我が国における燃料電池技術開発の現状*

児 玉 皓 雄**

Present Status of Fuel Cell Technology Development in Japan

Teruo KODAMA

1. は じ め に

燃料電池は天然ガス・メタノール・石炭などの燃料が有する化学エネルギーを、燃焼過程を経ずに直接電気に変換する。このため、燃料電池発電システムは、高いエネルギー変換効率を有し、無公害かつ低騒音であり、排熱利用が可能であるなどの優れた特長を有する。近未来の都市内発電や火力代替用発電設備として、また業務用・産業用のオンサイト電源として現在急速に実用化に向けて研究開発が進められている。ここでは燃料電池の原理や特徴、これによる発電技術の現状や将来展望を概観する。

2. 燃料電池の原理

燃料電池は一般の電池と同様に2つの電極（正極と負極）で構成され、電極間は電解質により分離されている。電解質にはイオンを通すが電子絶縁性の材料が使われる。図1に電解質としてリン酸を用いた場合の原理図を示す。

燃料の水素はLNG・メタノール・石炭などの原燃料を改質して作られる。これが負極へ供給され、正極には空気（酸素）が供給される。多孔質の電極上に担持された触媒により、水素分子（ H_2 ）はプロトン（ H^+ ）と電子に解離される。電解質が酸性の場合は、このプロトンが電解質中を移動して正極に到達する。一方、外部回路の負荷を通して来た電子と酸素とが、このプロトンと反応して水（ H_2O ）になる。

移動するイオンの種類は電解質によって決定される。酸性の場合は上記に述べたとおりであり、アルカリ性の時は、水酸イオン（ OH^- ）が正極から負極へ移動する。また炭酸塩の場合には、炭酸イオン（ CO_3^{2-} ）が正極から負極へ、固体酸化物の場合には、酸化物イオン（ O^{2-} ）が正極から負極へ移動する。いずれの場合も、両極を適当な

図1 リン酸型燃料電池の原理図

負荷で結ぶと、反応によって作られた電子がこの負荷を通過することになる。すなわち正極から負極に電流が流れて、モーターを回したり電球を灯したりする。

3. 有望な燃料電池はどれか

燃料電池は電解質、燃料、酸化剤、作動温度などにより分類される。なかでも、電解質の種類で分類するのが一般的である。その理由は、電解質を決めればば一義的に作動温度や燃料が決まるからである。すなわち、リン酸を電解質として選ぶと、 $150^{\circ}C$ 以下では導電性が低下し、 $200^{\circ}C$ を超えると電池材料の耐久性が悪くなるので、作動温度を $200^{\circ}C$ 前後に選ぶことになる。

* 昭和61年11月6日本会第77回例会において発表

** 大阪工業技術試験所
昭和61年9月27日受理

また、熔融炭酸塩の場合は、炭酸塩が熔融状態になり、かつ良好な導電性を示すのが 600～700°C であるため、この温度範囲の中で作動温度が決められる。更に、炭酸イオン (CO_3^{2-}) が電極反応に関与するため、水素のみならず一酸化炭素 (CO) も燃料として用いることができる。

電解質として水酸化カリウムを用いる場合の作動温度は 50～150°C である。この系の最大の欠点は、燃料及び酸化剤の中に微量でも二酸化炭素を含んではならないことである。二酸化炭素は水酸化カリウムと反応して炭酸カリウムを生成し、これが電池の特性を大幅に劣化させるからである。しかしアポロ宇宙船やスペースシャトル用の電源として、この系の燃料電池は既に実用されて

いる。しかし、純粋な水素と酸素が得られる宇宙船以外にその用途を求めるためには、徹底したコスト低減を図り、副生水素などの適当な燃料供給源を有するサイトを探す必要がある。

酸素イオン導電性固体電解質 (安定化ジルコニア) を用いる場合には、1,000°C 位が作動温度として好都合となる。米国と我が国で過去10年以上、地道な研究開発が進んでいるが、実用化に至るまでには数多くの課題が残っている。

その他これまで提案された電解質として、硫酸、スルホン酸、固体ポリマー、超強酸などが列挙できるが、それぞれ問題を抱えており、特殊用途以外はそれほど関心

表Ⅰ 燃料電池の種類と特徴の比較

		第Ⅰ世代 (開発目標1985～1990)		第Ⅱ世代 (1990～1995)	第Ⅲ世代 (1995)
		アルカリ水溶液型	酸水溶液型	熔融炭酸塩型	固体電解質型
電 解 質 部	電 解 質	水酸化カリウム (KOH)	リン酸 (H_3PO_4)	炭酸リチウム (Li_2CO_3), 炭酸カリウム (K_2CO_3)	安定化ジルコニア ($\text{ZrO}_2 + \text{Y}_2\text{O}_3$)
	イオン 導電種	OH^-	H^+	CO_3^{2-}	O^{2-}
	比 抵 抗	～1 Ωcm	～1 Ωcm	～1 Ωcm	～10 Ωcm
	作 動 温 度	50～150°C	190～220°C	600～700°C	～1,000°C
	腐 食 性	中程度	強	強	—
	使 用 法	マトリックスに含浸	同 左	マトリックスに含浸/ またはペースト・タイ プ	薄円筒状
電 極 部	触 媒	ニッケル・銀系	白金系	不必要	不必要
	燃 料 電 極 (⊖極)	$\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2 + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$	$\text{H}_2 + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$
	酸化剤電極 (⊕極)	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-}$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}^{2-}$
	全 反 応	$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
燃料(反応物質)		純水素 (炭酸ガス含有不可)	水 素 (炭酸ガス含有可)	水素, 一酸化炭素	水素, 一酸化炭素
燃 料 の 原 料		電解工業の副生水素, 水の分解 (熱化学法, 電解)	天然ガス, ナフサまでの 軽質油, メタノール	石油, 天然ガス, 石炭	石油, 天然ガス, 石炭
化石燃料を用いた時の発電システム熱効率		(60%)	40～45%	45～50%	50～60%
実用化予測年代		(水素エネルギー時代)	1980年代後半	1990年代後半	1995年以降
問題点および開発課題		<ul style="list-style-type: none"> • CO_2 が電解質に溶解すると劣化する。燃料中の CO_2 除去技術 • 水・熱収支の制御が必要 • 燃料電池本体の効率 	<ul style="list-style-type: none"> • 安価な触媒の開発あるいは白金使用量の低減化が必要 • 発電システム全般にわたる長寿命化, 低コスト化 	<ul style="list-style-type: none"> • 構成材料の耐食, 耐熱性 • CO_2 の循環系等要素技術の開発が必要 • 熱収支, ボトミングサイクルを考慮したシステム解析が必要 	<ul style="list-style-type: none"> • 耐熱材料 • 電解質の安定性 • 電解質の薄膜化

表 II 米国における燃料電池開発資金の推移²⁾(単位 \$×10⁶)

	FY 1982	FY 1983	FY 1984	FY 1985
リン酸型	40	50	61	28.9
溶融炭酸塩型	12	10	12	8.9
固体電解質型	2	3	2	3

が持たれていない。

表 I に示すように、現在我が国で開発中の燃料電池は、技術開発の程度、開発目標、実用化時期により第 I ～ 第 III 世代に区分されている。当然のことながら、現在最も開発に力を入れているのはリン酸型燃料電池 (Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC) である。次に重点開発されているのが、溶融炭酸塩型燃料電池 (Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC) である。前に述べたように、この系が一酸化炭素を含む燃料を利用することができるからである。すなわち、石炭を改質した石炭ガスを燃料とすることが可能となり、石炭の有効利用につながるからである。

開発への力の入れ方は、開発資金によりある程度推定できる。表 II に過去 4 年の米国における開発資金の推移を示す。PAFC は実証機のフィールド・テストの段階に当たるため、多額の資金が投入されていることがわかる。また MCFC には毎年ほぼ 1,000 万ドルと一定の資金が投入されているのが興味深い。

我が国においても事情はほぼ同じであるが、米国から 4 ～ 5 年遅れで開発が進んでいるようである。

4. 燃料電池の構造

最も単純に燃料電池を構成するには、容器の中に例えば硫酸を入れて、炭素棒を 2 本入れればよい。一方の炭素棒の表面に水素ガスを吹き込み、他方に酸素ガスを吹き込めば、約 1V の直流電圧を生じ、両極をリード線をつなぐと電流が流れて電力が取り出せる。

しかし、このままの構造では実用にならない。つまり、炭素棒は表面積が小さいため、電気化学的な反応量と反応速度が小さくなり、取り出せる電流、すなわち電力 (出力密度) が小さくなる。また容器の形では多数の電池を直並列につないで容量を大きくするのに不便である。

実用タイプの燃料電池は、電解質マトリックスと呼ばれる薄い吸い取り紙のような材料に電解質を含浸させたものを、2 枚の多孔性電極 (ガス透過性で液不透過性) の間に挟んだ構造になっている。これを単電池 (単セル) と呼ぶ。両極における電気化学的反応のために必要なら触媒を用いる。PAFC の場合は白金系の触媒を用いる必要がある。MCFC と固体電解質型燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) の場合は、両者とも作動温度が高いので、触媒は必要でない。

必要な電圧を得るために、単電池を積層してスタックと呼ばれる集合体に組み上げる。図 2 に PAFC の場合のスタック構造を示すが、単電池と次の単電池を接続するため、セパレータと呼ばれる電子導電性の板 (この場合はカーボン板) を用いる。セパレータはただ電気的接続のためだけでなく、その面の上下に互いに直交した溝が切っており、セパレータの上下にある両電極に燃料ガスと空気を一括して送る役目を同時に果たしている。

図 2 リン酸型燃料電池スタック (240 kW) の構造

更に電極反応は全体として発熱になるので、電池を冷却する必要がある、ほぼ5セル毎に冷却用のパイプを通した構造になっている。冷却はこの水冷方式のほかに油冷、空冷方式のものが提案され、開発されている。どの方式が最善かはまだ判断できる段階ではない。

どの方式にしても、スタック外で熱交換して冷媒を循環して用いる必要がある。この時得られる排熱レベルは、燃料電池の種類により異なるが、ボイラーなどの排熱よりもはるかに高度利用の容易なものである。この排熱をシステムのうまく活用すれば、単に発電のみならず熱を給湯や暖冷房に同時に利用できる。いわゆる熱併給発電が可能となる。

5. 燃料電池発電システムの構成

燃料電池を発電装置として用いるためには、燃料電池本体のほかに水素あるいは一酸化炭素を原料（LNG、メタノール、石炭など）から製造するための改質装置、直流を使いやすい交流に変換するためのインバータ、排熱の高次利用を図るための熱交換器、その他循環ポンプなどの補機システム、更にこれら全てを監視し正常に作動させるための制御システムを備えておく必要がある。図3に発電システムの構成を示す。

電解工業などの直流で利用できる用途にはインバータは不必要であることはもちろんである。この場合、コスト低減が図れ、システムが簡略化され、電力変換効率も向上する。また電池の種類（例えば MCFC などの高温作動の燃料電池）によっては、排熱レベルが高いため、通常のタービン発電機によるボトムング・サイクルを付加して、電力変換効率の向上を図る。

燃料から交流電力への全効率 η_T は次式で近似される。

$$\eta_T = 59 V_c$$

ここで、 V_c は単電池の電圧である。すなわち単電池の電圧でシステム全体の効率が推定できるわけであり、逆に言えばシステムの容量をいかに大きくしても効率は単電池段階で決定されることになる。電圧は理論電圧と

種々の過電圧を含む電池内部抵抗で決定される。電池メーカーがこの内部抵抗の軽減を図り、0.01 V ステップでの電圧利得を得るのにしのぎを削っているのが現実である。

また、単電積の出力密度（単位面積当りの電流値×電圧）は、電池コスト（円/kW）に逆比例するはずである。取り出し得る電流密度は、電気化学的反応に関する表面積と反応速度に比例する。これらは電極の作り方、触媒担持法、素材などに大きく依存する。コスト低減のためにも、できるだけ大きな出力密度が取れるような技術開発が単電池レベルで進められている。

このように、電池特性（電圧・電流）、電池寿命、コストといった主要な因子がお互いに関連し合っているため、これらをベスト・ミックスする最適な運転条件を決定することも重要な課題である。

6. 燃料節約と燃料多様化が可能か

燃料電池の多くの特長のうち、我が国の置かれているエネルギー環境の中で最も関心が持たれているのは、①原理的に効率が高いこと、②利用可能な原燃料が多様化できることである。

熱力学の観点から見ると、燃料電池はエンジンのような熱機関ではないので、その効率はいわゆるカルノー・サイクルの制約を受けない。すなわちカルノーの効率 η は次式で表わされる。

$$\eta = \frac{T_h - T_l}{T_h} \times 100\%$$

ここで、 η は熱機関の最大変換熱効率、 T_h は高温熱源の、 T_l は低温熱源の絶対温度である。したがって、800°C の熱源を用いて仕事をし、80°C の低熱源に放出する場合、得られる効率は理論的には67%を超えることが不可能である。実際には色々な熱損失があるので、得られる効率はこれよりも低くなる。例えば、最新鋭の火力発電所の効率はせいぜい40%と言われている。一方、燃料電池のような燃焼によらない電気化学的なエネルギー変換の場合の効率は、反応の自由エネルギー変化が原理的にはほぼ100%電気エネルギーに変換される。換言すれば、最大変換効率は100%と言える。実際には前に述べたように、単電池電圧に比例することになる。（表Ⅰの効率の項を参照）

発電設備として在来の火力発電設備などと比較する時、単に効率の高低だけでなく、次の二つの点が注目される。① 効率が設備の規模に影響されない：効率が単電池の電圧あるいはせいぜいスタック規模で決定されることの結果であり、いわゆるスケール・メリットがないことが逆に電池の特徴である。このことは、10万～100万 kW の大規模な発電所でも、数万 kW の分散配置（都市内

図3 燃料電池発電システムの構成

設置)型、ひいては100kW規模のオンサイト設置型としても高い効率を保ったまま利用できることになり、従来の発電設備にない新しい利点を得ることになる。

③ 効率が部分的な負荷運転によって変化しない：従来の発電設備は、それが持つ最大容量付近の運転(100%)で最大の効率となり、部分運転では効率が減少するのが一般的である。例えばガスタービン複合発電の場合は、50%の部分負荷時の効率は100%負荷運転時の効率の約85%の効率にしかない。一方、燃料電池の場合は25~100%の部分負荷運転に対してほぼ一定の効率を示す。この事は、中間負荷やピーク負荷時に燃料電池を用いることが可能であることを意味している。

このように、燃料電池は原理的に効率が高いことにより、多大な燃料節約、すなわち省資源・省エネルギーを可能にするのみならず、電池としての特長が、燃料節約を図りながら発電設備として従来にない用途に用いることを可能にする。

燃料電池は水素を燃料とするが、この水素を製造するため、種々の原燃料が候補に挙がっている。すなわち、ナフサ、天然ガス、メタノールなどは改質装置を通して、水素リッチな燃料に改質される。また、石炭は石炭ガス化装置を通して水素と一酸化炭素とからなる燃料に改質される。

このように水素源と適当な改質装置があれば発電できるため、燃料の多様化が可能な発電設備の1つとして注目されている。

7. 無公害化と用途

燃料電池から放出される物質は、電池本体からの水と空気のほかには、燃料改質装置からのものだけである。現在、ムーンライト計画において進められている1MW級PAFC発電プラントの環境条件の目標値は、 $\text{NO}_x < 20 \text{ ppm}$ 、 $\text{SO}_x < 0.1 \text{ ppm}$ と我が国の環境基準を大幅に下まわり、騒音もプラント境界で55dB以下の低レベルに抑えられている。

このように、燃料電池は燃料源さえあれば立地上の制約はほとんどないと言ってよい。また必要に応じて分散設置することにより、送配電線や送配電設備は不要となり、送電に伴うエネルギー損失を軽減できる。

燃料電池は単電池を単位として、繰り返し積み上げてゆく構造(モジュール構造)を持つので、従来の発電設備のように設置場所で建設する必要はなく、工場で量産することが可能となる。例えば、スタック段階で工場生産して、後はトラック輸送により現地で組み立てを行うだけでよい。これにより、建設期間も短くてすむというメリットが生ずる。

更に、まずその時点で必要な発電容量のものを設置し

ておき、後に必要とあらば電力需要に見合ったスタック数を増設することもできる。これにより過剰な予備力を持つことなく、最も効率のよい電源計画を立てることができる。

燃料電池は、上述のように従来の発電設備では考えられない特徴を持っているため、多種多様な用途に適用できる。

電気事業用として、数万kWの分散設置用電源・数十万kW規模の火力代替用電源への適用が考えられる。

業務用又は産業用のオンサイト型として、数十~数百kWの自家発電への適用が考えられる。

分散設置・オンサイト用については、地域また業務用の給湯、冷暖房用として、燃料電池の高品位な排熱が利用できることすれば、80%以上の総合熱効率が得られることになる。

将来MCFCやSOFCが実用化された場合は、これらが石炭ガスを燃料としてそのまま利用できるため、石炭を高度利用できる大規模な発電所も期待できる。そして、石炭からの熱換算で45%以上の効率を持つことになるであろう。

8. 研究開発の現状

燃料電池の開発は、主に米国において主導的に進められてきた。開発はPAFCを中心に進められてきた。現在、GRI(Gas Research Institute)を中心にIFC社(International Fuel Cell社、旧United Technology社)が40kWのオンサイト用実証機を49基製造し、この内2台は東京ガス、大阪ガスに供与されて、それぞれ科学万博会場(現在、池袋のホテル)及び堺市内のレストランに設置されフィールド・テストを行っているところである。(GRI計画)

また、DOE(Department of Energy)とEPRI(Electric Power Research Institute)が中心となり、やはりIFC社が4.5MWのPAFCプラントを作り、1つはニューヨークのコンソリテーター・エジソン社、他の1つは改良型で東京電力の五井火力発電所に併設され、実証試験を行った。更にWH社(Westinghouse社)では7.5MWの空冷式PAFCプラントの設計を行っており、IFC社では引き続き11MWの水冷式PAFCプラントの設計を行っている。MCFCについては、DOE、EPRIを中心にIFC社で2kWスタックを製作して、開発を鋭意進めている。SOFCはDOEとWHが数kW規模で要素開発を行っている。

一方、我が国においても自主技術を目指して昭和56年度からムーンライト計画の一環として「燃料電池発電技術の研究開発」に着手し、10カ年計画で約210億円の資金を投入、官民共同で開発を進めている。表Ⅲに開発ス

表III 燃料電池発電技術の開発スケジュール

研究項目	年 度	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
燃料電池発電技術	1. リン酸型燃料電池	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究
	2. 溶融炭酸塩型燃料電池	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究
	3. 固体電解質型燃料電池	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究
	4. アルカリ型燃料電池	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究
	5. トーラムシステムの研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究	基礎研究

スケジュールを示す。

PAFC については、60年度に 1 MW 発電プラントを 2 基製作、61、62年度に関西電力の堺港発電所及び中部電力知多火力発電所においてその実証試験を行うことになっている。また61年度から新たに実用化を目指して 200 kW 級のオンサイト用 PAFC を 2 基開発し、1つは離島用（沖縄）、他の 1つは業務用（大阪）として、65 年度に実証試験を行う予定である。開発に参加している機関は関西電力、中部電力、沖縄電力、大阪ガス、日立、東芝、富士、三菱、電力中央研究所（電中研）で工業技術院・ムーンライト計画推進室が全体を統御し、計画の進行管理は新エネルギー総合開発機構（New Energy Development Organization, NEDO）が行っている。

MCFC については59年度 1 kW 級、61年度に 10 kW 級スタックの評価を行い、その結果により、62年度以後石炭の有効利用を目指した MCFC を中心とした計画（第Ⅱ期計画）を展開することになる。開発には日立・東芝・三菱・富士・石川島播磨重工業が参画して NEDO が進行管理を行っている。また、材料開発と評価技術の一部は大阪工業技術試験所（大工試）が、システム解析と評価技術は電中研が担当している。SOFC は基礎技術の蓄積を行っており、電子技術総合研究所が担当している。ムーンライト計画における開発体制を図 4 に示す。また、ムーンライト計画以外でも電力、ガス会社やメーカを中心に独自に開発が進められており、その概要を日本地図上に示すと図 5・6 となる。

いずれにしても、米国と我が国の技術格差は約 5 年位あると言われているが、現在、その差を埋めるためのあらゆる努力が払われている。近い将来、関係者の努力が実ることになるであろう。

9. いつ実用化されるか

PAFC はまだ多少の問題点は残しているが、実用化は間近いと言ってよいであろう。ムーンライト計画推進室が中心となって「リン酸型燃料電池発電技術の将来展望」（第 1 報）¹⁾ をまとめた。ここでは実用化に向けて今後残されている各要素毎の開発課題、将来の市場導入量、時期を用途別に簡潔にまとめてある。以下にその結果について概述する。

まず、電池本体については、電極の大型化（現在60×60 cm→1×1 m）、熱伝導性や機械的強度の一層の向上、触媒や加工技術の改善によるセル出力の向上を図る必要があり、更に触媒のシンタリングや担体の腐食防止による長寿命化（現行目標：40,000時間→できるだけ長期に）を更に進める必要がある。また電池コストの低減のために、白金触媒量を極力少量にする必要があるが、実用的には適当なコストで回収可能な見通しがあり、年間 100

図4 ムーンライト計画における燃料電池の開発体制

万 kW 程度の需要を仮定しても、白金の年間生産量の数%に過ぎず、市場価格への影響も軽微である。

次に、燃料改質装置については、熱効率の向上、装置の小型化、負荷追従性などの運転特性の一層の改善などを図る必要がある。

燃料電池の効率に著しく影響を与え、燃料電池への空気の供給装置として働くタービン・圧縮機については、

三次元羽根車を採用しての一層の小型化、高性能化が今後の開発課題である。

終りに直交変換装置については、ほぼ技術的には確立しているが、今後は小型化をより一層進めるとともに、コストの低減が必要である。

以上のような開発課題は残されているものの、技術開発が現状で推移すれば、昭和60年代の半ばには準実用機

図5 日本の燃料電池発電実験箇所（電力、ガス）

図 6 日本の燃料電池発電実験箇所（国立研，メーカ）

の導入が予想される。

電気事業用としての導入のされ方はまず

- ① 開発の促進称揚と運転保守技術育成のための試導入
- ② コスト面をカバーするため、熱供給可能地点への重点的導入

などにより、性能、信頼性の向上、コスト低減を図り、昭和70年頃には、

- ① 火力発電所代替
- ② 需要地分散（一部熱併給）
- ③ 離島電源

などとして本格導入が考えられる。

燃料としては、当面天然ガスを使用するが、LPG やメタノールなどの利用を図る動きがでるものと予想している。

電気事業用への導入可能量を現時点で想定するのは困難ではあるが、いくつかの仮定を置くと次のようになる。

- ① 66-70年（1991-1995）では70万 kW/年程度以上
- ② 71-75年（1996-2000）では130万 kW/年程度以上
- ③ 76-80年（2001-2005）では300万 kW 程度以上

と想定している。なおこの間（66-80年）の累積導入量は2,500万 kW となる。¹⁾

一方、オンサイト用としての燃料電池の導入可能量は、用途として業務用と産業用を対象としている。これらの用途への燃料電池の導入条件として、

- ① 昭和65年までに初期市場導入期の開発が終り、66年から商品として市場導入される。
- ② 昭和70年代前半は成長期として市場導入が拡大され

る。

- ③ 昭和70年代後半は成熟期としてコンスタントな市場導入が図れる。

なお、コストについては、

- ① 他競合設備のコストから考え、成熟期には20万円/kW を達成する必要がある。
- ② したがって、初期導入時はこのコストの二倍程度とおき、40万円/kW とする。
- ③ 成長期はこの中間の30万円/kW とする。

以上の条件をもとに業務用及び事業用の潜在需要量を表Ⅳに示す。市場導入可能量は、促進条件を加味してケースを考慮して表Ⅴに示す。²⁾

ここで業務用としてはホテル、旅館、病院、飲食店などを、産業用としては、食品製造、化学工業、紙パルプ、石油精製などの自家発電用燃料電池を想定している。

いずれにしても、昭和66年位から初期導入が始まるとしており、リン酸タイプの実用化は目の前に来た感がする。

MCFC については、PAFC に比べ、5年から10年遅

表Ⅳ 潜在需要量³⁾

(単位：万 kW)

年 度	昭70年	昭75年	昭80年
業務用潜在需要量	83	459	1,168
産業用潜在需要量	61	361	858
計	144	820	2,026
燃料電池コスト(万円/kW)	40	30	20

写真1 都市近郊に設置された 20 MW 燃料電池発電プラント

表V 市場導入量¹⁾

(単位: 万 kW)

年 度	昭70年	昭75年	昭80年	促 進 条 件
ケースⅠ	72	410	1,013	潜在需要量の50%
ケースⅡ	43	246	608	潜在需要量の30%
ケースⅢ	14	82	203	潜在需要量の10%

れているとされている。したがって早くて昭和70年代の前半に初期導入があると考えられるが、たとえ実用化されたとしても、MCFC のより高次な特長を生かした使われ方をすると予想されるので、PAFC との競合は当分の間起こらないと考えられている。

MCFC は石炭を燃料とし、更に高効率がねらえるため、PAFC の開発の目処がつけば開発の重点を MCFC に移して、実用化に向けて強力に進展させる必要がある。

10. 障害を越えて

燃料電池の実用化のためには、①単に技術的な障害を一つ一つ解決していくことは当然であるが、②国のエネルギー政策や燃料の供給動向、将来の電力需要動向、短期の電力需要変動などにより生ずる障害を乗り越えていく必要がある。③更に、未知の新しい技術が定着する時につきものの漠然とした不安感が意外に大きな障害にな

るであろう。

1つ目の障害は、資金さえあればメーカ側の努力で克服できるであろうが、2つ目の障害は、国とメーカとユーザーが一体となって、燃料電池を広く普及させるための阻害要因を制度的に取り除いてやる必要がある。3つ目の障害は、燃料電池開発に携わる関係者が、あらゆる機会を捕えてプロパガンダに努めるほかにこれを取り除く方法はない。

おそらく燃料電池による発電技術は、実用可能な新発電方式の最初のものであろう。だからこそ、人類共通の財産として、世界的レベルで、事業者間の小さな思惑に捕われずに、大事に大事に育てあげていくべきであると確信する。特に関係者の開発及び普及への熱意が寸毫も欠けることがあるならば、いかに優秀な技術であろうと、消え去ってしまうことがあることを肝に銘じておくべきである。

開発の暁には、写真1に示されるような発電所が都市近郊に作られるであろう。楽しみではある。

参 考 文 献

- 1) 「リン酸型燃料電池発電技術の将来展望」通商産業省、大型省エネルギー技術（燃料電池発電技術）研究開発推進会議・経済性評価ワーキンググループ、昭和59年12月
- 2) 児玉皓雄編「第1回及び第2回米国における燃料電池開発状況調査団報告書」燃料電池技術研究会、(1983, 1985)