

小学校 理科

5年「電流の働き」の学習における

実感を伴った理解を図る指導法の研究

—円形コイルの教材化を通して—

平内町立東小学校 教諭 工藤 隆詩

要 旨

電磁石の働きについての実感を伴った理解を図るために、円形コイルを用いたものづくりなどを行い、作った物が身の回りの電気製品にどのように使われているかを調べる学習を行った。これにより、児童は電磁石の働きを利用した物が生活の中に多くあることや用途に応じて工夫されていることに気づき、理科の学習と生活との関係を含む認識を深めていたことから、実感を伴った理解を図ることができた。

キーワード：電流の働き 円形コイル 実感を伴った理解 電気ブランコ 電気製品調べ

I 主題設定の理由

平成24年度全国学力・学習状況調査において、理科の学習が好きと回答している児童は国語や算数に比べて多いが、理科の授業で学習したことが将来役に立つと感じている児童は少ないという報告がされている。このような実態は本学級にも見られ、特に、理科の授業で学習したことを生活の中で活用することが課題となっている。また、小学校学習指導要領解説理科編（平成20年8月）の改善の基本方針には「理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ、科学への関心を高める観点から、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善を図る。」と記されている。そこで、理科の授業で学習したことと生活との関係を重視した指導が必要であると考えた。

生活との関係が強い学習内容の一つに「電流の働き」がある。電気と生活を関係付けて理解している児童は多いが、磁石についてはあまり理解されていない。さらに、電気製品の中に電磁石の働きが利用されていることについては知らない児童がほとんどである。また、教科書で扱っている電磁石の多くは細長い筒形コイルを使った物であるが、生活で用いられている電磁石に使われているコイルには円形の物が多い。そこで円形コイルを単元全体で用い、ものづくりや身の回りにある電気製品調べなどを通して、生活と関係付けていくことによって思考を深め、実感を伴った理解を図ることができると考え、本主題を設定した。

II 研究目標

5年「電流の働き」の学習において、円形コイルを用いた導入やものづくりを行い、電磁石が電気製品に活用されていることを調べることによって、実感を伴った理解が図られることを授業実践で明らかにする。

III 研究仮説

5年「電流の働き」の学習において、円形コイルを用いた導入やものづくりを行い、電磁石が電気製品に活用されていることを調べることによって、実感を伴った理解が図られるであろう。

IV 研究の実際とその考察

1 研究における基本的な考え方

(1) 実感を伴った理解

小学校指導要領解説理科編の中で以下の3点のように述べられている。

- ① 具体的な体験を通して形づくられる理解
- ② 主体的な問題解決を通して得られる理解
- ③ 実際の自然や生活との関係への認識を含む理解

本研究では、この中の「生活との関係への認識を含む理解」を図ることを重視する。これは、学習内容を活用して生活との関わりを調べることにより思考を深めることでもあると考える。また、このことは理科を学ぶことの意義や有用性を実感し、理科を学ぶ意欲や科学への関心を高めることにつながっている。

(2) 電磁石とコイルについて

教科書における電磁石の説明は様々である。コイルに電流を流したときに鉄心が磁石になることを指していたり、磁化された鉄心のことやこの仕組みのことを指していたり、さらに、電流が流れたときに磁石になる物を指したりすることもある。一方、学習指導要領では、身の回りで様々な電磁石が利用されていることを生活と関連させて取り上げるよう記している。しかし、生活の中で見られる鉄心がある電磁石のほとんどはモーターであり、様々な物があるわけではない。そこで、学習指導要領に記されている「電流には磁力を発生させる働きがある。」「エネルギーの変換の基本的な見方や概念」について生活との関係を重視して学習するために、鉄心のないコイルについても扱うことにした。

(3) 円形コイルの教材化

多くの教科書では、単元導入時に細長い筒形のコイルを用いた電磁石でクレーンゲームなどを行い、その筒形のコイルを用いて問題解決を進めるが、単元の終わりには、形状の異なる円形コイルを使用してクリップモーターなどのものづくりをしている。つまり「導入～問題解決～ものづくり～生活との関係」という単元の流れの中で二つのコイルが混在していることになる。また、電気製品の中にある電磁石のほとんどは、円形コイルを使っている。これらのことが電磁石と生活との関係への認識を含む実感を伴った理解を図りにくくしていると考え、本研究では円形コイルを用いて次のように単元を構成する。

- ① 円形コイルを用いた単元の導入
- ② 円形コイルを用いた問題解決
- ③ 円形コイルを使ったものづくり
- ④ 身の回りの電気製品の中にある電磁石調べ

表1 電磁石の長ささと磁力

鉄心の長さ (太さ3mm)	巻き数	層数	引き付けた クリップの数
10mm	50回	4層	3.7
20mm	60回	2.5層	8.7
40mm	70回	1層	9.7

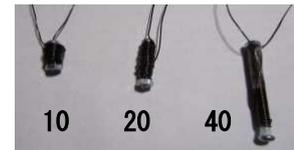


図1 鉄心に巻いたコイルの長さ (mm)

(4) 筒形コイルと円形コイル、電気ブランコについて

本研究では、エナメル線を筒状に細長く巻いた物を筒形コイル (図1右)、円状に巻き長さが短い物を円形コイル (図1左) と呼ぶ。円形コイルは、筒形コイルに比べて磁力が弱いという短所がある (表1)。

本研究では、できるだけ短い鉄心を用いる計画だったが、引き付けたクリップの数が少ないこと、小さすぎて作るのが難しいことから、問題解決の場面では長さ20mmのコイル (図1中央) を用いて実験を行った。

本研究で用いた電気ブランコは、円形コイルを水平にぶら下げ、電流を流したときにコイルの下に置いた永久磁石と反発したり引き合ったりして、ブランコのように動くようにした物である (図2)。



図2 電気ブランコ

表2 指導計画

	時数	ねらい	主な学習活動
導入	1	電気ブランコを作って操作することにより、ブランコの動きの違いがあることに気づき、その原因について予想を立てることができる。	・「磁石の性質」と「電気の通り道」の復習をする。
	2		・電気ブランコを作る。
	3		・電池の向きを変えたり、コイルの巻き数を変えたりし電気ブランコを操作し、動きの違いを確認する。
問題解決	4	電気ブランコの動きの違いの原因への仮説を実験で確かめることができる。	・動きの違いの原因に仮説を立てる。
	5	電気ブランコの実験結果を振り返ることで、コイルや電磁石の性質を理解することができる。	・仮説をもとに実験を行う。
	6		・実験結果を話し合い、まとめる。
ものづくり	7	電気ブランコで用いた円形コイルを使って、クリップモーターを作ることができる。	・コイルや電磁石の名称を知る。
	8	モーター以外の電磁石のはたらきを使ったものを知り、紙コップスピーカが検流計のどちらかを選んで作ることができる。	・鉄心の有無による磁力の違いや電流の向きによって極の向きが変わることをまとめる。
電気製品調べ	9	身の回り電気製品を分解し、電磁石の動きについてのレポートを書くことができる。	・個別に実験計画を立て、効率的な実験計画になるように話し合う。
	10		・コイルの巻き数と電池の数を換え、クリップがつく数を調べる。
	11		・検流計を使い、電流の強さを測る。
		学習を振り返ることができる。	・電気ブランコで使ったコイルや台を改造し、クリップモーターを作る。
			・イヤホンと検流計の中にあるコイルを観察する。
			・紙コップスピーカが検流計を作る。
			・身の回りにある電磁石のはたらきを使った電気製品を探す。
			・電磁石が使われていると予想して持ってきた電気製品を分解し、調べる。
			・どのように使われているかレポートにまとめる。
			・レポートを読み合い、感想を話し合う。
			・評価テストを行う。
			・学習のまとめの感想を書く。

2 研究内容

(1) 円形コイルの教材化

生活に使われている電磁石としてクレーンやモーターの写真が教科書に多く登場する。しかし、使われている電磁石自体を直接目にするには少ない。そこで、生活の中で数多く使われているモーターとの関係を中心とした単元構成を計画した。そして、クリップモーターに作り替えることができる円形コイルを使い電気ブランコを単元の導入として行えば、電流が流れると磁力が生まれることを意識付けることができると考えた。一方、電気ブランコはクレーンゲームに比べて電流の強さやコイルの巻き数による磁力の変化を観察しにくいという短所がある。そのため、磁力の強さに関する問題解決時に長さ20mmのコイルを使った電磁石を用いて引き付けるクリップの数を比較する。その後、電磁石の働きを使ったものづくりをし、それらが身の回りの電気製品にどのように使われているかを調べる活動を取り入れることによって、理科の学習と生活とを関係付けていく。そのために表2のような指導計画を設定した。

3 検証方法

- (1) 円形コイルの教材化を通じて、電磁石の働きと生活との関係などに関する思考の深まりを、ノートやレポートの記述から分析する。
- (2) 電気製品調べによる電磁石の働きと生活との関係などに関する思考の深まりを、レポートの記述から分析する。
- (3) 理科の学習と生活に関する児童の意識の変容を、授業前後の意識調査から分析する。

4 検証授業の実際

(1) 円形コイルを用いた単元の導入について

円形コイルが下にある磁石と引き付け合うときも、円形コイルに電流が流れていないときも、電気ブランコは静止したままとなっている。そのため、自分の作った電気ブランコが正常に動いているのかどうかを確認することに意識が向き、電流と磁石の関係についての問題意識をもたせるまでに時間を要した。

(2) 円形コイルを用いた問題解決

電気ブランコではコイルの巻き数や電流の強さと磁力の関係を調べにくいので、20mmの電磁石を使い引き付けられるクリップの数を調べる実験を行った。ほとんどの児童は乾電池が2個になればクリップの数も2倍になると予想していたので、乾電池を2個にしたときのクリップの数が少なかったことに疑問を感じた。結果をまとめた後に検流計で電流の強さを測ってみると、1個の乾電池では3.4A、2個では4.2Aとなり電流があまり強くなっていないことが分かったので、実験の結果に納得していた。20mmの電磁石を作るのに使ったエナメル線が1mであるため電気抵抗が少なく、1個の乾電池でも電流が多く流れたことから、このような結果になったと考えられる。乾電池の個数と電流の強さは比例関係にならなかったが電流の強さやコイルの巻き数による磁力の変化を確かめることはできた。

(3) 円形コイルを使ったものづくり

身の回りにある物や授業で使ったことのある物の中からモーター、スピーカー、検流計を取り上げ、ものづくりを行うことにした。

① クリップモーターづくり

単元の導入で電気ブランコを操作したときに、「揺れを大きくしたい。」「1回転させたい。」という児童がいた。そこで、電気ブランコで用いたコイルを変形させてクリップモーターを作ることにした。電気ブランコを作ったときの経験を生かし、クリップとエナメル線がしっかり接しているか、エナメル線が削られているかなどを確認しながら作ることができた。

② ものづくり（紙コップスピーカー、検流計）

最初に、製作意欲を高めるために実物の観察を行った。まず、イヤホンを分解してスピーカーを観察し、非常に細い導線がきれいに巻かれていて、中心に丸い磁石があるのを確認した。次に、電流計の針の付け根をよく観察し、コイルとそれを囲んでいる磁石が並んでいるのを確認した。このときの経験は、後に電気製品

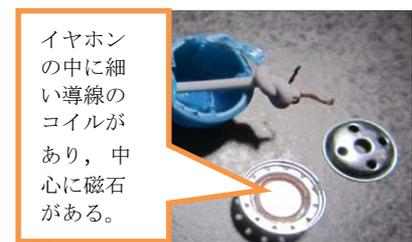


図3 イヤホンの中にあるスピーカー



図4 紙コップスピーカー

調べで電磁石を観察するときにも生かされた。

実際に作った紙コップスピーカーから音が聞こえたときの児童の驚きは大きかった。それはクリップモーターが回ったとき以上であった。さらに、電磁石が振動することで音が出ていることに気付いた児童たちは、電磁石の働きの多様さにも驚いていた。

検流計づくりでは、児童は振り子の軸となる導線を作ったり、コイルと磁石の高さをそろえたりすることに手間取っていたが、完成したときの達成感を得られた。

(4) 身の回りにある電気製品の中の電磁石調べ

ものづくりの後に、身の回りにあり電磁石が使われているような電気製品を考えさせ、その中から壊れている物や不要な物が自宅にある場合には、学校に持ってきてもらうことにした。その際、家電リサイクル法によりパソコンやテレビは分解できないことを教え、それ以外の電気製品を持ってくるように指導した。自宅になかった児童には、事前に用意しておいた掃除機やラジオカセットレコーダー、デジタルカメラから選ばせた。

分解する前にモーターやスピーカーが使われているような場所を予想させたため、電磁石がある場所を容易に見付けることができた。しかし、モーターのようにカバーに覆われているためにコイルを直接確認できない物もあった。そのような場合は教師と一緒に調べた。

一人一人が違う電気製品を分解したり協力したりして作業を進めていくことで、互いの電気製品を見比べ、コイルやモーターの大きさや形状の違い、エナメル線の太さの違いなどにも気付いた。また、目覚まし時計のようにモーター以外にも電磁石を動力としている物があることを見付けることができた。

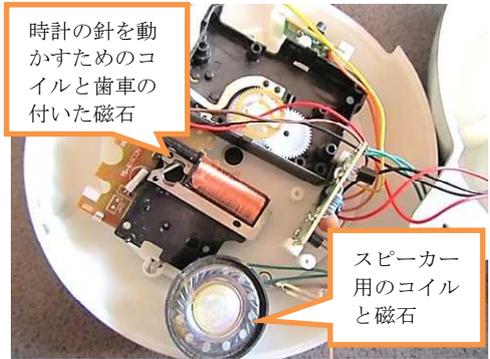


図5 目覚まし時計の中にあるコイルとスピーカー

表3 ノート等の記述内容の評価基準と記述例

	評価基準	ノートやレポートにおける児童の記述例
S	生活に関わる思考や学習内容以外の新たな気付きのある記述	<ul style="list-style-type: none"> 掃除機には大きなモーターが入っていて、何回もコイルが巻いてあるからすごい力が強くなると思う。 イヤホンのコイルや磁石は小さいから耳に当てて聞くことができる。
A	今後の学習への意欲や疑問などがある記述	<ul style="list-style-type: none"> 電池を増やしてクリップモーターを早く回してみたい。 スピーカーを探して中を見てみた。
B	学習内容に関わる記述あり	<ul style="list-style-type: none"> コイルをまっすぐにして電池をつないだらコイルを回すことができた。 磁石でスピーカーが作れることがわかってよかった。
C	学習内容に関わる記述なし	<ul style="list-style-type: none"> クリップモーターを作ることができてよかった。 紙コップスピーカーから音が聞こえてびっくりしました。

5 考察

(1) 円形コイルの教材化を通じた思考の深まり

表3にある評価基準を基にノートや電気製品調べのレポートを分析した(図6)。身の回りにある電気製品と関連させた紙コップスピーカー作りでは、生活に関わる思考や新たな気付きが含まれるSの割合が、50%以上となった。これは、電磁石の働きが音を出すことにもつながっていることを実感することができたからであると考えられる。さらに、次時の電気製品調べではSの割合が80%以上となった。これは、様々な電気製品を分解することにより、いろいろな電磁石が使われていること、電磁石の形や大きさ、導線の太さなどが異なること、そしてそれらの違いが用途に合わせた工夫であることに気付いたことで思考が深まったからであると考えられる。

また、身の回りで磁石が使われている物と電気が使われている物を記述させ授業の前後で比較してみると、磁石については一人当たりの数が「0.5個から7.0個」へ、電気については「7.1個から9.2個」へ増加していた。同様の記述を本校の6年生にも行い比較すると、本学級の方が磁石では約7倍、電気では約3倍多く記述していた。さらに、磁石と電気のそれぞれの回答における電磁石を含む物の割合を比較した(図7)。身の回りで使われて

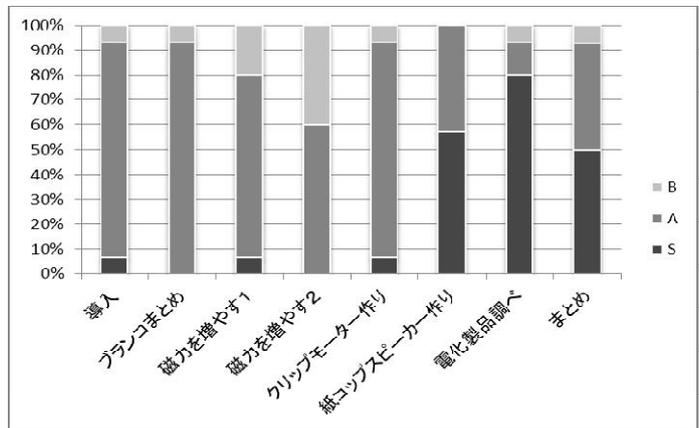


図6 ノート等の記述内容の変容

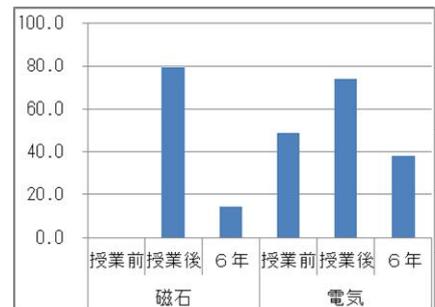


図7 身の回りで磁石や電気が使われていると回答したもののうち電磁石を含む物の割合

いる磁石の中で電磁石を含む物を挙げた児童は本学級で80%であり、6年生の7倍となった。電気については2倍であったことを考えると、本研究が電流の働きとしての磁石を生活と関係付けて理解させることに関して有効だったと考えることができる。

(2) 電気製品調べによる思考の深まり

電気製品調べのレポートの記述から児童の思考の深まりを分析した(図8)。「掃除機のモーターにはゴミがくっつくかと思ったら回転することで付きにくくなっている。」というように、生活と関係させて電磁石の働きを理解することができた児童は60%であった。また、「コイルや磁石を使って何かを作りたい。」というように、電磁石への関心や学習意欲が高まる過程で思考を深めた児童は90%になった。さらに、「イヤホンはコイルや磁石が小さいから耳にあてて聞ける。」というようにモーターやコイルの大きさや巻き数など様々な工夫のあることに気付くことで思考を深めた児童も数多くいた。

また、モーターよりコイルへの気付きが20%近く高かったことは、鉄心のないコイルが電気製品の中に数多く利用されており児童が調べやすいということを示していると考えられる。例えば目覚まし時計などの内部には、モーター以外のコイルが使われているので直接観察することができ、使われている場所によってコイルの巻き数やエナメル線の太さが違うことも確認しやすい。

その一方、ラジオカセットレコーダー、デジタルカメラなど分解した製品の60%には、モーターが使われていた。モーターはカバーで覆われている物がほとんどであったためコイルや磁石を直接観察することは難しかったが、歯車などとのつながり方や形状などからモーターであることを確認できた。

また、図9のようにモーターと歯車の関係を観察し、大きなモーターはヘリコプターを浮上させるための大きなプロペラにつながり、小さなモーターは方向を変えるためのプロペラを動かすというように、モーターの大きさと用途を結び付けて思考を深めた児童もいた。他にも、掃除機のモーターに非常に太いエナメル線が使われていることに気づき、「掃除機の強い吸引力を生むためには、大きなモーターが必要だからエナメル線が太くなっているのだろう。」というように筋道を立てて考え、さらに、「こんなに太いエナメル線で、電気ブランコやクリップモーターを作ったら…」というように、ものづくりに関する仮説を立てて考えている児童もいた。

このように、ほとんどの児童が電気製品の用途とモーターやコイルの大きさ、エナメル線の太さなどを関係付け、学習内容を生活と結び付けて思考を深め、実感を伴う理解をすることができた。

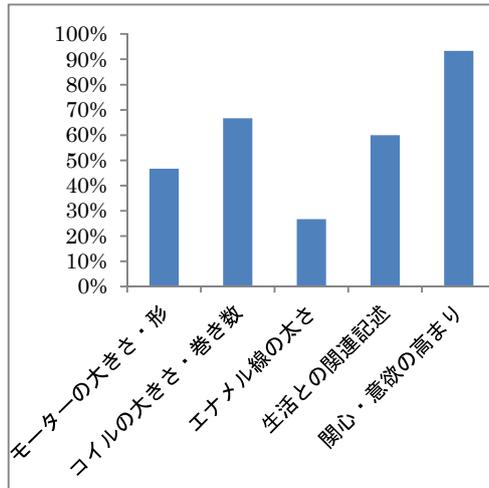


図8 電気製品調べでの記述

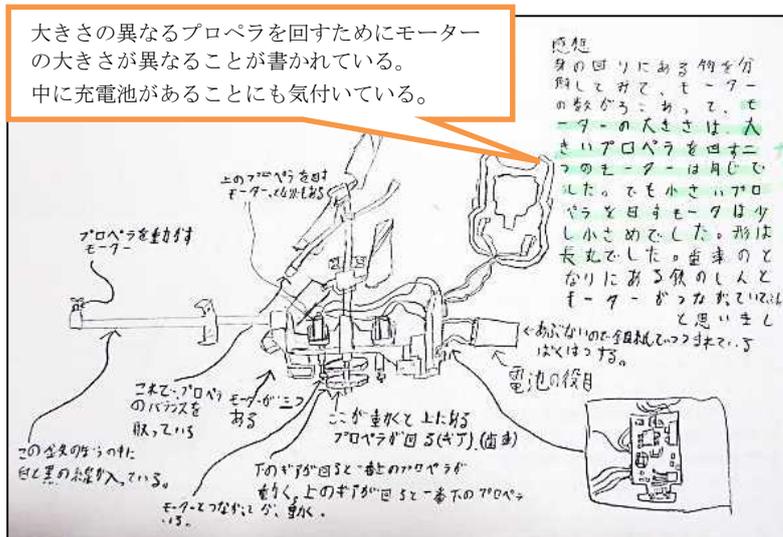


図9 ラジコンヘリコプターの分解レポート

大きなプロペラにつながり、小さなモーターは方向を変えるためのプロペラを動かすというように、モーターの大きさと用途を結び付けて思考を深めた児童もいた。他にも、掃除機のモーターに非常に太いエナメル線が使われていることに気づき、「掃除機の強い吸引力を生むためには、大きなモーターが必要だからエナメル線が太くなっているのだろう。」というように筋道を立てて考え、さらに、「こんなに太いエナメル線で、電気ブランコやクリップモーターを作ったら…」というように、ものづくりに関する仮説を立てて考えている児童もいた。

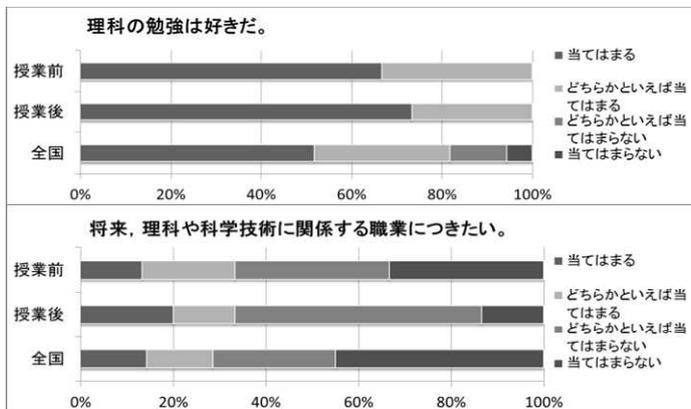


図10 理科に関する学習意欲についての意識の変容

(3) 理科の学習と生活に関する児童の意識の変容

本単元の学習の前後において、全国学習状況調査と同じ項目で意識調査を行った。

① 理科に関する学習意欲について

図10より「理科の勉強は好きだ。」と考えている児童も「将来、理科や科学技術に関係する職業につきたい。」と考えている児童も増え、いずれも全国平均より高いことが分かる。このため理科に対する学習意欲を高められたと考える。

② 理科の有用性について

図11より「理科の授業で学習したことをふだんの生活の中で活用できないかを考える。」と考えている児童は増えたが、「理科の授業で学習したことは、将来、社会に出たときに役立つ。」と考えている児童は若干少なくなっていることが分かる。このため理科の有用性についての意識を向上させるには至らなかったと考えられる。

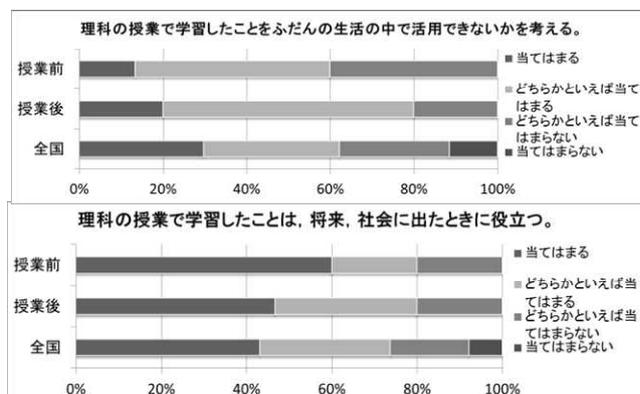


図11 理科の有用性についての意識の変容

V 研究のまとめ

1 円形コイルの教材化を通じた思考の深まり

円形コイルを使い電気ブランコ、クリップモーター、紙コップスピーカーなどのものづくりを行う円形コイル中心の単元を展開したところ、ものづくりや電気製品調べの学習で学習内容を生活に関係付けるなどして児童が思考を深めていることを、ノートなどの記述から確かめることができた。そのため、学習したことと生活との関係を含む認識を深め、実感を伴った理解が図られたと考えられる。

2 電気製品調べによる思考の深まり

ものづくりを行った物に関する電気製品調べにより、用途とモーターやコイルの大きさ、エナメル線の太さなどを関係付け、思考を深めていることがレポートの記述から確かめることができた。そのため、生活との関係を含む理解、すなわち実感を伴った理解を図ることができたと考えられる。

3 理科の学習と生活に関する児童の意識の変容

事前・事後の意識調査により、理科の学習に対する意欲は高められたが、理科の有用性については児童の意識を向上させるには至らなかったことが分かった。

VI 今後の課題

電気ブランコを導入として用いた場合、コイルと磁石の関係以外に目が向くことが多く、問題意識をもつことができる児童は少なかった。また、磁力の差を調べやすくするため計画していた円形コイルとは違う20mmの電磁石で実験を行った。単元を通して活用できるコイルとして図12のようなミシンで使われるボビンにエナメル線を巻いたボビンコイルを使うことが考えられる。このことによって、導入からものづくりまで同じコイルを使って学習を進めることが期待できる。

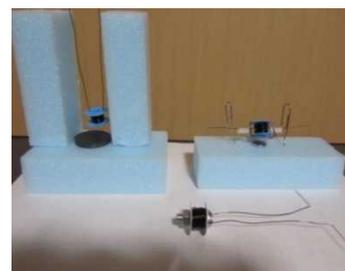


図12 ボビンコイルとボビンコイルを使った電気ブランコとモーター

<引用文献>

1 文部科学省 2008 『小学校学習指導要領解説 理科編（平成20年8月）』, p.5

<参考文献・URL>

国立教育政策研究所 『平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】報告書』

電力中央研究所webサイト <http://criepi.denken.or.jp/koko/experiment/page1.html> (2013.1.6)

新潟県長岡市理科教育センター <http://www.kome100.ne.jp/nkcenter/risen>(2013.1.6)