

# 生徒の思考力を高める化学実験の工夫

## —化学変化によって電気エネルギーを取り出す授業実践—

松岡 信清<sup>\*</sup>・島田 秀昭<sup>\*\*</sup>

【要旨】 本研究では、中学校理科で取り扱うボルタ電池の実験条件について検討すると共に、設定した条件を用いて授業実践を行い、その教育効果について検討を試みた。その結果、光電池用モーターでは、銅板と亜鉛板および銅板とアルミ板の両方の組み合わせにおいて回転が確認されたのに対し、模型用モーターでは銅板と亜鉛板以外の金属板の組み合わせでは回転は確認されなかった。また、光電池用モーターでは電解質水溶液を用いた場合のみにおいて回転が確認されたのに対し、電子オルゴールでは用いたすべての水溶液においてその作動が確認された。したがって、ボルタ電池の実験には光電池用モーターが適していると考えられた。また、端子間電圧の小さい果物電池の実験には、電子オルゴールの使用が望ましいと思われた。授業実践後のアンケートの結果、教師の意図する結果が得られる実験条件を設定することが重要であり、それにより生徒が混乱することなく実験結果について容易に考察できるようになるものと推察された。

【キーワード】 ボルタ電池、実験条件、化学教材、中学校理科、授業実践

### I はじめに

中学校第3学年の理科第1分野では、化学変化によって電気エネルギーを取り出す電池の実験を取り扱う<sup>1)</sup>。教科書では、実験としてボルタ電池、果物および野菜電池、備長炭電池などが採用されている<sup>2-6)</sup>。これらの中でボルタ電池は、構造が簡単で、金属板と電解液の反応を容易に観察することができ、本単元の目標である「化学反応によって電気を取り出せることを見いださせていく」ことを学習する上で適した実験教材である。また、金属板や水溶液に視点を当て、電池になる条件を考えさせることで、科学的思考を育むことができる実験教材でもある。一方、果物電池や備長炭電池は、生活に関連した材料を用いることから、生徒が興味、関心をもって取り組める教材であり、科学展においても毎年のように小中学生から出品されている。

ボルタ電池の実験を行う場合、電気エネルギーの発生を確認する手段として、一般に電子オルゴールや各

種モーターが用いられている。中学校理科の教科書(5社)では、1社が電子オルゴール、1社が光電池用モーター、2社が電子オルゴールと光電池用モーターの両方を採用している。しかし、学校現場において実際に電池の実験を行ったとき、モーターが回転しなかったり、電子オルゴールが鳴ってはいけない条件下で鳴ってしまうなど思い通りの結果が出ないことがある。また、「モーターが回った」、「電子オルゴールが鳴った」という現象に生徒が一喜一憂するだけにとどまり、電池の仕組みに関する理解が深まらないこともある。

そこで本研究では、先ずボルタ電池の最適な実験条件の設定を行い、次に得られた結果を基に授業実践を行い、生徒の科学的思考が高められたかどうか検討した。

### II ボルタ電池の実験条件の設定

#### 1. 方法

##### 1) 種々の金属板の組み合わせによる光電池用および模型用モーターの作動状態の比較

正極に銅板、負極に亜鉛板、アルミ板または鉄板を

<sup>\*</sup>熊本県宇城市立小川中学校

<sup>\*\*</sup>熊本大学教育学部

用いて3種類の電極の組み合わせを作製した。なお、金属板は市販のものを使用した(45 x 150 mm)。金属板にデジタルマルチメーターを接続し、5%塩酸溶液300 mlの入ったビーカー(300 ml)に浸した。浸した直後のモーターの回転を確認し、1分後の端子間電圧を測定した。実験はモーターの回転が確認しやすいようにプロペラを取り付けて行った。

## 2) 種々の溶液における光電池用モーターおよび電子オルゴールの作動状態の比較

デジタルマルチメーターを接続した銅板および亜鉛板を5%食塩水、5%水酸化ナトリウム水溶液、スポーツドリンク、サイダー、精製水、5%エタノール水溶液または5%砂糖水300 mlの入ったビーカーに浸した。浸した直後の光電池用モーターまたは電子オルゴールの作動状態を確認し、1分後の端子間電圧を測定した。

## 2. 結果と考察

前報において、光電池用および模型用モーターの両方を効率良く回転させるためには、塩酸溶液は3~5%濃度のものを300 ml(300 mlビーカー)用いるのが最適であることを報告した<sup>7)</sup>。そこで今回は、5%塩酸溶液300 mlを用いて、銅板と亜鉛板以外の金属板の組み合わせによる光電池用および模型用モーターの作動状態ならびに端子間電圧について比較した(表1)。光電池用モーターでは、銅板と亜鉛板を組み合わせた場合が最も端子間電圧が大きく、モーターの安定した回転が認められた。また、銅板とアルミ板を組み合わせた場合においても回転が認められた。一方、模型用モーターでは、銅板と亜鉛板以外の組み合わせでは回転は確認されなかった。

表1 各種金属板の組み合わせによる光電池用モーターおよび模型用モーターの作動状態の比較

金属板	端子間電圧 (V)	
	光電池用モーター	模型用モーター
Cu : Zn	0.35 ± 0.00 (○)	0.23 ± 0.01 (○)
Cu : Al	0.12 ± 0.01 (△)	0.04 ± 0.00 (×)
Cu : Fe	0.04 ± 0.01 (×)	0.01 ± 0.00 (×)

○, 回った; △, 途中で止まった; ×, 回らなかった。

次に、各種溶液における光電池用モーターおよび電子オルゴールの作動状態ならびに端子間電圧について比較した(表2)。光電池用モーターの場合、食塩水や水酸化ナトリウム水溶液などの電解質水溶液では回転は認められたが、サイダーや砂糖水のような非電解質水溶液では回転は認められなかった。一方、電子オルゴールの場合、電解質溶液および非電解質水溶液のいずれにおいてもその作動が確認された。したがって、電子オルゴールは、電解質水溶液と非電解質水溶液の違いによる電気の発生の有無を調べる実験には適さないと考えられた。

表2 各種溶液における光電池用モーターおよび電子オルゴールの作動状態の比較

溶液	端子間電圧 (V)	
	光電池用モーター	電子オルゴール
食塩水	0.07 ± 0.01 (△)	0.83 ± 0.01 (○)
水酸化ナトリウム	0.31 ± 0.00 (○)	0.97 ± 0.00 (○)
スポーツドリンク	0.07 ± 0.00 (△)	0.96 ± 0.02 (○)
精製水	0.00 ± 0.00 (×)	0.50 ± 0.00 (△)
エタノール	0.00 ± 0.00 (×)	0.56 ± 0.01 (△)
砂糖水	0.00 ± 0.00 (×)	0.78 ± 0.00 (○)

○, 回った(鳴った); △, 途中で止まった(微かに鳴った); ×, 回らなかった(鳴らなかった)。

以上の結果から、「金属板の組み合わせによる電気発生の違い」ならびに「電解質および非電解質水溶液による電気発生の違い」について生徒に正しく理解させる実験には光電池用モーターが適しており、また端子間電圧の小さい果物電池の実験には電子オルゴールの使用が適していると考えられた。

## III 授業実践

### 1. 方法

平成19年10月、熊本県の公立中学校において3年生の2クラス(男子42名、女子24名、計66名)を対象に「化学変化と電気エネルギーの関係を調べよう」の授業を行った。授業内容を表3に示す。授業は2時間を2日間に分けて行い、最初の1時間はボルタ電池の仕組みについて(金属板と水溶液の違いによる電気の発生の違いについて)、次の1時間は生徒に果物電池と

備長炭電池のどちらか一方を選択させ、端子間電圧を大きくする方法を探究する授業を実施した。

実験は1グループ4～5人で行った。授業の成果を評価するために、授業の前後でアンケート調査を実施すると共に、市販のテストを用いて生徒の理解度を調べた。

表3 授業内容

時	学習内容
1	課題「電池を作る条件をみつけよう」 ①ボルタ電池の演示実験 ②実験1 金属板の組み合わせの違いによる電気発生の違い ・実験計画 ・実験 ・まとめ ③実験2 水溶液の違いによる電気発生の違い ・実験計画 ・実験 ・まとめ
2	課題「果物（備長炭）電池を作って、より多くの電気エネルギーを取り出そう」 ①果物（備長炭）電池の演示実験 ②実験1 果物（備長炭）電池の作成 ③実験2 より多くの電気エネルギーを取り出す ・実験計画 ・実験 ・まとめ ④燃料電池の演示実験

## 2. 授業の展開

### 1) ボルタ電池（1日目）

演示実験では、実験前に生徒に電池の部分を隠してモーターの部分だけを見せ、「隠れている部分には何があると思いますか？」という問いかけをした。これは実験装置が電池になっていることを生徒に印象づけるためである。次にボルタ電池の仕組みについて簡単な説明を行った後、各グループに分かれて2つの実験を

行わせた。

最初の実験として、金属板の組み合わせの違いによる電気の発生の違いについて、光電池用モーターを用いて実験を行わせた。各グループには、銅板（2枚）、アルミ板（1枚）、亜鉛板（2枚）の3種類の金属板を配布し、それぞれのグループで金属板の組み合わせを考えさせてから実験を行わせた。実験終了後、結果をワークシートにまとめさせ、その後演示実験において、アルミ板と亜鉛板の組み合わせではモーターは回らないが、電圧計の針が振れることを生徒に示し、違う種類の金属板を用いると電池になることを確認させた。

次に、溶液の違いによる電気の発生の違いについて、金属板としては銅板と亜鉛板、電気発生の指標には光電池用モーターを用いて実験を行わせた。溶液は、5%食塩水、5%水酸化ナトリウム水溶液、スポーツドリンク、精製水、5%エタノール水溶液および5%砂糖水の6種類を準備した。生徒はスポーツドリンクでプロペラが勢いよく回るのを見て驚いている様子であった。実験終了後、結果をワークシートにまとめさせ、その後演示実験において、プロペラが回る水溶液は電気を通す水溶液であることを確認し、本時のまとめをして授業を終了した。

### 2) 果物電池および備長炭電池（2日目）

生徒に果物電池と備長炭電池のどちらか一方の実験を選択させたところ、圧倒的に果物電池が多く、備長炭電池を選択したのは、2クラス合わせて16グループのうち3グループのみであった。実験で使用する果物は、1日目の授業終了時に生徒に自由に持って来るよう指示をした。生徒が持参した果物は、地域性と時期から柿が最も多く、その他みかんやなしを準備したグループもあった。

備長炭電池は、10%食塩水を含ませたキッチンペーパーを、あらかじめ10%食塩水に浸しておいた10～25cmの備長炭に巻き、その上からさらにアルミホイルを巻いて作らせた。なお、備長炭電池の端子間電圧は大きいので、実験には模型用モーターを使用した。

果物電池および備長炭電池のどちらの実験もまず、生徒に自由に電池を作らせ、電子オルゴールやモーターの作動を確認させた。その後、「より多くの電気エネルギーを取り出そう」という課題を提示し、実験計画を立てさせた。果物電池のグループからは、「金属板の

間隔を狭くする」,「金属板をもっと深くさす」,「金属板を大きいものに変える」などの意見が出され,備長炭電池のグループからは,「アルミホイルをもっと密着させて巻く」,「備長炭を長いものにする」,「電池を何個かつくって直列につなぐ」などの意見が出された。その後,出された意見を基に各グループで自由に実験を行わせたところ,生徒は自分たちが考えた方法について意欲的に実験に取り組む様子が見られた。

最後に燃料電池の演示実験を行い,本時のまとめをして授業を終了した。

3. 結果と考察

授業前に行ったアンケートでは,「理科は好きですか?」という問いに対して「好き」または「どちらか」というと好き」と答えた生徒は全体の 45 %であった(図 1)。

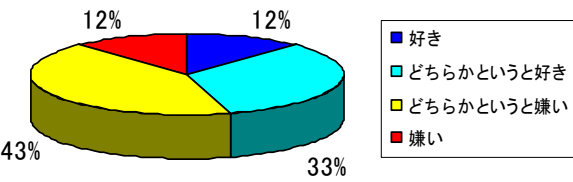


図1 理科の好き嫌い

しかし,授業後に行ったアンケートでは,「今回の授業は楽しかったですか?」という問いに対して「とても楽しかった」または「楽しかった」と答えた生徒は 97 %であり,日頃理科を嫌いと思っている生徒も今回の授業については興味,関心,意欲をもって取り組むことができたものと推察された(図 2)。

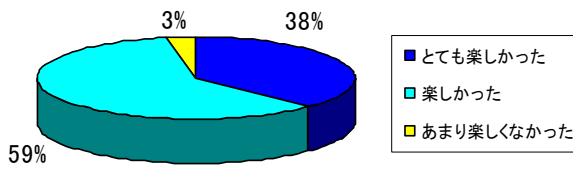


図2 今回の授業の楽しさ  
「楽しなかった」という回答は0

楽しかった理由について聞いたところ,「実験ができたから」,「実験が楽しかったから」という意見が最も多く,実験を行ったことで楽しいと感じた生徒が大半を占めた。また,「実験でいろいろなことがわかったから」,「驚くことが多かったから」,「自分で考えて行った実験だったから」,などの意見が出された(表 4)。

表 4 楽しかった理由

<ul style="list-style-type: none"><li>・ 実験の内容がよかった</li><li>・ 実験でいろいろなことがわかったから</li><li>・ どうやったら電流が流れるか考えたから</li><li>・ 驚くことが多かったから</li><li>・ 実験がとても楽しく面白かったから</li><li>・ 実験が好きだから</li><li>・ わかりやすかったから</li><li>・ 実験があったから</li><li>・ 班で話し合って実験できたし,いつもの実験とは違う感じだったから</li><li>・ 実験をすることによって,意欲と関心がもてた</li><li>・ 果物でも電流が流れることがわかったから</li><li>・ 実験をしながら電池の仕組みを理解していったから</li><li>・ 自分で考えて行った実験だったから</li></ul>
--

次に,「今回のような授業を毎時間すると理科が好きになると思いますか?」という問いに対しては,授業前に行ったアンケートで理科が「嫌い」,「どちらか」というと嫌い」と答えた生徒のうち 86 %が「思う」と回答した(図 3)。また,「今回の授業は,『考える力』が身につく授業だったと思いますか?」という問いに対しては,全体の 95 %の生徒から肯定的な回答を得ることができた(図 4)。

その理由としては,「実験結果を予想して行ったから」,「自分たちで実験を進めて結果を導き出していったから」,「班で話し合って実験方法を工夫したから」,「実験の結果からわかることを自分たちで考えたから」などの意見が出された(表 5)。

したがって,生徒が自ら積極的に実験に取り組み,得られた結果について生徒が中心となって考えることができるように指導することが重要であると考えられた。

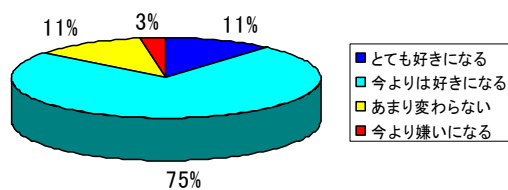


図3 今後理科を好きになると思うか  
授業前のアンケートで理科が「嫌い」、「どちらかという嫌い」と答えた生徒が対象

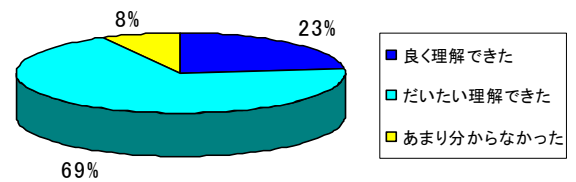


図5 授業の理解度  
「分らなかった」という回答は0

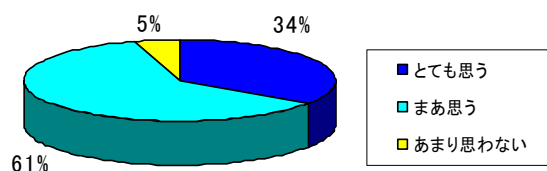


図4 今後理科を好きになると思うか  
「思わない」という回答は0

表5 考える力が身につく授業だったと思う理由

- ・実験結果を予想して行ったから
- ・どうすればより多くの電流が流れるかを考えから
- ・実際に実験して、「なるほど」と思うことがたくさんあったから
- ・自分たちで実験を進めて結果を導き出したから
- ・班で話し合って実験方法を工夫したから
- ・班で考えたからいろんな意見が聞けた
- ・実験をして結果をまとめたから
- ・実験でなぜそうなったのか気になるから
- ・実験の結果からわかることを自分たちで考えたから

さらに、「電池の学習内容は理解できましたか？」という問いに対しては、92 %の生徒が「理解できた」と回答した (図5)。

そこで後日、本単元の理解度を客観的に調べるためにテストを行った。テストは市販のものを使用し、語句を答える問題4問、文章記述問題2問の合計6問で行った。その結果、平均正答率は技能表現領域で86%, 知識理解領域で79%であり、まずまずの成果が得られた。

#### IV おわりに

今回の授業実践の結果から、教師の意図する結果がきちんと得られるような実験条件を設定することが重要であり、それにより生徒が混乱することなく得られた結果について容易に考察できるようになるものと考えられた。また、今回のボルタ電池の実験のように、実験を一つずつ区切りながら進めていくことで、生徒の思考が確実に身につけていったことが、アンケート結果からも推察された。さらに、実験材料として身近なものをを用いることにより、生徒の実験に対する意欲、関心が一層高まり、これが「授業が楽しかった」、「理科が好きになった」結果へつながったものと考えられた。

#### 参考文献

- 1) 文部省：「中学校学習指導要領（平成10年12月）解説一理科編一」，pp. 45-48, 1999, 大日本図書.
- 2) 戸田盛和他：「新版中学校理科1分野下」，pp. 95-97, 2007, 大日本図書.
- 3) 竹内敬人他：「未来へひろがるサイエンス第1分野下」，pp. 86-89, 2007, 啓林館.

- 4) 三浦登他:「新編新しい科学 1 分野下」, pp. 82-85, 2007, 東京書籍.
- 5) 細谷治夫他:「理科 1 分野下～実験から自然のしくみを見つける～」, pp. 88-91, 2007, 教育出版.
- 6) 日高敏隆他:「中学校科学 1 分野下物質とエネルギー編」, pp. 76-79, 2007, 学校図書.
- 7) 島田秀昭・松岡信清:「中学校理科における実験教材としてのボルタ電池に関する研究－適切な起電力を得るための実験条件－」, 熊本大学教育学部紀要, 自然科学, 56, 43-46, 2007.

### 付記

本稿は、熊本大学教育実践研究（第 26 号，2009）に掲載された論文を査読を経て修正したものである。

# Ideas of Chemical Experiment for Developing the Student's Thought -Practice in the Generation of Electricity by Chemical Reaction-

Nobukiyo MATSUOKA<sup>1</sup>, Hideaki SHIMADA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ogawa Lower Secondary School, <sup>2</sup>Faculty of Education, Kumamoto University

## **Abstract**

The Voltaic cell is used as a teaching material in lower secondary school. In the present study, we examined the experimental conditions for Voltaic cell and then investigated the educational effects of the practice using the cells. At first, we compared an operation of two kinds of motors, one is a photoelectric motor and one is an electric motor, in the combination of three kinds of electrodes. In the case of a photoelectric motor, the operation was observed not only in the combination of copper and zinc but also in the combination of copper and aluminum. In the case of an electric motor, however, the operation was only observed in the combination of copper and zinc. The effects of several electrolytes and non-electrolytes on the operation of a photoelectric motor and an electronic music box were also examined. In the case of a photoelectric motor, the operation was observed only in the electrolytes. However, in the case of an electronic music box, the operation was observed in both the electrolytes and non-electrolytes. From these results, it can be concluded that a photoelectric motor is suitable for the practice of Voltaic cell and that an electronic music box is suitable for the practice of fruit battery because of its high sensitivity. The results of questionnaires indicated that setting the experimental conditions to obtain the results what teacher intended is important for students to understand the contents without being confused.