

## 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 8 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：22540483

研究課題名（和文）前期ペルム紀スーパーブルームと礁生物群集・海洋環境の応答に関する研究

研究課題名（英文）Response of reef community and oceanic environment to Early Permian superplume

研究代表者

中澤 努 (NAKAZAWA TSUTOMU)

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・研究グループ長

研究者番号：50357620

研究成果の概要（和文）：パンサラッサ海域下でスーパーブルームが認められ、地球規模での気候期転換があったとされる前期ペルム紀の環境変化・礁生物群集変遷を、パンサラッサの海洋島起源である秋吉帯石灰岩の堆積学的・古生物学的・地球化学的検討により明らかにした。造礁生物群集はこの時期に、温帯域を特徴づける石灰藻類 *Palaeoaplysina* を主体とする群集から、過渡期の微生物卓越群集を経て、熱帯域に多い石灰質海綿類主体の群集へと大きく変化した。また堆積シーケンスはこの時期に厚層化し、またシーケンス下部に干潟堆積物が厚く発達するようになった。これらの変化はスーパーブルームによる地球規模の温暖化、長周期海水準変動における海水準の上昇、短周期海水準変動の低振幅化を示唆する。

研究成果の概要（英文）：Detailed sedimentologic, paleontologic, and geochemical analysis on Lower Permian Panthalassan oceanic atoll carbonates reveals an environmental change and a biotic succession of reef-building community probably caused by superplume activity beneath the mid-Panthalassa. Reef-building biotas on the Panthalassan Akiyoshi atolls changed from a warm-water calcareous algal community including *Palaeoaplysina*, via a microbial community, into a tropical calcareous sponge community. Depositional sequences were thickening upward, and peritidal deposits became conspicuous in the Lower Permian. These indicate global warming, sea-level rise in long-term sea-level change, and lowering amplitude of short-term sea-level fluctuations influenced by the superplume during Early Permian time.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011 年度	700,000	210,000	910,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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：層序，古環境，ペルム紀，炭酸塩岩，環礁，秋吉帯石灰岩

## 1. 研究開始当初の背景

後期古生代パンサラッサ海の礁生物進化、ひいては全地球的な海洋環境・気候期変動は、

パンサラッサ海域下で繰り返されるスーパーブルームがコントロールしていたかもしれない。近年、我が国の付加体中の緑色岩の

分析から、後期古生代（石炭〜ペルム紀）には、パンサラッサ海域下でスーパーブルーム活動が少なくとも3回活発化したことが推定されている（Tatsumi et al. 2000; Ichiyama et al., 2008 など）。このうち、前期ペルム紀のスーパーブルーム活動期は、地球規模で気候期が氷室期から温室期へと大きく変化した時期にほぼ相当し、ゴンドワナの大陸氷床が大きく衰退した時期に相当する。また第2 オーダー海水準変動の海水準上昇期でもある。このようなタイミングの一致は、地球内部活動と地球表層環境の大転換との間に成因的な関連があることを強く示唆する。従来、これら前期ペルム紀のイベントの要因としては、ゴンドワナ大陸からのシンメリア地塊の分裂が想定されてきた。しかしこれら全地球的イベントはシンメリア地塊のような小地塊の分裂よりも、むしろパンサラッサ海のスーパーブルームに原因を求めたほうが説明しやすい。

## 2. 研究の目的

パンサラッサ海域下でスーパーブルームが認められ、さらに地球規模での気候期転換があったとされる前期ペルム紀に着目し、その時期の連続記録が保存されていると考えられるパンサラッサ海洋島石灰岩の堆積学的・古生物学的・地球化学的検討を行うことにより、スーパーブルームに影響された環境変動・礁生物群集変遷を明らかにする。

## 3. 研究の方法

秋吉台においてボーリングを行い、連続コア試料を採取した。ボーリングは、秋吉台真名ヶ岳付近（帰り水ドリーネのすぐ東側）で平成18年度に実施したGS-MN-1（真名ヶ岳コア：掘削長100m）の孔を用いて行い、孔底から150m（孔口から深度100〜250m）掘進した。86mm径のサンプラーを使用し、回収率ほぼ100%の良好なコア試料を採取できた。コア試料は既掘削の深度100m以浅も含めて全層準をコアカッターで半割し、半割面を希塩酸でエッチングする前処理を行った。その後、コア試料をルーペを用いて観察し、2分の1スケールでスケッチしながら石灰岩の岩相および含有する礁生物化石の詳細な記載を行った。またそれぞれの岩相ユニットを代表する部分および年代決定に重要なフズリナ化石を含む部分の岩石薄片を作成した。さらに陸上露出層準の認定を目的として、酸素・炭素安定同位体比の測定を行った。これらのデータを基に、コアの年代決定及び堆積シーケンスの認定、堆積相累重様式の変化について検討を行った。

またコア試料及び秋吉帯石灰岩の露頭にみられる原地性礁石灰岩及び礁生物群集の記載を行い、最後期石炭紀〜中期ペルム紀の

礁生物群集の変遷の詳細を把握した。

## 4. 研究成果

(1) フズリナ化石と堆積年代  
コア試料には層序的下位より順に、Carbonoschwagerina minatoi, Daixina sokensis, Sphaeroschwagerina fusiformis, Pseudoschwagerina robusta, Pseudofusulina cf. moelleri, Chalaroschwagerina vulgaris, Pseudofusulina ex gr. krafftii, Levenella leveniなどのフズリナ化石が検出された。これらのフズリナ化石が示す年代は最後期石炭紀Gzhelien〜前期ペルム紀Artinskianである。

### (2) 堆積シーケンスの変化

コアの詳細な岩相記載をもとに堆積環境を推定した。コアの石灰岩は淘汰の良いbioclastic grainstoneやpackstoneが卓越していることから、これらの石灰岩はラグーン域で堆積したものと考えられる。またコアにはシーケンス境界とみなされる浸食面が28層準で認められた。浸食面の直下には陸上露出を示唆する黒色石灰岩やペンダントセメントが認められた。また酸素・炭素安定同位体比を測定したところ、浸食面直下では淡水続成の特徴とされる負の方向へシフトが確認された。これらのシーケンス境界によって区分される堆積シーケンスの層厚は、最後期石炭紀Gzhelienから最前期ペルム紀Asselianで2〜7m程度と小さく、前期ペルム紀SakmarianからArtinskianで8〜20mと、層厚が顕著に大きくなる傾向がみられた。前期ペルム紀のスーパーブルーム活動期には、海洋底の底上げや氷床の衰退により、長周期で海水準が上昇し、堆積シーケンスの層厚が次第に大きくなったと推定される。また、堆積シーケンスは全般的にgrainstoneやpackstoneなどの比較的単調な岩相からなるが、Artinskian後期には堆積シーケンス下部に、lime-mudstoneやwackestoneからなる干潟堆積物が厚く発達するようになることが明らかになった。氷床衰退による短周期海水準変動の低振幅化及び海水準上昇期の海水準上昇スピード低下に伴い、海進期に干潟環境が形成されやすくなったと考えられる。

### (3) 礁生物群集の変遷

真名ヶ岳コアの浅部（最後期石炭紀Gzhelien〜最前期ペルム紀Asselian）及び広島県の帝釈石灰岩の露頭（Gzhelien）から石灰藻Palaeoaplysinaを主体とする礁石灰岩をみいだした。また秋吉台科学博物館所蔵の帰り水学術ボーリングコアを再検討し、中部ペルム系Murgabian〜Midianから石灰質海綿を主体とする礁石灰岩を見いだした。これらをもとに、パンサラッサ海の海洋島では前期ペルム紀に礁構成主要生物が

Palaeoaplysina から石灰質海綿へと大きく変化したこと, そのタイミングはゴンドワナ氷床の衰退, 氷室期から温室期への転換, そしてパンサラッサのスーパープルーム活動時期と概ね一致することを明らかにした (Nakazawa et al., 2011, 2012).

Palaeoaplysina などの石灰藻主体の群集は温帯域を特徴づける群集と考えられている. 一方, 石灰質海綿を主体とする群集は熱帯域に多いとされる. すなわち石灰藻卓越群集から石灰質海綿卓越群集への変遷は, 前期ペルム紀の氷室期から温室期への気候期の転換, ゴンドワナ氷床衰退などの劇的な環境変化を反映していると考えられる. またこの群集変化は独立栄養群集から従属栄養群集への移行とも捉えることもでき, パンサラッサ海域下でのスーパープルームに伴う火山活動により海洋表層水の栄養塩レベルが上昇した可能性がある.

また今回新たに掘進した層準, すなわち Artinskian には微生物岩 (microbialite) が多産すること, 特に Artinskian 中部の *Chalartoschwagerina vulgaris* 帯上部から *Pseudofusulina ex gr. krafftii* 帯を中心として直径 10~20cm にも及ぶ巨大なオンコイド (球状の微生物岩) が特徴的に産出することが明らかになった. これにより, パンサラッサ環礁では, 前期ペルム紀 Artinskian に, 主要な造礁生物が石灰藻 Palaeoaplysina から石灰海綿群集へと大きく変化する過程で, その過渡期には巨大オンコイド等の微生物岩の多産で特徴づけられる極めて特異な環境が一時的に形成されたことが推定された.

## 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 39 件)

- ① Ueno, K., Hayakawa, N., Nakazawa, T., Wang, Y., Wang, X. D., Pennsylvanian-Early Permian cyclothemic succession on the Yangtze Carbonate Platform, South China, Geological Society, Special Publication, 査読有, vol. 376, 2013  
DOI: 10.1144/SP376.5
- ② Nakazawa, T., Ueno, K., Fujikawa, M., Middle Permian sponge-microencruster bioherms in the Akiyoshi Limestone, SW Japan: implications for Late Palaeozoic reef evolution on mid-Panthalassan atolls, Geological Journal 査読有 vol. 47, 2012, 495-508  
DOI: 10.1002/gj.2446
- ③ 岡田真介・小松原 琢・中澤 努・中村 洋介・坂田健太郎・納谷友規, Google Earth を用いたつくば市および土浦市周辺における 2011 年東北地方太平洋沖地震による瓦屋根被害の分布調査, 地震 第 2 輯, 査読有, vol. 64, 2012, 257-264  
DOI: 10.4294/zisin.64.257
- ④ Takayanagi, H., Iryu, Y., Oda, M., Sato, T., Chiyonobu, S., Nishimura, A., Nakazawa, T., Ishikawa, T., Nagaishi, K., Temporal changes in biotic and abiotic composition of shallow-water carbonates on submerged seamounts in the northwestern Pacific Ocean and their controlling factors, Geodiversitas, 査読有, vol. 34, 2012, 189-217  
DOI: 10.5252/g2012nla11
- ⑤ 坂田健太郎・中澤 努・中里裕臣, 秩父盆地尾田蔭丘陵にみられる中期更新世テフラの記載岩石学的特徴, 地質調査研究報告, 査読無, vol. 63, 2012, 119-127  
DOI: 10.9795/bullgsj.63.119
- ⑥ Groves, J. R., Wang, Y., Qi, Y. P., Richards, B. C., Ueno, K. and Wang, X. D., Foraminiferal biostratigraphy of the Visean-Serpukhovian (Mississippian) boundary interval at slope and platform sections in Southern Guizhou (South China), Journal of Paleontology, 査読有, vol. 86, 2012, 753-774  
DOI: 10.1666/11-111.1
- ⑦ Ueno, K., Miyahigashi, A., Kamata, Y., Kato, M., Charoentitirat, T., Limruk, S., Geotectonic implications of Permian and Triassic carbonate successions in the Central Plain of Thailand, Journal of Asian Earth Sciences, 査読有, vol. 61, 2012, 33-50  
DOI: 10.1016/j.jseaes.2012.04.015
- ⑧ Hara, H., Kunii, M., Hisada, K., Ueno, K., Kamata, Y., Srichan, W., Charusiri, P., Charoentitirat, T., Watarai, M., Adachi, Y., Kurihara, T., Petrography and geochemistry of clastic rocks within the Inthanon zone, northern Thailand: Implications for Paleo-Tethys subduction and convergence, Journal of Asian Earth Sciences, 査読有, vol. 61, 2012, 2-15  
DOI: 10.1016/j.jseaes.2012.06.012
- ⑨ Kamata, Y., Maezawa, A., Hara, H., Ueno, K., Hisada, K., Sardud, A., Charoentitirat, T., Charusiri, P., Basaltic activity preserved in an Upper Permian radiolarian chert from the Paleo-Tethys in the Inthanon Zone, northern Thailand, Journal of Asian

- Earth Sciences, 査読有, vol. 61, 2012, 51-61  
DOI: 10.1016/j.jseaes.2012.08.007
- ⑩ Yamaoka, K., Ishikawa, T., Matsubaya, O., Ishiyama, D., Nagaishi, K., Hiroyasu, Y., Chiba, H., Kawahata, H., Boron and oxygen isotope systematics for a complete section of oceanic crustal rocks in the Oman ophiolite, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 査読有, vol. 84, 2012, 543-559  
DOI: 10.1016/j.gca.2012.01.043
- ⑪ Inoue, M., Shinmen, K., Kawahata, H., Nakamura, T., Kato, A., Shinzato, C., Iguchi, A., Kan, H., Suzuki, A., Sakai, K., Estimate of calcification responses to thermal and freshening stresses based on culture experiments with symbiotic and aposymbiotic primary polyps of a coral, *Acropora digitifera*, *Global and Planetary Change*, 査読有, vol. 92-93, 2012, 1-7  
DOI: 10.1016/j.gloplacha.2012.05.001
- ⑫ Yamamoto, M., Kishizaki, M., Oba, T. and Kawahata, H., Intense winter cooling of the surface water in the northern Okinawa Trough during the last glacial period, *Jour. Asian Earth Sci.*, 査読有, 2012  
DOI: 10.1016/j.jseaes.2012.06.011
- ⑬ Nakazawa, T., Ueno, K., Kawahata, H., Fujikawa, M., Gzhelian-Asselian Palaeoaplysina-microencruster reef community in the Taishaku and Akiyoshi limestones, SW Japan: Implications for Late Paleozoic reef evolution on mid-Panthalassan atolls, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 査読有, vol. 310, 2011, 378-392  
DOI: 10.1016/j.palaeo.2011.07.028
- ⑭ 坂田健太郎・中澤 努・中里裕臣, 八潮GS-YS-2 コアにみられる更新統下総層群の堆積サイクルとテフロクロノロジー, 地質調査研究報告, 査読無, vol. 62, 2011, 329-345  
[http://www.gsj.jp/data/bulletin/62\\_09\\_01.pdf](http://www.gsj.jp/data/bulletin/62_09_01.pdf)
- ⑮ 中澤 努・田辺 晋, 野田地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 査読無, 2011, 72p., 産総研地質調査総合センター  
なし
- ⑯ Ueno, K., Charoentitirat, T., Chapter 5. Carboniferous and Permian. In, Ridd, M. F., Barber, A. J. and Crow, M. J. eds., *Geology of Thailand*. Geological Society, London, 査読有, 2011, 71-136  
なし
- ⑰ Kawahata, H., Ohshima, H., Kuroyanagi, A., Terrestrial - ocean environmental change in the northwestern Pacific from the glacial times to Holocene, *Journal of Asian Earth Science*, 査読有, vol. 40, 2011, 1189-1202  
DOI: 10.1016/j.jseaes.2010.10.007
- ⑱ Isozaki, Y., Aljinovic, D., Kawahata, H., The Guadalupian (Permian) Kamura event in European Tethys, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 査読有, vol. 308, 2011, 12-21  
DOI: 10.1016/j.palaeo.2010.09.034
- ⑲ Yamazaki, T., Takahashi, M., Iryu, Y., Sato, T., Oda, M., Takayanagi, H., Chiyonobu, S., Nishimura, A., Nakazawa, T., Ooka, T., Philippine Sea Plate motion since the Eocene estimated from paleomagnetism of seafloor drill cores and gravity cores, *Earth Planets Space*, 査読有, vol. 62, 2011, 495-502  
DOI: 10.5047/eps.2010.04.001
- ⑳ 竹内 誠・竹之内 耕・中澤 努, 糸魚川ジオパークの地質巡り, 地質学雑誌, 査読有, vol. 116, 補遺, 2010, 123-142  
DOI: 10.5575/geosoc.116.S123
- ㉑ 坂田健太郎・中澤 努, 赤城火山起源の後期更新世テフラの記載岩石学的特徴, 地質調査研究報告, 査読無, vol. 61, 2010, 465-475  
[http://www.gsj.jp/data/bulletin/61\\_11\\_05.pdf](http://www.gsj.jp/data/bulletin/61_11_05.pdf)
- ㉒ 長森英明・竹内 誠・古川竜太・中澤 努・中野 俊, 小滝地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 査読無, 2010, 130p., 産総研地質調査総合センター  
なし
- ㉓ 上野勝美・横山嗣政・中澤 努・藤川将之, 秋吉石灰岩中部ペルム系にみられる大規模干潟堆積物, 福岡大学研究部論集, C: 理工学編, 査読無, vol. 2, 2010, 1-17  
[http://www.adm.fukuoka-u.ac.jp/fu844/home2/Ronso/RonsyuC/Vol2/C0002\\_0001.pdf](http://www.adm.fukuoka-u.ac.jp/fu844/home2/Ronso/RonsyuC/Vol2/C0002_0001.pdf)
- ㉔ Ueno, K., Miyahigashi, A., Charoentitirat, T., The Lopingian (Late Permian) of mid-oceanic carbonates in the Eastern Paleotethys: Stratigraphical outline and foraminiferal faunal succession, *Geological Journal*, 査読有, vol. 45, 2010, 285-307

DOI: 10.1002/gj.1234

- ②⑤ Nemyrovska, T. I., Matsunaga, M., Ueno, K., Conodont and fusuline composite biostratigraphy across the Bashkirian-Moscovian boundary in the Donets Basin, Ukraine: The Malo-Nikolaevka section, Newsletter on Carboniferous Stratigraphy, 査読有, no. 28, 2010, 60-66  
なし
- ②⑥ Musashi, M., Isozaki, Y. and Kawahata, H., An Early-Middle Guadalupian (Permian) isotopic record from a mid-oceanic Carbonate buildup: Akiyoshi Limestone, Japan, Global Planetary Change, 査読有, vol. 73, 2010, 114-122  
DOI: 10.1016/j.gloplacha.2010.03.013
- ②⑦ Ando, A., Nakano, T., Kawahata, H., Yokoyama, Y. and Khim, B. K., Testing seawater Sr isotope ratios on a glacial-interglacial timescale: An application of latest high-precision thermal ionization mass spectrometry, Geochemical Journal, 査読有, vol. 44, 2010, 347-357  
<http://www.terrapub.co.jp/journals/GJ/abstract/4405/44050347.html>

[学会発表] (計 33 件)

- ① 中澤 努, 秋吉帯石灰石鉱床におけるリン偏在の実態解明とその要因に関する研究, 石灰石鉱業協会地質講演会, 2013年2月1日, 石灰石鉱業協会 (東京都)
- ② 中澤 努, 秋吉石灰岩下部ペルム系 Artinskianにおける微生物岩の多産と干潟堆積物の発達, 日本地質学会第119年学術大会, 2012年9月17日, 大阪府立大学 (大阪府堺市)
- ③ 中澤 努, 関東平野中央部「大宮」「野田」地域に分布する中-上部更新統下総層群のテフラ層序と堆積相累重様式, 日本第四紀学会2012年大会, 2012年8月20日, 立正大学 (埼玉県熊谷市)
- ④ Nakazawa, T., Evolutionary trend and turnovers of reef communities on Carboniferous-Permian Akiyoshi oceanic atolls, SW Japan., 34th International Geological Congress, 2012年8月9日, BCEC (ブリスベン, オーストラリア)
- ⑤ 中澤 努, 秋吉石灰岩中部ペルム系の海綿-被覆性微生物群集: パンサラッサ海洋島上での礁進化のなかでの位置づけ, 日本地質学会第 118 年学術大会, 2011 年 9 月 11 日, 茨城大学 (茨城県水戸市)
- ⑥ 中澤 努, 関東平野中央部「大宮」「野田」地域における更新統下総層群の層序と地

質構造: 堆積盆沈降様式の地域差, 日本地質学会第 118 年学術大会, 2011 年 9 月 11 日, 茨城大学 (茨城県水戸市)

- ⑦ Nakazawa, T., Late Pennsylvanian to Middle Permian reef succession on Panthalassan oceanic atolls, XVII International Congress on the Carboniferous and Permian, 2011 年 7 月 7 日, UWA (オーストラリア)
- ⑧ 中澤 努, 関東平野中央部に分布する第四系の層序と地質構造, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011 年 5 月 24 日, 幕張メッセ (千葉県千葉市)
- ⑨ 中澤 努, 5万分の1地質図幅「野田」にみられる第四系の層序と地質構造, 日本地質学会関東支部-日本第四紀学会ジョイントシンポジウム, 2010年11月21日, 日本大学 (東京都世田谷区)
- ⑩ 中澤 努, 秋吉帯海洋島石灰岩にみられる Gzhelian-Asselian の礁生物群集と後期古生代礁進化のなかでの位置づけ, 日本地質学会第 117 年学術大会, 2010 年 9 月 19 日, 富山大学 (富山県富山市)
- ⑪ 中澤 努, 秋吉石灰岩中部ペルム系にみられる海綿-被覆性微生物群集の産状と後期古生代礁生物群集変遷のなかでの位置づけ, 日本古生物学会 2010 年年会, 2010 年 6 月 13 日, 筑波大学 (茨城県つくば市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中澤 努 (NAKAZAWA TSUTOMU)  
独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・研究グループ長  
研究者番号: 50357620

### (2) 研究分担者

上野 勝美 (UENO KATSUMI)  
福岡大学・理学部・教授  
研究者番号: 90241786

川幡 穂高 (KAWAHATA HODAKA)  
東京大学・大気海洋研究所・教授  
研究者番号: 20356851

### (3) 連携研究者

岡井 貴司 (OKAI TAKASHI)  
独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・研究グループ長  
研究者番号: 20356679