

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：13301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21221

研究課題名(和文) 中期更新世気候変換期における西部熱帯太平洋貯熱量変動の解明

研究課題名(英文) Ocean heat content variability in the western tropical Pacific region through the Mid-Pleistocene climate transition

研究代表者

佐川 拓也 (Sagawa, Takuya)

金沢大学・自然システム学系・助教

研究者番号：40448395

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：赤道太平洋域の中央～西部に設置されたセディメントトラップ試料を用いて、浮遊性有孔虫の水温躍層種 *Pulleniatina obliquiloculata* の石灰化水深を推定し、同種のマグネシウム/カルシウム古水温計が水温躍層付近の指標として有効であることを確認した。また、オントンジャワ海台で得られた海底堆積物コアについて、2種の有孔虫マグネシウム/カルシウム古水温計を用いて過去100万年間の表層水温・躍層水温を復元し、氷期-間氷期スケールにおける水温変動とさらに長期的な数十万年スケールの水温変動が存在することを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Calcification depth of planktonic foraminifera, *Pulleniatina obliquiloculata*, is estimated using sediment trap samples moored in the central and western equatorial Pacific. It is confirmed that Mg/Ca thermometry of this species is useful for reconstructing thermocline temperature in this regions. Past sea surface and thermocline temperatures were reconstructed by Mg/Ca thermometry of two planktonic foraminiferal species using a sediment core retrieved from the Ontong Java Plateau. Reconstructed temperatures showed glacial-interglacial change as well as variability in much longer timescale. The results suggest that the ocean-atmosphere interaction played significant role in long-term temperature regulation in the western tropical Pacific region.

研究分野：古海洋学

キーワード：熱帯太平洋 第四紀 古水温復元

### 1. 研究開始当初の背景

中期更新世気候変換期 (MPT: 約 100 万年前) は気候変動のモードが大きく変化した時代として知られている。更新世は氷期-間氷期サイクルが特徴的であるが、MPT においてその卓越周期が約 4 万年から 10 万年へと漸移的に変化し、同時に振幅も拡大した。このような変化は、氷期-間氷期サイクルの根本的な外部強制力である日射量変動には見られないため、地球の気候システム内部に日射量シグナルを変調・増幅するフィードバック機構が存在すると考えられる。太平洋熱帯域は熱と水蒸気を大気へと供給し、地球気候を駆動する重要な海域の一つである。そのため、太平洋熱帯域の大気海洋相互作用の漸移的な変化によって MPT における気候変動モードのシフトが引き起こされた可能性を検証する必要がある。

### 2. 研究の目的

(1) MPT における太平洋熱帯域の大気海洋相互作用の長期的変動が全球気候に果たした役割について検証を行う。そのために、西部熱帯太平洋における鉛直水温構造の変化を、生息水深が異なる 2 種の浮遊性有孔虫種についてマグネシウム / カルシウム古水温計を適用して復元する。

(2) 水温躍層付近の水温復元のために、浮遊性有孔虫 *Pulleniatina obliquiloculata* の石灰化水深の推定と殻 Mg/Ca の水温計としての有用性を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1) 浮遊性有孔虫の石灰化水深を推定するために、中央~西部赤道太平洋に 4 年間設置されたセディメントトラップ試料から有孔虫を拾い出し、有孔虫殻の化学分析 (酸素同位体比, Mg/Ca 古水温) を行う。その結果と観測ブイによる現場水温記録の対応関係を調査することで、石灰化水深を特定する。

(2) 過去の鉛直水温構造を復元するために、オントンジャワ海台で 2014 年に採取された堆積物コアについて、酸素同位体層序により堆積年代を求める。さらに、表層と水温躍層付近に生息する浮遊性有孔虫化石をそれぞれ拾い出し、マグネシウム / カルシウム古水温計を適用することで過去 100 万年間の暖水塊厚さの変化を見積もる。

### 4. 研究成果

(1) 1999 年から 2001 年にかけて太平洋の赤道線上に設置されたセディメントトラップ MT5 (175°E), MT7 (160°W) の 2 サイトの試料から浮遊性有孔虫 *P. obliquiloculata* を拾い出し、個体数の計測、酸素同位体比の分析、Mg/Ca の分析を行った。その結果、MT5 サイトでは徐々に算出個体数が減少し、一方の MT7 サイトでは徐々に個体数が増加する傾

向が確認された。これは、トラップが設置された 4 年の間にラニーニャからエルニーニョへと移行したことを反映していると考えられる。*P. obliquiloculata* の酸素同位体比と Mg/Ca は同調して変化しており、それらは季節変動と年々変動の両方を示した。MT5 サイトでは 4 年間を通して酸素同位体比は徐々に減少し、Mg/Ca は徐々に増加する傾向にある。このことは *P. obliquiloculata* が殻を形成した水温が徐々に高温にシフトしたことを示唆する。

観測ブイによって報告されている各層水温記録と *P. obliquiloculata* の酸素同位体比から求められた“同位体平衡下で殻を形成した場合の水温”を比較した。今回対象とした期間において塩分の変化は無視できる程度に小さかった。酸素同位体比から求められた石灰化水温は、約 125-150 m の水深における水温変化と同調しており、この有孔虫種が 125-150 m といった水深範囲で主に殻を形成していたことが明らかになった。Mg/Ca と同位体から求められた石灰化水温の関係は、これまでにセディメントトラップから得られた *P. obliquiloculata* の Mg/Ca 水温関係式と近い範囲にプロットされ、本有孔虫種の躍層水温復元に関する有効性が示された。

(2) 過去の水温復元には、西部熱帯太平洋域のオントンジャワ海台から採取された海底堆積物コア MR14-02 PC4 (全長 13.6 m) を用いた。本コアは、石灰質軟泥で保存状態が良好な浮遊性有孔虫化石を多量に含む。約 2.4 cm 間隔で分割された 580 試料について浮遊性有孔虫 *P. obliquiloculata* を拾い出し、国立科学博物館の安定同位体質量分析計 MAT253 にて酸素同位体比を分析した。その結果、明瞭な氷期-間氷期サイクルを示し、全球酸素同位体ストックカーブ LR04 と対比することができた。対比の目安には 2 点の古地磁気反転境界 (Brunhes-Matuyama, upper Jaramillo) を用いた。その結果、コア PC4 は約 100 万年前から 7 万年前までを連続的に記録する良質な堆積物コアであることが確認された。

(3) 表層水温の復元には、浮遊性有孔虫 *Globigerinoides ruber* (sensu stricto) を用いた。本種は水深 50 m 程度に多く生息し、殻には表層水温を記録している。コア PC4 における *G. ruber* の Mg/Ca 水温は、近傍で掘削された ODP806B サイトのデータに比べて高い結果となった。これは Mg/Ca 分析の際の前処理方法の違いに起因すると考えられる。現在、Mg/Ca 分析のための前処理方法は大きく分けて 2 種類あり、研究室によってどちらの方法を用いるかが異なる。処理方法による Mg/Ca 値の違いは古水温復元結果にも影響を及ぼすため、今後、どちらの前処理方法がより適切であるかを検討する必要がある。本研究で得られた表層水温復元結果は、南極

氷床コアから復元された大気二酸化炭素濃度と非常に類似した変化を示した。両者をクロススペクトル解析にかけると、地球軌道要素である 10 万年、4.1 万年、2.3 万年の周期が強く、これらのバンドで高いコヒーレンスを示した。これまでにいくつかの WPWP サイトで報告された表層水温に比べてもその類似度は高く、研究海域の表層水温が温室効果ガスの放射強制力によって強く制御されていることが明らかになった。この結果は、先行研究で過去 40 万年間について提案されている温室効果ガスの表層水温制御が、過去 80 万年間にわたって起こっていたことを示す初めての結果となった。特に、約 45 万年前の Mid-Brunhes event を通して温室効果ガスの放射強制力に対する感度が変化しなかったことが特筆すべき新しい知見である。

(4) 躍層付近に生息する浮遊性有孔虫 *P. obliquiloculata* の Mg/Ca 分析によって亜表層水温を復元した。その結果、表層水温同様に氷期-間氷期サイクルに対応した水温変化が確認された。表層水温の結果は、氷期における極小水温が 80 万年間を通してほぼ一定であったのに対し、亜表層水温の氷期水温は長期的な変化を示した。このことは、表層水温と亜表層水温の支配要因が異なることを示唆する。現在、西部熱帯太平洋域の水温躍層はエルニーニョ南方振動によって鉛直移動することが知られており、それに伴って亜表層の水温が大きく変化する。従って、過去の表層水温と亜表層水温の差が水温躍層の鉛直移動を表しているものと考えられる。水温差は約 40 万年前を中心に大きく、約 10 万年前や 70 万年前に小さくなっている。このことから、氷期-間氷期サイクルよりも長期的な大気海洋相互作用の変化が存在したことが明らかになった。

#### 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3件)

Pearson, O., and IODP Expedition 363 Shipboard Scientific Party(計31名). (2018) A deep-sea agglutinated foraminifer tube constructed with planktonic foraminifer shells of a single, *Journal of Micropaleontology*, 査読有, 7-104.

Rosenthal, Y., Holbourn, A.E., Kulhanek, D.K., and the Expedition 363 Scientists(計31名), 2017. Expedition 363 Preliminary Report: Western Pacific Warm Pool. International Ocean Discovery Program. <http://dx.doi.org/10.14379/iodp.pr.363.2017>

Ujiie, Y., Asahi, H., Sagawa, T., and Bassinot, F. (2016) Evolution of the North Pacific Subtropical Gyre during the past 190 kyr through the interaction of the Kuroshio Current with the surface and intermediate waters, *Paleoceanography*, 査読有, 498-1513.

#### [学会発表](計4件)

T. Sagawa, T. Saito, T. Irino, 2017, Mg/Ca of planktonic foraminifer *Pulleniatina obliquiloculata* as a thermocline temperature proxy: results from sediment trap experiments in the equatorial Pacific, AGU 2017 Fall Meeting, New Orleans, USA, 2017/12/11-15

K. Kubota, Y. Yokoyama, T. Ishikawa, T. Sagawa, M. Ikehara, and T. Yamazaki, 2017, Deglacial Western Equatorial Pacific pCO<sub>2</sub> Reconstruction Using Boron Isotopes of Planktonic Foraminiferas, AGU 2017 Fall Meeting, New Orleans, USA, 2017/12/11-15

K. Kubota, Y. Yokoyama, T. Ishikawa, T. Sagawa, and T. Yamazaki, 2017, Did the western equatorial Pacific contribute to atmospheric CO<sub>2</sub> rise during the last deglaciation? *Goldschmidt 2017*, Paris, France, 2017/8/13-18

T. Sagawa, M. Tigchelaar, A. Timmerman, K. Okamura, and M. Murayama, 2015, Western Pacific Thermocline Variability in orbital- and millennial-timescale, AGU 2015 Fall Meeting, San Francisco, USA, 2015/12/14-18

#### [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

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

佐川 拓也 (SAGAWA, Takuya)  
金沢大学・理工研究域・助教  
研究者番号：40448395

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

##### (4) 研究協力者

( )