

群 教 七	G04 - 03
	令 2.275 集
	理科-中

課題の解決につながる仮説を設定し、 検証実験の計画を立案できる生徒の育成

—スモールステップ式実験計画書と段階的な支援を通して—

特別研修員 野崎 洋人

I 研究テーマ設定の理由

令和2年度の群馬県学校教育の指針には、理科の授業改善のポイントとして、「追究する過程では、自分の予想や仮説を基に、観察や実験の計画を立てられるようにすること」と示されている。これは変化の激しい現代社会において、次々に現れる課題を、自分たちで解決する力が求められているからだと考える。

研究協力校の生徒の実態を見ると、課題に対しては意欲的に考えようとする姿が見られるが、科学的な根拠に基づいた仮説を設定し、検証可能な実験の計画を立案することができる生徒は少ない。それは、考え方が分からない、実験に関わる要素が整理されていない、知識や経験の不足から計画の見通しがもてない、論理的に実験を組み立てていくことに慣れていないことなどが原因と考えられる。

研究協力校の生徒の実態を踏まえて科学的に探究する過程を考えると、仮説を設定することと実験計画を立案することを生徒自ら行うことができれば、その後の実験や考察に自然と繋がっていくのではないかと考えた。ただし、それらの力を一度に身に付けようとすると生徒の負担が大きいと考える。そこで段階的に支援をしていきながら、課題に対する仮説と、仮説を基に検証する実験計画を立案できるようにしたいと考え、上記のようにテーマを設定した。

II 研究内容

1 研究構想図



2 授業改善に向けた手立て

探究の過程は、①課題の設定、②予想と仮説の設定、③検証実験の計画の立案、④観察・実験の実施、⑤結果の処理、⑥考察・結論というのが一連の流れとなる。この一連の流れの中で、仮説の設定場面と検証実験の計画を立案する場面が、探究全体の見通しをもつために重要な場面であると考え、以下の手立てを講じた。

手立て1 スモールステップ式実験計画書の活用

スモールステップ式実験計画書を使い、課題解決の道筋を四つの Step に分ける。また、仮説の設定場面と検証実験の計画を立案する場面はスモールステップで考えられるようにする。仮説の設定場面では、考え方の道筋や実験に関わる要素を整理し、独立変数と従属変数を捉えられるようにする。検証実験の計画を立案する場面では、使える道具の一覧や実験の流れを示し(手順作成シート)、実験の流れに沿って一つ一つの操作を考えるようにすることで、結果までの見通しをもてるようにする。

手立て2 検証実験の計画立案につながる段階的な支援

検証実験の計画立案を、生徒自ら考える内容を段階的に増やししながら、繰り返し行う。

手立て1は、実験計画書を四つの Step (仮説を設定する、検証実験の計画を立案する、結果、考察)に分けて、それぞれの Step ごとに考えを整理できるようにする。仮説の設定場面は、課題に対する予想、独立変数の設定、従属変数の確認、仮説の設定というスモールステップに分け、定型文も示しながら、書き込めるようにする。何から考えていけばよいのかという思考の道筋を示すとともに、課題に関わる要素は何かを整理し、何を変化させることで、何が伴って変化するかを具体的に示していく。検証実験の計画を立案する場面では、実験で使える実験道具の一覧と実験の流れ(道具の準備→装置を組む→操作をする→変化の記録→まとめ→片付け)を示した手順作成シートを活用し、実験の流れに沿って一つ一つの操作を考えるようにすることで、実験全体の見通しをもった計画を立案できると考える。

手立て2は、検証実験の計画立案を、生徒自ら考える内容を段階的に増やしていきながら、繰り返し行うというものである。単元全体を見通して、検証実験の計画を立案する活動を計画し、考える要素を段階的に増やしていくことで、着実に一つ一つの要素について考えることができるようになると思える。

Ⅲ 研究のまとめ

1 成果

- 4つの Step に分けて必要な場面ごとに支援を行うことで、クラス全体で活動の方向性を共有しながら進めることができた。特に仮説を設定する際に、各自の予想を共有したり独立変数と従属変数を整理したりすることで、ほとんどの生徒が自ら仮説を設定することができた。仮説を設定できたことで実験全体の見通しをもつことができ、実験の流れを参考にして、どのような道具と実験操作が必要なのか考えられるというように、活動が連続的に繋がっていく様子が見られた。
- 検証実験の計画立案を、手順作成シートを活用して段階的に考える項目を増やしていくことで、全ての班で実験の計画を立てることができた。操作が具体的に書かれるようになったり、実験の回路図を手早く正しく書けるようになったりする様子が見られた。

2 課題

- 生徒によっては、何を独立変数とし、何がそれに伴う変化なのかを考えるのが難しいようであった。どちらの変化によってもう一方が変化しているのかが分からず、仮説の設定場面で手詰まりになっている様子が見られた。既習事項をモデルで示すなどして、因果関係をイメージできるような支援の工夫が必要である。
- 検証実験の計画立案を生徒自身で行うためには、十分な時間を確保することが必要である。限られた授業時数の中で着実に取り組めるように、単元の中で扱う内容を精選する必要がある。

実践例

1 単元名 「電流」 (第2学年・2学期)

2 本単元について

本単元では、電流回路をつくり実験器具の操作技能を習得しながら、電流や電圧を測定する実験を行い、各点に流れる電流や各部の電圧に規則性を見いだす活動を行う。また、電流によって熱や光などを発生させる実験を行い、電流から熱や光などが取り出せること、および電力の違いによって発生する熱や光などの量に違いがあることを見だし、それらを日常生活と関連付けて科学的に考察しようとする意欲と態度を養うことが主なねらいである。

以上のような考えから、本単元では以下のような指導計画を構想し実践した。

目標	<p>回路の電流や電圧についての観察、実験などを通して、次の事柄を身に付けることができるよう指導する。</p> <p>ア 回路の各点を流れる電流や各部に加わる電圧についての規則性と電圧と電流の関係を見いだして理解しているとともに、回路をつくり、電流や電圧を測定する技能を身に付けている。(知識及び技能)</p> <p>イ 電流に関する現象について、見通しをもって課題を解決する方法を立案して観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、電流と電圧についての規則性や関係性を見いだして表現している。(思考力、判断力、表現力等)</p> <p>ウ 電流と回路に関する事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとしている。(学びに向かう力、人間性等)</p>	
評価規準	<p>(1) 電流に関する事物・現象を日常生活や社会と関連付けながら、回路と電流・電圧、電流・電圧と抵抗、電気とそのエネルギーについての基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。(知識・技能)</p> <p>(2) 電流に関する現象について、見通しをもって解決する方法を立案して実験などを行い、その結果を分析して解釈し、電流の働きを理解して、電流と電圧の規則性や関係性を見いだして表現しているなど、科学的に探究している。(思考・判断・表現)</p> <p>(3) 電流に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。(主体的に学習に取り組む態度)</p>	
過程	時間	主な学習活動
ふれる・かむ	第1 ～3時	<ul style="list-style-type: none"> 電気製品の中で最も電気を使っているものは何か、それを調べるためには何が必要かを考える。 直列回路と並列回路の違いについて調べる。
追究する	第4 ～8時	<ul style="list-style-type: none"> 回路の中を流れる電流の計り方、直列・並列回路の電流の特徴を学習する。 手順作成シートを活用した実験の計画1 回路の各部分に加わる電圧の性質とその計り方、直列・並列回路の電圧の特徴を学習する。 手順作成シートを活用した実験の計画2 回路に流れる電流と電圧を水流モデルで表す。
	第9時 (本時)	<ul style="list-style-type: none"> 回路に流れると電流と電圧の関係を調べる実験を考える。 スモールステップ式実験計画書と手順作成シートを活用した実験の計画
	第10 ～12時	<ul style="list-style-type: none"> 自分たちの考えた実験を行い、結果から電流と電圧の関係を見いだす。 オームの法則と抵抗、回路全体の抵抗についての学習をする。
まとめ	第13 ～15時	<ul style="list-style-type: none"> 発熱量と電力量についての学習をする。 電化製品の中で最も電気を使っているものは何か、について考え、説明する。

3 本時及び具体化した手立てについて

本時は全15時間計画の第9時に当たる。本単元のねらいを達成できるよう、また生徒が課題に対して仮説を設定し、検証実験の計画を立案することができるよう、次のように手立てを具体化した。

手立て1 スモールステップ式実験計画書の活用

スモールステップ式実験計画書を使い、課題解決の道筋を四つのStepに分ける。仮説の設定場面では、既習事項を基に独立変数（電圧・直列につながり電池の数）と従属変数（電流）を捉えられるようにし、仮説を設定できるようにする。検証実験の計画を立案する場面では、実験道具の名称と実験の流れを示した手順作成シートを使い、見通しをもった検証実験の計画を立案できるようにする。

手立て2 検証実験の計画立案につながる段階的な支援

検証実験の計画立案を、生徒自ら考える項目を段階的に増やしながらか、繰り返し行う。

手立て1では、課題解決の道筋を四つのStepに分け、それぞれのStepごとに考えを共有するなどの支援を行う。仮説の設定場面においては、演示実験で直列につないだ電池の数と豆電球の明るさの違いを観察させ、既習事項の電流と電圧の知識と関連させながら、独立変数と従属変数をイメージできるようにする。また手順作成シートを使用し、そこに電源装置や豆電球、抵抗器などの本単元で扱ってきた全ての実験道具の名称と実験の基本的な流れを示しておき、それらを参考に操作を考えるようにすることで、見通しをもった検証実験の計画を立案できるようにする。

手立て2では、前時までに直列回路と並列回路の電流を調べる実験と、電圧を調べる実験で、手順作成シートを活用し、実験操作や道具を考える学習を行う。その際、授業を重ねる度に、段階的に生徒自らが考える項目を増やしていき、検証実験の計画を立案する力を高められるようにする。

4 授業の実際

(1) 前時までの様子

単元全体を見通して、段階的に手順作成シートの記事項目を増やして実験を行った。段階的に記事項目が増えていくため、生徒は無理なく手順作成シートの扱い方に慣れることができた。

第5時：直列回路と並列回路の電流の特徴を調べる実験

→手順は教科書にあるものをそのまま使い、使う道具と時間配分、担当者を決める。

第7時：直列回路と並列回路の電圧の特徴を調べる実験

→教科書を参考にして検証実験の計画立案をし、手順と使う道具、時間配分と担当者を決める。

第9時：電流と電圧の関係を調べる実験

(本時) →自分たちで検証実験の計画立案をし、手順と使う道具、時間配分と担当者を決める。

(2) 本時の課題の設定

前時までの学習内容を振り返り、学んだことを思い出しながら、「電流と電圧にはどのような関係があるのか」という課題を設定した。課題を解決するためのヒントとして、乾電池一つを豆電球につないだ場合と乾電池二つを直列に豆電球につないだ場合を比べて、豆電球の明るさが変わる様子を示し、電圧と電流が伴って変化していくことをイメージできるようにした(図1)。

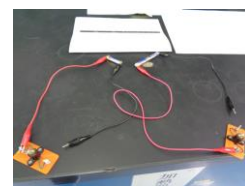


図1 演示実験の道具

(3) 仮説の設定場面

仮説の設定場面では、最初に電圧と電流の関係を生徒に予想させた。生徒からは「乾電池が増えると電球が明るくなったから、電圧が大きくなると電流も大きくなるのではないか」という意見が出た。その意見をクラス全体で共有してから、各班で課題に対しての仮説を立てるように促した。仮説を設定する際には、自分たちで変化させることができる量は何か(独立変数)、それに伴って変化する量は何か(従属変数)を整理して考えるよう助言をした。それらを通して、「電圧を大きくすると電流も大きくなるのではないか(もしどちらも二倍になったら、比例の関係と言える)」という仮説を設定することができた(図2)。

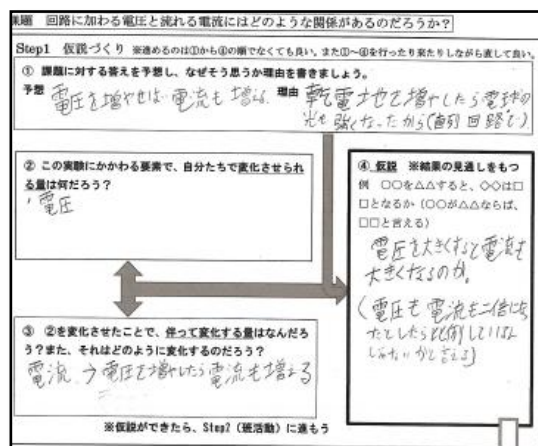


図2 生徒が見つけた予想と仮説

(4) 検証実験の計画を立案する場面（手順の作成）

班で設定した仮説を基にして、その仮説を検証する実験の計画を立案するために、手順作成シートを活用した。前時までの取組でシートの活用に慣れていたこともあり、スムーズに計画の作成に取り組むことができた。意欲的に話し合いを進める様子も見られた。

道具は自由に使って考えてもよいようにしていたことで、計画ができた班は実際に道具を使って回路を組みながら、計画通りに実験ができるかを考えていた（図3）。道具を使って考えることで、回路の組み方を確認したり、時間配分や手順を修正したりする様子が見られた。

検証実験の計画を立案できた班には、手順作成シートを提出させ、仮説をよりよく検証できる実験になるよう助言した（図4）。電流と電圧が比例の関係になるかどうかを検証しようとしていた班には、電圧の規則的な変化を正確に測れるよう、電池ではなく電源装置の使用を勧めると、班の中で再検討して修正をしていた。

時間内で全ての班が実験計画（図5）及び回路図（図6）の作成ができた。



図3 回路を組みながら考える様子



図4 生徒に助言する様子

1. 器具の用意									
必要なものの数を考えて、道具の横の（ ）に書く。									
抵抗器（ ） ・ 電熱線（ ） ・ 豆電球（ ） ・ モーター（ ） ・ 電圧計（ ） ・ 電流計（ ） ・ 電源装置（ ） ・ 乾電池（ ） 乾電池ボックス（ ） ・ クリップ付き導線（ ） ・ スイッチ（ ） ・ 磁石（ ） ・ 接続端子（ ） ・ 手回し発電機（ ） その他（ ）（ ）									
2. 手順									
実験の時間は30分									
定量実験の基本的な流れ ☆やる内容は具体的に（例 電圧を上げる→どれくらい？） ☆記録が必要な場面では、必ず結果の記録係を決める									
①道具の準備→②実験装置を組み→③変化させる量を（規則的に）変化させていく→④どのような変化があったかを記録する→⑤記録をまとめる→⑥片づけ									
※④のあと、「同じ条件で別のもの」を使い、調べても良い									
実験内容	担当 (記録係も書く)	時間	0	5	10	15	20	25	30
準備		2分							
直列回路に組む		1分							
電圧を0.5Vずつ強くなる(3Vまで)		5分							
電流を記録する		2分							
記録をまとめる		10分							
片づけ		2分							

図5 実験計画の記入例

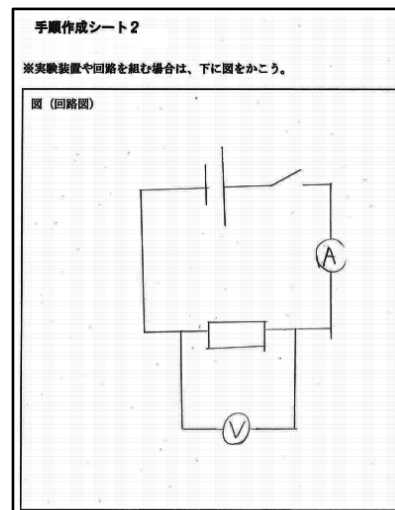


図6 回路図の作成例

5 考察

本研究では、課題解決の道筋を整理できるように手立てを講じたが、全ての班が時間内に実験計画を立案できたことから、本研究の手立てによって本時のねらいはおおむね達成できたと考える。振り返りや授業後のアンケートには肯定的な回答が多く、「仮説や計画を立てることが簡単に感じた」という意見や、「実験のときに何をすればよいか分からなくなってしまうことが多かったので、自分たちで計画を立てて、確認しながらできるのはとてもよかった」という手立ての有効性を感じる記述が見られた。また、「自分たちで立てた実験で結果を確かめるのが楽しみです」という意欲の高まりを感じる記述や「自分たちで自分たちなりに考えをもって実験をした方が、結果が深く頭に残った」という学習内容の定着にもよかったという記述見られ、本研究の手立ては、主体的に探究する生徒の育成や学習内容の定着にも有効であったと感じた。

仮説の設定から実験計画の立案までに1時間かかることから、探究の過程を単元の中でどう位置付けるかが今後の課題である。

6 資料

スモールステップ式実験計画書

(Step 1, 3, 4)

課題 回路に加わる電圧と流れる電流にはどのような関係があるのだろうか？

Step1 仮説づくり ※進めるのは①から④の順でなくても良い。また①～④を行ったり来たりしながら進めて良い。

① 課題に対する答えを予想し、なぜそう思うか理由を書きましょう。

予想 電圧が大きくなると電流も大きくなる。 理由 電池を2つにして電圧が大きくなると、豆電球が明るくなったから

② この実験にかかわる要素で、自分たちで変化させられる量は何か？

電圧

③ ②を変化させたことで、伴って変化する量はなんだろう？また、それはどのように変化するのだろうか？

電流 電圧が大きくなると電流も大きくなる

④ 仮説 ※結果の見通しをもつ
例 ○○を△△すると、◇◇は□□となる(○○が△△ならば、□□と言える)
電圧を大きくすると、電流も大きくなる。
また、電圧が2倍3倍になったとき、電流も2倍3倍になっていれば、比例の関係と言える。

※仮説ができれば、Step2(班活動)に進もう

Step4 考察をしよう
実験結果をもとに、課題に対しての、自分のなりの答えを書こう
「～と仮説を立てて実験をし、～という結果から、～と言える(分かる・考えられる)」
仮説と結果が同じ → 予想や仮説が正しい。結果を根拠にして課題の答えを示す。
仮説と結果が違う → 仮説が違う？実験方法が違う？実験の精度が悪い？自分の考えを書く

電圧が大きくなると、電流も大きくなるかという仮説を立てて実験をし、仮説の通りになったという結果から、電圧が大きくなると電流も大きくなる関係になっているといえる。
また、電圧が2倍3倍になると電流も2倍3倍になったという結果から、電圧と電流は比例の関係になっているといえる。

結論 ※ここは最後に全員で確認しますので、個人で書かなくて良い。
加えた電圧とそこに流れる電流は、比例の関係になっている。(これを、オームの法則という。)

Step3 実験結果 (班で実験計画を作れたら、考えよう)

結果をどのようにまとめるか、を考えよう。
ポイントは、見た事実をそのままかく、具体的にかく、数字で表せれば数字でかく(表やグラフを使うと、見やすくなります。)

自分たちで変化させた量が横
規則性を探るときは、規則的に変化させると良い。

項目	0	1.0V	2.0V	3.0V	4.0V	5.0V
電圧	0	1.0V	2.0V	3.0V	4.0V	5.0V
電流	0	0.03A	0.06A	0.10A	0.13A	0.16A

※安全のため、抵抗器には10.0V以上、豆電球には3.5V以上加えない

伴って変化した量

グラフ

電圧 V 変化した量

(手順作成シート Step2)

Step2 手順作成シート 具体的な実験手順を考えよう (班で協力して考えよう) _____ 組 _____ 班

1. 道具の用意
必要なものの数を考えて、道具の横の()に書こう。
・抵抗器 (1) ・電熱線 () ・豆電球 () ・モーター () ・電圧計 (1) ・電流計 (1) ・電源装置 (1) ・乾電池 ()
・乾電池ボックス () ・クリップ付き導線 (5) ・スイッチ () ・磁石 () ・接続端子 () ・手回し発電機 ()
・その他 () ()

2. 操作 実験の時間は30分
定量実験の基本的な流れ ☆やる内容は具体的に(例 電圧を上げる→どれくらい?) ☆記録が必要な場面では、必ず結果の記録係を決める
①道具の準備→②実験装置を組む→③変化させる量を(規則的に)変化させていく→④どのような変化があったかを記録する→⑤記録をまとめる→⑥片づけ

※⑥のあと、「同じ条件で別のもの」を使い、調べても良い

実験内容	担当 (記録者も書く)	時間	0	5	10	15	20	25	30
① 電源装置、セメント抵抗、電圧計、電流計を用意する。	全員	5分	■						
② 回路をつくる。(回路図参照)	B男 C子	5分		■					
③ 電圧を1.0Vずつ上げる。	D子				■				
④ 電流計を見て、電流を記録する。	記録:A男	③④で5分			■				
⑤ 表とグラフにまとめる。	全員	10分				■	■		
⑥ 片づけをする。	全員	5分						■	