

中学校理科における
「課題を設定する力」を育成するための指導方法の工夫
—「課題設定における思考過程」に沿った指導を通して—

広島市立牛田中学校教諭 蕨 迫 竜 太

研究の要約

本研究は、中学校理科における「課題を設定する力」を育成するための指導方法の工夫について考察したものである。

文献研究から、「課題を設定する力」を育成するために、学習者が課題を設定する際の思考の内容やその順序性に沿って支援を行うことが有効であると考えた。そこで、「課題設定における思考過程」に沿った指導として、ワークシートを開発するとともに、自然事象の提示や話し合い活動を工夫した授業を行った。

その結果、生徒は観察した事実に基づいて変数を抽出し、抽出した変数同士の因果関係を見だし、取り組もうとすることが明確に表現された課題の文を記述することができるようになった。

このことから、「課題設定における思考過程」に沿った指導は、「課題を設定する力」を育成するために有効であることが分かった。

キーワード：課題を設定する力、課題設定における思考過程、課題の把握（発見）

I 問題の所在

『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)』には、学校教育を通じて子供たちに育てたい姿の一つとして、変化の激しい社会の中でも、試行錯誤しながら問題を発見・解決する姿が挙げられている。また、『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編』(以下『解説』とする。)では、生徒が自然の事物・現象に関わる中で得た気付きから疑問を形成し、課題として設定することができるようになることが重視されている。これに関わって、『平成27年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科』(以下『報告書』とする。)では、生徒に課題を設定させることが、学習意欲を高めること、課題解決の見通しをもたせること、及び課題に正対した考察をさせることにつながるとされている。これらのことから、生徒に課題を設定させることが重要であると分かる。

一方で、生徒の実態としては、『報告書』では、「自然の事物・現象から問題を見だし、それを基に適切な課題を設定することに課題がある」¹⁾と指摘されている。また、教員の実態としても、鈴木・藤本・益田(2019)は、中学校理科教員に対する意識調査から、『「自然の事物・現象から問題を見だし、適切に課題づくりができるようにする指導」(否定的な回答が39.4%)について、指導が十分でない」と認識している²⁾と述べている。自身の実践においても、生徒に問題を見だしさせるために事象提示を工夫することはあったが、課題を設定させる指導はできていなかった。生徒に課題を設定させると、探究する内容が多岐に渡ることが予想され、必要な学習時間を確保しにくいことや、課題設定の効果的な指導方法を理解していなかったためである。

そこで本研究では、中学校理科において、生徒が自ら適切な課題を設定することができるようになることを目指し、そのための指導の工夫について探ることとした。

II 研究の目的

本研究では、中学校理科における「課題を設定する力」を育成するために有効な指導方法を探ることを目的とする。

III 研究の方法

- 1 研究主題に関する基礎的研究
- 2 研究の構想
- 3 研究仮説及び検証の視点と方法
- 4 検証授業の計画と実施
- 5 検証授業の分析と考察

IV 研究の内容

1 研究主題に関する基礎的研究

(1) 「課題を設定する力」について

ア 「問題」と「課題」の区別

『大系理科教育用語事典』には、「問題」とは、広義には「目標となる状態と現在の状態との間にギャップのある事態」³⁾であり、狭義には「そのままの状態では心理的に不安定な事態、すなわち問題事態(problem situation)を何らかの形で言語の助けを借りて設定した上で、提示されたもの」⁴⁾であると示されている。また、「課題」とは「自然の事物・現象を通して、児童生徒に疑問をもたせ、それを自己の問題として、その解決に取り組ませる task」⁵⁾と示されている。

そこで本研究では「問題」を「生徒が既有知識や概念と目の前の自然事象との間に見いだしたギャップを言語化したもの」、「課題」を「問題を解決するために生徒が取り組むもの」と整理する。

イ 「課題を設定する力」の定義

『解説』には、「探究の過程」の第一過程である「課題の把握(発見)」において育成すべき資質・能力の例が2頁図1のように示されている。

このことから、本研究では、「課題を設定する力」を、「自然事象から必要な情報を抽出・整理

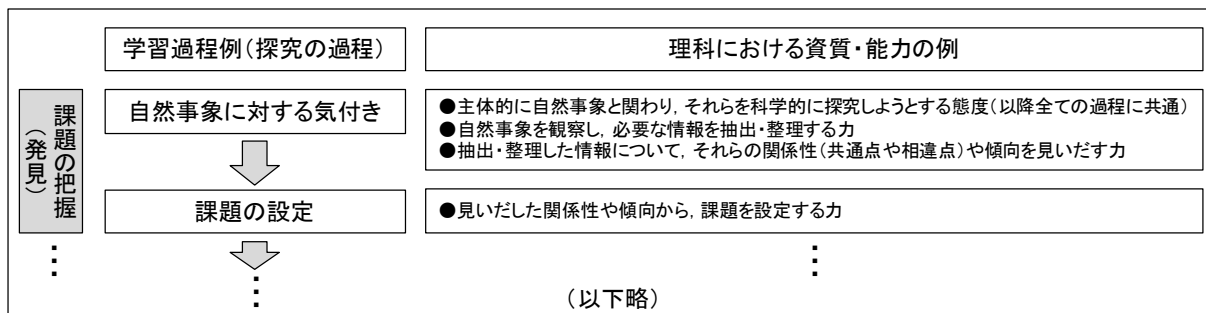


図1 課題の把握(発見)の過程と資質・能力の例

し、関係性や傾向を見だし、課題を設定する力」と定義する。

ウ 本研究で目指す生徒の姿

「課題を設定する力」の定義を具体化し、本研究においてどのような生徒の姿がみられればよいのかについて整理する。

『全国学力・学習状況調査の調査結果を踏まえた理科の学習指導の改善・充実に関する指導事例集』(以下『事例集』とする。)では、適切な課題(解決可能な科学的に探究する課題)を設定させるためのポイントとして「観察した事実に基づいている【客観性】」、「『変化すること(従属変数)』と『その要因(独立変数)』を含んでいる【関係性】」、「実証が可能である【実証性】」⁶⁾の三つが挙げられている。

ただし、中村(2018)が「観察・実験の経験に乏しい学習者は、検証可能性を適切に判断できない可能性が高い」⁷⁾と述べているように、【実証性】については、課題の実証が可能であるかを生徒自身に判断させることは難しいと考えた。

そこで、これらのことと『報告書』の解答類型を参考に、本研究で目指す生徒の姿を、「観察した事実に基づいて変数を抽出し、変数同士の因果関係を見だし、取り組もうとすることが明確に表現された課題の文を記述する姿」と整理する。

(2) 「課題を設定する力」を育成するために

川崎・松浦(2014)は、科学的な思考力を育成するために、学習者の思考の内容やその順序性に沿って支援を行うことが有効であることを明ら

かにしている。

しかし、学習者が問題を見いだしてから課題を設定するまでの思考過程について調査した先行研究は、管見の限り見当たらなかった(※)。

一方、中村・松浦(2018a)は、大学生・大学院生を対象とした調査から、仮説設定には共通した思考過程(図2)が存在することを明らかにした。

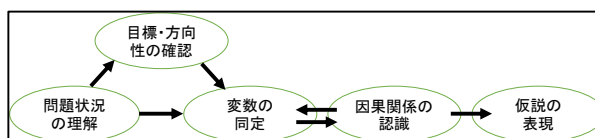


図2 仮説設定に共通した思考過程

図2の「変数の同定」や「因果関係の認識」等の思考内容と、本研究で生徒が課題を設定する際に必要な思考内容が共通していることから、本研究では、「課題を設定する力」を育成するために、中村・松浦(2018a)の「仮説設定における思考過程」を「課題設定における思考過程」として暫定的に適用し、その過程に沿って指導を行うこととした。

なお、図2の思考過程は、「目標・方向性の確認」を辿るルートと辿らないルートを内包している。これに関わって、中村・松浦(2018b)は、「目標・方向性の確認」が変数の同定や因果関係の認識の合理性を高めることを明らかにしている。そのため、本研究では「目標・方向性の確認」を辿るルートを採用する。

※ 後に、吉田・川崎(2019)が「疑問から問いへの変換」における思考内容やその順序性について調査・分析し、中村・松浦(2018a)の「仮説設定における思考過程」とほぼ同様であったことが明らかになっている。このことは、本研究において、課題設定に「仮説設定における思考過程」を暫定的に使用したことの妥当性を示すものと捉える。

2 研究の構想

(1) 研究構想図

これまでに述べてきた基礎的研究に基づき、研究構想図を図3に示す。

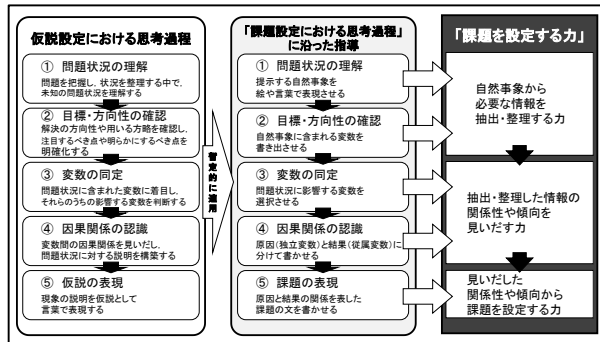


図3 研究構想図

(2) 指導の手立て・工夫

「課題設定における思考過程」に沿って思考させるために、開発したワークシートを用いて課題を設定させる。資料1に、その記入例を示す。

ア 「課題設定における思考過程」に沿った指導

(7) 「①問題状況の理解」に対する手立て・工夫

「①問題状況の理解」では、提示した二つの自然事象を絵や言葉で表現させる。

その際、自然事象の様子を生徒全員に確実に把握させるために、自然事象の様子を撮影した動画をスクリーンに映し出し、繰り返し再生する。

(4) 「②目標・方向性の確認」に対する手立て・工夫

「②目標・方向性の確認」では、自然事象に含まれる変数を書き出させる。

その際、注目すべき点を明確化するために、

資料1 「課題設定における思考過程」に沿ったワークシート

問題 位置エネルギーを大きくするためにはどうすればよいだろうか？

課題設定 ① 問題状況の理解

① 実験Aと実験Bのようすを絵や言葉で表そう。

実験A 実験B

② 目標・方向性の確認

② 実験Aと実験Bの違いを書こう。(問題と関係ありそうなものに○をしよう)

③ 変数の同定

④ 因果関係の認識

④ ③を「原因」と「結果」に分けよう

⑤ 課題の表現

⑤ ④を使って、課題の文をつくらう

課題 軽い小球の重さや、軽い小球の高さによって、木片の移動距離はどのように変化するか調べよう。

複数の条件を変えた二つの自然事象A及びBを提示し、それらの違いに注目させる(表1)。

例えば、第6時では、軽い金槌を低い所から振り下ろし、釘を板に浅く打ち込む自然事象Aと、重い金槌を高い所から振り下ろし、釘を板に深く打ち込む自然事象Bを提示する。これらを比較させることで、どうすれば釘を深く打ち込むことができるかについて問題を見いださせる。

また、そのモデル実験として、軽い小球を低い所から転がし、木片に衝突させて小さく動かす実験Aと、重い小球を高い所から転がし、木片に衝突させて大きく動かす実験Bを提示する。これにより、モデル実験AとBの違いとして、「小球の重さ」、「小球の高さ」、「木片の移動距離」の三つの変数を生徒に見いださせることをねらう。

表1 課題設定の際に提示した自然事象とモデル実験

		自然事象	モデル実験	指導のねらいに応じた課題
第3時	A	動滑車を使用せず、荷物に <u>大きな力</u> を加えて <u>短く</u> 引き上げる。	動滑車を使用せず、台車に <u>大きな力</u> を加えて <u>短く</u> 引き上げる。	動滑車の有無によって、 <u>力の大きさ</u> や <u>ひもを引く距離</u> がどのように変化するか調べよう。
	B	動滑車を使用して、荷物に <u>小さな力</u> を加えて <u>長く</u> 引き上げる。	動滑車を使用して、台車に <u>小さな力</u> を加えて <u>長く</u> 引き上げる。	
第6時	A	<u>軽い</u> 金槌を <u>低い</u> 所から振り下ろし、 <u>釘</u> を板に <u>浅く</u> 打ち込む。	<u>軽い</u> 小球を <u>低い</u> 所から転がし、木片に <u>衝突</u> させて <u>小さく</u> 動かす。	<u>小球の重さ</u> や <u>高さ</u> によって、 <u>木片の移動距離</u> がどのように変化するか調べよう。
	B	<u>重い</u> 金槌を <u>高い</u> 所から振り下ろし、 <u>釘</u> を板に <u>深く</u> 打ち込む。	<u>重い</u> 小球を <u>高い</u> 所から転がし、木片に <u>衝突</u> させて <u>大きく</u> 動かす。	
第8時	A	<u>軽い</u> ボールを <u>遅く</u> 転がし、ボウリングのピンを <u>小さく</u> 弾く。	<u>軽い</u> 小球を <u>遅く</u> 転がし、木片に <u>衝突</u> させて <u>小さく</u> 動かす。	<u>小球の重さ</u> や <u>速さ</u> によって、 <u>木片の移動距離</u> がどのように変化するか調べよう。
	B	<u>重い</u> ボールを <u>速く</u> 転がし、ボウリングのピンを <u>大きく</u> 弾く。	<u>重い</u> 小球を <u>速く</u> 転がし、木片に <u>衝突</u> させて <u>大きく</u> 動かす。	

(ウ) 「③変数の同定」に対する手立て・工夫

「③変数の同定」では、②から問題状況に影響する変数を選択させる。

その際、適切な変数を選択させるために、「問題と関係があるか」という視点で変数を選択するよう指導する。

(エ) 「④因果関係の認識」に対する手立て・工夫

「④因果関係の認識」では、③を原因（独立変数）と結果（従属変数）に分けて書かせる。

その際、独立変数と従属変数を区別させるために、「変化すること」は結果の欄に、「その要因」は原因の欄に書くよう指導する。

(オ) 「⑤課題の表現」に対する手立て・工夫

「⑤課題の表現」では、④を基に原因と結果の関係を表した課題の文を書かせる。

その際、課題の文型を理解させるために、「(原因)によって、(結果)がどのように変化するか調べよう。」という定型文をモデルとして示す。

以上、これらワークシートの使い方や留意点について生徒に指導するために、既習事項（水溶液の濃度や金属板の大きさや生じる電流の大きさとの関係）を通して、実際にワークシートを用いて課題を設定させる活動を、検証授業の第1時に行う。

イ その他の留意事項

個人で課題を設定させた後に、複数の変数を吟味させたり、変数間の因果関係を検討させたりするために、話し合い活動を行う。

具体的には、「実験AとBの違いは他にないか」、「問題とは関係のない『違い』を選択していないか」について、まず4人班で交流させた後に、数名を指名して全体に発表させる。その際、生徒全員の思考を深めるために、交流が深まらなかった班の生徒を指名して、分からないことを全体に質問させたり、意見が対立している生徒同士を指名して、どちらの意見が妥当か考えさせたりする。

また、ワークシートに記入させる際は、稿者が区別して見取ることができるようにするために、個人で考えたことは黒字で、話し合い活動を通して考えたことは赤字で記入させる。

3 研究仮説及び検証の視点と方法

(1) 研究仮説

中学校理科において、「課題設定における思考過程」に沿った指導を行えば、「課題を設定する力」を育成することができるであろう。

(2) 検証の視点と方法

検証の視点と方法を表2に示す。

表2 検証の視点と方法

	検証の視点	検証の方法
1	「課題を設定する力」を育成することができたか。	事前・事後テスト ワークシート
2	「課題設定における思考過程」に沿った指導は「課題を設定する力」を育成することに有効であったか。	ワークシート 抽出生徒の発話記録 VTR記録

4 検証授業の計画と実施

(1) 検証授業の内容

ア 期間 令和元年9月24日～10月9日

イ 対象 中学校 第3学年 (37人)

ウ 単元名 力学的エネルギー

(2) 単元の指導計画

単元の中で、生徒に課題設定を行わせる場面を計3回設定した(表3)。

表3 単元の指導計画

次	時	学習活動	課題設定
一	1	エネルギーに関する事物・現象を観察し、課題を設定する方法を理解する。	
二	2	仕事の量を比較する方法について話し合い、計算方法を見いだす。	
三	3	道具を使うと仕事の量が変化するかどうかが調べる課題を設定し、実験を計画する。	○
	4	道具の使用と仕事の量との関係について、実験により検証する。	
四	5	仕事の能率を比較する方法について話し合い、計算方法を見いだす。	
五	6	物体の質量や高さや位置エネルギーの大きさとの規則性を調べる課題を設定し、実験を計画する。	○
	7	物体の質量や高さや位置エネルギーの大きさとの規則性を、実験により検証する。	
六	8	物体の質量や速さと運動エネルギーの大きさとの規則性を調べる課題を設定し、実験を計画する。	○

六	9	物体の質量や速さと運動エネルギーの大きさとの規則性を、実験により検証する。	
七	10	振り子の実験から、運動エネルギーと位置エネルギーの関係性を見いだす。	

5 検証授業の分析と考察

『事例集』や『報告書』を参考にして作成した評価基準（表4）を用いて、生徒が個人で設定した課題の質を「課題を設定する力」として評価した。

表4 「課題を設定する力」の評価基準

評価	基準
A	Bに加えて、問題を直接解決することができる課題を設定している（観点イについて、「変化すること（独立変数）」と「その要因（従属変数）」との因果関係が科学的に正しく、変数に不足がない）。
B	必要な情報を抽出・整理し、関係性や傾向を見だし、課題を設定することができる（観点ア～ウを全て満たした課題を設定することができる）。 観点ア：観察事実に基づいた変数（実験A、Bの違い）を抽出している。 観点イ：「変化すること（従属変数）」と「その要因（独立変数）」を含んでいる。 観点ウ：課題として取り組もうとすることが明確に表現されている。
C	観点ア～ウのいずれか、または全てを満たしていない。

(1) 「課題を設定する力」を育成することができたか

ア ワークシートによる分析と考察

表5は、生徒が設定した課題を表4に基づいて評価し、第3時と第8時の評価をクロス集計したものである。

表5 「課題を設定する力」の変容（第3時→第8時）

		第8時			計(人)
		A	B	C	
第3時	A	3	1	0	4
	B	15	5	1	21
	C	5	7	0	12
	計(人)	23	13	1	37

この結果についてt検定を行ったところ、第3時と第8時では有意な差がみられた（ $t(36) = 6.67, p < .05$ ）。表5で太枠の部分は、評価が上がった生徒である。

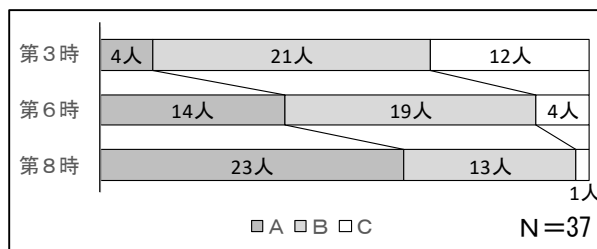


図4 「課題を設定する力」の推移

図4は、「課題を設定する力」の評価の第3、6、8時における推移を示したものである。

図4から、第3時から第8時にかけて、A評価の生徒数が増加するとともに、C評価の生徒数が減少していることが分かる。

これらのことから、生徒の「課題を設定する力」は高まったと考えられる。また、第3時から第8時にかけて力が高まっていることから、課題設定の指導を繰り返し行うことの有効性が示唆された。

イ 事前・事後テストによる分析と考察

表6は、全国学力・学習状況調査を参考にして作成した事前・事後テストの設問のうち、課題を設定する際にどのようなことを考えたのかについて記述させた設問に注目して分析し、結果をまとめたものである。

表6 「課題設定における思考過程」に関する記述数

思考過程	事前	事後
① 問題状況の理解	0	0
② 目標・方向性の確認	29	15
③ 変数の同定	7	13
④ 因果関係の認識	2	12
⑤ 課題の表現	3	7
合計	41	47

(N=37, データの重複あり)

表6から、「①問題状況の理解」に関する記述がみられないこと、「②目標・方向性の確認」に関する記述が減少していること、「③変数の同定」、「④因果関係の認識」、「⑤課題の表現」に関する記述数及び全過程に関する記述数の合計が増加したことが分かる。

これらのことから、三つのことを考察した。

一つ目は、「①問題状況の理解」に関しては、

「まず、問題文を読んだ。」「初めに、問題用紙の図を見た。」など、問題を解く上で当然に行う行為について、生徒が記述する必要性を感じなかったために、記述がなかったと考えられる。

二つ目は、「②目標・方向性の確認」に関しては、事前テストに比べて、事後テストは二つの自然事象の違いが明示的でなかったために、違いに気付くことができず、「②目標・方向性の確認(二つの自然事象の違いに着目すること)」に関する記述数が減少したと考えられる。

三つ目は、「③変数の同定」、「④因果関係の認識」、「⑤課題の表現」に関しては、検証授業を通して思考過程を意識化することができたと考えられる。

資料2 生徒の記述例

<p>事前テスト AとBで異なる点は気温の違いと、明るさの違いだと思った(稿者注:②に関する記述)ので、明るさ、と気温が深く関係しているのではないかと考えたから。</p>
<p>事後テスト AとBを比べて、植物があるかどうかと土があるかどうかが違うと思った(稿者注:②に関する記述)ので、植物から出た水蒸気と土から蒸発した水蒸気が湿度に影響を及ぼしているのではないかと考えた(稿者注:④に関する記述)から。</p>

例えば、資料2に示す生徒の記述内容を見ると、事前テストでは「②目標・方向性の確認」に関する記述しかみられなかったが、事後テストでは②に加えて「④因果関係の認識」に関する記述が増加している。

以上、(1)ア、イから、「課題設定における思考過程」に沿った指導によって、「課題を設定する力」が高まっただけでなく、思考過程をある程度意識化することもできたと考えられる。

また、「課題を設定する力」を汎用性のある力にまでさらに高めるためには、課題設定についての振り返りを記述させる際に、考えた内容を順序どおりに再度書かせてメタ認知を促したり、その記述を前回のものと見比べさせ、変容を自覚させたりする指導を行うなど、「課題設定における思考過程」の意識化を促す指導が必要だと考える。

(2) 「課題設定における思考過程」に沿った指導は「課題を設定する力」を育成することに有効であったか

ア ワークシートによる分析と考察

(7) 思考過程の各段階の達成度から

思考過程の各段階の達成率を分析するために、ワークシートの記述のうち生徒が個人で記述している部分を、表7に示す判断規準に基づいて段階ごとに評価した。図5はその結果である。

表7 各段階の達成度の判断規準

思考過程	規準
①	提示された二つの自然事象の違いを、不足なく絵や言葉で表現している
②	二つの自然事象の違いを、不足なく記入している
③	②の中から問題状況と関係のある変数を過不足なく選択している
④	③で選択した変数を過不足なく「原因」と「結果」の欄に区別して記入している
⑤	④を過不足なく用いて「原因」と「結果」の関係を表した課題の文を記入している

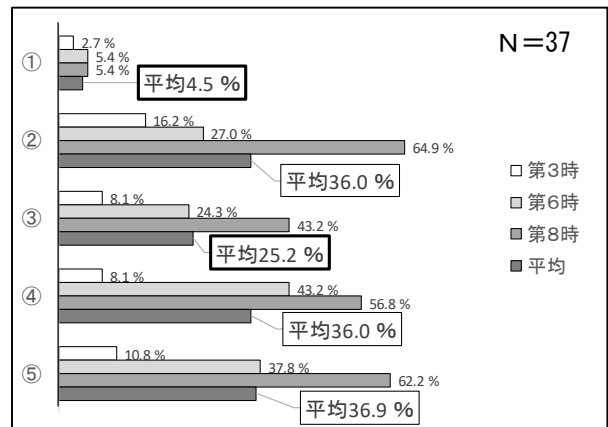


図5 各段階の達成率 (規準を満たす生徒の割合)

図5から、第3時から第8時にかけて、各段階の達成率が概ね上昇していることが分かる。

このことから、「課題設定における思考過程」の各段階に対する指導は、概ね有効であったと考えられる。

一方で、「①問題状況の理解」、「③変数の同定」の達成率が相対的に低いことが分かる。

このことから、二つのことを考察した。

一つ目は、①の達成率が低かった要因は、提示された二つの自然事象の違いのうち、「力の大きさ」や「小球の重さ」など可視化できないものを絵や言葉で表現できなかったことが考えられる。

二つ目は、③の達成率が低かった要因は、二つの自然事象から見いだした違いのうち、どの「違い」が問題状況と関係があるのか判断することが難しかったことが考えられる。

(イ) 思考過程の各段階の達成度と、設定された課題の評価との相関から

図6に示すように、各段階の達成度と、設定された課題の評価との相関係数を算出した。

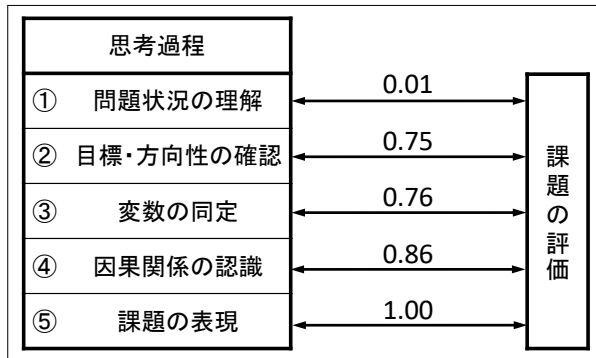


図6 各段階の達成度と課題の評価との相関係数

図6から、①の達成度と課題の評価には相関がみられないことや、②、③、④、⑤の達成度と課題の評価には高い正の相関がみられることが分かる。

相関分析では、データ同士の因果関係までを直接的に明らかにすることはできないが、①～⑤の過程には順序性があることから、前の過程が後の過程に影響を及ぼしていると思われ、三つのことを考察した。

一つ目は、「②目標・方向性の確認」、「③変数の同定」、「④因果関係の認識」、「⑤課題の表現」に対する指導は、課題を設定させることに有効であったと考えられる。

二つ目は、(2)ア(7)で①の達成率が低かった一方で、①の達成度と課題の評価に相関がみられなかったのは、「力の大きさ」や「小球の重さ」が違うことを絵や言葉で表現していなくても、その違いを認識することはできており、それらの語句を課題設定に用いていることを表している。実際に検証授業では、生徒は二つの自然事象の様子について「動画で何度も確認することによって」、「頭の中で」把握しており、それを絵や言葉として表出しなかった（表出する必要性を感じなかった）

のだと考える。このことから、「①問題状況の理解」に対する指導としては、ワークシートに二つの自然事象の様子を絵や言葉で表現させることだけでなく、自然事象の様子を繰り返し確認させることも有効であったと示唆された。これについては、(2)ウ(7)に詳述する。

三つ目は、(2)ア(7)で③の達成率が低かった上に、③の達成度と課題の評価との相関は高いことから、③でのつまずきが課題設定に大きく影響することが分かり、特に「③変数の同定」に対する指導が重要であると考えられる。③の指導の改善策については、(2)ウ(6)に詳述する。

(ウ) 隣り合う段階同士の達成度の相関から

図7に示すように、ある段階の達成度と、その次の段階の達成度との相関係数を算出した。

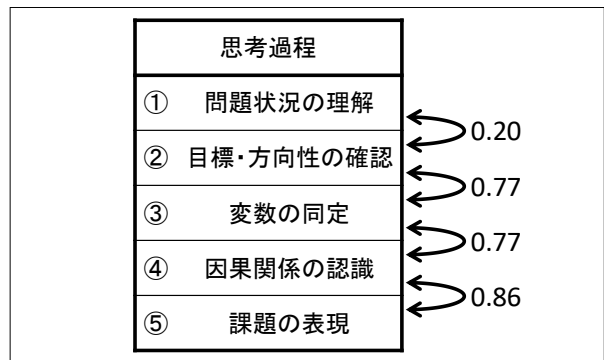


図7 隣り合う段階同士の達成度の相関係数

図7から、①②間の相関が低いことや、②③間、③④間、④⑤間に高い正の相関がみられることが分かる。

これらのことから、三つのことを考察した。

一つ目は、①②間の相関の低さについては、前述のとおり、①の達成度が低く評価されたことによって生じるものであり、実際には、①で自然事象を何度も確認したことが、②で自然事象同士の違いを挙げることに大きく影響していたと考えられる。

二つ目は、②③間、③④間、④⑤間については、前の過程が後の過程に大きく影響を及ぼしていることから、開発したワークシートは、「課題設定における思考過程」に沿って考えさせることに有効であったと考えられる。

三つ目は、(2)ア(7)でつまずきが多くみられた③

の達成度に、②の達成度が大きく影響を及ぼしているのは、②の段階で、問題状況と関係のある変数を挙げることができなければ、③の段階で、問題状況と関係のある変数を選択することもできないからであると考えられる。このことから、「③変数の同定」でのつまづきを回避するためには、「②目標・方向性の確認」に対する指導も重要であることが示唆された。これについては、(2)ウ(エ)に詳述する。

(イ) 話し合い活動前後の比較から

図8は、ワークシートの記述のうち、生徒が個人で設定した課題と、生徒が話し合い活動を通して修正した課題を、5頁表4に示す評価基準に基づいてそれぞれ評価し比較したものである。

第3時	活動前	4人	21人	12人	
	活動後	14人	17人	6人	
第6時	活動前	14人	19人		4人
	活動後	19人	15人		3人
第8時	活動前	23人	13人		1人
	活動後	28人	8人		1人

□ A □ B □ C N=37

図8 「課題を設定する力」の話し合い活動前後の変容

図8から、話し合い活動によって、A評価の生徒数が増加したり、C評価の生徒数が減少したりしていることが分かる。

さらに図9は、話し合い活動によって評価が高まった生徒（第3時は13人、第6時は6人、第8時は6人）が、個人で設定した課題をどのように修正していたのかについて分析したものである。

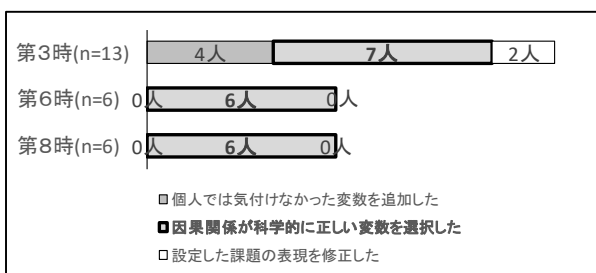


図9 話し合い活動によって「課題を設定する力」が高まった生徒が修正を加えていた箇所

図9から、話し合い活動によって評価が高まった生徒の多くは、因果関係が科学的に正しい変数を選択する修正を行っていたことが分かる。

これらのことから、話し合い活動は、特に、変数間の因果関係を検討させることに有効であったと考えられる。

イ 振り返りの記述による分析と考察

第3、6、8時の課題設定後に、課題を設定することができた（あるいは、できなかった）理由についてワークシートに記述させた。資料3に示すように、思考過程に沿ったワークシート、自然事象の提示、話し合い活動を肯定的に捉える内容があり、それらの有効性について全3回中1回でも記述した生徒の割合は37人中28人（75.7%）であった。

資料3 生徒の振り返りの記述

思考過程に沿ったワークシートに関する内容 <ul style="list-style-type: none"> ・段階を追って課題設定をすることにより、ひとつひとつ理解しながらすることができたから。(生徒1) ・どのような違いがあるかを見つけ、結果を導くために必要なものを考えて課題を設定できたから。(生徒2) ・プリントをすることによって自分で課題を設定することができたから。(生徒3) ・実験Aと実験Bの違いを原因と結果に分けて課題を設定することができたから。(生徒4)
自然事象の提示に関する内容 <ul style="list-style-type: none"> ・実験A、Bを見比べて課題を立てれたから。(生徒5) ・小球が転がる実験A、Bのそれぞれの映像をみて、班で話し合っって課題を設定できたから。(生徒6) ・実験AとBをよく見て異なる条件から課題を設定できたから。(生徒7) ・AとBを見ながらどういうポイントを比べた方がいいのか考えることができたから。(生徒8)
話し合い活動に関する内容 <ul style="list-style-type: none"> ・班で話し合っって、付け加えた方がいいところなどを見つけることができたから。(生徒9) ・どうしてそういう課題になったのか、しっかりと班で話し合っって決めることができたから。(生徒10) ・班の中で出た意見と自分の意見が違ったのでよく話を聞き合っって納得することができたから。(生徒11) ・理学的な言葉を使うことを忘れていたけど周りの人の意見を聞いて思い出したから。(生徒12)

以上、(2)ア、イから、「課題設定における思考過程」に沿った指導は、「課題を設定する力」を高めることに概ね有効であったと考えられる。

ウ 抽出生徒の分析と考察

(7) 抽出生徒について

手立ての有効性についてさらに詳細に分析・考察するために、第3時の「課題を設定する力」がC評価であった生徒A、Cと、B評価であった生徒Bを抽出した。

(1) 抽出生徒Aの分析と考察

表8は生徒Aの「課題を設定する力」を5頁表4に基づき評価し、推移を表したものである。

表8 生徒Aの「課題を設定する力」の推移

観点	第3時			第6時			第8時		
	ア	イ	ウ	ア	イ	ウ	ア	イ	ウ
評価	×	○	○	○	◎	○	○	○	○
力	C			A			B		

評価の内訳
 ○…正答(うち、◎は変数同士の因果関係が科学的に正しい)
 ×…誤答

太枠に示すとおり、第3時と第8時で比較すると、生徒Aは、観点アの評価が高まった(観察事実に基づいた変数を抽出することができるようになった)ために、「課題を設定する力」がC評価からB評価に高まった。

資料4 生徒Aのワークシートの記述(第3時)

※破線で示している部分は赤字で記述されている部分。

資料4に示すように、第3時の生徒Aのワークシートをみると、「②実験Aと実験Bの違いを書こう」の欄に、「動滑車の有無」と「(おもりの)

上がった高さ」を黒字で記述していた。このうち、「(おもりの) 上がった高さ」は、実際には実験A、Bで変わらないため、観測事実に基づいていない変数を挙げていることになる。

資料5 生徒Aの発話記録(第3時)

A: (実験Bの方が、おもりの) 高さ上がったよね?
 D: いや、上がったけど、高さ関係あるん?
 A: あるよ、高さ。糸おんなじ長さじゃん。え、糸は違う長さか。
 D: えっ、高さ…?
 A: 糸の長さはおんなじでしょ。
 D: 高さ変わってない? あれ(動画) 見たら。
 G: 高さは変わらない。
 A: 変わるとるよ?
 A: (モデル実験の様子を繰り返し確認する)
 D: ほら。
 A: ああ、確かに。

個人で課題を設定した後、資料5に示すように、生徒Aは話し合い活動中に、同じ班の生徒Dにモデル実験の様子を確認するよう促された。この時、生徒Aが実際にスクリーンに映し出されているモデル実験の様子を繰り返し確認していたことが、VTR記録から分かった。その後、生徒Aは「おもりの上がる高さ」を赤線で削除し、代わりに「力を加える大きさや引き上げる距離」を書き加えていた。

資料6 生徒Aの振り返りの記述(第8時)

実験のビデオをよく見て、AとBの違いを見つけて書くことができたから。

また、資料6に示すように、生徒Aは、第8時の課題設定後の振り返りに、モデル実験の様子をよく確認することの有効性について記述している。

資料7 生徒Aの事前・事後テストの記述

事前テスト
 時間帯が昼ごろだと太陽が出て、室温も自然と高くなるから、チューリップはアサガオが朝に花が開くのと同じ感じでチューリップの場合は太陽の光で光合成して花が開くのかなと考えてみた。

事後テスト
 容器の中に植物を入れたか入れてないか(稿者注:②に関する記述)によって、水蒸気なども関係して、植物があったほうが湿度は上がり、植物がない時は湿度は変化しなかったから。

さらに、資料7に示すように、生徒Aの事前・

事後テストの記述を見ると、「②目標・方向性の確認（二つの自然事象の違いに着目すること）」に関する記述が事後テストで増加している。

これらのことから、自然事象から観測事実に基づいた変数を抽出させるためには、「①問題状況の理解」や「②目標・方向性の確認」に対する指導が有効であったと考えられる。さらに、「①問題状況の理解」に対する指導としては、ワークシートに二つの自然事象の様子を絵や言葉で表現させることだけでなく、自然事象の様子を繰り返して確認させることも有効であると分かった。

(ウ) 抽出生徒Bの分析と考察

表9は生徒Bの「課題を設定する力」を5頁表4に基づき評価し、推移を表したものである。

表9 生徒Bの「課題を設定する力」の推移

観点	第3時			第6時			第8時		
	ア	イ	ウ	ア	イ	ウ	ア	イ	ウ
評価	○	○	○	○	○	○	○	◎	○
力	B			B			A		

太枠に示すとおり、第3時と第8時で比較すると、生徒Bは、観点イの評価が高まった（因果関係が科学的に正しい変数を選択し、問題を直接解決できる課題を設定することができるようになった）ために、「課題を設定する力」がB評価からA評価に高まった。

資料8 生徒Bのワークシートの記述（第3時）

問題 道具を使うと、仕事の量はどのようになるだろうか？

課題設定 ① 実験Aと実験Bのようすを絵や言葉で表そう

② 実験Aと実験Bの違いを書こう(問題と関係ありそうなものに○をしよう)

○車をもち上げる方法 ○持ち上げるのに必要な力
- ひもの長さ・車同じ高さまで上げたときの手の高さ

③ ②を「原因」と「結果」に分けよう

「原因」	「結果」
滑車を使って持ち上げている	車をもち上げるための力

④ ②を使って、実験の文をつくらう

滑車を使って車をもち上げるための必要な力は、ひもの長さに変化すると調べよう。車をもち上げる距離は

※破線で示している部分は赤字で記述されている部分。

資料8に示すように、第3時における生徒Bのワークシートをみると、「③問題と関係のありそうなものに○をしよう」の段階で、「車を持ち上げる方法」と「持ち上げるのに必要な力」に○を付けていた。しかし、「車を同じ高さまで上げたときの手の高さ」（ひもを引く距離）も問題状況と関係のある変数であるため、結果的に問題を直接解決することができない課題を設定している。

資料9 生徒Bの発話記録（第3時）

E: ねえねえ、距離ってやっぱ関係あるのかな？
 B: 引き上げる距離？
 E: 引き上げる距離。
 B: え、でもそれってただ単にひもの長さじゃない？だってさ、引き上げる距離がさ、待って待って分からん、引き上げる距離がさ、あっち(実験B)の方が長いのはさ、(実験Bの) ひもが長いけんさ、長いぶんさ、(ひもを) 引っ張らんと(台車が高く) 上がらんくない？
 E: え、でも、手…、手が動いた距離。
 B: 手が動いた距離？
 E: (手が動いた) 距離だったら、まあ、短い方もどんだけでもいけるじゃん。
 B: うんうんうん。
 E: だから。距離関係するかね？
 B: え、距離書く？一応。

個人で課題を設定した後、資料9に示すように、生徒Bは話し合い活動中に、同じ班の生徒Eと「(ひもを引く) 距離」が問題状況と関係がある変数であるかについて相談していた。生徒Bは、「車を同じ高さまで上げたときの手の高さ」が実験Aと実験Bで異なるのは、単にひもの長さの違いによるものであると考え、問題状況と関係がないと判断していたようである。しかし、生徒Eから、「手を動かした距離（ひもを引く距離）」はひもの長さによらないことを指摘された。その後、生徒Bは「(ひもを) 引き上げた距離」を変数として赤字で書き加え、設定した課題の記述を修正した。

資料10 生徒Bの振り返りの記述（第6、8時）

第6時
 素材と質量のどっちが関係しているのかについて、班で内容の濃い話し合いができたから。

第8時
 前の実験の時の課題設定の方法で、問題と関連付けて考えることができたから。

また、資料10に示すように、生徒Bは、第6、8時の課題設定後の振り返りに、問題状況との関

係性について考えた上で変数を選択することの有効性について記述している。

資料 11 生徒Bの事前・事後テストの記述

事前テスト
 Aのときは、(1)室温がBより高く、(2)日光があたっていて花が咲いている。Bのときは(3)室温がAより低く、(4)日光はあたらず花は開いていない。(1)と(3)から、室温が関係していると考え、(2)と(4)から光が関係していると考えた(稿者注：②に関する記述)。(結果)は問題に提示されてる。

事後テスト
 (結果)：この実験は、問題を解決するためのものなので(稿者注：③に関する記述)、知りたいことは「部屋の湿度がどのくらい上がるのか」ということなので、(結果)は「部屋の湿度はどのように変化するか」にした。(原因)：AとBの違いは、植物があるかないかだけだから(稿者注：②に関する記述)、その違いの植物が、周りの環境に変化を及ぼすことが光合成とかだと思ったから。

さらに、資料 11 に示すように、生徒Bの事前・事後テストの記述を見ると、「③変数の同定(問題状況と関係のある変数を選択すること)」に関する記述が事後テストで増加している。

これらのことから、因果関係が科学的に正しい変数を選択し、問題を直接解決できる課題を設定させるためには、「③変数の同定」に対する指導や、話し合い活動が有効であったと考えられる。また、その際、「問題との関係性」だけでなく、「変数同士の関係性」も考えさせることが必要であるという示唆を得た。これについて、次の(Ⅱ)に詳述する。

(Ⅱ) 抽出生徒Cの分析と考察

表 10 は生徒Cの「課題を設定する力」を 5 頁表 4 に基づき評価し、推移を表したものである。

表 10 生徒Cの「課題を設定する力」の推移

観点	第3時			第6時			第8時		
	ア	イ	ウ	ア	イ	ウ	ア	イ	ウ
評価	×	○	○	○	○	○	○	○	○
力	C			B			B		

表 10 に示すとおり、生徒Cは、「課題を設定する力」の高まりがC評価からB評価まで高まったものの、観点イの評価が高まらなかった(因果関係が科学的に正しい変数を選択し、問題を直接解決できる課題を設定することができなかった)ために、「課題を設定する力」がA評価まで高まらなかった。

資料 12 生徒Cのワークシートの記述(第6時)

問題 位置エネルギーを大きくするためにはどうすればよいだろうか?

課題設定

① 実験Aと実験Bのようすを絵や言葉で表そう

② 実験Aと実験Bの違いを書こう(問題と関係ありそうなものに○をしよう)

○球を放す位置 ○球の物質 ○動いた距離
 スピード・重さ・高さ

③ ②を「原因」と「結果」に分けよう

「原因」	「結果」
・球を放す位置 ・球の物質(重さ)	・動いた距離

④ ③を使って、課題の文をつくらせよう(赤線で取り消されている)

課題 球を放す位置や物質が変わると動いた距離(赤線)はどのように変化するか調べよう

※破線で示している部分は赤字で記述されている部分。

資料 12 に示すように、第6時における生徒Cのワークシートをみると、「③問題と関係のありそうなものに○をしよう」の段階で、「球を放す位置(高さ)」、「球の物質」、「(木片が)動いた距離」に○を付けていた。しかし、位置エネルギー(木片の移動距離)に直接的に関係しているのは「球の物質」ではなく、「球の重さ」であるため、問題を直接解決することができない課題を設定していることになる。

ただし、実験Aと実験Bで同じ体積の小球を用いる場合、小球の物質(密度)を変えなければ、小球の質量を変えることができない。そのため、「球の物質」も問題状況と間接的に関係していると言え、変数を同定することが難しいと考えられる。

実際に、個人で課題を設定した後の話し合い活動では、「球の重さ」と「球の物質」のどちらを自然事象の原因として採用するかについて、学級全体で意見交流が活発になされた。

資料 13 生徒Cの班の発話記録(第6時)

F：重さ？
 G：重かったら(よく)転がっていくイメージない？
 F：あー。
 H：素材(物質)より重さでしょ。
 G：そう。
 F：素材(物質)が分かっても、重さが分からなかったら…ね。
 G：うん、分からんよ。
 ※この間、生徒Cは発言していない。

11 頁資料 13 に示すように、生徒Cの班では、「球の物質」よりも「球の重さ」の方が適切だという議論がなされていた。

資料 14 全体交流の発話記録 (第6時)

I : 極論の話になるんですけど、例えば、中身が空洞の鉄球と、まったく同じ大きさで中身がちゃんと詰まっている鉄球があったとしたら、素材 (物質) は一緒じゃないですか。でも転がした時の (木片の移動) 距離が一緒かって言われたら、一緒じゃないと思うんですよ。

さらにその後、資料 14 に示すように、全体交流の際に、生徒Cとは別の班の生徒 I による発言がなされた。

このような議論を通して、生徒Cは「物質」を赤線で削除し、「重さ」を赤字で書き加え、設定した課題の記述を修正した。

これらのことから、生徒Cは、「③変数の同定」の段階で変数を選択する際に、「問題と関係があるか」について判断ができなかったと考えられる。

資料 15 生徒Cのワークシートの記述 (第8時)

問題 運動エネルギーを大きくするためにどうすればよいだろうか?

課題設定

① 実験 A と実験 B のようすを絵や言葉で表そう

実験 A	実験 B

② 実験 A と実験 B の違いを書こう。問題と関係ありそうなものに○をしよう

- 小球の重さ **加える力**
- 木片の移動距離 **速さ**

③ ②を「原因」と「結果」に分けよう

「原因」	「結果」
・小球の重さ 速さ 加える力	・木片の移動距離

④ ③を使って、課題の文をつくらう

課題
小球の重さが変わると、木片の移動距離はどのように変化するか調べよう。

※破線で示している部分は赤字で記述されている部分。

一方、資料 15 に示すように、第8時における生徒Cのワークシートをみると、「②実験Aと実験Bの違いを書こう」の段階で、「(小球の)速さ」を挙げるができなかったために、「③問題と

関係のありそうなものに○をしよう」の段階でも、「(小球)の速さ」を選択することができなかった。

このことから、「③変数の同定」でのつまづきを回避するためには、「②目標・方向性の確認」に対する指導も重要であると分かった。

資料 16 生徒Cの振り返りの記述 (第3, 6, 8時)

第3時
2つの実験の違いから関係のあるものを探すのが難しかったから。表すのに良い言葉が思いつかなかったから。
第6時
何がこの実験に関係しているのか見分けるのが難しかったから。
第8時
前回と同じで、どれが実験に必要な原因なのか分けるのが難しかったから。

資料 16 に示すように、生徒C本人も、問題状況と関係のある変数を選択することが難しいと感じていたことが分かる。

以上のことから、「③変数の同定」でのつまづきの要因について、二つのことを考察した。

一つ目の要因として、「②目標・方向性の確認」に対する指導が不十分であったことが考えられる。指導の改善策としては、問題状況に影響を与えそうな変数が、既に挙げているもの以外にないか批判的に考えさせた上で、実験Aと実験Bの違いを新たに見つけさせることが挙げられる。

二つ目の要因として、「③変数の同定」に対して指導する際、「変数同士の関係性」を考えさせる指導が不十分であったことが考えられる。指導の改善策としては、変数同士の関係性を考えさせた上で、それらが共変関係にある場合は、問題状況と直接的に関係している変数はどちらか(片方の変数を固定した場合でも、問題状況に影響を与えることができる変数はどちらか)について判断させることが挙げられる。

V 研究のまとめ

1 成果

- 「課題設定における思考過程」に沿った指導は、「課題を設定する力」を高めるために有効であることが分かった。また、指導の繰り返しが、「課題を設定する力」を高めることを促すと示唆された。
- 開発したワークシートは、「課題設定における思考過程」に沿って思考させるために有効であることが分かった。

「①問題状況の理解」に対する指導としては、自然事象の様子を、ワークシートに表現させることだけでなく、繰り返し確認させることも有効であると分かった。

「②目標・方向性の確認」に対する指導の改善策として、問題状況に影響を与えそうな変数が、既に挙げているもの以外にないか批判的に考えさせた上で、二つの自然事象の違いを新たに見つけさせる指導が必要であると分かった。

「③変数の同定」に対する指導の改善策として、「変数と問題との関係性」だけでなく、「変数同士の関係性」についても考えさせることが必要であると分かった。
- 複数の条件を変えた二つの自然事象を提示したことは、「②目標・方向性の確認」において、注目すべき点を明確化するために有効であり、観測事実に基づいた変数を抽出させることにつながると分かった。
- 話し合い活動は、特に「③変数の同定」において、変数間の因果関係を検討させるために有効であり、因果関係が科学的に正しい変数を選択し、問題を直接解決できる課題を設定させることにつながると分かった。

2 課題と今後の展望

- 「課題を設定する力」を汎用性のある力にまで高めるためには、課題設定の際の自身の思考過程をメタ認知させるなど、「課題設定における思考過程」を意識化させる指導を行う必要があると考えられる。
- 本研究では、探究する内容が発散しないように、課題を「問題を直接解決できるもの」に設定時点で収束させる工夫を行った。しかし、「問題状況と関係があるか」という視点だけでは、完全に収束させることは難しい（できない）と考えた。むしろ、課題設定に至った思考過程が合理的であるならば、たとえ課題に含まれる変数同士の因果関係が科学的に正しくなくても、探究の過程を進ませて、後で課題を修正させたり、新たな課題を立てさせたりする指導も必要であると考ええる。そのような経験を繰り返す中で、既習事項が知識として定着し、それに基づいて課題が「問題を直接解決できるかどうか」を判断できるようになっていくと考える。
- 検証授業の最後に生徒に書かせた振り返りには、「自分たちで課題設定をして、どう実験をするか考えていったから、すごく理解が深まったし、結果が考えられたときはうれしかった。理科って楽しいんだなって思いました。」という学習意欲に関する内容、「自分たちで課題設定をすることで、今何を実験しているのか、どういう値を求めればよいのかを理解することができた。」という見通しをもつことに関する内容、「課題を自分で決めるので、考察なども考えやすくて、とてもよく分かった。」という課題と正対した考察をすることに関する内容が多数みられた。これらのことは、生徒に課題を設定させたことが、探究活動を主体的なものにしていたことを示唆している。今後は、課題設定がその後の探究の過程に与える影響や、学習意欲に与える影響について、さらに探っていきたい。

引用文献

- 1) 文部科学省 国立教育政策研究所『平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科』平成 27 年, 8 頁
- 2) 鈴木康浩・藤本義博・益田裕充「中学校理科教員の意識調査から明らかになった指導上の課題と改善の方向性」, 理科教育学研究 Vol. 59 No. 3, 2019 年, 408 頁
- 3) 伊神大四郎・武村重和(編集)『大系理科教育用語事典』1975 年, 144 頁
- 4) 前掲書 3), 144 頁
- 5) 前掲書 3), 200 頁
- 6) 国立教育政策研究所 教育課程研究センター『全国学力・学習状況調査の調査結果を踏まえた理科の学習指導の改善・充実に関する指導事例集』平成 29 年, 79 頁
- 7) 中村大輝「発見の文脈における評価に関する基礎的研究」理科教育学研究 Vol. 59 No. 2, 2018 年, 201 頁

参考文献

- ① 角屋重樹『改訂版 なぜ、理科を教えるのか』文溪堂, 2019 年
- ② 川崎弘作・松浦拓也「科学的思考力としての『主張の評価』に関する研究」日本教科教育学会誌 第 36 巻 第 4 号, 2014 年
- ③ 小林辰至『問題解決能力を育てる理科教育』梓出版社, 2009 年
- ④ 小林辰至『探究する資質・能力を育む 理科教育』大学教育出版, 2017 年
- ⑤ 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
- ⑥ 中村大輝・松浦拓也「仮説設定における思考過程とその合理性に関する基礎的研究」理科教育学研究 Vol. 58 No. 3, 2018 年 a
- ⑦ 中村大輝, 松浦拓也「理科における仮説設定の合理性に影響を及ぼす要因の検討」日本教科教育学会誌 第 41 巻 第 3 号, 2018 年 b
- ⑧ 廣直哉, 内ノ倉真吾「理科授業における中学生の事象の観察から生成する疑問の特徴」鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要 第 27 巻, 2018 年
- ⑨ 文部科学省『中学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 理科編』教育出版, 平成 30 年
- ⑩ 吉田美穂・川崎弘作「科学的探究における疑問から問い

へ変換する際の思考の順序性の解明に関する研究」理科教育学研究 Vol. 60 No. 1, 2019 年