

燃料電池と水素エネルギーが担う新たな産業と社会インフラ

— 燃料電池普及による社会変化のきざし —

信金中央金庫 地域・中小企業研究所主任研究員

中西 雅明

(キーワード) 燃料電池、水素エネルギー、エネファーム、燃料電池自動車、水素ステーション

(視 点)

東日本大震災を契機に、わが国のエネルギーのあり方は大きな転換点を迎えている。とりわけ、エネルギー消費で大きなウェイトを占める自動車分野では、温室効果ガスを排出しないという点で環境にも優しい電気自動車が普及しつつあり、次世代自動車の本命と考えられている。しかしながら、電気自動車の航続距離は200km程度であり、ガソリン車の代替とはなりえないという見方もある。

こうしたなかで、次世代自動車の本命として急浮上しているのが、水素を燃料とした「燃料電池」を搭載した自動車である。まだ本格的な実用段階には至っていないものの、航続距離はガソリン車と同様であり、今後の技術開発の動向次第では一気に普及が進む可能性を秘めている。さらに、コストダウンが進めば、現状のガソリンスタンドが水素ステーションの併設へと大きくかじをきっていくということもありえよう。

すでに、家庭用燃料電池（エネファーム）は商用化されており、政府も強力に普及を後押ししている。最近の燃料電池の動向は、今後の“水素社会”の到来を予感させるものでもあり、その動向には注目すべきものがある。

そこで本稿では、燃料電池の仕組み・種類など基本的な概要をあらためて整理するとともに、家庭用燃料電池、燃料電池自動車および水素ステーションを取り上げる。さらに、政府、独立行政法人、民間団体の施策および先進的な自治体の事例を紹介することで、今後の展望について考察を試みた。

(要 旨)

- 燃料電池の歴史は古く、すでに1839年にイギリスのグローブが燃料電池の原型を発明している。アメリカのアポロ宇宙船では燃料電池が搭載され月に到達したなどの実績をあげていた。当時は開発コストが高額であり、一般社会へ普及はみられなかったが、ここへきて、技術開発によるコストダウンにより、一般社会への普及拡大の期待が急速に高まっている。
- 燃料電池の本格的な応用が想定される分野としては、代表的なものでは家庭用、自動車用があり、小型機器・ポータブル用、業務・産業用も開発が進められている。わが国では、家庭用燃料電池は09年に世界に先駆けて販売が開始された。自動車用燃料電池についてもトヨタやホンダが15年をメドに燃料電池自動車を市場投入することを発表している。
- 燃料電池の普及に対して、政府、独立行政法人、民間団体、地域がさまざまな施策に取り組んでおり、「燃料電池・水素エネルギー」技術は、今後、各方面において整備が進むものと考えられる。こうした社会変化を見据えて、すでに市場は大きく動き始めている。中小企業・小規模事業者にとっても地域社会を大きく変える潜在力を秘めたものとしてその動向を注視していく必要がある。

1. そもそも燃料電池とは

はじめに、燃料電池の基本的な仕組みや種類などについて概観する。

(1) 電池の種類と燃料電池のはじまり

電池^{(注)1}には、使いきりの一次電池、充電して何度も使える二次電池、そして自ら電気をつくる電池がある。燃料電池は太陽電池と同じく自ら電気をつくる電池にあたる(図表1)。燃料電池は、水(H₂O)の電気分解と逆の原理で、水素(H₂)と酸素(O₂)を化合させ、発電を行う。なお、発電後、水素は酸素と反応して水となるため、非常にクリーンなエネルギーとされている。

燃料電池の歴史は古く、1839年にはすでにイギリスのグローブが燃料電池の原型を発明している。その後、1952年にイギリスのベーコンが燃料電池のイギリス特許を取得し、燃料電池の技術は大きく進むこととなった。アメリカでは、アポロ計画に燃料電池が採用さ

れ、アポロ宇宙船に燃料電池が搭載された。さらに、スペースシャトルにも採用され、その性能を実証した。日本でも通産省(当時)工業技術院がムーンライト計画(1981年)において、燃料電池の研究開発を開始し、ドイツやカナダでも燃料電池バスが開発されるなど、世界各国で開発が進んできた(図表2)。

しかし、開発コストなどが壁となり、一般社会への普及はあまり進まず、未来の技術として期待されつつも、本格的な実用化には至らなかった。しかし、ここへきて、技術開発によるコストダウンなどにより、一般社会への普及拡大への期待が急速に高まっている状況にある。

(2) 燃料電池のしくみ

燃料電池は、水の電気分解と逆の原理で発電する。水の電気分解が水に外部から電気を通して水素と酸素に分解するのに対し、燃料電池は、水素と酸素を電気化学反応させて電気をつくる(図表3)。

燃料電池本体は、燃料電池スタックと呼ば

図表1 電池の種類

化学電池	一次電池	使いきりの電池(充電できない電池) 乾電池、ボタン電池など
	二次電池	充電して何度でも使える電池(専用の充電器が必要) ニッケル水素電池、リチウムイオン電池など
	燃料電池	水の電気分解と逆の原理で発電を行う。 水素と酸素を利用した次世代の発電システム
物理電池	太陽電池	太陽の光エネルギーを吸収して直接電気に変えるエネルギー変換器。 電池という名前がついているが、電気をためる機能はない。

(備考) 一般社団法人電池工業会 (<http://www.baj.or.jp/knowledge/type.html>) および一般社団法人太陽光発電協会 (<http://www.jpaea.gr.jp/knowledge/solarbattery/index.html>) をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成

(注)1. 電池は、化学電池(内部の化学反応によって電気を起こし、その電気エネルギーを取り出す電池)、物理電池(化学反応を行わずに光や熱などのエネルギーを電気エネルギーに変換する変換装置)などに分類される。

図表2 燃料電池の歴史

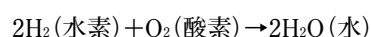
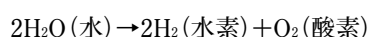
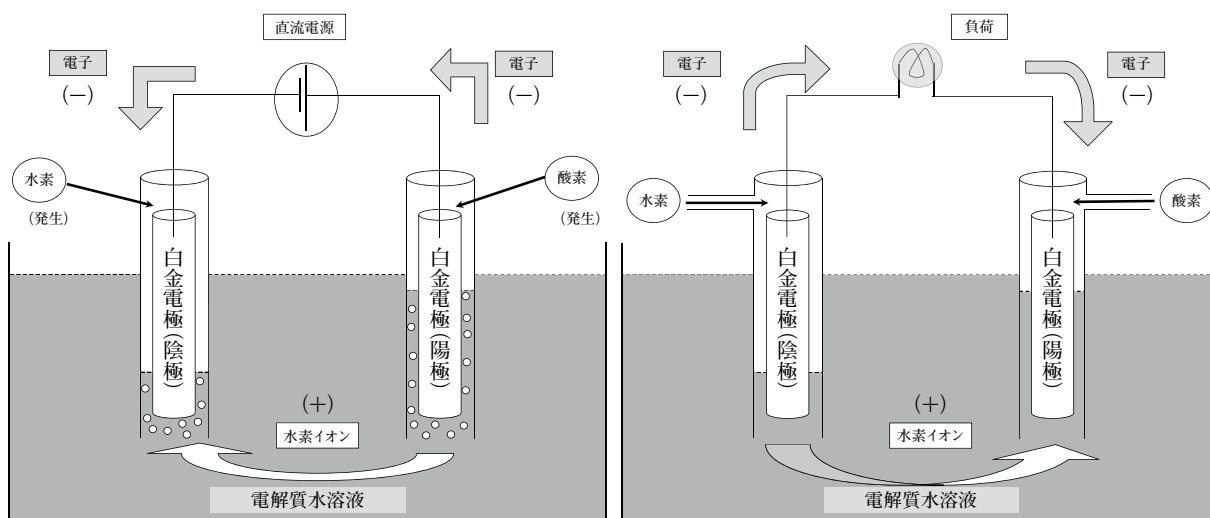
年	事項
1839年	グローブが燃料電池の原型を発明する。(イギリス)
1889年	モンドとレンジャーが支持物質を用いた電池を考案する。(イギリス)
1896年	ジャックスが熔融苛性カリを用いた電池を考案する。(アメリカ)
1921年	パウエルが混合熔融塩を用いて熔融炭酸塩形の原型を考案する。(ドイツ)
1933年	トプラーがアルカリ形の原型を考案する。(アメリカ)
1952年	ベーコンが燃料電池(ベーコン電池)のイギリス特許を取得する。(イギリス)
1954年	ユスチが二重骨格触媒電極を開発する。(ドイツ)
1959年	ベーコンらが燃料電池で駆動するトラクターを製造する。(イギリス)
1965年	ジェミニ3号に固体高分子形燃料電池が搭載される。(アメリカ)
1966年	デュボン社により電解質膜ナフィオンが開発される。(アメリカ)
1967年	リン酸形燃料電池を用いたTARGET計画が始まる。(アメリカ)
1968年	アポロ7号にアルカリ形燃料電池が搭載される。(アメリカ)
1977年	リン酸形燃料電池を用いたGRI計画が始まる。(アメリカ)
1981年	省エネルギー技術開発を目指すムーンライト計画が始まる。(日本)
1987年	バラード社により高効率・高出力燃料電池が開発される。(カナダ)
1991年	エネルギー環境技術開発を目指すニューサンシャイン計画が始まる。(日本)
1991年	バラード社とダイムラーベンツ社が燃料電池バスを開発する。(カナダ、ドイツ)

(備考) 燃料電池研究会『トコトンやさしい燃料電池の本』をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成

れ、数十枚から数百枚のセルが積み重なってできている。セルは燃料電池をつくる単位であり、単電池とも呼ばれる。プラスの電極

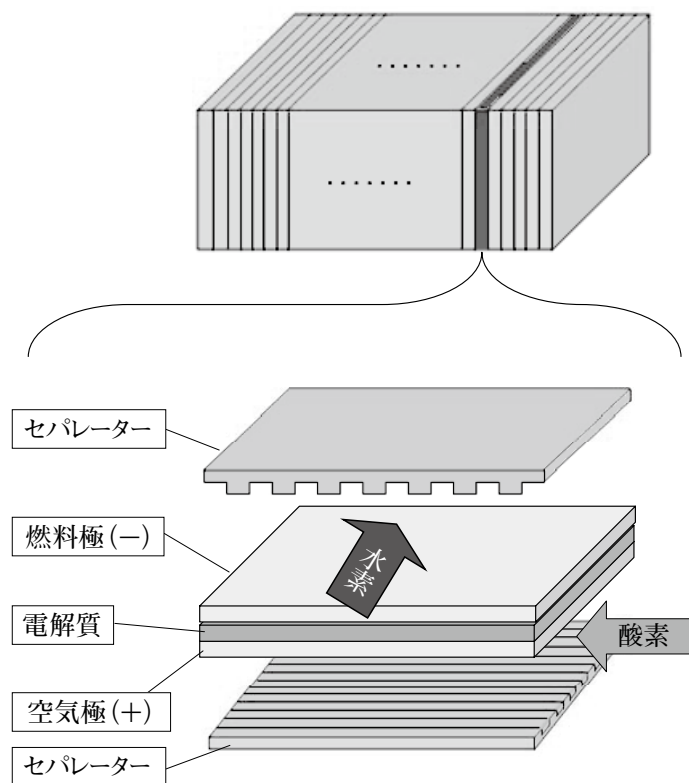
(=空気極) とマイナスの電極 (=燃料極) が電解質をはさんでおり、サンドイッチのような構造をしている(図表4)。

図表3 水の電気分解(左)と燃料電池(右)



(備考) 燃料電池研究会『トコトンやさしい燃料電池の本』をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成

図表4 燃料電池スタックのイメージ(上) (数百枚のセルを積み重ねる) 燃料電池セルの構造(下)



(備考) 一般社団法人日本ガス協会 (http://www.gas.or.jp/fuelcell/contents/01_2.html) をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成

現在の燃料電池自動車などに搭載されている一つのセルが作れる電気は、電圧約0.7V (ボルト) であり、大きな電気をつくるためにはセルを積み重ねる必要がある。燃料電池スタックをつくる際には、セルとセルの間にセパレーター (隔壁板) を設置し、隣同士となる水素と酸素の通路を仕切ることとなる。なお、セパレーターは発生した電流を隣のセルに流す重要な役割も担っている。

(3) 燃料電池の主な種類と用途

燃料電池は、電解質の種類によって、いくつかに分類される。固体高分子形 (PEFC)、アルカリ形 (AFC)、リン酸形 (PAFC)、熔融炭酸塩形 (MCFC)、固体酸化物形 (SOFC)

などである。種類によって、燃料、運転温度が異なり、それにともない発電規模や用途も異なる (図表5)。

固体高分子形 (PEFC) は、100℃以下の常温で動作できるため起動時間が早い。また、発電効率が高く、高電流密度のため、軽量化・小型化が可能であるうえに、電解質が固体の高分子のためメンテナンスが容易である。こうした特徴を活かし、家庭用燃料電池 (エネファーム) ではこのタイプが実用化段階にある。また、今後の普及拡大が期待されている燃料電池自動車においても、この固体高分子形が利用されていく見通しである。

アルカリ形 (AFC) は、電解質に水酸化カリウムを使用する。燃料に二酸化炭素が含

図表5 主な燃料電池の種類

燃料電池の種類	低温型			高温型	
	固体高分子形 (PEFC)	アルカリ形 (AFC)	リン酸形 (PAFC)	熔融炭酸塩形 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)
燃料	水素、メタノール、天然ガス	純水素	水素、メタノール、天然ガス	天然ガス、メタノール、ナフサ、石炭ガス化ガス	天然ガス、メタノール、ナフサ、石炭ガス化ガス
運転温度(℃)	室温から100	室温から260	160～210	600～700	900～1,000
電解質	水素イオン交換膜	高濃度水酸化カリウム	高濃度リン酸	リチウム・カリウム炭酸塩	ジルコニア系セラミック (固体酸化物)
電荷担体	水素イオン	水酸化物イオン	水素イオン	炭酸イオン	酸化物イオン
排熱利用	温水	温水、蒸気	温水、蒸気	蒸気タービン、ガスタービン	蒸気タービン、ガスタービン
特徴	低温作動、高出力密度、移動用動力源	低温で作動、比較的高い出力	排熱を給湯、冷暖房に使用、商用化段階	高発電効率、排熱を複合発電システムに利用、燃料の内部改質可能	高発電効率、排熱を複合発電システムに利用、燃料の内部改質可能
用途	燃料電池車 家庭用燃料電池 (エネファーム) など	宇宙船用電源 (スペースシャトル など)	分散型電源	大規模火力代替	中規模火力代替

(備考) 燃料電池研究会『トコトンやさしい燃料電池の本』をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成

まれていると、水酸化カリウムが反応し、電解質が劣化 (= 発電力が低下) する。そのため、燃料に純水素、酸化剤に純酸素を使用する必要があり、宇宙船用や潜水艦用などの特殊用途に限られている。

そのほかにも、低温型のリン酸形(PAFC)はホテル、病院などの熱電併給システムとして商用化段階に入りつつある。高温型の熔融炭酸塩形(MCFC)、固体酸化物形(SOFC)は、それぞれ大規模火力発電の代替、中規模火力発電の代替として、研究開発が進められている。

燃料電池の用途としては、①家庭用、②自動車用、③小型機器・ポータブル用、④業務・産業用に大別される。すでに普及段階に入っている①家庭用と、15年にトヨタ、ホンダが

燃料電池自動車の量産車を市場投入する②自動車用については、次章にて詳細を述べる。

③小型機器・ポータブル用は技術開発中であり市場が構成されているわけではない。しかし、リチウムイオン電池の10倍ものエネルギー密度を実現しているため、今後、携帯電話、ノートパソコン、デジタルカメラなどへの利用に向けて研究開発が進められている。

④業務・産業用はアメリカで先行して普及しており、民間企業^{(注)2}、官公庁、病院など100か所以上の施設で導入されている。わが国においても、工場、病院、下水処理場などに導入^{(注)3}されている。今後、わが国の需要が伸びると予想され、GEなどの海外企業も参入の準備を始めている。

(注)2. 業務・産業用燃料電池の導入企業としては、アップル、グーグル、コカ・コーラ、ウォルマート・ストアーズなどがある。
3. 一般社団法人 日本電気工業会『2012年度燃料電池出荷量統計調査報告』

2. 燃料電池の実用化

本章では、最近注目されている家庭用燃料電池、自動車用燃料電池を取り巻く環境とその動向について概説する。

(1) 本格的な実用化が進む家庭用燃料電池

(エネファーム)

家庭用燃料電池(エネファーム^{(注)4})は、都市ガスやLPガスから取り出した水素と空気中の酸素を化学反応させ、電気をつくり出す。さらに、発電の際に発生する熱を捨てずに湯をつくり給湯に利用し、エネルギーを無駄なく活用するシステムである(図表6、7)。

わが国におけるエネファームは1981年からの大規模な研究開発や実証実験を経て、

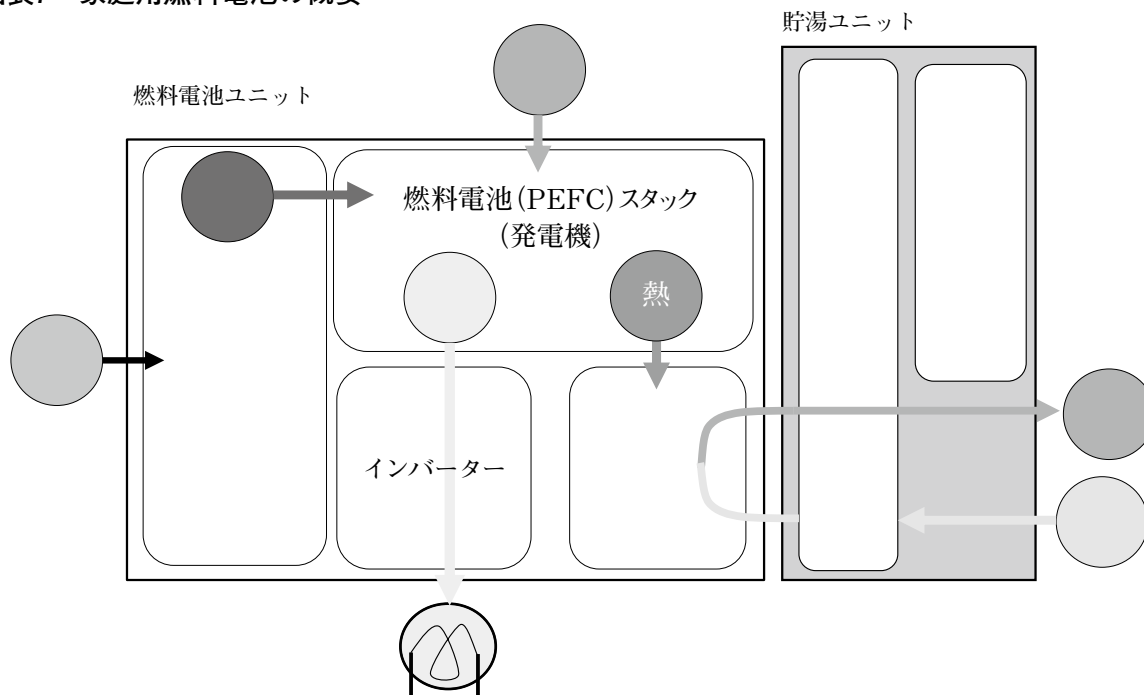
図表6 家庭用燃料電池



(備考) 信金中央金庫 地域・中小企業研究所撮影

2009年に世界に先駆けて販売が開始された。販売価格は、09年には300万円超であった

図表7 家庭用燃料電池の概要



(備考) 一般社団法人燃料電池普及促進協会 (<http://www.fca-enefarm.org/about.html>) をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成

(注)4. エネルギーとファーム(農場)の造語であり、燃料電池実用化推進協議会によって定められた統一名称である。

が、現在では200万円を切るところまで低下している。13年9月末時点ですでに5万台以上が普及している。

政府は、13年12月に、20年までの温暖化ガスの削減目標と達成に向けた対策をまとめた報告書^{(注)5}を国連に提出しているが、その中でエネファームの普及目標は30年までに530万台（※全世帯の約1割）とすることが盛り込まれている。実証実験で省エネや二酸化炭素排出削減効果も確認されており、エネファームは有力な環境対策の一つとして期待されている。

(2) 究極のエコカーとされる燃料電池自動車

燃料電池自動車とは、水素と空気中の酸素の化学反応から生成される電気エネルギーにより動く電気自動車的一种である（図表8）。既存のガソリン車と同程度の航続距離をもち、長年の懸案であるコスト面を除けば、実用化水準をほぼ達成しているとされている。走行中の排出は水のみであり、先行して実用化している一般の電気自動車に比べ航続距離が長く、燃料である水素の充填時間が短いことなどが特徴であり、「究極のエコカー」として次世代自動車の本命とされる。

11年1月には、トヨタ、日産、ホンダの大手自動車メーカーを含む、計13の事業者が共同で「燃料電池自動車の国内市場導入と水素供給インフラ整備に関する共同声明」を発表した。15年をメドに、燃料電池自動車を、4

図表8 燃料電池自動車(上)と構造(下)



(備考) 信金中央金庫 地域・中小企業研究所撮影

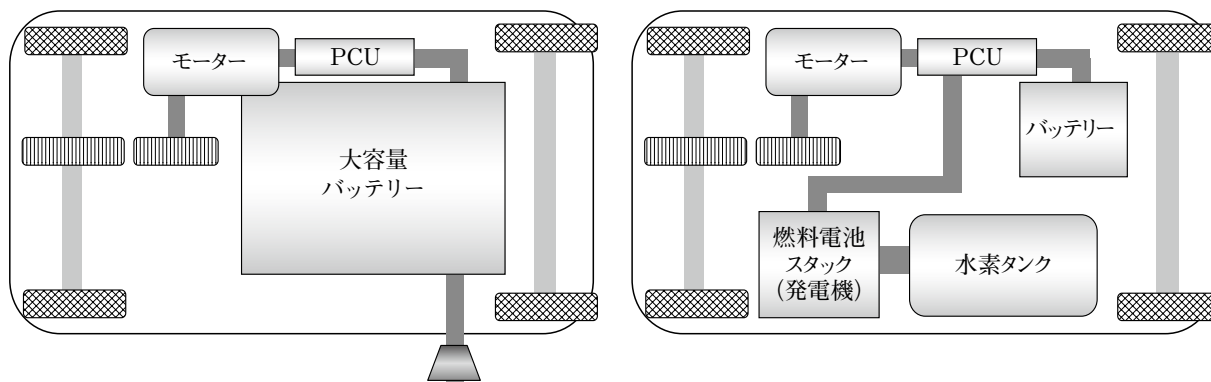
大都市圏^{(注)6}を中心とした一般ユーザーへ販売開始することを目指している。

現在、普及しつつある電気自動車（二次電池式：充電が必要なバッテリーを搭載した自動車）と比較してみよう。電気自動車はエンジンの代わりにモーターが、ガソリン（およびタンク）の代わりにバッテリーが搭載されている。（図表9）。それに対し、燃料電池自動車はモーターが搭載されているのは同じだが、発電機として燃料電池スタックとガソリンタンクの代わりに水素タンクが搭載されている点が異なる。

(注)5. 『気候変動に関する国際連合枠組条約』に基づく第1回日本国隔年報告書

6. 首都圏、中京圏、関西圏、北部九州圏

図表9 電気自動車（左）と燃料電池自動車（右）の概要



(備考) 1. 経済産業省『総合資源エネルギー調査会基本問題委員会第28回配布資料 水素・燃料電池自動車（FCV）の取り組み』（12年7月）をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成
 2. PCU：『Power Control Unit』の略。燃料電池の出力とバッテリーなどの二次電池の充電・放電を緻密に制御している装置のこと。

図表10 燃料電池自動車、電気自動車およびガソリン車の比較

項目	燃料電池自動車 FCV	電気自動車 BEV	内燃機関自動車 ICE (Gasoline)
燃料	水素	電気	ガソリン
CO ₂ 排出量※	★★★★★ (走行時の排出ゼロ)	★★★★★ (走行時の排出ゼロ)	★
航続距離	★★★★★ (~760km)	★★ (~200km)	★★★★★
車両コスト	★★	★★★	★★★★★
インフラ整備状況	★ (十数か所)	★★★★★ (急速充電：200か所以上)	★★★★★ (ガソリンスタンド：約4万か所)
給油・充電・充填時間	★★★★★ (水素充填：3分)	★★★ (急速充電：20~30分)	★★★★★ (給油：2~3分)

(備考) 1. 経済産業省『燃料電池セミナー in東京 水素供給・利用技術供給組合 講演資料』（13年11月）をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成
 2. ★は相対的な比較を示し、多いほど相対的に優れている。
 ※ 車両以外のCO₂排出量を含めた全CO₂排出量（Well to Wheel）を示す。

航続距離についても、電気自動車は200km程度であるのに対し、燃料電池自動車は最大760kmとなっており、ガソリン車と比較しても遜色ない水準まで研究開発が進んでいる(図表10)。さらに、燃料の充電・充填時間においても、電気自動車が急速充電でも20分以上かかるのに対し、燃料電池自動車は水

素充填が3分程度であり、ガソリン車と同じぐらいの時間で済む。そのため、2050年にはわが国の乗用車保有台数のうち約半分を燃料電池自動車が占めるとの推計^{(注)7}もある。

ただし、現時点では、燃料電池自動車は車両コストが1,000万円程度と、電気自動車と比較するとまだまだ高額であることに加え、

(注)7. エネルギー総合工学研究所『CO₂フリー水素チェーン実現に向けた構想研究会』成果報告書『添付5.2-1』

水素を充填する水素ステーションの設置も実証実験のための十数か所にとどまっております、今後、こうした課題に対して政府、自動車メーカー、およびエネルギー関連企業がどのように取り組んでいくのかが本格普及に向けた最大のカギとなっている。

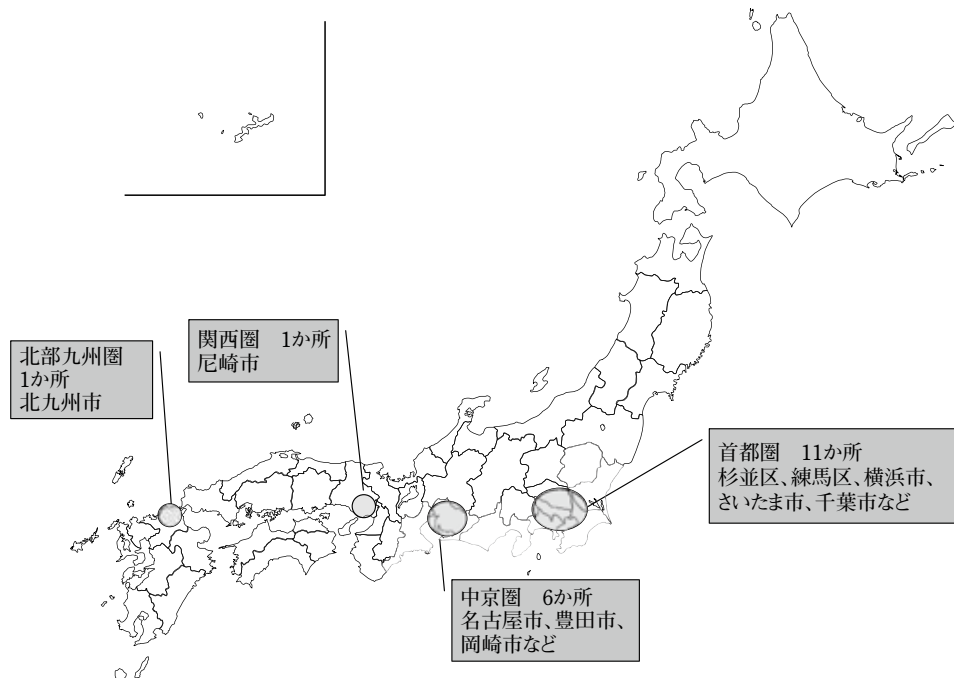
(3) 今後の増設が期待される水素ステーション

水素ステーション^{(注)8}とは、ガソリン車にとってのガソリンスタンドのように、燃料電池自動車に燃料である水素を充填する拠点のことである。水素供給・利用技術研究組合の

技術・社会実証研究や独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という）の地域実証研究などで、全国十数か所で水素ステーションが実験的に運用されている。

12年12月の消防法省令改正によりセルフガソリンスタンド内への水素ステーションの併設が可能となったことから、海老名中央水素ステーション（神奈川県）および神の倉水素ステーション（愛知県）などではすでにセルフガソリンスタンドに併設されている。今後、水素ステーションの普及は、既存ガソリンスタンドの増改築に負うところが大きい。特に、都心部と比べ

図表11 燃料電池自動車用水素供給設備（水素ステーション、19か所）の補助対象に決定した水素ステーションの分布



(備考) 一般社団法人次世代自動車振興センター (http://www.cev-pc.or.jp/hojo/suiso_ketteinaiyou.html) をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成

(注)8. 水素ステーションには、水素製造装置を敷地内に有する『オンサイト方式』と水素製造装置を敷地内に有さない（移動式含む）『オフサイト方式』がある。

て大きな敷地を有する地方部のガソリンスタンドは、水素関連設備の導入が行いやすい。そのため、今後、本格的な改築を検討するにあたっては水素ステーションの併設を視野に入れておく必要性が浮上してくることもあろう。

政府は、15年の燃料電池自動車量産車の市場投入に向けて、4大都市圏を中心に全国100か所程度の水素ステーション設置を目指している。水素ステーションの設備機器費、設備工事費などに対してすでに補助金を予算計上しており、13年度には全国19か所が補助対象として決定している（図表11）。

ただし、現時点では、水素ステーションの設置費用は3～5億円程度と高額であり、普及拡大に向けては、さらなるコストダウンが必須である。

政府では、10年12月に燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制再点検項目を公表し、順次整備を行っている。今後は、さらなるコストダウンのため、高圧ガス保安法などの規制について欧米でも安全性が認められている水準まで圧力容器の設計水準や使用可能鋼材の制約などを見直す必要がある。

民間においても、現在、水素圧縮機などの水素ステーション関連機器と設置工事のパッケージ化によるコストダウンが図られている。さらなるコストダウンのためには、海外からの輸入に依存している水素ステーションの部品を国内でも生産し、将来的には量産化する必要がある。こうしたコストダウンの課題について、政府と民間が積極的に対応することが、水素ステーション普及のカギとなる。

3. 燃料電池普及へのさまざまな施策

本章では、燃料電池に対する政府、独立行政法人、民間団体、地域における施策、および今後の展望について考察していく。

(1) 政府の施策

東日本大震災や国際的なエネルギー需要の増大など、激変する世界情勢の中、わが国は新たなエネルギー制約に直面し、エネルギーコストは上昇している。そのため、エネルギー源の多角化、安定的かつ低廉な「生産（調達）」と、最適・効率的かつ強じんなエネルギーの「流通」、スマートな「消費」により、「多様な供給体制とスマートな消費行動を持つエネルギー最先進国」を政府は目指している。また、アベノミクス第3の矢「日本再興戦略」において、世界に先駆けてわが国の市場に燃料電池を導入するため、燃料電池技術開発および低コスト化を掲げている。

こうした目標は、13年度補正予算および14年度予算に如実に表れており、燃料電池関連の予算は、一部の事業で据え置かれたものの、13年度補正予算でエネファーム導入支援補助金が200億円計上されたのを筆頭に、大半の関連事業で増額となった（図表12）。

特に、燃料電池自動車の普及に必須となる水素ステーション整備補助にあてられる「水素供給設備整備事業補助金」、および水素ステーション整備・水素輸送・燃料電池自動車製造などのコスト低減などに関する研究開発にあてられる「水素利用技術研究開発事業」は大

図表12 2014年度 燃料電池関係予算のポイント

<p>燃料電池関連の予算 2014年度予算 149億円+2013年度補正予算 200億円 (2013年度予算 118億円)</p>
<p>民生用燃料電池（エネファーム）導入支援補助金【補正予算計上】 2013年度補正予算200億円 省エネルギーおよびCO₂削減効果が高い家庭用燃料電池コージェネレーションシステム（エネファーム）のさらなる普及の促進を図り、2016年に市場を自立化し、2030年530万台を達成するため、国が設置者に対し導入費用の補助を行う。</p>
<p>水素供給設備整備事業費補助金【大幅増額】 2014年度予算72億円 2013年度予算45.9億円 2015年の燃料電池自動車の市場投入に向けて、2013年度から3か年で、4大都市圏を中心に民間事業者などの水素ステーション整備費用の補助を行う。</p>
<p>固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発事業 2014年度予算31.9億円 2013年度予算31.9億円 燃料電池自動車や家庭用燃料電池（エネファーム）などに利用されている固体高分子形燃料電池（PEFC）の低コスト化を図るため、材料に用いられる白金の量を低減するための技術などの開発を行う。</p>
<p>固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業 2014年度予算13億円 2013年度予算12.4億円 今後、業務用や事業用での利用が期待される固体酸化物形燃料電池（SOFC）の普及拡大に向けて、耐久性・信頼性を向上させるための基盤技術開発や技術実証、高効率火力発電システムにSOFCを組み込んだ超高効率火力発電システム（トリプルコンバインドサイクル発電システム）の要素技術開発などを行う。</p>
<p>水素利用技術研究開発事業【大幅増額】 2014年度予算32.5億円 2013年度予算20億円 水素ステーション整備、水素輸送、燃料電池車製造などのコスト低減に向け、鋼鉄のかわりに炭素繊維を用いた水素タンクの開発や、低コスト鋼材の使用の前提となる性能や安全性に関する評価・検査手法の開発などを行う。</p>

(備考) 経済産業省『平成26年度 資源・エネルギー関係予算案の概要』（13年12月）をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成

幅増額となった。他の先進国と比較しても、わが国の財政が非常に厳しい中での、予算増額といった政府の対応は燃料電池普及に向けて本腰をいれていることの表れといえよう。

(2) 独立行政法人・民間団体の施策

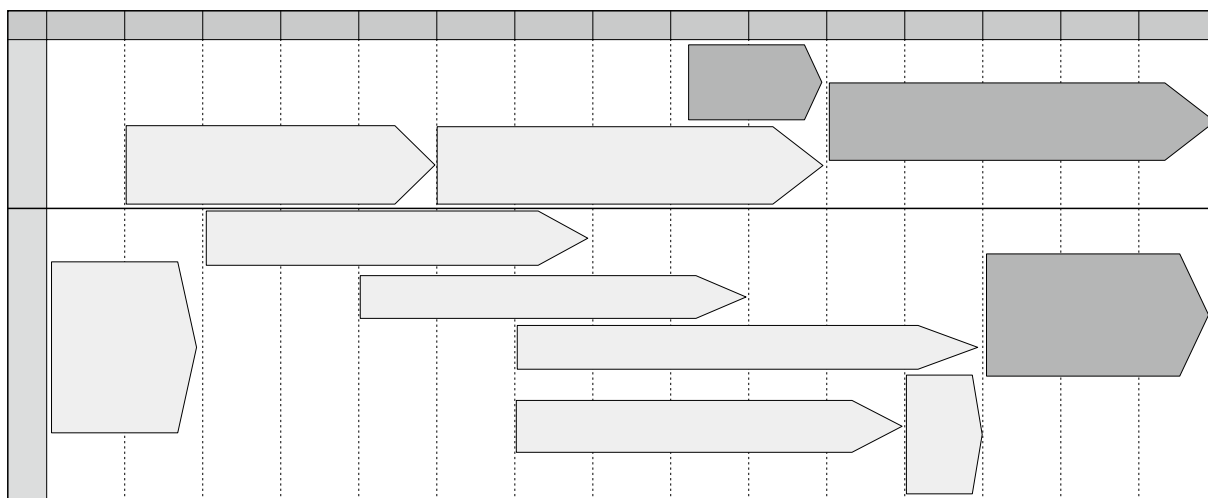
イ. 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) は、石油代替エネルギーの開発および導入の促進に関する法律に

基づき、オイルショックの対策として、1980年に設立された「新エネルギー総合開発機構」を前身としている。1980年代前半には燃料電池・水素の研究開発をはじめており、以後、数多くのわが国の燃料電池自動車・水素供給インフラ分野プロジェクトを実施し、世界をリードしている (図表13)。

わが国の燃料電池・水素技術開発分野における産業界・学术界の効率的かつ的確な研究開発をけん引するために、NEDOが10年に作成した「燃料電池・水素技術開発ロードマッ

図表13 わが国の燃料電池車・水素供給インフラ分野プロジェクト（事業）の推移



(備考) 経済産業省『燃料電池セミナー in 東京 水素供給・利用技術供給組合 講演資料』(13年11月)をもとに信金中央金庫 地域・中小企業研究所作成

「2010」によると、燃料電池自動車は普及開始が15年、普及期は20年頃、本格商用化は30年頃としている。

水素ステーションの設置には都道府県知事の許可が必要^{(注)9}であり、燃料電池自動車の普及にむけて、各地の自治体が地場企業と連携することをNEDOは推奨している。導入初期段階では、消費者に対して燃料電池自動車の認知度を高めるために、自治体の公用車やバス、タクシーなどの公共交通機関へ優先的に燃料電池自動車を導入する必要がある。これにより、水素ステーションの稼働率が安定し、普及への大きな第一歩となる。

NEDOでは独立行政法人の立場から産学官連携による燃料電池の研究開発および水素ステーションの普及を行っており、今後も世界をリードする施策を推進していく予定である。

ロ. 水素供給・利用技術研究組合^{ハイサット} (HySUT)

水素供給・利用技術研究組合（以下「HySUT」という）は、水素供給インフラの構築とビジネス環境の整備を目的として09年7月に設立された法人（技術研究組合^{(注)10}）であり、現在はトヨタ、ホンダなど自動車会社および水素エネルギー関連19社・団体から構成されている。参加企業各社がそれぞれ保有している水素の供給・利用に関する技術やノウハウを結集し、15年の燃料電池自動車の一般ユーザーへの普及開始に向けて、水素ステーションなどの水素供給事業の基盤確立を手がけている。

燃料電池自動車の普及のためには、燃料である水素が充填できる水素ステーションの先行設置が求められている。しかし、普及初期は燃料電池自動車の台数が少ない（消費者が

(注)9. 2013年6月28日付 国都開第3号『市街化調整区域に設置される水素スタンドに係る開発許可制度上の取扱いについて（技術的助言）』（国土交通省都市計画課開発企画調査室長）

10. 技術研究組合とは、産業技術に関する試験研究を共同して行うことを目的に、技術研究組合法（1961年5月6日法律第81号）に基づいて設立された法人のこと。組合に参加する企業などの同志的結合の組織であり、試験研究を共同で行い、その成果を組合員が享受しあうことで組合員の共同利益を追求するという性格を有している。

少ない) ため、実質的な水素コストが上がってしまう。このような課題は、普及のためには乗り越えなければならないハードルであり、HySUTに参加する石油会社・都市ガス会社・産業ガス会社^{(注)11}などが普及のための施策を検討している。

水素ステーションの建設やそのコストダウンのためには、様々な規制緩和が必要である。規制緩和に対する一環として、HySUTでは11~12年度に「水素ステーションの設置・運用等に係る規制合理化のための研究開発」を実施した。現在では、水素エネルギー関連企業・団体などがさらなる規制緩和に向けた働きかけを進めている。

HySUTは民間の立場から水素ステーションの普及に積極的に取り組んでおり、水素供給事業の基盤確立に向けて、さらなる施策が期待される。

(3) 自治体の先進的な事例

水素は、製油所・化学工場・製鉄所などで副次的に製造^{(注)12}されることが多く、製造された水素の大半は自家消費されているが、活用されていない水素も一定量存在する。そのため、コンビナートがある地域では水素の供給ポテンシャルが高い。本稿では、そのような地域の中でも比較的早い時期から燃料電池・水素エネルギーの普及施策を実施してい

図表14 山口県庁



(備考) 信金中央金庫 地域・中小企業研究所撮影

る山口県について取り上げる(図表14)。

山口県内には、周南・宇部・岩国地域のコンビナート群を中心として、製造過程で水素を副生^{(注)13}する基礎素材型の工場が10社以上立地している。山口県全体の水素発生量は全国の約1割を占めるうえ、高純度水素^{(注)14}が多く発生するため、安定的に水素を生産できる潜在力がある。この潜在力を活かすため、山口県では、「やまぐち産業戦略推進計画」の重点戦略として、次代を担う「水素等環境関連産業育成・集積戦略」を掲げている(図表15)。

水素には、さまざまな貯蔵・輸送方法^{(注)15}があるが、水素販売国内大手の岩谷産業(株)(東証一部上場)は、山口県に本店をおく大手化学メーカー(株)トクヤマ(東証一部上場)と合弁会社山口リキッド水素(株)を設立し、13年6月から大量輸送可能かつ高純

(注)11. 石油会社：JX日鉱日石エネルギー、出光興産、昭和シェル石油、コスモ石油、都市ガス会社：東京ガス、大阪ガス、東邦ガス、西部ガス、産業ガス会社：岩谷産業、太陽日酸

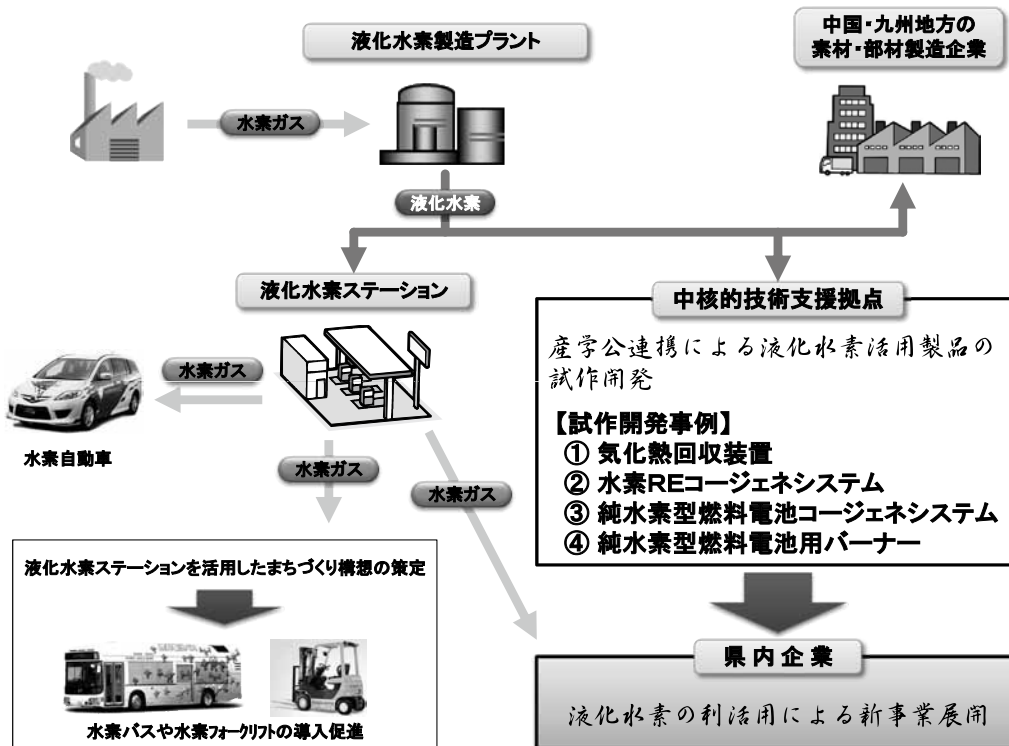
12. 水素の製造方法は副生水素、製造水素、自然エネルギーからの水素に大別され、国内で利用される水素の大半は副生水素である。

13. 石油、化学、鉄鋼などの業界においてそれぞれの生産工程で副次的に水素が発生すること。

14. 山口県下のカセイソーダ工場で併産される副生水素の純度は99.9%以上である。

15. 水素の貯蔵・輸送方法としては、高圧水素、液化水素、水素吸蔵合金、有機ハイドライドなどがある。

図表15 山口県での燃料電池・水素エネルギー普及施策



(備考) 山口県 商工労働部 新産業振興課 提供

度の液化水素を製造するプラントを稼働させている。岩谷産業(株)は全国の企業数十社に液化水素をすでに販売しており、今後も液化水素の企業向け需要が一段と見込める状況になっている。

こうした中、山口県では液化水素に注目して、産学公連携による液化水素エネルギー利用製品の試作開発等への支援を通じて県内企業の新事業展開を促進するとともに、周南市と連携を図りながら水素利活用によるまちづくりを促進している。

これらの取組みにより、製造した液化水素は、中国・九州地方の企業に供給・消費されるだけでなく、15年度からは周南市に誘致することを予定している液化水素ステーションを

通じて地域にも供給・消費されることとなる。

こうした山口県での施策は、水素エネルギーの“安定的な生産・液化水素を活用した流通・液化水素ステーションや地場の素材企業での供給・消費”といったエネルギーチェーンを先んじて構成するものであり、他の地域にも活用可能な先進事例といえよう。

なお、燃料電池自動車の国内大手自動車メーカーの開発状況については、15年に市場投入される量産車の開発はすでに終了しているとみられる。現在は各社とも量産化へ向けて最終段階に入っているもようだ。並行して、一段と性能が向上した燃料電池自動車の開発も独自に行っている状況にあり、関連の部品市場が本格的に立ち上がってくるのは、

そのような燃料電池自動車が市場投入されたのちになるとみられる。

長らく未来の技術として期待されながら普及のメドが立たなかった燃料電池自動車ではあるが、国内エネルギー事情の激変を経て、次世代エコカーの本命とみる向きも出てくるなど、とりまく状況は一変している。未来社会を一変させる潜在力がある燃料電池の今後の動向をあらためて注目したい。

おわりに

本稿では、「燃料電池・水素エネルギー」という新たな産業・社会インフラの萌芽をとらえ、中長期的な構造変化の可能性について述べてきた。2050年には、世界の水素インフラ市場は約160兆円の巨大市場となるとの予測もあり、有力なエネルギー産業の一つと

なりうるポテンシャルを秘めている。

シェールガス革命により、アメリカは世界最大のエネルギー輸入国から一転し、資源大国に踊り出てきており、世界のエネルギー事情は大きく変化している。今後のコストダウン次第では、水素エネルギーは、枯渇が懸念されている石油などの化石燃料にかわりうる巨大な潜在力を有している。わが国の高い技術力でこの水素エネルギーを安価に活用できれば、わが国発の“水素革命”が起きることも夢ではなくなりつつある。

「燃料電池・水素エネルギー」は、今後の経済・社会構造に大きな変革をもたらす可能性があるため、中小企業・小規模事業者においても、直接的あるいは間接的に自社の経営に影響をおよぼすものとしてその動向を注視していく必要があるようだ。

〈参考文献〉

- ・信金中央金庫 地域・中小企業研究所『全国中小企業景気動向調査』
<http://www.scbri.jp/keikidoukou.htm>
- ・市川勝『水素エネルギーがわかる本』オーム社（2010年）
- ・伊藤義康『分散型エネルギー入門』講談社（2010年）
- ・エネルギー総合工学研究所『CO₂フリー水素チェーン実現に向けた構想研究会』（2013年）
- ・環境省『気候変動に関する国際連合枠組条約』に基づく第1回日本国確認報告書（2013年）
- ・経済産業省 資源エネルギー庁『エネルギー白書』（各年版）
- ・経済産業省『第1回 水素・燃料電池戦略協議会』（2013年）
- ・経済産業省『燃料電池セミナー in 東京』（2013年）
- ・独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構『水素需給の現状と将来見通しに関する検討』（2013年）
- ・内閣府『日本再興戦略-JAPAN is BACK-』（2013年）
- ・燃料電池研究会『トコトンやさしい燃料電池の本』日刊工業新聞社（2010年）
- ・安岡和政『山口県における水素を活用した地域活性化・産業振興に向けた動き』（一般財団法人山口経済研究所『やまぐち経済月報2013.10』p2-11）
- ・山口県『やまぐち産業戦略推進計画』（2013年）