

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2019-378	事故の呼称 FC フォークリフト水素充填時の充填ホース破損		
事故発生日時 2019年9月12日(金) 9時51分	事故発生場所 神奈川県 川崎市	事故発生事象 1次)破裂・破損(破裂) 2次)	事故発生原因 主)設計不良
施設名称 移動式製造設備	機器 フレキシブルホース	材質 樹脂	概略の寸法 内径 9.8mm×外径 16.6mm、 長さ 5,000mm
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 0 m ³ /日(減圧弁のみ)	常用圧力 35MPa	常用温度 5°C~35°C
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害:なし 物的被害:100万円			
<p>事故の概要</p> <p>移動式製造設備(以下「充填車」という。)から燃料電池フォークリフト(以下「FC フォークリフト」という。)へ水素を充填中に発生した事故で、大きな音とともに充填ホースが破損し、水素が漏えいした。漏えい量は、充填ホース内の水素 0.14m³であった。事故により充填ホース、カップリングおよび FC フォークリフトの充填口に破損が生じた(図 1 参照)。なお、破損した充填ホースは充填回数が 2,334 回、使用期間は 2016 年 12 月から 2019 年 9 月までの約 3 年(2018 年 12 月から 2019 年 6 月までの運用休止期間含む。)であった。</p> <p>充填ホースメーカーによる調査の結果、充填ホースの破損部以外の外面にも折れ曲がり(キンク)によるしわと擦過傷が認められた(図 2 参照)。さらに、破損部を詳細に観察したところ、内面チューブが円周方向に破断していることが認められた。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>9月12日(金)</p> <p>9時41分 1台目のFCフォークリフトに充填を開始した。</p> <p>9時45分 1台目のFCフォークリフトの充填が終了した。</p> <p>9時49分 2台目のFCフォークリフトに充填を開始した。</p> <p>9時51分 大きな破裂音とともに充填ホースが破裂し、過流防止弁が作動した。 作業員が操作パネルで非常停止ボタンを押した。</p>			
<p>事故発生原因の詳細</p> <p>① 充填ホースは内面チューブ(樹脂)、補強層(高強度繊維)、外面カバー(樹脂)に外装スプリング(SUS)を装着した状態で、製品供給されている(図 3 参照)。</p> <p>② 外装スプリングの装着は、充填ホースの外面保護(周囲の物との干渉、ホースの引き摺りによる摩耗、踏みつけによる変形の防止)および帯電防止(補強層がワイヤでなく高強度繊維であるため通電性の確保)が目的である。</p> <p>③ 外装スプリングはホースアセンブリ自体の性能に関係しないため、耐久試験は外装スプリングを装着しない状態で実施している。</p> <p>④ 充填時におけるホース装着の際にホースのみを持って移動、着脱した場合にノズルの重みでキンクが生じ、充填ホースが折り曲げられ、また折り曲げが繰り返</p>			

<p>されたことにより、その箇所の強度が低下した。さらに、折り曲げられた箇所はホースが変形した状態のまま加圧され、圧力負荷が不均衡となり、補強層の破損に至った。</p> <p>⑤ 充填ホースにしわが生じていた箇所(図 2 A,B,C 参照)は、収納時に使用している充填車のフックと接触する位置であり、充填ホースの自重によりしわが生じていた。</p> <p>⑥ 充填ホースに擦過傷が生じていた箇所(図 2 D,E 参照)は、走行中の振動で充填ホースが収納扉、バルブ、計器類などと接触していた。</p>
<p>事業所側で講じた対策(再発防止対策)</p> <p>① 最小曲げ半径以下とならないことの再確認および充填ホース接続時における操作性を考慮した配置に変更した。</p> <p>② 充填ホース収納時に使用しているフックの形状を充填ホースの曲がりに沿わせることで、収納時の充填ホースにしわが生じないように変更した。</p> <p>③ 走行中の振動による充填ホースの損傷を防止するため、緩衝材と振動止めバンドを充填車に取り付けた。</p> <p>④ 使用前に充填ホースを目視点検し、損傷が認められた充填ホースは使用禁止とした。</p> <p>⑤ 充填ホースの交換を充填回数 2,000 回または充填ホースの使用開始日から 2 年のいずれか早い時期と規定した。</p> <p>⑥ 充填ホースメーカーの点検を、6 ヶ月ごとに実施する。</p>
<p>教訓(事故調査解析委員会作成)</p> <p>(1) この事故の分類は破裂である。圧縮水素の充填ホースの場合に、破裂前漏えい(LBB: Leak Before Burst)が成立しない事例を経験した。</p> <p>(2) この事故の原因は、充填ホースのキンクによる補強層の破壊と特定されている。充填ホースのキンクについて、下記の 3 点を明確に示し、充填ホースのメーカーとユーザが認識を共有する必要がある。</p> <p>① 充填ホースのキンクの定義(事象と程度)</p> <p>② キンクが補強層の破壊に至るメカニズム</p> <p>③ 設計と操作におけるキンクの防止対策</p> <p>(3) 充填ホースは、消耗品である。充填ホースの交換基準と点検方法を規定し、規定を順守する。</p>
<p>事業所の事故調査委員会</p> <p>—</p>
<p>備考</p> <p>—</p>
<p>キーワード</p> <p>フォークリフト、キンク、水素、漏えい、破裂、充填ホース、最小曲げ半径</p>

関係図面(特記事項以外は事業所提供)



図 1 充填ホース破損の状況

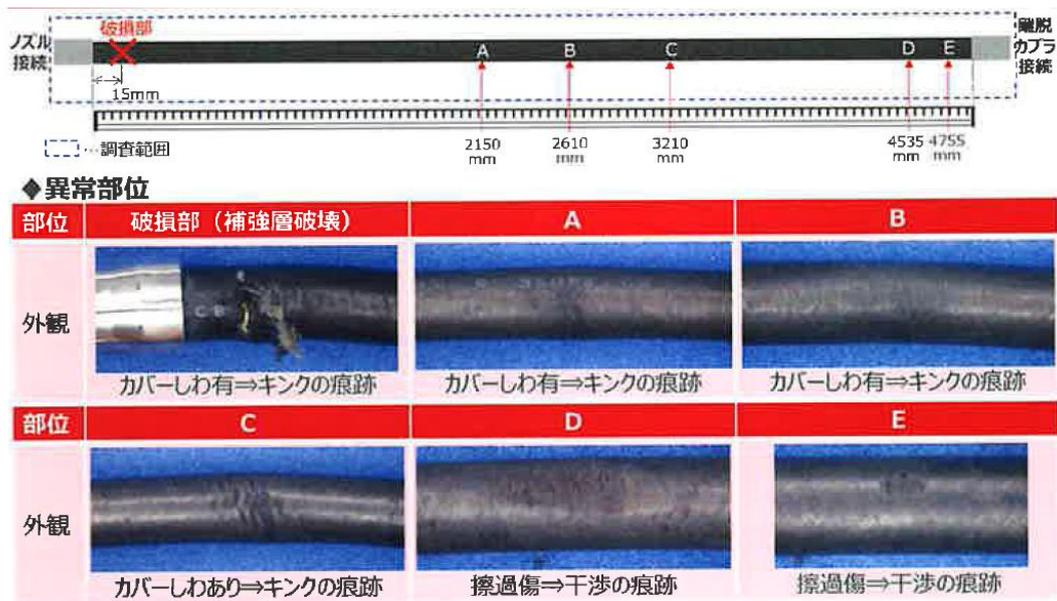


図 2 充填ホースメーカーの調査結果

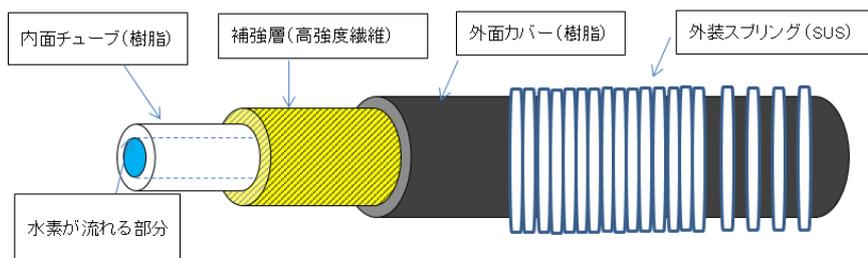


図 3 ホースの構造(KHK 作成)