

「科学的に思考する力」を育む高等学校生物の授業づくり

—目的意識をもって探究の過程を繰り返す観察・実験を通して—

長期研究員 齋藤 卓也

《研究の要旨》

本研究では、高等学校生物における「科学的に思考する力」の育成を目指した。高等学校生物の授業において、生徒自らが問いを見だし、検証計画を考える実験を単元の初めに繰り返し行い、探究の過程から得られた知見を学習内容と関連付ける授業を展開した。その結果、目的意識をもって観察・実験に取り組む生徒が増え、実験結果から自分の考えを形成し、考えを再構築する力が育成された。

I 研究の趣旨

高等学校学習指導要領解説理科編の「理科改訂の趣旨及び要点」では、「観察・実験の成果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明することなどの資質・能力に課題が見られる」と示されており、観察・実験において科学的に思考する力に課題があることが指摘されている。理科の目標（2）には「観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う」とある。目標（2）は、育成を目指す資質・能力のうち、思考力、判断力、表現力等を示したものであり、「思考力、判断力、表現力等を育成するに当たっては、自然の事物・現象の中に問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行い、得られた結果を分析して解釈するなどの活動を行うことが重要である」と示されている。これらのことから、高等学校生物の授業において、生徒が自ら問いを見出して探究する活動を設定し、科学的に思考する力を育成する授業改善が必要であると考えられる。

これまでの自身の授業を振り返ると、知識・技能を生徒に習得させることに偏重した指導になっており、観察・実験の進め方も、教科書の内容を学習した後にその内容を確認するという形になっていた。また、実験の結果から新たに疑問に思ったことがあっても、教師が知識を与えるだけで、再実験を行って確かめることもなかった。そのため、生徒が目的意識をもって主体的に観察・実験を行うということではなく、実験結果の情報を基に自分の考えを形成したり、考えを再構築したりする力の育成につながっていなかったと考えられる。そこで、生徒自らが問いを見だし、課題解決の目的意識を高めることや、探究の過程から生まれた問いを再び探究する中で自分の考えをまとめたり他者と意見を共有したりすることで、科学的に思考する力を育成したいと考えた。

以上のことから、本研究では「科学的に思考する力」を「自然の事物・現象に対して科学的な視点で得られた情報等を基に自分の考えを形成したり再構築したりする力」と定義し、その育成を目指す。

II 研究の概要

1 研究仮説

高等学校生物の授業において、以下の手立てを講じれば、「科学的に思考する力」を育成することができるであろう（図1）。

- 【手立て1】実験から問いを引き出す単元の導入
- 【手立て2】全体で協議して作成する実験計画書
- 【手立て3】探究の過程を振り返り行う再実験
- 【手立て4】実験と学習内容をつなげる再考察

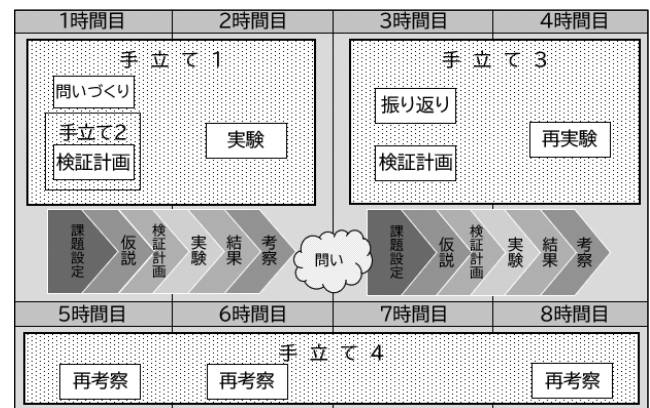


図1 本研究の単元計画と手立ての関係

2 研究の内容

(1) 【手立て1】実験から問いを引き出す単元の導入

本研究では、単元の内容を学習する前に観察・実験を行う。与えられた実験ではなく、事象を提示し、自由に発想させながら問いづくりを行い、課題を設定する。問いをつくることで、単元の学習内容を自分事として捉え、観察・実験に対しての目的意識が高まると考えた。

まず、単元に関わる演示実験を行い、そこから生徒の疑問や問いを引き出す。一人一人の問いは、ホワイトボードアプリを活用し、表出させる。次に、問いを全体で共有し、分類する。その仲間分けを基に班を編成する。その活動を通して、他者の科学的な視点を知り、自分の科学的な視点との比較などによって自分の視点を更新できると考えた。

(2) 【手立て2】全体で協議して作成する実験計画書

生徒自らがつくり出した問いを基に実験を計画することで、計画自体が自分事となり、さらに、計画の共有、協議によってよりよい実験計画について思考を深めることができる。ほかの班の実験内容を把握することで、考察時に複数の結果を踏まえることができ、多面的な考察が可能となると考えた。

まず、各班で実験の進め方について話し合い、実験材料、方法、手順をまとめる。次に、全体で各班の実験材料、方法、手順について議論し、よりよい実験になるように更新していく。そして、議論の結果を踏まえて各班で探究の過程が可視化できる実験計画書を作成する。そうすることで、これまでのような決められた実験計画ではなく、自分たちで考え、議論を通じたよりよい計画に更新していく。

(3)【手立て3】探究の過程を振り返り行う再実験

実験結果の考察では様々な疑問がわいてくる。これまでは、その疑問に対して教師が事実や知識を与えていた。本研究では、疑問をもった時が探究する好機であると捉え、探究の過程を振り返り、再実験を行う。

まず、実験から分かったこと、分からなかったことを考える。結果が仮説を立証するのに十分であったか、実験材料、方法、手順は適切であったかなど実験計画書を使って探究の過程を振り返る。次に、その中で生まれた問いを基に再実験を計画し、実施する。このように、生徒の問いから探究の過程を繰り返すことで、「科学的に思考する力」を育成できると考えた。

(4)【手立て4】実験と学習内容をつなげる再考察

単元の導入時に繰り返す2回の探究の過程での観察・実験を、それ以降の授業の中で関連付け、再考察を行うことで理解を深めていく。学習を進める中で、実験結果と関わりが深い内容を学ぶ際に、実験結果を再度考察するワークシートに取り組みさせる。このように、実験結果をその後の学習内容と関連付けながら再考察することで、実験時は自分の考えを十分に形成できなかった生徒も自分の考えを再構築できると考えた。

3 研究の実際

対象生徒 第2学年12名(2学級)
授業実践Ⅰ「生物とエネルギー」(10時間)
授業実践Ⅱ「からだの調節と情報の伝達」(11時間)

授業の実際について、【手立て1】、【手立て2】、【手立て3】を授業実践Ⅰから、【手立て4】を授業実践Ⅱから述べる。

(1)【手立て1】について

実践Ⅰは、「生物とエネルギー」の単元で行い、酵素の演示実験を行った。教科書に掲載されているカタラー

ゼの実験である。過酸化水素水が入った3本の試験管にそれぞれ石英砂、酸化マンガン、生の豚レバーを加え、生徒にその反応を見せた。そして、火のついた線香を入れた後、どのような変化が見られるか観察を行った。演示実験の後、教師が「この現象からどのような疑問、問いが浮かぶか」と問い、生徒一人一人にホワイトボードアプリに記入させた(図2)。

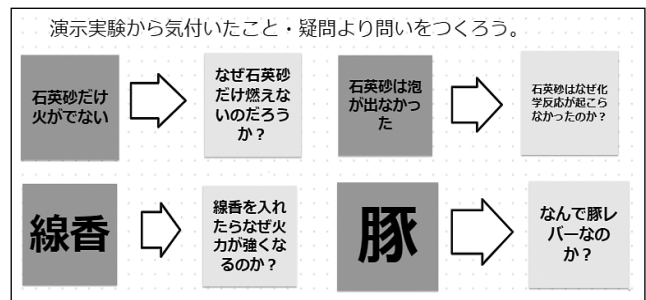


図2 生徒のホワイトボードアプリへの記述

ある生徒は、過酸化水素水に二酸化マンガンを加えたときと同じ反応が過酸化水素水にレバーを加えても起きたことに注目し、「ほかの生物だとどうなるのだろう」という問いをもった。様々な視点で多くの問いが生まれたため、既習事項の確認や実験結果の比較、生物への焦点化を図った。その結果、「ほかの生物のからだを過酸化水素水に入れるとどうなるか」という全体の問いを見いだした。それぞれの生徒が問いをつくることで、課題を自分事と捉え、目的意識をもって主体的に観察・実験を行うおうとする姿が見られた。一方で、事象提示を受けて疑問や問いを自由に発想させたことで、学習内容の意図に反したものが挙がった。しかし、ほかの生徒の意見と自分の意見を比較することで、科学的な視点を更新し、生物の学習ではどのような視点が重要なことなのかを理解する機会となった。

(2)【手立て2】について

生徒は、【手立て1】の「ほかの生物のからだを過酸化水素水に入れるとどうなるか」という問いを受けて、個人でどのような生物について調べたいか考えた。その後、考えた生物ごとに動物班、植物班、菌類・細菌類班に班分けを行い、班で実験計画書を作成した。実験計画書には仮説と検証計画を記載させ、自らの問いに対してどのような探究の過程で迫ろうとしているのか可視化できるようにした。それぞれの班ごとの計画をスクリーンに映し、検証計画の説明を行い、その計画に対してほかの班の生徒が意見を出し議論した。その際、検証計画の観点であった実験材料、方法、手順が、仮説を証明するのにふさわしいものになっているかを話し合った。ある班では、「実験材料について適さないものが含まれている

のではないか」という意見が出され、実験材料を考え直す場面があった。

本校の生徒は、これまで実験計画を立てることを行ってこなかったため、どのように計画すればよいのか戸惑っている姿も見られた。しかし、自らの問いを探究するための材料、方法、手順を考えたり、全体で協議したりすることにより、実験内容について思考を深め、実験の目的を明確にして取り組む姿がうかがえた。実践後の意識調査では、約8割の生徒が、生物の授業は自分自身と関係が深いと答えていた。自由記述には「どの実験も自分と関わりが深かった」という記述が見られ、実験内容を自分事として捉え、取り組んだ様子が見えられた。

(3) 【手立て3】について

1回目の実験の後、探究の過程を振り返る時間を設け、今回の実験で何が分かり、何が分からなかったのかを考えさせた。「ほかの生物のからだを過酸化水素水に入れるとどうなるか」という問いに対して、菌類・細菌類の生徒は、加工したキノコが過酸化水素水に反応しなかったという実験結果から、「加工された材料は過酸化水素水に反応しないのではないか」という仮説を立てた。ほかの班でも、過酸化水素水に反応した材料と反応しなかった材料があり、どのような加工が生物に含まれる物質に影響を与えるのかという問いが生まれた。その問いを基にしながら、2回目の実験の計画を立てることとなった。

2回目の実験では、加工していない生物と、加工した生物を比較するという計画を各班で立て、実験を行った。植物班では、生のニンジンと加熱したニンジンと比較し、加熱したニンジンの場合、反応が起きなかったことから、加熱という加工が生物に影響を与え、過酸化水素水との反応の違いにつながっているということが分かった。2回目の実験では、生徒の目的意識がさらに高まり、より具体的な目的、検証方法となり、考察の内容も充実したものになった。ある生徒の考察記述では、1回目の実験では結果だけを記していたものが、2回目では結果を踏まえて酵素の性質に迫る考察に変容した(図3)。

1回目の実験の考察	しめじ、なめたけを過酸化水素水に入れたら <u>しめじだけ反応した。</u>
2回目の実験の考察	きのこに火を通したら反応しなかったから <u>Xを通すと物質が消えてカタラーゼが働かなく泡が発生しなかったと考えられる。</u>

図3 実験結果の考察の変容

(4) 【手立て4】について

探究の過程を2回繰り返した後の授業において、実験結果と関連する内容を学ぶ場面で、再考察の時間を設けた。単元の導入での実験結果と学習内容がどのように関

係しているかをワークシートを活用し、記述させた。その際、ワークシートには、あらかじめ実験で得られたデータや、関連事項を示した。実践Ⅱは、「からだの調節と情報の伝達」の単元で行った。心臓の拍動がどのように調節されているかという課題に迫るために、実際に自分の心拍数を複数回測る実験から問いづくりを行った。その後、「運動を行ったときの心拍数はどのようになるか」、「運動以外で心拍数を変化させることはあるだろうか」という問いから、探究の過程を2回繰り返し、その後の授業の中で実験結果について再考察を行った。

「運動を行ったときの心拍数はどのようになるか」という問いで行った実験結果を示したワークシートで再考察を行った。ある生徒は、実験時には抽象的な表現しか書けなかった(図4)。

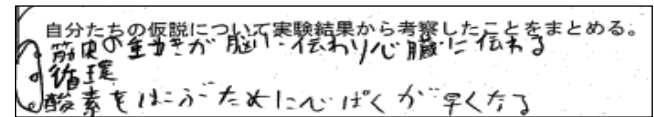


図4 生徒Aの実験での考察の記述

しかし、【手立て4】の再考察時には、運動を行ったときの心拍数の変化を読み取り、体を一定に保とうとする働きによって運動後に一度上昇した心拍数が元に戻る過程を具体的に記述していた(図5)。

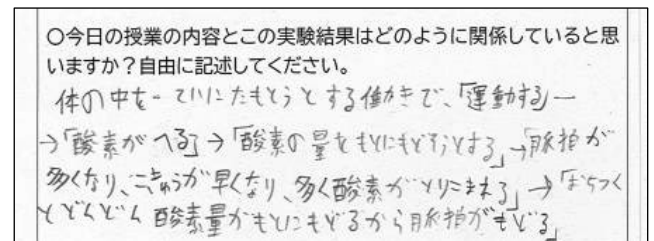


図5 生徒Aの再考察の記述

Ⅲ 研究のまとめ

1 「科学的に思考する力」育成の検証と分析

(1) 実験の考察の変容

実践Ⅰにおける1回目と2回目の実験の考察内容を点数化し、その変容を分析した(図6)。

評価基準(3段階)		実験1回目	実験2回目
A(3)	結果が正しく読み取り、適切に表現できている。	33%	67%
B(2)	結果が正しく読み取り表現しているが、説明に不足がある。	42%	33%
C(1)	無記載、結果を正しく読み取れていない。	25%	0%
平均評価点		2.08	2.67
標準偏差		0.79	0.49
有意差		有 (p<.05)	
効果量d		大 (d=0.90)	

図6 実験考察の記述内容の分析

平均評価点の差に関する t 検定を行ったところ、統計的な有意差が認められた。このことから、自然の事物・現象に対して自分の考えをもてなかった生徒が、探究的な観察・実験を繰り返すことで、科学的に思考できるようになったと考えられる。一方で、実験の考察の記述で無回答はなくなったが、結果を正しく読み取れているにもかかわらず、説明に科学的な根拠に基づいた説明があまりできなかった生徒が、約 3 割いることが分かった。

(2) 生徒の意識の変容

実践前後で考察に関する意識調査を行った。その中で、「科学的な視点で考察できるか」という質問に対して否定的な回答をした生徒が大幅に減少し、肯定的な回答をした生徒が増加した。探究的な実験を 2 回繰り返し、自分の力で考察する経験を重ねることで意識が変容したと考えられる (図 7)。

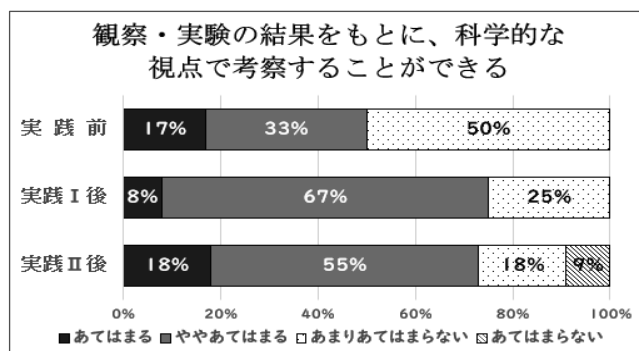


図 7 意識調査の結果

一方で、「あてはまる」と答えた生徒が実践 I 後に減少した。これは、今まで探究的な観察・実験を行ってこられず、今回の体験を通して今までの自分の学習を振り返り、科学的に考察することの難しさを感じたからではないかと考えられる。つまり、探究へ主体的に向き合った結果であるとも言える。

実践の前後で、「考察をする際、気を付けていること」について意識調査を行い、その結果をテキストマイニングを用いて分析した (図 8)。

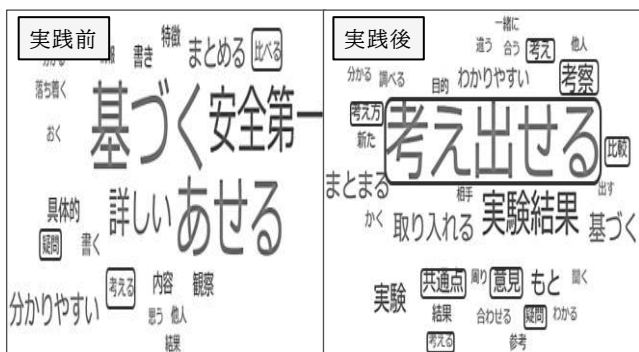


図 8 考察に関する意識の変化

実践前では、考察に関するキーワードが 3 語で頻度も

低かったが、実践後では、「比較」や「共通点」など 9 語となり、頻度も増加した。このことから、考察する際に科学的な視点を用いる意識が高まったことが示唆された。

(3) ルーブリックによる自己評価

目指す資質・能力を生徒と共有するため、探究の過程に係るルーブリックを作成し、実践 I の前後で生徒に自己評価をさせた。評価基準を 5 段階で点数化し、平均評価点の差に関する t 検定を行ったところ、統計的な有意差が認められた (図 9)。今まで、友人に考察を頼っていた生徒が、科学的な視点を持ち、目的意識を高めながら取り組んだことによって、自分の力で考えをまとめられるようになったことがうかがえた。

評価基準(5段階) (n=12)		実践 I 前	実践 I 後
A(5)	仮説と関連付けて、実験結果を適切に分析し、明確な根拠を基に考察をまとめることができる。	0 人	2 人
B(4)	仮説と関連付けて実験結果を基に考察をまとめることができる。	1 人	2 人
C(3)	自分の力で考察をまとめることができる。	4 人	7 人
D(2)	友人の考えを参考にして考察をまとめることができる。	6 人	1 人
E(1)	考察をまとめることができない。	1 人	0 人
平均評価点		2.4	3.4

図 9 ルーブリックによる自己評価

2 成果と課題

(1) 研究の成果

探究の過程を繰り返したことで、生徒の「科学的に思考する力」の高まりが実験考察の記述の変容から見て取れた。また、ルーブリックの自己評価により生徒自身が思考することに対して肯定的な考えをもつようになったことも分かった。事象提示から問いをつくり出しそれを探究すること、そこから生まれた新たな問いについて探究することで、目的意識をもって主体的に観察・実験に取り組み、自分の考えを形成する姿が見られた。また、その後の授業で実験結果と学習内容をつなげる再考察を行うことは、観察・実験の理解を深め、「科学的に思考する力」の育成に有効であることが示唆された。

(2) 今後の課題

自分なりの考えはもっているが、主観的であり根拠がはっきりしておらず、科学的に思考し表現することができない生徒が一部いることが確認できた。そのような生徒を支援するために、今後は、自分たちの考えを共有し、妥当性を話し合ったり、考察する際にどのような見方・考え方を活用したのかを互いに確認・評価したりする活動をしながら、「科学的に思考する力」を高める活動を設定していきたい。