

G5-04

高等学校生物における探究活動の指導方法に関する研究

—基本的な観察，実験を探究活動へ応用した教材を通して—

研究の概要

高等学校生物における探究活動について，先行研究や教師と生徒を対象にしたアンケート調査から授業実施上の課題を明らかにした。その結果から，基本的な観察，実験を探究活動へ応用した教材の開発にかかわる視点を整理し，探究活動の具体的な教材を開発した。そして，開発した教材による授業実践の結果から，この教材に一定の有効性が認められた。

キーワード

高等学校生物，探究活動，観察，実験，探究の方法

目 次	
I はじめに ……………1	2 実践事例2「だ腺染色体の観察」 の探究活動への応用 ……………9
II 研究の目的 ……………1	(1) 教材開発の視点 ……………9
III 研究の内容 ……………1	(2) 開発した教材による授業実践…10
1 高等学校生物における探究活動 …1	(3) 実践の評価と考察……………13
(1) 高等学校生物における探究の方法 ……………1	3 実践事例3「動物の行動の観察」 の探究活動への応用……………13
(2) 新学習指導要領解説における探究活動の位置付け ……………2	(1) 教材開発の視点……………13
(3) 高等学校生物の探究活動に関する実態 ……………2	(2) 開発した教材による授業実践…14
2 探究の方法を取り入れた観察，実験に関する教材開発の視点 ……………5	(3) 実践の評価と考察……………17
IV 実践事例 ……………5	4 実践前後の生徒の探究活動に対する意識の変容……………18
1 実践事例1「植物の減数分裂の観察」の探究活動への応用 ……………5	V 成果と課題……………19
(1) 教材開発の視点 ……………5	VI おわりに……………19
(2) 開発した教材による授業実践 ……6	
(3) 実践の評価と考察 ……………9	

高等学校生物における探究活動の指導方法に関する研究 —基本的な観察，実験を探究活動へ応用した教材を通して—

高等学校理科の目標

自然に対する関心や探究心を高め，観察，実験などを行い，科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め，科学的な自然観を育成する。

探究活動の取り組みにかかわる課題

アンケート調査・先行研究等

- ・ 探究活動の実施状況
- ・ 実施時間不足
- ・ 設備備品の不足
- ・ 生徒の実態
- ・ 教科書の記載 等

探究活動の充実

現行学習指導要領解説 (平成11年12月)

各探究活動では，… (中略) …，科学の方法をできる限り多く取り上げ，… (後略)

新学習指導要領解説 (平成21年7月)

各探究活動では，… (中略) …，探究の方法を課題の特質に応じて適宜取り上げ，… (後略)

観察，実験を探究活動へ応用する工夫 (岡山県教育センター2006)

- ・ 従来から取り組まれている観察，実験の一部を改善又は発展させる
- ・ 時間の負担をかけず，探究の方法が身に付くようにする
- ・ 専門の科学的知識がなくても，探究活動に取り組めるようにする

教材開発の視点

～生徒の主体的な活動を通して，探究の方法を習得させるために～

課題の特質の把握と
指導計画への位置付け

生物材料の工夫

探究の方法の重点化

開発した教材と指導方法の提案

仮説の設定・実験の計画

重点化

植物の減数分裂の観察

問題を見いだすための観察

重点化

だ腺染色体の観察

実験の計画

重点化

動物の行動の観察

高等学校生物における探究活動の指導方法に関する研究

—基本的な観察，実験を探究活動へ応用した教材を通して—

I はじめに

平成11年告示の高等学校学習指導要領には、自ら学び、自ら考える力などの生きる力を育成することがねらいとして示されている。その中の高等学校学習指導要領理科（以下「学習指導要領」という。）には、探究的な学習を一層重視する内容が盛り込まれた。

国立教育政策研究所「平成17年度高等学校教育課程実施状況調査」では、理科には実験結果を基に考察したり、グラフに表現したりすることに課題があることが示され、指導上の改善点として、目的意識を持った実験、結果の考察など、科学的な思考を育成するための指導の工夫や探究活動の充実が挙げられている。この調査で生物 I の探究活動については、「仮説を立て、実験を計画し、実験の結果を予想し、データの処理を行い、仮説の検証を行う」などの探究の過程を身に付けることが目標であるが、網羅的に実施する必要はないこと、観察、実験に探究の過程全体またはその一部を実施すること等が指導上の改善点として提案されている。加えて、観察、実験の指導を行う際には、その指導計画の中に探究的な扱いを取り入れていくことが大切であると述べられている⁷⁾。

平成21年3月に告示された高等学校学習指導要領理科（以下「新学習指導要領」という。）においても、改善の要点の一つとして探究的な学習の充実が引き続き挙げられている。

高等学校生物の探究的な学習の大きな役割を担う探究活動を充実するために、多くの取り組みがなされている。岡山県総合教育センターにおいても、前身の岡山県教育センターから引き続き、高等学校生物における探究活動の充実に向けた研究を行っている。本研究では、これまでの研究の成果と課題を整理し、日常の授業で取り組みやすい探究活動が実施できる教材を開発し、その効果的な指導方法を提案する。

II 研究の目的

高等学校生物における探究活動について、先行研究や教師と生徒を対象としたアンケート調査から授業実施上の課題を明らかにする。この結果を基に高等学校生物における基本的な観察、実験を探究活動へ応用するための教材開発にかかわる視点を整理し、教材を開発する。そして、その教材を用いて授業実践を行い、その指導方法を提案する。

III 研究の内容

1 高等学校生物における探究活動

(1) 高等学校生物における探究の方法

探究活動における科学的に問題を解決する過程（探究の過程）は、「問題の把握→仮説の設定→仮説の検証方法→仮説の検証→法則の発見」のように直線的なパターンとして表されることが多いが、必ずしもこの過程通りに進むわけではないこと、さらに学問領域によって重点が置かれる部分が異なることが示されており、科目や内容の特性に配慮する必要がある¹⁾。本研究では、探究の過程を構成する「仮説の設定」「実験の計画」などの要素を「探究の方法」と呼ぶことにする。

小林（1999）は生物学の特殊性について、多種多様な動植物や複雑な生命現象を探究の対象と

しているため原理や法則を導くことが困難であることが多いことを指摘している。また、科学的な問題解決への取り組みが可能となる生物の学習活動について、生命の多様性や不思議さは観察を通してしか認識できないことを考えると、生物教育における観察の意義は不易であり、これからもその重要性は変わらないこと、さらに、観察、実験を問題解決能力の育成へ向けて改善する視点として、既習の知識や技能を基にして科学的に問題解決に取り組むことができるような学習活動を生物教育の中に位置付けることが必要であると述べている¹⁾。

探究的な活動を推進する原動力は、自然の事象に対する興味・関心や知識を求め理解しようと努める態度など、生徒の心情や態度に負うところが大きいことや²⁾、生徒が持っている自然体験や知識が乏しいことを踏まえると³⁾、高等学校生物における探究活動では、問題を見いだすための観察や仮説の設定など、探究の過程の早い段階で対象とする生物を観察させることは重要である。このことにより、仮説の設定や実験の計画など探究の方法を生徒が具体的に考えやすくなるという効果が期待できるだけでなく、授業内に問題を発見する場面を計画的に組み込むことができると考えた。

(2) 新学習指導要領解説における探究活動の位置付け

現行の生物 I では大項目ごとに探究活動が位置付けられており、新学習指導要領における生物基礎においても同様に大項目ごとに探究活動が設けられている。しかし、学習指導要領解説における生物 I と生物基礎の「内容の構成とその取扱い」での探究活動についての表記には表 1 のような違いが見られる。探究活動の重要性は変わらないが、探究の過程全体を扱う探究活動から、探究の過程を構成する要素である「探究の方法」を適宜取り上げるように改訂されていると言える。探究活動を実施する時間不足が多く、調査から課題として挙げられている現状を踏まえると、探究の方法を扱う探究活動は、時間的な負担を少なくすることができるため、各校の探究活動の実施回数を増やすことに結びつくものと考えられる。

この新しい探究活動を実施するためには、探究活動の課題の特質を踏まえて、探究の過程を構成する要素の中から、生徒の主体的な活動に適する幾つかの探究の方法を重点化する必要がある。本研究ではこのことを「探究の方法の重点化」と呼ぶ。また、生徒の科学的に探究する能力と態度を育成するためには、重点化した探究の方法を習得するだけでなく、その探究の方法が探究の過程のどこに位置付くのかを生徒が理解できるように教材や指導方法を工夫しなければならないと考えた。

表 1 現行・新学習指導要領解説における探究活動の比較

<p>現行学習指導要領解説</p> <p>4 「生物 I」の内容の構成とその取扱い</p> <p>各探究活動では、仮説の設定、実験の計画、情報の収集、調査、対照実験、データの解釈など科学の方法を<u>できる限り多く取り上げ</u>、具体的な問題解決の場面でそれらの方法を駆使できるよう扱う必要がある。</p>
<p>新学習指導要領解説</p> <p>4 「生物基礎」の内容の構成とその取扱い</p> <p>各探究活動では、問題を見いだすための観察、仮説の設定、実験の計画、実験による検証、調査、実験データの分析・解釈などの探究の方法を<u>課題の特質に応じて適宜取り上げ</u>、具体的な課題の解決の場面でこれらの方法を用いることができるよう扱う必要がある。</p> <p style="text-align: right;">(下線は筆者)</p>

(3) 高等学校生物の探究活動に関する実態

ア 理科担当教師を対象とした調査

探究活動の実施状況に関する、「平成20年度高等学校理科教員実態調査」(科学技術振興機構・国立教育政策研究所, 2009)によると、「担当する科目の授業において、1学級当たり、生徒による探究的な活動に割り当てる授業時数は、年間でおおむねどの程度ですか」の質問事項に対して、地学Ⅱ以外のすべての理科の科目において3時間以下と回答した割合が6割以上となっており、生徒にとって探究の方法を学ぶ機会が与えられているとは言い難い状況にあると指摘されている⁹⁾。また、同調査の「観察、実験を行う際に支障となっていることは何ですか」の質問事項への回答は、高いものから順に、「授業時間の不足」「大学入試への対応のための指導に時間が取られる」「設備備品の不足」

「準備や片付けの時間が不足」となっている。「岡山県の生物担当教師の探究活動に対する意識調査」(岡山県教育センター, 2006)では、「生物Ⅰの年間指導計画において探究活動を位置付け、実践していますか」の質問事項に対して、肯定的な回答が全体の24%程度という現状もある⁹⁾(図1)。

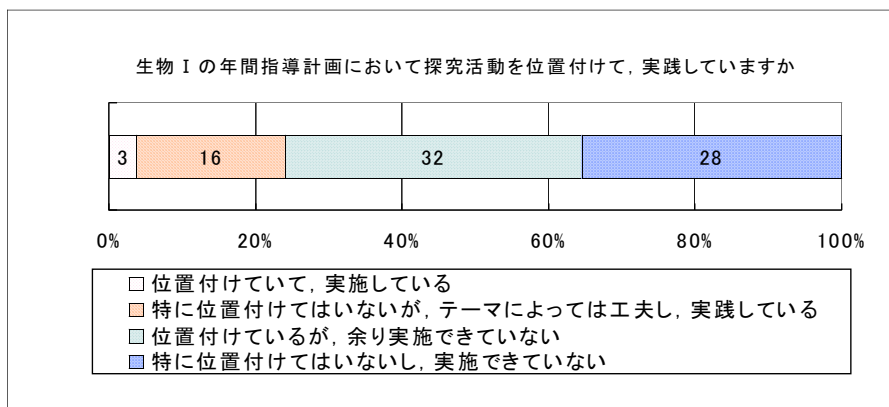


図1 生物Ⅰの探究活動の実施状況 N=79

一方、「高等学校生物教育に関する全国調査」(国立教育政策研究所, 2006)の「観察、実験実施回数(年間)」からは70%以上の教師が担当のクラス単位で年4回以上の観察、実験を行っていることが分かる⁵⁾(図2)。また、岡山県教育センター(2004)による調査でも、第1学年から第3学年までの3年間を通して生物の授業を行った場合、実施する観察、実験の項目数については、10項目以上と回答した教師が6割を超えている⁶⁾。

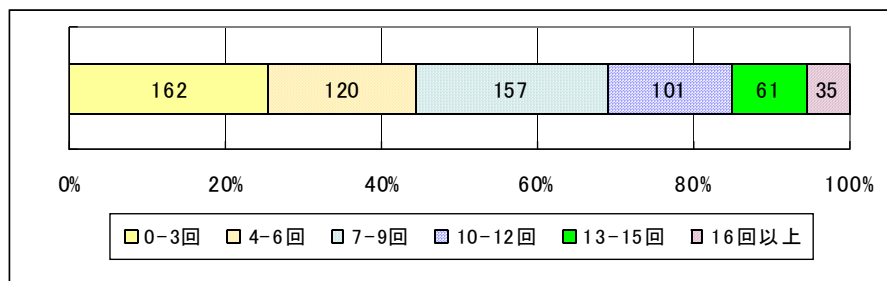


図2 生物の観察、実験の実施状況 N=636

以上の調査結果から、探究活動の実施状況は十分とは言えないが、取り組む機会の多い観察、実験を、課題の特質に応じて改善、発展させ、探究活動へ応用することで、探究活動の充実が図られるのではないかと考えた。また、その教材開発に当たっては、取り組みやすい探究活動とするために、時間的負担をかけず、特別な設備備品を必要としないことに配慮する必要がある。

イ 生徒を対象とした調査

生物の観察、実験への取り組みの意識と状況についてアンケート調査を行った(平成21年5月、対象:岡山県内の高等学校3校、普通科生徒208人)。対象は生物Ⅰを選択し、アンケート調査までに、一度以上探究活動を経験している生徒である。図3に集計結果を示す。

生物の観察、実験への取り組みの意識については、「熱心に取り組んでいる」の各質問項目において8割近い肯定的な回答が得られた。しかし、観察、実験に関する取り組みの状況について「自分で仮説を立てて、観察、実験を行うことが多い」「自分で進め方や方法を考えて、観察、実験を行うことが多い」「自分で結果を予想しながら、観察、実験を行うことが多い」の質問項目からは、特に仮説の設定、実験の計画の場面で、生徒が自ら考えて観察、実験を行う機会が不

足していることが分かる。探究活動への意欲についての各質問項目には高い肯定的な回答が得られた。これらの結果から、生徒の探究活動に対する学習意欲は高いにもかかわらず、探究活動に取り組む機会が少ないと言える。このことから、探究活動に取り組む機会を多く設定する必要がある、そのためには指導計画に探究活動を位置付けることが効果的であると考えられる。

また、観察、実験への取り組み状況について「観察、実験の結果や考察をまとめるときに、何を参考にしていますか」の質問項目については、自分で考えていると回答した生徒は全体の40%しかなく、教科書、参考書を基にしていると回答した生徒（82%）、教師による板書や発言と回答した生徒（60%以上）を大きく下回っている現状が分かった（図4）。これらの結果から、観察、実験を探究活動に発展させるためには、生徒の主体的な活動の場面を設定し、教師が観察、実験の方法や結果、考察について少ない説明で実施することができるような教材の開発と指導方法の工夫が必要であることが分かる。

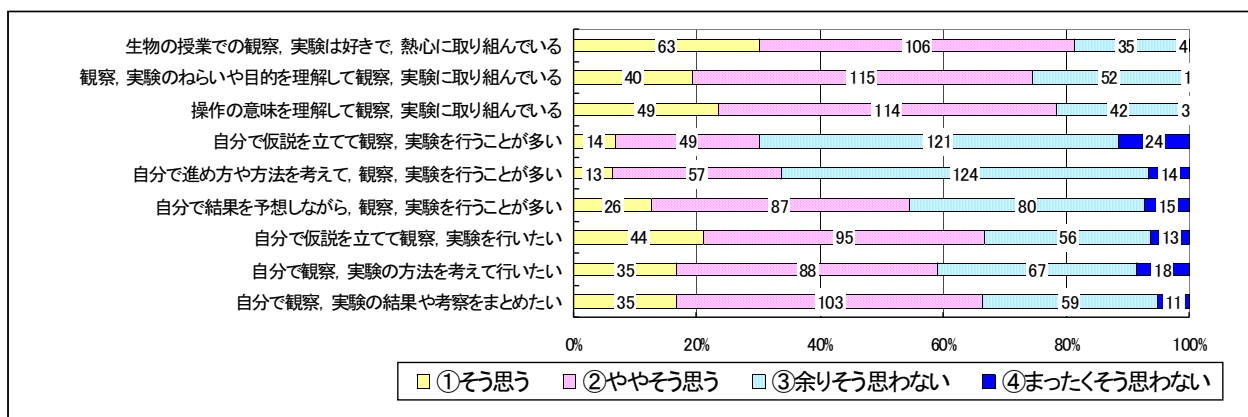


図3 生物の観察、実験に関する意識調査 集計結果 N=208

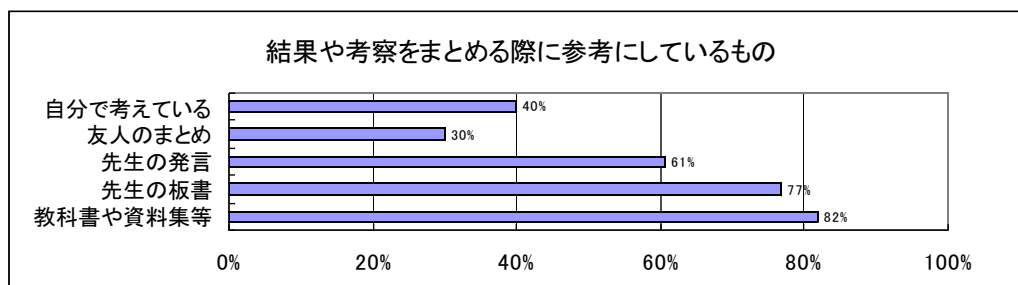


図4 観察、実験への取り組み状況（複数回答）集計結果 N=208

ウ 生物Iの教科書調査

生徒が観察、実験で教科書等を結果や考察をまとめる際に参考にしていることと、約半数の教師が教科書に記載されている探究活動の事例を利用していることとを踏まえて⁷⁾、生物Iの教科書を出版している教科書会社（全8社）の教科書⁸⁾の中の観察、実験と探究活動の記載について調査した。

すべての教科書で本編に入る前の数ページを割いて、探究の過程と方法について具体例を挙げながら紹介している。出版社によって「観察、実験」「実習」「思考学習」「資料学習」「探究活動」等、表現は異なるが、一部でも探究の方法を扱っている項目としては、各教科書で18～37項目が紹介されている。探究活動以外の観察、実験等と探究活動の項目数の比較では、同数の教科書が一つ、それ以外の教科書では探究活動以外の観察、実験等が多く紹介されている。また、探究活動と探究活動以外の観察、実験等とは明確に区別されている。多くの探究の方法を習得させるための探究活動には、まとまった知識や技能が必要となるため、発展的な内容を扱うことも増え、

ほとんどの教科書で、詳細な内容説明とともに編末又は章末に探究活動の事例が紹介されている。また、観察、実験等は、探究活動とは対照的に、活用する知識や技能を説明したページの直下に紹介されていることが多い。

教科書に記載されている観察、実験等によって興味・関心を高めたり、観察、実験の知識や技能を身に付けたりすることはできるであろうが、探究の過程について学ぶことは難しいと考えられる。それは、ほとんどの観察、実験で、扱われている探究の方法が、観察、実験による検証に偏っているためである。バランスよく探究の方法を習得させるためには、観察、実験等による検証以外の探究の方法を示す必要がある。

観察、実験等に新たな探究の方法を重点化して示し、探究活動へ応用した教材は、活用する知識、技能を絞ることが可能となる。その結果、学習内容と探究活動で扱う課題との関連が明確になり、習得した知識や技能を基に探究活動を行いやすくすることができるため、生徒に探究活動の見通しを持たせ、生徒の主体性を生かしながら短時間で実施できるという利点が考えられる。

2 探究の方法を取り入れた観察、実験に関する教材開発の視点

観察、実験を探究活動に応用した教材開発や実施方法について、岡山県教育センター（2006）「高等学校生物における探究活動の実施方法の工夫」では、次の3点を設定し、教材開発を行い、その効果を検証した。その結果、一定の成果が得られたものの、開発した教材は教師からの指示や助言が多く、生徒自らの力で取り組ませることに課題があることが分かった。

- 1 従来から取り組まれている観察、実験の一部を改善又は発展させる。
- 2 時間の負担をかけず、探究の方法が身に付くようにする。
- 3 専門の科学的知識がなくても、探究活動に取り組めるようにする。

教材開発の視点として上述の3点に加えて、本研究では、先行研究と生徒のアンケート結果に基づく実態等とを踏まえ、教師が多くの説明をしなくともよいような教材を開発し、生徒の主体的な活動を通して探究の方法を習得させることをねらって、次の三つの視点を新たに設定した。

視点1 課題の特質の把握と指導計画への位置付け

各単元の探究活動の課題の特質を把握し、探究活動を指導計画に位置付ける。課題は既習事項や次時以降の学習内容との密接な関連を図って設定する。

視点2 生物材料の工夫

生徒が素朴な疑問や科学的な問題を想起する活動を行うことができるように、探究の過程の早い段階で対象とする生物の特徴を観察する場面を設定する。加えて、課題の特質や重点化する探究の方法に適するように生物材料とその扱いを工夫する。

視点3 探究の方法の重点化

課題の特質を踏まえて、生徒が主体的な活動を行うことができる場면을計画し、探究の過程の中から探究の方法を重点化する。ただし、このような探究活動を実施する際、重点化した探究の方法を習得するだけでなく、生徒が探究の一連の過程を理解できるように工夫する。

この三つの視点を踏まえて、次に紹介する実践事例1～3で扱う教材開発を行い、それぞれ指導方法を工夫して実践し、開発した教材の効果を検証した。

IV 実践事例

1 実践事例1 「植物の減数分裂の観察」の探究活動への応用

(1) 教材開発の視点

実践事例1では、生物Iで基本的な観察の一つとして一般に実施される減数分裂の観察に新たな探究の方法を取り入れた教材開発を行い、実践した。減数分裂の観察は、調査した8社の教科書で紹介されている内容であり、主に「観察による検証」が探究の方法として用いられている。

ア 課題の特質の把握と指導計画への位置付け

この観察は、減数分裂中の核や染色体の特徴から分裂期を判断することを主な目的として実施される。生徒は植物の組織や器官の観察、体細胞分裂の観察等を通して、多くの予備知識を既に獲得している。また、観察に必要な技能は顕微鏡操作とプレパラートの作成技能であり、この技能を使用する観察をこれまでに繰り返し経験していることを考えると、新たな探究の方法を取り入れ、生徒の主体的な活動を設定しやすいと考えた。

実践は生殖を扱う4単位時間のうち、生殖の方法や減数分裂の各期の細胞に見られる核と染色体の特徴を学習した後の第3時に計画した(表2)。

これは、生徒に前時までの学習内容を活用させることで、この探究活動についての見通しを持たせ、学習意欲を高められることを期待したためである。

イ 生物材料の工夫

観察させる際に、漠然と観察させたのでは多くの時間を必要とする。生徒の生物材料に対する理解を深めさせながら、短時間にかつ効果的に観察させるために、観察の観点を示した事前学習シートの導入を計画した。

植物の減数分裂の観察の材料としてムラサキツユクサ、ヌママムラサキツユクサ、テッポウユリ等が教科書では紹介されている。本実践ではネギの花穂(ネギぼうず)を材料に用いた。ネギの一つの花穂は成長度合いの異なる多くのつぼみで形成されており、設定した仮説に基づいて、花穂から減数分裂中のつぼみを選択させることができると考えたためである。また、ネギは身近な植物であり、体細胞分裂の観察においてもよく利用される材料であることも材料選定の理由である。

ウ 探究の方法の重点化

生物材料に対する理解を深めながら、問題を見いだすための観察、仮説の設定、観察の計画、観察による検証を短時間に行うことができるように計画した。自ら設定した仮説を基にして、観察の計画に主体的に取り組むことをねらって、本実践では、これらの探究の一連の過程のうち、特に「仮説の設定」と「観察の計画」を重点化した。

(2) 開発した教材による授業実践

ア 授業の構成と計画

生物Iの授業において、A高等学校の普通科理系生徒24人を対象に1単位時間で実施した。表3にこの時間の学習指導案を示す。

表3 「植物の減数分裂の観察」の授業実践の学習指導案

本 時 案			
本時の目標	<ul style="list-style-type: none"> ○ 減数分裂の過程に関心を持ち、意欲的に探究しようとする。(関心・意欲・態度) ○ 仮説と観察の方法を基にして、減数分裂中のつぼみを選び出すことができる。(技能・表現) ○ 核や染色体などの特徴を根拠にして減数分裂の各期を判断できる。(思考・判断) 		
	学習活動・内容	教師の説明・指示等	留意事項・評価規準
導入	減数分裂の観察を行うことを知る。	前時の減数分裂の過程を確認し、生徒一人一人で観察することを伝える。	
	1 事前学習シートに沿って材料(ネギの花穂)	1 事前学習シートとネギの花穂を配付し、観察しながら事前学習シートに取り組むように	机間指導しながら、生徒の事前学習シートの記述内容を

	の観察を行う。	指示する。	確認して、材料に関する生徒の知識を把握する。
展 開	減数分裂中のつぼみを選び出し、減数分裂像を観察する		
	<p>2 事前学習シートの答え合わせを順に行う。観察の目的を知る。</p> <p>3 観察の方法をワークシートに記述する。 ・観察するつぼみを数個選び出す。</p> <p>4 つぼみから^{やく}薬を取り出し、柄付き針でつぶし、処理（染色・押しつぶし）して、プレパラートを作成する。</p> <p>5 観察結果をワークシートに記入する。</p>	<p>2 事前学習シートの答え合わせを順に行う。挙手、指名により、発表させ、各問いの解説を行う。観察の目的を伝える。</p> <p>3 ワークシートを配付し、仮説に基づいて花穂から観察するつぼみを選ぶ方法を考えさせワークシートに記入させる。生徒自ら考えた方法でつぼみを選び出させる。</p> <p>4 選んだつぼみから、薬を取り出してプレパラートを作成させる。 作成したプレパラートに印を付け、つぼみの大きさの違いが分かるようにしておくことを指示する。</p> <p>5 減数分裂中の細胞を観察できた生徒からワークシートに簡単なスケッチをかくように指示する。 ・減数分裂中の細胞が観察できない生徒には分裂中の細胞の見え方を確認させる。また成熟した細胞しか観察できない生徒には、観察の方法に基づいて新たにつぼみを選び直し、プレパラートを再度作成するように指示する。</p>	<p>生徒の知識に配慮した説明を行う。</p> <p>○評価規準 減数分裂の過程に関心を持ち、意欲的に探究しようとする。（関心・意欲・態度）【観察・ワークシート】</p> <p>○評価規準 仮説と実験方法を基にして減数分裂中のつぼみを選び出すことができる。（技能・表現）【観察・ワークシート】</p> <p>○評価規準 核や染色体などの特徴を根拠にして減数分裂の各期を判断できる。（思考・判断）【ワークシート】</p> <p>机間指導を行いながら、検鏡操作等について適宜助言する。</p>
ま と め	ワークシートに沿って考察する。 考察結果を発表する。 片付けを行う。 次時の予告を聞く。	観察が終わった生徒から、ワークシートの考察に取り組むよう指示する。減数分裂中の細胞の特徴が理解できたかを確認する。 片付けの指示をする。 次時の予告をする。	できるだけ多くの生徒の発表を基にまとめる。
実験準備	検鏡器具、酢酸オルセイン溶液、ネギの花穂（酢酸アルコールで固定済）		

イ 授業実践の様子と結果

(7) 事前学習シート

実験開始前に図5に示した事前学習シートと材料となるネギの花穂を生徒へ配付した。事前学習シートの各問いは教師が説明すれば、短時間で終わることができるが、生徒に考えさせることによって、探究の方法を身に付けさせるねらいがある。生徒が事前学習シートの各問いに取り組んでいる間に、生徒の記述内容を確認し、材料に関する生徒の知識を把握した。生徒の記述内容によって解答の際の説明内容が異なってくる。問いに順序性を持たせてあるので、一問ずつ確認しながら

事前学習シート 【植物の減数分裂の観察】

(1) 今回の観察では、ネギぼうずを材料に用いますが、ネギぼうずは、ネギの何ですか。

(2) 減数分裂を観察するには、ネギぼうずのどこを用えばよいと思いますか。

(3) ネギぼうずの中間部分から(2)で答えた材料を取り出して観察したところ、成熟した花粉しか観察できませんでした。減数分裂を観察するには、どの部分から材料を取って観察すればよいですか。次の三つの仮説に基づいて答えなさい。

仮説Ⅰ：先端部から基部に向けて順に開いていく。

仮説Ⅱ：先端部も基部も同時に開く。

仮説Ⅲ：基部から先端部に向けて開いていく。

(4) 仮説Ⅰ～仮説Ⅲでは、どれが正しいと思いますか。ネギぼうずを観察して答えなさい。




図5 事前学習シート（植物の減数分裂の観察）

答え合わせを進めた。次に事前学習シートの問いの作成に当たって配慮した内容を示す。

- 問(1) 材料に対する基本的な知識を把握する。身近な植物であるが、生殖については知らない生徒が多いと予想される。観察機会の少ないネギの生殖を知ることで植物の生殖の共通性について考える機会となることを期待した。
- 問(2) ネギの花穂のどこを観察すれば減数分裂中の細胞を観察できるかを先立って考察させておくことで、観察の目的を認識させることをねらった。材料としての利点を生徒が理解することによって、課題の把握、観察の目的、観察の方法、仮説の設定、観察による検証を短時間に行うことを期待した。
- 問(3) (4) 結果を予測し、自分で観察し、どの仮説が正しいか分かることに科学的な面白さを見いださせることをねらった。また、確認された仮説を基に、主体的に観察、実験に取り組むことを期待した。

事前学習シートの各問いに観察の観点が示されているので、短時間ではあるが、生徒はネギの花穂を熱心に観察できた(図6)。花穂の位置によってつぼみの大きさが異なることを発見したり、花穂の大きさとつぼみの大きさの関係について考えたりしている生徒の姿が見られた。

表4に事前学習シートの結果を示す。事前学習シートの記述内容や発表から教師の予想以上に生徒の自然体験や知識が乏しいことが分かり、材料に対する基本的な知識を丁寧に解説した。

表4 事前学習シートの結果 N=24

問	正答	正答数	誤答数	主な誤答	
(1)	花穂	16	8	あたま	
(2)	葯	11	13	無答	
(3)	仮説Ⅰ	基部	23	1	先端
	仮説Ⅱ	小さい花穂	2	22	無答
	仮説Ⅲ	先端	23	1	基部
(4)	仮説Ⅰ	19	5	仮説Ⅲ	



図6 ネギの花穂の観察

(4) 観察, 実験

事前学習シートの解説後、ワークシートを配付し、観察に取り組ませた(図7)。

ワークシートを利用し、プレパラートの作成方法、結果の表し方を簡単に説明した。つぼみの選別については、短時間で減数分裂像を観察するために必要な工夫を生徒に考えさせ、記入させた。その後、仮説に基づき花穂からつぼみを選び、プレパラートを作成するように指示した。図8のような顕微鏡像を観察できた生徒はスケッチを行い、仮説を確認するために用意したすべてのプレパラートを観察している様子が見られた。

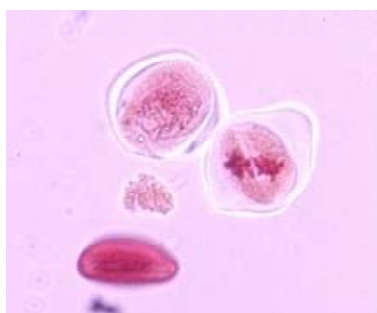


図8 顕微鏡観察像

生物実験ワークシート 実施日 平成21年 月 日

植物の減数分裂の観察

組 番 _____

観察の目的 実験の方法を工夫して、植物の減数分裂の過程を観察する。

材料 ネギの花穂(ネギぼうず)

方法

- 若い花穂を酢酸アルコールに入れて固定する。
- 花穂から減数分裂が観察できそうなつぼみを取り、スライドガラスの中央に置く。
*短時間で減数分裂像が観察できるつぼみを見付けるのは、つぼみを選んだり、プレパラートを作成する際にどのような工夫をすればよいだろうか。

- 先の細いピンセットか、柄付き針を使ってつぼみがのぐを開き、葯を取り出す。
- 葯を柄付き針でつぶして、酢酸オルセイン液を一滴落とし、カバーガラスをかける。(5分間)
- カバーガラスの上にも紙をかけ、る紙の端を押さえてカバーガラスが動かないようにして、上から柄付き針の反対側でたたき広げ、最後に上から指で押しつぶす。
- 150倍で観察し、分裂像を探す。分裂像が見つかったら、高倍率(600倍)に切り替えて観察し、スケッチする。

結果 分裂の時期の名称も記載しておこう

分裂の時期(第 分裂 期) 倍率(× 倍)	分裂の時期(第 分裂 期) 倍率(× 倍)
-----------------------------------	-----------------------------------

考察

今回はネギの花穂を用いたが、他の植物を用いる場合でも観察は可能である。どのような点に注意して、材料を選ばばよいか。

図7 植物の減数分裂の観察ワークシート

(3)実践の評価と考察

実践後にこの探究活動に対する意識と学習内容についてアンケート調査を実施した（図9）。表5はその集計結果である。

減数分裂の観察，実験後のアンケート	
1	この観察，実験で葯を用いた理由は分かりましたか。 a よく分かった b 分かった c 余り分からなかった d まったく分からなかった
2	興味を持って観察できましたか。 a とても興味を持って行った b やや興味を持って行った c 余り興味を持たなかった d まったく興味を持たなかった
3	一度でうまく観察できなかつたとき，どのようにして次の葯を選びましたか。 a 自分で考えて選んだ b 誰かと相談して選んだ c 何も考えずに選んだ d 次の観察はしなかった
4	この観察，実験を通して，実験の方法を考えたり，仮説を立てたりす力が訓練できたと思いますか。 a とてもそう思う b ややそう思う c 余りそう思わない d まったくそう思わない

表5 アンケート集計結果 N=24

質問項目	a	b	c	d
質問1	10	11	3	0
質問2	18	6	0	0
質問3	13	4	0	0
質問4	14	10	0	0

図9 減数分裂の観察，実験事後アンケート

観察，実験に関する知識・理解を確認する質問項目1では24人中21人の生徒が分かったと答えている。また，質問項目2から，すべての生徒が興味を持って取り組めたことが分かる。質問項目3では生徒の主体的な取り組み状況について尋ねた。一度で観察できなかつた生徒の多くは自分で考えて材料を選んだことが分かる。「誰かと相談して選んだ」と回答した生徒については，机間指導中に材料の選択について生徒からの質問はなかつたので，友人と相談したと考えられる。質問項目4では，今回の観察に重点化した探究の方法について，すべての生徒ができたと思っていることが分かる。

このアンケート集計結果から，本実践で生徒は，重点化した探究の方法について主体的に取り組みながら，自然に対する興味・関心を高めることができたと考える。また，観察前に材料を知り，観察の目的や仮説について自分で考える時間を設けたことにより，教師からの指示を減らすことができたと考える。

実践後のワークシートの確認からは，すべての生徒が減数分裂像の観察と考察ができていることが分かった。一方，減数分裂中の細胞のスケッチはできているが，分裂期の名称が書けていなかった生徒が4名いたことが分かった。これは生物を材料としながら，限られた時間内に観察を終えなければならないことが，一つの理由と考えられる。今後，生徒一人一人に対応したきめ細やかな机間指導の在り方について指導方法を更に探っていく必要がある。

2 実践事例2 「だ腺染色体の観察」の探究活動への応用

(1) 教材開発の視点

実践事例2では，生物Iにおける基本的な観察の一つとして実施されるだ腺染色体の観察に探究の方法を取り入れた教材開発を行い，実施した。だ腺染色体の観察は，調査した8社の教科書で紹介されている内容である。また，「高等学校生物教育に関する全国調査」（国立教育政策研究所，2006）においてもこの観察は46.4%の高い実施割合を示している⁹⁾。教科書では，主に「観察による検証」が探究の方法として用いられている。

ア 課題の特質の把握と指導計画への位置付け

この観察では，モーガンがショウジョウバエのだ腺染色体を利用して，遺伝子と染色体の関係を解明した科学史に基づき，同じ双翅目であるユスリカ（アカムシ）の幼虫（アカムシ（シマ））のだ腺を取り出し，だ腺染色体を観察し，記録する活動が行われる。簡単な解剖を含み，縞模様を持った巨大な染色

体を容易に観察できることから、観察後の生徒の達成感が高い。しかし、だ腺染色体を観察することのみに終始し、遺伝子との関係までを考えさせにくい。この観察に新たな探究の方法を取り入れ、効果的に実施できる場面を計画することで学習内容との関連が明確になると考えた。本実践は遺伝子と染色体を扱う9単位時間のうち、第4時に実施した(表6)。調査した8社の教科書では、この観察は「遺伝子の連鎖と組換え」の学習を終えた後に、実施するようになっている。だ腺染色体の観察が、教科書の記載内容の確認だけにならないように、また、見いだした問題をその後の学習で確認させることをねらって、本実践では第4時に計画した。

表6 指導計画(遺伝子と染色体)

第1～3時	遺伝子の連鎖と組換え ・遺伝子の連鎖・遺伝子の組換え
第4時	だ腺染色体の観察(本時)
第5・6時	遺伝子の連鎖と組換え ・遺伝子と染色体・染色体地図
第7～9時	性染色体と遺伝子

第5時には生徒が見いだした問題と科学史に触れながら、遺伝子と染色体の関係、染色体地図についての学習を行った。

イ 生物材料の工夫

実践事例1と同様に生物材料を事前に観察させる場面を設定し、観察の観点を示した事前学習シートの導入を計画した。

この観察の材料はアカムシが用いられる。アカムシはユスリカの幼虫の総称で、一般にセスジユスリカ、オオユスリカ、アカムシユスリカの幼虫である場合が多い。セスジユスリカ、アカムシユスリカは染色体数が $2n=8$ であり、オオユスリカは $2n=6$ である。ただ、幼虫の外部形態でこれらの種の同定を行うことは難しく、幼虫の段階ではだ腺の形状が少し異なる程度である。そこで、必ず予備実験を行い、染色体数を確認しておく必要がある。だ腺染色体は相同染色体が対合した状態になっており、染色体数は半数に見える。この観察では体細胞分裂の既習事項との関連から、より多くの問題を見つけ出すためにも、奇数のだ腺染色体を観察できる材料が適している。

ウ 探究の方法の重点化

実験材料としての生物の特徴の理解を踏まえながら、観察、実験による検証、問題を見いだすための観察、仮説の設定、実験の計画を短時間に行うことができるように配慮した。既習事項と観察結果とを活用して見いだした問題がその後の学習内容へとつながることで、学習意欲を高めることをねらって、本実践では、この探究の一連の過程のうち、「問題を見いだすための観察」を重点化した。

(2) 開発した教材による授業実践

ア 授業の構成と計画

生物Iの授業において、B高等学校の普通科理系生徒28人を対象に1単位時間で実施した。表7にこの時間の学習指導案を示す。

表7 「だ腺染色体の観察」の授業実践の学習指導案

本 時 案			
本時の 目 標	<ul style="list-style-type: none"> ○ だ腺染色体に関心を持ち、意欲的に探究しようとする。(関心・意欲・態度) ○ アカムシのだ腺を摘出し、だ腺染色体を観察することができる。(技能・表現) ○ 観察した巨大染色体について、体細胞分裂像等との比較から特徴、疑問点を提示することができる。(思考・判断) 		
	学習活動・内容	教師の説明・指示等	留意事項・評価規準
導 入	だ腺染色体の観察を行うことを知る。	生徒一人一人のだ腺を摘出して、観察することを伝える。	

だ腺染色体を観察し、体細胞分裂と比較する			
展 開	1 事前学習シートに沿って観察材料（アカムシ）の観察を行う。	1 事前学習シートとアカムシを配付し、観察しながら事前学習シートに取り組むように指示する。	<p>机間指導しながら、事前学習シートの記述内容を確認して、材料に関する知識を把握する。</p> <p>生徒の知識に配慮した説明を行う。</p> <p>机間指導を行い、だ腺が適切に摘出されているかを確認する。どうしてもアカムシに触れない生徒には、だ腺を摘出して与える。</p> <p>○評価規準</p> <p>だ腺染色体に関心を持ち、意欲的に探究しようとする。（関心・意欲・態度）【観察・ワークシート】</p> <p>机間指導を行い、検鏡操作について適宜助言する。</p> <p>○評価規準</p> <p>アカムシのだ腺を摘出し、だ腺染色体を観察することができる。（技能・表現）【ワークシート】</p> <p>机間指導でグループの考察内容を確認し、考察が深まるように助言を行う。</p> <p>○評価規準</p> <p>観察しただ腺染色体について、体細胞分裂像等との比較から特徴、疑問点を提示することができる。（思考・判断）【発表・ワークシート】</p>
	2 事前学習シートの答え合わせを順に行う。	2 事前学習シートの答え合わせを順に行う。挙手、指名により、発表させ、各問いの解説を行う。	
	3 だ腺を摘出し、プレパラートを作成する。	3 ワークシートを配付し、アカムシのだ腺を摘出させ、プレパラートを作成させる。 ・頭部の部分が長すぎると脂肪体とだ腺とが見分けにくいことに注意させる。 ・スライドガラスの上に一對のだ腺のみを置き、酢酸オルセインを滴下し、染色、押しつぶしの操作をさせる。	
	4 だ腺染色体を観察する。 観察結果をワークシートに記入する。	4 減数分裂中の細胞を観察できた生徒にはワークシートに簡単なスケッチをかくように指示する。	
	5 ワークシートに沿って考察する。	5 観察が終わった生徒から、ワークシートの考察に取り組むよう指示する。	
	6 ワークシートに沿ってグループで考察結果を協議する。	6 4人のグループを作り、各自で考えた考察1をグループ内で協議し、考察2、考察3をまとめさせる。	
まとめ	考察を発表する。 片付けを行う。 次時の予告を聞く。	グループを指名し、考察を発表させる。 片付けの指示をする。 次時の予告をする。	できるだけ多くのグループの考察を発表させる。
実験準備			検鏡器具、ルーペ、酢酸オルセイン溶液、シャーレ、オオユスリカの幼虫

イ 授業実践の様子と結果

(ア) 事前学習シート

実験開始前に図10に示した事前学習シートとアカムシとを生徒へ配付した。

この事前学習シートでは、材料に関する知識の確認と観察、実験に必要な知識の習得を短時間でやることをねらいとした。加えて、生物Ⅰの観察、実験材料として、動物の器官や組織を扱うことはあるが、動物の生きている個体を扱うことは少なく、解剖することは更に少ない。そこで、解剖前に生きている状態を観察させて、生命尊重の心情を育成する機会にしたいと考えた。解答

は一問ずつ確認しながら進めた。

次に事前学習シートの各問いの作成に当たって配慮した内容を示す。

問(1) 実験材料の全体像を観察し、分類学上の位置を予想させることによって、次時に学習する遺伝子と染色体との関係の解明に使用された材料との共通性に気付くことを期待した。

問(2) アカムシの生息環境を想像させることで実験材料に対する理解を深めさせ、生徒の興味・関心の高まりを期待した。

問(3) だ腺は第2節付近にある。事前に頭部や体節を確認させておくことで、だ腺の摘出について円滑に操作できることを期待した。

はじめてアカムシを見る生徒も多く、観察の当初には戸惑う姿も見られたが、アカムシに刺激を与えて動きを観察するなど、すぐに興味・関心を持って各問いに答えていた。表8に事前学習シートの結果を示す。多くの生徒が、実験材料について知識を持っていないことが分かり、次時にショウジョウバエが材料として有効であった点を学習させるため、ユスリカの形態的な特徴等について説明した。

(1) 観察, 実験

事前学習シートの解説後、ワークシート(図11)を配付し、観察に取り組ませた。観察の方法については岡山県高等学校理科協議会生物部会「生物の実習」の方法を利用した¹⁰⁾。

観察中は机間指導を行い、検鏡操作等について適宜助言した。だ腺染色体の観察(図12)ができた生徒から考察1に取り組むよう指示した。



図12 顕微鏡観察像

円滑に実験操作を終え、すべての生徒がだ腺染色体を観察でき、ほぼ一斉に考察に入ることができた。

事前学習シート【だ腺染色体の観察】

(1) 今回実験に用いる生物は、分類上どんな生物のなかまか。
ア〜オから選び、記号で答えよ。また、そう考えた根拠を簡潔に説明せよ。
ア 環形動物(ミミズの仲間) イ 輪形動物(ワムシの仲間)
ウ は虫類 エ 軟体動物 オ 昆虫

(2) この生物の体の赤い色素は、ヘモグロビンのように酸素と強く結びつく性質を持っている。このことからこの生物はどのようなところで生息していると考えられるか。

(3) 今回の実験では、頭部を引き抜いて、だ液腺を取り出して、中の巨大染色体を観察する。この生物の体を側面から見たとき、頭部の様子はア〜ウのどれか。

図10 事前学習シート(だ腺染色体)

表8 事前学習シートの結果 N=28

問	正答	正答数	誤答数	主な誤答
(1)	記号 オ	5	23	ア
	根拠 節と脚を持つ	2	26	ミミズに似ている
(2)	(酸素の少ない) 水中	11	17	土の中
(3)	ア	8	20	ウ

観察, 実験 だ腺染色体の観察

結果

倍率()

(体細胞分裂時の染色体) ×400

(減数分裂時の染色体) ×400

考察

- 今回観察しただ腺染色体に関して、どのような問題(疑問)点が考えられるだろうか? 体細胞分裂などと比較しながら自由な発想で書き出さない。(複数)
例: どうして、だ液腺の染色体は巨大なのか など
- 考察1で出た問題に対して、どのような予想・仮説が考えられるか。グループ内で意見交換や協議をして自由に書き出さない。
- 考察2の予想・仮説を裏付けるためには、どのような実験・観察が必要になるか。グループ内で検討して簡単に答えなさい。

図11 だ腺染色体の観察ワークシート

(ウ) グループ協議

生物の探究活動における説明活動の有効性を研究した山本（2008）の方法を参考に、生徒が自分の考えを持った上で、グループで考えを交流する活動を行った³⁾。小グループによる協議では、生徒一人一人が観察によって芽生えた疑問点を共有し、その疑問点の科学的な根拠を説明することができた（図13）。その結果、個々の疑問点が既習の体細胞分裂との比較を観点にして、科学的な問題へと深まる様子が観察できた。



図13 グループ協議

次にグループ協議で検討された科学的な問題のうち、体細胞分裂との比較によって出されたものの一部を示す。

- ・ どうして分裂していないのに染色体が見えるのか
- ・ 染色体がなぜ3本で奇数なのか
- ・ 染色体がでこぼこしているのはなぜか
- ・ 染色体が巨大なのはなぜか
- ・ なぜ、だ液腺だけで観察できるのか
- ・ 縞模様は何を意味するのか
- ・ 濃く染まる部分とあまり染まらない部分があるのはなぜか

これらの問題の多くが既習事項だけでなく、次時以降の学習内容とも深い関連があり、モーガンがショウジョウバエを研究材料にした有効性を知る上でも重要になる。

(3) 実践の評価と考察

実践後のワークシートの確認から、だ液腺染色体を全員が観察でき、上述のように観察結果を基に体細胞分裂等との関連が深い多くの問題を提起できたことで、「問題を見いだすための観察」が十分にできたと評価できる。

また、実践後に、今回の探究活動に対する意識についてアンケート調査を実施した。その主な質問項目は次の2点である。

- ・ 今回の観察、実験に熱心に取り組むことができたか（熱心に取り組めた）
- ・ 今回の観察、実験の結果で分からなかったことをもっと調べてみたいか（もっと調べたい）

集計結果を図14に示す。アンケート結果から、この観察、実験にすべての生徒が熱心に取り組むことができたと思っていることが分かる。また、ほとんどの生徒がもっと調べたいという希望を持っていた。このことから「問題を見いだす観察」から、更に探究したいという学習意欲の高まりを見ることができたと考えられる。

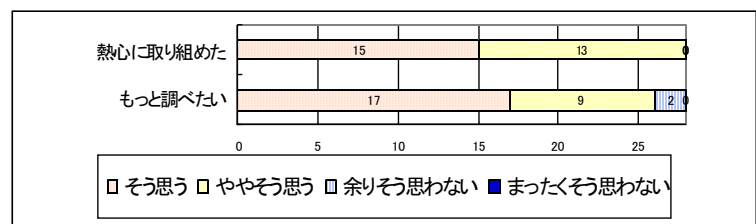


図14 実践事例2のアンケート集計結果 N=28

3 実践事例3 「動物の行動の観察」の探究活動への応用

(1) 教材開発の視点

実践事例3では、生物Iにおける観察として多くの教科書に紹介されている動物の行動の観察に探究の方法を取り入れた教材の開発を行い、実施した。動物の行動のうち、生得的な行動である走性を扱った。教科書の観察、実験では、仮説の設定、観察、実験による検証が探究の方法として、主に用いられている。

ア 課題の特質の配慮と指導計画への位置付け

動物の行動の観察では、カイコガの配偶行動やアリの走性を扱ったものなどが多くの教科書で紹介されている。動物の行動の観察が紹介されている教科書には、観察対象となる動物の行動に

ついて、教科書に具体的な記載があり、生徒が発見する学習を組み立てることが難しい。そこで、教科書に記載のない動物を扱う必要がある。

本実践は動物の行動を扱う5単位時間のうち、第3・4時に計画した(表9)。第3時に生得的な行動についての基本的な知識について0.5単位時間学習した後、本実践の観察、実験ができるように計画した。これは直前の学習内容を活用することで、生徒にこの探究活動の見通しを持たせやすくすることができ、学習意欲を高められることを期待した。

表9 指導計画(動物の行動)

第1・2時	効果器と反応
第3・4時	動物の行動 生得的な行動と観察(本時)
第5時	習得的な行動

イ 生物材料の工夫

本実践では、動物の行動については教科書に記載がないプラナリアを実験材料に用いて、移動速度を測定する探究活動を計画した。プラナリアは再生能力の高さから、動物の発生分野で紹介される生物として、多くの高等学校で飼育されている。プラナリアは他の動物が持つ接触による逃避行動に加えて、負の光走性、正負の化学走性、正の水流走性を持つことが知られており、さまざまな実験方法を取り入れることが可能になる。また、走性を利用することで、実験結果を短時間で明瞭に得ることができることと、個体が大きいと特別な観察装置を必要としないことも利点である。

ウ 探究の方法の重点化

観察、実験材料としての生物の特徴の理解を踏まえながら、直前の学習内容を活用し、問題を見いだすための観察、仮説の設定、実験の方法、観察、実験による検証を短時間に行うことができるように計画した。特に、本実践では、これらの探究の一連の過程のうち、「実験の計画」を重点化した。

(2) 開発した教材による授業実践

ア 授業の構成と計画

第2学年の生物Iの授業において、C高等学校の普通科生徒24人を対象に2単位時間で実施した。表10にこの2単位時間の学習指導案を示す。

表10 「動物(プラナリア)の行動の観察」の授業実践の学習指導案(2時間)

本 時 案 (2時間)				
本時(2時間)の目標		<ul style="list-style-type: none"> ○ 動物の生得的な行動に関心を持ち、意欲的に探究しようとする。(関心・意欲・態度) ○ 適切な実験方法を計画し、実験による検証ができる。(思考・判断) ○ 実験結果をまとめ、発表することができる。(技能・表現) 		
時		学習活動・内容	教師の説明・指示等	留意事項・評価規準
1	導入	前時までの復習をする。 本時の内容を知る。	前時までの刺激と動物の反応の内容を確認する。 本時は動物の行動を学習することを告げる。	
	展開	1 動物の行動が二つに大別できることを知る。 生得的な行動の一つの走性について知る。	1 動物の行動が生得的、習得的な行動の二つに大別されることを具体例を挙げながら用語も併せて説明する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">生得的な行動 走性 (光走性, 化学走性, 重力走性, 化学走性, 電気走性)</div>	
プラナリアの移動速度を測定する				

1	展 開	<p>2 プラナリアを材料に生得的な行動について仮説を設定し、実験計画を立てて、観察、実験することを知る。</p> <p>3 グループをつくり、プラナリアの行動を観察する。</p> <p>4 グループで移動速度測定のための予備実験を行う。</p> <p>5 グループで測定方法について協議し、ワークシートにまとめる。</p>	<p>2 観察、実験の目的を伝える。 プラナリアを生徒一人に数匹ずつ配付し、プラナリアの分類学上の位置、生息環境、食性、プラナリアが多くの走性を持っていること等を説明する。</p> <p>3 実験のルール（測定距離等）を説明する。2、3人のグループをつくるよう指示する。</p> <p>4 予備実験を行うことを指示する。予備実験に必要な器具等を事前に予想し、準備しておく。</p> <p>5 グループで測定方法をまとめ、ワークシートに書くことを指示する。</p>	<p>予備実験で生徒がプラナリアの走性について発見する活動を用意しているため、プラナリアの走性について詳細には説明しない。</p> <p>○評価規準 動物の生得的な行動に関心を持ち、意欲的に探究しようとする。（関心・意欲・態度） 【行動観察】 机間指導を行いながら観察、実験の安全面の確認を行う。</p>
	ま と め	<p>次時の活動について聞く。</p>	<p>次時の活動について説明する。 本時で計画した測定方法を変更してもよいこと、特別な実験器具が必要な場合は申し出ることを伝える。</p>	
2	導 入	<p>前時の取り組みを確認する。安全について注意を聞く。</p>	<p>前時の取り組みを確認させる。観察、実験を安全に行う上での注意を行う。</p>	
	展 開	<p>1 グループで実験計画を協議し、実験器具を準備し、実験装置を組み、移動速度の測定を行う。</p> <p>2 測定結果を記録する。</p> <p>3 各グループで発表内容を協議する。協議が終われば実験の片付けを行う。</p> <p>4 グループごとに測定方法、測定結果、工夫した点等を発表する。他のグループの発表内容を評価する。</p>	<p>1 プラナリアを各グループに配付し、実験器具を取りに来るように指示する。グループごとに実験装置を組み、移動速度測定を行うよう指示する。準備ができたグループから実験に取り組むように指示する。</p> <p>2 測定結果を記録するよう指示する。</p> <p>3 各グループで発表内容を協議するよう指示する。 実験の片付けを指示する。</p> <p>4 各グループの代表者が発表を行い、自分以外のグループの発表を評価するように指示する。</p>	<p>机間指導を行いながら観察、実験の安全面の確認を行う。</p> <p>○評価規準 適切な実験方法を計画し、実験による検証ができる。（思考・判断）【ワークシート】 机間指導を行い、生徒の活動状況を確認し、適宜指導する。</p> <p>○評価規準 実験結果をまとめたり、発表したりすることができる。（技能・表現）【発表、ワークシート】</p>
	ま と め	<p>他のグループの発表を聞いた上で、ワークシートに自分のグループの実験の評価をまとめる。 本時のまとめを聞く。</p>	<p>ワークシートに沿ってグループの実験をまとめるように指示する。 本時のまとめをする。</p>	
実験準備		<p>プラナリア、実体顕微鏡、ルーペ、シャーレ、光源装置、ものさし、絵筆、スライドガラス、ガラス管、スポイト、ストップウォッチ、ニワトリのレバー 等</p>		

イ 授業実践の様子と結果

(7) 観察とグループによる実験計画の作成

ワークシート1 (図15) に沿って、基本的な実験材料の特徴をスケッチさせながら、観察させた。観察後、直前の学習内容を確認させながら、プラナリアの運動の特徴に絞って観察させ、予備実験を行わせた。また、移動速度を測定する際のルールを説明し、実験の方法を計画するように指示した。次に生徒へ提示したルールを示す。

- ・測定距離は40mmとする
- ・直線的に移動している時の速さを測定する
- ・できるだけ速く移動させるように工夫する
- ・できるだけ正確に測定できるように工夫する

実験に必要な器具等については、あらかじめ教師が予想して、用意しておいた。

予備実験を基にグループで仮説を作成させ、仮説を明らかにするための実験の計画をワークシート2に記入させた (図16)。

グループごとに様々な予備実験を行いながら、実験の方法を計画していった。本実践で生徒が考えた実験の方法の一部を次に示す。

①直線的に運動させる工夫

- ・スライドガラスを数枚使用し、運動できる範囲を限定させる
- ・ガラス管を水に沈めて、管内を運動させる
- ・スライドガラス上に水を線状に引いておき運動させる など

②速度を高めるための工夫

- ・エサを利用する (正の化学走性)
- ・照明機器を使用し、頭部に光を当てる (負の光走性)
- ・スポットで水流をつくる (正の水流走性)
- ・大きな個体で実験する など

観察、実験 **最速のプラナリアは？**

予備知識

プラナリアについて

生息：比較的水質の良い湧水や河川の
小石の下など

食性：肉食 (飼育時の餌：鳥のレバー
やアカムシスリカの幼虫など)。

からだ：消化管は体の全身に分布 (前方に
1本、後ろに2本) し、肛門はなく
出入り口が同じである。脊椎のな
いかご状神経系を持ち、目は杯状眼でありレンズがない。

分類：日本に生息する23種類の淡水産プラナリアのうち、日本全域に分布している最も
一般的な種は () (*Dugesia japonika*) である。

その他：体の再生能力は非常に強く、再生研究の材料として用いられることが多い。

動物界 詳しい分類

扁形動物門

ウズムシ綱

ウズムシ目

ウズムシ亜目

サンカクアタマウズムシ科

ナミウズムシ属 (*Dugesia*)

ナミウズムシ (*japonika*)

観 察

1 プラナリアの形態の特徴を観察しよう

体長…… mm

幅…… mm

目…… 対

体色…… 色

簡単にスケッチしよう

2 プラナリアの運動の特徴を観察し、記録しよう

※プラナリアは、() により運動する

図15 動物の行動ワークシート1

①**仮説を立てて、それを立証するための実験方法を考えてみよう**

準備：ストップウォッチ、ものさし、(しゃみ板、光源、スライドガラス)

<p>仮説 暗い所と明るい所の差をつくり、 光が近い、暗い所を誘う……</p>	<p>ならば、 プラナリアは 最も速く移動する</p>
<p>準備物 ストップウォッチ、ものさし、(しゃみ板、光源、スライドガラス)</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">※生物準備室にないものは自分たちで用意</p>	
<p>実験方法</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>プラナリアの動きに合わせて ゆっくりとしゃみ板を動かす。</p> <p>◎ 動きだけ (ほきり) と 明暗の差をつける</p> <p>◎ 水は細く引いておく。</p> <p>◎ プラナリアは大きめのもの。</p> </div> </div>	

図16 動物の行動ワークシート2 (記述例)

(イ) 測定と結果の発表

各グループで、作成した実験計画に基づき実験装置を組み、測定を行った(図17)。授業時間内に繰り返し測定できることをねらって、運動の測定距離を40mmとした。その結果、ほとんどの実験条件で1回の測定を1分未満で終わることができていた。結果はワークシート3に記録させた(図18)。測定結果が明確で、かつ短時間で得られるので、プラナリアが予想通りに移動しない場合、相談しながら実験方法を工夫して、再び測定する姿が見られた。特に生徒は直線的に移動させることに難しさを感じていた。

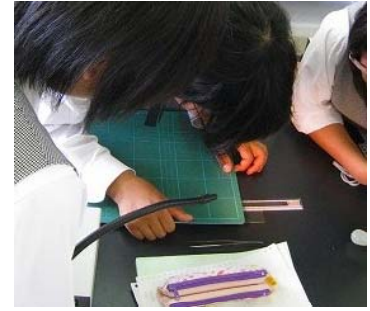


図17 測定の様子

結果の発表では、各グループの発表者に測定結果だけでなく、設定した仮説、実験方法とその方法を用いた理由、工夫した点を発表させた。これは、生徒に自らの活動を振り返らせること、教師側が生徒の活動を把握し評価の参考とすることをねらいとした。

(3) 実践の評価と考察

すべてのグループで計画した実験の方法を実施し、複数回測定することができた。ワークシートの確認から、実験方法の改善についてもすべての生徒が記入できており、実験の計画について主体的に取り組むことができたと考ええる。

実践後に今回の探究活動に対する意識についてアンケート調査を実施した。その主な質問項目は次の2点である。

- ・今回の観察、実験に熱心に取り組むことができたか(熱心に取り組めた)
- ・今回の観察、実験の計画を自分たちで考えることができたか(実験の計画)

集計結果を図19に示す。アンケート結果から、この観察、実験にほとんどの生徒が熱心に取り組み、自分で実験の計画を立てることができていたことが分かる。

否定的な回答をした生徒のワークシートを確認すると、他のグループとほぼ同じ方法で実験したにもかかわらず、思い通りの結果が得られていなかったことが分かった。生物を材料にしているのも、やむを得ない部分もあるが、机間指導で実験方法の改善について助言する必要があったと考える。

②実際に測定してみよう。

回	時間(秒)	速度(mm/秒)
1	11	3.6 mm/秒
2	24	1.7 mm/秒
3	25	1.6 mm/秒
4	10	0.8 mm/秒
5		
6		
7		
平均速度		1.9 mm/秒

回	時間(秒)	速度(mm/秒)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
平均速度		mm/秒

評価
自分の実験は・・・

	の印をつけましょう そう思う ← → そうでない
1. 考えられた仮説が、この実験によって検討することができる。	← ⊕ →
2. 時間や場所を変えて複数回行っても同じ結果が得られる。	← ⊕ →
3. 多くの人に認められる。	← ⊕ →
4. オリジナリティーがある。	⊕ ← →

次回への課題 次はこうしてみたい等

えさかみれば確かに、速く進んだように思った。しかし、逆にえさがじゃまになって、プラナリアの進歩を防いであげてもいい。石をかくと、プラナリアは、そこの方に進んでいった。カッター板の上に水路をつくらせると効果的だった。次はもっと水路を細くしてやってみよう。

感想

思っていたよりも、プラナリアが踐行して進んだので、スムーズに測定できた。1位をとれた。

図18 動物の行動ワークシート3 (記述例)

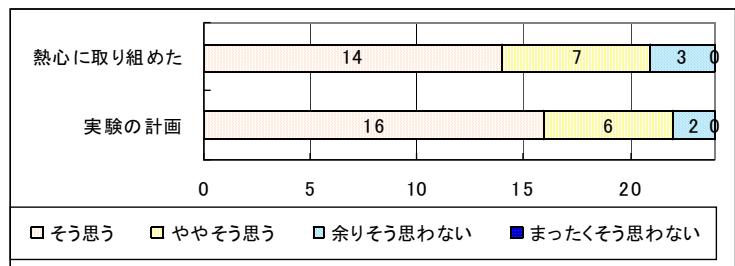


図19 実践事例3のアンケート集計結果 N=24

4 実践前後の生徒の探究活動に対する意識の変容

視点を設定し、教材開発を行い、三つの実践を行った。それぞれの実践の前後で探究の方法に対する意識の変容をアンケートにより調査した。質問項目は次の三つである。図20にその集計結果を示す。

- 質問1 自分で仮説を立てて観察，実験を行いたい（仮説の設定）
- 質問2 自分で実験方法を考えて，観察，実験を行いたい（実験の計画）
- 質問3 自分で観察，実験の結果や考察をまとめたい（結果や考察）

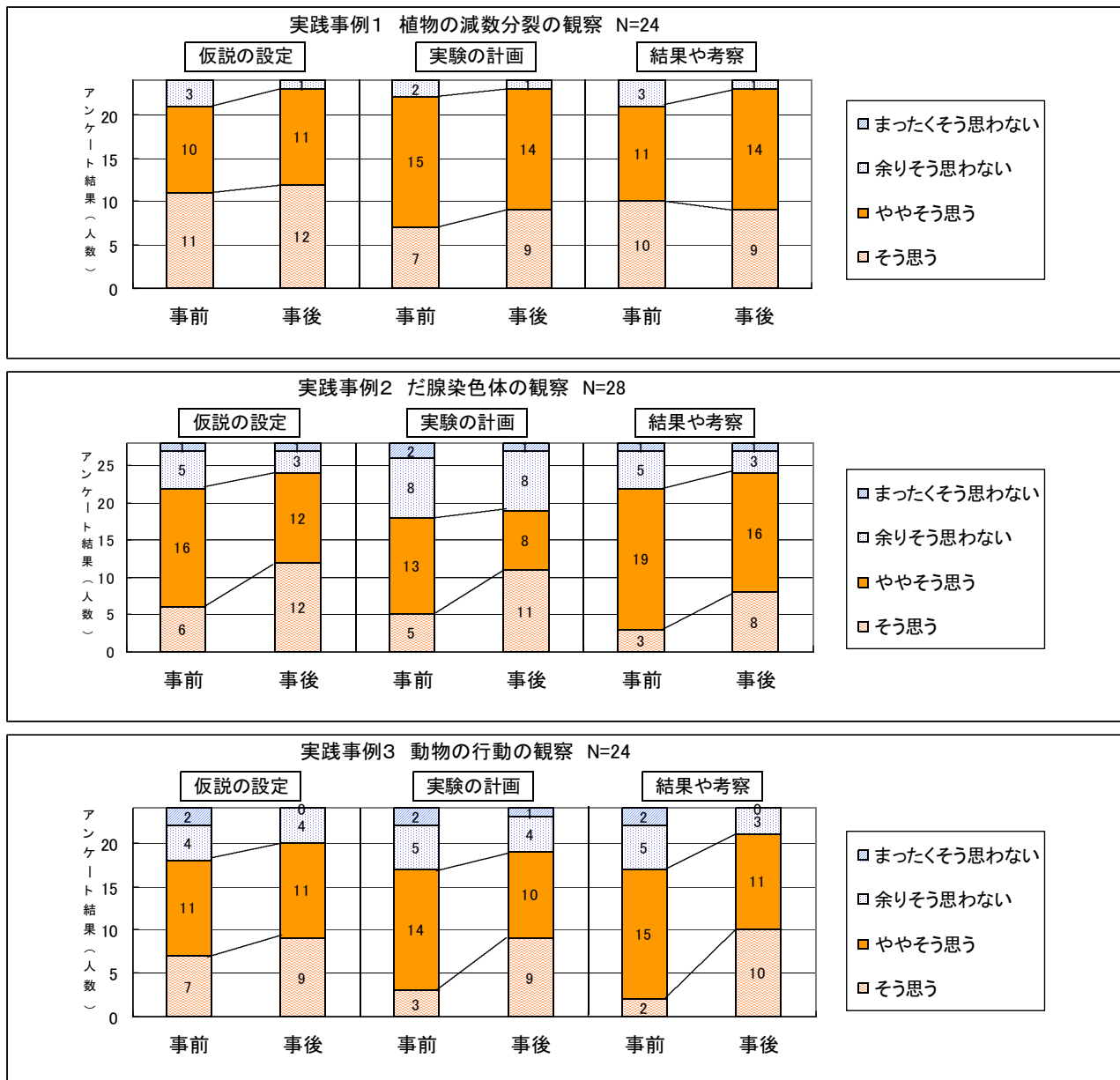


図20 実践前後の生徒の探究の方法に対する意識の変容

アンケートの対象者が少なく、実践の効果の検証としては難しいが、実践前と比較して実践後の生徒の意識が高まっていることが分かる。また、それぞれの実践で重点化した探究の方法は異なるが、重点化した探究の方法だけでなく、仮説の設定、実験の計画、結果や考察のまとめ、すべてにおいて、自分で探究の方法を行いたいという学習意識の高まりがうかがえる。教材開発の視点に基づいて実施した三つの実践が、探究活動に対する学習意欲を高める効果があったと考える。

V 成果と課題

高等学校生物の探究活動に割り当てられる授業時数は不十分であり、その理由として時間数の不足、設備備品の不足などの問題が挙げられる。これらの問題に加えて、生物の探究活動の特性や生徒の意識等に問題があることが明らかになった。そこで、従来、観察、実験として実施していた項目を探究活動に応用し、生徒の主体的な活動を通して、探究の方法を習得させることをねらって三つの視点を設定した。

三つの視点を基に教材を開発し、実践し、評価した。一つ目の視点、「課題の特質の把握と指導計画への位置付け」について、探究活動の課題の特性に配慮しながら、実践前後の学習事項と探究活動の内容との関連を深める教材を作成することができた。その結果、実験の計画や結果や考察のまとめの場面で、生徒の主体的な活動を確認することができた。二つ目の視点、「生物材料の工夫」について、観察、実験前に生物材料について学んだり、観察、実験の目的や仮説等について自分で考えたりすることができる探究活動に適した生物材料を選ぶことができた。その結果、教師からの指示を減らした上で、円滑にかつ主体的に探究活動に取り組ませることができた。三つ目の視点、「探究の方法の重点化」について、実践事例1では「仮説の設定と観察の計画」、実践事例2では、「問題を見いだすための観察」、実践事例3では、「実験の計画」をそれぞれ重点化した。その結果、それぞれの実践で重点化した探究の方法に主体的に取り組むだけでなく、探究の一連の過程全体について学習意欲の高まりが見られた。このことは理科の目標にある自然に対する関心や探究心が育成され始めたためと考えられる。

本研究の課題として二つ挙げられる。一つは事後の生徒の感想に見られた「考察の時間をもっと取りたかった」という意見である。実践では限られた時間の中で、結果や考察のまとめの時間をできるだけ多くとれるように計画したが、十分ではなかった。生徒が主体的に取り組んだ結果、より多くの時間が必要となったとも考えられる。観察、実験を探究活動へ応用する場合、結果やまとめにより多くの時間を設定する必要がある。もう一つの課題は探究活動の評価の在り方である。実践ではワークシートを中心に行ったが、ワークシートによる評価の割合が高いと、探究活動の結果を重視した評価に偏りやすい。一つ一つの探究の方法への取り組み状況など、探究活動のプロセスを評価するためにも評価の在り方について更なる研究が必要である。特に探究の方法を重点化した探究活動を繰り返し行う際に、どのような探究能力をいつの段階でどの程度まで育成すべきかということをも明らかにする必要がある。

VI おわりに

高等学校理科では、生徒に探究活動を経験させ、探究心、科学的問題解決能力を育成することが求められる。しかし、探究活動の実施には時間数の不足、設備備品の不足などの多くの課題がある。本研究は、高等学校理科生物分野において、一般的に知識や技能の定着を目的として実施することが多い観察、実験を、日常の授業で取り組みやすい探究活動となるように教材を開発し、指導方法を工夫し、実践した。実践の結果、探究活動の充実に一定の効果が見られたと考えられる。

現行の学習指導要領において標準単位数3単位の「生物I」は、新学習指導要領においては標準単位数2単位の「生物基礎」へ変わる。単位数の減少によって、生物の探究活動を取り巻く環境は、更に厳しくなることが予想される。しかし、教師による教材と指導方法の工夫によって、探究活動を充実させることができると期待している。事例として紹介した教材や授業実践は少ないが、この研究が生物教育に携わる教師にとって探究活動を実施する際の参考となることを願っている。

○引用・参考文献等

- 1) 文部省 (1974) 「高等学校新しい理科教育－理科教育現代化講座指導資料－」 東洋館出版, pp. 1-26
- 2) 前掲書1)
- 3) 岡山県高等学校教育研究会理科部会 (2008) 会誌 第58号 「中高の理科教育の連携を深めるためのアンケートについて」, pp. 37-47
- 4) 岡山県教育センター (2006) 「高等学校生物における探究活動の実施方法の工夫」
- 5) 国立教育政策研究所 (2006) 「高等学校生物教育に関する全国調査」, p. 19
- 6) 岡山県教育センター (2004) 「探究・解明の過程を重視した授業と歴史の実験の再現手法の開発」
- 7) 前掲書4)
- 8) 生物 I の教科書の調査については、生物 I の教科書を発行しているすべての出版社 (8社) のものを調査対象とした。ただし、一社で A 5 判, B 5 判の二冊を発行している場合は、B 5 判の教科書を調査対象とした。
- 9) 前掲書5) p. 19
- 10) 岡山県高等学校理科協議会生物部会 (2009) 「生物の実習」, pp. 19-20

○Webページ

- ア) 国立教育政策研究所 「平成17年度高等学校教育過程実施状況調査」
(http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h17_h/index.htm)
- イ) 小林辰至：実践生物教育研究第28号 「生物学の特殊性と科学的問題解決能力育成の視点からみた生物教育の課題」
(<http://www004.upp.so-net.ne.jp/jissen/jissen28.htm#kobayashi>)
- ウ) 科学技術振興機構・国立教育政策研究所：「平成20年度高等学校理科教員実態調査」集計結果 (速報)
(<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20090330-2/index.html>)
- エ) 山本隆史：「高等学校理科生物 I の探究活動において、科学的に表現する力を高める指導方法の工夫」
(<http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/chouki/seika/h20/h20seika/yamamoto/yamamoto.pdf>)

平成20・21年度岡山県総合教育センター個別テーマ研究
「高等学校生物における探究活動の指導方法に関する研究」
研究協力委員会

研究協力委員

平賀 徹	岡山県立倉敷青陵高等学校教諭
芳形 浩道	岡山県立岡山城東高等学校教諭
三宅 宏明	岡山県立岡山大安寺高等学校教諭
山田 裕史	岡山県総合教育センター教科教育部指導主事