

水素供給ステーションの検討とその課題

Study on Hydrogen Refueling Station and Its R & D Subjects

松岡美治*

Yoshiharu Matsuoka

1. はじめに

近年の固体高分子型燃料電池の性能向上は、その環境適合性ともあいまって、新たな自動車用駆動システムとしての燃料電池の位置付けを強固なものとし、自動車メーカー各社とも2003～4年の実用化に向けた開発に精力的に取り組んでいる。

これらの燃料電池自動車への燃料供給形態としては、メタノール、ガソリンといった液体燃料で供給し車載の改質器で水素に変換する方法、あるいは純水素を燃料として直接供給する方法に大別されるが、いずれの方法が適しているかについては、後述する様に、それぞれに技術的、経済的な得失があり、それらが今後の開発により如何に改善されるかを見守る必要がある。

一方、WE-NET計画（水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術）では、水素エネルギーの段階的導入を図ることを目的として、水素供給ステーションの開発を短期研究開発項目（2010年頃までに成果の実用化が期待出来るもの）の1つとして位置付けており、本年度より始まった第Ⅱ期研究開発において、実用規模の10分の1スケールの実証システムによる要素技術およびシステム化技術の開発に着手している。

ここでは、水素供給ステーションに関するこれまでの検討内容と第Ⅱ期研究開発における研究計画および実用化に向けての検討課題を紹介する。

2. 自動車用燃料としての水素の位置付け

自動車メーカー等における燃料電池自動車の開発を見ると、燃料電池自動車の燃料選択として基本的に2つの流れがあることが判かる。1つはメタノール、ガソリン等の炭化水素系液体燃料をタンクに貯蔵し車載改質器で水素に変換して使用する方法であり、もう一

方は燃料電池で使用する水素を直接自動車に供給・貯蔵する方法である。

燃料電池自動車開発の初期においては、コンセプトの実証が主目的であったことから純水素が燃料として用いられたが、近年では実用化を睨んだアプローチとして、車載改質器を搭載した燃料電池自動車の発表が相次いでいる。

表1は、燃料電池自動車の燃料としての得失を、水素と改質原料の代表例であるメタノールとで比較したものである。メタノールでは、車両貯蔵の簡便さやインフラの整備が既存のガソリンスタンドの一部改造で対応出来ることが利点として強調されている。一方、水素に関しては、車両の構造がシンプルで効率が高いといったメリットの反面、車両での貯蔵方法、インフラ整備のための時間と投資が大きな問題として指摘されている。

これらの得失から、短中期的には、乗用車等の一般利用ではメタノールの利用が進み、水素はバス等の定期路線車での利用に限定されるとの見方がされているが、長期的には最適なエネルギーと目されている。

3. 水素供給ステーションの形態と供給コスト

3.1 水素供給オプション

図1に示すように、燃料電池自動車への水素の供給形態としては、水素の製造、輸送、貯蔵、充填等水素に係わる様々な技術の組み合わせによって、色々な供給オプションが想定される。

これらの供給オプションは、水素をどこでどのように製造するかに応じて、基本的に外部集中製造型とオンサイト製造型の2形式に区分される。

外部集中製造型においては、水素はステーションとは離れた場所で大規模に製造され、それぞれのステーションへと輸送される。水素の状態としては、製造場所のロケーション、規模に応じて、液体水素あるいはガス水素が選択される。この形式は基本的には今日産

* 岩谷産業㈱技術部課長

〒105-8458 東京都港区西新橋3-21-8

表1 自動車燃料としての水素の位置付け

		水 素	メタノール
自動車システム	燃料システム	改質器が不要でシンプル ○	改質器の追加が必要で複雑 将来的にはDMFCへ △
	燃料電池効率	51% (現在) → 56% (2004年) ○	35% (現在) → 37% (2004年) △
	貯蔵システム	重量, 容積共に増加 ×	常温で液体のためシンプル ○
	航 続 距 離	圧縮水素, MHでは約200km 液体水素では400~450km ×	400~500km ○
供給インフラ	インフラ整備に膨大な投資と時間が必要 ×	既存インフラの改造で対応可 △	
その他	環境適合性	ゼロ・エミッション ○	ロー・エミッション △
	取 扱 い	輸送, 取扱いの困難さ △	液体のため取扱い簡便 ○

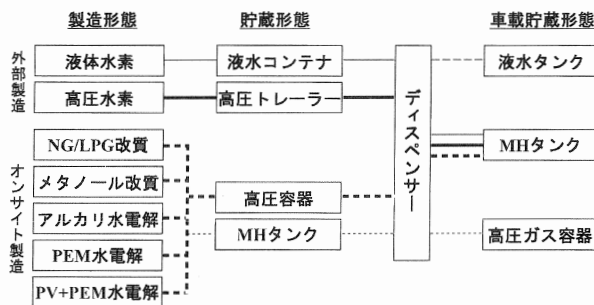
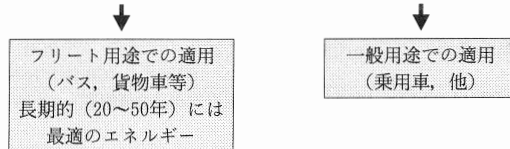


図1 燃料電池自動車への水素供給オプション

業界で確立しているものであり、水素のソース源としてはこの他副生水素の利用も考えられる。また、長期的には、WE-NETの基本構想にあるように、海外で再生可能エネルギーを利用して製造した水素を日本に輸送した上で利用を図るといったシナリオも成立しうる。

オンサイト製造型では、都市ガス、LPガス、メタノールといった原料による水蒸気改質あるいは水の電気分解により個々のステーションで水素を製造し、貯蔵・供給することになる。

3.2 検討対象とした水素供給ステーションの形態

商用サイズの水素供給ステーションの実現可能性を評価するため、図1で示した水素供給オプションに従って、以下の7つの形態の水素供給ステーションにおける設備費および水素供給コストを試算した。

I. 外部集中製造型

- ①液体水素型
- ②高圧水素型

II. オンサイト製造型

- ③天然ガス改質型
- ④メタノール改質型

- ⑤アルカリ水電解型
- ⑥固体高分子 (PEM) 水電解型
- ⑦太陽光発電 (PV) + 固体高分子 (PEM) 水電解型

それぞれの形式の水素供給ステーションの仕様を表2に示す。

ステーションでの水素供給能力は、一日400台の自動車への充填を想定して7,200Nm³/日とした。これは今日の平均的なガソリンスタンドとほぼ同様の規模であり、結果としてオンサイト製造型ステーションに設置される水素製造装置の能力は300Nm³/時となる。

外部集中製造型では製造装置の能力を、液体水素の場合で27トン/日、高圧水素の場合でその半分の13.5トン/日とした。液体水素の製造能力は現存する最大級の水素液化設備と同等である。

水素供給ステーションでの水素の貯蔵に関しては、外部集中製造型ステーションでは外部の水素製造設備より個々のステーションへ水素を運ぶのに供された輸送機器がそのまま留め置かれて定置用の貯蔵設備となる。一方、オンサイト製造型ステーションに関しては、

表2 各形式のステーションの仕様

			外部集中製造型		オンサイト型 (各形式共通)
			液体水素	高圧水素	
製造	水素生産量	Nm ³ /h	12,514 (27t/day)	6,257 (13.5t/day)	300
	設備稼働率	%	90	90	90
	供給ステーション数	ヶ所	40	20	—
輸送	輸送機器		液水コンテナ	水素トレーラー	—
	輸送量	Nm ³ /台	25,747 ^(*)	2,800	—
	平均輸送距離	km	200	100	—
ステーション	水素貯蔵量	Nm ³	25,747 コンテナ1基	8,400 トレーラー3基	3,600
	水素供給能力	Nm ³ /日	7,200 400台×18Nm ³	7,200 400台×18Nm ³	7,200 400台×18Nm ³

(*)コンテナ容積(42.56kL)×(大気圧液密度/安全弁吹出圧力液密度)×90%×0.0708/0.0899

高圧ガス貯蔵設備あるいは水素吸蔵合金貯蔵設備のいづれかを選べることになるが、ここでは便宜上高圧ガス貯蔵設備を組み合わせた各システムのコストを比較した。

3.3 水素供給コスト

各種水素供給ステーションにおける設備費および水素供給コストを表3に示す。

各種ステーションで燃料電池自動車に供給される水素のコストは、外部集中製造型の液体水素の場合で64.8円/Nm³、高圧水素の場合で49.3円/Nm³となったのに対して、オンサイト製造型の天然ガス改質の場合で39.9円/Nm³、PEM水電解の場合で67.9円/Nm³となった。

オンサイトでの天然ガス改質に比べ、外部集中製造型のいずれもが製造規模の大きさにも拘らず供給コストとして高くなるとの結果となっているが、これは外部集中製造型での水素製造が現状技術をベースとしているのに対して、オンサイト製造型天然ガス改質装置では将来の燃料電池用改質装置の普及に伴って、コン

パクト設計による配管などからの放熱損失を軽減した高効率化、量産効果による設備費の低減といった技術、経済性の向上が図られていくとの見通しを含んだものであることによっている。更に、外部集中製造型では製造した水素をそれぞれのステーションに輸送することになるが、これらの輸送コストが全体の供給コストを押し上げる一因ともなっている。

3.4 自動車用燃料としての水素の経済性

上記で得られた天然ガス改質型およびPEM水電解型水素供給ステーションにおける水素供給コストを用いて、燃料電池自動車とガソリンエンジン自動車における燃料費の比較を行った結果を表4に示す。

現在ガソリンの市場価格は96円/L前後で推移しているが、この税抜き価格との比較では、単位熱量当りのコストはガソリンに比べ水素が2.20～3.75倍と高い。一方、燃料電池自動車ではガソリンエンジン自動車に比べ約2倍の効率向上が期待できるため、月間の燃料費としては、特に天然ガス改質型のケースにおいて、その差は僅かなものとなる。更には、導入の段階で環

表3 各種ステーションにおける設備費と水素供給コスト

(単位：設備費：百万円，その他：円/Nm³)

	外部集中製造型		オンサイト製造型			
	液体水素	高圧水素	天然ガス改質	メタノール改質	7ℓ水電解	PEM水電解
設備費	10,000	2,228	226	226	217	202
水素製造	45.7	22.9	24.4	37.3	58.9	53.1
固定費	20.3	9.6	8.4	8.4	7.3	7.3
変動費	25.4	13.3	16.0	28.9	51.6	45.8
水素輸送	9.7	17.3	0	0	0	0
水素貯蔵	0	0	6.8	6.8	6.8	6.8
充填その他	9.4	9.1	8.7	8.7	9.1	8.0
供給コスト計	64.8	49.3	39.9	52.8	74.8	67.9

注：都市ガス：24.0円/Nm³（外部集中製造型）、39.3円/Nm³（オンサイト型）

メタノール：40.0円/kg、電力：11.4円/kWh

表4 ガソリンとの燃料コストの比較

	ガソリン車	燃料電池自動車	
燃料効率(10-15 モード) (ガソリン車相当)	17.0 km/L	12.5 km/Nm ³ 33.7 km/L	
燃料種	ガソリン	水素	
燃料単価	49.9 円/L 1.42 円/MJ	39.9 円/Nm ³ 3.13 円/MJ	67.9 円/Nm ³ 5.32 円/MJ
ガソリン比	1.00	2.20	3.75
月間燃料コスト/(800km)	2,349 円	2,554 円	4,346 円
ガソリン比	1.00	1.11	1.87

境面での優位性を評価した優遇税制が水素に適用されたり、ガソリン価格が上昇する場合を想定すると、水素の燃料費はガソリンに十分競合しうるレベルにあると言える。

4. WE-NETにおける開発と設置に向けた課題

4.1 WE-NETにおける開発計画

第I期で実施した予備検討に基づき、本年度より始まった第II期計画において、短期研究開発項目の位置付けの下に、水素供給ステーションの実証システムの開発が進められている。本タスクの目的は、実用規模の10分の1スケールの実証システムの開発および実証運転を通じて、水素供給ステーションの建設に必要な要素技術およびシステム化技術を確立することにある。

開発対象となる水素供給ステーションは、オンサイトで天然ガス（都市ガス）の改質により水素を製造する天然ガス改質型ステーションとオフピーク電力を利用したPEM水電解法により水素を製造する電解型ステーションの2形式である。天然ガス改質は現状において最も経済的に水素を製造する方法であり、また、

PEM水電解は将来的に再生可能エネルギーを利用する段階において最も効率のかつクリーンに水素を製造する方法と位置付けられる。それぞれのシステムには、貯蔵方式として安全性に優れる水素吸蔵合金による定置型貯蔵設備と水素吸蔵合金タンクを搭載した燃料電池自動車へ水素を充填するディスペンサーユニットが組み合わされる。図2および表5に改質型ステーションの概念フローと水素供給ステーションの開発スケジュールを示す。

4.2 技術開発課題

水素供給ステーションを構成する各種水素製造技術、貯蔵技術などの個々の要素技術は既存の技術であるが、それぞれでステーションでの設置に適するように、装置のコンパクト化、高効率化、操作性・信頼性の向上が図られる必要がある。

例えば、天然ガス改質装置では、改質器としてはリン酸型燃料電池の改質部としてコンパクト化が図られているが、精製器（PSA）においても高い水素回収率を維持しながら小型化を図ると共に、装置全体として最適な構造を検討して行く必要がある。また、ステー

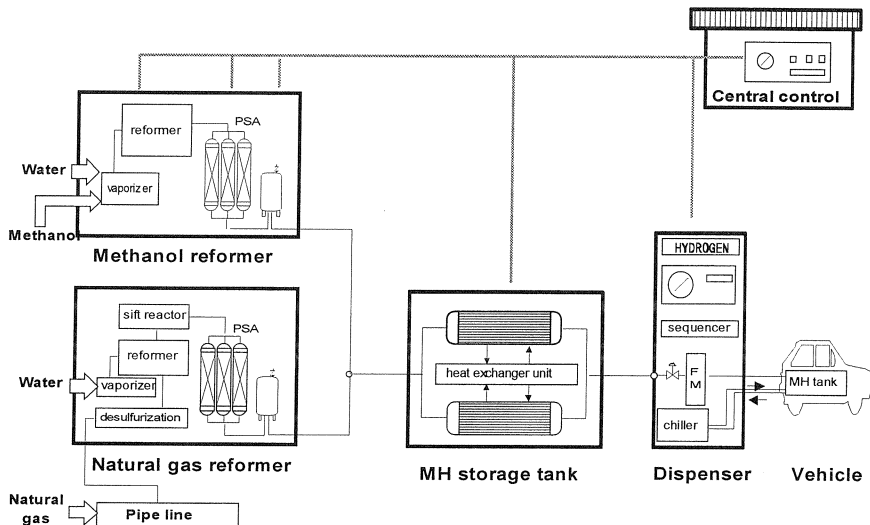


図2 改質型水素供給ステーションの概念フロー

表7 建築基準法による水素および各種燃料の処理・貯蔵の規制数量

	住居地域	商業地域	準工業地域	工業地域
圧縮水素 (可燃性ガス)	35 Nm ³ (0.4 GJ)	70 Nm ³ (0.9 GJ)	350 Nm ³ (4.5 GJ)	無制限
CNG (圧縮ガス)	350 Nm ³ (16 GJ)	700 Nm ³ (32 GJ)	3,500 Nm ³ (161 GJ)	無制限
LPG (液化ガス)	3.5 t (176 GJ)	7 t (351 GJ)	35 t (1,757 GJ)	無制限
ガソリン (石油類)	500 L [50,000 L] (1,757 GJ)	1,000 L [50,000 L] (1,757 GJ)	5,000 L [50,000 L] (1,757 GJ)	無制限

注：ガソリンの〔 〕は地下貯蔵槽についての特例

4.3 水素供給ステーションの設置に向けての課題

水素供給ステーションを真に社会的に根づいたものとして行くためには、上記の技術開発を推進していくと共に、ステーション設置に関する法規制の緩和、普及のための導入促進策の実施、水素に対する一般市民の啓蒙等、現実的な水素供給ステーションの設置に向けた条件整備が必要となる。

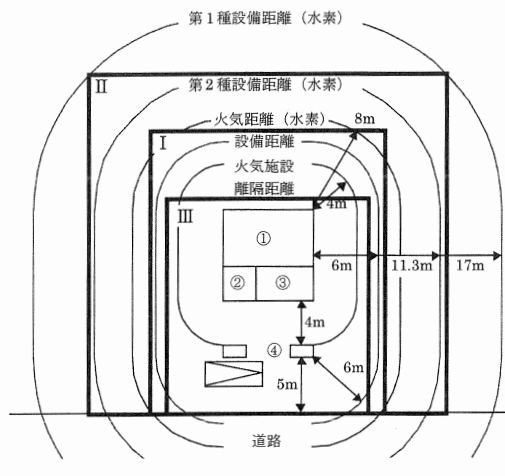
今日実際に水素供給ステーションを建設しようとする場合、現行法規によって、表7および図3に示すような貯蔵数量、設備距離等種々の規制を受けることになる。

これらの法規は主に水素の工業的利用を対象として制定されたものであるため、これを水素供給ステーションに適用しようとする場合と阻害要因となるケースも出てくる。従って、これらの問題点を明らかにし、実状に即した形へと改正するような働きかけが必要である。これに関しては天然ガス自動車で先行して体系的な取り組みが行われており、その整備状況を参考とすることができる。

普及のための導入促進策に関しては、特に導入期に於いて、水素自動車の導入および水素供給ステーションの設置に対する補助、あるいは税制面での優遇等政府による援助措置が不可欠となる。これに関しても、天然ガス自動車等低公害車普及での前例を参考とすべきである。

5. おわりに

水素に対する一般市民の認識は、総じて「危険なもの」といったマイナスのイメージが先行したものであるように見受けられる。このことは、例えば水素供給ステーションを設置する際にも近隣住民の反対となって現れるだけに重要な問題といえる。これに対しては、実証試験を通じて、水素の利用が如何に安全なものか、また、社会的に有意義なものかを示していく必要があると思われる。



- I 圧縮天然ガスタンドの基準を適用したケース
- II 現行の高圧ガス保安規制を適用したケース
- III 適用除外のケース
- ①水電解設備 ②水素吸蔵合金式貯蔵設備
- ③温水/冷水供給設備 ④ディスペンサー

図3 各種規準による水素供給ステーションの立地例

水素供給ステーションは水素利用の分散的な拡大を図る最も実現可能性の高いものであり、その開発成果の如何が今後の水素エネルギーの導入を左右する鍵になるといえる。

謝辞 本検討の実施に当たり、ご指導・ご協力頂いた新エネルギー・産業技術総合開発機構及び(財)エンジニアリング振興協会並びにWE-NET関係者の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (財)エンジニアリング振興協会, 水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術 (WE-NET) サブタスク7, 平成10年度成果報告書, 平成11年3月
- 2) 松岡美治, 水素供給ステーションの検討とその課題, WE-NET水素エネルギーシンポジウム講演予稿集, 1999