

体験を大切にし、見出した問題を主体的に解決する理科授業

鮫 島 圭 介[鹿児島大学教育学部附属小学校]

久 保 博 之[鹿児島大学教育学部附属小学校]

上 崎 博 輝[鹿児島大学教育学部附属小学校]

Science classes that enable the students to value their experiences and solve alone the problems that they themselves have ascertained

SAMESHIMA Keisuke, KUBO Hiroyuki and KAMISAKI Hiroki

キーワード：体験、感性を育てる、問題を見出す、主体的、問題解決

1. はじめに

子どもたちは、日常の中で自然に親しみ、新しい発見に喜んだり、疑問を抱いたりする存在である。私たち附属小学校にある観察池や学習林では、メダカやカダヤシ、エビやおたまじゃくしなどを捕まえ、嬉しそうに自然と親しむ子どもで賑わっている。また、「どうしてこんな色をしているのかな。」「エビの触覚ってかなり長いな。逃げるとき、後ろにとんでいるよ。」などと新たな発見を喜んだり、新たな疑問を抱いたりしている。そんな生き生きとした表情を見せてくれる。そして、そのことを夏休みの理科の自由研究で深く調べたりまとめたりする子どももいる。私たち教師は、そんな発見や疑問を抱く子どもに寄り添い、共に問題を考え、解決していくことを楽しんでいくことができる教師でありたい。そして、そのような自然の不思議さや巧みさについて科学して解明していくことを楽しむ子どもたちに育てていきたいと考え、日々理科の授業を子どもと共にやっている。

一方で、自然に親しむことに興味をもつことができなかつたり、授業中の学習問題に対しての解決の見通しをもてなかつたり、解決したいという思いをもつことができなかつたりと理科に対して苦手意識をもっている子どももいる。そのような子どもの姿となる要因は、体験の不十分から、理科のカリキュラムを再検討することにした。実践のテーマを、「体験を大切にし、見出した問題を主体的に解決する理科授業」とし、授業実践を行った。

2. 体験を大切にし、見出した問題を主体的に解決する理科授業について

体験とは、理科の問題解決の過程の中で様々ある。そこで、学習過程の中でどのような体験があるかを考え、大きく3つの体験（わくわく体験・じっくり体験・なるほど体験）を位置付けた（図1）。そして、体験をどのように充実させる必要があるのか理科を核としたカリキュラムで考えてみた。

3. 理科の問題解決の過程について

理科の1単位時間の大きな流れは、事象提示→学習問題→予想→方法→観察・実験→事実→考え→感想である。

つかむ過程→(わくわく体験)

まず、物や事象に触れさせ、直感的なやってみたい思いをもたせる。それらを交流する場を設定し、不思議なこと、解決したいことを明らかにし、問題につなげる。そのために、学習内容と関連する生活経験を再度体験させ、予想をする際の根拠の手がかりとする。

見通す・吟味する過程→(じっくり体験)

自分の予想をもち、その予想を確かめる方法を検討し、その方法が適切か考え、結果の見通しまでもたせるために、実際の物を渡して考えさせたり、予想の違いが視覚的にわかる板書にしたりする。実物や諸感覚を通した事実にとことんこだわり、事実から言えることは何かを考えさせるために、自分が観察、実験で得た事実だけでなく、他者の事実とも比較させる。そして、その事実から自分達の予想が確かめられたのか考えさせる。また、自分達の観察、実験が妥当かどうか吟味させる観察、実験自体が目的とならないようにするために、何を明らかにするために行っていることなのかを共有しながら、解決の目的とあっているか照合させるようにする。

振り返り・生かす過程→(なるほど体験)

学び取ったことから、これまで体験したことの意味付けを行わせるために、単元の終わりに振り返りを記述させる。また学び取ったことと、これまで体験したことのない事象との関連を見出させ、学びを生かした、ものづくりなど体験させる。

4. 実践1(平成30年2月～3月実施)第3学年「磁石の性質」

第3学年「磁石の性質」について報告する。この単元前までに子どもたちは、壁に紙などの書類をはさむなどの日常生活において、マグネットを利用したり、生活科「おもちゃランド」の学習において、磁石が鉄を引き付けるという性質を用いた釣りのおもちゃで遊ぶ経験をしたりしている。

そこで、本単元では、磁石の性質について、磁石と身の回りの物及び磁石と磁石を近付けたときの様子に着目し、比較しながら追究する活動を通して、それらについての理解を図る。また、観察、実験などに関する技能を身に付けるとともに、差異点や共通点を基に、磁石の性質についての問題を見いだす力や粘り強く問題解決しようとする態度を育成することをねらいとしている。この単元のポイントは以下のとおりである。

【ポイント】

磁石がもつ見ることのできない力を実感することができるようにするために、諸感覚を発揮して、磁石に働く見えない力を十分に体感できるように(わくわく体験)して、自然事象を捉えさせることが大切である。その際、磁石が引き付ける材質の違い、磁石が鉄を引き付ける距離の違い、磁石が鉄を引き付ける場所の違いに着目し、現象の要因を比較しながら追究(じっくり体験)させていくことが大切である。

まず、『わくわく体験』とは、学習問題の設定につながり、子どもたちの感動や疑問を引き出すために行う体験である。単元や、一単位時間の導入に位置付け、子どもの感動や疑問、驚きを引き出し、「自分で考えたい。確かめたい」という思いをもつことができる体験活動にする。子どもの思いや願いを引き出し、それに沿って、主体的に対象に関わったり、自分なりに考えたりすることを通して気付きの質を高めていく。このように対象との関わりを通して、豊かな感性が育まれると共に、思いや願いに沿って対象に働きかける創造性や主体性も育まれる。理科授業の基盤となる教科である、低学年の生活科との関連も大切だと考えた。

次に、『じっくり体験』とは、自分の予想を確かめるために観察・実験をするという体験である。「本当にそうかな。」「もしかしたらこうしたらいいのかな」などという思いをもちながら、自分の考えを構築する際に位置付ける。子どもが自分なりの問題意識を連続・発展させながら、探究的に問題を解決していく。失敗過程も大切にし、その失敗の要因を考えたり、打開策を考えたりしながら、対象との関係が少しずつ見えるようになり、人・物・事との関係を捉えようとする態度が表出される。

そして、『なるほど体験』とは、自分が獲得したことを日常生活や他の場面で生かしたり活用したりする体験である。自らきまりや新しい概念を構築した後、日常生活や他の場面で活用したりする内容を位置付け、「この時でもそうなのかな。」「他の場面でも確かめてみたいな。」という思いを具現化する体験活動である。この3つの体験を核として、実践を行うことにした。このような体験を大切に理科授業のカリキュラムを考え、まずわくわく体験を充実させることで、見出した問題を主体的に解決する理科授業につながると考えた。

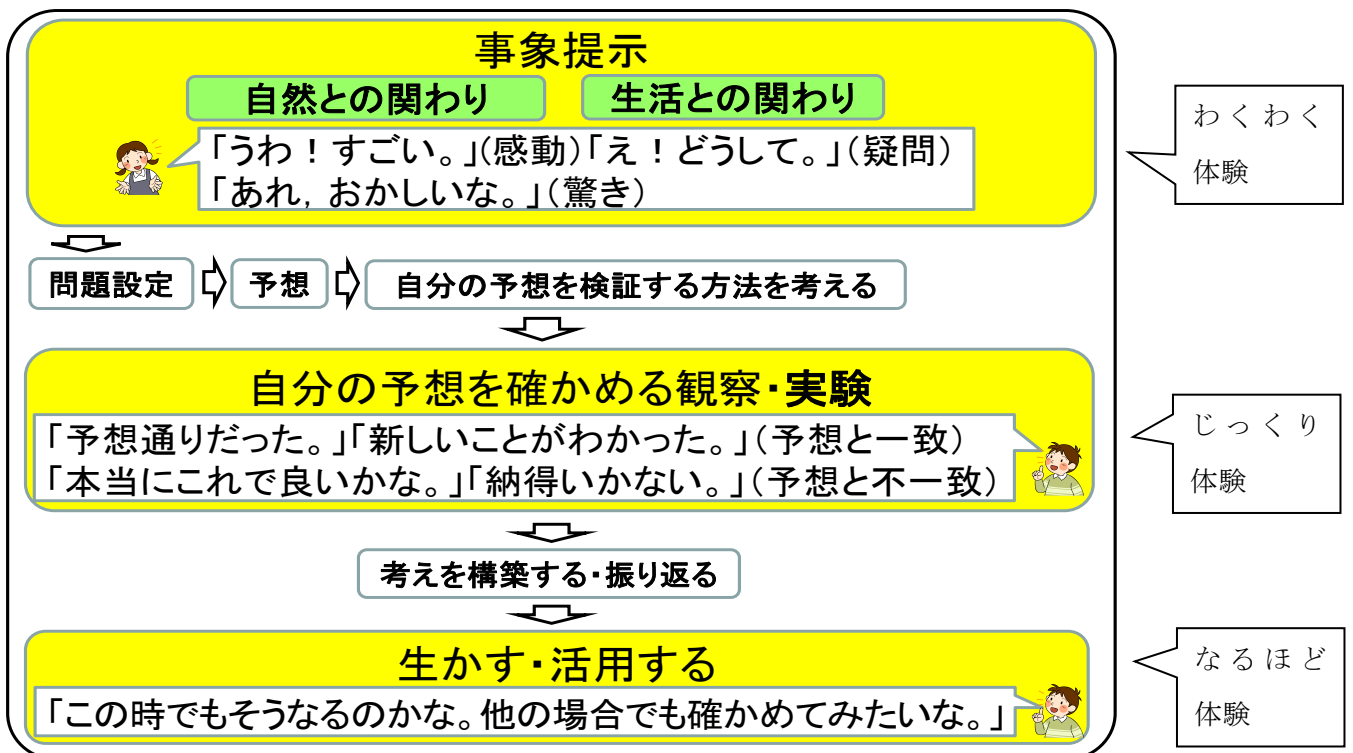

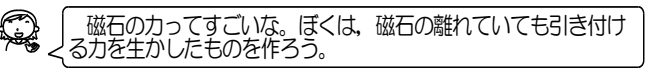


図1 理科の問題解決の過程における3つの体験

結果, 13時間の指導計画となった。指導計画は下記のとおりである。

指導計画 (全13時間)

次	主な学習活動	教師の具体的な働きかけ
第一次 磁石遊び②	<p>1 磁石遊びをする。①②</p>  <p>中を見ると、釘、クリップ、紙、糸がいろいろ入っていた。磁石につくものは、どんなものなのか調べたいな。</p> <p>レースをすると、磁石で進ませることができる時と、磁石で進ませることができない時があった。磁石と磁石の関係を調べたいな。</p>	<p>○ 磁石が物を引き付けることに関する問題意識や、磁石と磁石の関係に問題意識を高めるために、磁石を使ったおもちゃで遊ぶ活動を設定する。その際、遊びの中で気付いたことを取り上げる。</p>
第二次 物と磁石④	<p>2 物と磁石の関係について調べる。</p> <p>磁石には、どんな物がつくのだろうか。③</p> <p>【ついた】 ← 【つかなかった】</p> <p>スチール缶 (削る必要ない)、クリップ、鉄の釘、錆びた釘、鉄製の綿</p> <p>アルミ缶、アルミ箔、ステンレスの釘、真鍮の釘、銅の釘、木、ゴム、紙、糸、ガラス</p> <p>磁石には、鉄でできた物がつく</p> <p>磁石と鉄が離れていてもつくよ。</p> <p>磁石と鉄が当たった時にくっつく。</p> <p>鉄でできた物は、磁石にどのように付くのだろうか。④⑤</p> <p>鉄が磁石に吸い寄せられるように寄っていった。</p> <p>鉄を重たくすると、磁石と鉄の距離が短くなった。引き付ける力は、磁石と鉄の距離が関係ありそうだ。</p> <p>鉄でできた物は、磁石に引き付けられるように付く。磁石には、離れていても鉄を引き付ける力がある。</p> <p>磁石の向きが違う。向きが違えば、磁石じゃなくなるのかな。</p> <p>Aの手だと鉄を持ち上げられるのに、Bの手だと鉄を持ち上げられないのはどうしてだろうか。⑥ (本時)</p> <p>磁石の端に、鉄がたくさんついた。</p> <p>磁石の真ん中に、鉄はつかなかった。</p> <p>引き付ける感じの手ごたえを、端のほうが強く感じた。</p> <p>磁石の端が、磁石の真ん中より鉄を引き付ける強さ (磁力) が強い。Aの手は持ち上げられるが、Bの手だと持ち上げられないと考えられる。</p>	<p>○ 金属の中でも鉄が磁石につくことを捉えさせるために、材質の異なる数種類の釘 (鉄、ステンレス、真鍮、銅、錆びた釘)、同じ鉄でも硬さや光沢の違うものを準備して実験させる。</p> <p>○ 鉄でできた物が、磁石にどのように付くかという問題意識をもたせるために、大型の磁石模型を用意し、磁石を近づけたときの鉄の様子を体を使って表現させ考え方を比較し、違いに着目させる。そして、検証方法を考えさせる。</p> <p>○ 磁石の場所によって引き付ける力が変わることをとらえさせるために、小さな鉄製のナットや小さく刻んだモールを用意し、磁石の端と真ん中部分に近づけたときの数に着目させながら比較して確かめる場を設定する。その際、諸感覚を働かせて見えない磁力を捉えられるようにするために、磁石の端と真ん中に鉄を近づけた時の手ごたえの違いに着目した気づきを全体で取り上げる。</p>
第三次 磁石と磁石⑤	<p>3 磁石と磁石の関係について調べる。</p> <p>同じ手同士だとつかないのに、違う手だと付くのはどうしてだろうか。⑦⑧</p> <p>磁石は違う極同士は引き付け合い、同じ極同士は退け合うという性質だから。</p> <p>磁石のN極は北を向き、S極は南を向くというきまりがあるから。</p> <p>4 磁石の性質と保存について考える。</p> <p>磁石を折ると、引き付ける力や極はどうなるのだろうか。⑩</p> <p>折れた磁石は折れても磁石であった。</p> <p>磁石からはなしてもクリップが落ちないのは、どうしてだろうか。⑪</p> <p>磁石についたクリップが、磁石になったから。</p>	<p>○ 磁石の異極同士は引き付けあい、同極同士は退け合うことを捉えさせるために、時計皿に入れた磁石を水に浮かべ、お互いが引き合ったり離れたりする様子に着目して追究させる。</p> <p>○ 磁力の保存性や鉄の磁化について捉えさせるために、折れた磁石の端が極になることや磁石についたクリップが他のクリップに付く様子の要因を予想させ、検証方法を考え、確かめさせる。</p>
第四次 ものづくり②	<p>5 磁石の性質を生かした物作りをする。⑫⑬</p>  <p>磁石の力ってすごいな。ほくは、磁石の離れていても引き付ける力を生かしたのを作ろう。</p>	<p>○ 学習したことを生活に生かそうとする態度を育てるために、磁石の性質を選択しておもちゃづくりをさせる。その際、磁石のどんな性質を生かして作ったのかを説明させるようにする。</p>

【実践1の成果】

- 単元終了後に、自己の学びを振り返る活動を設定し、磁石について感じたことや考えたことをまとめさせた。本単元は、磁石のもつ見えない磁力を諸感覚を働かせながら捉える内容であり、「同じ極同士を近づけても、邪魔される感じがする」と手ごたえで感じた磁力を表現していて、磁石のもつ不思議さを感じている様子が伝わっていた。
- 子どもたちは、諸感覚を働かせながら磁石と身の回りの物及び磁石と磁石を近付けたときに見られる様子に着目して自然事象の要因を追究することで、磁石がもつ見ることのできない力を実感する楽しさや、磁石の性質を発見する楽しさを味わうことができていた。
- 磁石がもつ見ることのできない力を実感することができるようにするために、諸感覚を発揮して、磁石に働く見えない力を十分に体感できるようにして、自然事象を捉えさせることが大切で、す。その際、磁石が引き付ける材質の違い、磁石が鉄を引き付ける距離の違い、磁石が鉄を引き付ける場所の違いに着目し、現象の要因を比較しながら追究できていた。そして、目的に応じて、見いだした磁石の性質を選択して、ものづくりに生かす姿が見られた。
- 磁石の極の方が引き付ける力が強いことを捉えさせるために、磁石の端と磁石の中央につく鉄の数を比較しながら追究させます。その際、引き付ける力を手の感覚で捉えさせるとともに、磁石についた鉄の数を比較し、目に見えない磁石の力を実感できていた。また、見えない磁力を捉えられるようにするために、磁石の端の中でさらに磁力に違いがあるのかを調べる活動を設定したことで、より磁力に対してのイメージを深めることができた。

5. 実践2（平成30年5月～6月実施）第5学年「電気が生み出す力（電磁石）」

第5学年「電気が生み出す力」について報告する。この単元前までに子どもたちは、これまで、磁石には鉄を引き付ける力があることや、鉄を磁化させる働きがあることなどの磁石の性質を捉えてきている。また、回路ができると電気が流れ、乾電池のつなぎ方によって電流の大きさが異なりモーターの回転の速さや豆電球の明るさが変化するなど、電気の性質を捉えてきている。

そこで、本単元では、電流が生み出す磁力について、電流の大きさや向き、コイルの巻数などに着目し、条件制御しながら調べる活動を通して、電気を流したコイルが磁力や極をもち、電流の向きによって極が入れ替わること、電気を流したコイルが鉄を磁化させ、コイルに生じた磁力の強さは流す電気の大きさや導線の巻数によって変えることができることについての理解を図る。また、観察、実験に用いる機器や器具などを目的に応じて扱う技能を身に付けるとともに、予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、見いだした考えを表現する力や粘り強く問題解決しようとする態度を育成することをねらいとしている。

しかし、これまでは、本単元において以下のような課題があった。それは、電磁石の学習を終えている6年生の児童35名（1学級）を対象に、『電気を流すと、どうしてクリップが釘につくと思いますか。』という質問紙で、実態調査を行った。実態調査の結果から、約75%の子どもは、電気を流したコイルに磁力が生まれ、その磁力が鉄心に伝わる（磁化する）ことを理解できてい

ないことが分かった。その要因として、電気が流れて磁力が生まれるという学びはあったが、その磁力は、どのように伝わるかという学びが不十分であったからではないかと考える。

そこで、設定した本単元のポイントは以下のとおりである。

【ポイント】

① 電気を流したコイルの性質について捉えさせるために、永久磁石の磁力、磁化、極の有な
どの性質に着目しながら、電気を流したコイルに生じた目に見えない磁力を図で表現させながら
追究（じっくり体験）できるようにすることが大切である。

②電磁石の磁力の強さを変える要因を捉えさせるために、電流の大きさや導線の巻数に着目し
ながら、予想や仮説を基に、条件制御しながら解決の方法を発想し、追究（じっくり体験）でき
るようにすることが大切である。

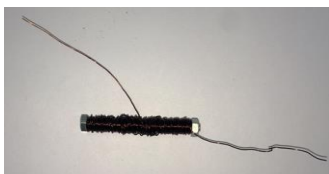
③教材を工夫する。これまでは、3 cmの鉄製のボルトにストローをつけ、エナメル銅線を巻き付けて教材として利用していた（写真①参照）。この教材の課題は、電気を流したコイルに磁力が発生し、鉄製のボルトが他の鉄を引き付けるようになることを捉えることに適した教材である。しかし、エナメル線を巻いたコイルの部分とボルトの部分が密着して見えるため、電流によって磁力が生まれ、その磁力が鉄に飛んで乗り移ることを捉えにくかった。結果、電流が生み出す磁力という本質に迫ることができなかった。

そこで、0.6mm エナメル銅線（褐色）を単一の乾電池に5回巻したコイルを教材として利用することにした（写真②参照）。この教材のよさは、「電気を流したことでどこにどのように磁力が生じているか」という電流が生み出す磁力についての理解をより深いものにし、本校のこれまでの情業の進め方を改善することができる。

なぜなら、電気を流したことで、コイルに磁力が生じることや、1本の導線にも磁力が生じることを捉えることができるからである。また、コイルに生じた磁力が、鉄の釘を磁化する働きがあることを明確に捉えることができるからである。

そして、単元の導入では、写真③のように、コイルモーターを活用する。コイル（5回巻）を使い、コイルモーターを作って遊ぶ活動（わくわく体験）から始まる単元を構成することで、「なぜ、コイルに電気を流すと、コイルが回転するのだろうか。」という捉えさせたい要因を考えさせることができる。そして、電気を流したコイルの性質に着目した問題意識をもつことができる。結果12時間の指導計画となった。指導計画は次のとおりである。

【写真①】



【写真②】



【写真③】

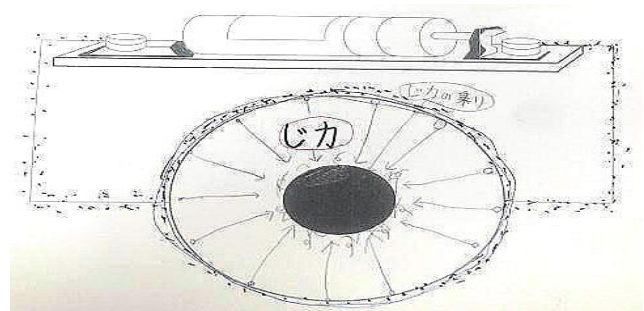
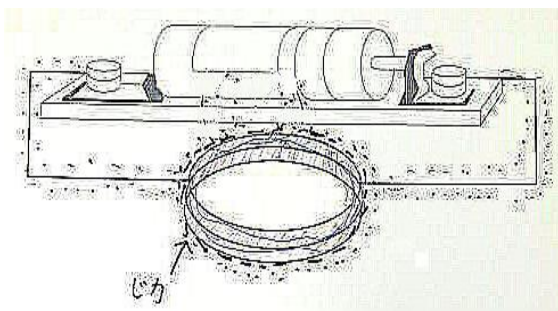


指導計画（全12時間）

次	主な学習活動	教師の具体的な働きかけ
第一次 電流が生み出す磁力⑦	<p>コイルモーターを作り、回して遊ぶ①②③</p> <p>くるくる回っているね。使われている物は、乾電池、導線、導線がくると巻かれたもの、永久磁石だね。</p> <p>自分で動かした。磁石が関係しているね。作ってみたいな。</p> <p>電気を流したコイルは、永久磁石を近づけたときになぜ回転するのだろうか。④</p> <p>電気をコイルに流した時だけ、コイルにマグチップが少しついた。だから、コイルには、磁力が発生していると考えられる。</p> <p>電気を流したコイルが回転するのは、電気を流したコイルに磁力が発生し、コイルに生まれた磁力と、永久磁石が反応しているからだと考えられる。</p> <p>電気を流したコイルは、鉄を引き付けたね。ということは、コイルは磁石みたいになっているのかな。永久磁石の性質と同じような性質があるのかな。</p> <p>電気を流したコイルの性質</p> <p>永久磁石の性質</p> <ul style="list-style-type: none"> ・極はある（NとS） ・Nは北を向く ・鉄を磁化する <p>電気を流したコイルには、どのような性質が生じるのだろうか。</p> <p>電気を流したコイルは、磁化するのだろうか。（本時）⑤</p> <p>電気を流したコイルは、極をもつのだろうか。⑥</p> <p>コイルに鉄を近づけて、その鉄が他の鉄を引き付けるか調べたいね。</p> <p>N極とかS極とかあるのかな。方位磁針を近づけて確かめてみよう。</p> <p>【コイルと鉄を密着させる】 【コイルと鉄を離す】</p> <p>【電池の－極側】 【電池の＋極側】</p> <p>コイルの場所によって、方位磁針を近づけたときの反応が違ったね。</p> <p>電池の向きを反転にすると、極を入れ替えることができることがわかった。</p> <p>電気を流したコイルには、鉄を磁化する性質があり、コイルと鉄が密着してなくても、磁化するのだね。</p> <p>電気を流したコイルは、永久磁石と同じように、鉄を磁化する性質がある。また、N極、S極があり、極の向きを入れ替えられる性質がある。</p> <p>鉄を入れたコイルに電気を流して、鉄を磁化させたものを電磁石というのだね。</p> <p>モーターを分解する。⑦</p>	<p>○ 電気を流したコイルに永久磁石を近づけると回転する要因を問う学習問題を設定するために、電気を流したコイルに永久磁石を近づけたときと、近づけないときの様子を比較する活動を設定する。その際、直径3cm、10回巻のコイルモーターを製作して回して遊ぶ体験を通して、電気を流したコイルに磁力が生じていることを体験的に捉えさせるようにする。</p> <p>○ 電気を流すと磁力が生まれることを捉えさせるために、電気を流したコイルにマグチップを付ける活動や方位磁針を近づける活動を設定する。その際、「コイルに発生した磁力は、どこから来たのかな。」と発問し、エナメル線一本に磁力が生じているか調べる活動を設定する。</p> <p>○ 問題意識を電気を流したコイルの性質に焦点化するために、永久磁石の性質を想起させる。その際、極や磁化といった永久磁石の性質が電気を流したコイルの性質にもあるのか着目させる。</p> <p>○ 電気を流したコイルが、離れている鉄を磁化することを捉えさせるために、コイルと鉄が離れていても磁化する要因を考えさせ、絵図に表しながら説明させる。</p> <p>○ 電磁石が、日常生活の中に生かされていることに気付かせるために、モーターを分解する活動を設定する。</p> <p>○ 電磁石を強くする方法に問題意識を焦点化するために、電磁石を利用した釣り竿で魚を釣って遊ぶ活動を設定する。その際、用意した電磁石を利用した釣り竿では持ち上げられない状況生まれるように魚の重さを複数用意する。</p> <p>○ 電磁石の磁力を変化させる要因を捉えさせるために、電流の強さやコイルの巻数、導線の長さに着目し、条件を制御して実験できるようにする。</p> <p>○ 電流が生み出した磁力をより理解できるようにするために、電流が生み出した磁力を体感したり、日常生活と関連のある物を提示したりする。</p>
第二次 電磁石の強さ⑧	<p>電磁石を使用した魚釣りゲームを行う。⑧</p> <p>コイルをたくさん巻いて、鉄を入れたら、魚が釣れるね。</p> <p>釣ることができない魚がいるな。釣ることができない魚を釣りたいな。</p> <p>電磁石を強くするにはどうすればよいだろうか。（電流の大きさ⑨⑩、導線の巻数⑪）</p> <p>電池1個 電池2個 50回巻 100回巻</p> <p>電流の大きさ 導線の巻数</p> <p>電流を大きくしたり、導線の巻数を増やすと電磁石の強さを強くできると考えられる。</p> <p>電流が生み出す磁力を体感し、単元の振り返りをする。</p> <p>電気が流れて、磁力が生まれることを知れてよかった。身の回りの物で、この仕組みははっきりと見えないけれど、ゴミクレーンなどに使われていることが分かった。</p>	

【実践2の成果】

- 単元導入時に、コイルモーターを作って遊ぶ活動を設定することで、自然事象の不思議さを感じながら「電気を流したコイルが回転するのはなぜだろうか。」という電気を流したコイルに磁力が生じることについての問題意識をもつ子どもの姿が見られた。また、「うまく回らないな。Aさんにアドバイスをもらったら、エナメル線をピンとのばしたり、永久磁石の位置を動かしたりするとよいと言ってたけれど、うまくいかないな。もう少し近づけた方がいいかな。」などと、コイルモーターを回すために友達と協力しながら、試行錯誤する姿が見られた。
- 電気を流したコイルの性質を捉えさせるために、永久磁石を実際に触る体験を行いながら、磁石の性質を想起させると、電気を流したコイルに磁力が生じるかどうか (①)、電気を流したコイルのN極やS極の有無 (②)、電気を流したコイルに付けた鉄が他の鉄を引き付けるか (③) に着目して調べる活動を計画した。
- 「コイルに生まれた磁力は、どこから来たのかな。」とさらに深い理解へと迫る発問をすると、「電池から電気が流れて来て、コイルの部分で磁力が生まれたじゃないかな。」や「一本のエナメル線の部分にも磁力があって、それがコイルの場所で集まったのではないかな。どっちなのか知りたいな。」という子どもの姿が見られた。そこから、1本のエナメル線に磁力があるか調べる活動が始まった。「マグチップがつかないから、磁力はないね。」「いや、方位磁針を近づけると、かすかに針が動いたよ。だから、一本の導線にもかすかに磁力があるよ。」と電気を流したことで磁力があることを捉え、目に見えない事象との出会いを喜ぶ姿が見られた。最終的に、「電気を流すと、1本のエナメル線にも磁力が生まれ、それが5回巻とまとまることで、磁力が集まるのだ。」という考えをつくりだしてその様子を表現する姿がみられた。
- 電源装置を100回巻したコイルにつなぎ、コイルに流す電流の大きさを大きくして、そのコイルの中に鉄の釘を入れて、電気を流したコイルに生じた磁力を体感する活動を設定した。子どもたちは写真のように、目に見ることができない電流が生み出した磁力の強さに驚き、「すごい。びりびりと振動みたいに来る。」「目に見えない磁力ってこんな感じなんだ。」などと目に見えない磁力を体験することもできて自然事象の不思議さを感じて喜ぶ姿が見られた。
- 電磁石ありきではなく、コイルモーターを製作して回す活動を導入で設定することで、見出した問題から、主体的に学習に取り組む姿が見られた。また、電流によって生み出された見えない磁力について図で説明させたことは効果的だった (下図参照)。



付記

本報告は、鹿兒島大学教育学部附属小学校平成27~30年度研究紀要で発表した研究内容等に基づき、理科教育において研究をさらに発展させ、その研究成果をまとめたものである。