

Project Theme ガス透過固体電解質を用いたクイックスタートSOFCモジュールの開発

## 未来の燃料電池市場を席巻する固体酸化物型燃料電池。

### 将来の市場を塗り替える 新たな燃料電池を開発したい。

酸化還元反応で生じる化学エネルギーを電気エネルギーに変換することで電気を作り出す。簡単に言うと、これが燃料電池の仕組みです。その種類は電解質によって大きく4つに分類されます。リン酸を活用するPAFC(リン酸型)、高分子電解質膜を用いるPEFC(固体高分子型)、炭酸リチウムなどを使うMCFC(溶解炭酸塩型)、そしてNi(ニッケル)やYSZ(イットリア安定化ジルコニア)などを用いるSOFC(固体電解質型)です。

現在、燃料電池の市場で最も有力視されているのはPEFCです。理由としては、60℃～100℃と低温で作動し、短い時間で迅速に起動できるなど実用性の高さにあります。しかし反面、低温で反応させるために高純度の水素と触媒として白金を必要とするという問題を抱えています。希少で高価な白金に代わる触媒は、現在のところ見出されていません。いずれ燃料電池自動車などでの大量生産・普及に対応していくには、資源の残存量や価格が大きな障壁となることが予想されます。

一方、私たちが開発を手掛けるSOFC(固体電解質型)燃料電池は、高価な触媒や高純度の水素を必要としません。セラミック系の比較的安価な材料で、しかもきわめてシンプルな装置で、PEFCよりも高い発電効率を実現することが可能です。しかし、こうしたPEFCにはない強みを持つ反面、解決しなければならない課題も残されています。例え

ば、作動温度が800℃～1000℃と高温となるため、大型にするとシステムを起動するのに時間がかかるのもその一つです。こうした課題を克服できれば、将来の燃料電池市場の勢力圏を塗り替えるほどの大きな成果となります。

### 多孔質の電解質セルを用いた排ガス浄化システムを 考案しました。

本研究では、ガス透過性固体電解質セルを用いることで、迅速にスタートアップし、かつコンパクトなSOFCシステムの構築を目指しています。契機になったのは、多孔質構造の固体酸化物型電解質セルを開発したことでした。ここで少し、その多孔質の電解質セルを用いた排ガス浄化システムについて話します。これまでの研究で私たちは、平板のアノード支持体の上に薄膜を重ね、その上にカソードの電極を載せて3層の薄膜を作製し、さらにそこに気孔をうがち、気体を透過させる構造を作ることになりました。

これをもとに考案したのが、ディーゼル機関の排ガス浄化システムです。多孔質構造を持つ固体酸化物型電解質セルのアノード側から排ガスを透過させ、電極間に圧力をかけると、電解質を流れる酸素イオンが強制的に移動し、アノードで煤などの粒子状物質(PM)を酸化、カソードでは窒素酸化物(NOx)を選元します。これによってアノード側で煤を捕集し、カソード側でNOxを吸蔵することができます。

検証の結果、平板セルデータからNOx排出レベルを0.395g/kmから0.033g/kmに、約91%も低減できることを確かめました。PMについても、JC08実車排ガス実験において、低減率98%を達成しています。この排ガス浄化システムをディーゼル車に活用できれば、ディーゼル車の新しい排ガス規制である「ポスト新中長期規制、努力目標」の達成にも十分貢献できるものと考えています。

今後は、平板と同じ性能を有するハニカム型の構造体を作るなど、実用化に向けた課題解決を進めていく予定です。

### 新発想で、電気反応場での燃焼反応を 熱エネルギーに用いました。

私たちは、このガス透過性固体電解質セルが、SOFCシステムの弱点であるスタートアップの遅さなどの解消にも役立つと推測しました。そのアイデアは、セルがイオン電導性を確保できる温度に保つために必要なエネルギーを、燃焼によって直接得ようというものです。

従来の気密質のセルでは燃焼極と空気極が隔離しており、燃焼反応は起こりません。しかし多孔質でガスを透過する固体電解質セルなら、空気による燃焼反応で得られる熱エネルギーを利用することができ、外部から加熱しなくても、短時間でセルがイオン電導性を確保できる温度にまで高めることができます。電気反応場において、燃焼反応を起こし、その熱エネルギーを化学エネルギーに変換する試みは、

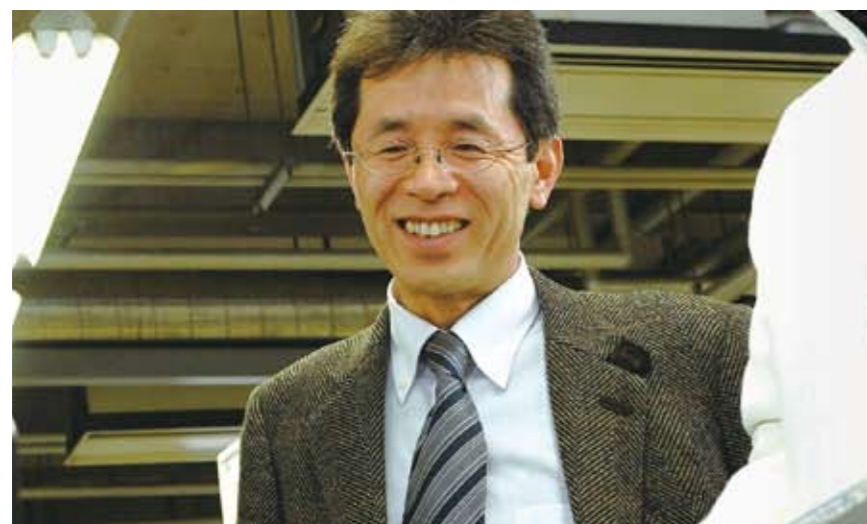
世界でも類を見ない独創的なものです。

### 実用化に向けて、 セルのモジュール化に着手します。

現在までの実験において、約600℃で発電可能なこと、さらにセルはわずか約10秒でこの作動温度に達することを確認しています。これは燃料電池として十分実用化が可能な数値といえます。

最新の成果では、Ni-YSZ、YSZなど低温動作に有利な金属電極を用いて1.5W/cm<sup>2</sup>の発電密度の世界的にもトップレベルの数値を達成しました。またエネルギー効率も、低負荷においても50%を記録し、エネルギー変換デバイスとして高いポテンシャルを有することを確認できました。これらによって、機械強度と高いイオン伝導性を両立させるセルの開発に一定の見通しをつけることができたと考えています。

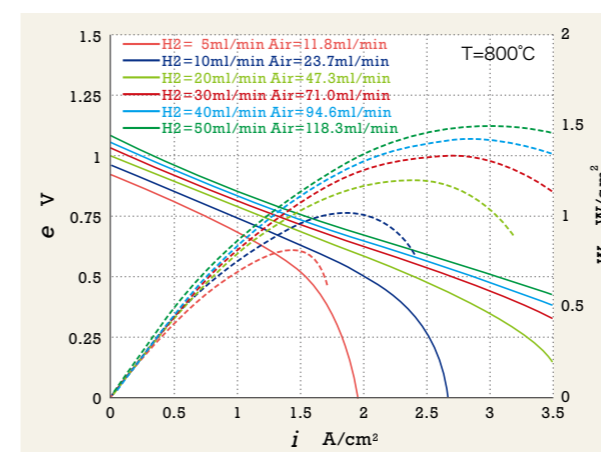
今後は、セルをモジュール化(注1)し、いよいよ商品化に近づけることが課題となっていきます。まずは、家庭用のカセットボンベを用いた数十～数百W程度の簡易電源の開発から具現化することを考えています。いずれは家庭用コージェネレーションシステムや自動車用動力装置へと応用していくことを視野に入れ、研究を進めていくつもりです。また、電気化学反応と燃焼反応の相互作用の解明と、この作用を利用した新しい環境・エネルギーデバイスの開発を目指していきます。



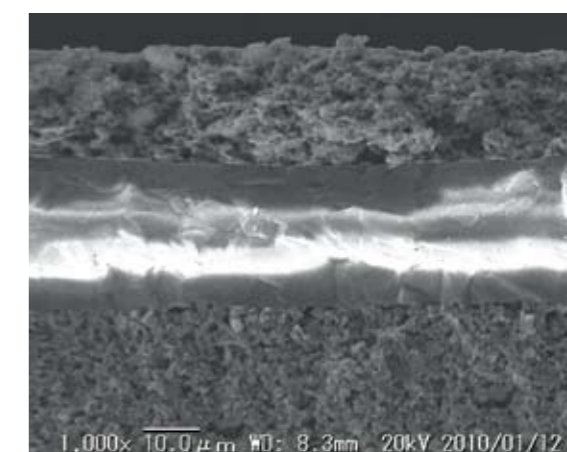
吉原福全 教授

Yoshinobu Yoshihara

クイックスタートSOFCの開発



研究室で開発した固体電解質セル



(注1) モジュール化 …製品の構成要素が機能的に独立したいくつかの構成要素群(モジュール)に集約すること

●参考文献／1 The Simultaneous Reduction of NOx and PM in Diesel Exhaust Based on the Electrochemical Reaction, SAE Technical Paper 2010-01-0306, 1-8 (2010). 2 ガス透過性固体電解質を用いたクイックスタートSOFCの開発, 燃料電池, 8-3, No. 3 115-118 (2009). 3 燃料電池セル, 燃料電池装置, これを備えた車両及び熱電供給装置, 並びに燃料電池作動方法 (特願2007-51689)  
●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス (BKC) 吉原研究室 電話:(外線) 077-561-2748 HP: <http://www.comb.ritsumei.ac.jp/combust/index.html>  
研究者プロフィール: <http://research-db.ritsumei.ac.jp/Profiles/34/0003371/profile.html>