

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年6月26日現在

機関番号：82617

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K21656

研究課題名(和文) 過去40万年間の長江流出量変動からみた東アジア夏季モンスーン

研究課題名(英文) Variations in the East Asian summer monsoon for the last 400 ky based on foraminiferal Mg/Ca and oxygen isotope in the northern East China Sea

研究代表者

久保田 好美 (Kubota, Yoshimi)

独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・研究員

研究者番号：80710946

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、過去40万年間について東アジア夏季モンスーン変動を理解するため、東シナ海北部で採取された海洋コアU1429から、有孔虫の骨格のマグネシウム/カルシウム比および酸素同位体比を復元し、塩分の指標である海水の酸素同位体比(全球的な変動成分を補正した)を求めた。海水の酸素同位体比の周期解析では、10万年と4.1万年の周期が顕著となり、2.3万年周期ははっきりしなかった。従って、長江集水域の夏季モンスーンによる降水は、全球的な氷床量と二酸化炭素濃度の強制力により敏感に反応していたことを示した。

研究成果の概要(英文)：We reconstructed oxygen isotope ($\delta^{18}O$) of seawater by using Mg/Ca and $\delta^{18}O$ of planktic foraminifera for the last 400 k in the northern East China Sea in order to understand orbital scale East Asian summer monsoon variability. As a results, unlike Yangtze River Valley speleothem $\delta^{18}O$, dominated almost exclusively by precession-band (23-ky) cyclicity, local seawater $\delta^{18}O$ is dominated by eccentricity (100-ky) and obliquity (41-ky) cycles, with almost no precession-scale variance. These results, consistent with records outside the Yangtze River Valley, suggest that East Asian monsoon rainfall is more sensitive to greenhouse gas and high latitude ice sheet forcing than to direct insolation forcing.

研究分野：古気候・古海洋学

キーワード：アジアモンスーン 氷期間氷期サイクル 浮遊性有孔虫 Mg/Ca 酸素同位体比 塩分復元

1. 研究開始当初の背景

地球の軌道要素の変動が地球への太陽放射量を変化させ、地球の気候に大きな影響を及ぼしてきたというミランコビッチ仮説がある。地球の軌道要素には、離心率(10万年)地軸の傾斜角度(4.1万年)、歳差運動(2.3万年)があるが、このうち、歳差運動は太陽放射の地理的、季節的な分布を決め、低・中緯度で大きな変動振幅をもつ。地球の低・中緯度の気候を維持・変動させている気候システムは、モンスーンである。モンスーンとは、陸と海の気圧差で駆動される大規模な大気の循環システムであり、水循環や低緯度から中緯度への潜熱輸送に大きな役割を担っている。その中でも、中国、日本、韓国の広い範囲に影響を及ぼす東アジア夏季モンスーンについての研究は古くから行われてきた。そして、第四紀の東アジアモンスーンの研究として近年盛んに注目されるようになってきたのが鍾乳石の酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}$)である(Wang et al., 2001)。これらの結果から、東アジア地域に初夏の雨をもたらす気候システムである東アジア夏季モンスーンについて、数万年～数十万年の時間オーダーでは夏季モンスーンの降水量は日射量(2.3万年の周期)の強制力に線形に応答するという考えが広く受け入れられてきた。しかし、最近の研究からは、過去1万年間については日射量と東アジア夏季モンスーンとの関係がはつきりしないことが示唆されている。

2. 研究の目的

長江から東シナ海への河川流出量は中国東南部の大部分をしめる集水域全体の降水量を反映する。本研究では、過去40万年間をカバーする東シナ海の堆積物を用いて、長江からの夏の河川流出量変動を推定することで、長江集水域の夏の降水量の記録を復元する。まず、この記録と鍾乳石の記録の比較によって、鍾乳石の $\delta^{18}\text{O}$ の解釈を検証し、過去40万年間の中国東南部の夏の降水量変動を明らかにする。次に、長江河川流出量変動の周期を調べ、東アジアモンスーンシステムが領域全体(中国東南部～日本)として夏の日射量変動の振幅に対ししきい値を持って応答していたのかどうか、あるいは同じモンスーン地域でもってあっても地域によって応答の違いがあるのかを明らかにしそれらの原因について考察する。

3. 研究の方法

統合国際深海掘削計画(IODP)第346次航海による日本海および東シナ海北部の掘削が、過去数百万年間の東アジア夏季モンスーンの変動の解明を目的として平成25年の7月～9月に実施された。本研究では、東シナ海北部で採取されたU1429コアの過去40万年間に相当する約180mのコア試料に含まれる浮遊性有孔虫化石を用いる。

東シナ海は、夏に長江からの淡水の流入に

よって塩分が大きく低下する海域である。現在の観測データに基づき、東シナ海北部の表層塩分の経年変動は長江の河川流出量と関係があることが確認されている(Kubota et al., 2015)。有孔虫骨格中の微量元素比は、古環境復元のツールとして利用されてきた。有孔虫の骨格のマグネシウム/カルシウム比(Mg/Ca)は、骨格が形成された当時の水温を反映する(Nurnberg et al., 1996)。このMg/Caを有孔虫骨格の $\delta^{18}\text{O}$ と組み合わせることで、塩分(=河川流出量)の指標になる海水の $\delta^{18}\text{O}$ を導出することができる。これは、塩分と海水の同位体比に線形な関係が存在することを利用して、こうしたMg/Caと $\delta^{18}\text{O}$ を組み合わせ、海水の $\delta^{18}\text{O}$ を求める手法は過去の塩分復元の標準的な手法である。浮遊性有孔虫の表層種である*Globigerinoides ruber sensu stricto* (250-355 μm)を用いるが、この種は、暖かい時期に多く算出するため、夏の表層塩分の復元に適した種である。

4. 研究成果

有孔虫殻のMg/Caと $\delta^{18}\text{O}$ は、約240年の時間解像度で測定した。その結果、有孔虫の殻の $\delta^{18}\text{O}$ は千年スケールの細かい変動も中国鍾乳石の $\delta^{18}\text{O}$ と非常によく一致した。一方、水温の指標であるMg/Caの周期解析からは、10万年周期について2.3万年周期が顕著であることが、表層水温としては北西太平洋とその縁辺海に特異的なものであることが明らかとなった(Kubota et al., in preparation)。また、有孔虫殻のMg/Caと $\delta^{18}\text{O}$ から、海水の $\delta^{18}\text{O}$ を求め、全球的な氷床量の効果の補正を行うと、10万年と4.1万年の周期が顕著となり、2.3万年周期ははつきりしなかった。従って、長江集水域の夏季モンスーンによる降水は、全球的な氷床量と二酸化炭素濃度の強制力により敏感に反応していたことを示した(Clemens et al., in review)。

<引用文献>

Kubota et al., 2015, *Climate of the Past*, 11, 265-281.

Nurnberg et al., 1996, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 5, pp. 803-814.

Wang et al., 2001, *Science*, 294, 2345.

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6件)

Ryuji Tada, Tomohisa Irino, Ken Ikehara, Akinori Karasuda, Saiko Sugisaki, Chuang Xuan, Takuya Sagawa, Takuya Itaki, Yoshimi Kubota, Song Lu, Arisa Seki, Richard W Murray, Carlos Alvarez-Zarikian, William T. Jr Anderson,

Maria-Angela Bassetti, Bobbi J. Brace, Steven C. Clemens, Marcio H. da Costa Gurgel, Gerald R. Dickens, Ann G. Dunlea, Stephen J. Gallagher, Liviu Giosan, Andrew C.G. Henderson, Ann E. Holbourn, Christopher W. Kinsley, Gwang Soo Lee, Kyung Eun Lee, Johanna Lofi, Christina I.C.D. Lopes, Mariem Saavedra Pellitero, Larry C. Peterson, Raj K. Singh, Samuel Toucanne, Shimng Wan, Hongbo Zheng, Martin Ziegler, 2018. High-resolution and -precision correlation of dark and light layers in the Quaternary hemipelagic sediments of the Japan Sea recovered during IODP Expedition 346, *Progress in Earth and Planetary Science*, 5:19, <https://doi.org/10.1186/s40645-018-0167-8>, 査読有.

Carter, A., Clemens, S., Kubota, Y., Holbourn, A., Martin, 2017. Differing oxygen isotopic signals of two *Globigerinoides ruber* (white) morphotypes in the East China Sea: Implications for paleoenvironmental reconstructions, *Marine Micropaleontology*, 131, 1-9, DOI: 10.1016/j.marmicro.2017.01.001 . 査読有

Debo Zhao, Shiming Wan, Samuel Toucanne, Peter D. Clift, Ryuji Tada, Sidonie Révillon, Yoshimi Kubota, Xufeng Zheng, Zhaojie Yu, Jie Huang, Hanchao Jiang, Zhaokai Xu, Xuefa Shi, Anchun Li, Distinct control mechanism of fine-grained sediments from Yellow River and Kyushu supply in the northern Okinawa Trough since the last glacial, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2017, 18, 2949-2969. DOI:10.1002/2016GC006764 . 査読有

Tada, R., R.W. Murray, C.A. Alvarez Zarikian, W.T. Anderson Jr., M.-A. Bassetti, B.J. Brace, S.C. Clemens, M.H. da Costa Gurgel, G.R. Dickens, A.G. Dunlea, S.J. Gallagher, L. Giosan, A.C.G. Henderson, A.E. Holbourn, K. Ikehara, T. Irino, T. Itaki, A. Karasuda, C.W. Kinsley, Y. Kubota, G.S. Lee, K.E. Lee, J. Lofi, C.I.C.D. Lopes, L.C. Peterson, M. Saavedra-Pellitero, T. Sagawa, R.K. Singh, S. Sugisaki, S. Toucanne, S. Wan, C. Xuan, H. Zheng, and M. Ziegler, 2015. Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, Volume 346, doi:10.2204/iodp.proc.346.101. 査読無

S. C. Clemens, A. Holbourn, Y. Kubota, K.E. Lee, Z. Liu, G. Chen, A. Nelson, B. Fox-Kemper, Precession-band variance missing from East Asian monsoon runoff, *Nature communications*, in review. 査読有 . 佐川拓也, 久保田好美, 多田隆治, 池原研, 入野智久, 板木拓也, 杉崎彩子, 烏田明典, Richard W. Murray, Carlos A. Alvarez-Zarikian, Exp.346 Scientist, アジ

アモンスーンの発達・変動史の解明～日本海と東シナ海に残された記録～, *J-DESC News*, 2015, Vol.8, P2. 査読無 .

〔学会発表〕(計7件)

① Kubota, Y., E. Wakisaka, S.C. Clemens, A. Holbourn, K-E. Lee, M. Ziegler, M., K. Horikawa, K. Kimoto, 2017. Variations in East Asian summer monsoon in the last 400 ky deduced from results of Mg/Ca-sea surface temperature and oxygen isotope of IODP Site U1429, 2017.5.23. JpGU-AGU Joint Meeting, Makuhari, Japan.

② 久保田好美, 脇坂恵都子, Steve Clemens, Ann Holbourn, 木元克典, 堀川恵司, Kyung Eun Lee, Martin Ziegler, 2016. 40万年間の東シナ海の Mg/Ca 水温および酸素同位体比に基づく東アジア夏季モンスーン変動, 2016, 5月, JpGU.

③ Kubota Y., Wakisaka E, Clemens S, Holbourn A, Lee K-E, Ziegler M, Kimoto K, Horikawa K. 2016. Variations in the East Asian Summer Monsoon during the Last 400 kyr Reconstructed Using Oxygen Isotope and Mg/Ca-Derived Sea Surface Temperatures at IODP Site U1429, *Goldschmidt2016*, Yokohama, Gold2016:abs:4367.

④ 久保田好美, 羽田裕貴, 岡田誠, 菅沼悠介, 風岡修, 木元克典, 2015. 千葉複合セクションの Mg/Ca 古水温記録に基づく更新世前期 - 中期における北西太平洋中緯度域の水温変動, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張, SGL38-08.

⑤ Kubota, Y., E. Wakisaka, K. Horikawa, A. Holbourn, S. C. Clemens, K. Kimoto, R. Tada, R. W. Murray, C. A. Alvarez Zarikian, IODP Expedition 346 Scientists, 2015. Variations in East Asian summer monsoon deduced from 400,000 year records of Mg/Ca sea surface temperature and Ba/Ca of IODP Expedition 346 Sites U1428 and U1429, *INQUA2015*, Nagoya, P22-P08.

Gleeman, E., S. Clemens, A. Lawman, Y. Kubota, A. Holbourn, A. Martin, 2015. East China Sea $\delta^{18}\text{O}$ Record Detects Millennial-Scale Changes in the East Asian Summer Monsoon, AGU fall meeting, San Francisco, PP23A-2274.

脇坂恵都子, 堀川恵司, Ann Holbourn, Steve Clemens, 2015. 東シナ海の高解像度水温復元に基づく海洋酸素同位体ステージ5での水温変動復元, 2015年度地球環境史学会年会, 東京, T-2.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保田好美 (KUBOTA, Yoshimi)

国立科学博物館・地学研究所・研究員
研究者番号: 80710946

(2)研究分担者

(3)研究協力者

HOLBOURN, Ann

CLEMENS, Steven

木元克典(KIMOTO, Katsunori)

佐川拓也(SAGAWA, Takuya)