

“探究”の質を向上させるための教師の働きかけ

* 能代谷 賢治, * 内山 哲治

Teacher's Approaches for Quality Improvement in "Inquiry-Based Study"

NOSHIROYA Kenji and UCHIYAMA Tetsuji

要 旨

令和2年度に高等学校Aの理数科課題研究, 令和3年度に高等学校Bの理数科課題研究に携わった。そこで, 生徒主体で行われるべき探究活動の質は, 教師の働きかけ方に大きく依存することが分かった。我々は, この働きかけが二層構造であると仮定した。一層目は探究活動ではない授業等での日常的な働きかけである。これは教科内容を通じた生徒との信頼関係を構築し, 生徒の学習・探究意欲の活性化に寄与し得る。二層目は探究型の授業における働きかけである。これは生徒が各教科で習得した資質・能力の活用を促し, 探究活動を促進させることに寄与し得る。ここで探究活動の質に関して, 二層目の働きかけの有効性には, 一層目の働きかけによって構築された教師と生徒間の関係が大いに影響を及ぼしていると考えている。

Key words : 学習指導要領, 総合的な探究の時間, 理数探究, 質の高い探究, 課題解決型学習

1. はじめに

高等学校学習指導要領(以下, 新学習指導要領)が平成30年に告示され, 令和4年度から各教科において年次進行で実施される(文部科学省, 2018a)。

これまで理数科などの専門学科において開設されてきた「課題研究」は数学, 理科分野における探究的な学習を中核に据えた科目である。新学習指導要領解説 理数編(文部科学省, 2018b)によれば, 探究的な学習は知識・技能の着実な習得や思考力・判断力・表現力等の育成などに有効であると述べられている。ただし課題として, 指導のノウハウが教員間に共有されていないという点が挙げられている。一方, スーパーサイエンスハイスクールや理数科での「課題研究」の取組によって, 探究的な学習の有効性が広く認められてきた背景から, 普通科を含む各教科で共通する教科として「理数」が新設された。共通教科である「理数」は, 「理数探究基礎」及び「理数探究」を科目として編

成する。この「理数」では, 数学, 理科の知識や技能を総合的に活用して主体的な探究活動を行うことで, 学術研究を通じた知の創出をもたらしことのできる創造性豊かな人材の育成を目指している。また, この「理数探究基礎」又は「理数探究」の履修によって, 「総合的な探究の時間」の履修の代替とすることが可能である。なお, 代替が可能な場合は, 「総合的な探究の時間」と同様の成果が期待できる場合とされている。

新学習指導要領解説 総合的な探究の時間編(文部科学省, 2018c)によれば, 高等学校における「総合的な探究の時間」は, 小・中学校における「総合的な学習の時間」の取組を基盤とし, 各教科・科目の特質に応じた見方・考え方を総合的・統合的に働かせることが求められている。加えて, 自己の在り方生き方を考えながら, よりよく課題を発見し解決していく資質・能力の育成を目指している。この「総合的な探究の時間」には, 各教科に位置付けられた探究的科目(「理数探究」など)とは異なる特質がある。各教科に位置

* 宮城教育大学教職大学院

付けられた探究的科目は当該教科・科目における理解をより深めることを重視している。一方で、「総合的な探究の時間」は①学習の対象や領域が特定の教科・科目等に留まらずに横断的・総合的であること、②複数の教科・科目等における見方・考え方を総合的・統合的に働かせて探究すること、③解決の道筋がすぐには明らかにならない課題や唯一の正解のない課題に対して最適解や納得解を見出すこと、の3点を重視している。

また、「総合的な探究の時間」では、生徒の探究が“質の高い探究”であることが求められている。ここで、“質の高い探究”とは、探究の過程が高度化すること（整合性、効果性、鋭角性、広角性）、探究が自律的に行われること（自己課題、運用、社会参画）として表現されている。（文部科学省、2018c）。表1は、“質の高い探究”の定義とその要素を整理したものである。

表1 “質の高い探究”の定義とその捉え方（文部科学省、2018c）

探究の過程が高度化する	整合性	目的と解決の方法に矛盾がない
	効果性	適切に資質・能力を活用している
	鋭角性	焦点化し深く掘り下げて探究している
	広角性	幅広い可能性を視野に入れながら探究している
探究が自律的に行われる	自己課題	自分にとって関わりが深い課題になる
	運用	探究の過程を見通しつつ、自分の力で進められる
	社会参画	得られた知見を生かして社会に参画しようとする

「総合的な探究の時間」における教師の指導に関して、様々な先行研究がなされてきた。福井県立若狭高等学校の探究では課題設定能力の育成を目指し、ルーブリックに基づき探究活動の評価を行っている。その際、生徒だけで自己評価するのではなく、教師と生徒で話し合いながら形成的評価を行う。これにより、生徒の目標を明確にするとともに、教師が生徒の進捗状況を把握でき、よりの確な指導ができるようになったと述べられている（福井県立若狭高等学校、2021）。また、京都市立堀川高等学校では、研究者等の外部講師に講義を依頼している。これにより、生徒に探究の目的や価値を理解させることが生徒の日々の学習や探究活動に対する意欲の向上につながると述べられている。また、主体的な学びや挑戦的課題に結びついていることも示唆されている（京都市立堀川高等学校、2020）。このように、“質の高い探究”に向けた取組が各学校の実情に合わせて行われている。

一方で、“質の高い探究”の実現には課題が残されていると考えられる。梶木は、教員が熱意をもって探究型の授業を計画し準備しても、探究の過程が繰り返

される手ごたえを感じられないことが少なくなかったことを報告している。その背景には、①課題が複雑であり、探究活動の目指すべきゴールが見えにくいこと、②生徒が実社会と関わる中で探究する必要性を感じる事が難しく、課題を見つけて問い立てることが難しいこと、③生徒が探究活動の中で疑問に感じたことの答えが分かったとき、新たな問いを立てて探究の過程を進んでいく推進力が不足していること、の3つの原因があると述べている（梶木、2021）。ゆえに、“質の高い探究”は概念として明白であるものの、その実現は容易でないことが分かる。

2. 目的

本研究の目的は、“質の高い探究”を実現させるために教師がどのような指導・支援を行うことが有効であるか、を検討することである。特に「総合的な探究の時間」の履修の代替とすることのできる「理数探究基礎」及び「理数探究」に焦点を当て、“質の高い探究”の実現に向けた教師の指導・支援を検討する。ま

た、その教師の指導・支援が各教科・科目の理解をより深める探究的科目（「理数探究」など）だけでなく、教科等横断的な視点や実生活における課題を探究する「総合的な探究の時間」においても有効な指導であるか、を併せて検討する。

3. 方法と結果

我々は、令和2年度の高等学校A理数科課題研究にティーチング・アシスタント（以下、TA）として携わり、令和3年度に高等学校B理数科課題研究に教育実習生として携わった。なお、AB両校とも物理班の研究活動に携わった。次に、AB両校の理数科及び理数科課題研究物理班について述べる。

高等学校Aは、1年次より野外巡検や研究室訪問、課題研究などの理数科独自の活動を通して、自然科学に関する知識や教養、学問への興味・関心を深めることを目指している。また、探究的な学習活動を重視し、観察力・分析力・考察力を伸張させることを基本方針としている。令和2年度の高等学校A理数科課題研究の物理班は第2学年4名で1つの班が構成され、7月から3月まで研究活動を行った。携わった班の研究テーマは「ジャイロ効果による飛距離の変化」であり、図1のような装置を用いて実験を行っていた。我々は令和2年9月から令和3年2月まで、月に1時間程度のペースで5時間分（全体の授業時数は23時間）に携わった。その中で、我々は生徒の研究補助及び生徒へ

の指導助言を行いながら、生徒及び指導教員の言動を観察し、手書きによる記録を行った。また、生徒がその授業内で何を研究したのかを記入して指導教員に提出する「振り返りシート」の内容を確認し、その記録を行った。

高等学校Bは、課題研究や大学の研究者を招いた講演会や研修会を通して、数学・理科及び英語に重点を置いた学習を行い、十分な基礎学力と応用力の育成を目指している。また、フィールドワークや国際交流などの課外活動を展開し、領域横断的な着眼点と科学的な探究力、高い倫理性、国際性を有した生徒の育成を目指している。また、大学との連携を活用し、英語による発表や質疑応答を段階的に経験させるなどの取組がなされている。令和3年度の高等学校B理数科課題研究の物理班は第2学年5～6名で1つの班が構成され、4月から研究活動を続け3月までの研究活動が予定されている。携わった班の研究テーマは「ペットボトルフリップ成功の要因」であり、図2のような装置を用いて実験を行っている。我々は令和3年6月から令和3年8月まで、週に1時間程度のペースで5時間分（全体の授業時数は35時間予定）に携わった。その中で、我々は高等学校AでのTAと同様に、生徒の研究補助及び生徒への指導助言を行った。また、同時進行で生徒及び指導教員の言動を観察し、手書きによる記録を行った。また、班の生徒1名が持ち回りで記入する「研究ノート」（生徒が本時の研究における目標や詳細な実験方法、実験結果とその考察、本時

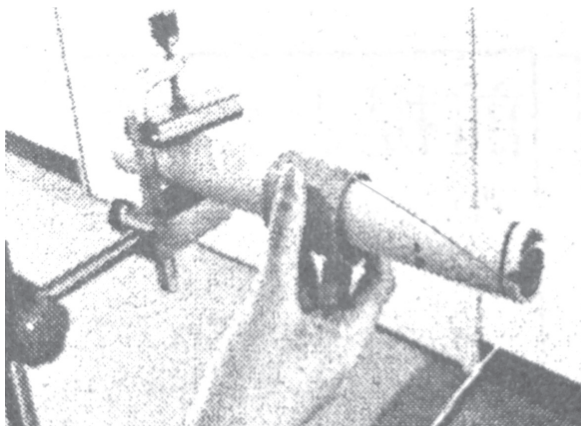


図1 高等学校A理数科課題研究物理班の実験装置

円筒に輪ゴムを取付け、台から発射させる際に回転を加える。その回転角度と円筒の飛距離の相関を研究した。



図2 高等学校B理数科課題研究物理班の実験装置

ペットボトルを投げる人の腕を再現した実験装置である。木材の先端部にあるフックにペットボトルを掛け、振り子のようにペットボトルを投げる。地面でペットボトルが立つための最適条件を研究している。

の振り返り、次時に研究することを記入するノートであり、後日、指導教員が添削を行う)の内容及び前時までの指導教員の添削を確認し、その記録を行った。

AB両校で理数科課題研究における物理班の研究活動に携わる中で、生徒の取組及び教師の指導の状況を整理し、探究活動の質を評価した。なお、探究活動の

質に関しては表1に示した“質の高い探究”の定義とその捉え方に基づいて評価した。表2は“質の高い探究”の要素に対応する評価の観点を定義したものである。これらの観点に基づいて、生徒及び指導教員の言動を観察し、記録を行った。

表2 探究活動の評価に用いた観点

“質の高い探究”の要素とその捉え方		評価に用いた観点
整合性	目的と解決の方法に矛盾がない	研究の目的と方法との一貫性の実現
効果性	適切に資質・能力を活用している	適切な実験条件の設定
		データ・グラフから分かることの整理・分析
鋭角性	焦点化し深く掘り下げて探究している	実験の精度向上への工夫
広角性	幅広い可能性を視野に入れながら探究している	身近な実験材料の工夫
		理論との比較
自己課題	自分にとって関わりが深い課題になる	主体的な取組
		自身のテーマとの関連付け
運用	探究の過程を見通しつつ、自分の力で進められる	見通しを持った長期的な計画
社会参画	得られた知見を生かして社会に参画しようとする	社会への参画

整合性に関しては、生徒の研究目的と研究方法に一貫性があるか、で判断する。効果性については、理科及び「物理」の授業で習得した資質・能力を活用できているかどうかで捉えられる。例えば、適切な実験条件が設定できているか、また、データやグラフから分かることを整理・分析し考察につなげられているか、で判断する。鋭角性に関して、実験の精度向上に向けた工夫が研究活動の中でなされているか、で研究内容を深く掘り下げられているかを判断する。広角性については、高校生ならではの視点から身近な実験材料で研究する視点があるか、また、実験と理論との比較を行いながら、様々な要因を視野に研究しているかで判断する。自己課題に関して、生徒が主体的に課題を解決しようとしているか、また、生徒がそのテーマで研究する意義を見出せているか、で判断する。運用については、校内発表及び外部発表に向けて、長期的な研究計画が立てられているか、で判断する。

社会参画に関しては、生徒が研究内容を社会にどのように還元できるかを考えているか、で判断する。

前述の通り、“質の高い探究”は、「総合的な探究の時間」において求められている(文部科学省, 2018c)。また、「理数探究基礎」又は「理数探究」は、「総合的な探究の時間」の履修の代替とすることが可能であり(文部科学省, 2018b)、「総合的な探究の時間」と同様の成果が期待されている。このことから「理数探究基礎」及び「理数探究」は、「総合的な探究の時間」の目標である“質の高い探究”の定義に基づいて評価することが妥当であると考えた。そこで我々は、把握した生徒の取組の状況を“質の高い探究”の要素との対応を踏まえながら分類した。

次に、理数科課題研究物理班に携わった中で見取ったAB両校の生徒の取組及び教師の指導の状況について述べる。

3-1. 理数科課題研究における生徒の取組

表3はAB両校の理数科課題研究で携わった物理班の生徒の取組の状況を示している。なお、本研究ではAB両校の物理班を対象としたが、化学班や生物班、

地学班、数学班もあった。それらの班には携わることができなかったため、物理班とは異なる状況であった可能性がある。

表3 AB両校の理数科課題研究（物理班）の取組の状況

○：できている，△：課題が残る，－：不明（確認されなかった）

“質の高い探究” の定義との対応	評価に用いた観点	高等学校 A 物理班	高等学校 B 物理班
整合性	研究の目的と方法との 一貫性の実現	○	○
効果性	適切な実験条件の設定	△	○
	データ・グラフから 分かることの整理・分析	△	○
鋭角性	実験の精度向上への工夫	△	△
広角性	身近な実験材料の工夫	○	○
	理論との比較	△	△
自己課題	主体的な取組	○ (一部の生徒は△)	○
	自身のテーマとの 関連付け	○ (一部の生徒は△)	○ (一部の生徒は△)
運用	見通しを持った 長期的な計画	△	△
社会参画	社会への参画	－	－

まず、高等学校 A では次のような生徒の取組が見られた。整合性に関して、生徒は研究の目的と方向を一貫して研究することができていた。効果性に関して、生徒は実験条件の設定時に円筒の回転角度と円筒の初期位置を同時に変化させており、対照実験となるような条件を設定することができていなかった。データ・グラフから分かることの整理・分析については、生徒がコンピュータ上でグラフを表示させていた際に、我々はその生徒に「このグラフは何を示しているのか。」と聞いたところ、その生徒は少し悩んだ後、他の生徒に聞いていた。つまり、コンピュータでグラフを表示させた後、そのグラフが何を示しているかを読み取れていなかった。鋭角性に関して、生徒が実験データの精度を議論している場面は見受けられたが、実験の試行回数を増やすことばかりが議論され、実験装置の改良や測定方法の見直し等の系統誤差を小さく

する工夫が検討されていなかった。そのため、鋭角性に関しては課題が残った。広角性については、生徒はトイレットペーパーの芯や輪ゴムなどの身近で安価に入手できる材料を用いて実験を行っていた。また、生徒は動画を撮影しながら円筒の運動を理論と関連付けて分析しようと試みていた。自己課題に関して、多くの生徒は授業時間内に何をすべきか考え、行動していた。また、分からないことを教師やTAに積極的に聞く姿が見受けられたため、進んで研究活動に取り組んでいたと判断できた（しかしながら、一部の生徒は課題研究の時間内に何をすべきか分からなくなり、班員や教師からの指示を待っていたことがあった）。自己課題のテーマとの関わりに関して、多くの生徒が研究テーマを自分事として捉え、研究に取り組んでいた（しかしながら、一部の生徒はその研究テーマに関して研究する意義を見出せずにいた）。運用については、

生徒は次時に何を研究するかなど短期的な研究計画を立てることはできていたが、校内発表等に向けた長期的な研究計画を立てることは難しかった。社会参画に関しては、“質の高い探究”に対応する生徒の取組は確認されなかった。

一方、高等学校Bでは次のような生徒の取組がみられた。まず整合性に関して、生徒は研究の目的と方向を一貫して研究することができていた。効果性に関して、生徒はペットボトル内の水量のみを変化させたり、実験装置のうでを振る角度のみを変えたりと実験条件の設定をしており、対照実験となるような条件を適切に設定できていた。データ・グラフから分かることの整理・分析については、生徒がコンピュータ上でグラフを表示させていた際に、我々はその生徒に「このグラフは何を示しているのか。」と聞くと、その生徒は、「ペットボトルの重心の高さとペットボトルが立つ確率は関係していることが分かります。」と答えた。グラフによる量的関係の考察が適切に行われていたと判断できる。鋭角性に関して、生徒が実験データの精度を検討している場面は見受けられたが、実験の試行回数を増やすことばかりが議論され、実験装置の改良や測定方法の見直し等の系統誤差を小さくする工夫が検討されていなかったことから、高等学校Aと同様に課題が残った。広角性については、生徒はペットボトルや木材などの身近で安価に入手できる材料を用いて実験を行っていた。また、理論との比較について、生徒の主な考察には課題が残った。例えば、「投げたペットボトルを立たせるためには、内部に水を100mL加えることが最適であることが分かった。」という記述からは、生徒が実験結果と考察を混同している様子がうかがえた。また、考察が「ペットボトルの変形が大きな誤差要因であると考えられる。」のように偶然誤差の検討に留まっていた。自己課題の主體的な取組に関して、多くの生徒は授業時間内に何をすべきか考え、行動していた。また、分からないことを教師やTAに積極的に聞く姿が見受けられたため、進んで研究活動に取り組んでいたと判断できた。自己課題のテーマとの関わりに関して、多くの生徒が研究テーマを自分事として捉え、研究に取り組んでいた(しかしながら、一部の生徒はその研究テーマに関して研究する意義を見出せずにいた)。運用に関して、生徒は次時に何を研究するかなど短期的な研究計画を立て

ることはできていたが、校内発表等に向けた長期的な研究計画を立てることはできていなかった。社会参画に関しては、“質の高い探究”に対応する生徒の取組は確認されなかった。

3-2. 理数科課題研究の教師の指導

表4はAB両校の理数科課題研究で携わった物理班の教師の声掛けをまとめたものである。なお、本研究ではAB両校の物理班を対象としたが、化学班や生物班、地学班、数学班もあった。それらの班には携わることができなかつたため、物理班とは異なる声掛けであった可能性がある。

まず、高等学校Aで観察された教師の声掛けは次のようなものであった。整合性に関して、教師は校内発表の前に実験データから明らかになったことを踏まえて研究目的を再考させる声掛けを行っていた。効果性の実験条件の設定に関して、教師は本時の研究でどのような実験を行うのかを生徒に確認していた。しかしながら、教師が細かな実験条件の設定を確認する姿を見取ることができなかった。効果性のデータ・グラフから分かることの整理・分析に関して、教師は生徒に対して実験データのまとめ方や平均値、標準偏差の求め方を直接的に与えていた。しかし、生徒が実験結果を整理する際に何が必要かを考える姿を見取ることができなかった。鋭角性に関して、教師は生徒が実験データの誤差を議論していることを認識していたが、生徒に考えさせる教師の声掛けは確認できなかった。広角性の身近な実験材料に関して、教師は可能な限り生徒や学校側で準備できる材料での研究を促す声掛けを行っていた。広角性の理論との比較に関して、教師が行う理論との比較に関する声掛けは確認されなかった。自己課題の主體的な取組に関して、教師は効率的な研究活動を促す声掛けを行っていた。自己課題のテーマとの関わりに関して、教師が行う生徒と研究テーマとの関わりに関する声掛けは確認されなかった。運用に関して、教師は「振り返りシート」(本時に研究したことを生徒に記入させるシート)で生徒に研究活動を振り返らせていた。しかしながら、長期的な研究活動に関しては日程の共有のみに留まっている様子であった。社会参画に関して、“質の高い探究”に対応する教師の声掛けは確認されなかった。

高等学校Bでは、整合性に関して、教師の整合性

表4 AB両校の理数科課題研究(物理班)に関わる教師の言葉掛け例

☆:「研究ノート」内で教師が生徒に行ったコメント
 —:対応する声掛け・コメントが確認されなかった

“質の高い探究” の定義との対応	評価に用いた 観点	高等学校A 物理班	高等学校B 物理班
整合性	研究の目的と 方法との 一貫性の実現	・いくつかの実験を行ってきた中で明らかになったことを踏まえて、研究の目的をもう一度考えてみよう。	—
効果性	適切な 実験条件の設定	・今日はどのような条件で実験する？	・ペットボトルの水量をどのように変化させたら良いだろうか。 ☆この考察には〇〇の条件の実験結果も必要ではないか。
	データ・グラフ から分かること の整理・分析	・実験データはこのような表でまとめると良いよ。 ・実験データの平均値と標準偏差を求めてみよう。	☆何をどのように変化させると、どのような結果になった？
鋭角性	実験の精度向上 への工夫	—	・データの誤差を小さくするために工夫できることは何だろうか。
広角性	身近な 実験材料の工夫	・トイレットペーパーの芯は使えそうかな。	・100円ショップで探してみても、身近で実験に活用できそうな物はないだろうか。 ・学校には高吸収性ポリマーがあるよ。
	理論との 比較	—	・これまでの物理で学習したことで活用できそうなことはあるだろうか。 ☆ペットボトルの重心の高さは理論的にどう変化しているだろうか。 ☆ペットボトル内の水の動きを解析できないだろうか。
自己課題	主体的な 取組	・時間ないよ。 ・テキパキ動こう。	・実験をする人とデータを解析する人に分かれて時間を有効に使おう。 ☆まずは実験をしてみても、改良を加えていこう。
	自身のテーマ との 関連付け	—	☆自分たちが明らかにしたいことを研究した方が良いよ。
運用	見通しを持った 長期的な計画	・振り返りシートに本時で研究したことを記入しよう。	・校内発表に向けて、〇〇を研究するとある程度の形になるのではないか。 ・外部発表をしてみない？
社会参画	社会への参画	—	—

に関する声掛けは確認されなかった。効果性の実験条件の設定に関して、教師は生徒が実験条件を設定する前にペットボトルの水量をどのように変化させたら良いだろうかと生徒に問いかけていた。つまり、生徒を1つの変数に着目させ、どのような実験をすべきかを

生徒に考えさせていた。効果性のデータ・グラフから分かることの整理・分析に関して、教師はどの条件を変化させると結果がどう変化したかを生徒に問いかけていた。鋭角性に関して、教師は生徒に対し実験データの誤差を小さくするために工夫できることは何かを

問いかけていた。広角性の身近な実験材料に関して、教師は可能な限り生徒や学校側で準備できる材料での研究を促す声掛けを行っていた。また、高吸水性ポリマーなどの実験で使用できると思われる学校の備品があることを生徒に伝えていた。広角性の理論との比較に関して、教師は生徒が物理の授業でこれまで学習したことを活用できないかと声掛けを行っていた。また、水量変化によるペットボトルの重心の高さ変化やペットボトル内の水の動きを理論的に分析させようと働きかけていた。自己課題の主体的な取組に関して、教師は役割を分担させるなど効率的な研究活動を促す声掛けを行っていた。自己課題のテーマとの関わりに関して、教師は何を研究すべきか悩んでいる生徒に対し、「自分たちが明らかにしたいことを研究した方が良いよ。」と働きかけていた。運用に関して、教師は校内発表に向けた研究の方向性を生徒とともに考えていた。また、複数の班に対し外部の研究大会での発表を促していた。社会参画に関して、“質の高い探究”に対応する教師の声掛けは確認されなかった。

3-3. 理数科課題研究の実態

ここでは3-1.及び3-2.で示した観察結果に基づいて、AB両校の理数科課題研究の状況を整理する。まず、高等学校Aについて整理する。3-1.より、主体性がない生徒は教師や他の生徒の指示を待っており、研究活動自体が止まっていた。また、研究・探究したいと思っている生徒でも適切な実験条件の設定や長期的な研究計画などに課題が残った。つまり、主体性のある生徒でもどのように研究・探究すれば良いのかを理解できていない様子であったと考えられる。また、3-2.より教師の声掛けとして生徒との研究計画や日程等の共有は行われていたが、生徒に課題が残る観点に分類される声掛けが生徒に作用していない、あるいは確認されることが考えられる。したがって、研究に対する主体性がない生徒の活動自体が止まってしまう、主体的に取り組んでいる生徒も研究計画や実験条件の設定、実験精度の向上、考察などにおける課題があると思われた。

これらの状況を踏まえると、生徒の深い探究に関する課題は三段構造となっていると考えられる(図3)。一段目は生徒の主体性の有無であり、二段目は研究計画や実験、考察場面に関する課題である。三段目は実

験の精度向上及び理論との比較に関する課題である。ここで、この三段構造と梶木(2021)が示した探究の過程が繰り返されない3つの原因との対応を示す。一段目の課題は、一部の生徒が研究テーマと自分との関わりを見出せず主体的に取り組めていなかったことから、②生徒が実社会と関わる中で探究する必要性を感じる事が難しく、課題を見つけて問い立てることが難しいこと、と対応していると考えられる。二段目の課題は、生徒が長期的な研究計画を立てることや適切な実験条件を設定すること、データやグラフから分かること整理・分析することに課題を抱えていたことから、①課題が複雑であり、探究活動の目指すべきゴールが見えにくいこと、と対応していると考えられる。三段目の課題は、実験結果や考察から新たな疑問や実験の改善点などが検討されていなかったことから、③生徒が探究活動の中で疑問に感じたことの答えが分かったとき、新たな問いを立てて探究の過程を進んでいく推進力が不足していること、と対応していると考えられる。この三段目の課題は精度を向上させるために追実験を工夫したり、理論を踏まえた深い考察を行ったりするように、教師が積極的な支援を与えるべき課題である可能性がある。この課題が解消されることによって、生徒が行う実験と考察のサイクルが促進され、新たな問いが生じるといった探究が深まっていくことが推測できる。このように、高等学校Aの理数科課題研究における生徒の状況を整理することによって、梶木(2021)が示す3つの原因はそれぞれが独立なものではなく、図3に示す段階があるのではないかと考えられる。

続いて、高等学校Bについて整理する。3-1.より、研究に対して進んで取り組んでいる生徒が多い中、一部の生徒は研究に対する主体性がなかった。しかしながら、課題研究の時間内に何をすべきか分からなくなっている生徒は確認されなかった。ただし、研究に対して進んで取り組んでいる生徒においても、長期的な研究計画を立てることは困難な様子であった。実験に関しては身近な実験材料を用いる工夫を凝らすとともに、実験条件の設定が適切に行われていた。しかしながら、実験の精度について課題が残った。結果及び考察に関しては、実験で得られたデータを整理・分析することができていたが、理論との比較について課題があった。また、3-2.より教師の声掛け・コメン

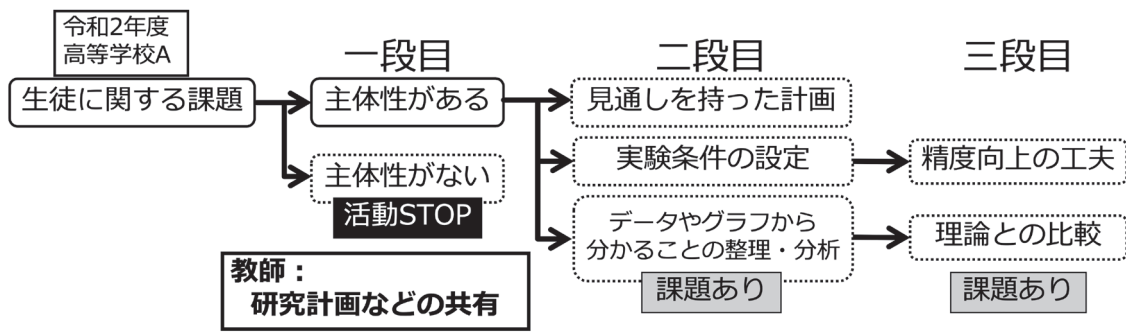


図3 令和2年度 高等学校Aの理数科課題研究の状況

トとして、生徒との研究計画や日程等の共有が行われていた。さらに、コクヨ株式会社が発売しているリサーチラボノートを「研究ノート」として使用していた。この「研究ノート」（本時の研究における目標や詳細な実験方法、実験結果と考察、本時の振り返り、次時に研究することを各班の生徒1名に持ち回りで記入させ、教師が添削を行うもの）の添削を通して研究内容に対する指導助言を行っていた。この研究ノートを活用した教師の働きかけによって、研究に主体的ではない生徒が班の生徒らと取り組むべきことを認識し、研究活動が継続的なものになっていた。また、教師は「ペットボトル内の水量をどのように変化させたら良いだろうか。」や「データの誤差を小さくするために工夫できることは何だろうか。」等の生徒に考えさせる・気づきを与える問いかけを意識的に行っていることが分かった。実験場面や考察場面において、答えを明示しない形での問いかけをすることで、生徒自身の思考を促していた。さらに、教師-生徒間の対話から生徒-生徒間の対話へと移行させ、生徒の対話的な学びを

促していると感じられた。

高等学校Bの生徒に関する課題の三段構造を図4に示す。生徒が設定したテーマに関して研究する意義が見出せない生徒も、実験データの分析やグラフの作成には取り組んでいたり、教師が「自分たちが明らかにしたいことを研究した方がいいよ。」とコメントしたことで、研究の方向性が見直されたりしていた。つまり、研究に対する主体性がない生徒も、実験データの分析やグラフの作成などといった班内の役割分担や、教師がコメントした教師との「研究ノート」の活用によって研究活動を継続することができていたと考えられる。また、教師が行った「ペットボトルの水量をどのように変化させたら良いだろうか。」という、考えさせる・気づきを与える問いかけを受け、生徒は対照実験となるような実験条件を適切に設定できていた。また、次の実験時には生徒自らが実験装置のうでの長さや振れ角などの初期条件をどのように変化させるべきかを検討していた。よって、科学的な思考に基づいた実験や考察が行われていたと考えられる。

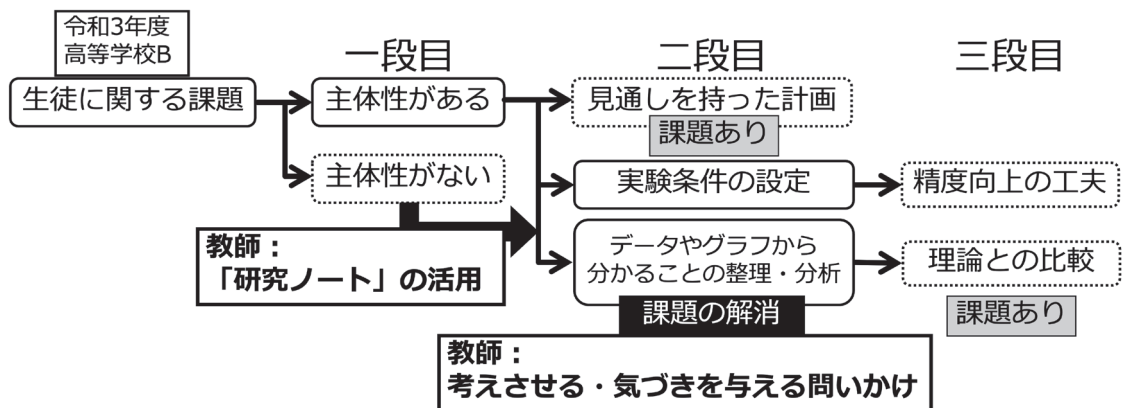


図4 令和3年度 高等学校Bの理数科課題研究の状況

4. “質の高い探究”の実現に向けた教師の働きかけ

3.で議論したAB両校の状況に基づいて探究活動の質を比較する。3-1.及び3-2.で用いた評価規準に基づいて生徒の取組を比較すると、実験条件の設定やデータ・グラフから分かることの整理・分析、主体的な取組の3点で高等学校Bの方が“質の高い探究”に近づいていたと言える。ここで、AB両校の大きな違いはコーチング的な声掛け(生徒の主体的・自主的な行動を促し、目標・目的に向かって前進させる声掛け)や、「研究ノート」の活用などの教師の働きかけであり、これが探究活動の質に重要な影響を与えたと考えられる。

高等学校Bの理数科課題研究に携わった中で、生徒らは探究する上での疑問が生じた際、即座に指導教員に対して質問していた。それを受けて、指導教員は正解となる直接的な回答ではなく、考えさせる・気づきを与える問いかけを行い、的確なヒント(間接的回答)を与えていた。この問いかけにより、生徒らは主体的に考えざるを得ない状況に立たされ、班員同士で試行錯誤している様子であった。つまり、探究活動に対する生徒の主体性に関して、教師が行う「実験の条件をどのように変化させたら良いだろうか。」や、「物理の授業で学習したことを活用できないだろうか。」などのコーチング的な声掛けや生徒に考えさせる・気づきを与える問いかけは生徒の思考を促進させ、生徒が各教科で習得した資質・能力の活用に寄与していた。また、生徒に学びたい、探究したいという意欲を持たせることができることが分かった。高等学校B理数科課題研究で物理班を指導する教師の物理の授業を観察した。その際、このようなコーチング的な声掛けは探究活動だけではなく授業等での日常生活においても行われていることが分かった。具体的には、「電磁誘導はIHや非接触充電など日常生活の様々なところで活用されているね。ところで、IH調理器はどのようにして加熱しているのだろうか。」という問いを提示していた。その授業後、生徒らは自身のスマートフォンや情報端末で電磁誘導の利用例を調べていた。この問いに答えるために、生徒は電磁誘導や電気抵抗、ジュール熱などの既習事項を相互に結びつける必要がある。したがって、この問いは生徒の思考を促

進させ、既習事項を相互に結びつけることに作用すると考えられる。また、この問いは教師と生徒の信頼関係を構築する作用に結びつく可能性がある。前述の通り、高等学校Bの理数科課題研究において、生徒らは探究する上での疑問が生じた際、即座に指導教員に対して質問していた。この背景には、生徒が指導教員に質問しやすい環境づくりがなされていると考えられる。「理数探究」や「総合的な探究の時間」などで行われる探究活動は、生徒が主体的に探究に取り組むことが求められている(文部科学省, 2018b, 2018c)。よって、探究活動において教師から正解となる直接的な答えを与えてはならない。そこで、授業等での日常的な働きかけによって、生徒が教師に対して質問しやすい関係性を構築しておく必要があると考えられる。教師と生徒との信頼関係について、中井・庄司(2008)によれば、中学校2年生及び3年生では教師の信頼関係に関して、教師に対する安心感だけでなく教師に対する役割遂行評価(先生は自信を持って指導を行っているように感じる、先生は教師としてたくさんの知識を持っていると思う等)が意識され、その意識が「進路意識」における適応に影響している可能性が推察されている。これは中学生を対象に行った調査であるが、入試などによって自身の進路を意識している高等学校の生徒も教師に対して自信を持って指導を行ってほしい、多くの知識を持ってほしいと感じていると推測できる。つまり、教師の役割遂行評価が教師の信頼関係に影響すると考えられる。また、生徒との信頼関係の構築を目指す際、教師との関係に自律的動機づけ(楽しい、興味があるなどのポジティブな感情により自主的に行動する心理的過程)を高めることの有効性が検討されている(中井, 2015)。コーチング的な声掛けや考えさせる・気づきを与える問いかけは、生徒に知りたい・学びたいという動機づけを高めるのと同時に、教師と生徒との信頼関係の構築に寄与し得る。つまり、日常的に教科内容を通して「教師と生徒との信頼関係の構築」にも寄与している可能性がある。我々は、無意識に受け入れている自然現象を意識化させることによって自然現象や身近な物理現象を再認識させる「経験帰納的学習」を提唱し、課題解決型学習に移行できない初期段階の学習者に有効な手段であることを示した(内山・山口, 2013; B.J.S Barron et al., 1998)。ここでも、無意識の意識化は教師の声掛けによって誘

導され、自然現象に対する感動や驚きを与える効果があると考えられる。

これらの研究と併せて、高等学校Bの理数科課題研究における教師の働きかけを捉え直すと、(i)生徒主体の研究活動を前提に、教師は授業等での日常的な働きかけによって生徒との信頼関係を構築している。(ii)この信頼関係によって、生徒は教師に質問しやすくなる。(iii)その質問に対し、教師は正解となる直接的な回答ではなく考えさせる・気づきを与える問いかけを行い、的確なヒント(間接的な回答)を

与える。(iv)その問いかけにより、生徒は主体的に考えざるを得ない状況となり、班員と試行錯誤するという段階を経ていると考えられる。また、授業等での日常的な働きかけが生徒との信頼関係構築の作用を起こし、生徒自らが知りたい・学びたいという主体的な学び(課題解決型学習)を促進させている可能性が考えられる。

以上のことから、“質の高い探究”を実現させるために有効な教師の働きかけは、図5に示す二層構造となっていると考えられる。

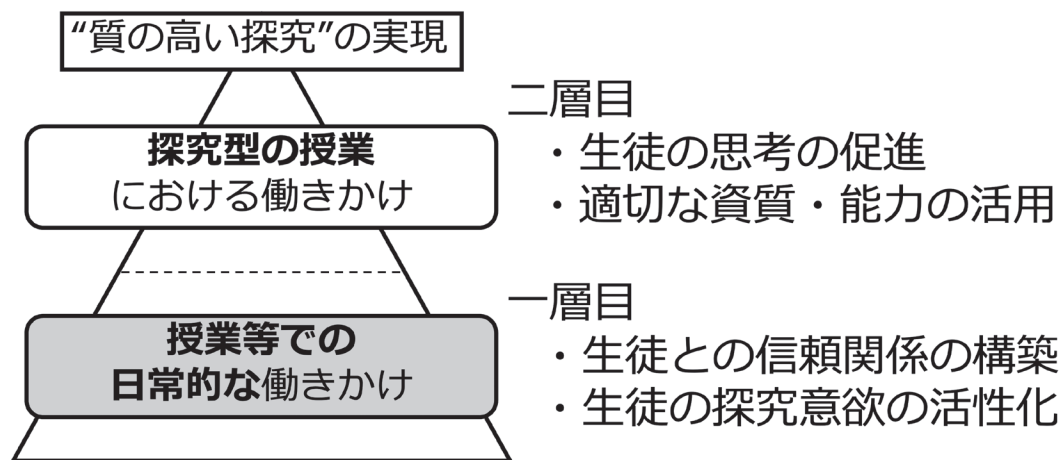


図5 “質の高い探究”を実現させる教師の働きかけ

一層目は各教科の授業等での日常的な働きかけであり、生徒の学習・探究意欲の活性化に繋がるだけでなく、教科内容を通じた信頼関係の構築に寄与し得る。具体例として、「IH調理器の加熱原理を説明する際に、これまで学習したことをどのように活用できるだろうか。」や、「国際宇宙ステーションの中で体重を測定するためにどうしたら良いか。」などの答えを明示せず生徒に考えさせる・気づきを与える問いかけや「実験条件をどのように変化させたら良いだろうか。」などのコーチング的な声掛けが考えられる。この働きかけは、探究活動を自律的に行うことが難しい生徒に対して作用し、「総合的な探究の時間」や「理数探究」において、本来行われるべき主体的な学びへの移行を促進させる可能性がある。また、主体的な学びへと移行した生徒に対しても作用し、その主体的な学びを継続させる効果があるかもしれない。

二層目は探究型の授業における働きかけであり、「実験結果からどのようなことが主張できるだろう

か。」「実験の精度を高めるためにどのような工夫ができるだろうか。」などのコーチング的な声掛けや、探究活動の進捗状況を生徒と確認したり、見通しを持った研究計画を検討したりといった「研究ノート」の活用などが挙げられる。1.で述べた福井県立若狭高等学校で行われている形成的評価は、生徒の目標の明確化及び進捗状況の確認に寄与していることから、この二層目の働きかけに近いものであると考えられる。この二層目の働きかけは、生徒の思考の促進及び各教科で習得した資質・能力の適切な活用に寄与し得る。また、主体的な学びへの移行が難しい生徒のフォローに寄与したり、主体的な学びへと移行した生徒の探究活動を深化させたりする可能性がある。石田は小学校において、「総合的な学習の時間」における学習意欲を調べた(石田, 2020)。そこで、探究活動における学習意欲は、児童が自ら課題を探究していくために、その根底に知的好奇心や謎を解き明かしていきたいという思いが必要になるはずである、と述べている。

この探究活動における学習意欲は小学校の「総合的な学習の時間」だけでなく、中学校での「総合的な学習の時間」や高等学校における「理数探究」, 「総合的な探究の時間」の探究活動でも必要なものである。また、この探究活動の深化は探究の過程が繰り返される継続的な活動によって支えられる。ゆえに教師の働きかけは、一層目として各教科の授業等での日常的な働きかけが生徒の主体的な探究活動を支える基盤となり、二層目である探究型の授業における働きかけの有効性に影響を及ぼしていると考えられる。この二層構造は1つの可能性として考えており、今後は授業実践を行う中で授業等での日常的な働きかけを行い、生徒との信頼関係の構築に寄与しているか、また、生徒の探究型の授業における主体性に結びついていくか、などの検証を行っていききたい。

生徒の“質の高い探究”に向けて、二層目である探究型の授業における教師の働きかけが重要だと思われるがちである。しかしながら、生徒の探究活動はあくまでも授業や日常生活における学びの延長上にあり、一層目とした授業等での日常的な働きかけがより重要であると考えられる。今後の検討課題として、一層目の働きかけが満足されてこそ二層目の働きかけが意味を持つのかどうか、を明らかにしていきたい。探究活動が滞る場合は、探究活動での働きかけだけに問題があるのではなく、授業等での日常生活での働きかけにも改善の余地があるのかもしれない。

5. まとめ

“質の高い探究”の実現に向けて、AB両校の理数科課題研究における生徒の取組及び教師の声掛けの状況を整理した。生徒の取組の状況を整理する中で、研究活動における生徒に関する初期段階の課題は生徒の研究に対する主体性の有無であり、主体性のない生徒は研究活動自体が止まってしまう可能性があることが分かった。また、主体性がある生徒の中にも研究計画や実験、考察場面において困難を抱える生徒がいることが分かった。

我々はAB両校の理数科課題研究に携わった経験を通して、“質の高い探究”を実現させるための教師の働きかけを二層構造であると仮定した。一層目となる授業等での日常的な働きかけは、生徒の学習・探究意

欲の活性化及び教科内容を通じた信頼関係の構築に寄与すると考えられる。二層目となる探究型の授業における働きかけは、生徒の思考の促進及び各教科で習得した資質・能力の適切な活用に寄与し得る。また、二層目である探究型の授業における働きかけは、一層目である授業等での日常的な働きかけを満足することによって初めて有効な働きかけとなるのではないかと考えており、一層目と二層目の働きかけの関係性を今後の検証によって明らかにしていきたい。生徒の“質の高い探究”の実現に向けて、教師の授業等での日常的な働きかけを充実させることが、第一歩である可能性がある。

最後に、本研究はJSPS 科研費19K03050の助成を受け実施されたものである。

引用・参考文献

- Barron, B. J. S., D. L. Schwartz, N. J. Vye, A. Moore, A. Petrosino, L. Zech, J. D. Bransford, and The Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1998) Doing with Understanding: Lessons from Research on Problem and Project-Based Learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 7: 271-311.
- 福井県立若狭高等学校 (2021) 平成29年度指定 スーパーサイエンスハイスクール 研究開発実施報告書・第4年次. 福井県立若狭高等学校.
- 石田好広 (2020) 総合的な学習の時間における探究の意欲に関する考察. *人と教育*, 14: 43-47.
- 梶木尚美 (2021) 「質の高い探究」を実現する探究プロセスモデルの提案—SDGsを題材にした探究学習の授業デザインと教材開発—. 大阪教育大学附属高等学校池田校舎 研究紀要, 53: 21-40.
- 京都市立堀川高等学校 (2020) 平成 27年度指定 スーパーサイエンスハイスクール 研究開発実施報告書・第5年次. 京都市立堀川高等学校.
- 文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領 (平成30年度告示). https://www.mext.go.jp/content/1384661_6_1_3.pdf (2021-12-07 Web 閲覧)
- 文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領 (平成30年度告示) 解説 理数編. https://www.mext.go.jp/content/1407073_12_1_1_2.pdf (2021-12-07 Web 閲覧)
- 文部科学省 (2018) 高等学校学習指導要領 (平成30年度告示) 解説 総合的な探究の時間編. https://www.mext.go.jp/content/1407196_21_1_1_2.pdf (2021-12-07 Web 閲覧)
- 中井大介・庄司一子 (2008) 中学生の教師に対する信頼感と学校適応感との関連. *発達心理学研究*, 19-1: 57-68.
- 中井大介 (2015) 教師との関係の形成・維持に対する動機づけと担任教師に対する信頼感の関連. *教育心理学研究*, 63: 359-371.

内山哲治・山口智輝(2013) 物理教育における経験帰納的学習の
提案. 物理教育, 61: 160-163.