

平成 15 年度  
燃料電池車の技術開発動向調査  
(海外編)

平成 16 年 3 月

財団法人 日本自動車研究所

## はじめに

地球環境の保全は人類共通の課題であり、一方、エネルギーの安定確保、都市環境の改善は、わが国としても大きな課題となっている。

1997年12月のCOP3（気候変動に関する枠組み条約 第3回締約国会議）で採択された京都議定書では、日本の2000年以降の温室効果ガス削減目標は6%と定められた。また、2001年11月モロッコのマラケシュで開かれたCOP7で、京都議定書の運営ルールが最終合意され、2002年5月に日本政府により京都議定書の受諾書が国連に寄託された。これを受けて6月には「地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律」が公布、施行された。わが国はこの国際公約を達成するためにも、クリーンエネルギー自動車の開発・普及を積極的に進めていかななくてはならない立場にある。

現在開発が進められているクリーンエネルギー自動車の中でも、燃料電池車（Fuel Cell Vehicles : FCV）は、その低燃費性と低公害性によって「次世代自動車の本命」と位置づけられている。米国カリフォルニア州では2000年11月からカリフォルニア燃料電池パートナーシップ（CaFCP）により燃料電池車の実証走行試験が実施されており、日本においても経済産業省の「固体高分子形燃料電池システム等実証研究」補助事業として「燃料電池自動車実証研究」及び「燃料電池自動車用水素供給設備実証研究」（水素・燃料電池実証プロジェクト：JHFCプロジェクト）が2002年度からスタートした。2002年12月にはトヨタ自動車と本田技研工業が、限定された台数ではあるが世界で初めて官庁への燃料電池車のリース販売を開始した。なお欧州でも、大規模な実証試験が2003年春から開始されている。

燃料電池車の開発・普及を進めるためには、個々の要素技術について開発を推進すると同時に、燃料電池（車）の開発動向やそのインフラ整備状況を広く把握することが求められている。

このような目的において財団法人自動車研究所では、経済産業省の主導のもと、新エネルギー財団（NEF）の委託を受け、2003年度は欧米における燃料電池車の技術開発動向調査を実施した。具体的には、米国、ドイツ、ベルギー、英国の主な燃料電池メーカー、燃料電池関連メーカー、燃料供給会社、政府機関等を訪問し、燃料電池（車）の開発動向及び燃料電池（車）開発のための施策につき調査を行った。本書はその調査結果を取りまとめたものである。

本報告書が、わが国の燃料電池車の開発・普及の一助になれば幸いである。

平成16年3月  
財団法人自動車研究所

## 目次

1. General Motors (GM) .....	7
2. Shell Hydrogen .....	16
3. 米国エネルギー省 (Department of Energy) .....	21
4. UTC-Fuel Cells .....	42
5. HydrogenSource (HYS) .....	52
6. ExxonMobil .....	59
7. 3M .....	68
8. DaimlerChrysler .....	82
9. 欧州委員会 (European Commission) .....	92
10. Johnson Matthey .....	114
11. まとめ .....	129

## 調査の日程

日付	調査先・移動	宿泊地
1月19日(月)	移動：日本 → ワシントン DC	ワシントン DC
1月20日(火)	General Motors (GM) Shell Hydrogen	ワシントン DC
1月21日(水)	米国エネルギー省 (Department of Energy) 移動：ワシントン DC → ハートフォード	ハートフォード
1月22日(木)	UTC Fuel Cells 移動：ハートフォード → ニューヨーク ExxonMobil 移動：ニューヨーク → ミネアポリス	ミネアポリス
1月23日(金)	3M 移動：ミネアポリス →	機内泊
1月24日(土)	→ ハイデルベルグ 打ち合わせ	ハイデルベルグ
1月25日(日)	打ち合わせ	ハイデルベルグ
1月26日(月)	移動：ハイデルベルグ → シュツットガルト DaimlerChrysler 移動：シュツットガルト → ブリュッセル 欧州委員会 (European Commission) 移動：ブリュッセル → ロンドン	ロンドン
1月27日(火)	Johnson Matthey 移動：ロンドン →	機内泊
1月28日(水)	→ 成田	—

## 訪問調査先の概要

訪問先	訪問先の概要と調査項目
General Motors (GM)	<p>世界最大の自動車メーカーで、FCV ではトヨタと提携している。カリフォルニア燃料電池パートナーシップや JHFC (日本) の実証実験に参画している。</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ FCV 実証実験への取り組み、将来の計画</li> <li>・ 水素燃料貯蔵に関する方針</li> <li>・ 高温 PEM に対する意見</li> <li>・ 燃料改質技術に対する意見</li> </ul>
Shell Hydrogen	<p>GM とともにワシントン DC での FCV 実証実験を進めている。</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ FCV 実証実験への取り組み、将来の計画</li> <li>・ Shell のインフラ整備計画</li> </ul>
米国エネルギー省 (DOE)	<p>ブッシュ政権の水素燃料イニシアティブを受け、FreedomCAR プログラム、Hydrogen Fuel Initiatives プログラムを実施し、FCV の開発を支援している。</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ FreedomCAR&amp;Fuel プログラムの現状と今後の見通し</li> <li>・ 水素経済のためのパートナーシップ (IPHE) の今後の計画</li> <li>・ 標準化に対する意見</li> <li>・ DOE の FCV フリートプログラムの現状</li> </ul>
UTC Fuel Cells	<p>常圧型 PEM システムを開発している。カリフォルニア燃料電池パートナーシップにも参加。</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料電池スタックの開発状況</li> <li>・ 低温始動性の研究の現状</li> </ul>
Hydrogen Source	<p>UTC Fuel Cells と Shell との合弁会社。燃料改質システムを研究している。</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料改質技術の現状</li> </ul>
ExxonMobil	<p>米国の石油会社。FCV では、GM・トヨタとガソリン改質技術や改質に適した燃料について研究をしている。</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ガソリン改質技術の現状と今後の見通し</li> <li>・ 米国の水素燃料イニシアティブに対する意見</li> </ul>
3M	<p>PEM の電極材や MEA を開発している。DOE のプログラムにも参加。</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ MEA 開発の現状と将来の見通し</li> <li>・ 3M の国家プロジェクトへの参画状況</li> </ul>
Daimler Chrysler	<p>Necar や Nebus などの FCV を開発している。カリフォルニア燃料電池パートナーシップ (CaFCP) や水素・燃料電池実証プロジェクト (JHFC、日本)、CUTE プロジェクト (欧州) にも参画している</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ DC の米国・欧州のプロジェクトに関する参画状況</li> <li>・ FCV (乗用車) に対する意見</li> <li>・ 燃料電池システム (改質システム、水素貯蔵方法) に対する意見</li> </ul>
欧州委員会 (EC)	<p>FCV のフリートプログラム (CUTE プロジェクト) を欧州 9 都市で実施中。昨年「水素・燃料電池に関するハイレベルグループ会議」を開催し、第 6 次フレームワーク・プログラム (FP6) を推進している。</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第 6 次フレームワーク・プログラム (FP6) の現状</li> <li>・ 水素・燃料電池に関するハイレベルグループの現状</li> <li>・ 水素経済のためのパートナーシップ (IPHE) への対応</li> </ul>
Johnson Matthey	<p>電極用、改質器用触媒の有力メーカー。Ballard とも研究開発を実施。</p> <p>【調査項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 改質技術の現状と今後の見通し</li> <li>・ 触媒 (スタック用、改質器用) と MEA の開発現状と今後の見通し</li> </ul>

## 調査参加者

海外調査の参加者は下表の通りである。

氏名	会社・団体名
石谷 久 [団長]	慶応義塾大学 大学院 政策・メディア研究科 教授
和田 三喜男	トヨタ自動車株式会社 FC 生技部 燃料電池室 スタックグループ 担当員
後藤 荘吾	トヨタ自動車株式会社 FC開発部 32 グループ 担当員
栗原 信哉	日産自動車株式会社 環境・安全技術部 技術渉外グループ
勝 雅彦	日産自動車株式会社 パワートレイン技術開発試作部 商品開発グループ 主担
鴻村 隆	(株)本田技術研究所 和光基礎技術研究センター 第 92 研究室栃木 主任研究員
小椋 文昭	田中貴金属工業株式会社 マーケティング部 開発営業セクション チーフマネジャー
丸田 昭輝	株式会社テクノバ 調査・開発研究部 主査
丹下 昭二	財団法人 日本自動車研究所 FC・EV センター 技術参与

### 本報告書の表記

本報告書では以下の略語を使用する。

- APU = Auxiliary Power Unit (補助電源装置)  
DMFC = Direct Methanol Fuel Cell (ダイレクトメタノール形燃料電池)  
FCV = Fuel Cell Vehicle (燃料電池車)  
GDL = Gas Diffusion Layer (ガス拡散層)  
ICE = Internal Combustion Engine (内燃機関エンジン自動車)  
MEA = Membrane Electrode Assemblies (膜電極接合体)  
PEM = Proton Exchange Membrane (固体高分子型燃料電池)  
注：特に断りがないかぎり、PEMは「プロトン交換膜」ではなく、「固体高分子形燃料電池」を指すものとする。  
SOFC = Solid Oxide Fuel Cell (固体酸化物燃料電池)

# 本 編



## 1. General Motors (GM)

訪問先	General Motors (GM) 住所：1660 L street, NW, Washington DC, USA
訪問日時	2004年1月20日(火) 13:30~16:00
対応者	Dr. Christine. S. Sloane Director, FreedomCAR and Technology Strategy Raj Choudhury Manager, Operations & Policy Hydrogen Fuel Cell Demonstration Program George P. Hansen Senior Manager, Japan Office, Fuel Cell Activities (FCA)
組織の概要	世界最大の自動車メーカーで、FCVではトヨタと提携している。カリフォルニア燃料電池パートナーシップやJHFC(日本)の実証実験に参画している。
調査項目	<ul style="list-style-type: none"><li>・ FCV実証実験への取り組み、将来の計画</li><li>・ 水素燃料貯蔵に関する方針</li><li>・ 高温PEMに対する意見</li><li>・ 燃料改質技術に対する意見</li></ul>

### (1) GMの概要

- General Motors (GM) は世界最大の自動車メーカーである。2003年度の全世界における販売台数は859万5000台である。
- 2003年の売上(1~12月通年)は1855億2400万ドル(1ドル=110円換算で20兆4千億円)で前年比4.6%の増加、また純利益は38億2200万ドル(4200億円)で前年比2.3倍を達成した。

### (2) FCV実用化のスケジュール

#### ① FCV商業化への課題

- GMは、以下の点がFCV商業化への課題であると認識している。
  - ◇ 燃料電池システムのコスト・耐久性
  - ◇ 水素貯蔵技術
  - ◇ 基準・標準
  - ◇ 水素が安全な燃料であることの啓蒙活動
  - ◇ インフラ整備

## ② FCV 実用化のスケジュール

- GM が考える FCV 実用化のスケジュールを図 1-1 に示す。
  - ◇ GM では、2010 年を FCV 実用化のチャレンジング・ターゲットと考えている。それまでに、製造プロセスを含めたあらゆる技術課題を解決したい。
  - ◇ 2010 年以前に FCV を市場に本格的に投入する計画はない。現実問題として、2010 年以前の実用化は不可能である。また、FCV をリースや販売する計画もない。
  - ◇ 2010 年までは市場の拡大や市場の育成は考えず、基本的に FCV 試作と FCV のデモンストレーションにとどまる。
- このFCV実用化スケジュールは、GMがGM自身のFCV開発のために計画しているものであり、米国エネルギー省（DOE）で計画されているFCVデモンストレーション・プロジェクト<sup>1</sup>や、FreedomCARプロジェクトとは一切関係ないものである。

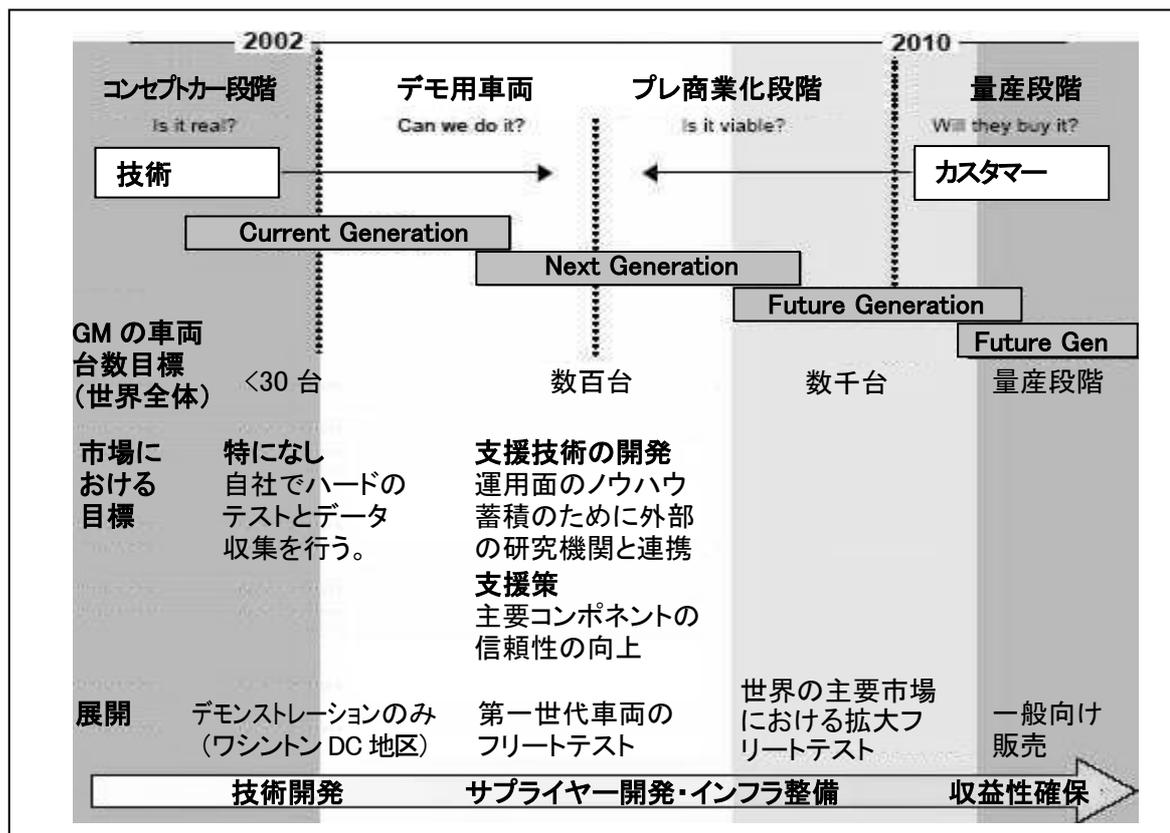


図 1-1. GM の FCV 実用化スケジュール

<sup>1</sup> Controlled Hydrogen Fleet and Infrastructure Demonstration and Validation Project。P.38（米国エネルギー省）参照。

### (3) GM の FCV デモンストレーション

#### ① GM の FCV デモンストレーション

- GM の考えでは、FCV のデモンストレーションは2種類ある。

##### 一般向けデモンストレーション

一般市民・政府向けに、FCVが実現可能なレベルにあることをPRする。

##### FCVの実証試験

FCVの技術開発のために、実証試験・データ収集を行う（外部の資金・助成に頼らずに自主的に行う）。

- 現在 GM が世界で実施している FCV デモンストレーションと FCV 導入台数を表 1-1 に示す。
  - ◇ 現在、全世界で 8 台の FCV (HydroGen3) の FCV デモンストレーションを実施している。
  - ◇ 当面は、デモンストレーションの車両台数をこれ以上増やすことはない。GM としては、燃料電池技術は急速に進歩しているので、現時点でむやみにデモンストレーション台数を増やすことは好ましくないと考えている。ただし将来において、燃料電池技術の確立とともにデモンストレーション台数を増やすことはありえる。
  - ◇ 特に北米大陸の気候は多様なので、北米でデモンストレーションを実施することには大きな意義がある。

表 1-1. GM が実施している FCV デモンストレーション

プロジェクト名	実施場所	運用台数
GM Washington DC Demonstration Project (GM WDC Project)	米国 ワシントン DC	6 台
水素・燃料電池実証プロジェクト (Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project : JHFC)	日本 首都圏	1 台
Clean Energy Partnership <sup>2</sup> (CEP)	ドイツ ベルリン	1 台

<sup>2</sup> 詳細はP.87 (DaimlerChrysler) 参照。

② FCV デモンストレーションに使用している車両

- GM が現在実施している FC デモンストレーションにおいては、水素 FCV 「HydroGen3」を使用している（表 1-2）。
- 「HydroGen3」は、バッファ用二次電池を搭載していない、非ハイブリッド型 FCV である。
  - ◇ GM では、デモンストレーションの目的はあくまでも燃料電池システムの実証であるので、二次電池を搭載する必要はないと考えている。また、HydroGen3 の燃料電池システムは負荷変動対応性においても十分優れているので、バッファ用としての二次電池は不要である。
  - ◇ 将来的には、FCV をハイブリッド化することも考えられる。なお、モーターショーなどで発表している Hy-Wire も二次電池を搭載していない FCV である。

表 1-2. HydroGen3 と Hy-Wire の緒元

車種	HydroGen3	Hy-Wire
		
燃料電池	PEM (129 kW)	PEM (129 kW)
全長×全副×全高	4,315×1,750×1,685 mm	4,357×1,670×279 mm* *Hy-Wire システムのみの高さ
空車重量	1,750 kg	1,900 kg
燃料	液体水素	高圧水素
モーター出力 最大トルク	60 kW 215 Nm	60 kW 215 Nm
最高速度	160 km/h	—
航続距離	400 km	—
乗車定員	5 名	5 名
その他	ベース車両は Opel Zafira。	ベース車両は AUTonomy (2002 年デトロイト・モーターショーで発表したコンセプトカー)。駆動系には By-Wire 技術を使用。

### ③ GM Washington DC Demonstration Project

- GM がワシントン DC で実施している FCV デモンストレーション・プロジェクト（GM Washington DC Demonstration Project）の概要を表 1-3 に示す。
- ワシントン DC は政治の中心地であり、そこで FCV のデモンストレーションを行うことは大きな意義があると考えている。
  - ◇ GM は、FCV の普及においては連邦政府に主導権があるとみている。
  - ◇ GM は、各州で企画されている FCV デモンストレーションの動向も注視している（特にカリフォルニア州の動向は重要である）。しかし各州にはそれぞれ独自の政策・規制があり、FCV デモンストレーションが別個に実施されることは、FCV 普及において好ましいことではない。
  - ◇ FCV 開発・運用においては、全国レベル（全世界レベル）での標準化が重要である。
- 本デモンストレーションでは、燃料に液体水素と圧縮水素の両方を使用する。
  - ◇ 現状では、圧縮水素の圧力は 350 bar であるが、700 bar にする予定である（システム的には、現状でも 700 bar に十分耐えられると考えている）。
- これまでに、一般市民向けに FCV（HydroGen3）を用いた各種のイベントを実施した。市民の反応は大変好意的で、FCV が現実的な段階の車両にあることを理解していただいた。

表 1-3. GM Washington DC Demonstration Project の概要

名称	GM Washington DC Demonstration Project (GM WDC Project)
目的	利害関係者（政府機関、NGO、大学関係者、一般市民）に対する水素・燃料電池技術のデモンストレーション
期間	2003 年（第 2 四半期）～2005 年
FCV 台数	6 台（GM HydroGen3） * 現在までに 4 台が導入済み。 * 2004 年春までに 2 台が導入される予定。
水素の車載形態	液体水素、圧縮水素
参加企業	GM（FCV の開発、デモンストレーションの実施） Shell Hydrogen（水素ステーションの設置）
資金	GM が主体（Shell は水素ステーションの建設のみ） 注：政府からの資金援助は受けない方針

#### (4) 基準・標準化作業

- GM が考える、燃料電池・FCV に関する基準・標準化の目標（長期的）と、その課題（短期的）を表 1-4 に示す。
- GM としては、燃料電池・FCV の基準・標準化作業は慎重に行うべきであると考えている。
  - ◇ 燃料電池・FCV の技術は日進月歩で進歩しているが、一般的に基準・標準・規制の見直しは 5 年程度の期間を要する。よって基準・標準化作業が先行してしまうと、将来の技術発展の芽を摘むことになりかねない。
  - ◇ すでに材料メーカーが、自分たちの商品に有利なように基準・標準化作業を主導しようと働きかけを強めている。

例. 鉄鋼メーカーが、コンポジット製水素タンクが車載水素タンクの標準になることを阻止するための働きかけを強めている。GM としては軽量なコンポジット製水素タンクが好ましいと考えており、鉄鋼メーカーの思惑でタンクの標準が決定してしまうことは受け入れがたい。
- 基準・標準化作業において、SAE と ISO が異なる方針で作業を進めることは FCV 普及面で好ましくはない。
- FCV 普及のために最も重要なことは、将来の FCV 技術の芽を摘まないことであり、基準・標準化作業自体ではない。しかし今後は、GM としても基準・標準化作業に対してより積極的に係わっていくつもりである。
  - ◇ GM としては、基準・標準化のためにメーカーが共有すべきデータは喜んで提供する。しかし、その基準・標準化作業が別個の組織で独自に行われることは、業界全体にとって望ましいことではない。
  - ◇ 同時に GM としては、基準・標準化作業を監視・コントロールする必要も感じている。今後 GM は、技術開発を阻害しない基準・標準の実現のために、Ford や DaimlerChrysler はじめ様々なメーカー・団体と話し合いを進めたいと考えている。
- 現在 GM では、水素中の不純物が燃料電池に及ぼす影響を研究している。
  - ◇ この研究の目的は、水素中のどの不純物が、燃料電池の性能・耐久性において問題となるのかを特定することにある。その研究データは、DOE はじめ各種の機関に提供する予定である。
  - ◇ 水素にはさまざまな不純物が混入する可能性があるが、全不純物に関して基準値を設け、不必要に厳しい純度基準を設定してしまうことは、水素の製造コストを押し上げてしまうので好ましくはない。今日われわれが使用しているガソリンでも、決して細かな品質基準が定められているわけではない。

表 1-4. 基準・標準における目標と課題

目標 (長期的)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 一般市民・消費者に対する安全の確保           <p>事故が起こると、燃料電池に対するイメージが悪化するので、安全確保は特に重要。</p> </li> <li>➤ 商業性の確保           <p>FCV 商業化を保障・支援する基準・標準</p> </li> <li>➤ 機能仕様の確立           <p>既存の規制は、技術仕様で基準・標準が定義されているものが多く、新しい技術開発・導入の妨げになっている。これを機能仕様書き換えることが重要。</p> <p>例. GM が開発したサイドビュー CCD カメラは、サイドミラーではカバーしきれなかった視野をドライバーに提供するものである。しかし現状の米国連邦自動車安全基準 (FMVSS) には「車両にはサイドミラーを搭載すること」と技術仕様が規定しているため、サイドビュー CCD カメラのみを搭載することができない。</p> </li> <li>➤ 世界的な基準・標準化の統一作業           <p>技術面では世界的に統一され、各国の違いが書類上の作業のみに限定されることが好ましい。</p> </li> </ul>
課題 (短期的)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 燃料電池に関する知見の集約           <p><u>水素燃料の純度</u></p> <p>不純物が燃料電池システムに与える影響を調べる必要がある。</p> <p>水素の純度基準を必要以上に厳しくすると、燃料価格が高くなり、FCV 普及を阻害してしまう。</p> <p><u>センサー</u></p> <p>必要最低限必要な水素漏れ検知センサーの設置場所を特定する。ガソリン自動車においても、当初はガソリン漏れ検知センサーが取り付けられていたが、いまはセンサー自体が不要なことがわかっている。</p> <p><u>燃料充填インターフェイスのコミュニケーション</u></p> <p>燃料充填インターフェイス、相互通信を検討。</p> </li> <li>➤ 技術がまだ未成熟</li> <li>➤ 国際的な基準・標準化組織の重複           <p>ISO と SAE が異なった標準を採用することは望ましくはない。</p> </li> </ul>

## (5) ディスカッション

### ① GM の水素 FCV 開発

- GM は、現在は水素 FCV に注力している。
  - ◇ これまでExxonMobilとガソリン改質式FCVの研究を行ってきた<sup>3</sup>。当時は、それが有望な技術であると思われた。また研究開発面での有益な経験を積むことができた。しかし現在では、水素FCVが最も有望なシステムであると考えている。
  - ◇ 研究資源は限られているため、改質式 FCV と水素 FCV の両方を研究することは不可能である。今後 GM では、水素 FCV の開発に注力する。
  - ◇ ExxonMobil では、ガソリン改質技術の開発を継続している。それは FCV に応用できない場合でも、水素充填ステーション（オンサイト水素製造ステーション）として応用が可能である。
- GM が 2001 年に発表したシボレーS-10 ピックアップトラックは、クリーン炭化水素燃料（Clean Hydrocarbon Fuel : CHF）改質式 FCV であり、すでに走行テストを通じて有益なデータを蓄積した。
  - ◇ S-10 ピックアップトラック開発当時は、水素社会の実現はかなり先と思われたため、CHF 改質方式を有望と考えた。
  - ◇ しかし現在の日本の動向などを見ても、水素社会がかなり現実味を帯びてきている。GM としても水素 FCV 開発に資源を集中させたい。

### ② FreedomCAR プロジェクトに対する意見

- GM にとって米国エネルギー省（DOE）の「FreedomCAR プロジェクト」は、官主導の技術交流の場に過ぎない。
  - ◇ FreedomCAR などの DOE の研究開発プロジェクトでは、主に国立研究所に研究資金が投入されている。しかし国立研究所の研究開発成果は、必ずしも GM にとって有益なものとはいえない。
- FreedomCAR などの国家プロジェクトは、他社との技術交流の場として有益であり、それは基準・標準化作業を進める上で実際に役に立っている。
  - ◇ FreedomCAR プロジェクトは、いわば日本自動車研究所のような研究交流組織である。他社との交流やデータの共有を通じて、基準・標準化作業や水素技術に関する共同認識を高めることができる。その点では FreedomCAR などの国家プロジェクトは、SAE などの標準化作業組織よりも有益である。

---

<sup>3</sup> P.63 (ExxonMobil) 参照。

### ③ 水素社会へ向けての国際的な動きに対して

- 米国の「水素経済のための国際パートナーシップ (IPHE)」<sup>4</sup>や欧州の「ヨーロッパ水素統合プロジェクト (EIHP)」<sup>5</sup>など、世界で重複した動きがあるが、それが国際的な統一された標準化を目指している限り、特定の国がイニシアティブを取ることは決して悪いことではない。
- 日本の水素に関する安全基準の緩和は歓迎するが、依然として水素に対する安全基準 (クリアランス基準) が厳しすぎる。
  - ◇ 現在の自動車はエレクトロニクスの塊であり、将来はモバイルテクノロジーも取り込まれることになる。将来の FCV 普及を考えると現状の日本のクリアランス基準 (火気からの距離) は、現実的とはいえないのではないか。

### ④ 燃料電池システム技術に関して

- 高温 PEM は望ましい技術である (110~120°Cが目標)。研究開発の一層の発展を期待する。
- 現状において最も重要な課題の一つは、水素の貯蔵技術である。FCV 実用化時に圧縮水素タンクを採用するにしても、それに使用されるカーボンファイバなどの材料の高性能化・コスト削減をいっそう進める必要がある。

---

<sup>4</sup> IPHE = International Partnership for the Hydrogen Economy。P.34 (米国エネルギー省) 参照。

<sup>5</sup> EIHP = European Industrial Hydrogen Project。

## 2. Shell Hydrogen

訪問先	Shell Hydrogen 住所：1660 L street, NW, Washington DC, USA
訪問日時	2004年1月20日 13:30～16:00 (GMと合同ミーティング)
対応者	Kristin H. Andrichik Business Development Advisor
組織の概要	GMとともにワシントンDCでのFCV実証実験を進めている。
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCV実証実験への取り組み、将来の計画</li> <li>Shellのインフラ整備計画</li> </ul>

### (1) Shell Hydrogen の概要

- Shell Hydrogenは、Royal Dutch/Shellが水素エネルギーの開発促進を目的に1999年2月に設立した子会社である(表2-1)。

表 2-1. Shell Hydrogen の概要

設立	1999年
拠点	アムステルダム (本社、オランダ) ヒューストン (米国) 東京 (日本) <span style="float: right;">3ヶ所合計で20名</span>
ベンチャー 企業・ 投資先	<u>ジョイントベンチャー</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- HydrogenSource (UTC-FCとの合弁。燃料改質の研究)</li> <li>- QuestAir (水素の高純度化)</li> <li>- HERA (水素貯蔵技術の開発)</li> </ul> <u>パートナーシップ</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 水素ステーション (米国、アイスランド、ドイツ、日本、GM)</li> <li>- ゼロエミッションSOFC開発 (シーメンス)<sup>6</sup></li> <li>- 家庭充填システム (Vandenborre, Stuart Energy)</li> </ul> <u>資金提供</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chysalix (水素・FCシステムに関するベンチャー企業)</li> <li>- Conduit Ventures (水素・FCシステムに関するベンチャー企業)</li> </ul>

<sup>6</sup> Shell Hydrogenがノルウェーで実施しているSOFC開発プロジェクト(総額1億2500万ドル、2010年まで)。燃料には天然ガスを使用し、排出されるCO<sub>2</sub>を分離・回収して魚の養殖(藻類の育成)に利用する。CO<sub>2</sub>分離・回収技術はShell HydrogenとSiemens Westinghouseが開発する。  
 <<http://www4.shell.no/sofc/english/maal.htm>> <[www.hynor.no/pdf/SH\\_stavanger.pdf](http://www.hynor.no/pdf/SH_stavanger.pdf)>参照。

## (2) Shell Hydrogen の水素ステーションプロジェクト

### ① 世界で実施している水素ステーションプロジェクト

- Shell Hydrogen が世界で実施している、水素ステーション関連のプロジェクトを図 2-1 に示す。



図 2-1. Shell Hydrogen が実施している水素ステーションプロジェクト

② 水素・燃料電池実証プロジェクトの有明水素ステーション

- 水素・燃料電池実証プロジェクト（JHFC プロジェクト）において、Shell Hydrogen が東京・有明に設置した水素ステーションの概要と実績を表 2-2 に示す。

表 2-2. 有明水素ステーションの実績

オープン日	2003年6月12日	<p style="text-align: center;">外観</p> 
訪問者	2,192人（2003年）	
水素供給形態	液体水素、圧縮水素 （水素はプラントで製造し、ステーションまで配送）	
営業実績	170日 （クライオポンプ故障によるシステムダウンが10日あり）	
充填車両台数 （液体水素16%）	延345台（平均2.2台/日）	
累積水素供給量 （液体水素10%）	1,106kg（6.9kg/日）	

③ GM-Shell Washington DC Demonstration Project の水素ステーション

- GM-Shell Washington DC Demonstration Project の水素ステーションは、2004年6月末にオープンする予定である（表 2-3）。
  - ◇ この水素ステーションは、ワシントン DC 近郊にある既存のガソリンスタンドに設置されるものである（2004年2月現在、設置場所の選択を終えた段階である）。
  - ◇ この水素ステーションのオープンまでは、ワシントン DC にある軍の施設内の水素充填設備を利用して、FCV デモンストレーションを実施する。

表 2-3. GM-Shell Washington DC Demonstration の水素ステーション

オープン予定日	2004年6月
水素供給形態	液体水素、圧縮水素 （水素は Air Products のプラントで製造）
水素の貯蔵形態	350 bar（700 bar への変更を予定）
その他	ビジターセンターを併設

- GM-Shell Washington DC Demonstration の水素ステーションを設置するために、様々な許可を関係機関から得る必要があった。
  - ◇ この水素ステーション設置の許可を得るための書類事務と関係行政機関への説明に、約 5 ヶ月を要した。
  - ◇ この水素ステーション設置に関してはすべて既存の規制に適合させ、規制上の特例措置は受けていない。
  - ◇ 液体水素タンクの地下埋設に関しては該当する規制がないために、特別な許可を必要とした。
  - ◇ 水素関連システムの設置基準（安全スペース確保）のために、通常のガソリンスタンドよりも広い敷地面積が必要であった（ガソリンスタンドに隣接した土地に水素関連システムを設置した）。
- GM-Shell Washington DC Demonstration の水素ステーションの仕様を表 2-4 に示す。

表 2-4. GM-Shell Washington DC Demonstration の水素ステーションの仕様

液体水素の貯蔵形態	圧縮水素：充填装置を、既存のステーションの屋根の下に設置 液体水素：液体水素タンクを地下に埋設
安全対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 水素漏れに対応するために、ステーションの屋根を改良</li> <li>- 防爆型照明（explosion proof lights）を設置</li> </ul>
液体水素の充填	差圧充填方式 （クライオポンプからの直接充填ではない）
基準	
インターフェイス プロトコル	California Fuel Cell Partnership Rev. 7 & 8
ノズル	高圧水素：SAE J2600 液体水素：Linde geometry
シリンダー	ASME HP（スチール）

### (3) 水素社会に向けてのインフラ整備

- Shell-Hydrogen が考える、水素社会実現のための検討事項を表 2-5 に示す。

表 2-5. 水素社会実現のための検討事項

水素の製造方法	プラントでの製造か、オンサイト製造か
水素源	グリーンな水素（再生可能エネルギー由来）か、 グレイな水素（化石燃料由来）か
充填方法	水素ステーションでの充填か、家庭での充填か
車載方式	液体水素か、圧縮水素か

- Shell Hydrogenでは、FCV普及に要するインフラ設置コストを試算した。FCV普及率を2%とし、全米の全ガソリンスタンドの25%にあたる44,000ヶ所のスタンドに水素充填設備を設置する場合、その設置コストは総額で190億ドルに上る<sup>7</sup>。

### (4) ディスカッション

- 水素に関する基準・標準化作業において重要なことは以下の点である。
  - ◇ 工業用原料としての水素ではなく、コンシューマーアプリケーション用としての水素の使用に関する必要データの特定（不足しているデータの特定）
  - ◇ 標準化関連組織とのデータ共有
  - ◇ 標準化作業のタイミング

<sup>7</sup> この試算は、Shell Hydrogenがカリフォルニア燃料電池パートナーシップに対して行なったものである。この試算では、供給される水素の25%がオンサイト電気分解、25%がオンサイト改質、25%がプラント製造し圧縮水素にて配送、25%がプラント製造し液体水素にて配送、と想定している。

### 3. 米国エネルギー省 (Department of Energy)

訪問先	米国エネルギー省 (Department of Energy) 住所：1000 Independence Ave., SW, Washington DC, USA
訪問日時	2004年1月21日(水) 13:00~16:00
対応者	Edward J. Wall Program Manager, Office of FreedomCAR and Vehicle Technologies Dr. Phyllis Genther Yoshida Senior Advisor, Technology and Policy Office of FreedomCAR and Vehicle Technologies Lee A. Slezak Manager, Advanced Vehicle Technology, Analysis & Evaluation Team Office of FreedomCAR and Vehicle Technologies Valri Lightner Technology Development Manager Hydrogen, Fuel Cells & Infrastructure Technologies (総計9名が出席)
組織の概要	ブッシュ政権の水素燃料イニシアティブを受け、FreedomCAR プログラム、Hydrogen Fuel Initiatives プログラムを実施し、FCV の開発を支援している。
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ FreedomCAR&amp;Fuel プログラムの現状と今後の見通し</li> <li>・ 水素経済のためのパートナーシップ (IPHE) の今後の計画</li> <li>・ 標準化に対する意見</li> <li>・ DOE の FCV フリートプログラムの現状</li> </ul>

## (1) 背景:米国の輸入石油への依存度

- 現在の米国の石油供給構造を図 3-1 に示す。
  - ◇ 米国の総石油輸入量は 59%であり<sup>8</sup>、現状の需要構造が続いた場合には、2025 年には総石油輸入量が 68%に達すると予想される。
  - ◇ 現状で米国が石油輸入に要する金額は、年間で 1052 億ドル（1 バレル=25 ドル換算）に達している<sup>9</sup>。
- 現在の米国の石油需要構造を図 3-2 に示す。
  - ◇ 米国では、1 日の石油消費量（2000 万バレル）のうち 2/3 を自動車部門が占めている。また自動車の 95%が、ガソリンまたはディーゼルを燃料に使用している。
  - ◇ 今後人口増加と都市圏（通勤圏）の拡大によって、乗用車とライト・デューティ・トラック部門で自動車の走行距離が増加すると予想されている（特にライト・デューティ・トラック部門での石油消費が大幅に拡大すると予想されている）<sup>10</sup>。
- DOE の最大のプライオリティは、石油の他国依存度を大幅に減らすことであり、さらに可能であれば、この他国依存状態から米国を脱却させることである。
  - ◇ DOE が描く米国の将来のビジョンは、『クリーンで（clean）、豊富で（abundant）、信頼でき（reliable）、かつ低コスト（affordable）なエネルギーを基盤とした、繁栄した未来』である。
- DOEでは、公害物質とCO<sub>2</sub>を排出しない水素と電力が、将来の米国の主要なエネルギーになると考えている。
  - ◇ DOE は温室効果ガス削減のための技術を、サイクルコストの点から検討する方針である。
  - ◇ DOE では特に、炭素分離・回収（Carbon Capture）、炭素隔離（Carbon Sequestration）技術に加えて、高効率の燃料電池技術の開発・普及が、「局所的な大気質の改善」と「地球規模の温室効果ガスの削減」の両面で寄与すると考えている。

<sup>8</sup> 小量だが米国は石油の輸出も行っているため、ネットの石油輸入量はやや減少する。

<sup>9</sup> 総輸入量 1154 万b/d×\$25/b×365 日=\$1052 億。

<sup>10</sup> 米国統計局によると、2004 年 2 月時点での人口は 2 億 9254 万で、2025 年には 3 億 3781 万に達すると予想されている（2004 年比で 15.5%の増加）。

<<http://www.census.gov/>>参照。

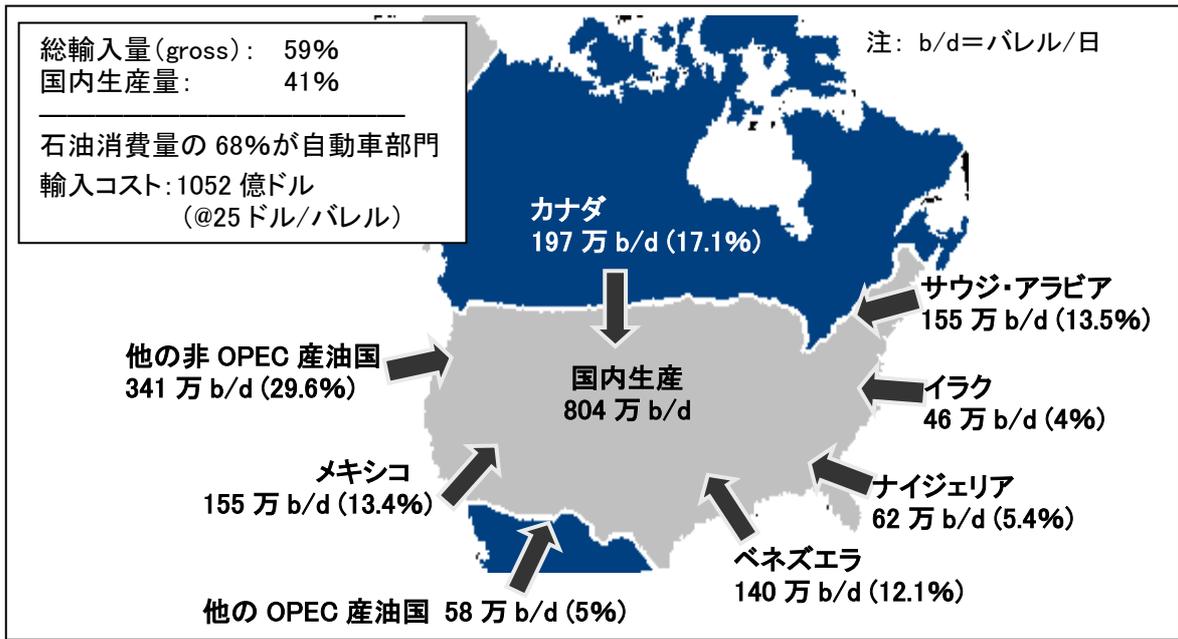


図 3-1. 米国の石油供給構造  
出所 : EIA Petroleum Supply Annual 2002, Vol.1

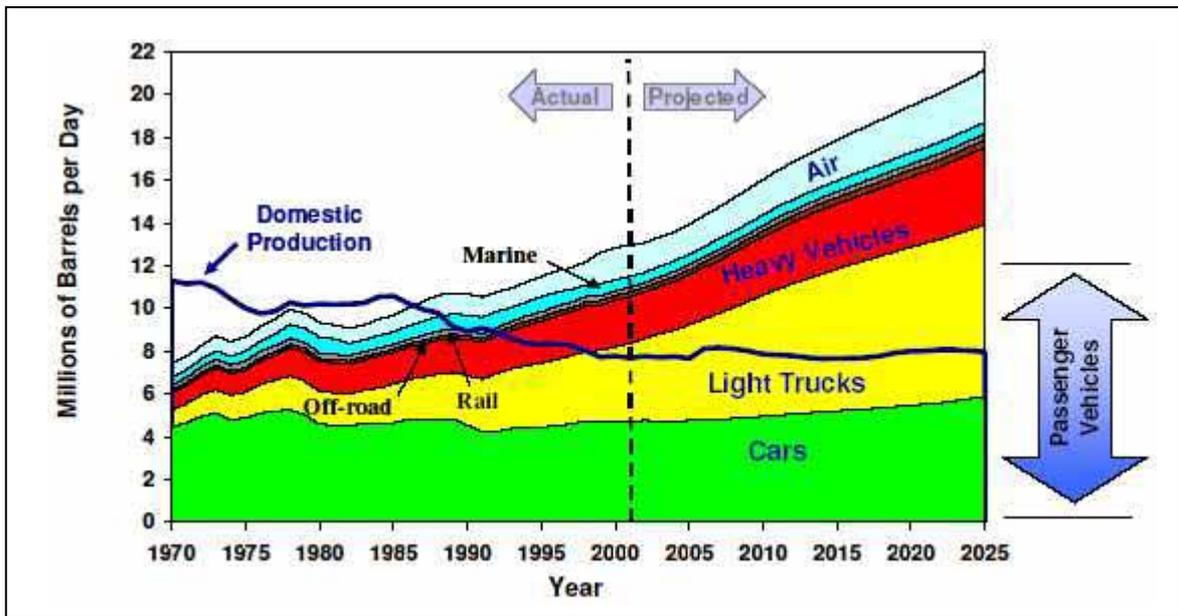


図 3-2. 米国の石油需要構造<sup>11</sup>  
出所 : Transportation Energy Data Book: Edition 22, Sept, 2002  
EIA Annual Energy Outlook 2003, January 2003

<sup>11</sup> 2005 年～2010 年に国内石油生産量が若干上昇することが見込まれているが、これはメキシコ湾の新規鉱区で石油生産が開始されるためである。

## (2) DOE/EERE の組織

- DOE の組織は、軍事関連エネルギー（核戦略）を管轄する：  
*National Nuclear Security / Administrator for National Nuclear Security Administration*  
と、非軍事関連エネルギーを管轄する：  
*Energy, Science & Environment*  
に分かれている。
- Energy, Science & Environment傘下には9つの部局があり、水素関連のプログラムや自動車用燃料電池プログラムは、Office of Energy Efficiency & Renewable Energy（EERE：エネルギー効率・再生可能エネルギー局）の管轄になる（図 3-3）<sup>12</sup>。

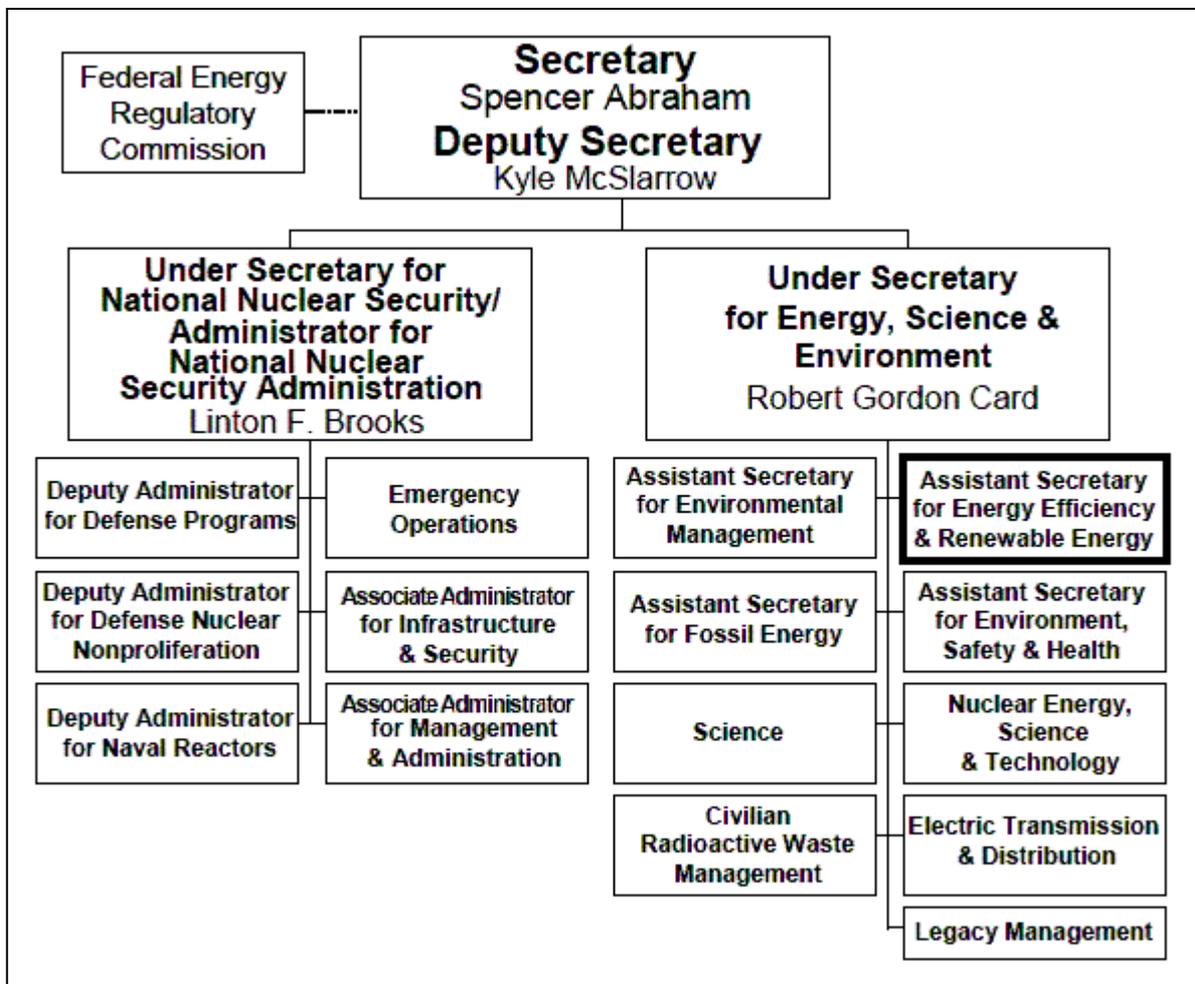


図 3-3. DOE の組織

<sup>12</sup> 水素関連のプログラムの一部や定置用燃料電池プログラムは、Office of Fossil Energy（FE：化石エネルギー局）が管轄している。P.31 参照。

- EERE（エネルギー効率・再生可能エネルギー局）の組織とプログラム・オフィスの構成を図 3-4 と表 3-1 に示す。

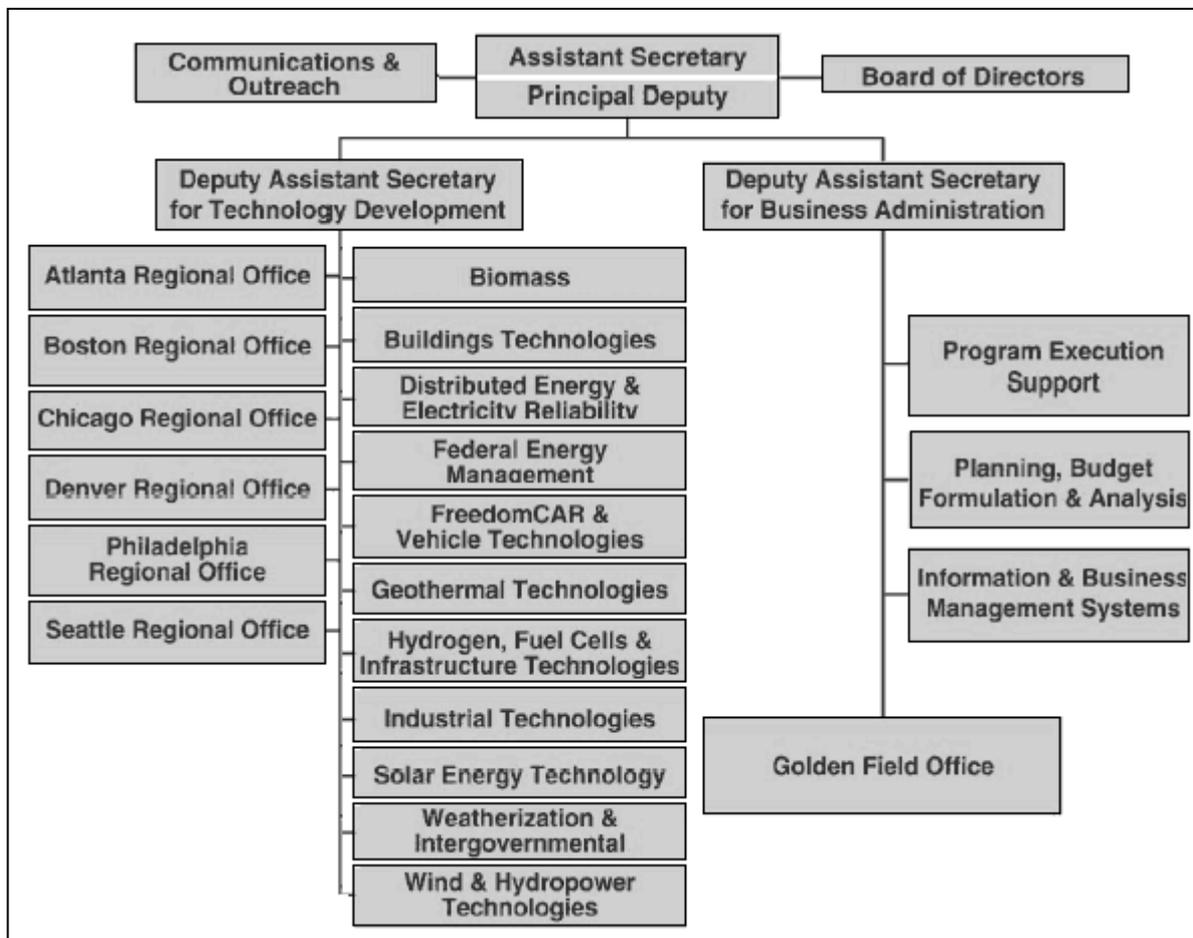


図 3-4. EERE の組織

表 3-1. EERE のプログラム・オフィスの構成

バイオマス プログラム	<i>Biomass Program</i>
ビル関連技術プログラム	<i>Building Technologies Program</i>
分散エネルギー・電力信頼性プログラム	<i>Distributed Energy &amp; Electricity Reliability Program</i>
連邦エネルギー・マネジメント プログラム	<i>Federal Energy Management Program</i>
FreedomCAR・車両技術プログラム	<i>FreedomCAR &amp; Vehicle Technologies Program</i>
地熱技術・プログラム	<i>Geothermal Technologies Program</i>
水素・燃料電池・インフラストラクチャ技術プログラム	<i>Hydrogen, Fuel Cells &amp; Infrastructure Technologies Program</i>
産業技術プログラム	<i>Industrial Technologies Program</i>
ソーラーエネルギー技術プログラム	<i>Solar Energy Technology Program</i>
気候・政府間プログラム	<i>Weatherization &amp; Intergovernmental Program</i>
風力・水力技術プログラム	<i>Wind &amp; Hydropower Technologies Program</i>

### (3) DOE/EERE の低燃費・クリーン自動車研究開発プロジェクト

- DOE/EERE で実施している低燃費・クリーン自動車研究開発の全体像を図 3-5 と表 3-2 にまとめる。
- DOE/EERE では、車載エネルギー貯蔵デバイス（二次電池）としてはリチウムイオン電池が適していると考えている。
- DOE/EERE では、ディーゼルエンジン・システムの研究開発も実施している。
  - ◇ DOE/EEREでは、ディーゼルエンジン・システム自体のエネルギー効率向上にも取り組んでいる。特にHCCI<sup>13</sup>エンジンの開発を支援している。
  - ◇ EPA の Tier II エミッションに適合するディーゼルエンジン・システムの研究開発に取り組んでいる。現在、自動車メーカー各社が試作車を発表しており、うち 2 車種が Tier II エミッション基準に適合した。ただし、120,000 マイル（192,000 km）走行後でも Tier II に適合しているという走行距離保証は達成できていない。



図 3-5. DOE/EEREの低燃費・クリーン自動車研究の全体像<sup>14</sup>

<sup>13</sup> HCCI=Homogeneous Charge Compression Ignition（予混合圧縮着火エンジン）。

<sup>14</sup> CARAT（Cooperative Automotive Research for Advanced Technology）はベンチャー企業や大学を対象とした、次世代車両技術の研究助成プログラム。GATE（Graduate Automotive Technology Education）は、クリーンで高効率の車両技術の研究開発を目的とした産官学連携プログラムで、バージニア工科大学のCenter for Automotive Fuel Cell Systems内に設置されている。STICK（Stimulate Truck Innovative Concepts & Knowledge）は、トラック技術に関する研究開発プログラムで、21<sup>st</sup> Century Truck Partnershipの一部である。

表 3-2. DOE の自動車関連の研究支援プログラム

<p>FreedomCAR &amp; Fuel Partnership</p>	<p>クリーンで、持続可能なエネルギー社会を達成するための自動車・燃料の開発を行う。</p> <p><u>開発課題</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 次世代内燃機関エンジン技術</li> <li>- エミッションコントロール技術</li> <li>- 走行用電気モーター技術</li> <li>- エネルギー貯蔵技術</li> <li>- 水素エンジン技術</li> <li>- 燃料電池技術</li> <li>- 水素貯蔵技術</li> <li>- 水素生産技術</li> <li>- 材料技術</li> </ul>
<p>21<sup>st</sup> Century Truck Partnership</p>	<p>ミッド/ヘビートラックの燃費効率を 2 倍に向上させるための技術開発の支援。</p> <p><u>開発課題</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- エンジン技術</li> <li>- アフタートリートメント技術</li> <li>- クリーン燃料の開発</li> <li>- ハイブリッド化</li> <li>- 材料技術</li> <li>- 安全技術</li> </ul>
<p>Technology Introduction (代替エネルギー車技術の導入支援)</p>	<p>代替エネルギー車 (Alternative Fuel Vehicles) 普及と燃費向上のために、新規の自動車技術に対する一般市民への啓蒙と、代替エネルギー車導入支援を行なう。</p> <p>特に、連邦政府・州政府・自治体、エネルギー関連企業に対する、代替エネルギー車購入の導入支援を行なう。</p> <p>目標販売台数は 12,000 台/年。</p>

#### (4) 21<sup>st</sup> Century Truckパートナーシップ

- 21<sup>st</sup> Century Truckパートナーシップは、官民の共同研究を通じて、ミッド/ヘビー・デューティ・トラックの燃費向上を図るプロジェクトである（表 3-3）。
  - ◇ 21<sup>st</sup> Century Truckパートナーシップは 2000 年 4 月に発表され、同年 10 月に最初のパートナーシップ運営委員会が開催された。
  - ◇ 21<sup>st</sup> Century Truckパートナーシップでは、ディーゼルエンジン車、CNG 車の研究も行っている。特にCNG車は、都市部での利用を想定した研究開発の支援を行っている。
  - ◇ 21<sup>st</sup> Century Truckパートナーシップでは、APU用燃料電池の研究も行っている（主にエアコン用）。
- 21<sup>st</sup> Century Truckパートナーシップには、DOEだけではなく、米国環境保護局（EPA）、米国国防総省（DOD）、米国運輸省（DOT）も参画している。
  - ◇ DOD は、技術の運用者として参画している。特に APU 用燃料電池は、音が静かで排熱も高くないため、戦場での使用に適していると考えている。

表 3-3. 21<sup>st</sup> Century Truckパートナーシップの概要

目標 <sup>15</sup> (2010 年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Class 8 トラックの燃費 (ton・mile / gallon ベース) を 2 倍向上。</li> <li>- Class 2b と Class 6 トラックの燃費 (ton・mile / gallon ベース) を 3 倍に向上。</li> <li>- ヘビー・デューティ・トランジットバスの燃費 (mile / gallon ベース) を 3 倍に向上。</li> </ul>	
個別の研究開発目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>- エンジン・システム</li> <li>- ベビー・デューティ・ハイブリッド</li> <li>- 補器損失</li> <li>- アイドリング・ストップ</li> <li>- 安全性向上</li> </ul>	
パートナーシップ	連邦政府 民間企業	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Department of Energy</li> <li>- Department of Transportation</li> <li>- Allison Transmission</li> <li>- BAE SYSTEMS Controls</li> <li>- Caterpillar</li> <li>- Cummins Engine</li> <li>- DaimlerChrysler</li> <li>- Detroit Diesel</li> <li>- Eaton</li> <li>- Freightliner</li> <li>- General Motor</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Department of Defense</li> <li>- Environmental Protection Agency</li> <li>- Honeywell International</li> <li>- International Truck &amp; Engine</li> <li>- Mack Trucks</li> <li>- NovaBus</li> <li>- Oshkosh Trucks</li> <li>- PACCAR</li> <li>- Volvo Trucks North America</li> <li>- Engine Manufacturers Association</li> <li>- Truck Manufacturers Association</li> </ul>

<sup>15</sup> 米国におけるトラックの車両分類は以下のようになっている。

Light Duty Truck : Class 1 (GVW 6,000 ポンド以下)、 Class 2a (GVW 6,001~8,500 ポンド)、  
Class 2b (GVW 8,501~10,000 ポンド)、 Class 3 (GVW 10,001~14,000 ポンド)

Medium Duty Truck : Class 4 (GVW 14,001~16,000 ポンド)、 Class 5 (GVW 16,001~19,500 ポンド)、  
Class 6 (GVW 19,501~26,000 ポンド)

Heavy Duty Truck : Class 7 (GVW 26,001~33,001 ポンド)、 Class 8 (GVW 33,001 ポンド以上)

## (5) FreedomCAR & Fuel パートナーシップ

### ① FreedomCAR & Fuel パートナーシップの設立

- FreedomCARパートナーシップ<sup>16</sup>は、2002年1月9日にエイブラハムズDOE長官とビッグスリーによって発表された、研究開発パートナーシップである（表3-4）。ここでのパートナーシップとは、「米国エネルギー省」と「USCAR (U.S. Council for Automotive Research)」<sup>17</sup>とのパートナーシップを意味している。
- ブッシュ大統領はFreedomCAR & Fuelパートナーシップに対して、今後5年間で17億ドルの研究資金を投じると発表した<sup>18</sup>。
  - ◇ このうち12億ドルは、水素燃料と燃料電池の研究開発・デモンストレーションに向けられている（12億ドルのうち7億2000万ドル分は、新規に割り当てられた研究資金である）。残り5億ドルは、ハイブリッド車と自動車技術に関する研究開発・デモンストレーションに使用される。
  - ◇ このブッシュ大統領の表明は、車両（FCV）自体の研究開発と、水素インフラの研究を平行で進めることを意味しており、2015年までにFCV商業化の可能性を判断するものである。

表 3-4. FreedomCAR パートナーシップの概要

目的	クリーンで、持続可能なエネルギー社会を達成するための自動車・燃料の開発	
研究開発の原則	以下の“Freedom”を達成する。 - 石油依存と有害エミッションからの“Freedom” - 消費者が好きなときに望む場所に自動車を運転でき、さらにその燃料を適切な価格でどこでも入手できるという“Freedom”	
パートナーシップ	連邦政府	Department of Energy
	民間企業	U.S. Council for Automotive Research (USCAR) - General Motors - Ford - DaimlerChrysler

<sup>16</sup> FreedomCARの「CAR」は「Cooperative Automotive Research」を意味している。

<sup>17</sup> U.S. Council for Automotive ResearchはGM、Ford、DaimlerChryslerの共同研究機関 (cooperative endeavor) で、競争領域以前 (pre-competitive) の研究を実施する。

<sup>18</sup> ブッシュ大統領は、2003年1月28日の一般教書演説で、12億ドルの研究資金を水素関連の研究開発に投入すると表明し、続く2003年2月6日の演説で、合計17億ドル（先の12億ドルを含む）が水素関連の研究開発とハイブリッド車関連の研究開発に投入すると表明している。財団法人日本自動車両協会『平成14年度燃料電池車の技術開発動向調査：海外調査編』参照。

② FreedomCAR & Fuel パートナーシップの実施体制

- FreedomCAR & Fuel パートナーシップの組織図を図 3-6 に、また EERE における実施体制を図 3-7 に示す。

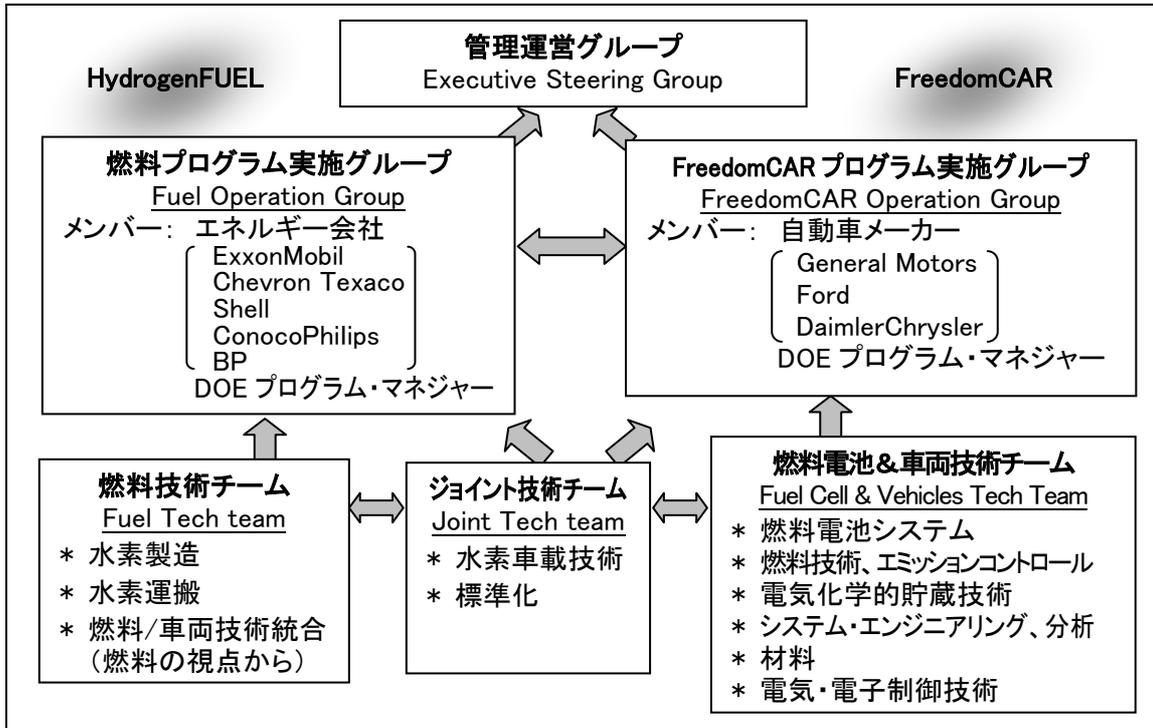


図 3-6. FreedomCAR & Fuel パートナーシップの組織

注：2004年3月現在、燃料技術チームとジョイント技術チームはまだ設置されていない。

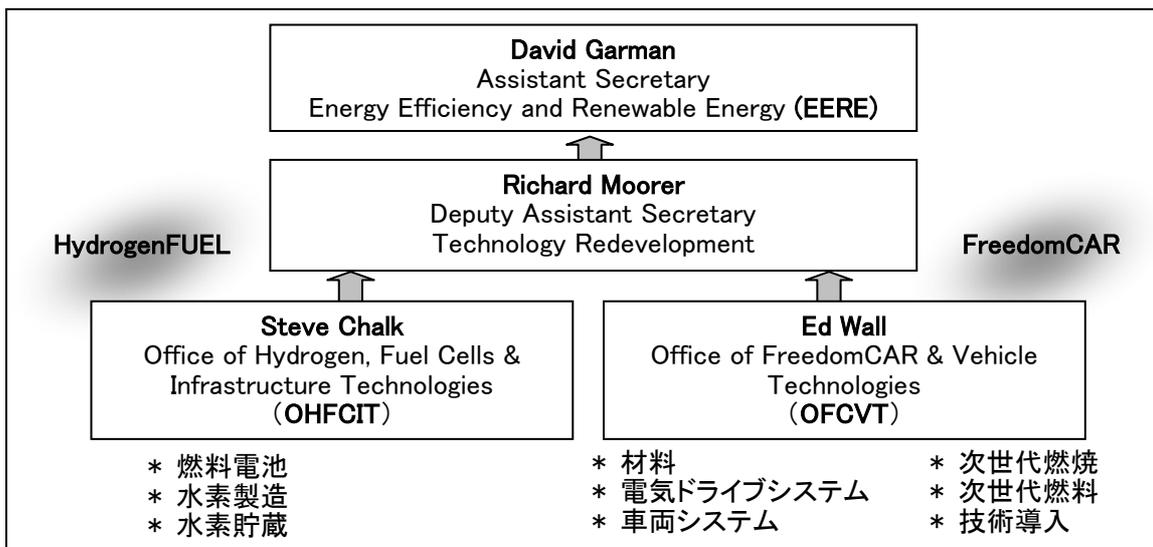


図 3-7. EERE における FreedomCAR & Fuel パートナーシップ実施体制

③ FreedomCAR & Fuel パートナーシップの予算

- FreedomCAR & Fuel パートナーシップの予算を図 3-8 に示す。

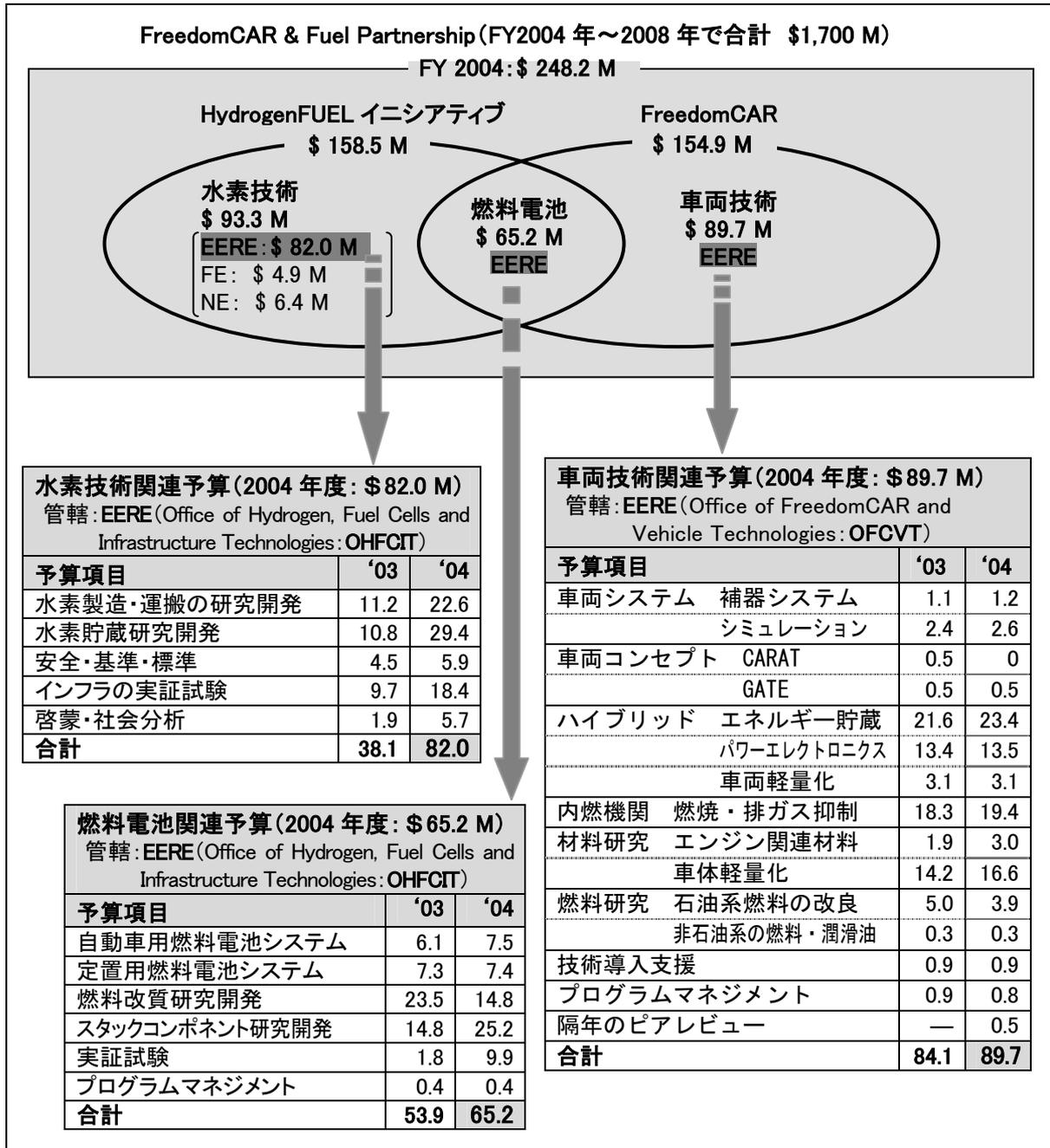


図 3-8. FreedomCAR & Fuel パートナーシップの予算

注: HydrogenFUEL イニシアティブの予算 (図中の「水素技術: \$93.3M」) は EERE だけではなく、FE (Office of Fossil Energy: 化石エネルギー局)、NE (Office of Nuclear Energy, science and Technology: 原子力エネルギー、科学技術局) にも配分されている。

## (6) 水素社会実現のための低燃費・クリーン自動車研究

### ① DOE が水素燃料を推進する理由

- DOE が水素燃料を目指す理由は以下のとおりである (図 3-9) 。
  - ◇ 様々な原料からの製造が可能 (特に国内の資源の活用が可能) <sup>19</sup>
  - ◇ 高効率
  - ◇ エミッションがゼロ (ニアゼロ)
  - ◇ 分散電源化が可能
- 水素社会実現のためには、表 3-5 のような課題を解決する必要がある。

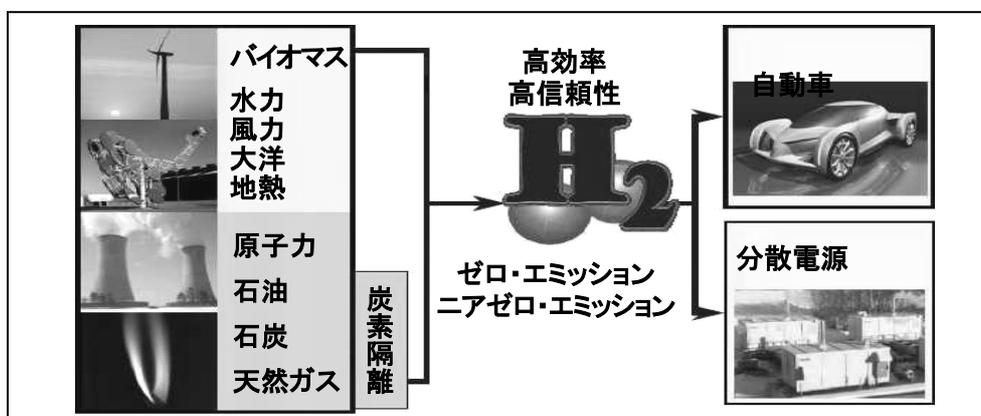


図 3-9. 水素燃料を目指す理由

表 3-5. 水素社会実現のための課題

消費者の求める性能・コストの達成	水素貯蔵：走行距離 300 マイル (480 km) の達成 コスト： 水素製造 \$1.5~2.0/gge <sup>20</sup> (天然ガスのオンサイト改質、税別) 燃料電池システム \$30/kW以下 (2015年) <sup>21</sup>
ビジネス面の課題	* 標準化 (各地で異なる規制を統一・緩和) * 水素供給網の整備 * 水素に関する啓蒙

<sup>19</sup> エネルギー省化石エネルギー局の「Hydrogen from Coalリサーチ」では、部分酸化と炭素隔離を用いて石炭から水素を合成し、ガス化複合発電 (Integrated Gasification Combined Cycle : IGCC) に使用する研究が行われている。今後 10 年間で 10 億ドルをつぎ込んで、デモンストレーション「FutuerGen」を行う予定。 <<http://www.fossil.energy.gov/programs/powersystems/>>参照。

<sup>20</sup> gge = gallon gasoline equivalent。水素の場合、1 gge = 0.073 Nm<sup>3</sup> = 6.9 / GJである。ちなみに米国におけるガソリンのリテール価格 (レギュラー、2004 年 2 月) は \$ 1.6~1.8 / gallonである。

<sup>21</sup> ここでの燃料電池システムとは、サブシステムとコントロール系を含み、パワーマネジメント系と燃料タンク (ガソリンタンクなど) を含んでいない (ただし直接水素式の場合は水素貯蔵タンクも含める)。コストは 2001 年のドル価値で表示されている。

② 水素社会実現のシナリオ

- DOE/EERE が描く、水素社会実現のための技術展開を図 3-10 に、水素社会実現までのスケジュールを図 3-11 に示す。

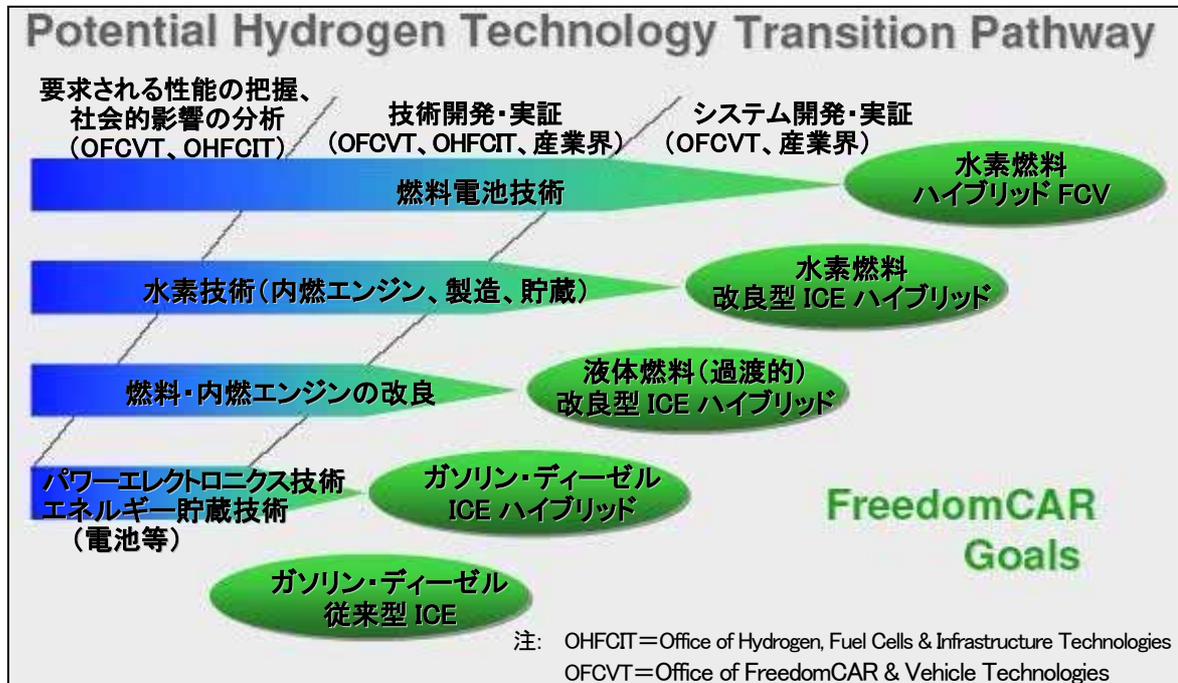


図 3-10. 水素社会実現への技術展開

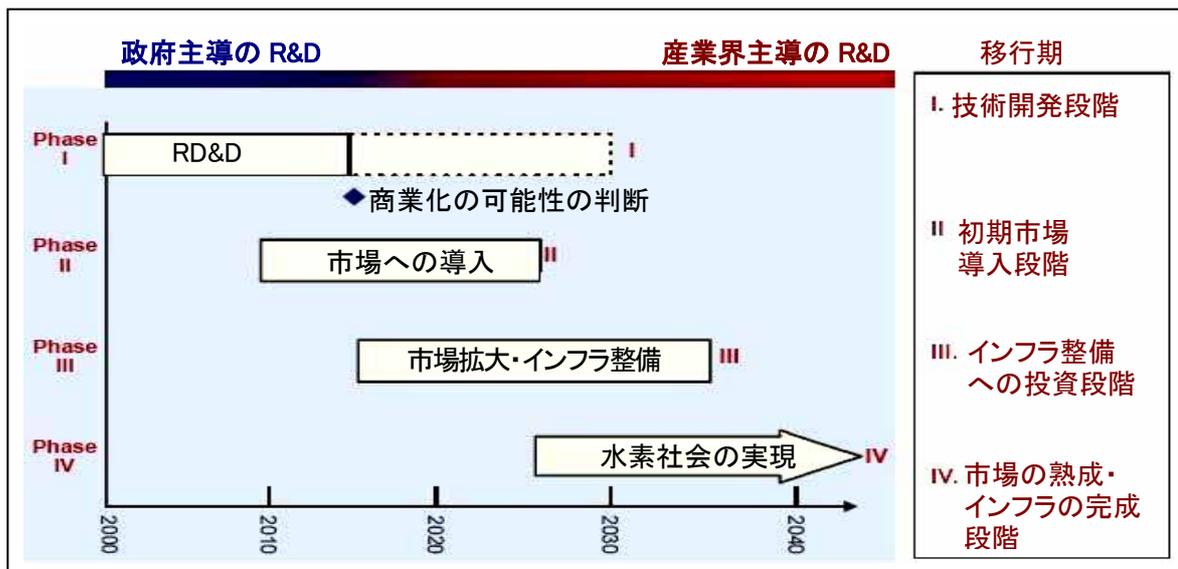


図 3-11. 水素社会実現までのスケジュール

## (7) 水素経済のための国際パートナーシップ(IPHE)

- エイブラハムズ DOE 長官は 2003 年 4 月 28 日に、国際エネルギー機関 (IEA) のディナースピーチにおいて、「水素経済のための国際パートナーシップ (International Partnership for the Hydrogen Economy : IPHE)」の設立を呼びかけた。

(以下、スピーチから関連部分を抄訳)

今夜のディスカッションは、第一に天然ガスと電力に焦点を絞ったものだが、私が考えるにエネルギー・セキュリティへの対応において最も重要なことについて述べさせていただきたい。それは我々の社会を、外国の石油に依存した社会から、国内生産可能な水素を使った社会に移行させ、水素を運輸部門の主要なエネルギー源とすることである。(中略)

水素ビジョンを実現するためにブッシュ大統領は、今後 5 年間で 17 億ドルの予算を水素を動力源とする自動車と、それを支えるインフラの研究開発に投資することを確約した。

我々にとっての課題は、燃料電池のコストを 1/10 に下げることである。水素製造コストも下げる必要がある。我々の見るところでは、今日の水素の製造コストは約 4 倍も高い。そして大量の水素燃料を自動車やトラックに車載する新しい方法を生み出す必要がある。しかし最も重要なことは、水素の運搬・充填インフラを開発することである。

もしこれに成功したならば、2040 年までに米国は、石油消費量を 33%、二酸化炭素排出量を 19%減らすことができると予想される。(中略)

欧州連合は、再生可能エネルギーと水素エネルギー技術に関する、長期的で確固たる研究開発を行っている。日本も同様の強力なコミットメントを示している。最近 DOE を訪問したオーストラリア、カナダ、ドイツ、アイスランド、イタリア、英国などの国も、それぞれの国のプログラムを説明した。(中略)

しかしこの協力は、IEA 加盟国を超えて広げなくてはならない。発展途上国も我々と同様の、エネルギーと公害に関する課題を抱えている。世界的に水素経済に移行するためには、我々は主要な発展途上国、たとえばインド、中国、南アフリカ、ブラジルなどを巻き込む必要がある。(中略)

よって今夜、私は水素経済のための国際パートナーシップ (IPHE) を提案したい。(中略) 国際社会は二カ国・多国間関係を基礎として、努力を融合し、共通の課題に挑戦し、アイデアを共有し、行動を協調させて、水素経済という共通のゴールを追及していこう。

- 6月16日にエイブラハムズ長官は、欧州委員会の「水素・燃料電池に関するハイレベルグループ会議」<sup>22</sup>において、「米国のビジョンと水素社会へのロードマップ (The US vision and roadmap to a hydrogen economy)」と題するスピーチを行い、欧州連合にIPHEへの参加を呼びかけた。

(以下、スピーチから関連部分を抄訳)

本年度のDOEのエネルギー効率・再生可能エネルギープログラムの予算請求額は13億ドルを超え、過去20年間で最大となっている。また我々は、20億ドルの資金をクリーン石炭発電イニシアティブに投入する。これは10カ年プログラムで、発電効率向上とエミッション低減の技術開発を目指している。さらに我々は炭素系燃料の問題を特に重要と考えており、炭素隔離の研究予算を60%増額した。(中略)

水素は再生可能エネルギー、化石エネルギー、原子力エネルギーから製造できる。我々は全てのオプションを検討している。水素はエミッションフリー技術によって製造されるべきであり、我々は予算の約50%を再生可能エネルギーからの水素製造技術に振り分けている。(中略)

これまでの経験から、エネルギー分野における科学的知識と技術の開発においては、国際的な協力関係が重要であることを認識している。(中略)

私は2003年3月にブリュッセルに赴き、欧州委員会のプロディ委員長、デ・パラシオ副委員長、ビュスカン委員と会い<sup>23</sup>、水素社会の実現に向けての協力体制について話し合った。(中略)

今朝、ビュスカン委員と私は「米欧非原子力エネルギー協力協定に対する燃料電池付属文書 (Fuel Cell Annex to the US-EU Non-Nuclear Energy Cooperation Agreement)」に署名した。この付属文書は、我々の水素研究に対する試みの統合を助け、水素技術の開発における国際協力の重要性を強調するものである。(中略)

米・欧の燃料電池に関する協力は、水素革命の推進の上で重要な要素である。しかしそれは、水素ビジョンの達成に対する国際アプローチの第一歩にすぎない。それゆえに、私は数週間前の国際エネルギー機関の会合において、燃料電池とインフラ技術の研究開発における協力を目的に「水素経済のための国際パートナーシップ (IPHE)」を提案した。(中略)

私は、ここに個人として出席されている欧州委員会のかたがたに、この秋に開催されるIPHE正式発足のための閣僚会議に参加されるように要請する。

<sup>22</sup> 「水素・燃料電池に関するハイレベルグループ」に関してはP.106~109 (欧州委員会) 参照。

<sup>23</sup> デ・パラシオ副委員長は、欧州委員会のエネルギー・運輸総局のコミッショナー。ビュスカン委員は研究総局のコミッショナー。P.96~97 参照。

- 2003年11月18～21日に米国は、「水素経済のための国際パートナーシップ (IPHE)」の閣僚会議をワシントンDCで開催した。この会議には、世界14カ国<sup>24</sup>の代表が集まった。
  - ◇ このパートナーシップの第一の目標は、日本やEUなどの国際的な研究相手との水素エネルギーに関する情報の共有である。
  - ◇ IPHEでは中国、ブラジルなどの国からの要望を聞きいれて、発展途上国が水素経済を達成するためのロードマップも策定することになった。
- IPHEの目的とその特徴を表3-6に示す。

表 3-6. 水素経済のための国際パートナーシップ (IPHE) の目的とその特徴

IPHEの目的	水素社会への世界的な移行を推し進めるための研究・開発・実施プログラムを、効果的に組織し、さらにその評価とコーディネーションを行うこと。
IPHEの成功の鍵	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 世界の知性をあつめ、困難な課題の解決を図る。</li> <li>- 共通の技術標準を作る。</li> <li>- 水素と燃料電池技術の開発と利用を推し進めるための、政策と技術のガイダンスを作る。</li> <li>- 水素・燃料電池技術とインフラ技術を開発するための大規模かつ長期的な官民協同体制を構築する。</li> <li>- 技術面・資金面・政策面における、課題と機会を明確化する。</li> </ul>
IPHEの特徴	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 水素と燃料電池の技術開発に対する、非常に長期的なコミットメント</li> <li>2) 技術開発とインフラ開発のための明確なビジョンと国家戦略</li> <li>3) 水素社会における産業セクターの開発を効果的に推し進める政策と戦略</li> </ol>
枠組文書 (Terms of Reference : TOR)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) TORは炭素隔離リーダーシップフォーラム (Carbon Sequestration Leadership Forum) の成果を基にして決定される。</li> <li>2) TORは非拘束的な協定である (非拘束性は、IPHEの実施における基本的な方針である)。</li> <li>3) TORのドラフトは、現在レビュー中である。</li> </ol>

出所：水素経済のための国際パートナーシップにおけるDOEのプレゼンテーション

<<http://www.usea.org/iphe.htm>>

<sup>24</sup> 参加国は、オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、フランス、ドイツ、アイスランド、インド、イタリア、日本、ノルウェー、韓国、ロシア、英国、米国、欧州委員会。(欧州委員会を除き、アルファベット順)

## (8) ディスカッション

### ① FreedomCAR & Fuel パートナーシップ

- FreedomCAR & Fuel パートナーシップは、現在はまだ、プログラムの進め方、研究対象の絞込みを自動車メーカーと協議している段階である。実際の研究開発プログラムの開始は 2004 年 10 月以降（議会において 2005 年度予算の見通しが確定する時期）になるであろう。
- FreedomCARプログラムは、PNGVプログラム<sup>25</sup>の実施スケジュール上の反省にたち、プログラムが計画されている。
  - ◇ PNGV プログラムは、研究開始から有望技術の絞込みまでの期間が 3~4 年と短く、十分な技術開発の基礎を確立できなかったという反省がある。
  - ◇ FreedomCAR プログラムは、PNGV プログラムよりもオープンで、かつより長期的なスケジュールのプログラムである。
- FreedomCAR & Fuel パートナーシップでは、水素内燃自動車の開発の支援も検討されている。
  - ◇ FreedomCAR & Fuel パートナーシップにおいて、参加しているメーカーともディスカッションをした結果、水素内燃自動車もパートナーシップの研究対象になりうることを確認した。
  - ◇ 水素内燃自動車は、既存の内燃機関エンジンを改良するだけで実現可能である。水素内燃自動車は、車両効率の点で FCV に劣るため決して最終的な解決にはならないが、水素供給インフラ整備の有効活用的手段として有効であると考えられる。
- DOEは触媒メーカーと共同で、電極触媒（白金）とMEAのリサイクルの研究を行っている<sup>26</sup>。
  - ◇ Argonne National Laboratory がリサイクル用パイロットプラントを開発しているが、研究は始まったばかりである。
  - ◇ 白金担持量を減らせば燃料電池システムのコスト低減につながるが、同時にリサイクルは困難になり、またリサイクル対象となる白金価値も小さくなるため、リサイクルのメリットが低減する。適切なバランスを見極めたい。

---

<sup>25</sup> PNGV=Partnership for a New Generation of Vehicles。2004 年までに 80 mile / gallon (=34 km/L) の燃費を実現することを目標に、1993 年 9 月に開始された技術開発プログラム。特にのゴア副大統領（当時）が積極的に推進していた。実際のプログラムは 1994 年に始まり、1997 年末に技術の絞込みを行い、2001 年にコンセプトカーを提示することになっていた。2002 年 1 月にブッシュ大統領によって「FreedomCAR」へと改変された。

<sup>26</sup> DOEでは、触媒のリサイクルをEngelhard（ニュージャージー州、触媒メーカー）と、またMEAのリサイクルをデラウェア大学、Ion Power（デラウェア州、NafionベースのMEAメーカー）、DuPontとともに実施している。

- FreedomCAR & Fuel パートナースHIPでは、2004年6月30日に車載改質システムに対する研究支援を継続するか、中止・変更するかの判断（Go / No-Go Decision）を行う。
  - ◇ Go / No-Go決定は、関係機関・業界へのヒヤリングを通じて行われる<sup>27</sup>。ヒヤリングには、エネルギー会社や燃料電池メーカー、国立研究所が呼ばれることになる。
  - ◇ 最も重要な判断基準は、「30秒以内のスタートアップの実現」の可能性である。現在までに提案・試作されているシステムのスタートアップ時間は、まだ3分程度のレベルにある。
  - ◇ この判断を下すにはまだ半年ほどの時間があるが、すでに米国議会は、車載改質システムに対する予算を削減している<sup>28</sup>。
  - ◇ たとえ Go / No-Go 決定で「No-Go」に決まったとしても、改質技術はオンサイト水素製造技術として今後も重要である。
- DOE の FCV デモンストレーション・プロジェクトに関して：
  - ◇ DOE では 2003 年末に、FCV デモンストレーション・プロジェクト（Controlled Hydrogen Fleet and Infrastructure Demonstration and Validation Project）の対象となるフリートプロジェクトを公募しており、2004年3月に採用プロジェクトを決定する予定である。
  - ◇ FCV デモンストレーション・プロジェクト期間は基本的に5年間である（3年程度のプロジェクトもある）。
  - ◇ デモンストレーション実施者は、DOE からの助成金（プロジェクト総額の50%）を自由に使用できる。
  - ◇ FCV デモンストレーション・プロジェクトは、フリーコンペティション方式をとるため、DOE 自体がプロジェクトやデモンストレーション場所を決定するわけではない。また DOE 自らが、デモンストレーションの集中度（日本の JHFC プロジェクトのように一ヶ所集中型にするか、あるいは分散型にするか）の判断も行わない。
  - ◇ プロジェクト応募者は、すでに実施している FCV デモンストレーションの実施者であってもかまわない。また、自動車メーカーやエネルギー会社などの共同プロジェクトであっても良い。

<sup>27</sup> DOE/EEREは2004年2月4日にGo / No-Go決定の実施プロセスについて発表した。詳細はP. P.41（参考：車載改質システムのGo / No-Go Decision）参照。

<sup>28</sup> 燃料改質研究には2003年度には2350万ドルが割り当て得られていたが、2004年度は1480万ドルに削減されている。P.31（図3-8中「燃料電池関連予算」）参照。

- DOE はカリフォルニア燃料電池パートナーシップのメンバーでもあり、同プロジェクトとは密接なディスカッションを行っている。
- DOE では、様々な水素技術の研究を行っている。
  - ◇ DOE では、幅広く水素製造技術の研究を行っているが、それは米国においても、州・地区ごとに最適な水素製造法が異なるからである。
  - ◇ 水素製造に関する研究を National Renewable Energy Laboratory (NREL)、Argonne National Laboratory (ANL)、Idaho National Engineering and Environmental Laboratory (INEEL) が行っている。
  - ◇ 炭素隔離 (Carbon Sequestration) に関する研究は、DOE の FE (Office of Fossil Energy : 化石エネルギー局) が担当している。
  - ◇ Argonne National Laboratory では、水素内燃エンジンの研究も行っている。
- DOE/EERE では、水素貯蔵開発を支援するために、2003 年に二つのワークショップを設置した。
  - 圧縮・液体水素タンク ワークショップ*  
(Compressed/Liquid Hydrogen Workshop) <sup>29</sup>
  - 水素貯蔵材料ワークショップ*  
(Hydrogen Storage Materials Workshop) <sup>30</sup>
  - ◇ 両ワークショップは 5 年プロジェクトで、まもなく研究開発のフレームワークが発表される予定である。
- 高温 PEM は好ましい技術である。自動車用としては 120°C のシステムが、定置用としては 150°C のシステムが好ましい。

## ② 水素に関する規制・標準化に関して

- 現状では、州・市・地区ごとに水素に対する基準が異なっており、FCV 普及の大きな阻害要因となっている。これを全国的、さらに国際的に統一していく必要がある。
- FCV に関する国際的な統一基準・標準の 2013 年の実施を目指し、2007 年までに基準・標準を確立したい。
- FreedomCAR & Fuel パートナーシップの燃料技術チームが、水素の基準に関する各利害関係者間の知見のギャップを特定し、それを埋める活動を行う予定である。

<sup>29</sup> 圧縮・液体水素タンク ワークショップの目的は、タンクの安全性、ファイバ、樹脂の経済性、スマートタンク、新しいコンセプト、製造プロセスについての研究である。

<sup>30</sup> 水素貯蔵材料ワークショップの目的は、車載用水素貯蔵システムの材料の研究である。

### ③ その他

- IPHE に関して：
  - ◇ IPHE と FreedomCAR パートナーシップは別プロジェクトであり、直接的な関係はない。FreedomCAR パートナーシップは DOE の EERE が担当しているが、IPHE は EERE の他に FE（化石エネルギー局）なども担当している。
  - ◇ EERE においては、IPHE と FreedomCAR パートナーシップを担当している部署・人員は同じであるので、プログラム間の連携は取れている。
- ハイブリッド車用電池の開発に関して：
  - ◇ DOE 管轄のプログラムとしては、USABC と USAM（US Advanced Materials）<sup>31</sup>の二つのコンソーシアムが、ハイブリッド車用二次電池の開発を行っている。
  - ◇ DOE ではキャパシタの研究はほとんど行っていない。むしろホンダなどの日本の動向に注目している。
- アフタートリートメント・システムの開発に関して：
  - ◇ 車両のエネルギー効率の点では、アフタートリートメントが大きなペナルティとなる（現状では、約 5%のエネルギーを消費してしまう）。
  - ◇ DOE/EERE ではアフタートリートメント・システムのエネルギーペナルティの割合を 1%に低減し、同時にコスト削減も達成したいと考えているが、決して容易ではない。

---

<sup>31</sup> USAM（US Advanced Materials）は、自動車用の新規材料の研究開発を目的としたコンソーシアム。

**参考:車載改質システムのGo / No-Go Decision**

DOE/EERE は 2004 年 2 月 4 日に、車載改質システムの Go / No-Go Decision の実施プロセスを Federal Register (米国官報) に発表した。以下はその抄訳である。

- DOE は、Hydrogen、Fuel Cells and Infrastructure Technologies プログラムとして実施してきた車載改質システムの研究開発を、今後も継続するかどうかについての「Go / No-Go Decision」を 2004 年 6 月 30 日に実施する。
- National Renewable Energy Laboratory (NREL) がレビューパネルを設置し、車載改質システム技術の現状を評価した上で、提案書を 6 月 18 日までに DOE に提出する。
- レビューパネルは、5 月 24 日～6 月 18 日に関係会社・機関へのヒヤリングを行う。
- このレビューパネルに意見書を提出したい場合は、5 月 15 日までに提出すること (10 ページ以内)。またヒヤリングでの証言を望む場合は、5 月 15 日までにその旨を書面で申し出ること。
- DOE では、燃料フレキシブル (ガソリン、エタノール、メタノール、天然ガス) な燃料改質プロセッサの研究開発を 10 年間支援してきた。しかし技術開発の現状を考えると、最終目標値 (下表) を達成できるかどうか疑わしい状況にある。特にスタートアップ時間/エネルギーとコストが大きな課題となっている。

項目	2003 年現状	2004 年目標	最終目標
付加応答性 (10%⇔90%)	60 秒	<5 秒	<1 秒
スタートアップ時間	<600 秒	90%出力:<60 秒	10%出力:<2 秒 90%出力:<30 秒
スタートアップエネルギー (50kWe)	—	< 2 MJ	< 2 MJ
効率	78%	78%	> 80%
出力密度	700 W/L	700 W/L	2,000 W/L
耐久時間 (停止・始動回数)	2,000 時間	2,000 時間 > 50 回	5,000 時間 > 20,000 回
耐硫黄性能	—	入口 : 30 ppm 出口 : < 50ppb	入口 : 30 ppm 出口 : < 10ppb
ターンダウン比	—	20 : 1	> 50 : 1
コスト	\$65/kWe	—	<\$10/kWe

出所 : Federal Register / Vol. 69, No. 23 / February 4, 2004 / Notice (P.5331)

< [http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/fuel\\_processing\\_fed\\_notice.pdf](http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/fuel_processing_fed_notice.pdf)>

## 4. UTC-Fuel Cells

訪問先	UTC-Fuel Cells (UTC-FC) 住所：195 Governor's Highway, South Windsor, Connecticut 06074, USA
訪問日時	2004年1月22日(木) 9:00～11:30
対応者	James Dayton Manager, Operations John Donahue, P.E. Manager, Codes and Standards Geoffrey K. Newman Technology Applications, Business Development
組織の概要	常圧型 PEM システムを開発している。カリフォルニア燃料電池パートナーシップにも参加。
調査項目	・ 燃料電池スタックの開発状況 ・ 低温始動性の研究の現状

### (1) UTC-Fuel Cells の組織

- United Technologies Corp. (UTC) は、米国の代表的な航空産業コングロメレートである (図 4-1)。
  - ◇ UTC グループの発電事業部門が UTC Power であり、移動体用燃料電池、定置用燃料電池、マイクロガスタービン、ランキンサイクル発電機などを展開している。UTC Power 傘下で移動体用・定置用燃料電池を開発・販売しているのが UTC Fuel Cells である。
  - ◇ UTC Fuel Cells は、1958 年にアポロ宇宙船用の燃料電池 (アルカリ形燃料電池) の供給のために設立された (当初は、Pratt&Whitney の一部門として設立された)。1966 年に「International Fuel Cells」として独立した事業部となり、2001 年 12 月に「UTC Fuel Cells (UTC FC)」へと名称を変更した<sup>32</sup>。
  - ◇ UTC Fuel Cells の事業展開を図 4-2 に示す。

<sup>32</sup> この名称変更は、UTCグループとして燃料電池への強いコミットメントを表すためとのことである。



## (2) 燃料電池ビジネスの展開

- UTC Fuel Cells (UTC Power) のこれまでの燃料電池ビジネスの実績を図 4-3 に示す。
  - ◇ これまでに UTC Fuel Cells では、分散電源用燃料電池 PC-25 (200 kW リン酸形燃料電池) を米、欧州、日本、中国、ブラジル、インド等に販売した。
  - ◇ 自動車用 PEM を日産自動車、現代自動車に提供している。また APU 用電源 PEM を BMW に提供した。
  - ◇ バス用 PEM を米国 (ワシントン DC、カリフォルニア)、欧州 (マドリッド、トリノ) に提供した。
- UTC Fuel Cells (UTC Power) では定置用燃料電池システムを核として、大規模商用ビル用の総合インフラシステムを提供している (図 4-4)。



図 4-3. UTC-FC の燃料電池ビジネスの実績

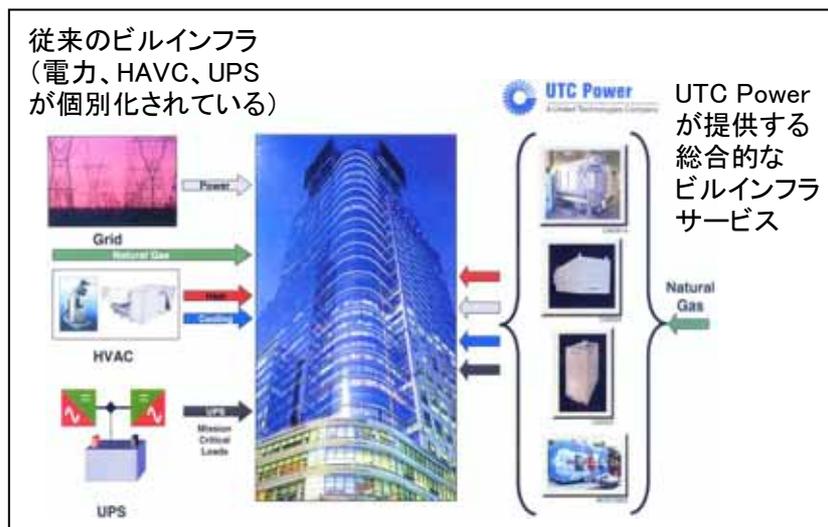


図 4-4. 大規模商用ビル用 総合インフラシステム

### (3) 分散電源システム

#### ① 分散電源用リン酸形燃料電池「PureCell200」

- UTC Fuel Cellsでは、リン酸形燃料電池「PureCell200」<sup>33</sup>を開発している。
  - ◇ PureCell200 は出力 200 kW で、燃料には天然ガスを使用する（スチーム改質方式、図 4-5）。発電効率は 40% で、熱効率は 40% である。
  - ◇ 独立電源として使用可能なほか、売電用としても使用が可能である。燃料電池スタックは常圧式で、40,000 時間の稼動が可能である<sup>34</sup>。
  - ◇ これまでに 255 台の PureCell200 を 19 カ国に販売した。販売された PureCell200 全体で、延 600 万時間の稼動時間を達成している。
- ニューヨーク市のセントラルパークに設置された PureCell200 は、2003 年のニューヨーク大停電時に非常用電源として威力を発揮、大きく注目された(図 4-6)。
  - ◇ この PureCell200 は、セントラルパーク内の警察ステーションに電力不足分を補完するために設置されたもので、天然ガスを利用している（NY 市警察が有するパトロール用電気自動車の充電にも使用されている）。

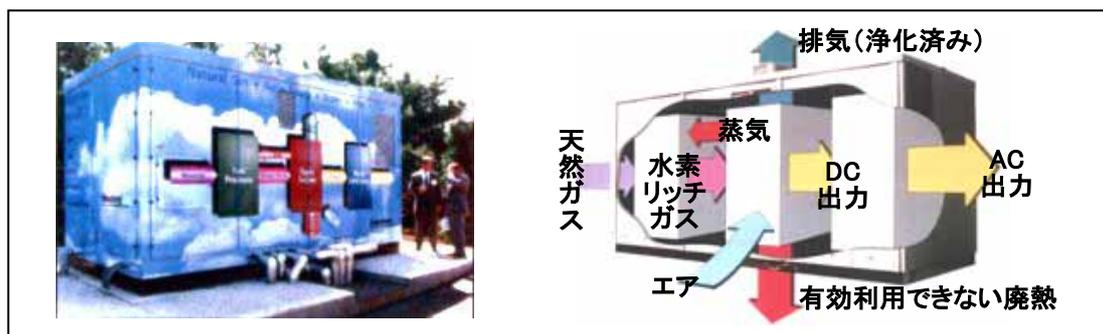


図 4-5. 「PureCell200」の外観と構造

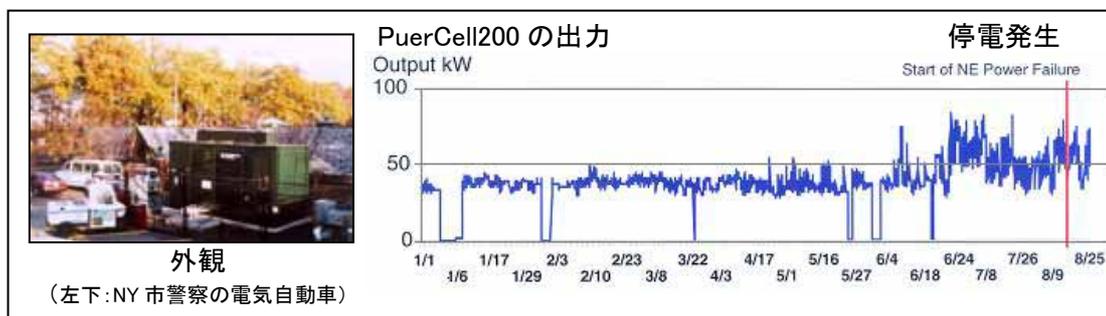


図 4-6. セントラルパークに設置された「PureCell200」と大停電時の出力パターン

<sup>33</sup> 従来は「PC25」という商品名であった。

<sup>34</sup> UTC Fuel Cells本社に設置されているPureCell 200 は、すでに 53,000 時間の稼動を達成したとのことである（ただし、スタック自体は交換している）。

② モジュール式マイクロガスタービン「PureConfort」

- UTC-Power では、モジュール式のマイクロガスタービン分散電源システム「PureConfort」を開発、販売を開始した。
  - ◇ PureConfort は、小型マイクロガスタービン「PureThermal」を直列に連結した、フレキシブルなシステムである。
  - ◇ 「PureThermal」は高効率なコージェネシステムで、暖冷房の熱源としても利用可能である。非常用電源としてのほか、負荷平準化用電源としても使用できる。
  - ◇ PureConfort は、UTC-Power 自身のほか Capstone（米）も販売代理店となっている（販売実績は不明）。

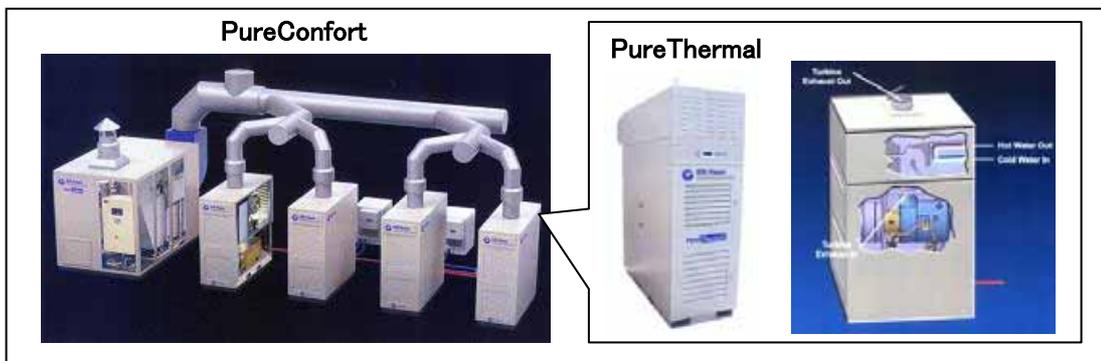


図 4-7. モジュール型分散電源システム「PureThermal」と「PureConfort」

③ PureCycle 200

- UTC-Power では、廃熱を利用したランキンサイクル発電システム「PureCycle 200」を開発した（図 4-8）。

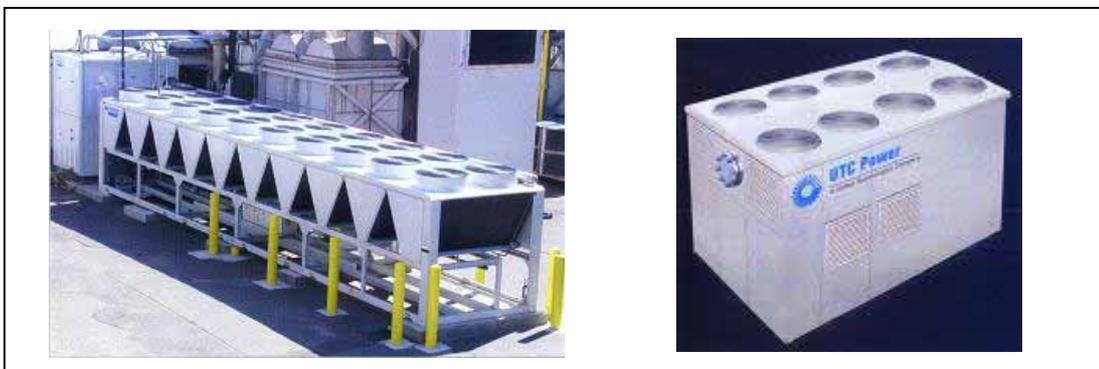


図 4-8. PureCycle 200

#### (4) 自動車用燃料電池システムの開発

##### ① ガソリン改質プロセッサ

- UTC Fuel Cells ではガソリン改質プロセッサの開発を行ってきた。
  - ◇ 2000 年段階では、ガソリン改質システムは非常に大きなものであった（PEM スタックには「Series 200」を使用）。
  - ◇ 2002 年には車載可能な小型ガソリン改質システム（PEM スタックには「Series 300」を使用）の開発に成功した。
- UTC Fuel Cells で開発したガソリン改質プロセッサの外観と、車両へのマウント例を図 4-9 に示す。

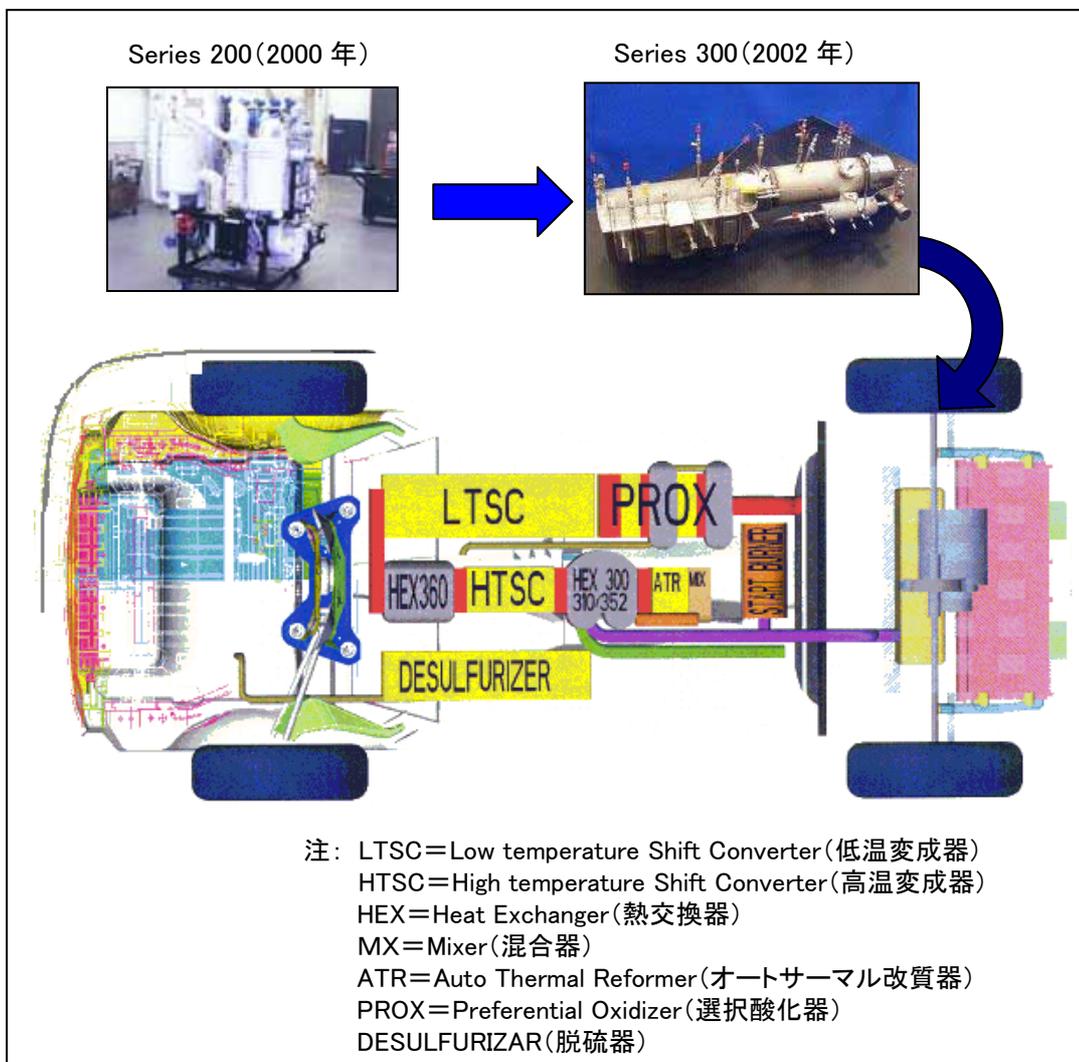


図 4-9. ガソリン改質プロセッサ (50kW) の開発

## ② APU 用 PEM

- APU 電源用 PEM を BMW Hydrogen (バイフューエル) 用に開発した (図 4-10)。
  - ◇ これまでに 5 台の APU 電源用 PEM を開発した。
  - ◇ 出力は 5kW、定格直流 42V である。効率は 52%以上で、サブシステムを含めてワンパッケージ化されている。



図 4-10. BMW Hydrogen APU

## ③ 現代自動車「Santa Fe FCEV」

- 現代自動車と共同で、「Santa Fe FCEV」を開発した (図 4-11)。
  - ◇ 使用している PEM スタックは「Series 300」1 基。スタック出力 (グロス) は 78 kW で、システム全体 (ネット) でも 75 kW を達成している。
  - ◇ これまでに 6 台を製造した (2 台がカリフォルニア燃料電池パートナーシップに参加中。3 台が現代自動車にて、1 台が UTC-FC にてテスト中)。
  - ◇ カリフォルニア燃料電池パートナーシップに参加している 2 台の Santa Fe FCEV 合計で、35,000 マイル (56,000 km) の走行を達成している。



図 4-11. Santa Fe FCEV と搭載されている Series 300

#### ④ 日産自動車「X-TRAIL FCV」

- 日産自動車「X-TRAIL FCV」に PEM スタック「Series 500」(システム名「NEO FC」)を提供した(図 4-12)。
  - ◇ 二次電池も搭載したハイブリッド方式を採用し、350 km の走行距離を達成している。
  - ◇ 「X-TRAIL FCV」は国土交通省の大臣認定を取得、2004 年から限定的にリース販売が開始される。



図 4-12. X-TRAIL FCV と搭載されている Series 500 (NEO FC)

#### ⑤ バス用燃料電池システム

- これまでにバス用燃料電池 (PEM) システムを、AC Transit (カリフォルニア、3 台)、SunLine (カリフォルニア、1 台)、IRIS BUS (マドリッド、2 台)、Van Hool (ベルギー、3 台) に提供した(図 4-13)。

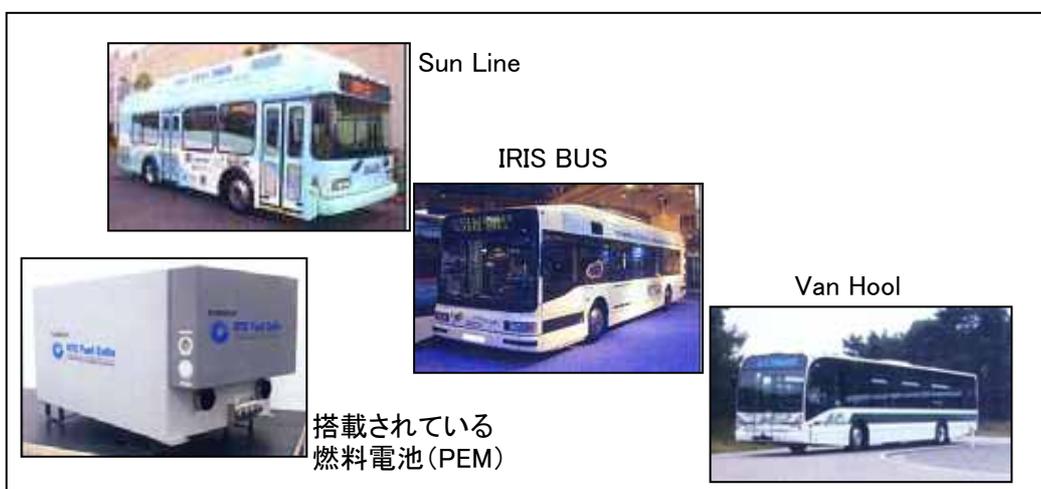


図 4-13. バス用燃料電池 (PEM) システムと燃料電池バス

## (5) FCVのための課題

- UTC Fuel Cells が考える、FCV 実用化のために解決すべき課題は表 4-1 のとおりである。

表 4-1. FCV 実用化のために解決すべき課題

車両面の課題	インフラ面の課題
<ul style="list-style-type: none"><li>- コスト</li><li>- 耐久性</li><li>- コールドスタート性</li><li>- 走行距離</li><li>- 車載性・システムサイズ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 水素貯蔵方式</li><li>- 水素供給方式</li><li>- 改質方式</li></ul>

## (6) ディスカッション

- UTC Fuel Cells では 1998 年に PEM システムの開発を開始し、これまでに大幅な性能向上を達成した。
  - ◇ PEM システムの耐久性は 10 倍に向上し、サイズ・重量は半分以下にすることができた。
  - ◇ カリフォルニア燃料電池パートナーシップはじめ、すでいくつかの FCV デモンストレーションで成功を収めている。
- UTC Fuel Cells では、燃料電池システムのコールドスタートに関してもかなりの研究を行っている。
  - ◇ これまでの研究で、コールドスタート性において非常に良い成果を上げることができた（ただしこの研究成果は、UTC Fuel Cells としては正式には発表していない）。
  - ◇ 主にスタックデザイン面での改良によって、コールドスタート性を高めることに成功した。ただし UTC Fuel Cells 独自の技術である「内部加湿方式」というスタックコンセプトは変えていない。
- 耐久性の点では、自動車用よりも定置用のほうが困難である。自動車用では大体 4 千時間以上を目指しているが、定置用の運用時間目標である 4 万時間の実現は、非常に困難であると認識している。

- UTC Fuel Cells では、エネルギー効率の点で近常圧式 (near ambient pressure) PEM が優れていると考えている。
  - ◇ 他のスタックメーカーの PEM システムは、高圧化のためのコンプレッサが必要であり、システム全体としてエネルギーロスが大きい。
  - ◇ UTC Fuel Cells は特に、水管理を徹底することで近常圧式 PEM システムの開発に成功した。
  - ◇ 近常圧式 PEM システムは、エネルギー効率に優れているだけでなく、システムが小型化でき、また騒音も少ないというメリットがある。
- UTC Fuel Cells では、セパレーターにはカーボンセパレーターが適していると考えている。

## 5. HydrogenSource(HYS)

訪問先	HydrogenSource (HYS) 住所：60 Bidwell Road, South Windsor, Connecticut 06074, USA
訪問日時	1月22日(木) 9:00~11:30 (UTC Fuel Cellsとの合同ミーティング)
対応者	Pete Terminie Vice President, Marketing, Business Development and Strategy Mark Mauss Transportation Program Manager
組織の概要	UTC Fuel CellsとShellとの合弁会社。燃料改質システムを研究している。
調査項目	・ 燃料電池スタックの開発状況 ・ 低温始動性の研究の現状

### (1) HydrogenSource(HYS)の概要

- HydrogenSource (HYS) は、2001年6月15日に UTC Fuel Cells と Royal Dutch/Shell により設立された合弁会社で、燃料改質プロセッサの研究開発を行っている。
  - ◇ 合弁比率は 50% : 50%。ただしRoyal Dutch/Shellは出資のみで、実務的なことは子会社のShell Hydrogen<sup>35</sup>が担当している (図 5-1)。
  - ◇ スタッフは 2003 年末現在で 80 人である<sup>36</sup>。
  - ◇ 研究開発拠点は、米国サウス・ウインザー (UTC Fuel Cells の敷地内、本社) と、オランダ アムステルダム (Shell の敷地内) である。

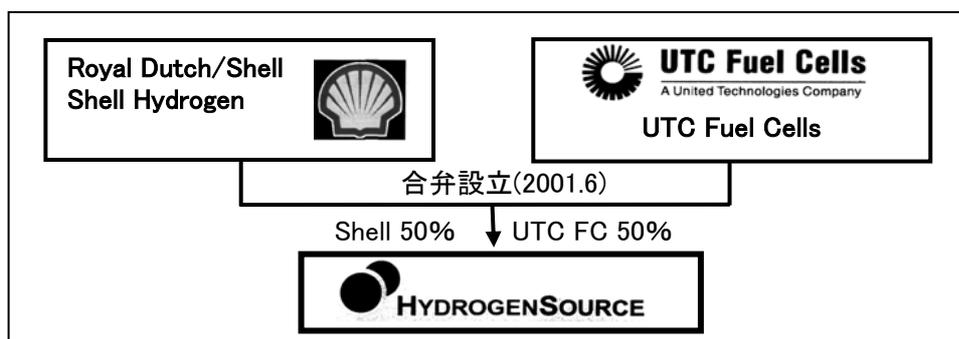


図 5-1. HydrogenSourceの組織<sup>37</sup>

<sup>35</sup> P.16 (Shell Hydrogen) 参照。

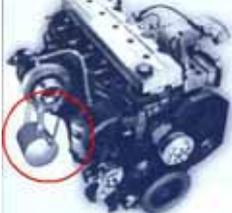
<sup>36</sup> 設立当初の人数派 80 人 (Shell側から 30 人、UTC-FC側から 50 人が移籍)。なお前回訪問時 (2003 年 1 月) での従業員数は 156 人であった。

<sup>37</sup> 設立当時は、UTC Fuel Cellsは旧称International Fuel Cellsである。

## (2) HYS の製品群

- HYS の開発している製品を表 5-1 に示す。

表 5-1. HydrogenSource の製品

<p>150 kWe 定置用発電システム (商業用)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- PEM を使用</li> <li>- 燃料は天然ガス、またはプロパン</li> <li>- 稼働時間目標：4 万時間</li> </ul>
<p>5 kWe 定置用発電システム (家庭用)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 燃料は天然ガス、またはプロパン</li> </ul>
<p>工業用水素製造システム</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 改質方式は、スチーム改質 (PureCell200 の技術)、あるいは CPO (Shell の技術) が利用可能</li> </ul>
<p>車載燃料改質システム</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 kWe</li> <li>- 製品化まで、さらに 1 世代の研究開発が必要</li> </ul>
<p>燃料電池 APU</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 燃料電池 APU を利用したクリーン ICE の開発</li> </ul>

### (3) HYS の燃料改質技術

#### ① CPO 技術

- HYS では、Shell 独自の CPO (Catalytic Partial Oxidation) 技術に基づいた車載用燃料改質システムの開発に取り組んでいる。
  - ◇ CPO は、Shell が Gas-To-Liquid のために開発した部分酸化触媒であり、30年以上の実績を有する触媒である。CPO の特色を表 5-2 にまとめる。
  - ◇ HYS は Shell の技術に対して“独占的なアクセス”を有する。現在は HYS が独自に改良を進めている。

表 5-2. CPO の特徴

燃料フレキシブル性	様々な燃料の改質が可能 (ガソリン、ナフタ、ディーゼル、FT ディーゼル、天然ガス、プロパン、バイオディーゼル等)
耐久性	25,000 時間の運用を達成 (天然ガス改質システム)。
負荷応答性 始動性	熱容量が小さく、またシステム自体が小型であるため、負荷応答性と始動性 (スタートアップ) に優れている 車載用では、改質器本体の大きさは 350ml 缶 3 個分程度。
燃料比	スチームが少ない条件 (スチーム/カーボン比で 0.7~0.3) でも使用可能。

#### ② 研究開発中の改質システム

- ナフサ・ガソリンの改質 (図 5-2) :
  - ◇ 低 S/C 比 (0.7) でも、安定したガソリン改質性能が確認された。
- ディーゼルの改質 (図 5-3) :
  - ◇ オリジナルの CPO 触媒をディーゼル改質用に最適化することに成功、1,000 時間の運用を達成している (おそらく 10,000 時間も可能)。
  - ◇ 硫黄分を 50 ppm 程度含むディーゼルでも、問題なく改質が可能である。
- スタートアップ性・負荷応答性・熱ショック (図 5-4) :
  - ◇ 800 度の温度差があるサイクル (1 サイクル 10 分) を 1000 サイクル繰り返した場合でも、CPO は問題なくガソリンの改質が可能であった。

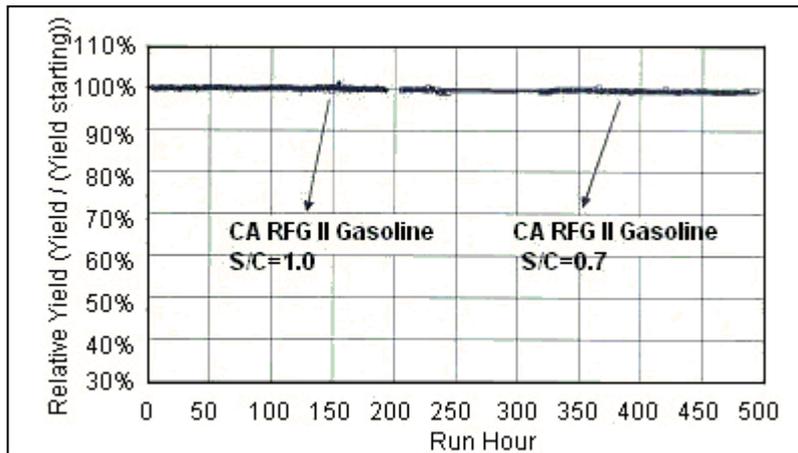


図 5-2. CPO によるナフサ・ガソリンの改質

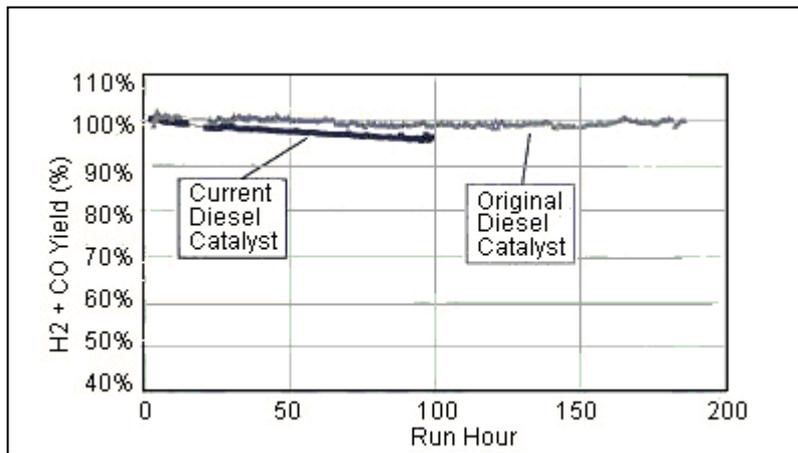


図 5-3. CPO によるディーゼルの改質

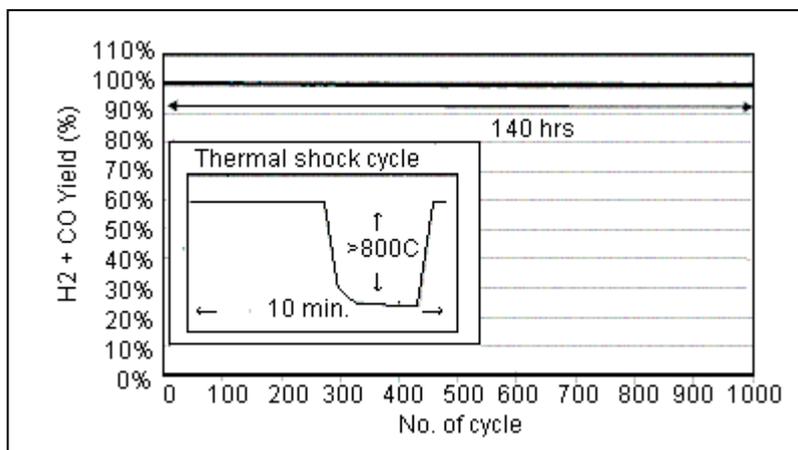


図 5-4. CPO のスタートアップ性・負荷応答性

#### (4) HYS の燃料改質技術

##### ① 車載改質システムの展開

- 2000年に試作した車載改質システムは、体積が250Lあり、またスタートアップに45分を要した。
- HYSが2001年に設立され、車載改質システムの開発に取り組んだ結果、システムを大幅に小型化することに成功した。
  - ◇ 小型化は、主にシステムインテグレーションと熱管理上の工夫による。
  - ◇ APU電源システムの小型化に成功したため、あらゆる用途への応用が可能になった（他社の改質システムでは、自由なスケールアップ、スケールダウンができないが、CPOベースの改質システムではそれが可能である）。
  - ◇ CPO改質の改質効率（LHVベース）は理論値で83%、測定値で80%を達成している。またシステム全体では75%の効率を達成しており、今後80%を目指して改良を行う。
- 現在HYSでは、CPO改質システムを推進用のほかに、APU用として開発することを考えている。
  - ◇ 推進用の車載改質システムは、技術的にはまったく問題ないが、ビジネス面で問題がある（車載改質システムに興味を示す自動車メーカーが少ない）。よって、ビジネス的に成功が期待させる製品としてAPU用改質システムの開発に注力している（軍用、マリン用の改質システムも検討中）。
  - ◇ HYSがAPU用改質システムの実用化・商業化に成功すれば、再び車載ガソリン改質システムが注目されるようになると考えている。

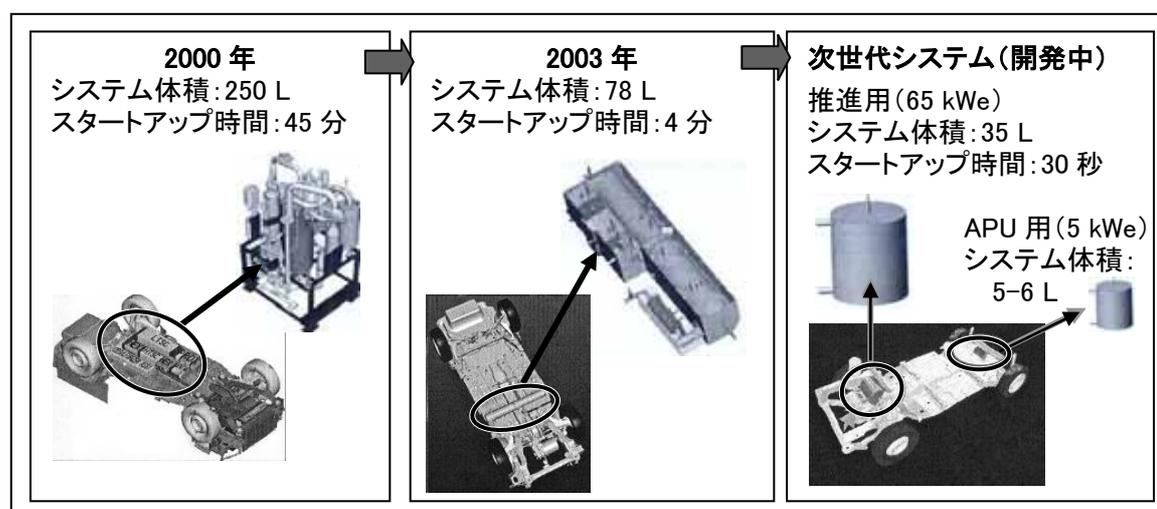


図 5-5. HYS 車載改質システムの展開

② 自動車用改質システム（推進用）

- 2003年にHYSで開発した自動車用改質システム（推進用）の概要を図5-6と図5-7に示す。

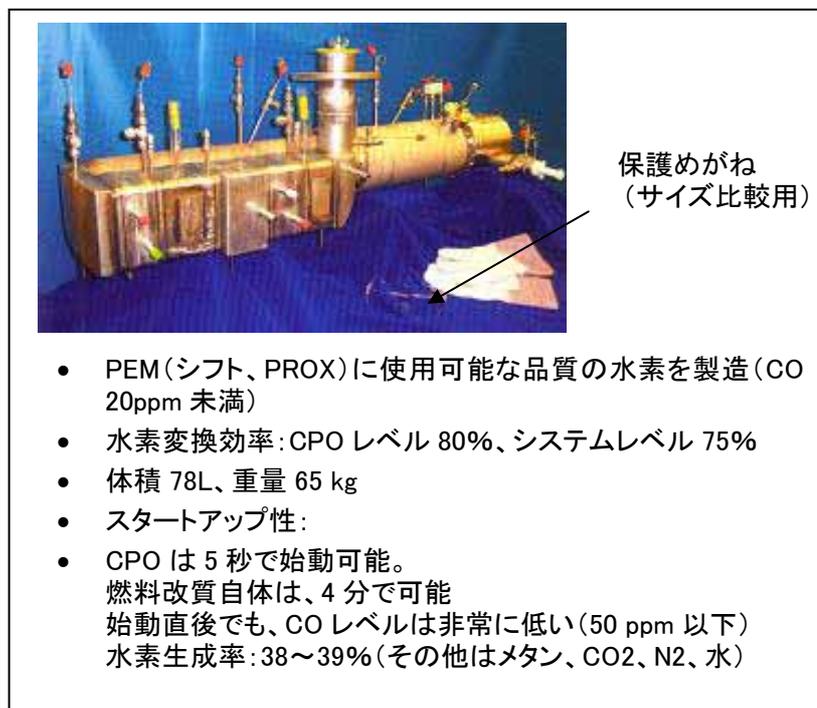


図 5-6. 自動車用改質システム（2003 年）

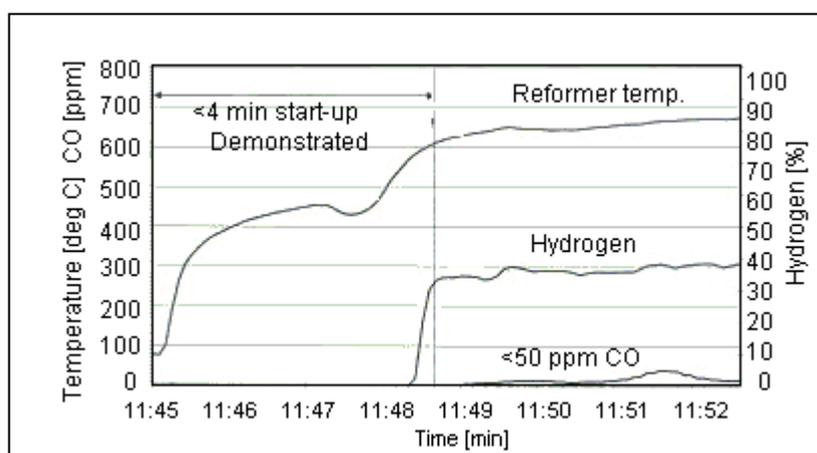


図 5-7. 自動車用改質システム（2003 年）のスタートアップ性

### ③ その他

- CPO によるメタン改質システムでは、水がない条件下でも 8000 時間の運用が可能であることを確認した。
- これまでは改質システムの開発に注力してきたが、その開発に一定のめどがあったため、今後は自動車メーカーとシステム全体の設計について話し合いを進めたい。改質技術をライセンスすることも考えている。

### (5) HYS の改質システムのビジネス展開

- HYS が考える CPO 改質システムのビジネス展開を図 5-8 に示す。
  - ◇ CPO 改質システムを核とし、APU (PEM、SOFC)、触媒再生、エンジンの水素添加などへの応用を開発する。
  - ◇ APU 用燃料改質システムは、ビジネスモデルとして非常に有望である (エンジンを稼動していないときでもエアコンを使用可能)。

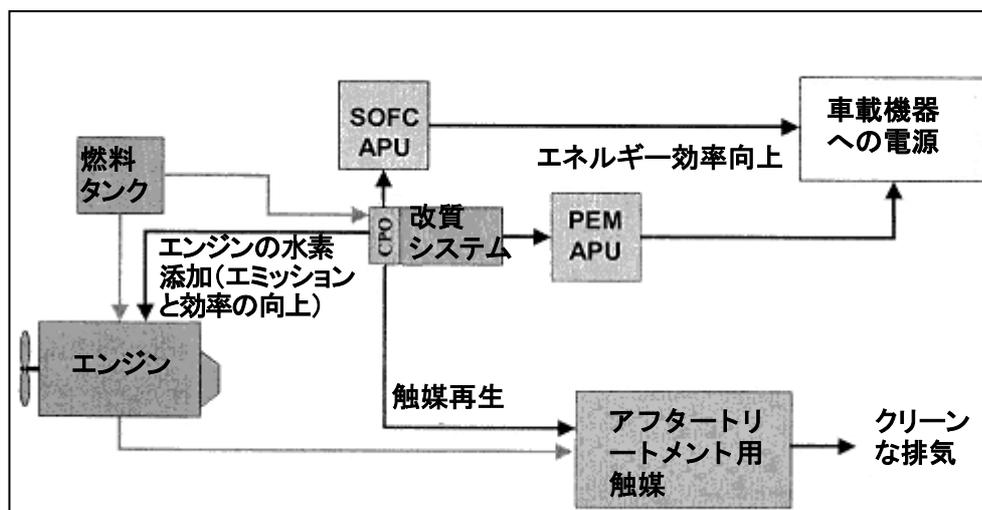


図 5-8. HYS が考える改質システムのビジネス展開

## 6. ExxonMobil

訪問先	ExxonMobil 住所：1545 Route 22 East, Annandale, New Jersey, USA
訪問日時	2004年1月22日（水）15：30～18：00
対応者	W. Buford Lewis Manager, Fuels Development and Policy Planning ExxonMobil Refinery & Supply Company E.B. Priestley Manager, Corporate Strategic Research ExxonMobil Research and Engineering Company John T. Farrell, PhD. Program Leader, Combustion Fundamentals Advanced Fuel-Engine Systems ExxonMobil Research and Engineering Company Gilbert R. Jersey Section Head, Advanced Fuel-Engine Systems Section ExxonMobil Research and Engineering Company
組織の概要	米国の石油会社。FCVでは、GM・トヨタとガソリン改質技術や改質に適した燃料について研究をしている。
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガソリン改質技術の現状と今後の見通し</li> <li>米国の水素燃料イニシアティブに対する意見</li> </ul>

### (1) ExxonMobil の概要

- ExxonMobilは、ExxonとMobilの合併によって誕生した世界最大の石油会社である<sup>38</sup>。
- 現在の本社は、旧Exxon本社であるテキサス州アービング（Irving）<sup>39</sup>である。旧Mobilの本社であったバージニア州フェアファックス（Fairfax）は、現在はExxonMobilの下流部門のマーケティングと、研究開発の総括本部となっている。
- 2003年度のグループ全体の売上高（1～12月通年）は2467億3800万ドル（1ドル＝110円換算で約27兆円）で前年比20.6%の増加、また純利益は215億1000万ドル（約2兆3千億円）で前年比87.6%の増加を示した（この純益増は、主に原油価格・天然ガス価格の高騰による）。

<sup>38</sup> 1998年に合併を発表、1999年11月30日に合併を完了した。合併前は、Exxonが世界第二位、Mobilが第四位であり、ExxonがMobilを772億ドルで買収することで合併した。

<sup>39</sup> Exxonは1990年に本社をニューヨークからアービング（ダラス郊外）に移転した。

## (2) Corporate Strategic Research(CSR)の概要

- Corporate Strategic Research (CSR) は、ExxonMobilにおける戦略的研究開発組織である。CSRにおける研究内容を表 6-1 に、また化学品・材料研究分野の研究テーマを表 6-2 に示す。
- ExxonMobilでは、米国の国立研究所 (Argonne National Laboratory、National Institute of Standards and Technologyなど) や公共研究機関 (Underwriters Laboratories<sup>40</sup>など) の研究施設も活用し、材料分野の研究を行っている。

表 6-1. CSR における研究内容

上流部門の研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 探査技術</li> <li>- 構造材料研究 (沖合油田での探査・採掘活動に使用する材料の研究)</li> <li>- 石油・ガス生産技術</li> </ul>
下流部門の研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 製油技術 (触媒など) <sup>41</sup></li> <li>- 潤滑油</li> <li>- 石油製品研究 (低硫黄ガソリン等の高付加価値製品の開発)</li> <li>- 次世代自動車用燃料研究 (自動車メーカーとの共同研究)</li> </ul>

表 6-2. CSR における化学品・材料研究分野の研究テーマ

化学品の研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ブチル系ゴム</li> <li>- ポリフォレフィン (特に重合度の低いポリマーなど)</li> <li>- 新規化学製品</li> </ul>
材料研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 新規触媒開発 (製油用・化学品製造用触媒の開発)</li> <li>- 新規材料開発</li> <li>- 材料分析 (同定、光学分光分析、ビームライン等)</li> </ul>

<sup>40</sup>アメリカ保険業者安全試験所 (UL)。材料・製品・システムの安全性を認証する非営利機関。  
<<http://www.ul.com/>>参照。

<sup>41</sup> ExxonMobilでは、全世界に 44 ヲ所の製油所を有している。

### (3) 次世代自動車の燃料の研究

#### ① 将来の自動車技術に対する ExxonMobil の分析

- ExxonMobil では、あらゆる次世代自動車技術について注目している。それぞれの技術には利点と課題の両方があり、市場化のポテンシャルを見極めることが重要である（表 6-3）。
  - ◇ 次世代ガソリン車・次世代ディーゼル車：
    - 排ガス低減が課題。排ガス基準が厳しくなるとともに、アフタートリートメント技術（特に触媒）が重要になってくる。
  - ◇ ハイブリッド車：
    - コスト削減が最重要課題。
    - 走行条件や運転サイクルが燃費に及ぼす影響を理解することも重要。
    - ExxonMobil ではハイブリッド車の駆動系（モーター）の研究は行っていないが、ハイブリッド車の燃費向上のためには燃料と駆動系の最適なマッチングを考える必要があると考えている。
  - ◇ FCV：
    - コスト削減、Well-to-Wheel 効率の改善などを進めるとともに、燃料源の正しい選択を考える必要がある。
    - ExxonMobil は特に、Well-to-Wheel 効率に配慮した FCV 燃料の研究に関して強みがある。
- ExxonMobil は、燃料デザインや燃焼に関する基礎的な研究を通じて、次世代自動車の燃費向上・エミッション改善に貢献したいと考えている。そのために自動車メーカーとパートナーを組み、次世代自動車技術全般について研究を行い、将来の自動車技術の方向を見極めたいと考えている。

表 6-3. 次世代自動車技術の課題

次世代自動車技術	課題
次世代ガソリン車	- 燃費向上に限界 - 排ガス
次世代ディーゼル車	- 排ガス
ハイブリッド	- コスト
FCV	- コスト - 燃料源の選択（短期的、長期的） - Well-to-Wheel 効率

② ExxonMobil の次世代自動車技術開発の取り組み

- ExxonMobil では燃料技術、エンジン技術、アフタートリートメント技術の3つを組み合わせ、消費者・環境・産業界の3者にとって最適な自動車技術を見極めたいと考えている。そのためには、自動車会社とのパートナーシップが必要である（図 6-1）。
- 次世代自動車用燃料に関しては、主に3つ分野の研究（内燃エンジン、アフタートリートメント用触媒、FCV 用水素燃料製造）を行っている（図 6-2）。

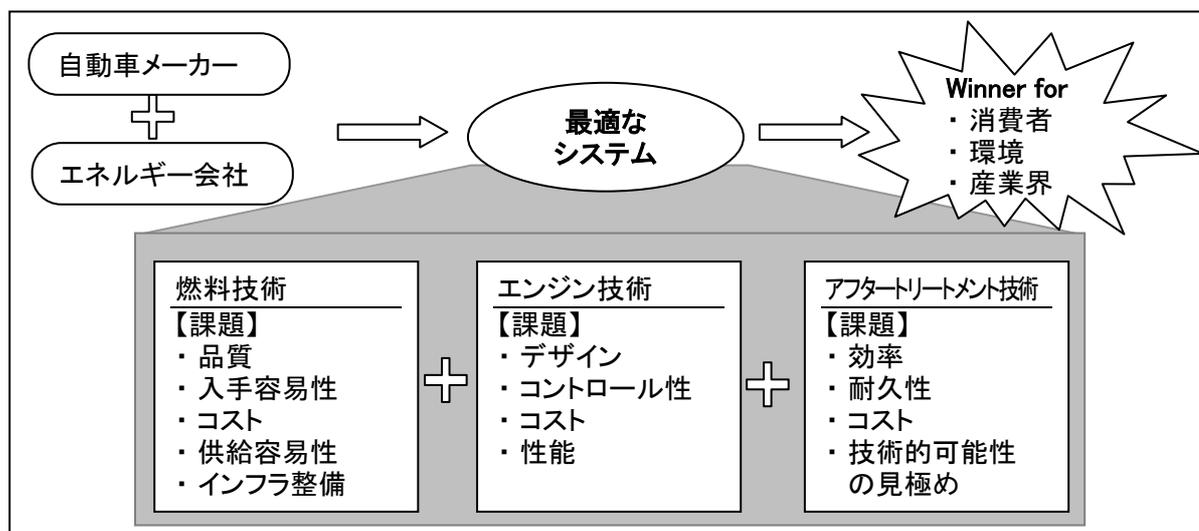


図 6-1. 次世代自動車技術の開発のためのパートナーシップのあり方

図 6-2. ExxonMobil における次世代自動車用燃料の研究

内燃エンジンの研究	ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、HCCI <sup>42</sup> 、ハイブリッド
アフタートリートメント用触媒の研究	DeNOx 触媒（製油技術の応用）
FCV 用水素燃料の製造に関する研究	ガソリン改質プロセッサの開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 水素製造に関して、ExxonMobil では小規模システム（自動車用）から大規模システム（製油所レベル）までのノウハウがある。</li> <li>- 基礎研究に基づいたコストダウンを研究中。</li> <li>- 自動車用だけでなく、定置用燃料電池向けの改質システム（天然ガス改質）の研究も行っている。</li> </ul>

<sup>42</sup> HCCI=Homogeneous Charge Compression Ignition（予混合圧縮着火エンジン）。

#### (4) 車載改質システム(車載改質プロセッサ)の研究

##### ① ExxonMobil の車載ガソリン改質システム開発

- ExxonMobil では、1998年に車載ガソリン改質システムの研究を開始した(図6-3)。
  - ◇ 1998年に開発した車載ガソリン改質システムはパイロットプラントレベルの大きさであったが(図6-3左)、基礎的な知見を得ることができ、小型化のために改善すべき点を明らかにすることができた。
  - ◇ 2000年12月には、車載可能なサイズの改質システムの試作に成功した(図6-3右)。
- 車載改質システムの開発における検討事項は以下のとおりである。
  - ◇ スタートアップ性の改善、エネルギー効率の改善、小型化、負荷応答性：
    - 車載改質システムは多種のコンポーネントの集合体なので、特に熱管理が重要なポイントとなる。
  - ◇ FCVへの車載デモンストレーション：
    - 自動車メーカーとのパートナーシップが重要。
- GMはExxonMobilと協議し、ガソリン改質システムの研究を中止することに決定した<sup>43</sup>。
  - ◇ GMの専門性はあくまでも自動車エンジニアリングにあり、限られている研究資源を専門外の分野(燃料改質技術)につき込むことは得策ではないと考えている。
  - ◇ GMはExxonMobilに対して、引き続き改質技術の研究を継続するように要請し、自らは主に燃料電池スタックの性能向上とコスト削減に集中することにした。



図 6-3. ExxonMobil が開発した車載ガソリン改質システム

<sup>43</sup> P.14 (General Motors) 参照。

## ② ASR (Advanced Steam Reformer)

- ExxonMobil では、ASR (Advanced Steam Reformer) と呼ばれる改質システムを研究している (図 6-4)。
  - ◇ ASR は副生される CO の量も少ない上、生じた CO は低温膜 (Low Temperature Membrane) にて分離させることで、非常に低い CO レベルの改質ガスを燃料電池に供給することができる。

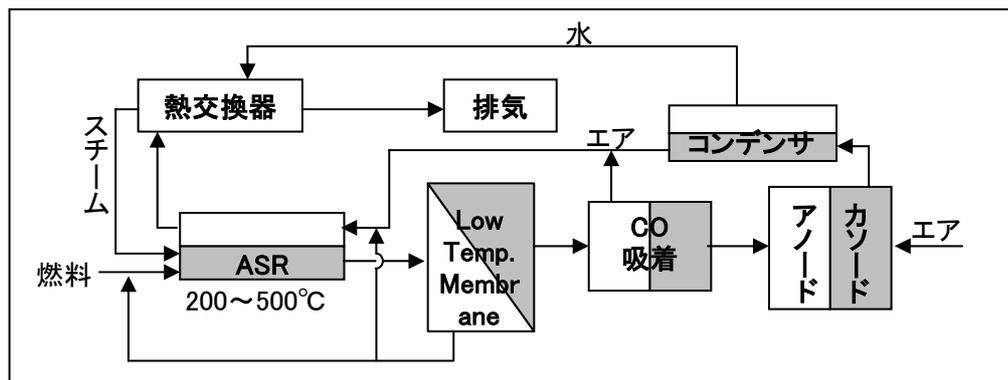


図 6-4. ASR による燃料改質システム

## (5) アフタートリートメント用触媒の研究

- ディーゼル車においては、NO<sub>x</sub> と PM の低減が主要な課題である。
  - ◇ ExxonMobil としては、低硫黄ディーゼル燃料 (10 ppm レベル) を開発することは技術的にも問題はないと考える。
  - ◇ 最終的な排ガスの浄化に与える影響は、燃料自体が 1 割程度であるのに対して、アフタートリートメントが 9 割である。よって費用対効果の点では、アフタートリートメント・システムの改良を進めるのがよいと考えている。
- ExxonMobil では製油所における経験から、優れたアフタートリートメント用触媒を開発するノウハウを有している。
  - ◇ コンピュータシミュレーションにより、反応性が高い触媒構造を研究している。
  - ◇ 現在はヘビー・デューティ車用のアフタートリートメント触媒の開発を行っている。基本的には乗用車にも応用可能 (技術的には、乗用車用よりもヘビー・デューティ車用アフタートリートメント触媒の開発の方が難しい)。
  - ◇ 2007 年のエミッション規制に適合できるアフタートリートメント・システムの開発を目指している (2004 年度の開発目標は、NO<sub>x</sub> の 50%削減で、長期的には NO<sub>x</sub> を 90%削減できるシステムを目指している)。

## (6) 燃焼の研究

- ExxonMobil では燃焼の研究のために、以下のような多面的な研究アプローチを採用している。
  - ◇ 研究軸として「実験」と「モデリング」の両方を行い、解析軸として「1D 解析」、「2D 解析」、「3D 解析」を活用している（図 6-5）。この両軸を活用することで、燃焼挙動の詳細を把握することに努めている。
  - ◇ 熱力学的な燃焼過程の研究も行っている（図 6-6）。数ミリ秒の燃焼反応においても、燃料となる炭化水素は様々な反応を繰り返していくことが分かった。

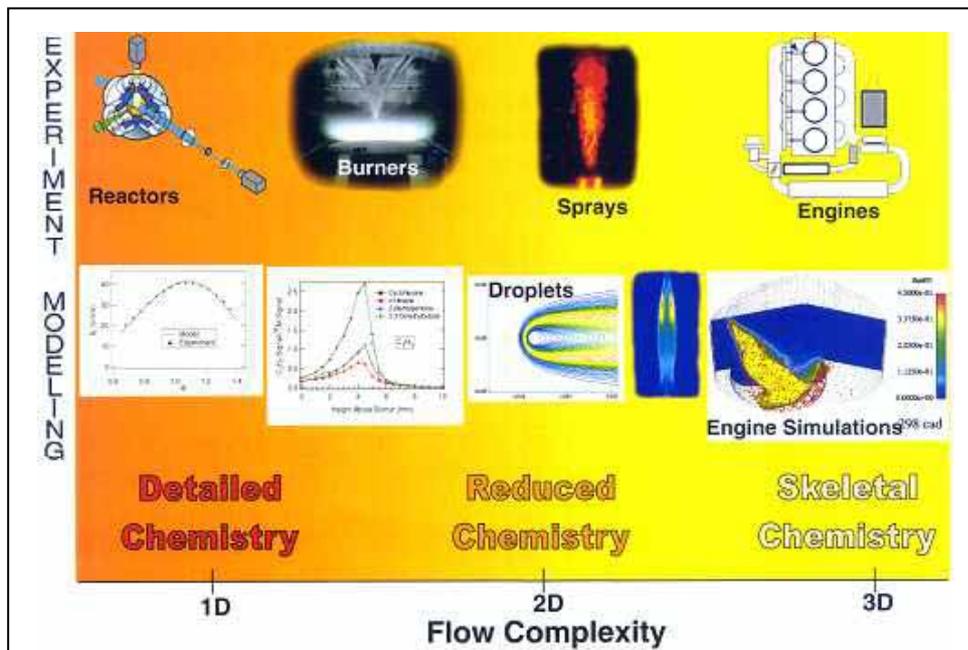


図 6-5. 燃焼研究の多面的アプローチ

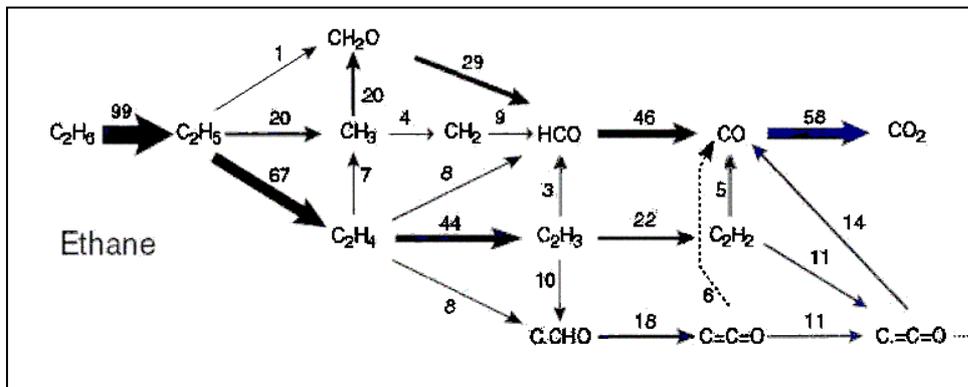


図 6-6. 熱力学的燃焼解析（例. エタン）

## (7) ディスカッション

### ① DOEによる燃料改質プログラムのGo / No-Go Decisionに関して

- 「Go」あるいは「No-Go」が具体的に何を意味しているかはよく分からないが、このような判断は国家プロジェクトの健全性を確認するために必要な、ごく標準的なプロセスである。
  - ◇ Go / No-Go Decisionにおいては、ExxonMobilも証言を行うことになっている<sup>44</sup>。
  - ◇ Go / No-Go Decisionによって、DOEの燃料改質プログラムの方向性は変わるであろう。しかしExxonMobilとしては、DOEの決定には関係なく、引き続き燃料改質の研究を行う方針である。
- 他社や国立研究所の燃料改質システムは技術の寄せ集めに過ぎないので、システムレベルでは期待される性能に達していない。ExxonMobilでは、燃料改質のより基本的な研究がもっと必要であると考えている。

### ② エタノール燃料に関して

- 米国では、エタノール（トウモロコシ由来エタノール）の普及は政治的要因が大きい。
  - ◇ 米国では農業団体の影響力が強く、トウモロコシ由来エタノールに対して補助金がつけられている。
  - ◇ エタノール添加ガソリン（10%）のエネルギー効率についてはよくわからない。ガソリンよりも良いという説と、悪いという説の両方があり、主張する人の立場によって正反対の意見がでてくる。
  - ◇ バイオマス由来エタノールが経済的に成り立つのは、バガス（サトウキビの絞りかす）を原料にしているブラジルだけであろう。

### ③ ディーゼル燃料に関して

- 米国におけるディーゼル車の普及は、消費者の受容度しだいである。
- 現状では、米国では原油からガソリンを大量に生産しており、過剰なディーゼル分を欧州に輸出している。よって米国でもディーゼル車が普及するようになると、米・欧間での石油製品需給バランスに変更が生じることになるであろう。
- ディーゼル車では、ハイブリッド化したとしても、Tier IIレベルを実現することは難しいであろう。

---

<sup>44</sup> P.41（参考：車載改質システムのGo / No-Go Decision）参照。

## (8) ラボツアー

- 平面燃焼フレームを用いた燃料燃焼の分析を行っている (図 6-7) 。
  - ◇ 減圧したチェンバー内に燃料ガスを入れ、平面燃焼プレート上で燃焼させる。燃焼とともにガスは上方に噴出されるが、その特定の高さ (燃料プレートからの距離) におけるガスを回収プローブにて回収し、その成分を分析する。
  - ◇ このような分析によって、燃焼条件と中間性生物の影響を詳細に調べることができる。特にススの原因となっている特殊な中間体 $C_6H_2$ の存在を確認することができた。

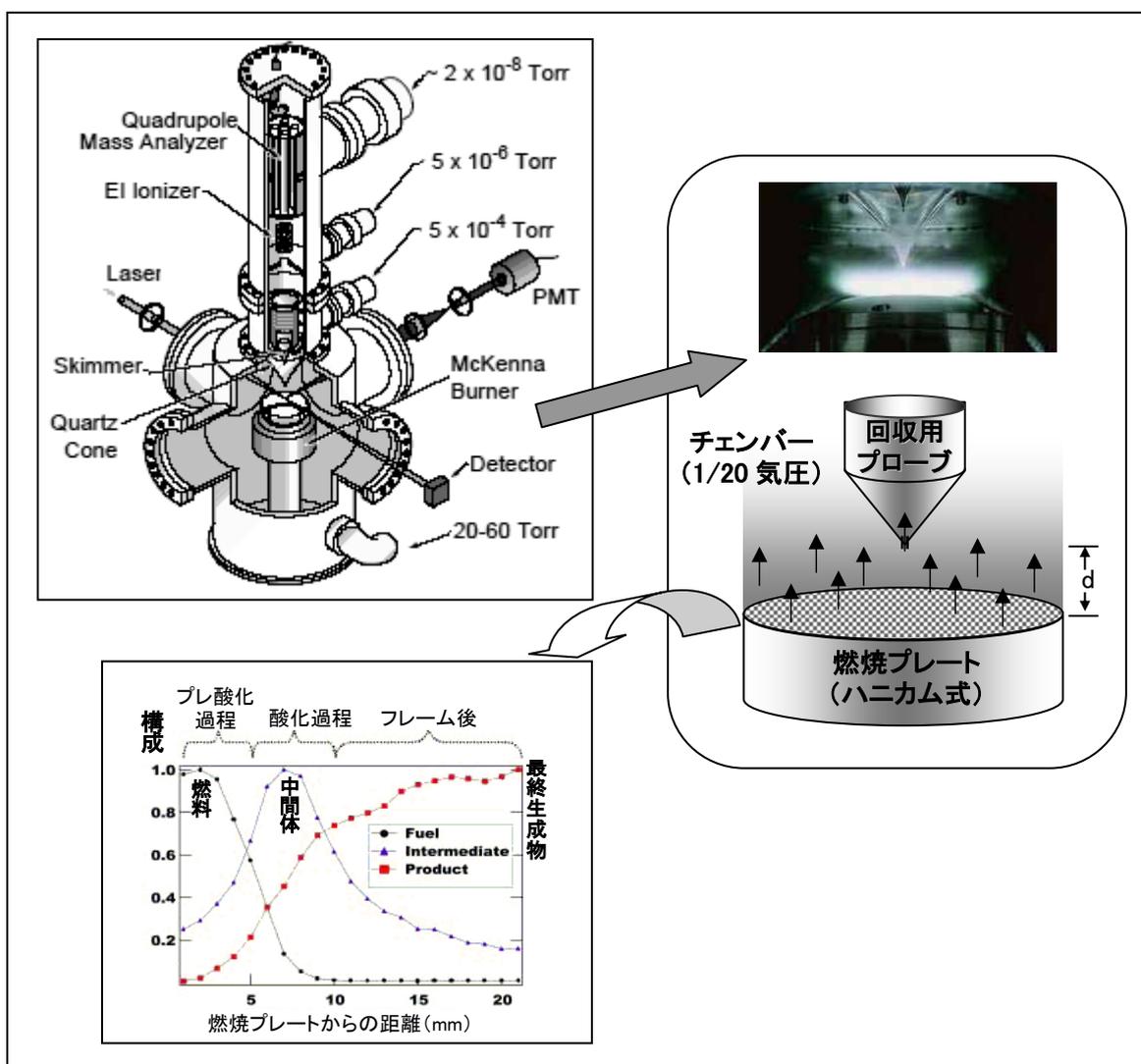


図 6-7. 平面フレーム燃焼実験

## 7. 3M

訪問先	3M 住所：3M Center, Building 201-1C-30, St Paul, Minnesota, USA
訪問日時	2004年1月23日（金）9：00～11：30
対応者	Dr. Michael M. Lynn Manager, Fuel Cell Components Program 3M Corporate Enterprise Development Dr. David Ylitalo Laboratory Manager, Fuel Cell Components Program 3M Corporate Enterprise Development Karlene McComb Business Development Manager Fuel Cell Components Program 3M Research and Development, Corporate Technology Edward M. Fischer Senior Applications Specialist Fuel Cell Components Program 3M Research and Development
組織の概要	PEMの電極材やMEAを開発している。DOEのプログラムにも参加。
調査項目	・ MEA開発の現状と将来の見通し ・ 3Mの国家プロジェクトへの参画状況

### (1) 3Mの概要

- 3Mは2002年に設立100年を迎えた。
- 海外60カ国に拠点があり、全世界に製品を販売している。
  - ◇ 2002年度の売上は170億ドル（1ドル=110円換算で約1兆9000億円）で、うち半分以上が海外での売上である。
  - ◇ 3Mのコアビジネスはコーティング製品、研磨剤、接着剤であるが、新規分野として、医薬品、ディスプレイ部品、燃料電池（電極材やMEA）に力を入れている。

- 3M では、燃料電池をコーポレートの新規事業として位置づけている。
  - ◇ 3M では 1995 年に燃料電池の電極触媒（ナノストラクチャ）の研究を開始した。1999 年にビジネス化の決定を行った。
  - ◇ 現在では、燃料電池は「3M コーポレーションの将来の重要な新規事業の一つ」として位置づけられている。約 100 名が燃料電池製品の開発（MEA 開発）に従事している。
  - ◇ これまで 3M は、様々な産業分野に多角化を展開してきたが、エネルギー分野には進出してこなかった。燃料電池を核に、エネルギー分野（分散電源、再生可能エネルギーなど）への展開を図りたいと考えている。
- 3M では、過去 4 年以内に実用化した新製品からの売上がコーポレート全体の売上の 35%以上になるようにしている。
  - ◇ 燃料電池製品でも、5 年後には利益を上げられるような製品分に育つようにしたい。
  - ◇ 特に自動車用燃料電池製品の展開がかぎとなる。
- 3M の主要製品ブランドを図 7-1 に示す。燃料電池関連のブランドとしては、以下の二つがある。
  - ◇ Dyneon：フッ素系ポリマー・イオノマー製品
  - ◇ Nexcare：特殊フィルター製品



図 7-1. 3M の主要製品ブランド

## (2) 燃料電池市場に対する見方

- 燃料電池は世界中で研究開発が進んでおり、表 7-1 に示す 3 つの分野での応用が研究されている。
  - ◇ 3M では特に、定置用・分散電源用燃料電池と自動車用燃料電池の研究を行っている。
  - ◇ 研究資源が限られているため、3M はポータブル用燃料電池 (DMFC) の研究は行っていない。
- 燃料電池開発における 3M の強みは、システムインテグレーション能力 (製造、コストダウン、量産技術、耐久性の確保) にある。
  - ◇ 3M が有するナノテクノロジー、コーティング技術、製造ノウハウなどを活用して、燃料電池製品の開発を行っている (図 7-2) 。

表 7-1. 燃料電池の市場・応用分野

応用分野	用途
定置用・分散電源用 燃料電池	バックアップ電源、家庭用電源、 小規模店舗用
自動車用燃料電池	推進力用、APU 用
ポータブル用燃料電池	電池の代替

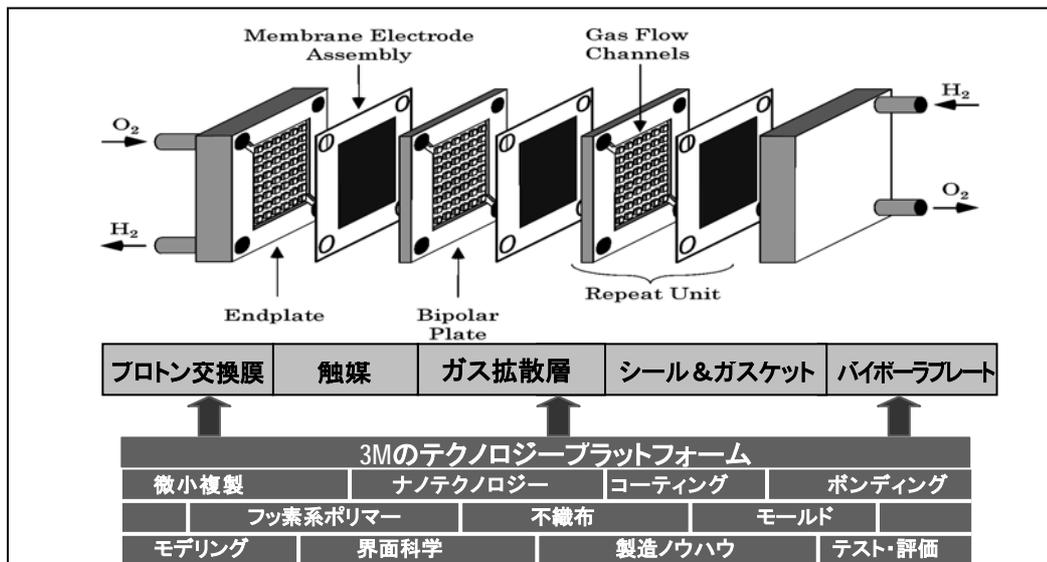


図 7-2. 燃料電池開発における 3M のテクノロジープラットフォーム

### (3) 3M の MEA 技術

#### ① 燃料電池関連の研究開発体制

- 3M では、現在約 100 人が燃料電池関連の研究開発に従事している（表 7-2）。うち 70 人が専属で MEA の開発を行っている。
  - ◇ プロトン交換膜と触媒は自社で開発している。カーボンペーパーは市販のものを使用している（将来は自社で開発することを検討中）。
- 3M では 5 層 MEA の開発を皮切りに、現在では 7 層 MEA の開発を行っている（図 7-3）。
  - ◇ 従来 5 層 MEA を開発・販売していたが、ハンドリング面で問題があったため、現在はガスケット（カーボンマイクロストラクチャ）を付加した 7 層 MEA を開発、販売を行っている。
  - ◇ 現在 3M ではバイポーラプレートまでを統合し、ユニット化した 9 層 MEA（Unitized Cell Assembly : UCA）の開発を行っている。
- ウィスコンシン州メノモニー（Menomonee）に、MEA 生産工場を建設した（図 7-4）。同一生産ラインで 5 層 MEA と 7 層 MEA を生産することができる。

表 7-2. 燃料電池製品の研究開発体制

燃料電池部門（MEA 開発）	3M の活用資産（レベレッジ）
開発人員 70 人（フルタイム） <ul style="list-style-type: none"> <li>- 触媒開発</li> <li>- プロトン交換膜開発</li> <li>- DCC<sup>45</sup>・ガス拡散層開発</li> <li>- シール・ガスケット開発</li> <li>- スタックの理解、デザイン</li> <li>- MEA のデザイン・生産</li> <li>- 製造プロセス開発</li> <li>- 耐久性テスト</li> <li>- アプリケーション・エンジニアリング</li> </ul>	<u>テクニカルセンター</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- フッ素系ポリマー素材</li> <li>- 接着剤</li> <li>- 微小加工（micro-replication）</li> <li>- 多孔質素材・膜</li> </ul> <u>プロセス開発</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 粒状加工・分散技術</li> <li>- 精密コーティング</li> <li>- 表面加工</li> <li>- 分析技術・品質管理</li> <li>- 自動生産技術</li> <li>- ソフトウェア開発</li> </ul> <u>マネジメント</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 管理、法・パテント戦略</li> </ul>

<sup>45</sup> Diffuser Current Collector（ガス拡散層にほぼ同じ）。

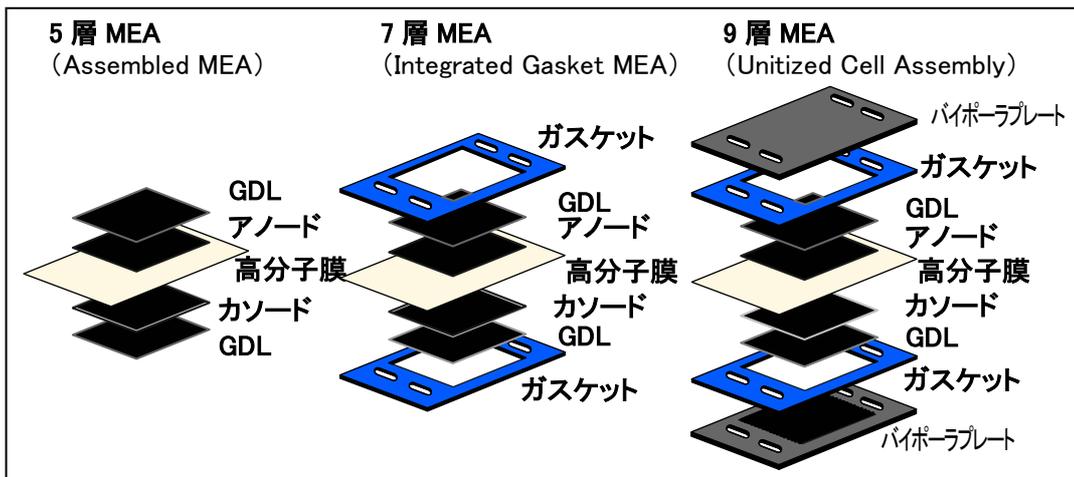


図 7-3. 3M の MEA 製品



図 7-4. 3M の MEA 生産工場 (ウィスコンシン州)

## ② 3M の MEA の性能

- 3M で開発した第一世代 MEA (Gen I MEA) は、高い耐久性を示している。
  - ◇ 単セルでのテストでは、電圧低下はわずか  $2\mu\text{V}/\text{時}$  であった (図 7-5)。
  - ◇ ショートスタック (10 セル) に組み上げ、改質ガスを通した場合でも、劣化 (電圧低下) は  $5\mu\text{V}/\text{時}$  程度であった (図 7-6)。

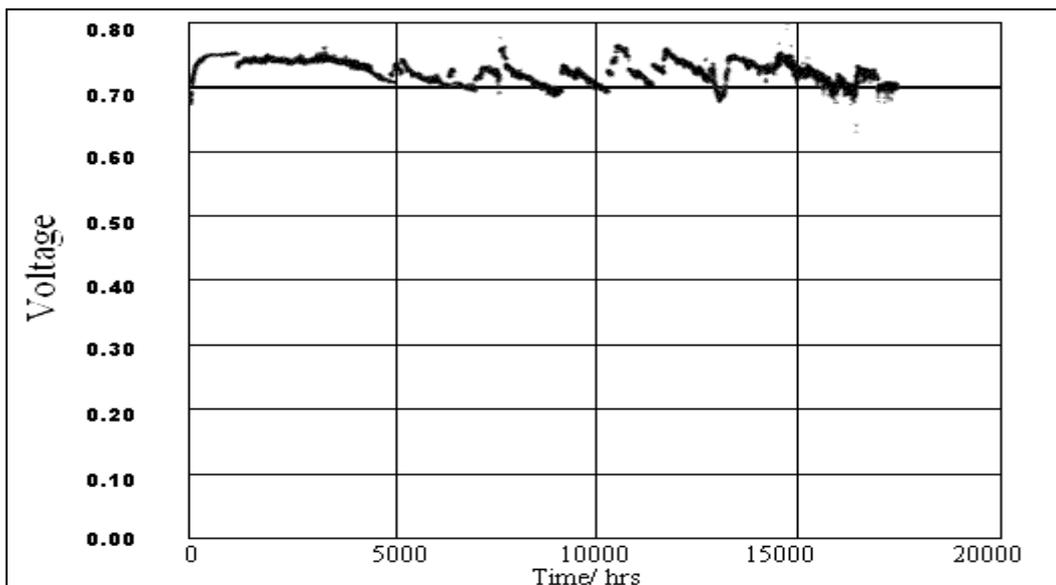


図 7-5. 第一世代 MEA の耐久性 (単セル : 17,000 時間)

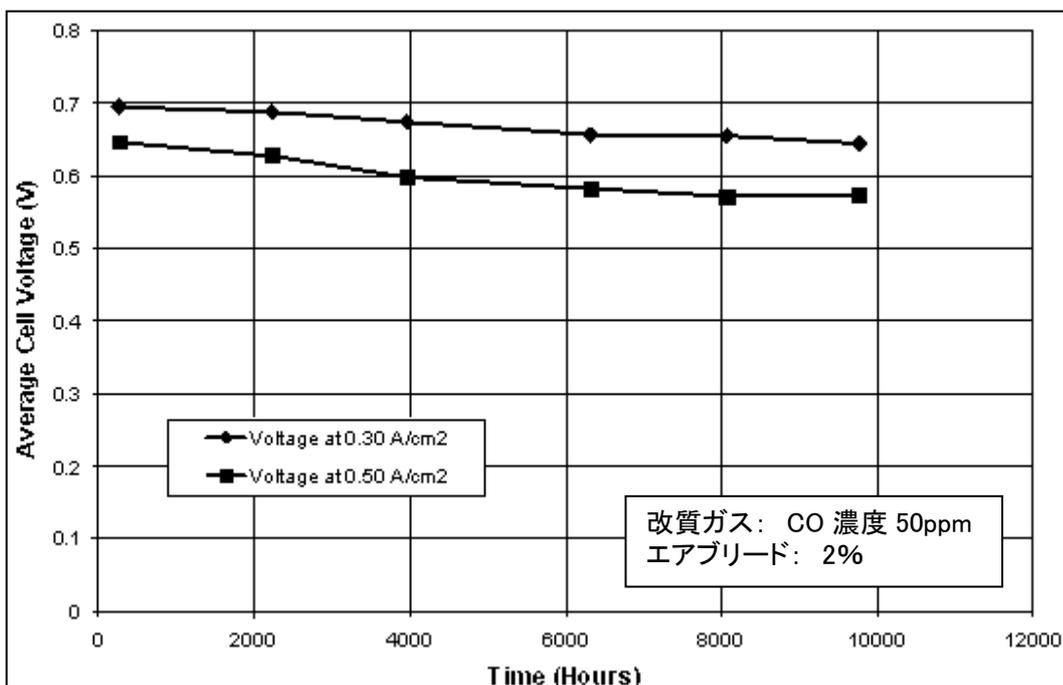


図 7-6. 第一世代 MEA ショートスタックの耐久性

#### (4) MEA 開発プロジェクト

##### ① MEA 開発のロードマップ

- 3M が考える、MEA 開発のロードマップを表 7-3 に示す。これらの目標を達成するために、3M では様々なプログラムを実施している。

表 7-3. MEA 開発のロードマップ

	現状	2005～2006 年	2008～2009 年
プロトン交換膜	- 3M製PFSA <sup>46</sup>	- 酸化耐性の向上 - 低い湿度下でのイオン伝導度の向上	- PFSA 類似の新材料(低湿度下・高温下での高い性能) - 耐久性 5000 時間 (100～120℃)
電極	- 白金を塗布したカーボン担体	- 担体の安定性向上 - 高電流密度化 - 低湿度下での性能向上	- 触媒担持量の低減(ナノテクを使用)
GDL	- カーボンペーパー	- ロール式	- 新しい材料
温度目標	80℃	90～100℃	110～120℃

表 7-4. 3M の MEA 開発プログラム

コンポーネント	目標	プログラムの現状
3M 膜 (Dyneon)	- 温度性能・耐久性の向上 - 自社開発	2003 年末に、試作品完成
高温膜	- 90～120℃ (低加湿度下) - 120℃以上 (湿度なし)	DOE 3 プログラム実施中 (~2006)
白金担持量低減	- ナノストラクチャの担体 - カソード担持量: <0.1 mg/cm <sup>2</sup> - 合金製触媒	DOE 3 プログラム実施中 (~2005)
耐久性の向上	- 40,000 時間 (60～70℃) - 加速試験モデル開発 - スタックと MEA のインタラクションの解明	DOE 4 プログラム実施中 (2003 年 9 月～)
非白金族触媒	- 非白金族触媒の開発	DOE 5 プログラム実施中 (2003 年 9 月～)
セル製造 (Unitized Cell Assembly)、スタック製造	- セルデザインのスタンダード化 - 低コスト化 - システムの付加価値の向上	DFSSプロジェクト実施中 <sup>47</sup> (2003 年 8 月～)

<sup>46</sup> PFSA = Perfluorosulfonic acid。

<sup>47</sup> DFSS = Design for Six Sigma。

② 3M=DOE プログラム

- DOEとの共同研究は、これまでに2つが終了<sup>48</sup>、現在3つのプログラムが行われている。3M=DOEプログラムのうち、DOE 3プログラムとDOE 4プログラムの内容を表 7-5 に示す。

表 7-5. DOE 3 プログラムと DOE 4 プログラム

<p><b>DOE 3 プログラム</b></p> <p>3M/DOE Cooperative Agreement No. DE-FC04-02AL67621</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 目的：高温・低湿度条件で作動する、高性能・高耐久性・低コスト・低白金担持量の MEA の開発</li> <li>・ アプローチ：             <ul style="list-style-type: none"> <li>(i) 使用温度範囲 85～120℃の MEA                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- PFSA ベースのイオノマー</li> <li>- 低コスト材料の使用</li> </ul> </li> <li>(ii) 使用温度範囲 120～150℃の MEA                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 水がない条件でのプロトン伝導度の確保</li> <li>- 低コスト材料の使用</li> <li>- 量産プロセスの開発</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<p><b>DOE4 プログラム</b></p> <p>MEA and Stack Durability for PEM Fuel Cells (DOE Solicitation DE-SC02-03CH11137)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 目的：市場が求める耐久性とコストを実現する、高耐久性 MEA の開発 目標耐久時間：40,000 時間（60～70℃）</li> <li>・ アプローチ：             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3M が有する PFSA・イオノマー技術を利用</li> <li>- 加速テストモデルを開発</li> <li>- 故障モード影響解析</li> <li>- スタックと MEA のインタラクションの解明</li> </ul> </li> <li>・ プログラム期間：3年</li> <li>・ パートナー：Plug Power、Case Western Reserve University</li> <li>・ プログラム予算：1027 万ドル</li> </ul>

<sup>48</sup> DOE1 プログラム（1997年11月～1999年12月）：MEA開発、触媒担持技術の開発。  
DOE2 プログラム（1999年3月～2002年6月）：セルコンポーネントの組立（高性能マッチングPEM）、パイロット生産（量産化対応可能）、触媒担持技術の開発。

③ 3M で開発中のプロトン交換膜の性能（高温 PEM 用プロトン交換膜）

- 3M が独自開発したモノマーで作成したプロトン交換膜は、DuPont のナフィオン膜よりも高温で安定であり、高い耐久性が証明された（図 7-7）。
- 現在 3M ではプロトン交換膜に改良を加え、高温でも劣化しない膜の開発に成功した。新規開発した膜では、高温（～400℃）でも膜成分（フッ素イオン）の放出が少なくなっている（図 7-8）。

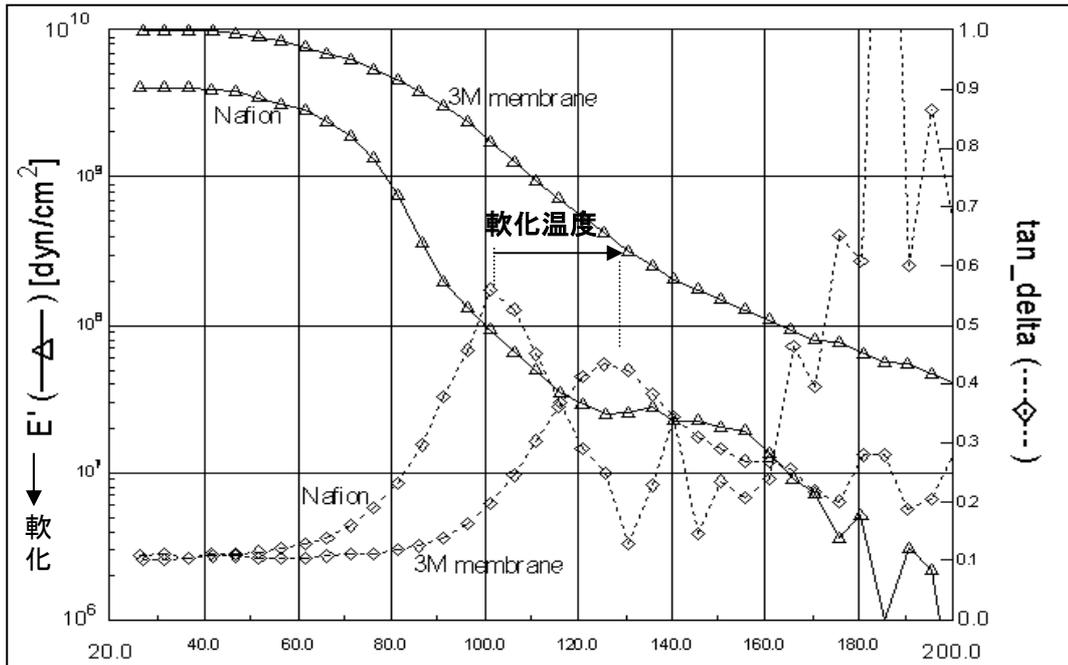


図 7-7. 3M 製プロトン交換膜とナフィオン膜の比較（温度による膜の軟化度）

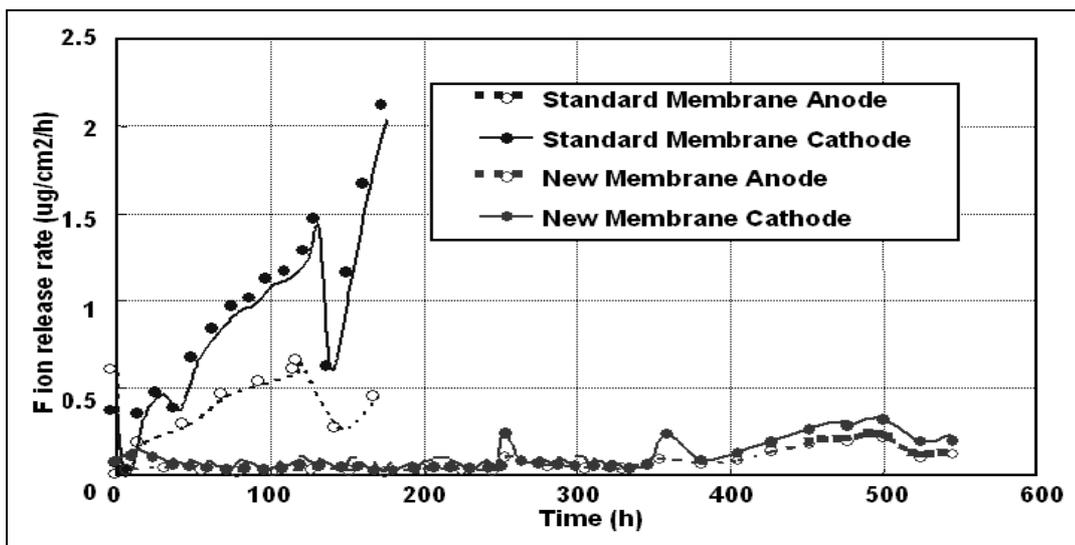


図 7-8. 高温用プロトン交換膜の開発

④ 3M で開発中の触媒担体（高温 PEM 用担体）

- 3M では、高温に耐える触媒担体の開発も行っている。
  - ◇ 一般に高温（例. 150°C）では、カーボン担体への白金担持量が増えるに従い、担体のカーボンが減少してしまいう（図 7-9）。
  - ◇ 現在 3M では、高温でも安定なカーボン担体の開発を行っている（図 7-10）。

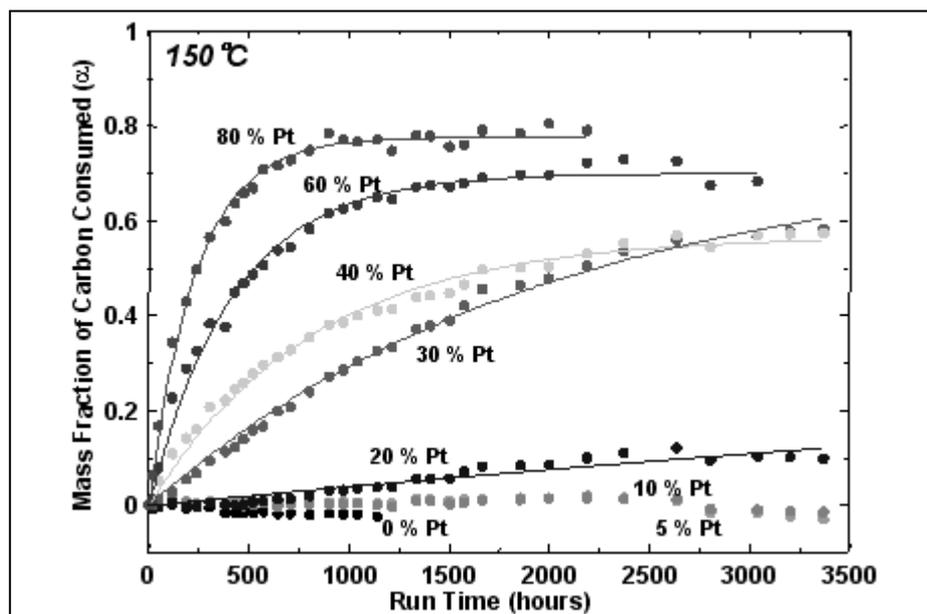


図 7-9. 白金担持量とカーボン担体からのカーボン減少量の関係

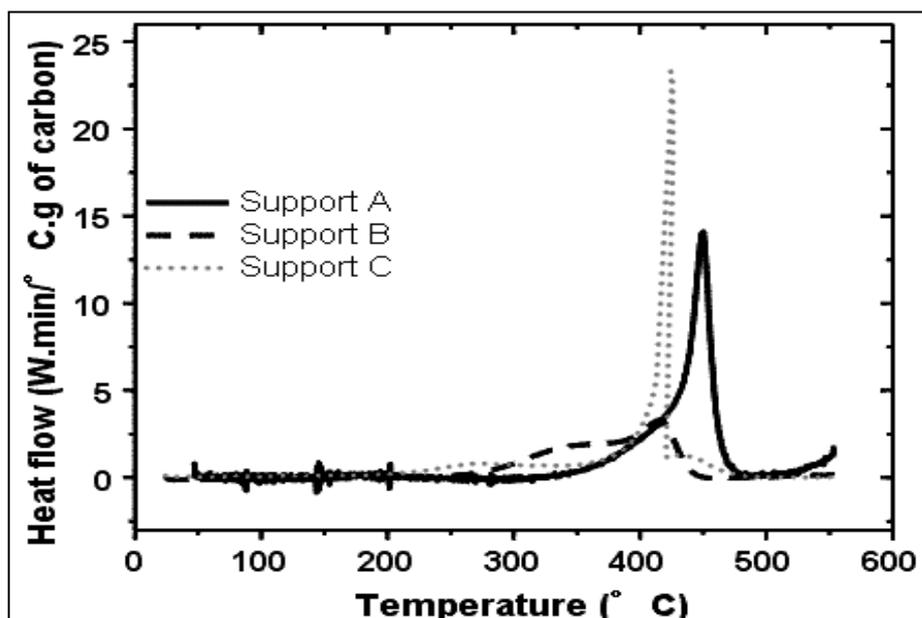


図 7-10. カーボン担体の改良（材料の詳細は不明）

- 白金担持量を減らすために、ウイスカ状（ヒゲ状）担体の形成技術を開発した。
  - ◇ 有機ピグメント（顔料）を母材としたウイスカに白金を蒸着させることで、非常に高い表面積を達成した（図 7-11）。
  - ◇ ウイスカにおける白金の割合は 90%であるが、さらに白金担持量を減らすために合金を使用したウイスカ母材を形成する技術を開発中である。
- 3M で開発したカーボン担体は、市販のカーボン担体と比較して高温（170°C）でも重量減少が少なく、耐久性に優れている（図 7-12）。

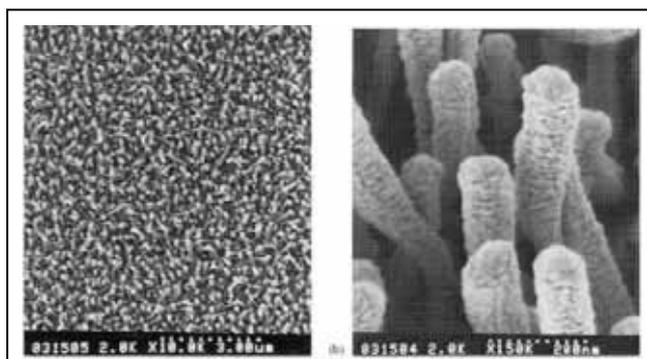


図 7-11. ウイスカ状触媒担体

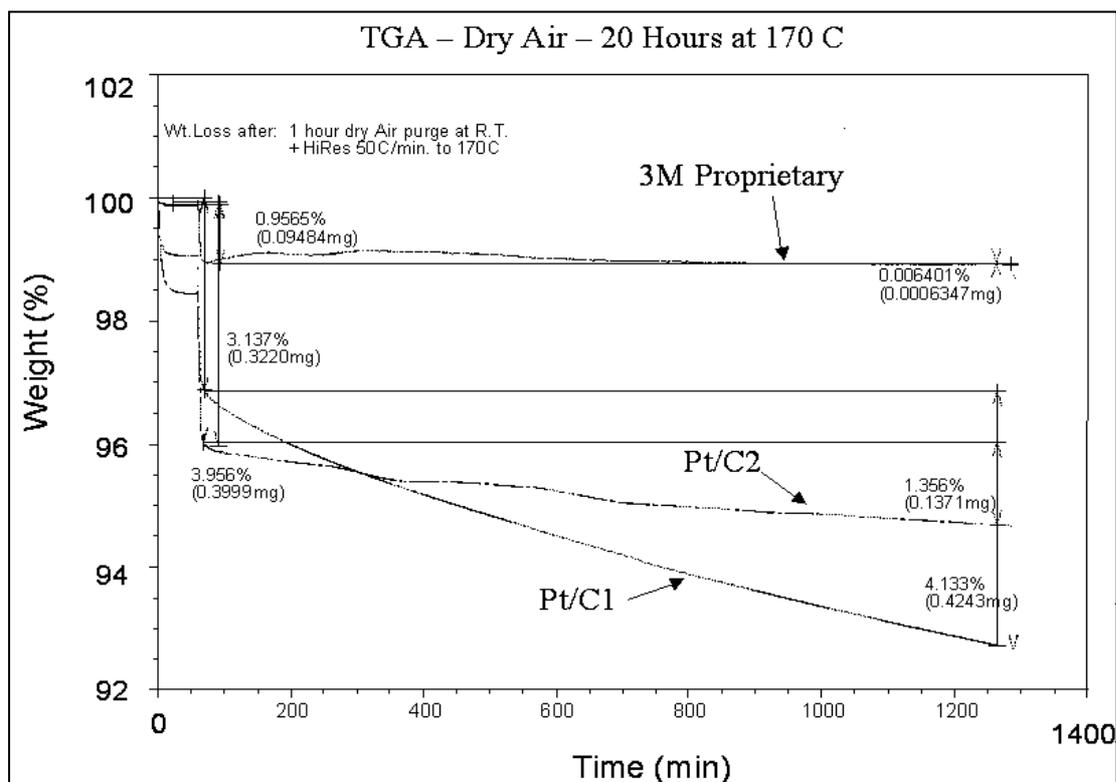


図 7-12. 3M 製カーボン担体の高温における安定性

- 3M ではプロトン交換膜と触媒担体を改良し、さらにインテグレーションを工夫することによって、MEA の性能を大幅に向上させた (図 7-13)。
- 3M ではプロトン交換膜に添加するイオノマー・溶液を調整し、高温 (120°C、湿度 0%) でも高いプロトン伝導度を有するプロトン交換膜の開発に成功した (図 7-14)。

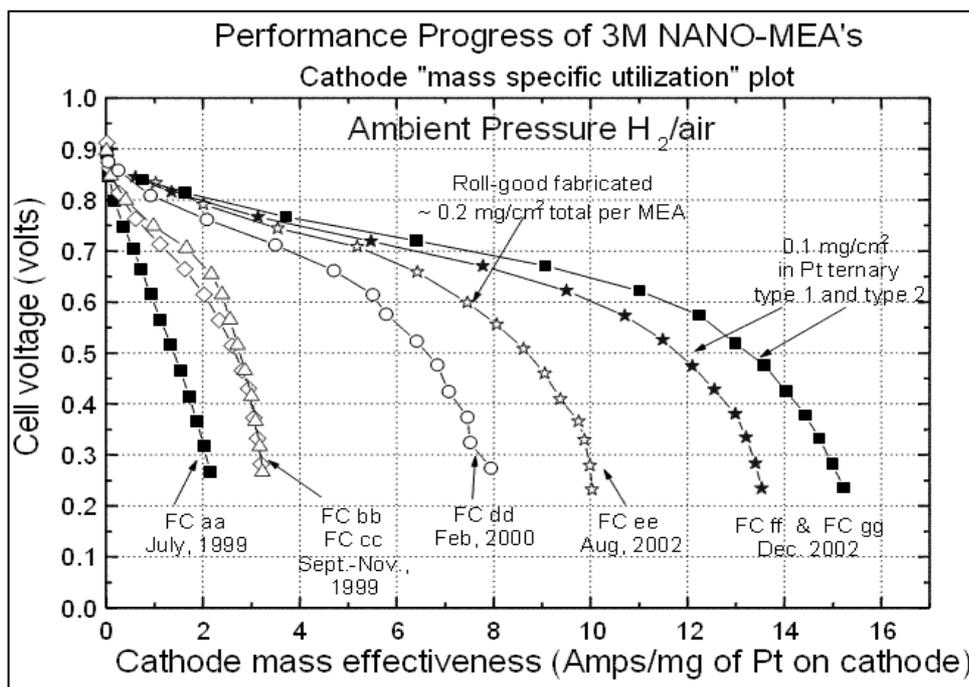


図 7-13. 3M 製 MEA の性能向上 (カソード上の白金利用率：電流換算)

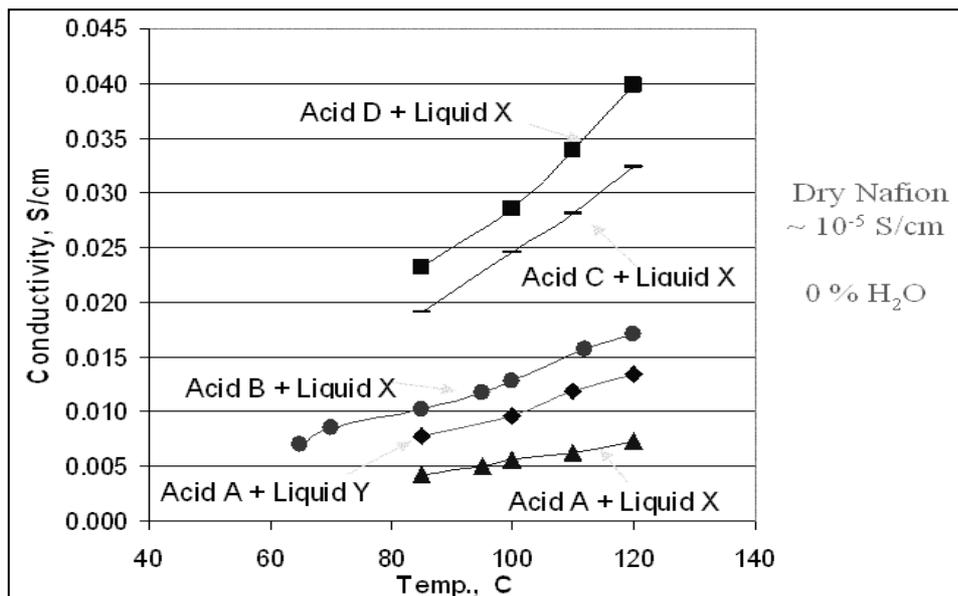


図 7-14. 開発中の高温用プロトン交換膜 (湿度 0%)

## (5) ディスカッション

### ① MEA に関して

- 3M は MEA を主要製品と位置づけており、燃料電池スタックの開発は行わない方針である。
  - ◇ スタックの開発には燃料電池システム全体の視点が必要であり、3M 単独では開発できない。パートナーが必要である。
  - ◇ 3M は 5 層MEA、7 層MEAの開発を通じて、燃料電池システムのコンポーネント<sup>49</sup>を提供できればよいと考えている。
- 3M のユニット化 MEA (Unitized Cell Assembly : UCA) の特徴：
  - ◇ UCA の利点は、インテグレーションに優れ、大規模生産が可能なことである。
  - ◇ 顧客に合わせて MEA をデザインすることは、コストアップにつながり、また生産効率も低下する。よって業界のためには、標準化された MEA が必要であると考える。
  - ◇ 2004 年段階では、まだセルデザインの標準化は難しい。将来(2008 年～2015 年)においてはセルデザインの標準は必須である。そのため 3M では、様々な顧客や標準化組織と話し合いを進めている。
  - ◇ 3M は SAE のメンバーではあるが、燃料電池に関する標準化委員会には入っていない。標準化の動きへの対応については、今後検討していきたい。

### ② その他

- 3M では企業の社会的責任の一環として、燃料電池コンポーネントのリサイクルを重要と考えており、そのための研究を始めた。
  - ◇ 3M では、白金とイオノマーのリサイクルは技術的に問題ないと考えている。しかし、DOE が研究しているという MEA のリサイクルの可能性<sup>50</sup>に関してはよくわからない。
  - ◇ 研究室レベルでは、リサイクル技術は確立できている。しかし、経済性を確立するためには、ある程度のボリュームが必要である。
  - ◇ 現在 3M では、リサイクル技術を追及するよりも、MEA などの燃料電池コンポーネントの開発を優先している。

---

<sup>49</sup> 3M の表現では「レンガ」あるいは「積木ブロック」である。

<sup>50</sup> P.37 (米国エネルギー省) 参照。

- 家庭用燃料電池の2万時間運用時間達成見込みに関して<sup>51</sup>：
  - ◇ ラボレベルでの安定した条件下では、現状でも2万時間の運用達成は可能と思われる。しかし実際の運用においては、様々な要因が加わるため、2万時間の達成は容易ではないであろう。
  - ◇ 実際の野外での運用に関しては、**Plug Power** がかなりの経験をつんでいると聞く（これまでに100台程度の燃料電池を屋外で運用している）。
- 3Mはコールドスタートの研究も行っている。現在はまだセルレベルでの研究であるが、顧客の要望もあるので、今後スタックレベルでの研究を行う予定である。
- 3Mで開発しているプロトン交換膜の標準的な膜厚は28 $\mu$ mである。

---

<sup>51</sup> 2004年1月14日付日刊工業新聞参照。

## 8. DaimlerChrysler

訪問先	DaimlerChrysler 住所：Mercedes Technology Center (MTC), 71063 Sindelfingen, Germany
訪問日時	2004年1月26日（月）8：30～10：30
対応者	Dr. Andreas Truckenbrodt Director, Fuel Cell & Alternative Powertrain Vehicles Dr. Erwin Wüchner Senior Manager, Fuel Cell and Energy Storage Dr. Klaus Bonhoff Manager, Fuel Cell & Alternative Powertrain Vehicles Strategy & Market Development Christian C. Klein Fuel Cell and Alternative Powertrain Vehicles Product Management & Market Development
組織の概要	Necar や Nebus などの FCV を開発している。カリフォルニア燃料電池パートナーシップ（CaFCP）や水素・燃料電池実証プロジェクト（JHFC、日本）、CUTE プロジェクト（欧州）にも参画している。
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ DC の米国・欧州のプロジェクトに関する参画状況</li> <li>・ FCV（乗用車）に対する意見</li> <li>・ 燃料電池システム（改質システム、水素貯蔵方法）に対する意見</li> </ul>

### (1) DaimlerChrysler の概要

- DaimlerChrysler は、自動車販売台数において世界第 5 位、売上高では世界第 3 位の自動車メーカーグループである。
  - ◇ 2003 年度の売上（1～12 月通年）は 1855 億 2400 万ドル（1 ユーロ＝140 円換算で 26 兆円）で前年比 7% の減少となり、また純利益は 4 億ユーロ（560 億円）で、前年度の 47 億ユーロから大幅に減少した（主に、営業利益の減少による）。
  - ◇ 2003 年度の自動車総販売台数は 382 万台である。

## (2) DaimlerChrysler の FCV 戦略

### ① FCV 導入シナリオ

- DaimlerChrysler が考えるには、パワートレインの開発（内燃機関→ハイブリッド→燃料電池）と燃料の開発（化石燃料→クリーン燃料→ブレンド燃料→再生可能燃料）は、シンクロさせて行うことが重要である（図 8-1）。
- DaimlerChrysler の想定する FCV 導入シナリオを図 8-2 に示す。FCV 市場の拡大および商業化は、2010 年以降であると考えられる。

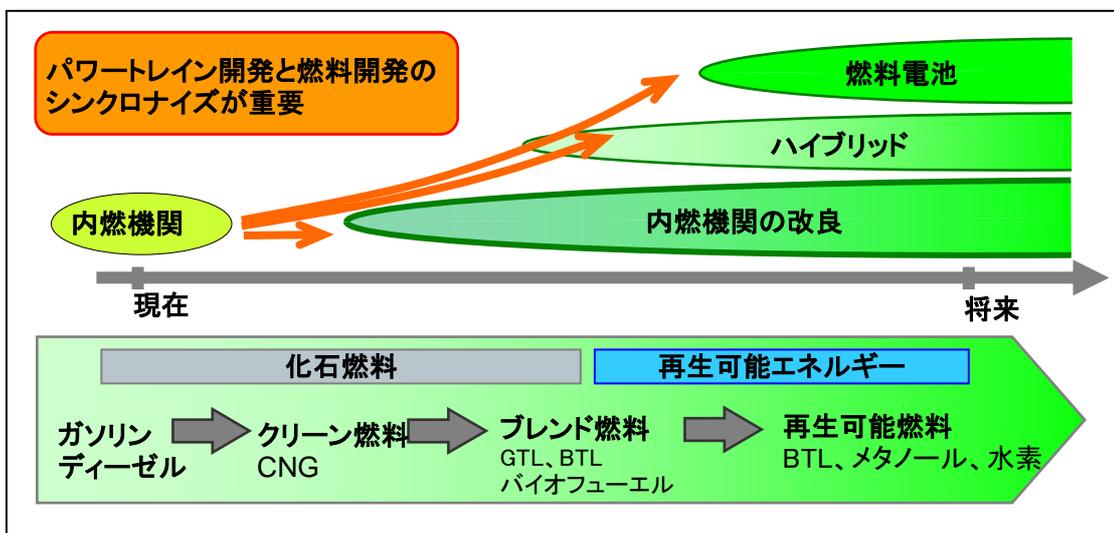


図 8-1. パワートレイン開発と燃料開発の展開

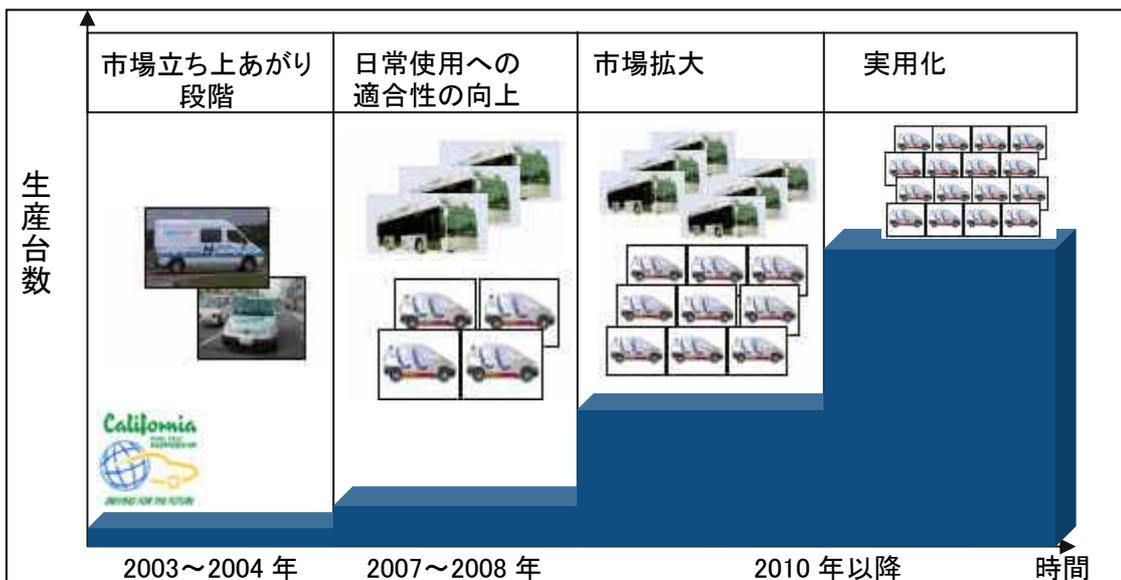


図 8-2. DaimlerChrysler が考える FCV 導入シナリオ

② DaimlerChrysler の FCV 開発

- これまでに DaimlerChrysler が開発してきた FCV を図 8-3 に示す。
- 2002 年 5 月～6 月に、Necar 5 (メタノール改質式) による北米大陸横断 (4,828 km) を達成した (図 8-4) 。
  - ◇ サンフランシスコを 5 月 20 日に出発し、ロッキー山脈 (2,640 m) を越え、6 月 4 日にワシントン DC に到着した。
  - ◇ 走行中において、燃料電池システム・部品の交換は不要であった。

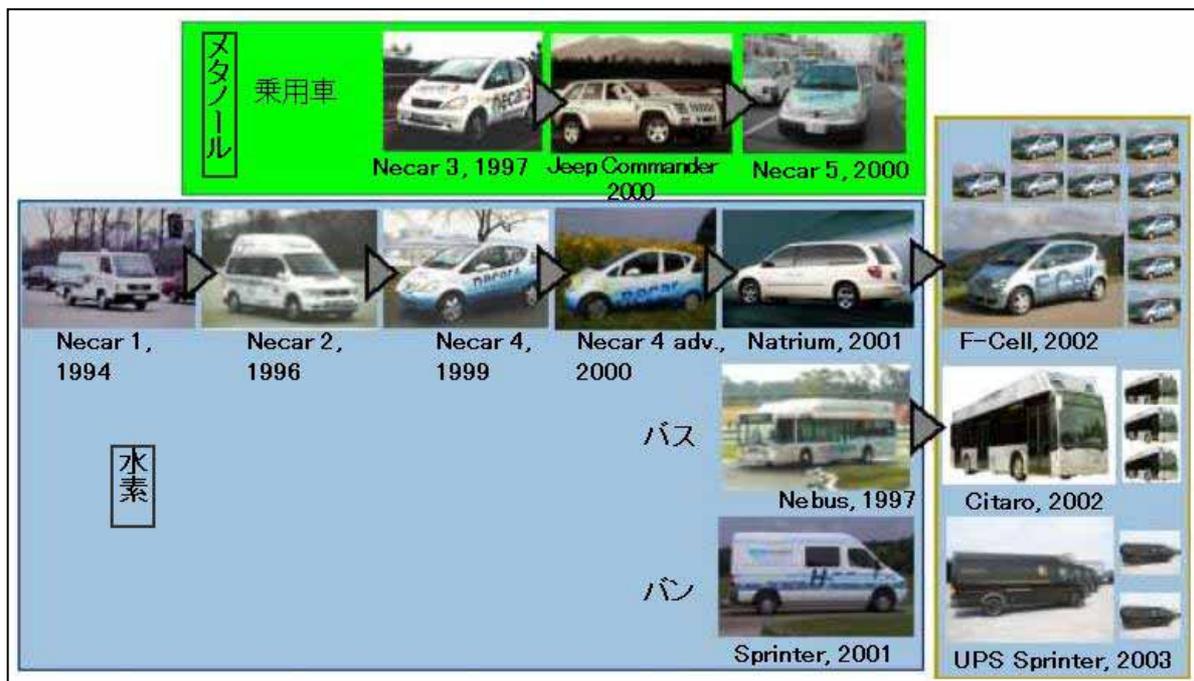


図 8-3. DaimlerChrysler が開発した FCV



図 8-4. Necar 5 による北米大陸横断走行

### (3) DaimlerChrysler のデモンストレーション

#### ① DaimlerChrysler が実施している FCV デモンストレーション

- DaimlerChrysler は、世界中で FCV (F-Cell、Citaro バス) のデモンストレーションを実施している (図 8-5、表 8-1)。
- ◇ すでに 2003 年末までに、CUTE プロジェクト、ECTOS プロジェクト向けの 30 台の Citaro バスを完納した。

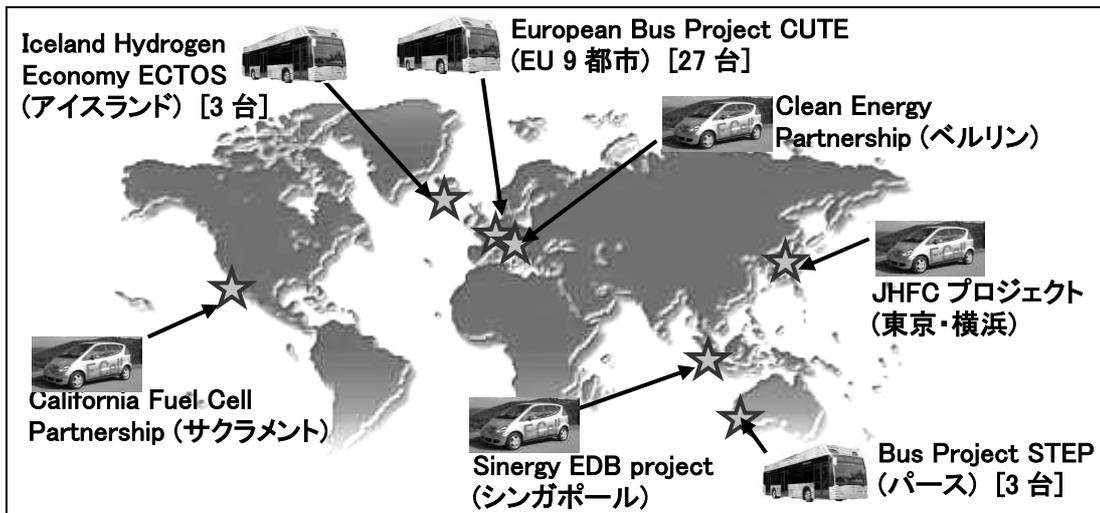


図 8-5. DaimlerChrysler の FCV のデモンストレーション

表 8-1. デモンストレーションに使用している車両の諸元

車両	F-Cell (60 台) 	Citaro FC-Bus (33 台) 
パワートレイン 最高出力 最大トルク	65 kW 210 Nm	250 kW —
使用燃料 貯蔵方式	水素 350 bar	水素 350 bar
走行性能 最高速度 加速 (0-100km/h) 航続距離	140 km/h 16 秒 150 km	80 km/h — 200 km
定員	—	60~80

② CUTE・ECTOS プロジェクト

- CUTE・ECTOS プロジェクトの概要を図 8-6 に示す。

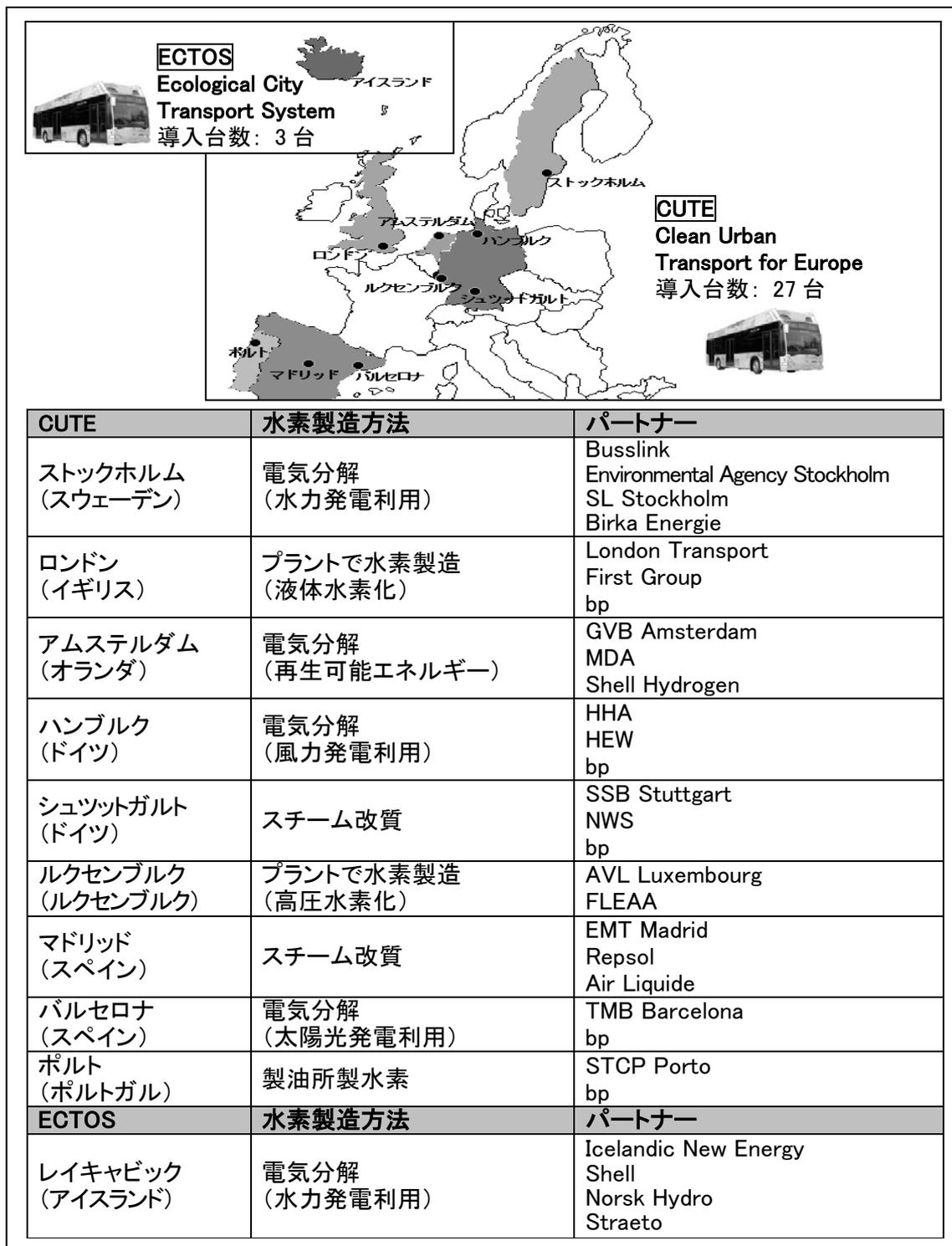


図 8-6. 欧州での燃料電池バスデモンストレーション (CUTE、ECTOS)

- CUTE・ECTOS プロジェクトでは様々なソースから水素を生産し、燃料として利用している。
  - ◇ 現在の欧州の交通部門でのエネルギー構成では原油が 95%を占めているが、CUTE・ECTOS の両デモンストレーションにおけるエネルギー構成における原油比率はわずか 20%である (図 8-7)。
  - ◇ EUでは、交通部門における水素エネルギーの比率を 2020 年までに 5%にするという目標を定めている<sup>52</sup>。

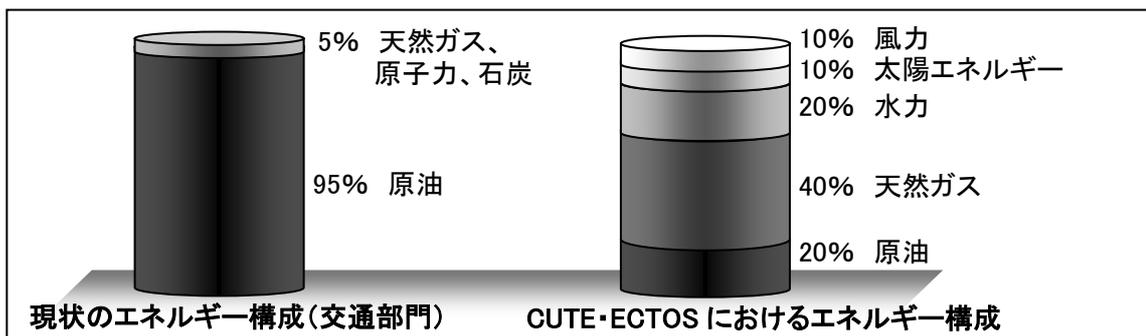


図 8-7. CUTE・ECTOS のエネルギー構成

### ③ Clean Energy Partnership (CEP) プロジェクト

- DaimlerChrysler など自動車メーカー4 社が参加している Clean Energy Partnership (CEP) プロジェクトの概要を表 8-2 に示す。

表 8-2. Clean Energy Partnership (CEP) プロジェクト

参加企業・団体	モビリティパートナー： DaimlerChrysler、BMW、Ford、Opel インフラパートナー： BP/Aral、GHV、Verbund、Linde その他： Berliner Verkehrsbetriebe (ベルリン交通局)
目的	- 環境調和型モビリティの構築 - 環境調和型エネルギーと環境調和型自動車システムの検証 (Creation of sustainable mobility and the proof of sustainable energy and vehicle system)
期間	5 年 (水素ステーションは 2004 年 11 月の完成予定) <sup>53</sup>

<sup>52</sup> EUの『代替燃料に関するコミュニケーション』による。P.98～99 (欧州委員会) 参照。

<sup>53</sup> Clean Energy Partnershipプロジェクト費用は 3300 万ユーロで、ドイツ連邦政府と参加企業が負担する。導入されるFCV・水素内燃自動車は 17 台 (F-Cell 8 台、BMW 7 シリーズ 4 台、Ford Focus FCEVハイブリッド 4 台、HydroGen3 1 台) で、水素は高圧水素 (オンサイト電気分解、350 bar) と液体水素 (Lindeのプラントで製造) の 2 種類である。

#### ④ Sinergy プロジェクト

- Sinergy (Singapore Initiative in Energy Technology) プロジェクトは、シンガポール政府経済開発局 (Economic Development Board : EDB) が 2001 年 5 月に発表した FCV デモンストレーション・プロジェクトである。
  - ◇ シンガポール政府は、BP と組んで水素ステーション 1 基を建設中である (2004 年 5 月～6 月に完成予定)。
  - ◇ DaimlerChrysler は、Sinergy プロジェクトに F-Cell 6 台を提供する予定である。

#### ⑤ 水素・燃料電池実証プロジェクト (JHFC プロジェクト)

- DaimlerChrysler は、日本の水素・燃料電池実証プロジェクト (JHFC プロジェクト) に F-Cell 1 台を提供している。

#### ⑥ FCV デモンストレーションへの今後の取り組み

- DaimlerChrysler は世界中で多くの燃料電池デモンストレーションに参加しているが、スタッフや技術バックアップ体制を構築する必要があるため、これ以上デモンストレーションを拡大する予定はない。
- JHFC プロジェクトにおける F-Cell の走行実績が少ないことは認識している。しかし技術的な問題が生じた場合にはドイツ本社に車両を送り返すことになるため、現在は慎重にデモンストレーションを行っているところである。

#### (4) DaimlerChrysler の研究用水素ステーション

- DaimlerChrysler では、FCV 研究のための水素充填ステーションを 2 基、シュツットガルト近郊の研究施設内に設置した。
  - ◇ 1 基はシンデルフィンゲンの研究所の敷地内、1 基はナバンの研究所の敷地内に設置した。水素タンクは Linde 製である。
- ナバンの研究所に設置されたステーションでは、高圧水素 (350 bar) と液体水素の両方が利用可能である。
  - ◇ 高圧水素は 350 bar を標準圧力としているが、充填時の温度上昇によって水素の体積が膨張してしまうため、充填側の圧力は 438 bar に設定している。

- ◇ 高圧水素を充填する場合、ノズルが結合した時点で車載タンクと充填装置の圧を一致させ、圧力の安定を確認する（圧力が低下するならば、リークしていると判断されるため、ノズルの結合の状態については、圧力監視だけで半判断できる）。その後、充填側の圧力を 438 bar に上昇させ、充填を行う。
  - ◇ 現在の水素タンクの耐圧は 500 bar であるが、2004 年末には 700 bar に対応できるようにシステムをアップグレードする予定である（7 段階加圧式を採用する）。
  - ◇ 水素センサーは、コンプレッサボックス側に 1 個設置されている。
- 水素ステーションの運用において考慮すべきことを表 8-3 に示す。

表 8-3. 水素ステーションの運用において考慮すべき点

水素純度	99.999%
フィルターの設置	5 ミクロンのフィルターを使用。
静電気対策	<p>充填の前に、車両のアースをとる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ タイヤを介して放電させるので、特殊なケーブル等は不要。</li> <li>・ ステーションの地面にある程度の電導性を持たせ、車両を放電させる（ノーマルタイヤの抵抗値の仕様は<math>&lt;10^8 \Omega</math>/本であるので、タイヤとフロアの合計抵抗が<math>&lt;10^8 \Omega</math>であれば良い）。</li> <li>・ テストでは、1 秒以内での放電が確認された。</li> </ul>
リークの防止	確実なノズルの結合を行う。
充填量の測定	充填不足や過充填を防ぐ。
正確な充填	夏場での急速充填（2 分）でも正確な充填を行うため、ガスを $-20^\circ\text{C}$ に冷却する。
拡張性	700bar まで拡張可能なこと。
ノズルとソケット	Refueling Nozzle and Filling Receptacle
定期的な検査	ステーションの定期的な検査を実施する。
管理・運用の徹底	作業員のトレーニングなどを実施。
水素ステーションの標準仕様の決定	SAE などの標準化組織を通じて、水素ステーション（特に 700 bar 充填システム）の標準仕様を決定する。
充填時の相互通信	<p>現在は未対応。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 今後、700bar に充填システムをアップグレードした際には、相互通信を取り入れる。</li> <li>・ 安全性確保のために、相互通信は必要である。</li> </ul>
その他	現状の 350bar 充填において、ガス温度の上昇に伴いガス圧力が上昇、400 bar でリリースバルブが開くために満充填が出来ない事態が発生している。

## (5) ディスカッション

### ① Ballard Power Systems との関係

- 1997年に Ballard Power Systems と燃料電池開発のためのアライアンスを結成した。
  - ◇ DaimlerChrysler（当時は Daimler-Benz）は FCV の車両開発に注力するために、燃料電池スタック自体の開発を Ballard に委ねることにした。
  - ◇ DaimlerChrysler にとって Ballard は、燃料電池システムのサプライヤであり、また FCV 開発のパートナーでもある。今後もアライアンスの体制を維持する。
  - ◇ DaimlerChrysler でも燃料電池スタックの研究は続けているが、それは Ballard の研究を支援するためである。
- 市場では、DaimlerChrysler と Ford は競争相手であるが、現状では FCV 開発で協力するのがよいと判断した。そのため Ford とのアライアンスも継続する。

### ② FCV の燃料に関して

- DaimlerChrysler は、メタノール改質、ガソリン・ディーゼル改質の研究を積み重ねてきた。しかし現在は改質の研究を一時的に中断しており、水素 FCV の開発に注力している。ただし、改質の研究を完全にやめることはない。
- DaimlerChrysler では、FCV の燃料としては圧縮水素が好ましいと考えている（液体水素はうまく行かないであろう）。
  - ◇ 現時点での最大の課題は水素の貯蔵方法技術であると考えている。
  - ◇ 現在 DaimlerChrysler では、水素燃料の供給会社と共同で水素貯蔵方法の研究を行っている。水素供給会社は自動車に関する知識がないので、DaimlerChrysler としては様々な情報を提供し、ガイダンスを行っている。
- 水素にはリークの心配があるが、それを検出することは技術的に可能である。

### ③ FCV のパワートレインに関して

- FCV には二次電池を搭載することが望ましい。ハイブリッド化する利点は以下の3点である。
  - ◇ 燃料電池システムの長寿命化
  - ◇ 走行性能の向上（発進・加速の補助）
  - ◇ 燃料効率の改善（エネルギーの回生）

④ 望まれる政府の支援策に関して

- FCV 開発・普及における政府の役割は多い（表 8-4）。
- 政府機関には、長期的展望を有する、一貫性のある政策と助成プログラム・インセンティブを期待したい。

表 8-4. FCV 開発・普及における政府の役割

➤ エネルギー・セキュリティの確保
➤ 実用化までの研究開発の支援 基礎研究面で政府からの支援が必要。 またインフラ構築において、政府の資金が必要。
➤ 温暖化ガスの削減、エネルギー効率の向上 地球温暖化対策として、FCV は重要。
➤ デモンストレーションの支援 一般市民の啓蒙のためにデモンストレーションは重要。 しかしデモンストレーションはコストがかかるので、政府の支援が必要。
➤ 基準・標準の策定 基準・標準の策定において、国際的な連携が必要（部品メーカーが車両毎に違う仕様を作らなくてすむようにする）。

## 9. 欧州委員会 (European Commission)

訪問先	欧州委員会 (European Commission) 住所 : Rue Montoyer 75, B-1050, Brussels, Belgium
訪問日時	2004年1月26日(月) 15:00~17:00
対応者	William Borthwick Principal Scientific Officer, Directorate-General for Research Hugues Van Honacker Principal Scientific Officer, Directorate-General for Research Dr. Franz X. Söldner Principal Scientific Officer, Directorate-General for Energy and Transport
組織の概要	FCVのフリートプログラム(CUTEプロジェクト)を欧州9都市で実施中。昨年「水素・燃料電池に関するハイレベルグループ会議」を開催し、第6次フレームワーク・プログラム(FP6)を推進している。
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>第6次フレームワーク(FP6)の現状</li> <li>水素・燃料電池に関するハイレベルグループの現状</li> <li>水素経済のためのパートナーシップ(IPHE)への対応</li> </ul>

### (1) 欧州連合の組織

- 欧州連合 (European Union) <sup>54</sup>は、1995年の第四次拡大以来、15カ国体制であったが、2004年5月の第五次拡大によって、新たに10カ国が加盟する予定である(図9-1)。

現加盟国	ベルギー ドイツ	フランス ルクセンブルク	イタリア オランダ	
第一次拡大 (1973年)	デンマーク	アイルランド	英国	
第二次拡大 (1981年)	ギリシャ			
第三次拡大 (1986年)	スペイン	ポルトガル		
第四次拡大 (1995年)	フィンランド	オーストリア	スウェーデン	
第五次拡大 (2004年)	ポーランド ハンガリー チェコ スロバキア	スロベニア エストニア ラトビア	キプロス マルタ リトアニア	

図 9-1. 欧州連合加盟国

<sup>54</sup> 欧州共同体 (European Community) は、1993年の欧州連合条約 (マーストリヒト条約) 発効により、欧州連合 (European Union : EU) となった (当時は12カ国)。なお、ECTOSプロジェクトを推進しているアイスランドは、欧州連合の加盟国ではない。

## (2) 欧州連合(EU)の組織

- 欧州連合 (EU) は、欧州理事会 (EU 首脳会議)、欧州閣僚理事会、欧州議会、欧州委員会、欧州議会欧州裁判所、会計監査院から構成されている (図 9-2)。
  - ◇ 欧州理事会 (EU首脳会議) は、加盟国の元首・首脳と欧州委員会委員長が出席する、最高意思決定機関である。
  - ◇ 欧州閣僚理事会は議題に応じて異なる閣僚が加盟国から出席するものであり、実務面での意思決定機関である。
  - ◇ 欧州議会は、諮問・共同決定機関であり、直接選挙で選ばれた議員 626 名から構成される (国会に相当)。
  - ◇ 欧州委員会 (European Commission : EC) は執行機関である。20 名の欧州委員会は加盟国から任命されているが、任命国に対する利害・責任は負わず、欧州全体に係わる政策立案を行うものである (欧州委員は、欧州連合という組織の「閣僚」に相当)。

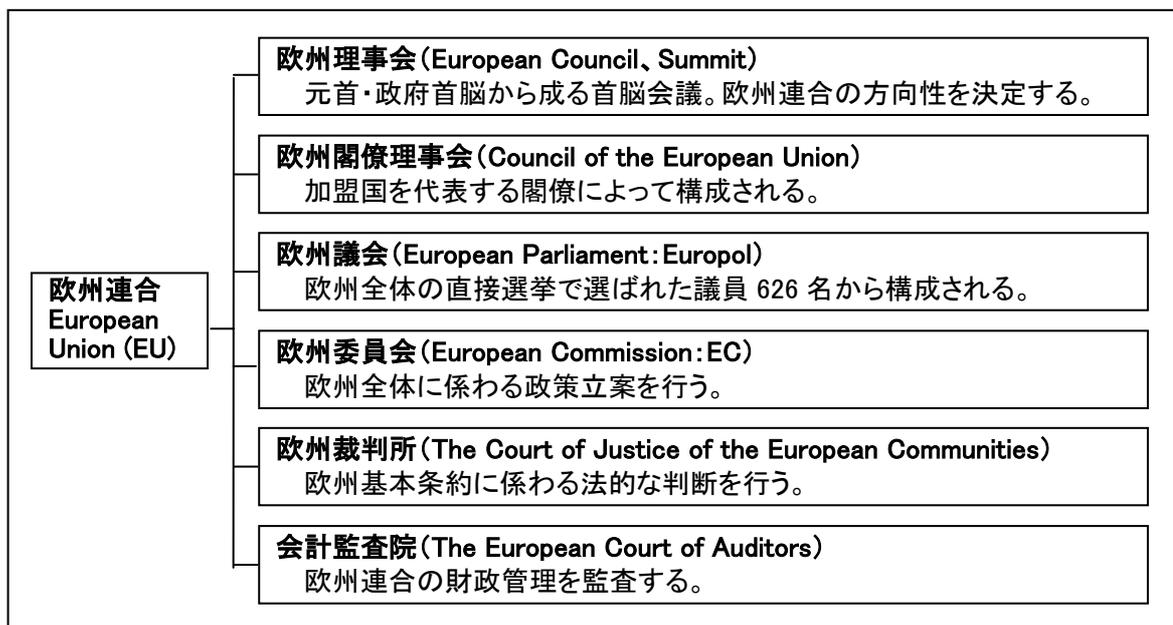


図 9-2. 欧州連合の組織<sup>55</sup>

出所：駐日欧州委員会代表部ホームページ

<<http://jpn.cec.eu.int/japanese/general-info/5-4.htm>>

<sup>55</sup> 欧州には欧州評議会 (Council of Europe) という組織もあるが、これは欧州連合の組織ではなく、全欧的な国際機関である。設立は 1949 年で、加盟国は 2004 年 1 月現在 45 ヶ国。欧州評議会は、司法、行政、政治、経済、社会、文化等の幅広い問題を話し合い、国際協調を推進することを目的としている。本部はフランス ストラスブール。

- 欧州連合の 2003 年度予算は、996 億 8600 万ユーロ（1 ユーロ=140 円換算で約 14 兆円）である<sup>56</sup>。
  - ◇ 欧州連合の予算は、欧州委員会が提案し、欧州議会の承認を得て決定される。
  - ◇ 歳入は、賦課金（農業課徴金、砂糖課徴金）、共通関税、付加価値税、加盟国分担金（GNP 比に基づく）の 4 つから構成されている。
  - ◇ 歳出の 8 割は農業政策と構造政策<sup>57</sup>に振り分けられている。リサーチ・研究開発予算は 4.1%（40 億 5500 万ユーロ、約 5700 億円）程度である（図 9-4）。

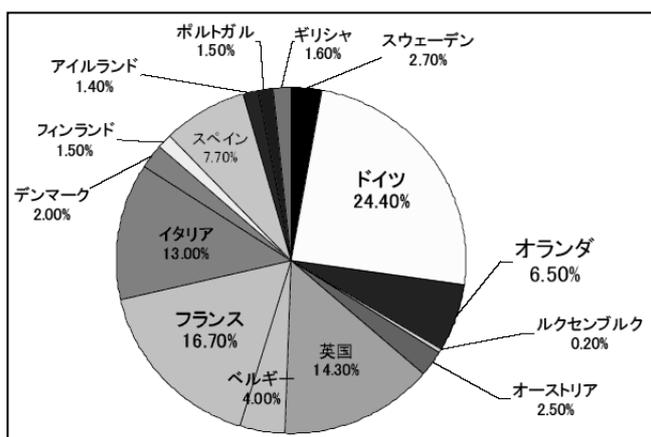


図 9-3. 加盟国分担金の割合

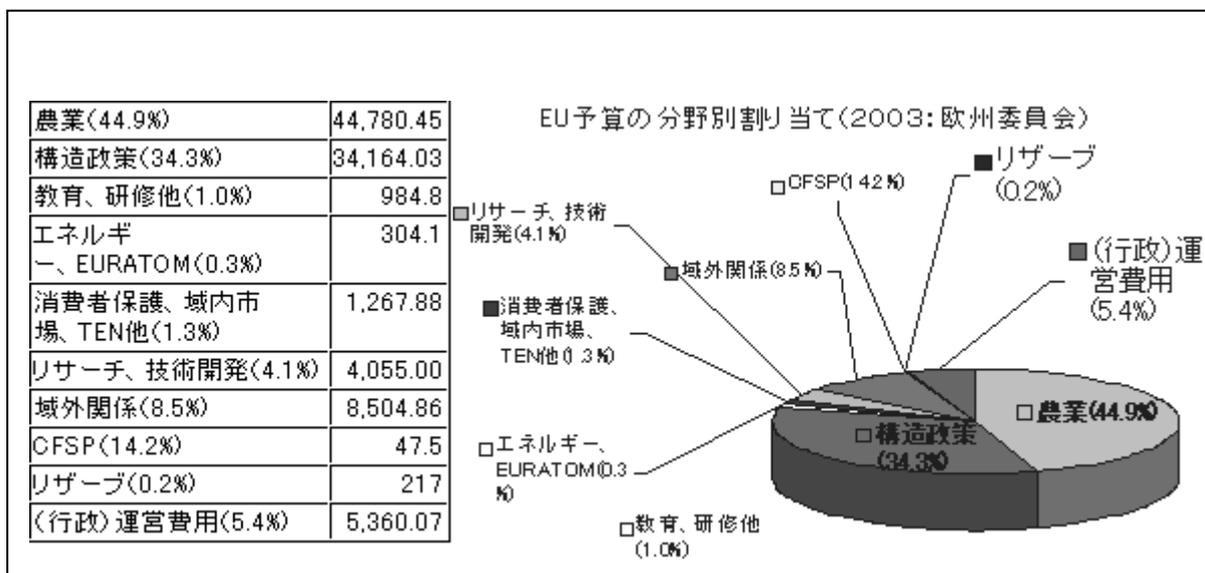


図 9-4. 欧州連合予算の内訳（2003 年）

出所：外務省ホームページ<<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/eu/yosan.html>>

<sup>56</sup> これは欧州連合の組織（欧州委員会等）が執行する予算であり、加盟国の予算とは異なる。外務省ホームページ<<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/eu/yosan.html>>参照。

<sup>57</sup> 加盟国間・地域間の経済力格差の是正を目的とした財政的支援策。具体的には、ギリシャ、ポルトガル、アイルランド、スペインなどの国のインフラ整備に当てられている。

- 欧州委員会（European Commission : EC）は欧州連合の行政府であり、加盟国から任命された 20 人の委員<sup>58</sup>を中心に、欧州全体の利益に係わる政策立案・行政執行を担当している。
  - ◇ 欧州委員会の本部はブリュッセル（一部の組織がルクセンブルクにある）。スタッフの総数は約 1 万 5000。
  - ◇ 20 人の委員は、特定の政策領域について担当を持っているが、決定に関しては 20 人の委員全員で連帯責任を負うことになっている。
  - ◇ 欧州委員会には政策部門として 17 の総局（Directorate-General）があり、それぞれが管轄する政策立案・行政執行を担当している。

表 9-1. 欧州委員会の組織

総合サービス部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事務総局</li> <li>・ 統計局</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 報道・コミュニケーション局</li> <li>・ 出版局</li> </ul>
政策部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 農業総局</li> <li>・ 競争総局</li> <li>・ 経済・金融総局</li> <li>・ 教育・文化総局</li> <li>・ 雇用・社会問題総局</li> <li>・ エネルギー・運輸総局</li> <li>・ 企業総局</li> <li>・ 環境総局</li> <li>・ 漁業総局</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 保健・消費者保護総局</li> <li>・ 情報社会総局</li> <li>・ 域内市場総局</li> <li>・ 共同研究センター</li> <li>・ 司法・内務総局</li> <li>・ 地域政策総局</li> <li>・ 研究総局</li> <li>・ 税制・関税同盟総局</li> </ul>
対外関係部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 欧州援助協力局</li> <li>・ 対外関係総局</li> <li>・ 通商総局</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 開発総局</li> <li>・ 人道援助局</li> <li>・ 拡大総局</li> </ul>
対内サービス部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 予算総局</li> <li>・ 合同通訳・会議局</li> <li>・ 欧州不正対策局</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法務局</li> <li>・ 人事・総務総局</li> <li>・ 翻訳局</li> </ul>

出所：Directorates-General and Services <[http://europa.eu.int/comm/dgs\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/dgs_en.htm)>  
 駐日欧州委員会代表部ホームページ <<http://jpn.cec.eu.int/japanese/general-info/5-4.htm>>

<sup>58</sup> フランス、ドイツ、イタリア、スペイン、英国から各 2 人、その他の加盟国からは 1 人ずつが任命されている。任期は 5 年で、現在の委員の任期は 2005 年 1 月までである。現在の委員長はロマーノ・プロディ（Romano Prodi、イタリア）で、副委員長はニール・キノック（Neil Kinnock、英国）とロジョラ・デ・パラシオ（Loyola De Palacio、スペイン）の 2 名である。  
 外務省ホームページ <[http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/eu/eu\\_list.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/eu/eu_list.html)> 参照。

### (3) エネルギー・運輸総局(DG TREN)と研究総局(DG RTD)の組織

#### ① エネルギー・運輸総局 (DG TREN)

- 欧州連合のエネルギー・運輸政策を担当しているのが、エネルギー・運輸総局 (Directorate-General for Energy and Transport: DG TREN)である(図 9-5)。
  - ◇ エネルギー・運輸政策担当欧州委員 (Commissioner for Energy and Transportation) はロジョラ・デ・パラシオ (Loyola de Palacio) である。なおデ・パラシオは、欧州委員会の副委員長でもある。
  - ◇ エネルギー・運輸総局の総局長 (Director-General) は、フランソワ・ラムルー (François Lamoureux) である。
- エネルギー・運輸総局の主要な任務は以下のとおりである。
  - ◇ 欧州におけるエネルギー・運輸市場の完結
  - ◇ 持続可能な発展
  - ◇ 管理・ネットワーキング
  - ◇ 安全・セキュリティ
  - ◇ 欧州拡大への対応
  - ◇ 国際協力

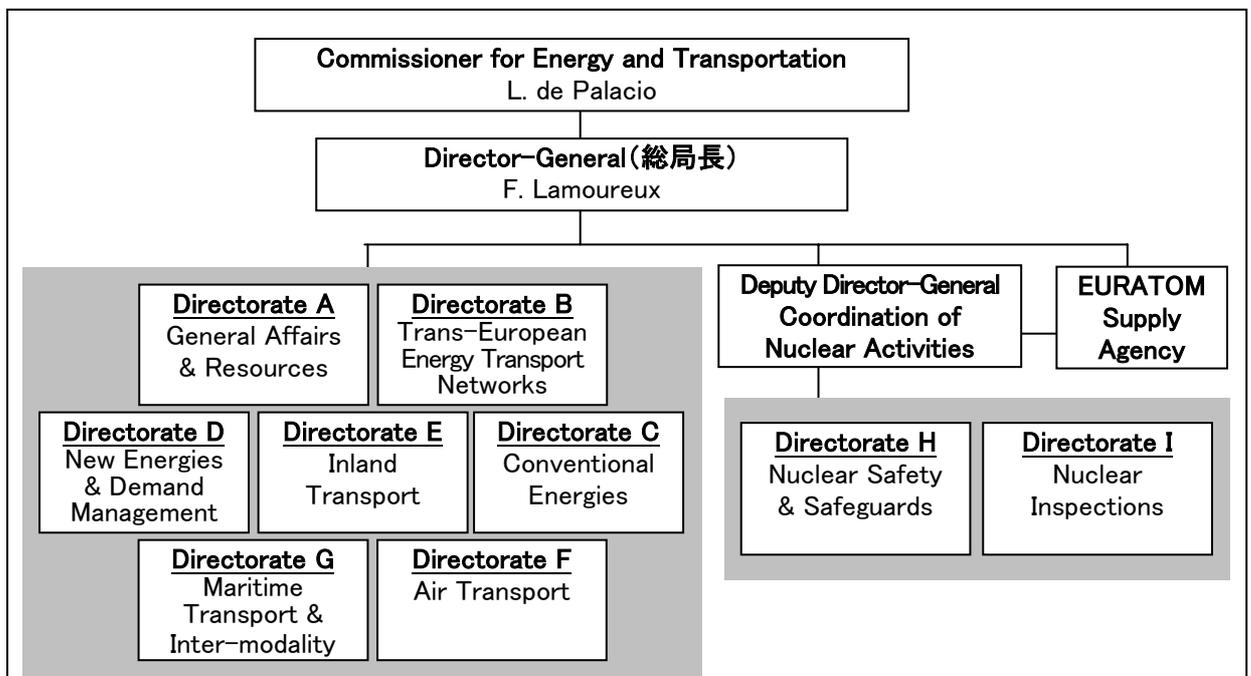


図 9-5. エネルギー・運輸総局の組織 (略図)

出所：エネルギー・運輸総局のホームページより作成

## ② 研究総局 (DG RTD)

- 欧州連合の研究開発政策を担当しているのが、研究総局 (Directorate-General for Research : DG RTD) である (図 9-6) 。
  - ◇ 研究担当欧州委員 (Commissioner for Research) はフィリップ・ビュスカン (Philippe Busquin) である。
  - ◇ 研究総局の総局長 (Director-General) は、アキレアス・ミトソス (Achilleas Mitsos) である。
- 研究総局の主要な任務は、欧州の産業競争力を強化することである。具体的には以下の目標を有している。
  - ◇ 欧州の研究開発政策の立案・産業競争力強化
  - ◇ 加盟国間の共同研究の調整
  - ◇ 関連政策の支援 (環境、健康、エネルギー、地域開発)
  - ◇ 啓蒙活動 (現代社会における科学の役割の理解)

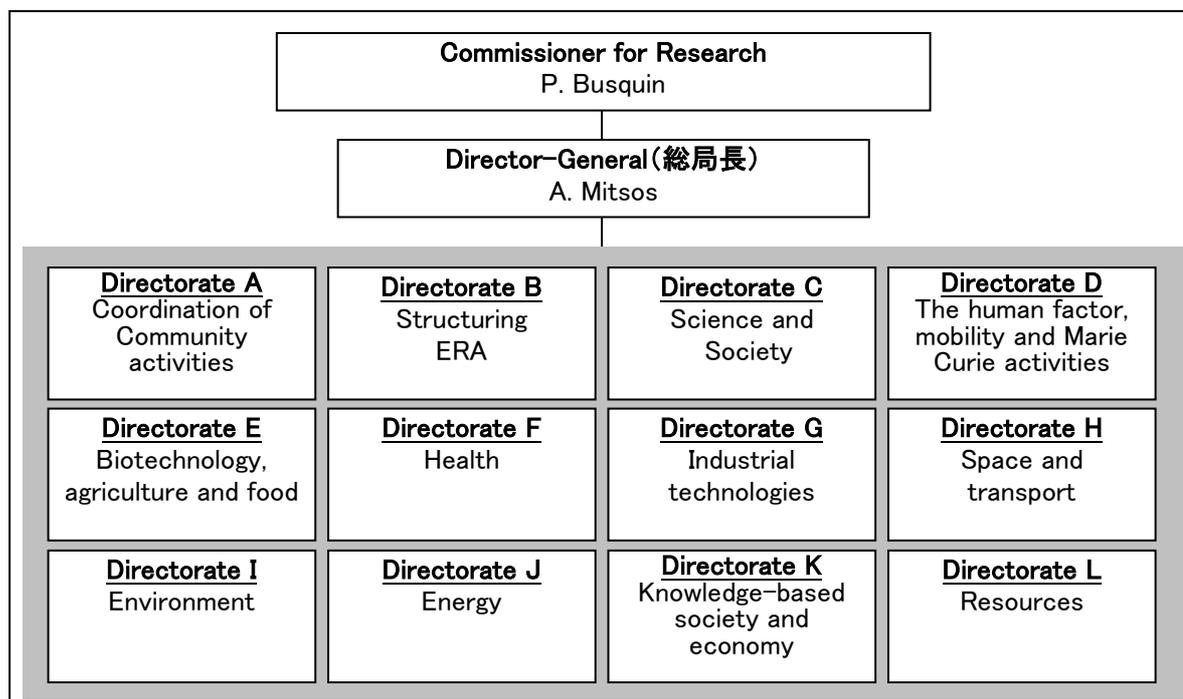


図 9-6. 研究総局の組織 (略図)

出所：研究総局のホームページより作成

#### (4) 欧州委員会のエネルギー・運輸政策

- 欧州委員会のエネルギー政策の目的は、地球温暖化ガス対策、エネルギー・セキュリティ強化、産業競争力強化である（表 9-2）。

表 9-2. 欧州委員会のエネルギー政策の目的

<p>➤ 地球温暖化ガス対策</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 2008～2012年において、1990年実績よりも8%のCO<sub>2</sub>排出量削減を達成する必要がある（2015～2025年には、さらなる削減が求められる）。</li><li>- これまでの運輸部門における努力にもかかわらず、CO<sub>2</sub>排出量は増加している。</li></ul> <p>➤ エネルギー・セキュリティの強化</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- エネルギーの多様化によるエネルギー・セキュリティの強化。</li><li>- 現在は、運輸部門は100%が原油にエネルギーを頼っている。</li></ul> <p>➤ 産業競争力の強化</p>
---

- 欧州における、主要なエネルギー・運輸政策を表 9-3 に示す。
  - ◇ 『エネルギー効率に関する行動計画』（2000年4月）では、エネルギー効率の向上とコージェネレーションのシェアの向上を掲げている。
  - ◇ 『欧州のエネルギー安全保障政策に関するグリーンペーパー』（2000年12月）では、エネルギー・セキュリティとともに、地球温暖化ガスの削減が重要であることを強調している。
  - ◇ 『2010年に向けた運輸政策ホワイトペーパー』（2001年9月）では、持続可能な未来にむけての運輸政策として、具体的な提言を行っている。
  - ◇ 『再生可能エネルギーに関するホワイトペーパー』（2001年11月）では、2010年までに再生可能エネルギーの割合を12%に向上させることを主張している。
  - ◇ 『代替燃料に関するコミュニケーション』（2001年11月）では、2020年までに運輸部門で消費される燃料の5%を、水素で代替することを主張している。

表 9-3. 欧州の主要なエネルギー・運輸政策

<p>エネルギー効率に関する行動計画 (2000 年 4 月)</p> <p><i>Action Plan on Energy Efficiency</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ エネルギー効率の向上 (2010 年までに、1995 年比で 18%向上)</li> <li>・ 欧州におけるコージェネレーションのシェアの向上 (15 カ国の電力市場において、2010 年までに 12%を達成)</li> </ul>
<p>欧州のエネルギー安全保障政策に関するグリーンペーパー (2000 年 12 月)</p> <p><i>Green Paper Towards a European strategy for the security of energy supply</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ エネルギー消費量の削減・エネルギー効率の向上</li> <li>・ 再生可能エネルギーの市場シェアの増加</li> <li>・ 原子力エネルギーの役割の再評価</li> <li>・ 戦略的石油備蓄の積み増し</li> <li>・ 自動車の代替燃料の開発</li> </ul>
<p>2010 年に向けた運輸政策ホワイトペーパー (2001 年 9 月)</p> <p><i>White Paper European Transport Policy for 2010 : Time to Decide</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ モーダルシフトの推進 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 自動車から鉄道・海運へのシフト</li> <li>- モード間のスムーズな連結</li> </ul> </li> <li>・ 交通におけるボトルネック部分の改善 <ul style="list-style-type: none"> <li>- TEN-T Network (トランスヨーロッパ交通網) の改善</li> <li>- 課金政策の見直し</li> </ul> </li> <li>・ ユーザーニーズの重視 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 安全</li> <li>- 特に都市における交通サービスの質の向上</li> </ul> </li> <li>・ 交通のグローバリゼーションへの対応</li> </ul>
<p>再生可能エネルギーに関するホワイトペーパー (2001 年 11 月)</p> <p><i>White Paper on Renewable Energies</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 欧州における再生可能エネルギーの向上 (最終エネルギーにおいて、2010 年までに現在の倍に当たる 12%を達成)</li> </ul>
<p>代替燃料に関するコミュニケーション (2001 年 11 月)</p> <p><i>Communication on Alternative Fuels</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2020 年までに運輸部門における燃料の 5%を水素で代替</li> </ul>

## (5) 第6次フレームワーク・プログラム(FP6)

### ① 欧州連合フレームワーク・プログラムの概要

- 欧州連合フレームワーク・プログラム (EU Framework Programme : FP) は、1984年から実施されている5ヵ年研究プログラムである。
  - ◇ 5ヵ年の研究期間のうち、最初の1年間は前のフレームワーク・プログラムの最終年に重なっており、プログラムの継続性が重視されている。
  - ◇ フレームワーク・プログラムは、欧州委員会が提案し、欧州議会と欧州閣僚理事会の承認を受けて実施される。研究テーマは全欧州的に募集され、テーマの採用においては、国別の割り当てはない。
- これまでのフレームワーク・プログラムの予算を図9-7にまとめる。第6次フレームワーク・プログラムの予算は第5次フレームワーク・プログラムよりも17%増額され、175億ユーロ(2兆4500億円)である(表9-4)。

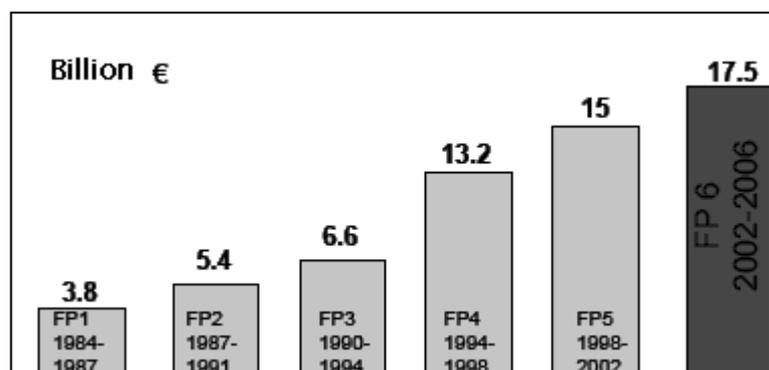


図9-7. フレームワーク・プログラムの予算

### ② 第6次フレームワーク・プログラム (FP6) の概要

- 第6次フレームワーク・プログラム (FP6) の実施期間は2002年から2006年までである<sup>59</sup>。
- 第6次フレームワーク・プログラムでは、欧州研究領域 (European Research Area : ERA)<sup>60</sup>に基づき、欧州全体の産業競争力強化に焦点を当てたプログラムになっている(表9-4中の「重点研究分野」)。

<sup>59</sup> 2002年は第5次フレームワークの最終年度に重なっており、第6次フレームワーク・プログラムとしての完全な実施は、2003年1月からになる。

<sup>60</sup> 欧州研究領域は2000年3月のリスボン欧州理事会において決議されたコンセプト。これまでのフレームワーク・プログラムは研究テーマ間・加盟国間の連携が取れていなかったという反省にたち、欧州全体の視点から研究開発を促進することを提案した。<[http://europa.eu.int/comm/research/era/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/era/index_en.html)>参照。

表 9-4. 第 6 次フレームワーク・プログラムの予算

重点研究・統合研究分野 ( <i>Focusing and integrating Community research</i> )	13,345
重点研究分野 (欧州研究領域) 注: 285 million €の国際協力分を含む ( <i>Thematic priorities</i> )	11,285
(1) ライフサイエンス・ゲノム・バイオ ( <i>Life sciences, genomics and biotechnology for health</i> )	2,255
ゲノム ( <i>Advanced genomics and its applications for health</i> )	(1,100)
疾病対策 ( <i>Combating major diseases</i> )	(1,155)
(2) 情報社会技術 ( <i>Information society technologies</i> )	3,625
(3) ナノテク・ナノサイエンス ( <i>Nanotechnologies and nanosciences, knowledge-based multi-functional materials and new production processes and devices</i> )	1,300
(4) 航空宇宙 ( <i>Aeronautics and space</i> )	1,075
(5) 食品の安全 ( <i>Food quality and safety</i> )	685
(6) 持続可能な発展・グローバルな変化・エコシステム ( <i>Sustainable development, global change and ecosystems</i> )	2,120
持続可能なエネルギーシステム ( <i>Sustainable energy systems</i> )	(810)
持続可能な陸上交通システム ( <i>Sustainable surface transport</i> )	(610)
エコシステム ( <i>Global change and ecosystems</i> )	(700)
(7) 知識集約型社会における市民とガバナンス ( <i>Citizens and governance in a knowledge-based society</i> )	225
幅広い分野にわたる研究 ( <i>Specific activities covering a wider field of research</i> )	1,300
将来の科学技術に対する支援 ( <i>Policy support and anticipating scientific and technological needs</i> )	555
中小企業を対象とした横断的な研究 ( <i>Horizontal research activities involving SMEs</i> )	430
国際協力支援 ( <i>Specific measures in support of international cooperation</i> )	315
欧州共同研究センターにおける非原子力分野の研究 ( <i>Non-nuclear activities of the Joint Research Centre</i> )	760
欧州研究領域の研究体制構築 ( <i>Structuring the European Research Area</i> )	2,605
研究支援 ( <i>Research and innovation</i> )	290
人的資源・異動 ( <i>Human resources and mobility</i> )	1 580
研究インフラ整備 ( <i>Research infrastructures</i> )	655
科学と社会 ( <i>Science and society</i> )	80
欧州研究領域の研究基盤強化 ( <i>Strengthening the foundations of the European Research Area</i> )	320
研究協力の支援 ( <i>Support for the coordination of activities</i> )	270
政策策定支援 ( <i>Support for the coherent development of policies</i> )	50
合計	16,270
欧州フレームワーク・プログラム ( <i>Euratom Framework Programme</i> )	
重点研究 ( <i>Priority thematic areas of research</i> )	890
熱核融合 ( <i>Controlled thermonuclear fusion</i> )	750
放射性廃棄物の管理 ( <i>Management of radioactive waste</i> )	90
放射線からの保護 ( <i>Radiation protection</i> )	50
その他の原子力技術・安全に関する活動 ( <i>Other activities in the field of nuclear technologies and safety</i> )	50
欧州共同研究センターにおける非原子力分野の研究 ( <i>Nuclear activities of the Joint Research Centre</i> )	290
合計	1,230

出所: "CORDIS: the Sixth Framework Programme" <<http://www.cordis.lu/fp6/budget.htm>>

③ これまでのフレームワーク・プログラムにおける燃料電池・水素関連研究テーマ

- これまでのフレームワーク・プログラムにおいて実施された燃料電池・水素関連研究テーマの予算の総額を図 9-8 に示す。
- 第 6 次フレームワーク・プログラムは、現在研究テーマの第一次公募が終了した段階であり、最終的にどのくらいの予算が燃料電池・水素関連の研究テーマに割り振られることになるのかは予想できない。しかし、第 5 フレームワーク・プログラムにおける燃料電池・水素関連の研究テーマの予算（1 億 4480 万ユーロ）を超えることになると期待されている。
- 第 5 フレームワーク・プログラムにおいて燃料電池・水素関連の研究テーマに割り振られた予算額を表 9-5 に示す。

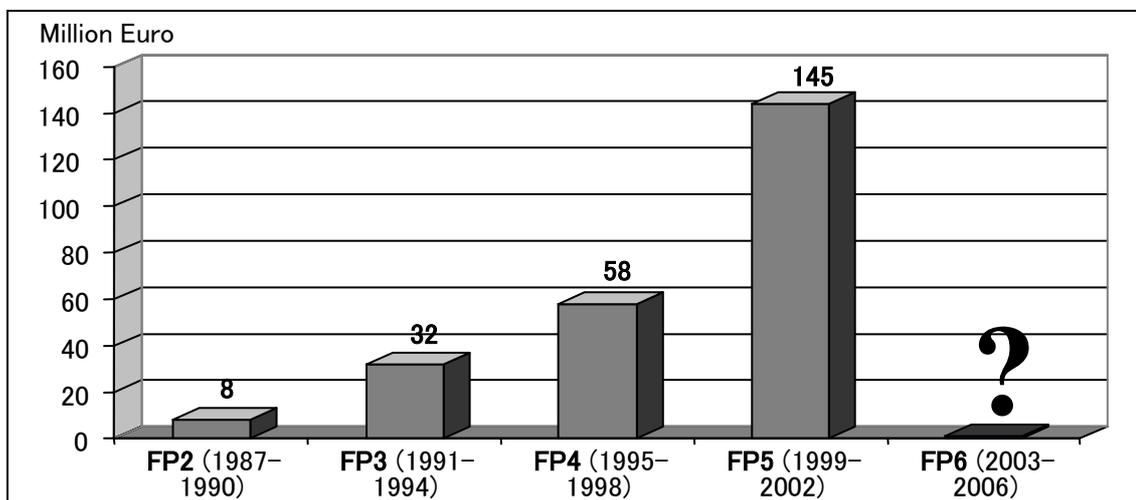


図 9-8. フレームワーク・プログラムにおける燃料電池・水素関連研究テーマ予算

表 9-5. 第 5 次フレームワーク・プログラムにおける燃料電池・水素関連研究テーマ予算 [単位：百万ユーロ]

	技術開発	燃料電池の応用			水素インフラ	合計
		定置	自動車	ポータブル		
R&D (中期的)	22.4	12.1	28.0 <sup>(1)</sup>	8.4	23.6	94.5
デモンストレーション・ベンチマーク (短期的)	—	16.8	26.5 <sup>(2)</sup>	—	6.9	50.3
<b>合計</b>	<b>22.4</b>	<b>28.9</b>	<b>54.5</b>	<b>8.4</b>	<b>30.5</b>	<b>144.8</b>

注 (1) 2800 万ユーロのうち、1900 万ユーロは改質システム開発に割り当てられている。  
 (2) 2650 万ユーロのうち、1800 万ユーロは CUTE プログラムに割り当てられている。

④ 第6次フレームワーク・プログラムにおける燃料電池・水素関連研究テーマ

- 第6次フレームワーク・プログラムの研究テーマの第一次公募は2003年3月18日に締め切られ、2004年1月に採用が内定された研究テーマが発表された。
  - ◇ 燃料電池・水素関連の研究テーマは、重点研究分野「持続可能な発展」分野のうちの「持続可能なエネルギーシステム」として公募されている(表9-6)。すでに採用が内定された燃料電池・水素関連の研究テーマを表9-7に示す。
  - ◇ すでに採用が内定している研究テーマのうち、水素社会へのロードマップを研究する「HYWAYS」と、水素の安全性を研究する「HYSAFE」の研究内容を表9-8と表9-9に示す。

表9-6. 重点研究分野「持続可能な発展」におけるサブカテゴリと予算

重点研究分野「持続可能な発展」 (Sustainable development)	百万ユーロ
持続可能なエネルギーシステム (Sustainable energy systems) - 短期・中期的な研究 (エネルギー・運輸総局が管轄) - 中期・長期的な研究 (研究総局が管轄)	810
持続可能な陸上運搬システム (Sustainable surface transport)	610
エコシステム (Global change and ecosystems)	700

表9-7. 採用が内定された燃料電池・水素関連の研究テーマ [百万ユーロ]

研究分野	簡略名	テーマ	予算	実施者
水素製造	HYTHEC	高温熱化学水素製造	1.9	CEA
	CHRISGAS	バイオマスからの水素リッチガス製造	9.5	Växjö University
	Hi2H2	電気分解による水素製造 (Solid Oxide water electrolyser)	0.9	EDF
水素社会への移行	HYWAYS	水素社会へのロードマップ	4	L-B-Systemtechnik
	NATURALHY	天然ガスインフラの水素転用	11	Gasunie
水素貯蔵	STORHY	次世代車載技術の開発	10	Magna Steyr Fahrzeugtechnik
水素の安全	HYSAFE	水素の安全性に関する研究	7	Fahrzeugtechnik Karlsruhe
水素の最終用途	ZERO REGIO	水素 FC の実証試験	7.5	INFRASERV
	HYICE	水素内燃エンジン	9	BMW
高温型燃料電池	Real-SOFC	次世代 planar SOFC の開発	9	Forschungszentrum Jülich
	BIOCELLUS	バイオマスを使った燃料電池システム	2.5	TU Munich
	GREEN-FUEL-CELL	バイオガスを使った SOFC	3	CCIRAD
PEM	HYTRAN	自動車用 PRM のシステム・コンポーネント開発	9	Volvo
	FURIM	高温 PEM	4	Tech. Univ. of Denmark
ポータブル用 FC	MOREPOWER	コンパクトなメタノール・エタノール改質 FC	2.2	GKSS Forschungszentrum Geesthacht
合計			29.7	

表 9-8. HYWAYS (詳細は交渉中)

<p>目 的</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 欧州水素エネルギーロード&amp;ルートマップ (European Hydrogen Energy Road- and Route maps : EHER) を策定する</li> <li>・ EHER 策定のためのツールを開発する</li> <li>・ 幅広い水素の利用を検討する (自動車用、定置用、ポータブル用：ただし自動車用を第一に考える)</li> <li>・ EHER の研究成果を欧州連合加盟国、関係する産業・研究所・組織、市民に提供する</li> </ul>
<p>参加企業・団体</p>	<p><u>コーディネーター</u> L-B-Systemtechnik GmbH (独)</p> <p><u>企業</u> エネルギー： bp (英)、EdF (仏)、EHN (スペイン)、Norsk Hydro (ノルウエー)、Repsol (スペイン)、Statkraft (ノルウエー)、TotalFinaElf (仏)、Vattenfall Europe (独)</p> <p>自動車： BMW (独)、DaimlerChrysler (独)、Opel (独)</p> <p>水素製造： Air Liquide (仏)、Air Products (英)、General Electric Oil&amp;Gas Nuovo Pignone (伊)、Hexion-NL, Infracore (独)、Linde (独)、Messer (独)、Vandenborre Techn (ベルギー)</p> <p>その他： Det Norske Veritas (ノルウエー)</p> <p><u>研究所</u> LBST (独)、BETA-University (仏)、CEA (仏)、ECN (オランダ)、ENEA (伊)、Fraunhofer ISI (独)、ICSTM (英)、IDMEC-IST (ポルトガル)、ZEW (独)</p> <p><u>対象地域</u> Phase I： 6 カ国・地域 CEA (仏)、DENA (独)、ENEA (伊)、H.I.T. (ギリシャ)、NOVEM (オランダ)、WNRI (ノルウエー)</p> <p>Phase II: さらに 5~7 カ国・地域を選定</p>
<p>ロードマップの策定</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ハイレベルグループが、「ロードマップ項目 (elements of roadmap)」を規定した。【2003年6月】</li> <li>・ HyNet が、ロードマップを提案した。【2003年末】</li> <li>・ HyWays が、HyNet のロードマップを検証し、ロードマップの第一バージョンを策定する (Phase I の対象地域の状況を参照)。【2005年半ば】</li> <li>・ HyWays が、包括的で実施可能なロードマップと、アクションプランを策定する。【2006年半ば】</li> </ul>
<p>タイムフレーム</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2020年までの水素社会への移行を想定。さらに、長期的な展望(2030~2050年)も示す。</li> <li>・ 研究の対象は、定置用と自動車用。</li> </ul>

表 9-9. HYSAFE (詳細は交渉中)

<p>目 的</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ネットワークの構築</li> <li>・ 水素の安全性に関する理解、アプローチへの寄与</li> <li>・ 水素における経験と知識の統合</li> <li>・ 個別に実施されてきた研究の統合・調整</li> <li>・ 欧州連合における水素の安全規制・基準・標準の策定への寄与</li> <li>・ 水素をエネルギー媒体として使用することの技術文化 (technical culture) の育成</li> <li>・ 水素技術に関する市民の啓蒙</li> </ul>																																				
<p>水素の安全性確保のための指針</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">縦軸</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;">水素漏れ、混合、拡散</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">燃焼・爆発における温度・圧力の影響</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">災害軽減措置の開発</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">安全性・リスクの研究</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">規制の標準化、広報</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">横軸</td> <td></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">水素製造</td> <td style="text-align: center;"></td> <td colspan="5" rowspan="6" style="vertical-align: top;"> <p><b>水素の安全性確保のための指針</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水素の多様な用途に関する、安全性分析のデータベースの構築</li> <li>・ 異なった用途における水素の安全性を分析するためのツールの開発</li> <li>・ 災害軽減技術・安全装置の開発</li> <li>・ 新しい災害軽減技術の開発</li> <li>・ リスク評価手法の開発 (水素としてのリスク評価と同時に、既存燃料との比較評価も実施)</li> <li>・ 水素をエネルギー媒体として扱うための技術文化の育成</li> <li>・ 欧州・世界の基準・標準化作業への情報提供</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">水素運搬・充填</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">水素貯蔵</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">水素を燃料とする車両</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">トンネル、駐車場、ガレージ</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">水素燃料の利用・応用</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>						縦軸		水素漏れ、混合、拡散	燃焼・爆発における温度・圧力の影響	災害軽減措置の開発	安全性・リスクの研究	規制の標準化、広報	横軸							水素製造		<p><b>水素の安全性確保のための指針</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水素の多様な用途に関する、安全性分析のデータベースの構築</li> <li>・ 異なった用途における水素の安全性を分析するためのツールの開発</li> <li>・ 災害軽減技術・安全装置の開発</li> <li>・ 新しい災害軽減技術の開発</li> <li>・ リスク評価手法の開発 (水素としてのリスク評価と同時に、既存燃料との比較評価も実施)</li> <li>・ 水素をエネルギー媒体として扱うための技術文化の育成</li> <li>・ 欧州・世界の基準・標準化作業への情報提供</li> </ul>					水素運搬・充填		水素貯蔵		水素を燃料とする車両		トンネル、駐車場、ガレージ		水素燃料の利用・応用	
縦軸		水素漏れ、混合、拡散	燃焼・爆発における温度・圧力の影響	災害軽減措置の開発	安全性・リスクの研究	規制の標準化、広報																															
横軸																																					
水素製造		<p><b>水素の安全性確保のための指針</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水素の多様な用途に関する、安全性分析のデータベースの構築</li> <li>・ 異なった用途における水素の安全性を分析するためのツールの開発</li> <li>・ 災害軽減技術・安全装置の開発</li> <li>・ 新しい災害軽減技術の開発</li> <li>・ リスク評価手法の開発 (水素としてのリスク評価と同時に、既存燃料との比較評価も実施)</li> <li>・ 水素をエネルギー媒体として扱うための技術文化の育成</li> <li>・ 欧州・世界の基準・標準化作業への情報提供</li> </ul>																																			
水素運搬・充填																																					
水素貯蔵																																					
水素を燃料とする車両																																					
トンネル、駐車場、ガレージ																																					
水素燃料の利用・応用																																					

## (6) 水素・燃料電池に関するハイレベルグループ (High Level Group on Hydrogen and Fuel Cells)

- 「水素・燃料電池に関するハイレベルグループ (High Level Group on Hydrogen and Fuel Cells : HLG)」は、2002年10月に欧州委員会内に設立された、水素・燃料電池に関する将来ビジョン策定グループである。
  - ◇ HLGは、欧州委員会副委員長 兼 エネルギー・運輸担当欧州委員ロジョラ・デ・パラシオ (Loyola de Palacio) と、研究担当欧州委員フィリップ・ビュスカン (Philippe Busquin) のイニシアティブで企画され、欧州委員会委員長であるロマーノ・プローディ (Romano Prodi) の全面的なバックアップを得て設立された組織である。
  - ◇ HLGでは活発なディスカッションを行うために、参加メンバーを19名に絞った (表 9-10)。
  - ◇ HLGメンバーは、企業や団体の意見を代表するのではなく、水素技術・水素経済に関するステークホルダーの立場 (個人の立場) で意見を述べることが要求された。
  - ◇ 最終報告書の策定に当たっては、水素・燃料電池に関する技術的な知見が必要なことから、「シェルパ (sherpas)」と呼ばれる専門家グループを組織した。
- HLGでは、以下の理由で水素技術の推進を重要と考えている。
  - ◇ エネルギー・セキュリティ
  - ◇ エネルギーの安定供給の確保
  - ◇ 欧州の経済的競争力の維持<sup>61</sup>
  - ◇ 大気質改善地球温暖化ガスの削減
- HLGは、水素社会に対する一般の理解が不足している現状を踏まえ、欧州の持つ研究資源を最適化し、水素社会到達時に世界に競合しうる欧州を作ることが目的としている。

---

<sup>61</sup> ハイレベルグループの最終報告書では、「A strong Drive in the United States and Japan」というコラムを設け、日本と米国が活発に研究開発を進めていることを紹介している。日本に関しては、以下のように紹介している。

『日本は、積極的に水素と燃料電池の研究とデモンストレーションを行っており、2002年度の子算は約2.4億ドルと推定される。燃料電池実用化推進協議会は、2002～2003年に東京・横浜で6ヶ所の水素充填ステーションを設置することを決めた。日本は初期段階の実用化目標として、FCVを2010年に50,000台、2020年に500万台とし、また定置用燃料電池を2010年に2,100MW、2020年に10,000MWにする目標を発表している』

表 9-10. 水素・燃料電池に関するハイレベルグループのメンバー

企業・団体	名前	役職
Rolls-Royce	Mr. Charles Coltman	Chairman and CEO Rolls-Royce Fuel Cell Systems Ltd
Nuvera	Mr. Roberto Cordaro	President and Chief Executive Officer
Johnson Matthey	Mr. Neil Carson	Executive Director
Solvay	Mr. Leopold Demiddeleer	Solvay Corporate R&D Director
Siemens-Westinghouse	Dr. Thomas Voigt	President Stationary Fuel Cell Division
Ballard Power Systems	Andreas Truckenbrodt	Vice President and General Manager Transport Division
Air Liquide	Mr. Michel Mouliney	General Manager Advanced Technologies and Aerospace Division
Vandenborre Technologies	Dr. Hugo van den Borre	President and Chief Executive Officer
Renault	Dr Pierre Beuzit	Vice-president of Research, Renault SA
Daimler-Chrysler	Prof. Dr. Herbert Kohler	Vice President for Research Body and Powertrain, Chief Environmental Officer
Shell	Mr. Don Huberts	Chief Executive Officer of Shell Hydrogen
Norsk Hydro	Mr. Tore Torvund	Executive Vice President of Norsk Hydro and CEO of Norsk Hydro Oil and energy
Sydskraft	Prof. Lars Sjunnesson	President and CEO / Director and Professor of the Corporate R&D and Environment
CEA	Mr. Pascal Colombani	Chairman
ENEA	Prof. Carlo Rubbia	President
CIEMAT	Mr. César Dopazo	General Director
FZJulich	Dr. Gerd Eisenbeiß	Member of The Board of Directors
Iceland	Mr. Hjalmar Arnason	Member of Parliament of Iceland
UITP	Dr. Wolfgang Meyer	President

- HLG では、表 9-11 のようなテーマについてオープンなディスカッションを行った。特にメンバーは、このテーマが長期的に取り組むべき課題であり、また政策的なフレームワークが必要であることを強く認識した上で、ディスカッションを行った。

表 9-11. HLG におけるディスカッションテーマ

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水素源： グリーン水素（再生可能エネルギー由来水素）か？ ブラウン水素（化石燃料由来水素）か？</li> <li>・ 水素貯蔵： どのような水素貯蔵技術・形態が望ましいか？</li> <li>・ 初期市場： 燃料電池車か？水素内燃自動車か？</li> <li>・ 水素運搬： どの程度集中（分散）させるべきか？</li> <li>・ 将来における水素と燃料電池の関係はどのようなものか？</li> <li>・ 研究とデモンストレーションのあり方はどのようなものか？</li> <li>・ 水素利用のセクター間の優先度は？</li> <li>・ どのようなインセンティブが必要か？</li> <li>・ 望ましい世界的な標準はどのようなものか？</li> </ul>
---

- HLG では、メンバー間のディスカッションを通じて、表 9-12 のようなコンセンサスを得た。

表 9-12. HLG のコンセンサス

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 欧州の研究総局（DG RTD）における水素・燃料電池関連の研究は、早急な拡大・強化が必要であり、すぐにでもそのための政策変更が必要である。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- キーとなる戦略分野を特定する。</li> <li>- すべてのオプションを検討し、オープンのままにしておく（技術の早まった絞込みをさける）。</li> <li>- 究極の目的：再生可能エネルギーを基本としたエネルギーシステムの構築。</li> </ul> </li> <li>・ グローバルなリーダーシップを発揮するために、官民協同が不可欠である。</li> </ul>
---

- HLGは2003年6月16～17日にブリュッセルで『水素社会－持続可能なエネルギーへの橋がけ (The hydrogen economy - a bridge to sustainable energy)』と題する会議を開催した<sup>62</sup>。会議においてHLGは、最終報告書『水素エネルギーと燃料電池：未来へのビジョン (Hydrogen energy and fuel cells - a vision for our future)』を発表、アクションプラン(表 9-13)、未来ビジョン(図 9-9)、水素社会に向けてのロードマップ(図 9-10)を示した。

表 9-13. HLG のアクションプラン

- ・ 水素・燃料電池に関する新たな政策を策定する。
- ・ 戦略的研究アジェンダを設定する。
- ・ 自動車用・定置用燃料電池のデモンストレーションを実施し、欧州全域にわたる水素インフラを構築する。
- ・ 「水素・燃料電池への欧州ロードマップ (European Roadmap for hydrogen and fuel cells)」を提示する(図 9-9)。
- ・ 「欧州水素燃料電池技術パートナーシップ (European Hydrogen and Fuel Cell Technology Partnership)」を組織する。

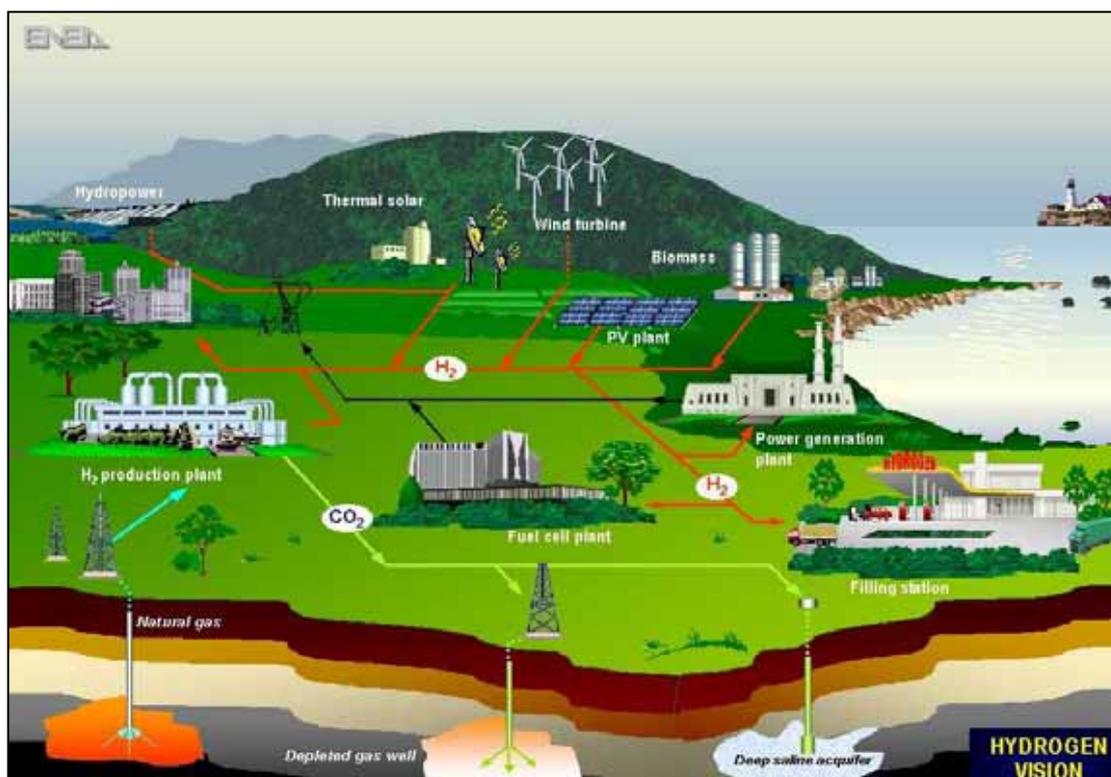


図 9-9. HLG が描く水素社会ビジョン

<sup>62</sup> この会議では、米国エネルギー省のエイブラハム長官もスピーチを行い、欧州連合に「水素経済のための国際パートナーシップ」への参加を呼びかけている。P.35 (米国エネルギー省) 参照。

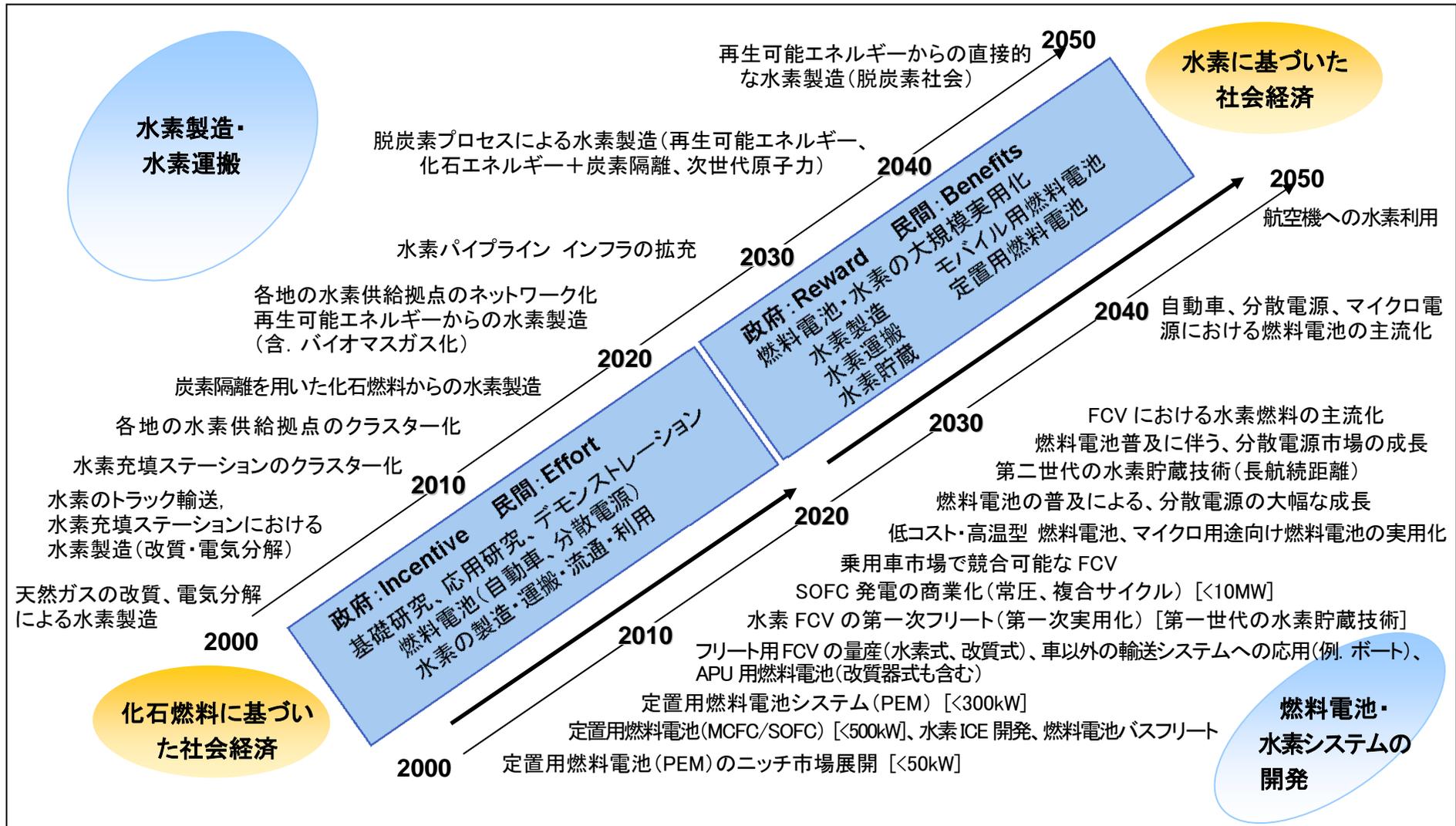


図 9-10. 水素・燃料電池への欧州ロードマップ

## (7) 代替燃料コンタクトグループ(Alternative Fuel Contact Group:AFCG)

- 代替燃料コンタクトグループ (AFCG) は、代替燃料に関するコンセンサスを形成するための、燃料・エネルギー関連機関と総局間の連絡会議である。
  - ◇ AFCG は、2001 年 11 月に欧州委員会が発表した『代替燃料に関するコミュニケーション (Communication on Alternative Fuels) 』を受けて、2002 年にエネルギー・運輸総局を中心に設置された組織である。メンバーは表 9-14 のとおりである。
- AFCG は 2003 年 12 月に最終報告書「代替燃料の市場開発 (Market Development of Alternative Fuels)」を発表した。最終報告書では、特に天然ガス、水素、Biomass-to-Liquid 燃料の重要性を強調している。
  - ◇ Well-to-Wheel 分析：
    - AFCG では、様々な燃料の Well-to-Wheel 分析を実施した。
    - AFCG は CONCAWE (欧州石油連盟)、EUCAR (European Car Manufacturers)、欧州共同研究センターとコンソーシアムを組み、欧州における一次エネルギーから運輸セクターまでのパスの 75%を研究した。
  - ◇ 天然ガス：
    - 天然ガス自動車 (2010 年技術レベルを想定) のCO<sub>2</sub>エミッションは、ガソリン車よりも 16%、ディーゼル車よりも 13%低減すると予想される。
    - 運輸セクターにおいて、2020 年までに 10%の燃料が天然ガスに置き換わるとしても、その量は 2020 年における天然ガスの総需要の 5%に過ぎない。よって、天然ガスの供給量がボトルネックになるとは考えられない。
  - ◇ 水素：
    - 運輸セクターにおける水素のシェアは、2020 年では数%程度である。
    - 水素内燃自動車は、近道 (fast track) 的な手段であるが、それはCO<sub>2</sub>をほとんどださないような水素製造を前提とするべきである。
    - バイオマスからの水素税層や炭素隔離も望ましい技術であるが、さらなる研究開発が必要である。
  - ◇ Biomass-to-Liquid 燃料 (BTL)：
    - 欧州連合のバイオマス普及目標は 2010 年で 6%であるが、BTL 技術はバイオマス普及を後押し、最大で 15%までの普及が期待できる。しかしそのためには、インセンティブが必要であろう。
    - Biomass-to-Liquid 燃料製造と水素製造を組み合わせれば、より高い効率と低コスト化が期待できる。

表 9-14. 代替燃料コンタクトグループのメンバー

名前	グループ	組織
ANASTASIADIS Stephanos	T&E	European Federation for Transport and Environment
ANDERSON Jason	Climnet	Climate Action Network Europe
BAUEN Ausilio	Imperial College	Imperial College of Science, Technology and Medicine
BÖCKELT Achim	HyNet	BMW AGI
BOISEN Peter	Engva	Fordonsgas Vst
BOUT Peter	EIHP	Air Products Nederland B.V.
CELARD Bruno	Europia	European Petroleum Industry Association
CUCCHI Carlo	ACEA	Association de Constructeurs Européens d'Automobiles
DUWE Matthias	CAN-E	Climate Action Network Europe
GRIESEMANN Jean-Claude	Eucar	Renault
GRILL Johann	AIT & FIA	The European Bureau of the Alliance internationale de Tourisme et Fédération Internationale de l'Automobile
HART David	Imperial College	Imperial College of Science, Technology and Medicine
HEINRICH Hartmut	Eucar	Volkswagen AG
HEC Daniel	Marcogaz	Technical Association of the European Gas Industry
HOWENER Hubert	F.Z. Jülich	Research Center Jülich
LARIVE Jean-François	Concawe	Oil Companies European Organisation for Environment, Health and Safety
LE BRETON Daniel	Europia	European Petroleum Industry Association
MAITRE Isabelle	IRU	International Road Transport Union
MALY Rudolph Prof.	Eucar	DaimlerChrysler AG
McCarthy Adam	AIT & FIA	The European Bureau of the Alliance internationale de Tourisme et Fédération Internationale de l'Automobile
MEYER Bernd	Bergakademie Freiberg	TU Bergakademie Freiberg
MEYER Hermann	ACEA	Association de Constructeurs Européens d'Automobiles
PÜTZ Ralf	UITP	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
RICKEARD David	Concawe	ExxonMobil Petroleum and Chemical
RÖJ Anders	ACEA	Association de Constructeurs Européens d'Automobiles
SAUERMANN Peter	TES	Aral KG
SCHEUERER Klaus	HyNet	BMW AG
SCHOOTERS Karla	Climnet	Climate Action Network Europe
SCHOLTISSEK Bernhard	Europia/Concawe	BP
SCHULZ Philippe	Europia/Concawe	Total
SEISLER Jeffrey M.	Engva	European Natural Gas Vehicle Association
SONNABEND Peter	IRU	Deutsche Post/DHL
THOMPSON Neville	Concawe	Oil Companies European Organisation for Environment, Health and Safety
VAN ZYL	Eucar	European Council for Automotive R&D
VANCLUYSEN Karen	Eurocities	
WAARA Rolf	UITP	Union Internationale des Transports Pubics
WEIDNER Hans	EIHP	Adam Opel AG – Fuel Cell Activities
WILKS Chris	Europia	BP

## (8) ディスカッション

- 日本との連携に関して：
  - ◇ 日本は水素に関する安全の研究を積極的に進めているので、欧州委員会としても連携をとっていきたい。
  - ◇ 欧州の EUCAR と CONCAWE が Well-To-Wheel 分析を行っているので、日本との連携は双方にとって有益である。
- 標準化作業に関して：
  - ◇ 欧州の各国は、それぞれエネルギーミックスが異なるので、標準化作業も容易ではない。
  - ◇ 自動車用燃料電池だけではなく、定置用燃料電池やモバイル用燃料電池などととも、標準化作業を進める必要がある。
- 水素インフラ整備に関して：
  - ◇ 水素インフラ整備には「鶏と卵のジレンマ」がある。そのため欧州委員会では、水素インフラを有効に活用できる水素内燃機関エンジンの可能性を検討している。
  - ◇ 高すぎる期待を市民に抱かせることは決して好ましくはない。現実的な目標設定が必要だ。

## 10. Johnson Matthey

訪問先	Johnson Matthey 住所：Blounts Court, Sonning Common, Reading RG4 9NH, UK
訪問日時	2004年1月27日（火）10：00～14：00
対応者	Colin Jaffray Commercial Director, Johnson Matthey Fuel Cells James Wilkie Development Director, Johnson Matthey Fuel Cells Peter G. Gray, PhD Business Development Manager, Commercial Development Johnson Matthey Fuel Cells Alan Diwell Supply Chain Manager, Johnson Matthey Fuel Cells
組織の概要	電極用、改質器用触媒の有力メーカー。Ballardとも研究開発を実施。
調査項目	・ 改質技術の現状と今後の見通し ・ 触媒（燃料電池スタック用、改質器用）の開発現状と今後の見通し

### (1) Johnson Matthey の概要

- Johnson Mattheyは1817年に設立された貴金属販売・加工会社である<sup>63</sup>。2003年の売上は43億2,400万ポンド（1ポンド=200円換算で8650億円）で、税引前純利益は2億570万ポンド（410億円）である（図10-1）。

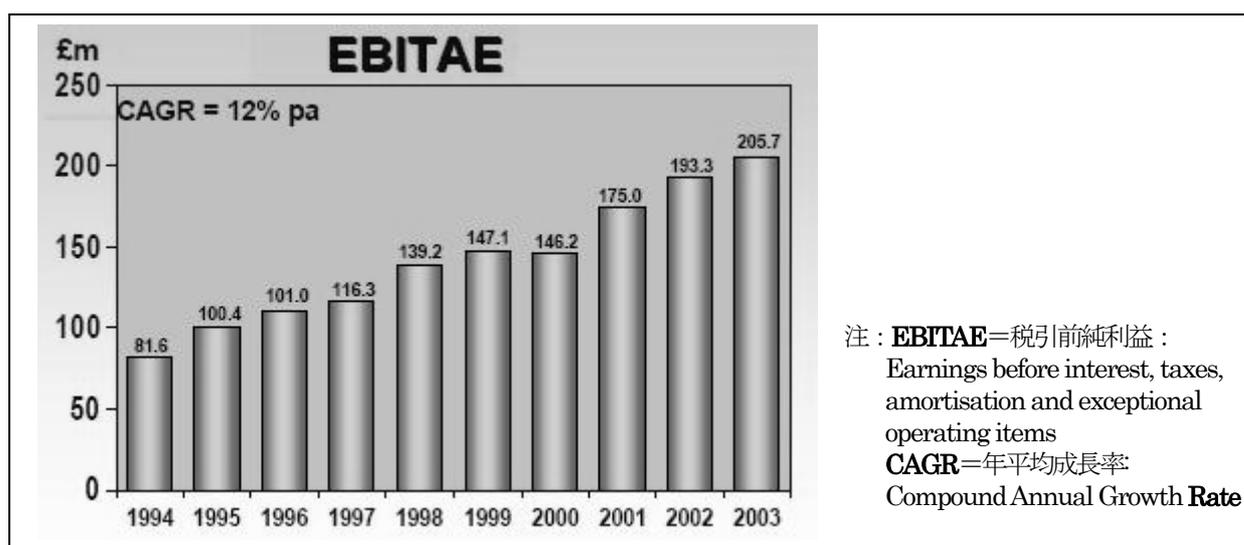


図 10-1. Johnson Matthey の税引前純利益の推移

<sup>63</sup> 1817年にPercival N. Johnsonが金の精練会社を設立、1851年にGeorge Mattheyがパートナーになり「Johnson & Matthey」となった。<[http://www.matthey.com/environment/whatwedo\\_1.htm](http://www.matthey.com/environment/whatwedo_1.htm)>参照。

- Johnson Matthey の組織を図 10-2 に示す。研究センター (Corporate Research Centre) と 4 つの部門 (Division) に分かれている。
- Johnson Matthey は 2002 年 4 月に、従来は触媒部門に属していた燃料電池ビジネスをスピノフし、Johnson Matthey Fuel Cells を設立した<sup>64</sup>。
  - ◇ Johnson Matthey 2002 年 11 月に、Johnson Matthey Fuel Cells が株式の 17.5% を Anglo Platinum に譲渡したので、資本的には Johnson Matthey Fuel Cells は合弁の形態をとっている。
- 燃料電池ビジネスの展開のために、表 10-1 に示す合弁企業を設立した。

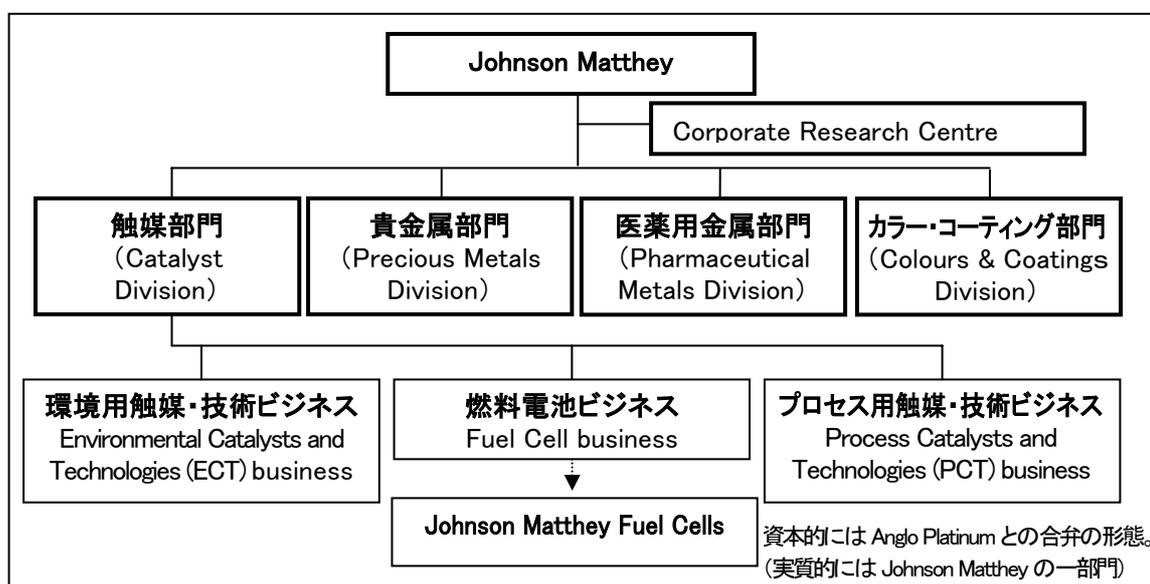


図 10-2. Johnson Matthey の組織

出所：Johnson Matthey ホームページ<<http://www.matthey.com/divisions/index.html>>

表 10-1. Johnson Matthey の燃料電池関合弁企業

Conduit Ventures Limited	燃料電池、水素関連技術のベンチャーへの出資会社 【出資者】 Johnson Matthey    Shell Hydrogen Danfoss <sup>65</sup> 三菱商事
Micropower plc.	燃料電池などのマイクロ電源の研究開発 【出資者】 Johnson Matthey    British Gas PowerGen                          Innogy

<sup>64</sup> 2000 年 9 月の訪問時に Colin Jaffray は、「5 年以内に燃料電池を部門化したい」と語っていた。財団法人日本自動車両協会『平成 12 年度燃料電池車の技術開発動向調査：海外調査編』参照。

<sup>65</sup> Danfoss はデンマーク最大の企業グループ。従業員数 17,000 人で、2002 年度のグループ売上は 149 億デンマーククローネ (約 2600 億円)。

## (2) Johnson Matthey の燃料電池ビジネス

### ① Johnson Matthey の燃料電池ビジネスの展開

- Johnson Mattheyの燃料電池ビジネスは、1838年にグローブ卿に白金電極を供給したことに始まる<sup>66</sup>。
  - ◇ 米国の宇宙開発計画（ジェミニ計画、アポロ計画、スペースシャトル計画）に対して、アルカリ形燃料電池用電極触媒と先進材料を供給した実績を有する。
  - ◇ Ballard設立当初は、Johnson Mattheyは株主であった<sup>67</sup>。ただし現在はBallardと資本関係はなく、ビジネス的な関係（顧客、研究開発パートナー）のみである。
  - ◇ Johnson Mattheyにおいて燃料電池用触媒の研究開発は、自動車用触媒を超える、開業以来最大の研究開発プログラムとなっている。
- 自動車排ガス浄化触媒では世界最大のメーカーであり、年産 3,000 万ユニット以上の供給能力を有している。これまでに、多くの自動車メーカーに製品を提供してきた。
- 表 10-2 に、Johnson Matthey の燃料電池ビジネスを示す。Johnson Matthey は燃料電池用コンポーネントを開発し、燃料電池システムの開発は行わない。
  - ◇ Johnson Matthey では、燃料電池では特に PEM に注力している。また、DMFC にも興味がある。
  - ◇ 燃料電池業界に関する情報サービスとして、インターネット上で「Fuel Cell Today」（[www.fuelcelltoday.com](http://www.fuelcelltoday.com)）を運営している。

表 10-2. Johnson Matthey の燃料電池ビジネス

燃料電池スタック 関連	電極用触媒、電極、触媒塗布プロトン交換膜（CCM）、 MEA
燃料電池周辺機器 関連	燃料改質用触媒及び改質器 水素透過膜（パラジウム系、セラミクス系）

<sup>66</sup> Sir William Groveは 1838 年にテーブ状の白金電極を使用し、水の電気分解の逆反応によって発電ができることを公開実験で証明した。

<sup>67</sup> Ballard（当時の名称はBallard Research, Inc.）は、1979年に電気自動車用の高エネルギーリチウム電池の開発を目的として設立された。1983年にカナダ国防省より軍用PEM（メタノール改質式）の委託研究を受けたが、このときに独自のPEM膜を開発するためにJohnson Mattheyと共同研究を行った。<<https://dspace.mit.edu/retrieve/660/Fuelcell1.pdf>>参照。

② Johnson Matthey の燃料電池関連製品の特徴

- Johnson Matthey の燃料電池関連製品を表 10-3 と図 10-3 に示す。

表 10-3. Johnson Matthey の燃料電池関連製品の特徴

製品	特徴
燃料電池用触媒	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 白金担持量を <math>0.2 \text{ gm/cm}^2</math> に低減することに成功した。</li> <li>- 触媒機能強化のために、金を添加した触媒を開発している。</li> </ul>
ガス拡散層 (GDL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 独自の技術で、低コストガス拡散層 (Low Cost Substrate : LCS) の開発に成功した。</li> <li>- 東レ製 GDL と遜色ないレベルに達している (東レ製 GDL と比べて IV 性能で <math>20 \text{ mV}</math> 以内の性能差を達成)。</li> </ul>
シール材	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 自社でシール材・ガスケットを開発した。</li> </ul>
プロトン交換膜 (PEM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 初期の自社製プロトン交換膜には耐久性の問題があったが、熱処理を工夫することで耐久性に優れたプロトン交換膜の開発に成功した。</li> <li>- 有力なメーカーからポリマーを購入し、自社でプロトン交換膜の開発を進めている。</li> </ul>
MEA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5層 MEA、7層 MEA</li> </ul>
評価設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 顧客のスタックも評価可能。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GDL、プロトン交換膜の生産方法を確立した。</li> <li>- 外部の試験評価会社と提携。</li> <li>- PTFE (polytetrafluoroethylene : ポリテトラフルオロエチレン、プロトン交換膜の原料) の化学的安定性、分散度の評価可能。</li> </ul>

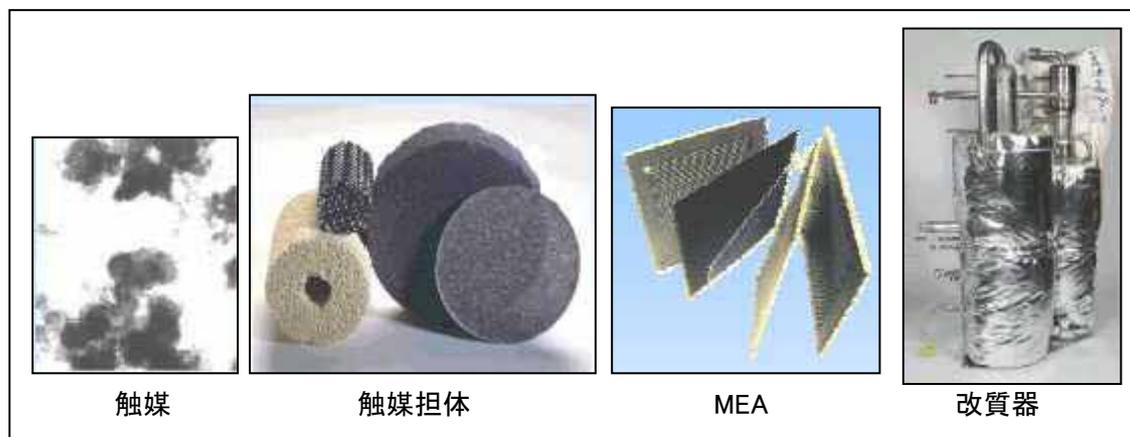


図 10-3. Johnson Matthey の燃料電池関連製品

表 10-4. Johnson Matthey Fuel Cells のビジネス拠点

London (イギリス)	機能： 本社
Sonning Common (イギリス)	機能： R&D 拠点、管理、触媒の研究開発 テストベンチ： 40 台以上 (シングルセル用からショートスタック用まで) 20kWスタックまでテスト可能、24 時間稼働 研究者数： 220 人
Swindon (イギリス) <sup>68</sup>	機能： 電極、触媒塗布プロトン交換膜、MEA (5 層、7 層) の生産 敷地面積： 4 ha フェイズ 1 : 1.4 ha を開発 (2002 年 11 月) フェイズ 2 : 2005 年以降 生産開始： 2003 年 3 月 生産能力： プロトン交換膜・MEA 30 万枚/年 (膜サイズ 500 cm <sup>2</sup> を想定) フェイズ 2 では 100 万枚/年に拡大 <sup>69</sup> 作業員数： 100 人 (現在) その他 : ISO 9002 取得 (2003 年 11 月)
Royston (イギリス)	電極の生産 (ただし Swindon に移転予定)
West Whiteland (ペンシルベニア州、フィラデルフィア郊外)	機能： 燃料電池用電極触媒と燃料改質触媒の製造。 テストベンチ： 10 台 (マルチ燃料式改質システムの研究用、100 kWe まで対応可)
West Deptford (ニュージャージー州)	作業員数： 40 人 その他 : スタックコンポーネントのテスト装置の導入を予定 (2004~2005 年)
喜連川 (Kitec、日本)	機能： Johnson Matthey の自動車用製品に係わる日本の活動拠点 (アジアの拠点) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 5px auto;">                     カスタマーサポート                      スタック材料の評価                      触媒開発                      燃料改質システムの評価                      政府とのコンタクト                 </div>

<sup>68</sup> 現状では、Swindonの工場は、まだ工場見学・訪問を受け入れる体制にないとのことである。

<sup>69</sup> 2000 年 9 月の訪問時には「2002 年には年産で数百万枚規模の生産能力を有する工場をイギリス内に建設する予定。その後は状況次第だが、2005~2006 年には工場を追加し、1 千万枚/年規模に拡大したい」と述べていた。(財団法人日本電動車両協会『平成 12 年度 燃料電池自動車に関する調査報告書「海外調査編」』参照)

### (3) Johnson Matthey の考える燃料電池市場の展開

#### ① 燃料電池市場の展開

- Johnson Matthey が考える燃料電池市場の展開を図 10-4 に示す。
  - ◇ 初期の燃料電池市場は、ポータブル市場（電池代替）やプレミアム市場（軍事用やUPSなど）が主となる。特にプレミアム市場は、高価格な製品でも受け入れられるので初期市場として重要である。
  - ◇ ポータブル用途やプレミアム用途の展開によって燃料電池の低コスト化が進んでから、定置用燃料電池市場が立ち上がることになる。また、定置用燃料電池市場において燃料電池の低コスト化が進むことで、自動車用燃料電池市場が立ち上がることになる。
  - ◇ 自動車用燃料電池市場においては、コスト・センシティブではないAPUが初期市場となる。その次にバスやフリートの市場へと展開し、最もコスト・センシティブな乗用車用燃料電池は、市場規模も大きい、最後に開拓されるべき市場である。
- 人によっては、現状（プロトタイプ製品）から自動車用燃料電池への一足飛びの進展を期待するが、おそらくそれは論理的な展開過程とはいえない。燃料電池の市場ごとに、求められる技術とコスト水準は異なるので、段階的な市場展開・技術開発とコスト削減が必要である。

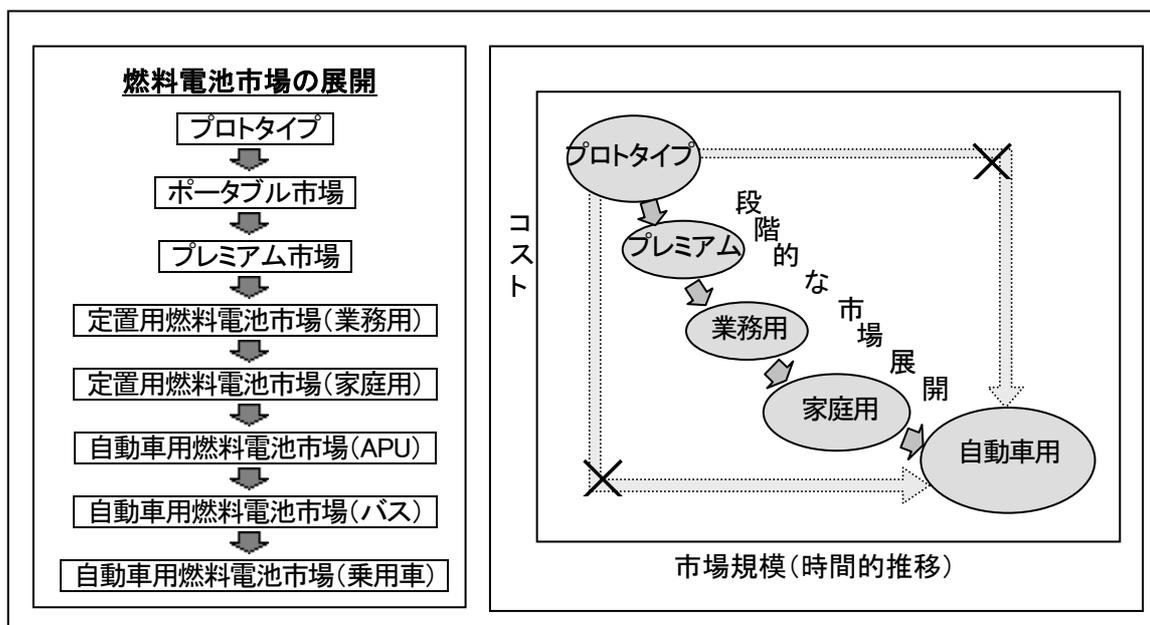


図 10-4. 燃料電池市場の展開

## ② 自動車用燃料電池市場の展開

● Johnson Matthey が考える FCV の普及台数（生産台数）の予想を図 10-5 に示す。

- ◇ 世界の自動車生産台数は、2000 年で 5,200 万台であった。2013 年には 6,000 万台に達するとみられる<sup>70</sup>。
- ◇ ベストケースのシナリオでは、2013 年の FCV 生産台数は 50 万台（全自動車生産台数の 0.8% 程度）になると見られる<sup>71</sup>。ただし現実的な線では、FCV 生産台数は 2010 年で 10 万台程度（全自動車生産台数の 0.16% 程度）であろう。
- ◇ FCV 1 台に使用される触媒はかなりの量になる（例. 現状では FCV に使用されている白金族の量は 60～120 g 程度）。よって FCV 生産台数が 50 万台程度でも、Johnson Matthey にとっては非常に大きな市場になるといえる。

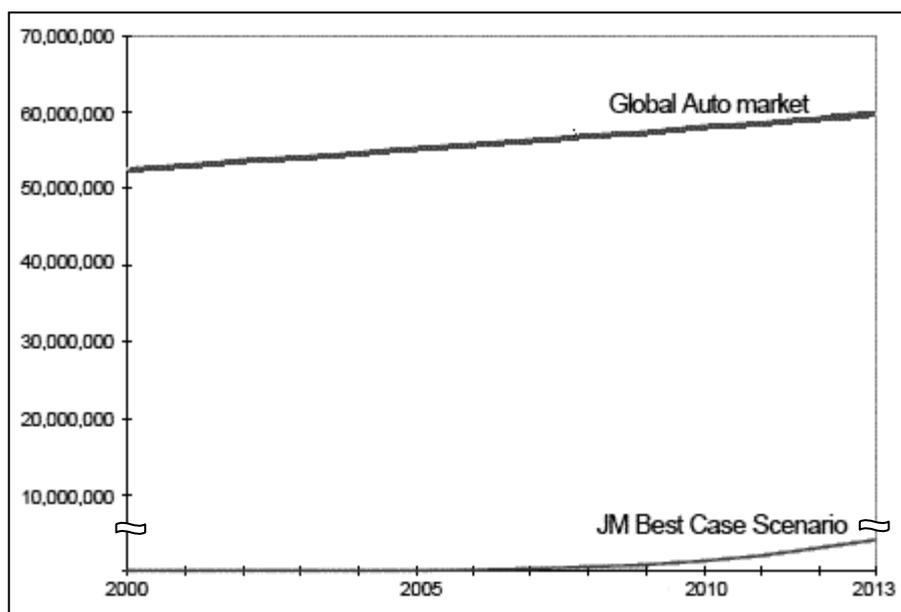


図 10-5. 世界の自動車生産台数と FCV 生産台数の予想

<sup>70</sup> 年率で 1.2% の増加を想定。

<sup>71</sup> この予想は、Johnson Matthey が独自に試算したものである。

③ 燃料電池市場の展開

- Johnson Matthey が考える燃料電池市場の予想を図 10-5 に示す。
  - ◇ FCV 生産台数のベストケースとしては、2005年に2,000～5,000台である。その場合、MEA換算で2,000万枚の市場になると予想される。
  - ◇ 2011年にFCVが20～50万台規模で生産された場合には、MEA市場は面積換算で2,250,000 m<sup>2</sup>程度になると予想している（現実的なFCV生産台数は2010年で10万台程度なので、MEA市場もこれに合わせた規模になると思われる）。
- Johnson Matthey が予想する、Johnson Matthey 自身の燃料電池ビジネスの展開（セクター別の活動のシェア）を図 10-6 に示す。

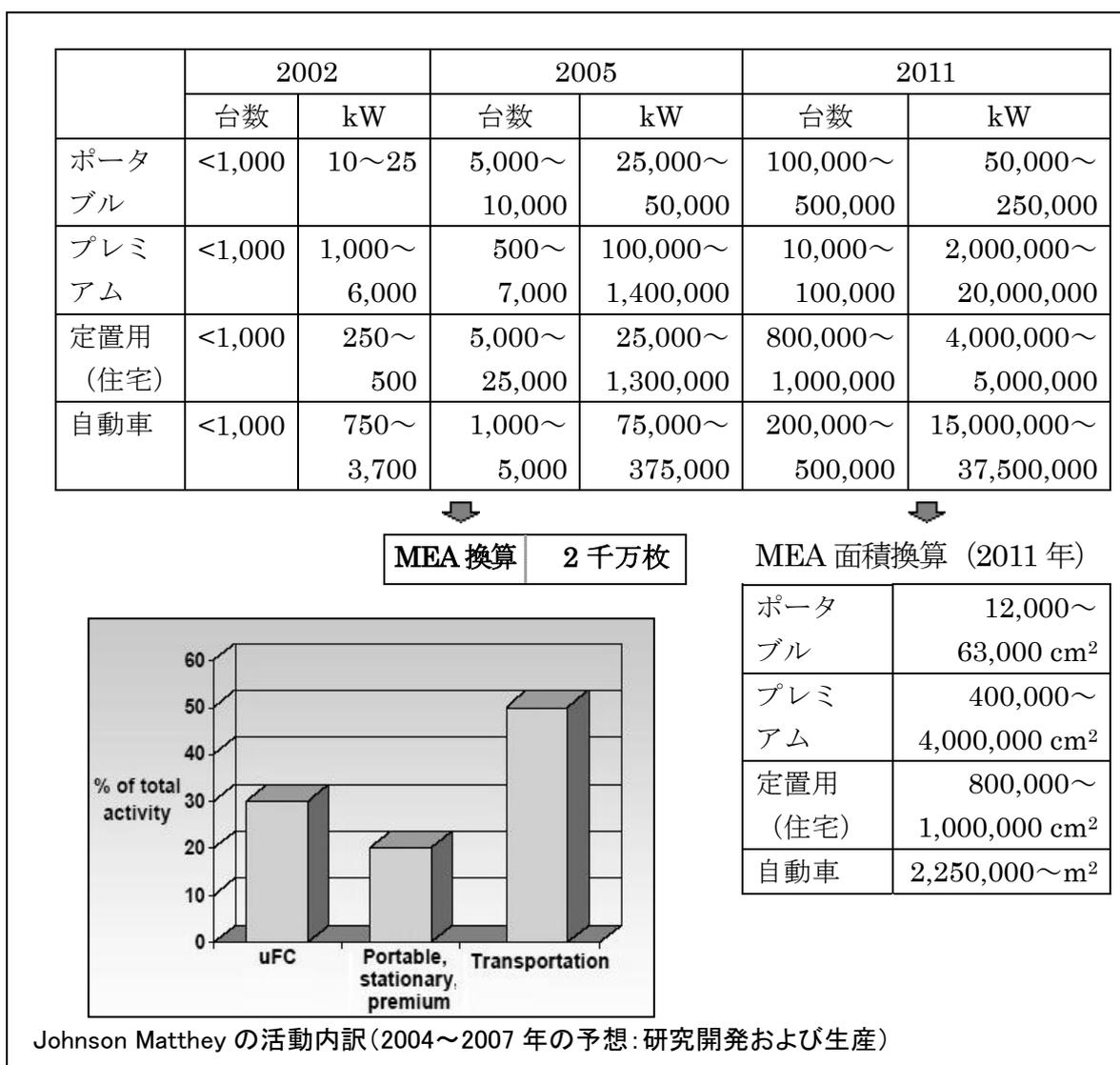


図 10-6. Johnson Matthey の燃料電池市場

#### (4) 白金触媒の見通し

##### ① 白金担持量低減の見通し

- MEA（電極）に使用される触媒を、白金以外のもので代替することは不可能である。よって MEA 用触媒の開発においては、白金使用を前提として、その担持量低減を追求していくことになる。

- ◇ Johnson Matthey では、2010 年における FCV（PEM 出力 75 kWe を仮定）1 台あたりの白金族の担持量は、25g 程度に低減できると考えている（現状は 60～120g 程度）。
- ◇ 現状のガソリン車やディーゼル車は、すでに排気ガス浄化のためにすでに 4～9 g の白金族を使用している。よって FCV が要する白金族量（2010 年で 25g 程度）は決して法外な量ではない。

例. VW Lupo（ディーゼル：GDI-1.4 L EURO III）では 1 車全体で、約 8.7 g の白金族が使用されている。

内訳：白金 5.0 g、パラジウム 3.2 g、ロジウム 0.5g

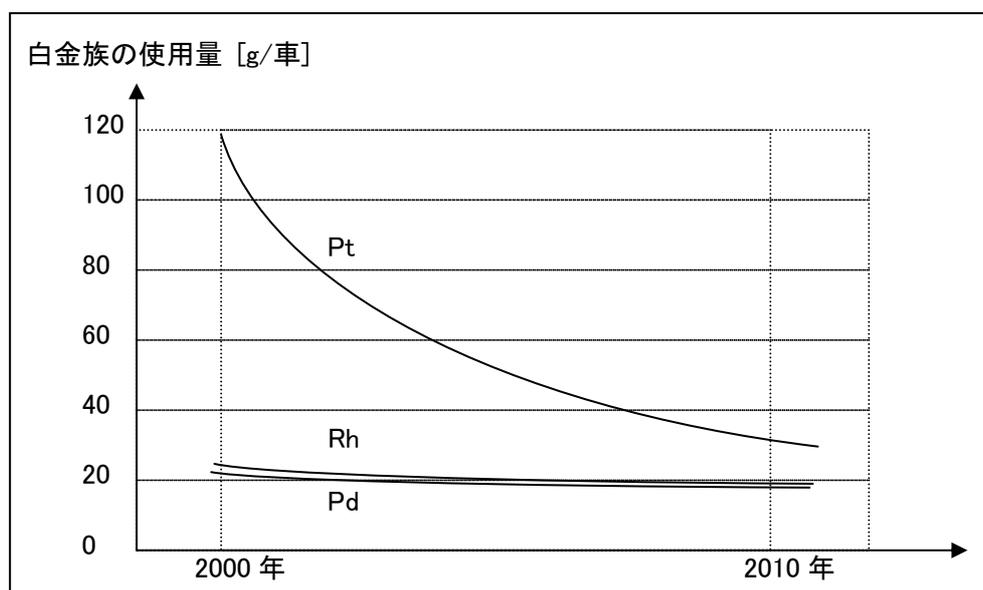


図 10-7. FCV の白金族使用量低減の見通し

注：プレゼンテーションをもとに作成したため、オリジナルのグラフとは異なる。

## ② 白金供給量

- Johnson Mattheyは、Amplats (Anglo American Platinum)<sup>72</sup>が生産する白金の大部分を販売している。
  - ◇ 白金の主要産出地は南アフリカ、ロシア、カナダであるが、このうち南アフリカ以外の国では白金は他の鉱物資源の副産として取れるに過ぎない<sup>73</sup>。
  - ◇ Amplatsが南アフリカに所有しているメレンスキー鉱床 (Merensky reef) は、1トンあたり白金族を8gも含んでいる<sup>74</sup>。
- 将来のFCVの大量普及を想定した場合でも、白金族は供給不足になることはないと考えている。
  - ◇ 現在白金は、地上から1.2km以内の地層から採掘されている。すでに金が地下2km程度までの採掘が進んでいることを考えると、潜在的な残存資源量はかなり大きいといえる。
  - ◇ 南アフリカだけで、約3万トンの白金族が埋蔵されていると見積られている。車両1台あたり30gの白金族を使用すると仮定した場合、この埋蔵量は10億台のFCVに相当する。ただし、採掘の深度の増大とともに、白金族の生産コストは上昇するであろう。

## ③ 白金のリサイクル

- 現状において、自動車に使用されている白金は、かなりの量がリサイクルされている。
- 現状のガソリン車やディーゼル車では、1台あたりの白金の使用量が4~5g程度であり、リサイクルのためのインセンティブは高くはない。むしろ白金の使用量が30g程度になるFCVでは、白金の価値だけで500ドル程度になり<sup>75</sup>、リサイクルのインセンティブが働く。また、白金のリサイクル率は95%以上が期待できる。

---

<sup>72</sup> Amplats (Anglo American Platinum) は、Anglo American (金と白金の生産で世界第1位の総合資源開発グループ)の傘下の白金採掘会社。白金採掘量では世界一で、従業員数4万5千人(2002年)。なおAnglogoldやDe BeersもAnglo Americanのグループ企業である。

<sup>73</sup> 白金族の埋蔵量：南アフリカ：Pt=31.2 t、Pd=19.7 t、Rh=3.4 t、その他白金族=7.6 t

ロシア：Pt=3.4 t、Pd=12.1 t、Rh=0.5 t、その他白金族=1.4 t

米国：Pt=1.4 t、Pd=5 t、Rh=0.1 t、その他白金族=0.1 t

ジンバブエ：Pt=5.7 t、Pd=3.4 t、Rh=0.3 t、その他白金族=0.8 t

<sup>74</sup> メレンスキー鉱床における白金族(7.98 g/トン)の割合は以下のとおり。

白金：4.7 g/トン、パラジウム：2.0 g/トン、ルテニウム：0.64 g/トン、金：0.26 g/トン、ロジウム：0.24 g/トン、イリジウム：0.08 g/トン、オスミニウム：0.06 g/トン

<sup>75</sup> 1オンス(28.3g)=470ドルを想定しての試算と思われる。ただし、2004年3月初旬での白金相場は1オンス=900ドルの高値で推移している。

## (5) ディスカッション

### ① Johnson Matthey の燃料電池ビジネス

- Johnson Matthey は、燃料電池スタックのエンドプレート間にある、あらゆる材料を提供したいと考えている。
  - ◇ 最終的には、MEA を主力製品に育てたいと考えている。そのためには MEA の主コンポーネントである触媒、GDL、プロトン交換膜についての研究開発が必要と考えている。
  - ◇ 電極触媒開発の重点はカソード側の活性化であり、合金触媒を開発している。また改質ガス用電極のために高 CO 耐性触媒の開発にも力を入れている。
  - ◇ 現状では電極における白金の利用率はせいぜい 50%程度なので、これを向上すべく研究開発を行っている。触媒担体についてもいろいろな材料を研究している。
  - ◇ 燃料電池ビジネスにおいて、Johnson Matthey の競合企業は Gore と 3M である。
  - ◇ Johnson Matthey では、イギリス政府の資金を得て 7 層MEAと 9 層MEAを開発している<sup>76</sup>。電極の白金担持量の目標は、DOEの目標と同じ 0.1mg/cm<sup>2</sup>である。なお、MEAの価格目標は\$10/kWである。
  - ◇ 現状ではセパレータの独自開発は行っていない。現在は、Morgan (グラファイトメーカー)がイギリス政府の研究開発プログラムにおいて開発したセパレータを使用している。
  - ◇ Johnson Matthey では、単セルからフルサイズのスタックまでの評価試験が実施可能である。
- Johnson Matthey は、燃料改質システムについても積極的に研究開発を行っている。
  - ◇ 従来Johnson Mattheyは、「HotSpot」というオートサーマル改質システムを開発してきた<sup>77</sup>。
  - ◇ 2002 年末に英ICIの触媒部門であるSynetixを買収したので<sup>78</sup>、同社が所有していたスチーム改質の技術も手に入れることができた。

<sup>76</sup> 他にイギリス政府の研究プログラムにおいて、Morgan社 (グラファイトメーカー) がセパレータの研究開発を行っている。

<sup>77</sup> 財団法人日本自動車両協会『平成 12 年度 燃料電池自動車に関する調査報告書「海外調査編」』参照。

<sup>78</sup> 2002 年 9 月に買収を発表した。買収金額は 2 億 6 千万ポンド。

## ② Ballard Power Systems との関係

- Ballard Power Systems 設立時には、Johnson Matthey は主要な株主であったが、現在は資本関係はない。
- 今日では、Ballard Power SystemsはJohnson Mattheyにとって一顧客に過ぎない<sup>79</sup>。

## ③ 燃料電池の耐久性に関して

- 燃料電池の耐久性は様々な要因が影響するので、制御が非常に難しい。
  - ◇ UTC-FCは、リン酸形燃料電池（PC25）で6万時間を達成したと言っているが<sup>80</sup>、PEMでは到底そのレベルには及ばないであろう。
  - ◇ Johnson Matthey では MEA の耐久性向上のために、コンポジット強化プロトン交換膜を自社で開発している（ポリマー自体は他社から調達している）。
  - ◇ MEA は、薄膜化と耐久性向上の間にトレードオフの関係があることが問題である。
  - ◇ 過去3.5年間、MEAの耐久性向上に取り組んできた結果、特にMEAのエッジが影響していることが判明したため、シールにモールを設けて対処している。

## ④ 燃料電池市場に関して

- Johnson Matthey ではこれまでに、日米欧の主要自動車メーカーに MEA を提供してきた。
- Johnson Matthey では、自動車用燃料電池市場をターゲットに設定しているが、同時に投資を最適化するために、他の市場（ポータブル用、定置用）への展開も意識している。燃料電池コージェネレーション・システム市場も検討している。
- DMFC は、おそらくアジアでは有望な市場となりうるであろうが、Johnson Matthey における DMFC 研究開発の優先度は低い。しかし、DMFC への興味は持っている。

---

<sup>79</sup> 2000年までは、Johnson MattheyはBallardにエンジニアを派遣して、共同開発を行っていた。現在でも緊密な関係を保っている。

<sup>80</sup> P. 45（UTC-Fuel Cells、脚注）参照。

## ⑤ 開発コンセプト、Johnson Matthey の強み

- Johnson Matthey では、MEA の耐久性向上、性能向上、コスト削減のすべてを重要と考えて研究開発を行っている。特にコスト削減では、白金担持量の削減と、低コストガス拡散層（Low Cost Substrate : LCS）の開発がかぎとなる。
- 耐久性やコスト目標は、DOE の目標値に同じである。
  - ◇ 自動車用燃料電池の耐久時間の目標は 5 千時間である。すでに Johnson Matthey では、コンポーネントレベルでは 5 千時間を達成した。
- Johnson Matthey の強みは製品のインテグレーション能力であり、高度にインテグレートした MEA 製品（Fully Integrated MEA）を顧客に提供することができる。

## ⑥ その他

- 白金価格の見通しはわからない（価格予測は公表できない）。
- MEA やプロトン交換膜のリサイクルについても社内で研究している。ただし、膜のリサイクル自体は、金属メーカーが実施するのは困難である。DOE のリサイクルプログラムに各社が参画していることはよく知っているが<sup>81</sup>、Johnson Matthey としては時期尚早であると考えている。
- 2013 年における FCV 生産台数 50 万台は、楽観的すぎる数字かもしれない。おそらく 10 万台が現実的な数字であろう。
  - ◇ 10 万台レベルでも、触媒・MEA メーカーにとっては大きな市場である。
  - ◇ Johnson Matthey では、将来の需要増を見越して、MEA の量産プロセスの研究を行っている。
- 燃料電池ビジネスには、長期的な視点が必要である。
  - ◇ Johnson Matthey は Anglo American という世界最大の貴金属鉱業会社のと深いビジネス関係があり、数十年単位のビジネスプランを立てるといふビジネス文化を共有している。
  - ◇ 燃料電池ビジネスで利益が生まれるのは 2010 年以降であると考えている。
- イギリス政府は、FCV 普及の具体的な目標は有していない。
  - ◇ イギリス政府が FCV 開発を支援するのは、主に排気ガス浄化が目的であり、温室効果ガスの削減ではない。

---

<sup>81</sup> P.37（米国エネルギー省）参照。

- Johnson Matthey は、中国の FCV 政策に注目している。
  - ◇ 中国政府は北京オリンピック（2008 年）、上海EXPO（2010 年）のために、FCV（FCバス）の導入に積極的である。両都市の自動車公害は非常に悪いレベルにあり、燃料電池技術のPRと同時に、実質的な大気質改善効果も狙っている。中国政府はこのプロジェクトに今後 5 年間で 3200 万ドルをつぎ込む予定である<sup>82</sup>。
  - ◇ 中国同様にインドも有望市場である<sup>83</sup>。

## (6) ラボツアー

### ① MEA テストスタンド

- MEA テストスタンド 40 台（うち大型テストスタンド 18 台）
  - ◇ 2 台：ショートスタック用（500 cm<sup>2</sup>）、Hydrogenics社製
  - ◇ 11 台：シングルセル用（500 cm<sup>2</sup>）、Hydrogenics社製
  - ◇ 5 台：スクリーニング用（5 cm<sup>2</sup>）



図 10-8. MEA テストスタンド

<sup>82</sup> 中国政府は 2003 年 3 月に、今後 5 年間で 6 台のFCバスを北京と上海に導入、延 1600 万kmのフリーートを行うと発表した。プロジェクト総額は 3200 万ドルで、中国政府のほかにも国連開発計画、Global Environment Facility（米国NPO）が参加している。Fuel Cell Today 2003 年 3 月 27 日号参照 <<http://www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/IndustryInformation/IndustryInformationExternal/NewsDisplayArticle/0,1471,2692,00.html>>

<sup>83</sup> Johnson Mattheyでは、MEAの大口顧客として中国市場とインド市場を見ていると思われる。なお Colin JaffrayはJohnson Mattheyのインド事務所にも駐在していた経験を有している。

② コージェネシステム

- イギリス貿易産業省 (Department of Trade and Industry) からの研究資金で、3 kWコージェネ発電機 (Combined Heat and Power : CHP) を試作した (図 10-9) 。
  - ◇ 研究開発パートナー :  
Energy Partners、TXU (米国のエネルギー供給会社) 、Hydrogenics
  - ◇ 効率 : 66% (HHV、熱・電力合計)
  - ◇ 燃料 : 天然ガス



図 10-9. 3 kW コージェネ発電機

## 11. まとめ

アメリカの訪問先は、訪問地がその前週に $-20^{\circ}\text{C}$ 以下を記録したため日程の乱れを心配したが、幸い訪問日には寒さも和らぎ、穏やかな天候の元に滞りなく予定のスケジュールをこなすことが出来た。特に心配していたミネアポリスでは雪の積った中で3M訪問となったが、風もなく、順調な訪問となった。

前年度の調査からほぼ1年を経過したが、この間の変化として米国におけるFreedomCAR & Fuel パートナーシップの進展、国際的な枠組みの加速、車載改質技術開発の頓挫があり、また欧米メーカーが日本メーカーへ追いつこうとする姿勢が印象的であった。

他方、3M や Johnson Matthey などの材料・部品メーカーは、水面下で熾烈な競争をくり広げている様子がうかがえた。

政府も自動車メーカーも、水素FCVに当面焦点をあて、インフラの整備を含めて、長期的（2020年～2040年）視野で開発に取り組んでいる。

政府レベル、メーカーレベルのいずれでも、世界的な基準・標準の整合性を目指して、国際的な協力の下に早急に取り組む必要があることを強調している。この課題は緊急であるが、大筋において各国の利害が一致する範囲があり、また高度に技術的なノウハウには直接には影響しない範囲で検討が可能であるため、世界的な協力体制の構築が可能かつ必要であることは、異論の少ないところである。この点については、日米欧で具体的な進展状況に差があるものの、基本的な方向・認識は一致している上、その具体的な方向についても整合がとれてきている。

一方、欧米の自動車メーカーへの訪問調査であるが、FCV 実証試験（デモンストラレーション）に関する情報交換は有益であるものの、技術的なプレゼンテーション・情報交換はお互いに難しくなっており、調査のやり方を考える時期にきているのではないかと思われた。

燃料電池のコンポーネントメーカーへの訪問調査は、日本の自動車メーカーが調査団に同行していることもあり、ある程度は技術データもプレゼンテーションを通じて入手できるため、燃料電池の動向を知る上で引き続き有意義であると思われる。

以上の点を考えると、このような海外動向調査では、海外のFCV 実証試験を実施している主体との情報交換に重点をおき、またミーティングの議題も標準化や規制への対応などのインフラに関わる内容に重点を置ように視点を変えていく必要があると思われる。今後の調査では、欧米の国立研究所や大学の動向（国家プロジェクトへの取り組みなど）や、基礎的な研究開発の動向調査を実施するのが適当ではないかと考える。

## (1) 米国エネルギー省(DOE)

米国エネルギー省では、FreedomCAR&Hydrogen Fuel Initiative Program の推進に全力を集中している。また、2004年2月末には決定されると思われる、エネルギー省主導のFCVフリートテストの今後の展開が注目される。

エネルギー省のプロジェクトは、傘下の国立研究所やコンポーネントメーカーが中心となって推進している状況が目立つ。

ひき続き情報交換を目的としたエネルギー省との会合は、お互いに相手国の動向に注目している状況にあるところから、極めて有益と判断される。特にDOEは担当者の任期が長く、継続的にプロジェクトを担当しているため、日本の自動車メーカーもDOEの担当者と直接のコンタクトを保つことができるという点は、大きなメリットである。エネルギー省も日本の動向に非常に注目しているため、このような会合は双方に得るところが多い。今後とも継続的な会合を持つことが望ましいと感じられた。

## (2) General Motors (GM)

今回、ワシントン事務所を訪問することになったGMであるが、FCV開発に対しては積極性が不透明である。難しい技術開発の先頭に立っていたはずであるが、それがうまくいっていない印象である。特に象徴的なのは、ガソリン改質の研究の中止である。

現在デモンストレーションを行っているFCV (HydroGen3)には二次電池を搭載していないが、その理由も明白ではない。液体水素式システムも開発しつつ、70MPaの高圧水素システムも併行開発している。明らかに技術的に困難な課題への挑戦であると受け取れるが、その技術を確立しようというスタンスとは距離が感じられる。長期的課題をマイペースかつ象徴的に進めつつ、他社の研究開発の状況を距離をおいて眺めているという印象も受けた。その反面、GMには政治的な影響力があると判断され、積極的にPRを進めるという姿勢も強く、FCV開発や水素社会の実現という一般受けする技術開発を最大限自社のPRに利用しようというしたたかさも感じられた。

このようにGMは、外部に対しては華々しくPRを行っているが、実質的な進展のは見えてこない。しかしその政治力によりエネルギー省を動かし、世界のFCV開発に大きな影響力を行使しているのは事実であろう。

基準・標準化作業であるが、GMは今後これに積極的に関わっていくことを表明している。この分野でのFordの主導力が後退した現在、GMの活動に期待したいところである。

なお、2008年～2010年頃にかけて年間数万台、2015年には年間100万台の生産世界一を目指すという目標については、具体的なコメントは得られなかった。

### (3) Shell Hydrogen

Shell (Shell Hydrogen) は、石油会社の中で最も積極的に FCV や水素充填ステーション建設に取り組んでおり、既に水素製造にかかわる合弁会社もいくつか設立している

各国の自動車メーカーと幅広くプロジェクトを実施することで、積極的に水素インフラの実現に取り組んでいるという印象を与えている。

### (4) UTC-Fuel Cells

UTC-Fuel Cells は、米国内では最も強い開発力を持つ燃料電池スタックメーカーである。日産自動車や現代自動車との関係が強いが、日産も自社でスタック開発に乗り出しているため、これからが正念場といえる。ホンダの $-20^{\circ}\text{C}$ での始動達成に対して、非常に敏感に反応している。自動車用スタック「シリーズ 500」の緒元を公開しないまま、現在は「シリーズ 700」の開発を行っている（なお、シリーズ 600 は定置用である）。内部加湿方式・常圧タイプとして、いかにして始動性（ $-20^{\circ}\text{C}$ ）を確保し耐久性をクリアするのが課題である。

ラボツアーでは、建屋の増設が完了し、実験室（研究室）が充実されていることが印象的であった。燃料電池技術調査団としても毎年同社を訪問しているが、着実に体制を拡大しており、将来において本格的に燃料電池ビジネスに取り組もうという意気込みが感じられる。

他方で、生産する以上顧客が必要であるということから、自動車メーカー、電池メーカーなどの日本からの燃料電池技術調査団の受け入れにも積極的であり、市場拡大を追求していこうという姿勢を強く感じさせられた。

### (5) HydrogenSource

車載改質器（駆動用燃料電池向け）の搭載は当面はあきらめて、開発を継続しつつ、APU への応用に力を入れている。しかし HydrogenSource では、「30 秒以内の始動も達成し、車載改質器の必要性が見直される日が必ず来ると信じている」というコメントしている。しかし会社としては、2004 年 6 月のエネルギー省の Go /No-Go Decision に対する 30 秒以内の始動達成は、あきらめた様子である。

ただし車載改質器で開発してきた技術は、定置用の改質器（水素製造装置）として有効に活用できるという意見が、HydrogenSource はじめこれまで車載改質器を開発してきた各社の共通の意見である。

## (6) ExxonMobil

これまで、GM の依頼をうけて改質器や改質用燃料（Clean Hydrocarbon Fuel : CHF) の開発を行ってきたが、GM が改質システム開発を中止する判断を行ったため、ExxonMobil 自身で基礎的な開発を継続することになった。いずれにしても、改質器の技術は必要であるという考えは、他の改質器メーカーと共通である。

ExxonMobil はまた、米国でディーゼル車が増えたら、世界におけるディーゼル燃料の需給バランスが崩れるという懸念も示していた。ヨーロッパが軽油を確保できているのは、アメリカの製油段階でガソリンの割合が大きいためから、という考えである。ただし将来はディーゼル車よりもハイブリッド車が主流という考えであり、また長期的にはエネルギー・セキュリティ確保とエミッション低減のために FCV が必要との考えである。

ExxonMobil は、燃焼研究をはじめとして、基礎的な研究も充実させている。触媒では絶対の強みを有すると自負している。ただし、エネルギー省の FCV フリートプログラムには不参加を表明した。

## (7) 3M

3M は、自動車メーカー、定置燃料電池メーカーと密接にコンタクトを行っており、5 層・7 層・9 層の MEA を次々と開発してきている。すでに 5 層 MEA は生産・販売段階にある。

半導体チップと同様に、標準品を広くユーザーに提供して量を稼ぐとともに、燃料電池のコア技術を押さえようという戦略に見える。そのためには、性能、価格、信頼性などの点で現在自動車メーカーが自主開発をしているもの以上の技術が必要であり、成熟段階における量産・OEM 供給はかなり困難ではないかという印象を受けた。

しかしその一方で 3M は、着実に MEA からスタック部品までその製品のカバー範囲を広げている。ある程度の性能に達した場合には、3M が製造技術を持っているだけに手強い競争相手となる上、場合によっては、完全に燃料電池スタック部品の供給元となる可能性もあり、その動向には注意が必要である。エネルギー省の国家プロジェクトにも積極的に参加しており、米国内で燃料電池産業をリードしつつあるように見える。

DuPont は MEA の材料の提供のみに特化する可能性があるが、3M は MEA を製品して売り込みの対象としているので、MEA を自主開発している自動車メーカーとの関係が懸念される。

無理を承知で、早い機会の MEA の標準化（サイズなど）を目指している。しかし、SAE の標準化作業にはかかわっていない。

## (8) DaimlerChrysler

「メタノール改質式 FCV」、「二次電池なしの非ハイブリッド FCV」をアピールしていた DaimlerChrysler も、F-Cell を契機として、「水素 FCV」と「二次電池によるハイブリッド化」を MUST と公言するようになった。

CUTE プロジェクトと ECTOS プロジェクトに使用される 30 台の Citaro バスは、全て納車したとのことである。未納の Citaro バスは STEP プロジェクト（オーストラリア パース）の 3 台のみである。しかし、60 台の F-Cell の納車はどうなっているのか不明である。

政策的に世界各地に燃料電池バスを配置したが、DaimlerChrysler の技術陣は、多数のバスと乗用車を世界に分散して実証試験に提供することに懸念を表明している。燃料電池スタックは、今後とも強いアライアンス体制のもと Ballard のものを使っていくと説明した。

今後とも、DaimlerChrysler の動きが FCV の動向を左右すると思われるので、FCV の導入・促進を進める上では、協力出来る分野では共に協力、開発を続けていくことが日本のメーカーにとっても必要であろう。米国エネルギー省による FCV フリートデモンストレーションへの参加や、カリフォルニア燃料電池パートナーシップへの参加、水素・燃料電池実証プロジェクト（JHFC）、Clean Energy Partnership（CEP）への参加など、DaimlerChrysler の世界規模のデモンストレーション推進をバックアップすることも必要であろう。

## (9) 欧州委員会(European Commission)

燃料電池に対する米国のエネルギー省、日本の経済産業省の取り組みへ追いつこうという姿勢がみてとれる。日本とのコラボレーションを希望しているが、日本のメーカーはあまり乗り気ではないとも思われる。また基準・標準化作業でも、日本と協力していきたい考えのようである。

エネルギー省に主導されたくないという思いもあり、第 6 次フレームワークプログラム（FP6）の推進を図っているが、欧州としてのまとまりや、欧州の自動車メーカーや部品メーカーの積極的な参加が今一つ見えない。

プレゼンテーションにしても、FP6 の当初の計画が 2004 年 1 月 20 日の欧州委員会内での会議でどのように加速され、あるいは見直しが行われたのかよくわからなかった。もっとプログラムを整理し、欧州連合として求心力のあるプロジェクトを作り上げていくことが必要ではないか。

## (10) Johnson Matthey (JM)

燃料改質技術の開発は、その拠点をロンドンからフィラデルフィアに移しており、スローダウンさせた様子である。市場が大きい FCV 用の MEA の開発を目指しており、世界の主要な自動車メーカーと取引している。なお今回は、顧客の MEA を評価中との理由で、実験評価設備を見学することはできなかった。

世界の FCV 普及台数を日本の 10 倍と予想しており、やや甘目の見通しをしている。

3M と同様に、MEA の製造ラインを稼働させたところであり、その顧客開拓が急務であるという印象を受けた。その意味で、3M のライバルでもあり、その動向は注目される。

特に将来の巨大市場として、FCV に関心の高い途上国（中国やインドなど）を MEA 供給先として交流を強めているとのことであった。インドなどは伝統的に英国と関係が深い地域であり、途上国の需要増と Johnson Matthey の技術・量産能力が結びついた場合には侮れない相手となるので、注意が必要である。しかし中国やインドといった市場以外に、どこに MEA を売り込むことが出来るかについては疑問が残る。3M や Gore とも競合し、かつ自主開発を進める自動車メーカーとも直接ぶつかるので、性能を出せなければ今後困難に直面することも予想される。

一方定置用 MEA に関しては、その市場開拓の可能性はあると予想される。さらに会合の合間の雑談において、Johnson Matthey はビジネス体質として短期的な投資効果は狙うことはせず、さらに貴金属の世界的支配力を握っているため、長期的視点で MEA ビジネスを展開する余力が十分あるということを述べていた。このような余裕で長期的な開発を続けられるという会社が存在することは脅威でもあるが、燃料電池の開発、実用化には有益であるという印象を受けた。

これからの調査のあり方であるが、技術的にも政策的にも展開が速い分野であるため今後とも継続が重要であるといえる。自動車メーカーの参加も得た上で：

- ・ 米国エネルギー省、欧州連合、米欧の州政府等の FCV プロジェクトの動向や、R&D 技術開発動向の把握
- ・ コンポネントメーカーにおける技術開発動向の把握
- ・ 国立研究所や大学における基礎な研究開発状況の把握

を行っていくのが良いのではないかと思われる。また、海外の自動車メーカー訪問については、FCV 実証試験への取り組む状況を中心に調査するのが有意義だと思われる。