

# 研究成果報告書

専攻・コース 教育内容・方法開発専攻  
認識形成系教育コース

学籍番号 M15163J

氏名 松田萌子

## 研究課題

### 反転学習用の古生物学のデジタルコンテンツの作成と実践

#### 研究成果の要旨

高等学校において理科基礎科目のうち3科目が必修となり、近年地学の履修者が増加した。この現状に鑑み、特に地学基礎において反転学習の教材となりうるデジタルコンテンツを作成することを目標とした。素材として地質年代決定に重要な役割を果たす放散虫化石を選択し、高知県にて採集した試料から産出する放散虫群集を分析した。また、教材として、試料を処理する際の作業の様子をまとめた動画と、ジュラ紀前期の地層から産出する放散虫化石についてまとめたデータベースの作成に取り組み、この教材を高等学校における地学基礎の授業内で活用する際の案を提示した。現在は試行錯誤を繰り返しながら教材作成に当たっている段階であり、まだ実践を行うまでには至っていないが、今後は教材の運用に向けて、実践を含めた取り組みを進めていく予定である。

#### 研究内容・成果

##### 1. 研究の目的

平成21年度の指導要領改訂により、現在高等学校においては、理科の基礎科目4科のうち3科を必修としている。そのため、以前には選択者数の多くなかった地学を履修する生徒が増えている。地学で扱う内容は幅広いうえ、中学校で学習するはずの知識が定着していない生徒も多い。高等学校の地学、とりわけ地学基礎においては、授業の助けとなる分かりやすい副教材が、今後ますます必要になるものと思われる。

また、近年注目を集める新たな授業形態に「反転教育」がある。反転授業とは、授業と宿題の役割を「反転」させ、授業時間外にデジタル教材等により知識習得を済ませ、教室では知識確認や問題解決学習を行う授業形態のことである。北海道大学で実践を行った重田（2013）は反転学習について、以下三点の効果を指摘している。1、生徒の学習時間を実質的に増加させること。2、学んだ知識を使う機会を増やすこと。3、学習の進度を早めることも可能であること。

本研究ではこれらの現状に鑑み、また反転学習の効果のうち、特に学んだ知識を使う機会を増やせるという点に着目して、生徒の地学への興味を高めるための教材を作成することを目標とした。

##### 2. 教材の選定

教材研究の結果、素材として選定したのは放散虫化石である。放散虫類は二酸化ケイ素の内骨格を持つ海洋性プランクトンの単細胞生物で、その骨格は堆積物中やチャートなど岩石中に微化石として広く分布している。地学基礎および地学の教材として扱う素材は、生徒の興味関心を高められるもので、かつ学術的な位置づけがなされているものが望ましい。放散虫化石は多種多様な形態を持ち、ユ

ニクで愛嬌のある形のものが多いため、それまで地学に触れたことの無かった高校生の関心を引くことができると考えられる。また、放散虫化石は従来化石の乏しかった遠洋性・深海成の堆積岩についての最重要な示準化石ようになっており、日本列島の形成史を考える上で不可欠の化石である。以上の理由から、地学の教材として適切であると判断した。

### 3. 試料の採集

本研究では、教材化する放散虫化石を炭酸塩ノジュールから得ることとした。放散虫化石は、海洋底から採取した有孔虫軟泥や他の成分からなるノジュール、堆積岩類からも産出するが、有孔虫軟泥は入手が難しく、炭酸塩以外を成分とするノジュールや堆積岩類を処理するには劇薬であるフッ酸での処理が必要となる。炭酸塩ノジュールは塩酸で溶かすことで放散虫殻を採取でき、かつ保存の良いサンプルを得ることができる場合が多い。

今回ノジュールを採取したのは、高知県吾川郡仁淀川町大崎の南西、仁淀川沿いの混在岩層の露頭である。この地域が属する北部秩父帯からは、これまでに幾度か非常に保存状態のよい放散虫化石を含むノジュールが見つかった（竹村・山北, 1993; 堀・脇田, 2002; 山北, 2009 など）。中でも高知県仁淀川町の露頭からは、リン酸塩ノジュールから産出した後期ペルム紀放散虫群集（竹村・山北, 1993; 竹村ほか, 1994; 竹村・上島ほか, 2009）、および炭酸塩ノジュールから産出した前期ジュラ紀放散虫群集（山北・堀, 2009）がすでに報告されており、本研究に用いた炭酸塩ノジュールは、これらと同じ露頭から採取した別のものである。

試料採取地点の詳細を図1, 2に示す。

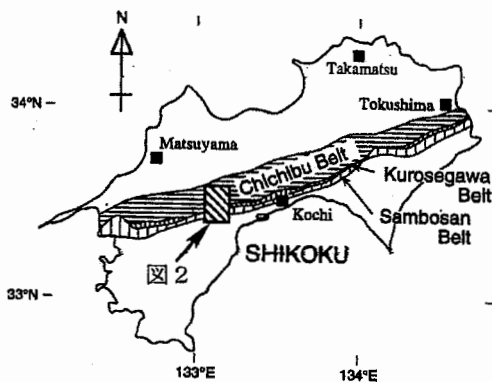


図1. 四国の北部秩父帯と研究地域(竹村・山北, 1993より)

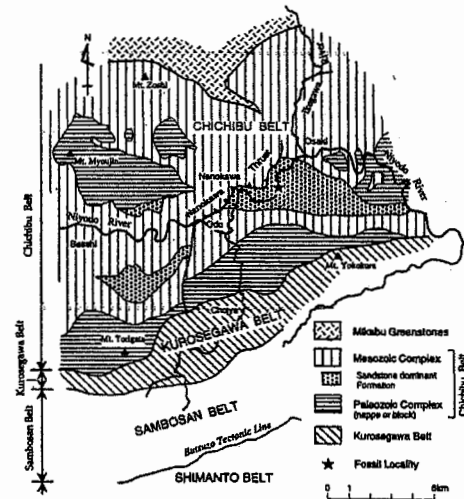


図2. 炭酸塩ノジュール採取地点(竹村・山北, 1993より)

### 4. 試料の処理

採取した炭酸塩ノジュールは、200mL ビーカーに入れ、試料が充分浸かる程度の5%塩酸を注いで、24時間浸けた。48meshと250meshの篩を上からこの順に重ね、水を流しながら試料と残渣を含む液体をこれに注ぐ。48meshの篩には試料片が、250meshの篩には放散虫殻を含む残渣が残る。250mesh内の残渣を十分に水洗いし、これを蒸発皿に移す。80°Cのラボオープンに15分ほどかけ、完全に乾燥したらシャーレに移す。実体顕微鏡下で、少量の水をつけた面相筆を用いて、残渣中から放散虫殻を拾い出す。これを、ボンドを塗り付けた電子顕微鏡用の試料台に置き、少量の水をつけて放散虫殻を

固定する。一つの試料台に載せる放散虫殻は 100 個体を限度とする。その後試料台を蒸着し、電子顕微鏡で放散虫殻を撮影する。

## 5. 結果

撮影後、各部を観察しながら放散虫化石の同定を行った。種が確定した約 30 種を含め、全部で 200 種以上が産出した。種が同定された放散虫化石の中に、Cater et al. (2010) により生息時期が明らかにされている種が多数あった。中生代は三畳紀、ジュラ紀、白亜紀に区分されるが、ジュラ紀はさらに前期、中期、後期に分けられ、ジュラ紀前期は Hettandian, Sinemurian, Pliensbachian, Toarcian の 4 期に、ジュラ紀中期は Aalenian, Bajocian, Bathonian, Callovian の 4 期にさらに区分されている。本研究の試料である炭酸塩ノジュールから産出した放散虫を図 3 に示した。本試料の群集からは、Sinemurian 期から Pliensbachian 期にかけて生息したものが多数見つかリ、一部 Toarcian 期、Aalenian 期まで生息したものを含んでいた。ただし、Aalenian までの生息域を持つ *Parahsuum simplum* は生息域がジュラ紀前期から中期におよぶ長さであるため、本試料に含まれる放散虫群集はジュラ紀前期、おおよそ 1 億 9000 万年前のものと判断して差し支えない。産出した放散虫のうち、代表的な種の電子顕微鏡写真を図 4 に示した。

## 6. 教材化

得られた放散虫化石について、二つの教材を作成することにした。一つは放散虫化石の処理方法に関する動画、もう一つは観察できる放散虫化石をまとめたデータベースである。

放散虫は前述の通り広く分布する微化石であるため、今回のような炭酸塩ノジュール以外からも産出する。そのため、校区で見られる岩石を採集し、これを処理して放散虫を採集することも可能である。その際、炭酸塩でない場合には、フッ酸で処理する必要性が生じ、これは一般に高校生に扱わせるのは危険である。また、塩酸等で処理できる場合にも、教師の細かな指示が必要となることが予想される。そこで、本研究では、採取した岩石を処理する過程を記録した動画を作成した。これは、生徒が実際に作業を行う場合には予習のための教材として、行わない場合には、実際にどのような処理が行われるのかを知る手がかりになる。中でも放散虫殻を筆先で拾い出し試料台に載せる作業は、少なくとも時間内には、生徒全員が行うことはできないと思われる。その際に、補完的に用いる資料として、本教材は便利に活用できるであろう。

放散虫化石データベースは、個体の見かけ上の特徴から種の同定を行うガイド的な役割を果たす。今日、生物学的な種の同定は遺伝子情報ベースで行われることが多いが、微化石である地質時代の放散虫の同定は形態的な特徴に頼らざるを得ない。そしてこの形態上の区別が、その放散虫化石を含む地層の年代特定に大きな役割を果たしており、種の同定について議論を交わすことこそが、学術的に地質年代を特定する際のステップとなる。放散虫化石データベースは、生徒達が自ら採取した、あるいは観察した放散虫化石を同定するための事典的な役割を果たすと共に、彼らが地学という学問に触れるためのツールとなるのである。

本研究はいまだ未完成であり、教材化の余地はまだ多くある。今後は、今回採取した試料から産出する放散虫化石の種の同定をさらに進めるとともに、データベースの更なる充実と、授業への活用方を具体的に考えていきたい。

## 7. 学校現場での活用プラン

本研究では、作成したデジタルコンテンツを授業実践に用いることがまだできていない。しかしこの項では、高等学校の地学基礎又は地学で活用する場合を想定した計画を提示するとともに、その際

の留意点について述べたい。

・CASE 1 : 種の同定を目的とする場合

採取した岩石試料から放散虫化石が産出するか否かは未知数であるため、岩石試料の処理や放散虫の同定、それによる地質年代の決定を主たる課題に設定する場合は、あらかじめ教師が岩石試料を処理し、産出する放散虫化石の種の同定を済ませておく必要がある。作成した教材は、すでに産出する放散虫化石の分析しているため電子顕微鏡写真はこれを用いれば良い。試料の処理については、本研究で作成した動画を視聴することで確認できる。教師は電子顕微鏡で観察した放散虫化石の画像を本教材から選び出し、生徒がその写真とデータベースとを照合し、ディスカッションをしながら、生徒が種の同定を行い、放散虫化石が産出した地層のおおよその年代決定を行う。これによって、地質年代決定の手順が実体験を伴って理解できる。

・CASE 2 : 校区で試料を採取する場合

学校所在地の付近で複数の岩石試料を採取し、それを処理して放散虫化石の有無、さらにある場合にはその種の同定、年代決定を行う。放散虫化石は全ての岩石から出るわけではない。放散虫は海洋性プランクトンであるため、海洋で作られた地層からしか産出しない上、熱や圧力による変成作用を受けた地層からは産出しない。また、産出しても、著しく原型を損ねている場合もあり、その場合には種の同定は困難である。よって、このプランにそって授業を行う場合には、放散虫化石の観察や種の同定、地質の年代決定そのものよりも、岩石試料の採集と分析が主たるテーマになる。実際の地質調査に近いのはこちらのやり方であると言える。作業の手順は、あらかじめ動画を見ることで確認できる。チャート等の堆積岩から放散虫を採集する場合にはフッ酸処理が必要となる。これは非常に危険性の高い薬品であるため、使用の判断は慎重に行われる必要があるだろう。しかし、比較的柔らかい第三紀の泥岩層などの場合は、過酸化水素水等で抽出が可能である。

## 8. まとめと今後の展望

本研究では、高等学校地学基礎の授業で、とくに反転学習に利用可能なデジタルコンテンツの作成を試みた。しかし、教材作成はいまだ途上にあり、今後の改善と完成度の向上が目指される場所である。また、現在分析中の試料はジュラ紀前期のものであり、そこから産出する放散虫化石の種類は限られている。データベースを授業に活用するならば、より広い時代の、より多くの放散虫化石が含まれることが必要となる。今後はこれらの反省点をふまえ、よりよい教材作りに取り組むとともに、本研究で到達できなかった実践の段階へ繋げていくことが必要であると考えている。

## 参考文献

浅野清編「微古生物学（上巻）」朝倉書店 1970年第3刷発行

谷村好洋他「微化石（国立科学博物館叢書13）」東海大学出版 2012年

Spela Gorican et al. 「Catalogue and systematics of Pliensbachian, Toarcian and Aalenian radiolarian genera and species」 ZRC Publishing 2006

重田勝介『反転授業 ICTによる教育改革の進展』 2013年「情報管理」Vol. 56 No. 10 677-678

竹村厚司他『四国高知県の北部秩父帯リン酸塩ノジュールから産するペルム紀後期放散虫群集』  
大阪微化石研究会誌 特別号第14号 2009年 583-594

Carter et al. 『Global radiolarian zonation for the Pliensbachian, Toarcian and Aalenian』

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 297 (2010) 401-419

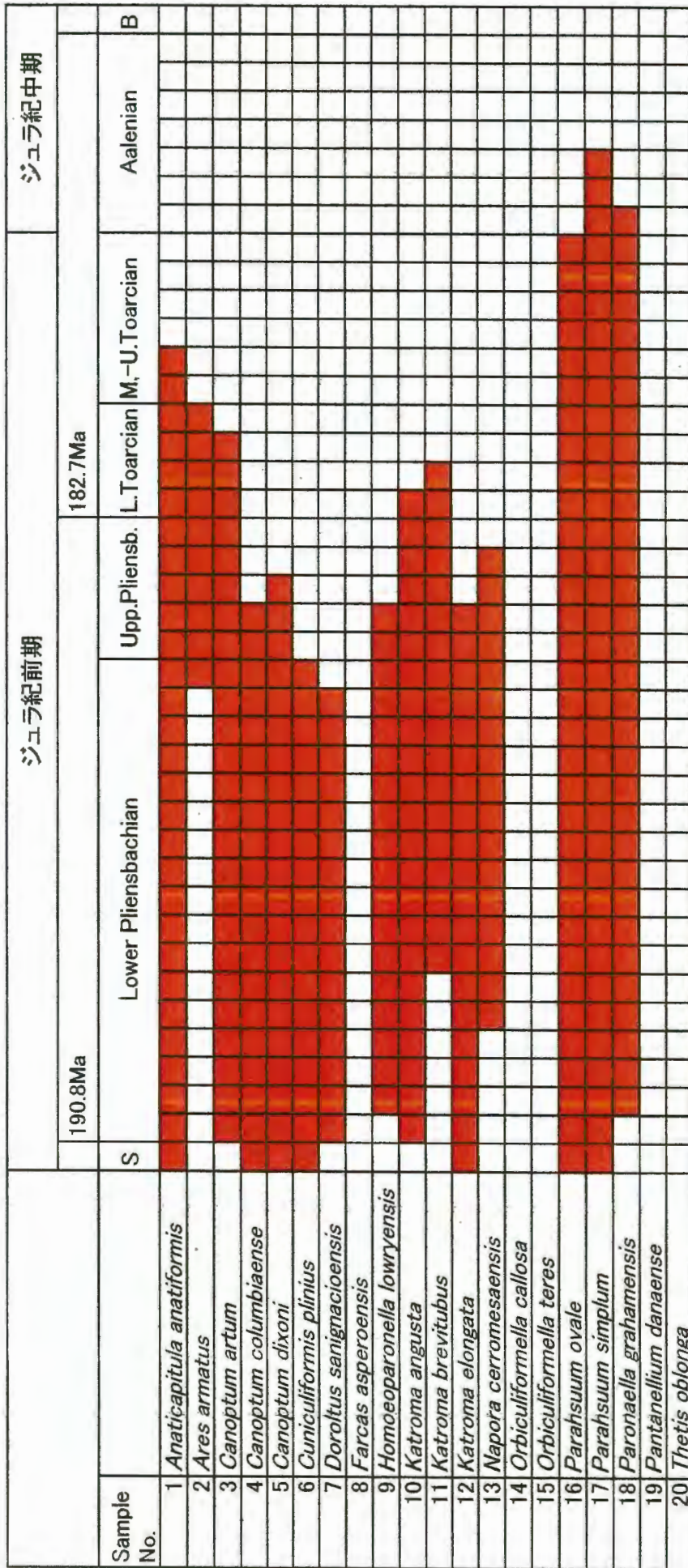
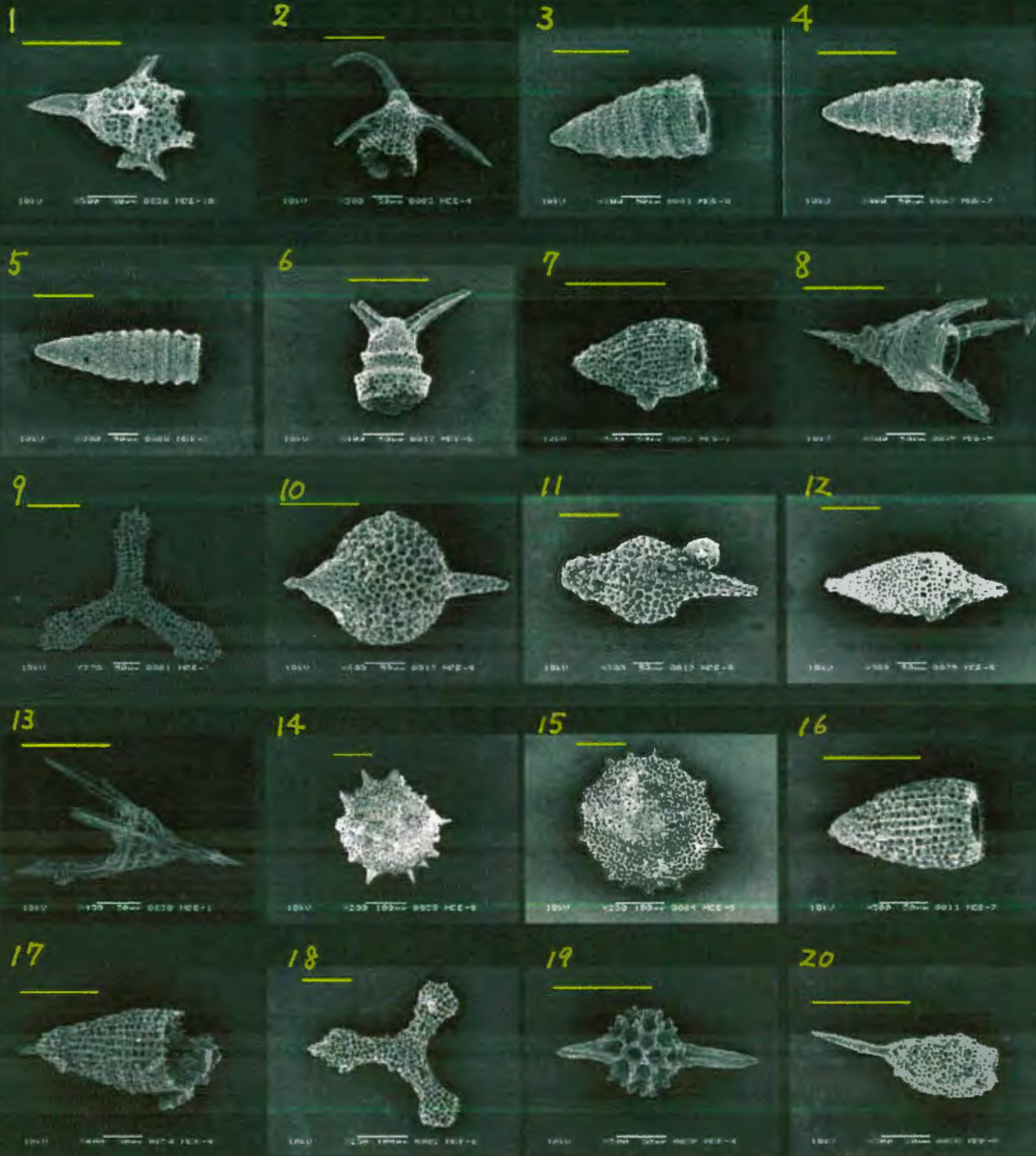


図3 産出したた放散虫の生息年代一覧

# PLATE



スケールは全て100 $\mu$ m

図4 産出した主な放射虫