

## SSH 科学的探究活動の指導改善

——*Students and Research* の基本コンセプトを導入して——

十文字秀行\*・宮本直樹\*\*

(2020年10月21日受理)

### Improving Teaching of SSH Scientific Inquiry Activities by Introducing Basic Concepts of Students and Research

Hideyuki JUMONJI and Naoki MIYAMOTO

キーワード:SSH、科学的探究活動、基本コンセプト

本研究では、本校の科学的探究活動の指導の改善を図ることを目的とした。その結果、まず「基本コンセプトテスト」の実施から、生徒は「基本コンセプト」の各概念について、おおむね理解ができていた。次に、科学的探究の実践から、「基本コンセプト」の概念を利用しているが、「試行回数、対照実験」については利用が少ない。最後に、アンケート調査から、基本コンセプトの必要性、基本コンセプトテストの評価問題としての妥当性、基本コンセプトテストの科学的探究活動への有用性が確認された。また、「試行回数、対照実験」の重要性を挙げる生徒が多かった。また、科学的探究活動後の生徒への聞き取り調査より、科学的探究活動を振り返る際、「基本コンセプト」の各概念にフィードバックしていたことから、「基本コンセプト」は、実験計画時だけではなく、科学的探究活動の振り返り時や改善に役立つことも明らかとなった。以上より、本校の科学的探究活動の指導の改善を図ることができたとと言える。

### はじめに

文部科学省では、将来の国際的な科学技術関係人材を育成するため、先進的な理数教育を実施する高等学校等を「スーパーサイエンスハイスクール（以下、SSH）」として指定している（科学技術振興機構、2019）。多くのSSH指定校では、科学的探究活動を中心に実施している。もちろん、科学的探究活動の指導法は様々であり、評価方法も同様である。

指定校からは、解決すべき様々な課題が提起されている。例えば、令和元年度に開催されたSSH

---

\*清真学園高等学校・中学校    \*\*茨城大学教育学部

情報交換会では、教員の参加する分科会で、「新しいSSHの取組をどのように研究開発するか」「SSH事業をどのように評価するか」「より高度な思考力・判断力・表現力を育成するための教科領域を超えた教科・科目をどのように研究開発すればよいか」「課題研究の教員の指導力を向上させるためには、どのような工夫をすればよいか」等の議題が設定され、議論が展開された（国立研究開発法人科学技術振興機構、2020）。また、これまでの研究でも、SSH校での指導を担当する教員は、探究活動の指導について困難を感じていることが報告されている（中村、2019）。

本校でも、SSH事業の中心として科学的探究活動を行っており、上述した課題についての議題を踏まえ、どのような指導・支援が有効なのかについて模索を続けてきた。複数の教員間で、いくつかの共通した指導法が抽出され、その過程で、Cothronら（2006：29-39）の“Four Question Strategy”が、検証可能な仮説の設定に至る段階において、有効に機能した例が見られた（平田・十文字、2019）。Cothronら（2006：3-28）は、実験計画に必要な主要な概念を“Basic Concepts”（以下、基本コンセプト）として、この概念の理解が、生徒の科学的な探究能力を向上させるために有効であるとしている。基本コンセプトについての指導を導入することで、生徒は最初に持った素朴な疑問から、具体的な課題、仮説を設定することが可能となる。また、教員や生徒の間で、科学的探究の基本コンセプトについての共通理解があれば、研究内容に対するクリティカルな検討を、相互が納得できる形でできるようになることが期待できる。

以上のように、「基本コンセプト」を導入することで、本校の科学的探究活動が充実すると考えられる。

## 研究の目的および方法

本研究では、本校の科学的探究活動の指導の改善を図ることを目的とする。研究の方法としては、オーセンティックな科学的探究を示している *Students and Research: Practical Strategies for Science Classrooms and Competitions (Fourth Edition)* (Cothron et al., 2006)（以下、SR）に使用し、まず、このSRの中で示されている「基本コンセプト」である仮説、独立変数、従属変数、定数、対照実験、試行回数を科学的探究活動に導入する。具体的には、まず、SRの中で“Basic Concepts”に関連した章の翻訳を行う。「基本コンセプト」とは、“Basic Concepts”のことであり、実験を計画するための主要な概念とされている。この「基本コンセプト」の中には、中学までの学習では出てこないものや、異なる意味で使用されるものがある。例えば、独立変数 (independent variable)、従属変数 (dependent variable) という用語は、数学・理科の教科書に記載はない。数学では中学1年の関数で、「 $x$ や $y$ のように、いろいろな値をとる文字を変数という」と記述がある。例えば一次関数  $y=ax+b$  では、 $x$ は独立変数、 $y$ は従属変数と考えられる。定数 (constants) という用語は、数学では、中学1年の比例で、「比例の式  $y=ax$  の文字  $a$  は定数であり、比例定数という」と記述がある（藤井ほか、2016）。理科では中学校の教科書には記載がないが、高等学校の物理基礎では、「ばね定数」（國友ほか、2016）、化学基礎では、「アボガドロ定数」「ファラデー定数」の記載がある（野村ほか、2011）。生徒が定数という語に持っているイメージは、SRで示すものとは異なっている可能性がある。次に、生徒に対し「基本コンセプト」の説明を行った。さらに、「基本コンセプト」の概念の定着を図るためのテストを作成し実施した。テストは「基本コンセプト」の説明直後に行った。最後に、「基本コンセプト」

が、生徒が自ら行った科学的探究活動にどのような効果があったかを確認するために、アンケートや聞き取り調査を行った。

なお、研究の実施期間は2019年4月から2020年6月で、対象となる生徒は、清真学園高等学校第1学年生徒138名である。対象生徒は、1年間を通し、学校設定科目「探究基礎」(1単位)と、「総合的な探究の時間」(1単位)において課題研究に取り組み、2019年3月に、その研究のまとめを行い、発表用スライドを作成した<sup>2)</sup>。

### 「基本コンセプト」の説明

生徒に対し「基本コンセプト」の説明を行った。実施時期は2019年9月で、生徒の課題研究のテーマが決定した時期となる。本校の卒業生が過去に行った課題研究の中から、「基本コンセプト」を明確に取り上げることができるものを選び、それを元に実験シナリオを作成した。その実験シナリオを利用し、「基本コンセプト」のそれぞれの概念に当たるものは何かについて説明した(表1)。

表1 実験シナリオ

Sさんは、ニワトリはどのような色のエサを好むのかについて興味を持ち、実験を行った。米を食用色素、赤、青、黄、緑、茶で着色したものと、着色しないものを、それぞれ10gずつ用意した。同じニワトリに10分間食べさせた後、残った米を色別に分け、それぞれの重さを測り、食べた量を計算した。5回の実験の平均をとり、エサの色ごとに食べた量を比較した。普段食べている葉の色と同じ、緑色のものを最も多く食べるのではないかと予測したが、一番多く食べたのは黄色のエサだった。赤色のエサはまったく食べなかった。

(卒業生の課題研究を改変して作成)

この実験シナリオから、「基本コンセプト」の各概念を抽出すると、独立変数はエサの色、従属変数は食べたエサの重さ、定数は、エサに使用した米、与えたエサの重さ10g、食べさせた時間10分間、同じニワトリの個体、試行回数は5、対照実験は着色しないエサ、仮説は、ニワトリは緑色になると、エサを最も多く食べる、タイトルは、ニワトリに与えるエサの色と食べる量の関係、となる。

### 「基本コンセプトテスト」の作成と実施

SRの各章末に付された確認問題“Practice”を参考に「基本コンセプト」の理解度を評価するために、「基本コンセプトテスト」を作成(表2)し、実施した。以下に作成したテストを示す。

テストでは、実験についての説明文を読み、そこから「基本コンセプト」の各概念を抽出することで、生徒の理解度を確認するとともに、「基本コンセプト」の理解を促す。SRには問題がいくつか紹介されているが、最初に「基本コンセプト」を導入するために、Chapter1にある2つの問を

**表2 基本コンセプトテスト**

問1 次の実験について読み、問いに答えなさい。

あるショッピングモールでは、床タイルを傷から保護するために、より高価な「A社製フロアワックス」が、より安価な「B社製フロアワックス」より優れているかどうかを判断したいと考えていました。各ブランドのフロアワックス1リットルを、モールのメインホールの5つの試験区画のそれぞれに塗布しました。テストした区画はすべて同じサイズで、同じ種類のタイルで覆われていました。他の5つの試験区画はワックスを塗りませんでした。3週間後、各テスト区画のタイルにある引っかき傷の数を数えました。

(1) 次の①～⑤にあたるものを答えなさい。

- ① 独立変数 (意図的に操作して変化させた条件、原因)
- ② 従属変数 (独立変数の変化により影響をうけるもの、結果)
- ③ 定数 (実験で変化させてはいけない、統一する条件)
- ④ 試行回数
- ⑤ 対照実験

(2) 次の例に従って、この実験の内容が伝わるようにタイトルをつくりなさい。

(独立変数の変化) が (従属変数) に与える影響

(3) 次の例に従って、この実験に対する仮説を書きなさい。

もし (独立変数を…のように変化させると)、(従属変数に…のような影響が出る)

問2 次の実験の説明について読み、問いに答えなさい。

材料：ミジンコ、ビーカー (250mL)、試験管、顕微鏡、さまざまな温度の水、スライドガラス、メスシリンダー、スチロールカップ、ワセリン、爪楊枝

手順1

実験室グループに割り当てられた温度の水 150mL をスチロールカップに入れます (0°C、10°C、20°C、30°Cそして、40°C)。安定性を高めるためにカップを 250mL ビーカーに入れます。ミジンコを含む水を入れた試験管を、各温度の水に入れ 10 分間待ちます。スライドがミジンコと同じ温度になるように、清潔なスライドガラスもカップに入れます。

手順2

ミジンコのためのスライドを準備します。爪楊枝を使用して、スライドの中央近くに少量のワセリンを塗ります。薬さじを使って試験管からミジンコを取り出し、ワセリンの上に置きます。スライドを顕微鏡のステージにすばやく置き、焦点を合わせます。15 秒間の心拍数を数え、4 倍してデータを記録します。この操作を 5 回繰り返し、平均を計算し心拍数と温度の関係を調べます。

(1) 次の①～⑤にあたるものを答えなさい。

- ① 独立変数
- ② 従属変数
- ③ 定数
- ④ 試行回数
- ⑤ 対照実験

(2) 次の例に従って、この実験の内容が伝わるようにタイトルをつくりなさい。

(独立変数の変化) が (従属変数) に与える影響

(3) 次の例に従って、この実験に対する仮説を書きなさい。

もし (独立変数を…のように変化させると)、(従属変数に…のような影響が出る)

(出典：Cothron, J. H., Giese, R. N. & Rezba, R. J. 2006. *Students and Research: Practical Strategies for Science Classrooms and Competitions (Fourth Edition)*. Kendall Hunt Pub Co, 11, 13 を改変)

選んだ。これらの問いはSR中の章末にある practice を翻訳し、改変し出題した。問1のフロアワークテストは、理科で取り上げられるような実験だけではなく、身近で実用的な問題解決に、「基本コンセプト」が利用できることを示している。昨年度までの科学的探究活動では、身近なテーマに取り組む例が多かったことから、生徒に「基本コンセプト」を紹介する上で適している。問2のミジンコの心拍数の問題は、問1とは対照的に、自然の持つ法則性に対する純粋な好奇心に基づいた問いであり、生物を材料としている点でも適している。(1)では「基本コンセプト」の各概念をとりあげた。(2)のタイトルは(1)の「独立変数」と「従属変数」から作成するように、形式を指定した。(3)の仮説は、「独立変数」と「従属変数」の間の関係を予測する問題である。なお、問2は問1とは別の実験手順を示しているが、問いの順序・内容は同様である。

### 「基本コンセプトテスト」の結果と考察

実施したテストより、各概念別の得点率を図1に示す。なお、調査者は、138名である。問1において「独立変数」、「従属変数」の正答率はそれぞれ83.3%、87.3%と8割を超えており、高い理解度を示した。「定数」については、正答率が49.6%と半分以下であった。この間では、文中より複数の条件を抽出する必要があるが、すべてを記述できた生徒は少なかった。また、前述のように「定数」という語は、通常の数学・理科の授業で使用される意味とずれがあることで、解答できなかった可能性がある。指導の際は「定数」に変えて、「制御変数」という用語を使用することで、誤解を減らすように改善を行う必要がある。「試行回数」の正答率は50.0%と低かった。文脈より正解は5だが、実験は1回しか行っていないことから、1という誤答が多く見られた。「対照実験」は、72.5%と高い正解率だった。「タイトル」と「仮説」はどちらも、「独立変数」と「従属変数」を使用して作成する問であるが、「タイトル」の正答率は71.7%、「仮説」は60.5%と10ポイント以上差が出た。「タイトル」は「独立変数」と「従属変数」を機械的に当てはめる操作で作成

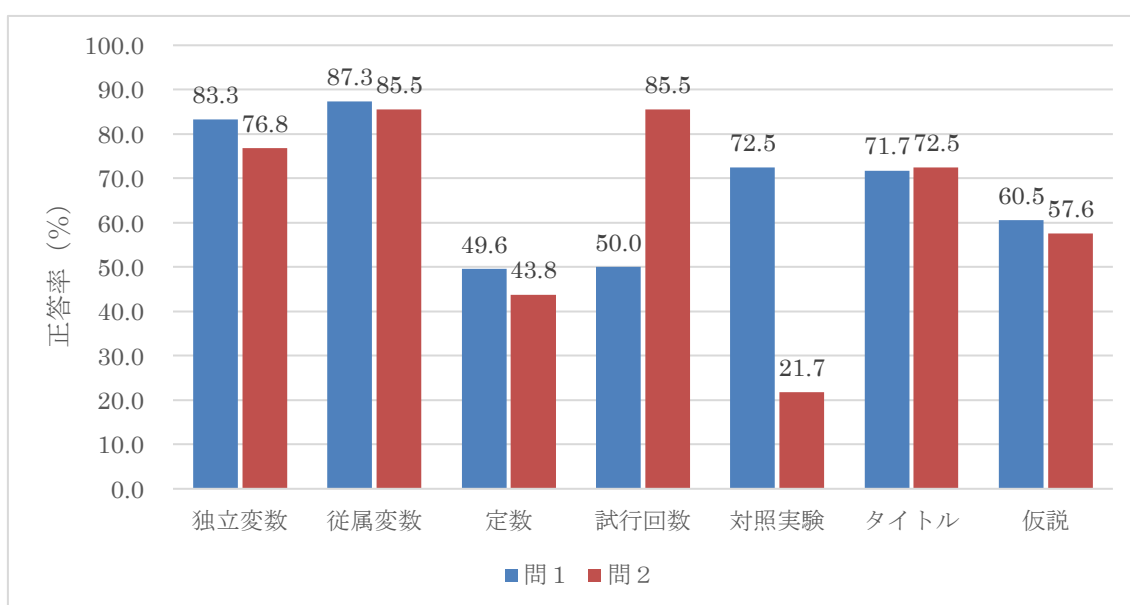


図1 基本コンセプトテストの正答率

できるが、「仮説」は、自分の推論を加える必要があり、その点が難易度を上げている可能性がある。

問2においても問1と設問の構造は同じであり、同様の傾向がみられた。違いがみられるのは、「試行回数」の正答率が高いことと、「対照実験」の正答率が21.7%と、問1に比べて著しく低いことである。正答率の低い原因としては、文中に「対照実験」を明確に示す記述がないことが考えられる。「基本コンセプト」として必要な要素が、文中に記載されていないことを指摘することは、文中にあるものを抽出するより難易度が高く、解答できなかったのではないか<sup>3)</sup>。また、対照実験は0℃である、という誤答は、「対照実験」の指導について参考となる。間違った生徒は「対照実験」について、条件が「ない」と考えていること、さらに0℃という温度を水の融点ではなく、温度が「ない」と誤解していることが推測される。

基本コンセプトテストの結果から、各概念について生徒はおおむね理解できている。正答率の低い問に対しては、補足説明を行い、次の科学的探究の実践に移った。

### 科学的探究の実践

清真学園高等学校はSSHに指定されており、高校1学年に所属する全員が、授業（「探究基礎」：1単位、「総合的な学習の時間」：1単位）で課題研究に取り組んでいる。「探究基礎」は、探究的な学習の過程、課題設定、情報収集、整理・分析、まとめ・表現に必要とされる様々な手法を学ぶことを目的とした学校設定科目である。「総合的な探究の時間」では、多様なテーマ別のゼミに所属し、課題研究を行っている。以下の表3に、本校の高校1年生が行った探究活動のうち、自然科学分野を対象とし、実験を行っている研究17とその内容を示した。それ以外の研究については、資料に表を示した。この表3と資料の表は、生徒の制作した発表用スライドの内容から筆者が読み取ったものに加え、アンケートや聞き取り調査によって作成した。

「独立変数」と「従属変数」に関しては、すべての研究で設定されている。「タイトル」では「基本コンセプト」で示している形式に従い、2つの変数の関係を明示した形式のものもみられるが、別の形式のものもある。3番「アシナガバチの社会性について～異巣間の蜂たちの関係性～」では、自分が課題とする大きなテーマをタイトルにしている。「基本コンセプト」の示す「タイトル」は、1つの実験についてのものであり、複数の実験を行う課題研究のタイトルとは違いが出ることもある。「試行回数」は研究によって大きく差がある。1と答えた研究が複数みられるが、「試行回数」が少ない原因の大部分は、研究をした時間が短いためである。また、11番「スピーカーの穴と周波数特性の関係」では、スピーカーの制作に時間がかかることと、周波数のデータは安定しており、測定の回数によるデータ変化がほぼ無いことから、1回の測定で良いと判断したようである。6番「タナゴの人工産卵の研究」では、計画のみで実験は実施していないので0となっている。生徒へのアンケートや聞き取り調査によると、生徒は試行回数を増やし、信頼性を高める必要があることは認識していた。「基本コンセプト」を導入した効果の1つと考えられる。「定数」については、設定はしているが、1つを挙げるだけで、複数の定数を考慮できていないものや、示す内容に具体性が欠けるものが見られる。例えば、15番「石鹼の材料による性質の違い」では「作り方」という回答で、その内容を具体的に記述していない。これらは試行回数が少ないことが原因である可能性がある。過去の指導経験より、「定数」を計画段階ですべて予測して列挙することは、

表3 生徒の科学的探究課題一覧

番号	ゼミ名	人数	タイトル	独立変数	試行回数	従属変数	定数	対照実験	仮説
1	進化学	1	周囲の環境が蟻の行動に与える変化について	エサの周辺の土壌のpH	1	蟻が集まった数	蟻の種類、観察期間	中性（操作をしない状態）	蟻はアルカリ性を嫌う。
2	進化学	1	伊豆諸島に生息するヤマトフキバツタの生物系統地理学の研究	バツタが生息する島の違い	10	バツタの体の各部のサイズ	測定部位及び方法	なし	島ごとに個体差が生まれる。特に島同士が離れているほど違いが現れやすい
3	進化学	1	アシナガバチの社会性について～異巣間の蜂たちの関係性～	アシナガバチの羽を切る、切らない	1	女王とワーカー5翅の寿命	蜂の数	なし	外役活動を行う個体は寿命が短くなり、外役活動をあまりしない個体は、寿命が伸びる。
4	進化学	1	クモの個体の大きさが、クモの巣の大きさに与える影響	蜘蛛の糸に作用させる溶剤	10	蜘蛛の糸の強度	蜘蛛の種類、溶剤に浸す時間、溶剤の濃度	通常の蜘蛛の糸の強度	蜘蛛の糸は水には強いが有機溶剤の中には弱いものがある
5	進化学	1	蚊の種類による吸血行動の違い	蚊の種類	17	吸血時に肢上げを行うか	蚊の種類	なし	蚊の種類が違えば、吸血時の行動に違いがみられる
6	進化学	1	タナゴの人口産卵法の開発	貝の代替物となる容器の形状	0	産卵するか	タナゴの種類・飼育環境	貝の場合	タナゴの人工産卵を可能にする代替物があるかどうか
7	進化学	1	梅のシアン化物の消失過程	梅の加工方法、製造期間	1	シアン化物残存量	製法・梅の木・シアン化物残存量の測定方法	何も加工しない梅	製造過程で、加工により分解される一乗却、方法又は加工の有無によらず自然に分解される
8	クリーンエネルギー	5	フルーツ酵母を用いたバイオエタノールの製造	酵母の種類・発酵時間	1	生成するエタノール量	温度・基質量・容器	市販の酵母	天然酵母には市販の酵母より効率の良いものがある
9	化学総合	5	エッセンシャルオイルによる発泡ポリスチレン分解	エッセンシャルオイルの温度、種類	3	発泡スチロールが溶ける量	ピーカーの大きさ、オイルの種類、発泡スチロールの種類	なし	エッセンシャルオイルの温度が高いほど溶ける量が多い。
10	微生物	3	アカントアメーバの分布と土壌のpHの関係性	寒天培地のpH、土の採取場所	3	アカントアメーバの存在	土を採取した日、寒天培地の種類、シャーレの大きさ、温度、培養させる日数、土の量、寒天の量、与えた納豆菌の濃度、与えた納豆菌の量	違う場所で採取した土	異なるpHの寒天培地でアカントアメーバを培養したら、アカントアメーバの生息状況に違いがある。
11	サラウンド	3	スピーカーの穴と周波数特性の関係	スピーカー正面の穴の有無	1	音の周波数別のHz	箱の容積	なし	穴を開ければ低音が大きくなる
12	サラウンド	1	オートワウの作成	エフェクターの有無	1	周波数特性	使用した機材	エフェクターを過ぎない音	なし
13	ロボット	2	四足歩行ロボットを思い通りに動かす	センサーが感知する距離	5	壁にぶつかるかどうか	ロボット本体、コースの形状	初期のプログラム	ロボットを動かすのに最適なプログラム設定がある
14	ロボット	5	マイクロロボットの曲がる角度の限界	コースの角度	30	コースを曲がり切れるか	ロボット本体、コースの形状	なし	現プログラムで曲がる角度に限界がある
15	手作りして科学する	2	石鹸の材料による性質の違い	石鹸の材料とする油脂	1	測定法を試行錯誤している	作り方	市販の石鹸	ごま油での石鹸が汚れを良く落とす
16	手作りして科学する	2	再生紙作りにおける材料による違い	再生紙の材料	2	強度 書きやすさなど	作り方	コピー用紙	草を材料とした再生紙は強度が強い
17	手作りして科学する	3	漬物の科学	寒天培地に加える物質・濃度	1	カビが生えるか生えないか	寒天の種類、温度、時間	何も添加していない寒天	寒天の糖度、塩の濃度、酢の濃度が高ければ高いほどカビが生えない

現実的には困難である。同条件の実験を繰り返し行い、得られた結果を比較した時に、実験方法や条件はすべて揃えたはずなのに、データが違うことに気づく。その原因を考察する中で、「定数」を何にすればよいのか判断するのではないだろうか。「対照実験」については、生徒の作成した発表用資料に記載が無いものがあり、アンケートや聞き取りでも「なし」という回答例が見られた。「独立変数」を変化させ、その結果を比較することは行っているが、設定した独立変数と対照実験が結びついていないという認識がないと言える。

### アンケート調査の作成とその結果と考察

「基本コンセプト」が、生徒が自ら行った科学的探究活動の効果を確認する目的で、アンケート調査を上記の17研究(表3)を行った38名を対象に行った。設問1では、基本コンセプトの必要性、設問2では、基本コンセプトテストの妥当性、設問3では、基本コンセプトの有用性、設問4では、研究を計画・実施するうえで、重要だと思う基本コンセプトを回答させた。さらに、設問5では、基本コンセプトの有用性を回答させた。なお、設問1～3は、4件法(1.まったくそう思わない、2.あまりそう思わない、3.ややそう思う、4.とてもそう思う)、設問4は、「独立変数、従属変数、定数、試行回数、対照実験、タイトル、仮説」から複数選択、設問5は自由記述で回答させた(図2～5、表4)。

アンケート調査の結果より、設問1では、肯定的な回答（ややそう思う、とてもそう思う）が9割以上となり、基本コンセプトの内容理解の必要性を認識していることがわかる。設問2では、肯定的な回答が9割となり、基本コンセプトの評価問題としての妥当性を認識している。設問3では、肯定的な回答が9割となり、特に「とてもそう思う」と回答した生徒が、4割以上であった。このことから基本コンセプトは、実際に研究を行う上での有用性が認識されている。設問4より、生徒は「試行回数」と「対照実験」について特に重要だと感じている。この点について、設問5の記述からも同様の傾向が読み取れる。

しかしながら、聞き取り調査によると、実験の終了後に振り返る時点で、「基本コンセプト」の各概念にフィードバックし、実験の不備に気づき、それを基に次回の実験の改善点とするパターンが多かった。さらに、「基本コンセプト」の有用性として、それらの各概念を知ったことで、実験の不備に気付くことができたという声が聞かれた。

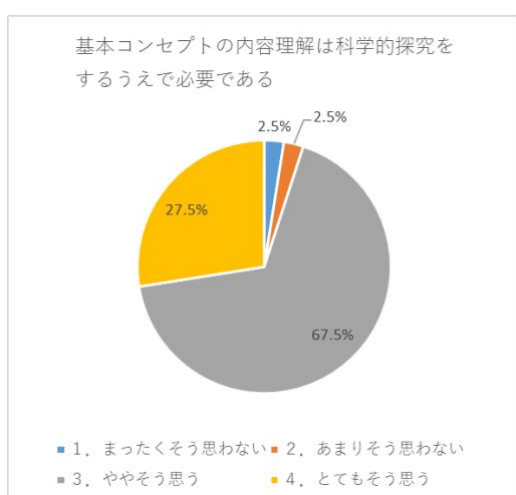


図2 設問1の回答

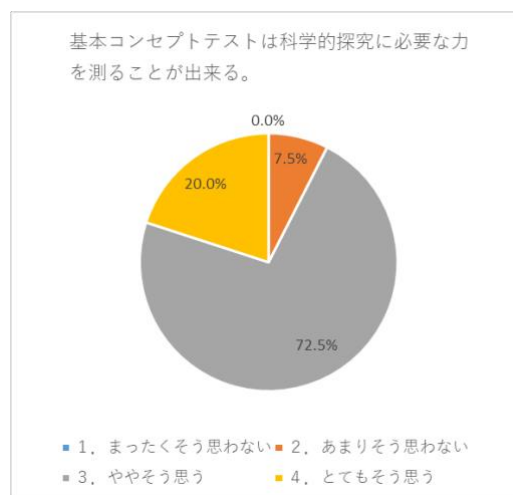


図3 設問2の回答

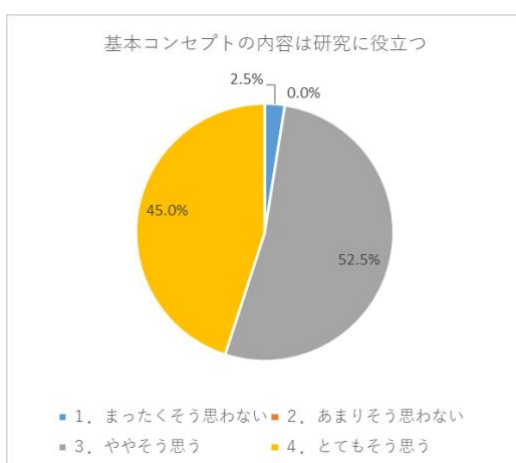


図4 設問3の回答

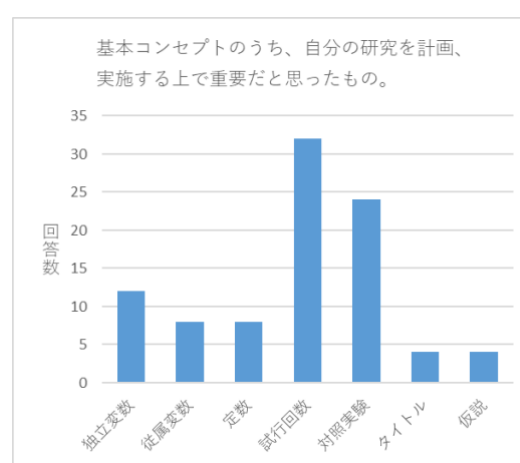


図5 設問4の回答 (複数回答可、回答数 92)



表4 設問5の回答

<p>基本コンセプトの内容が、自分の研究を計画・実施するうえで役に立ちましたか</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> 自分の研究には試行回数が足りないと改めて思い知らされ、今年度の研究で試行回数を増やそうとするきっかけとなった。</li><li><input type="checkbox"/> 調べること以外の条件は揃えること。データが多い方が関係がよくわかること。</li><li><input type="checkbox"/> 実験回数を重ねる事によって、実験データの正確さを測る事ができた。</li><li><input type="checkbox"/> 自分の研究を客観的に見ることができ新たなアイデアへとつながった。</li><li><input type="checkbox"/> 比較する実験を考える時に役立った。</li><li><input type="checkbox"/> 実験で正確な値を出すために試行回数が重要だった。</li><li><input type="checkbox"/> 定数：結果を見て、どの要因が影響したのかを比べやすくなった。</li><li><input type="checkbox"/> 従属変数：結果を数値化することに苦労したが、結果を一つの物差しで比べられるようになり、考察がしやすくなった。</li><li><input type="checkbox"/> 基本コンセプトを使い、それに沿って研究が行える。</li><li><input type="checkbox"/> 結果から表を作り、発表などの場面でわかりやすく説明することができた。</li><li><input type="checkbox"/> 材質のみ変えて測定を行う。(対照実験)</li><li><input type="checkbox"/> 再生紙の強度の実験を複数回行うことで正確な結果に近づいた。</li><li><input type="checkbox"/> 研究の結果の正確性を上げる方法、研究の仕方がわかった。</li></ul>
--

[生徒の記述は、原文のままである]

## おわりに

本研究では、本校の科学的探究活動の指導の改善を図ることを目的とした。その結果、まず「基本コンセプトテスト」の結果から、生徒は「基本コンセプト」の各概念について、おおむね理解できた。次に、科学的探究の実践から、生徒はその研究で、おおむね「基本コンセプト」の各概念を利用しているが、「試行回数、対照実験」についての意識は低いことがわかった。最後にアンケート調査から、基本コンセプトの必要性、基本コンセプトの評価問題としての妥当性、研究に使用する際の有用性が示された。特に、「試行回数、対照実験」の重要性を挙げる生徒が多い。加えて、科学的探究の実践や生徒への聞き取り調査より、実験の終了後の振り返り際に、「基本コンセプト」の各概念にフィードバックしていたことから、「基本コンセプト」は、実験計画時だけではなく、その振り返り時や改善時に使用されることも明らかとなった。以上の結果より、本校の科学的探究活動の指導について改善を図ることができた。また、今後の指導改善について、有益な情報が得られた。

しかしながら、課題も残っている。方法の項目で述べたように、“constants”を「定数」としたが、数学や理科で学習してきた用法とは意味が異なっていることから、混乱を与えた可能性は否定できない。改善案としては「制御変数」という語をあてることが考えられる。また、「試行回数」については、実験で得られるデータ数を考慮し、補足説明する必要がある。

## 付記

本論文は、2020年第70回日本理科教育学会全国大会（岡山大学）及び、日本科学教育学会第44回年会（姫路）の発表資料を大幅に加筆、修正したものである。

## 注

- 1) 基本コンセプトとして理解すべき概念は、“hypothesis” “independent variable” “dependent variable” “constants” “control group” “repeated trials” が挙げられる。これらの用語はそれぞれ、仮説、独立変数、従属変数、定数、対照実験、試行回数と翻訳した。
- 2) 本来は 2020 年 3 月の成果発表会の直後に行う予定であったが、コロナウイルス対策で休校措置となった影響で、6 月の実施となった。
- 3) この点について、SR には解答が無いが、他の類題の解答などから、対照実験の記載が無いことを指摘する力を試した問題であると考えられる。

## 引用文献

- Cothron, J. H., Giese, R. N. & Rezba, R. J. 2006. *Students and Research: Practical Strategies for Science Classrooms and Competitions (Fourth Edition)*. Kendall Hunt Pub Co.
- 藤井齊亮ほか. 2016. 『新編 新しい数学 1』(東京書籍) 107,111.
- 平田昭雄・十文字秀行. 2019. 「高等学校 『理数探究』 および『総合的な探究の時間』における発見・検証・開発・他に至る探究過程の指導の模索」『日本科学教育学会研究会研究報告』 33(4), 61-66.
- 科学技術振興機構. 2019. 『スーパーサイエンスハイスクール実施要項 (H31 改訂)』  
[https://www.jst.go.jp/cpse/ssh/ssh/public/pdf/ssh\\_gaiyou.pdf](https://www.jst.go.jp/cpse/ssh/ssh/public/pdf/ssh_gaiyou.pdf) (accessed 2020.06.01.)
- 科学技術振興機構. 2020. 『令和元年度スーパーサイエンスハイスクール情報交換会』,154-167.
- 國友正和ほか. 2016. 『改訂版 物理基礎』(数研出版) 43,129.
- 中村琢. 2019. 「高等学校における理数の探究活動と効果」『日本科学教育学会研究会研究報告』 33(8), 47-50.
- 野村裕次郎・辰巳敬ほか. 2011 『高等学校 化学基礎』(数研出版) 87,157.

資料

自然科学対象分野以外の研究の一覧を示す。

番号	ゼミ名	人数	タイトル	番号	ゼミ名	人数	タイトル
18	数理	3	アプリ開発「Cure Style」	60	武士	1	豊田秀吉の身分政策
19	数理	2	アプリ開発「旅行サポート」	61	武士	1	保科正之と朱子学
20	新定理発見	1	三角形の傍心と他の四心との関係	62	サイエンス コミュニケーター	8	複眼を理解するための教材について
21	新定理発見	1	ナポレオンの定理の拡張	63	地理	1	ベトナムの貧困
22	新定理発見	1	三角形の定理の発展	64	地理	1	日本の温泉地と旅館の関係
23	宇宙	1	月の見え方についての教材研究	65	地理	1	各国の休暇の過ごし方
24	宇宙	1	星座の見え方をシミュレーションする	66	地理	1	食品ロスについて
25	宇宙	1	火星の見え方と位置関係について	67	スポーツ総合	3	R I C E の効果
26	英語 ディベート	6	That the Japanese government should limit the weekly maximum average working hours, including overtime, to 48 hours (following the E.U.).	68	スポーツ総合	2	ロゴが持つブランド力
27	起業・情報発信	5	世界から最短の体験寿司の旅	69	現代文化批評	1	3月のライオン研究
28	起業・情報発信	5	茨城いいとこ見つけ茶った	70	現代文化批評	1	『頭文字D』研究—頭文字Dから見る現代の若者の事離れについて—
29	起業・情報発信	1	重さの錯覚を使った楽な筋トレ	71	現代文化批評	1	ティム・バートン『シザーハンズ』論—人々から傑作と呼ばれる理由—
30	起業・情報発信	1	世界にひとつだけの服	72	現代文化批評	1	作家住野よるはなぜヒット作を書けたのか—過去の名作との共通点—
31	起業・情報発信	1	農校ビジネスによる地域活性化を目指す	73	現代文化批評	1	『魔法少女まどか☆マギカ』研究—現代人の鬱アニメに対する考え方—
32	起業・情報発信	1	ヒッチハイクのマッチングアプリの作成	74	現代文化批評	1	『進撃の巨人』世界の人権
33	医療	1	犬の免疫療法について	75	現代文化批評	1	『DEATH NOTE』から見る現代の若者の犯罪に対する私刑
34	医療	1	小児がんの様々な要因	76	現代文化批評	1	『暗殺教室』研究—物語での選択が与える影響—
35	医療	1	見つかりにくいがんについて	77	現代文化批評	1	『斉木楠雄のΨ難』研究
36	医療	1	食生活によって変わるがんの免疫力	78	現代文化批評	1	『韓流アイドルについて』
37	医療	1	肺がんの治療法について	79	現代文化批評	1	『けいおん!』研究 —時代の変化に伴うアニメの在り方—
38	医療	1	皮膚がん発症における紫外線の影響	80	現代文化批評	1	『ザ・ファブル』研究
39	医療	1	これからの放射線治療	81	校長ゼミ	6	消費税の社会への影響
40	医療	1	祖父を通して考える白血病の治療法	82	国際教養	1	人々のプラスチック問題に対する関心を高めるためにはどうしたらよいか
41	音楽史	2	バロック音楽～今なお輝くいびつな真珠	83	国際教養	1	児童婦は認められるべきか
42	刑法・刑事裁判	1	犯罪の動機と裁かれる罪との関係	84	国際教養	1	身近に潜む大気汚染
43	刑法・刑事裁判	1	日常で起こりうる違法行為	85	国際教養	1	身近に潜む大気汚染
44	刑法・刑事裁判	1	ロシアと日本の憲法	86	国際教養	1	海洋ゴミの流出削減
45	刑法・刑事裁判	1	民族性や宗教が法律に与える影響	87	国際教養	1	世界の子どもたちに食料と教育を届けるためには
46	刑法・刑事裁判	1	少年法の厳しさから見る再犯率	88	国際教養	1	世界の子どもたちに食料と教育を届けるためには
47	刑法・刑事裁判	1	罪の重さと刑の重さ	89	国際教養	1	トランスジェンダーが使いやすいトイレ作り
48	刑法・刑事裁判	1	ハンムラビ法典の分析	90	国際教養	1	学校に行くことが難しい子供や文字の読み書きができない子供が教育を受けやすくなるにはどうしたらよいか
49	刑法・刑事裁判	1	なぜ冤罪が起こるのか	91	国際教養	1	LGBTの人が暮らしやすい世の中にするためには
50	刑法・刑事裁判	1	刑事事件について	92	国際教養	1	多様なジェンダーとともに生きる
51	刑法・刑事裁判	1	日本の刑法おかし	93	国際教養	1	森林伐採に私たちはどのように関わっているか ～1カ月のトレットペーパーの使用状況から～
52	刑法・刑事裁判	1	時効という制度について	94	国際教養	1	ストリートチルドレンの現状
53	刑法・刑事裁判	1	死刑制度と宗教、文化の関連性				
54	刑法・刑事裁判	1	同じ罰条における懲役刑の長さの違い				
55	教育	2	イラッとさせないLINEの返信法				
56	教育	3	校則を変えよう!				
57	教育	2	中学生が理想とする親の声のかけ方				
58	教育	1	年齢や男女によるおもちゃの変化				
59	教育	1	安全に登校するために～歩きスマホの危険性～				