

科学的探究の能力を育てる理科授業の在り方

— 探究の過程の逆向きに設計する授業づくりを通して —

呉市立安浦中学校 本谷 彰弘

研究の要約

本研究は、探究の過程の逆向きに授業を設計し、探究の各過程間の関係を意識した授業を実施することによって、生徒の科学的探究の能力を育てることができるかを考察したものである。文献研究から、生徒の科学的探究の能力の育成が不十分であり、その背景には教師の授業づくりに課題があることが分かった。授業が真に課題を解決するものとなるために、教師が授業をつくる際、探究の過程の逆向きに設計する方法が提唱されている。そこで、教師の授業づくりの質的な向上を図るための「探究の過程構造化シート」と、生徒に探究の各過程間の関係を意識させるためのワークシートを作成した。それらを用いて授業を行った結果、生徒の科学的探究の能力のうち、「課題を設定する能力」「課題に正対した考察を導出する能力」に上昇が見られ、本研究の仮説は有効であることが分かった。

キーワード：科学的探究の能力 探究の過程構造化シート

I 主題設定の理由

中央教育審議会答申（平成20年）の中学校理科の改善の具体的事項では、「小学校で身に付けた問題解決の能力を更に高めるとともに、観察・実験の結果を分析し、解釈するなどの科学的探究の能力の育成に留意する。」¹⁾と示されている。また、中学校学習指導要領解説理科編（平成20年）では、「（前略）生徒自らが課題を解決するために探究する時間の十分な確保が必要である。」²⁾と示されている。

しかし、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、「分析して解釈すること」「実験を計画すること」「検討して改善すること」などに課題があると示されている。これらの課題は、探究の過程を通してなされるべき科学的探究の能力の育成が十分でないことを示している。

その原因として、益田裕充（2014a）は授業が「課題（問題）を解決する授業」になり得ておらず、探究の各過程の関係（授業のストーリー性）が極めて曖昧なまま授業が語られているからだとしている。そして、教師が授業を創る際、まずは「考察させたいこと」を設定し、探究の過程の逆向きに設計する授業の必要性を提唱している。

そこで本研究では、「考察させたいこと」から探究の過程の逆向きに設計する単元・授業の在り方に

ついて考察する。そして、その方法に基づいて設計した単元・授業を2学年理科「電流の性質とその利用」の単元において実施することで、生徒の科学的探究の能力を育てることができると考え、本主題を設定した。

II 研究の基本的な考え方

1 科学的探究の能力について

(1) 科学的探究の能力とは

三崎隆（2011）は、「探究の能力とは、自然の事物・現象を探究する過程において使われる能力であり、いわば探究の過程に密着した能力であるといえる。」³⁾としている。

猿田祐嗣・中山迅（2011）は、「日本の学校教育における理科では、『問題解決』と『探究』が、ほぼ似たような意味で用いられるので、ここでは、それらの間に本質的な違いはないという前提で話を進める。」⁴⁾と述べている。

村山哲哉（2013）は、「『問題解決』とは、何らかの欲求や要求が満たされていない状態（初期状態）から満たされた状態（目標状態）へと移行することであり、この初期状態と目標状態のギャップを埋めることを言います。」⁵⁾と述べている。また、理科の授業における問題解決を、①自然事象への働きか

け、②問題の把握・設定、③予想・仮説の設定、④検証計画の立案、⑤観察、実験の実施、⑥結果の処理、⑦考察の展開、⑧結論の導出という8つのステップで展開していくことを提唱している。

益田（2012）は、⑦考察の展開について、「問題で投げかけられた問いに結果を参照して回答する。この際、予想と結果を照らし合わせて考察する。」と述べ、⑧結論の導出について、「そこで、考察の後に結論の場面を設定してもよい。観察・実験を通して、分かったことはどのようなことか。何を学んだのか。結論の場面を、知識を理解に深めるという観点から位置づける。」⁶⁾と述べている。

以上のことより、本研究における科学的探究の能力とは、探究の過程に沿って課題を解決するために必要な能力とする。また探究の過程とは、益田(2012)の主張を基に、村山（2013）の提唱するステップのうち、①から⑦までの7ステップによって構成されるものとする。つまり、⑧結論の導出の過程を、⑦考察の展開に含めて考えるものとする。なお「報告書」では、②問題の把握・設定の過程について、「課題を設定する」という言葉を用いている。このことから、本研究では、②問題の把握・設定の過程を、「②課題の設定」と表記する。

本研究における探究の過程と各過程における科学的探究の能力について表1に示す。

表1 探究の過程と各過程における科学的探究の能力

探究の過程	各過程における科学的探究の能力
①自然事象への働きかけ	自然事象の中に見いだした疑問に基づき、解決すべき課題を設定する能力
②課題の設定	
③予想・仮説の設定	設定した課題に対する予想・仮説を設定する能力
④検証計画の立案	予想・仮説の真偽を確かめるための観察、実験方法を計画する能力
⑤観察、実験	適切な器具を用いて観察、実験を実施し、必要な結果を得る能力
⑥結果の処理	観察、実験の目的に応じて表やグラフ等を用い、結果を適切に表現する能力
⑦考察の展開	予想・仮説と結果を照らし合わせ、課題に正対した考察を導出する能力

(2) 科学的探究の能力を育てるには

村山（2007）は、「子どもが、自然と触れ合う中で、事象と出会い、見通しをもち、調べる方法を考え、観察や実験などを行い、結果の整理・見直しを行い、結論を導き出すという一連の流れの中で、子どもが自ら『問題解決の能力』を育成していくので

ある。」⁷⁾と述べている。

三崎（2011）は、「そして探究の過程に密着して探究の能力が育つのである。」⁸⁾と述べている。

これらのことから、科学的探究の能力を育てるためには、先に示した一連の探究の過程に沿って授業を展開することが必要であると言える。

2 探究の過程の逆向きに設計する授業づくりについて

(1) 平成27年度全国学力・学習状況調査（中学校理科）に見るこれまでの理科授業の問題点

「報告書」において、「課題に対して適切な考察（課題に正対した考察）を記述することができるかどうかをみる」⁸⁾（3）の設問の正答率は、48.1%と低かった。そして「報告書」では、「指導に当たっては、『考察が設定した課題に正対しているかどうか』に留意して指導することで、課題を繰り返し確認する場面を設定することが考えられる。」と述べられている。いわば、考察の場面における指導をポイントで改善すればよいと捉えることができよう。教師は生徒に考察を書かせる際、「今日の課題は何であったか確認しましょう。考察は、課題と正対させて書きます。」と注意喚起すればよい。ただしこの指導には、授業冒頭で適切な課題が設定されていることが前提として必要である。

一方、「報告書」において、「適切な課題を設定できるかどうかをみる」⁷⁾（3）の設問の正答率は、58.0%と低かった。このことは、適切な考察を記述させるための指導の前提が崩れていることを示している。授業冒頭の課題設定が不適切であった場合、終盤の考察の場面で「課題を繰り返し確認する場面を設定」しても、適切な考察を導出することは困難になるのである。そして、学習指導に当たり、「また、適切に課題をつくることは、生徒の思考が整理され、課題解決に見通しをもつことができ、課題に正対した考察につながると考えられる。」と述べられている。いわば、探究の過程のうち、「課題の設定」と「考察の展開」の2つの場面は表裏一体の関係で結び付いていると捉えられよう。つまり、探究の各過程を単独に捉え、対症療法的な指導を行うのではなく、「どの過程とどの過程がどのようにつながっているか」という、探究の各過程同士を関連させる視点を教師が持つべきであると考ええる。

村山（2007）は、「『問題解決』という学習の形態は理科では伝統的に重視してきたものであるが、この時系列にそった活動の配列、すなわち問題解決

過程という側面が重視されるあまり、形骸化の問題点が指摘されることがあった。」⁹⁾とし、問題解決の過程（探究の過程）にそって授業が進行していればそれでよしとする考え方があると述べている。

益田（2014a）は理科では課題・予想・観察実験・結果・考察といったステップを踏む授業が1年目に獲得され、それ以降もこのステップは継続し続けるが、いわゆる「ステップ間の関係づけ」がなされず、ストーリー性のある授業として質的な向上が図られていないこと、こうした事実は、他の異なる調査から中学校理科の10年次程度の教師にも多く現れていることを指摘している。

これらのことから、「報告書」が示す科学的探究の能力の育成が不十分であった原因の一端は、これまでの中学校理科授業が抱える問題点にあると考えられる。その問題点とは、稿者を含む多くの中学校理科教師の授業づくりの意識が、探究の過程にそって授業を進めればよしとする段階に留まっており、ストーリーとして各過程間の関係を構築した授業を創造できていなかった点であると考えられる。

(2) 探究の過程の逆向きに設計する授業づくりとは

本項では、稿者のこれまでの授業設計の手順及び授業の展開例を分析することで、先に述べた理科授業の問題点が妥当であるか考察する。さらに、問題点を解決する方略として、探究の過程の逆向きに設計する授業づくりについて述べる。

図1に、稿者のこれまでの授業設計手順及びそれに基づく授業の展開例を示した。

まず、授業の展開例について分析する。稿者の授業は、「探究の各過程間の関係を構築した授業（ストーリー性のある授業）」となっているか」という点

において、次のような問題点を抱えている。

1点目は、「課題の設定」と「考察の展開」が噛み合っていない点である。本時の課題が広く静電気の性質を問うものであるにも関わらず、考察は電気間にはたらく力のみに限定したものとなっている。2点目は、「予想・仮説の設定」が、他のどの過程ともつながっていない点である。稿者の授業では、実験の目的や方法を教師が説明した後、生徒に結果の予想をさせるという流れになっている。したがって生徒は直観に頼って結果を予想せざるを得ない。そのような予想は根拠に乏しいため、他のどの過程でも活用されず、形骸化している。

このように、稿者の授業は、ストーリーとして探究の各過程間の関係を構築したものになっていないことが分かる。次に、そのような授業を生みだした稿者のこれまでの授業設計手順について分析する。

稿者の授業設計は課題の設定から始まり、実際の授業で生徒が踏まえる探究の過程と同じ順序で各学習活動を配列している。その際、稿者は課題や考察について、相互の関係を意識することなく、教科書に記載された文言や実験をそのまま用いてきた。その結果、先に述べた課題と考察の齟齬や、「予想・仮説の設定」の形骸化を招いたと考えられる。

このように、稿者のこれまでの授業づくりの意識は、探究の過程にそって授業を進めればよしとする段階であったことが分かる。

以上の分析から、前項で稿者が述べた理科授業の問題点が、実際の授業及び授業設計の場においても見られることが分かった。次に、問題点を解決する方略について述べる。

益田（2014b）は「熟達した教師の指導案でさえ、問いがあって答えがない。つまり『課題（問題）を

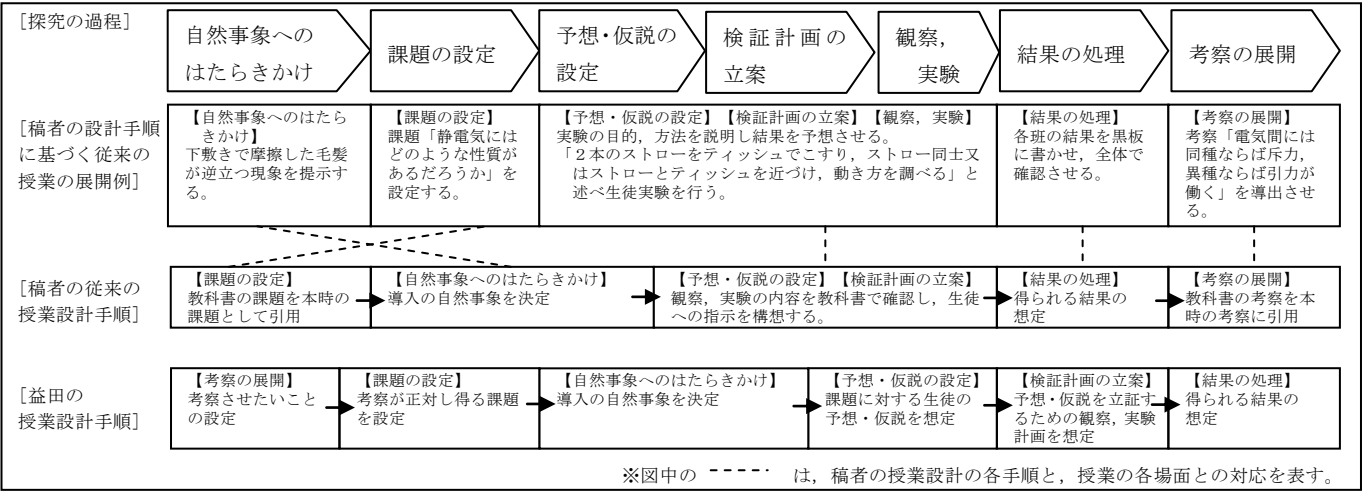


図1 稿者と益田の授業設計比較

解決する授業』となり得ていないのである。」と述べ、教師が授業を創る際、「考察させたいこと」から授業を設計する方法を提唱している。

前頁図1に、益田の授業設計手順を示した。稿者に対し、益田の授業設計では、考察は予想・仮説と実験結果の関係を参照しながら課題に正対するという、探究の各過程間の関係性が明らかにされている。また、考察と課題の設定順序が稿者とは逆である。生徒に考察させたいことをまず設定し、その考察が答えとなるような問いとして課題を設定するのである。これは、実際の授業で生徒が踏まえる探究の過程とは逆向きであるため、本研究ではこのような授業設計の手順を「探究の過程の逆向きに設計する授業づくり」とする。

このようなモデルを参考にすれば、探究の各過程間の関係を構築した授業を設計でき、探究する学習の形骸化を防ぐことができると考えられる。

3 探究の過程構造化シートについて

(1) 「探究の過程構造化シート」とは

山内宗治・益田ら(2015)は、探究の各過程間の関係が構築された授業の創造を目指し、教師の授業づくりを支援する「理科授業デザインベース構造化シート」を開発した。しかし、探究の各過程間の関係性を認識しづらいレイアウトになっていたり、専門的な用語が含まれており活用しにくいなどの課題の改善を検討中であった。そこで本研究では、山内らの研究を参照し、「理科授業デザインベース構造化シート」の内容及びレイアウトに改良を加えた、「探究の過程構造化シート」を考案した。詳細を図2に示す。

ここで本シートの活用方法を述べる。授業者は、まず「学習指導要領解説の単元のねらい」を記述する。次に、単元のねらいを参照しながら、「(本時で)獲得させたい概念・習得させたい能力」「(本時に関わる)既習事項」を整理し記述する。さらに、これらの内容を参照しながら、本時の探究の過程を構想する。具体的には、「Base1 考察」から「Base6 結果」の順に、各Baseごとの問いに答える形で記入を進める。

本シートの特徴は次の2点である。1点目は、各Baseに付された番号順に記入を進めることで、探究の過程の逆向きに授業を設計することができる点である。その際、「Base1 考察」と「Base2 課題」を1で結んだことにより、両者を正対させることへの注意喚起を促している。2点目は、各Baseを環状に

配置した点である。全Baseの記入後、本シートを下から上へと読み返すと、実際の授業で生徒がたどる探究の過程になるように配置した。

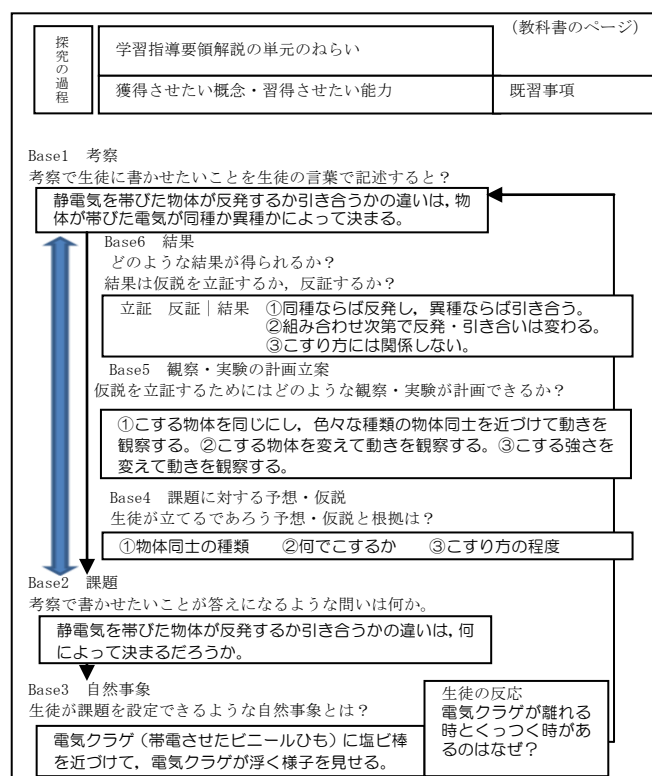


図2 探究の過程構造化シート

図2中に、稿者が本シートを用いて設計した授業案を例示した。前頁図1の授業例と比較すると、課題と考察をはじめとする探究の各過程間の関係が構築されていることが分かる。ただし、例示した授業案に至るまでには、複数回の修正が必要であった。すなわち、各過程間を何度も往還し、全体の関係性を俯瞰しながら調整を継続したのである。したがって本シートは、型に従い1度きりの記入をすれば授業づくりの質を向上させられるというものではなく、教師の試行錯誤を支援するツールであることを注意として述べておきたい。

(2) 課題と考察が正対しているとは

益田(2014b)は、課題と考察が正対していない例として、熟達した教師が作った実際の学習指導案から抜きだした次のような例を示している。

課題：雲の量や動きから天気を予測できるのだろうか。

考察：雲の量や動きは天気の変化と関係がある。

課題のように、「予測できるだろうか」と問いかけられた時、答えは「予測することができる。」となるべきである。天気の予測の可能性を問うた課題

に対し、例示された考察では飛躍がある。

このことから、課題と考察が正対しているとは、両者が問いとそれに対する解答の関係になり得ている場合である。

Ⅲ 研究の仮説・検証の視点と方法

1 研究の仮説

「探究の過程構造化シート」を用いて探究の過程の逆向きに設計した授業を行えば、生徒の科学的探究の能力を育てることができるであろう。

2 検証の視点と検証の方法

検証の視点と検証の方法を表2に示す。なお、研究授業を行う単元の特性上、本研究では表1に示した②～⑦の科学的探究の能力のうち、②と⑦の2つの能力について検証を行う。

表2 検証の視点とその方法

検証の視点	検証の方法
自然事象の中に見いだした疑問に基づき、解決すべき課題を設定する能力（以下「課題設定能力」とする）が高まったか。	プレテスト、ポストテストの正答率の変容及び記述の内容
予想と結果を照らし合わせ、課題に正対した考察を導出する能力（以下「考察導出能力」とする）が高まったか。	

Ⅳ 研究授業について

1 研究授業の内容

(1) 研究授業の概要

- 期 間 平成27年12月11日～平成27年12月21日
- 対 象 所属校第2学年（85名）
- 単元名 電流の性質とその利用
2章 電流の正体
- 指導計画（全7時間）

時	学習内容（課題）
1	プレテスト
2	静電気を帯びた物体同士が引きあうか反発するかの違いは、何によって決まるのだろうか。
3	静電気は電流のはたらきができるのだろうか。
4	電流は、静電気のうち、+と-のどちらの電気が移動しているのだろうか。
5, 6	（個々の生徒が設定した課題）
7	ポストテスト

(2) 探究の各過程間の関係を意識させるためのワークシートについて

「探究の過程構造化シート」によって教師が探究の各過程間の関係を意識しても、生徒にその理念が伝わらなければ、科学的探究の能力を育てることは難しい。そこで、「探究の過程構造化シート」を基

に、生徒自身が探究の各過程間の関係を意識して学習を進めることができるワークシートを考案した。詳細を図3に示す。

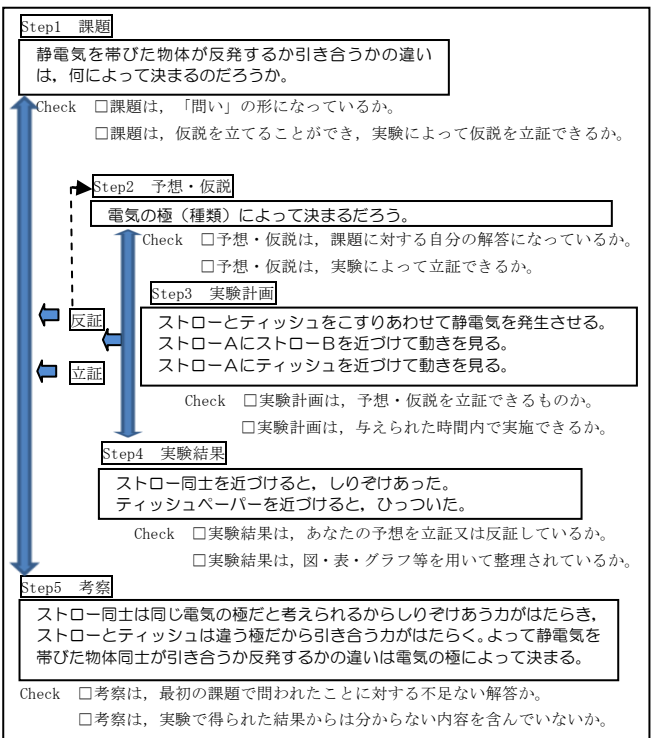


図3 探究の各過程間の関係を意識させるワークシート

具体的な工夫点は次の2点である。1点目は、レイアウトの工夫である。「予想」と「結果」，「課題」と「考察」を矢印で結び、各過程間の関係を視覚的に理解しやすくした。2点目はチェック項目の導入である。各過程の記述欄の下に記述が満たすべき条件を明示した。生徒には各欄に記述させた後、下のチェック項目と照らし合わせ、自分の記述が適切なものとなっているかどうかを自己評価させた。

図3中に、指導計画の2時間目の授業における生徒の記述を例示した。生徒は探究の各過程間の関係を意識していることが分かる。授業者は前頁図2「探究の過程構造化シート」を、生徒は図3「ワークシート」を活用することで、授業者と学習者が共通の理念の元に学習を進められると考えられる。

(3) プレテスト、ポストテストについて

研究授業前に実施したプレテストの問題を次頁図4に、研究授業後に実施したポストテストの問題を次頁図5に示す。プレテストの[1]は平成24年度全国学力・学習状況調査中学校理科より、[2]は平成26年度広島県「基礎・基本」定着状況調査中学校理科より、それぞれ改題して出題した。また、ポストテストは平成27年度全国学力・学習状況調査中学校理

科（以下「全国理科」とする）より抜粋して出題した。どちらのテストでも，**1**では「課題設定能力」を，**2**では「考察導出能力」を問うた。

1 次の問いに答えなさい。

【疑問】
チューリップの切り花を花瓶に生けて窓際にかざったところ，図5のように，花は13時には開いていて，21時には閉じていた。そこで疑問を感じ，表1のように整理したうえで，次のような課題を設定した。

【課題】
チューリップの花が開くのは，（ ）

問 真菜さんは，【疑問】から【課題】を設定して調べようとしています。

【課題】の（ ）に入る適切な内容を答えなさい。

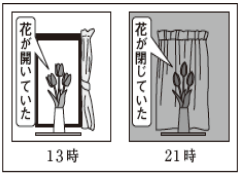


図5

表1

時刻	花の状態	日光	室温(℃)
13時	開いていた	当たる	20
21時	閉じていた	当たらない	10

2 次の実験レポートを読み，後の問いに答えなさい。

【課題】音の高さは，弦の太さや長さに関係しているのだろうか。（実験方法は省略）



図1

図2

【結果】

	実験A	実験B	実験C	実験D
弦の太さ	細い	細い	太い	太い
弦の長さ [cm]	40	20	40	20
パソコンで表示した音の波の形状を模式的にグラフに示したもの。				

【考察】
【結果】から，弦の長さを2倍にすると，振動数は2分の1となり，音は低くなると考えられる。

問 【考察】は，【課題】に対して適切とはいえません。【課題】に対して適切な【考察】となるように書き直しなさい。

図4 プレテストの問題

1 次の問いに答えなさい。

【新たな疑問】輪切りにしたキウイフルーツの上に，細長いゼリーを置いてしばらく時間をおいたところ，「皮に近い部分」「種子の多い部分」「中心部分」でゼリーの溶け方に違いが見られて（図2）不思議に思った。

課題Ⅱ
キウイフルーツが物質を分解するはたらきは，（ ）。

問 菜月さんは，【新たな疑問】から課題Ⅱを設定して調べようとしています。課題Ⅱの（ ）に入る適切な内容を書きなさい。

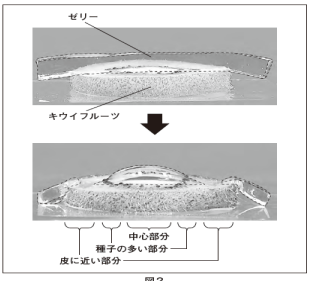


図2

2 次の問いに答えなさい。

課題Ⅱ ほかの種類の魚でも，えらぶたの開閉回数は，水温が高くなると増えるのだろうか。

【方法】フナとナマズをそれぞれ3匹用意し，課題Ⅰと同様に実験を行い，課題Ⅰのハゼの【結果】と比較する。

【結果】表2

水温	10℃	15℃	20℃	25℃
ハゼ	8	17	32	43
フナ	36	42	52	57
ナマズ	28	32	44	65

【考察】 【結果】の表2から，水温が10℃から25℃の範囲では，同じ水温でも，魚の種類によってえらぶたの開閉回数は異なると考えられる。

問 【考察】は，課題Ⅱに対して適切とはいえません。課題Ⅱに対して適切な【考察】となるように，下線部を書きなさい。

図5 ポストテストの問題

2 研究授業の分析と考察

(1) 自然事象の中に見いだした疑問に基づき，解決すべき課題を設定する能力が高まったか

「課題設定能力」が高まったかどうかをプレテスト**1**とポストテスト**1**の比較により検証する。プレテスト**1**とポストテスト**1**の正答例及び解答類型を表3に，解答の変容をクロス集計表で表4に示す。

表3 プレテスト**1**とポストテスト**1**の解答類型

	プレテスト 1	ポストテスト 1
正答例	次の (a) と (b) を満たしているもの。 (a) 「日光 (光)」と「温度」に着目している。 (b) 疑問や取り組むことが明確なものなど，課題を示している表現となっている。 正答例：日光や温度に関係しているのだろうか。	次の (a) と (b) を満たしているもの。 (a) 「皮に近い部分」「種子の多い部分」「中心部分」など，キウイフルーツの部分 (場所) に着目している。 (b) 疑問や取り組むことが明確なものなど，課題を示している表現となっている。 正答例：キウイフルーツの部分 (場所) によって，[どのように] 違うのだろうか。
IV	(a) と (b) を満たしているもの	(a) と (b) を満たしているもの
◎		
III	(a) を満たしているが，(b) を満たしていないもの	(a) を満たしているが，(b) を満たしていないもの
○		
II	(b) を満たしているが，(a) を満たしていないもの	(b) を満たしているが，(a) を満たしていないもの
I	上記以外の解答	上記以外の解答

※ 表中の◎は正答を，○は準正答を表す。

表4 「課題設定能力」についてのクロス集計

ポストテスト 1 \ プレテスト 1	IV	III	II	I	無解答	計 (人)
IV	13	1	1	1	0	16
III	8	4	3	7	2	24
II	12	1	2	1	1	17
I	5	2	6	5	0	18
無解答	0	0	0	1	0	1
計 (人)	38	8	12	15	3	76

表4についてt検定（片側検定）を行うと，有意水準5%において，ポストテストではプレテストよりも「課題設定能力」が高まったことが認められた。

正答（段階IV，III）した人数を比較すると，プレテストでは40人（52.6%）であるが，ポストテストでは46人（60.5%）と増加している。このことは，チェック項目を示したワークシートを用いて学習を継続したことにより，「課題の満たすべき条件」を理解し，適切な課題を設定できるようになったことが理由として考えられる。

一方，段階I，IIに留まった生徒が27名おり，正答率60.5%は決して満足される数値ではない。ここ

で、各段階の誤答の代表例を表5に示す。

表5 ポストテスト1に対する生徒の誤答例

段階	誤答例
I	・その物質と混ざったから。 ・中心部分に糖が多いから。 ・ゼラチンが関係している。 ・ゼラチンにある。
II	・どのような違いがあるのだろうか。 ・なぜ分解するのか。

段階Ⅰの生徒は事象を正しく捉えられていなかったり、課題が内容・表現ともに解決できるものとなっていない。段階Ⅱの生徒は「課題は問いの形で書く」ということは理解できているものの、問うている内容が焦点化されていない。

これらのことは、生徒が実際に課題を設定する場面の不足が原因として考えられる。これまで探究の各過程間の関係を意識してこなかった生徒にとって解決の見通しをもって課題を設定することは容易ではない。今後も生徒が課題を設定する場面を積極的に設ける必要があると考える。

(2) 予想と結果を照らし合わせ、課題に正対した考察を導出する能力が高まったか

「考察導出能力」が高まったかどうかをプレテスト2とポストテスト2の比較により検証する。プレテスト2とポストテスト2の正答例及び解答類型を表6に、解答の変容をクロス集計表で表7に示す。

表6 プレテスト2とポストテスト2の解答類型

	プレテスト2	ポストテスト2
正答例	次の(a)を満たしているもの。 (a) 音の高さが、弦の太さと弦の長さに関係していることについて記述している。 正答例 【結果】から、音の高さは、弦の太さや弦の長さに関係していると考えられる。	次の(a)を満たしているもの。 (a) 水温が高くなると、えらぶたの開閉回数が増える傾向について記述している。 正答例1 フナと(や)ナマズのえらぶたの開閉回数は、水温が高くなると増える。 正答例2 ほかの種類の魚でも水温が高くなると、えらぶたの開閉回数は増える。
V ◎	(a)を満たしているもの。	(a)を満たしており、「他の種類の魚」という記述があるもの。
IV ○	音の高さを決める要因について「弦の長さ」については記述しているが、「弦の太さ」についての記述がないもの。	(a)を満たしているが、「どんな魚」「全ての魚」など、実験していない魚まで範囲を広げて記述しているもの。
III ○	音の高さを決める要因について「弦の太さ」については記述しているが、「弦の長さ」についての記述がないもの。	(a)を満たしているが、魚に関する記述がないもの。
II	(a)を満たしていないもの。	(a)を満たしていないもの。
I	上記以外の解答	上記以外の解答

※ 表中の◎は正答を、○は準正答を表す。

表7についてt検定(片側検定)を行うと、有意水準1%において、ポストテストではプレテストよりも「考察導出能力」が高まったことが認められた。

表7 「考察導出能力」についてのクロス集計

ポストテスト2 プレテスト2	V	IV	III	II	I	無解答	計(人)
V	2	1	3	1	0	0	7
IV	2	1	0	0	0	0	3
III	0	0	0	0	0	0	0
II	15	2	1	5	2	0	25
I	12	3	6	4	10	1	36
無解答	0	0	0	1	2	2	5
計(人)	31	7	10	11	14	3	76

正答(段階V、IV、III)した人数を比較すると、プレテストでは10人(13.2%)であるが、ポストテストでは48人(63.2%)と増加している。このことは、「探究の過程構造化シート」を用いて「考察させたいこと」から逆向きに授業を設計し、考察が課題と正対できるかどうかに重点を置いて授業づくりを行ったこと、探究の各過程間の関係を視覚的に理解しやすいレイアウトを施したワークシートを用いて学習を継続したことで、生徒が「課題と考察が正対するとはどういうことか」を理解し、適切な考察を導出できるようになったためだと考えられる。一方、段階Ⅰ、Ⅱに留まった生徒の解答を分析したところ、課題に正対していない考察が多く見られた。各段階の誤答例を表8に示す。

表8 ポストテスト2に対する生徒の誤答例

段階	誤答例
I	・水温が高くなればどの魚もえらぶたの開閉回数は変わる。 ・魚の種類によってえらぶたの開閉回数は違う。
II	・他の種類の魚でもえらぶたの開閉回数は増える。

段階Ⅰの生徒の考察は、結果から読み取ることができる事実であるが、課題と正対していない解答となっている。段階Ⅱの生徒の考察は、課題で問われたことに対し、「水温が高くなるほど」という条件が省略されており、不十分なものとなっている。これらの生徒に対しては、模範的な考察を示し、自身の考察との違いに気付かせるなどの支援を行うことが必要であると考えられる。

(3) ポストテストと「全国理科」との比較

客観的なデータの検証のために、ポストテストの正答率と、「全国理科」の正答率を比較したものを表9に示す。

表9 ポストテストと「全国理科」の正答率の比較

	設問の趣旨	ポストテスト の正答率(%) 第2学年解答	「全国理科」 の正答率(%) 第3学年解答
1	「課題設定能力」を問う。	60.5%	58.0%
2	「考察導出能力」を問う。	63.2%	48.1%

前頁表9に示した通り，ポストテスト①，②の結果が「全国理科」の正答率を上回った。①の「課題設定能力」に関する設問の正答率の差は僅差ではあるが，第3学年が解答した「全国理科」に対し，第2学年が解答したポストテストの正答率が上回ったことの意義は大きいと考える。

(4) 本研究と生徒の「科学的な見方や考え方を養うこと」との関わりについて

本研究では，科学的探究の能力の育成に焦点を当て，授業づくりの改善の観点から論を進めてきた。一方で，「科学的な見方や考え方を養うこと」も，中学校理科に求められる重要な目標である。そこで本項では，本研究と生徒の「科学的な見方や考え方を養うこと」との関わりについて考察する。図6は指導計画の5，6時間目の授業におけるワークシートより，生徒Aの記述を抜粋したものである。

課題	物体を，－の電気を帯びやすい物と＋の電気を帯びやすい物に分けられるか。
計画	①数種類の物体を摩擦して静電気を帯びさせる。②帯電した各物体に蛍光灯を近づける。③蛍光灯が光れば物体は－の電気を帯びていて，光らなければ＋の電気だと判断する。
結果	プラスチック，ビニール→＋の電気を帯びる。 毛皮，ガラス，アルミ→－の電気を帯びる。
考察	物体を－の電気を帯びやすい物と＋の電気を帯びやすい物に分けられる。

図6 生徒Aのワークシートの記述

5，6時間目の授業は，生徒自身が課題を設定し，探究の過程にそって課題を解決するという展開で行った。生徒Aは前時までの既習事項を活用し，本来中学校理科では扱わない高次な内容の理解に至っていることが分かる。このように，科学的探究の能力を育成することと「科学的な見方や考え方を養うこと」の両視点をもって授業づくりの改善を行う必要があると考える。

V 研究のまとめ

1 研究の成果

探究の過程とは逆向きに授業設計を支援する「探究の過程構造化シート」を作成し，それに基づいて授業を設計した。またワークシートの工夫を行い，生徒の科学的探究の能力を高めるための指導を行った。その結果，生徒の「課題設定能力」「考察導出能力」が有意に高まった。このことから，探究の過程とは逆向きの授業設計を支援する「探究の過程構造化シート」を作成し，それに基づいて設計した授業を行うことは，生徒の科学的探究の能力を育てるために有効であることが分かった。

2 今後の課題

- 本研究では微増するに留まった「課題設定能力」をより高めていくために効果的な授業づくりについて追究する必要がある。また，本研究で検証しなかった能力についても同様である。
- 科学的探究の能力を育成するためには，教師が単元内容に関する深い理解を有していることが必要であり，授業づくりを行う際，探究の各過程間の関係を構築することのみに終始しては不十分である。今後は「探究の過程構造化シート」を改善し，教師の思考が探究の各過程間の関係のみならず，単元内容とも往還しながら授業づくりを行えるデザインについて追究したい。

【引用文献】

- 1) 中央教育審議会（平成20年）：『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の改善について（答申）』http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/0/toushin/1216828.htm
- 2) 文部科学省（平成20年）：『中学校学習指導要領解説理科編』株式会社加藤文明社 p. 98
- 3) 三崎隆（2011）：『はじめての人のための理科の授業づくり—学習問題から学習課題へ—』株式会社大学教育出版 p. 32
- 4) 猿田祐嗣・中山迅（2011）：『思考と表現を一体化させる理科授業—自らの言葉で問いを設定して結論を導く子どもを育てる—』株式会社東洋館出版社 p. 16
- 5) 村山哲哉（2013）：『小学校理科「問題解決」8つのステップ—これからの理科教育と授業論—』株式会社東洋館出版社 p. 13
- 6) 益田裕充（2012）：『改訂版なぜ大学生は4本足のニワトリを描くのか 理科指導の研究』上毛新聞社事業局出版部 pp. 54-55
- 7) 村山哲哉（2007）：『理科でどんな「力」が育つか—わかりやすい問題解決論—』株式会社東洋館出版社 p. 21
- 8) 三崎隆（2011）：前掲書 p. 31
- 9) 村山哲哉（2007）：前掲書 p. 20

【参考文献】

- 文部科学省 国立教育政策研究所（平成27年）：『平成27年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科』
 益田裕充（2014a）：「教師の成長と授業の研究」『埼玉教育第3号』
 山内宗治・益田裕充（2015）：「デザインベース構造化シートによる教師の汎用的な資質・能力の形成—中学校理科若手教員の自主研修におけるストーリー性のある授業づくり—」
 益田裕充（2014b）：「考察とは何か」『教科研究理科 No. 199』学校図書株式会社