

高压水素の輸送にかかわるコストとエネルギー効率

國分 裕一

(財) エネルギー総合工学研究所
〒105-0003 東京都港区西新橋 1-14-2
(現・川崎重工業 (株))
(〒105-6116 東京都港区浜松町 2-4-1)

Cost and Energy Efficiency in Transportation of High Pressure Hydrogen

Yuichi KOKUBUN

The Institute of Applied Energy
1-14-2 Nishi-Shimbashi, Minato-ku, Tokyo, 105-0003
(KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES,LTD. : incumbent)
(4-1,Hamamatsu-cho,2-chome,Minato-ku,Tokyo 105-6116)

In Japan, the project to set up infrastructure necessary for the supply of hydrogen to Fuel Cell Vehicle (FCV) is moving forward, targeting to start up in 2015. Since supply cost of hydrogen is relatively higher than that gasoline as of today, persistent efforts to achieve cost reduction is required for further spread of FCV. We performed a feasibility study of hydrogen supply in the off-site type hydrogen station under the commission of New Energy and Industrial Development Organization (NEDO), and report the outcome of study.

Keywords : High Pressure Hydrogen, Off-site type hydrogen station, Feasibility study

1. 緒言

地球温暖化問題が国際的な課題として重要性を増す中、我々は「エネルギー確保」と「低炭素社会の実現」という問題に直面している。その解決策の一つとして、最も化石燃料の依存度が大きい「運輸部門」については燃料電池自動車 (FCV) の普及が期待されている。

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) では、FCV 等の普及のための水素供給インフラ市場立上げ (2015 年頃を想定) に向け、平成 20 年度から「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」事業を開始した。その中で (財) エネルギー総合工学研究所 (IAE/ 高压水素を担当) は、岩谷産業 (株)、川崎重工 (株)、関西電力 (株)、清水建設 (株)、三菱重工 (株) (以上 5 社は液体水素担当)、千代田化工建設 (株) (有機ケミカルハイドライド担当) と共同で「水素キャリアに応じたフ

ィージビリティスタディ」の研究を行った。本稿では、IAE が担当した高压水素輸送に関する研究結果を基に、水素供給コスト、エネルギー効率や技術開発課題について報告する。

2. 背景

現在、日米欧の主要先進国においては FCV・水素供給インフラの研究開発が進められている。その中で、我が国においては、「第 12 回燃料電池実用化戦略研究会 (平成 16 年 3 月 11 日) の報告」において 2030 年までの FCV 普及などのイメージが示されたが、実現は困難な状況になっている。

その後、「燃料電池実用化推進協議会」(FCCJ) が昨年 7 月に、2015 年から FCV を一般ユーザーへの普及を開始することを想定し、水素供給インフラを FCV 普

及に先立って構築すること等の普及シナリオを発表した。

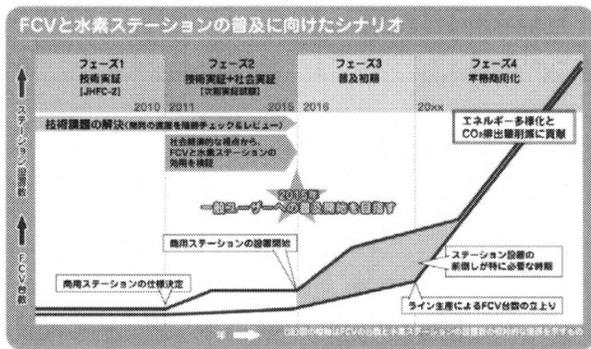


図1. FCCJの普及シナリオ[1]

このような背景の下に、まず水素供給インフラ立上げ目標の2015年をはじめ、FCVの普及初期の2020年、本格的に普及されるとされると思われる2030年のFCV普及台数と水素供給ステーション数と仕様等を想定し、検討を行った。

なお、「産業競争力懇談会」(COCN)では本年3月に、2015年にFCV普及開始し、2020年に水素ハイウェイを構築することを提言している。参考にCOCNの普及イメージを図2に示すが、本研究がCOCNの提言の前に実施したため、両者の条件設定に差異があることを承知願いたい。

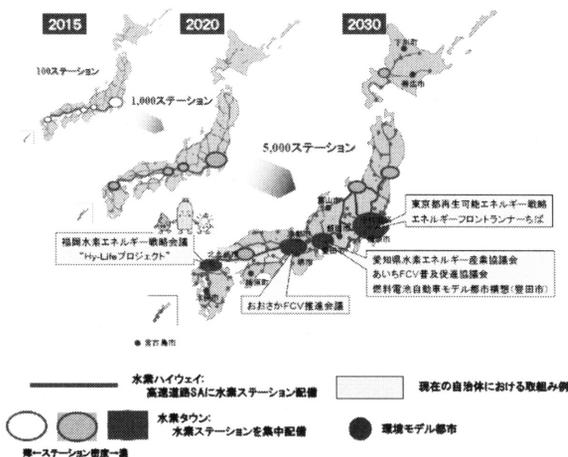


図2. COCNの普及イメージ[2]

3. 検討条件の設定

3.1. 水素供給フロー

今回の研究を実施するにあたり NEDO から要求された条件は、「オフサイト型水素製造拠点から水素ステーション

における FCV への充填までの一連のフロー」についてのフィジビリティスタディ (FS) であり、輸送の途中に中継基地等を設けない「シングルフロー」であったため、代表例として図3に示すような供給フローを設定した。

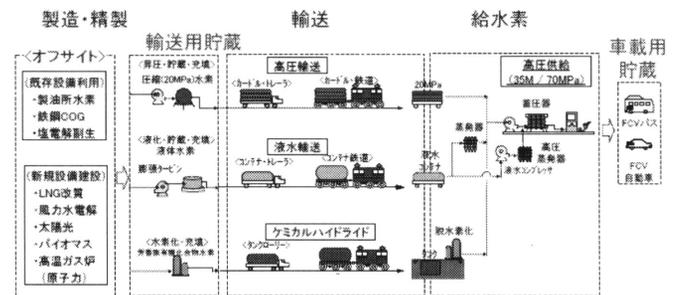


図3. 水素供給フローの代表例

輸送は陸上輸送とし、輸送距離は片道50kmとした。また、水素源については各キャリアの特徴を考慮し、高圧水素と有機ケミカルハイドライドは製油所水素、液体水素は天然ガス改質(液化にはLNG冷熱を利用)とした。

3.2. FCVの普及台数と水素ステーションの建設数

本研究では、水素供給インフラ立上げ時(2015年を想定)の他に、FCVの本格普及時までを想定し、2020年2030年時点での条件も設定した。

我が国におけるFCV/水素ステーション(水素ST)の導入目標は、「第12回燃料電池実用化戦略研究会(平成16年3月11日)の報告」の、

2010年: 5万台/500箇所

2020年: 500万台/3,500箇所

2030年: 1,500万台/8,500箇所

であったが、現時点ではその実現は困難と思われる。

そこで本研究においては、表1のように設定した。

表1. FCVの台数と水素ST数

年	2015年	2020年	2030年
フェーズ	～社会実証	～普及初期	本格商用化
FCV台数	800	150,000	5,000,000
ステーション数	40	500	3,500

3.3. FCV及び水素STの諸条件

検討に用いるFCV及び水素STの条件は、次のように設定した。

- ・FCVの燃費：100km/Nm³-H₂ (全て乗用車と想定)
- ・FCVの年間走行距離：10,000km/年
- ・FCV1台あたりの年間水素充填量：100kg-H₂/年・台
- ・FCVへの水素充填圧力：35MPa、70MPaの2種
- ・水素STの稼働条件：13時間/日 (営業時間)
365日/年
- ・水素STの水素供給能力：300Nm³/h

これを基に想定した各年における水素STの諸元を、表2に示す。

表2. 各年における水素STの諸元

年	2015年	2020年	2030年
水素ステーション1箇所あたりのFCV台数	20台/ST	300台/ST	≒1,430台/ST
水素ステーション1箇所あたりの年間水素充填量	2t-H ₂ /年	30t-H ₂ /年	143t-H ₂ /年
全国の年間水素需要量	≒89.0万Nm ³ /年	≒1.67億Nm ³ /年	≒55.6Nm ³ /年
FCVの1回の水素充填量(*1)	4kg-H ₂	5.6kg-H ₂	5.6kg-H ₂
FCVの年間水素充填回数	25回/年	17.9回/年	17.9回/年
水素ステーション1箇所あたりのFCV訪問回数	500回/年 =1.4回/日	5,370回/年 ≒14.7回/日 ≒1.1回/h	25,454回/年 ≒70回/日 ≒5.4回/h
(同上)ピーク時充填台数(*2)	-	≒3台/h	≒11台/h
ステーション稼働率(*3)	≒1.6%	≒23.1%	≒111.6%

(*1): 車載水素充填量は「NEDOロードマップ2008」の目標が達成できると想定し、FCVは水素残量20%で充填に来ると仮定する。
 (*2): ピーク時の充填台数はNEDO「H17~18 水素安全・シナリオ」第1章の図3.1-11により、平均の2倍とした。
 (*3): 水素ステーションの稼働率は、(水素ST1箇所あたりの年間充填水素量)/(年間水素供給能力)で求めた。2030年では稼働率が約111.6%となるが、今回のFSでは営業時間の延長で対応するものと仮定した。

3.4. 水素STの建設コスト

経済性評価のための水素STの建設コストは、国内では35MPa級、70MPa級ともに300Nm³/h規模の建設実績はなく、また一部の構成機器は現在開発中であるため、現時点での設定は困難である。そこで本研究では、

35MPa級：NEDO「H17~18 水素安全・シナリオ」の成果 [3]

70MPa級：NEDO「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」の平成20年度中間報告の成果 [4]を用いることとし、表3のように設定した。建設コストの設定に当たっては、各構成機器毎に進歩係数を考慮し、また2030年ではピーク時対応のために蓄圧器の基数を増やした。

なお、表3のコストは高压水素を想定したものであり、液体水素と有機ケミカルハイドライドの場合は、必要/不要な設備を追加/削除して、各々に建設コストを設定した。

表3. 水素STの建設コスト (単位：百万円)

年	2015年	2020年	2030年
35MPa級	162.1	147.4	141.7
70MPa級	376.5	344.2	415.7

3.5. その他の条件

3.5.1. 原料水素の価格

高压水素と有機ケミカルハイドライドの検討では、原料水素はナフサ改質の製油所水素と仮定し、その価格はNEDO「H17~18 水素安全・シナリオ」の製造能力12t/dの基地の製造価格を用いることとし、18.18円/Nm³-H₂とした。(液体水素は別途設定)

3.5.2. 人件費

人件費もNEDO「H17~18 水素安全・シナリオ」の値を用いることとし、「輸送に係わる人件費」は各年も7,000千円/人・年(時間外手当は別途上乘せ)、「水素STにおける人件費」は、2015年は13,490千円/年、2020年以降は規制見直しが行われると想定して8,745千円/年とした。

3.5.3. 固定費の年経費率

輸送車両の年経費率は各キャリア毎で異なるが、高压水素の場合はトレーラで輸送することとし、トラクタ(牽引車)は耐用年数を5年として28.5%、トレーラは同じく10年耐用として19.5%と設定した。

また、水素STの各設備の耐用年数は10年とし、年経費率は17.5%とした。

3.5.4. 輸送に係わる条件

輸送に係わる条件は、表4のように設定した。

なお、表4は現状の輸送条件における設定値である。

表4. 輸送に関する検討条件

トラクタ	価格	16,000,000円/台	
	走行速度(平均)	20km/h	
	燃費	3km/L	
トレーラ	本体	価格	6,000,000円/台
	容器(*)	幾何容積	700L/本
		充填圧力	19.6MPa
		搭載本数	20本/台
		価格	500,000円/本 (10,000,000円/台)
配管機器、他	価格	2,000,000円/台	

輸送車両の例を図4に示す。



図4. 輸送車両の例 (岩谷産業 (株) HP より)
(注) 図4の輸送車両の仕様は表4の条件とは異なる。

3.5.5. ユーティティコスト

水素供給に必要な電力の料金は、東京電力 (株) の電気料金の「高圧電力A」とし、

基本料金：1,175 円/kW

従量料金：9.76 円/kWh

とした。

また、工水の料金は、工場では 40 円/t、水素 ST では 80 円/t、上水は 200 円/t とした。

更に、輸送に要する燃料費・消耗品費は 40 円/km と想定した。

3.5.6. 水素 ST における消費電力

水素 ST における消費電力は以下のように設定した。

(1). 圧縮機の圧縮エネルギー

「NEDO ロードマップ 2008」の現状技術より次の値とした。[5]

0.5MPa → 40MPa への昇圧：0.3kWh/Nm³-H₂

0.5MPa → 80MPa への昇圧：0.4kWh/Nm³-H₂

(2). 共用電力

制御用、照明等の電力として、営業時間内一律で 6 kW とした。

(3). プレクール設備での消費電力

70MPa 級水素 ST で必要となるプレクール設備の消費電力は、水素・燃料電池実証プロジェクト (JHFC) の千住ステーションにおける実績値である 0.6 kWh を用いた。[6]

3.5.7 エネルギー効率、環境性の評価方法

エネルギー効率の評価は WtT で行い、計算に用いる各工程効率は、「JHFC 総合効率検討結果」(平成 18 年 3 月)の値を用いた。[7]

環境性の評価は二酸化炭素の排出量を求めるものとし、計算に用いる排出係数等の基本数値は「地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第 3 条 (平成 18 年 3 月 24 日一部改正)」及び「JHFC 総合効率検討結果」(平成 18 年 3 月)を用いた。

4. 検討結果

4.1. 経済性評価

現状の技術を用いた場合の水素 ST における水素供給コストを求めた結果を、表 5、表 6 に示す。

ここで、表 5 は設備別のコスト構成を示し、表 6 は費目別のコスト構成を示す。

現状技術を用いた場合は、設定した何れの年においても表 7 に示す NEDO ロードマップの目標は達成できない結果となった。

これは、2015 年時点においては水素 ST の稼働率が極端に低いために固定費が水素供給コストの大半を占めるためである。また、2030 年時点では水素の需要量が多くなって水素 ST の稼働率が上がるため、35MPa 級で約 62 円/Nm³-H₂となるが、目標達成のためには「輸送」等の各工程で更なるコストダウンが必要である。

表 5. 設備別コスト構成 (単位：円/Nm³-H₂)

	2015年		2020年		2030年	
	35MPa	70MPa	35MPa	70MPa	35MPa	70MPa
原料費	13.18					
出荷基地	8.41					
輸送	163.66		21.56		18.25	
ステーション	1,683.92	3,300.40	97.53	216.80	22.41	47.88
計	1,869.17	3,485.40	140.68	244.39	62.25	93.42

表 6. 費目別コスト構成 (単位：円/Nm³-H₂)

	2015年		2020年		2030年	
	35MPa	70MPa	35MPa	70MPa	35MPa	70MPa
固定費	1,199.38	2,783.93	92.63	192.69	34.83	64.01
変動費	76.89	108.57	21.60	25.25	21.11	23.10
人件費	592.90		26.45		6.31	
計	1,869.17	3,485.40	140.68	244.39	62.25	93.42

表 7. 「NEDO ロードマップ 2008」の水素価格目標

	現在 (2007年度末時点)	2010年頃	2015年頃	2020~2030年頃
水素価格	約110~150 円/Nm ³	約80円/Nm ³	(約80~40 円/Nm ³)	約40円/Nm ³
水素輸送コスト (圧縮コスト)	20円/Nm ³	10円/Nm ³	(10~7円/Nm ³)	7円/Nm ³

本研究では水素供給コストの低減策として次のような方法を提案した。

まず 2015 年時点においては、想定した FCV 台数が少なく水素 ST の稼働率が低いと、供給能力の少ない「小規模ステーション」の採用が挙げられる。前出の COCN の提言でも初期の社会実証のフェーズでは、「商用小型」(圧縮機あり)と「簡易型」(圧縮機なし)のステーシ

ン建設を提案している。今回、水素供給能力 100Nm³/h の圧縮機ありの水素 ST で試算行ったら、水素供給価格は

35MPa 級：約 1,280 円/Nm³-H₂

70MPa 級：約 2,290 円/Nm³-H₂

となり、各々 300Nm³/h 水素 ST に比べ 1 Nm³ あたりで 590 円と 1,200 円安くなる結果を得た。まだまだ目標コストとはかけ離れているが、供給コスト低減には有効である。

次に、輸送費の削減についてであるが、現状技術を用いた検討では、700L×20 本組の大型トレーラで輸送する前提でコストを検討したが、2015 年時点では水素需要量が少ないために大量輸送は必要ないと考えられる。そこで、現在産業用水素ガスの輸送に用いられているボンベカードル (図 5) による輸送を検討した。ボンベカードルは 50L のボンベを 10~30 本束ねたものであり、30 本組であれば 19.6MPa の充填で約 300Nm³ (27kg) の水素が輸送できる。現状では水素製造プラントからの出荷価格は約 300 円/Nm³ 程度であり、輸送費はユニック車での配送で 1 回 30,000 円程度である。これを仮に表 5 に示した水素価格 21.59 円/Nm³-H₂ (原料費 13.18 円+出荷基地での圧縮等の費用 8.41 円) で出荷できるとすれば、大型トレーラで輸送するよりも約 38 円/Nm³-H₂ 程度安くなる。

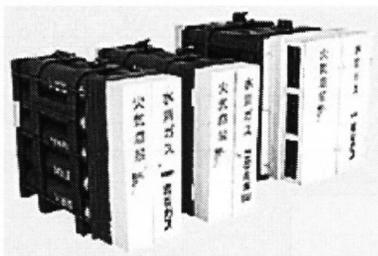


図 5. ボンベカードル

その他、JHFC 霞ヶ関ステーションのように「移動式」を用いる案もあるが、何れにしても 2015 年時点においては、簡素な輸送方法、小規模なステーションを採用する必要があろう。但し、それ以降の水素の需要拡大に備え、増設が可能となるような配慮が必要である。

また、今回設定したような FCV 台数 800 台/水素 ST40 箇所程度の場合は、仮に現在の自動車の登録台数に応じて分配すれば、図 6 に示すように首都圏、中部圏、近畿圏及び九州圏に配置することになる。この場合には、各地域における水素供給コストは異なり、表 5 に示した

コストよりも割高になってしまう。経済性の面だけを見れば、2015 年までの社会実証はある一箇所に集中させて行うことも一案である。

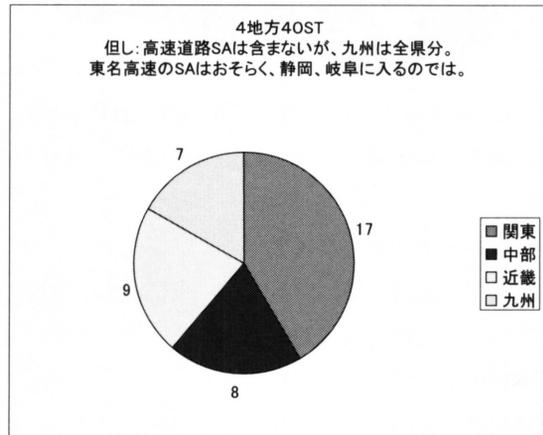


図 6. 水素 ST の分布案 (自動車登録台数比)

次に、2030 年時点における水素供給コスト低減についてであるが、前述のとおり現状技術を用いた場合でも、1Nm³-H₂ あたりで 35MPa 級で約 62 円、70MPa 級でも約 93 円とだいぶ安くなる。70MPa 級水素 ST の建設コストが NEDO 目標の 2 億円程度まで下がるとすれば、同じ条件で試算すれば約 76 円まで下がる。水素 ST の建設コストは NEDO プロジェクト等で現在も研究開発が進められており、更なるコストダウンが行われることに期待し、ここでは輸送コストの削減の検討を行った。

単位水素量あたりの輸送コストを下げるには、1 回の水素輸送量を増やす必要があり、そのためには輸送容器への充填圧力を上げることが考えられる。現状の法規では、輸送用容器の材料は鋼製に限られており、クロムモリブデン鋼 (SCM435 及び SNCM439) が使われている。現在のトレーラは主として 700L×20 本組 (国内最大では図 4 に示した 715L×21 本組) で充填圧力は 19.6MPa の鋼製容器が用いられているが、これは車両法の重量制限 (最大 20t) によるものである。現在鋼製容器 (SCM435) では 520L で 40MPa のものがあるので、これを用いた場合の検討を行った。その結果、容器 1 本あたりの重量が増えるため、総重量の関係から 13 本しかトレーラには搭載できないことになり、輸送コストも 2030 年時点で 20.16 円/Nm³-H₂ と、充填圧力を上げたにもかかわらずコスト高になってしまう。

そこで、現行法規では認められていないが、車載用に開発された複合容器 (TypeIII、内容積：205L、充填圧力：35MPa) を輸送用に用いた場合の試算を行った。こ

表 8. 高压水素輸送のエネルギー効率

	操作・工程	採掘・輸送・ 精製	オフサイト			輸送	オンサイト	
			製造	精製	圧縮・出荷	運搬	昇圧・充填	
35MPa級	エネルギー効率	93.9%	72.1%	98.6%	94.1%	95.5%	90.9%	
	WtT	100%	93.9%	67.7%	66.8%	62.8%	60.0%	54.5%
	輸送のみ	—	—	100%	98.6%	92.7%	88.6%	—
70MPa級	エネルギー効率	93.9%	72.1%	98.6%	94.1%	95.5%	86.7%	
	WtT	100%	93.9%	67.7%	66.8%	62.8%	60.0%	52.0%
	輸送のみ	—	—	100%	98.6%	92.7%	88.6%	—

の容器を 60 本トレーラへ搭載するとして計算を行った結果、2030 年で容器の単価が 100 万円/本の場合で水素供給コストは約 29 円/Nm³-H₂、30 万円では 12 円/Nm³-H₂ となった。従って、仮に複合容器が安価で製造可能となり、規制緩和が行われれば、水素の輸送コストはだいぶ下がると予想されるので、今後の技術開発に期待したい。

4.2 エネルギー効率

エネルギー効率は WtT (Well to Tank) で求めた。

産油地での掘削から水素 ST での充填までの各工程での効率は、「JHFC 総合効率検討結果」を用いた。

結果を表 8 に示す。

35MPa 級と 70MPa とは水素 ST での圧縮とプレクールに要する投入エネルギーの差しかないが、何れも 50% 以上の効率である。なお、将来の製油所における水素製造設備に採用が期待される「高温空気燃焼技術 (HiCOT)」[8] を用いれば、約 3.7% の効率向上が図れるとの結果を得た。

4.3 環境性評価

環境性については、水素製造から水素 ST での FCV への充填までの工程での二酸化炭素排出量を求めることで評価した。

現状技術による二酸化炭素の排出量を表 9 に示す。

表 9. 高压水素輸送の二酸化炭素排出量

	オフサイト			輸送	オンサイト		計
	製造	精製	圧縮・出荷	搬送	圧縮・充填	プレクール	
35MPa級	1.18214	0.02358	0.10490	0.30038	0.16650		1.77750
70MPa級	1.18214	0.02358	0.10490	0.30038	0.22200	0.03330	1.86630

本来であればガソリン車のような他の車両との排出量の比較で評価すべきであるが、今回は排出量の算出のみにとどめた。なお、エネルギー効率と同様「HiCOT」を採用することにより、製油所における水素製造工程で約 0.17kg-CO₂/Nm³-H₂ の削減が期待できる。

5. まとめ

今回の FS では、将来の FCV 台数/水素 ST 数を想定し、主として経済性の検討を行った。その結果、高压水素で輸送する場合、2015 年の水素供給インフラ立上げ時点では水素供給価格はまだまだ高く、小規模なインフラ整備で社会実証を行うのが良いと思われる。ただ、水素供給の事業としては成り立たないために、何らかの補助・支援が必要と考える。2030 年時点では水素供給価格はだいぶ安くなり、NEDO の目標には達しないものの、現在のガソリンと等価と言われる 80~90 円/Nm³-H₂ は実現可能との結果を得た。更なる低減に向けては、安価な輸送用複合容器の開発の必要性を提案した。

但し、今回の検討においては前提条件として過去の NEDO プロジェクトの成果を用いており、感度分析等は行っていないため、「ある条件の下での結果」であることをご理解願いたい。

例えば今回の FS では、水素の出荷基地で一度圧縮して輸送容器充填し、水素 ST で 0.5MPa まで減圧してから 35MPa や 70MPa に昇圧する方法で検討した。これは現在のフローであり、水素 ST での圧縮機の吸込み圧を一定にするために行っているものであるが、吸込み圧の変動に対応できる圧縮機の開発や、輸送用容器を水素 ST に留置させて蓄圧器の低圧バンクとして用いる等のシステム検討により、変わり得る条件である。また、輸送用のトラクタやトレーラは現在の価格・仕様を将来まで一定としたが、輸送用複合容器が実用化されれば、トレーラシャーシの軽量化やトラクタの燃費改善も期待できる。

現在 FCCJ/JHFC では FCV への充填圧力の適正化検討を実施されており、(財)石油産業活性化センター (PEC) を中心に NEDO プロジェクトとして 70MPa 級水素 ST のシステム/要素開発を行っているので、今後の成果を期待したい。また、これまで「水素製造」から「FCV への水素充填」までの水素供給フローの最適化

表 10. 「水素キャリアに応じたフィージビリティスタディ」総括表

		高压水素		液体水素		有機ケミカルドライド*	
		35MPa	70MPa	35MPa	70MPa	35MPa	70MPa
水素供給コスト (円/Nm ³ -H ₂)	2015年	1,889	3,485	2,160(←)	3,944(←)	2,562	3,998
	2020年	141	245	148(147)(*3)	241(240)(*3)	175	267
	2030年	56(*1)	87(*1)	60(56)(*3)	83(79)(*3)	55(*4)	84(*4)
エネルギー効率 (%)	2015年	54.5	52.0	11.4	10.6	37.9	36.6
	2020年	58.3(*2)	55.7(*2)	50.8(*3)	48.8(*3)	38.4	37.0
	2030年	58.3(*2)	55.7(*2)	57.4(*3)	55.7(*3)	54.1(*4)	52.1(*4)
環境性(CO ₂ 排出量) (kg-CO ₂ /Nm ³ -H ₂)	2015年	1.78	1.87	6.04	6.45	2.02	2.12
	2020年	1.61(*2)	1.70(*2)	1.30(*3)	1.43(*3)	1.99	2.09
	2030年	1.61(*2)	1.70(*2)	1.14(*3)	1.16(*3)	1.62(*4)	1.72(*4)
2015年時点での 実用化の可能性		・初期経済性が相対的に優れている ・産業用ガス輸送で成熟している技術 であり、現状の技術で実用化が可能 ・輸送用複合容器の実用化は2015年 以降と想定		・既プラントが稼働中であり、現状の技 術での実用化が可能 ・低温圧縮機の実用化は2015年以降 と想定		・初期経済性と初期段階におけるエネ ルギー効率は劣るが、近い将来改善 の見通しがある ・技術的には概ね確立されているの で、2015年での実用化は可能	
主要技術開発課題		・水素輸送用大型複合容器の開発 ・現状輸送用容器は鋼製に限定されて おり、規制緩和が必要		・LNG冷熱を利用した低温圧縮技術等 を用いた液化動力及び大型化による 液化コストの削減 ・ステーション構成機器の低コスト化 ・劇場距離等の規制緩和		・脱水素反応系の効率向上(*4) ・「危険物製造所」の保安距離等の規 制緩和 ・実証試験が必要	

(*1): 約200Lで35MPa充填の複合容器が30万円/基で製作できた場合を想定

(*2): 製油所における水素製造に「高温空気燃焼技術 (High Temperature Air Combustion Technology)」を適用した場合を想定

(*3): 低温コンプレッサーが開発できた場合を想定

(「液体水素」の()内の数値は、製造・輸送段階に学習効果を加味した値を示す。)

(*4): 上記(*2)に加え、脱水素反応系の効率向上が成された場合を想定

を検討されていないため、今後の検討に期待したい。

最後に、今回の NEDO 委託業務では、液体水素と有機ケミカルドライドについても同様の検討を行ったので、その結果を参考として表 10 に紹介する。

2015 年の水素供給インフラ立上げに向けては何れのキャリアも実用化は可能であるが、経済性の面から見れば高压水素が相対的に優れているとの結果であった。2020 年、2030 年の時点では、液体水素、有機ケミカルドライドも課題として提案した技術開発が進むと考えられ、経済性・エネルギー効率・環境性の面で高压水素と同等程度（或いは優れる）になると予想される。実用化に際しては何れのキャリアを選択するかは諸条件によるが、各キャリアの組合せにより水素供給フローの最適化も可能である。

本研究の成果は後日 NEDO より公表されるので、詳細は成果報告書を参照願いたい。

今後、水素社会に向けては今後詳細な技術検討/事業化検討が行われるので、今回の検討がその一助となれば幸いである。

謝 辞

本研究は NEDO の委託を受けて実施したものであり、NEDO 燃料電池・水素技術開発部殿には多大なご指導を頂戴しましたことに謝意を表します。

また、実施にあたりましては、「水素キャリア評価委員会」で助言、アドバイスをいただきました横浜国立大学・

太田健一郎教授（委員長）をはじめ委員の皆様にお礼申し上げます。

更に、情報や資料を提供していただきました FCCJ、JHFC、PEC 及び各メーカー各社、並びに共同で本研究を実施された岩谷産業（株）、川崎重工（株）、関西電力（株）、清水建設（株）、三菱重工（株）、千代田化工建設（株）の各社に感謝致します。

参考資料

1. FCCJ プレスリリース (2008 年 7 月 4 日)
2. COCN 2008 年度推進テーマ報告「燃料電池自動車・水素供給インフラ整備普及プロジェクト」(2009 年 3 月 6 日)
3. NEDO 「平成 17～18 年度 水素安全利用等基盤技術開発 水素に関する共通基盤技術開発 水素供給価格シナリオ分析等に関する研究」報告書 (平成 19 年 3 月)
4. NEDO 「水素製造・輸送・貯蔵システム等研究開発/低コスト型 70MPa 級水素ガス充填対応ステーションに係わる研究開発」中間報告 (平成 21 年 1 月)
5. 「NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2008」(平成 20 年 6 月)
6. 「平成 20 年度 水素・燃料電池実証プロジェクト JHFC セミナー」資料 (2009 年 3 月 6 日)
7. 「JHFC 総合効率検討結果」報告書 (平成 18 年 3 月)
8. NEDO 「平成 17～18 年度 エネルギー使用合理化技術戦略的開発/高温空気燃焼技術を用いた新規水素プラントの実用化開発」報告書 (平成 19 年 5 月)