

## 第6章 燃料供給インフラの動向

### 1. 燃料電池への水素供給方法

燃料電池で利用する水素の供給源および供給方法については、出力や用途により大きく異なる。携帯機器用では、メタノールが有力とみられており、小売店などで購入した液体燃料のカートリッジを装着して利用する方法が想定されている。メタノールは現在、毒物および劇物取締法において「劇物」と定められており、保管や販売にあたり多くの制約があることから、今後の普及にはコンビニや駅の売店等でも容易に入手できるような規制緩和が不可欠となる。なお、国際的な取り決めでも現在、メタノールの航空機への持ち込みが制限されていることから、2007年の緩和実現に向けた取り組みがはじめられている。携帯機器用燃料電池に関しては、他の分野のような大規模なインフラ整備の必要性は低いものの、液体燃料販売網の確保が重要な課題になると考えられる。

家庭用燃料電池に関しては、各家庭に水素改質装置を附設することにより、既存のインフラを利用して配送される都市ガスやLPG、灯油などから改質した水素を使用できることから、大掛かりなインフラ整備の必要がないと考えられる。

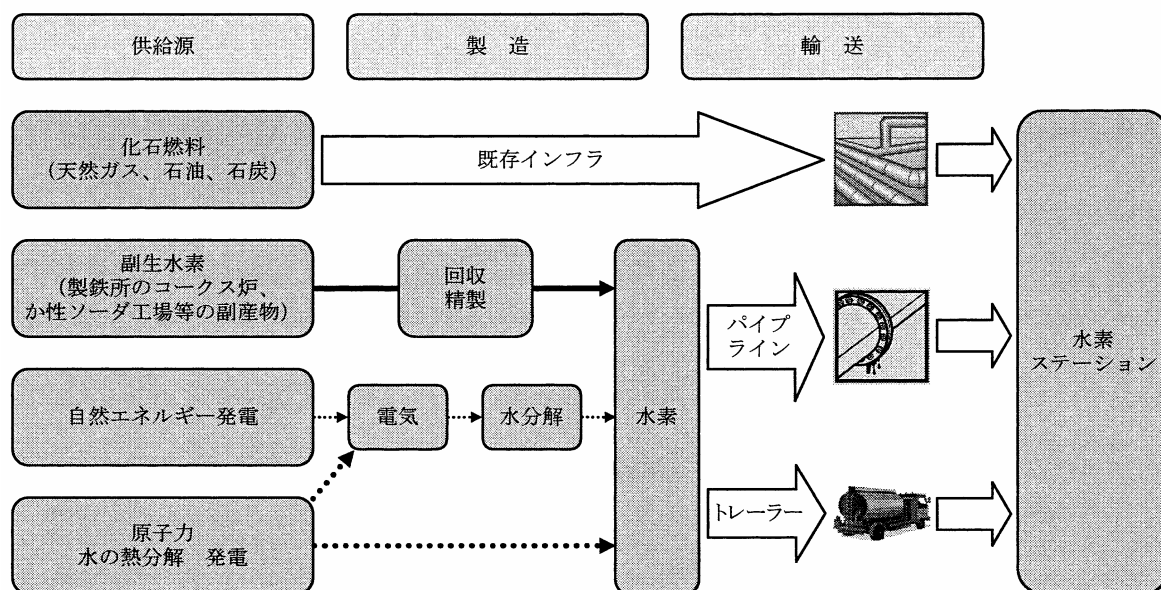
一方、自動車用燃料電池に関しては、既存インフラを有効活用すべくガソリンなどの車上改質方式の研究が一時期重点的に行われたが、最近では、直接水素を搭載する方式が有力視されている。このため今後、車両に水素を供給する水素ステーションの整備が必要となる。また、水素を効率的に製造するためのシステム開発や大規模施設の整備に加え、水素ステーションまでの運搬方法も重要な課題となる。水素の供給源としては、①化石燃料、②副生水素、③自然エネルギー、④原子力が考えられるが、現行技術を前提にコストや安定供給などの面から考えると、当面は化石燃料からの改質が主流になるとみられる。

図表6-1 燃料電池における燃料供給方法

	有力視されている燃料	その他の燃料	インフラ整備の必要性
携帯機器用燃料電池	メタノール	気体燃料 (LPG、水素など)	液体燃料販売網の確保
定置用燃料電池	都市ガス、LPG、灯油、ナフサ (水素改質装置により水素生成)	新燃料 (アルコール、DME) 高圧水素 (水素ガスパイプライン網)	既存インフラ使用可能
燃料電池自動車	液体水素、高圧水素	車上改質用液体燃料 (クリーンガソリン、GTLなど)	水素ステーションの整備

(出所) 各種資料、ヒアリングなどより作成

図表 6 - 2 燃料電池自動車への水素供給ルート



(出所) 各種資料、ヒアリングより作成

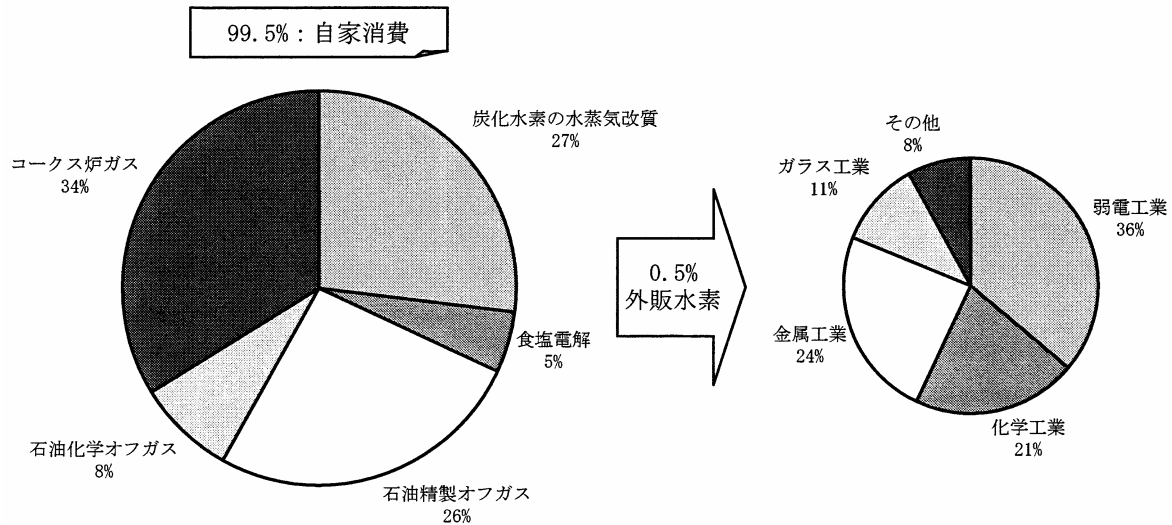
(注)

1. 副生水素からの矢印が太いのは、水素供給ポテンシャルが大きいことを表す。
2. 自然エネルギー発電、原子力からの矢印が点線なのは、実用化に時間がかかることを表す。

## 2. 副生水素の動向

前述のとおり、燃料電池自動車向けの水素供給源としては、しばらくの間化石燃料改質が主流とみられるが、環境面での燃料電池の特性を活かすためには、再生可能エネルギーや未利用エネルギーを最大限利用する取り組みが求められる。ただし、技術的な課題などが大きく、その実現には長期を要するものと考えられており、一方、既に製造技術が確立されている副生水素を有効活用することも重要となる。鉄鋼、石油、アンモニア、ソーダ、エチレンなどの各製造段階において副生的に水素や水素を大量に含んだガスが発生している。現在、これらのほとんどが燃料などとして自家消費されている状況にあるが、むしろ代替燃料を別途調達し、副生水素や水素を大量に含んだ副生ガスなどは燃料電池向けに利用した方が効率的と考えられる。

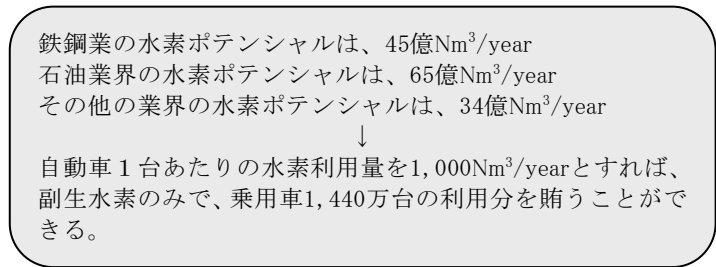
図表 6 - 3 水素の生産・販売・用途



(出所) 各種資料より作成

例えば、鉄鋼原料となるコークス製造過程において発生するコークス炉ガスには水素が55%含まれており、我が国の鉄鋼業全体のコークス炉ガスからの水素供給ポテンシャルは、45億Nm<sup>3</sup>/yearと試算されている(新日本製鐵資料)。また、石油産業活性化センターの資料によると、石油業界の水素ポテンシャルは、65億Nm<sup>3</sup>/yearであり、石油および鉄鋼を除くその他の業界の水素ポテンシャルとしては、34億Nm<sup>3</sup>/yearと試算している。仮に自動車1台あたりの水素利用量を1,000Nm<sup>3</sup>/yearとすると、副生水素だけで、乗用車1,440万台の年間利用分を賅うことができることとなる。

図表 6 - 4 副生水素のポテンシャル



(出所) 各種資料、ヒアリング等より作成

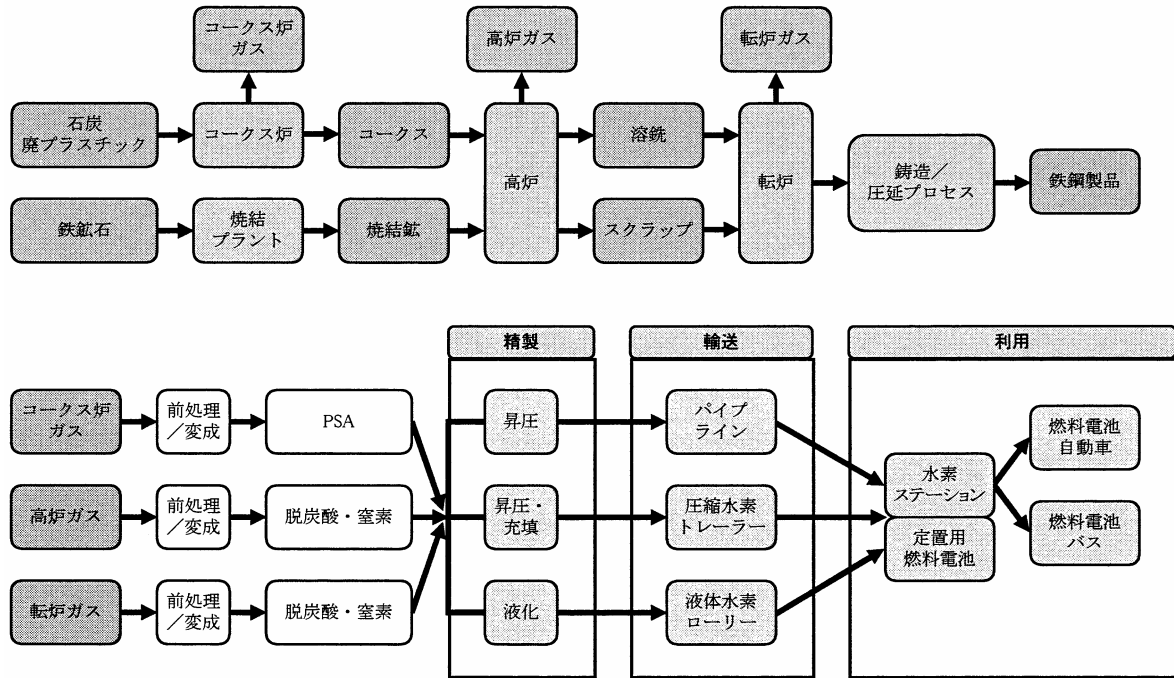
(1) 副生水素の具体例① 液体水素製造技術開発実証設備(新日本製鐵資料参照)

新日本製鐵は、2003年より君津製鉄所構内に「液体水素製造技術開発」実証設備を建設し、2004年3月17日に開所している。「液体水素製造技術開発」は、①燃料電池自動車用の水素供給を前提とし、製鉄副生ガス(コークス炉ガス; COGなど)から最適な水素精製・液化シ

システムを構築すること、②製造した液体水素を有明水素ステーションへ供給し、燃料電池自動車走行までの一貫システムの実証試験を行うことを目的としている。

COG から液体水素までの製造実証は、世界初の試みであり、非常に高純度（99.999vol%以上）の液体水素を、1日あたり0.2t製造することが可能である。2003年12月に設備の建設・試運転を完了し、2004年度から実証運転を開始している。

図表6-5 製鉄プロセスガスフローと副生ガス



（出所）新日本製鐵資料より作成

高炉一貫製鉄のプロセスからは COG のほか水素を含んだ高炉ガスおよび転炉ガスも発生し、製鉄所では、これら副生ガスを回収して、製鉄プロセスの燃料や発電用燃料として有効利用しているが、これらから水素を取り出し、燃料電池に供給することも可能である。これら、製鉄所副生ガスのなかで、特に COG（水素約 55vol%、メタン約 30vol%）は、水素を多量に含んでおり、水素回収に適した副生ガスである。COG は圧縮、前処理を行った後、PSA（Pressure Swing Adsorption）設備により高純度水素を分離・回収する。メタンなどの可燃成分を含むオフガスは再度 COG 系統へ戻すことにより、ロスが少ないシステム構成となっている。

## （2）副生水素の具体例② ソーダ工場からの副生水素

苛性ソーダ工場では、食塩水の電気分解により、水酸化ナトリウムを製造している。この過程において、非常に純度の高い水素が発生する。これらの水素は、化学原料などに外販さ

れるもの以外は、自家消費される。

### (3) 副生水素の具体例③ 精油所からの副生水素

石油の精製工程で発生する低価値の留分を原料に水素を製造することが可能であり、今後の有効活用が期待されている。

## 3. 再生可能エネルギーおよび未利用エネルギー活用への取り組み

現状では、コスト面や技術的課題などから、水素製造に再生可能エネルギーおよび未利用エネルギーを大規模に取り入れることは困難である。例えば、水素は水を電気分解して製造することもできるが、現時点において、高いコストをかけて発電した電気を、さらに水素製造に使うことは現実的ではない。ただし今後、自然エネルギーの発電効率向上や水素の運搬および保管技術の向上により全体効率を上昇させることによって、自然エネルギーで発電された電気を使って水を電気分解して製造された水素を利用するといったクリーンエネルギーシステムを構築することは不可能ではない。

さらに原子力をより効率的に活用する方策も考えられている。

原子力による水素製造には、2つの方法がある。一つ目は、原子力で発生させた電力を利用し水の電気分解を行う方法である。この方法によると、深夜電力を活用することによって、電力利用の平準化を進めることができる。二つ目は、次世代原子炉である。日本原子力研究所では、原子炉の高温排熱を用いて水を分解し水素を製造する IS プロセス (IS プロセスは、原料水をヨウ素 (Iodine) や硫黄 (Sulfur) の化合物と反応 (ブンゼン反応) させ、その生成物であるヨウ化水素および硫酸の熱分解反応によって、水素と酸素を製造するプロセス。) の技術開発を進めてきた。硫酸の熱分解反応には、900℃程度の温度が必要であるといわれており、実用化に向けて、さらなる研究開発が行われている。なお、上記の方法によると、熱源としては原子炉の排熱を、原料としては水を用いるものであり、未利用エネルギーの有効活用に繋がるとともに、CO<sub>2</sub>は排出されず、地球環境への負荷低減にも繋がる。

また、日本、米国、欧州、カナダ、韓国、南アフリカ、ブラジル、アルゼンチン等の 11 カ国・地域の原子力研究機関が、次世代原子炉の開発計画の一環として、次世代原子炉を使って水から水素を作る技術の共同研究に取り組んでいる。日本からは日本原子力研究所などが参加し、基礎技術の開発に取り組み、2020 年ごろの実用化を想定している。

## 4. 国内における水素ステーションの動向

燃料電池自動車は、高圧水素が有力な燃料とされており、水素ステーションの整備が重要な課題と考えられている。このため経済産業省では、燃料電池自動車の実証研究とともに、燃料電池自動車用水素供給設備の実証研究のためのプロジェクトとして、「水素・燃料電池実証プロジェクト」JHFC (Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project) を実施している。このプロジェクトは、国内で初めての、大規模な燃料電池自動車実証走行による研究であり、

2004年度は、自動車メーカー8社の燃料電池自動車や、燃料電池バスが、公道試験走行に参加し、走行性、信頼性、環境特性、燃費などの市街地走行データと、水素ステーション使用データなどを取得し評価している。また、世界で初めての異なる燃料・製造方法による水素ステーションの並行運用として、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、都市ガス改質の計9ヵ所の水素ステーションを整備し、プロジェクトに参加する燃料電池自動車に水素の供給を行っている。

図表6-6 JHFCプロジェクト

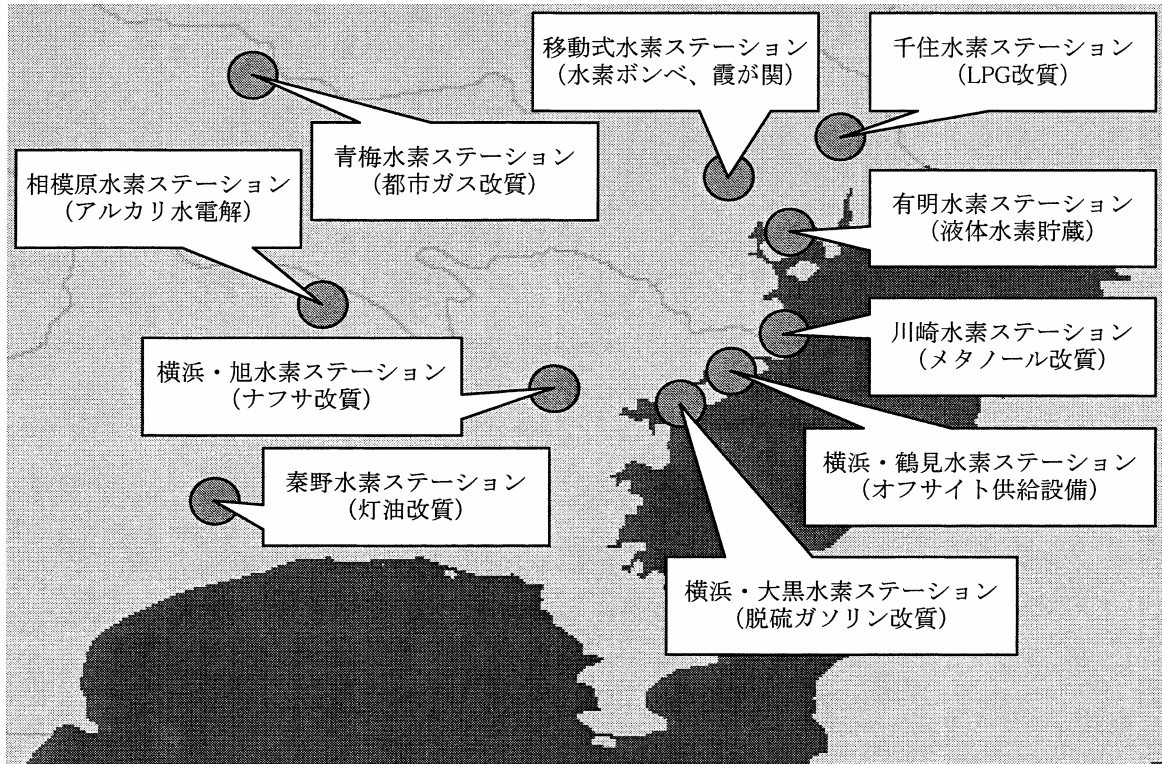
(Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project=水素・燃料電池実証プロジェクト)

目的	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 燃料電池自動車および水素ステーションの省エネルギー効果（二酸化炭素削減・効率）の明確化</li> <li>2. 燃料電池自動車および水素ステーションの環境負荷（二酸化炭素以外）低減効果の明確化</li> <li>3. 燃料電池自動車および水素ステーションの安全等にかかわる規格、法規・基準の作成のためのデータ取得など</li> <li>4. 燃料電池自動車および水素ステーションの社会的認知度向上のための啓発活動</li> <li>5. 燃料電池自動車および水素ステーションの普及および促進のための課題の明確化</li> <li>6. 副生ガス（COG）からの効率的な水素回収と効率的な液体化技術の開発実証</li> </ol>
実施地域	首都圏、愛知県
実施主体	経済産業省（プロジェクトは（財）日本自動車研究所の燃料電池自動車実証研究、（財）エンジニアリング振興協会のFCV用水素供給設備実証研究より構成される。）
期間	平成14年度～平成17年度 ※当初の計画では平成16年度までであったが、1年延長し平成17年度までとなった。
補助額	2002年度 20億円、2003年度 25億円、2004年度 20億円
平成16年度 まとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成16年度12月末時点でのFCV延べ走行距離は184,000km、水素供給は6,780kgに達した。</li> <li>・FCV（乗用車）については、10・15モード走行時燃費測定、ならびに公道走行時燃費のガソリン車やハイブリッド車との比較を行った。その結果、FCVの燃費性能の高さが示された。</li> <li>・水素ステーションについては、愛知県に瀬戸南・北の2基を新設した。また、首都圏で稼働中の10ステーションについて、水素製造効率を明らかにした。</li> <li>・総合効率については、文献データによる各エネルギーパスの総合効率を試算した。</li> <li>・広報活動については、各種教室開催、イベントへの参加などを実施し、FCV・水素ステーションの認知度向上を図った。</li> <li>・安全推進活動については、予防安全活動を重点的に実施し、実証試験を無事故で進めることができた。</li> </ul>
参加企業	<p>車両メーカー：トヨタ、日産、ホンダ、ダイムラークライスラー、GM、トヨタ/日野、三菱、スズキ</p> <p>インフラメーカー：新日本石油、コスモ石油、昭和シェル石油、東京ガス、岩谷産業、ジャパン・エアガシズ、日本酸素、新日本製鐵、栗田工業、シナネン、伊藤忠エネクス、出光興産、バブコック日立、鶴見曹達、東邦ガス</p>

(出所) JHFC資料などより作成

水素ステーションは、燃料電池自動車に水素を供給するための施設で、本プロジェクトでは、民間企業から提案のあったそれぞれ異なる燃料、方式が採用され、参加企業が日常の運営を実施している。現在、首都圏で10カ所、中部地方で2カ所建設されている。

図表6-7 JHFCプロジェクトにおける水素ステーション設置状況



(出所) JHFCプロジェクト資料より作成

代表的な水素ステーションの概要を紹介すると、東京ガス千住工場敷地内に設置された千住水素ステーション<sup>4</sup>は、LPG（液化石油ガス）を原料としており、ステーション内で水素製造を行うオンサイト型を採用している。なお、都市ガス改質方式は、水素製造装置と充填装置を車載し任意の場所での水素の直接供給を行うことが可能な青梅水素ステーションで実証実験が行われている。

<sup>4</sup> 千住水素ステーションは300Lの水素ポンペを20本使用し、6,000Lの水素を保存しておくことができる。この6,000Lのポンペに40MPaで水素を注入すると、2,400Nm<sup>3</sup>分入れることができる。例えば、トヨタ自動車の水素タンクの容量は30Nm<sup>3</sup>程度であり、このタイプの自動車であれば、70～80台に水素を供給することができる。現在の稼働状況は、利用車両が実証実験参加者などに限られるため、全く利用のない日もあるとのこと。

図表 6-8 JHFC プロジェクトにおける水素ステーションの概要

名称	設備	運営主体	特徴
横浜・大黒水素ステーション	脱硫ガソリン改質	コスモ石油	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池自動車のショールームやガレージが併設。</li> <li>既存のガソリンスタンドのインフラを利用。水素製造装置を小型・パッケージ化。</li> <li>自動制御運転。高効率バーナーを採用。</li> </ul>
横浜・旭水素ステーション	ナフサ改質	新日本石油	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵されたナフサから水素を製造。高圧水素として充填する仕組み。</li> <li>石油業界の不純物を取り除くための水素製造技術を応用。</li> <li>装置のスキッド化により、設置工事の短縮が実現。</li> </ul>
千住水素ステーション	LPG 改質	東京ガス、日本酸素	<ul style="list-style-type: none"> <li>都市ガスで実績のあるオンサイト型高純度水素製造設備。</li> <li>小型 6 塔式 PSA によるコンパクト・高効率な水素精製装置。</li> <li>新充填方式採用で、操作性の優れたディスペンサー。</li> <li>運転制御の自動化、各種安全対策。</li> </ul>
川崎水素ステーション	メタノール改質	ジャパン・エア・ガシズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界初のメタノール改質方式による水素供給設備。</li> <li>改質温度が比較的低い。高圧型改質器を採用。</li> <li>2 段圧縮ダイアフラム圧縮機。高圧ガス設備とドライバーを隔離。</li> </ul>
秦野水素ステーション	灯油改質	出光興産	<ul style="list-style-type: none"> <li>原料は、日本中どこでも入手可能な市販灯油。</li> <li>世界初の自社開発触媒による灯油改質型の水素供給設備。</li> <li>コンパクトなスキッドマウント方式。</li> <li>運転制御の完全自動化、各種安全対策。</li> <li>風光明媚な丹沢の麓。伊豆、箱根へのアクセスも容易。</li> </ul>
青梅水素ステーション	都市ガス改質	バブコック日立	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素製造装置と充填装置を車載しているため、任意の場所での水素の直接供給が可能。</li> <li>天然ガス（都市ガス）はインフラが整備されているため、利用しやすく、水素製造単価も安価。</li> <li>燃料電池自動車の普及途上地域における、定置式水素ステーション設置前の需要調査および一時的バックアップに利用が可能。</li> </ul>
相模原水素ステーション	アルカリ水電解	栗田工業、シナネン、伊藤忠エネクス	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存インフラの LP ガススタンドに併設。</li> <li>水素発生装置と圧縮機をトラックに搭載した移動式製造設備。</li> <li>既存インフラを利用。</li> <li>自然エネルギー利用可能。</li> <li>蓄ガス器、ディスペンサーのみを設置した受入側設備。省スペース化。</li> </ul>
移動式水素ステーション	水素ボンベ	日本酸素	<ul style="list-style-type: none"> <li>平日毎朝、搬入・組立てを行い、その日の夕方に撤収するという体制で運営。</li> <li>トラックでの移動が可能。定置式水素ステーションの利用エリア外でも水素充填が可能。</li> <li>定置式水素ステーションの一時的バックアップに利用が可能。</li> <li>圧縮機によるダイレクト充填が可能。運転制御の簡素化、各種安全対策。</li> </ul>
横浜・鶴見水素ステーション	オフサイト供給設備	鶴見曹達、岩谷産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本初の圧縮水素オフサイト型ステーション。</li> <li>水素製造装置がない分、設置スペースと建設コストを削減。</li> <li>改質・精製の工程が不要。システム立ち上げの時間が不要。</li> </ul>
有明水素ステーション	液体水素貯蔵	昭和シェル石油、岩谷産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本初の液体水素ステーション。</li> <li>圧縮水素、液体水素自動車双方への充填が可能。</li> <li>システムの立ち上げまでに必要な時間が短い。</li> </ul>

(出所) JHFC プロジェクト資料より作成

(注) 関東の水素ステーションの紹介。中部にも愛・地球博の水素ステーションが 2 基運営中。



有明水素ステーションは、東京都が取り組む「有明水素ステーション・パイロット事業」のひとつでもあり、2003年8月末から開始された都バス営業路線で行う燃料電池バスの実証走行をサポートするメインステーションとして位置付けられている。この水素ステーションは、液体水素を外部から運び入れ貯蔵するオフサイト型であることを特徴としており、新日本製鐵君津製鐵所内で製造した液体水素を専用ローリーで輸送し、ステーション内のタンクに貯蔵している。これを燃料電池自動車に対して、液体水素のまま（GMのみ）、あるいはボイルオフガス回収装置を利用してつくられた高圧水素として供給する<sup>5</sup>。

川崎水素ステーションは、京浜工業地帯の鉄鋼工場や石油化学工場などの大規模な工場が並ぶ交通量の多い場所に位置している。ジャパン・エア・ガシズが、高圧水素ガス充填工場や液体水素製造プラントのメーカー最大手としての経験を基礎として、世界初のメタノール改質型の水素ステーションを設計した。水素をつくる燃料のなかでメタノールは安全性が高く、また、水素製造時の反応温度が250～300℃と低いため（天然ガスの場合は600～700℃）、加温や保温に要するエネルギーの消費量が少なくすむという特長がある。メタノールと水を蒸発させた後、触媒を使って反応させ、発生した水素を分離圧縮。出来上がった高圧水素ガスを燃料電池自動車に充填する。自動車進入路から高圧ガス製造設備がみえないようにし、利用者による工場やプラントといったイメージを持たせないようにするなど、意識的にガソリンスタンドの外観に近づけられており、親近感を持たせる工夫をしている。

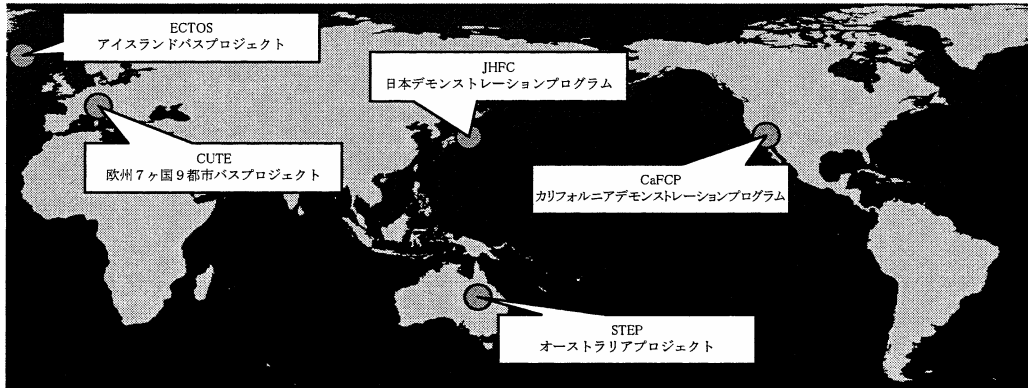
---

<sup>5</sup> 有明水素ステーションは、液体水素と圧縮水素の双方の充填が可能であることが特徴である。液体水素は、タンクローリーで新日本製鐵君津製鐵所から運んでくるほか、岩谷産業の大阪の工場からも運んできている。水素は、液体として-253度以下に保つ必要があり、その技術が非常に難しい。現在の技術では、毎日1%程度ずつ蒸発してしまうという欠点も有している。また、車に液体水素を入れたとしても、車のなかで蒸発してしまうという欠点もある。一方、圧縮水素の欠点としては、非常に高圧のために、水素ステーションから車に注入する時に危険が生じるという点である。25MPaは250気圧のことであり、ディスペンサーからの水素の漏れは大惨事に繋がりがねない。250気圧では、手を貫通するほどの威力がある。

## 第7章 海外諸国の燃料電池プロジェクトの動向

海外においても、燃料電池普及に向けた取り組みが進められている。ヨーロッパやアメリカにおいても、関連企業による技術開発と平行して、水素ステーションの設置やバスによるフリート走行実験など、インフラ整備のための課題抽出やデータ収集とともに、燃料電池の知名度向上のためのプロジェクトが展開されている。

図表7-1 海外各国の燃料電池プロジェクト



(出所) 各種資料より作成

図表7-2 海外各国の燃料電池プロジェクトの概要

プロジェクト	JHFC (日本)	CaFCP (米国)	CUTE (欧州)	ECTOS (アイスランド)	STEP (オーストラリア)
正式名称	Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project	California Fuel Cell Partnership	Clean Urban Transport for Europe	Ecological City Transport System	Sustainable Transport Energy Program
実施地域	首都圏中心、愛知県	カリフォルニア州	ストックホルム (スウェーデン) ロンドン (英)、アムステルダム (蘭) ハンブルグ (独) シュツットガルト (独) ルクセンブルグ (ルクセンブルグ) マドリッド (スペイン) バルセロナ (スペイン) ポルト (ポルトガル)	レイキャビック	パース
実施主体	経済産業省、(財) 日本自動車研究所、(財) エンジニアリング振興協会	カリフォルニア州	欧州委員会	INE 社 (ダイムラークライスラー、Shell Hydrogen ならびにアイスランド企業・大学等8組織の合弁会社)	西オーストラリア州政府
関連企業、団体数	23	32	28	18 (INE 社構成企業を含む)	9
期間	2002年4月-2006年3月 (4年)	1999年4月-2007年3月 (8年)	2001年11月-2006年5月 (4年半)	2001年3月-2005年2月 (4年間)	2002年3月-2007年3月 (5年)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>様々な化石燃料改質型の水素ステーションを設置。</li> <li>燃料電池自動車および水素ステーションの省エネルギー効果、環境負荷低減効果の明確化、社会的認知度向上等が目的。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池開発やインフラ整備を進めるのが目的。</li> <li>燃料電池車の航続距離や給湯方法などのデータは、参加企業、団体で共有。</li> <li>トヨタ、日産、ホンダも参加。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>化石燃料、再生可能エネルギーを用いた水素ステーションを設置。</li> <li>燃料電池バス活用による公共交通部門の環境問題解決が目的。</li> <li>短期的には、資源節約型交通手段の確立、長期的には非化石燃料ベースの交通手段の確立を目指す。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池バス導入による水素技術の向上が目的。</li> <li>将来的にはアイスランドから欧州諸国に水素を輸出することも考えている。</li> <li>アイスランド政府が目指す水素経済立国を推進するために INE 社設立。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>市内の公共交通システムを一部燃料電池バスで代替。</li> <li>水素技術向上が目的。</li> </ul>
水素ステーション数	12基	15基	9基	1基	1基
水素エネルギー源	ナフサ、LPG、メタノール、電気、コークス炉ガス、灯油、脱硫ガソリン、天然ガス	天然ガス	廃棄物・太陽光・風力・水力発電による水の電気分解、石油、天然ガス	水力発電による水の電気分解	石油

(出所) 各種資料より作成

(注) プロジェクト毎により、出所が異なるため、同時系列での比較ではない。

## 1. アメリカの燃料電池プロジェクト (CaFCP : California Fuel Cell Partnership)

アメリカでは、カリフォルニア州において、大規模な燃料電池プロジェクトが行われている。カリフォルニア燃料電池パートナーシップは、1999年4月に開始され、燃料電池の普及を促進するため、商業化の道を模索し、一般消費者への認識を高めるためにスタートした。このプロジェクトは、2003年で終了する予定であったが、2007年まで延長されることになり、2007年3月までに図表7-3の目標で、取り組むことになっている。

図表7-3 カリフォルニア燃料電池パートナーシップの目的

目 的
燃料電池自動車、燃料電池バスの普及（最高300台）
ステーションの促進
京都議定書への貢献
燃料電池自動車や燃料に関する技術の向上
実用化への促進
社会一般の認識の向上
世界レベルでの燃料電池の情報交換実施

(出所) California Fuel Cell Partnership 資料より作成

カリフォルニア燃料電池パートナーシップは、1999年4月の発足時には、バラード、ダイムラークライスラー、フォードモーター社、BP、Shell Hydrogen、ChevronTexaco、カリフォルニア Air Resources 委員会とカリフォルニア Energy 委員会の8つの企業・団体で開始された。そして、それ以降メンバーが増加していき、2005年2月現在、自動車会社、エネルギー会社、燃料電池技術会社など、21団体・企業の正式会員と、10団体の準会員で構成されており、日本をはじめ海外の自動車メーカーなども参加している。

2000年以降、このプロジェクトに参加している企業は、65台の燃料電池を投入して、カリフォルニアの一般道やハイウェイ上で220,000マイル以上の実証実験を行った。また、この燃料電池プロジェクトでは、社会的な認知度を高めるため120以上の燃料電池関連イベントを実施し、12,000人以上の一般客のテスト走行を実施した。

図表 7 - 4 California Fuel Cell Partnership に参加している企業・団体

〈正規メンバー〉

車両メーカー	ダイムラー・クライスラー、フォード、GM、ホンダ、現代、日産、トヨタ、フォルクスワーゲン
エネルギー会社	BP、シェル・ハイドロジェン、シェブロン・テキサコ、エクソンモービル
燃料電池技術	巴拉ード・パワー・システムズ、UTS 燃料電池
政府機関	カリフォルニア大気資源委員会、カリフォルニアエネルギー委員会、南海岸地区大気品質管理委員会、連邦エネルギー省、連邦運輸省、米国環境保護局

〈準メンバー〉

バス運行会社	AC トランジット、サンタクララ VTA、サンライン・トランジット
水素ガス供給	エアプロダクツ、ブラックスエア
水素ステーション	PG&E、プロトン・エナジー・システムズ、スチュアートエナジー、Ztek
メタノール供給	メタネックス
調査研究	交通研究学会、カリフォルニア大学デービス校

(出所) California Fuel Cell Partnership 資料より作成

図表 7 - 5 California Fuel Cell Partnership における水素ステーションの動向



(出所) California Fuel Cell Partnership 資料より作成

## 2. ヨーロッパの燃料電池プロジェクト (CUTE)

欧州における燃料電池バス実証走行プロジェクトは、CUTE (Clean Urban Transport for Europe) とアイスランドのバスプロジェクトの ECTOS (Ecological City Transport System) から構成される。CUTE が 27 台、ECTOS が 3 台の合わせて 30 台の燃料電池バスが運行されている。

図表 7-6 欧州 FC バス実証走行プロジェクトの概要

背景	・自動車用アプリケーションとしての FC 技術、電気駆動に対する経験の欠如
	・高圧水素供給設備の運営可能性の実証
	・高圧水素貯蔵システム仕様に関する国の認可
	・新技術に関する試験および燃料としての水素に関する試験の推進
目標	・バスへの FC 技術の導入・実証 (無排出、低騒音、高効率、資源節約)
	・欧州における技術的なリーダーシップの発揮と雇用
	・公共交通部門に対する都市部における交通・環境問題の解決策のための手段としての FC バスへの興味・魅力の拡大
	・短期経験の取得
	・短期目標：資源節約型交通手段の確立
	・長期目標：非化石燃料ベースの交通手段の確立
内容	・8カ国 10 都市における 30 台の FC バスを用いた走行試験の実施
	・通常バスルートにおける 2 年間の実証走行
	・欧州の大手石油・ガスメーカーによる水素インフラの整備
	・10 種類の異なる水素供給インフラ整備
	・40 におよぶ企業・団体の参画

(出所) (財) 新エネルギー財団「新エネルギー等導入促進基礎調査」引用

CUTE プロジェクトでは、27 台のバスが導入され、9 都市で走行実験が行われている。2001 年 11 月に開始され、2006 年 5 月までの予定となっている。最初の 2 年間で、燃料電池バスが製造され、9 つの水素ステーションが建設された。最初の燃料電池車は、マドリードに導入された。このプロジェクトでは、例えば、水素には複数の製造方法を考え、その製造方法の比較を行うことによって、どの製造方法が良いのかの評価を行えるようなデータを収集する。また、水素の流通経路の有効性、効率、経費、環境利益、安全性が検討される。

図表 7-7 CUTE 水素ステーションの特徴

	エネルギー源	水素製造方式	技術担当 企 業	圧縮機 定格容量 (Nm <sup>3</sup> /h)	圧縮機 メーカー	ディスペンサー メーカー	充填時間 (分)
アムステルダム	廃棄物焼却発電	電気分解	Hoek Loos	300	Linde	Linde	15
バルセロナ	太陽光発電+買電	電気分解	Linde	300	Linde	Linde	10
ハンブルグ	風力発電	電気分解	Norsk Hydro Electrolysers	62	Hofer	Brochier	10分未満
ロンドン	原油	オフサイト方式	BOC	900	ACD Cryo	Fueling Technology Inc.	30
ルクセンブルグ	電力(買電)	オフサイト方式	Air Liquid	60	Burton Corblin	Air Liquide	10
マドリード	天然ガス	水蒸気改質 オフサイト方式	Air Liquid	50 2,400	PDC Machines Inc.	Air Liquide	9/11/13 20-25
ポルト	天然ガス	オフサイト方式	Linde	300	Linde	Linde	10
ストックホルム	地熱発電+水力発電	電気分解	Stuart Energy Systems	525	CompAir, Hydro Pac	Fueling Technology Inc.	20-25
シュツットガルト	天然ガス	水蒸気改質	Mahler IGS	100 5,380	Idro Meccanica	Brochier	15分未満

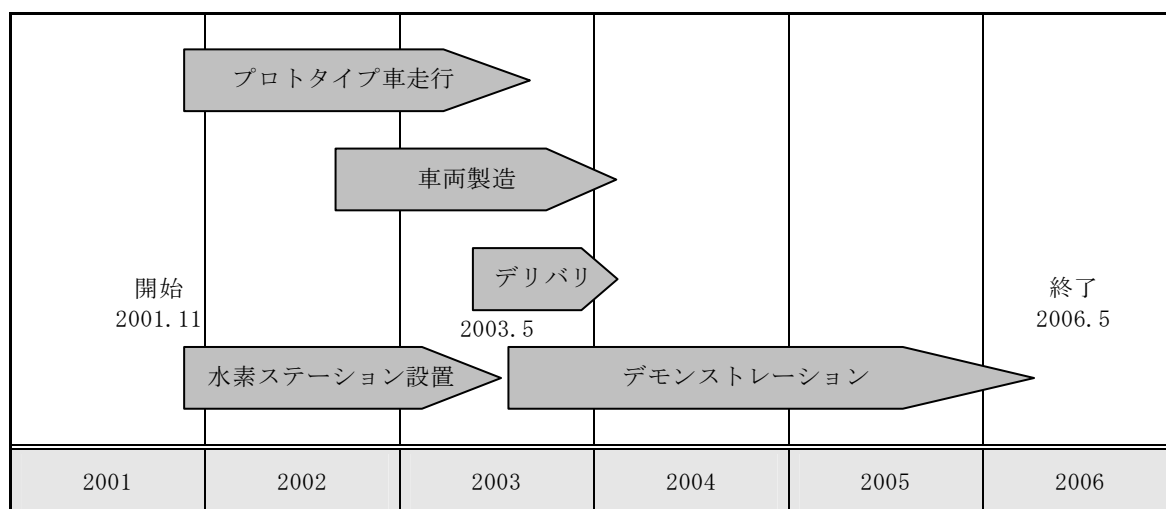
(出所) 各種資料より作成

図表 7-8 CUTE プロジェクト提携企業および団体

欧州委員会	DG TREN (運輸エネルギー総局)
プロジェクトコーディネーター	EvoBus
バス会社、鉄道会社	GVB (アムステルダム)、DMB (アムステルダム)、TMB (バルセロナ)、 Hamburger Hochbahn (ハンブルグ)、First Group (ロンドン)、 London Buses (ロンドン)、AVL (ルクセンブルグ)、 FLEAA (ルクセンブルグ)、E.M.T. (マドリード)、STCP (ポルト)、 Busslink (ストックホルム)、Miljöförvaltningen (ストックホルム)、 Storstockholms Lokaltrafik (ストックホルム)、 Stuttgarter Straßenbahnen (シュツットガルト)
技術提供企業	BP International、DaimlerChrysler、Hamburgische Electricitäts-Werke、 Hydro、Shell Hydrogen
大学、コンサルタント	IKP (シュツットガルト大学)、IST、MVV Verkehr、PE Europe、PLANET、 Polis、Statkraft、Sydkraft
ECTOS プロジェクト	Icelandic New Energy
STEP プロジェクト	Department for Planning and Infrastructure

(出所) CUTE 資料より作成

図表 7-9 CUTE プロジェクトのスケジュール



(出所) JHFC 資料および CUTE 資料より作成

### 3. アイスランドの燃料電池プロジェクト (ECTOS : Ecological City Transport System)

アイスランドは、水力と地熱が豊富で、現在、消費エネルギーの70%を再生可能エネルギーが占めている。90%以上の家庭用暖房が地熱を利用した温水を使っており、産業用・家庭用の電力は全て水力または地熱をエネルギー源としている。一方、化石燃料消費をみると、約3分の2は輸送用・漁船用が占めている。そのため、陸上および海上輸送において再生可能エネルギーが利用されるようになれば、アイスランド社会は全てクリーンエネルギーでカバーされ、化石燃料を輸入する必要がなくなる。こうしたことを背景とし、アイスランド政府は、水素経済立国構想を掲げ、石油依存からの完全脱却を図ろうとしている。

図表 7-10 アイスランドの水素経済への先駆的取り組み

〈水素燃料発展の背景〉

- ・ 寒冷な気候であるため、多くの暖房用エネルギーを必要とする。
- ・ 約28万人という小さな人口であるため、エネルギーコストが高い。
- ・ 魚介類の輸出に国民経済は大きく依存しており、漁船に大量の燃料を必要とする。  
(GDPの10%を貿易赤字が占めており、その4分の1が石油である。)
- ・ 十分な化石資源や炭素源、バイオマスなどを持たない。
- ・ 島国であるため、隣国から電力を借りることもできない。
- ・ オイルショックで大きな衝撃を受け、大きなインフレに見舞われた経験を持つ。
- ・ 火山島であり、地熱や水力エネルギーは豊富である。

(出所) 各種資料より作成

アイスランドの燃料電池の歴史をみると、1970年代にアイスランド大学の教授が水素を燃料にした発電の可能性を指摘し注目を集めたことにはじまるが、当時は具体的な動きはなかった。その後、政府内で燃料電池導入に関する機運が高まり、1999年のダイムラークライスラー、シェル・ハイドロジェン、ノルスク・ハイドロジェンならびにアイスランド企業・大学等8組織によって設立された合弁会社INE（Icelandic New Energy）社設立により大きく加速することとなる。

INE社は、図表7-12の目標を掲げて、水素・燃料電池の研究に取り組んでいる。燃料電池バスを手はじめに、その後、漁船への燃料電池導入まで拡大する計画にある。さらに将来的には、アイスランドから欧州諸国に水素を輸出可能な環境を作ろうと計画している。

図表7-11 アイスランドにおける燃料電池の歴史

1970年代	・Bragi Arnason（アイスランド大学教授）が水素を燃料にした発電が可能であると指摘。
1970-90年代	・大規模な温泉開発が実施されるとともに地熱利用の発電プラントが建設される。 ・再生可能エネルギーに関する技術向上。 ・暖房用燃料の大部分が地熱および水力発電によって供給されるようになる。 ・石油は輸送用および漁船用にのみ使用されるようになる（エネルギー消費量全体の約30%）。
1992年	・Ballard Power Systems（カナダ）が世界初の水素燃料バスの実証実験を実施。 ・ダイムラークライスラー（独）アイスランドで燃料電池車の製造に取り組みはじめる。
1997年	・通産省が「国内燃料生産委員会」を設立。
1999年	・INE社（Icelandic New Energy＝アイスランド次世代エネルギー社）が創設される。
2001年	・INE社のECTOSプロジェクトが開始される。
2003年4月	・世界初の水素ステーションがレイキャビック市内に開設される。
2003年10月	・燃料電池バスの走行開始。
2020年頃	・（目標）乗用車、漁船の40%を水素燃料で動かす。
2040年頃	・（目標）交通システムを100%水素ベースにする。

（出所）INE社資料などより作成

図表7-12 INE社の6段階プラン（2001年3月発表）

第1段階	水素インフラを稼働させ、燃料電池バスを走行する実証・評価プロジェクト（ECTOS）を行う。
第2段階	レイキャビック市および他の地域のバスを徐々に燃料電池バスに代替する。
第3段階	燃料電池乗用車を導入。
第4段階	燃料電池船舶の実証・評価プロジェクトを行う。
第5段階	化石燃料を使用する漁船を徐々に燃料電池船舶に代替する。
第6段階	アイスランドから欧州諸国に水素を輸出する。

（出所）INE社資料より作成



INE 社が行っている ECTOS (Ecological City Transport System) プロジェクトは、レイキャビックの公共交通機関において、燃料電池バスを走行させ最高水準の水素技術の実証実験を行うことである。CO<sub>2</sub> が発生しない地熱発電・水力発電を利用し、水を電気分解することによって水素を生産している。水素ステーションは 2003 年に整備され、生産、圧縮、保管機能を有し、現在すでに運転中であり、毎日燃料電池バスに純度の高い水素を供給している。

図表 7-13 アイスランドにおいて燃料電池プロジェクトが行われた理由

〈アイスランドにおいて燃料電池プロジェクトが行われた理由〉	
1.	CO <sub>2</sub> を排出せずに水素を製造しやすい環境であるため。
2.	輸送システムなどが他の先進諸国と類似しており、実証実験の結果を他の地域でも適用することができるため。
3.	ひとつのエネルギー源から他のエネルギー源に変化させるノウハウがあるため。
4.	小規模の国であるため、小さなプロジェクトでも大きなインパクトがあるため。
5.	燃料電池技術は、アイスランドのような厳しい気象状況、季節変化、様々な地形のもとで評価されるべきであるため。

(出所) INE 社資料より作成

図表 7-14 ECTOS プロジェクト

(Ecological City Transportation System = エコ都市輸送システム) の概要

目的	市内の公共交通システムを一部燃料電池バスで代替することで最新の水素技術を実証する。
場所	レイキャビック市 (アイスランド) …人口約 11 万人
実施主体	INE 社
期間	2001 年 3 月 - 2005 年 2 月 (4 年間) 第 1 段階: 準備、インフラ整備、設備メンテナンス、経済・社会調査など 第 2 段階: インフラおよび燃料電池バスの実証実験
実績	2003 年 4 月 水素ステーション開設 (ノルシュク・ヒドロ、ジェルハイドロジェン) 2003 年 10 月 3 台の燃料電池バス走行開始 (「Citaro」車体: ダイムラークライスラー、エンジン: バラード社) ・バス仕様: 縦 12m、幅 2.55m、高さ 3.7m、250kW、70 人乗車可能、圧縮水素 (35MPa) 燃料、最高速度 80km/h、航続距離 200km
水素製造方法	オンサイト電気分解

(出所) INE 社資料より作成

ECTOS は、2001 年 3 月から 2005 年 2 月までの計画期間のうち、最初の 2 年間はトレーニング期間、後の 2 年間は実証実験期間となっている燃料電池バスの社会性、経済性などについて調査し、技術的パフォーマンスの比較評価の基礎を形成する予定で行われた。ECTOS はアイスランドの水素社会への移行の最初のステップと位置付けられている。使用されたバス

は、車体がダイムラークライスラー製であり、燃料電池が巴拉ード社によるものである。日本の JHFC と同様の 35MPa の圧縮水素を利用し、バスに充填し、レイキャビック中心部と郊外を結ぶルートを走行している。燃料となる水素は、水素ステーションにおいて電気分解することにより生成される。現在の航続距離は 200km であり、最高速度は 80km/h、公共のバスとしては十分な性能を有しているといえる。今後も、アイスランドは、燃料電池・水素に前向きな取り組みを進める模様である。

#### 4. 韓国の燃料電池への取り組み

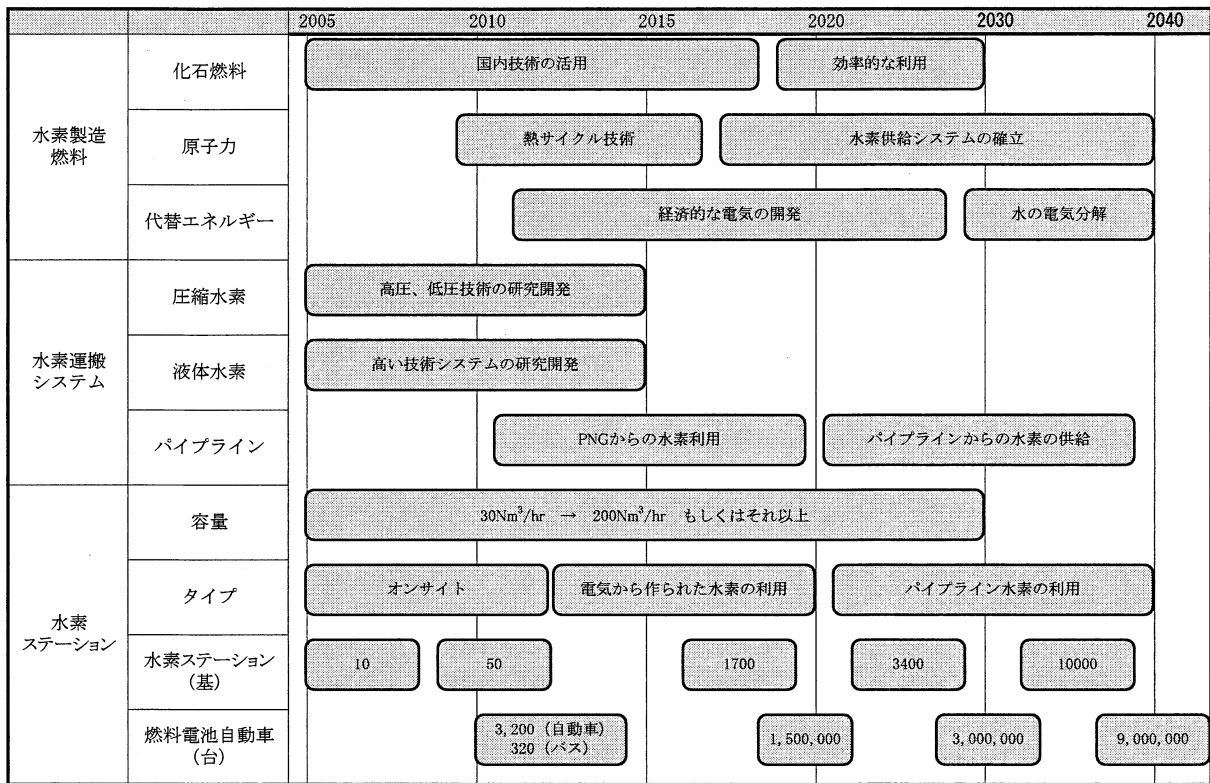
韓国も、国を挙げて燃料電池への取り組みをはじめている。KIST (Korea Institute of Science and Technology) によると、時系列に 3 段階に分けて燃料電池の開発を行う方針にあり、2003 - 2005 年を研究開発段階に位置付け、商品化のためのコア技術の開発を行っており、燃料電池自動車を 10 台程度導入し研究開発を実施している。第二期間は普及段階、第三段階は浸透拡大段階と位置付け、燃料電池の普及・浸透を進めていくことを計画している。

図表 7-15 韓国の水素、燃料電池への取り組み

区 分		第一期間	第二期間	第三期間
		研究開発段階	普及段階	浸透拡大段階
		2003-2005	2006-2008	2009-2012
水素ステーション		1	10	50
定置用燃料電池	(250-1,000kW)	300 台		
	(5-50kW)	2,000 台		
	(3kW 以下)	10,000 台		
自動車用燃料電池	自動車	10	300	3,200
	バス	—	30	320
携帯機器用燃料電池		商用化のための コア技術の開発	色々な商品で商用化	

(出所) 各種資料より作成

図表 7-16 韓国における燃料電池・水素戦略マップ



(出所) 各種資料より作成

### 5. 中国の燃料電池への取り組み

中国も燃料電池に積極的に取り組む意向を示している。中国では、4つの都市において燃料電池が導入され、燃料電池バス、燃料電池自動車、水素ステーションの研究開発が進められる。首都北京では、2008年に開催される予定のオリンピック時までには本格導入を行うべく、2005年度からオリンピック会場予定地周辺において燃料電池バスを走行させる予定になっている。また、上海においても、10台の燃料電池バスの走行を行う予定になっている。

図表 7-17 中国の燃料電池の歴史と今後の計画

1958年	天津の電力研究所が SOFC の研究に着手する。
1990年代	清華大学をはじめ各研究所が燃料電池の開発を進める。
	自動車業界、大学などによる実験用燃料電池自動車の共同開発がはじまる。
2001年	科学技術部の第 10 次 5 ヶ年計画（2001-06）における最重要プロジェクトに燃料電池自動車の開発が含まれる。
	Dongfeng Electric Vehicle Co. Ltd.の燃料電池バス（30kW）が完成する。
	神力科学技術社の燃料電池自動車完成する。
2002年	物理化学研究所の燃料電池バスエンジン（50kW）が完成する。
2003年	上海燃料電池自動車伝導装置社の燃料電池自動車完成する。
2004年	燃料電池バスの実証実験に北京、天津、武漢、威海が選定される。
	威海で燃料電池バスの実証実験が開始される。
	2008 年の北京オリンピック村予定地から 15km 離れた場所に水素エネルギーの研究施設を建設。
2005年	科学技術部はダイムラークライスラーより 3 台の燃料電池バスを購入し、9月に走行実験を北京で行う。
	北京に水素ステーションを建設する。
2007年	北京、上海で燃料電池バスの商業化を実現する。
2008年	北京オリンピック用 1,000 台の燃料電池車を走行させる。
2010年	上海万国博覧会で燃料電池自動車を走行させる。
2015年	北京上海以外の 10 都市で燃料電池バスの商業化を実現する。

（出所）国家科学技術部、国家環境保護局資料などより作成

## 第8章 燃料電池の普及に向けた課題

以上のように、これまでの燃料電池に対する真剣な取り組みにより、実用化段階に到達しつつあるものの、今後の燃料電池の普及にはコストや耐久性など、技術面での課題に加え、各用途分野毎に固有の問題点もあることから、その動向次第で、燃料電池の普及度合いやスピードは大きく左右されることとなろう。

図表8-1 燃料電池の主な課題

	携帯機器用	家庭用	自動車用
発電量	1W～15W	750W～1kW	70kW～100kW
用途	パソコン、携帯電話等	コージェネレーション（電力+給湯）	自動車
導入の主な目的	電力容量拡大	家庭用消費エネルギー抑制、環境負荷低減	エネルギー効率向上、化石燃料逼迫への対応、環境負荷低減
燃料電池および競合技術の動向	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池は、リチウムイオン電池に比べ、エネルギー密度を数倍（理論的には10倍、現実的には3倍程度）に増加させることが可能。</li> <li>リチウムイオン電池は、年5～10%程度ずつ効率改善。産総研がナノテクによりリチウムイオン電池の充電時間を大幅に短縮（理論上は1～2分で可）できる技術を開発。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池は、電力（発電効率30%）と給湯用などの熱（排熱利用効率40%）を得ることができ、総合効率は70%程度。</li> <li>CO<sub>2</sub>冷媒ヒートポンプ給湯機は、エネルギー消費効率4以上が達成されており、2001年の発売以来、導入が進んでいる。</li> <li>燃料電池は電力と熱を、CO<sub>2</sub>冷媒ヒートポンプは熱を得るシステムのため単純な比較はできない。両製品とも従来システムに比べてエネルギー効率が大きく、今後の導入拡大が見込まれる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>従来型のガソリン車に比べ、燃料電池車の車両効率は3倍。燃料効率（燃料製造効率）も加味した総合エネルギー効率では2倍程度。</li> <li>ハイブリッド車との比較では、水素製造に伴う損失が大きく（天然ガス改質）、互角ないし劣勢。</li> <li>燃料電池の効率向上に加え、燃料効率の高い水素供給方式が課題。</li> </ul>
コスト	現状：5万円程度（携帯電話用、充電型） 目標：2万円程度	現状：800～1,000万円 目標：100万円以下	現状：数千万～数億円程度 目標：300万円程度

（出所）各種資料、ヒアリング等より作成

燃料電池のなかでも用途により、導入の目的や置かれている状況は大きく異なる。家庭用や自動車用については、エネルギー効率の向上による省エネルギーの推進や環境負荷低減などが主要な狙いである一方、携帯機器用では、携帯機器の利用増大に伴う電池容量の拡大ニーズへの対応が主たる目的といえる。

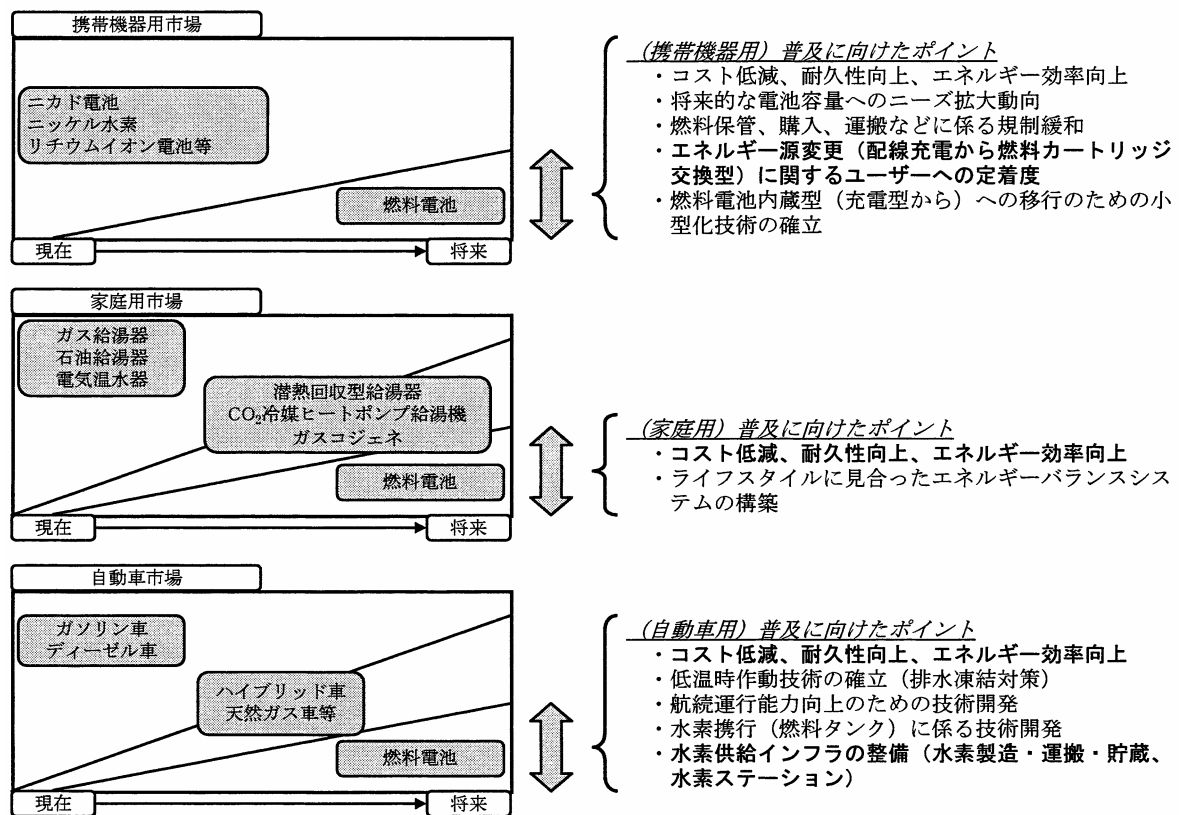
次に、各用途別に競合技術などとの性能を比較してみると、携帯機器用では、リチウムイオン電池のエネルギー密度が高まっているとはいえ、年5～10%の伸びに留まっており、燃料電池の可能性が大きい。しかし、ナノテクの導入など、新技術を活用し、リチウムイオン電池の充電時間を格段に短縮できる技術が開発されており、今後の動向が注目される。なお、携帯機器用燃料電池については、既存製品との間の性能およびコスト面での乖離はさほど大きくなく、今後の課題としては、①内蔵型電源の開発に向けた小型化技術の確立、②従来の二次電池充電型から燃料カートリッジ交換方式への変更に係る消費者の反応、などがポイントとなり、こうした点が順調に進めば、急速に普及する可能性もあろう。

家庭用燃料電池に関しては、電力とともに給湯などに排熱を利用する点が特徴である。なお、近年、従来型の給湯機器に比べてエネルギー効率が大きく技術的に確立されたCO<sub>2</sub>冷媒ヒートポンプ給湯機（エコキュート）の導入が進んでおり、こうした機器並みの性能向上が必

要となるだろう。家庭用燃料電池とエコキュートの性能を一概に比較することはできないが、両機器とも既存製品に比べて画期的な技術であり、今後、早期の導入促進が期待される。特に家庭用燃料電池の普及には、コスト低減と耐久性向上が不可欠である。

自動車用では、従来型のガソリン車に比べ、車両効率が3倍程度、燃料効率（燃料製造効率）も加味した総合エネルギー効率では2倍程度が見込まれている。しかし、最近のガソリンハイブリッド車技術の向上が目覚ましい一方、燃料電池で使う水素製造の効率が低いこともあり、現状の総合エネルギー効率では互角ないし燃料電池自動車がやや劣勢に立たされているものとみられる。従って、自動車関連メーカーによる燃料電池自動車本体の効率向上、コスト低減、耐久性向上はもとより、水素供給インフラ（水素製造・運搬・貯蔵、水素ステーション）への取り組みも重要であり、段階的な取り組みが求められる。燃料電池自動車の普及<sup>6</sup>には、大規模なインフラ整備が必要となり、また、ガソリンハイブリッド技術の進展も考えると、そのスピードはこれまでの見通しより緩やかになることも想定されるが、今後、化石燃料が逼迫すると予想されるなか、燃料電池は将来の自動車動力システムとして重要な位置を占めるものとみられることに、現状では変わりはない。

図表8-2 今後の燃料電池市場の動向と普及に向けたポイント



（出所）各種資料、ヒアリングなどより作成

<sup>6</sup> 燃料電池の触媒として使われる白金は賦存量が限られ、特に白金使用量が多くなる自動車用では制約条件となる可能性が高く、新たな触媒材料の開発も不可欠とみられる。

2005年2月に京都議定書が発効し地球温暖化ガス排出削減のための対策が求められる我が国にとって、燃料電池の導入は有効な手段であり、早期普及に向けて、技術的な課題解決への対応と合わせ、需要を喚起するための施策が求められる。さらに、クリーンエネルギー社会の実現を目指し、副生水素の有効活用や未利用エネルギー・自然エネルギー活用のための新技術への取り組みに期待したい。

## 【参考文献】

- 鍋山徹（1987）「水素エネルギーの開発の現状と課題」日本開発銀行「調査」106号
- 饗場崇夫（2003）「企業の温暖化対策促進に向けて」日本政策投資銀行「調査」53号
- 饗場崇夫（2004）「LCA（ライフ・サイクル・アセスメント）による温暖化対策の改善」日本政策投資銀行「調査」64号
- 大角泰章（2002）「水素エネルギー利用技術」アグネ技術センター
- 山本寛（2002）「水素経済革命 燃料電池が世界を変える」新泉社
- 日経BP社（2003）「燃料電池2004」
- 田中俊六（2003）「省エネルギーシステム概論」オーム社
- トヨタ自動車㈱、みずほ情報総研㈱（2004）「輸送用燃料の Well-to-Wheel 評価 日本における輸送用燃料製造（Well-to-Tank）を中心とした温室効果ガス排出量に関する研究報告書」
- 日経エレクトロニクス（2004）「燃料電池の明日」
- （独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（2003）「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術（WE-NET）第Ⅱ期研究開発タスク1システム評価に関する調査・研究」
- 総合資源エネルギー調査会需給部会（2004）「2030年のエネルギー需給展望」
- 資源エネルギー庁（2004）「燃料電池に関する政府の取り組み」
- 資源エネルギー庁（2004）「日本のエネルギー2003」
- 経済産業省（2004）「新産業創造戦略」
- （独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 燃料電池・水素技術開発部（2004）「燃料電池・水素技術開発成果報告書 要旨集－水素安全利用等基盤技術開発－」
- （財）石油産業活性化センター（2003）「水素社会における水素供給者ビジネスモデルと石油産業の位置付けに関する調査報告書」
- （財）日本自動車研究所（2004）「平成15年度 燃料電池自動車に関する調査報告書」
- （財）日本自動車研究所（2004）「平成15年度 燃料電池車の技術開発動向調査（海外編）」
- （財）電力中央研究所（2004）エネルギー未来技術フォーラム「エネルギーの将来を考える」資料
- （財）新エネルギー財団（2004）「新エネルギー等導入促進基礎調査 燃料電池の技術及び政策の動向調査」
- （財）大阪科学技術センター（2004）「燃料電池開発及び実用化（商品化）の経緯と発展への課題に関する調査（平成15年度調査報告書）」



## 【参考ホームページ】

(株)富士通研究所 (<http://www.labs.fujitsu.com/jp/index.html>)

(株)エヌ・ティ・ティ・ドコモ (<http://www.nttdocomo.co.jp/>)

(株)日立製作所 (<http://www.hitachi.co.jp/>)

「2005年日本国際博覧会」(愛・地球博) 日立グループ館公式サイト  
(<http://hitachi-pavilion.com/>)

東京ガス(株) (<http://www.tokyo-gas.co.jp/>)

新日本石油(株) (<http://www.eneos.co.jp/>)

荏原バラード(株) (<http://www.ebc.ebara.com/>)

松下電器産業(株) (<http://www.panasonic.co.jp/>)

東京電力(株) (<http://www.tepco.co.jp/>)

トヨタ自動車(株) (<http://toyota.jp/>)

新日本製鐵(株) (<http://www.nsc.co.jp/>)

JHFC (<http://www.jhfc.jp/>)

FUEL CELL BUS CLUB (<http://www.fuel-cell-bus-club.com/>)

THE ONLINE FUEL CELL INFORMATION RESOURCE

(<http://www.fuelcells.org/info/reports.html>)

California Fuel Cell Partnership (<http://www.fuelcellpartnership.org/>)

その他 関係各機関、企業のホームページ、環境報告書など

# 『調査』既刊目録

## — 最近刊の索引 —

- 83 (2005. 5) 燃料電池の現状と普及に向けた課題
- 82 (2005. 3) RFID(IC タグ)の本格的な普及に向けて
- 81 (2005. 3) 研究開発の循環性、収益性の検討
- 80 (2005. 3) 防災マネジメントによる企業価値向上に向けて
- 79 (2005. 3) 進展するITS (高度道路交通システム)の現状と将来展望
- 78 (2005. 3) 技術寿命の短期化と財務構造へ与える影響
- 77 (2005. 2) 最近の経済動向
- 76 (2005. 2) 企業の設備投資行動とイノベーション創出に向けた取り組み
- 75 (2005. 1) 水循環の高度化に関する技術動向と展望
- 74 (2005. 1) 日本企業の設備効率向上に向けた取り組みと課題
- 73 (2005. 1) 設備投資計画調査報告(2004年11月)
- 72 (2004.12) 最近の経済動向
- 71 (2004.12) 人的資本の蓄積と生産性の変化
- 70 (2004.10) 中国国内物流の現状
- 69 (2004. 9) 循環型社会における塩化ビニル樹脂の可能性
- 68 (2004. 9) 設備投資計画調査報告(2004年6月)
- 67 (2004. 8) 日本のイノベーション能力と新技術事業化の方策
- 66 (2004. 7) 最近の経済動向
- 65 (2004. 6) 企業の資金調達動向
- 64 (2004. 4) LCA (ライフ・サイクル・アセスメント)による温暖化対策の改善
- 63 (2004. 4) 90年代以降の企業の研究開発動向
- 62 (2004. 4) デフレ下の資本財価格低下と設備投資への影響
- 61 (2004. 4) 都市環境改善の視点から見た建築物緑化の展望
- 60 (2004. 3) コスト面からみた資本、労働の動き
- 59 (2003.12) 最近の経済動向
- 58 (2003.10) 設備投資計画調査報告(2003年8月)
- 57 (2003. 9) 中国による対日直接投資と中国人留学生による日本での起業
- 56 (2003. 9) 資源循環型社会で注目される生分解性プラスチック
- 55 (2003. 7) 素材型産業を核とした資源循環クラスターの展開
- 54 (2003. 6) ブロードバンド時代のデジタルコンテンツ・ビジネス

## — 分野別の索引 —

### 〔設備投資アンケート〕

#### ◇設備投資計画調査

- 2004・2005年度 (2004年11月) 73 (2005. 1)
- 2003・04・05年度 (2004年6月) 68 (2004. 9)
- 2002・03・04年度 (2003年8月) 58 (2003.10)
- 2002・2003年度 (2003年2月) 51 (2003. 3)
- 設備投資計画調査統計集(1990年度以降) 50 (2003. 1)
- 2001・02・03年度 (2002年8月) 45 (2002.10)
- 2001・2002年度 (2002年2月) 37 (2002. 3)
- 2000・01・02年度 (2001年8月) 28 (2001.10)
- 2000・2001年度 (2001年2月) 21 (2001. 3)
- 1999・2000・01年度 (2000年8月) 15 (2000.10)
- 1999・2000年度 (2000年2月) 7 (2000. 3)
- 1998・99・2000年度 (1999年8月) 2 (1999.10)
- 1998・1999年度 (1999年2月) 254 (1999. 3)

### 〔経済・経営〕

#### ◇最近の経済動向

- 景気の踊り場にある日本経済 77 (2005. 2)
- 我が国産業構造の中期見通し 72 (2004.12)
- 国際商品市況の上昇が企業の投入・産出行動に与える影響 66 (2004. 7)
- 資金循環と金融を中心とする日本経済の中期シナリオの検討 59 (2003.12)
- 日本経済の持続可能性に向けた中期シナリオの検討 49 (2002.12)
- グローバル化と日本経済 38 (2002. 7)
- デフレ下の日本経済と変化への兆し 31 (2001.12)
- デフレ下の日本経済 26 (2001. 7)
- 今次景気回復の弱さとその背景 19 (2001. 3)
- ITから見た日本経済 12 (2000. 8)
- 90年代を振り返って 4 (2000. 1)

\* 当行の Web ページ (<http://www.dbj.go.jp/report/>) では、『調査』発刊開始(1973年)以来の全目録を掲載しており、2001年4月発行の第26号以降については全文をご覧頂くことができます。  
\* 『調査』入手のご希望については、調査部総務班 (Tel: 03-3244-1840 e-mail: report@dbj.go.jp) までお問い合わせ下さい。

## ◇日本経済一般

- ・人的資本の蓄積と生産性の変化 71 (2004.12)
- ・コスト面からみた資本、労働の動き 60 (2004. 3)
- ・日本企業の生産性と技術進歩 44 (2002. 8)

## ◇金融・財政

- ・企業の資金調達動向 65 (2004. 6)  
—銀行借入と代替的な資金調達手段について—
- ・邦銀の投融資動向と経済への影響 41 (2002. 8)
- ・社会的責任投資 (SRI) の動向 40 (2002. 7)  
—新たな局面を迎える企業の社会的責任—
- ・近年の企業金融の動向について 35 (2002. 3)  
—資金過不足と返済負担—

## ◇設備投資・企業経営

- ・企業の設備投資行動とイノベーション創出に向けた取り組み 76 (2005. 2)  
—設備投資行動等に関する意識調査結果 (2004年11月実施)—
- ・日本企業の設備効率向上に向けた取り組みと課題 74 (2005. 1)  
—意識調査と財務データからみた特徴—
- ・デフレ下の資本財価格低下と設備投資への影響 62 (2004. 4)  
—財別・産業別価格データによる計測—
- ・設備投資・雇用変動のミクロ的構造 43 (2002. 8)
- ・ROA の長期低下傾向とそのミクロ的構造 30 (2001.12)  
—企業間格差と経営戦略—

## ◇消費・貯蓄・雇用

- ・将来不安と世代別消費行動 46 (2002.10)
- ・労働分配率と賃金・雇用調整 34 (2002. 3)
- ・家計の資産運用の安全志向について 16 (2000.10)
- ・企業の雇用創出と雇用喪失 6 (2000. 3)  
—企業データに基づく実証分析—
- ・消費の不安定化とバブル崩壊後の消費環境 1 (1999.10)
- ・人口・世帯構造変化が消費・貯蓄に与える 248 (1998. 8)  
影響
- ・資産価格の変動が家計・企業行動に与える 244 (1998. 7)  
影響の日米比較
- ・近年における失業構造の特徴とその背景 240 (1998. 4)  
—労働力フローの分析を中心に—

## ◇貿易・直接投資

- ・変貌するわが国貿易構造とその影響について 29 (2001.11)  
—情報技術関連(IT)財貿易を中心に—

## ◇海外経済

- ・中国による対日直接投資と中国人 57 (2003. 9)  
留学生による日本での起業  
—中国経済の活力を日本に取りこむために—
- ・中国の経済発展と外資系企業の役割 47 (2002.11)
- ・米国の景気拡大と貯蓄投資バランス 8 (2000. 4)
- ・米国経済の変貌 255 (1999. 5)  
—設備投資を中心に—
- ・アジアの経済危機と日本経済 253 (1999. 3)  
—貿易への影響を中心に—

## [産業・技術・環境]

### ◇最近の産業動向

- ・主要産業の生産は、素材、資本財産業を 27 (2001. 7)  
中心に減少へ
- ・内需の回復続き、多くの業種で生産増加 13 (2000. 8)
- ・輸出はアジア向けで堅調、内需は回復に 5 (2000. 1)  
力強さがみられず
- ・全般的に緩やかな回復の兆し 260 (1999. 8)

### ◇技術開発・新規事業

- ・燃料電池の現状と普及に向けた課題 83 (2005. 5)
- ・研究開発の循環性、収益性の検討 81 (2005. 3)  
—設備投資との比較を中心に—
- ・技術寿命の短期化と財務構造へ与える影響 78 (2005. 3)
- ・日本のイノベーション能力と新技術事業化の方策 67 (2004. 8)  
—カーブアウト等による新産業創造—
- ・90年代以降の企業の研究開発動向 63 (2004. 4)
- ・製造業における技能伝承問題に関する 261 (1999. 9)  
現状と課題
- ・最近のわが国企業の研究開発動向 247 (1998. 8)  
—技術融合—
- ・わが国企業の新事業展開の課題 243 (1998. 7)  
—技術資産の活用による経済活性化  
への提言—

## ◇環境・防災

- ・防災マネジメントによる企業価値向上に向けて 80 (2005. 3)  
—防災 SRI(社会的責任投資)の可能性—
- ・水循環の高度化に関する技術動向と展望 75 (2005. 1)  
—水処理ビジネスの新たな展開—
- ・LCA (ライフ・サイクル・アセスメント) 64 (2004. 4)  
による温暖化対策の改善
- ・都市環境改善の視点から見た建築物緑化の展望 61 (2004. 4)  
—屋上緑化等の技術とコストを中心に—
- ・素材型産業を核とした資源循環クラスターの展開 55 (2003. 7)  
—リサイクルビジネスの高度化に向けて—
- ・企業の温暖化対策促進に向けて 53 (2003. 5)
- ・食品リサイクルとバイオマス 48 (2002.12)
- ・使用済み自動車リサイクルを巡る展望と課題 36 (2002. 3)
- ・都市再生と資源リサイクル 33 (2002. 2)  
—資源循環型社会の形成に向けて—
- ・環境情報行政と IT の活用 32 (2002. 1)  
—環境行政のパラダイムシフトに向けて—
- ・家電リサイクルシステム導入の影響と今後 20 (2001. 3)  
—リサイクルインフラの活用に向けて—
- ・わが国環境修復産業の現状と課題 3 (1999.10)  
—地下環境修復に係る技術と市場—

## ◇化学・バイオ

- ・循環型社会における塩化ビニル樹脂の可能性 69 (2004. 9)  
—建材用途拡大と使用後処理の多様化—
- ・資源循環型社会で注目される生分解性プラスチック 56 (2003. 9)  
—“バイオマス由来”の特性で広がる用途展開—
- ・わが国化学産業の現状と将来への課題 14 (2000. 9)  
—企業戦略と研究開発の連携—

## ◇自動車・電機・電子・機械

- ・進展するITS(高度道路交通システム)の現状と将来展望 79 (2005. 3)
- ・わが国電気機械産業の課題と展望 42 (2002. 8)  
—総合電気機械メーカーの事業再編と将来展望—
- ・わが国半導体製造装置産業のさらなる発展に向けた課題 23 (2001. 3)  
—内外装置メーカーの競争力比較から—
- ・労働安全対策を巡る環境変化と機械産業 10 (2000. 6)
- ・わが国自動車・部品産業をめぐる国際的再編の動向

- ・わが国半導体産業における企業戦略 259 (1999. 8)  
—アジア諸国の動向からの考察—
- ・わが国機械産業の更なる発展に向けて 257 (1999. 5)  
—工作機械産業の技術シーズからみた将来展望—

## ◇エネルギー・新エネルギー

- ・分散型電源におけるマイクロガスタービン 24 (2001. 3)  
—その現状と課題—

## ◇運輸・流通

- ・中国国内物流の現状 70 (2004.10)  
—進出日系企業の視点から—
- ・地方民鉄の現状 52 (2003. 4)  
—輸送密度の相関分析—
- ・物流の新しい動きと今後の課題 25 (2001. 3)  
—3PL(サードパーティロジスティクス)からの示唆—
- ・消費の需要動向と供給構造 18 (2000.12)  
—小売業の供給行動を中心に—

## ◇情報・通信・ソフトウェア

- ・RFID(IC タグ)の本格的な普及に向けて 82 (2005. 3)
- ・ブロードバンド時代のデジタルコンテンツ・ビジネス 54 (2003. 6)  
—映像コンテンツ流通を中心に—
- ・ケーブルテレビの現状と課題 22 (2001. 3)  
—ブロードバンド時代の位置づけについて—
- ・エレクトロニック・コマース(EC)の 246 (1998. 8)  
産業へのインパクトと課題

## ◇医療・福祉・教育・労働

- ・少子高齢化時代の若年層の人材育成 39 (2002. 7)  
—企業外における職業教育機能の充実に向けて—
- ・労働市場における中高年活性化に向けて 11 (2000. 6)  
—求められる再教育機能の充実—
- ・高齢社会の介護サービス 249 (1998. 8)

本号の内容についてのお問い合わせは、執筆担当者までお願い致します。

なお、当行の Web ページ ( <http://www.dbj.go.jp/report/> ) では『調査』に関する読者アンケートのフォームを掲載しております。今後の『調査』刊行に際して参考とさせていただきたく、皆様のご感想やご意見などお聞かせ願えれば幸いです。

ISSN 1345 - 1308

2005 年 5 月 25 日

調 査 第 83 号

編 集 日 本 政 策 投 資 銀 行  
調査部長 松 原 文 雄

発 行 日 本 政 策 投 資 銀 行  
〒 100 - 0004  
東京都千代田区大手町 1 丁目 9 番 1 号  
電 話 ( 03 ) 3244 - 1840  
( 調査部総務班直通問い合わせ先 )  
e-mail : [report@dbj.go.jp](mailto:report@dbj.go.jp)  
ホームページ <http://www.dbj.go.jp>

( 印刷 O T P )