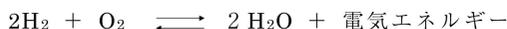


## 未来の環境およびエネルギーを考える教材の実践研究 ～燃料電池～

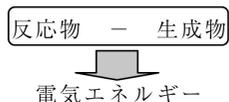
山口県立小野田工業高等学校 化学工業科 小林 孝史

### 1. はじめに

地球温暖化による環境問題やエネルギー問題は、年々大きくなり日常生活の問題となっている。昨年の原油価格の急激な高騰が、エネルギー問題から様々な経済的問題に発展したことは記憶に新しい。環境およびエネルギー問題についての対策や解決に向けたいろいろな取組が新聞をはじめマスコミで報道されるなか、未来に向けて、良好な環境を保ち、社会的・経済的活動ができる「持続可能な社会」の構築が必要であり、そのための環境やエネルギーについての基本知識・技術を持ち合わせた技能技術者の育成がこれからの工業高校の使命のひとつといえる。環境やエネルギーの学習に興味関心を持たせる題材として「燃料電池」があげられる。



乾電池



燃料電池

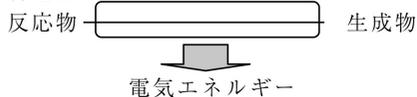


図1 電池と燃料電池の違い

### 2. 燃料電池とは

燃料電池の原理が発見されたのは、19世紀中頃、イギリスのグローブ (Grove) による実験が最初と言われ、20世紀に入り宇宙事業、自動車産業などで実用化され様々な研究がすすめられている。電池とあるために乾電池や蓄電池のように電気を貯蔵するイメージがあるが、実際は水素と酸素の化学反応により水を生成する過程で発生する電気を取り出す装置であり、化学力発電と呼ばれることもある。水に電気を流して水素と酸素を生成する「水の電気分解」の逆反応としてもよく知られている。

燃料電池が次世代のエネルギーとして期待される理由は、エネルギー変換効率が高く、排出物が水ということから、地球環境問題における炭酸ガスの排出抑制の有効な手立てのひとつであることと、現在の情報化社会をつくり、今後、ますます技術が発展、拡大するであろう携帯電話や小型PCなどの情報端末に不可欠な電源の技術と考えられているからである。

### 3. 授業における取組

燃料電池の基本的な実験として取り組んだ事例を以下に紹介する。まず、水の電気分解を行い、その逆反応によって発電を確かめる実験を行った。

身近に感じさせるために、電極に炭を使い、



図 2



図 4

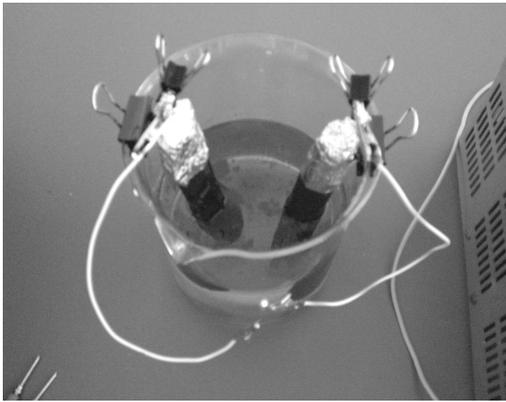


図 3

水は、水酸化ナトリウムを加えて電解質溶液とした。電気分解をするための電源は可変電圧器を用いた。実験では電極である炭の表面に気泡が観察され、水の電気分解の反応が確認できた。次に電極である炭とLEDをつなぐとLEDが点灯し発電が確認できた。(図2, 3)

次にフィルムケースに水を入れ、フィルムケースの蓋に穴をあけて鉛筆の芯を入れ電極とした燃料電池を製作した。電源は、市販のモーターを用いて製作された市販の手回し発電機を用いた。手回し発電機は、自転車の照明の電源と同じ原理であることから身近な電源としてとらえることができると考える。手回し発電機を数分間まわした後に、電極と電子メロディをつなぐと音が鳴り、発電していることが確認できた。

鉛筆の芯、フィルムケースを使った実験では、

電気分解の際の電源として、ソーラーパネルを用いた実験も行った。電極である鉛筆の芯に気泡も確認でき、その後、電子オルゴールにつなぐとメロディが鳴り発電が確認できた。

これらの実験は、水の電気分解を行うため各種電源を用いるが、そのことが蓄電器との誤解を生じさせる恐れがないか懸念する。

そのことから、水素ガスを燃料電池に直接供給する実験について行った。

まず、塩化パラジウム 1g を濃塩酸 10ml に入れ、水を加えて 100ml としたメッキ原液を調製した。メッキ液は、原液 10ml と酢酸鉛 0.1g を適量の水で溶解したものとあわせ、水で薄めて 500ml にしたものを準備した。ステンレス金網は 2 mol/l の塩酸に 15 分間浸し、酸で処理をした。直流電源で約 4V、陽極に炭素棒、陰極にステ

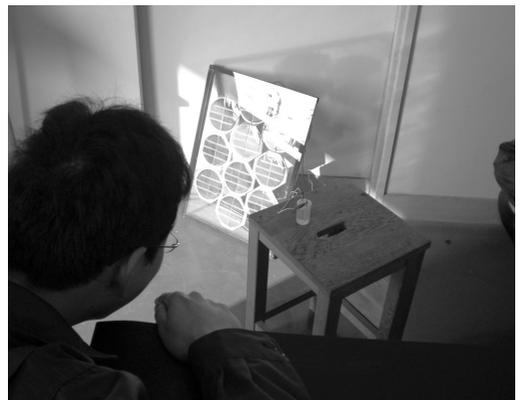


図 5

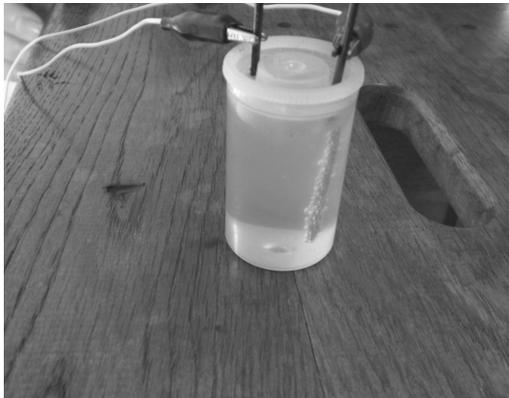


図 6

ンレス金網をつなぎ、パラジウムメッキを施した。その様子を図7に示す。

次にタッパー容器の横に穴を開け、水素ガス供給口を設けた。それから、タッパーのふたの中央部に金網をはめ込むように切り取った。それから、パラジウムメッキした金網を2枚に切り分け、準備したタッパー本体にメッキした金網1枚、その上に金網の大きさに合わせて切ったろ紙と紙製ウエスを置き、タッパーのふたをはめて押さえた。タッパーのふたの切り取った部分にもう1枚の金網をはめ込んだ。0.5mol/lのNaOH水溶液を注いで電極を十分に湿らした後に、水素ガスを供給した。発生する電圧を測定するためにテスターを接続した。(図8)

発生した電圧の経時変化を図9に示す。水素を燃料電池に送ると電圧は繰り返し上昇するこ

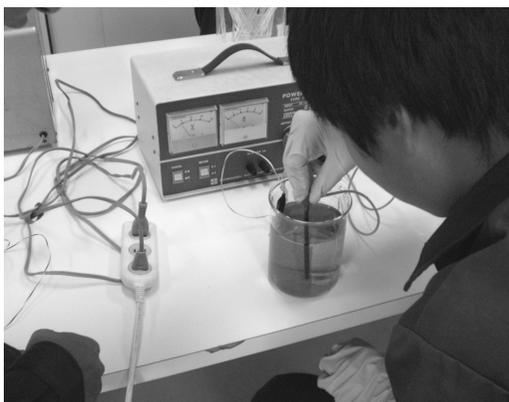


図 7



図 8

とから、製作した燃料電池が水素と酸素の化学反応により水を生成する過程で発生する電気を取り出せることが確認できた。実験では、1回目の水素を燃料電池に送り電圧が降下した後、2回目の水素を燃料電池に送り込んだ。1本の水素ポンペを連続して2回に分けて使用したため、送り込んだ量に違いが生じて発生電圧に差ができていられる。

電圧の測定は0.1Vに降下するまでの時間とし、1回目は約15分間、2回目は約20分間であった。実験を繰り返し行った中に、パラジウムメッキした金網や紙製ウエス、ろ紙の接触などの状態によるものと思われるが、燃料電池装置に水素を送り込んで発電したあと、電圧が下がりはじめ、0.15V~0.1Vの電圧を1時間半以上安定して発電した時も見られた。実験条件の変化の影響などを含めて十分に調べる必要があると思う。

また、生徒らにとって、製作した燃料電池で

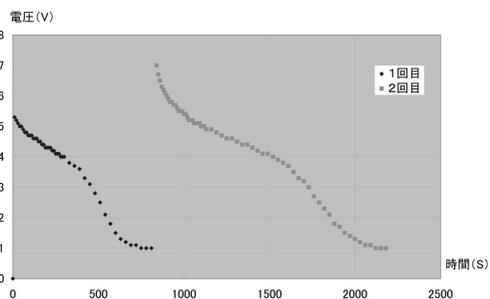


図 9 発生電圧の経時変化

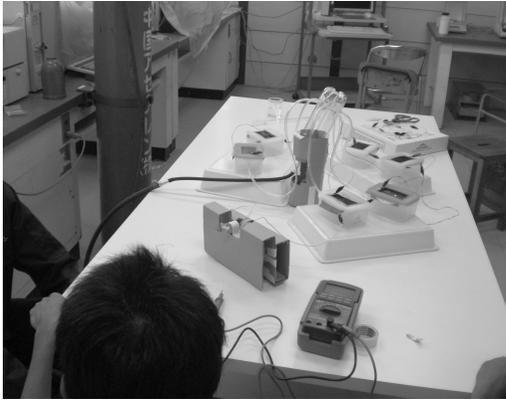


図10

モーターが回転するなどの動くことが確認できれば、一層の興味関心を持たせることができると考える。製作した燃料電池ひとつでは、動くことを確認できるものが全くない。そこで、製作した燃料電池をつなぎあわせ、モーターが動くこと、回転させることに取り組んだ。

まず、製作した燃料電池を6つ並べ、導線をつなぎ、水素ボンベ（缶）から燃料電池ひとつひとつに水素ガスを供給し、モーターに結線した。その結果、モーターがわずかの間であるが、ゆっくりと回転することが確認できた。

次に、6つの燃料電池ひとつひとつに水素ガスを供給することは、非常に手間がかかることから一度に供給できないかを考え、炭酸飲料用のペットボトル（円柱型、500ml）を使ったガス分配器を製作した。また、水素ガスの供給は、

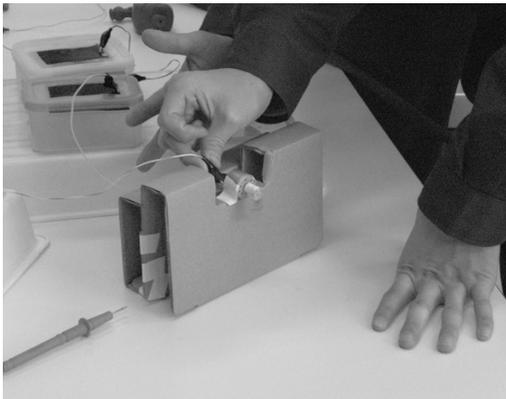


図11

種類	アルカリ型	固体高分子型	りん酸型	熔融炭酸塩型	固体酸化物型
移動イオン	OH <sup>-</sup>	H <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	O <sup>2-</sup>

表1 燃料電池の種類

容量7 m<sup>3</sup>の大型のボンベに変えて十分な量の水素ガスが供給できるようにして、モーターを回転させる実験を行った。（図10）

水素ボンベの2次圧を0.15MPaにバルブで調整し、水素ガスをしばらくの間供給した。その後、モーターを結線すると、今までにないほどの勢いでよく回転することが確認できた。そのときの電圧と電流の計測値は2.3V, 6 mAであった。（図11）

生徒一人ひとりが製作した燃料電池を導線をつなぐこと、燃料である水素ボンベのガス調整弁の使用や水素ガスをペットボトルで製作した分配器で供給することなどで、回転させるための実験作業・操作は、工業技術基礎や実習における展開で、興味関心を持たせて取り組みができる要素になると考える。

図12は市販品の燃料電池を用いた実験である。ボンベから燃料電池に水素ガスが供給されると電子メロディが鳴り、発電したことが簡単に確認できる。生徒には手づくりの燃料電池の実験後に、既製品の燃料電池で行えば、燃料電池の種類があることも理解でき、効果があると考えられる。



図12



図13

燃料である水素はポンベを使用することが便利であるが、実験とあわせて水素の製造方法について扱うことが、実験をさらに有意義にするのではないだろうか。中学校の理科で学ぶ金属と酸との反応により水素を製造させ、燃料電池に供給させる。図13に金属亜鉛と塩酸を三角フラスコで反応させて水素を発生させ燃料電池に供給した実験を示す。

この時の実験では十分な発電が得られなかったが、工業的な水素の製造方法に注目させることができる。燃料電池の実用化に向けて水素製造は大きな課題となっており、現状では、天然ガスなどの炭化水素の水蒸気改質による方法や製鉄所のコークス製造の際の精製分離がよく知られている。また、解決に向けた自然再生エネルギーを用いた工業的技術の研究が盛んに行われている。このことは、燃料電池をもとに、環境やエネルギーについて、さらに学習を深化させることができるものと考えられる。

#### 4. おわりに

「燃料電池」は中学校の理科の教科書によっては既に記載されているものもあることから、高校での環境やエネルギーの題材として基礎的・基本的な内容として扱える。工業技術基礎で取り組むこともでき、効果的ではないかと思

う。なお、基本的な実験を行い、より専門的な学習への動機付けのひとつになるような展開にすることが望ましいと考える。

取組を通して、燃料電池の実験では、水の電気分解を行い発電させる実験だけでなく、燃料である水素を燃料電池装置に送り発電させる実験が必要と実感している。実験実習として必要なことは、条件のちがいによる発生電圧の測定や経過時間による観察など実験データが測定できるという基本的操作が重要であることはまちがいない。それにくわえて、動く、光る、音が鳴るといった興味関心を持たせる両面からの教材づくりができれば、よりよいものができるのではないかと考える。現在の取組をもとに、生徒が“成功”と感じる、“納得”ができる実験の教材にしなければならない。また、これらの取組が、持続可能な社会を担う中堅技術者（スペシャリスト）の育成につながるようにしたいと考える。

この取組を行うにあたり、ご協力・ご助言を頂いた関係各位に対し厚く御礼申し上げます。

#### 5. 参考文献

- 工業技術基礎 実教出版
- 工業化学 I 実教出版
- 地球環境化学 実教出版
- 未来へひろがるサイエンス 第1分野上下 啓林館
- 平成18年度第38回東レ理科教育賞 冊子
- 化学と教育 Vol54 No.11,578 (2006)
- 化学と教育 Vol55 No.4,162 (2007)
- 基礎から学ぶ燃料電池 (大同メタル)
- 2006エネルギー環境教育フォーラム資料
- 化学と教育 Vol56 No. 3 (2006)
- 小林孝史：燃料電池の制作と授業での利用，平成19年度山口県産業教育〈会報185号〉
- 小林孝史：環境およびエネルギーを考える教材～燃料電池～，[http://www.jikkyo.co.jp/contents\\_list\\_](http://www.jikkyo.co.jp/contents_list_)
- 小林孝史：燃料電池について，創苑52号，山口県工業教育研究会