

—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—

《研究の要旨》

I 研究の趣旨

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。

1 研究仮説

【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

第1段階

探究の過程

課題の設定
仮説の設定
検証計画の立案
観察・実験
結果の分析・解釈
考察

【手立て1】 フロアシート
・仮説や検証計画の立て方を習得する
・結果を仮説や検証計画と関連させて考察する

【手立て2】 批判的な見直し
・批判的に見直す視点で結果を分析・解釈する

習得段階

第2段階

探究の過程

類似課題の設定
仮説の設定
検証計画の立案
観察・実験
結果の分析・解釈
考察

【手立て3】 再現の活用場面
・第1段階探究の過程で習得したものを活用し、生徒が自ら探究を進める

活用段階

(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

※1 Cothron, j. h が提唱した仮説を立てる際のブレーン・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

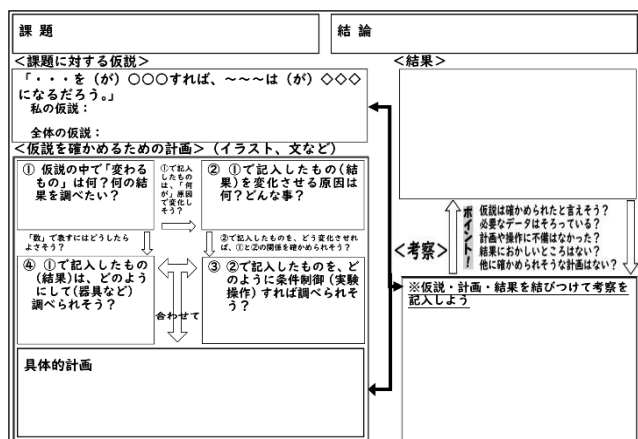


図2 「フローシート」

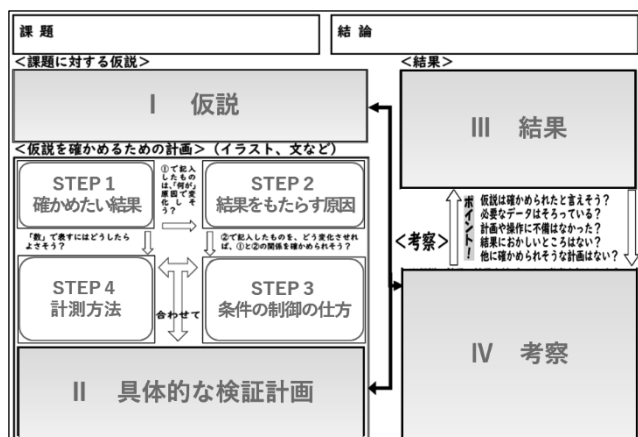


図3 「フローシート」を用いた思考過程

(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の実地で述べる。

(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た。「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)。

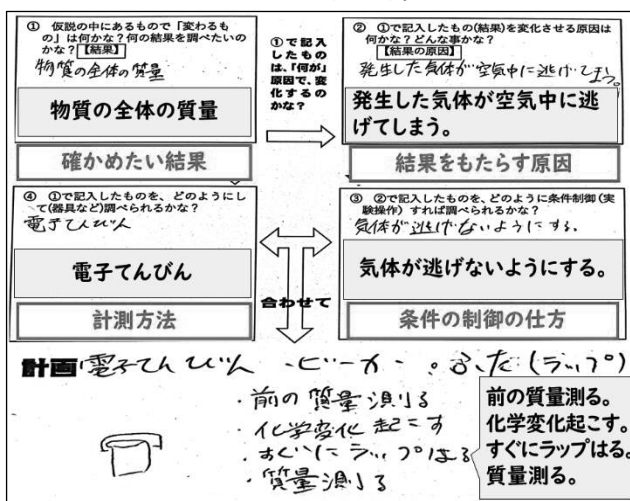


図6 生徒が立てた検証計画の記述

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)。

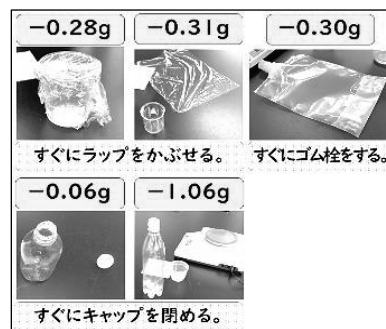


図7 各班の検証結果

(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)。

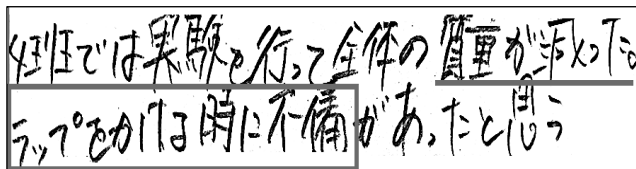


図8 質量が減少した結果を得た生徒が批判的な視点で見直した記述

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気付き、「仮説は確かめられなかった」と記述した(図9)。

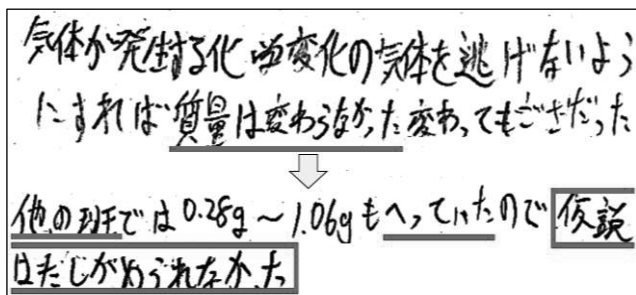


図9 質量が変化しなかった結果を得た生徒が批判的な視点で見直した記述

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)。

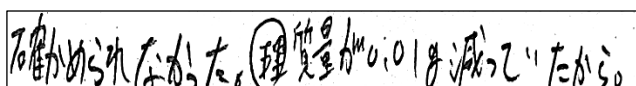


図10 科学的な考察に不十分さが残る記述

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)。

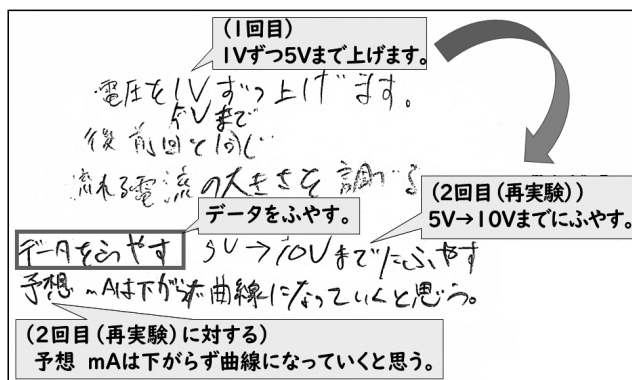


図11 検証計画を改善した記述

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いだし、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)。

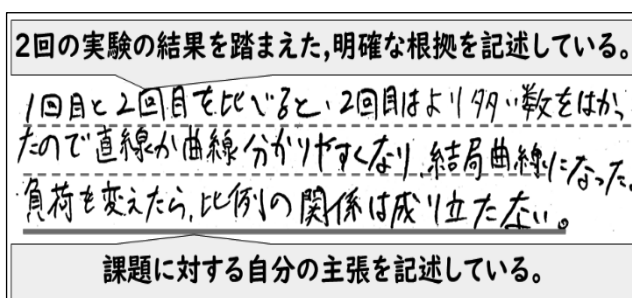


図12 科学的な考察ができた記述

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。

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。

【考察】
10cmと20cmの電熱線の電流がそれぞれ20mAと10mAに流れた。電流の二倍ぐらいの長さになると電流は半分になる。電熱線が長いほど抵抗値が大きくなる。

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 $10\text{cm} \rightarrow 20\text{cm}$ (浸した時間が $\frac{1}{2}$ になった) 反対側から

結果と課題に対する主張をつなげて、考察することのできていない。

課題に対する科学的に正しい主張を記述できていない。

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よって、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。