

科学技術の有用性を伝える理科授業の実践[†]

—小学校第5学年「電磁石」を題材として—

人見 久城*・土田美栄子**
宇都宮大学教育学部*
栃木県那須町立黒田原小学校**

小学校理科で学習する内容が日常生活の中でどのように応用され、役に立っているのか、その有用性を伝えるために「ものづくり」を取り入れた授業実践を行った。そして、科学技術の有用性を伝えられたかどうかを、ワークシートおよび事後アンケートにより評価した。本授業実践は、理科学習と日常生活との関連性や科学技術の有用性を伝える上で有効であることが示された。

キーワード： 小学校理科，科学技術，電磁石，教材研究

1. はじめに

国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS2003) および OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA2003) の結果では、数学・理科について「勉強が楽しい・得意」と思う日本の児童生徒は少なく、教育課程実施状況調査(平成13年)でも「当該教科の勉強が好き」と肯定的な回答をした児童生徒の割合は、学年が進むにつれて少なくなる傾向が報告されている(文部科学省, 2003)。また、平成17年版科学技術白書によれば、国民の科学技術に対する関心は年々低下しており、特に30歳未満の若年層で低下傾向が顕著である(文部科学省, 2005)。国民の科学技術離れはわが国全体の知的水準の低下、科学技術に関する職業を目指す若者の減少、さらには科学技術人材の縮小を招く恐れがある。理科離れが言われて久しいが、それは子どものみならず、国民全体の問題として危惧されている。

身の回りには多くの科学技術の成果が活かされ、生活を便利にしているにも関わらず、それらがすでに生活の隅々まで浸透しているため、それを実感し、意識することが少なくなっている。現在、家庭用電化製品などに代表される科学技術の発展にもなっており、ライフスタイルが大きく変容している。さらに、医療技術の進歩や医療機器の発達などによる健康の維持・回復にも、科学技術が貢献している。

発光ダイオード、光触媒、ハードディスクドライブ、カーボンナノチューブ、太陽光発電、免疫学研究から作られた医薬品など、これら最先端の科学技術には、日本の科学者や研究者、技術者たちの努力から生まれた研究成果が活かされており、それは科学分野のみならず、医療、工業、産業等、様々な分野にわたる。先人たちの努力とその業績は、人材育成や技術伝承を通じて今日まで受け継がれ、わが国の科学技術力を支えている(文部科学省, 2007)。

こうした日本の科学技術のすばらしさや先人の努力および業績を理科授業で取り上げ、子どもたちに伝えていくことを通じて、子どもたちの科学技術に対する興味・関心、知的好奇心、探究心を高めることができるのではないかと考えている。このような考えのもと、本研究では、子どもたちに理科学習の楽しさや事象の不思議さを感じさせるとともに、科学技術の有用性を伝えるための授業開発を試みた。

2. ものづくりの扱いと「磁石」を取り上げる理由

平成20年改訂の小学校学習指導要領理科(文部科学省, 2008a)では「ものづくり」について、3年では「3種類以上」、4～6年では「2種類以上」行うよう明示された。また、中学校学習指導要領理科(文部科学省, 2008b)においても、ものづくりが強調された。

ものづくりを行うことによって、学習内容の理解が助けられたり、深まったり、教材に対する新たな発見が期待されたりするなど、様々な効果が考えられる。このような考え方にたち、子どもたちには

[†] Hisaki HITOMI* and Mieko TSUCHIDA**: A Science Instruction for Conveying the Usefulness of Science and Technology - Focusing on Electromagnet -

* Faculty of Education, Utsunomiya University

** Kurodahara Elementary School, Nasu, Tochigi

できるかぎり多くのものづくりを体験させたいと考える。

本研究で「磁石」を取り上げる理由は、次の3つによる。

①身の回りのいろいろなどところで応用されている：
身の回りには、磁石を応用した様々なものがあり、それ無しには日常生活が成り立たなくなっている。

②様々な産業に欠かせないものとなっている：
工業分野はもちろん、宇宙開発、電気通信、医療、農林水産業、発電など、広い分野で磁石を応用した機械や技術が使われている。

③日本人の功績が大きい：
本多光太郎、加藤与五郎、武井武、三島徳七、佐川真人らにより、磁石が開発・改良され続けてきた。日本は磁石材料が乏しく、そのほとんどを輸入に頼らなければならないが、現在も磁石に関して世界でトップクラスの研究を続けている。

なお、本研究では単元「電磁石のはたらき」に焦点をあてるため、「磁石」を（天然）磁石だけではなく、電磁石を含めた広い意味でとらえている。

3. 研究の目的

小学校理科で学習する内容が日常生活の中でどのように応用され、役に立っているのか、その有用性を伝えるために「ものづくり」を取り入れた授業実践を行った。そして、理科学習と日常生活との関連性や科学技術の有用性を伝えられたかどうかを、事後アンケートおよびワークシートにより評価した。

4. 授業の実践

第5学年の単元「電磁石のはたらき」に関する指導計画を立て、そのうちの終末にあたる1校時分の授業を実践した。単元指導計画を表1に示し、本授業の概要を以下に示す。

- 題材名： 生活を支える磁石
- 目標： 身の回りのいろいろなどところで磁石が使われていることを知り、理科の学習と日常生活との結びつきに気付くことができる。
- 展開： 表2に示す。
- 対象： 栃木県内A小学校 第5学年1組・2組 児童（計61名）
- 実施期日： 平成21年6月30日
- 評価： 身の回りに利用されている磁石に気付き、そのよさを感じているかどうかを、ワークシート

表1. 単元指導計画（10時間扱い）

第1次 電磁石の働き	2時間
第1時 電磁石を作る	
第2時 電磁石の働きを調べる	
第2次 電磁石の極	1時間
第1時 電磁石の極の性質を調べる	
第3次 電磁石の強さ	4時間
第1時 電磁石の強さを調べる実験計画を立てる	
第2時 電流計・電源装置の使い方を練習する	
第3時 電磁石の強さを調べる実験をする	
第4時 実験の結果をまとめる	
第4次 電磁石を使ったものづくり	2時間
第1時 作るものの計画を立てる	
第2時 ものづくりをする	
第5次 生活を支える磁石（発展）	1時間
第1時 磁石の応用について知る（本時）	

や事後アンケートなどによって評価する。[関心・意欲・態度]

本授業の様子を図1～3に示す。



図1. 授業の様子1
(モーターが使われているものの提示)



図2. 授業の様子2
(クリップモーターの製作)

表2. 本時の展開

学習活動	教師の支援・留意事項
1. 身の回りで使われているモーターの存在に気づく。	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に、ドライヤーなどの電化製品を分解して、中の様子が見えるようにして展示しておき、それらの構造に目を向けさせておく。本時では、それらを見てどんなことに気づいたかを話し合うことで、モーターの存在に気づかせる。 ・「モーターは電気力を回転する力に変える働きをすること」を押さえる。
2. モーターが使われているものには、どんなものがあるかを知る。	<ul style="list-style-type: none"> ・身の回りのものでモーターが使われているものの写真を黒板に貼る。いろいろなものに使われていることが実感できるように数多く貼る。
3. クリップモーターを作る。	<ul style="list-style-type: none"> ・モーターの材料が子どもから出ない場合には、モーターを分解して見せる。中から、コイル、磁石が出てくる。モーターはコイル、磁石、電気（電池）で作れることを知らせる。 ・いろいろなコイルモーターがあることを見せ、興味をもたせる。その中で今回は、クリップモーターを作ることを知らせる。 ・コイルとクリップ、磁石、電池を組み立てさせる。時間を短縮するために、事前にコイルとクリップを加工しておく。 ・モーター作りをする中で、どんな話をしているのか、子どもの言葉を拾っておく。特に「速く回そう」と工夫している児童や「速く回す競争」をしている児童をチェックしておく。その中で、モーターの性能に目を向けさせる。
4. モーターに使われている磁石に目を向け、磁石の役割を考える。	<ul style="list-style-type: none"> ・モーターの性能が磁石に関係しているのではないかという考えが出てくることを期待したい。 ・小さくて強い磁石を使ったクリップモーターを提示し、自分たちのものと比べさせ、磁石に目を向けさせる。 ・磁石の種類と強さについて知らせる。磁石の材料については、質問が出たら答える。 ・磁石にクリップがどれだけつくかなど、具体的に目に見える方法で演示していく。 ・磁石開発における日本人の功績を伝える。
5. 磁石の役割と日常生活との結びつきに気づく。	<ul style="list-style-type: none"> ・なぜ強力な磁石を開発する必要があるのかを考えさせ、磁石と科学技術との関連に気づかせる。意見が出ないことも予想される。 ・モーターに強い磁石を使うと、電化製品はどうなるのかを考えさせ、便利になるだろうと予想させる。 ・磁石が強くなると、モーターが小型化できることを知らせる。その例として、携帯電話のバイブレーション機能を演示する。 ・モーターには必ず磁石が使われていることや、モーター以外にも磁石はいろいろなところで使われていることを知らせ、理科の学習と日常生活との関連を図る。



図3. 授業の様子3
(フェライト磁石とネオジウム磁石の強さの比較)

5. 評価

(1) 事前調査

授業実践の約2週間前に、児童の理科学習に対する意識や磁石に関する予備的な知識を調査した。授業の対象となる第5学年児童と比較することを視野に、A小学校の第4学年児童(65名)、第6学年児童(65名)についても調査した。

①理科学習の好き嫌いとその理由:

設問「理科の学習は好きですか」に対する結果を図4に示す。好きの割合は4, 5年生で60%を超えている。「好き」「どちらかといえば好き」を合わせた割合は、どの学年でも80%を超えている。

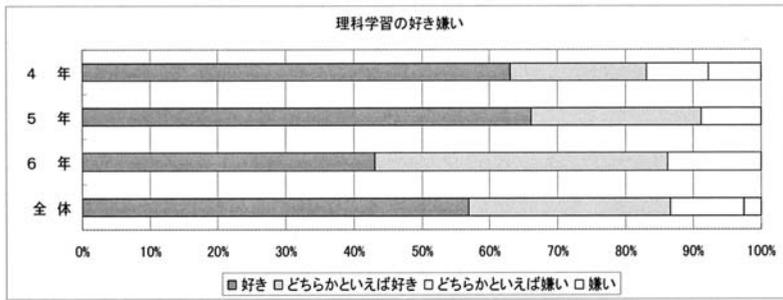


図4. 理科学習に対する意識 (好き嫌い)

また、「嫌い」「どちらかといえば嫌い」の割合は全体として少ない。この結果から、A校の児童は理科の学習がたいへん好きであるといえる。しかし、学年が上がるにしたがって、「好き」から「どちらかといえば好き」へ意識が変化していることも読み取れる。

好き嫌いの理由を図5に示す。「好き」「どちらかといえば好き」では、どの学年においても実験に関する理由が最も多い。また、「嫌い」「どちらかといえば嫌い」の理由は、「むずかしい・わからない」が多い。理科学習が好きな児童は、実験の楽しさ、おもしろさを理由に挙げ、理科学習が嫌いな児童は、学習の理解の困難さを挙げている。さらに、学年が上がると、観察・実験の技能に苦手意識を感じて嫌いになる児童が増えている。

②理科学習における好きな学習活動：

設問「理科の学習で好きな学習活動は何ですか」に対する結果（複数回答）を図6に示す。どの学年も「実験をする」が最も多い。次いで、「調べる」「植物を育てる」「生き物を育てる」「おもちゃを作る」の順に多い。また、どの学年も「実験や観察の結果からどんなことがわかるかを考えること（考察すること）」が最も少ない。次いで、「予想する」「まとめる」「方法を考える」なども少ない。これらの結果から、実験、観察、飼育、栽培、ものづくりといった活動が好まれていることがわかる。一方、思考をとまなう活動には消極的な傾向が見られる。試行錯誤し、探究し、解決する楽しさやおもしろさを味わわせる必要性が読み取れる。

③理科学習の有用性：

設問「理科で学習することは、身の回りで役に立っていると思いますか」に対する結果を図7に示す。「とても役に立っている」「まあまあ役に立っている」を合わせた割合は、4年生では70%を超え、5、6

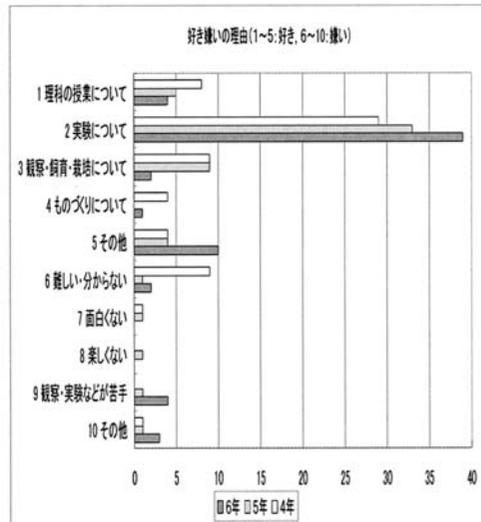


図5. 好き嫌いの理由 (横軸は%)

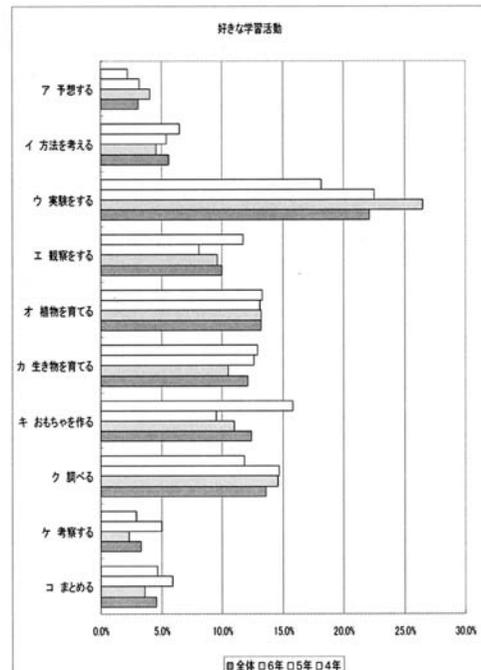


図6. 好きな学習活動 (複数回答)

年生では 90%を超えている。一方、4 年生では「分からない」と答えた児童が 5、6 年生に比べて多い。この結果から、学年が上がるにつれ、理科学習の有用性を感じる児童が増えるといえる。理科学習の経験の浅い 4 年生では、有用性を感じたり判断したりすることができない児童が一定数見られる。

④理科学習と将来の仕事との関係：

設問「将来、仕事をするには、理科の学習は必要だと思いますか」に対する結果を図 8 に示す。「必要だと思う」の割合は、4、6 年生では 30%を超え、5 年生では 50%を超えている。「必要だと思う」「少し必要だと思う」を合わせた割合は、どの学年でも 80%を超えている。その一方で、「あまり必要ではない」「必要ではない」「分からない」と答える児童も

20%弱見られる。児童にとって、理科で学習したことと職業とを関係づけて考えることは馴染まないと考えられるため、必要性を感じられない児童がいることは予想していたが、結果を見ると何らかの関連性を感じる児童も多数いることがわかった。

⑤磁石遊びの経験：

設問「磁石を使ってどんなものを作ったことがありますか」という問いかけで、経験を自由に記述させた。結果を表 3 に示す。各学年ともに「方位磁針」「魚釣り」が挙げられている。5、6 年生では「砂鉄集め」、4、6 年生では「磁石ごま」が共通している。3 年生で磁石の学習をするが、学年が上がるにつれて記述数が少なくなっている。学習してから時間が経ち、学習したことが記憶に残っていないことが考え

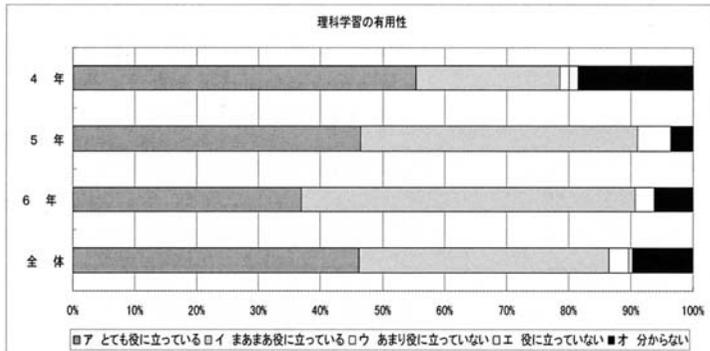


図 7. 理科学習の有用性

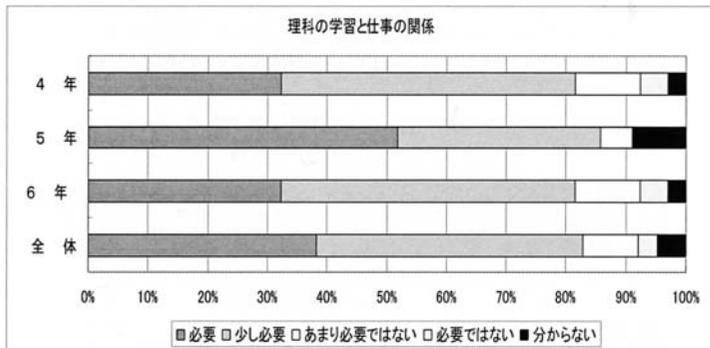


図 8. 理科学習と仕事の関係

表 3. 磁石遊びの経験 (複数回答) () 内は人数.

4 年 (65 人中)	5 年 (56 人中)	6 年 (65 人中)
磁石ごま (14)	砂鉄集め (10)	砂鉄集め (4)
方位磁針 (14)	方位磁針 (4)	魚釣り (3)
魚釣り (5)	磁石どうして遊ぶ (1)	磁石ごま (3)
UFO キャッチャー (1)	釘をつける (1)	方位磁針 (2)
ウキウキ磁石 (1)	磁石の柱 (1)	磁石カー (2)
まと当てゲーム (1)	魚釣り (1)	ダンスの踊り場 (1)
ごろごろ虫 (1)	サッカー (1)	
みの虫 (1)	走らせる車 (1)	
	磁石でっぽう (1)	

られる。また、「磁石を使って」ということと「磁石につく」ということを混同していると思われる回答も見られた。設問の意味を口頭で解説してから回答させれば、違った結果になったかもしれない。

⑥磁石が使われていると思うもの：

選択肢に対して「磁石が使われていると思うものすべてに○をつけてください」と問いかけ、回答させた。その結果を図9に示す。全体的には、磁石が使われているもの（方位磁針、自動車、モーター）を選択できた児童が多い。一方、これまでに学習したことのある豆電球、乾電池、温度計、虫眼鏡にも磁石が使われているとする回答も、4～6学年で2割程度あった。

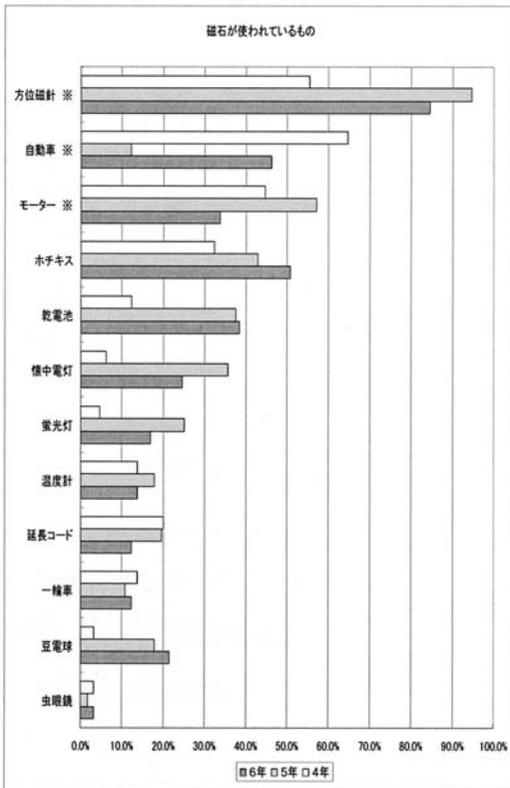


図9. 磁石が使われているものの判断 ※は磁石が使われているものを示す。

(2) 授業の検証

授業を受けた第5学年児童の理科の学習に対する意識が、授業後にどのように変容したかをアンケートやワークシートをもとに把握した。

①授業の満足度：

設問「今日の授業はどうでしたか」に対する結果

を図10に示す。「とても楽しかった」と回答した児童は62.3%、「楽しかった」という児童は22.9%で、合わせて全体の80%以上を占めた。子どもたちにとって、十分満足できた授業だったといえる。

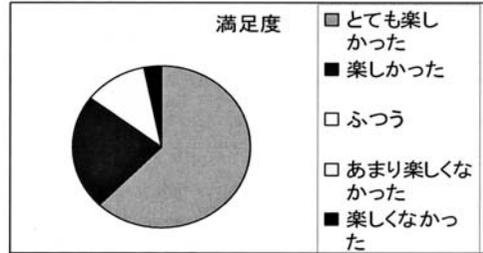


図10. 授業の満足度

②理科学習と日常生活との関連に関する探究心：

設問「今日の授業を受けて、勉強したことが生活に利用されていることについて知りたいと思いませんか」に対する結果を図11に示す。「とても知りたいと思う」児童は42.6%、「知りたいと思う」児童は39.4%で、合わせて全体の80%以上を占めた。本授業を通して、磁石が日常生活で役に立っているところを知りたいという気持ちをもたせることができたと考えられる。

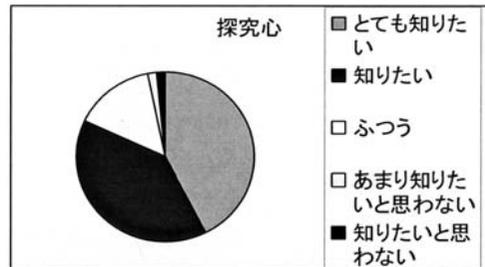


図11. 理科の学習と日常生活との関連に対する探究心

③理科の学習の有用性：

設問「理科で学習することは、身の回りで役に立っていると思いますか」に対する結果を図12に示す。もともと理科の学習に有用性を感じていた児童が多かったが、授業を行うことによってさらにその有用性を感じた児童が増えたといえる。否定的な意識をもっていた児童も、授業を受けることで、理科の学習の有用性を感じるようになった。

④理科の学習と仕事との関係：

設問「将来、仕事をするには、理科の学習は必要

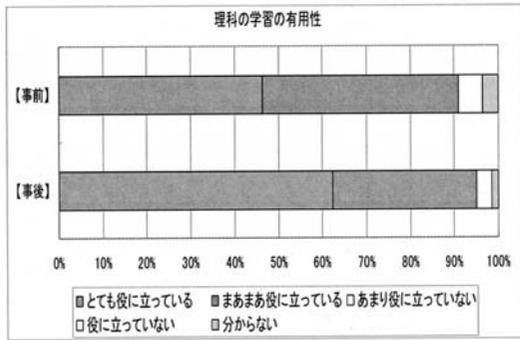


図 12. 理科の学習の有用性 (授業前後での比較)

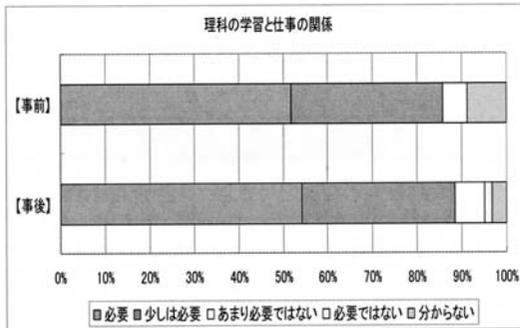


図 13. 理科の学習と仕事の関係 (授業前後での比較)

だと思いますか」に対する結果を図 13 に示す。授業後、理科の学習は将来必要になると感じた児童が増えた。その一方で、否定的な意識をもった児童も若干増えている。これらの児童は、事前アンケートで「必要だと思う」「分からない」と答えていた。ワークシートの記述からは、なぜ否定的な考えに至ったのかを読み取ることはできなかった。推測になるが、授業で扱った内容が児童の認識を混乱させてしまったのかもしれない。

⑤磁石が使われているものの判断：

事前調査で用いた選択肢（自動車、モーター、方位磁針、ホチキス、一輪車、延長コード、蛍光灯、懐中電灯、豆電球、乾電池）に、事後調査では、電動鉛筆削り、洗濯機、上皿天秤、顕微鏡を加え、磁石が使われていると思うものを選ばせた。結果を図 14 に示す。磁石が使われているものについては、事前調査で 50%程度の正答率であったが、事後では、方位磁針以外のものについては 90%以上の高い正答率となった。しかし、磁石が使われていないものを選んでしまう回答（誤答）も事後で増加してしまった。身近に見られる様々なものに磁石が使われて

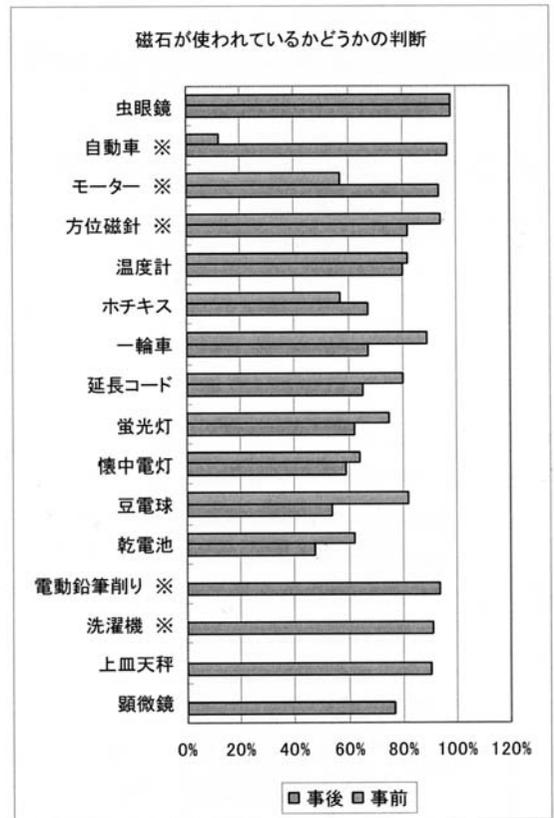


図 14. 磁石が使われているものの判断 (複数回答) 棒グラフの上段が事前、下段が事後を表す。※は磁石が使われているものを示す。

いるという認識をもたせることができた一方で、どんなものにも磁石が使われているような印象を与えてしまったのではないかと考えられる。

磁石が使われているものについては、選択肢を選ばせる設問のほかに、自由に記述させた。ただし、事前では「あなたが知っている磁石が使われているものには、どんなものがありますか」、事後では「ほかにはどんなものに磁石が使われているか、書きましょう」と表現はやや異なる。結果を表 4、表 5 に示す。授業前後のいずれにも誤った回答がいくつか含まれているが、授業後に知識の幅がやや広がったことがうかがえる。授業前では、磁石そのものとして使われている事例に回答が集中している。授業後では、モーターに利用されている磁石に関する回答が増えている。

⑥ワークシートの自由記述：

考察の対象としたのはモーターが使われているところに関する理解(「モーターはこんなところで活躍

表4. 磁石が使われているものに関する自由記述（授業前；複数回答）

No	項目	人数
1	冷蔵庫（にはってある磁石）	13
2	磁石、マグネット	6
3	黒板（に使う磁石）	4
4	机（にはってある名前の磁石）	4
5	テレビ	3
6	方位磁針	3
7	リニアモーターカー	3
8	釘	2
9	鉄、砂鉄	2
10	モーター	2
11	ランドセルの留め金	2
12	時計	2
13	鉄のところが磁石のドライバー	1
14	カーテン（の留めるところ）	1
15	懐中電灯	1
16	歯車	1
17	ストープ	1
18	鍋	1
19	機械	1
20	温度計	1

表5. 磁石が使われているものに関する自由記述（授業後；複数回答）

No	項目	人数
1	パソコン	16
2	冷蔵庫	12
3	産業用ロボット	10
4	扇風機	10
5	自転車	9
6	電子レンジ	8
7	テレビ	8
8	コピー機	7
9	携帯電話	6
10	リニアモーターカー	5
11	ラジオ	4
12	電車	4
13	掃除機	3
14	電動鉛筆削り	3
15	ラジコンカー	3
16	洗濯機	3
17	自動車	3
18	換気扇	3
19	マグネット	2
20	マイク	1
21	エアコン	1
22	スピーカー	1
23	音楽を聴くもの	1
24	黒板（に使う磁石）	1
25	ゲーム	1
26	鉄のところが磁石のドライバー	1
27	モーター	1
28	ストープ	1

しています）」と「わかったこと・気付いたこと・思ったこと・もっと知りたいこと」の欄である。授業で紹介したモーターが使われているものについて、自分が知らなかったものや意外に思ったものを記述させた。結果を表6に示す。「パソコン」を書いた児童が40名と全体のおよそ3分の2を占めている。「コピー機」「冷蔵庫」を書いた児童はそれぞれ30名、28名で、およそ半数を占めている。「電子レンジ」を書いた児童はおよそ3分の1を占めている。これらの結果から、児童が家庭でよく目にすると思われる扇風機や掃除機よりも、パソコンやコピー機に磁石が使われていることに意外性を感じていることがわかった。

表6. 磁石が使われているもので、自分が知らなかったもの・意外に思ったもの（複数回答）

項目	人数
パソコン	40
コピー機	30
冷蔵庫	28
電子レンジ	21
自転車（ライト）	18
産業用ロボット	18
洗濯機	15
電動鉛筆削り	6
扇風機	2

⑦授業に対する自由な感想：

「わかったこと・気付いたこと・思ったこと・もっと知りたいこと・理解したこと・探究したいこと」や感想など、自由な記述を分類した結果を表7に示す。児童の記述、「磁石に関するもの」「モーターに関するもの」「その他」に大きく分けられた。「磁石に関するもの」は48件、「モーターに関するもの」は34件、その他9件であった。「磁石に関するもの」では「磁石は、いろいろなところに使われていることがわかった」が23件と最多で、「モーターに関するもの」では「モーターは、いろいろなものに使われているのがわかった」が17件と多かった。「その他の記述」では「とても理科が楽しかった」「どうやって電気が流れるのか知りたい」などが書かれていた。これらの記述から、本授業によって、磁石が生活の中で応用されていることを印象づけさせ、磁石についてもっと知りたいという気持ちをもたせることができたと考えられる。

表7. 授業に対するおもな自由記述 (複数回答)

磁石に関する記述(4 8件)	モーターに関する記述(3 4件)	その他(9件)
磁石は、いろいろなところに使われていることがわかった。(2 3件)	モーターは、いろいろなものに使われているのがわかった。(1 7件)	とても理科が楽しかった。(3件)
自動車には、100個以上の磁石が使われている。(6件)	モーターは、磁石とコイルでできていることがわかった。(5件)	勉強になった。いろいろ知れてよかった。
世界最強の磁石を作った人が日本人だということがわかった。(4件)	モーターには、磁石が使われていることがわかった。(4件)	コイルはいろいろなところで使われていることがわかった。
もっとどこに磁石が使われているのか知りたい。(4件)	ほかにもモーターが使われているものを知りたい。(4件)	どうやって電気が流れるのかわかりたい。
磁石の力はすごい。(3件)		すごくわかりやすかった。
磁石が生活を支えているとは思わなかった。(2件)		電池は、思ったより生活に役に立っているんだなと思った。

(3) 授業者による振り返り

最後に、授業者の振り返りを記しておく。やや盛りだくさんの内容であったので、それぞれの活動の時間が短くなってしまった。児童たちには消化不良のところもあったと思われる。モーター作りの中で、児童たちからモーターの性能に関する発言を引き出したかったが、活動に十分な時間がとれなかったため、それほど多くは引き出すことができなかった。

モーターが使われているものを順々に提示したときには、初めて知ったことが多かったようである。また、いろいろな種類の磁石があることや、磁石を開発した日本人の技術者の多さにとても驚いている様子がうかがえた。さらに、ネオジム磁石の力の強さにも驚きの声が上がった。子どもたちの意欲付けについては、おおむね達成できたと考えている。授業後、磁石や振動モーターに興味をもち、教材を見に来たり、展示しておいた磁石やゲームなどで遊んだりする子どもたちが多くいた。このことから、興味・関心も高まったと思われる。

6. まとめ

本授業が、理科学習と日常生活との関連性や科学技術の有用性を伝える上で有効であったことが示された。準備した教材と授業展開が奏功した結果であると考えられるが、ものづくりを導入した展開が大きく寄与したのかどうかは明確ではない。事後調査においてもものづくりに関する設問を用意しなかったため、その効果を直に評価できなかった。本授業には、教師による演示(提示)、児童のものづくりなどいくつかの場が含まれている。今後、同様の実

践をする際には、それらのいずれかが(あるいははいずれもが)、日常生活との関連性や科学技術の有用性を気づかせることに寄与したかを、より明確に把握していきたい。

別の課題として、電磁石の学習で、モーターの構造や回転の仕組みを確認させるような授業展開をあげておきたい。本授業で、強い磁石がモーターの性能を強くすることを予想した児童がいた。この点を掘り下げることで、電磁石に対する理解を深めるとともに、日常生活の中での電磁石の役割や有用性をより感じさせることができるかどうかを検証したいと考える。

謝辞: 授業実践にご協力をいただいた飯塚政光校長先生をはじめA小学校の先生方に感謝の意を表す。

付記: 本研究は、平成21年度前期宇都宮大学教育学部内地留学研究(土田)の一部として実施された。

[文献]

- 文部科学省(2003):平成15年版科学技術白書,国立印刷局. pp.83-87.
- 文部科学省(2005):平成17年版科学技術白書,国立印刷局. pp.54-56.
- 文部科学省(2007):平成19年版科学技術白書,国立印刷局. pp.32-54.
- 文部科学省(2008a):小学校学習指導要領解説理科編,大日本図書.
- 文部科学省(2008b):中学校学習指導要領解説理科編,大日本図書.

