

# 中学校理科における実験計画の設計の促進を指向した授業実践 ～サイエンス プロセス スキルズ“実験計画の設計”の利用と効果～

井殿 加奈子<sup>1</sup>, 泉 直志<sup>2</sup>

<sup>1</sup>鳥取大学附属中学校 理科, <sup>2</sup>鳥取大学地域学部

<sup>1</sup>E-mail: [iden\\_kn@tottori-u.ac.jp](mailto:iden_kn@tottori-u.ac.jp)

**IDEN Kanako<sup>1</sup>, IZUMI Naoshi<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>Tottori University Junior High School, <sup>2</sup>Faculty of Regional Sciences, Tottori University): **Classroom Practice Oriented to Facilitating the Design of Experiments in Junior High School Science : Use and Effectiveness of "Design of Experiments" in Science Process Skills**

**要旨** - 本研究は、生徒が科学的探究を進めて行くための過程として、実験計画の立案を促す指導の手立てとその効果について検討することを目的とした。Learning and Assessing Science Process Skills の手法をもとに実験計画を設計するトレーニングを行うとともに、実験の授業で仮説をもとに実験計画を設計させる。同一の評価課題を用いた調査では、独立変数の操作や従属変数の測定の仕方について、課題があることがわかった。しかし、実験計画を設計する際、チェック項目があることで生徒が自分たちの作成した計画を確認しやすくなったと考える。

**キーワード** - 学習指導法, 実験計画の設計, 探究の技能, プロセススキルズ

**Abstract** - The purpose of this study is to examine the effectiveness of an instructional approach that encourages students to design of experiments as a process for advancing scientific inquiry, based on the Learning and Assessing Science Process Skills method. Training to Design Experimental Designs, and have students design experimental designs based on their hypotheses in their experimental classes. The investigation using the same evaluation task revealed that there are issues regarding the manipulation of the independent variable and how to measure the dependent variable. However, when designing the experimental design, we believe that the checklist made it easier for students to check the plan they created.

**Key words** - Methods of instruction, design of experimental design, and skills of inquiry, Process Skills

## 1. はじめに

### 1.1. 問題の所在と研究の目的

『中学校学習指導要領(平成 29 年度告示)解説理科編』では、資質・能力を育むため重視すべき学習過程のイメージとして、探究の過程が示されている。その過程で、働かせる理科における資質・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」「観察・実験の計画を評価・選択・決定する力」が挙げられている。この探究の過程で、実験計画の設計の場面は、その後のデータ取得や考察、課題解決へとつながる重要な過程である。

しかし、「探究の計画が指すことは何か、探究の計画の目的は何かなど、探究の計画について必ずしも共通認識が得られているとはいえない」(大

寫, 2022)と指摘されている。また、井殿ら(2022)は、生徒が仮説を適切に立てられるようになると、それに伴って実験計画も設計しやすくなると考え、仮説設定に焦点をあてた実践を行っているが、仮説を適切に立てることができたとしても実験計画の設計は困難のある活動であったことを指摘している。

そこで、本研究では、生徒が科学的探究を進めていくための過程として実験計画の立案を促す指導の手立てとその効果について検討を行うことを目的とする。

### 1.2. 研究の方法

① Learning and Assessing Science Process Skills を参考に生徒自身が実験計画を立てられる指導の手立てを整理し、授業において

実施する。

- ② 評価課題を実施し、実験計画のための課題に対し、その変容について検討を行う。
- ③ 調査時期は、令和5年6月から令和5年7月とし、調査対象は、令和5年度3年生とする。

## 2. 授業の構想

### 2.1. 授業の目的と構想

生徒が科学的探究を進めるための前段として実験計画を立てられるようになることを目標とする。具体的には、課題に対して生徒が自ら仮説を立て、観察実験を行い考察ができるような観察実験の計画を設計できるようになることを目標とする。このために、Learning and Assessing Science Process Skills の手法に沿って、スキルトレーニングを行う。また、実際に自分が立てた仮説をもとに実験計画を作成し、実験・考察を行う授業を行う。

### 2.2. 授業の流れ

#### 2.2.1 Learning and Assessing Science Process Skills の手法

Learning and Assessing Science Process Skills の手法に沿って、理科における実験計画について説明した後、「実験計画に必要な要素について」、「実験計画の作成手順」、「実験計画の分析(仮説を検証できる計画になっているかどうかの確認)」「実験計画を設計する」の順に練習を行う。このとき、以下の7つの要素を実験計画を設計する際に必要な要素とした。①独立変数は何か。②従属変数をどのように観察するのか、または、測定するのか。③他の要因(定数)をどのように一定に保つのか。変化させないものは何か。④独立変数はどのくらいずつ変化させるのか。⑤手順はわかりやすいか。⑥くり返し実験を行えるときは、複数回実験を行うことの指示があるか。⑦比較の対象(対象の基準)は何か。授業の進め方は、それぞれの課題に対して最初に個別で考えた後、班で意見交換を行い、クラス全体で考えを共有する。

#### 2.2.2 実験での活用例ー斜面上での物体の運動を例にー

実験課題を「(1) 斜면을転がる球の速さはど

のように変化するだろうか」「(2) 球や斜面の条件が変わると速さの変化はどうなるだろうか」とする。それぞれの課題に対し、独立変数と従属変数を考えさせ、それをもとに仮説を立てさせる。その後、立てた仮説をもとに実験計画の設計を行う。実験計画はそれぞれ個人で考えた後、ペアで意見交換を行った後、それぞれ修正を加えたものを、同じ独立変数で実験する班ごとに検討を行う。

## 3. 授業の実際

### 3.1. Learning and Assessing Science Process Skills の手法について

実験計画を設計する前段として、仮説設定のスキルトレーニングを行う。その際、仮説のフォーマットや、独立変数や従属変数についての説明を行う。その後、仮説をもとに実験計画を設計することや独立変数の取り扱い、計画は単純であるほどよいことを説明する。

「実験計画に必要な要素の特定」では、課題とそれに対する仮説、それをもとに設計された実験計画を例に、実験計画に必要な構成要素を説明しながら特定させる。そのとき、比較の対照についての説明を行う。また、観察・実験を行う際には独立変数の水準の設定とコミュニケーション、自分が考えた手順を他の誰かが実験でき、再現できるよう明確で簡潔である必要性を説明する。図1は生徒がアメリカで使用されている電子レンジにある出力ボタンとあたためり方を調べる実験計画をもとに実験計画に必要な要素を特定し記入したワークシートの例である。

- 以下のチェックリストを使って、この電子レンジの出力レベルの実験計画に必要な構成要素を特定してください。
1. 独立変数：何を変化させるのか。出力レベル
  2. 従属変数：何を観察するのか。/どのように測定するのか。温度
  3. 定数：どのような要素を一定に保つのか。/変化させないものは何か。電源
  4. 独立変数をどのくらいずつ変化させるのか(独立変数の水準)2つ
  5. 従うべき手順の記述は分かりやすいか。できそう
  6. くり返し実験を行える時は、複数回実験を行うことの指示が書かれているか。是
  7. 比較の対照(対照の基準)は何か。

図1 生徒のワークシート

「実験計画の作成手順」では、「2%の砂糖水をつくる」ことに対し、手順を書き、それを実際に他の人に行動してもらい、講評・評価・ア

ドバイスをもらい、もう一度手順を書くよう指示する。図 2 は、「2%の砂糖水をつくる」手順に対しての生徒の記述である。

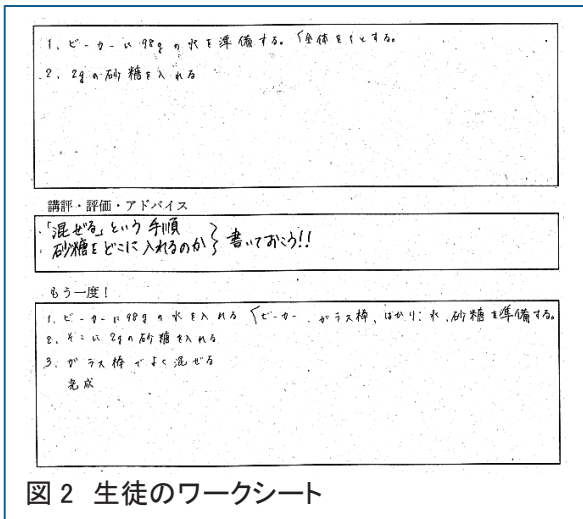


図 2 生徒のワークシート

「実験計画の分析」では、課題とその仮説とそれをもとに設計された実験計画を示し、以下の問いを答えるよう指示した。

- ①何を変化させるのか。(独立変数の特定)
- ②どのように測定するのか。(従属変数の測定の仕方)
- ③変化させないものは何か。(定数の特定)
- ④独立変数をどのくらいずつ変化させるのか。(独立変数の水準)
- ⑤手順が分かりやすく書いてあるか。(再現が可能)
- ⑥くり返し実験を行える時は、複数回実験を行うことへの指示が書かれているか。(正確なデータの収集)
- ⑦対象となるグループがあるとすれば何か。(基準となるものの有無と基準の特定)

「実験計画を設計する」では、課題とその仮説を提示し、その仮説を検証するための実験計画を設計するよう指示する。このとき、構成する文は、短い文にまとめ、完全な文で書くよう指示する。また、実験計画に必要な7つの要素が含まれているか検討するように指示する。図3と4は、「実験計画を設計する」課題に対して、生徒が記入したワークシートである。

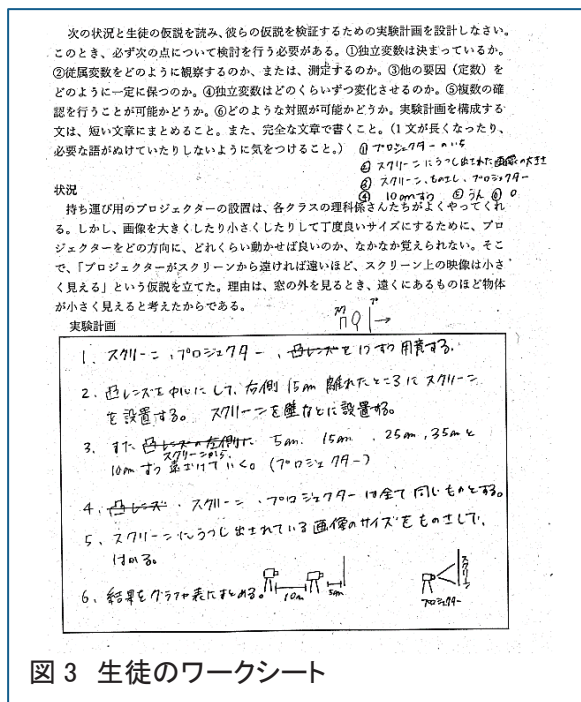


図 3 生徒のワークシート

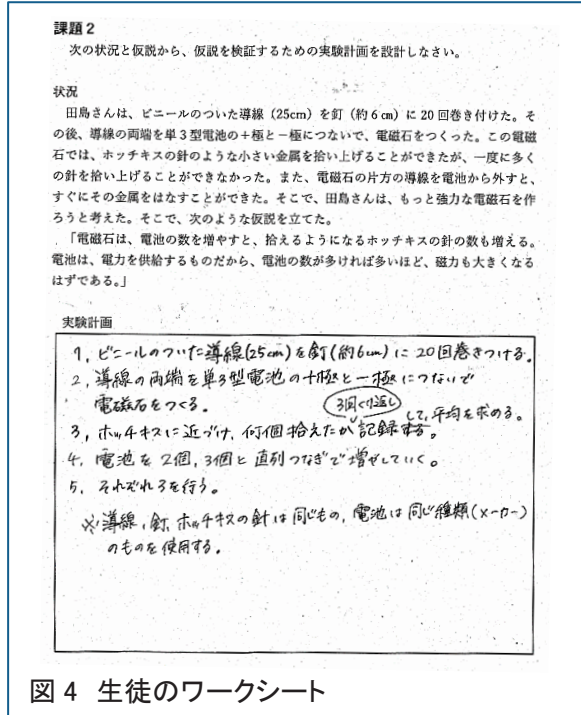


図 4 生徒のワークシート

### 3.2. 実験での活用例—斜面上での物体の運動を例に—

実際に観察実験を行う前に、仮説を立て実験計画を設計する。考えた仮説をもとに実験計画を設計するため、検証可能な仮説を立てる必要がある。このため、仮説を考える際の手立てとして、独立変数と従属変数を記入する欄を作成した。これは、計画を立てる際にも意識しやす

いようにするためでもある。また、何を定数とするのか意識させるため、定数を書く欄をつかった。授業の流れは、最初に仮説を立て、それをもとに、個人で計画を設計させる。その後、「実験計画の分析」で示した7つの項目をもとに、実験計画が実行可能なものになっているかどうか班で話し合わせる。その後、話し合いの内容をもとにもう一度個人で、実験計画を設計させる。

#### 4. 調査課題について 結果と考察

実験計画を設計する指導を行う前とその後それぞれ同一の課題を課すことにより、指導法の効果について比較し、検討を行った。また、実験群と統制群を設けてその比較、検討を行った。なお、統制群のグループについても調査後に同様の授業を行っている。調査課題は、「色によって温まり方に違いがあるのか。」とし、その仮説を「白から黒に近づくほど、温まりやすい。」とした。生徒の記述を実験計画に重要な構成要素の7点に対して、それぞれ基準として以下の3点を設け、指導を行う前とその後の変容を検討した。

着目した7点は以下のとおりである。1 仮説に則した独立変数がある。2 測定（観察）可能な従属変数が設定されている。3 必要な定数が明記されている。4 独立変数の操作が適切に示されている。5 手順が分かりやすい。6 くり返し実験を行う必要があるか。ある場合はそれが示されているか。7 対照となるものが明記されているか。また、基準の3点は以下のとおりである。A 要素が妥当である。B 要素はあるが妥当性がない。C 要素がない。表1と表2は、実験群の指導前（表1）と指導後（表2）の結果を百分率で表したものである。また、表3と表4は実験群の調査と同じときに調査した統制群の結果である。

実験群の独立変数については、スキルトレーニング前においても84%の生徒が記述している。これは、仮説設定のスキルトレーニングの際、独立変数を何にするか意識付けられているためだと考えられる。しかし、独立変数の操作

表1 生徒のワークシート(実験群:トレーニング前)

	A (%)	B (%)	C (%)
1	84	2	14
2	36	60	3
3	21	74	5
4	34	50	16
5	21	76	3
6	0	0	100
7	0	0	100

表2 生徒のワークシート(実験群:トレーニング後)

	A (%)	B (%)	C (%)
1	90	0	10
2	31	67	2
3	38	60	2
4	57	33	10
5	33	64	3
6	28	3	69
7	0	0	100

表3 生徒のワークシート(統制群:1回目)

	A (%)	B (%)	C (%)
1	90	10	0
2	12	88	0
3	27	73	0
4	39	61	0
5	19	81	0
6	0	0	100
7	2	0	98

表4 生徒のワークシート(統制群:2回目)

	A (%)	B (%)	C (%)
1	97	0	3
2	19	81	0
3	27	73	0
4	42	56	2
5	22	78	0
6	2	5	92
7	0	0	100

においては、スキルトレーニング前は、妥当性のある記述をした生徒は34%にとどまる。これは、独立変数を変化させて、実験をすることが必要であることは理解していても、実際どのように変化させると有効的なデータが得られ

る実験になるのか基準の特定が難しいからだと考えられる。スキルトレーニング後は 57% の生徒が妥当性のある記述をしており、練習や経験を積み重ねていくことで、どのように変化させればよいのか分かってくるのではないかと考えた。従属変数をどのように観察・測定するのかについては、妥当性のある記述のあるものは、スキルトレーニング前は 36%、スキルトレーニング後は 31%と変化が見られなかった。今回の課題では、色の違いによるあたたまり方の変化を調べることを目的とした課題であったが、時間経過後（あたたまった後）の温度の測定にのみ着目している生徒が多く見られ、あたたまる前の測定を行いその変化の度合いを調べる必要があることを失念している生徒が多く見られた。これは、普段の観察実験においても、変化後の値に意識がいきやすく、実験前からどのように変化したかについて考えが及んでいないためと考えられる。また、今回は、色の異なる物質の温度変化について焦点を当てた課題であったが、その前段として、「T シャツを着ていると色によってあたたまり方が違うように感じた」という設定が示してあったため、T シャツを着て、体温を測ると記述した生徒も多く見られた。これは、知りたいことの焦点をどこにあてるのか、何を知りたいのか目的が読み取れていないからだと考える。実験を繰り返し行いその平均を取る記述については、実験群においては、スキルトレーニング前は 0%であったが、スキルトレーニング後は 28%に変化している。統制群では、0%から 2%とあまり変化が見られなかった。このことから、スキルトレーニングを行うことで少人数ではあるが、繰り返し実験を行うことの必要性を意識する生徒が出てきたと考える。このことから、この項目においては、スキルトレーニングが有効であった。その他の項目に関しては、課題が変化すると独立変数はどのように変化させるとよいのか、従属変数はどのように観察・測定を行うと課題に則した結果が得られるのか、その課題に合わせて考える必要があるため、妥当

性のある記述という面では、大きな変化が見られなかった。様々な観察・実験を始め、経験を重ねることが大切であると考えられる。

実際の活用場面では、個人で実験計画を考えたと、7つの項目のチェックリストでセルフチェックを行い、班でもリストをもとに話し合いを行った。このとき、着目するポイントがはっきりしているため、話し合いが進んでいた。図5は、生徒が個人で計画を立てたワークシートである。図6は実験計画を立てる際のチェックリストをもとに話し合いをしたとき、活用したワークシートである。図7は、話し合ったことをもとに気付いたこと直したいことを記し、それをもとに実験計画を設計し直したワークシートである。なお、図5・6・7は同じ生徒のワークシートである。ワークシートを見ると、チェックリストを確認しながら、セルフチェックを行っていることが見受けられる。また、互いにチェックし合うことで、より良い計画になっている。Learning and Assessing Science Process Skills では、観察・実験で大切にしたいこととして、独立変数の水準をどのように設定するのかについてと、コミュニケーションを挙げており、自分が考えた手順を、他

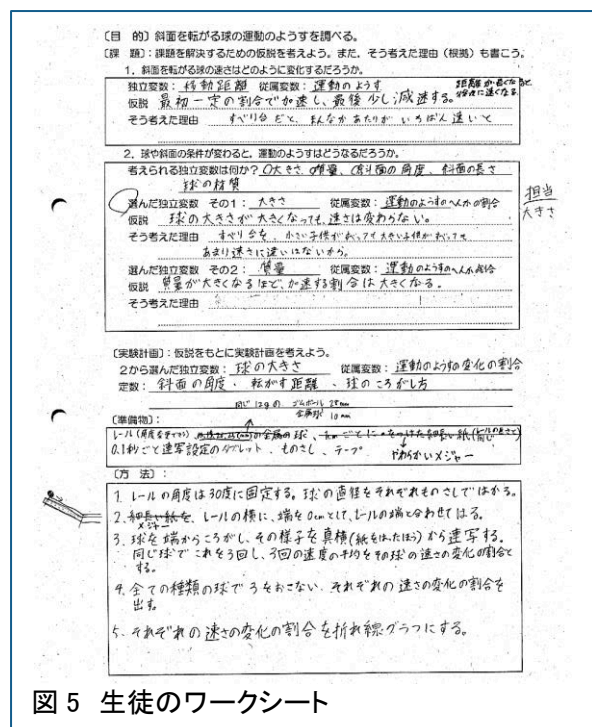


図5 生徒のワークシート

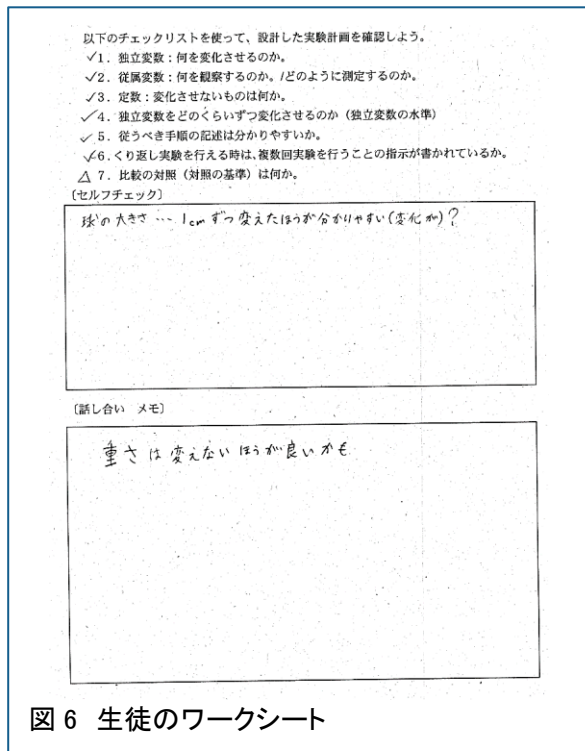


図6 生徒のワークシート

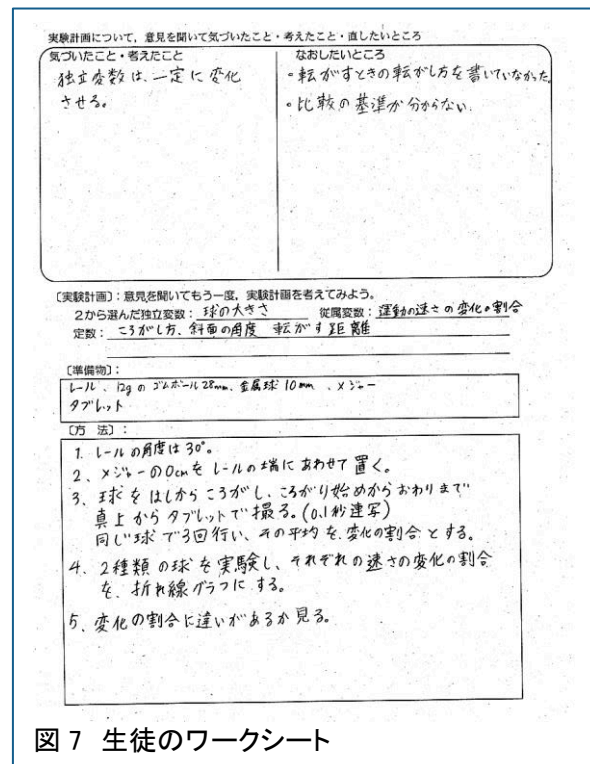


図7 生徒のワークシート

の誰かが実験をし、再現できるように明確で簡潔でないといけな(Rezba et al., 2007)としている。誰が見ても分かりやすい手順にするために、実験計画を設計する段階でも、互いに実験計画を確認し合って、設計することも必要であると考え。

## 5. おわりに

Learning and Assessing Science Process Skillsの手法に沿って、理科における実験計画の設計について行ったが、仮説設定を行ったときほど大きな変化は見られなかった。しかし、実験計画を立てる際に着目したい項目がはっきりしたことで、生徒にとっては考えやすくなったように見受けられた。独立変数の操作や従属変数をどう測定するのが良いかに多くの生徒が困難を感じていることがわかった。今後、どのようにすると実験計画が設計できるようになるのか手立てを考えていきたい。また、課題を生成して、どのような問いを立てるのが、従属変数の測定の仕方に影響を与えていると考えられるので、これについてもスキルトレーニングを行いたいと考える。また、仮説の設定と、実験計画の設計がどのように関連するかについても調査を行ってみたいと考える。

## 参考・引用文献

- 井殿加奈子, 泉直志 (2022) 「中学校理科における仮説設定の促進を指向した授業実践」, 『鳥取大学附属中学校研究紀要』, No.54, pp.73-77
- 大島竜午 (2022) 「探究の計画」, 『理論と実践をつなぐ理科教育学研究の展開』, 東洋館出版社, pp.178-183
- 文部科学省 (2017) 『中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 理科編』, 学校図書
- Rezba, R. J., Sprague, C. R., McDonnough, J. T. & Matkins, J. J. (2007). *Learning and Assessing Science Process Skills* (5th Edition). Kendall Hunt Publishing Company, 291-302