

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25287136

研究課題名(和文) 南大洋と北極海の完新世水温変動の高時間解像度復元

研究課題名(英文) High resolution reconstruction of Holocene sea surface temperature in the Southern Ocean and the Arctic Ocean

研究代表者

山本 正伸 (Yamamoto, Masanobu)

北海道大学・地球環境科学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60332475

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,700,000円

研究成果の概要(和文)：TEX86の分析により、南大洋ウィルクスランド沖では水温は12,000年前から3000年前にかけて低下し、その後、上昇したことが示された。他方、北極チュクチ海では水温は9000年前以降、上昇した。両地域とも顕著な1000年スケール水温変動を示した。チュクチ海コアのクロライト/イライト比から、ベーリング海峡通過流が1000年スケール変動を示し、中期完新世で強かったことが示された。また、石英/長石比からポーフォート循環が1000年周期変動を伴いながら9000年前以降弱化したことが示された。

研究成果の概要(英文)：TEX86 analysis indicated that sea surface temperature (SST) decreased from 12,000 years ago to 3,000 years ago and increased afterward off Wilkes Land in the Southern Ocean. In the Chukchi Sea of the Arctic, SST increased since 9,000 years ago. Both areas showed significant millennial-scale SST variability. In the Chukchi Sea core, the chlorite/illite ratio showed higher values in the middle Holocene, suggesting the intensified Bering Strait inflow. The Quartz/feldspar ratios showed a decreasing trend, suggesting a decline of the Beaufort Gyre circulation since 9,000 years ago.

研究分野：古海洋学

キーワード：南極 北極 古海洋 古気候 TEX86 鉱物 堆積物

1. 研究開始当初の背景

完新世(過去 11700 年間)の 10 年~1000 年スケール気候変動は人間社会との関わりが深く、その実態の解明が急がれている。近年の古気候研究の進展により、完新世において時間および空間スケールの異なる様々な気候変動が存在することが明らかになった。しかし、高い時間解像度を持つ古気候記録は依然として少数であり、変動の規則性、原因、伝搬過程に関する理解はいまだ不十分である。この気候変動の実態を解明するために、高い時間解像度を持つ古気候記録を取得して行くことが極めて重要である。

2. 研究の目的

本研究では、南大洋ウィルクスランド沖と北極チュクチ海において採取した海底コアのグリセロールジアルキルグリセロールテトラエーテル(GDGT)の TEX₈₆ を分析することにより、完新世(過去約 1 万年間)の水温の高時間解像度復元を行い、両極域における 100 年スケール水温変動の振幅と周期性を明らかにした。変動の周期性から変動の起源を特定した。さらに、中低緯度地域の高時間解像度古気候記録(石筍記録、樹木年輪、アイスコアなど)と比較し、共通にみられる変動パターンを見いだすことにより、遠隔地相互の気候学的連携と伝搬過程を考察した。

3. 研究の方法

南大洋ウィルクスランド沖アデリー海盆で掘削した IODP サイト U1357(南緯 66 度 25 分東経 140 度 25 分、水深 1026 m)と北極チュクチ海北縁で採取した ARA02B 01GC コア(北緯 73 度 38 分東経 166 度 32 分、水深 95m)の堆積物を用いる(図 1)。

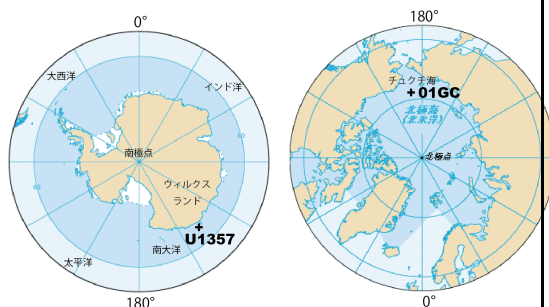


図 1. コア採取位置. 左: 南大洋ウィルクスランド沖 IODP サイト U1357. 右: 北極チュクチ海 ARA02B-01GC コア.

IODP サイト U1357 コアは統合国際深海掘削計画(IODP)第 318 節航海において、2010 年 2 月に掘削採取された。サイト U1357 では、大陸縁に近い海盆の平坦面を掘削し、183m 長のコアを得られた。上部

170m はラミナの発達する珪藻軟泥からなり、岩相はほぼ一定であった。米国スタンフォード大学の Robert Dunbar 教授により 24 点の有機物の放射炭素年代が測定され、珪藻軟泥層準が過去約 1 万年間をほぼ一定の堆積速度でカバーしていることが明らかにされた。水温復元には、TEX₈₆ 古水温推定法を用いた。堆積物から有機溶媒を用いて脂質を抽出し、カラムクロマトグラフィーにより分離・精製したのち、液体クロマトグラフ質量分析計にて測定した。

チュクチ海北部の水温は海水の被覆度と関係があり、その被覆度は海流系パターンに左右される。したがって、北極海の海流系を復元することは、ARA02B-01GC コアの水温記録の解釈に大いに役立つ。チュクチ海北部では、ユーコン川、チュクチ海沿岸の小河川、マッケンジー川、シベリアの河川から細粒碎屑物が供給されており、海流系に対応して、それぞれ特徴的な粒子がチュクチ大陸棚に堆積している。コア堆積物の粒度と鉱物組成から、それぞれの寄与を復元することが可能である。本研究ではコア堆積物の粒度と鉱物組成の寄与の変化から、海流系変動を復元し、水温の解釈に役立てた。

4. 主な研究成果

TEX₈₆ の分析により、南大洋ウィルクスランド沖では水温は 12,000 年前から 3000 年前にかけて徐々に低下し、その後、上昇したことが示された。他方、北極チュクチ海では水温は 9000 年前以降、徐々に上昇した。両地域とも顕著な 1000 年スケール変動を示し、年代値の誤差の範囲で変動パターンが一致した。すなわち、南極の水温が高いときには、北極チュクチ海の水温も高かった。

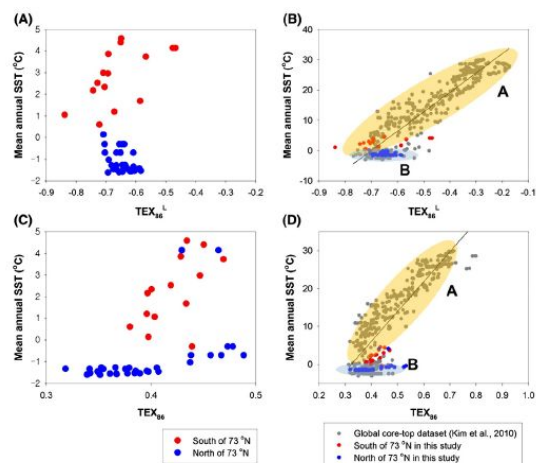


図 2. チュクチ海表層堆積物の TEX₈₆ と年平均水温の関係 (Park et al., 2014 の図 6)。北緯 73° 以北の試料の TEX₈₆ は水温から予想される値よりも高い。

TEX₈₆ の示す水温の考察に役立てるため北極チュクチ海とその周辺海域から採取された表層堆積物の分析を行った。北緯 73° 以南では、表

層堆積物の TEX_{86} は年平均水温や夏期水温と相関しており、水温を反映しているようにみえた。しかし、北緯 73° 以北では水温との対応が悪かった(図2)。北緯 73° は夏期海氷縁に相当し、季節海氷域では TEX_{86} は有効であるが、多年氷域では有効でないことが示唆された(Park et al., 2014 Marine Chemistry)。

代表者が太平洋で進めている研究では、海洋懸濁粒子および沈降粒子の GDGT の TEX_{86} は深度により水温に対する応答が異なっていることが分かってきた。しかし、北極チュクチ海において海洋懸濁粒子を採取し、その GDGT 組成を調べたところ、深度による TEX_{86} の水温応答には違いはなく、一様であった。

上述のように、 TEX_{86} は季節海氷域と多年氷域では挙動が異なっているようにみえるが、このことが海底コアの TEX_{86} から水温復元に問題を生じるのかそうでないのかについては現段階では明らかではない。

他方、北部チュクチ海とその周辺域の表層堆積物の鉱物組成の分析を行ったところ、クローライト/イライト比がベーリング海峡通過流の強度変動の復元に役立つこと、石英/長石比がポーフォート循環の強弱変動の復元に役立つことが明らかになった。

01GC コアについてクローライト/イライト比を分析したところ、ベーリング海峡通過流が 1000 年スケール変動を示し、とくに中期完新世で強かったことが示された。この変動は GDGT 濃度の変動ともよく一致しており、ベーリング海峡通過流が栄養塩を運搬し、チュクチ海における一次生産変動の原因になっていることが示唆された。また、石英/長石比は 9000 年前以降徐々に低下し、ポーフォート循環が弱まってきたことが示された。夏期日射量の減少に伴い海氷と陸地の摩擦が増加したためであると解釈した。この比は 1000 年周期変動を示し、太陽放射量変動と位相も一致した。1000 年スケールの太陽放射量変動がポーフォート循環に影響したことが示唆された。これらの海流変動は TEX_{86} 変動とは対応していない。水温変動は海流変動とは別の因子により規定されていたことが示唆された。

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 1 件)

Park, Y.-H., Yamamoto, M., Nam, S.-I., Irino,

T., Polyak, L., Harada, N., Nagashima, K., Khim, B.-K., Chikita, K., Sei-Ichi Saitoh, S.I., (2014) Distribution, source and transportation of glycerol dialkyl glycerol tetraethers in surface sediments from the western Arctic Ocean and the northern Bering Sea. Marine Chemistry, 165, 10-24. 査読あり

〔学会発表〕(計 21 件)

1. Yamamoto, M., Nam, S.I., Kobayashi, D., Irino, T., Shimada, K. (2015) Millennial-scale variability in the Bering Strait inflow during the Holocene. 18th International Meeting of Asian Marine Geology, Jeju (South Korea), 7 October 2015.
2. Yoon, S.H., Yi, H.I., Yamamoto, M., Shin, K.H. (2015) Origin, composition and reactivity of sedimentary organic matter in the eastern Yellow Sea. 18th International Meeting of Asian Marine Geology, Jeju (South Korea), 7 October 2015.
3. Suzuki, K., Yamamoto, M., Nam, S.I., Irino, T., Park, Y.H., Yamanaka, T. (2015) Changes in ice drift pattern in the western Arctic Ocean during the last 70,000 years. 18th International Meeting of Asian Marine Geology, Jeju (South Korea), 7 October 2015.
4. Yamamoto, M., Ohira, F., Yamashita, Y. (2015) Spatial and size distributions of intact and core glycerol dialkyl glycerol tetraethers in suspended particulates in the North Pacific. 27th International Meeting on Organic Geochemistry, Prague (Czech), September 17, 2015.
5. 鈴木健太・山本正伸・入野智久・朴惟賢・南承一・山中寿郎(2015) GDGT と C/S 比に基づく過去 7 万年間の西部北極海の海氷漂流パターン復元。第 33 回日本有機地球化学シンポジウム, 2015 年 8 月 7 日, 北海道大学低温科学研究所(北海道札幌市)
6. 山本正伸・大平深史・山下洋平(2015) TEX_{86} は何を示しているのか: 海洋水柱懸濁粒子中のインタクト GDGT 研究から言えること。日本地球惑星科学連合 2015 年大会, 2015 年 5 月 28 日, 幕張メッセ(千葉県千葉市)。
7. Yamamoto, M., Nam, S.I., Polyak, L., Kobayashi, D., Irino, T., Shimada, K. (2015) Insolation control on the Beaufort Gyre dynamics during the Holocene. The Fourth International Symposium on the Arctic Research (ISAR-4), 27 April 2015, 富山国際会議場(富山県富山市)

8. 山本正伸・南承一・Leonid Polyak・小林大祐・入野智久・島田浩二(2015) 完新世の西部北極海 極地研研究集会「北極における過去の気候・環境変動」, 2015年3月25日-26日, 国立極地研究所(東京都立川市)。
9. 鈴木健太・山本正伸・入野智久・朴惟賢・南承一(2015) 最終氷期以降の西部北極海の堆積物運搬変遷史 極地研研究集会「北極における過去の気候・環境変動」, 2015年3月25日-26日, 国立極地研究所(東京都立川市)。
10. 山本正伸(2015) 北極海における古環境研究の現状と課題. 2014年度海洋学会シンポジウム「自国砕氷船を利用した極域海洋研究」, 2015年3月21日. 東京海洋大学(東京都港区)。
11. 鈴木健太・朴惟賢・山本正伸・南承一(2014) 北極海堆積物コア中のGDGT組成変動: 7万年前以降の堆積物運搬変遷史の復元. 第32回有機地球科学シンポジウム, 2014年11月7日, ニューウェルシティ湯河原(神奈川県熱海市)。
12. 山本正伸(2014) アラオンによる海底堆積物研究と海底地形調査から学ぶこと. 低温科学研究所共同利用研究集会「両極海における砕氷船を利用した観測研究」, 2014年10月27日, 北海道大学低温科学研究所(北海道札幌市)。
13. 山本正伸(2014) 過去9,000年間の西部北極海の海流変動の復元. 低温研究所研究集会「極域における過去の気候・環境変動」, 3月5日, 北海道大学(北海道札幌市)。
14. 鈴木健太(2014) 過去76,000年間の西部北極海海流変動. 低温研究所研究集会「極域における過去の気候・環境変動」, 3月5日, 北海道大学(北海道札幌市)。
15. Yamamoto, M. (2014) Holocene changes in the Bering Strait inflow. International Joint Workshop: Recent developments in Paleoenvironmental studies, 15 February, 2014, 北海道大学(北海道札幌市)。
16. Suzuki, K. (2014) Surface ocean current and ice drift in the Northwind and Chukchi basins in the western Arctic Ocean during the last 76,000 years. International Joint Workshop: Recent developments in Paleoenvironmental studies, 15 February 2014, 北海道大学(北海道札幌市)。
17. 鈴木健太・山本正伸・南承一・入野智久(2014) 西部北極海の最終氷期以降の古環境復元. 2013年古海洋シンポジウム. 2014年1月7日. 東京大学大気海洋研究所(千葉県柏市)。
18. 山本正伸・南承一・小林大祐・入野智久(2014) ベーリング海峡通過流の完新世変動. 2013年古海洋シンポジウム. 2014年1月7日. 東京大学大気海洋研究所(千葉県柏市)。
19. Yamamoto, M., Nam, S.I., Kobayashi, D., Irino, T., Park, Y.H. (2013) Changes in the Bering Strait Inflow during the Holocene. American Geophysical Union Fall Meeting 2013, San Francisco (USA), December 12, 2013.
20. Park, Y.H., Yamamoto, M., Nam, S.I., Polyak, L. (2013) The Holocene records of glycerol dialkyl glycerol tetraethers from the northern Chukchi Sea. American Geophysical Union Fall Meeting 2013, San Francisco (USA), December 11, 2013.
21. 山本正伸・小林大祐・入野智久・朴惟賢・南承一・Leonid Polyak・原田尚美・長島佳奈・知北和久(2013) チュクチ海コアの鉱物組成からみた最終氷期以降の北極海海流変動. 地球惑星科学連合, 2013年5月21日 幕張メッセ(千葉県千葉市)。

[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〕
ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

山本 正伸 (YAMAMOTO Masanobu)
北海道大学・大学院地球環境科学研究
院・准教授
研究者番号：60332475

(2)研究分担者

入野 智久 (IRINO Tomohisa)
北海道大学・大学院地球環境科学研究
院・助教
研究者番号：70332476

(3)連携研究者

横山 祐典 (YOKOYAMA Yusuke)
東京大学・大気海洋研究所・教授
研究者番号：10359648