

**【燃料電池・水素特集】研究開発状況**

**欧州におけるエネルギー研究の現状と展望 - 水素・燃料電池 -**

欧州委員会（EC）は2006年12月に「欧州におけるエネルギー研究の現状と展望 - 欧州委員会、加盟国および非加盟国の研究開発ポートフォリオの比較検討<sup>1</sup>」と題する報告書を発表した。

この報告書では、原子力を除く全てのエネルギー研究領域における、欧州委員会、EU加盟諸国の公的資金を受けた研究のマップ作りや、米国や日本との比較分析を行っている。この報告書で取り上げている研究領域は、具体的には水素・燃料電池、太陽光発電、集中型太陽熱、バイオエネルギー、風力、海洋、地熱、CO<sub>2</sub>捕捉・貯蔵など12領域にわたる。

本稿ではその中の「水素・燃料電池」を取り上げその全文を紹介する。他の研究領域についても、次号以降適宜掲載していく予定である。

目 次

1. 概要：主な研究領域と主要国
2. EC、加盟国およびその他の国における優先研究領域
3. 水素と燃料電池の研究資金
4. 評価と結論

**1. 概要：主な研究領域と主要国**

	燃料電池	水素
研究開発領域	MCFC <sup>2</sup> 、PEMFC <sup>3</sup> 、SOFC <sup>4</sup> 、材料、安全基準	水素製造、水素貯蔵、安全基準
商業化	中期（2015年～2020年）	長期（2050年頃）
主要国	日本、米国、ドイツ	
期待される EU エネルギー政策目標への貢献	エネルギー供給安全保障の確立を図ると同時に、気候変動を軽減して持続可能な開発を可能にする。	
ECの政策による後押し	バイオ燃料に関する指令（Directive 92/81/EEC）が代替輸送燃料としての水素の利用を推進しているが、水素と燃料電池に関する EC 指令は現時点では出されていない。	
主要加盟国	ドイツ、英国、フランス、イタリア	

<sup>1</sup> “The State and Prospects of European Energy Research Comparison of Commission, Member and Non-Member States R&D Portfolios”

<sup>2</sup> Molten Carbonate Fuel Cell：熔融炭酸塩形燃料電池

<sup>3</sup> Proton Exchange Membrane Fuel Cell：固体高分子形燃料電池。PEFC も略称として用いられる。

<sup>4</sup> Solid Oxide Fuel Cell：固体酸化物形燃料電池

水素と燃料電池の技術開発は今後数十年で大きく前進することが期待されている。これらの技術は未だ初期段階にある。今後の研究により、2015年～2020年頃までに少なくともニッチ市場において燃料電池の商業化が実現する見通しである。時間の経過と技術の進歩に伴い、2035年～2040年頃<sup>5</sup>には大量生産されるようになり、自動車、発電、家庭用電化製品などの様々な用途で利用されるようになることが予想される。

また、今後20年で水素のインフラ整備と水素製造技術の開発が進むことも予想される。2020年以降は、「水素経済<sup>6</sup>」の構築に向けて、水素インフラの拡充と統合、再生可能エネルギーからの水素製造と炭素隔離の促進に研究の重点が置かれる見通しである。

## 2. EC、加盟諸国およびその他の国の優先研究領域

以下は水素に関する研究開発（EC RTD）<sup>7</sup>の戦略的研究領域である。

### クリーンな製造

既存のプロセスと新しいプロセスを活用して、費用対効果の高い水素製造方法を開発し、技術・社会・経済的側面から評価する。研究の多くは様々な再生可能エネルギー技術を用いた水素製造に重点を置いている。再生可能エネルギーから水素を製造しようとする取り組みは、様々なバイオマス原料を用いた研究開発を中心としており、その多くはSOFCなどの高温型燃料電池に適用されている。FP6<sup>8</sup>では、エネルギー効率と費用効率に優れた方法によって水素を豊富に含むガスを生産するプロジェクトが行われている。また、バイオマスや農業残渣物から発電が可能なSOFCを生産するための研究開発も行われている。

### 貯蔵

画期的なソリューションに繋がるハイブリッド貯蔵システム等の革新的手法の開発

### 基礎材料

電解槽と燃料プロセッサ用の機能性材料、水素の貯蔵、分離、精製に用いる新材料

### 安全性

EUおよび世界レベルの法規制と安全基準の整備に必要な前標準化段階の研究開発

### 水素エネルギー経済への移行準備

ECが資金拠出する燃料電池システム領域の研究は以下を目的とする。

- ・ コスト削減と性能向上
- ・ 耐久性と安全性：定置用および輸送用燃料電池システムの耐久性と安全性を高める。

<sup>5</sup> HyNet 2004: HyNet – Towards a European Hydrogen Energy Roadmap

<sup>6</sup> IPHE : International Partnership for the Hydrogen Economy (水素経済のための国際的パートナーシップ)

<sup>7</sup> EC 2003b: European Hydrogen and Fuel cells projects 1999-2002

<sup>8</sup> 編集部注 FP6：第6次欧州研究開発フレームワーク計画（期間：2002～2006年）。その前がFP5。FP7が2007年1月より始まっている。

- ・ 材料とプロセスの開発
- ・ モデル化、テストおよびキャラクタリゼーションに加えて、燃料電池部品とサブシステムの最適化と簡素化を行う。
- ・ 長期的目標：2020年を目途に様々な用途での商業化を実現させる。



図 1 世界の水素・燃料電池技術開発 (2000年～2050年)

CUTE プロジェクトは、欧州が一致協力して水素と燃料電池の研究に取り組んでいる顕著な事例であり、これらの技術がもたらす経済・社会・環境面の恩恵を欧州諸国が最大限に活用できるようにすることを目的としている。このプロジェクトは、欧州全域で燃料電池バスの実証試験を行っており、技術の浸透を促している。燃料補給ステーションの整備により、既存インフラの枠内において水素と燃料電池技術の統合が進むことが予想される。このプロジェクトの総費用は 5,240 万ユーロであり、このうち 1,860 万ユーロを EC が拠出している。

CUTE プロジェクトの一環として、欧州の主要 8 カ国から政府と民間の利害関係者が集まり、異なる気候、地形および交通事情の下で水素のインフラ整備と燃料電池バスの実証を進めるための取り組みが行われた。以下はその目標である。

- ・ 様々な条件下で燃料電池バスの運転データを収集し、水素製造設備の分散的な運転を行う。

- ・ 自動車燃料用の水素製造方法を幅広く模索する。
- ・ 新しい小型水蒸気改質器の運転から経験を得る。
- ・ 水素ステーションとオンボード水素ガスシリンダーに用いる圧力 350 バールクラスの水素技術の開発

このプロジェクトは 2001 年 11 月に開始され、2006 年 5 月まで行われる。燃料電池バスの実証試験は欧州の主要都市で成功を収めており、水素製造とバス本体の費用および効率性の評価・実証が順調に進められている。また、このプロジェクトは、技術に対する国民意識と社会的受容度の向上にも貢献している。運転によって得られたデータはさらなる技術開発に役立てられる。

このプロジェクトは、

- ・ 現実の使用条件下で燃料電池バスの大規模な実証試験を行っており、燃料電池と水素技術の受容可能性を高めることに貢献している。
- ・ 水素のインフラ整備を推進している（水素補給ステーション等）。

水素と燃料電池の研究開発の連携を目指す主要イニシアティブの一つに「欧州水素・燃料電池技術プラットフォーム (European Hydrogen and Fuel Cells Technology Platform)」がある。同プラットフォームは、燃料電池と水素のエネルギー・システムと部品の開発を促進・加速化させることを目的として 2004 年 1 月に立ち上げられた。同プラットフォームは欧州における研究の実効性を高めることを目指しており、欧州の共通ビジョンと首尾一貫した戦略的枠組みを構築し、研究の成果を技術に活かして、研究開発に対する官民の投資を促すことに取り組んでいる。

欧州水素・燃料電池技術プラットフォームは「戦略的研究行動計画 (Strategic Research Agenda : SRA)」を展開し、欧州において水素と燃料電池の包括的な戦略的研究を進めていくための指針としている。SRA は、欧州の強みと弱みを基に研究開発に対する投資の優先順位を明示しており、短期研究計画 ( ~ 2010 年 )、中期戦略 ( ~ 2030 年 ) および長期戦略の見通し ( ~ 2050 年 ) を盛り込んでいる。

また、欧州水素・燃料電池技術プラットフォームは、燃料電池の商業化と水素のインフラ整備を促進するための展開戦略 (Deployment Strategy) を作成している。欧州の研究目標達成を確実なものにするべく、展開戦略は SRA の目標およびタイムラインに沿ったものになっている。欧州水素・燃料電池技術プラットフォームは、欧州の研究領域における主要な利害関係者 ( 研究界、産業界、公共機関および行政機関、経済界、一般市民 ) を一堂に集め、欧州が持つ専門知識を活かして投資家の多様な関心に応えている。このプラットフォームは、EU、加盟国および地域における研究の連携を促すと同時に、欧州全体の研究目標達成と欧州研究領域 (European Research Area : ERA) の進展に寄与している。

水素と燃料電池に関する主要加盟国（英国、フランス、ドイツおよびイタリア）の主な優先研究領域は、EC の優先研究分野とほぼ同じである。

#### 水素

- ・ 欧州諸国：水素の製造および貯蔵の技術開発に重点を置いている。水素貯蔵技術の中でも、金属水素化物への貯蔵は水素のインフラ整備と並んで欧州の主要研究領域である。
- ・ 英国：水素製造技術と金属水素化物への貯蔵技術が主な研究領域である。
- ・ イタリア：化石燃料からの水素製造と金属水素化物への水素貯蔵が主な研究領域である。
- ・ フランス：水素製造技術と新しい水素貯蔵材料の開発に重点が置かれている。
- ・ オランダ：水素製造技術の開発が主な研究領域である。水素の処理と貯蔵技術の研究も行われている。
- ・ スイス：水素製造（水の太陽熱及び光電分解に強みを持つ）と水素貯蔵が主な研究領域である。
- ・ スペイン：水素製造（再生可能エネルギー、原子力または化石燃料）と水素貯蔵に重点が置かれている。

#### 燃料電池

主な研究目標はコスト削減と耐久性・信頼性の向上によって商業化を促すことであるが、実際には欧州の多くの国々が自国の能力や企業の関心の度合いに応じて様々な燃料電池技術を研究している。例えば、ドイツでは多数の技術系企業（Vaillant 社とBallard 社の PEM、MTU 社の MCFC など）と自動車会社（Opel 社、Daimler Chrysler 社など）が燃料電池の開発に取り組んでいる。

- ・ 英国：SOFC と PEM の技術開発に重点が置かれている。
- ・ フランス： PEM 燃料電池の開発（燃料電池に対する資金拠出の約 80%）が主な研究領域である。
- ・ イタリア：PEM および MCFC の技術開発に重点が置かれている。
- ・ ドイツ：自動車用、定置用および可搬用などの全ての主要用途に適用される様々な燃料電池技術が開発されている。また、欧州諸国向けの燃料電池と水素の部品開発も行われている。
- ・ オランダ：PEM および SOFC の技術開発に特に重点が置かれている。
- ・ スイス：PEM および SOFC の技術開発が主な研究領域である。
- ・ スペイン：PEM 燃料電池と高温型燃料電池（SOFC および MCFC）の技術開発に重点が置かれている。

欧州全域で以下の課題に関する分野横断的研究が盛んに行われている。

- ・ 安全性
- ・ 規格・基準
- ・ 水素と燃料電池の技術に対する意識向上と受け入れ態勢の整備

ドイツでは、2002年6月に開始された「クリーン・エネルギー・パートナーシップ」が水素と燃料電池の主要な研究を担っている。ドイツ連邦政府の「持続可能なエネルギー戦略：Sustainable Energy Strategy for Germany」は、このプロジェクトに総額3,300万ユーロを投資している。このプロジェクトは、今後の指針となりうる取り組みとして位置付けることができる。その理由は、燃料電池自動車の大規模な実証試験を行っていること、技術の改善とインフラ整備を促進していること、そして技術に対する国民意識と受容性を高めていることにある。

ドイツの「クリーン・エネルギー・パートナーシップ<sup>9</sup>」は、CUTE プロジェクトに沿って水素と燃料電池の技術開発を進めることを目指している。主な自動車メーカー（BMW社、Daimler Chrysler社、Ford社、GM/Opel社）は、Aral社、Linde社、Hydro社、TOTAL社、Hydro Berlin Public transport(BVG)社、Vattenfall社などと連携して水素自動車16台と水素補給ステーション1カ所の実証試験に取り組んでいる。この実証プロジェクトは2004年11月に開始され、5年間継続される予定である。

このプロジェクトは以下を目標としている。

- ・ 開発の容易な一連の技術システムの実現可能性を明らかにする。
- ・ 商業的な水素ステーションの稼働により、再生可能エネルギーを使用した水素の量産と販売の実現可能性をテストする。
- ・ 迅速な水素補給の実現
- ・ 高性能自動車が日常的に（ごく容易に）使用でき、また連続生産により高い品質を持つ事を実証する。
- ・ 新エネルギーのインフラ整備と水素自動車の利用に関わる行政ツールと認可プロセスを最適化する。

このプロジェクトは以下の理由から今後の指針となりうる取り組みとして位置付けることができる。

- ・ 大規模な燃料電池車の実証試験により、国民意識が高められる。
- ・ 水素のインフラ（水素補給ステーション）整備が促進される。

技術開発、燃料電池の商業化および水素のインフラ整備の点において、欧州全域、日本および米国の主な研究目標には共通点が多い。

- ・ ECが資金拠出するプロジェクトの研究目標は、米国や日本が掲げる内容と比べて

<sup>9</sup> <http://www.cep-berlin.de/>

より一般的であることが多い。

- ・ プロジェクト目標が達成できなかった場合または達成が遅れた場合、EC のプロジェクトは米国や日本のプロジェクトほど厳格な罰則規定を定めていない。
- ・ 米国と日本ではプロジェクトの審査と監視がより厳格に行われている。また、プロジェクト目標が達成される見込みがないと判断された結果、当該プロジェクトへの資金投資が中断された事例もある。

欧州全体、米国および日本は燃料電池の開発段階に応じた効率性とコストの目標を明確に設けている<sup>10</sup>。EC が戦略的研究行動計画 (Strategic Research Agenda : SRA) の中で掲げる欧州の研究目標は、米国と日本の目標と多くの点で一致している。

以下は米国における水素の重点研究領域 (Priority Areas for Research) である。

- ・ 水素製造と輸送技術 - 再生可能エネルギーからの水素製造、低価格で安全性と効率性に優れた水素輸送技術の開発
- ・ 水素貯蔵技術 - 金属水素化物、炭素材料、化学的貯蔵の研究に重点が置かれている。
- ・ 安全基準
- ・ インフラの妥当性評価、教育およびシステム分析

以下は米国における燃料電池関連の重点研究領域である。

- ・ 輸送用燃料電池システム - コンプレッサー / エキスパンダー技術の開発、温度と水分の管理技術、システム分析
- ・ 分散電源用 / 定置用システム - バックアップ用またはピークシェービング用発電システムの開発、分散電源用高温水素分離膜の開発
- ・ サブシステムと部品 - オンボード燃料改質器の開発と起動時の性能向上

DOE の EERE ( Office of Energy Efficiency and Renewable Energy : エネルギー効率・再生可能エネルギー局 ) が行う「FreedomCAR 及び燃料パートナーシップ(Fuel Partnership)」は、燃料電池自動車と水素インフラの大規模な実証と開発を行っていることから、今後の指針となりうるイニシアティブとして位置付けることができる。このイニシアティブは、技術の実地調査と優先すべき研究開発の提言も行っており、技術開発の促進と今後の研究の方向づけにも貢献している。

米国の「FreedomCAR 及び燃料パートナーシップ<sup>11</sup>」は、DOE とエネルギー会社の共同の取り組みである。エネルギー会社の中には、BP America 社、Chevron 社、Conoco Phillips 社、ExxonMobil 社、Shell Hydrogen 社 (米国) が含まれている。ま

<sup>10</sup> METI (2003): Japan's Approach to Commercialisation of Fuel Cell / Hydrogen Technology, DOE 2005: Multi-Year Research, Development, and Demonstration Plan

<sup>11</sup> <http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/about/partnerships/freedomcar/index.html>

た、米国自動車研究評議会（US Council for Automotive Research：USCAR）のパートナー（Daimler Chrysler 社、Ford Motor 社、General Motors 社）も参加している。米国政府の水素燃料イニシアティブと FreedomCAR パートナーシップ（2002 年開始）は、2008 年までに 14 億ユーロを水素燃料電池、水素製造、インフラ整備および高度な自動車の技術開発に投入し、2020 年までの燃料電池商業化を目指している<sup>12</sup>。

以下はこのパートナーシップの目標である。

- ・ 技術ロードマップの共同作成
- ・ 技術的必要事項の見極め
- ・ 優先すべき研究開発の提言
- ・ 研究開発活動の監視

このパートナーシップは、従来の内燃エンジン / AT システムのコストに匹敵する信頼性の高いシステムを開発し、燃料電池を動力源とするパワートレインに適用することを目指している。

自動車の構造とシステムを軽量化するためには、大量生産を視野に入れた材料と製造技術の開発を目指す必要があり、次の各点を同時に満たすものでなければならない。

- > 自動車の構造とサブシステムの重量を 50%削減する
- > 低価格化
- > リサイクル可能または再生可能な材料の利用促進

このプロジェクトは、

- ・ 燃料電池車の大規模な実証試験と水素のインフラ整備を盛り込んでいる。
- ・ 必要となる研究の特定と優先事項の提言により、水素と燃料電池関連の将来の研究開発を方向づけている。

以下は、日本における水素と燃料電池の重点研究領域である。

- ・ 燃料電池の基本性能の向上 - 資金の大半は PEM 燃料電池の開発に投入されている。高温型燃料電池技術、燃料電池用のガス精製技術および高温運転用の処理能力の高い水素分離膜の研究も行われている。
- ・ 水素の技術研究 - 水素の製造と輸送の効率性向上、水素貯蔵材料の開発、水素関連部品の開発および水素インフラの安全性評価
- ・ パブリック・アクセプタンスを得るための取り組み
- ・ 水素と燃料電池に関わる規範・法規制・基準の整備

<sup>12</sup> ホワイトハウスのプレスリリースを参照：

<http://www.whitehouse.gov/news/releases/2005/05/20050518-4.html>

JHFC(後出)は、日本で行われている水素と燃料電池の主要な実証プロジェクトの一つである。このプロジェクトは燃料電池車の大規模な実証試験と水素燃料補給のインフラ整備を包含している。この取り組みにより、燃料電池の技術開発が促進されると同時に、既存インフラ内への水素インフラの統合が進むことが予想される。

JHFC<sup>13</sup>(水素・燃料電池実証プロジェクト)は、日本初の大規模な燃料電池実証計画であり、燃料電池実証計画に加えて燃料電池自動車用水素供給設備実証研究が盛り込まれている。このプロジェクトは2002年から2005年まで行われ、年間およそ1,800万ユーロ(2002年時点)が投入された。

2003年には、自動車メーカー8社の燃料電池自動車(FCVs)と商業用燃料電池バスが公道走行試験に参加した。この試験では、走行性能、信頼性、環境特性、燃費などの市街地走行データと水素ステーションの使用データが収集・評価された。

このプロジェクトでは、脱硫ガソリン改質、ナフサ改質、LPG改質、液体水素貯蔵、メタノール改質、高圧水素貯蔵、アルカリ水電解、灯油改質および都市ガス改質を利用した9カ所の水素ステーションが用意され、プロジェクトに参加した燃料電池自動車と運用と評価が行われた。2002年には液体水素製造設備が設計された。

以下はこのプロジェクトの主な成果である。

- ・ 燃料電池自動車と水素ステーションの省エネルギー効果の明確化(CO<sub>2</sub>排出削減と効率)
- ・ 燃料電池自動車と水素ステーションの環境負荷低減効果(CO<sub>2</sub>以外)の明確化
- ・ 燃料電池自動車と水素ステーションの安全性に係る規格、法規、基準の作成のためのデータ収集
- ・ 燃料電池自動車と水素ステーションの社会的認知度向上のための活動
- ・ 燃料電池自動車と水素ステーションの導入に関わる課題の明確化
- ・ 副生成ガスからの効率的な水素回収と効率的な液化技術の開発実証

このプロジェクトは、

- ・ 燃料電池自動車の大規模な実証試験を含むため、社会的認知度を高めることに繋がる。
- ・ 水素供給インフラの整備を含んでおり、既存インフラへの統合に寄与している。

中国<sup>14</sup>は、燃料電池と水素の研究における新興国である。主な研究領域は、自動車用PEM燃料電池の開発と水素の製造・貯蔵技術の開発である。メタノール直接形燃料電池とSOFCの領域でも様々な研究機関による研究が行われている他、水素タービン、

<sup>13</sup> <http://www.jhfc.jp/>

<sup>14</sup> IEA 2005: Issues and Opportunities for International Collaboration in Energy Science and Technology : The Chinese Perspective, IEA AEGSET Workshop

水素燃料電池およびハイブリッドシステムの開発も行われている。

第 10 次 5 ヶ年計画（2001 年～2005 年）の期間中、中国科学技術部（Ministry of Science and Technology : MOST）は、電気と燃料電池を動力源とする高度なハイブリッド自動車<sup>15</sup>の開発を目的とする 8,240 万ユーロの研究開発計画を承認した。中国政府はこの計画を通じてバスなどに利用する自動車用 PEM 燃料電池と水素製造・貯蔵技術の研究を推進し、国内自動車産業を支援することを目指している。また、メタノール直接形燃料電池、SOFC および MCFC の研究も行われている。さらに、MOST は 1997 年 3 月に開始された 973 計画も行っており、水素貯蔵材料、燃料電池の電解質膜と触媒に関する基礎研究が進められている。この計画には 280 万ユーロが拠出されている。

### 3 . 水素と燃料電池の研究資金

#### *EC が資金拠出する研究*

欧州委員会が資金拠出する水素と燃料電池関連の研究は、水素と燃料電池の技術とシステムを開発するための基礎研究が中心である。FP5 と FP6 では、少なくともある程度まで、全ての主要な技術および応用が研究の対象となっている。技術の開発は比較的遅れており、最良の技術が明確に特定されるまでには今なお多くの研究（基礎および応用研究）を要する。“Virtual Power Plant”や“CUTE”などの実証プロジェクトは、技術に対する国民意識を調査し、向上させることに寄与している。

FP6 では、水素と燃料電池の研究にほぼ均等に資金が配分されている。このことは、燃料電池の研究に資金の大半が投入された FP5 と比べると大きな変化である。現時点で利用可能なデータから見て、FP6 では燃料電池プロセッサと MCFC に関連したプロジェクトへの資金投入は行われていない。FP6 では、水素と燃料電池の技術開発にそれぞれ約 1 億 2,570 万ユーロと 1 億 5,390 万ユーロが投入されている（EC の“*DG Research*”、“*DG TREN*”などの各部からの資金拠出を含む。しかし、社会経済的側面に関連した一部のプロジェクトは除外される。これらのプロジェクトは、本報告書の他の章「社会経済的研究」で取り上げられている。）

この 2 つの領域はいずれも、現在までに EC が FP6 の下で非原子力エネルギー（NNE）技術に拠出した資金の半分近くを受領している。このことは、将来のエネルギー目標に到達する上でこれらの技術が如何に重要であることを示している。

<sup>15</sup> FUEL CELL TODAY 2003: Fuel Cells in China – A Survey of current Developments, FUEL CELL TODAY

燃料電池の領域では、資金の大半が PEM 燃料電池技術と輸送用途への適用に投入されている。また、SOFC も大規模な資金投資が行われている技術領域である。PEM 燃料電池と燃料電池自動車の研究に対する多額の資金投入は、欧州の電力および自動車会社がこの技術に高い関心を持っていることの表れである。これらの領域への資金拠出の合計は、燃料電池に対する EC の資金拠出の 75%以上を占める。一方、日本も燃料電池への資金拠出のおよそ 65%を PEM 燃料電池に投入している<sup>16</sup>。

水素の領域における研究は、水素製造技術の開発に重点が置かれている。この技術分野では、再生可能エネルギーからの水素製造が研究の中心となっている。また、水の熱化学分解による水素製造（FP5 では全く取り上げられなかった分野）と水素貯蔵技術の研究も行われている。水素貯蔵技術に関しては、金属水素化物の開発と自動車に用いる水素貯蔵技術の開発に重点が置かれている。さらに、規範・基準の整備にも資金が割かれている。

#### EU 加盟国レベルの研究

欧州で水素と燃料電池技術の研究を行っている主な国は、ドイツ、英国、イタリアおよびフランスである。

主要加盟国の資金拠出に関するデータは、報告書の作成時点で全てが明らかになっているわけではない。しかし、概略値を算出すると、水素と燃料電池に対する EC の資金拠出が欧州全体の資金拠出のおよそ 20%を占めているとするならば、欧州における水素・燃料電池研究の主要 4 カ国による資金拠出は、EU の総資金拠出のおよそ 57%に相当すると考えることができる。

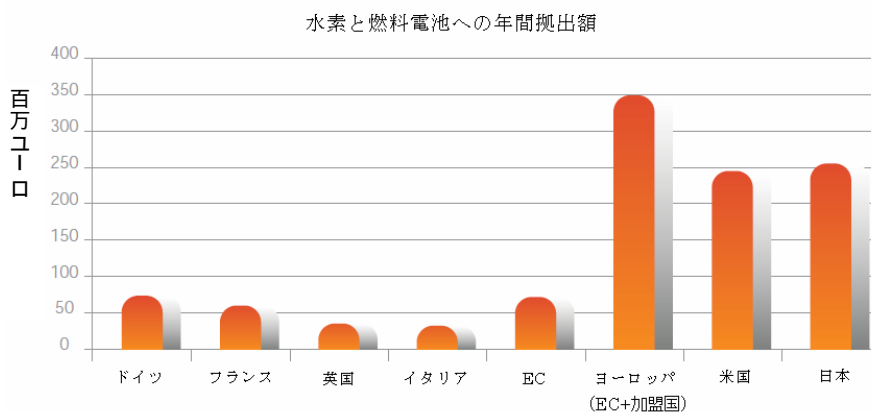


図 2 欧州全域、米国および日本における水素・燃料電池技術開発への資金投資

<sup>16</sup> British Embassy 2003: Fuel Cell Development in Japan; An Outline of Public and Private Sector Activities

欧州の主要 4 カ国<sup>17</sup>の中で、ドイツの国と州による資金投資は最も大きく、2005 年は 7,200 万ユーロが投入されたと推計されている<sup>18</sup>。次に投資額が大きいのはフランスであり、2005 年は 6,000 万ユーロが投入された（燃料電池に 4,000 万ユーロ、水素技術に 2,000 万ユーロ）。水素と燃料電池を合わせた投資額がおよそ 1,000 万ユーロに過ぎなかった 1999 年の数字から見ると大きく増加していることが分かる。英国とイタリアの年間投資額はいずれも約 3,000 万ユーロである。

### 米国および日本の研究

水素と燃料電池の研究開発に対する米国の総資金拠出額は、2004 年に 1 億 9,590 万ユーロ、2005 年に 2 億 3,920 万ユーロ、そして 2006 年には 2 億 4,210 万ユーロに達した<sup>19</sup>。資金額は 2005 年と 2006 年に増加しており、これらの研究開発領域に大きな重点が置かれていることを示している。水素の領域においては、資金の大半が製造、輸送および貯蔵の研究開発に投入された。燃料電池の領域においては、主要な研究領域であるスタック部品の研究開発と技術の実証に資金の大半が投入された。米国では、水素と燃料電池に投入された資金のうち輸送技術への投資が 3 分の 1 以上を占めている。2006 年には 8,300 万ユーロを超える資金が燃料電池自動車の研究開発に充当された。

日本では、METI（経済産業省）と NEDO による燃料電池と水素への拠出額が 2005 年に 2 億 5,490 万ユーロとなり、米国を若干上回った。拠出額はここ数年で増加している。2004 年に METI が燃料電池の研究に投入した資金は 2 億 3,690 万ユーロに上った。その大半は PEM 技術の開発に使われ、残りの資金は高温型燃料電池の技術開発に使われた。水素の研究領域では、NEDO の「水素安全利用等基盤技術開発」プロジェクトに資金が集中している。このプロジェクトは 2003 年に開始され、2007 年まで継続される予定である。2003 年に 3,240 万ユーロであったプロジェクト資金は 2004 年に 4,340 万ユーロに増加している。

<sup>17</sup> 英国、フランスおよびイタリアの数字は政府の資金拠出に関するものであり、これらの国々の予備調査に基づいている。

<sup>18</sup> ドイツの資金拠出に関する数字は 2003 年 6 月 18 日に発表された“Fuel Cells in Germany – A survey of current developments(FUEL CELL TODAY)”の試算に基づいている。これによると、水素と燃料電池に対するドイツの年間拠出額はおよそ 8,000 万～9,000 万ユーロである（中央政府、州政府および EC の資金拠出を含む）。この数字は、EU の資金拠出を全体の 20%と仮定して調整されている。

<sup>19</sup> 米国 DOE の EERE 基礎エネルギー科学輸送関連部門からの資金拠出を含む。また“FreedomCAR and Vehicle Technologies programme”への資金拠出も含む。DOE の化石燃料局、核エネルギー関連部局および米国防総省からの資金拠出は除外される。

## 4. 評価と結論

日本、欧州および米国における燃料電池の研究は、PEM 燃料電池と燃料電池自動車の開発に重点が置かれている。米国では、スタックや燃料プロセッサを含む燃料電池の部品開発にも大規模な資金が投入されている。また、いずれの地域においても限定的ではあるが SOFC と MCFC の技術開発も行われている。欧州における主要な燃料電池研究国であるドイツでは、資金の 50%以上が PEM 燃料電池の技術開発に使われている。残りの資金は、MCFC と SOFC の研究にほぼ均等に配分されている。フランスでは、資金の大半（約 80%）が PEM 燃料電池関連の研究に集中しており、残りの資金は高温型燃料電池の開発に使われている。さらに、材料と部品の研究も行われており、その資金はこれらの技術領域の中にも含まれている。英国では、主に PEM と SOFC の開発が主な研究領域である。また、燃料電池の材料と部品の開発にも力が入られている。

### 中心的技術

	重要領域	EC <sup>1</sup>	米国 <sup>2</sup>	日本 <sup>3</sup>	ドイツ <sup>4</sup>	フランス <sup>6</sup>	英国
燃料電池	PEM、自動車用途						
	SOFC						
	MCFC						
	材料と部品（スタックとプロセッサを含む） <sup>5</sup>						
	その他の燃料電池研究						
水素	製造						
	貯蔵						
	その他の水素研究（安全性と基準を含む）						

高比率（水素 / 燃料電池への資金拠出の 30%以上） 中比率（同 15%以上） 限定的（同 15%以下）

- 1 EC の FP6 に基づく。報告書作成時点で利用可能な最新のデータに基づく。
- 2 FY2005 のデータに基づく。
- 3 燃料電池の分析は 2005 年の利用可能なデータに基づく。水素に関しては、製造および貯蔵技術の研究も行われているが、主にインフラ整備と水素の安全性に研究の重点が置かれている。正確な資金の内訳は報告書作成時点では明らかになっていない。
- 4 ドイツでは水素技術への資金拠出が極めて少ないため、ここでは示されていない。
- 5 EC、ドイツ、フランスにおける材料と部品への資金拠出のデータは、他の燃料電池技術への資金拠出に含まれているため、ここでは示されていない。したがって、この分野への資金拠出が行われていないと誤解しないように注意が必要である。
- 6 “ Plan d'Action Nationale sur l'Hydrogène et Piles à Combustible ( National Action Plan on Hydrogen and Fuel Cells : 水素・燃料電池行動計画 ) ” に基づく。

水素の領域においては、EC が水素の製造と貯蔵技術に重点を置いた研究を行っている。この他、安全規則の整備や共同研究と知識の共有を促進するためのネットワーク

作りも行われている。また、米国も水素の製造と貯蔵技術の開発に重点を置いており、再生可能エネルギーを含む多様な資源から水素を製造し、軽量で低コスト且つ効率的な水素貯蔵システムを開発することを目指している。水素の安全性、教育、国民意識などの課題に対しては、EC ほどの資金投資は行われていない。

フランスは、電気分解または熱化学サイクルによる高温下の水素製造の研究に特に力を入れている。また、水素のインフラ整備にも多額の資金投資を行っている。水素貯蔵技術の研究資金は、自動車用オンボード水素貯蔵の開発にも使われている。英国では、水素製造と貯蔵技術の改良に関する研究が重点的に行われている。

日本では「水素安全利用等基盤技術開発」と題する計画が行われている。この計画は、水素実用化時の安全性、水素のインフラ整備、高効率で低コストの水素技術開発を始めとする課題の研究を目的としている。EC は、水素と燃料電池の様々な技術研究に加えて、CUTE などの大規模な実証プロジェクトにおける水素のインフラ整備に力を注いでいる。水素と燃料電池の実用化が近づくに従って、規範・基準の作成やインフラ整備などの課題により重点的に取り組み、これらの技術を市場に迅速に導入していく必要がある。

#### 資金拠出

水素と燃料電池を合わせた欧州の資金拠出は、米国と日本を上回っている。欧州では年間およそ 3 億 5,000 万ユーロの公的資金が拠出されているが、米国と日本ではそれぞれ年間 2 億 4,000 万ユーロと 2 億 5,500 万ユーロが拠出されているに過ぎない。しかしながら、これらは公的資金のみに関する数字であるため、このデータだけを基に結論を導き出すことは出来ない。米国と日本では大規模な民間投資が行われており、その額は欧州を凌ぐ可能性があると考えられている。

EC、ドイツ、英国、フランスおよびイタリアはいずれもこれらの技術に大規模な資金投資を行っている。欧州全域、米国および日本では、ここ数年で水素と燃料電池に対する資金投資が増加しており、今後もこの傾向が続くことが予想される。世界全体では、資金の大半が PEM 燃料電池の開発に投入されている一方、定置用の MCFC や SOFC の技術開発にも資金が使われている。水素の領域では、製造と貯蔵技術の長期的研究に資金が投入されている。日本は水素のインフラ整備にも大規模な資金投入を行っている。また、EC では予算の 25%以上をネットワークの整備と最終用途の研究に配分している。

#### 研究と技術開発

二国間または多国間協定は別として、IPHE と IEA は利害関係者が研究の進捗状況に関する情報やそれぞれの知識を共有するための中心的フォーラムとなっている。こ

これらのフォーラムは、燃料電池の開発と商業化を妨げている共通の障壁に取り組むための共同研究を推進する上で極めて重要な役割を果たすものとして認識されている。IEA の水素連携グループ (hydrogen coordination group) は、各加盟国の研究開発計画を審査して優先事項と格差を明らかにし、共同研究が可能な領域を見出すことを目的としている。

IEA による水素の研究は、様々な製造技術、固体および液体の水素貯蔵材料、安全性の課題、総合システムの開発を中心としている。また、燃料電池の領域では、MCFC、PEMFC および SOFC の開発が目標とされている。さらに、輸送用、定置用および可搬用などの様々な適用分野における商業化の評価も視野に入れられている。

安全性に関する規範・基準の整備は共同研究が期待される重要な領域である。

出典：The State and Prospects of European Energy Research  
[http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/portfolios\\_report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/portfolios_report_en.pdf)

翻訳・編集：山本 かおり