

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20740299

研究課題名(和文)

始新世／漸新世境界における一次生産者交代事変と高次生物との共進化の可能性の解明

研究課題名(英文)

Researches for primary producer exchange event and coevolution with higher organisms

研究代表者：須藤 斎 (Itsuki Suto)

名古屋大学・環境学研究科・助教

研究者番号：80432227

研究成果の概要(和文)：これまで Eocene/Oligocene (E/O) Boundary 以後において海生珪藻類が急増した結果、ヒゲクジラなどの大型海生哺乳類の進化が促されたという事実のみが知られていたが、どのような原因でこれが起きたかは未解明であった。また、どのような珪藻が主に急増したのかを示すような研究は行われてこなかった。そこで、本研究では、海洋一次生産の25%を担い、沿岸湧昇流域に多産するがこれまでほとんど研究がなされてこなかった海生珪藻 *Chaetoceros* 属の休眠孢子化石を、過去4000万年間の北部・赤道太平洋、赤道大西洋、北極域の堆積物サンプルを用いて分析した結果、以下のような湧昇流変遷史と陸上環境変遷にも関連した海洋生物進化の原因を明らかにした。1) E/O Boundary において極域の寒冷化が進み、当時の沿岸湧昇の季節性が崩れた結果、*Chaetoceros* 属が多様化・急増化した。さらに、現在のヒゲクジラ類の餌となるカイアシ類の一部は本属をはじめとする珪藻類を捕食・増殖することから、本属の急増により動物プランクトンが増加し、その結果ヒゲクジラ類をはじめとする大型海生哺乳類の多様化が進んだ。2) 約850万年前に、北太平洋広域において、本属の休眠孢子化石が同時に急増した。これらは、海洋水循環の変動により太平洋域の沿岸湧昇が発達し、富栄養化したことを示唆している。この時代には、アジア域の乾燥化やヒマラヤ山脈の上昇などによる鉄・シリカなどの栄養素が大量に運搬された事実と呼応しており、それに合わせるように、昆布・ウニ・魚類・ハクジラ類などが増加・多様化した。これらの結果から、約4000万年以降に、沿岸湧昇域の性質が大きく変化し、それに伴って *Chaetoceros* 属や他の珪藻類、藻類が急増・多様化し、これらを餌とする小型・大型捕食者の進化が促された可能性が大きいことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：This study has mentioned that eutrophication played a part in the enhancement of several evolutions. We have clarified that there were two distinct events, CEE across the Eocene/Oligocene boundary and GCOE in 8.5 Ma. These events presented the new indicator marine diatom genus *Chaetoceros*, a resting spore, to reconstruct past upwelling through the use of several DSDP, ODP, IODP and on-land samples during the past 40 million years. CEE characterized by resting spore diversification occurred from the upwelling activation after change of thermohaline circulation; followed by global cooling in early Oligocene. GCOE characterized by relatively higher occurrence rose out of iron input and the aridification in 8.5 Ma. As the result of an increase in diatoms, including *Chaetoceros*, marine organisms radiated over short evolutionary periods.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：古生物・古環境学

科研費の分科・細目：層位・古生物学

キーワード：ナンノプランクトン、一次生産者、古環境変動、始新世、海洋構造、漸新世、珪藻休眠胞子、進化

1. 研究開始当初の背景

珪藻をはじめとする海洋一次生産者は地球温暖化などの環境変化に大きな影響を与えてきた。これまでの申請者の研究により、ノルウェー海から得られたボーリングコア DSDP Site 338 サンプル中の E/O 境界付近で、珪藻 *Chaetoceros* 属の多様性と産出頻度が激増する *Chaetoceros* 爆発イベント(以下 CEE) が起きたことが解明され(研究業績 5 参照)、沿岸域の主要な一次生産者がこの時期に渦鞭毛藻類などから *Chaetoceros* 属を主体とする珪藻類に急激に交代した可能性(一次生産者交代事変)が示唆された。

その後、申請者が参加した IODP(統合国際深海掘削計画)の北極掘削航海(ACEX)で得られたサンプルの解析により、E/O 境界において *Chaetoceros* 属以外の珪藻休眠胞子群集や、当時の主要一次生産者であった渦鞭毛藻類の大絶滅、さらにその後の珪藻類の大増殖が明らかとなり、E/O 境界において、海洋一次生産者の構成が大きく変化していったことがわかってきた。

また、この時代の他の生物に注目すると、陸上にいたクジラ類の祖先が海へと生息範囲を広げ、珪藻を餌とするカイアシ類をこしとって捕食するヒゲクジラに進化している。これは珪藻類がこの時代に爆発的に増加した結果、珪藻を捕食するカイアシ類などの動物プランクトンが増加し、さらにこれらを餌とするヒゲクジラ類が進化していったという一次生産者から高次捕食者までの生物圏全体の共進化が起きたためである可能性が考えられる。

2. 研究の目的

しかし、珪藻 *Chaetoceros* 属化石の研究者が申請者以外にいないこともあり、同じ時代に他の地域で CEE が起きていたのか? どのような変遷をたどってきたのか? といったことは解明されていない。しかし申請者の研究により、少なくとも北大西洋と赤道大西洋沿岸域で CEE が起きていたことが明らかになってきた。現在、これらの地域は海底から豊富な栄養塩が湧昇し、それに伴って珪藻類が爆発的に増え、さらに珪藻を餌とするカイアシ類を食べるクジラ類が繁殖する湧昇流域として知られている。また、珪藻は光合成により大量の CO₂ を吸収するため、地球環境変動

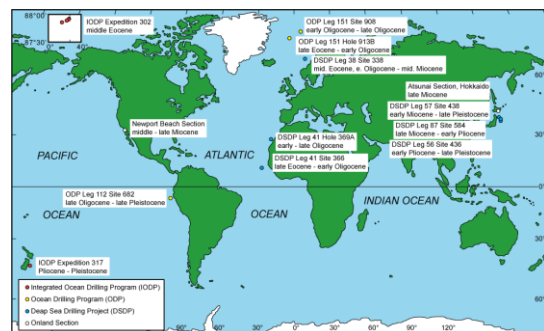
という観点からも重要な地域でもある。つまり、これら湧昇流域は珪藻とクジラ類の共進化と古環境変動を研究する上で最適の地域であるといえる。

湧昇流域は上記の海域のほかにペルー沖や南極海、アフリカ大陸北西部沖などがあり、同様にクジラの繁殖地である。そのため、本研究では、上記の CEE が見いだされた地域(DSDP 338)に近いノルウェー海で詳細な比較を行うために、ODP 908A と 913B の分析を行う。さらに、赤道周辺との比較を行うために、アフリカ大陸北西部の DSDP 366 と 369A を対象とした。

さらに同様に、約 850 万年前の北太平洋域でも休眠胞子化石群集の産出が急増するイベントが知られ、これも他の生物の進化に大きな影響を与えたと考えられる。そこで、これまで申請者が分析を進めてきたコアサンプル以外の地域から得られたサンプルを用いて、より広域にこのイベントが起きていたことを証明し、その原因を考察することも目的とした。

3. 研究の方法

本研究では研究ターゲット年代である E/O 境界か約 850 万年前の堆積物を含むノルウェー海(DSDP Site 338, ODP Hole 908A&913B)、東赤道大西洋(DSDP Site 366&369A)、ペルー沖(ODP Site 682)、ベーリング海(IODP Exp. 323)、西部北太平洋(DSDP Site 436, 438, 584 と北海道地域の陸上セクション)、東部北太平洋(陸上セクション)などから得られた、珪藻化石を豊富に含有するコア・陸上堆積物サンプルを高時間分解能で分析することによって、「一次生産者交代事変」の正確な年代と各タクサ間との対応関係を明らかにする(下図)。



そして、これを基にこの事変の詳細な変遷過程を解明し、その原因を考察し、他の生物

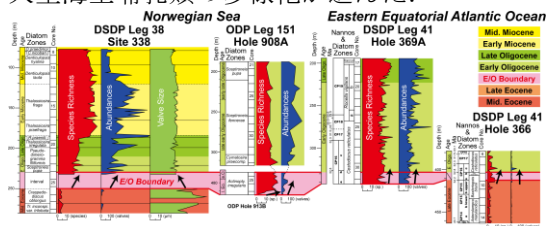
相にどのような影響を与えていったのかを明らかにしていく。

4. 研究成果

本研究において、これまで明らかになっていなかった広域での2つのイベントの存在が明らかにされ、さらにそれらの原因の考察が以下のように行われた。

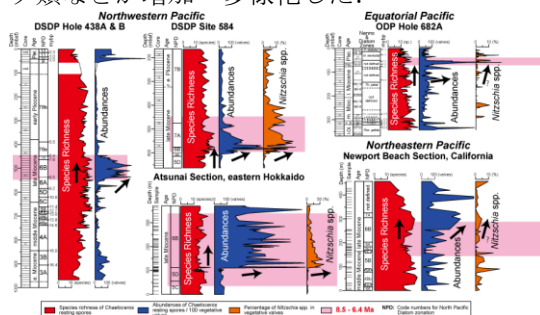
1) *Chaetoceros* Explosion Event; COE

E/O Boundary において南極や北極域において寒冷化が進み、当時の海洋熱塩循環が変化し、沿岸湧昇が季節的に起きていたのが、季節性が崩れ間欠的に発生する地域が増加し *Chaetoceros* 属が多様化・急増化したことが明らかとなった。さらに、現在のヒゲクジラ類の餌となるカイアシ類の一部は *Chaetoceros* 属をはじめとする珪藻類を捕食・増殖することから、この時代に湧昇域が発達し、*Chaetoceros* 属が急増したことによりカイアシ類などの動物プランクトンが増加し、その結果ヒゲクジラ類をはじめとする大型海生哺乳類の多様化が進んだ。

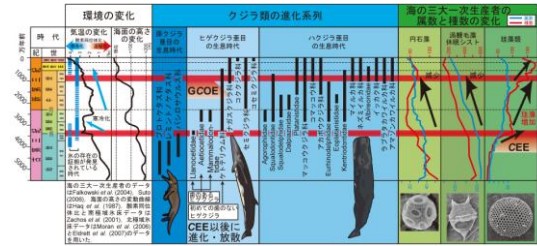


2) Global *Chaetoceros* mass-Occurrence Event; GCOE

約 850 万年前に、北太平洋広域において、休眠孢子化石が同時に急増していることが明らかになった。これらは、南極・北極域の寒冷化による海洋水循環の変動により太平洋域の沿岸湧昇が発達し、沿岸域の栄養環境が相対的に富栄養化したことを示唆している。この時代には、アジア域の乾燥化やヒマラヤ山脈の上昇などによる珪藻の分裂に必要な栄養素である鉄・シリカなどの栄養素がダスト Aerosol や、河川流出により大量に運搬された事実と呼応している。また、それに合わせるように、昆布・ウニ・魚類・ハクジラ類などが増加・多様化した。



これらの結果から、約 4000 万年以降の海洋熱塩循環の変動によって、沿岸湧昇域の性質が大きく変化（季節的湧昇から間欠的湧昇域の増加）したことにより沿岸域が富栄養化し、それに伴って海洋塩を栄養とする *Chaetoceros* 属や他の珪藻類、コンブなどの藻類が急増・多様化し、これらの植物を餌とする動物プランクトンのカイアシ類や他の小型捕食者、ヒゲクジラなどの生態系の頂点に立つ大型捕食者の進化も促された可能性が大きいことが明らかとなった。



これまで生物の進化は大量絶滅などでこれまで繁栄していた生物がいなくなるにより、ニッチェが空き、それを埋める形で他の生物が進化・放散していったと考えられてきたが、栄養の急増というイベントによっても生物が大きく進化を遂げるという事実が明らかとなった。

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 6 件)

- ① Suto, I., Jordan, R.W. & Watanabe, M. (2008). Taxonomy of the fossil marine diatom resting spore genus *Goniothecium* Ehrenberg and its allied species. *Diatom Research*, **23**(2), 445-469. (査読有)
- ② Katsuki, K., Takahashi, K., Onodera, J., Jordan, R.W. & Suto, I. (2009). Living diatoms from the North Pole and the vicinity in the central Arctic Ocean, summer 2004. *Micropaleontology*, **55**, 137-170. (査読有)
- ③ Suto, I., Jordan, R.W. & Watanabe, M. (2009). Taxonomy of middle Eocene diatom resting spores and their allied taxa from IODP sites in the central Arctic Ocean (the Lomonosov Ridge). *Micropaleontology*, **55**, 259-312. (査読有)
- ④ Suto, I., Watanabe, M. & Jordan, R.W. (印刷中). Taxonomy of the fossil marine diatom resting spore genus *Odontotropis* Grunow. *Diatom Research*. (査読有)

- ⑤ Expedition 317 Scientists. (2010). Canterbury Basin Sea Level: Global and local controls on continental margin stratigraphy. *IODP Preliminary Report, 317*. (査読無)
- ⑥ Suto, I., Kawamura, K. & Chiyonobu, S., (投稿中). Paleoceanography and taxonomic notes based on Pliocene and Pleistocene diatom floras from the Canterbury Basin (IODP Expedition 317), off New Zealand. *Proc. IODP, 317*: Washington, DC (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.). (査読有)

[学会発表] (計 13 件)

- ① 須藤 斎 (2008年5月). DSDP Leg 41 Holes 366 & 369A における珪藻休眠胞子化石について. 日本珪藻学会第 29 回大会. 国立科学博物館.
- ② 須藤 斎・田中裕一郎 (2008年7月). DSDP Leg 41 Holes 366 & 369A(北西アフリカ沿岸)から産出した始新世/漸新世境界付近における海生珪藻休眠胞子化石層序. 日本古生物学会2008年年会・総会. 仙台.
- ③ Suto, I. (2008年9月). Paleoenvironmental changes affected on the diversity explosion and extinction events of the fossil *Chaetoceros* resting spore assemblage across the E/O boundary. 20th International Diatom Symposium. Dubrovnik, Croatia.
- ④ 須藤 斎 (2009年1月). 海生珪藻 *Chaetoceros* 属休眠胞子の形態学的研究における問題点. 日本古生物学会第158回例会. 琉球大学.
- ⑤ 須藤 斎・萩本伸太・佐藤晋也 (2009年3月). 北太平洋後期中新世における珪藻 *Chaetoceros* 属休眠胞子の急増イベントはなぜ起こったのか? MRC 研究発表会. 国立科学博物館新宿分館.
- ⑥ 須藤 斎・萩本伸太 (2009年5月). 中新世後期に起きた北太平洋珪藻キートケロス属休眠胞子急増イベント. 日本珪藻学会第30回大会. 兵庫県立人と自然の博物館.
- ⑦ 須藤 斎・萩本伸太 (2009年9月). 北海道の後期中新統における珪藻 *Chaetoceros* 属休眠胞子急増イベント. 日本地質学会第116年学術大会. 岡山理科大学.
- ⑧ 須藤 斎 (2010年9月). 始新世/漸新世境界に起きた海生珪藻キートケロス属の多様化 - ノルウェー沖DSDP Site 338 とODP Holes 908 & 913B データの統合から -. 日

本地質学会第117年学術大会. 富山大学.

- ⑨ 須藤 斎 (2011年2月). 地球と生物の共進化のダイナミクス. 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「地球生命科学の夢ロードマップ - 古環境研究から未来環境を予測する -. 東大大気海洋研.
- ⑩ 須藤 斎 (2011年1月). 珪藻は, 0.1ミリのタイムマシン. 日本古生物学会160回例会普及講演. 知られざる微化石の魅力: 微小生物の化石から太古の記録を繙く. 高知大学.
- ⑪ 須藤 斎・河邑圭太・千代延 俊 (2011年3月). ニュージーランド沖カンタベリー海盆 (IODP Exp. 317) から産出した鮮新世 - 更新世珪藻化石群集と古環境. MRC研究発表会. 仙台.
- ⑫ Suto, I. (2011年3月). Changes of upwelling system across the Eocene/Oligocene boundary in Norwegian Sea estimated by diatom resting spore analysis. Cretaceous-Paleogene palaeoenvironments, tectonics and biostratigraphy of the Arctic and subarctic, *A workshop to discuss recent advances and future direction*. Tromsø University, Norway.
- ⑬ Suto, I. (2011年3月). Middle Eocene diatom resting spores from the central Arctic Basin. The 4th Joint Meeting of the Silicofossil and Palynology groups of *The Micropalaeontological Society* (TMS). Tromsø University, Norway.

[図書] (計 3 件)

- ① 須藤 斎 (2008). 0.1 ミリのタイムマシン 地球の過去と未来が化石から見えてくる. くもん出版発行. くもんジュニアサイエンス. ISBN978-4-7743-1436-5
- ② 澤井祐紀・谷村好洋・加藤めぐみ・須藤 斎・南雲 保 (2009). 第四紀の生物群: 珪藻. デジタルブック最新第四紀学, 日本第四紀学会50周年電子出版編集委員会編, CD-ROM および概説集 30p.
- ③ 日本古生物学会(編) (2010). 古生物学事典第2版. 朝倉書店. 584 pp. 分担執筆.

[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：

名古屋大学・環境学研究科・助教
研究者番号：80432227

○取得状況（計0件）

(2)研究分担者
なし ()
研究者番号：

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

(3)連携研究者
なし ()
研究者番号：

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.geocities.jp/restingspace2/>

機関雑誌掲載

- ① 須藤 斎 (2010). 地球も生き物もつながっている. INAX ライブミュージアム NEWS LETTER 特集「地球と生命を考える時間」, vol. 16, 1-4.
- ② 須藤 斎・秋葉文雄・河邑圭太 (2010). J-DESC コアスクール第四回微化石コース／第7回微化石サマースクール（珪藻）テキスト. 須藤 斎 (編). 微化石サマースクール実行委員会 (発行). 138pp.
- ③ 須藤 斎 (2010-2011). 微化石の夢 - 地球の環境を探る (全5回). ふいーるでいんぐ, nos. 112-116. NEC フィールディング株式会社発行.

報道関連

- ① 中日新聞朝刊 (2008年7月15日付)「學生之新聞」コーナー.
- ② 産経新聞朝刊 (2009年5月5日付) 第56回産経児童出版文化賞 受賞の紹介.
- ③ 産経新聞朝刊 (2009年6月5日付) 第56回産経児童出版文化賞 贈賞式.
- ④ 読売新聞朝刊 (2009年9月26日付)「0.1ミリのタイムマシン」が紹介.
- ⑤ 朝日新聞朝刊別刷り (2010年10月30日付) be on Saturday の「今さら聞けない+」コーナーに藻類の話題を掲載.
- ⑥ 朝日新聞朝刊 (2010年11月30日付)「探究人」のコーナーに「海底の微化石から進化解く」掲載.

6. 研究組織

(1)研究代表者

須藤 斎 (ITSUKI SUTO)