

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2023-434	事故の呼称 圧縮水素製造施設脱湿塔における水素着火事故		
事故発生日時 2023年8月22日(火) 14時44分	事故発生場所 兵庫県 尼崎市	事故発生事象 1次)漏えい② 2次)火災	事故発生原因 主)締結管理不良 副)
施設名称 圧縮水素製造施設	機器 脱湿塔	材質 本体フランジ SFVC2A 閉止フランジ SFVC2A ボルト SNB7	概略の寸法 外径 665mm PCD 595mm 内径 325.4mm
ガスの種類および名称 可燃性ガス(水素)	高圧ガス製造能力 466,835.5 m <sup>3</sup> /日(事業所) 41,346.3 m <sup>3</sup> /日(施設)	常用圧力 19.6MPa	常用温度 300°C
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>圧縮水素製造施設において、定常運転中、脱湿塔のボルト締めフランジ継手から可燃性ガス(水素)が漏えいし、燃焼した。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>8月22日(火)</p> <p>13時15分 製造部門は、圧縮水素を長尺容器に充填する作業を開始した。</p> <p>14時44分 圧縮水素製造施設で、爆発音が発生した。 保安係員は、脱湿塔上部の保温外装板に、火炎を確認した。 保安係員は、圧縮機の緊急停止操作をした。 圧縮機の緊急停止操作に伴い、構内放送が発報した。 保安係員は、精製装置のバルブの閉操作をした。 消防班は、構内放送を受け、消火応援出動して、散水冷却放水をした。</p> <p>14時50分 保安係員は、脱湿塔上部の保温外装板に、火炎がないことを確認した。</p> <p>16時27分 保安統括者は、兵庫県に報告した。</p> <p>16時41分 保安統括者は、公設消防に報告した。</p> <p>18時26分 保安統括者は、兵庫県から、次の連絡を受けた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高圧ガス保安法の事故として、届け出る必要がある。</li> <li>・ 圧縮水素製造施設は、脱湿塔の気密試験を実施し、漏えいがないことを確認すれば、使用を再開してよい。</li> </ul> <p>8月23日(水)</p> <p>20時30分 製造部門は、脱湿塔のボルト締めフランジ継手を増し締めし、気密試験を実施して、漏えいがないことを確認した。</p> <p>20時44分 製造部門は、圧縮水素製造施設の運転を再開した。</p>			

## 事故発生原因の詳細

### (1) 事業所および圧縮水素製造施設の概要

この事業所では、圧縮水素を製造し、容器(長尺容器、カードルを含む)に充填して、出荷している。

圧縮水素製造施設は、連続運転をしている。その製造工程の概要は、次のとおりである(図1参照)。

- ① 事業所に隣接する別事業者から、塩化ナトリウム水溶液の電気分解の副産物である低圧の水素ガスを受入れ、水素ホルダーに貯蔵する。
- ② 上記①で必要な水素ガスが確保できない場合は、水素発生装置で低圧の水素ガスを製造する。
- ③ 上記①と②の低圧の水素ガス(水分含有)を圧縮機で昇圧した後、精製装置(セパレータ、脱酸塔、脱湿塔など)で不純物を除去する。
- ④ 精製した圧縮水素を容器(長尺容器、カードルを含む)に充填して、出荷する。

### (2) 漏えいが発生した設備

漏えいが発生した設備は、圧縮水素製造施設の精製装置にある脱湿塔 A である(図1参照)。

脱湿塔は、圧縮水素が含有する水分を除去するため、その内部に活性炭、モレキュラーシーブを充填している。通常運転の温度は、10℃以下である。しかし、活性炭、モレキュラーシーブの性能を維持するため、定期的に、再生運転を行う。再生運転の温度は230℃であり、通常運転と比して高温となる。

### (3) 漏えいが発生した箇所

漏えいが発生した箇所は、本体フランジと閉止フランジのボルト締めフランジ継手である(図2参照)。このボルト締めフランジ継手には、エネルギー損失の減少と作業員の火傷防止を目的として、保温材を設置していた。また、含水による保温材の性能低下を防ぐため、雨水浸入の防止を目的として、外装板を設置していた。

### (4) 漏えいの原因(推定)

再生運転の高温より、脱湿塔のボルト締めフランジ継手の締結力が低下し、圧縮水素が漏えいした。再生運転で高温となるボルト締めフランジ継手に設置された保温材は、その高温を保持する機能により、締結力低下の一因となった。

### (5) 火災の原因(推定)

脱湿塔のボルト締めフランジ継手から漏えいした圧縮水素は、保温外装板の内部に滞留し、爆発性雰囲気を生じた。そこに、誘導雷または静電気放電があり、燃烧した。なお、着火源は消去法により推定した。誘導雷は、事故発生の直前に事業所周辺の天候が急変し、雷雨が発生していたため、消去できなかった。

## 事業所側で講じた対策(再発防止対策)

### (1) 締結管理

定期自主検査(1回/年)では、脱湿塔上部の保温材を外し、ボルト締めフランジ継手の増し締めを、打撃スパナとハンマを用いて、打撃により行う\*。

### (2) ガス漏えい検知

ガス漏えい検知警報設備の検知部(吸引式)を新たに設置し、脱湿塔上部の保温外装板の内部(上面付近)に捕集口を設けた(図3参照)。

### (3) 滞留しない構造

脱湿塔上部の保温外装板の側面上部には、通気口(1/4B)を設けていたが、上面にも通気口(1/2B)を増設した(図4参照)。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ① ボルト締結は、ねじ山の斜面の原理を適用している。坂道を上るには押す力が必要であるが、下るには力は必要としない。締結は必ず緩み、環境(温度変化、振動など)が緩みを促進する。締結には緩むことを前提とした管理が必要である。締結の維持管理では、適切な点検周期を設定し、緩みがないことを確認する。しかし、現状は、緩んだ後の漏えいを検出し、増し締めで対処している。締結の維持管理には不確かさがあり、ハザードとなる。
- ② 保温材は、保温によるエネルギー損失の低減と作業者の火傷防止という機能がある。一方で、高温になるボルト締めフランジ継手に保温材を設置すると、ボルトが伸び、締結力が低下して漏えいに至る場合がある。すなわち、保温材はその機能に不確かさがあり、ハザードとなる。保温材を設置する場合は、リスクアセスメントを実施し、適切な箇所に設置が重要である。そのうえで、高温になるボルト締めフランジ継手に設置した場合は、適切な締結管理が必要である。
- ③ 水素は、空気中の爆発範囲が広く、最小発火エネルギーも低いため、滞留しない構造が重要である。そのうえで、水素の滞留の可能性を否定できない場合は、着火を防止する安全対策の検討が必要である。
- ④ 高圧ガス事故(疑いを含む)が発生した場合は、直ちに、関係行政機関へ通報する必要がある。

事業所の事故調査委員会

製造部門は、トラブル報告書(事故発生原因の分析、再発防止対策などを含む)を作成した。事業所内の関係部門は、これを確認、承認して、情報共有をした。また、本社に提出し、他事業所への情報共有をした。

備考

※ 打撃による増し締め

ボルト締めフランジ継手の増し締めを、打撃スパナとハンマを用いて打撃により行った結果、漏えい事故に至った事例がある。フランジ継手は、強く締め過ぎないようにする必要がある。フランジ継手は強く締めれば、締めるほど安全と考えるのは間違いである。

<2021-201 連続触媒再生改質装置第一反応塔入口フランジ部からの火災 [https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/jikogaiyouhoukoku/04\\_2021-201.pdf](https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/jikogaiyouhoukoku/04_2021-201.pdf)>

キーワード

可燃性ガス、水素、漏えい、火災、塔、ボルト締めフランジ継手、締結管理、保温材、誘導雷、静電気、滞留

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

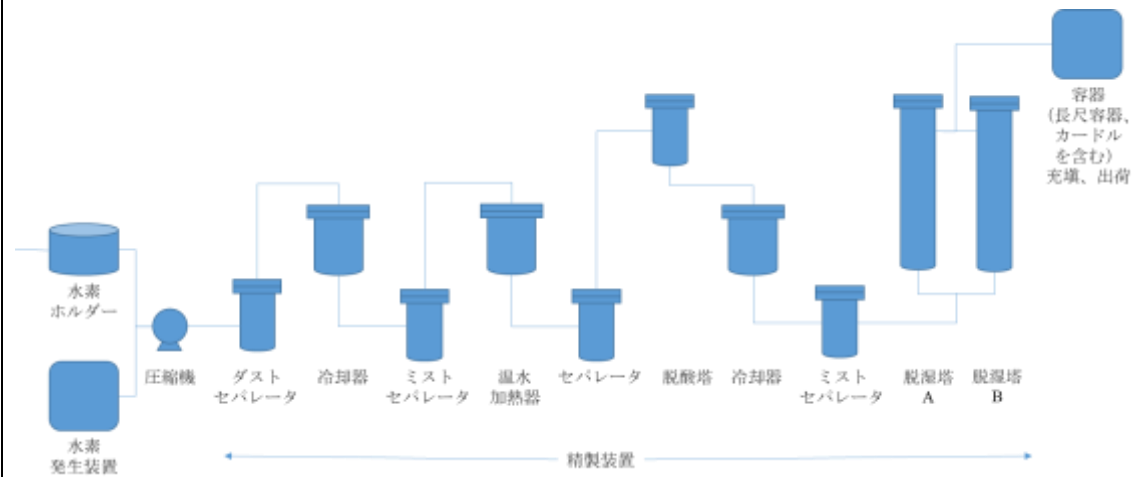


図1 圧縮水素製造施設の製造工程の概要  
(KHK 作成)



図2 漏えいが発生した脱湿塔 A のボルト締めフランジ継手  
(保温外装板と保温材を取り外した状態)

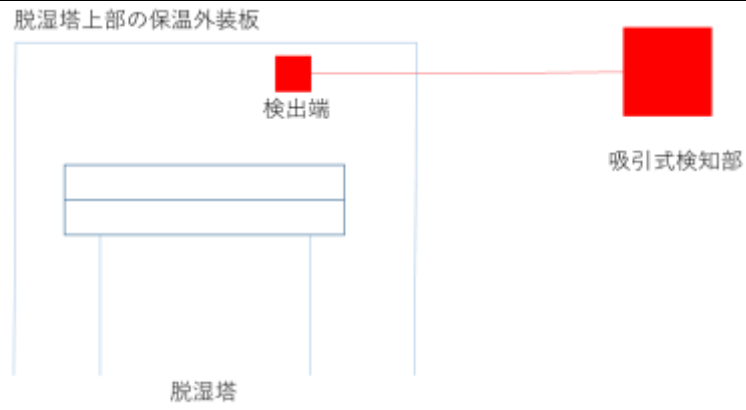


図 3 脱湿塔上部の保温外装板の内部のガス漏えい検知  
(KHK 作成)

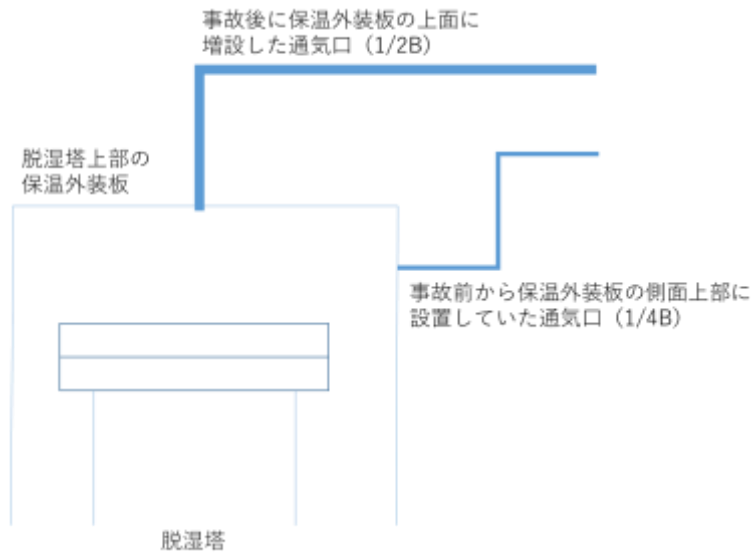


図 4 脱湿塔上部の保温外装板に設けた通気口  
(KHK 作成)