

平成23年 5月 8日現在

機関番号：15301

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008~2010

課題番号：20740296

研究課題名 (和文) Braarudosphaera 属化石 1 億 4 千万年の歴史と系統進化

研究課題名 (英文) Evolution and diversification of Braarudosphaera bigelowii

研究代表者

萩野 恭子 (HAGINO KYOUKO)

岡山大学・地球物質科学研究センター・非常勤研究員

研究者番号：90374206

研究成果の概要 (和文)：

現生 *Braarudosphaera* 属の形態と遺伝学的多様性の関連を調べ、サイズの違いが遺伝学的な違い (種分化) を反映していることを示した。北西大西洋から採取された深海底コア試料中の *Braarudosphaera* 化石のサイズ変化の変遷を調べた結果、円石藻群集の多様性が減少する 2.7Ma-1.7Ma において、*Braarudosphaera* 属のサイズの多様性が增大していることを明らかにした。

研究成果の概要 (英文)：

Our morphometric and genetic studies of living *Braarudosphaera bigelowii* revealed that size-variation in living *B. bigelowii* is result of speciation with size-variation. This result suggests that size-diversification in fossil *B. bigelowii* is indicative of speciation of this taxon in geological age. Morphometric studies of Cenozoic *Braarudosphaera* showed that morphology and size of *Braarudosphaera* diversified greatly in the samples from 2.7-1.7Ma, likely corresponds with the low diversity period of coccolithophores.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：円石藻

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：円石藻, 進化, コッコリス, *Braarudosphaera bigelowii*

1. 研究開始当初の背景

Braarudosphaera 属は 5 回対称のペンタリス (円石) 12 枚をもつ沿岸生の円石藻で

ある (図 1)。現生種の円石藻の中では最も古い系統のひとつで、その化石記録は約 1 億 4 千万年前まで遡ることができる。通常の海

洋環境では沿岸のみに生息しているが、K/Pg境界の大絶滅事件の直後やOligocene Diversity Minimumのような貧多様性イベントの期間に限って外洋で大繁栄した歴史があり、貧多様性海洋植物相の議論において非常に重要なグループである。

Braarudosphaera 属は形態が単純なため、これまで分類基準がきちんと整理されてこなかった。そのため、この長い歴史を持つ生物群の多様性の変遷や、その系統進化と古環境変動との関連は不明な点が多い。

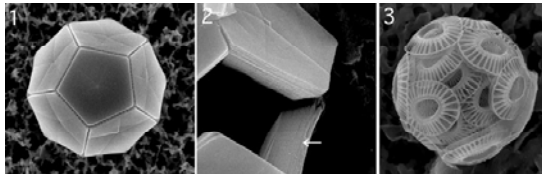


図1) *Braarudosphaera bigelowii*
 図2) *Braarudosphaera bigelowii* のラミナ構造
 図3) *Emiliania huxleyi* (一般的な円石藻の例)

Braarudosphaera 属のペンタリス (円石) はラミナ構造をもっており (図2の矢印)、環状構造をもつ典型的なココリス (円石) (図3) とは、構造が根本的に異なっている。

B. bigelowii (図1) は難培養性であるため、培養での観察が実現しておらず、このラミナ構造がどのように形成されるのかについては明らかになっていない。ラミナ構造を持つ別の系統の化石は、地質時代から他にも報告されているが、*Braarudosphaera* 属のぞいて全て絶滅している。そのため、現生 *B. bigelowii* の石灰化機構の解明は、ラミナ構造を持つ絶滅種の石灰化過程と、それらの系統進化を議論する上でも重要である。

2. 研究の目的

- (1) *Braarudosphaera* 属の形態進化と古海洋環境変動との関係を解明する。
- (2) ラミナ構造の形成過程を調べる

3. 研究の方法

(1) 現生の *Braarudosphaera bigelowii* の形態観察と形態測定と分子系統解析を行い、*B. bigelowii* の遺伝学的多様性と対応する形態的特徴を明らかにする。現生種から得られた結果に基づいて、化石を含めた *Braarudosphaera* 属の分類に有効な形態的特徴を明らかにする。化石 *Braarudosphaera* 属の形態解析を行い、*Braarudosphaera* 属の多様性の変遷を明らかにする。さらに、*Braarudosphaera* 属の多様性と地球環境変動、そして環境変動に由来した絶滅事件の関

係を議論する。

(2) 現生 *B. bigelowii* の培養株の確立を試みる。培養株が無事に確立出来た場合には、培養実験に基づいてラミナ構造の石灰化過程を解明する。培養株が確立できなかった場合には、できるだけ多数の *B. bigelowii* 細胞をサンプリングして透過型電子顕微鏡観察を行い、さまざまな石灰化ステージの現生 *B. bigelowii* の構造から、*B. bigelowii* のココリスの石灰化がどのような過程を経て進行するのかを議論・解明する。さらに、ラミナ構造をもつココリス化石の記録を文献調査し、その系統関係をラミナの発達様式に基づいて議論する。ココリスの透過・走査型電子顕微鏡観察に基づいて、それぞれの種・属のラミナの微細構造の観察を行い、系統関係を議論する。

4. 研究成果

(1) 日本各地の沿岸から採取した現生 *B. bigelowii* 33細胞のSSU rDNA塩基配列の増幅と塩基配列の決定を単細胞PCR法に基づいて試み、そのうち13細胞のSSU rDNA塩基配列の決定に成功した。塩基配列が決定された個体のペンタリスの形態、サイズと分子情報 (塩基配列) との関連を調べた。その結果、① 現生 *B. bigelowii* が少なくとも4つ以上の独立した遺伝子型 (genotype) から構成される複合種であること、② *B. bigelowii* のペンタリスのサイズと遺伝子型の間には密接な関係があること、③ Genotype の分岐順序に従って、*B. bigelowii* のペンタリスのサイズが大型化していること、を明らかにした。

この結果は、*B. bigelowii* の分類において、ペンタリスのサイズが信頼できる分類基準であることを示している。そのため、化石の *Braarudosphaera* 属においても、ペンタリスのサイズが重要な基準となりうる。以上の結果を、Hagino et al (2009) に論文発表した。

北西大西洋のBlake Ridgeから採取されたODP leg 164 深海底コア試料中の *Braarudosphaera* 属化石の形態的多様性とサイズ組成の変遷を調べた。そして、2.73-1.73Maの堆積物中から、未記載の *Braarudosphaera* 属の化石を発見した (図4・5)。

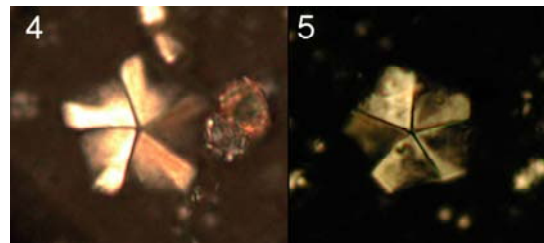
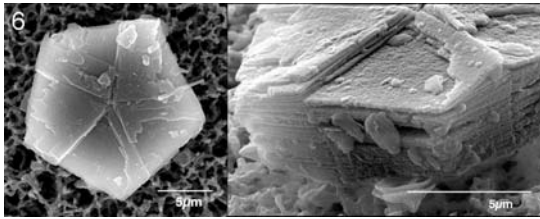


図4) 未記載の *Braarudosphaera* 属化石の distal view (偏光顕微鏡像)。

図5) 未記載の *Braarudosphaera* 属化石の proximal view (偏光顕微鏡像) .

この未記載の *Braarudosphaera* 属の化石の微細構造を、走査型電子顕微鏡下で観察した。その結果、distal surface と proximal surface の両方に3角形の追加のレイヤーを複数作るにより、風車のような外観を形作っていることが明らかになった。この未記載種は、5セットの台形の平坦なレイヤーから平坦な正五角形のペンタリスをつくる *B. bigelowii* とは、レイヤーの構造が根本的に違っている。現在、この未記載種を新種記載するべく論文を執筆中である。



(図6) 未記載の *Braarudosphaera* 化石の相走査型電子顕微鏡像

さらに、1試料あたり50個以上の *B. bigelowii* の化石のサイズ測定ならびに形態分類を行った結果、2.5-1.73Maにかけて、*Braarudosphaera* 属化石のサイズの多様性が広がり、2.73Ma以前や1.73Ma以降にはみつからない大型の *Braarudosphaera* 化石が数多く見つかった(図7)。

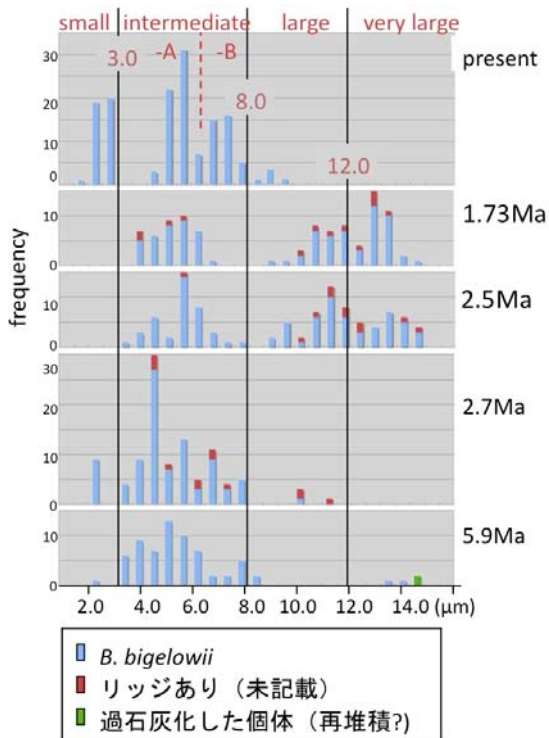


図7) *Braarudosphaera* 属化石のサイズ変化の変遷 (Pleistocene - Pleistocene の測定値の抜粋)

現生種の研究から、*Braarudosphaera* 属のサイズの違いは、種分化と密接な関係があることが既に明らかになっている (Hagino et al. 2009)。そのため 2.73-1.73Ma に限って観察された形態・サイズ両方における多様化は、この期間に *Braarudosphaera* 属が大きく多様化していたことを示している。

3Ma-1.83Ma にかけては、第三紀に特徴的な円石藻の種が数多く絶滅し、かつ、新しい種がまったく出現しなかったため、円石藻の種の多様性は低下傾向にあった。*Braarudosphaera* 属は、K/Pg 絶滅の直後や Oligocene Diversity Minimum のような貧多様性イベントにおいて繁栄してきた歴史がある。第三紀・第四紀境界における円石藻の絶滅過程は、K/Pg 絶滅や Oligocene Diversity Minimum と比べるとはるかに緩やかではあったが、この時期における *Braarudosphaera* 属の多様化は、外洋の円石藻植物相の貧多様化と関連づけられる可能性が高い。

以上の結果成果を公表するために、現在、論文を執筆中である。

(2) 鳥取県東伯郡湯梨浜町と北海道小樽市船浜において現生 *Braarudosphaera* を採集し、培養実験を試みた。残念ながら採集した細胞は生育せず、培養株の確立には至らなかった。

培養実験の代替策として、*B. bigelowii* を含む海水試料 (バルク) から透過型電子顕微鏡観察用の試料を作成して観察を行った。一部の個体の観察は行うことが出来たが、現時点では十分な個体数の観察が出来ていないため、ラミナ構造の石灰化過程はまだ完全には明らかになっていない。今後も研究・観察を続けた上で、新しく得られた結果と併せて、将来的には石灰化過程を論文で公表していきたい。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- ① 萩野恭子, 堀口健雄, 高野義人, 松岡裕美 (2011) サイズ変化を伴った円石藻の種分化 -古生物学的・生物学的手法に基づいた検証-. プランクトン学会報, 査読有, 58号, 73-80.
- ② *Kyoko Hagino, Yoshihito Takano, Takeo Horiguchi (2009) Pseudocryptic speciation in living Braarudosphaera bigelowii. Marine Micropaleontology, 査読有, 72, 210-221.*

- ③ Kyoko Hagino and Denise Kulhanek (2009) Data report: calcareous nanofossils from upper Pliocene and Pleistocene, Expedition 306 Sites U1313 and U13141. *Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program*, 査読有, *Volume 303/306* (CD-ROM)

〔学会発表〕 (計5件)

- ① Kyoko Hagino, Jeremy R. Young, Kazuhiro Kogame, Takeo Horiguchi, Yoshihito Takano, El Mahdi Bendif, Ian Probert, Colomban De Vargas, Hisatake Okada 「New evidence on morphological and genetic variation in the cosmopolitan coccolithophore *Emiliana huxleyi*」 第13回国際ナノプランクトン学会, 2010年9月6日, 山形テラッサ.
- ② 萩野恭子, 高野義人, 堀口健雄, 「円石藻の形態・サイズ進化の解明への地質学的・生物学的アプローチ」, プランクトン学会春期シンポジウム「原生生物の多様性と生態的機能」 2010年3月30日, 東京海洋大学.
- ③ Kyoko Hagino, Yoshihito Takano, Takeo Horiguchi, 「Biological and geological approaches to pseudo-cryptic speciation in a coccolithophore, *Braarudosphaera bigelowii*」 日本学術振興会・日仏二国間交流事業研究集会 “Radiolarian Biology based on Paleooceanography Workshop”, 2009年11月12日, 九州大学
- ④ 萩野恭子, 高野義人, 堀口健雄, 「*Braarudosphaera bigelowii* の多様化とサイズ変化」 古海洋シンポジウム, 2009年1月8日, 東京大学海洋研究所
- ⑤ Kyoko Hagino, Yoshihito Takano, Takeo Horiguchi, 「Pseudocryptic speciation of living *Braarudosphaera bigelowii*」 第12回国際ナノプランクトン学会, 2008年9月8日, リヨン第一大学(フランス).

〔図書〕 (計0件)

〔出願状況〕 (計0件)

〔その他〕 (計1件)

- ① 国立科学博物館・企画展「深海探査と微化石の世界- HMS チャレンジャーから“ちきゅう”まで」(2009年12月12日～2010年2月28日)の小冊子の, ハプト藻の頁(p. 7)を執筆, また同企画展に展示協力を行った.

(1) 研究代表者

萩野 恭子 (HAGINO KYOKO)
岡山大学・地球物質科学研究センター・非常勤研究員
研究者番号: 90374206

(2) 研究分担者 (無し)

(3) 連携研究者 (無し)