

「科学的に考察する力」を育成する中学校理科指導（第一年次）

—仮説と自らの検証計画を基に、結果を批判的に見直す活動を通して—

長期研究員 和田 陽 輔

《研究の要旨》

本研究は、中学校理科において「科学的に考察する力」を育成することを目指した。まず、生徒が自ら仮説や検証計画を立て、結果と関連させて考察できるよう手立てを講じた。次に、単元内に2段階の探究の過程を設定することで、生徒が「仮説や検証計画の立て方」と「結果を批判的に見直す視点」を活用できるようにした。その結果、探究の過程を通じて、結果を仮説や検証計画と関連させて考察できる生徒が増加した。

I 研究の趣旨

中学校学習指導要領解説理科編には「科学的に探究する力を育成するに当たっては、自然の事物・現象の中に問題を見いだし、見直しをもって観察、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」と示されている。つまり、生徒が自ら発想した根拠のある仮説や検証計画で観察や実験を行い、結果を分析・解釈しながら考察していくなど、探究の過程を通じた学習活動の充実が求められている。

また、平成30年度全国学力・学習状況調査中学校理科において、実験の計画を検討し改善する設問の正答率は16.4%であり、全国より3.0ポイント下回った。このことから、生徒が自ら根拠のある仮説や検証計画を発想したり、発想した仮説や検証計画の妥当性を検討し改善を加えたりする授業へと改善が必要であると言える。

これまでの自身の授業では、生徒へ科学的に探究するための過程を示すことで、生徒が結果から考察できるよう授業改善に取り組んできた。しかし、それは、教師が一方的に探究の過程をなぞらせているだけで、生徒が自ら考察する姿にはつながらなかった。また、仮説や検証計画を発想する場面では、互いの考えを共有するにとどまり、考えを検討したり改善を加えたりする活動には至らなかった。

以上のことから、生徒が自ら科学的に考察する授業を実現したいと考えた。そこで、本研究では、「科学的に考察する力」を「仮説や検証計画と関連させて、観察、実験の結果を分析・解釈する力」と定義し、その育成を目指して、研究を進めることとした。

II 研究の概要

1 研究仮説

中学校理科の授業において、以下の手立てを講じれば、「科学的に考察する力」を育成することができるだろう。

- 【手立て1】 仮説から検証計画を立て、結果と関連させて考察するための「フローシート」の活用
- 【手立て2】 結果を批判的に見直す場面の設定
- 【手立て3】 探究の過程を繰り返す「再現的活用場面」の設定

2 研究の内容

本研究は、図1に示した単元構想図に沿って授業を展開する。第1段階の探究の過程で習得したものを2段階の探究の過程で活用させていく。

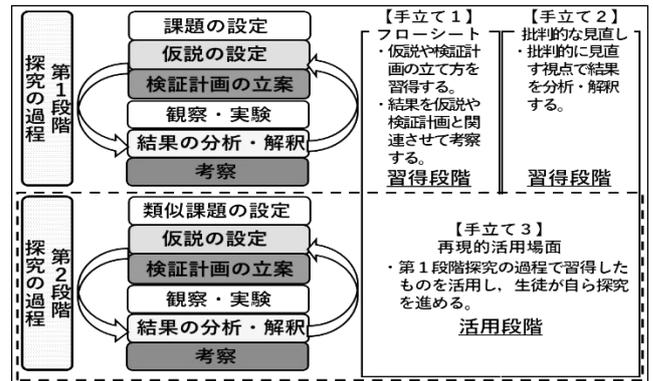


図1 単元構想図

(1) 【手立て1】 仮説から検証計画を立て、結果と関連させて考察するための「フローシート」の活用

生徒が自ら考察するために、「フローシート」を用いる。「フローシート」は、先行研究である4Q S仮説設定シート^{※1}を参考にして、課題の設定から考察までを記入できるよう工夫したものである(図2)。「フローシート」を用いた思考過程は図3のとおりである。まず、I「仮説」を基にして、STEP 1「確かめたい結果」、STEP 2「結果をもたらす原因」、STEP 3「条件の制御の仕方」、STEP 4「計測方法」を考える。次に、それらを受けた、II「具体的な検証計画」を立て、実験後にIII「結果」をまとめる。最後に、IからIIIを関連させて、IV「考察」できるようにする。

※1 Cothron, j. h が提唱した仮説を立てる際のブレン・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

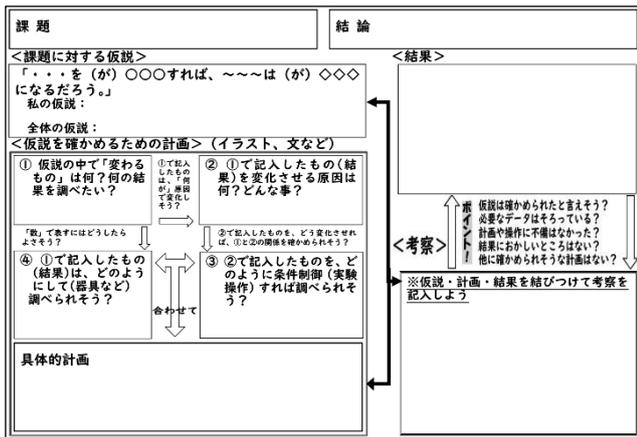


図2 「フローシート」

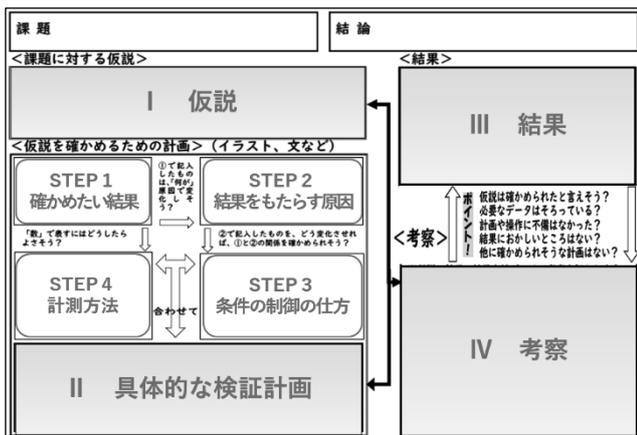


図3 「フローシート」を用いた思考過程

(2) 【手立て2】結果を批判的に見直す場面の設定

結果が科学的な考察をするのに十分な根拠となっているのかを明確にするため、結果を批判的に見直す視点を示す(図4)。そうすることで、自分と他の結果や検証計画、実験操作を比較しながら分析・解釈を行い、科学的な考察につなぐことができるようにする。

仮説は確かめられたと言えそう？
 必要なデータはそろっている？
 計画や操作に不備はなかった？
 結果におかしいところはない？
 他に確かめられそうな計画はない？

図4 結果を批判的に見直す視点

(3) 【手立て3】探究の過程を繰り返す「再現的活用場面」の設定

第1段階と類似した課題を取り上げ、第2段階の探究の過程を設定する。そうすることで、第1段階で習得した「仮説や検証計画の立て方」と「結果を批判的に見直す視点」を活用しながら、生徒が自ら探究を進め、科学的に考察できるようにする。

3 研究の実際

対象生徒	第2学年17名(1学級)
授業実践I	「化学変化と原子・分子」(10時間)
授業実践II	「電気の世界」(8時間)

本稿では、【手立て1】、【手立て2】を授業実践Iで、【手立て3】を授業実践IIの実際で述べる。

(1) 【手立て1】仮説から検証計画を立て、結果と関連させて考察するための「フローシート」の活用

単元のねらいを「化学変化の前後で質量は変化しないことを見いだす」とした。導入場面において、二つの事象を提示した。それぞれの化学変化を比較しながら観察し、気体発生の有無の違いに気付いたことで、生徒が自ら仮説を立てることができた(図5)。



図5 比較した化学変化と生徒が立てた仮説

検証計画を立てる場面では、「フローシート」を用いて検証計画を考え、「確かめたい結果」と「結果をもたらす原因」との因果関係に着目し、思考過程を可視化し、整理したことで、仮説を確かめるための検証計画を生徒が自ら立てることができた(図6)。

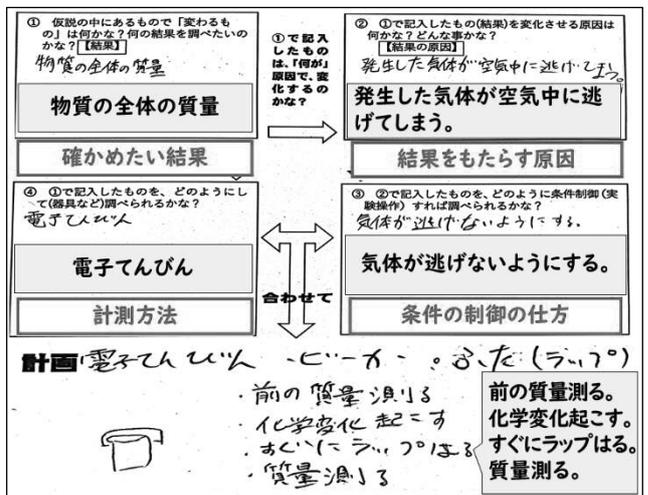


図6 生徒が立てた検証計画の記述

これまで、与えられた検証計画で実験に取り組んでいた生徒が、自らの仮説や検証計画で実験を行った。

「空気中に逃げていく気体も合わせれば、質量は変わらない」との仮説を立てたが、大半は質量が減少する結果となった(図7)。

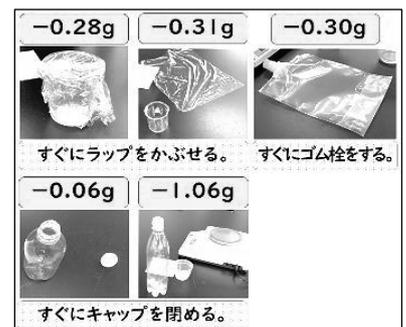


図7 各班の検証結果

(2)【手立て2】結果を批判的に見直す場面の設定

質量が減少した結果を得た生徒は、自他の結果や検証計画を比較しながら、「計画や操作に不備はなかったのか」という視点で、自分の結果を批判的に見直した。すると、実験操作に不備があったことに気付くことができた(図8)。

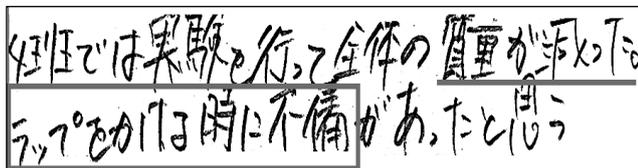


図8 質量が減少した結果を得た生徒が批判的な視点で見直した記述

一方、質量が変化しなかった結果を得た生徒は、自分の結果を根拠として、「質量は変わらなかった」とした。次に、各班の結果を共有した。すると、自分以外の班は質量が減少していることから、「結果におかしいところはないのか」という視点で、結果を批判的に見直した。自分の結果だけでは結論付けられないことに付き、「仮説は確かめられなかった」と記述した(図9)。

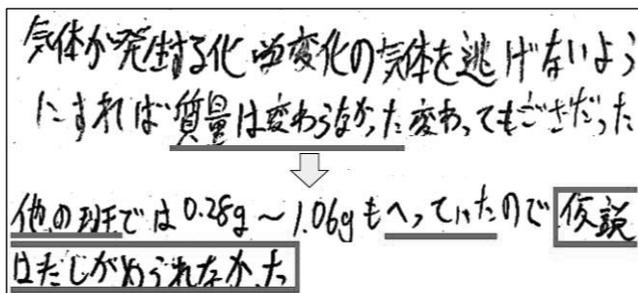


図9 質量が変化しなかった結果を得た生徒が批判的な視点で見直した記述

生徒たちは、自分の実験結果のみでは、科学的な考察をするのに十分な根拠となっていないことに気付くことができた。その後、「条件の制御の仕方」に着目して検証計画を改善し、再実験により、十分な根拠となる結果を得ることができた。それを基に考察し、質量保存の法則を見いだすことができた。

このように、結果を批判的な視点で見直したことで、科学的な考察につなげることができた。

(3)【手立て3】探究の過程を繰り返す「再現的活用場面」の設定

授業実践Iでの再現的活用場面において、「フローシート」を用いて生徒が自ら探究を進めた際、「仮説や検証計画を立てること」に意識が傾いてしまった。それにより、課題に対する考察ではなく、「仮説が確かめられたかどうか」のみを記述するなど、科学的な考察に不十分さが残る生徒が見られた(図10)。

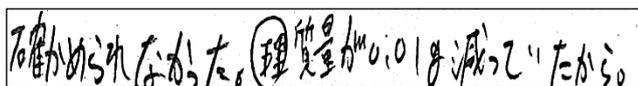


図10 科学的な考察に不十分さが残る記述

そこで、授業実践IIでは、生徒に「根拠を明確にして課題に対する自分の主張を考察に書く」ことをより意識させながら実践を進めた。

授業実践IIの再現的活用場面では、第1段階の探究の過程を受けて、「抵抗器から豆電球に負荷が変わっても、電圧と電流には比例の関係が成り立つのか」という課題を生徒が自ら見いだした。そして、「フローシート」を活用しながら、仮説や仮説を確かめるための検証計画を立て、実験を行った。

実験後、自他の結果や検証計画を比較しながら、「必要なデータがそろっているのか」という視点で、結果を批判的に見直した。すると、比例の関係が成り立つかどうかを確かめるためには、より多くのデータ(結果)を取ることが必要であると気付くことができた(図11)。

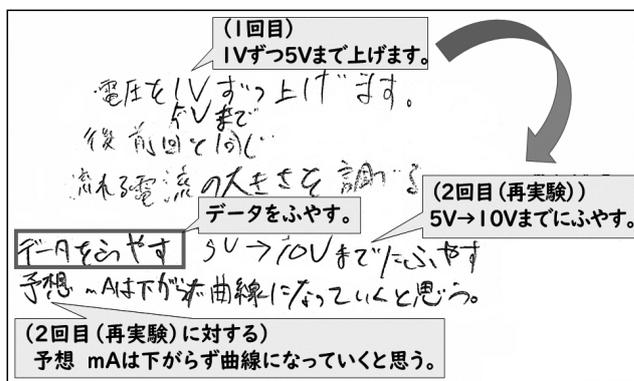


図11 検証計画を改善した記述

得られた結果のみでは、科学的な考察をするのに十分な根拠となっていないことを見だし、検証計画に改善を加えたもので再実験を行った。より多くのデータを得たことで、「豆電球では、電圧と電流には抵抗器のような比例関係が成り立たない」と、生徒自ら考察することができた(図12)。

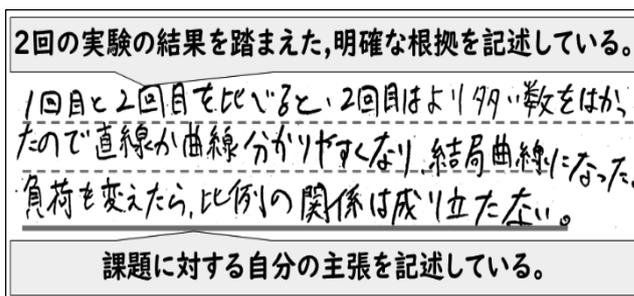


図12 科学的な考察ができた記述

このように、習得した「仮説や検証計画の立て方」と「結果を批判的に見直す視点」を活用する場面を設定したことで、生徒が自ら探究の過程を進めながら、科学的に考察することができた。

III 研究のまとめ

1 「科学的に考察する力」育成の検証と分析

(1) 考察の記述内容の分析から

本研究では、「科学的に考察する力」がどのように変容したかを、自作の評価テストを用いて分析した。自作テストは、授業実践Ⅱの事前と事後に実施した。考察の記述内容の採点基準は「結果を正しく読み取れている」、「結果を根拠として、課題に対する科学的に正しい主張が考察できている」の二つとした。各項目を1点満点、計2点満点とした。ただし、基準を満たしているが、記述内容の表現の仕方に不十分さがあるものは減点した。

結果は、学級平均が0.66点上昇し、t検定の結果、有意差が認められた ($p < .05$)。事前テストでは「結果を正しく読み取り、結果を根拠として、課題に対する科学的に正しい主張が考察できている」生徒が2名だったのに対し、事後テストでは8名に増加した。また、事前テストでは「結果を正しく読み取れていない」生徒は13名いたが、事後テストでは4名に減少した。しかし、「結果を根拠として課題に対する科学的に正しい主張が考察できていない」生徒が依然として7名いた (図13)。

事前テスト (n=15)		結果を正しく読み取れている	
		満たしている	満たしていない
結果を根拠として、課題に対する科学的に正しい主張が考察できている	満たしている	2	0
	満たしていない	0	13
事後テスト (n=15)		結果を正しく読み取れている	
		満たしている	満たしていない
結果を根拠として、課題に対する科学的に正しい主張が考察できている	満たしている	8	0
	満たしていない	3	4

図13 事前・事後テストの結果

そこで、事後テストにおいて「結果を正しく読み取り、結果を根拠として、課題に対する科学的に正しい主張を考察できた生徒」(図14)と「結果を正しく読み取ることができたが、課題に対する科学的に正しい主張を考察できなかった生徒」(図15)の記述内容を比較し分析した。

設問 実験結果を基にして、電熱線の長さや抵抗値の関係について、どのようなことが考えられますか。

結果を正しく読み取り、根拠を記述している。

【考察】
 10cm と 20cm の電熱線の電流はそれぞれ 20cm に流れる電流は 10cm に流れる電流の $\frac{1}{2}$ の値になっていることが、電熱線が長いほど抵抗値が大きくなる。

結果から「電流値が小さくなると抵抗値が大きくなる」と解釈し、課題に対する主張につなげている。

課題に対する科学的に正しい主張を記述している。

図14 科学的な考察ができた生徒の記述

すると、科学的な考察ができた生徒は、結果と課題に対する主張をつなぐために、これまでの学びを関連させ

て考察することができていたと推察できる。

結果を正しく読み取り、根拠を記述している。

【考察】
 電熱線の長さ 10cm → 20cm (流れた電流値が $\frac{1}{2}$ になった) → $\sqrt{2}$ になった。

課題に対する科学的に正しい主張を記述できていない。

結果と課題に対する主張をつなげて、考察することができていない。

図15 科学的な考察ができなかった生徒の記述

(2) 意識調査から

実践の前後で、「考察」に関する自分の考えを記述させ、全生徒の全記述についてテキストマイニングを用いて分析した。事後は「仮説」、「基づく」など、考察する上で重要となる語句が、事前よりも意識されていることが分かる。さらに、「根拠」、「事実」、「関係性」などの語句が増加したことが分かる (図16)。このことから、結果や事実に基づき、根拠を示して考察することが必要であるとの意識が向上しつつあると推察できる。



図16 学級全体の「考察」に関する意識の変化

2 成果と課題

(1) 研究の成果

批判的に見直す視点で結果を分析・解釈することで、科学的な考察につなげることができた。また、「仮説や検証計画の立て方」と「結果を批判的に見直す視点」を活用しながら探究の過程を繰り返すという手立てを講じることで、生徒が主体的に探究できるようになり、「科学的に考察する力」の育成につながったと言える。

(2) 研究の課題

結果とこれまでの学びを関連させて考察することに課題が残った。本研究では、自らの検証計画で得られた結果を批判的に見直すことによって、結果が十分な根拠となるかどうかを分析・解釈する活動に重点が置かれた。それにより、結果から分析・解釈する力は高まった。一方で、結果とこれまでの学びを関連させて分析・解釈する力の高まりには不十分さが残ったと考えられる。今後は、生徒に「結果」、「課題に対する主張」、「これまでの学び」を意識させたり、整理しながら分析・解釈させたりするなどの手立てを講じることで、「科学的に考察する力」のさらなる育成につなげたい。