が十分でなかったために錆が塗膜下に残存した。</p> <p>② 残存した錆が、外面からの目視では軽微な塗膜膨れ程度であったが、配管外面から内面方向へ腐食が進行して漏洩に至った。(図5参照)</p>				

- ③ これまで外面腐食点検活動を推進してきたが、塗装下における腐食検査については、外面腐食点検要領に抽出基準が無かったために適切な処置を講じていなかった。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- ① 設備管理部門により、塗装膨れの有無も含めて目視検査を実施した。
- ② 再発防止策について、外面腐食検査要領の抽出基準を見直し(これまで対象としていなかった塗装表面の膨らみや割れを確認したら設備管理部門による二次検査に移行するとした)。今回の事例を追記し、所員に周知した。
- ③ 海岸線配管については、見直した要領に従い、再度運転管理部門により目視検査を実施した。
- ④ その他、設備管理部門の移動式カメラの活用や保有台数の増強を行い、検査体制の強化を図った。また、運転管理部門にも移動式カメラの保有を計画中有である。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ⑥ 塗装を実施する場合は、素地調整が最も重要であり、環境等を考慮した上で素地調整を確実に実施し、素地調整後は必要肉厚を確認することが重要である。
- ⑦ 配管の外面腐食は、塗装の膨らみや割れにも認識し、詳細検査の対象にすることが重要である。さびこぶを残存させると、すき間腐食が進行し、穿孔することを認識する必要がある。
- ⑧ 防食塗装には、耐用年数がある(新規塗装または再塗装から10年が目安)。適切な耐用年数の設定と、定期的な塗り替えが必要である。

事業所の事故調査委員会

備考

キーワード

配管、腐食、漏えい、すきま腐食、基準の不備

関係図面

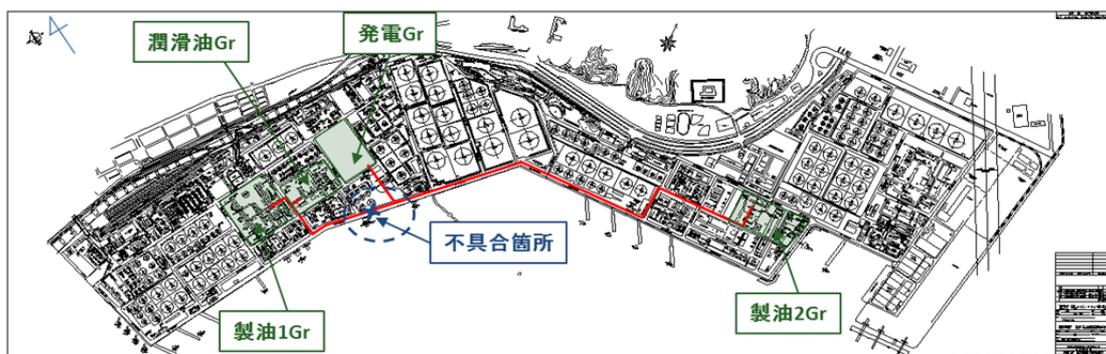


図1 工場配置図

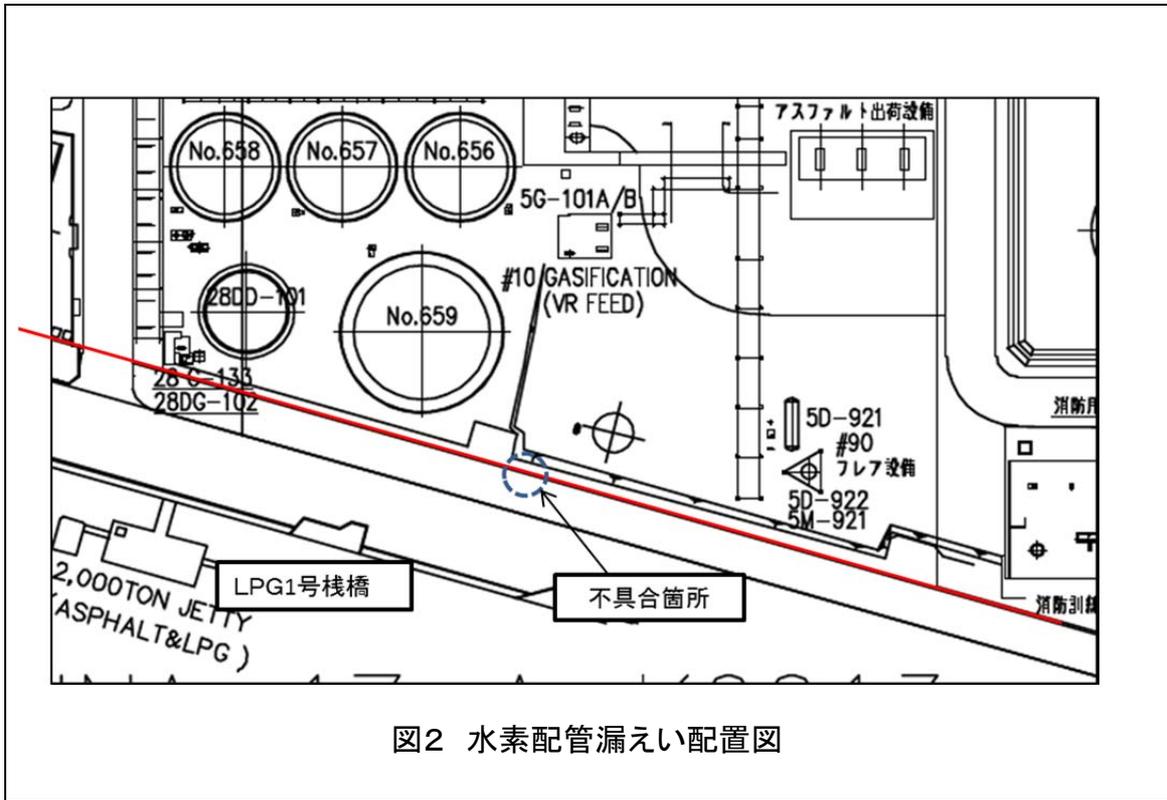


図2 水素配管漏えい配置図

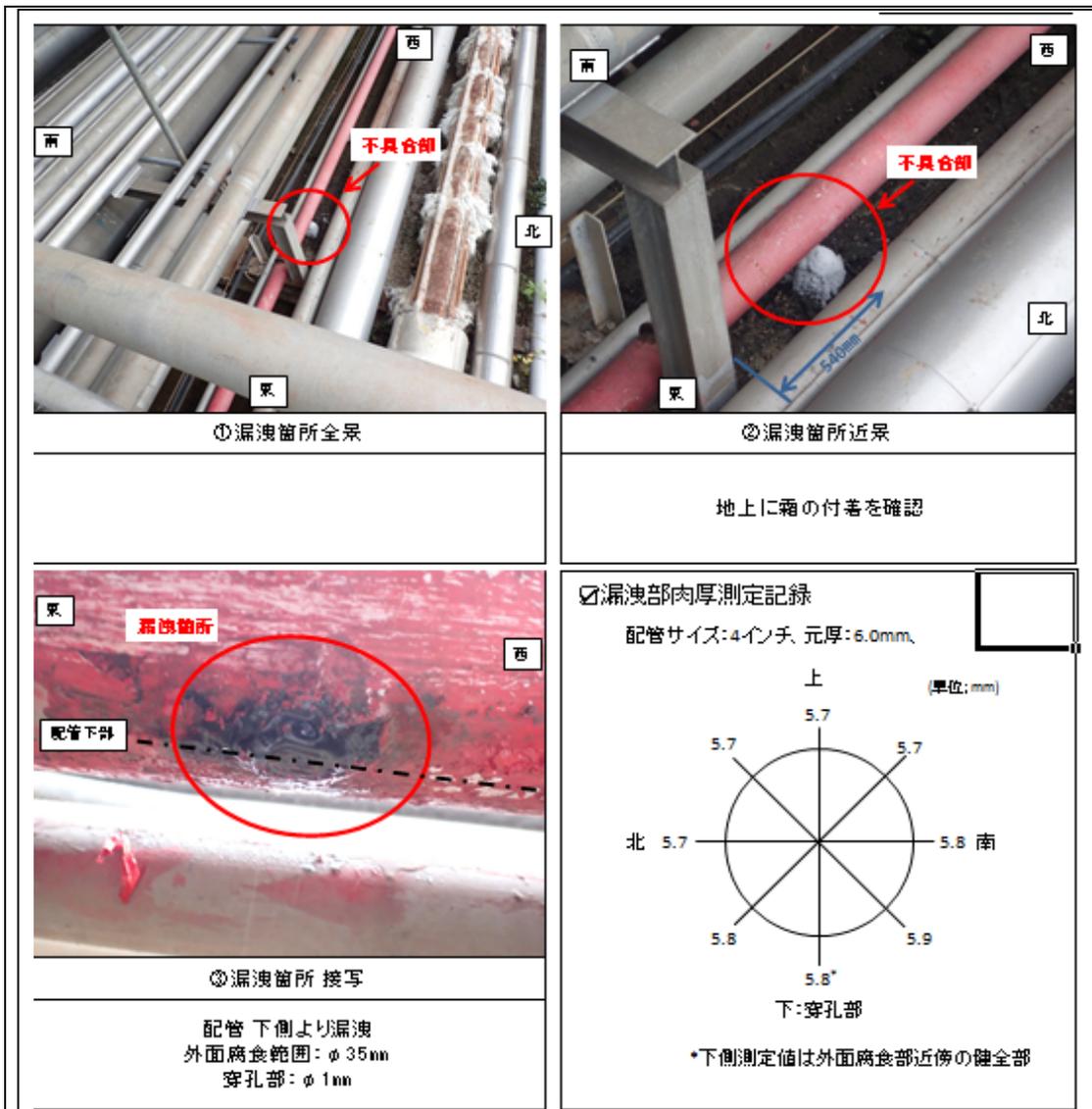


図3 発災状況写真等

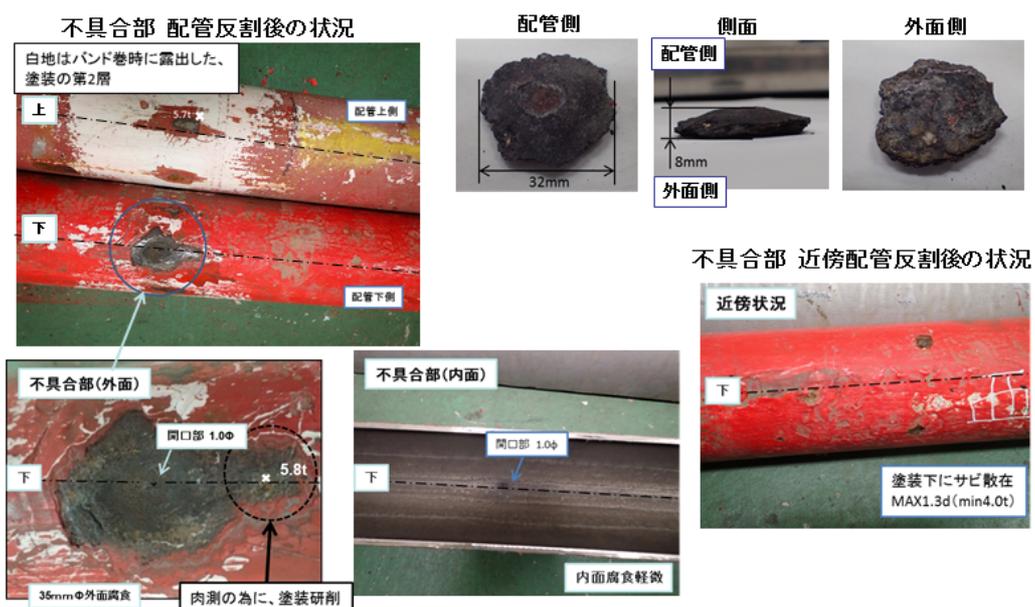
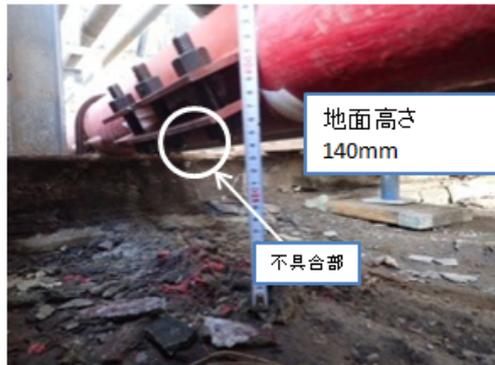
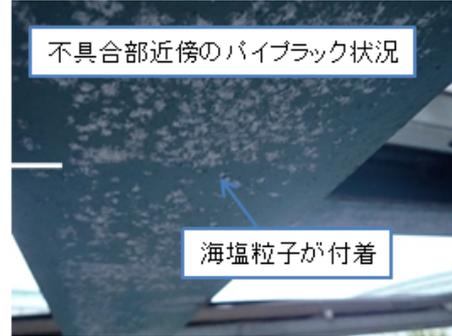
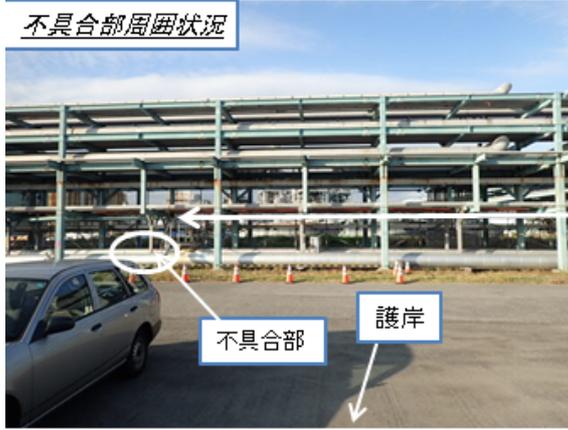


図4 不具合部周辺目視検査結果

不具合部周囲状況



腐食過程

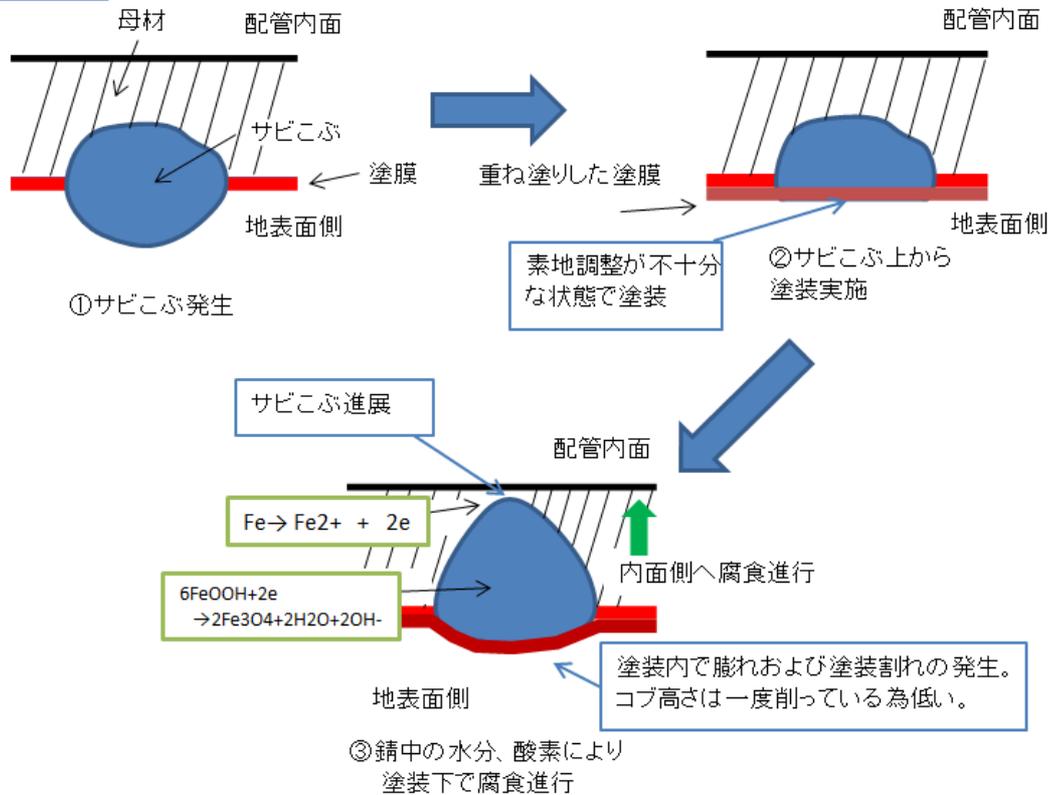
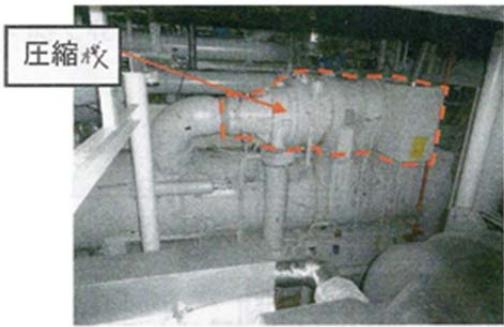


図5 不具合部周辺状況および腐食過程

## 高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-033	事故の呼称 工事中の圧縮機吸込配管の塞ぎ蓋吹き飛び		
発生日時 2015年2月10日 9時45分頃	事故発生場所 福岡県福岡市	事故発生事象 1次) 漏えい 2次)	事故発生原因 主) その他(工事中) 副)
施設名称 冷凍機(遠心式圧縮機)	機器 配管、冷凍設備、ハウジング形継手	材質 塞ぎ蓋: 鉄鋼	概略の寸法 口径 250A、 板厚 34mm
ガスの種類および名称 フオカボン134a	高圧ガス冷凍能力 283.3トン	常用圧力 0.35MPa(停止中)	常用温度 室温(停止中)
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害: 重傷 1名 物的被害: なし			
<p>事故の概要</p> <p>当該事業所は、2014年12月8日から2015年2月9日まで発災した冷凍機の遠心式圧縮機の定期分解点検をするため当該圧縮機を取り外しメーカーに分解点検整備を依頼し、その期間メーカーは分解点検整備を実施していた(図1参照)。</p> <p>2015年2月10日は、分解点検整備の終了した当該圧縮機を事業所に搬入し、冷凍機へ取り付け戻す工程となっており、9時30分頃から工事業者が圧縮機の搬入準備をしていた。また、事業所内では、圧縮機を取り付け戻すために、蒸発器の出口配管端部にメンテナンス中に設けられていた塞ぎ蓋(閉止板)を取り外すことになっていた。</p> <p>作業員の一人が蒸発器の出口側配管に取り付けられていたハウジング形継手(図2参照)で固定されていた塞ぎ蓋を取り外そうとしてハウジング形継手のボルトを少し緩め、そのままの状態蒸発器の出口配管付近で別の作業を行っていたところ、蒸発器出口配管内の圧力で塞ぎ蓋(重量約14kg)が吹き飛び、当該作業員の足を直撃し負傷した。直ちに消防署(救急車手配)と警察へ通報し、被災者を救急車にて病院へ搬送した。</p>			
<p>事故発生原因の詳細</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>当該冷凍機の遠心式圧縮機を取り外すために、当該冷凍機内の冷媒を凝縮器に回収し集めた。</li> <li>回収時は、液ラインの止め弁が「閉」のため、圧縮機の運転により蒸発器内部の冷媒はほぼ無くなり、圧縮機を取り外し蒸発器の出口配管及び凝縮器の入口配管の端部2カ所に塞ぎ蓋を設けた。蒸発器内は残圧が無い状態になっている。</li> <li>約2カ月後の2015年2月10日、塞ぎ蓋に取り付けハウジング形継手のボルトを少し緩めたことで締結力が弱まり、ハウジング形継手及び塞ぎ蓋が吹き飛んだ。このことによって、残圧が無いはずの蒸発器内部が塞ぎ蓋を吹き飛ばすほどの内圧があったと推定される。</li> <li>残圧が無いはずの蒸発器内部に残圧がある状態となった原因について検討した。             <ol style="list-style-type: none"> <li>2014年12月に行った塞ぎ蓋の取り付け時に蒸発器側に加圧を行っていないことから、                 <ol style="list-style-type: none"> <li>蒸発器内部に残留している冷凍機油に含まれたガスによる昇圧</li> <li>閉止中の操作バルブのシート不良により、凝縮器内の冷媒が流入したことによる昇圧</li> </ol>                 のいずれかが原因である推定した。             </li> <li>2015年2月23日～2月26日の間、当該冷凍機の全冷媒を回収し、バルブのシート漏れ調査を実施した。結果として閉止中の操作バルブのシート不良が無かった。このことから、閉止中のバルブからの冷媒流入は無いことを確認したため上記②の推定原因が無くなった。よって発生した残圧は、蒸発器内に残留していた冷凍機油に含まれたガスによる想定外の昇圧が原因と推定した。</li> </ol> </li> </ol>			
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>冷凍機修理の委託業者に対して、冷媒回路開放作業時には以下の事項の徹底を図る。</li> </ol>			

<p>(1) 冷媒回路を開放する際は、必ず内部圧力が無いことの確認徹底を図る。</p> <p>(2) 整備等により冷媒回路を開放後、塞ぎ蓋等で一時的に密閉状態になった場合は、密閉回路となった箇所には必ず圧力計を取り付ける（図3）。</p> <p>(3) 冷媒回収作業後の残圧パージは、サービスバルブに口径3/8以下の配管を取り付け、その配管より残圧パージを行う。冷媒回路の開放作業は、残圧が無いこと、およびパージ用の配管からのガス放出が無いことを確認した後に行う。</p> <p>2. 装置に設置しているバルブには開・閉の状態を札で表示し、関係者以外絶対に開閉操作しないように、一時的に操作する場合は、操作者・日時・期間を記載した札を取付けて誤操作が無いように明示する。</p> <p>3. 設備担当者は作業工程・方法・手順・作業後の確認すべき事項を予め委託業者と打ち合わせの上、作業開始時、重要作業時、作業終了前に作業状況の相互確認を行い、確認した内容を記録するための安全作業指示書兼作業日報を作成する。また、必要に応じ作業部位などを撮影し記録保存する。</p> <p>4. 作業員全員へ今回発生した災害を周知するとともに社内教育を行い、周知徹底する。</p>
<p>教訓（事故調査解析委員会作成）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設備のメンテナンス中であっても、内圧が確認できる圧力計を必ず設置する。</li> <li>2. 配管を閉止する場合には、ハウジング形継手を使用せずにフランジ式継手を使用する。</li> <li>3. 作業時にハウジング形継手を使用する場合、これを緩めるときに、塞ぎ蓋が外れて飛ぶことが想定される位置において作業を実施しない。</li> </ol>
<p>事業所の事故調査委員会 なし</p>
<p>備考</p> <p>ハウジング形継手とは、配管と配管、又は、配管と閉止板を固定するための継手の一般的な呼称であり、メカニカル継手、ヴィクトリックジョイント、グループタイプジョイントと呼ばれる場合もある。ハウジング形継手は、圧力を保持する配管には使用できない。</p>
<p>キーワード</p> <p>閉止板、分解点検、冷媒回収、ハウジング形継手、圧力計</p>
<p>関係図面（特記事項以外は事業所提供）</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>2014.12.20圧縮機O/Hで撤去</p> </div> <div style="font-size: 2em;">➔</div> <div style="text-align: center;">  <p>～2014. 2.10まで封し状態</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図1 圧縮機の取り外し及び塞ぎ蓋の取り付け</p>

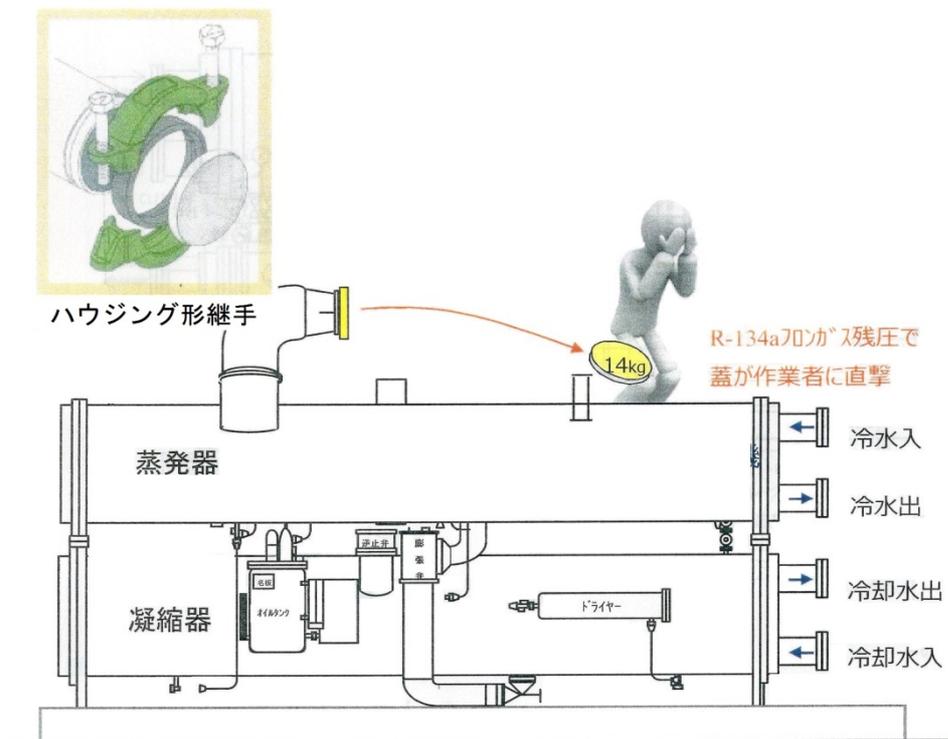


図2 ハウジング形継手及び冷凍機（立面図）

【内圧確認用圧力ゲージ付き蓋】

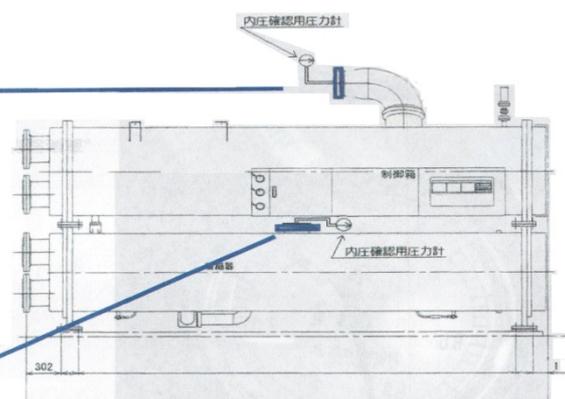


図3 塞ぎ蓋に圧力計の設置

## 高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-052	事故の呼称 スタンドにおけるディスペンサー内の継手からの水素漏えい			
発生日時 2015-3-3 10時29分頃	事故発生場所 東京都	事故発生事象 1次)漏えい② 2次)	事故発生原因 主)締結管理不良	
施設名称 水素スタンド	機器 ねじ込み式継手	材質 SUS316L	概略の寸法 φ14.02 mm	
ガスの種類及び名称 水素	高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0Pa) 53,856 m <sup>3</sup> /日	常用圧力 70 MPa	常用温度 20 °C	
被害状況(人身被害、物的被害) 充填試験を行うために試験用の容器に充填を開始した直後に、70MPa 水素ディスペンサーの本体内部(以下「ディスペンサー内」という。)の水素ガス漏えい検知警報設備(拡散式、4% LEL の 1/4 で発報)が発報し、水素ステーションがシャットダウンした。携帯式の水素ガス検知器(接触燃焼式、0~100%LEL)により、漏えい個所の特定作業を実施した結果、ディスペンサー内の継手より、漏えいが発生したことが判明した。人的被害、物的被害なし。				
事故の概要 この事故は、水素スタンドの保安検査後の最初の充填作業中に、ディスペンサー内のハンドバルブ HV-4708 の上流側(直接充填圧縮機側)の直近にあるねじ込み式継手(以下「当該継手」という。)から水素が漏えいした事故である。事故当時の当該水素スタンドの概略を図1に示す。  以下に事故の概要を時系列で示す。  ① 2月18日 定期自主検査において、A社(エンジニアリング会社)が直接充填圧縮機の下流側からハンドバルブ(HV-4708)までの配管について気密試験を実施した。82MPaの水素で15分保持し、当該継手から漏えいがないことを確認した。 ② 2月19日 定期自主検査において、B社(ディスペンサーメーカー)がディスペンサー内の整備のため、直接充填圧縮機の下流側からハンドバルブ(HV-4708)までの配管のうち、ディスペンサー内にある継手の一部(5箇所、図2参照)を増し締めした。なお、当該継手については、増し締めを実施していない。増し締め後に、B社が気密試験を実施したが、気密試験の範囲を誤認したため当該継手及び増し締めした継手は含まれていなかった(図3参照)。 ③ 2月26日 保安検査において気密試験を実施した。なお、気密試験の作業を担当していたA社のバルブ操作のミスにより、蓄圧器から水素が供給されず、当該継手は気密試験が実施されていなかった(図4参照)。 ④ 3月3日 試運転のため、試験用の容器に充填ノズルを接続し、充填を開始した直後(約13MPaに達した時点)にディスペンサー内の水素ガス漏えい検知警報設備が発報し、水素スタンドがシャットダウンした。携帯式の水素ガス検知器により当該継手より、漏えいを確認した。				
事故発生原因の詳細 ① B社がディスペンサー内の整備作業において、作業指示にない増し締め作業を実施した。当該継手とは別の継手を増し締めした際に、当該継手に緩みが生じ、漏えいが発生したものと推定される。当該継手は、コーン・スレッド型式のねじ込み式継手である(図5参照)。				

<ul style="list-style-type: none"> <li>② B社のディスペンサー内の整備作業後の気密試験には当該継手も含まれていたが、作業範囲が明確に定められていなかった。このため、B社が気密試験の範囲を誤認したため当該継手の気密試験が実施されず、当該継手の緩みを事前に発見できなかった。</li> <li>③ 保安検査時にA社がバルブ操作ミスをしたため、蓄圧器から水素が供給されず、当該継手の気密試験が実施されず、当該継手の緩みを事前に発見できなかった。</li> <li>④ 当該継手を含む配管系には圧力計が設置されておらず、バルブが正しく操作されなかった場合には、気密試験において系内の圧力が確認できない構造となっていた。</li> </ul>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑩ 作業仕様書において、作業範囲外の配管及び機器については、一切触れないように注意し、検査前に表示し明確にしておくこととした。</li> <li>⑪ 作業仕様書において、弁等のタグナンバーにより区間を指定し、作業範囲を明確にした。また、作業範囲の境界の気密試験については、上流側と下流側を担当する両社の立会で実施することとした。</li> <li>⑫ 気密試験の作業手順書及びバルブ操作チェックリストを作成した。</li> </ul>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>④ ねじ込み式継手は、ねじ以外の接触面で気密が保たれている。両端がねじ込み式継手の場合には、一方を締め付けると、逆側の継手の接触面が離れ、漏えいが発生することがある。漏えいの未然防止には、両側のねじ込み式継手の適切な締結管理と、確実な気密試験による確認が有効である。</li> <li>⑤ 水素スタンドでは、ねじ込み式継手およびフランジ式継手からの漏えいが多く、特に水素スタンド用ディスペンサーの本体内部にあるねじ込み式継手は、CNGスタンドおよびLPGスタンドと比較して数が多い。作業の所掌範囲の確認には、弁等のタグナンバーで区間を指定し、作業手順書およびチェックリストに反映させることが有効である。</li> <li>⑥ 同一の高圧ガス設備において、複数の事業者が作業を行う際は、あらかじめ作業範囲をフロー図等により明確に定め、事業者間で作業範囲を共有しておくことが必要である。作業範囲の境界における作業については、作業責任者の立会いによる確認が望ましい。</li> </ul>
<p>事業所の事故調査委員会</p>
<p>備考</p> <p>当該水素スタンドは、一般高圧ガス保安規則第6条適用の水素スタンドであるが、一般高圧ガス保安規則第7条の3第2項適用の圧縮水素スタンドと同様に、水素が漏えいし滞留する恐れがある場所に、漏えいを検知し、警報し、製造設備を自動停止する装置を設置するように自治体からの指導があった。このため、今回の水素漏えいは、水素ガス検知器により検知され、製造設備が自動停止した。</p>
<p>キーワード</p> <p>水素スタンド、水素、定期自主検査、保安検査、ねじ込み式継手、増し締め</p>
<p>関係図面(特記事項以外は事業所提供)</p>

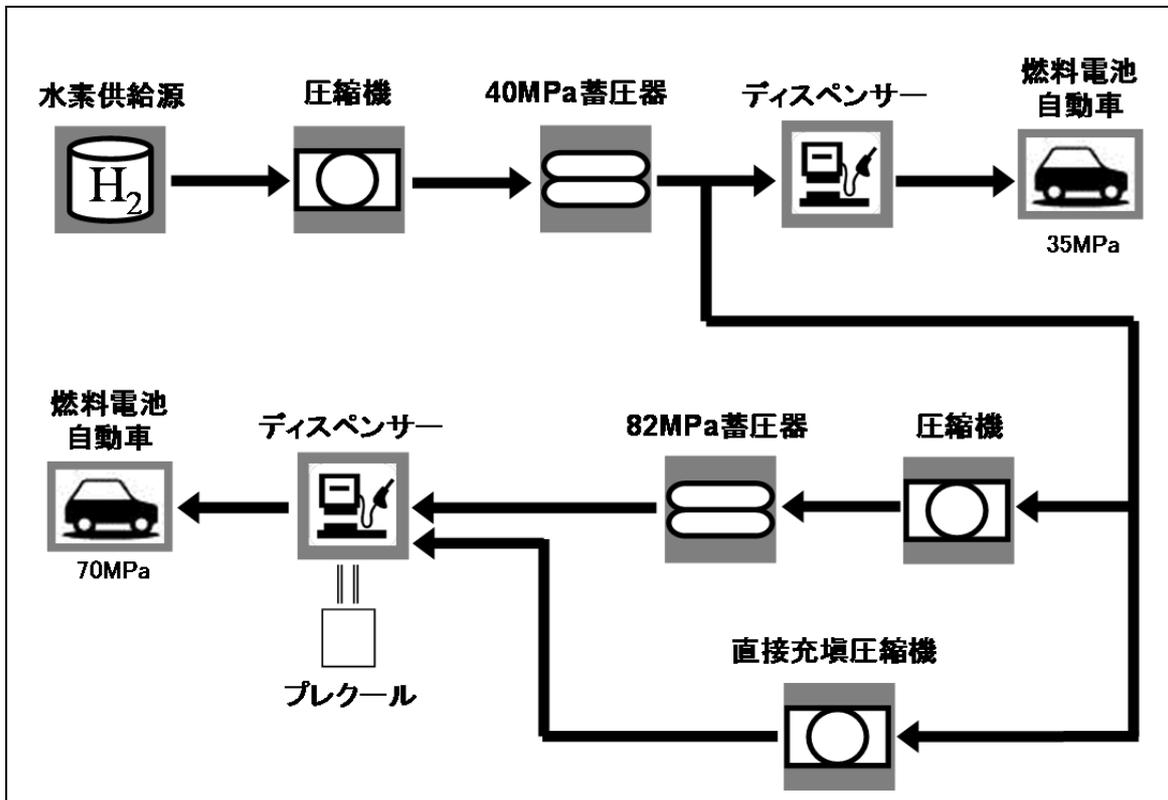


図 1 水素スタンドの概略(事故当時)

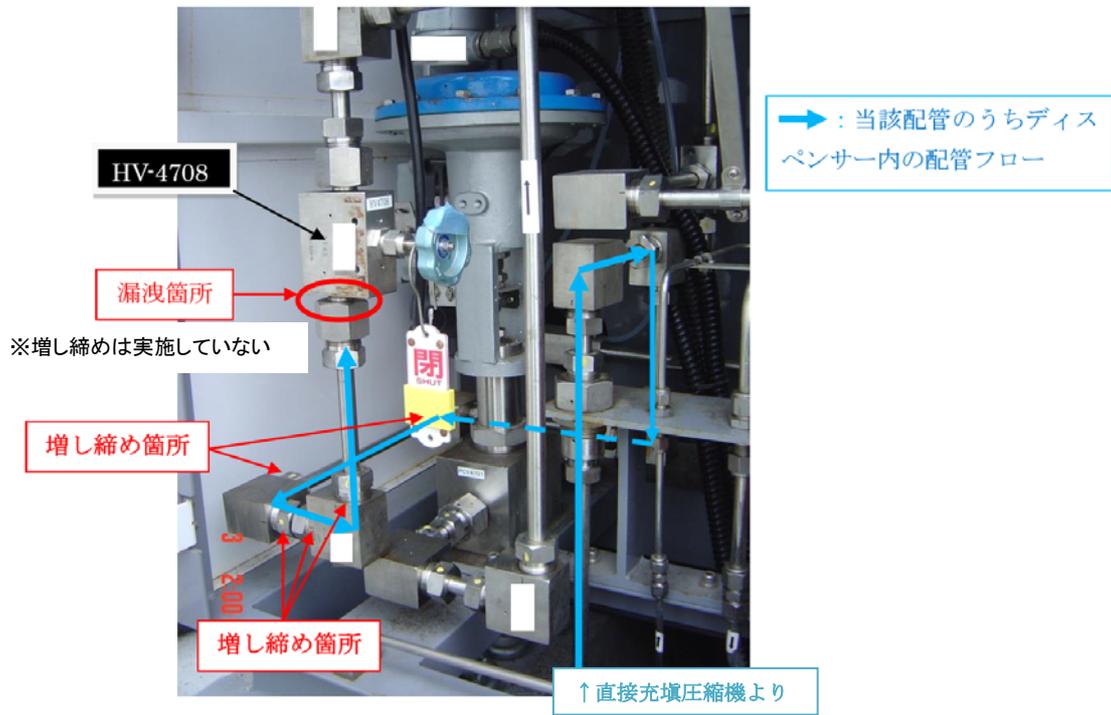
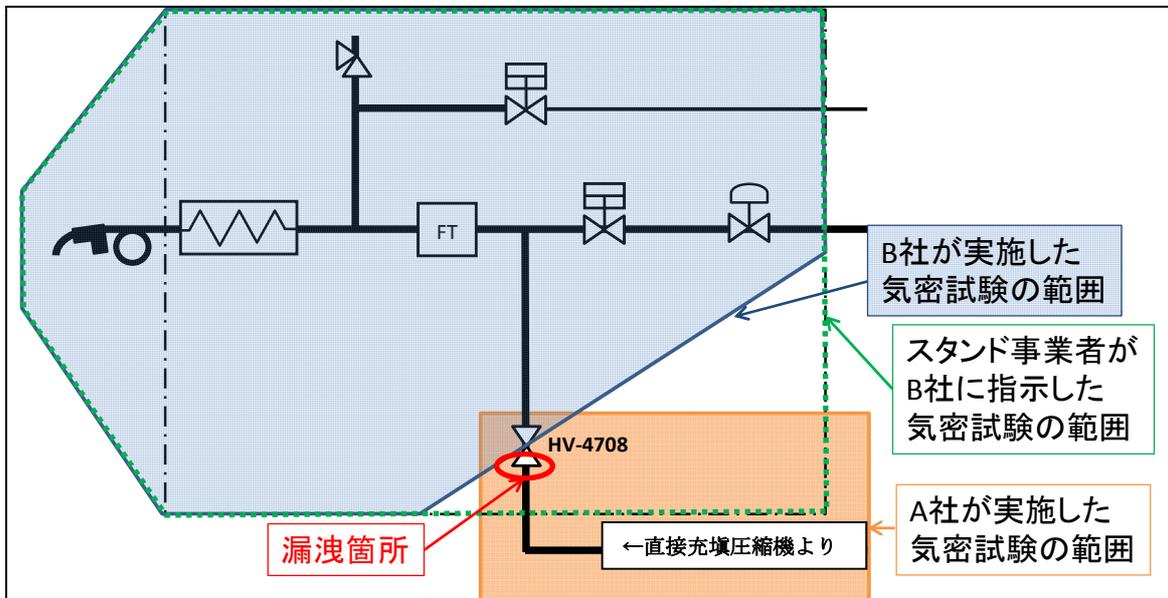


図 2 B 社が増し締めした継手と漏えいが発生した継手



漏えい箇所拡大  
 図3 B社が実施した気密試験の範囲

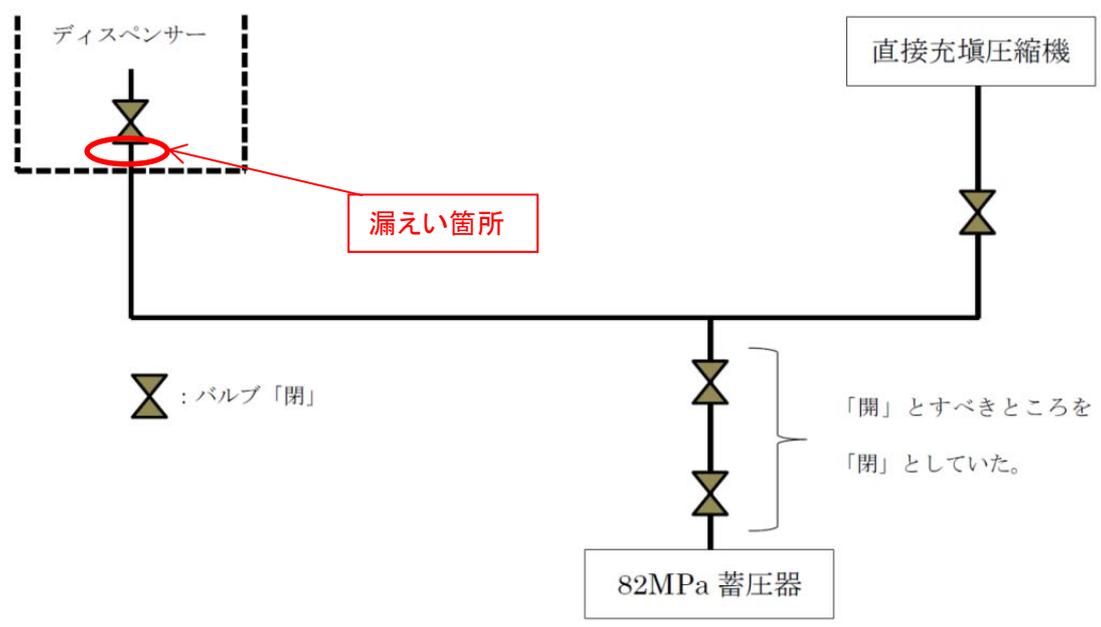


図4 保安検査時における気密試験のバルブ操作  
 (※事業所のヒアリングを基に高圧ガス保安協会が作成)

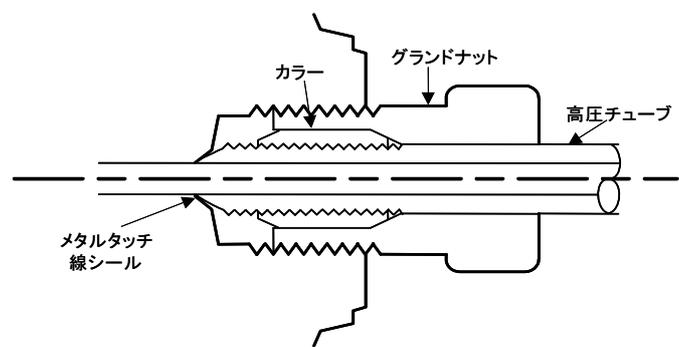


図5 コーン・スレッド型式のねじ込み式継手  
 (一般高圧ガス保安規則関係例示基準「26. 保安上必要な強度を有するフランジ接合継手又はねじ接合継手」図6より)

## 高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-333	事故の呼称 充てん作業中の移動式スタンドにおけるディスペンサー内の遮断弁からの水素漏えい			
発生日時 2015-10-5 16時19分頃		事故発生場所 愛知県名古屋市	事故発生事象 1次)漏えい② 2次)	事故発生原因 主)シール管理不良
施設名称 水素スタンド (移動式)	機器 遮断弁	材質 EPDM (Oリング)	概略の寸法 内径: φ9.8 mm 線形: φ1.9 mm	
ガスの種類及び名称 水素		高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0Pa) 69,107m <sup>3</sup> /日	常用圧力 70 MPa	常用温度 -40～ 40 °C
被害状況(人身被害、物的被害) 移動式の水素スタンドにおいて、燃料電池自動車へ水素を充填中、ディスペンサー本体(以下「ディスペンサー内」という。)上部の水素ガス漏えい検知警報設備(拡散式、4%LELの1/4で発報)が作動した。ただちに、携帯式の水素ガス検知器(接触燃焼式、0～100%LEL)にて漏えい箇所の確認を行ったが、特定には至らなかった。翌日に機器メーカー立会のもと、詳細に漏えい箇所を調べたところ、水素ディスペンサー内の遮断弁(XV401)から漏えいしていることが判明した。人的被害、物的被害なし。				
事故の概要 この事故は、一般高圧ガス保安規則第8条により許可を受けた移動式製造設備から燃料電池自動車への水素充填中に起こった事故である。当該水素スタンドでは、水素カードルから水素を油圧駆動ガスブースターにより昇圧し、中圧蓄圧器(40MPa)、高圧蓄圧器(82MPa)に蓄圧し、差圧充填を実施している。 以下に事故の概要を時系列で示す。  ⑤ 9月25日 完成検査を受検 ⑥ 9月28日 営業開始 ⑦ 10月5日 当日、4台目(営業開始から10台目)となる燃料電池自動車に水素ガスを充填中(-37°C、63MPa)、ディスペンサー内の水素ガス漏えい検知警報設備が作動した。漏えい検知後、配管内の水素は自動で脱圧され、ベントから放出された。携帯式の水素ガス検知器にて漏えい箇所の確認を行ったが、漏えい箇所の特定には至らなかった。 ⑧ 10月6日 機器メーカー立会のもと、携帯式の水素ガス検知器をディスペンサー内の遮断弁のウィーブホールに当てたところ、漏えいしていることが判明した。				
事故発生原因の詳細 ⑤ ディスペンサー内の遮断弁に EPDM(エチレン-プロピレン-ジエンゴム)製の Oリングを使用していた。Oリングの使用温度の下限は、常用の温度の下限と同じ-40°Cであった。 ⑥ 遮断弁下部に設計仕様には含まれていない保冷材を取り付けて運用した結果、遮断弁下部が低温状態で保持され、Oリングが設計温度(メーカー推奨温度の下限)に近い温度かつ水素環境で使用された。 ⑦ 当日、3台目までは問題なく充填が行われていたが、4台目で漏えいが確認さ				

れたことから、複数台への充填行為が過酷な使用条件となったため、漏えいが発生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)

- ⑬ 保冷材を取り外し運転する。
- ⑭ 他の材質の O リングへの変更を試みたが、他の水素スタンドの遮断弁で漏えいなどの不具合が生じたため、最終的に遮断弁はプラグ式(図 1 参照)から O リングを使用しない一体型(図 2 参照)に変更した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ⑦ 水素スタンドではねじ込み式継手およびフランジ式継手からの漏えいが多い。このため、水素スタンドにおける高圧ガス設備は、継手の構成が少ない設備が望ましい。
- ⑧ 水素スタンドにおける高圧ガス設備のシール部に O リングを使用する場合には、運転中の温度と圧力のそれぞれの変動を考慮し、適切なシール性を有する O リングを選定することが重要である。

事業所の事故調査委員会 無し

備考

キーワード

水素スタンド、水素、充填作業中、O リング、保冷

関係図面(特記事項以外は事業所提供)



写真 水素が漏えいした遮断弁(ディスペンサー本体内)

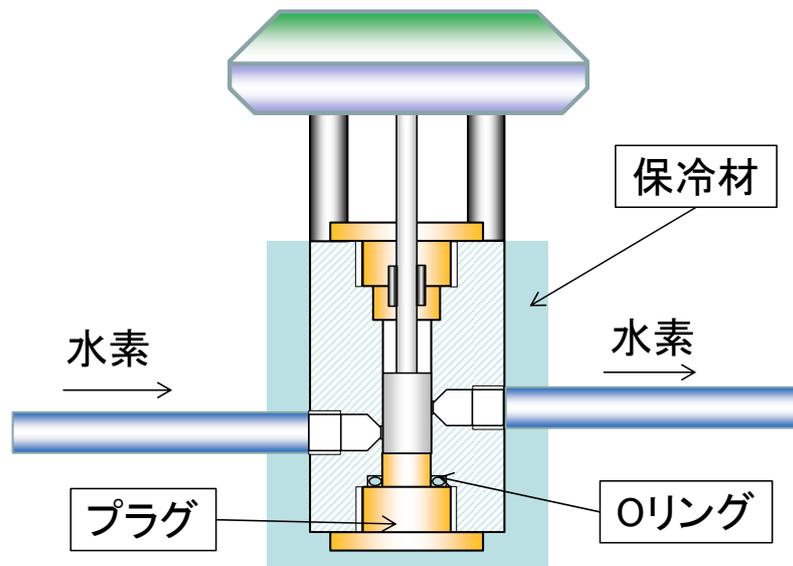


図1 遮断弁概略図(事故発生時、プラグ式遮断弁、保冷有り)  
 (※事業所のヒアリングを基に高圧ガス保安協会が作成)

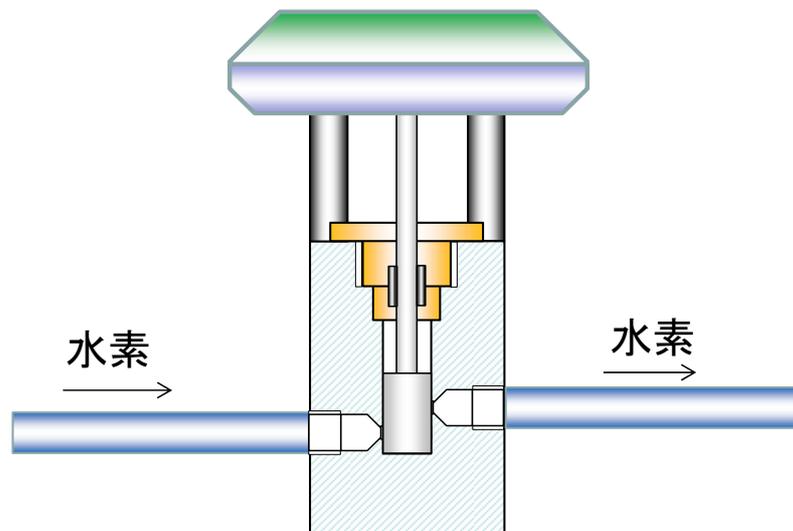


図2 遮断弁概略図(事故後、一体型遮断弁、保冷なし)  
 (※事業所のヒアリングを基に高圧ガス保安協会が作成)

## 高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-363	事故の呼称 移動式スタンドにおける緊急離脱カプラーからの水素漏えい			
発生日時 2015-10-6 21時30分頃	事故発生場所 愛知県名古屋市	事故発生事象 1次)漏えい② 2次)	事故発生原因 主)シール管理不良	
施設名称 水素スタンド (移動式)	機器 緊急離脱カプ ラー	材質 NBR (Oリング)	概略の寸法 —	
ガスの種類及び名称 水素	高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0Pa) 69,107m <sup>3</sup> /日	常用圧力 70 MPa	常用温度 -40~40 °C	
被害状況(人身被害、物的被害) <p>移動式の水素スタンドにおいて、10月5日に燃料電池自動車へ水素を充填中、ディスプレイの本体(以下「ディスプレイ内」という。)内部の遮断弁(XV401)から漏えいしていることが判明した(本事故とは別の水素漏えい事故)。10月6日に遮断弁のOリングを交換し、燃料電池自動車で充填テストを実施したところ、ディスプレイ内の水素ガス漏えい検知警報設備(拡散式、4%LELの1/4で発報)が作動した。ただちに、携帯式の水素ガス検知器(接触燃焼式、0~100%LEL)にて漏えい箇所を調べたところ、充填ホースの緊急離脱カプラー下部(充填ノズル側)からの漏えいを確認した。人的被害、物的被害なし。</p>				
<p>事故の概要</p> <p>この事故は、一般高圧ガス保安規則第8条の基準により許可を受けた移動式製造設備において、前日に発生した漏えい事故の復旧後の確認のため、燃料電池自動車への充填テストを実施中に起こった事故である。当該水素スタンドでは、水素カードルから水素を油圧駆動ガスブスターにより昇圧し、中圧蓄圧器(40MPa)、高圧蓄圧器(82MPa)に蓄圧し、差圧充填を実施している。</p> <p>以下に事故の概要を時系列で示す。</p> <p>⑨ 9月25日 完成検査を受検</p> <p>⑩ 9月28日 営業開始</p> <p>⑪ 10月5日 当日、4台目(営業開始から10台目)となる燃料電池自動車に水素ガスを充填中(-37°C、63MPa)、ディスプレイ内の水素ガス漏えい検知警報設備が作動した。漏えい検知後、配管内の水素は自動で脱圧され、ベントから放出された。携帯式の水素ガス検知器にて漏えい箇所の確認を行ったが、漏えい箇所の特定には至らなかった。(本事故とは別の水素漏えい事故)</p> <p>⑫ 10月6日 機器メーカー立会のもと、詳細に漏えい箇所を調べたところ、ディスプレイ内の遮断弁から漏えいしていることが判明した。</p> <p>⑬ 10月6日 ディスเปนサー内の遮断弁のOリングを交換し、燃料電池自動車に水素ガスの充填テストを実施中(-37°C、55MPa)、ディスプレイ内の水素ガス漏えい検知警報設備が作動した。携帯式の水素ガス検知器にて漏えい箇所を調べたところ、充填ホースの緊急離脱カプラー下部(充填ホース側)から漏えいしていることが判明した。</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>⑧ 事故後にディスプレイメーカーにおいて緊急離脱カプラーの漏えい箇所を特定するため、ヘリウムによる気密試験(表1及び表2参照)を行ったが、室温における87.5MPa加圧直後および-40°Cにおける28MPa加圧30分後の条件では、漏えいは確認されなかった。しかし、-40°Cにおける28MPa加圧直後の条</p>				

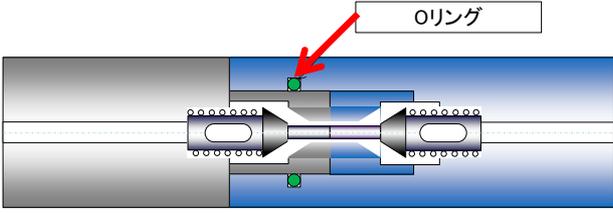
<p>件においては漏えいを確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑨ 緊急離脱カプラーの販売元において、事故後の緊急離脱カプラーを分解し調査したところ、Oリングが損傷していることが判明した(写真参照)。原因は、緊急離脱カプラー下部のOリングの損傷により漏えいしたと推定される。</li> <li>⑩ Oリングに損傷がある場合でも、気密試験の条件によってはOリングの損傷を発見できないことが</li> <li>⑪ Oリングの損傷原因は以下の2つが考えられる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>1) 充填開始時に何らかの外力(例:高圧ホースの伸縮)が加わったことでOリング溝と接触面に隙間が発生し、Oリングが隙間に入り込み損傷した。</li> <li>2) 緊急離脱カプラーの販売元における緊急離脱カプラーの組み込み作業時にOリングが損傷した。</li> </ul> </li> </ul>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 緊急離脱カプラーおよび高圧ホースの製作メーカーを変更した。</li> <li>② 緊急離脱カプラーの販売元において、緊急離脱カプラーにOリングを組み込む際の損傷が発生しないための注意点を整理し、作業員へ教育を行った。</li> <li>③ 緊急離脱カプラーの販売元が製品出荷前に、96.3MPa、-40℃のヘリウムにより気密試験を実施することとした。</li> </ul>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑨ 緊急離脱カプラーに使用されているOリングは、溝と接触面に隙間があると、隙間に入り込み損傷することがある。緊急離脱カプラーには設計時に想定されていない力が加わらないように、緊急離脱カプラー、ホース、充填ノズルなどの部品の組合せとそれにより作用する外力について配慮することが必要である。</li> <li>⑩ 水素ガスは漏えいしやすいため、シール面の小さな傷が漏えいに繋がりがやすい。Oリングの取付けおよび交換作業では、シール面の適切な管理が重要となる。</li> <li>⑪ 水素スタンドにおける高圧ガス設備のシール部のOリングは、通常の室温における気密試験では漏えいが確認されない場合でも、実際の使用条件では漏えいが発生する場合がある。このため、運転中の温度と圧力のそれぞれの変動を考慮し、適切なシール性を有するOリングを選定することが重要である。</li> </ul>
<p>事業所の事故調査委員会 無し</p>
<p>備考</p>
<p>キーワード 水素スタンド、水素、充填、緊急離脱カプラー、Oリング</p>
<p>関係図面(特記事項以外は事業所提供)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">図1 緊急離脱カプラーの概略図 (高圧ガス保安協会作成)</p>



写真 損傷したOリング

表1 室温における気密試験結果

試験圧力 He [MPa]	試験 温度	漏れ検査 のタイミング	バックグラウンド [Pa・m <sup>3</sup> /sec]	検査結果 [Pa・m <sup>3</sup> /sec]			判定
				リークポ-ト①	リークポ-ト②	接続部	
10	室温	加圧直後	1.6×10 <sup>-6</sup>	1.6×10 <sup>-6</sup>	1.6×10 <sup>-6</sup>	2.3×10 <sup>-6</sup>	合格
20			1.6×10 <sup>-6</sup>	2.0×10 <sup>-6</sup>	2.0×10 <sup>-6</sup>	2.0×10 <sup>-6</sup>	合格
30			1.7×10 <sup>-6</sup>	2.1×10 <sup>-6</sup>	2.6×10 <sup>-6</sup>	1.9×10 <sup>-6</sup>	合格
40			1.9×10 <sup>-6</sup>	2.1×10 <sup>-6</sup>	2.4×10 <sup>-6</sup>	1.9×10 <sup>-6</sup>	合格
50			1.7×10 <sup>-6</sup>	1.9×10 <sup>-6</sup>	2.4×10 <sup>-6</sup>	1.9×10 <sup>-6</sup>	合格
60			1.8×10 <sup>-6</sup>	2.0×10 <sup>-6</sup>	2.7×10 <sup>-6</sup>	1.8×10 <sup>-6</sup>	合格
70			1.7×10 <sup>-6</sup>	2.0×10 <sup>-6</sup>	2.7×10 <sup>-6</sup>	1.8×10 <sup>-6</sup>	合格
87.5			1.7×10 <sup>-6</sup>	2.1×10 <sup>-6</sup>	3.1×10 <sup>-6</sup>	1.9×10 <sup>-6</sup>	合格

表2 -40℃における気密試験結果

試験圧力 He [MPa]	試験 温度	漏れ検査 のタイミング	バックグラウンド [Pa・m <sup>3</sup> /sec]	検査結果 [Pa・m <sup>3</sup> /sec]			判定
				リークポ-ト①	リークポ-ト②	接続部	
28	-40℃ 1時間	加圧 30分後	2.4×10 <sup>-6</sup>	2.4×10 <sup>-6</sup>	2.9×10 <sup>-6</sup>	2.5×10 <sup>-6</sup>	合格
28	-40℃ 1時間	加圧直後	2.7×10 <sup>-6</sup>	2.7×10 <sup>-6</sup>	2.1×10 <sup>-5</sup> *1)	1.0×10 <sup>-5</sup> *2)	不合格

\*1) 社内判定基準の 1.0×10<sup>-5</sup>Pa・m<sup>3</sup>/sec を超える値を検出したため不合格

\*2) 社内判定基準の 1.0×10<sup>-5</sup>Pa・m<sup>3</sup>/sec の値を検出したが、バックグラウンドが 2.7×10<sup>-6</sup>Pa・m<sup>3</sup>/sec であったことからヘリウムを検出したと推定

※試験は恒温槽を-40℃で1時間保持した後、加圧を行った。

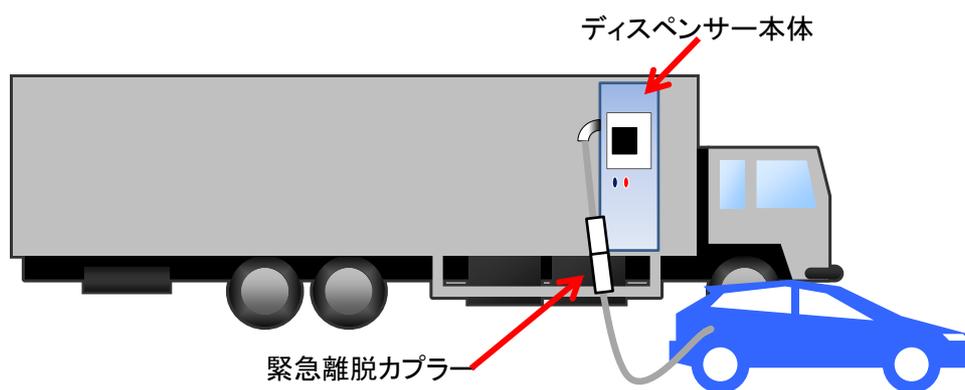


図 2 緊急離脱カプラーの設置例  
(高圧ガス保安協会作成)

緊急離脱カプラー: 充填ホースに著しい引っ張り力が加わったときに、当該ホースの破断防止のために安全に分離するとともに、分離した部分からの水素の漏えいを防止することができる構造のもの。

## 高圧ガス事故概要報告

整理番号 2015-098	事故の呼称 食品工場におけるCO中毒		
発生日時 2015年4月10日 9:35頃	事故発生場所 静岡県浜松市	事故発生事象 1次) その他 (CO中毒)	事故発生原因 主) 誤操作 副) 操作基準等の不備
施設名称 LPガス消費施設	機器 直火式ガスオープン	材質 -----	概略の寸法 -----
ガスの種類および名称 LPガス(消費中) CO(オープンの排気)	高圧ガス製造能力 -----m <sup>3</sup> /日 (貯蔵量 5,854kg)	常用圧力 -----	常用温度度 5~35℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人的被害 : 軽傷7名(救急搬送) 物的被害 : なし			
<p>事故の概要</p> <p>当該工場ではパイ(焼き菓子)を生産しており、事故当日の状況を下記に示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 8:00     パイ生地をオープンに投入し、生産開始。</li> <li>② 9:35     パイ成型室にて作業中の作業員1名が突然意識を失ったため、責任者が生産を停止。救急搬送。</li> <li>③ 9:55     成型室内の作業員の安全を確認し、生産を再開。</li> <li>④ 10:50     成型室内の複数の作業員が、体調不良を訴えたため、工場長指示により、生産停止。成型室内作業員全員をリフレッシュルームに移動。 最初に、救急搬送された作業員の検査結果より、血中の一酸化炭素濃度が高いとの連絡を受け、成型室、リフレッシュルームの換気を実施。</li> <li>⑤ 12:50     リフレッシュルームに移動した作業員のうち、6名の容態が悪く、救急搬送。</li> </ol>			
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>オープン室の直火式ガスオープンには90本のバーナーが設置されており、全長は50mで、4台の排気ファンが設置されている。</p> <p>パイ生産時は、これらの排気ファンが作動することによって、直火式オープンの排気が、焼き上げ室から成型室へ流れないようにしている。</p> <p>事故当日は、オープン作業員が、パイ生産前に排気ファンの起動スイッチを押し忘れたため、排気ファンは作動していなかった。</p> <p>そのため、直火式オープンの排気が、焼き上げ室から成型室側に流れこみ、これを吸いこんだ作業員が一酸化炭素中毒になった。</p> <p>また、事故後の調査で、直火式オープンの90本のバーナーのうち、8本のバーナーがガス供給量過多の状態であったこと、ガスミキサー内部のテーパ管65本、および二次空気管80本に不純物(すす)が付着し、気道が狭くなっていたことを確認した。これまで15年使用してきたが、分解清掃は実施していなかった。そのため、直火式オープンが不完全燃焼しやすい(一酸化炭素が発生しやすい)状態にあった。</p>			

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

①バーナー部の不純物付着による二次空気管閉塞防止対策

②ガスミキサーの不純物付着による気道<sup>きょうさく</sup>狭窄防止対策

ガスミキサーおよび二次空気管について、2年に一度業者によるオーバーホールを実施する。

③バーナーのガスと空気量のバランス調整対策

オープン作業マニュアルを作成し、バーナー着火後の目視点検を実施し、不着火、失火現象の多いバーナーについては整備する。

④燃焼空気の炉内から成型室への逆流防止対策

焼き上げ室の排気ファン1台とオープン室の給排気ファン4台が確実に起動していれば、燃焼空気が成型室側に逆流しないことがドライアイスでの検証実験で判明した。したがって、吸気ファン、排気ファンのいずれかのスイッチを入れ忘れた場合は、オープンの燃焼回路が起動しないシーケンス制御を組み込んだ。また、燃焼回路が起動中に、吸気ファン、排気ファンのいずれかのスイッチを誤って切ってしまった場合には、燃焼回路が自動的に停止するように制御を変更した。

さらに、成形室側がオープン室に対して正圧となるように空調設備を設置した。

⑤CO濃度測定器の設置および可燃性ガス検知器の設置

上記対策を立てても万が一、COまたは可燃性ガスが流出した場合に備え、成形室、オープン通路、焼き上げ室にCO濃度測定器および可燃性ガス検知器を設置した。

⑥公的機関によるオープン炉内のCO濃度測定の実施

公的機関による当該オープンの炉内CO濃度測定を実施した。高燃焼と低燃焼を繰り返した数値は5~40PPMとなり、日本ガス協会の定める燃焼炉内CO濃度100ppm以下に抑えた。

⑦作業者の安全教育の実施

作業者に対して、可燃性ガスの取扱に関する安全教育、オープン取扱時の安全教育を実施した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

①LPガス販売事業所の教訓

LPガスの消費に伴うCO中毒事故は、継続的に発生しており、LPガスの消費者に対しては、事故情報の提供などを行うとともに、室内(工場内)の換気状況の確認など、不完全燃焼の防止について、注意喚起することが事故の未然防止に有用である。

②LPガス消費者の教訓

1) 近年は、オープン内の指定のエリア毎に、数値制御によりバーナーの火力を自動で調整する設備がある。このため、作業者がバーナーの火炎を直接確認する機会が減少し、その結果、バーナーの不調が長期間放置され、不完全燃焼によりCO中毒を招く原因となる。

自動化された設備であっても、目視点検により機器の状態を日々把握することが重要である。

2) 消費機器の使用にあたっては、取扱説明書を確認し、メーカー推奨の整備を実施することが重要である。

3) 消費設備の導入にあたっては、換気設備の稼働状況などの起動条件を明確にし、起動条件を満足していない場合は、消費設備が起動しないよう(バーナーが点火しないよう)にすることが、事故の発生防止には有効である。

4) 万が一のCO発生に備えて、CO検知警報器の設置も事故の未然防止に有用である。

事業所の事故調査委員会

なし

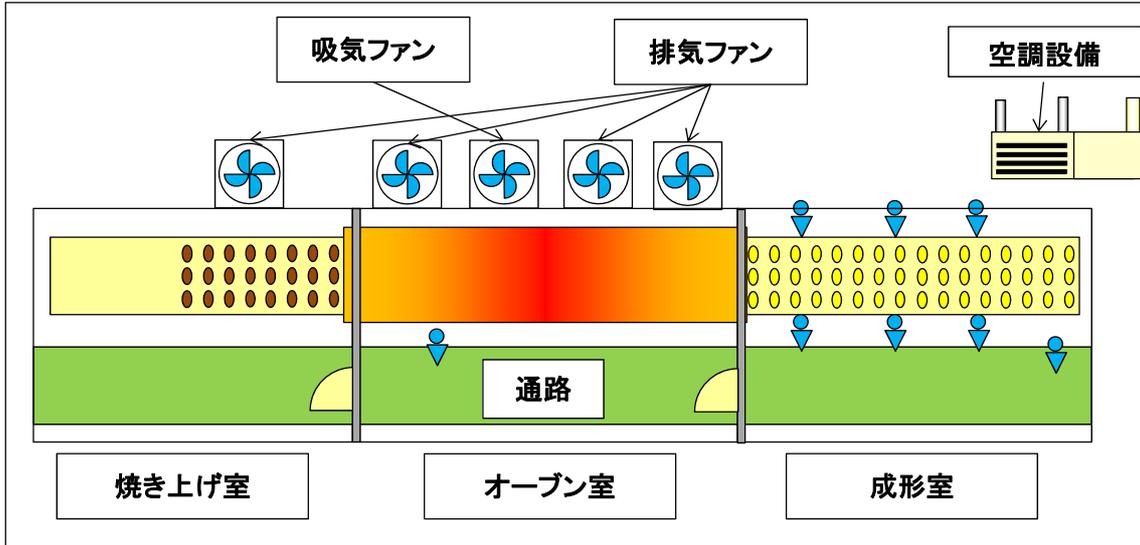
備考

-----

キーワード

CO 中毒、直火式オーブン

関係図面



成形室、オープン室、焼き上げ室の概略図