

令和4年度(2022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

— 1人1台端末を活用し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させることを通して—

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、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程において、生徒自身が仮説や検証計画を考える学習活動を充実させた。その際には、1人1台端末を活用し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させることで、生徒が他者との話し合いや情報共有の中で、自身の考えを再構築できるように指導改善に取り組んだ。この取組により、主体的・対話的で深い学びが実現でき、科学的に探究する力の育成につながった。

キーワード

探究の過程 「仮説の設定」 「検証計画の立案」
1人1台端末の活用 「個別最適な学び」と「協働的な学び」の一体的な充実

目		次	
I	主題設定の理由	(1)	V 研究の進め方 (5)
II	研究の目標	(1)	1 研究の方法 (5)
III	研究の仮説	(2)	2 研究の経過 (5)
IV	研究についての基本的な考え方	(2)	VI 研究の内容とその成果 (6)
1	科学的に探究する力の育成について	(2)	1 生徒および指導者の実態 (6)
2	探究の過程を通じた学習活動について	(2)	2 生徒が見通しをもって観察・実験を行うための指導改善 (6)
3	「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させるための学習活動と1人1台端末の活用	(2)	3 生徒の変容 (11)
4	実践における成果の検証	(5)	4 指導者の意識の変容 (13)
			VII 研究のまとめと今後の課題 (13)
			1 研究のまとめ (13)
			2 今後の課題 (14)
			文 献

科学的に探究する力の育成

高等学校理科における指導改善



検証計画を基に
観察・実験の実施



生物基礎
「生物とエネルギー」
「神経系と内分泌系による調節」



「探究ログ」



1人1台端末の活用

- *授業支援アプリ
- *観察・実験の記録

主体的・対話的で深い学びの実現を図る

個別最適な学び

- *個人で考える学習活動
 - ・学習時間等の柔軟な設定
 - ・学習進度や学習到達度に応じた手立て



協働的な学び

- *他者との話合いや情報共有
 - ・他者と考え等の共有

ルーブリック



*観察・実験の見本を加えて活用しやすくする



- ・ICT環境を最大限活用し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を充実していくことが重要
 - ・「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実し、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善につなげていくことが必要
- [中央教育審議会答申(令和3年1月)]

・探究の過程を通して探究の方法を習得させ、科学的に探究する力の育成を図るようにすることが大切

理科教育に関する研究

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

— 1人1台端末を活用し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させることを通して—

I 主 題 設 定 の 理 由

高等学校学習指導要領(平成30年告示)総則には、教育課程を実施するにあたって、「生徒が学習の見通しを立てたり学習したことを振り返ったりする活動を、計画的に取り入れるように工夫すること」¹⁾と示されている。また、高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編(以下、学習指導要領解説という。)には、「自然の事物・現象の中に問題を見いだし、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。特に、探究の過程を通して探究の方法を習得させ、科学的に探究する力の育成を図るようにすることが大切である」²⁾と示されている。高等学校では、令和4年度の新入学生から新しい学習指導要領が年次進行で実施され、理科においては、探究の過程を重視して指導を行うことが強く求められている。また、中央教育審議会答申(平成28年12月)には「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」³⁾と示されている。当センターでは、高等学校の理科教育に関する研究において、探究の過程を通じた学習活動の充実に向けて取り組んできた。中でも、令和3年度の研究では、効果的にICTを活用し、探究の過程における「振り返り」を重視したことで「考察・推論」の過程を充実させることができた。

中央教育審議会答申(令和3年1月)には、「『個別最適な学び』と『協働的な学び』を一体的に充実し、『主体的・対話的で深い学び』の実現に向けた授業改善につなげていくことが必要である」⁴⁾ことが示されている。加えて、「GIGAスクール構想により整備されるICT環境を最大限活用し、『個別最適な学び』と『協働的な学び』を充実していくことが重要である」⁴⁾ことについても示されている。本県の県立高等学校では、令和4年度から新入学生を対象に、GIGAスクール構想のもと、1人1台端末が整備され、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させる授業実践の環境が整った。

そこで、本研究では、当センターにおけ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、「考察・推論」の過程のさらなる充実に向けて、探究の過程における「見通し」に焦点を当てる。特に、生徒が「見通し」をもてるように探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程を充実させ、科学的に探究する力の育成を目指す。その際には、1人1台端末を活用し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させることを通して、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた継続的な取組を行う。

II 研 究 の 目 標

探究の過程を通じた学習活動を充実させた高等学校理科において、1人1台端末を活用し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させる取組を通して、主体的・対話的で深い学びの実現を図り、科学的に探究する力の育成を目指す。

Ⅲ 研究の仮説

探究の過程における「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程で、生徒が1人1台端末を活用して、他者との話合いや情報共有によって自身の考えを再構築する取組を行えば、主体的・対話的で深い学びが実現し、生徒が見通しをもって観察・実験を行うことにつながり、科学的に探究する力を育成できるであろう。

Ⅳ 研究についての基本的な考え方

1 科学的に探究する力の育成について

学習指導要領解説には、理科で育成を目指す資質・能力の一つとして、科学的に探究する力が示されている。科学的に探究する力を育成するにあたっては、生徒が「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」²⁾が重要であり、探究の過程を通じた学習活動が不可欠である。そこで、本研究では、探究の過程を通じた学習活動を行い、科学的に探究する力の育成を目指す。また、高等学校理科は、小学校、中学校と同様、理科の見方・考え方¹⁾を働かせながら「知識及び技能を習得したり、思考、判断、表現したりしていく」²⁾教科である。そのため、生徒が理科の見方・考え方を働かせて取り組めるよう留意して、探究の過程を通じた学習活動の指導計画を構想する。

2 探究の過程を通じた学習活動について

学習指導要領解説には、「見通しをもって観察、実験を行うこと」とは、「観察、実験を行う際、何のために行うか、どのような結果になるかを考えさせるなど、予想したり仮説を立てたりしてそれを検証するための観察、実験を行わせることを意味する」²⁾と示されている。本研究では、科学的に探究する力の育成にあたって、生徒が見通しをもって観察・実験を行うことが重要であると捉え、生徒が「見通し」をもてるよう探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程を充実させる(図1)。「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程を充実させれば、「観察・実験の実施」「結果の処理」「考察・推論」の各過程の充実にもつながると考える。なお、本研究は、第1学年の生物基礎において探究の過程を通じた実践に取り組む。

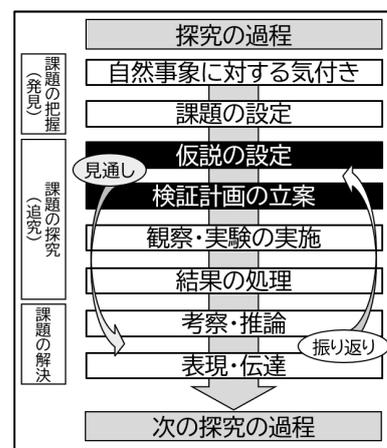


図1 探究の過程のイメージ
(学習指導要領解説から整理)

3 「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させるための学習活動と1人1台端末の活用

(1) 本研究における「個別最適な学び」と「協働的な学び」とは

本研究における「個別最適な学び」とは、単元や毎時間の授業の目標を全ての生徒が達成することを目指して、指導者が生徒一人ひとりの学習進度や学習到達度等に応じ、学習時間等の柔軟な設定を行うこと、また、個々の生徒の興味・関心等に応じ、生徒が自らどのような方向性で学習を進めていったらよいかを考えながら学習活動を行うこととする。そして、「協働的な学び」とは、生徒が他者と協働したり他者と考えを共有したりすることで、異なる考えが組み合わせたり、よりよい

¹⁾ 学習指導要領解説には、「自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考える」²⁾と整理されている。

学びを生み出す学習活動を行うこととする。この「個別最適な学び」と「協働的な学び」については、これら二つの学びが独立して展開されるものではなく、互いに関連し合いながら展開されるものであると捉える。そこで、「個別最適な学び」の成果を「協働的な学び」に生かし、さらに、その成果を「個別最適な学び」に還元するなど、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を往還させることで、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させる。

(2) 「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させるための学習活動

「個別最適な学び」においては、生徒は、見通しをもって観察・実験を行えるよう、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程で、個人で考える学習活動に取り組む。その際、授業での学習活動に加えて授業以外の場での学習活動を取り入れて、生徒自身のペースで学習活動に取り組めるようにする。また、学習進度や学習到達度等に応じて、生徒が授業後から次の授業までの間の時間を有効に使い、学習活動における自身の考えを深めたり、新たな視点を得るために自身で調べたりして、生徒がどのように学習を進めていったらよいか考えながら取り組めるようにする。指導者は、ルーブリックや、生徒が考えを深めたり調べたりする手段を示すことで、生徒が主体的に学習に取り組めるように支援する。さらに、指導者が生徒の学習進度や学習到達度等を授業中や授業外に把握することで、指導が個に応じたものになるよう改善を行う。そうすることで、単元や毎時間の授業の目標を全ての生徒が達成できることを目指す。

「協働的な学び」においては、生徒は、見通しをもって観察・実験を行えるよう、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程で、他者との話し合いや情報共有などの学習活動に取り組むことで、他者の考えを取り入れ、考えを深める。指導者は、1人1台端末で生徒の考えを共有できるようにし、共有された考えをルーブリックの達成基準と照らし合わせて、生徒が科学的な視点で自身の考えと他者の考えを比較できるように促す。さらに、生徒は、他者との話し合いや情報共有を基に、1人1台端末を活用し、自身の考えを整理して再構築する。このような学習活動を繰り返し行うことで、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させ、主体的・対話的で深い学びの実現を図る。

ア ルーブリックの活用

学校や生徒の実態に合わせながら、探究の過程の「仮説の設定」「検証計画の立案」「考察・推論」の各過程において、生徒の探究の道しるべとなるように、学習の達成基準を検討し、ルーブリックを作成する(図2)。達成基準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、授業において生徒の目指す目標が明確になるよう工夫する。このルーブリックを探究の各過程で活用することで、生徒の主体的な取組を促す。さらに、授業を振り返る際にもルーブリックを活用する。自己の学びと達成基準を照らし合わせることで、生徒自身で学習を自己評価し、次の学習へとつなげるようにする。

また、「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程のルーブリックについては、達成基準に

項目	学習の達成基準・自己評価基準	
	A	B
仮説の設定	自分の考え、これまでに学習した内容や日常生活の関連を基に、 <u>検証できそうな仮説</u> を記述している。	自分の考えに加えて、これまでに学習した内容や日常生活の関連を基に、仮説を記述している。
条件の設定	「変える条件」と「変えない条件」を区別し、条件を設定した根拠とともに条件を記述している。さらに、 <u>対照実験</u> について記述している。	「変える条件」と「変えない条件」を区別し、条件を設定した根拠とともに条件を記述している。
操作・手順	<u>誰が行っても同じ操作・手順</u> となるように、具体的な操作・手順と実験器具を記述している。	具体的な操作・手順と併せて、実験器具を記述している。
結果の見通し(予想)	実験結果の見通しをもち、 <u>結果をどのようにまとめるか</u> 考えながら、表などに結果を記録する準備をしている。	実験結果の見通しをもち、表などに結果を記録する準備をしている。

図2 「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程のルーブリック(一部)

加えて、観察・実験の見本を示すことで、「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程について、生徒が具体的なイメージをもちながら取り組めるようにする(図3)。観察・実験の見本は、左側にモデルとなる簡易な観察・実験を示し、右側にはルーブリックに合わせて、仮説の設定、条件の設定、操作・手順、結果の見通し、の項目についてそれぞれ解説している。

モデルとなる 簡易な観察・実験

観察・実験の見本

Aさんは、紙飛行機が速くまで飛ぶためにはどうしたらよいか疑問をもち、次のような学習課題をたて、実験を行いました。

学習課題：紙飛行機の飛距離を変化させるにはどうしたらよいか。

Aさんが立てた実験の計画

1. 仮説の設定
紙飛行機の機体の重心の位置によって、飛距離は変化する。

2. 条件の設定

変える条件	重心の位置
変えない条件	機体の大きさ・重さ 翼の形・角度

3. 操作・手順

- 20cm四方の紙で紙飛行機を作る。翼の角度は水平にする。
- A(先端)からE(後端)まで5cm間隔に印を付ける。
- 機体の下方におもりを付ける。
- おもりを付ける場所を変えて、紙飛行機を飛ばし、飛距離(cm)を測定する。
 - ※a 体育館など、風の影響がなく、広い場所で行う。
 - ※b 紙飛行機を飛ばす時は、同じ力加減で飛ばす。
 - ※c 翼の角度が同じになるように調整する。

4. 結果の見通し

おもりの位置	飛距離(cm)					平均
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	
A						
B						
C						
D						
E						

各項目の解説

Aさんが立てた実験の計画の解説

- 仮説の設定**
学習課題に対する答えを明らかにするための仮説を設定します。仮説は、これまでに学習した内容や日常生活の関連を基に、推論してつくりあげるものです。実験を行う前に、これまでに積み重ねた知識や理論を有効に活用して、仮説を立てることが大切です。また、検証する方法もあわせて考え、検証できそうな仮説を立てます。立てられた仮説は、実験を行った後、正しい、あるいは間違っている、不完全であるといったことが判断されます。
- 条件の設定**
仮説を検証するため、実験で調べる要因は「変える条件」、それ以外の要因は「変えない条件」として設定します。実験の失敗の一つに、同時に二つ以上のことを検証しようとする場合があります。複数の要因が存在する場合、これらの要因がどのように影響しあうのかを実験によって判断することは非常に困難です。一つの実験で調べる要因は一つとなるように、それ以外の要因を完全に同じにして実験を行う必要があります。
- 操作・手順**
条件の設定を基に、「変える条件」はどのような具合で変えるのか、「変えない条件」の基準はどうするか、など具体的な実験操作・手順を考えます。また、使用する実験器具の大きさや数についても考えます。
※bは、力加減に差が出ることが考えられるため、工夫する必要があります。
- 結果の見通し**
実験計画を立てるときには、測定方法や観察方法からどのような結果が得られるかについて予想しておきます。このとき、結果はどのような形で表現でき、評価できるのかについても考えおくことが大切です。例えば、観察結果が写真として得られる場合は、どのような写真を撮ることができ、その写真で何を観察し、どのように結果をまとめるのかといったことを考えておく必要があります。また、測定値が得られる場合は、実数なのか、割合(%)なのか、表にするのか、グラフにするのか、などについて考えておきます。

図3 観察・実験の見本

(3) 本研究における1人1台端末の活用について

「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させる手立てとして、1人1台端末を活用する。本県の県立高等学校では、1人1台端末環境の整備とあわせて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。)の活用も始まっている。これらを、生徒は学習の記録や、他者との話し合い、情報共有に活用する。また、指導者は学習状況の把握やフィードバックなどに活用する(表1)。

表1 1人1台端末の活用場面と利点

	活用場面	利点	ロイロノートの活用
生徒	学習の記録	・学習の記録を様々な形式で蓄積・編集でき、後で並び替えて整理することができる。	付箋に記述
	話し合い	・生徒自身の考えを「共有ノート」に瞬時に送ることができ、話し合いを進めやすくなる。	「共有ノート」で共有
	情報共有	・「提出箱」に提出された他者の考えを瞬時に共有できる。	「提出箱」で共有
指導者	学習状況の把握	・授業中や授業後に、生徒から成果物(ノート・プリント等)を直接回収することなく短時間で生徒の提出内容を確認できる。	「提出箱」で確認
	フィードバック	・生徒の提出内容に直接コメントを付けて提示できる。	「画面配信」で画面共有
	授業の方向性の提示	・提示したい内容を生徒の画面を制御して配信できる。	
	資料の配付	・資料を瞬時に配付できる。	「送る」で資料配付

ア 授業支援アプリケーションを活用した「探究ログ」

本研究では、探究の過程を通じた学習活動において、生徒が学習の記録として自身の考えをロイロノートの付箋で蓄積する。これを「探究ログ」とよぶ。

指導者は、探究の過程ごとに一つの付箋を配付し、生徒に自身の考えを記録して「提出箱」へ提出するように促す。その提出された付箋を使い、生徒の学習状況を把握し、生徒へのフィードバックなどに生かす(図4)。また、提出された

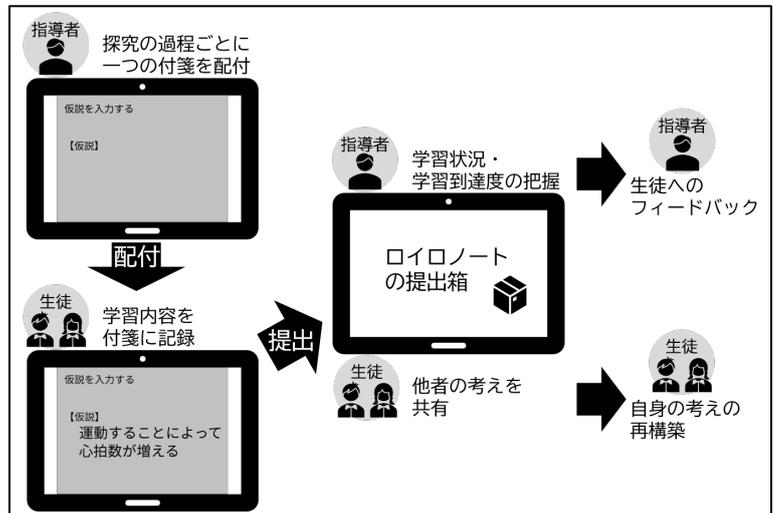


図4 「探究ログ」の活用のイメージ

付箋を共有することで、他者の考えを比較したり組み合わせたりする。そして、自身の考えを再構築する。学習のまとめの際にも、「探究ログ」を活用するように促す。見通しをもって観察・実験を行えば探究の過程が充実することを「探究ログ」で振り返ったり、適宜並び替えて整理したりしながら生徒自身が実感できるようにする。「探究ログ」には、テキスト情報だけでなく、手書きの情報や、音声、写真や映像の情報を組み入れたり、ファイルを挿入したりできるので、生徒の表現の幅が広がり、「個別最適な学び」の充実につなげることができる。また、共同編集できるロイロノートの「共有ノート」を活用し、班や学級全体で「協働的な学び」を円滑に進める。

4 実践における成果の検証

1人1台端末を活用し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させる取組が主体的・対話的で深い学びの実現につながったかどうかについて、実証授業における生徒の発言や活動に取り組む様子、感想や聞き取りなどを基に見取る。また、研究の始期と終期に生徒対象の質問紙調査を実施し、理科の授業における探究の各過程での取組に対する生徒の意識の変容を分析する。

生徒が学習において蓄積した「探究ログ」における仮説、検証計画、考察・推論などの学習の記録の変容を分析して、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程が充実し、科学的に探究する力が育成されたかどうかを検証する。また、科学的に探究する力の育成については評価問題による調査から検証する。評価問題の内容については、PISA調査の問題から研究協力校の生徒の実態に応じて作成する。研究の始期と終期に生徒は同じ観点で評価できる評価問題に取り組むこととし、その記述内容の変容を分析する。

V 研究の進め方

1 研究の方法

- (1) 研究の始期に生徒および理科の指導者を対象とした第1回質問紙調査を実施する。生徒については、理科の授業における探究の各過程での取組について実態を把握する。また、理科の指導者については、探究の過程を通じた学習活動の実践状況やICTの活用状況について調査をする。
- (2) 探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」を重視し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させる取組を踏まえた指導計画を作成する。指導計画に基づき実証授業を行う。
- (3) 1人1台端末を活用し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させる取組が主体的・対話的で深い学びの実現につながったかどうか、理科の授業における探究の各過程での取組に対する生徒の意識が変容したかどうか、探究の過程を通じた学習活動を通して、科学的に探究する力の育成につながったかどうかについて、実証授業における生徒の様子や生徒質問紙調査、「探究ログ」の学習の記録、評価問題による調査などから検証する。

2 研究の経過

4月	研究構想、研究委員の委嘱	11月	生徒質問紙調査(第2回)、評価問題による調査(第2回)の実施と分析
5月	研究推進計画の立案		
6月	生徒・指導者質問紙調査(第1回)、評価問題による調査(第1回)の実施と分析	11月～12月	第3回専門・研究委員会 研究論文原稿執筆
	第1回専門・研究委員会	1月	研究発表準備
6月～7月	研究協力校での実証授業Ⅰ	2月	研究発表大会
8月	第2回専門・研究委員会	3月	研究のまとめ
9月～11月	研究協力校での実証授業Ⅱ		

VI 研究の内容とその成果

1 生徒および指導者の実態

実証授業の前に、研究協力校の生徒を対象にして、これまでの理科の授業における探究の過程を通じた学習活動について第1回質問紙調査を実施した。その結果、理科の授業で観察・実験を行う際、課題に対する仮説を設定して取り組んでいることについて、「当てはまる」と回答した生徒の割合は11%であった(図5の①)。また、理科の授業で観察・実験を行う際、観察・実験の計画を意識して取り組んでいることについて、「当てはまる」と回答した生徒の割合は44%であった(図5の②)が、結果だけでなく観察・実験の計画を基に考察していることについて、「当てはまる」と回答した生徒の割合は13%にとどまった(図5の③)。これらのことから、科学的に探究する力を育成するためには、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程を充実させ、仮説や検証計画を振り返って考察できるようにすることが必要であることが示唆された。

また、研究協力校の理科の指導者を対象に実施した質問紙調査の結果からは、探究の過程を通じた学習活動の指導に関し、「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程について、多くの指導者が難しさを感じている現状が見られた(図6)。その理由として、指導計画の作成が難しいことが挙げられた。そこで、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程を充実させた指導計画を作成し、実践を示すことで、高等学校理科の指導改善につなげる。

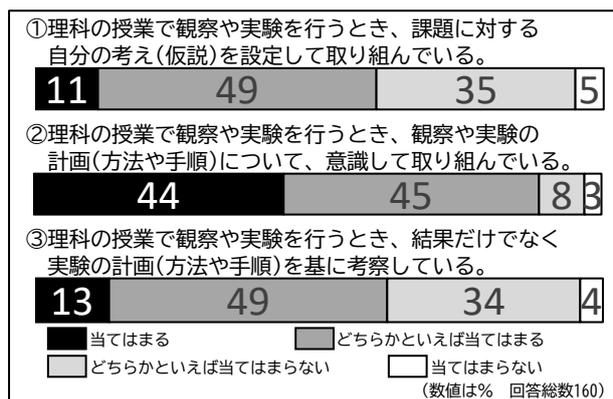


図5 生徒質問紙調査(第1回)の結果

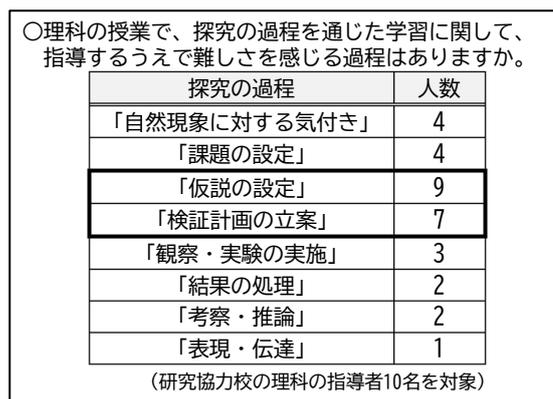


図6 指導者質問紙調査の結果

2 生徒が見通しをもって観察・実験を行うための指導改善

本研究では、1人1台端末を活用し、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させる取組を通して、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程を充実させた。生徒自

表2 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	・ 既習事項を基に仮説を設定することができる。	・ 見通しを持ち、検証できる仮説を設定する力 重視する探究の過程: 仮説の設定	・ 学習課題に対する仮説を個人で設定する。 ・ 個人で設定した仮説を基に、班ごとに話し合い、班で一つの仮説を設定する。 ・ 班で設定した仮説に対する検証計画を個人で立案する。
第2時	・ 仮説を基に観察・実験を計画することができる。	・ 仮説を確かめるための検証計画を立案する力 ・ 検証計画を評価・選択・決定する力 重視する探究の過程: 検証計画の立案	・ 個人で立案した検証計画を基に、班ごとに話し合い、班で一つの検証計画を立案する。 ・ 班で立案した検証計画を基に、観察・実験を実施する。 ・ 1人1台端末を活用し、観察・実験の記録を行う。
第3時	・ 結果を分析・解釈し、仮説の妥当性を検討したり考察したりすることができる。 ・ 全体を振り返って推論したり改善策を考えたりすることができる。	・ 結果を分析・解釈する力 ・ 情報収集して仮説の妥当性を検討したり、考察したりする力 ・ 全体を振り返って推論したり、改善策を考えたりする力 重視する探究の過程: 考察・推論	・ 結果を整理する。 ・ 結果を基に、考察・推論を記述する。 ・ 共有した他者の考察・推論と各自の考察・推論を比較し再構築することで、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。

身で仮説や検証計画を考える展開とすることで、生徒が見通しをもって観察・実験を行えるようにした。また、仮説と検証計画は、個人で設定した後、班で話し合い、妥当性のある一つのを設定するようにした。探究の過程を通じた学習活動を行う実証授業は、生物基礎「生物とエネルギー」「神経系と内分泌系の調節」の二つの単元でそれぞれ3時間ずつ実施した(p.6の表2)。学習課題に対する「仮説の設定」、仮説を基にした「検証計画の立案」、検証計画を基にした「観察・実験の実施」「結果の処理」「考察・推論」の各過程を行った。

実証授業を実施するにあたり、研究協力校のA校、B校それぞれの学校や生徒の実態に応じた学習活動の展開を工夫した。

(1) 実証授業Ⅰ「生物とエネルギー」

生物基礎「生物とエネルギー」において、代謝や酵素の働きなどの既習事項の内容を深めるため、「植物の増殖に重要な要因」についてウキクサを教材とした観察・実験の結果を基に考察する学習課題を設定した(表3)。探究の過程の「課題の設定」について、指導者がウキクサの繁茂状況が異なる二つの池を示した資料を示し、生徒が二つの池の違いに着目するように促した。その後、「ウキクサの増殖に重要な要因」について、仮説と検証計画を生徒自身が考え、それを基に、ウキクサを育てることで、仮説を検証する学習活動を行った。

表3 「生物とエネルギー」における単元の目標・学習課題・結論

単元の目標	知識及び技能 ・理科の見方・考え方を働かせ、生物の特徴についての観察・実験などを通して、生物の特徴とその働きについて理解するとともに、観察・実験などに関する技能を身に付けること。 思考力、判断力、表現力等 ・生物の特徴について、観察・実験などを通して探究し、多様な生物がもつ共通の特徴を見いだして表現すること。 学びに向かう力、人間性等 ・生物の特徴に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度と、生命を尊重する態度を養うこと。
学習課題	植物の増殖に重要な要因は何か。観察・実験を行い、結果を基に考えよう。
結論	例 ウキクサに光が強くと当たる、つまり、ウキクサが吸収する光エネルギーが大きいほど、光合成で合成される有機物の量が多くなる。有機物は成長を含めた生命活動に利用されるため、より多く増殖することができた。よって、植物の増殖には、光の強さが重要である。

ア A校における多様な意見を重視した学習展開

第1時において、生徒が仮説を個人で設定する際、一つに限らず、複数考えるように促した。そうすることで、班で話し合う際、多くの仮説の中からより妥当性のある仮説を設定できるようにした。

授業では、生徒からは、「光」「温度」「二酸化炭素」を要因とする仮説が多く出てきた。中には、「栄養素」や「水質」などを挙げる仮説もあった。これらの仮説を基に、実際に行う観察・実験につなげるために、班で一つの仮説を設定する時間を設けた。その時の話し合いにおいては、「いろいろ要因はあるけれど、光の強さが一番重要だと思う」といった考えに対して、「光の強さは変わらないと思うから、温度の方が重要だと思う」といった、他者の考えと自身の考えを比較し、より妥当性のある仮説となるよう班で検討する様子が見られた(図7)。また、話し合いの中で、「水質が要因であるかどうか調べるにはどのような条件を設定したらよいか」といった、検証計画を立案する際の視点についてもふれながら仮説を検討している様子も見られた。



図7 自身の仮説を説明する様子

このことから、生徒自身が複数の仮説を設定してもよいとすることで、様々な要因を比較・検討するなど班での話し合いを充実することができ、生徒がより妥当性のある仮説を設定して、見通しをもって観察・実験を行うことにつながった。

イ B校における試行錯誤を促した学習展開

第1時において、生徒の考えが狭まることなどを防ぐため、生徒が検証計画を立案する際には、指導者はあえて、理科室で使用可能な実験器具について説明しないようにした。一方で、指導者は、予備実験に使用した実験器具の他、第1時で生徒が提出した仮説や検証計画から必要と予測される実験器具も準備しておいた。

授業では、検証計画を立案するにあたって、生徒が学校で使用可能な実験器具を確認しながら、試行錯誤を重ねて検証計画が検証可能なものになるよう適宜修正している様子が見られた。「空気が重要である」という仮説を基に、空気がない状態でウキクサを育てることが必要であると考えた班の生徒は、「ウキクサの入ったプラスチックカップを水で満たし、入っている空気を抜いて密閉する」という工夫を凝らしていた(図8)。また、試行錯誤を重ねて観察・実験を行い、「空気がない状態ではウキクサは増えないはずである」と結果を考えながら観察・実験を行う様子も見られた。



図8 試行錯誤しながら観察・実験を行う様子

このことから、観察・実験における実験器具も含めて生徒自身が検証計画を立案するように促すことで、生徒は自身で立案した検証計画を基に試行錯誤しながら観察・実験を行うことができ、見通しをもって観察・実験を行うことにつながった。

(2) 実証授業Ⅱ「神経系と内分泌系による調節」

生物基礎「神経系と内分泌系による調節」において、情報の伝達や体内環境の維持の仕組みの内容を深めるため、「運動によって体の状態はどのように変化しているか」について、観察・実験の結果を基に考察する学習課題を設定した(表4)。探究の過程の「課題の設定」について、中学校での既習事項を想起させるとともに、「外界からの刺激がなくても体の状態が変化する」ことについて、日常生活と関連付けて考えられるようにした。その後、「運動とそれに伴って起こる体の変化」について、仮説と検証計画を生徒自身が考え、それを基に、実際に運動し、体の状態の変化を測定することで仮説を検証する学習活動を行った。

表4 「神経系と内分泌系による調節」における単元の目標・学習課題・結論

単元の目標	<p>知識及び技能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・神経系と内分泌系による調節について、情報の伝達、体内環境の維持の仕組みを理解するとともに、それらの観察・実験などに関する技能を身に付けること。 <p>思考力、判断力、表現力等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・神経系と内分泌系による調節について、観察・実験などを通して探究し、神経系と内分泌系による調節における特徴を見いだして表現すること。 <p>学びに向かう力、人間性等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・神経系と内分泌系による調節に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度と生命を尊重する態度を養うこと。
学習課題	運動によって、体の状態はどのように変化しているだろうか。また、体内でどのようなことが起こったのだろうか。
結論	例 安静時の脈拍に比べて、運動直後は脈拍が増加した。さらに、運動後、次第に脈拍は安静時の脈拍と同じになった。これは、運動時に筋肉に必要な酸素をより多く送るために心拍数が増え、運動後は体の状態の調節によって、徐々に一定に保たれるからと考えられる。

ア 実証授業Ⅰを踏まえた指導改善

第1時で、結果を学級全体で比較できるようにするために、運動の種類や強度の条件を学級で統一することにした。条件を設定するにあたっては、指導者が提示するのではなく、安全面や衛生面に配慮することを前提にして生徒とのやり取りの中で設定することとした。また、実証授業Ⅰにおいて、ウキクサの増殖について、同じ条件で観察・実験を行ったにも関わらず、結果にバラつきが生じ、「考察・推論」の過程において、結果を分析できない状況があった。この原因は、試行する回数が少なかったことにあると考えられたので、実証授業Ⅱでは、生徒が何度も試行できるように留意した。

授業では、運動の種類を統一し、運動強度を変える検証計画を立案する班があった。変える条件、変えない条件に着目している様子や、試行する回数や試行する人数を増やすことで観察・実験の精度が上がるよう工夫している様子が見られた。

実証授業Ⅰでは、記録が不十分な班があったり、「『結果がどうなるのか』という予想がうまくいかなかったので、次は結果の予想を理由も含めて考えられるようにしたい」という振り返りが見られたりした。この原因は、生徒が結果の見通しをもてなかったことにあったと考えられたので、実証授業Ⅱでは生徒が結果を予想し、「運動前と運動後には測定した値はどのように変化するのか」について分析できるように結果をグラフ化した。

授業では、グラフを作成することで、常に予想と比べながら観察・実験の結果に着目している様子が見られた。また、結果の数値の変化に着目しながら観察・実験を行う様子も見られた。

これらのことから、実証授業Ⅰからの指導改善を踏まえ、生徒が検証計画を立案する際、学級で統一する条件を指導者が提示するのではなく生徒が設定するようにすることや、何度も試行できるようにすること、数値の変化に着目できるよう工夫を行うことで、生徒が条件設定を意識して検証計画を立案することや見通しをもって観察・実験を行うことにつながった。

イ A校における検証計画の改善を促す学習展開

観察・実験を行う第2時において、第1時に生徒が立案した検証計画をより妥当性のあるものにできるよう、生徒の学習進度や学習到達度等に応じて補足・修正事項の方向性についてフィードバックをすることとした。

授業では、観察・実験を行う前に、生徒が立案した検証計画について、生徒自身が不備に気付いたり、補足や修正が必要な点はないか再検討したりするように促した。そうすることで、生徒は自身で設定した検証計画には、具体的な方法や実験器具などが示せていないといった不備があることに気付くことができた。話し合いの中では、「実験は一人ではなく、二人で行い、一人について2回実験したらいいのではないか」「運動前、運動直後だけでなく、1分後にも測定しよう」「体温は体温計で測るけど、心拍数はどうやって測ればよいか」といった、試行する人数や試行する回数、測定頻度、実験器具などについて適

宜修正している様子が見られた。また、観察・実験中にも、仮説や検証計画を適宜意識しながら進めるよう促すことで、「仮説は『運動中は心拍数が増える』だから、今、結果を見ると仮説通りに実験が進んでいる」というように、自身の仮説を意識しながら観察・実験を実施できるようになった。第1時で提出された検証計画と第2時の後に提出された検証計画を比較すると、どの班でも具体的で妥当性のある検証計画へと変容が見られた(図9)。

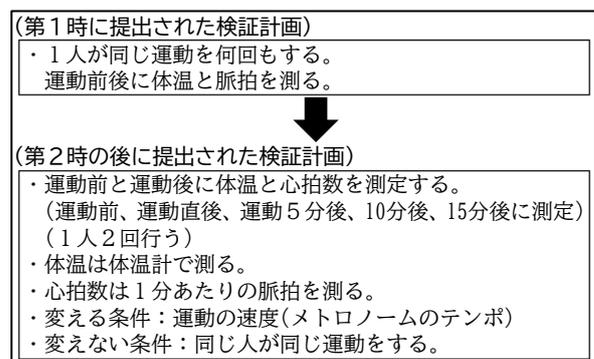


図9 検証計画における変容の例

これらのことから、観察・実験を行う前に、検証計画を適宜補足・修正する時間を設けるだけでなく、観察・実験中にも生徒自身が仮説や検証計画を意識しながら進めていくようにすることで、生徒は仮説の検証につながる具体的で妥当性のある検証計画を立案することができるようになり、見通しをもって観察・実験を行うことにつながった。

ウ B校における生徒の発想を重視する学習展開

観察・実験を行う第2時において、生徒が立案した検証計画に基づいて観察・実験を行えるよう、可能な限り生徒の考えを尊重することとした。また、第1時に生徒が提出した仮説や検証計画から必要と予測される実験器具を準備した。

授業では、「運動によってアドレナリンが分泌される」という仮説を設定した班があった。指導者は、ヒトの体内におけるアドレナリンの量を測定することは学校では難しいことを理由に他の仮説に変更させることも可能ではあったが、変更を強制することはせず、生徒に学校で行う観察・実験で検証可能かどうか考えるように促すのにとどめた。生徒は、アドレナリンが分泌されることで起こる体内の変化を「脳の処理能力の向上」と捉え、「運動の前後で、百マス計算を実施することによって体内でアドレナリンの分泌があるかどうかを間接的に評価する」という検証計画を立案した。班で意見を出し合い、話し合いを重ねて考えた検証計画を基に目を輝かせて主体的に観察・実験を実施する姿が見られた(図10)。結果が出るごとに、自身の仮説が正しいと判断できるかどうか熱心に話し合う様子も見られた。



図10 「脳の処理能力の向上」を測るために、運動直後に百マス計算をする様子

このことから、指導者が生徒の発想を尊重し、生徒自身に考えさせて観察・実験を実施できるように促すことで、生徒は自身で主体的に検証計画を立案することができ、見通しと意欲をもって観察・実験を行うことにつながった。

(3) 「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させるための取組

他者との話し合いや情報共有によって、生徒自身が考えを再構築できるよう、実証授業Ⅰ・Ⅱでは、生徒自身で考える時間を設定し、生徒自身の考えを基に班での話し合いをしたり、提出された生徒自身の考えを学級全体で共有したりする学習活動を繰り返し行う展開とした。

授業では、班で一つの仮説や検証計画を設定する際、他者の考えに対して、「〇〇さんはなぜそう考えるの？」と問いかけながら、他者の考えと自身の考えを比較している様子や、「〇〇さんの考えの方がいいね」といった、他者の考えが妥当であると判断して取り入れている様子が見られた。生徒の振り返りには、「個人で考えた仮説から話し合っって一つの仮説を立てたり、実験計画をみんなで作ったりして、実験をすることで、理解しやすかった」「みんなの考えを話し合うことで、仮説や実験内容を深く考えて実験に臨むことができた」といった記述が見られ、生徒同士の話し合いによって考えを再構築できたことがうかがえた。

このことから、班での話し合いや情報共有などの対話的な学びとなるような学習活動を繰り返し行うことで、生徒が主体的に自身の考えを再構築することにつながり、主体的・対話的で深い学びにつなげることができた。

ア 観察・実験の見本を付したルーブリックの有用性

探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」「考察・推論」の各過程の道しるべとして、ルーブリックを活用した。また、ルーブリックに示した達成基準を道しるべとして活用しやすくするために、観察・実験の見本を示した。

授業においては、仮説や検証計画を設定する際、達成基準と自身の考えを照らし合わせている姿や、班での話し合いの際、ルーブリックを活用して検証計画を修正している姿があり、ルーブリックを道しるべとし、主体的に学習活動に取り組む生徒の様子が見られた。また、「観察・実験の見本があることで具体的にどのようなことを考えればよいかわかりやすかった」といった生徒の声があった。指導者からは、「生徒は、ルーブリックの達成基準を目標として、主体的に自分のペースで学習を行っていた」といった声があった。このように、観察・実験の見本を付したルーブリックを示すことは、生徒にとって探究の過程を通じた学習へ取り組む方法がわかりやすくなり、生徒が主体的に学習活動に取り組む姿につながった。

(4) 1人1台端末の活用の効果

実証授業Ⅰ・Ⅱでは、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させることに留意し、1人1台端末を活用した。実証授業後には、生徒と指導者にそれぞれ聞き取りを行った。

生徒からは、「班でみんなの考えが共有でき、交流がしやすく話合いが進めやすい」「友達と簡単に意見交換でき、自分の意見を深めることができる」といった声があり、このことから、「共有ノート」で個人の考えを一つのノートに集約してまとめることで、班での話合いを円滑に進めることができたと考えられる。また、「(自分が見たい時にいつでも)多くの人の意見を手元で見ることができ、自分のペースで取り組むことができる」といった声もあり、このことから、「提出箱」で回答共有された他者の考えを手元で閲覧することで、短時間で多くの考えを自分のペースで共有することができたと考えられる。指導者からは、「提出された生徒の考えや進捗状況が把握しやすく、個に応じた指導を行うことができた」「生徒が考えを共有する際に、短時間で共有でき、より多くの考えを取り入れやすくなった」といった声があった。このことから、提出された生徒の考えを短時間で把握し、適宜支援したり、指導者が選択した生徒の考えを全体共有し、仮説や検証計画の補足・修正事項の方向性などについてフィードバックしたりすることができたと考えられる。このように、生徒や指導者は、授業において1人1台端末の効果を実感していることがうかがえた。

これらのことから、1人1台端末の活用が、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させるうえで効果的であったといえる。

ア 「探究ログ」の有用性

「探究ログ」は、以下の三つの点において、有用性があると考えられる。一つ目は、生徒自身がどのように探究を進めていったかという学習の足跡が「探究ログ」として残っていることで、生徒は自身の探究の過程を振り返ったり、探究の過程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たりすることができる。二つ目に、指導者が探究の過程それぞれにおいて付箋の提出を促すことで、学級全体の考えが「提出箱」に共有されるため、生徒は他者の考えを適宜取り入れ、自身の考えを再構築することができる。三つ目に、提出した自身の考えと再構築した自身の考えは「探究ログ」として残るため、生徒は自身の考えの変容を確認することができる。

生徒からは、授業においては、「ロイロノートに実験の内容を全て記録でき、次の授業でもすぐ前の学習を開くことができるので、わかりやすく便利だった」「ノートのメモとは違い、ロイロノートに記録することで、後からでもメモを整理しやすく、きちんとわかるところがよかった」といった声があった。また、学習活動のまとめにおいて、生徒が主体的にロイロノート上の学習の記録を並べ替えたり、整理・編集したりしている様子が見られた(図11)。このように、「探究ログ」は、生徒が学習を振り返ったり学びの成果を実感したりすることにつながったといえる。



図11 「探究ログ」を整理している様子

3 生徒の変容

(1) 生徒質問紙調査にみる変容

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。理科の授業で観察・実験を行う際、課題に対する仮説を設定して取り組むことや観察・実験の計画を意識して取り組むことについて、「当てはまる」と回答した生徒の割合が第1回より増加し、否定的な回答の割合は減少した(p. 12の図12の①②)。このことから、本研究で探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」を重視したことが生徒の意識の変容につながったと考えられる。さらに、理科の授業で観

察・実験を行う際、課題や目的を意識することや、生徒自身が考えたことを整理しながら観察・実験に取り組むことについて、「当てはまる」と回答する生徒の割合が増加した(図12の③④)。このことから、生徒が観察・実験の課題や目的を意識したり、生徒自身で考えを整理しながら観察・実験を行ったりすることにつながったと考えられる。

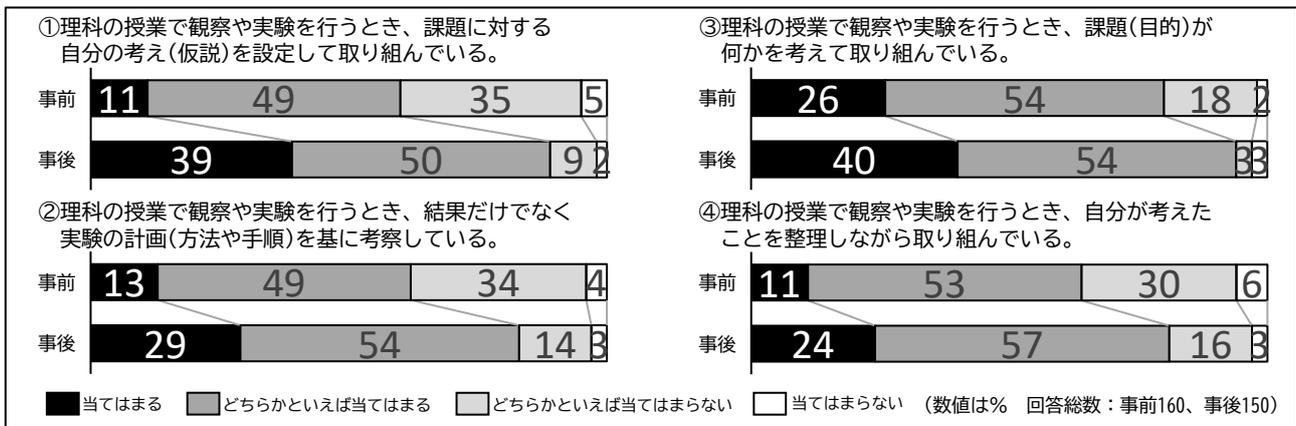


図12 生徒質問紙調査の結果

(2) 生徒が立案した検証計画にみる変容

本研究を通じて、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程が充実したかどうかについて、実証授業Ⅰ・Ⅱそれぞれにおいて、生徒が立案した検証計画の記述の変容から検証した。A校、B校ともに、実証授業Ⅰに比べて実証授業Ⅱの検証計画は、試行する回数や測定間隔・頻度などをより具体的に立案できているものも多く見られるようになった。その中には、使用する測定器具などを更に具体的に記述したり、平均値を取るなどの結果の処理について記述したりしているものもあった(図13)。このように、生徒自身で検証計画を立案することを繰り返し行うことで、生徒が立案した検証計画がより妥当性の高いものに変容したことから、「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程が充実する指導ができたと考えられる。

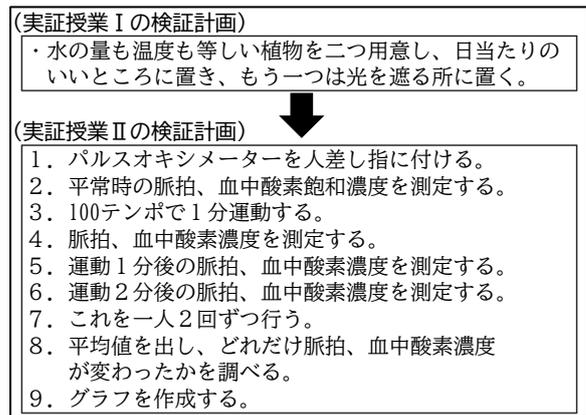


図13 検証計画における変容の例(B校の生徒)

(3) 生徒の考察・推論にみる変容

本研究を通じて、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程が充実したかどうかについて、実証授業Ⅰ・Ⅱそれぞれにおける、生徒の考察・推論の記述の変容から検証した。実証授業Ⅰの考察・推論と実証授業Ⅱの考察・推論とを比較すると、A校、B校ともに、多くの生徒がより深く考察・推論できるようになった記述が見られた。その中には、実証授業Ⅰでは、仮説の正誤について判断することにとどまっていたが、実証授業Ⅱでは、仮説の正誤は判断できなかったものの、結果を更に分析し、仮説の正誤を判断できなかった理由を三つ挙

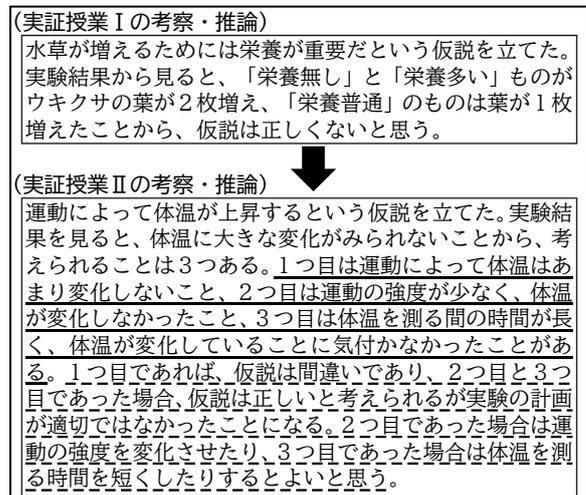


図14 考察・推論における変容の例(A校の生徒)(実線・破線は筆者)

げて推論し(p. 12の図14の実線部)、それを検証する方法について検討していた記述があった(p. 12の図14の破線部)。このように、生徒の考察・推論がより深いものに変容していったことから、「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程が充実できていたと推測できる。

(4) 評価問題にみる変容

実証授業の事前、事後に、研究協力校の生徒を対象に評価問題による調査を実施した。評価問題ⁱ⁾は全2問の出題とし、問1は観察・実験における測定精度についての内容、問2は観察・実験の結果から仮説となる考えの正誤を判断する内容とした。各問に対して同じ評価観点で採点した(図15)。問1、問2ともに、評価観点を満たす記述ができた生徒の割合が増加し、無答の生徒の割合が減った。第2回の解答については、数値の比較について正確に言及している解答に変容した(図16)。出題された観察・実験に関する問いにおける仮説や検証計画について、科学的に捉えて検証できるようになったことから、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程を充実させたことで、見通しをもって観察・実験を行うことができるようになったと考えられる。

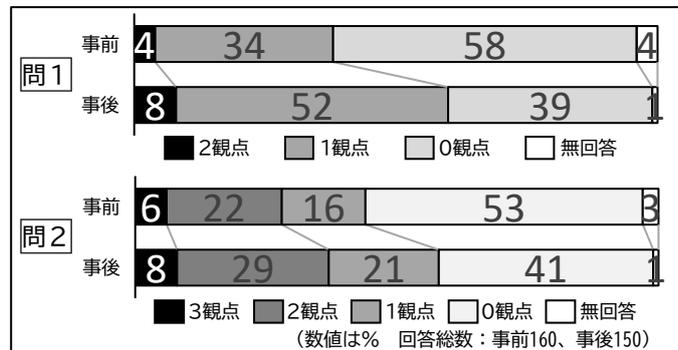


図15 評価問題調査の結果

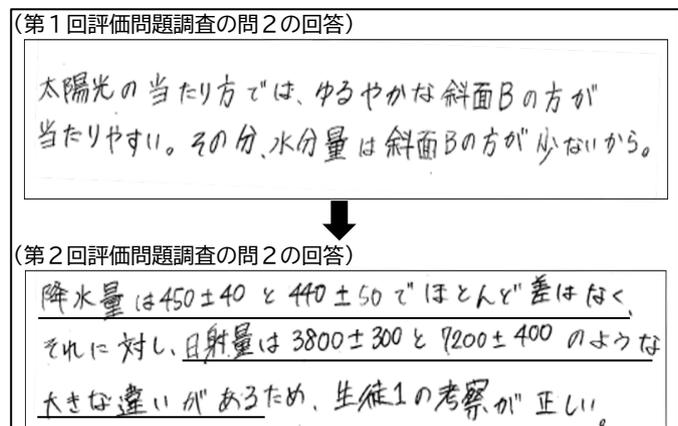


図16 評価問題調査における記述の変容の例(下線は筆者)

4 指導者の意識の変容

実証授業を経て指導者は、仮説や検証計画を生徒自身が考えることで、見通しをもって観察・実験に取り組むことができるようになったと実感していた(図17)。また、「1人1台端末の活用により振り返りやフィードバックを円滑に行うことができた」と、1人1台端末の活用の効果を実感していた。さらに、研究を通じた取組を継続的に実践する意義を感じていることもうかがえた。

- ・理科の授業に対して主体的・対話的に取り組む生徒が増えた。
- ・仮説や検証計画を生徒自身で考えることによって生徒が目的をもって観察・実験を行うことができていたと実感した。
- ・時間外や家に帰ってからも続きの内容や考察を考えたいと申し出た生徒がいたことから、生徒の学習が充実したものになったと実感した。
- ・1人1台端末の活用により振り返りやフィードバックを円滑に行うことができた。
- ・研究を通じて実践したことを今後他の授業においても応用していきたい。

図17 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) 仮説や検証計画を生徒自身が設定することで、生徒が見通しをもって観察・実験を行うことになった。さらに、仮説や検証計画を踏まえ、より科学的な考察・推論へと記述を充実させることができ、科学的に探究する力の育成につなげることができた。

ⁱ⁾ 作成した評価問題については、当センターHP参照。

- (2) 1人1台端末を活用して、「個別最適な学び」と「協働的な学び」を一体的に充実させることで、探究の過程の「仮説の設定」と「検証計画の立案」の各過程において、生徒自身が考えた内容を基に他者との話し合いや情報共有などの対話的な学びの中で、生徒が主体的に生徒自身の考えを再構築することにつながった。

2 今後の課題

- (1) 探究の過程を通じた学習活動を更に充実させることができるよう、探究の過程のはじまりである、課題の把握(発見)の「課題の設定」の過程に関して、課題を生徒自身が設定することができるような取組が必要である。
- (2) 探究の過程を通じた学習活動に対する評価を指導者が適切に行うことができるよう、指導と評価の一体化に向けた評価計画について研究する必要がある。

文 献

- 1) 文部科学省「高等学校学習指導要領(平成30年告示)総則」、平成30年(2018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)
- 4) 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)
- 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)
- 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Ⅲ」、令和3年(2021年)
- 滋賀県総合教育センター「効果的なICTの活用による思考の振り返りを重視した高等学校理科の授業づくり」、令和4年(2022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 河原 真

研究委員

滋賀県立東大津高等学校教諭 小林 正幸

滋賀県立石部高等学校教諭 澤 速人

研究協力校

滋賀県立東大津高等学校

滋賀県立石部高等学校