

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月15日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22540482

研究課題名（和文）縞状堆積物を用いた浮遊性海生珪藻類の進化過程の高分解能解析

研究課題名（英文）High resolution analysis of evolution of marine plankton diatoms reserved in laminated sediments

研究代表者

柳沢 幸夫（YANAGISAWA YUKIO）

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・上級主任研究員

研究者番号：10358210

研究成果の概要（和文）：浮遊性海生珪藻 *Denticulopsis katayamae* の絶滅過程を佐渡島中山層の年縞様の縞状堆積物を用いて高時間分解能で解析し、環境変化に伴う珪藻群集の劇的な変化がこの絶滅層準で起こっていた可能性が高いことを明らかにした。また、日本海への一時的な暖流の流入に伴って、暖流系の *Hemidiscus cuneiformis* から異所的種分化により、生存期間が1万年程度の極めて短命な日本海固有種（新種）が急速に進化したことを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：High-resolution analysis was performed on the evolutionary extinction process of marine plankton diatom *Denticulopsis katayamae* preserved in verve-like thinly laminated sediments of the Nakayama Formation in Sado Island, Japan. A late Miocene inflow pulse of warm water current into the Sea of Japan caused a typical allopatric speciation of an extremely short-lived (ca. 10,000 years) species endemic to the Sea of Japan from a warm water ancestor species.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 層位・古生物学

キーワード：層位・古生物学，地質学，進化，系統進化，海洋生態

## 1. 研究開始当初の背景

年縞とは、湖底や海底に堆積した0.1-1mm単位の縞模様をさす。これは、春から夏に珪藻が繁殖してできた白い縞と、秋から冬にかけて粘土鉱物が堆積した黒い縞がセットになり、樹の年輪と同様に、1対の縞が1年の時間を表し1年単位の地球の歴史が累積

的に完全な記録して保存される。こうした年縞の特性を生かし、これまでに主に湖底堆積物を使用して、年単位の環境変動の復元などの研究が進められている。しかし、年縞堆積物の特性を利用して生物進化そのものに切り込んだ研究は今のところない。

当該研究代表者と研究担当者は、重要な年

代指標浮遊性珪藻である *Denticulopsis* 属の詳細な形態観察と層序学的検討に基づきその進化系統を復元するとともに、それを利用して高い時間分解能を持つ珪藻生層序帯区分を構築し、統合年代層序の研究を推進してきた。また、日本の新生代後期の珪藻化石層序学的研究を行ってきた過程で、日本の陸上に分布する海成堆積物にも「年縞」と推定される縞状堆積物があり、その中に年代基準面となる *Denticulopsis* 属の進化的出現および絶滅層準が存在することを見いだした。この研究は、こうした研究基盤に立って、*Denticulopsis* 属の進化的出現および絶滅現象を「年縞」と推定される縞状堆積物を用いて、年単位の高時間分解能で解析し、進化の「瞬間」に迫ろうと意図した。

## 2. 研究の目的

年縞と推定される縞状堆積物を用いて浮遊性海生珪藻類の進化過程（進化的出現・進化的絶滅現象）を、年縞堆積物の特性を生かして1年単位での高時間分解能で解析し、進化の「瞬間」を捉え、そこでいかなる現象が起こったかを明らかにする。

## 3. 研究の方法

研究対象は新潟県佐渡の中山層、宮城県松島地域の大塚層及び富山県八尾地域の東別所層の縞状堆積物とした。それぞれの地層で、数回の調査と試料採取分析を繰り返した上、目的とする進化的出現・絶滅層準を厚さ 2cm 程度の範囲に絞り込んだ上で、これを含むブロックを採取して詳細な珪藻分析を行い、進化の「瞬間」を年単位で捉える。

## 4. 研究成果

### (1) *Denticulopsis katayamae* の絶滅層準

進化系統の判明している *Denticulopsis* 属のうち、*Denticulopsis katayamae* の絶滅層準（約 850 万年前）をターゲットとして、新潟県佐渡島に分布する中山層の縞状堆積物を対象として調査した。その結果、椎木林道沿いに分布する中山層の下部にその層準を見いだし、試料採取と分析を 3 回繰り返して、進化層準を 2cm 間隔区間まで特定することに成功した。そして、その部分を含む厚さ 12cm をブロックとして切り出して持ち帰り、精密な珪藻分析を行った（図 1）。

その結果、*D. katayamae* の絶滅層準は縞状の部分ではなく、部分的に生物擾乱作用を受けた縞状堆積物から強く生物擾乱作用を受けて無層理となった部分の境界部分に存在しており、絶滅に至る過程を縞 1 枚ごとに精密に追求することはできなかった。北方の別ルートでもより良好な試料を探索して分析を行ったが、このルートでも同様に *D.*

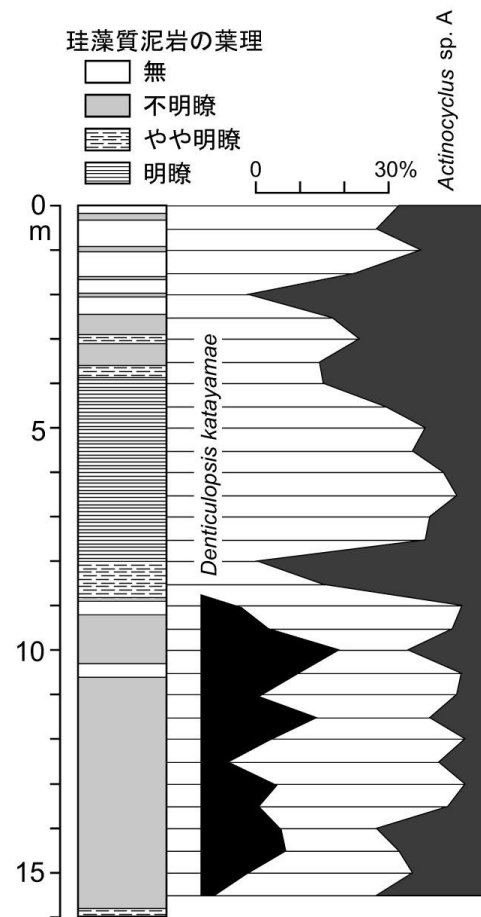


図 1 佐渡島中山層における *Denticulopsis katayamae* の絶滅層準における頻度変化

*katayamae* の絶滅層準は完全な縞状層準ではなく、この種の絶滅過程を高精度で分析することはできなかった。

しかし、群集全体としては、絶滅層準に向かって *D. katayamae* が急減してゆくこと、そしてそれに代わって、*Actinocyclus* 属に属すると思われる小型の円心目珪藻種が急増することが判明した（図 1）。したがって、何らかの環境変化に伴う珪藻群集の劇的な変化がこの絶滅層準で起こっていた可能性が高いことが明らかとなった。この *Actinocyclus* 属の種については、種名が不明であるので、形態観察を進めて分類学的検討を行ったが、正確な分類学的帰属は未だ確定できていない。

### (2) *Denticulopsis okunoi* の絶滅層準

*D. okunoi* の絶滅層準をターゲットとして、富山県八尾地域の三谷泥岩部層と宮城県松島地域の大塚層の縞状珪藻質泥岩を分析を行った。しかし、三谷泥岩部層では極最近の河川工事により、また大塚層では東日本大震災により、進化の瞬間を記録した肝心の露頭

が失われてしまったため、当初目指した研究を実施することはできなかった。

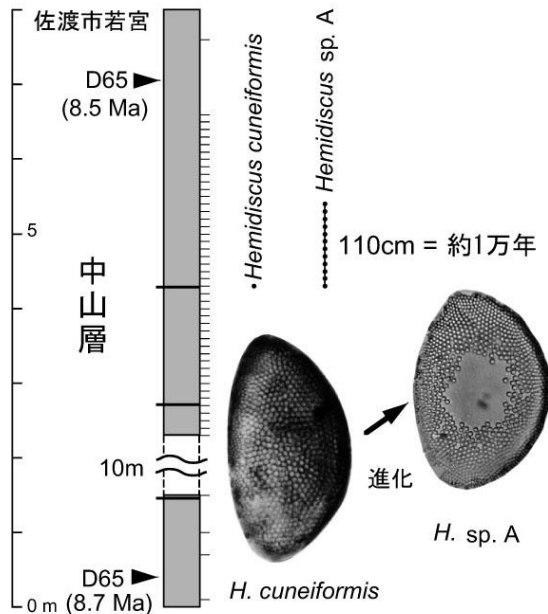


図 2 佐渡島の中山層における Hemidiscus sp. A の産出状況

### (3) Hemidiscus 属新種の進化

本研究では対象とした地層の状況悪化により、当初予定した研究内容を実施するのが難しいと判断された。そこで、予定を変更して研究過程で発見された Hemidiscus 属新種の進化過程を対象として研究を進めた。

新種 Hemidiscus sp. A は、佐渡島中山層の *Thalassionema shraderi* 帯 (NPD6B) 最下部にある生層準 D65 (8.7 Ma) と D66 (8.5 Ma) の間の区間 (約 20 万年間) で発見された (図 2)。その形態は、祖先種と推定される *Hemidiscus cuneiformis* と類似するが、珪藻蓋殻の中央部分の点紋が退化して円形の透明な領域を持つ点で区別される (図 2)。本種が産出する区間において、約 10cm 間隔で細密な分析を行ったところ、産出範囲は層厚で 110cm しかなく、堆積速度から計算してその生存時間は約 1 万年程度と推定された。

一方、新潟県北部の新発田市熊出川の内須川層でも、同じ層序区間でこの新種が検出され、その産出範囲 (約 20cm) から生存時間は約 1 万年と算定された (図 3)。しかし、同じ層序区間について、太平洋側の宮城県松島地域の大松沢層でも詳細な検討を行ったが、*Hemidiscus sp. A* は全く検出されなかった。

以上の産出状況から、本新種は約 8.6 Ma ころに、1 万年程度の極めて短い生存年代を持つ日本海固有種である可能性が高いと推定される。

*Hemidiscus sp. A* の祖先種である *H.*

*cuneiformis* は約 11 Ma 頃出現し、現在まで生き延びている現生種であり、汎世界的に分布している。本種は典型的な暖流系種で、暖流の流入を示す良好な指標となる。

暖流系種 *H. cuneiformis* は、中山層では *Thalassiosira yabei* 帯 (NPD5C) 下部 (約 11Ma) から量的には 1%以下と少量ではあるが連続的に産出しており、この時期に日本海側にわずかに暖流が流入していたことがわかる。しかし、*Denticulopsis dimorpha* 帯 (NPD5D) の基底 (約 10.0 Ma) 付近で本種の産出は途絶し、この層準で日本海側への暖流の流入がほぼ停止した。これより新しい区間では *H. cuneiformis* は鮮新世まで原則として産出しないが、佐渡島中山層では *Hemidiscus sp. A* の産出範囲の最下部の 1 試料において *H. cuneiformis* が検出された (図 2)。このことは、約 8.6 Ma 頃に瞬間的に暖流が日本海域に流入し、その後すぐに停止したことを示唆する。また、暖流によって日本海へ流れ込んだ *H. cuneiformis* から急速な形態変化を起こして *H. sp. A* が進化した可能性を示す。*H. sp. A* が太平洋側の松島地域では見つからず、日本海側でのみ検出されることは、この進化が日本海でのみ生じたことを示している。おそらく日本海に流入した *H. cuneiformis* 個体群が、暖流の流入停止により、太平洋側の個体群との交流が途切れて生殖的に隔離され、これによって急速に形態進化を起こしたのであろう。しかし、本来暖流系であるこの新種は、暖流の途絶に伴うその後の日本海の寒冷化による環境悪化に適応できず、わずか約 1 万年程度生き延びただけで絶滅に至ったと思われる。

こうした変化は典型的な異所的種分化の例として重要な意味を持っていると考えられる。

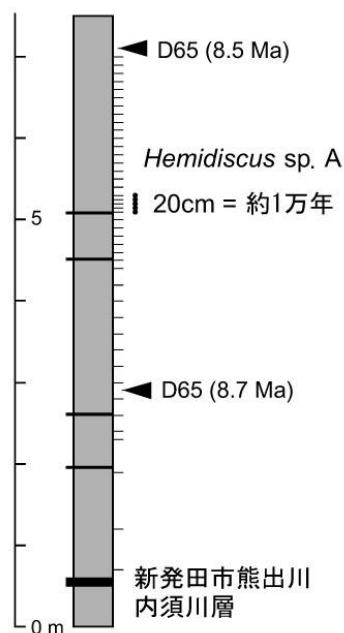


図 3 新潟県新発田市熊出川の内須川層における Hemidiscus sp. A の産出状況

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

①柳沢幸夫、佐渡島小木半島の中新世玄武岩層の年代—珪藻年代層序による再検討、査読無、地質調査総合センター研究資料集、569号、2012、1-19、DOI:無し

②柳沢幸夫、佐渡島羽茂地域の後期中新世海生珪藻化石、査読無、地質調査総合センター研究資料集、568号、2012、1-19、DOI:無し

③柳沢幸夫、石川県輪島市(能登半島)に分布する中新統塚田泥岩層の珪藻化石、査読無、地質調査総合センター研究資料集、567号、2012、1-9、DOI:無し

④柳沢幸夫、常磐地域の下部中新統湯長谷層群の珪藻化石年代層序、Diatom、査読有、27巻、2011、33-45、DOI:無し

[学会発表] (計 2 件)

①柳沢幸夫・高橋雅紀、栃木県烏山地域の中新統荒川層群の海生珪藻化石群集に記録された環境変動、日本珪藻学会第 33 回大会、2012 年 5 月 12 日、産業技術総合研究所 共用講堂(茨城県)

②柳沢幸夫、渡辺真人、鹿野和彦、秋田県男鹿半島における新第三紀及び第四紀の海生珪藻化石、日本珪藻学会第 31 回研究集会、2011 年 11 月 5 日、ホテル湖心亭(秋田県)

[図書] (計 2 件)

①秋葉文雄・柳沢幸夫・谷村好洋、北太平洋の珪藻化石層序の誕生から完成まで、東海大学出版会、微化石-顕微鏡でみるプランクトン化石の世界、2012、297-311

②Ogawa, Y. and Yanagisawa, Y. Boso TTT-Type Triple Junction: Formation of Miocene to Quaternary Accretionary Prisms and Present-Day Gravitational Collapse, In Ogawa, Y. ed., Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin, Springer, 2011, 53-73

6. 研究組織

(1)研究代表者

柳沢 幸夫 (YANAGISAWA YUKIO)  
独立行政法人産業技術総合研究所・地質  
情報研究部門・上級主任研究員  
研究者番号: 10358210

(2)研究分担者

渡辺 真人 (WATANABE MAHITO)  
独立行政法人産業技術総合研究所・地質  
標本館・研究グループ長  
研究者番号: 70358381