

## 燃料電池の開発状況と展望

15-11-17

燃料電池開発情報センター代表

(会員)

片岡 宏文氏

燃料電池開発情報センター代表の片岡宏文先生より「燃料電池の開発状況と展望」と題してお話を伺いました。先生は東京ガス株式会社副社長、(社)日本エネルギー学会会長、燃料電池開発情報センター代表を歴任され、20余年に及ぶ開発の経験を基に燃料電池の現状と未来展望を分かり易く話されました。その大要を紹介します。

自動車業界がFC(燃料電池)のキャンペーンを始め、FCの名前を耳にするようになってきた。その内容は

- 1) 日本とアメリカでデモンストレーションカーの登場
- 2) 家庭用燃料電池の計画。来年を目標に研究中である
- 3) モバイル(超小型)FCの研究。パソコン、携帯電話用

これらは技術的に未完成で問題点が多い。現在の問題点、これからの問題点につきお話しする。

### 1. 燃料電池の原理と構造

FCの原理は1801年に発見され、1839年にはイギリスのグローブ卿が希硫酸を用いてFCの実験を行い、古くから知られていた。燃料電池は水素と酸素が電解質を介して化学反応することにより発電するシステムである。水素ガスは燃料極を通り、Hイオンに解離し電解質を通過して、空気極に至り酸素と結合して水となり、電気を発生し、陽極、陰極間に電流が流れる。水の電気分解の逆反応である。

(FCの問題点) FCの燃料は水素である。これをいかにして作るかが問題で、天然ガス、都市ガスのメタンよりの製造が考えられる。原料ガスと水蒸気を混合して、リフォーマーの触媒層を通すと反応が起こり、水素ガスと炭酸ガスが得られる。混合ガスを分離して水素ガスが得られるが、原料ガス中にはイオウ分があり、これが触媒毒となるので、原料ガスの精製を要する。また天然ガ

スには重質分が含まれ、これも触媒に悪影響を与える。固体高分子形燃料電池(PEFC)の場合、単位電池の電圧(0.8V)が低いために積層構造をとらねばならぬ。またFCの出力は直流なのでインバーターを必要とする。

### 2. 燃料電池の種類と開発状況

現在開発されている燃料電池は4種類で、その概要は次の通りである。

#### 1) リン酸形燃料電池(PAFC)

リン酸を電解質として使用する。運転温度は150℃~200℃、リン酸を液状に保つ方式である。効率は36~38%。燃料は都市ガス、天然ガスであるが、リフォーマー・触媒寿命・廃熱利用等の問題があり、現実にはガスタービン、ガスエンジンとの競争が難しい。50kw、200kwのFCプラントを(年間100台位)試験生産したが、リフォーマーが高価なので、大型でないと競争が難しい。PAFCは導入普及の段階にあるが、実用機の開発には初期市場の立上げ戦略が必要であり、これには政府の金が付かず、国家予算は固体高分子形燃料電池の開発にむいている。

#### 2) 固体高分子形燃料電池(PEFC)

他のものより遅れ、10年前より開発が始まった。固体高分子膜を電解質とし、運転温度は常温~90℃、発電効率は30~35%、燃料には純水素を使用する。運転温度が低いために熱回収に問題があるが、高分子膜の大量生産が可能で、廃熱利用の少ない用途には有用である

う。一般にフリーエネルギーを電気エネルギーに変える効率は80～90%であるが、この場合40%にしかならぬ。これは、水素ガスが水素イオンとなり電解質に溶け込む時の抵抗、電極中で水素ガス—水素イオン—固体の3者間の分極抵抗、電流密度を上げる為の抵抗の増大、リフォーマー、インバーター等の効率によるものである。自動車の場合、PEFCの効率が30～40%であっても、現在のエンジン効率の倍以上あるので有用である。PEFCを一般用を使用するためには、長期使用の可能性確認、大幅なコストダウン等の必要がある。用途としては自動車用、携帯用、家庭用、小型業務用が考えられ、将来ガソリンとの競争、低温度廃熱問題の克服等解決すべき問題がある。実用化開発段階にある。

### 3) 熔融炭酸塩形燃料電池 (MCFC)

Li, Na—K系炭酸塩を電解質として使用、600℃～700℃にて運転する。炭酸塩は熔融状態で炭酸イオンがこの中を電気を運んでいる。炭酸イオンは炭酸ガスと水に分解し、炭酸ガスのリサイクル方式で、発電効率は40～50%、運転温度は高温で廃熱回収は容易である。中型、大型の工業用、電源用に向いており、実用の可能性が見え始めた。電力会社では変電設備の進歩により変圧器が小型になり、大都会周辺変電所内に空間が出来るので、送電距離の短縮と、電源の分散を考えて、10,000KwのPAFCの導入を考えたが、ガスタービン、GT—コンバインド・サイクルとの競合もあり、計画を見送っていたが、MCFCによる計画を再考すべきであろう。

### 4) 固体酸化物形燃料電池 (SOFC)

ジルコニア系セラミックスを電解質として使用、750～1000℃の高温で運転されるので、廃熱回収も容易で発電効率は40～50%が見込まれる。廃熱回収には各種の熱機関の組み込みが可能である。固体酸化物の加工により小型のFCも可能で、工業用、分散電源用、

小規模業務用、家庭用への開発が考えられ、実証試験の段階にある。

### 3. 各種発電システムの比較

電気出力と発電効率の関係より各種システムを比較する。

- \* PEFCは10Kw～40Kw位のシステムへの可能性が高い
- \* PAFCは100～数100kwのシステムが用いられよう
- \* SOFCは比較的小さな物から～数千kwのシステムが開発されよう
- \* MCFCは更に大型のシステムが開発されよう

SOFC, MCFCは廃熱温度が高いので熱機関との組み合わせにより50%以上の効率が期待できる。高効率の熱機関が開発されているが、効率50%を超えることは難しい。21世紀はSOFC, MCFCが効率50%を超えることが期待される。

4. 固体高分子燃料電池 (PEFC) の特徴  
PEFCは低温で発電可能、スタート、ストップが容易、また容積あたりの出力が大であるので、小型・軽量化が容易である。このために広い分野での利用が可能で、家庭用、携帯用、自動車用等が考えられる。家庭用には1Kwのものが考えられ、貯湯槽を設けて廃熱回収を考えている。各社の開発競争が激しい。

### 5. PEFC自動車の開発

内燃機関の2倍程度の高効率(25～30%)が期待されている。

(主な開発状況)

- \* ダイムラークライスラー: 2003年にバス、乗用車をフリート試験に提供開始
- \* トヨタ・ホンダ: 2002年乗用車のテスト販売
- \* その他GMをはじめ多数の自動車メーカーが燃料電池自動車(FCV)開発に取り組む。(FCV実用化に向けた日本の取り組み)
- \* 自動車メーカーによるFCVの開発

- \* JHFC (国の水素・FC実証) プロジェクトの推進: FCVの実証と水素ステーションの実証
- \* 政府によるFCVの率先導入: 2002年12月 政府が5台導入、2003年7月 民間で5台導入
- \* FCV導入目標 (WETI): FCV 2010年 5万台, 2020年 500万台  
業務用 (定置形) 2010年 210万kw  
2020年 1000万kw

(JHFCプロジェクト)

- \* 期間: 2002年~04年
- \* 目的: FCV普及に向けた「課題抽出」「技術データ蓄積」「啓蒙活動」
- \* FCVの実証: 自動車メーカーは乗用車、バスを提供し公道走行試験を実施
- \* 水素ステーションの実証: 東京都、神奈川県に水素供給ステーション (圧縮水素、液化水素等) を設置し運用試験を実施 (2003年度末: 10ヶ所)

## 6. わが国における燃料電池普及政策

- \* 国の取り組み  
定置用の規制・制度検討  
自動車、水素インフラの規制・制度検討
- \* 国の支援下での民間の取り組み  
国際標準化への対応 定置用: 日本電機工業会、自動車: 日本自動車工業会  
定置用の自主安全基準の策定 (日本電機工業会)  
ミレニアムプロジェクト: 固体高分子形燃料電池システム普及基盤整備事業  
固体高分子形燃料電池システム普及基盤整備事業 (02~04年度 02年度: 25億円)  
固体高分子形燃料電池システム技術開発事業  
一層の性能向上・低コスト化を図る共通の要素技術開発

## 7. 燃料電池開発の総括

- \* 民生用 50KW, 200Kwが対象となる. NTTでは交換機の技術開発により大型機が小型になり、交換機室内が空いてきた。ここに40KW位のFCを置き電力の自給を考えた。実際には廃熱バランスを考えると受電総量の20~30%を賄うのが良い。家庭用FCには1Kw位が安全であるが、小さすぎる。アメリカ・ヨーロッパでは10Kwを考えている。

- \* 自動車用 スタートダッシュに大パワーを食うが、バッテリーと組み合わせて使用するので瞬発力はバッテリーに任せ、20Kw位で良からう、自動車はスタート・ストップが前提となり、動かぬ時間が長く、サーマルショックに耐える必要あり。自動車用500万台が必要となれば、その量的効果、固定用との共用、石油不足、公害問題を併せ考えれば、将来性は大いに期待出来よう。

- \* モバイル形FC 携帯電話、パソコン用の競争相手はLi電池で、かなり高価なので少し割高でも実用の可能性あり。

- \* 大型分野では分散電源用として、MCFCの可能性が出てきた。

- \* 大型は分散電源用、小型はモバイル電源まで、用途に応じてMCFC, SOFC, PEFCの可能性あり、2010年頃までには実用の可能性がある。

- \* FC電流は直流であるが、自動車用。家庭用には直流の用途が多い。一般の電力は50~60サイクル, 100Vと決まっているが、400V、1000サイクルの用途も将来は増えると思われ、規格に囚われず、用途に応じて考えれば良からう。

- \* 家庭用自動車 (所謂マイカー) は大部分家庭に止まっている。このFCVを駐車したまま電力を発生し、電力供給を考えるのも将来の夢としてあり得る。

(常務理事 安達 勝雄 記)