

水素インフラ関連技術開発の状況

齋藤 彰

一般財団法人石油エネルギー技術センター 自動車・新燃料部 水素利用推進室
〒105-0001 東京都港区虎ノ門4丁目3番9号

Situation of the Hydrogen Infrastructure-related Technology Development

Akira SAITO

Auto Oil and New Fuels Dept. Hydrogen Technology Group
Japan Petroleum Energy Center (JPEC)
3-9, Toranomom 4-Chome, Minato-Ku, Tokyo, 105-0001

Fuel cell and hydrogen technology is a key technology which is highly expected to be commercialized in order to construct the society to utilize the next-generation type energy. In an attempt to promote future spread of hydrogen energy, New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) is conducting development programs on system and element technologies to accomplish the low-cost and high-durability hydrogen stations, looking towards the establishment of a market for hydrogen supply infrastructure projected for 2015. In this paper, the situation of NEDO projects related to hydrogen infrastructure technology development is reported.

Keywords: Hydrogen, Hydrogen infrastructure, 70MPa hydrogen refueling station, FCV

1. 緒言

次世代型のエネルギー利用社会を構築するために、燃料電池及び水素技術は、実用化への期待が高いキーテクノロジーである。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、NEDO)は、水素エネルギーの導入・普及に向け、「水素安全利用等基盤技術開発事業」(平成15～19年度)(以下、「水素安全」)において、水素の安全性に係るデータの取得に基づく安全技術の確立や水素の製造・輸送・貯蔵・充填等に係わる技術開発を開始した。

その後、引き続き「水素社会構築共通基盤整備事業」(平成17～21年度)(以下、「社会構築」)においても、規制の見直し等に資するための安全確認データの取得や国際標準の提案などを産業界との密接な連携のもとで実施してきた。

一方、「水素先端科学基礎研究事業」(平成18～24年度)(以下、「水素先端科学」)では、水素物性等に係る基

礎的かつ高度な科学的知見の集積を行い、材料の水素脆化に関する基本原理の解明及び対策検討など、根本的な現象解析を実施している。

平成20年度からは、水素社会の実現に必要な一連の機器及びシステムに関する技術を確立することを目的に、「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発事業」(平成20～24年度)(以下、「水素製造・輸送・貯蔵」)を開始した。

この「水素製造・輸送・貯蔵」事業では、尾上清明九州大学教授をプロジェクトリーダーとして、これまでの事業の成果や進捗状況を踏まえるとともに、並行実施事業との連携を行い、来るべき水素エネルギー普及のための水素供給インフラ市場立上げ(平成27年/2015年頃を想定)に向けた、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ耐久性に優れた機器/システムの技術開発、及び基準・標準化や規制見直しに繋がる研究開発を行っている。

本報では、これらNEDO事業で取り組んできた水素ステーションインフラ関連の技術開発状況について報告を行う。

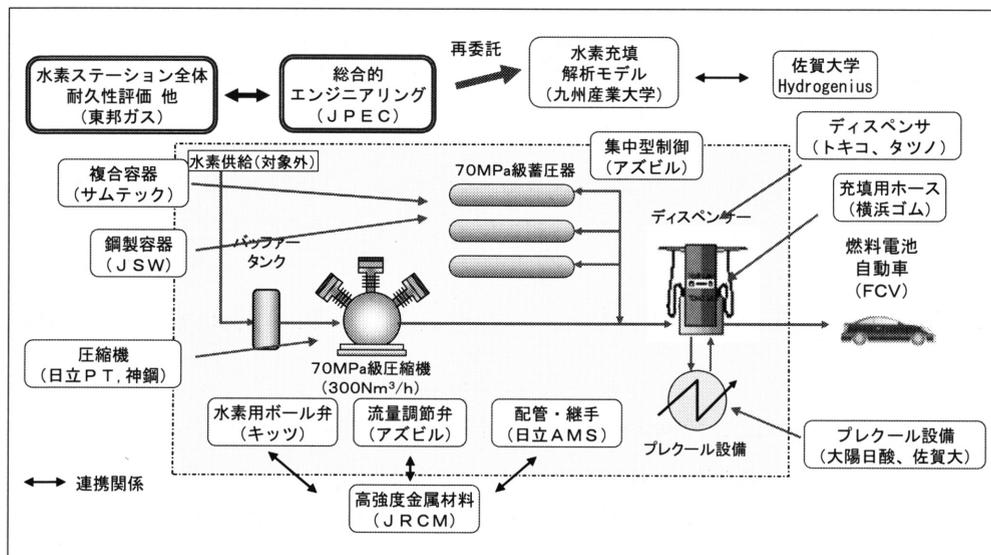


図1. 水素インフラ関連技術開発実施体制

2. 目標及び体制

「水素製造・輸送・貯蔵」事業の目標は、低コストかつ耐久性に優れた70MPa級水素ステーション技術の確立に繋がるシステム・要素技術開発であり、具体的には、設備コスト2億円以下/システム（300Nm³/h規模の場合、土地取得価格を除く）とメンテナンス回数1回以下/年（日常的な簡易検査やメンテナンスを除く）である。

水素インフラ関連の技術開発は、個々の要素技術開発に加え、平成21年度に70MPa級水素ステーションを東邦瓦斯（株）技術研究所に設置し、水素ステーションシステム全体の耐久性検証を実施している。関連する技術開発の実施体制を図1.に示す。

3. 技術開発状況

3.1. 水素圧縮機

70MPa級水素ステーションでの差圧充填方式を想定した水素圧縮機は、「水素安全」事業において（株）日立プラントテクノロジー（日立PT）、（株）日立製作所が「100MPa級水素圧縮機」（図2.）として開発・試作を行った。表1.に「100MPa級水素圧縮機」の仕様を示す。

この圧縮機は、「水素製造・輸送・貯蔵」事業において、70MPa級水素ステーションで耐久性評価が行われているが、良好な性能を示している。

一方、圧縮機による直接充填（2段直充填）方式を想定した後段圧縮機の開発は、平成23年度より、（株）神戸製鋼所が開始した。表2.に「直接充填方式高圧水素圧縮機」の仕様を示す。

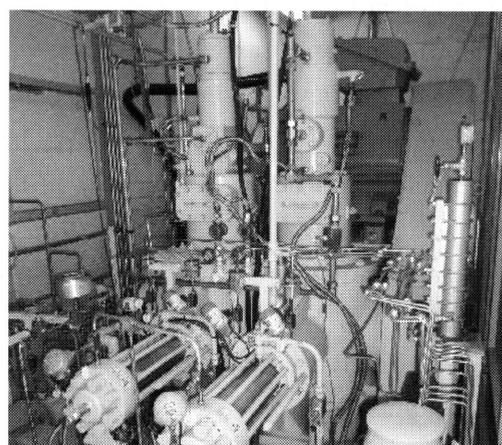


図2. 100MPa級水素圧縮機

表1. 100MPa級水素圧縮機仕様[1]

| No | 項目 | 仕様 |
|----|-------------------------|-------|
| 1 | 容量 (Nm ³ /h) | 300 |
| 2 | 吸込み圧力 (MPa) | 0.6 |
| 3 | 吐出圧力 (MPa) | 100 |
| 4 | 圧縮段数 (段) | 5 |
| 5 | シール部 | 潤滑油給油 |

表2. 直接充填方式高圧水素圧縮機仕様[2]

| No | 項目 | 仕様 |
|----|-------------------------|------|
| 1 | 容量 (Nm ³ /h) | 1200 |
| 2 | 吸込み圧力 (MPa) | 40 |
| 3 | 吐出圧力 (MPa) | 87.5 |
| 4 | 圧縮段数 (段) | 1 |
| 5 | シール部 | 無給油 |

これらの技術開発により、圧縮機単体としての技術はほぼ確立されたと思われるが、水素ステーションでの実際の運用を想定した、充填プロトコル対応技術など、システム全体として実証・開発すべき技術課題が残されている。

3.2 蓄圧器

これまでの35MPa水素ステーションでは汎用材であるSCM435鋼を用いたボンベ型鋼製蓄圧器が広く使用されているが、圧力がより高い70MPa級水素ステーションでは、材料強度や耐水素特性などといった面において、SCM435鋼では不十分であり、より優れた材料が必要となってきた。

「社会構築」事業でSCM435鋼よりも高強度材料であるSNCM439鋼を用いた鋼製蓄圧器の開発に(株)日本製鋼所が取り組んだ。SNCM439鋼は高強度である反面、水素に対して鋭敏過ぎるため、熱処理を行うことにより、強度を低減させると同時に水素感受性を鈍くさせ、高压水素用蓄圧器材料としての使用を可能にした。

このSNCM439強度低減材は、高压ガス保安法上の特認取得を行い、70MPa級水素ステーションでの耐久性評価が行われている。SNCM439強度低減材を用いたフランジ型鋼製蓄圧器(240L)の外形写真を図3に、機器仕様を表3に示す。

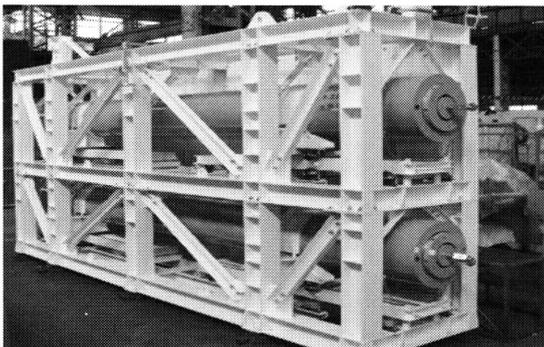


図3. ランジ型鋼製蓄圧器 (240Lx2基)

表3. SNCM439強度低減材鋼製蓄圧器仕様[2]

| No | 項目 | 仕様 |
|----|------------|--------------|
| 1 | 使用材料 | SNCM439強度低減材 |
| 2 | 容量 (L/基) | 60~255 |
| 3 | 設計圧力 (MPa) | 90 |
| 4 | 使用制限 | 3千回/5年間 |
| 5 | その他 | フランジ型、ボンベ型 |

しかしながら、SNCM439鋼も材料特性(焼入性、靱性(粘り強さ)など)から、大容量化ができないなどの制約があり、コスト低減を実現する上で、改善すべき技術課題があった。

そこで、(株)日本製鋼所は、「水素製造・輸送・貯蔵」事業において、鋼製蓄圧器の高容量化、高耐久化を目標に更なる技術開発を行い、ASME規格材であるSA723鋼に高耐久化処理を施すことにより、5万回の耐久性を有する大容量(450L)の鋼製蓄圧器を実現した。SA723鋼製蓄圧器の機器仕様を表4に示す。尚、この蓄圧器は、本年12月までの試作完了に向け、高压ガス保安法の特認取得中である。

表4. SA723鋼製蓄圧器仕様[2]

| No | 項目 | 仕様 |
|----|------------|----------------|
| 1 | 使用材料 | SA723 (ASME規格) |
| 2 | 容量 (L/基) | 450 |
| 3 | 設計圧力 (MPa) | 99 |
| 4 | 使用制限 | 50千回/10年間 |
| 5 | その他 | フランジ型/高耐久化処理 |

また、「水素製造・輸送・貯蔵」事業では、水素ステーション用蓄圧器の新たな技術開発として、JX日鉱日石エネルギー(株)とサムテック(株)が複合容器を用いた蓄圧器開発(Type-3、ALライナー、容量200~300L)を行っている。複合容器蓄圧器(200L)の外形写真を図4に、開発目標仕様を表5に示す。現在、この複合容器蓄圧器は特認取得中である。

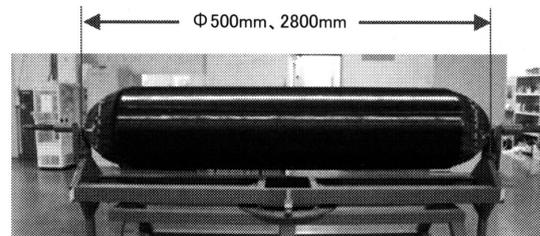


図4. 実証テスト用複合容器蓄圧器 (200L)

表5. 複合容器蓄圧器開発目標仕様[3]

| No | 項目 | 仕様 |
|----|--------------|-----------------|
| 1 | 使用材料 | Type-3 (ALライナー) |
| 2 | 容量 (L/基) | 300 |
| 3 | 最高充填圧力 (MPa) | 82 |
| 4 | 最少破壊圧力 | 最高充填圧力の3倍以上 |
| 5 | 使用制限 | 20千回 |

尚、NEDO事業上の目標価格は、鋼製蓄圧器が5万円以下/Lであり、複合容器蓄圧器は3万円以下/Lであるが、いずれの場合も、一層のコスト低減が強く望まれている。

3.3. プレクール設備

プレクール設備の開発には、大陽日酸（株）と佐賀大学が取り組み、3分間充填実施時において、水素ガス温度-20℃の開発目標を達成した。さらに、プレクール熱交換器のコンパクト化に取り組み、熱交換器の冷媒容量を550Lから150Lとほぼ1/4に低減した。（図5.参照）

しかしながら、70MPa水素ステーション実用化の過程で明らかになった水素ガス温度の更なる低温化（-40℃）検討やプレクール温度領域での金属材料の水素脆化懸念（3.6.参照）など、コストアップにつながる可能性のある技術課題が顕在化してきている。

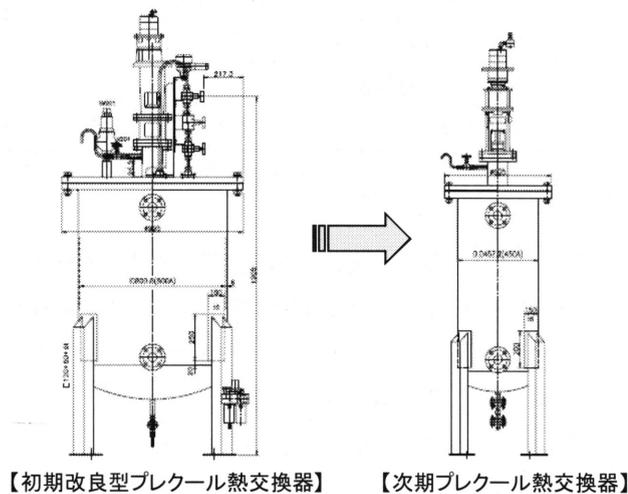


図5. 次期プレクール熱交換器の比較図

3.4. ディスペンサー

ディスペンサー及び関連機器については、トキコテクノ（株）、（株）タツノがそれぞれ70MPa水素ステーションとしての充填性能を評価し、基本性能は確認されている。表6.に開発ディスペンサーの仕様を示す。

表6. 開発ディスペンサーの仕様例[4]

| No | 項目 | 仕様 |
|----|---------------|-----------|
| 1 | 充填圧力 (MPa) | 70 |
| 2 | 設計圧力 (MPa) | 上流80/下流70 |
| 3 | 流量計 | コリオリ式 |
| 4 | 計量範囲 (kg/min) | 0.25~5.0 |
| 5 | 計量精度 | ±1.5% |

一方、耐久性評価については、プレクール設備との組み合わせによる低温領域での耐久性の問題が顕在化してきた。そのため、トキコテクノ（株）が緊急離脱カップラーのシール用Oリングについて、横浜ゴム（株）が充填ホースについて、耐低温性能強化のための技術開発を行い、今秋に耐久性検証のための実証テストを行う予定である。（図6.参照）

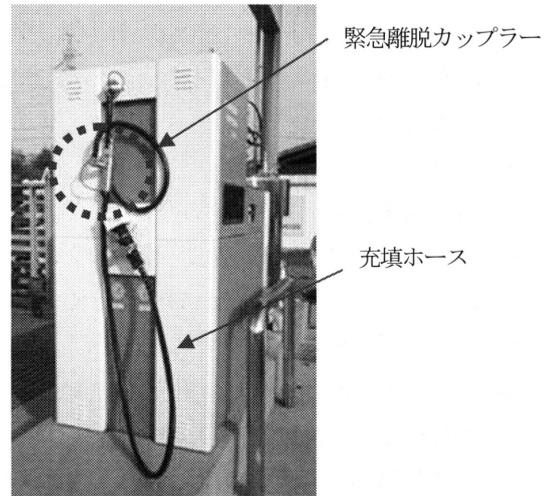


図6. ディスペンサー外観（充填ホース側）

3.5. バルブ、流量調節弁

バルブに関しては、（株）キッツが高圧水素用ボール弁（図7.参照）の開発を新たに行い、現時点で4万回の作動確認を完了し、更に8万回を目指して開発を行っている[5]。これにより、バルブのCv値が2.1と従来のニードル弁に比べ約10倍に改善し、水素充填時の差圧低減に大きく寄与することが期待されている。

また、流量調節弁に関しては、アズビル（株）が、金属材料の表面処理技術とグランドパッキン材料の改善により、水素中での作動耐久性を5割向上した、30万回の作動が可能な水素用流量調節弁（図8.参照）を開発した[5]。

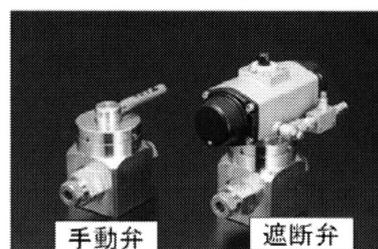


図7. 高圧水素用ボール弁

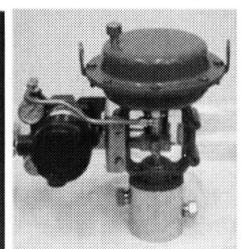


図8. 水素用流量調節弁

3.6 水素ステーション用鋼材

これまで水素ステーションで使用可能な鋼材としては、SUS316LやSCM435などが認められていたが、低温領域において、図9. に示すように、水素の影響を考慮する必要があることが報告されている[6]。

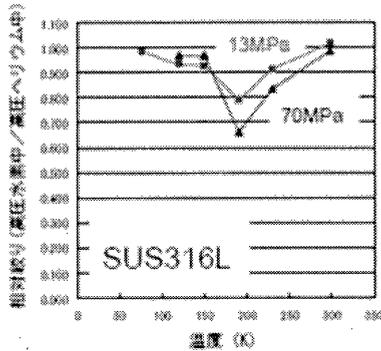


図9. SUS316Lの水素中での相対絞りの温度変化

そのため、「水素製造・輸送・貯蔵」事業の中で、「水素先端科学」事業と連携して、「水素の影響を受けにくい」と言われているSUS316L等の鋼材に関して、水素の影響を正しく反映するための試験条件の見直しを含めた、材料の使用条件（温度、圧力）に応じた材料評価方法や評価基準についての検討が行われている。

一方、新規材料開発として、一般財団法人 金属系材料研究開発センター（JRCM）は高強度配管材料の開発に取り組み、水素中での材料評価やNEDO事業委託先と連携した加工性評価を行い、SUS316Lと同等の耐水素脆化特性を有するが、より安価でより高強度な材料との評価が得られている。

3.7 水素ステーション制御システム

これまでの水素ステーションは、充填回数が少ないため、ディスペンサー1基で十分対応できたが、今後のステーション設置を考えた場合、普及初期の小規模ステーションから大規模ステーションへと規模を拡張することは十分予想される。

アズビル（株）は、複数の蓄圧器、圧縮機、ディスペンサーの使用を想定し、また、ステーションの規模拡張にも容易に対応可能な制御システムを開発・試作した。この制御システムは、図10. に示す「構成機器・台数設定画面」から充填形式を含めた機器構成の選択ができるとともに、蓄圧器の圧力から充填に最適な蓄圧器の組合せを選択できる機能を有している。

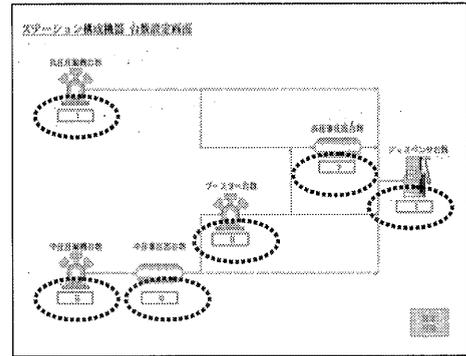


図10. ステーション構成機器・台数設定画面

4. 結言

2015年頃を想定した水素供給インフラ市場立上げに向け、水素関連の技術開発成果を実用化し、実際の水素ステーション建設に適用することは重要なことである。

現在行われている水素インフラ関連技術開発においても、今後実証などによる検証が必要な課題がいくつかあり、水素インフラ関連技術を早期に確立するために、今後とも、産官学が協力し、事業間連携による効率的な研究開発を展開していきたい。

最後に、ここで報告した成果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の事業の結果得られたものであり、関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1 水素安全利用等基盤技術開発/水素インフラに関する研究開発/100MPa級水素圧縮機の開発、平成17年度～平成19年度成果報告書、p3、新エネルギー・産業技術総合開発機構（平成20年5月）
- 2 「NEDO水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発事業」開発・実証連携会議（パート2）資料（平成24年1月20日）
- 3 「NEDO水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発事業」開発・実証連携会議（パート3）資料（平成24年1月26日）
- 4 「NEDO燃料電池・水素技術開発」平成21年度成果報告シンポジウム要旨集（2日目）（平成22年7月7日～7月9日）
- 5 石油エネルギー技術センター平成24年度技術開発・調査事業成果発表会セッション4口頭発表資料（平成24年6月1日）
- 6 水素社会構築共通基盤整備事業/水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発/水素用材料基礎物性の研究、平成17年度～平成21年度成果報告書、p649、新エネルギー・産業技術総合開発機構（平成22年3月）