

令和元年度(2019年度) 理科教育に関する研究

科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を目指した 高等学校理科の授業改善Ⅱ

ーパフォーマンス課題による探究的な学習の実践と多面的・多角的な評価の工夫ー

内容の要約

高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編・理数編では、探究的な学習を充実させる必要性と、学習評価を資質・能力の育成に生かすことが示された。本研究では、学校や生徒の実態に応じて重点を置く探究の過程を絞り、パフォーマンス課題による探究的な学習の実践に取り組んだ。また、ルーブリックを活用した多面的・多角的な評価により生徒の変容を把握し、指導と評価の一体化を図った。これらの取組により、生徒は探究の過程を主体的に遂行し、探究の過程を踏まえた学習活動を充実させることができ、科学的に探究するために必要な資質・能力の育成につながった。

キーワード

探究的な学習	探究の過程	パフォーマンス課題
ルーブリック	多面的・多角的な評価	指導と評価の一体化

	目		次		
I 主題設定の理由	(1)	VI 研究の内容とその成果		(5)	
II 研究の目標	(1)	1 高等学校理科教員の実態把握		(5)	
III 研究の仮説	(1)	2 科学的に探究するために必要な資			
IV 研究についての基本的な考え方	(2)	質・能力の育成を目指した授業改善		(5)	
1 科学的に探究するために必要な資		3 生徒の意識の変容		(11)	
質・能力の育成を目指す探究の過程	(2)	4 指導者の意識の変容		(11)	
2 高等学校理科教員の実態把握	(2)	VII 研究のまとめと今後の課題		(12)	
3 探究の過程の充実を図る授業改善	(2)	1 研究のまとめ		(12)	
V 研究の進め方	(4)	2 今後の課題		(12)	
1 研究の方法	(4)	文 献			
2 研究の経過	(4)				

科学的に探究するために必要な資質・能力の育成

探究の過程を踏まえた学習活動の充実

指導と評価の一体化

探究的な学習の実践

目的

思考力、判断力、表現力等を育成する

工夫

日常生活と関連付けたパフォーマンス課題を取り入れる

⇒ 理解をより深める

多面的・多角的な評価

目的

ペーパーテストでは測ることが難しい資質・能力を測る

工夫

・ 探究ノート
・ 学校や生徒の実態に応じたルーブリック
・ 評価シート

を活用する

⇒ 次の学びへつなげる

指導と評価のあり方を探ることで、高等学校理科の授業を改善

理科の学習に関する教員アンケート(探究の過程や学習評価についての認識調査)

探究の過程の指導

生徒の疑問を基に探究する授業を展開したい



学習評価

ルーブリックの有効性を感じているが、どのように取り組めばよいかわからない



高等学校学習指導要領

- 科学的に探究する学習を充実
- 日常生活や社会との関連を重視

高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編・理数編

高等学校理科指導の現状

- 観察・実験や探究的な活動が不十分
- 知識・理解に偏重

中央教育審議会答申(平成28年12月)

理科教育に関する研究

科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を目指した 高等学校理科の授業改善Ⅱ

ーパフォーマンス課題による探究的な学習の実践と多面的・多角的な評価の工夫ー

I 主 題 設 定 の 理 由

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。)では、「思考力、判断力、表現力等を育成するに当たっては、自然の事物・現象の中に問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行い、得られた結果を分析して解釈するなどの活動を行うことが重要である」¹⁾とし、探究的な学習活動をより一層充実する必要があると示された。また、学習評価については、「単元や題材など内容や時間のまとまりを見通しながら評価の場面や方法を工夫して、学習の過程や成果を評価し、指導の改善や学習意欲の向上を図り、資質・能力の育成に生かすようにすること」¹⁾と示されている。

当センターの平成30年度理科教育に関する研究では、滋賀県内の高等学校理科教員に対する調査の結果より、科学的に探究する学習活動は十分実施されているとはいえ、また、学習活動の評価の方法については、ルーブリックなどはあまり取り入れられていないことが分かった。そのことから、「観点別学習状況の評価シート」を活用し、探究の過程を踏まえた授業を実施したところ、生徒が主体的に授業に取り組む姿が見られた。一方、学習活動の評価については、生徒の実態に即した評価シートになるよう、具体的な生徒の姿を想定し、改善する取組を継続していく必要があるという課題が示された。

これらを踏まえ、本研究では、単元における動機付けをするために、パフォーマンス課題による探究的な学習の実践と多面的・多角的な評価の工夫に焦点をあて、研究を進める。パフォーマンス課題を取り入れた授業を構想し、その課題の解決に向けた探究の過程を生徒が振り返り、分析・改善を繰り返す中で、理解をより深めるように働きかける。その際、パフォーマンス課題に対応したルーブリックを活用し、指導と評価の一体化を図る。このように、指導と評価のあり方を探ることが、高等学校理科の授業改善を促し、科学的に探究するために必要な資質・能力の育成につながると考え、本主題を設定した。

II 研 究 の 目 標

科学的に探究する学習活動としてパフォーマンス課題を取り入れ、学習評価については多面的・多角的な評価となるよう工夫することで、探究の過程の充実に向けた指導と評価のあり方を探る。これらにより、高等学校理科の授業改善を図り、科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を目指す。

III 研 究 の 仮 説

パフォーマンス課題の解決に向けた取組を通して、仮説を設定する活動や観察・実験を計画する活動、既習の知識等を活用して考察する活動などの、科学的に探究する学習活動を取り入れた授業を構想する。パフォーマンス課題は、学校や生徒の実態に応じて、探究の過程のうち、いくつかの過程に重点を置き取り組む。また、生徒に即したルーブリックにより適切に自己の到達度を認識する力を育成する。そのことで、生徒の実態に応じた探究の過程を充実させる。このような取組により、高等学校理科の授業改善を図ることができ、科学的に探究するために必要な資質・能力の育成につながるであろう。

IV 研究についての基本的な考え方

1 科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を目指す探究の過程

高等学校理科においては、図1のように、学習指導要領解説において、理科における資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージが示された。課題の把握(発見)、課題の探究(追究)、課題の解決という探究の過程を踏まえた学習活動を行い、それぞれの過程において、資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ることが必要である。探究的な学習活動においては、この探究の過程に

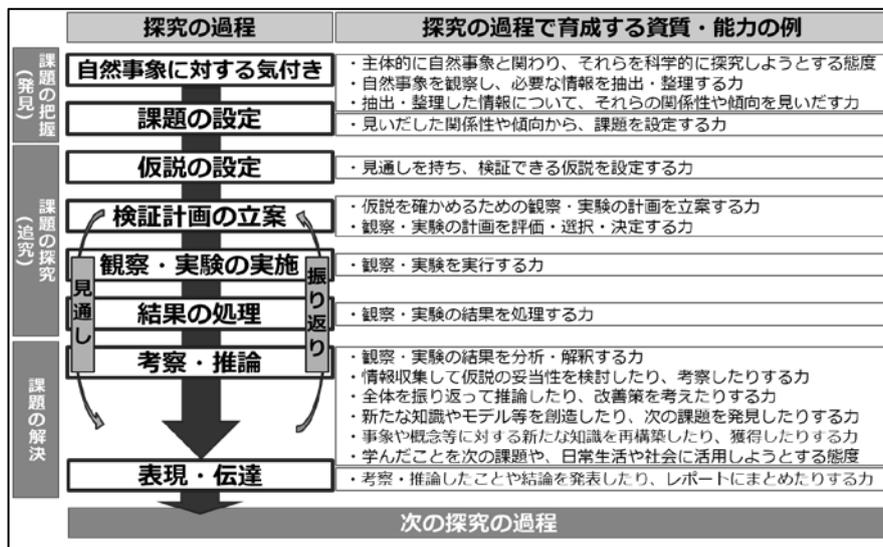


図1 資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージ

即して授業を構想するが、取り組む課題の特質に応じて、探究の過程のどの過程に重点を置くかについて検討する必要がある。また、同じ課題に取り組む場合であっても、学校や生徒の実態に合わせる必要が重要である。本研究では、それらの視点に立ち、授業構想を行う。

2 高等学校理科教員の実態把握(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た認識調査を行い、平成30年度の調査結果と比較を行う。また、新たに「探究の過程の指導」や「学習評価」に関する疑問や悩みを自由に回答する質問項目を加え、探究の過程や学習評価についての認識から、教員の実態に基づいて理科の授業改善の視点を明確にする。

3 探究の過程の充実を図る授業改善

(1) 「本質的な問い」を明確にしたパフォーマンス課題

本研究におけるパフォーマンス課題とは、身に付けた知識や技能を総合して使いこなすことを求めるような課題をいう。個々の知識や技能を幅広く身に付けておくだけでは実際の生活の中で活用できるとは限らない。そこで、パフォーマンス課題に取り組むことで、それらの知識や技能の定着を図り、日常生活と関連付け総合させて永続的な理解へとつなぎ、日常生活に活用できるようになることを目指す。

パフォーマンス課題の作成においては、日常生活と学習内容とが関連付けられるものになるよう工夫する。また、課題を解決する必要性が感じられるものを設定することで、生徒に探究の動機付けをする。そして、探究のそれぞれの過程において、生徒が理科の見方・考え方を働かせながら解決に向けて取り組むことで、学びを深めることができると考える。そのような学びを深める構成とするために、単元を貫き、その単元で何を身に付けるのかを明確にした問いを設定する。本研究では、これを「本質的な問い」とする。

(2) パフォーマンス課題に対応したルーブリックの作成と活用

ルーブリックは、当センターの平成30年度理科教育に関する研究において示している「探究の過程を通して育成する資質・能力とその評価の観点の細分化」を基に作成する。その中で、「観察実験を実施する力」の観点においては、安全に対する意識付けを明確にするために「安全に観察・実験を実施する力」の要素を図2のように新たに取り入れ、その定義を「観察・実験において安全確保の視点に立ち実施する力」とし、生徒の先を見通す力についても評価するものとする。ルーブリックの作成の際には、探究の過程においてどの観点を評価項目にするのか、その評価項目に対して、生徒の達成度を測る達成基準をどのように設定するのかについて、学校や生徒の実態に合わせながら、ペーパーテストでは測ることが難しい探究する姿勢を含めた達成基準を作成する。ただし、「安全に観察・実験を実施する力」の要素については、事故やけがは全ての学校においてあってはならないため、同じ達成基準を設定する。

探究の過程	観点	要素	定義
自然事象に対する気付き	興味・関心をもつ力	情報抽出力	様々な事象から、必要な情報を抽出する力
		疑問形成力	様々な事象から得た情報を基に、疑問を形成する力
課題の設定	課題を設定する力	課題発見力	意義のある問題を見つけ、目的や課題を明らかにする力
		課題化する力	科学的な課題として設定する力
仮説の設定	仮説を設定する力	見通しをもつ力	結果を予測して、仮説を立てる力
		仮説を検証する力	仮説の妥当性や改善策を検討する力
検証計画の立案	検証計画を立案する力	観察・実験デザイン力	仮説をたしかめるための観察・実験を計画する力
		検証計画を検討する力	検証計画を計画・選択・決定する力
観察・実験の実施	観察実験を実施する力	実行力	観察・実験を自分たちで実行する力
		操作力	観察・実験の基本的操作をする力
		安全に観察・実験を実施する力	観察・実験において安全確保の視点に立ち実施する力
結果の処理	結果をまとめる力	結果を表現する力	図表・グラフ・数式などによって表現する力
		結果をモデル化する力	論理的に判断・思考する力
考察推論	考察する力	結果(情報)分析力	実験結果(与えられた情報)から、関係性や傾向を見いだす力
		実証考察力	仮説と照らし合わせて、実験結果を基に考察する力
	結論を導く力	結論導出力	課題に正対する結論を導く力
		結論を検討する力	結論の妥当性を検討し、選択・決定する力
	振り返る力	メタ認知力	振り返り、自らの探究のあり方について説明する力
		メタ認知力	振り返り、学習前から学習後の自己の変容を認識する力
表現伝達	他者に表現する力	プレゼンテーション力	探究の過程を整理し、成果などを適切に表現し、発表する力
		文章にまとめる力	探究の過程を整理し、論文やレポートにまとめる力

図2 探究の過程を通して育成する資質・能力とその評価の観点の細分化

図2のように新たに「安全に観察・実験を実施する力」の要素を取り入れ、その定義を「観察・実験において安全確保の視点に立ち実施する力」とし、生徒の先を見通す力についても評価するものとする。ルーブリックの作成の際には、探究の過程においてどの観点を評価項目にするのか、その評価項目に対して、生徒の達成度を測る達成基準をどのように設定するのかについて、学校や生徒の実態に合わせながら、ペーパーテストでは測ることが難しい探究する姿勢を含めた達成基準を作成する。ただし、「安全に観察・実験を実施する力」の要素については、事故やけがは全ての学校においてあってはならないため、同じ達成基準を設定する。

ルーブリックの活用については、まず生徒に目指すべき姿のイメージとして、ルーブリックを事前に提示する。それにより、生徒は客観的に自己の到達度を認識し、次の学びに生かすことができる。これらの活動により、生徒の学習意欲の向上に結び付ける。また、学習目標として示したルーブリックに対して、生徒が自己評価をする際には、当センターの平成30年度理科教育に関する研究の成果物である「振り返り・自己評価シート」を用いる(図3)。シートには、新たに自己評価の理由を記述する欄を設ける。生徒の自己評価と指導者による評価を照らし合わせることで、その妥当性を検証することができ、生徒へのフィードバックの材料とする。そして、取組を継続的に実施することで、生徒の実態を把握し直し、探究の過程の充実を目指して、さらなる授業改善につなげる。

単元：「化学と人間生活 ー化学と物質ー」

化学基礎 振り返り・自己評価シート

1年組 番号 名前

★目標を達成できたか、自己評価しよう!! (※A~Dに○をつけよう!!)

目標① 仮説を確かめるための観察・実験を計画することができる。

A	B	C	D
観察・実験において、見通しをもち、しょう油や水の量を調整し、また条件も制御された検証計画を立案することができた。	観察・実験において、見通しをもち、しょう油や水の量を調整した検証計画を立案することができた。	検証計画を立案したが、仮説を検証する方法について考えられなかった。	検証計画を全く立案することができなかった。

そのように判断した理由： 理由を記述する欄

●しょう油からの食塩の分離について、より白い食塩を得るためにはどうすればよいか、授業で学んだことを基に、考えてみよう。 発展的な学びを促す設問

●学習を振り返って、新たに疑問に思ったことや、さらに知りたいことを書こう。 次の学びへとつなげるための設問

図3 「振り返り・自己評価シート」

(3) 探究的な学習の実践と多面的・多角的な評価による検証

パフォーマンス課題を取り入れることで、生徒の興味・関心や多様な考えを引き出し、生徒が主体的に探究の過程に向かう授業を実践する。単元のどこでパフォーマンス課題を取り入れるか、探究の過程のうち、どこに重点を置くかについては、生徒の基礎的・基本的な知識・技能や科学的な概念の習得状況を見極めながら検討し、探究の過程の充実を図るものとする。また、生徒は、当センターの平成30年度理科教育に関する研究の成果物である「探究ノート」を作成しながら、パフォーマンス課題の解決に取り組む。取組の中で、自分の考えをもち、それを基に対話を進めることを重視し、「探究ノート」は、自分の考え、グループやクラス全体での考えを区別して記入する構成としている。さらに、考えの変化、観察・実験を終えての結論を記入することで、学習前から学習後への自己の変容だけでなく、探究の過程を振り返ることができる構成としている。

「振り返り・自己評価シート」には、発展的な学びを促す設問と、次の学びへつなげるための設問を設けることで、生徒は自己の学びを振り返ることができる。さらに、生徒は「探究ノート」と「振り返り・自己評価シート」に取り組むことにより、学習の前後での自己の変容を認識することができる。また、指導者は、図4に示す「評価シート」を用いて、生徒の学習状況を把握する。観察・実験に取り組ませながら把握することを容易にするため、実験室の座席配置を基にし、シート上部に示した学習評価の観点と照らし合わせ、指導者が丸を付けるだけで記録可能なものにした。

指導者は、「振り返り・自己評価シート」による生徒の自己評価と「評価シート」により、生徒が自己の変容を自覚できるように、フィードバックを行う。多面的・多角的な評価は、「探究ノート」における記述内容や「振り返り・自己評価シート」におけるルーブリックによる自己評価、「評価シート」における生徒の学習状況の変容を見取ることによって実施する。これらのことにより、指導と評価の一体化を図り、パフォーマンス課題による探究的な学習の取組と学習評価の方法について検証する。

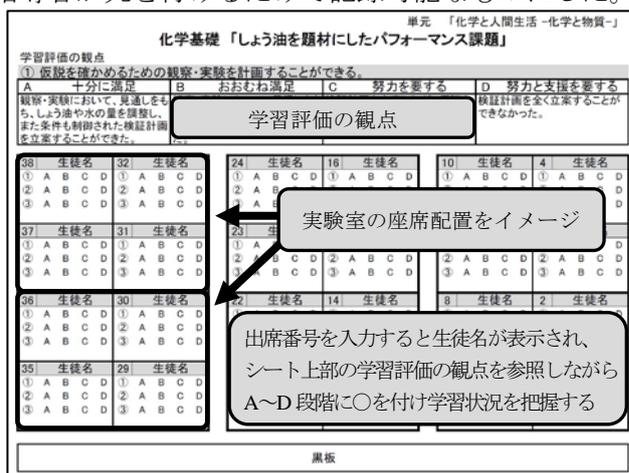


図4 実験室の座席配置をイメージした「評価シート」

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教員に対してアンケート調査を行い、授業改善の視点を明確にする。
- (2) 「本質的な問い」を明確にしたパフォーマンス課題を取り入れた授業を構想する。
- (3) パフォーマンス課題に対応したルーブリックを作成する。
- (4) 探究的な学習の実践と「探究ノート」や「振り返り・自己評価シート」における生徒の変容を見取り、多面的・多角的な評価に取り組み、探究的な学習の取組と学習評価の方法を検証する。

2 研究の経過

4月	研究構想 研究委員の委嘱	10月	第3回専門・研究委員会 (研究の成果と課題の分析)
5月	研究推進計画の立案	11月～12月	研究論文原稿執筆
6月	第1回専門・研究委員会 (研究構想、1学期の実証授業の検討)	1月	研究発表準備
7月～11月	研究協力校での実証授業	2月	研究発表大会
8月	第2回専門・研究委員会 (研究の経過の確認)	3月	研究のまとめ

VI 研究の内容とその成果

1 高等学校理科教員の実態把握(探究の過程や学習評価についての認識調査)

科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を目指した授業改善に向けて、滋賀県内の高等学校理科教員に探究の過程の指導や学習評価の取組状況に関する認識調査を実施し、平成30年度の調査結果と比較することで、授業改善の視点をより明確化することとした。回答率は、88.5%であった。

探究の過程の指導に関する設問(図5)の「仮説を基に実験計画を立てる指導」「観察・実験の結果を分析し考察する指導」や学習評価の取組状況に関する設問(図6)の「ルーブリックに関する取組」「ポートフォリオに関する取組」の項目において、平成30年度よりも肯定的な回答の割合が増加している。また、「まったく行っていない」という回答も、おおむね低下していることから、探究的な学習の取組や探究の過程の指導が普及しつつあるのではないかと考える。しかし、これらの設問に対する肯定的な回答が増加しているとはいえ、全体からするとその割合は低く、これからも重点を置いて取り組むことが必要であると考えられる。

また、自由記述の設問においては、「探究的な学習を実践したいが、どのように学習課題を設定し発問すればよいのか、学習評価をどのように行えばよいのか分からない」という回答があった。

これらのことから、高等学校理科の授業の改善に向けて、探究的な学習とそれに応じたルーブリックを用いた学習評価について、学校や生徒の実態に応じた実践を示す必要があることがうかがえた。

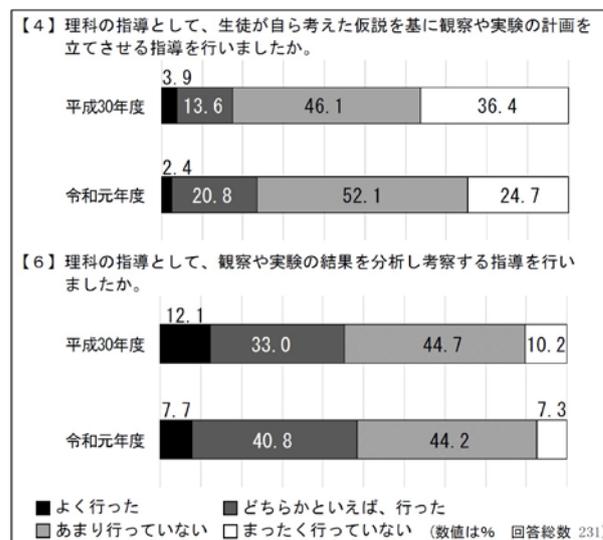


図5 高等学校理科の教員アンケートの結果①

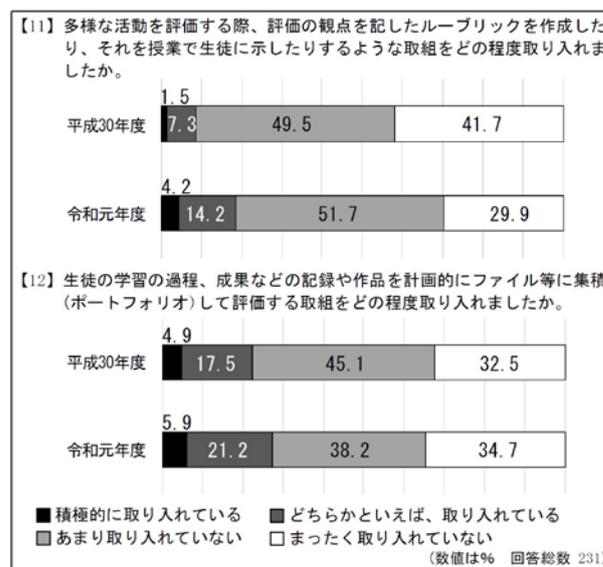


図6 高等学校理科の教員アンケートの結果②

2 科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を目指した授業改善

当センターの平成30年度の理科教育に関する研究では、高等学校理科の授業改善に向けて、履修率が高い生物基礎を取り上げ、探究の過程の充実に向けた授業改善に取り組んだ。本研究では、生物基礎と同等の履修率である化学基礎において、パフォーマンス課題を取り入れた探究的な学習の実践に取り組むこととした。

パフォーマンス課題の設定については、日常生活と学習内容とを関連付けられること、学習前に生徒がもつ素朴な概念とのギャップがあり、その概念を修正し科学的な概念に置き換える題材であること、理論値と実験値が異なり、その要因について考察できることの三点を重視した。

また、同じパフォーマンス課題であっても、学校や生徒の実態に応じたものにするため、定時制昼間部普通科の高等学校(以下、A校とする。)、全日制普通科の高等学校(以下、B校とする。)のそれぞれに合わせた探究的な学習の展開とした。

(1) 「仮説を設定する力」や「検証計画を立案する力」等の育成を目指した授業の実践

化学基礎における「(1)化学と人間生活」の単元において、しょう油を題材にしたパフォーマンス課題を設定した。この課題においては、しょう油の種類の違いに着目し、濃口、薄口、減塩しょう油に含まれる食塩の量について仮説を設定したうえで検証計画を立案し、実験により検証する展開とした(図7)。また、化学基礎の最初の単元であることから、探究的な学習の入口である仮説の設定に重点を置き、さらにB校においては、検証計画の立案にも重点を置き、取り組むものとした。身近な物質を取り上げ、この単元において学習している混合物の分離の方法と既習の知識や技能を総合して使いこなし、知識や技能の定着を目指すものとした。

学習評価については、生徒のこれまでの学習状況の違いを考慮して、学校や生徒の実態に応じて、探究の過程のうち、仮説の設定、もしくは検証計画の立案に重点を絞り実施した。また、観察・実験の実施の観点のうち、実行力の要素については、これまでに取り組んできた観察・実験の頻度の違いなどを考慮し、学校や生徒の実態に応じて達成基準を設定した(図8)。

本質的な問い	混合物を分離するにはどのようにすればよいだろうか。	
パフォーマンス課題	たくさんのしょう油をつけて食事する家族に、健康のためにしょう油のつけすぎには気を付けてほしいとお願いをしても聞いてくれません。あなたは、しょう油と健康の関係を示すことで説得しようと思います。何を示すことで、しょう油と健康の関係について説得することができるだろうか？	
第1時	育成を目指す資質・能力	<ul style="list-style-type: none"> 仮説を設定する力(見通しをもつ力：結果を予測して、仮説を立てる力) 検証計画を立案する力(観察・実験デザイン力：仮説を確かめるための観察・実験を計画する力)
	探究の過程	<p style="text-align: center;">◇学習課題 ◆結論 ○主な学習活動</p> <p>○学習評価の観点と到達度を示し、生徒が目指すべき姿のイメージを明確にする。 ○身近な題材としてしょう油を取り上げ、生徒の探究していく動機付けをする。 ○しょう油の種類は何の違いによるものかについて、予想を立てる。</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">◇しょう油の種類によって、含まれる食塩量にはどのような違いがあるのだろうか？</p> <p>○学習課題に対する仮説として選択肢を示し、各自検討する。 ○各自が設定した仮説や検証計画について、グループで協議する。 ○グループごとに、仮説、検証計画等を発表し、クラス全体で共有する。 ○クラス全体での意見も取り入れ、各グループで再検討した後、観察・実験を実施する。 ○観察・実験の途中で得られた黒く揚げた固形のものから食塩を取り出す方法を再検討する。 ○検証計画について、グループで協議し、クラス全体で共有し、まとめる。</p>
	課題の設定 仮説の設定	
	検証計画の立案	
第2時	育成を目指す資質・能力	<ul style="list-style-type: none"> 観察・実験を実施する力(実行力：観察・実験を自分たちで実行する力) 観察・実験を実施する力 (安全に観察・実験を実施する力：観察・実験において安全確保の視点に立ち実施する力)
	探究の過程	<p style="text-align: center;">◇学習課題 ◆結論 ○主な学習活動</p> <p>○各グループでまとめた検証計画を基に、観察・実験を実施する。 ○実験途中において、必要に応じて検証計画を再検討する。 ○実験結果や考察をグループ、クラス全体で共有し、結論を導き出す。</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">◆薄口しょう油、濃口しょう油、減塩しょう油の順に食塩は多く含まれている。</p> <p>○自己の学びを評価し、振り返りを行う。</p>
	観察・実験の実施	
	結果の処理 考察・推論	

図7 しょう油を題材にしたパフォーマンス課題の指導計画

【A校】			
A	B	C	D
メスカップ、電子天秤を用いた計量や、ろ過の操作について、グループ内で理解し合い、他者に操作方法を説明することができた。	メスカップ、電子天秤を用いた計量や、ろ過の操作について、グループ内で理解し合い取り組んでいるが、他者から教えてもらい行うことがあった。	実験操作の手順をグループ内で理解し合うことができず、適切な実験操作を行うことができなかった。	実験操作を他人に委ねるなど、観察・実験に参加することができなかった。
【B校】			
A	B	C	D
メスカップ、電子天秤を用いた計量や、ろ過の操作について、グループ内で理解し合い、手際よく操作ができるよう、他者に操作方法を説明することができた。	メスカップ、電子天秤を用いた計量や、ろ過の操作について、グループ内で理解し合い、他者に操作方法を説明することができた。	メスカップ、電子天秤を用いた計量や、ろ過の操作について、グループ内で理解し合い取り組んでいるが、他者から教えてもらい行うことがあった。	実験操作の手順をグループ内で理解し合うことができず、適切な実験操作を行うことができなかった。

図8 観察・実験の実行力のルーブリックにおける達成基準

ア A校における探究的な学習の実践

生徒の興味・関心や考えを大切に、探究的な学習に主体的に取り組むことができるよう、丁寧に動機付けを行った。仮説の設定の際には、選択肢を設けることで自分の考えを示しやすくし、

グループの協議がスムーズに行えるようにした。また、そうすることによって、自分自身の考えになかった仮説に触れることになり、自分の考えを揺るぎないものにするために、仮説に対する根拠を明確にしようとする姿が見られた(図9)。「振り返り・自己評価シート」における記述では、発展的な学びを促す設問と、次の学びへつなげるための設問において、

仮説	②
【選択肢】	
① 濃口>薄口>減塩	料理に使う時、できるだけ色がつかないよう 少しの量で済むように、薄口は、食塩が多く 含まれているのではないかと考えた
② 薄口>濃口>減塩	
③ 濃口=薄口=減塩	
④ 濃口>薄口=減塩	
⑤ 濃口=薄口>減塩	

図9 生徒が設定した仮説

探究の過程を経て、身近な物質を科学的な視点から探究することで、新たな疑問を記述する生徒が多く見られた(図10)。

●学習を振り返って、新たに疑問に思ったことや、さらに知りたいことを書こう。

しょう油以外の調味料でも、今回作った実馬舎外でできるのかなど
いう疑問が、でてきたので、やれる機会があったらやってみたい

図10 次の学びにつながる様子がうかがえる生徒の記述(下線は筆者)

授業の展開において、指導者が丁寧に動機付けを行い、さらに、選択肢を提示して自分の考えをもつことができるよう促した。そのため、生徒が探究的な学習に主体的に取り組む姿が見られた。また、学びを深め、次の学びにつなげることが可能になることが分かった。このことから、まずは、身の回りの事物・現象を題材として、それらを科学的な見方・考え方を働かせながら探究的な学習を経験させることが大切であることがうかがえた。新たな疑問をもち、それが新たな学習課題の設定となり、探究的な学習が繋がっていく様子も見られた。

イ B校における探究的な学習の実践

検証計画の立案の際には、これまでに学習してきた混合物の分離方法について想起しながらグループで協議し、既習事項の中からの過を分離の方法として取り入れ、検証計画を立案している記述が見られた。立案した検証計画を基に、観察・実験に取り組みながら、実験手順や実験条件がより妥当なものになるよう検討している記述も見ることができた(図11)。これらの様子から、見通しをもちながら分量を調整すること、条件を揃えることが重要であることなど、検証計画を立案するうえでの視点をもつことができたとうかがえた。また、これらの生徒の記述は、単に学習目標として授業のはじめに提示したルーブリックに従い探究の過程を進めたことによるものではなく、なぜ見通しをもって分量を調整する必要があるのかについて、その目的も認識していた様子が自己評価の際の判断した理由の記述からうかがえた(図12)。

実験計画	
① それぞれのしょう油(20ml)をガスバーナーで加熱。 ② う混ぜる。 ③ 塩をとりだす。 ④ 電子てんびんでそれぞれの塩の質量をはかる。	実験条件を揃える
最終的に行った実験方法	
① それぞれのしょう油(5ml)を蒸発皿に入れる ② ガスバーナーで加熱 ③ 冷やす(冷ます) ④ 蒸発皿に水をひき出した物質と水に溶けし出す ⑤ う混ぜる ⑥ う液を蒸発皿に入れ、板にたで加熱 ⑦ 電子てんびんでそれぞれの塩の質量をはかる	
より妥当なものになるよう検討	

図11 生徒が立案した検証計画(下線は筆者)

仮説を確かめるための観察・実験を計画することができる。			
A	B	C	D
観察・実験において、見通しをもち、しょう油や水の量を調整し、また条件も制御された検証計画を立案することができた。	観察・実験において、見通しをもち、しょう油や水の量を調整した検証計画を立案することができた。	検証計画を立案したが、仮説を検証する方法について考えられなかった。	検証計画を全く立案することができなかった。
そのように判断した理由: <u>しょう油が蒸発しやすさを調整できたから。</u>			

図12 検証計画の立案における生徒の自己評価(下線は筆者)

観察・実験において、安全確保の視点に立ち実施することができる。			
A	B	C	D
<u>ガスバーナー等の実験器具の危険性、保護めがねの着用</u> の重要性について、気付いたことを記録しながら、安全に配慮して観察・実験に取り組むことができた。	ガスバーナー等の実験器具を適切に操作でき、保護めがねを必ず着用するなど安全に配慮して観察・実験に取り組むことができた。	ガスバーナー等の実験器具を適切に操作できるが、保護めがねの着用を忘れていたことがあった。	観察・実験において、安全対策を意識して取り組むことができなかった。
そのように判断した理由: <u>重要な事をしっかりと記録することができたから、安全に器具を使った</u>			

図13 安全に観察・実験を実施する力における生徒の自己評価(下線は筆者)

同様に、安全に観察・実験を実施する力の要素についても、ルーブリックが安全に観察・実験を実施するための到達目標となり、実際に行動に移している様子を見ることができた(p.7の図13)。

(2) 「考察する力」等の育成を目指した授業の実践

化学基礎における「(3)物質の変化とその利用」の単元において、発泡性入浴剤を題材にしたパフォーマンス課題を設定した。この課題においては、発泡性入浴剤に含まれる成分のうち、泡の発生に関係する成分を特定し、さらに泡の発生が最大になる成分の混合比を求める展開とした(図14)。この課題における観察・実験では、実験結果を表やグラフにまとめ、結論を導出する必要があることから、探究の過程の中でも実験結果を基に表やグラフを読み取り、考察する力について重点を絞り、取り組むものとした。ここでの化学反応は、境界点までは泡の発生量は増加するが、それを越えると一定になることから、化学反応における量的な関係について考察する展開とした。また、その過程で、化学反応の全体を大まかに見定めたいうで、化学反応の量的な関係について詳細を明らかにする観察・実験の手法を習得することも図った。なお、第2・3時においては、クエン酸の質量を1.0gと条件を一定にした状態で観察・実験を実施した。

本質的な問い		生成物を最大量発生させるためには、何が関係しているのだろうか。
パフォーマンス課題		あなたは、入浴剤メーカーの商品開発部で働く研究員です。最も経費をかけず、多くの泡が出る入浴剤を開発するために、成分と混合比をどのようにすればよいだろうか？
第1時	育成を目指す資質・能力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 検証計画を立案する力(観察・実験デザイン力：仮説を確かめるための観察・実験を計画する力) ・ 観察・実験を実施する力(実行力：観察・実験を自分たちで実行する力) ・ 観察・実験を実施する力 (安全に観察・実験を実施する力：観察・実験において安全確保の視点に立ち実施する力) ・ 考察する力(実証考察力：仮説と照らし合わせて、実験結果を基に考察する力)
	探究の過程	◇学習課題 ◆結論 ○主な学習活動
	課題の設定 仮説の設定 検証計画の立案 観察・実験の実施 結果の処理 考察・推論	<ul style="list-style-type: none"> ○学習評価の観点と到達度を示し、生徒が目指すべき姿のイメージを明確にする。 ○身近な題材として入浴剤を取り上げ、生徒が探究していく動機付けをする。 ○発泡性入浴剤からは、なぜ泡が出るのかについて、予想を立てる。 ◇発泡性入浴剤では、含まれる成分のうち何が関係して泡が生じているのだろうか？ ○学習課題に対して、各自が設定した仮説や検証計画について、グループで協議する。 ○グループごとに、仮説、検証計画等を発表し、クラス全体で共有する。 ○クラス全体での意見も取り入れ、各グループで再検討した後、観察・実験を実施する。 ○実験結果や考察をグループ、クラス全体で共有し、結論を導き出す。 ◆入浴剤の泡の発生には、炭酸水素ナトリウムとクエン酸が関係している。 ○自己の学びを評価し、振り返りを行う。
	育成を目指す資質・能力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 観察・実験を実施する力(実行力：観察・実験を自分たちで実行する力) ・ 観察・実験を実施する力 (安全に観察・実験を実施する力：観察・実験において安全確保の視点に立ち実施する力) ・ 考察する力(実証考察力：仮説と照らし合わせて、実験結果を基に考察する力) ・ 振り返る力(メタ認知力：振り返り、学習前から学習後への自身の変容を認識する力)
第2・3時	探究の過程	◇学習課題 ◆結論 ○主な学習活動
	課題の設定 仮説の設定 検証計画の立案 観察・実験の実施 結果の処理	<ul style="list-style-type: none"> ○学習評価の観点と到達度を示し、生徒が目指すべき姿のイメージを明確にする。 ○発泡性入浴剤から最大量の泡を生じさせるにはどのようにすればよいかについて、予想を立てる。 ◇発泡性入浴剤の泡の量を多くするためには、各成分の量をどのようにすればよいだろうか？ ○学習課題に対して、各自が設定した仮説や検証計画について、グループで協議する。 ○グループごとに、仮説、検証計画等を発表し、クラス全体で共有する。 ○クラス全体での意見も取り入れ、各グループで再検討した後、観察・実験を実施する。 ○実験結果や考察をグループ、クラス全体で共有する。 ○第3時は、変化が見られる領域の詳細な変化量を測定することを確認する。
	観察・実験の実施 結果の処理 考察・推論	<ul style="list-style-type: none"> ○前時を振り返り、仮説や検証するための計画、目的等を確認する。 ○各グループで観察・実験を実施する。 ○実験結果や考察をグループ、クラス全体で共有し、結論を導き出す。 ◆最大の泡を発生させるためには、クエン酸を1.0gとした場合、炭酸水素ナトリウムを1.3g~1.4g反応させればよい。炭酸水素ナトリウムの反応量をさらに増量しても、泡の発生量には大きな変化は見られない。 ○自己の学びを評価し、振り返りを行う。
	育成を目指す資質・能力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 観察・実験を実施する力(実行力：観察・実験を自分たちで実行する力) ・ 観察・実験を実施する力 (安全に観察・実験を実施する力：観察・実験において安全確保の視点に立ち実施する力) ・ 考察する力(実証考察力：仮説と照らし合わせて、実験結果を基に考察する力) ・ 振り返る力(メタ認知力：振り返り、学習前から学習後への自身の変容を認識する力)

図14 発泡性入浴剤を題材にしたパフォーマンス課題の指導計画

前述のしょう油を題材としたパフォーマンス課題では、単元を学習した後の取組を想定しているが、入浴剤を題材にしたパフォーマンス課題は、物質量を学習したのち、化学反応式を学習する前の段階で実施することを想定し設定した。この課題に取り組み、物質同士の化学反応には何らかの

量的な関係が存在し、それらを認識したうえで化学反応式、化学反応式と量的な関係の学習につなげる展開を構想した。

ア A校における探究的な学習の実践

動機付けを簡略化することで、探究的な学習の目的が不明確になり主体的な活動でなくなってしまうことも考えられるため、第1時では、生徒の思考に寄り添いながら、予想から仮説の設定にかけての動機付けに重点を置いた展開とした。学習の導入においては、入浴剤の成分表の比較から、発泡性入浴剤にのみ含まれる成分が泡の発生に関与するのではないかと気づき、クエン酸が関与するということを通じて導くことができた。また、クエン酸が他の成分と反応することで泡が生じているのではないかとという予想から、可能性のある成分を全ての組合せで検証する検証計画を立案した。実験結果をまとめた表からデータを読み取り、炭酸水素ナトリウムとクエン酸が関与することを特定することができた。

第2時では、学習課題を設定する際に、ある発泡性入浴剤の泡が出る様子を観察した。観察の中で、想像していたよりも泡の発生量が少ないことから、発生量の違いには何が関係しているのだろうかという疑問を導いた。その疑問に対して、生徒は炭酸水素ナトリウムとクエン酸の混合比が関係しているのではないかと予想を立て、混合比の違いによる泡の発生量の変化を測定する観察・実験を実施した。観察・実験では、ふたまた試験管を用い、発生した気体をメスシリンダーで測り取ることにした。観察・実験の結果から、炭酸水素ナトリウムの量を増やすことで泡の発生量が増えるが、炭酸水素ナトリウムが2.0gを超えると発生量があまり変化しないという結果が得られた(図15)。

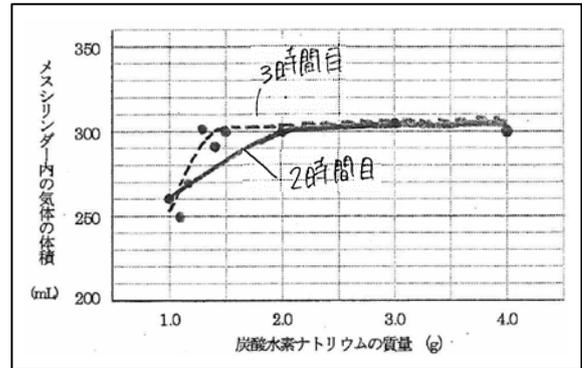


図15 「探究ノート」における実験結果の記述

第3時では、経費をかけず、最大の泡を発生させる入浴剤を開発するにはどうすればよいかという問いかけに対して、より少量の炭酸水素ナトリウムで最大の泡が出る可能性があることに気づき、炭酸水素ナトリウムを1.0gから2.0gの間で、0.1gずつ増量させて泡の発生量を測定する観察・実験を実施することにつなげた。実験結果からグラフを作成するにあたり、誤差ではないかと考えられるデータが見受けられた。その際、生徒たちは、炭酸水素ナトリウムとクエン酸の不正確な計量や、実験条件が制御できていない状態で、グループ間でデータを共有したことにより、さらに大きな誤差につながったのではないかと考え、科学的に探究する際に必要な視点に気付くことができた。誤差の要因を曖昧にし、疑問をもったまま次の探究の過程に進むことは、生徒の主体的な取組を妨げることにもなると考えられる。そのため、誤差の要因を追及した後に、次の探究の過程に向かうことには意義があったと考える。また、この取組により、第3時におけるより正確な定量的な実験の実施に生かすことができた。そして、実験結果から、化学反応に関わる物質には量的な関係があることを考察する生徒の姿が見られ、化学反応について科学的に思考することにつながった(図16)。また、第2時で化学反応の全体の様子をつかみ、第3時でその詳細の検証に取り組んだことで、科

考察

- ・2時間目の実験では、1.0gずつ増やしたが、一気に1.0gから2.0gまで増やしたことでその間の反応がどのくらいに近づいているのかわからなかった。
- ・3時間目の実験で0.1gずつ炭酸水素Naの量を増やしていったので、より正確で途中の反応がわかった。
- ・1.3gより炭酸水素Naを増やしても、泡の量は変わらなかった。
- ・炭酸水素Na:クエン酸=1.3:1.0が泡の発生が2倍。

図16 「探究ノート」における考察の記述

学的に探究する手法が分かったとする生徒や、自分たちでも精度の高い実験ができたことに自信をもつ生徒の様子が記述からうかがえた。

パフォーマンス課題への取組後にはソーダ飴を配布し、発泡性入浴剤の化学反応と関連付けることで、身の回りにある物質には、多くの科学的な現象が活用されているものがあることに気付かせるきっかけとした。

イ B校における探究的な学習の実践

パフォーマンス課題には具体的な場面設定を含め、課題を解決する必要性が感じられるよう動機付けを行うことで、生徒はパフォーマンス課題を自分の課題として捉え、主体的に取り組む姿勢がうかがえた。仮説の設定、検証計画の立案については、入浴剤の成分表から泡の発生に関与する可能性がある成分として、炭酸水素ナトリウム、硫酸ナトリウム、クエン酸、デキストリン(コーンスターチで代用)を選定し、それらを混合し反応させることで、炭酸水素ナトリウムとクエン酸が泡の発生に関与することを特定した。成分を特定する際には、全ての組合せを検証するのではなく、表に示す①から④の組合せを検証することで成分が特定できるのではないかと検証計画を立案し、観察・実験を実施した。成分が特定された後には、自ら炭酸水素ナトリウムとクエン酸を直接混合して検証しようとする姿や、実験結果から表の②にクエン酸を追加すれば泡が生じるのではないかとさらに予想し、検証する姿も見られた。

表 反応させる成分の組合せ

	炭酸水素 ナトリ ウム	硫 酸 ナトリ ウム	クエン酸	コー ン スター チ
①	○	○	○	×
②	○	○	×	○
③	○	×	○	○
④	×	○	○	○

混合する成分を○、混合しない成分を×で表す

次に、成分表での表示順は質量が大きい順であるというこれまでに得た知識を活用し、炭酸水素ナトリウムを多くすることで泡の発生量が増えるのではないかと仮説を立て、観察・実験の検証計画の立案、実施と進めた。この間、指導者は、各グループでの協議内容に耳を傾けながら、必要に応じて全体に対して方向性を示し、グループ内での協議の様子を「評価シート」に記録しながら、学習評価を実施することができていた。

化学反応式の学習前に、このパフォーマンス課題に取り組んだことで、化学反応自体に着目し、その量的

●学習を振り返って、新たに疑問に思ったことや、さらに知りたいことを書こう。

なぜ混合比の違いにより、発生する泡の量が違うのか？

図17 「振り返り・自己評価シート」における記述

な変化をグラフから読み取り、考察しようとする姿勢が見られた。また、化学反応式の学習後には、図17に示すような生徒の疑問に関連付け、化学反応式の量的な関係から計算により理論値を求め、このパフォーマンス課題の実験値と比較し、考察する時間を設けることで、より理解が深まると考える。

(3) 指導者による評価と生徒の自己評価

授業を展開しながら生徒の活動の様子を評価する場合や、授業後に生徒の取組を想起しながら評価する場合のどちらにおいても座席配置をイメージした「評価シート」が有効であり、記録も素早く行うことが可能であった。一方で、生徒の自己評価とのギャップが生じていたが、指導者は、その解消に向けて、達成基準の意義や内容の説明を繰り返し行った。同時に、指導者の評価に対して、自己評価が低い生徒には、具体的な取組の姿勢を示しながら、その生徒の取組を認める声かけを続けたことで、ギャップが少しずつ小さくなったと指導者は実感していた。このような取組を継続することにより、適切に自己の到達度を認識する力が育成されたのではないかと、指導者は「評価シート」による評価と生徒の自己評価に対するフィードバックの取組の重要性を振り返った。

3 生徒の意識の変容

実証授業の前後には、研究協力校の生徒を対象に理科の授業に対する振り返りアンケートを実施した。実証授業前には、これまでの理科の授業における自らの学びや取組について、実証授業後には、パフォーマンス課題による探究的な学習での取組について振り返るものとした。しょう油を題材にしたパフォーマンス課題では、仮説の設定や検証計画の立案について、発泡性入浴剤を題材にしたパフォーマンス課題では、考察する力について重点を絞り探究的な学習を進めてきたが、いずれの観点についても肯定的な回答が増加した(図18)。自由記述における、「以前と違い、実験前に仮説を立てる大切さを知り、仮説を立てられるようになった」とする回答からは、探究的な学習を経験したことで、探究の過程を踏まえた学習活動に取り組む意義やどのような視点で取り組めばよいか理解できたことがうかがえた。また、「学習を振り返ることで、発展的に考えられるようになった」とする回答からは、振り返りが次の学びにつながることを認識した様子が見えられた。「探究の過程に重点を置いた学習」「自己評価の取組」についての回答を図19にまとめた。

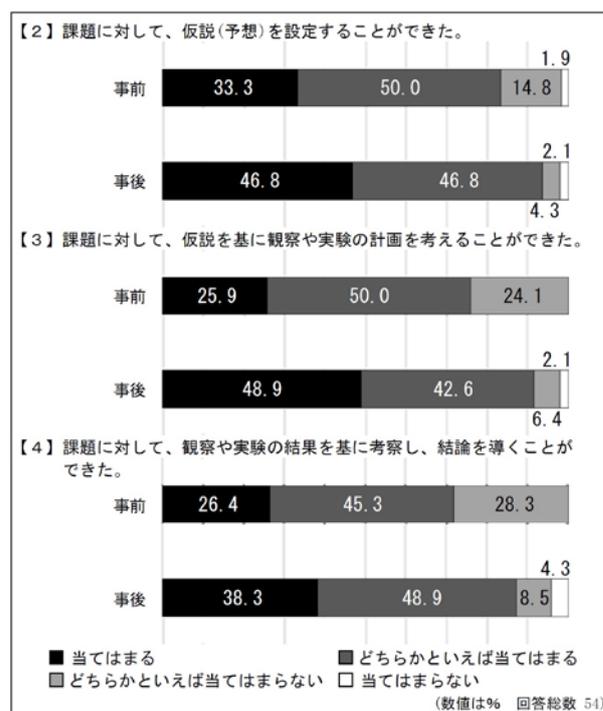


図18 授業振り返りアンケートの結果

探究の過程に重点を置いた学習に関する生徒の自由記述

- ・仮説を自分で考え、どのような実験をしたらよいかを自分で考えることが苦手であったが、自分で仮説を考え、実験計画を立ててから実験するのはおもしろいなと思った。
- ・自分で疑問に思ったことをどのようにすれば解決できるのかグループで考え、それを基に実験することで、新しく分かったこと、また新しい疑問を見つけることができた。一つのことからたくさん発展させることができるようになったと感じた。
- ・実験の途中で間違えたところを、以前のようにそのままにせず、どうして間違えたのかを周りの人と話し合いながら考えることで、自己解決力が付いたと思う。
- ・仮説の設定から考察まで自分たちで進めることにより、結論を導き出した時の達成感があった。以前より実験への意欲が出てきた。

自己評価の取組に関する生徒の自由記述

- ・自分の変化や課題点に気付くことができ、今後に生かすことができるようになった。
- ・授業のはじめに学習目標を確認することで、目標を立てることができた。また、自分自身を客観的に判断する力が付いた。
- ・以前は「授業が終われば全て終わり」という考えだったが、授業後に自己を振り返ることが大事だという考えに変わった。

図19 授業振り返りアンケートにおける生徒の自由記述

4 指導者の意識の変容

実証授業における指導者の意識調査では、「グループ活動が苦手な生徒が多いが、授業中、活発に活動していた」「指導者として今回の取組から、探究的な学習の取組が大切であることを学んだ。生徒たちに力を付けるための貴重な授業であった」という指導者の言葉があった。探究的な学習に取り組む生徒の姿勢から、その有用性を認識している様子であった。指導者の意識調査を図20にまとめた。

- ・探究的な学習では、プリントに積極的に記入することがなかった生徒たちが、自分の考えまで記述するなど、これまでの授業では見受けられないものであった。自分で課題を見つけ、設定することでやりがいを感じ、生徒の印象に残る授業になった。研究協力を通じて、生徒が本当に成長したと感じる。授業が楽しい、また取り組みたいというようになり、学習を自ら楽しんでいった。
- ・生徒の実態に合わせ、学び直しという観点から観察・実験を通して理科の楽しさや、科学的な思考力を身に付けさせる機会を設けることも重要であると考え。観察・実験を多く取り入れ、自己肯定感、知的好奇心を育成したい。
- ・ループリックによる生徒の自己評価と、「評価シート」による指導者の評価とを照らし合わせ、生徒に繰り返しフィードバックを行うことで、生徒は適切に自己の到達度を認識できるようになっていった。

図20 実証授業を通しての指導者の意識

Ⅶ 研究のまとめと今後の課題

1 研究のまとめ

- (1) 取り組むパフォーマンス課題の特質や学校や生徒の実態に応じて、重点を置く探究の過程を絞って実施することにより、どの学校に対しても実施可能で科学的に探究するために必要な資質・能力の育成に向けた探究的な学習活動を示すことができた。また、身の回りの事物・現象を題材にした、パフォーマンス課題による探究的な学習を実施することにより、日常生活における現象を科学的に見ること、考えることができるようになり、探究の過程を踏まえた学習活動を充実させることができた。
- (2) 学校や生徒の実態に応じたルーブリックを到達目標として示すことで、目指す姿が明確になり、主体的に取り組む姿勢が見られた。その取組を繰り返すことで、生徒は自己の変容を自覚できるようになった。

2 今後の課題

- (1) 指導者による評価と生徒による自己評価のギャップをどのように埋めるのか、生徒に対してどのようにフィードバックすることが有効であるのかについて、継続して検討する必要がある。
- (2) 物理基礎や地学基礎、新科目の理数探究基礎においても、科学的に探究する学習活動の充実を図る必要がある。

文 献

1) 文部科学省「高等学校学習指導要領解説理科編・理数編」、平成31年(2019年)

滋賀県総合教育センター「科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を目指した高等学校理科の授業改善」、平成31年(2019年)

西岡加名恵・石井英真『教科の「深い学び」を実現するパフォーマンス評価 「見方・考え方」をどう育てるか』、日本標準、平成31年(2019年)

西岡加名恵『「資質・能力」を育てるパフォーマンス評価 アクティブ・ラーニングをどう充実させるか』、明治図書、平成28年(2016年)

トータルアドバイザー

国立大学法人滋賀大学教育学部准教授 加納 圭

専門委員

滋賀県教育委員会事務局高校教育課指導主事 堀 浩治

研究委員

滋賀県立膳所高等学校教諭 阿武 朗広

滋賀県立河瀬高等学校教諭 久保川剛宏

滋賀県立能登川高等学校教諭 大堤 雅生

研究協力校

滋賀県立河瀬高等学校

滋賀県立能登川高等学校