

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 23 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24310019

研究課題名(和文) データ モデル統合による鮮新世温暖期の海洋環境復元 近未来温暖化地球のアナロジー

研究課題名(英文) Paleooceanography in the North Pacific during Pliocene warm period

研究代表者

岡崎 裕典 (Okazaki, Yusuke)

九州大学・学内共同利用施設等・准教授

研究者番号：80426288

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：北太平洋域から採取された掘削堆積物試料を用い、鮮新世温暖期を含む新生代後期の海洋循環変化および生物生産変化を復元した。境界条件として重要なベーリング海峡とパナマ海峡の役割を堆積物記録と古気候モデルの双方から検証した。主な成果は、ベーリング海試料のアルケノン古水温・珪質微化石群集から200万年前の鮮新世以降最大の寒冷化イベントの存在を明らかにしたこと、および九州パラオ海嶺試料の底生有孔虫炭素同位体比から後期中新世の太平洋海洋循環再編の可能性を示したことである。これらの成果は国際学術誌に11本の論文として発表された。また本研究成果をもとに国際深海科学掘削計画に掘削提案を行った。

研究成果の概要(英文)：Late Neogene paleoceanographic changes in the North Pacific were reconstructed using drilling sediments to understand the role of the Panama and Bering gateways in the late Neogene climate changes. We found major cooling event at ~2 Ma in the subarctic Pacific based on alkenone SST and siliceous microfossils. And we suggest a reorganization of ocean circulation during late Miocene based on carbon isotopic compositions of epibenthic foraminifera. We published 11 papers and submitted a drilling proposal to IODP based on this study.

研究分野：古海洋学

キーワード：新生代後期 太平洋 海洋ゲートウェイ データ モデル統合

1. 研究開始当初の背景

鮮新世中期温暖期(329~297 万年前)は、現在よりも 2-3 度温暖かつ現在と同等の大気 CO₂ 濃度 (~400 ppm) と、温暖化した地球環境のアナログとして注目されている、鮮新世温暖期を近未来気候のアナログとして捉えるときに問題となるのが、境界条件の違いであり、なかでも大量の熱と物質を輸送する海洋循環を大きく変える海洋ゲートウェイ(大洋を結ぶ海峡の開閉)の評価が重要である。鮮新世の海洋ゲートウェイとして最も重要視されているのがパナマ海峡であるが、その閉鎖による鮮新世温暖期以降の気候と海洋循環再編に与えた影響については評価が割れていた。パナマ海峡閉鎖により北太平洋の低塩分が込み成層化が進行した、という仮説が提示されているが、北太平洋域における鮮新世以降の連続海底堆積物は少なく空間的な気候変動について議論することが難しかった。

2. 研究の目的

本研究は、新たに掘削されたベーリング海堆積物をはじめとする北太平洋の海底堆積物試料から、鮮新世温暖期の北太平洋における海洋循環、水塊構造(成層化)、生物生産を復元する。特に境界条件として重要な、2つの海洋ゲートウェイであるパナマ海峡とベーリング海峡の海洋循環における役割を、堆積物記録と古気候モデル実験の双方から検証し、過去の温暖化地球の海洋環境を、北太平洋を中心に明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

新たに得られたベーリング海堆積物試料の分析を柱に、これまでの研究で得られている堆積物データをあわせ、鮮新世以降の北太平洋海洋環境復元を行う。堆積物記録を大気海洋結合モデルによる数値実験結果と照らし合わせ、パナマ海峡の閉鎖に伴う北太平洋の低塩分と成層化仮説の検証、北太平洋を起源とする中深層水形成の消長復元、ベーリング海峡の開閉イベントの復元と、その海洋ゲートウェイインパクト評価を行う。

4. 研究成果

(1) 統合国際深海掘削計画第 323 次航海により 2009 年にベーリング海において掘削された堆積物試料の分析を進め、Deep-Sea Research II 誌に企画した特集号をはじめとした国際誌に合計 11 本の論文を発表した。具体的には、生層序および有孔虫殻の酸素同位体比による堆積物の年代軸確立(Asahi et al., in press; Ikenoue et al., in press; Onodera et al., in press; Teraishi et al., in press), 生物源オパール含量および微化石群集に基づく生産性変動(Kanematsu et al., 2013; Kim et al., 2014, in press; Iwasaki et al., in press; Kato et al., in

press), 有孔虫殻および堆積物の軽元素安定同位体比に基づくベーリング海中層水変動(Schlung et al., 2013), および堆積物の自生炭酸塩の形成メカニズム(Pierre et al., in press). Iwasaki et al. (in press) と Onodera et al. (in press) ではベーリング海南部のパウアーズ海嶺で掘削された試料中の生物源オパール含量から、鮮新世温暖期に殻の厚い珪藻種が卓越し堆積物中のオパール含量が 50%から 70%に達していたことを示した。

(2) ベーリング海掘削試料中のアルケノン古水温データおよび珪質微化石群集から約 200 万年前に顕著な寒冷化が起こっていたことを見出した。この 200 万年前の寒冷化イベントはこれまであまり注目されてこなかったが太平洋域だけでなく世界中の古気候データに多様なイベントとして記録されていた。200 万年前の気候イベントのトリガーについては謎であったが、本研究では大陸氷床発達に伴う海水準低下によりベーリング海峡が閉鎖に注目した。ベーリング海峡の深さを変えた数値モデル実験により、ベーリング海峡の水深が低下していく過程で北半球全域におよぶ顕著な寒冷化が起こることが示唆された。

(3) パナマ海峡が浅化する以前は、北太平洋が子午面循環の起点であり、西岸境界流である古黒潮が現在よりも強かったという作業仮説を立てた。北西太平洋九州パラオ海嶺北部から採取された DSDP 296 試料の底生有孔虫安定同位体比とアルケノン古水温分析から仮説の検証を試みた。中期中新世以前のアルケノン水温はその上限である 28 に達し、過去 700 万年間を通じ徐々に水温が低下していた。水塊トレーサーである底生有孔虫の炭素安定同位体比は、後期中新世に新しい深層水塊を示唆する重い値を示した。ただし、この期間は一時的で、長期的な太平洋から大西洋への子午面循環スイッチを明確に示すものではなかった。これらの研究を発展させるため、新生代後期における北太平洋子午面循環復元を目的とした掘削プロポーザルを国際チームを組んで国際深海科学掘削計画(IODP)に提案した(Okazaki et al., 2014, IODP proposal 869-pre)。

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)

Kanematsu, Y., K. Takahashi, S. Kim, H. Asahi, B.-K. Khim, Changes in biogenic opal productivity with Milankovitch cycles during the last 1.3 Ma at IODP Expedition

323 Sites U1341, U1343, and U1345 in the Bering Sea, *Quaternary International* 310, 213–220, 2013. 査読有

DOI: 10.1016/j.quaint.2013.06.003

Schlung, S. A., A. C. Ravelo, I.W. Aiello, D. H. Andreasen, M. S. Cook, M. Drake, K. A. Dyez, T. P. Guilderson, J. P. LaRiviere, Z. Stroynowski and K. Takahashi, Millennial-scale climate change and intermediate water circulation in the Bering Sea from 90 ka: A high-resolution record from IODP Site U1340, *Paleoceanography* 28, 1–14, 2013. 査読有

DOI:10.1029/2012PA002365

Kim, S., K. Takahashi, B.-K. Khim, Y. Kanematsu, H. Asahi, A. C. Ravelo, Biogenic opal production changes during the Mid-Pleistocene Transition in the Bering Sea (IODP Expedition 323 Site U1343), *Quaternary Research* 81, 151–157, 2014. 査読有

DOI: 10.1016/j.yqres.2013.10.001

Asahi, H., S. Kender, M. Ikehara, T. Sakamoto, K. Takahashi, A.C. Ravelo, C.A. Alvarez Zarikian, B.K. Khim, and M.J. Leng, Orbital-scale benthic foraminiferal oxygen isotope stratigraphy at the northern Bering Slope (IODP Expedition 323 Site U1343), *Deep-Sea Research II*, in press. 査読有

DOI: 10.1016/j.dsr2.2014.01.004

Ikenoue, T., Y. Okazaki, K. Takahashi and T. Sakamoto, Pliocene to Pleistocene radiolarian biostratigraphy and paleoceanography at IODP Site U1341 in the Bering Sea, *Deep-Sea Research II*, in press. 査読有

DOI: 10.1016/j.dsr2.2015.03.004

Iwasaki, S., K. Takahashi, Y. Kanematsu, H. Asahi, J. Onodera and A. C. Ravelo,

Paleoproductivity and paleoceanography of the last 4.3 Myrs at IODP Expedition 323 Site U1341 in the Bering Sea based on biogenic opal content, *Deep-Sea Research II*, in press. 査読有

Kato, Y., J. Onodera, I. Suto, A. Teraishi, and K. Takahashi, Pliocene and Pleistocene paleoceanography in the western subarctic Pacific based on diatom analyses of ODP Leg 145 Hole 884B and IODP Expedition 323 Holes U1341B and U1343E, *Deep-Sea Research II*, in press. 査読有

Kim, S., B.-K. Khim and K. Takahashi, Late Pliocene to early Pleistocene (2.4–1.25 Ma) paleoproductivity changes in the Bering Sea: IODP Expedition 323 Hole U1343E, *Deep-Sea Research II*, in press. 査読有

DOI: 10.1016/j.dsr2.2015.04.003

Onodera, J., K. Takahashi and R. Nagatomo, Diatoms, silicoflagellates, and ebridians at Site U1341 on the western slope of Bowers Ridge, IODP Expedition 323, *Deep-Sea Research II*, in press. 査読有

DOI: 10.1016/j.dsr2.2013.03.025

Pierre, C., M.-M. Blanc-Valleron, S. Caquineau, C. März, A.C. Ravelo, K. Takahashi, C. and Alvarez Zarikian, Carbonate diagenesis in the methane-rich sediments of the Bering Sea continental margin (IODP Expedition 323, Sites U1343–U1345), *Deep-Sea Research II*, in press. 査読有

DOI: 10.1016/j.dsr2.2014.03.011

Teraishi, A., I. Suto, J. Onodera and K. Takahashi, Diatom, silicoflagellate and ebridian biostratigraphy and paleoceanography in IODP 323 Hole U1343E at the Bering slope site, *Deep-Sea Research II*, in press. 査読有

DOI: 10.1016/j.dsr2.2013.03.026

〔学会発表〕(計 17 件)

Kim, S., K. Takahashi, Y. Kanematsu, H. Asahi and B.-K. Khim, Surface water productivity in the Bering Sea and the subarctic North Pacific in response to global climate cooling during the last 2.32 Myrs, EGU General Assembly Conference Abstracts 14, 3946, 2012.

Takahashi, K., J. Onodera, H. Asahi, Y. Okazaki, Y. Kanematsu, S. Iwasaki, T. Ikenoue, M. Ikehara, O. Seki, T. Sakamoto, K. Horikawa, B.-K. Khim, S. Kim, A. Teraishi, I. Suto, and A.C. Ravelo, Paleooceanography of the Bering Sea during the past five million years: results from IODP Expedition 323, American Geophysical Union 2012 Fall Meeting, 7 Dec 2012, San Francisco, USA, PP51C-01

岡崎裕典・池上隆仁・高橋孝三, ベーリング海 IODP U1341 サイトにおける放散虫生層序と古海洋環境, 2012 年度古海洋シンポジウム, 2013 年 1 月 7 日, 東京大学大気海洋研究所, ポスターNo. 4.

関宰・小野寺丈尚太郎・池原実・岡崎裕典・河村公隆・高橋孝三, 更新世初期のベーリング海峡閉鎖の気候インパクト, 2012 年度古海洋シンポジウム, 2013 年 1 月 7 日, 東京大学大気海洋研究所.

高橋孝三・岩崎晋弥・兼松芳幸・小野寺丈尚太郎・岡崎裕典・須藤斎・朝日博史・池上隆仁・坂本竜彦・池原実・関宰・堀川恵司・岡田誠・井尻暁・Ana C. Ravelo・Carlos A. Zarikian, 過去 500 万年間のベーリング海気候変動-海氷出現と寒冷化-IODP Expedition 323 掘削成果, 2012 年度日本海洋学会秋季大会, 東海大学, 2012 年 9 月, O332, 講演要旨集 p 102.

高橋孝三, 北極海口モノソフ海嶺 IODP Expedition 302 およびベーリング海 Expedition 323 の掘削成果と今後の展望,

研究集会「北極域における過去の気候・環境変動」, 国立極地研究所, 2013 年 3 月 25 日.

Okazaki, Y., S. Iwasaki, J. Onodera, O. Seki and K. Takahashi, Pliocene paleoceanography in the Bering Sea: results from IODP Expedition 323, 2nd workshop on Pliocene climate, University of Bristol, Bristol, UK, 9 September 2013.

岡崎裕典・山本窓香・河湍俊吾・池原実, 中新世以降の北太平洋深層水塊特性変化: DSDP296 試料より, 2013 年度古海洋・古気候に関するシンポジウム, 東京大学大気海洋研究所, 2014 年 1 月 8 日

岡崎裕典・山本窓香・河湍俊吾・池原実, 中新世以降の北西太平洋深層水塊特性変化: DSDP296 サイトより, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014 年 4 月 28 日, MIS30-P08

高橋孝三, 北半球高緯度域における沈降粒子フラックスと古海洋環境研究, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014 年 4 月 28 日, MIS30-17.

加藤悠爾・小野寺丈尚太郎・須藤斎・寺石瑛人・高橋孝三, 珪藻化石群集変動解析による北西太平洋およびベーリング海における鮮新世-更新世古海洋環境復元, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, パシフィコ横浜, 2014 年 4 月 28 日, MIS30-26.

Kim, S., K. Takahashi, Y. Kanematsu, H. Asahi, M. Ikehara, and B.-K. Khim, Nutrients cycling in response to opal productivity during the last 600 kyr in the Bering Sea (IODP Exp. 323 Site U1343): diatom silicon isotope and sedimentary nitrogen isotope, EGU General Assembly Conference Abstracts 16, 4634, 2014.

Okazaki, Y., Miocene to Pleistocene change in deepwater circulation in the western North Pacific, Asia Oceania Geosciences Society

11th Annual Meeting, Sapporo, 2 August 2014, OS06-A024.

Seki, O., J. Onodera, A. Oka and M. Ikehara, Role of Arctic and Antarctic regions in late Neogene climate evolutions, The Fifth Symposium on Polar Science, National Institute of Polar Research, Tachikawa, Japan, 2-5 December, 2014.

岡崎裕典・山本正伸, IODP プロポーザル 869-Pre 太平洋子午面循環と西太平洋ジャイア進化, 2014 年度古海洋・古気候に関するシンポジウム, 東京大学大気海洋研究所, 2015 年 1 月 6 日

関室, 鮮新世温暖期の気候状態: 熱帯暖水プール水温と大気 pCO₂ 問題, 2014 年度古海洋・古気候に関するシンポジウム, 東京大学大気海洋研究所, 2015 年 1 月 6 日

関室, 新第三紀後期の北半球寒冷化における高緯度の海洋ゲートウェイ・フィードバック, 研究集会「北極における過去の気候・環境変動」, 国立極地研究所, 2015 年 3 月 25 日

〔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 :
出願年月日 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

岡崎 裕典 (OKAZAKI, Yusuke)
九州大学・高等研究院・准教授
研究者番号 : 80426288

(2) 研究分担者

高橋 孝三 (TAKAHASHI, Kozo)
北星学園大学・社会福祉学部・教授
研究者番号 : 30244875

関 宰 (SEKI, Osamu)
北海道大学・低温科学研究所・准教授
研究者番号 : 30374648

坂本 竜彦 (SAKAMOTO, Tatsuhiko)
三重大学・生物資源学研究科・教授
研究者番号 : 90271709

池原 実 (IKEHARA, Minoru)
高知大学・自然科学系・准教授
研究者番号 : 90335919

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :