

実感を伴った理解を図る電磁石に関する指導過程の提案

山本利一 埼玉大学教育学部技術教育講座

篠田侑花 東京都北区立神谷小学校

中村 誠 さいたま市立大宮北小学校

キーワード：問題解決学習、ものづくり、教材・教具、電磁石、モータ、スピーカ

1. 緒言

平成20年3月の小学校学習指導要領の改訂では、「生きる力」の知的側面として「確かな学力」が提起されており、児童に基礎的・基本的な知識・技能を確実に習得させることが求められるようになった¹⁾。また、小学校理科においては、観察・実験や自然体験、科学的な体験を一層充実させることで、科学的な概念の理解や、基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着、科学的な見方や考え方を育成することが求められるようになった。

その他の小学校理科の改訂内容として、「生物とその環境」、「物質とエネルギー」、「地球と宇宙」の3区分から、「物質・エネルギー」、「生命・地球」の2区分となり、「物質・エネルギー」の内容では、第6学年で学習していた「電流の働き」が第5学年に移行し、第6学年に「電気の利用」の内容が新たに付け加えられるなど、変更がなされた²⁾。

第5学年の学習内容に「電流の働き」が移行されたことにより、第4学年「電気の働き」の学習を踏まえて、第6学年「電気の利用」の学習につながりが生まれ、これまで以上に系統的な指導が可能となった。

また、小学校A区分では、実感を伴った理解を促したり、学習内容と日常生活や社会との関連を図るために、「ものづくり」の充実が求められるようになった。ここでいう、「ものづくり」は、高度なものや複雑なものを課題とするのではなく、製作物の動きや働きを理解できる

課題とし、児童の創意工夫を生かすためにも、事前に興味・関心を十分喚起し、目的を明確にして取り組ませることが重要であることが示されている³⁾。

これらに関する先行研究を調べてみると、堀井ら(2006)⁴⁾は、子どもの問題解決能力を育てるために、電気・電子工作の場作りと、それらの指導・支援の在り方について検討がなされている。小学校理科の物質とエネルギーで、ものづくりの活動(電気・電子工作など)を行うことで、児童が自ら工夫したり、試行錯誤するなど問題解決能力の育成に効果があることを示している。

また、高原ら(2007)⁵⁾は、科学的な見方や考え方を育てる指導の工夫として、小学校理科におけるエネルギー変換の授業を事例に、体験的な活動と話し合い活動を繰り返すことで、事物・現象を多面的、総合的に見る力を育てることができていることを指摘している。このように、先行研究では、ものづくりや話し合い活動の場を設定することの重要性を指摘している。

そこで本研究は、第5学年で学習する「電気の働き(電磁石の強さ)」の単元において、科学的な体験やものづくりを通して、科学的な思考力・表現力の育成及び、知識・技能の確実な定着や科学への興味・関心を高めるための指導過程を提案することを目的とした。また、これら体験的な学習を通して、生活の中でそれらが役立っていることを確認することは、「実感を伴った理解」を図ることにつながり、中学校理科や、中学校技術・家庭科(技術分野)のエネ

ルギー変換に関する技術⁶⁾の学習にスムーズにつながることも目指している。

2. 実験授業

2-1 実験期日

2010年11月から12月にかけて12校時時間を配当し実施した。

2-2 実験対象

公立小学校第5学年2クラス42名を対象に実験授業を実施した。

2-3 単元の選定及び配時計画

本研究では、新学習指導要領で第6学年から第5学年に移行した「電流の働き」を研究の対象とした。12校時時間を配当し、下記に示す授業の目標を設定した。

第1部として、「電磁石の性質や働きを調べよう」(第1～4校時)、第2部として、「電磁石の働きを大きくしよう」(第5～8校時)、第3部として、「電磁石を使った模型を作ろう」(第9～12校時)を配当した⁷⁾。

本研究では、ものづくりが活動の中心となる第3部に焦点を絞り、実践内容を報告する。

2-4 調査方法

授業に先立ち、児童の知識及び学習意欲に関する現状を把握する目的で、第9校時の授業前に表1に示す事前調査を実施した。また、第12校時の授業終了時に表2に示す事後調査を実施した。事後調査の内容は、授業及び教具の評価と科学・技術に関する興味・関心及び知識についてである。調査結果は、4件法で求めた回答については、A 4点、B 3点、C 2点、D 1点と得点化し、平均を求め、知識を尋ねた質問項目については正答率を、経験を尋ねた質問項目については経験の割合を求めた。自由記述の回答は、カテゴリーごとに分類整理し、類似した意見数を集約した。

表1 事前調査項目

理科(電磁石)学習の確認プリント	年 組 名前	男・女
問 次の質問で自分の気持ちに一番近いものを選んでください。また、答えを知っている場合は、()に答えを書いてください。		
(1)電磁石の性質や働きに興味がありますか?		
A. ある, B. まあある, C. あまりない, D. ない		
(2) 今までに電磁石を使ったおもちゃを作ったことがありますか? ある人はどんなおもちゃを作ったことがありますか?		
A. ある(), B. ない		
(3)身の回りで電磁石が使われているものには、どんなものがあるか知っていますか?		
A. 知っている(), B. 知らない		
(4)モータはなにから作られているか知っていますか?		
A. 知っている(), B. 知らない		
(5)モータはどんな働きをするか知っていますか?		
A. 知っている(), B. 知らない		
(6)スピーカはなにから作られているか知っていますか?		
A. 知っている(), B. 知らない		
(7)スピーカがどんな働きをするか知っていますか?		
A. 知っている() B. 知らない		
(8)自分たちで電磁石を使ったおもちゃを作りたいですか?		
A. 作りたい, B. まあまあ作りたい, C. あまり作りたくない, D. 作りたくない		
(9)自分たちで電磁石を使ったおもちゃを作ることは難しいと思いますか?		
A. 簡単だ, B. まあまあ簡単だ, C. 少し難しい, D. 難しい		

2-5 指導内容及び学習支援教材

第9校時「電磁石で作られている身近なものを知ろう」

第9校時では、電磁石が身の回りで使われていることを知り、電磁石の用途や活用方法についての興味・関心を高め、知識の定着及び次時に対する学習意欲を高めることを目的とした。

表2 事後調査項目

理科(電磁石)学習のまとめプリント	
年 組 名前	男・女
問 次の質問で自分の気持ちに一番近いものを選んでください。また、答えを知っている場合は、()に答えを書いてください。	
(1)今日の授業は楽しかったですか? A.楽しかった, B.まあまあ楽しかった, C.あまり楽しくなかった, D.楽しくなかった	
(2)あなたは、電磁石に興味関心がありますか? A.ある, B.まあある, C.あまりない, D.ない	
(3)電磁石を利用した代表的なものには、どんなものがあるか分かりましたか? A.分かった(), B.分からなかった	
(4)モータがどんなもので作られているか分かりましたか A.分かった(), B.分からなかった	
(5)モータがどのような場所で使われているか分かりましたか? A.分かった(), B.分からなかった	
(6)スピーカで作られていたか分かりましたか? A.分かった(), B.分からなかった	
(7)作品は上手くできましたか A.できた, B.まあまあできた, C.あまりできなかった, D.上手くできなかった	
(8)自分たちで電磁石を使ったおもちゃを作ることは難しかったですか? A.簡単だ, B.まあまあ簡単だ, C.少し難しい, D.難しい	
(9)話し合い活動はスムーズにできましたか? A.できた, B.まあまあできた, C.あまりできなかった, D.できなかった その理由は? ()	
(10)今日の授業の感想を自由に書いてください。	

第1～8校時までの学習を振り返り、電磁石の仕組みや働きについての確認を行い、身の周りで電磁石が使われているものにはどのようなものがあるのかに気付かせ、生活との関連を意識させる。その時、電磁石の構成要素であるコイルと鉄心が利用されている製品として、モータ

とスピーカを示し、その内部構造と動作の様子を観察させた。

モータの観察は、模型に使われているモータ(FA-130RA)のエンドベルトキャップが外されるようになった分解可能モータを2名に1個ずつ配布し、ハウジングから、完成ロータ(3つの鉄心にコイルが巻かれてあるもの)と磁石を外し、モータが電磁石と永久磁石からできていることを観察・スケッチする。児童は、金属で囲まれたモータの内部を観察する経験は初めてであり、予想以上に部品数が少ないことや、自分たちの知っている部品から構成されていることに驚きを示していた。さらに、動作を確認するために、内部構造を視覚的に確認できる、3極モータ基本工作キット(コイルと磁石を使って電流や電磁石を学べる市販教材)を手回し発電機で回転させる実験を行い、モータが停止していると手回し発電機が重いことや、モータが回転し始めると、ハンドルを回すトルクが小さくなることなど、モータの構成要素部品や動作の状態を体験的に確認した。

次に内部構造を視覚的に確認できるように、カットスピーカを提示し、コイルと鉄心、磁石からスピーカが作られていることを確認した。また、ケント紙をスピーカ形状に加工したスピーカ動作教具を提示し、その動作原理を確認した。図1にスピーカ動作教具を示す。

スピーカ動作教具は、ケント紙でコーン紙(振動部)を作り、その末端にエナメル線を巻きボイスコイルを構成した。本体は、極細のナイロン糸で上部からつるされており自由に動くことができる。また、コイルが巻かれた円筒内部に、間隔を空け永久磁石を取り付けてある。これらにより、スピーカ動作教具本体は、左右に動くことができるようになる。このコイルに、音声信号を流すと、ケント紙から音声の流れ、スピーカの働きを確認することができる。さらに、コイルに直流電圧(乾電池:3V)を極性を変える(6路スイッチを利用)ことにより、スピーカに正・負の電圧がかかり、電磁誘導によっ

て教具本体が、左右に動作することが確認できる。音を出すはずのスピーカが、大きく左右に動くことを観察した児童は大きな驚きを示していた。



図1 スピーカ動作教具

ここで、スピーカを構成する材料と、モータを構成する材料がほぼ等しいことを、自作の紙コップスピーカと、分解したモータを比較しながら確認を行い、スピーカに電圧をかければ動くのであるならば、モータに音声信号を与えれば、音が鳴るのではないかと問いかけた。約25%の児童は音が鳴るのではないかという反応であった。実際に、モータに音声信号をかけると、小さい音ではあるが、音声 flowed。しかし、これでは、モータに耳を近づけた児童のみが確認できるので、音を大きく反響させるために、薄鋼板で作られたゴミ箱にモータを取り付けると、ゴミ箱から教室内の児童が聞き取れるほどの大きさの音が出力され、音声流れることを確認した。この学習では、単にモータから音が出るだけでなく、反響用のゴミ箱にモータを押しつけることにより音が大きくなることも学習できる。

最後の実験として、自作の光通信教具を活用した実験を行った。モータから音が出るのであれば、コイルと鉄心に音声信号を流し、その出力として光を出し、それを太陽電池などで受光

すれば音が出るのではないかと問いかけ、実験を行った。この内容は、現象面のみを確認する応用発展的な内容として位置づけて授業を展開した。動作の流れを図2に、光通信教具の発信装置を図3に示す。

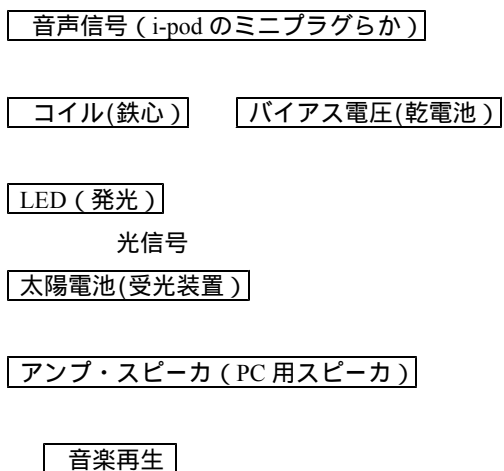


図2 動作の流れ

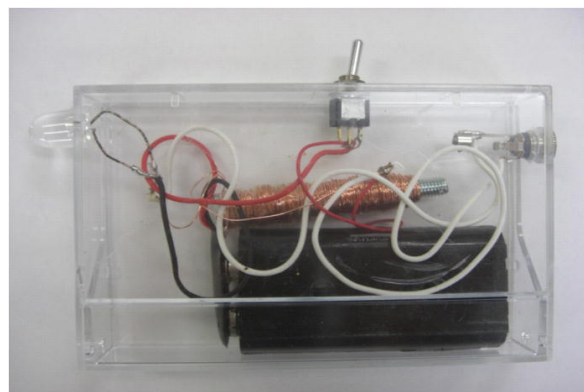


図3 光通信教具の外観

教具は、無色透明のカセットテープケース内に、電磁石、乾電池、LED を取り付け、その回路を視覚的に確認できるように作られている。LED の光を、太陽電池が受光するとスピーカから音が流れ、手でその光を遮ると音が止まる現象に、驚きを示していた。

第9校時のまとめとして、身の回りにはたくさんの電磁石やモータが活用されていることを確認し、次時には、レゴブロックを用いて、モ

ータや電磁石を活用した模型を製作することを知らせ、班ごとにどのようなものを作りたいかを話し合わせ、第9校時を終了した。

第10～11校時「電磁石を使って模型を作ろう」

第10～11校時では、実際に電磁石を使って模型を製作する。レゴ・サイエンスアンドテクノロジー基本セットとレゴ・エネルギーセットを1セットずつ3人1組の班ごとに提供し、電磁石やモータを活用した作品を製作した。模型を班で製作することにより、役割分担や、製作に関する意思疎通が必要となり、児童はコミュニケーションを取り合いながら、作業を進めることとなる。

第10校時では、教師が準備した製作図（12種類の模型製作の図面）から、興味・関心のあるものを選択し、作品を製作した。模型製作の過程の中で、モータへの電気の配線や、回転運動をその他の運動に換える方法など、体験的に学習することができるものである。児童が製作した模型は、風力発電装置（風の力で風車を回し、その発電量をメータで確認する）、水力発電装置（水の力で水車を回し、水が本体にかからないように防水板を張り付け、その発電量をメータで確認する）、犬型ロボット（モータの回転を揺動運動に変化させ走行する）、四足歩行ロボット（モータの力を4節リンクを活用して、4本の足が動くロボット）、自動車（モータの回転力を歯車を活用して、動力伝達する自動車）などで、製作 動作確認 修正 動作確認のサイクルで、試行錯誤しながら作品を製作していた。児童の製作した、作品例を図4、図5に示す。

第11校時では、第10校時で製作した模型を基に、児童の思うようにそれらを改良・工夫させる指導過程である。模型はブロックでの製作のため、容易に分解組立ができるので、アイデアを出し合いながら班ごとに話し合い、それらを製作することによって確かめる試行錯誤の活動で動作に変化が生まれ、形状も徐々に変わっていった。これらの活動には、話し合い活動が含

まれており、言語活動の充実にも効果があると思われる。実験授業の様子を図6に示す。

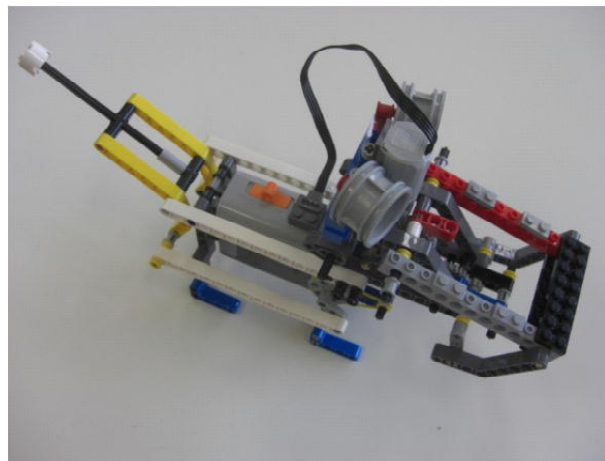


図4 犬型ロボット



図5 風力発電装置と出力メータ

また、授業の後半では、VTR カメラと、モニター画面を準備し、各班で製作上どのような工夫を行ったのかをモニターの前で発表する、練習場面を設定した。これは、第12校時で自分たちの工夫点をより効果的に伝えるためにはどのような発表の仕方が良いのかを考えさせる、表現活動の場面として設定した。これらの活動を取り入れたことにより、教員は班の進行状況

を確認できると共に、作業の進度差を調整することにも効果が示された。

第10～11校時では、これまで学習した知識や概念を、ものづくり体験を通して具体的なイメージとして形づくることができ「実感を伴った理解」につながるものと推察される。

第12校時「電磁石を利用して製作した模型の特徴を発表しよう」

第12校時では、製作した模型の特徴の発表と本単元のまとめを行う指導過程を設定した。作品を大きく見せるため、実物投影機のカメラの前に作品を設置し、作品製作の動機、作品の特徴、工夫した点、製作過程、難しかった点などを、3名全員で発表する形を取った。発表の際には、より適切に意図が伝わりやすいように、発表内容を書き込む学習プリントを作成し、基本的な内容はそこに書き込み、独自の工夫をさせた。発表に対して、児童からの質問を受け付け、指導教員からコメントを付け加えるものであった。

最後のまとめでは、ノーベル賞を例に挙げ、研究することや、発明品を作ることも大切であるが、それと同様にみんなの前で提案(発表)することも大切であることを確認し、授業を終了した。



図6 実践授業風景

なお、本授業実践の第11校時は、PTA に対して授業公開を行い、約20名の保護者が授業参

観を行った。第12校時は、S市教育委員会研究委嘱(理科教育)及び、S県生活科・総合的な学習の時間教育研究会の依頼を受け、理科・生活科教育研究発表会で授業公開し、約60名の小学校教員が授業を参観した。

2-6 調査結果

事前調査の結果を表3に示す。電磁石に関する興味・関心は、3.3と比較的高く、調査前に行われた8時間の電磁石に関する学習が適切に実践されていたことが示された。

表3 事前調査結果

調査項目	結果
1.電磁石への興味・関心	3.4
2.模型製作への経験	経験率 25 %
3.電磁石の用途の知識	正答率 19 %
4.モータの構造の知識	正答率 17 %
5.モータの役割の知識	正答率 58 %
6.スピーカの構造の知識	正答率 12 %
7.スピーカの役割の知識	正答率 45 %
8.模型製作の意欲	2.4
9.模型製作の難易度	2.2

電磁石を活用した模型の製作経験は、25%と少なく、ものづくりなどの体験的な活動が十分ではないことが示された。また、電磁石の用途、モータ、スピーカに関する知識は身につけていないことが示された。模型製作の意欲は、2.4とあまり意欲を示しておらず、その要因として模型製作の難易度が考えられる。これらのことから、電磁石を活用したものづくりを実践する前の児童は、電磁石に関する興味・関心は持ち合わせているが、それらの用途やそれらを活用した製品に関する科学的認識が十分でなく、

ものづくりに対しても難しいというイメージが先行するために、意欲が高いとはいえない実態が把握された。

事後の調査結果を表4に示す。授業の評価では、3.8と授業が楽しかったと高評であった。模型製作の意欲は3.7と、授業前と比較して有意に上昇した(対応のあるt検定、 $p < 0.01$)。製作の難易度も3.3と、授業前と比較して有意に上昇(対応のあるt検定、 $p < 0.01$)しており、製作に難しさを感じていないことが示された。

表4 事後調査結果

調査項目	結果
1. 授業の評価	3.8
2. 模型製作の意欲	3.7
3. 電磁石の用途の知識	正答率 86 %
4. スピーカの構造の知識	正答率 94 %
5. モータの用途の知識	正答率 89 %
6. スピーカの構造の知識	正答率 81 %
7. 作品の出来映え	3.5
8. 模型製作の難易度	3.3
9. 話し合い活動の評価	3.3

電磁石の用途、モータやスピーカに関する知識の定着も比較的高く、具体的な事例を書き示すことができるようになった。

作品の出来映えは、3.5と高い値を示した。班ごとの話し合い活動は、3.3であり、班ごとに差が見られたものの、班長を中心として活動ができ、全ての班が模型を完成させ、発表することができた。

授業に対する感想からは、第9校時に活用した教具が興味深かったというコメントが多く示され、ものづくりに関しても、予想以上に短時

間で作品が上手くできたことを示すコメントを多数徴集することができた。しかし、班によっては、作りたい模型に対する意見の食い違いがあったことや、「モータの回転数を調整できないのか」といった、班活動に関する課題や、ハードウェアに関する課題も明らかとなった。

授業全体を通して、変化に富んだ児童の活動の場面を多く設定できたことにより、児童の学習に対する意欲は高いまま維持した。これらのことから、本指導過程は、所期の目的を果たすことができたと推察される。

3. 結言

以上、本研究では、電気の働きの単元において、科学的な体験や、ものづくりを通して、知識・技能の確実な定着と、科学への関心を高めるための指導過程とそれらを支援する教材・教具を開発し、実験授業を行った。以下にその結果をまとめる。

モータやスピーカの内部構造を視覚的に観察し、それらの動作を確認する教具を製作した。

ものづくり活動前の児童のレディネスとして、児童は電磁石に関する興味・関心を持ち合わせているが、それらの用途や、それらを活用した製品に関する科学的な認識を持ち合わせていないという実態が把握された。

実験授業では、教具を活用した実験を通して、動作に対する驚きを示しながら、その内容に興味・関心を高め、実感を伴った理解に効果があった。

班でのものづくり活動を通して、児童同士のコミュニケーションを図る場面が設定できた。

模型の工夫を発表する場面では、視聴覚機材を活用しながら、情報伝達の大切さを体験的に学習できた。

以上の結果より、教具を活用した実験授業を実施した結果、電磁石に対する実感を伴った理解を促すと共に、それらに対する興味・関心を高めることができた。今後は、より多くの実践

を通して、教具の改善と効果的な指導方法を検討していきたい。

【参考文献】

- 1)文部科学省：小学校学習指導要領解説総則編，東洋館（2008）
- 2)文部科学省：小学校学習指導要領解説理科編，大日本図書（2008）
- 3)山梨県教育委員会義務教育課：新学習指導要領のポイント（理科），平成23年度教育課程研究委員会指導資料（2010）
- 4)堀井孝彦：子どもの問題解決能力を育てる電気・電子工作の場づくりと指導・支援の在り方，東京学芸大学附属学校研究紀要音楽科・英語科，No.34，pp.51-59（2007）
- 5)高原芳明・渡部陽平・堀之内裕子・金万旭・金長善・河田有紀・吉岡勉・平山元士・稲田佳彦・柿原聖治・喜多雅一：科学的な見方や考え方を育てる指導の工夫 小学校理科における「エネルギー変換」の教材としての可能性，岡山大学教育実践総合センター紀要，Vol.7，No.1，pp.9-19(2007)
- 6)文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編，教育図書（2008）
- 7)大宮北小学校編：意欲をもっていきいきと取り組む子どもの育成，さいたま市立大宮北小学校（2010）

(2011年 4月 28日提出)

(2011年 5月 20日受理)

Proposal of Teaching Process on Electromagnet to Promote Understanding with Actual Feeling

YAMAMOTO Toshikazu , SINODA Yuka , NAKAMURA Makoto

The purpose of this study is to propose teaching process to promote understanding with actual feeling concerning the learning contents of "Function of electricity" in the science education in the elementary school. Therefore, the teaching tool to learn the mechanism of motor and speaker was developed, and the experimental class to raise the interest in "Monozukuri" was carried out. Students manufactured the model using Lego (Science and Technology set, Energy set). Through manufacturing the model, they learned how technology was used in daily life.

As a result of experimental class, a knowledge on the electromagnet was firmly fixed in them, and their interests were heightened.

Keyword : Problem-solving learning , Monozukuri , Teaching tool , Electromagnet , Motor , Speaker