

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2024-349	事故の呼称 水素発生装置からの微量酸素の溶け込んだ電解液(KOH)漏えい			
事故発生日時 2024年5月12日(日) 7時45分		事故発生場所 兵庫県	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 水電解(アルカリ型)を利用した水素発生装置	機器 気液分離器(酸素側)	材質 フランジ:機器側 SA350 LF2 配管側 SA182 F316L ガスケット:NBR、炭素繊維 ボルト:SA193 Gr. B8M		概略の寸法 フランジ:ASME クラス 300、呼び径 3/4B ボルト:M16
ガスの種類および名称 支燃性ガス(酸素)	高圧ガス製造能力 — (非公開)		常用圧力 1.0MPa 以上 (詳細は非公開)	常用温度 90℃
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害: なし 物的被害: なし				
事故の概要 水電解(アルカリ型)を利用した水素発生装置において、定常運転中、気液分離器(酸素側)のボルト締めフランジ継手から、微量の酸素を含む電解液(水酸化カリウム溶液)が漏えいした。 以下、事故の概要を時系列で記す。 5月11日(土) 03時38分 水電解(アルカリ型)を利用した水素発生装置(以下、「水素発生装置」という)の運転を開始した。 5月12日(日) 07時30分頃 予定していた水素発生装置の停止時間が近づいてきたので、現場の巡視および操作を行う巡回員(以下、「現場巡回員」という)は、水素発生装置停止後の操作をするため、水素発生装置のある建屋に向かった。 07時45分頃 現場巡回員は、建屋内の防液堤に、液体の滞留を確認し、中央操作室の運転員(以下、「運転員」という)に連絡した。 07時49分 運転員は、水素発生装置の停止操作をした。 07時58分 運転員は、水素圧縮機の停止を確認した。 08時00分 運転員は、高圧ガス保安管理責任者(※1)に電話連絡をした。 08時17分 運転員は、電解液循環ポンプの停止操作をした。 現場巡回員は、現場への立入禁止措置をした。 08時22分 運転員は、水素発生装置の脱圧操作をした。 08時51分 運転員は、水素発生装置の脱圧完了を確認した。 5月13日(月) 08時50分頃 安全衛生所轄部門担当者は、電解液(劇物)漏えい事象を公設消防、警察、県(毒物および劇物担当、高圧ガス担当)および市(毒物および劇物担当)に、連絡した。				

09 時 00 分	公設消防、警察、県(毒物および劇物担当)および市(毒物および劇物担当)は、現場調査のため、入構した。
10 時 30 分	公設消防、警察、県(毒物および劇物担当)および市(毒物および劇物担当)は、現場調査を終え、退構した。
5 月 14 日(火)	
09 時 00 分頃	設備所轄部門(※2)により手配された産業廃棄物処理業者は、ケミカルローリ(最大積載量 10 トン)2 台を用い、建屋防液堤内に滞留した電解液の回収作業を、開始した。
11 時 10 分頃	産業廃棄物処理業者は、建屋防液堤内に滞留した電解液の回収作業を、完了した。
5 月 15 日(水)	県(高圧ガス担当)は、高圧ガス事故に該当すると判断し、安全衛生所轄部門担当者に連絡した。
5 月 16 日(木)	安全衛生所轄部門担当者は、高圧ガス事故の届け出をした。
(※1) 高圧ガス保安法に基づく高圧ガス製造保安係員は、運転員の中から選任している。本事業所の「高圧ガス保安管理責任者」はその上長にあたる者。 (※2) 水素発生装置の管理者、スタッフ、工事担当者、運転員が所属している部門。	
事故発生原因の詳細 1. 水素発生装置の概要 水素発生装置の概要を、図 1 に示す。電解液(水酸化カリウム溶液)は、酸素側プロセス、水素側プロセスそれぞれで循環しており、電解槽で電気分解される。 電解槽における水電解(アルカリ型)の概要を、図 2 に示す。電解液は電解槽内においても隔膜により酸素側、水素側に隔てられている。電解液は直流電流により電解され、電解液の一部から陰極側で水素ガス、陽極側で酸素ガスが発生する。 水素ガスおよび電解液、酸素ガスおよび電解液はそれぞれ気液分離器でガスと液(電解液)に分離され、ガスは下流のプロセスに送られる。電解液は循環ポンプにより再度電解槽に送られる。 なお、水素発生装置により発生させた水素は、水素発生装置の下流で、脱湿器を経て圧縮機により圧縮され、貯蔵、利用される。酸素は大気中に安全に排気される。 2. 漏えいが発生した設備および箇所 漏えいが発生した設備は、水素発生装置の気液分離器(酸素側)であり、漏えい箇所は、気液分離器の下部にある窒素供給配管を接続するボルト締めフランジ継手であった(図 1、図 3 参照)。 窒素(N₂)供給ラインは、通常運転時には電解液で満たされており、二つの気液分離器間をつないで均圧にしている。長期間の運転停止時には、外部から窒素を供給し、装置内の水素、酸素を窒素置換する。 3. 漏えいが発生した時間および漏えい状況 建屋内の監視カメラ映像を確認した結果、電解液の漏えいは、5 月 11 日(土)20 時 26 分頃に発生していた。 電解液に溶存していた微量の酸素ガスが大気に漏えいし、電解液は防液堤内に滞留した(図 4 参照)。 4. ボルト締めフランジ継手の開放点検結果 漏えいが発生したボルト締めフランジ継手を開放し、点検した結果、次の 2 つを確	

認した。

- ① ボルト締めフランジ継手の締付け力は、ほとんどなかった。
- ② ガasketは、その一部が欠損していた。ただし、漏えい前から欠損していたか、漏えい時の系内外の圧力差により欠損したかは不明である。

5. 漏えいの原因

次の3つを、漏えいの原因とした。

- ① 水素側、酸素側各々の気液分離器間を接続する窒素供給配管は、運転中の熱膨張が考慮されていなかった。このため、配管固定箇所であるボルト締めフランジ継手に、過大な応力が作用した。
- ② ボルト締めフランジ継手に使用していたボルトは、上記①の過大な応力により降伏した。このため、ボルト締めフランジ継手の締結力が低下した。
- ③ ボルト締めフランジ継手に使用していたガスケットは、締付トルク管理値に対し、十分な許容締付面圧を有していなかった。このため、ガスケットの面圧超過になっていた。

6. 漏えいの覚知方法

装置内の液面低下を起点とするインターロックを備えていたが、装置の仕様上、電解によりガス化した相当量の純水が外部から追加供給される仕組みであり、漏えい中でも純水の供給が継続し、かつ漏えい速度が小さかったため、液面低下による漏えい検知はできなかった。

7. 行政への連絡

電解液(水酸化カリウム溶液)は劇物であり、本事業所は石油コンビナート等災害防止法の異常現象の通報義務があることから、異常現象である劇物の漏えい事象は、直ちに通報すべきであった。

設備所轄部門は、電解液は劇物であると認識していたが、その漏えいが、行政への連絡対象になるという理解が不足していた。また、漏えいが休日(日曜日)に発生したため、安全衛生所轄部門担当者への情報共有が翌営業日(月曜日)になった。このため、行政への連絡が、遅れた。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

1. ハード対策

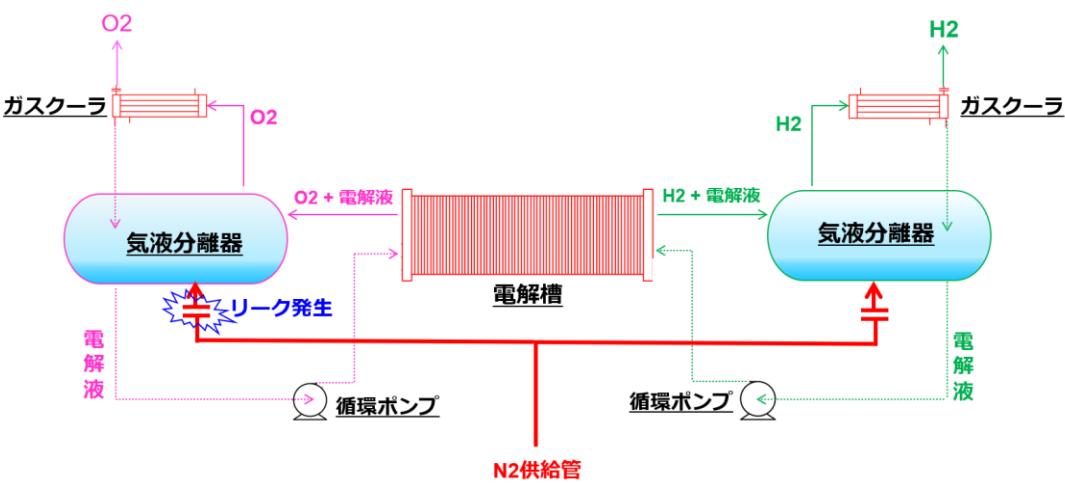
漏えいの原因を踏まえ、次の対策を実施した。

- ① 水素側、酸素側各々の気液分離器間を接続する窒素供給配管は、運転中の熱膨張を考慮し、ルート変更(U字逃がし)した(図5参照)。
- ② ボルト締めフランジ継手に使用していたボルトは、高強度ボルトに変更した。
- ③ ボルト締めフランジ継手に使用していたガスケットは、許容締付面圧が高いガスケットに変更した。
- ④ 水平展開で類似箇所(100箇所程度)を確認し、必要な箇所は、上記①～③と同様の変更を実施した。
- ⑤ 電解液の漏えい検知のため、既設の液面低下検知に加え、漏水検知センサーを防液堤内の低位置に新たに設置した。

2. ソフト対策

行政への連絡が事故発生の翌日になったことを踏まえ、次の対策を実施した。

- ① 事故発生時の通報について規定している防火管理要領を改訂し、毒物および劇物の漏えい事象は、石油コンビナート等災害防止法の異常現象として、行政への通報対象となることを明確にした。

② 防火管理要領の改訂およびその内容を、設備所轄部門内に周知した。
教訓(事故調査解析委員会作成) ① 高温で運転する配管は、熱膨張により熱応力を発生させる。配管設計では、熱膨張を十分に考慮し、必要な場合、熱応力を緩和する措置を講じることが重要である。 ② ボルト締めフランジ継手は、適切な締結力を設定し、管理する必要がある。ガスケットは、適切な締結力を設定するための重要な要素であり、適切に選定する必要がある。 ③ 異常の検知は、リスクアセスメントの結果を踏まえ、必要な場合は複数の検知手段を用いることが望ましい。また、各々の検知手段はどのようなシナリオに対して有効であるのか、その有効性を十分に検討することが重要である。 ④ 水電解装置は、その型式、仕様などにより、関係法令および所管行政が複数となり得る。行政はその整理をし、周知すること、メーカおよびユーザはそれを理解し、遵守することが重要である。 ⑤ 水電解装置は、2023 年 6 月に改正された水素基本戦略で導入目標が掲げられており、今後の普及拡大が見込まれる。その安全な普及拡大のため、事故、トラブルなどの情報を、関係者(メーカ、ユーザ、行政など)が速やかに共有し、活用することが重要である。
事業所の事故調査委員会 社内関係者の定例会議(複数の会議体)、水素発生装置メーカとの定例会議などで、複数回にわたり議題に挙げ、事故発生原因を特定し、再発防止対策を決定した。
備考 —
キーワード 支燃性ガス、酸素、水素発生装置、水電解(アルカリ型)、気液分離器、配管、ボルト締めフランジ継手、漏えい
関係図面(特記事項以外は事業所提供)  図 1 水素発生装置の概要

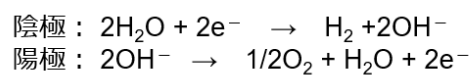
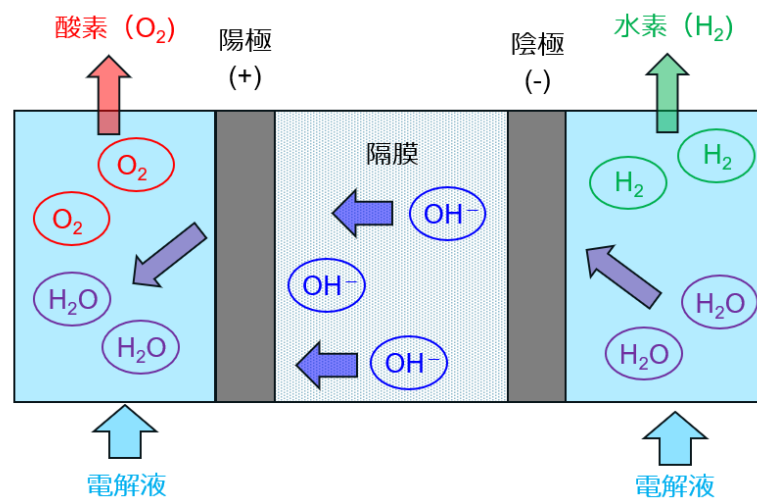


図 2 水電解(アルカリ型)の概要



図 3 漏えいが発生した気液分離器のボルト締めフランジ継手



図 4 防液堤内に滞留した電解液

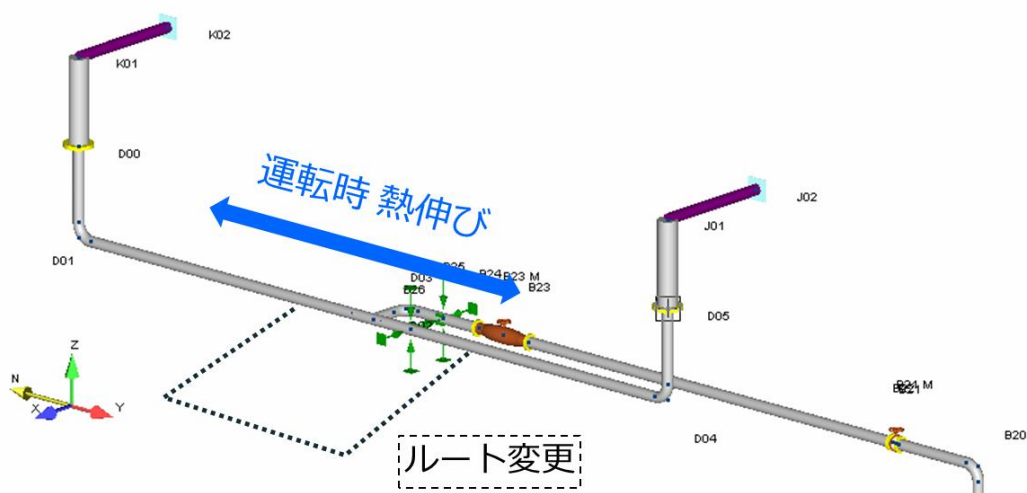


図 5 配管ルートの変更