

# 個性化された学びを支援する理科自由研究指導

## 一 研究計画段階における Google Workspace for Education の活用を通して一

吉本 一紀    石田 剛志    桑子 研    河野 勉

### I はじめに

#### 1 理科における自由研究の位置付け

『学習指導要領解説 理科編』における探究的な学習活動に関する記述を取り上げる。まず、理科の目標では、「自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力」の育成が謳われている。次に、理科の具体的な改善事項では「探究の過程全体を生徒が主体的に遂行できるようにすることを目指す」としている。また、指導計画作成上の配慮事項においても「学校や生徒の実態に応じ、十分な観察や実験の時間、課題解決のために探究する時間などを設けるようにすること。」とある。しかしながら、内容においては、高等学校の総合的な探究の時間や理数探究のように、生徒が探究のはじめから終わりまでを遂行するような活動は記載されておらず、実態に応じて盛り込むこととなっている。

一方、小中学校の理科教育において、児童生徒が探究をはじめから終わりまで遂行する学習活動がなされてこなかったわけではない。広く「夏休みの宿題の自由研究」とされているものである。今でも残る全国規模のコンクールである日本学生科学賞や自然科学観察コンクールが1950年代から始まっていることを考えると、およそ70年以上の歴史がある。

現在、児童生徒の負担軽減のため、夏休みに宿題を課さない自治体・学校も増えてきている。千葉県教育研究会理科教育部会(2022)でも「自由研究指導法の伝承」が課題として挙げられている。

#### 2 個別最適な学びとしての自由研究

テーマ決め、課題の設定、方法の設定に至るまで、生徒個人に決定が委ねられている自由研究は、理科の中でも、最も自由度の高い個性化された学習活動である。当然、授業者側としても、生徒個々に応じた指導・支援を行う必要がある。限られた授業時間や夏季休業でも、充実した指導・支援を行える工夫が不可欠である。

### II 研究の目的

自由研究計画において、Google Workspace for

Education(以下 GWS とする)を活用した指導・支援の有効性を検証するとともに、その課題を明らかにする。

### III 研究の方法

#### 1 実践の内容

##### (1) 学習の流れ

本校では、今年度1・2学年全員が夏季休業中の宿題として自由研究(科学論文の作成)に取り組んだ。3学年においては、科学論文以外に細密画や博物館等のウォッチングレポート、科学的掲示物の提出も可としたが、研究計画書の作成までは全員が行った。

授業での取り扱い時数は学年ごとに異なるが、6月下旬から7月中旬にかけて、少なくとも1時間程度はオリエンテーションを行っている。オリエンテーションでは、本校理科部会が独自に作成した「自由研究のすすめ」という資料の内容を中心に説明している。また、授業者の裁量により、過去の研究の紹介なども行っている。夏季休業前までに計画書を作成し、休業中に観察・実験やまとめを行い、休業明けに論文を提出する。休業中には、理科教室開放日を数日設けている。(表1)

表1 自由研究指導のスケジュール

	探究の過程	手立て
6月下旬 ～ 7月中旬	・テーマ探し ・仮説設定 ・研究計画	・自由研究のすすめ ・ <b>研究計画ファイル</b>
夏季休業	・観察, 実験, 考察 ・論文作成	・ <b>コメント</b> ・ <b>個別相談</b> ・理科教室開放
8月下旬	論文提出	

※太字は本実践における特徴的な手立て

本実践では、オリエンテーションにて後述するGoogle スプレッドシート(以下、スプレッドシートとする)形式の自由研究計画ファイルをGoogle Classroom(以下、Classroom とする)上で課題として配付する。生徒は、テーマ探し・仮説設定・研究計画書

作成を一つのファイル上で行う。研究計画書は夏季休業前に提出し、そこに授業者がコメントをつけて返却する。ファイル自体は提出されていなくても、授業者側から閲覧・編集することができる。また、その後のフォローとして、本校 Web ページのメールフォームから個別に相談ができるようにした。

## (2) 研究計画ファイルの詳細

研究計画ファイルはスプレッドシート形式で3枚のシートからなる。それぞれのシートは、①テーマ探しシート、②仮説設定シート、③研究計画書である。本項ではその詳細について紹介する。

### ① テーマ探しシート

テーマ探しは、自由研究指導において最も教えることが難しい部分である。生徒自身が身近な自然・事象に目を向けたり、日々の学習した内容を見つめ直したりする中で、新たな疑問が生まれ、それがテーマとなる。漫然と生活するのではなく、テーマ探しをしていることを常に頭の片隅に残して、「なぜだろう?」「どうなっているのだろう?」と何事にも理由や原因を求めようとさせる他にない。そこで、図1のようにテーマになりそうな事柄を30個書き留めておくシートを設けた。希望すれば、授業者からアドバイスをもらえるようにコメント欄も設けている。

Q 自由研究のテーマになりそうなことを書き溜めよう。日常の疑問や、授業内容のさらに深めたいことなど、できるだけ文章で書こう。			
番号	内容	先生から	
1			
2			
3			
4			
5			

図1 テーマ探しシート 書き出し部分

複数テーマになりそうなものを挙げた中から、研究となりえそうなテーマを五つ程度に絞り込む。図2は

絞り込み部分で左列に番号を入力することで、書き出し部分から内容が関数で呼び出される仕組みになっている。また、ここで絞り込んだ五つが、次の仮説設定シートのテーマとして表示される。

上記の中から、実際に研究できそうなものを5つ絞り番号を入力しよう		
番号	内容	観点
		面白味があるか。
		繰り返し実験できるか。
		危険性はないか。
		実用性や発展性はあるか
		レポートを書けそうか。

図2 テーマ探しシート 絞り込み部分

### ② 仮説設定シート

小林ら(2017)によって開発された仮説設定のための思考ツールである4QS(フォークス)を使用している。4QSは、STEP1~STEP4の問いから構成されている。以下のように四つの問いに答えることで仮説を設定することができる。

STEP1は事象の変化させたいものを記述させ、STEP2はSTEP1を変える要因を挙げさせる。STEP3では、STEP2を実験条件としてどのように変化させるか(独立変数の変化)を記述させる。STEP4ではSTEP1を実験でどのように数値化して測定するか(独立変数)を記述させる。最後に、STEP3とSTEP4を関係づけて、一つの文にまとめると、「(△△:STEP2)を(□□する:STEP3)と、(○○:STEP1)は(〜〜:結果)なるだろう。」と仮説が生成される。

本研究で使用した仮説設定シートはスプレッドシートの表計算機能を生かし、STEP1~STEP3を入力すると、自動的に仮説の前半部分が作文されるようにした。図3は生徒に示した記入例である。ここでは、小学校の授業ですでに学習している電磁石を強くするというテーマを例示に用いた。

このシートによって生徒自身が仮説の設定のみならず、実験方法や実験結果の予想まで立てることができ、見通しをもって研究に臨めるようになると期待できる。

テーマ例		電磁石を強くするにはどうしたらよいか?			
STEP1 変化させようとしているもの		STEP4 計測方法		仮説	
電磁石の強さ	⇒	つり下がるクリップの個数		(何:STEP2)を(どうする:STEP3)と、○○(STEP1)は(結果)なるだろう。	
	⇓			① 磁石を1つから2つにすると、電磁石の強さは強くなる	
				② コイルを50巻から100巻に変えると、電磁石の強さは強くなる	
				③ 鉄心を細いものから太いものにする、電磁石の強さは強くなる	
				④ 導線を短いものから長いものにする、電磁石の強さは弱くなる	
				⑤ と、電磁石の強さは	
STEP2 STEP1を変える要因		STEP3 具体的に条件をどう変えるか			
何を		どうする			
① 磁石		① 1つから2つにする			
② コイル		② 50巻から100巻に変える			
③ 鉄心		③ 細いものから太いものにする			
④ 導線		④ 短いものから長いものにする			
⑤		⑤			

図3 仮説設定シートの記入例

### ③ 研究計画書

本校で例年使用しているフォーマットである。テーマ、目的、計画、理科教室開放日の使用予定日・借りたい器具・薬品を記入する。Classroom を通じて提出した後、教員からコメントをつけて返却する。

研究計画書（記入例）	
1	研究者 3年B組45番 ○○ ○○
2	研究テーマ コシの強いうどんをつくる秘訣を探る
3	研究目的 さぬきうどんの特徴の一つに強いコシが挙げられる。コシの強いうどんをつくるために必要な条件を明らかにする。
4	研究計画 うどんのコシとは噛んだときの歯ごたえであり、物理的には硬さ・弾性力の大きさのことである。よって、1年次に学習したフックの法則のバネ定数を拡張した「うどん定数」を定義し、一定の力に対する変形の大きさを評価する。 具体的には断面積を増えた長さ10cmのうどんを用意し、目玉クリップで両端を挟み、おもりをつる。そのときの变化の大きさを測る。 ○変える条件 ゆで時間、水の量、食塩の量、寝かせる時間、ゆで時間 ○予備実験 市販品を規定の時間だけゆでてうどんを用いて基礎的なデータを取り、実験装置の検討、改良を行う。 ○実験1 ゆで時間のコシの関係 ○実験2 水の量とコシの関係 ○実験3 食塩の量とコシの関係 ○実験4 寝かせる時間とコシの関係
※	理科室開放日の利用希望、及び使用したい機具・薬品 なし
	先生から 面白い研究だと思います。しかし、コシは握みに対して反発する弾性であり、この実験で測れるのは伸びに対して反発する弾性ではないでしょうか。極端に言えば、ゴムひものように片方しかない物体も存在します。コシの測定方法について見直しが必要です。

図4 研究計画書の記入例

## 2 方法

### (1) 調査方法

本研究では、比較的短時間で多数の対象者から多くの事例の事項について調査でき、それらの結果の解析がしやすいという理由から Google フォームを用いた質問紙法を用いた。

### (2) 調査対象

被験者は本校生徒（全学年）のうち回答が得られた380名である。

### (3) 調査時期

自由研究を返却した2022年12月中旬に行った。

## 3 調査項目

調査項目は表2のように設定した。

表2 調査項目

Q1	テーマ探しを行うようになってから、意識などに変化はあったか？ [Y/N]
Q2-1	計画ファイルの4QS(仮説設定シート)は使ったか？ [Y/N]

Q2-2	4QS を使うことで仮説の設定がしやすかった [5段階]
Q2-3	仮説設定シートについての感想 [記述]
Q2-4	仮説設定シートを使用しなかった理由 [記述]
Q3-1	研究計画書の先生からアドバイスは有用だった [5段階]
Q3-2	メールフォームで先生に質問したか？ [Y/N]
Q4-1	(2・3年生のみ) 昨年度と比較して、計画ファイルによって、計画は立てやすくなった [5段階]
Q4-2	研究の計画や実施に Chromebook を活用することで、取り組みに変化はあったか？ [記述]

## IV 結果と考察

項目ごとに調査の結果とそれに対する考察を述べる。なお、記述項目については、意見の多かったものやGWSの活用に関するもの、その他注目すべきものを取り上げる。

### 1 テーマ探しシートについて

Q1 テーマ探しを行うようになってから、意識などに変化はあったか？ [全員 (N=380)]

×特になし など [n=63]

○気になったことをメモしたり書き留めたりするようにした など [n=12]

○小学校の時より授業で説明とかがしてくれてスプレッドシートも用意してもらえたので早くからテーマ決めを真剣に取り組めた

○30個ひねり出さないといけなかったもので身近なものについて深く考える機会になった

思いついたことをメモするといった回答も複数見られたが、テーマ探しシートにすぐに記入している回答は見られず、紙やノート、スマートフォンといったすぐ手に取れるものに記録していたことが伺えた。

### 2 仮説設定シートについて

Q2-1 計画ファイルの仮説設定シートを使ったか？ [全員 (N=380)]

はい n=266 70%

いいえ n=114 30%

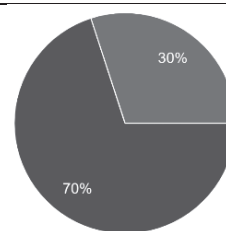


図5 Q2-1 結果

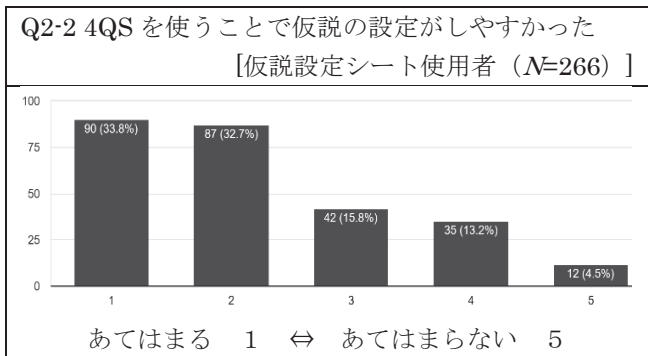


図6 Q2-2 結果

Q2-3 仮説設定シートについての感想  
【仮説設定シート使用者に対して (N=266)】

- 研究の全体の見通しが持てた, 視覚化できた [n=64]
- 対照実験や条件替えを考えやすかった [n=7]
- 研究の進め方が分かった [n=5]
- テーマごとの研究のしやすさが判断できた [n=4]
- 自分の研究を進めていて自信が持てた
- △仮説が定型文に合わない [n=6]
- △生物分野の研究で, 比較実験として再現することは難しいため, 再現を前提とした 4QS は使いづらかった
- △仮説シートの段階でも先生からコメントが欲しかった

Q2-4 仮説設定シートを使用しなかった理由  
【仮説設定シート未使用者 (N=114)】

- △研究に仮説が必要なかった, やろうとしている研究のはまりが悪かった [n=10]
- △使い方が難しかった [n=13]
- △紙に書いて整理した [n=12]
- △頭の中で考えられた [n=7]

仮説設定シートを使用した生徒の 2/3 が仮説の設定がしやすくなった回答している。記述で目立ったのが、仮説から研究計画を立てることができて見通しをもって研究を行えたというものだった。また、複数のテーマに対して仮説を設定することで、それぞれのテーマの研究のしやすさなどを自ら判断できた生徒もいた。

一方で、自らが立てた仮説がシートの定型文に合わずに苦労したという生徒も複数見られた。また、仮説を設定しない研究や対照実験ができない事象の研究の生徒がどのように記入するべきか悩んだことがうかがえた。

山田ら(2015)は、小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等への 4QS の適用に関する研究を行い、「因果関係を有する事象であっても、条件制御を伴

わない実験や、因果関係を想定しない事象の観察においては、4QS の適用は適切でない」と述べている。

以上より、多くの生徒にとって仮説設定シートは有用であった一方、4QS の適用が適切でない研究のテーマを検討する生徒に対しては別の手立てが必要であることが分かった。

### 3 授業者からのフィードバックについて

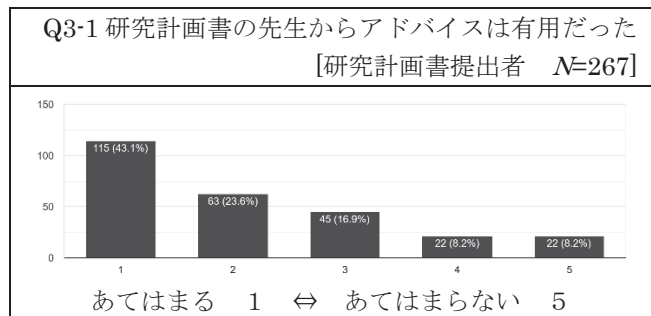


図7 Q3-1 結果

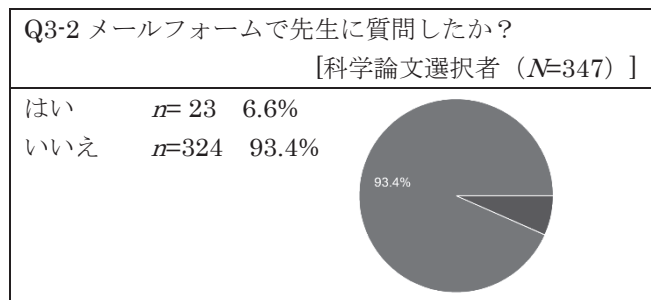


図8 Q3-2 結果

研究計画書を提出した生徒の 2/3 が授業者からのアドバイスが有効であったと回答している。夏季休業中にメールフォームを利用して質問した生徒の割合は 6.6%であった。

### 4 研究計画ファイル、GWS の利用について

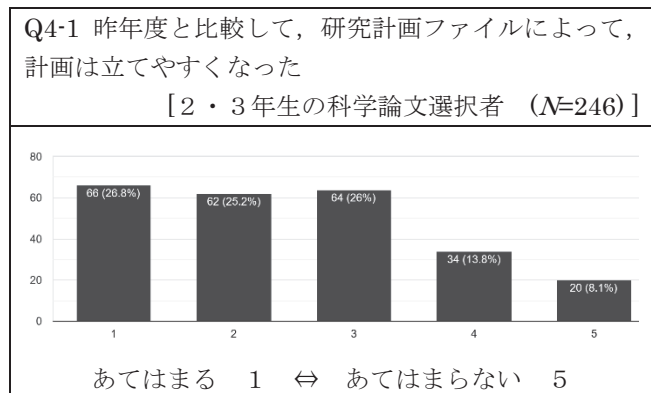


図9 Q4-1 結果

<p>Q4-2 研究の計画や実施に GWS を活用することで、取り組みに変化はあったか？</p> <p style="text-align: right;">[科学論文選択者 (N=347) ]</p> <p>○計画的に研究できた [n=13]</p> <p>○研究を効率よく進められた [n=8]</p> <p>○先生とのやり取りがスムーズになった [n=2]</p> <p>○紛失することがなかった [n=2]</p> <p>○研究を行うハードルが低くなった やりやすくなった</p>
--

- ・ 日本学生科学賞 <https://event.yomiuri.co.jp/jssa/>  
(最終閲覧日 2023年1月25日)
- ・ 自然科学観察コンクール <https://www.shizecon.net/>  
(最終閲覧日 2023年1月25日)

2・3年生の科学論文選択者の半数が、昨年度と比較して研究計画ファイルを使用することによって計画が立てやすくなったと回答している。

また、GWSを活用することによって、自分が立てた計画のもと効率よく進められた生徒の様子が伺える。この姿は、探究の過程を遂行する自立した学習者像といえるだろう。

## V まとめ

本実践を通して、自由研究計画において、GWSを活用した指導・支援が概ね有効であることが確認できた。

特に仮説設定シート(4QS)は研究計画から遂行までの見通しを持たせることに大いに役立った。一方で、先行研究で述べられていた、「条件制御を伴わない実験や、因果関係を想定しない事物の観察においては、4QSの適用は適切ではない」ことについて、本研究での生徒の回答と一致が確認された。このような事象を研究テーマにする生徒に向けて、仮説を設定しない探究の過程を提示するとともに、それに適した思考ツールを作成することが手立てとして考えられる。

生徒が自立して探究の過程を遂行できる資質・能力を身に付けさせるための指導・支援の方法をさらに模索していきたい。

### 【引用文献・参考文献】

- ・ 文部科学省『中学校学習指導要領解説 理科編』, 2017
- ・ 小林辰至編著『探究する資質・能力を育む理科教育』大学教育出版社 2017
- ・ 山田貴之, 田代直幸, 田中保樹, 小林辰至『小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における“**The Four Question Strategy (4QS)**”の適用の可能性に関する研究—自然事象に関わる因果関係の観点から—』理科教育学研究 Vol.56 No.1, pp106-122, 2015
- ・ 千葉県教育研究会理科教育部会『令和3年度 経過報告』千葉県教育研究会 研究のあゆみ Vol.54 pp16-19, 2022