

燃料電池自動車用水素ディスペンサーの開発

大盛幹士・久和野敏明・児島伸之

大陽日酸株式会社 技術本部 水素プロジェクト部 水素ステーション技術課
〒142-8558 東京都品川区小山1-3-26 東洋Bldg.

Development of the hydrogen Dispenser for fuel cell vehicles

Kanji OOMORI and Toshiaki KUWANO and Nobuyuki KOJIMA

TAIYO NIPPON SANZO Corporation

Hydrogen Project Dept. Technological Affairs

Toyo Bldg. 1-3-26 Koyama Shinagawa-ku, Tokyo 142-8558 Japan

TAIYO NIPPON SANZO has produced many hydrogen dispensers for hydrogen refueling stations, joining to the national project on the Hydrogen and Fuel cell-related. Selection criterion for components and safety measures for the leakage are explained on this literature. And the high-pressured gas control technology or the refueling control, and the evolutionary process of the design of hydrogen dispensers are explained with the test results of the refueling control and some pictures of the dispensers ever installed.

Key words: Hydrogen dispenser, High-pressured gas controlled-technology, Hydrogen stations

1. 緒言

現在、地球温暖化防止対策の一つとして、エネルギー発生時にCO₂を排出しない燃料電池を利用する研究が進んでいる。

特に、燃料電池自動車（以下、FCV）の開発では、各自動車会社が実用化を急速に進めており、リース形式でのFCVの一般普及が少しずつ広がりつつある。

また関東圏、中部圏には、水素・燃料電池実証プロジェクト（通称：JHFCプロジェクト）の水素ステーションが十数か所建設され、FCVへの水素の供給体制も整いつつある。

そのような環境の中、高圧水素を直接FCVの燃料タンクへ高速及び安全に充填するための装置として、主に水素ステーションで用いられる高圧水素用のディスペンサーの開発を行った。

2. 当社の取組みについて

当社は新エネルギー・産業技術総合開発機構による1999年の「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術

(WE-NET) 第Ⅱ期研究開発」のタスク7「水素ステーションの開発」から水素ステーション開発に携わり、水素ステーション構成機器の総合的なエンジニアリングを行ってきた。また香川県高松市に同プロジェクトにより、「固体高分子電解質水電解型水素供給ステーション」を建設し、水素ステーションの構成機器の調査・製作・実証試験を行い数々のデータを取得した。特にディスペンサーに関しては高圧水素ガスコントロール技術の基礎となるデータを多く取得し、その後のディスペンサー開発に役立てている。

また、WE-NETに平行して、2002年から開始された経済産業省の補助事業である「水素・燃料電池実証プロジェクト」に参画し、様々な形態の水素ステーションへ機器の導入を行ってきた。

特にディスペンサーに関しては、導入毎に改良を重ねてユーザーインターフェース・充填制御など進化を重ねてきた。

3. 水素ディスペンサーの概要

現在の水素ディスペンサーは各メーカー共に基本的な系統は図1となっている。蓄圧器からの40MPa水素をコ

ントロール弁によって流量制御し、25MPa充填ラインと35MPa充填ラインに分岐させてFCVへ充填している。満充填の信号は、それぞれの充填ラインに設置した圧力トランスミッターの信号から設定値を感知した段階で充填ライン遮断弁を閉とすることにより充填完了としている。

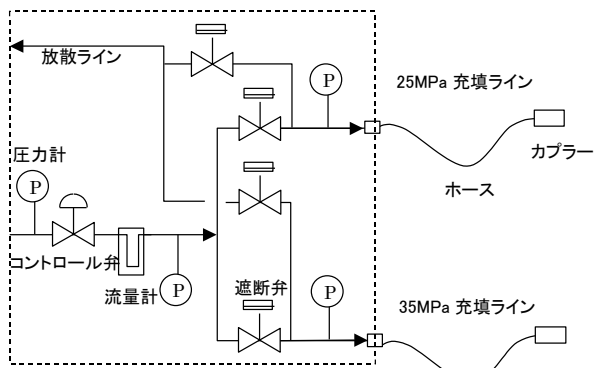


図1. 一般的なディスペンサー系統図

4. 構成機器

構成機器に関しては、WE-NETのステーション建設時から部品の国産化を年頭に置き、部品選定を行ってきた。主要構成機器に関して下記に記す。

<手動弁・遮断弁・コントロール弁>

弁類に関しては、航空宇宙関係の分野で超高压（40MPa級）の実績等もあり、国産メーカーで製作することは可能であった。

<配管・継手>

配管材は、SUS316を採用した。これは金属の中でも、比較的脆化しにくい性質を持っているためである。継手に関しては、油圧関連の分野で頻りに利用されている、メタルタッチの継手を選定した。溶接構造も多用し、できる限り、突合せ溶接を行った。突合せ溶接を多用したのは、自動溶接が可能で、製作箇所にムラができにくいことや強度計算上の溶接効率も有利であり、差し込み溶接よりも強度面で安心できる面もある。

<圧力計・トランスミッター>

圧力計、圧力トランスミッターなどに関しても、航空宇宙分野や高压試験設備（オートクレーブ等）として高压水素での実績品があり、それらを採用することにした。

<流量計>

流量計は、①高压に対応可能、②0MPa～35MPaまで急激な圧力変化がある、③温度条件が充填中に一定でない、④計測精度が良い、などの理由から、温圧補正の必要無い

コリオリ式流量計を選定した。コリオリ式流量計の原理は、流体が流れているチューブに、流れと垂直方向の振動を外部から加えると、流体の質量（流量）によって、その反力であるコリオリの力が働き、チューブが変形する。その変形の具合を電気信号に変換することによって質量での流量を得ることができる。この流量計は、流体が流れるチューブの材質や肉厚を変更することによって、さらに高压の流体にも対応することが可能である。

<充填ホース・カプラー>

充填ホースは、パワーショベル等の油圧駆動系で使用されている樹脂ホースの改良品や金属フレキホースなどがある。樹脂ホースは柔軟性に優れており、重量も軽く扱いやすい反面、水素の透過や、カシメ部からの微少リーク、経年劣化等の心配もあった。一方、金属フレキホースに関しては、透過やカシメからの微少リークに関しては問題ないもの、圧力サイクルや曲げ等の使用方法によって、定期的な交換が必要であり、まだまだ改良する点がある。

カプラーは、SAE規格（SAE：アメリカ自動車技術協会）で定められた、FCVの充填口（レセプタクル）に合致するように製作する必要がある。ステーション製作・運営会社が違っていても全てのステーションで全てのFCVへ充填可能とするためである。但し、圧力レベルとして25MPa-FCVと35MPa-FCVがあるため、25MPaの充填カプラーでは25MPa、35MPaのFCVに充填できる一方、35MPaのカプラーは25MPaのFCVには機械的に接続できない構造になっている。これは25MPaのFCVへの過充填を防止する為の措置である。

5. 水素ディスペンサーの開発

FCV用のディスペンサーとして高压の水素を安全に充填するために水素の特性、漏洩に対する対策などを中心に、高压ガス保安法を準拠しながら開発を行った。

表1に可燃性ガスの最小発火エネルギーを示す。表から水素ガスは、メタン、プロパンなどと比較して発火エネルギーが小さく爆発限界も広く発火の危険性が大きい、水素は他のガスと比較しても重量が軽く、上空に拡散しやすいため、多量の漏洩が無い限り、爆発限界濃度になりにくく発火には至りにくい。

水素の漏洩に関しては、漏洩させないことはもちろんのこと、漏洩した場合でも安全に対処できるようにシステムを構築する必要がある。万が一、ディスペンサー筐体内で

表1. 可燃性ガス・空気混合物の発火エネルギー

ガス名	発火エネルギー <10 ⁵ J>		最低発火温度 <K>	爆発限界 <%>
	化学量論比	最小値		
水素	2.0	1.8	847.1	4~75
メタン	33	20	905.0	5.4~14
プロパン	30	24	754.0	2.2~9.5

ガスが漏洩した場合、ガス検知器により直ちに遮断弁を閉止させ、水素ガスの総漏洩量を最小限に抑える措置を取る。また、ディスペンサー筐体の上部及び下部に通気口を設けており、筐体内に滞留させること無く、漏洩したガスを安全・速やかに拡散・放散させる。またディスペンサー筐体内の電気機器に関しては、耐圧防爆・本質安全防爆品とし、ガス漏洩時の着火源とならないような配慮が必要である。

また配管材の強度は、常用で使用する圧力に対して十分な肉厚強度計算を行い、その計算式で得られた肉厚以上の配管材を使用している。さらに継手類は、メタルタッチの継手のため、高圧に於いても漏れにくく、万一漏れた場合にも漏れ始めは少なく徐々に漏洩量が増していく。(一気に大量のガスが漏洩しにくい。) そのため日常点検などで事前に漏洩の発見ができ、大量のガス漏れというのは起こりにくくなっている。

日々の充填作業を行う充填操作には、人間工学の観点からカプラーの軽量化・操作の簡略化等を行い、作業員の負担を軽減させる努力を行った。

ディスペンサーのデザインは、新世代のエネルギーの象徴となるように工夫した。当社が建設した様々なディスペンサーの例を図2に示す。

WE-NETで製作したディスペンサーは、様々なメーカー、形状の継手・バルブ等を用い実使用条件での主にハード機器のフィールドテストを行った。この結果、最適な継手の形状や、コントロール弁による水素ガスの流量制御の可能性などを検討することができた。また模擬容器への充填試験を行うことによって、最適な充填制御の基礎データを得ることができた。

霞ヶ関移動式は半自動充填方式で手動ニードル弁の開度を変化させることによって充填制御を行った。JHFC千住、愛・地球博などでは、アイキャッチや、後述する充填制御プログラムの充実化を図り、充填条件の違いをディスペンサーで判断し、最適な充填制御を行うように改良・改善を加えた。

ディスペンサー写真	備考
	WE-NET 固体高分子電解質水電解型水素供給ステーションの高圧水素用ディスペンサー。建設2000年2月。このディスペンサーの隣にはMH (水素吸蔵合金) 自動車用のディスペンサーも併設。
	霞ヶ関移動式充填設備のディスペンサー。JHFCステーションの中で最初に稼動開始。2002年12月～現在稼動。
	JHFC千住水素ステーションのディスペンサー。充填員の負担軽減として、1本ホース用カプラーを採用した。従来、3kg弱のカプラー重量が半減された。2003年5月稼動～現在。
	愛・地球博水素ステーションのディスペンサー。国内初のバス専用充填ラインを設け、高速充填及び燃料タンクの温度上昇防止策等のプログラムを組み込んだ。2005年3月～9月まで稼動。

図2. ディスペンサー比較写真

6. 充填制御

充填制御を考える上で、主に次の点に注意して設計・製作を行った。

- ① 設備側・車側の条件が毎回異なっても、同一条件で充填できること。
- ② 車との電氣的な信号のやりとりが無くて安全・高速な充填が行えること。
- ③ 車種ごと、自動車会社ごとに充填条件を充填作業員がセットしなおさなくても安定・高速充填が行えること。

充填制御に関して基本的な概念を、図3と図4に示す。2種類の基本制御を組み合わせ、最適な充填制御になるように工夫した。

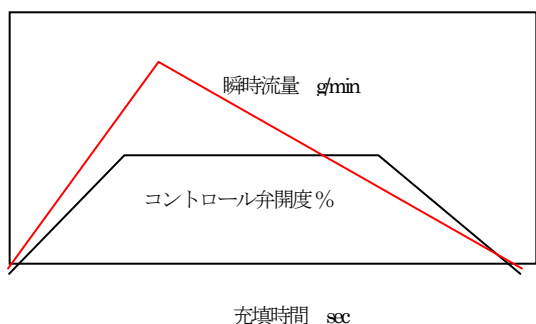


図3. 固定開度制御

規定の開度になるまで、コントロール弁を開けていき充填を行う方法。上流側の圧力によっては、充填速度が充填毎に変わってしまう。制御プログラムは比較的単純。

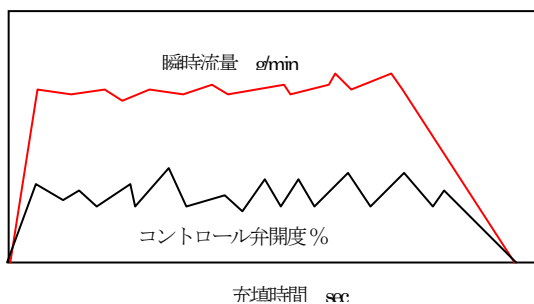


図4. 流量一定制御

瞬間流量が一定になるように、コントロール弁の開度を制御して充填する。蓄圧器側の圧力、FCV側の圧力によらず一定の流量で充填することが可能。

これらの充填制御方法を応用して、FCVのタンク容量によらず、一定の時間で充填させる充填制御プログラムを考案して、JHFC千住水素ステーションにて実施した。

ロジックは、充填初期段階に少量・一定量の水素を流し、FCV容器側の圧力上昇率をディスペンサー内の圧力トラ

ンスミッターで計測。その圧力上昇率から、どのくらいの流量で充填を行えば、規定時間内に充填可能な瞬間流量を計算し、計算された流量で制御し、充填終了まで充填する。図5にこのロジックにより充填した結果を示す。

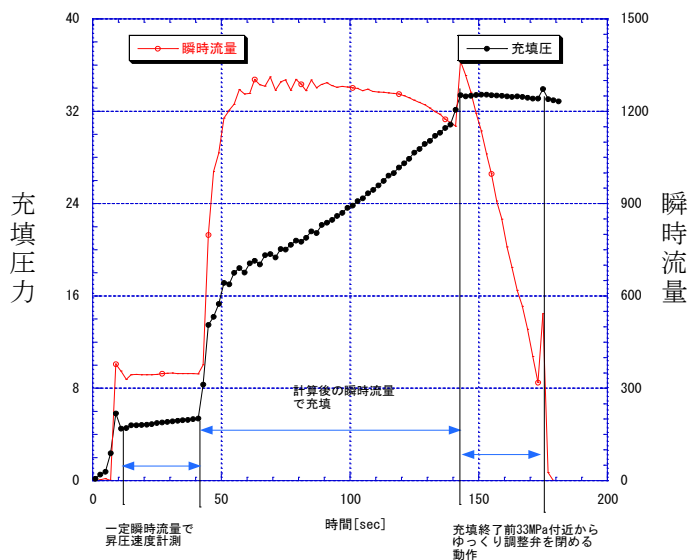


図5. 充填速度変化させるプログラムの充填グラフ

図5から、一定時間の圧力上昇率から、適切な充填流量を計算し、50秒付近で、充填流量を切り替えていることが判る。これによりFCV側のタンク容量が何種類でも、充填時間は変わらない制御が可能であることがわかった。

また、燃料容器内の充填時(断熱圧縮による)の温度上昇の防止に関しては、燃料容器の初期圧と外気温度の関係から、充填できる最高充填圧力をあらかじめマッピングした上で計算し、容器の設計温度に至る前に、充填を終了させるロジックを愛・地球博のディスペンサーに採用した。

7. まとめ

高圧水素の技術は、この数年に著しく進歩した。既に40MPaクラスのステーションは、関東圏を中心に10箇所余りとなり、今後は70MPa等の更なる高圧の設備についても開発が進み建設が行われる傾向にある。

今後、水素ステーションとFCVとのインターフェースであるディスペンサーの「安全」・「高速」・「簡便」という役割の重要性が増す。高圧水素の金属に対する脆化などの影響も、近年少しずつ解明されてきており、それらをフィードバックさせて、更なる新しい技術を高圧水素の分野に展開していきたい。