

生徒が自学自走できる理科教育

たちばな みほ（中学）・もりなか としゆき（高校）
立花 美穂（中学）・森中 敏行（高校）

キーワード：自学自走、中高理科教育、サイエンスリーダー、ニア・ピア・エデュケーション、教材開発

I. はじめに

本校の研究テーマ「学びあう生徒と教師—自走する生徒の育成を目指して—ホンモノ体験×認知科学」を踏まえ、理科では「生徒が自学自走できる理科教育」を教科テーマとして設定した。このテーマは、生徒が自ら課題を見つけ、主体的に学びを進める力を育むことを目的としている。

理科の授業では、認知科学の知見を活かしながら、生徒が自分の理解の過程を意識し、思考を言語化・可視化することで、知識の定着だけでなく、探究的な学びへとつなげていく。

また、実験や観察、フィールドワークなどのホンモノ体験を通して、理科の本質に触れながら「なぜ」「どうして」と問いを持ち、自ら調べ、考える姿勢を育てる。

教師は一方的に教える存在ではなく、生徒の学びを支え、共に考える伴走者として関わり、対話的な授業を通して学びの深まりを促す。

さらに、ICTの活用や学習環境の工夫により、生徒が自ら学習を計画・実行・振り返る力を身につけ、授業内外での学びの連続性を確保することで、真に自学自走できる理科教育の実現を目指す。

中学では 2 年生でサイエンスリーダーが主導して同級生に、高校では 3 年生の生物選択者が主導して中学 3 年生に授業を行った。

II. 授業 I の記録

授業者：立花 美穂

学 年：中学校 第 2 学年

単 元：生物の体のつくりとはたらき

テーマ：体の反応をヒントに、暮らしを見直す理科

(1) 単元：生物の体のつくりとはたらき

① 教材観

本教材の目的は以下の 4 点である。1 点目は、学習指導要領にあるように、刺激を受け取ってから反

応が起こるまでに時間がかかることを理解し、そのしくみと理由を考察する力を育てる。2 点目は、自身の経験をもとに反応時間を短くする方法を考え、再実験を通してその効果を検証する力を育てる。3 点目は、実験結果を、分析ツールを用いて整理し、根拠をもって説明する力を育てる。4 点目は、学んだことを日常生活に活かそうとする科学的な視点と態度を育む。

生徒たちは、タイピングやカルタ、陸上のスタートダッシュなど、練習の積み重ねによって反応時間が短くなる経験を日常的に積んでいる。また、部活動では素振りなどの反復練習や上達のコツを教わるなど、技能の向上に関する経験も豊富である。しかし、こうした経験と理科の学習内容との関連を意識できていない生徒が多い。

そこで本教材では、生徒が日常の経験をもとに反応時間を短くする方法を考え、実験によって検証・考察することで、科学的な視点から自身の行動を見直し、今後の生活に活かそうとする姿勢や意識の変容を促したい。

② 生徒観

本学級の生徒は学習意欲が高く、教員が発言を促す場面やグループワークでは、自ら進んで意見を述べる姿が定着している。第 1 学年から継続してサイエンスリーダーを中心とした活動に取り組んでおり、理科への主体的な関わりが見られる。

一方で、個人での思考活動においては、自分の考えを、根拠をもって文章化する力には課題がある。日常的なグループワークを通して思考力や表現力の向上に努めているが、考察文においては論理的な構成や根拠の明示が不十分な生徒が多い。

1 学期のアンケートでは、「理科の勉強は楽しい」63%（TIMSS2023 国際平均 79%）、「理科が得意だ」49%（51%）、「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」73%（81%）、「理科を使うことがふくまれる職業につきたい」44%（58%）と、いずれも国際平均

を下回っていた。自由記述では、理科の学習の意義を実感できていないという声が多く見られた。

これらの実態から、本授業では生徒が日常生活と理科の学びを結びつけ、科学的な視点で自分の行動を見直す機会を設けることで、理科への関心と学習の意義の実感を高めたい。

③ 指導観

本研究授業では、「刺激を受け取ってから反応までの時間を短くする」という課題を、個別の活動ではなく、サイエンスリーダーを中心としたクラス全体の協働的な学習を通して、概念理解を深めることをねらいとした。

事前のクラス内ディスカッションやサイエンスリーダーとの話し合いを通じて、生徒自身が確かめたい方法を考案し、探究的な活動の中で学びを深める構成とした。これにより、生徒が自ら問いを立て、検証し、考察するプロセスを重視した授業展開を目指した。

また、グループ分けや調査方法の指示を教師が一方的に行うのではなく、サイエンスリーダーを中心に、生徒が主体的に学習を進める体制を整えた。サイエンスリーダーの選定にあたっては、事前に反応時間を短くする方法について経験的に考え、それを言語化できている生徒の中から、希望調査結果を参考に、希望者と非希望者を半数ずつ選出した。

このような構成により、生徒が自らの経験と理科の学びを結びつけ、科学的な視点で日常生活を見直す力を育むことを目指す。

(2) 単元(題材)の目標

① 単元の目標

- 動物が外界の刺激に適切に反応するしくみについて、感覚器官・神経・運動器官のつくりと働きの関連を観察や実験を通して理解する。

② 題材の目標

- 「刺激を受け取ってから反応するまでの時間を短くする」という課題について話し合い、解決方法を考察する。
- 実験結果のデータを分析し、根拠をもって説明する力を育てる。
- 実験を通して日常生活を見直し、科学的な視点で行動を改善しようとする姿勢を育む。

(3) 単元の評価規準

- 動物の体のつくりとはたらきとの関係に着目しながら、刺激と反応についての基本的な概念や原理・法則などを理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基

本操作や記録などの基本的な技能を身につけている。【知識・技能】

- 動物のつくりとはたらきのうち、刺激と反応について、見通しをもって解決する方法を立案して観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し、動物の体のつくりとはたらきについての規則性や関係性を見いだして表現しているなど、科学的に探究している。【思考・判断・表現】
- 動物の体のつくりとはたらきのうち、刺激と反応に関する事物・現象に進んでかかわり、見通しをもったりふり返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。【主体的に学習に取り組む態度】

(4) 単元の指導計画

時	学習内容	主な評価規準【観点】・評価方法等
第1時	動物は外界からの刺激をどこでどのようにして受け取っているのか説明できるようにする。	・動物にはどのような感覚器官があり、それぞれどのような刺激を受け取っているか説明できる。【知識・技能】 ・ヒトのおもな感覚器官をあげ、そのつくりと受け取った刺激を脳に伝えるしくみを説明できる。【知識・技能】
第2時	受けとられた刺激は、どこに伝わり反応が起きるのか説明できるようにする。	・ヒトの神経系が中枢神経と末梢神経からなることを説明できる。【知識・技能】
第3時	刺激を受け取ってから、反応するまでの時間の測定実験	・ヒトの反応時間を調べる実験を行い、その結果をわかりやすくまとめることができる。【知識・技能】 ・ヒトの反応時間を調べる実験結果などから、感覚器官が刺激を受け取って反応が起るまでの経路について考察することができる。【思考・判断・表現】 ・反射のしくみと特徴について説明できる。【知識・技能】
第4時	動物はどのようなしくみで運動するのか説明できるようにする。	・ヒトの体の運動が、骨格と筋肉の協同によって行われていることを説明することができる。【知識・技能】 ・自身の手足の動きを、骨格と筋肉の学習をもとに考察することができる。【思考・判断・表現】
第5時 (出前授業)	大阪大学名誉教授小倉明彦先生による授業	・講師による話を興味、関心を持って聞くことができる。【主体的に学習に取り組む態度】
第6時	実験データの処理と分析の仕方を練習	・ヒトの反応時間のデモデータを適切に処理、分析することができる。【知識・技能】
第7時 (研究授業)	刺激を受け取ってから、反応するまでの時間を短くする方法を、日常の経験から考え、実践、測定し、効果を正しく分析する。	・ヒトの反応時間をより短くする方法について考察することができる。【思考・判断・表現】 ・実験内容から日常を見直すことができる。【主体的に学習に取り組む態度】 ・今後の日常生活に活かそうとする態度がみられる。【主体的に学習に取り組む態度】

(5) 研究授業前の科学的ホンモノ体験

研究授業の前に、1つ目の科学的ホンモノ体験として、神経学者の小倉明彦先生による出前授業をしていただいた(第5時)。世界陸上でのスタートダッシュを例に、なぜ0.1秒より速くスタートするとフライングになるのかを科学的に説明していただいた。また、反応時間を短くするためのヒントも教えていただいた。授業後には、小倉先生に直接質問したい生徒が多くいた。事後のアンケートでは、「難しいところもあったが、面白かった。難しかったところを理解できるように勉強していきたい。」「新しい知識が刺激的だった。」「当たり前のように毎日を動かしているのも実は様々な出来事が積み重なってできているのだと感じて感動した。」「専門的にその分野を研究している人の授業を受けられたことで、より詳しい内容のものを知ることができた。」などの感想があり、刺激的な体験になったことがわかった。

2つ目の科学的ホンモノ体験として、実験データ

の処理と分析の仕方を練習した（第6時）。実験データを平均値だけで比較するのではなく、t検定という分析ツールを使うことを教えた。

（第6時）研究授業前の学習過程

時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準（評価方法）
導入 5分	○アクティブリコール	○出前授業の内容を思い出させる。	
<p><課題> 刺激を受け取ってから反応までの時間の妥当性と、実験前後の変化の有無を調べる方法を知ろう。</p>			
5分	○プリント配布 不適切なデータを見つける。	○陸上競技でスタートの合図から0.1秒内に反応すると、フライングになることから、デモデータ（Xクラス）の中でおかしな記録を見つけ出させる。短すぎるのも長すぎるのもおかし。	○デモデータを適切に処理、分析することができる。【知識・技能】
展開 5分	○クロームブック準備 測定データの確認 デモデータを配布	○以前測定したデータに、反応時間として測定ミスがないか確認する。	
10分	○実験効果を考える 意見交流	○デモデータ（Yクラス）で、実験前後のデータを比べ、実験効果があったと言えるか考えさせる。平均値のグラフと分散図を参考に、平均値だけで比較してもよいのか？考えさせる。	
20分	○結果分析方法を知る	○2つのグループに偶然ではない違いがあるか調べる方法をt検定という。エクセルで分析方法を示す。 ○デモデータ（Yクラス）の実験前後のデータからP値を求めることで、測定値の差が偶然ではないことを証明し、実験効果があったという結論を導き出す。	
<p><まとめ> 刺激を受けてから反応するまでの時間は、0.1秒より短くならない。2つの実験結果に変化があったかどうかを調べる方法として、t検定がある。</p>			
5分	○次回の予定を連絡	○次回、自分たちで考えた「反応時間を短くする方法」で測定したデータを使い、分析することを伝える。	

（6）研究授業の展開

1. 目標

事前に考案した「刺激を受けてから反応するまでの時間を短くする方法」について実験を行い、得られたデータを分析することで、方法の有効性を、根拠をもって考察する力を育てる。

2. 準備

- ・教師用PC・生徒用タブレットPC
- ・プロジェクター・スクリーン・実験用濃茶
- ・紙コップ

3. 研究授業の評価基準

- ・反応時間の結果をもとに、データを適切に分析し、根拠を明示した考察文を書くことができる。【知識・技能】
- ・実験内容をもとに、自分の生活を振り返り、学んだことを今後の日常生活に活かそうとする姿勢を示している。【主体的に学習に取り組む態度】

十分満足できる	おおむね満足できる	努力を要する子どもへの支援
<ul style="list-style-type: none"> ・反応時間の結果から、刺激を受けてから反応するまでに体内で起こることについて考え、考察文を書くことができる。 ・実験内容から、主体的に日常生活を見直し、今後の日常生活に活かそうとする態度がみられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応時間の結果から、他者の意見を参考に、考察文を書くことができる。 ・実験内容から、日常生活を見直そうとする態度がみられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・反応時間の結果を再度確認し、実験課題と照らし合わせて考察文を完成させる。 ・実験内容から、似たような経験を思い出させ、日常とのつながりを感じさせる。

4. 学習過程

時間	学習内容・学習活動	指導上の留意点	評価規準（評価方法）
<p><授業開始前（休み時間）> 前時の確認事項に従ってサイエンスリーダーを中心に実験準備を行う。 ⇒（ねらい）十分な実験時間を確保するための生徒による主体的な活動。</p>			
導入 5分	○アクティブリコール（2分） ○前回の授業の振り返り	○指導者側から改めて本実験を通して明らかにしたい課題の確認を行う。また、本時におけるタイムスケジュールを提示する。	
<p><課題> 刺激を受け取ってから反応までの時間を短くする。</p>			
展開 35分	○クロームブック準備、 実験条件の確認 予想記入 ○検証実験（2種類） ○結果分析・共有 ○実験結果の考察	<ul style="list-style-type: none"> ○事前実験の結果を踏まえて、実験前に検討事項がある際は、サイエンスリーダー中心に確認させる。 ○測定が正しく行われているか、測定値としてふさわしいかを確認して入力させる。 ○入力された数値を確認した上で、平均を求め、t検定を行い、結果を提示する。 ○結果からの分析とその理由の意見共有を行う。 	○結果からの考察ができる。【思・判・表】
<p><まとめ> 反応時間を短くしている例や工夫を思い出し、今後、日常生活で活かせる刺激を受けてから反応するまでの時間を短くする方法を実践しよう。</p>			
まとめ 10分	○日常の例などを書き出す ○今後の行動を考える	<ul style="list-style-type: none"> ○まとめに関しては、指導者が主体となった活動に切り替える。 ○班で意見交流を行う。 ○全体で意見交流を行う。 ○生徒が主体となって一つの課題に取り組んだことを評価する。 	○実験内容から日常生活を見直すことができる。【主】 ○今後の日常生活に活かそうとする態度がみられる。【主】

（7）研究授業を通して

今回の実践では、生徒が外界の刺激に対する体の反応のしくみを理解し、「反応時間を短くするにはどうすればよいか」という課題に対して、日常の経験をもとに仮説を立て、実験と検証を通して科学的に考察する力を育成した。さらに、サイエンスリーダーを中心とした協働的な学習を取り入れ、生徒自身が実験方法を考案し、データを分析して根拠をもって説明する活動を行った。これにより、生徒は理科の学びの意義を実感し、自ら学びを進める力を養うことができた。

アンケート結果では、全体として「理科の勉強は楽しい」と回答した生徒が72%（1学期63%）、「理科が得意だ」50%（49%）、「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」80%（73%）と、いずれも1学期より肯定的な割合が増加した。特にサイエンスリーダーでは、「理科が得意だ」58%（国際平均51%）、「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」83%（81%）と、国際平均を上回る結果が得られた。

自由記述では、「理科は日常と強く結びついていると実感した」、「反応時間や料理など、生活の様々な場面に理科が関係していると思う」など、生活と理科の関連を肯定的にとらえる意見があった。また、「科学的に説明することで理解しやすくなる」「理科の学習によって生活が豊かになった」などの回答もあり、今回の授業が理科の学びの意義を実感するきっかけになったことがうかがえる。

特にサイエンスリーダーは、実験について活発に話し合い、科学的かつ多面的に考察する機会を多く持ったことで、より深い理解へとつながったと考えられる。

今後は、生徒が日常生活と理科の学びを結びつける力をさらに高めるために、サイエンスリーダーを中心とした協働的な学びを継続しつつ、授業内外での探究活動を充実させたい。具体的には、部活動や家庭での体験を理科的に振り返る機会を設けることで、学びの連続性と実感を促すことができる。これらの取り組みを通じて、生徒が主体的に学び、科学的な視点から自分の生活や社会を見つめる力を育成することが、今後の理科教育において重要である。

Ⅲ. 授業Ⅱの記録

授業Ⅱ 生徒が自学自走できる理科教育「生成AIを活用したホンモノ体験～高3が中3に授業～」

(1) はじめに

① 中3の理科（生物分野）へのイメージ

まず中3が科学、特に生物分野にどのようなイメージを抱いているかを調査するためアンケートを行った（図1）。その結果、実験は好きだが、学習

は好きではないことがわかった。

これは、一般的なトレンドであるが、大きな問題をはらんでいる。つまり、「実験が好き」の意味は、操作することそのものが好きであるが、概念理解や科学的思考は嫌いということである。つまり「実験」が、概念理解や科学的思考にはつながっていない。もはや「実験」＝「学びなき体験」となっていることを示している。

加えて、理科を好きと答えた割合は、20%を超えていたが、生物分野に限定すると15%まで低下する。なぜ生物分野が嫌われるのか気になったので、その理由も尋ねてみた。生物分野を「好き」と答えた生徒と「嫌い」と答えた生徒の2群に分けて、それぞれをテキストマイニング法で分析したのが、図2である。

その結果、以下の2点のことがわかった。

- 1) 生物が嫌いな生徒群の最大の理由は、「暗記」であった。覚えることが苦手、叩き込む、など暗記科目であるために嫌い。
- 2) 生物が好きな生徒群では、理由として、身近であることや実生活と関連深いなどがあったが、実は1)で上がっていた「暗記」は、生物が好きな生徒群においても大きな理由となっていた。

つまり、中3にとっては、生物は暗記であると考えていることが明確化された。

② 高3の生物へのイメージ

では高3ではどのようなイメージを持っているか、自由記述でのアンケートを行い、その記述をもとにした分析した結果、共通する「生物のおもしろさ」の核は、かなり明確に整理できた。

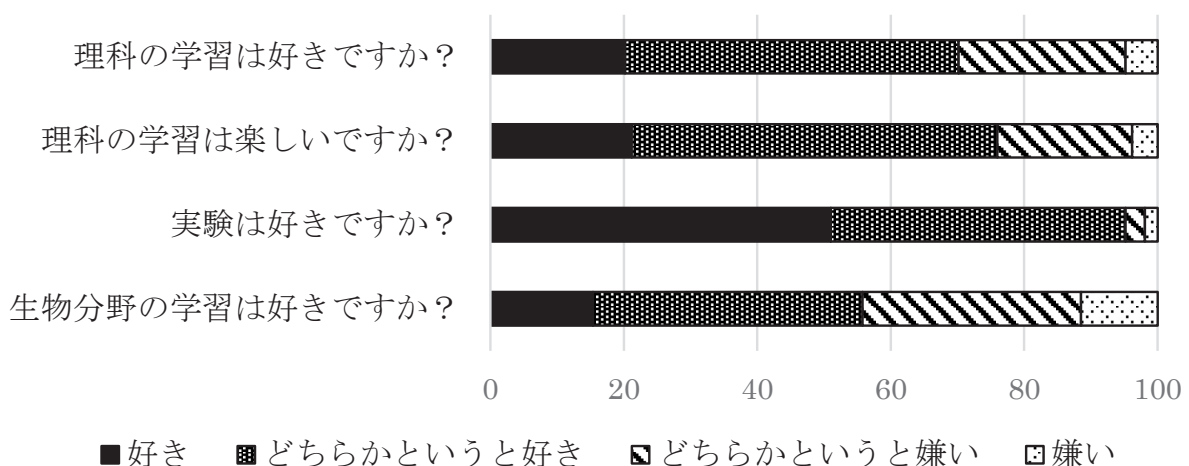


図1 中学校3年生の理科（生物分野）に対する好感度

生物は孤立した教科ではなく、知識を横断的に統合できる場として認識されており、「自分の中で理論を組み立てられたときの爽快感」が、面白さとして語られている。

総合的に見ると高校3年生は、生物を、「知識を覚える教科」ではなく、自分・世界・生命を深く考え続けるための学問として面白いと感じている、と結論づけられる。

(2) 高3が中3を教える理由は？

なぜ中3を対象にすることになったのか。それは、自走する生徒の育成が可能となる授業を展開したい。そのためには、高3がワクワクする楽しいと感じられる授業を展開する必要がある。そこで、高3の生徒全員が、主体的に目的意識をもって、やりがいがあり、有用感や達成感を実感することがカギではないかと考えた。その具体的な方法が、高3が授業を組み立てて、中3をワクワクさせる授業を実践することであった。

高3には、「中3が生物に関心を抱き、ワクワクする授業を行ってほしい。」「生物っておもしろい」ことを教員からだけでなく、直接、高校生から伝えてやってほしいと伝えた。

高3が中3を教えることで、中3の生物に対する暗記科目というイメージを、高3が生物に感じているイメージに変えることも期待していた。

(3) 授業構成

① 単元の目標

高3「ゲンジボタルの生息を確認する」探究の過程の授業を主体的で、目的意識をもって、企画・実践することで、科学的に探究する力およびプレゼン力を養うとともに、中3に生物学の面白さを実感させる。その過程を通して有用感や達成感を体験させる。

中3 環境DNA法の原理を理解し、「ゲンジボタルの生息を確認する」探究の過程を通して、科学的に探究する力を養うとともに、生物学の面白さを実感する。

② 単元の構成

次の3段階に分けて実施した。

- 1) 教員による高3への環境DNA法の概要と実践（高3：1～4時限）
- 2) 教員による中3へのDNAと複製およびPCR法の解説（中3：1～2時限）
- 3) 高3による中3への授業 準備・実践・振り返り（高3：5～13時限、中3：3～5時限）

ただし、中3の4クラスのうち1クラスのみ高3が担当し、他の3クラスについては、高3の指導計画に沿って教員が実践した。

【高校3年生（全13限） 中学校3年生（全5限）】

高校Ⅲ年生		中学校3年生	
1	環境DNA法の原理を理解する		
2	実験方法（プライマーの設計）の計画		
3	環境DNA法の実験		
4	実験結果の考察 ゲンジボタル幼虫の観察		
5	中学校3年生への授業計画立案 （コンセプトマップの作製）		
6	各グループによる授業案の作成 （グループによる作成と全体での検討）	1	DNAの構造 （塩基配列が情報である）
7	パワーポイント、プリントの作成	2	DNAの複製とPCR法
8	第1回目授業 「ゲンジボタルの生息を確認する」実験方法の検討・ゲンジボタル幼虫の観察	3	第1回目授業 「ゲンジボタルの生息を確認する」実験方法の検討・ゲンジボタル幼虫の観察
9	第1回目授業の振り返りと 第2、第3回目の授業案の全体での検討		
10	第2回目授業 環境DNA法の実験	4	第2回目授業 環境DNA法の実験
11	第2回目授業の振り返りと 第3回目の授業案の全体での検討		
12	第3回目授業 実験結果の分析・考察 環境DNA法の活用	5	第3回目授業 実験結果の分析・考察 環境DNA法の活用
13	第3回目授業および全体の振り返り 河川の調査のサポート		希望者による自宅周辺の河川の調査（授業外）

③ 研究会公開授業の位置づけ

本時は、第3回目授業（高3：12時限目、中3：5時限目）であり、単元のまとめにあたる。

④ 本時の指導計画

1) 本時のねらい（目標）

高3

1. 指導を通して、科学的根拠の重要性を再認識する。
2. 指導やコーチングの手法を学ぶ。
3. 「生物の楽しさとは何か」を改めて問い直す。

中3

1. 科学的根拠に基づいて思考する大切さを認識する。
2. 身近な自然に関心を抱く。
- 2) 準備物・教材 プリント、パワーポイント、アクティビティのための材料
- 3) 学習形態 一斉講義とグループ活動
- 4) 指導上の留意点 高校生が感じている「生物の楽しさ」を中学生に伝えるために、自由な発想やそのための環境を保障する。

生徒にとっても、自由な発想で議論できる環境を保障するとともに細やかなサポートを心がける。

5) 本時の展開

学習段階	学習活動	指導活動	指導・評価の観点
導入	前時の振り返り 本時の活動内容	・前回、環境 DNA 法の実験を行ったことを振り返らせる。 ・本時では、実験結果の分析を行うことを伝える。	
展開	授業後の操作 電気泳動 実験結果の分析 今までのまとめ	・前時の授業後に PCR を行ったことを伝える。 ・さらに電気泳動を行う必要性を、またその原理についても発問により理解させる。 ・実験結果の写真を配布し、グループで考察させる。 ・グループで議論した内容を発表させる。 ・kahoot を用いて、既習内容を確認する。	・電気泳動の必要性や原理について、発問を通して理解させる。 ・実験結果からわかることや疑問点をグループでより多く挙げて、その原因について議論させる。 ・気づかなかった点について、ヒントを与えながらその原因について思考させる。 ・正答率が低い内容について解説を行う。
まとめ	課題の提示 (アクティビティ)	・新たな課題を提示し、その解決をグループ単位で行うことを提示する。 ・科学的な根拠が重要であることを説明する。 ・今回の調査方法では、種の同定はできるが、個体判定はできないことなどに気づかせる。	・科学的な根拠に基づいて議論できるように補助する。 ・発言に科学的根拠があるかを評価する。 ・科学における測定限界に気づかせる。
振り返り	全5回の授業の振り返り	・Google FORMS を用いて、各自で振り返らせさせる。	・授業を通してどのような気づきがあったのか自己分析することの重要性を強調する。

6)-1 中学生対象の評価計画（3観点）

		観点別評価規準		
		A	B	C
評価の観点	教科の面白さを実感できる (興味・関心・問いを立てる)	・自然や生命現象への「なぜ？」を積極的に抱き、授業内容を自分の生活・社会・研究に結びつけて考えることができる。	・授業内容に興味を持ち「なぜ？」を積極的に抱き、授業内容について疑問を持って考えることができる。	・授業内容に興味を持つ場面が少なく、生命現象への問いや広がりが生まれにくい。
	知識・技能 (生物の概念理解・観察/実験スキル)	・生物の概念や仕組みを関連付けて理解し、図示や説明が正確にできる。 ・観察・実験の手順を正確に守り、測定・記録が精度よく行える。	・生物の概念や用語を概ね理解し、説明ができる。 ・観察・実験の手順をほぼ守り、基本的な記録ができる。	・基本用語・概念の理解に不十分さがある。 ・観察・実験の手順や記録に不備が見られる。
	思考・判断・表現 (データ解釈・考察・論理性・発表)	・得られたデータの特徴を捉え、根拠に基づいた妥当な考察ができる。 ・説明や発表が論理的で説得力がある。	・データに基づいた考察ができているが、根拠や論理性に弱さがある。 ・説明は概ね理解できる。	・考察がデータと十分結びつかず、説明に飛躍がある。 ・表現が不十分で意図が伝わりにくい。
	主体的に学習に取り組む態度 (探究心・探究心・探究心・探究心・探究心)	・自ら課題を見つけ、解決のために情報収集・試行・改善を行う。 ・協働場面で建設的に意見交換し、学びを広げる役割を果たせる。	・課題に対して継続して取り組む姿勢がある。 ・協働場面で意見交換ができる。	・活動に受け身な姿勢が見られ、課題解決に向けた働きかけが少ない。 ・協働場面で役割遂行が不十分。

6)-2 高校生対象の評価計画（3観点）

		観点別評価規準		
		A	B	C
評価の観点	教科の面白さ・価値が実感できる構成	生徒が「なぜこの教科を学ぶのか」「どのように世界を見る視点が変わるのか」を実感できる仕掛けがあり、学習意欲が高まっている。	教科の面白さは部分的に感じられるが、学習の意義が十分に共有されていない場面がある。	内容理解に終始し、教科の魅力や学ぶ価値が生徒に伝わりにくい。
	目標と探究プロセスの明確さ	学習目標が探究の進め方（問い→仮説→検証→振り返り）として明確で、評価基準と完全に対応している。	探究プロセスに関する言及はあるが、一部抽象的で評価基準との対応が弱い部分がある。	知識目標が中心で探究プロセスが明確に示されておらず、評価との関連も曖昧である。
	学習活動の論理性	導入で問いが自然に生まれ、生徒が考えの変化を言語化できる構成になっている。	問い→検証→振り返りの流れはあるが、思考の深まりにつながる仕掛けが弱い。	手順的な活動が中心で、問いや振り返りが形骸化している。
	生徒の主体的・対話的な学び	生徒同士の対話により、根拠をもとに仮説が更新され、考えが深まっている。	対話はあるが、意見交換で終わる、仮説更新や思考深化までは至っていない。	対話・説明の機会が少なく、学習が受動的である。

⑤ 高3による授業準備のための議論

高3生物選択者21名は、授業実施前と実施後に全員での議論を行った。特に重要であったのは、第三回目の授業準備のための議論であった。以下に議題、議論の要点と結論/対応について、整理した。

議題	議論の要点	結論/対応
授業の締め方	3時間目が最も重要であり、どのように締めるか(生徒の学びを定着させるか)が難しい。	メンバー間でアイデア出しが必要な状況。
ゲーム導入の是非	生徒を惹きつけるためゲームの導入を検討しているが、「ゲーム自体がメインになってしまい、生物という教科のゴールが達成されない」という本来転倒な事態を懸念している。	ゲームを組み込む場合の学習との連動性について、さらなる検討が必要。
生徒への誘導	実験や考察のプロセスで、生徒への誘導(ヒント)を与える際に、詳細な「保証」を与えすぎると、生徒がそれ以外の可能性を考えなくなる。説明は抽象的な表現に留めるべきか悩んでいる。	誘導の度合いについては、生徒の思考を制限しないよう慎重に検討する。
授業の最終目標	「生徒に生物が面白いと思ってもらいたいこと」であり、「応用」を通じてそれを現実化したい。	メインは応用アクティビティとし、学習内容がばやけないよう設計する。
アクティビティの是非	ゲーム、クイズ、ディベートなどのアクティビティは有効だが、「競技性」が「学びの深さ」を上回ると本質的な目標が達成できない懸念がある。	アクティビティ自体は採用するが、「知れて楽しい」自発的な学びに焦点を当てる。
アイデア提案	ツチノコ探検隊、ニホンオオカミの生存調査(既存知識の発展的な活用)・DNA鑑定/犯人探し形式(能動的な参加を促す形式)	DNA 鑑定/犯人探しは注意が必要。授業で扱った「PCRと電気泳動」の方法と、一般的なDNA 鑑定の方法は原理的に異なるため、授業で学んだこととの応用とならないものは不適切である。
準備物・難易度	「犯人探し」形式は、DNA や試薬などを模した紙を用意し、生徒が正しい手順で揃えたら結果(電気泳動の写真)が返ってくる形式が考えられる。	準備に時間がかかりすぎる可能性、また専門的な視点(教員側)からの評価に耐えうる内容であるか検討が必要。
結果提示の時期	生徒自身のサンプルは授業に間に合わないため、事前に用意された結果を使用する方針。	事前に用意された結果(先生が今日行う実験結果)を見せる。
考察の深め方	成功例を見せるだけでは「ホタルがいた/いなかった」で終わり考察が深まらない。あえて失敗した結果を見せ、「なぜ失敗したのか」を考察させる方が、学びが深まるのではないかと。	失敗した結果の考察(実験的な失敗理由)は、人的ミスなどにより深まりにくい可能性がある。応用的な考察(例:ホタルの生息に関する考察)に時間を割くため、結果提示後はすぐにアクティビティにシフトする。

(4) 実践を通して中学生の変化

実践を通して、中3が「何を感じ」「何を学んだのか」を、事後の自由記述から、共通して浮かび上がる学習の質的变化に焦点を当てた。

① 「暗記」から「思考・活用」へのパラダイムシフト

最も大きな教育的成果は、生徒たちが抱いていた「生物学」に対するイメージの劇的な変化である。

多くの生徒が「生物はただ名前や仕組みを覚えるだけのつまらない科目だと思っていた」と述べている。しかし、環境DNAの授業を経て、「身近な環境を知るための材料」「日常を豊かにするもの」という認識が変わった。

知識を「受容」する対象から、社会(PCR検査や犯罪捜査)や環境(地元の川)を理解するための「ツール」として捉え直すことができている。

② 「ニア・ピア(年齢の近い先輩)」による学習促進効果

高校生が指導したことで、通常の教員の授業では得にくい「親しみやすさ」が学習意欲を支えた。

感想の中で「普通の先生たちより絡みやすかった」「一人一人に丁寧に教えてくれた」という声が目立った。

質問に対する心理的ハードルが下がったことで、

双方向のコミュニケーションが発生した。高校生が「全力で答えようとしてくれた」という姿勢そのものが、中学生にとってのロールモデル（憧れ）となり、学習への没入感を生んでいる。

③ 具体的な社会的文脈との接続 (Authentic Learning)

抽象的な「DNA」という概念が、現実社会と結びついたことで理解が深まった。

- ・「PCR検査が新型コロナや捜査で使われていることを知って面白かった」という記述が多い。
- ・「今、学んでいることが何の役に立つのか」という疑問に対し、環境DNAという最先端かつ実用的な題材が明確な答えを与えた。これが「難しいけれど面白い」という知的好奇心の誘発に成功している。

④ 認知的負荷と課題点

一方で、高校生による授業ならではの課題も浮き彫りになった。

「普通の授業を圧縮して速く行ったため、理解に時間がかかった」「DNAの話は難しかった」という意見が散見された。

高校生が熱意を持って多くの情報を伝えようとした結果、一部の中学生にとっては情報の処理スピードが追いつかなかった可能性がある。

しかし、その難しさを「実験で結果が明確に出たことで理解できた」と、実習によって補完できている点も高く評価できる。

中学生にとって、今回の授業は単なる「理科の1コマ」ではなく、「数年後の自分に近い存在（高校生）」から、「最新の科学」を「自分たちの手で（採水や実験）」学ぶという、非常に濃密な体験だった。「生物科を身近に感じる事ができた」「高校生になってからまた詳しくDNAのことを学びたい」という感想は、この授業が一時的な興味に留まらず、将来の学習への強い動機付け（キャリア教育としての側面）になったことを示している。

(5) 実践を通して高校生の変化

実践を通して、高3が「何を感じ」「何を学んだのか」を、事後の自由記述から、共通して浮かび上がる学習の質的变化に焦点を当てた。

① 「教えること」の困難さの実感 — 知っていることと、伝えることの断絶 —

多くの生徒がまず強く感じているのは、「自分では分かっている」ことが、そのまま「相手に伝える」わけではないということである。知識量・前提理解の差によって、想定していた説明が通じない。専門用語を使わずに「本質」を説明することの難し

さ。「分かること」と「説明できること」が全く別の次元であるという気づき。

これは、単なる説明技術の問題ではなく、学びの主体が「自分」から「他者」へ移行したことによる認知的転換を意味します。高3はこの経験を通して、教えるとは、知識を出すことではなく、相手の理解の現在地を起点に再構成する行為であることを、実感的に学んでいる。

② 理解の深化と「学び直し」の発生 — 教えることで初めて気づく、自分の理解の浅さ —

多くの感想に共通するのは、教える準備そのものが、最も深い学習になっていたという認識である。これまで「分かったつもり」で流していた部分に立ち止まるようになった。電気泳動・PCR・環境DNAといった内容を、構造から捉え直した。説明できない部分＝自分の理解が不十分な部分だと気づいた。

これは典型的なメタ認知の発達であり、「学習者」から「学問を扱う者」への質的移行が起こっていることを示している。

③ 授業設計という「教育的思考」への到達 — 目標・手段・難易度・誘導のバランス —

感想の中には、非常に高度な教育的視点が多く含まれている。目標設定 → アクティビティ設計の難しさ、「考えさせたい」と「分からなくさせない」の間の葛藤、ヒントを出しすぎると思考が狭まり、出さなすぎると興味を失う、「手段の目的化」への自覚。これらは、授業を「体験」ではなく「設計物」として捉えている証拠である。

高3は、良い授業とは、内容の多さや派手さではなく、学習者が「考えなくなる状態」を意図的につくることであると学んでいる。

④ 対話・問い・参加を重視する授業観の形成 — 一方通行では学びは生まれぬ —

ほぼ全員が共通して述べているのが、「講義的な説明では中学生の意欲が下がる」、「対話しながら進めることの重要性」、「問いかけや謎を残すことが、興味を生む」という気づきである。特に印象的なのは、「問いを残す」「すべてを説明しない」ことの価値に気づいている点である。

これは、「教える＝正解を与える」から「考える場をつくる」への転換であり、極めて成熟した学習観・授業観だと言える。

⑤ 他者理解と価値観の相対化 — 中学生との出会いが生んだ視点の変化 —

中学生に対する認識も大きく変化している。「思っていた以上に理解が早く、鋭い着眼点を持っている」、「自分とは異なる問いや発想が次々に出てくる」、「自分が面白いと思うこと」と「相手が面白い

と感ずること」は一致しない。この経験により、高3は、「学びには多様な入口がある」ことを身体感覚として理解している。

これは、学問的態度だけでなく、今後の人間関係・協働・合意形成にもつながる重要な学びである。

⑥ 協働・合意形成・集団で創る経験 —21人で一つの授業をつくるという体験—

準備段階での困難も、多く語られている。「意見の対立」、「情報共有の難しさ」、「大人数ゆえの意思決定の遅れ」。一方で、「共通のゴールを意識することの重要性」、「一つの「物語」を皆で完成させた感覚」、「強い達成感」も同時に得ている。

高3は、「協働とは衝突を避けることではなく、目的を共有し続けること」を実体験として学んでいる。

⑦ 学問・教育への態度の変容 —生物への興味と、教えることへの敬意—

最後に特筆すべきは、「生物への興味が以前より強くなった」、「先生という職業への見方が変わった」、「『どうせ分からないだろう』と思わず向き合いたい」、「文系進学であっても、確かな糧になったという実感」といった、学びに対する姿勢そのものの変化である。

この授業実践は、単なる知識伝達ではなく、「学問とは何か」「教育とは何か」を考える原体験になっている。

総合的に見ると高3が感じ、学んだことの本質について一連の感想から浮かび上がるのは、

- ・ 学びを「受け取るもの」から「構築するもの」へ
- ・ 知識を「知っている状態」から「使い、伝える対象」へ
- ・ 授業を「受ける場」から「設計し、支える営み」へ

と捉え直したという事実である。

これは、極めて質の高い「学びの転換点」であり、SSH・探究・高大接続の文脈においても、非常に価値のある教育成果だと評価できる。

IV. 研究協議の記録

発表者：立花美穂・森中敏行

指導助言：大貫守先生（愛知県立大学准教授）

司会：山口耕司（本校中学校教諭）

テーマ：生徒が自学自走できる理科教育

(1) 理科の取り組みと研究授業の報告

本稿に先述の本校理科の取り組みと研究授業のねらいなどについて報告した。

① 中学校授業報告

「体の反応をヒントに暮らしを見直す理科」をテーマとし、3つの仕掛けを用意した。

<第1のしかけ>

日常生活とのつながりで、TIMSSの結果から日本の生徒の理科への興味関心が国際平均を下回っていることを受け、利用価値介入という心理学的介入法を活用した。これは学習者が学ぶことの意味や学習内容が自分の人生や将来にどう役立つかを具体的に理解できるように働きかける手法である。経験学習サイクルを利用し、具体的経験から内省的観察・分析、概念化・一般化・理論化、能動的実験へと進む流れを設計した。

<第2のしかけ>

サイエンスリーダーの活用である。これは1年生の時から継続されている取り組みで、リーダーを中心とした授業により、リーダー自身の自主性や責任感、達成感が育つだけでなく、他の生徒も真似してリーダーシップ行動ができるようになることを目指している。サイエンスリーダーには何回か集まってもらい、他の生徒に教えるという授業を実施した。

<第3のしかけ>

科学的ホンモノ体験で、単元全体で計7時間の授業を計画した。1限から4限までは教科書の内容を中心とし、5限目には神経学者の小倉明彦先生（大阪大学生命機能研究科）による出前授業を実施した。小倉先生は世界陸上のスタートダッシュを例に、0.1秒以内に出るとフライングで失格になる理由を神経の中を通過していく時間の計算で説明し、反応時間を短くする方法として繰り返し練習することやドーパミンの効果について教えた。

② 高等学校授業報告

高校3年生の生物選択者による中学3年生への授業について報告した。目標は中高の指導上のつながり、体験的学び合う制度の供給、生徒の自走、Society 5.0でのAI活用とし、ChatGPTを活用した授業展開を試みた。

高校3年生にミッションとして「中学3年生が生物に関心を抱き、ワクワクできるような授業をしてほしい」「生物は面白いということを知り、体験できる授業をしてほしい」と伝え、テーマは「環境DNAを用いた現状の生息確認」のみを指示した。与えられた時間は中学3年生の3回分の授業時間で、後は自由に設計させた。

中学3年生を対象とした事前アンケート結果では、理科の学習が好きと答えた生徒は約70%、学習が楽しいと答えた生徒も約75%、実験が好きと答えた生徒は約90%だったが、生物分野の学習が

好きと答えた生徒は54%程度に留まった。生物が好きで理由も嫌いな理由も共通して「暗記物である」という認識があり、生物の本質的な面白さを味わってもらいたいという背景があった。

授業の構成は、高校生に環境DNAとホテルについて4時間学習させ、その後中学3年生への3回の授業をどう組み立てるかを議論させた。担当教員が中学3年生にDNAの構造、複製の仕組み、PCR法について2時間で教えた後、高校生による授業を実施した。高校生は授業後に振り返りを行い、次の授業設計をするという繰り返しを行った。

(2) 指導講師からの講評および助言

① ホンモノ体験について

本物とは誰にとっての本物か、何にとっての本物か、どんな意味での本物かという問いを提起した。社会的に使えるかどうかという意味での本物さと、学問的な意味での中立な本物さ、そして個人の〈うちなる声〉に従うという意味での本物さがあると指摘した。今日の授業では、高校生が実際に授業をすることで、社会など外部の要求に応じていく本物さや、実験データを解釈して確かめていく学問的な本物さが見られたと評価した。

② 科学的探究のプロセスについて

学校の科学と本当の科学の違いを指摘した。学校では問いを見つけ、予想を立て、実験し、結果を出し、考察するという段階的なプロセスで教えられるが、実際の科学的探究では様々な段階を行き来しながら探究していくものだとして説明した。今日の授業でも、実験結果が予想と異なった際に、問いが悪かったのか、方法が悪かったのか、理論が違うのかを考え直すプロセスが見られたと評価した。

③ 集団づくりについて

学習集団と生活集団の違いを説明し、理科だからできる学習集団とはどのようなものかという問いを提起した。サイエンスリーダーによる授業では、プロジェクトを進めていくための集団ができていたのではないかと分析した。また、異年齢での集団づくりの意味として、中学生にとってのロールモデルとしての効果や、高校生にとっての自分の学びの履歴を振り返る成長の可視化の効果があると指摘した。

(3) 質疑応答・意見感想

① 本物体験とは何か

- ・実験がうまくいかなかった理由を考える場面が個人の会話で終わってしまい全体に波及しなかった。
- ・理科ならではの本物体験とは何か。

② サイエンスリーダーの取り組みについて

- ・学校全体での実施状況や人数、マニュアルの有無、効果測定についてはどう行っているのか。→サイエンスリーダーは、学校全体での取り組みではなく、マニュアルもない。今回はクラスで5・6人にしたが、決まった人数はない。効果測定は、取り組み前後でTIMSSと同様のアンケートを行った。
- ・リーダーの生徒たちへのサポート体制にどうなっているのか。→基本的には生徒の自主性に委ねているが、進捗状況は、教師が定期的に確認した。

V. 今後の展望

第一に、ホンモノ体験の学習化である。実験の失敗や想定外の結果が個人内の気づきに留まりやすいため、原因仮説の共有、再設計の可視化、再実験・再解釈まで含む単元設計を整える必要がある。

第二に、認知的負荷を調整する授業デザインである。高校生主導の授業では情報量やテンポが上がり、一部の中学生が理解に時間を要した可能性がある。核概念の厳選、理解確認の小刻み化、用語の整理、図解やミニチェック等の補助線を充実させたい。

第三に、ニア・ピア実践の体制化である。運用の属人化を避けるため、役制定義、共通手順（準備→実施→振り返り→改善）、教員の介入ポイント（安全・倫理・学習保証）を明文化し、継続性と再現性を高める。

第四に、評価方法の精緻化である。教員実施との比較、遅延測定による定着確認、発話・相互作用（質問、説明の再構成、合意形成）を含む指標設計により、「共成長（Co-growth）」を多面的に検証する。

以上を踏まえ、次年度以降は、共有設計・負荷調整・体制整備・評価高度化を同時に進め、自学自走できる理科教育モデルの洗練を図りたい。

参考文献

- ・Topping, K. J. (1996) 「The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: A typology and review of the literature」
- ・文部科学省（2017）『中学校学習指導要領解説 理科編』
- ・文部科学省（2019）『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』
- ・国立教育政策研究所：国際数学・理科教育同行調査の2023年調査（TIMSS2023）国際調査結果報告
- ・森中敏行（2026）環境DNAを題材としたニア・ピ

ア・エデュケーションの実践と評価ー中高連携による「共成長（Co-growth）」プロセスの多角的分析ー 大阪教育大学附属天王寺中高等学校，研究集録第 68 集，p. 65-68

謝辞

授業の設計段階からご指導いただき、また実践後には講評も賜りました愛知県立大学の大貫守先生に、厚く御礼申し上げます。

授業Ⅰの実施にあたり、事前の出前授業ならびに研究授業に関する助言を賜りました小倉明彦先生に、心より感謝申し上げます。

さらに、授業Ⅱの土台となった環境DNA法の教材開発は、一般財団法人青松会の新教育研究助成により実施いたしました。ここに記して、併せて厚く感謝申し上げます。

【付記】

実践を行った中学校、高等学校においては、研究に用いる記述および質問紙調査データの利用について、生徒および保護者の承諾を得るとともに、管理職の同意を得た。加えて、本研究で得られた情報は研究目的以外には使用しないこと、特定の生徒の記述として識別可能な形で扱わないこと、ならびに学習成績等に一切影響しないことを事前に説明した。

Science education that enables students to learn independently and proactively.

TACHIBANA Miho・MORINAKA Toshiyuki

Abstract: Based on our school's research theme, "Students and Teachers Learning Together: Aiming to Foster Self-Directed Learners—Authentic Experiences × Cognitive Science," we have set "science education that enables students to learn independently and proactively" as the subject theme for science. This theme aims to cultivate students' ability to identify challenges on their own and to advance their learning in an autonomous and proactive manner.

In science classes, drawing on insights from cognitive science, students are encouraged to become aware of their own processes of understanding and to verbalize and visualize their thinking. Through this approach, we seek not only to support the retention of knowledge but also to connect learning to inquiry-based exploration. In addition, through authentic experiences such as experiments, observations, and fieldwork, students engage with the essence of science, develop questions of "why" and "how," and nurture an attitude of investigating and thinking for themselves.

Teachers are not merely one-way transmitters of knowledge; rather, they support students' learning and serve as partners who think alongside them. Through dialogic lessons, teachers promote deeper learning and understanding.

Furthermore, by effectively using ICT and designing supportive learning environments, we aim to help students acquire the ability to plan, carry out, and reflect on their own learning. By ensuring continuity between learning inside and outside the classroom, we strive to realize science education in which students can truly learn independently and proactively.

At the junior high school level, second-year students, led by Science Leaders, conducted lessons for their peers; at the senior high school level, third-year students who had chosen biology took the lead in teaching lessons to third-year junior high school students.

Key Words: autonomous learning, secondary school science education, student science leader, near-peer education, curriculum and teaching materials development