

## 約 3000 万年前の地層中の生痕化石内部に保存された放散虫化石

### 【研究の概要】

種子島に分布する西之表層と呼ばれる約 3000 万年前の地層から産出する生痕化石<sup>※1</sup>内部に保存される珪質微化石<sup>※2</sup>を詳細に観察し、以下の 3 点を明らかにしました。

- (1). 生痕化石の特定部に放散虫<sup>※3</sup>や珪藻<sup>※4</sup>といった珪質微化石が多く保存される。
- (2). 生痕化石内の方が外部の泥岩よりも珪質微化石の保存状態が良好である。
- (3). 珪質微化石が生痕化石形成の過程で内部に取り込まれ、生痕形成者由来の有機物で生痕内部がコンクリーション<sup>※5</sup>化した結果、微化石の保存状態を悪化させる埋没続成作用<sup>※6</sup>から保護された。

本研究の成果は 2024 年 1 月 16 日にフランスの国際学術誌「Revue de Micropaléontologie」にオンライン公開されました。

### 【研究の背景】

地層の分布や積み重なり、そして形成された年代の解明は地質学的研究で最も基本的かつ重要なことです。これらを知るためには地道な野外調査と採取した試料の分析が欠かせません。その中でも少量の試料から多量の情報を得られる手段として、微小な化石（微化石）が地層の対比や年代決定によく使われています。

一方で、微化石は地層が形成された後、埋没に伴う圧力や地温上昇と言った様々な現象によってその保存状態が悪化することが知られています。保存状態が悪化する中で、微化石の種を決定する上で重要な形質が失われる、もしくは微化石そのものが地層中から失われてしまうこともあります。

従って、保存状態が良好な微化石がどのようなものに保存されているのかを知ることには地質を研究する上で非常に重要です。そこで本研究では、保存良好な微化石を多量・効率的に得る手段として、地層中に残された生物の痕跡である生痕化石に注目しました。ある種の生痕化石は、その形成過程で内部に過去の堆積物を取り込む特性を持っています。また、生痕化石は非常に緻密なコンクリーションを形成することが知られており、内部に取り込んだ堆積物を保存良好なまま維持する可能性が示唆されています。そしてこの堆積物に微化石が含まれている可能性も高いです。

これらの特性を考慮し、生痕化石内のどの部分に微化石が多く含まれているかといったことや、生痕化石内部と外部に保存されている微化石の保存状態の違いについて詳細に観察しました。そして、生痕化石による微化石の保存可能性の解明を目的としました。

### 【研究の結果】

本研究では、鹿児島県の種子島に広く分布する熊毛層群西之表層と呼ばれる約 3000

万年前の地層を対象に調査をしました。西之表層は深海で堆積した砂や泥が固結した堆積岩から主に構成され、生痕化石が多く観察されることが過去の研究から分かっています。この西之表層から、多毛類<sup>\*7</sup>の痕跡として知られる生痕化石と、周囲の泥岩を採取しました。

まず、生痕化石の内部における堆積物と微化石の保存状態を把握するため、その中身を可視化しました。これには生痕化石を切断し、その表面を酸で溶かし、電子顕微鏡でその内部を撮影する、という処理が必要です。その結果、生痕化石内部には放散虫や珪藻といった珪質微化石が多数保存されていることが分かりました。さらに、それらの個体を全てカウントし（合計 4608 個体）、生痕化石内部での微化石分布状況を可視化したものが図 1 となります。図 1-A は生痕化石内部の写真で、白枠で示された範囲が図 1-B にあたります。図 1-B では観察される微化石の数を 1 mm 四方の枠内毎にカウントして色分けしたもので、黄色に近づくほど微化石の数が多く、青に近づくほど微化石の数が少ないことを示しています。この図から分かる様に、微化石は特に図 1-B 内の白い線で囲った生痕化石の中心部により多く分布していることが見て取れます。この部分は、生痕化石の形成者が生きていた頃に、海底面に開いていた巣穴入り口から内部に落ちこんできた堆積物と考えられます。また、その外側は生痕化石形成者の排泄物や粘液で満たされていたと考えることができます。

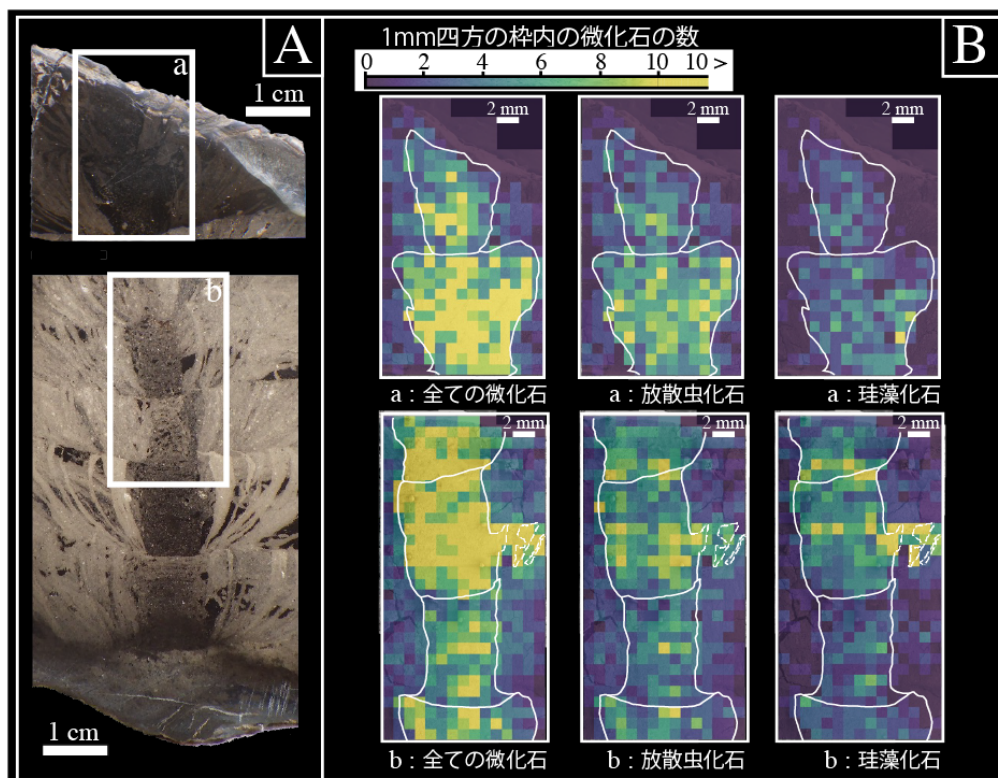


図 1：生痕化石内部の微化石分布状況

次に、特に多く観察された放散虫化石について、生痕化石と外部の泥岩を酸処理し抽出できた種類と保存状態を比較しました。その結果、生痕化石内部からは16属29種、外部の泥岩からは13属15種の放散虫化石が確認できました。これらのうち代表的な放散虫化石の電子顕微鏡写真を図2に示します。図2の左側は西之表層から産出する代表的な放散虫化石のうち *Artophormis* という属を比較したものです。生痕化石内部から産出した個体は、外部から産出した個体に比べて、表面や殻全体が状態よく保存されていることが分かります。また、図2の右側は *Dorcadospyris* という属の放散虫化石を比較した結果ですが、これも生痕化石内部から産出した個体の方が、保存状態が良好なことが分かります。特に、特徴的な下側に伸びる細長いパーツは、この属の種を決定する上で非常に重要な部位なのですが、これは生痕化石内部から産出した個体にしか残っていませんでした。*Dorcadospyris* 属は年代決定に有効な種を多く含んでいるため、この部位が残っている試料を見つけることは非常に重要です。この様に、生痕化石内部から産出した放散虫化石は、外部の泥岩には残っていないような繊細な構造が残っており、種の同定や地層の年代決定に非常に有効であることが分かります。

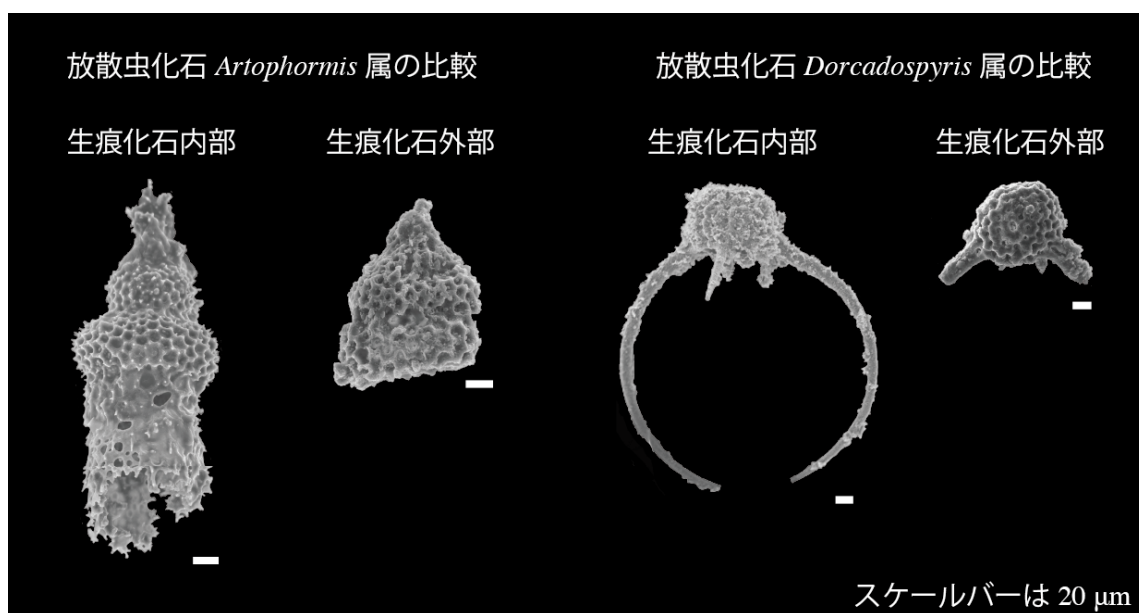


図 2：生痕化石内部と外部から産出した代表的な放散虫化石の比較

この様に保存状態の違いが見られるのは、生痕化石内部と外部の岩石の構成物の違いによると考えられます。生痕化石の構成物を調べると、微化石よりも非常に緻密な炭酸塩鉱物<sup>\*8</sup>でその内部が満たされコンクリーションを形成していることが分かりました。最近の研究では、生物由来の有機物が腐食分解される過程で、短期間の内に海底に炭酸塩のコンクリーションができることが分かってきました。先に述べたように、今回検討した生痕化石は形成者の排泄物や粘液で満たされていたと考えられるので、これらの有機物由来の炭酸塩鉱物が形成されたと考えることができます。そして、地層の埋没続成

作用が進行するより前に、微化石を含む堆積物が生痕化石内でコンクリーション化し、生痕外部の地層と隔離された状況となることで、保存状態が良好なまま保持されたと考えることができます。今後このような生痕化石に注目して、内部に保存される微化石を詳細に観察することで、新たに年代を知ることができる地層が増えることや、新種の放散虫や珪藻化石が発見されることが期待されます。

#### 【用語解説】

##### ※1 生痕化石

生物の巣穴や、這い跡、摂食痕、排泄物といった活動の痕跡が地層中に残されたもの。

##### ※2 (珪質) 微化石

肉眼では観察することが難しい、顕微鏡で観察するサイズの微小な化石の総称。特に珪素で構成される微化石を珪質微化石と呼ぶ。

##### ※3 放散虫

主に二酸化珪素の殻を持つ海洋性動物プランクトンの一つ。現在の海水中にも生息する。

##### ※4 珪藻

二酸化珪素の殻を持つ植物プランクトンの一つ。現在の海水中にも淡水中にも生息する。

##### ※5 コンクリーション

地層中の堆積物粒子の隙間が緻密な鉱物で満たされ硬くなっている塊のこと。

##### ※6 埋没続成作用

堆積物が地下に埋没し、圧力や地温等により物理的・化学的变化を経て岩石化する過程

##### ※7 多毛類

ゴカイやユムシ、ミミズといった環形動物の仲間

##### ※8 炭酸塩鉱物

炭酸イオン( $\text{CO}_3^{2-}$ )がカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )といった陽イオンと結合してできる鉱物。代表的なものでカルサイト( $\text{CaCO}_3$ )、ドロマイト( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )、ロードクロサイト( $\text{MnCO}_3$ )等がある。

#### 【発表雑誌】

雑誌名：「Revue de Micropaléontologie」

論文タイトル：「Taphonomy of radiolarian and diatom fossils preserved within Oligocene trace fossils」

著者：Akihide Kikukawa (Natural History Museum and Institute, Chiba)

Yoshiaki Aita (Utsunomiya University)

Noboru Furukawa (Chiba University)

Nobuhiro Kotake (Chiba University)

DOI：https://doi.org/10.1016/j.revmic.2023.100754

**【関連する事業・研究課題】**

・科学研究費助成金 研究課題「生痕化石の微化石保存ポテンシャルの解明と新たな地質学的手法への適用」 課題番号 23K19075

・千葉県立中央博物館 普遍研究課題：西南日本の古第三紀から新第三紀地質体発達史の解明

**【お問合せ先】**

千葉県立中央博物館 菊川照英

〒260-8682 千葉県千葉市中央区青葉町 955-2

TEL：043-265-3111

E-mail：a.kkkw(at)pref.chiba.lg.jp