

「検証計画の立案」に着目した中学校理科授業の実践

有田市立有和中学校
教諭 北 山 寛 貴

【要旨】 本研究では、探究の過程の「検証計画の立案」に着目した中学校理科授業の実践について提案する。先行研究を踏まえ、「検証計画の立案」の場面において、生徒に「変数」を認識させ、計画を立案する流れに沿って学習を進めることで、理科の見方・考え方や批判的思考を働かせながら「検証計画の立案」がしやすくなるのではないかと考えた。そこで、「変数」を意識できる教材を用いた授業を構成し、ワークシートを工夫して、提案授業を行った。その結果、生徒は計画を立てる考え方を理解するとともに検証計画を立案できる生徒が増加した。

【キーワード】 探究の過程、検証計画の立案、変数、理科の見方・考え方、批判的思考、ワークシート

1 研究のねらい

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説理科編（以下、学習指導要領解説と略記）では、資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ（以下、探究の過程と表記）（図 1）が示され、理科においては生徒が『課題の把握（発見）』、『課題の探究（追究）』、『課題の解決』といった探究の過程を通した学習活動を行い、それぞれの過程において、資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ることが必要である（※ 1）と示されている。また、生徒が「見通しをもって観察、実験を行うこと」とは、観察・実験を行う際、授業者が生徒に観察・実験を何のために行うか、観察・実験ではどのような結果が予想されるかを考えさせることなどであり、観察・実験を進める上で大切であると示されている。

筆者の授業を振り返ると、観察・実験の実施及び結果の処理をする場面においては、授業者が生徒に手順どおり進めさせ、観察すべき現象や測定すべき数値を捉えさせることはできていたものの、考察・推論をする場面においては、結果を繰り返したものの記述や仮説を証明するための理由や根拠として不十分な記述をさせてしまうことがあった。また、観察・実験中に、生徒に「どの操作をしているのか」を確認した際、多くの生徒は回答できたが、「その操作や実験で何を調べたいのか」を確認した際、回答に困る生徒もいた。これらは、その前段階である検証計画の立案の場面において、生徒が何のために比較するのか、何のためにその条件だけを変えるのかなど、見通しが不十分なことから条件を制御する理由や根拠を持つことができなかったことが一因であると考えられる。その結果、考察・推論が不十分となり、生徒にとって自然の事物・現象の科学的な理解と実験が結びついていなかった。

令和 4 年度全国学力・学習状況調査の結果の概要（和歌山県）において、「理科の授業では、自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てていますか」の項目について、「当てはま

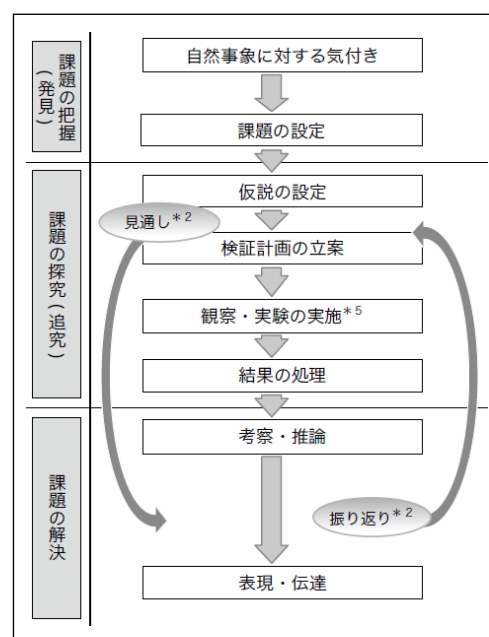


図 1 資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ（※ 2）（一部抜粋）

る」、「どちらかといえば、当てはまる」と回答した割合が、全国平均を下回った。問題別調査結果では、5ポイント以上全国平均を下回っている問題が5題あり、1(2)「変える条件と変えない条件を制御した実験を計画できるかどうかをみる」、8(2)「結果の意味を考え、観察・実験の操作や条件の制御などの探究の方法について検討し、探究の過程の見通しをもつことができるかどうかをみる」などが含まれていた。本県の問題別(解答類型)調査結果では、8(2)において「上記以外の回答(条件や操作と無関係な回答)」の割合が33.4%、「無回答」が16.8%と合計が50%を超えており、特に8(2)における「上記以外の回答」については、「結果に影響を与える観察、実験の操作や条件の制御などを検討することができていないと考えられる」(※3)としている。

これらのことから、本研究では「検証計画の立案」に着目した授業改善を行うことで、生徒が計画を立案できるようになり、探究の過程を通して自然の事物・現象を科学的に理解していくことにつなげたいと考えた。

2 研究内容

(1) 変数に着目した検証計画の立案

学習指導要領解説では、検証計画の立案における資質・能力の例として、「仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力」と「観察・実験の計画を評価・選択・決定する力」の2点が示されている。

仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する場面に関して、平成27年度全国学力・学習状況調査解説資料中学校理科では、「予想を確かめる実験を計画できるようにするには、自然現象を、変化すること(従属変数)と、その原因として考えられる要因(独立変数)の関係として捉えることが大切である。(中略)変化することの原因として考えられる要因を全て挙げ、挙げた要因の妥当性を検討し、変える条件と変えない条件を制御することが大切である。」(※4)と述べられている。また、変数を見つけ出すことについて、中村、佐久間(2022)は、授業者が「一部の条件(変数)が異なる複数事象の比較を通して事象に関連する複数の変数を見出させる」ことで、生徒が「変数を見出しやすくなっていたと解釈できる。」(※5)としている。このように、生徒が変数を見つけ出し、従属変数と独立変数の関係として捉え、制御すること等を通して、仮説を確かめるための観察・実験の計画を立案する力が育成され则认为る。

学習指導要領解説では、意見交換や議論などの他者との関わりの中で自分の考えをより妥当なものにする力が求められている。計画の立案場面においては、理科の見方・考え方や批判的思考を働かせながら個人で計画を立案した後、それを他者との関わりの中で批判的に検討し、より妥当な案を協働的に立てる過程を繰り返すことで、個人においても実験計画を評価・選択・決定できるようになると考える。濁川、小倉(2022)は、考えを科学的に見直し検討するための視点を整理し、思考の誤りや曖昧さである「不確かさ」を批判的に指摘し合える文章を示すことで、生徒が「他者の考えを批判的・懐疑的に捉えて考えようとする意識を向上させ、『不確かさ』に敏感になることができる」(※6)としている。このように、理科の見方・考え方や批判的思考を働かせながら個人で立案し、他者との関わりの中で互いの計画を科学的な視点をもとに批判的に検討することで、観察・実験の計画を評価・選択・決定する力が育成され则认为る。

これらのことから、生徒が変数に着目し、理科の見方・考え方や批判的思考を働かせることで、仮説を確かめるための見通しをもって妥当性のある計画を検討しやすくなると考える。

(2) 具体的な手立て

生徒が計画を立案する流れに沿って学習を進めることができるようオンライン上で編集できるワークシート(図2)を用いた授業展開を考えた。①に、従属変数と独立変数の関係を記入する欄を設け、仮説で述べている内容を確認するための実験において、「変える条件」と、「変化すること」を明確に記入できるようにしている。②に、「同じにする条件」を記

入する欄を設け、従属変数に影響を与える可能性のある変数を意識できるようにしている。そして、③に、「実験条件」(変数の設定をするところ)と「実験条件を設定した理由・根拠」(変数を設定した理由や根拠)を記入できる欄を設け、理科の見方・考え方を働かせる場面を設定している。生徒は、個人で思考した後、個々の計画案を参考にしながら班で計画を作成する。その際、変数の設定について班のメンバーと協働的に検討することで、生徒同士が互いの多様な考え方に気付き、より妥当な計画を作成できるようにしている。

図2 個人用ワークシートの一部

また、多様な視点を得るために設定する交流場面において、授業者が「変える条件を〇〇にした理由は？」などの文章を提示することで、生徒の実証性・再現性・客観性に関する問いを促し、批判的思考を働かせながら互いの計画を科学的に検討しやすくなるよう支援する。

3 所属校における授業研究について

(1) 提案授業の概要

所属校第2学年の生徒を対象に、「電流とその利用」の単元で提案授業を設定した(表1)。全12時間のうち、4時間で「検証計画の立案」場面を設けた。第3時は、授業者が説明等を行いながら、ワークシートを用いて検証計画を立案した。第5時は、生徒がワークシートを用いて班で計画を立案した。第8時と第10時は、各生徒が検証計画を立案できるかを確かめるため、生徒が個人でワークシートを用いて計画を立案し、その後、班で計画を検討する場面を設定した。各授業において生徒は自分達の計画に従い実験を行った。

表1 提案授業計画

期 間	令和6年10月21日～令和6年11月15日
対 象	所属校第2学年
単元名	電流とその利用 1章 電流の性質
時	ねらい・学習活動
1	豆電球を2個用いた回路を作り、電気用図記号を用いて回路図で表現する。
2	豆電球を2個使った回路には、直列回路と並列回路があることを理解する。
3	直列回路を流れる電流のしくみを明らかにするために、回路を流れる電流の大きさを調べる実験を計画する。
4	豆電球2個の直列回路をつくり、回路の各点に流れる電流の大きさを測定し、流れる電流の規則性を見出して表現する。
5	並列回路を流れる電流のしくみを明らかにするために、回路を流れる電流の大きさを調べる実験を計画し、測定する。
6	回路の各点に流れる電流の大きさについて、規則性を見出し整理して理解する。
7	電圧について知り、その測定方法について理解する。
8	直列回路と並列回路に加わる電圧のしくみを明らかにするために、回路の各区間に加わる電圧の大きさを調べる実験を計画し、測定する。
9	回路の各区間に加わる電圧の大きさについて、規則性を見出し整理して表現する。
10	電圧と電流の関係を調べる実験について、根拠を持って計画し、測定する。
11	オームの法則を理解し、回路の未知の値を求める。
12	直列回路と並列回路の2つの抵抗から全体の電気抵抗を求める。

（２）「検証計画の立案」場面の評価

ア 調査アンケートによる生徒の変容
提案授業による生徒の変容を明らかにするため、調査アンケートを実施した（図 3）。回答は、「当てはまる」、「少し当てはまる」、「あまり当てはまらない」、「当てはまらない」の 4 件法で行った。

イ 個人の検証計画の変容

それぞれの生徒の検証計画の立案における資質・能力の変容を評価するため、第 8 時と第 10 時における生徒が個人で取り組んだワークシートの③の記述を分析対象とした。そして、研究における評価規準（表 2）は検証計画の立案における資質・能力に関わる「変数の設定」と「理由や根拠」の 2 点に設定し、評価を行った。

4 成果と課題

（１）分析とその結果

ア 調査アンケート

検証計画の立案に着目した提案授業により、計画場面や他の探究の過程を進める上での生徒の考え方にどのような影響を与えたかを明らかにするため、調査アンケート（図 3）を分析した（表 3）。「1. 実験計画を立てるときに、仮説の証明ができるか考えている。」を肯定的に回答した生徒の割合が事前に比べ 17 ポイント上昇し、「3. 理科の授業では、自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てている。」を肯定的に回答した生徒の割合が事前に比べ 14 ポイント上昇した。また、「2. 条件を整理したり意味を考えたりしながら、実験計画を立てている。」と「4. 実験結果を整理したりまとめたりするとき、実験計画を役に立てている。」を肯定的に回答した生徒の割合が事前に比べ、それぞれ 8 ポイント上昇した。

イ 個人の検証計画

それぞれの生徒の検証計画の立案において資質・能力の変容を評価するため、第 8 時と第 10 時における生徒が個人で取り組んだワークシートの③の記述を評価した。図 4 は、ある生徒の第 8 時と第 10 時において個人で立案した計画の③の部分である。第 8 時には、独立変数である「電圧を測定する場所」を回路図に示し具体的に設定できていたが、理由や根拠に関する

1. 実験計画を立てるときに、仮説の証明ができるか考えている。
2. 条件を整理したり意味を考えたりしながら、実験計画を立てている。
3. 理科の授業では、自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てている。
4. 実験結果を整理したりまとめたりするとき、実験計画を役に立てている。
5. 考察するとき、実験計画を振り返って考えている。

図 3 事前・事後調査アンケート

表 2 研究における計画立案場面の評価規準

変数の設定	理由や根拠
変える条件に関して、記述している。	変える条件を設定した理由や根拠に関して、記述している。

表 3 調査アンケート結果（n=93）

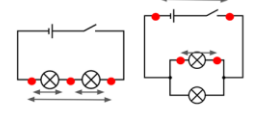
アンケート項目	事前	事後	差
1. 実験計画を立てるときに、仮説の証明ができるか考えている。	68%	85%	+17
2. 条件を整理したり意味を考えたりしながら、実験計画を立てている。	81%	89%	+8
3. 理科の授業では、自分の予想をもとに観察や実験の計画を立てている。	74%	88%	+14
4. 実験結果を整理したりまとめたりするとき、実験計画を役に立てている。	83%	91%	+8
5. 考察するとき、実験計画を振り返って考えている。	90%	90%	±0

「当てはまる」、「少し当てはまる」と回答した生徒の割合

第8時

③条件設定 変える条件 と 同じにする条件 に注目して、実験条件を考えよう！

実験条件(図や文章で)



実験条件を設定した理由・根拠

第10時

③条件設定 変える条件 と 同じにする条件 に注目して、実験条件を考えよう！

実験条件(図や文章で)

抵抗器に加わる電圧を1Vから10Vまで1Vずつ大きくしていき、その時の電流の大きさを測る。

実験条件を設定した理由・根拠

電圧を大きくした時の電流の大きさに変化があるか調べるため。
1Vでどれだけ大きくなるか知ることができる。

図 4 第 8 時と第 10 時の生徒の記述

記述が見られなかったため、満たした規準は変数の設定のみであった。しかし、第 10 時には独立変数である電圧の値の設定ができており、理由や根拠についても従属変数である電流との関係を調べるための記述があり、全ての評価規準を満たしていた。同様に、それぞれの生徒が第 8 時と第 10 時において個人で立案した計画について評価を行い、その状況が同じ生徒を 1 つのグループとしてそれぞれ集計した。表 4 は表 2 の評価規準を満たしている記述を「+」、満たしていない記述を「-」で表し、グループの人数の割合が大きいものから順に並べたものである。例えば、グループ 1 は第 8 時に理由や根拠の規準は満たしていないが、第 10 時に全て規準を満たした生徒の集まりであり、その割合が生徒全体の 30% になったことを示している。

表 4 個人の記述評価の変容 (n=93)

グループ	観点	第 8 時 ⇨ 第 10 時	割合
1	変数の設定	＋ ⇨ ＋	30%
	理由や根拠	－ ⇨ ＋	
2	変数の設定	＋ ⇨ ＋	16%
	理由や根拠	＋ ⇨ ＋	
3	変数の設定	－ ⇨ ＋	13%
	理由や根拠	－ ⇨ ＋	
4	変数の設定	＋ ⇨ －	11%
	理由や根拠	－ ⇨ －	
5	変数の設定	－ ⇨ －	10%
	理由や根拠	－ ⇨ －	
6	変数の設定	＋ ⇨ ＋	9%
	理由や根拠	－ ⇨ －	
7	変数の設定	－ ⇨ ＋	4%
	理由や根拠	－ ⇨ －	
8	その他		8%

(2) 成果と課題及び今後の展望

ア 成果

表 3 より、肯定的な回答が上昇したことから、生徒は計画場面において、仮説の証明をすることや、条件を整理したり意味を考えたりして計画すること、自分の予想を基に計画することへの意識が高まっているといえる。これは、従属変数と独立変数の関係を整理する段階や変数の設定をする段階を含むワークシートを用いて繰り返し計画を立案したことが、手順や視点などを含む計画を立てる考え方の理解につながったと考えられる。

表 4 の結果から、第 10 時で研究における評価規準を満たす生徒の割合は増加しており、グループ 1 と 3 を合わせると全体の 43% を占める生徒に変容が見られたため、計画の立案ができる生徒が増えたといえる。これは、変数に着目して理由や根拠を考える道筋を示したワークシートを使って計画を繰り返すことにより、生徒が変数やその設定の意味について理解してきたことに加え、ワークシートに「実験条件」と「実験条件を設定した理由・根拠」を並行して配置したことにより、生徒がそれらに関連付けながら批判的思考を働かせ客観的に自身の計画を評価することができたからだと推測される。

また、ある生徒の第 10 時のワークシートには自身が設定した変数の理由や根拠に加えて、自身が実験条件として設定しなかった理由や根拠に関する記述も見られた(図 5)。これは、実験計画案を評価・選択・決定するための科学的な説明の必要性を感じた生徒にとって、ワークシートに理由や根拠を考える道筋を示したことで、生徒が計画を立案していく中で批判的思考を働かせやすくなったからだと考えられる。

イ 課題

第 10 時のワークシートで理由や根拠が研究における評価規準に満たなかった生徒の事後調査アンケートに着目すると、「2. 条件を整理したり意味を考えたりしながら、実験計画を立てている。」において、規準を満たした生徒との肯定的な回答の割合の差が 22 ポイントと最も大きくなっていった。また、「5. 考察するとき、実験計画を振り返って考えている。」では、肯定的な回答の割合が事前と比べ 11 ポイント減少していた。これは、対象生徒が、計画の立案場面での変数の設定に難しさを感じた可能性がある。その影響で、立案した計画に確信がもてず、考察に生かすことができなかった可能性がある。これらから、

実験条件を設定した理由・根拠

- 抵抗器に流れる電流の大きさが変わるかどうかを確かめるために電圧を変えた。
- 1.0V ずつだと時間がかかって効率が良くないから。
- 2.0V ずつすれば最終的に 10.0V に到達できる。
- 5.0V ずつだと差が大きくその間で流れる電流の大きさが変わっているかもしれないから。

図 5 第 10 時の生徒の記述

一部の生徒に対しては、変数に着目することに十分慣れさせることができなかったと考えられる。

また、計画に関する事後アンケートでは、「2.条件を整理したり意味を考えたりしながら、実験計画を立てている。」の肯定的な回答の割合が約 90%と高かったのに対して、この研究における評価基準を満たした割合は第 10 時において約 60%であった。これは、探究の過程における計画の立案をするときの手順であったり協議の仕方であったり、その方法に関して生徒は概ね意識できていたことが考えられるが、変数の選択であったり変数を設定した理由や根拠であったり、その内容に関して自分自身で判断し表現しきれなかった生徒がいたと考えられる。その原因として、授業において計画を立てる考え方や筋道を示していたため生徒に計画の方法を示すことはできたが、変数を設定した理由や根拠に関する理科の見方・考え方を働かせるための適切な支援が弱かったため、生徒に探究の過程における計画の意義について十分に伝えることができなかったことが挙げられる。

ウ 今後の展望

生徒の検証計画の立案における資質・能力の育成を目指していくためには、繰り返し計画を立案する機会を設けていくとともに、本研究で明らかとなった課題を含め、更なる授業づくりの工夫と改善が必要である。変数に着目することに慣れていない生徒にとって、変数を理解し制御しながら検証計画を自力で立案していくことは難しいと考えられる。そのため、計画場面における変数の扱いに慣れる場面を設けることは、計画の立案につながる有効な手立ての 1 つとなる可能性がある。例えば、根津（2024）は、授業者が不備のある 3 種類の検証計画を用意し、生徒がその計画案を見比べながらどのように修正すればよいかを考える活動を取り入れることで、生徒が「変数の抽出や因果関係を認識する過程において、他者に質問をしたり他者の発言を受けて改めて考えてみると、批判的思考を働かせている様子が多く見られることがわかった。」（※7）としている。変数の設定が難しいと考えられる場面では、授業者の支援として複数の検証計画を予め用意し、生徒にそれを検討させることで検証計画における変数の扱いに慣れさせることも考えられる。

さらに、探究の過程における計画の意義の理解につなげるため、検証計画を協議する場面において「変数 A の量を測定するだけで仮説は明らかになるのだろうか」や「変数 B と変数 C の関係を調べることで仮説は証明できるのだろうか」など、実験や計画の目的に関する議論を活発に行えるよう机間指導による支援を行うことで、計画立案場面において生徒が変数について理科の見方・考え方を働かせやすくしたい。

今回の研究では、「検証計画の立案」に着目した授業を実践したところ、計画を立てる考え方を理解し計画の立案ができる生徒が増えた。ある生徒は「計画を立てると、次何をするのか、何を調べるのかを理解しながら実験することができた。」と、検証計画の立案を通して探究の過程の他の場面への影響を示唆する振り返りを記述していた。引き続き、明らかとなった課題の解決に向け授業改善に取り組み、生徒が自身の力で計画を立案していく姿の実現を目指すとともに、他の場面でも同様に、生徒が探究の過程を通して自然の事物・現象についての理解を深めていくことを実現したい。

<引用文献>

- ※1 文部科学省『中学校学習指導要領（平成29年度告示）解説理科編』学校図書 p.125（2018）
- ※2 文部科学省『中学校学習指導要領（平成29年度告示）解説理科編』学校図書 p.9（2018）
- ※3 国立教育政策研究所『令和4年度全国学力・学習状況調査 報告書中学校理科』 p.83（2022）
- ※4 国立教育政策研究所教育課程研究センター『平成27年度全国学力・学習状況調査解説資料中学校理科』 p.37（2015）
- ※5 中村大輝，佐久間直也『複数事象の比較を通した仮説設定の段階的指導法の効果』日本理科教育学会『理科教育学研究 63巻 2号』 pp.357～371（2022）
- ※6 濁川智子，小倉康「思考の「不確かさ」を批判的に指摘し合うことで，考えを見直し改善できるようにする理科指導法の開発」日本理科教育学会『理科教育学研究 62巻 3号』 pp.631～641（2022）
- ※7 根津元，栗原淳一，山野井貴浩，山田貴之「中学校理科授業における検証計画立案力の育成を図る指導法に関する研究—批判的思考との関係に着目して—」日本理科教育学会『理科教育学研究 65巻 1号』 pp.163～181（2024）

< 参考文献 >

- ・ 国立教育政策研究所『令和 4 年度全国学力・学習状況調査 問題別（解答類型）調査結果 [理科] 和歌山県一生徒（公立）』（2022）
- ・ 国立教育政策研究所『令和 4 年度全国学力・学習状況調査 問題別調査結果 和歌山県一生徒（公立）』（2022）
- ・ 文部科学省『中学校学習指導要領（平成29年度告示）解説理科編』学校図書（2018）
- ・ 和歌山県教育委員会『令和 4 年度全国学力・学習状況調査の結果の概要（和歌山県）』（2022）