チャートおよび珪質頁岩などの遠洋性堆積物中の放散虫化石を用いた中学校授業および課外クラブ活動での実践例

橋　本　寿　夫*，村　田　　守**，西　村　　宏**，藤　岡　達　也***

（平成19年６月13日受付，平成19年12月14日受理）

A case study of junior high school classes and its club extracurricular activities with using radiolarian fossils from pelagic sediments as chert and siliceous shale

HASHIMOTO Hisao*，MURATA Mamoru**，
NISHIMURA Hiroshi**，FUJIOKA Tatsuya***

Pelagic sediments such as chert and siliceous shale containing microfossils as radiolarians are ubiquitous in Japan due to its origin, and consequently they are suitable for the students in the primary and junior high schools to observe and learn the microfossils. We have developed a new technique for the extraction of radiolarian from these rocks with the sodium hydroxide solution etching instead of the poisonous hydrofluoric acid etching. This technique was applied to the class room and club extracurricular activities at the Aizumi-Higashi Junior High School, Tokushima. The students of the first grade could understand that cherts are mainly composed of radiolarians by the microscope observation and that the ages of rocks could be determined by radiolarians. The students in the scientific club could pick up and identify radiolarians from siliceous shale, and could reveal their ages to late Cretaceous（Coniacian to Campanian）in accordance with the previous paleontological studies.

Key Words：radiolaria, chert, siliceous shale, sodium hydroxide etching

１．はじめに

現行の小学校の学習指導要領[1]では「土地やその中に含まれる物を観察し」とあり，中学校学習指導要領[2]では「野外観察を行い，観察記録を基に，地層のでき方を考察する」と野外観察が重視されている。また，小学校では「地層は，流れる水の働きや火山の噴火によってでき，化石が含まれているものがあること」とあり，中学校では「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する」と化石を使った学習が扱われている。しかし，野外観察に適した地層が学校近くになかったり，地層はあってもアンモナイトや二枚貝などの化石が産しないと児童・生徒の興味が持続しないことも少なくない。その上，アンモナイトなど化石の産出する地層や層準は限られていること，地層から産することは稀であることから，児童・生徒が実際に観察した地層から化石を見い出すことはほとんどできないといえる。化石には，肉眼で見える大型化石（上述したアンモナイトや二枚貝等）とルーペ，実体顕微鏡や電子顕微鏡で観察しないと見えない微化石とがある。微化石は，大型化石に比べ，地層から産出する頻度は高く，実体顕微鏡やルーペがあれば，数グラムの試料からでも何百個体もの化石を取り出すことができ，示相化石・示準化石として専門研究の分野では広く利用されている。従って，化石の学習に際しては，大型化石の観察ばかりではなく，微化石を用いればより児童生徒の化石や地層に対する関心や理解を深めることができると考えられる。この実践例として，有孔虫を用いた小学校[3]と中学校[4]の例があるが，現行の指導要領[1][2]の地層と化石の関連や児童生徒が観察するという面で不十分であった。

微化石のうち，放散虫は，珪質の殻を持つ海生の原生動物で，カンブリア紀以降から現生まで海成の堆積物から豊富に産出する[5]。深海で堆積してできたチャートや珪質泥岩にはこの放散虫化石が多く含まれている。また，著者の一人（橋本）の勤務校のある徳島県では，放散虫化石によって地層の年代が解明されている[6]。生徒にとって身近な岩石や化石を用いて化石や地層の学習をすれば，学習効果を高めることができる。

平成15年12月に学習指導要領の一部改正があり，平成

*兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科学生（Doctoral program student of the Joint Graduate School in Science of School Education, Hyogo University of Teacher Education）
**鳴門教育大学（Naruto University of Education）
***上越教育大学（Joetsu University of Education）

18年度から使用されている中学校2分野の教科書では，「大地の変化」の学習でプレート運動の扱いが大きくなってきた。日本列島の基本構造はプレート運動による付加体からできており，付加体には遠洋性堆積物のチャートが特徴的に含まれている。チャートは珪質の殻を持つ放散虫の遺骸から主に構成されており，この化石年代はプレート運動の解明に大きな役割を果たしてきた[7]。しかし，教科書ではチャートの重要性にはほとんど触れられていない。そのため生徒のチャートについての関心や理解は充分ではなかった。チャートの理解不足は，プレート運動を大学受験で出題できない時期が長くあったことにより，小学校・中学校教員がプレート運動について学習する機会がないまま教員となったことや，プレート運動が比較的新しい内容であるために，中等理科教員であっても，大学の学部教育が充分でなかったことが考えられる。また，チャートや珪質泥岩などの深海堆積物や放散虫化石が重要であると理解していた教員でも，放散虫化石をチャートや珪質泥岩から取り出すには，毒物および劇物取扱法の毒物であるフッ化水素酸を用いなければならない[8]ところに問題があった。フッ化水素酸を用いる理由は，岩石と生物遺骸の耐浸食性の違いを利用して微化石を分離濃縮し，化石の同定を効率的に行うためである。通常の岩石は，二酸化珪素を主とする珪酸塩鉱物からできているので，岩石を溶解させるのにフッ化水素酸以外の比較的安全な薬品を用いることができれば，化石の観察の教材化が容易になるであろうし，放散虫化石が解き明かした日本列島の形成史やプレート運動を児童生徒に説明することができる。そのために，著者らはフッ化水素酸を使用せずに，学校現場で用いられる水酸化ナトリウム水溶液を用いた方法を開発した[9]。この方法をチャートや二酸化珪素に富む珪質頁岩に適用し，中学校1年生の「大地の変化」の教材化および課外クラブで実践を行ったので報告する。

2．実践例について

放散虫化石の教材化を進めるためには，授業において岩石の薬品処理から実体顕微鏡による拾い出し，種の同定まで行うのが望ましい。しかし，授業でこれらを実践するには，著者らの水酸化ナトリウムによる処理法でも，少なくとも3～4時間の指導時間が必要である。教科書[10]による学習指導計画では，化石や地層については5時間で指導することになっている。その指導時間に放散虫化石の観察のみにほとんどの時間を割くことはできないので，本授業では堆積岩の観察の時間にチャート中の放散虫化石の観察を行うことにした。そのため教師が予めエッチング処理し，簡単に素早く放散虫化石が観察できるように，試料を用意した。

放散虫化石の岩石からの個体分離は，一般には理科教員でも難しいと思われている。放散虫化石の教材化が広く行われるためには，誰でも安全に放散虫化石の個体分離ができることが必要である。時間的に余裕を持って取り組める中学生の課外クラブ活動においては，岩石の薬品処理から拾い出し，種の同定まで行った。

(1) 授業実践

授業の観察には，徳島県南部の秩父帯から採集した赤色チャートを使用した。このチャートは放散虫化石が密集して含まれており[11]，肉眼でも存在が確認できるが，放散虫がよりはっきり観察できるよう水酸化ナトリウム水溶液によるエッチング処理を行った。授業は中学校第1学年，男子19名，女子13名計32名のクラスにおいて平成19年2月下旬に表1の指導案で実施した。

1）処理方法

赤色チャートは珪酸度が高いので溶解するには高温で加熱する必要がある。そのため，赤色チャートと20％の水酸化ナトリウム水溶液をステンレス製カップに入れ，家庭用電気コンロで約2時間加熱した。加熱後はエッチングされ表面に露出している放散虫の殻を壊さないよう静かに水洗いした後，自然乾燥させた。

2）観察にあたって

中学校理科2分野の堆積岩の学習では，礫岩，砂岩，泥岩，チャート，石灰岩，凝灰岩の6種類の岩石を取り扱っている。これらの堆積岩のうちチャートや石灰岩についての理解が他の岩石に比べ低い傾向があった。例えば著者の橋本の所属する中学3年生の1クラス34名（4月中旬）に，これまで学習した岩石名から堆積岩名を選ばせたところ，礫岩，砂岩，泥岩，凝灰岩については27人が正答であったが，石灰岩は22人，チャートは19人と正答が低くなった。それは，礫岩，砂岩，泥岩は小学校から水の働きとして既習であり，身近によく見かけるためと思われる。凝灰岩については，火山の学習や火山灰の観察を通じて知識として定着しているようである。石灰岩やチャートの正答率が下がったのは，礫岩，砂岩，泥岩との分類の違いに対する理解不足や石灰岩やチャートから化石を見いだしていないことによると思われる。チャートに比べ石灰岩は，小学校から二酸化炭素の発生の実験で既習であり，身近に大理石や白い石として目にすることも多い。また，石灰岩中の化石のフズリナやサンゴなどは肉眼でみることができる。しかし，チャートは広汎に分布しているが，生徒にとって身近に接することが少ない岩石である。また，第1学年時に学習した教科書でもチャートについては，堆積岩の観察の際に，「クギで傷つける」，「塩酸をかけてみる」ことで石灰岩との違いを調べ，チャートは「生物の遺がいや成分がたい積したもの」と説明しているのみで，化石を観察することもなかった。生徒にとって何の「生物の遺がい」か，どんな「成分」か，どこで堆積してできたのか理解し難い

表１　学習指導案

１　単元名　大地は語る

２　単元のねらい

地層を構成する岩石や化石を手がかりとして，地層が堆積した時代や当時の環境を推測させるとともに，野外での観察や実験を通して地層のでき方や重なり方の規則性を理解させる。

３　指導計画

第一次「化石が教えてくれること」・・・・・・・・・・・・・・・・１時間
第二次「地層はどのようにしてできるのか」・・・・・・・・・・・１時間
第三次「地層をつくっている岩石を調べてみよう」・・・・・・・１時間（本時）
第四次「地層を調べてみよう」・・・・・・・・・・・・・・・・・２時間

４　本時の目標

堆積岩を観察してどんな特徴があるか調べるとともに，粒の大きさで分類できることや堆積岩には，化石が含まれることを理解させる。

準備物: 化石を含んだ堆積岩（礫岩・砂岩・泥岩・石灰岩・チャート），希塩酸，ペトリ皿，実体顕微鏡，教材提示装置，個体分離した放散虫化石の電子顕微鏡写真

５　展開

学　習　活　動	指　導　上　の　留　意　点	評　価　の　観　点
１．粒の大きさで礫岩・砂岩・泥岩にルーペで観察し，分類とスケッチする。 ２．礫岩・砂岩・泥岩・砂岩・石灰岩に化石が入っているか観察をする。 ３．石灰岩とチャートに薄い塩酸をかけ，違いを観察する。 ４．チャート岩片の表面を観察する。 ・実体顕微鏡の観察手順を確認する。 ・チャート表面に何があるかを観察する。 ・見えた化石をスケッチする。 ・提示された放散虫化石と観察した化石を比較する。 ５．堆積岩の共通する特徴は何か考える。 ・化石が入っていた岩石をまとめる。	１．礫岩，砂岩，泥岩の粒の大きさを表に示す。 ２．何の化石が入っているか観察させる。 ３．塩酸の使い方を注意させる。 ・チャートは石器に使われるほど固く塩酸では溶けないことを理解させる。 ４．チャートを水酸化ナトリウム水溶液で溶かしたことを説明し，表面に露出している白い粒に注目させる。 ・教材提示装置で拡大して見せたり，顕微鏡写真を提示する。 ・電子顕微鏡写真の放散虫化石によりチャートの時代が中生代のジュラ紀を示すことを説明する。 ５．チャートは微生物の放散虫の殻が密集してできていることを理解させる。	・ルーペで粒の大きさの違いを観察し，分類できるか。 ・礫の丸みをスケッチできたか。 ・何の化石か分かるか。 ・気体が出たのは石灰岩と分かるか。 ・発生した気体は何か。 ・実体顕微鏡が正しく使えるか。 ・放散虫化石の特徴を観察できるか。 ・チャートに化石が多数入っていることが分かるか。 ・放散虫化石は示準化石であることが分かるか。 ・堆積岩の共通する性質が理解できるか。

岩石であった。そこで，授業では生徒に放散虫がチャート表面に多数みられることを観察させ，チャートは生物の遺がいを含む堆積岩であることを実感させたいと考えた。

３）授業の展開について

「大地は語る」の単元では，第一次に化石については，示相化石・示準化石・地質時代を博物館で借用した化石を基に学習している．第二次では，地層のでき方を水の働きでできたことや徳島平野の地下のようすをボーリング資料に基づき学習している。本時の学習では，堆積岩を観察しその特徴によって分けることができる。礫岩，砂岩，泥岩は粒径の違いにより，石灰岩とチャートは成分の違いで分ける。前述したように教科書[10]では，チャートについては，石灰岩と比べ，クギで傷がつくか，薄い塩酸をかけるとどうなるかを調べることになっている。しかし，珪質度が非常に高いチャートはクギで傷つくことはないが，珪質度や風化の程度により傷つくこともある。そのため，本時の観察ではクギは使用しなかった。なお，他社の教科書[12] [13]では，石灰岩との比較には塩酸で比較するのみでクギは使用していない。また，堆積岩

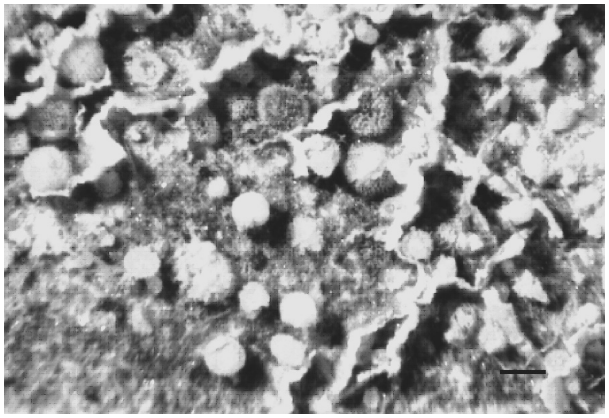

図１　エッチングしたチャート表面の実体顕微鏡写真
（スケールは0.2mm）

図２　観察の様子

には化石が含まれていることを理解するため，化石を含む岩石を準備した。各堆積岩の観察のあと，エッチングしたチャート岩片（図１）を配布し実体顕微鏡で放散虫化石を観察させる。また，教材提示装置で実体顕微鏡映像を見せたり，個体分離した放散虫化石の電子顕微鏡写真を見せ，放散虫化石から地質時代が推定できることを理解させたいと考えた。

４）授業の結果と評価

チャートの観察前に「昔は火打ち石に使われていたこの固い岩石の中に化石が入っていると思うか」と尋ねたところ，32人中26名の生徒は「ない」と答えていた。エッチングしたチャートを実体顕微鏡で観察（図２）させるとともに，教材提示装置を用いてテレビ画面に示したり，電子顕微鏡写真を示して「これは何でしょう。砂粒でしょうか。鉱物の結晶でしょうか。」と聞いたところ「何かの微生物」という答えが返ってきた。生徒の感想でも「初めて小さな化石をみた」，「固い岩石に生物の化石が入っていることが不思議だ」，「微生物の化石がたくさん入っていて驚いた」といった感想が32名中20名に見られた。実体顕微鏡の最高倍率が40倍であったため，取扱いに慣れていない生徒はピントを合わすことができず，自分の目で確認できなかった。しかし，実体顕微鏡像をテレビ画面に投影したところ化石を確認できた。今回の観察により，チャートは無数の生物の遺骸が堆積してできた堆積岩であることを全員の生徒が認識し，チャートについての理解は深まったと考えられる。また，エッチングした表面に見られる筒状の放散虫化石の電子顕微鏡を示し，ジュラ紀の示準化石であることを説明した。「こんな小さな化石から地質時代がわかるのはすごいと思った」といった生徒の感想もあり，放散虫化石の示準化石としての価値も理解できたと考えられる。チャートから放散虫化石の個体分離，拾い出しと観察は，今回の授業では指導時間の関係で行っていないが，エッチングした表面を観察することで当初の目的を達成できたと思われる。

(2) 課外クラブでの実践

放散虫化石の示準化石としての重要性を生徒自らの体験を通じて理解させるために，アンモナイトなどの大型化石が産出しない地層から岩石を採集し，放散虫化石の分離と同定までを行った。生徒は中学２年生８名で，著者の一人（橋本）が勤務する徳島県藍住町立藍住東中学校の課外クラブの部員である。生徒は第１学年時に示準化石や示相化石について学習し，課外活動として上部白亜系和泉層群や秩父帯の下部白亜系羽ノ浦層から大型化石のアンモナイトや二枚貝の採集に積極的に参加している。放散虫化石を個体分離した岩石は，徳島県南部の美波町阿部の四万十帯志和岐層[14]の赤色頁岩である。露頭では，生徒たちはこれまでの露頭と同じようにハンマーでたたいて化石を探したが，化石を見つけることができなかった。この露頭の岩石からは，アンモナイトのような大型化石は出ないが微化石の放散虫が入っている可能性があることを説明し，岩石を持ち帰り理科室で処理を行った（図３）。

１）処理方法

赤色頁岩片を前述の方法で２回処理を行い，放散虫化石の表面に付着している赤褐色の岩片や泥の粒子を薄い過酸化水素水および塩酸でクリーニング処理をした。

２）放散虫化石の拾い出し方法

生徒にとっては，微化石の拾い出しや観察は全員初めてであったので，まず，修学旅行の際採集した沖縄の海岸の砂の中から有孔虫「星の砂」を実体顕微鏡下で観察し，面相筆に有孔虫が付いたのを確認しながら群集スライドに移した。次に，香川県の瀬戸内海の海岸で採集してきた砂の中から有孔虫を観察した。有孔虫や放散虫などは地層の中からも検出でき，示準化石や示相化石として重要であることを説明した。有孔虫の観察では，実体顕微鏡の使い方に慣れていないため，はじめは砂粒や岩片と有孔虫の違いに気がつかなかったが，慣れるに従い小さな有孔虫も観察できるようになった。

図３　水酸化ナトリウム水溶液による加熱の様子

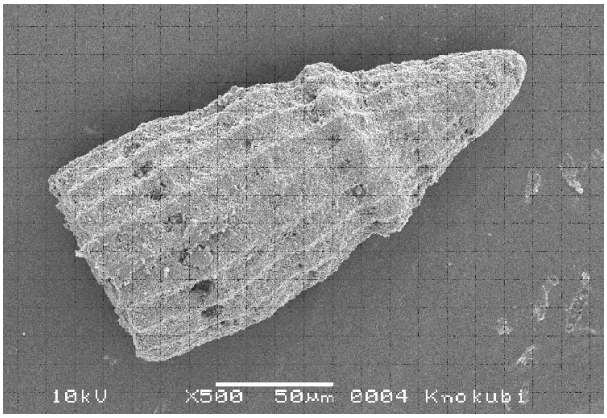

図４　生徒が分離した放散虫の走査型電子顕微鏡写真
（スケールは50μm）

つぎに実体顕微鏡下で，今回処理した放散虫化石の観察と拾い出しに取り組んだ。しかし，処理した放散虫は有孔虫よりさらに小さいため，面相筆に水をしめらせて放散虫を拾い出すのは難しかった。そのため柄付き針を使って練習した後，面相筆を使った拾い出しを行った。試料中の岩片が赤褐色であるのに対し，放散虫化石は白色であったので比較的簡単に放散虫が見つけられた。中学生には放散虫の拾い出しは難しいと思えたが，慣れるに従って放散虫化石も上手に拾い出せるようになった。

３）種名の同定

観察当初，生徒は数が多く目立った球状の放散虫化石のみを拾い出していた。しかし，数は少なくても筒状の放散虫が示準化石として重要であるので，拡大した論文[14]の写真を示しながら筒状の放散虫を探すよう助言した。筒状の放散虫のうち地層の年代決定に重要な *Dictyomitra formosa* と *Dictyomitra koslovae* については，特徴ある輪郭から倍率が40倍の実体顕微鏡でも同定は可能であった。拾い出した放散虫化石は，論文の放散虫化石の写真と比べながら，名前を推定した。詳しい名前は電子顕微鏡でさらに拡大し観察しなければ決められないことを説明した。生徒が拾い出した放散虫を教師が試料台に貼り付け，鳴門教育大学の走査型電子顕微鏡で観察と写真撮影を行った（図４）。最後に，種名を論文の写真と見比べながら同定を行なうとともに，放散虫の生存期間の重なりから地層の地質時代を論文[14]から調べた。その結果，採集した美波町阿部の地層の時代は白亜紀後期のコニアシアンからカンパニアン（約8900万年～7100万年前）であることが分かった。このようにアンモナイトなどの大型化石と同じように，放散虫化石から地層の時代を決めることができることを理解した。

生徒にとっては放散虫化石の観察と拾い出しは根気のいる作業であったが，自分で摘出した放散虫を電子顕微鏡で観察できたときは感動していた。放散虫の種名の同定は専門家でも難しいものも多いが，特徴ある種では輪郭や表面の模様を写真と比べることで，中学生でも大まかな同定は可能であった。草花や昆虫の種を調べることを生物関連の観察で行った経験があるので，多くの生徒は種の同定にそれほどの困難はないようであった。自ら採集した岩石から放散虫化石の分離・同定と地層の年代を推定できたことは，自然を身近に感じさせただけでなく，「古生物学の研究方法」を体験するという面からも重要であった。

３．放散虫化石の教材化

授業実践では，チャートへの理解を深めるためエッチングしたチャート表面の観察を行った。放散虫化石が密集した試料であれば，エッチング表面の観察のみで同定できる種もある。放散虫化石を個体分離し，実体顕微鏡下で拾い出す作業は時間的な余裕がないと難しいが，放散虫化石の有無や輪郭の観察による大まかな地質時代決定はエッチング処理した試料で可能である。また，水酸化ナトリウム水溶液によるエッチングはビーカーに岩石を入れ１～２時間の加熱で簡単にできる。また，エッチングしておれば，放散虫化石は実体顕微鏡がなくてもルーペで十分確認でき，個体分離の前段階の観察に有効である。

池田[15]は，生徒が京都市周辺ならどこでも見られるチャートの教材化のため，野外観察や処理方法を論じた。そしてチャートが「生物岩」であることを生徒が確認することにより岩石に対する興味・関心を深めると考えた。しかし，処理ではフッ化水素酸を使用したため安全にチャートを溶解する方法が大きな課題として残っていた。また，岡本他[4]は，中学校理科で紡錘虫，放散虫，海綿骨片化石を現生種と比較し教材化を行った。放散虫化石の観察は，教師がフッ化水素酸で個体分離した試料を用いた。放散虫化石の年代には触れず示相化石としての理解にとどめていた。今回，橋本ほか[9]の水酸化ナトリウムによる処理法を用いれば課外クラブの中学生でも安全に個体

分離できることが確かめられた。また，絵合わせ的であるが，放散虫化石の形や表面の模様に注目すれば種名を特定でき，放散虫化石の生存期間から地質時代がわかり示準化石としての意味を生徒に理解させることができた。なお，放散虫の詳しい種の同定は，走査型電子顕微鏡による観察が必要であるが，古生代には表面装飾の少ない角状，人形状のAlbaillellaria亜目や球状で太い針を持ち内部骨針が中心部で接合するEntactinaria亜目，中生代からは表面装飾を持った仏塔状のNassellaria亜目といった特徴的なグループが繁栄しており，実体顕微鏡下でも輪郭から同定可能であり，大まかな時代を知ることができる。

日本列島は，海嶺でつくられた海洋プレートが太平洋の海底を移動し，海溝に沈み込むとき大陸側のプレートに付加してできたといわれている[7]。従って身近に見られる遠洋性堆積物であるチャートや珪質頁岩などの岩石はプレートによって運ばれてきたと考えられる。そのため，校区内やその周辺からチャートや珪質頁岩を採取し，放散虫化石の教材化ができれば，既存の購入教材を使い学習するより，プレート運動を身近に感じることができる。プレート運動に基づく「大地の変化」への理解は，地震災害などの自然災害を防ぐ上でもより重要になってきている。今後，地域の中学校等において本教材化が用いられプレート運動への理解が深められることを期待する。

4．まとめ

微化石は大型化石が認められない堆積岩からも見つけることができる。このうち放散虫化石は，フッ化水素酸を使わない橋本らの方法を用いることで，学校現場で放散虫化石の観察が容易になった。授業実践でエッチングしたチャートの観察により，生徒はチャートが生物の遺骸が堆積した岩石であることを理解することができた。中学生の課外クラブの活動でも，珪質頁岩から安全に放散虫化石の個体分離処理ができた。そして，放散虫化石の種の同定まで行い地層の年代決定を行った。日本列島の基本的構造はプレート運動による付加体で構成されており，この構成要素の 1 つが遠洋性堆積物のチャートや珪質頁岩である。多くの教育現場の校区内でこれらの岩石を採取することは可能であり，本教材が用いられば，プレート運動をより身近なものとして理解することができる。

謝辞

徳島大学総合科学部石田啓祐教授には放散虫化石に関し懇切なご指導をいただいた。徳島県立博物館中尾賢一学芸員には放散虫化石の顕微鏡写真撮影や博物館所蔵化石借用等でお世話になった。英文は Menoufia 大学 Elliwa 教授の校閲を受けた。以上の方々に厚くお礼申し上げる。

―参考文献―

（1） 文部省『小学校学習指導要領（平成10年12月）解説―理科編―』東洋館出版社，東京，p.162，1999
（2） 文部省『中学校学習指導要領（平成10年12月）解説―理科編―』大日本図書，東京，p.122，1999
（3） 小林文夫「身近な地質教材の学習―有孔虫化石の観察を例にして―」『地学教育』34，pp.81-85，1981
（4） 岡本弥彦，春日二郎，伊藤邦夫，乙部憲彦「現生種を取り入れた化石の学習指導に関する実践的研究」『地学教育』46，pp.57-66，1993
（5） 化石研究会編「微化石」『化石の研究法』共立出版株式会社，東京，pp.41-90，2000
（6） 石田啓祐・香西　武「四国東部秩父累帯の地帯区分と層序」『徳島大学総合科学部自然科学研究』16，pp.11-41，2003
（7） 平　朝彦「日本列島の誕生」岩波書店，東京，p.226，1990
（8） 高柳洋吉編「放散虫」『微化石研究マニュアル』，朝倉書店，東京，p.161，1978
（9） 橋本寿夫，村田　守，西村　宏，藤岡達也「水酸化ナトリウムによる放散虫化石の個体分離法について」『地学教育』60，pp.201-209，2007
（10） 竹内敬人，山極　隆，森　一夫『未来へ広がるサイエンス第 2 分野（上）』新興出版社啓林館，大阪，p.146，2006
（11） 石田啓祐「四国東部秩父累帯南帯の Anisian 層状チャートにおける放散虫の出現順序」『徳島大学教養部研究紀要（自然）』17，pp.15-29，1984
（12） 三浦　登，岡村定矩『新編　新しい科学　2 分野上』東京書籍，東京，p.144，2006
（13） 戸田盛和『新版　中学校理科 2 分野上』大日本図書，東京，p.149，2006
（14） 石田啓祐，橋本寿夫，森永　宏，中尾賢一，寺戸恒夫「四万十帯北部白亜系の岩相配列と堆積相―四国東端部由岐地域を例として―」『阿波学会・徳島県立図書館郷土研究発表会紀要』40，pp.1-20，1994
（15） 池田俊夫「珪質岩の微化石を観る―地質教材への一考察」『地学教育』31，pp.107-111，1978