

高効率燃料電池 (SOFC)

CO₂ 排出量削減の有効な手段として 着実に開発が進む SOFC 発電システム

地球環境への配慮からさまざまな対策が行われているなか、発電に伴うCO₂排出量を削減するための有効な対策として、燃料電池による発電が注目されている。NTT環境エネルギー研究所（以下、環境研）は、最も効率の良い固体酸化物形燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell。以下、SOFC）の発電モジュールおよびシステムを住友精密工業㈱、東邦ガス㈱と共同開発している。

CO₂排出量の削減対策として 期待される燃料電池

地球環境への意識の高まりから、発電に伴うCO₂排出量削減にも関心が集まるようになった。なかでもCO₂を排出しない太陽光発電や風力発電などは注目されており、既に実用化されて実績を積んでいる。しかし、自然エネルギーを使うこれらの発電方式では発電量が天候に大きく左右されるため、安定した電力の供給が難しいという問題がある。

一方、燃料電池は水素ガスなどの燃料ガスを必要とするものの、燃料ガスの持つ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換するため火力発電などと比較して発電効率が高く、天候に左右されずに発電できる。また、タービンなどの大型設備も不要であるため、家庭や商業施設に直接発電システムを設置して発電することが可能だ。発電所から送電する際の送電ロスが無くなることに加え、発電の際に生じる熱を利用するコージェネレーションとしても機能するため、CO₂排出量削減の有効な対策として期待されている。

ICT関係のさまざまな設備を保有

するNTTは、“Green of ICT”の観点からCO₂排出量の削減に向けた取組みを進めており、なかでも創エネ、蓄エネの有効な手段として燃料電池の利用を考えている。

高発電効率と都市ガスのインフラ に着目したSOFCの研究開発

現在、燃料電池のなかで一番発電効率が良いとされているのがSOFCである。燃料ガスとして水素ガス、灯油、バイオガス、さらに都市ガスなどの炭化水素を使用可能で、なかでも水素ガスを使用して発電した場合はCO₂を排出しないという優れた特徴がある。しかし家庭や商業施設への発電システム設置を考えると、水素ガスの場合はそれを供給するインフラの整備が必要という課題がある。

一方、低位発熱量（以下、LHV）という熱エネルギーの計算に用いられる値に換算して53%以上の発電効率を達成すると、都市ガスを燃料とした発電は商用電力よりCO₂排出量が削減できるという試算がある。SOFCの発電効率は都市ガスを燃料とした場合、発電効率が60%以上も可能と考えられているため、



NTT環境エネルギー研究所
エネルギーシステムプロジェクト
高効率燃料電池システムグループリーダー
主幹研究員 林 克也氏

既にインフラが整備されている都市ガスを燃料としたSOFCにより、CO₂排出量の削減が期待できる。環境研はこの点に着目してSOFC発電システムの研究開発を進めている。

SOFC発電システムの 共同研究開発

SOFC発電システムを構成するのはセルと呼ばれる発電素子、スタックと呼ばれるセルを重ねて接続したもの、スタックを内蔵して発電に必要な環境を維持するためのモジュール、燃料ガスの流量などを制御する制御装置や発電補助機器（以下、BOP:Balance of Plant）である（図1）。

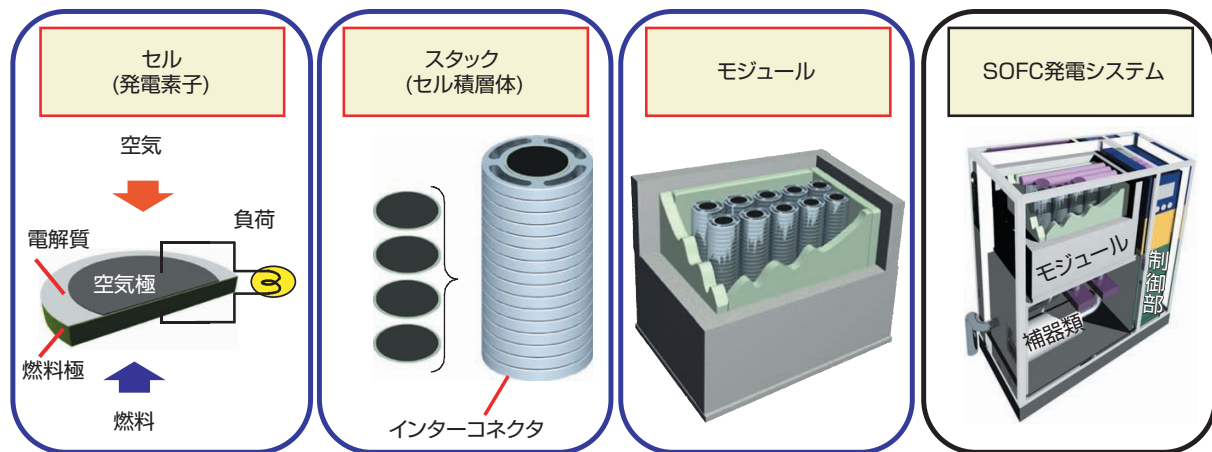


図1 SOFC発電システムの構成

環境研では特にセルとスタックの研究に力を入れており、優れた特性を持つものを開発している。さらに、それらを利用したモジュールや実用的なシステムとしての開発を住友精密工業株、東邦ガス株と共同で行っている。

「両社とも燃料電池の研究開発をされており技術力が高い。さらに燃料電池に類似の材料を使っている部分もあり、われわれの技術との整合性が高いため、共同開発を行うようになりました。」（環境研 エネルギーシステムプロジェクト 高効率燃料電池システムグループリーダー 主幹研究員 林 克也氏）

優れた空気極材料により 高性能なセル（発電素子）を実現

SOFCのセルはさまざまな形状のものが考案されているが、環境研では円盤状のセル開発に取り組んでいる。セルが大きいほど同じ電圧でより大きな電流を得ることが出来るため、2003年に直径6cmだった環境

研のセルは現在12cmと大型化されている。しかし、大きくするほどセルの製造過程で変形が起りやすいという問題もある。

「セルはセラミックスで、わかりやすく言えば陶器と同じような焼き物です。製造過程での変形を防ぐにはさまざまなノウハウが必要です。特に異種の材料を張り合わせている形態であることもあり、そちら材料の熱膨張係数を合わせる必要があります。もし熱膨張係数が大きく違うとセルが大きく反ってしまうことになります。そのため材料選定の段階からこうした点を考慮しています。また、セルにガスをきれいに引き渡らせることも重要なので、セルの大きさを単純に大きくすれば良いというものでもありません。」（林氏）

このように、性能の面からだけでなく、製造の面からもセルを構成する電解質、燃料極、空気極のそれぞれについて適切な材料を開発することが不可欠だ。

環境研では電解質にSASZ

(Al_2O_3 , Sc_2O_3 stabilized ZrO_2) という高い酸素イオン導電性を実現する物質を、燃料極にはニッケルとSASZの混合物を使用している。また、空気極の材料として開発したLNF ($\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$) は特に性能が良く、後述するインターコネクタに含有するクロムとの反応性も低いいため耐久性が高く、世界中で高い評価を受けている。

こうして開発されたセルは、運転温度 800°C という条件のもとで世界最高レベルの $1.6\text{W}/\text{cm}^2$ という出力密度を達成している。

金属インターコネクタを採用した 高効率で高い耐久性を有する スタック（セル積層体）

1枚のセルでは出力が小さく、電圧も0.8V程度であるため、実用的な出力や電圧、電流を得るためにはいわゆる普通の電池と同じように直列、または並列と、必要に応じて複数のセルを接続する。このセルを複数使用し積層したものをスタックと