

CHEMISTRY & EDUCATION

# 化学と教育

07

Volume 67, No.7 2019

日本化学会



## 第26回化学教育フォーラム 「探究活動をとおした主体性の育成」

探究活動をとおした主体性の育成 守橋健二／探究活動をとおした主体性の育成——小中高大の資質・能力の系統性を踏まえて 野内頼一／探究活動の高大接続と科学技術人材育成 西原寛／観音寺第一高等学校の理数系課題研究実践の報告 乃口哲朗／普通の学校でおこなう探究活動 瞬間冷却パックの設計 小松寛

# 観音寺第一高等学校の 理数系課題研究実践の報告

NOGUCHI Tetsurou

乃口 哲朗

香川県立観音寺第一高等学校 SSH 推進部副主任

香川県立観音寺第一高等学校における理数系課題研究の実践について報告する。先行して課題研究を実施していた理数科での指導・評価の方法、およびそれを応用しながら普通科へも拡大した過程、指導・評価方法の応用と改善、普通科で課題研究を実施した成果を報告する。

## 1 はじめに

香川県立観音寺第一高等学校では平成19年度より理数科において課題研究を実施してきた。また、スーパーサイエンスハイスクール(SSH)<sup>\*1</sup>の指定を平成23年度に受け、1年間の経過措置を経て、平成30年度が第2期2年次(通算8年目)となり、普通科においても課題研究を実施するよう取り組んできた<sup>1)</sup>。その過程から、普通科における課題研究の実施とその成果と課題について、指導・評価の方法を中心に紹介する。

## 2 普通科における課題研究の実施

### 2.1 普通科における課題研究の開始

本校の普通科では、平成28年度までは「総合学習」の一部の時間において課題研究を実施していた。課題研究を既に実施していた理数科での成果や、学習指導要領の改訂や大学入試改革への対応に後押しされる形で、平成29年度より普通科2年生全員が年間を通じて課題研究に取り組むように教育課程を変更した。「主体的・協働的に学ぶ」、「問題を解決する能力を養う」、「伝える能力を身につける」を目的として、普通科2年文系コースを対象に総合的な学習の時間を「文系課題探究」とし、理系コースを対象にSSH学校設定科目「課題探究」を開設した。

普通科における年間を通じた課題研究として、理数科での課題研究をそのまま取り入れて実施することは不可能であった。指導にあたる教員数、パソコンの台数、実験室の制約に加えて、放課後の時間を部活動に確保することなどに対応する指導体制及び実施形態とする必要があったためである。

### 2.2 普通科における課題研究の指導体制及び実施形態

普通科での課題研究の実施において、次のような指導体制及び実施形態とした。文系、理系のどちらのコースにお

いてもクラス内でグループ研究として実施し、1クラスに4名の教員が出講し、それぞれ複数のグループを担当した。文系コースには国語科、地歴公民科の教員、理系コースには数学科、理科の教員がそれぞれ出講した。文系コースグループ編制の方法は少し異なる。本稿では理系コースでの運営について詳述する。

探究活動を授業時間内に収めるために、理系コースでは発表資料を紙に書いて作成することとした。口頭発表ではA4の紙に作成した資料を書画カメラと大型モニターにより提示し、ポスター発表では各項目をB4程度の紙に書いたものを模造紙に貼り合わせて作成した。グループの全員が同時に作業できること、また、コンピュータやソフトの扱いの習得に要する時間が不要であることにより、授業時間に収める効果があった。

また、理系コースでの評価においては理数科における課題研究の指導・評価の方法を応用し、テーマ設定や振り返り等のワークシート及び発表資料等の成果物、探究活動への取組等を評価対象とした。

## 3 指導・評価方法の開発と応用

### 3.1 発表時評価表による評価

本校の理数科では、中間発表や校内発表における発表、執筆した論文に対して評価を行うための「発表時評価表」を平成27年度に開発<sup>1)</sup>し、課題研究の指導に反映してきた。この「発表時評価表」による同一基準を用いた評価を、生徒が研究の各段階で行った発表に対して実施することにより、1回の発表の評価だけではなく長期的な探究力の成長を測ることが可能になった。評価結果を生徒に示して、達成できていない規準を明確にすることにより、課題研究のさらなる深化を促し、次の発表に向けてポスターやスライドなどの改善に結びつけるよう運用している。

## 課題研究ルーブリック 平成29年度版

2年7組一番

到達目標期の目標 〔中間発表会①〕 第2学年10月						中間発表会② 第2学年2月	校内発表会 第3学年6月	将来の自分の目標																																																			
1	2	3	4	5	6																																																						
<b>A 課題と仮説の設定</b>																																																											
<input checked="" type="checkbox"/> 課題または仮説を設定していない。 <input type="checkbox"/> 課題および仮説を設定しているが、定義に曖昧なところが含まれる。 <input type="checkbox"/> 先行研究を踏まえ、解決すべき課題を明確にし、仮説を設定している。 <input type="checkbox"/> 社会や身の回りで解決すべき問題に関する課題を、先行研究を踏まえて設定し、理由を明示して仮説を設定している。 <input type="checkbox"/> 社会的・科学的问题に関連した課題を設定し、先行研究を踏まえて課題の意義を明確にし、検証可能な仮説を設定している。																																																											
<small>□下記などどちらも意識しよう! □課題を設定している □仮説を設定している □研究目的が明確である □課題の意義を明確にしている □研究で扱う範囲が明確になっている</small> <small>□研究との位置づけが明確である □検証可能な、焦点化された仮説である □高校生にふさわしい難易度の課題が設定されている</small> <small>□先行研究との位置づけが明確である □検証可能な、焦点化された仮説である □高校生にふさわしい難易度の課題が設定されている</small>																																																											
<b>B 研究の計画・実施</b>																																																											
<input checked="" type="checkbox"/> 与えられた、または多くの指導・助言に依存してたどり着いた方法で研究を進めている。 <input type="checkbox"/> 課題を解決する計画を立てているが、計画に沿って実行できていなかったり、実行した記録が充分でないたりする。 <input type="checkbox"/> 課題解決に向けた実行可能な計画を立てて、実行し、データを記録している。 <input type="checkbox"/> 課題解決に向けた実行可能な計画を立てて、その計画通りに実行し、仮説の検証の根拠となるデータを取得している。 <input type="checkbox"/> 精度や再現性が高い方法を自ら考え、計画通りに実行して、仮説を多面的に検証できるように、様々なデータを取得している。																																																											
<small>□研究計画を立てている □高校生にとって実行可能な研究計画である □研究方法が妥当である □計画通りに研究を実施している □研究の記録が詳細に残されている</small> <small>□再現性の高いデータを得ている □仮説の検証に必要なデータの蓄積がある □研究方法に独自性や高度な工夫がある</small>																																																											
<b>C データの解釈</b>																																																											
<input checked="" type="checkbox"/> 取扱ったデータを、与えられた方法により処理しようとしている。 <input type="checkbox"/> 取得したデータを整理しているが、分析が不完全であったり、仮説の検証に不適切な表現であったりする。 <input type="checkbox"/> 取得されたデータを適切に分析し、仮説の検証に適した方法で表現している。 <input type="checkbox"/> データを適切な方法で分析し、仮説の検証に適した方法で表現しているが、検証できる範囲や精度を明確にしている。 <input type="checkbox"/> データを適切な方法で分析し、仮説を検証できる範囲や精度を明確にしている。																																																											
<small>□データの傾向を概ね理解している □データを詳細に分析している □仮説の検証を前提でデータを分析している □分析結果を誤解なく解釈できるようにデータを視覚的に表現している</small> <small>□データの分析方法が正確である □分析の方法が仮説の検証に適している □データの精度や適用できる範囲を評価している □検証できる範囲や精度が明確である □データの分析方法が多面的である</small>																																																											
<b>D 検証に基づく検証</b>																																																											
<input checked="" type="checkbox"/> データ・資料を根拠とする検証を行つておらず、思い込みや先入観に検証が曲げられている。 <input type="checkbox"/> データ・資料を根拠とした仮説の検証を試みているが、間違ひや含まれたり、計画・仮説の検証に繋げられていないたりする。 <input type="checkbox"/> データ・資料を根拠とした仮説の検証の方法が正しく、計画・仮説の修正や、新たな課題の設定に反映している。 <input type="checkbox"/> データ・資料を根拠に仮説を複数の観点から検証し、計画の修正や新たな課題の設定に反映している。 <input type="checkbox"/> データを取得した条件や再現性を考慮に入れて、データに基づいて仮説を論理的に検証し、更に先行研究との比較・関連付け、新たな課題や展望を明確にしている。																																																											
<small>□検証方法が論理的に正しい □計画の修正・新たな課題の設定に繋いでいる □仮説の検証を様々な観点で行っている □データが取得された条件や再現性を考慮に入れている</small>																																																											
<b>E 研究のまとめ</b>																																																											
<input checked="" type="checkbox"/> 提示する情報を充分に取扱選択できており、論理的である。 <input type="checkbox"/> 得られた結果・全体について説明しており、提示する情報に過不足があつた、剛が論理に沿っていないたりする。 <input type="checkbox"/> 研究で得られた結果を用いて研究の成果を説明しているが、提示する情報の剛の工夫、敢然選択が充分ではない。 <input type="checkbox"/> 研究で得られた結果から発表に必要な情報を取り選択し、研究の成果を説明するのに適した順に並べられている。 <input type="checkbox"/> 研究により明らかになったこと、今後解決すべき課題を明確化し、発表に必要な充分な情報を適切に提示している。																																																											
<small>□まとめの展開が適切である □研究の成果を明らかにしている □研究の意義を発表できている □説明に用いる文言が洗練されている □今後解決すべき課題を明らかにしている</small>																																																											
<b>評価の記録</b> <table border="1"> <tr> <td>A</td><td>テーマ決定時 ( / )</td> <td>A</td><td>中間発表① ( / )</td> <td>A</td><td>中間発表② ( / )</td> <td>A</td><td>校内発表会 ( / )</td> <td>A</td><td>論文 ( / )</td> </tr> <tr> <td>B</td><td></td><td>B</td><td></td><td>B</td><td></td><td>B</td><td></td><td>B</td><td></td></tr> <tr> <td>C</td><td></td><td>C</td><td></td><td>C</td><td></td><td>C</td><td></td><td>C</td><td></td></tr> <tr> <td>D</td><td></td><td>D</td><td></td><td>D</td><td></td><td>D</td><td></td><td>D</td><td></td></tr> <tr> <td>E</td><td></td><td>E</td><td></td><td>E</td><td></td><td>E</td><td></td><td>E</td><td></td></tr> </table>										A	テーマ決定時 ( / )	A	中間発表① ( / )	A	中間発表② ( / )	A	校内発表会 ( / )	A	論文 ( / )	B		B		B		B		B		C		C		C		C		C		D		D		D		D		D		E		E		E		E		E	
A	テーマ決定時 ( / )	A	中間発表① ( / )	A	中間発表② ( / )	A	校内発表会 ( / )	A	論文 ( / )																																																		
B		B		B		B		B																																																			
C		C		C		C		C																																																			
D		D		D		D		D																																																			
E		E		E		E		E																																																			

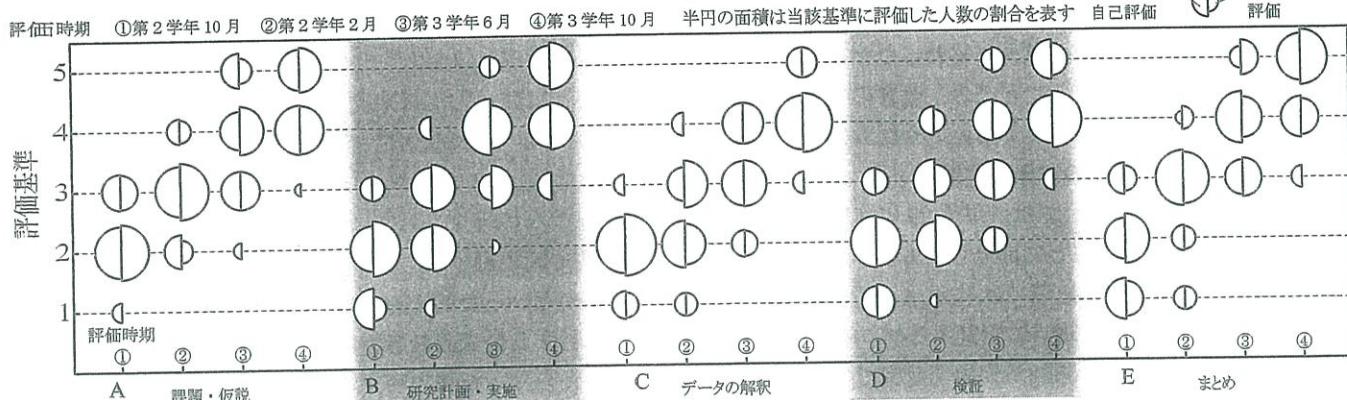


図1 課題研究ルーブリックによる評価結果

## 3.2 課題研究ルーブリックの開発

育成項目の発表時評価表を用いて生徒の探究力の育成状況を把握し、次の指導に繋げることはできていたが、発表の評価項目に特化しているため課題研究を進める初期の段階における指導・評価には不向きであった。そこで、生徒による自己評価及び研究指導者による評価を同じ基準を用いることができるよう、新たに「課題研究ルーブリック<sup>\*2</sup>」を開発し運用している。発表時評価表の基準と似た表現のチェック項目も備えることにより、「発表時評価表」との互換性を持たせるとともに、生徒の自己評価をしやすく

し、研究を深めるための次の取組が何であるかを明示できるように作成している。

## 3.3 課題研究ルーブリックによる評価

平成28年度入学の理数科の生徒の課題研究について、第2学年10月、2月、第3学年6月および10月に行った課題研究ルーブリックによる評価の結果を図1に示す。

ルーブリックに定めた評価の観点A～Eのすべてにおいて、探究に取り組む中でより高い基準へ到達できたことを示している。また、評価時期②、③において研究の到達段階に開きが大きいことが分かる。生徒による自己評価と指

講評員による評価の開きも、評価時期②、③において大きく、研究が急ピッチで進む時期の特徴であると考えられる。研究論文をまとめた後の評価時期④においては生徒の自己評価と指導教員による評価の一致が見られる。これは、生徒が自己の研究について客観的に評価できるようになり、自己評価において批判的思考や論理的思考を行えていることを示唆している。

二の評価結果から見出される課題は、評価時期③において見準Cデータの解釈の基準5に到達するグループが現れていないことである。この評価時期は校内発表の後であり、多くのグループにおいてデータの取得は終えられているため、解釈の対象になるデータが揃っていないのではなく、解釈を充分に行えていないことを示している。また、1次データの取得後の分析及び解釈を迅速かつ的確に行えてこないが故に、探究を効果的に深める機会を逸した可能性を否定できない。したがって、データの分析及び解釈の方法を活用しながら探究を進められるよう、第1学年の取組において全生徒にデータの分析及び解釈の方法を習得させる必要性がある。

#### 4 普通科理系コースでの「問い合わせる」指導

##### 4.1 平成29年度における実践と課題

課題研究の問い合わせについて、「生徒に自由に設定させる」までは「用意した研究課題を選択させる」方法が一般的である。平成29年度に実施した普通科理系コースの「課題研究」において研究を深められずに終わったグループが現れ、その原因について分析したところ、改善の必要があるのは研究テーマの設定の指導であるという結論に至った。

##### 4.2 問い立ての指導法の開発と実践

平成30年度の実施においては、平成29年度第2回運営指導委員会<sup>\*3</sup>での助言をもとに開発した方法<sup>2)</sup>(図2)で問い合わせ立ての指導を行った。指導は次に示す5段階で行い、「包み込めた疑問を探究対象の問い合わせに設定するプロセス」を全生徒に体験させ、その中から教員が課題研究で取り組むのに相応しい問い合わせを選んだ。課題が明確であること、大学や

企業等の研究機関と連携体制が必要に応じて構築できるこなどを選考基準としている。さらに、選考された問い合わせとともにグループ編制後にグループの問い合わせを立てさせた。

**Step I**：各生徒が「問い合わせ」「動機・目的・先行研究調査」「研究方法」を提出する。それを教員が「何を明らかにしたいのか」「どのように探究するのか」などについての不十分な個所の指摘、調べておくべき関連事項などの示唆などにより添削し、生徒に返却する。これらを繰り返した後、清書する。

**Step II**：指導にあたる教員が提出されたワークシートの中から、実施する8題の問い合わせを選ぶ。

**Step III**：教員が選考された8題の清書を掲示し、生徒がどの研究テーマに取り組みたいかの希望を提出する。

**Step IV**：教員は生徒の希望調査をもとにグループ編制を行う。

**Step V**：生徒はグループで改めて問い合わせ立てを行い、研究計画を立てる。

##### 4.3 問い立ての指導法の実践による成果と課題

平成30年度の普通科理系コースの課題研究においては、前項の指導法により問い合わせ立ての指導を行い、次のような変化が見られた。平成30年7月に平成29年度と同様にテーマ発表会を行ったところ、生徒から発せられる質問に変化が見られた。各学級(8グループ)において、質疑応答を含む6分を持ち時間として行っている。平成29年度においては、質問の大半は教員によるものであったが、平成30年度では、合計88件(3学級)の質問のうち生徒によるものは68件であり、その中には一問一答では終わらず議論となるケースも目立った。また、質問内容についても、実験条件を統一する方法や測定方法などが妥当であるかどうかといった的を射たものばかりであった。それらの質問に対する発表者の応答についても、その場で追加の説明を行えたり、指摘内容を踏まえた方法を新たに考え出して答えられたりするなど、平成29年度の研究テーマ発表会に比べて、深く議論できていた。この変化は、ワークシートを用いた問い合わせ立てに関する指導の効果の現れであると考えられる。

また、研究を進める段階において、研究テーマ発表会の直後から予備実験を開始できるグループが平成29年度よりも多かった。ワークシートを用いた問い合わせ立てにおいて研究計画や情報収集を各自が経験した状態から、実際に研究する問い合わせについて改めて研究計画や情報収集を行ったためであると考えられる。研究過程において必要となった助言・指導について平成29年度と比較すると、研究過程において顕著な差はほとんど見られなかった。これは、問い合わせに関連した基本現象に対する理解や実験器具の性質や使用

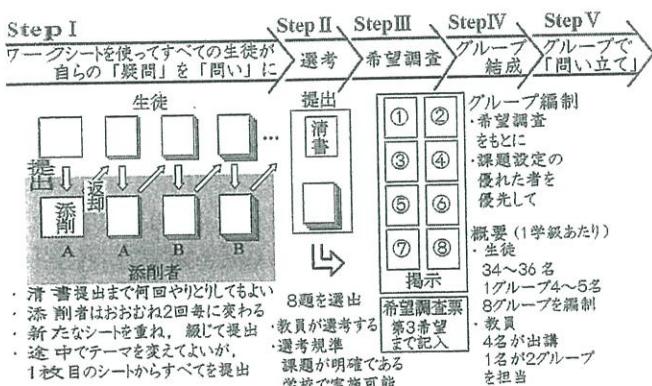


図2 問い立ての指導法

法などの知識については、平成 29 年度と同様な状態で研究に取り組んだからであると考えられる。一方で、グループ内で研究計画や方針などを議論する際に、ワークシートに立ち返るよう助言を行うとそれ以上の助言なしに疑問を解決できた場面も見られた。研究を進めながらワークシートを見返すことにより、生徒が自らの状況を俯瞰できるようワークシートの添削指導を効果的に行う方法やポイントを見出すことが課題と言える。

さらに、研究をまとめて発表する段階において、研究方法や結果の説明などのポスターを構成する各項目の記述について、生徒同士で議論しながら書くことができていた。ワークシートを用いて研究テーマ設定に取り組んだ経験から、教員に確かめてから書くのではなく、書いたものを評価してもらう態度で発表準備ができたのだと考えられる。目的と結論の対応などポスター全体の論理構成や、発表を聴く者と共有しておく必要のある情報や認識の提示などについては、生徒同士での解決が難しかったが、クラス内の発表会での質疑応答を通じて、より正確に分かりやすく伝わる発表資料を作成することができるようになった。



図3 平成 30 年度 研究発表会（2月）の様子

### 5 1年生での取組の改善

本校では、平成 29 年度に「数学Ⅰ」及び「社会と情報」において第 1 学年第 1 学期に扱う単元をそれぞれ「データの分析」及び「情報の活用と表現」とすることにより、科目間で連携して課題研究に必要な情報処理の基本技能や科学的な思考力、表現技法を習得するための取組を試行している。すべての生徒がデータ分析の結果をポスターにまとめ、統計グラフコンクール（香川県政策部統計調査課主催）に出品している。この試行を受け、平成 30 年度からは SSH 学校設定科目「科学探究基礎」の中で統計教育を充実させている。この取組による成果は次項の普通科文系

コースの受賞などにも現れている。

一方で、3.3 にも述べたように、第 1 学年においてデータの分析及び解釈の方法を習得させる必要性が依然として示唆されている。これは、1 次データを生徒自らが取得し、分析、考察を行い結論づける経験の必要性と考えられる。そこで、平成 30 年度より SSH 学校設定科目「科学探究基礎」（第 1 学年）において、取得したデータを分析して過不足なく考察する能力を養う「ミニ課題研究」を実施している。

### 6 おわりに

これまで述べたように探究活動を普通科に広げたことによる成果として、「教育課程外の自主的な探究活動が現れたこと」が挙げられる。1 年生の有志によるグループや異なる学科や学年の生徒からなる混成グループが研究に取り組み、コンテスト等に応募して受賞するなどの活動が見られた。また、「文系の生徒の探究活動が活発になったこと」も成果である。統計・データ利活用の手法により探究に取り組み、「第 7 回 データビジネス創造コンテスト」（慶應義塾大学主催）における高校生部門賞受賞などの成績を収めている。

さらに、生徒同士のディスカッションが活発になってきていると感じる教員や、研究を生徒とともに楽しむ教員が現れたことも成果であると考えられる。

### 参考文献

- 1) スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書, <https://www.kagawa-edu.jp/kanich01/index.php/ssh/seika> (2019 年 5 月現在).
- 2) 乃口哲朗, 第 35 回物理教育研究大会 原著講演 7-2, ポスター発表 P2-7.

### 用語解説

- \*1 スーパーサイエンスハイスクール：文部科学省が次の目的のために指定する高等学校。先進的な理数教育を実施するとともに、高大接続の在り方について大学との共同研究や、国際性を育むための取組を推進する。また創造性、独創性を高める指導方法、教材の開発等の取組を実施する。
- \*2 ループリック：到達度を表す観点と尺度からなる表。
- \*3 運営指導委員会：公正・中立的な立場から、SSH 指定校における SSH の運営に關し、専門的見地から指導・助言を行う。



のぐち・てつろう

筆者紹介【経歴】2011 年東京理科大学大学院理学研究科物理学専攻後期博士課程満期退学後、私立中・高等学校で非常勤講師を経て、香川県立高等学校教諭。【専門】固体物理・低温電子物性。【趣味】漆芸、釣り、落語鑑賞。【連絡先】768-0069 香川県観音寺市茂木町四丁目 2 番 38 号（勤務先）