理科

教科領域別研究テーマ

【科学的根拠に基づき，探究する資質・能力の育成】



理科

科学的根拠に基づき，探究する資質・能力の育成

実践者　沖野　俊也，真木　大輔，山根　典之
愛媛大学研究パートナー　中村　依子，中本　剛，細田　宏樹，向　平和

第１章　はじめに

理科では，従来「科学的な見方や考え方」を育成することが重要な目標として位置付けられてきた。しかし，変化の激しい未来に対応できるよう，2021年度から全面実施の学習指導要領では，「自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成する」ことに目標が変わっている。資質・能力を育成していくためには，学習過程の果たす役割が極めて重要であり，とりわけ理科においては，課題の把握（発見）・課題の探究（追究）・課題の解決という探究の過程を通じた学習活動が重要である。そこで，理科部では，2019年度からの研究サイクル（３年次研究）として中学校卒業段階の姿を「自然や人と主体的に関わり，理科の見方・考え方を働かせながら，科学的根拠に基づいて探究することのできる生徒」と設定し，主題を「科学的根拠に基づき，探究する資質・能力の育成」をテーマに研究を進めてきた。

これまでの１・２年次における研究の成果（○）と課題（●）は以下の通りである。

○学校全体で行っている言語技術教育の手法をペア・グループ学習などの「対話的な学び」に取り入れることで話合いが活性化され，生徒の理解を深めさせることにつながった。
○ロイロノート・スクール（以下，ロイロノート）や，一人一台端末（2019,2020はグループに一台）を用いて，他のグループと結果や考察の交流を行った結果，「対話的で協働的な学び」が充実した。
●生徒の振り返りの内容が単なる感想のような表層的なものや，学習のキーワードを使った限定的な文脈で終わっているなど，探究の学習過程が主体的（自分事）になっていない生徒がいるのではないか。

３年次研究の今年次は，２年次研究に引き続きよりよい在り方を探っていきたいと考え，本テーマで研究を続けることにした。私たち３名がどのように「科学的根拠に基づき，探究する資質・能力の育成」を目指したのか，**表１**に示す。

表１　理科における各個人研究テーマと実践を行った単元

	実践者	個人研究テーマ	学年	単元名
その１	沖野　俊也	一人一人の「探究する資質・能力」を伸ばす指導の工夫 ー三角ロジックモデルを用いた授業を通してー	１年	「音の世界」
その２	真木　大輔	科学的根拠に基づき探究する自律型学習者の育成 ー「鍛える授業」から「自ら学ぶ授業」へー	３年	「生物の成長と生殖」
その３	山根　典之	自然の事物・現象を探究する授業展開の工夫	１年	「音の世界」

以上のような個人研究テーマを基に，持続可能な社会を支える生徒の将来の姿に思いを馳せながら，資質・能力を高めるための研究を行った。

第２章　研究の実際

研究（その１）

一人一人の『探究する資質・能力』を伸ばす指導の工夫 —三角ロジックモデルを用いた授業を通して—

（実践者）沖野　俊也

１　研究テーマ設定の理由

生徒は学習のペースや興味・関心は様々だが，一人一人が探究しようとする資質・能力を持っている。その資質・能力を伸ばすために，理解したことを自分の言葉にする楽しさや意義を実感することができる授業づくりを目標とした。また，創造的に探究する力が必要とされる今日，多面的・多角的な見方・考え方を汎用する能力を身に付けることは持続可能な社会の実現に貢献する実践者となる上で大切なことである。物事を多面的・多角的に捉え，根拠を基に判断・実践していく生徒の育成を目標として本研究テーマを設定した。

２　研究の内容及び方法

＜三角ロジックモデルの利用＞

授業を進める中で，実験結果から実験データを提示することができても**理由づけ**がうまくできない生徒が多くいることを感じていた。そこで，自他とも納得する論理を組み立てる力を育成するために，国語科で学ぶ**三角ロジック**（三省堂の中学１年生用の教科書『現代国語Ⅰ』）の概念を用いた。三角ロジックは論証のモデルで，**図１のようなトゥールミン・モデル**（トゥールミン 1958/2003）の左側の部分である。理由付けを明らかにすることは，データと証拠を解釈し，現象を科学的に説明する学問である理科の特性に合っている。自他の**主張**の**事実**と**理由づけ**を考察することは汎用的スキルとして持続可能な社会の実践者の育成にも効果があると考えた。また，個々の資質・能力を引き出すためには一人一人の役割を大切にし，全員の意見を共有，分析することが大切である。そこで，実験形態の工夫（一人一実験）や教育支援アプリの有効活用を行った。また，家庭でやるべき事が多く，余裕がない生徒がいることも事実である。すべて授業内で行う前提のもと，基本的内容と応用的内容，パフォーマンス課題等をバランス良く行い，授業内で学習内容が理解できる工夫を行った。

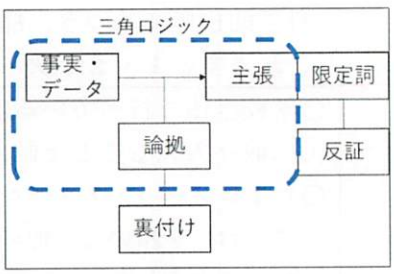


図１　トゥールミン・モデル

３　研究の実際

⑴　単元名

音（第１学年）

⑵　指導の計画

＜本質的な問い＞

なぜ音はいろいろな聞こえ方をするのか。

＜永続的な理解＞

音が伝わるには振動する物体が必要であり，空気も音の振動を伝えている。音の振動はオシロスコープなどで波形として観察することができる。波形の振幅は音の大きさ，振動数は音の高さ

を表し，大きい音ほど振幅が大きく，高い音ほど振動数が多い。日常で耳にする音は単純な波形が複雑に重なり合っている。そのため，我々は様々な大きさ，高さ，音色の音を聞いている。人間が聞きとれる振動数には限界があり，聞きとれない高い音は超音波として生活の中で役立っている。

＜総括的評価の方法＞

パフォーマンス課題	その他の評価方法
あなたは「附属学校園の歌」の制作委員になりました。制作委員には小学生もいます。曲は明るい感じのハ長調にしようということになりました。曲を制作しているときに，同じ委員の小学生に「そもそも音はなぜいろいろ違って聞こえるのですか。」と質問されました。以下の点に触れながら説明してあげてください。 ①音の発生のしくみ　②音の大きさと高さのしくみ ③ハ長調の主要和音のドミソがきれいに響くしくみ	○課題追究状況の観察 ○三角ロジックモデルの記述 ○単元別テスト

＜パフォーマンス課題のルーブリック＞

	知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
A	音の大きさは振幅の幅，音の高さは振動数の多さに関係していることについて正しく理解している。	①②を大きさと振幅，高さと振動数の相互関係について分かりやすく表現している。③を倍音と関連付けて分かりやすく表現している。	協和音がきれいに聞こえる理由などを音楽と理科の見方・考え方で捉えることができている。
B	音の大きさや高さは振幅と振動数が関係していると理解している。	①②を振幅と振動数に触れて表現できている。③を振動数の違いに触れて表現できている。	協和音がきれいに聞こえる理由を理科の見方・考え方で捉えることができている。
C	音の大きさや高さは振幅と振動数が関係していることを理解できていない。	①②を振幅と振動数に触れて表現できていない。③を振動数の違いに触れて表現できていない。	協和音がきれいに聞こえる理由を理科と音楽のどちらの見方・考え方でも捉えることができていない。

(3)　指導の実際

ア　主題

音楽を理科いしようードミソの秘密ー

イ　ねらい

○協和音がきれいに聞こえるとされる理由を振動数と関連付け，興味・関心を持って課題解決に取り組むことができる。

○音楽を科学的に分析することによって音楽と理科をつなげて考えることができる。

ウ　展開

学習活動（形態）	時間	○教師の働きかけ　・予想される生徒の反応	○指導の工夫　◎評価規準(評価方法)
1　学習課題 （全体）	3	○（ピアノを弾く）どう聞こえますか。 ・きれいに聞こえる（協和音）。 ・違和感がある（不協和音）。 ○音の重なりがきれいに聞こえるのはなぜでしょう。 学習課題：ドミソの和音がきれいに聞こえるのはなぜか	○理科と音楽科での既習事項を用いた学びを意識させるために音楽室で授業を行った。
2　解決の見通し （個人→全体）	10	○「理由付け」を予想し，解決するための見通しを立ててみよう。 課題を解決するためには何を調べればよいだろうか ・ドレミファソラシドそれぞれの振動数を測定しよう。 ・ドミソの振動数を比較してみよう。	◎音を振動数と捉え，調べる方法を見いだそうとしている。 （観察・ノート）
3　課題の追究 （個人，小集団）	27	○協力して課題の解決に向かおう。 〈道具〉ピアノ，iPad 内のアプリ（サウンドオシロスコープ，計算機）等 ○必要な振動数を計測してみよう。 ○振動数を持ち寄って考察してみよう。 ・誤差があるのではないか。 ・不協和音と比較してみよう。	○根拠を明らかにして答えを出すために三角ロジックの「理由づけ」を意識させた。 ○課題への解決の糸口とするために，ヒントを提示した。



		〈ヒント〉 ①２オクターブ下のドの振動は何Ｈｚだろうか。 ②純正率で計算してみよう。	○より正確な値で考察するために，計測値には「誤差」を考慮しなくてはならないことを意識させた。 ◎和音の響きについて三角ロジックを用いて説明している。 （ノート）
		〈解答例〉 ドミソはどれも２オクターブ低いドの倍音になっているその比は４：５：６である。つまりドミソがきれいに聞こえるのはドミソの振動数が数学的にきれいな関係になっていて、波形が調和するから。	
4　振り返り （全体）	10	○今の「理由付け」を発表しよう。 ○音楽科の先生の話を聞こう。 ○三角ロジックと感想を振り返って書いておこう。 ・音楽と理科の内容が結びついたことが面白かった。 ・きれいな響きに聞こえる理由に科学的根拠があるのが面白かった。	○深い学びにつなげるために協和音と不協和音について説明をした。 ◎理科と音楽科の学びをつないで考えている。 （ノート）

エ　授業後の生徒の感想より

・和音がどうやって成り立っているのかなんて考えたこともなかった。振動数を測り，気付いたポイントを合わせて考えるというのがとても面白かった。実験を繰り返すことで誤差ではないかと疑うようになり，平均律と純正律にたどり着いて，ついに簡単な数字の比という答えが出た。皆で協力して導き出せて楽しかった。
・身近にある音楽と理科が関わりを持っているこが面白かった。もしかしたら，音に関する他のことも法則があるのかもしれないと思った。
・始めは戸惑ったけれど，対象となるもののデータをとって比較することで関係性や規則性が見えてくることが分かった。今後，日常でも基準と比較して答えを導き出すという手法を使っていきたい。
・実験データに誤差を踏まえて考えるのが難しかった。また，比で表すという考えにたどり着くまでにいろいろ試行錯誤して考えることで，より理解が深まっていったので良かった。

和音がきれいに響く倍音の概念自体は音楽科でも理科でも中学校では取り扱わない内容だが，今までに学習した音の知識を生かすことができれば到達可能なものである。生徒は日常で疑問を持たずに聞いていた和音の不思議に興味を持って授業に取り組んだ。この授業で生徒はこれから出会う音と振動をつなげて考えることができるのではないだろうか。本校の音楽科教員からも「生徒が音の重なりが響くことの原理を知ることで，音への意識も変わり，合唱等のこれからの授業につなげることができるので有効な授業である。」との感想をいただいた。また，参観者に「理科と音楽と日常をつないだ合同授業が新鮮で面白く，是非やってみたい。」「深く学ぶこと，自主的に学ぶこと，教科横断への取組が参考になった。」や「理由づけは考察で行うことなので特に型にはめる必要はないのでは。」等の課題を含め多数の意見をいただいた。

⑷　生徒の学びの実際

図２は，後日行ったパフォーマンス課題の生徒記述である。このように三角ロジックモデルの理由づけの部分を自分のことばで書こうとしている生徒が多かった。また，課題解決やまとめる場面で事実と理由づけを分けることにより，自然に思考の整理ができ，何をはっきりさせるべきなのかが明確になっていると感じた。しかし，この段階では三角ロジックモデルの主張・事実・理由づけの区別がまだはっきりとできていない生徒もいた。

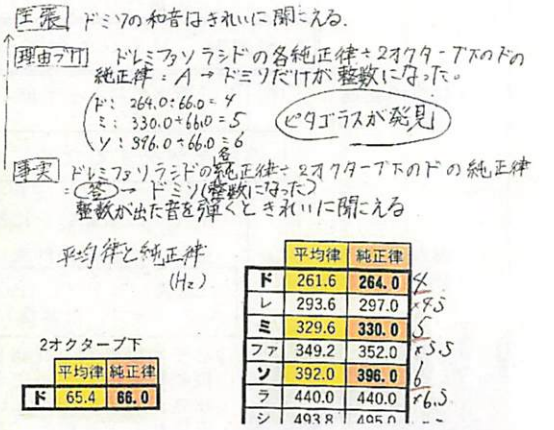


図２　パフォーマンス課題の生徒の解答例

３年生では，対話的な活動の充実を図るためにロイロノートを利用した（**図３**）。生徒一人一人が自分の考えを可能な限り表現して，同じ課題に取り組んでいる学級や学年の仲間と意見を共有することができる場が充実した。一人一人の意見を可視化することができるので，効果的なツールであった。

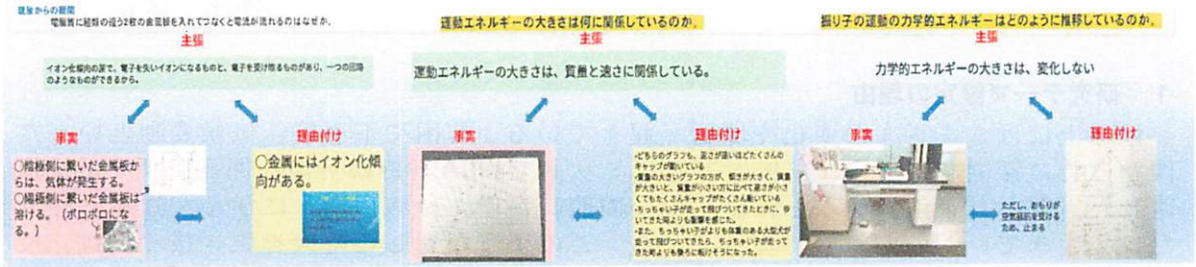


図３　ロイロノートを利用した三角ロジックモデル

４　成果と課題

表１　三角ロジックについてのアンケート
３年生 126 名，令和３年 10 月実施（授業で三角ロジックの概念を学び始めてから）

三角ロジックを意識することで思考・表現の仕方が変化しましたか	変化した	83.5%	変化しない	4.7%	どちらともいえない	11.8%
三角ロジックを意識することで発表・討論の仕方が変化しましたか	変化した	74.4%	変化しない	5.6%	どちらともいえない	20.0%
三角ロジックの考え方は学びを深いものにする上で大切だと思いますか	大切だ	90.6%	大切ではない	0.7%	どちらともいえない	8.7%

表１の生徒のアンケートより，生徒の多数が三角ロジックモデルを用いることの有効性について実感していた。「主張と事実の結び付けをする役割の理由づけが上手くできれば，思考自体がより確かなものになる。」「曖昧な主張やエビデンスに基づいていない主張ができないため，課題について深く考えるようになった。」等の肯定的な意見が多かった。理科では，現象などの問いに対して日常生活の中で得た経験的知識と類推で仮説が作られ，その仮説を検証するために実験観察が行われる。つまり目的を明確にした実験によって事実をつくり出す。事実・データを分析・解釈する際の理由づけは最初は誤った概念であることもあるが，授業で得た科学的概念を適用していくことで，より確実性の高い新しい仮説や主張になっていく。従って，理科の授業で三角ロジックモデルを用いる有効性は高いと考える。また，三角ロジックモデルは習得・活用・探究のどの段階でも適用することができ，生徒の学習目的に合った用い方をすることができた。以上のことにより，授業で三角ロジックモデルを利用することは，現象を理解し，根拠を示して説明し，新たな疑問を持つ過程を自らつくり出すことのできる生徒の育成，つまり「探究する資質・能力」の育成に成果があったと言える。

生徒と研究授業参加者からのアンケートを参考にした今後の課題として「年間を通してロジックモデルを用いた実践計画を立案すること。」「理由づけを意識するモデルの必要性について再検討すること。」が挙げられる。これらの課題を検証していくにあたり，トゥールミン・モデルを発展させた対話型論証モデル（松下 2021）を利用していきたいと考えている。更にロジックモデルの研究を深め，生徒の納得感が高まる授業を行っていきたい。

参考文献

・鶴田　清司(2017)「論理的思考力・表現力を育てる三角ロジック」図書文化
・西岡加名恵(2016)「資質・能力を育てるパフォーマンス評価」明治図書
・松下　佳代(2021)「対話型論証による学びのデザイン」勁草書房
・森本　信也(2020)（編著)「授業で語るこれからの理科教育」東洋館出版社

研究（その２）

科学的根拠に基づき探究する自律型学習者の育成

―「鍛える授業」から「自ら学ぶ授業」へ―

（実践者）真木　大輔

１　研究テーマ設定の理由

地球上にはさまざまな変化や問題が起きている。貧困や不平等，気候変動といった問題は特に深刻であり，2015年に国連サミットでSDGｓ（持続可能な開発目標）が採択された。今，「正解が一つとは限らない問題」が増え始め，過去に学んだ知識と経験だけで生きていくのが難しくなっている。このような新しい時代を生き抜くには，授業を教師主導の知識注入・伝達型の一斉授業ではなく，学習者中心の学びへの軌道修正しなければならない。また，理科という教科の枠を越えて，教育課程全体の取組を通じて，生徒一人一人が，自然環境や地域の将来などを自らの課題として捉え，そうした課題の解決に向けて，他者と協働しながら自分ができることを考え実践できる姿（自律型学習者と定義）を育成する必要がある。この能力を身に付けた生徒は実社会でも通用し，最終的に，地球人としてSDGsの目標達成にもつながっていくと考える。

２　研究の内容及び方法

(1)　生徒主体による「学び合い」学習

課題や目標に対して，生徒同士が教え合うことなどによって，生徒同士の活動の中で学びが生まれる授業を設計する。

(2)　日常生活や社会とのつながりが実感できる探究学習

教科の枠を越えて，学ぶことと自分の人生や日常・社会とのつながりを実感できる単元をデザインする。また，**フレームワーク**（探究学習の型）を用いることで，一人一人の見通しを持った探究学習へと導く。

３　研究の実際

(1)　単元名

生物の成長と生殖（第３学年）

(2)　指導の計画（逆向き設計を活用した指導計画）

第1段階:求められている結果
【研究テーマを踏まえた単元目標】 生物の成長や生殖を，「細胞」や「遺伝子」という視点で捉え，個体や種との関係（多様性・共通性）を考えながら，科学的根拠に基づいて探究することができる。
【本質的な問い】 生物がふえるとはどういうことか。またその時，生物の中で何が起きているのか。
【永続的な理解】 生物がふえるということは，細胞が変化することによって起きている現象である。細胞が生物の構成単位であるとともに生命の基本単位であり，生命活動の主体でもある。 多くの多細胞生物は，生活場所を広げ，新しい環境に適応するために有性生殖を行う。有性生殖では，二つの生殖細胞（精子，卵）の受精によって両者の遺伝子が組換えられ，新たな遺伝子の組み合わせを持つ個体が生じる。生殖細胞をつくるときには，染色体数が分裂前の細胞の半分になる減数分裂を行う。このことにより，受精によって染色体が合わさった時，親と子で同じ染色体数になる。この受精卵が卵割（細胞が分化）し，発生・成長という過程を通して次の子孫をつくることで，生物がふえていく。

第2段階：評価のための証拠		
【パフォーマンス課題】 あなたは，理科の授業で「生命の連続性」を学習している中学校３年生です。小学校５年生の妹（弟）が，小学校で学習した「メダカのたんじょう」を参考に，「カエルのたんじょう」で自由研究を行っています。自由研究のアドバイスとして次の質問に「なるほど，そういうことなのか。」と納得できるような科学的根拠を示しながら，説明してください。 質問１　一つの卵（受精卵）からカエルができるって不思議だね。この卵は，これからどう変化し，いつ孵化するのかな？ 質問２　オタマジャクシとメダカって似ているよね。オタマジャクシがメダカになることはないのかな？		
【パフォーマンス課題における評価規準】 ○科学的に探究するために必要な基本的技能を身に付けている。 ○特徴，規則性，関係性を見いだし，その事実に対する根拠を主張することができる。	【他の根拠】（評価方法等） ○小集団の観察 ○ワークシートの記述 ○レポート，プレゼン資料の記述 ○アンケートにおける評価・記述	
第3段階　学習計画（全 16 時間）		
1	生物の成長と細胞の変化	４時間
2	無性生殖・有性生殖	４時間
3	染色体の受けつがれ方	２時間
4	遺伝の規則性と遺伝子	３時間
5	総括的評価（単元テストやパフォーマンス課題）	３時間

⑶　指導の実際

ア　生徒主体による「学び合い」学習

教師主導の知識注入・伝達型の一斉授業では，生徒の理解度に個人差が生まれることがある。そこで，１人１人の特性に応じた学びを実現するために，西川（2019）が提唱している「学び合い」（**図１**）という手法を使う。学び合いとは，教師が与えた課題や目標に対して，生徒同士が教え合うことなどによって，全員が目標達成することを目指す活動で，教師はファシリテーターに徹し，生徒同士の活動の中で学びが生まれる授業を設計する。学び合いがスムーズに進む手立てとして，**スタディ・ログ**（学習記録データ）に基づいた教師の支援や，「座席を決めない，おしゃべり，席立ち自由」の形式の授業を行う。生徒同士の意見交流が活発に行えるよう，ICT の特性である「情報を整理・分析，表現できる」「双方向でやり取りできる」等を生かして，端末とロイロノートを活用し，学習した内容を整理し学級全体で多様な見方・考え方を共有できるようにした。



図１　「学び合い」学習のイメージ

イ　日常生活や社会とのつながりが実感できる探究学習

単元ごとに，日常生活や社会で活躍しているスペシャリスト（専門家）をゲストティーチャーに招き，『理科×○○○○』というテーマで，体験談や実験・観察等の講義を行った。生徒は，理科という教科をきっかけに，教科の枠を越えて学ぶことと自分の人生や日常・社会とのつながりを実感する。そして，一人一人が，地域の将来などを自らの課題として捉え，そうした課題の解決に向けて自分たちができることを考え，実践する姿を目指した。

また，科学的に探究するためのフレームワークを開発した。これにより，生徒は探究の過程（課題→仮説→事物・現象→分析・解釈→結論→振り返り・次時への見通し）を，一人一人が見通しを持って行うことができる。また学びの見取りとして，パフォーマンス評価を行う。パフォーマンス課題での協働学習の中で，正解だけでなく「納得解」や「最適解」などを導き出す姿勢などの生きる力の育成を目指す。

以下に指導計画，第 15・16 時の指導の展開を示す。

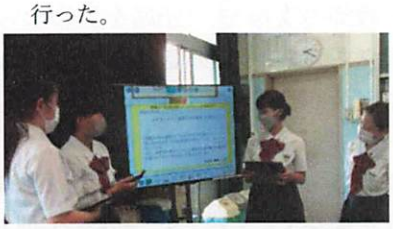
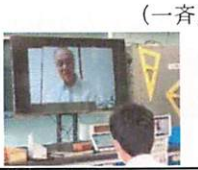
ウ　主題

カエルの発生の謎を小学生にアドバイスしよう。

エ　ねらい

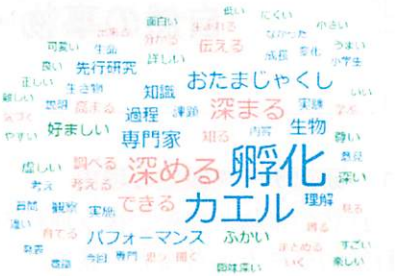
○生物の成長や生殖を，「細胞」や「遺伝子」という視点で捉え，個体や種との関係（多様性・共通性）を考えながら，科学的根拠に基づいて探究することができる。

オ　展開

<table>
<tr><th>学習活動（形態）</th><th>時間</th><th>○教師の働きかけ　・生徒の反応</th><th>○指導の工夫　◎評価規準（評価方法）</th></tr>
<tr><td>1　学習課題を確認した。　（一斉）</td><td>5</td><td>○今日の学習課題を確認しよう。</td><td>○生徒の活動意欲を高めるため，小学生からビデオレターの質問に答える設定にした。</td></tr>
<tr><td colspan="4">パフォーマンス課題　小学校５年生の妹（弟）の次の質問に科学的根拠を示しながら説明してください。
質問１　一つの卵（受精卵）からカエルができるって不思議だね。この卵は，これからどう変化し，いつ孵化するのかな？
質問２　オタマジャクシとメダカって似ているよね。オタマジャクシがメダカになることはないのかな？</td></tr>
<tr><td>2　エキスパート活動で課題を追究した。(エキスパート班)</td><td>30</td><td>○それぞれのエキスパート課題に取り組み，その後のジグソー活動で説明できるようにしよう。</td><td>○実証性，再現性，客観性を意識するために，探究の型を使用したフレームワークを行った。</td></tr>
<tr><td colspan="4">
<table>
<tr><th>エキスパートA
質問①を観察データから推論する。</th><th>エキスパートB
質問②を観察データから推論する。</th><th>エキスパートC
先行研究から考える。</th><th>エキスパートD
専門家から学ぶ。</th></tr>
<tr><td>質問①について，My 卵（カエル）の細胞分裂の様子の経過写真から考える。</td><td>質問②について、附属小で観察したメダカの細胞分裂の様子の経過写真から考える。</td><td>質問①②について、先行研究として，インターネットで調べ，自分の考えをまとめる。</td><td>質問①②について，愛媛大学教育学部の院生とビデオ会議でつなぎ，アドバイスを受ける。</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>3　ジグソー活動で課題を解決した。
（ジグソー班）
</td><td>10</td><td>○エキスパート班で考えたことを説明した後，ジグソー班で協力しながら，課題を解決しよう。
</td><td>○根拠や説明を明確にするために，他の人の発表を聞くときに質疑応答を行った。
</td></tr>
<tr><td>4　クロストークで各ジグソー班が解決した結論を共有した。　（小集団）</td><td>15</td><td>○ジグソー班で話し合ったことや話題になったことから，結論を発表し合おう。発表を聞く側は，メモを取ったり，質問したりしてみよう。</td><td>◎科学的根拠を明らかにして，説明している。　（プレゼン資料）</td></tr>
<tr><td>5　専門家の方の話を聞き，本時の学びを振り返った。
（一斉）
</td><td>10</td><td>○中村正久先生（早稲田大学理工学術院総合研究所）に講評をしてもらおう。
○もう一度，個人で課題を解決して見よう。
・専門家の意見と違いに気付き，新たな視点で自分の考えを振り返った。</td><td>○社会とのつながりを実感させるために，社会で活躍している専門家とビデオ会議システムでつないだ。
◎本時の学びを振り返り，要点を明らかにして学んだことを表現している。　（プレゼン資料，レポート）</td></tr>
</table>

⑷　生徒の学びの実際

テキストマイニングツール（by ユーザーローカル）https://textmining1.userlocal.jp/ を使用して，学習前後の生徒の変容を分析した。スコアが高い単語ほどその値に応じた大きさで図示している（**資料１**）。生徒は，筆箱の中で孵化するカエルの卵を観察したことへの感動や，専門家との交流による学びの深まりを感じていた。生徒の感想で，「自分で孵化させてみて命を身近に感じた」「成長過程を見られたことで愛着も湧いた」とあるように，生物への愛情と同時に生命の精緻性，神秘性を肌で感じていたようである。



資料１　テキストマイニング

４　成果と課題

⑴　成果

この研究テーマで，３年間理科を指導した生徒の感想（**資料２**）である。

ア　生徒主体による「学び合い」学習の効果

生徒主体による「学び合い」学習の効果を測るため生徒に学習の理解についてのアンケート（**資料３**）を行った。2020 年度（中学３年生９月実施）と 2021 年度（中学２年生９月実施）に同じ質問項目で実施したところ，上位三つとも同じ項目であった。生徒の感想にもあるように，生徒主体による「学び合い」学習を行うことで，生徒は教えられるのを待つのではなく，自ら学ぼうとする自律型学習者へと変貌する。他者と対話していくことで，自分だけでは得られない多様な情報や価値観を得ることができ，他者への説明を通して，情報として得た知識や技能をより自分のものにすることができたと考える。

イ　日常生活や社会とのつながりが実感できる探究学習について

パフォーマンス課題などで教科の枠を越えた探究課題に取り組むことで，生徒は学ぶことと自分の人生や日常・社会とのつながりを実感することになり，地球人として SDGs の目標達成への原動力になっていると実感する。また，探究学習のフレームワークを行うことで，結果（実験から導き出された事物・現象），考察（結果から課題を解決するために分析・解釈されたもの）の関係性を論理的に表現することができる生徒が多くなってきた。

⑵　課題

深い学びを実現するためには，更なる言語活動の充実と，ICT 機器の活用など情報活用能力が必要となる。また，持続可能な社会の担い手として，生徒一人一人が学んだことを，今後どのように生活に生かし，実践に繋げていくかが求められているため，理科だけでなく他教科との横断的な授業や，学校全体としての指導計画の見直しなど，カリキュラムマネジメントに取り組んでいくことが必要である。

S1 先生が中心とした授業ではなく生徒が答えを導き出す授業のため，考えることが増え，理科が好きになりました。そして，専門家の人と実験したり，討論したりと，とても学びを深めることができました。

S2 ロイロノートを活用して授業を進めてくださるので，家でも予習・復習することができ，自宅でも効率良く学習することができました。

S3 授業は生徒主体の話し合いなども多くとても有意義なものだった！今後も今までのような授業を実施していただきたい。

S4 席が自由の「学び合い」学習がとても良かった。わからないところを友達に聞けるのが良い。

S5 皆とたくさん意見を出しながら高め合っていけるので楽しいです。

資料２　３年間理科を教えた生徒の感想

あなたの学習の理解において，「XXXXXX」は，どの程度有効でしたか？
5．とても有効だった 4．まあまあ有効だった 3．どちらとも言えない
2．あまり有効でなかった 1．有効でなかった

項目	3年生平均値	2年生平均値
「教員による講義型学習」	4.11	3.83
「学び合いによる学習者中心の学習」	**4.35**	**4.45**
「映像教材（動画）を中心とした学習」	4.11	4.01
「実験観察を中心とした学習」	**4.36**	**4.44**
「インターネットで調べる学習」	3.92	4.04
「専門家とつながる学習」	4.27	4.11
「レポート、プレゼンシートを作成する学習」	3.97	3.95
「他者との交流で自分の考えを表現する学習」	**4.35**	**4.47**
「SDGsなど社会や日常の問題に取り組む学習」	3.75	3.97
「問題演習（練習問題などを解く）」	4.11	4.24
「塾（家庭教師なども含む）での講義」	4.08	3.98

資料３　生徒のアンケート集計結果

参考文献

・西川　純　　（2019）「個別最適化の教育」学陽書房
・溝上　慎一　（2016）「アクティブラーニングとしての PBL と探究的な学習」東信堂

研究（その３）

自然の事物・現象を探究する授業展開の工夫

（実践者）山根　典之

１　研究テーマ設定の理由

自然の事物・現象を扱う理科の学習においては，観察，実験などを行うことで，理解を深め，科学的な見方・考え方を養うことを軸としている。「持続可能な社会」の形成に資するためには，自然の事物・現象に進んで関わり，目的意識を持ち，自ら考え，見通しを持って判断する授業展開が重要だと考える。そこで本研究では，実験により得られた結果を分析して解釈するなど，科学的に探究する力と科学的な根拠を基に表現する力が的確に判断する態度につながるものと考え，本研究テーマを設定した。

２　研究の内容と方法

(1)　生徒たちの生活経験における疑問を基にした学習課題の設定

身近な事物・現象に対する不思議さや面白さに直接触れさせるようにし，日常生活に見られる現象と結びつけて，身近な現象に対して科学的に探究する学習を充実させたい。まず，日常生活との関わりが深く，直接体験が可能な現象を取り上げる。音に関する観察・実験を通して，それらの結果を図示して考察することなどによって，規則性を見いだす意欲や，身の回りの現象と関連させて調べようとする主体的な態度を身に付けさせたい。

(2)　科学的根拠に基づいた協働的な学び

本研究では，科学的根拠を大切にしながら，一人一台端末を駆使した質の高い協働的な学びを展開したい。まず，ロイロノートのフレームワークを用いて，構造的に実験結果や考察をまとめさせる。それを使って，自分と他者との考えを比較しながら共有化を図ることで，より学びが深まることを期待したい。そして話合いの場面では，生徒同士が既習事項と関連付けながら科学的な見方・考え方を働かせて，分かったことを根拠に意見を交換できるグループワークを用いることで，協働的な学びを充実させたい。

３　研究の実際

(1)　単元名

音の世界（第１学年）

(2)　指導の計画

ア　単元目標

○音についての観察，実験を通して，音は物体が振動することによって生じ空気中などを伝わることや，音の高さや大きさは発音体の振動に関係すること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ができる。　「知識及び技能」

○音について問題を見いだし，見通しを持って観察，実験などを行い，音の性質の規則性や関係性を見いだして表現することができる。　「思考力，判断力，表現力等」

○音に関する事物・現象に進んで関わり，科学的に探究しようとする態度を養うとともに，自然を総合的に見ようとする。　「学びに向かう力，人間性等」

イ　重点目標

＜本質的な問い＞

音とは何か。

＜永続的な理解＞

音が伝わるには振動する物体が必要であり，空気も音の振動を伝えている。音の振動はオシロスコープなどで波形として観察することができる。波形の振幅は音の大きさ，振動数は音の高さ

を表し，大きい音ほど振幅が大きく，高い音ほど振動数が多いことを理解する。

ウ　パフォーマンス課題とルーブリック

パフォーマンス課題			その他の評価方法
あなたは，音について研究している研究員です。工事現場からの騒音問題を受けて，「騒音を防ぐ壁」を作り上げてほしいと附属中学校から依頼を受けました。音の大きさを小さくしたり,消したりするためには様々な手段が考えられると思います。それらを組み合わせた上で効率よく，効果的に防音することのできる壁を，研究員として附属中の生徒を含む関係者の方に提案してください。			○ノート，レポート課題（ロイロノートを含む）の記述 ○課題追求状況の観察や声掛け ○学びログ ○単元別テスト
	知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
A	B評価の規準を全て満たした上で，科学的根拠に基づいて実証性，再現性，客観性のある探究ができる。	B評価の規準を全て満たした上で，記述の中に，日常生活や社会とのつながりが実感できる科学的根拠に基づいた表現ができる。	B評価の規準を全て満たした上で，別の生徒の考えを基に，自分の考えを深め，文章で表現しようとしている。
B	音の大きさや高さは振幅と振動数が関係していると理解し，科学的に探究するために必要な基本的技能を身に付けている。	実験結果から，防音や消音について，特徴，規則性，関係性を見いだし，その事実に対する根拠を主張することができる。	自分の考えを別の生徒に伝えるとともに，別の生徒の考えを取り入れて考えようとしている。
C	実験などに関する操作や記録など基本的技能を身に付けていない。	実験結果から，特徴，規則性，関係性を見いだすことができていない。	自分の考えを伝えられない。または，自分の考えに別の生徒の考えを取り入れようとしていない。

エ　学習計画（全６時間）

次	時間	ねらい・学習内容	重点	記録	評価規準（評価方法）
1	1	・学習計画の確認，目標の設定を通して，学習の見通しを持つ。 ・様々な音源に触ったり，観察したりすることを通して，音に関しての問題を見いだして課題を設定する。	態 態 知		・本単元の学習の流れや課題解決のための見通しを持とうとしている。 ・身の回りのものの音の伝わり方を意欲的に調べようとしている。 ・音はものが振動することによって生じることを理解している。
2	2	・音が伝わるには振動する物体が必要であり，空気も音の振動を伝えていることが分かる。	知 思	○	・いろいろな事例を比較し，音が伝わる経路や音の速さについて，得られた結果から音の伝わり方を考察し，自分の言葉で表現している。
3	3	・オシロスコープを用いた実験を通して,音の波形をから音の大きさと振幅，音の高さと振動数との関係を見いだす。	知 思	○	・実験結果をもとに，音の大きさと高さと，オシロスコープの波形との関係があることについて考察し，自分の言葉で表現している。
4	4 本時 5	・パフォーマンス課題を解決するための探究活動を通して，自ら実験を行い，結果から音の大きさに影響している事象を明らかにする。	知 思	○ ○	・授業で取得した知識や用語を使って説明している。 ・観察・実験から得られたデータや資料から科学的な考察ができている。
5	6	・パフォーマンス課題 ・単元別テスト	態 思	○ ○	・これまでの学習や他者の考えを生かして，課題に対する自分の考えをまとめている。 ・パフォーマンス評価

⑶　指導の実際（４／６時間）

ア　主題

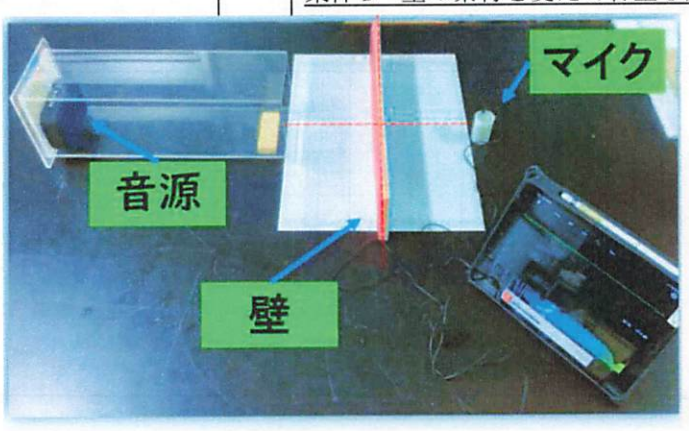
どのような防音壁を作れば，私たちの音環境を守れるか考えよう。

イ　ねらい

○音を防ぐ理由を音の性質や規則性と関連付けて，班員と協力して説明することができる。

ウ　展開

学習活動（形態）	時間	○教師の働きかけ　・生徒の反応	○指導の工夫 ◎評価規準（評価方法）
1　前時までの復習をし，本時の学習につなげた。　（全体）	5	○前時の学習を振り返ってみよう。 ○サラウンドスピーカーから出される騒音の中で,授業をしてみると，どう感じますか。 ・うるさくて授業に集中できない。 ・音を防ぐような手立てが必要。	○本時の内容を理解しやすくするために，既習事項を確認させた。 ○課題設定を主体的に感じられるために，実際に課題となる音環境を体感させた。
パフォーマンス課題：あなたは，建設会社に勤める研究員です。附属中学校付近の道路や工事現場からの騒音問題を受けて，「騒音を防ぐ壁」を作り上げてほしいと附属中学校から依頼を受けました。音の大きさを小さくしたり，消したりするためには様々な手段が考えられると思います。それらを組み合わせた上で効率よく，効果的に防音することのできる壁を，研究員として附属中の生徒を含む関係者の方に提案してください。			
2　解決の見通しを立てた。 （個人→全体）	5	○どのようにすれば,音を減らしたり,消したりできるのだろうか。 ・壁を厚くすることによって，音を防ぐことができる。 ・布を使えば，音を吸収してくれる。 ・空気を通さないような素材を使えば，音を防ぐことができる。	◎音を振動と捉え，調べる方法を見いだそうとしている。 （生徒のプレゼン資料）
3　課題を追究した。　（小集団）	15	○次の実験を行い，結果と考察をまとめて，パフォーマンス課題を解く手掛かりにしてみよう。 条件Ａ　壁の高さを変えて音量を計測する。 条件Ｂ　壁の厚さを変えて音量を計測る。 条件Ｃ　壁の横幅を変えて音量を図る。 条件Ｄ　壁の素材を変えて音量を図る。	○実証性，再現性，客観性を意識するために，簡易ホワイトボードのフレームワークを使用させた。 ○学習した内容を整理させ，見方・考え方を共有させるために，ロイロノートのプレゼン機能を使わせた。

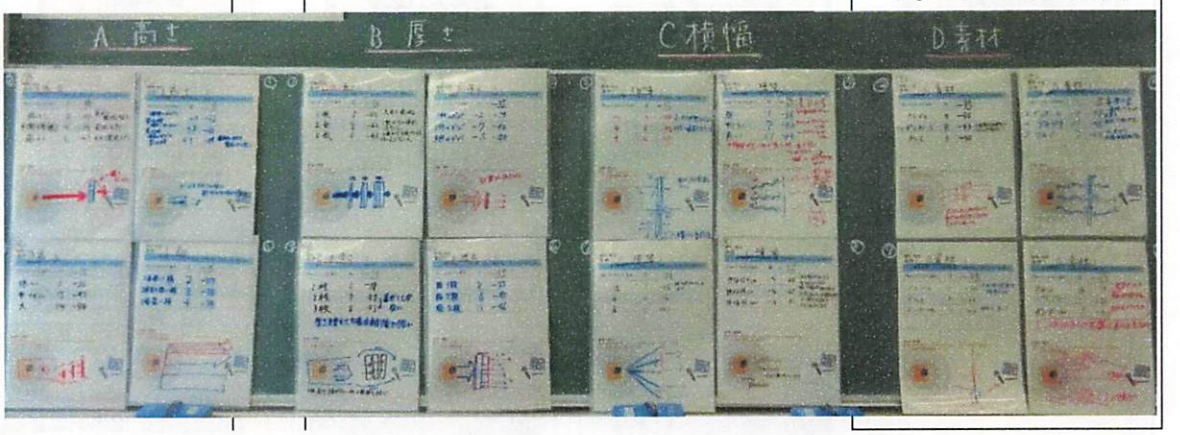




4　課題に対する考えを議論した。 (小集団) ↓ (全体) ↓ (個人)	20	○実験結果を考察し,話し合ったことを同じグループの班員同士で発表し合おう。発表を聞く側は，メモを取ったり，質問したりしてみよう。 ・自班で調べていない内容について，情報交換することができた。 ○各班の実験結果から，どのような防音壁を作れば音を防げるのか，今日の実験と話合いを基に，図や言葉で表現してみよう。	○科学的根拠を基に議論させるために，どの結果を根拠にしたのかを明らかにするよう指示した。 ◎科学的根拠を明らかにして，説明している。 (プレゼン資料)
5　本時の学習を振り返った。 (全体)	5	○今日の授業で学んだことを活用して，課題に対する現時点での考えをまとめよう。 ○本時を振り返って学びログ書いておこう。	○パフォーマンス課題の解決のために，本時の学びを生かして考えをプレゼン資料にまとめた。(プレゼン資料)







(4)　生徒の学びの実際

第４次の振り返りで生徒が記述した内容の主なもの（**資料１**），パフォーマンス課題を解決するための探究活動で生徒が作成したフレームワーク（**資料２**）は次のとおりであった。また，パフォーマンス課題に対する生徒のワークシートの記述を評価した。実験結果から，防音や消音について，特徴，規則性，関係性を見いだし，その事実に対する根拠を主張することができている生徒（**資料４：評価Ｂ**）は全体の 45%程で，Ｂ評価の規準を全て満たした上で，記述の中に，日常生活や社会とのつながりが実感できる科学的根拠に基づいた表現ができる生徒（**資料３：評価Ａ**）は全体の 45%程いた。実験結果から，特徴，規則性，関係性を見いだすことができていない生徒（**資料４：評価Ｃ**）が 10%いた。

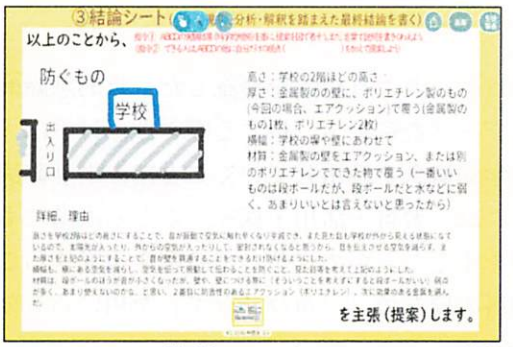
第４次の振り返り

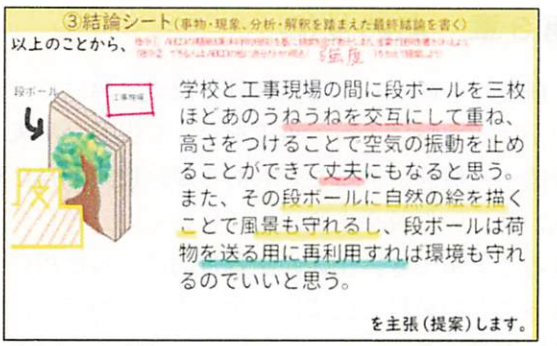
・実際の防音壁にどのような物があるのか。また，それがどのように音の大きさを小さくしているのかを知りたいと思った。
・パフォーマンス課題に対して，音の性質と日常に起こる問題との関係や解決策を科学的に考えることができた。
・課題に対する解決策について，SDGs などの別の視点で捉えることで，多様な考えを持つことができた。
・実験を通して，騒音を防げる理由を科学的に考えることができた。今後も，身近な現象や問題に対して，授業で勉強した内容を関連させて解決方法を考えていきたい。
・実験結果から考えた条件だけでなく，環境への配慮や街の景観への調和などの別の視点で考えることは，科学的に考える部分とのバランスを取ることが難しかったが，実生活に生かすには必要な事だと思った。
・音の性質を理解した上で，よりよい防音壁を考えた。今後も，勉強したことを日常生活に生かしていきたい。
・課題を解決するには，実験結果だけを見るのではなく，実際にその方法で解決しても問題は起きないのか，他に良い方法は無いのかと様々な視点から再度解決策を考えることが大切であることが分かった。
・日常生活の中に，音の振動が伝わらないような工夫がたくさんあり，そこには環境や人権など様々な面に配慮されていることが分かった。

資料１　第４次の振り返りで生徒が記述した内容の主なもの



資料２　パフォーマンス課題を解決するための探究活動で生徒が作成したフレームワーク

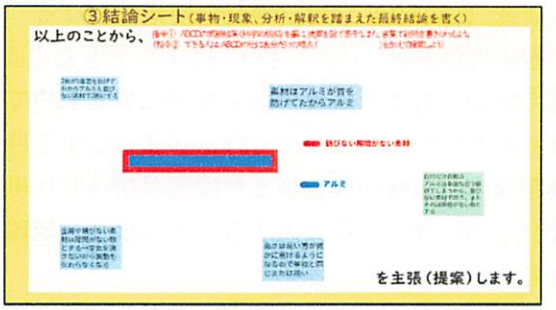




資料３　パフォーマンス課題に対するレポート（評価Ａ）



資料４　パフォーマンス課題に対するレポート（評価Ｂ）



資料５　パフォーマンス課題に対するレポート（評価Ｃ）

4　成果と課題（○は成果，●は課題）

○既習事項から考えられる身近な現象を取り入れれば，「なぜだろう？」という疑問を持たせることができ，次の問題の探究につながることが分かった。

○生徒の振り返りの記述やレポートを見ると，実験結果から分かる音の現象だけでなく，環境や人権，SDGs といった日常生活や社会とのつながりを関係付けることができており，広がりと深まりがあったと考えられる。

●パフォーマンス課題に対して，生徒たちの既有の知識の差があり，課題に対する解決イメージが中々掴めない生徒がいた。防音壁について全く知らない，身近でない生徒に対して，その事物がイメージできる写真や映像を見せることが必要であったように考える。また，図や説明文を書くことが難しい部分もあったため，説明に使う科学的な根拠に関するキーワードや定型文を使うなど条件を狭めたりすることで，より授業のねらいに迫れたと考える。

○生徒の提出データを分析すると，フレームワークを使って構造的に実験結果や考察をまとめさせ，自分と他者との考えを比較しながら共有化を図ることができた。

○今回の授業のように仲間と話し合うペア・グループ学習を多く取り入れ，問題解決の過程を重視した学習を取り入れれば，自然の事物・現象に進んで関わり，目的意識を持ち，自ら考え，見通しを持って行動する力が育ち，よりよい社会を切り拓こうとする力の育成につながると感じた。

●課題に対する考えを議論し合う場面では，タブレットを使うと，どうしても小集団よりも個々で考える時間が多くなってしまうため，コミュニケーションボードやホワイトボードなどの教具を使うことで，より対話的な学びが充実し，多様な見方・考え方ができ，深い学びへとつながったように感じる。

参考文献

・稲垣　忠　(2020)「探究する学びをデザインする! 情報活用型プロジェクト学習ガイドブック」明治図書

第３章　おわりに

研究（その１）では，理科の授業における三角ロジックの有用性を検証した。目的意識的に問いかける実験によって事実をつくり出し，事実・データを解釈・分析する際の理由付けは，最初は誤った概念であることもあるが，授業で得た科学的概念を適用していくことで，より確実性の高い新しい仮説や主張になっていく。三角ロジックは「習得・活用・探究」のどの段階でも適用することができ，生徒の学習目的に合った用い方をすることができる。その型を工夫することによってどの教科の授業にも生かすことができ，理科の授業で「三角ロジック」を用いる有効性は高いと考える。

研究（その２）では，理科の授業における「自律型学習者の育成」について検証した。生徒の学習の理解には，「学び合い」による学習者中心の学習，実験観察を中心とした学習，他者との交流で自分の考えを表現する学習方法が効果的である。これらの学習を行うことで，生徒は教えられるのを待つのではなく，自ら学ぼうとする自律型学習者へと変貌する。また，パフォーマンス課題などで教科の枠を越えた探究課題に取り組むことで，生徒は学ぶことと自分の人生や日常・社会とのつながりを実感することになり，地球人として SDGs の目標達成への原動力につながると考える。

研究（その３）では，「自然の事物・現象を探究する授業展開の工夫」について検証した。自然の事物・現象を扱う理科の学習においては，観察，実験などを行うことで，理解を深め，科学的な見方・考え方を養うことを軸としている。生徒たちの生活経験における疑問を基にした学習課題の設定やフレームワークを利用した科学的根拠に基づいた協働的な学びを実施することで，自然の事物・現象に進んで関わり，目的意識を持ち，自ら考え，見通しを持って行動する力が育ち，よりよい社会を切り拓こうとする力の育成につながると考える。

三つの実践より，科学的根拠に基づき探究する資質・能力の育成には，フレームワーク（三角ロジック，探究の型）を用いた探究の学習過程が効果的であることがわかった。また，評価の工夫として，一枚ポートフォリオ（OPPA）や，日常生活や社会との関連を重視したパフォーマンス評価に取り組むことで，自己の学びについてメタ認知し，課題に粘り強く取り組んでいこうとしたり，学びを修正・改善したりする姿勢につながったと考える。今後は，持続可能な社会の担い手として，生徒一人一人が学んだことを，どのように生活に生かし実践に繋げていくか，自分にできることを考え行動する生徒の姿に迫る指導改善を一層図りたい。