

# サメの歯化石を用いて人と海の間係を学ぶ 理科の観察実習の開発と実践

～ 海洋教育パイオニアスクールプログラムで開発した  
新学習指導要領対応のSDGsへの発展学習 ～

明星大学工学部総合理工学科 特任教授 和田 薫  
鶴見大学 名誉教授 後藤 仁敏  
八王子市立由井中学校 教諭 大森 紀幸

## 1. はじめに

2021年度から新学習指導要領の完全実施が中学校で始まった。新学習指導要領では、「何ができるようになるか」を明確化し、平成20年版の学習指導要領に比べて、目標を達成するための手段やプロセスを具体的に打ち出している。さらに、新学習指導要領の重点項目の一つに、「理数教育の充実」が挙げられている。そして、「理数教育の充実」を達成するためとして、①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い、②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実験・観察などに関する基本的な技能を身に付け、さらに③実験・観察などを行い、科学的に探究する力を養うという三段階のプロセスが明示されている。すなわち、理科の授業においては、実験・観察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ている。従来から実物に触れる実験・観察は、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る。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”になったといえる。

しかし反面、新学習指導要領の完全な実施を図るには、現場は多くの課題を抱えている。まず、第一に教科書の内容の配列が大きく変更され、「主体的・対話的で深い学び」など探究的な学習が提唱されている。さらに、「防災・減災」やSDGsに向けた新たな教材研究の取り組みが必要とされているが、理科の授業時間数は現行のままであり、増えてはいない。同時に学校現場においては、厳しい状況が迫っている。新学習指導要領で「実践の蓄積を若手教員にもしっかりと引き継ぐ」と述べられているように、教員の大量退職、大量採用により急速な若返り現象が現場で生じている。さらに悪いことに、生徒数の減少による小規模校化により、1校に勤務する教員数が減少していることである。この小規模校化に手を打っていない地域では、ベテラン教員から若手教員に実践した蓄積を引き継ぐ機会を失わせていると同時に、授業以外の業務分担が増加していることを意味する。また、道徳の教科化等により、総合の時間的余裕がなくなる状況下では、生徒の興味・関心や自己有用感を培うための体験的な学習や特別行事を行う余裕は、ますます無くなることが予想される。

このような状況にあっても、新学習指導要領では理科の授業において、これまでの教育実践の蓄積に基づく授業改善の活性化を図り、授業を工夫・改善して、実験・観察を通じて科学的に根拠をもって思考する力をつけると述べられている。さらに、科学的に根拠をもって思考する力をつけるための発展的手法として、体験活動やアクティブ・ラーニングの実施を提唱している。具体的な提案モデルは例示されていないが、新学習指導要領で要求されている内容を実施するには効率的な授業の展開と、一つの課題を通して複合的に学びができるように、学校全体で連携したカリキュラム構成が求められる。これらの課題への対応は、もはや理科の授業担当教員だけで担えるものではなく、学校全体の教育課程の中での対応が必要となる。

この状況打開のために、新学習指導要領ではカリキュラム・マネジメントの確立が提唱されている。各学校においては、学習の基盤となる資質・能力（言語能力、情報活用能力、問題発見・解決能力等）の育

成および現代的な諸課題に対応して求められる資質・能力の育成を図り、そのために教科等横断的な学習を充実させ、単元などの授業のまとまりの中で、習得・活用・探究のバランスを工夫するとしている。具体的には学校ごとに、①教育内容や時間の適切な配分を行い、②必要な人的・物的体制の確保をし、③実施状況に基づく改善によって、④教育課程に基づく教育活動の質を向上させ、⑤学習の効果の最大化を図るとしている。まさに、授業の質的充実において大幅な改善が求められており、管理職が学校を如何にマネジメントできるかが問われる状況になっている。

さらに今年度、COVID-19への対応による臨時休校は、学校現場に大幅なカリキュラム変更と授業の遅延をもたらした。殆どの学校では、授業時数の確保のために行事や実験等を含めた様々な体験的取組が中止され、実体験の貴重な教育時間がほとんど取れない状況に陥った。その一方では、GIGAスクール構想に対応したオンライン授業の充実を加速させなければならない状況になっている。しかしながら、COVID-19によりもたらされた状況は、今後も不定期に生じることが予想されるため、これに柔軟に対応するためにもオンライン授業との併用を早急に整備する必要がある。

本報告では、2019年度、「海洋教育パイオニアスクール単元開発部門」に応募して、八王子市立由井中学校でおこなった「海洋教育を理科の授業に取り入れるためのカリキュラム開発」について報告する。筆者は海洋教育を学校教育に定着させるためには、教科教育の中に組み込んで実施していくことが必要であるとの立場である。したがって、新学習指導要領で求められている理科教育の充実を実現する方法として、海洋教育の内容を理科教育に組み込むことで、実験・観察など体験に基づいた実体験と多様な探究の場を提供することを目指した新教材を紹介する。さらに加えて、明星大学の教職を目指す大学生を対象とした理科教育法の授業で実施した成果から、オンライン授業による実験・観察の実習の可能性を考察する。

## 2. 開発した単元と教材の特徴

授業として開発した海洋教育の単元は、新学習指導要領・第3学年第2分野の「生物と環境」(ア)「自然界のつり合い」で設定した授業である。この単元では、自然環境を調べ、自然界における生物相互の関係や自然界のつり合いについて理解させるとともに、自然と人間のかかわり方について認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について、科学的に考察し判断する態度を養うことを主なねらいとしている。

自然界における植物や動物、微生物を栄養摂取の面から自然界における物質の循環という観点で相互に関連付けて捉えさせる学習内容は、従来の教科書では、陸上生物を例に指導資料等を活用して学ぶことが中心であった。新学習指導要領では、植物・動物・微生物は食物連鎖を通じた生産者・消費者・分解者という関係でつながっており、生態系が保たれていることを具体的に理解させる必要がある。さらに、SDGsに向けた取り組みとして、人やその社会・文化との関係にも触れることが望まれる。そのために、自然環境を調べる実験・観察などを通して、日常生活や社会と関連付けながら、様々な要因が自然界のつり合いに影響していることを理解することで、自然環境を保全することの重要性を体験的に認識する必要がある。

本授業では、サメの歯化石を教材として使うことで、日常生活や社会と関連付けながら、自然環境を調べる観察実習を通して、科学的思考が養われるように配慮した。食物連鎖や生態ピラミッド、生物を通じた物質の循環は、とすれば概念的な知識学習となりがちであるが、具体的なサメの歯の形状とその形状と関連したサメの食性を通して生物の多様性を理解することができ、より具体的な認識が可能である。また、サメは高次の捕食者であるために人為的な捕獲の影響を受けやすく、海の環境の指標生物としても適しており、生物多様性の保全や自然保護等の社会的課題への展開も可能で、話し合い活動やグループワークでの発展的なまとめ学習等、アクティブ・ラーニングの導入に適した教材である。

本プログラムの特色としては、以下のことがあげられる。

- ① 理科の単元学習（1年生：堆積岩〔化石〕、3年生：自然環境と人間〔生物と自然環境・人間の活動と自然環境〕）で実施できる授業プログラムとして設計され、評価項目に対応した学習指導案がつけられている。
- ② 実験・実習を基本に授業が構成されており、標本の分類や歯化石分類シートの作成があるために理科の技能を楽しみながら取得することができる。
- ③ 海に関連した海洋教育の教材として学べるように配慮し、教員が指導できるように専門家から教材への専門的知見や参考資料を提示している。
- ④ 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、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SDGsや環境教育などを含めた発展的学習や社会科や家庭科等の授業にも連携させられる合科的な学習として導入可能である。このことから、カリキュラム・マネジメントとして、教育課程に入れることが可能である。

### 3. 学習活動

#### (1) 学習活動における配慮事項

##### ① 育みたい資質や能力・態度

本プログラムの実施に際しては、専門家から直接、生態系や環境問題、人間との関係性などを教わり、生徒自身も実際に見たり、触れたりする体験的な学習活動としておこなった。そのような活動を通じて、指導者と生徒間はもちろんのこと、生徒同士の言語活動も充実を図った。当日の学習活動の前には関連する事柄にふれ、生徒自身に学習の見通しをさせ、学習後には振り返りの時間を設けることで、生徒が主体的な学びをおこなうことを目的とした。また、それらを通して身近な自然の変化、特に海洋に対する興味・関心や科学的根拠に基づいた分析や考察ができる力を身につけさせるように計画した。

##### ② 少人数で行う話し合い活動と個人でおこなう観察実習

観察実習においては、生徒一人ひとりが準備に係わり、実験・観察をおこない、班内でお互いに意見を述べ合い思考のプロセスを共有し、それを基に考察した結果を基に自らまとめる体験をすることを重視した。したがって、本学習プログラムでは、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、個人別の実習に移る前に考察する課程として話し合い活動を設定し、生徒が班の中で意見を述べ合いながら考察してサメの歯化石を種類ごとに分類させた。その後さらに個別に観察しながらサメの歯化石を並べて分類セットの作成を個人でおこなわせた。

##### ③ 海洋教育の中での位置づけ

海の生態系を理解することは、SDGsに向けた取り組みとして、人やその社会・文化との関係が自然界のつり合いに影響していることを理解し、自然環境を保全することの重要性を認識するために重要である。しかしながら、実際に海に行き生物を観察しても、生態ピラミッドの高次の生物を解剖して確認する機会がなければ、食う食われるなどの食物連鎖の生態系の繋がりを認識することは難しい。サメはその実態として正しいかはともかく、映画で取り上げられるほど人の興味・関心を引く存在であり、多くの出版物や映像で紹介される存在であるため、生徒の興味・関心の対象として適している。特にサメの歯化石は大きくて、そのままの状態扱いやすく、実体顕微鏡等の機器の使用も必要ないために、簡単に扱えることが大きな利点でもある。

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、サメの歯化石を扱ったプログラムは、歯の形状からは、食性や生物多様性を理解することができるだけでなく、私たちの生活とのつながりやSDGsの意義を知るための、海に制約されない適切な教材になり得ると考える。

(2) 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、歯化石の専門家、インタープリター、中学校の教員との連携による授業実践とカリキュラム作成となった。授業の進行においては、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、サメの歯化石をテーマとした海洋関係の知識や生活と関連する話題を専門家により提供してもらい、インタープリターや教員との連携により生徒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、大学生が観察実習の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。

(3) 関連する単元の学習指導目標

① 関連する単元の内容と観点別評価規準

単元6 地球の明るい未来のために

本授業プログラムに関連する事項のみ記載を改変して提示する。

| 単元のねらい  | 観点別評価例   |  |  |
|---|--|--|--|
|   | 知識・技能  | 思考・判断・表現   | 主体的に学習に取り組む態度  |
| <p>日常生活や社会と関連付けながら、生物と環境及び自然環境の保全と利用のことを理解するとともに、それらの実験・観察などに関する技能、自然環境を調べる実験・観察などに関する技能を身に付ける。</p> <p>日常生活や社会で使われている資源について、見通しをもって実験・観察などを行い、その結果を分析して解釈し、身近な自然環境や地域資源を調べる実験・観察などを行うとともに、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について、科学的に考察して判断する。</p> <p>自然と人間に関する事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度と、生命を尊重し、自然環境の保全に寄与する態度を養うとともに、自然を総合的に見るようになる。</p> | <p>日常生活や社会と関連付けながら、生物と環境、自然環境の保全と科学技術の利用を理解しているとともに、それらの実験・観察などに関する技能を身に付けている。</p> | <p>身近な自然環境などを調べる実験・観察などを行い、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について、科学的に考察して判断している。</p> <p>日常生活や社会で使われている資源について、見通しをもって実験・観察などを行い、その結果を分析して解釈するとともに、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について、科学的に考察して判断している。</p> | <p>自然と人間に関する事物・現象、科学技術と人間に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。</p> |

1章 自然環境と人間(6時間)

| 章のねらい  | 観点別評価例  |   |   |
|--|---|---|---|
|  | 知識・技能   | 思考・判断・表現  | 主体的に学習に取り組む態度                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>身近な自然環境について調べ、様々な要因が自然界のつり合いに影響していることを理解するとともに、自然環境を保全することの重要性を認識する。</li> </ul> | <p>日常生活や社会と関連付けながら、自然環境の調査と環境保全についての基本的な概念や原理・法</p> | <p>生物と環境について、身近な自然環境などを調べる実験・観察などを行い、科学的に考察して判断</p> | <p>生物と環境に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的</p> |

|  |  |                           |                     |
|--|--|---------------------------|---------------------|
|  | <p>則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な実験・観察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付けている。</p> | <p>しているなど、科学的に探究している。</p> | <p>に探究しようとしている。</p> |
|--|--|---------------------------|---------------------|

終章 これからの私たちの暮らし(4時間)

| 章のねらい  | 観点別評価例   |   |  |
|--|--|---|--|
|  | 知識・技能  | 思考・判断・表現  | 主体的に学習に取り組む態度  |
| <p>・自然環境の保全と利用の在り方について科学的に考察することを通して、持続可能な社会をつくることが重要であることを認識する。</p> | <p>日常生活や社会と関連付けながら、自然環境の保全と利用についての基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な実験・観察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付けている。</p> | <p>自然環境の保全と利用について、実験・観察などを行い、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について、科学的に考察して判断しているなど、科学的に探究している。</p> | <p>自然環境の保全と利用に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。</p> |

② 単元の具体的評価規準

| 時数 | 項目の目標   | 「自然環境と人間」の観点別評価 |  |   |  |
|----|---|-----------------|--|---|--|
|    |   | 知識・技能           | 思考・判断・表現   | 主体的に学習に取り組む態度   |  |
| 3  | <p>1. 自然環境の変化<br/>A. 生物と自然環境<br/>B. 人間の活動と自然環境<br/>C. 身近な自然環境の調査</p> <p>◆2分野(7)ア(ア)①、イ<br/>(身近な自然環境について調べ、自然環境を保全することの重要性を認識する)</p> | 規準              | <p>・人間の生活と自然環境との関わりについて理解し、知識を身に付けている。<br/>・身近な自然環境を調べ、記録する技能を身に付けている。</p>                                       | <p>・身近な自然環境の調査を行い、異なる場所における自然環境の特徴を調べ、結果を科学的に考察して判断している。</p>            | <p>・自然環境の変化について進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。</p> |
|    |   | A基準             | <p>・調査結果が科学的に正しいかを踏まえた上で人間の生活と自然環境との関わりについて理解している。<br/>・身近な自然環境の調査の計画を立てて安全に行い、結果の適切な記録やわかりやすい整理の仕方を身に付けている。</p> | <p>・身近な自然環境の調査を行い、異なる場所における自然環境の特徴を調べ、結果を科学的に考察し、根拠を示しながら適切に判断している。</p> | <p>・自然環境の変化について、自ら調査課題を設定し、科学的な探究を主体的にしようとしている。</p>          |
|    |   | B基準             | <p>・人間の生活と自然環境との関わりについて理解している。<br/>・身近な自然環境の調査を行い、結果の記録や整理の仕方を身に付けている。</p>                                       | <p>・身近な自然環境の調査を行い、異なる場所における自然環境の特徴を調べ、結果を科学的に考察して判断している。</p>            | <p>・自然環境の変化について、調査課題を設定し、科学的に探究しようとしている。</p>                 |

|   |  |     |   |   |  |
|---|--|-----|---|---|--|
|   |  | 支援  | <ul style="list-style-type: none"> <li>レポートの構成を指導し、わかりやすいレポートになるよう工夫させる。また、わからないときには質問させる。</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>教科書の調査例の他に、周辺環境からテーマ例を提示し、自然環境と人間生活の関わりに注目させる。</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>教科書の調査例の他に、地域に合ったテーマを紹介する。</li> </ul>                         |
| 1 | 2. 自然環境の保全<br>◆2分野(7)ア(ア)①、イ<br>〈土地の利用や環境保全の状況を知るとともに、自然環境を保全することの重要性を認識する。〉 | 基準  | <ul style="list-style-type: none"> <li>自然環境の保全のために自然を保護したり、共生したりする取り組みについて理解している。</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>事例から、現在ある自然環境を保全するための方策を科学的に考察して判断している。</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>自然環境の保全について進んで関わり、見直しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする。</li> </ul> |
|   |  | A基準 | <ul style="list-style-type: none"> <li>自然環境の保全のために自然を保護したり、共生したりする取り組みについて理解し、具体的な例をあげながら説明している。</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>自ら事例をあげて、現在ある自然環境を保全するための方策を科学的に考察し、根拠を示しながら判断している。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>自然環境の保全のための方策について、見直しをもって考え、説明しようとしている。</li> </ul>            |
|   |  | B基準 | <ul style="list-style-type: none"> <li>自然環境の保全のために自然を保護したり、共生したりする取り組みについて理解し、教科書の記述に沿った例をあげながら説明している。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>教科書の事例とともに、現在ある自然環境を保全するための方策を科学的に考察して判断している。</li> </ul>       | 自然環境の保全のための方策を考えようとしている。   |
|   |  | 支援  | <ul style="list-style-type: none"> <li>自然環境の保全について、説明が羅列的にならないよう、関連させながら具体的に説明する。</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>「自然を守る」、「自然をつなぐ」の具体的な意味を考えさせる。</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>地域の自然環境保全の例を説明する。</li> </ul>                                  |

| 時数 | 項目の目標   | 「これからの私たちの暮らし」の観点別評価   |   |  |
|----|---|--|---|--|
|    |   | 知識・技能  | 思考・判断・表現  | 主体的に学習に取り組む態度  |
| 4  | 1. 持続可能な社会にする方法<br>2. 未来へつながる<br>〈自然環境の保全と利用のあり方について科学的に考察し、持続可能な社会をつくることが重要であることを認識する〉 | 規準<br><ul style="list-style-type: none"> <li>自然環境の保全と科学技術の利用について理解し、持続可能な社会をつくることの重要性を認識している。</li> <li>自然環境の保全と科学技術の利用に関する事物・現象について調査を行い、結果の記録や整理、資料の活用の仕方などを身に付けている。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>★自然環境の保全と科学技術の利用に関する事物・現象の中に問題を見だし、テーマを設定して調査を行い、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について、科学的な根拠に基づいて自らの考えを導いたりまとめたりして、表現している。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>★自然環境の保全と利用に関する事物・現象に興味をもち、それらを科学的に探究しようとするとともに、科学的な根拠に基づいて意思決定しようとしている。</li> </ul> |

|  |     |  |  |  |
|--|-----|--|--|--|
|  | A基準 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 自然環境を保全し、科学技術を利用したりしている例をあげ、科学的な根拠を示しながら、持続可能な社会をつくることの重要性を説明している。</li> <li>• 設定したテーマに対し、見通しをもって調査を行ったり、資料を活用したりして、適切に結果を整理し、まとめている。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 設定した課題について、調査結果から明確な科学的根拠を示して、自分の考えをまとめ、適切に表現している。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 自然環境の保全と利用の重要性について強い興味をもち、科学的な根拠をもとにした自分の考えをもとうと意欲的に取り組んでいる。</li> </ul> |
|  | B基準 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 自然環境を保全し、科学技術を利用したりしている例をあげ、持続可能な社会をつくることの重要性を説明している。</li> <li>• 設定したテーマに対して、調査を行ったり、資料を活用したりして、結果を整理し、まとめている。</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 設定した課題について調査結果から、自分の考えをまとめ、表現している。</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 自然環境の保全と科学技術の利用について興味をもち、自分の考えをもとうとしている。</li> </ul>                     |
|  | 支援  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 身近な例と地球規模の例をあげながら、持続可能な社会の例を説明する。</li> <li>• 設定したテーマに対して、調べていく内容をあげさせたり、調べ方を考えさせたりする。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 調べようとする内容の中から、これまでの学習内容と関連しているものを示して考えさせる。</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 持続可能な社会について説明し、様々な課題や取り組みの例を示す。</li> </ul>                              |

◆学習指導要領の内容と評価方法：A基準(十分満足できる。) B基準(おおむね満足できる。) 支援…基準に達しない場合の支援。

### ③ 本プログラムの具体的評価規準

| 知識・技能【ア】  | 思考・判断・表現【イ】   | 主体的に取り組む態度【ウ】   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 食物連鎖における生物のつながりについて理解し知識を身につけている。</li> <li>• 食物連鎖の数量的な関係やそのつり合いの変化について理解する。</li> <li>• 生物の関係についての実習・観察を行い目的に応じて整理、記録し、結果をまとめている。</li> <li>• 人間の生活とサメとの関わりを通して、自然環境との関わりについて理解し、持続可能な社会をつくることの重要性を認識できる知識を身に付ける。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 実習・観察結果から海洋での食物連鎖について考察できる。</li> <li>• 自然界での物質の循環を、呼吸や光合成、食物連鎖などを関連付けて捉えることができる。</li> <li>• サメの資源活用と保全について、科学的な根拠に基づいて持続可能な観点から自らの考えをまとめ、表現できる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 食物連鎖など、生物のつながりについて関心をもち調べようとする。</li> <li>• 自然環境の保全と利用に関して、サメの資源活用を話題に科学的な根拠に基づいて発表して、意見を交換し、意思決定している。</li> </ul> |

④ 評価の場面・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【ウ】 | 行動観察・ワークシート |
| 観察実習中に正確に分類し、サメの歯化石を分類シートにまとめる。              | 知識・技能【ア】      | 行動観察・ワークシート |
| 観察内容を比較し、サメの歯化石から生物多様性や食物連鎖、生態ピラミッドについて考察する。 | 思考・判断・表現【イ】   | ワークシート      |

⑤ プログラムまでの授業の流れ

|     | 学習活動・主な内容  | 教師の指導／主な評価<br>外部連携／使用教材等  |
|-----|--|---|
|     | 本実習<br>講義名：『サメの歯化石から学ぶ生物の多様性』<br>講師：鶴見大学名誉教授 後藤 仁敏先生   | <ul style="list-style-type: none"> <li>サメの歯化石を通して、生物多様性、環境問題を理解し、自然界のつながりを考える。</li> </ul> <b>【ア・ウ】</b> ワークシート |
| 1時間 | ◎導入：『サメの歯化石から学ぶ生物の多様性』を通して学習した環境問題を確認する。<br>◎説明：海洋の生物に関する環境問題について確認、補足説明する。<br>◎説明：自然環境の保全について考えさせ、意見交換させる。<br>◎学習課題のまとめ：人間の活動により、地球温暖化など、自然環境への影響は地球規模に及んでいる。将来にわたって生物が生存するには、自然界のつながりを保つ必要がある。<br>◎各班で話し合った意見の発表をおこない、学習内容の定着をはかる。 | 地球規模での様々な環境問題を理解し、自然界のつながりを保つ必要性を考えることができる。<br><b>【イ】</b> (話し合い活動・レポート)                                       |

(4) 学習内容および活動

1-1. 本時の目標

|   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>サメの歯と人の歯を比較し、歯の形態と機能の関係を調べる。</li> <li>サメの歯化石の観察を通し、種類による形態と機能との関係を考えることで、生息環境や生態の多様性と種類の多様性など、生物多様性について考える。</li> </ul> |
|---|

1-2. 本時の展開

| 時間       | 学習内容・学習活動   | 教師の指導・助言・留意点   | 評価の観点<br>〔方法〕      |
|----------|---|--|--------------------|
| (分)<br>2 | プレゼンテーション<br>* 目的と課題を確認し、理解させてから講師を紹介する。  | <ul style="list-style-type: none"> <li>最初は教師が生徒に向けて今日の授業内容を伝える。</li> <li>講師の紹介は教師からする。</li> </ul> <b>【図1】</b>  | 行動観察<br><b>【ウ】</b> |
| 18       | ①本日の内容説明<br>『サメの歯化石から学ぶ生物の多様性』<br><ul style="list-style-type: none"> <li>講師の自己紹介をまじえながら、学習のヒントを生徒へ紹介する。</li> <li>サメの歯に親しみ、関心を持たせるため、ヒトの歯と比較する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>生徒に学習の見通しを促す。</li> <li>学生サポーターが班に1人ずつ付きそう。</li> </ul> <b>【図2-3】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>クイズ形式にすることで聴くだけでなく、自ら考える機会を設ける。</li> </ul> |                    |

|           |  |   |  |
|-----------|--|---|--|
| <p>20</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ヒトの歯に関するクイズとそれに伴った知識を説明する。</li> <li>→ここでヒトの歯の基本的知識をしっかり理解させることで、サメの歯と比較をさせやすくする。</li> <li>• サメの歯とヒトの歯を比較しながらサメの歯の特徴を説明する。</li> </ul> <p><b>②実験・観察の説明</b><br/>観察する歯化石の年代と採取された場所やその環境の説明を行う。サメとエイの違いを説明する。</p> <p><b>③具体的な歯化石の説明</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 コモリザメ</li> <li>2 ネズミザメ</li> <li>3 ミツクリザメ</li> <li>4 オオワニザメ</li> <li>5 シロザメ</li> <li>6 ノコギリエイ</li> <li>7 トビエイ</li> <li>8 魚類の椎骨</li> </ol> <p><b>④観察実習</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 生徒に実験・観察の内容を再度確認と注意喚起を行う。</li> <li>• 班(3~4人)ごとに歯化石の分類作業を行う。途中、実際のサメの肌にあわせて、歯化石から見つかる他の種を補足する。</li> <li>• 分類の答え合わせを受けた生徒からワークシートを完成させる。<br/>【図28-30】</li> </ul> <p><b>⑤海の生態系の説明</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• サメが消費者として位置していることや他の生物との関わりをより深く学習させる。</li> <li>• サメの歯化石からわかることをまとめる。</li> <li>→サメにも様々なスタイルがあることから生物の多様性がわかるように説明する。</li> <li>• サメの現状について伝える。</li> <li>→サメの胃袋から環境汚染(プラスチックなど)が知れること、人間社会とサメの関わり(フカヒレ、肝油、革製品)があることを認識し、我々の日常生活に関係している事を実感させ、理解させる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 質問して答えさせることで、授業に参加している実感を生徒に持たせる。<br/>【図4-6】</li> <li>• ヒトの歯とサメの歯の違いと類似を明確に説明する。<br/>【図7-9】</li> <li>• サメの歯はベルトコンベアのように何度も自然に抜け落ちる。<br/>【図10-12】</li> <li>• 歯化石の説明のみならず、その地質の成り立ちを説明し、環境と生物(海鳥)の関係が社会でどのように影響するのかを認識させる。<br/>【図13-15】</li> <li>• 代表的なサメと歯の形の関連について説明する。<br/>【図16-21】</li> <li>• 班の中で意見を述べ合いながらサメの歯化石の特徴をとらえ、種類ごとに分類していく。<br/>【図22-24】</li> <li>• 歯化石の多様性からサメの生物多様性を認識させるように意見を求める。</li> <li>• 実習の合間に班を回り、サメの顎やノコギリエイの吻の実物標本を見せる。<br/>【図25-27】</li> <li>• 教師と講師は机間巡視を行い、学生サポーターは生徒の作業が円滑に進むような補助をする。この時、生徒自身で分類をさせることを念頭に答えあわせの時のみ指導する。</li> <li>• 生徒の振り返る時間を設ける。また、時間があれば、生徒の感想からどのような学びや発見をできたのかも今後の授業の参考にする。</li> <li>• ここでは、ヒトとサメ(環境)が震災のごみやプラスチックの影響を受けていることや、食生活など具体的な関わりを出す。<br/>【図31-33】</li> </ul> | <p>行動観察<br/>ワークシート<br/>【ア】</p> <p>行動観察<br/>【ウ】</p> |
| <p>10</p> |  |   |  |

#### 4. アンケートから見る生徒への学習効果

本授業に参加した2019年度の中学3年生147名のアンケート結果から、「サメの歯化石から学ぶ生物の多様性」の学習効果を考察する(資料1)。プログラムの実施に際して、授業前アンケートと授業後アンケートを行い、生徒の認識の変化を確認した。以下に、アンケートの分析結果に基づき、プログラム実施前と実施後の教育効果について比較検討する。なお、質問項目のうち、授業前アンケートは質問事項①～⑤、授業後アンケートは質問事項⑧～⑮である。

質問1「あなたは、理科の授業が好きですか?」では、中学3年生になると理科好きは30.6%に減少している。由井中学校でも、学年は異なる中学1年生の「高尾山における生物多様性の学習」のアンケートでは、74%の生徒が理科を好きと答えていることから、一般的に指摘されているように、一般に学年が上がるにつれて理科離れが進むといわれていることを示している。

質問2「あなたは海の生き物に関心ありますか?」では、興味のある生徒は36.5%にとどまっている。さらに、質問3「あなたは、化石に関心がありますか?」では、26.7%、質問4「あなたはサメの歯の化石のことを知っていますか?」では、32.5%、質問5「あなたはサメについて食物や生態を知っていますか?」では、29.3%となり、いずれも肯定的に回答した生徒の割合は30%前後にとどまっている。

反対に本プログラムの取り組みの効果は、質問8「今日は楽しく授業に参加できましたか?」では75.6%の生徒が積極的に参加し、普通と回答した生徒と合わせると95.9%の、ほとんどの生徒が取り組んでいた。このように、生徒が肯定的に答えているため、授業の効果が見込まれるといえる。また、質問11「あなたは、授業前より海や海の生き物に関心を持つようになりましたか?」では82.3%の生徒が、質問12「あなたは、授業前より化石に関心を持つようになりましたか?」では78.5%の生徒が、質問13「あなたは、授業前よりサメの生態(せいたい)や歯化石に関心を持つようになりましたか?」では79.6%の生徒が、質問14「あなたは授業前よりサメの海の中での役割について理解が深まりましたか?」では、88.4%の生徒が肯定的に回答している。最終的には、質問15「あなたは授業前より私たちと海の関係について知ることが増えましたか?」で87.8%の生徒が理解が進んだと肯定的に答えた。

次に、授業後に実施したアンケートの自由記述欄からの感想から、生徒が学んだことについて考察する(資料2)。質問9では、自由記述として「今日の授業に楽しく参加できたのか理由を自由に書いてください」と理由を尋ね、また、質問9では、「今日、おどろいたり、感じたりしたこと、いつもの学校の授業では気がつかなかったけど、今日発見したことは何ですか?」と質問した。授業後には、海の生物やサメの生態について興味・関心と理解が進んだと約30%の生徒が積極的に答えているが、その意見が生徒の感想にも具体的に述べられている。それに関連して、化石やサメの歯の化石に関する興味・関心や理解も進んだと約30%～34%の生徒が積極的に答えていて、このことも意見や感想に反映されている。また、本授業を通して海洋やSDGsに対する理解や問題意識の構築が進んだことも明らかである。さらに、授業を円滑にかつ面白く、学びの深いものにするための専門家や大学生サポーターの役割や意義も、図らずも生徒の意見から確認することができた。

以上のことから、「サメの歯化石を用いて人と海の関係を学ぶ理科の観察実習」は生徒の自主的な意欲を喚起する教材として、学習内容に興味・関心をもって取り組めるものであると共に、この授業を通して海の生き物に興味・関心を持たせ、生物多様性を含めた海洋環境やSDGsへの理解を図るものとして非常に有効であることが明らかである。そして、本授業が理科への興味が減少する中学3年生に対しても、このように興味・関心・意欲を引き出せることから、海洋教育のプログラムを理科教育に積極的に導入することが今後も必要である。

## 5. 本授業の評価と今後の課題

今回のプログラムは、2017年から継続している海洋教育パイオニアスクールプログラム「海の無い地域での海洋教育プログラム」における「サメの歯化石」を扱ったプログラムであり、新学習指導要領の導入を見据えて、新しいカリキュラムに合うように進めた。実習教材としては、比較的容易に手に入る教材を利用することで、海が近くにない場所でも、実践しやすいと評価できる。

本授業では、3年生の「生物のつながり・食物連鎖」「人間と科学技術」の領域で授業実践を行った。本単元では、自然界におけるさまざまな生物の“食う・食われる”のつながりを通して生物の自然における役割と位置づけの理解を深めていく活動である。これまでの学習では、教科書や資料集の写真を中心に学習がなされてきた。一般に、低次の捕食者（動物プランクトンや小魚）を教材として扱う授業が多い中で、一番高次に位置する捕食者を対象として具体的に観察実習を行って学ぶ授業は、現段階ではほとんど知られてない。現生の生物でもあるサメの歯化石を実習教材として扱うことで、進化の規則性や環境への適応性、生物多様性の学習を理解するのに適していると考える。今後は、2年生の「動物の生活と生物の進化」、「動物の体のしくみ」の発展的な学習としても扱えるようにすることで、器官や組織のちがいを通して、生物の多様性、進化を生命活動と結び付けて理解する実習教材にしていくことが可能であり、学年間の連携単元としての教材として継続実践していくことが必要である。

本プログラムは、大学教員や専門家と協働による教材の開発を進めたことで、教材についても科学的知見に基づいた指導案や写真等を用いた解説資料など、実践的な発展的教材を作ることができた。さらに、大学機関との連携の中で授業実践を行うことができたため、大学生による授業支援により、スムーズに授業を進行させることができた【図34-35】。結果として、「海の無い地域での海洋教育プログラム」の推進、継続につながる授業実践となった。

今後の課題として、次年度以降は学校教員への知見・技能の移転を積極的に進めていきたいが、教員の専門的な内容についての学習事項の指導の習得には課題が残る。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は、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してもらい、事前に専門家から講義を受けた後に、中学生と共に活動する中で指導方法を習得させている。今後、大学による現職教員の教員免許状更新講習などと連携して、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て授業としての定着を図ると共に、さらに個々の現場において、状況に応じて改善を加えていくことが必要と考える。

## 6. オンライン授業による観察実習への取り組み

今年度の前期は、本大学においてもCOVID-19への感染防止のための対応で全面オンライン授業となり、実験・観察実習による体験的授業は実施が困難な状況になった。和田の担当する理科教育法では、従来から実験・実習体験に基づいての理科の授業方法の考察をさせており、その中で海洋教育のプログラムを紹介していた。この状況下での実習体験の確保のため、今年度は実習用の教材をセットにして学生に送付し、オンライン授業により自宅での実験・観察実習をサポートする授業をおこなった。次に、理科教育法でおこなった、サメの歯化石の授業実践の内容を紹介する。

理科教育法の授業は、理科教員志望の学生が受講するが、理科教育法1及び2までに理科の教科書に掲載されている代表的な基本的な実験・観察をおこない、授業展開のための教材研究をおこなって指導案やレポートを作成する。したがって、理科教育法3では教材研究・開発力を身に付けることも視野に入れ、特別な授業プログラムにも挑戦させており、海洋教育や環境教育などの発展的教材や器具を使用して行う実験・観察が組み込まれている。「サメの歯化石」の授業も海洋教育の理科への導入授業として設定した。ま

ず、個々の学生が自宅で実験・観察をこなしたうえで、レポート作成をおこなえるように10回分のレポート形式の課題を設定した。次に、学生の居住地に授業でおこなう予定の10回分の資料と器具をセットし、学習資料と共に送付した。実験・観察の方法やレポート形式については、LMS(学習管理システム)により資料配布をおこない指示をした。さらに、Zoomを活用したオンライン授業によりアドバイスや解説を個々の学生におこなった。

「サメの歯化石」の課題は、その中の1回分のレポートとして出題し、「化石実習：サメの歯の進化と示準化石」と題してサメの歯化石を分類した後に、分類シートに標本を張り付けてつくり、示準化石を学ぶ授業として設定した。実験セットには「サメの歯化石」の観察のために、サメの歯を分類するためのシートと遠沈管1本にサメの歯化石をランダムに入れたが、量としては十分であり、おおよそ5～6種類の化石が含まれていた。学生は、授業の予備実験として、実際にかかった時間を図りながら、サメの歯化石を分類し、標本作成をおこなった。多くの学生が実習作業を約50分で終えることができていた。図37は、提出されたレポートの観察実習の記録である。このように、サメの歯の化石の標本は未経験者の大学生でも扱いやすく、50分間の授業時間内に観察実習を終えることが可能であると確認できた。また、予備実験を終えた大学生から、より授業に活用しやすくするための改良等の提案もあった(図38)。

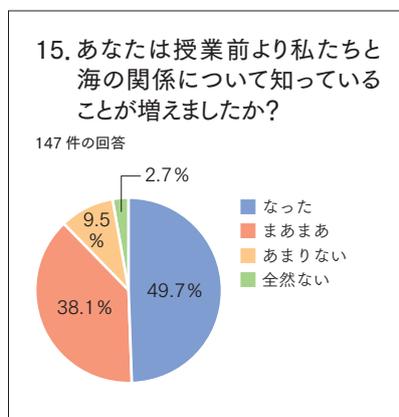
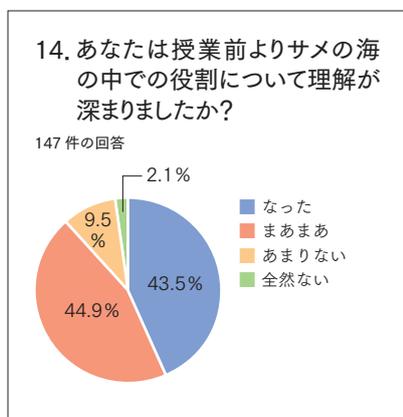
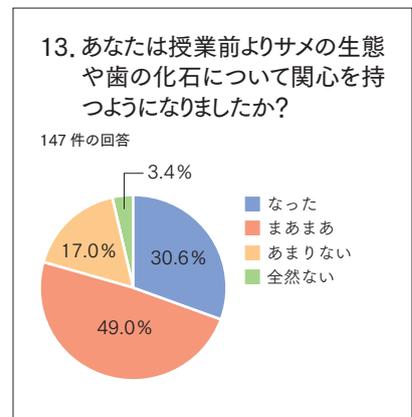
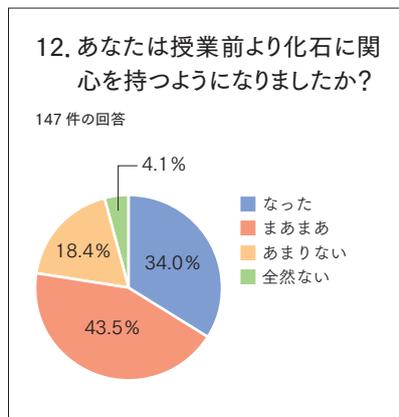
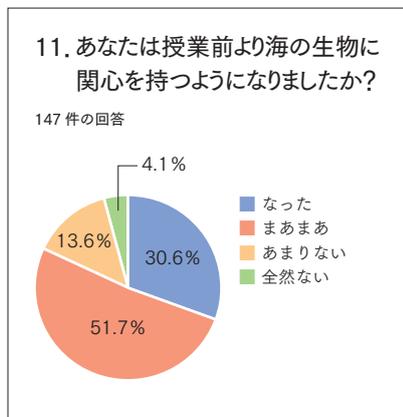
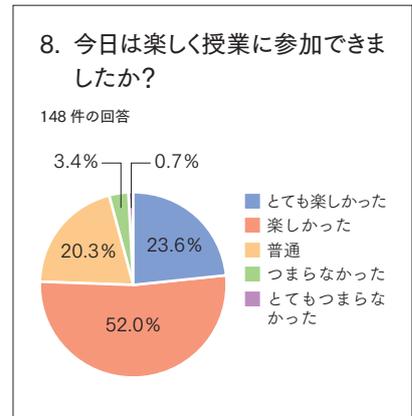
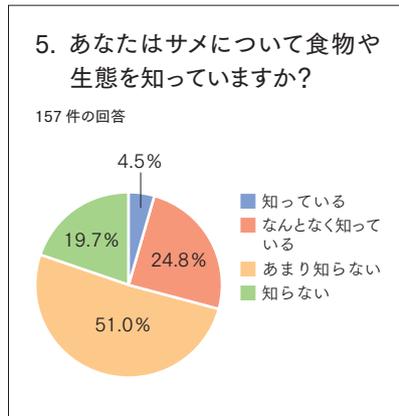
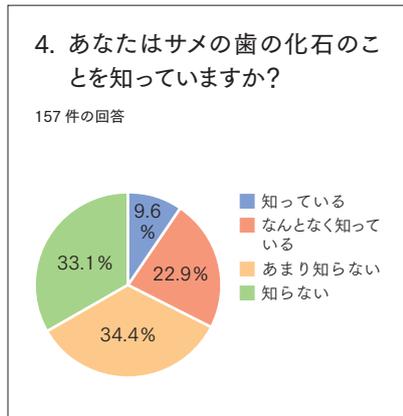
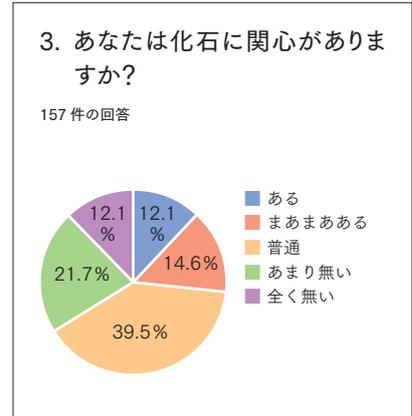
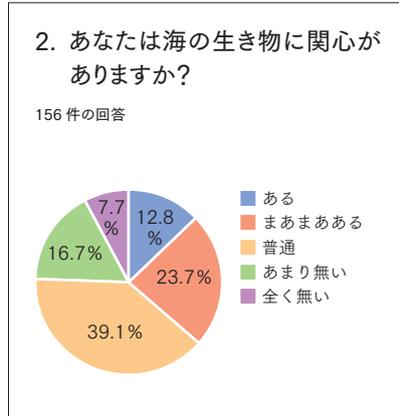
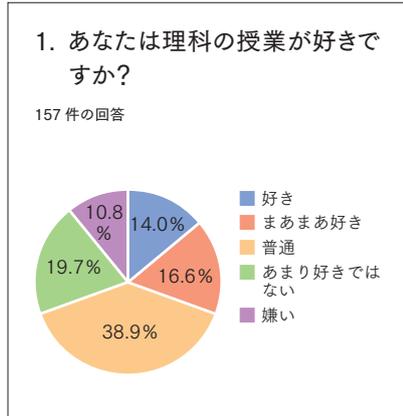
今回、提出されたレポートや意見は、非常にレベルの高いものとなり、今後の教員養成における授業の在り方を十分示唆するとともに、小中学校におけるオンライン型の実験・観察実習の可能性を検討させるものであった。今後もコロナ感染症に対応して、カリキュラムの確実な実施のために、オンライン教育へのスムーズな移行が求められると考えられる。これからの課題として、家庭でできる実験・観察を開発し、実体験の確保により教育の質を担保していくことが必要になる。今後は、オンライン授業でも可能な、教科の授業として実施する海洋教育プログラムを開発していきたいと考える。

## 謝辞

本プログラムの開発は、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。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、授業の実施においては、学年の先生方にご協力いただいた。また、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いた。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。

## 参考資料・文献

- 『地学ハンドブックシリーズ27 サメの歯化石の調べ方』 後藤仁敏・田中猛・金子正彦・鈴木秀史・高栞祐司・サメの歯化石研究会 2020



(資料1) 「サメの歯化石から学ぶ生物の多様性」の学習アンケート  
 授業前アンケート (質問事項①～⑤) 授業後アンケート (質問事項⑧・⑩～⑮)

(資料2)「サメの歯化石から学ぶ生物の多様性」の学習アンケート  
授業後アンケートの自由記述からの生徒の感想

| 効果の観点                  | 中学生からの感想   |
|------------------------|--|
| サメに関する<br>興味・関心・理解     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• サメの種類がたくさんあることがわかりました。</li> <li>• サメとエイが同じ仲間に分類されると知って驚きました。</li> <li>• サメが海の中で一番上の存在ということも知った。</li> <li>• 私は初めてサメの歯を見たのでとても興味深かったです。</li> <li>• もともとサメに興味があり、さらに深めていくことができた。またサメの歯を実際に見て触って感じることができました。</li> <li>• サメの歯が1週間おきに入れ替えることがわかった。それは人間とは全然違うものであり歯の本数も全く違った。</li> <li>• 歯のはえかわることが一番の驚きでした。そしてサメの種類によって様々な形の歯についても知ることができました。</li> </ul> |
| 化石に関する<br>興味・関心・理解     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 普段は考えたことはなかったサメの生態や化石について詳しく知ることができた。</li> <li>• 鳥の糞が地層になったということを知ってとても驚いた。</li> <li>• 化石についてはほとんど知らなかったので、良かったです。</li> <li>• 今まで知らなかった化石やサメの知識をより詳しく分かることができた。</li> <li>• 化石の色々な種類を見つけるのが楽しかった。また種類も多く興味を持ったので良かったです。</li> </ul>   |
| 海洋に対する<br>理解・問題意識      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 海は身近にあると思っていたけれども知らないことも多く、身近なものでも知らないこともあるということ学んだ。</li> <li>• 海に生息する動物は調べ始めたらきりがなさそうだと思います。</li> <li>• 海にある様々な生態系を細かく知れて本当にうれしかったです。</li> <li>• 海の中の食物連鎖は気にしていなかったので、新たな発見だった。</li> <li>• 今回の授業で少し興味がわいたので、これから少し海の生き物について関心を持つていこうと思いました。</li> </ul>   |
| 授業に対する<br>興味・関心・効果     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 普段はできないような貴重な体験ができたので楽しかったです。</li> <li>• 実際に見せてくれるといった体験がとても貴重だった。</li> <li>• 触ったり、選んだり、自分の家に持ち帰れるものがあるのでとても興味が増しました。</li> <li>• 普段の理科の授業では今回のように深く探究することはないので、とても興味深いです。</li> <li>• 自分でこれはなんでだろう。不思議だなあと考えるのも楽しかったし、それぞれの歯の特徴をつかめた。</li> <li>• 身の回りにないものを見ることによって、新しい発見や疑問があり、前よりも生物に関心を持って良かったです。</li> </ul>                                      |
| SDGsに対する<br>理解・問題意識    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• サメは何でも食べてしまうので、自分たち人間の影響が出ているということを知りました。</li> <li>• サメの色々な部分が、私たちの生活のさまざまなものに活用されているということを知って驚いた。</li> <li>• サメが海の中でどのような生活をしているのか、その知識を知ることで、どのような管理の仕組みが必要かなど、その後をどう考えれば良いのか知ることができました。</li> </ul>   |
| 専門家・<br>学生サポーターの<br>効果 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• サメの歯について教授・大学生の方に多くの魅力を教えてもらった。</li> <li>• 知らないことが多くて何も分からなかったけれど、学生さんと一緒に探したら見つけて、話もしながら歯を探すのが一番楽しかった。</li> <li>• 大学生のお兄さんたちや先生と楽しく話しながら授業ができました。</li> <li>• 人とサメを比較していて分かりやすかったし、学生の人たちと楽しく、サメやエイについて議論することができて良かった。</li> </ul>   |



図 1



図 2



図 3



図 4



図 5

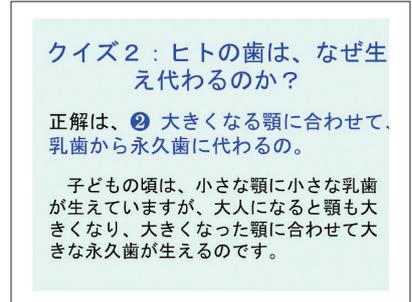


図 6

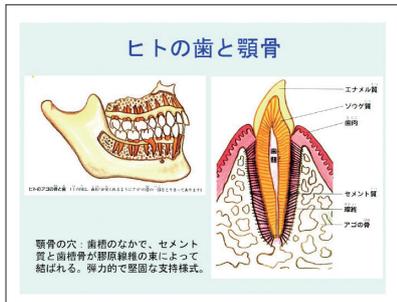


図 7



図 8

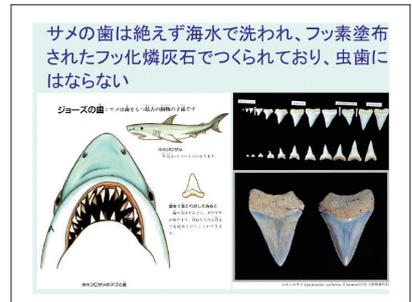


図 9

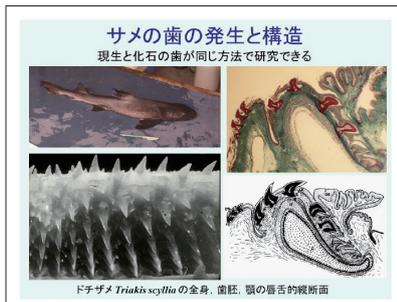


図 10

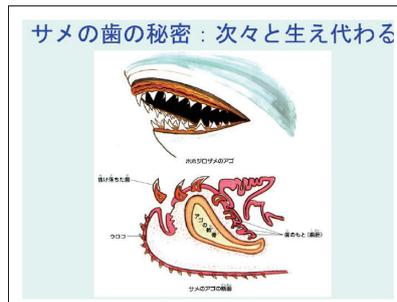


図 11

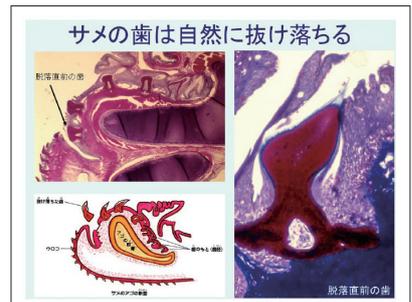


図 12



図 13



図 14

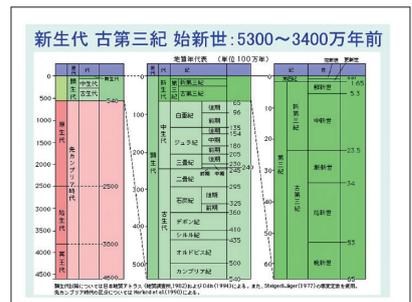


図 15



図 16

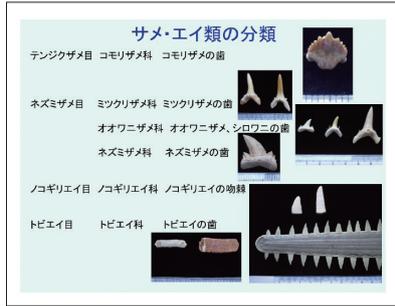


図 17

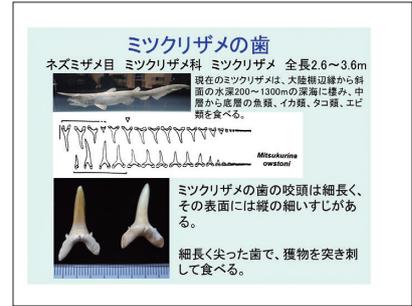


図 18

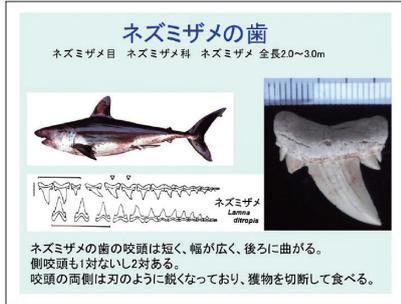


図 19

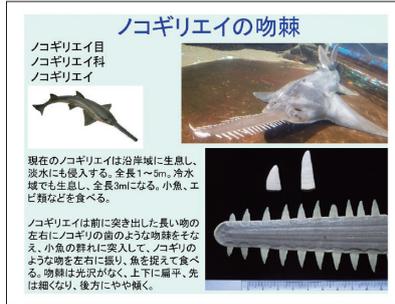


図 20



図 21



図 22



図 23



図 24

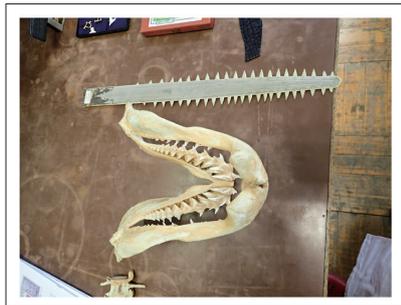


図 25



図 26



図 27



図 28



図 29



図 30

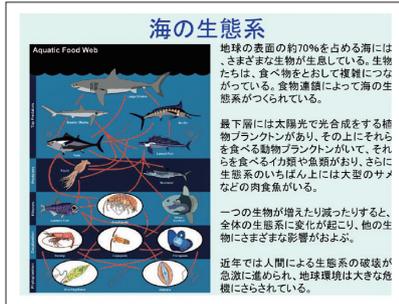


図 31



図 32



図 33



図 34



図 35



図 36



図 37



図 38

表1 オンライン授業での歯化石の実習の実施時間の記録の一例（大学生のレポートより）

| 開始時間        | 終了時間         | 手順                | 実施内容・使用器具・注意事項等  |
|-------------|--------------|-------------------|--|
|             |              | 準備                | サメの歯化石、分類分け用台紙、標本台紙、チャック付き袋、ピンセット                                    |
| 0           | 12           | 1. 講義             | スライドを使用して実習の説明と分類やサメの種類を説明する。  |
| 12          | 25           | 2. 化石を形・種類ごとに分類する | 似た形のものからサメの種類ごとに分ける。   |
| 25          | 30           | 3. 台紙にまとめる        | チャック付き袋に歯化石を入れ、それを台紙に貼る。   |
| 30          | 40           | 4. 標本の種類ごとに分ける    | チャック付き袋から各種1つずつ好きな化石を取りだして標本に記載してあるサメの種類ごとに分ける。                      |
| 40          | 50           | 5. 標本としてまとめる      | 分けたサメの歯化石をボンドで標本台紙に貼りつけチャック付き袋に収納する。                                 |
| 制限時間<br>50分 | Total<br>50分 | 6. 片付け／まとめ        | 標本に使用しなかった化石は元に戻すようにする。<br>サメの歯の特徴について何故そのような歯になったのか食べ物や生活をヒントに考察する。 |