

# 燃料電池実用化戦略研究会報告

2001年1月22日

燃料電池実用化戦略研究会

# 燃料電池実用化戦略研究会報告

## 目次

はじめに .....	1
第1章 燃料電池導入の意義 .....	3
第1節 省エネルギー効果 .....	3
第2節 環境負荷低減効果 .....	3
第3節 エネルギー供給の多様化・石油代替効果 .....	4
第4節 分散型電力エネルギーとしての利点 .....	4
第5節 産業競争力強化と新規産業創出 .....	5
第2章 燃料電池をめぐる国内外の動向 .....	6
第1節 我が国政府の取組み .....	6
第2節 我が国企業の取組み .....	7
(1) 自動車業界 .....	7
(2) 電気機器業界 .....	7
(3) 素材業界 .....	8
(4) 石油業界 .....	8
(5) ガス業界 .....	8
(6) LP ガス業界 .....	9
(7) 電力業界 .....	9
(8) 新業種・ベンチャー企業 .....	10
第3節 外国政府を中心とする取組み .....	10
(1) 米国(連邦政府) .....	10
(2) 米国の地方行政府 .....	11
(3) ドイツ .....	11
(4) EU .....	12
第4節 外国企業の取組み .....	12
(1) General Motors Corporation .....	12
(2) Daimler Chrysler AG .....	12
(3) Ballard Power Systems .....	13
(4) International Fuel Cells .....	13
(5) Shell Hydrogen .....	14
(6) Methanex Corporation .....	14
(7) その他の海外企業 .....	14
第5節 国際連携の動き .....	15
(1) 企業間の国際連携 .....	15
(2) 国際標準化の動き .....	15

第3章 燃料電池実用化・普及への課題 .....	17
第1節 基本性能の向上 .....	17
(1) 燃料電池スタック .....	17
(2) 改質器 .....	18
(3) 水素燃料貯蔵 .....	18
(4) 全体システム .....	19
第2節 経済性の向上 .....	19
第3節 燃料とインフラストラクチャー .....	20
(1) 自動車用 .....	20
(2) 定置用 .....	21
第4節 資源制約への対応、廃棄問題 .....	21
第5節 基準・標準及び規制見直し等のソフトインフラ .....	21
第6節 社会的受容性 .....	22
第7節 燃料電池の研究・開発に当たっての人材不足 .....	22
第4章 課題解決に向けて .....	23
第1節 基本的な考え方 .....	23
(1) 燃料電池実用化・普及に向けたシナリオ .....	23
(2) 産官学の役割分担の必要性 .....	24
(3) 競争と協調の重要性 .....	25
第2節 燃料電池自動車の燃料供給体制の整備 .....	25
(1) 基本的な考え方 .....	25
(2) 燃料電池自動車の燃料選択に関する見通し .....	26
(3) 燃料供給体制の構築 .....	28
第3節 技術開発の推進 .....	28
(1) 燃料電池技術開発戦略の策定 .....	29
(2) 技術開発の実施体制の整備 .....	31
第4節 ソフトインフラの整備 .....	31
第5節 実証試験 .....	32
第6節 導入促進・普及啓発 .....	33
(1) 導入促進 .....	33
(2) 普及啓発 .....	33
第7節 国際協調 .....	33
第8節 燃料電池実用化に向けた推進体制の整備 .....	34
おわりに ～ 固体高分子形燃料電池：21 世紀の水素エネルギー社会の扉を 開く鍵～ .....	35

#### 参考資料

- ・ 燃料電池実用化戦略研究会委員名簿
- ・ 燃料電池実用化戦略研究会開催経過

# 燃料電池実用化戦略研究会報告

## 資料編

## 燃料電池実用化戦略研究会報告

### 資料一覧

- (資料1) 固体高分子形燃料電池の仕組み
- (資料2) 燃料電池の使用例
- (資料3) 燃料電池の種類と現状
- (資料4) 燃料電池関連のプロジェクト
- (資料5) 燃料電池開発等における企業間の主な連携
- (資料6) 固体高分子形燃料電池の主な開発動向
- (資料7) 固体高分子形燃料電池に係る主な技術開発課題
- (資料8) 燃料電池用として見込まれる主な燃料
- (資料9) 燃料電池の実用化に向け検討すべき規制等の例
- (資料10) ISO/IEC の組織と規格作成手順、燃料電池の標準化に係る審議体制
- (資料11) 固体高分子形燃料電池関連予算の概要

内容は省略

## はじめに

燃料電池は、従来の内燃機関等に比べて効率が高く、静粛性に優れる他、大気汚染の原因となるNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、PM<sup>2</sup>等の排出量が少ないという特徴を有していることから、将来、自動車エンジンに替わる可能性を有するとともに、住宅用等の分散型電源や熱供給システムとしての利用が期待されているところである。

また、燃料電池は、CO<sub>2</sub>の排出を大きく低減することが可能な技術であり、近年の地球温暖化問題の解決に向けた有力なツールとなり得る。国際的にも、燃料電池は、大きな可能性を有する次世代エネルギー技術の一つとして注目され、その開発に向けて既に激しい競争が行われているとともに、官民一体となった取組みも行われている。

さらに、燃料電池は、その技術の関連する分野が多岐にわたり、これまでにない新たな技術であることから、自動車産業、電気機器産業、素材産業等はもとより、エネルギー産業分野も含めて新業態が出てくる可能性が大きく、新規産業育成に大いに資するものである。

各国の自動車業界は、1997年の気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）において、温室効果ガスの排出量削減目標が合意されたことを受け、各国政府がCO<sub>2</sub>の排出抑制対策を強化していること、及び米国カリフォルニア州において2003年から一定台数の無公害車販売を義務づけるZEV（Zero Emission Vehicle）規制が導入されることなどに対して対応を迫られていた。

そのような状況の中、一段と性能の向上した固体高分子電解質膜の開発により固体高分子形燃料電池の出力密度が飛躍的に向上し、高効率という従来からの燃料電池の特性に加え、小型化、低温作動が可能となった。これにより、自動車への搭載が可能となり、定置用以外にも用途が拡大したここ3～4年間に、固体高分子形燃料電池に対する期待は急速に高まった。

こうした状況を踏まえ、我が国においても地球環境問題への対応、国際的な産業競争力確保等の観点から、次世代の「Key Technology」の一つである燃料電池の実用化に向けた取組みを加速する必要があるとの認識が広まってきている。

我が国政府としては、従来から進められてきたニューサンシャイン計画等における技術開発を継続的に推進するとともに、新しいミレニアム（千年紀）の始まりに当たり、人類の直面する課題に応え、新しい産業を生み出す大胆な技術革新に取り組むこととしたミレニアム・プロジェクトにおいても、燃料電池に関するプロジェクトを採択し、政府として燃料電池の実用化に向けた取組みの加速化に一定の役割を果たすこととしたところである。

固体高分子形燃料電池の実用化には、燃料電池スタックや改質器等の高効率化、高耐久

<sup>1</sup> 本報告は、固体高分子形燃料電池（PEFC）、りん酸形燃料電池（PAFC）、熔融炭酸塩形燃料電池（MCFC）、固体酸化物形燃料電池（SOFC）という4種類の燃料電池のうち、固体高分子形燃料電池にねらいを定めて取りまとめられている。

<sup>2</sup> Particulate Matter 粒子状物質：自動車の排ガスで、燃焼し残った炭素（黒煙）、未燃焼の有機成分及び硫酸化物が凝集したもの。

性、低コスト化等の技術開発、燃料電池の市場受容性を高めるために必要な標準・安全基準等の整備、現行制度の見直し、燃料供給をどうするかといった数々の大きな検討課題が存在しており、さらに、こうした課題を解決するためには、自動車業界、電気機器業界、素材業界、エネルギー業界を始めとする関係業界、大学・国立研究所等の研究機関、及び政府が一体となった幅広い検討の枠組みが必要であると認識されたため、1999年12月、資源エネルギー庁長官の私的研究会として「燃料電池実用化戦略研究会」が設置され、第1回会合が開催された。

その後、研究会は、国内の関係企業、海外の主要企業、学識経験者、米国エネルギー省、経済産業省（事務局）等燃料電池に係る国内外の幅広い関係者によるプレゼンテーションとそれを踏まえた議論を行いつつ回を重ね、今般、第9回研究会において、報告を取りまとめることとなった。本報告は、固体高分子形燃料電池の実用化に向けての課題の整理とその課題の解決に向けた基本的な方向性を示したものである。

## 第1章 燃料電池導入の意義

燃料電池については、これまで、環境特性等その導入の意義が種々論じられているが、ここで改めて主要な用途である自動車用、定置用ごとに導入の意義について整理を行う<sup>3</sup>。

### 第1節 省エネルギー効果

燃料電池は、化学エネルギーを燃焼過程を経ずに電気エネルギーとして取り出すことのできる画期的な方法である。つまり、直接、水素と酸素を化学的反応させることにより電気を得ることができるものであり、燃料を燃焼させ熱に変換させた後、動力や電気に変換するわけではないので、従来の熱機関では避けることのできなかつた「カルノーの定理<sup>4</sup>」の制約を受けることがない。ここに燃料電池の高効率発電の可能性がある。

自動車用の場合：燃料電池の燃料を何にするのかにもよるが、ガソリン内燃機関自動車（15～20%程度）と比べ、現時点においてもエネルギー効率が30%以上と高いこと、しかもこの高効率が小容量、比較的出力域でも達成できることが大きな特徴である。理論的には、更なるエネルギー効率の向上も期待されている。ただし、燃料又は改質方法ごとにハイブリッド自動車、ディーゼルエンジン自動車等と比較して、well to wheelの総合効率がどうなるのかについて、より厳密に比較することとなる。

定置用の場合：燃料電池の燃料を何にするのかにもよるが、マイクロガスタービン発電機（25%程度）と比べ、現時点においても発電効率が35%程度と高いこと、しかもこの高効率が小容量、低出力域でも達成できることが大きな特徴である。理論的には、更なる発電効率の向上も期待されている。また、需要地近接で発電することから排熱利用によるコジェネレーションの効果も期待でき、合計でエネルギー効率70%以上を達成できると見込まれ、省エネルギー効果も大きい。固体高分子形燃料電池の登場により、家庭の規模でのコジェネレーションが可能となる意義は極めて大きい。

### 第2節 環境負荷低減効果

燃料電池は、水素と酸素から電気を作り出すため、その発電の過程においては、ゼロ・エミッションである。化石燃料の改質により水素を作り出す場合には、CO<sub>2</sub>が発生するが、従来の熱機関に比べエネルギー効率が低い分、少ない燃料で同じ量のエネルギーを取り出すことができるのでその分CO<sub>2</sub>排出量は抑えられる。さらに、将来、再生可能エネルギーから水素を作り出す場合には、ゼロ・エミッションである<sup>5</sup>。このため、1990年代以降も増え続けている運輸・民生部門におけるCO<sub>2</sub>排出量抑制という地球環境問題対策の一つとなり得る可能性が高い。

自動車用の場合：従来の内燃機関に比べエネルギー効率が高いため、改質形であってもCO<sub>2</sub>排出量抑制効果が大きく、その導入の意義は大きい。また、従来のガソリン、軽油等の内燃機関であれば燃焼過程で生じていたNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、PM等という有害物質をゼ

<sup>3</sup> 固体高分子形燃料電池は、自動車用、定置用の他、ポータブル（可搬型）、非常用電源用（携帯電話の中継基地用等）、携帯電源用（パソコン、携帯電話等）などが考えられており、多様な用途での活用が期待されている。特に携帯電源用については、需要の大幅拡大の可能性が高い。

<sup>4</sup> 最も効率の良い熱機関（カルノーサイクル）の理論熱効率  $\eta$  は、高熱源の絶対温度（T<sub>2</sub>）と低熱源の絶対温度（T<sub>1</sub>）のみから決まり、次の式で決定される。 $\eta = (T_2 - T_1) / T_2$

<sup>5</sup> バイオマス資源を用いた場合には二酸化炭素は発生するが、COPの議論においてはバイオマスエネルギーは大気中のCO<sub>2</sub>を吸収したものであることから、大気中への二酸化炭素排出量増加にはカウントしないこととなっている。



口若しくは極微量しか排出しないため、交通量の多い都市部などにおける地域環境問題対策としては、極めて有効な手段の一つである。さらに、燃料電池は、化学反応であることから、静粛性に優れており、この点でも従来の内燃機関などとの比較で有利である。

定置用の場合：従来の熱機関に比べ発電効率が高く、コジェネレーションにより排熱も利用可能であることから、比較の対象によって変化する可能性はあるが、CO<sub>2</sub>排出量を抑えられることが期待されている。また、従来の熱機関であれば燃焼過程で生じていたNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等という有害物質もゼロ又は極微量しか発生しない点でも優れている。

なお、自動車用、定置用とも、定量的なCO<sub>2</sub>排出量の低減効果については、燃料電池の技術がいまだ確立しておらず、技術自体が日進月歩であること、数々の燃料の中から何の燃料を用いるかが不確定であること、いかにして既存のエネルギーと同じ土俵においてCO<sub>2</sub>排出量を厳密に比較・分析するかを試算するモデルや前提条件が共有されていないことなどから、正確な比較・評価はいまだ得られていない。今後、技術の進展や評価手法の確立を行い、燃料電池のCO<sub>2</sub>特性についてもより精度を上げて算出することとなる。

### 第3節 エネルギー供給の多様化・石油代替効果

燃料電池の燃料である水素は、改質という過程が必要となるものの、加水分解などにより広い範囲の燃料から転換可能である。例えば、天然ガスやメタノール、石炭ガス等から生成されるジメチルエーテル、天然ガス等から生成される液体合成燃料：Gas to Liquid（以下、「GTL」という。）ガソリンなどがある。これらの燃料は、ガソリンなどを除き、石油代替エネルギーである。

また、燃料電池の燃料である水素は、風力発電、太陽光発電、地熱発電等の再生可能エネルギーによる電気分解によっても得ることができる。例えば、風力発電による水電解により発生した水素を燃料電池の燃料として使用する場合はゼロ・エミッションであるばかりではなく、出力変動のある電源である風力発電の安定化にも貢献する。

自動車用の場合：燃料電池は、種々の石油代替エネルギーを燃料とすることができるが、例えば、GTLの生産技術が確立されれば、現在の石油系燃料に極度に依存した運輸部門のエネルギー転換の切り札となるものである。

定置用の場合：燃料として天然ガスを利用する場合、石油代替エネルギー効果がある。

### 第4節 分散型電力エネルギーとしての利点

定置用の燃料電池は、マイクロガスタービンやディーゼル・エンジンと同様に、分散型電力エネルギーとしても期待できる。分散型電力エネルギーの利点としては、エネルギー需要地に近接した場所で発電を行うことから、大規模集中型電源からの送電に比べエネルギー損失（現在、平均5%）が極めて小さいこと、コジェネレーションにより排熱利用が可能となること、さらに、災害時のバックアップ電源にもなり得ることなどが挙げられる。定置用の燃料電池は、分散型電源の可能性を拡大するものであり、大規模集中電源と適切に併存することが期待されている。さらに、各家庭で電気を作り出すことは、太陽光発電の場合と同様に、家庭での省エネルギー意識を高める副次的効果を生み出す可能性もある。

また、系統から遠い地域や未電化地域については、その電化に当たって系統ネットワークを拓げることは投資コストが高く、分散型エネルギーが比較的優位となる場合も考えられることから、定置用燃料電池の導入の可能性があると考えられる。このような特徴から燃料電池は、既存のエネルギーインフラの整備が遅れている開発途上国支援の新

たなツールともなり得るものである。

## 第5節 産業競争力強化と新規産業の創出

燃料電池技術に対し、内外の専門家は、その効率性、環境特性等から将来のエネルギー・環境分野の「Key Technology」の一つであるとの認識を示している。21世紀は環境の世紀ともいわれており、環境に係る技術力の差が企業の競争力の優劣に大きな影響を与えることから、燃料電池の技術開発・実用化は、将来の我が国産業の競争力にかかわってくるものである。しかも、燃料電池に必要とされている技術は、小型化、低コスト化、耐久性向上などといった我が国が得意とする「ものづくり」の技術である。また、燃料電池の実用化には、部品供給の裾野の広い自動車産業を始めとして、電気機器産業、素材産業、エネルギー産業など、幅広い産業にわたる技術を要することから、我が国産業界全体に与える影響は極めて大きく、新たな技術の進展により、新規産業の創造、雇用創出の可能性も大きい。

自動車用の場合：最近の諸外国における環境規制強化の動きや今後こうした傾向が更に強まることが予想されている中、エネルギー・環境分野の「Key Technology」である燃料電池の技術を向上させることは、個々の自動車会社及び関連企業の国際競争力を高め、我が国全体の産業競争力の強化・雇用創出にもつながる。また、燃料電池自動車の導入により、自動車産業と電気機器産業の連携、燃料の選択によっては都市ガス、LPガス、石油等のエネルギー産業と自動車産業の連携が進むなど、我が国産業構造を変革する可能性もある。

定置用の場合：天然ガス、LPガス、灯油等を燃料とする定置用の燃料電池コジェネレーション・システムの導入が本格的に進めば、天然ガスを供給するためのパイプラインの整備を促進し、我が国のエネルギー供給システムの変革につながる可能性があるとともに、これまでの電力、ガス等といった業界区分ではなく、電気、ガス、灯油等及び熱を供給する総合エネルギー企業の出現の可能性も高まると考えられており、我が国の産業構造を変革する可能性も存在する。

## 第2章 燃料電池をめぐる国内外の動向

### 第1節 我が国政府の取組み

我が国政府における固体高分子形燃料電池の実用化に向けた取組みは、経済産業省を中心として推進してきたところである。

ニューサンシャイン計画<sup>6</sup>では、1992年度から「運輸・民生用高効率エネルギーシステム技術開発」において、固体高分子形燃料電池に関する要素技術とシステムの開発の研究開発が実施されている。また、ニューサンシャイン計画の一環として、再生可能エネルギーを利用して水素を製造し、広範な分野で利用する国際エネルギーネットワークの導入を可能とする技術の確立を目指して1993年度から開始された「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(以下、「WE-NET」という。)」では、その第一期計画(1999～2003年度)において、水素の分散型利用技術に研究開発の重点を移し、水素貯蔵技術、水素供給ステーションの実証といった燃料電池の燃料となる水素関連の技術開発を実施している。

1998年度の補正予算事業<sup>7</sup>の一部では、世界で初めて天然ガス燃料の家庭用コジェネレーション・システムの試作機を完成、実験住宅で運転試験を行っている。

固体高分子形燃料電池の実用化に向けた本格的な動きとしては、2000年度の予算において、ミレニアム・プロジェクトの一つとして、固体高分子形燃料電池に関するプロジェクトが採択されたことに始まる。ミレニアム・プロジェクトとは、西暦2000年の新たなミレニアム(千年紀)に因み、人類の直面する課題に応え、新しい産業を生み出す大胆な技術革新に取り組むため、情報化、高齢化、環境の三つの分野において、プロジェクトを採択し、産学官一体となって未来を切り拓く核を作り上げるものである。固体高分子形燃料電池は、その中で、地球温暖化防止等に役立つ環境分野の有力な技術として取り上げられ、自動車及び住宅用としてその導入を図る目標が示された。このミレニアム・プロジェクトでは、2000年度から固体高分子形燃料電池の安全性・信頼性等に係る基準等の策定に向けた試験・評価方法の確立を目指す「燃料電池普及基盤整備事業」が開始された。これに関連した事業として、同じく2000年度から、燃料電池の試験装置の開発を行う「高効率燃料電池システム基盤技術開発事業」及び実用化に必要な生産技術、コスト低減技術、量産化技術等の開発を行う「高効率燃料電池システム実用化技術開発事業」の各事業も開始された。なお、これらの事業に先立ち、ミレニアム・プロジェクトの一環として、1999年度第二次補正予算では水素燃料貯蔵技術と燃料改質技術の開発・実証を行う「燃料電池実用化のための基盤技術の開発・実証」が実施されたところである。

これらに加え、2000年度から石油系燃料からの水素製造のための改質技術の開発を行い、2001年度から固体高分子形燃料電池の要素技術開発、石油系燃料に代替し得るGTLの製造技術開発などの事業も行うこととしている。

燃料電池についての経済産業省以外の取組みは、国土交通省においては、燃料電池自動車については、1999年度から「燃料電池自動車技術評価検討会」を開催し、燃料電池

<sup>6</sup> ニューサンシャイン計画は、1993年度から既存のサンシャイン計画(新エネルギー技術の研究開発、1974年度～)、ムーンライト計画(省エネルギー技術の研究開発、1978年度～)及び地球環境技術係わる研究制度(1989年度～)の三つの研究開発プロジェクトを統合したものである。これらの計画の下、SOFCは1974年度から、MCFCは1981年度から、PAFCは1981年度から、それぞれ研究開発を開始している。

<sup>7</sup> 産業技術研究開発成果実用化技術開発助成事業「固体高分子型燃料電池の高効率化・コスト低減のための運転研究」

自動車の導入に当たっての安全性、環境への影響等を検討している。また、定置用燃料電池については、1998年度から環境共生住宅市街地モデル事業の一環として、燃料電池等を活用したコジェネレーション・システムを導入するモデル的な住宅市街地の整備に補助を行うとともに、1999年度から住宅用燃料電池の導入に関する調査研究を実施している。農林水産省においては、バイオマス資源を用いた燃料電池に使用し得る各種燃料製造の研究を行っている。

## 第2節 我が国企業の実績

### (1) 自動車業界

自動車業界の燃料電池開発の動きは従来から続けられていた固体高分子形燃料電池開発の実績を加速化させている。

我が国自動車業界の燃料電池自動車開発の実績は、1996年頃以降本格化し、欧米自動車会社の2003～2004年の実用段階の燃料電池自動車発表計画の公表を契機として、トヨタ自動車株式会社（以下、「トヨタ」という。） 本田技研工業株式会社（以下、「本田」という。） 日産自動車株式会社（以下、「日産」という。）の各社とも、2003年～2004年頃の実用化を目指している。また、三菱自動車工業株式会社（以下、「三菱自工」という。） マツダ株式会社（以下、「マツダ」という。） ダイハツ工業株式会社、スズキ株式会社、富士重工業株式会社も開発に取り組んでいる。

各自動車会社とも、COP3のCO<sub>2</sub>削減目標や米国カリフォルニア州のZEV規制等を踏まえ、今後の企業競争力の鍵は環境技術であるとの認識から、燃料電池自動車の開発に力を入れており、各企業間において技術開発の競争を行う一方、欧米企業も含めた形での提携と共同開発も進んでいる。

また、自動車は国際商品であることから、新たな技術である燃料電池について、国際標準化を進める必要性が認識されており、公的標準（いわゆるde-jure standard）として、国際標準化機構（以下、「ISO」という。）及び国際電気標準会議（以下、「IEC」という。）において取りまとめを進める一方、非公的標準（いわゆるde-facto standard）形成の動きにも対応できるよう準備を進めているところである。

燃料電池自動車については、各社とも、純水素形（圧縮水素方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式等）を始めとして、メタノール改質形、ガソリン改質形と種々の方式について独自に開発を進めているが、開発の中間的な成果の公表は控え、競っているのが実情である。燃料選択は、技術開発とコスト、消費者の志向と国の燃料・エネルギー政策との関係で決まることから、各社ともいずれの方式においても対応可能なように開発を行っているものと考えられる。

### (2) 電気機器業界

電気機器業界は、固体高分子形燃料電池コジェネレーション・システムは、新たな市場創造に結びつくものであり、新規開拓分野としてその将来性に期待しているところである。国内市場においては、系統電源との併存、給湯設備との代替が中心となることから、既存設備に対するコスト競争力と利便性の向上という課題解決のため、既に関係企業の実績のあるりん酸形燃料電池開発の蓄積を生かしつつ、取り組みを強化している。

開発に対する企業の実績としては、自主開発型と海外先進企業との共同開発型の二つが主であるが、海外の企業との共同出資により専門の子会社を設立し開発を行

うところも出てきている<sup>8</sup>。

また、電気機器業界では、定置用のコジェネレーション・システムとしての開発が主流であるが、可搬型、非常用電源、特定用途の携帯用の開発も視野に入れており、全体としての技術の向上が期待される。

主な開発課題は、天然ガス及びLPガス等の改質技術の向上、発電効率の向上、排熱利用技術の開発等であり、熱需要が少ないといった日本独特の利用形態に合わせたシステム開発を進めながら、欧米の先進企業との競争に取り組んでいるところである。

### (3) 素材業界

固体高分子形燃料電池の鍵となる素材としては、固体高分子電解質膜、電極触媒、セパレーター等がある。また、膜・電極触媒等の複合によるMEA<sup>9</sup>がある。素材メーカーの研究開発は、多くの場合、国の燃料電池技術開発プロジェクトへ参画する形で進められている。固体高分子電解質膜については、現時点で燃料電池の素材として供給し得る性能及び製造技術を有する数少ない企業が我が国に存在し、更なる性能向上、低コスト化に向け研究開発を行っている。電極触媒、セパレーター、MEAについても、それぞれ触媒担持量の抑制、低コスト化へのセパレーター材料の検討、種々のMEA製法の確立等を目指し、各企業が開発を行っている。これらの燃料電池スタック関係の素材は、燃料電池の性能、コストに大きく影響を与えるため、今後も一段の高性能化、低コスト化に向けた技術開発が求められている。

### (4) 石油業界

石油業界は、燃料電池自動車普及する初期の段階には、既存燃料供給体制の整備状況から判断して、燃料としてガソリンを使用することが現実的であるとしている。他方、石油業界は、燃料供給事業者として水素供給という新たな市場創造、新規事業という観点での期待感とともに、燃料電池用の燃料としてガソリンや灯油が使用されれば、新たな石油製品の需給構造のアンバランスを生じないとの期待もある。

また、昨今のクリーンな自動車への社会的要求に応えるために、硫黄含有量の削減等といった燃料のクリーン化を実行する意味でも、燃料電池は一つの機会を提供することとなると見ている。

こうした観点から、ガソリン改質技術、灯油の改質技術の開発や、石油代替燃料開発の一環として膨大な資源量が期待されている天然ガス等からのGTLの製造技術の開発とその改質技術の開発を積極的に進めているところである。

### (5) ガス業界

ガス業界にとっては、燃料電池コジェネレーション・システムの開発は、ガス需要の拡大につながり得る新たな市場創造であるとの認識から、その将来性に期待しているところである。

ガス業界は、天然ガスを燃料とするりん酸形燃料電池の開発と普及に関する長年の経験を踏まえつつ、既存設備の代替としての市場性の向上に向けた課題解決のため、各企業でそれぞれ技術開発を実施するとともに、業界を挙げての推進体制を整え、天

<sup>8</sup> 東芝株式会社は、2001年4月にリン酸型、固体高分子型燃料電池事業を分離・移管し、International Fuel Cellsの出資も得て、住宅用、オンサイト用固体高分子型燃料電池、オンサイト用200kW級リン酸型燃料電池のそれぞれについて、開発、製造、販売、保守サービスを行う会社として独立させる予定である。

<sup>9</sup> MEA (Membrane Electrode Assembly) : 膜・電極接合体

然ガス改質の固体高分子形燃料電池を中心にその他の方式も含め技術開発を進めてきている。また、燃料電池の本体の技術開発については、相当程度、電気機器業界等他の業界に期待している。

ガス業界としては、燃料電池コジェネレーション・システムは、高効率の分散型電源としてエネルギー政策上重要なものであると認識しており、電力需要に比べ熱需要が少ないという我が国の状況に適したコジェネレーション・システムの導入に向け、使用形態の在り方も含めた検討を精力的に行っているところである。

また、ガス業界は、天然ガスを効率よく改質して水素を製造する技術を有しており、将来の燃料電池自動車向け水素供給を想定した水素製造技術にも積極的に取り組んでいるところである。

#### (6) LPガス業界

LPガス業界は、これまでりん酸形燃料電池の開発に努め実用化の状況にある。

固体高分子形燃料電池については、LPガス改質形の燃料電池自動車を考えた場合、現在、LPガス自動車は約30万台普及しておりステーション数も約1,900ヶ所設置されていることから、新しい燃料候補の中ではインフラ面で優位にあるとし、今後、かなり低廉な費用で設置可能な簡易ステーションを活用すること等により、普及台数の増加に弾力的に対応可能であるとしている。

また、LPガス改質形定置用燃料電池については、全国至るところで設置可能であり、業界としてはLPガス改質形燃料電池自動車と併せその普及に期待し、LPガスの改質技術を中心に技術開発を進めている。

#### (7) 電力業界

過去10年以上にわたり燃料電池の各種類(りん酸形、溶融炭酸塩形、固体酸化物形)の開発を自主研究で実施してきており、主に事業用としての溶融炭酸塩形燃料電池、固体酸化物形燃料電池への関心が高い。

一方、固体高分子形燃料電池については、りん酸形燃料電池の経験を踏まえつつ、将来の分散型電源<sup>10</sup>の一つとしてポテンシャルを有するか否かを検討するため、省エネルギー性、耐久性・寿命、保守・運用機能、安全性などの技術面とともに、経済性について実機運転によるデータ収集を始めている。

また、一般的には、分散型電源については、出力変動調整やバックアップのため系統連系を行うことが現実的であるとの認識から、分散型電源の多数連系により発生が予想される問題について検討を行うとともに、分散型電源の普及の鍵は、総合経済性の実現、環境負荷の抑制であることから、経済性、環境コスト比較、CO<sub>2</sub>排出量等の比較検討を行っている。現時点では、定置用燃料電池、マイクロガスタービン等のコジェネレーションを利用する分散型電源については、熱需要の大きいホテルなどにおける利用や分散型電源単独で対応できる店舗照明など、その特徴が発揮できる方法により、補完的な電源として導入を進めていくことが適切であるとの認識を示している。

<sup>10</sup> 東京電力株式会社では、マイエナジー社を設立し、自ら、灯油、都市ガス等を燃料とする分散型電源への市場参入も行いつつある。

## (8) 新業種・ベンチャー企業

これまで、我が国においては、燃料電池の開発は、既存の大企業内部を中心に行われてきており、米国、カナダなどのようなベンチャー型の企業は、ほとんど存在しなかった。しかしながら、燃料電池は、特定の要素技術であれば、必ずしも大企業のみが研究開発を行い得るものではないことから、新たな発想を持ったベンチャー型企業による技術のブレイクスルーも期待されている。また、米国の企業との共同出資による燃料電池開発企業の設立といった新たな形態の企業も出てきている。

### 第3節 外国政府を中心とする取組み

#### (1) 米国(連邦政府)

米国における燃料電池の技術開発では、その初期段階において、定置用に加えて、宇宙での利用(アポロ、スペースシャトル等)が大きな役割を果たしてきた。

運輸・民生への利用については、米国では、燃料電池関連の開発は、エネルギー省が中心となり、運輸省、商務省、環境保護庁等多くの省庁が一体となって進められている。活動の基本は、1992年のエネルギー政策法<sup>11</sup>と1990年の水素プログラム法<sup>12</sup>に基づき制定された「燃料電池プログラム」と「水素プログラム」の二つである。自動車用燃料電池については、「燃料電池プログラム」の中の「Fuel Cell for Transportation」において開発が進められているとともに、後述の「Partnership for a New Generation of Vehicles」においても技術開発が実施されている。定置用燃料電池については、水素プログラム法が1996年に「Hydrogen Future Act of 1996」に改定され、この中で燃料電池に係る研究開発が位置づけられたことにより、燃料電池スタックの開発やコジェネレーション・システムの開発への支援を行っている。特に、地方の電力システムの弱い地域での燃料電池コジェネレーションの利用促進に向けた研究開発が熱心に進められている。また、数十kW級から200kW級の定置用燃料電池の開発においては、国立研究所や軍関連施設への導入が積極的に行われている。

(Partnership for a New Generation of Vehicles)

1993年にクリントン大統領の提唱で始まった次世代自動車の技術開発を行っているPartnership for a New Generation of Vehicles(以下、「PNGV」という。)の中でも自動車用燃料電池の技術開発が行われている。PNGVは、米国内の自動車産業の国際競争性向上と先進技術を量産自動車に適用できるようにすることを目的としており、燃費については80マイル/ガロン(33.4km/L)という高い目標を掲げている。具体的な事業については、商務省の主導の下でエネルギー省、環境保護庁、運輸省、国立科学財団等の7省庁と、General Motors Corporation(以下、「GM」という。)、Ford Motor Company(以下、「Ford」という。)、Daimler Chrysler AG(以下、「DC」という。)、及び部品会社等に大学や国立研究所が参加して実施されている。

2000年には契約が終了した企業も一部あるが、基本的には全米規模での大規模な開発体制が組織されている。PNGVにおいては、燃料電池自動車は次世代自動車の候補の一つであるが、2004年時点において目標を達成するという観点からは、ディーゼル・ハイブリッド自動車が有望視され、燃料電池自動車はこれより3~4年遅れるものと見られている。燃料電池自動車の燃料はガソリン、軽油、灯油、天然ガス、メタノールとすべての可能性を対象にしているが、ここ数年は特にガソリンに重点を置き

<sup>11</sup> Energy Policy Act of 1992

<sup>12</sup> Spark M. Matsunaga Hydrogen Research, Development, and Demonstration Program Act of 1990

ているのが特徴である。

PNGVは技術開発中心の事業であるが、クリーンな自動車の導入促進策として、「Clean City Program」による資金補助が全米で実施されている。現状においては、採択案件の多くが圧縮天然ガス自動車であるが、最近、燃料電池自動車、車種としてはバス等の採択例が増えてきているところである。

(国立研究所の活動)

米国の燃料電池の開発において国立研究所も重要な役割を果たしており、その代表的なのが、米国エネルギー省傘下のロスアラモス国立研究所、アルゴンヌ国立研究所、サンディア国立研究所、国立再生可能エネルギー研究所等である。これら研究所では、燃料電池、水素の両プログラムに示された目標に向け、企業との共同研究も含め、基礎研究から応用研究に至る広い範囲の課題を実施している。

## (2) 米国の地方行政

カリフォルニア州では、California Fuel Cell Partnership (以下、「CFCP」という。)が行われている。CFCPは、2003年の新車販売台数のうち割はゼロ・エミッション自動車とするとの規制を打ち出したカリフォルニア大気資源局(CARB: California Air Resource Board)自動車、石油メジャー、燃料電池スタック等の関係企業により共同実施される燃料電池自動車の実証試験である。当初は州単位の試験としか見られていなかったが、燃料電池技術の進展や参加企業の国際化(DC、Ford、日産、本田、Volkswagen AG (以下、「VW」という。)、Hyundai Motor Company等の参加)及び2000年春のエネルギー省の参加もあり、急速に注目を集めてきた。さらに、GMとトヨタも2000年10月に正式に参加を表明した。これにより、2000年11月の実験・実証フェーズの開始を前にして、世界の主要燃料電池自動車関連企業の多くが参加することとなった。

CFCPは、フェーズ2(2000~2001年)において、水素燃料による燃料電池自動車と燃料電池バス計20台までの市内走行を計画している。また、フェーズ3(2002~2003年)においては、燃料をメタノール、ガソリン、その他に拡大し、燃料電池自動車60台、燃料電池バス20台までの市内走行を計画している。

## (3) ドイツ

ドイツにおいては、固体高分子形燃料電池については、民間ベースでの開発に加え、連邦政府、州政府による研究開発プログラムが進められている。

燃料電池に関連するプロジェクトとしては、水素関連プロジェクトが実施されている。水素関連事業は1986年からいくつかの事業が実施されており、現在は、ミュンヘン空港水素プロジェクトがその中心である。これはバイエルン州政府の導入費半額補助の支援により、ミュンヘン空港の水素内燃エンジンを使用したバス向けの水素供給ステーションを設置し、運転するものであり、1999年の6月に運転が開始され、燃料電池自動車向けにも運用される予定である。

また、ドイツ連邦政府運輸建設住宅省とBMW、DC等の主要企業が共同して次世代の運輸用燃料を検討する作業: Transportation Energy Strategy (以下、「TES」という。)が、1998年から実施されている。TESにおいては、石油代替エネルギーであること、燃料の製造工程から使用に至るプロセス全体を通じて2008年までに20%のCO<sub>2</sub>の削減が期待できること、内燃機関と燃料電池の両方に使用できることという三つの観点から、11種類の燃料、約80種類の生成・処理・輸送に関するパスについて



評価を行い、2000年1月の中間評価において、水素を第1候補とし、第2、第3の候補としてメタノール、天然ガスも含め3種類に絞り込んだ。TESとしては、これ以上の絞込みを行わず、遅くとも2003年を目途にEU全体での評価検討を実施し、EUとしての次世代の運輸用の燃料選択を目指しているとのことである。

#### (4) EU

EUでは、欧州委員会研究総局 (Research DG)、科学研究開発局 (DG12) が中心となって、研究開発に関する包括的な計画であるフレームワーク計画の中で、燃料電池の開発を実施している。1992年に開始された第3次フレームワーク計画 (FP3: The 3<sup>rd</sup> Framework Program) に始まり、現在は1998年から5年間の予定の第5次計画 (FP5) において進められているところである。この中では、中期的に建物用コジェネレーションや運輸用として期待される低温形燃料電池 (PEFC) の技術開発をはじめ、長期的に産業用コジェネレーションや発電用として期待される高温形燃料電池の技術開発、水素の集中的製造と燃料電池の分散利用によるネットワークの実証試験などを行っている。

なお、EU各国の燃料電池プロジェクトの多くは、再生可能エネルギーの利用拡大の手段として位置づけられているものが多く、また、燃料電池バス導入計画を多くの国が表明しているところである。

### 第4節 外国企業の取組み

#### (1) General Motors Corporation

GMIは、燃料電池自動車の開発を1997年前後に本格化させたものとみられ、現在は米国とヨーロッパの二極・3ヶ所の研究所での開発体制を組み、さらにアジアにおいてはトヨタとの共同開発を行っている。部品レベルの開発 (改質器、燃料電池スタック) は米国を中心に、また、システム全体の開発及び車両への組み込みについては、欧州 (GMの100%子会社であるドイツにあるAdam Opel AG) で行われている。

燃料電池の燃料形式の開発方針は、米国 (GM) ではガソリン改質形中心で、欧州 (Adam Opel AG) では液体水素形中心で開発を進めている。2000年9月のシドニー・オリンピックでは、液体水素形燃料電池車がマラソンの先導車を務め、さらに、10月には、中国・北京において液体水素形燃料電池車の試乗会を実施した。

GMIは長期的な燃料は水素としており、それまでの過渡的燃料をガソリンと考えている。メタノールが普及した場合の環境・安全問題及びインフラ問題から、メタノール改質形については明確に否定している。また、合理的な燃料供給インフラと整合性の取れた燃料電池自動車の開発、導入、普及及び人々への啓発・教育活動が必要と主張している。

燃料電池自動車の導入時期については、2008年から2010年頃において年間数万台という本格的な販売規模を目指して開発中である。

なお、2000年10月にトヨタとともに、CFCPに対し正式参加を表明した。

#### (2) Daimler Chrysler AG

DCの燃料電池開発は、1994年のNECAR1から開始し、最近のNECAR5まで、燃料電池自動車開発を発表している。また、世界で始めて、燃料電池自動車を2004年に実用化するとの発表を行った。

同社は、水素とともにメタノールが燃料電池自動車の有力な燃料の候補であるとし、

2000年11月にはメタノール改質形燃料電池自動車（試作車）NECAR5を発表した。また、我が国において2001年から、日石三菱株式会社（以下、「日石三菱」）、マツダとの共同で、メタノール改質形燃料電池自動車の我が国での2001年からの走行試験を計画している。

また、同社は水素形燃料電池バスの開発を積極的に進めており、2000年4月には、2002年末を目途に市販するとの発表を行い、既に欧州各国を中心に30数市から予約を受けている。

燃料電池スタックについては、カナダのBallard Power Systemsが開発を担当し、この燃料電池スタックを用いた燃料電池システムについては、米国のFordとの共同出資会社DBB Fuel Cell Engines（現在はXCELLSISと社名変更）が開発を担当している。

なお、同社は、2000年11月初旬、米国ポートランドで行われたFuel Cell Seminarにおいて、ガソリン改質器に関する技術情報についても発表した。

### （3）Ballard Power Systems

Ballard Power Systems（以下、「Ballard」）は、1979年に設立されたカナダのベンチャー企業である。もともとは、バッテリー・メーカーであったが、バッテリー事業を売却し燃料電池開発に特化した。固体高分子形燃料電池は、改良によって宇宙だけでなく軍用や民生用に適用できるとの観点から独自に研究開発を始め、1983年にカナダ国防省の資金を得て本格的な燃料電池の開発を開始し、固体高分子電解質膜を独自に開発した。1997年からDC、Ford等と資本提携を行っている他、現在、複数の主要自動車メーカーに燃料電池スタックを供給している。また、定置用燃料電池システムの開発・販売を行うBallard Generation Systemsを、株式会社荏原製作所やALSTOM等と設立し、同時に我が国及び欧州での製造・販売について提携し、それぞれの地域での合併会社を設立の上、製造販売を行っている。

開発している燃料電池の出力密度は、1995年に自動車用としての小型化の当面の目標とされていた1,000W/Lを達成し、現在までに1,300W/Lまで達成されており、更に高出力の開発を進めている。また、2000年10月には、量産化に向けた工場の一部を完成させている。

同社は、燃料選択に関しては中立の立場であり、車上で改質を行うのではなく、燃料供給ステーションにおいて多様な燃料から改質を行うことにより、燃料選択の問題を回避し、燃料電池実用化を早期に進めることが重要であるとしている。

### （4）International Fuel Cells

米国のアポロ計画やスペースシャトル計画で宇宙用の燃料電池を実用化したUnited Technologies Corporationと固体高分子形燃料電池の原理を最初に実用化につなげたGeneral Electricの技術を引継ぎ、株式会社東芝<sup>13</sup>（以下、「東芝」という。）と協力関係にある燃料電池専門開発会社であり、定置用燃料電池、自動車用燃料電池の両方の開発を行っている。

同社は、りん酸形燃料電池の開発にも長い歴史をもっており、既に数多くのりん酸形燃料電池の生産販売をしている。また、多くの企業の燃料電池開発事業への供試体スタックの提供等を行っているほか、米国エネルギー省の研究開発にも参加している。

---

<sup>13</sup> 脚注8参照。

#### ( 5 ) Shell Hydrogen

Shell Hydrogenは、1999年2月、Royal Dutch/Shell Groupにおける水素と燃料電池の開発を目的とする子会社として設立された。事業部門としては、自動車部門、定置用発電部門、再生可能エネルギーからの水素製造部門を有している。自動車用燃料電池については、水素貯蔵技術、ガソリン改質技術に力を入れており、独自の改質技術として触媒部分酸化技術を有している。定置用燃料電池については、2kW級の固体高分子形燃料電池用改質器システム、及びSiemensと協同で固体酸化物形燃料電池発電システムの開発を行っている。同社は、CFCPに参加している他、1999年4月アイランドにおいて水素利用のための合弁会社をDC等とともに設立した。

自動車燃料電池の燃料については、長期的には多様なエネルギー源から取り出せる水素が有望であるとし、水素の車上貯蔵技術、水素供給インフラが確立するまでの間は、既存インフラの優位性からクリーン・ガソリンの改質形が市場に入るとの認識を示している。メタノールについては、その毒性とインフラ投資の問題から大規模に導入されることはないとしている。

#### ( 6 ) Methanex Corporation

Methanex Corporation (以下、「Methanex」という。)は、世界のメタノール市場の24%、日本市場の40%のシェアを占め、世界最大のメタノールの生産・販売を行うカナダの企業である。Methanexは、メタノールは、燃料電池に使用した場合の硫黄抜きガソリンとの比較において、1マイル当たりのエネルギー消費量は同程度である一方、CO<sub>2</sub>排出量が少ないこと、石油に依存したエネルギー供給の多様化が図れること、バイオマス資源や廃棄物から製造可能であること、既にメタノール改質形燃料電池自動車は技術的に確立していること、ダイレクト・メタノール型燃料電池の技術開発の潜在性があることなどから、燃料電池の有力な燃料であるとしている。メタノールの毒性については、メタノールは自然状態でも大気中に存在し、米国ではフォンデュ用の燃料や自動車のフロントガラスのウォッシャー液として使用されており、自動車用の燃料とする場合には、適切な保護策を講じれば管理可能な範囲のリスクであるとしている。

#### ( 7 ) その他の海外企業

その他の海外企業については、固体高分子形燃料電池を開発している企業として、Plug Power、Nuvera Fuel Cells、H-Power Corporation、Honeywellなどがあり、主に家庭用燃料電池の開発を行っている。Plug Powerは2002年、Nuveraは2003年の商用化を目指している。米国の中小電力会社約300社から構成されるECO (Energy Co-Opportunity) は、H-Powerから今後10年間に最低8,100万ドルの燃料電池を購入する契約を締結し注目を集めている。

素材メーカーとしては、Du Pont、Johnson Matthey、Engelhard、W. L. Gore & Associates (GORE-TEX) などがある。燃料供給会社では、Exxon Mobil、BP、Texacoなどが、燃料電池用燃料や改質器の開発を行っている。

なお、BMWは次世代の自動車については、液体水素燃料による内燃機関を志向している。燃料電池については、車載電装品用として位置づけており、固体高分子形についてはInternational Fuel Cellと、固体酸化物形については、Delphiとそれぞれ共同で開発を行っている。

## 第5節 国際連携の動き

### (1) 企業間の国際連携

#### 燃料電池自動車に係るもの

燃料電池自動車の開発は基本的には各自動車メーカーが独自に行っているが、企業間で国際連携を行う動きもある。

我が国自動車メーカーに関しては、トヨタはGMと共同研究も含め技術提携をしており、本田もGMと技術提携をしている。マツダは、出資を受けているFordと共同して開発に取り組んでいる。日産は、出資を受けているRenaultと共同研究を行うことで合意している。三菱自工は、出資を受けているDCと開発協力を検討しており、国内では三菱重工業株式会社と従来から共同で開発に取り組んでいる。

海外では、DCとFordはカナダの燃料電池メーカーであるBallardに出資しているが、この3社の合弁でXCELLSIS（燃料電池制御システム）Ecostar Electric Drive Systems（電気駆動システム）Ballard Automotive（マーケティング）をそれぞれ設立していることが注目される。

また、定置用燃料電池を手がけるメーカーも自動車用燃料電池の開発を行っているが、昨年もDe Nora Fuel CellsとEpyxの合併によりNuvera Fuel Cellsが誕生する等活発な動きを見せている。

#### 定置用燃料電池に係るもの

定置用燃料電池における主要企業の資本関係に関しては、システム又はセル・スタック開発メーカーとスタック以外の部品の開発メーカーといったメーカー間の資本提携や合併もあるが、電力・ガスといったエネルギー関連会社による出資、合併が目立つのが特徴的である。例えば、BallardグループにおけるGPU International、GE/Plug PowerグループにおけるDTE Energy、Southern California Gas等が挙げられる。北米における定置用固体高分子形燃料電池開発メーカーはベンチャー企業であるケースが多く、開発ステージが実用化に近づくにつれて、合併、買収、合併、出資等の動きが激しくなっている。

2000年に入ってからだけでも、Plug PowerによるGastecの燃料処理開発部門の買収、International Fuel Cellsによる東芝及びShell Hydrogenそれぞれとの合併会社設立発表、Dais-AnalyticへのEnronの出資、EpyxとDe Nora Fuel Cellsの合併によるNuvera Fuel Cells設立といった大きな動きが見られている。

### (2) 国際標準化の動き

燃料電池に関する国際標準については、ISO（国際標準化機構）及びIEC（国際電気標準会議）の場において議論がなされている。

標準化を考えるに当たっては、国際標準化活動のような公的標準（いわゆるde-jure standard）と非公的標準（いわゆるde-facto standard）及び法規制等による強制標準の三つの観点が必要である。検討する上で把握すべき状況として、自国の規格を国際標準化しようという欧米各国の動向、特に自動車のような国際商品の場合には、消費者は国内に限定されないことからde-jure standardとde-facto standardの両面からの国際標準化の動向等がある。

ISOとIECの場では、燃料電池、燃料電池自動車（電気自動車の一部）、水素技術の観点から標準化活動が行われている。燃料電池本体の検討は、IEC/TC105において実施さ

れている。燃料電池自動車については、電気自動車の一部として、ISO/TC22/SC21において検討が行われている。ISO/TC22/SC21の議長は、米国自動車技術会<sup>14</sup>の標準化活動との連携を表明しており、その動向についても注意が必要であり、このため財団法人日本電動車両協会がSAEとの連携に努めている。水素技術の検討は、ISO/TC197において行われている。これらの活動においては、TC、SCの議長(Convenor)をドイツ、スウェーデン、カナダの欧米各国が占めている。特に、ドイツは標準化活動に積極的である。

このように国際的にも複数の切り口から標準化の議論が進められているため、国内の標準化活動においても各国内審議団体の連携協力により、戦略的に提案をしていくことが必要といえる。我が国の燃料電池関連の公的標準 (de-jure standard) 活動は、ISOとIECの場に対応する形で燃料電池、燃料電池自動車、水素技術の観点から行われており、それぞれ、国内審議団体として社団法人日本電機工業会 (JEMA)、財団法人日本電動車両協会 (JEVA)、財団法人エンジニアリング振興協会 (ENAA) が活動している。

---

<sup>14</sup> Society of Automotive Engineers, Inc. (SAE)

### 第3章 燃料電池実用化・普及への課題

燃料電池の開発において、大きな課題の一つは、基本性能の向上と経済性の向上である。りん酸形燃料電池（定置用）の経験では、需要が増えないことによりコスト低減が進まない、また、コストが高いために需要が増えないという状況にある。

固体高分子形燃料電池の場合には、需要先として自動車用の期待感が高く、りん酸形燃料電池とは状況は相当異なると見られているものの、燃料電池自動車の導入は経済性・技術面の障壁が高いとともに、天然ガス自動車等のクリーンエネルギー自動車<sup>15</sup>の導入・普及の経験からもわかるとおり、燃料供給インフラの整備と量産効果によるコスト低減の循環をうまく働かせないと急速な普及は見込めない。

このため、燃料電池自動車の燃料として、何が選択され、その燃料供給インフラがどのように整備されるのかが大きな課題である。また、燃料電池の普及に当たっては、安全性等の基準作りや規制見直しなどのソフト面での基盤の整備も不可欠である。その他にも、資源制約の問題、社会的受容性の向上、燃料電池の技術開発に係る人材不足の問題など解決すべき課題は数多く存在する。

以下、固体高分子形燃料電池について、現在までに進められてきた開発状況から浮かび上がった課題を整理する。

#### 第1節 基本性能の向上

燃料電池の基本性能の向上に関する課題をモジュールごとに整理する。

##### （1）燃料電池スタック

出力密度：特に、燃料電池自動車において小型化が必要とされている。ここ数年の性能向上により、小型自動車用の当面の目標とされていた1,000W/Lを超える企業が複数出ているが、今後、更なる小型軽量化が期待されているところである。

耐久性：自動車用で5,000時間（バス・トラックは10,000～20,000時間）定置用で40,000時間以上とされている。現状では、1,000時間程度の耐久性であり、更なる耐久性の向上が求められている。しかしながら、低コスト化のためには、過大な耐久性を要求するのではなく、交換を前提としてシステムの設計を行うなどの発想も考えられる。また、特に、ガソリン等の改質形燃料電池においては、CO及び燃料中の硫黄等に対する触媒の耐久性の向上が課題である。

イオン交換膜：現在、パーフルオロ系のイオン交換膜が標準的に用いられている。これは、化学的安定性に優れるものの、伝導性確保のための水分管理の必要性、100以上の高温でのクリープ変形、高コスト等の課題がある。今後の開発の方向としては、薄膜化と機械的強度の向上が挙げられており、既にポリテトラフルオロエチレン等の補強材が開発されている。また、大幅なコスト低減及び高温での利用などの性能向上が見込まれる非パーフルオロ系代替膜の開発も進められているところである。また、膜の出力向上、耐久性向上も課題となっている。

触媒：固体高分子形燃料電池の電極の触媒には、高価な白金を用いるため、白金担持量の低減が主要な課題である。また、水素極側におけるCO被毒に対する耐被毒性の向上も課題であるとともに、酸素極側における大気中の不純物の触媒に与える影響や過電圧の克服も課題である。

<sup>15</sup> ここでいうクリーンエネルギー自動車は、電気自動車、ハイブリッド自動車、圧縮天然ガス自動車、メタノール自動車及びLPガス自動車の5種類を指す。

セパレーター：燃料電池スタックの出力密度向上のための軽量化、薄型化と低コスト化が課題となっている。現在、カーボン材料を用いたものが主流であるが、金属材料を用いたものも開発中である。

## (2) 改質器

耐久性：ガソリン等の改質においては、燃料中の硫黄及びカーボン析出に対する改質触媒の耐久性の向上が課題である。また、起動・停止のサイクル寿命の向上も課題となっている。

起動性：改質に当たっては熱が必要となり、改質器を暖め、起動するのに時間がかかるので、その解決が課題となっている。

負荷追従性：自動車のアクセル・ワークなどの負荷変動に対する改質の反応は遅く、1～2秒かかるといわれている。反応時間の更なる短縮が課題である。

小型化、軽量化：パッケージングの観点から、特に自動車用において大幅な小型化、軽量化が課題となっている。

燃料ごとの課題：メタノールは、200～300 程度と比較的改質温度が低いため相対的に改質しやすいが、天然ガス、ガソリン、灯油などは、改質温度が600～1,000 近く必要であり、車上で改質は相対的に難しい。

熱効率：改質器の熱効率は全体のCO<sub>2</sub>削減効果に大きな影響を与える。特に、定置用では省エネルギー効果の観点から、さらなる熱効率の向上が必要となっている。

## (3) 水素燃料貯蔵

燃料として水素を直接車載する場合には、水素の単位体積当たりのエネルギー密度が小さいことが最大の問題である。

圧縮水素方式：水素を圧縮して貯蔵するもので、気体であるので、液体燃料よりは、エネルギー密度が小さい。十分な安全性を有する圧力容器の開発が課題である。現在の燃料電池の発電効率で400km以上走行するのに必要なエネルギー量を確保するためには、350気圧<sup>16</sup>の圧力で少なくとも170Lのタンクの容積が必要。パッケージングの観点からは更なる高圧化も検討すべき。ただし、高圧化を進めるほど昇圧過程におけるエネルギー損失が大きくなっていくことも考慮する必要がある。

液体水素方式：エネルギー密度が高く自動車の航続距離は確保できるが、常温では蒸発するため、周囲の熱を吸収しないよう断熱することが課題である。また、液化の際のエネルギー損失が大きいことも問題である。

水素貯蔵材料方式

- ・水素吸蔵合金（メタル・ハイドライド）<sup>17</sup>：現状の技術では、重量比で2%程度しか貯蔵できない。また、高価で短寿命なことなどが難点である。水素の充填、放出に熱交換が必要であり、充填時間も長いことが問題である。
- ・水素貯蔵化学物質（ケミカル・ハイドライド）：理論的には重量比で7～10%程度まで水素貯蔵が期待されているが、更なる技術開発が必要である。また、再生に必要なエネルギーなど、エネルギー・サイクルとしての基礎的な検討が必要である。

<sup>16</sup> 米国、カナダでは、700気圧も検討されている。現状の日本における天然ガス自動車用圧力容器は、250気圧以下が主流である。

<sup>17</sup> WE-NETでは3%を目標に開発が進められているが、米国では5%を目標にした研究開発が始まっている。

- ・カーボン・ナノ・チューブ：重量比で10%以上の水素貯蔵が期待されているが、更なる技術開発が必要である。

#### (4) 全体システム

システム構成：各燃料ごとの周辺システム構成。特に、二次電池と燃料電池スタックの出力との組合せ、エアコンプレッサー及びその圧力と燃料電池スタックの出力との組合せが課題である。

耐久性、信頼性：システム全体として、長時間の運転に耐えられるかどうかということに加えて、汚染された外気の下など通常想定される使用環境での耐久性、信頼性が確保できるかが課題である。また、固体高分子形燃料電池は長時間の使用により徐々に性能が劣化していくが、商品として市場に投入する際には、こうした耐久性、信頼性の検証を行う必要がある。

低温度対策：寒冷地において、改質を始めるために必要であるとともに、膜を濡らし反応をさせるために必要な純水、発電に伴い発生する純水が凍結しないようにするシステムの開発が必要である。特に、低温での始動性は重要な課題である。

起動性、運転負荷追従性：燃料電池自動車については、システム全体としての起動性や運転負荷追従性を確保することが必要。

熱利用方式、排熱回収効率：我が国においては、北海道、東北地方等一部地域を除き家庭での熱需要は、欧米諸国と比較した場合、それ程大きくないものと考えられる。しかも現状の固体高分子形燃料電池から発生する熱は、60～70程度の低温熱であり、給湯や床暖房には適しているが、夏期の冷房需要には利用しにくいという問題がある。このため、発電の過程で発生する低温熱の利用、排熱の回収効率を向上させることが課題である。また、新たなイオン交換膜の開発を行い、高温の排熱を回収できるシステムの開発することによって、夏期の冷房需要に利用を拡大することも必要である。

補機：家庭用については、小型であるため、補機で消費する電力の割合が大きく、省エネルギーに資する発電効率を確保する上では、これらの消費電力を低減することが必須である。

#### 第2節 経済性の向上

固体高分子形燃料電池の開発において、自動車用では、出力1kW当たり5,000円という非常に厳しい条件が課せられている。これは、現状の自動車エンジンのコストとの比較で算定されるものである。また、家庭用燃料電池の場合には、現在の給湯器の機能に発電機能が付加されているという価値から判断して、システム全体として、1台<sup>18</sup>当たり30～50万円程度になることが必要とされている。定置用でマンション等の集合住宅において利用する場合においては、5～30kW程度の容量、あるいは、それらの複数台の設置が考えられ、スケール・メリットを生かしたコスト低減も必要である。

このため、現状では、コストの高い素材、部品の低コスト化により、システム全体としての低コスト化を図ることが必要である。具体的には、当面、革新的な低コスト化を実現する膜の開発（効率向上、耐久性向上を含む）、高価な触媒の担持量の大幅な低減を可能とする電極や改質器の開発、将来的には、量産効果によるシステム全体の低コスト化などが必要と考えられる。

<sup>18</sup> 家庭用燃料電池は、我が国では1kW程度の出力が適当であるとされている。



### 第3節 燃料とインフラストラクチャー

燃料電池は水素と酸素から電気を発生させる発電装置である。燃料である水素をどのように作り出し、どのように燃料電池に供給するかについて、以下のような状況にあり、今後いかに対応するかが、その燃料供給インフラの整備と併わせて大きな課題である。

#### (1) 自動車用

現在の技術段階を前提にした場合、燃料電池自動車に燃料を供給する方式は大別すると二通りある<sup>19</sup>。

一つは自動車に水素を直接、供給・貯蔵する方式であり、他の一つは自動車に炭化水素系燃料を供給し、車上での改質を行うことにより水素を供給する方式である。

このうち前者の水素を車に貯蔵する方式には、圧縮水素方式、液体水素方式、水素吸蔵合金を利用する方式、さらにはケミカル・ハイドライドやカーボン・ナノ・チューブなどを利用する方式がある。水素を直接用いる方式は、改質器が不要である、車だけから見ればゼロ・エミッションである、電極のCO被毒がなく電池等の耐久性の点で有利である、高出力であるなどの利点がある。他方、水素は他の液体系燃料に比べ単位体積当たりのエネルギー密度が小さいことから、燃料一充填当たりの車の航続距離が短いという問題がある。また、我が国においては水素供給インフラが存在しないことから、水素が燃料電池自動車の燃料として最適となれば、燃料供給インフラの整備が必要となる。

後者の車上改質形の燃料としては、現時点では、ガソリン、メタノール、天然ガス、LPガス、GTL、ジメチルエーテルといったものが考えられている。こうした改質形の燃料は液体燃料が多く、車の航続距離の点では、水素を燃料とする場合に比べ優位であると考えられる。また、一部の燃料を除き、これまでも様々な形で利用されていることから、取扱い等についての知見が蓄積されているという利点がある。他方、車上改質形の場合には、改質器を車載する必要があること、改質の過程で発生するCOが燃料電池スタックの電極触媒の耐久性に悪影響を与えること、CO<sub>2</sub>が車ごとに分散して発生することにより大規模施設では可能なCO<sub>2</sub>固定化技術が使いにくいなどの問題がある。

改質形燃料のうちガソリンは、既存の燃料供給インフラ（全国で約5万5,000ヶ所）を活用できるという大きな利点がある。他方、最近、急速にガソリン改質に向けての技術開発が加速化しているが、その改質技術は相対的に困難（改質に要する温度が800と高い）であるといわれている。また、単に燃料利用の側面から見れば、ガソリンのように石油起源の燃料は、単位水素量を発生させる際のCO<sub>2</sub>排出量が、天然ガス起源の燃料より相対的に多いといった不利な面がある。ガソリンを燃料電池自動車の燃料とする場合には、燃料電池に使用されている触媒被毒の問題から、硫黄や添加基材を除去したクリーンなガソリンを精製する技術の確立も不可欠である。

メタノールは、改質時に必要とされる温度（250～300）が低く、現時点において改質は技術的に最も容易であり、既に内外の自動車会社がメタノールを燃料とする試作車を製作していることから、実用化も近いと考えられている。また、メタノールは液体燃料であり、取扱いが比較的容易であるなどの利点がある。他方、メタノール

<sup>19</sup> メタノールを燃料として改質という過程を経ずに電気を発生させるダイレクト・メタノール型燃料電池の技術があるが、自動車用燃料電池として実用化するまでには長期間を要するものと見込まれている。

は我が国にはその燃料供給インフラが現在50ヶ所程度しかなく燃料供給インフラの整備が必要となるとともに、安全性に係る懸念や天然ガスからメタノールを合成する際、エネルギーの損失が大きいという課題がある。

天然ガスやLPガスは、利害得失がガソリンとメタノールの中間にあり、改質技術については、ガソリンより容易であるがメタノールより困難であり、燃料供給インフラについては、メタノールよりは多いがガソリンに比較すれば少なく燃料供給インフラの整備が必要である。

GTLやディーゼル代替燃料としての活用も検討されているジメチルエーテルは、天然ガス、石炭ガス等から製造する人工的燃料であり、基本的には、硫黄が含まれないことから改質過程での触媒被毒の問題の少ないクリーンなエネルギーである。他方、製造技術の確立、製造過程におけるエネルギー効率、コスト等の見極めが必要である。

なお、以上の燃料電池自動車の候補になり得る燃料ごとにCO<sub>2</sub>等の環境負荷物質の排出量、総合エネルギー効率などについて、客観的かつ正確に把握することが重要であるが、現状においては、こうした分析を行う評価手法が確立されていないので、その確立も大きな課題である。

## (2) 定置用

定置用燃料電池は、様々な事業者が開発競争を行っている段階であるが、研究されている燃料は基本的には天然ガス、LPガス、灯油の3種類である。定置用燃料電池の燃料は、既存の燃料供給インフラを使用することが現実的であることから、大都市では都市ガス、LPガス又は灯油、地方ではLPガス又は灯油といったように地域により選定できる燃料は事実上限定されており、議論の余地は少ない。

こうした状況の中で、消費者の観点からすれば、燃料ごとのシステム価格とランニングコストを合わせた総コストや燃料補給のし易さなどを総合的に判断し選択されると考えられる。

## 第4節 資源制約への対応、廃棄問題

白金、ルテニウムなどの燃料電池の製造に不可欠な触媒については、資源制約(量的制約と地域的偏在)への対応とともに、高価な素材であることから燃料電池コスト引下げの観点からの対応も必要である。したがって、触媒使用量が低減する技術開発を行うとともに、量産化のための必要量を確保する供給体制及び貴金属のリサイクルを行える社会的システム<sup>20</sup>を当初から構築しておくことの検討も必要である。特に、自動車は、白金、ルテニウム以外にも含まれる有用資源の量が多く、更なるリサイクル率の向上が課題となっていることも十分に踏まえて対応すべきである。

固体高分子電解質膜に使用されているフッ素系化合物については、その回収技術の研究が行われているが、廃棄・処分の問題も環境への影響の観点から、検討すべき課題である。

## 第5節 基準・標準及び規制見直し等のソフトインフラ

燃料電池自動車、定置用燃料電池とも、その実用化・普及段階では、一般消費者を含む不特定多数の者が取り扱うことになるため、安全性・信頼性等の基準作りが必要であるとともに、普及に当たっての利便性を高めるため、機器等の標準が必要である。

<sup>20</sup> ドイツでは、MEAのリース、回収、リサイクルを前提に開発も進められている。

しかしながら、固体高分子形燃料電池は、新たな技術であることから、こうした基準や標準は未整備である。このため、早急に整備に必要な基準・標準項目の特定を行うとともに、併せて現行規制の見直しを実施することが重要である。

こうした基準・標準等に係る活動のうち国際標準化に係るものについては、現状では欧米諸国が中核的役割を果たしているが、我が国からより積極的な働きかけを行うことも重要である。

## 第6節 社会的受容性

燃料電池が普及するためには、一般国民を含む社会全体から広く受け入れられることが必要である。このような社会的受容性は、社会的効用（燃料電池の場合は、CO<sub>2</sub>排出量削減効果、総合エネルギー効率向上等）、コスト、利便性（取扱い易さ）、安全性（火災、爆発、毒性等）等の要因から決まっていくものと考えられる。社会的受容性を高めるためには、燃料電池の導入の意義について、共通のコンセンサスを形成しておくことが重要である。

また、燃料電池の本体のみならず、その燃料についてもその社会的受容性について検討する必要があり、特に燃料電池の燃料として、これまで取り扱った経験の少ない新規の燃料が選択される場合には特に注意が必要である。

例えば、水素については、一部にはその爆発の危険性を指摘されている一方、安全な管理が可能との意見もあるが、その安全な取扱方法について検討を進めていくことが必要である。また、メタノールについても、その毒性が指摘されているが、我が国においては、メタノール供給施設が存在することもあり、既存の供給施設での取扱いの経験を踏まえ、メタノールの取扱方法を検討しておくべきである。

## 第7節 燃料電池の研究・開発に当たっての人材不足

固体高分子形燃料電池の研究開発は、最近、3～4年で急加速されているが、その研究開発に携わる人材（特に、電気化学分野）についての不足が指摘されている。企業によっては、関係部署から、200～300人を招集し体制を整えているところもあるが、人材不足のため、基礎的技術は有しながら事業機会を失ってしまう企業が存在するとの懸念もある。国立研究所においても、燃料電池の研究者の養成が課題である。したがって、燃料電池に係る官民の専門家の育成を早急に行うことが必要である。

現在、大学、国立研究所等においては、固体高分子形燃料電池の研究開発が注目されていることから、今後、優秀な人材の輩出が期待されるが、企業も含めた人材の交流により、一層の人材育成を進めることが重要であり、さらには、ベンチャー企業等の起業化を促すような制度を通じて人材の育成を支援することも必要である。

## 第4章 課題解決に向けて

### 第1節 基本的な考え方

これまで述べてきたように固体高分子形燃料電池は、その導入の意義（第1章）も大きい反面、今後、実用化・普及を推進するに当たっての課題（第3章）も多数ある。燃料電池実用化戦略研究会としては、個々の課題をどのように解決していくのか方向性を提示していくことが必要と考える。

#### （1）燃料電池実用化・普及に向けたシナリオ

固体高分子形燃料電池の実用化・普及までには、解決すべき課題が多く、また、分野も多岐にわたるが、これらの課題の解決に効率的・効果的に取り組むためには、実用化・普及に至る以下の三つの期間に分けて考えることが適当である。

##### 現在から2005年頃（基盤整備・技術実証段階）

2003～2004年には、燃料電池自動車の実用車、定置用燃料電池の実用品が出始めることが計画されている。現在から商用レベルの燃料電池の最初の導入が計画されている上記の2005年前後までの期間は、燃料電池の実用化・普及に向けて制度面及び技術開発面での基盤整備を行うとともに、主要技術の実証を行う上で、最も重要な期間である。

この段階においては、以下のとおりの具体的な取組みが必要である。

最新の技術動向を踏まえながら、ミレニアム・プロジェクトを継続的かつ着実に実施することにより、燃料電池の安全性・信頼性等に関する試験・評価手法を確立する。これを受けて各種の基準・標準を策定するとともに、必要な規制見直し等のソフト面での普及基盤整備を行う。

ミレニアム・プロジェクトの検討や民間の技術開発動向を踏まえつつ、燃料電池自動車、定置用燃料電池の燃料規格の確立を図る。

燃料電池技術開発戦略の策定及び人材育成も念頭に置いた実施体制の整備を行い、燃料電池スタックなど共通の・基盤的な要素技術について基本性能の向上、低コスト化等実用化に向けて必要な技術開発を推進する。

主要技術に関する実証試験を実施することにより、技術的・経済的フィージビリティを検証するとともに、実証試験のデモンストレーション効果により社会的受容性を高める。

- ・燃料電池自動車：試作車のフリート走行や水素供給ステーションの実証
- ・定置用燃料電池：モデルハウスや集团的モニター等による実証

こうした実証試験を行うことにより、民間の技術情報等も併せ、燃料ごとに総合エネルギー効率、環境特性、燃料供給インフラコストについての客観的なデータの収集・分析・評価を行うことが可能となる。

##### 2005年頃から2010年頃（導入段階）

2005年頃から2010年頃までの期間は、燃料電池の実用車、実用品の導入と、その加速化を目指す期間であり、燃料電池のより一層の性能向上、低コスト化を強力に推進するとともに、燃料供給体制の段階的整備等、燃料電池の普及に向けた環境整備を実施する期間である。

この段階においては、以下のとおりの具体的な取組みが必要である。

燃料電池技術開発戦略の第2フェーズの策定を行い、民間では商品開発、一層の性能向上、低コスト化の技術開発、政府では一層の性能向上、低コスト化につながる共通的な要素技術開発について強力に推進する。

燃料電池自動車については、各企業は、一層の性能向上、低コスト化に向けた技術開発を推進する。また、燃料供給体制の段階的整備を開始する。さらに、初期需要創出及びモデル事業という観点から、公共機関、公共交通などを中心として、公用車・バス等の燃料電池自動車の率先導入を推進するとともに、燃料電池関連企業の率先導入を推進する。

定置用燃料電池については、導入・普及促進を開始する。各企業は、一層の性能向上、低コスト化に向けた技術開発を推進する。また、初期需要創出及びモデル事業という観点から、公共施設等を中心として、定置用燃料電池の率先導入を推進するとともに、燃料電池関連企業の率先導入を推進する。

#### 2010年頃以降（普及段階）

2010年頃以降の期間は、燃料電池が本格的に普及していく期間である。燃料電池自動車の燃料供給体制が一定程度整備されるとともに、量産効果により燃料電池の価格が低下し、市場は自律的に拡大・進展していくものと期待される。

この段階の初期においては、以下のとおりの具体的な取組みが必要である。

公共機関、公共交通、燃料電池関連企業のみならず、一般民間部門においても導入促進を行い、引き続き需要の創出に努めることにより量産効果の発揮を促す。各企業においては、量産効果によるコスト低減と技術開発によるコスト低減、性能向上を目指す。

#### （参考）

##### 燃料電池実用化戦略研究会として期待する導入目標（累積）

	2010年	2020年
燃料電池自動車	約5万台	約5百万台
定置用燃料電池	約2.1百万kW	約10百万kW

本試算は、今後、成長が見込まれる固体高分子形燃料電池について、その積極的な導入に向け燃料電池実用化戦略研究会として期待する導入目標との位置づけ。

#### （2）産学官の役割分担の必要性

上述のシナリオは、国全体としての燃料電池の実用化・普及に向けた取組みについての時間的な大枠を示したものであるが、燃料電池の実用化・普及を行っていくためには産学官が適切な役割分担の下、一体となって取り組んでいくことが重要となる。役割分担の基本的な考え方は、実用化、商用化及び普及段階での燃料供給体制の整備は、産業界の役割、基礎的・基盤的な技術開発は国及び大学・国研等研究機関の役割、燃料電池の導入を図るための制度面の普及基盤整備や導入初期段階における燃料供給体制整備への支援を国が担当するというものである。

現時点で想定される具体的な産学官の役割分担を例示すると、以下のとおり。

#### 技術開発

官学の役割：燃料電池に係る基礎的研究、共通基盤技術の開発、リスクの高い技術開発、等

民の役割：燃料電池の実用化・商用化に向けた技術開発

#### 標準・基準等の普及基盤整備

官の役割：燃料電池実用化・普及に必要となる安全性・信頼性等の評価手法の確立等の基盤整備。燃料電池実用化の観点から既存の規制の見直しを行い、必要に応じ規制緩和、制度整備。燃料電池に係る安全性等の基準の策定。国際標準化及び国際標準提案の促進。

民の役割：国内標準、自主基準の策定。基準の策定、政策の方向づけ等に資する情報の提供。技術・製品要素の国際標準獲得に向けた戦略的開発。国際標準提案の作成及び標準化活動。規制緩和に必要な意見・情報の集約。

#### 実証試験

官の役割：官民共同事業の企画立案、民間への参画要請。社会的受容性向上のための普及啓蒙活動。

民の役割：官民共同事業への参画（自社製品の供給、燃料の供給、等）。測定成果の公表。社会的受容性向上のための普及啓蒙活動。

#### 導入促進

官の役割：初期需要の創出、先進的なモデル事業の実施、燃料供給体制整備への支援等の検討。

民の役割：コスト低減努力の推進、率先導入、民間導入支援措置。

### (3) 競争と協調の重要性

燃料電池の実用化・普及は、基本的には関係企業が市場での競争を通じてより良い製品を作り出すことによって推進されるものである。したがって、各企業が市場において競争を行うことが重要であるが、その一方で、燃料電池の実用化・普及に当たっては解決すべき課題も多いことから、その課題解決に向け、産学官がそれぞれ適切な役割分担の下、一体となって取り組むべきであり、企業間の協調も必要である。

こうした競争と協調がバランス良く進んでいくかどうか、今後の燃料電池の実用化・普及に向けた一つの鍵であると考えられる。

## 第2節 燃料電池自動車の燃料供給体制の整備

### (1) 基本的な考え方

燃料電池の燃料である水素をどのような方式で作り出し、どのように供給する体制を整えるかの方向性を示すことは、燃料電池の実用化・普及を図る上で大きな論点である。定置用燃料電池においては、既存の都市ガス、LPガス、灯油等の燃料供給体制を利用することが基本であり、選択される燃料は事実上限られていることから大きな問題とはならないと考えられる。しかしながら、自動車用では燃料供給体制整備の方向性が不明確であることが、実用化に向けての大きな障害となると考えられるので、

こうした課題解決に向けての取組みが必要である。

燃料電池自動車の燃料は、自動車用燃料電池に係る技術動向や燃料供給体制の整備状況を踏まえ、基本的には市場が選択していくものであり、この問題に係る政府の施策も市場の選択を加速化させることとすべきである。また、エネルギー・環境政策の観点から有意な燃料については、政府としてもその燃料が市場において選択されるよう支援を行うことが必要である。

## (2) 燃料電池自動車の燃料選択に関する見通し

第3章第3節において述べたように、燃料電池自動車の燃料の候補になり得る各燃料には一長一短があるとともに、今後の急速な技術開発の結果、将来的に新たな技術が出現し、特定の燃料が優位になる可能性もあるが、現時点で今後の燃料選択の可能性を見通せば概ね以下のとおりである。

### (当面)

現在の燃料電池自動車の技術段階及びその燃料供給インフラが整備されていない状況を踏まえると、当面、燃料電池自動車として初期導入が可能であるのは、圧縮水素あるいはメタノールを燃料とし、特定の地点間をフリート走行する自動車<sup>21</sup>であると見込まれる。

水素を燃料とする燃料電池自動車は、フリート走行の代表例の一つである路線バスであれば、現行技術で圧縮水素をタンクで貯蔵するために必要なスペースが存在し、走行ルートも一定で走行距離が比較的短く、バス・ターミナル等に燃料供給ステーションを設置すれば、必要な燃料供給が可能である。また、経済性の進展の程度にもよるものの、限定的に普及する可能性もあり、前述したように一部欧米諸国では、既に圧縮水素搭載形の燃料電池バスの実証又は試験的導入が行われている。なお、モデル事業等により水素供給インフラが整備されれば、一定量の水素を貯蔵し得るバス以外の比較的大型な乗用車(バン、SUV等)でも圧縮水素を燃料とする燃料電池自動車が導入される可能性がある。

また、メタノールを燃料とする燃料電池自動車は、既に試作車が内外で製造されており、車側の技術面からは最も実用化に近いことから、メタノール・ステーション周辺のフリート走行として導入が行われることも予想される。

### (近未来)

現在、実用化されているクリーンエネルギー自動車の中で、ハイブリッド自動車の販売台数が伸びているが、これは、既存のガソリンの燃料供給インフラを使用できることの利点が大きいものと考えられる。燃料電池自動車についても同様に、利用できる燃料供給インフラが大規模に整備されることが、そうした燃料を使用する燃料電池自動車の利便性を高めることになる。したがって、消費者に一層受け入れられる可能性も大きく、普及も進むものと考えられる。このため、その実用化は容易ではないものの、車上でのガソリン改質技術が近未来に実用化された場合においては、既存のガソリン供給インフラが利用でき、フリート走行以外の利用形態でも制約が少なくなることから、ガソリンが燃料電池の主要な燃料となる可能性が高く、この場合には、追加的な燃料インフラ整備のコストも不要であるため、国民経済的にも利点があるもの

<sup>21</sup> 代表的な例としては、路線バスやゴミ収集車などがある。

と考えられる。他方、石油起源の液体炭化水素の代表である現状のガソリンには、硫黄等の不純物や様々な添加基材が含まれており、現時点では、ガソリン改質を技術的に困難なものとしている。このため、ガソリンを燃料電池の燃料とする場合には、「クリーン・ガソリン<sup>22</sup>」に精製することが不可欠であり、硫黄分のレベルにもよるが、その技術の確立や精製設備への投資が必要である。近未来においては、既存の内燃機関自動車と燃料電池自動車とが併存するものと考えられるが、自動車排出ガス規制が強まる傾向の中で、既存の内燃機関自動車についても燃料の低硫黄化等のクリーン化が求められるものと予想されるので、こうした「クリーン・ガソリン」化の傾向が進めば、燃料電池自動車と既存の内燃機関自動車との間で一定の燃料基材を共有できることとなると見込まれる。

燃料電池自動車の燃料として石油起源の「クリーン・ガソリン」を使用する場合は、石油代替効果はないものの、省エネルギーや環境負荷低減に資する観点から、燃料電池自動車を導入する意義がある。また、その際の技術は、石油代替燃料を使用する燃料電池を導入するまでのブリッジ技術にもなり得る。

第1章で述べたとおり、燃料電池導入の意義の一つは石油代替効果を有することであり、現在の極度に石油系燃料に依存した運輸部門のエネルギー転換を推進することは、エネルギー政策上極めて重要である。こうした視点から考えた場合、天然ガスから人工的に合成された硫黄等の不純物を含まないGTLが燃料電池自動車用の燃料として選択される可能性もある。GTLはクリーンな燃料であることに加えて、アルキレート<sup>23</sup>等のガソリン基材と混合し、添加基材等により燃料特性を調整することにより既存の内燃機関自動車でも使用できるとされているため、「クリーン・ガソリン」と同様に燃料電池自動車と内燃機関自動車が既存燃料供給インフラを共有できるものと見込まれる。ただし、GTLを燃料電池自動車の主要な燃料とする場合には、その車上改質技術の実用化に加え、燃料製造技術の確立、製造過程におけるエネルギー効率の見極め、低コスト化・量産化の技術開発、燃料製造設備の整備が必要であり、今後なお一定の期間を要するものと考えられる。

メタノールを燃料とする燃料電池自動車は、前述のとおり、車側の技術から見た場合、現状においては最も実用化に近く、一部企業では商用化に向けた自動車開発が進められている。他方、メタノール供給インフラが未整備である現状下で、後述のように長期的将来における燃料電池自動車の燃料が水素であるとする、全国規模でメタノール供給インフラの整備を行う場合には、結果として燃料供給インフラの二重投資となり、関係事業者にそれを期待することは困難であるとともに、国民経済的にも適当でないと考えられる。かかるインフラ面での課題が解決されなければ、メタノールが燃料電池自動車の主要燃料として選定される可能性は低いと考えられる。ただし、今後、我が国においても活用が求められている木質系のバイオマス資源から生成されるメタノールの利用促進を行う観点から、燃料供給インフラの大規模な整備を必要としないフリー走行など、限られた範囲においてはメタノールを燃料とする燃料電池自動車を使用される可能性がある。

ジメチルエーテルについては、ディーゼル自動車用燃料、発電用燃料、LPガス燃

<sup>22</sup> 既存のガソリン原料から燃料電池自動車用に硫黄等の不純物を除去したもの。内燃機関用には、さらにオクタン価を調整するためアルキレート等のガソリン基材の混合することによって使用可能となる。

<sup>23</sup> 有機化合物にアルキル基を置換又は付加反応させて得られた生成物。複数の側鎖を持つ形状から高オクタン価のガソリン基材として利用されている。



料の代替を主たる用途として技術開発が進められており、性状はLPガスに近いため、既存ガソリン車との燃料を共有できる可能性は低い。また、燃料供給インフラは、LPガス燃料インフラと共有することとなると見込まれているため、燃料供給インフラの観点では、メタノールよりは優位であるが、「クリーン・ガソリン」、GTLには及ばないと考えられる。したがって、ジメチルエーテルが燃料電池自動車の主要な燃料として選択される可能性は低いものと考えられるが、メタノールと同様にフリー走行のような場合には、限定的に普及が進む可能性がある。

#### ( 長期的将来 )

水素は既存の炭化水素燃料に依存しない多様な方法により確保できるため、資源制約が極めて小さくクリーンなエネルギーである。また、長期的将来においては、再生可能エネルギーを用いた水素製造が実用化・普及することも考えられ、その場合には、水素を燃料とする燃料電池自動車は、CO<sub>2</sub>を全く排出しないゼロ・エミッションとなる。仮に、炭化水素からの改質により水素を取り出す場合でも、大型施設で改質する場合には、いずれ実用化が期待される二酸化炭素の固定化技術を利用し得ることからCO<sub>2</sub>排出削減効果が期待できる。また、水素を燃料とする場合は、改質器が不要かつ電極の被毒がなく電池の耐久性が高いとともに、高出力となるという車側からの利点もある。

このため、燃料電池自動車の燃料として水素が選択される可能性があり、多くの自動車企業、エネルギー関連企業においても、長期的将来においては、水素が将来の燃料電池自動車の有力な燃料と考えられている。ただし、広く普及するためには、水素の車載貯蔵技術が確立することに加えて、社会に水素供給インフラが構築されることが前提となることから、水素が主要な燃料として使用されるのは、長期的将来にならざるを得ないと考えられる。

### ( 3 ) 燃料供給体制の構築

今後の燃料電池に係る技術開発動向の進展によって上記見通しは変わり得ることから、常時見直しを行うことが必要であるが、燃料電池自動車の実用化を促進するためには、今後の燃料電池自動車の燃料に関する見通しを踏まえ、燃料供給体制の構築に向けて取り組む必要がある。特に、脱硫のレベルによっては、技術面、コスト面で課題を抱えている「クリーン・ガソリン」については、精製技術の高度化、生産コストの低減を行うとともに、既存インフラを利用して燃料転換を行う場合の具体的な課題を早急に分析・抽出することが必要である。また、GTLについては、合成過程におけるエネルギーロス等を見極めつつ、製造技術の確立、生産コストの低減を図ることが重要である。

### 第3節 技術開発の推進

燃料電池の技術開発課題は多岐にわたるため、企業あるいは一業界だけでは課題の克服は不可能である。海外における技術開発の動向を見ても、産学官が適切に役割を分担しながら戦略的に技術開発に取り組んでいる。したがって、我が国においても産学官が技術開発戦略を共有し、適切な役割分担を行いながら、有機的・体系的に技術開発に取り組んでいくことが必要不可欠であると考えられる。

## (1) 燃料電池技術開発戦略の策定

第1節の燃料電池実用化・普及に向けたシナリオ等を踏まえ、主要な燃料システムに係る燃料電池の実用化、商品化を主な目的として、産学官の技術開発マップとなる燃料電池技術開発戦略を早急に策定することが必要である。

この燃料電池技術開発戦略は、産学官が共同して、民間企業の技術開発動向等を踏まえつつ、早急に策定することとなるが、現時点においては、少なくとも次のような技術開発要素が含まれるべきものと考えられる。なお、この燃料電池技術開発戦略は、最新の技術開発動向を踏まえつつ、必要に応じ見直しが行われるべきと考えられる。

膜、電極、触媒、セパレーター等共通的な要素技術についての性能向上、低コスト化、省資源化

膜、電極、触媒、セパレーターといった基礎素材の性能向上、低コスト化、省資源化は、使用する燃料によって要求性能が異なるものの、自動車用、定置用に共通の課題であり、燃料電池の実用化を行うためにはこの課題を解決することが不可欠である。

特に、高温運転を可能とする新たな固体高分子電解質膜の開発は重要である。定置用燃料電池の利点はコジェネレーションによるエネルギー効率の高さであるが、第3章第1節で述べたように我が国の場合、家庭での熱需要が北海道、東北地方等一部の地域を除き、欧米諸国のそれに及ばないことに加えて、固体高分子形燃料電池の排熱は低温熱であり、冬季は使用されるが夏期の冷房需要には利用困難であるという問題がある。120 程度の高温に耐え得る固体高分子電解質膜が開発されれば、高温運転ができることから高効率化につながり、定置用については、排熱温度が相当に高まり夏期の冷房需要への利用も含めて熱利用の可能性の拡大や導入インセンティブの向上に資し、自動車用については、ラジエーターの小型化<sup>24</sup>に資することとなる。また、電極触媒は、高価な白金であるため、白金担持量の低減も重要な課題である。

燃料電池用クリーン・ガソリン、GTL等の液体炭化水素系燃料の改質技術に係る技術開発

「クリーン・ガソリン」、GTL等の液体炭化水素系燃料の改質技術が実用化されれば、既存の燃料インフラが活用できることより、燃料電池自動車の普及拡大の可能性が高まることから、これらの燃料の改質技術について、技術開発を行うことが重要である。米国の次世代の自動車開発であるPNGVやFuel Cell Programにおいてもガソリンを含む多種燃料に対応できる新しい方式の改質技術が研究されているところである。

また、定置用燃料電池の燃料として経済性の点で優位にある灯油が候補になり得ることを考慮すれば、液体炭化水素系燃料の改質技術について研究を進めることは定置用燃料電池の普及を進める上でも必要と考えられる。

<sup>24</sup> 高温運転を行う場合は、低温運転を行う場合に比べて、大気とラジエーターとの温度差が拡大し、単位面積当たりの熱交換量が増加するため、ラジエーターの面積を小さくすることが可能となる。

## 燃料電池燃料の品質規格の確立

燃料電池自動車用の燃料は、改質器や燃料電池スタックの硫黄等による被毒の問題を回避するため、既存の燃料に比べより精緻に品質が確保されたクリーンな燃料であることが求められる。また、比較的多くの燃料を搭載できる観点からは、エネルギー密度の高い液体炭化水素系燃料が望ましい。この問題は、燃料電池側の技術開発にもよるが、どの程度のクリーンな燃料が必要であるか、どういった成分・組成であることが必要であるかなど、燃料電池自動車用燃料の品質規格を確立することは、燃料電池開発の加速化とその普及を促進させるためにも不可欠である。こうした品質規格の確立を踏まえて、燃料電池用燃料の品質規格に適合する「クリーン・ガソリン」の精製に必要な技術の高度化を行うことが必要である。また、定置用の燃料についても、必要に応じ同様の品質規格の確立が必要である。

## GTL製造技術の確立・高度化

天然ガス等の気体燃料の合成によって製造する液体燃料であるGTLを燃料電池自動車の燃料とすることは、石油代替効果が大きい。また、その製造上の特徴として、硫黄分や芳香族分を含まず、特定の留分を選択的に製造できることから、燃料電池用燃料に適している。さらに、他の燃料基材と混合することによって、既存のガソリン自動車の燃料とすることも可能であると見込まれている。

これまで我が国においては、「メタノール合成」の技術開発が実施され、現在、「FT合成<sup>25</sup>」等が研究されている。現在、世界において商業生産を行っているGTLの製造プラントは2ヶ所であり、いずれも数万バレル/日の小規模なものである。

近未来において、GTLが燃料電池自動車用の燃料として利用される場合には、供給能力と経済性が重要となる。このため、現時点の技術では製造過程におけるエネルギー損失が比較的大きいといわれるGTLについて、そのエネルギー効率を見極めつつ、我が国におけるGTL製造技術の確立、量産化、経済性向上のための製造技術の高度化に向けた技術開発を推進していくことが必要である。

## 水素燃料貯蔵等に係る技術開発

長期的将来には、水素が燃料電池自動車の燃料として選択される可能性があることから、今後、水素利用に係る技術開発を着実に実施していくことが必要である。水素の製造(CO<sub>2</sub>固定化技術を含む)輸送、供給、貯蔵についての研究が必要であるが、特に、燃料電池自動車の航続距離を拡大するためにも、技術的ハードルの高い車上での水素貯蔵技術の開発は重要である。このため、従来 of 圧縮・液体水素による貯蔵方式に加えて、水素吸蔵合金、カーボン・ナノ・チューブ、ケミカル・ハイドライト等、新たな物質による水素貯蔵方式についても一層の研究・開発が必要である。

## その他

固体高分子形燃料電池は、携帯電話やパソコン等の小規模な電池としての用途も見込まれることから、改質を必要とせず、したがって、必要な機器が小規模であるダイレクト・メタノール型燃料電池の技術開発も必要である。

資源制約や廃棄問題に対応するため、使用済み燃料電池の回収、リサイクルが容

<sup>25</sup> Fischer-Tropsch process : 合成ガスから触媒を使用し、180～300℃、常圧～30kg/cm<sup>2</sup>で合成石油を得る方法。

易な技術開発、製品設計を行うことも重要である。

## (2) 技術開発の実施体制の整備

技術開発の実施に当たっては、産学官の適切な役割分担の下、それぞれの役割を着実に実施していくことが必要である。

基礎的研究、共通基盤技術開発、リスクの高い技術開発については、国自らが国立研究所（産業技術総合研究所等）の機能<sup>26</sup>を十分に活用していくとともに、国の資金を用いた民間企業への事業委託、競争的研究資金による大学における研究機能の活用などを通じて実施することとなる。そうした大学の研究機能の活用に際しては、長期的な視点から人材育成が可能となるよう、継続的に研究資金が供給されるための方法の検討も必要である。

実用化、商用化に向けた技術開発については、基本的には、民間の研究資金を用いて民間自らが積極的に推進すべきである。また、産学連携により大学の研究機能を活用することも重要であり、大学等の研究機能の活用は、燃料電池関連技術者の人材育成を行うという観点からも極めて重要である。

いずれにしても、燃料電池は、新たな技術であるため、特定の要素技術であれば、必ずしも大企業のみが研究開発を行い得るものではないことから、新たな発想を持ったベンチャー型企業による技術のブレイクスルーも期待される。その際、産学連携への制度も整備されつつあることから、大学での基礎研究を起業化に結びつけることも重要である。また、企業体制の面では、MBO、EBO<sup>27</sup>に関する制度も整備されつつあることから、既存大企業の研究部門からのスピン・オフも起こり得ると考えられる。こうした新たな技術をもった新形態の中小企業が数多く輩出し技術力を競うことは、既存の大企業へも刺激を与えるという副次的効果も併せて、燃料電池開発の加速化と我が国の産業競争力強化にも資するものであることから、従来型の企業に加えて、技術力を有するベンチャー型の企業の活用にも配慮すべきである。

## 第4節 ソフトインフラの整備

不特定多数の消費者が使用する可能性が高い燃料電池の実用化を促進するためには、安全性等の基準を策定するとともに、燃料電池に使用される機器、燃料等の規格化等による標準化を行うことが必要であり、こうしたソフト面（制度面）でのインフラ整備が不可欠である。

現時点では、燃料電池に係る技術は基本的には新しい技術であるとともに、企業内での研究開発の成果も明らかにならないことから、ソフト面でのインフラ整備に不可欠な各種技術情報は不足しているのが実状である。また、各種燃料ごと又は使用方法によって異なる燃料電池の特性について他の既存のエネルギーと共通の尺度で客観的に評価し得る手法も確立していないところである。

こうした問題を解決するため、本年度からミレニアム・プロジェクトが開始されており、安全性・信頼性等の試験評価方法の確立を目指すこととされているが、今後とも最

<sup>26</sup> 米国では、エネルギー省傘下のロスアラモス、アルゴンヌ、サンディア等の国立研究所が、全体戦略に沿って、例えば、多種多様な燃料の成分と触媒との関係など民間では到底採算に乗らない基礎的な試験を精力的に行うことで、民間企業の活動を支えているといった事例がある。

<sup>27</sup> MBO（Management Buy Out）、EBO（Employee Buy Out）とは、M&Aの一形式であり、会社の部門や子会社を、その経営陣又は従業員が中心となって、会社から営業譲渡を受けたり、子会社の株式を買収し、独立する方法。

新の技術動向等を注視しながら、官民が連携を取りつつ、着実にこのプロジェクトを継続していくことが重要である。

国際標準化の活動においても、我が国がより積極的に働きかけを強めるためには、ISO、IECといった場で具体的な情報を提示しながら説得力のある技術論を展開することが必要となる。現在、ISO、IECの活動には、国内審議団体である社団法人日本電機工業会、財団法人日本電動車両協会、財団法人エンジニアリング振興協会が参加しているが、これらの団体の活動を支えるためにも、早期にミレニアム・プロジェクトの成果が標準化作業に活用できるよう事業の加速が必要である。また、国際標準化活動には、この分野における専門的な知識・経験の蓄積が必要であることから、国、民間企業ともに、燃料電池の技術に係る人材育成を積極的かつ早期に実施することが必要である。

以上のような基準・標準の整備に加えて、固体高分子形燃料電池の導入促進に当たっては、安全確保を前提としつつ、各種現行規制の見直しを行うことも重要である。例えば、家庭用燃料電池については、既に一般家庭から系統連系されている太陽光発電の実績なども踏まえ、状況の変化に応じた適切な規制となるよう検討することも必要である。

## 第5節 実証試験

固体高分子形燃料電池は、新たな技術であり、実際の運転状況を把握・評価しながら技術的課題を解決していくためにも実証試験を実施することは極めて重要である。

燃料電池自動車については、特に、水素のような新たな燃料を使用する場合、燃料供給インフラを設置して実証試験を行うことは非常に重要である。また、水素以外の燃料を使用する燃料電池自動車についても、実証試験を行うことは大きな意義がある。こうした実証試験を行うことにより、民間の技術情報等も併せ、燃料ごとに総合エネルギー効率、環境特性、燃料供給インフラコストについての客観的なデータの収集・分析・評価を行うことが可能となる。米国カリフォルニア州においても、CFCPの枠組みにおいて燃料電池自動車の走行試験が実施されているところであり、我が国においても、2001年から車上改質形（メタノール）の燃料電池自動車による走行試験が行われる予定となっている。また、2001年から行われるWE-NETの水素供給ステーションの実証等も含め、燃料電池自動車の走行試験の実施を検討することも必要である。その際、近い将来に、燃料電池自動車の実用車として普及する可能性が高いものとして、バス等フリート使用の車と燃料供給施設とを組み合わせた実証試験の実施も検討すべきである。

定置用燃料電池については、定置用燃料電池の試作品を利用したモデルハウスや集团的モニターによる実証試験あるいはコミュニティーでのモデル事業により、実際の家庭での運転による省エネルギー効果及び耐久性の実証、利用する地域の気象条件や熱・電気の運転方法の関係性、既存の電力系統に連系した場合の影響、余剰電力の取扱い等に関する各種データを収集することは、普及に向けた基本的な方向性を考える上で重要である。こうした実証試験を通じて、家庭用燃料電池について、電力需要のピークカット等社会的にも意義が大きい利用方法について検討が進むことが期待される。また、今後、可逆型燃料電池<sup>28</sup>と太陽光発電などを組み合わせたシステムを活用した、エネルギー自立型住宅に関する実証試験の実施も検討すべきである。

<sup>28</sup> 通常の燃料電池は水素と酸素から電気と水を発生させるが、可逆型燃料電池はこうした機能に加え、水の電気分解により、電気を水素という形で貯蔵すること可能とするもの。

## 第6節 導入促進・普及啓発

### (1) 導入促進

燃料電池については、自動車用、定置用とも2003年頃から2005年頃に実用車、実用品の販売が予定されているところであるが、導入初期段階では、イニシャル・コストが相当高く、燃料にもよるがランニング・コストも相当高いと見込まれることから、国、自治体等の率先導入、燃料電池関係企業の率先導入など初期需要創出のため官民が総力を上げて導入促進に努めるべきである。

燃料電池自動車については、燃料インフラの整備が極めて重要であるが、長期的には水素が燃料電池の有力な燃料であることから、政府としては、導入の初期段階においては、WE-NETでの研究成果も踏まえながら、モデル事業等により段階的に水素の供給インフラの整備の支援を検討する必要がある。

定置用燃料電池については、情報通信、病院、銀行等におけるバックアップ電源や災害時対応の可搬型電源など、非常時・緊急時等の電源として導入が進む可能性もあり、こうした面での利用・導入の促進を図ることも必要である。

なお、燃料電池の導入時における国による支援の在り方については、クリーンエネルギー自動車に対する補助制度等が参考になることから、こうした補助制度の実績を踏まえて検討が行われるべきである。

### (2) 普及啓発

固体高分子形燃料電池は、現時点では、ほとんど市場に供給されていないことから、一般国民の知識は少なく、その普及に当たっては、国民一般に対する啓発が重要である。

したがって、自動車用、定置用とも前節で述べられたような実証試験（デモンストレーション走行試験、モデル住宅）を行うことは、各種評価のための実証データを得ることのみならず、国民の目に見える形で燃料電池システムの有効性を提示することになり普及啓発上の効果も大きいと考えられる。

また、使用される燃料についても、その安全性等についてミレニアム・プロジェクト等において正確で客観的な情報を収集するとともに、こうした情報を踏まえて適正な安全基準等を確立することがその社会的受容性を高める上で重要である。

こうした取り組みを行いながら、利用に当たっての危険性が指摘されている水素等の燃料について、その取扱いに関係する広報活動を実施することも考えられる。その際には米国エネルギー省で既に実施されている学校教育用、国民啓蒙用のビデオ、インターネット等の媒体を利用した水素に関する広報活動が参考になると考えられる。

## 第7節 国際協調

燃料電池の技術は、次世代のエネルギー・環境分野における「Key Technology」の一つであると考えられていることから、国際間の競争が激化している。特に、燃料電池自動車は、国際商品であること等から、欧米企業における技術動向を常に調査するとともに、欧米諸国においてどのような燃料が選定されることになるのか、燃料電池自動車に係る各種規制はどのようなものになるのか、その動向を把握することは極めて重要である。

このため、我が国政府としても、欧米政府等と制度面等に関する情報交換・意見交換を実施していくことが重要である。

また、人材不足の問題について解決を図るため、広く国際的に人材を求めて、個人、企業、研究機関の提携、協力関係、分業体制を構築することも進めていくべきである。

## 第8節 燃料電池実用化に向けた推進体制の整備

これまでに述べたような燃料電池の実用化・普及に当たっての課題の解決を具体的に実施していくためには、産学官における実施体制の整備が必要である。

このため、経済産業省には、本報告で提言されている施策の着実な実施とそれらをフォローアップするための新たな「枠組み」の創設が期待される。また、本報告で示された方向に基づき、具体的な課題解決策を検討するためには、最新の民間技術動向等を踏まえ、産業界自らも積極的に取り組むことが不可欠であることから、燃料電池実用化・普及を目的とする民間企業から構成される「燃料電池実用化推進協議会（仮称）」を設置することが適当である。協議会における検討結果は、政府との意見交換等を通じ、政府の施策に反映されることが期待される。また、これらの検討に当たっては、大学・研究機関等の有識者も積極的にその知見を提供していくことが期待される。

協議会における検討項目は、協議会発足後、協議会において決定されることとなるが、現時点では、以下のような事項を含む検討課題に取り組むことが期待される。

- ・燃料電池技術開発戦略策定に当たっての技術及び開発動向に関する検討・情報提供
- ・官民共同での実証試験実施に向けた検討
- ・燃料電池普及のための新しい燃料供給体制整備のあり方の検討
- ・基準、標準の策定及び規制の見直しを行うべき項目に関する検討
- ・各燃料のエネルギー総合効率等の分析、作業の進め方等に関する検討
- ・海外の関係組織との情報交換に関する検討 等

おわりに

～ 固体高分子形燃料電池：21世紀の水素エネルギー社会の扉を開く鍵～

人類がこれまで大規模に使用してきた燃料の歴史を振り返ると、18世紀後半の産業革命期の石炭に始まり、20世紀には石炭から石油へと移行し、この数十年の間には石油から天然ガスへと移行しつつある。こうした流れは、炭化水素燃料からの脱炭素化<sup>29</sup>の流れであり、脱炭素化の進展に伴って、地球環境への影響はより少なくなっていく傾向にある。今後も、脱炭素化の流れは変わらないものと考えられ、21世紀半ばには、炭素を全く含まずCO<sub>2</sub>を発生しない水素が重要なエネルギーとなる水素エネルギー社会が到来することが予測されている。

水素は究極のクリーンエネルギーであり地球環境問題への解決にもつながるとともに、水を含む地球上の多くの物質に水素が含まれているという意味で豊富なエネルギー媒体でもあり、水素エネルギー社会の到来は我々人類にとって大きな意義がある。

しかしながら、水素エネルギー社会の構築には、社会の中に各種の水素インフラを整備する必要があるとともに、水素の製造・貯蔵・運搬に係る技術開発が不可欠であるなど大きな努力が必要であり、現在の化石燃料を中心とするエネルギー社会から水素エネルギー社会への移行をいかにスムーズに加速化させていくかが我々に課せられた政策的な課題である。

燃料電池は水素を燃料とする高効率な発電装置であり、水素エネルギー社会の先駆けとなる技術であるとともに、本報告の中でも述べてきたように、システムの構成の仕方によっては水素からも化石燃料からもエネルギーを取り出せることから、現在の化石エネルギー社会から水素エネルギー社会へのスムーズな移行を橋渡しする技術である。

水素エネルギー社会への過渡的段階では、CO<sub>2</sub>発生を伴うものの、化石燃料から製造される水素を用いて、燃料電池自動車、家庭用燃料電池などの新たな技術を早急に実用化することによって、燃料電池の利用に関する社会の経験を積んでいくことが重要であり、こうしたことにより燃料電池を普及させ、その上で再生可能エネルギーから製造される水素を中心とする完全なゼロ・エミッション社会、将来の水素エネルギー社会の到来を加速化させることが期待される。

また、燃料電池はその高効率性から主要用途先である運輸・民生部門において、省エネルギー効果が期待できるとともにCO<sub>2</sub>の排出削減も可能である。さらに、仮に燃料電池自動車においてGTL等の石油代替エネルギーが燃料となった場合には、これまで極度に石油に依存していた運輸部門のエネルギー転換を可能とすることになる。

このため、燃料電池の導入は、現在のエネルギー・環境分野での喫緊の課題である省エネルギー対策、地球温暖化防止、石油代替エネルギーの推進を行う上でも切り札となる可能性が大きく、そうした観点からも燃料電池の実用化に関する各種課題を解決し、早急に燃料電池の実用化を図ることが望まれるところである。

以上のように燃料電池は、現在、我が国が直面するエネルギー・環境分野の課題を解決する鍵であるのみならず、現状の化石エネルギー社会から水素エネルギー社会への扉を開く鍵でもあり、まさに21世紀のエネルギー・環境分野における「Key Technology」なのである。

<sup>29</sup> 石炭、石油、天然ガスの順に単位質量当たりの炭素数が少なくなる。



燃料電池実用化戦略研究会委員名簿

座長	茅 陽一	慶応義塾大学 教授
座長代理	石谷 久	東京大学 教授
	阿部 栄一	日産自動車株式会社 常務 総合研究所長
	雨宮 肇	旭硝子株式会社 専務取締役
	遠藤 彰三	大阪ガス株式会社 取締役副社長
	大島 壽之	株式会社東芝 上席常務 電力システム社長
	太田健一郎	横浜国立大学 教授
	梶谷 修一	茨城大学 教授
	金谷 年展	青森県立保健大学 助教授
	川口 融	財団法人新エネルギー財団 副会長兼専務理事
	川鍋 智彦	株式会社本田技術研究所 取締役
	河本 博隆	全国石油商業組合連合会 副会長兼専務理事
	児玉 皓雄	経済産業省産業技術総合研究所電子技術総合研究所所長
	齋藤 真人	財団法人石炭利用総合センター 理事長
	斉藤 泰和	東京理科大学 教授
	白土 良一	東京電力株式会社 取締役副社長
	大聖 泰弘	早稲田大学 教授
	千野 境子	株式会社産経新聞社 論説委員
	寺田 房夫	三洋電機株式会社 執行役員 研究開発本部長
	中原 晟介	日本LPガス協会 副会長 コスモ石油ガス株式会社 代表取締役社長
	福間 康浩	財団法人日本自動車研究所 理事
	藤元 薫	東京大学 教授
	藤原 康雄	日石三菱株式会社 常務取締役
	三木 弼一	松下電器産業株式会社 常務取締役
	山口 靖之	東京ガス株式会社 取締役副社長
	吉田 裕	新エネルギー・産業技術総合開発機構 理事
	渡邊 浩之	トヨタ自動車株式会社 常務取締役
	渡辺 政廣	山梨大学 教授

(五十音順、敬称略)

## 燃料電池実用化戦略研究会開催経過

- 第1回 1999年12月24日(金) 10:00-12:00  
通商産業省本館17階国際会議室
- ・燃料電池実用化戦略研究会について
  - ・燃料電池の現状について
  - ・今後の燃料電池実用化にあたっての論点について
- 第2回 2000年1月28日(金) 10:30-12:30  
通商産業省本館17階国際会議室
- ・プレゼンテーション  
トヨタ自動車株式会社
    - 燃料電池普及のための提案 -
  - 株式会社東芝
    - 固体高分子形燃料電池の開発 -
  - 東京ガス株式会社・大阪ガス株式会社
    - 都市ガス業界の燃料電池及び水素製造への取組み -
  - Daimler Chrysler Research
    - An Overview of Daimler Chrysler Fuel Cell Activities -
- 第3回 2000年2月29日(金) 9:30-11:30  
経団連会館9階クリスタルルーム
- ・プレゼンテーション  
日石三菱株式会社
    - 石油系液体燃料を用いる燃料電池の実用化のための考察 -
  - 日本LPガス協会
    - LPガス燃料電池システムの実用化に向けて -
  - 財団法人石炭利用総合センター
    - 石炭ガス化による燃料電池用ガス製造について -
  - Shell Hydrogen
    - Opportunities From Hydrogen Technology in Combination with Fuel Cells -
- 第4回 2000年4月18日(火) 10:00-12:00  
通商産業省本館17階国際会議室
- ・燃料電池自動車の燃料選定について
  - ・プレゼンテーション  
General Motors
    - ゼネラルモーターズの燃料電池施策及び燃料戦略についての概略 -
- 第5回 2000年6月2日(金) 10:00-12:00  
通商産業省本館17階第1・2共用会議室
- ・定置用燃料電池の燃料選定について

- ・プレゼンテーション  
積水化学工業株式会社  
- 家庭用クリーンエネルギーの導入に向けて -  
新エネルギー・産業技術総合開発機構  
- NEDOにおける燃料電池プロジェクトの取組み -

- 第6回 2000年7月18日(火) 10:00-12:00  
通商産業省本館17階第1・2共用会議室
- ・燃料電池の実用化に向けた基準・標準の整備について
  - ・プレゼンテーション  
財団法人エンジニアリング振興協会  
- 燃料電池改質技術 現状と課題 -  
新エネルギー・産業技術総合開発機構  
- 海外の燃料電池開発動向 -  
Methanex Corporation  
- Methanol for Fuel Cell Vehicles -

- 第7回 2000年9月12日(火) 10:00-12:00  
通商産業省本館17階第1特別会議室
- ・燃料電池の実用化・導入の進め方
  - ・プレゼンテーション  
東京電力株式会社  
- 分散型電源の系統連系について -  
U. S. Department of Energy  
- The U. S. Department of Energy Fuel Cells for  
Transportation Program -
  - ・報告  
財団法人新エネルギー財団  
- 燃料電池実用化推進協議会(仮称)設立案について -

- 第8回 2000年11月13日(月) 15:00-17:00  
通商産業省本館17階国際会議室
- ・燃料電池実用化戦略研究会報告骨子(案)
  - ・プレゼンテーション  
Ballard Power Systems  
- BALLARD -

- 第9回 2001年1月22日(月) 15:00-17:00  
経済産業省本館17階第1特別会議室
- ・燃料電池実用化戦略研究会報告(案)
  - ・報告  
財団法人新エネルギー財団  
- 燃料電池実用化推進協議会(仮称)設立状況について -