

鹿児島県総合教育センター

平成26年度長期研修研究報告書

研究主題

科学的探究心を高める学習指導の在り方
—鹿児島豊かな自然を教材として—

鹿児島県立鹿児島南高等学校

教諭 岡野智和

目 次

I	研究主題設定の理由	1
II	研究の構想	
1	研究のねらい	1
2	研究の仮説	2
3	研究の計画	2
III	研究の実際	
1	研究主題に関する基本的な考え方	
(1)	鹿児島豊かな自然を教材として活用する理由	2
(2)	「科学的探究心」とは	3
2	生徒の実態	
(1)	実態調査の方法と内容	4
(2)	実態調査の分析と考察	4
3	「科学的探究心」を高めるための手立て	
(1)	鹿児島豊かな自然を教材として活用【視点1】	8
(2)	探究の過程に基づく学習【視点2】	11
4	検証授業	
(1)	検証授業Ⅰの実際	14
(2)	検証授業Ⅰの工夫とその結果	14
(3)	検証授業Ⅱの実際	19
(4)	検証授業Ⅱの工夫とその結果	20
5	検証授業後の生徒の変容の分析と考察	
(1)	アンケートの方法	25
(2)	アンケートの分析と考察	25
IV	研究の成果と課題	
1	研究の成果	27
2	今後の課題	27

〈引用・参考文献〉

I 研究主題設定の理由

国立教育政策研究所の「平成24年度全国学力・学習状況調査」の結果によると、「理科の勉強は好き」、「観察や実験を行うことは好き」と答えた児童生徒の割合は高いが、観察、実験の結果などを整理、分析した上で、解釈、考察し、説明することなどに課題があることが示された。また、独立行政法人科学技術振興機構及び国立教育政策研究所による「平成20年度高等学校理科教員実態調査」の結果によると、大学入試を意識した指導を重視し、観察、実験や探究的な活動に十分取り組めていない教員の実態が課題とされた。これらのことは、児童生徒の理科に対する高い興味・関心を十分に生かした授業が行われていない現状があり、児童生徒が自ら考え、深めていく態度が育っていないことを示していると考えられる。

「高等学校指導要領解説 理科編 理数編」の「理科」には、知的好奇心や探究心を喚起し、自然の事物・現象を主体的に学ぼうとする態度を育てることが大切であるとしている。また、「生物」においては、「生物基礎」の学習で高められた興味・関心を探究心にまで高めることで、生徒が疑問点を主体的に見いだそうとし、疑問を解決しようとする意欲をもつようにすることをねらいとしている。そのためには、生徒のもつ興味・関心を十分に高めるだけではなく、生徒が主体的に探究し、疑問を解決しようとする意欲や態度である探究心を高めることが大切であると考えられる。

生徒の興味・関心を探究心まで高めるためには、身近な生物学的素材を活用することが有効であると考えられる。本県は九州南部に位置しており、島嶼部を含み南北 600kmに及ぶ県土を有し、多様な生態系が存在することから、生徒が生物学を学ぶための生きた素材がこれほどそろった地域は少ないと思われる。本研究ではこの鹿児島島の豊かな自然を素材とし、その特性を授業で教材として生かすことで生徒の問いを引き出し、より深く探究していくことができると考えた。

本校生徒の実態は、授業や観察、実験に対する興味・関心は全般に高く、取組も良好で、授業内容に対して積極的に質問する姿も見られる。一方で、知識を問う発問には答えられるが、科学的な思考を伴う発問に対しては答えに窮する、といった姿が見られ、主体的に課題を見付け探究する生徒は少ない状況である。また、鹿児島県という比較的自然が豊かな地域で生活しているにもかかわらず、地域の自然環境や生物についての知識は十分ではないように思われる。これらの実態の要因としては、生徒に主として知識や理論を教えることを中心とした授業の展開が多かったことや、観察、実験における生徒の主体的な活動が十分に行われてなかったこと、身近な地域にある貴重な素材を教材として十分に活用してこなかったことなどが挙げられる。

そこで、本研究では、本校近隣を流れる和田川や、生徒が身近に感じる鹿児島湾の生物を教材として活用することで、生物に対する生徒の興味・関心をより一層高めることができると考えた。さらに、実験、観察等で生徒の問題意識や目的意識を明確にする工夫を行えば、生徒は疑問点を主体的に見だし、見通しをもって疑問を解決しようとする「科学的探究心」を高めることができると考え、本主題を設定した。

II 研究の構想

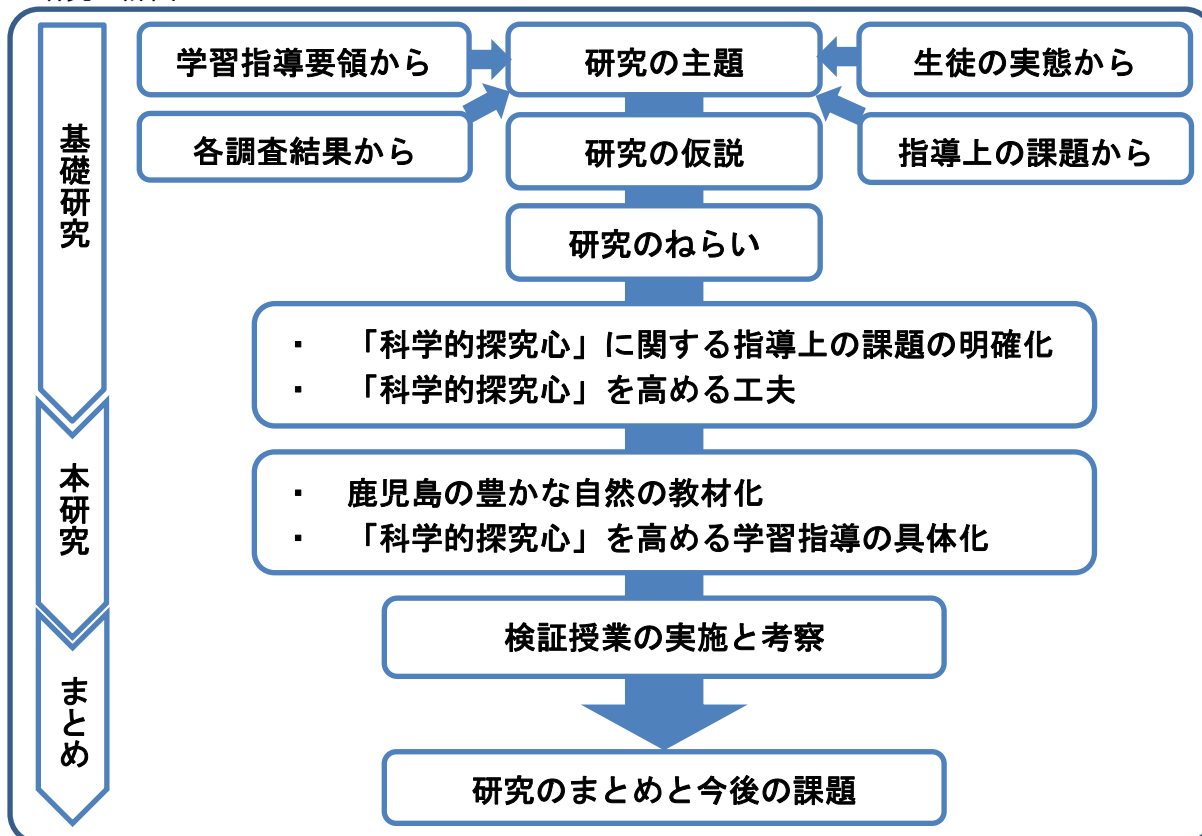
1 研究のねらい

- ア 生徒に実態調査を行い、「科学的探究心」を高めるための指導上の課題を明らかにする。
- イ 先行研究や文献から、「科学的探究心」を高める素材や教材について分析する。
- ウ 生徒が疑問点を主体的に見だし、見通しをもって疑問を解決する指導方法を研究する。
- エ 検証授業の分析を通して、本研究の成果と課題を明らかにする。

2 研究の仮説

鹿児島県の豊かな自然を教材として生徒の科学に対する興味・関心を高め、問題意識や目的意識を明確にする工夫を行えば、生徒は主体的に疑問点を見いだそうとし、見直しをもって疑問を解決しようとする「科学的探究心」を高めることができるのではないかと。

3 研究の計画



III 研究の実際

1 研究主題に関する基本的な考え方

(1) 鹿児島県の豊かな自然を教材として活用する理由

2010年に開催された生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）において、生物多様性に関する新たな世界目標、すなわち、今後10年間に国際社会が取るべき道筋である「戦略計画2011-2020」が採択され、これを受けて日本では「生物多様性国家戦略2012-2020」が閣議決定された。さらに、本県においても、生物多様性鹿児島県戦略検討会議が開催され、生物多様性の保全や啓発活動などへの取組が始まった。これらの動きは、生物多様性が失われつつあることに伴い行われているものであり、その重要性を生徒に伝えていくことは喫緊の課題である。

本県は南北に長い県土と2000m弱の高低差を有する特異性により、亜熱帯、暖温帯、冷温帯の三気候帯に属することや、生物境界線の渡瀬線が存在し、北限種や南限種が多く生息しているなど、他の県にはない特徴を有している。また、琉球諸島の形成史や喜界カルデラに見られる火山活動、海流の影響など、生物の多様性や系統を考えさせることができる魅力的な生物素材が多く存在する。世界遺産に登録された屋久島や、その候補地の奄美諸島のみならず、深海域をもつ鹿児島湾や、桜島、稲尾山系など、豊かな自然がある。このような生物学的に重要な鹿児島県の自然について学び、その素晴らしさを実感させることは「生物」の科目において、特に大切であると考えられる。

「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」の「生物」においては、生徒にとって身近な素材を用いたり、季節や地域の実態に適合した順序で活用したり、継続観察することなどが求められている。したがって、これらの条件に適した鹿児島県の自然を教材化することで、生徒はより具体的な学習を進めていけるものとする。本校近隣にも豊かな自然があり、この身近な自然を教材化することで、自然環境の素晴らしさを実感させることや、生物の多様性に触れさせることができると考える。

自然の事物・現象を理解させるためには、実物に触れ、観察、実験を行うことが非常に有効である。特に「生物」において、生きた素材に触れることは、生徒の興味・関心を高めるために効果的であるだけでなく、生物の体のつくりや仕組み、生態など様々な疑問を与え、「科学的探究心」を高めるための教材となる。本研究では、本校生徒にとって身近な自然としての和田川や鹿児島湾の生物を、「生物」の学習指導において活用する教材として取り上げることとした。

本校における「生物」の指導計画では、「生態と環境」、「生物の進化と系統」は第3学年に位置付けられている。「生態と環境」の単元「生態系と生物多様性」の教材として和田川の生物を、「生物の進化と系統」の単元「生物の系統」の教材として鹿児島湾の生物を活用することとした。

(2) 「科学的探究心」とは

「高等学校指導要領解説 理科編 理数編」の「理科」においては、「探究の過程を通して科学の方法を習得させ、自然に対する興味・関心、探究心を高め、科学的に探究する能力と態度を育てるように指導を行うことが大切である。」と示されており、探究活動を通して自然の事物・現象を主体的に学ぼうとする態度を育てることが大切であるとしている。

興味・関心が探究心まで高まれば、観察、実験の結果から新たな疑問を見いだせるようになり、更に主体的で問題解決的な態度へと変容していくと考える。そこで、本研究では探究心を「疑問点を主体的に見だし、見通しをもって疑問を解決しようとする意欲」と捉え、自然の事物・現象に対する探究心を「科学的探究心」と捉えることとした。ここでの疑問とは、「生物」の科目における各単元で学び、理解していく事物・現象に対する「問い」であり、疑問点とは、その疑問を解消するために明らかにしたい要素である。

「生物」の学習においては、魅力ある教材提示により、生徒の興味・関心を一層高め、学習指導を通して、「科学的探究心」へと高める手立てを講じる必要がある。本研究では、次の(ア)～(オ)の五つの段階を踏まえた探究の過程(図1)による学習指導により、「科学的探究心」が向上していくと考えた。

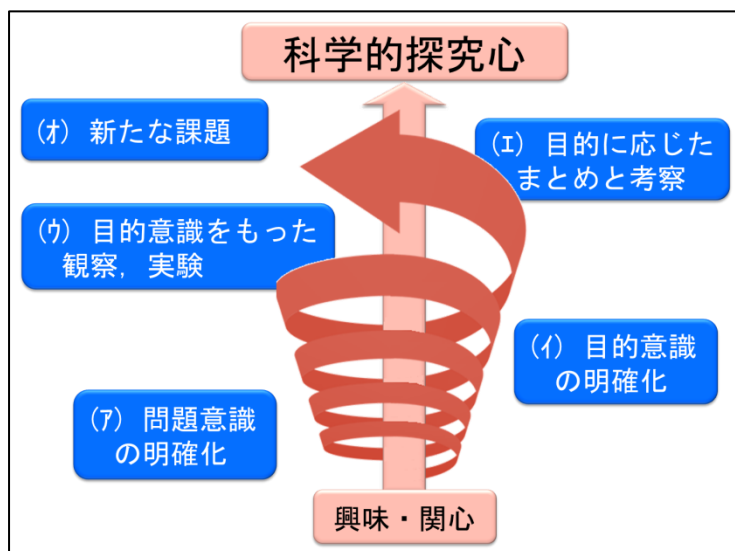


図1 探究の過程

(ア) 問題意識の明確化

問題意識とは、自身が抱いた疑問点に対し、進んで関わり合おうとする意識である。今までの経験や既知の知識と照らし合わせて考えても解決できない事象を提示することや、普段意識していない事象についての発問を工夫して生徒の思考を深めることや、周りの友達の考

えと自分の考えとの違いや共通点を確認させることなどで、明確化できると考える。

(イ) 目的意識の明確化

目的意識とは、疑問の解決へ向けた見通しをもち、自分の考えを確かめようとする意識である。疑問解決のためにどのような情報が必要であるかを認識させることや、どのような観察、実験をすれば、その情報が得られるのかを考えさせること、根拠を基に予想を立てさせることなどで、明確化することができると思う。

(ウ) 目的意識をもった観察、実験

生徒の目的意識に応じた、自分の考えを確かめるための観察、実験であり、観察、実験の方法を考えさせたり、結果を予想させて取り組ませたりすることが効果的である。

(エ) 目的に応じたまとめと考察

結果を論理的に説明する活動であり、予想と結果の関係付けや比較対象を明確にすることが有効である。また、話し合い活動や発表の場を設けることなどで、考察が深まると考える。

(オ) 新たな課題

疑問の解決後に、既習内容との関連を見いださせたり、別の視点を与えて考えさせたりすることで、生徒は新たな疑問点を見だし、探究への意欲が更に向上すると考える。

以上のような手立てを講じ、探究の過程を踏ませることで、生徒の疑問の解決への意欲は高まり、興味・関心を「科学的探究心」へと高めることが可能になるとともに、科学的に探究する能力も向上し、新たな探究へとつながっていくと考えられる。

2 生徒の実態

(1) 実態調査の方法と内容

ア 調査の目的

(ア) 理科に関する生徒の実態を明らかにする。

(イ) 生徒の「科学的探究心」を高めるための指導を工夫する際の基礎資料とするために、「理科」及び「生物」の授業における生徒の意識や実態を明らかにする。

イ 調査時期 平成26年6月

ウ 調査対象 県立鹿兒島南高等学校 普通科全学年 457人、及び第2学年、第3学年 生物選択者 66人

エ 調査内容 「理科」及び「生物」の学習における生徒の意識に関する調査

オ 調査方法 質問紙法

(2) 実態調査の分析と考察

ア 科学（理科）に関する生徒の意識について

2006年PISA調査から抜粋し、「科学を学ぶことの楽しさ」、「科学的な課題に対応できる自信」、「科学に係る活動の程度」、「受けている理科授業に対する意識」について36項目のアンケートを実施した。図2～6中の「本校全体」、「3年理系」は本校生徒のデータであり、「全国中3」、「全国高1」、「OECD」は、国立教育政策研究所による「PISA調査のアンケート項目による中3調査 集計結果（速報）」のデータを、本校生徒との比較のために示している。図中の値は各質問項目において「全くそうだと思う。」、「そうだと思う。」、「そう思わない。」、「全くそう思わない。」の選択肢の中から「全くそうだと思う。」、「そうだと思う。」を選択した生徒の割合である。まず、「科学を学ぶことの楽しさ」についての5項目の質問に肯定的に答えた生徒の割合を図2に示した。

【質問項目】「科学を学ぶことの楽しさ」(図2)

- ・ 科学の話題について学んでいるときは、たいてい楽しい。
- ・ 科学についての本を読むのが好きだ。
- ・ 科学についての問題を解いているときは楽しい。
- ・ 科学についての知識を得ることは楽しい。
- ・ 科学について学ぶことに興味がある。

全国的には、「全国中3」と「全国高1」を比較すると約13ポイント減少しており、このことが高校の理科学習における課題とされている。本校でも同様の傾向を示しているが、「本校全体」で53%、「3年理系」で61%と高い値を示しており、本校生徒の科学に対する興味・関心は「全国高1」と比較しても高いことが分かった。

一方で、「科学的な課題に対応できる自信」についての8項目の質問に、「簡単にできる。」「少し努力すればできる。」と肯定的に答えた本校生徒の割合は低く、「全国高1」より低い値を示し、3年理系で43%であった(図3)。「OECD」の平均と比較すると、他の群は全て10ポイント以上低くなっており、このことは平成24年度全国学力・学習状況調査の結果にあるように「観察、実験の結果などを整理、分析した上で、解釈、考察し、説明することなどに課題がある。」と考えられる。本校では3年理系においてその傾向が強いと言える。

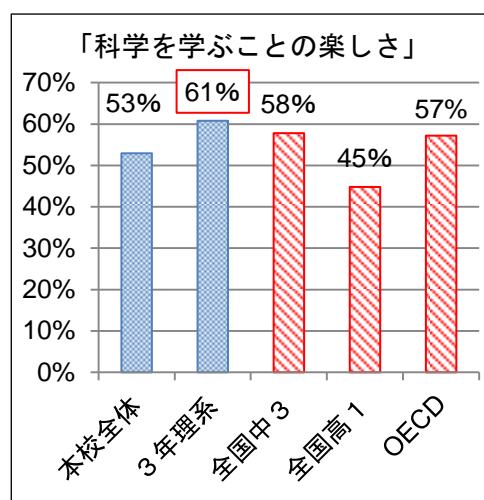


図2 実態調査結果1

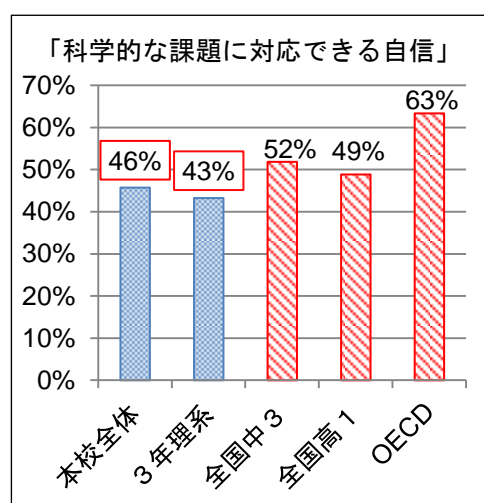


図3 実態調査結果2

【質問項目】「科学的な課題に対応できる自信」(図3)

- ・ 健康問題を扱った新聞記事を読んで、何が科学的に問題なのかを読み取ることができる。
- ・ 地震が頻繁に発生する地域とそうでない地域があるのは、なぜかについて説明することができる。
- ・ 病気の治療で使う抗生物質には、どのような働きがあるかを説明することができる。
- ・ ごみ捨てについて、何が科学的な問題なのかを理解することができる。
- ・ 環境の変化が、そこに住む特定の生物の生存に、どのように影響するかを予測することができる。
- ・ 食品ラベルに表示されている科学的な説明を理解することができる。
- ・ 火星に生命体が存在するかについて、これまで自分で考えていたことが、新発見によりどう変わってきたかを議論することができる。
- ・ 酸性雨の発生の仕方に関して二つの説があるとき、そのどちらが正しいかを見極めることができる。

また、「科学に関わる活動の程度」についての6項目の質問に肯定的に答えた生徒の割合は全般に低く、全ての群で10%前後であった(図4)。「3年理系」では11%と「全国高1」よりやや高い値を示し、これは部活動が終了し、科学に関わる時間を確保できるようになったことや、進学を意識し学習の機会が増えてきたことによると考えられる。

【質問項目】「科学に関わる活動の程度」(図4)

- ・ 科学に関するテレビ番組を見る。
- ・ 科学に関する本を借りたり、買ったりする。
- ・ 科学を話題にしているインターネットを見る。
- ・ 科学の進歩に関するラジオ番組を聞く。
- ・ 科学に関する雑誌や新聞の記事を読む。
- ・ 科学クラブの活動に参加する。

これらの結果から、本校生徒は科学に対する興味・関心は「全国高1」と比較すると高いが(図2)、科学に関わる活動の程度は10%程度で高いとは言えず(図4)、自分の考えを述べたり、科学的に論を展開したりすることは苦手である(図3)という傾向にあることが分かった。これらの要因として、生徒の科学に対する興味・関心を十分に生かした授業を行ってこなかったこと、講義型の授業が多く、各自の考えを发表或し交流したりする機会が少なかったことなどが考えられる。

イ 受けている理科授業に関する生徒の意識について

「受けている理科授業に関する意識」については、「対話を重視した授業を受けている。」と「観察、実験などの体験を重視した理科授業を受けている。」の2群に分けて分析した。

まず、「対話を重視した授業を受けている。」についての4項目の質問に肯定的に答えた生徒の割合は全国的に低い値を示している(図5)。本校も同様の傾向を示しているが、「本校全体」では「全国高1」より3ポイント高く、「3年理系」では「全国中3」とほぼ同様の値を示しており、全国の平均程度以上には対話型授業が行われていると言えるが、「OECD」の平均とは大きな隔たりがあることから、対話を重視した授業設計が重要であると考えられる。

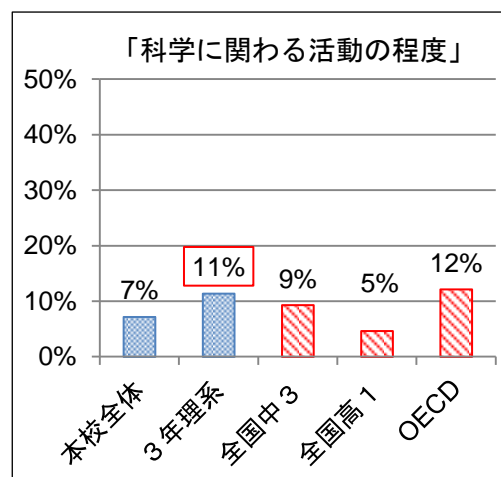


図4 実態調査結果3

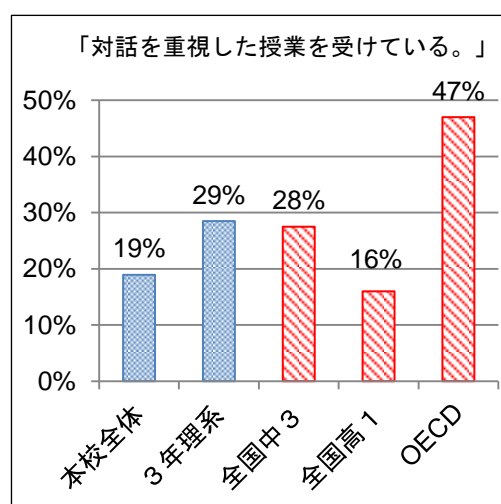


図5 実態調査結果4

【質問項目】「対話を重視した授業を受けている。」(図5)

- ・ 生徒には、自分の考えを発表する機会が与えられている。
- ・ 授業は、課題に対する生徒の意見を取り入れて行われる。
- ・ 授業では、クラス全体でディベートしたり討論したりする。
- ・ 生徒は、課題についての話し合いをする。

また、「観察、実験などの体験を重視した理科授業を受けている。」についての4項目の質問に肯定的に答えた生徒の割合は全体的に低く、「3年理系」でも約40%であった(図6)。全国的に見ても「全国中3」と「全国高1」を比較すると46%から23%と半減しており、全国的な課題として取り組んでいかなければならない問題である。

この結果に加え、「科学的な課題に対応できる自信」も低い現状があることから(図3)、観察、実験を重視した理科授業を充実させるだけでなく、言語活動を積極的に取り入れていくなどして、観

察，実験を生徒主体の学びへと変えていくことが必要であると考える。

【質問項目】「観察，実験などの体験を重視した理科授業を受けている。」(図6)

- ・ 生徒が実験室で実験を行う。
- ・ 生徒は，実験したことからどんな結論が得られたかを考えるよう求められる。
- ・ 先生が実験を実演してくれる。
- ・ 生徒は，先生の指示どおりに実験を行う。

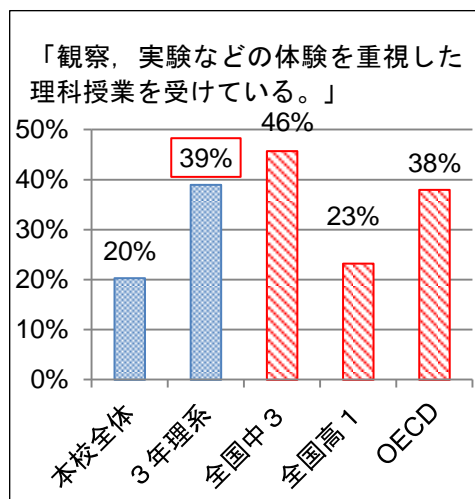


図6 実態調査結果5

ウ 生物の授業に関する生徒の意識について

本校における「生物」を履修する生徒は，第2学年，第3学年の理系生徒であり，物理との選択となっているため，アンケートは生物選択者のみに実施した。

「生物の勉強は必要だと思います。」，「生物の学習内容に興味があります。」，「生物の実験を行うことは好きです。」の項目に肯定的に答えた生徒の割合は非常に高く，それぞれ100%，95%，77%であった。このことから，「生物」を学習する必要性や興味・関心は非常に高いことが分かる(図7)。これはアンケート対象生徒が理系であり，「生物」が選択科目であることも関係していると考えられ，このような高い興味・関心をいかに「科学的探究心」の向上に結び付けていくかが重要である。

一方で，「生物の学習内容で興味・関心があるものは，本やインターネットで調べます。」や，「生物で興味・関心のある課題を選択し，自分で学習したいと思います。」，「生物の実験が終わった後，もっと深く調べてみたいと思います。」の項目に肯定的に答えた生徒の割合は，それぞれ29%，57%，50%であった(図8)。これらのことから，生徒の高い興味・関心は普段の授業内容に留まっており，そこから発展的に自ら学習しようとする意欲が低く，学習に対して受動的な態度の生徒が多いことが分かる。したがって，生徒の興味・関心を一層高める工夫や，興味をもった事物・現象をより深く学ばせていく工夫をすることで，自ら学び深めるといふ主体的な学びへと変容させる必要があると考える。

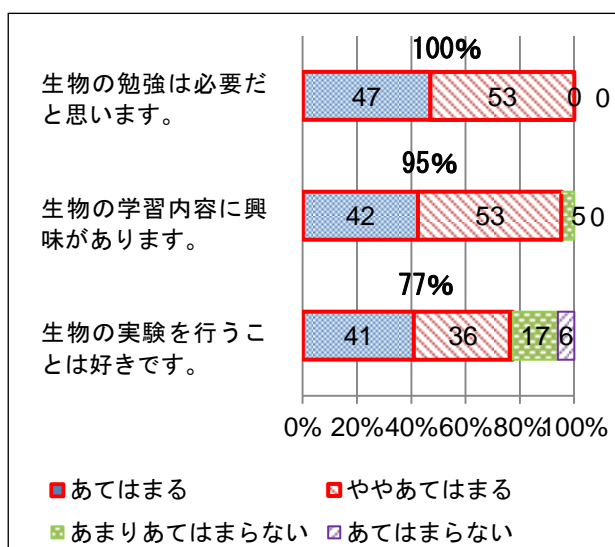


図7 実態調査結果6

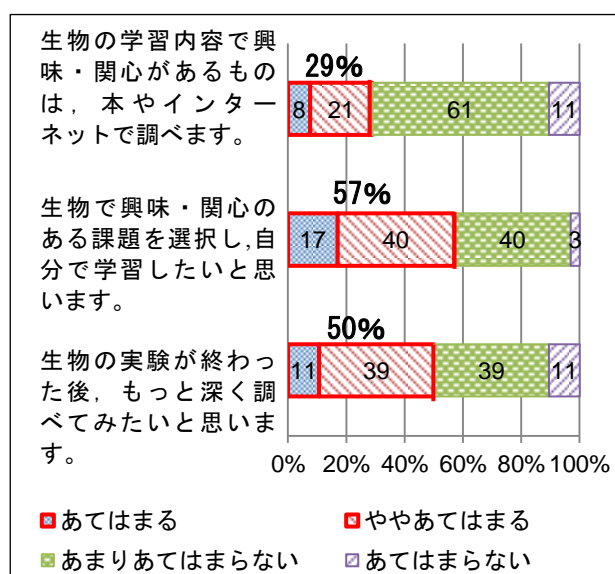


図8 実態調査結果7

また、「生物の実験結果についての思いや考えを、相手に理解できるように伝えられます。」や「生物の実験の結果が何を意味するのかを考えます。」の項目について肯定的に答えた生徒の割合は、それぞれ 39%、63%であった（図9）。この結果から、実験結果を自ら考えたりすることはある程度できているが、そのことを相手に伝わるようにまとめることは苦手であることが分かった。

これらの結果は、(2)アの「科学」に関する生徒の意識と同様、生徒の意識は興味・関心で留まっており、授業や観察、実験に対し、主体的な取組がなされていない状況であると言える。したがって、体験を重視した学習を更に充実させることはもちろん、実験の目的をしっかりとめさせる指導や、結果を基に更に深く考えさせる指導などが必要と考える。また、言語活動を積極的に取り入れ、生徒同士の活発な意見交換を図ることや、相手に分かりやすく伝える表現力の育成を行うことも重要である。このような手立てを講じることが、生徒の「科学的探究心」を高めるために必要であると考えた。

以上のことから、「科学的探究心」を高めるために、次の視点から授業を改善しようと考えた。

- | | |
|-------|--------------------|
| 【視点1】 | 鹿児島島の豊かな自然を教材として活用 |
| 【視点2】 | 探究の過程に基づく学習 |

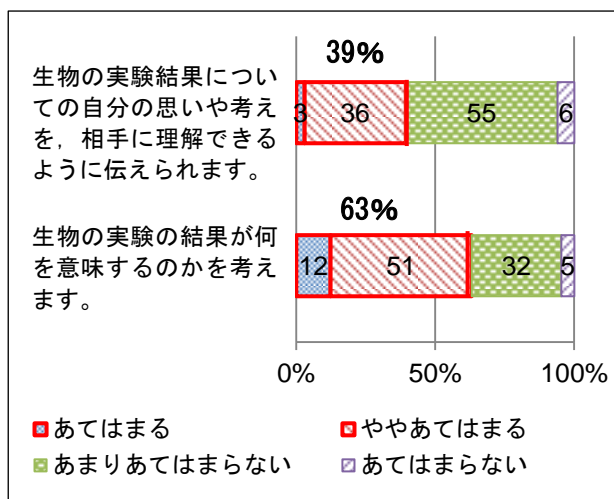


図9 実態調査結果 8

3 「科学的探究心」を高めるための手立て

(1) 鹿児島島の豊かな自然を教材として活用【視点1】

本研究の教材としては、生徒にとって身近だと感じる場所で採集できるとともに、観察、実験によりその特徴が明確となるような生物を活用した。

検証授業Ⅰにおいては、環境省による「川の生き物を調べよう 水生生物による水質判定」に基づいた水質調査を行うことで、身近な河川に生息する生物と環境との関係を体験的に理解させることができると考えた。本校近隣を流れる、身近な河川である和田川では、水生生物が容易に採集でき、きれいな水の指標となるサワガニやカワゲラ類、ややきれいな水の指標となるイシマキガイ、やや汚い水の指標となるシマイシビルなど、様々な生物が採集できる（写真1）。

和田川は、上流域から下流域までの距離が短く、調査地点は全て本校から車で20分程度の距離にあり、比較的短時間で各流域において河川生物を採集することができる。また、一つの河川の生物層の変化を連続的に調べることができるため、他の地域の河川との比較もできる。さらに、中流域からは市街地を流れているため、護岸工事や生活排水などの影響も考えさせることができる。このように、身近な河川の生物を観察させることにより、生徒は地域の自然を知るだけでなく、様々な視点から疑問をもつことが可能であり、さらには他の地域の自然と比較することで、身近な鹿児島島の自然に対する理解がより深まっていくものとする。

生徒の「科学的探究心」を高めるためには、観察する生物は生きている生物を観察させた方が効果的であると考え、気温の変化で死滅することを避けるため、採集後は本校生物室の冷蔵庫で

保管した。低温にすることで活性を抑え、実験時まで生存させた後、生徒に観察させた。



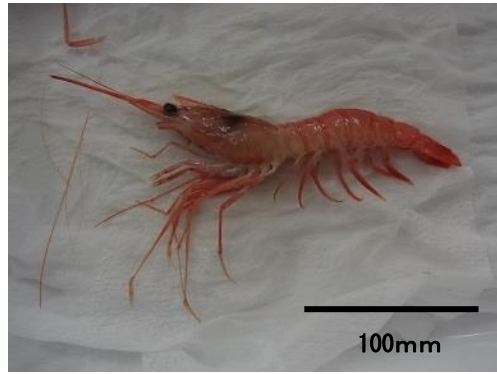
写真1 和田川で採集した水生生物

検証授業Ⅱにおいては、様々な動物群を観察させるために、海生生物に着目した。海生生物には全ての動物門が存在し、動物の分類や系統を考えさせる上で非常に適した素材であることから、鹿児島湾の海生生物を教材とした。鹿児島湾は、湾の中にカルデラと活火山があり、内湾でありながら水深が大陸棚よりも深い230m以上の深海域をもつという、日本では他に例を見ない特徴をもつ、世界でも極めて珍しい湾の一つである。また、そこに生息する生物も多様であり、多くの海藻類から、魚類、甲殻類、哺乳類のイルカまで、様々な生物を知ることができる。さらに、鹿児島湾に生息する生物は、深海域の生物や黒潮の影響、島嶼域における分布の違いなどの発展的な疑問を生徒に与えることができる教材である。教材としては、目視で各器官が確認できる程度の大きさで観察しやすい素材が好ましい。そこで、検証授業Ⅱでは硬骨魚類のマアジと軟骨魚類(サメ、エイ)、節足動物門のナミクダヒゲエビ、棘皮動物門のナガウニ、軟体動物門のスルメイカなどを教材とした(写真2)。

いずれの素材も鹿児島産のものが入手でき、量販店でも購入することができる。今回の実験では深海性のナミクダヒゲエビとともにシロザメやバラチゴダラなども使用した(写真3)。地元の漁協を通すなどすれば、様々な魚類をはじめ、底曳網漁で深海性の生物なども入手できる。以上のように、生徒が身近に感じる場所に生息する生物を活用し、観察、実験を行うことで生徒の興味・関心は高まり、「科学的探究心」の向上につながると考えた。



マアジ (*Trachurus japonicus*)



ナミクダヒゲエビ (*Solenocera melantho*)



ナガウニ (*Echinometra mathaei*)

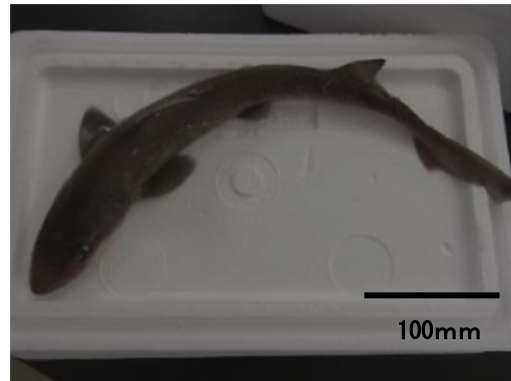


スルメイカ (*Todarodes pacificus*)

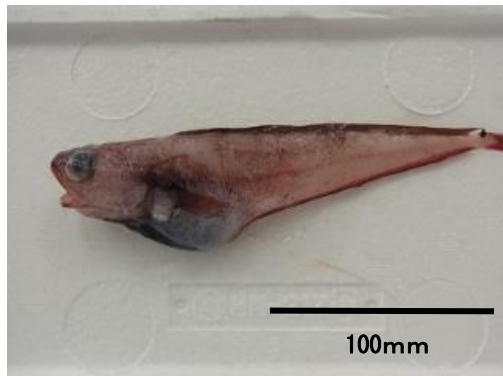
写真2 解剖実験に用いた生物



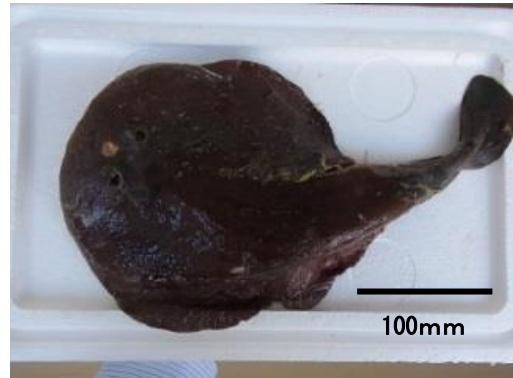
マルヒウチダイ (*Hoplostethus crassispinus*)



サメの一種



バラチゴダラ (*Physiculus chigodarana*)



エイの一種

写真3 解剖実験に用いた鹿児島湾の深海性魚類

(鹿児島湾小型底曳網漁業者協会会長 大瀬美由紀氏より提供)

(2) 探究の過程に基づく学習【視点2】

生徒がもつ興味・関心を探究心へと高めるためには、生徒に何を考えさせるかが重要となってくる。考えさせる課題は、既習事項と事象提示で得た情報を基に、生徒自らが考えることができる内容であり、しかも、考える意義や必要性を感じさせる内容であることが必要である。そこで、検証授業Ⅰでは「河川環境と生物について」、検証授業Ⅱでは「動物の各分類群の体のつくりと特徴」について、図1の(ア)～(オ)に基づき、五つの段階を踏まえた探究の過程による学習指導を実施した。

過程	学習内容
(ア) 問題意識の明確化	1 興味・関心から喚起される疑問(1) <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証授業Ⅰ：河川環境と生物がどのような関係にあるかという疑問 ・ 検証授業Ⅱ：各動物群がどのような体のつくりであるかという疑問 2 疑問(1)を解決するための疑問点(2) <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証授業Ⅰ：各流域、水質等の比較 ・ 検証授業Ⅱ：硬骨魚類と他の生物群との比較
(イ) 目的意識の明確化	3 疑問点(2)に応じた課題(3) <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証授業Ⅰ：各生息域における出現種やその生物量、水質による出現種の相違点 ・ 検証授業Ⅱ：各動物群における器官の有無・位置・形状の共通点と相違点 4 課題(3)を解決する見通し(4) <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証授業Ⅰ：水生生物の同定や水質調査のための採取場所や方法を選択 ・ 検証授業Ⅱ：解剖や観察をする動物群を選択
(ウ) 目的意識をもった観察の実験	5 見通し(4)をもった観察(5) <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証授業Ⅰ：調査により出現した指標生物と水質階級の検討 ・ 検証授業Ⅱ：解剖により確認した器官の有無・位置・形状の検討
(エ) 目的に応じたまとめと考察	6 観察(5)した結果から課題(3)の考察(6) <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証授業Ⅰ：岩場と本流の出現種・各流域による出現種・流域による生物量・水質による出現種の相違点について、4グループがそれぞれ考察 ・ 検証授業Ⅱ：マアジ(硬骨魚類)とエイ、サメ(軟骨魚類)、スルメイカ(頭足類)、ナミクダヒゲエビ(甲殻類)の器官の共通点と相違点について、4グループがそれぞれ考察 7 考察(6)に基づく発表 <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証授業Ⅰ：口頭発表 ・ 検証授業Ⅱ：ポスター発表
(オ) 新たな課題	8 今回設定した課題(3)以外の新たな課題 <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証授業Ⅰ：回遊性の種の分布、外来生物の影響 など ・ 検証授業Ⅱ：今回解剖した生物以外の生物の器官の有無・位置・形状 など

(ア) 問題意識の明確化

検証授業Ⅰでは、河川環境と生物がどのような関係にあるのかという疑問をもたせ、実際の採集地の様子や河川環境をスライドで確認させることで、生徒がより具体的なイメージをもてるように工夫し、そこに生息する生物について考えさせた(写真4)。和田川は本校近隣の公

園や市街地を流れており、生徒は身近な環境として考えることができる。また、水生生物のスライドを提示し、各生物の分布域や微小生息域、生息環境、各流程での分布の違いなどについて発問することで、生徒の河川生物の生息域と環境についての疑問点を明確にさせた。

検証授業Ⅱでは、動物の各分類群がどのような体のつくりであるかという疑問をもたせ、各動物門の生物をグループ化させることで、共通の体のつくりについて考えさせた。生徒がイメージしやすいように、ヒトの人体模型を用いて各器官の説明をし、哺乳類と魚類の共通点は脊椎動物の特徴でもあることを理解させた（写真5）。また、動物の各分類群の特徴を脊椎動物と比較することで、生徒は生物に関する既存の知識から生物の体のつくりや各器官の有無などについて、疑問点を明確化できると考えた。



写真4 ICT機器を活用した説明



写真5 模型を用いた説明

(イ) 目的意識の明確化

検証授業Ⅰでは、水生生物についての疑問点や調べてみたいことを個人で検討する際に、自分の考えを各自付箋で書き出させ（写真6）、その後、話し合いによりグループで課題を設定させ、また実験方法についても検討させた。課題とその解決に向けての方法を各自が考えることで明確な目的意識をもたせることができると考えた。また、個人の検討やグループでの話し合いの間に机間指導を行い、生徒の発想を把握し助言した。

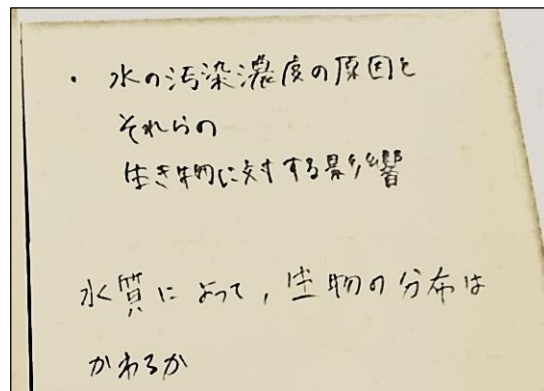


写真6 考えを書き出した付箋

検証授業Ⅱにおいても話し合いの場を設定し、各グループで調べたい動物群とその特徴について話し合わせた。自分の考えとグループで出された考えとの比較によって、生徒は見通しや目的意識をもって実験に取り組めると考えた。このような工夫により、生徒は調べる対象や比較する対象を確認し、目的意識をもって実験に取り組むことができると考えた。

(ウ) 目的意識をもった観察、実験

観察、実験の際にはワークシート（図10）を活用し、調べる対象や比較する対象を明確化させることで、生徒は目的意識を常にもち続けて実験に取り組めると考えた。検証授業Ⅰにおいては、河川の汚染の指標となる生物の一覧表により、各河川や流域での出現種を調べたり、それらを比較させたりすることが可能であり、指標生物を用いた水質との関係を意識させて考えさせることができた。検証授業Ⅱでは、ヒトと魚類の特徴について解剖図を用いて理解させ、共通の器官や特徴的な器官について比較することで、生徒は脊椎動物の共通性と多様性に気付

くことができた。また、他の分類群を観察する時の基準とすることができ、器官の有無やその位置、形状などから各分類群の特徴を知ることができた。

指標生物		(見つけた指標生物に○印、数が多かった上位から2種類(最大3種類)に●印をつけて下さい)				
水質階級Ⅰ	1	アミカ類				
	2	ナミウズムシ				
	3	カワゲラ類				
	4	サワガニ				
	5	ナガレトビケラ類				
	6	ヒラタカゲロウ類				
	7	ブユ類				
	8	ヘビトンボ				
	9	ヤマトビケラ類				
	10	ヨコエビ類				
水質階級Ⅱ	11	イシマキガイ				
	12	オオシマトビケラ				
	13	カワニナ類				
	14	ゲンジボタル				
	15	コオニヤンマ				
	16	コガタシマトビケラ類				
	17	ヒラタドROMシ類				
	18	ヤマトシジミ				
水質階級Ⅲ	19	イソコップムシ類				
	20	タニシ類				
	21	ニホンドロソコエビ				
	22	シマイシビル				
	23	ミズカマキリ				
	24	ミズムシ				
水質階級Ⅳ	25	アメリカザリガニ				
	26	エラミミズ				
	27	サカマキガイ				
	28	ユスリカ類				
	29	チョウバエ類				
水質階級の判定	水質階級		I	II	III	IV
	1. ○印と●印の個数					
	2. ●印の個数					
	3. 合計(1欄+2欄)					
この地点の水質階級は						です

生物の系統と分類 ほ乳類と魚類との比較

目的: ほ乳類と魚類の共通点と相違点を知り、脊索動物門の特徴を調べる。

ほ乳類のからだのつくりと器官

魚類のからだのつくりと器官

ほ乳類と魚類の共通点と相違点(からだのつくりや、器官の有無、大きさなど)

動物門	代表的な種	消化系	呼吸系	循環系	神経系	排出系
脊索動物門						
節足動物門						
軟体動物門						
棘皮動物門						

3年4組()番 氏名()

図 10 検証授業で使用したワークシート

(エ) 目的に応じたまとめと考察

生徒が得た実験結果をまとめるためには、どの情報が必要なのかを考えさせることや、どのように情報を整理していくのかを明確にさせることが必要である。また、生徒自身の考えや観察、実験の結果を分かりやすく表現したり、他者に説明したりする学習活動を充実させることが大切であると考えた。

検証授業Ⅰでは、各グループで結果について話し合い、発表させた。水質だけではなく、微小生息域や指標生物以外の出現種、出現頻度など、各グループのまとめを聞き、環境と生物の生息について総合的に判断させた。

検証授業Ⅱにおいては、実験結果や考察をまとめ、ポスター発表させることにより(写真7)、自分たちのグループの結果をより深く考えとともに、他のグループと比較して考察させた。目的意識が明確であれば、実験がうまくいかなかった場合でも、その理由を各自で考察し、説明することができると思えた。



写真7 生徒によるポスター発表

(オ) 新たな課題

検証授業Ⅰでは、各グループの発表をまとめた後、生物の分布を制限する水質以外の要素について課題を与え、各自調べさせることで新たな課題を見出せるようになると考えた。

検証授業Ⅱでは、生徒自身で調べた分類群と他のグループが調べた分類群とを比較することで、生物のもつ共通点を確認し、相違点については進化の過程や生息域、行動などの視点からも考えられるように説明することで、生徒に新たな疑問を提示し、思考を深めさせた。

このように、生徒が探究の過程を経て身に付けた、新たな知識や考え方を更に発展させ、未知の自然の事象について考えたり、日常生活との関係を見直したり、事象の規則性を適用するなどすることで、実験内容の理解をより深めることができる。さらに、生徒が学習の意義や有用性を実感することで、新たな課題を見だし、「科学的探究心」の高まりにつながると考えた。

4 検証授業

(1) 検証授業Ⅰの実際

研究の【視点1】、【視点2】に基づく指導の工夫を検証するため、以下の単元の指導計画を立て、検証授業Ⅰを実施した。

ア ねらい

検証授業Ⅰでは、身近な河川である和田川の生物を用いることで、生徒がもつ興味・関心を高めることができると考えた。また、観察、実験の課題は教師が一つに設定せず、生徒が見いだした生物と環境に関する疑問点に応じてグループ別に設定させ、主体的に観察、実験に取り組みせることを目的とした。観察、実験の課題を各自で考える時間やグループ別での話合いの場を設定するなどし、他者の考えと自分の考えを比較検討させることで、生徒は明確な問題意識や目的意識をもって観察、実験に取り組み、その結果に対して、より積極的に考察できると考えた。また、発表を通した各グループの問題意識や目的意識の共有化により、身近な自然に関して、新たな課題を主体的に見いだせるようになるのかを検証した。

イ 実施時期 平成26年7月

ウ 対象 県立鹿児島南高等学校 第3学年4組 14人

エ 単元名 「生態系と生物多様性」

(2) 検証授業Ⅰの工夫とその結果

時	過程	学習活動の状況													
1	(7) 問題意識の明確化	和田川の生物の理解	a 和田川の各流域における環境と生物の把握 b 和田川における生物の分布の理解												
	(4) 目的意識の明確化	和田川の生物に関する課題の設定	c 環境による生物の種類の明確化 (a) 河川の岩場や本流における出現種に違いはあるのだろうか。 (b) 各流域における出現種に違いはあるのだろうか。 (c) 水質により出現種に違いがあるのだろうか。 (d) 上流域と下流域では生物量に違いがあるのだろうか。												
2	(9) 目的意識をもった観察・実験	水生生物の調査	d 資料等による水生生物の同定、各グループの結果の共有(上, 中, 下流域) * 各流域における指標生物の出現結果と水質階級 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>流域</th> <th>出現した指標生物</th> <th>水質</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>和田川上流域</td> <td>サワガニ, ナミウズムシ ヘビトンボ, カワゲラ</td> <td>きれいな水</td> </tr> <tr> <td>和田川中流域</td> <td>カワニナ, コオニヤンマ</td> <td>少しきたない水</td> </tr> <tr> <td>和田川下流域</td> <td>イシマキガイ, カワニナ</td> <td>少しきたない水</td> </tr> </tbody> </table>	流域	出現した指標生物	水質	和田川上流域	サワガニ, ナミウズムシ ヘビトンボ, カワゲラ	きれいな水	和田川中流域	カワニナ, コオニヤンマ	少しきたない水	和田川下流域	イシマキガイ, カワニナ	少しきたない水
流域	出現した指標生物	水質													
和田川上流域	サワガニ, ナミウズムシ ヘビトンボ, カワゲラ	きれいな水													
和田川中流域	カワニナ, コオニヤンマ	少しきたない水													
和田川下流域	イシマキガイ, カワニナ	少しきたない水													

3	(エ) 目的に 応じた まとめと 考察	河川の水質調査	e 水質の検査, 各グループの結果の共有 (上, 中, 下流域) * COD パックテストによる水質調査結果 (注)
		結果のまとめ	f 観察の結果を踏まえた考察と発表 g 他のグループの観察に基づく考察の理解 (a) 各流域において, 本流と岩場での出現種は異なり, 生物の行動や, 餌の種類と量などが分布に関係している。 (b) 上流域から下流域にかけて出現種は変化した。水質の影響は大きい が, 流れの速さや流量なども関係している。 (c) 水質により出現種は変化した。きれいな水質にしか生息できない種 は, 上流域の環境と関係している。 (d) 下流域の水には有機物が多く, 流量も多いことが多くの生物が生息 できることに関係している。
4	(オ) 新た な課題	身近な自然のもつ意 義の拡充	h 和田川に関する第1時の(a)~(d)以外の新たな課題を設定して考察 課題: 指標生物以外の種について分布を決定する要因, 川と海を回遊す る生物の分布, 河口域の生態系について, 外来種の影響 など

*注 COD (Chemical Oxygen Demand) 化学的酸素消費量。水の汚れ (有機物) を薬品 (過マンガン酸カリウム) で化学反応させるときに消費される酸素の量。水の汚れを示す代表的な指標。値が大きいほど水の汚れ (有機物) の量が多い。

(ア) 問題意識の明確化 (第1時前半)

まず, 河川環境と生物がどのような関係にあるかという疑問を生徒にもたせ, 生物の生息域に影響を与える要素を疑問点として各自考えさせた。水生生物の生息域について, 具体的なイメージを抱くことができるようにスライドで採集地点を紹介した (写真8)。水生生物についてもスライドで紹介し, 基礎的な知識を与えることで生徒の興味・関心を高めた。生徒の問題意識を高めるために, 「各流域にどのような生物が生息しているのだろうか。」「各流域の水質はどのようなものか。」「生息環境にどのような違いがあるのだろうか。」など, 発問を工夫することで, 身近な環境とそこに生息する生物について生徒の思考を深めた。生徒がもつ経験や知識には個人差があり, 生じる疑問点も異なると考えられるため, 付箋に各自の疑問点を自由に書き出させた。次項 (p. 16) に示した疑問点を基に, 各グループで課題についての話し合い活動を行った。



写真8 水生生物の採集地点

和田川の河川環境と生物の生息域に関する疑問点

- ・ 水質によって生物の生息域は変わるのだろうか。
- ・ 水質汚染の原因となる物質が生物の生息域に影響を及ぼしているのではないだろうか。
- ・ 上流域と下流域では生息する生物に違いがあるのだろうか。
- ・ 流速の違いにより出現する生物が異なるのではないだろうか。
- ・ 外来種の影響があるのではないだろうか。
- ・ 微小生息域に違いがあるのではないだろうか。
- ・ 何種類の生物が生息しているのだろうか。
- ・ 生息できる生物の大きさと河川環境には関係があるのだろうか。

(イ) 目的意識の明確化 (第1時後半)

書き出した各自の疑問点について、グループで話し合い、実験の課題を設定させた。1時間の授業で検証可能な実験内容とその方法について検討させることで、各自が目的意識をもって実験に取り組むことができるよう工夫した。

生徒は「生物基礎」の学習の中で、生態系について学び、生物を取り巻く環境要因や生態系のバランス、生物多様性などについて学んできている。これらの既習内容を確認できる河川環境と生物について、身近な河川に生息する生物を実際に観察することで、生徒は実感を伴った理解ができると考える。そこで、河川環境と生物について、人為的な影響や各流域における環境の違い、生物の生態の違いによる分布域の違いなど、様々な疑問点の中から特に明らかにしたいこ



写真9 グループでの調査についての話し合い

とを各グループで話し合わせ (写真9)、実験の課題とした (表1)。

これらの課題を発表させることで、お互いのグループの目的を共有化させることができ、疑問解決への明確な目的意識をもたせることができると考えた。

表1 各グループの課題

(a)	河川の岩場や本流における出現種に違いはあるのだろうか。
(b)	各流域における出現種に違いはあるのだろうか。
(c)	水質により出現種に違いがあるのだろうか。
(d)	上流域と下流域では、生物量に違いがあるのだろうか。

*P14 より課題を再掲

(ウ) 目的意識をもった観察、実験 (第2時、第3時前半)

生徒のほとんどが、水生生物を実際に観察することが初めてであり、生きた生物を扱うことが不慣れであるため、机間指導により適宜、生物の扱いや観察の視点などについて指導した。また、実体顕微鏡を用いて小型生物を観察させたり (写真10)、資料を配布して各自で水生生物の種を判別 (同定) させたりすることで、生徒の主体的な学習となるよう工夫した (写真11)。今回の実験ではまず、水生生物が生息する重要な要素である水質に着目させ、水質の指標となる生物を同定し、指標ごとに分類させた。



写真10 実体顕微鏡を用いた観察

次に、指標生物ではない種についても同定させ、生息域等について記

録させた。4地点から採集した生物を各グループ1地点ずつ分担して同定させ、結果を共有することで河川全体における生物の分布を把握できることを確認した。また、各グループで設定した課題を解決するために、準備したワークシートに結果を記入させ、水質階級を判定させた。その結果、生徒の予想とは異なり、市街地を流れている下流域でもややきれいな水質であることが分かった。これらの結果を基に、水質や流程などの環境による生物の分布状況を確認することで、各グループの課題に応じたまとめができると思った。

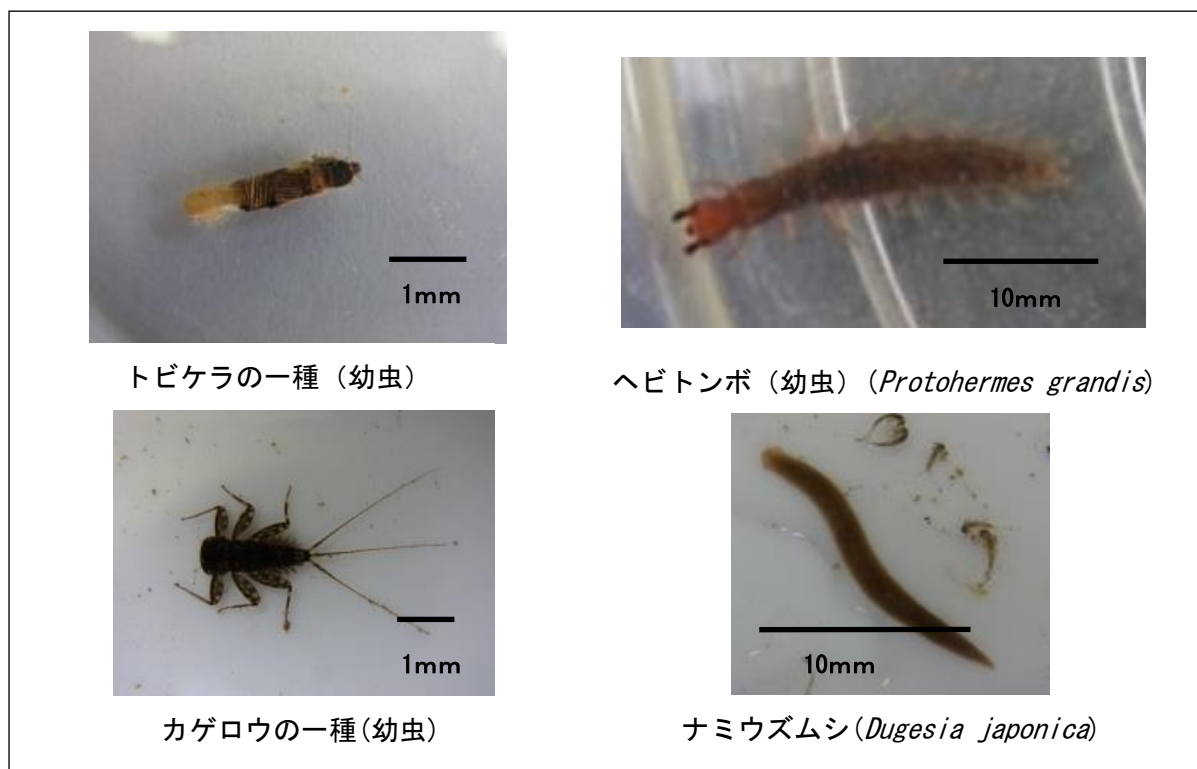


写真11 観察し、同定した水生生物

水生生物による水質判定に加え、CODパックテストによる水質検査も行い、化学的にも水質を判定させた。また、市販されているお茶のCODを測定することで、生活排水と環境汚染との関係や生物への影響についても考え、総合的に結果を分析し、考察できるようになると考えた。

(エ) 目的に応じたまとめと考察 (第3時後半, 第4時前半)

水生生物調査の結果とCODパックテストの結果を各グループでまとめ、環境と生物との関係について考察し、発表した。生物の行動、餌の種類、流速や流量、有機物量など、様々な要因により生物の分布域が決定されることを理解できた (表2)。また、本名川上流と比較した場合、水質や出現した指標生物に差は見られなかったが、指標生物以外の出現種の違いや、優先種の違いなどがあった。これらのことから、生徒は河川間の共通点や相違点についても考え、自分たちのグループと他のグループの考察を比較することで、自分の考えを深めることができた。

第3時の終末に、河川生物の分布を決める要因として、河川の規模や護岸工事の影響、魚道の有無、海と河川とを回遊する生物、外来種の影響、農薬や生活排水の影響など、今回の実験では確認できな

表2 各グループの考察

(a)	各流域において、本流と岩場での出現種は異なり、生物の行動や、餌の種類と量などが分布に関係している。
(b)	上流域から下流域にかけて出現種は変化した。水質の影響は大きいですが、流れの速さや流量なども関係している。
(c)	水質により出現種は変化した。きれいな水質にしか生息できない種は、上流域の環境と関係している。
(d)	下流域の水には有機物が多く、流量も多いことが多くの生物が生息できることに関係している。

*P15 より考察を再掲

かったことについて、各自で調べてくるように指示した。

第4時前半には、各自が調べてきた和田川に関する新たな疑問点について、口頭で発表させた。「水質だけが出現生物を決定しているのか。」「魚が指標生物とならないのはなぜか。」「有機物量が増えるとなぜ息できない生物がいるのか。」などについて各自考察させることで、新たな課題の発見につながっていくと考えた。教科書には掲載されていない内容であったが、各自、文献やインターネット等で調べていた。このように、結果の考察で留まらず、そこから更に発展的に考えが及ぶように指導を工夫することで生徒の「科学的探究心」は高まっていくと考えた。

(オ) 新たな課題 (第4時後半)

生徒自身が調べてきた発表内容を、全員で共有し、各自考察することで、生徒は以下に示す新たな課題を見いだすことができた。

新たな課題

- ・ 生息している生物の大きさと流域には関係があるのか。
- ・ 水質ごとに生息する生物は明確に分かれるのか。
- ・ 各流域における微生物量の違いはどれくらいあるのか。
- ・ 河川の汚染の原因は何であろうか。
- ・ 河川規模の違いと生息する生物種との関係はどのようなものだろうか。

最後に、今回の単元を受け、今後調べたい内容について考えさせたところ、「川の生物の食物連鎖を調べたい。」「河口域や海の生物について調べたい。」などの意見があった。このように河川の生物について学習したことから発展的に考えを広げさせて単元を終了した。

検証授業後に、実態調査と同様のアンケート調査を行い、生徒の変容を分析した(第3学年4組生物選択者14人)。「興味があるものは本やインターネットで調べます。」の項目に肯定的に答えた生徒の割合は、検証授業の前後で28%から72%と44ポイント増加した(図11)。また、「生物の実験が上手いかなかったら、もう一度実験してみたいと思います。」の項目に肯定的に答えた生徒の割合は、64%から93%と29ポイント増加した(図12)。

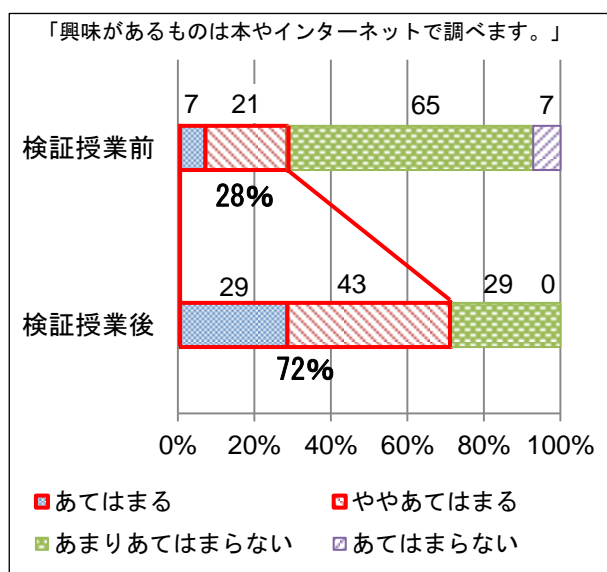


図11 検証授業 I 後の実態調査結果 1

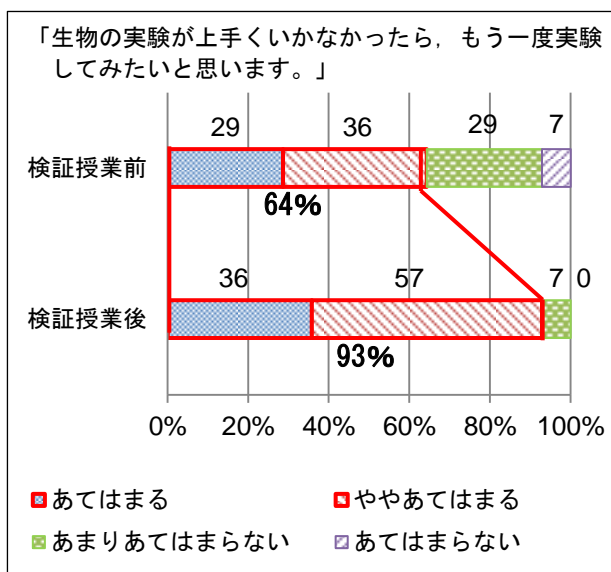


図12 検証授業 I 後の実態調査結果 2

単元の導入（第1時）でもたせた問題意識を単元の終末（第4時）で拡充することができ、「海や河口に生息する珍しい生物について調べたい。」「川の生物の食物連鎖を調べたい。」「生物の内部構造を知りたい。」などの感想が見られた。

また、身近な生物を実際に観察することで高い興味・関心をもって実験に取り組めた生徒や自らが課題を立てたことにより問題解決への意識が高まった生徒が見られ、「自分たちで実験の内容まで考えて行っただけで、理解が深まったと思います。」などの感想が出された（図13）。

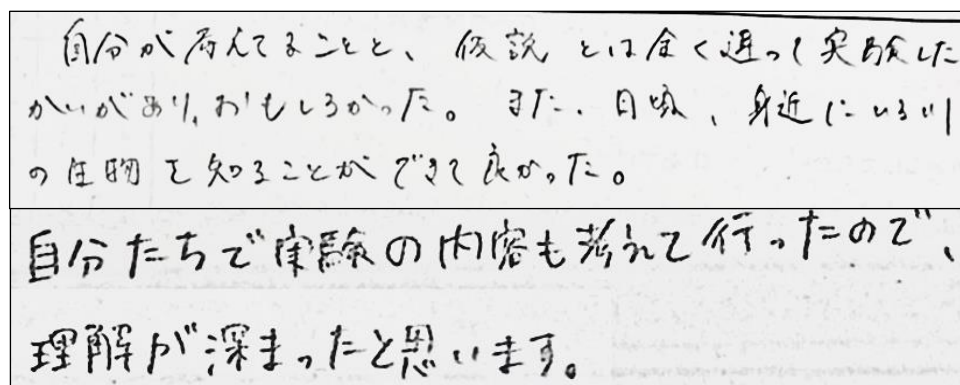


図13 生徒の感想

検証授業Ⅰの課題としては、課題を解決したことで満足している生徒が多かったことから、単元の終末で新たな課題を設定させる手立ての工夫、改善が必要である。また、見通しや目的意識の項目に肯定的に答えた生徒の割合にはあまり変化が見られなかったことから、見通しをもって観察、実験に取り組ませる指導の改善が必要であると考えた。今回は、各グループから発表される観察、実験の結果を交流して思考させるための時間を十分に取ることができなかつたため、検証授業Ⅱでは、各グループで結果をまとめさせたり、それをポスター発表させたりするなどの改善を試みた。

(3) 検証授業Ⅱの実際

研究の【視点1】、【視点2】に基づく指導の工夫を総合的に検証するために、以下の単元の指導計画を立て、検証授業Ⅱを実施した。

ア ねらい

生徒は、中学校までに脊椎動物と無脊椎動物の体のつくりや生物の変遷と進化について学習している。また、高等学校では「生物基礎」において、遺伝子や生態系についても学習する。検証授業Ⅱでは、これらの学習を総合的に理解できる「生物の系統」において、それぞれの動物群の特徴を比較させることで、生徒が既習内容をより深く理解し、生物のもつ多様性について実感をもって学ばせることを目的とした。解剖する動物群は生徒の疑問点に応じて、各グループでそれぞれ決定させた。脊椎動物と他の動物群を比較するという目的意識を明確にさせれば、生物がもつ多様性について実感をもって理解させることができると考えた。観察させる生物群は各グループに選択させ、脊椎動物と比較させた。さらに、実験のまとめを各グループで行い、ポスター発表させることにより、生徒が主体的に探究できるようになるのかを検証した。

イ 実施時期 平成26年10月

ウ 対象 県立鹿児島南高等学校 第3学年4組 14人

エ 単元名 「生物の系統」

(4) 検証授業Ⅱの工夫とその結果

時	過程	学習活動の状況	
1	(ア) 問題意識の明確化	鹿児島湾の生物の理解	a 各分類群に関する生物の特徴の把握 b 各分類群の相違点及び共通点についての理解
	(イ) 目的意識の明確化	鹿児島湾の生物に関する課題の設定	c 見通しや目的意識をもった、器官についての話し合い (a) マアジとの比較によるエイの特徴はどのようなものだろうか。 (b) マアジとの比較によるサメの特徴はどのようなものだろうか。 (c) マアジとの比較によるイカの特徴はどのようなものだろうか。 (d) マアジとの比較によるエビの特徴はどのようなものだろうか。
2	(ウ) 目的意識をもった観察、実験	哺乳類と魚類の比較	d 実験の目的の確認 e 器官の位置や形状の確認 f ヒトとの相違点、共通点の確認
3		脊椎動物と各動物群との比較	g 実験の目的の確認 h 解剖による、器官の有無や位置、形状についての確認 i 硬骨魚類との相違点、共通点の確認
4	(エ) 目的にちなんだまとめと考察	生物の系統の理解	j 脊椎動物の特徴及び共通点のまとめ k 各動物群の特徴及び脊椎動物との相違点のまとめ l 系統関係のまとめ
		結果のまとめ	m 他のグループとの結果の共有 (a) 尿素による浸透圧調節、肝油による浮力調節に特徴がある。 (b) 歯の生え変わり、歯と相同の鱗に特徴がある。 (c) えら心臓、漏斗のはたらき、神経の発達に特徴がある。 (d) 体節ごとの付属肢、神経の分布、開放血管系に特徴がある。
5	(オ) 新たな課題	身近な自然のもつ意義の拡充	n 鹿児島湾に関する第1時の(a)～(d)以外の課題を設定して考察 課題 各動物群の進化と系統、他の動物群の特徴 など

(ア) 問題意識の明確化（第1時前半）

鹿児島湾の特徴や、そこに生息する生物をスライドで紹介し、各動物群がどのような体のつくりであるのかという疑問をもたせた。提示した海生動物について、各動物門に各自分類させた（表3）。その中で各動物門がもつ特徴や共通性を理解させ、一見共通点のなさそうな種の間にも体のつくりには相同器官があることや、他の動物門にはない特徴があることを捉えさせ、生物の体のつくりについての疑問点を明確にした。

表3 生物の分類

動物門	代表的な生物
脊索動物門	ホヤ、ナメクジウオ、脊椎動物
節足動物門	昆虫類、クモ類、甲殻類
軟体動物門	イカ、タコ、貝類、カタツムリ
棘皮動物門	ナマコ、ウニ、ヒトデ
環形動物	ミミズ、ゴカイ

生徒は脊椎動物や昆虫類、甲殻類、頭足類などの体のつくりについて、中学校で学んできているが、実際に解剖した経験のある生徒はほとんどいない状況である。そのため、実際に生物を解剖し、器官等を確認させることは、生徒の「科学的探究心」を高め、解剖する生物の体のつくりについて疑問点をもち、自ら調べるようになって考えた。以下に生徒が見出した疑問点を示しており、各動物群の器官について、各自調べてみたいことを書き出していた。

また、生きている教材を使用する意味を問うことにより、生徒の生命尊重に関する意識を高揚させた。生徒の感想には「どんな生物も“生きている”ということに改めて感じ、食べる時もっとありがたみを感じなければならないと思った。」などの記述が見られた。

各動物群の体のつくりに関する疑問点

- ・ 軟骨魚類の骨は本当に柔らかいのだろうか。
- ・ ウニの体のつくりはどのようなものだろうか。
- ・ 各分類群の神経系はどのように分布しているのだろうか。
- ・ 魚類とイカの眼の構造に違いはあるのだろうか。
- ・ 魚類のうきぶくろの仕組みはどのようなものだろうか。
- ・ 消化管のつながりはどのようなものだろうか。

(イ) 目的意識の明確化 (第1時後半)

ワークシートを活用し、既習内容であるヒトの器官と魚類の器官を確認させ、その共通点と相違点を理解させた(写真12)。その上で、解剖する動物群の器官について話し合わせ、その有無や器官がある位置などを調べさせ、解剖実験で何を確認するのか、明確な目的意識をもたせた。

各グループで観察する動物群について話し合った結果、軟骨魚類のエイ、サメ、頭足類のスルメイカ、甲殻類のナミクダヒゲエビをそれぞれ観察の対象とした。そして、それぞれをマアジと比較しながら器官の有無、位置、形状の相違点と共通点を明らかにすることを課題とした(表4)。

生徒はこれまでの「生物基礎」や「生物」の学習の中で、消化系や呼吸系、循環系、神経系など生物の各器官系について学んできている。これらの既習内容を総合的に確認できる個体を解剖し、観察することで、生徒は実感を伴った理解ができ、生物の体のつくりについてより深く考えることができるようになる。また、脊椎動物と無脊椎動物の体のつくりを比較することで、生徒は生物の適応力や進化について考えが及んでいくと考える。



写真12 ワークシート活用の様子

検証授業Ⅰの課題であった、見通しをもって観察、実験に取り組ませる指導の改善として、この段階でポスター発表を行うことを意識させた。このことにより生徒は、発表するポスターに必要な項目を明らかにするために解剖していくことに見通しをもつことができた。

表4 各グループの課題

(a)	マアジとの比較によるエイの特徴はどのようなものだろうか。
(b)	マアジとの比較によるサメの特徴はどのようなものだろうか。
(c)	マアジとの比較によるイカの特徴はどのようなものだろうか。
(d)	マアジとの比較によるエビの特徴はどのようなものだろうか。

*P20より課題を再掲

(ウ) 目的意識をもった観察、実験 (第2時、第3時)

生物を解剖することが初めての生徒がほとんどであることから、第2時にはマアジの解剖図を配布し、図と比較させながら解剖させた(写真13)。生徒がもつ知識を基に魚類の各器官を推定させ、ヒトとの共通点と相違点を意識させながら解剖を行わせた。生徒は初めて見る器官や組織を確認することで、その器官の位置や働きについてより深く、実感をもって理解できると考えた。ヒトの器官とマアジの器官を比較することにより、生徒はどの器官を観察しているのかを理解しながら解剖に取り組めた。また、生徒各自の課題に応じ、脳や視神経を観察する生徒や、浮き袋を探す生徒など、一人一人が課題の解決に向けて取り組むことができた。解剖は組織や器官を傷付けないよう指導しながら、各器官について適宜助言することで、生徒は各器官のつながりや働きなどについて、実感をもって観察することができた。



総排泄口からはさみを入れ、解剖している様子



解剖したマアジと消化管の様子

写真 13 魚類解剖の様子

第3時には、マアジの解剖実験で、生徒が得た知識を基に各動物群の器官を観察させ、脊椎動物との共通点と相違点を意識させながら、引き続き解剖を行った。組織を傷付けないよう指導しながら、消化系、神経系、循環系などの有無を確認させ、それぞれの器官を観察させた。

各グループに調べる動物群の解剖図をそれぞれ配布し、観察可能な器官を確認させた（写真14）。脊椎動物の器官の位置や大きさなどと比較させることにより、生徒は生物のもつ多様性と共通性についてより理解が深まっていくものと考えた。スルメイカの心臓のつくりや脳の大きさに驚く生徒や、ナミクダヒゲエビの神経系を取り出す生徒などに対し、その働きや特徴について発問し、説明を加えながら生徒の思考を促した。



ナミクダヒゲエビの背側にある消化管と血管を確認している様子



スルメイカの消化管を確認している様子

写真 14 各グループでの解剖の様子

また、ナガウニや深海性魚類など、今回の実験において解剖の希望が出なかった生物や実験後に残った生物については、総合的な学習の時間において、希望者にそれぞれの興味・関心に応じて解剖させた（写真15）。棘皮動物のナガウニの5放射状の体のつくりや深海性魚類のアオミシマの眼球など、生徒は各自で解剖を行い、ウニの体の前後軸やアオミシマの水晶体などについて積極的に質問するなど活発な活動ができた。



ナガウニの5放射状の体のつくり

取り出したアオミシマの眼球の観察

写真15 希望者で行った解剖実験

(エ) 目的に応じたまとめと考察 (第4時, 第5時前半)

第4時には、実験のまとめがスムーズに行えるように、各分類群の解剖資料等を各グループに配布した。また、必要に応じて文献やインターネット等でも調べさせた。各自解剖した分類群の特徴と脊椎動物とを比較させ、環境への適応や進化に関する視点なども指導することで、生徒の考えを促し、ポスター作成を進めさせることができた。観察したときには気付かなかった点も、資料を見たり、解剖図をまとめたりすることで、新たに確認できた部分もあり理解が深まった。発表を意識させることで、生徒はどのようにすれば結果をうまく伝えられるのかという視点も意識するようになり、色使いや見やすさなども考えポスターを作成していた (写真16, 写真17)。

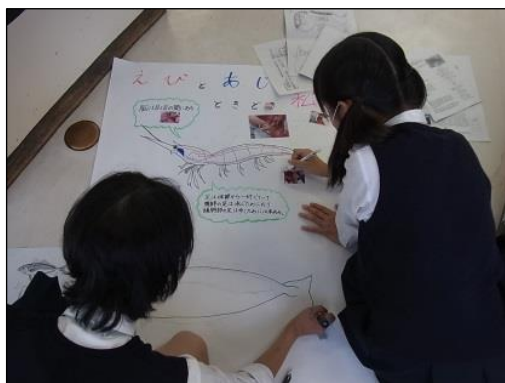


写真16 ポスター作成の様子

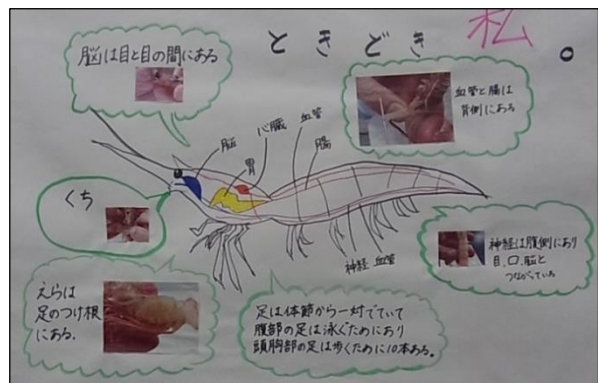


写真17 写真を取り入れたポスター

第5時には、作成したポスターを用い、各グループで発表させた (写真18, 写真19)。その結果、自身のグループの発表を通して自分が行った実験内容をより深く理解することができた。実験後の感想にも「相手に伝わるようにまとめることができた。」などの記述が見られた (図15)。



写真18 ポスター発表の様子



写真 19 完成したポスター

相手に伝わりやすいようにまとめた

図 15 生徒の感想

また、他のグループの発表を聞くことで、自分たちのグループが調べた動物群との相違点や共通点についての知識を得ることができた (表 5)。脊椎動物を含めた各分類群について、各器官の有無や特徴、位置などを比較することによって、生徒は消化器系や排出系、神経系、循環系などの機能の発達について、様々な視点から考えることができるようになった。生徒の感想には「ただ解剖するだけでなく生物の進化による体の違いなどを目で見て確認することができた。」などの記述が見られた。

表 5 各グループの考察

(a)	尿素による浸透圧調節, 肝油による浮力調節に特徴がある。
(b)	歯の生え変わり, 歯と相同の鱗に特徴がある。
(c)	えら心臓, 漏斗のはたらき, 神経の発達に特徴がある。
(d)	体節ごとの付属肢, 神経の分布, 開放血管系に特徴がある。

*P20 より考察を再掲

(オ) 新たな課題 (第 5 時後半)

今回の実験で明らかとなった各分類群の特徴についてまとめ、今回実験に使用しなかった分類群の特徴についてもスライドで説明した。その上で、動物の分類や系統関係についても説明し、器官が発達していく過程や、独自の進化を遂げた分類群などを紹介することで新たな疑問をもたせ、今回の実験を通して生じた新たな課題を書かせた。次項 (p. 25) にその一部を示す。

新たな課題

- ・ 他の分類群の動物の体のつくりは、どのようなものであろうか。
- ・ 軟体動物の子孫の残し方は、どのようなものであろうか。
- ・ なぜ、軟骨魚類と硬骨魚類とに分かれたのだろうか。
- ・ 他の分類群の生物を解剖して、また相違点や共通点はどのようなものであろうか。
- ・ サメのロレンチーニ器官の仕組みはどのようなものだろうか。
- ・ 胃で何が消化でき、何が消化できないのだろうか。

最後に、今回の単元を受け、今後調べてみたい内容について生徒に考えさせたところ、「海の環境により動物の行動や習性がどのように変わるのかを調べてみたい。」「海洋生物の筋肉やタンパク質について学びたい。」などの意見が出た。このように、海生生物について学習したことから発展的に考えを広げさせて単元を終了した。

検証授業Ⅱの後のアンケートにおいて、検証授業Ⅰの課題であった実験、観察の見通しをもたせることについては、全ての生徒が肯定的に回答した。今回の解剖実験では、比較する対象を明確にすることで、生徒は目的意識をもって実験に取り組み、各動物群の特徴について考察することができたと考えられる。また、ポスター発表を行うことを想定して実験やまとめを行うことで、生徒は目的意識を明確にして実験に取り組むことができたと考えられる（図16）。

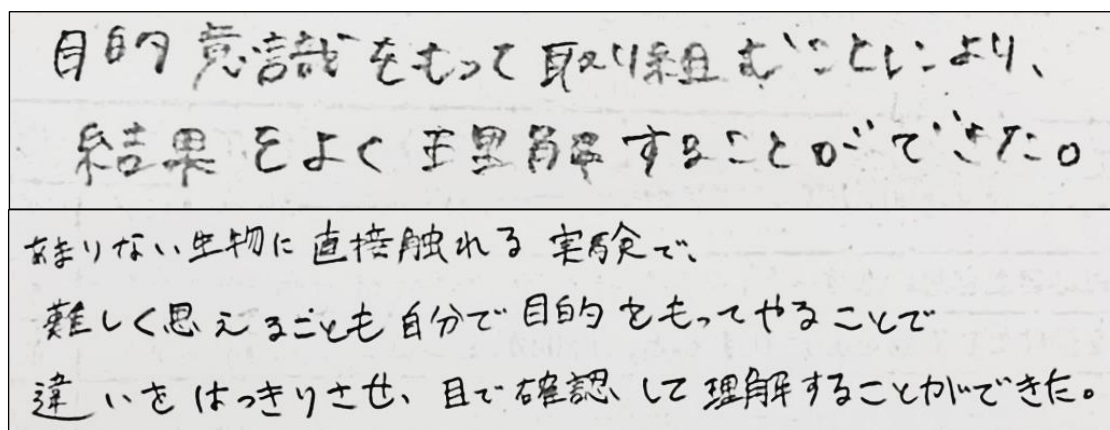


図16 生徒の感想

5 検証授業後の生徒の変容の分析と考察

検証授業Ⅱ前後における生徒の意識や学習する姿の変容から、研究の成果と課題を明らかにしたいと考え、アンケートを実施した。

(1) アンケートの方法

ア 時期 事前：平成26年6月、事後：平成26年11月

イ 対象 県立鹿児島南高等学校 第3学年4組 14人

(2) アンケートの分析と考察

ア 学習意欲の高まり

「生物で興味・関心のある課題を選択し、自分で学習したいと思います。」の項目に肯定的に答えた生徒の割合は、50%から93%に43ポイント増加した（図17）。また、「生物の実験が終わった後、もっと深く調べてみたいと思います。」の項目に肯定的に答えた生徒の割合は、50%から79%に29ポイント増加した（図18）。これらのことから、生徒が身近に感じる河川の生物や鹿児島湾の生物を教材とし、探究の過程を重視した学習を展開することで、鹿児島の豊

かな自然についての理解は深まり、さらには、新たな課題を調べ、深めていきたいという意欲につながったと考えられる。(図19)。

このように、生徒が身近に感じる場所の自然を教材化することは、地域の自然の理解だけにとどまらず、その知識を基に更に発展的に考えることや、他地域との比較により、生徒自身が住む地域への更なる理解へとつながっていくと期待できる。

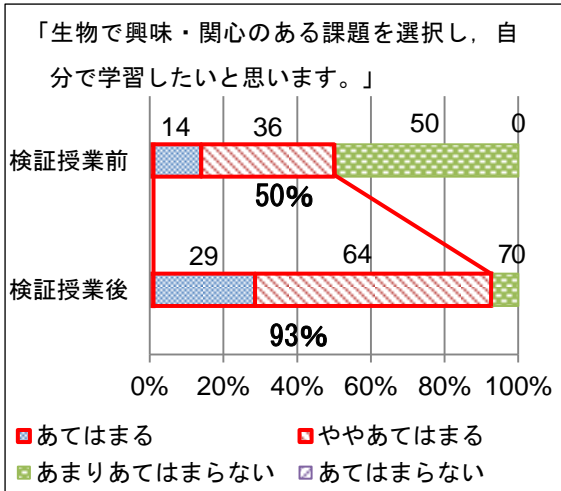


図 17 検証授業Ⅱ後のアンケート結果 1

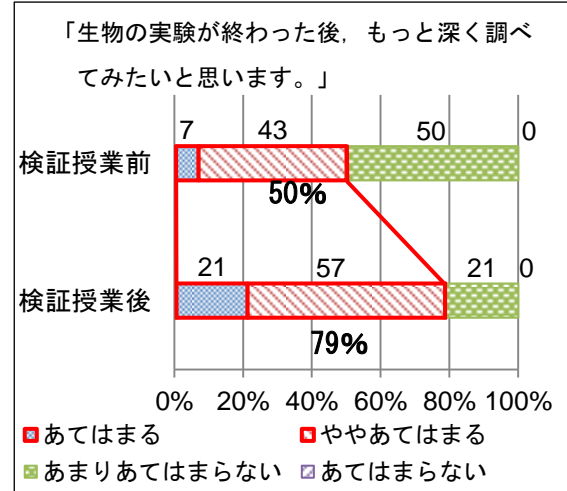


図 18 検証授業Ⅱ後のアンケート結果 2

解剖は初めてやり、生物の臓器も初めてこわったのでいい経験になった。これから大学でも解剖などの実験をしていくと思うので、生かしていきたいと思う。

図 19 生徒の感想

イ 実験に対する態度の変容

「生物の実験の結果が何を意味するのかを考えます。」の項目に肯定的に答えた生徒の割合は、57%から 86%に 29 ポイント増加した(図 20)。このことから、生徒はしっかりと目的意識をもって実験に取り組み、結果に対する自分の考えをもてることができたと考えられる。探究の過程において、問題意識や目的意識を明確にさせるため、自身の考えと他人の考えを話し合わせたり、発表のことを意識して実験、まとめを行うことも、結果の意味を考えさせる上で有効であったと思われる(図 21)。

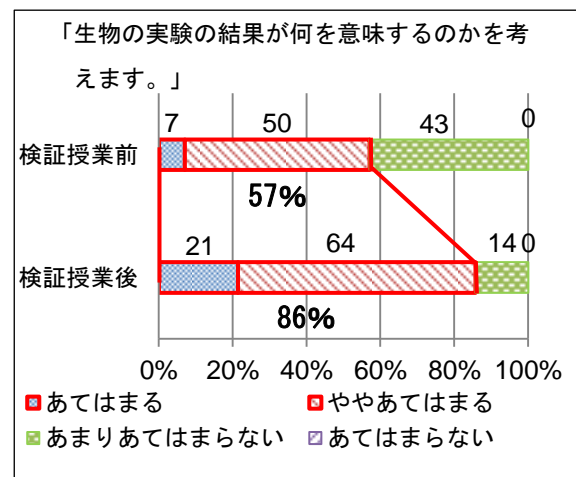


図 20 検証授業Ⅱ後の実態調査結果 3

“解剖”と聞いて、最初は「気持ち悪い」と思ったけど、
 いてやってみると、知らないことや新しい発見がいっぱい
 あってとてもおもしろかった。
 生物の体の構造は生物の生活がしやすいように
 生物ごとに形を変えていて、すごいと思った。
 他の生物も見てみたいと思った。

図 21 生徒の感想

ウ 表現する能力の高まり

「生物の実験結果についての自分の思いや考えを、相手に理解できるように伝えられます。」の項目に肯定的に答えた生徒の割合は、71%から86%に15ポイント増加した(図22)。特に、「当てはまる」と答えた生徒は21ポイント増加した。発表をするために結果を解釈し、説明する過程で理解が深まっていったと考えられる。

これらの結果から、生徒各自の疑問点に応じた課題を設定して実験、観察を行い、疑問を解決させるという探究的な活動により、生徒はより深く学び、理解しようとする態度が身に付いたと言える。また、鹿児島島の身近で豊かな自然を教材化し、観察、実験を行うことで、生徒は実感を伴った知識を得ることができたと言える。したがって、生徒の興味・関心を高め、問題意識や目的意識を明確にする工夫を行うことは、「科学的探究心」を高めるために有効であったと考える。

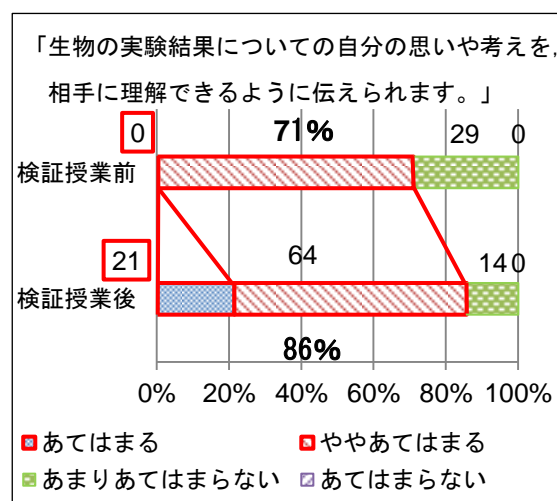


図 22 検証授業Ⅱ後の実態調査結果 4

IV 研究の成果と課題

1 研究の成果

- (1) 鹿児島島の豊かな自然を教材として活用し、探究の過程を踏ませた学習指導を行うことで、身近な自然に対する興味・関心は一層高まり、疑問を解決しようとする「科学的探究心」の高まりが見られた。
- (2) 疑問点に応じた課題を設定することで、生徒の目的意識は高まり、観察、実験の内容や方法を生徒自身が考え、グループで話し合うことで、生徒主体の取組が見られた。
- (3) 結果をまとめる場面や発表する場面において、生徒同士で話し合わせることで、観察、実験の結果を自分なりに解釈し、考察する態度が見られた。

2 今後の課題

- (1) 生徒のもつ疑問を引き出し、更に主体的で発展的な学習としていくための工夫を研究、実践していく必要がある。
- (2) 教師による指示がなくても、探究的な活動を行える能力を育成できるような学習指導の在り方について、更に研究する必要がある。
- (3) 探究的な学習については、「総合的な学習の時間」などにも取り入れ、生徒の疑問を引き出す工夫をするなどの手立てが必要である。

〈引用・参考文献〉

- 文部科学省 『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』 平成21年 実教出版
- 『中学校学習指導要領解説 理科編』 平成20年 大日本図書
- 『小学校学習指導要領解説 理科編』 平成20年 大日本図書
- 国立教育政策研究所 『平成24年度 全国学力・学習状況調査報告書・集計結果』 平成24年
- 国立教育政策研究所 『PISA調査のアンケート項目による中3調査 集計結果（速報）』 平成20年
- 科学技術振興機構理科教育支援センター 『平成20年度高等学校理科教員実態調査 集計結果（速報）』 平成21年
国立教育政策研究所
教育課程研究センター
- 鹿児島県 『研究紀要 第98号 科学的素養が育つ理科学習』 平成13年
総合教育センター
- 『研究紀要 第107号 児童生徒の自然に対する探究心を高め、理解を深める観察、実験の開発』 平成16年
- 大 高 晃 編著 『新しい学びを拓く 理科授業の理論と実践 中学・高等学校編』 平成25年 ミネルヴァ書房
- 猿 田 祐 嗣 思考と表現を一体化させる理科授業 平成23年 東洋館出版社
中 山 迅 編著
- 北 俊 夫 若い先生に伝えたい！！ 平成21年 文溪堂
授業のヒント60－授業相談Q&A－
- 鹿児島の自然を記録する会 川の生き物図鑑 鹿児島の水辺から 平成14年 南方新社
- 大 富 潤 九州発 食べる地魚図鑑 平成23年 南方新社

長期研修者〔 岡野 智和 〕

担当所員〔 讃岐 齊 〕

【研究の概要】

本研究は、生徒の「科学的探究心」の向上を図ることを目的とし、鹿児島県の自然を生かした教材を用い、生徒が主体的に学習する理科学習指導の在り方について研究したものである。

具体的には、鹿児島県の豊かな自然を教材化することで生徒の興味・関心を高める視点と、探究の過程に基づき、各自が見いだした疑問点について、解決への見通しを立てさせ、目的意識をもって実験、観察を行わせるという視点から学習指導の工夫を行い、授業を通して検証した。

その結果、グループごとに異なる課題を見だし、主体的に観察、実験を行う生徒の割合が増加した。また、結果に対する自分の考えを表現できる生徒の割合も増加した。さらに、実験の結果や考察を基に新たな課題を見出せる生徒も見られるようになり、生徒の科学的探究心は高まったと考えられる。

【担当所員の所見】

本研究は、高等学校生物の学習において、鹿児島県の豊かな自然を教材として活用することで、生徒の「科学的探究心」を高める学習指導の在り方を研究したものである。

生徒の「科学的探究心」を高めるためには、魅力ある教材の提示と、探究の過程を踏まえた学習指導を行うことが重要である。生徒にとって身近な河川である和田川の水生生物と鹿児島湾の海洋生物を活用することにより、本研究のねらいに即した教材としての提示ができた。また、生徒自身の疑問点に応じた課題をグループで設定させたことは、生徒の目的意識を高めるのに効果的に働いた。その他、生物と環境との関係や生物の特徴と共通性について体験的に理解させたり、グループで課題に関する口頭発表やポスター発表させたりしたことは、生徒の主体的学習につながった。本研究において設定した五つの段階を踏まえた探究の過程による学習指導は、「科学的探究心」を高めるために有効であったと言える。

今後も、「科学的探究心」を高める学習指導の在り方について更に研究を深めながら、生物教育の推進に努めてほしい。