

科学的に思考・吟味し，価値を生み出そうとする 生徒の育成を目指した授業デザイン

白田真澄*・天野慎也*・野口裕二*・町田康佑*

(2022年11月16日 受理)

A Class Design Aimed at Fostering Students Who Consider and Examine Scientifically and Find Values

SHIRATA Masumi, AMANO Shinya, NOGUCHI Yuji and MACHIDA Kosuke

要約

中学校学習指導要領解説理科編では，見通しをもちながら観察，実験を行うことや，探究の過程を振り返って考えることなど，生徒がより科学的に探究していくことが求められている。また，学習指導要領改訂の基本方針の1つとして，主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善の推進が挙げられている。

本校理科では，2019年から「科学的に思考・吟味し，価値を生み出そうとする生徒の育成」を研究主題に掲げて研究を行っている。2021年からは「自らの考えを追究しようとするための見通しと振り返りの促進」を研究副主題に掲げて研究を行い，見通しと振り返りを充実させる手立てを講じた授業デザインによって，Society5.0で求められる資質・能力を育成し，「主体的に学習に取り組む態度」を高めていくことができると考えている。

本稿は，その成果を授業デザインの手順を交えて報告するものである。

キーワード：見通し，振り返り，科学的に思考・吟味する，価値を生み出そうとする

* 鹿児島大学教育学部附属中学校 教諭

1. 研究の仮説

理科の探究の過程において、自らの考えを追究しようとするための見通しと振り返りを促進する授業デザインを工夫することによって、生徒の科学的に思考・吟味し、価値を生み出そうとする資質・能力を高め、新たな時代を豊かに生きる生徒を育成することができる。

2. 研究主題並びに仮説設定について

2.1. 時代の要請から

中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省（2017），以下，「解説理科編」とする。）では，見通しをもちながら観察，実験を行うことや，探究の過程を振り返って考えることなど，生徒がより科学的に探究していくことが求められている。また，学習指導要領改訂の基本方針の一つとして，主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善の推進が挙げられている。

森本（2020）は，平成30年度全国学力・学習状況調査の結果から，「予想や考察する活動がすべての子どもに定着していないため，理科教育で目標とする学力の向上に寄与していない」ことや，課題解決を充実させるために，「子ども一人ひとりが自分の考え方を可能な限り表現して，クラスの仲間から批判や共感を受ける場を充実させる」ことなどを課題として挙げ，探究の過程における，主体的・対話的で深い学びを実現させていく必要性について指摘している。また，小林（2020）は，「探究のプロセスが教師からの指示によって行われているのであれば，生徒にとってはやらされているだけで，探究とはほど遠い学習になってしまう。」とし，主体的な学びとなる探究的な学習を組織していくことの重要性を述べている。

これらのことから，生徒が科学的に探究していくためには，探究の過程において，一人一人が自分の考えをもちながら，見通しをもったり振り返ったりして課題を解決していく主体的な学びを促す指導を充実する必要があると考えた。

2.2. 生徒の実態及びこれまでの研究の成果と課題

本校理科では，2019年から「科学的に思考・吟味し，価値を生み出そうとする生徒の育成」を研究主題に掲げて研究を行ってきた。なお，本校理科で捉える試行錯誤とは「探究する際にどのような観察，実験を行えばどのようなことが明らかになるのか，見通しをもって観察，実験を行い，得られた結果を振り返って見通しの修正を行う」という活動である。これまでの研究を通して，次のような成果が得られた。

- 試行錯誤する中で，生徒自身でトライ&エラーを繰り返しながら次第に結論に近付けていくことができ，科学的に「思考・吟味する活動」が充実してきた。
- 今までに学習したことが次の学習に生かされることを感じ，学びの有用性に気付く生徒が増えてきた。

しかし，一方では次のような課題も残された。

- 生徒の見通しの根拠が明確でなかったり、科学的根拠に基づいたものでなかったりすることがあった。
 - 観察、実験の操作や結果の妥当性を検討するために、科学的で明確な視点をもって振り返ることが十分であるとはいえない。
 - 課題解決により得た知識や考え方を生かして、自然の事物・現象について考えるなど、学びが日常生活に生かされることを実感できている生徒が多くはない。
- したがって、次のことを充実させて、科学的に探究する学習の促進を図ることにした。
- ・ 科学的根拠に基づいた見通しをもって観察、実験を行っていくこと
 - ・ 探究の過程を振り返り、観察、実験の操作や結果が妥当か検討すること
 - ・ 学んだことを、日常生活や社会に生かそうとすること

また、2021年からは「自らの考えを追究しようとするための見通しと振り返りの促進」を研究副主題に掲げて研究を行っている。「自らの考えを追究しようとする」とは、探究の過程において、何のために調べているのか目的や目標をもち続けながら、自分達の課題をどのようにしたら解決できそうか考えたり、得られた結果が妥当であったか考えたりしようとすることである。このことから、自らの考えを追究しようとするためには、探究の過程において、見通しや振り返りを充実させる手立てを講じる必要があると考えた。そこで、見通しと振り返りを充実させる手立てを講じた授業デザインによって、Society5.0で求められる資質・能力を育成し、「主体的に学習に取り組む態度」を高めていくことができると考え、研究を進めていくことにした。

3. 研究の構想

3.1. 科学的に思考・吟味し、価値を生み出そうとする生徒とは

本校では、2019年の研究から、「読み解き・対話する活動」、「思考・吟味する活動」、「価値を見つけ・生み出す活動」を充実させることで、「Society5.0で求められる資質・能力の育成」を目指してきた。本校理科では、その中でも「思考・吟味する活動」、「価値を見つけ・生み出す活動」に重点を置き、見通しや振り返りを充実させることで、「科学的に思考・吟味し、価値を生み出そうとする生徒」を育成してきた。しかし、資質・能力の三つの柱のうち「知識及び技能」や「思考力、判断力、表現力等」に比べて「学びに向かう力、人間性等」の高まりは十分とは言えないものであった。また、本校理科のこれまでの課題からも、観察、実験の見通しが科学的根拠に基づいたものでない生徒や、探究の過程を振り返って結果が妥当かどうか検討することに困難さを感じている生徒も見受けられた。この課題の解決のためには、これまで以上に生徒自身の力で科学的に探究する力や態度を高めていかなければならない。

「小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校等における児童生徒の学習評価及び指導要録の改善等について（通知）」（文部科学省2019、以下、「改善等通知」とする。）では、「学びに向かう力、人間性等」について、評価を通じて見取ることができる部分を「主体的に学習に取り組む態度」と

して整理している。「主体的に学習に取り組む態度」は、各教科の目標や内容と照らして生徒の学習状況を分析的に把握することが可能なので、指導の改善につなげやすいと考えられる。そこで、本校理科では、「主体的に学習に取り組む態度」の育成に重点を置き、「学びに向かう力、人間性等」の育成につなげ、資質・能力の三つの柱をバランスよく育成していきたい。

3.2. 本校理科における「主体的に学習に取り組む態度」とは

改善等通知では、中学校理科における「主体的に学習に取り組む態度」の趣旨は「自然の事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている」と示されている。

この「主体的に学習に取り組む態度」を評価する際に、「児童生徒の学習状況の在り方について（報告）」（中央教育審議会，2019）では、「粘り強い取組を行おうとする側面」と「自らの学習を調整しようとする側面」という二つの側面があることが示されている。また、「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）」（中央教育審議会，2016）では、理科における「学びに向かう力、人間性等」を、「自然を敬い、自然事象に進んで関わる態度」、「粘り強く挑戦する態度」、「日常生活との関連、科学することの面白さや有用性の気付き」、「科学的根拠に基づき判断する態度」、「小学校で身に付けた問題解決の力などを活用しようとする態度」と整理している。他にも、森本（2013）は、理科授業における自己調整学習が必要とされる活動を、「予想や仮説を協同的に立て、その検証のために問題解決の方法を考慮して、観察、実験を計画することや「科学概念の構築過程を振り返り、既習概念との結びつきや次の学習課題を見いださせる」ことなどと整理している。これらのことから、粘り強い取組を行おうとする側面とは、例えば、探究の過程において粘り強く挑戦する姿が考えられる。また、自らの学習を調整しようとする側面とは、例えば、科学的根拠に基づいて判断しようとする姿や、予想を基に観察、実験を企画しようとする姿、探究の過程を振り返り既習概念と結びつける姿などが考えられる。この二つの側面から生徒の学習の状況を把握して、指導の改善を図り「主体的に学習に取り組む態度」を高めていく必要がある。

2020年の研究の取組では、学校の教育目標や学年の目標を資質・能力の三つの柱で整理し、各教科のグランドデザインを作成した。その中で、解説理科編や学校の教育目標を基に本校理科の「学びに向かう力、人間性等」の目標を「自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする」とともに、課題解決により得た知識や考え方を、日常生活や新たな学びに生かし、新たな価値を創造しようとする態度を養う」と設定した。

以上のことから、本校理科での「主体的に学習に取り組む態度」を「自然の事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする」とともに、課題解決により得た知識や考え方を、日常生活や新たな学びに生かそうとする態度」とした。

この「主体的に学習に取り組む態度」には、改善等通知で示されたものに「課題解決により得た

知識や考え方を、日常生活や新たな学びに生かそうとする態度」という言葉を付け加えた。これは、学んだことを活用していくことで、学んだことの価値を感じることができ、ひいては興味や楽しさを感じながら目的や目標をもって自分の学習活動を調整して課題の解決に取り組み、その解決に向けて持続的に努力しようとするにつなると考えたからである。そして、学習を振り返り、心理的欲求が充足されるにつなると考えている。さらに、理科の学習において、学んだことを次の学習や日常生活に生かすことは、探究の過程を通した学びを深めるためにも大切である。

3.3. 「主体的に学習に取り組む態度」と見通し、振り返りの関係

本校全体のアンケート調査の結果から、「主体的に学習に取り組む態度」の二つの側面のうち、生徒が自らの学習を調整しようとするように指導の工夫を行う必要があることが明らかとなっている。本校理科においても、この指導の工夫を行うことにより、生徒が目的や目標をもって、解決方法の計画を立てようとしたり、必要に応じて確認・修正しながら学習を進めようとしたりして、自らの考えを追究しようとするができるようになり、「主体的に学習に取り組む態度」が高まると考えている。このような学習を進めていくためには、理科では、探究の過程において、生徒が課題に対する予想を立てたり、解決の方法を考えたりするなど見通しをもつ必要がある。また、観察、実験の結果が妥当なのか検討するなどの振り返りが必要になる。そこで、本校理科では生徒が自らの学習を調整しようとする指導の工夫を取り入れていくために、見通しと振り返りを表1のように捉えた。なお、①、②はそれぞれの具体を示している。

表1 本校理科が捉える見通しと振り返り

見通し	振り返り
何を解決したいのかを明確にするという ような、学習活動のゴールイメージを鮮明に 描くことや、何を使ってどのように調べれば 課題が解決できるのか明確にするというよ うな、解決に向けたプロセスイメージを明ら かにすること	妥当な結論が得られる探究になったかそ の過程を含めて検討したり、探究して大切な ことを引き出したりすること
① 課題解決のために、生活経験や既習事項 を基にして、結果を予想しながら観察、実 験を企画、実施すること	① 観察、実験の企画や実施から考察までの 場面において、予想と比較して、観察、実 験や考察が妥当なものであるか検討、修正 すること
② 1単位時間や単元の学習を通して、何を 学ばよいか意識しながら探究すること	② 1単位時間や単元の学習を基に、学びの 精緻化・体系化を図り、次の学びにつなげ ること

4. 本校理科の授業デザイン

4.1. 指導計画の作成

4.1.1. 指導計画の作成に当たって

解説理科編では、3年間を通じて計画的に、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、各学年で主に重視する探究の学習過程の例が整理されている。これによると、生徒が自然の事物・現象から見いだした問題から学習課題を設定し、予想・仮説に基づく解決方法を立案し、課題に対して考察をして、探究の過程を振り返ることが「理科の学習過程の特質」といえる。そして、この特質は小学校段階から重視されており、各学年で重視する学習過程が充実するように、内容や時間のまとまりを見通して指導計画を作成することが大切だと考えている。

4.1.2. 単元指導計画の工夫

単元指導計画を作成するに当たり、まず解説理科編の内容のまとまりを読み込み、その目標と内容を把握して、単元で育成を目指す資質・能力を明確にする必要がある。その資質・能力を内容や時間のまとまりを見通して育成できるように単元指導計画を作成していく。その際に、当該の単元だけでなく、他単元・他学年・他領域・他校種・他教科との関連を確認することで、生徒の学びの「これまで」と「これから」を踏まえた単元を構想する。そして、内容の系統性に配慮しつつ、生徒がそれぞれの授業につながりが感じられるように学びのストーリーを考え、生徒の意識の流れが途切れないようにすることが大切だと考えている。

学習評価については、日々の授業の中で生徒の学習状況を適宜把握して、指導の改善に生かすことに重点を置くことが重要だと考えている。観点別の学習状況についての評価は、毎回の授業ではなく、原則として単元の中で評価する場面を精選することとしている。

また、指導と評価の一体化を図るためには、生徒の学習状況を把握して指導の改善に生かす「指導に生かす評価」と、観点別学習状況の評価の記録に用いる「記録に残す評価」を区別して評価するようにし、本校の学習指導案では、「指導に生かす評価」を●、「記録に残す評価」を○のように表記を区別している。

4.1.3. 評価の流れとポイント

まず、『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料中学校理科』（以下、参考資料理科）28～34頁のように、教科及び分野の目標（学習指導要領）を踏まえて「評価の観点及びその趣旨」（改善等通知別紙4）が作成されていることを確認して、「内容のまとまりごとの評価規準」を作成する。次に、参考資料理科37～41頁のように、「内容のまとまりごとの評価規準」の考え方を踏まえ、単元の評価規準を作成し、その上で、単元における観点ごとの評価場面や評価方法などを計画する。なお、それぞれの評価規準作成のポイントは、表2、3の通りである。

表2 「内容のまとめりごとの評価規準」を作成する際の観点ごとのポイント

観点	ポイント
知識・技能	学習指導要領の「2 内容」における大項目の中のアの「次のこと」を「中項目名」に代え、「～を理解するとともに」を「～を理解しているとともに」、「～を身に付けること」を「～を身に付けている」として、「内容のまとめりごとの評価規準」を作成する。
思考・判断・表現	学習指導要領の「2 内容」における大項目の中のイの「見いだして表現すること」を「見いだして表現している」として、「内容のまとめりごとの評価規準」を作成する。
主体的に学習に取り組む態度	学習指導要領の「2 内容」に育成を目指す資質・能力が示されていないことから、「分野別の評価の観点の趣旨」の冒頭に記載されている「～に関する事物・現象」を「(大項目名)に関する事物・現象」に代えて、「内容のまとめりごとの評価規準」を作成する。なお、第2分野の学習指導要領の目標の「学びに向かう力、人間性等」における「生命を尊重し、自然環境の保全に寄与する態度」については、観点別学習状況の評価にはなじまず、個人内評価などを通じて見取る部分であることに留意する必要がある。

表3 単元の評価規準の作成のポイント

観点	ポイント
知識・技能	「内容のまとめりごとの評価規準」を基に、該当の中項目名や小項目名を記載し、各分野の評価の観点の趣旨を踏まえて、評価規準を作成する。
思考・判断・表現	「内容のまとめりごとの評価規準」を基に、各分野の評価の観点の趣旨を踏まえて、評価規準を作成する。
主体的に学習に取り組む態度	「内容のまとめりごとの評価規準」を基に、評価規準を作成する。

田中(2021)は、知識及び技能を、個々の事象に関する知識や、観察、実験の操作に関する知識である「事実的な知識」と、既存の知識及び技能と関連付けたり活用したりする中で、他の学習や生活の場面でも活用できるものとしての理解に関する知識である「知識の概念的な理解」の2つに分類している。

「事実的な知識」は、例えば平成30年度全国学力・学習状況調査で出題された「アルミニウムの

原子の記号を、下のアからエまでの中から1つ選びなさい。」というような問題で評価することができる。「知識の概念的な理解」の評価について、本校が第1学年第1分野「光の屈折」をペーパーテストで評価した例を表4、図1～4に示す。

表4 本校の「知識・技能」の評価例

問題	図1のように、水の入った茶碗の底にコインを置き、点Cから見るとコインの点Aが点Bに浮かび上がって見えた。茶碗の底にあるコインの点Aから出た光が点Cまで進む道筋をかきなさい。ただし、作図をするために用いた線は残しておくこと。
評価規準	光が屈折するときの光の進み方と、光の屈折による物体の見え方を理解している。
評価Aの例	図2のように、光が屈折するときの光の進み方と、光の屈折による物体の見え方を理解している。
評価Bの例	図3のように、光が屈折するときの光の進み方と、光の屈折による物体の見え方の違いを捉えているが、光が目へ届いて物体が見えることを理解していない。
評価Cの例	図4のように、光が屈折するときの光の進み方と、光の屈折による物体の見え方を理解していない。 【手立て】 光が屈折する様子を再観察させたり、光が屈折するときの物体の見え方を再観察させたりして、光が屈折するときの光の進み方と、光の屈折による物体の見え方の違いを理解できるように支援する。

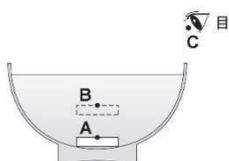


図1 問題例

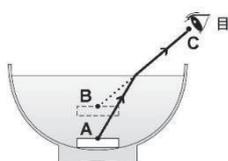


図2 評価Aの例

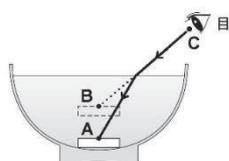


図3 評価Bの例

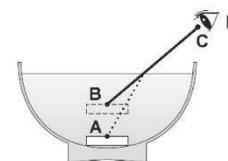


図4 評価Cの例

全国学力・学習状況調査では、「思考・判断・表現」を四つの視点で評価している。具体的には、

- ・ 適用：日常生活や社会の特定の場面において、基礎的・基本的な知識・技能を活用すること
- ・ 分析解釈：基礎的・基本的な知識・技能を活用して、観察・実験の結果などを分析して解釈すること
- ・ 構想：基礎的・基本的な知識・技能を活用して、自然の事物・現象の中に問題を見いだす

て課題を設定し、予想や仮説を立てたり、観察・実験の条件を考えたりすることで観察・実験を計画すること

- ・ 検討改善：観察・実験の計画や結果の考察，日常生活や社会との関わりを思考するなどの各場面において，基礎的・基本的な知識・技能を活用し，観察・実験の結果などの根拠に基づいて，自らの考えや他者の考えに対して，多面的，総合的に思考して検討，改善すること

の四つである。「思考・判断・表現」の評価について，本校が第2学年第2分野「葉のつくりと働き」をペーパーテストで，「適用」の視点で評価した例を表5，図5に示す。

表5 本校の「思考・判断・表現」の評価例

問題	アキラさんはキンギョを飼いたいと思い，図5のように水槽に水草を多めに入れてキンギョを入れる計画を立てた。すると，先生から「それではキンギョが生きていくために適した環境として問題がある。」と指摘された。アキラさんの計画が指摘されたのはなぜか。「植物の働き」に着目して書け。
評価規準	植物の働きに関する知識を，キンギョの適切な生活環境づくりに適用して，水槽の問題点を正しく指摘している。
評価Aの例	「水草が多すぎて，夜になると光合成をせず呼吸しかしないため，呼吸の働きで酸素が不足してしまうから。」のように，夜間の植物の働きを説明した上で，適切な環境でないことを正しく指摘している。
評価Bの例	「夜間は光が当たらないので，酸素をとり込み，二酸化炭素を排出する呼吸のみを行うから。」のように，夜間の植物の働きを説明しているが，適切な環境でないことについて指摘できていない。
評価Cの例	「キンギョが呼吸で排出する二酸化炭素の量と，植物が光合成するときに使う二酸化炭素の量がつり合わないから。」のように，夜間の植物の働きを説明しておらず，適切な環境でないことも指摘していない。 【手立て】 植物の光合成や呼吸の働きの理解度を確認し，植物の働きと動物の呼吸を関連付けて考えることができるように支援する。



図5 問題例

参考資料理科では、「主体的に学習に取り組む態度」は、「生徒が自然の事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしているかを、発言や記述の内容、行動の観察などから状況を把握する」と示されている。「主体的に学習に取り組む態度」の評価について、本校が第1学年第2分野「地震の伝わり方と地球内部の働き」を振り返りシートで評価した例を表6に示す。

表6 本校の「主体的に学習に取り組む態度」の評価例

単元	第1学年第2分野 「動き続ける大地」
学習活動	縦波と横波の伝わる速さの違いを見だし、初期微動が始まってから主要動が始まるまで時間差が生まれることを推論する。
評価規準	P波とS波の観測地点への到着時刻の差が生じる原因を、見通しをもったり、振り返ったりしながら探究しようとしている。
評価方法	単元末において、課題をどのように探究しようとしたか、振り返りシートに生徒が書いた内容から評価する。
評価A の例	初期微動と主要動の時間差を解決するときに、①前回学習した縦波と横波の存在を活用して考えることができた。グループのみんなと協力し、②「 <u>ななめ</u> 」にゆらすことで、一度に2つの波が発生することができた。
評価B の例	初期微動と主要動の時間差は、それぞれのゆれが別々で起こるから生じると思っていたが、③ <u>となりのグループの人が同時に起こす方法を見つけたので、2つのゆれは同時に起こると分かった。</u>
評価C の例	P波とS波による初期微動継続時間の実験をして、P波は伝わる速さが速く、ゆれが小さいが、S波は伝わる速さが遅く、ゆれが大きいことが分かった。

表6の生徒の記述を、表7の「本校で捉えた学習を調整する視点」を活用して評価した。

評価Aと判断した理由は、下線部①の部分から、予想の過程において、前時の授業で学習した地震のゆれを伝える波には、縦波と横波の2種類あることを活用しながら学習を進めていることがうかがえ、このことは表7の「学習内容そのものに注意を向けさせる視点」の「既習事項と結びつけて（中略）より深い理解」につなげることと関連が深いからである。また、下線部②の部分から、縦や横にゆらしても2つの波が発生しなかったため、斜めにゆらすことで一度に2つの波を発生させるというように、実験方法を修正して学習を進めている様子がうかがえ、このことは表7の「学習の活動状況や理解状況に注意を向けさせる視点」の「必要に応じて確認・修正しながら学習を進め」ることと関連が深いからである。これらのことから、見通しをもったり、振り返ったりしながら探究しようとしている姿として、「十分満足できる」状況（A）であると判断できる。

評価Bと判断した理由は、下線部③の部分が表7の「自分が使うことのできる資源（リソース）を有効に活用させる視点」の《他者と関わりながら学びを深められるように》と関連が見られるものの、具体的な内容の記述がなく、どのような考えの深まりがあったのか見取ることができないからである。したがって、この生徒は、他者の考えを取り入れて、自分達の実験を振り返ることができているが、どのように修正したのかは見取ることができないため、「おおむね満足できる」状況（B）であると判断できる。

評価Cと判断した理由は、実験で分かったことの記述はあるが、見通しや振り返りの内容の記述はなく、どのように探究しようとしたのか見取ることができないからである。このような生徒には、どのようにして探究しようとしたか個別に確認して評価するとともに、見通しをもったり振り返ったりしながら探究していくことができるように支援していく必要がある。

表7 本校で捉えた学習を調整する視点

視点	内容	例
コンテンツの視点 (認知的な視点)	学習内容そのものに注意を向けさせる視点	繰り返し読み書きしたり、自主的に質問や調査をしたりして獲得した知識や自分の考えを、既習事項と結びつけて整理・要約したり、確かめたりして、より深い理解やよりよい考えにつなげられるようにすること
プロセスの視点 (メタ認知的な視点)	学習の活動状況や理解状況に注意を向けさせる視点	目的や目標をもって、解決方法の計画を立て、必要に応じて確認・修正しながら学習を進め、自己の学習を省みて、学んだことを次に生かすにつなげられるようにすること
リソースの視点 (リソース管理の視点)	自分が使うことのできる資源（リソース）を有効に活用させる視点	必要に応じて他者へ援助を求めるなどして、どのような課題にも努力し続け、他者と関わりながら学びを深められるように、学習の計画や環境を整え管理できるようにすること

5. 本時の指導方法の具体化

5.1. 学習過程の確認

解説理科編に「資質・能力を育むために重視すべき探究の過程のイメージ」が示されている。理科では探究の過程を通じた学習活動を行い、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。

この学習過程については必ずしも一方向の流れではなく、必要に応じて戻ったり、繰り返したり

する場合があることが示されており、柔軟な展開が求められている。その中で、全ての学習過程を実施するのではなく、その一部を取り扱う場合もある。図6は、探究の過程を基にした本校の1単位時間の理科の授業の流れと授業づくりのポイントをまとめたものである。

ただし、この学習過程に沿って学習活動を展開すれば探究の過程が充実するわけではない。各過程を経ていくときに、生徒の意識の流れが途切れずにそれぞれの学習活動を展開していけるように授業をつくる必要がある。そのような授業づくりのための流れを図7にまとめた。

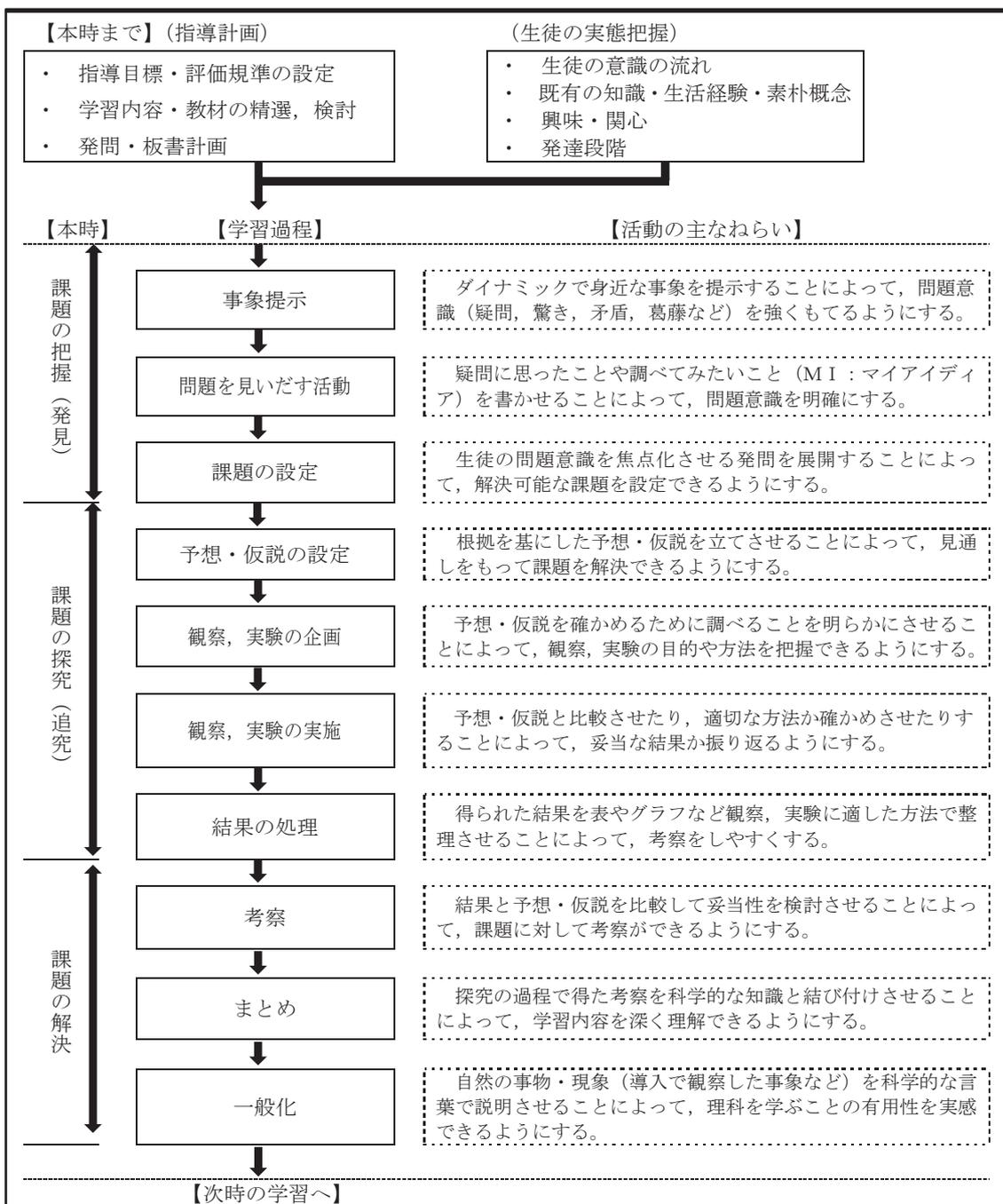


図6 探究の過程を基にした本校の1単位時間の理科の授業の流れと授業づくりのポイント

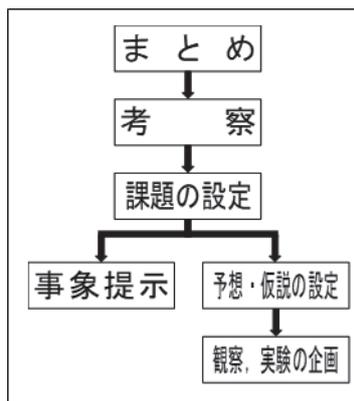


図7 1単位時間の理科の授業をつくる流れ

まずは「まとめ」の過程で理解する科学的な知識は何かを明確にする。次に、「考察」の過程で生徒がどのような課題を解決すればよいかを考え、その考察に対応した「課題の設定」をすれば、課題に対しての考察が可能となる。課題が決まれば、その課題を設定するには生徒がどのような問題意識をもてばよいか想定することができ、想定した問題意識が表出するような「事象提示」を考える。このとき、「事象提示」を考えるよりも先に、課題に対して生徒がどのような「予想・仮説」を設定するか生徒の反応を想定してもよい。そして、「観察、実験の企画」の過程では、「観察、実験などで何を明らかにすればよいのか」、「結果はどのようになるのか」、「条件制御はどうすればよいのか」などを、生徒がどのように考えるか明確にしておくことが大切だと考えている。

このように、学習を終えたときの生徒の姿から逆向きに授業をつくり、1単位時間で生徒の意識の流れが途切れずに学習活動が展開されるように授業を構想する必要がある。

5.2. 指導の手立ての確認

5.2.1. 問題意識を強くもたせる事象提示（事象提示）

導入で提示される自然の事物・現象が、生活経験や既存の知識とずれを生じるものであったり、獲得した知識や技能を深く理解する必要性を促したりするようなものであるほど、生徒は問題意識を強くもち、探究の過程が充実する。問題意識を強くもたせる事象提示の例は以下の通りである。

- ・ 大きくはっきりした事物・現象であり、生徒が驚きを覚えるもの
- ・ 既存の知識や体験とのずれ、生徒が意外性を感じるもの
- ・ 探究したい、再現したいという活動の意欲を喚起するもの
- ・ 動的なもので、変化を捉えやすいもの
- ・ シンプルで、現象が起こった要因を推測しやすいもの
- ・ 体感的なもの
- ・ 普段あまり目にしない実物

ただし、導入で示す自然の事物・現象が、観察、実験で行う操作そのものになってしまう場合は、

生徒が条件制御を考えたり、数値化して調べたりして、何のために何を明らかにする観察、実験なのか見通しをもてるようにすることが大切である。

5.2.2. 理科の見方・考え方を働かせる手立て（問題を見いだす活動・考察）

本校理科では、3年間を通して働かせたい理科の見方・考え方を図8のように明確化し、授業づくりをする際に、生徒がどの見方・考え方を働かせるか、教師自身が明確にもつようにしている。また、年度当初の授業オリエンテーションにおいて、生徒と見方・考え方の働かせ方について図9の資料により共有している。その上で、生徒が見方・考え方を働かせながら課題を解決できるように、授業中に教師は働かせたい見方・考え方を意識して発問をするなどの工夫を行っている。

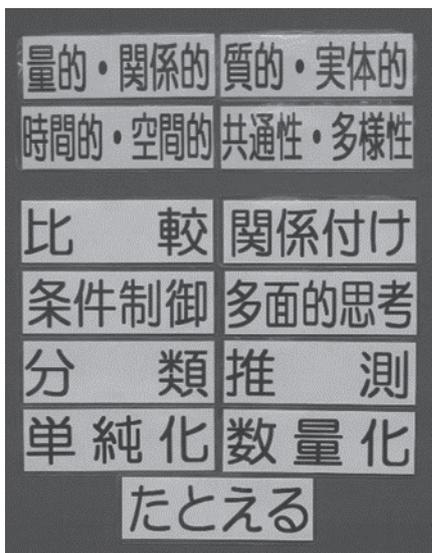


図8 黒板に貼って示す理科の見方・考え方の掲示物

理科の見方・考え方を働かせやすくするポイント

理科の授業では、次のような探究の過程を大切にしています。

自然事象に対する気付き (MI) → 学習課題の設定 → 予想・仮説の設定 → 実験計画の立案 → 観察・実験の実施 → 結果の共有 → 考察 → まとめ

探究の過程において、理科の見方・考え方を働かせることによって、より学びが深まっていきます。

【理科の見方】… 自然の事物・現象を捉える視点
【理科の考え方】… 科学的に探究する方法

理科の見方・考え方をよりよく駆使して、これまで以上に科学的に探究する力を伸ばして欲しいと願っています。

【理科の見方】

量的・関係的	量に着目したり、事象と関係のある要因を選んだりする
質的・実体的	物質の性質に着目して捉えたり、目で見えないものを捉えたりする
共通性・多様性	つくりやはたらき、仕組みの共通点や相違点を捉える
時間的・空間的	時間的な変化を捉えたり、位置関係を捉えたりする

【理科の考え方】

比較	ある視点から共通点や相違点を明らかにする
関係付け	複数の事象の関係性を見つけたら、ある事象に関係するものを見つけて増やしていったりする
条件制御	変化させる要因と変化させない要因を区別する
たどえる	同じ仕組みや似ている事物・現象にたどえる
多面的思考	事象のもつ複数の性質に着目して考える
分類	ある視点から共通点のあるもの同士をまとめる
推測	ある事実をもとに、未知の事物・現象について見当をつける
単純化	単純なものに置き換えて考えたり (モデル化)、それぞれの要素に分解して単純に考えたりする
数量化	関係を数量や式、グラフに表して、規則性を見つける

【理科の見方・考え方を駆使するためのステップ】

ステップ1	それぞれの見方・考え方を使得って、使い方を身に付ける
ステップ2	自分で適切な見方・考え方を選べるようになる
ステップ3	見方・考え方を組み合わせて、新たな考えを生み出す

図9 理科の見方・考え方のオリエンテーションで配布する生徒資料

5.2.3. 課題設定における発問の工夫（課題の設定）

多くの生徒は導入で提示された事象に対して、事象に出会ったときに抱く違和感などの疑問から「～が～なのは、なぜだろう」という「なぜ (Why)」で表される問題を見いだす。しかし、これは

問題を見いだしただけの状態であり、見いだした問題を解決可能な課題（学習課題）にする必要がある。本校では、教師が「何 (What)」、「どこ (Where)」、「どのように (How)」、「どちらか (Which)」を使って発問を工夫し、教師との発問を通して、生徒が「なぜ (Why)」で表される問題から解決可能な課題を設定できるようにしている。

このようにすることで、生徒は問題意識を明確にし、自分の課題として学習に取り組むことができる。図10は、第1学年第1分野「凸レンズの働き」の授業における課題設定の対話例である。

<p>事象提示：箱カメラを使って、遠くの物体と近くの物体を、ペアで観察する（右図）。</p> <p>生徒の問題意識</p> <p>① 周りのものが逆向きに見えたのはなぜか 【Why】。</p> <p>② 実際よりも小さく見えたのはなぜか 【Why】。</p> <p>③ 遠くのものと同近くのもので、見えるときの箱の位置が異なったのはなぜか 【Why】。</p> <p>学習課題：物体の位置と映る像との関係はどのようにになっているか。</p>		
話し手	発話内容	
教師	この箱を使ってものを見ると、ものが①逆向きや、②実際よりも小さく映るようですね 【事実の確認】 。それは、この装置に何が取り付けられているからだと思いますか 【What】 。	
生徒	レンズだと思います。	
教師	そうです。虫眼鏡に使われているようなレンズ、凸レンズが使われています。凸レンズを使ったこの装置、カメラの原理を使っていますので、「箱カメラ」といいます。トレーシングペーパーに映って見えるものを何といいますか 【What】 。	
生徒	像ですか。	
教師	そうです。トレーシングペーパーのように、像を映す場所をスクリーンといいます。最初に遠くのものを見ましたね。そのまま隣の人を見たら、はっきりと映りましたか。	
生徒	映りませんでした。	
教師	どのようにしたら映りましたか。	
生徒	箱を動かしました。	
教師	なるほどね。③箱を動かしたらはっきりと映ったんだね。物体と凸レンズの位置によって、何か像が映るときに関係が変わっているね。像がはっきり映るときに関係はどのようにになっているのかな 【主発問, How】 。	
生徒	分かりません。	
教師	では学習課題を決めましょう。何を使ってものを映しますか。	
生徒	凸レンズです。	
教師	そうだね。凸レンズを使ってものを見たときに映る何を調べますか。	
生徒	像です。	
教師	像が映るときに何を調べますか。	
生徒	関係です。	
教師	分かりました。今日は、物体と凸レンズの位置と、映る像の関係について調べていきましょう。	

図10 第1学年第1分野「凸レンズの働き」の授業における課題設定の対話例

5.2.4. 見通しをもたせる工夫（予想・仮説の設定）

本校では、予想・仮説を立てるとき既有知識と結び付けるように指導している。そのため、ノートの前ページを見て予想を立てる生徒の姿が見られる。しかし、既有知識と結び付けにくい学習内容もある。そこで、教師と対話をするなどして、課題解決に関係しそうな既習事項や情報を整理する。そして、生徒はそこから課題解決に必要なものを抽出し、科学的根拠を基にした予想を立てる。

例えば、第1学年第2分野「地震の伝わり方と地球内部の働き」では、地震の波の伝わる速さの違いについて学習する際、前時で学習した「ゆれの伝わり」について、地震についての基本的な知識や、ゆれを伝える波には縦波と横波の2種類があることを整理する。このことを基に、2種類のゆれには、波の種類が関係するのではないかと、ゆれと波を関連付けて情報を抽出する。さらに、このときの地震の発生は一回であるという情報と結び付けて、生徒はゆれに時間差が生じる理由について、波の速さの違いに着目し、科学的根拠に基づいた予想を立てることができる。

このように、科学的根拠に基づいた予想を立てることによって、課題解決の見通しをもつことができ、実験中も予想と比較しながらグループ内で対話して、課題の解決に取り組むことができる。

5.2.5. 等価的なものを見つけださせる工夫（観察、実験の企画）

生徒が「事象提示と観察、実験」や、「予想・仮説と観察、実験」との間に等価的なもの（共通点や類似点）を見つけ出せるようにすることが大切である。

例えば、事象提示でいくつかの火成岩を観察すると、生徒は粒の大きさや集まり方の違いに問題意識をもつ。そして、それはマグマの冷え方の違いによって生じると予想する。しかし、マグマそのもので実験することはできない。そこで、冷え方に着目し、「過去に冷やすことで現象を見いだす観察、実験はしていないか」生徒に問うと、生徒は再結晶の実験を想起する。そして、マグマを冷やす代わりに他のものを冷やすことで同じような現象が再現できるのではないかと考える。このように、火成岩のつくりの違いは、物質（本校ではハイポを使用）の結晶のでき方の違いで調べられると、等価的なものへ変換させることができる。

5.2.6. 観察、実験の妥当性を検討させる手立て（観察、実験の企画・観察、実験の実施）

探究の過程を振り返るとき、課題に対して実験方法や考察が妥当であるか検討するには、振り返る視点が必要である。そこで、予想を確かめるために、観察、実験の企画で考えた観察、実験で変えるもの（独立変数）と、それによって変わるもの（従属変数）はそれぞれ何かを挙げさせて、解決する事象の因果関係や相関関係について気付きを促す場を設けるようにしている。

例えば、第1学年第1分野「凸レンズの働き」の授業では、凸レンズと物体の距離を「変える」もの、凸レンズとスクリーンの距離や像の向きや大きさを「変わる」ものとして変数を抽出させる。生徒は、常に「変える」ものと「変わる」ものを意識しながら実験を行い、自分の予想と一致して

いるかを振り返ることができる。

このようにして、第1学年から探究の過程を振り返る習慣を身に付けることで、探究の過程が更に充実すると考えている。

5.2.7. 試行錯誤的活動が可能となる教具の開発（観察、実験の企画・観察、実験の実施）

第3学年で主に重視する探究の学習過程である「探究の過程を振り返る」とは、課題に対して実験方法や考察が妥当であるか検討したり、新たな問題を見いだしたりなどすることである。そのためには、生徒が試行錯誤しやすい観察、実験がよりよいと考える。

そこで、探究的な学習の際にどのような観察、実験を行えばどのようなことが明らかになるのか、見通しをもって観察、実験を行い、得られた結果を振り返って見通しの修正を行う活動である「試行錯誤的活動」を取り入れ、それが可能となる教具を開発している。

試行錯誤的活動では、生徒は教具に触れながら課題解決に向けて試行錯誤し、「この観察、実験を行うことできっとこのような結果が得られるだろう」という思考活動と観察、実験の操作を一体的に行うことができる。

例えば、第3学年第1分野「力学的エネルギー」の授業では教具「ゴム製自在レール」を用いた。ゴムでできているため、生徒が発想したコースを自在に具現化することができる。これを用いて実験を行うことにより、生徒は得られた結果の中から根拠を明確にしてより妥当な結論を得ることができる。

このような試行錯誤的活動が可能となる教具や授業展開の条件を、表8にまとめた。

表8 試行錯誤的活動が可能となる教具や授業展開の条件

教具の条件	
①	事象提示を再現できる。
②	生徒が抽出した変数に対応できる。
③	生徒が考えた操作を容易に試すことができる。
④	短時間でくり返し操作できる。
授業展開の条件	
①	予想を確かめる変数を抽出してから実験を企画できるようにする。
②	教具の使い方は教えるが、解決するための方法は生徒が考えるようにする。
③	見通し・振り返りを常に意識できるようにする。

5.2.8. ICT機器の活用（結果の処理）

解説理科編に、〈理科の学習においては、自然の事物・現象に直接触れ、観察、実験を行い、科

学的に探究する力や態度を育て、理科で育成を目指す資質・能力を養うことが大切である」と示されている。さらに、「これらの活動を展開する中で、コンピュータや情報通信ネットワークなどを活用することは、生徒の学習の場を広げたり学習の質を高めたりするための有効な方法である」と記されている。つまり、理科の学習ではあくまでも自然の事物・現象に直接触れることが大切で、ICT機器を観察、実験の代替としてではなく、自然を調べる活動を支援する有用な道具として位置付ける必要がある。

例えば、生徒が実験結果を言語化しにくいとき、ICT機器を用いて結果を記録するという使い方がある。具体的には、第3学年第1分野「力学的エネルギー」で、記録タイマーで調べられないような小球の運動を、ICT機器を用いて一定の時間間隔で撮影する。その画像を用いて考察することで、予想と比較して考察の妥当性を検討しやすくなり、より妥当な結論を導くことができる。

なお、ICT機器を用いたときに得られる情報量は、本物がもつ情報量よりも少ないと考えられ、次のようなものは映像化に適していないと考えている。

- ・ 嗅覚や触覚で感じる事物・現象の観察、実験
- ・ 具体物を操作・体感しないと思考が難しい事物・現象
- ・ 微細な変化が起こる事物・現象の観察
- ・ ダイナミックで、驚きを覚える事物・現象の観察

5.2.9. 学びの有用性を実感させる手立て（一般化）

解説理科編に、「理科で学習する規則性や原理などが日常生活や社会で活用されていることにも触れ、私たちの生活において極めて重要な役割を果たしていることに気付かせるようにすることが大切である」と記されている。これに対して本校理科では、導入で観察した自然の事物・現象を、学習した理科の言葉を用いて終末の過程で説明するようにしている。

例えば、第1学年第1分野「凸レンズの働き」の授業では、導入で箱カメラを用いて遠くのもの映したときと、近くのもの映したときの見え方の違いを観察する。終末では、実験を通して見いだした凸レンズの働きによる実像のでき方のきまりから、箱カメラで観察したときの見え方を説明する。

このような取組により、自然の事物・現象を、学んだことで説明できるので、理科を学ぶことの有用性を実感することができる。

6. 本校理科の学習指導案作成の手順

6.1. 単元の学習指導案作成の手順

まず、どの時期にどの題材を基に授業を行うのか、年間指導計画や生徒の実態、地域性、学習環境など、様々な条件を考慮し、指導者の意図に基づいて単元と題材を設定する。次に、学習指導要領、解説理科編、教科書、教師用指導書などを基に、次のような「教材観」を明確にする。

- ・ 学習内容についての学ぶ意義や話題性
 - ・ 大項目（内容のまとめ）の指導内容の概略，他の大項目や他教科との関連性や系統性
 - ・ 中項目（単元）の指導内容と中項目相互の関連性や系統性
 - ・ 小項目の指導内容とその中に含まれている概念や原理，法則
- そして，生徒の実態を次の点から把握し，次のような指導者の「生徒観」を明確にする。
- ・ 既習事項及びその定着状況（他領域，小学校，他教科を含む）
 - ・ 理科に対する興味や関心，観察や実験の技能
 - ・ 学習に関する生活経験

さらに，中項目を指導するに当たって留意したい教育的な配慮や願い，教育的価値など指導者の「指導観」を明確にする。その後，単元を通して，生徒をどのような姿に育成したいのかを示した目標を解説理科編の目標や評価の観点，生徒の実態を踏まえ，次の三つの観点から設定する。

- ・ 知識及び技能
- ・ 思考力，判断力，表現力等
- ・ 学びに向かう力，人間性等

その後，目標に対応した評価規準を作成して大項目の指導内容をまとまりのある中項目，小項目に分け，1単位時間ごとに，細分化された規準と評価場面の設定を行う。また，生徒が評価規準を満たすために必要と考えられる具体的な手立てを用意し，指導内容を目標達成のために最適と思われる順に構造化し，表や図を使って表す。1単位時間ごとにつながっているか，生徒の意識の流れを確認して時数の配分や活動内容を定め，表で示し，単元の指導と評価の計画を作成する。

6.2. 本時の学習指導案作成の手順

指導者の立場から，生徒に身に付けさせたい目標を，「知識及び技能」，「思考力，判断力，表現力等」，「学びに向かう力，人間性等」の三つの観点から設定する。すべての観点を設定できないときは，弾力的に重点化を図ってもよいと考えている。なお，学習者が，目標を達成すると表出するであろう姿を簡潔に表現し，本時の目標を設定する。

そして，目標を達成するために必要な観察や実験の内容や方法及び具体的な操作方法や，教科書や黒板，ICT機器などの活用方法，観察，実験の方法に関する安全性への配慮を検討・分析・選択する。

さらに，評価規準と判断の目安を設定する。ただし，「知識・技能」，「思考・判断・表現」，「主体的に学習に取り組む態度」の3観点は，1単元内で計画的に評価するものであり，1単位時間の授業内に必ずしも3観点すべてを評価しなくてもよいと考えている。

最後に，本時の目標や評価，授業デザイン上の工夫を考慮しながら，学習活動の流れを組み立てて学習活動を決定する。

7. 研究の成果と課題

7.1. 研究の成果

- 予想の場面において、既習事項から情報を整理、抽出することによって、科学的根拠に基づいた予想を立てることができ、課題解決の見通しをもつことができる生徒が増えた。
- 探究の過程で得られたものを生かして、導入で観察した自然の事物・現象を解決することにより、理科の学びと社会とのつながりに気付き、日常生活に生かそうとしている生徒が増えた。
- 振り返りの視点を明確にしたことによって、予想と比較して、実験方法や得られた結果が妥当なものか、科学的根拠を基に検討する生徒が増えた。
- 振り返りシートの記述項目を精選し、「学習を調整する視点」を活用して振り返りシートを見取ることによって、生徒がどのようにして解決しようとしたかを把握することができ、「主体的に学習に取り組む態度」の評価を行うことができた。

7.2. 今後の課題

- 探究の過程において、既習事項と結びつけて課題解決の見通しをもつことや、観察、実験の結果が妥当であったか振り返ることの大切さを生徒に理解させることで、自らの考えを追究していこうとする態度を更に高めていく必要がある。
- 振り返りシートの活用による評価を積み重ねながら、評価に留まらず、指導法の改善や生徒の支援に生かす取組を更に推進していく必要がある。
- 生徒がICT機器を活用して、自ら学習を調整していこうとする手立てを工夫する必要がある。

【引用・参考文献】

- ・ 文部科学省 (2017) : 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 理科編, 学校図書
- ・ 国立教育政策研究所 (2020) : 「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料 中学校理科, 東洋館出版社
- ・ 森本信也 (2020) : 授業で語るこれからの理科教育, 東洋館出版社
- ・ 森本信也 (2013) : 考える力が身につく対話的な理科授業デザイン, 東洋館出版社
- ・ 小林敏行 (2020) : 主体的に学習に取り組む態度をどう評価するか, 理科の教育 2020 年 3 月号, 東洋館出版社
- ・ 田中保樹ほか (2021) : 資質・能力を育成する科学的な探究と学習評価—指導と評価の一体化を通して—, 東洋館出版社
- ・ 鹿大附属中 (2019-2020) : 新たな時代を豊かに生きる生徒の育成

【付記】

本稿は、鹿児島大学教育学部附属中学校令和3年度及び令和4年度の研究紀要で発表した内容に基づきその内容を発展させ、その研究成果をまとめたものである。