

科学的な根拠を基に考察できる中学校理科指導の在り方(第二年次)

— 一人一人に明確な仮説をもたせ検証させる活動を通して —

長期研究員 弓田 一彰

《研究の要旨》

本研究では、中学校理科において、科学的な根拠を基に考察できる生徒の育成を目指した。「仮説・考察シート」を用いながら、一人一人が「自分の仮説」にこだわって探究を進め、その中で、自分の考えを妥当なものにしていく共有活動を行う手だてを講じた。その結果、探究活動に取り組む意識が向上し、観察・実験から得られた結果を整理・分析し、科学的な根拠を基に考察できる生徒の割合が大きく上昇した。

I 研究の趣旨

これまでの中学校理科の授業において『『観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること』などの資質・能力に課題が見られる』と指摘されている^{※1}。それを受け、次期中学校学習指導要領解説理科編では、科学的に探究する力を養うために「自然の事物・現象の中に問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行い、得られた結果を分析して解釈するなどの活動を行うことが重要である」と示された。自身の授業を振り返ると、教科書の内容を進めることに重点を置いてしまい、科学的に探究させるための授業が十分にできていなかった。そのため、これまでの実践においても、観察・実験の際、根拠が無く論理性に乏しい考察を記述する生徒が多く、答申と同様の課題が見られた。このことから、自身の授業を見直し、観察・実験から得られた科学的な根拠を基に考察できる生徒を育成したいと考え、本研究の主題を設定した。

第一年次研究では、解決の必要性をもたせる事象提示を行い、生徒に見通しをもたせて実験に取り組ませた。また、実験結果を共有する対話活動や思考を可視化できるノートの工夫を行った。その結果、一定の成果は見られたものの、依然として科学的な根拠が不足した考察を記述した生徒が多く、課題が見られた。生徒の探究活動を振り返ると、教師の指示を待ったり、他の生徒に頼ったりして探究を進める生徒が多かった。これは、生徒一人一人に、自分の力で探究させていなかったことが原因だと考えた。

そこで本研究では、一人一人に科学的な探究をさせていくための手だてを講じていく。一人一人が明確な仮説をもち、その仮説を基に検証計画を立て、結果を整理・分析するなどの探究活動を行うことで、科学的な根拠を基に考察できると考え、研究を進めることとした。

※1 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)(中教審第197号)

II 研究の概要

1 研究仮説

中学校理科において、以下の手だてを講じれば、科学的な根拠を基に考察することができるであろう。

【手だて1】「自分の仮説」を基に探究をさせる工夫

【手だて2】「仮説・考察シート」を用いた探究過程の可視化

【手だて3】自分の考えの妥当性を振り返る共有活動

2 研究の内容

(1) 【手だて1】「自分の仮説」を基に探究をさせる工夫

一人一人が「自分の仮説」を立て、その仮説にこだわって探究できるようにしていく。そのために、探究活動に入る前に、様々な仮説を立て検証することの有用性を共有する場を設定する。生徒が「課題に対して様々な仮説があってよい」ということを認識し、「自分の仮説」を立てる必要感をもてるようにする。

「自分の仮説」を検証する実験では、同じ仮説ごとにグループ分けを行い、探究を進める。仮説ごとのグループ分けを行うことにより、「グループの仮説＝自分の仮説」となり、グループ活動であっても一人一人が「自分の仮説」にこだわって探究を進めていくことができると考えた。

(2) 【手だて2】「仮説・考察シート」を用いた探究過程の可視化

本研究では「仮説・考察シート」というワークシートを作成する(図1)。このワークシートは探究の過程を2つに分けた2枚のワークシートで構成されている。課題の設定、仮説の設定、検証計画の立案までを1枚、結果の処理、考察、まとめまでを1枚、つなげることで1枚の大きなワークシートとなる。仮説の設定の部分では、仮説を立てやすくするための先行研究である4Q S仮説設定シート^{※2}を簡易化したものを設け、一人一人が明確に仮説を立てることができるよう工夫した。このシートを使用すれば、一人一人が明確な仮説をもち、それを

基に検証計画を立て、実験結果をまとめ、考察するといった活動が常に可視化され、探究の過程全体を意識しながら探究を進めることができると考えた。

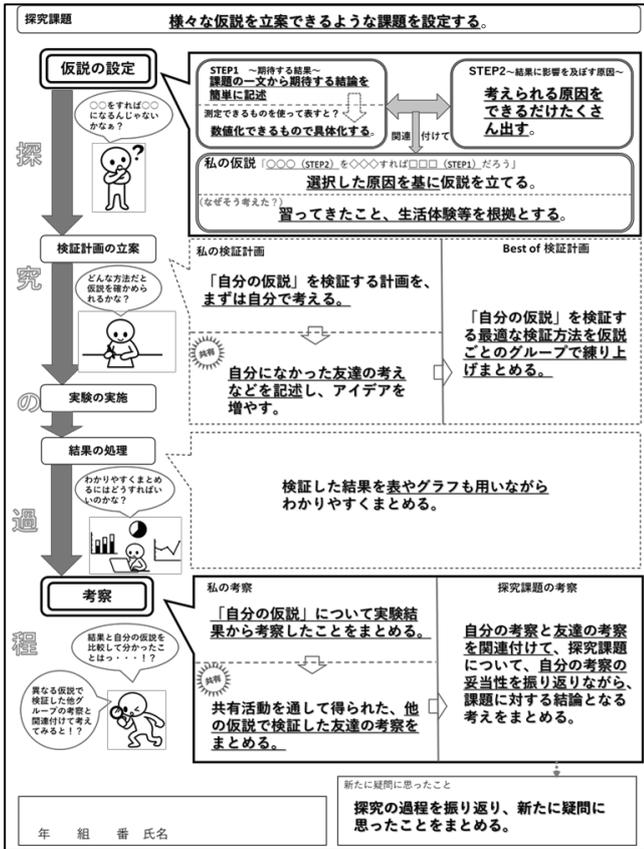


図1 仮説・考察シートの記入内容

※2 Cothron. j.h が提唱した仮説を立てる際のブレイン・ストーミング法「The Four Question Strategy」を参考に、小林辰至が開発した仮説設定を支援するワークシート

(3) 【手だて3】自分の考えの妥当性を振り返る共有活動
一人一人が「自分の仮説」にこだわって探究を進めていく過程で、自分の妥当性を振り返り、考えをより確かなものにする場が必要だと考えた。そのために、他者の考えと比較・検討する共有場面を次のように設定する。

① 検証計画の立案の場面

個人で検証計画を考えたと、同じ仮説を立てたグループの生徒同士で計画を共有する。それぞれの考えを集約し、そこからベストな検証計画をグループで検討する活動を通して、「自分の仮説」を最も妥当な方法で検証する計画を立てる。

② 考察の場面

グループごとに考察を発表させることで、他の仮説で探究した生徒の実験結果や考察を共有する。他グループの考察と自分の考察を比較し、改めて探究課題について個人で考察を行う。このように、他者の考察も交えて再考察することで、自分の考察の妥当性を振り返り、より科学的な根拠を基にした考察をしていく。

3 授業の実際

対象学年 第3学年 31名 (1学級)
授業実践Ⅰ 単元名「化学変化とイオン」(8時間)
授業実践Ⅱ 単元名「運動とエネルギー」(8時間)

本稿では、授業実践Ⅰについて説明していく。

単元の導入で「『仮説』とはどういうものか」について生徒と共有する場を設定した【手だて1】。「課題に対し様々な仮説を立て、試行錯誤を繰り返しながら研究を進めていた」という過去の研究者の研究について触れたり、その科学者の探究の過程を紹介したりしたことで、それぞれが「自分の仮説」を立てる必要感をもつ姿が見られた(図2)。

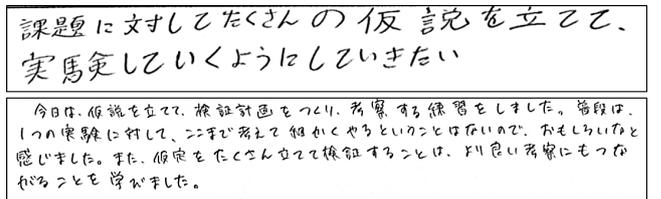


図2 単元導入時の生徒の感想

(1) 課題設定

内部が見えない二つの電池を提示し、電池に付いている豆電球の光り方に強弱の違いがあることを確認し、「豆電球をより強く光らせるには、どうすればよいか」といった課題を設定した。「電池に用いる金属板や電解質水溶液の種類は同じである」と条件を絞りつつも、その他の条件は示さず、既習の内容や生活体験を基に様々な仮説を立てられるようにした。

(2) 仮説の設定

生徒は既習の内容や生活体験を基に、豆電球の光り方に影響を及ぼすと考えられる原因を複数考えた。それぞれが記述した原因を全体で共有し、自分が最も探究したい原因を選択させ、グループ分けを行った(図3)。生徒Aは期待する結果(STEP1)と選択した原因(STEP2)を関連付け、「私の仮説」を立てることができた(図4)【手だて1】。

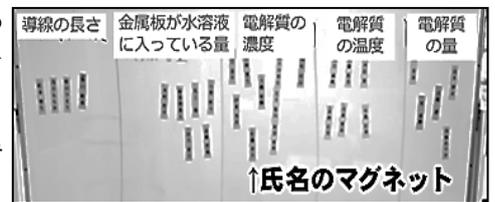


図3 探究する原因を基に分けられたグループ

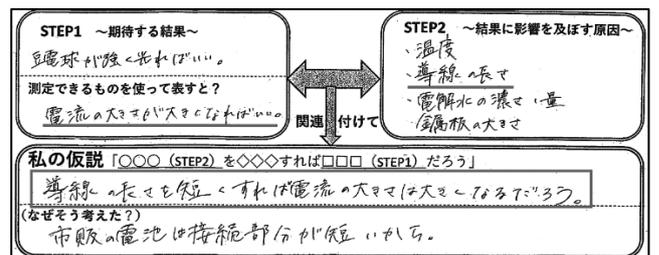


図4 生徒Aが実際に記述した仮説

(3) 検証計画の立案

生徒Bが立てた「私の検証計画」は、条件が少なく曖昧な記述であった。個人で考えた後、同じ仮説を立てたグループ内で検証計画を共有し、よりよい検証計画を考える活動を行った【手だて3】。同じ仮説でも生徒によって立てる計画は様々である。それらを共有し話し合いを行うことで、多くの視点から最も妥当な検証計画を導き出す生徒の姿が見られた(図5)。

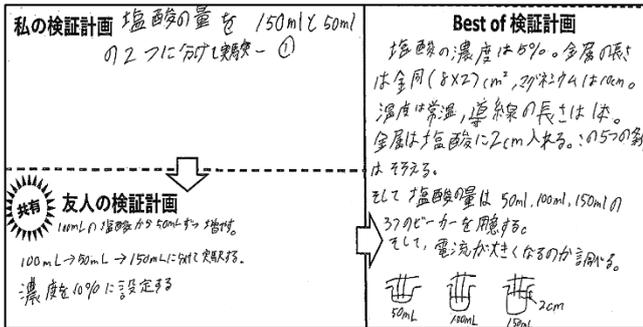


図5 生徒Bが記述した検証計画

(4) 実験の実施

導き出した検証計画を基に、仮説ごとに分けたグループで実験を行った。その際、実験準備も各グループで行った。実験結果をグループごとに表や図にまとめ、自分のシートに記述した。

(5) 考察

生徒Cは「電解質水溶液の温度を高くすれば豆電球は強く光るだろう」という「自分の仮説」について考察した(図6)。生徒Cは、実験結果から、温度によって流れた電流に違いが生まれたことを根拠とし、「自分の仮説」が正しいと判断した。その後、他の仮説で探究を進めたグループの実験結果と考察の共有を行った【手だて3】。共有後に、自分の考察と他のグループの考察を比較し、探究課題について再度考察した。すると、生徒Cは、共有活動を通して、「自分の仮説」が正しかったと判断した温度による結果を、「数値の規則性がなかった」ととらえ直した。そして、自分のグループの結果には

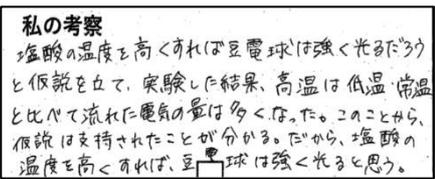


図6 生徒Cの探究についての考察

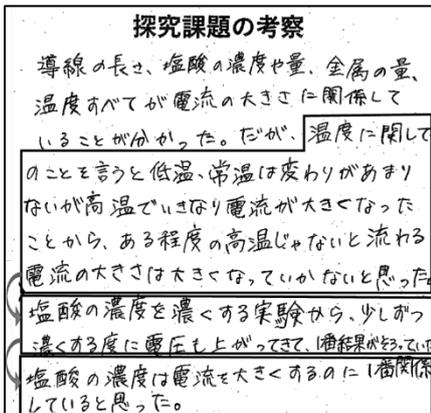


図7 生徒Cの共有後の考察

なかった数値の規則性が、塩酸の濃度を変えたグループにはあったことに新たに気付いた。最後に、そのグループの考察を新たな根拠として、塩酸の濃度が豆電球の強さに一番関係しているとまとめた(図7)。このように、異なる仮説の探究を共有する活動を通して、複数の結果を比較し、より科学的な根拠を基にした考察を記述する姿が見られた。

(6) まとめ

最後に、生徒Cは探究活動を通して気付いた新たな疑問についてまとめた。仮説・考察シート【手だて2】を活用し、探究過程全体を振り返ることで、そこから新たな疑問を見いだすことができた(図8)。

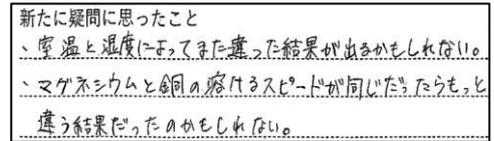


図8 生徒Cの新たな疑問

4 研究の考察

(1) 考察記述の分析から

本研究では「自分の仮説」に対する考察と、共有活動後にまとめた探究課題に対する考察の2つの記述について分析し、実践前の授業で記述した考察と比較した(図9)。

「自分の仮説」に対する考察において、科学的な根拠を基に考察できた生徒の割合は実践前の41%から70%にまで上昇した。共有後にまとめた

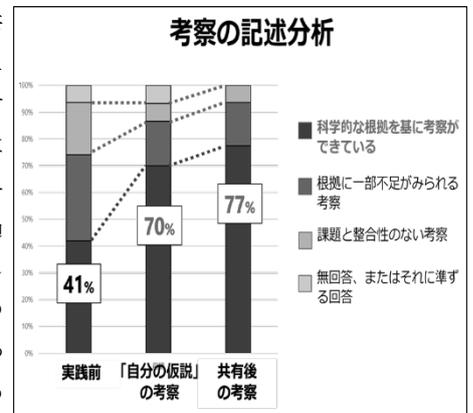


図9 考察記述の分析結果

「探究課題に対する考察」ではさらに7%上昇した。探究の過程全体を意識しながら「自分の仮説」にこだわって探究を進めることで、科学的な根拠を基に考察できる生徒の割合が大きく上昇した。また、共有後の考察では、無回答の生徒が0となった。考察を何も記述できなかった生徒が、共有活動を通して記述できるようになったことも分かった。

(2) 意識調査の分析から

事前事後でアンケートを実施した(図10)。実践後は、自分の考えをもつことができるようになった生徒の割合が上昇し、その考えの理由や根拠を明らかにできるようになった生徒の割合も上昇した。さらには、理科の研究に興味・関心を持った生徒の割合も大きく上昇した。

また、9割以上の生徒が、本研究で扱った単元の学習内容を理解できたと実感しており、その後に行った定期

テストにおいても、該当問題に対して高い正答率を示した。このことから、本研究による探究活動が、学習内容の理解にもつながったことが分かった。

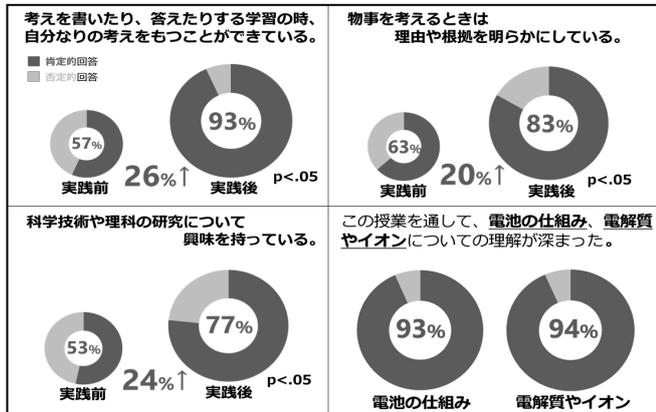


図10 意識調査の結果（一部抜粋）

(3) 探究の過程を振り返るルーブリックの自己評価から

探究の過程を振り返ることができるルーブリック表を作成した（図11）。このルーブリック表を用いて、実践前後の自身の探究への取組を自己評価させた。

探究の過程	A基準	B基準	C基準	D基準	E基準
仮説の設定	学習してきた内容や生活体験等を根拠にし、実験で検証可能な仮説を立てることができる。	仮説を立てることができ、その根拠を説明することができる。	自分の力で仮説を立てることができる。	友達のを頼りにして仮説を立てることができる。	仮説を立てられない。
検証計画の立案	仮説を確かめることができる複数の検証計画から、最適な検証計画を自らの意思で決定できる。	仮説を確かめられるが、複数の検証計画を立てることができる。	自分の力で検証計画を立てることができる。	友達のを頼りにして検証計画を立てることができる。	検証計画を立てられない。
実験の実施	予測される結果を見通して実験に取り組み、計画した実験の操作を正確に行っている。	実験の意味や目的を理解して、実験の操作を行っている。	自ら実験の操作を行っている。	実験の操作はほとんど友達に任せられている。	実験の操作を行っていない。
実験結果の処理	実験結果に適した表やグラフを用いて分かりやすくまとめ、その他気付いたこと等を記録できる。	実験結果を文書にまとめ、さらに表やグラフを用いることができる。	自分の力で実験結果を文書にまとめることができる。	友達のを頼りにして実験結果をまとめることができる。	実験結果をまとめられない。
考察	仮説と関連付けて、実験結果を適切に分析し、明確な根拠をもとに考察をまとめることができる。	仮説と関連付けて実験結果をもとに考察をまとめることができる。	自分の力で考察をまとめることができる。	友達のを頼りにして考察をまとめることができる。	考察をまとめられない。

図11 探究過程を振り返るルーブリック表

実践前、考察に課題が見られた生徒には、仮説の設定や検証計画の立案の場面に落ち込みが見られた。具体的に見ると、多くの生徒がD基準の「友達のに頼って取り組んでいる」と評価していたことが分かった。

しかし実践後は、探究の過程すべての場面における自己評価が向上し、t検定の結果、有意差が認められた（ $p < .05$ ）。特に「友達に頼っている」と評価した生徒の多くが、「自分の力で取り組んだ」という評価に変容し、最も低かった仮説や検証計

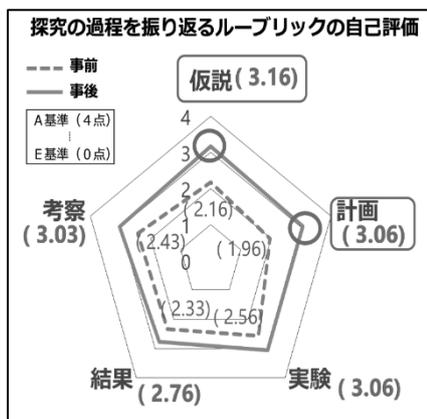


図12 自己評価の変容

画の評価が大きく向上した（図12）。

(4) 全国学力・学習状況調査による分析から

実践後、平成30年度の全国学力・学習状況調査を用いて、その結果を分析した。その結果、「探究の過程を振り返り、新たな疑問をもち問題を見だし、探究を深めようとしているか」をみる問題において、全国と比較し、正答率が上回り、無回答率が大きく下回った（図13）。探究の過程を明確に歩むことで、実験結果を分析し、そこから分かる新たな疑問を見いだす力が育まれた。

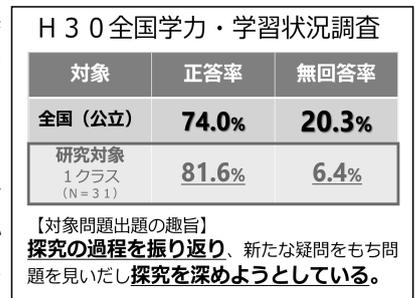


図13 テスト結果

III 研究のまとめ

1 研究成果

- ① 一人一人が「自分の仮説」を明確に持ち、その仮説にこだわって探究を進めていくことで、教師や友達に頼ることなく、最後まで自分の力で探究を進めていくことができた。
- ② 探究を進めていく際、「仮説・考察シート」を用いたことで、探究の過程が可視化され、この過程を常に意識し探究を進めることができた。また、考察やまとめる場面では、「仮説・考察シート」に記述したことを振り返りながらまとめることができた。
- ③ 探究を進めていく中で設定した二つの共有活動は、とても効果的であった。検証計画立案の場面では、「自分の仮説」を検証する最も妥当な方法を共有活動により検討したことで、「自分の仮説」を検証する最も妥当な実験結果が得られた。これにより「自分の仮説」に対して、科学的な根拠を基にした考察の記述につながった。その後、考察を共有する場面では、様々な仮説の実験による考察を共有することで、自分の考察の妥当性を図り、探究課題の解決につながる最も妥当な考察を記述することができた。

考察記述を分析した結果、科学的な根拠を基に考察できる生徒の割合が大きく上昇したことから、本研究で講じた三つの手だては有効であったと考える。

2 課題と今後の見通し

本研究の探究活動は、生徒に探究の過程全体を考えさせるため、十分な時間を要する。考えさせる部分を絞った「仮説・考察シート」の運用や、年間指導計画を立案する際、本研究の探究活動をどこに位置付けていけるかを検討していく必要がある。