

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2017-037, 2017-094, 2017-119		事故の呼称 圧縮水素スタンドディスペンサーからの水素漏えい	
発生日時 2017年1月19日(木) 19時53分	事故発生 場所 愛知県 豊田市	事故発生事象 1次)噴出・漏えい①	事故発生原因 主)設計不良
2017年3月24日(金) 8時58分		1次)噴出・漏えい①	主)設計不良
2017年4月14日(金) 16時35分		1次)噴出・漏えい①	主)設計不良
施設名称 圧縮水素スタンド	機器 充填ホース(フレキシブルホース)	材質 最内層(熱可塑性樹脂)	概略の寸法 内径 8mm
ガスの種類および名称 水素	高圧ガス製造能力 34005.3 m ³ /日	常用圧力 82MPa	常用温度 -40~40℃
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害:なし 物的被害:なし			
<p>事故の概要</p> <p>【2017年1月19日(木)】 車両に水素を充填中に、運転員が漏洩音に気づき設備を停止。その時は漏洩箇所を特定できなかったが、再度充填を開始したところ再び漏洩。水素検知器(ハンディ)で漏えいを検知。また、ガス漏えい検知警報設備も警報。 以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>19:43 頃 車両に水素の充填を開始した後、運転員が充填ホース付近で異音(シューという音)に気づき非常停止。水素検知器(ハンディ)で確認したが検知できず。</p> <p>19:53 頃 設備を復旧し、再度充填したところ異音があり。改めて水素検知器(ハンディ)で確認したところ反応があり(5,000ppm)。その後ディスペンサーのガス漏えい検知警報設備も発報(2,000ppm)。</p> <p>噴出・漏えいの程度:微量以外(数値の記載なし)</p> <p>【2017年3月24日(金)】 車両に水素を充填中に、運転員が漏洩音に気づき、水素検知器(ハンディ)で漏えいを検知したため、設備を非常停止。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>8:58 頃 車両に水素の充填を開始した後、運転員が充填ホース付近で異音(シューという音)に気づき水素検知器(ハンディ)で確認したところ反応があり(1,200ppm)。そのため非常停止をかけ設備を停止。</p> <p>10:15 頃 メーカーが点検し、漏れ部位を特定。</p> <p>噴出・漏えいの程度:微量以外(数値の記載なし)</p> <p>【2017年4月14日(金)】 車両に水素を充填中に、ディスペンサーのガス漏えい検知警報器が漏えいを検知</p>			

し、設備を自動停止。

その後の自動気密試験により、緊急離脱カプラとディスペンサー本体の間の充填ホースが破断していたことが判明。

以下、事故の概要を時系列で記す。

- 16:35 車両に水素の充填を開始した後、ディスペンサーのガス漏えい検知警報設備が漏えいを検知し(HH 65.2%LFL = 26,080ppm)、設備を異常停止。
- 17:15 自動気密試験を実施したところ、ディスペンサーのガス漏えい検知警報設備が漏えいを検知し(2,000ppm)、設備を非常停止。
- 18:45 メーカーがスヌープ発泡試験(圧力 1MPa)を実施し、漏れ箇所詳細調査を実施し、充填ホース(H401)上方から 300mm の位置に発泡を確認。
- 20:30 メーカーが工事を開始(フィルター(F401 及び F402)の開放点検、ディスペンサーホースの交換)。
- 0:40 メーカーが工事を完了し、自動気密試験を実施。

噴出・漏えいの程度:微量以外(数値の記載なし)

事故発生原因の詳細

【2017年1月19日(木)】

- 充填ホース最内層の内表面に微小な異物が衝突しきずをつけ、これが起点となりホースのき裂が進展して破断。
- 充填ホース最内層の破断面の調査から、充填時の加圧、脱圧の繰り返しによりき裂が進展する様子がうかがえ、縞の数から取替え後の早い段階で異物が衝突した模様。
- 衝突痕跡のサイズが 10 μ m 程度であり、直近上流のフィルター目が 10 μ m であることから、異物の起源はフィルターより上流ではなく、次のいずれかと推定されたが、特定できず。
 - ① メーカーの工場出荷時からホース内に存在
 - ② 現地組付け時に混入
 - ③ ディスペンサー内に存在

【2017年3月24日(金)】

- 前回(平成29年1月19日)の事故と類似の現象のため、充填ホース最内層の内表面における異物の衝突に起因する破損と推察。

【2017年4月14日(金)】

- 充填ホース最内層の破断面の電子顕微鏡観察により、起点部にも金属片の存在が明らかになり、元素分析からステンレス鋼であることが判明。
- 金属片が飛来し、充填ホース最内層の内表面に衝突しきずをつけ、これが破断の起点となり、圧力変動による繰返し荷重でき裂が進展したと推察。
- ディスペンサー入口側のフィルター(F401)を開放点検したところ、フィルター1次側に金属片を確認。元素分析からステンレス鋼と想定。
- ホースより上流部分から原因となるステンレス鋼が飛来していると想定(2017年1月19日(木)時点での想定と異なる。)

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

【2017年1月19日(木)】

(現地組付け前の対策)

- 充填ホース製造時は、各工程でエアブローによる異物除去(フラッシング)及び白ウエスを用いて異物がないことの確認を実施。
- 充填ホース出荷前は、内視鏡検査を全数実施し、異物がないことを確認。
- 充填ホース出荷時は、その両端にゴムキャップを取付け、ビニールによる養生を実施。

(現地組付け時の対策)

- 充填ホースの窒素置換作業時、充填ホースの取付け時及びディスペンサー筐体の隔壁継手接続時は、窒素ガス(1.5MPa)による異物除去(フラッシング)及び白ウエスを用いて異物がないことの確認を実施。
- 充填ホースの取付け後は、脱圧ラインを開放し(脱圧弁 PV402「開」)、窒素ガス(1.5MPa)による異物除去(フラッシング)を実施。

(その他の対策)

- 充填ホース交換頻度の再検討を実施。
- 異物衝突を想定した強度をもつ又は異物混入を確実に防止できる充填ホースの開発と導入の検討。

【2017年3月24日(金)】

- 充填ホースを新品と取替え実施。
- 交換推奨回数の多い型式への変更検討(HG70 270回→HG82 650回)
- 窒素ガスによる異物除去(フラッシング)を再実施

【2017年4月14日(金)】

- 異物発生個所及び侵入径路の特定の継続実施。
- 交換推奨回数の多い型式の充填ホースに変更(5/1実施)。
(5月以降 充填ホースメーカー変更検討、A社製→B社製、
交換推奨回数、A社製 270回→B社製 1000回へ、交換は 7/8実施)
- 充填ホースの最内層の破断面の解析結果から推定した最終破断に至るまでの繰返し荷重の回数を考慮し、充填回数 100回以下で充填ホースを新品と交換(暫定処置)。
- フィルター目を 10 μ m から 2 μ m に変更を検討(交換は 6/30実施)。

【 充填ホースメーカーでの対策状況 】

実際のスタンドを模擬した充填ホースの繰返し負荷試験では、最内層の内表面に飛来物の衝突が無い状態でき裂が発生し、貫通することを確認した。これは、最内層に侵入水素が減圧時にブリスタを生成し、これが起点となってき裂が進展したと想定される。また、疲労の進展には、周方向の歪みが影響していることが想定される。そのため、最内層への水素の侵入を抑制する材料の開発と周方向の歪みを抑制する充填ホースの構造の開発が必要である。

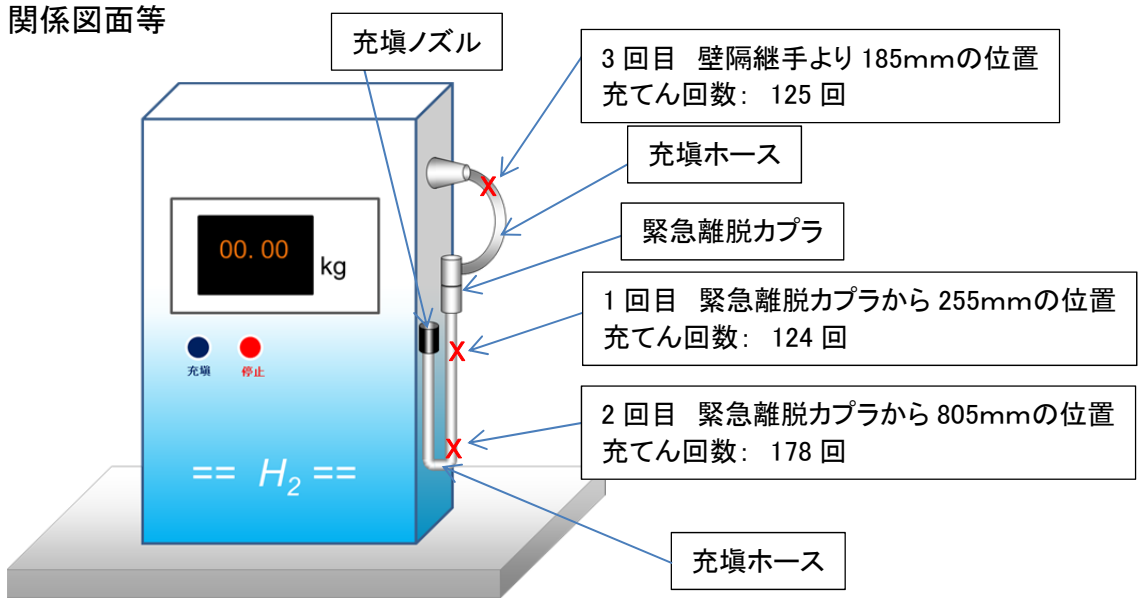
今回の漏えいでは、飛来物(異物)が充填ホース内面に衝突し、その際に生じたきずが起点となって、充填ホースメーカーが想定していた充填(繰返し負荷)回数よりも早い段階でき裂が進展して貫通したと推定される。

1) 水素が侵入しにくく表面にきずが付きにくい材料の開発

低温状態(ホース表面温度で-30℃程度)で急な加圧、減圧を伴う高圧の水素環境では、加圧時に最内層の熱可塑性樹脂へ侵入した水素により減圧時にブリスタが生じこれが起点となって、き裂が進展して疲労破壊する。また、最内層に何らかの原因できずが生じた場合は、これが起点となって疲労破壊する。そのため、最内層に使用している熱可塑性樹脂に比べ、水素の侵入を抑制しつつきずが生じにくい材料を最

<p>内層に積層した材料を開発中である。</p> <p>2) 最内層の疲労破壊を抑制し、耐圧、耐久性を満足する補強層構造の開発 最内層の疲労破壊には周方向の歪が影響するため、補強層の特殊高強度繊維の編組角度を上げることにより充填ホース内層の周方向の歪を低減する必要がある。しかし、補強層の特殊高強度繊維の編組角度を上げると充填ホースの耐圧、耐久性能が低下するため、これまでの特殊高強度繊維の補強層に加えて鋼線の補強層の追加が必要である。特殊高強度繊維と鋼線の補強層で負荷を分散して、耐圧、耐久性能を損なうことなく充填ホース周方向の歪を低減する構造を開発中である。</p> <p>なお、今回漏えいが生じた事業所では、A社製の充填ホースから、B社製の充填ホースへ変更している。また、A社製の充填ホースを現時点で使用している水素ステーションに対しては、水素ステーション設置事業者から充填ホースの管理方法について周知徹底して、再発防止に努めている。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>【根本的な教訓】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 充填ホース開発時の「水素インパルス試験」により検証された加圧、減圧サイクル回数と実際に水素ステーションで漏えいに至るまでの充填回数の相関が明確ではなく、充填ホースメーカーが推奨する充填回数未満で、充填ホースの最内層にき裂が生じ漏えいに至っている。充填ホースメーカーは水素ステーションにおける使用済みホースの調査、分析を継続して行い、き裂に至るメカニズムを解明し、開発時の試験方法を再検討しなければならない。 <p>【開発における教訓】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 充填ホースの最内層に使用する高分子材料の開発では、き裂の起点となるブリスタの発生を抑制できたのか。 ・ 充填ホースの周方向の歪みを低減するために、補強層の構造は適正であったのか。 <p>【設置時、ホース交換時の教訓】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 低温、高圧の水素が通る充填ホースは、流路内に残されたわずかな金属粉の衝突によりき裂が生じ、その後の脱圧、昇圧のサイクルでき裂が進展して貫通する可能性がある。充填ホースの設置時、交換時は、流路内を窒素パージするなど、流路内の金属粉の残留に注意することが重要である。
<p>事業所の事故調査委員会 なし</p>
<p>備考 類似事故の事故概要報告 2014-182 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</p>
<p>キーワード 水素スタンド、水素、ディスペンサー、充填ホース、熱可塑性樹脂、低温高圧、漏えい、疲労、異物衝突</p>

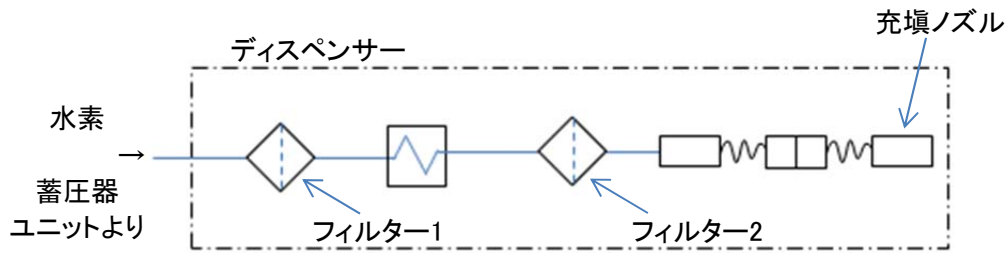
関係図面等



ディスペンサー漏えい場所の概要(ホースは都度交換している)
(※ ヒアリングを元にKHKで作図)

<p>傷長さ 2.3mm</p> <p>図 チューブ内き裂部表面 き裂起点</p> <p>陥没の痕跡あり。抽排用粉末原料以外の元素は検出されなかった</p>	<p>き裂部表面(傷長さ 4.4mm)</p> <p>図: き裂部表面 (図中点線内拡大)</p> <p>500 μm</p> <p>内面</p> <p>外面</p> <p>アルミニウム成分が検出された</p>
<p>傷長さ 2.5mm</p> <p>図: き裂部表面 (図中点線内拡大)</p> <p>100 μm</p> <p>内面</p> <p>外面</p> <p>Fe, Ni, Cr検出</p> <p>異物の痕跡あり</p>	<p>ディスペンサー側(A) 2.5mm</p> <p>離脱カプラ側(B)</p> <p>2回目調査品結果 4.4mm</p> <p>1回目調査品結果 2.3mm</p> <p>き裂の様子 (多層構造の最内層のホース)</p>

ディスペンサー内のフィルター点検状況(概略)



フィルター1	フィルター2
分解点検	分解点検
4/14 漏えい発生時実施 → 多数の SUS 系の異物あり	4/14 漏えい発生時実施 → SUS系の異物有り
4/30 内部点検実施 → SUS系の異物なし	4/30 内部点検実施 → SUS系の異物無し
6/18 エレメント交換 → SUS系の異物なし	ろ過精度の変更 10 μ m → 2 μ m 6/30 エレメント交換 → SUS系の異物なし

ディスペンサー内のフィルター配置概略図

(※ ヒアリングを元にKHKで作図)

