

## 水素ステーション設備の常用圧上限の見直しについて

- ◇現在、水素ステーション設備の常用圧は、一般高圧ガス保安規則にて、上限を 82MPa に制約されている。
- ◇常用圧上限の引き上げは、水素ステーションの建設コスト・運営コストの低減に寄与するものと期待される。
- ◇実験データに基づく各種距離の検討、常用圧上限引き上げに伴うリスクの検討を行い、常用圧上限を 93MPa まで引き上げるに際し水素ステーションが対応すべき技術基準の改正案を策定した。
- ◇今後、経済産業省により、本検討結果を反映した省令・例示基準の改正が行われる見込みである。

### 1. はじめに

高圧の水素を取り扱う水素ステーション設備は高圧ガス保安法の規制下であり、一般高圧ガス保安規則(一般則)にて系内水素の圧力(常用圧)の上限は 82MPa に制約されている。しかし、国内の水素ステーションで使用されている大部分の機器(水素圧縮機、バルブ等)の設計圧力は 99MPa 程度であることから、これら機器には余力が十分にあり能力を

生かし切れていないといえる。そのため、水素ステーション運営事業者は、一般則に規定されている常用圧上限値を引き上げ、もって、水素ステーションの建設コスト・運営コストの低減を図りたいというニーズを持っている。本件は、内閣府の規制改革実施計画(2020年7月)に取り上げられたことを受けて NEDO 事業として予算化され、2021～2022 年度に石油エネルギー技術センター(JPEC)、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、および、横浜国立大学(YNU)が共同で受託し、「水素ステーション設備の常用圧上限の見直しに関わる研究」として検討を行った。本稿では当該検討の概要について報告する。

本検討内容は、下記の三つのパートにより構成されており、次章以下で順に説明する。

- 実験データに基づく各種距離の検討
- 常用圧引き上げに伴うリスクの検討
- 省令等の技術基準改正案の検討

1. はじめに
2. 実験データに基づく各種距離の検討
3. 常用圧引き上げに伴うリスクの検討
4. 省令等の技術基準改正案の検討
5. まとめ

## 2. 実験データに基づく各種距離の検討

常用圧 82MPa の水素ステーション設備に対しては、万一の事故発生時にその影響が敷地外に及ばぬよう、高圧ガス設備と敷地境界の間に「敷地境界距離(8m)」、ディスペンサーと公道の間に「公道ディスペンサー距離(8m)」、および、高圧ガス設備と火気を取扱う施設の間に「火気離隔距離(8m)」を確保することが、一般則第 7 条の 3 にて規定されている。これら一般則の規定は 2005～2009 年度に JPEC と三菱重工業が実施した NEDO 検討を基に 2012 年に制定されたものである。

これら 3 種の距離(いずれも 8m) の値を決定するに当たっては、82MPa の圧力条件下で実際に水素を放出し、水素の拡散・燃焼挙動を確認する実験を行っている。具体的には、82MPa の水素をピンホール(φ 0.2mm, 1.0mm)から放出し、拡散濃度の計測を行った。また、放出水素を電気スパークにより着火させ、爆発時の爆風圧や、ジェット火炎形成時の火炎長および輻射熱を計測した。そして、これらの実験結果からそれぞれの距離のクライテリアに照らして必要な値を求めた(図1)。

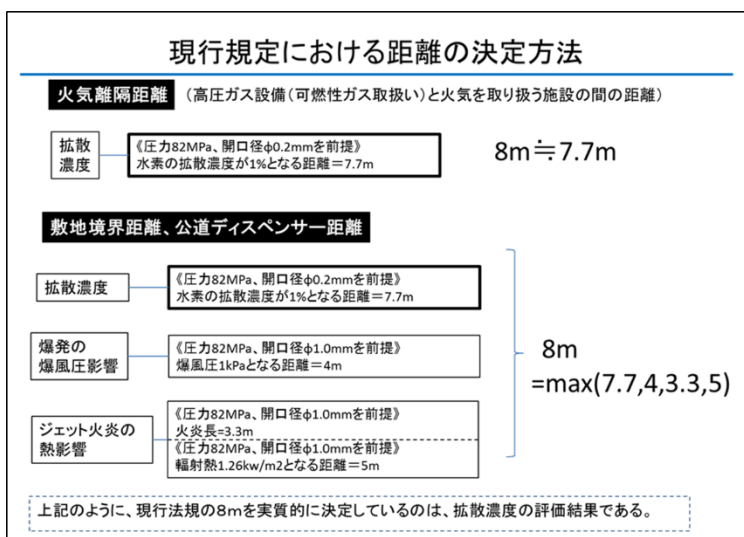


図1 現行規定(82MPa)における距離の決定

このように現行規定の距離が 82MPa の実験データに基づいて定められている以上、常用圧上限を 82MPa から引き上げるためには、現行規定制定時と同様なデータ取得を、より高い見直し後の圧力条件下で実施する必要がある。そこで、圧力 93MPa まで昇圧可能な実験装置を保有する JAXA と共同して、JAXA ロケット実験場(秋田県能代市)にて実験を行った(図2)。その他の実験条件は現行規定(82MPa)制定時と同様とした。



図2 実験状況(火炎長計測実験)

本検討で取得した 93MPa における実験データのまとめを表 1 に示す。水素拡散、爆風圧、火炎長、輻射熱の 4 つの評価項目に対して必要となる距離のうち、水素拡散の距離 8.12m が最大であることがわかる。したがって、常用圧上限を 93MPa に引き上げる場合、必要となる距離は現行規定の 8m では不十分であり、8.12m(≒8.5m)以上とせねばならないとの結論を得た。

表1 93MPaでの実験データまとめ

	水素拡散 1%濃度距離	爆風圧 1kPa距離	火炎長	輻射熱 12.6[kW/m <sup>2</sup> ]距離
ピンホール径	φ0.2 [mm]	φ1.0 [mm]	φ1.0 [mm]	φ1.0 [mm]
必要な距離	8.12 [m]	4.65 [m]	3.54 [m]	5.24 [m]

### 3. 常用圧引き上げに伴うリスクの検討

常用圧引き上げは、当然のことながら、水素ステーション設備のリスクを増加させる方向に作用する。安全工学においては、リスクは「危害の発生確率」と「危害の度合い」の組み合わせと定義される<sup>1)</sup>。後者の「危害の度合い」については、前述のように漏洩水素の拡散・燃焼挙動を実験により定量的に評価できる。そこで、前者の「危害の発生確率」について、常用圧引き上げによる水素の漏えい事故の可能性への影響について検討し、現行の技術基準に追加すべき安全対策の有無を評価することとした。

検討に当たっては、水素ステーション設備で発生する可能性がある劣化損傷として「金属材料の劣化損傷」、「複合容器蓄圧器の劣化損傷」、「圧縮機配管のフレットング損傷」、「シール部材(Oリング)の劣化損傷」、「シール部材(グランドパッキン)の劣化損傷」、「コーン&スレッド継手の緩み」、「充填ホースの劣化損傷」の7種類を選定した。そして、それぞれの劣化損傷に対して故障解析を実施し、懸念される劣化モードとそれを引き起こす劣化因子を整理し、圧力が劣化(漏洩頻度)に及ぼす影響を定性的に評価した。(シール部材(Oリング)の解析例を表2に示す)

表2 シール部材(Oリング)の故障解析

劣化モード	劣化因子	圧力の影響	対策例
変形	拡径 潰れ・へたり はみ出し	内部圧力 機械的外力 温度	・Oリング硬度の変更 ・溝寸法の変更 ・バックアップリングの使用
	ねじれ	摩擦 機械的外力	・摩擦面の粗さ改善 ・潤滑剤の選定 ・摺動部の芯ずれ解消
摩耗	摩擦 機械的外力 内部圧力	・圧力変動時、Oリングの微小な移動により摩擦を誘発 ・面圧上昇により摺動起因の摩耗を助長	・摩擦面の粗さ改善 ・潤滑剤の選定 ・溝寸法の変更
破壊	プリスタ破壊	水素曝露 内部圧力 温度	・Oリング材質、配合の変更
	膨潤による 座屈・はみ出し破壊	水素曝露 内部圧力	・Oリング材質、配合の変更 ・膨潤を想定した溝寸法の設定
	かじり むしれ	その他 (組立不良等)	・適切な組付け ・溝寸法の変更
硬化	温度	—	・Oリング材質、配合の変更

その結果、常用圧引き上げが一部設備・機器の劣化損傷リスクに影響を与える可能性はあるものの、いずれも機器メーカーやエンジニアリング会社等の事業者側での対策が可能な範疇であり、検討対象として抽出した各設備・機器において、常用圧上限見直し(82MPa→93MPa)に伴い現行技術基準に追加すべき項目はないとの結論を得た。

また、上記の故障解析に加え、常用圧引き上げ前後の水素ステーションのリスクの変化について、YNU が保有するQRA(定量的リスク評価手法)関連技術を活用した検討を行った。その結果、常用圧の上昇(82MPa→93MPa)に伴いリスクは増加するものの、支配的なリスクの内訳が変化、あるいはこれまで想定されていなかったリスクシナリオが顕在化するといった質的变化はないことが確認され、上記の故障解析から得られた結論「現行技術基準に追加すべき項目はない」を支持する結果となった。

(補足)上記見解は、常用圧引上げに伴う圧力上昇及び圧力変動の影響を考慮し、水素ステーション設備設計の見直しの必要性の検討、および運用環境の変化に応じた設備管理が適切に行われることが前提である。そのため、関係者への十分な注意喚起、及び想定されるトラブルを未然に防止する措置・対策を講じていくことが望まれる。

#### 4. 省令等の技術基準改正案の検討

前々章及び前章の二つの検討結果を基に、省令等の技術基準改正案の検討を行った。

常用圧の上限については  
 現行の 82MPa から 93MPa に  
 引き上げる一般則改正案とし  
 た。(表 3) これは、事業者の  
 水素ステーション設備設計時  
 の制約条件を可能な限り緩和  
 するという意図の下、前述の

表3 一般則第7条の3柱書 改正案 (新旧対照表)

見直し後	現行
製造設備が圧縮水素スタンド(当該圧縮水素スタンド内の <b>圧縮水素及び液化水素の常用の圧力が九十三メガパスカル以下</b> のものに限り、顧客に自ら圧縮水素の充填に係る行為をさせるものを除く。以下この条において同じ。)である製造施設における法第八条第一号の経済産業省令で定める技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。 (後略)	製造設備が圧縮水素スタンド(当該圧縮水素スタンド内の <b>圧縮水素及び液化水素の常用の圧力が八十二メガパスカル以下</b> のものに限り、顧客に自ら圧縮水素の充填に係る行為をさせるものを除く。以下この条において同じ。)である製造施設における法第八条第一号の経済産業省令で定める技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。 (後略)

実験圧力である 93MPa を新たな常用圧上限としたものである。なお、一般則で規定しているのは常用圧の上限値であり、この値(93MPa)に限定するものではないことに留意されたい。

一般則の敷地境界距離等の距離に関する規定(第7条の3第1項第2号、第7条の3第2項第2号、第7条の3第1項第10号、等)については、実験結果を基に、図3に示す常用圧と必要な距離の関係を規定する改正案とした。

また、「例示基準 2. 流動防止措置」と「例示基準 56 の 2. 敷地境界に対し所定の距離を有することと同等の措置」に関しても、距離に関する記載があるため、改正案を作成した。

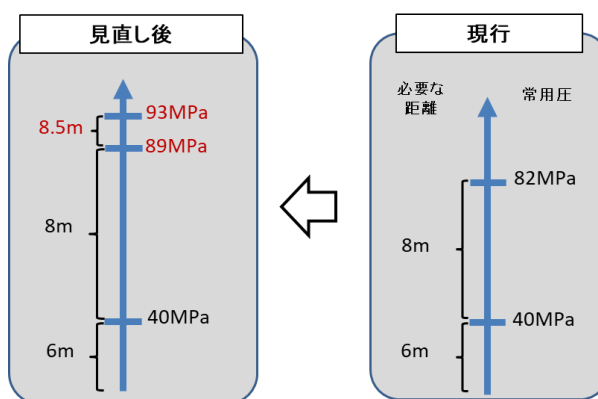


図3 常用圧と必要な距離の関係

さらに、業界自主基準である「JPEC-S 0004 ディスペンサー周辺の防爆基準」、「JPEC-S 0008 圧縮水素スタンド・移動式圧縮水素スタンドの距離規制の代替措置に関わる技術基準」に関しても、常用圧上限引き上げに対応した見直しが必要であるため、改正案を作成した。

## 5. まとめ

上記の省令・例示基準改正案については、2022 年度に高圧ガス保安協会が主催する「圧縮水素スタンド関連規制等に係る法技術的な課題の検討委員会」にて妥当性に関する審議が行われ、承認されている。これを受けて、経済産業省により省令・例示基準の改正が行われる見込みである。

一方、JPEC-S 0004 と JPEC-S 0008 については、JPEC 内に組織した自主基準制定・維持管理の外部の有識者を交えた分科会/委員会にて既に審査・承認されており、関連する省令・例示基準改正を待って、これら自主基準改正版を正式に発行する予定としている。(JPEC HP/水素スタンド自主基準 (<https://www.pecj.or.jp/committee/>)から参照可能。)

なお、本稿では紙幅の関係で水素ガスを対象の記載としたが、液体水素に関しても同様の実験を実施し、技術基準案を作成している。

## 参考文献

- 1) JIS Z 8051:2015 安全側面—規格への導入指針

---

(問い合わせ先)

一般財団法人石油エネルギー技術センター 水素エネルギー部 jrepo-1@pecj.or.jp

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 委託事業「超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業」の結果得られたものです。無断転載、複製を禁止します。

Copyright 2023 Japan Petroleum Energy Center all rights reserved