

“ぷち発明”をいかした教材としての燃料電池模型自動車

Fuel cell model car in Energy-Environment Education
From viewpoint of “petit Invention”

川村康文（東京理科大学）

Yasufumi KAWAMURA (Tokyo University of Science)

概要：エネルギー環境教育の授業を行う場合に、授業レベルにあった手軽な実験教材が少ないという指摘がある。実際に、エネルギー環境教育における実験教材には、ハイテク技術が用いられていたりするため高度な実験になる場合がある。理科授業を行う場合でも、実験教材を用いることで学習内容がより効果的に学ばれる場合があるが、エネルギー環境教育においても、適切な実験教材を用いると、学習者の学習効果が促進することが考えられる。しかし、エネルギー環境教育の授業担当者のすべてがエネルギー科学の分野の実験に習熟しているわけではないので、授業に適した実験教材の開発は重要である。この方法を推進する1つの方法論として、“ぷち発明”の方法論の利用が考えられる。本研究では、“ぷち発明”の具体的な事例としての実験教材として、身近なドリンクでできる燃料電池を紹介し、これを用いて、模型自動車を動かす実験を取り入れた授業を紹介する。

1. はじめに

エネルギー環境教育の授業を行う場合に、実験が高度で難しいという声が聞かれる。1つの理由に、エネルギー環境教育の授業担当者が、必ずしも理科実験のエキスパートでない点があげられる。専門が社会科や家庭科の場合でも手軽にできるよう実験教材を整備する必要がある。特に小学校の教師の場合、理科実験が苦手であると考えられている^{1) 2)}。そのため、より簡単に行える実験で、しかも児童・生徒に興味・関心をもって受け入れられる教材を準備する必要がある。またこの場合、児童・生徒が実際に手にとって直接体験を通して、いわゆるハンズ・オンで学べるように安価なものである必要がある。

本研究では、誰でもが手軽に行える実験としての燃料電池模型自動車の提案および、それを教材として用いての授業の実践例を提案する。

2. “ぷち発明”

まず、誰でもが手軽に行える実験の方法論について考察する。その方法論の1つに、“ぷち発明”を著者は提案する。

“ぷち発明”とは、科学者や研究者が行う大発明とは異なり、日常生活のなかのたわいもないごく身近な発明をイメージすればよい。例えば、テレビ番組等で、視聴者から発明として応募され放映されるようなものである。このようなレベルの発明は、誰にでもそのチャンスがあり、そのレベルの発明を紹介された側も、ごく自然にそれを受け入れることができ、また紹介された側が、紹介者に、発明を改良したものを返したり、紹介された側の身近な知人達のあいだでブームを巻き起こしたりする傾向がある。そのため、実験教材としては、受け入れられやすく

広まりやすい。最近の実験本のブームも、その傾向に則ったものである。

理科では、おもしろ実験として、“ぷち発明”的なものが教材として広まってきているが、エネルギー環境教育では、現在のところそのような広まりはみられてはいないので、教材を探しても豊富でないのが実態である。

そこで本研究では、“ぷち発明”的なエネルギー環境教育の実験教材の1つを紹介し、その教材を利用して授業を行うことにより、“ぷち発明”の広がりの可能性を考察する。

3. 学習教材としての燃料電池のあり方

国内で、市販されている燃料電池の学習教材は、多くが高価であるため、教卓での実験演示におわり、児童・生徒に実感やリアリティをもって学ばれたかどうか懸念される。特に、環境技術のようなものは、実際に手にとって、その技術を評価することで、将来、どのように改良が発展するのかがみえてくるといえる。そのような技術は、教師による演示をみて学習が完了するわけではない。児童・生徒の一人一人が手にとって学べるように学習環境を準備することが望ましい。そのためには、例えば、1個の燃料電池が数十円で作ることができることが望まれる。

さて最近では、大型冷蔵庫と同じくらい大きさの燃料電池が市販され、これを用いて家庭で使う電気を補っている家庭も出現してきている。また、いよいよ燃料電池自動車も誕生し、各地の環境フェアなどで展示されるようになった。このようなハイテク技術も、その原理は単純である。学習者にいきなり高度なハイテク技術を教えて難しいと思わせるのではなく、プリミティブな燃料電池から学習を始め、

環境技術への興味・関心を高めることが、将来の技術者養成につながると考える。

4. 燃料電池を学習教材として用いた授業

燃料電池を学習教材として用いた授業では、「燃料電池の原理についての学習」、「燃料電池を用いた実験教材」、「社会システムとしての電気エネルギーの学習」などがある。以下、小学校高学年から中学校に向けての授業として、燃料電池を用いた実験教材の一案を提案する。

学校教材としての燃料電池の作り方には、いろいろな方法があるが、ここではもっともプリミティブなものを紹介する。ただし、ものづくりのみに終わるのではなく、燃料電池の基本原理などを確認できるように、教材化することが重要である。

基本原理として、以下のことが、実験により確認できるように教材を準備する。

- ・水を電気分解すると、酸素と水素が発生する。逆に、酸素と水素が化合すると、水が発生し、電気エネルギーを取り出すことができる。
- ・水の電気分解に、電源器などを用いて行うのではなく、手回し発電機を工作させて、自分で作った手回し発電機で、水の電気分解をさせるようにする。
- ・発電の確認は、電子メロディーや発光ダイオードで行うばかりではなく、電気エネルギーについて、児童・生徒らが自らいろいろ創意・工夫をしながら学べるように、模型自動車を動かすことを学習課題として与える。

次に、学校の授業で実際にどのように、実施するかを述べる。

①燃料電池の製作

燃料電池を作るにあたって、用意するものは、以下のものである。

写真のフィルムケース、手回し発電機（なければ006P(9Vの乾電池)）、竹串、アルミ箔、カセットコンロ（ガスバーナー）、水や電解液（ここでは紅茶やコーヒーなどの身近なドリンクを用いる）

(1)電極の作製

図1のように、竹串を用意し、3～4cmの長さに切る。

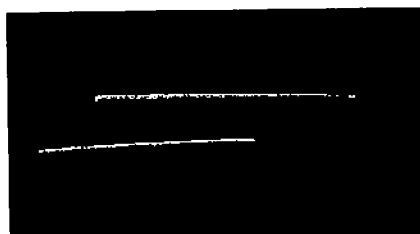


図1. 3～4 cmに切った竹串

これらの竹串を、図2の上下のようにアルミ箔でくるむ。



図2. 竹串をアルミ箔でくるむ

アルミ箔でくるんだ竹串を、図3のa, b, cの順にカセットコンロで蒸し焼きにする。竹串は、2～3分程度蒸し焼きにすると、電気伝導性をもった炭になる。このことは、できた竹炭を打ち合わせると、備長炭のようにカンカンと音がすることで確認できる。また、竹串の両端に約10Vの電圧をかけると、発熱しフィラメントとして利用できることでも確認することができる³⁾。



図3. a

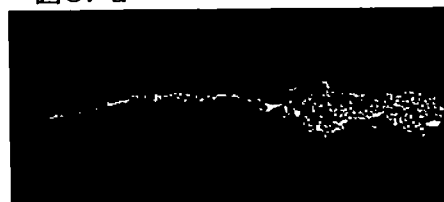


図3. b

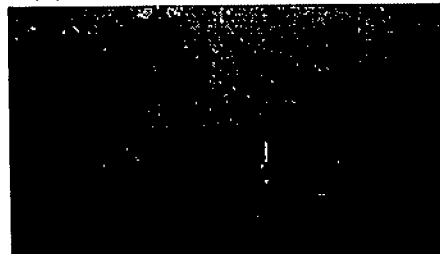


図3. c

(2) 燃料電池本体の作製

図4のように、写真のフィルムケースのふたに、穴を2つあけ、それぞれの穴に、竹串で作った炭を1本ずつさしこみ、電極とする。

なお、上記のように竹串を焼いたりしての加工が、対象の学習者の年齢などによって、難しい場合は、加工して作った電極のかわりに、4Bなどの、炭素を多く含んだ鉛筆の芯を利用してもよい。

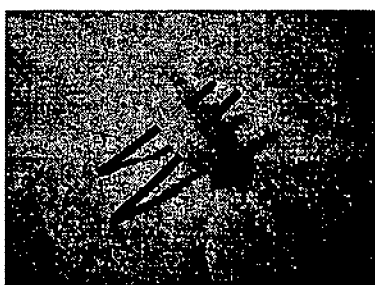


図4. 電極を2本さした状態

フィルムケースに8分目くらいまで水や電解液を入れ、フィルムケースのフタをすると完成する(図5)。

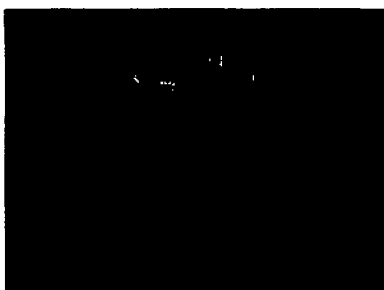


図5. 完成した燃料電池

竹串で作った炭の電極に手回し発電機をつなぎ、ハンドルを回して発電し、フィルムケース内の水を電気分解させ、水素と酸素を発生させる。手回し発電機が無い場合には、9Vの乾電池を用いて電気分解を行う。水の電気分解が起こりにくい場合には、電解質を少量くわえるとよいが、この方法で、十分に電気分解が行われ、水素と酸素が発生することが確かめられる。水素と酸素が発生すると、電極のまわりに、気体の泡がでてくるので確認できる。

なお、食塩を加えると塩素ガスが発生するので望ましくない。同じ理由で塩素イオンを含むスポーツドリンクなどもふさわしくない。

以上で、燃料電池の完成である。

② 発電確認実験

燃料電池は、水素と酸素を反応させて電気を取り出す電池である。電気分解によりできた水素と酸素を利用して発電の確認を行う。

まず、このような素朴な燃料電池では、大きな電

力を取り出すことはできない。しかし、それでもこの燃料電池1個で、電子メロディーを安定して鳴らすことができ、児童・生徒は感動する。

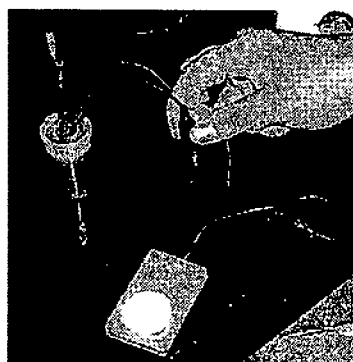


図6. 電子メロディーを鳴らしている状態

この燃料電池の場合は、小さな電力しか取り出せないで、その意味での学習上のメリットがある。市販の乾電池は、電力が大きいので、乾電池1個で発光ダイオードは簡単に点灯するが、この燃料電池1個では点灯しない。そこで、発光ダイオードを点灯するためにはどうすればよいかを学習課題として設定すると、電池の接続に関する学習に必要感が生じ、児童・生徒らの積極的な学習が始まる。

発光ダイオードは、この燃料電池を2個直列に接続すると点灯可能となる。しかし、この燃料電池を10個直列につないでも、20個直列につないでも、模型用のモーターは回転しない。電圧を測定すると、10V以上あるが、モーターはまったく作動しない。これは、児童・生徒にとって、非常に不思議な事態で、大きな不思議感を生み出すことになり、学習の必要感が高まる。このことは、かなり指導力の高い中学校理科教師にとっても解決困難な課題であった。モーターを回転させるのに、4個の燃料電池のうちの2個は並列に接続し、それを直列に2段重ねになるように接続した。つまり、2列並列、2段直列の接続にして、電圧のみでなく電流も強くなるように接続したわけである。

実はここに、1つの興味深い問題が存在する。それは、現在では乾電池が高性能になったため、電池の並列接続についての学習が必要となることが少なくなったことである。例えば、トランジスタラジオや置き時計のような身の回りにあるものは、直列接続が必要になることがあっても、並列接続が必要となることが少ないのが現状である。そのため、児童・生徒のみならず、理科教師にとっても、並列接続を教える必要感が無くなっていったために生じたことであると考えられる。

③ 燃料電池模型自動車の製作

モーターが回ることを確認した後、モーターを模

型自動車に搭載して、燃料電池模型自動車を製作する。

まず、模型自動車の車体を製作する。はがき大の厚紙に車輪が取り付けられるように、車軸受けとして下面にストローをガムテープで2本、平行に貼り付ける。竹串を車軸としてその両端に、フィルムケースのフタを利用した車輪を取り付ける。模型自動車用のタイヤがある場合は、それを用いてもよい。

厚紙の上面に、模型用モーターをガムテープで取り付け、モーターの軸と車軸とを、輪ゴムで連結する。このモーターに、燃料電池から電気エネルギーを送り、自動車を走行させる。この場合、車体の上に燃料電池を設置すると、車重が重くなり走行できなかったため、燃料電池は車体の上には搭載しない(図7参照)。



図7. 燃料電池模型自動車の走行

④燃料電池模型自動車を用いた授業

燃料電池自動車模型を用いた授業を、中学校や高校で行った。また、エネルギー環境教育情報センターが主催する教員向けセミナーなどでも行った。学校での授業では、付録に示したような学習指導案で授業を行った。中学校、高校のいずれの場合も、2時間(1時間を50分とする)の授業時間内に、学習を終えることができ、生徒のいきいきとした表情に出会えた。生徒の声のなかに、「電気の勉強かと思って難しそうだと思っていたけれど、実際にやってみて面白かった」とか「これからはエネルギーの勉強をやってみたい」というのが聞かれた。

物理分野の学習は、好まれていない傾向があるが、この実験教材を用いてのエネルギー学習は好評であった。

5. 結論

エネルギー環境教育の実験教材は、現在のところ豊富ではないが、理科の実験分野で成功した“ぶち発明”の方法を用いれば、この分野での実験教材の開発も難しくはないと考える。本研究では、“ぶち発明”の方法でのエネルギー環境教育の実験教材の事例として、身近なドリンクでできる燃料電池を利用した燃料電池模型自動車を製作し、これを用いた授業を紹介した。このタイプの燃料電池であれば、児童・生徒の各自が、個別に実験を行うことができ、電気エネルギーについて、実験を通して科学的に学ぶことが可能になる。あわせて、身の回りの材料を用いているため、帰宅後の学校外においても、この実験を継続的にを行い、電気エネルギーに関する学習を深めることができると考える。このときに、児童・生徒から“ぶち発明”の報告を受けることがある。例えば、「電極に、赤いテープを巻いておくと、その電極は、電気分解をする場合でも、発電実験を行う場合でも、プラス極として覚えておけるので便利です」などのようにである。

また、理科教員でなくても、実験材料も集めやすく、実験の方法も難しくはないので、学校の授業での指導がしやすいのではないかと考える。このような教材を用いて、児童・生徒にエネルギー環境教育を指導して頂ける方が増えることを期待する。

付 記

本研究は、科学研究費補助金(萌芽研究)課題番号17650238, 研究課題名「青少年のための科学教育啓蒙活動の効果の科学的測定」により実施した。

文 献

- 1)加藤圭司「子どもと共に本物の科学を实践する理科授業構築の必要性」理科の教育, Vol.53, No.7, p.4, 2004
- 2)麻蒔ひろみ「小学校教師の理科に対する自信度の向上に関する考察」信州大学教育学部卒論, 2006
- 3)滝川洋二「竹やうどんでフィラメントをつくる」『ガリレオ工房の身近な道具で大実験 第2集』大月書店, 1999, pp.20-23