

令和2年度(2020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Ⅲ

－「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習の実践と
ルーブリックを活用した学習評価を通して－

内容の要約

本研究では、過去2年間の探究的な学習に関する研究のまとめとして、探究の核となる「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習の実践に取り組んだ。その際、パフォーマンス課題を取り入れることで、生徒が学習課題を自分事として捉え、探究の過程全体を通して主体的に取り組むようになった。また、「考察・推論」に特化したルーブリックを活用した自己評価、相互評価の取組の充実を図ることで、「考察・推論」を深めることができた。これらの取組により、現象の本質を理解することにつながる「考察・推論」する力を伸ばし、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った。

キーワード

探究的な学習
考察・推論

探究の過程
ルーブリック

パフォーマンス課題
自己評価と相互評価

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 生徒の実態把握 (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	生徒の実態把握	(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	(5)	

滋賀県総合教育センター

中 川 聖 良

科学的に探究するために必要な資質・能力の育成

「考察・推論」する力の
育成につなげる

「考察・推論」の観点	図	グラフ	数式	根拠 仮説	科学 用語
点数					
コメント					総計

相互評価
ルーブリックを点数化する
「チェックシート」を活用



表現・伝達

チェックシート

考察・推論

ルーブリック

結果の処理
観察・実験の実施
検証計画の立案
仮説の設定
課題の設定
自然事象に対する気付き

探究の過程を踏まえた学習

深い考察ができた！

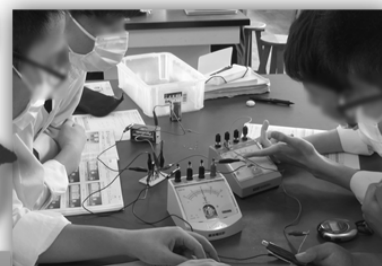
「考察・推論」を再構築

考察2

「考察・推論」の観点	A	B	C	D
図の活用				
グラフの活用				
数式の活用				
根拠の明確化 仮説への立ち返り 科学用語を用いた 適切な表現				

考察1

「考察・推論」を記述
「考察・推論」に特化した
ルーブリックを活用



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

高等学校理科の課題

- 観察・実験や探究的な活動が不十分
- 解釈・考察し、説明する資質・能力が不足

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Ⅲ

－「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習の実践と
ルーブリックを活用した学習評価を通して－

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、探究的な学習活動をより一層充実する必要があることが示されている。また、学習評価について、「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⁾が求められている。

このことから、当センターでは、平成30年度より理科教育に関する研究に取り組んできた。初年度は、県内の現状を把握するとともに、探究の過程を踏まえた学習の実践と学習評価のあり方について方向性を示した(Ⅰ)。令和元年度は、探究の過程のうち「課題の設定」が困難であるという現状を踏まえ、パフォーマンス課題を取り入れた学習の実践に取り組んだ(Ⅱ)。その際、ルーブリックを生徒に提示し、探究の過程において目指すべき姿が明確になるように努めた。そのなかで、探究の過程を踏まえた学習後の調査では、探究の過程のうち「考察・推論」に関して、「記述できた」と回答した生徒の割合が低く、課題があることがうかがえた。「考察・推論」については、中央教育審議会における「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方法等について(答申)」(平成28年12月)においても、「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明することなどの資質・能力に課題が見られる」²⁾と示されている。

これらのことから、本年度は、過去2年間の理科教育に関する研究(Ⅰ・Ⅱ)のまとめとして、探究の核となる「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習を実践する。その際には、「考察・推論」の過程において、ルーブリックを活用し、生徒が自己評価を行うとともに、生徒同士の相互評価による活動を充実させることにより、「考察・推論」する力の育成につなげる。このように、「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習の実践と学習評価の一体化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

「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習の実践とルーブリックを活用した学習評価の一体化に取り組むことで、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

「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習を実践する。その際には、ルーブリックを活用して自己評価や相互評価を繰り返すことで、「考察・推論」する力の育成につなげ、探究的な学習活動を充実させる。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

学習指導要領解説において、図1のように、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、理科における資質・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。

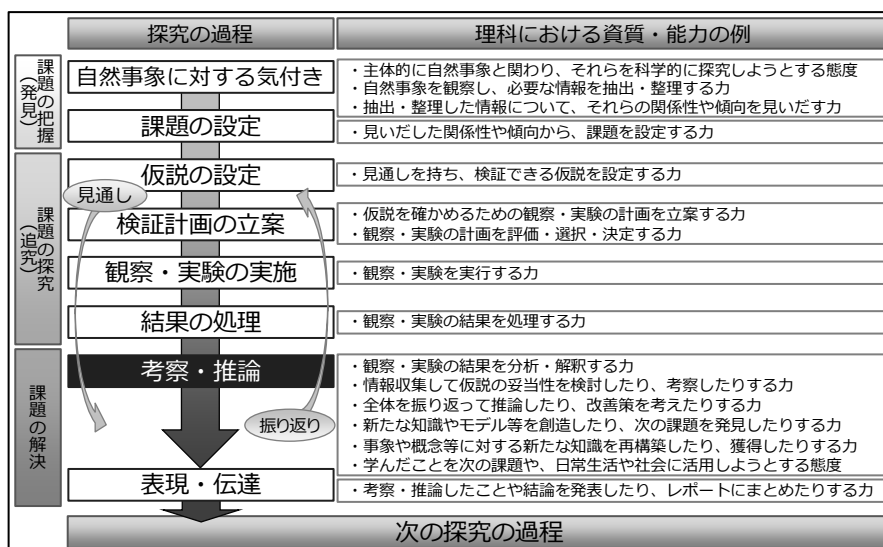


図1 資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージ

また、学習指導要領解説では、「科学的に探究するために必要な資質・能力を育成するために、見通しをもって観察、実験を行うこと」が求められている。その際、「何のために行うのか、どのような結果になるかを考えさせるなど、自然事象を基に予想し、設定した仮説を検証するための観察、実験を行うことが必要である」と示されている。さらに、「広く理科の学習全般においても、生徒が見通しをもって学習を進め、学習の結果、何が獲得され、何が分かるようになったかをはっきりさせることが重要である」と示されている。

令和元年度の理科教育に関する研究では、探究に向かう動機付けを行うことで何のために行うのかを明確にし、「仮説の設定」「検証計画の立案」の過程に重点を置いて取り組んだ。今年度は、「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習に取り組み、学習の結果、何が獲得され、何が分かるようになったのかを明確にすることを目指し、ルーブリックを活用した自己評価、相互評価を軸として研究を進める。そのことにより、科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を図る。

2 生徒の実態把握(研究協力校の生徒を対象にしたアンケート調査)

これまでの学習状況や学習に対する理解度、探究の過程を踏まえた学習、学習評価の取組に関する設問により、生徒の実態を把握する。これを基に、探究の過程を踏まえた学習の展開、学校や生徒の実態に応じたルーブリックの達成基準を検討する。

3 探究の過程の充実を図る授業改善

(1) 探究の過程を踏まえた学習の実践

理科を学ぶことの意義や有用性の実感および理科への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視した「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習課題を設定し、生徒に探究の動機付けをする。そのために、学習課題はパフォーマンス課題として提示する。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。パフォーマンス課題の提示に際しては、学校や生徒の実態に合わせながら、課題を解決する必要性が感じられるものとなるよう留意する。パフォーマンス課題には、学習する単元を貫き、その単元で何を身に付けるのかを明確にした問いとして、「本質的な問い」を設定する。

「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習の実践では、2ページの図1に示した探究の過程のイメージに基づいて、「仮説の設定」「検証計画の立案」の際には「見通し」を意識して展開する。また、「考察・推論」の際には根拠を明確にするように促すとともに、仮説に立ち返る「振り返り」を促す。これにより、何のために観察・実験を行い、何を検証しようとしているのかを明確にし、既習事項を関連付けながら学びに向かうよう支援を図る。

(2) 「考察・推論」の過程におけるルーブリックの達成基準の検討

生徒へのアンケート調査を基に、学校や生徒の実態に応じたルーブリックを作成する。「考察・推論」の過程におけるルーブリックは、「図の活用」「グラフの活用」「数式の活用」「根拠の明確化、仮説への立ち回り」「科学用語を用いた適切な表現」の五つの観点から、思考したり表現したりすることを促す内容とする。また、それぞれの観点における達成基準を示すことで、目指すべき思考や表現のイメージがもてるよう支援を図る(表1)。

表1 「考察・推論」の過程におけるルーブリック(一例)

「考察・推論」の観点	A	B	C	D
図の活用	物体に働く力について、傾斜の違いと矢印の長さを関連付けて表現することができる。	物体に働く力について、力の大きさを矢印の長さで表現することができる。	物体に働く力を矢印で正しい位置に記入できている。	
グラフの活用	x-tグラフ、v-tグラフから、傾斜の違いと変化の様子を関連付けて説明することができる。	x-tグラフ、v-tグラフから、変化の様子について説明することができる。	x-tグラフ、v-tグラフにおいて、実験結果に応じた軸の数値の取り方や近似の線が記入できている。	実験結果を基に、x-tグラフ、v-tグラフを作成することができる。
数式の活用	等加速度直線運動に関する公式と実験結果に基づく数値を関連付け、物体の運動について説明することができる。	等加速度直線運動に関する公式と実験結果に基づく数値を関連付けることができる。	等加速度直線運動に関する公式を示すことができる。	
根拠の明確化	考察の根拠として、図、グラフ、数式をすべて活用し記述することができる。また、仮説の正誤に関わらず、仮説に立ち返ることができる。	考察の根拠として、図、グラフ、数式をすべて活用し記述することができる。	考察の根拠として、図、グラフ、数式のいずれかを活用することができる。	実験結果について記述することができる。
仮説への立ち回り				
科学用語を用いた適切な表現	関連するすべての科学用語を正確に使用することができる。	科学用語を正確に使用することができる。	実験結果を基に現象を正しく捉え、自分の言葉で記述することができる。	実験結果を基に自分の言葉で記述することができる。

指すべき思考や表現のイメージがもてるよう支援を図る(表1)。これらの取組により、自然の現象と既習事項を関連付けながら個々の知識を使いこなすことを促し、現象の本質的な理解につなげる。なお、「考察・推論」の観点のうち、「図の活用」「グラフの活用」「数式の活用」については、学習課題に応じて提示するものとし、「根拠の明確化、仮説への立ち回り」「科学用語を用いた適切な表現」の観点については、学習課題に関わらず共通して提示することとする。

(3) ルーブリックを活用した自己評価、相互評価の実施

生徒自らが「考察・推論」する力を養い、自己の学びと成長を自覚するためにルーブリックを活用し、図2に示す手順で自己評価、相互評価に取り組む。

生徒は、「考察・推論」の過程におけるルーブリックに示された観点を意識して、最初の考察を考察1に記述する。考察1に対する自己評価①を行った後、グループ内の2名の他者に「考察シート」を順に手渡し、相互評価に取り組む。自己評価①、相互評価に際しては、「考察・推論」の過

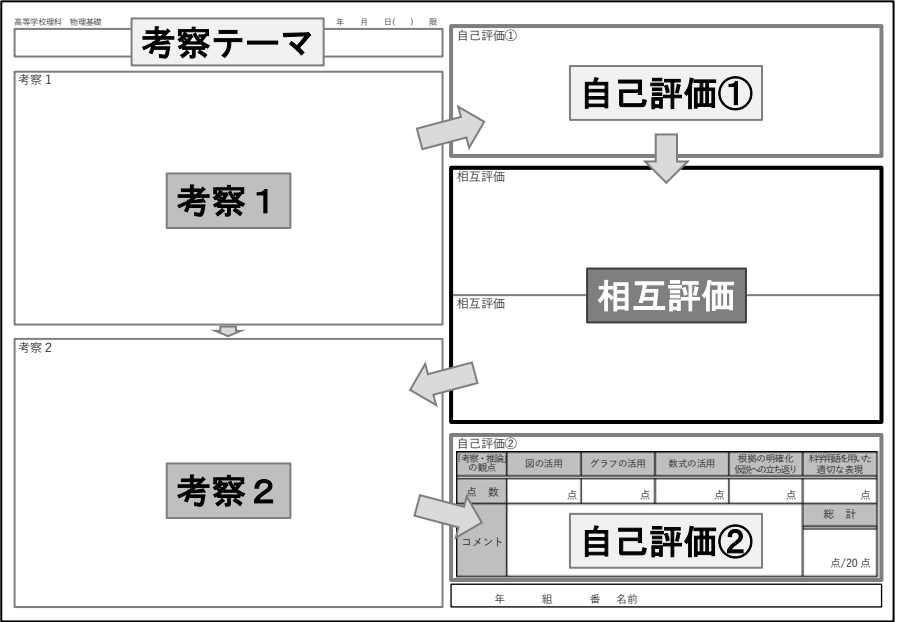


図2 「考察シート」の活用の流れ

程におけるルーブリックのそれぞれの観点について、A～Dの達成基準を4点～1点の点数に置き換える「チェックシート」を活用する(図3)。例えば、「図の活用」に関する「考察・推論」の記述が達成基準Bであれば、3点に置き換え、「チェックシート」の「図の活用」欄に点数を記入する。その他の観点についても同様に点数に置き換え、考察1における総計を算出する。なお、「チェックシート」は「考察シート」とは別用紙とすることで、それぞ

▶「考察・推論」の過程におけるルーブリック					
「考察・推論」の観点	A	B	C	D	
図の活用	4点	3点	2点	1点	
▶「チェックシート」					
「考察・推論」の観点	図の活用	グラフの活用	数式の活用	根拠の明確化 仮説への立ち返り	科学用語を用いた 適切な表現
点 数	3点	点	点	点	点
コメント					総 計
					点/20点

図3 「考察・推論」のそれぞれの観点の到達度を点数化する「チェックシート」

れの評価が他者の目に入ることによる影響を抑える。また、「チェックシート」には、文章でも表記できるようにコメント欄を設け、自己評価の場合、それぞれの観点に対する記述として、よかったところ、分からなかったところなどを具体的に記述するよう促す。相互評価の場合は、よかったところや不十分であったり、間違っていたりするところ、改善点について具体的に記述するよう確認する。これらを踏まえ、考察2においては、他者による評価や他者を評価することにより得られた新たな視点を基に「考察・推論」を再構築する。最後に、自己評価②を行う。

「考察シート」「チェックシート」による取組後に、考察1、2における記述の変容や自己評価①、②における各観点の到達度および総計を比較することにより、学習の結果、何が獲得され、何が分かるようになったのかが明確に示される。また、学習を自分のものにすることができたかについて客観的に判断することが可能になる。このような取組により、「考察・推論」する際の観点を習得し、「考察・推論」する力を養うことで、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ことができると考える。

(4) 授業改善の成果の検証

「考察・推論」に特化したルーブリックを活用した探究的な学習の実践後には、生徒を対象にアンケート調査を実施する。アンケートの調査結果や「考察シート」における「考察・推論」の記述の変容から、「考察・推論」する力を育成することができたかについて分析する。また、自己評価、相互評価に取り組むことで、生徒が自己の学びと成長を自覚し、学習意欲を高めることができたか、自己評価や相互評価の取組への意義や価値を感じることができたかについて検証する。

V 研 究 の 進 め 方

1 研究の方法

- (1) 研究協力校の生徒を対象にアンケート調査を実施し、授業改善の視点を明確にする。
- (2) 解決する必要性が感じられるパフォーマンス課題を取り入れた授業を構想する。
- (3) 「考察・推論」の過程におけるルーブリックの達成基準を検討する。
- (4) 「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習を実践し、「考察・推論」の過程におけるルーブリックを基に生徒による自己評価、相互評価を実施する。
- (5) 探究の過程を踏まえた学習後の調査において見られる生徒の変容から、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	9月～11月	研究協力校での実証授業Ⅱ
5月	研究推進計画の立案	11月	第3回専門・研究委員会
6月	第1回専門・研究委員会 (研究構想、実証授業Ⅰの検討)	11月～12月	(研究の成果と課題の分析)
7月	研究協力校での実証授業Ⅰ	1月	研究論文原稿執筆
9月	第2回専門・研究委員会 (実証授業Ⅱの検討)	2月	研究発表準備
		3月	研究発表大会
			研究のまとめ

Ⅵ 研究の内容とその成果

1 生徒の実態把握(研究協力校の生徒を対象にしたアンケート調査)

研究協力校2校の生徒を対象に、これまでの理科の授業に対する振り返りアンケートを実施した。そのなかで、「考察・推論」に関する設問に対する肯定的な回答の割合は、いずれの研究協力校においても低く、生徒は「考察・推論」に対して、苦手意識を感じている現状にあることが示唆された(図4)。このことから、科学的に探究するために必要な資質・能力を育成するためには、「考察・推論」の過程において支援を図り、授業を改善する必要があることがうかがえた。

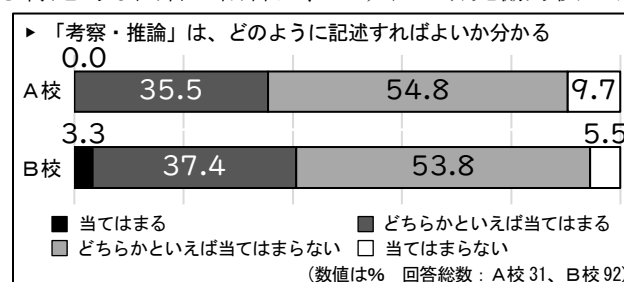


図4 授業振り返りアンケートの結果

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

当センターの理科教育に関する研究では、平成30年度は生物分野を取り上げ、令和元年度には化学分野において、高等学校理科における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、生物分野、化学分野に次いで履修率が高い物理分野において「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習の実践に取り組むこととした。

実践は、物理基礎、物理において、それぞれ2単元の中で実施し、いずれも3時間で取り組んだ。第1時、第2時は、パフォーマンス課題に対して立案した検証計画を基に観察・実験を実施し、「考察・推論」の過程におけるルーブリックを活用しながら考察1に取り組む展開とした。第3時は、考察1に対して、「チェックシート」を活用し、自己評価、相互評価に取り組み、「考察・推論」の再構築として考察2に取り組むこととした。また、令和元年度の研究成果では、本研究で重点を置く「考察・推論」を深めるためには、「仮説の設定」や「検証計画の立案」の過程における探究の動機付けや主体的な取組に向けた働きかけが重要であると示されている。授業の実践においては、この点にも留意し取り組むこととした。

(1) 物理基礎における「考察・推論」に重点を置いた学習の実践とルーブリックを活用した学習評価

物理基礎においては、物理分野の学習の入口であることから、生徒自らが、理解した学習内容を活用する力を身に付ける重要性に気付くよう、実践することとした。

ア 「斜面を下降する物体の運動」

「物体の運動とエネルギー」の単元において、「斜面を下降する物体の運動」を題材としたパフォーマンス課題を設定し、加速度について「考察・推論」する探究的な学習を実践した(p.6の表2)。この課題においては、速さ測定器を用いて、同じ質量の金属球が異なる傾斜の斜面を下降する運動の観察・実験を行い、加速度について「考察・推論」する展開とした。さらに、物体に働く力の大きさを比較することで、同じ質量であっても傾斜により加速度が異なることについて、6ページの表3に示すルーブリックを活用しながら「考察・推論」し、加速度について多面的な理解を促すこととした。

表2 「斜面を下降する物体の運動」を題材にしたパフォーマンス課題

本質的な問い	斜面を下降する物体に働く力と物体に生じる加速度には、どのような関係があるのだろうか。
パフォーマンス課題	インターネットサイトの質問コーナーで「異なる斜面を下降する物体に生じる加速度について知りたい」という返答を求める書き込みを見つけた。あなたは、その内容について、学校で学習したところであったため、知識を整理するために根拠を明確に示し、ベストアンサーに選ばれることを目指すことにした。どのように説明するとよいか。
学習課題	傾斜の違いは、斜面を下降する物体の加速度にどのように関係するのだろうか。
結論	傾斜が大きくなると、加速度は大きくなる。また、金属球が斜面を下降する場合、加速度は一定で v と t は比例している。

表3 「考察・推論」の過程におけるルーブリックの達成基準

「考察・推論」の観点	A	B	C	D
図の活用	物体に働く力について、傾斜の違いと矢印の長さを関連付けて表現することができている。	物体に働く力について、力の大きさを矢印の長さで表現することができている。	物体に働く力を矢印で正しい位置に記入できている。	
グラフの活用	$x-t$ グラフ、 $v-t$ グラフから、傾斜の違いと変化の様子を関連付けて説明することができている。	$x-t$ グラフ、 $v-t$ グラフから、変化の様子について説明することができている。	$x-t$ グラフ、 $v-t$ グラフにおいて、実験結果に応じた軸の数値の取り方や近似の線が記入できている。	実験結果を基に、 $x-t$ グラフ、 $v-t$ グラフを作成することができている。
数式の活用	等加速度直線運動に関する公式と実験結果に基づく数値を関連付け、物体の運動について説明することができている。	等加速度直線運動に関する公式と実験結果に基づく数値を関連付けることができている。	等加速度直線運動に関する公式を示すことができている。	
根拠の明確化 仮説への立ち返り	考察の根拠として、図、グラフ、数式をすべて活用し記述することができおり、また、仮説の正誤に関わらず、仮説に立ち返ることができている。	考察の根拠として、図、グラフ、数式をすべて活用し記述することができている。	考察の根拠として、図、グラフ、数式のいずれかを活用することができている。	実験結果について記述することができている。
科学用語を用いた適切な表現	関連するすべての科学用語を正確に使用することができている。	科学用語を正確に使用することができている。	実験結果を基に現象を正しく捉え、自分の言葉で記述することができている。	実験結果を基に自分の言葉で記述することができている。

第1時、第2時は、実際に斜面を下降する物体の運動を提示し、傾斜の違いによる斜面を下降する物体の速さの違いに着目できるようにすることで、探究の動機付けを図った。その後、学習課題を設定し、傾斜の違いと加速度の関係について「仮説の設定」「検証計画の立案」を行った。いずれの探究の過程においても、個々に考えをもつ時間を確保し、その後、グループやクラス全体で考えを共有した。そのことにより、生徒一人ひとりが学習課題を自分事として捉え、観察・実験においても検証方法を試行錯誤し、主体的に取り組む姿が見られた。「結果の処理」では、実験結果を基にグラフを作成する際に、 $x-t$ グラフはどのような変化を表すものであったかなど、グループ内で既習

事項と実験結果を関連付けながら、実験値を確認する生徒の姿が見られた。

実験結果を基に記述した考察1では、ルーブリックを活用しながら記述しようとしていることがうかがえるものの、文章で表記することのみにとどまっている生徒が多く見受けられた(図5の考察1)。また、全体として、グラフや数式を根拠として示し、記述する生徒

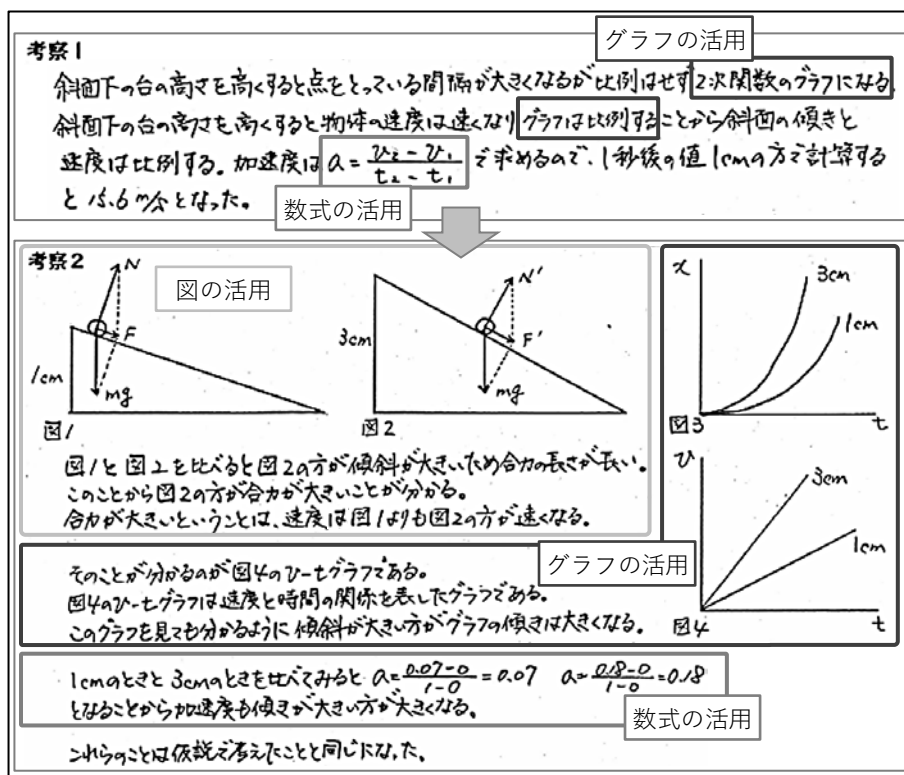


図5 同一生徒の「考察・推論」における記述の変容(囲み線、コメントは筆者)

は少数であった。このことから、ある現象を様々な観点から捉えることには課題があると考えられる。そのため、ループリックを活用し、様々な観点から「考察・推論」することを促すことで、自然の現象と既習事項を関連付け、現象の本質の理解につなげることに意義があると考えられる。

相互評価後には、他者による評価を基に自己の記述を振り返りながら、考察2で「考察・推論」を再構築する姿がうかがえた。「グラフの活用」の観点においては、グラフから傾斜の違いによる速度の変化を読み取り「考察・推論」し、「数式の活用」の観点においては、実験値を数式に代入し具体的な数値を比較することで「考察・推論」する生徒も見られるようになった(p. 6の図5の考察2)。このような生徒の姿から、「考察・推論」においてループリックを活用することの有用性をうかがうことができた。

イ 「気柱の共鳴」

「様々な物理現象とエネルギーの利用」の単位において、「気柱の共鳴」を題材としたパフォーマンス課題を設定し、定常波の振動数について「考察・推論」する探究的な学習を実践した(表4)。この課題においては、定常波を図示することで現象を可視化し、実験結果から波長を導き、数式を活用し、音速、振動数を求める展開とした。さらに、グループにより異なる振動数で観察・実験を行い、振動数の違いによる波長の違いについても表5に示すループリックを活用しながら「考察・推論」することとした。

なお、「考察・推論」の観点のうち「根拠の明確化、仮説への立ち回り」「科学用語を用いた適切な表現」については、いずれの実践においても6ページの表3と共通の達成基準を用いているため、次項以降も表示を省略している。

表4 「気柱の共鳴」を題材にしたパフォーマンス課題

本質的な問い	気柱の共鳴と音源の振動数には、どのような関係があるのだろうか。
パフォーマンス課題	あなたの学級は、文化祭でペットボトルに水を入れた楽器を作り、息を吹き込み演奏するという企画を計画した。学級における話合いの結果、ペットボトルに入れる水の量を変え、いくつかの音階を作ることにした。ペットボトルに入れる水の量を変えると、音の高さはどのように変化するだろうか。
学習課題	気柱の長さの違いは、音の高低にどのように関係しているのだろうか。
結論	気柱が短くなると、固有振動数が大きくなり、音が高くなる。

表5 「考察・推論」の過程におけるループリックの達成基準

「考察・推論」の観点	A	B	C	D
図の活用	アクリルパイプ内に伝わる定常波の波長と共鳴するときのすべての振動数を関連付け、作図した定常波を基に説明することができている。	アクリルパイプ内に伝わる定常波の波長と共鳴するときの1つの振動数を関連付け、第3共鳴点まで定常波を作図することができている。	アクリルパイプ内に伝わる定常波の節と腹の位置を第1共鳴点まで正しく作図することができている。	アクリルパイプ内に伝わる音を波として作図することができている。
数式の活用	「波を表す基本的な量の関係」の公式と実験値を関連付け、気柱の共鳴について説明することができている。	「波を表す基本的な量の関係」の公式と実験値を関連付けることができている。	「波を表す基本的な量の関係」の公式を示すことができている。	波について公式を示すことができている。

第1時、第2時は、空のペットボトルに息を吹き込むと音がし、ペットボトルに水を入れて息を吹き込むと音の高さが変わるという話題から、探究の動機付けを図った。その後、学習課題を設定し、「仮説の設定」「検証計画の立案」を行った。「仮説の設定」に際しては、既習事項の活用を促したことで、振動数や共鳴点といった科学用語を用いた記述が見られるようになった。さらに、定常波を図で示しながら仮説を記述するグループもあり、「考察・推論」の過程で活用を促していた図を用いた記述を「仮説の設定」の段階において見ることができた。観察・実験においては、「第2共鳴点がここであれば、第3共鳴点はこのあたりになるのではないか」という生徒の言葉から、既習事項と関連付けながら、見通しをもち観察・実験を行っている様子をうかがうことができた。生徒のこのようなつぶやきは「考察・推論」の芽生えであると考えられる。つぶやきは、観察・実験の目的を明確にもち、見通しがもっているからこそ出てくるものであり、「考察・推論」につながる大切な気付きの表れである。さらに、既習事項を関連付けることで、求めた各共鳴点を検証することができることも問いかけを通して気付くことができるように促した。

本単元までに、「考察・推論」の過程におけるルーブリックを活用した取組を繰り返し行ったことにより、考察1の段階において、それぞれの観点を適切に活用した記述が見られた(図6の下部の考察1)。「見通し」をもつことや、既習事項と関連付けることの重要性に気付くことができるようにしたことも生徒の変容がうかがえた要因となったと考える。相互評価後に「考察・推論」の再構築をする際にも、生徒同士で解決に向かおうとする中で、既習事項を基にした議論をする様子を見ることができた。

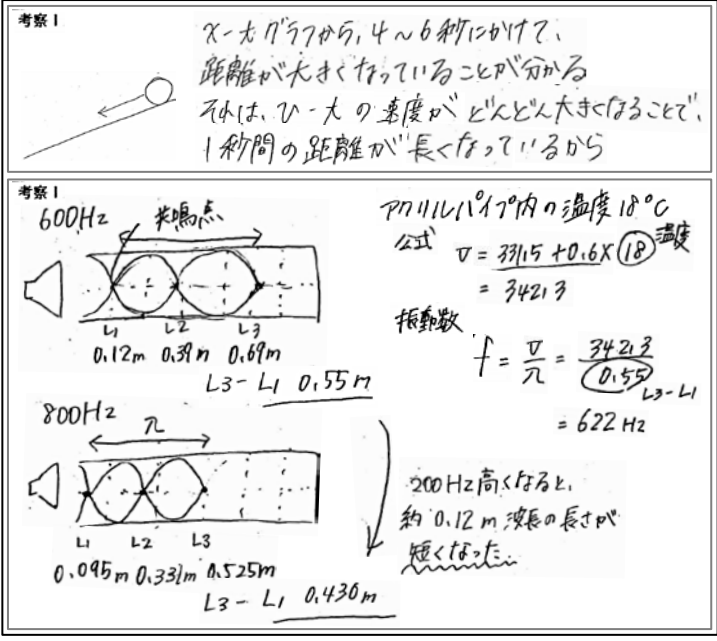


図6 同一生徒の考察1の段階における記述の変容

(2) 物理における「考察・推論」に重点を置いた学習の実践とルーブリックを活用した学習評価

物理においては、物理基礎での学習を踏まえ、「考察・推論」の過程におけるルーブリックに示すそれぞれの観点を関連付けることや、ルーブリックに示す達成基準を土台としながら発展的な「考察・推論」を目指し、さらに理解を深めることに重点を置くこととした。

ア 「コンデンサーの放電」

「電気と磁気」の単元において、「コンデンサーの放電」を題材としたパフォーマンス課題を設定し、コンデンサーの放電と抵抗値の関係について「考察・推論」する探究的な学習を実践した(表6)。この課題においては、実験結果を基に、電流の基本式を用いてコンデンサーに蓄えられた全電気量を求め、電気量の定義である $Q = CV$ より求められる理論値と比較し、表7に示すルーブリックを活用しながら「考察・推論」する展開とした。さらに、 $I-t$ グラフにおいて、それぞれの抵抗の放電曲線で囲まれた面積を比較することで、抵抗値により、放電の様子は異なるが、電気容量が同じコンデンサーであれば、最終的に放電する電気量は同じであることを「考察・推論」し、コンデンサーの放電について多面的な理解を促すこととした。

表6 「コンデンサーの放電」を題材にしたパフォーマンス課題

本質的な問い	コンデンサーと抵抗を含む電気回路において、抵抗と電気回路に流れる電流には、どのような関係があるのだろうか。
パフォーマンス課題	あなたの勤務する会社に「新たに整備された公園に時計を設置してもらいたい」と依頼があった。近くに電源がないことから、光電池付き時計を設置する計画を立てた。さらに、十分な日照時間が得られない可能性があることも考慮し、電気回路を工夫することにした。電気回路にどのような工夫をすればよいか。
学習課題	一定時間(長時間)にわたり、電気回路に電流を流すためには、抵抗値をどのようにすればよいのだろうか。
結論	抵抗値が大きくなると、ゆるやかに放電される。このことから、抵抗値が大きな抵抗を用いることで、長時間にわたり放電することが可能であると考えられる。

表7 「考察・推論」の過程におけるルーブリックの達成基準

「考察・推論」の観点	A	B	C	D
図の活用	「放電した瞬間」「時間が経過」「十分時間が経過」の各段階における電位の変化の様子について、図に書き入れたものと関連付けて表現することができている。	「放電した瞬間」「時間が経過」「十分時間が経過」の各段階における電位の変化の様子を図に記入できている。	コンデンサーを含む電気回路を「放電した瞬間」「時間が経過」「十分時間が経過」の段階に分けて、電位の変化の様子を図に記入しようとしている。	コンデンサーを含む電気回路に、電流が流れる様子を矢印で記入できている。
グラフの活用	$I-t$ グラフから、流れた電流と放電した電気量の合計について関連付けて説明することができている。	$I-t$ グラフから、 Δt 時間あたりに流れた電流と放電した電気量の大きさについて説明することができている。	$I-t$ グラフにおいて、実験結果に応じた軸の数値の取り方や近似の線が記入できている。	実験結果を基に、 $I-t$ グラフを作成することができている。
数式の活用	コンデンサーの放電について、「コンデンサーの電気量」「電流の基本式」のどちらの公式も用いて説明することができている。	コンデンサーの放電について、「コンデンサーの電気量」「電流の基本式」のどちらかの公式を用いて説明することができている。	コンデンサーの放電に関する公式として、「コンデンサーの電気量」と「電流の基本式」を示すことができている。	コンデンサーに関わる公式を示すことができている。

第1時、第2時は、学校周辺の光電池付き時計の画像を生徒に提示し、光電池の働きや電気回路に含まれるコンデンサーと抵抗の役割に着目できるようにすることで、探究の動機付けを図った。その後、学習課題を設定し、流れる電流と抵抗値の関係について「仮説の設定」を行った。

「検証計画の立案」において、グループで立てた検証計画をクラス全体で共有する際には、ねらいに合致したものを全体場で取り上げた。取り上げた検証計画を基に実験条件を生徒とともに整理し、全体で共通の検証計画を立案した。生徒が検証計画を立案しているにも関わらず、指導者が準備した検証計画へと誘導することは、生徒の主体的な取組の妨げになると考える。そこで、このような展開とすることで、検証計画を一本化することができ、さらに、生徒は自らが立案した検証計画が基となっていることから取組の意義を感じ、主体的な取組を促すことができると考える。

実験結果を基に記述した考察1では、ループリックに示された図、グラフ、数式のそれぞれの観点から記述しようとするものの、最終的に文章で表記することにとどまった生徒が多く見受けられた。そのため、相互評価の際に「チェックシート」のコメント欄を活用し、「図やグラフを記入するともっとよくなる」と指摘し合ったことにより、自らの記述を振り返ることもできた。さらに、互いに記述内容の説明を求め、説明し合うことで、知識を相互に補完する様子が各グループで見られた。

その後の考察2の段階においては、考察1を基に相互評価を行い、お互いの考えを共有したことがきっかけとなり、自分たちで本質の理解に向かおうとする姿が見られた。その結果、図7に示すように、既習事項を基に、図やグラフと数式を関連付けた生徒の記述が見られ、現象の本質の理解につなげることができたと考える。

イ 「渦電流」

「電気と磁気」の単位において、「渦電流」を題材としたパフォーマンス課題を設定し、ネオジム磁石の前を通過する金属円板に生じる渦電流について「考察・推論」する探究的な学習を実践した(表8)。この課題においては、ネオジム磁石の一樣磁界中に金属円板が近づく場合と遠ざかる場合に生じる渦電流を図示し、可視化することで現象を捉えやすくする。さらに、金属円板の材質と生じる渦電流の大きさの関係について、10ページの表9に示すループリックを活用しな

表8 「渦電流」を題材にしたパフォーマンス課題

本質的な問い	金属の種類と金属に生じる渦電流には、どのような関係があるのだろうか。
パフォーマンス課題	自動販売機は、硬貨の種類を識別して、投入金額を把握している。Aさんはこのことに興味をもち、モデル化して仕組みを解明しようと実験装置を製作した。この装置には、ネオジム磁石と純物質である金属円板を使用している。Aさんは学級の皆で次の課題を設定し、科学的に探究していこうとしている。
学習課題	なぜ、ネオジム磁石を用いると金属の種類が識別できるのだろうか。
結論	金属円板がネオジム磁石の前を通過する際に、金属円板には渦電流が生じ、動く向きと逆向きに力が働く。逆向きの力は金属の種類によって異なるため、これを利用することで金属の種類を識別できる。

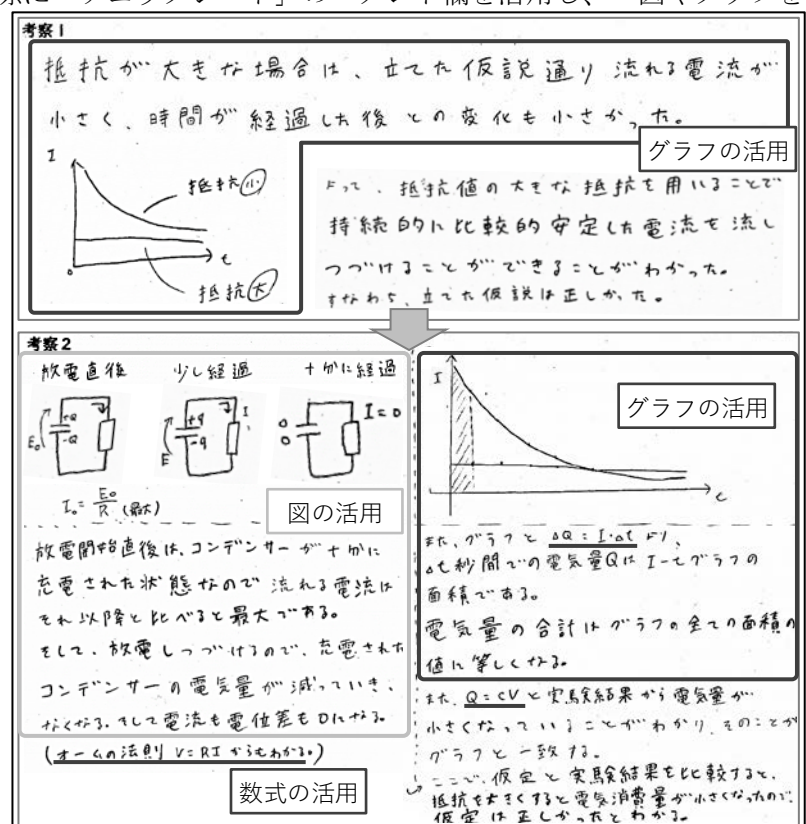


図7 同一生徒の「考察・推論」における記述の変容
(下線、囲み線、コメントは筆者)

表9 「考察・推論」の過程におけるルーブリックの達成基準(下線は筆者)

「考察・推論」の観点	A	B	C	D
図の活用	ネオジム磁石に金属円板が近づく場合、遠ざかる場合に分けて、渦電流が磁界から受ける力について図示するとともに、説明することができている。	ネオジム磁石に金属円板が近づく場合、遠ざかる場合に分けて、渦電流が磁界から受ける力を図示することができている。	ネオジム磁石の一樣磁界中に金属円板が近づく場合、遠ざかる場合に分けて、渦電流を図示することができている。	金属円板に流れる渦電流を図示することができている。
数式の活用	「抵抗と抵抗率の関係を表す式」「オームの法則」の公式と実験値を関連付け、3種類の金属円板の運動の様子について説明することができている。	「抵抗と抵抗率の関係を表す式」「オームの法則」の公式を用いて、金属円板の運動の様子について説明することができている。	「抵抗と抵抗率の関係を表す式」「オームの法則」の公式を示すことができている。	電磁誘導について公式を示すことができている。

がら「考察・推論」することとした。

パフォーマンス課題の提示に際しては、自動販売機に投入された硬貨の種類はどのように識別されるのかについて着目できるようにすることで、探究の動機付けを図った。次に、生徒から予想を引き出した後、硬貨の識別にはネオジム磁石が利用されていることにふれ、学習課題を設定した。生徒は、既習事項を想起しながら、ネオジム磁石と金属の種類の関係について「仮説の設定」を行った。「検証計画の立案」に際しては、グループでの討議の様子を見ながら、自動販売機内で硬貨が通過するルールをモデル化したものを準備していることを示し、支援を図った。

図8に示すように、実験結果を基に記述した考察1における「図の活用」では、ネオジム磁石の前を通過する金属円板に流れる渦電流や渦電流が磁界から受ける力を図中に表し、金属円板の運動について具体的に「考察・推論」した記述が多く見られた。さらに、「数式の活用」では、「運動方程式」の活用を促したことにより、ルーブリックの達成基準に示した「抵抗と抵抗率の関係を表す式」と「オームの法則」の2式(表9、図8中の下線)だけでなく、「運動方程式」(図8中の囲み線)を扱った「考察・推論」も見られた。このように、「運動方程式」を活用した深い「考察・推論」の記述を促したことで、ルーブリックの達成基準に示す内容が記述できればよいのではなく、「考察・推論」は、ルーブリックに示す内容を基にしながら、自分自身でより深い「考察・推論」を目指すものであるという認識に変容したのではないかと考える。

また、ルーブリックを活用し「考察・推論」を記述する取組を繰り返し実施することで、どのような観点から記述すればよいのかを身に付け、考察1の段階で目指すべき「考察・推論」におおむね到達している記述が多く見受けられた。このような生徒にとっては、考察2として「考察・推論」を再構築する取組は、記述内容を再度記述するのみの作業となり、学びを深めることにはつながらない。そのため、「考察・推論」の再構築においては、生徒の記述状況に合わせた展開とする必要がある。

そのような場合の具体的な展開例としては、ある生徒の「考察・推論」を取り上げて全体で共有し、「考察・推論」として「どこがよいのか」「どこを変えることでさらによくなるのか」について、根拠を示しながらグループで話し合うような展開や

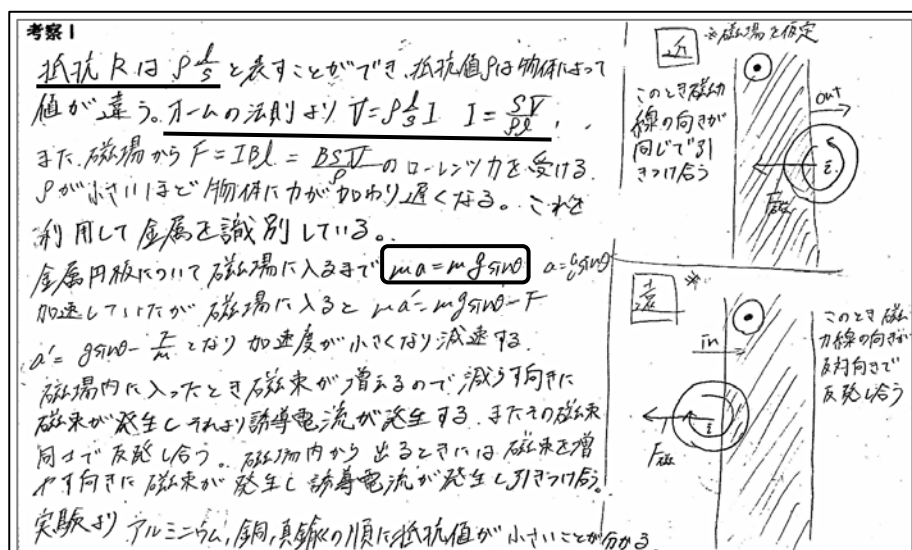


図8 考察1における「運動方程式」を交えた発展的な「考察・推論」の記述(下線、囲み線は筆者)

多くの生徒が苦手とする「数式の活用」に焦点を当てて「考察・推論」を再構築する展開、「考察・推論」の再構築に取り組むにあたり思考を深める新たな問いを示す展開などが考えられる。

3 生徒の意識の変容

実証授業後には、研究協力校の生徒を対象に授業振り返りアンケートを実施した。実証授業前には、「考察・推論」の過程について生徒に苦手意識や課題が見られたが、パフォーマンス課題を取り入れた学習を実践することで主体的な取組を促し、さらに、ルーブリックを活用した自己評価、相互評価の取組を通して、肯定的な回答が増加した。また、評価活動に取り組むことで自分自身の学びと成長の自覚につながることができたと回答した生徒の割合も増加した(図9)。自由記述においては、「身近な物理現象を通して図や公式を用いて深く探究することができ、曖昧であった知識が明確なものになった」という回答があった。ここからは「考察・推論」の重要性や重点を置いて取り組むことの意義を感じ取っていたことがうかがえた。また、「考えることが楽しかった。日常生活で利用されている物理現象についてさらに知りたい」という次の学びにつながる記述も見られた。授業振り返りアンケートにおける生徒の自由記述を図10にまとめた。

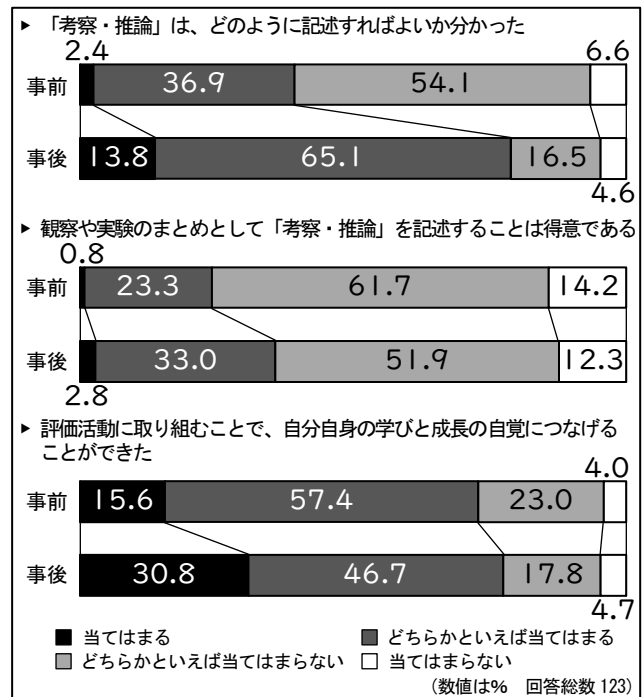


図9 授業振り返りアンケートの結果

探究の過程を踏まえた学習の取組に関する生徒の自由記述

- ・仮説の設定、検証計画の立案に取り組んだことで、実験の目的が理解しやすかった。
- ・自ら学習課題に対する答えを予想して、どのような実験をすればよいのか考えることで、自分が何を知りたくてどのように実験を進めればよいのかを厳密に理解することができ、意味のある実験を行うことができた。
- ・たくさん考えてから実験に取り組んだことで、実験にやりがいを感じる事ができた。

ルーブリックを活用した「考察・推論」の記述と自己評価、相互評価の取組に関する生徒の自由記述

- ・考察で記述する内容が今までよく分かっていなかったけれど、ルーブリックが道しるべになり、記述の観点が身に付いた。
- ・相互評価で他者の考察を評価する際に新たな見方、他の考え方に気付き、自分の考察につなげることができた。

図10 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

指導者の意識調査では、「考察を苦手とする生徒は多いが、ルーブリックを『考察・推論』の道しるべとして活用したことで、主体的に取り組む姿が見られた」「探究的な学習は、時間を要することから実践には消極的であったが、生徒が自ら学習課題を解決する中で、学習内容を理解し活用する姿が顕著であり、取組の価値を感じた」という指導者の言葉があった。ルーブリックを活用した「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習に取り組んだことによる生徒の変容を実感したことから、取組の有用性を認識していることが分かった。指導者の意識調査を図11にまとめた。

- ・探究的な学習は、生徒が知識や技能を身に付けたうえで取り組むものであると考えていたが、実際には、探究の過程で知識や技能を定着させていく生徒の姿が見られた。このことから、まずは探究的な学習に取り組んでみる事が大切であることに気付き、探究的な学習に対する認識が改まった。
- ・生徒自らが検証計画を立案することは、困難ではないかと考えていたが、実践を繰り返す中で、やり遂げられるようになった。探究的な学習を実践し、主体的な取組を促すことの重要性を改めて感じた。
- ・これまでは「考察・推論」の指導については、知識や科学的な思考力を必要とするため難しさを感じていたが、「考察・推論」に特化したルーブリックを活用することで、生徒は主体的に考え、科学的な「考察・推論」ができると感じた。

図11 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) 「考察・推論」に重点を置いた探究の過程を踏まえた学習の実践において、学習課題をパフォーマンス課題として提示し、探究の動機付けを図ることにより、生徒は学習課題を自分事として捉え、探究の過程全体を通して主体的に取り組む姿が見られた。そのなかで、「考察・推論」の過程においてルーブリックを活用することにより、物理現象を様々な観点から「考察・推論」する力を育成することができた。
- (2) 「考察・推論」に特化したルーブリックを基にした自己評価、相互評価の取組において、「チェックシート」を活用し、取組の充実を図ることにより、自発的に知識を相互に補完し、学習内容を定着させながら「考察・推論」を深めることができた。さらに、物理現象と既習事項を関連付けることを促し、支援を講じたことにより、現象の本質の理解につなげることができた。
- (3) 探究の過程を踏まえた学習の実践と学習評価の取組により授業が改善され、科学的に探究するために必要な資質・能力の育成につなげることができた。

2 今後の課題

- (1) ルーブリックの達成基準を作成する際には、生徒の「考察・推論」する力を適切に把握し、実態に応じたルーブリックの達成基準を設定する必要がある。また、ルーブリックによる「考察・推論」の観点の提示は支援の一つであり、ルーブリックに示す観点を基にしながら、生徒自らがより深い「考察・推論」にするためにはどのように展開すればよいか検討する必要がある。
- (2) 本研究では、これまで物理、化学、生物の各分野を取り上げ、探究の過程を踏まえた学習活動を提示してきた。今後、地学分野や新科目の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、科学的に探究するために必要な資質・能力の育成を目指した取組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(平成30年告示)解説 理科編 理数編」、平成31年(2019年)
- 2) 文部科学省中央教育審議会「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」、平成28年(2016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)
- 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Ⅱ」、令和2年(2020年)
- 飯田寛志・後藤顕一「高等学校における相互評価表を用いた理科授業の実践とその検討ー学習への取組意欲の高まりに着目してー」、『理科教育学研究』第56巻第3号、平成27年(2015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	
滋賀県立草津高等学校教諭	粥川 慎平
滋賀県立八日市高等学校教諭	嶋貫 朝美
研究協力校	
滋賀県立草津高等学校	
滋賀県立八日市高等学校	