Society of Japan Science Teaching

コンデンサーを用いた小学校での理科授業実践

○吉田安規良[A]，有田　泰士[B]，嵩原　安司[C]
○Akira YOSHIDA[A], Taishi ARITA[B], Yasushi TAKEHARA[C]
○琉球大学教育学部[A]，琉球大学教育学部（現　沖縄県西原町立西原中学校）[B]，
琉球大学教育学部附属小学校（現　沖縄県北中城村立島袋小学校）[C]

【キーワード】　小学校，電気，コンデンサー，授業実践

1.　はじめに

2008年３月に告示された新しい小・中学校学習指導要領[1-2]では理科の授業時数が増え，それまで約30年間続いた「ゆとり教育」路線の影響で削除された学習内容が復活している。また，今回新しく導入されたものもある。その１つが小学校第６学年で学習する「電気の利用」単元である。ここでは「手回し発電機などを使い，電気の利用の仕方を調べ，電気の性質や働きについての考えをもつことができるようにする」ことが提示され，具体的に「発電と蓄電」，「エネルギーの変換」，「発熱と電熱線の太さの関係」，「電気の性質や働きを利用した道具」について学習することが提示されている[3]。これは，「エネルギー」についての基本的な見方や概念を柱とした内容のうちの「エネルギーの変換と保存」，「エネルギー資源の有効活用」にかかわるものである。指導要領では「手回し発電機」の使用が例示されているが，これ以外にも「豆電球」，「発光ダイオード(LED)」，「モーター」，「電子オルゴール」，「コンデンサー」が主要な教具として例示されている[4]。そのため，移行措置を踏まえた実践事例集[5-7]にはこれに準拠する形でこれらの教具を用いた授業展開が示されており，移行教材[8-13]でもここに例示された教具を用いて授業が展開されるつくりになっている。これらの教具のほとんどは身近なものであったり，これまでも使用されてきたりしたものであるが，「コンデンサー」は今回の改訂で初めて用いられるようになった教材・教具である。

小学校教員の物理に関する高等学校での履修状況は地学よりは多いが，生物・化学に比べると低い。高校で未履修だった小学校学級担任のほうが履修者よりも指導に苦手意識を持っている割合はどの分野でも見られるが，最も差があったのは物理である[14]。また現在大学に在学している教員志望の学生がコンデンサーそのものについて学習するのが高校物理Ⅱ[15]であることを考えると，コンデンサーに関する基本的な性質や知識を多くの教員や教員の卵である学生は持っていないと考えられる。そこで，このコンデンサーを用いた授業実践を試行した。本報はその報告である。

2.　研究の目的，内容，および方法

今回は，コンデンサーを用いて蓄電について学習する必要がない2009年度の小学校６年生（現中学校１年生）に対して「電気の利用」単元を意識して授業実践した。実践を通して指導上の留意点や，教師教育段階で必要な事項などを検証した。授業は第三筆者が2009年10月～12月にかけて琉球大学教育学部附属小学校第６学年全３クラスを対象に行った。

今回の授業実践で使用した主な教材教具は以下の通りである。

① 豆電球：1.5 V・0.3 Aと2.2 V・0.1 Aのものを利用（後者は消費電力の違いを調べる時のみ使用）

② コンデンサー：2.3 V・10 F（蓄電確認用LED付　ケニス　10F-LED）

③ モーター：DC 3～16 V・68 mA，DC 1.5～3.0 V・500 mAの２種類（自作発電機には前者を利用）

④ 手回し発電機：最大出力電圧約12 V（ヤ

NII-Electronic Library Service

Society of Japan Science Teaching

ガミ蓄電・安全ケーブル付手回し発電機51719)

授業づくりに先だって，当該単元に直接関連する先行単元である「電気の働き」(第4学年) を学習した子ども達を対象に，乾電池の内部構造を想像して図示してもらい「電気が蓄えられるイメージ」を把握した。

3. 結果と考察

① 小学校4年生段階でもつ「電気が蓄えられているもの＝乾電池」のイメージ

身のまわりにある「電気を蓄えられるもの」は「充電池」のほうが一般的であると思われるが，学習指導要領解説には「蓄電器などに電気を蓄えたりすることができる」ことを学習する際に「コンデンサー」を例示している。しかし，その理由については明示していない。実践事例集[7]や移行教材[12]で「充電池」を導入段階で取り上げているものもあるが，児童実験は「コンデンサー」で行い，その導入は授業者が紹介する形[5-6, 10-11, 13]がほとんどである[16]。

【表1】児童が抱く乾電池の内部構造のイメージ

内部構造のイメージの概要	人数
電池の中に＋と－の電気が溜まっている	16
電気が溜まっている	16
液体が入っている	8
導線がいくつもつながっている	8
電気をつくる物質が入っている	7
鉄のかたまりになっている	4
読み取り不能・白紙	6

そこで，関連内容である「電気の働き」を学習した実践校の第4学年の児童 (n=65) を対象に，乾電池の内部構造のイメージについて調査した。表1はその結果である。

乾電池の内部構造をコンデンサーの特徴に近い「電池の中に電気そのものが溜まっている」とイメージしている児童が32人おり，正答率は11%であった。このことから，児童の大半は「乾電池」の内部構造を正確に理解していないが，「電気が溜まっているもの」とイメージしていることが伺える。「電気を溜める」という授業を展開する時には乾電池や充電池を用いる方が身近であるが，子どもの認識とのつながりや，化学変化について基本的な事項を学習するのが中学2年生であることを考えるとコンデンサーを用いるという発想は，一概には否定できない。授業者は，子どものもつ「蓄電」のイメージがコンデンサーの特徴に近いことを知っておく必要があろう。

② コンデンサーを利用した授業実践

今回の実践は移行期間中であったため，新指導要領[1]では第5学年で学習する「電流の働き」の学習内容を含む形で行った (全18時間扱い)。

【表2】授業実践の概要

時数	概　要
1～3	豆電球を点灯させる操作 (回路についての復習) →「乾電池なし」で点灯させる課題提示
4～5	モーターを回すと発電する理由の探究 (モーターの内部構造の学習)
6～7	電流を流し続けるとモーターが回転し続ける理由の探究 (電磁石の性質の学習)
8～12	モーターを使って豆電球を1分間点灯させる
13～14	発電した電気をためて豆電球を点灯させよう【コンデンサーの利用】
15～18	電磁石をつくってみよう→電流による発熱・豆電球とLEDの消費電力の違いを確認

授業は，まず関連する既習事項を確認するため「豆電球・乾電池・ソケット」を用いて電球を点灯させる操作を児童に行わせた。その後「ソケットなしで」，「乾電池を2個 (直列・並列で) 使う」というように課題を追加し，児童が全員「閉回路」をつくることができることや既習事項を確認した。その後「蓄電」に向けて学習を展開させるための第一段階として「乾電池なしで豆電球を点灯させる」という課題を提示した。児童らは「光電池」や「11円電池」，「レモン電池」など既習事項やテレビなどで得た情報を提示したり，自転車の電灯 (ダイナモ) から発想し「モーターを回せば電気がつくかもしれない」というような意見を出し合った。モーターを回転させると豆電球を点灯できたことを確認した後，モーターを回すと発電する原理やモーターの内部構造の学習を行い，モーター内部のコイルが電磁石として機能すること，極が切り替わることで回転運動が続くことを学んだ。

次にこのモーターを使って豆電球を点灯させる活動を行った。児童は「風力」，「水力」，「空気の

NII-Electronic Library Service

Society of Japan Science Teaching

対流」,「人力」といった方法でモーターを回転させ発電しようと創意工夫していた。豆電球を数秒間点灯できたグループもあったが(「人力」組の1班),全員が「豆電球を1分間点灯」させることが難しいことを体感した。ここで児童から「電気を溜めて乾電池の代わりのように,直列や並列につないでみればいいのではないか」というつぶやきが生まれた。学級によっては「キャパシタを使おう」という声も出た。そこで「電気が溜められるもの」としてコンデンサーを紹介した。少しでも発電できたグループを核に実験グループを再構成し,コンデンサーを1個配付し充電させたが,それでも豆電球は点灯しなかった。ここで「コンデンサーを直列につないで電気をアップさせて,並列につないでつく時間を長くすれば良いのではないか」という意見が出たことから,複数のコンデンサーを直列・並列につないで実験することにした。自作発電機で充電した直列4個のコンデンサーを並列に2列つないだところ約16秒間豆電球が点灯した。同様に直列4×並列6=24個では約24秒間点灯した。

最後に電磁石の性質を詳しく調べる学習を行った。電磁石の実験で「手で持っているとエナメル線が熱くなった」というつぶやきが児童から生まれ,電流による発熱を確認する実験へと授業は展開した。最後に消費電力の違いや熱以外への電気エネルギーの変換を確認するために,手回し発電機で充電したコンデンサーに豆電球や豆球型 LED(ケニス TE-15)をつなぎ点灯時間の差を比較した。

③　児童の感想

授業実践終了後,(1)学習事項で覚えていること,(2)今回の電気の単元の授業実践についての感想を児童(n=86)に調査した。(1)に関して,半数の43名が「発電機を自作し発電したこと」を回答しており「電磁石の性質に関すること」,「電気がコンデンサーなどに蓄電できること」がそれに続いた。(2)に関しては,「発電機づくりが楽しかった・面白かった」という意見や「他の単元より良かった・楽しかった」という意見が上位を占めた。

④　教師に必要な知識

今回の実践では,コンデンサーに蓄電する時間を取り決めずに行った。そのためグループによって蓄電時間に差があった。早いグループは1分間程度であったが,その一方で20分かけて蓄電していたグループもあった。こうした「時間をかけて蓄電していた」児童(n=5)にその意図を質問したところ「時間をかけるとその分だけ蓄電できる」という考えをもっていた。即ち,低い電圧でも時間をかければたくさんの電気(自分達が発電した以上の電気量)を溜めることができると考えていたのである。実際にはコンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは高電圧であるほど大きいため,コンデンサーの耐電圧以下の低い電圧で充電しても満充電できない。豆電球が短い時間しか点灯しなかった理由は,蓄電時の電圧が少なかったことも関係していると思われる。

教師用指導書にはコンデンサーとのつなぎ方,手回し発電機を速く回しすぎないような注意や「最適な速さ」が書かれているが,遅く回すのも問題があることに留意しておく必要がある[17-23]。今回のような自作発電機の場合も同様である。

4.　おわりに

理科の授業の進め方には「自分が教わってきた方法で教える」傾向が強くでる[24]が,コンデンサーを用いた授業の場合,「教師が教わってきていない」内容を教えることになる。今後しばらくの間,いわゆる「ゆとり教育世代」の教員志望の学生に新しい教育課程に対応できる資質・能力を身につけさせる必要もある。今回の「コンデンサー」を用いた授業のように,子ども達が教具を用いる理由を確認しながら実践できる教員を養成するために,大学段階で主な教材・教具に触れさせる機会やその背景となる科学的素養を積極的に学ばせることを通して,授業の形態や内容の展開にいろいろなバリエーションがある授業づくりを考えさせる必要があろう。

5.　文献

1) 文部科学省:「小学校学習指導要領」,2008,東京書籍
2) 文部科学省:「中学校学習指導要領」,2008,東山書房
3) 前掲書1),p.68

NII-Electronic Library Service

Society of Japan Science Teaching

4) 文部科学省:「小学校学習指導要領解説 理科編」, pp. 59-60, 2008, 大日本図書
5) 新世紀型理科授業研究会編:「移行措置対応 小学校 理科新内容の授業展開」, pp. 104-111, 2009, 東洋館出版社
6) 村山哲哉, 矢野英明編著:「教育技術 MOOK 小学校新学習指導要領の授業 理科実践事例集 (5年 6年)」, pp. 76-83, 小学館, 2009
7) 浅井正秀編著:「新学習指導要領先行実施シリーズ 移行措置完全対応 理科 追加単元の全授業 5・6年」, pp. 138-155, 2009, 日本標準
8) 新編新しい理科編集委員会, 東京書籍株式会社編集部:「平成22年度補助教材 新編新しい理科6 22プラス」, pp. 34-48, 2010
9) 教育出版株式会社編集局:「小学 理科6 平成22年度用補助教材」, pp. 36-50, 2010
10) 学校図書株式会社:「みんなと学ぶ 小学校理科 6年 平成22年度用補助教材」, pp. 30-40, 2010, 学校図書
11) 増田和彦ほか:「新版 たのしい理科 6 平成22年度版移行教材」, pp. 29-39, 2010, 大日本図書
12) 大隈良典ほか:「わくわく理科 6 平成22年度用補助教材」, pp. 36-51, 2010, 啓林館
13) 癸生川武次:「楽しい理科 6年 平成22年度用補助教材」, pp. 29-44, 2010, 信濃教育会
14) 独立行政法人 科学技術振興機構 理科教育支援センター:「平成20年度小学校理科教育実態調査及び中学校理科教師実態調査に関する報告書 (改訂版)」, pp. 20-21, pp. 35-37, 2009, http://rikashien.jst.go.jp/investigation/cpse_report_006A.pdf (2010年5月3日確認)
15) 文部科学省:「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」, pp. 79-80, 2005, 大日本図書
16) 手回し発電機付きラジオ内蔵型非常用懐中電灯を提示して, 発電機のハンドルを回すのを止めてもしばらく明かりがついていることや, その理由として懐中電灯の中に電気をためることができるコンデンサーが入っていることを示していたのは東京書籍と教育出版の補助教材である。内部構造まで写真で提示したのは教育出版だけである。学校図書の教師用指導書にも災害用懐中電灯 (手回し発電機のようにハンドルを回すタイプではなく、上下 (前後) に振ることで柄の中にあるコイルの中を磁石が移動するタイプ) がコンデンサーを利用した日用品として示されている。
17) 新編新しい理科編集委員会, 東京書籍株式会社編集部:「22年度移行期対応版 新編新しい理科6 教師用指導書」, pp. 80-103, 2010
18) 教育出版株式会社編集局:「確かな学力をはぐくむ 小学 理科6 補助教材 教師用指導書 平成22年度用」, pp. 50-67, 2010
19) 学校図書株式会社:「みんなと学ぶ 小学校理科 6年 移行資料教師用指導書 (平成22年度用補助教材対応)」, pp. 84-97, pp. 142-169, 2010, 学校図書
20) 増田和彦ほか:「平成22年度補遺版 新版 たのしい理科 6年 移行教材 教師用指導書」, pp. 51-68, 2010, 大日本図書
21) 大隈良典ほか:「平成22年度 移行措置対応わくわく理科 6 補助教材 指導書」, pp. 98-137, 2010, 啓林館
22) 癸生川武次:「楽しい理科 6年 平成22年度用補助教材教師用指導書」, pp. 31-46, pp. 58-60, 2010, 信濃教育会
23) 大日本図書の指導書では, 手回し発電機を使用する際に電圧が低すぎるとコンデンサーに電気が溜まりにくいことを, 啓林館の指導書ではコンデンサーには電源電圧と同じになるまで充電されることをそれぞれ言及していた。
24) 左巻健男編著:「授業づくりのための理科教育法」, p. 41, 2004,東京書籍

【 謝 辞 ・ 附 記 】

本研究の一部は, 科学研究費補助金若手研究(A)「子どもにわかる小学校理科授業に必要な教師の実践力研究 − 物質・エネルギーを中心に −」 (課題番号21683009) の助成事業である。授業実践に際して, 琉球大学名誉教授 石黒英治博士から予備実験に必要な実験装置を提供していただくとともに様々な助言を頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

NII-Electronic Library Service