

平成27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28年3月

高圧ガス保安協会

－ 目 次 －

1. 総論		
1.1 趣旨	.....	1
1.2 委員会	.....	1
1.3 委員構成	.....	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	.....	5
4. まとめ		
4.1 高圧ガス事故概要報告	.....	7
(1) 総括	.....	7
(2) 事故の抽出	.....	7
(3) 特記事項	.....	7
4.2 メール配信	.....	8
4.3 おわりに	.....	8
別添 1 高圧ガス事故概要報告(平成 27 年度実施分)		
1.1 ナフサ水素化処理装置の加熱炉内部の異常燃焼	.....	9
1.2 圧縮機のスタフィンボックスの亚克力板が破損し、LP ガス漏えい	....	14
1.3 LP ガス球形貯槽の高所放出管からの漏えい火災	.....	18
1.4 重質油熱分解装置におけるコークドラムの 安全弁出口配管からの漏えい火災	.....	21
1.5 反応器のマンホールフランジからブタジエンなどが漏えい	.....	28
1.6 熱交換器の伝熱管からの塩素漏えい	.....	32
1.7 附属冷凍設備の凝縮器接続配管からの LP ガス漏えい	.....	36
1.8 反応器の破裂板作動によるエチレンガス漏えい	.....	40
1.9 冷凍設備のストレナーカバーからの冷媒漏えい	.....	43
1.10 圧縮水素スタンドの充てんホース部から水素ガス漏えい	.....	48
1.11 水素スタンドにおける蓄圧器の清掃中の火災	.....	53
1.12 3 号空気分離装置 No.3 放液溜の 破裂による周辺機器および配管の破損	.....	60
1.13 雑液タンクの重合反応による温度上昇でアクロレインが漏えい	....	63
1.14 スチームクラッキング装置精留塔の開放整備準備中の火災	....	73

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 26 年以降に発生した石油精製業等に対し教訓としての価値が高いと思われる事故を抽出して、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
吉賀 俊雄 山口県 総務部消防保安課 課長
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
独立行政法人労働安全衛生総合研究所 化学安全研究グループ
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
一般社団法人日本化学工業協会 環境安全部
石油化学工業協会 技術部
一般社団法人日本産業・医療ガス協会

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 27 年 6 月 15 日(月)	◎ 平成27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 27 年 11 月 6 日(金)	◎ 高圧ガス事故概要報告の審議
第 3 回	平成 28 年 1 月 28 日(木)	◎ 高圧ガス事故概要報告の審議
第 4 回	平成 28 年 3 月 24 日(木)	◎ 高圧ガス事故概要報告の審議 ◎ 平成27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 27 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

○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 27 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 1.1～1.14

表 2 高圧ガス事故概要報告一覧表(平成 27 年度実施分)

別添 1	区分	事故の呼称 (code 番号)	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	ナフサ水素化処理装置の加熱炉内部の異常燃焼(2014-217)	H26/8/20	H27/11/6 H28/3/24	H28/3/31
1.2	コンビ	圧縮機のスタフィンボックスの亚克力板が破損し、LP ガス漏えい(2014-038)	H26/2/24	H27/11/6	H28/1/25
1.3	コンビ	LP ガス球形貯槽の高所放出管からの漏えい火災(2014-220)	H26/8/25	H28/1/28	H28/3/7
1.4	コンビ	重質油熱分解装置におけるコークドラムの安全弁出口配管からの漏えい火災(2014-304)	H26/11/2	H28/1/28	H28/3/7
1.5	コンビ	反応器のマンホールフランジからブタジエンなどが漏えい(2014-161)	H26/5/1	H27/11/6	H28/1/25
1.6	コンビ	熱交換器の伝熱管からの塩素漏えい(2014-190)	H26/7/30	H28/1/28	H28/3/7
1.7	コンビ	附属冷凍設備の凝縮器接続配管からの LP ガス漏えい(2014-186)	H26/7/20	H27/11/6 H28/1/28	H28/3/7
1.8	コンビ	反応器の破裂板作動によるエチレンガス漏えい(2014-312)	H26/11/17	H28/1/28	H28/3/7
1.9	冷凍	冷凍設備のストレナーカバーからの冷媒漏えい(2014-184)	H26/7/19	H28/1/28	H28/3/7
1.10	一般	圧縮水素スタンドの充てんホース部から水素ガス漏えい(2014-182)	H26/7/17	H27/11/6 H28/1/28	H28/1/25
1.11	一般	水素スタンドにおける蓄圧器の清掃中の火災(2014-349)	H26/12/9	H27/11/6	H28/3/7
1.12	コンビ	3号空気分離装置 No.3 放液溜の破裂による周辺機器および配管の破損(2014-351)	H26/12/12	H28/3/24	H28/3/31
1.13	その他	雑液タンクの重合反応による温度上昇でアクロレインが漏えい(-)	H26/8/14	H27/11/6 H28/1/28	H28/2/19

1.14	その他	スチームクラッキング装置精留塔の開放整備準備中の火災 (-)	H26/8/26	H27/11/6 H28/1/28	H28/3/7
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、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 番号)	配信日
別添 1 1.1	ナフサ水素化処理装置の加熱炉内部の異常燃焼 (2014-217)	H28/3/31
1.2	圧縮機のスタフィンボックスの亚克力板が破損し、LP ガス漏えい(2014-038)	H28/1/25
1.3	LP ガス球形貯槽の高所放出管からの漏えい火災 (2014-220)	H28/3/7
1.4	重質油熱分解装置におけるコークドラムの安全弁出口 配管からの漏えい火災(2014-304)	H28/3/7
1.5	反応器のマンホールフランジからブタジエンなどが漏 えい(2014-161)	H28/1/25
1.6	熱交換器の伝熱管からの塩素漏えい(2014-190)	H28/3/7
1.7	附属冷凍設備の凝縮器接続配管からの LP ガス漏え い(2014-186)	H28/3/7
1.8	反応器の破裂板作動によるエチレンガス漏えい (2014-312)	H28/3/7
1.9	冷凍設備のストレナーカバーからの冷媒漏えい (2014-184)	H28/3/7
1.10	圧縮水素スタンドの充てんホース部から水素ガス漏え い(2014-182)	H28/1/25
1.11	水素スタンドにおける蓄圧器の清掃中の火災 (2014-349)	H28/3/7
1.12	3号空気分離装置 No.3 放液溜の破裂による周辺機器 および配管の破損(2014-351)	H28/3/31
1.13	雑液タンクの重合反応による温度上昇でアクロレイン が漏えい(-)	H28/2/19
1.14	スチームクラッキング装置精留塔の開放整備準備中 の火災(-)	H28/3/7

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 年以降に発生し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 28 年 2 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、3,343 件(前年同期:3,140 件)であった。

(2) 事故の抽出

- ① 平成 26 年以降に発生した事故のなかから、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。

(3) 特記事項

平成 27 年度に作成した高圧ガス事故概要報告のうち、最も多くの人的被害(軽傷 17 名)を出した「冷凍設備のストレナーカバーからの冷媒漏えい」(code 番号 2014-184)事故について特記する。

- ① 別添 1 1.10 に示すとおり、この事故の原因は、1) 冷凍設備は保温材が施工されていたため、運転、停止の繰り返しにより、ストレナーの本体とカバーのすき間に結露水が溜まりカバー固定用ボルトが腐食した。2) 天井裏の配管弁類については日常点検を実施していなかったことなどから、ボルトが腐食し、破断して、フルオロカーボンが大量に漏えいした(200kg)。このため、付近にいた作業員 17 名が呼吸不全などで軽傷を負った。
- ② 一般的に、断熱材下腐食などの発生しやすい環境として、 -4°C から 150°C 程度で運転されている炭素鋼配管、 150°C 以上であるが間欠運転される炭素鋼配管などが知られている。断熱材に損傷がなくても、配管と断熱材の隙間部で、結露と乾燥が長期間にわたって繰返されていれば、腐食が発生しやすい。このため、断熱材下の腐食損傷を念頭に置いて

た設計、施工を行うとともに、適切に維持管理を実施することが重要である。

- ③フルオロカーボン、窒素などの不活性ガスは、大量に漏えいすると酸欠の懸念があるので、冷凍設備、超低温設備など、不活性ガスの大量漏えいに備えて、関係者全員へ設備とガスの持つ危険性を周知し、防災訓練、避難訓練などを繰り返し実施することが重要である。

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 27 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 28 年 3 月現在 1,188 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。

平成 27 年度に作成した 15 件の高圧ガス事故概要報告のうち、4 件が腐食事例(スラッジ下の腐食、熱交換器の伝熱管水側の腐食、保温材下の腐食、防音材下の腐食)、2 件が反応暴走、およびバルブの誤開閉、1 件が反応副生成物(ポリマー)の火災などの事故が発生している。特に、熱交換器の伝熱管水側の腐食防止のため、水質管理の必要性について、関係業界と連携して、関連する自主基準などの作成状況を確認し、より活用が進むための検討を提案するとともに、今後の事故調査解析委員会において、①「スラッジ」、反応副生成物、腐食性生物など、②水素スタンド、③高圧ガス容器の移動中などをキーワードとする事故について、着目していく必要がある。

以上

整理番号 2014-217		事故の呼称 1.1 ナフサ水素化処理装置の加熱炉内部の異常燃焼		
発生日時 2014-8-20 2時20分		事故発生場所 愛媛県今治市	事故発生事象 1次)火災 2次)	事故発生原因 主)操作基準等の不備 副)誤操作、誤判断
施設名称 BTX設備	機器 加熱炉 (写真1)	材質 加熱チューブ:STF410、 炉壁:SS41	概略の寸法 加熱炉 高10m、幅6m、奥11m	
ガスの種類及び名称 ナフサ		高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0MPa) 269,100,015 m ³ /日	常用圧力 1.81MPa	常用温度 230℃
被害状況(人身被害、物的被害) 平成26年8月20日午前2時20分頃、BTX設備のナフサ水素化処理装置スタビライザーリボイラ加熱炉(F-4102)内部において、ガスバーナーからナフサ留分が流出したことにより、火災が発生した。人的被害および物的被害なし。				
<p>事故の概要</p> <p>この事故は、BTX設備の定期修理後に、錆等の閉塞に起因するポンプからの原料供給量の低下を発端に、下流側の燃料ガス系統にナフサが混入したことにより、加熱炉内のガスバーナーで異常燃焼が発生した事例である。事故の概要を時系列で示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①6月22日～8月5日、BTX装置定期修理工事。 ②8月11日、加熱炉の総合気密を実施。 ③8月17日、運転開始準備作業として、油循環運転を開始(20時間実施)。 ④8月18日、バーナーに燃焼ガスを点火し、240℃まで昇温。 ⑤8月19日、接触改質装置運転開始。原料供給量が大幅に変動し、デブタナイザーの蒸留操作が不安定となる。 ⑥8月20日2時3分、燃焼排ガス酸素濃度計が10%→0%に低下し、異常アラーム発報。ボード担当者はドラフト等の運転調整を実施。 ⑦2時20分頃、ボード担当者からフィールド担当者へ現場確認を依頼。当該加熱炉中央部炉床にある覗き窓から炉内を確認したところ、炉床で異常燃焼が発生しているのを確認(図1、2)。係長は装置緊急停止を指示。 ⑧2時29分、計器室から公設消防へ通報。 ⑨当該加熱炉を含むスタビライザー系の縁切り操作及び降圧、炉内温度を下げる操作を実施するとともに防消火設備(スナッフイングスチーム、スチームカーテン)を作動。 ⑩2時36分、公設消防車到着。 ⑪3時6分、関係省庁へ通報連絡開始。 ⑫3時30分、防災本部設置、現地指揮本部設置。 ⑬4時30分頃、加熱炉内温度低下を確認。 ⑭4時53分、市消防本部鎮火確認。 				
<p>事故発生原因の詳細</p> <ol style="list-style-type: none"> ①異常燃焼発生前に、接触改質装置への原料ポンプのストレナに多量の錆等のスケールによる閉塞が発生し、原料ポンプへの原料供給量が大幅に減少したため、デブタナイザーへの供給量が減少し、蒸留操作が不安定となり、結果、多量のナフサ留分が塔頂へ運ばれ塔頂受槽の液面が上昇した。 				

<p>②その対応として、塔頂受槽の液面調整のためデブタナイザー還流ポンプの操作を行ったが、密度の大きいナフサ留分が含有されたため還流ポンプが過負荷で停止した。</p> <p>③その結果、塔頂受槽の液面が急激に上昇し、燃料ガス系へナフサが混入した。</p> <p>④混入したナフサは、ノックアウトドラムを経由し燃料ガスバーナから加熱炉内に流出、異常燃焼に至った。異常燃焼に至る前にノックアウトドラムの液面上昇アラームが発報されていたが、ボード担当者はデブタナイザーの蒸留操作に気を取られ、気付かなかった。当時のアラーム量は10件/1分程度であった。(以上全て図3による)</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p>①運転開始前のスケール除去:油循環によりスケール除去を行うが、長期停止後の場合では循環時間が短かった。今後は20時間程度ではなく、24時間以上実施する。</p> <p>②運転開始操作の中断:原料供給量が大幅に変動し、蒸留操作が不安定となった場合には、運転開始操作を一時中断し、処理量ダウン等により運転を安定させる。</p> <p>③燃料ガス系統への回収時期見直し:蒸留塔の塔頂受槽から発生するオフガスはフレアの炎が増大しないよう、できるだけ早い段階でフレア系から燃焼ガス系へ回収している。今後は、大幅な液面変動が継続して発生した場合、燃料ガス系への油分流入を防止するために、発生オフガスの回収先を燃料ガス系からフレア系に切り替える。</p> <p>④アラームの差別化:ノックアウトドラム液面計のアラーム差別化を行い、確実なアラーム覚知により液面上昇への対応遅れを防止した。また、覚知ミスを防止するために、1分間隔で発報を繰り返すシステムに変更した。</p> <p>⑤運転要領の改正及び保安教育:①～③を運転要領に反映させるとともに、①～④を運転員に周知する。</p> <p>⑥警報の差別化の所内水平展開:所内の同様な設備について水平展開を実施する。</p> <p>⑦人員不足に対し、起動時はダブルシフト体制を採用した。</p> <p>⑧重要ポンプのサクシオンストレナへの差圧計を設置することを検討中。</p> <p>⑨ノックアウトドラム液面高で燃料遮断弁を閉止するインターロックを設置する(構内15箇所)。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>①スケールの付着の恐れがある設備については、試運転の際には十分な洗浄を行いスケールの除去を行うことが必要である。さらに、スケールの除去を確認するための方法を検討する必要がある。</p> <p>②大幅な状態変化が生じた場合等における停止の判断基準と判断責任者を明確にしておくことが重要である。</p>
<p>事業所の事故調査委員会</p> <p>事故直後の事業所事故対策委員会を4回実施(8/20～22)。その後、環境安全技術委員会が引き継いでいる。</p>
<p>備考</p> <p>本件は新聞等で報道されている。同事業所における過去の類似事故は、ない。</p>
<p>キーワード</p> <p>スタートアップ、火災、操作基準等の不備(誤操作等)、加熱炉、蒸留塔、ナフサ</p>

関係図面(特記事項以外は事業所提供)



写真1 加熱炉

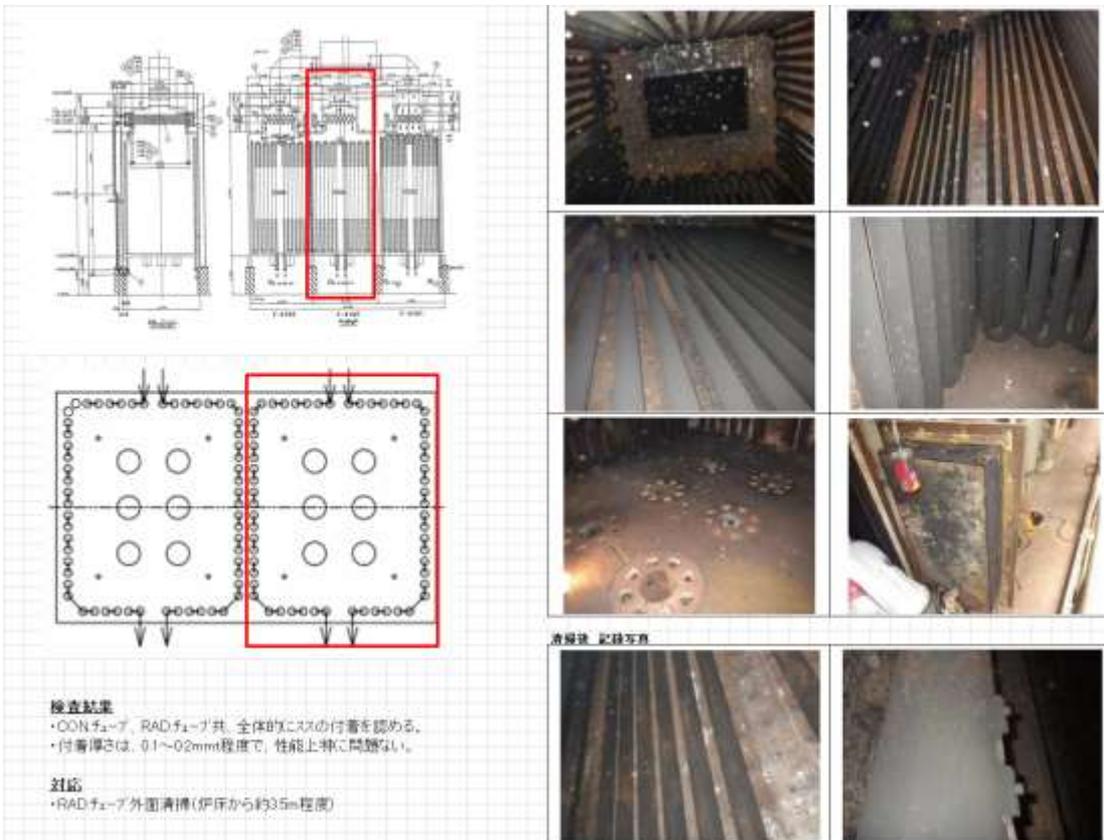
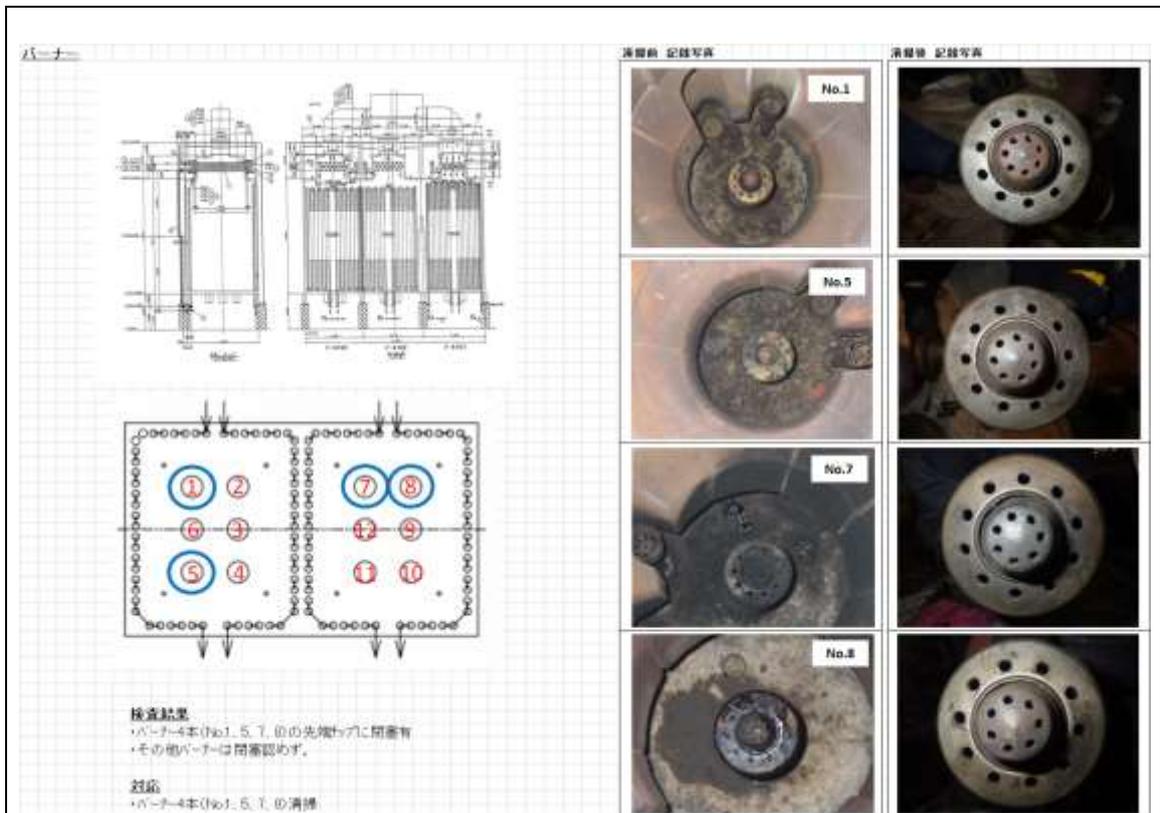


図1 加熱炉内部



使用していたバーナー : 1、3、5、8、10、12

清掃を実施したバーナー : 1、5、7、8

図2 バーナー部

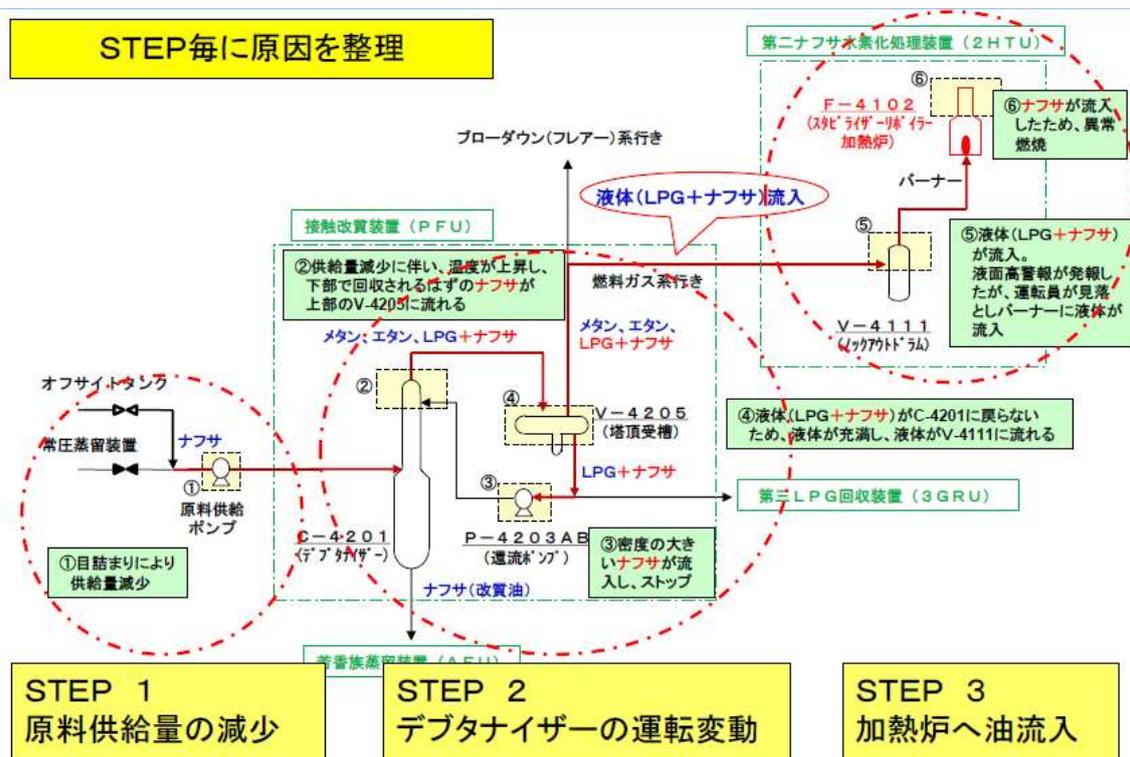
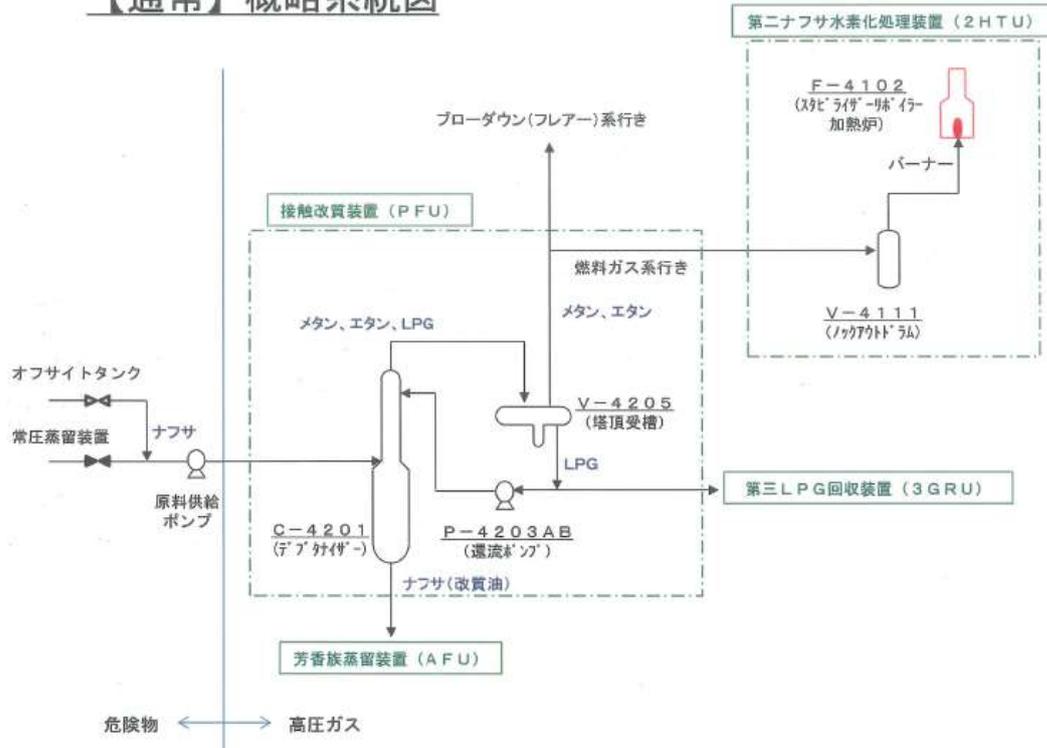


図3 原因追究

【通常】概略系統図



通常運転では、ナフサはデブタナイザーの下部から抜き出される。

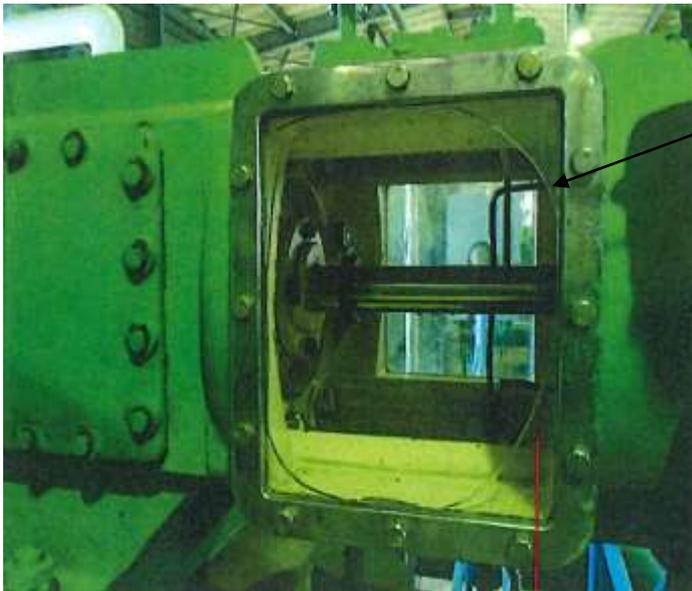
図4 通常運転(参考)

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-038	事故の呼称 1.2 圧縮機のスタフィンボックスの亚克力板が破損し、LP ガス漏えい			
発生日時 2014-2-24(月) 14時50分頃	事故発生場所 石川県七尾市	事故発生事象 1次)破裂・破損等 2次)漏えい③	事故発生原因 (主)操作基準等の不備 (副)	
施設名称 LPガス受入、貯蔵、出荷設備	機器 LPガス圧縮機 (C-P-3)	材質 亚克力板(スタフィンボックス)	概略の寸法 W250mm×H300mm×t5mm	
ガスの種類及び名称 液化石油ガス(LPガス)	高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0Pa) 30,480 m ³ /日	常用圧力 0.8MPa	常用温度 80℃	
被害状況(人身被害、物的被害) LPガス製造事業所において、LPガス圧縮機の月例点検を実施するため、圧縮機の運転を開始した。運転開始から1時間15分後の14時50分、スタフィンボックスに取り付けられた亚克力板が突然破損し、LPガスが漏えいした(漏えい量約0.9kg)。人的被害なし。物的被害は、スタフィンボックスの亚克力板1枚が破損				
<p>事故の概要</p> <p>この事故は、LPガス圧縮機の運転中に可動シール部からの漏出ガス(往復圧縮機の構造上避けられない事象)を、スタフィンボックス内から大気へ放出する放出配管に取り付けられた放出元弁が閉止されていたため、スタフィンボックス内の圧力が上昇して、スタフィンボックスに取り付けられていた亚克力板が破損し、LPガスが漏えいした事例である。以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①13:35 LPガス圧縮機の月例点検(圧縮機各部の気密検査)を実施するため、運転前確認を終え、圧縮機の運転を開始した。 ②その後、安定運転を継続していた(100%負荷、1段吐出圧力:0.24MPa、1段吐出温度:13℃)。 ③14:50 1段側スタフィンボックスの亚克力板が破損し、LPガスが漏えいした。 ④月例点検のため現場にいた所員により圧縮機を停止し、直ちに計器室へ構内電話にて報告。人的被害なし。 ⑤14:50 計器室担当者から所長へ報告。 ⑥14:51 機械室構内にあるガス検知警報機が発報した。 ⑦14:55 事務所待機者が現場へ駆けつけ状況を確認した。 ⑧15:00 アクリル板の破損原因が機械室裏にあるベント配管放出元弁の「閉止」によることが確認された。漏えい量:約0.9kg ⑨15:45 県担当課へ第1報を連絡。 ⑩15:55 消防本部へ第1報を連絡。 				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>○直接原因</p> <ol style="list-style-type: none"> ①過去に発生した事故(備考参照)の再発防止対策として実施した、ベント配管補修工事において、ベント配管に設けた放出元弁が閉止されていたため、スタフィンボックス内の圧力が上昇し、亚克力板の破損に至った(亚克力板強度0.3MPa)。 <p>○間接原因</p> <ol style="list-style-type: none"> ②圧縮機運転の運転前確認において、ベント配管放出元弁の開閉状態の確認を怠っていた。 ③ベント配管放出元弁は、何時の時点で誰が閉止したのかは解明できなかった。 				

<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <ol style="list-style-type: none"> ①ベント配管に取り付けた全ての弁ハンドルに、一端に穴をあけ、SUS ワイヤードで緊縛し、かつ施錠により、閉止操作ができないように廻り止め対策を実施した。 ②操作禁止札を設置した。 ③今後、運転開始前に圧縮機のベント配管各部のバルブ状況を確認後(ラインアップの確認)、計器室に連絡する手順に改めた。 ④LP ガス圧縮機運転操作マニュアルに新替えしたベント配管のバルブ(ベント配管放出元弁)開閉状況を確認することを追加した。 ⑤その後、ベント配管の全ての弁は撤去した。
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <ol style="list-style-type: none"> ①運転状況に応じてバルブの必要性を再評価し、不要と判断されれば撤去、施錠、ハンドルを抜くなどのハード対策を検討することが重要である。 ②設備改善を行った場合、運転面への影響を評価するとともに、設備の変更に伴い、設備管理を担当する部門と連携し、運転管理に必要な操作手順、確認手順の変更、新設などはもれなく文書化することが重要である。 ③装置の運転開始前は、設備、配管、弁、ユーティリティーなどの状態が正しく設定されていることの確認(ラインアップの確認)が重要である。誰でも正しく確認作業ができるようチェックリストの使用が有効である。 ④事故の教訓を生かし、設備改善の内容、危険性の認識など、関係する従業員、協力会社従業員へ教育を行い、徹底することが重要である。
<p>事業所の事故調査委員会</p>
<p>備考(同様な事故の経験)</p> <ol style="list-style-type: none"> ①2012年12月3日、この事業所において、LP ガス圧縮機(C-P-2)の運転を開始して2分経過後、2段側スタフィンボックスの亚克力板が破損、飛散しLP ガスが漏えいした(漏えい量約0.9kg)。さらに、飛散した亚克力板の破片で並列に設置していた圧縮機の亚克力板1枚が破損した。人的被害なし。物的被害は、スタフィンボックスの亚克力板2枚が破損。 ②メーカー調査の結果、ベント配管内に黒微粒子(カーボン粉)による閉塞が原因で、スタフィンボックス内の内圧上昇により、亚克力板が破損した。カーボン粉は、パッキン類の磨耗粉とガス成分の混合物または化学反応物に潤滑油が混じったもの等がベント配管内に蓄積(油分を含むため、管内に付着しやすい)し、黒微粒子により管内が閉塞したことから、スタフィンボックス内の内圧が上昇し、耐圧強度の低い亚克力板の破損に至ったと推定された。 ③再発防止対策として、15Aのベント配管を25Aにサイズアップするとともに、メンテナンスを考慮して、ベント配管放出元弁を設置したが、元弁の開閉状況を確認する手順書を作成していなかった。
<p>キーワード 液化石油ガス、圧縮機、元弁、破裂・破損、操作基準等の不備、変更管理</p>

関係図面(特記事項以外は事業所提供)



アクリル板の破損
(だ円状に破損)

写真1 スタフィンボックスのアクリル板の破損状況

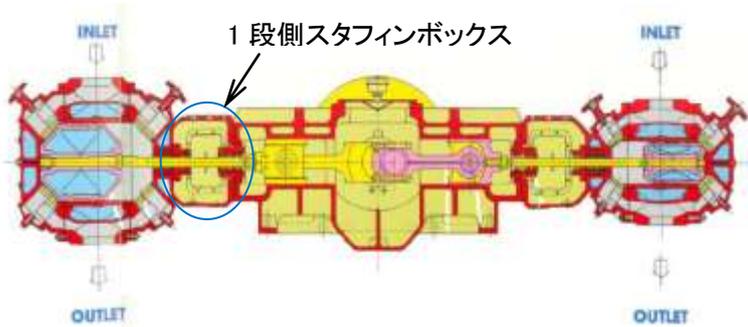


図1 圧縮機の構造(スタフィンボックスの状況)



図2 ベント配管系統図



写真2 ベント配管放出元弁の施錠と操作禁止札
(現在、ベント配管の全ての弁は撤去済み)

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-220	事故の呼称 1.3 LP ガス球形貯槽の高所放出管からの漏えい火災			
発生日時 2014 年 8 月 25 日 20 時 11 分	事故発生場所 三重県四日市市	事故発生事象 1 次)漏えい② 2 次)火災	事故発生原因 主)シール管理不良 副)	
施設名称 LP ガス出荷設備	機器 LP ガス球形貯槽	材質 STPG38	概略の寸法 呼び径 3B	
ガスの種類及び名称 LP ガス	高圧ガス製造能力 (温度 0 度、圧力 0Pa) 5,250,798m ³ /日	常用圧力 1.57MPa	常用温度 48℃	
被害状況(人身被害、物的被害) LP ガス球形貯槽付近に二度落雷が発生後、高所放出管先端部より火炎が発生した。人的被害、物的被害なし。				
<p>事故の概要</p> <p>LP ガスの球形貯槽付近に二度落雷が発生後、上方の大気放出管先端部より火炎が発生した。高所放出管元弁から LP ガスが漏えいし、大気放出した後、着火し、火災となった。発災前は、LPガスの漏えいは確認されなかったが、発災後の確認では、LP ガスは約 10Nm³/h で漏えいしていた。以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <p>① 20 時 11 分 LPガス球形貯槽の液面計、温度計の故障アラームが発報し、DCS 上では液面計がゼロを指示していた。同時刻に落雷が二度発生した。</p> <p>② 20 時 37 分 アラームの発報を受け、係員が現場確認を行ったところ、高所放出管先端より火炎が出ていることを発見した。</p> <p>③ 20 時 43 分 公設消防に通報した。</p> <p>④ 21 時 14 分 LP ガス球形貯槽の冷却を開始した。</p> <p>⑤ 21 時 20 分 火災の鎮圧を図るために、発災貯槽内の残液を別の貯槽へと移送を開始した。</p> <p>⑥ 8 月 26 日 6 時 38 分 放出管元弁の一次側にあるノズルより放出管側へと窒素を投入し、LPガスの濃度を低下させ、鎮火を確認した。</p> <p>⑦ 7 時 21 分 仕切板挿入工事を完了させ、内部ガスの漏えいは停止した。</p> <p>⑧ 高所放出管側への窒素の投入を停止した。</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>○ 直接原因 高所放出管は、一つの弁のみによる可燃性ガスと大気との縁切り箇所であり、放出管元弁からシート漏れをし、漏えいしたLPガスが大気に放出された後、落雷により着火したと推定される。</p> <p>○ 高所放出管元弁からの漏えい原因 弁の漏えい原因として以下の 3 点が考えられる。</p> <p>① 締付け力の低下</p> <p>② 弁ディスク・シートリングの変形、傷</p> <p>③ 弁ディスク・シートリング面への異物噛込み</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 発災当日、火災発生後に高所放出管元弁を増締めするも、ハンドルは動かさず微開状態ではないことを確認したため、①であることの可能性はないと考えられる。 ・ 放出管元弁を分解、点検により、弁本体、ディスク本体共に変形、傷等の異常 				

がないことを確認した(目視検査の結果、片あたりの形跡を認めず、傷、変形等を認めなかった。浸透探傷試験の結果、指示模様を認めなかった。)。また、弁分解、再組立て後に漏えい試験を実施し、漏えいが確認されなかったことから、②であることの可能性はないと考えられる。分解点検時に異物が排除された可能性があり、③の可能性が高いと考えられる。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- ①当該球形貯槽を含む 17 基の高所放出管元弁出口側に閉止板を挿入した。
- ②本事故の原因と対策について係内教育を実施すると共に運転標準の改訂を行った。
- ③運転員能力マップ(習得すべき知識、技術、技能)にシングル弁のシート漏れ対策を追記した。
- ④毎日 6 回の日常点検に加え、3ヶ月に一度の頻度で球形貯槽上部についても点検を行うように運用の変更を行った。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ①不要となった弁については、設置したままとせず適宜、撤去をすることが重要である。
- ②弁はシート漏れの可能性があるため、シングル弁で漏えいが懸念される箇所に関しては、ダブル弁にすることや閉止板を挿入するなどの措置をとることが重要である。
- ③弁の分解点検後の再組立て時には、異物が噛みこまないように行うことが重要である。

事業所の事故調査委員会

備考

キーワード

球形貯槽、火災、漏えい、高所放出管、弁

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

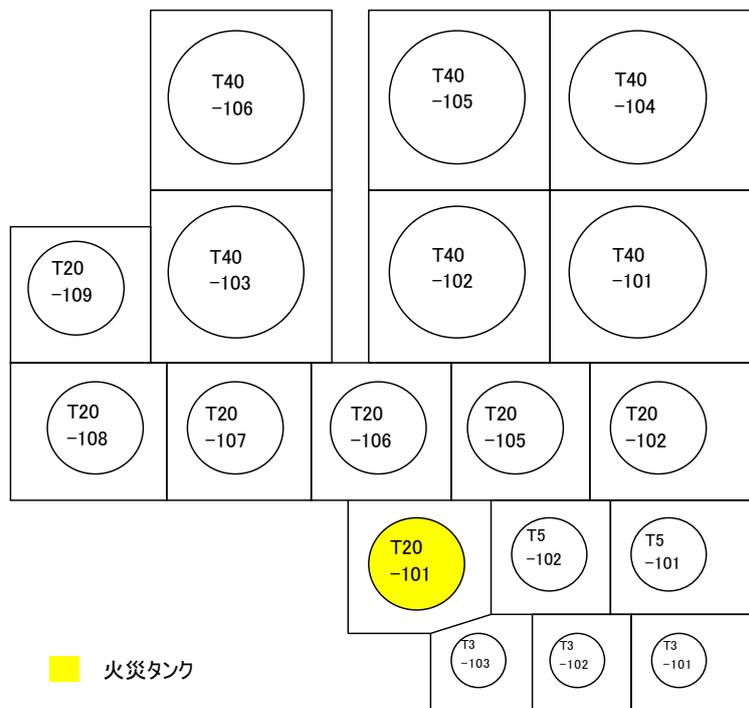


図1 火災発生タンクの位置(タンクヤード)

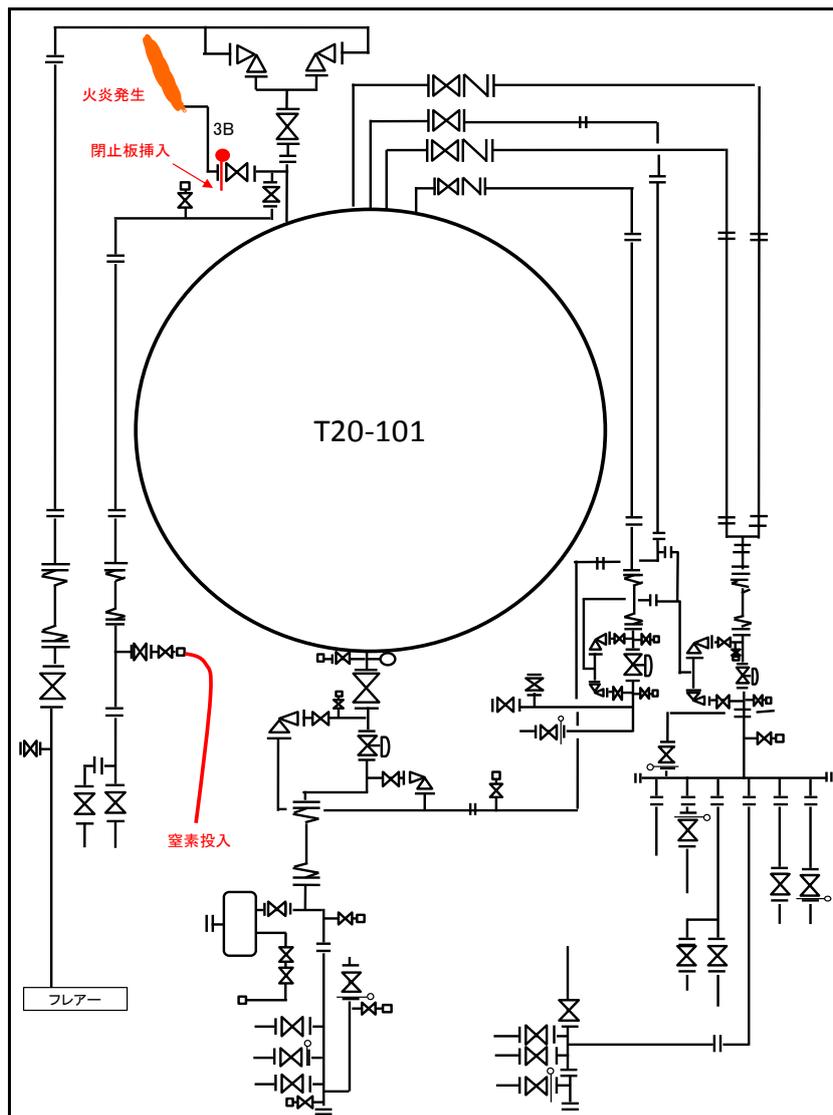


図2 火災発生箇所



図3 高所放出管元弁本体

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-304	事故の呼称 1.4 重質油熱分解装置におけるコークドラムの安全弁出口配管からの漏えい火災			
発生日時 2014-11-2(日) 5時32分頃	事故発生場所 岡山県倉敷市	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 副)検査管理不良	
施設名称 重質油熱分解装置	機器 安全弁出口配管	材質 STPT370	概略の寸法 外径 267.4 mm (厚さ 9.3 mm)	
ガスの種類及び名称 ナフサ、灯油、軽油、重油留分、硫化水素	高圧ガス製造能力 (温度 0 度、圧力 0Pa) 758,003m ³ / 日	常用圧力 0.052MPa	常用温度 250°C	
被害状況(人身被害、物的被害) 定常運転中の重質油熱分解装置コークドラム(CD-502)上部に設置している安全弁出口配管から火災が発生した。火災により安全弁下流配管、コークドラム保温材および関連部品が焼損した。(人的被害なし)				
<p>事故の概要</p> <p>発災場所となった安全弁出口配管は、ブローダウン冷却塔(TW-871)に常時接続されており、その配管内は常時気体および液体(水、硫化水素)が停滞していた。このため、配管内で湿潤硫化物腐食環境が形成され、腐食により配管から油(ナフサ、灯油、軽油、重油留分)が漏えいし火災が発生した。以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 3:00 原料油のチャージ先のコークドラムを CD-501 から CD-502 に切替え、CD-501 はストリッピング(スチームをドラム内に導入し油分を系外に除去する工程)を開始した(蒸気の送り先は精留塔(TW-501))。巡回点検にてコークドラム周辺に異常がないことを確認した。 ② 3:40 CD-501 の蒸気の送気先を TW-501 から CBS 系[※]に切替えた。 ③ 4:10 CD-501 のストリッピングを停止、クエンチング(水をドラム内に張り込みコークスを冷却する工程)を開始した。 ④ 5:32 原料をチャージ中の CD-502 において協力会社社員が火災を発見し、統合計器室のコークス係員に無線で連絡した。連絡を受けたコークス係員が遠隔操作カメラで火災を確認した。 ⑤ 5:37 コークス係班長が 119 番通報を行った。(第一報) ⑥ 5:40 重質油熱分解装置の緊急運転停止操作を開始。 ⑦ 5:55 自衛現地本部を設置した。 ⑧ 6:00 公設消防が現地に到着し、公設現地本部を設置した。 ⑨ 6:08 共同防災隊による冷却散水を開始した。 ⑩ 6:13 公設消防隊による冷却散水を開始した。 ⑪ 6:20 鎮火を確認した。 <p>※CBS 系:コークドラムで発生する油混じりの蒸気を回収、分離し、ガスおよび油は精留塔に導入、水はクエンチング用に回収する系統である。</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <ol style="list-style-type: none"> ①安全弁出口配管は CBS 系に常時接続しているため、ストリッピングおよびクエンチング時には出口配管に水蒸気、硫化水素を含むガスが充満していた。(図3 参照) ②水蒸気が配管上部において冷却されて凝縮水となり、配管下部に流れ落ちた。 				

<p>その過程で凝縮水と硫化水素により、湿潤硫化物腐食が発生し、硫化鉄スケールが生成、配管内底部にスラッジとして堆積した。</p> <p>③堆積した硫化鉄が、運転停止中の安全弁点検等のフランジ開放時に侵入した酸素、および残留水分と反応し、生じた硫酸により配管内部で腐食がさらに進行した。</p> <p>④②と③の繰返しにより配管内面からピンホール貫通後、内部流体が滲み出し、配管外面も腐食減肉が進行した。配管の内圧により薄肉化した部分で大きな開口が生じた。(図4参照)</p> <p>⑤通常、ブローダウン冷却塔(TW-871)では塔底加熱器で加熱された油と水を、スプレーノズルからTW-871内部へ吹き込むことで水分を除去している。通常、吹き込まれた油はミスト状になりTW-871のボトムへ落ちるが、配管が開口したことにより、通常流れの無い部分(行き止り配管)に流れが生じ内部流体が噴出した。</p> <p>⑥漏洩した油の発火温度は約240～250℃であり、コークドラム外面温度は430℃であった。このため、コークドラムに向かって飛散した油は、保温止めリング部の保温の隙間から保温内部に侵入し、コークドラムの熱によって気化し発火した。さらに安全弁出口配管から飛散している油にも引火した。</p> <p>⑦安全弁出口配管の配管水平部にスラッジ(硫化鉄)が堆積し腐食が進行することに対する認識が不足していた。具体的には、運転停止中の硫酸生成対策、スラッジ除去、運転中の硫化水素充満対策、適切な肉厚測定点の設定が不十分であった。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p>①コークドラムCD-501及びCD-502の各3本(合計6本)の安全弁出口配管の水平部をスラッジが溜まらないような形状(図9参照)に取替える。取替を実施しない配管については、水平部に堆積したスラッジを除去する。</p> <p>②事故後に確認したスラッジの堆積量および堆積状況を踏まえ、定修時にRT(放射線透過試験)等を行いスラッジ洗浄の時期を決定する。</p> <p>③スラッジ洗浄は、配管切断後にウォータージェット洗浄により行う。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>①湿潤硫化物腐食環境では腐食によりスラッジ(硫化鉄)が生成する。スラッジが堆積しない構造とするか、適切な方法で除去することが必要である。</p> <p>②大気開放されてない安全弁出口配管は、行き止まり配管と同様に気体および液体が停滞しやすい構造となっている。このため、当該箇所の腐食環境の形成について確認し、必要に応じて耐食性材料を選定するなど適切な材料選定および腐食管理が必要である。</p>
<p>事業所の事故調査委員会 平成26年11月に合計13回の事故調査会議を実施した。</p>
<p>備考</p>
<p>キーワード 硫化水素、安全弁出口配管、堆積物(スラッジ)、肉厚測定</p>

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

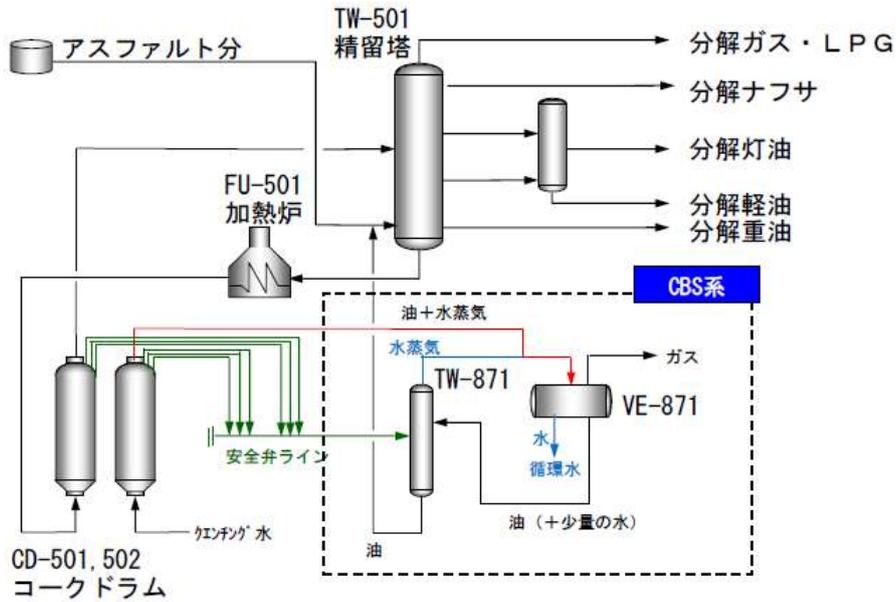


図1 重質油分解装置 概略フロー

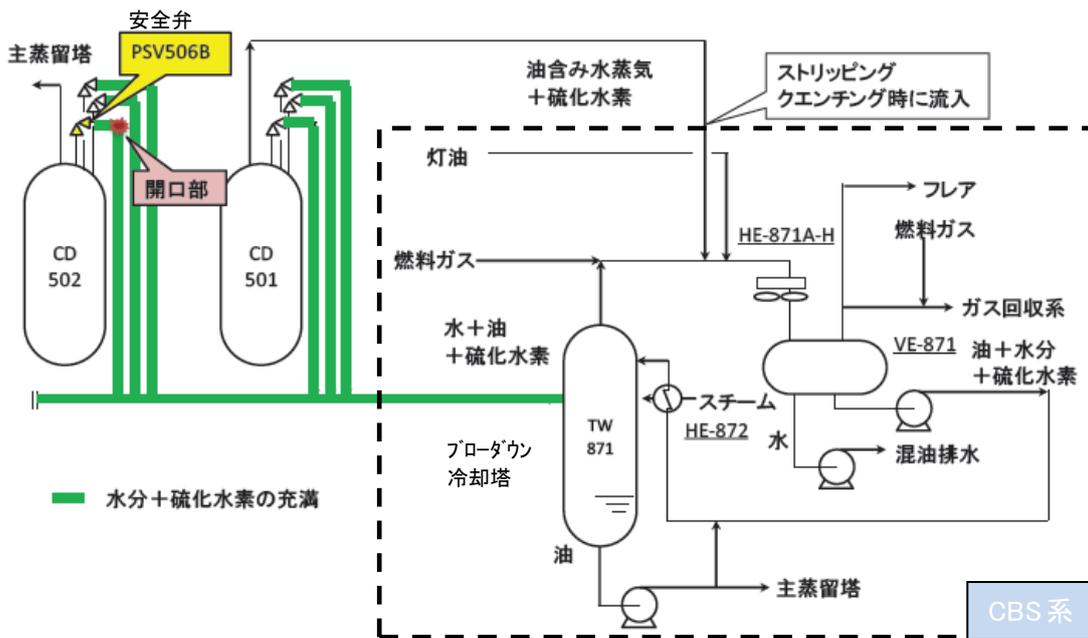


図2 コークドラムから CBS 系と発災部までのフロー

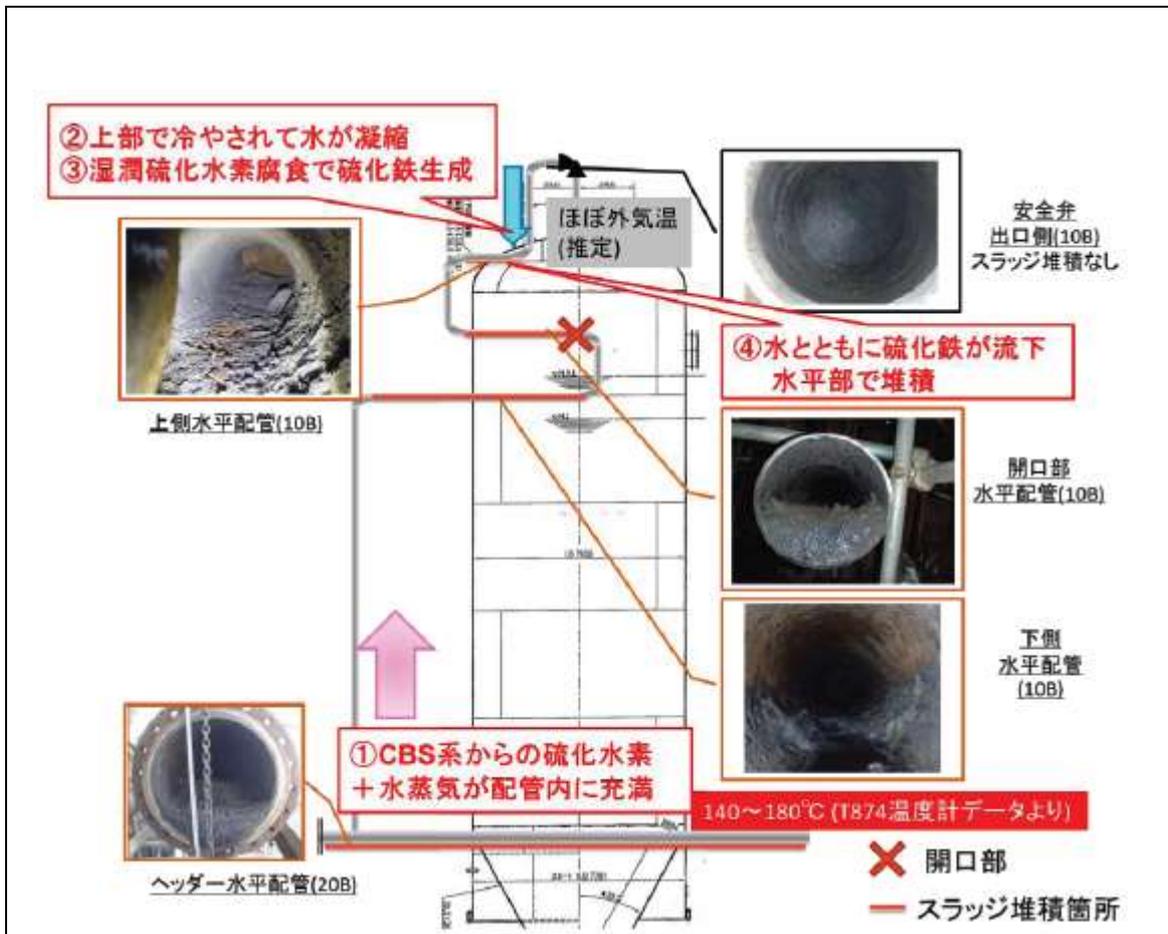


図3 配管内に水分および硫化水素が供給されるメカニズム

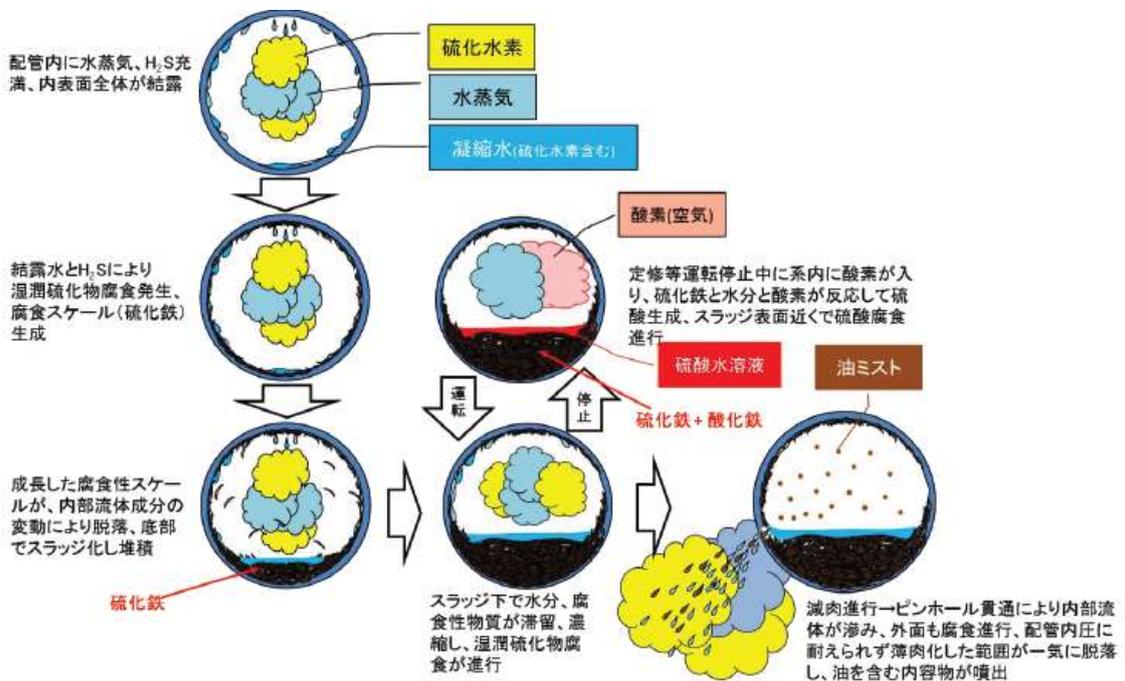
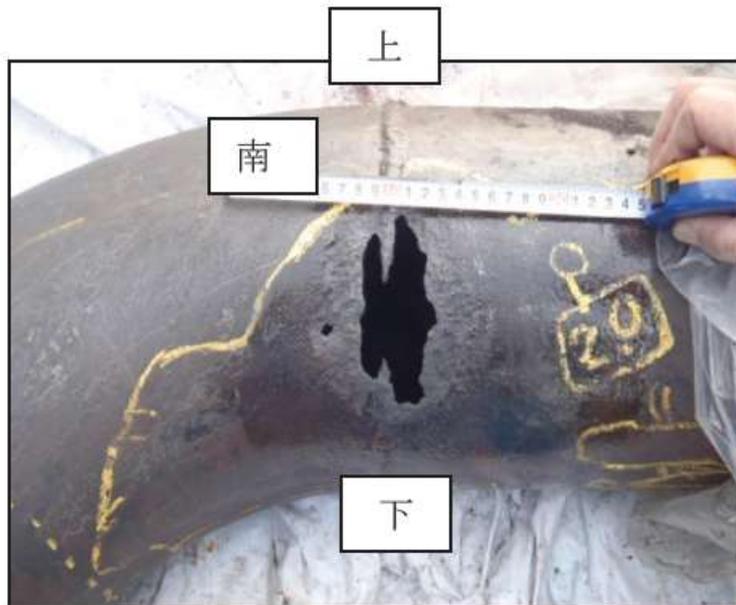


図4 安全弁出口配管の腐食メカニズム



開口状況



減肉状況

図5 漏えい部(安全弁出口配管)

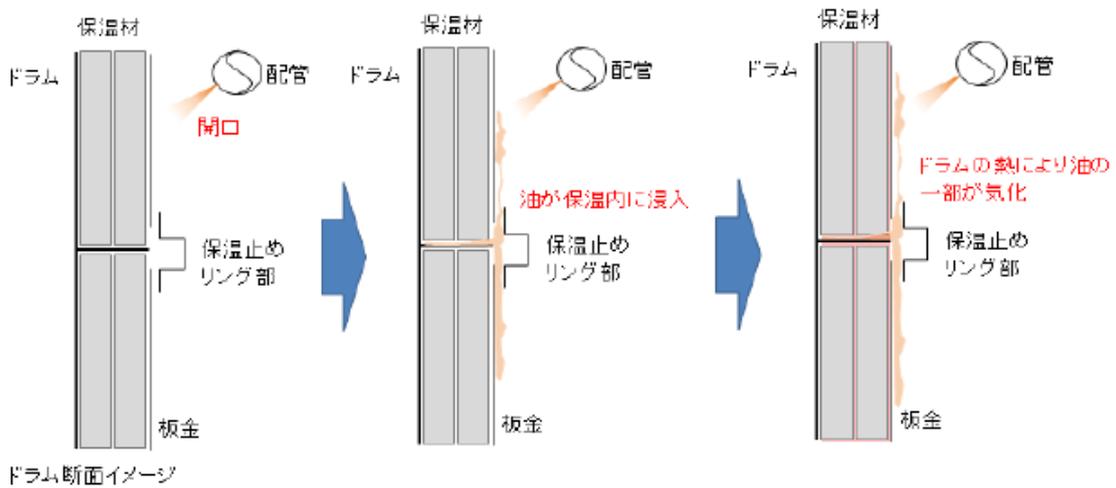


図6 油の保温材内への侵入径路

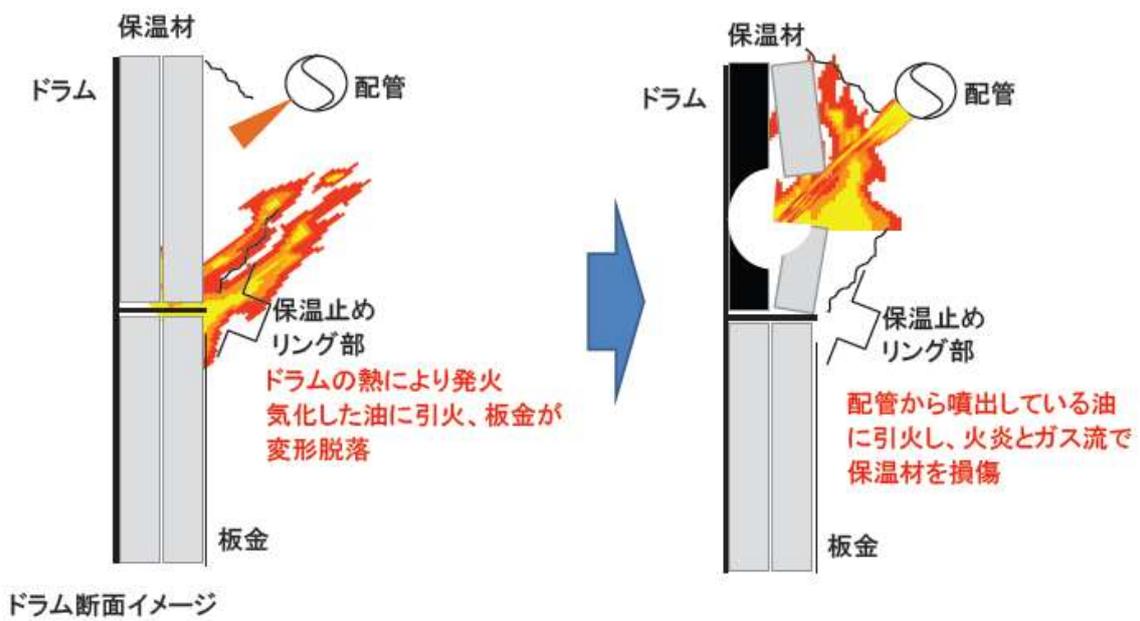


図7 油への着火メカニズム



図8 配管開口部と保温材焼損部の位置関係

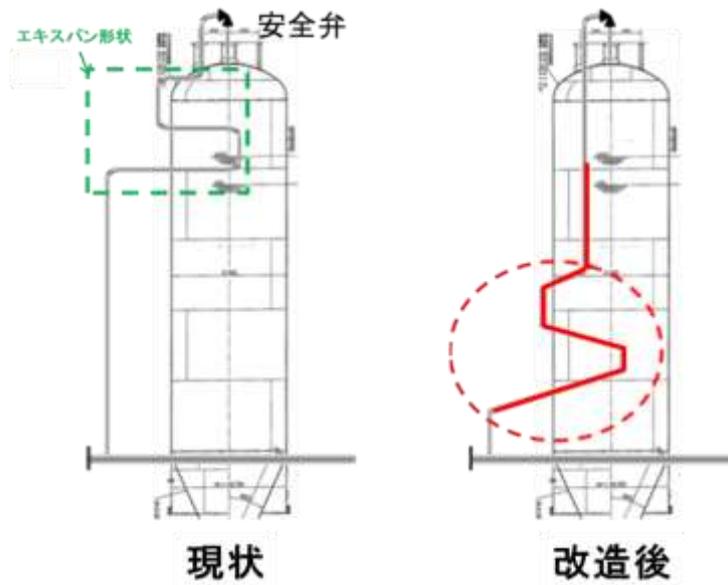


図9 安全弁出口配管の形状変更(改造予定)

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-161	事故の呼称 1.5 反応器のマンホールフランジからブタジエンなどが漏えい			
発生日時 2014-5-1(木) 4時5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)設計不良 副)	
施設名称 ラテックス製 造施設	機器 バッチ式反応器 マンホールフランジ(450A)	材質 ガスケット グラファイト、PTFE	概略の寸法 外径 530mm × 内 径 455mm × t3mm	
ガスの種類及び名称 ブタジエン、スチレン	高圧ガス製造能力 (温度 0 度、圧力 0Pa) 19 百万 m ³ / 日	常用圧力 0.5~1.0MPa	常用温度 100~150°C	
被害状況(人身被害、物的被害) ラテックス製造施設のバッチ式反応器の運転中、反応器のマンホールフランジからブタジエンなどが漏えいした。人的被害なし。物的被害は、マンホールガスケットの損傷。				
事故の概要 この事故は、バッチ式反応器の運転中、マンホールフランジのガスケットの面圧低下、重合物の生成などによりガスケットにき裂が発生し、マンホールフランジからブタジエンなどが漏えいした事例である。以下、事故の概要を時系列で示す。 ①4/30 22:59、ラテックス製造施設のバッチ式反応器の運転をスタート。 ②5/1 4:05、計器室において、反応器の可燃性ガス検知器が発報した。運転担当者が現場確認に向かう途中でガスの漏れる音を感知した。 ③4:08、計器室へ戻り、原料フィード停止を指示し、ガスマスクを装着して、現場において、ガスの漏れ音のする付近に散水を開始した。マンホールフランジからの漏えいを確認。 ④4:14、反応器のジャケットにて、全冷却を実施 ⑤4:24、119 番通報を実施 ⑥4:44、公設消防が現場に到着 ⑦5:07、反応器内ガスをベントからフレアーラインに放出 ⑧5:28、反応器内の残液を隣接する空の反応器へ移液開始(5:57、完了) ⑨6:30、ガス検知器の発報が消える。 ⑩6:48、公設消防により、周囲に可燃性ガスが検知されないことを確認 ⑪7:01、公設消防退場。				
事故発生原因の詳細 ①反応器のマンホールは、蓋板とマンホールフランジを2カ所のヒンジにより開閉できるような構造となっており、18本のクランプで蓋板とマンホールフランジを固定している。 ②マンホールフランジのガスケットは充填材入りPTFE系ガスケットである。このガスケットは、アスベスト含有の石綿ジョイントシートガスケットの代替として、当時、ガスケットメーカーから推奨されたガスケットであった(2006年10月以降使用)。 ③漏えいが発生したガスケットは、ガスケットの内側面に原料由来の重合物が確認された。 ④漏えい直後に測定したクランプの締め付けトルクの測定値から、内側部は面圧が低く、ガス化した原料がガスケット端面のみならず、合わせ面からも含浸し、ガスケット内部で重合物を生成した結果、ガスケットの組織が破壊され強度が低下したと考えられた。				

- ⑤ガスケットには、原料の含浸の有無による境界線ができていた。この境界線に沿って、円周方向にき裂が生じており、締付けトルクが弱かったことにより、ガスケット面圧が低く、外側面から約 10mm の部分がフランジ外側にはみ出し、ガス漏えいに至ったと推定された。
- ⑥事故の直接原因として、反応器のマンホールに使用していた充填材入り PTFE 系ガスケットは、アスベスト含有品の代替品として使用してきたが、その後(2007年10月以降)のメーカー情報では、重合性モノマーなどに対しては使用に耐えうる材質ではなかったことが判明した。
- ⑦加速要因として、ガスケットは使用中、応力緩和により面圧が低下する性質があり、面圧低下によりガス化した原料がガスケットに含浸し、ガスケット内部で重合物を生成した結果、ガスケットの組織が破壊され強度が低下するなどガスケットの劣化が加速していた。
- ⑧事故の背景として、アスベスト含有のガスケットをノンアス化するに際して、メーカーから推奨された充填材入り PTFE 系ガスケットを選定したが、その後、このガスケットは重合性モノマーには不適とする技術情報が出されていたことを認識できなかった。
- ⑨充填材入り PTFE 系ガスケットの採用前の選定試験で、常温常圧の液層下でのスチレンなどの浸漬評価(1ヶ月間)を行ったが、本反応器の使用条件での評価は実施していなかった。
- ⑩さらに、充填材入り PTFE 系ガスケットを採用後、反応器の6ヶ月ごとの開放時、新品と交換している。このとき、使用済みのマンホールガスケットは、外観目視による確認を行っていた。その際、ガスケット内側面にポリマー付着が見られたが、シール面に異常があるとは気付かず、6ヶ月の使用に問題なしと判断した。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- ①マンホールガスケットは、この反応器の他のフランジで実績のあるステンレス(SUS316)包膨張黒鉛貼りメタルジャケットガスケットに変更した。
- ②ガスケットは、外観だけでなく、必要に応じて顕微鏡などにより、ガスケット内部の詳細な観察評価を行う。
- ③クランプの締付けトルク管理を強化した。このマンホールでは、締付けトルクの低下がみられことから、膨張黒鉛貼りメタルジャケットガスケットでは締付けトルクを210 N・mとした。さらに、熱運転後に増し締め(210 N・m)を行うこととした。
- ④事故の教訓を生かし、水平展開を行って、問題点の解消を図った。さらに、非石綿ガスケット選定基準を制定し、継続的に評価していく。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ①アスベスト含有のガスケットをノンアス化する際は、施工後においても、ガスケットの最新技術情報を入手し、使用している機器に対する評価を行うことが重要である。
- ②新しいガスケットを採用する場合は、メーカー推奨を参考にするとともに、事業者が同じ使用条件で評価試験を実施し、問題のないことを確認することが重要である。
- ③ボルト締付け方式のクランプ型管継手(自緊式クランプ型管継手を除く)は、構造規格がないことから、クランプ、フランジおよびガスケットの設計、使用環境、ボルト軸力などの相互作用により、ガスケット面圧が不均一となって、内部流体が漏えいすることがないよう、クランプ型管継手は慎重に締結管理を行うことが重要である。

備考

キーワード

反応器、マンホール、クランプ、ガスケット、漏えい②、ノンアス(非石綿)、設計不良

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

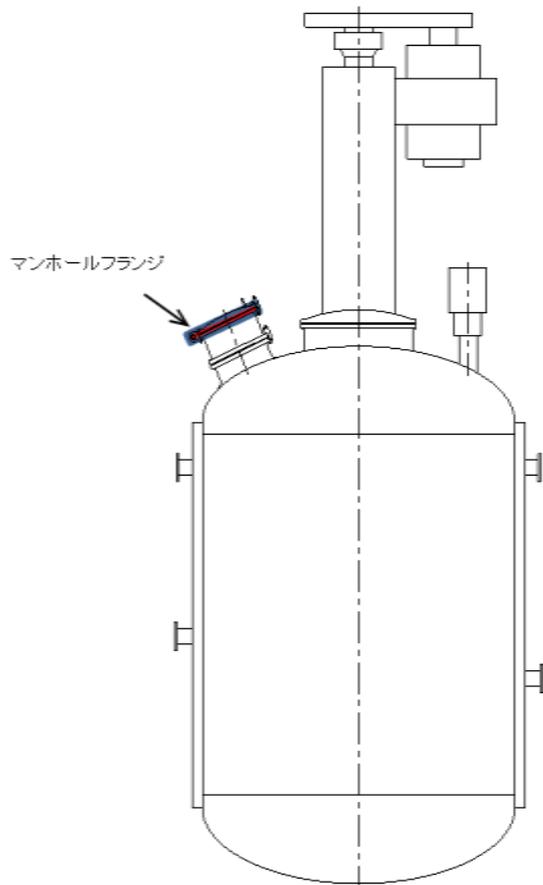


図1 反応器のマンホールの概要

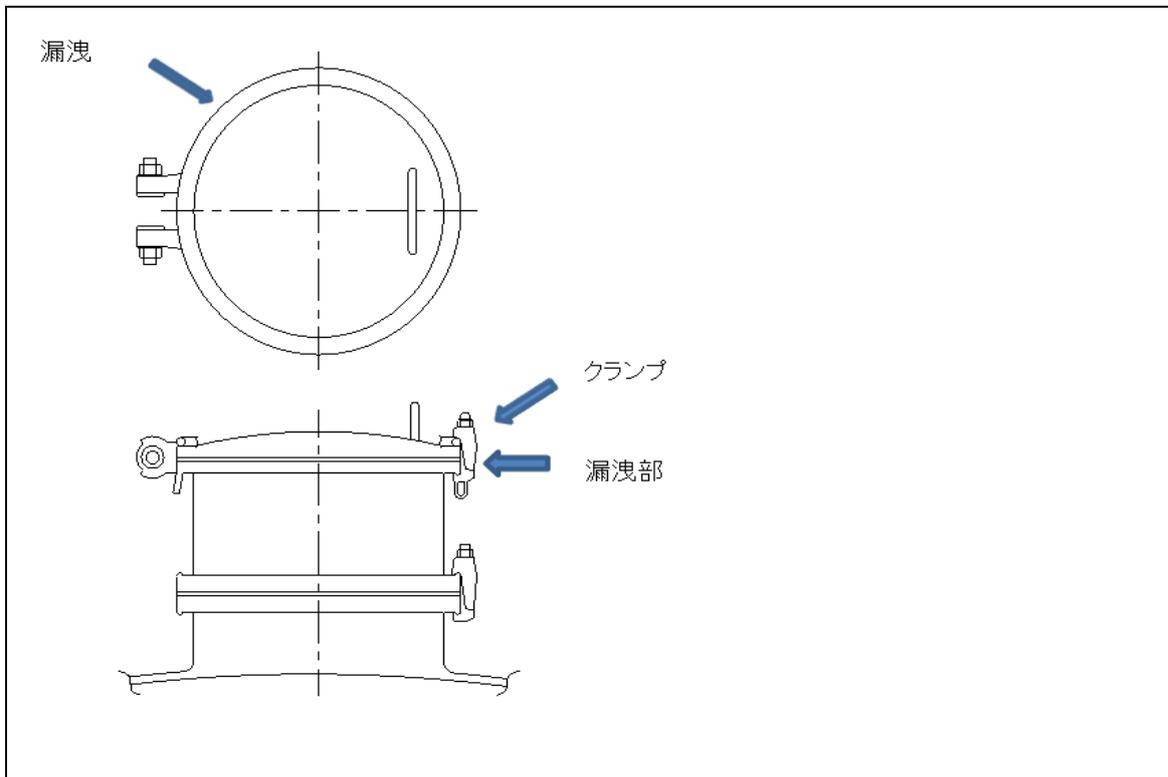


図 2 マンホールフランジの漏えい部の概要

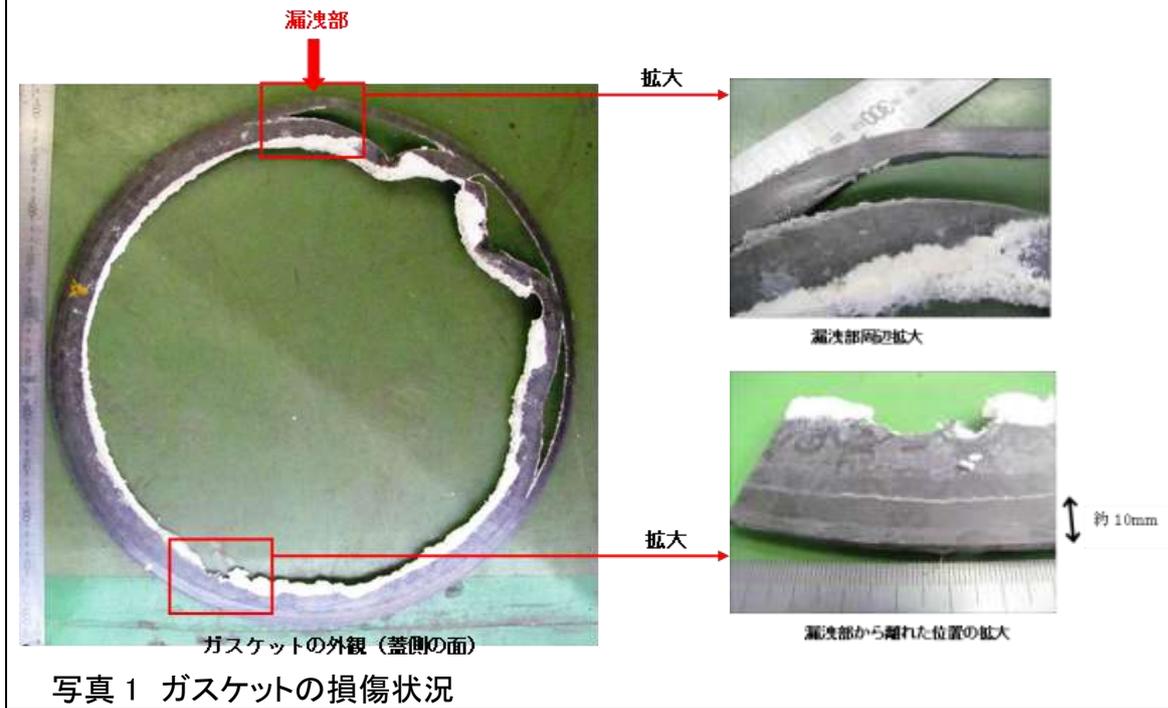


写真 1 ガスケットの損傷状況

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-190	事故の呼称 1.6 熱交換器の伝熱管からの塩素漏えい		
発生日時 2014-7-30 19時 51分頃	事故発生場所 茨城県神栖市	事故発生事象 1次)漏えい① 2次)	事故発生原因 主)腐食管理不良 副)
施設名称 液化塩素プラント	機器 熱交換器	材質 伝熱管: STPG370S シェル: SS400 管板、チャンネルカバー: SM400B	概略の寸法 熱交換器 3,687mm × 400mm 伝熱管 3,000mm
ガスの種類及び名称 塩素	高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0Pa) 365,797 m ³ /日	常用圧力 1.53MPa	常用温度 55℃
被害状況(人身被害、物的被害) シェルに温水(ボイラードレン水)、伝熱管内に液化塩素を通して、塩素を加温する横置き型熱交換器の伝熱管の温水側外面(以下、「伝熱管温水側」)が腐食減肉により貫通し、そこから温水内に塩素が漏えいし、温水が送られる温水貯槽のベントから系外に放出されたもの。人的被害および物的被害なし			
<p>事故の概要</p> <p>この事故は、熱交換器(シェル:温水、伝熱管:塩素)の伝熱管温水側が外面腐食により減肉して貫通し、そこから温水内に漏えいした塩素が、温水配管を通じて温水貯槽に達し、当該貯槽のベントから系外へ漏えいした事故である。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 7月30日19時51分にNo.1液化塩素プラントの液塩建屋内に設置されているガス検知器が発報したため、No.1液化塩素プラント内で漏えいが発生したと判断し、20時00分にNo.1液化塩素プラント及び次工程のNo.1アクロライドプラントを停止させた。その後、No.1液化塩素プラントに設置している温水貯槽ベントから塩素が放出されているのを確認したため、温水貯槽ベントと塩素除害塔ラインを接続して塩素除害塔を起動した。また、温水貯槽とポンプの接続管の腐食部からの微少漏れも確認し措置を実施した。(図1～図3 参照) ② 20時40分からNo.1液化塩素プラントの液塩建屋内に設置されている下部に熱交換器①を有する塩素貯槽①からの移液を開始した。 ③ No.1液化塩素プラントの塩素貯槽①からの移液が完了したが温水貯槽ベントから放出される塩素濃度が減らないことから、7月31日7時35分に隣接しているNo.2液化塩素プラント及び次工程のNo.2アクロライドプラントを停止させ、7時50分からNo.2液化塩素プラントの下部に熱交換器②を有する塩素貯槽②からの移液を開始した。 ④ 13時15分にNo.2液化塩素プラントの塩素貯槽②からの移液が完了し、温水槽ベントからの放出が止まった。 ⑤ 各機器のページを行った後、検査を行ったところNo.2液化塩素プラントに設置している熱交換器②の伝熱管からの温水への塩素漏えいであることを特定した。 <p>発災当時、温水貯槽にはNo.1液化塩素プラントおよびNo.2液化塩素プラントの熱交換器①および熱交換器②の温水配管が接続されていたが、No.1液化塩素プラントの液塩建屋内の検知器が発報したことから漏洩箇所をNo.1液化塩素プラント内と誤認して、No.1液化塩素プラント及び次工程のNo.1アクロライドプラントを停止させていた。なお、温水貯槽は液塩建屋内に近接しており、またドアも開いていたため、放出された塩素が建屋内に流れ込んで検知器が発報したものであった。</p>			

事故発生原因の詳細

熱交換器(設置後 28 年経過)の伝熱管温水側は、温水による腐食の恐れがないと判断していたこと及び耐圧部ではなかったことから、開放検査のときは管板の目視点検と管板とチューブの溶接部の浸透探傷試験検査を実施し、伝熱管温水側は検査を実施していなかったため、伝熱管温水側の腐食が進行し貫通した。(図4、図5)

事故後、伝熱管を全て抜管して、目視検査したところ、97 本全ての伝熱管外面全体に肌荒れ状に腐食しており、1 本で貫通していることが確認された。また、肉厚測定の結果、元厚 3.9mm に対して、最小残肉厚 0.2mm から 1.9mm(最大腐食深さ 2.0mm から 3.7mm)だったものが 82 本であった。(図7～図9)

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) 熱交換器伝熱管の検査方法の見直し、以下の検査を実施

① 伝熱管外面検査の実施

シェル側ハンドホール2カ所を開放して、伝熱管外面の目視検査を実施する。

② 伝熱管検査:

(1)①の検査結果により全数検査もしくは抜き取り検査(20%を目安)を選択して、水浸超音波探傷検査を実施する。

(2) 温水の水質管理の実施(伝熱管の腐食防止)

① 溶存酸素の低減 : 温水タンクに窒素を封入して、溶存酸素を低減させる。

② pH 値管理 : 温水の pH 値を常時監視して、管理する。

(また、pH 値を常時監視することで塩素の微量も漏れも pH 変化で検出を可能となった。)

教訓(事故調査解析委員会作成)

① 温水を使用する熱交換器伝熱管の腐食防止のため、腐食要因となる溶存酸素及び pH 値の測定等を実施し、「JIS B 8223(ボイラの給水及びボイラ水の水質)」等を参考に温水中の溶存酸素低減及び pH 値管理等をすることが重要である。

② 水質測定で溶存酸素が多い場合などは、熱交換器伝熱管(温水側)について、目視可能な範囲において、定期的に外観検査を実施して腐食の有無について確認することが有効である。

事業所の事故調査委員会

なし

備考

キーワード

熱交換器、伝熱管、腐食、温水、塩素

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

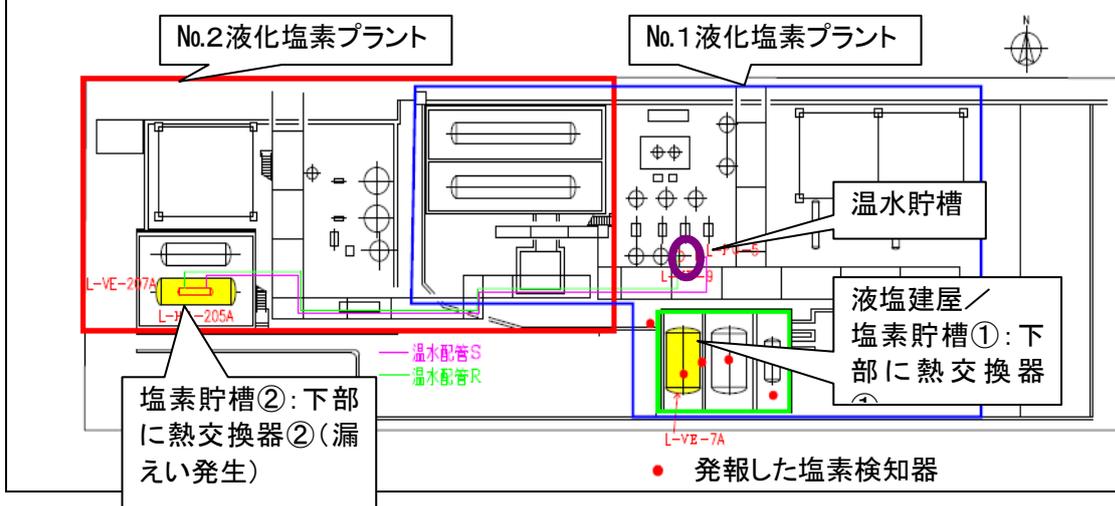


図1 液化塩素プラントおよび漏えい発生熱交換器等の配置図

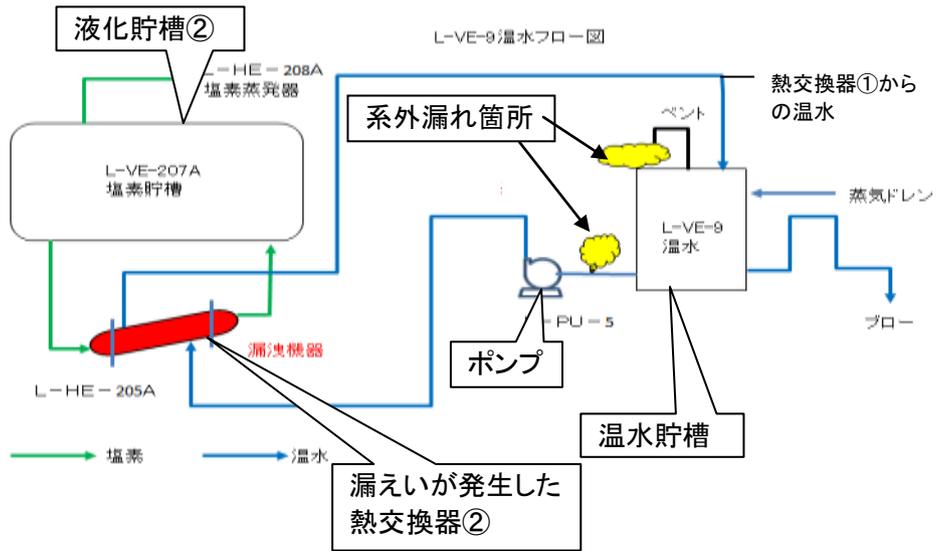


図2 漏えいが発生した熱交換器と温水貯槽のフロー図



図3 温水貯槽のベント(写真上) 温水貯槽外観

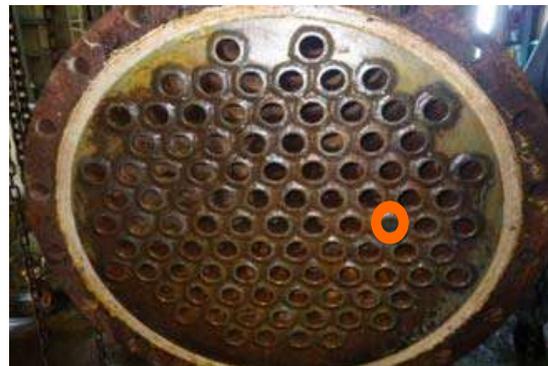


図4 熱交換器②の管板及び 漏えいが発生した伝熱管の位置



図5 熱交換器②のマンホール部



図6 熱交換器②マンホール から伝熱管外面



図7 伝熱管:貫通部



図8 伝熱管:残肉厚 0.2mm

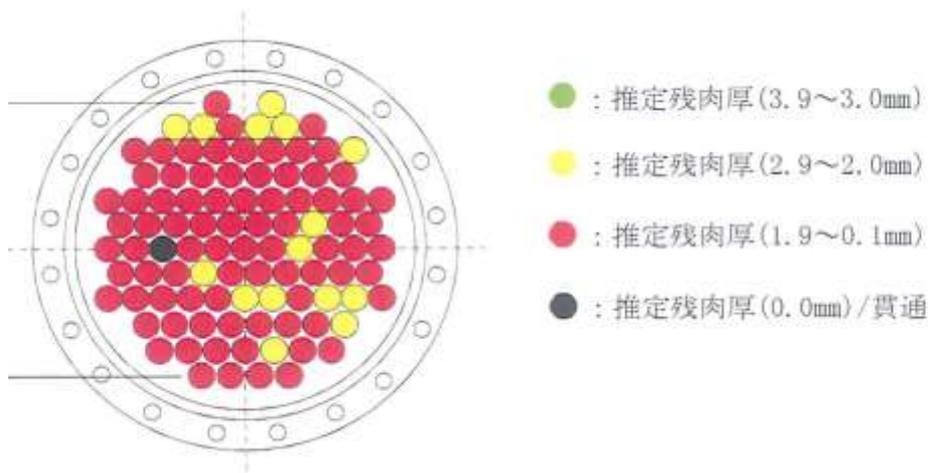


図9 伝熱管の残肉厚(最小値)の分布

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-186	事故の呼称 1.7 附属冷凍設備の凝縮器接続配管からの LP ガス漏えい			
発生日時 2014-7-20(日)7時00分	事故発生場所 新潟県新潟市	事故発生事象 1次)漏えい① 2次)	事故発生原因 主)腐食管理 不良 副)設計不良	
施設名称 メタクリル酸メチル 製造施設	機器 配管	材質 STPG370	概略の寸法 200A、Sch20	
ガスの種類及び名称 LP ガス	高圧ガス製造能力 (温度 0 度、圧力 0Pa) 3,188,304m ³ / 日	常用圧力 1.3MPa	常用温度 38℃	
被害状況(人身被害、物的被害) メタクリル酸メチル製造施設の附属冷凍設備内の防音材が施工されたプロパン凝縮器からエコマイザーへと接続されている床貫通部の配管に外面腐食が生じ、減肉により当該配管が開口したため LP ガスが漏えいした(約 470kg)。人的被害なし。				
事故の概要 メタクリル酸メチル製造施設の附属冷凍設備内の防音材が施工されたプロパン凝縮器からエコマイザーへ接続されている床貫通部の配管に外面腐食が生じた。外面腐食により配管が減肉し、直径 1mm 程度開口したため LP ガスが 470kg 漏えいした。事故の概要を時系列で示す。 ①7:00 DCS にてプロパンガス凝縮器の液面低下アラームが発報したため、従業員が携帯型検知器を持って現場確認を行い、漏えい箇所の特定を行った。 ②7:40 プロパンガス凝縮器に接続されている配管から LP ガスが漏えいしているのを確認した。緊急対応として漏えい箇所に窒素ガスを吹きつけ希釈処置を実施した。 ③8:16 119 番通報及び防火防災隊の発動要請を行った。 ④8:27 メタクリル酸メチル製造施設を緊急停止した。 ⑤8:28 公設消防が到着した。 ⑥10:30 プロパン凝縮器にフレキホースを仮設で接続し、残存 LP ガスの気相部をフレスタックで燃焼する準備を開始した。 ⑦11:35 フレスタックにて燃焼を開始した。 ⑧15:52 LP ガスタンクローリーにて残存 LP 液相部の抜出処理を実施した。 ⑨21:27 抜出処理を完了した。				
事故発生原因の詳細 ○直接原因 ①床貫通部の配管の防音対策として、床面から 150mm 下の箇所に防音カバー(0.4t 亜鉛鉄板)が施工されていた。床面と防音カバーの間は防音材(ロックウール)で埋められていた。(図1参照) ②床面上には防音材に雨水が侵入しないようにカバーがされており、コーキング(ゴム系シーラント)でシールが施されていた。 ③しかし、施工から 10 年以上経過し、経年劣化のため配管とのシール部にすき間ができていた。そこから雨水が浸入し、配管と防音材の間に滞留したため、配管の外面腐食が生じた。				

<p>○間接原因</p> <p>①保温材施工部は配管計装図(P&ID)上に反映されていたが、防音施工部は配管計装図(P&ID)上に反映されておらず、裸配管とされていたため、平成21年に行われた外面腐食点検(ライン管理(8年周期点検))では見落とされ、配管の防音材の取外しが行われなかった。</p> <p>②平成25年に行われた設備総点検では、運転管理部門による一次点検で運転員から錆垂れ(腐食)の指摘があったが、運転管理部門内の判断で二次点検(設備管理部門による点検)は不要と判断された。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p>①配管と防音施工を縁切ること、雨水等が滞留しない構造とした。(図2参照)</p> <p>②①の対応により日常パトロールで、容易に外表面視が行えるようにした。</p> <p>③床貫通部の防音施工の開口部と防音・防振材は接触としないことを基準化した。</p> <p>④外面腐食点検(ライン管理(8年周期点検))では、全ての配管付属品を取外して点検を行うことを徹底した。</p> <p>⑤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>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>①防音材の不連続部である床面貫通部は外装材端部からの雨水、防音材内部で凝縮した水分が滞留しやすい箇所であるので、保温材下腐食と同様な維持管理を徹底することが重要である。</p> <p>②運転管理部門は日常点検などで気に留まった箇所があれば、設備管理部門に確認するとともに運転管理部門及び設備管理部門で現場確認を行い、設備の状態を把握することが重要である。</p> <p>③設備の現状を正確に配管計装図(P&ID)上に反映することが重要である。</p>
<p>事業所の事故調査委員会 事故小委員会を設置。 (第一回：平成26年8月27日 第二回：平成26年9月9日) 安全衛生委員会へ報告、議論、承認。</p>
<p>備考</p>
<p>キーワード LPガス、配管、外面腐食、漏えい、貫通部の防音施工</p>

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

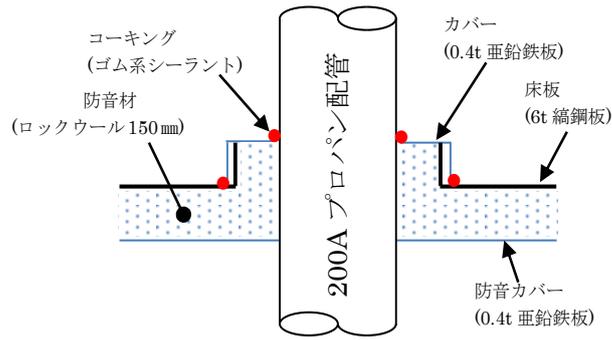


図1 防音・防振施工(事故当時)

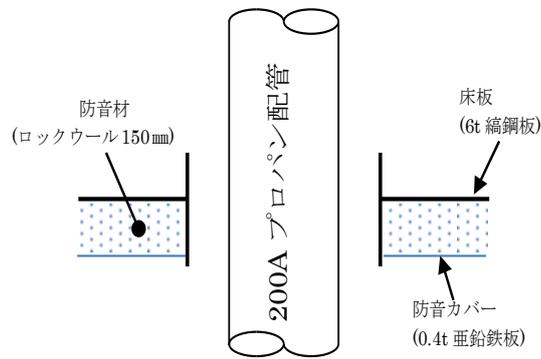


図2 防音・防振施工(改善後)



写真1 凝縮器と降液配管



写真2 床上側からの外観
(事故当時)

カバー



写真3 床下側からの外観
(事故当時)

防音カバー



写真4 床上側からの外観
(防音施工取外し後)



写真5 床下側からの外観
(防音施工取外し後)



写真6 ケレン後外観

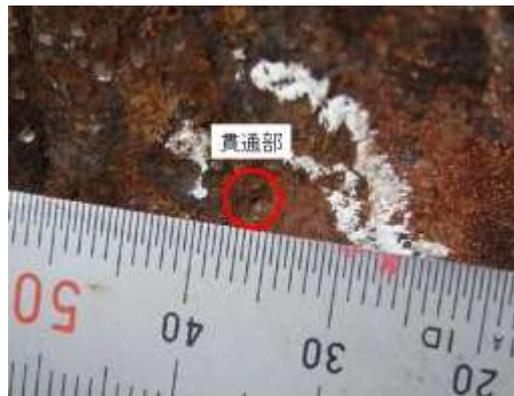


写真7 貫通部

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-312	事故の呼称 1.8 反応器の破裂板作動によるエチレンガス漏えい			
発生日時 2014-11-17(月) 10時14分頃	事故発生場所 広島県大竹市	事故発生事象 1次)漏えい③ 2次)	事故発生原因 主)操作基準等の不備 副)	
施設名称 高圧法ポリエチレン製造設備	機器 反応器の破裂板	材質 合金鋼	概略の寸法 —	
ガスの種類及び名称 エチレンガス、メタクリル酸		高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0Pa) 6,643,600m ³ /日	常用圧力 約200MPa	常用温度 約200℃
被害状況(人身被害、物的被害) <p>高圧法ポリエチレンおよびアイオノマー樹脂製造設備の定期工事を終え、生産を開始し、反応器内の温度・圧力を定常状態まで上げたところ、温度および圧力が急激に上昇した。圧力上昇により反応器本体(2基)および出口配管(1基)の破裂板が作動し、放出管から系内のガスが大気放出された(5,600kg)。大気放出に伴い、高音が発生し、すずが工場内外に飛散した。(人的被害なし)</p>				
事故の概要 <p>定期工事後の生産再開において、反応器内壁から剥離したポリマー片上でエチレン重合反応による発熱が局所的に発生し、温度が上昇したためエチレン分解反応に至った。エチレン分解反応により、反応器内の圧力が上昇したため破裂板が作動し、放出管を通じて系内のガスが放出された。なお、放出管以外からのガス漏えい等は発生していない。以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <p>① 9:11 定期工事後の生産再開</p> <p>② 10:14 反応器本体及び反応器出口配管の破裂板作動と同時に、自動緊急停止装置が作動。速やかに手動緊急停止作動システムを操作し、系内ガスを大気に放出し、当該製造設備を停止させた。</p> <p>③ 10:17 消防本部に第一報を連絡。</p> <p>④ 10:19 県危機管理監消防保安課に第一報を連絡。</p>				
事故発生原因の詳細 <p>エチレン分解反応が発生した原因は以下のとおり推定された。</p> <p>① 定修工事に入る前にポリマーが反応器内壁に付着していた。</p> <p>② 定修工事に入り反応器の圧力を大気圧、温度を常温まで下げたことにより、ポリマーが内壁から浮き上がった状態となった。</p> <p>③ 生産再開により、反応器内の温度が上昇し、浮き上がった状態となっていたポリマーが内壁より剥離し、ポリマー片が反応器内で浮遊し始めた。</p> <p>④ 反応器上部において、重合開始剤(有機過酸化物)が浮遊していたポリマー片に取り込まれ、ポリマー片上でエチレン重合反応により熱が発生した。</p> <p>⑤ 生産再開直後は、通常、反応器に供給される原料ガスを少なくしている。このため、反応器内上部のガス流速が通常生産時と比較して遅く、反応器内の攪拌効果が低くなっている。</p> <p>⑥ 今回は、通常時と異なりポリマー片上でエチレン重合反応したため、発生した重合熱は拡散されずに局所的に蓄積され、エチレンガスを過剰に加熱した。</p> <p>⑦ 局所的な高温発生によりエチレン分解反応が開始し、反応器内の温度・圧力が急上昇し、安全装置である破裂板が作動した。</p>				

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- ①反応器を大気圧に降圧した後の生産再開直後は、局所的な発熱に起因するエチレン分解反応を防止するため作業手順を見直した。具体的には、生産再開直後は低温、低圧で一定期間生産を行うこととし、手順書に温度、圧力および期間の条件を明記した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ①エチレン反応器内の付着物が剥離して、過剰な加熱源となる場合があるため、適切な対策が必要である。
- ②付着物は反応器の定期清掃において除去することが望ましい。反応器内に付着物が残存する場合には、反応開始後は過剰な加熱源を発生させない運転が必要となる。このような非定常運転(作業)にはリスクアセスメントを踏まえた定量的な運転(作業)マニュアルの作成が重要である。
- ③重合反応は発熱反応であり、除熱が困難になると、反応暴走(反応が制御できない状態)に至りやすい。重合反応では、常に発熱速度と冷却速度を考慮した運転管理が重要である。

事業所の事故調査委員会

工場長を委員長とした事故調査委員会を組織(親会社の有識者3名含む)、全7回開催し、原因調査と対策立案(報告書は非公開)

備考

この事業所では、当該事故以外にエチレン分解反応による反応器の破裂板作動が、1997年4月4日と2008年11月17日に2件発生している。

キーワード

エチレン、付着物、破裂板、スタートアップ、重合反応

関係図面(高圧ガス保安協会作成以外は事業所提供)

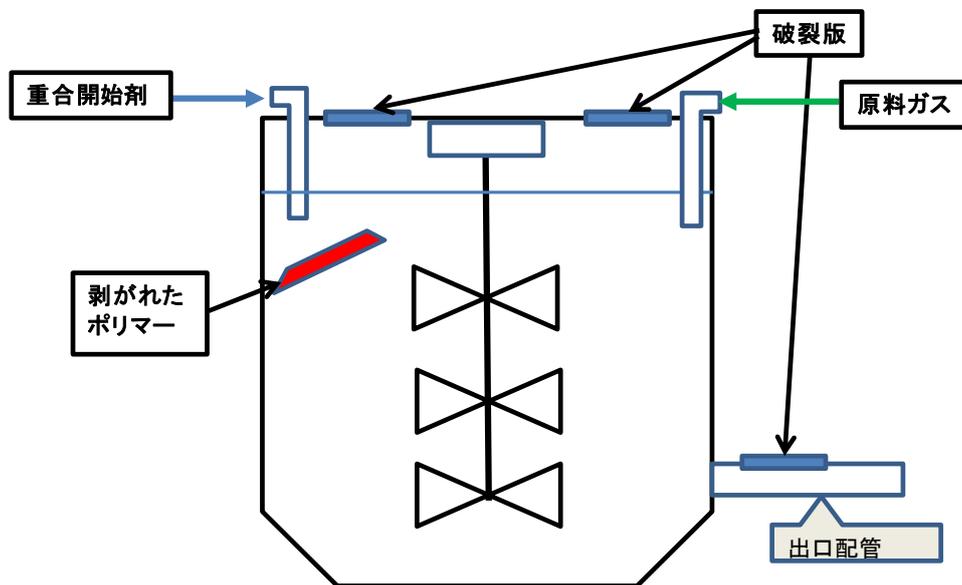


図1 反応器(概略図)
【高圧ガス保安協会作成】

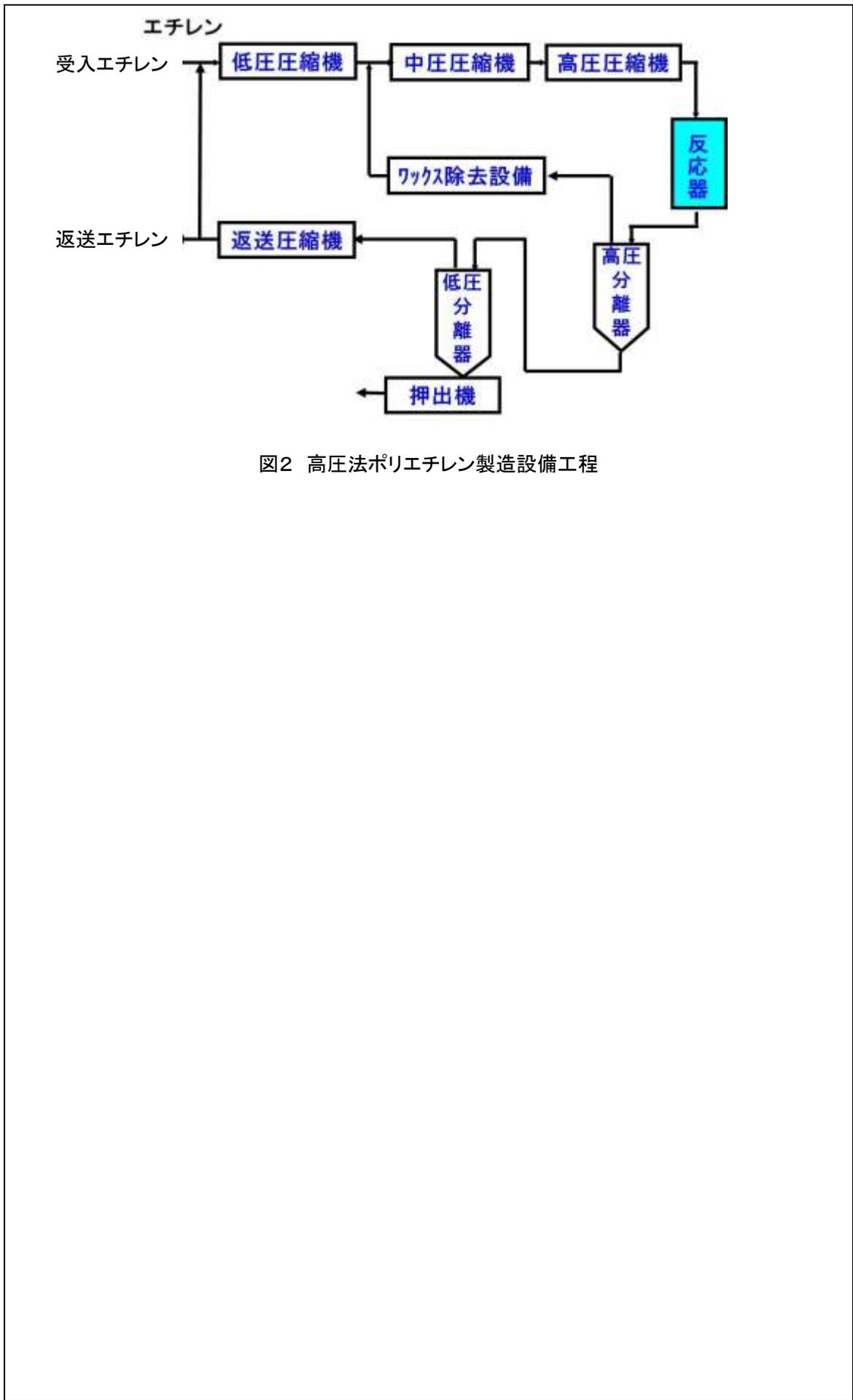


図2 高圧法ポリエチレン製造設備工程

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-184	事故の呼称 1.9 冷凍設備のストレーナーカバーからの冷媒漏えい			
発生日時 2014-7-19(土) 13時20分頃	事故発生場所 福岡県	事故発生事象 1次)漏えい② 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 冷凍設備	機器 ストレーナー	材質 ボルト:S45C	概略の寸法 ボルト:M6-25	
ガスの種類及び名称 フルオロカーボン 22	高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0Pa) 119.8 冷凍トン /日	常用圧力 1.5MPa	常用温度 -40℃	
被害状況(人身被害、物的被害) 食品工場の1階天井裏にある冷凍設備から冷媒漏えいが発生した。当該漏えいにより気分が悪くなった作業員32名が病院へ搬送された。 診断の結果、軽傷17名(うち3名入院、14名治療後帰宅)で他15名は未処置であった。				
<p>事故の概要</p> <p>漏えいが発生した箇所は電子式膨張弁用のストレーナーである。設置後約20年が経過し、ストレーナーのカバーの固定用ボルトが腐食により破断したため、当該部分より冷媒が漏えいした(漏えい量 200kg)。なお、ストレーナーは、冷凍設備の試運転時のごみを取り除くことを目的に設置されている。以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①13:20 従業員が工場内に白煙が発生しているのを発見し、工務課2名が工場1階の天井裏から冷媒が漏えいしていることを確認した。 ②13:25 製造ライン長が工場内放送で排気の確認を指示。 工務課ライン長が天井裏の冷媒漏えい箇所の修復は困難と判断。 ③13:30 工務課ライン長が冷媒配管の元バルブを全閉したことで冷媒漏えいは停止した。 ④13:40 シャッターおよび扉開放と大型扇風機による焼成室の排気を開始。 ⑤13:45 焼成室作業者が気分が悪いと訴える。 ⑥13:55 119番通報。 ⑦14:05 マネージャーが焼成室全員へ屋外に避難するように指示。 ⑧14:10 マネージャーが工場内の作業員全員へ屋外に避難するように指示。 なお、消防による焼成室の有毒ガス測定が実施され、数値に異常がないことが確認された。 <p>※冷凍設備は焼成室とは別の部屋の天井裏に設置されていた。焼成室では常に排気が行われているため、漏えいした冷媒が流れてきたと推定される。</p>				
<p>事故発生原因の詳細</p> <ul style="list-style-type: none"> ①天井裏に設置されている冷凍設備の冷媒配管およびストレーナーは保温材が巻かれているため、表面に結露が発生する環境であった。また、ストレーナーの本体とカバーの間にすき間ができる構造となっていた。このため、すき間に結露水が溜まりカバー固定用ボルトが腐食環境に曝されていた。 ②点検では天井裏の配管弁類については日常点検を実施しておらず、天井裏を確認していないため、結露が発生しやすい腐食環境であることを把握していなかった。さらに、ストレーナーは保温材が巻かれていたため、外観目視では腐食状態の判別ができない構造となっていた。 ③カバー固定用ボルトの腐食が進行し、4本中2本が破断したため冷媒漏えいが 				

<p>発生した。</p> <p>④漏えいした冷媒が冷凍設備の設置している天井裏から天井板が破損している箇所から直下の部屋に漏れ出し、そこから漏えいした冷媒が焼成室内に拡散した。</p> <p>⑤冷凍設備は軽傷者が多く出た焼成室とは別の部屋の天井に設置されていたが、焼成室では排気が行われていたため、漏えいした冷媒が焼成室に流れたことが推定される。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p><事業所で講じた対策></p> <p>6ユニットある冷凍設備を順次新しい冷凍設備(一次冷媒アンモニア、二次冷媒CO₂)へ更新している最中の事故であった。現在は、発災した冷凍設備を含め全て新しい冷凍設備へと更新されている。設備の更新に伴い検知器もCO₂対応検知器へと更新されている。</p> <p><冷凍設備メーカーで講じた対策></p> <p>他社で使用されている同様な冷凍設備について全て点検を実施した。</p> <p>また、事業所において冷凍設備を更新するまでの間は以下の暫定措置を講じた。</p> <p>①ストレーナーのカバー用ボルト4本をS45Cからステンレスに変更した。水平展開として、天井裏に設置された腐食が懸念されるボルトを全てステンレスに取り替える。</p> <p>②ストレーナーの本体とカバーの間にすき間にシリコンを埋め込み、水の侵入径路および滞留部を除去した。</p> <p>③1日1回、天井裏の巡回点検(目視および携帯型漏えい検知器による漏えい点検)を行うこととした。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>① 冷凍設備の冷媒配管類は保温材が巻かれているため結露しやすい。締結部などのすき間に結露水が溜まりボルトを腐食させる恐れがあるので、保温材とすき間に留意することが重要である。</p> <p>② 不活性ガスであるフロンガスであっても、酸欠などにより重大な人的被害を引き起こす危険性がある。不活性ガスを冷媒とする冷凍設備についても、漏えいした冷媒ガスが滞留しない場所(適切な開口部または機械通風装置が設置されている室)に設置することが望ましい。また漏えいした冷媒ガスが滞留する恐れがある場所に設置する場合には、検知器を設置するなど、漏えいの早期発見のための対策が望まれる。</p> <p>③ 製造者は冷凍設備メーカーに設置場所に応じた点検方法などの設備の管理方法について相談し、適切な設備管理を実行することが重要である。</p>
<p>事業所の事故調査委員会 なし</p>
<p>備考</p> <p>2014年8月、長崎県の冷凍事業所において類似の事故が発生している。当該事業所において、電子膨張弁ストレーナーカバーよりフルオロカーボン22が150kg(推定)漏えいした。原因は、上記の事故と同じく、カバー固定用ボルトの腐食が進行し、4本中2本が破断したためと推定されている。【高圧ガス事故事例データベース、事故コード:2014-222】</p>
<p>キーワード</p> <p>冷凍設備、保温材、腐食、フルオロカーボン(不活性ガス)、酸欠、天井裏</p>

関係図面(特記事項以外は事業所提供)



図1 電子式膨張弁用ストレーナー周辺



図2 冷媒漏えいが発生したストレーナーカバー部

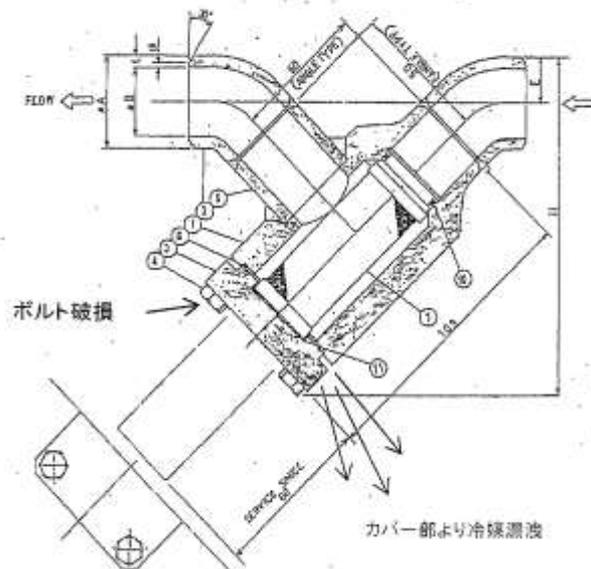


図3 ストレーナーの概要



図4 ストレーナーカバーの腐食破断したボルト



図5 ストレーナーボルトの腐食および破断状況



図6 ストレーナー設置状況

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-182	事故の呼称 1.10 水素スタンドの充てんホース部から水素ガス漏えい			
発生日時 2014-7-17 15時50分頃	事故発生場所 愛知県東海市	事故発生事象 1次)漏えい① 2次)	事故発生原因 主)設計不良 副)	
施設名称 水素スタンド	機器 充てんホース	材質 樹脂(内面層)、特 殊高強度繊維、	概略の寸法 外形 16mm、 長さ 1100mm	
ガスの種類および名称 水素	高圧ガス製造能力 (温度 0 度、圧力 0Pa) 12,936m ³ /日(水素) 8,634m ³ /日(プレクー ル)	常用圧力 70MPa	常用温度 -40℃ ~40℃	
<p>被害状況(人身被害、物的被害)</p> <p>70MPa 水素スタンド(繰り返し充てん試験設備として、一般則第 6 条の基準で設置)にて充てん試験終了後、充てんホースの圧力が急激に低下。作業員が水素の漏えい音を確認、また携帯用ガス漏れ検知器で充てんホース付近において、水素漏れを感知したため、設備を手動で停止した。</p> <p>人的被害はなし。物的被害は、充てんホース 1 本が破損。</p>				
<p>事故の概要</p> <p>この事故は、水素スタンドにおいて、樹脂製充てんホースの耐久性を確認する目的で、繰り返し充てん試験(水素スタンド普及初期の一年相当の充てん回数 945 回/年を想定し、充てんホースを途中で交換することなく繰り返し充てん試験が終了することを目標としていた)を実施していたところ、充てん作業終了直後に、樹脂製充てんホース部のディスペンサー側接続部付近(ホース部分)にき裂(内面層の外面には長さ 1.4mm のき裂、内面層の内面には長さ 2.5mm のき裂、外面層には 1.5mm×2.0mm の貫通穴)が生じ、ホース内に滞留していた圧縮水素が漏えいした事例である。なお、当該充てんホースの強度確認については、充てんホースメーカーから提出された 4 倍加圧試験(一般則例示基準 8.の 3.1 に基づく加圧試験であって、一般則第 6 条の基準に基づく車両に圧縮水素を充てんするためのホースに、ゴムおよび樹脂材を使用する場合の強度確認試験)の結果をもとに評価している。以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 15:18 水素スタンド充てん試験開始(本日 23 回目、通算 130 回目) ② 15:51 充てん試験終了直後に、管理棟内の監視画面にて充てんホースの圧力が急激に低下したことを、作業員が確認。さらに、充てんホース付近から、「シュー」という噴出音がしたため、携帯用水素ガス漏えい検知器で充てんホース付近を点検し、水素漏えいを確認した。 ③ 16:00 設備を手動停止。 ④ 16:00~16:10 人的被害が無いことを確認。設備を点検し、他に異常が無いことを確認。 ⑤ 16:10~16:50 水素が、充てんホース部のディスペンサー側接続部付近(ホース部分)から漏えいしていることを確認。 ⑥ 17:00 県担当課に第 1 報を連絡。 				

事故発生原因の詳細

① 今回、き裂が発生した充てんホースは、充てんホースメーカーによる4倍加圧試験（一般則例示基準 8.の 3.1 に基づく加圧試験）を行い、強度確認をしていた。また、出荷前にも水圧検査（140MPa×5 分間、一般則例示基準 7.の 1.5 に基づく耐圧試験）にて異常のないことを確認していた。

事故発生後、充てんホースメーカーが新品の充てんホースを使用して実施した、低温液圧インパルス試験（充てんホースメーカーによる自主的なサイクル試験）では、充てんホース内面層にき裂起点の発生は認められなかった。また、ホース内面層にあらかじめキズをつけた充てんホースを同様の試験条件で低温液圧インパルス試験を実施したが、き裂進展は認められなかった。この結果より、試験流体以外の低温、高圧、曲げの条件が実機に近いことから、充てんホース内面層における、き裂の起点の発生、およびき裂の進展には、水素ガスの影響があることが指摘された。

② ①の低温液圧インパルス試験では、充てんホースのき裂が再現できなかったため、さらに、試験流体に水素を使用した、水素ガスサイクル試験（充てんホースメーカーによる自主的なサイクル試験）を実施した結果、事故時に発生した充てんホースのき裂と同様の破損現象が再現された。

以上の試験結果から、今回の事故原因について、以下のとおりとなった。

○直接原因

水素、低温、高圧、曲げ（引張側）の複合環境下にさらされた充てんホース内面層（樹脂）に、き裂の起点が生じ、繰返し充てん試験によって、き裂が内面層表面まで進展し、貫通したため。

○間接原因

過去に発生した同種の事故（2013 年 12 月 3 日発生）の調査結果から、充てんホースが屈曲した状態での充てん試験の繰返し実施による疲労（曲げ）により、充てんホース内面層にき裂が発生したと判断したため。

（当時の再発防止対策として、当該ホースの最小曲げ半径を 100mm 以上から 200mm 程度に変更し、かつ、充てん回数 100 回毎に充てんホースを取外し新品に交換し、充てんホース内面層の健全性を確認しながら、充てん回数を増やしていくこととしていた。）

事業所側で講じた対策（再発防止対策）

直接原因となった、水素、低温、高圧、曲げ（引張側）の複合環境のうち、水素、低温、高圧は、圧縮水素スタンドを運営する上で、避けることができないため、曲げ（引張側）の条件を厳しくし、かつ使用回数を 100 回とする充てんホースの使用範囲を設定し、使用回数が 100 回を超える前に充てんホースを交換している。

使用範囲

ホース最小曲げ半径：300mm 以上、使用回数 100 回

教訓(事故調査解析委員会作成)

水素環境で使用する充てんホースは、ゴム材料、樹脂材料では組織が不均一であるので、疲労割れの起点となることが懸念される。ホースメーカーなどの技術情報を基に、充てんホースの型式、特性に応じて、計画的に交換する等の維持管理手順を事前に決めて、実行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

- ① 2013年12月3日、同水素スタンドにて、充てんホース部にき裂が生じ、水素が漏れい。人的被害はなし。物的被害は、充てんホース1本が破損。
- ② 調査の結果、充てんホースが屈曲した状態での低温充てん試験の繰返しが、充てんホース内面層へのき裂発生に影響を与えたものと推定された。
- ③ 再発防止対策として、緊急離脱カップリング上流側充てんホースの長さを従来の1,700mmから1,100mmに変更し、取付構造を変更した。これにより、充てんホースの最小曲げ半径を従来の100mm以上から、200mm以上に変更した。加えて、充てん回数100回毎に充てんホースを取り外し、ホース内面層の健全性を確認しながら、徐々に充てん回数を増やすことで、充てん試験を行うこととした。

キーワード

水素スタンド、圧縮水素スタンド、充てん試験、ディスペンサー、充てんホース、き裂、最小曲げ半径

関係図面(特記事項以外は事業所提供)



写真1 ディスペンサーと水素漏えい箇所

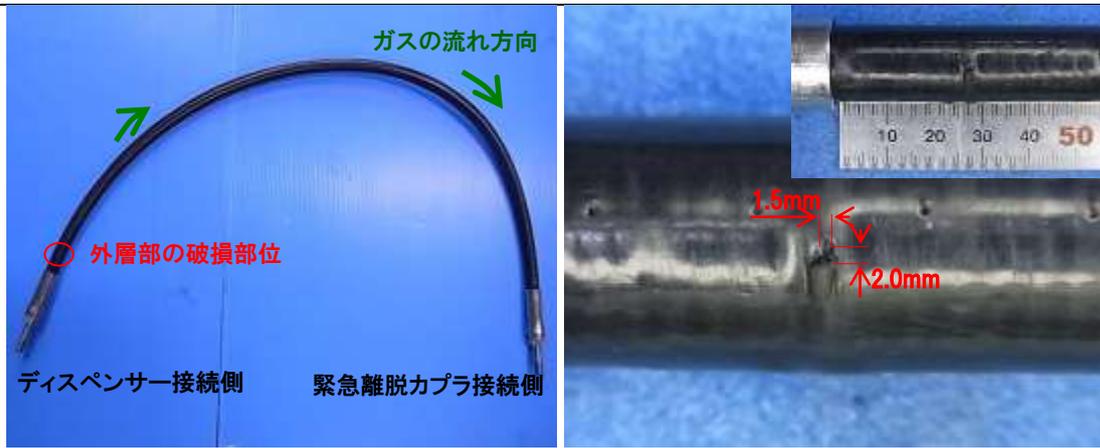


写真2 充てんホース 水素漏えい部の外観

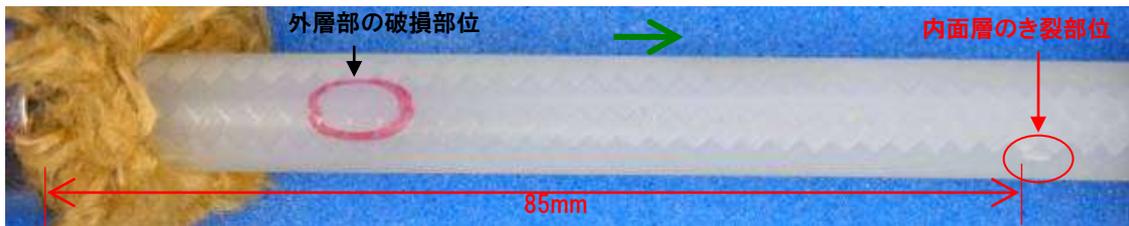


写真3 充てんホース内面層の観察結果

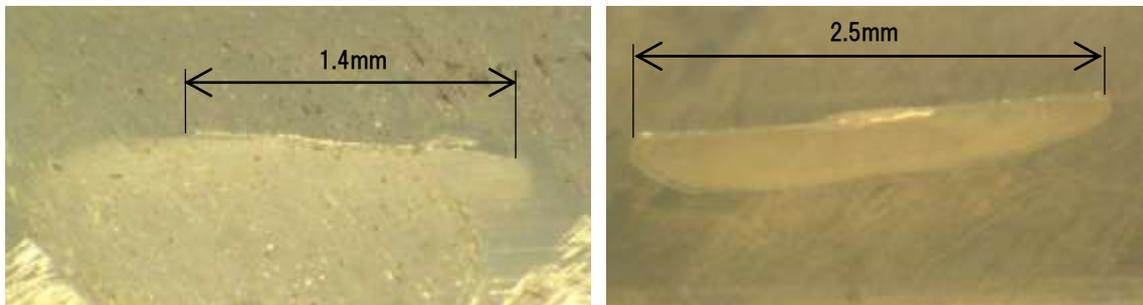


写真4 内面層の外面、内面におけるき裂部のマイクロスコープ観察結果

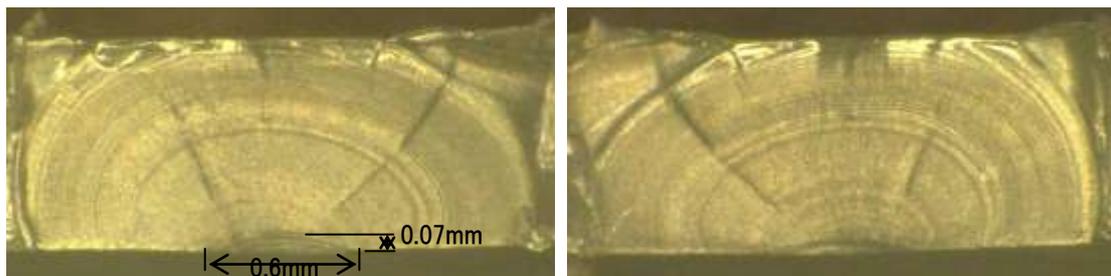
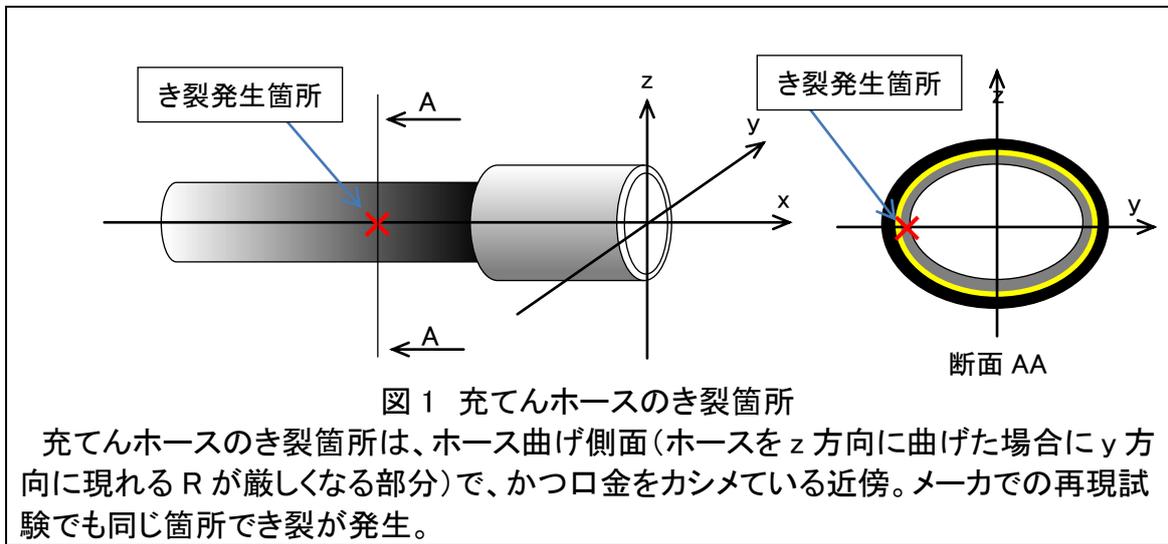


写真5 内面層のき裂部破断面のマイクロスコープ観察結果



高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-349	事故の呼称 1.11 水素スタンドにおける蓄圧器の清掃中の火災			
発生日時 2014-12-9 11時55分頃	事故発生場所 大阪府大阪市	事故発生事象 1次)漏えい③ 2次)火災	事故発生原因 主)誤操作、 誤判断	
施設名称 水素スタンド	機器 蓄圧器	材質 クロムモリブデン 鋼	概略の寸法 φ267.4 mm、長さ2740 mm、内容積80 L	
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) 928.8 m ³ /日	常用圧力 40 MPa	常用温度 40 °C	
被害状況(人身被害、物的被害) 蓄圧器内の水素の放出および窒素による置換を実施したあと、水素ガス検知器により置換の完了を確認した。蓄圧器内にファイバースコープを挿入し内部の検査を行ったところ、異物らしきものが確認された。異物を除去するため掃除機の吸引用ホースを差し込み、吸引作業を行ったところ、使用していた掃除機が爆発し、作業員1名が軽傷(火傷)を負った。				
<p>事故の概要</p> <p>この事故は、水素スタンドの蓄圧器の開放検査中に起こった事故である。この水素スタンドは、国の事業により2001年に実証試験用として設置された水素スタンド(一般高圧ガス保安規則第6条適用)である。水素製造装置により天然ガスを改質して水素を分離、精製し、圧縮機で圧縮水素を製造したあと、蓄圧器(8本)に貯蔵している。</p> <p>開放検査を行うときに蓄圧器内の水素を窒素で置換するときは、事前に蓄圧器に接続しているベントラインの間に仮設バルブAを設置し、蓄圧器から仮設バルブAの間に窒素を供給する仮設ラインと仮設バルブBを設けたあと(図1および写真2)、蓄圧器内部の窒素置換作業を行う手順となっている。</p> <p>また、事故前は水素製造装置は稼働しており、その装置から出る水素のベントラインと蓄圧器から出る水素のベントラインは連結されていた(図1、図1-2)。</p> <p>なお、事故当日の開放検査は作業員A、作業員Bおよび作業責任者の3名の体制で作業していた(図3)。</p> <p>以下に事故の概要を時系列で示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 10時頃 蓄圧器の開放検査を行うため、蓄圧器内の水素の放出および窒素による置換を実施した。水素は窒素とともにベントラインを通じて徐々に大気放出していた。 ② 11時頃 窒素による置換を5回繰り返したあと、水素ガス検知器により置換の完了を確認した。蓄圧器内にファイバースコープを挿入し内部の検査を行ったところ、微細な白っぽい異物らしきものが確認された。 ③ 11:45頃 異物を除去するため掃除機の吸引用ホースを差し込み、作業を開始した(写真3)。 ④ 11:55頃 吸引作業に使用していた掃除機から発火し(写真4)、作業員1名が軽傷(火傷)を負った。 ⑤ 11:59頃 作業に立ち会っていた現場責任者が救急搬送依頼を行った。 				
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>○直接原因</p> <p>蓄圧器の開放検査中に蓄圧器とベントラインを仕切るため設けていた仮設バル</p>				

<p>ブを閉止しなかったため、水素製造装置からベントラインに流れていた水素が蓄圧器に逆流する状態となり、蓄圧器内部の異物を除去するために使用した掃除機にも水素が流入して(図 1-2)、掃除機モーターから出たとみられる火花により発火に至った。</p> <p>○間接原因</p> <p>仮設バルブの閉止操作については作業前に確認をしていたが、詳細の手順書およびチェックリストを作成せずに作業を進めていたため、バルブ閉止操作を行わなかった。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p>① 水素製造装置のベントラインと蓄圧器のベントラインが連結されていたが、これを完全に分離した。</p> <p>② 作業で実施する具体的な操作に関する手順書を作成した。また、手順書のチェックリストを事前に作成して、上司が承認する手順とした。</p> <p>③ 作業開始前に手順書およびチェックリストの確認を作業員全員で行う手順とした。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>① 高圧ガス設備の点検、清掃等を行うときは、作業手順書、チェックリスト等を用い、作業前に作業員全員で操作手順と危険性を確認すること。</p> <p>② 蓄圧器の開放検査時は他の設備からのガスの流入を防止するために、開放する部分の前後のバルブを確実に閉止し、かつ、開放する部分におけるバルブ又は配管の継手に仕切板を挿入するなど、他の設備と確実に分離すること。</p>
<p>事業所の事故調査委員会</p>
<p>備考</p>
<p>キーワード</p> <p>水素スタンド、水素、開放検査、蓄圧器、清掃、ガス置換、開閉忘れ</p>
<p>関係図面(特記事項以外は事業所提供)</p>

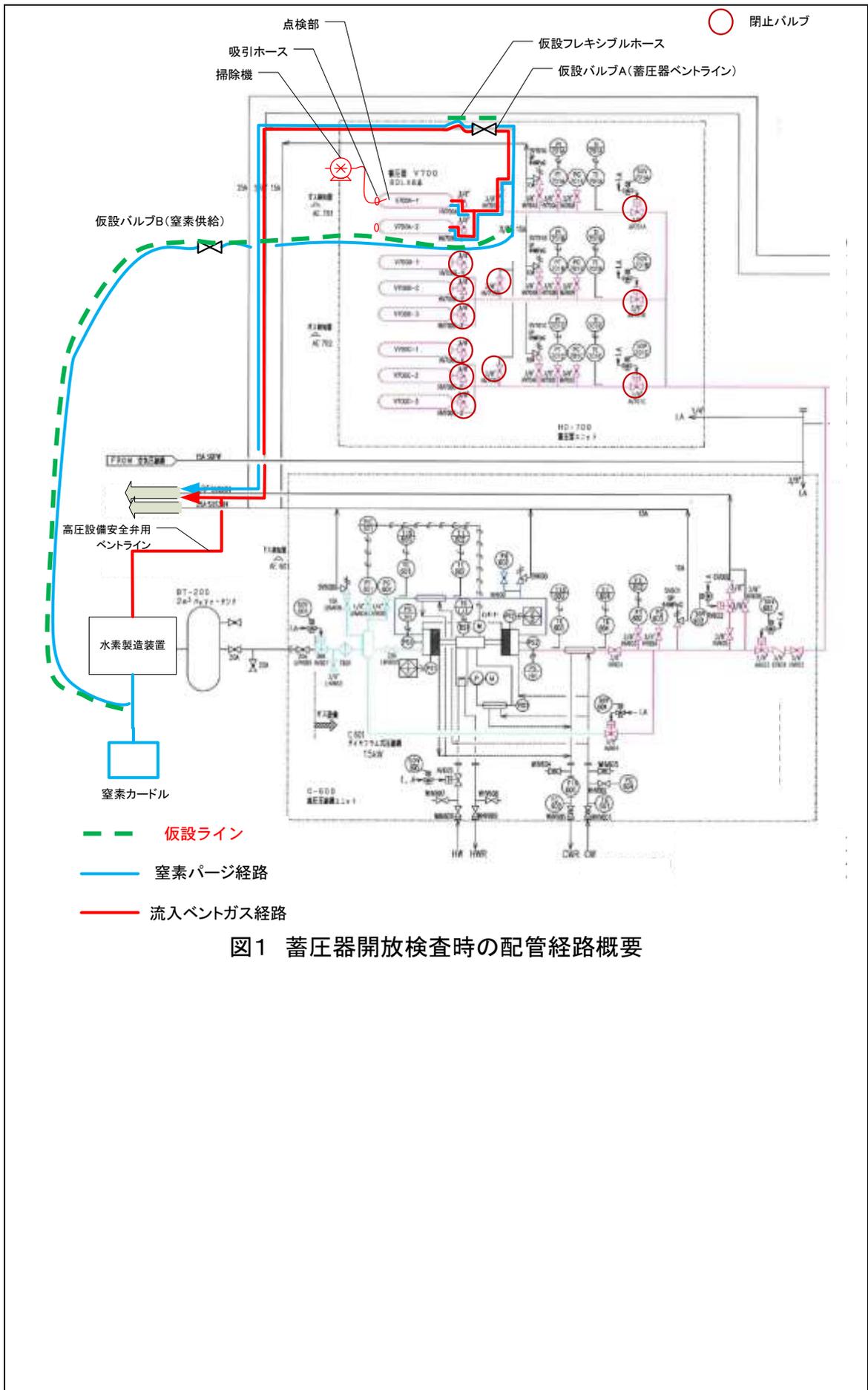


図1 蓄圧器開放検査時の配管経路概要

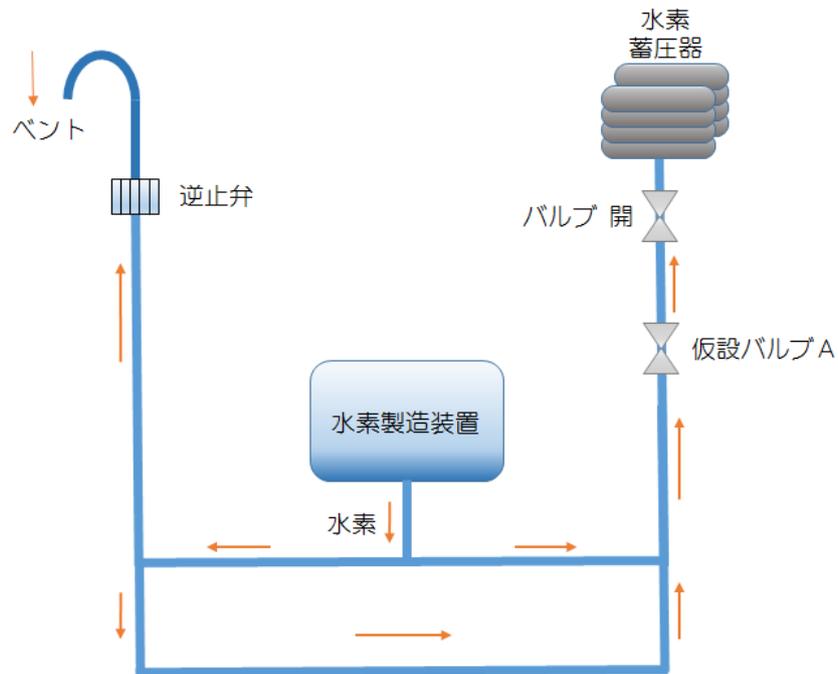
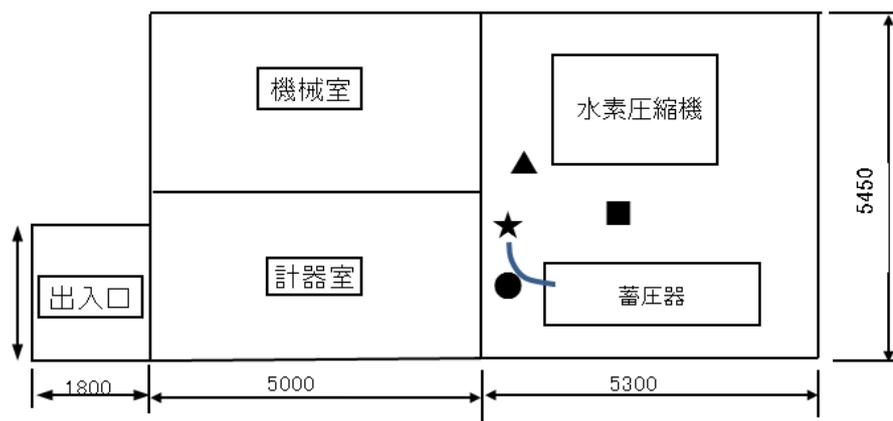


図1-2 水素製造装置のベントラインから蓄圧器への水素流入経路概要
 (※事業所へのヒアリングを基に高圧ガス保安協会が作成)



図2 開放検査時の蓄圧器の概要

水素ステーション建屋概略図



- : 作業員A: 水素着火による右手首・甲の火傷
- ▲: 作業員B
- : 作業立会者
- ★: 掃除機
- ~: 掃除機ホース

図3 作業時の作業員と機器類の配置状況



写真1 圧縮機及び蓄圧器の設置状況

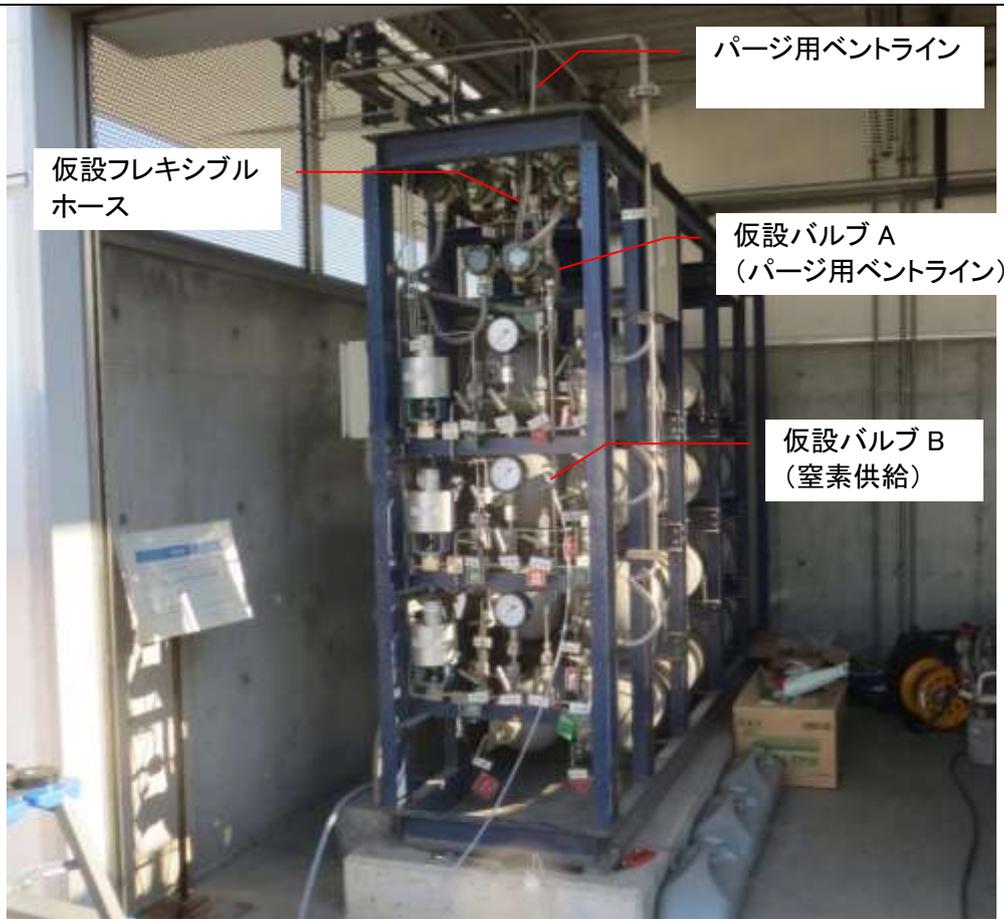


写真2 点検作業時の仮設バルブの設置状況

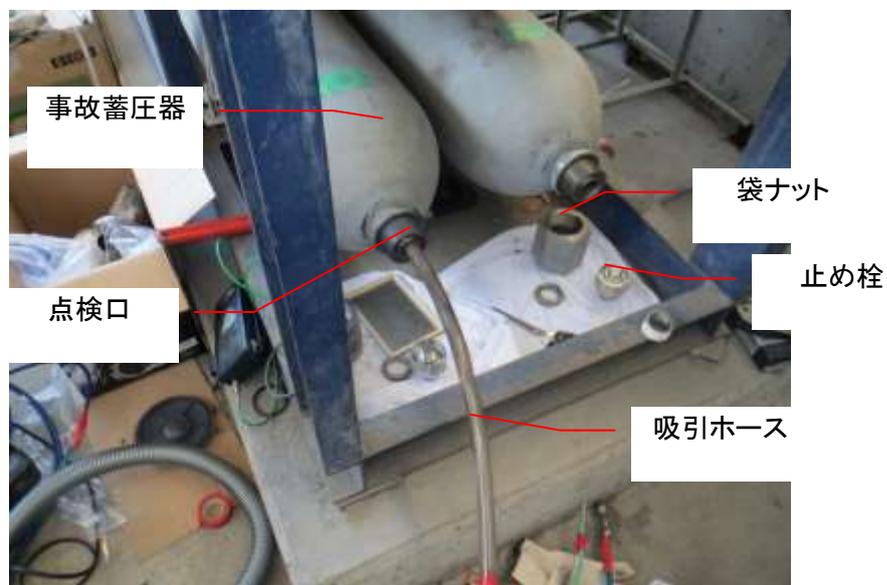


写真3 掃除機使用状況(再現)

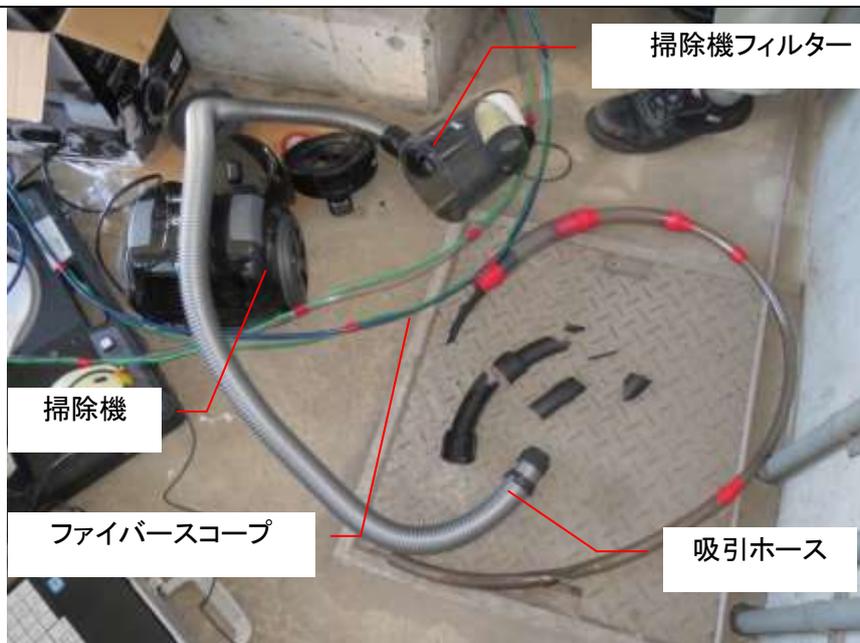


写真4 破損した掃除機の状況

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2014-351	事故の呼称 1.12 空気分離装置放液溜の破裂による周辺機器及び配管の破損		
発生日時 2014年12月12日 9時 6分	事故発生場所 大分県大分市	事故発生事象 1次)噴出漏えい 2次)破裂・破損等	事故発生原因 主)点検不良 副)一
施設名称 3号空気分離装置	機器 No.3 放液溜 (図1、2参照)	材質 SUS304	概略の寸法 放液溜 D4000 mm、H6000 mm、t3 mm
ガスの種類及び名称 酸素、窒素	高圧ガス処理能力 4,560,000 m ³ /日	常用圧力 0.525MPa	常用温度 40/-196℃
被害状況(人身被害、物的被害) 2014年12月12日午前9時6分に3号空気分離装置の停止作業に伴う液化ガスの放液作業中に No.3 放液溜(非高圧ガス設備)が破裂し、破片が事業所構外にも飛散する事故が発生した。 人的被害なし 物的被害(放液溜の破損、周辺設備の液化装置の破損によるパーライト(粉末断熱材)噴出、関連配管破損、約650mの範囲に破片が飛散、物損:構外11ヶ所、構内16ヶ所)(写真1、図3、4参照)			
事故の概要 6号空気分離装置稼働開始に伴い、3号空気分離装置を停止し、分離器内部の液化酸素、液化窒素などの液化ガスを放液するため、弁手動操作にて放液溜へ放液を開始した。その後、9時6分に大きな破裂音発生、放液溜が破損した。放液溜内部の残留水と液化ガスの接触で生成された氷により、放液溜が閉塞され、液化ガスの気化による圧力上昇で破裂に至った可能性が高い(図5参照)。事故の概要を時系列で示す。 ①2014年12月12日6時55分、3号空気分離装置を停止。 ②8時0分、3号空気分離装置から放液溜へ放液開始。 ③9時6分、大きな破裂音発生。 ④9時7分、保安センターより消防通報実施。 ⑤9時42分、県消防保安室へ3号空気分離装置放液溜破損の旨連絡。 ⑥9時47分、当日出勤社員、協力会社社員の安否確認完了			
事故発生原因の詳細 ①(直接原因)放液溜に水が滞留し、放液溜内部の残留水と液化ガスの接触で生成された氷により、放液溜が閉塞され、液化ガスの気化による圧力上昇で破裂に至った可能性が高い。なお、水が侵入したメカニズムは図6参照。放液時、連絡配管内で液化ガスがガス化し、そのガスの流れにより配管内の水が3号放液溜へ押し込まれたため滞留した。 ②(間接原因)2001年8月の底板変形トラブルの検証と対策が不十分で、放液溜が破裂することを想定できなかった。また、閉止フランジによる排水口に水抜き弁を設置したが、作業手順を変更しなかったため、水抜き弁の操作をしなかった。(備考欄参照) ③異常に対するリスク感性の不足、工場管理上のPDCA の不足(組織連携と情報の共有が不足)、Know-Why を関連付けた教育等安全に対する取り組みが不十分(技術伝承不足)であった。			

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- ①連絡配管をピット内から地上に移設し、水が侵入しないように改造した。
- ②放液溜の確実な水抜き実施及びルール化、事故内容の全従業員への教育
- ③設備異常時の情報伝達の確実な実施、全作業手順の内容見直し、設備・作業リスクの洗い出しと改善(非高圧ガス設備、非高圧部のフランジ、排水ピットも含む)、Know-Why を加味した工場管理基準・作業手順書の整備、日常的な安全活動の推進によるリスク感性の向上(作業目的教育、事故トラブル情報を活用した教育及び安全風土醸成のための活動継続)
- ④放液溜の調査・内部点検・作業手順の確認改善、納入先ユーザ及び他社装置メーカーへの水平展開、放液溜設計への反映・安全設計の配慮、類似の主要設備以外へのリスクアセスメント実施、工場管理機能のチェック徹底(工場管理及び故障対応のチェック、保安監査項目に工場の運営管理システムの機能状況等の追加)(表1参照)

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ①超低温の液化ガスを放液溜に放出する際には、事前に水抜きを実施し、水を滞留させないことが重要である。
- ②設備及び手順を変更した場合は、手順書等に確実に反映させると共に変更理由を含めて、作業員へ教育を実施し、周知、徹底を図ることが重要である。
- ③大気開放設備(容器)であっても、氷等で密閉されると圧力上昇により破裂することがある、という認識を持ち、必要に応じてリスクアセスメントを実施することが重要である。

事業所の事故調査委員会

事故調査委員会を設置し、8回の事故調査委員会を開催した。また、学識経験者を含む事故調査審議会を3回開催した。

備考

①2001年8月の底板変形トラブルについて

2001年8月No. 3放液溜において底板変形のトラブルが発生した。放液時に放液溜に滞留していた水により氷が生成、膨張したことが原因と推測した。1977年の設置以来数多くの放液作業を実施してきたが、破裂することを想定できなかったことや、放液溜の中に水が存在していたとしても、液化ガスを放液すると放液溜底部にて水が氷となるだけとの認識であった。今回の事故発生原因も同様に水の滞留が起因となっている。以上のことから間接要因を抽出した。

(1)2001年の底板変形トラブルの検証と対策不十分

- ・トラブル要因として、氷による膨張と判断、放液溜が破裂することを想定できなかった。
- ・水が大量に滞留することを異常と捉えず、水侵入経路の追究を行なわなかった。
- ・閉止フランジによる排水口に水抜き弁を設置したが、作業手順書の変更をしなかった。

(2)水抜き弁の未操作

- ・設置当初から設計上閉止フランジによる排水口があったが、作業手順書に記述されなかった。
- ・No. 4、5、6放液溜は水抜き作業が作業手順書で定められ、実施されていたが、No. 2とNo. 3放液溜の過去における水の滞留事実を考え合わせ、作業手順書へ反映すべきであった。

②参考資料

事故報告書 https://www.tn-sanso.co.jp/jp/_documents/news_06745091.pdf

キーワード

破裂・破損、点検不良、放液溜、酸素、窒素

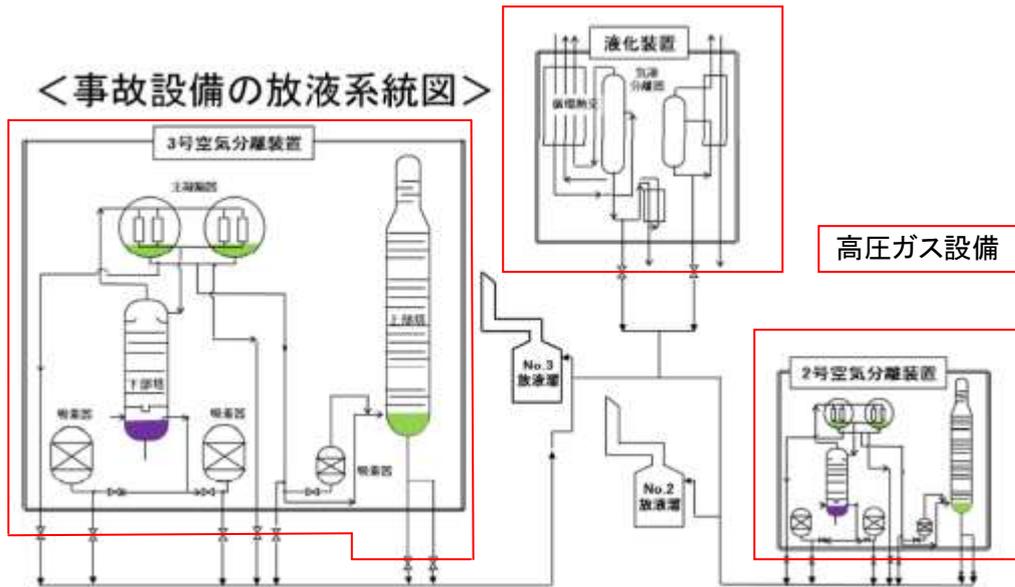
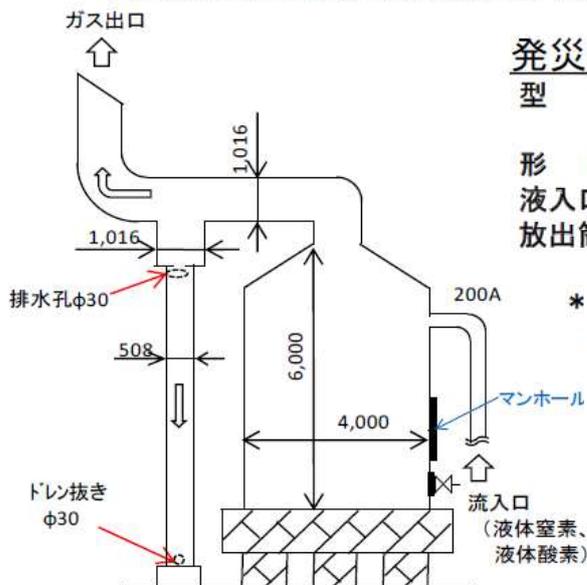


図1 プロセスフロー

- ・No.3放液溜は1977年2月に3号空気分離装置の建設時に設置
- ・自然蒸発式の大気開放型ステンレス鋼製円筒型容器



発災設備 No.3放液溜仕様

型 式:自然蒸発式

大気開放型ステンレス鋼製円筒型容器

形 状: $D=4,000\text{mm} \times H=6,000\text{mm} \times t=3\text{mm}$ (胴板)

液入口配管: 200A

放出筒(ガス出口管): $D=$ 外径 $1,016\text{mm} \times t=6\text{mm}$

* 非高圧ガス設備

図2 No. 3放液溜

事故前(撮影日;2009年7月24日) 事故後(撮影日;2014年12月12日)



写真1 No. 3放液溜飛散状況

<飛散物・被害状況マップ>

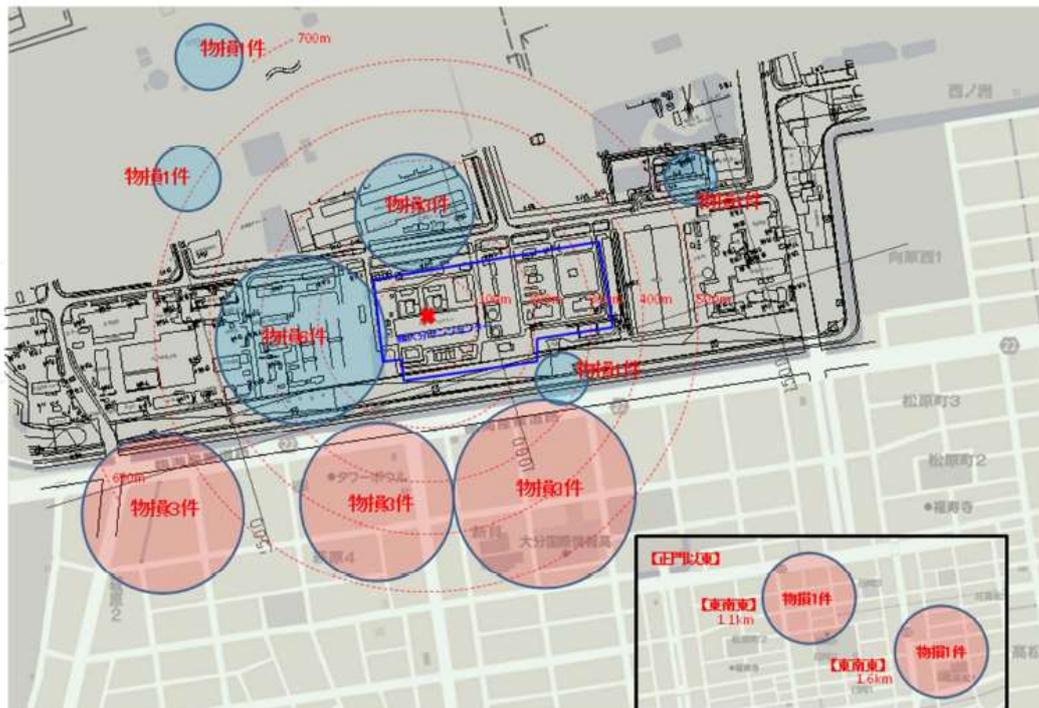
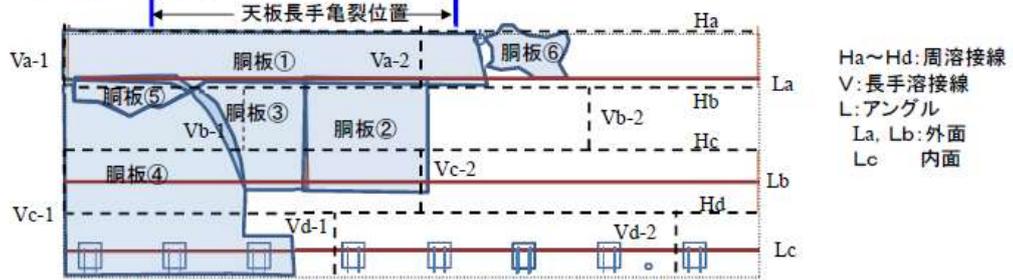
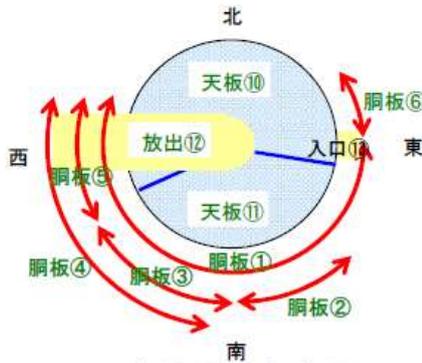


図3 飛散状況

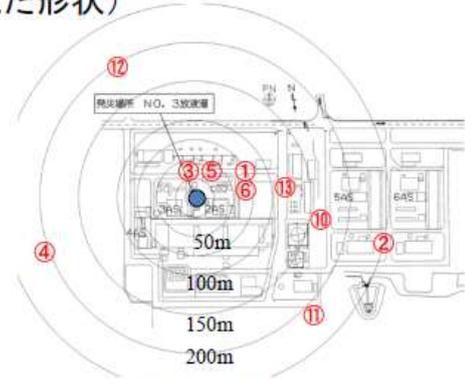
<破断品の展開図・飛散図>



破断品の展開図(外面側から見た形状)



破断品の方向図



破断品の飛散図

図4 破断品の飛散状況

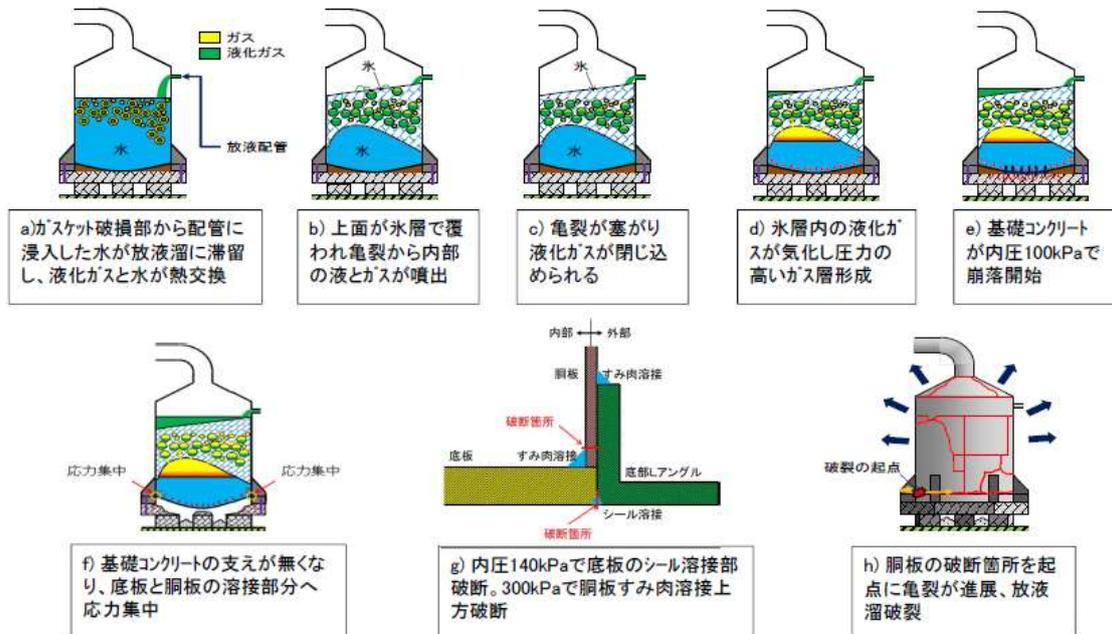


図5 破裂発生に至るメカニズム推定

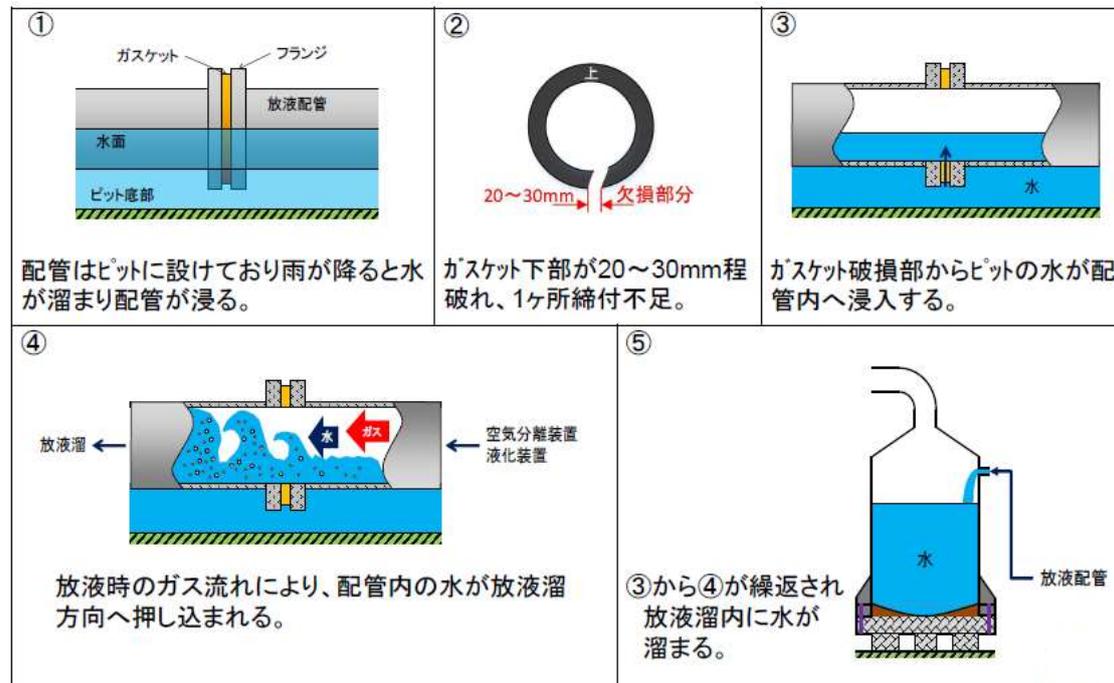


図6 水浸入メカニズム

表1 再発防止策

要因	生産工場	プラントメーカ
直接要因 ①放液溜の水の滞留	①放液溜の確実な水抜き実施、ルール化 ②当該事故内容の全従業員への教育	①放液溜の調査、内部点検、作業手順の確認・改善 ②納入先ユーザ及び他社装置メーカへの水平展開 ③放液溜設計への反映、安全設計の配慮
間接要因 ①異常に対するリスク感性不足	①設備異常時の情報伝達の確実な実施 ②全作業手順書の内容見直し ③設備・作業リスクの洗い出しと改善(非高圧ガス設備、非高圧部のフランジ、排水ピットも含む)	①類似の主要設備以外(非高圧ガス設備、非高圧部のフランジ、ピット等)のリスクアセスメント実施 ②工場管理機能のチェック徹底 ・工場管理及び故障対応のチェック ・保安監査項目に工場の運営管理システムの機能状況等の追加
②工場管理上のPDCA不足(連携不足、情報共有不足)	①設備異常時の情報伝達の確実な実施	
③Know-Whyを加味した教育、安全に対する取組不足	①Know-Whyを加味した工場管理基準・作業手順書の整備	
	④日常的な安全活動の推進によるリスク感性の向上 ・作業目的教育 ・事故トラブル情報を活用した教育及び安全風土醸成のための活動継続	

高圧ガス事故概要報告

整理番号 -	事故の呼称 1.13 雑液タンクの重合反応による温度上昇でアクロレインが漏えい (非高圧ガス事故)			
発生日時 2014-8-14 15時5分頃	事故発生場所 広島県大竹市	事故発生事象 1次)漏えい③ 2次)	事故発生原因 主)操作基準等の不備 副)	
施設名称 DLプラント	機器 雑液タンク(DL-T-301)	材質 SUS304	概略の寸法 D約1.9m×H約3.8m	
ガスの種類及び名称 アクロレイン		高圧ガス製造能力 (非高圧ガス設備)	常用圧力 大気開放	常用温度
被害状況(人身被害、物的被害) アクロレイン(以下、「AL」という)を製造するDLプラントの運転停止に伴い、次工程のDPプラントにある蒸発器を停止し、残液をDLプラントの雑液タンクに回収した。その後、水洗し、蒸発器内の洗浄水も雑液タンクへ回収したところ、雑液タンク内の液温が急上昇して、水封器とベントスタックからガスが流出、構外まで拡散した。人的被害なし。				
事故の概要 この事故は、プラントの運転停止作業のなかで、蒸発器の残液(AL、他)を雑液タンク(DL-T-301)に回収後、蒸発器を水洗した。このとき、実作業で使用したチェックリストに操作の順番が記載されていなかったことから、作業手順書とおりの操作手順が守られなかった。このため、次工程の原料の一つであるアンモニアガスが蒸発器側に逆流し、蒸発器内の洗浄水にアンモニアが溶解した。この洗浄水を雑液タンクに回収した。雑液タンク内の、AL(沸点 52.7℃)がアルカリ存在下で重合反応し、反応熱によって液温が急激に上昇したことから、発生ガスが構外へ漏えい、拡散した。以下、事故の概要を時系列で示す。 ①13:36 ALを製造するDLプラントの運転停止に伴い、ALを原料とするDPプラントも運転停止作業を開始した。その後、DPプラントにあるALとアセトアルデヒドを気化させる蒸発器を停止した。残液(ALを含む液体)をDLプラントの雑液タンクに回収し、引き続き、蒸発器を水洗した。 ②14:35 蒸発器内の洗浄水も雑液タンクへ回収を開始したところ、開始10分後から、雑液タンク内の液温が急上昇した。 ③15:05 現場で作業中のフィールドマンが臭気とベントスタック系の水封器からガスが流出しているのを確認、同時に付近のガス検知器が発報した。 ④温度上昇に伴うガス流出は、地上部の水封器からだけでなく、除害設備の処理能力を超え、処理しきれなかった一部のガスが、ベントスタックから構外まで拡散した(人的被害なし)。 ⑤15:30 自衛消防車による雑液タンクの放水冷却を開始した。 ⑥17:00 重合禁止剤水溶液および冷却水をタンク内へ投入を開始した。 ⑦8月19日0時過ぎ 雑液タンクの温度計指示は、40℃以下まで低下した。				
事故発生原因の詳細 ○温度上昇の原因 ①ALは、アルカリ存在下でカルボニル重合反応する性質がある。 ②DPプラントの蒸発器の次工程でアンモニアガスを仕込んでおり、蒸発器内の洗浄水に溶解したアンモニアが、雑液タンクに流入したことで、カルボニル重合反応が発生し、反応熱によって急激に温度上昇した。 ③蒸発器内の洗浄水残液を分析した結果、微量の窒素分が含まれていた。このこ				

<p>とから、アンモニアが溶解されていたことが裏付けられた。さらに、50ppm アンモニア水溶液へのALの添加実験により、温度上昇することが確認できた。</p> <p>④以上により、急激な温度上昇の原因は、雑液タンクに回収した洗浄水へアンモニアガスが混入し、ALがアルカリ存在下でカルボニル重合反応が発生したと特定した。</p> <p>○アンモニア混入の原因</p> <p>①蒸発器の水洗作業において、蒸発器内部の温度低下に伴い圧力が低下し、次工程の反応器に仕込んでいるアンモニアガスが逆流した。これにより、アンモニアが水洗水に溶解し、回収先の雑液タンクに混入した。</p> <p>②水洗作業の作業標準書に基づき作業を実施しておれば、アンモニアガスの逆流は防止できたが、作業時に実際に使用したチェックリストでは、作業の順番を定めていなかったため、アンモニアガスの仕込みが継続している状態で水洗作業を並行して実施したことにより、蒸発器内での温度低下による圧力低下が発生し、アンモニアガスが逆流した。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p>①蒸発器からの液抜き、水洗洗浄水の回収作業を実施するときに、異常な重合反応を誘引するアンモニアガスが次工程から逆流しないように、ハード的な縁切りを実施する。</p> <p>②作業順序を明確にしたチェックリストに修正するとともに、アンモニアガス混入の危険性、ノウハウ(何故このような作業を、このように行うのか)を作業標準書に明記し、周知徹底する。</p> <p>③異常反応が発生した場合を想定し、重合禁止剤および冷却水を迅速に投入できるように設備改造する。</p> <p>④ALの重合反応を想定し、異常対応処置手順を強化、教育を実施するとともに、通報訓練、異常時想定訓練などを実施する。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>①事業所は、従業員に取扱い物質の化学的性質、物理的性質について、十分な教育を行うとともに、従業員は、常日頃から取扱い物質の性質、危険性をよく理解して作業を行うことが重要である。</p> <p>②混合してはいけない反応物質のラインは、バルブ、閉止板などで確実に縁切りを行うことが重要である。</p> <p>③作業のチェックリストは、作業手順書に定められた手順が遵守されるよう、作業手順書に基づいて抜けなく、手順どおりの作業の実施が確認できるように作成されていることが重要である。</p>
<p>事業所の事故調査委員会</p>
<p>備考</p> <p>消防庁通達(平成24年10月1日)「化学プラントにおける事故防止等の徹底について」に基づき、混合危険による温度、圧力上昇についてのリスク想定の結果、雑液タンクに温度の検知手段が必要と判断し、温度計を設置していた。</p> <p>この結果、重合反応後の温度変化のトレンドを把握できたことで、水冷却の効果、重合禁止剤投入後の温度推移、液面推移(既存液面計による)、事故原因究明に役立てることができた。</p>
<p>キーワード</p> <p>アクロレイン、アンモニア、漏えい、重合反応、雑液タンク、チェックリスト</p>

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

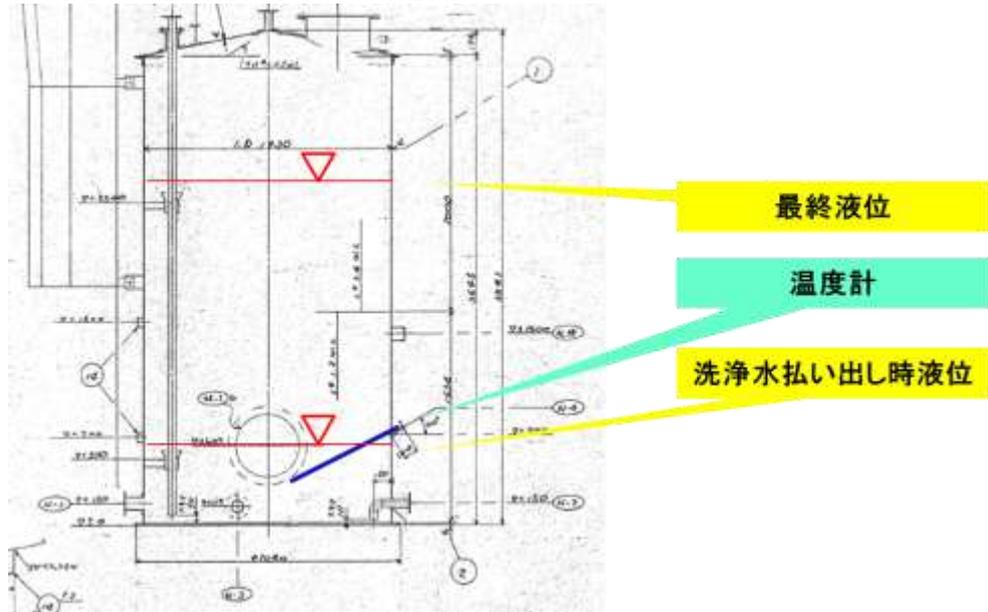


図1 雑液タンク(DL-T-301、危険物の規制に関する政令第9条第1項第20号適用)の概要

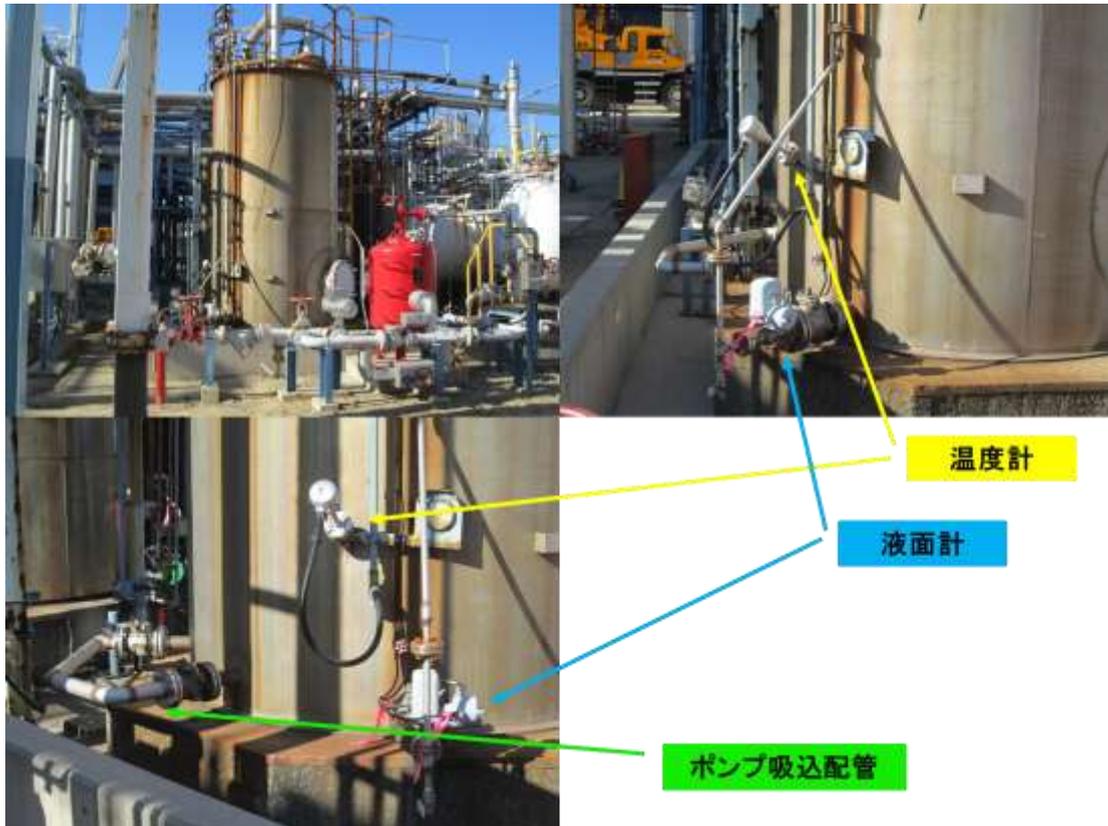


写真1 雑液タンクの状況

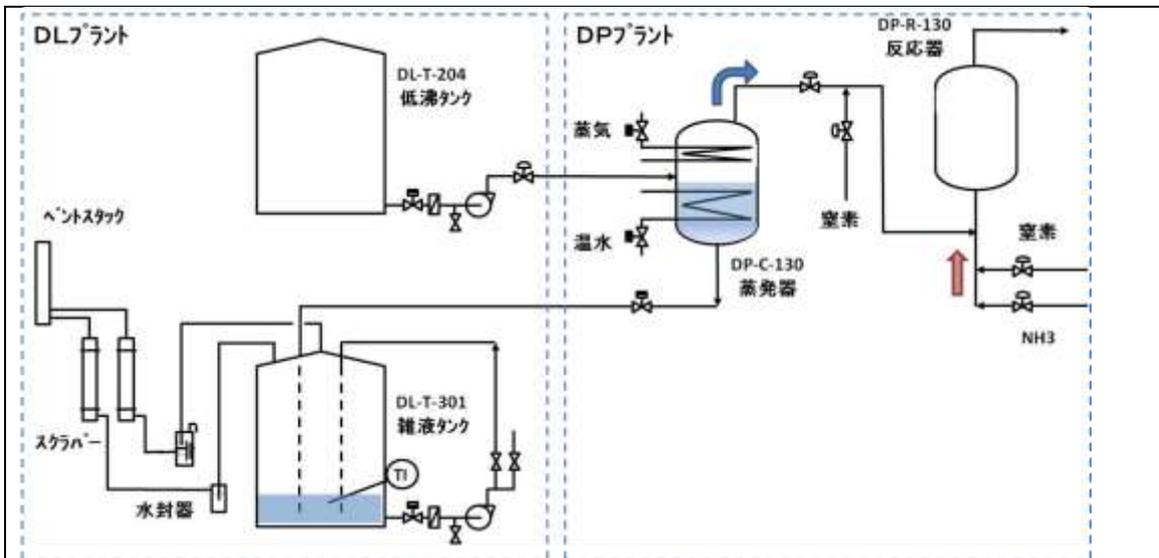


図 2 プラントのフローの概要

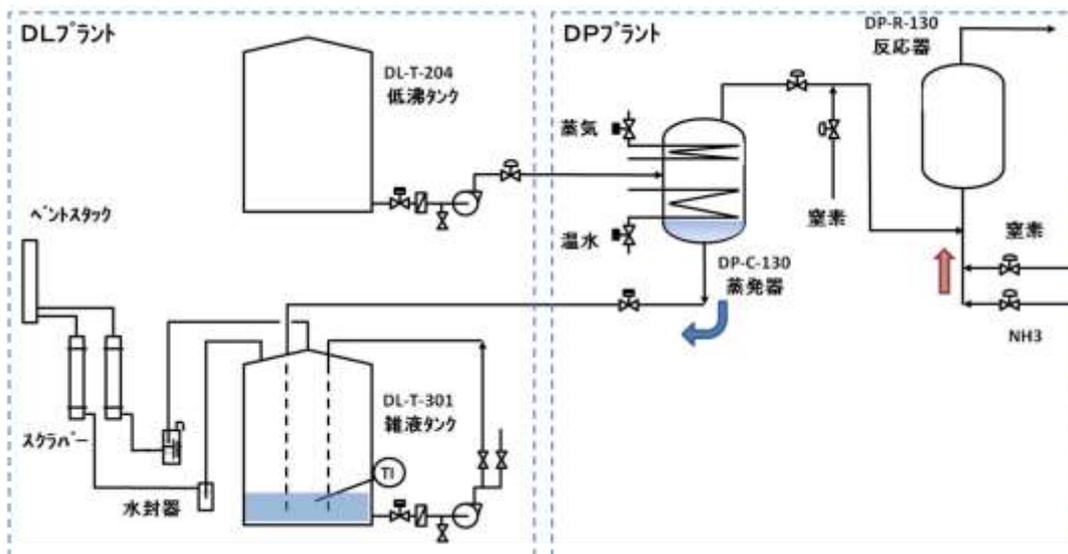


図 3 DP プラントの運転停止後、蒸発器内の液抜きフローの概要

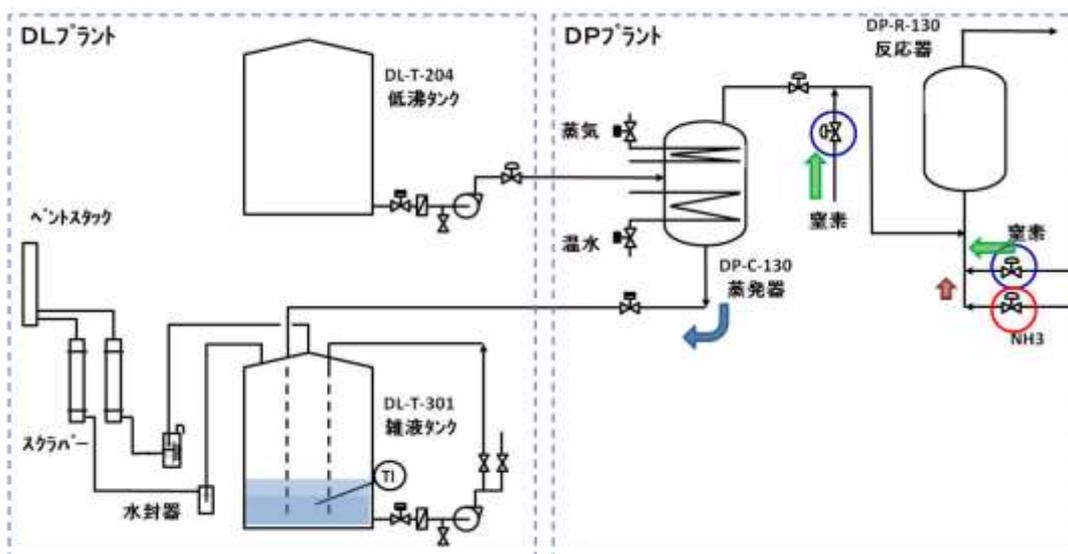


図 4 窒素封入によるアンモニアガスの逆流防止の状況(作業標準書では、アンモニアガスの仕込み流量の減量(→停止)と、窒素ガスによるアンモニアガスの逆流防止)

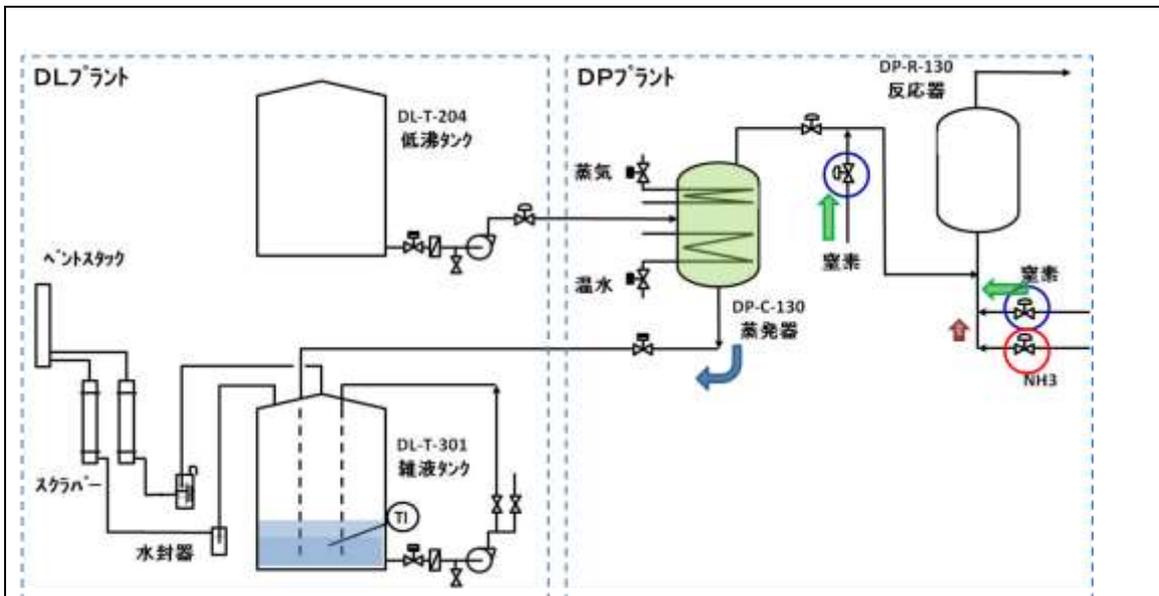


図5 蒸発器の水洗と洗浄水の雑液タンクへの回収の状況(窒素封入実施)

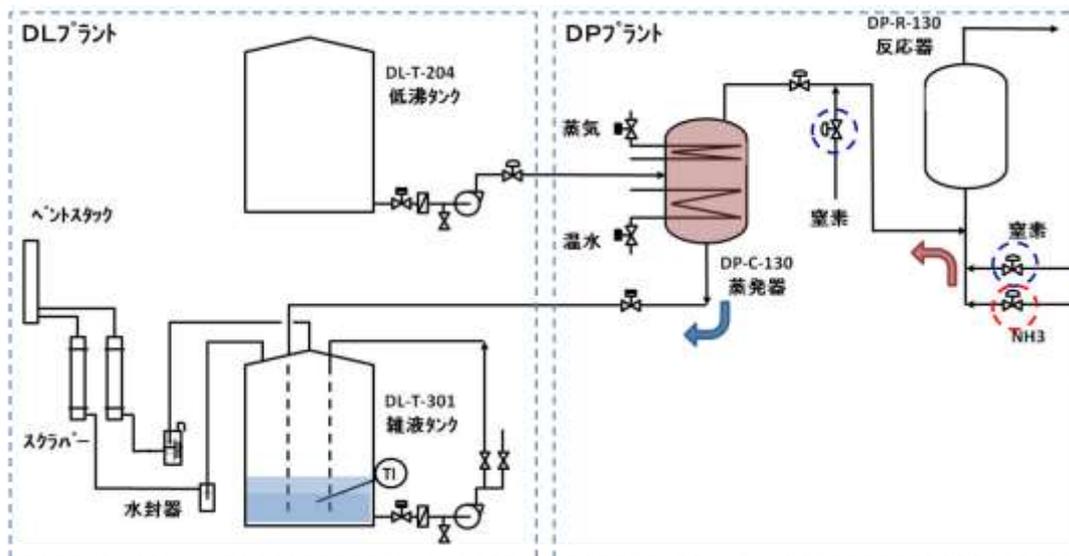


図6 事故時の状況①(アンモニアガスの停止及び窒素ガスの増量を実施せず水洗)

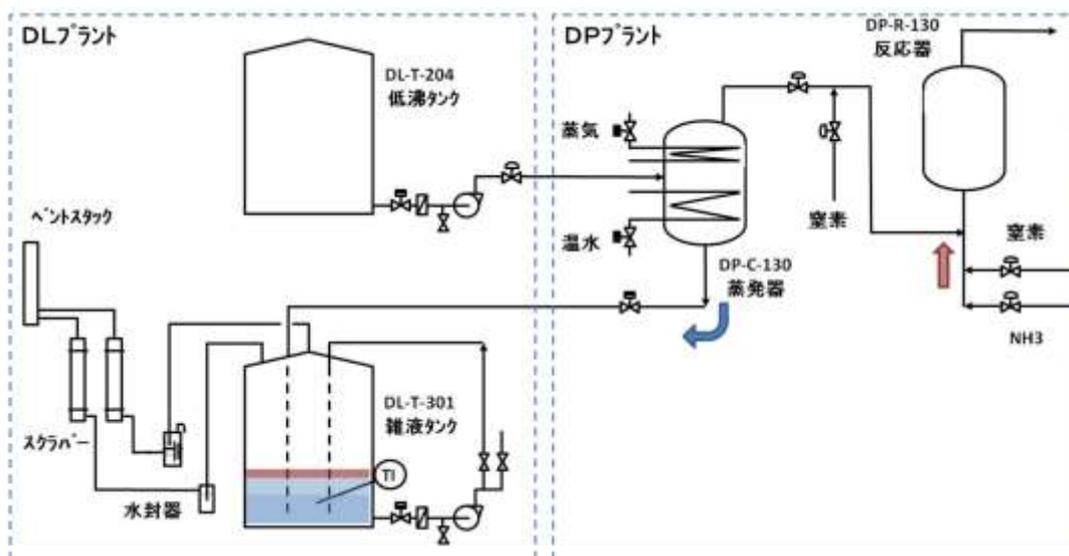


図7 事故時の状況(アンモニアガスが溶解した洗浄水を雑液タンクへ回収)

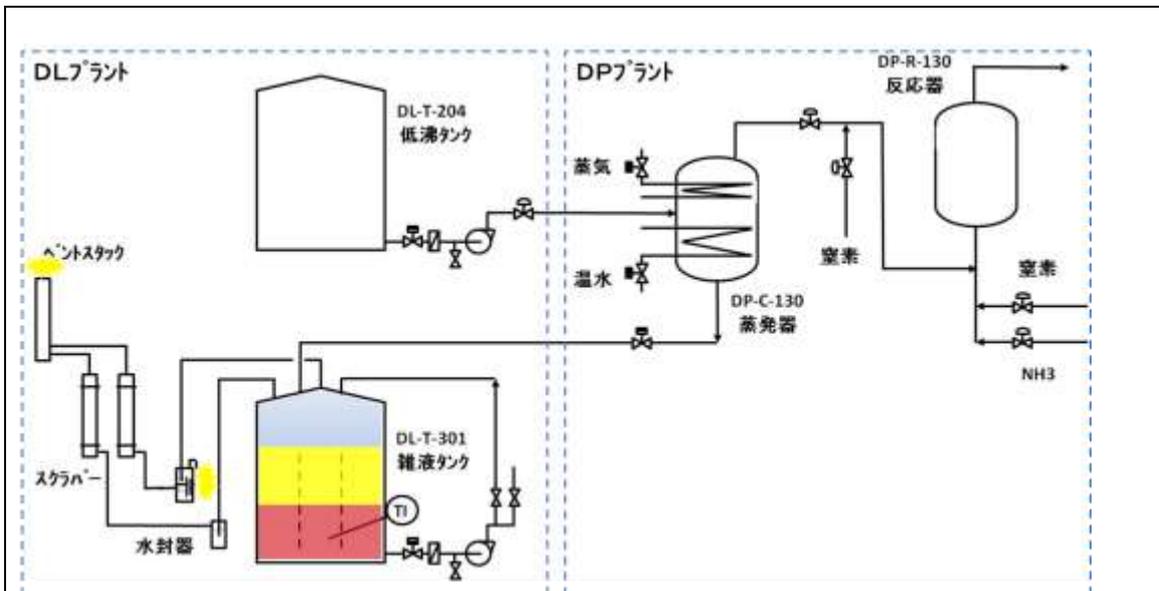


図 8 事故時の状況③(雑液タンク内でALの重合反応による温度急上昇)

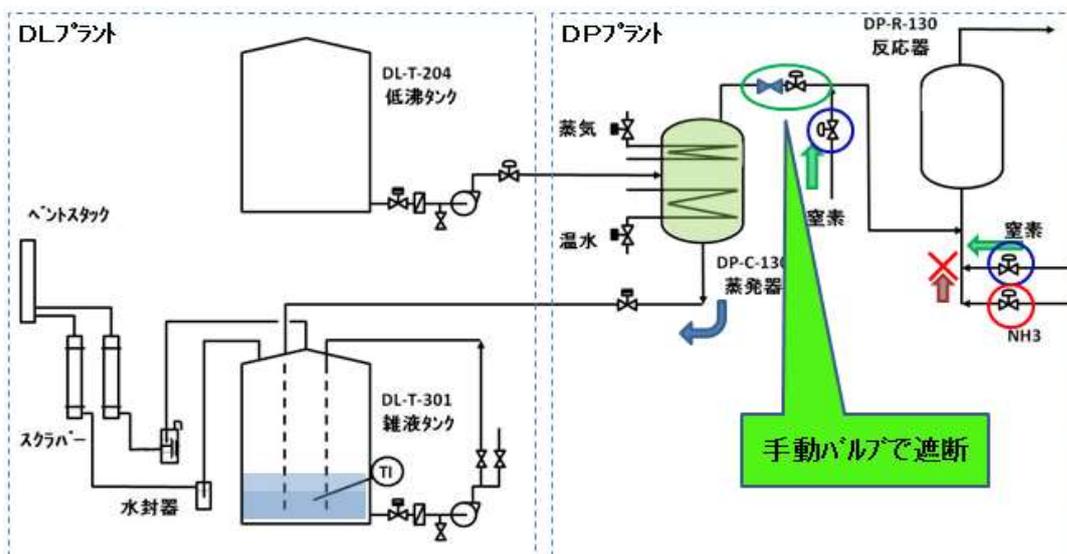


図 9 再発防止対策(従来の対応に加え、ラインのバルブを遮断後、蒸発器を水洗)

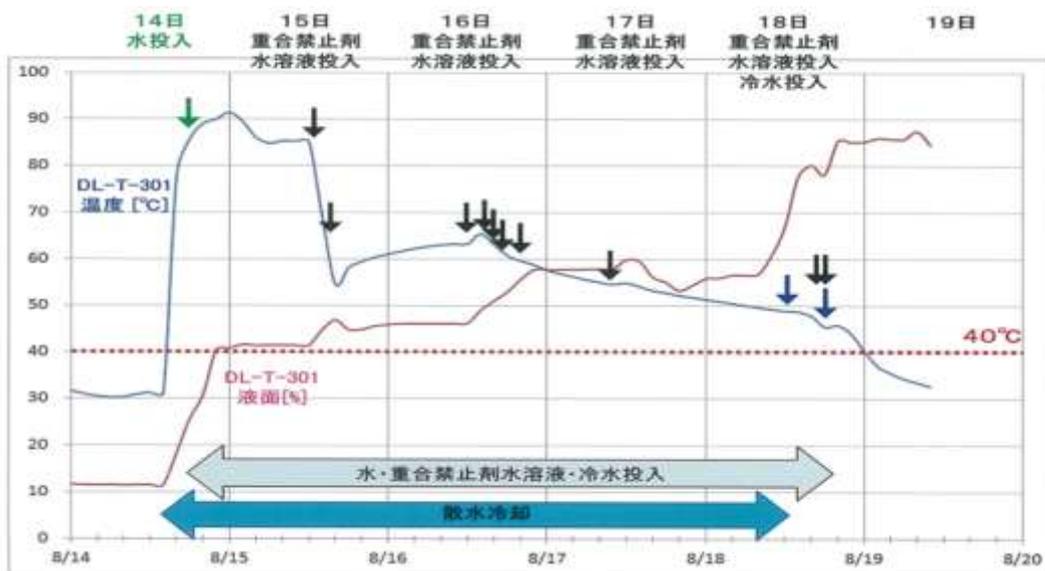


図 10 雑液タンクの温度、液面トレンド

2. 運転停止

2-3 反応系運転停止

作業	条件	摘要
2-3-2 原料仕込停止 (1)AL,AD の受入れを停止し DP-C-130 液面を減少さ す (2)加熱用 HW の停止 (3)DP-C-130 残液抜取り (4)NG0.27ろ増量 (5)NH3 仕込量の減少 (6)ALガスの NG0.27ろを増量して30分後に停止 (7)NG0.27ろ増量 (8)以上の状態(摘要)で 24 時間 NG0.27ろを行い AL を除去する		
短期・長期 運転停止ポートチェックリスト 年 月 日実施 作業者名		
	ALAD停止	ALAD停止する。現場ブロック閉
	FC3132 MAN	CAS制御からMAN制御にする。FC3132.MV=100%
	C-130全量蒸発	PC3130, FC3132をMANにしFC3132が0%になるまで全量
	RV3131 開 バイパス 開	PC3130.PV=30kPa以下になればT-301への抜き取りを RV3131のバイパスは無いため、ドレン弁にフレキを付けバイ
	NH3仕込量 減	蒸発量、モル比を確認しながら徐々に下げる。目安とし 0Nm ³ /hになれば100L/hにし、30分後停止し、ブロック

図 11 作業標準とチェックリスト(実作業用のチェックリストでは、項目が列挙されて
いるが、順序が不明確)

高圧ガス事故概要報告

整理番号 -	事故の呼称 1.14 スチームクラッキング装置精留塔の開放整備準備中の火災 (非高圧ガス事故)			
発生日時 2014-8-26 22時25分頃	事故発生場所 神奈川県 川崎市	事故発生事象 1次)火災 2次)	事故発生原因 主)操作基準等の不備 副)	
施設名称 第3スチームクラッキング装置(3SC)	機器 精留塔(T-201)	材質 胴 SM400A 充填物 SUS	概略の寸法 D6.9m×H41m× t14(一部t16)	
ガスの種類及び名称 水素、炭化水素、液化石油ガスなど	高圧ガス製造能力 (温度0度、圧力0Pa) 約165百万m ³ /日	設計圧力 250kPa	設計温度 316°C	
被害状況(人身被害、物的被害) 第3スチームクラッキング装置(3SC)精留塔(T-201)は運転を停止し、開放整備を行うため、プロセスガスをパージ完了後、製造部門から保全部門へ移管する(保全渡し)一連の準備作業中に、製造部門の職員が精留塔マンホール付近からもや状のものが出ているのを視認した。塔内の冷却散水、マンホール閉止及び窒素パージを実施したが、状況が改善されないため、公設消防に通報した。鎮火確認後、塔上部の充填層の損傷、充填層サポートの変形などを確認した。人的被害なし。				
<p>事故の概要</p> <p>この事故は、精留塔の開放整備を行うため、製造部門から保全部門へ安全な状態で移管する(保全渡し)一連の準備作業中、塔頂部の発熱と充填層の発火を防止する目的で散水していたが、散水範囲、散水量ともに不足していたため、塔頂充填層の一部が火災となった事例である。以下、事故の概要を時系列で示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①8/14 第3スチームクラッキング装置の運転を停止 ②8/23 精留塔(T-201)を開放整備するため、塔内の炭化水素などをパージする目的でスチーミングを開始 ③8/25 07:00頃、スチーミング停止 ④12:10頃、精留塔内に残留しているポリマーの発火防止のため、塔頂の散水ノズルより水冷作業を開始 ⑤19:20頃、規定温度以下となったので、水冷作業を停止 ⑥8/26 AM、マンホール開放開始 ⑦18:00頃、塔内に発生する硫化鉄の発熱防止のため塔頂の散水ノズルから散水を開始 ⑧21:30頃、精留塔上部マンホールからもや状のものを確認。マンホールの一部閉止、窒素パージ、冷却散水で対応 ⑨22:25頃、状況は改善せず ⑩22:33、119通報。マンホールより白煙確認、消火作業開始 ⑪8/27 02:14、最上部のマンホールの白煙が青白い炎に変化 ⑫02:19、青白い炎が消失 ⑬04:30頃、クエンチウォーター配管系により、大量の冷却散水を開始 ⑭04:40頃、鎮圧状態を確認 ⑮09:00 鎮火確認 				
<p>事故発生原因の詳細</p> <ol style="list-style-type: none"> ①精留塔(T-201)内の上部にある充填層には、運転中にプロセスガスに起因するポリマー(高温になると発火する可能性がある有機化合物)及び硫化鉄(乾燥す 				

ると空気中の酸素と接触して発熱する危険性がある)が残存する。

②このため、マンホール開放時の発火防止対策として、開放前に塔頂の散水ノズルから散水して 50℃以下に冷却する。マンホール開放後には硫化鉄の発熱を防止するため、塔頂の散水ノズルから散水する。さらに、マンホールからも散水する手順となっている。火災発生などの緊急時は、通常運転時のクエンチウォーター配管から緊急散水する手順となっている。

③調査の結果、空気中の酸素と接触して発熱する危険性がある硫化鉄と高温による発火の可能性があるポリマーが長年清掃されず、残存量が増していたことから、精留塔の上部マンホール開放後の管理において次の 3 項目の条件が重なったことが事故原因と推定された。

1) 散水ノズルの劣化により、本来回転するノズル先端部分が回転せず、散水量、散水範囲が不足して、硫化鉄が十分に湿らない部分が生じていたことから、硫化鉄が空気中の酸素と接触して、急激な発熱が起った。

2) 硫化鉄が発熱したことにより蓄熱し、周囲に堆積していたポリマーが発火して火災に至った。

3) 精留塔の充填層での、ポリマーの発火による火災拡大のリスクに関する作業手順書に不備があり、本来であれば異常時に散水量を速やかに増加するため、満水保管しておくべきクエンチウォーター配管内の水が抜かれていたため、異常覚知後、速やかに散水量を増加することができず、火災が拡大した。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

①開放整備の準備のための散水状況が健全であることを確保するため、次に示す具体的な手順を手順書に明記した。

・通水量、散水ノズルの回転、散水状況と内部の湿潤状態を確認する手順を明記するとともに、その理由を手順書に明記した。

・緊急散水を可能とするため、クエンチウォーター配管の地上から塔頂までを満水状態で保持する手順を手順書に明記した。

②異常があった場合、早期に検知できるように、精留塔(T-201)のマンホール開放後、塔内部の監視体制を見直す。

・塔内作業の有無に応じた監視体制の強化とガス検知器の設置の可否を検討する。

③精留塔の充填層の堆積物(ファウリング物)が長年清掃されず、堆積量が多くなっていたことから、充填層の差圧を定期的にモニタリングし堆積状況を管理する。

④他工場を含め、事故の水平展開と教育を実施し、再発防止対策を周知徹底する。

教訓(事故調査解析委員会作成)

①装置の長期稼働により、設備内に発火性、発熱性の堆積物などが徐々に増加し、リスクが変化している状況を念頭に置き、定期的にリスクアセスメントの見直しを行うことが重要である。

②塔の内径が大きいと、回転ノズルで塔頂から散水しても、内部では全体が均一には湿潤しないことが想定されるので、乾燥した部分があることも念頭に置いて、安全対策を実施することが重要である。

③非定常作業、開放作業などで、塔槽内に空気(酸素)が入り込むことによって、発火する危険性がある場合は、原則として夜間作業を行わない規定とするか、監視強化(監視人の配置、サーモグラフィなど)を行うことが重要である。

工場長を委員長とする 3SCT-201 火災事故調査委員会を設置
平成 26 年 9 月まで、19 回開催（事故対応策会議を含む）

備考

キーワード

精留塔、開放整備、火災、充填層、ポリマー、硫化鉄、散水ノズル

関係図面（特記事項以外は事業所提供）

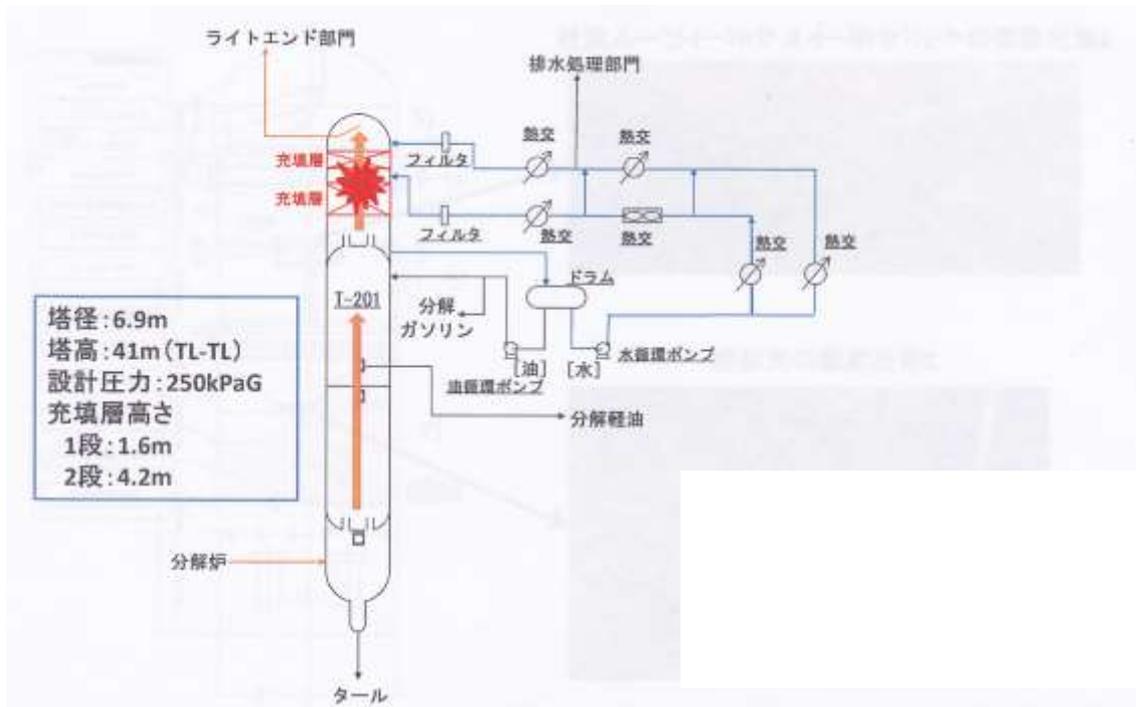


図 1 精留塔(T-201)の概要

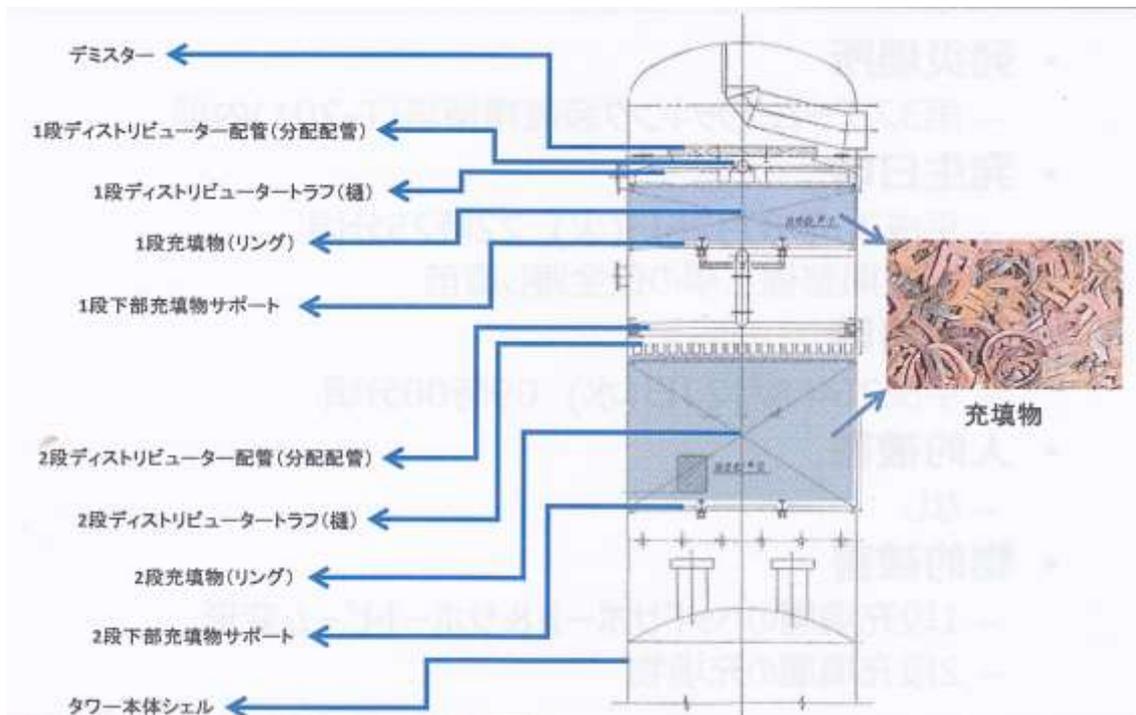


図 2 精留塔上部の充填層の概要

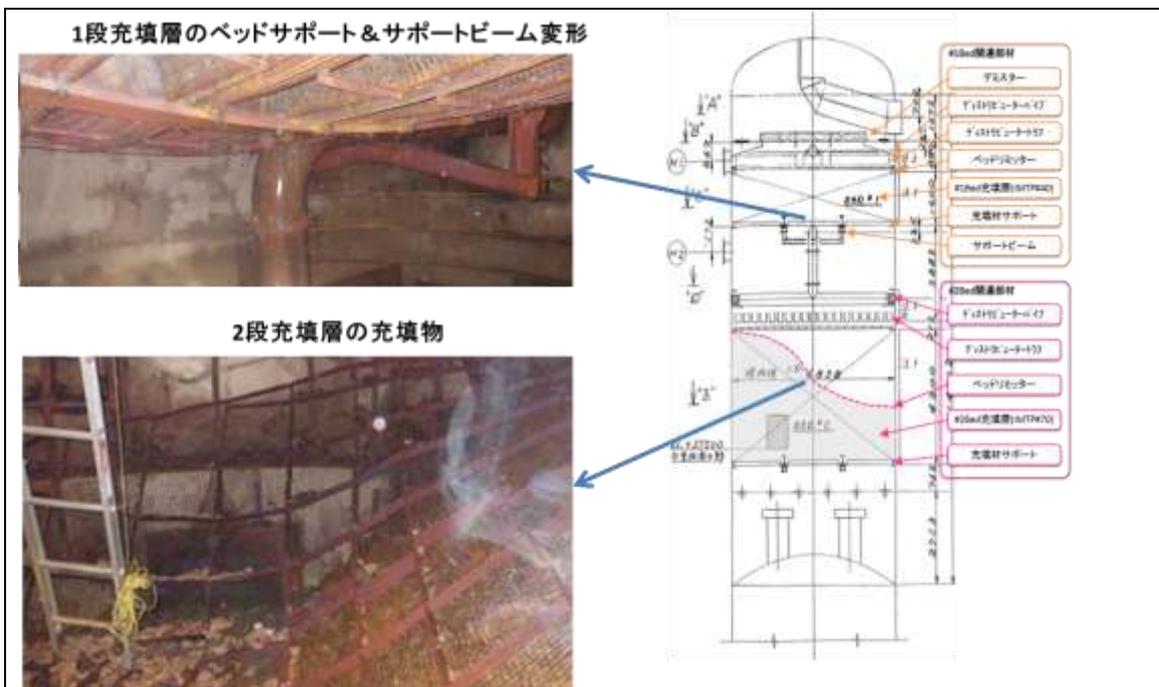


図3 精留塔上部の充填層の損傷状況



図4 散水ノズルの散水状況(左:補修前、右:補修後)

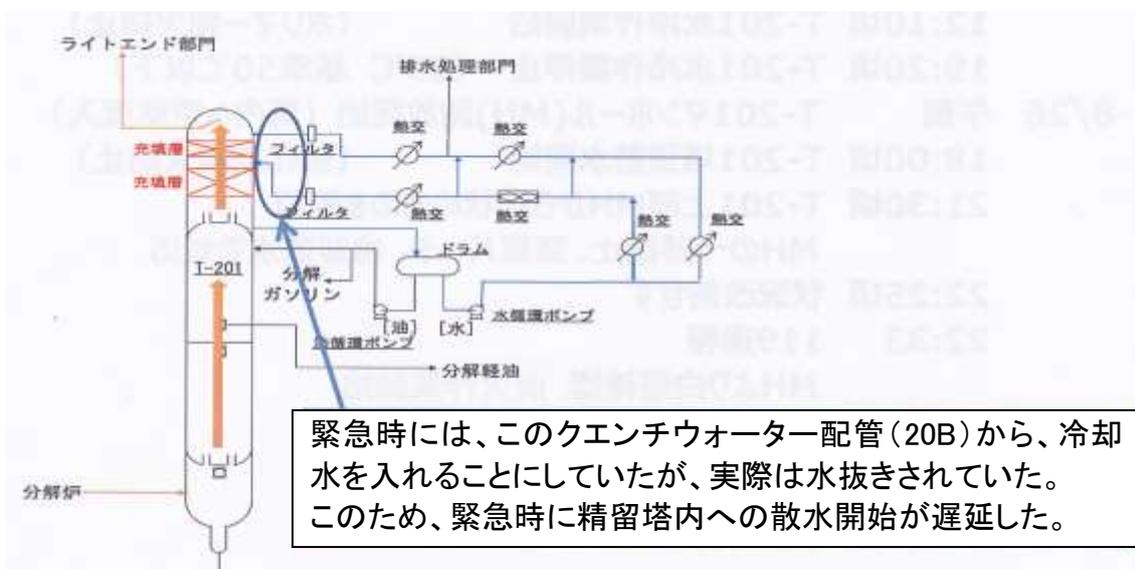


図5 クエンチウォーター配管(地上から塔頂付近までの配管)の概要

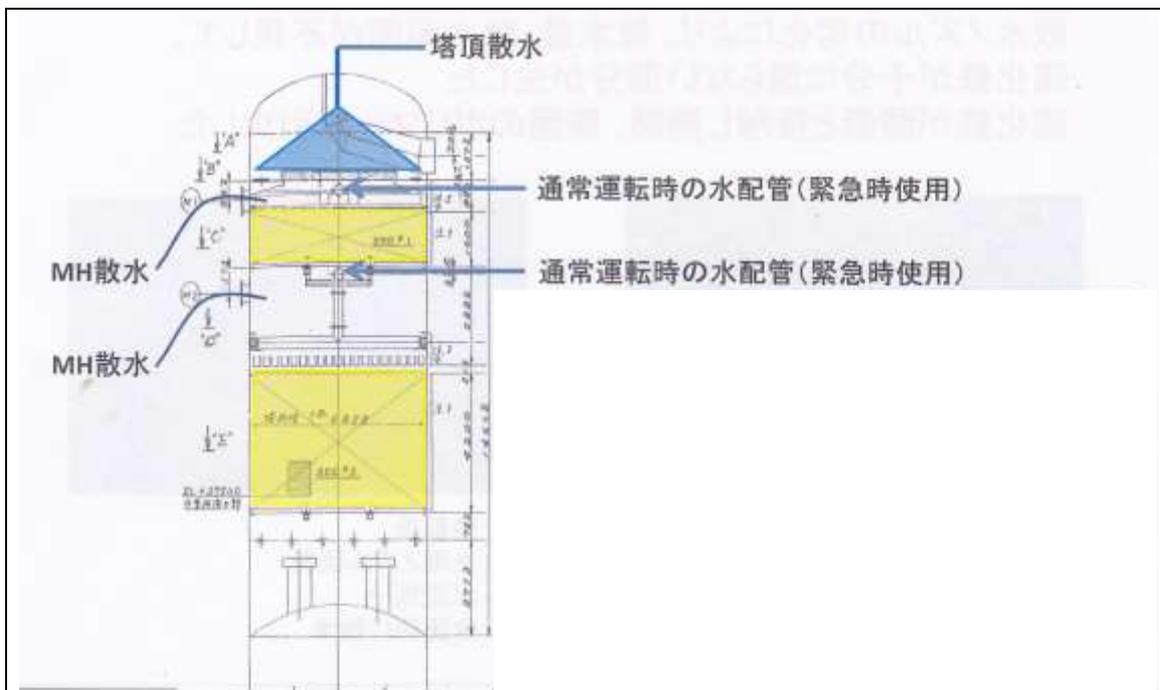


図 6 精留塔開放時の発火防止策の概要