

## 4-2 自動車用燃料・インフラストラクチャ整備に関する課題と動向

### 4-2-1 燃料の選択について

FCV に用いる燃料としては、主に水素（直接水素を供給する方式）、メタノール、既存のガソリンスタンドを利用できるガソリン系の燃料が想定され、この中でどれが標準になるかについて注目を集めてきた。そうした中で、FCV の燃料に関して多くの自動車メーカーの意見が一致するのは、長期的には直接水素を用いる方式が望ましいということである。

従来から DaimlerChrysler 社は乗用車系の FCV 用燃料としてはメタノールが望ましいと主張していた。その後、2000 年 8 月に General Motors 社(GM 社)と米 ExxonMobil 社は、高効率の自動車用ガソリン改質プロセッサを開発したと発表し、2001 年 1 月には GM 社と環境技術等で提携関係にあるトヨタ自動車が GM 社と共同で「短中期の水素への移行期間を担う燃料として、Clean Hydrocarbon Fuel (CHF ; 従来のリーテルガソリンとは違うが、FCV と内燃機関自動車と共用可能な燃料) を研究の主要な候補とすることを GM 社と合意した」と発表した。こうした動きに対して、日産自動車も当時「ガソリン改質の技術的な目処は立っていないが、社会的コスト負担を軽減していくということで、ガソリン改質形を前向きに捉えている」<sup>注)</sup>と述べ、一時は主要な FCV メーカーがガソリン改質形 FCV の開発に注力し、直接水素形 FCV へ至るつなぎとしてガソリン改質形 FCV が主流になる可能性が高まったとみられていた。

こうした流れの中で、2002 年 12 月に世界に先駆けて限定販売されたトヨタ FCHV、ホンダ FCX では高圧水素方式が採用され、2003 年度末に限定販売された日産の FCV も高圧水素方式であり、また、今後商品化が予定される DaimlerChrysler、Ford の FCV も高圧水素方式が採用される予定である。

表 4-2-1 に燃料選択に関する日本のカーメーカーの意見を示している。以上のように直接水素形 FCV の実用化が先行する背景には、ガソリン改質が技術的に予想外に難しく、その実用化には何らかのブレークスルーが必要とされることが明らかになってきたことが挙げられる。そのため、メーカー各社は比較的実用化へのハードルが低い直接水素形の FCV の実用化を優先させていると考えることができる。トヨタ自動車は、表 4-2-1 に示すとおりに直接水素形へのつなぎとしてガソリン系の CHF が望ましいとしながらも、そのためには改質技術のブレークスルーが必要と述べている。一方、ホンダをはじめとするその他のメーカーは、改質技術の実用化そのものに懐疑的であり、直接水素形 FCV 以外の成立可能性は低いとみているのが現状である。米国エネルギー省 (DOE) でも、オンボード改質について 2004 年 6 月時点で厳しいマイルストーンをおき、2010 年の目標値である 30 秒始動の達成可能性を判断し、その判断如何によっては、研究開発の支援

<sup>注)</sup> (財)日本電動車両協会「平成 12 年度燃料電池自動車に関する調査報告書」平成 13 年 3 月 (以下「2000 年度 JEVA 『FCV に関する調査報告書』」と記す)

の中止を決める考え方を導入した<sup>注)</sup>。その結果、2004年6月、目標の達成は不可能と判断され、DOEのオンボード改質に関する支援は正式に打ち切られることとなった。

表 4-2-1 FCVの燃料の選択に対する国内自動車メーカーの意見

	FCVの燃料の選択についてどう考えるか
トヨタ	FCVは、初期には直接水素形の限定少量での導入があり、その次にCHFのような内燃機関との共用燃料の改質形、最終的には、CO <sub>2</sub> ・エネルギー問題が深刻になる時期にもよるが、直接水素になると考えられる。ただし、中間にある改質形のフェーズは、技術開発の如何によっては抜ける可能性がある。 改質形は内燃機関と共用の燃料（CHF等）を使った改質が望ましい。ただし、同じ燃料を使うHEVの効率をはるかに超えなければ、大量普及させる意味がないので、早期に技術開発を行う必要がある。このためにはブレークスルーが必要。
日産	FCVの導入シナリオとしては、内燃機関の改良から直接水素形に移行していくと考えられる。ガソリン改質は、実際に研究開発をすると難しく、現在は直接水素に注力している。ただし、全くあり得ないということではないので、改質形での商品化を否定することはできない。
ホンダ	FCVの燃料としては、基本的に直接水素以外の可能性は低いと考えている。内燃機関の改良から直接水素形FCVに移行するシナリオの可能性が非常に高いと考えている。車上改質は極めて技術的ハードルが高く、たとえ完成したとしてもCO <sub>2</sub> 排出量の削減メリットはほとんど見出せないと考えている。
三菱	既に限定的に市場導入されているように、短期的には直接水素搭載と考えている。中期的には水素供給インフラの普及の問題から、メタノール、ガソリン等の車上改質も考えられる。ただし、現在は水素インフラを広げようという方向に進んでいるので、メタノール、ガソリン等の車上改質はややトーンダウンしているという印象を受けている。
マツダ	最終的には水素燃料を直接利用するFCVの導入の方向に進んでいくと考えている。ただし、その過程で、化石燃料等の改質技術が進歩するならば一時的に利用の可能性はあるだろう。また、導入シナリオについては、技術の進歩、インフラ整備、普及促進の導入等、周辺の状況の進展を考慮しながら、様々なケースで検討している。

こうした動きに呼応するように、直接水素形のFCVの導入や実証走行に併せて、世界各地で公的な支援により水素供給ステーションの整備を進める動きも活発化しており、現状では直接水素方式のFCVにとっては追い風となっているように思われる。

一方で、表4-2-2に示すように直接水素方式のFCVは、現状技術では搭載される水素量に制約があり、航続距離が短いという致命的な課題を解決できていないのに加え、本格的な普及段階においてはインフラ整備に課題を残している。その点においてガソリン系燃料は有利であり、完全にその可能性を否定することはできないと考えられる。

注) 2002年度NEF「FC動向調査報告書資料編」

表 4-2-2 FCV の燃料に関する長所と短所の整理

燃 料	長 所	短 所
直接水素	<ul style="list-style-type: none"> <li>①改質器等の車載が不要で、燃料電池の構造簡素化、小型軽量化、コスト削減が可能。</li> <li>②走行時には水のみ排出。ゼロエミッション。</li> <li>③FC スタック技術の成熟度が高い。</li> <li>④Tank-to-Wheel でのエネルギー効率が高く、CO<sub>2</sub>排出量も少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①水素供給インフラの整備が必要。</li> <li>②現状の技術レベルではエネルギー貯蔵量が不十分で航続距離が短い。</li> <li>③気体燃料の取り扱いの経験が少ないので、燃料として利用した場合の安全性の確認が必要。</li> <li>④Well-to-Tank の効率が低い。</li> <li>⑤火炎が見えない。</li> </ul>
メタノール	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 改質が比較的容易。</li> <li>② インフラ面での制約が水素に比べて小さい。</li> <li>③ 液体燃料のため、取り扱いが容易。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①現状では、メタノール精製時の効率が悪く、エネルギーパスによっては総合的なエネルギー効率、CO<sub>2</sub>排出量の優位性が低い。</li> <li>②システム構成や制御の複雑さ、改質器の容量、重量などからくるパッケージング上の問題がある。</li> <li>③スタンドが少ないのでインフラ整備が必要。</li> <li>④安全性（毒性、地下水への混入の危険性）についての対策が必要。</li> <li>⑤走行時にはゼロエミッションでない。</li> <li>⑥火炎が見えない。</li> </ul>
ガソリン系燃料	<ul style="list-style-type: none"> <li>①既存のインフラを活用できる。</li> <li>②安全性、取扱性について、十分な知見の蓄積がある。</li> <li>③天然ガスからも合成可能（GTL）。</li> <li>④Well-to-Tank でのエネルギー効率が比較的高い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①改質が難しい。基礎段階。</li> <li>②現行ガソリン中の硫黄分、芳香族分等を除く必要がある。</li> <li>③走行時ゼロエミッションではない。</li> <li>④石油代替エネルギーではない。</li> <li>⑤GTLは現状ではコスト的に不利。</li> </ul>

## 4-2-2 水素供給システム

### (1) 直接水素形 FCV への水素供給方式について

WE-NET 計画においては、水素の供給方式として、図 4-2-1 に示すようなオプションが検討された<sup>注)</sup>。WE-NET 計画の目標とする究極的な水素供給システムは、海外の再生可能エネルギーを液体水素タンカーで輸送し、水素の国内輸送を経て利用することであるとされている。しかし、この方式は、上流から下流までのインフラストラクチャの構築に多くの時間と費用を必要とするため、短中期的な自動車用水素供給方法としては様々なパスが検討されている。

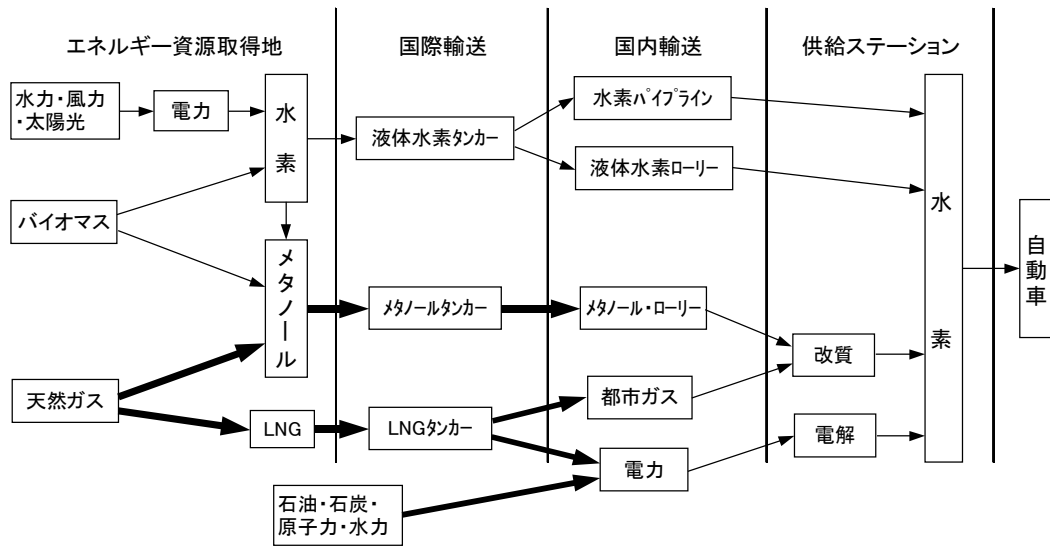


図 4-2-1 燃料電池車への水素供給のオプション

出典：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 水素利用技術に関する調査・検討（平成 11 年 3 月）

### (2) 水素供給ステーションの種類

表 4-2-3 に水素ステーションのタイプと特徴を整理する。

### (3) 水素供給ステーションの建設費検討事例

WE-NET 計画サブタスク 7 では、水素供給ステーションの経済性の検討を行っている（表 4-2-4）。それによると、水素供給ステーションの建設コストは 2 億～2 億 3 千万円と試算されている。

<sup>注)</sup> 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 水素利用技術に関する調査・検討（平成 11 年 3 月）

表 4-2-3 水素ステーションの特徴

型式	原燃料インフラ	代表的特徴
天然ガス改質形	都市ガス 13A の配管利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素コストがほかよりも安価</li> <li>都市ガスの供給地域に限られる。</li> </ul>
LPG 改質形	貯蔵設備の新設を要す	<ul style="list-style-type: none"> <li>都市ガスに比べ割高</li> <li>全国すべての地域に設置可能。</li> </ul>
メタノール改質形	貯蔵設備の新設を要す	<ul style="list-style-type: none"> <li>改質温度が 300℃で天然ガスより有利</li> <li>起動時間 1.5～2 時間</li> </ul>
ガソリン・ナフサ改質形	既存 GS に設置可能	<ul style="list-style-type: none"> <li>改質技術が比較的難しい。</li> <li>全国すべての地域に設置可能。</li> </ul>
高压ガス運搬貯蔵形	貯蔵設備の新設を要す	<ul style="list-style-type: none"> <li>設備コストが安価で取り扱いが容易</li> <li>場所により輸送コストが高い</li> </ul>
液体水素運搬貯蔵形	貯蔵設備の新設を要す	<ul style="list-style-type: none"> <li>設備コストが高価であるが貯蔵量が多い</li> <li>取り扱いが不慣れ</li> </ul>
水電解形	全国全ての地域に設置可能	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素コストが高い（電気料金により変動）</li> <li>起動時間 1 分で運転の自由度大</li> <li>夜間電力により負荷平準化に貢献</li> </ul>

出典：第 39 回電気化学セミナー「エネルギー・環境への切り札 “クリーンビークル”」1999.11.25～26 を基に作成

表 4-2-4 水素供給ステーション建設費のコスト試算(百万円)

	天然ガス改質 300Nm <sup>3</sup> /h	メタノール改質 300Nm <sup>3</sup> /h	アルカリ水電解 300Nm <sup>3</sup> /h	PEM 水電解 300Nm <sup>3</sup> /h
改質装置 (脱硫, 改質, CO 変成, 蒸気, 純水, 制御系)	61 (パッケージ型)	61 (パッケージ型)	—	—
ガス精製装置	47	47	—	—
水電解装置 (セルスタック, プラント, 純水, 電源, 制御系)	—	—	94	94 (パッケージ型)
ガス圧縮貯蔵設備	43	43	43	43
その他機器	40	40	30	30
建屋	15	15	25	15
工事費	20	20	25	20
水素供給コスト小計	226	226	217	202

注 1) 各種水素製造法に関する製造設備費の想定は以下のとおり。

- ①天然ガス改質法：300kW 級燃料電池用改質装置を利用
- ②メタノール改質法：量産時において天然ガス改質法と同等と想定
- ③アルカリ水電解法：Norsk Hydro Electrolyser より購入
- ④固体高分子電解質水電解法：量産時のコストを予測

注 2) 水素の貯蔵設備としては、既存技術としての高圧ガス貯蔵のほか、将来的には水素吸蔵合金による定置型貯蔵が考えられる。水素吸蔵合金による貯蔵設備のコストとしては、300Nm<sup>3</sup>で 1.89 億円との試算が行われている。（中島政雄：化学工学，49，379(1985)）

出典：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 水素利用技術に関する調査・検討（平成 11 年 3 月）

#### (4) WE-NET 計画における水素供給ステーションの実証実験

WE-NET 計画第Ⅱ期研究開発タスク 7 水素利用技術「水素供給ステーションの開発」プロジェクトにおいて、日本初の水素ステーションの実証実験を行うプロジェクトが平成 11 年度から開始された<sup>注1)</sup>。表 4-2-5 に WE-NET で実証実験が行われた水素ステーションの仕様を示す。天然ガス改質形水素供給ステーションと固体高分子電解質水電解形水素供給ステーションの 2 つのタイプである。両タイプともに水素吸蔵合金搭載形 FCV、圧縮水素搭載形 FCV に水素を充填し、走行テストを実施することを想定している。なお、天然ガス改質形水素供給ステーションについては、平成 14 年 2 月、大阪ガス株式会社西島技術センター構内 14m×46m（大阪市此花地区）に、また、固体高分子電解質水電解形水素供給ステーションについては、平成 14 年 2 月、株式会社四国総合研究所構内 18m×25m（高松市屋島西町）に完成した。本水素供給ステーションは、平成 15 年度まで運転試験を継続し、連続運転性能確認、システムのエネルギー効率評価および各種性能パラメータの経時変化確認等の実用化に必要な試験研究を行うほか、水素充填の最適条件選定や水素供給ステーションの安全運転システムの確認等が行われた。

表 4-2-5 水素ステーションの仕様

項目	天然ガス改質形	固体高分子電解質水電解形
水素製造装置	天然ガス改質装置 多重円筒常圧形	固体高分子電解質水電解装置 電源：DC1600A×100V 1000cm <sup>2</sup> 、50 セルスタック 水電解セルエネルギー効率：90% (@1.0A/cm <sup>2</sup> )
水素製造能力	30Nm <sup>3</sup> /h	20Nm <sup>3</sup> /h（定格）at 1.0A/cm <sup>2</sup> 30Nm <sup>3</sup> /h（最大）at 1.5A/cm <sup>2</sup>
精製装置	PSA 方式 (PSA 水素回収率 <sup>注2)</sup> ：71%以上)	Pd 触媒燃焼式、TSA 除湿装置
水素純度	99.99%以上	99.99%以上
水素貯蔵仕様	吸蔵合金型システム： 定格 60Nm <sup>3</sup> ×2 基 最大 90Nm <sup>3</sup> ×2 基 高压ガス容器：80 ㍓×8 本	吸蔵合金型システム： 30Nm <sup>3</sup> ×2 基 高压ガス容器：250 ㍓×3 本
充填圧力	MH 車：1MPa 未満 CH 車：25、35MPa	MH 車：1MPa 未満 CH 車：25、35MPa
充填時間	10 分以内	10 分以内
充填量	MH 車：25Nm <sup>3</sup> /台 CH 車：最大 150 ㍓容器を想定	MH 車：25Nm <sup>3</sup> /台 CH 車：最大 150 ㍓容器を想定
実験場所	大阪ガス西島技術センター構内 (大阪市)	四国総合研究所構内 (高松市)

注1) 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期研究開発タスク 7 水素供給ステーションの開発 (平成 13 年 3 月)

注2) PSA 水素回収率は以下の式で表される。 $PSA水素回収率 = \frac{(製品ガス量) \times (製品水素濃度) \times 100}{(PSA入口ガス量) \times (PSA入口ガス水素濃度)}$

天然ガス改質形水素供給ステーションの全体システムを図 4-2-2 に、固体高分子電解質水電解水素供給ステーションの全体システムを図 4-2-3 に示す。

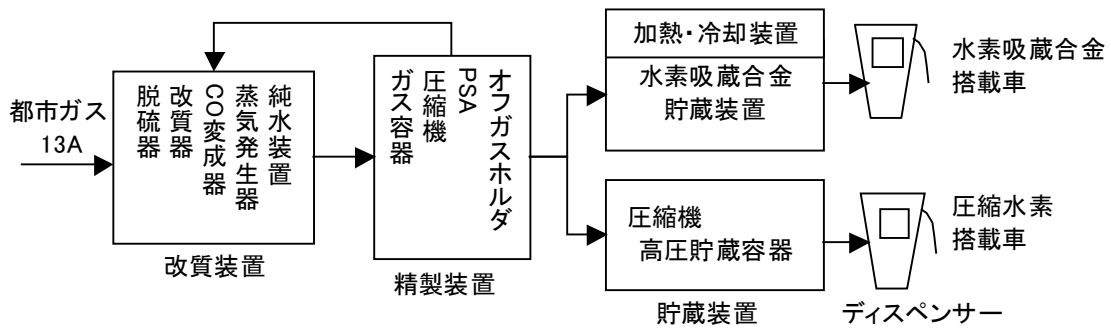


図 4-2-2 天然ガス改質形システム構成

出典：平成 12 年度水素エネルギー等関連技術開発委員会予稿集（平成 13 年 3 月 7 日）

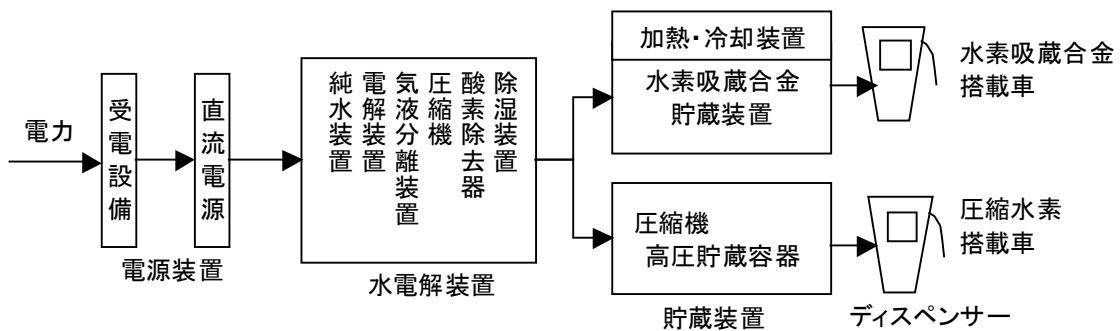


図 4-2-3 固体高分子電解質水電解形システム構成

出典：平成 12 年度水素エネルギー等関連技術開発委員会予稿集（平成 13 年 3 月 7 日）

水素供給ステーションを建設する際、現行の法令・規制においては、高圧ガス保安法や消防法、建築基準法などによって様々な規定があり、十分な規模のステーションを建設することが困難である。こうした問題を解決するために、現在政府では、規制緩和に向けて積極的な取り組みを行っている。（詳細は 3-8 節参照）

#### 4-2-3 メタノール供給ステーション

メタノールは、常温・常圧において液体であり、給油システムはガソリン等と基本的に同じであるが、腐食性があるなどガソリンと性状が異なるので、給油所については設備の材質と漏洩対策に特別の仕様が必要となる。

エコ・ステーション事業では、メタノール充填設備例を図 4-2-4 に示す。

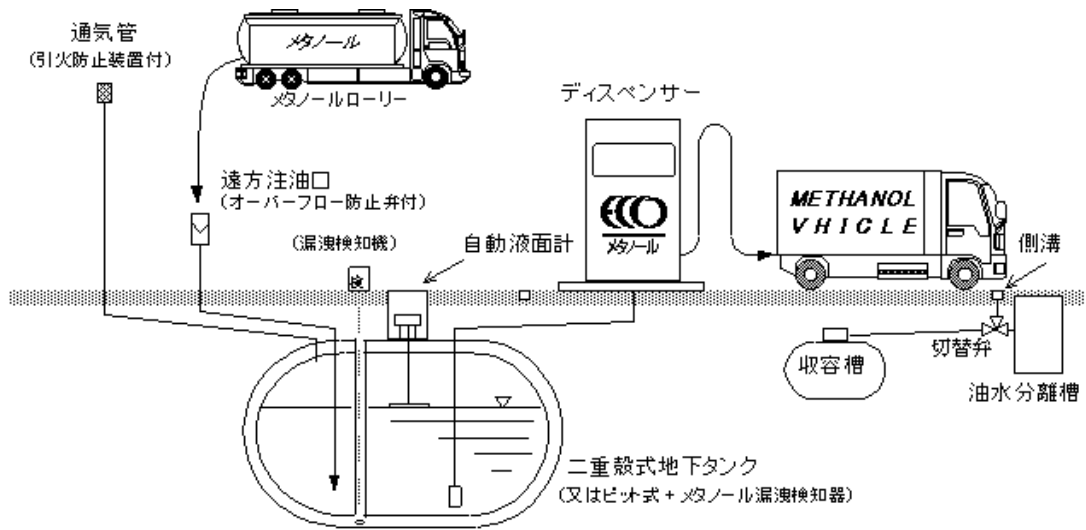


図 4-2-4 メタノール エコ・ステーションの設備構成例

出典：(財)エコ・ステーション推進協会

参考として、天然ガスのエコ・ステーションの設備構成例を図 4-2-5 に示す。

表 4-2-6 はエコ・ステーションの設置件数である。

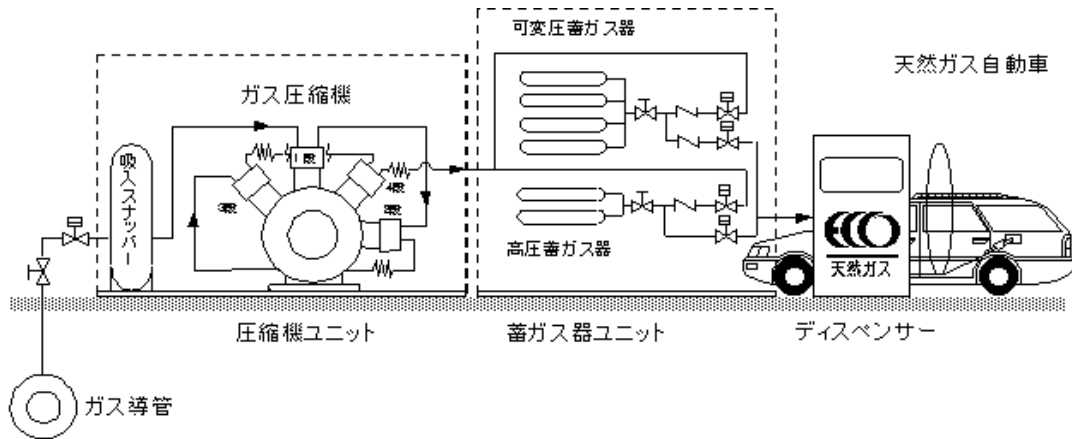


図 4-2-5 天然ガス エコ・ステーションの設備構成例

出典：(財)エコ・ステーション推進協会



表 4-2-6 エコ・ステーション件数の推移(平成 17 年 3 月末)

設置年度	電気	天然ガス	メタノール	LPG	合計
H5 年度	4	4	2		10
6 年度	2	7	4		13
7 年度	2	7		1	8
8 年度	3	3		5 (4)	11 (4)
9 年度	2	9		3 (1)	14 (1)
10 年度		16		5	21
11 年度		21		4 (1)	25 (1)
12 年度	7	31		4	42
13 年度	10	36		1 (1)	47 (1)
14 年度	14	41		1	56
15 年度	4	44		7 (1)	55 (1)
16 年度	4	22			26
合計	50	241	6	31 (8)	328 (8)
2000 年目標	100	430	350	250	1,130

注1) エコ・ステーション認定事業は、自費建設の施設（新設・既設を問わない）のうち一定の条件を満たすものをエコ・ステーションと認定し、統一マークのネットワークを充実させようとするもの。現在はガソリンスタンドに併設された LPG スタンドの認定が多い。

注2) ( ) 内は認定事業（内数）

出典：（財）エコ・ステーション推進協会

#### 4-2-4 その他の燃料電池車用燃料について

##### (1) GTL(Gas To Liquid)

図 4-2-7 に示すように、ガスから合成した液体燃料は不純物質を含まず、FC 用の燃料として最適と考えられている。GTL の特性を表 4-2-7 に示す。現在、世界では、表 4-2-11 に示すような GTL の計画がある。2003 年、カタール石油 (QP) は、Shell と Sasol とそれぞれ 14 万バレル/日、3.4 万バレル/日のプラントを建設すると発表した。

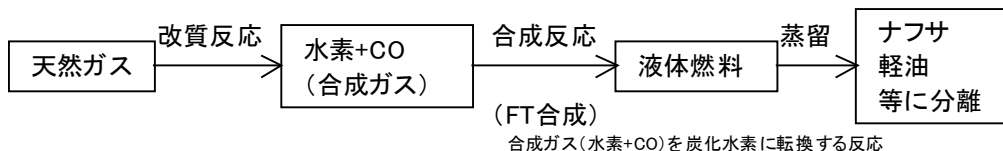


図 4-2-6 GTL 製造の概念図

表 4-2-7 GTL の特性

概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・常温液体，沸点範囲 30～220℃程度。</li> <li>・天然ガスは，石油に比べて資源的に豊かであり，硫黄フリーという環境上の特性もあわせもつ。この天然ガスを原料に液体炭化水素を合成することにより，輸送・貯蔵を効率良く行えるようにした天然ガス液体燃料が GTL である。</li> <li>・現在，南アフリカ，マレーシア等で工業化されている。</li> </ul>	
特徴	重油・軽油と同等のカロリーを有し，常圧タンクでの貯蔵，石油タンカーでの輸送が可能。	
使用用途	石油代替燃料	
毒性 安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本的にはガソリンと同じだが，発ガン性のあるベンゼン等を含まない点ではガソリンより安全。</li> <li>・許容濃度は 300ppm。</li> <li>・液体を飲みこむと肺に吸引され，化学性肺炎を起こす危険がある。</li> <li>・中枢神経系に影響を与えることがある。</li> <li>・長期又は反復的な皮膚との接触により皮膚炎を起こすことがある。</li> <li>・爆発限界下限 1.2～1.5%，上限 7.0～7.6%。引火点が極めて低い（-40℃以下）。</li> <li>・自己反応性，非伝導性であるので帯電による放電火花によって引火，爆発の危険がある。</li> </ul>	
	長所	短所
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガソリンと同様の取扱いが可能。</li> <li>・既存のガソリンインフラが利用可能。</li> <li>・硫黄分，芳香族分がない。</li> <li>・天然ガス，アスファルト，石炭等から製造できる石油代替エネルギーである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改質が比較的難しい。</li> <li>・走行時には，ゼロエミッションではない。</li> <li>・大量供給体制がまだ整っていない。</li> <li>・製造工程が多段階となるため，必ずしも効率は良くない。</li> </ul>

出典：経済産業省「燃料電池実用化戦略研究会報告」（2001 年 1 月 22 日）

表 4-2-8 世界の GTL プラントの現状と今後の計画

会社	立地	能力 (千バレル/日)	状況
Shell	マレーシア (Bintulu)	12.5~15.0	稼動中
	マレーシア (Sabah), イラン, エジプト, アルゼンチン, トリニダ	70.0	建設プロジェクト進行中
	カタール (Ras Laffin)	140.0	建設プロジェクト開始
Shell/Pertamina	インドネシア	70.0	建設プロジェクト進行中
Mossgas	南アフリカ (Mossel 湾)	30.2	稼働中
Sasol	南アフリカ (Secunda)	105.0	稼動中
	カタール (Ras Laffin)	34.0	建設開始
	モザンビーク (Beira)	未定	計画段階
Sasol/Chevron	ナイジェリア	30.0	建設プロジェクト進行中
Syntroleum	オーストラリア (Burrup Peninsula)	10.0	建設プロジェクト進行中
PDVSA	ベネズエラ	15.0	建設プロジェクト進行中
		50.0	
ExxonMobil	カタール (North Field)	100.0	計画段階
	アラスカ (North Slope), アンゴラ	50.0	計画段階
Rentech	アメリカ (Commerce City)	3.0	計画段階
Rentech/BC Propd	ブラジル	未定	計画段階
Rentech/ Pertamina	インドネシア	15.0	計画段階
Alaska Natural Gas To Liquids Co.	アラスカ (Prudhoe 湾)	50.0	計画段階
Reema International	トリニダ	10.0	計画段階
Forest Oil	南アフリカ	未定	計画段階

出典：日本エネルギー経済研究所 HP (<http://eneken.ieej.or.jp>) 掲載資料 (2001年11月) を基に作成

アモコ社のコスト試算<sup>注1)</sup>によれば、5万バレル/日の能力で GTL 燃料 1 バレル当たり \$25 程度、Synthetic Fuel Association Pacific 社の試算<sup>注2)</sup>では、2万バレル/日の能力で \$22.5/バレルと試算されている。また、石油公団でも \$25.1/バレル (天然ガス価格が \$0.5/MMBTU の場合) と試算されており、原油価格が \$20/バレルならガソリン、灯油、軽油と十分に競争できる価格としている<sup>注3)</sup>。ただし、この結果は天然ガスや原油の価格によって影響を受けるため、さらなる経済性の向上が課題である。

注1) 天然ガス価格 \$0.5/千立方フィート、内部収益率 15%、建設地を米国ガルフコーストとして試算。

注2) (財) 日本電動車両協会「平成 14 年度燃料電池自動車実証試験に関する海外調査」

注3) 石油公団「平成 12 年度 各種 GTL 製品の製造技術の最新動向並びに市場性に関する調査」

## (2) DME(ジメチルエーテル)

ディーゼル内燃機関の代替燃料として期待されている DME が、燃料電池車用燃料としても注目されている。DME は LPG と同程度の沸点であるため、LPG と同様の取り扱いができ、硫黄分が少ないというメリットがある。ただし、DME はゴム製品に対して溶解性があるので、材料選定には注意が必要である。また、まだ改質技術が十分に開発されていない、インフラ整備への投資が必要、走行時にゼロエミッションでない等のデメリットもある。

現在、DME はフロン代替のためエアゾールスプレーのガスとして LPG とブレンドして一般に広く使用されている。DME は天然ガスから製造するのが安価であるが、将来的には石炭が原料となることも考えられる。現在の生産量は、世界で 100,000～150,000 t/年、日本では約 10,000 t/年である。DME の特性を表 4-2-9 にまとめる。

国内では、1997 年から 2001 年まで、資源エネルギー庁から石炭利用技術振興補助金を受け、総事業費 20 億円で、(財)石炭利用総合センター、日本鋼管、太平洋炭坑、住友金属工業が、DME の低コスト量産技術等の実用化研究を行っている。1999 年には試験プラント(敷地面積約 3,000m<sup>2</sup>、生産量 5 t/日)を建設し、同年 9 月から 2000 年 3 月にかけて 3 回の連続運転の実施、データ解析等を行った。2002 年度からは、2005 年度までの予定で、100t/日の試験プラントによる技術開発を行っていく計画である。

また、三菱ガス化学、伊藤忠商事、日揮、三菱重工の 4 社は、2001 年 6 月に日本 DME (株)を設立し、オーストラリアのダンピアにプラントを建設している。プラント規模は 4,000～7,000t/日で、2006 年末の操業開始を目標としている。

表 4-2-9 DME の特性

概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・常温気体，融点<math>-138.5^{\circ}\text{C}</math>，沸点<math>-24.9^{\circ}\text{C}</math>。</li> <li>・DME はセタン価が高いため燃焼特性が優れ，さらに含酸素燃料のため，黒鉛を発生しない特性を有しているためディーゼル代替燃料として期待されている。</li> <li>・約 5 気圧で液化できるため，LPG と同等の扱いができ，航続距離，タンクの容量等が実用的である。</li> </ul>	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・粘性が低いために漏れやすいという特性がある。</li> <li>・ゴム系に対して腐食性を有している。</li> </ul>	
使用用途	スプレー式塗料用噴射剤，反応溶媒	
毒性 安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・毒性が極めて低い。</li> <li>・液状 DME が皮膚に付着した場合は凍傷の危険がある。</li> <li>・爆発限界(空气中) 3.4～27%</li> <li>・エーテル系化合物で，不純物として過酸化物を取りやすく安全対策が必要。</li> </ul>	
	長所	短所
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・LPG とほぼ同じ沸点のため，LPG と同様の取扱いができる。</li> <li>・ディーゼル内燃機関の代替燃料としても期待されている。</li> <li>・硫黄分がない。</li> <li>・他の燃料に比べて安全性が高い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改質技術がまだ十分に開発されていない。(ただし，メタノール並と予測)</li> <li>・インフラ整備への投資が必要。</li> <li>・走行時には，ゼロエミッションではない。</li> <li>・大量供給体制が整っていない。</li> <li>・部分酸化改質形は改質温度がガソリン並に高い。</li> </ul>

出典：経済産業省「燃料電池実用化戦略研究会報告」(2001 年 1 月 22 日)

### 4-3 FCV の経済性評価の事例

#### (1) 燃料電池実用化戦略研究会の目標値

「燃料電池実用化戦略研究会」では、自動車用と定置用について、2010 年以降を普及時期とし、その時期における FC システム全体の経済性目標を設定している(表 4-3-1)。ここでは、自動車用は 5,000 円/kW 以下、定置用については、家庭用システムで 30 万円/台以下、業務用システムで 15 万円/kW 以下を目標値としている。

表 4-3-1 「燃料電池実用化戦略研究会」による FC システムの経済性目標値

用途	時期	コスト目標	備考
自動車用	2010 年以降	5,000 円/kW 以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>改質器・その他周辺機器含む</li> <li>約 5 万台の普及を想定</li> <li>約 210 万 kW (家庭用 120 万台) などを想定</li> </ul>
定置用			
家庭用システム 業務用システム	2010 年以降	30 万円/台以下 15 万円/kW 以下	

出典：燃料電池実用化戦略研究会「固体高分子形燃料電池/水素エネルギー利用技術開発戦略」(2001 年 8 月 8 日) を基に作成

#### (2) 米国 DOE による目標値

米国 DOE は、FreedomCAR プログラムと議会提出報告書から、FC システムのコストと水素価格/コストの目標値を示している(表 4-3-2)。FreedomCAR プログラムでは、自動車用の FC システムコストの目標値として、普及段階とする 2010 年以降で \$45/kW、本格普及段階とする 2015 年以降で \$30/kW と設定している。

表 4-3-2 DOE による FC システムと水素のコスト目標値

プログラム等	分類	達成時期とコストの目標
FreedomCAR	FC システムコスト (自動車用)	2010 年以降：\$45/kW 2015 年以降：\$30/kW
	水素価格	2010 年以降：\$1.25/ガロンガソリン相当
議会提出報告書	水素コスト	2005 年以降：\$3.0/ガロン相当 (非課税)
		2010 年以降：\$2.1/ガロン相当 (非課税)

#### (3) EU の FP6 による目標値

EU の FP6 では、FC システムの長期的なコスト目標として、自動車用で 50 ユーロ/kW、定置用で 300 ユーロ/kW を設定している。

#### (4) FCCJ による目標値<sup>注)</sup>

FCCJ では、定置用 FC システム (1kW 級) について、2015 年以降の本格普及段階において 30 万台/社の製造を想定した場合に、製造原価 16 万円/台を目標としている。

注) FCCJ「固体高分子形燃料電池の技術開発ロードマップ Ver.1」(2003 年 3 月)

(5) JEVA「燃料電池自動車調査専門委員会」による試算

JEVA「燃料電池自動車調査専門委員会」<sup>注)</sup>では、FC スタックや二次電池、水素吸蔵合金等のコンポーネントなどの価格を個別に推計して積み上げることにより FCV の将来販売価格の見通しの推計を行っている。

検討の対象としている FCV は、表 4-3-3 に示すような直接水素供給型の小型乗用車である。

表 4-3-3 JEVA「燃料電池自動車調査専門委員会」で検討の対象とした FCV のタイプ

FCV のタイプ	直接水素形 FCV 乗用車タイプ 水素吸蔵合金利用		
出力	FC	30kW (40kW)	二次電池との ハイブリッド構成
	二次電池	25kW (15kW)	
	計	55kW	

注) ( ) 内は FC の出力当たりのコストが二次電池を下回った場合。

前提条件の違いから 2 つのケースが検討されたが、基本的なケースとして、図 4-3-1、表 4-3-4 のような FCV の価格が推計されている。このケースは、全世界の FCV 需要が 2010 年に年間 2 万台程度と想定された結果である。自動車メーカーが商品化を目標とする 2003 年から 2005 年においては、30,000 ドルを超える程度の価格と推計され、2010 年においては、24,000 ドル程度まで低下するという結果となっている。

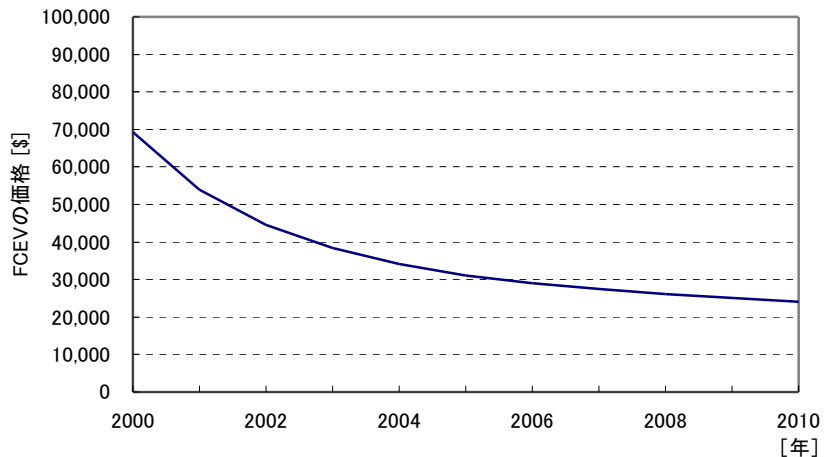


図 4-3-1 FCV 価格の推移

注) (財) 日本電動車両協会「平成 11 年度次世代電気自動車〔燃料電池自動車〕に関する調査報告書」平成 12 年 3 月 (以下「1999 年度 JEVA『FCV に関する調査報告書』」と記す)

表 4-3-4 JEVA「燃料電池自動車調査専門委員会」によるFCVの基本条件の設定と価格の想定結果

項目		2000年	2005年	2010年	想定根拠	備考		
FCEVの基本条件・性能		直接水素供給型FCEV 出力：FC30(40)kW，二次電池25(15)kW， 合計55kW			WE-NETでの想定値 ただし，（ ）内は二次電池とFCの価格が逆転 した場合の想定値			
FCEV年販売台数(万台/年)(想定値)		0.0	0.2	2.0	モデルによる推計結果(補助有りケース)	世界市場		
コストの 想定	燃料電池スタック	\$/台 (\$/kW)	30kW 39,206 (1,307)	30kW 6,651 (222)	30kW 3,040 (101)		需要量による	
	MEA	出力当り 価格	\$353/kW	\$124/kW	\$70/kW			
		イオン交換膜	膜出力	3.5kW/m <sup>2</sup>	4.4kW/m <sup>2</sup>	5.5kW/m <sup>2</sup>	メーカーヒアリングによる	
			面積当り 膜価格	\$440/m <sup>2</sup>	\$340/m <sup>2</sup>	\$263/m <sup>2</sup>	パール和系イオン交換膜を想定。デュポンによる。 250万m <sup>2</sup> /年で\$50/m <sup>2</sup> を想定。 需要によって価格を設定。	需要量による
	白金	出力当り 膜価格	\$125.7/kW	\$77.6/kW	\$47.9/kW			
		担持量	2g/kW	0.63g/kW	0.2g/kW	文献調査，メーカーヒアリング		
		価格	\$26/kW	\$8.2/kW	\$2.6/kW	\$13/gと想定		
	カーボンペーパー	価格	\$25/kW	\$7/kW	\$2/kW	ヒアリング等		
	その他	価格	\$177/kW	\$31/kW	\$17/kW	MEA全体コストの25%と想定		
	セパレーター	価格	\$300/kW	\$42/kW	\$6/kW	1\$/枚程度になると想定 Alided Signal社，バラード社ヒアリング		
	その他	価格	\$653/kW	\$55/kW	\$25/kW	全体価格の25%と想定。		
	二次電池	\$/台	5,000	2,739	1,500	2010年は，NEDOでの検討値 25kW×@60\$/kW		
	共通部分	\$/台	12,000	12,000	12,000	WE-NETでの想定値		
	インバータ+モータ	\$/台	9,000	5,612	3,500	2010年は，WE-NETでの想定値		
水素吸蔵合金	\$/台	4,000	4,000	4,000	WE-NETでの想定値			
合計	\$/台	69,206	31,002	24,040		需要量による		

出典：1999年度 JEVA「FCVに関する調査報告書」

(6) ADLによる試算

1) FCV パワートレインの試算<sup>注1)</sup>

米国のコンサルティング会社 Authur D. Little (ADL) が、DOE の委託により推計した FCV パワートレインのコストを表 4-3-5 に示す。この試算では、年産 50 万台の FCV 普及が前提となっている。

表 4-3-5 FCV のパワートレインコストの比較[ドル](DOE/OTT 委託研究)

方式		250km	500km	コメント
改質器 車載	燃料タンク	33	57	・短期的には、コストは左のコスト範囲の上限に留まる。
	改質器	900*~3,000	900*~3,000	
	燃料電池	1,750*~5,000*	1,750*~5,000*	
	合計**	2,700~8,000	2,700~8,000	
圧縮 水素	タンク	900	1,500	・水素利用率と電流密度が高く、燃料電池コストが低下する。
	燃料電池	1,750*~5,000*	1,750*~5,000*	
	合計**	2,650~5,900	3,250~6,500	
水素 吸蔵 合金	吸蔵合金システム	2,300~3,600	4,600~7,200	・コスト分析は、トヨタの TiCrV 系を参考にした。 ・水素利用率と電流密度が高く、燃料電池コストが低下する。
	燃料電池	1,750*~5,000*	1,750*~5,000*	
	合計**	4,000~8,600	6,400~12,200	

試算根拠： ・車両換算で年産 50 万台相当。  
 ・改質器車載方式ではマルチ燃料を想定（ガソリン改質が前提）。  
 ・改質器構成は改質反応（ATR）部、高温シフト部、低温シフト部、選択酸化部から構成され、改質器には、脱硫装置や水・燃料の供給系も含める。

\* : PNGV の 50kW パワートレイン長期目標値による。

\*\* : パワートレイン部のみのコスト。Balance-of-Plant<sup>注2)</sup> やパワーエレクトロニクス部のコストは除く。

2) 水素供給コストの試算<sup>注1)</sup>

表 4-3-6 は同じく ADL によって推計された、米国における水素供給コストの試算である。ADL はこの結果より、スタンドでの改質の場合、水素の製造コストはガソリンよりも安価になる可能性があるとしている。

表 4-3-6 スタンドでの改質方式の水素製造コスト分析

費用項目	コスト [\$/GJ H <sub>2</sub> ]	コメント
電気コスト	\$1.90	6¢ /kWh
ガスコスト	\$6.47	\$4/MMBTU
改質器 O&M	\$0.43	資本費用の 10%
PSA O&M	\$0.38	資本費用の 10%
コンプレッサシステム O&M	\$0.03	Ogden, et al.の文献より
人件費	\$3.40	3 人（年間\$50,000）
年間資本費用	\$3.88	年間コスト=資本費用の 15%
利益・販売費用	\$0.97	資本費用の 25%
水素コスト合計	\$17.14	税別
水素 FCV の燃費	2.3¢ /mile	ガソリン換算で燃費を 91mpg と想定
比較：ガソリンコスト	\$6.92	\$0.90/gallon, 130MJ/ gallon（税別）
ガソリン ICE の燃費	3.0¢ /mile	課税額は、全燃料コストの 25%程度

注：年間のスタンド設置数（生産数）を 100、1 日の給油台数を 300 台に想定。

注1) 2000 年度 JEVA 海外調査報告書

注2) 燃料電池発電プラントを構成する機器のうち、主要機器を除いた残りすべての機器の総称。



### 3) ガソリン改質形 FC システムの試算<sup>注)</sup>

ADLによって試算された、ガソリン改質形 FC システム（加圧式スタック）のコスト試算結果を表 4-3-7 に示す。

表 4-3-7 ガソリン改質形 FC システムのコスト分析結果

サブシステム	2000 年 ベースライン [\$/kW]	2001 年 ベースライン [\$/kW]	コストの 増減	増減の理由 (見直し点)
燃料電池	177	221	+25	電極と高分子膜のコストを見直し。
燃料プロセッサ	86	76	-12	触媒ベッドのコストを見直し。
Balance-of-Plant	10	10	0	2000 年ベースラインに同じ。
システム組立	21	17	-19	溶接時間を見直し。
全コスト	294	324	+10	見直しの結果、全コストは増加した。

注) ネット出力：50kWe, 年生産量：50 万個

主要なコスト変動要因について分析した結果を図 4-3-2 に示す。ADL は、素材ではナフイオン®膜のコストが全体コストに最も大きく影響するとしている。また、異なるシステム出力（25, 50, 100kW）でも試算を行っており、システム出力が増大すると kW 当りのコストは低減するという結果も得られている。

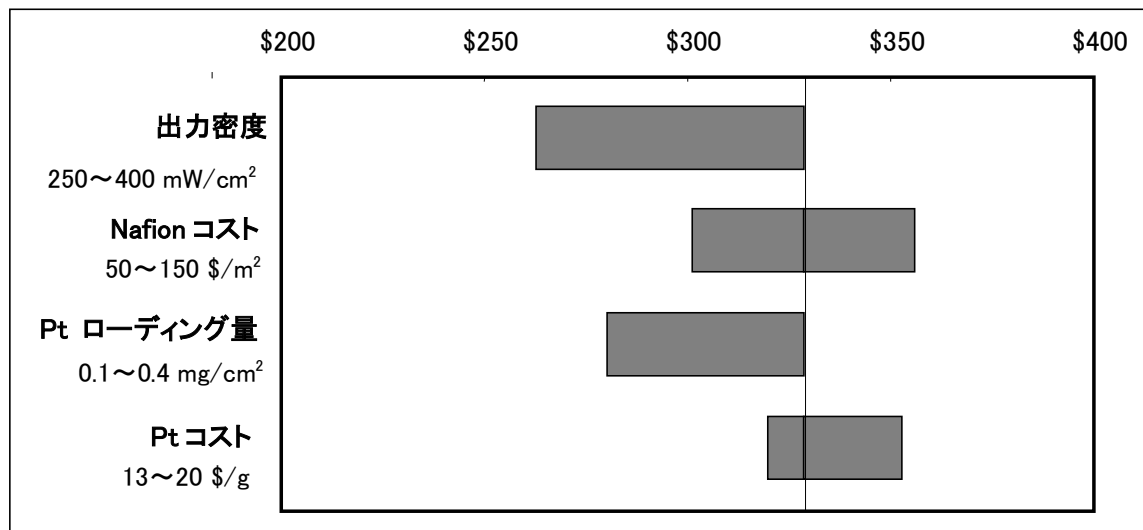


図 4-3-2 全体コストに対する各項目の感度分析結果

注) 2001 年度 JEVA 海外調査報告書

(7) WE-NET による試算

WE-NET 計画では、水素燃料 FCV の経済性を評価している<sup>注)</sup>。短期に成立可能な最も安価な水素の供給システムは、表 4-3-8 に示すように、天然ガス（都市ガスあるいはメタン）をオンサイトで改質する方法であり、1Nm<sup>3</sup> 当り約 40 円となっている。

表 4-3-8 わが国における自動車用水素のコスト見積

(単位：円/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>)

項目	天然ガス改質	メタノール改質	アルカリ水電解	PEM 水電解
設備費	17.6	17.6	16.9	15.7
人件費	2.9	2.9	2.9	2.9
変動費				
都市ガス	14.1	—	—	—
メタノール	—	27.6	—	—
電力	4.9	4.4	54.5	48.8
その他ユーティリティ	0.4	0.3	0.5	0.5
計	39.9	52.8	74.8	67.9

注) 都市ガス価格：39.3 円/Nm<sup>3</sup>，メタノール価格：40.0 円/kg，電力価格：東京電力高圧季時別電力 B 出典：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 水素利用技術に関する調査・検討（平成 11 年 3 月）

図 4-3-3 は各種自動車の生涯（15 万 km 走行を想定）の燃料コストを比較したものであり、水素、メタノールともガソリンハイブリッド車と同等レベルかそれ以下であることがわかる。ただし、この比較では水素、メタノールに対する燃料課税はないものと想定されていることに注意する必要がある。

わが国では、メタノールを化学工業用に年間約 200 万トン消費しており、当面はこの工業用メタノールの一部が利用され、価格面でも同じ扱いをされると想定されている。ここでは、1998 年時点の化学工業用ローリー引渡し価格の平均的な値として、40 円/kg が仮定されている。また、メタノールの小売価格としては、これにメタノール供給スタンドの設備費相当を加算した場合のコストとして 53 円/kg が仮定されている。

<sup>注)</sup> 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 水素利用技術に関する調査・検討（平成 11 年 3 月）

燃料代(千円/15万km)

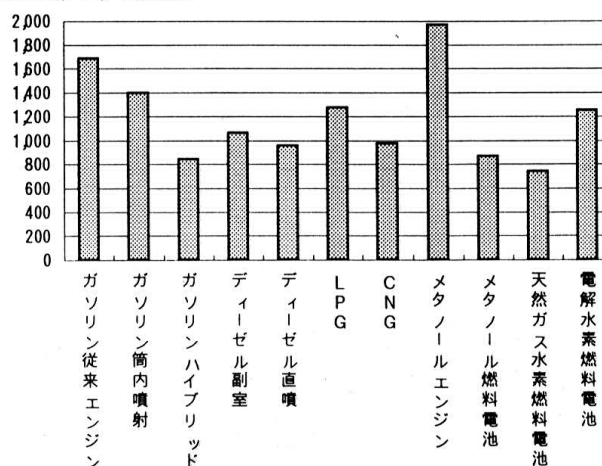


図 4-3-3 各種自動車の燃料コストの比較

出典：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 水素利用技術に関する調査・検討 (平成 11 年 3 月)

また、40 円/Nm<sup>3</sup> という水素の価格は、1 ステーション当り 300Nm<sup>3</sup>/hour の能力をフル稼働した場合であり、普及が十分に進展していない時期においては、公的な支援なしではこれより高額になることは避けられないと見積られている。表 4-3-9 は 40 円/Nm<sup>3</sup> の前提となる天然ガス改質形水素ステーションの建設費である。

表 4-3-9 燃料電池車が経済的に成立するシステム例 (天然ガス改質形水素ステーションの建設費)

項目	金額(百万円)	備考
改質装置	61	パッケージ型(脱硫, 改質, 変成, 蒸気, 純水, 制御系を含む)
精製装置	47	PSA 式
ガス圧縮貯蔵設備	43	圧力 20MPa
その他機器	40	
建屋	15	
工事費	20	
合計	226	

注) 水素製造能力：300Nm<sup>3</sup>/hr

出典：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 水素利用技術に関する調査・検討 (平成 11 年 3 月)

表 4-3-10 は、FCV の車両コストの見積り額であり、245 万円と見積られている。また、表 4-3-11 は燃料費、車両コストを踏まえた生涯 15 万 km を走行した場合の総合経済性の評価である。すなわち、この車両価格、燃料コストで、生涯 15 万 km を走行する場合、ガソリン車と同等となるという結果となっている。

表 4-3-10 燃料電池車が経済的に成立するシステム例(車両コスト)

単位:千円

	ガソリン車	FCV	備考
共通部分	1,200	1,200	
エンジン+変速装置	250	—	
その他ガソリン車専用	50	—	燃料タンク, 排ガス処理装置等
燃料電池	—	300	10 千円/kW×30 kW
二次電池	—	200	8 千円/kW×25 kW
インバータ	—	200	
モータ	—	150	最大出力 50kW
水素吸蔵合金タンク	—	400	合金 3 千円×110kg, 水素貯蔵量 2.2kg
合計	1,500	2,450	

注) 車種: 小型バン

出典: 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 水素利用技術に関する調査・検討 (平成 11 年 3 月)

表 4-3-11 燃料電池車が経済的に成立するシステム例(総合経済性)

	ガソリン車	FCV	備考
車両価格 (a)	1,500 千円	2,450 千円	
燃費 (b)	8 km/l	8.11 km/Nm <sup>3</sup>	FCV の効率はガソリン車の 3.125 倍とした
生涯走行距離 (c)	150,000 km	150,000 km	15,000 km/年×10 年
燃料単価 (d)	90 円/l	40 円/Nm <sup>3</sup>	
生涯燃料費 (e)	1,690 千円	740 千円	(d)×(c)/(b)
総合費用	3,190 千円	3,190 千円	(a)+(e)

注) 車種: 小型バン

出典: 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 水素利用技術に関する調査・検討 (平成 11 年 3 月)

(8) 経済産業省「燃料電池実用化戦略研究会」による燃料供給ステーションの設置費用の試算

燃料電池実用化戦略研究会では, 燃料電池用として見込まれる燃料について, 表 4-3-12 のように既存のサービスステーション (SS) に設備を追加するための 1SS 当たりの設置費用を試算している。

表 4-3-12 燃料電池用として見込まれる主な燃料の 1SS 当たりのインフラ投資額

燃料種類	水素		メタノール	ガソリン	GTL
現在の自動車用供給設備数	0 ヶ所		約 50 ヶ所	約 56,000 ヶ所	0 カ所
既存の SS に設備を追加するための 1SS 当たりの設置費用	液体水素貯蔵	0.9 億円	0.2 億円	—	0.1 億円
	水素ガス貯蔵	0.8 億円			

#### 4-4 燃料電池車の実用化の時期と普及台数の見通しについて

##### 4-4-1 自動車メーカーによるFCVの実用化計画

2002年12月、トヨタとホンダはFCVの限定リース販売を行い、DaimlerChrysler、日産も限定リース販売を開始している（表4-4-1）。また、国内では、官庁、自治体、一般企業を含めこれまでに24台のFCVがリース販売されている（表4-4-2）。

表 4-4-1 自動車メーカー発表によるFCVの商品化の時期(2005年度末現在)

自動車メーカー	商品化時期	備考
トヨタ	2002年限定販売	国内で11台、米国で5台を限定リース販売
ホンダ	2002年限定販売	国内で6台、米国で13台を限定リース販売
DaimlerChrysler	2003年限定販売	国内で3台を限定リース販売
Ford	2003年内限定販売予定	
GM	2008～2010年までに累計数万台を販売	
日産	2004年限定販売	国内で3台を限定リース販売
ダイハツ	2004年限定販売	国内で1台を限定リース販売

表 4-4-2 国内におけるFCVリースの現状(2002.12～2005.3末現在)

車両		官庁	自治体	一般企業	合計
トヨタ	FCHV (120万円/月)	5台	2台	4台	11台
ホンダ	FCX (80万円/月)	3台	1台	2台	6台
日産	X-TRAIL FCV (100万円/月)	—	2台	1台	3台
ダイハツ	MOVE FCV-K-II (20万円/月)	—	1台	—	1台
D/C	FCELL (120万円/月)	—	—	3台	3台
総計		8台	6台	10台	24台

注) トヨタ：米国で5台リース、ホンダ：米国で13台リース

#### 4-4-2 経済産業省「燃料電池実用化戦略研究会」による見通し

2004年3月11日に開催された第12回燃料電池実用化戦略研究会において、水素エネルギー社会の将来像、水素社会に向けたシナリオが提案された。そのシナリオでは2030年には燃料電池自動車約1,500万台、定置用燃料電池が約1,250万kWとなっている（詳細は3-4-1(6)参照）。

表 4-4-3 将来に向けた普及のシナリオ

	2010年	2020年	2030年
燃料電池自動車	約5万台	約500万台	約1,500万台
定置用燃料電池	約210万kW	約1,000万kW	約1,250万kW

出典：第12回燃料電池実用化戦略研究会資料を基に作成

#### 4-4-3 JEVA「燃料電池自動車調査専門委員会」による見通し<sup>注)</sup>

JEVA「燃料電池自動車調査専門委員会」では、FCVの簡単な需要関数を想定することにより、2つのケースにおけるFCVの導入台数の推計を行っている。ケース1は燃料供給インフラに制約があるケースであり、ケース2はそうした制約が無いケースである。それぞれの日本市場での普及台数の推計結果を、それぞれ図4-4-1、図4-4-2に示す。

2010年において、ケース1では約8千台、ケース2では約5万台となっている。ここで注意が必要なのは、ケース1においては購入者のすべてに対してベース車両（ここでは160万円と想定）との差額の半分を補助した場合であり、ケース2ではそうした補助がない場合が想定されている点である。

<sup>注)</sup> 1999年度JEVA「FCVに関する調査報告書」

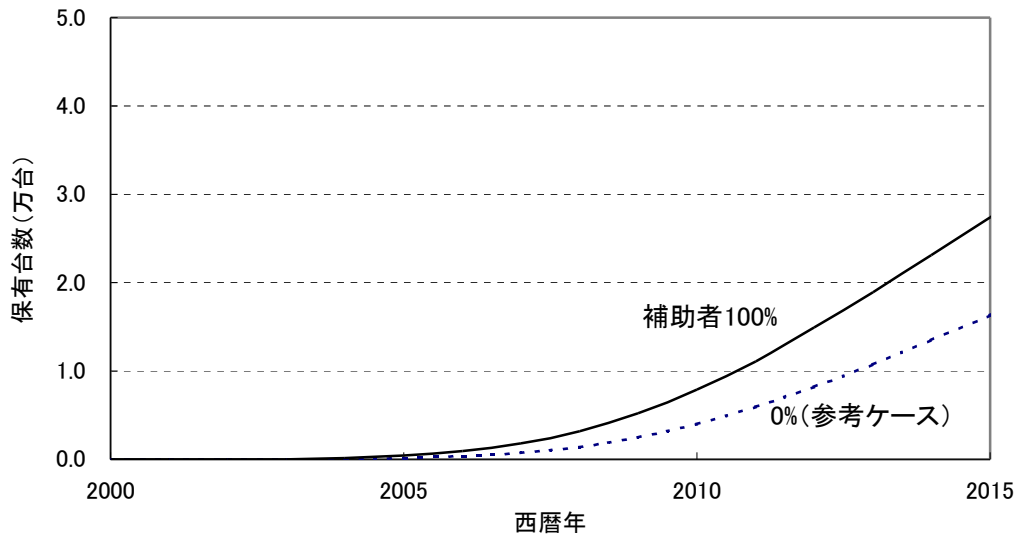


図 4-4-1 日本市場での FCV 保有台数の推計結果(ケース 1: インフラ制約のある場合)  
 (JEVA 「燃料電池自動車調査専門委員会」 1999 年度)

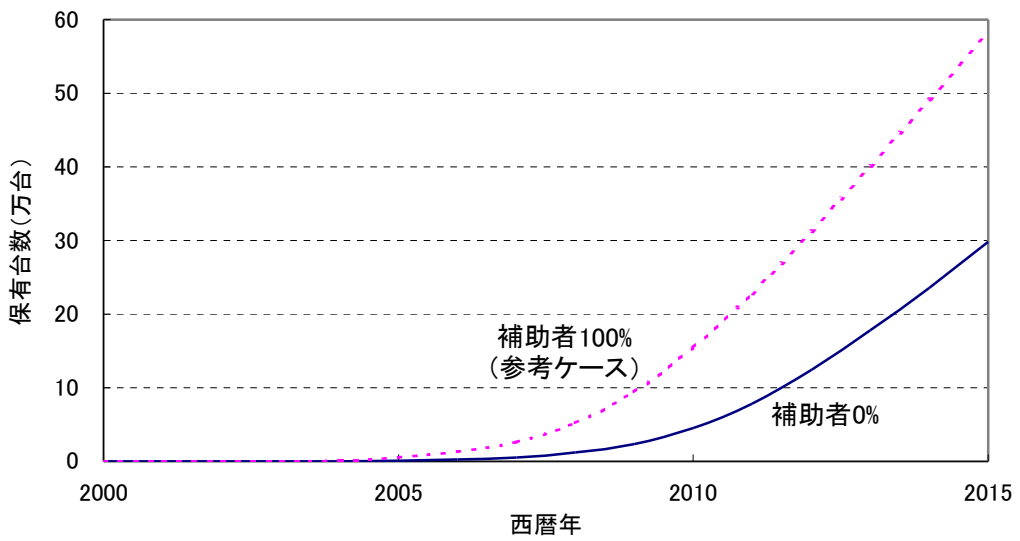


図 4-4-2 日本市場での FCV 保有台数の推計結果(ケース 2: インフラ制約のない場合)  
 (JEVA 「燃料電池自動車調査専門委員会」 1999 年度)

#### 4-4-4 Johnson Matthey による普及見通し<sup>注1)</sup>

図 4-4-3 に英国 Johnson Matthey 社による FC の普及予測を示す。

定置用燃料電池（住宅用）では、2005 年に 2.5 万～130 万 kW（5 千～2.5 万台）と想定している。また、2011 年では、400 万～500 万 kW（80 万～100 万台）である。FCV 生産台数は、2005 年に 1,000～5,000 台、2011 年に 20 万～50 万台規模と想定している。

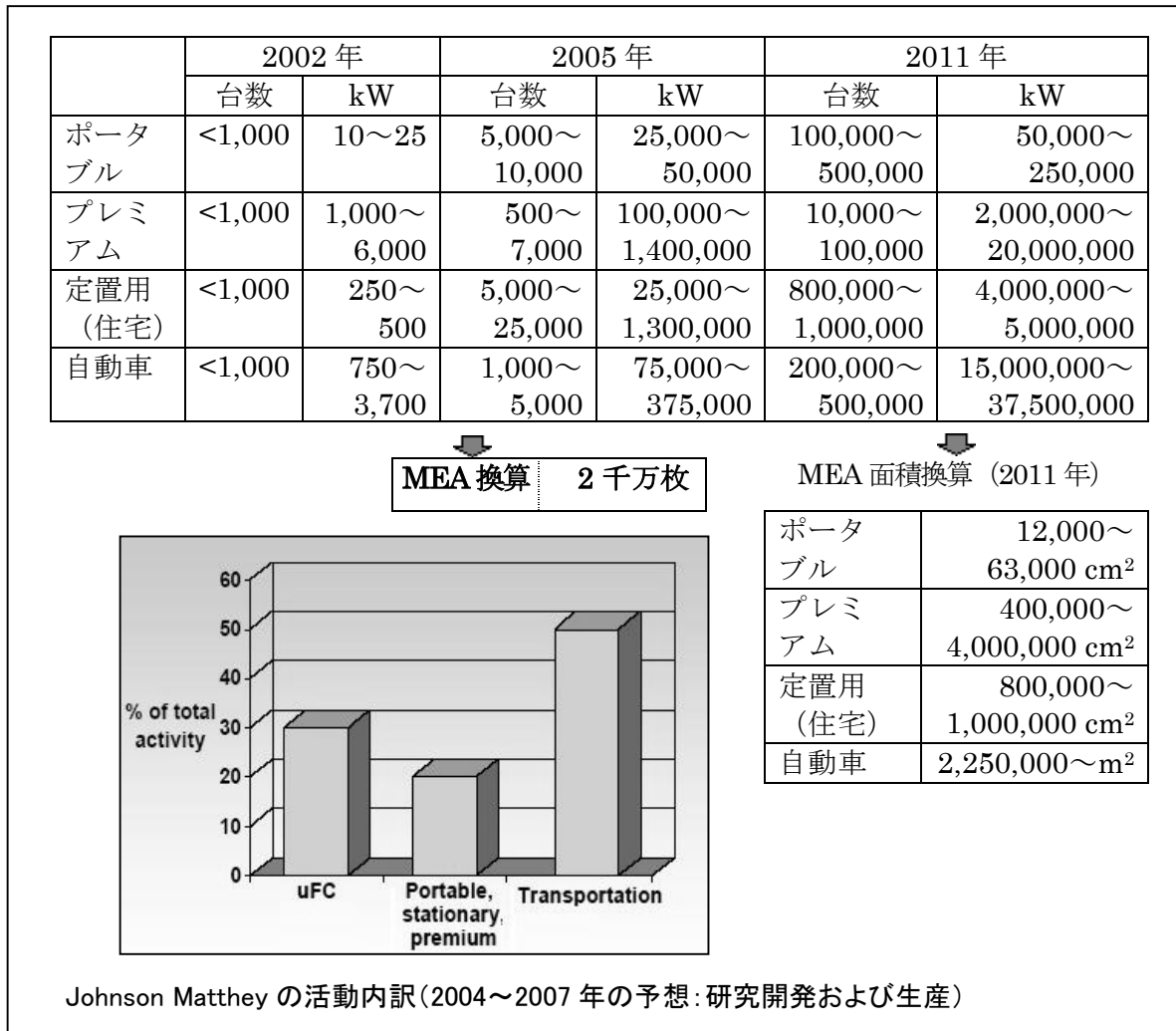


図 4-4-3 Johnson Matthey 社による FCV 普及見通し

#### 4-4-5 Texaco による普及見通し<sup>注2)</sup>

大手石油供給会社である Texaco による FCV の普及見通しと、実用化の予想シナリオをそれぞれ表 4-4-4、表 4-4-5 に示す。2010 年における全世界の FCV の普及台数は、楽観的には 70 万台、現実的には 15 万台と予測されている。

注1) 2003 年度 JARI 海外調査報告書

注2) 2000 年度 JEVA 海外調査報告書



表 4-4-4 Texaco による FCV 普及見通し

ケース	2005 年	2010 年
実現的	7,500 台	150,000 台
楽観的	40,000 台	700,000 台

表 4-4-5 Texaco による FCV の実用化予想

2001～2005 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCV のデモンストレーション（水素形かメタノール改質形）</li> <li>ガソリンステーションにおける水素製造装置</li> </ul>
2004～2005 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素 FCV の実用化</li> </ul>
2010 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素 FCV の市場拡大</li> <li>乗用車 FCV の導入</li> <li>メタノール・ガソリン改質 FCV の量産</li> </ul>

#### 4-4-6 DuPont による燃料電池市場の見通し<sup>注)</sup>

膜・MEA の大手メーカーである DuPont による燃料電池市場の見込みを図 4-4-4 に示す。まず定置用とポータブル用が先に実用化されていき、市場全体では年率 35～45% の割合で拡大していくとの見込みである。

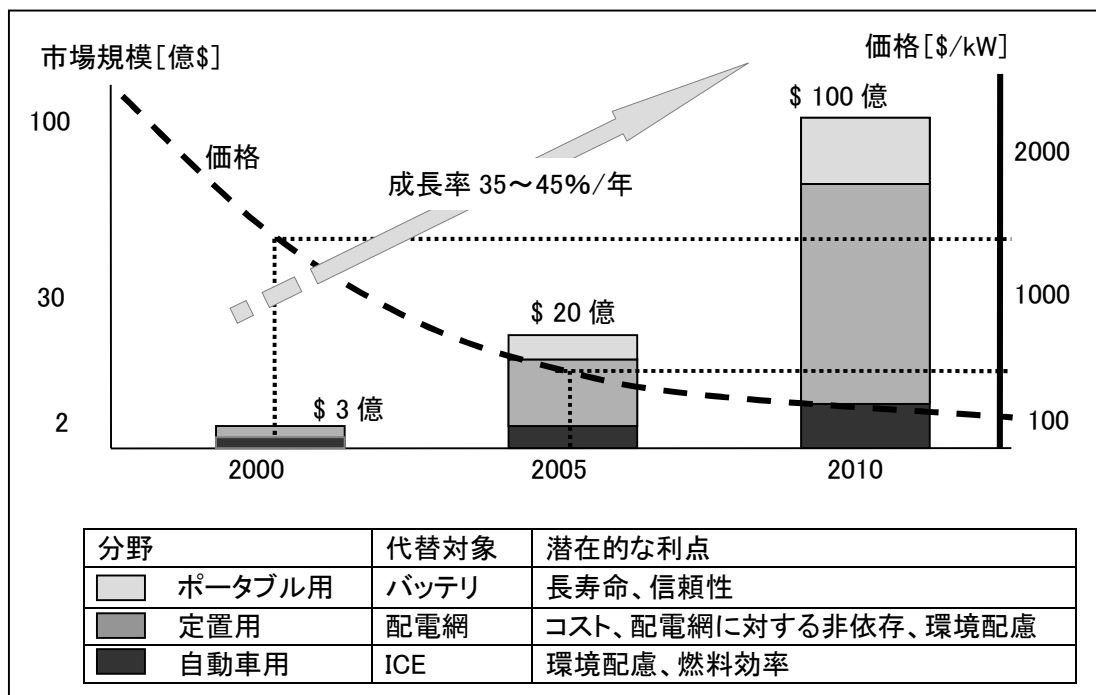


図 4-4-4 DuPont による燃料電池市場の見込み

FC システムのコスト目標を図 4-4-5 に示す。定置用は \$2,000/kW、ポータブル用は

注) 2001 年度 JEVA 海外調査報告書

\$500/kW, 自動車用では\$50/kW を目標としている。

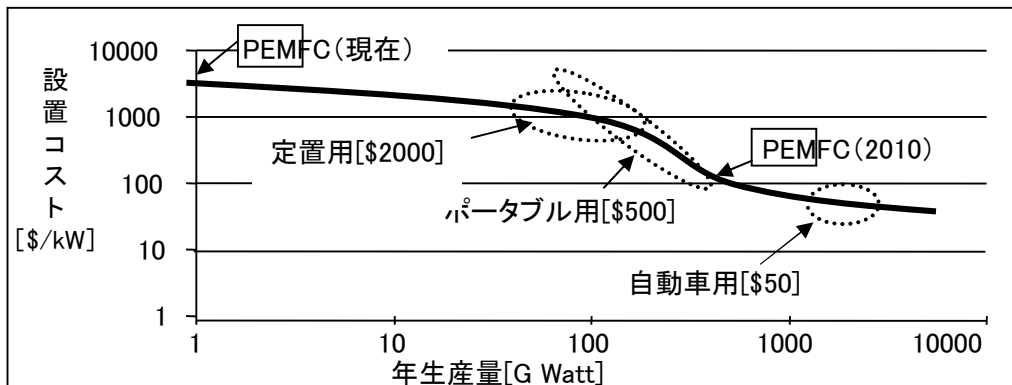


図 4-4-5 DuPont による FC システムのコスト目標

#### 4-4-7 WE-NET による導入シナリオ

WE-NET 計画においても、直接水素形 FCV の導入シナリオが検討されている<sup>注)</sup>。それによると、2010 年におけるわが国の FCV の年間販売台数は全車種で 1 万 2 千台程度であり、そのうちの約 2 千台が乗用車、8 千台が商用のバンという想定である(図 4-4-6)。短中期シナリオによる 2020 年の直接水素形 FCV の新車販売台数は約 15 万台、普及台数で 60 万台程度の想定である(図 4-4-7, 図 4-4-8)。わが国の年間新車販売台数を 700 万台とすると、15 万台は約 2% 程度のシェアに相当する。また、この時期においても一般乗用車の FCV の普及はほとんど見込んでおらず、乗用車の普及が始まるのはこれ以降という想定である。

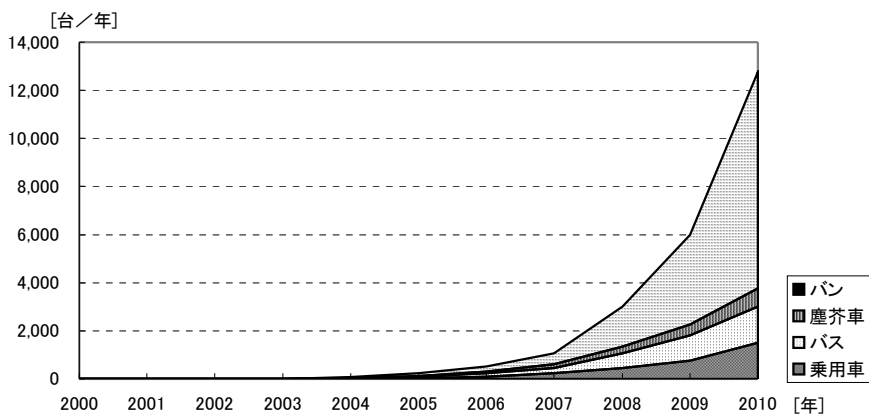


図 4-4-6 WE-NET における FCV 導入シナリオ・新車販売台数(短期)

出典：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 水素利用技術に関する調査・検討 (平成 11 年 3 月)

<sup>注)</sup> 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 水素利用技術に関する調査・検討 (平成 11 年 3 月)

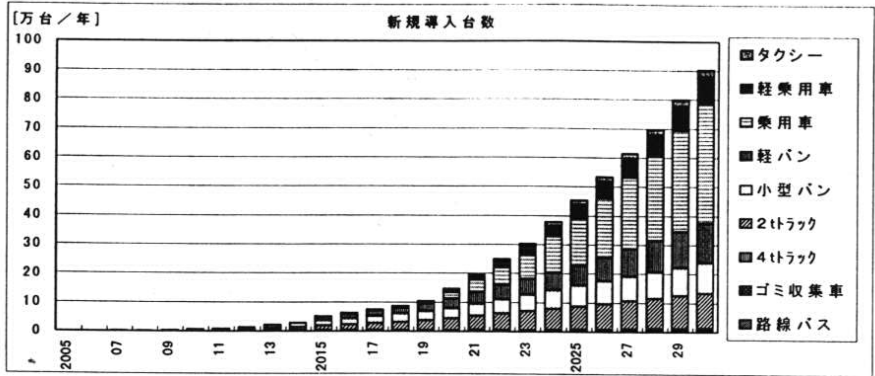


図 4-4-7 WE-NET 試算による直接水素形 FCV の新規導入台数(短中期シナリオ)

出典：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 水素利用技術に関する調査・検討（平成 11 年 3 月）

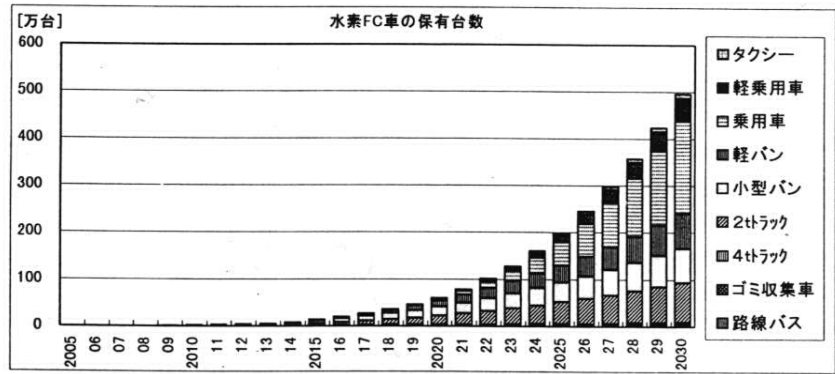


図 4-4-8 WE-NET 試算による直接水素形 FCV の普及台数(短中期シナリオ)

出典：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 水素利用技術に関する調査・検討（平成 11 年 3 月）

#### 4-4-8 エネルギー経済研究所による普及予測

エネルギー経済研究所計量分析部では、モデル分析によって 2020 年度までの FCV の普及台数を予測している。モデル全体の枠組みは図 4-4-9 に示すとおりである。

コストモデルは、技術開発等の効果により、時間の進行とともにコストの低下を推計するモデルであり、これにより得られたコストと従来の車両価格の比較により、市場の導入時期が設定される構造となっている。導入時期以降の市場の浸透度合いは、導入量決定モデルにより決定される構造である。図 4-4-10 に各項目のモデルによる推計結果を示す。

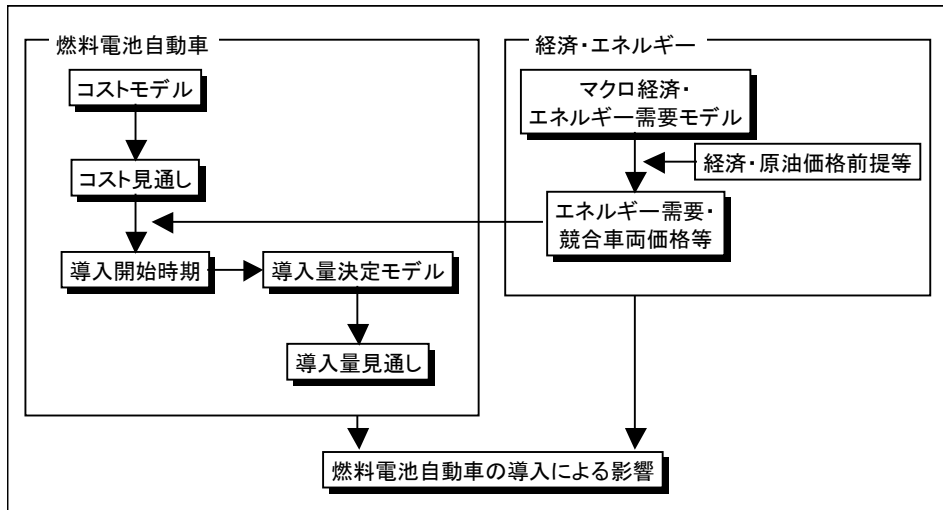


図 4-4-9 見通しの枠組み

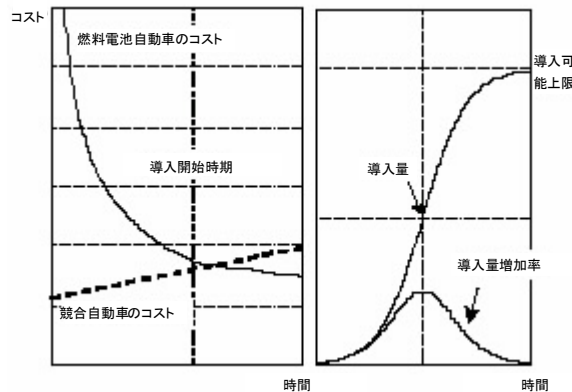


図 4-4-10 コストモデル, 導入量決定モデルの概要

車両価格は 2003 年の初期導入時期には 500 万円程度であるが、その後の量産効果により小型自動車と対抗可能なレベルである約 200 万円に低下することを前提にし、以下の 3 つのケースについて分析している。

- ① コスト低下速度および導入速度が速いケース
- ② コスト低下速度および導入速度が遅く助成措置がないケース
- ③ コスト低下速度および導入速度が遅いが助成措置があるケース（助成措置は、プリウス等の低公害車に適用されている助成）

結果を表 4-4-6 にまとめる。この結果、①の大幅なコストダウンと高い導入率を仮定しても 2010 年における保有台数は全体の 1%にも満たないという結果である。

表 4-4-6 燃料電池車の普及台数予測結果

単位	導入年度	新車販売台数		保有台数	
		2010年度	2020年度	2010年度	2020年度
小型乗用車台数 百万台		2.7	2.9	27.4	28.4
乗用車台数 百万台		5.4	5.3	57	59
①低価格・高導入ケース 台	2006	7,400	1,790,000	16,600	4,340,000
シェア 小型乗用車中 %		0.3	61.7	0.1	15.3
全乗用車中 %		0.1	33.8	0.0	7.4
②高価格・低導入ケース 台	2013	—	3,200	—	9,500
シェア 小型乗用車中 %		—	0.11	—	0.03
全乗用車中 %		—	0.06	—	0.02
③高価格・低導入・助成ケース 台	2012	—	4,700	—	14,000
シェア 小型乗用車中 %		—	0.16	—	0.05
全乗用車中 %		—	0.09	—	0.02

4-4-9 その他文献等による普及予測

その他文献等における FCV 国内普及（保有）台数の予測の検討結果を表 4-4-7 にまとめる。

表 4-4-7 国内普及台数予測

単位：台

	2010年	2020年	2030年
新エネルギー財団 <sup>注)</sup>	10,000		8,000,000
エネルギー総合工学研究所	12,000	670,000	5,000,000
エコ・ステーション推進協会	1,480	615,000	

注) 財団法人 新エネルギー財団「平成 11 年度通商産業省資源エネルギー庁委託業務成果報告書 新エネルギー等導入促進基礎調査 燃料電池導入促進・普及調査」(平成 12 年 3 月)

## 4-5 まとめ

本章の結果を以下に取りまとめる。

### (1) 燃料の選択について

FCV の燃料としては、エネルギー効率面や FC の性能面等における利点から、究極的には、直接水素を用いる方法が望ましいという意見が主要を占めている。経済産業省の燃料電池実用化戦略研究会でも長期的なシナリオとして、水素利用の可能性が高いと位置付けている。

一方で水素を車載するには、エネルギー密度の問題、供給インフラストラクチャ整備の問題が大きく、短期間でその問題を解決するのは困難である。そのため、それまでのつなぎの燃料として何が望ましいかについては、将来技術開発の見通しなど、現状では不透明な部分が多い。

ただし、DaimlerChrysler が言明しているように、上記の直接水素に係る問題、すなわち水素の車載性と供給インフラの問題に関して、それが問題とならないバス等の営業・商用車両としては、直接水素方式の FCV が適していると考えられる。現在、国内外においてそのような FC バスの実証走行試験プロジェクトが実施、あるいは計画されている。

ガソリン系燃料を FCV の燃料として用いることが可能ならば、極めてメリットが大きい。トヨタと GM は 2001 年 1 月、短中期の水素への移行期間を担う燃料として、FCV と ICEV とで共用可能な新しい燃料として Clean Hydrocarbon Fuel を研究の主要な候補とすることで合意したと発表し、ガソリン改質系の FCV の実現へ向けて重点的に取り組んでいく旨を公表した。しかし、米国 DOE のガソリン改質器開発に対する動きをみても明らかなように、ガソリン改質技術の難しさが改めて認識されるに至っている。トヨタは、その実用化には何らかのブレークスルーが必要と述べ、ホンダや日産では、車上改質技術そのものの実用化に対して懐疑的な発言をしている。

以上をまとめると、FCV の燃料選択に関しては、長期的には直接純水素を供給する FCV が望ましいが、ここ数年、十数年の短・中期的なスパンでどのような燃料が使われるかについて断言することは現時点では難しい。ただし、ガソリン系燃料の改質技術の難しさから、このまま水素直接利用の FCV の限定的な導入が進み、漸進的な水素供給インフラの整備と相まって、その普及が徐々に進んでいくというシナリオの可能性が高まってきたといえる。ただし、水素の製造は一次エネルギーに何を用いるかによって様々なパスが存在するため、どのようなパスが実現するかについても現時点で判断することは難しい。いずれにせよ、その動向の鍵を握るのは、ガソリン系燃料の車上改質技術や安価でエネルギー効率の高い水素製造技術の動向であり、より長期的には、水素の車上における貯蔵技術が重要なファクターになるものと考えられる。

## (2) FCV 技術に関する動向

FCV においては現状様々な課題があるが、トヨタ、ホンダ、日産、ダイハツなどの FCV が限定的なリース販売を開始したように、性能面に係る課題について言えば、現状ではおおむね実用域に達しつつある状況と考えられる。そのため、今後の課題としては、実際の利用を想定した耐久性や信頼性の確認、コストダウンに向けた技術開発が最大のテーマとなっていると考えられる。

### 1) 燃料電池スタック

FC スタックについては、出力性能においておおむね実用水準に達してはいるものの、さらなる出力密度の向上、ユニットの小型軽量化が必要であると考えられる。さらに実用的な利用を想定した上での耐久性や信頼性の向上とその実証、低コスト化が課題となっている。とくに、耐久性向上のためには、セル (MEA) の劣化要因解析などの基礎的な研究も重要な課題となっている。

また、現状のスタックでは、カソード側で生成された水がスタック内に残り、氷点下になるとその水が凍結しスタックの起動・運転に悪影響を及ぼすという問題がある。これは実用化に向けての当面の重要課題の一つである。

低コスト化に向けては、低コストなセパレータ材料や製造工程の開発、固体高分子膜の低コスト化、電極触媒中の白金量の低減、ガス拡散層として用いられるカーボン製品の低コスト化等、様々な課題がある。

ホンダは 2003 年 10 月に、次期燃料電池スタックにおいて、新しいタイプの固体高分子膜、金属製セパレータを採用し、氷点下 ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) での始動性やコストダウンを可能にしたと発表しており、2004 年には当スタックを搭載した車両のリース販売を開始している。

この他、実用化に向けては、あらゆる環境 (大気環境、使用条件など) を考慮した状況下での実証試験の積み重ねが必要と考えられる。

### 2) 改質器

実用化への期待がかかるガソリン系燃料の改質器については、トヨタ自動車や GM と ExxonMobil, HydrogenSource, 米国 DOE を中心とした Nuvera FC, アルゴンヌ国立研究所 (ANL) 等において開発が進められてきた。しかし、とくに CO 変成器の小型軽量化が進まず、始動性や熱効率向上の面で大きな技術的な障壁に直面している。そのため、何らかの技術的ブレークスルーが必要とされる状況にある。米国 DOE では、2004 年においてガソリン改質器の技術進歩に関するマイルストーンを設けて検討した結果、現状の技術水準では 2010 年の目標は達成不可能との結論を下し、以降のガソリン改質器の研究開発に対する支援を打ち切ることを決定した。実用化に向けては、さらにコストや耐久性等の課題、ガソリン中の成分が改質触媒に与える影響分

析の必要性、燃料の標準化等、克服すべき課題は山積しており、実用化へのハードルは非常に高い状況にあると考えられる。

### 3) 水素貯蔵技術

直接水素方式の場合、その最大の弱点は水素の低エネルギー密度という性質に由来する航続距離の問題である。

高度な安全性、コンパクト性などの観点からは水素吸蔵合金タンクが期待されているが、現状の吸蔵能力は最大で 2.2~2.8 重量%程度であり、実用的には 5~8 重量%が必要水準と考えられている。そのため、水素吸蔵合金に関しては、吸蔵能力の向上とコスト低減に向けた材料開発のブレークスルーが必要である。

その他、カーボンナノチューブ等の炭素系吸蔵物質、ケミカルハイドライド等の研究も進められているが、現状では基礎的な研究・検討段階にあるものと考えられる。

以上から、現状では航続距離等に問題があるものの、高圧水素タンクが最も実用的な車載方法であると考えられている。現状の充填圧力は 35MPa が主流であるが、近年 70MPa 圧縮水素タンクの開発が進み、GM とスズキ、あるいは日産などが開発を発表している。また、現在、独立行政法人産業技術総合研究所などが検討しているように、高圧ガス容器の中に水素吸蔵合金などの吸蔵材料を入れ、高圧ガス方式の低体積エネルギー密度という弱点を緩和しようとする試みも行われている。

### 4) FCV 全体システム

FCV の実用化のためには、始動性や負荷応答性、寒冷地や砂漠等あらゆる環境においての耐久性と信頼性といった自動車としての基本性能の確保が課題である。とくに氷点下においては、FC から生成される純水の凍結が避けられないため、この問題にどう対処するかが当面取り組むべき重要な課題となっている。

### (3) 水素供給ステーションに関する動向

現在国内外において FCV 実証走行試験のための水素ステーションの建設が進められている。とくに国内では、2002 年度から JHFC プロジェクトがスタートし、東京・横浜周辺に 10 基の水素供給ステーションが建設され、水素供給ステーションも本格的な実証試験段階に至っている。

水素ステーションの整備に係る最も大きな課題としては、3 章において整理したように建築基準法等による各種規制の問題であるが、現在、国が中心となって規制の見直しに向けた検討が進められ、着実に規制緩和が進んでいる状況にある。

また、水素を製造し水素供給ステーションに水素を供給する方法に関しては、短期的には水素をオンサイトで改質する方法、オフサイトで水素を製造し配給する方法、副生水素を配給する方法等様々な方式があり、また一次エネルギーに何をを用いるかによって



様々なパスが存在する。そうしたパスについて、とくに総合エネルギー効率、コストの面からの評価を実施し、望ましい水素の製造供給方式についての知見を得ることが必要であると考えられる。

