

簡単な実験セットで試しながら学ぶ

## 燃料電池の発電のしくみと実際

早瀬 雅彦  
Masahiko Hayase

最近、新聞やテレビなどのメディアで、この言葉が登場しない日はないというほど、一種のブームになっているのが「燃料電池」です。研究開発も非常に盛んで、最近では高校の教科書にすら登場するようになり、いよいよ一般的な言葉になりつつあります。

2002年には、トヨタ自動車や本田技研工業らにより「燃料電池自動車」が世界初の市販車として政府に納車(レンタル)され、正月の風物詩である「箱根駅伝」には、その本田技研工業製の燃料電池自動車「HONDA FCX」が、ランナーたちの先導車として東京-箱根を往復したのは記憶に新しいでしょう。また、2005年、こちらも家庭用としては世界初となる燃料電池分散発電システムが、東京ガスや新日本石油らにより販売が開始されました。

なぜ、最近になってこのように燃料電池をエネルギーに使ったものが脚光を浴びるのでしょうか。

近年の経済の急速な発達により人の生活は豊かになり、あらゆるものが電化され大変便利になってきました。しかし反面、人の生活によって消費する電気エネルギーは急速に増加しています。その主たるエネルギー源は、石炭、石油や天然ガスといった化石燃料です。

しかし、これら化石燃料は地球上に埋蔵している量に限りがあります。今のままでいけば、いずれは枯渇してしまいます。そこで太陽光や風、波といった代替エネルギーの研究が進められています。燃料電池もその一つで、燃料電池は「水素」を燃料に使います。

水素は、そのままの状態では自然界に存在しませんが、別の形(たとえば水)で多量に存在します。これをエネルギー源として活用することができれば、化石燃料に依存せずにすみ、化石燃料の枯渇を防ぐことができそうです。

また、化石燃料をエネルギーとして使う場合、まず燃料を燃やして熱エネルギーに変換し、その熱で機械を動かして機械的エネルギーに変換し、さらに発電機を動かして電気エネルギーに変換するという多大な手間をかけています。そのプロセスにおいて、化石燃料を燃やすことで大気汚染を、熱エネルギーに変換する

ことで熱損失を、さらに機械的エネルギーに変換することで機械的損失をそれぞれ生み、それが総合効率を低下させています。つまり、電気エネルギーとして取り出せる量は、もともと燃料がもっていたエネルギーの一部にすぎず、残りは汚染物質とともに全部捨ててしまっているのです。

それに対して燃料電池は、燃料を燃やすのではなく、直接化学反応させて電気エネルギーを取り出します。つまり中間プロセスが何もないので、エネルギーを取り出す効率が理論上非常に高く、また燃焼させないので汚染物質の発生もわずかで済みます。

このように注目度の高い燃料電池ですが、その原理は意外と簡単です。いうなれば「発想の転換」です。では、その原理を知るために歴史的な流れを見ていきましょう。

### 燃料電池の歴史

#### ● 燃料電池の歴史は古い

燃料電池の原理が発明されたのは、今から約160年前の1839年、イギリスのグローブ(W.Grove)卿が行ったある電池の実験が始まりとされています。オット

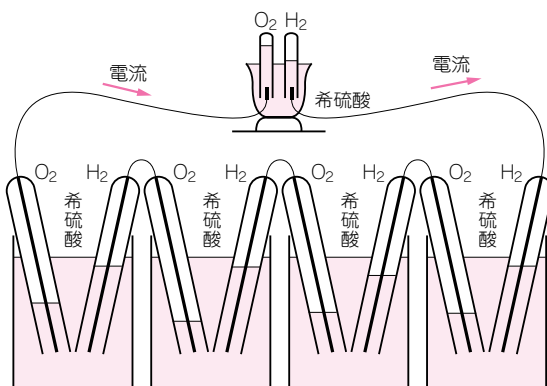


図1<sup>(10)</sup> グローブ電池の構造  
4個直列の燃料電池によって電気分解させている

ー(N.Otto)が世界ではじめてのガソリン・エンジン(内燃機関)を発明したのが1878年ですから、燃料電池はなんと内燃機関よりも歴史は古いのです。

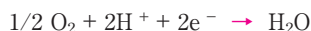
そのグローブ電池の構造を図1に示します。これに似たようなものをどこかで見たことがありませんか。そう、これは理科の実験でおなじみの「水の電気分解」の逆です。電気分解の実験では、H字形の管に液体を入れ、それに2本の電極を挿入しました。そのプラス極側とマイナス極側に電気を流してやると、それぞれ酸素と水素が発生しました [図2(a)]。

そこで、水素と酸素をどうにかして反応させると電気を取り出せるだろうという発想です。

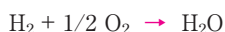
この電池を放電すると、マイナス極側では、



プラス極側では、



という反応が進み、全体として電池の中では、



という反応となり、外部回路には電気エネルギーが得られます [図2(b)]。この電池は、「グローブ電池(Grove cell)」と呼ばれ、現在の燃料電池と本質的には同じ反応をします。

しかしこの時点では、この電池は現実的に利用可能なエネルギー量を取り出せるほどのものではなく、またこれを実用化する動きも残念ながらありませんでした。

それから120年の時を経て、燃料電池は実用化へと大きく動き出します。

## ● 燃料電池実用化への道

1959年、フランシス・ベーコン(Francis Bacon)博士が、**アルカリ電解質形燃料電池(AFC)**を発明しました。この燃料電池は、翌年アポロ宇宙船に搭載すべく研究が推進されることとなり、その後宇宙開発とともに燃料電池は実用化の道をたどり始めます。

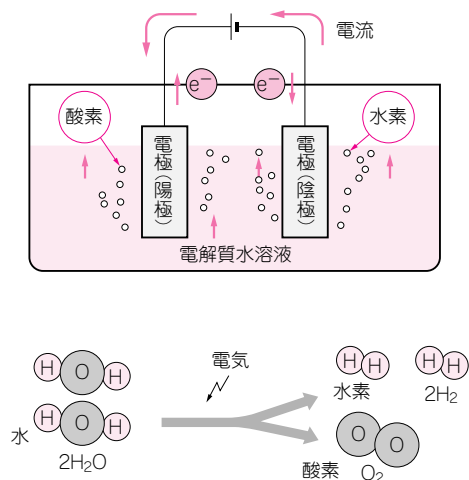
なぜでしょう？ それは、ロケットの燃料が水素と酸素だからです。ロケットの推進力と、中で消費する電力源が同じ燃料で済めば、別々に積む必要がなくて、都合がよかったわけです。

また、発電によって生じる生成物も同様です。通常の発電機を使って化石燃料を燃やすと、燃焼に伴って二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)や窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)などの物質が発生します。しかし、上で示したように燃料電池が水素と酸素を使って発電した結果生じるのはH<sub>2</sub>O、すなわち水だけです。そして、排出される水は乗組員の飲料水などとして宇宙空間で利用できます。つまり、限られた空間の中で信頼性よく長時間、高出力を得る電源として、燃料電池が最適であったわけです。

宇宙開発用途の燃料電池はその後も開発が続けられ、今日でも、スペース・シャトルの電力は燃料電池で供給されています。

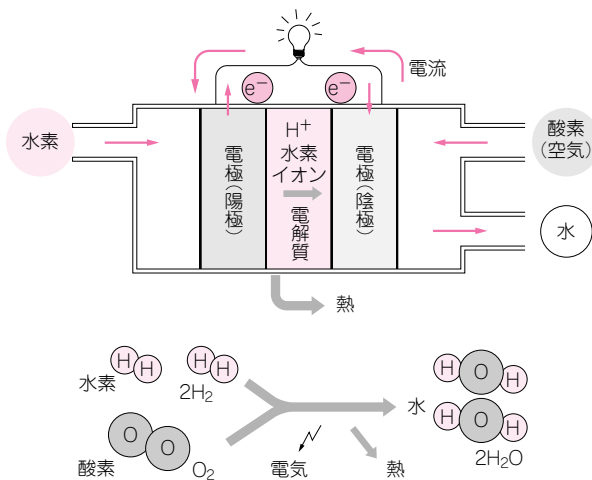
## ● 「宇宙」から「地上」へ

このように、宇宙開発に伴って燃料電池の技術開発が進んでいき、次第に省エネルギー性や環境調和性への期待から地上で使う目的で開発が進んでいきます。その主役だったのが、**リン酸電解質形燃料電池(PAFC)**です。日本でも、1970年代には石油ショックをきっかけに、このPAFCの研究が国主導の研究開



(a) 電気を流すと水素と酸素が生じる(電気分解)

図2<sup>(9)</sup> 水の電気分解の逆の操作をすると電気が生成される



(a) 水素と酸素を流すと電気が生じる(燃料電池の基本原理解)