

# アンモニアによる燃料電池発電

燃料電池は、一般的には水素と空気中の酸素で発電するものが用いられている。京都大学の江口浩一教授は、水素の代わりにアンモニアを燃料とする燃料電池を研究し、成果を上げている。

## 固体酸化物形燃料電池で世界最大規模の発電に成功

燃料電池には、固体高分子形(PEFC)、りん酸形(PAFC)、溶融炭酸塩形(MCFC)、固体酸化物形(SOFC)などいくつかの方式がある。このうちSOFCは、700～900度で動作する酸化セラミックスを構成材料とする燃料電池で、発電効率が高く、将来、大電力発電として活躍することが期待されている。燃料極、電解質、空気極から構成され、燃料には水素の他に天然ガスなどが用いられる。

このSOFCの燃料にアンモニアを使う研究を、江口さんらのチームが進めている。2015年7月、アンモニアを燃料としたSOFCとしては世界最大規模(200ワットクラス)の発電に成功した。

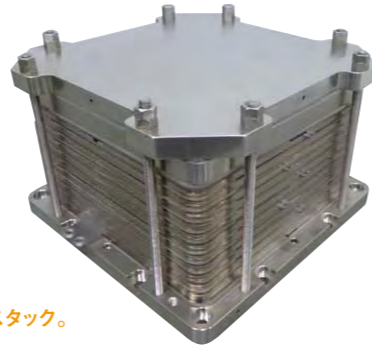
「30年間、天然ガスや水素を燃料に使用してSOFC燃料電池の研究をしてきました。アンモニアを燃料に使う小規模な実験は他にもありましたが、アンモニアをエ

ネルギーキャリアとしてとらえ、今回ほどの規模で発電する実験は初めてです」。

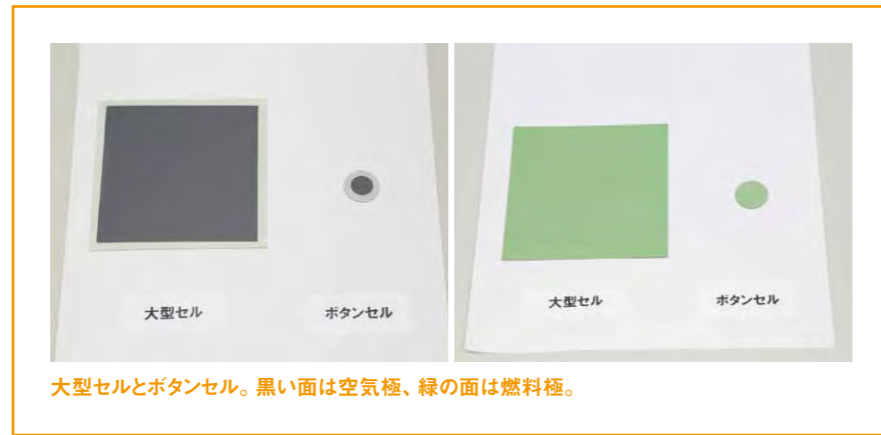
下の写真の丸いものが、江口さんらの開発したSOFCの基本単位で、ボタンセルと呼ばれる。見た目には薄いプラスチック板のようだが、ボタンセルには燃料極、電解質、空気極の3層があり、いずれの層も酸化セラミックスという材料でできている。

写真の黒い面は空気極で、ここに空気中の酸素が供給される。緑の面は燃料極で、こちらにはアンモニアなどの燃料が供給される。ただし、1個のボタンセルの出

力は1ワット程度と低い。そこで、セルの面積を拡大して電流を大きくし、セパレータと呼ばれる導電性の材料とセルとを交互に直列につないで、電圧と出力を増加させたスタックと呼ばれる燃料電池の集合体を作られた。



大型のセルをセパレータで挟んだものを10段重ねたスタック。



大型セルとボタンセル。黒い面は空気極、緑の面は燃料極。



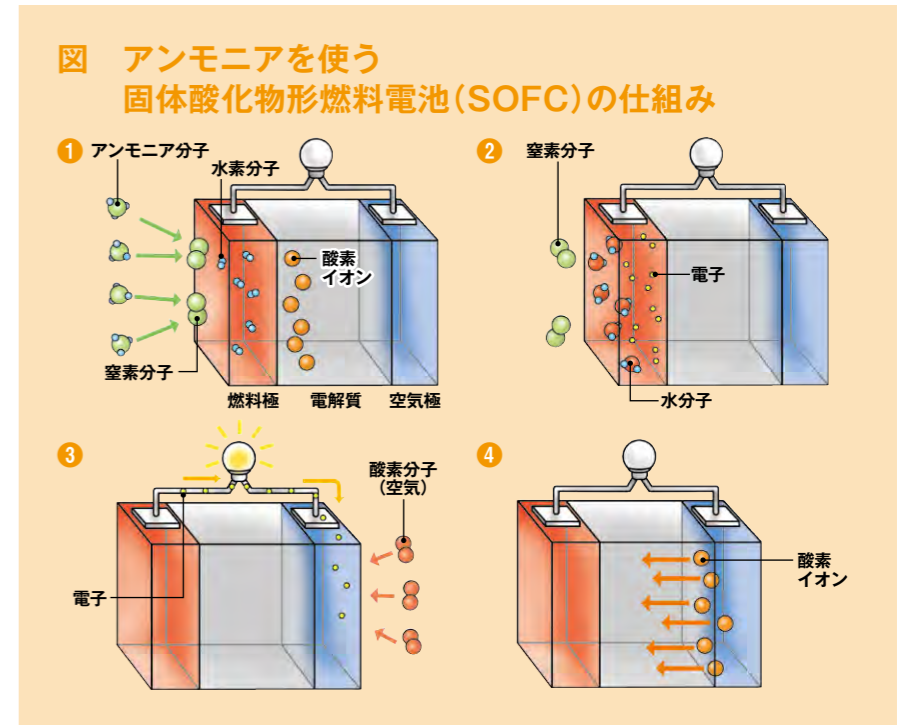
**江口 浩一** えぐち・こういち 京都大学大学院工学研究科 教授

1984年、九州大学大学院総合理工学研究科博士課程修了、工学博士。九州大学大学院総合理工学研究科教授を経て、2000年より現職。2014年よりSIP課題「エネルギーキャリア」研究開発テーマ「アンモニア燃料電池」研究責任者。

## 電流が発生するメカニズム

アンモニアを使うSOFCの発電メカニズムは、基本的には水素や天然ガスを使うものと同じだが、江口さんが開発した燃料極は、アンモニアを分解して水素分子を作る触媒の働きをしている。電力発生メカニズムは次のようなイメージになる。

- 1 燃料極に送り込まれたアンモニア分子は、水素分子と窒素分子に分かれる。
- 2 窒素分子は空气中に放出され、水素分子は電解質を移動してきた酸素イオンと結びついて水になる。そのとき、電子を放出する。
- 3 電子は回路を経由して空気極に移動する(回路に電流が流れる)。
- 4 空気極に移動した電子は、空気極に供給された酸素と結び付き、酸素イオンを作る。酸素イオンは、電解質を通過して燃料極に移動する。



## アンモニアを効率よく電気に変換する

江口さんがアンモニア燃料電池で世界最大規模の出力を達成できたポイントは、どこにあるのだろうか。

「私たちは、アンモニアの扱いづらい性質を克服してうまく発電できるように、セラミックメーカーと共同でスタックを作りました。アンモニアは腐食性があるので、触れても腐食しないガラスを原料とした封止材を、セラミックメーカーの技術を生かして開発しました。この封止材でアンモニアは漏れ出ないようにになっています。燃料電池のセルを挟み燃料や空気を電極全体に供給する、セパレータの開発に成功したことも、封止材と並ぶ大きなポイントといえるでしょう」。

この装置は、アンモニアの直流発電効率53パーセントを達成した。直流発電効率は、アンモニアが本来持っている発熱量に対して、どれだけエネルギーを電気として取り出せたかを示すものだが、53パー



ガラス封止材

セントは非常に効率のよい数値だ。

「大規模にすれば発電効率が高くなるのは普通ですが、小さい規模でこれだけ高い効率を得られる点が、この燃料電池の特長です。アンモニアが将来エネルギーキャリアとして認められたとき、一番効率の高い電気への変換方法は、この燃料電池になるでしょう」。

実用化に向けて克服しなければならない点は何だろうか。

「順調に開発が進んできましたが、より大きくして発電量を増やすには、耐久性も必要です。アンモニアという未知の燃料を使うので、装置の劣化の研究も欠かせません。これまで観察してきた数百時間で、電極に大きな劣化は起きていませんが、さらに長く経ったらどうなるか見極める試験を行っています」。

アンモニア燃料電池に実現性があることを世の中に広く紹介したいと江口さんは考えている。そのためには、ある程度大きな規模で、長く運転できる装置を作らな

ければならない。ごく限られた地域をモデル地区として運用し、実現性をアピールしたいという。「2020年のオリンピック・パラリンピックのころには小規模のものを運転したい。それが1つの目標です」。

低炭素社会の実現に向けて、燃料電池の新しい可能性を示そうとしている。



燃料電池のセル(左)とスタック(右)の模型。燃料極(赤)、電解質(白)、空気極(青)の3層を挟むセパレータ(銀)は、燃料と空気を極全体に供給する通路の役割も果たしている。これを複数重ねたものがスタック。