

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2018-660、661	事故の呼称 圧縮水素スタンドの圧縮機からの水素漏えい		
事故発生日時 2018年10月24日(水) 14時29分	事故発生場所 愛知県 名古屋市	事故発生事象 1次)漏えい① 2次)	事故発生原因 主)設計不良 副)
2018年10月31日(水) 15時32分		1次)漏えい① 2次)	主)シール管理不良 副)
施設名称 圧縮水素スタンド	機器 圧縮機	材質 Oリング フッ素ゴム系	概略の寸法 3段シリンダヘッドのOリング G60 5段シリンダヘッドのOリング P36
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 7,896 m <sup>3</sup> /日	常用圧力 3段 24.1MPa 5段 82MPa	常用温度 3段 180℃ 5段 160℃
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>圧縮水素スタンドで、燃料電池自動車(以下「FCV」という。)に水素を充填した後、蓄圧器の圧力が下がったため、圧縮機が自動運転を開始したところ、圧縮機の5段シリンダヘッド(10/24)および3段シリンダヘッド(10/31)から水素が漏えいした。原因は、圧力脈動によるOリングのねじれ(10/24)、耐用稼働時間を超えた使用によるOリングの傷(10/31)による水素の漏えいの可能性がある。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>【2018-660】 10月24日(水) 14時27分頃 FCVに、水素の充填を開始した。 14時28分頃 FCVに、水素の充填を終了した。 14時29分 蓄圧器の圧力が下がったため、圧縮機が自動運転を開始した。 圧縮機パッケージ内に設置されたガス漏えい検知警報設備(警報設定値100ppm)が、水素の漏えいを検知(169ppm)して、発報した。 速やかに、営業を停止した。</p> <p>10月25日(木) 圧縮機メーカーとともに、ポータブル検知器を用いて漏えい個所の特定作業を行ったところ、圧縮機の5段シリンダヘッドから水素の漏えいを確認した。</p> <p>【2018-661】 10月31日(水) 15時11分頃 FCVに、水素の充填を開始した。 15時13分頃 FCVに、水素の充填を終了した。 15時28分頃 蓄圧器の圧力が下がったため、圧縮機が自動運転を開始した。 15時32分 圧縮機パッケージ内に設置されたガス漏えい検知警報設備(警報設定値100ppm)が、水素の漏えいを検知(128ppm)して、発報した。 速やかに、営業を停止した。</p>			

11月1日(木)

圧縮機メーカーとともに、ポータブル検知器を用いて漏えい個所の特定作業を行ったところ、圧縮機の3段シリンダヘッドから水素の漏えいを確認した。

#### 事故発生原因の詳細

##### 【共通の前提】

当該圧縮水素スタンドは、2016年2月上旬に完成検査を受け、同年4月下旬から運用を開始している。

当該圧縮機は、多段式(5段)の往復動式圧縮機である。2016年2月上旬に完成検査を受け、試運転を行っている。その後、同年4月下旬の運用開始から継続して使用されている。ただし、2017年12月に5段シリンダヘッドから水素が漏えいする事故が起き、5段シリンダヘッドのOリングはそのときに交換している。2018年10月に漏えいが発生した圧縮機の3段と5段の主なスペック、使用状況などを、表1に示す。

表1 圧縮機の主なスペック、使用状況など

	3段	5段
吸入圧力、吐出圧力※	8.83MPa、24.1MPa	45MPa、82MPa
完成検査後のOリング交換の有無 (ありの場合、その時期)	なし	あり (2017年12月)
完成検査後またはOリング交換後の稼働時間	およそ500時間 (～2018年10月31日)	およそ270時間 (～2017年12月) およそ225時間 (～2018年10月24日)

※ 圧縮機の常用圧力

圧縮機メーカーは、圧縮機の試運転完了後から3年または稼働時間1,000時間で圧縮機の分解点検・整備のための開放を行うことを推奨していた。

圧縮水素スタンドの運営事業者は、圧縮機メーカーの推奨を参考にして、圧縮機の分解点検・整備のための開放を行う計画を立てていた。圧縮機の分解点検・整備のための開放を行ったときは、Oリングを新品に交換することになっていた。

また、前述の2017年12月に発生した漏えい事故の応急対策として、ガス漏えい検知警報設備の検知レベルを高めて(警報設定値を1480ppmから100ppmに変更)、監視体制を強化し、微小な漏えいを検知した時点で対応できるようにしていた。

(参考)

一般高圧ガス保安規則関係例示基準では、ガス漏えい検知警報設備の警報設定値は、設置場所における周囲の雰囲気温度において、可燃性ガスにあつては爆発下限界の1/4以下の値とすることが求められている(ただし書きに該当する場合を除く)。そのため、上述した圧縮機パッケージ内に設置されたガス漏えい検知警報設備は、その警報設定値を10,000ppm以下の値としたとき、一般高圧ガス保安規則に定める技術的要件を満たすことになる。

【2018-660】

圧縮機メーカーが、5 段シリンダヘッドを取り外し、内部の O リングの状況を確認したところ、O リングにねじれがあった。ただし、割れと傷はなかった。O リングの状況を、図 1 に示す。なお、時間が経過すると O リングのねじれは、なくなった。

完成検査を受け、試運転を行ってからおよそ 2 年 9 か月、運用を開始してからおよそ 2 年 6 か月が経過していた。

また、前述のとおり 2017 年 12 月に O リングを交換しているが、圧縮機の稼働時間は、O リング交換後 225 時間であった。

O リングにねじれが発生した原因として、次が考えられる。

- 往復動式圧縮機の特長上、圧縮機の運転時には圧力脈動が発生する。その圧力脈動で O リングにねじれが発生した。なお、5 段の吸入常用圧力は 45MPa で、吐出常用圧力は 82MPa である。

【2018-661】

圧縮機メーカーが、3 段シリンダヘッドを取り外し、内部の O リングの状況を確認したところ、O リングの表面に傷があった。ただし、割れとねじれはなかった。O リングの状況を、図 2 に示す。

完成検査を受け、試運転を行ってからおよそ 2 年 9 か月、運用を開始してからおよそ 2 年 6 か月が経過していた。圧縮機の稼働時間は、500 時間を超えていた。なお、設置後に O リングを交換したことはなかった。

O リングの表面に傷があった原因として、次が考えられる。

- 消耗品である O リングを、稼働時間に応じた適切な周期で交換しなかったため、O リングの表面に傷が生じた。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

【2018-660】

圧縮機メーカーは、応急対策として、次を提案した。

- O リングを新品に交換する。
- 圧縮機の稼働時間を管理し、漏えいが生じた稼働時間よりも早い段階(200 時間)で、O リングを新品に交換する。

また、恒久対策として、次を検討した。

① O リングの材質、寸法の変更

より適切な O リングの採用を検討するため、材質の異なる他の高圧用 O リングを用いて試験を行った。また、同じ材質の寸法が異なる O リングを用いて試験を行った。いずれも恒久対策として有効といえる結果は、得られなかった。

② シリンダヘッドの構造の変更

O リングにねじれが発生した原因は、圧力脈動と考えられるため、シリンダヘッドの下にあるアダプタを分割し、シール構造を二重化とすること(O リングを 2 つ使用すること)を検討した。

5 段シリンダヘッドの構造(事故当時の構造と検討した構造)を、図 3 に示す。

シリンダに近い内側の O リングは、圧力脈動を抑えることを目的とした。

シリンダヘッドに近い外側の O リングは、気密構造を保持することを目的とした。

5 段シリンダヘッドの構造を変更した圧縮機で、水素ステーションを模擬した所内試験(圧縮機を連続して運転するのではなく、25 分毎に起動停止を繰り返す運転による試験)の結果、稼働時間が 650 時間を超えても漏えいが発生しなかった。

以上の検討結果から、②シリンダヘッドの構造の変更は、有効な対策といえる結果が得られたと判断し、恒久対策として提案した。

圧縮水素スタンドの運営事業者は、圧縮機メーカーの応急対策を受け入れた。また、恒久対策についても受け入れ、適切なタイミングで、5 段シリンダヘッドの構造を変更する予定とした。

【2018-661】

圧縮機メーカーは、応急対策として、O リングを新品に交換することを提案した。恒久対策として、圧縮機の分解点検・整備のための開放を行う(O リングを交換する)周期を見直し、設置から3 年または稼働時間 500 時間とする方向で検討を進めている。なお、5 段シリンダヘッドと同様に、構造変更を行う必要性についても検討したが、5 段シリンダヘッドとは、シリンダヘッドの構造、漏えいが発生するまでの圧縮機の稼働時間、O リングに生じている事象が異なるので、不要とする方向である。

圧縮水素スタンドの運営事業者は、圧縮機メーカーの応急対策を受け入れた。恒久対策は、圧縮機メーカーからの正式な提案を待って、対応を決定する予定である。

教訓(事故調査解析委員会作成)

- ① 圧縮水素スタンドでは、早期に漏えいを検知して、対応することが重要である。そのため、ガス漏えい検知警報設備を適切な場所に設置するとともに、必要に応じてポータブル検知器も活用するなどの監視体制を強化して、微小な漏えいを検知したときにも適切に対応することは重要である。
- ② 一方で、圧縮水素スタンドに設置されたガス漏えい検知警報設備の警報設定値は、事業者によって異なる実態がある。本件のように、監視体制を強化した結果、確認することができた微小な漏えいを、高圧ガス事故として扱うかどうかは、行政側がその運用を検討する余地がある。
- ③ 圧縮水素スタンドで使用されるシール材は、まだ開発途上である。そのことを認識したうえで、メーカーは設計、製作を、ユーザは運転、設備管理を行う必要がある。また、常に最新の情報を入手し、活用するように努める必要があり、特に事故と不具合の情報は、事故と不具合を経験した者に限らず、広く圧縮水素スタンドに関係する者で共有し、事故の未然防止に資することに活用する必要がある。
- ④ また、圧縮水素スタンドで発生する事故と不具合は、技術的に容易に解決できない原因を含むことが多い。そのため、すぐに恒久対策を立てられない場合もあり、かつ検討している恒久対策が有効であるかを検証するために時間を要する場合もある。そのため、恒久対策を立てるまでは、応急対策を行うとともに、メーカーとユーザが協力して、監視体制の強化などの現場で行える対応を行うことも重要である。

事業所の事故調査委員会

—

備考

—

キーワード

圧縮水素スタンド、圧縮機、シール材、O リング、水素、漏えい、漏えい検知

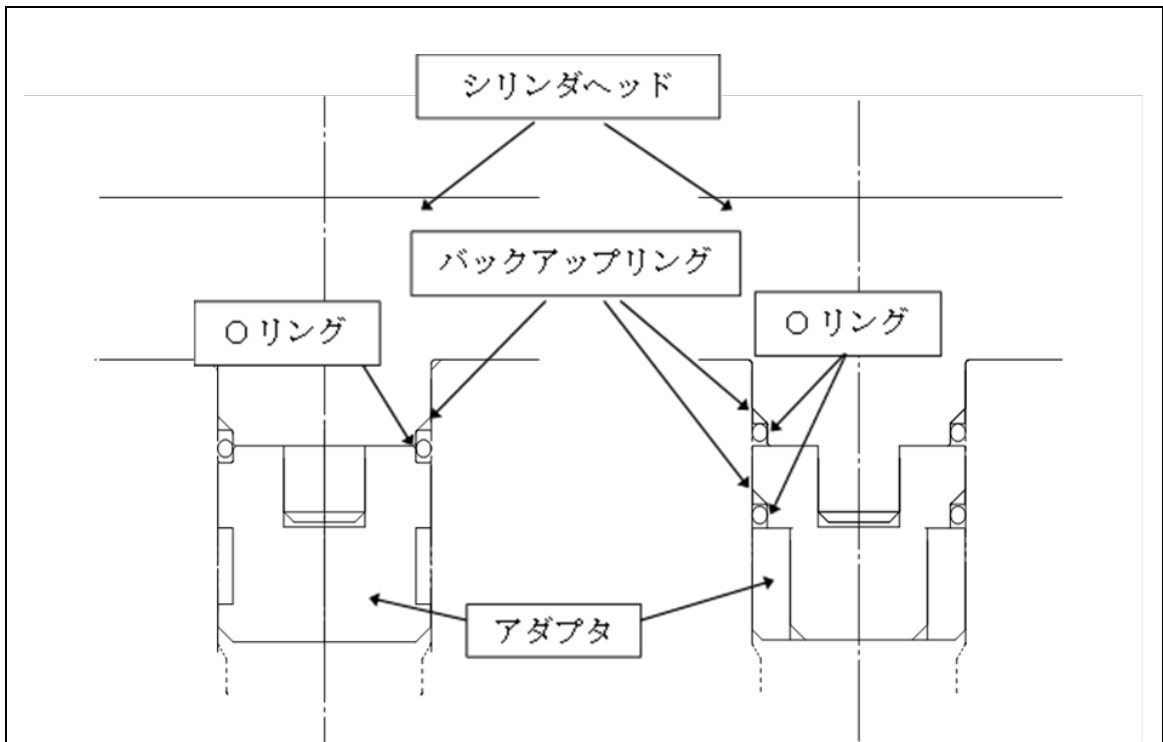
関係図面(特記事項以外は事業所提供)



図 1 5 段シリンダヘッドの O リングの状況



図 2 3 段シリンダヘッドの O リングの状況



事故当時の構造

検討した構造

図3 5段シリンダヘッドの構造

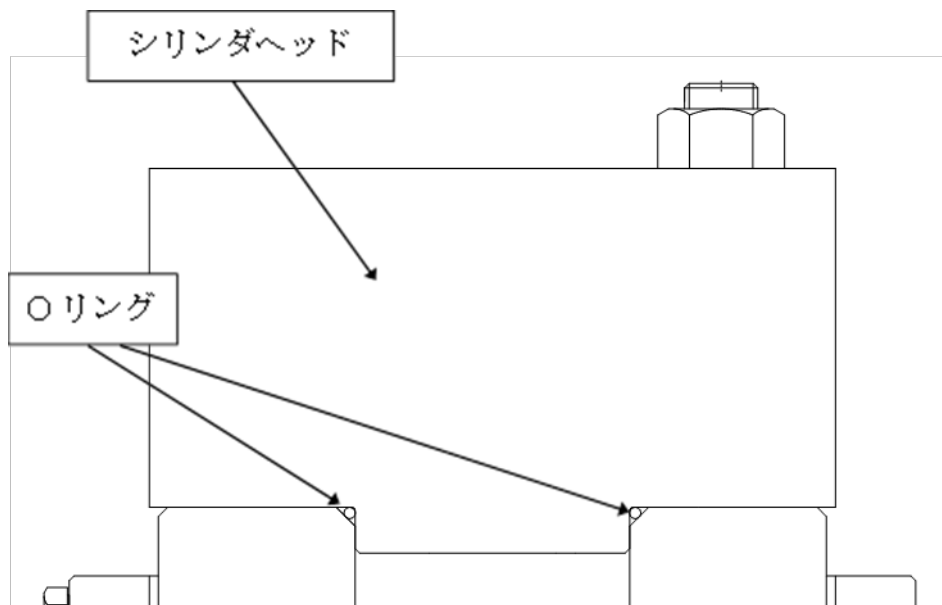


図4 3段シリンダヘッドの構造