2010.07.10

モバイル SEM でミクロの世界を探る

第４回 ジュラシック・レディオラリア（ジュラ紀 放散虫）の微化石

摂南大学 理工学部 電気電子工学科　井上雅彦

ビデオ教材：http://sprite.eng-scl.setsunan.ac.jp/sst_lab/2010/must-sem-4.html

1　はじめに

有孔虫や放散虫は単細胞の海洋性プランクトンです。本シリーズ第２回で紹介した太陽の砂や星の砂は有孔虫の一種ですが，これら有孔虫が炭酸カルシウムを主成分とする石灰質の骨格を持つのに対して，放散虫は珪酸質（珪酸 SiO_2 はシリカとも呼ばれ，ガラスの主成分です。）の骨格を持っています。これらの骨格は極めて安定であるため化石になりやすく，古世代カンブリア紀（約 6 億年前）から現在に至るまでの広い範囲で発見されています。また進化の速度が早く形体が豊富なため，その化石が堆積した地質の年代の判定に利用されます。このような化石を示準化石と呼んでいます。ちなみに現在の人類が誕生したのはほんの 15 万年前です。放散虫の大きさは 数 10 μm ～ 数 100 μm 程度です。こんなに小さな生物ですが，放散虫の微化石は日本列島の形成過程を調べるのに大活躍しました。今回はこの放散虫の微化石をモバイル SEM で観察してみましょう。

表 1　地質年代表

		現在
新生代	第四期	
		163 万年前
	第三期	
		6500 万年前
中生代	白亜紀	
		1 億 4000 万年前
	ジュラ紀	
		2 億 1000 万年前
	三畳紀	
		2 億 2500 万年前
古生代	ベルム紀	
		2 億 9000 万年前
	石炭紀	
		3 億 6000 万年前
	デボン紀	
		4 億 1000 万年前
	シルル紀	
		4 億 4000 万年前
	オルドビス紀	
		5 億万年前
	カンブリア紀	
		5 億 9000 万年前
先カンブリア代		

※このモバイル SEM は，科学技術振興機構（JST）の援助を受け，新日本電工（株）が中心となって（株）アプコ，大阪産業大学，摂南大学が共同で開発しているものです。ここで使用しているのは開発中のプロトタイプ（試作機）であることにご留意ください。

2　チャートとプレートテクトニクス

日本で見られる岩石には，石灰岩とか，花崗岩のように和名がつけられていますが，唯一，チャートという岩石には定まった和名がありません。これはその成因がよくわからなかったためと思われます。1960 年代後半の頃，チャートをフッ酸で処理して電子顕微鏡で観察することにより，チャートは放散虫が堆積してできた石であることが確認されました。（フッ酸はガラスを溶かす酸で，通常ポリエチレンの容器で保存されます。）

チャートは大陸から遠く離れた遠洋の深海に静かに降り積もった海洋性プランクトンの遺骸なのです。遠洋で堆積したことは，チャートに陸から流されてくる砂粒などが含まれていないことからわかります。また，4000 m を超える深海では石灰質は水圧のため溶けてしまいますので有孔虫が堆積してできる石灰石などが含まれていないことから，深海で堆積したことがわかります。堆積速度はとても遅く，千年で数 mm 程度と考えられています。そのようなチャートがなぜ日本各地で見られるのか，それは日本列島の形成に関わっていたのです [1]。

地球の表面は厚さ約 100 km のプレートと呼ばれる十数枚の岩盤によって覆われています。現在プレートは 14 ～ 15 枚とされていますが，大陸プレートと海洋プレートにわけることができ，これらが衝突するところでは海洋プレートが大陸プレートの下に潜り込んでゆきます。このような

考え方をプレートテクトニクスと呼びます。

日本列島は，北米プレートとユーラシアプレートが接しているところに太平洋プレートとフィリピン海プレートが南方からやってきて潜り込んでいるという非常に複雑な地殻の上に形成されています。日本では大きな地震が多くて火山活動が活発なのはこのためです。北米プレートに対する太平洋プレートの速度は 8 ～ 9 cm / 年，ユーラシアプレートに対するフィリピン海プレートの速度は 4 ～ 5 cm /年とされています。

遠い南の深海で堆積したチャートは，太平洋プレートやフィリピン海プレートに乗って日本近海まで運ばれて来ます。日本列島の手前でプレートが地球内部へ沈み込んで行く際に堆積物がはがれて陸の砂や泥と混ざります。このため，古い年代にできたチャートの地層と新しい年代に堆積した陸の地層とが混ざり合った非常に複雑な地質ができあがったのです。

図 1　日本列島付近のプレート境界。プレートが潜り込むところには深い海溝ができる。

日本では 1970 年代頃からチャートをフッ酸で処理して放散虫微化石を取り出し，電子顕微鏡で観察するという手法が発展しました。それまでは，岐阜県・愛知県に分布する地層（美濃帯）や，その西の方の丹波地方に分布する地層（丹波帯）は古生代にできた地層だと考えられていましたが，1980 年代前半頃には放散虫による研究が進み，中生代の地層でできていることがわかってきました。日本列島のできかたについて考え方が大きく変わったため地質学における放散虫革命とも呼ばれています。

3　放散虫微化石試料の観察

観察試料を準備するには，チャート，珪質泥岩などを細かく砕いてフッ酸で処理し，溶け残った残渣から実体顕微鏡で見ながら放散虫微化石をピックアップします。ピックアップには面相筆という細い筆の先を水で濡らして用います［2-4］。今回は関西大学 桑原先生と大阪工業大学 横川先生のご厚意により，美濃帯犬山地域で赤色珪質泥岩層より採取された炭酸マンガンノジュール（マンガン団塊）に含まれている放散虫微化石の試料を頂き，これを観察しました［4］。

放散虫微化石も絶縁体ですので，SEM 観察するには通常カーボンや金属などの導電性薄膜をコーティングしますが，ここではシリーズ第 2 回で紹介しましたイオン液体を塗布して，モバイル SEM で観察しました。図 2 の SEM 写真にはいくつかの放散虫が見えますが，写真中央に縦長に見えているのが学名 *Trillus* sp.（トリルルス）だと思われます。生物の学名は基本的にラテン語で，イタリック体で標記します。ちなみに sp. は種を意味するラテン語の species（スペキエース）の略語ですのでイタリック体にはしません。この放散虫が含まれている地質は中生代ジュラ紀，つまり恐竜が活躍していた時代であると判定できます。ところでこの写真，なんだか巣穴から顔をのぞかせたヒナ鳥のように見えませんか？

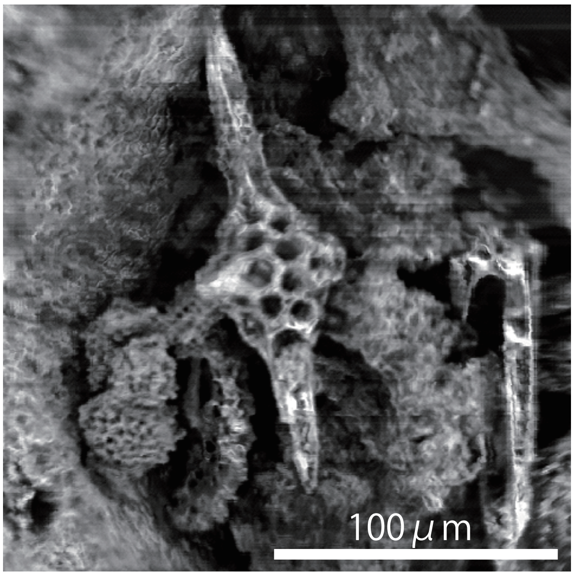

図 2　ジュラ紀放散虫微化石 *Trillus* sp. SEM 像（美濃帯 犬山地域 鵜沼セクションより）

4　おわりに

今回は，日本列島の形成過程の解明に大活躍をした放散虫微化石をモバイル SEM で観察しました。遠い南の深海で静かに降り積もった放散虫チャートがプレートに乗り，気の遠くなるような時間をかけて日本へやって来る，それはたった今も粛々（しゅくしゅく）と続いています。多くの研究者のご努力により，1 mm にも満たない小さな化石により地質年代を正確に判定できるようになり，地球規模の地殻の動きを調べることができるようになったのです。前回のゲノム DNA はとても細くてとても長いお話（DNA の直径に対して長さは 10^9 倍。）でしたが，今回もとても小さくてとても大きなお話（放散虫微化石の大きさに対して地球の直径は 10^{11} 倍。）となりました。

放散虫微化石は立体的な構造をしているため，焦点深度（しょうてんしんど）の深い走査型電子顕微鏡（SEM）が有効に利用されてきました。これまで放散虫研究における電子顕微鏡の使い方としては試料採取の現場から試料を研究室に持ち帰っての観察がほとんどだと思われます。これに対して私たちが開発しているバッテリー駆動のモバイル SEM は現場まで持って行って，その場にて観察が可能です。試料サイズも 100 μm 前後ですからモバイル SEM で観察するにはちょうど手頃な大きさです。イオン液体を使えば，カーボンや金属を蒸着（じょうちゃく）する必要もありません。本格的な SEM のような精密な解析はできなくても，試料採取場所の選択や持ち帰る試料の事前チェックなど，現場で調査を行う上での参考データをその場で取るのに利用できるかもしれません。

参考文献

[1]「宇宙 地球 地震と火山」木庭元晴，桑原希世子，横山順一，貝柄徹（古今書院，2007.3.6）

[2] 野外研修「歴史災害と地球環境の変動を見る-根尾谷断層と犬山チャート」大阪府教育センター 平成 17 年度サイエンス・パートナーシップ・プログラム事業「教員研修」報告書（平成 18 年 3 月，講師 八尾昭教授）

[3]「ジュラ紀古-中世放散虫化石群集の変遷」八尾昭，大阪微化石研究会誌 特別号 **10** (1997) 155-182.

[4]「美濃帯犬山地域のジュラ紀中世（Bajocian）放散虫類の群集変遷」西原ちさと，八尾昭，化石 **78** (2005) 32-39.

以上