

小学校理科における自然の事物・現象についての問題を科学的に解決する能力を育成するための指導方法の工夫
—試行錯誤型問題解決過程による再現性の検討を通して—

広島市立原南小学校教諭 加藤 諒 悟

研究の要約

本研究は、小学校理科における自然の事物・現象についての問題を科学的に解決する能力を育成するための指導方法の工夫を探ることを目的としている。

文献研究を通して、問題を科学的に解決するとは、実証性、再現性、客観性を段階的に検討するといった試行錯誤を行う中で、問題を解決することであり、その力を身に付けるためには、児童が自ら、実証性、再現性、客観性を検討しながら問題を解決する機会を保障する必要があると考えた。そこで、本研究では、実験結果のばらつきから新たな問題を見だし、検証計画を再度立案するといった、児童が自ら再現性の検討を行う試行錯誤型問題解決過程による指導法を考案し、実践を行った。

検証授業の結果、試行錯誤型問題解決過程による学習指導は、児童に問題を科学的に解決する能力を育成することに有効であることが明らかになった。

キーワード：問題を科学的に解決する、再現性の検討、試行錯誤

I 問題の所在

『小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編』（以下『解説』）では、小学校理科の目標として「自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力」の育成が示された。また、「科学的」という言葉について、「科学が、それ以外の文化と区別される基本的な条件としては、実証性、再現性、客観性などが考えられる」¹⁾とした上で、「問題を科学的に解決する」とは問題を、実証性、再現性、客観性【表 1】などといった条件を検討する手続きを重視しながら解決していくことであると示している。

表 1 実証性、再現性、客観性
『解説』を基に執筆者が作成

①実証性	考えられた仮説が観察、実験などによって検討することができるという条件
②再現性	仮説を観察、実験などを通して実証するとき、人や時間や場所を変えて複数回行っても同一の実験条件下では、同一の結果が得られるという条件
③客観性	実証性や再現性という条件を満足することにより、多くの人々によって承認され、公認されるという条件

以上のことから、小学校理科では、実証性、再現性、客観性を検討しながら問題を解決する能力を児童に育成することが求められていると分かる。

自身はこれまで、小学校理科における問題解決過程に沿って学習指導を行ってきた。その結果、児童は、自然の事物・現象についての自分の考えを確かめるために実験を行い、得られた結果から、問題に対する結論を導出するという一連の問題解決の流れに沿って科学的知識を習得する姿が見られた。一方で、班によって実験結果が異なった際、「多くの班で同じ結果になったから」という理由で結論付けるなど、再現性が満たされていない状態でも、結論を導出する姿が見られた。この原因として、児童は形式的な問題解決過程に沿って学習を進めることを重要視するあまり、たと

え実験結果がばらついたとしても、都合の良い結果のみで考察してきたことが考えられる。つまり、これまで自身が行ってきた指導が教師主導による問題解決過程に沿って科学的知識の習得を目指す形であったため、児童には再現性の検討場面において問題を科学的に解決することができていないと考えられる。

そこで、本研究では、再現性の検討場面において、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決する能力を育成するための指導方法の工夫を探る。

II 研究の目的

本研究では、再現性の検討場面において、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決する能力を育成するための指導方法の工夫を探る。

III 研究の方法

- 1 研究主題に関する基礎的研究
- 2 研究の構想
- 3 研究仮説及び検証の視点と方法
- 4 検証授業の計画と実施
- 5 検証授業の分析と考察

IV 研究の内容

1 研究主題に関する基礎的研究

(1) 問題を科学的に解決する能力

問題の所在で示したように、本研究では、「問題を科学的に解決する能力」を再現性の検討場面に限定し、研究を進める。

【表 1】の定義より、再現性は、問題に対する予想や仮説を観察・実験で検証する際、だれがいつどこで何度やっても同じ結果が得られることで満たされると考えられる。

『解説』では、小学校理科の問題解決において、自分の考えた予想や仮説と観察、実験の結果の一致、不一致を確かめる際、両者が一致した場合には、児童は予想や仮説を確認したことになり、「両者が一致しない場合には、児童は予想や仮説、またはそれらを基にして発想した解決の方法を振り返り、それらを見直し再検討を加えることになる」²⁾と示されている。

そこで、本研究では、再現性の検討場面における「問題を科学的に解決する能力」を、複数の班の実験結果を基に考察し、結果が異なる場合、予想や仮説、発想した解決の方法を振り返り、それらを見直し再検討を加える力と定義づける。

(2) 再現性を検討する機会の保障

鳴川他(2022)は、再現性の検討について、班によって実験結果が異なったときを例に挙げ、実験結果が想定と異なるときこそ、再現性の検討を行う機会であると示している。

また、鳴川他(2019)では、理科の学習において、自分の考えを修正したり、よりよくしたりすることの重要性を示した上で、そのためには他者の考えと比較しながら見直したり振り返ったりして多面的に考察することが大切であると述べている。これに加えて、自分の考えを修正するためには、例えば、検証計画を立案する際に、想定していた条件以外の条件を変えてしまうなどの失敗を授業の中で許容することが必要であると述べている。

つまり、再現性の検討を行うには、児童の考えた検証計画を基に実験することで、児童が行う実験に違いが生じる可能性を許容し、得られた実験結果が児童によって異なった際、それぞれの実験方法を比較しながら話し合うことで実験方法の問題点を見だし、改善するといった機会を保障することが必要であると考えられる。

(3) 試行錯誤型問題解決過程

小学校理科では、従来から、【図1】のような問題解決過程を重視して指導が行われてきた。

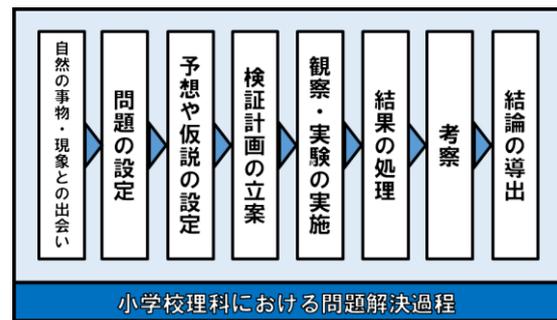


図1 小学校理科における問題解決過程
学習指導要領を基に執筆者が作成

一方で、鳴川他(2019)は、教師が問題解決過程に沿って授業を構想するのでは子供の学びにつながらないことを問題視し、子供による問題解決の重要性を述べている。

平野(2017)は、学ぶ者の論理と学んだ者の論理について【図2】のように示し、教師は学習者に、太線(学んだ者の論理)のような理路整然とした学習過程を進ませようと指導しがちであることを指摘している。一方で、学習者が問題を解決したり未知のことを理解したりするためには、細線(学ぶ者の論理)のような紆余曲折した学習過程を進むことが普通であり、児童が学ぶ者の論理に沿って学習を進めるよう、授業場面で児童の試行錯誤を保障する指導の工夫の重要性を述べている。

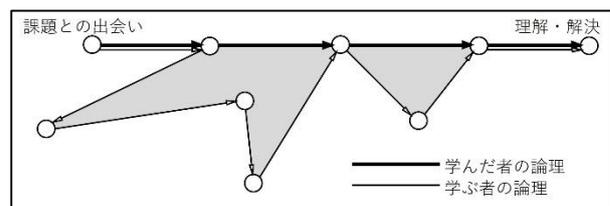


図2 学ぶ者の論理と学んだ者の論理
平野(2017)を基に執筆者が作成

そこで、平野(2017)の学ぶ者の論理を基に、試行錯誤型問題解決過程モデルを作成した。試行錯誤型問題解決過程とは、【図3】の黒矢印のように教師主導による理路整然とした問題解決過程ではなく、灰矢印のように、問題を解決する中で新たな問題を見だし、児童が試行錯誤しながら

自ら問題解決を進める学習過程である。それぞれの過程における指導内容を【表2】に整理した。

これまでに述べてきた基礎的研究に基づき、研究の構想図を【図4】に示す。

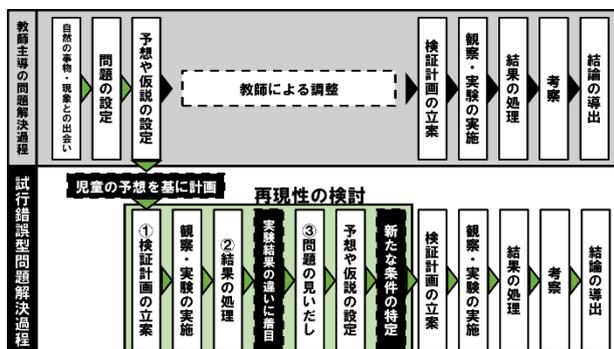


図3 試行錯誤型問題解決過程

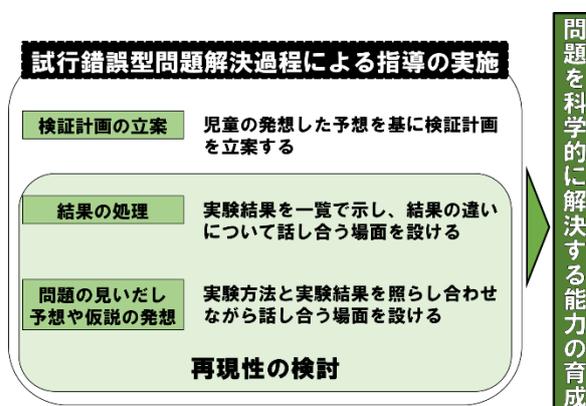


図4 研究構想図

表2 試行錯誤型問題解決過程における指導

学習過程	指導
①検証計画の立案	児童の発想した予想を基に検証計画を立案する
②結果の処理	班ごとの実験結果を一覧で示し、結果の違いについて話し合う場面を設ける
③問題の見だし 予想や仮説の発想	班ごとの実験方法と実験結果を照らし合わせながら話し合う場面を設けることで、差異点に気付くことができるようにする

この試行錯誤型問題解決過程では、児童が発想した予想を基に、検証計画を立案し、観察・実験を実施する。そのため、行う実験が児童によって異なる可能性が生まれる。異なる実験結果が示された場合、児童はどのように考察するか話し合うことで、異なる実験結果からでは結論を出せないと判断することになる。そして、実験方法を比較しながら話し合う中で、検証計画に対する問題を見だし、検証計画立案の段階で制御していなかった条件を制御した検証計画を再度立案し、問題解決に向かっていく。このように児童が自ら問題解決を行うことで、再現性を検討する機会が保障され、問題を科学的に解決する能力が育成されることが考えられる。

2 研究の構想

(1) 研究構想図

試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導により、「複数の実験結果を基に分析して考察する」、実験結果にばらつきが出るなどして予想や仮説と実験結果が一致しなかった場合、「予想や仮説、解決の方法を振り返り、問題を見いだす」、「見いだした問題を基に、解決の方法を再検討し、改善する」という再現性の検討を行うこととなる。この学習を行う中で、児童は「多面的に考える」「条件制御」「関係付ける」「比較」といった理科の考え方を働かせ、「より妥当な考えをつくりだす」「予想や仮説を基に、解決の方法を発想する」「根拠のある予想や仮説を発想する」「問題を見いだす」といった小学校理科で求められる問題解決の力を身に付けることができると考えられる。

3 研究仮説及び検証の視点と方法

(1) 研究仮説

試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導により再現性の検討を行えば、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決する能力を育成することができるであろう。

(2) 検証の視点と方法

検証の視点と方法を次頁【表3】に示す。

表3 検証の視点と方法

	検証の視点	検証の方法
1	自然の事物・現象についての問題を科学的に解決する能力を育成することができたか	事前テスト 事後テスト
2	試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導は、児童が再現性を検討することに有効であったか	映像記録 児童の発話分析 ノートの記述分析
3	試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導による再現性の検討が、問題を科学的に解決する能力を育成することに有効であったか	事前テスト 事後テスト ノートの記述分析

4 検証授業の計画と実施

(1) 検証授業の内容

ア 期間 令和4年11月22日～12月14日

イ 対象 小学校 第5学年 (34人)

ウ 単元名 電流が生みだす力

(2) 単元の指導計画

単元の中で、試行錯誤型問題解決過程による指導を【表4】太枠の時間に設定した。

表4 単元の指導計画

次	時	学習活動
1	1・2	導線に電流を流すと、磁力が発生することを知る
2	3	何が電磁石の強さを変えるのか予想を立て、検証計画を考える
	4・5	【問題解決1】 電流の大きさを変えると電磁石の強さがどうなるか調べる
	6・7	【問題解決2】 コイルの巻数を変えると、電磁石の強さはどうなるか調べる
	8	実験結果をもとに考察する
3	9・10	【問題解決3】 電流の向きを変えると、電磁石の極が変わるかを確かめる
4	11・12	電磁石を利用したものづくりを行う

(3) 指導の工夫

指導に当たっては、児童が自ら再現性の検討を行えるようにする。具体的には、「複数の実験結果を基に分析して考察する」、実験結果にばらつきが出るなどして予想や仮説と実験結果が一致しなかった場合、「予想や仮説、解決の方法を振り返り、問題を見いだす」、「見いだした問題を基

に、解決の方法を再検討し、改善する」ことができるようにする。

ア 児童が自ら発想した予想に基づいて検証計画を立案する

試行錯誤型問題解決過程では、児童が自ら問題解決を行うことが重要である。そこで、検証計画は児童の発想した予想に基づいて立案する。児童が発想した予想は、自然の事物・現象に影響を与えると考えられる要因全てを特定していない可能性がある。その際、検証計画で制御する条件は、児童の発想した要因のみを取り上げ、不十分な条件についても、その後の過程で気付けるようにするため、教師は補足せず、立案した計画通り実験を行う。

本単元では、まず「電磁石の強さを強くするためには何をどのようにするとよいか」という問題についての予想を考える。そこで児童が発想する予想として「電流の大きさを大きくする」「コイルの巻数を増やす」という2つが想定される。検証計画を立案する際には、児童が発想した「電流の大きさ」「コイルの巻数」という2つの要因についてのみ、条件制御しながら検証計画を立案する。そこで、児童が発想しないであろう「導線の長さ」という条件については教師から提示しない。

このように、児童が自ら発想した予想に基づいて検証計画を立案し、実験を行うことで、導線の長さによる違いから、異なる実験結果が表れるようにする。

イ 結果の整理の場面で複数の班の実験結果を一覧で提示し、話し合う場面を設ける

結果の整理の場面で、実験結果にばらつきが出るなどして予想や仮説と実験結果が一致しなかった場合、結論付けることができないことに気付くことができるようにするために、複数の班の実験結果を一覧で示し、話し合いの場面を設ける。

本単元では、コイルの巻数を変えて、電磁石の強さを確かめる際、100回巻コイルと200回巻コイルそれぞれが引き付けるクリップの数を比べる実験を班ごとに行う。100回巻コイルより200回巻コイルの方が多くクリップを引き付けた結果になった場合は「コイルの巻数を増やすと、電

磁石の強さは強くなる」と考察することになり、100回巻コイルと200回巻コイルで引き付けるクリップに差がない場合は、「コイルの巻数を増やしても、電磁石の強さは強くならない」と考察することになる。そこで、「100回巻コイルと200回巻コイルで引き付けるクリップに差が見られなかった班」と「100回巻コイルより200回巻コイルの方が多くクリップを引き付けた班」の結果を一覧にして提示した上で、どのように考察すると良いか話し合う場面を設け、結論を導出できないことに気付くことができるようにする。なお、結果が一致する場合でも班ごとの結果を比較し、結果に問題がないことを確かめることで、再現性の検討を毎時間行う。

ウ 班ごとの実験方法と実験結果を照らし合わせながら話し合う場面を設ける

児童が、見いだした問題を基に、解決の方法を再検討し、改善することができるようにするため、班ごとの実験方法と実験結果を照らし合わせながら話し合う場面を設ける。

具体的には、コイルの巻数を変えて電磁石の強さを確かめる実験において、「100回巻コイルと200回巻コイルで引き付けるクリップに差が見られなかった班」と「100回巻コイルより200回巻コイルの方が多くクリップを引き付けた班」の検証方法を比べる場面を設けることで、乾電池の数は揃えていたが、導線の長さが班によって異なっていることに気付くことができるようにする。

さらに、検証計画をどのように改善すると良いか話し合う場を設けることで、条件制御の考え方を働かせ、導線の長さを揃える必要があることに気付けるようにする。

5 検証授業の分析と考察

(1) 自然の事物・現象についての問題を科学的に解決する能力を育成することができたか

本項では、第5学年の実態に合わせて作成した事前・事後テストの結果の比較から、児童が再現性を検討できたかについて分析を行い、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決する能力

を育成することができたかを検証した。

ア 複数の実験結果を基に分析して考察することができたか

【資料1】に示すように、実験結果が班によって異なった場面でどのように考察するとよいかを問う設問を設定した。

資料1 事前・事後テスト設問

予想 ふりの1往復する時間はおもりの重さによって変わる。

結果

	ふりの1往復する時間	
	おもりの重さ	
	20g	40g
1班	1.1秒	1.1秒
2班	1.1秒	1.2秒
3班	1.1秒	1.2秒
4班	1.1秒	1.1秒

(そろえた条件)
・ふれはば20°
・ひもの長さ30cm

なお、テスト作成にあたり、実際に振り子の1往復の周期を求める活動を行い、10往復の周期を測り、10等分すると、誤差が0.1秒より小さくなることから、振り子の1往復の周期に0.1秒の差が出た場合、誤差ではないことを確認した。

(7) 評価基準

評価基準を【表5】に示す。

表5 評価基準

得点	評価基準
2	班によって実験結果が差であることを記述し、 <u>実験結果の違いから、結論を導出できないことを記述している。</u>
1	班によって実験結果が差であることを記述している。
0	その他

(i) 結果

【表5】の評価基準に基づいて評価した事後テストにおける児童の記述を【表6】に、事前・事後テストの結果を【表7】に示す。

表6 事後テストにおける児童の記述

評価	記述
2	【児童ア】 おもりの重さが20gだとどの班も1.1秒だけど、40gの時は1班と4班が1.1秒。2班と3班が1.2秒。0.1秒は差で、1、4班と2、3班で結果が違うから、考察することができないよ。
1	【該当児童無し】
0	【児童イ】 おもりの重さが20g、40g。20gでは、1.1秒でも、40gでは1班と4班が1.1秒、2班と3班が1.2秒と、違うけど誤差がちょっと出ているだけで秒数は、ほぼ同じなので、おもりの重さを変えても、ふりこが1往復する時間は変わらない。
	【児童ウ】 おもりの重さが20gだとふりこの1往復する時間は1.1秒で、40gだとふりこの1往復する時間は1.1秒なので、おもりの重さを変えてもふりこの1往復する時間は変わらない。

表7 事前・事後テストの変容

設問(1)		事後			
		0	1	2	計
事前	0	19	1	8	28
	1	1	0	0	1
	2	0	0	1	1
	計	20	1	9	30

(ウ) 考察

【表6】に示すように、児童アは「班による実験結果の違いが差である」ことを指摘した上で、「実験結果の違いから、結論を導出できない」という内容を記述していることから、「複数の実験結果を基に分析して考察することができた」と捉えられる。児童イ・ウは「班による実験結果の違いが差である」ことについて記述していない。児童イは実験結果の違いを、「おもりの重さを変えてもふりこの1往復の時間は変わらない」という自分の予想に合わせて誤差であると解釈していると考えられる。児童ウは「40gのふりこの1往復する時間が1.1秒である」という記述から、複数の班の結果ではなく、1つの班の結果から考察していることが分かる。

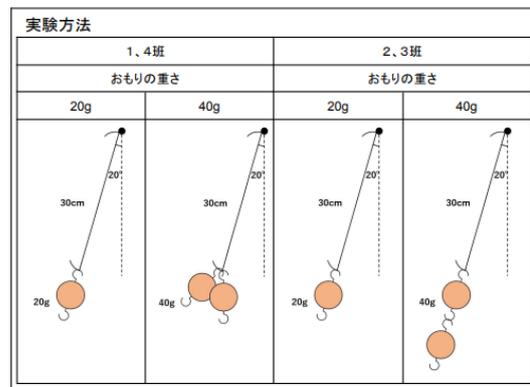
【表7】の結果から、「複数の実験結果を基に分析して考察することができた」児童は事前30名中1名から事後30名中9名と8名増加した。一方、21名の児童については、事後テストにおい

て、複数の実験結果を基に分析して考察することができなかった。この原因として、得られた実験結果を事実として捉えることと、複数の実験結果を基に解釈することに課題があることが示唆された。

イ 予想や仮説、解決の方法を振り返り、問題を見いだすことができたか

【資料2】に示すように、班ごとに行った実験方法を共有する場面で、実験方法の違いから問題を見いだせるかを問う設問を設定した。

資料2 事前・事後テスト設問



(7) 評価基準

評価基準を【表8】に示す。

表8 評価基準

得点	評価基準
2	実験方法の違いから、条件が2つ変わっている点を指摘している。
1	実験方法の違いを記述している。
0	その他

(4) 結果

評価基準に基づいて評価した事後テストにおける児童の記述を【表9】に、事前・事後テストの結果を【表10】示す。

表9 事後テストにおける児童の記述

評価	記述
2	【児童エ】 1、4班はおもりが40gの時横並びにしてつけているけど、2、3班は40gの時、縦並びにしておもりを付けている。 理由 おもりの重さ以外の条件も変わっていて、正しい実験ができないから。
1	【児童オ】 おもりのかけ方が違う。おもりのかけ方が違うと結果も違うから。
0	【該当児童無し】

表10 事前・事後テストの変容

設問(2)	事後				
	0	1	2	計	
事前	0	0	3	0	3
	1	0	14	5	19
	2	0	0	8	8
	計	0	17	13	30

(ウ) 考察

【表9】に示すように、児童エは「実験方法の違い」を指摘した上で「条件が2つ変わっている」ことを記述している。児童オは「実験方法の違い」についての記述はあるが、「条件が2つ変わっている」点についての記述がない。

【表10】の結果から、「実験方法の違いから問題を見いだすことができた」児童は事前30名中8名から事後30名中13名と5名増加した。一方17名の児童は、事後テストにおいて、実験方法の違いを指摘することはできたが、条件が2つ変わっているという問題を見いだすことができなかった。これらの児童には、条件制御の考え方を働かせながら、実験方法を比較することに課題があると考えられる。

ウ 見いだした問題を基に実験の方法を改善することができたか

「見いだした問題を基に実験の方法を改善することができたか」については前頁【資料2】で見いだした問題を基に、正しい実験方法を記述することを問う設問を設定した。

(7) 評価基準

評価基準を【表11】に示す。

表11 評価基準

評価	評価基準
2	正しく実験方法を記述したうえで、数値を用いて条件を記述している。
1	図や言葉を用いて正しく実験方法を記述している。
0	その他

(イ) 結果

【表11】の評価基準に基づいて評価した事後テストにおける児童の記述を【表12】に、事前・事後テストの結果を【表13】に示す。

表12 事後テストにおける児童の記述

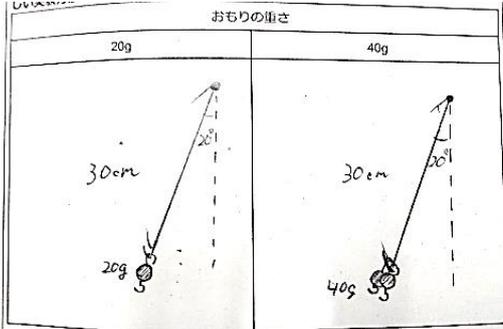
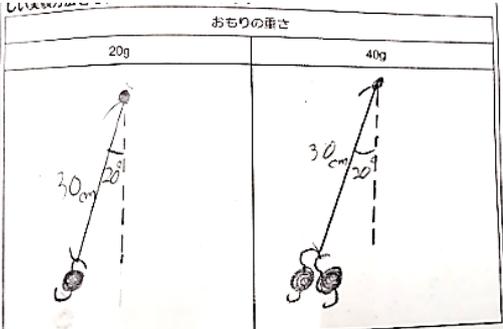
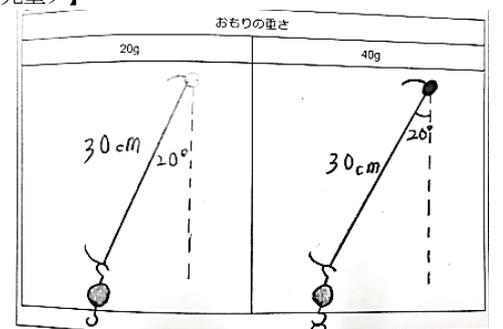
評価	記述
2	【児童カ】 
1	【児童キ】 
0	【児童ク】 

表 13 事前・事後テストの変容

問題 (3)		事後			
		0	1	2	計
事前	0	9	3	2	14
	1	1	4	2	7
	2	1	2	6	9
	計	11	9	10	30

(ウ) 考察

【表 12】に示すように、児童カは「図や言葉を用いて正しく実験方法を記述している」「数値を用いて条件を記述している」の2つの観点を含めた内容を記述している。児童キは、「図や言葉を用いて正しく実験方法を記述している」点を満たしているが、「数値を用いて条件を記述している」の観点を満たしていない。これらの児童は条件を数値化して示すことができていないことから、検証計画を具体的に計画することに課題があると考えられる。児童クは正しい実験方法を記述することができていない。これらの児童は、条件制御の考え方を働かせて実験方法を計画することに課題があると考えられる。

【表 13】の結果から、「見いだした問題を基に実験の方法を改善することができた」児童は事前 30 名中 9 名から事後 30 名中 10 名と 1 名増加した。一方で 20 名の児童は、事後テストにおいて、見いだした問題を基に実験の方法を改善することができなかった。これらの児童の課題として、新しく得られた条件について、新たに条件制御の考え方を働かせて、実験方法を改善することに課題があることが分かる。

エ まとめ

ア～ウより、「複数の実験結果を基に分析し考察する」「予想や仮説を振り返り、問題を見いだす」については、能力を獲得している児童数の増加が見られた。「見いだした問題を基に実験の方法を改善する」については人数の変容が見られなかった。以上のことから、本実践を通して、問題を科学的に解決する能力の内「複数の実験結果を基に分析し考察する」力と「予想や仮説を振り返り、問題を見いだす」力には向上が見られた一方

で、「見いだした問題を基に実験の方法を改善する」力の育成については、指導の改善が必要であることが示唆された。

(2) 試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導は、問題を解決する中で再現性を検討することに有効であったか

本項では、試行錯誤型問題解決過程の各過程における児童の発話、記述分析を基に、試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導の実施が自然の事物・現象についての問題を解決するなかで再現性の検討を行うことに有効であったかを示す。

ア 予想や仮説の設定、検証計画の立案場面

「電磁石の強さを強くするには、何をどのようにするとよいのだろうか」という問題に対する予想を考えた際の交流場面を【資料 3】に示す。

資料 3 予想の交流場面での発話記録

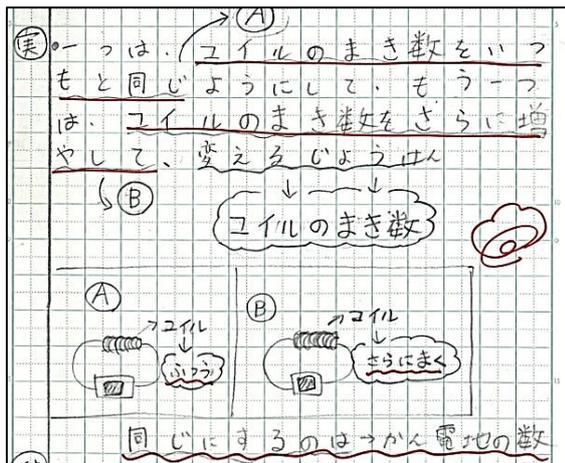
Tは教師、c 1～c 5は児童を示す

電磁石の強さを強くするには何をどのようにするとよいのだろうか	
T	電磁石の強さを強くするには何をどのようにするとよいでしょう。
c 1	導線をもっとたくさん巻いたらいいと思う。(コイルの巻数に着目)
c 2	電池を 1 個じゃなくて直列つなぎにして電流を大きくしたらいいと思う。(電流の大きさに着目)
c 3	導線をたくさん巻いてさらに電流を大きくするみたいに組み合わせてもいいですか。(コイルの巻数と電流の大きさ両方に着目)
T	今の質問どうでしょう
c	いいと思う。(複数)
c 4	比べてからの方がいいと思う。「導線をたくさん巻くと電磁石の強さが強くなるか」と「電流を大きくすると電磁石の強さは強くなるか」があったけど、どっちもやってみてから、どっちもが強くなったら組み合わせるといいと思う。
T	彼が言いたいことの意味が分かった人。では、もう一人説明してもらってもいいですか。
c 5	c 4 が言いたいのは、 <u>両方合わせたままやると、導線をたくさん巻いたのがもともと強くなるのか分からないし、磁力が強くなるのか分からないから、両方を比べてから、強くなるのと強くならないのが分かって、それを組み合わせたら、さらに強くなるかが分かりやすくなるという事だ</u> と思います。

【資料 3】で示すように、児童は「コイルの巻数を増やす」「電流の大きさを大きくする」「コイルの巻数を増やして、電流の大きさを大きくする」という 3 つの予想を発想した。そこで、c 5 の破

線部に示す「電流の大きさ」「コイルの巻数」どちらが電磁石の強さに影響したかが分からないから、両方の条件を変化させるべきではないという趣旨の指摘から、電磁石の強さに影響すると予想した「電流の大きさ」、「コイルの巻数」という二つの要素を、理科では「条件」という言葉で扱うことを確認し、条件制御の考え方を指導した。その後、発想した予想を基に、「電流の大きさを大きくすると電磁石の強さは強くなるのだろうか(問題解決1)」「コイルの巻数を増やすと、電磁石の強さは強くなるのだろうか(問題解決2)」という2つの問題を設定し、解決に向かった。「コイルの巻数を増やすと、電磁石の強さは強くなるのだろうか」という問題を解決する際に、立案した検証計画の記述を【資料4】に示す。

資料4 児童ケの記述



【資料4】に示したように、児童ケは、予想で発想した「電流の大きさ」「コイルの巻数」という2つの条件を制御しながら、検証計画を立案した。一方で、児童が電磁石の強さに影響を与えると考えていない「導線の長さ」という条件は制御しない検証計画となった。

そこで、5mの導線で作成した200回巻コイル(全班)と、5mの導線で作成した100回巻のコイル(1~4班)、2.5mの導線で作成した100回巻のコイル(5~8班)を用意し、「コイルの巻き数を増やすと、電磁石の強さが強くなるか」を確かめる実験を行った。

イ 観察・実験、結果の処理、考察の場面

班ごとに実験を行い、得られた実験結果を交流した場面を【資料5】に示す。

資料5 実験結果の交流場面の発話記録

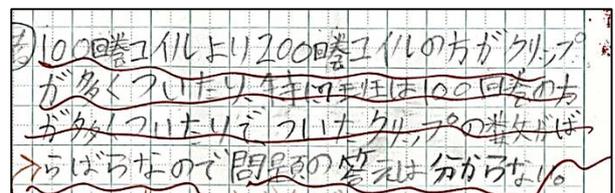
Tは教師、c6~c10は児童を示す

コイルの巻数を増やすと電磁石の強さは強くなるのだろうか								
実験結果の一覧								
班	1	2	3	4	5	6	7	8
100回巻コイル	9	10	12	9	22	20	29	13
200回巻コイル	24	24	25	19	21	29	25	22

c (5班以降の結果に対し、ざわつく子供たち)
T ここからどんな考察ができますか。
c 6 大体の場合は、100回巻より200回巻の方がクリップのつく数が多かった。
T 大体でよいですか。
c 7 はっきりしないと。
c 8 どうも考察ができないと思います。
7班は100回巻より200回巻の方が平均が少ないのにどうやってまとめるといいんですか。
c 9 200回より100回の方が多いから考察ができない。
T どうして考察ができないのですか。
c 10 平均的には200回巻の方が多いけど、いくつかの班は(100回巻が)200回巻と同じくらいの平均が出ていたので考察しにくいってことだと思います。
T c4の言いたいことの意味が分かった人。

【資料5】に示すように、実験結果を一覧に示した際、5班以降の結果に対して、多くの児童が反応していたことから、児童が結果のばらつきに問題意識をもっていることが分かる。話合いの後、再度学級全体の結果を基に記述した児童の考察を【資料6】に示す。

資料6 全体交流の後の児童コの考察

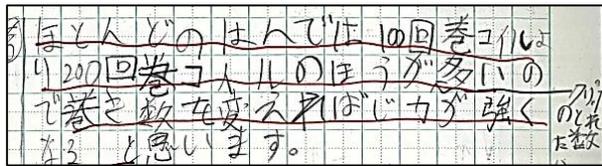


児童コは、班によって実験結果が異なったため「コイルの巻数を増やすと、電磁石の強さは強くなるのだろうか」という問題の答えは分からないと判断している。これは【資料5】の発話にある

ように、学級全体の実験結果を一覧で示すことが、再現性の検討という視点をもつことにつながり、得られた実験結果から結論付けることはできないと判断したと考えられる。

一方、【資料7】に示すように、学級交流後も、学級全体の結果の差を考慮せずに考察している児童もいた。

資料7 全体交流後の児童サの考察



児童サは、【資料7】で示すように、多くの班の結果を基に、「コイルの巻数を増やすと電磁石の強さは強くなる」と判断していることから、【資料5】の破線の発言を受けて記述したものであると考えられる。また、授業の中で、班による結果のばらつきが生じた際、「5班や7班の結果はおかしい」と数え間違いや、クリップを多くつけるために不正を働いたのではないかという指摘をする声があった。こういった指摘をする児童には、「200回巻のクリップの方がクリップを多く引き付けるはずだ」という自分の予想が正しいという思いが強くあり、自身の予想を裏付ける実験結果のみを取り上げていると考えられる。つまり、得られた実験結果を事実として受け止めることに課題があると考えられる。

以上のことから、実験結果を一覧で示すことは、児童が複数の実験結果を基に分析して考察することに有効に働いたと考えられる。一方で、複数の実験結果を基に分析して考察する際には、自分の予想に固執せず、得られた結果を事実として受け止め、考察することに向かう指導が必要であることが示唆された。

ウ 問題の見だし、新たな予想や仮説の設定の場面

問題の見だし、新たな予想や仮説の設定の場面で行った交流の様子を【資料7】に示す。

資料7 検証計画に対する問題の見だし場面 1班8班

Tは教師、c11～c18は児童を示す

コイルの巻数を増やすと電磁石の強さは強くなるのだろうか	
	【1班】
c11	あっちが22って絶対おかしいじゃん。
c12	じゃけえ、それを調べるんよ。
c11	<u>1回向こう見てくるわ...</u>
	【8班】
c11	<u>そっち(8班)どうやっとな...</u>
c13	やってみる。
c12	<u>これが秘密だ。ぐるぐるにここが巻いてあるわ。</u>
c14	えっ本当。本当だ。
c13	俺らが巻いたんじゃないよ。
c14	え。同じくらいだったよ。大体。こっちの方がねじが浮いてる。
c15	関係ある。それ。
c16	先生。同じように巻きましたか。
T	同じように巻きました。
c11	なんでこうなるん。 <u>ちがひみつけた。これ(余った導線)の長さだ。ここ2重じゃん。あっち(1班)めっちゃ巻いているもん。</u>
	【1班】
c12	8個。
c17	同じ人がやらんにやあさ。
c14	<u>これ(1班のコイル)貸してくれる。こっち(8班)に持って行くね。比べるために...</u>
	【8班】
c18	これでどう。
c17	平均7。あっち(8班)がおかしいんじゃない。
c11	<u>これこれ、この長さ。コイルの長さだよ。エナメル線の長さか。導線の長さ。</u>
c17	なんでこっち7回。あっち平均22もあるのに。
T	なんでそんなに違いがあるの。
c11	<u>これです。これこれ。(余った導線の長さを指している)</u>
c12	いる)
c11	<u>あっちは少ないんです。そういえば、7班の見た時、これがむっちゃ少なかった。</u>

【資料7】の破線部は実験器具を比べるために他の班と交流している発言である。さらに、下線部で示すように、余った導線の長さの違いに気付く発言が見られた。班ごとの実験方法と実験結果を照らし合わせながら話し合う場面を設けたことが、実験結果の異なる班の実験器具の比較により、条件の違いに気付くことにつながったと考えられる。

エ 検証計画の立案の場面

検証計画の立案場面を次頁【資料9】に示す。

【資料9】は1～4班と5～8班では100回巻コ

以上のことから、試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導の実施は、再現性の検討を行い、問題を科学的に解決することに有効であったと考えられる。

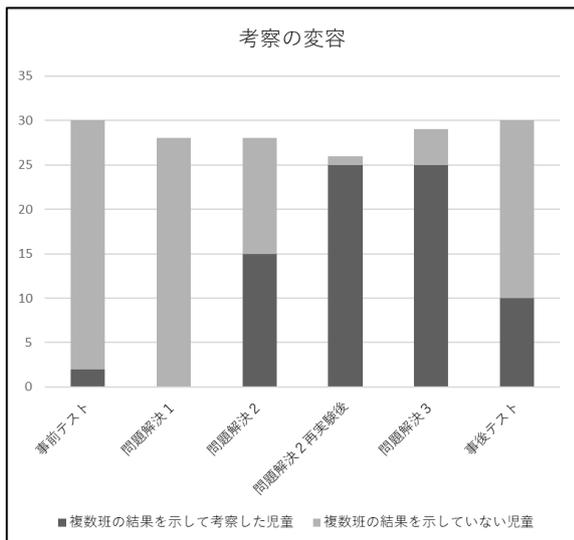
(3) 試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導による再現性の検討が、問題を科学的に解決する能力の育成に有効であったか

本項では、試行錯誤型問題解決過程に基づく学習指導の前後の児童の記述の変容を基に、試行錯誤型問題解決過程による再現性の検討が、問題を科学的に解決する能力の育成に有効であったかを検討する。

なお、「問題を科学的に解決する能力」の内、実験結果が異なる場合、予想や仮説、発想した解決の方法を振り返る力、実験方法を再検討する力については、試行錯誤型問題解決過程の実施の前後の問題解決において検討する場面がなかったため、複数の班の実験結果を基に考察する力についてのみ分析を行う。

考察する際に、複数班の実験結果を基に記述している児童の数の変容を【資料13】に示す。

資料13 考察の変容



「電流の生みだす力」の単元における3つの問題解決の内、問題解決2において試行錯誤型問題解決過程による学習指導を行った。【表13】に示

すように、問題解決1では複数の班の結果を示していた児童が0人であったのに対し、問題解決3では25名の児童が複数の班の結果を比較した上で、考察を記述していた。このことから、問題解決2において試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導を実施し、再現性の検討を行ったことが、次の問題解決において再現性を検討することにつながったと考えられる。また、問題解決2、問題解決3と再現性を検討する人数が増加していることから、継続した指導が有効であることが示唆された。【資料14】に児童の考察の記述の変容を示す。

資料14 児童セの記述の変容

問題解決1	考察 引きつけたクリップの数が乾電池2個のほうが多か、たのて電流の大きさと大きくすると電流の強さは強くなる。
問題解決2	考察 実験結果がちがうはんがあるのて100回巻コイルと200回巻コイルで電磁石の強さが強くなっているからかい。
問題解決2再実験	考察 どのはんも100回巻コイルより200回巻コイルのほうが引きつけたクリップの数が多か、たのてコイルの巻数を増やすと電磁石の強さは強くなると言え。
問題解決3	考察 どの班も電流の向きを変えると方位磁指す向きが変わる。たのて電流の向きを変えると電流の極は変わる。と言え。

児童セは問題解決1では自分の班の結果のみで考察していたが、問題解決2再実験では、「どの班も」の記述があり、複数の班の結果を比較した上で考察していることが分かる。

さらに、事前・事後テストを比較すると、複数の結果を基に考察している人数が8名増加していることから、これらの児童に対して試行錯誤型問題解決過程による学習指導が、問題を科学的に解決する能力の育成に有効であったと考えられ

る。

V 研究のまとめ

本研究では、児童に自然の事物・現象についての問題を科学的に解決する能力を育成するために、児童が自ら問題解決を行う試行錯誤型問題解決過程による指導法を考案し、実践を通してその有効性を確かめた。

1 成果

(1) 問題を科学的に解決する能力の育成

本研究では、実践を通して、問題を科学的に解決する能力の内、「複数の実験結果を基に分析し考察することができた」「予想や仮説を振り返り、問題を見いだすことができた」について、高まりが見られた。

(2) 試行錯誤型問題解決過程の有効性

試行錯誤型問題解決過程を用いた学習指導では、児童が発想した予想を基に検証計画を立案し、実験を行うことで、複数の異なる実験結果が得られることとなり、再現性を検討する機会を保障することにつながるということが明らかになった。それに伴い、同一単元のその後の問題解決においても、考察場面で複数の班の結果を比較し、再現性の検討を行う姿が見られたことから、試行錯誤型問題解決過程は児童が再現性を検討し、問題を科学的に解決することに有効であったと考えられる。

また、試行錯誤型問題解決過程を用いた指導により、児童の失敗を教師が修正するのではなく、問題を解決する中で児童が自ら修正していくことで、問題を科学的に解決することにつながるという示唆が得られた。

(3) 再現性の検討を行う際の留意点

再現性の検討を行うためには、以下のことに留意して指導することで、より多くの児童に対して有効に機能すると考える。

ア 複数の実験結果を基に分析して考察する

- 複数の実験結果を基に考えるためには、自

分の予想にとらわれずに、得られた実験結果を事実として捉えられるように指導すること

- 予想を確かめるための実験を行う前に、あらかじめ実験を複数回行うなどして、誤差について正しく理解できるような指導を行うこと

イ 予想や仮説解決の方法を振り返り、問題を見いだす

- 問題を見いだす際には、条件制御の考え方に着目して実験方法を比較するよう指導を行うこと

ウ 見いだした問題を基に実験の方法を改善する

- 計画した実験方法において制御した条件を確認し、変える条件と揃える条件を整理できるような指導を行うこと

2 課題と今後の展望

(1) 課題

ア 問題を科学的に解決する能力の育成

本研究では、育成を目指した力の内「見いだした問題を基に実験の方法を改善することができた」については向上が見られなかった。

イ 条件制御の考え方を働かせるための指導

検証授業を通して、実験方法の違いから問題点を指摘する際に、条件が2つ変わっていることを指摘できない児童が多く見られた。これは、複数の班の実験方法を比較する際、条件制御の考え方に着目することに課題があると考えられる。特に、「主な予想や仮説を基に、解決の方法を発想する」ために必要な条件制御の考え方については、第5学年で中心に働かせる考え方であるため、児童の発達段階を考慮し、条件制御の考え方を働かせながら、比較できるような指導が必要であることが示唆された。

ウ 汎用的な力の育成

また、検証授業の中では再現性を検討できても、事後テストでは、複数の結果を基に考察できない児童や、検証計画に対する問題を見いだす

際に条件制御の考え方を働かせることができている児童が多くいた。今回行った検証授業における1度の再現性の検討だけでは、新たに条件を実験方法に加え、条件制御の考え方を働かせて、計画を改善する力の育成が不十分であったと考える。

(2) 展望

ア 条件制御の考え方を働かせるための指導の工夫

新たに明らかになった条件を、検証計画に加え、検証計画を改善するためには、問題に立ち返り、条件制御の考え方を適切に働かせる必要がある。そのため、今後は条件制御の考え方を働かせ、実験方法を改善するために有効な指導法を探っていく。

イ 段階的、系統的な指導の工夫

本研究では、第5学年「エネルギー領域」である「電流が生み出す力」において実践を行い、一定の成果を得ることができた。今後は、他領域においても、試行錯誤型問題解決過程による再現性の検討が問題を科学的に解決する能力の育成に有効であるかを探っていく。

また、再現性の検討には、条件制御の考え方を働かせて解決の方法を発想するという問題解決の力が深く関わるため、本研究は第5学年で実践を行った。しかし、『解説』では、問題解決の力について、該当学年で中心に育成するに留まらず、他の学年で掲げられている問題解決の力にも配慮した指導が示されることから、今後は、他学年でも指導が有効であるかを検証していく。

本研究では、「コイルの巻数を増やすと電磁石の強さは強くなるのだろうか」という1つの問題を解決するに当たって、試行錯誤型問題解決過程による指導の実践を行った。事後テストでは、再現性の検討ができなかった児童がいたため、継続して指導することが有効であるかを探っていく。

ウ 実証性、客観性の検討について

本研究では、再現性の検討に着目して問題を科学的に解決する能力の育成するための指導法の工夫を探った。そのため、実証性、客観性の検討

については実践の中で扱っていない。今後は実証性、客観性検討についての指導法の工夫についても探っていく。

引用文献

- 1) 文部科学省『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編』東洋館出版社、平成30年、16頁
- 2) 文部科学省『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編』東洋館出版社、平成30年、15頁

参考文献

- ① 鳴川哲也・山中謙司・寺本貴啓・辻健『イラスト図解ですっきりわかる理科』東洋館出版社、2019年
- ② 鳴川哲也・山中謙司・寺本貴啓・辻健『イラスト図解ですっきりわかる理科 授業づくり編』東洋館出版社、2022年
- ③ 平野朝久『はじめに子どもありき』東洋館出版社、2017年