

理 科

小学校第6学年「電気の利用」における教材の改善と開発

—子どもが実験をより確実にを行い、さらに理解を深めるために—

三 田 幸 司

1 問題の所在と研究の目的

平成20年に改訂された小学校学習指導要領解説理科編¹⁾では、「A 物質・エネルギー」の内容区分において「エネルギー」、「粒子」といった科学の基本的な見方や概念を柱とした内容の系統性が図られており、「エネルギー」については、さらに「エネルギーの見方」、「エネルギーの変換と保存」、「エネルギー資源の有効利用」の3つに分類されている。平成10年に改訂された小学校学習指導要領解説理科編²⁾における「B 物質とエネルギー」の内容区分では、それらの分類が明示されていなかったことからすれば、今後、小学校理科教育においてエネルギーについての学習を一層充実させることが求められていると考えられる。

平成20年改訂の小学校学習指導要領解説理科編における「エネルギー」を柱とした内容の構成の項³⁾では、第6学年に「電気の利用」の単元が新設されている。この単元の授業において教科書に記載されている内容を扱ってみたところ、子どもが実験をより確実に行えるようにしたり、理解をさらに深められるようにしたりするうえで、現場の教師に教材の工夫が求められると考えられる点はいくつか明らかになった。以下、5社の教科書⁴⁾に記載されている内容をもとに、その例を述べる。

○ 模型用モーターによる発電について

5社のうち4社の教科書では、テープを巻きつけた割り箸や糸によって模型用モーターの回転軸を回すと、モーターにつないだ豆電球が点灯するという内容が、写真や図を加えて記載されていた。ところが、これらの実験を子どもに行わせてみる

と、テープを巻きつけた割り箸を用いた場合では、回転軸をうまく回すことができないために、豆電球が点灯しないことがあった。また、糸を用いた場合では、回転軸に糸を固定しにくかったり、糸を回転軸に巻きつけることが難しかったりするために、豆電球を点灯させることが難しいことがあった。

○ 模型用モーターと手回し発電機について

先の4社のうち2社の教科書では、教材用として市販されている手回し発電機の中に、模型用モーターによる発電実験で用いた物と同じモーターが入っていると記述されている。しかし、模型用モーターを用いた発電実験について教科書に写真や図で示されているモーターと、手回し発電機の写真や図にモーターとして示されている物では、外観的な形状が異なっている点があるため、両者が同じモーターであると理解することが難しい子どもがいることが分かった。

○ 風力発電実験について

我々が生活の中で利用している電気の発電法に関して、火力発電や水力発電、太陽光発電については5社ともに教科書で扱っており、それらのうち3社の教科書では、風力発電の実験装置を作って試してみる内容が記載されている。この内容は、理科での学びと実生活を結びつけるうえで重要な実験の一つであると考えられる。しかし、先の3社の教科書で紹介されている実験では光電池用モーターや発電用モーターが使用されており、これらのモーターは模型用モーターと比較して高価であることから、1クラスあたりの児童数が多い場合は、子ども一人ひとりやグループごとに製作・実験させることに難しさがあると考えられる。

○ エネルギー変換について

LED や豆電球，電子オルゴール，模型用モーターを手回し発電機につないでハンドルを回す実験から，電気が光や音，運動に変換されることを学ぶ内容がある。しかし，子どもによっては，手回し発電機を回すと「LED や豆電球が光った」，「電子オルゴールが鳴った」，「モーターが回った」という現象をとらえることにとどまり，電気が光や音，運動に変換されたという考えをもつことが難しいことが分かった。

「電気の利用」の単元は，エネルギーについての学習を一層充実させるうえで大きな役割を担って新設されたと考えられる。しかし，新設されたばかりであるために，授業実践における課題の解決法を検討した報告はまだ少ない。よって本研究では，先に述べた工夫の必要がある点について，できる限り現場の教師が入手しやすい素材を用いて教材の改善法を検討するとともに，新たな教材を開発することを目的とする。

2 教材の改善法の検討と開発

(1) 模型用モーターによる発電について

テープを巻きつけた割り箸を用いた実験時における問題点の主な原因としては，モーターの回転軸の短さと発電量の少なさが考えられることから，模型用モーターの種類を検討した。なお，以下の検討においては，マブチモーター社の Web ページに模型・工作向けモーターとして挙げられている4種類のモデルを採り上げた⁵⁾。先に挙げた4社の教科書に記載されている写真や絵から，用いられているモーターは FA130-RA 型であると考えられる。このモデルは本体がほぼ箱型であり，実験時，机の上に置いても転がり難いことが選択された要因の一つであると推察した。

まず，FA130-RA 型と他のモデルのモーターの回転軸の長さを比較したところ，表1に挙げた4つのモデルの中では RE-280RA 型が最も長いことが分かった。このモデルは本体が円筒形であるが，平面にモーターを固定するためのモーター

ベースが付属したセットを購入すれば，机の上に置いた際の転がりは防ぐことができると考えられる。

表1 各モーターの回転軸の長さ

モデル	長さ(cm)
FA-130RA	9.4 ⁶⁾
RE-140RA	10.0 ⁷⁾
RE-260RA	8.6 ⁸⁾
RE-280RA	12.0 ⁹⁾

次に，FA130-RA 型と RE-280RA 型の発電量を比較した。測定にあたっては，図1のように，左側のモーター（RE-280RA 型）で発生させた回転を，金属製のスプリングジョイントを介して測定対象となる右側のモーターに伝える装置を用いた。なお，左側のモーターには充電式ニッケル水素電池（SANYO HR-1UTG，満充電）2本を直列に接続した。また，測定対象となる右側のモーターには豆電球（2.2V，0.11A）を接続して回路を作り，この回路の電圧と電流をデジタル式テスターで測定した。

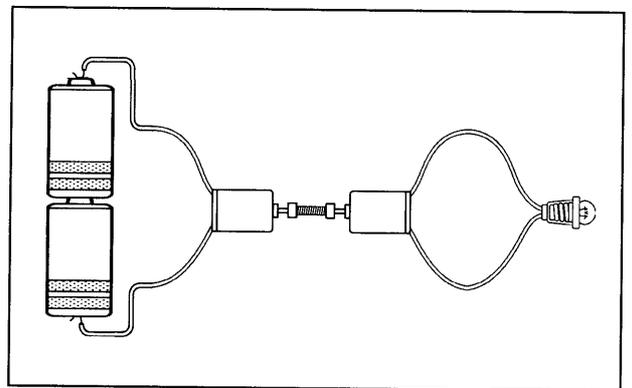


図1 発電量の測定に用いた装置

測定の結果，発電量は表2のとおり RE-280RA 型の方が多いことが分かった。

表2 回路の電圧と電流

モデル	電圧(V)	電流(mA)
FA-130RA	約 1.1	約 76
RE-280RA	約 2.0	約 106

(回転開始から 20 秒後の値)

モーターの回転軸の長さや発電量から、模型用モーターによる発電実験には RE-280RA 型が適していると判断した。授業において子どもに試させてみたところ、テープを巻きつけた割り箸などを使う実験では、FA130-RA 型を用いた場合は豆電球を点灯させることができなかつた子どもがクラスの半数以上いたが、RE-280RA 型では全員点灯させることができていた。また、テープを巻きつけた割り箸などを回転軸にあてて、鋸のように前後に動かして豆電球を点灯させた子どもがいた。その他、回転軸が滑ってしまうことを改善するために、魚釣で用いる浮き用のゴム管を回転軸に付ける方法も試させてみたが、回転軸の半径が長くなるためか、子どもに尋ねたところ、付けない方が点灯させやすいと半数近くが回答した。

一方、糸によって模型用モーターの回転軸を回す実験の問題点については、糸を回転軸に固定したり巻きつけたりすることを容易にするために、先に紹介したセットにモーターベースとともに付属しているプーリーを用いることが考えられる。



図2 プーリーを装着したモーター

授業において、図2に示した物と長さ30cmの細めの糸を子どもに渡して試させてみたところ、予め糸をプーリーに固定しておかなくても、子どもはプーリーに糸を巻きつけて豆電球を点灯させることができていた。また、このプーリーは二段式であるが、どちらの段に糸を巻きつけても豆電球を点灯させることができることが分かった。なお、糸については、5cm程度に切った割り箸の中央に片方の端を結び付けておき、割り箸を手

持たせることで安全に実験できるようになる。

(2) 模型用モーターと手回し発電機について

ここでは、本校で用いている手回し発電機 (NaRiKa B10-2634, B10-2632) について検討する。これらの手回し発電機内にある発電機の形状とサイズは、図3のとおり、前項で採り上げた模型用モーターRE-280RA型とほぼ同じであった。このことからすれば、本単元において用いる模型用モーターをRE-280RA型にすることで、手回し発電機の中にある発電機がモーターであることを理解できるようになる子どもが増加すると考えられる。

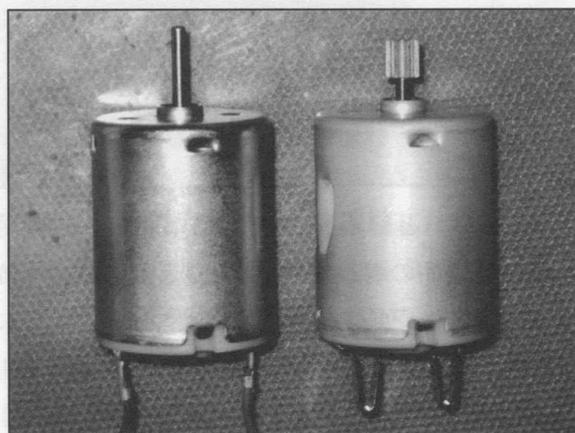


図3 模型用モーター(左)と発電機(右)

また、歯数8枚のピニオンギヤが入手できれば、手回し発電機の中にある発電機をRE-280RA型の模型用モーターと取り換えて利用することができることも分かった。この場合、RE-280RA型の回転軸は元の物より長く、手回し発電機内のスペースに納まらないため、2mm程ペンチなどで切ってからピニオンギヤを付ける必要がある。なお、手回し発電機内の発電機に付いている金属製のピニオンギヤは回転軸から外すことが難しく、無理に外そうとすると発電機を傷めてしまうことがあるので注意が必要である。

図3のとおり、手回し発電機の中にある発電機とRE-280RA型では、金属のカバーの色艶や電極部分の形状が若干異なっているためか、模型用モーターと取り換えた手回し発電機を子どもに提示したところ、元の手回し発電機と同じ働きをす

るかどうか確認するよう求める声が上がった。このことから、手回し発電機内にある物は模型用モーターと同じであることを、教科書の文字や教師の言葉で示すことに加えて、模型用モーターに取り換えた手回し発電機でも同様に発電機となることを実際に示すことで、子どもの理解が深まると考えられる。

(3) 風力発電実験について

光電池用モーターや発電用モーターの代用品として、それらよりも安価な模型用モーターを用いて風力発電実験を行う方法を検討する。模型用モーターは、表2をもとに RE-280RA 型を用いることにした。また、模型用モーターには市販の教材用プロペラ (ArTeC 093457) を取り付け、風は家庭用の小型扇風機によって得た。

まず、模型用モーターに低電圧 LED (1.5V 用、発光色赤) をつないで風を当てたが、LED は点灯しなかった。ところが、配線に用いていた長さ 30cm の既製品の導線が偶然 LED と並列につながれた際、LED が点灯した。これは、滝川洋二氏による実験装置¹⁰⁾と同様の仕組みであると推察した。しかし、長さ 30cm もの導線をつないだり、一見ショート回路に見えたりする状態では、子どもがそれらの状態に疑問をもってしまうことが考えられる。そこで、できるかぎり導線を短くして目立たない位置に取り付けるために、LED の両端子の根元を長さ 3mm の導線で接続したり、模型用モーターの両端子の根元を長さ 2cm の導線で接続したりしてみたが、LED は点灯しなかった。また、長さ 30cm の導線の微小な電気抵抗に着目して、代わりに 0.3Ω の抵抗器を接続した図4の回路を試したが、LED は点灯しなかった。

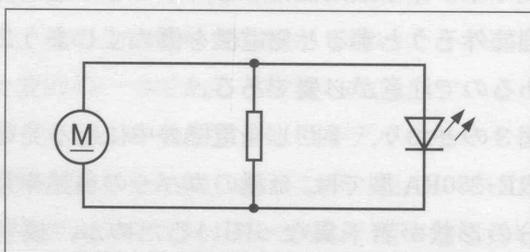


図4 抵抗器を接続した回路

これらの結果をもとに、LED と並列に接続する導線の長さある程度確保し、加えて、ショート回路に見える状態を目立たなくするために、図5のような実験装置を開発した。

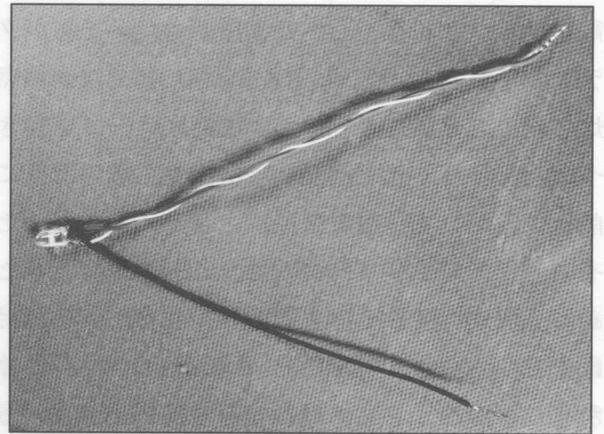


図5 実験装置の全体

この実験装置においては、LED の陽極・陰極を考慮する必要はない。図6では、LED の下側の電極には約 15cm の導線2本をハンダ付けし、それらのうち1本を LED 上側の電極にハンダ付けした導線と紙縴り状にまとめている。そして、まとめた2本の導線の端は、接続してハンダ付けしてある (図5右上部分)。

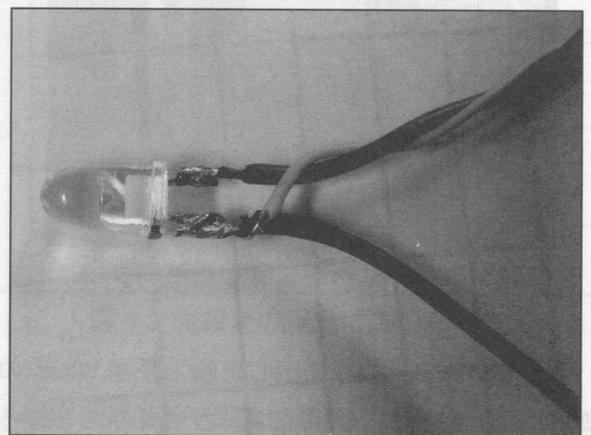


図6 LED 付近の配線

また、この実験装置では高輝度 LED を発光させることができるため、定格 2.2V, 20mA (発光色赤) の物を用いている。さらに、LED の点灯をより確認しやすくするとともに、図6の接続部分へ子どもの疑問が向かないようにするために、図

7のようにLEDと導線接続部分を長さ約2cmのゴム管で覆った。本項冒頭で示したプロペラと扇風機、模型用モーターとともにこの実験装置を子どもに使用させてみたところ、LEDの点灯を確認できていた。

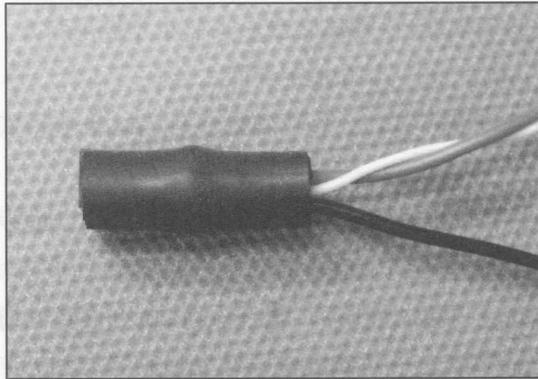


図7 ゴム管で覆った様子

教材カタログに掲載されているLEDには、予め導線が接続されている物もあるが、「定電流ダイオード入り」や「抵抗付き」、「保護付き」などと示されている場合は、LEDの電極の根元部分の双方カバー内にツェナーダイオードが接続されている。これらのLEDを用いる場合は、模型用モーターを回転させる方向によってはLEDが点灯しないことや、LEDの明かりが若干暗くなることから、ツェナーダイオードを外す方が子どもの実験には適していると考えられる。他方、図5の上側の導線は、2本の導線が紙縊り状になっていることから、子どもが疑問をもつことが予想されたが、代わりにインナー型のヘッドホンなどに用いられている2芯の細いケーブルを試したところ、LEDの点灯が暗くなったため、今回は図5のままとした。

(4) エネルギー変換について

本単位において、子どもが「電気が光や音、運動に変換された」という考えをもつことが難しい理由の一つとしては、三田(2009)の分析にある、「電気が全てのエネルギーの源である」という見方・考え方をもっている子どもがいる¹¹⁾ことが挙げられる。このような子どもは、光や音、運動などをエネルギーとして認識できていたとしても、

電気からそれらのエネルギーへの一方向のみの変換しかとらえられていないと考えられる。そこで、模型用モーターを「電気エネルギー⇔運動エネルギー」という双方向の変換機としてとらえられるようにするために、図1で紹介した測定装置を図8のように教材化した。

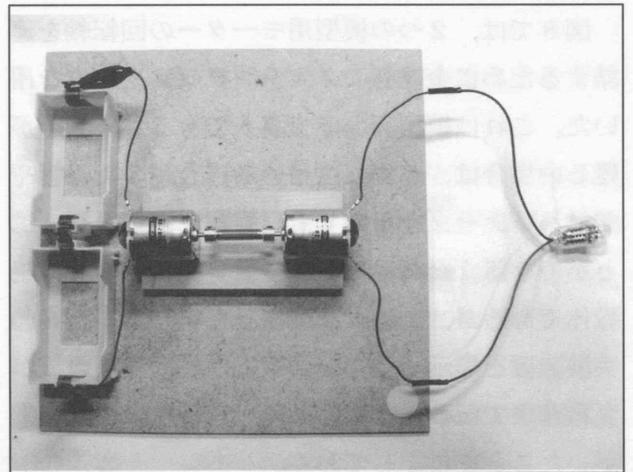


図8 模型用モーターを連結した実験装置

模型用モーターは2つともRE-280RA型を用い、回転軸を連結する金属製スプリングジョイントは、穴径2mm、長さ30mmの物を使った。模型用モーターは、厚手の両面テープによって木台に固定したモーターベースにそれぞれ取り付けてある。また、図8の右端にある豆電球には、2.5V、0.3Aの物を使用し、左端にある乾電池ホルダーの上側の電極につながる導線の先には、スイッチの代わりにミノムシクリップを取り付けた。

図8の実験装置では、左側のモーターの回転が伝わることによって右側のモーターが発電し、右端の豆電球に明かりがつく。教科書において「電気の利用」の単元を学習後の子どもに、この実験装置を提示して豆電球が点灯する理由を尋ねたところ、「右側のモーターが回されて発電した」とともに、「乾電池の電流が豆電球まで伝わるから」という回答があった。そこで、2つのモーターの回転軸の間を伝わっているのは電気か運動かを確かめることを学習課題として設定し、学びを発展させた。子どもたちは、金属製のスプリングジョイントを外して、絶縁体であるゴム管に交換した

り、回転軸の間に電流が流れているかを検流計で調べたりするなどの方法によって検証実験を行っていった。これらの学習の結果、子どもは、回転軸を伝わっているのは電流ではなく運動であることをとらえることができたことから、エネルギー変換についての理解をさらに深めることができたと考えられる。

図8では、2つの模型用モーターの回転軸を連結するために金属製のスプリングジョイントを用いた。これは模型店などで購入できるが、入手が難しい場合は、魚釣りに用いる浮き用のゴム管やセロハンテープを用いても豆電球を点灯させることができる。なお、ゴム管やセロハンテープは絶縁体であるが、これらを使用した場合も、図8の実験装置を提示した際と同様に「乾電池の電流が豆電球まで伝わるから」という考えをもつ子どもがいたことを付記しておく。

3 成果と課題

教科書に掲載された内容を扱った際の子どもの活動の様子やつぶやきをもとに、子どもが実験をより確実にしたり、さらに理解を深めたりすることに有効であると考えられる教材を提案することができた。また、できる限り現場の教師が入手しやすい素材を用いることに留意したことで、再現性を高めることができたと考える。

一方、今回提案した教材の中には、ハンダごてを用いた工作が必要になる物があることや、使用した部品の一部が教材カタログには見あたらなかったことから、簡単に工作できる方法や、より入手しやすい部品を模索していくことが求められる。加えて、常に子どもの活動の様子やつぶやきから学びながら、より子どもの学びに適した教材となるよう、改善と開発を重ねていくことが重要であると考えられる。

<注および引用文献>

1) 文部科学省：「小学校学習指導要領解説 理科編」，2008，大日本図書。

- 2) 文部省：「小学校学習指導要領解説 理科編」，1999，東洋館出版。
- 3) 前掲書 1)，p. 14
- 4) 次の5誌を調査した。
 - ・学校図書：「みんなと学ぶ小学校理科6年」，pp. 8-22，2010 検定済版。
 - ・教育出版：「地球となかよし小学校理科6」，pp. 6-20，2010 検定済版。
 - ・啓林館：「わくわく理科6」，pp. 6-19，2010 検定済版。
 - ・大日本図書：「たのしい理科6年 - 1」，pp. 8-25，2010 検定済版。
 - ・東京書籍：「新しい理科6」，pp. 8-21，2011。
- 5) マブチモーター株式会社 Web ページ
http://www.mabuchi-motor.co.jp/motorize/branch/b_0100.html
- 6) マブチモーター株式会社 Web ページ
http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/catalog/j_catalog.cgi?CAT_ID=fa_130ra
- 7) マブチモーター株式会社 Web ページ
http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/catalog/j_catalog.cgi?CAT_ID=re_140ra
- 8) マブチモーター株式会社 Web ページ
http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/catalog/j_catalog.cgi?CAT_ID=re_260ra
- 9) マブチモーター株式会社 Web ページ
http://www.mabuchi-motor.co.jp/cgi-bin/catalog/j_catalog.cgi?CAT_ID=re_280rasa
- 10) NGK サイエンスサイト
<http://www.ngk.co.jp/site/no153/content.htm>
- 11) 三田幸司：「電気と磁気に対する小・中学生の見方や考え方に関する研究」，第58回日本理科教育学会中国支部大会発表資料，p. 2，2009。