

実験テーマ⑫

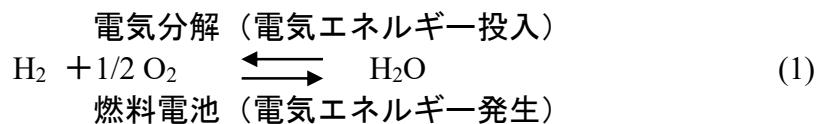
燃料電池でクリーン発電

クリーンエネルギー研究センター 内田裕之、宮武健治、野原慎士

燃料電池とは？

水に酸やアルカリを加えた電解液に2枚の電極を入れて電流を通じると、水素と酸素を2:1の割合で作れます。水素は重要な化学原料であるばかりでなく、燃やしても水になるだけですから大気汚染物質を全く放出しないクリーンエネルギー源です。

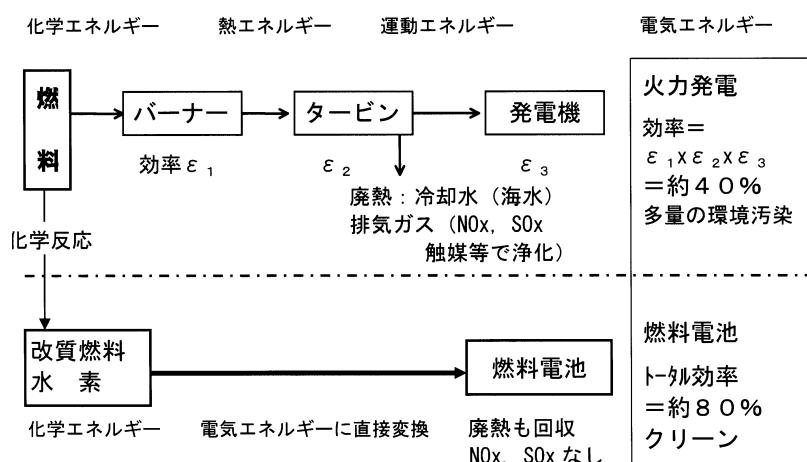
さて、水を電気分解している途中で電流を止め、2枚の電極の間の電圧を測ってみると、約1.2Vの電圧が発生します。これは、水の電解と全く逆の反応が起こり、水素と酸素の持つ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する電池ができているためです。このような電池を燃料電池と呼び、スペースシャトルなどの電源に実際に利用されています。



燃料電池はどんな電池？

普通の乾電池やボタン電池などでは電池の中に入っている化学物質が反応してしまえばもう使えません。携帯電話やノートパソコンの電池（蓄電池）は繰り返し使うためには充電しないといけません。燃料電池では水素（燃料）と酸素（酸化剤、空気中に約20%含まれている）を送り続ける限り、ずっと発電を続けることができます。

現在私たちが利用している電気は、火力、水力、原子力発電などによって作られています。水力発電はクリーンですが、建設できる場所が非常に限られており、これ以上はほとんど増やせません。火力発電は、天然ガスや石油をいったん燃やして熱エネルギーに変え、スチームあるいは高温ガスでタービンを回転させて発電機を回しています。電気を作るために途中に何段階もありますので、もともとの燃料の持っているエネルギーの約40%しか電気に

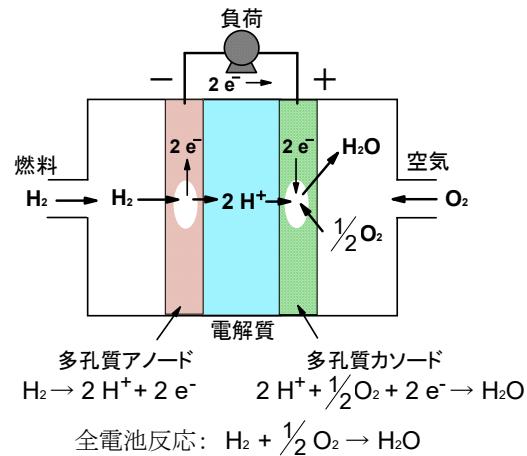


変換することができません。その上、燃料を高温で燃やしますので、大気汚染物質(二酸化炭素、窒素酸化物、イオウ酸化物)も大量に排出します。

燃料電池は熱を経由せずに一段階で電気を作るため、非常にクリーンで効率が高いのです。電池から出る廃熱を冷暖房やお湯の供給に使えるため、トータルの変換効率は約80%にもなります。その上、タービンのような回転部がないため静かで、町の真ん中にごく短期間で設置することができます。燃料電池はこのようにすばらしい特徴を持った夢の発電装置です。現在、2009年から我が国で販売が開始された家庭用燃料電池エネファーム(電気とお湯を供給)の普及が進んでおり、2015年度には累計16万台を超えました。

一方、ガソリンやディーゼル自動車の排気ガス、発ガン性の炭素微粒子による公害が深刻な問題になっています。これを解決するには無公害の電気自動車しかありません。その駆動用電源として燃料電池は最も有望です。電源として充電式の電池を使う方式もありますが、充電に時間がかかり1回の充電で走れる距離が短いのが欠点です。燃料電池自動車ですと、車に積んだ燃料(水素ガスなど)が無くなるとスタンドで補給すれば良いので、現在の交通システムにマッチしています。その上、固体高分子形燃料電池(PEFC)は非常に軽量でスタートも早いので、PEFCを積んだ電気自動車の研究開発が国内外で活発に進められています。2014年12月には、燃料電池自動車の一般販売が世界に先駆け我が国で開始されました。

当研究室では、経産省、電池制作メーカーと協力して、40年以上にわたり、燃料電池の高性能化、長寿命化のための研究開発を行い、燃料電池技術の確立に大きく貢献してきました。現在、大型国家プロジェクトにおいて、非常に画期的な設計思想に基づいたPEFCの研究を進めており、試験電池の性能は世界のトップクラスです。将来、君たちが運転する車の何割かは、きっと燃料電池自動車になっていることでしょう。



エネルギー変換方式	発電所	
	火力発電	燃料電池
エネルギー変換方式	火炎	クリーン



燃料電池自動車
(トヨタ MIRAI, <http://toyota.jp/mirai>より引用)

さあ、やってみよう

実験

1. 水の電気分解と燃料電池

- ① 電解液として 1 モル／リットルの硫酸水溶液をビーカーに入れます。
- ② 図 1 に示すように、2 枚の白金電極をセットし、水を電気分解しましょう。蓄電池のマイナスにつないだ方から水素、プラスにつないだ方から酸素が 2 : 1 の割合で発生するのが観察できるでしょう。
- ③ 電極の約 1/2 がガス中に出れば電解を止めます。2 つの電極の間の電圧をデジタルテスターで測定しましょう。どちらの電極がプラスで、何ボルト発生しているか記録しよう。

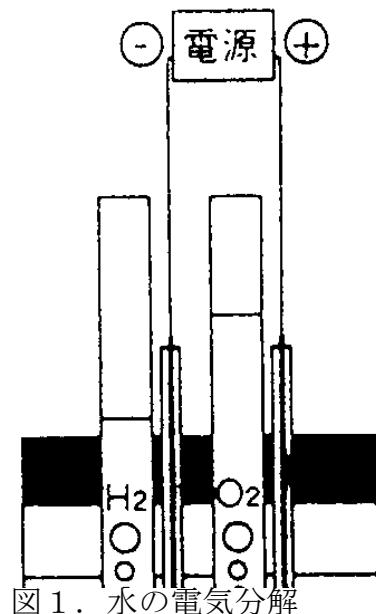


図 1. 水の電気分解

これが燃料電池のモデルです。燃料電池の反応は、電極とガスと電解液が接している部分で起こっています。この実験の燃料電池では、そのような反応面積が非常に小さいので、電流をほとんど取り出すことができません。

次に実験する小型の固体高分子形燃料電池では、ごく少量の白金の使用量で大きな電流が取り出せるように、いろいろな工夫がしてあります。

2. 小型の固体高分子形燃料電池の作成と運転

この燃料電池は、スルホン酸基 ($-\text{SO}_3\text{H}$) を有する固体高分子イオン交換膜 (厚さ = 約 0.05 mm) を電解質としています。この膜に水を含ませると、硫酸電解液の場合と全く同じように膜中を水素イオンが移動します。

- ① 白金の微細粒子がまぶしてある炭素粉末と溶媒をよく混合して、電極ペーストを作ります。
- ② カーボンペーパー (炭素繊維を多孔質薄板にしたもの) に、電極ペーストをコートします。
- ③ 2 枚の電極で、固体高分子イオン交換膜をサンドイッチして、電池を組み立てます。
- ④ 図 2 のような燃料電池の一方に、水素ガスを、他方に酸素ガスを流します。2 つの電極の間の電圧をデジタルテスターで測定しましょう。豆電球、モーター、風車などをつないで動かしてみましょう。

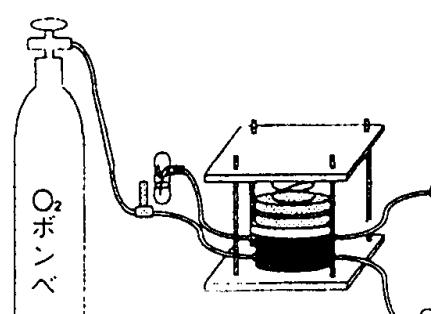


図 2. 固体高分子形燃料電池の発電実験