

科学的に探究しようとする態度を養う高等学校理科における指導改善

－学校間の連携を取り入れた、探究の過程を通じた学習活動－

内容の要約

本研究では、当センターにおいて平成30年度から継続している高等学校の理科教育に関する研究の成果を踏まえながら、探究の過程を通じた学習活動のうち、「課題の設定」の過程において、生徒自身が課題を設定する学習活動を充実させた。また、学校間の連携を取り入れ、2校の生徒が気付きや疑問を共有して協議したり学習成果を伝え合ったりして協働的な学びを充実させた。さらに、探究シートを開発し、生徒が探究の過程を通じた学習活動に主体的に取り組めるようにした。これらの学習活動により、生徒は主体的に自然の事物・現象に関わることができ、科学的に探究しようとする態度を養うことにつながった。

キーワード

探究の過程を通じた学習活動
協働的な学び

探究シート

「課題の設定」

学校間の連携

科学的に探究しようとする態度

目		次	
I	主題設定の理由	(1)	VI 研究の内容とその成果 (6)
II	研究の目標	(1)	1 指導者の実態 (6)
III	研究の仮説	(2)	2 「課題の設定」を重視する探究の 過程を通じた学習活動の実際 (6)
IV	研究についての基本的な考え方	(2)	3 生徒の意識の変容 (12)
1	科学的に探究しようとする態度を 養うとは	(2)	4 指導者の意識の変容 (13)
2	科学的に探究しようとする態度を 養うための指導改善	(2)	VII 研究のまとめと今後の課題 (14)
3	実践における成果の検証	(5)	1 研究のまとめ (14)
V	研究の進め方	(5)	2 今後の課題 (14)
1	研究の方法	(5)	文 献
2	研究の経過	(5)	

生徒の科学的に探究しようとする態度を養う



令和4年度 理科教育に関する研究

探究の過程を通じた学習活動の充実には、「課題の設定」が重要

令和4年度 遠隔教育に関する研究

学校間の連携を取り入れた授業は、協働的な学びの充実に効果的

- 「学びに向かう力、人間性等」を育成するに当たっては、生徒が自然の事物・現象に進んで関わり、主体的に探究しようとする態度を育てることが重要である
[高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編]
- 目の前の事象から解決すべき課題を見だし、主体的に考え、多様な立場の者が協働的に議論し、納得解を生み出す資質・能力が求められる
[中央教育審議会答申(令和3年1月)]

理科教育に関する研究

科学的に探究しようとする態度を養う高等学校理科における指導改善

- 学校間の連携を取り入れた、探究の過程を通じた学習活動 -

I 主 題 設 定 の 理 由

中央教育審議会「『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～(答申)」(令和3年1月)には、急激に変化する予測困難な時代において、「目の前の事象から解決すべき課題を見いだし、主体的に考え、多様な立場の者が協働的に議論し、納得解を生み出すことなど、正に新学習指導要領で育成を目指す資質・能力が一層強く求められている」¹⁾と示されている。

当センターの令和4年度の高等学校の理科教育に関する研究では、高等学校理科で育成を目指す資質・能力¹⁾のうち、科学的に探究する力を養うための指導改善に取り組んだ。仮説や検証計画を生徒自身が設定することは、科学的に探究する力の育成につながったという成果が見られた一方、探究の過程を通じた学習活動を更に充実させるためには、探究の過程のはじまりである課題の把握(発見)の段階において生徒自身が課題を設定する必要性が挙げられた。高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編(以下、学習指導要領解説という。)には「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中で、生徒が常に知的好奇心をもって身の回りの自然の事物・現象に関わるようになることや、その中で得た気づきから課題を設定することができるようになることが大切である」²⁾と示されている。これらのことから、生徒が自ら課題を設定し、探究の過程を通じた学習活動を充実させることで、高等学校理科で育成を目指す資質・能力の一つである、自然の事物・現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養えると考えられる。

さらに、生徒が多様な他者と協働しながら課題に対して科学的に探究するための手立ての一つとして、学校間の連携を取り入れる。「遠隔教育の推進に向けた施策方針」(平成30年9月)では、遠隔教育に期待できる効果として、「自校の児童生徒のものとは異なる多様な意見や考えに触れ自分の考えを広げたり、他者に自分の考えを伝えることにより自分の考えを深めたりする効果」³⁾「他校の児童生徒と事例やデータを共有し、より多くの事例やデータをもとにした活動を取り入れることにより、学習活動の幅を広げる効果」³⁾等が示されている。当センターの令和4年度の遠隔教育に関する研究では、学校間の連携を取り入れた活動により、生徒が多様な意見や考えにふれ、そこで得た新たな視点や異なる考えを組み合わせることは、新しい解や納得解を生み出し、協働的な学びの充実に効果的であると明らかになった。

以上のことから、本研究では、科学的に探究しようとする態度を養う高等学校理科における指導改善を目指して、学校間の連携を取り入れた、探究の過程を通じた学習活動の実践に取り組む。

II 研 究 の 目 標

高等学校理科において学校間の連携を取り入れ、探究の過程を通じた学習活動に取り組む。この取組を通して、生徒の科学的に探究しようとする態度を養うことを目指す。

i) 学習指導要領解説には、高等学校理科で育成を目指す資質・能力として「自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する技能を身に付けるようにする」「観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う」「自然の事物・現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養う」の三つが示されている。

Ⅲ 研究の仮説

「課題の設定」を重視する探究の過程を通じた学習活動により、生徒が主体的に学習に取り組めるようにする。また、学校間の連携を取り入れることにより、生徒が新たな視点や異なる考えを組み合わせるなどの協働的な学びを充実させる。このような高等学校理科における指導改善を行えば、生徒の科学的に探究しようとする態度を養えるだろう。

Ⅳ 研究についての基本的な考え方

1 科学的に探究しようとする態度を養うとは

学習指導要領解説では、科学的に探究しようとする態度は、育成を目指す資質・能力のうち、「学びに向かう力、人間性等」であると示されている。その「学びに向かう力、人間性等」を育成するにあたっては、「生徒の学習意欲を喚起し、生徒が自然の事物・現象に進んで関わり、主体的に探究しようとする態度を育てることが重要である」²⁾とも示されている。また、高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 総則編では、「学びに向かう力、人間性等」には、多様な人々と協働することが含まれると示されている。そこで、本研究では、「課題の設定」を重視する探究の過程を通じた学習活動を展開し、協働的な学びを充実させることで、自然の事物・現象に主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする態度を養うことを目指す。

2 科学的に探究しようとする態度を養うための指導改善

(1) 高等学校理科の指導者の実態把握(探究の過程や学習評価についての認識調査)

滋賀県内の高等学校理科教員を対象として、探究の過程(図1)の指導や観点別学習状況の評価の現状についての質問紙調査を研究始期に行う。これを基に、探究の過程を通じた学習の展開や学習評価に関する教員の実態を把握し、高等学校理科における指導改善の視点を明確にする。

(2) 「課題の設定」を重視する探究の過程を通じた学習活動

「課題の設定」を重視する探究の過程を通じた指導計画を行うにあたり、本研究では課題の把握(発見)において「自然事象に対する気付き」から「課題の設定」につなげる学習活動に重点を置く。具体的には、観察や実験等を通して、他者の意見や得られた結果と自身の考えとの差異を基に、生徒自身で課題を設定する学習活動を実施する。その際、観察や実験等を通して得た生徒の気付きや疑問を授業支援アプリロイロノート・スクール(以下、ロイロノートという。)や協働支援ツールMicrosoft Teams(以下、Microsoft Teamsという。)などで、クラス内および学校間で共有できるようにする。また、探究シートⁱ⁾を活用することにより、探究の過程を通じた学習活動を充実させる。これらの取組により、生徒が自然の事物・現象に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養えると考えられる。

なお、本研究では化学基礎において探究の過程を通じた実践に取り組む。化学基礎は物質とその

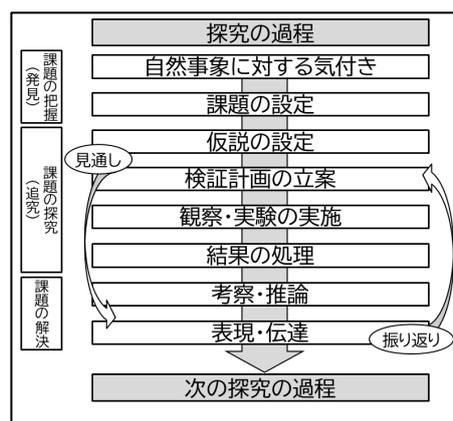


図1 探究の過程のイメージ
(学習指導要領解説から整理)

ⁱ⁾ 探究シートとは、探究の過程を通じた学習活動を円滑に行えるように本研究で開発した学習プリントである。

変化に関する基本的な概念や原理・法則を取り扱い、日常生活や社会との関わりを考えさせる特徴をもった科目であるため、物理、生物、地学との関連が深く汎用性の高い科目であると考えられる。

ア 協働的な学びを充実させるための学校間の連携について

「遠隔教育の推進に向けた施策方針」(平成30年)では、遠隔教育を効果的に普及していくために、教師支援型、合同授業型、教科・科目充実型の三つの類型が示されている(表1)。当センターにおける令和4年度の遠隔教育に関する研究の成果を生かし、本研究では、特に合同授業型の遠隔教育を行うことにより、探究の過程を通じた学習活動において、協働的な学びを充実させる。

表1 遠隔教育の類型、分類および学習効果

類型	分類	学習効果
教師支援型	専門家とつないだ遠隔学習	<ul style="list-style-type: none"> ・ 専門家から直接指導を受けることができる。 ・ より専門的な内容を学習することができる。 ・ 生徒の学習意欲が向上する。
◎合同授業型	遠隔交流学习	<ul style="list-style-type: none"> ・ 異なる環境で学ぶ同世代の仲間と交流できる。 ・ 他校の状況や様子を把握できる。 ・ 社会性やコミュニケーション力が養われる。
	遠隔合同授業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 多様な意見や考えに触れられる。 ・ 友達との話し合いや議論を通じて、自分の考えを深められる。 ・ 他校の状況や様子について把握できる。 ・ 学習活動の規模が広がる。 ・ 学習意欲や相手意識が高まる。
教科・科目充実型	教科・科目充実型の遠隔授業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小規模校でも生徒の科目選択の幅を維持することができる。(同時に授業を受ける生徒は、原則として40人以下とする。)

◎は本研究で実施する類型

令和4年度遠隔教育に関する研究より引用

合同授業型の遠隔教育では、Microsoft Teamsなどのオンライン会議システムを活用して2校の生徒同士の交流や、当センターや専門家とつないで教師支援型の要素を取り入れた活動を行う(図2)。なお、本研究における協働的な学びとは、生徒同士で気付きや疑問を共有して協議したり、学習成果を伝え合ったりする活動を取り入れることにより、新たに得た視点や異なる考えを組み合わせ、新しい解や納得解を協働的に生み出す学びの姿とする。学校間の連携を通じた協働的な学びを充実させることにより、生徒が自身の考えを深められ、課題に対してより科学的に探究できるようにする。

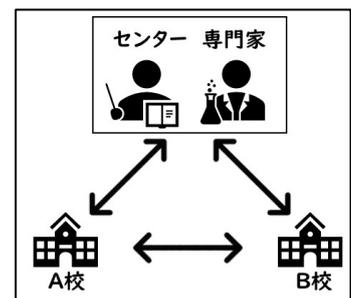


図2 合同授業型の遠隔教育のイメージ

イ 探究シートとその活用について

探究の過程を通じた学習活動を充実させるために本研究では、探究シート(p.4の図3)を開発する。生徒は、探究シートを活用することで、探究の過程における学習活動の記録をまとめることができ、自身の学習の過程を俯瞰的に把握することができる。また、探究の過程を通じた学習活動の中で生じた気付きや新たに得た知識を適宜記述することで、学習成果を蓄積し、自己の変容を把握できるようにする。さらに、指導者は「課題の設定」「観察・実験の実施」「表現・伝達」の各過程において生徒の探究の道しるべとなるように、学習の到達目標を検討し、その内容を段階的に示したルーブリックを作成する(p.4の表2)。ルーブリックの作成にあたっては、生徒に身に付けさせたい資質・能力を明確にしたうえで、生徒に伝わりやすい表現にすることにより、生徒が目指すべき姿をイメージできるようにする。作成したルーブリックを探究シートに示すことにより、探究の過程における課題の把握(発見)、課題の探究(追究)、課題の解決それぞれの段階で、生徒が目標をもって学習活動に取り組めるように支援する。このように、探究シートを活用することにより、生徒が探究の過程を通じた学習活動に主体的に取り組めるようにする。

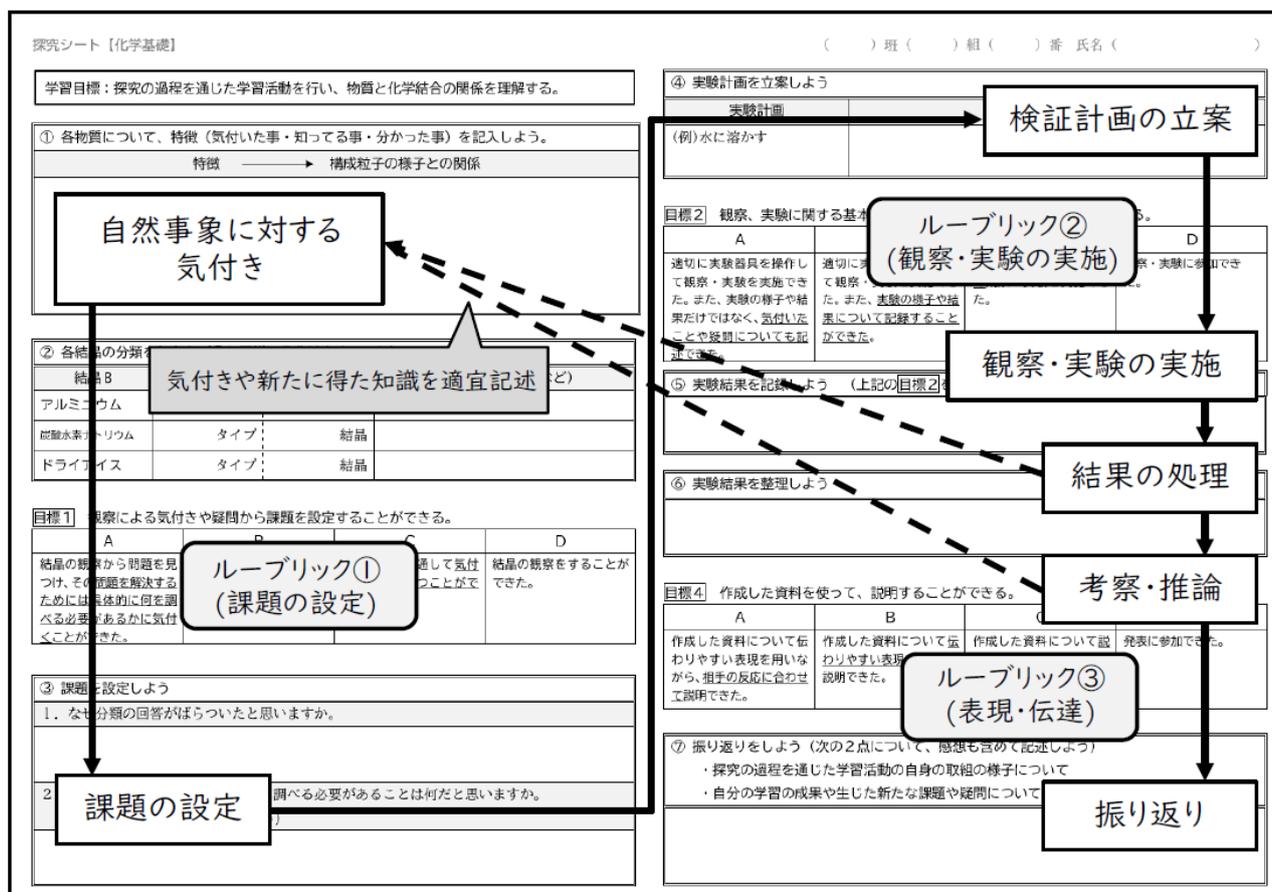


図3 探究シートとその活用の流れ

表2 実証授業で使用した生徒用ルーブリック

評価項目	A	B	C	D
課題の設定	結晶の観察から問題を見つけ、その問題を解決するためには具体的に何を調べる必要があるかに気付くことができた。	結晶の観察を通して気付きや疑問をもち、そこから問題を見つけることができた。	結晶の観察を通して気付きや疑問をもつことができた。	結晶の観察をすることができた。
観察・実験の実施	適切に実験器具を操作して観察・実験を実施できた。また、実験の様子や結果だけでなく、気付いたことや疑問についても記述できた。	適切に実験器具を操作して観察・実験を実施できた。また、実験の様子や結果について記録することができた。	適切に実験器具を操作して観察・実験を実施できた。	観察・実験に参加できた。
表現・伝達	作成した資料について伝わりやすい表現を用いながら、相手の反応に合わせて説明できた。	作成した資料について伝わりやすい表現を用いて、説明できた。	作成した資料について説明できた。	発表に参加できた。

(3) 指導者による観点別評価

中央教育審議会「児童生徒の学習評価の在り方について(報告)」(平成31年1月)では、各教科における評価の基本構造の中で「学びに向かう力、人間性等」は、観点別評価を通じて見取することができる部分として「主体的に学習に取り組む態度」が示されている。「『指導と評価の一体化』のための学習評価に関する参考資料 高等学校 理科」(令和3年8月)では、「主体的に学習に取り組む態度」は、「粘り強い取組を行おうとする側面」と「自らの学習を調整しようとする側面」という二つの側面から評価することが求められている。そこで、本研究において、指導者は各実証授業における探究シートの記述を基に、この二つの側面について観点別評価を行う。「粘り強い取組を行おうと

する側面」については、探究シートでの振り返りの箇所に記述された生徒の学習成果や学習活動の中で生じた新たな課題や疑問についての内容から評価する。「自らの学習を調整しようとする側面」については、探究シートの記述から生徒の思考や知識等の学習の変容を見取り、評価する。これらの評価により生徒が自然の事物・現象に主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする態度が養われたかを検証する。

3 実践における成果の検証

研究の始期と終期における生徒質問紙調査の結果や、各実証授業における探究シートの記述により生徒の変容を分析する。また、評価の計画に基づいて、指導者が行った観点別評価により、生徒の科学的に探究しようとする態度が養われたかを検証する。さらに、生徒が「課題の設定」を重視する探究の過程を通じた学習活動に取り組むことで、科学的に探究しようとする態度がどのように変容したかを指導者からの聞き取りにより分析する。

学校間の連携を取り入れた活動において、生徒の学習活動に取り組む様子、生徒や指導者からの感想や聞き取りを基に生徒の変容を見取ることや、研究終期における生徒質問紙調査の結果を分析することで協働的な学びの充実につながったかを検証する。

V 研究の進め方

1 研究の方法

- (1) 滋賀県内の高等学校理科の指導者を対象とした質問紙調査を行い、探究の過程や学習評価についての認識、指導における課題等を把握する。また、研究の始期に研究協力校2校(A校29名・B校40名)の生徒を対象とした質問紙調査を実施し、理科の学習に対する意識や取組の状況を把握する。
- (2) 「課題の設定」を重視する指導計画を作成し、探究の過程を通じた学習活動を研究協力校2校において実施する。また、生徒が主体的に学習に取り組めるよう探究シートを開発する。
- (3) 探究の過程を通じた学習活動において学校間の連携を取り入れる。研究協力校2校を連携し、互いに気付きや疑問を共有して協議したり、学習成果を伝え合ったりするなど、自身では気付かなかった新たな視点を得られるようにする。
- (4) 探究の過程を通じた学習活動の指導計画に応じた観点別評価を行う。その際、「主体的に学習に取り組む態度」を評価する指導者用ルーブリックを作成し、評価を行う。
- (5) 各実証授業における探究シートの記述の分析および指導者による観点別評価を基に、科学的に探究しようとする態度が養われたかを検証する。
- (6) 研究の終期に研究協力校2校の生徒を対象とした質問紙調査を実施し、始期と終期の変容を分析する。

2 研究の経過

4月	研究構想、研究委員の委嘱	10月	研究協力校での実証授業Ⅱ
5月	研究推進計画の立案 指導者質問紙調査の実施と分析(滋賀県内の高等学校の理科指導者を対象)	11月	生徒質問紙調査(第2回)の実施と分析 第3回専門・研究委員会
6月	生徒質問紙調査(第1回)の実施と分析 第1回専門・研究委員会	11月～12月	研究論文原稿執筆
6月～7月	研究協力校での実証授業Ⅰ	1月	研究発表準備
8月	第2回専門・研究委員会	2月	研究発表大会
		3月	研究のまとめ

VI 研究の内容とその成果

1 指導者の実態

滋賀県内の高等学校理科の指導者を対象として、探究の過程の指導や観点別学習状況の評価の現状についての質問紙調査を研究始期に行った。「理科の授業で、探究の過程を通じた学習に関して、指導するうえで難しさを感じる過程はありますか」という設問では、「自然事象に対する気付き」を選択した指導者は38人に対して、その後続く「課題の設定」

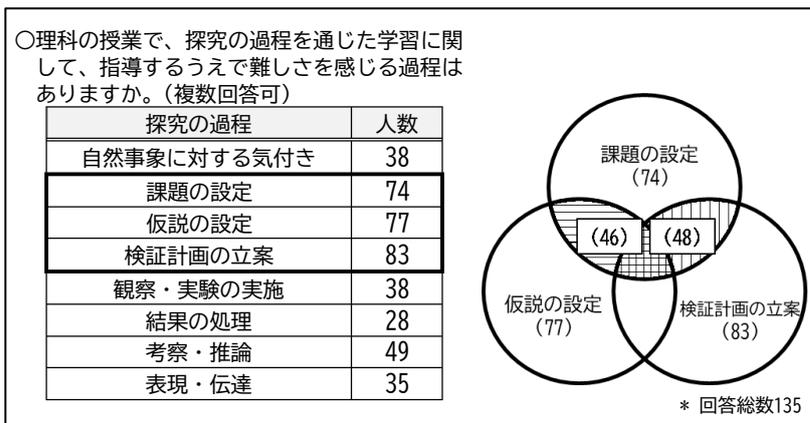


図4 指導者を対象とした質問紙調査の回答集計結果(一部)

が74人、「仮説の設定」が77人、「検証計画の立案」が83人となっており、多くの指導者が「自然事象に対する気付き」の後に続く「課題の設定」「仮説の設定」「検証計画の立案」の各過程に難しさを感じている現状が見られた(図4)。この設問について更に分析を進めると、「課題の設定」を選択した74人の指導者のうち、「仮説の設定」を選択した人数は46人(割合は62%)であり、「検証計画の立案」を選択した人数は48人(割合は65%)であった。これらのことから、「課題の設定」を実施する困難さが、その後続く「仮説の設定」と「検証計画の立案」の実施に影響を与えていると推察された。また、「探究の過程の指導に関する疑問や悩み等あれば、お書きください」という自由記述の項目では、「生徒自らの力では課題を設定するのは難しいと感じる」「何をどうすれば、課題の設定ができるのか手法や見通し、イメージがもてない」といった記述が見られ、探究の過程を通じた学習活動において、生徒自身で課題を設定させることに難しさを感じている現状がうかがえた。そこで、本研究では、高等学校理科の指導改善につなげるために「課題の設定」を重視する指導計画を作成することにより、その後続く探究の過程を充実させた。

2 「課題の設定」を重視する探究の過程を通じた学習活動の実際

実証授業は化学基礎の二つの単元「物質と化学結合」「物質質量と化学反応式」で実施した(表3)。第1時では気付きや疑問を基にした「課題の設定」の過程、第2時では課題を解決するために「観察・

表3 探究の過程を通じた学習活動の指導計画

	目標	育成を目指す資質・能力	主な学習活動
第1時	・観察や実験から得た気付きから疑問を形成し課題設定することができる。	・自然事象に対する気付きから課題を設定する力 探究の過程： <u>課題の設定</u>	・観察や実験を通して、自身の考えと他者の意見との差異に気付き、疑問を形成する。 ・差異の原因について他者を交えて協議する。 ・協議したことを基に、学習課題を設定する。
第2時	・観察や実験を実施し、結果を整理することができる。	・観察や実験を実施する力 ・結果を処理する力 探究の過程： <u>観察・実験の実施</u> <u>結果の処理</u>	・班の観察や実験計画を基に、観察や実験を実施する。 ・観察や実験の結果や様子等を記録する。 ・観察や実験で得られた結果を整理する。
第3時	・結果について分析や解釈し、学習課題に対する結論にたどり着くことができる。 ・結果や考察について発表することができる。	・結果を分析や解釈する力 ・情報収集して課題に対する結論にたどり着く力 ・結果や考察を伝達する力 探究の過程： <u>考察・推論</u> <u>表現・伝達</u>	・学校間の連携を通して、両校の実験結果と考察を伝え合う。 ・学校間の連携を通して、学習課題に対して協議を行い結論を導く。 ・ルーブリックを用いて、自己の学びを評価し、振り返りを行う。
第4時	・新たな気付きや課題を発見することができる。 ※実証授業Ⅱのみ実施	・新たな気付きや課題を発見する力	・専門家からの講義を受け、新たな気付きや課題を発見する。

実験の実施」「結果の処理」の各過程、第3時では得られた結果について考察して、学校間で伝え合う「考察・推論」「表現・伝達」の各過程を行った。なお、実証授業Ⅱでは第4時において、生徒が新たな気付きや課題を発見するために、専門家とつないだ活動を行った。

本研究では、「課題の設定」を重視することで、探究の過程を通じた学習活動を充実させた。観察や実験等を通して得た気付きや疑問を基に、実証授業において取り組む学習課題を生徒自身が設定することで、その後続く探究の過程を通じた学習活動に主体的に取り組めるようにした。また、学習活動に学校間の連携を取り入れ、生徒同士による協議や発表等を通して、新しい解や納得解を生み出せるような活動を設定し、協働的な学びを充実させた。これらの取組を通して、生徒の科学的に探究しようとする態度を養うことにつなげるようにした。

(1) 生徒自身で課題を設定して行った学習活動の実践

ア 他者の意見と自身の考えとの差異を基に、課題を設定して行った学習活動の実践

実証授業Ⅰでは、「物質と化学結合」の単元において、生徒は、他者の意見と自身の考えとの差異を基に、自身で学習課題を設定する取組を行った。

第1時では、生徒は、化学結合の視点からみると物質が4種類の結晶に分類できることを学び、その後、ヨウ素やナフタレンなど複数の物質を実際に観察し、それぞれの物質の特徴を班で共有した。実物を観察することで、物質の外観や質感を比較しながら議論を深めている生徒の様子が見られた。次に、指導者は「各物質が4種類の結晶のどれに分類されるか」と問いかけ、ロイロノートのアンケート機能を活用して、2校の生徒の回答を集約した。その際、生徒の既習内容から判断すると回答がばらつくように、指導者は外観や質感の似ている複数の物質を用意した。これにより、生徒の実際の回答に、ばらつきが見られ(図5)、生徒が他者の意見と自身の考えとの差異に気付くことにつながった。生徒は差異の原因について個人で考えた後、班で話し合い、意見をまとめた。班の意見については、ロイロノートを用いてクラス全体に共有し、班での協議が円滑に進むように工夫した。班でまとめた意見を基に学校間で協議したところ、「複数の物質を分類するためには、各物質の性質について、共通点や相違点を把握する必要がある」「形や硬さなどの見た目だけでは分類ができないため、水への溶解性や電気伝導性など性質について調べる必要がある」といった意見が出た。生徒は、回答がばらついたことにより、自身の回答の根拠について考え、物質を正確に分類するためには、外観や質感

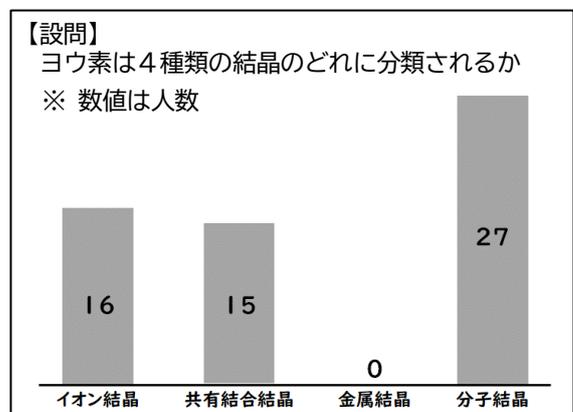


図5 生徒の考えを集約した画面のイメージ(一部)
(ロイロノートの画面)

の他にも、物理的及び化学的性質についても調べる必要があることに気付いた様子が見られた。これらの取組を通して、他者の意見と自身の考えとの差異を基に「各結晶はどのような性質をもっているだろうか」という学習課題を生徒が設定できるようにし、その後の探究の過程において主体的に取り組めるようにした。なお、第2時においては、2校で調べる結晶を分担して実験を実施した。これにより、1時間という限られた授業時間の中で「観察・実験の実施」「結果の処理」の各過程を終えられるようにした。

第2時では、生徒は学習課題を基に、自身で実験を計画し、実施した。指導者はロイロノートを活用して、生徒の実験計画を把握することにより、事前に実験器具の準備や実験操作の確認を行うことができ、生徒が主体的に「観察・実験の実施」「結果の処理」の各過程を行えるように

支援した。なお、A校は、イオン結晶と共有結合結晶、B校は、金属結晶と分子結晶の性質を調べる実験をそれぞれ分担して実施した。4種類ある結晶を2種類ずつ分担して実験を実施することで、1種類当たりの結晶の性質について調べる時間を確保した。これにより、多くの実験結果を得ることができ、理解を深めることにつながった。実験では、水晶は水に溶けると予想していた生徒が、水溶液の電気伝導性を調べる実験を実施することで、実際には溶けないことに気付く様子が見られた。学習課題を意識することで、実験結果について事前に考えておくなど学習活動に見通しをもって取り組む姿が見られた。生徒が実験の様子について1人1台端末を利用して適宜記録を行うことで、発表資料として利用できるようにした(図6)。発表資料を作成する際には、教科書を読んだり、インターネットを利用したりして、得られた結果について粒子の視点から理解を深めようとしていた。



図6 録画した実験動画を編集して、発表資料を作成している生徒の様子

第3時では、生徒は作成した資料を基に、学校間の連携を通して、互いの実験結果や考察について協議を行い、結論につなげた。2校で分担して調べた結晶の性質について伝え合うことで、他者から新たな知識を得ることができ、結晶の性質について理解を深めることにつながった。

この実践を通して、生徒の振り返りには「実験を実施する過程で、水への溶解性や電導性についての性質が分かり、結晶の種類が分かるようになった」「同じ炭素原子からできているのに、炭とダイヤモンドは(炭素原子同士の)結合(の種類)が違うのか」といった記述が見られ、自身の学習の成果を把握したり、今回の学習内容に関連した新たな疑問をもったりする様子が見られた。このように、他者の意見と自身の考えとの差異を基に、学習課題を自身で設定することにより、生徒は学習活動に対して見通しをもったり振り返ったりすることができ、科学的に探究しようとする態度を養うことにつながったと考えられる。

イ 得られた結果と自身の考えとの差異を基に、課題を設定して行った学習活動の実践

実証授業Ⅱでは、「物質と化学反応式」の単元において、生徒は得られた結果と自身の考えとの差異を基に、自身で学習課題を設定する取組を行った。

第1時では、生徒は、中学校での既習内容である中和反応を例にして、「同質量%濃度の酸と塩基を混合する実験」について理由とともに結果を予想した。その際、Microsoft Formsを活用することで、生徒の予想を全体に共有した。指導者は、酸と塩基を混合した中和反応について設問を用意した。設問については、酸と塩基の質量を同じにすることにより、中学校で学習したように質量を基準にして考えると、過不足なく中和すると誤って予想されるように工夫した。これにより、生徒の実際の予想は、図7のようになった。その後、指導者は設問について演示実験を行い、溶液が中性にならない様子を提示したことにより、生徒が得られた結果と自身の考えとの差異に気付くことにつながった。生徒は、差異の原因について個人の考えを探究シートにまとめた後に班で協議した。

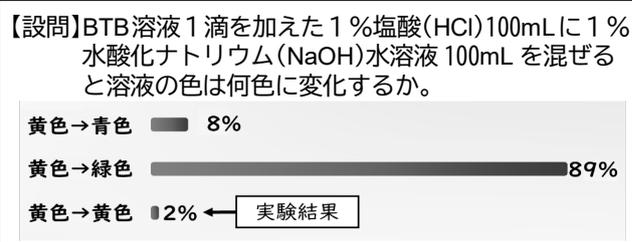


図7 生徒の考えを集約した画面のイメージ(一部)
(Microsoft Formsの画面)

その際、指導者は「中和が起こる条件はなんだろう」と全体に問いかけたり、中和が起こる様子のイメージ動画を紹介したりすることで、生徒が粒子の視点から中和反応について考えられるようにした。これにより、生徒からは、「物質によって1粒あたりの質量が異なるため、中和しなかった」「水素イオンと水酸化物イオンの数について調べる必要がある」といった意見が

挙がり、質量から粒子の数へと視点を転換して化学反応を考えている様子が見られた。これらの取組を通して、得られた結果と自身の考えとの差異を基に、「化学反応式の係数は粒子の数とどのような関係があるだろうか」という学習課題を生徒が設定できるようにし、その後の探究の過程において、主体的に取り組めるようにした。

第2時では、生徒は学習課題を基に、中和反応の量的関係を調べる実験を実施した。このとき、A校は、塩酸と水酸化ナトリウム、B校は、硝酸と水酸化ナトリウムといった扱う酸と塩基の組合せを2校で変えて中和反

色部分の自分の班の場所を入力

試料	濃度	1班	2班	3班	4班	5班	6班
1	0.1%						
2	0.2%						
3	0.001%						
4	1班	17.0ml	9班	33.0ml	1.1班	45.3	
5	1.81ml	15.5ml					
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							

1. 計算方法 (HNO₃ 10mLの場合)
 i) どの溶液も比重1.0(g/mL)と考えるので、溶液10mLの質量は10g
 ii) 【溶液の質量 × (濃度 / 100) = 溶質の質量】

図8 中和した酸と塩基の量的関係を整理している様子

応の実験を実施した。各校で扱う中和反応を1種類のみにするこで、指導者は指示を明確にすることができた。また、実験数をより多くすることができ、得られた測定値の信頼性を高めることにつながった。測定値を基に、Microsoft Teamsの共同編集機能を活用し、中和した酸と塩基の量的関係を整理した(図8)。整理を進める中で、生徒は、中和に用いた酸と塩基の質量を物質質量に変換することで、化学反応式の係数と物質質量との関係性に気付く様子が見られた。

第3時では、生徒は実験結果を基に、学校間で発表を行い、互いの実験結果や考察について協議し、「化学反応式の係数の比は、質量ではなく、物質質量の比と一致している」という結論につなげた。2校で扱う酸と塩基の組合せを変えて実験を実施したことで、互いの実験結果を比較して、より多くの結果や考察を基にした活動を取り入れることができ、理解を深めることにつながった。その後、学校間で化学反応式の量的関係についての確認問題に取り組み、協議することで学習内容の定着を図った。

第4時では専門家から化学史についての講義を受け、人類がどのようにして粒子の視点を獲得してきたのかを学び、学習内容をより深められた。専門家から学習内容に沿った講義を受けることで、生徒が専門的な内容を身近な題材として感じることにつながり、メモを取ったり、質問したりするなど積極的に聴講する姿が見られた。

この実践を通して、生徒からは「学習課題を意識することで、実験や考察が行いやすくなった」「自分で疑問に思ったことを、自分で解決していくことに楽しさを感じた」といった声があり、その後に続く学習活動の学習目標について意識したり、学習活動に取り組むことの楽しさや達成感を感じたりしている様子が見られた。このように、得られた結果と自身の考えとの差異を基に、学習課題を自身で設定することにより、生徒は探究の過程を通じた学習活動に主体的に取り組むことができ、科学的に探究しようとする態度を養うことにつながったと考えられる。

(2) 学校間の連携の有用性の検証

実証授業では、協働的な学びを充実させる手立てとして、学校間の連携を取り入れた。学校間の連携を行うにあたって、Microsoft Teamsの会議機能やロイロノート、Microsoft Formsのアンケート機能を利用し、2校の生徒同士で気付きや疑問を共有して協議したり、学習成果を伝え合ったりする合同授業型の活動に取り組んだ。なお、実証授業Ⅱでは、これに加えて2校と当センターや専門家をつないだ教師支援型の要素を取り入れた活動に取り組んだ。

ア 2校の生徒同士の交流を取り入れた活動について

実証授業Ⅰ・Ⅱでは、2校の生徒を混合して班をつくり、生徒は、Microsoft Teamsを用いて協議や発表に取り組んだ。

第1時では、各班で気付きや疑問を共有し、学習課題について協議する活動を行った。その際、

指導者は、ロイロノートのアンケート機能やMicrosoft Formsを用いて、2校の生徒の気付きや疑問を全体に共有することで、生徒が議題について共通認識をもちながら協議を進められるようにした。合同授業型の活動を行うことで、より多くの生徒から意見を集約することができた。これにより、多様な意見を取り入れたり、アンケートの信頼性を高めたりするなど、学習活動をより充実させることにつながった。第3時では、各校で取り組んだ実験結果や考察について、資料を作成し、

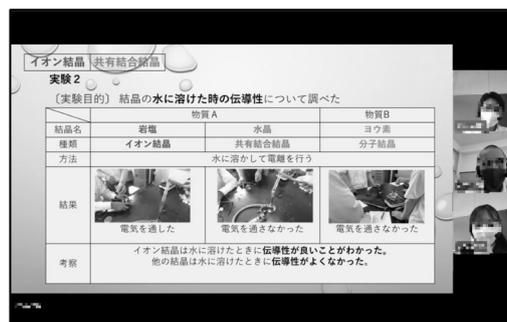


図9 資料を基に発表を行う様子

班内で発表を行った(図9)。互いに調べたことを共有することで、より多くの実験結果やデータを基にした協議を行うことができた。また、生徒は、普段接点のない相手との協議や発表に取り組むことで、よりわかりやすく伝えようとしたり、集中して聞こうとしたりするなど、相手意識をもって活動に取り組めた。これらの取組により、自らの学習内容を客観的に整理・分析する姿や相手校の実験結果や意見を基に自身の考えを再構築する姿が見られ、協働的な学びで得られた成果を個別最適な学びに還元することにつながった。

この実践を通して、生徒からは「互いに実験結果を発表したり、意見を交換したりすることで考察を深められた」「いろいろな人と意見を交わすことで、自分と違った視点を知ることができた」「関わる人数が増えると異なる意見や考えも増え、自分にはなかった考え方にふれることができた」といった声があり、2校の生徒同士の交流を通して、生徒は、より多様な意見にふれることができ、自身の考えを深めている様子が見られた。このように、2校の生徒同士の交流を通して、生徒が自身の学習内容を伝えたり、他者から得られた知識を取り入れたりすることで、新たな視点や異なる考えを組み合わせ、新しい解や納得解を協働的に生み出すことができ、多様な他者と協働して課題を解決しようとする姿につながったと考えられる。

イ 2校と当センターや専門家をつないだ活動について

実証授業Ⅱの第1時では、Microsoft Teamsを活用して、2校と当センターをつないだ活動に取り組んだ。当センターが授業の進行を担い、2校のやり取りを仲介したり、生徒の気付きや疑問を全体に共有したりすることで、学習活動を円滑に進めることができた。また、指導者に代わって当センターが授業の進行を担うことで、各校の指導者は自校の生徒の様子を把握することに専念しやすくなり、チーム・ティーチングの要素を取り入れた授業を展開することができた。これにより、生徒一人ひとりに適切な支援を行うことができ、学習活動を促進させることにつながった。

実証授業Ⅱの第4時では、オンライン会議システムZoomを活用して2校と専門家をつないだ活動に取り組んだ(図10)。実証授業Ⅱの学習单元である「物質と化学反応式」と関連して、専門家から化学史の講義を受けることで、学習内容についてより深く理解し、学習意欲を高めている様子が見られた。このように、地理的・時間的な制約に関わらず専門家からの講義を直接受けることで、生徒は、専門的な学習内容に対して興味をもつことにつながった。生徒の振り返りでは「化学史を学ぶことで、結果だけでなく、未知を解明するために試行錯誤したプロセスの重要性を理解することができた」「四元素説はどうして否定できるのか」といった記述が見られた。専門家とつないだ活動により、生徒が自身の学習の変容を確認した



図10 専門家からの講義を受ける様子

り、新たな気付きや課題を発見したりする様子が見られた。

これらの実践を通して、2校と当センターや専門家をつないだ活動を効果的に取り入れたことにより、生徒の学習活動の幅を広げることができ、生徒が新たな視点から学習内容について考えることにつながった。

(3) 探究シートの有用性の検証

探究シートには、次の三つの点において、有用性があった。

一つ目は、探究の過程における一連の学習活動の記録を1枚の探究シートにまとめることで、生徒は自身の学習の過程を振り返り、学習活動をより充実させるためにどのように取り組めばよいか考えることにつながった点である。生徒の探究シートには、自身で立案した検証計画を基に実験を実施し、実験から得られた結果を処理することで、考察につなげている記述が見られた(図11)。また、生徒からは、探究シートについて「自分の考えを整理しやすく、(学習内容を)見返すのに役立った」「やる事が明確になりスムーズに学習を進められた」といった声があった。このように、自身の学習活動を振り返ることで、次の学習活動に見通しをもって取り組む様子が見られた。

検証計画の立案 ・水に溶かしてみる 水に溶ける物質と溶けない物質を分ける
観察・実験の実施 ・水に溶かす 岩塩・・溶ける 塩化カルシウム・・溶ける アルミニウム・・溶けない ヨウ素・・溶けない ナフタレン・・溶けない
結果の処理 ・水に溶けた物質 岩塩と塩化カルシウム
考察・推論 ・岩塩と塩化カルシウムは性質がよく似ており、同じ結晶に分類される

図11 探究シートの探究の各過程における同一生徒の記述(一部)(囲み線は筆者)

二つ目は、「自然事象に対する気付き」を記述する欄に、学習活動の中で生じた気付きや新たに得た知識について適宜記述することで、学習成果を蓄積し、自己の変容を把握することにつながった点である。生徒の探究シートには、実験や学校間の協議を通して生じた気付きや得た知識を追記していくことで、自身の考えを再構築して、考察を深めている記述が見られた(図12)。また、

化学反応を表す化学反応式がある。初期の記述 化学反応について学習前に知っていた内容の記述
 物質と物質が混ざることにより起こる。
 物質の量は質量ではなく数で判断する。式量
 中和しなかったのは物質による質量が異なるから
 例 HCl 2 30に合う粒子の数 15
 NaOH 3 10 異なる!
 中和する質量比は1:2ではなく式量の比と等しくなる。
 塩化カルシウム(式量36)と水酸化ナトリウム(式量40)
 =9:10 後期の記述
 質量と粒子の数の関係性に注目した記述
 中期の記述 質量から粒子の数へ視点を転換した記述

図12 考察を深めている様子が見える生徒の記述(囲み線、コメントは筆者)

また、生徒からは「分かったことを(探究シートに)書き加えていくことで、より学習へのやりがいを感じる事ができた」「(探究シートに)追記していくことで、どんどん知識が増えていく様子が分かり嬉しかった」といった声があり、自己の変容を自覚している様子が見られた。

三つ目は、学習の到達目標を段階的に示したルーブリックを探究シートに示すことにより、生徒は目指すべき姿をいつでも確認でき、探究の過程を通じた学習活動に主体的に取り組むことにつながった点である。生徒からは「どうしたら評価をAにできるのか考えることにつながり、主体的に活動に取り組めた」「自分の活動に対する反省がしやすくなり、次回に向けてどうしていくべきかを考えることに役立った」といった声があり、ルーブリックを道しるべとすることで、目標をもって学習活動に取り組む様子が見られた。

このように、探究シートを活用することにより、生徒は探究の過程を通じた学習活動に主体的に取り組むことにつながったと考えられる。

3 生徒の意識の変容

(1) 生徒質問紙調査の結果

研究協力校の生徒を対象に、第2回質問紙調査を実証授業Ⅱの後に実施した(図13)。「理科の授業について、気付きや疑問から観察・実験を通して取り組む課題を設定することができる」という設問では、「当てはまる」「どちらかといえば当てはまる」といった肯定的な回答をした生徒の割合が、12%増加した(図13の①)。生徒からは、「自分の予想と実験結果が違った理由について班で話し合うことで、課題を設定することができた」といった声があった。このことから、他者の意見や得られた結果と自身の考えとの差異を基に、課題を設定する学習活動を行うことで、生徒の意識の変容につながったと考えられる。

「理科の授業で観察や実験を行うとき、結果を基に考察することができる」という設問では肯定的な意見が大きく増加した(図13の②)。生徒からは、「実験や発表をするときに学習課題を意識しながら進めることができた」といった声があった。これらのことから、生徒自身で課題を設定する学習活動を行うことで、その後続く探究の過程を充実させることができたと考えられる。

「学校間を連携した取組により、授業に対して主体的に取り組むことができた」という設問では、肯定的な回答をした生徒の割合は90%であった(図13の③)。生徒からは、「多様な意見を取り入れることで、自分の考えを深めることができ、自分の考察や発表をよりよいものにしようと心掛けた」といった声があった。このことから、学校間の連携を通して、多様な意見に触れることで、生徒が自身の考えを深めることができ、課題に対してより科学的に探究しようとするにつながったと考えられる。

「学校間を連携した取組により、授業に対して主体的に取り組むことができた」という設問では、肯定的な回答をした生徒の割合は90%であった(図13の③)。生徒からは、「多様な意見を取り入れることで、自分の考えを深めることができ、自分の考察や発表をよりよいものにしようと心掛けた」といった声があった。このことから、学校間の連携を通して、多様な意見に触れることで、生徒が自身の考えを深めることができ、課題に対してより科学的に探究しようとするにつながったと考えられる。

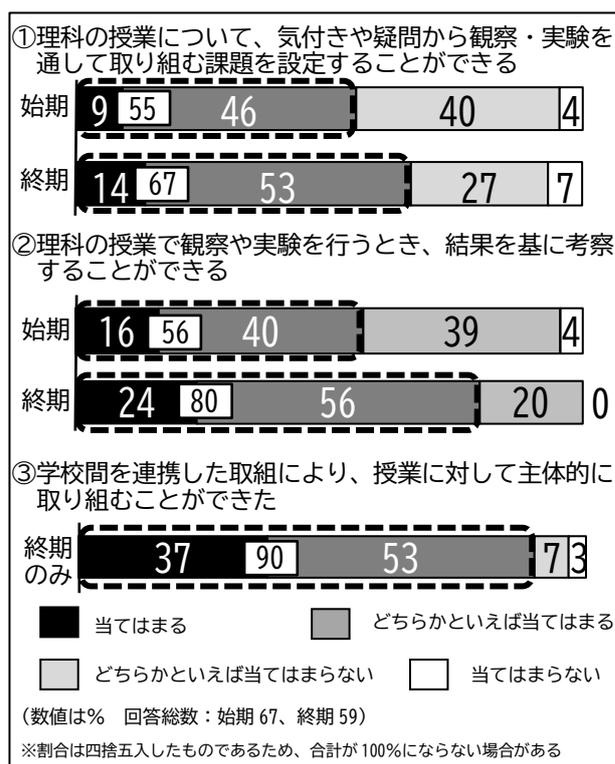


図13 生徒質問紙調査の結果

(2) 実証授業における生徒の科学的に探究しようとする態度が養われたかの検証

実証授業における探究シートの生徒の記述を基に、生徒の「主体的に学習に取り組む態度」を評価する指導者用ルーブリック(表4)を活用して「粘り強い取組を行おうとする側面」と「自らの学

表4 実証授業Ⅱで使用した「主体的に学習に取り組む態度」を評価する指導者用ルーブリック

評価項目	A	B	C	D
粘り強い取組を行おうとする側面	探究の過程を通じた学習活動に取り組めた様子だけではなく、自分の学習の成果や生じた新たな課題や疑問についても記述できている。	探究の過程を通じた学習活動に取り組めた様子だけではなく、自分の学習の成果についても記述できている。	探究の過程を通じた学習活動に取り組めた様子について記述できている。	探究の過程を通じた学習活動について何らかの記述がある。
自らの学習を調整しようとする側面	化学反応と物質量の関係についての記述があり、さらに学校間の連携等を通して得た新たな知見についても追記されている。	化学反応と物質量の関係についての記述がある。	化学反応について、第1時の記述から更に何らかの記述がある。	化学反応について何らかの記述がある。

習を調整しようとする側面」の二つの側面から観点別評価を行った。

「粘り強い取組を行おうとする側面」については、探究シートの振り返りに記述された生徒の学習成果や学習活動の中で生じた新たな課題や疑問についての内容から評価した。生徒の探究シートには「今まで化学反応式の係数について、深く考えたことがなかったが、今回の学習を通して化学反応式の係数の比と物質量の比が一致していることを知ることができた」といった今までは意識してこなかった既習内容について、自身で結論を導くことができたという学習成果についての記述が多く見られた。また、「中和反応の実験で中和しても、混ぜ続けると再び酸性に戻ってしまったことが疑問に思った」といった実験の様子を注意深く観察することによって得られた新たな疑問についての記述も多く生徒に見られ、「粘り強い取組を行おうとする側面」についてB以上であると評価できる生徒が多数いた。

「自らの学習を調整しようとする側面」の評価については、探究シートの記述から学習活動の中で、生徒の思考や知識等の変容を見取り、評価した。図14の記述では、探究の過程を通じた学習活動を通して、学習目標を達成す

図14 探究シートにおける生徒の記述(囲み線、コメントは筆者)

るために必要な知識を整理して追記することや、学校間の連携を通して、自分の考えを他者から伝えられた内容と比較して再構築する様子がうかがえた。このような「自らの学習を調整しようとする側面」についてB以上であると評価できる生徒の記述が多数見られた。

このように、「粘り強い取組を行おうとする側面」と「自らの学習を調整しようとする側面」について、指導者用ループリックを活用することで、自然の事物・現象に主体的に関わり、見通しをもったり振り返ったりする多くの生徒の姿を見取ることができた。このことから、実証授業において生徒の科学的に探究しようとする態度が養われたと考えられる。

4 指導者の意識の変容

実証授業を経て指導者は、生徒自身が課題を設定することで、その後続く探究の過程を通じた学習活動に主体的に取り組めるようになったと実感していた(図15)。また、「他校の生徒と実験結果の考察を行うことで、生徒が主体的に取り組む様子が見られた」というように学校間の連携を取り入れた活動の効果を実感していた。

- ・ 生徒自身で課題を設定することは、生徒がその後続く探究の過程に見通しをもつことができ、実験結果や習得した共通概念の獲得に大きな役割を果たすことができた。
- ・ 探究の過程を通じた学習活動の記録を探究シートに記述することは、学習活動の振り返りを行いやすく、生徒は見通しをもって、学習に取り組むことができた。
- ・ 学校間を連携し、生徒同士で気付きや疑問を共有して協議したり、学習成果を伝え合ったりする活動は、生徒にとって、多角的な探究方法を知るよいきっかけとなった。

図15 実証授業後の指導者からの聞き取り(一部)

Ⅶ 研究のまとめと今後の課題

1 研究のまとめ

- (1) 生徒が観察や実験等を通して、他者の意見や得られた結果と自身の考えとの差異を基に、課題を設定する学習活動を行うことで、探究の過程を通じた学習活動に主体的に取り組むことにつながった。また、「課題の設定」を重視することや探究シートを活用することで、学習活動に対して見通しをもったり振り返ったりすることができ、生徒の科学的に探究しようとする態度を養うことにつながった。
- (2) 探究の過程を通じた学習活動において、協働的な学びを充実させるために学校間の連携を行うことで、多様な他者と協働して、課題に対して解決しようとする姿が見取れ、生徒の科学的に探究しようとする態度を養うことにつながった。

2 今後の課題

- (1) 高等学校理科において求められる資質・能力を育むために、生徒の実態に合わせた指導計画の充実を図り、探究の過程を通じた学習活動を更に推進していく必要がある。
- (2) 当センターでは、これまで物理、化学、生物、地学の各分野を取り上げ、探究の過程を通じた学習活動を提示してきた。今後、理数探究および理数探究基礎における探究的な学習活動を具体的に示し、科学的に探究しようとする態度を養うことにつながる取組の充実を図る必要がある。

文 献

- 1) 文部科学省中央教育審議会「『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～(答申)」、令和3年(2021年)
 - 2) 文部科学省「高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編」、平成31年(2019年)
 - 3) 文部科学省「遠隔教育の推進に向けた施策方針」、平成30年(2018年)
- 文部科学省中央教育審議会「児童生徒の学習評価の在り方について(報告)」、平成31年(2019年)
- 文部科学省 国立教育政策研究所教育課程研究センター「『指導と評価の一体化』のための学習評価に関する参考資料高等学校 理科」、令和3年(2021年)
- 文部科学省「高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 総則編」、平成30年(2018年)
- 滋賀県総合教育センター「探究の過程を通じた学習活動により科学的に探究する力の育成を目指す高等学校理科における指導改善」、令和5年(2023年)
- 滋賀県総合教育センター「高等学校の遠隔授業における生徒の『協働的な学び』の充実」、令和5年(2023年)

トータルアドバイザー

国立大学法人滋賀大学大学院教育学研究科教授

藤岡 達也

専門委員

滋賀県立長浜北星高等学校教頭

中川 雅彦

滋賀県教育委員会事務局高校教育課指導主事

河原 真

研究委員

滋賀県立伊香高等学校教諭

富山 昌彦

滋賀県立伊吹高等学校教諭

堤 信明

研究協力校

滋賀県立伊香高等学校

滋賀県立伊吹高等学校