

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2022-554	事故の呼称 苛性ソーダ製造用イオン交換膜製造施設ガス漏えい事故		
事故発生日時 2022年11月4日(金) 15時26分	事故発生場所 千葉県 市原市	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 苛性ソーダ製造用 イオン交換膜製造施設	機器 配管	材質 SUS304TP-S	概略の寸法 呼び径:15A、Sch40
ガスの種類および名称 混合ガス(六フッ化プロピレン、酸素、六フッ化プロピレンオキサイド)	高圧ガス製造能力 22,810,801.9 m <sup>3</sup> /日(事業所) 934,695.9 m <sup>3</sup> /日(施設)	常用圧力 -MPa (常用圧力は、非公開)	常用温度 -°C (常用温度は、非公開)
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害: なし 物的被害: なし			
<p>事故の概要</p> <p>苛性ソーダの製造に使用するイオン交換膜の原料を製造している施設で、定常運転中、配管の溶接継手がエロージョン/コロージョン(E/C)で減肉開口し、溶媒に溶解した混合ガス(六フッ化プロピレン、六フッ化プロピレンオキサイド)が溶媒とともに漏えいした。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>15時26分 苛性ソーダ製造用イオン交換膜製造施設において、稼働中の反応器の圧力が低下し、インターロックが作動した。 運転員は、現場に向かい、プラント周辺で臭気があることを確認し、漏えいが発生したと判断して、主任に連絡した。</p> <p>15時30分 主任は、場内一斉放送で、臭気の発生を連絡し、プラント周辺の作業者に避難指示を出した。</p> <p>15時45分 運転員は、現地指揮所を設置し、反応器周辺の道路の通行遮断を実施した。</p> <p>15時51分 運転員は、保護具を着用し、現場に向い、反応器出口側と熱交換器入口側を接続する配管系の溶接継手から、漏えい(配管の開口と内部流体(液体)の漏出)を目視で確認した。 (漏えい箇所の流体は、溶媒に溶解した混合ガス(六フッ化プロピレン、六フッ化プロピレンオキサイド)) 運転員は、漏えい箇所の前後のバルブを閉操作し、漏えい箇所を遮断した。</p> <p>15時56分 事業所の保安センターは、ホットライン(ちば共同指令センター)通報した。 運転員は、反応器が設置されているプラント周辺の臭気がなくなったことを確認した。</p> <p>16時03分 自衛消防は、放水準備をして待機した。</p> <p>16時06分 公設消防は、現地に到着した。</p> <p>16時20分 現場指揮者は、公設消防の許可を得て、プラント周辺の作業者に対</p>			

<p>16 時 33 分</p> <p>16 時 45 分</p> <p>17 時 18 分</p> <p>17 時 29 分</p>	<p>する避難指示を解除した。</p> <p>運転員は、携帯型ガス検知器を用いて、ガスの漏えいがないことを確認した。</p> <p>公設消防は、現場から退場した。</p> <p>現場指揮者は、道路封鎖を解除した。</p> <p>現場指揮者は、現場指揮所を撤収した。</p>
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>(1) 漏えい箇所の概要</p> <p>漏えい箇所は、反応工程内の反応器出口側と熱交換器入口側を接続する配管系である(図 1 参照)。</p> <p>反応器は、六フッ化プロピレンと酸素を原料とし、六フッ化プロピレンオキサイドを製造している。原料の六フッ化プロピレンは、溶媒に溶解した状態で供給される。原料の酸素は、反応ですべて消費される。反応器出口側の流体は、溶媒に溶解した未反応の六フッ化プロピレンおよび溶媒に溶解した六フッ化プロピレンオキサイドであり、液体である。</p> <p>そのため、反応器の下流に位置する漏えい箇所の配管系の内部流体も、液体である。</p> <p>(2) 配管系の詳細</p> <p>反応器と熱交換器を接続する配管系の配管は、その材質が SUS304 の箇所と SUS316 の箇所があった。</p> <p>反応器と熱交換器を接続する配管系は、1983 年に設置された。その後、配管の材質が SUS304 の箇所は、2002 年に同材質、同形状で取替え工事を実施していた。</p> <p>反応器と熱交換器を接続する配管系は、定点を設定して、定期的に肉厚測定を実施していた。定点箇所の配管の材質は、すべて SUS316 であった。</p> <p>(3) 漏えい箇所の詳細</p> <p>漏えい箇所は、管継手(90° エルボ)の下流に位置する配管(水平配管)と管継手(T)の溶接継手であった(図 2、図 3 参照)。</p> <p>漏えい箇所の配管の材質は、SUS304 であった。</p> <p>(4) 配管の肉厚測定の結果</p> <p>事故後に、反応器と熱交換器を接続する配管系の肉厚測定を実施した結果、配管の材質が SUS304 の場合は、多くの箇所で減肉が確認された(図 4 の⑤、⑥、⑧、⑬から⑮まで参照)。</p> <p>ただし、SUS304 の箇所であっても、定常運転中に接液しているが、流れがない箇所は、減肉が確認されなかった(図 4 の⑨参照)。</p> <p>また、漏えい箇所の下流側では窒素(気体)が供給されており(N40、図 4 の⑫)、水平配管(SUS304)内の上部は接液が少ないと推定され、下流側の配管の上部では減肉が確認されなかった(図 4 の⑬から⑮まで参照)。</p> <p>配管の材質が SUS316 の場合は、減肉が確認されなかった(図 4 の①から④まで、⑯から⑳まで参照)。</p> <p>肉厚測定結果(一部)を、表 1 に示す。</p> <p>(5) 事故原因の推定</p> <p>一般的に SUS304 は SUS316 よりも耐食性が低いとされている。事故が発生したプロセスにおいても、SUS316 の箇所に比べて SUS304 の箇所の減肉が大きく、材質によって減肉速度に差異があることが確認された。</p>	

ただし、流れの無い SUS304 の箇所は減肉しておらず、内部流体に対して SUS304 および SUS316(いずれもオーステナイト系ステンレス鋼)のいずれもが一定の耐食性はあると考えられる。

事故に至った減肉の原因推定のため、代表的な腐食原因の種類ごとに、その腐食条件に該当するかを検討した。その結果、SUS304 は液体の流れのある箇所のみで減肉が大きかったことから、SUS304 と SUS316 の耐エロージョン/コロージョン特性に差異があり、SUS304 の箇所でエロージョン/コロージョンが生じたと推定した。

#### 事業所側で講じた対策(再発防止対策)

##### (1) 配管の材質

配管の材質は、すべて SUS316 に変更する。

##### (2) 配管の肉厚測定

配管の材質を SUS304 から SUS316 に変更した箇所は、新たに定点を設定して、定期的に肉厚測定を実施する。

##### (3) 水平展開

事業所内の高圧ガスの配管系について、流体の組成、常用の圧力、常用の温度が同じであっても配管系に複数の材質が使用されている場合には、肉厚測定を行う定点が、減肉しやすい材質の箇所に設定されているかを確認し、必要に応じて、定点の見直しを行う。

#### 教訓(事故調査解析委員会作成)

- ① 炭素鋼配管にはエロージョン/コロージョンがあり、オーステナイト系ステンレス鋼配管には応力腐食割れがあるということが常識である。しかし、オーステナイト系ステンレス鋼もエロージョン/コロージョンで減肉することがある。オーステナイト系ステンレス鋼の耐食性は、不動態化した酸化被膜で維持されている。エロージョンで酸化被膜が削られれば、耐食性は容易に失われ、腐食(コロージョン)する。
- ② 配管系は、ほぼ同一の腐食環境にあって類似の腐食形態をとる範囲(腐食系)を単位として管理するケースが多い。その腐食系の単位を決定する場合は、配管系を構成する部材の材質、内部流体など種々の条件を十分に検討する必要がある。
- ③ 材料は、規格が同じであっても種類の記号が異なれば、化学的成分、機械的性質などが異なり、耐食性に差異があることを認識し、腐食管理を行うことが重要である。
- ④ 高圧ガス設備の交換を行った場合に、交換前の検査記録、交換時の技術検討情報などは、交換後の設備管理の重要な資料となり得るため、適切に保存して、活用することが重要である。

#### 事業所の事故調査委員会

関連部門による検討会を 3 回開催した。

#### 備考

なし

#### キーワード

配管、漏えい、減肉、エロージョン/コロージョン、腐食管理、オーステナイト系ステンレス鋼

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

### 反応工程

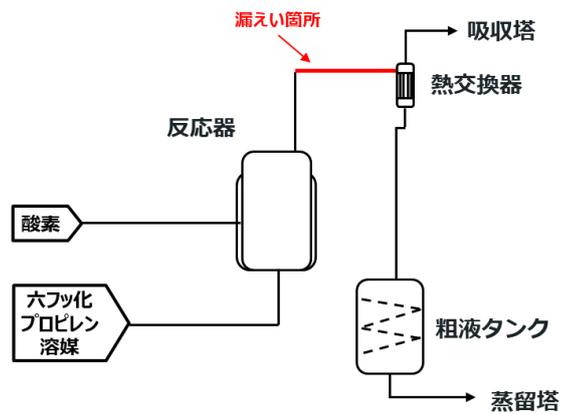


図1 漏えい箇所の概要

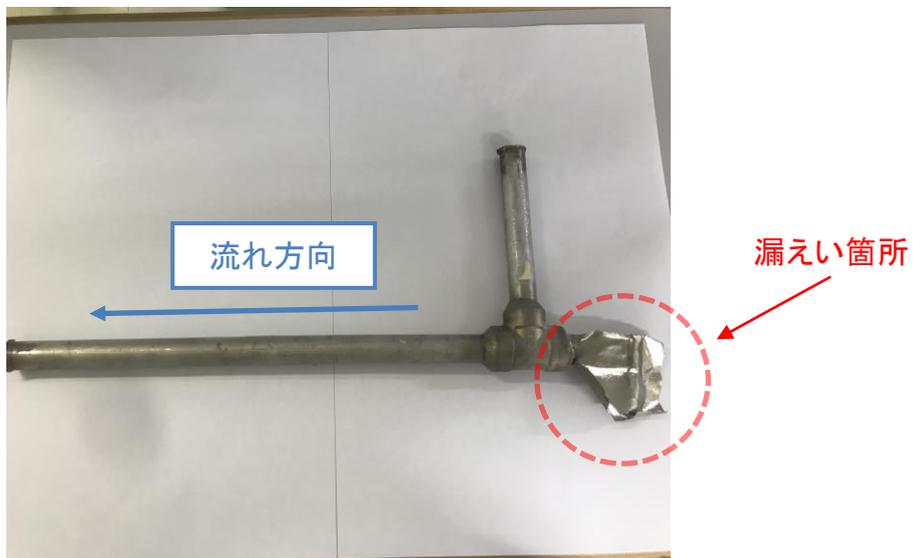
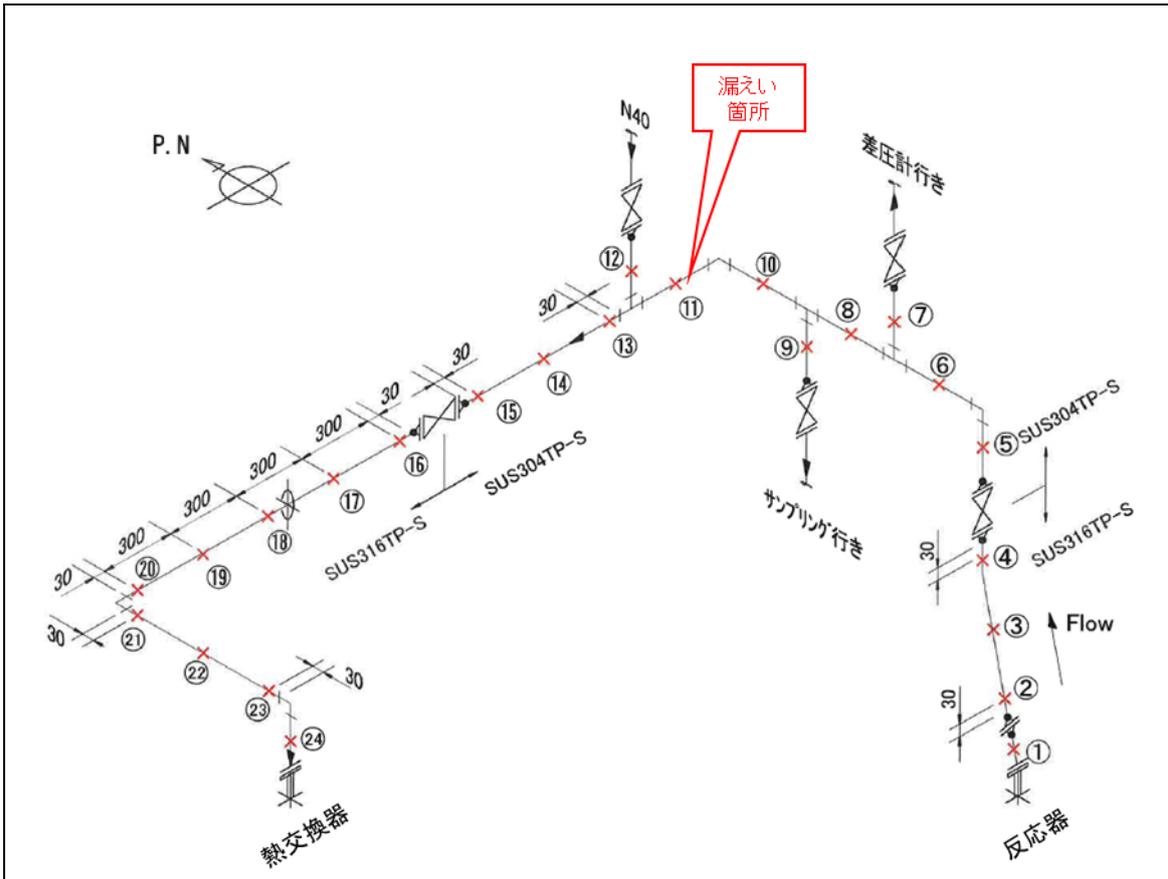


図2 漏えい箇所の概要



図3 漏えい箇所の詳細(復旧後)



測定箇所: 上図①～⑭で示す箇所を各4方向測定。

× : 測定箇所を示す。

図 4 配管系の材質と肉厚測定箇所

表 1 肉厚測定結果(一部)

測定箇所	材質	測定結果 (mm)	呼び径 (A)	呼び厚み (mm)	減肉速度 (mm/年)
③	SUS316	2.7	15	2.8	0.002
⑥	SUS304	1.2	15	2.8	0.08
⑧	SUS304	0.9	15	2.8	0.095