

## 燃料電池の研究開発状況

電力技術研究所 エネルギーグループ 燃料電池チーム

### (1) 燃料電池の種類と特徴

燃料電池は、第1表に示すように作動温度と構成材料によっていくつかの種類に分けることができます。当社では、高い発電効率が期待でき、将来電気事業用電源として有望な高温形と呼ばれる2種類の燃料電池（熔融炭酸塩形と固体酸化物形）について研究開発を進めています。

高温形の燃料電池は、高温の排熱を利用してガスタービン発電機や蒸気タービン発電機と組み合わせることにより、従来の発電方式では得られなかった高い発電効率が期待できます。

第1表 燃料電池の種類と特徴

項目	固体酸化物形 (SOFC)	熔融炭酸塩形 (MCFC)	りん酸形 (PAFC)	固体高分子形 (PEFC)
電解質	セラミックス	炭酸塩	りん酸	高分子膜
作動温度	約1000	約650	約200	約80
発電効率	55～70%	50～65%	35～40%	30～40%
燃料	・天然ガス・LPG ・メタノール ・廃棄物ガス ・石炭ガス	・天然ガス・LPG ・メタノール ・廃棄物ガス ・石炭ガス	・天然ガス ・LPG ・メタノール	・天然ガス ・LPG ・メタノール
用途	・分散電源用 ・火力代替電源 (中規模)	・分散電源用 ・火力代替電源 (大規模)	・小型分散電源	・自動車用 ・家庭用

### (2) 熔融炭酸塩形燃料電池(MCFC)の開発

#### ア MCFCの特徴

MCFCは電解質に炭酸塩（炭酸リチウムと炭酸ナトリウムを混合したもの）を使用し、炭酸塩が熔融状態となる約650℃で作動します。温度条件から構成材料に金属を用いることができるので装置の大型化が比較的容易であるとともに、高い発電効率が期待できます。また、MCFCなどの高温形燃料電池は、白金触媒を使用していないので一酸化炭素（CO）による触媒被毒の問題がなく、天然ガスやメタノール以外に石炭ガス化ガスや廃棄物ガス化ガスを燃料として利用できる利点があります。

#### イ MCFCの開発経緯

MCFCの開発については、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）がイニシアチブを取って進めてきました。NEDOの研究開発は、1981年から基礎研究を開始し、100kW級の開発を経て1994年から1999年にかけて実施された第Ⅱ期計画において

1,000kW級発電プラントの開発および運転試験が実施されました。1,000kW級プラントの運転研究では開発目標が概ね達成され、MCFCのシステムとしての実現性が確認されました。

研究開発の実施に当たっては、多くの企業・団体が携わるプロジェクトを効率的に進めるため、重電メーカー、電力会社等が研究組合を結成して進めてきました。中でも当社は川越火力発電所構内に試験サイトを提供するなどして、研究組合の中でも中心的役割を果たして研究開発を推進してきました。

#### ウ 現在のNEDOプロジェクトの推進状況

1,000kW級発電プラントの成果を踏まえて、現在は2000年度から2004年度までの5年計画で第Ⅲ期の開発プロジェクトを実施中で、次のような開発を進めています。

将来の大容量化に向けた基本単位となる「高性能基本モジュールの開発」（12気圧・700kW）

早期実用化を目指した「加圧小型発電システム」の開発（3気圧・300kW）

このうち、の高性能基本モジュールは今期開発の集大成として2004年度に運転研究を実施する予定で、2005年以降には複数の高性能モジュールとMW級ガスタービンを組合せた数MW級プラントの実証試験も計画されています。

また、の300kW級加圧小型発電システムは、現在川越火力構内で試運転中で2003年1月には発電を開始する予定です。

#### エ 廃棄物ガスとの組合せ研究

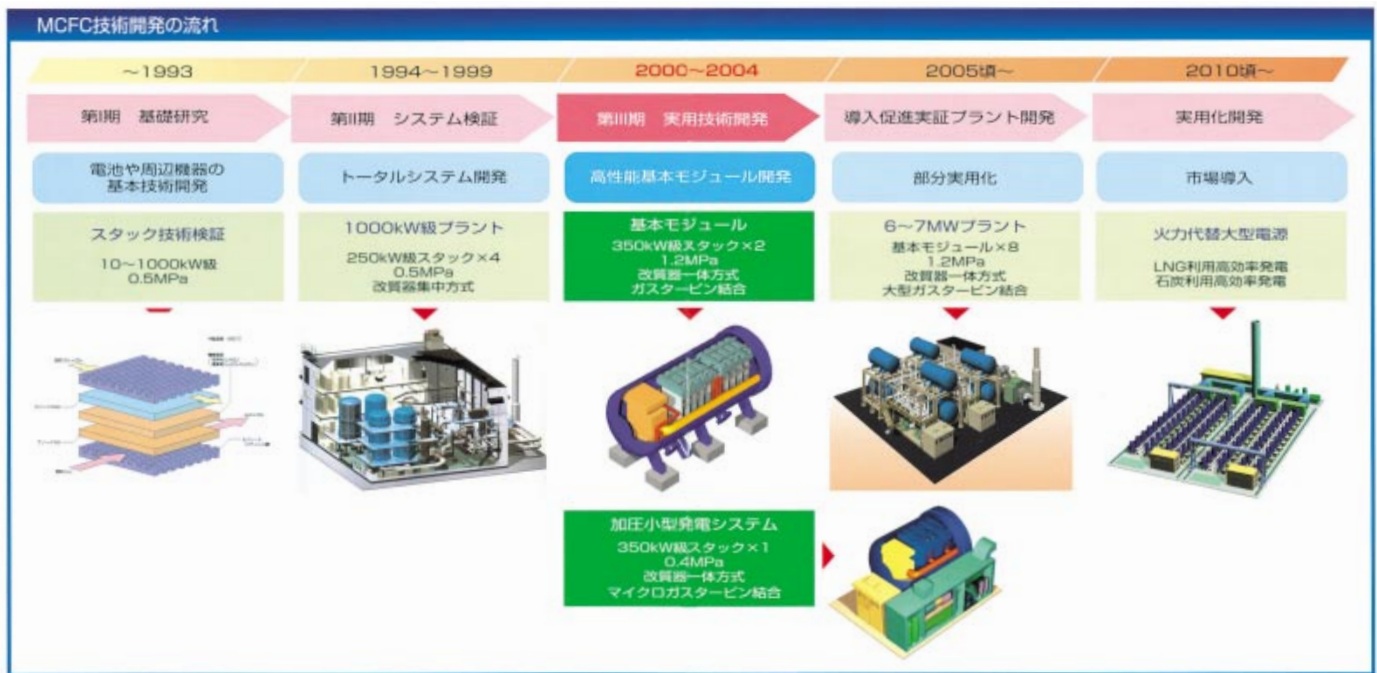
MCFC本体の開発は国のプロジェクトで実施中ですが、当社ではMCFCの利用研究として廃棄物ガスとの組合せ研究を進めています。

廃棄物をガス化する方法としては、可燃性廃棄物を高温でガス化する方法と有機性廃棄物をメタン発酵させる方法の2つがあります。（第2図）

前者については、国のプロジェクトで開発した300kW級加圧小型発電システムを新名古屋火力発電所構内に導入して廃棄物ガスとの組合せ実証を実施する計画です。現在MCFCの設置が完了して年明け早々には天然ガスでの運転を開始する予定です。（第3図）

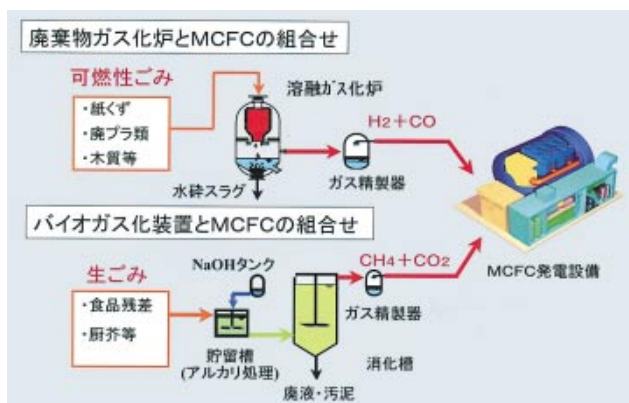
また、後者については、2005年の愛知万博で

SOFC : Solid Oxide Electrolyte Fuel Cell  
MCFC : Molten Carbonate Fuel Cell



第1図 MCFC技術開発の流れ

300kW級MCFCと組合せた実証試験を実施する計画です。



第2図 MCFCによる廃棄物発電システム



第3図 新名古屋火力に設置した300kW級MCFC

### (3) 固体酸化物形燃料電池(SOFC)の開発

#### ア SOFCの特徴

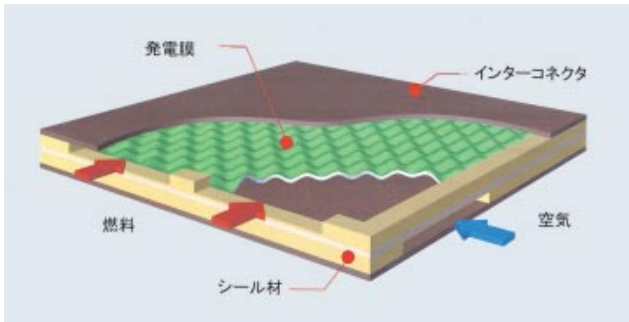
SOFCは、主な構成材料にセラミックスを使用してMCFCより高い800～1,000℃で作動させる電池で、高温の排ガスを利用した複合発電により燃料電池の中でも最も高い発電効率が期待できます。また、電解質も固体であるので長寿命が期待できるとともに、形状に自由度があるので他の燃料電池が全て平板形であるのに対して円筒型をしたタイプもあるのが特徴です。

燃料として石炭ガス化ガスや廃棄物ガス化ガスを利用できる点はMCFCと同様です。

SOFCは構成材料がセラミックスであるので、電極面積をMCFCほど大きくできないため、単セル当たりの出力がMCFCより一桁小さくなる関係で中規模程度の高効率電源として期待されています。

#### イ 当社におけるSOFCの開発経緯

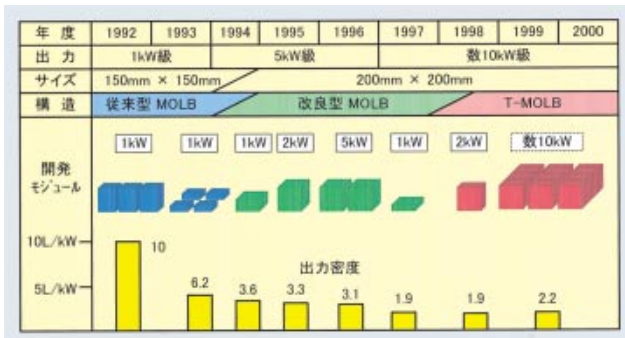
当社は三菱重工業(株)と共同で将来低コスト化・コンパクト化が期待できる平板形のSOFCの開発を進めてきました。この平板形SOFCは、発電反応に参与する発電膜(電解質の両側に燃料極と空気極を付けたもの)を三次元ディンプル構造とし、これとインターコネクタを組合せたセルを複数個積層したものを一体焼成して製造することから「一体積層形(MOLB形)」と名付けています。(第4図)



第4図 一体積層形 (MOLB形) SOFCの電池構造

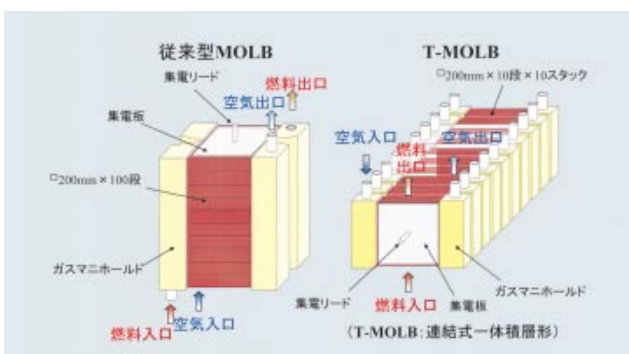
MOLB形SOFCは、内部改質が可能で改質器が不要。スラリー湿式法による連続生産が可能。部材の切削加工が不要。主要部材は発電膜、インターコネクタ、マニホールドであり、部品点数が少ない。発電出力密度が高い。などの特徴があり、将来の低コスト化・コンパクト化に有利です。

MOLB形SOFCの共同開発は1990年より着手し、1992年に150mm角電池を40段積層したスタック3個を使用して平板形SOFCとしては当時世界最高レベルのkW級発電に成功しています。1994年から電池の大型化、構造改良に着手し、1996年には200mm角電池を40段積層したスタック2個を使用して平板形SOFCとしては当時世界最高の5.1kWの発電出力を達成しました。(第5図)



第5図 MOLB形SOFCの開発経緯

その後スタックの高積層化に伴う最下段電池への応力増大とマニホールドの大型化に伴う課題を解決するため、第6図に示すような水平方向への接続による連結接合方式(T-MOLB形構造)を開発しました。



第6図 T-MOLB形SOFCのスタック構造

T-MOLB形構造では、電池を水平方向に接続するため、高積層化による応力増大がなく、理論上無制限に積層数を増やすことができます。また、単位スタックの連結を基本構造とするため、単位スタック容量を確定することによりシステム容量にかかわらず量産が容易となり、低コスト化が期待できます。

### ウ 50kW級コージェネシステムの開発

1997年から数10kW級モジュールの開発を進め、2000年8月には平板形SOFCとしては世界最高の15kWの出力と、7500時間の発電を達成しました。

また、内部改質での発電にも成功しました。



第7図 平板形SOFCとして世界最高出力達成

以上の成果から数10kW級発電システムの開発に目途が立ったので、2002年度から2004年度の計画で50kW級コージェネレーションシステムの開発に着手しました。平成15年度に、初号機(第8図)を完成させて、当社電力技術研究所で評価運転を実施し、コージェネレーションシステムとしての実用化を目指します。

また開発した50kW級システムをベースに50~200kW程度までの実用化を図り、今後事業化についても検討を進めていきます。



第8図 50kW級コージェネ機の予想図

## エ 国内外他社の開発状況

SOFCの開発では、円筒形のセルを採用しているシーメンス・ウェスチングハウス社が最も先行しており、マイクロガスタービンと組合せた220kWのシステム(第9図)を開発し、2000年からカルフォルニア大学構内で試験運転を開始しています。さらに2002年には1MWのシステムを開発し、米国とヨーロッパで試験を実施する計画があります。

国内では、三菱重工業(株)と電源開発(株)のグループと東陶機器(株)がそれぞれ円筒形のSOFCを開発しており、前者が最大21kW、後者が3kW程度の出力を達成しています。



第9図 220kWシステム(シーメンス・ウエスチングハウス社)

## (4) 固体高分子形燃料電池(PEFC)について

将来の自動車用動力源などとして最近注目されているPEFCについて若干紹介します。

### ア PEFCの特徴

PEFCは電解質に高分子膜を使用し、室温から80程度の低温で作動する燃料電池で、発電効率はさほど高くありませんが、作動温度が低いため起動停止が容易で負荷追従性がよい、出力密度が高いなどの特徴があります。

### イ PEFCの開発状況と今後の課題

PEFCは前述のような特徴から主に自動車用動力と家庭用コジェネ機として開発が進められています。

#### <家庭用コジェネ機の開発>

日本では1kW程度、米国等では3~7kW程度の出力の家庭用コジェネ機が開発されつつあり、フィールドテストが実施されています。米国の方が出力が大きいのは、配電網からはずれた地域での使用をも想定

しているためです。

各社とも2004~2005年頃の実用化を目指していますが、実用化のためには耐久性の向上(最低5年以上)とコスト低減(現状の1/10以下)が課題です。

#### <自動車用の開発>

国内外自動車メーカー、燃料電池を開発しているメーカー等がグループを組んで開発にしのぎを削っています。

各社とも2005年頃の実用化を目指して開発を進めており、トヨタとホンダは限定台数についてリースを開始していますが、当面高圧水素を燃料とすることになりそうで、普及にはインフラ整備が課題となりそうです。

また、1台当たり数10kW程度の出力が必要な自動車の場合、コスト低減の要求が家庭用コジェネ機より厳しく、現状の1/100以下にする必要があり、これも大きな課題です。

## (5) まとめ

燃料電池は新エネルギーに分類され、環境にやさしいエネルギー源と言われていますが、化石燃料資源と別に水素資源があるわけではないので、自動車の場合を除いて本当に省エネルギーに貢献するかどうか、環境にやさしいかどうかは、既存技術とのエネルギー利用効率の比較の問題であるということが意外に知られていません。

PEFCなどの低温形燃料電池においても、排熱を余さず利用すれば現状より高いエネルギー利用効率を得られますが、常に「たら・れば」の要素がつきまとうこととなります。その点発電効率が高い高温形燃料電池は確定的にエネルギー利用効率が高いことが利点で、現在はPEFCが脚光を浴びていますが、高温形燃料電池の良さが見直される時が来ることを信じて研究開発を進めていきたいと考えています。