

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 18 日現在

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26887005

研究課題名(和文) 中期完新世における北半球中緯度の日射量変化と北西太平洋の海洋環境変動

研究課題名(英文) Reconstruction of paleoinsolation and paleoenvironmental changes during the Middle Holocene

研究代表者

高柳 栄子 (Takayanagi, Hideko)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：40729208

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：完新世における日射量変化は地球軌道要素スケールの気候変動と密接に関係し地球表層環境に直接的影響を及ぼしてきたことが明らかになっているが、同日射量変化と短時間(数年～数百年)スケールの気候変動との関係はほとんど明らかにされていない。本研究では、沖縄諸島南琉球海域より採取されたオオジャコ化石の成長線解析ならびに化学組成(炭素・酸素同位体比, Sr/Ca比など)を用いて、生息当時の日射量変化ならびに海洋環境変動を日～年単位で復元することを目的とした。検討した結果、オオジャコ化石の成長線ならびに炭素・酸素同位体比は代替指標として有用であるが、Sr/Ca比は分析手法を見直す必要がある。

研究成果の概要(英文)：The sclerochronology and geochemistry of a giant clam *Tridacna gigas* shell collected from the South Ryukyus, Japan has been investigated for reconstructing paleoinsolation and paleoenvironmental changes during the Middle Holocene. Black and light growth bands were clearly confirmed in the *T. gigas* shell. Since growth variation in the *Tridacna* shell showed the seasonality, we inferred that such growth bands are probably daily increments. Oxygen isotope composition of the *Tridacna* shell showed secular changes in sea surface temperature (SST) during the Middle Holocene. Seasonal amplitude of the SST in the Middle Holocene was close to that of recent SST variation. The oxygen isotope profile indicate long-lasting warming during the Middle Holocene.

研究分野：炭酸塩堆積学・地球化学

キーワード：シャコガイ 炭素同位体比 酸素同位体比 微量金属元素濃度 日射量変化

1. 研究開始当初の背景

太陽放射は地球における唯一の熱エネルギー源である。太陽からのエネルギー照射量（以後、日射量と称す）は太陽活動ならびに地球軌道要素によって変動するため、地球に照射される日射量は地質時代を通じて大きく変化してきた (Wanner et al., 2008)。地上へ到達する日射量の変化は海洋ならびに大陸へ供給される熱量を変化させ、海水温分布や気圧配置に直接的な影響を及ぼす。例えば、氷床コア・石筍・海底堆積物などの化学組成 (= 古環境の代替指標) を用いた近年の研究では、東アジア地域における完新世 (過去 11,700 年間) の古気候・海洋環境変動が地球軌道要素の変動による北半球への日射量変化とそれに伴う熱帯収束帯 (ITCZ) の位置の変化に密接に関係していることを明らかにし、完新世の大規模な数千～数万年スケールの気候変動における日射量の重要性に関して統一的な見解が得られ始めている (Wang et al., 2005; Sone et al., 2013 など)。よって、日射量変化は地球規模の気候変動を駆動する重要な要素の一つであり、過去の日射量の復元は地質時代を通じた気候変動の理解において必要不可欠である。従来、日射量変化と気候変動との関係は主に地球軌道要素スケールで研究されてきた。そのため、太陽活動に伴う日射量変化と短時間 (数年～数百年) スケールの気候変動との関係は十分な知見が得られておらず、現時点で両者の関係性は明確に見出されていない (Wang et al., 2005)。その主な原因として、太陽活動度の違いに伴う日射量の増減は 0.1% 程度と非常に小さく、気候変動を直接引き起こす程の変化ではないとされてきたため、従来の研究では、数年～数百年スケールの気候変動を考察する上で日射量変化をあまり重要視してこなかった点が挙げられる。しかし近年、人工衛星の観測データや実験データの蓄積により、太陽活動の変化に伴う太陽磁場強度と銀河宇宙線量の増減が地球の低層雲量と密接に関係していることが明らかとなり (), それらの関係性ならびに影響が過去の地球表層環境にもみられることが近年の研究で示され始めている (例えば、マウンダー極小期: Yamaguchi et al., 2010)。これは、従来の研究において太陽活動の変化が地球表層環境に及ぼす影響を過小評価していた可能性が考えられ、今後それらに関するデータを蓄積する必要がある。シャコガイ殻は共生藻を有する大型二枚貝類であり、同殻には明瞭な日輪が刻まれている。シャコガイのなかでも長寿命のオオジャコ (50 年以上生息) の化学組成 ($\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{18}\text{O}$, Sr/Ca など) は古海洋環境の長期復元に有用であるとされている (例えば Watanabe et al., 2004; Yan et al., 2013)。また近年、シャコガイ殻の日輪幅 (1 日あたりの成長量) ならびに Sr/Ca の変化が日射量変化と密接に関係していることが示され (例

えば, Sano et al., 2012), 両者が高時間分解能 (日～月単位) の古日射量計として注目され始めている。

2. 研究の目的

本研究では、沖縄諸島南琉球海域より採取されたオオジャコ化石の日輪幅ならびに化学組成 ($\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{18}\text{O}$, Sr/Ca, Mg/Ca) の変化を分析し、生息当時の日射量ならびに海洋環境 (水温, 塩分など) の長期時系列変化を日～月単位で復元する。そして、中期完新世における日射量変化と数年～数十年規模の大気海洋環境変動 (アジアモンスーン, エルニーニョ・南方振動 (ENSO) など) との関係の詳細に明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

沖縄諸島南琉球域より得られたオオジャコ化石について、以下の課題に取り組む。
研究 1: オオジャコ化石の日輪幅の計測ならびに炭素同位体分析を行い、オオジャコ殻の成長線ならびに同位体組成が古日射量計として有用かを検討する。同位体分析用の粉末試料は月～季節単位の時間分解能でサブサンプリングする。そして、オオジャコ殻より得られた日輪幅の結果と先行研究によって得られている中期完新世の太陽活動変動 (例えば, Wanner et al., 2008) との比較を行う。
研究 2: オオジャコ化石の化学組成 ($\delta^{18}\text{O}$, Sr/Ca, Mg/Ca など) を月～季節単位の時間分解能で分析し、中期完新世における北西太平洋亜熱帯域の海洋環境を復元する。特に、同殻より得られた同位体組成ならびに微量金属元素濃度の結果から当時の水温・塩分・降水量などを復元し、中期完新世の古気候・古海洋環境に関する従来の成果 (例えば Dansgaard et al., 1993; Wang et al., 2005 など) と統合することで、当時の気候変動を詳細に描き出す。

そして、両者の研究成果を統合し、中期完新世における日射量変化と大気海洋環境にみられる短時間 (数年～数十年) スケールの気候変動 (アジアモンスーン, エルニーニョ・南方振動など) との関係の詳細に検討する。

4. 研究成果

オオジャコ化石の炭素・酸素同位体分析ならびに微量金属元素分析用の試料は、季節単位以上の分解能でサンプリングを行った。殻の酸素同位体組成には明瞭な季節変化がみられ、同組成より見積もられる水温の季節変化は現在の南琉球海域における水温変化と

ほぼ同程度もしくは小さかった。また、酸素同位体プロファイルには全体を通じて値の減少傾向がみられた。海水温の季節変化の振幅は殻全体を通じて大きな変化が認められなかったため、今回得られた酸素同位体組成にみられる成長速度の影響は比較的小さいと考えられる。よって、今回得られた酸素同位体組成の減少傾向は、完新世中期に南琉球海域周辺の海水温が徐々に上昇していたことを示しており、近年の地球温暖化と同様の傾向が認められた。一方、殻の炭素同位体組成には明瞭な季節変化がみられず、全体を通じて値の減少傾向が認められた。また、炭素同位体プロファイルには数年～十数年の周期性がみられ、これは当時の日射量変化と関係している可能と考えられる。オオジャコ化石には明瞭な明暗の成長線が認められ、成長線のカウントならびに成長幅の計測を行った結果、綺麗な季節性がみられた。よって、本成長線は日輪であると考えられる。しかし、日輪が形成されていない時期が1年の中でも何カ所かで見られた。この原因として、日輪は存在しているものの今回の検討方法では日輪を認定できていない可能性と、実際日輪が形成されなかった可能性の2つが考えられ、成長線解析の手法の再検討もしくはデータを補完する方法を検討する必要がある。それらを解決することで、今度、成長線解析の結果と炭素同位体組成の変動との詳細な対比ができ、日射量変化との関係を検討可能となる。オオジャコ化石の微量元素濃度分析(Ca, Mg, Sr)の結果は、産業技術総合研究所・地質調査総合センターの提供する地球化学標準試料Jc1-1(オオジャコ化石)をサブスタンダード試料として用い、同試料の繰り返し測定による結果から、測定値の補正を行った。微量元素濃度分析を行った結果、オオジャコ化石のSr/Ca比は成長段階によって変動プロファイルが異なることが示され、特に成長速度の速い成長初期段階のSr/Ca比は生息の海水温よりも生態的な影響を大きく反映している可能性が高いことが明らかとなった。一方、成熟期のSr/Ca比は、現生オオジャコ殻を用いた先行研究の知見(Yan et al., 2013)から生息当時のSr/Ca比を反映していると期待されたが、本研究で用いた化石試料のSr/Ca比のプロファイルには明瞭な季節変化はみられず、試料が採取された南琉球周辺の水温の季節変化から推定したSr/Ca比の変動幅と比較して振幅が小さかった。分析手法ならびに続成作用の影響を考慮し、今回得られた結果の原因を検討する必要がある。特に、シャコガイ殻は炭酸塩の中でも続成作用を被りやすいアラゴナイトより構成されるため、続成作用の程度と微量元素濃度との関係を明らかにする必要があると考えられる。

<引用文献>

1. Wanner, H., Beer, J., Bütikofer, J., Crowley, T. J., Cubasch, U., Flückiger, J., et al. (2008). Mid-to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews*, 27, 1791–1828.

2. Wang, Y., Cheng, H., Edwards, R. L., He, Y., Kong, X., An, Z., et al. (2005). The Holocene Asian Monsoon: Links to Solar Changes and North Atlantic Climate. *Science*, 308, 854–857.

3. Sone, T., Kano, A., Okumura, T., Kashiwagi, K., Hori, M., Jiang, X., & Shen, C.-C. (2013). Holocene stalagmite oxygen isotopic record from the Japan Sea side of the Japanese Islands, as a new proxy of the East Asian winter monsoon. *Quaternary Science Reviews*, 75, 150–160.

4. Svensmark H (2007) Cosmoclimatology: A new theory emerges. *Astron Geophys*, 48, 1.18–1.24.

5. Yamaguchi, Y. T., Yokoyama, Y., Miyahara, H., Sho, K., & Nakatsuka, T. (2010). Synchronized Northern Hemisphere climate change and solar magnetic cycles during the Maunder Minimum. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 107, 20697–20702.

6. Watanabe, T., Suzuki, A., Kawahata, H., & Kan, H. (2004). A 60-year isotopic record from a mid-Holocene fossil giant clam (*Tridacna gigas*) in the Ryukyu Islands: physiological and paleoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 212, 343–354.

7. Yan, H., Da Shao, Wang, Y., & Sun, L. (2013). Sr/Ca profile of long-lived *Tridacna gigas* bivalves from South China Sea: A new high-resolution SST proxy. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 112, 52–65.

8. Dansgaard, W., Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N. S., Hammer, C. U., Hvidberg, C. S., Steffensen, J. P., Sveinbjornsdottir, A. E., Jouzel, J. and Bond, G., 1993. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*, 364, 218–220.

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0件)

〔学会発表〕(計0件)

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

高柳 栄子 (TAKAYANAGI, Hideko)
東北大学・理学研究科・助教
研究者番号：40729208