

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 20日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22403015

研究課題名（和文）白亜紀中期に生じた「メガ・モンスーン事件」の検証

研究課題名（英文）Verification of the mid-Cretaceous “Mega-monsoon Event”

研究代表者

西 弘嗣（NISHI HIROSHI）

東北大学・学術資源研究公開センター・教授

研究者番号：20192685

研究成果の概要（和文）：白亜紀中期の Albian 期最初期（1 億 1300 万年前）には、テチス海～大西洋において広く無酸素水塊が発達し、海洋生物の絶滅が起こった。このイベントの発生メカニズムを明らかにするため、フランス南東部に露出するこの絶滅イベントの地層に対して、微化石の群集解析、堆積物の有機・無機化学分析および粘土鉱物分析を行った。その結果、このイベントは、温暖化に伴い、陸域が湿潤化し、大量の栄養塩が陸から海に流れ込んだため、海洋表層が富栄養化し、無酸素水塊が発達したことが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Expansion of anoxic environments and extinction of marine biota occurred in the Tethys Sea and the Atlantic Ocean during the earliest Albian period, mid-Cretaceous (113 million years ago). In order to understand the trigger and mechanism of this event, we analyzed microfossil assemblages, organic and inorganic geochemistry and clay mineralogy of the black shale which were deposited during this event. Our analyses demonstrate that the expansions of anoxic environment were triggered by increased continental run-off which was caused by extremely humid climate in response to the mid-Cretaceous global warming. Increased run-off may have caused surface ocean eutrophication and elevation of primary productivity, and resulted in expansion of anoxia.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	5,500,000	1,650,000	7,150,000
2011年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2012年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	12,600,000	3,780,000	16,380,000

研究分野：微古生物学

科研費の分科・細目：層位・古生物学

キーワード：モンスーン・温暖化・白亜紀

1. 研究開始当初の背景

白亜紀は、地球温暖化が著しく進行した時代で、その時代の環境を明らかにすることは将来の温暖化予測にも重要である。白亜紀の温暖化がピークに達したのが1億2000万～9000万年前の期間であるが、このうち、1億

1300万年～1億1000万年前にはOAE1bとよばれる海洋無酸素事変が生じている。OAE1bでは、海洋生物の絶滅を伴っており、酸素同位体比の研究から、温暖化と同時に発生したことが明らかになっているが、その詳細は不明である。我々のOAE1bに関する先行研究に

より、この時期には温暖化の進行によって、最初に海洋の循環が弱くなり、「循環停止型の海洋無酸素事変」が生じ、その後さらに温暖化が加速されると、降水量が多くなり、大洪水事件が頻繁に生じたことが明らかになってきた。われわれはこの事件を「メガ・モンスーン事件」と名付けている。

2. 研究の目的

1億1300万年～1億1000万年前のOAE1bの期間中に頻繁に発生した無酸素水塊の拡大は、メガ・モンスーン事件によって引き起こされた可能性が考えられる。メガ・モンスーン事件は「生物生産起因型の海洋無酸素事変」を引き起こし、有機物が大量に埋没することによって二酸化炭素が吸収され、温暖化を終息させた可能性が高い。本研究の目的はこの仮説を証明することにある。

3. 研究の方法

(1) 試料の採集・整形

OAE1bによって堆積した地層（黒色頁岩）が最もよく露出するフランス南東部プロバンス地方において試料の採集を行った。水深別の古環境変動を明らかにするため、当時の浅海域であったLe Couletセクションと深海域であったMoriezセクションにおいて野外調査を実施し、両セクションにおいてエンジンカッターを用いて黒色頁岩（OAE1b層準）約2mの区間の切り出しを実施した（図1）。切り出した試料を低粘性エポキシ樹脂E205と歯科用石膏で固め、表面研磨を実施し、葉理や生物擾乱などの堆積構造の観察・記載を行った。また、岩石カッターを用いて試料を1cm間隔で細分し、微化石・同位体・化学組成分析用に切り分けた。

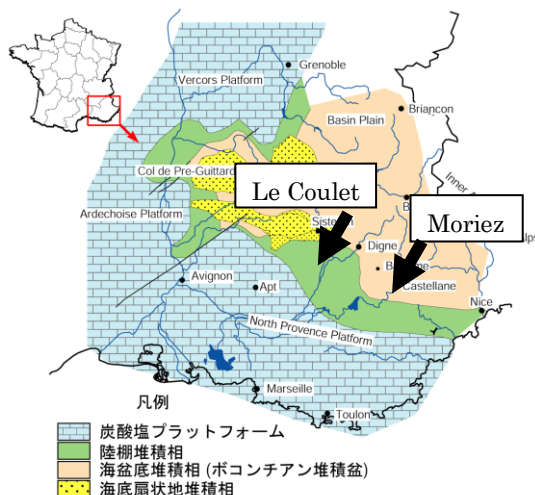


図1:調査位置図（南東フランス）

(2) 試料の分析

1cm毎に切り分けた試料400個（Moriezセ

クション200個、Le Couletセクション200個）について、以下の分析を実施した。また、アンモナイト化石の数については、試料採集の際に、黒色頁岩層の単位面積当たりの個体数を計測した。

① 微化石・堆積物粒子分析

黒色頁岩試料5gを1%の過酸化水素水に浸潤し、洗浄した後、テトラフェニルホウ酸ナトリウム溶液を用いて、溶解させ、開口径36μmのふるいを用いて洗浄した。ふるいに残った残渣を乾燥させ、実体顕微鏡下で浮遊性有孔虫、放散虫、底生有孔虫化石の拾い出しを行うとともに、それらの数量を定量した。また、その他の粒子（植物片、石英、長石、雲母・パイライト・グロコナイト）については、単位重量あたりの個体数を、実体顕微鏡を用いて計測した。なお、グロコナイトについては、その粒径も計測した。

② 化学組成・炭素同位体比分析

切り分けた試料（各5g）をメノウ乳鉢で粉末化した後、炭酸塩の炭素同位体比を東北大学設置の質量分析計を用いて測定した。また、全岩の有機炭素および硫黄の含有量については元素分析計を用いて測定した。

③ 粘土鉱物分析

切り分け、粉末化した試料（5g）を水で溶解させ、沈殿法によって、粘土成分を分離した。分離した粘土を東北大学設置の蛍光X線回折装置を用いて分析し、粘土鉱物の組成およびイライト・スメクタイトの結晶化度を測定した。

4. 研究成果

本研究によって切り出された地層の堆積相の観察結果によると、両地域のOAE1bの黒色頁岩は葉理の発達する部分と、生物擾乱が発達し、塊状になる部分を大まかに8回繰り返していることが明らかになった。葉理の発達する部分では有機炭素含有量が増加しており、塊状の部分では有機炭素含有量は低い。また、浅海セクション（Le Coulet）では、塊状部分でグロコナイトの含有量・粒径が増加することが明らかになった。炭素同位体比に基づく地層の年代対比の結果、浅海セクションと深海セクションに見られた葉理の発達期間は同時であることが認められた。

微化石、堆積物の粒子および化学分析の結果に基づくと、両セクションの黒色頁岩では、浮遊性有孔虫・放散虫化石などの動物プランクトン、アンモナイト、石英・植物片などの陸源碎屑粒子の数は、葉理構造の発達や有機炭素量の増加と比例して増加することが明らかになった（図2）。一方、底生有孔虫化石の数は、葉理構造や有機炭素量の増加とともに減少している。粘土鉱物分析の結果による

と、葉理構造の発達および有機炭素量の増加する区間においてイライトの結晶化度が増加し、より湿潤な気候が陸域で発生したことが示唆された。これらの結果より、OAE1bの発生時期には温暖化により、海洋循環が停滞したが、OAE1b 期間中でも特に 8 回の温暖化の顕著な時期があったことが明らかになった。これらの時期には、陸域で極度の湿潤気候が発生したために（メガ・モンスーンイベント）、大量の栄養塩が海洋表層に供給され、その結果一次生産が増加した。一次生産の増加は、動物プランクトンやアンモナイトなどの生物の増加を引き起こしたが、海洋底層では大量の有機物の分解に酸素が消費しつくされ、無酸素水塊が発達したことが明らかになった。一方、黒色頁岩の中でも葉理が不明瞭になり、生物擾乱の発達する区間では、酸素状態が回復し、浅海域では、陸からの堆積物の供給が減少したために、堆積速度が低下して、グロコナイトが堆積したと考えられる。このように、OAE1b は陸域のメガ・モンスーンの発生に起因して無酸素水塊が発達し、合計 8 回のメガ・モンスーン事件があったことが明らかになった。

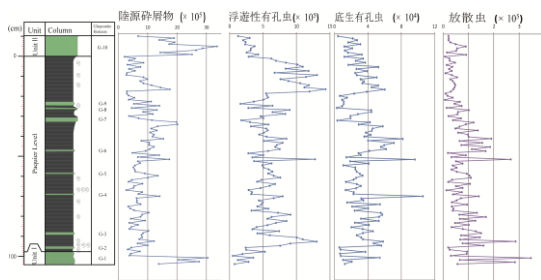


図 2: OAE1b 層の高精度解析結果

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 11 件)

- 1) Dick, M. H., Komatsu, T., Takashima, R., Ostrovsky, A. N., 2013. A mid-Cretaceous (Albian–Cenomanian) shell-rubble bryozoan fauna from the Goshoura Group, Kyushu, Japan. *Journal of Systematic Palaeontology*. <http://dx.doi.org/10.1080/14772019.2013.765926>. 査読有.
- 2) Paliike, H., Lyle, M.W., Nishi, H., Raffi, I. et al., 2012. A Cenozoic record of the equatorial Pacific carbonate compensation depth. *Nature*, 488, doi: 10.1038/nature11360. 査読有.
- 3) Kamikuri, S., Moore, T. C., Ogane, K., Suzuki, N., Paliike, H., Nishi, H., 2012 Early Eocene to early Miocene radiolarian biostratigraphy for the low-latitude Pacific Ocean. *Stratigraphy*, vol. 9, 77-108. 査読有.
- 4) 小城祐樹・小松俊文・岩本忠剛・高嶋礼詩・高橋修・西 弘嗣, 2011. 天草上島東部に分布する上部白亜系姫浦層群の層序と詳細な地質年代. *地質学雑誌*, 117巻, p. 398–416. 査読有.
- 5) 林 圭一・西 弘嗣・高嶋礼詩・友杉貴茂・川辺文久, 2011. 北海道中央南部に露出する上部白亜系の地質と有孔虫層序. *地質学雑誌* 117 巻, p. 14-34. 査読有.
- 6) Kuroyanagi, A., Kawahata, H., Nishi, H., 2011. Seasonal variation in the oxygen isotopic composition of different-sized planktonic foraminifer *Neogloboquadrina pachyderma* (sin.) in the northwestern North Pacific, and implications for reconstruction of the paleo-environment. *Paleoceanography*, vol. 26, PA4215, doi:10.1029/2011PA002153. 査読有.
- 7) Quidelleur, X., Paquette, J. L., Fiet, N., Takashima, R., Tiepolo, M., Desmares, D., Nishi, H., Grosheny, D., 2011. New U-Pb (ID-TIMS and LA-ICPMS) and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological constraints of the Cretaceous geologic time scale calibration from Hokkaido (Japan). *Chemical Geology*, vol. 286, 72-83. 査読有. doi:10.1016/j.chemgeo.2011.03.009
- 8) Takashima, R., Nishi, H., Yamanaka, T., Tomosugi, T., Fernando, A. G., Tanabe, K., Moriya, K., Kawabe, F., Hayashi, K., 2011. Prevailing oxic environments in the Pacific Ocean during the mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event 2. *Nature Communications*, 2-234 doi: 10.1038/ncomms1233. 査読有.
- 9) Fernando, A. G. S., Nishi, H., Tanabe, K., Moriya, K., Iba, Y., Kodama, K., Murphy, M. A. and Okada, H., 2011. Calcareous nannofossil biostratigraphic study of forearc basin sediments: 1 the Lower to Upper Cretaceous Budden Canyon Formation (Great Valley Group), northern California, USA. *Island Arc*, vol. 20(3), 346-370. 査読有.
- 10) Domitsu, H., Uchida, J., Ogane, K., Dobuchi, N., Sato, T., Ikehara, M., Nishi, H., Hasegawa, S., Oda M., 2011. Stratigraphic relationships between the last occurrence of *Neogloboquadrina inglei* and marine isotope stages in the northwest Pacific, D/V Chikyu Expedition 902, Hole C9001C. *Newsletters on Stratigraphy*, vol. 128(5), 698-702. 査読有.
- 11) Takashima, R., Nishi, H., Yamanaka, T., Hayashi, K., Waseda, A., Obuse, A., Tomosugi, T., Deguchi, N., Mochizuki, S., 2010. High-resolution terrestrial carbon isotope and planktic foraminiferal records of the Upper Cenomanian to the Lower Campanian in the Northwest Pacific. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 289, p. 570-582. 査読有.
- 12) Fernando, A. G., Takashima, R., Nishi, H.,

Giraud, F., Okada, H., 2010. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Thomet Level (OAE 2) in the Lambruisse section, Vocontian Basin, southeast France. *Geobios*, vol. 43, p. 45-57. 査読有.

[学会発表] (計 22 件)

- 1) 松井浩紀・西弘嗣・高嶋礼詩. 赤道太平洋域における中新世から後期更新世までの浮遊性有孔虫化石群集 (IODP Exp. 320/321). 日本古生物学会, 2013 年 01 月 26 日. 横浜.
- 2) Takashima, R., Nishi, H., Yamanaka, T., Iryu, T., Takayanagi, H., Quidelleur, X., Latil, J-L., Hayashi, H., Koyasu, H., Ogawa, S. Integrated stratigraphic correlation of the Upper Albian-Lower Cenomanian successions between Japan and France. G-COE symposium 2012 "Achievements of G-COE Program for Earth and Planetary Dynamics and future perspective", September 27th, Sendai.
- 3) Hayashi, K., Nishi, H., Takashima, R., Early Paleogene dinocyst stratigraphy and paleoenvironment in the Northwest Pacific region. G-COE symposium 2012 "Achievements of G-COE Program for Earth and Planetary Dynamics and future perspective", September 27th, Sendai.
- 4) Matsuzaki, K. M., Nishi, H., Cortese, J. G. and Suzuki, N., Middle to Late Pleistocene Paleooceanography of the Northwestern Japanese margin based on radiolarians fauna. G-COE symposium 2012 "Achievements of G-COE Program for Earth and Planetary Dynamics and future perspective", 2012, September 27th, Sendai.
- 5) Koyasu, H., Suzuki, N., Takashima, R. and Nishi, H., Late Cretaceous radiolarian stratigraphy and faunal changes in the Northwest Pacific. G-COE symposium 2012 "Achievements of G-COE Program for Earth and Planetary Dynamics and future perspective", 2012, September 27th, Sendai.
- 6) 松井浩紀・西弘嗣・高嶋礼詩, 赤道太平洋域における中新世から後期更新世までの浮遊性有孔虫化石群集 (IODP Exp. 320/321) MRC 研究集会, 2012 年 11 月 17 日. つくば.
- 7) 林圭一・西弘嗣・高嶋礼詩. 古第三系・根室層群における渦鞭毛藻シスト化石層序と古一次生産史. 日本地質学会第 119 年学術大会, 2012 年 09 月 15 日, 大阪.
- 8) 高嶋礼詩・西弘嗣・山中寿朗・井龍康文・林圭一・小安浩理・小川草平. 日本とフランスにおける白亜系 Albian/Cenomanian 境界の対比. 日本地質学会第 119 年学術大会, 2012 年 09 月 16 日. 大阪.
- 9) 林圭一・西弘嗣・高嶋礼詩. 北西太平洋域における古第三紀初期の一次生産の変化. 日本古生物学会 2012 年年会. 2012 年 06 月 30 日, 名古屋.
- 10) Matsuzaki, K. M., Suzuki, N., Nishi, H., Kawate, Y., Sakai, T., *Cycladophora davisiana* as a Quaternary Stratigraphic and Paleooceanographic tools in the Northwestern Pacific. Japan Paleontological Society. June 30th, 2012. Nagoya.
- 11) 安藤 卓人・沢田 健・西弘嗣・高嶋 礼詩. ステロイドバイオマーカーを用いた中期白亜紀海洋無酸素事変時の渦鞭毛藻生産の復元. 日本古生物学会 2012 年年会, 2012 年 06 月 30 日. 名古屋.
- 12) Matsuzaki, K. M., Suzuki, N., Nishi, H., Polycystine radiolarian fauna and paleooceanographical change in the Shimokita Peninsula through the last 750 ky. Japan Geophysical Union 2012, 2012, May 24th, Makuhari (Tokyo), Japan.
- 13) Koyasu, H., Suzuki, N., Takashima, R. and Nishi, H., Radiolarian faunal changes across the Late Cretaceous in the North Pacific. 13th Conference on Fossil and Recent Radiolarians, 2012 年 3 月 29 日, Cadiz, Spain.
- 14) 望月 直・中村昌彦・西弘嗣・川谷哲也・植田剛史. 水中滑空する長頸竜類の静安定性. 第 28 回エアロ・アクアバイオメカニズム学会定例講演会, 2012 年 3 月 23 日. 東京.
- 15) 小形顕・西弘嗣・高嶋礼詩. 赤道太平洋域における後期始新世から前期中新世の浮遊性有孔虫化石群集 (IODP Exp. 320/321), MRC 研究集会, 2012 年 3 月 4 日. 仙台.
- 16) 松井浩紀・西弘嗣・高嶋礼詩. 赤道太平洋域における中新世から後期更新世までの浮遊性有孔虫化石群集 (IODP Exp. 320/321). MRC 研究集会, 2012 年 3 月 4 日. 仙台.
- 17) 黒柳あずみ・川幡穂高・西弘嗣. 古環境復元における浮遊性有孔虫 N. pachyderma (sin.) の酸素同位体比記録の応用と課題. MRC 研究集会, 2012 年 3 月 4 日. 仙台.
- 18) 森達哉・西弘嗣・高嶋礼詩. 北海道石狩炭田地域に分布する中部—上部始新統幌内層における底生有孔虫の群集変動と古環境. MRC 研究集会, 2012 年 3 月 2 日. 仙台.
- 19) 上栗伸一・Moore, T., 大金 薫・鈴木紀毅・Pälike, H., 西弘嗣. 前期始新世～前期中

- 新世の低緯度放散虫化石層序 —IODP Leg 320 (PEAT I)の成果報告—. MR C 研究集会, 2012年3月2日. 仙台.
- 20) 小安浩理・西弘嗣・鈴木紀毅・高嶋礼詩. 北太平洋域の上部白亜系における放散虫化石群集の変遷. 日本古生物学会第161回例会, 2012年1月21日, 富岡.
- 21) 安藤卓人・沢田 健・岡野和貴・西 弘嗣・高嶋礼詩. バイオマーカー分析による南東フランス・ポコンティアン堆積盆における中期白亜紀 OAE1b 時の海洋環境変動の復元. 古海洋シンポジウム, 2012年1月5日. 千葉.
- 22) 高嶋礼詩・西弘嗣・山中寿朗・Quidelleur X.・Paquette J.L.・Fiet N. 南フランスと北海道に露出する上部アルビアン～下部セノマニアン統合層序と地質年代. 日本地質学会大118回学術大会, 2011年9月9日. 水戸.
- 23) 西 弘嗣・高嶋礼詩・山中寿朗・林 圭一・望月直・小安浩理. 白亜紀中期 Oceanic Anoxic Event (OAE) 2 におけるテーチス海と太平洋の古環境. 日本地質学会大118回学術大会, 2011年9月9日. 水戸.
- 24) 安藤卓人・沢田健・岡野和貴・西弘嗣・高嶋礼詩. ポコンチアン堆積盆における白亜紀海洋無酸素事変 1b バキール層準堆積岩のマルチバイオマーカー分析-古海洋環境変動の復元-. 日本地球惑星科学連合大会, 2011年5月22日. 千葉.
- 25) Nishi, H., Takashima, R., Yamanaka, T., Tanabe, K., Hayashi, K., Reconstruction of paleoenvironment in the Pacific Ocean during the mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event 2 Japan. Geoscience Union Meeting, 2011年5月22日. 千葉.
- 26) 西 弘嗣. チャートの起源とシリカ循環. 日本地質学会, 2010年9月20日. 富山.
- 27) Nishi, H., Pálke, H., Lyle, M., Raffi, I., Klaus, A., Gamage, K. and the IODP Expeditions 320/321 Scientific Party. An example of high-resolution stratigraphy in the PEAT cruise, Expedition 320/321, 地球惑星科学合同学会, 2010年5月25日. 千葉.

[図書] (計4件)

- 1) 高嶋礼詩・安藤寿男・西 弘嗣. 2010年11月25日, 共立出版, 日本の地質・北海道地方 (執筆部分: 羽幌—士別地域および芦別—夕張—穂別地域の蝦夷層群). p. 68-76.
- 2) 西弘嗣. 2010年7月20日. 共立出版, 日本の地質・九州地方 (執筆部分: 九州

地方の新生界の生層序). P. 165-170.

- 3) 高嶋礼詩・上栗伸一・西 弘嗣. 2010年7月20日. 共立出版, 日本の地質・九州地方 (執筆部分: 微化石に基づく九州・沖縄の新生界の対比). P. 170-171

6. 研究組織

(1)研究代表者

西 弘嗣 (NISHI HIROSHI)

東北大学・学術資源研究公開センター・教授

研究者番号: 20192685

(2)研究分担者

沢田 健 (SAWADA KEN)

北海道大学・理学研究院・准教授

研究者番号: 20333594

川幡 穂高 (KAWAHATA HODAKA)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号: 20356851

高嶋 礼詩 (TAKASHIMA REISHI)

東北大学・学術資源研究公開センター・准教授

研究者番号: 00374207

(3)連携研究者

()

研究者番号: