

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23241015

研究課題名(和文) 急激な温暖化における太平洋高緯度海洋の役割～過去11回の温暖化アーカイブの構築

研究課題名(英文) Paleoceanographic data archive of global warming obtained by deep marine sediment from high latitude Pacific ocean

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 39,000,000円、(間接経費) 11,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、過去100万年間の急激な温暖化に着目し、太平洋高緯度海洋の海底堆積物コアの環境指標の分析によって、温暖化における太平洋高緯度海洋の役割を解明することを目的とした。

全体の研究成果として、以下の2点が上げられる。(1)ベーリング海において、深海底地積物コアについて世界で初めて詳細な年代層序(酸素同位体比層序、火山灰層序、光ルミネッセンス層序などの総合)を確立し、過去の温暖期の時期を特定することができたこと。(2)太平洋高緯度域は、温暖化に対し、急激な海氷減少を伴って敏感に応答し、また、寒冷化に対して正のフィードバック的な役割を果たしていることがわかった。

研究成果の概要(英文)：Subject of this research project is to study how Pacific high latitude ocean acts on global warming in the past. The reconstructed paleoceanographic data can be reference archive data for numerical prediction of the future global warming. The results of this research are summarized as follows; (1) precious age model based on marine isotopic stratigraphy, tephrochronology, and luminescence dating for deep sea sediment cores from the Bering sea collected by expedition 323 of the Integrated Ocean Drilling Program, (2) environmental proxies such as sea-ice and marine surface productivity in the Pacific high latitude ocean (Bering sea) reacts rapidly during the past global warming and has positive feedback effect for the cooling.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：環境変動 温暖期 太平洋 高緯度 温暖化アーカイブ 古海洋学

1. 研究開始当初の背景

(1)氷期・間氷期スケールの大気二酸化炭素濃度の約 100ppm 増減および急激な温暖化の謎：将来の地球温暖化予測のため、二酸化炭素を含む炭素循環システムの理解は急務の課題である。氷床コアの解析から大気中二酸化炭素は、氷期に約 180 ppm、間氷期に約 280 ppm で準周期的に増減してきたが、氷期-間氷期での二酸化炭素濃度が約 100ppm の振幅で増減するメカニズムは定量的には説明できていない。特に、氷期に減少した約 100ppm の二酸化炭素が地球上のどこに貯留されているのか、はまだ明らかではない。また、海底堆積物コアの解析から、過去 100 万年間の 11 回の氷期はきわめて急激な温暖化を伴って終了している。この急激な温暖化は、最終氷期に向かう緩やかな氷河化に対して 1/10 の時間スケールで発生し、この期間に約 100ppm の二酸化炭素増加が起こる。どこに貯留された二酸化炭素が、どのように急激に大気に放出されたのか？この 2 つの疑問が本研究の学術的背景である。

(2)極域寒冷圏海洋（特にベーリング海）の生物ポンプの重要性：上記の 2 つの疑問に関しての最近の仮説は「氷期における深層水への二酸化炭素の溶け込み・貯留」および「極域海洋における急激な放出」である。氷期・間氷期スケールの時間スケールで二酸化炭素の挙動の理解に重要なのは、海洋が植物プランクトン等の生物生産過程を通して大気二酸化炭素を吸収する「生物ポンプ」である。温暖化初期、太陽入射量の増加に伴って、これにいち早く応答するのは極域および高緯度海洋である（海水減少、海洋循環の復活、海洋表層生物生産の増加など）、特に、ベーリング海、チャクチ海は、広大な面積を占める季節海水域であり、生物ポンプ機能、急激な二酸化炭素放出、急激な温暖化の原因を解く鍵を握っている可能性がある。

(3)統合深海掘削計画 (IODP)323 次航海で明らかになった温暖化初期における生物生産増加：上記に指摘したベーリング海における急激な二酸化炭素放出の可能性を示す研究結果は、研究代表者が行ってきた基盤研究 (A)「光ルミネッセンス年代決定法を用いた極域寒冷圏の高分解能古海洋変動解析 (2008~2010 年度)」において得られている。2009 年に実施された IODP 323 次航海でベーリング海中央部パウアー海嶺から得られた掘削コアについて、非破壊蛍光 X 線コアロガーによって得られた Ca 量の増加ピークは生物起源炭酸塩量 (CaCO₃) に相当し、融氷期とよく一致している。海洋表層での炭酸塩固定は、海洋から大気への二酸化炭素の放出となるので、急激な二酸化炭素放出の結果である可能性がある。また、基盤研究 (A) の重要な成果として、光ルミネッセンス年代法の適用によって、極域寒冷圏において堆積物コアの正確な年代設定を高精度で行えることが

明らかとなった。これらの研究成果を踏まえ、本申請の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は、上記の問題設定に基づいて、生物ポンプ指標の復元による過去 100 万年間に発生した「急激な温暖化」における太平洋高緯度海洋（ベーリング海、オホーツク海、チャクチ海、北部太平洋）の役割の解明、を目的とする。

具体的には、太平洋高緯度海洋（ベーリング海、北部太平洋）で得られた海底堆積物コアを主な材料とし、以下の点を研究期間中に明らかにする

- (1) 過去 100 万年間（正確には 110 万年）に発生した 11 回の氷期・間氷期サイクルの急激な温暖化 (Glacial Termination) の発生時期を、正確な年代法に基づいて決定すること
- (2) それぞれの温暖化時期について、海洋環境の変化-海水、海洋表層環境（特に、水温、塩分）、栄養塩、海洋循環強度、生物ポンプの状態-生物生産量、を復元し、温暖期初期の変動メカニズム、特に位相関係など、について明らかにする（ボックスモデルの構築）。
- (3) 堆積物コア採取地点での生物ポンプ束（二酸化炭素収支）を一次ボックスモデルから推量する。
- (4) 上記の結果を一定の仮定をもとに空間的に拡張し、大気への二酸化炭素の放出を半定量的に見積もり、急激な温暖化における太平洋高緯度海洋の役割を明らかにする。

3. 研究の方法

- (1) 研究試料：本研究では、ベーリング海で統合深海掘削計画 (IODP)323 次航海によって得られた海底掘削堆積物コア試料 (U1341, U1343 地点) を主材料とし、これらに加え、高緯度海洋の空間的な評価をするために、北太平洋 (JAMSTEC・ちきゅう CK05-04, CK06-06 航海掘削コアなど、必要な試料分析を行う)。
- (2) 対象とする過去における急激な温暖化：過去 100 万年間に発生した 11 回の氷期・間氷期サイクル (MIS: 海洋酸素同位体比ステージ 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 25, 31) において、氷期から間氷期に移行する、急激な温暖化の発生時期を、複数の年代法に基づいて精密に特定する。対象とする海底堆積物コア・掘削コアについて、古地磁気層序、火山灰層序、酸素同位体比層序、放射年代法、微古生物層序、光ルミネッセンス年代法を統合し、融氷期の時期を正確に決定する。特に、以下の 4 つの特徴的な間氷期への移行期を重点とし、複数の堆積物コア試料から空間的なタイムスライスサンプルセットを構成する。
- (3) 研究方法：上記で厳選されたサンプルセットについて、以下の環境指標分析を行う。海水の発達、鉛直循環を決める高密度水

(中・深層水)の形成や、生物生産の場がどれくらいあるのか、を把握するために重要な要素である。堆積物試料の粒度分析を行い、氷山・海氷が運び、氷が解けたときにその地点で落下して堆積したとされる漂流岩屑 (Ice Rafted Debris: IRD) の動態を明らかにする(岡田)。粒度分析では測定できないドロップストーン(2mm以上のIRD)は非破壊連続軟X線画像解析を行い、礫・砂サイズそれぞれの動態を復元する(坂本)。分析は、レーザー回折散乱法粒度分布測定装置、非破壊軟X線コアロガーTATSCAN-X1(共に海洋研究開発機構)を用いる。

4. 研究成果

全体の研究成果として、以下の2点が上げられる。(1)ベーリング海において、深海底地積物コアについて世界で初めて詳細な年代層序(酸素同位体比層序、火山灰層序、光ルミネッセンス層序などの総合)を確立し、過去の温暖期の時期を特定することができたこと、(2)太平洋高緯度域は、温暖化に対し、急激な海氷減少を伴って敏感に反応し、また、寒冷化に対して正のフィードバック的な役割を果たしていることがわかった。

太平洋高緯度海洋の役割について、主としてベーリング海における古環境復元に関する研究を行なった。2009年にIODP Expedition 323が掘削・コアリングして得たベーリング海堆積物試料を用いて、詳細古海洋復元研究を行なった。この研究では、ベーリング海における過去9万年間の高解像古環境変動を、酸素同位体、バイオマーカー等のプロキシを駆使して復元した。ベーリング海の気候変動は、北太平洋中層水(NPIW)の循環と密接な関連があると考えられる。堆積物密度の変動を追うとダンスガード・オシュガー周期が見いだされた。ダンスガード・オシュガー周期の幾つかは、ラミナ構造を持ち、高生物生産の特徴を示し、3-5°Cの表層水温上昇と低層水の酸素濃度減少を伴っていた。ベーリング海中層水は、氷期・間氷期のタイムスケールで変動していた。我々のデータでは、6万年前頃からベーリング海中層水は、新しく低塩分で現在よりも高酸素濃度を保持した状態で、融氷期の開始旗期まで持続したことが新たに分かった。ボーリング・アレロッド期には、ベーリング海掘削サイトU1340では高生物生産、ラミナ構造、脱腔が示された。浮遊性・底性有孔虫放射線C-14年代の比較を行なうと、ベーリング海中層水は、現在よりもより良いベンチレーションを伴っていた事が分かった。これはボーリング・アレロッド期には、ベンチレーションと酸素濃度の関係が解離していた事を示す。中層水の生成海域においては、生物生産支配の酸素濃度変化は、広く北太平洋海域で見られる低酸素化とおおいに関連することを我々のデータは見いだした。特に、ボーリング・

アレロッド期にはこの傾向は強かった。

ベーリング海中央部においてIODP323次航海で掘削されたコアであるU1343コアとU1344コアに介在する計82枚のテフラ層について、火山ガラスの主成分化学組成を分析し、テフラ層序を明らかにした。U1343コアについては、48層のテフラ試料のうち17試料については円磨された鉱物や砂サイズの火山岩片等を含み、火山ガラスの主元素組成が不均質であったことから、季節海氷もしくは氷山によって運ばれた層である可能性が推定された。これら17試料は特にBM境界以降に顕著に現れることから、ペリンジア周辺の大陸氷床の崩壊のシグナルをとらえている可能性がある。残りの31層のテフラ試料は、すべて粒径250µm以下でほとんど重鉱物を含まないガラス質テフラである。火山ガラスの色は白色から茶色、灰色~黒色で、主に主化学組成に依存する(SiO₂は58-72wt%, Na₂O~5.2wt%, K₂O~3.2wt%)。5試料はソレアイト系列、26試料はカルクアルカリ系列の特徴を示す。数cm以上層厚をもつ6層のテフラ層は、酸素同位対比層序年代から噴出年代を算出すると、それぞれ0.378Ma, 0.518-0.529Ma, 0.822-0.824Ma, 1.008Ma, 1.108Ma, 1.547Maになった。これらのテフラ層はベーリング海に広く分布する重要な指標テフラである可能性が高い。

下北半島東方沖のC9001地点とC9002地点で掘削されたコアについて、上部更新統から中部更新統までのテフラ層序研究を行った。C9002Aコアから11層準、C9002Bコアから20層準、C9001Cコアから36層準のテフラ試料を採取し分析に用いた。C9002Bコアの深度52.8mのテフラ層は火山ガラスの主元素組成から、クッタラ火山起源のテフラに対比される可能性が高い。C9001Cコアの深度141.2mと146.6mの2層のテフラは恐山起源のテフラに対比される可能性が高い。深度154.8mのテフラ層は塩原大田原(So-OT)テフラに対比される。So-OTテフラは栃木県北部の塩原カルデラを給源とする噴火であり、北東方向へ分布していることが確認されている。本コアの採取地点は塩原カルデラから511km離れており、これまでで最も遠隔地での発見である。

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68件)

Asahi, H., S. Kender, M. Ikehara, T. Sakamoto, K. Takahashi, A.C. Ravelo, C.A. Alvarez Zarikian, B.K. Khim, and M.J. Leng, (2014), Orbital-scale benthic foraminiferal oxygen isotope stratigraphy at the northern Bering Slope Site U1343 (IODP Expedition 323) and its Pleistocene paleoceanographic significance, Deep Sea Research II, in press.

[査読有]

近藤玲介・塚本すみ子・坂本竜彦, 2014, OSL年代測定法によって推定された北海道北部、利尻島における化石凍結割れ目と火山麓扇状地の形成年代, 第四紀研究第53巻2号, p95-101. [査読有]

Takata, H., Tanaka, S., Seto, K., Sakai, S., Takayasu, K., Khim, B.K., (2014) Biotic response of benthic foraminifera in Aso-kai lagoon, central Japan, to changes in terrestrial climate and ocean conditions (~AD700-1600). *Journal of Paleoclimatology*, 51, 421-435, doi: 10.1007/s10933-014-9764-8. [査読有]

Onodera, J., K. Takahashi, R. Nagatomo. (2014) Diatoms, silicoflagellates, and ebridians at Site U1341 on the western slope of Bowers Ridge, IODP Expedition 323. *Deep-Sea Research II. Special Volume*, in press. [査読有]

Pierre, C., M-M Blanc-Valleron, S. Caquineau, C. März, A.C. Ravelo, K. Takahashi, C. Alvarez Zarikian. 2014. Mineralogical, geochemical and isotopic characterization of authigenic carbonates from the methane-bearing sediments of the Bering Sea continental margin (IODP Expedition 323, Sites U1343-U1345), *Deep-Sea Research II. Special Volume*, in press. [査読有]

Yamazaki, T., Inoue, S., Shimono, T., Sakamoto, T., Sakai, S., (2013) Sea-ice conditions in the Okhotsk Sea during the last 550 kyr deduced from environmental magnetism. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, Volume 14, Issue 12, pages 5026–5040, December 2013, doi: 10.1002/2013GC004959. [査読有]

Michinobu Kuwae, Masanobu Yamamoto, Ken Ikehara, Tatsuhiko Sakamoto, Minoru Ikehara, Hidetaka Takeoka, 2013, Stratigraphy and wiggle-matching-based age-depth model of late Holocene marine sediments in Beppu Bay, southwest Japan, *Journal of Asian Earth Sciences*, 69, p. 133-148, doi:10.1016/j.jseas.2012.07.002 [査読有]

Sakai, S., Nakaya, M., Sampei, Y., Dettman, D.L., and Takayasu, K., (2013) Hydrogen sulfide and organic carbon at the sediment-water interface in a coastal brackish lake Nakaumi, SW Japan. *Environmental Earth Sciences*, 68, 1999-2006. doi: 10.1007/s12665-012-1887-5 [査読有]

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. (2013). Millennial-scale climate change and

intermediate water circulation in the Bering Sea from 90 ka: A high-resolution record from IODP Site U1340. *Paleoceanography*, Vol. 28, 1–14, doi:10.1029/2012PA002365, 2013. [査読有]

Kanematsu, Y., K. Takahashi, S. Kim, H. Asahi, and B.-K. Khim. (2013). 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, doi: 213-220., 10.1016/j.quaint.2013.06.003. [査読有]

Teraishi, A., Suto, I., Onodera, J., and Takahashi, K. (2013) Diatom, silicoflagellate 1 and ebridian biostratigraphy and paleoceanography in IODP 323 Hole U1343E at the Bering slope site. *Deep-Sea Research II. Special Volume*, in press. (Available online 13 March 2013) [査読有]

Takahashi, K., S. Kim, B-K Khim, Y. Kanematsu, H. Asahi, and A. C. Ravelo. 2013. Biogenic opal production changes during the Mid-Pleistocene Transition in the Bering Sea (IODP Expedition 323 Site U1343). *Quaternary Research*, in press (Available online 15 November 2013) 10.1016/j.yqres.2013.10.001 [査読有]

Iwasaki, S., Takahashi, K., Maesawa, T., Sakamoto, T., Sakai, S., Iijima, K., 2012. Paleoclimatology of the last 500 kyrs in the central Okhotsk Sea based on geochemistry. *Deep-Sea Res. II*, Vols. 61-64, 50-62. doi:10.1016/j.dsr2.2011.03.003 [査読有]

Yamaguchi A., Sakaguchi A., Sakamoto T., Iijima K., Kameda J., Kimura G., Ujiie K., Chester F. M., Fabbri O., Goldsby D., Tsutsumi A., Li C. F., Curewitz D., 2011, Progressive illitization in fault gouge caused by seismic slip propagation along a megasplay fault in the Nankai Trough, *Geology*, November 2011, v. 39, p. 995-998, doi:10.1130/G32038.1 [査読有]

Derkachev A.N., Goldberg E.L., Gorbarenko S.A., Sakamoto T., Malakhov M.I., Chebykin E.P., 2011, Characteristics of the volcanic ash layers in the central OS sediments during the last 350 kyr and their age, *Deep-Sea Research II*, 61-64, 179-192, doi:10.1016/j.dsr2.2011.05.015 [査読有]

Khim, B.K., Sakamoto, T., Harada N., 2012, Reconstruction of surface water conditions in the central region (core YK0712-GC9A) of the Okhotsk Sea during the last 180 kyrs, *Deep-Sea Research II*, 63-72, doi:10.1016/j.dsr2.2011.05.014 [査読有]

Sakamoto, T., K. Takahashi, K. Iijima, Y. Kido, F. Yamamoto, T. No, T. Tsuru, U. Suzuki, M. Okada, Y. Okazaki, H. Tokuyama

and A. Taira.. 2011. Site Survey data sets for the IODP Expedition 323 in the Bering Sea as a part of IODP Proposal No. 477 entitled "The Okhotsk and Bering Seas: High resolution Plio-Pleistocene Evolution of the Glacial/Interglacial Changes in the Marginal Seas". In Takahashi, K., Ravelo, A.C., Alvarez Zarikian, C.A., and the Expedition 323 Scientists, Proc. IODP, 323: Tokyo (Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.), doi:10.2204/iodp.proc.323.111.2011. [査読有]

Ikenoue T., Takahashi K., Sakamoto T., Sakai S., and Iijima K., 2011, Occurrences of radiolarian biostratigraphic markers *Lychnocanoma nipponica sakaii* and *Amphimelissa setosa* in Core YK07-12 PC3B from the Okhotsk Sea, Memoirs of the Faculty of Sciences, Kyushu University, Series D, Earth and Planetary Sciences, Vol. XXXII, No. 3, pp. 1-10. [査読有]

嶋康輝, 渡邊剛, 島村道代, 坂本竜彦, 長尾誠也, 2011, サンゴ骨格の発光バンドの発光原因とその環境指標としての可能性. 日本サンゴ礁学会誌, 12, 1-15 [査読有]

小栗一将, 杉崎彩子, 飯島耕一, 坂本竜彦, 北里 洋, 2011, ガンマ線スペクトロメトリーにおける 210Pb, 214Pb の解析方法に関する検討. JAMSTEC Report of Research and Development, 12, 27-36. [査読無]

[学会発表](計 99 件)

Takata H., Tanaka S., Seto K., Sakai S., Takayasu K., Boo-Keun Khim, (2013) A shift in the biotic response of benthic foraminifera (*Rhizaria*) during ~AD 700-1600 in Aso-kai Lagoon, central Japan, The 10th East Eurasia International Workshop on Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Eurasia, October 7th, Kuwanjiu, Korea.

岡田 誠・海鋒匠摩・吉川卓寿, 2013, 安房層群安野層上部における古地磁気層序, 日本地質学会 2013 年大会口頭発表, 2013 年 9 月 14 日 ~ 16 日, 東北大学 川内北キャンパス

Minoru Ikehara, Tamaki Takani, Long-term trend of stratification in the Bering Sea inferred from nitrogen isotopic compositions at IODP Sites U1341 and U1343, 2nd workshop on Pliocene climate, The Clifton Pavilion, Bristol Zoo Gardens, Bristol, UK, September 8-10, 2013.

Yaeko Igarashi, Hu Sung Gi, Sakamoto Tatsuhiko, Okamura Makoto, Matsuoka Hiromi, Iijima Khoichi, Tomoyuki Ohyama,

Yamanobe Kiyoo, Holocene vegetation change in the southern Okhotsk Sea region based on pollen records from the Lake Abashiri, 11th International Conference on Paleoclimatology, Sitges (Barcelona) Catalonia, Spain, 1-6 September, 2013.

Takahashi, Kozo, 2013. Pacific and Atlantic connection through the Arctic and Bering Sea: Beringian gateway opening. Ocean Gateways Past and Present: Significance for Ocean Circulation and Terrestrial Climates, 5-7 May 2013, Jerusalem, Israel.

Asahi, Hirofumi, Hideto Tsutsui, Kozo Takahashi, Boo-Keun Khim. 2012. Decadal change in the preservation status of the CaCO₃ export production in the Bering Sea and the central subarctic Pacific: Do they really link to the atmospheric pCO₂ rise?, 2012 Fall Meeting, AGU, 7 Dec. 2012, San Francisco, Calif., USA

Aoki K., Asahi, H., Nagatsuma, Y., Kurihara, K., Fukuoka, T., Sakamoto, T., Iijima, K. (2012) Geochemical characters of Quaternary tephra beds and their stratigraphic position in the sedimentary core drilled at the site U1343 in the central Bering Sea. Abstract V43B-2828 presented at 2012 Fall Meeting, AGU, 3-7 Dec, San Francisco, Calif., USA,

R. Kondo, S. Tsukamoto, K. Endo and T. Sakamoto, Luminescence chronology of the Middle Pleistocene marine and fluvial terraces using post-IR IRSL: A case study in northern Japan, 3rd Asia Pacific Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance dating - including non-dating applications of Luminescence and ESR, Nov 18-22, 2012, 50th Anniversary Building, Okayama University of Science

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, Ravelo, A. C., Zarikian, A. C., 2012. 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. 日本海洋学会秋季大会, 2012 年 9 月 13 日(木) ~ 9 月 17 日(月), 東海大清水.

青木かおり, 鈴木毅彦, 河合貴之, 坂本竜彦, 飯島耕一 (2012) 下北沖 C9001C および C9002A/B コア中の中・後期更新世テフラ層序, 幕張メッセ, 2012/5/24, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会

Kohki Sowa, Tsuyoshi Watanabe, Tatsuhiko Sakamoto (2011) Modern temperate coral growth analysis in North-west Pacific. AGU 2011 fall

meeting, 5-9 December 2011, San Francisco, California, USA

〔図書〕(計4件)

清川昌一, 伊藤孝, 池原実, 尾上哲治, 2014. 地球全史スーパー年表, 岩波書店, 24pp

吉崎正憲ほか編(坂本竜彦 共著), 図説地球環境の事典, 朝倉書店, 2013, 378pp

秋道智爾他編(高橋孝三 共著), 2013, 人と海洋の共生を目指して-150人のオピニオンVI-, 海洋政策研究財団, 387pp

Harada N., Takahashi K., Timmermann A, Sakamoto T. (2012 Eds.) Climate change dynamics of present and past in the North Pacific and its northern marginal seas, Deep-Sea Research II 61-64, doi:10.1016/j.dsr2.2012.01.001

〔産業財産権〕

特になし

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

立花義裕 (TACHIBANA, Yoshihiro)
三重大学・大学院生物資源学研究科・教授
研究者番号: 10276785

岡田誠 (OKADA, Makoto)
茨城大学・理学部・准教授
研究者番号: 00250978

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

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

青木かおり (AOKI, Kori)
立正大学・地球環境科学研究科(研究院)・
研究員
研究者番号: 30513163

江崎修央 (EZAKI, Hideo)
鳥羽商船高等専門学校・制御情報工学科・
准教授
研究者番号: 30311038

小栗一将 (OGURI, Kazumasa)

独立行政法人海洋研究開発機構・海洋・極
限生物圏領域・研究員
研究者番号: 10359177

坂井三郎 (SAKAI, Saburo)

独立行政法人海洋研究開発機構・海洋・極
限生物圏領域・研究員
研究者番号: 90359175