

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：18001

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23740385

研究課題名(和文) 琉球サンゴの化学組成に基づいた産業革命以後の海洋 pH の長期変動復元

研究課題名(英文) Reconstruction of long-term oceanic pH variability since the Industrial Revolution from chemical composition in corals around Ryukyu Islands

研究代表者

浅海 竜司 (Asami, Ryuji)

琉球大学・理学部・助教

研究者番号：00400242

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000 円、(間接経費) 1,020,000 円

研究成果の概要(和文)：北西太平洋における海洋環境の長期変動を解析することを目的とし、琉球列島およびグアム島の大型のハマサンゴを用いて研究を実施した。X線画像解析の結果、琉球列島沖永良部島で掘削したサンゴ骨格のコア試料は過去約450年間(A.D. 1560～2011)の年輪記録を有することがわかった。サンゴ骨格試料の各種化学組成・同位体組成を高時間分解能で分析した結果、表層海域の環境因子(水温、塩分、pHなど)を代表する長期時系列データが抽出された。そのデータを解析したところ、北西太平洋熱帯・亜熱帯域における海域は20世紀中頃以降、温暖化かつ淡水化の傾向にあり、海洋酸性化が進行している可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Massive Porites corals from Ryukyu Islands and Guam Island were investigated to analyze long-term trend and variability of ocean environment in the northwestern Pacific Ocean. Analysis of X-ray images showed that the coral cores collected at Okinoerabu-jima, Ryukyu Islands, have continuous annual skeletal density bands for the last 450 years (A.D. 1560-2011). Stable isotope and trace element analyses of the coral skeleton generated high-resolution time series of ocean environment parameters such as seawater temperature, salinity, pH, etc., over the long term. Climate reconstruction using the proxy data suggests that sea surface waters in the tropical and subtropical northwestern Pacific Ocean possibly have become warmer, fresher, and more acid since the mid-20th century.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・層位・古生物学

キーワード：サンゴ 骨格年輪 古環境 古海洋 化学組成 温暖化 海洋酸性化

1. 研究開始当初の背景

近年、人類活動に起因する「地球温暖化」と「海洋酸性化」の問題が指摘されており (IPCC, 2007), これらは現代社会が解決すべき地球環境問題の中でも重要課題に位置づけられる。シミュレーションによる地球環境予測には、衛星や測器などによる気象観測データが欠かせないものの、それら観測網が飛躍的に整備されたのは過去数十年前であり、20 世紀半ば以前を遡る長期の環境データは不足している。

長期データの欠損を補完する有用なアーカイブとして、「現生の造礁ハマサンゴ (以下、サンゴと記述)」が挙げられる。サンゴ骨格の酸素同位体組成は海水温と塩分を記録する代替指標として広く用いられ (e.g., Gagan et al., 1998, *Science*), 近年では、pH に代わる指標としてホウ素同位体組成が注目されている (e.g., Pelejero et al., 2005, *Science*)。すなわち、数百年以上も成長を続けるサンゴは、気象データを遥かに遡る海洋環境の時系列データを提供する。

サンゴの酸素同位体組成の長期データは比較的蓄積されつつある一方、ホウ素同位体組成の長期時系列データはグレートバリアリーフ (GBR) のわずか 2 例のみである (Pelejero et al., 2005, *Science*; Wei et al., 2009, *Geochim. Cosmochim. Acta*)。しかし、2 例のサンゴのホウ素同位体組成記録は同じ GBR から得られているものの、両変動には不一致がみられ、復元された pH の長期変動は太平洋全域を示しているとは言い難い。なぜなら、GBR はオーストラリア大陸に近く、陸水流入やローカルな海流系変化の影響による海水組成変化を大きく受けていることが考えられるためである。

2. 研究の目的

以上の学術的背景を踏まえ、太平洋の海洋 pH の経年変動や近年の海洋表層の温暖化傾向と酸性化傾向の度合いを定量的に把握するためには、大陸から離れた外洋環境を反映する海域で生息するサンゴを用いること、高時間分解能の時系列データを抽出すること、北太平洋と南太平洋の海水、塩分、pH の変動パターンを比較することであると考えられる。

そこで、本研究では、北西太平洋における海洋環境の長期変動を解析することを目的とし、琉球列島およびグアム島に生息する大型のサンゴを用いて研究を実施した。サンゴ骨格試料について、各種化学組成・同位体組成を高時間分解能で分析し、表層海域の環境因子 (水温、塩分、pH) を代表する長期時系列データを抽出する。そして、北西太平洋熱帯亜熱帯域における海水の温暖化傾向、淡水化傾向、酸性化傾向を復元することを目的とした。

3. 研究の方法

琉球列島の中琉球に位置する沖永良部島において定期的な野外調査を実施し、サンゴの生育環境のモニタリングならびに環境水のサンプリングを行った (図 1)。また、水中ボーリング作業を実施し (図 1)、サンゴ骨格のコア試料 (全長約 4.5 m) を掘削した。コア試料を切断整形した後、X 線 CT 撮影を行って骨格年輪像を解析し、生育年代や骨格成長速度などを見積もった。掘削したコア試料ならびにグアム島で得られたサンゴコア試料について、高時間分解能の化学分析を実施し、北西太平洋熱帯亜熱帯域の海洋環境の長期変動解析を行った。



図 1. 海中調査とサンゴ掘削の様子

4. 研究成果

現地調査で取得したサンゴの生息現場環境のモニタリングデータと、衛星・船舶で得られているデータを比較解析した結果、現場データと広域気象データは概ね一致することが確認された。また、掘削したサンゴコア試料の X 線 CT スキャン画像 (図 2) から骨格年輪解析を実施した結果、過去約 450 年間 (およそ 1560~2011 年) における骨格の伸長量、密度、石灰化速度の年々変動が明らかになった。

化学分析の結果、酸素同位体組成ならびに炭素同位体組成について高時間分解能 (1~2 ヶ月/データ) の長期時系列データが抽出された (図 3)。データ解析の結果、産業革命の以前と以後における琉球列島海域の温暖化と淡水化の長期傾向が復元された。また、炭素同位体組成の時系列データは、化石燃料由来の二酸化炭素が 20 世紀半ば以降に海洋中へ顕著に吸収されていることを示唆する。ホウ素同位体組成分析の結果、過去 60 年間の pH の年々変動を復元することに成功し、20 世紀半ば以降、北西太平洋熱帯域の表層海水が酸性化傾向にあること、GBR の傾向とは速度が異なることを明らかにした (図 4)。なお、国内外 21 の研究機関によるサンゴの標準試料分析のクロスチェックを実施し、各種微量元素組成分析の確度評価に貢献した。

以上の研究成果は、学会ならびに国際学術雑誌で発表した。

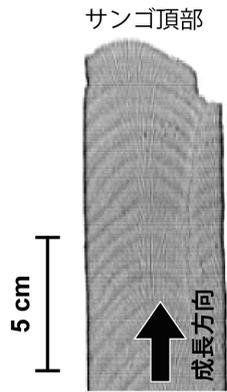


図 2. 掘削したサンゴ骨格のコア試料（最頂部から約 13 cm までの部位）の X 線画像

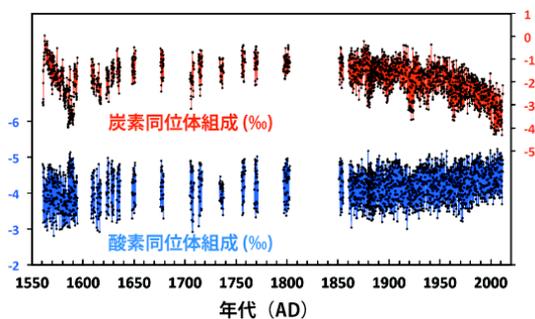


図 3. 酸素・炭素同位体組成の時系列データ

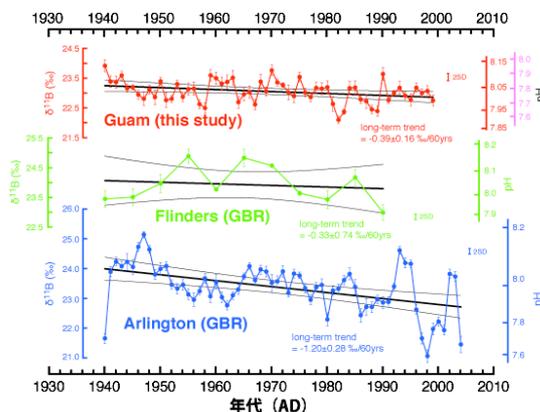


図 4. ホウ素同位体組成の時系列データ

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 7 件)

①R. Shinjo, Ryuji ASAMI, K.-F. Huang, C. F. You, and Y. Iryu (2013) Ocean acidification trend in the tropical North Pacific since the mid-20th century reconstructed from a coral archive. *Marine Geology*, 342, 58–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2013.06.002>.

②Ryuji ASAMI, Y. Iryu, K. Hanawa, T. Miwa, P. Holden, R. Shinjo, and G. Paulay (2013) MIS 7 interglacial sea surface temperature and salinity reconstructions from a southwestern subtropical Pacific coral, *Quaternary Research*. 80, 575–585. <http://dx.doi.org/10.1016/j.yqres.2013.09.002>.

③Ed C. Hathorne, Alex Gagnon, Thomas Felis, Jess Adkins, Ryuji ASAMI, Wim Boer, Nicolas Caillon, David Case, Kim M. Cobb, Eric Douville, Peter deMenocal, Anton Eisenhauer, C.-Dieter Garbe-Schönberg, Walter Geibert, Steven Goldstein, Konrad Hughen, Mayuri Inoue, Hodaka Kawahata, Martin Kölling, Florence Le Cornec, Braddock K. Linsley, Helen V. McGregor, Paolo Montagna, Terrence M. Quinn, Jacek Raddatz, Laura Robinson, Aleksey Sadekov, Rob Sherrell, Dan Sinclair, Alexander W. Tudhope, Gangjian Wei, Henri Wong, Henry C. Wu, Chen-Feng You (2013) Inter-laboratory study for coral Sr/Ca and other element/Ca ratio measurements, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 14, 3730–3750. DOI: 10.1002/ggge.20230.

④R. Uemura, N. Yonezawa, K. Yoshimura, Ryuji ASAMI, H. Kadena, K. Yamada, and N. Yoshida (2012) Factors controlling isotope composition of precipitation in Okinawa Island, Japan: Implications for paleoclimate reconstructions in East Asian Monsoon region, *Journal of Hydrology*, 475, 314–322. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.10.014>.

⑤T. Felis, U. Merkel, Ryuji ASAMI, P. Deschamps, E. C. Hathorne, M. Kölling, E. Bard, G. Cabioch, N. Durand, M. Prange, M. Schulz, S. Y. Cahyarini, and M. Pfeiffer (2012) Pronounced interannual variability in tropical South Pacific temperatures during Heinrich stadial 1, *Nature Communication*, 3: 965. doi:10.1038/ncomms1973.

⑥A. Armid, Ryuji ASAMI, T. Fahmiati, M. A. Sheikh, H. Fujimura, T. Higuchi, E. Taira, R. Shinjo, and T. Oomori (2011) Seawater temperature proxies based on D_{Sr} , D_{Mg} and D_U from culture experiment using the branching coral *Porites cylindrica*, *Geochimica Cosmochimica Acta*. 75, 4273–4285. doi:10.1016/j.gca.2011.05.010.

⑦P. Lindahl, Ryuji ASAMI, Y. Iryu, P. Worsfold, M. Keith-Roach, and M.-S. Choi (2011) Sources of plutonium to the tropical northwest Pacific Ocean (1943-1999) identified using a natural coral archive, *Geochimica Cosmochimica Acta*, 75, 1346-1356. doi:10.1016/j.gca.2010.12.012.

[学会発表] (計 11 件)

①浅海竜司, 玉城昭太, 土屋真衣香, 川上紗弥, 村山雅史, 井龍康文. 琉球列島沖永良部島のサンゴ骨格の長期記録. 日本地球惑星科学連合大会, 横浜, 2014 年 4-5 月.

②新城竜一, 浅海竜司, K.-F. Huang, C.-F. You, 井龍康文. サンゴのホウ素同位体組成から復元された 20 世紀半ば以降の北西太平洋熱帯域の pH 変動. 日本地球惑星科学連合大会, 横浜, 2014 年 4-5 月.

③ Kentaro Tanaka, Asami Takahashi, Michael Holcomb, Haruko Kurihara, Ryuji ASAMI, Ryuichi Shinjo, Kohki Sowa, Tsuyoshi Watanabe, Malcolm McCulloch: $\delta^{14}\text{B}$, Sr, Mg and Ba in *Acropora digitifera* cultured under high- $p\text{CO}_2$ seawater: Effects of seawater pH on trace element incorporation into coral aragonites, International Joint Workshop on Coral reef environmental earth sciences, Sapporo, Japan, March, 2014.

④浅海竜司・阿部 理・高柳栄子・平井 彰・森本真紀・井龍康文. 石垣島の現生サンゴから得られた過去 500 年間の骨格年輪記録, 日本海洋学会, 東京海洋大学, 2013 年 3 月.

⑤田中健太郎・浅海竜司・高橋麻美・栗原晴子・新城竜一. サンゴ骨格中のフッ素含量と石灰化母液の炭酸イオン濃度の関係, 日本サンゴ礁学会, 東京大学, 2012 年 11 月.

⑥浅海竜司. サンゴを用いた海洋環境の長期変動解析, 日本古生物学会年会・総会, 名古屋大学, 2012 年 6-7 月 (特別シンポジウム・招待講演) .

⑦P. Lindahl・浅海竜司・井龍康文・P. Worsfold・M. Keith-Roach・C. Min-Seok : サンゴ骨格中のプルトニウムの起源, 日本サンゴ礁学会第 14 回大会, 那覇, 2011 年 11 月.

⑧植村立・浅海竜司・嘉手納恒・山川周作・南舞依香・山田桂大・吉田尚弘 : 沖縄本島南部における降水同位体比の変動要因, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張, 2011 年 5 月.

⑨新城竜一・浅海竜司・K.-F. Huang・C.-F. You・井龍康文 : サンゴのホウ素同位体組成

から復元される北西太平洋熱帯表層の pH 変動, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張, 2011 年 5 月.

⑩P. Lindahl, Ryuji ASAMI, Y. Iryu, P. Worsfold, M. Keith-Roach, M.-S. Choi : Sources of plutonium to the tropical Northwest Pacific Ocean since the mid-20th century: a natural coral archive, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張, 2011 年 5 月.

⑪A. Armid, Ryuji ASAMI, T. Fahmiati, M. A. Sheikh, H. Fujimura, T. Higuchi, E. Taira, R. Shinjo, T. Oomori : Three sets of temperature proxy revealed from coral *Porites cylindrica*, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張, 2011 年 5 月.

[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
浅海 竜司 (ASAMI RYUJI)
琉球大学・理学部・助教
研究者番号 : 00400242

(2) 研究分担者 ()

研究者番号 :

(3) 連携研究者 ()

研究者番号 :