

科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号： 9 9 9 9 9
 研究種目： 奨励研究
 研究期間： 2020 ~ 2020
 課題番号： 2 0 H 0 0 8 9 8
 研究課題名 中高生のもつNOSIの実態およびNOSIの理解促進が中高物理の探究へ与える影響について

研究代表者

中村 泰輔 (Nakamura, Taisuke)

茗溪学園中学校高等学校・・教諭

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 400,000 円

研究成果の概要：中高物理における探究活動や課題研究に取り組む生徒がもつNature of Scientific Inquiry (NOSI) への見方、NOSIの理解促進を図る中高物理の指導法について、実証的に探った。米国の探究教材の分析を通して、NOSIの理解を促す指導法の主要な特質が示唆された。探究活動や課題研究に取り組む生徒への調査では、生徒は研究活動を通じて探究の道筋の多様性に気づくとともに、考察等の場面で、想像性や創造性の存在を強く認識する可能性のあることが見えてきた。中学理科においては実験動画の視聴を通してNOSIの理解の一端が浮き彫りとなり、NOSIの指導につながるものが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Nature of Scientific Inquiry (NOSI) は国内外の科学教育において注目されており、科学的探究とは何かを生徒自身が認識することによって、生徒の持つ科学的探究そのものへの理解が深まり、生徒の手がける科学的探究がより豊かになることが期待される。その点で、探究の重要性が強調される中高理科の授業において、NOSIの理解促進をいかに図るかは極めて重要である。NOSIに対して生徒がどのような理解を持ち、NOSIの理解促進がどのように進むかを把握することは、生徒が科学者の行う科学的探究の意義を知る上でも、生徒が科学的探究そのものについてより深い理解に至る上でも、大きな意義がある。

研究分野：理科教育、科学教育、物理教育

キーワード：NOSI 科学的探究 探究活動 課題研究 高等学校物理 中学校理科 科学者共同体

1. 研究の目的

中学校・高等学校における探究活動・課題研究においては、問いを生み出すことの科学的探究における意味付けはもとより、科学的探究とはそもそも何かという基盤的な視点についても、明示的・系統的に確立されているとはいいがたい。科学とは実際にはどのような人間活動であるかを伝える上で、科学的探究についての論考は必須と言える。学校教育において科学の営みの一端を生徒が体験しうる場面でもある科学的探究がどのような位置づけであるか、科学的探究を通して生徒が実際に何を学んでいるかは、学校教育において科学的探究を行うことの意義を考える上でも、極めて重要である。

そこで、国内外の科学教育研究において注目されている Nature of Science (NOS) と合わせて議論されている Nature of Science Inquiry (科学的探究の本性、以下 NOSI) に着目した。NOSI の理解の実態いかんによって、生徒が探究活動や課題研究へ取り組む際の問いに対する興味関心、問いに対する解決策を追究する姿勢等々に大きな影響があることが考えられる。NOSI の理解を通じて科学のあり方を伝えることの意義と重要性を論考することは、次代の科学者や科学を良く理解した市民を育成することに資するのではなかろうか。

上記を踏まえ、研究の目的を述べる。第一に、探究が理科教育で重視されてきた背景を整理した上で、中学校・高等学校の理科(物理分野)における探究活動や課題研究に取り組む生徒がもつ NOSI への見方について、実態を明らかにすることである。第二に、中学校・高等学校の理科(物理分野)における NOSI に関する指導法を試行し、生徒が NOSI についてより深く理解することが探究活動や課題研究に与える影響を実証的に探ることである。

2. 研究成果

(1) 中学生のオンライン授業において NOSI への見方が表出する場面の検証

勤務校において、中学 3 年理科物理分野のオンライン授業を行った際、NOSI に関連して、実験動画を批判的に検討する課題を出題した。生徒の回答から、実験動画を見る視点が多岐にわたっていることが明確になり、NOSI の内容に関係する回答も数多く見られた。実験動画を見せることを通じて理科の指導を行う際の留意点が明らかになるとともに、実験動画を見せるということが NOSI の理解の一端を浮き彫りにし、NOSI の指導につながるものが明らかになった。具体的には「おもりのする仕事」の実験ビデオを、Microsoft Stream 経由で視聴し(約 2 分半)、Microsoft Forms を利用して、このビデオを見ただけでは「おもりの高さ」と「杭の打ち込まれる距離が比例する」と言えない理由を自由記述で記入するよう求めた。フォームへの回答の集約後、筆者がすべての回答を通読した上で、記載内容で分類し、実験動画のどの部分に着目していたかを集計した。在籍生徒 232 名中、198 名の生徒から回答を得た。一人の生徒が複数の指摘をした場合もあったことから、回答数は 248 件であった。回答集約後、筆者が表 1 に示すように A~K の分類を行い、各分類の回答数をカウントした。なお、生徒には、分類の視点を事前に示さずに自由記述を求めた。

実験データそのもののだけを根拠に、比例していないと結論付けた(分類 A)回答が全体の約 2 割存在した。51 名の回答をさらに検討したところ、分類 A と他の分類を同時に指摘した生徒は 7 名にとどまり、他の生徒は、測定値のみで結論を出したことがうかがえた。分類 A にとどまらない思考を必要とする課題設定や、指導方法のさらなる工夫が必要であることも示唆された。実験方法や実験機材に関する問題点(分類 B, C, D, E, F)を指摘した回答は合計 153 件で、全体の 62%を占めた。実験を批判的に見るという課題を設定すると、実験方法や実験機材の様子をよく観察することがうかがえる。一方で、実験方法や実験機材を精査する視点を有する生徒が少なくないことも示唆しており、映像で実験を見せる際には、測定に必要な条件を含む部分について、撮影計画を入念に練り、生徒が細かい部分まで把握していただけるように撮影することも求められる。

生徒の実験データに対する見方、実験方法や実験機材に関する視点、生徒の概念理解の状況などが明らかになり、NOSI の内容に関する記述も多く見られた。

表 1 実験ビデオを見た上での課題に対する自由記述回答の分類と回答数

分類	回答	回答数
A	数値が比例していない	51
B	実験回数が少ない	35
C	手を離す際に問題がある	34
D	杭に問題がある	31
E	おもりに関する問題がある	27
F	おもりを放した高さの問題がある	26
G	目盛りの読み取りに問題がある	10
H	物体の重力が高さによって異なる	9
I	空気抵抗があるのではないか	9
J	物体の速さに関する記述	8
K	物体の時間に関する記述	2
その他		5
合計		248

(2) 中学校・高等学校の理科(物理分野)における NOSI の理解を促す指導法の特質

NOSI の教授を目指した教材としては、米国の Argument-Driven Inquiry (以下 ADI) モデルと呼ばれる実験指導モデルが挙げられる。右に、ADI の 8 つのステージを示した。

そこで、物理分野で米国の 6-8 学年を対象とした、"Argument-Driven Inquiry in Physical Science: Lab Investigations for Grades 6-8" (ADIPS) を事例として、実践的な観点からその指導法の分析を行った。ADIPS には、物理科学の中核の考え(「物質とその相互作用」、「運動と安定性：力と相互作用」、「エネルギー」、「波および、情報伝達のための技術における波の応用」)に応じて 22 の実験活動が収められている。NOSI あるいは NOSI については 観察と推論、長い時間を経ての科学的知識の変化、科学の法則と理論、科学の文化、データと証拠の違い、科学的インヴェスティゲーションで用いられる方法、科学における想像力と創造力、実験の本質と役割の 8 項目に分けて、各活動との関連が示されており、先行研究を踏まえ、に着目して分析した。

ADIPS における探究のステージ配置(図 1)は、探究活動において基盤をなす部分に生徒が確実に携われるように工夫されており、アーギュメントが中軸に位置づけられている。全体として、生徒が科学の実践に参加する機会を持つことや、生徒が科学の習熟度の面を向上させるために必要なフィードバックや明示的な方向づけを受けることで、生徒の経験がオーセンティックかつ教育的であることを保証するように設計されている。実践面から指導案を精査すると、科学者が行う科学的探究に近い形態の活動を生徒が経験することを通じて、生徒が科学的知識やスキルだけでなく、科学者の営みや科学者共同体のありようへの見方をも深めうると考えられる。

ADIPS における NOSI の指導法の分析を踏まえると NOSI の理解を促す指導法の主要な特質は以下の四点であることが示唆された。第一に、アーギュメント能力の育成を図る問いの設定、第二に、科学者が行う科学的探究のありようを追体験・共有する手立ての提供、第三に、生徒が自らの科学的探究活動を振り返る中で科学者が行う科学的探究とは何かについて理解・共有する経験の提供、第四に、科学者の論文執筆・査読過程を参考にした学習活動等を通じて概念理解や表現力の育成とともに科学者のリアルな営みへの認識をも深める活動の導入。

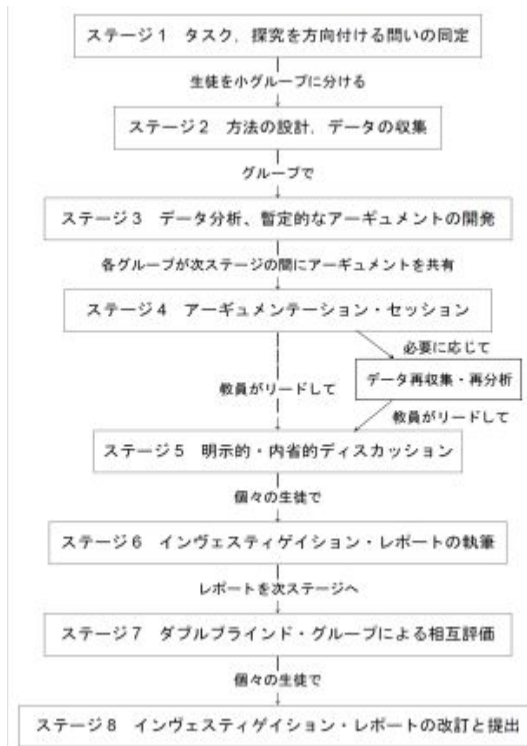


図 1 ADIPS における探究のステージ

(3) 課題研究を行った生徒が持つ NOSI への見方の分析

課題研究を終えた高校 2 年生 10 名に、NOSI に関連した内容を含むアンケートを実施した。アンケート項目は、NOSI の内容に関連する項目について「あなたの考えに最も近いものを選んで下さい」(選択肢は「そう思う」「どちらかといえばそう思う」「どちらとも言えない」「どちらかといえばそう思わない」「そう思わない」と問い、課題研究を通して「そう思う」度合いが増した項目、「そう思わない」度合いが増した項目を複数回答で尋ねた。

「Investigation に用いられる方法の多様性」という NOSI の内容に関しては、「科学者は、「問いを立て、仮説を設定し、実験の方法を計画し、実験によってデータを集め、仮説を検証する」といった単一の方法に従って活動する」という項目に「そう思う」「どちらかといえばそう思う」という回答が 10 名中 8 名を占め、この項目について、4 名が課題研究を通して「そう思う」度合いが増したと答えた。一方、「ある二人の科学者が全く同じ現象を見たならば、二人とも同じ問いや仮説を立てる」という項目には、10 名中 6 名が「そう思わない」「どちらかといえばそう思わない」と回答した。この項目には、10 名中 5 名が、課題研究を通じて「そう思わない」度合いが増した、と回答した。自由記述の中では、生徒自身が考えた実験方法よりも効率的でよい方法を周囲から提案されたことを挙げた生徒がいた。

「科学における想像性と創造性」という NOSI の内容に関しては「客観性を損ねてしまうので、科学者は想像や創造を行わない」という項目に、10 名中 8 名が、「そう思わない」「どちらかといえばそう思わない」と回答し、4 名が課題研究を通して「そう思わない」度合いが増した、と回答した。自由記述では、「想像があるから様々な考察ができる」「自分の見方が変わると結論も変わることに気づいた」等の記述が見られた。

生徒は自らの研究活動を通じて、探究の道筋の多様性に気づくとともに、自らの研究における考察等を通して、想像性や創造性の存在を強く認識していく可能性のあることが示唆された。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1．著者名 中村 泰輔	4．巻 62-1
2．論文標題 理科教育におけるNOSI（Nature of Scientific Inquiry）の理解を促す指導法の特質— " Argument-Driven Inquiry in Physical Science: Lab Investigations for Grades 6-8 " を事例として—	5．発行年 2021年
3．雑誌名 理科教育学研究	6．最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1．発表者名 中村 泰輔
2．発表標題 NOSIの理解を促す中学理科の指導における相互評価の役割 Argument-Driven Inquiry in Physical Scienceの事例分析
3．学会等名 日本理科教育学会
4．発表年 2020年

1．発表者名 中村 泰輔
2．発表標題 中学校理科物理分野のオンライン授業におけるNOSIに関する指導の試み
3．学会等名 日本科学教育学会
4．発表年 2020年

1．発表者名 中村 泰輔
2．発表標題 高等学校物理分野の課題研究におけるNOSIの理解促進について 物理系課題研究を遂行した高校生への予備調査を通して
3．学会等名 日本理科教育学会関東支部
4．発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------