

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 9 月 25 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400497

研究課題名(和文) 北海道北部の白亜系から得られた日本最古の珪藻化石群集の研究

研究課題名(英文) Cretaceous diatom assemblage from northern Hokkaido as the oldest fossil record in Japan

研究代表者

山崎 智恵子(嶋田智恵子)(Yamasaki, Chieko)

秋田大学・国際資源学研究科・研究員

研究者番号：60597186

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：珪藻は地球表層の物質循環において、もっとも主要な一次生産者のひとつとして、極めて重要であるため、その進化的適応放散過程への理解は、地史の復元にあたり必要不可欠ともいえる。ところが、化石は一般に古いほど保存が悪く、珪藻化石についても例外ではない。日本列島では特に、古第三紀や白亜紀など古期の珪藻の化石記録は、極めて少なかったが、本研究では、古期のさまざまな時代(中期白亜紀、暁新世、漸新世)の珪藻化石群集を発見し、報告した。

研究成果の概要(英文)：The diatoms are one of the most important primary producers in the today's hydrosphere on the earth. Since the Mesozoic (in effect Cretaceous) diatoms are poorly-preserved (pyritized) and/or dated in lower resolution for a progressive diagenesis, their fossil records are very few, and are distributed with a bias of geography and stratigraphy. We discovered the fossil record of the well-preserved diatoms from the Upper Cretaceous (latest Santonian-earliest Campanian) deposit in northern Hokkaido, Japan. Afterwards, we newly discovered assemblages from the Cenomanian-Turonian, late Paleocene and Oligocene deposits, respectively. In particular, the Cenomanian-Turonian assemblages are in effect the very unique fossil record in the world. These fossil records are promisingly to contribute to a better comprehension of the adaptation and radiation during the early evolutionary stage of the old diatoms.

研究分野：微古生物学

キーワード：珪藻 化石 白亜紀 古第三紀 進化 適応放散

1. 研究開始当初の背景

珪藻は、生態学的に最も成功した一次生産者として、新生代以降の地球表層の物質循環において重要な役割を担ってきた微細藻であるため (Armbrust, 2009), 彼らの進化的適応放散過程を知ることは、地球史を復元する上で極めて重要である。そして中生代は、珪藻の分類群としての創生期にあたるため、この時代の彼らの分類・生物地理について知ることは意義深い。

なお、珪藻の外骨格は殻化石として堆積物中に残るため、新第三紀や第四紀など、新しい地質時代については、珪藻の化石群集を用いた化石層序学的研究や古環境復元などがさかに行われてきた。しかし、古第三紀から古い堆積物の場合は、続成作用のため珪藻殻は溶解してしまい、化石記録を非常に得にくくなる。

このような背景により、中生代の化石記録は新生代のそれに比べて一般に乏しいのが現状である。とりわけ日本列島は、変動帯という化石研究にはいわば不利な立地にあり、地質学的長期間安定した地質条件にあった大陸 (ヨーロッパロシアや海底堆積物) に比べると、分類研究に耐える保存の良い珪藻化石群集の化石記録はほぼ皆無だったが、本研究課題の代表者らが、北海道北部天塩中川地域の白亜紀後期 (サントニアン期最後期 ~ カンパニアン期最初期, 83.6 Ma; Ma は 100 万年前) の炭酸塩岩に、分類研究に耐える保存の良い珪藻化石群集を発見した (嶋田ほか, 2013)。このため、同様の成因が推定される白亜紀の炭酸塩岩を重点的かつ網羅的に分析することを意図し、本研究課題の立案に至った。

2. 研究の目的

本研究においては上述の背景のもと、天塩中川地域のほか、白亜紀の堆積物が厚く分布する北海道を中心に得られた試料の珪藻化石分析を行い、産出報告と分類学的検討を行うことを当初の主目的とした。

3. 研究の方法

珪藻化石は母岩に産出しなくても、随伴する炭酸塩団塊 (ノジュール) には多産することがままある。中川町に分布する上部蝦夷層群 (白亜紀後期; 101 ~ 66 Ma) は、脊椎動物やアンモナイト等の、夥しい量の大型化石を産出し、採取された標本の多くが中川町自然誌博物館に収蔵されている。これら大型化石は炭酸塩団塊中に産出することが多い。本研究では、未剖出の大型化石標本の炭酸塩岩部分を少量譲り受け、珪藻化石の抽出処理を行った。

数グラム程度の炭酸塩岩試料は、5% 蟻酸を加えて炭酸塩を除去し、純水で洗浄したの

ちにカバーガラスに展開・乾燥させ、光硬化剤にてマウントし、永久スライドを作成した。各スライドについて珪藻化石の有無を確認し、珪藻化石が産出するものについては引き続き検鏡を行った。検鏡には光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡を使用した。

4. 研究成果

(1) 中期白亜紀の珪藻化石群集

化石記録が存在する白亜紀以降、珪藻群集はその進化において、少なくとも2回の顕著な形態学上のターンオーバーを経てきたことが推定される。それらは、白亜紀の中頃 (100 Ma 頃?), そして新生代古第三紀漸新世の中頃 (28 Ma 頃) であり、これらの時期を境に珪藻化石群集においては低次分類群 (属・種) の構成が劇的に変化することが知られる (Harwood et al., 2007 など)。白亜紀の珪藻化石群集については、白亜系下部 (主にアプチアン階およびアルビアン階) と白亜系上部 (カンパニアン階およびマーストリヒチアン階) からの産出報告は両半球の高緯度地域を中心に少数存在する。ただし、これらはさまざまにある中期白亜紀とされる既存の化石記録は、殻の保存が悪く黄鉄鉱などに交代していたり、あるいは年代論が曖昧であったりしていた (Harwood et al., 2007)。このため、保存や時間精度の良い化石記録は事実上皆無であり、白亜紀の前期と後期で珪藻化石群集の内容が全く異なるということ以外、詳細はわかっていなかった (詳しくは嶋田ほか, 2014)。

本研究では、上述のように中川町自然誌博物館に収蔵される大量の未剖出 (= 未処理) 標本の一部を使用した。このうち、セノマニアン期およびチューロニアン期を指標する示準アンモナイト化石をそれぞれ産出する炭酸塩団塊試料を検討したところ、うち合計4点 (セノマニアン期2点, チューロニアン期2点) から珪藻化石群集を確認することができた。

セノマニアン期の珪藻化石群集は、円盤状や円筒状の原始的で大型の形態の分類群が優占し、現生属は全く含まれない。白亜紀前期アプチアン期ないしアルビアン期の珪藻化石群集と類似するが、チューロニアン期のそれは、それ以降の代表的群集と優占属が一致した。すなわち本研究は、この時代の、相応に保存の良い珪藻化石群集を世界で初めて確認し、漠然と白亜紀の中頃と予想されていた珪藻群集の大ターンオーバーが、セノマニアン期からチューロニアン期 (94 Ma 頃) に生じたと具体的に特定した。そして、この時期が、例外的な地球規模の温暖化と海洋の異常な無酸素状態が生じた時代であり、珪藻の進化事件がこの古気候学的背景に回答した可能性が高いと予想した。この成果は、次の展開 (課題の申請) につながり、極めて重

要であるといえる。なお、この成果に関しては、国際学術雑誌 *Geology* に投稿し、現在修正中である。

(2) 古第三紀の珪藻化石群集

本研究は、古期の炭酸塩岩を網羅的に分析すれば珪藻化石群集を得る可能性があることから、日本列島では化石記録が白亜紀同様極めて少ない古第三紀についても検討を企図した。

本研究全体の先駆となった嶋田ほか(2013)は、団塊ではなく、数m以上の空間規模を持ったメタン冷湧水性の自生炭酸塩岩を試料とし、保存の良い珪藻化石を抽出することに成功している。折しも、北海道東部の浦幌町厚内川流域の古第三系下部漸新統縫別(ぬいべつ)層(30 Ma ごろ)において、上越教育大学の天野和孝教授らが、同様の成因を持つ炭酸塩岩体を発見し化学合成貝類化石の新種などを報告していた(Amano and Jenkins, 2011)。これを受け、本研究もその後同一現場にて試料を採取し、検討したところ、非常に保存の良い珪藻化石群集を得ることができたため、学会と学術雑誌双方において急遽産出報告を行った(嶋田ほか, 2016)。

前述のように、化石記録にもとづき、珪藻には地質時代に大きく群集組成が変化する事件が少なくとも2回確認されている。白亜紀後期初めから漸新世中頃までの約6000万年間、海洋では起源の古い放射型珪藻や双(多)極型珪藻(いわゆる中心珪藻)が多数を占め、随伴する原始的な羽状無縦溝珪藻と少数の羽状縦溝珪藻がこの時期の群集を構成していたと考えられている(詳しくは嶋田ほか, 2014)。縫別層から得られた珪藻化石群集は、世界各地で報告される同時代の海生珪藻化石群集と同様である。ただし、北海道東部の上部漸新統から得られるも(Saito et al., 1988 など)のとは全く異なっていた。つまり、本研究で得たのは、漸新世中頃にある2回目の珪藻の大ターンオーバーの直前にあたる群集であることがわかった。

さらに天野教授らの協力を得て、同じく浦幌町内に分布する古第三紀暁新世富川層活平泥岩部層由来の炭酸塩団塊試料を複数点、検討した。この炭酸塩団塊からも、縫別層の場合と同様、新種の微小貝類化石が産出し、天野教授らによって記載されている(Amano and Jenkins, 2014 など)。この時代の一連の試料には、珪藻化石あるいはその微小な破片が稀に産出した。研究に耐える珪藻化石群集が産出したのはうち1点に過ぎなかったが、暁新世の珪藻化石群集としては北西太平洋域においては初めての化石記録となり、その意義は非常に大きい。なお、本研究の珪藻化石群集には、大西洋やヨーロッパロシアで記述された、暁新世・始新世境界の急激な温暖化事件「Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM)」に特徴的に産出する珪藻化石種

(Oreshkina and Radionova, 2014)が含まれており、暁新世の珪藻化石の生物地理区やこの事件の空間的拡がりや議論するための重要な情報を提供することになる。また、浦幌町には北西太平洋で唯一、白亜系と古第三系の連続境界が発見されている(Kaiho and Saito, 1986)。現在のところ境界をまたいで珪藻化石が得られたセクションは、南極半島に世界で1カ所あるのみである(Harwood et al., 1988)。このため、浦幌町で白亜系・古第三系境界をまたいで珪藻化石群集を得られた場合、その地史的意義は計り知れず、この点でも浦幌町における古期珪藻化石群集の研究は、今後、劇的に展開し得ると考えている。なお、この浦幌町の暁新世珪藻化石群集についての論文を、まもなく(早ければ2017年6月中)「地質学雑誌」に投稿する予定である。

(3) 成果の総括

本課題の主目的のひとつとして、白亜紀後期から産出した珪藻化石群集の記載があったが、以上のように重要な珪藻化石群集を複数得たのは、ある意味想定外だったため、記載がおろそかになったのは反省点である。本研究の唯一の分類学的成果は、嶋田ほか(2013)で報告した白亜紀後期珪藻化石群集と、ほぼ同層準(カンパニアン期最初期)の別試料(中川町内産)から、世界最古と考えられる羽状縦溝珪藻化石を見出したことである。ただしこれについては、学会発表したのみなので、記載論文を執筆する必要がある。

論文として上梓した、あるいはいつもある成果だけではなく、その他の時代の古期珪藻化石群集に関する新しい知見も得られた。北海道中央部の三笠市に分布する白亜紀前期アルビアン階三笠層や、同市の古第三系始新統幌内層に産出する、メタン冷湧水性炭酸塩岩試料からは、それぞれ珪藻化石群集を確認しており(嶋田ほか, 2017)、鋭意分析中である。なお、前者は無論、日本最古の珪藻化石記録である。また、始新世の珪藻化石記録は本邦で未報告である。このように本研究では、北海道産の炭酸塩岩試料を用いて、白亜紀前期・後期、暁新世・始新世・漸新世の様々な時代から古期の珪藻化石群集を得ることができた。今後も産出層準の空白を埋め、少しでも日本列島の珪藻史1億年の充実を図るべく、網羅的かつ地道に検討したい。また、産出報告に偏らず、記載にも重点をおいて鋭意研究を遂行していきたい。

なお、メタン冷湧水性自生炭酸塩岩から珪藻化石を確認したのは、事実上本研究が世界初となる。こうした特殊な成因を持つ岩石が珪藻にとっていわば「化石鉱床」となることは興味深く、最近上梓した嶋田ほか(2017)では、中川町の白亜紀後期のメタン冷湧水性自生炭酸塩岩(嶋田ほか, 2013)の研磨薄片下の珪藻化石写真を掲載した。今後はこのよう

な岩石における珪藻化石殻の続成過程の研究にも取り組んでみたいと考えている。

最後に、本研究に協力して下さったすべての皆様と日本学術振興会に深く御礼を申し上げます。

<引用文献>

- Amano, K. and Jenkins, R.G., 2011, New fossil *Bathymodiolus* (sensu lato) (Bivalvia: Mytilidae) from Oligocene seep-carbonates in eastern Hokkaido, Japan, with remarks on the evolution of the genus. *The Nautilus*, **125**, 29-35.
- Amano, K. and Jenkins, R.G., 2014, A new Paleocene species of Aporrhaidae (Gastropoda) from eastern Hokkaido, Japan. *Paleontol. Res.*, **18**, 33-39
- Armburst, E.V., 2009, The life of diatoms in the world's oceans. *Nature*, **459**, 185-192.
- Harwood, D.M., 1988. Upper Cretaceous and lower Paleocene diatom and silicoflagellate biostratigraphy of Seymour Island, eastern Antarctic Peninsula. In Feldmann, R.M. and Woodburne, M.O., eds., *Geology and paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula. Geol. Soc. Am., Mem.*, **169**, 55-129.
- Harwood, D.M., Nikolaev, V.A. and Winter, D.M., 2007. Cretaceous records of diatom evolution, radiation, and expansion. In Starratt, S.W., ed., *From pond scum to carbon sink. Geological and environmental applications of the diatoms, Paleontol. Soc. Papers*, **13**, 33-60.
- Kaiho, K. and Saito, T., 1986, Terminal Cretaceous sedimentary sequence recognized in the northernmost Japan based on Planktonic foraminiferal evidence, *Proc. Japan Acad.*, **62**, ser. B., 145-148.
- Oreshkina, T. V. and Radionova, E. P., 2014, Diatom record of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum in marine paleobasins of Central Russia. Transularia and adjacent regions. In Kocielek, J. P., Kulikovskiy, M. S., Witkowski, J. and Harwood, D.M., eds., *Diatom research over time and space. Nova Hed.*, Beih., **143**, 307-336.
- Saito, T., Barron, J.A. and Sakamoto, M., 1988, An early Late Oligocene age indicated by diatoms for a primitive desmostylian mammal *Behemotops* from eastern Hokkaido, Japan. *Proc. Japan Acad.*, **64**, ser. B, 269-273.

嶋田智恵子・疋田吉識・山崎 誠・谷村好洋, 2013, 北海道北部天塩中川地域の上部白亜系から産出した保存の良い珪藻化石. *地質雑*, **119**, 432-436.

嶋田智恵子・齋藤めぐみ・山崎 誠・田中裕一郎・疋田吉識, 2014, 中生代珪藻化石研究の諸相 - 首長竜とともに生きた珪藻たち -. *化石*, **96**, 15-28.

嶋田智恵子・山崎 誠・天野和孝・Robert G. Jenkins・田中裕一郎・疋田吉識・秋葉文雄, 2016, 北海道東部浦幌町の古第三系縫別層から産出する保存の良い珪藻化石. *地質雑*, **122**, 81-85.

嶋田智恵子・山崎 誠・疋田吉識, 2017, 古期珪藻化石の起源としての炭酸塩岩の可能性. *月刊海洋*, **49**, 90-98.

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3件)

嶋田智恵子・齋藤めぐみ・山崎 誠・田中裕一郎・疋田吉識, 2014. 中生代珪藻化石研究の諸相 - 首長竜とともに生きた珪藻たち -. *化石*, **96**, 15-28. 査読あり

嶋田智恵子・山崎 誠・天野和孝・Robert G. Jenkins・田中裕一郎・疋田吉識・秋葉文雄, 2016. 北海道東部浦幌町の古第三系縫別層から産出する保存の良い珪藻化石. *地質学雑誌*, **122**, 81-85. 査読あり

嶋田智恵子・山崎 誠・疋田吉識, 2017. 古期珪藻化石の起源としての炭酸塩岩の可能性. *月刊海洋*, **49**, 90-98. 査読なし

[学会発表](計3件)

嶋田智恵子・齋藤めぐみ・山崎 誠・田中裕一郎・疋田吉識. 北海道天塩中川地域の上部白亜系大曲層から産出した羽状珪藻化石. 日本古生物学会例会. 九州大学(福岡市). 2014/6/27-29.

嶋田智恵子・山崎 誠・天野和孝・Robert G. Jenkins・疋田吉識・田中裕一郎・秋葉文雄. 北海道東部浦幌町の古第三系縫別層から産出する珪藻化石群集. 日本古生物学会例会. 産業技術総合研究所(つくば市). 2015/6/26-28.

嶋田智恵子・齋藤めぐみ・山崎 誠・田中裕一郎・疋田吉識. 北海道北部天塩中川地域から産出する白亜紀中期の珪藻化石群集. 日本古生物学会例会. 早稲田大学(東京都新宿区). 2017/1/27-29.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

山崎(嶋田)智恵子
(YAMASAKI (SHIMADA), Chieko)
秋田大学・大学院国際資源学研究科・研究員
研究者番号：60597186

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者

齋藤めぐみ(SAITO(KATO), Megumi)
国立科学博物館・地学研究部・研究主幹
研究者番号：40455423

山崎 誠(YAMASAKI, Makoto)
秋田大学・大学院国際資源学研究科・准教授
研究者番号：40344650

田中裕一郎(TANAKA, Yuichiro)
産業技術総合研究所・地質情報研究部・研究
部門長
研究者番号：50357456

(4)研究協力者

疋田吉識(HIKIDA, Yoshinori)
中川町自然誌博物館・学芸員