

次世代燃料電池の開発動向

次世代基盤技術研究所 特任教授 竹中 啓恭

1. はじめに

燃料電池 (Fuel Cell : 以下 FC と略) といってもその種類, 用途, 規模が多岐にわたり実用化段階も様々である. 一般の方にとっては FC といえば 2000 年代に入って世界的に話題が集中した燃料電池自動車 (Fuel Cell Vehicle : 以下 FCV と略) を発想する方が多いのではないかと思う. 最近では電気自動車 (EV) に話題が集中し, FC の話題が少なく開発意欲が下火になっているように見えるかも知れない. しかし, 最近の世界の FC に関する公開特許数を 5 年前 (2004~2005 年) と比べてみると最近の方が増加していることや, 様々な用途に対する FC の世界出荷額等の市場データ²⁻⁴⁾も拡大傾向にあることから, 近い将来 FC が先端産業へ向かうベクトルと期待が依然と大きいと見ることができる. 現在の静けさは一時の過熱した時期を脱しむしろ着実な実用化段階の緒に付いた考えるべきであろう. FC の開発動向や最新情報, あるいは実用化開発のロードマップについては, 国レベル, 民間レベルなどの多くの機関のウェブサイトや直近の報告書などから知ることができる⁵⁻⁸⁾. 本稿では, 紙面の都合上それらの情報を網羅できないが, FC の基本的な知識と開発経緯に触れ, ここ数年間の世界の主な実用化開発動向について紹介したい.

2. 燃料電池の種類

FC は水素と酸素 (空気) を電気化学的に反応させて電気を取り出す発電装置である. FC セルは燃料極と空気極の 2 つの電極とイオンを伝導する役割を持つ電解質から構成される.

表 1 燃料電池の種類とその特徴

	アルカリ形 (AFC)	固体高分子形 (PEFC)	リン酸形 (PAFC)	熔融炭酸塩型 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)
電解質	水酸化カリウム溶液 (KOH)	固体高分子電解質	リン酸溶液 (H ₃ PO ₄)	炭酸リチウム・炭酸カリウム	安定化ジルコニア (YSZ)
電解質の形態	基材に液含浸	高分子薄膜	基材に液含浸	基材に融液含浸	YSZ 薄膜
電導イオン	OH ⁻	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
作動温度	~90°C	~100°C	200°C 前後	650°C 前後	700~1000°C
燃料	CO ₂ を含まない水素 (・酸素)	純水素及び天然ガス, LPG, 灯油等の改質ガス	純水素及び天然ガス, LPG, メタノール等の改質	天然ガス, 石炭等の改質ガス	純水素及び天然ガス, 石炭等の改質ガス
電極・触媒	ニッケル・銀系	白金系	白金系	ニッケル系	Ni/LaSrMnO ₃ 系
燃料極反応	H ₂ +2OH ⁻ →2H ₂ O+2e ⁻	H ₂ →2H ⁺ +2e ⁻	H ₂ →2H ⁺ +2e ⁻	H ₂ +CO ₃ ²⁻ →H ₂ O+CO ₂ +2e ⁻	H ₂ +O ²⁻ →H ₂ O+2e ⁻
空気極反応	1/2O ₂ +2OH ⁻ +2e ⁻ →H ₂ O	1/2O ₂ +2H ⁺ +2e ⁻ →H ₂ O	1/2O ₂ +2H ⁺ +2e ⁻ →H ₂ O	1/2O ₂ +CO ₂ +2e ⁻ →CO ₃ ²⁻	1/2O ₂ +2e ⁻ →O ²⁻
全反応	H ₂ +1/2O ₂ →H ₂ O	H ₂ +1/2O ₂ →H ₂ O	H ₂ +1/2O ₂ →H ₂ O	H ₂ +1/2O ₂ →H ₂ O	H ₂ +1/2O ₂ →H ₂ O
発電効率 (HHV)	~60%	30~40%	35~42%	40~60%	40~65%
用途	宇宙船用電源、ニッチ用途	家庭用コージェネ、自動車等移動体、UPS 等	分散型電源 (中規模)	分散型電源 (中・大規模)	家庭用コージェネ・分散型電源 (小から大規模)

1つのセルから取り出せる電流は小さいが、セパレータ（バイポーラープレート）という部材を介して多くのセルを直列に積層したスタックを構成することで所望の電力量を取り出すことができる。表1に各FCの特徴をまとめた。FCは用いる電解質の相違によって名称が決められ、作動温度やセル構成材料もFCの種類によって異なる。表1中に記載したように電極反応はFCによって異なるが、両極を合わせた全反応は水素が燃焼して水が生成する反応で同じである。FCの種類は英語の略称で呼ばれることが多く本稿でも以下略称を用いる。なお、表1以外にも例えば東芝がモバイル機器用の充電器として最近実用化（商品名「Dynario™」、ディナリオ）⁹⁾した直接メタノール燃料電池（DMFC）などがあるが本稿では割愛する。

3. FCの特徴と用途および政策的意義

FC共通の長所は、エンジンやタービンを使用する発電機と比べると効率がよく、発電規模を小さくしても効率が落ちない。また、大気汚染物質を排出せず騒音も大幅に少ないなどの特徴を持つ。一般に火力発電所の発電効率は約40%、残りの約60%は熱として廃棄されているが、電気と熱を必要とする都市部の大小の事業所や家庭などにFCを設置すれば、発電時に生じる熱が有効に利用できるのでエネルギー総合利用効率が80~90%と飛躍的に高くなる。このような分散型・コージェネ（熱電併給）システムが普及すれば大きな省エネ効果とCO₂低減効果を見込むことができる。図1に現在FCに期待されている様々な用途を示した。上記用途の他に自動車・バス等からバイク・車椅子等まで大小様々な移動体や、



図1 燃料電池に期待されている多様な用途（実用化されているものも含む）

補助電源・モバイル用電源等の多様な用途が期待されている。中でも期待が大きいのが FCV 等の移動体用途である。その理由は身近で規模が大きい自動車産業に関するということもあるが、その実用化が近未来の地球環境にとって不可欠と考えられるからである。世界の運輸部門の CO₂ 排出量は全排出量の 23% も占めており、地球温暖化防止視点から運輸部門の排出量低減対策が喫緊の課題になっている。半面、自動車の世界市場は約 7,000 万台弱 (2008 年) と増加し続け、その要因となっている新興国市場 (48% 占有) が今後とも長期にわたり増加すると予測されている¹⁰⁾。このような観点からすでに多様な高燃費の次世代自動車が開発され一部導入されている。しかし、先進各国が合意している 2050 年に排出量 80% 削減という長期的目標や今後想定される石油資源の高騰・枯渇の諸問題を勘案すると、もはや現行の低燃費車やハイブリッド車等では不十分で、将来の大幅な CO₂ 低減を可能にするのは EV と FCV しかないというのが主要自動車メーカーの一致した意見となっている。EV は現在リチウムイオン電池等革新的二次電池の開発が行われているが、基本的に一充電走行距離が短い・充電時間が長いという課題解決には限界があって小型・短距離向き車両が主流に、大型・長距離用途には FCV が必要と考えている。

FC をエネルギー政策から見ると、CO₂ 削減効果はもちろん、燃料となる水素は化石燃料、原子力、再生可能エネルギーの全ての一次エネルギーから製造でき特定の化石燃料資源に制約されない、つまり資源を保有しない国・地域においてはエネルギー安全保障に寄与することになる。また、将来、「低炭素社会」と並行して電気と水素を主要な二次エネルギーとする「水素社会」へ移行するとすれば、FC は水素エネルギー導入の最初の扉を開ける極めて重要な技術になる。一方、産業政策面から見ると、エネルギー供給産業だけでなく、前述のように大規模で裾野の広い産業などに FC が普及すれば、持続可能な新しい先端産業分野が国内外に拓かれて世界経済の拡大に大きく寄与することが期待される。

4. 各種 FC の開発経緯と現状

FC の歴史は古く、1801 年英国デービー卿が原理を発見、1839 年英国のグローブ卿が白金電極と稀硫酸を用いて実際に発電した実験が始まりとされる。しかし、その実用化は、1965 年の米国ジェミニ 5 号有人宇宙船に搭載された米国 GE 社製の固体高分子形燃料電池 (以下 PEFC と略) や、その後の宇宙開発 (アポロ計画、スペースシャトル) に採用された UTC 社製のアルカリ形燃料電池 (AFC) まで 120 年以上もの長い空白があった。しかも、これらの FC は宇宙船中の発電と同時に生成した水を飲料水に利用するという特殊用途であったため一般の人にはほとんど知られていなかった。それが図 1 のような多様な用途が期待されるようになった経緯と、各 FC について最近の動向を以下にまとめる。なお、大きな影響を与えた PEFC については次節でやや詳しく述べる。

4.1. リン酸形燃料電池 (PAFC)

民生用開発の始まりとなったのは米国の定置用 PAFC 開発計画 (TARGET 計画 : 1972 年～) であった。日本の本格的な FC 開発は 1981 年からのムーンライト計画 (旧通商産業省工業技術院 : 1993 年からはニューサンシャイン計画) における PAFC および後述の MCFC、SOFC の研究開発であった。中でも PAFC については開発当初から大型化技術開発を目指

し最終的には 1MW パイロットプラント開発が実施された。1992 年からは中規模分散型(数百 kW) のフィールド実証試験が開始され、当初電解質溶液の逸散等による性能劣化や周辺機器等によるトラブルが生じたものの最終的には耐久性を確保し、コストも当初の 1/10 以下(百万円以下/kW) に低減され 90 年代後半に実用化へ始動した。しかし、その頃には競合技術のガスエンジンコージェネなどの効率向上やコスト面で勝てない問題もあって本格的な普及に至っていない。現在では米国 UTC Power 社の 200kW と 400kW、富士電機製の 100kW だけが販売されている。富士電機では現在までの販売台数は 25 台で、6 万時間の設計寿命を持つ商品機も販売しコストダウンと市場開拓を目指している¹¹⁾。なお、米 UTC 社では 400kW システムを \$2,500/kW で提供できると発表している。

4.2. 溶融炭酸塩型燃料電池 (MCFC)

ムーンライト計画(1981 年～)で研究開発が開始された MCFC は発電効率が高く高温作動(650℃)であるため排熱の利用価値が高い、PAFC 等に必要ない貴金属触媒が不要、スタック内部で燃料改質ができるなどの特徴を持ち、大規模分散型発電用途を目的として MW 級までの開発が進められた。日本では多くの企業が参画したが、プロジェクトの終了とともに開発が停止され実用化されていない。現在、米国の Fuel Cell Energy (FCE) 社等が商品化し、250kW～2800kW 級発電装置を国内外に販売している。食品業界などの排水処理で得られるバイオガスを対象に米国で導入が進んでいる(64 台、計 19MW: ~2008 年)。日本では丸紅(株)が FCE 社と提携し、キリンビールや自治体(福岡市)の排水処理設備などへの導入例がある。一方、最近では韓国の大手 POSCO Power 社等が政府の燃料電池実用化推進プログラムのなかで、上記米国 FCE 社と提携して大規模な MCFC(計 22.5MW)を設置し、ソウルだけでなく地方都市へそれぞれ数十 MW 級システムを導入しつつ、技術開発により世界市場へ展開を図る動向¹²⁾が注目されている。

4.3. 固体酸化形物燃料電池 (SOFC)

SOFC 技術は米国で先行していたが、作動温度が 1,000℃付近という高温に起因する困難な技術的課題が多く、日本では 10kW 級を目的として主に基礎技術や要素技術の蓄積が前記ムーンライト計画(1981 年～)で行われた。近年になって世界的にセラミックス材料加工技術が進展して耐熱衝撃性の向上や電解質の薄膜化(10μm 以下)等によって作動温度の低温化(1,000→700℃)が可能になるなど各国で新たな実用化開発が活発になりつつある。SOFC の特徴は高い発電効率、燃料改質器が不要、燃料として CO も使用できるなどの特徴を持つ。現在日本で注目されている用途は家庭用コージェネへの適用である。国の実証事業で 2007 年ごろから延べ 130 台以上の 0.7kW 家庭用システムの実証試験がなされている。高い発電効率も実証され、耐久性など一層の改善が進められている。参画企業は、大阪ガス・京セラ・トヨタ・アイシンのグループ、TOTO や JX 日鉱日石エネルギーのグループ等である。海外では家庭用分野では Ceramic Fuel Cells 社(オーストラリア)などがあるが、この分野では日本がリードしている。EU のプログラムの中で大型 SOFC の開発プロジェクトや船舶用 FC の商品化を目指した開発もなされるなど、世界的に見れば欧州の研究開発が盛んである。米国では 100MW 級を最終目標としたプロジェクトもあるが、数～10kW クラスの実証試験が行われている。また、古くから SOFC に期待されていた大規模

発電用途，例えば天然ガスを燃料とした SOFC・ガスタービン・蒸気タービンを複合させた数十万 kW 級以上の超高効率発電システム（目標：発電効率 70%）の検討なども行われている。まず小規模用途で実用化技術としての地歩を固め，さらなる技術的進展によって大規模化に進めば期待できる用途が今後拡大すると考えられている。

5. 固体高分子形燃料電池（PEFC）の開発経緯および用途の開発動向

5.1. 自動車用途

前記ジェミニ宇宙船に搭載された PEFC の開発は，GE 社が 1985 年に中止し，その技術・設備等を宇宙用 FC の競争相手であった UT 社に売却し開発が途絶えたように見えた。ところが，カナダのベンチャー企業（Ballard Power System：BPS 社）が，エンジニアリングを駆使すれば民生用途に実用化できるとの信念で開発を進めていた。1990 年に低抵抗電解質膜（米国 Dow 社製）を用いて非常に優れた性能データを公表し，また他機関で白金触媒の低減法の提案されたことによって一躍専門家間の注目を浴びた。米国エネルギー省(DOE)は，FCV 用途を前提に GM グループを核にしたプロジェクトを発足，日本でも 1992 年から小規模 10kW 級 PEFC の開発を目指した国のプロジェクトが発足した。一方，1994 年に Daimler Benz 社(現 Daimler 社)が上記 BPS 社の FC スタックを搭載した最初の試作車 FCV（NECAR1），および 1996 年に 2 号車と FC バスを公表，トヨタも同年に水素吸蔵合金タンクを搭載した FC ハイブリッド車（FCHV）を発表した。この時点では未来車の単なるデモンストレーションと認識されていたが，1997 年に Daimler Benz と BPS 社，後に Ford 社が加わって 2004 年に量産・販売（4 万台/年）する共同事業（事業規模 1,000 億円程度）を公表し，一気にマスコミの注目を浴びるとともに国際的な技術開発競争が激化した。日本では，このような状況変化に応えるために PEFC の研究開発が加速され，導入のための一部規制緩和もなされた。2001 年，実用化を推進する民間レベルの協議会として燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）を設立，経済産業省の実証試験研究補助事業のもとに，FCV と水素ステーションの実用化を目指した水素・燃料電池実証プロジェクト JHFC(2002～2010 年度)，家庭用 FC の実用化を目指した定置用燃料電池大規模実証事業（2005～2009 年度）が実施された。

表 2 に世界の自動車メーカーが公表した FCV（コンセプトカーも含む，FC バスは省略）を年表にまとめた。この間の技術的変遷について触れる。当初，燃料水素のインフラ整備が困難としてガソリンやメタノールをオンボード（車上）で改質する水素製造方式が模索されたが，トータルとして高い効率が望めないこと，電極被毒の原因となる CO 処理の問題，起動に時間を要すること，部品点数が増加し信頼性や将来の経済性の確保が困難などの理由から，純水素を供給する方式が主流を占めるようになった。一方，水素タンクに関しては，水素吸蔵合金や液体水素も検討されたが，前者は重い，後者はボイルオフ（蒸発）の問題等があり，工業的に取り扱い・安全性技術に古くから実績がある圧縮水素を用いる高圧タンク方式（35MPa と 70MPa）に収斂していった。また，FCV の駆動方式に関しては，当初 FC 単独で低出力から高出力をまかなう方式が主流であったが，トヨタが当初から採用したハイブリッド方式，つまり二次電池等を搭載し FC を効率のよい作動範囲で駆動す

ることによって高効率化を図る方式に比較的早くから移行している。表 2 中、下線の車種はハイブリッドではない車種、○印は日本の上記 FCV 走行実証試験に参画した車種を示す。

FCV の実車走行プログラムは 1999 年カリフォルニア FC パートナーシップ (CaFCP) で初めて開始され、それ以降、日米欧で FCV や FC バスの走行実証試験が水素ステーションの設置とともに各地域で実施されてきた。当初の FCV 開発の課題であった走行距離、低温始動性、耐久性の問題も徐々に解決され、車としての走行性能も同クラスのガソリン車と遜色がないほどに進化してきている。例えば、トヨタ FCHV-adv, ホンダ FCX Clarity などでは-30℃の低温始動を達成し、航続距離(10・15 モード)もそれぞれ 830km (タンク容積/水素圧力: 156ℓ/70MPa), 620km (同: 171ℓ/35MPa) とガソリン車とほぼ同等レベルとなっている。また、FCV の将来目標値であった走行エネルギー効率 60%以上も Clarity で達成されている。しかし、FCV の導入に関しては、耐久性、水素タンク、量産化などの技術的課題も残されているが、なによりも車体価格の低減と水素供給インフラの構築というハードルの高い 2 つの課題がある。その中でどのように普及していくかについては前記協議会 FCCJ が「FCV と水素ステーションの普及に向けたシナリオ」¹³⁾を策定している (2010 年 7 月)。最近 (2011 年 1 月)、そのシナリオに沿った共同声明がなされた。トヨタ、日産、ホンダの 3 社と JX 日鉱日石エネルギー、出光興産、昭和シェル石油、大阪ガス、東京ガスなどエネルギー事業者 10 社によるもので、自動車メーカーが 2015 年に FCV を量産化し一般消費者向けに販売、エネルギー事業者が 4 大都市圏を中心に水素ステーション

表 2 世界の主要自動車メーカーによって公表された FCV の歴史 (年号は発表年)

	Daimler	TOYOTA	GM	NISSAN /Renault	HONDA	FORD	VW	SUZUKI	HYUNDAI	その他のメーカー等
1994	<u>ECAR1</u>									
1996	<u>NECAR2</u>	RAV-4								Mazda
1997	<u>NECAR3</u>	<u>NRAV-4</u>	<u>Sintra</u>							
1998			<u>Zafira</u>							Mazda
1999	<u>NECAR4</u>			Rnessa	<u>FCX-V1</u> <u>FCX-V2</u>	<u>P2000HEC</u>	EUCaperi			
2000	<u>NECAR5</u> <u>NE4-adv</u> Commander		HydroGen1 Precept		FCX-V3	<u>THINKFC5</u> <u>Focus</u>	<u>HyMotion</u>		<u>SantaFe</u>	
2001	Natrium Sprinter <u>NECAR5.2</u>	FCHV-3,4 FCHV-5	<u>ChebyS10</u> <u>HydroGen3</u>	XTERRA	FCX-V4			<u>Covie</u>	<u>SantaFe</u>	Fiat, Mitsubishi, Peugot, Mazda
2002	○F-Cell(A77 ス)	FCHV	<u>AUTOonomy</u> <u>Hy-Wire</u> <u>Hydro3adv</u>	X-TRAIL	FCX	Forcus-ad	Hypower			Peugeot
2003	<u>Treo</u>	FINE-S,N			Kiwami			<u>WagonR</u>		Fiat, Mitsubishi, Shanghai
2004									Tacskon	Shanghai
2005	F600	FCHV	SEQUEL SIRRORD	OX-TRAIL						Shanghai
2006			○Equinox		FCX	Explorer				
2007			HydroGen4		Puyo ○Clarity	Aistream	Space up Touran		<u>i-Blue</u> <u>Tacson II</u>	Fiat
2008	EcoVoyger	○FCHV- adv	Provoq	Scenic	FC-Sport		Tiguan Passat	○SX4- FCV		Kia, Peugeot , Shanghai
2009	<u>B-Class F- Blue-Zero</u>									Peugeot,

出所) Fuel Cells 2000 (//www.fuelcells.org) のデータベースより作成。

ョンを約 100 箇所配備するとの内容である。トヨタによれば車体価格は過去億円単位といわれたが、現状 1/10 以下の 1 千万円程度になっており、2015 年には 5 百万円以下にして販売したいとしている。欧米でも 2015 年ごろ実用化開始年を当面の目標としており世界の主要自動車メーカーがほぼ歩調を合わせている。

5.2. 家庭用コージェネシステムおよび最近注目されるその他の用途

前記の経産省の定置用燃料電池大規模実証事業において、3,000 台以上の家庭用 FC の実証評価に基づいて改良が重ねられ、2009 年から国の補助金制度のもとに商品名を「エネファーム」と統一し、ガス会社を中心に販売が開始された。2009 年度は 5,258 台が販売され、今後の拡大が期待されている。FC システムはパナソニック、東芝、JX 日興日石エネルギーがそれぞれ製作している。最近のエネファームの新機種に関するプレスリリース（2011 年 2 月：東京ガス、パナソニック）を見ると、世界最高の発電効率 40%（LHV 基準）、熱利用も含めた総合効率が 90%（LHV）と大幅な高効率化が進み、かつ小型化や部品点数の削減等によって現行品より 70 万円低価格化ができたと発表されている。以前から飛躍的な普及には技術開発と量産効果で 50 万円以下/kW までの低減が必要と言われてきたが、普及とともに徐々に低価格化が進むという期待と可能性を抱かせる発表でもある。

上記 FCV やコージェネ以外で最近注目される用途は、バックアップ用電源と FC 駆動フォークリフトである。2007 年以降米国の税額控除制度の下で急速に実用化が進んでいる。バックアップ電源に関しては、停電に備える通信施設のバックアップ用（1kW～50kW：需要の中心は 5kW 以下）が中心で、従来の二次電池（蓄電池）方式から PEFC 方式への転換が急速に進んでいる。小型で比較的 low 価格であること、流通している水素ポンペを補給するだけで容易に長時間運転ができる特徴をもつ。米国 PEFC メーカーは通信会社に毎年数百台納入し、インド等海外の通信会社からの受注も拡大傾向にある。

一方、PEFC フォークリフト（4kW～20kW）に関しても、2007 年ごろから普及し始めた。米国・カナダには多数のフォークリフトを抱える大規模な流通センターが多数存在し、フォークリフトは昼夜なく稼働している。従来の充電に長時間要するバッテリー駆動方式と比べると FC 駆動方式は 5 分で水素を充填でき、電池室面積や労働時間等のメンテナンス経費なども含め経済性にも優れると評価され市場が拡大している。納入先と納入台数の例をあげると、Sysco(300 台以上)、Central Grocers(220 台)、Coca-Cola (77 台)、Nissan 北米(60 台以上)といった具合である^{3,8)}。バックアップ電源やフォークリフトに供給している FC メーカーには、前述の BPS 社や、Plug Power, Hydrogenics, IdaTec, ReliOn 社などがある。

6. おわりに

各種 FC 全体の簡単な開発経緯と、実用化開発に関する最新動向について述べた。FC は本文 3 節に述べたように政策的意義が大きいだが、現段階では総じて経済性が不十分で自立的な市場導入が困難である。このため各国政府とも各種支援・助成制度で導入・普及支援を実施している。今後とも継続的な支援が自立するまで実施されると思われるが、この間

に経済性や信頼性の向上のための一層の研究開発の加速促進が必要である。今回、「学」の役割である将来の産業基盤的 FC 研究の課題や動向には触れなかった。日本では一般に国際競争力をもつ「産」が「学」に要望するのは、例えば安価な白金代替触媒の開発など「産」では取り組みが難しい長期的課題の研究が多い。研究開発の加速推進に関しては従来から政府系研究開発推進機関が産学横断的・集中的な取り組みを行っているところであるが、近年「産学」研究レベルが急速に向上しつつある中国等の参入を目前にして、ノウハウ的な技術課題であっても可能な範囲で開発現場の情報を「学」にいち早く伝え活用する予算的に柔軟でかつ情報管理に規律のある「産学連携」の新しい仕組みも必要と思われる。

<参考資料>

- 1) J. Butler, 「Semi-Annual Patent Review May 2010」 Fuel Cell Today HP より.
- 2) 「2010 Hydrogen and Fuel Cell Global Commercialization & Development Update」, International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy(IPHE) HP.
- 3) 「The Business Case for Fuel Cells : Why Top Companies Purchasing Fuel Cell Today」 (Sept. 2010) , Fuel Cells HP.
- 4) 「2008 Fuel Cell Technologies Market Report」 (June 2010) USA DOE の HP.
- 5) 「燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2010」 NEDO HP.
- 6) 水素・燃料電池実証プロジェクト (JHFC) の HP, 日本の FCV や水素ステーションの実証試験評価結果, セミナー資料や調査報告等を見ることができる.
- 7) U.S. Dept. of Energy (DOE), Energy Efficiency & Renewable Energy HP.
- 8) Fuel Cell 2000 HP. 世界の動向や各種データベースを掲載.
- 9) 「モバイル燃料電池 (Dynario:ディナリオ) の発売について」プレスリリース (2009年10月22日), 東芝 HP.
- 10) 次世代自動車戦略 2010 (経産省製造局自動車課), 自動車工業会 HP.
- 11) 吉岡 浩, 「リン酸形燃料電池の展望」, 水素エネルギーシステム, Vol.35, No.2, 15(2010).
- 12) Jung-Tae Hwang, 「Molten Carbonate Fuel Cell Application and Business Status of POSCO Power」 水素エネルギーシステム, Vol.35, No.2, 19(2010).
- 13) 燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ) HP.