

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 31 日現在

機関番号：13201

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：平成 23 年度～平成 24 年度

課題番号：23810009

研究課題名（和文） 鮮新世温暖期の環境復元に基づく「温暖化地球像」の把握

研究課題名（英文） Understanding of “green-house earth” based on environmental reconstruction of the Pliocene warmth

研究代表者

堀川 恵司 (Horikawa Keiji)

富山大学・大学院理工学研究部（理学）・助教

研究者番号：40467858

研究成果の概要（和文）：

本研究では、統合国際深海掘削計画（IODP）によって、2009年にベーリング海で採取されたベーリング海の海底堆積物コア試料を用いた。分析に使用したコア試料のうち、ベーリング海南部で採取された U1341B コアは、本海域において初めて採取された過去 400 万年間の環境情報を記録するほぼ連続的な試料であった。この試料について、碎屑物のネオジム同位体比と鉛同位体比の分析を行い、鮮新世温暖期と言われる時代のアラスカ域の山岳氷床が 410 万年前から徐々に拡大し始め、330 万年前と 290 万年前に雪氷圏の拡大を伴っていた、というアラスカ雪氷圏の発達史に関する新しい知見を得た。

研究成果の概要（英文）：

In this study, we used deep-sea sediment cores in the Bering Sea obtained by Integrated Ocean Drilling Program (IODP) expedition 323 in 2009. Among the sediment cores we have analyzed, U1341B core was the first continuous sediment samples in the Bering Sea that record the environmental information during the past 4 million-year. We have measured neodymium and lead isotopes of detrital sediments from U1341B core. We found that Alaskan mountain glaciers started to grow from at least 4.1 Ma, when global climate has been considered to be relatively warmer ($\sim 3^{\circ}\text{C}$) than today, called as the Pliocene warmth, and experienced the significant enlargement at 3.3 Ma and 2.9 Ma. This is the new finding regarding the cryosphere evolution in the Alaska during the Pliocene.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 23 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
平成 24 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：環境動態解析

キーワード：鮮新世・温暖化・ベーリング海・ネオジム同位体・古気候

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

IPCC 第四次報告書によると、「21 世紀後半の地球規模の平均気温は、大気中CO₂濃度の増加によって現在と比べ2-5 度程度上昇する」と予測されている。しかし、CO₂放出量を削減する試みは、国際社会が歩調を合わせ実現するのが難しく、国際的な議論は、温暖化による環境変化を受忍する方向へと動きだしている。温暖化は、平均気温の上昇だけでなく、全球規模で水収支や熱収支を大きく変え、水資源の分布や植生分布、氷床融解に伴う海面水位なども大きく変化させる。そのため、温暖化に伴う防災や危機管理の対策が急務となっており、その前提として、科学的確度の高い将来の気候状態の予測が必要不可欠となってきている。

将来の気候状態の予測には、大気・海洋物理や生物地球化学的知見を組み込んだ数値気候モデルが有望であるが、科学的確度の高い予測を提案するには、数値気候モデル結果の妥当性を検証するプロセスが必要である。検証プロセスの一つとして、過去に起こった事象を数値気候モデルによって再現できるかという検証方法があり、21 世紀後半の気候状態を予測するという目的の場合、その気候状態に近かった約400 万年前の「鮮新世温暖期」の気候状態（全球平均気温は3°C高く、大気中pCO₂濃度は約400ppmv；参考文献1,2）を気候モデルが再現できるか検証するという方法がある。実際、アメリカ地質調査所によって提供されている鮮新世中期の古気候データ

（PRISM；Pliocene Research, Interpretation and Synoptic Mapping）を用い、モデル間での結果の差異を検証するモデル間相互比較プロジェクト（PlioMIP）が立ち上げられており、再現実験を通じてモデル予測結果の妥当性が検証

され始め、これにより数値気候モデルの予測結果の信頼性が高まりつつある。

しかし、古気候データが整理集約されているPRISMデータベースには古環境情報が欠損している海域・地域が多数存在するため、再現実験の比較もデータ数の多い局所的な場所のみが対象とされ、全球規模での比較検証には達していない。そのような状況の中、特に、古環境データ空白域をターゲットとした新たな古気候・古海洋データの創出（特に、水温暖情報や陸域情報）が、地球化学コミュニティーに要求されている。

申請者は、上記の理由で、「鮮新世温暖期」の古気候データをさらに拡充させる必要性を感じ、2009 年に実現した統合国際深海掘削計画（IODP）323 次航海（ベーリング海）で得られた鮮新世堆積物試料を用い、データ空白域であった北太平洋高緯度の「鮮新世温暖期」の古環境情報を復元するという着想に至った。

2. 研究の目的

IODP323航海で採取された堆積物試料のうち、U1341Bコアは、「鮮新世温暖期」の過去410万年まで達する良質な堆積物試料であることが分かったため、この試料を対象とし、古環境情報を復元することを主目的とした。

鮮新世温暖期は、およそ100 万年間、安定的な温暖気候として続いたが、およそ320 万年前に突如、温暖期の終焉を迎え、現在のように極域に大規模な氷床が発達する寒冷型の気候状態に遷移した。この事象を起こしたメカニズムを解明（可能性として考えられるプロセスを提案）することで、将来の温暖化抑止に寄与する知見を提供できると期待し、本研究では、鮮新世温暖期やその後の寒冷期、また温暖期から寒冷期の移行期におけるアラスカ雪氷圏の挙動を①碎屑物のNd・Pb 同位体

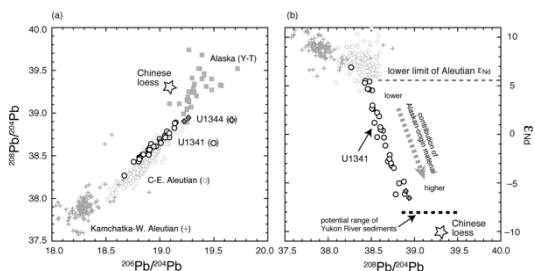
比分析から明らかにし、②他海域の水温等の古気候データと位相関係・テレコネクションの解析を通じて、「鮮新世温暖期終焉メカニズム」を明らかにしようとした。

3. 研究の方法

ネオジウムや鉛同位体分析に使用した試料は、0.02M塩化ヒドロキシアミンによってリーチングし、酸化物を除去したバルク堆積物試料を用いた。水酸化物を除去した試料は、テフロン製ビーカー中で硝酸-フッ酸の混酸で全溶解し、その後、陽イオン交換カラム等でNd・Pbを単離した。単離したNdおよびPbは、米国フロリダ大学のMC-ICP-MS (Nu instruments)で分析を行った。

4. 研究成果

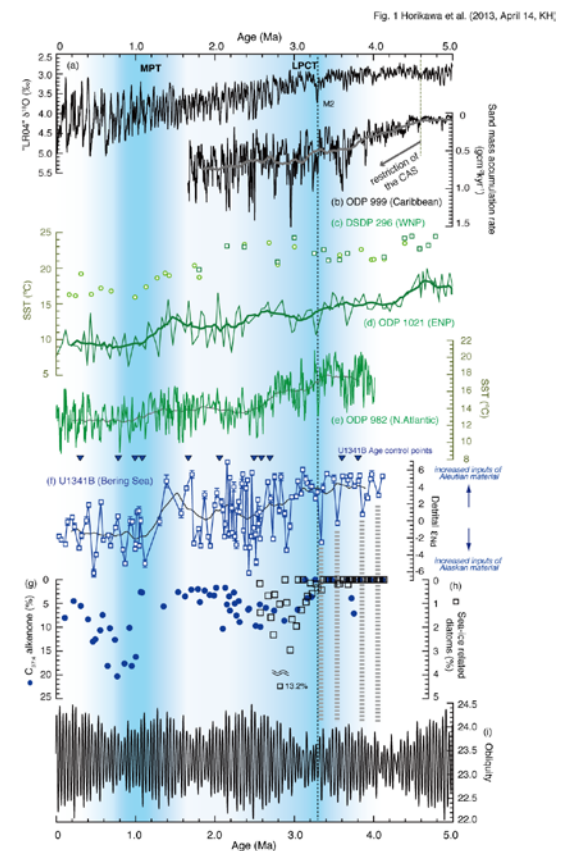
ベーリング海南部で採取されたU1341Bコア(0-410万年分)を対象とし、碎屑物のネオジウム・鉛同位体比分析を行った。得られたネオジウム・鉛同位体比データから、碎屑物の起源として、アリューシャン列島起源の碎屑物とアラスカ起源の碎屑物で構成されることが明らかになった(図1)。



さらに、U1341Bコアに隣接するコアのネオジウム同位体比の結果から、氷期や融氷期にアラスカ起源の碎屑物が増加し、間氷期にアラスカ起源碎屑物が減少する事が明らかになった。このようなネオジウム同位体比の変動は、(i)海氷の発達している氷期に海氷によって運ばれたアラスカ起源碎屑物量が増大することと(ii)アラスカに発達していた氷床・山岳氷河

の融解に伴いユーコン川を通じて運ばれるアラスカ起源碎屑物量が増大することで解釈された。つまり、U1341Bコアの碎屑物のネオジウム同位体比の変動は、ベーリング/アラスカ雪氷圏の拡大・縮小に対応する「アリューシャン起源とアラスカ起源の碎屑物混合比」である事が明らかになった。

U1341Bコアの碎屑物のネオジウム同位体比(図2)は、+6.9~6.2eNdの範囲で変化しており、鮮新世温暖期(4Ma前後)は、+5-6eNdの値を示していた。この事は、ベーリング/アラスカ雪氷圏が現在よりもかなり縮小していた事を示唆する。一方、ネオジウム同位体比は、徐々に減少しており、その長期的なトレンドは全球的な気候変化(氷床量の消長)と非常に良く一致していた。この事は、ネオジウム同位体比が、ベーリング/アラスカ雪氷圏の拡大・縮小の指標になりうる事を補強する。



また、ネオジム同位体と海氷性珪藻、アルケノン4不飽和濃度等の分析・解析から、3.3Ma以降にベーリング海において海氷が形成され始めた事を明らかにした。さらに、4.1Ma以降、徐々にアラスカ山岳氷床が発達し、アラスカ山岳部では小規模ながら氷河の蓄積・融氷が起こっていたことを明らかにした。これらは、本研究で初めて明らかになった知見である。北太平洋高緯度のアラスカ域における雪氷圏の拡大は、パナマ海峡の閉鎖に伴う太平洋域の海洋循環の改編が原因であり、これが北太平洋高緯度域の寒冷化を引き起こすきっかけであったと結論づけた。これらの成果は、鮮新世のアラスカ雪氷圏の挙動や太平洋域の海洋循環に関して制約条件を与えているため、鮮新世温暖期の再現実験に取り組む気候モデルの精度向上にも資すると思われる。

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 2 件)

Okazaki, Y., Sagawa, T., Asahi, H., Horikawa, K., and Onodera, J., (2012), Ventilation changes in the western North Pacific since the last glacial period, *Climate of the Past*, v. 8, 17-24.

doi:10.5194/cp-8-17-2012

Horikawa, K., EE. Martin, Y. Asahara, T. Sagawa, (2011), Limits on conservative behavior of Nd isotopes in seawater assessed from an analysis of fish teeth from Pacific core tops, *Earth and Planetary Science Letters*, v. 310, 119-130. doi:10.1016/j.epsl.2011.07.018

[学会発表] (計 2 件)

堀川恵司, ベーリング海IODP323次航海で得られた堆積物コアのネオジム・鉛同位体比の解析から明らかになったアラスカ山岳氷河の発達史, 北極域における過去の気候・環境変動」シンポジウム

堀川恵司, Nd同位体比を用いた海洋循環・水

塊構造の解析, 日本古生物学会2011年年会

[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:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://www3.u-toyama.ac.jp/horikawa/Home.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀川 恵司 (Horikawa Keiji)

富山大学・大学院理工学研究部 (理学)・助教

研究者番号: 40467858

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: