

# 「電気の利用」の授業実践

—より児童の心に残る授業を目指して—

中島 寛子

「電気の利用」は、新学習指導要領の実施により新たに導入された単元である。この単元は、これまでの「電気の働き」や「振り子の運動」「電流の働き」「てこの規則性」のように、実験事実の積み重ねにより物理的な原理や法則を見いだす教材を扱うわけではないため、授業のストーリーづくりに苦労していた。今回、北海道立教育研究所附属理科教育センターと連携して、ものづくりなどを取り入れ、児童の心に残る実験授業を目指したので報告する。

[キーワード] 電気の利用 手回し発電機 コンデンサー ものづくり 紙イヤホン

## はじめに

新学習指導要領では、旧学習指導要領で小学校6年生に学習した「電流の働き」は、5年生に移動し、6年生には新たに「電気の利用」の単元が導入された。この「電気の利用」の単元の内容<sup>1)</sup>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利用」にかかわるものである。(ちなみに、小学校の学習内容で「エネルギー資源の有効利用」にかかわる単元は、この「電気の利用」のみである)

ここでは、生活の中で見られる電気の利用について興味・関心をもって追求する活動を通して、電気の性質や働きについて推論する能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、電気はつくったり蓄えたり変換したりできるという見方や考え方をもちつことのできるようになることをねらいとしており、次のア～エの4つの事柄を扱う。

ア 電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること。

イ 電気は、光、音、熱などに変えることができること。

ウ 電熱線の発熱は、その太さによって変わる。

エ 身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること。

これらのことを踏まえ、今回、北海道立教育研究所附属理科教育センター（以下、理科教育センター）と連携して、手回し発電機やコンデンサーを使った実験を通して、電気はつくりだしたり、蓄えることができることを体験的にとらえさせるとともに、紙イヤホンなどのものづくりを通して、電気は音などに変えることができることや、身の回りには電気の性質や働きを利用した道具があることを実感を伴って理解させる授業の実施を目指した。(この授業実践報告は筆者が6年生を担当した平成22年度のものである)

## 1 学校の状況

勤務校の札幌市立平岸高台小学校は、札幌市の中心部からやや離れた豊平区の丘陵地の住宅街にある全学級数10学級、全校児童251名（平成22年5月1日現在）のやや小規模の小学校である。筆者が平成22年度に担任した6学年は、1学年2学級47名、担任した6年2組は23名と少人数の学級で、理科の時間には理科支援員も配置されているため目の行き届いた指導ができる環境にあった。学級の雰囲気は、最高学年ということもあって比較的落ち着いており、興味

・関心をもってものごとに取り組む姿勢が多くみられた。

本校は理科の授業がある3学年以上の担任8人のうち2人が理科を専門に取り組んでおり、札幌市教育研究協議会（札幌研）や北海道小学校理科研究会（北理研）などの理科の研究団体に研鑽に励んでいる。学校長も北理研の会長で、最新の情報を教職員に周知しており、夏季休業中に北理研が行った「実験教室」には北理研に所属していない教員も参加し、本校の理科の授業の質を高めるよう努力している。また、本校では、「本物との出会いが感動を生み、関心を高める」という考えから、花火職人による出前授業や札幌市の青少年科学館の移動天文台による天体観察などを実施し、本物と接する機会を多くもたせることで、理科学習の本来の魅力を児童に味わわせる実践を多く取り入れている。

## 2 授業内容

### (1) 概要

本単元は、第1次「電流による発熱」（第1時）、第2次「電気をつくりだす」（第2～5時）、第3次「電気を蓄える」（第6～9時）、第4次「電気の変換と利用（ものづくり）」（第10時）の4つのステージに分けて学習を進めた。教科書の配列は、「電気をつくりだす」「電気を蓄える」「電流による発熱」「電気の変換と利用」の順であったが、時間割編成の都合もあり比較的単発的な内容の「電流による発熱」と「電気の変換と利用」を単元の最初と最後に1時間ずつ配置することとした。指導には10時間の授業時間を配当したが、卒業がせまっていることもあり、2月16日から3月1日までの比較的短い期間に、2時間続きの授業を4回入れて6日間の授業で集中的に行った。授業はすべて理科室で行い、実験を中心に体験しながら学習を進められるようにした。また、6日中4日間は、理科支援員の支援があり、「電流による発熱」の授業以外の5日間は理科教育センターの職員が授業を見学に来て、授業展開等の相談に

のってくれた。授業時数とその学習活動の概要を以下の表に示す。

表 授業概要

時数	学 習 活 動
1	<p>○電流による発熱</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・電熱線の太さと発熱量にはどのような関係があるか予想して実験。太い電熱線の方が発熱量が大きいことを確認。</li> </ul>
2 3	<p>○電気をつくりだす</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・手回しラジオを使って、ラジオに乾電池が入っていないなかったり、コンセントにつながっていても動作することを確認。</li> <li>・手回し発電機に豆電球をつなぎ、ハンドルを回すと豆電球が点くことから電気はつくりだせることを確認。</li> <li>・手回し発電機のハンドルを回す速さと電流の強さについて実験。ハンドルを速く回すほど豆電球が明るく光ることから、ハンドルを速く回すと電流は強くなることを確認。</li> <li>・手回し発電機にモーターをつなぎ、ハンドルを回す向きを変えるとモーターの回る向きが変わることから、ハンドルを回す向きと電流の向きには関係があることを確認。電子オルゴールでも同様の実験を行う。</li> <li>・回路に簡易検流計を入れ、手回し発電機につないだ豆電球、モーター、電子オルゴールに流れる電流の強さを測定。</li> </ul>
4 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前時の内容の確認と整理。</li> <li>・電気器具が動作をするとき、少しの電流で動作する方がエコロジーであることを学習。</li> <li>・手回し発電機の手ごたえと電流の量の関係について実験で確認。</li> <li>・手回し発電機を5台直列に接続し、白熱電球を点灯させる。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>手回し発電機を回すのをやめると電流が流れなくなることから、電気を蓄えて使うことが必要であることを確認。</li> </ul>
6 7	<p><b>○電気を蓄える</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>乾電池で充電したコンデンサーを電子オルゴールに接続すると電子オルゴールが鳴ることから、電気を蓄えることができることを確認。</li> <li>電子オルゴールと同様に、充電したコンデンサーに豆電球、モーターをつないで実験。コンデンサーにつないだモーターの回る速さがだんだんゆっくりになっていくことから、コンデンサーに蓄えられた電気がだんだん使われて少なくなっていることを確認。豆電球は、乾電池で充電したコンデンサーでは光らないことから、もっと大きな電気をつくりだせる手回し発電機でコンデンサーを充電して実験。今度は、豆電球が明るく光ることを確認。</li> </ul>
8 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>手回し発電機で充電したコンデンサーを豆電球と発光ダイオードにそれぞれつなぎ、簡易検流計を入れて、どれくらい電流が流れているか測定。</li> <li>発光ダイオードの方は電流がほとんど流れなくても明るく光り、また光っている時間も長いことからエコロジーであることを確認。</li> <li>発光ダイオードが身の回りでは信号機などで使われるようになってきたことを確認。</li> </ul>
10	<p><b>○電気の変換と利用（ものづくり）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること」「電気は、光、音、熱などに変えることができること」を、「紙イヤホン」づくり、「エジソン電球」の観察を通して体験。</li> </ul>



図1 電熱線の上の発泡スチロール片

て、「電流による発熱」を扱うこととした。ここでは、電熱線の太さと発熱量の関係を学ぶ。

実験に先立って、「太い電熱線と細い電熱線、どちらが熱くなるか」児童に予想させたところ、「細い電熱線は狭いから電気が思いっきり速く流れそうなので細い電熱線の方が熱くなる」「細い電熱線は流れる電気の量が少ないけれど速く流れる。太い電熱線は流れる電気の量は多いけれどゆっくり流れるから同じだ」「太い電熱線は面積が大きいから熱くなりそうだ」などの意見が出た。

実験には、筆者が2009年に理科教育センターの研修を受講したときに講座で使っていたもの<sup>2)</sup>を理科教育センターから借りて使用した。板の上に電熱線が30cmほどの長さで張られており、その上に発泡スチロール片を置いて電流を流すと電熱線が発熱し、発泡スチロール片が溶けて切れていく(図1)。電熱線の太さが直径0.2mmのものと0.4mmのを使い、電流を流し始めてから、切れるまでの時間で電熱線の発熱量を比較することにし、あわせてそれぞれの電熱線を流れる電流の強さを簡易検流計で測定することにした。児童は目の前で電熱線が熱くなり発泡スチロール片が切られていくようすを観察し、太い電熱線の方が発泡スチロール片が早く切れることと太い電熱線の方が流れる電流が強いことから、太い電熱線の方が多くの電流が流れるため発熱量が多いと結論づけることができた。

ちなみに、ある児童のノートに書かれていた

(2) 電流による発熱

「電気の利用」の単元の第1次ステージとし

実験結果には、電熱線に6Vの電圧をかけた場合、細い電熱線（直径0.2mm）には0.6A、太い電熱線（直径0.4mm）には2.2Aの電流が流れたと書かれていた。理論的には、電熱線の抵抗は長さに比例し、断面積に反比例するので、同じ電圧をかけた場合、直径が2倍になると流れる電流は4倍、発熱量も4倍になる。実験結果は多少の誤差があるものの、ほぼ理論どおりのものとなっている。

なお、乾電池は多く電流が流れると電圧が下がってしまうため、電源には電流を安定して流すことのできる電源装置を使用した。

### (3) 電気をつくりだす

前日の「電流による発熱」に引き続き、第2次ステージでは「電気をつくりだす」を扱った。ここでは、主に手回し発電機を使って電気はつくりだせることを学ぶ。2時間ずつ2日間にわたって4時間を配当し、実験をしながらじっくりと学べるようにした。

1日目（第2，3時）、まず、防災用品でもある手回しラジオを使い、乾電池が入っていなくてもラジオの背面にあるハンドル（図2）を回すとラジオが聞けることを実験で確かめさせた。次に、手回し発電機を児童に見せ、手回しラジオのハンドルの部分と手回し発電機が同じ働きをするものであることを伝え、ハンドルを回す速さや向きが何に関係があるか調べることにした。

まず、手回し発電機に豆電球をつなぎ、手回し発電機のハンドルを回す速さを速くすると豆



図2 手回しラジオのハンドル

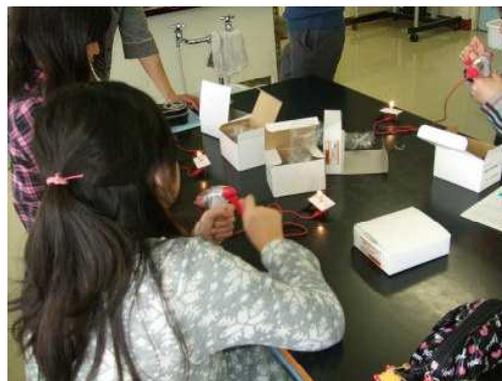


図3 手回し発電機のハンドルを回し豆電球を点ける児童

電球の明るさが変わるか、児童に予想させたところ全員が「変わる」と予想した。実際に、各自1個ずつ豆電球と手回し発電機を使って実験させ、ハンドルを回すと豆電球が点くことから電気はつくりだせることを確認するとともに、ハンドルを速く回すと豆電球が明るく光ることからハンドルを速く回すと電流が強くなることを確認した（図3）。ただ、教材として使った手回し発電機は最大で10V程度の電圧が発生するのにもかかわらず、一緒にセットされていた豆電球が1.5Vであったため、豆電球が次々と切れてしまった。理科支援員の方がすぐに切れた豆電球を交換してくれたが、教材として販売されている以上、実際の使用に耐えられるように電圧が高めの豆電球がセットされているべきであると思われる。

次に、ハンドルを回す向きと電流の向きの関係について調べることにした。4年生の「電気の働き」の単元との関わりから、「電流の向きを調べるには何を使えばよいか」児童に質問したところ、「検流計」などという意見も出たが、「モーター」という意見が出たのでモーターを使って実験をすることにした。手回し発電機のハンドルを回す向きを反対にすると、モーターの回る向きも反対になることから、ハンドルを回す向きは回路を流れる電流の向きと関係のあることを確認した。

さらに、電流の向きを調べるもう一つの方法として、電子オルゴールを手回し発電機につな

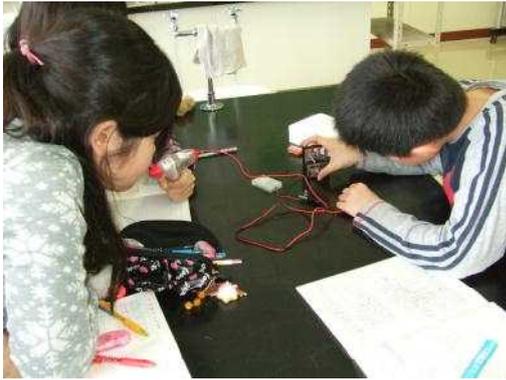


図4 回路に簡易検流計を入れ電流の強さを調べる児童

いで電流の向きを調べることにした。電子オルゴールには極性があり、電子オルゴールの赤いリード線が手回し発電機の+極に、黒いリード線が-極につながっているときしか鳴らない。手回し発電機のハンドルを回して電子オルゴールが鳴っているときに、ハンドルを回す向きを逆にすると電子オルゴールが鳴らなくなることから、モーターをつないだときと同じように、ハンドルを回す向きと電流の向きには関係があることを確認した。また、回路に簡易検流計を入れ、豆電球、モーター、電子オルゴールをつないだときに回路に流れる電流の強さについても調べた(図4)。

2日目(第4, 5時)、前日の1日目(第2, 3時)には、少し内容を詰め込み過ぎたのか、児童の学習内容の定着があまりよくないように見受けられたので、前半(第4時)は前時の内容の確認を行うことにした。実験機材も豆電球を1.5Vのものから、理科教育センターから借りた2.5Vのものに換えて実験を行った。それでも手回し発電機のハンドルを速く回し過ぎると切れてしまうため、加減しながら実験をするように児童に注意して実験を進めた。また、前日は1人に1台ずつ実験機材を使わせて実験を行ったが、一部の児童は実験の目的や実験結果から何がわかることになったのか十分理解しないうちに実験を進めていたように見受けられる部分があった。児童各自が実験し体験することはもちろん大切だが、物理分野の学習の場合、

現象を見て、何が起きているのかよく思考することも大事だと考え、そのような考える「間」をとらせるためにも、各班(4, 5人)に1台の実験機材で実験をさせ、他の児童が実験している間に現象についていろいろ考えられるようにした。前時の学習内容の確認が終わった後、改めて簡易検流計で、豆電球、モーター、電子オルゴールを流れている電流を測定させ、豆電球、モーターは0.5A程度の電流が流れるが、電子オルゴールでは簡易検流計の針はほとんど振れず、ほんの少しの電流でも動作することを確認し、なるべく少ない電気の消費で動作することがエコロジーにつながっているという話題にもふれるようにした。

後半(第5時)では、手回し発電機のハンドルの手ごたえと電流の強さの関係について取り上げた。電気の粒が導線の中を流れていくイメージをもたせるために、児童に、「いっぱい電流が流れる方がハンドルは重いと思う」か「流れにくいところに電流を流す(電流が少ししか流れない)方が重いと思う」か聞いたところ、前者にはクラスの半数程度が手を挙げたが、後者には誰も手を挙げなかった。そこで、2人1組になり、一人が手回し発電機を回し、もう一人が手回し発電機についている2つのクリップをつけたり離したりして、ハンドルを回す手ごたえがどのように変わるか実験させた。クリップがついているときはハンドルの手ごたえが重くなるが、クリップがついているときは回路がショートして電流がいっぱい流れることから、「クリップがついているときの方がハンドルが重い→電流がいっぱい流れているときの方がハンドルが重い」という関係を導くことができた。授業後に提出させている授業のふりかえりノートには、ある児童が「前の時間で、不思議に思っていた手回し発電機のハンドルが重くなった、軽くなったりする理由がわかってよかったです。」と書いており、ハンドルの手ごたえが変わるといふ現象に気付き、その理由を知ろうとしていたことがわかった。



図5 手回し発電機で白熱電球を点灯させる児童

授業の最後には、「手回し発電機で白熱電球を点けてみよう」と提案し、5人の児童に代表になってもらって実験をした。5台の手回し発電機を直列につなぎ、5人の児童が一生懸命手回し発電機のハンドルを回して白熱電球を10秒間点灯させようとするが、それだけでもけっこう大変で、ハアハアいいながら手回し発電機のハンドルを回すようにすに他の児童も驚いていた（図5）。このように苦労して作りだした電気なので、蓄えられたらよいということをクラスで確認し、次の時間へつなげるようにした。

#### (4) 電気を蓄える

第3次ステージでは、「電気を蓄える」を2日間にわたって扱った。

1日目（第6，7時），まず電気の蓄えられていない空のコンデンサーを児童に渡し、電子オルゴールをつないで鳴るか実験させた。電子オルゴールが鳴らないことを確認した後、乾電池を渡し、コンデンサーにつないで充電させ、再びコンデンサーを電子オルゴールにつないで電子オルゴールが鳴るか実験させた。今度は電子オルゴールが鳴り、コンデンサーに電気が蓄えられたことを確認することができた。

次に、モーターと豆電球を児童に渡し、電子オルゴールのときと同様に実験して、モーターが回転するか、豆電球が点くか実験させた。その結果、モーターはコンデンサーにつなぐと回転するが、やがてゆっくりとなり止まってしまうことがわかった。このことから、コンデンサ

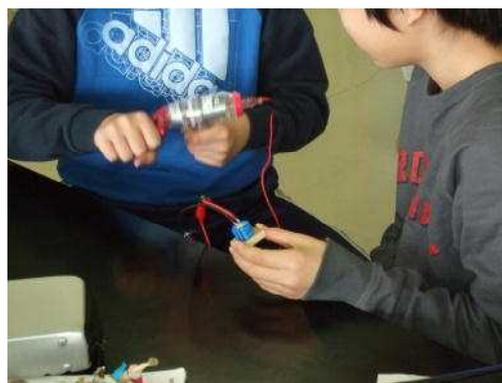


図6 手回し発電機でコンデンサーを充電する

ーに蓄えられた電気がだんだん使われて少なくなっていくことを確認した。一方、豆電球は点かなかった。これについて、「どうしてだろう」と発問したところ、児童から「たまっている電気が少ないから」という回答が出たので、乾電池ではなく、もっと大きな電気をつくりだせる手回し発電機で充電することを提案し、実験させた（図6）。その結果、今度は豆電球が明るく点いたが、やがて暗くなり最後は消えてしまうのを確認することができた。電流が変化しているようなので、次の時間に測定してみようことを伝えてこの日の授業を終わった。

2日目（第8，9時），手回し発電機で充電したコンデンサーを豆電球と発光ダイオードにつなぎ、電流がどれくらい流れているか簡易検流計で測定することにした。このとき、そろえるべき条件は何か質問したところ、児童からは「手回し発電機のハンドルと回す回数を同じにする」「最初、コンデンサーは空にしておく」「手回し発電機のハンドルを回す速さを同じにする」という回答が得られた。条件制御の必要性については定着してきたようである。実際に実験してみると、豆電球をつないだ場合は、電流がみるみる減っていくが、発光ダイオードの場合は電流がゆっくりと減っていくことが観察された。このことから、発光ダイオードはあまり電気を消費しないことを伝え、身の回りでは発光ダイオードが信号機などで使われるようになってきたことを紹介した。また、光っている

とき、豆電球は熱くなるが発光ダイオードは熱くならないことを確認し、豆電球では電気が光のほかに熱にも変わっていることを説明した。

授業のふりかえりノートには、「最後にやった検流計の実験で、豆電球は消えているのに、0.2Aあって、びっくりしました。」と書いた児童もあり、電流が流れてても豆電球が光らないことに気付いていた児童の観察眼の鋭さに驚かされた。

### (5) 電気の変換と利用（ものづくり）

第4次ステージでは、電気の変換と利用に関わるものづくりとして、「紙イヤホン<sup>3)</sup>」づくりと「エジソン電球<sup>4)</sup>」の演示実験を行った。

「紙イヤホン」は自分でコイルを巻き、紙に磁石とつくったコイルを貼り付けてつくるもので、今回は児童一人一人が1個ずつ作製した。20分ほどでほとんどの児童が完成し、ラジオのイヤホン端子につないでラジオの音を聞くことができた(図7)。簡単なつくりにもかかわらず音が聞こえることに不思議がる児童もいた。授業のふりかえりノートを見ると、「紙イヤホン、よく聞こえて、びっくりしました。どうして、聞こえるのかな〜。と思い、(磁石の貼り付けてある)紙を遠ざけると、音が小さくなって、導線だけで聞いても、聞こえなくてすごいと思いました。」という記述があり、児童自身で条件を変えて実験し、現象を探ろうとしていたことがわかった。

「エジソン電球」はシャープペンシルの芯に



図7 つくった紙イヤホンでラジオを聞く児童



図8 エジソン電球の観察

電流を流すことで電球のフィラメントのように光らせるもので、こちらは演示実験で行ったが、シャープペンシルの芯が赤熱して光る様子を児童は吸いいるように見つめていた(図8)。

どちらも簡単なものづくりであるが、原理を知る上では効果的であると感じた。また、自宅に帰ってからラジカセなどにつないで実験できるように紙イヤホンについては、一人1個ずつつくって持ち帰れるようにした。

### 3 児童の感想から

授業の最後には、毎回、児童に授業の「ふりかえり」を書かせ、授業でわかったことや感想を書かせるようにしている。この授業を受けて、児童が書いた感想をいくつか紹介する。

#### <ものづくりについて>

- ・最初は、紙イヤホンで音が聞こえるのかなあと思っていたけど、ラジオの音が聞こえたのでびっくりしました。ほかのものでも聞こえるかどうかやってみたいです。
- ・僕は、驚きました。こんな簡単にイヤホンがつかれるとは思いませんでした。このイヤホンなら、壊れても身近なところで、買ってまた作り直せるので、かなりエコロジーだと思いました。
- ・紙イヤホンは導線と磁石だけで、イヤホンはつかれないと思ったけど、本当につくれたからすごかったです。あとエジソン電球は1回失敗したけど2回目は電球みたいに光ってすごかったです。

- ・エジソン電球は、シャープのしんがマグマのように赤くなっていて、最後の方には、まばゆい光を放っていて、電流の力ってスゴイと思いました。

#### ＜「電気の利用」の学習について＞

- ・私は、水溶液の実験もおもしろかったけど、一番はやっぱり電気の利用です。エジソン電球と紙イヤホンがすごいと思いました。テレビでやってみたけど、最大音でもあんまり聞こえませんでした。紙コップに取り付けると少しより聞こえました。
- ・電気は身近に使われているのに電気のことを全然知らなかったのですごく勉強になりました。
- ・電気は、いろいろなものに使われていてとてもすごいと思います。電子オルゴールみたいに少しの電流の量で動かすことのできるエコロジーなものがもっと増えていたらなーと思います。
- ・電気の利用でいろいろな実験をして楽しかった。最後にイヤホンをつくらせて楽しかったし、エジソン電球でシャープペンのしんが光ってすごかったです。
- ・電気の利用を学習した感想は、自分で電気をつくることのできたのが楽しかったです。それぞれのもの（豆電球・モーター・電子オルゴール）によって電気の使われ方が違うのもびっくりしました。この勉強はとても楽しかったです。
- ・電気は、複雑でよくわからなかったけど（つなぎ方）、意外にできて、おもしろかったです。紙イヤホン…すごい。
- ・電球が5人であんなに明るくついたのにはびっくりしました。電子オルゴールは少しだけの電流で音が鳴るなんて、エコだし、スゴいな～と思いました。

「電気の利用」の学習についての感想にも多く書かれているが、紙イヤホンづくりやエジソン電球の演示実験は児童の心に強く残ったようである。本校の「本物との出会いが感動を生み、

関心を高める」という考えにも重なるが、ただ教科書で見たり、話を聞いたりするだけではなく、実際に児童が手を動かしてものを組み立てたり、触れたりすることでより実感を伴って現象の理解が進み、印象深く児童の記憶に刻まれるようである。また、つくった紙イヤホンを持ち帰らせることで、自宅のテレビにつないで聞こえるか実験をしたり、紙コップを取り付けるなどの探究的な取組をする機会を与えることもできた。ものづくりを授業の中に取り入れることでその教材から派生して学習できることが増すように思われる。

当初は授業のストーリーづくりに苦労したが、前の時間の最後に次の時間につなげるような問題提起や話題を入れ、相互の時間がより関連付けられるように心掛けた。そのせいもあってか、単元を終えての児童の感想は好評で、この単元の学習で児童の電気に対する興味・関心を高めさせることができたように感じている。

今後は、他の単元についてもストーリー性を重視し、ものづくりを効果的に取り入れた授業実践を進めていきたい。

#### おわりに

この単元の授業を行うにあたって、北海道立教育研究所附属理科教育センターから電熱線、コンデンサー、エジソン電球などの機材をお借りするとともに、紙イヤホンの資料を提供していただきました。改めてお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 文部科学省 小学校学習指導要領解説 理科編 pp.70-71 2008
- 2) 北海道立教育研究所附属理科教育センター 理数教育研修講座 平成21年度 小学校理科講座テキスト p.113 2009
- 3) 北海道立教育研究所附属理科教育センターHP：  
[http://exp.ricen.hokkaido-c.ed.jp/tobira/htdocs/?action=multidatabase\\_action\\_main\\_filedownload&download\\_flag=1&upload\\_id=664&metadata\\_id=32](http://exp.ricen.hokkaido-c.ed.jp/tobira/htdocs/?action=multidatabase_action_main_filedownload&download_flag=1&upload_id=664&metadata_id=32)
- 4) 北海道立教育研究所附属理科教育センター 理数教育研修講座 平成21年度 小学校理科講座テキスト p.112 2009

(なかじま ひろこ 札幌市立平岸高台小学校)