

琉球大学学術リポジトリ

《理科》 科学的に探究し問いつづける生徒の育成：
OPPシートを活用した自己の学びの振り返りを通して

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部附属中学校 公開日: 2020-06-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 宮城, 将吾, 比嘉, 司, 額田, 侑実子, 岩切, 宏友, 富永, 篤 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/46006

科学的に探究し問いつづける生徒の育成

- OPP シートを活用した自己の学びの振り返りを通して -

宮城将吾* 比嘉司* 額田侑実子* 岩切宏友** 富永篤**

*琉球大学教育学部附属中学校 **琉球大学教育学部

I 主題設定理由

課題に対してより科学的に探究していくためには、科学的な考えに基づいた問いを自ら生み出していく力が必要である。沖縄県教育委員会は、平成 29 年度から教師がめざす授業像として「他者と関わりながら課題の解決に向かい、『問い』が生まれる授業」を示しており、平成 30 年 3 月に「『問い』が生まれる授業サポートガイド」を発行している。その中でも、対話を充実させ、深い学びにつなげるためには、「問い」を発する力の育成が求められると示している⁽¹⁾。

平成 29 年 3 月に公示された中学校学習指導要領の理科の目標では、育成を目指す資質・能力のうち「学びに向かう力」に関して、「自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究する態度を養う」と示されている⁽²⁾。また、総則の解説には、「生徒一人一人がよりよい社会や幸福な人生を切り拓いていくためには、主体的に学習に取り組む態度も含めた学びに向かう力や、自己の感情や行動を統制する力、よりよい生活や人間関係を自主的に形成する態度等が必要となる。これらは自分の思考や行動を客観的に把握し認識する、いわゆるメタ認知に関わる力を含むものである。」としている⁽³⁾。そのことから、科学的に探究する学習過程を振り返り、メタ認知をはたかせることは、科学的に探究するために問いつづける生徒の育成につながるのではないかと考えられる。

本校理科では、平成 28 年度より「科学的に探究し問いつづける生徒の育成」を主題とした研究を行っており、問いつづける生徒の姿を教師が意識することで主体的で対話的に学ばせるための授業づくりを心がけている。昨年度は、副題を「深い学びを引き起こす主体的・対話的な授業づくりを通して」として取り組んできた。そこでは、単元を通して生徒が授業の要点を記録していく一枚ポートフォリオシート（以下 OPP シー

トと称す）を活用した授業実践を行い、課題解決の中で生まれた問いが本質を問う深い学びにつながるものなのか、科学的なのか、問いの質のみとりに行った。その成果の一つとして、問いの大部分は科学的思考によるもので、その中でも知識や推察に関するものが多く占めることが分かった。その一方で、OPP シートに残された授業の要点や問い等の記述から、自己の学びを振り返らせることが十分にできなかったことが課題に挙げられた。⁽⁴⁾そこで、今年度は、OPP シートの学習履歴を生徒自身が振り返り、科学的に探究し問いつづける自分の姿を評価する取り組みを行う。これを通して、本校が目指す「21 世紀型思考力」の育成につなげたい。

II 研究の目的

本研究では、OPP シートを活用した自己の学びの振り返りを通して科学的に探究し問いつづける生徒の育成を目的とする。

III 目指す生徒像

- ・課題を主体的に捉え、その解決に向けて仲間と協働する生徒。
- ・科学的に探究することで課題を解決したり、その過程で生じた新たな問いをより科学的に探究する生徒。

IV 研究内容

1 科学的に探究し問いつづける生徒

授業では、生徒の数だけ多様な学びが行われている。はじめて出会う自然の事物・現象について理解しようとする中で、自分なりにいろいろな知識を引き出して考える。しばらくして「わかった」と声をあげ、得意気に説明をしようとするが、「どうしてそうなるの?」「本当にそうかな?」と自問自答を繰り返したり、他者からの問いにより指摘されながら、自分の考えを再構築

していく姿が見られる。

道田 (2012) は、「考える」ということを次のように説明している。さまざまな答えの可能性を考える思考である「拡散的思考」と複数の選択肢から1つの答えを選び出したり、さらにはそれらを1つにまとめたりする思考である「収束的思考」が組み合わさって、拡散→収束というプロセスをたどる。つまり、より良く考えるには、より広く拡散させ、より確かに収束させることが必要ということである⁽⁶⁾。この考えを基に「問いつづける生徒の姿」を図1にまとめた。自然の事物・現象についての課題を発見し、解をより広く拡散的に探索し、より確かな収束を求めて解の評価を行い、解決していく。そのプロセスを進める上で重要になってくるのが、見かけに惑わされない「他に可能性はないか?」「この答えでいいのか?」などの批判的態度や省察的懐疑から生み出される問いである。また、その問いについて解の探索、解の評価、課題の解決まで多面的に捉えて本質を見抜く技術的な面とそれを支える知識も重要である。

昨年度の取り組みで、生徒が授業で発する問いの大部分は科学的思考によるものであり、その中でも知識

や推察に関するものが多くを占めることが分かった。すなわち、生徒は授業で対峙した知識や事物・現象について定義などを問いたり、自分なりに推論して理解しようとしているのである。このことから、図1にある本質を見抜く技術の部分を支える知識として、科学的思考に必要な要素についての知識を与え、意識させることで、科学的に探究するために問いを生み出せる図1の技術に当たる力がつくのではないかと考えている。

2 科学的思考を構成する要素

「科学的思考」という言葉は、多くの研究者によって定義づけられているが、ここでは金田らの提案に基づいて、その構成要素について示す。金田らは科学的思考を構成する要素として「客観性」「合理性」「実証性」「推論する力」「知識」「批判的思考」の6つを抜き出している(表1)。さらに金田らは、「科学的思考は、『客観性』『実証性』『合理性』という『科学の性質』と『推論的』『知識的』『批判的』の『科学の方法』でできていると提唱している。すなわち、推論をする時、科学の知識について考えている時、批判的な思考をする時に、

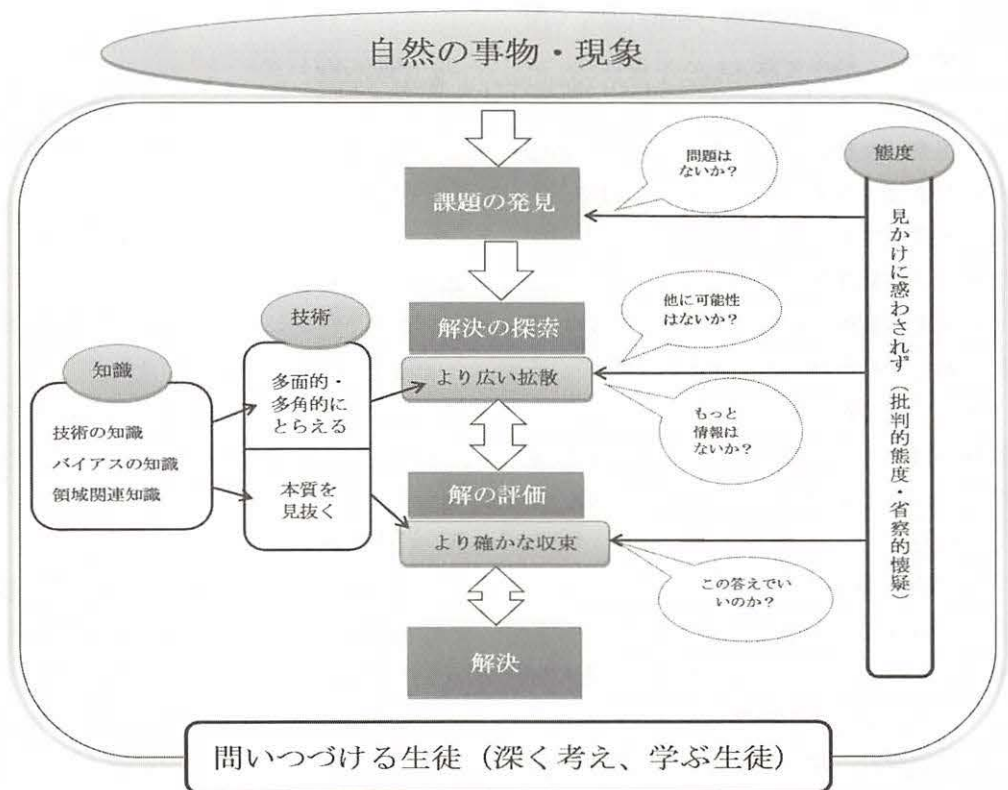


図1 問いつづける生徒の姿 (道田 2012 を改変)

客観性は保たれているか、実証性があるか、合理性のある考え方か、などを考える必要があることを意味している。この『科学の性質』を保ちながら『科学の方法』を使い考えることが『科学的思考』となる。また、『知識的』『推論的』という『科学の方法』を捉えるときに『批判的』に考える姿勢も必要である」とまとめている⁶⁾。この考えを基にした、科学的思考の概略図を図2に示す。

昨年度の取り組みで、生徒が生み出した問いの多くが推論によるものであったことが分かっている。金田らは、推論するとき、演繹的、帰納的、論理的それぞれのプロセスを経ている場合があるとし、論理的に考える際は分析的、総合的に分けられると示している(図2)⁶⁾。さらに、推論に関わる各要素の意味を金田らの論文から抜粋したものを表2に示す。このような科学的思考に必要な要素やその構造を授業者や生徒が知っておくことで、科学的に考えることが苦手な生徒にも役立つものになるのではないかと考えられる。

3 「わかったつもり」の状態を認知させる科学的な問い

理科の授業では、自然の事物・現象についての課題に対して自分の考えを説明し、生徒同士で考えを吟味する場面がよく設定される。その際、皆の経験と事物・現象の共通部分をうまくつなぎ合わせて意味がつながり、生徒にとってわかりやすい説明がなされると、教室中に「なるほど、わかった」という空気が広がる。そ

の場合、たとえ科学的には間違った説明でも、納得することが度々起こるのである。これが「わかったつもり」の状態である。生徒の会話で、よく耳にする『授業

表1 科学的思考に必要な要素の意味

要素	意味	
客観性	ある科学的な結論を得るためには、実証性や再現性等の条件を満足することにより、多くの人々によって承認され、公認されなければならないということ。	科学の性質
合理性	結論に至る過程が、自然現象の原理・法則の論理にかなっており、十分な理由づけがされていて一貫性があること。	
実証性	自然現象について考えられた仮説が、観察・実験などによって検討・検証することができるという条件のこと。	
推論する力	新しく遭遇した自然現象に対し帰納的、演繹的、分析的、総合的な思考などによって自然現象の原理・法則を利用して論理的な推測ができること。	科学の方法
知識	これまで科学的に明らかにされている自然現象の原理・原則および科学用語の定義のこと。	
批判的思考	他人や自分の意見を素直に鵜呑みにせず、科学的によく考察し、適切に評価する姿勢のこと。	

表2 推論に関わる要素の意味

要素	意味
演繹的	設定した仮説から結論を論理的に導き出すように論を進めていくところ。
帰納的	観察実験などで得られた個々の具体的な事象から、それらに共通する法則性を発見すること。
論理的	考えなどを進めていく道筋。思考や論証の組み立て。思考の妥当性が保証されること。
分析的	ある事象をその構成要素に分解し、それに即して考察すること。
総合的	ある事象を構成している要素を全体的に統合して、それを一つの統一体として考察すること。

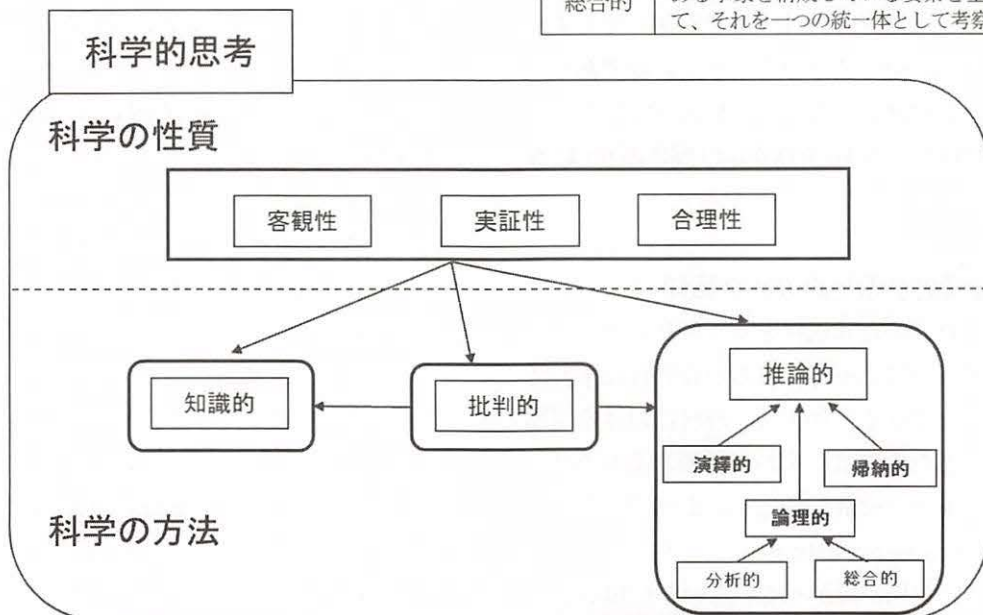


図2 科学的思考の概略図(金田ら2016を改変)

の時はわかったけど、後から一人で考えたら意味がわからなかった』というのは、この状態による誤った理解や浅い理解によるものと考えられる。この「わかったつもり」に陥らないようにするためには、科学的な考えに基づいた問いが有用と考えられる。この問いは、課題をより深く考え、科学的に正しい答えに行きつくための指針となりうる。例えば「別の実験の結果から考えると矛盾してないか?」「この原理・法則から考えるとズレてないか?」などである。西林(1997)は、「統一的な文脈」によって、各「部分」を無矛盾に関連させることができれば「わかった」という感覚が得られると述べている⁽⁷⁾。いくら科学的に間違った説明でも「統一的な文脈」でつながれた部分があれば、「科学的にわかったつもり」の状態に陥り、それ以上吟味することをやめてしまい、科学的に探究するための問いが生まれなくなる。また、西林(1997)は、このような「わかったつもり」の状態の特徴を次の2点に整理している。

- ・「わかったつもり」の状態は、他人からは、または後になってからの本人からは、「実際はわかっていない」と判定される状態であること。
- ・けれども、本人自身は「わかった」と意識している状態であること。

さらに西林は、「わかったつもり」の状態は、本人が「わからない」とは思っていない状態であるため安定しており、ゆえに「わかったつもり」であると自ら意識することは大変難しく、検索や情報収集の必要性を感じないと述べている⁽⁷⁾。この状況を打破していくためには、生徒たちの「わかったつもり」で安定してしまっている状態に「揺さぶり」をかけることが必要である。それは、他者との対話による学びや自己の振り返りによるメタ認知のはたらきが、効果的な「揺さぶり」になると考えている。

4 科学的に探究するためのメタ認知

メタ認知は、自己の認知過程をモニタリングし、コントロールすることによって、自らが有意義な学習活動を生み出すことである。和田は、理科における問題解決を成立させるためには、次の二種類の過程ではたらくメタ認知が重要な役割を果たすと述べている⁽⁸⁾。

①自己理解(self-understanding)

- ・何がわかっているか、何が分かっていないかを知ること
- ・問題解決を通して学ぶ方法を知ること

②自己調整(self-regulation)

- ・自己の認知をうまく処理すること
- ・自己の認知の発展を捉え直すこと

これらのことから、科学的に探究するような問題解決のためには、その過程において、恒常的にメタ認知を機能させ、課題の自覚化、学習の進捗状況や成果を客観的に捉える活動を活性化させる必要があると言える。

5 科学的に問いつづけるための手立て

(1) 科学的に問う力の育成

自然の事物・現象について探究するため、科学的に問うには、科学的思考の要素について理解し、それを意識させながら考えていくことが必要である。それは「科学の性質」の要素を保持するために「科学の方法」を使って考えていくことである。このような思考を繰り返し行いながら探究することで、科学的に問う力は高まっていくと考えられる。そのイメージを図3に示す。科学的思考について生徒に意識させるための取り組みの例として二つ挙げる。

- ・単元を貫く課題を設定し、科学的に問いながら探究していく単元デザインを行う。そして、OPPシートを活用し、各授業の内容や自己の思考を振り返られるようにする。また、授業の中で、より科学的に考えられた問いを紹介しながら科学的思考の要素について意識させる。OPPシートの活用の詳細については、昨年度の研究紀要を参照されたい⁽⁴⁾。
- ・本校では、全生徒に夏休みの課題として自由研究に取り組ませている。ほぼ全ての生徒が、レポートを提出することができ、これが本校で理科教育の礎になっているといっても過言ではない。しかしながら、生徒の作品には、独自性と発想に優れてはいるものの、科学的な視点を欠いたものも少なくないことに気づかされる。そこで、本校理科が掲げる科学的に問いつづける生徒を育成するためにも、全学年で科学の性質についての教材を開発し、知識構成型ジグソー法による授業を行った。教材は、過去の生徒の作品を参考に作成し、意図的に科学的視点を欠いたものとした。エキスパート資料の視点は、①多くの人が納得できるか(客観性)②自然現象の原理・法則からの一貫性はあるか(合理性)③観察・実験などで仮説が証明できているか(実証性)とした。ジグソー活動、クロストークで吟味した後に、原本を

提示することで、研究した生徒は、課題をどのような方法で科学的に研究したのか、より科学的に考え探究するということを見直せるようにする。

(2) 科学的に問う自分の姿や自己の学びの振り返り

問題解決を成立させるためには、自己理解、自己調整の二種類の過程ではたらくメタ認知が、重要な役割を果たす⁽⁸⁾ 科学的に問いつける探究活動も同様のことが言えると考えられる。このようなメタ認知をはたらかせるため、OPPシートを活用し、自己の学びの振り返りをさせる。その姿のイメージを図4に示す。特に「単元の振り返り」「問いつける私の姿」での振り返りを重点的に行う。「問いつける私

の姿」では、自分の問いが単元の中で、いつどのように解決されたのか、または残されているのか、さらに新たな問いが生まれたかを学習履歴に記録されている問いやその土台の記述をもとに振り返りを行う。その際、自分の問いが科学的な考えによるものだったのかについても分析する。「単元の振り返り」では、学習前後や学習履歴から自分の学びを評価していく。単元を貫く課題への自分の考えが、学習前と比較してより科学的なものになっているのか、単元を通して科学的に考えて探究することができたのか自己評価させる。このような生徒の自己のモニタリングを通して、メタ認知をはたかせ、科学的に問いつける、次の学習へ活かすことへつなげたい。

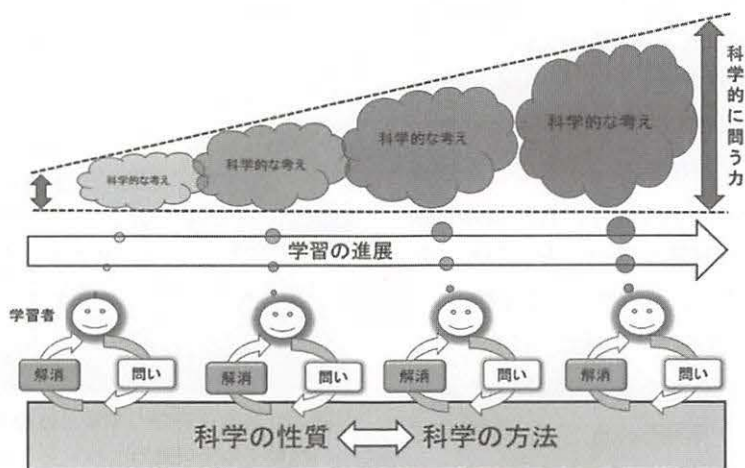


図3 科学的に問う力の高まり

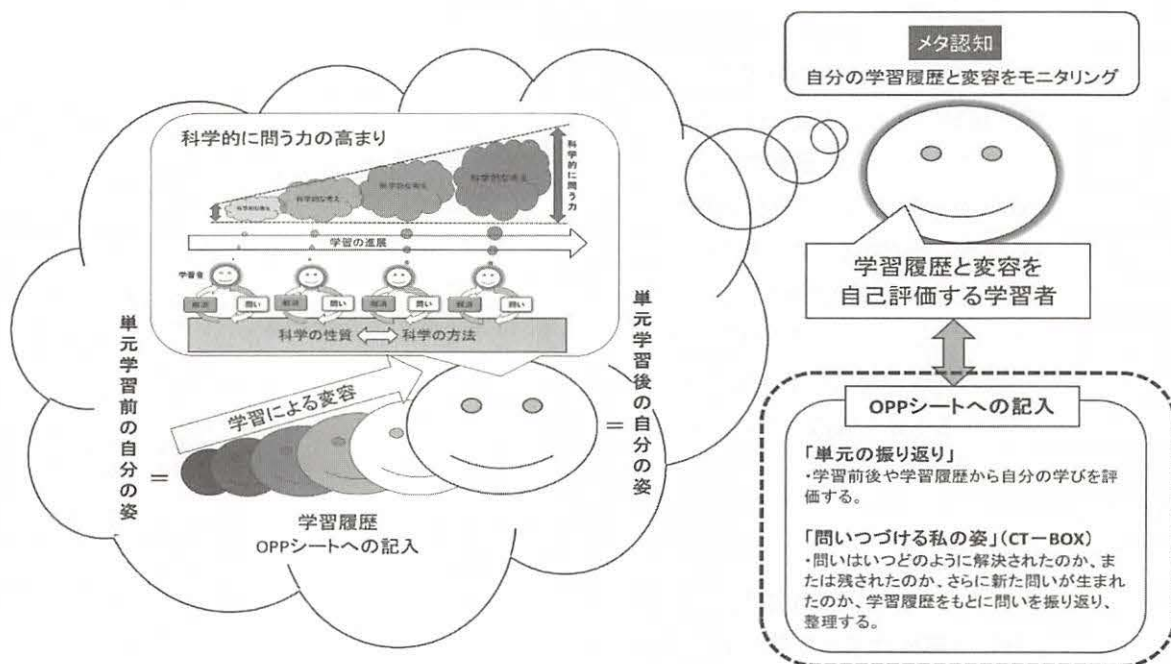


図4 OPPシートを活用した自己のモニタリング

V 授業実践

1 1 学年実践事例「音の世界」

(1) 主題

音の不思議を解き明かそう！

(2) 目標

- ・波の性質の一つである音の干渉を体感し、そのメカニズムを知ることによって音が波（疎密波）であることへの認識を深めることができる。
- ・音の干渉を科学的に説明することができる。

(3) 本実践の目的

現中学1年生にとって本単元は、人生で音を学ぶ最初の授業となる。そこで、彼らが身近に接してきた音をどのように捉えているのか、160名の生徒を対象に概念調査を行った。「音叉を叩き、その音が聞こえる」現象をイラストで描かせ、次いでその説明をさせた。その結果、音源である音叉が振動していることを指摘した生徒は、23名と全体の14%であり、音が物体の振動に起因することに対する認識が低いことが分かった。これが、小学校で音を学習しなかったことに起因するとは断言できないが、少なからず、生徒は、音を発生する音源に直接、触れたり、音源を詳しく観察した経験が乏しいことは確かなようである。そこで、本単元では、単元で習得すべき内容を観察・実験を基盤とし、習得した知識や原理・原則を用いて、音の世界を科学的に探究する流れとした。

中学校における音の学習では、5つの目標を設定している。音の①音源が振動であること②大きさが音源の振幅の大きさによること③高さが振動の速さによること④伝播する媒体が必要なこと⑤媒体の種類によってその速さが異なることである。目に見えない音の概念を科学的に形成する上でも音を実体として捉える工夫を図っていきたい。また、音が波の性質をもっていることを音の干渉の実験を通して主体的・対話的に学ばせ科学的に探究する生徒を育成していきたい。

(4) 実践内容

① 感じ深める単元デザイン

私たちは日頃、たくさんの音に囲まれて生活している。音が聞こえるという事象は当たり前のように、そのことに疑問を感じたり、不思議に思ったりす

ることも少ない。そのためか、生徒にとって「音の世界」の学習は、表面的な理解に留まり、音の本質の理解にまで至っていないように感じる。また、先述のとおり現中学1年生は、小学校で音の学習を未履修である。そのため、音に関する事象を感覚的に捉えることはできるが、実体験を科学的に説明することはできない。そこで本単元では、生徒が主体性を持って課題に取り組み、仲間との対話を通して学びを深め、最終的に音に関する事象を実感と納得をもって説明することができるよう内容を構成した。特に重要と考えた視点は次のとおりである。

- ア 音の実験を多く取り入れ、実体験を重視する（図5は、1/6時の実験のようす）。
- イ 音を伝える媒体として空気の粒子を導入する。
- ウ 音に関する事象を科学的に探究する。
- エ 発展的な課題により、学びを深め、新たな問いを創出する。



図5 糸電話をつくり音と振動の関係について意欲的に活動する生徒たち

表3は、上記ア～エの視点で作成した単元の流れと学びを深めるための手立ての概略である。

表3 単元の学習内容

	学習内容	学びを深めるための手立て
1/6時	・実験「音を出している物体の特徴を調べよう」	・音を出す様々なものを製作し、音の原因を探究する。(音の正体:振動のみ)
2/6時	・音の伝わるしくみ	・真空状態に近づけた時の音の状態を観察する。(音を伝播するもの)
3/6時	・音の大きさと高さ	・様々な音をipadのアプリで観察し、音の大きさや高さの原因を探究する。(科学的な視点)
4/6時	・音の伝わる速さ	・花火ややまびこ、雷などの身近な現象の提示 ・音源から観測者までの距離の計算(実生活)
(本時) 5/6時 6/6時	発展学習「音の不思議を解き明かそう！」 実験「2つのスピーカーからでた音がぶつかったらどうなるの？」	・大型の実験装置を使って音の干渉を体感させる。 ・知識構成型「ゲッソー」法の活用 (知識の活用)

② 本時の授業

表3中の5/6時、6/6時の授業（本時）の流れの詳細を示す（表4）。

表4 本時の学習内容と流れ

時間	生徒の活動
1/2時 20分	・実験 「2つのスピーカーから出た音がぶつかったらどうなるの？」
10分	・課題の把握 「音の不思議を解き明かそう！ー 2つのスピーカーから出た音が大きくなったり小さくなったりするのはなぜか科学的に説明しようー」
20分	【エキスパート活動】 エキスパートA「音の干渉」 エキスパートB「音と粒子」 エキスパートC「波と波がぶつかる」と
2/2時 20分	【ジグソー活動】 それぞれのエキスパートの知識を統合し課題の解決に迫る。
20分	【クロストーク】 班の発表を聞き、相互吟味を経て班の考えを見直す。
10分	・問いについてのまとめ 問いに対する学習後の自分の考えをOPPシートにまとめる。

(ア) 知識構成型ジグソー法

a. エクスパート活動

エキスパート活動は、1グループ4人としグループで3つの資料（A、B、C）のいずれか1つを担当させた。活動は、各人が資料を精読し、次いで班員と協力して課題に取り組ませた。各エキスパート資料の要点は、次のとおりである。

資料A 音の干渉

- ・2つのスピーカーから同じ音を出すと大きく聞こえるところと小さく聞こえるところがあること
- ・音は波であり、干渉という性質があること
- ・音の干渉は、水面波のアナロジーとしてイメージできるということ

資料B 音と粒子

- ・空気中では、音源の振動が空気の粒子を振動させること
- ・粒子が密集するところ（密な状態）と少ないところ（疎な状態）が生じること
- ・空気中では粒子の状態を気圧の変化として表すことができること

資料C 波と波がぶつかる

- ・2つ以上の波が合わさった場合、振幅はそれぞれの

波の高さの和になること（重ね合わせの原理）

- ・重ね合わせの原理により、どちらか一方の位相が負の場合は、振幅が小さくなること

b. ジグソー活動

ジグソー活動は、1グループ3人としトランプで振り分けた。まず、それぞれエキスパート活動で得た情報を共有し、その後、課題「音の不思議を解き明かそう！ー 2つのスピーカーから出た音が大きくなったり小さくなったりするのはなぜか科学的に説明しようー」に取り組ませた。

c. クロストーク

学級全体で、考えを出し合い、相互吟味を経てより妥当性の高い解に向かえるよう支持的な雰囲気づくりに努めた。また、音の干渉が波の性質の一つであること、同じ波形であっても疎密波と周波数を表す波形が異なることも強調して活動に取り組ませた。

(イ) 音の干渉実験について

本単元では、実験を多く取り入れることで生徒に実感を持ってもらえるよう工夫を図った。本時では、全ての生徒が干渉を体験できるよう中庭に大型スピーカーを設置して行った。

図6は、実験のようすである。なお、音源の周波数は、340Hzで行った。

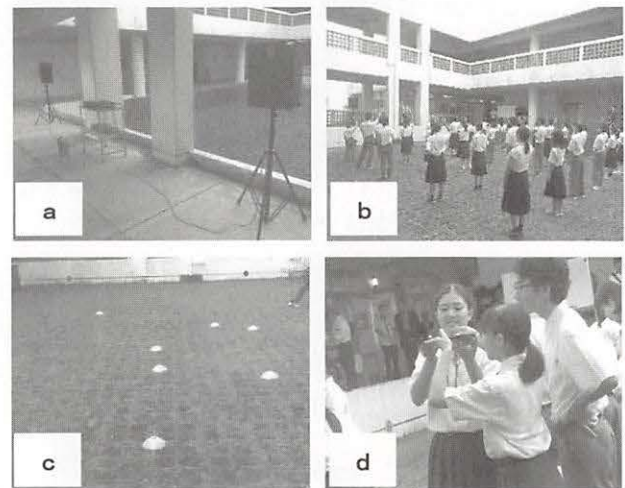


図6 音の干渉実験のようす

- a 大型スピーカー2台とアンプ
- b スピーカーから出力された音に反応する生徒
- c 干渉がおきた場所に置いたマーカー
- d iPadのアプリを使用して干渉する場所を再確認する生徒

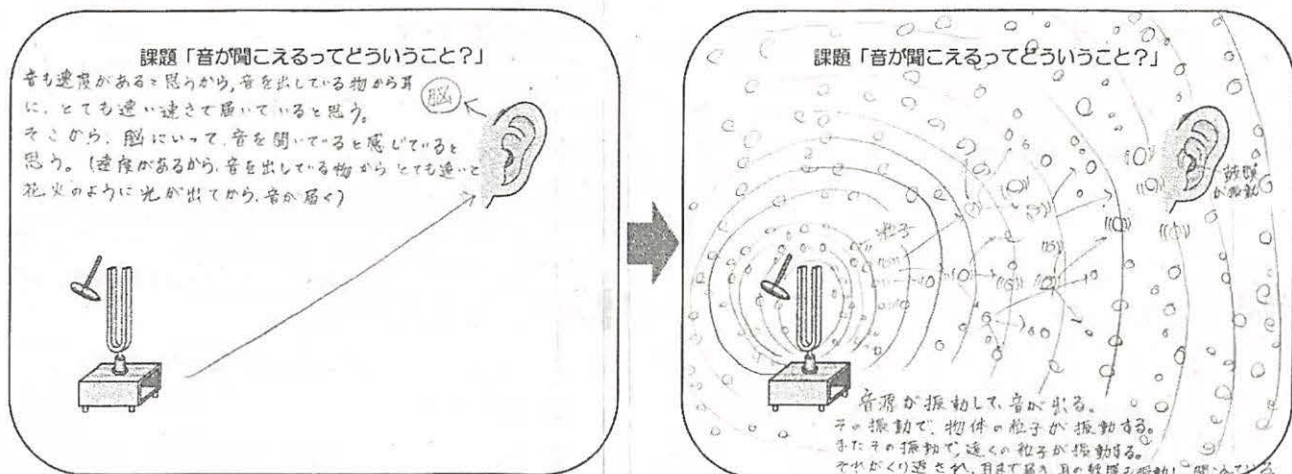


図7 学習前(左)と学習後(右)での音がきこえることへの考えの変化

(5) 授業実践の分析

① 単元を通して育まれる科学的に問う力

ここでは、「音の世界」6時間の学習について、ある学級38名のOPPシートに残された記述を基に分析を行っていく。

今回、単元を通して、生徒に「音が聞こえるしくみ」を①音源が振動であること②伝播する媒体が必要なこと③空気中を同心円状に伝わることを学習後の目標として掲げ取り組んだ。図7は、生徒Aの学習前と学習後の記述である。学習前、生徒Aは、音には速さがあることと、脳が音を認識していることに関する知識を有している。しかし、音がどのように発生し、空気中を伝わっていくのかについての本質的な記述はない。一方、学習後の記述には、①振動②媒体③同心円状の3つの要素が含まれている。この表現は、授業者の期待する解(概ね満足できるレベル)であった。

次に生徒38名の授業後の意識変容を検討する。このときのみとりは、生徒A同様、単元前と学習後の記述に3つの要素が含まれているかで行った。図8は、その結果である。学習前生徒は、音が振動によることや、音が同心円状に伝わることを知ってはいても、音を伝える媒体の必要性についてはあまり説明できていなかった。3つの要素を絡めて説明できた生徒は、全体の5%であった。音の拡がり方について事後のインタビューを行った。ある生徒は、同心円状に描いた理由を「マンガでこのような表現があったから」と述べていた。音の概念を形成する過程にメディアが影響していることを示す事例といえる。学習後、振動、媒質、同心円の全ての要素についての記述が増え、全体の55%の生徒が説明できていた。しかしながらこの結果は、授業者の期待よりも低く、媒体と同心円の要素は書けても、振動についての意識を欠いた生徒が10名にも上った。このことから、音源は振動していることを理解する上で何らかの課題があることが浮き彫りとなった。

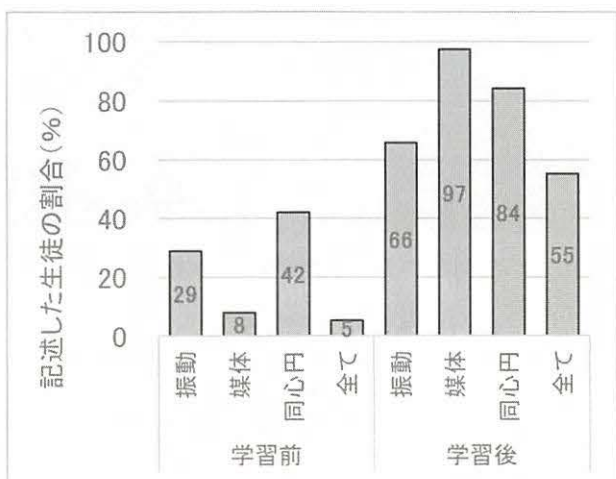


図8 「音が聞こえるしくみ」の捉え方の変化

学習前後で顕著な差が見られたのは、媒質についてであった。学習前の8%が学習後には、97%となり、1人の生徒以外は、音を伝播する媒質として空気の粒子の存在を記述していた。空気の粒子は、空気を構成する原子・分子を一まとまりの粒に置き換えたモデルであり、1年生(原子・分子を未履修)にとっては音源の振動を媒介するものとしてのイメージがしやすかったようである。このことは、単元後の振り返りの中で多くの生徒が、分かりやすかったところや表現として空気の粒子を挙げていたことに見ることができる。

表5 生徒の問いと、問いの土台の比較

生徒B		
	問い	問いの土台
1/6時	ストロー笛の笛の長さで音は変わるのか？	糸でんわは、糸が長くても変わらなかったから
2/6時	音の高さで伝わりやすさが変わるのか？	声が低い人の声が聞こえにくく感じたから
3/6時	振動が小さい音と大きい音を同時に鳴らすとどうなるか？	バネの実験で2つの波をだすとそのまま進んだから
4/6時	なぜ同じ音量でも低い音の方が大きく感じるのか？	ダンスで必ず音が低い時には音が大きく感じるから。
生徒C		
	問い	問いの土台
1/6時	なぜ、糸電話は複数でやっても聞こえるのか？	糸電話を4人でやっても聞こえたから。
2/6時	風船はいつパンクするのか？	授業でパンクさせることができなかったから。
3/6時	音の高低は人の声ではどうやって出しているのか？	授業で音の高さは弦の強さによって変わるけど、人の声にも弦のようなものがあるかなと思ったから。
4/6時	右の耳と左によって音の伝わる速さは違うのか？	発音体からの距離が右の耳と左の耳では違うから。

では、単元の学びの中で、生徒はどのように問い、思考していったのだろうか。OPPシートの「問と問いの土台」に残された毎時間の軌跡から読み解いていく。表5上は、学習前後のいずれにおいても音が聞こえるしくみを正しく説明できた生徒（以下、生徒B）の記述である。生徒Bの問いは、全て授業の実験や生活体験に基づいたものであり、日常生活と学習内容を関連づけて考えていることがわかる。3/6時で、バネの実験で両端から出たパルス波がぶつかった後、通り抜けたことから疑問を抱いており観察力と思考力の高さを伺うことができる。表5下は、学習前後の両方において音が聞こえるしくみをうまく説明できなかった生徒（以下、生徒C）記述である。生徒Cの問いは、授業で扱った課題や実験について発せられたものであることがわかる。しかし、1/6時のねらいが音源の振動、2/6時が空気の粒子、3/6時が振動数の理解であることから、いずれもねらいに迫るものではないことがわかる。その場での興味・関心が主となり、課題の把握と科学的に問う力に課題があることがわかる。生徒Cは、課題を解くためには、どこに目をつけ、どのように思考すればいいのかがわかかならい状態にあると

言えよう。このような生徒の思考を理解することは、意欲はあるが課題を解けず、学習が進むにつれて意欲を失っていく生徒への支援の在り方を知る糸口になると考える。今後、更に研究を深める必要のあるところではないだろうか。

② 学びの振り返りからみる思考の軌跡

生徒は、単元の中で課題の解決のために、問いとその解決、新たな問いの創出を繰り返す中で、どのように感じているのか、そして、この過程が学習にどのように影響しているのかについて十分に把握する必要がある。これを、OPPシートの「CT-BOX」の記述を中心に見ていく。「CT-BOX」には、各時間で抱いた問いが、いつどこでどのように解決されていったか、課題の解決に向けて学んでいる自分の姿をみてどのように感じ、評価しているかの2点が記載されている。

まず、問い創出と解決についてであるが、1/6時から4/6時の4時間の中で解決できた生徒は、全て（4個）、3個、2個、1個の順に、それぞれ24%、16%、24%、36%であった。4割の生徒が、半数以上の問いを単元の中で解決している一方で、問いを1つしか解決できなかった生徒の割合も36%と高いことがわかった。解決できなかった生徒の問いには科学的であっても授業内容と離れているものも少なくなかった。これは、同じ課題・教材、提示方法であっても生徒に多様な学びが起きていたためだと考えられる。このことは、科学的に問いつける生徒の育成を目指す我々に大切なことを示唆してくれている。授業者が、授業のねらいに向かうことを強調し過ぎ、生徒の発言や思考に寄り添わなくなったとき、科学的な思考の拡散が阻害され、豊かな思考が保障されなくなるということである。問いの文字面を追うのではなく、問いの生まれた背景を知った上で科学的なアプローチを評価し、次いでそれが授業のねらいとどう関係しているかに気づかせることが肝要と言える。

今回、課題を解決する過程を生徒自身にも評価してもらった。ほとんどの生徒が自己の学びを肯定的に捉えており学ぶことの喜びや達成感を感じ取っていた。ある生徒は、「変わっていく自分を見て、気づいたら楽しんで学習していて考えが深まっていたので、やればできると思った。」と記していた。学びを振り返ることは主体的な問題解決のきっかけとなり、科学的に問う生徒の育成にも影響しているようである。

2 2 学年実践事例「気圧と風」

(1) 主題

風が吹くしくみを探究しよう

(2) 目標

- ・風が、同一高度における気圧差により生じることを温度差による対流と関連づけ、上空の風も踏まえて立体的に捉え、説明することができる。
- ・今後学習する雲のでき方、前線と天気、地球規模の大気の大循環を気圧と風の関係に着目して探究しようすることができる。

(3) 本実践の目的

本単元は、次期指導要領から気象要素の項が新設され、その中に「圧力」に関する内容が1学年から移動し、統合される。このことから、気象要素それぞれの概念を正しく捉えさせた上で、複雑な気象現象を理解させていく必要があるのだと考える。特に気圧と風の間係を理解することは、日本の気象に大きな影響を与えている偏西風や季節風を含む地球規模の大気の大循環を捉える上で重要な鍵となる。そこで、本実践では、「風はどのようにして吹くのだろう」を単元課題に設定し、気圧の概念を正しく捉え、温度差による対流と関連づけて考えることで、気圧と風の間係についての理解を深めていくことを目的とする。また、この実践を通して今後学習する、雲のでき方、前線と天気、地球規模の大気の大循環を気圧と風の間係に着目して考えることができることを期待したい。

(4) 実践内容

① 単元デザイン

本単元は、単元課題「風はどのようにして吹くのだろう」の解決を軸に1/5時～4/5時までの各授業で行う実験や演習で得た事象をもとに、科学的に考え、問いを創出させながら、以下のことを理解させることを想定している。

- ・気圧の概念
- ・同一高度での気圧差による対流
- ・熱対流による気圧差

その後、5/5時の知識構成型ジグソー法による授業により、海陸風の起こる仕組みを主体的、対話的に学ぶ活動を行う。その中で、風の吹くしくみを考えさせ

ることによって、本実践の目標を達成することを期待し、単元デザインを行った。単元の学習内容は表6に示す。

表6 単元の学習内容

	学習内容	形態
1/5時	【単元課題】「風はどのようにして吹くのだろう」 ・単元課題に対する学習前の自分の考えをOPPシートに記入する。 【実験】「空気の重さ、大気圧を感じよう」 ・地上の物体は、あらゆる方向から大気圧(空気の重さ)を受けていることを実験によって感じさせる。	個人 ↓ 一斉 ↓ 班
2/5時	【実験】「大気圧を測定しよう(水柱の実験)」 ・大気圧1000hPaは10N/cm ² 、の空気の重さを受けていることを実験によって測定し、実感する。	一斉 ↓ 班
3/5時	【実験】「水平面上で、空気が動き出すしくみを調べよう」 【演習】「天気図で気圧と風の間係調べよう」 ・実験や演習により水平対流を理解し、同一高度の気圧差が風を吹かせていることを理解する。 ・等圧線や天気図記号の読み方を学習する。	一斉 ↓ 個人
4/5時	【実験】「空気の温度変化による体積と密度の変化を調べよう」 ・空気の温度変化により体積と密度が変化し、浮き沈みが生じることを実験によって理解する。	一斉 ↓ 個人
5/5時 本時	課題「海岸沿いで起こる日中の海風と夜間の陸風のしくみを説明しよう!」【知識構成型ジグソー法】 ・主体的・対話的に海陸風のしくみについて考え、これまでの学習を統合させながら気圧と風について深く学ぶ。 【単元課題】「風はどのようにして吹くのだろう」	班 ↓ 個人

② 学びを振り返るOPPシート

単元全授業のまとめはOPPシートを使って記録した。そこには、各授業で生じた「問い」とその根拠となる「問いの土台」を書かせ、その記述から単元を通して単元課題を探究する中で、高まる科学的に問う力のみとを試みた。また、生徒自身にも各授業の問いの行方を振り返らせ、探究する自分の姿を評価し、「問いつづける私の姿」に記入させた。さらに、学習前後の単元課題への解答や学習履歴をもとに自分の学びの評価を「単元の振り返り」に記入させた。この2つの振り返りの記述から、自己のモニタリングを通してはたらくメタ認知についてのみとを試みた。

③ 本時の授業

(ア) 課題設定

本時は、単元のまとめにあたり、習得した知識を活用する場である。知識構成型ジグソー法を取り入れ、課題を「海岸沿いで起こる日中の海風と夜間の陸風のしくみを説明しよう!」に設定した。この課題に迫る

ことで、風が、同一高度における気圧差により生じることを温度差による対流と関連づけ、立体的に捉えて説明できるようになることを期待している。

(イ) 本時の流れ

本時の授業の概略を表7に示す。

表7 本時の学習内容と流れ

時間	生徒の活動
8	<p>【課題の把握】「海岸沿いで起こる日中の海風と夜間の陸風のしくみを説明しよう！」</p> <p>・海陸風の観測動画と海風・陸風のモデル実験の観察で課題の把握をする。</p> <p>【エキスパート活動】</p>
8	<p>A「陸と海の暖まり方と冷め方のちがい」</p> <p>B「空気が暖められることによる上部の気圧変化」</p> <p>C「水平面上で、空気が動き出すしくみ」</p> <p>【ジグソー活動】</p>
13	<p>3つの資料の知識を統合し、課題解決に迫る。</p> <p>※ジグソー活動中もモデル実験が観察できるように設置。</p> <p>【クロストーク】3・4グループ</p>
13	<p>他のグループの発表を聞き、相互吟味を経て自分のグループの考えを見直す。</p>
8	<p>【個人まとめ】・課題について自分の考えをまとめる</p>

(ウ) エクスパート活動

エキスパート活動は、8分で設定、1グループ3～4人で構成し、用意した3つの資料のいずれかを担当した。活動は資料の内容の理解を話し合い、資料に設けた課題を班員で解く流れにした。資料の概要と課題は以下に示す。

資料A 陸と海の暖まり方と冷め方のちがい

概要：岸付近の陸地を海水では、暖まり方と冷め方に差があること。

課題：日中、夕方ではそれぞれ陸地と海上の空気の気温はどのような関係にあるか？

資料B 空気が暖められることによる上部の気圧変化

概要：暖められた地表付近の空気は膨張し、その上部の気圧は周囲よりも高くなる。

課題：周囲よりも気圧が高くなった部分の空気はその後どうなるのでしょうか？

資料C 水平面上で、空気が動き出すしくみ

概要：大気圧は空気の重さによる圧力であり、その圧力が水平面上のまわりの空気よりもかかると、気圧に高低差が出てくる。

課題：高度が同じ地上の地点で、気圧が高い部分や低い部分ができるのは何のちがいによるものか？

(エ) ジグソー活動

ジグソー活動は13分で設定、1グループ3人とし、トランプで振り分けた。活動は各エキスパート資料の説明し質疑応答で5分、その後、発表用ホワイトボードに記入しながら課題に取り組む時間を8分設定した。資料の説明は、資料を班員に見せながら図や写真を使い、対話を中心に行うように指示した。また、課題に取り組みながら海陸風のモデル実験が観察できるようにした(図9)。ホワイトボードでのまとめは、簡単な概略だけでよく、班員で対話することを重視させ、クロストークの際に話で付け加えながらわかりやすく説明する工夫をするように伝えた。

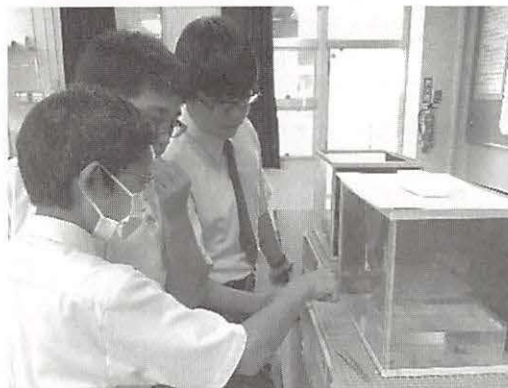


図9 モデル実験をもとに思考する生徒

(オ) クロストーク

クロストークは13分で設定、ジグソー活動の様子から前もって発表を指名し、準備をさせた。選んだグループは、早めに考えがまとまり、おおよその概要は説明できそうなもの、温度差による気圧の差まで説明できているもの、上空の風まで説明できそうなものなど、生徒の説明や質疑応答で想定する解まで深まっていくなかで発表させた。

(5) 授業実践の分析

① 単元を通して高まる科学的に問う力

生徒は、単元の中でどのような問いを抱きながら単元課題を科学的に探究し、解決しようと思っていたのか。単元課題への学習後の答えが目標達成できている生徒とそうでない生徒の問いと問いの土台の比較をもとに、課題解決するための思考の過程と科学的に問う力の高まりについて考えてみた。学習後の目標を、「風が、同一高度における気圧差により生じることを温度差による対流と関連づけ、上空の風も踏まえて立体的に捉え、説明できること」と位置付けた。

学習後、単元課題への記述を見ると、全ての生徒が「気圧が高いところから低いところに風は吹く」というような教科書の記述通りの答えまでは書けていた。しかし、本実践の目標に達していた生徒は88%達していない生徒は12%で、5名は目標に届いていない結果だった。そこで、学習前は、「地球が動くことで人や物に空気が当たることや遠心力が原因」等の気圧や温度の差での対流のイメージが全くない説明だった生徒の中で、学習後は目標に達した生徒Aと目標に達しなかった生徒Bの問いと問いの土台から思考の課程を辿り、比較を行った(表8)。

生徒Aの1/5時、2/5時の問いは、実験結果から捉

表8 生徒A, Bの問いと問いの土台の比較

生徒A		
	問い	問いの土台
1 / 5 時	宇宙や深海での圧力の変化はどれくらいか?	地球上で1 m ³ の物を、圧のない宇宙や圧の強い深海にもっていくと、どれくらい大きさが変化するのかと思ったから
2 / 5 時	気圧はどれくらい上がれば(標高) 1hPa 減るのか?	今日の実験で、教室が1002hPa、屋上が1001hPaだったので、どのくらい上昇すれば変化するのかと思ったから
3 / 5 時	なぜ同じ高さなのに、気圧の差ができるのか?	高地と低地ならわかるけど、なぜ同じところで差ができるのかと思ったから。
4 / 5 時	暖かいときと寒いときでは同じ標高でも気圧は変わるのか?	暖かいと体積が大きくなって、重さかける空気の量が減って気圧は冷たいところと比べて低くなると思ったから
生徒B		
	問い	問いの土台
1 / 5 時	人間も実験でへこませた缶と同じように圧がかかっているか。	缶を使った実験で、冷ましたらへこんでいった。外からも中からも圧がかかっていたから形を維持できたということから人間も同じなのかなと思った
2 / 5 時	地球上にある物にかかる気圧はどのようにして求めるのか。	気になったから。
3 / 5 時	ペットボトルの水はなぜ半分しかいかなかったのか?	ペットボトルの実験で多かった方の水がもう一つのペットボトルに流れて半分までしかいかなかったから不思議に思った。
4 / 5 時	なぜ冷やすと体積が大きくなったのか? 温めると大きくなったのか?	なぜなのかわからなかったから。

えた気圧の概念をもとに考えられており、多くの場面で活用できるように理解しようと思われていることが伺える。3/5時は、標高の差がない海上で、気圧の差が生じ、高気圧から低気圧の方向に風が吹いている事実を知り、これまで気圧の差は標高の差のみで生じると理解して終わっていた考えを覆された様子が窺える。4/5時は、3/5時の問いを抱いたまま授業に入り、空気の温度変化による密度の変化を追加して気圧の差が生じる理由を問いている。どの問いからも各授業の実験から得られる内容を受けとり、繋ぎ合わせながら気圧と風について、自分の考えに一貫性があるか探ろうとしている。そのため、授業を重ねるごとに単元課題の解決に迫る問いになっている。その結果、各授業内容をもとに目標に達する科学的な答えが、自分なりに出せたことに繋がったのではないかと考えた。

次に生徒Bの記述を見ていくと、まず感じるのが、全ての問いが実験のねらいを理解できていないことにより、生じたものになっていることである。各実験のねらいとして、着目してほしい部分とは別の部分に目がいき、そこに疑問を抱いている。そのため、各授業の内容に繋がりを感ずることができず、理解が深まっていけない様子が窺える。このようなことは、他の目標まで達しなかった生徒にも多く見られた。単元を通して8割くらいの生徒が授業者のデザインした意図を汲み取り、学びが進んでいったとしても2割近くの生徒は理解できなくて迷い、最後まで繋がらなかったということである。このことは、今後の研究の課題として考えていきたいと感じている。

② 自己のモニタリングを通してはたらくメタ認知

今回、生徒は、自己の学びのモニタリングを通して、どのようにメタ認知をはたらかせ、自分の学びを評価し、今後の学習へ繋げようとしているのだろうか。単元課題への答えが目標達成できていた生徒A、生徒Cの「問いつつける私の姿」と「単元の振り返り」の記述から考えみた。

生徒Aは、先ほど表8で問いと問いの土台を示している生徒である。表9の「問いつつける私の姿」を見ると、生徒A自ら単元を通して自分がどのように学び、考えが変容してきたのかを細かく振り返ることができている。先ず生徒Aは、単元課題を提示されたとき、風が吹く理由なんて考えたこともなく、1/5時と2/5時は気圧と風に繋がりを感ずらず困惑する自分の姿

に触れている。3/5時から気圧と風について考えはじめ、同標高での気圧差の要因について探ることで、気圧の概念を深く考えるきっかけになっている。そして4時間の授業を統合して考えることで、単元課題への答えをつくることができた振り返り、評価している。記述にはないが、『5/5時の授業は、4/5時までの考えを図にまとめるのに役立った』と話していた。

表9 自己の学びをモニタリングした生徒Aの記述

生徒A
<p>「問いつづける私の姿」</p> <p>1番はじめの問いは、風はなぜ吹くのか？というものでした。それについて考えたことがなかったので問いかけられたときに「確かになぜ風は吹くのだろう？」と思いました。授業では、風とは一見関係なさそうな気圧などについて学んだので「気圧と風はどのような関係があるのか？」とまた疑問が出てきました。すると3回目の授業で「気圧の差によって風は吹く」と学びました。ここでは、「なぜ同じ高さなのに気圧の差ができるのか」と考えました。その疑問の答えは4回目の授業で知りました。温度の差により、密度が変わり、密度の差=気圧の差だということがなんとなくわかりました。この4回目の授業を受けて「風は気圧の差によって吹く。気圧は温度や標高によって変化し、高気圧のところから低気圧に向かって空気は移動していく。その空気の移動が風である」ということを理解することができました。</p>
<p>「単元の振り返り」</p> <p>はじめは風が吹く理由が全く分からなかったため、<u>非科学的なこと</u>しか思いつきませんでした。しかし、授業を受けた後は気圧などの要素を絡め、<u>科学的に説明</u>できるようになったと思います。当たり前のことでも疑問に思い、その理由を考えるようにしていきたいです。</p>

次に「単元の振り返り」を見ていくと、はじめは全く見当もつかなかった単元課題への答えが、学習したことを使いながら説明し、答えをつくり出すことができた自分を評価している。そこに記述されている非科学的と科学的という言葉が気になったので話を聞いた。生徒Aの中で、非科学的というのは、『はっきりしない、なんとなく考えたもの』で科学的というのは『実験などで確認したはっきりしたものを使ってつくった考え』ということだった。そして、最後には、学習前の自分を振り返り、普段当たり前として気に留めていなかった自然現象にも、今後は探究してみたいという考えに変容したと記されている。以上の記述から、当時、何がわかっていて何がわかっていなかったのか自覚する自己理解、自己の認知の処理や発展を捉え直す自己調整の2つの過程が、自己のモニタリングを通してなされ、メタ認知がはたらいていたことが窺える。その成果として、実践後も、様々な気象現象に

高い関心をもって、科学的に探究し、問いを創出しながら、学びを深めていく姿が見られた。

次に取り上げる生徒Cは、学習前の段階で熱による対流で風が吹く理由を説明していた生徒で、学習後には模範のような答えをつくり出した生徒である(表10)。この生徒の特徴は、納得のいくまで粘り強く考え続け、事象現象の本質を問いているところである。例えば、3/5時で平面の理解で終わるのではなく、立体的に考えることで上空の風に気づき、4/5時で物の温まり方の差はなぜ生まれるのかという比熱に関連した気づき、そこからの問いが、学びを有意義に進めている。また、単元内では解決せず、今後考えたい内容として「太陽の熱エネルギーを媒介している物質は何か知りたい」という課題を出している。生徒Cは、本実践の前に「太陽光蓄熱装置の開発」をテーマにした自由研究を行っており、本単元の内容と関連付けて考えてみたと話していた。普段の授業の中でも自由研究のように、科学的に探究しながら学んでいる生徒Cの姿は、本研究テーマと重なるものがあつた。

表10 問いが生まれ解決していくようす

生徒C「問いつづける私の姿」
<p>3/5の授業で大気移動する時の決まりがあるのかという疑問で、<u>上空の大気の移動について気になっていた</u>が、海陸風の授業で低気圧や高気圧は、同じところでも地上は低気圧で、上空は高気圧という場合があり、上空と地上それぞれで高気圧などが発生して風ができるということがわかった。</p> <p>～中略～</p> <p>そして、<u>4/5の授業で、物の温まり方に差があるとあつたが、物質の何による差なのか気になった。</u></p>

本実践により、自己の学びをモニタリングし、メタ認知をはたかせることで、科学的に探究する学習が有意義な方向にはたらくことが、生徒の振り返りの記述から汲みとることができた。しかし、課題と感ずることも多く、その一つとして、実施頻度が上げられる。今回、「天気とその変化」で本実践を含めて3回OPPシートで学びを繋ぎ、振り返らせる活動を行った。その結果、授業者と生徒の双方において、充実感よりは負担感の方が強くなってしまった。生徒が自己の学びを客観的に捉え、評価することやそれを授業者が評価することは、かなりの時間と労力を費やす。そのため、各分野で1回程度、要になりそうな概念形成をねらいとする内容に焦点を絞って実施すると、効果があるのではないかと考える。

3 3学年実践事例「生命の連続性」

(1) 主題

生物はどのように仲間をふやすのか？

(2) 目標

- ・生物の生殖のしくみを理解し、その相違点について科学的な視点から説明することができる。
- ・科学の用語について、「言葉のみ知っている状態」の認識とその脱却に向け、問いと探究を繰り返すことができる。

(3) 本実践の目的

同じ種を残す生殖は、代謝や恒常性の維持などと並んで生命の根幹をなすものである。すべての生物は、生殖によって生命を引き継いできた。昨今の科学技術の発展に伴い、遺伝子治療やデザイナーチャイルドなどが現実味を帯びる一方、DNA や遺伝子という言葉がひとり歩きしているように思われる。

そこで、本単元を「個体の発生と体細胞分裂」「生殖」「遺伝の規則性」の3章で構成し、第1章で染色体を扱う際にDNA や遺伝子の概念を取り入れ、言葉のみを知っている状況を解消し、その後の学習に深みを持たせたい。

第2章「生殖」では、生殖の共通点や相違点について考える。その上で、5/5時に知識構成型ジグソー法の授業で、人が植物の生殖をどのように利用してきたかを、科学的に説明する活動を行う。これを通じて、実社会において人類が、豊かな暮らしの実現に向けて植物の特性を利用してきたことを実感させると共に、現代のバイオテクノロジーを科学的・倫理的に考え続ける礎としたい。

(4) 実践内容

① 単元デザイン

本単元は、仲間（同種の生物）を殖やす仕組みを学ぶものであり、単元構成は表11のとおりである。

単元の学習に入るにあたり、「種」の概念について考える機会として「トンビがタカをうむ」という諺について知識構成型ジグソー法で考える時間を設けた。諺としては「平凡な親から優れた子が生まれる」という意味であるが、ここでは「生物としてのトンビがタカという種をうむことはあるのか」という問いかけを

行った。これにより、有性生殖における親と子が、「種という概念をもって同じである」「似ているが全く同じではない」とことについての認識を表層化させるようにした。

その上で、生徒の実生活ではあまり意識しない無性生殖、その後有性生殖のしくみを学ぶことで、それぞれの生物の特性に応じた生殖を行っているという気付きを得させたいと考えた。新学習指導要領では、本単元に進化の学習内容が組み込まれることから、現存する生物のしくみに優劣はなく、それぞれの生活に適応した結果であるという考え方が重要となってくる

また、2/5時から4/5時では、生じた疑問に対してすぐに調べられるように、各班（4人）に対して1台のiPadを配布した。ただし、インターネット上の情報は玉石混濁であり、精査する必要がある旨伝えた。

本時にあたる単元最後の授業では、植物の生殖の特性を人間が利用してきたことについて、知識構成型ジグソー法を用いて考える。「なんとなく知っている」「テレビで聞いたことがある」という事象について、これまでの学習を活用して考える場とした。

表11 単元の学習内容

		学習内容
第1章	全7時	「個体の発生と体細胞分裂」 動物の発生 根の細胞分裂観察 体細胞分裂と染色体 DNAと遺伝子
第2章	1/5	課題「トンビがタカをうむことはあるのか?」【知識構成型ジグソー法】 ・種概念、突然変異と進化、異種間交雑について触れ、「トンビがタカをうむ」ことを理科的視点から考える。
	2/5	無性生殖 ・受精によらない生殖（無性生殖）について、どのような生物が、どのような方法で行っているかを説明する。
	3/5	配偶子形成と受精 ・精子と卵という2つの細胞が融合することで、親と同じ染色体数となることを説明する。
	4/5	植物の受精 ・被子植物の受精について説明する。
第3章	5/5	農産業におけるジャガイモの生殖の利用【知識構成型ジグソー法】 ・無性生殖と有性生殖について染色体のモデルであらわし、農産業に利用されていることを説明する。
	全7時	「遺伝の規則性」 優性の法則・分離の法則 表現型と遺伝子型 遺伝子組換えの方法と問題

② 本時の授業

(ア) 課題設定

本時は単元の最終時であり、取得した知識や考え方を活用する場である。これまでの学習をもとに、生物が種の生き残りを賭けた生殖の特性を、品種改良や品質維持という農産業における栽培の工夫に利用していることについて、染色体のモデルを用いて説明する。

(イ) 本時の流れ

本時の授業の概略を表 12 に示す。

表 12 本時の授業の概略

時間	生徒の活動
5	課題の把握 「よりおいしいジャガイモだけを大量につくるためには」課題についての自分の考え（最初の考え）をまとめる
7	【エキスパート活動】 A 「ジャガイモの栽培」 B 「受精卵の染色体の組み合わせ」
15	C 「植物の生き残り戦略」 【ジグソー活動】 ～植物の生殖を人が利用していることについて染色体のモデルで説明しよう～ 各パートの知識を統合し、染色体のモデルを用いて、無性生殖と有性生殖の違いを表す。
13	【クロストーク】 他の班の発表を聞き、相互吟味を経て自分のグループの考えを見直す。
5	課題について自分の考え（授業後の考え）をまとめる。

(ウ) エクスパート活動

エキスパート活動は、1 グループ 3～4 人で構成し、用意した 3 つの資料のいずれか 1 つを担当した。資料の要点については以下の通りである。

資料 A 生殖方法のちがいがい

- ・ジャガイモは被子植物であり、種子を作る機能を持っている。
- ・農家は、育ちが良く収量が多いことから、種イモを植えている。
- ・種イモから栽培することは、速く大量に収穫できる以外にも、農産業にとって都合の良い面がある。

資料 B 受精卵の染色体の組み合わせ

- ・体細胞の染色体を 2 本とすると、2 種類の精細胞と、2 種類の卵細胞が考えられる。
- ・2 種類の精細胞と 2 種類の卵細胞が受精すると、4 通りの受精卵が期待できるが、自家受粉ではそのう

ち、2 通りは親と同じ遺伝情報をもつことになる。

資料 C 植物の生き残り戦略

- ・他家受粉では、コストや確実性の面で欠点があるが、それを上回る利益があるから生き残っている。
- ・農産業では、自家受粉が可能な植物であっても、人工的に他家受粉させる。

(エ) ジグソー活動

ジグソー活動は、1 グループ 3～4 人とし、トランプで振り分けた。ジグソー活動での手順は、①各エキスパート活動の情報を交換する、②ホワイトボードや染色体モデルの受取る、③有性生殖と無性生殖の違いを染色体モデルで示す、④課題に対する説明をする、という流れであり、ジグソー活動に入る前に、生徒に対して提示を行った。ジグソー活動は 15 分としており、エキスパート資料の説明と質疑応答に 5 分、課題に取り組む時間として 10 分を想定した（図 10）。

発表用ホワイトボードは図 11 に示すように、「有性生殖」、「無性生殖」及び枠組みのみを予め記載している。染色体モデルは、楕円形で裏面に



図 10 エクスパート資料を説明する生徒

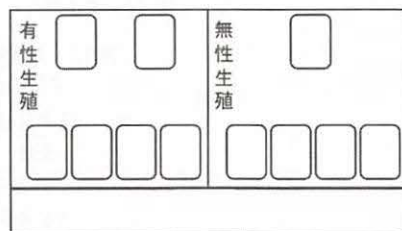


図 11 発表用ホワイトボード

磁石をつけており、赤、青、黒及びうすい灰色の 4 色を用意した。これを各班に対して、それぞれ 10 枚ず



図 12 染色体モデルを用いて思考している生徒

つ、計40枚配布した。これらを活用し、各グループで課題について考えていった(図12)。

(オ) クロストーク

クロストークは13分とし、ボード上に自分たちの考えを表現できている班から発表させた。その際、聞く側に対して、自分たちの班との違いは何か、何故そのような違いが生じているのかを考え、積極的に質疑するように伝えた。また、思考が滞っている様子が見られた場面では、再度課題を確認し、「より」「だけ」という部分に着目させるようにした。

(5) 授業実践の分析

① 単元を通して高まる科学的に問い、考える力

単元の学習前に、「生物はどのように仲間をふやすか?」という問いに対して、自由記載を求めた。この課題を、本単元を通して考えていく旨説明し、15分間の時間を設定した。課題に対する回答を、①無性生殖と有性生殖の両方の観点をもって説明している、②有性生殖について、受精という言葉を用い、細胞レベルの概念を持って説明している、③有性生殖について、受精という言葉がなく、胎生・卵生や種子という視点で説明している、④有性生殖について、雄と雌が関わっているという視点から説明している、⑤その他の5種類に分類し

表13 仲間の殖やし方に対する学習前の考え (n=155)

①有性・無性生殖	10.9%
②受精	51.8%
③卵・胎生等	25.5%
④交尾等	9.1%
⑤その他	2.7%

た。分類の優先順位

は①が一番高く、

②、③、④、⑤と続く。

②については、

小学校の学習内容で

あり、③については2学年での学習内容となる。それぞれの割合は、表13に示すとおりである。この結果より、90%近い生徒が、分裂等の無性生殖を、仲間の殖やし方と認識していないと考えられる。また、「有性生殖と無性生殖がある」と回答した生徒の中にも

「仕組みはよく分からない」との記載があるものや、

「オスとメスで受精する」という不的確な用語を用いた説明を行っているものもあった。表14に、ある生徒の、単元の学習前と学習後の課題に対する考えを示す。

表に示した生徒は、学習前の回答は、生殖にオスとメスが関わっている旨の記載のみであった。しかし、学習後には、それぞれの生殖の特徴を記すのみならず、進化についても触れて説明することができていた。この生徒の2/5時と3/5時の問い及び予想を表15に示す。

表15 表13の生徒の2/5時と3/5時の問いと予想括弧内に予想を記す。

2/5	進化していく中でどのように無性生殖と有性生殖に分かれていったのか。また生物の始まりはどっちからなのか。 (生物の始まりはまだ個体が少ないから1人で殖やしていたと思う)
3/5	おしべとめしべを両方持った花は有性生殖の利点をもっているのか。 (他の花粉と受精することもあるからだと思う)

表15に示した問いから、当該生徒は本単元において、進化の概念をもとにそれぞれの生殖を比較して考えている様子が見られる。また、学習後における自分の考えの変容については「(前略)生殖方法には最適な方法はなく、それぞれの環境に対応した利点があると分かった」と記載している。これらのことから、単元を通し、生殖について多様性・共通性に加えて、時間的・空間的な視点でも捉えることができおり、そのことが単元の学習後の回答にも活かされていることが分かる。問いを表層化させることで、より多角的に生殖について考えることができていると考えられる。

一方、学年全体では、単元の学習後の課題の回答で、有性生殖と無性生殖の特徴を記している割合が96.3%であったのに対し、その中で進化について触れているものは19%にとどまった。この生徒の2/5時における問いを学級内で共有することにより、他の生徒も3/5時の問いに進化を関連させているような記載が見られる

表14 学習前後の課題に対する考えの変容

学習前	学習後
生物はそれぞれ違った役割を持った器官によって作られていくと思う。2つの器官は、それぞれオス、メスに分かれていたり、1体の個体で両方を持っていたりと、様々なパターンがあると思う。(④に分類)	生物には2種類の生殖方法がある。 ○有性生殖→精細胞と卵細胞が結びついて受精卵をつくる。 ○無性生殖→受精を行わず体細胞分裂によって新しい個体をつくる。 生物はこの2種類の生殖方法があり、それぞれに利点と欠点がある。有性生殖は、他の個体と子をつくることで、より多様化した個体をつくれるがエネルギーを多く消費する。無性生殖は1個体だけで子をつくれるが、遺伝子に変化がないので対応能力が低い。生物は環境に対応した生殖を行っている。

ようになった。しかし、単発に終わっている場合もあり、授業後の振り返りに反映されていないものも見られた。問いが自発的に生じる事が、その後の学習内容や概念形成に重要な役割を果たしていることを感じた。

② 学びの振り返りを通して育む学びに向かう力

本単元では、OPPシートを用いて授業を行っており、毎時間、「問い」「問いの土台」「予想（仮説）」を記述している。ある生徒の、3/5時、4/5時における問いと振り返りを表16に示す。

表16 3/5時と4/5時における問い、問いの土台、予想と振り返り

3 / 5	問	子の形質が両方の親の遺伝子によって決まるなら、兄弟は同じになるのでは？
	土台	「子の形質は両方の親の遺伝子によって決まる」とあるが、兄弟は母親似だったり父親似だったりすることから。
	予想	同じだったら「クローン」になってしまうから、少しずつ遺伝子の比が違ってる？
4 / 5 時	問	1本の植物にできた種は兄弟？
	土台	動物は少しずつ遺伝子の比が異なっていると 思うが、植物は同じ時に種ができる。親も同じ。
	予想	双子みたいなもの？全く同じ遺伝子を持っている？
振 返 り	(一部抜粋)	3/5も4/5も、減数分裂で、染色体の組み合わせが複数あることから説明できる。1本の植物にできる種子は兄弟みたいなものであり、双子のように全く同じ遺伝子を持っているのではない。

この生徒は、振り返りを通して、3/5時と4/5時で同じような問いを抱いていたことを見出しており、振り返りにおいて自己の問いを俯瞰的に捉え、総合的に考えていることが窺える。また、表16に示したように、予想にも「？」がついている。これに関し、「『双子』と書いたが、よくわからなかったからネットで調べた」旨述べていた。この生徒に限らず、単元の振り返りで「疑問に思ったことを友達に聞いた」「インターネットで調べた」等の記載があり、疑問の解決に向けて能動的に調べていることが分かる。自分の身近な事象に対して問いをもち、解決に向けて動い

ているようすが窺えた。

さらに、単元の学習後にもっと深く知りたくなったことは何かという設問に対して、「自分は親の染色体をどのように受け継いでいるか、調べる方法も含めて知りたくなりました。」と自分の興味・関心に加えて、調べる方法についても言及しているなど、これからの活動に期待できる記載も見られた。

③ 実践を踏まえた授業の改善点

(ア) 単元をまたがる問いの扱い

本小単元の3/5時、4/5時において、「形質がどうなるのか」という問いが多く見られた。この問いは次章の学習に対する重要な動機づけとなり得る。しかし、OPPシートは単元ごとに作成しているため、この問いが次章を学習するときには埋もれてしまっている可能性もあり、折角抱いた問いが次に活かされないことも想定される。単元構成やワークシートの工夫により、生徒から生じた問いをいつでも振り返ることができるようにしていきたい。

(イ) 振り返りの工夫

本単元は5月に実施したものであり、OPPシートや問いの振り返りに慣れていないように感じた。各単元において、OPPシートを用いて単元を振り返る授業を実施したところ、ワークシートの記載内容にも変容が見られた。

問いの振り返りについても、5月には「この時間の問いは～と考えていた」という単発的な振り返りをしてきた生徒が、11月には「全体を通して～と考えている」との記載が見られ、生じた問いに関連を持たせ、自分を俯瞰できるようになってきている様子が窺えた。自分をメタ認知する力も繰り返すことで養われていく一面が垣間見られたが、OPPシートにまとめていくことは生徒にとって負担が大きく、効率的な実施の必要性を感じた。

(ウ) 概念の習得

単元の振り返りにおいて、「知識が増えた」という記載が散見された。学習を進めるにあたり新しい用語を習得する事は当然であり、学習前より学習後の方が、事象をより詳細に説明できるようになるのは必然である。しかし、今後につながる概念にも目を向けさせたいと考える。特に、「理科は覚えたら良い、特に生命の単元は覚えることが多い」という意識の改革に向けて、これからも取り組んでいきたい。

VI 成果と課題

1 今年度の成果

今年度は、単元を通した学びを生徒自身が振り返るだけでなく、生徒自身が自己の学びをどのように感じ、評価したのかについてもみとりを行った。その中で、科学的に探究していく自己の学びの過程を振り返り、メタ認知をはたらかせることで、学習を有意義な方向に進めていく生徒の姿を見とることができた。この取り組みを通して、自己の学びの変容を多くの生徒に自覚させることができたことは、大きな成果であり、科学的に探究し問いつづける生徒の育成がなされたと感じた。その他の成果は、次の通りである。

- ・OPPシートに記述されている問いと問いの土台の見とりを通して、問いながら課題解決するまでの思考過程を追うことができた。
- ・科学の性質についての教材を開発し、全学年で知識構成型ジグソー法による授業を行うことができた。生徒から、科学の性質を意識して考えることの有用性を感じたという感想が多く寄せられた。
- ・生徒が発する問いには、科学的であっても単元の中で解決できないものもあり、生徒の前概念や既知の知識によることがわかった。このことは、授業者が、生徒の思考を授業のねらいに近づけることに囚われず、問いやその背景に寄り添うことに配慮する必要があることを教示している。科学的に問いつづける生徒を育成するには、生徒の豊かな学びを受け止める教師側の姿勢と科学に向かう真摯な態度が大切であることを知らされた。

2 今年度の課題

今年度は、科学的に考える要素を意識して生徒に単元を通しての学びを振り返らせ、科学的に問う力の高まりを期待した。科学的に考えていることを定義し、生徒の思考と照らし合わせると、複雑で分析やみとりが容易ではないことがわかった。その他の課題は次の通りである。

- ・OPPシートを活用しての学習は、メタ認知をはたらかせることで、科学的に探究するのに有用であると感じた。しかし、生徒が自己の学びを客観的に捉え、評価することは、思いのほか負担が大きいように感じた。また、それを授業者が評価するこ

とも、かなりの時間と労力を費やす。そのため、実施回数や内容の検討が必要だと感じた。

- ・科学的に問いながら探究していく生徒の姿を想定した単元デザインして学習を進めてきた。しかし、一部の生徒は、各授業の内容を理解できず、困惑している様子が問いや問いの土台から確認できた。これは、意欲はあるが課題を解けず、学習が進むにつれて意欲を失っていく生徒への支援の在り方を知る糸口になると考え、本実践の課題でもあり、成果でもあると捉えている。

3 本研究3年間を通して

本研究を通して、教師や生徒に起きたのは、学びに対する価値観の変化だろう。教師は「何が理解できるようになったのか」ではなく、「どのように考えているのか」「科学的に考えることを楽しんでいるか」という学ぶ過程や動機づけに価値を持つようになっていった。生徒は「沢山覚えて、知っているのが凄い」ではなく「どのように考えてるの?」と互いのOPPシートを見せ合い、学ぶことを楽しんでいる生徒が多くなった。育成したい資質・能力の一つとして「学びに向かう力」がある。今後も研究を進めていきたい。

参考文献・引用文献

- (1) 沖縄県教育委員会義務教育課学力向上推進室『「問い」が生まれる授業サポートガイド』2018年3月
- (2) 中学校学習指導要領解説 理科編 2017年3月
- (3) 中学校学習指導要領解説 総則編 2017年3月
- (4) 琉球大学教育学部附属中学校『研究紀要』第30集、2018年、p.60
- (5) 道田泰司「最強のクリティカルシンキング・マップ」日本経済新聞出版社、2012年、p.108-119
- (6) 金田真弥他「理科学習で科学的思考力を育成するために必要な条件に関する研究」岡山大学教師教育開発センター紀要第6号別冊、2016年
- (7) 西林克彦『「わかる」のしくみ『わかったつもり』からの脱出』新躍社、1997
- (8) 和田一郎『「学びに向かう力」の源泉としてのメタ認知』『理科の教育』(通巻786号)、2018年、p.13-16