

# 珪藻化石を用いて大地と海の関係を理解する 学習プログラムの開発と実践

～海洋教育パイオニアスクールプログラムで開発した  
新学習指導要領に対応した観察実習～

明星大学理工学部総合理工学科	特任教授	和田	薫
東京海洋大学	名誉教授	石丸	隆
八王子市立由井中学校	教諭	大森	紀幸
葛西臨海・環境教育フォーラム	事務局長	宮嶋	隆行
帝京科学大学	科学コミュニケーター	熊谷	香菜子

## 1. はじめに

現在、新学習指導要領の完全実施が中学校では2021年度から計画されている。新学習指導要領の重点項目として挙げられている「理数教育の充実」として、理科でいえば、観察・実験を通じて科学的に根拠をもって思考する力をつけるために、実験・観察の必修化が図られ、次の3点が挙げられている。

1. 自然の事物・現象についての理解を深め、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的な技能を身に付けるようにする。
2. 観察、実験などをおこない、科学的に探究する力を養う。
3. 自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

従来から実物に触れる観察や実験は、生徒の興味関心の育成はもちろん、知識・理解の向上に効果が大きかったことは明白であり、新学習指導要領の示す方向性は理科教育においてより“本質的”に改善する方向を示したといえる。すなわち、決められた時間内に体験活動やアクティブ・ラーニングを含めて実施するには、効率的な授業の展開と、1つの課題を通して、複合的に学びが出来るようなカリキュラム構成が求められる。

八王子市立由井中学校・由井第二小学校・由井第三小学校・片倉台小学校では、日本財団、東京大学大学院教育学研究科附属海洋教育センター、笹川平和財団海洋政策研究所が実施する、海洋教育パイオニアスクールプログラムの助成を受け、『海洋教育パイオニアスクールプログラム～海の無い地域における小中一貫体制による海洋教育体制の構築と推進～』と題して研究をおこなった。この研究で開発された教材は、単なる新教材の開発に終わるのではなく、新学習指導要領の趣旨を達成しつつ海との関連を多様に学ぶ現行の授業に導入できるプログラムになっている。

その特色としては、以下のことがあげられる。

- ① 基本的に授業内で実施できる授業としてプログラムされ、評価項目に対応した学習指導案がつけられていて教科書の発展的内容として授業に導入可能である。
- ② 実験・実習を基本に授業が構成されており、その中での新たな器具（タブレット顕微鏡レンズ等）の活用を通して、ICTの活用や理科の技能を楽しみながら取得することができる。
- ③ 日常の課題から海洋教育に取り組めるような教材となっていて、理科・社会のみならずアクティブ・ラーニングや話し合い活動も設定しやすく、さらにESD環境教育などを含めた発展的学習や総合学習（合科的学習）として展開できる。
- ④ 海に関連した教材として学べるように、関連分野を現行の教科書から取り上げ、新たな実験や実習として導入できる素材と専門家からのアドバイスの内容を提案している。
- ⑤ 小中の教科等横断的学びとなっており、実験・観察実習の体験を通して、年齢に応じて科学的根拠

をもって思考する力をつけることができる。

以上のように、本教材は従来のカリキュラムでは中々出来なかった内容の“観察・実験”を通して、新学習指導要領の実施にあわせて、理科教育の発展的な充実（小学校においては社会科を含む）を図る教材となっている。

現代の技術や産業による基盤が、生物や自然環境に関する様々な事象・現象と密接な関係をもっており、我々の日常生活や将来に大きな影響をもっている。しかしながら現代は日々の生活の中で生物や自然環境との直接的な結び付きを感じる機会は少ない。そのため、理科での学習を通して、日常の課題から生物や自然環境について体験に基づいて「関心」をもたせ、科学的探究心を高めていきたいと考える。さらに生物が自然環境の中で、どのような生態をもち、その生物がもつ生態系の中での役割を知ることにより、人間と環境の関係を理解し、身近なものに科学的“興味・関心”をもちつづける好奇心を養って欲しいと考えている。

中学校における「地学分野」の単元は、化石の種類や地層の成り方、岩石の種類を学習してそれぞれの成因を理解し、時間的・空間的な広がりをつなぐ理解を深めていく単元である。これまで地学分野の学習内容は、主に教科書や資料集の写真を中心に学習し、学校が所有する岩石や化石等の標本の観察をおこなってきた。教科書に例示されている実験観察の中で、生徒が作業を担う唯一の実習が、「火山灰に含まれる鉱物の観察」であった。

今回、珪藻土に含まれる珪藻化石を用いておこなう観察は、生徒が主体的に取り組める観察となっている。また、観察する珪藻土の種類を変えることで、現生の珪藻と珪藻化石のちがいを、淡水産と海洋産の珪藻の違いや年代など、珪藻の多様性と古環境の理解を深めることを目的にした。このように従来、設定されにくかった「示相化石」や「示準化石」の観察実習としての活用が可能である。さらに、微化石の由来から海との関係性を考え石油採掘に応用する産業との結びつき、当時の環境を知る手掛かりになることを理解するなどの発展的学習として設定することができる。

また、小中学校でのICT化が進むにあたり、タブレット型端末の導入が図られている。今後の学校現場での活用を見越して、本授業でも理科授業を支えるツールとしてタブレット型端末の活用を図った。顕微鏡で観察した対象を直接タブレット型端末で撮影し、班やクラス全体で共有しながら、形態や特徴の比較を行い、生物の多様性を自分たちの目で実際に見ながら観察することで、より理解を深めることができたと考えられる。

## 2. 学習活動

### （1）学習活動における配慮事項

#### ① 少人数で行う実習および観察

実験・観察においては、生徒一人ひとりが準備し、実験・観察をおこない、結果を自ら記録するところまでする体験をできるだけ増やすことが必要である。とくに、生徒一人ひとりに「関心」や「疑問」を起こさせ、その疑問を解決していくという指導の流れをつくるためにも、少人数（できるだけ個別）で行う実験・観察実習がのぞましい。本学習プログラムでは生徒が珪藻化石を洗い出し、プレパラートの作成までは個人でおこない、顕微鏡で観察した。なお、撮影はタブレット型端末の台数が限定されていたので、2人に1台でおこなった。

#### ② タブレット型端末をポートフォリオとして活用

観察した対象を写真として取り込み、印刷してワークシートにまとめることで、学習の振り返りをするとともに、既存の化石だけではなく、自分たちで見つけた資料を通して比較し、考察することができるようにした。

## (2) 学習を行う上での留意点

### ① 興味・関心の育成および発展的学習の設定

実際に堆積物の中から化石を取り出し、珪藻の殻や形態を比較しながら観察することにより、化石としての珪藻と現生の珪藻のちがい、海洋産と淡水産のちがいを知ることが出来る。また、一般的に広く生息している生物であることから、南極など広い範囲にも分布し、南極の豊かな海の多様性を支えていることなどを知ることにより、生徒のよりいっそうの興味関心を引き出すことができる。このように珪藻化石は時間的・空間的なつながりを理解する教材として適していると考えられる。また、珪藻化石が石油採掘に際して重要な指標に成りえることなど、私たちの生活につながっていることを具体的に産業や開発技術と関連付けることで、身近なものとして興味を持って取り組み、科学的な見方や考え方を育成できると考える。

### ② 海洋教育の中での位置づけ

堆積を考える上で海との関連は重要であり、珪藻土も私たちの大地を構成している一つであることと関連付けることができる。その珪藻土は、珪藻という植物プランクトンの遺骸の集まりであり、その殻の形態や種類により、当時の環境を推定することができる。現在は陸地となっているところでも昔は海や川などの水のあった環境であり、現生の珪藻と比較することで、時間的・空間的な認識の理解をわかりやすくする教材であると考えられる。本研究のテーマである「海のない地域にある学校への海洋教育」において、珪藻化石を扱ったプログラムは、地質年代の測定や当時の環境の推定だけでなく、私たちの生活とのつながりがわかりやすく、場所を選ばない教材になり得ると考える。

## 3. カリキュラム・マネジメントの推進

本プログラムによる実習は、新学習指導要領に求められるカリキュラム・マネジメントとして、大学との連携を図り、海洋学者、科学コミュニケーター、由井中学校の教員との連携による実践となった。授業の進行において専門家と大学生による授業支援を導入した。授業の導入時やまとめにおいて、珪藻をテーマとした海洋関係の知識や話題を専門家により提供してもらい、科学コミュニケーターによって中学生にわかりやすい形で授業への導入を図ってもらった。また、大学生が観察実習補助者として各班に入ることによって、生徒のつまづきや質問に対して適宜対応し、スムーズな授業の進行を図ることができた。専門家による解説の資料および本授業に必要な材料の一覧は、指導案(4観点の現行バージョン)はすでに作成されている。一般社団法人葛西臨海・環境教育フォーラム(<http://kasairinkai.com/tankentai/index.html>)まで問い合わせいただきたい。

## 4. 学習指導計画

本指導案は2021年度から本格実施予定の新学習指導要領の規定に基づき、3観点到編集して作成してある。

### (1) 関連する単元の学習指導目標

#### 【活きている地球の学習指導目標】

大地の活動の様子や身近な地形、地層、岩石などの観察を通して、地表に見られる様々な事物、現象を大地の変化と関連付けてみる見方や考え方を養う。地層と過去の様子として、野外観察を行い、観察記録を基に、地層の成り方を考察し、重なり方の規則性を見いだすとともに、地層をつくる岩石とその中の化石を手掛かりとして過去の環境と年代を推定できるようにする。

## (2) 評価規準

### 【活きている地球の評価規準】

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に取り組む態度
<ul style="list-style-type: none"> <li>地学に関する事物・現象について理解し、知識を身につける。</li> <li>地学に関する事物・現象について観察・実験や調査を行い、観察・実験の基本操作を習得するとともに、観察・実験の記録・考察などができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地学に関する事物・現象の中に問題を見だし、解決方法を考えて観察、実験や調査を行い、事象の生じる要因や仕組みを時間、空間と関連付けて動的に見たりして問題を解決する。</li> <li>観察・実験の記録・考察など探求する過程を通して規則性を見いだしたり、自らの考えを導き出したりして創意ある観察・実験報告書の作成や発表を行うことができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地学に関する事物・現象に関心を持ち、意欲的にそれらを探求し、学習に取り組むとともに、自然環境を保全しようとする。</li> </ul>

## (3) 学習活動に即した具体的な評価目標

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に取り組む態度
<ul style="list-style-type: none"> <li>◎示相化石と堆積当時の環境及び地質年代とおもな示準化石について理解し、知識を身につけている。</li> <li>◎タブレットを使って化石の観察のしかたを習得するとともに、それらのようすをスケッチし、特徴をまとめて結果を記録して整理するなど、観察の基礎技能を身につけている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎示相化石と堆積当時の環境及び地質年代とおもな示準化石について考えるとともに、事象を分析して解釈し、自らの見解を表現できる。</li> <li>◎地層や化石などの自然環境が社会にどのように活用されているかについて知り、事象を考察・分析して、自らの見解を表現できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎地層や化石に関する事象に関心を持ち、示相化石と堆積当時の環境および地質年代とおもな示準化石について科学的に探究しようとするともに、自然環境の保全に寄与しようとする。</li> </ul>

## (4) 評価場面・観点・方法

評価場面	観点	方法
観察実習に意欲的に取り組む。	主体的に取り組む態度	行動観察・ワークシート
観察実習中に正確に記録をとる。	知識・技能	行動観察・タブレット端末
観察内容の比較し、考察する。	思考・判断・表現	ワークシート・タブレット端末・発言
観察内容から示相化石と示準化石についてレポートにまとめる。	知識・技能	ワークシート

## (5) 学習内容および活動

中学1年生の地学の単元では、岩石や鉱物、アンモナイトやフズリナの化石を資料として観察することが多く、教材の観察の域を出ていなかった。本プログラムによる実習では、生徒自ら珪藻土の中から洗い出した微化石の観察をタブレット端末と顕微鏡を活用して観察をおこなった。身の回りに使われている珪藻土に含まれている珪藻化石を通して、海洋との関わりを考えることを目的とした。ICT化が進む中、今後、タブレット端末やそれに付随する顕微鏡との活用を見越し、今回の授業に取り組んでもみた。<sup>(※)</sup>

なお、本授業の指導案では専門家および科学コミュニケーターによる解説を斜線部で表記してある。教員だけで実施する場合は、プレゼンテーションと「⑤珪藻化石から当時の環境を知る(水があったことを



知る)＝化石からのメッセージ」の部分は、それぞれ事前の授業と事後の授業に回し、観察実習のみで50分間確保することが望ましい。また、事後学習で「⑤化石からのメッセージ」の部分を行う場合、話し合い活動や調べ学習など発展的な学習課題として活用できる。

(※) 事前の試行錯誤の結果、タブレット顕微鏡レンズを用いるよりも光学顕微鏡の画像をタブレット端末で直接撮影する方法に変更した。技術的にやや難しいが、倍率と鮮明度の関係で光学顕微鏡のレンズにつけて撮影した方がより鮮明な画像が得られると判断したためである。

学習内容・学習活動	教師の指導・助言・留意点	評価の観点〔方法〕	時間
<p>プレゼンテーション</p> <p>＊目的と課題を理解して、観察方法の事前学習をする。</p>	<p>クイズ こんな化石、アリ？ナシ？</p> <p>※化石のイメージを膨らませ、微化石を見るモチベーションを高める。</p> <p>恐竜の化石、葉の化石、恐竜の卵、足跡の化石、貝の化石、プランクトンの化石＝珪藻化石</p>	<p>【主体的に取り組む態度】</p> <p>行動観察</p>	(分) 15
<p>準備</p>	<p>観察準備・顕微鏡をセットする。</p>	<p>【主体的に取り組む態度】</p> <p>行動観察</p>	15
<p>①化石珪藻の産出地を知る。</p>	<p>①－1 珪藻土サンプル(実物、プレパラート)、授業プリントを配布。</p> <p>①－2 サンプルの採集場所、プレパラートの製作方法紹介とプレパラート作り。</p> <p>①－3 タブレット(スマホ顕微鏡)によるプレパラートの観察。</p> <p>※砂粒とは違う、複数の形をしたものが入っていることがわかればOK。</p>	<p>【知識・技能】</p> <p>観 察</p> <p>ワークシート</p>	
<p>②化石珪藻の実物を認識する。</p>	<p>②－1 顕微鏡の使い方のおさらい</p> <p>②－2 顕微鏡観察の用意、観察</p> <p>※ピントが合い、様々な形のものがあることがわかればOK。</p> <p>②－3 教師から、顕微鏡映像を投影して化石珪藻を簡単に紹介。</p> <p>例：カザグルマケイソウ、</p> <p>※生徒が珪藻を認識することが目的。解説は後の時間に行う。</p> <p>②－4 顕微鏡観察</p> <p>②－5 タブレットを接眼レンズにあてて写真撮影</p> <p>※生徒が撮影した写真の中からクラスで1枚選び、後日印刷してプリントに貼る。</p>	<p>【知識・技能】</p> <p>観 察</p> <p>ワークシート</p> <p>タブレット</p>	10
<p>③現生珪藻の実物の認識、生息地を知る。(水がある環境に生息する)</p>	<p>③－1 化石珪藻の顕微鏡映像を投影し、解説。</p> <p>③－2 現生珪藻サンプルを簡単に紹介</p> <p>③－3 現生珪藻の顕微鏡映像を投影し、解説。</p> <p>化石珪藻と現生珪藻のちがいを確認。</p> <p>※葉緑体の観察から現生と化石の珪藻のちがいがわかる。</p>	<p>【思考・判断・表現】</p> <p>観 察</p>	7

④淡水の珪藻との比較	<p>④－１ 淡水と海水の珪藻の形態を比べる。</p> <p>④－２ 化石珪藻の形態を知ることにより、古環境を知る手掛かりになる。</p> <p>※淡水産クチビルケイソウとの比較により、環境についての指標にもなることを知る。</p>	<p>【知識・技能】 【思考・判断・表現】 ワークシート</p>	7
⑤珪藻化石から当時の環境を知る。(水があったことを知る)＝化石からのメッセージ	<p>⑤－１ 化石からのメッセージ →化石を見ることで、その地層の年代がわかる。珪藻があることで、当時水があったことがわかる。</p> <p>★示準化石、示相化石に成りえる。</p> <p>⑤－２ 海とのつながり →各地で海産の化石がでてくる。 今生きているプランクトンも、やがて化石になる(条件が整えば)</p> <p>⑤－３ 研究の意義 「化石から当時の環境を知ることについて」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現生珪藻の研究が、地球の過去を知る役に立つ</li> <li>・南極にも珪藻が存在し、研究対象になっている。</li> <li>・珪藻化石が石油探掘の指標になることの紹介。</li> </ul> <p>生徒から質問が出れば受け付ける。</p>	<p>【知識・技能】 【思考・判断・表現】 ワークシート 質 問</p>	15
後片付け・諸注意・確認	顕微鏡および観察器具の片づけと整理整頓。	【主体的に取り組む態度】 行動観察	6

## 5. 本授業の評価と今後の課題

本授業に参加した中学1年生126名のアンケート結果から、「珪藻化石」の学習については93%の生徒が興味関心をもって積極的に参加できたと回答した。このことから珪藻化石の観察実習は自主的な意欲を喚起する教材で、学習内容に興味関心をもって取り組めるものであると評価できる。また、この授業を通して、海や化石への関心や学習についても、学習前に比べると学習後には肯定的回答が2倍から3倍に増えており、本教材が海への興味・関心を導くために非常に効果的であると共に、具体的な観察実習を通して化石についての知識理解を定着させる効果的な学習教材でもあり、理科教育へ導入する価値が十分あるといえる。

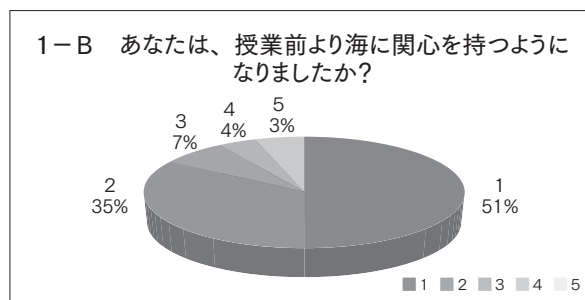
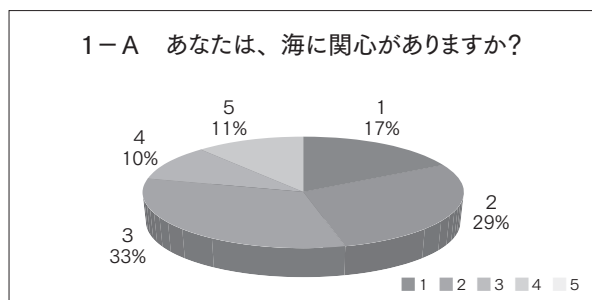
新学習指導要領においても、授業を工夫・改善し、理科でいえば、観察・実験を通じて科学的に根拠をもって思考する力をつけ、現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力の育成のために学習を充実させることが提言されている。このような面からも「珪藻化石」の学びは、日常の事象に結び付けることの可能な教材であるとともに、発展的学習や教科等横断的な学習が可能となるまさにカリキュラム・マネジメントに適した教材であると考えられる。

また、現在、教員の大量退職時代を迎え、若手の教員に経験を積ませることが喫緊の課題となっている。本プログラムの実施に際して、明星大学の理工学部教職コースを選択している学生有志に授業指導を担うアシスタントの立場で参加させ、中学生とともに活動する中で、指導方法を習得させている。今後、計画的に次世代の教員に本プログラムを経験させて普及し、理科教育の中で海洋教育の発展的学びを実施し、定着を図ると共に、さらに改善を加えていくことが必要と考える。

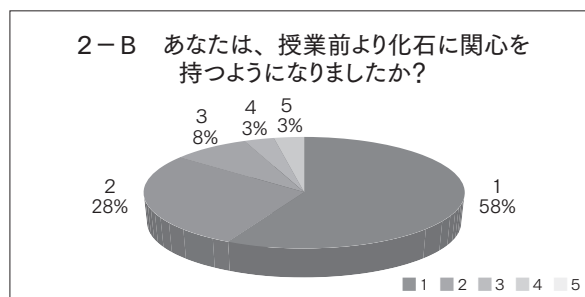
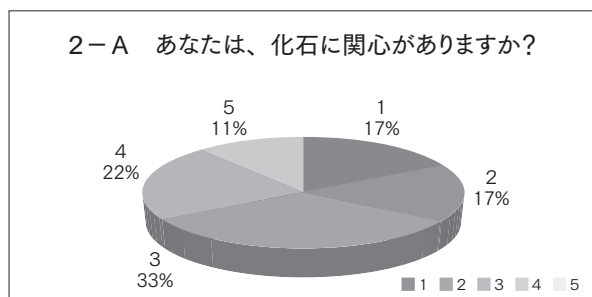
## 謝辞

本プログラムの実施に際し、八王子市立由井中学校の荒井雅則校長先生には、海洋教育の推進と本プログラムの推進のために特別授業日の設定をしていただきました。また、授業においては、東京海洋大学海洋環境科学部門助教の宮崎奈穂先生にご指導をいただきました。最後に、明星大学理工学部長の宮脇健太郎先生はじめ理工学部の先生方には、日頃より理工学部の教職選択コースの大学生を授業実践の場にサポーターとして派遣することに便宜を図っていただきました。以上、本授業を支えてくださった多くの方々のご協力に深く感謝申し上げます。

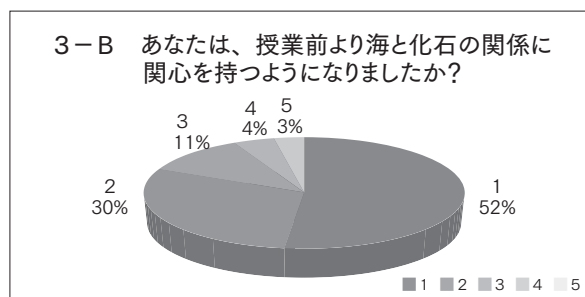
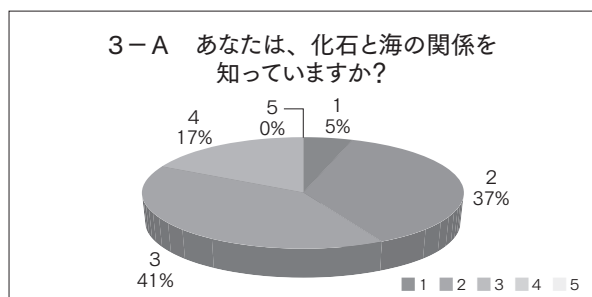
資料1. 本授業に参加した中学校1年生126名のアンケート結果



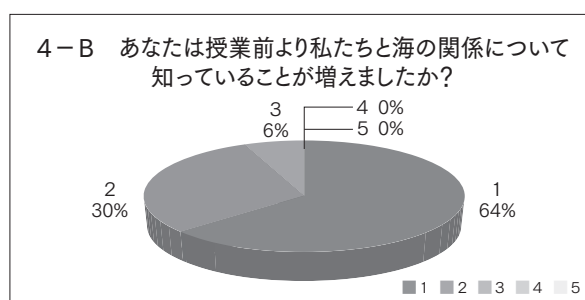
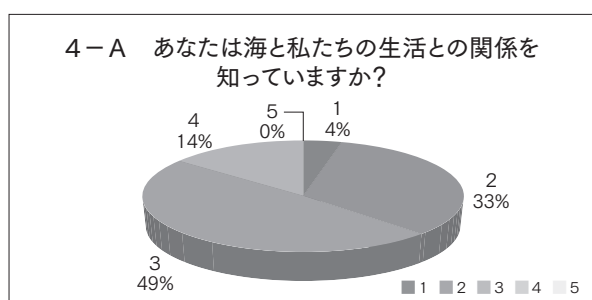
海への関心度は、授業前の46%から授業後には86%に上昇した。



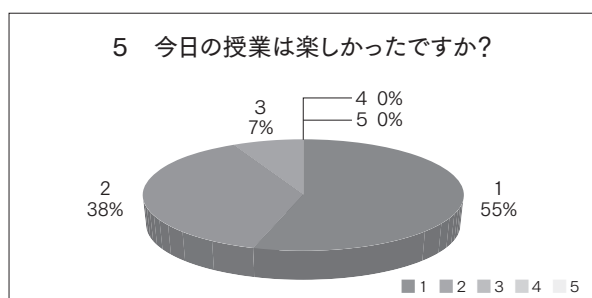
化石への関心度は、授業前の34%から授業後には86%に上昇した。



化石と海との関係の理解度は、授業前の42%から授業後には82%に上昇した。



海との関わりへの理解度は、授業前の37%から授業後には94%に上昇した。



- 各番号の評価
1. とても肯定的評価
  2. まあまあ肯定的評価
  3. 普通の評価
  4. あまり肯定的評価でない
  5. 全然肯定的評価でない

授業を積極的に楽しめた生徒の割合は93%に達した。



資料2. 「珪藻の観察」授業への感想

生で化石を見たことが初めてで、形もとても不思議な形だったのすごいと感じた。自分で探した化石の写真を撮ることができてうれしかったです。
化石を見る機会は少なく、海と化石の関係を深く知ることができた。また、環境などによって生物の形が変わっていくこと、それがそのまま化石として残ることが分かった。ただの石のようにしか見えない化石から様々なことを知ることができ分かった。
友達と一緒に化石を見つけることが楽しかった。
淡水と海水にいる珪藻が少しずつ違うことに驚いた。また、植物プランクトンが化石になることを知り、その化石と現在のプランクトンととても似ているのに気づいた。
化石を調べることで、私たちが生活で使っている石油を見つけることにもつながることは知らなかった。地層、化石、石油がすべてつながっていることがすごと思いました。
自分たちが見つけた写真が一番になりうれしかった。
化石の特徴を見るだけで、何年ぐらいにできたものなのか、その場所の環境が分かると聞き、専門家の先生はすごいと感じた。プレパラートの作り方もよくわかりました。



写真1. インタープリターが授業の動機づけと進行を担当する。



写真2. プレパラートを作り、観察開始。



写真3. 美しい世界の出現に生徒は観察に夢中になる。



写真4. 大学生の支援により授業を円滑に進められる。後ろで興味深く見守るのは地域の方。



写真 5. 工夫してきれいな写真を撮影できた。生徒の技術的上達は本当に早い。



写真 6. 珪藻化石の種類から環境がわかること（示相化石）を実例で確認する。



写真 7. 南極海の豊かさを支えるアイス・アレジー（珪藻類）のことは、ほとんど知らない知識である。



写真 8. 珪藻化石の地層が油田の探査に役立つことを知り、日常生活との結びつきを知る。