

平成 30 年 5 月 18 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2013～2017

課題番号：25257207

研究課題名(和文) 温室期サンゴ化石による高精度気候復元と海洋生物応答の解明：温暖化未来へのアナログ

研究課題名(英文) High resolution climate records in modern and fossil corals in past warm periods: Analog for future global warming

研究代表者

渡邊 剛 (WATANABE, Tsuyoshi)

北海道大学・理学研究院・講師

研究者番号：80396283

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,000,000円

研究成果の概要(和文)：将来の地球温暖化地球において、現在の沿岸の生物多様性を支えるサンゴ礁がどのように応答していくのかを、過去の異なる温暖期における礁生物の骨格を用いて複合的な解析と総合的な解釈を行い、明らかにしようとする研究を行った。その結果、過去のそれぞれの温暖期において主要な礁形成生物の石灰化速度は大きく異なること、その反応は単純に温度環境のみでは説明がつかず、環境要因(水温、塩分、栄養塩、酸性度、海水準など)の相互作用とそれらの季節変動、気候学的一生態学的事変、構成生物との生存戦略など、複合的な作用があることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：We reconstructed environmental and calcification changes during past different warming periods using modern and fossil skeletons of reef builders in order to estimate the responses of coral reefs and biodiversity in future global warming. In our results, calcification rates of major reef builders were varied among each warming periods. The responses in their calcification rates were not only explained by temperature, but also influenced by the interaction with environmental factors such as temperature, salinity, nutrients, acidification, and sea level changes. Each factors were also complex influenced by their seasonal variability, climatic-ecological events, the surviving strategy of each reef builders.

研究分野：地球環境学

キーワード：生態系保全 サンゴ礁 オマーン 化石サンゴ 温暖期 生物源炭酸塩 酸素同位体比

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19(共通)

1. 研究開始当初の背景

造礁性サンゴは、貧栄養である熱帯、亜熱帯の沿岸海域において、多様性の高い生態系を維持するための物質循環と、海洋生物に生活の場を与える非常に重要な役割を担っている。その造礁性サンゴの石灰化が、将来の地球温暖化に伴う海洋酸性化により著しく減少し、多くは絶滅の危機にあると予想されている(Kleypas et al., 1999, Science)。しかし、それらの予測モデル計算の根拠になっている過去の温暖期の海洋環境を示す定量的かつ高解像度の時系列データはほぼ存在しない。一方、地質時代において造礁性サンゴはより大きく、急激な気候変動を経験し、現在まで盛衰を繰り返してきたことが地層や化石記録から明らかとなっている。

将来の地球温暖化および海洋酸性化への危機に伴い、近年、熱帯域から温帯域まで広く分布する造礁性サンゴ年輪の地球化学分析から過去数百年間の高解像度気候復元を行う手法が確立されてきた(Watanabe et al., 2003, GCA, Yamazaki et al. 2011, JGR など)。しかし、サンゴ骨格は年代を経ると共に続成作用の影響を受けやすく、化石サンゴへの応用はこれまで困難であった。Watanabe et al. (2011, Nature)では、丹念なフィールド調査と十分な続成過程の評価を行うことにより、約350万年前の鮮新世の化石サンゴでも従来の手法を適応することが可能であることを示した。

本研究は、新たな地球化学的および古生物学的手法を化石サンゴ骨格に応用し、生物の生存と適応に重要な影響を及ぼす季節変動レベルの高解像度気候復元と定量的な生態情報はじめて与えることを目的とする。

2. 研究の目的

アラビア半島南端のオマーンには、始新世から現在までの造礁性サンゴ骨格を産するサンゴ礁堆積物が漸移的に保存されていることが近年明らかになっている。造礁サンゴなど海洋生物の炭酸塩骨格には海洋環境変動を示す物理パラメータが定量的に週から月単位の時間分解能で記録されており、造礁性サンゴ骨格の地球化学的、古生物学的アプローチにより過去の気候復元と生物の応答を高分解能で同時に定量的に推測することが可能である。具体的には、ストロンチウム/カルシウム比、酸素同位体比、炭素同位体比、ホウ素同位体比、窒素同位体比の解析から、水温、塩分、日射量、pH、栄養塩を、骨格の成長量や石灰化量からは、海洋生物の環境応答の履歴を推測することが可能である。これらの指標を用いて異なる温室期における海洋環境の季節変動を切り取り、造礁性サンゴの成長様式を考察し、未来の温暖化地球におけるそれらの予測を試みる。

3. 研究の方法

本プロジェクトでは現在の温暖期(近年百年間)、中世温暖期(約千年前)、気候オプティマム(約6千年前)、イーミアン間氷期(約13万年前)、鮮新温暖期(約350万年前)、中新世の中世温暖期(約1600万年前)、ジュラ紀温暖期の規模、要因、継続期間が異なる過去と現在の温暖期を対象とした。

本プロジェクトは、申請者の研究グループと国際サンゴ礁地球環境学ラボラトリーにより構築された国際合同研究チーム20名により行った。共通フィー

ルドのオマーンに加え、インドネシア、フィリピン、日本での化石サンゴおよびシャコガイのサンプリングを行った。また、北海道大学に設置のサンゴコアセンターでコア試料の処理を一括して行った後に、A) 試料選定チーム、B)地球化学チーム、C)構造解析チームに分かれて解析にあたってきた。地球化学チームは、ストロンチウム/カルシウム比(水温)、酸素同位体比(塩分)、炭素同位体比(日射量・二酸化炭素分圧)、ホウ素同位体比(pH)、窒素同位体比(栄養塩濃度)の季節—数年変化を読み取り、骨格構造解析チームは、それぞれの温暖期におけるサンゴの成長様式を解読した。得られた成果は、適宜ワークショップを開催して議論し、新生代の異なる温暖期における高解像度古環境解析とサンゴ礁の応答に迫った。

4. 研究成果

本研究では本研究プロジェクトチームによって明らかにされた現生のサンゴ、シャコガイ殻、硬骨海綿と、オマーンで採取した中世温暖期およびイーミアン間氷期のサンゴ骨格、南西諸島およびフィリピンで採取した完新世温暖期、鮮新世のサンゴ骨格、インドネシアで採取した中新世のシャコガイ殻、ジュラ紀温暖期の硬骨海綿から、水温記録および気候変動、石灰化生物の骨格成長を比較した。各研究地点には海洋観測器を設置し、現在のサンゴ骨格およびシャコガイ殻の古環境指標の高精度キャリブレーションをおこなった。

完新世温暖期

鹿児島県喜界島の完新世サンゴ礁段丘から得られたサンゴ骨格の化学分析および骨格構造解析を行い、完新世温暖期のサンゴ骨格の酸素・炭素同位体比および微量元素分析をおこなった。完新世温暖期は現在よりも平均水温はほぼ同じであるが、東アジアモンスーンの強化によって水温の季節変動幅が大きいことがわかった。また、喜界島のような高緯度ではサンゴの骨格成長は水温が温暖であるほど大きいことがわかった。本研究の結果から、気候変動によるサンゴの分布の変化と骨格成長量の変化を把握し、温暖化地球に対するサンゴ礁生態系の耐性を理解する必要があることが示唆された。

中世温暖期、イーミアン間氷期

オマーンで採取した現生および化石の造礁サンゴ骨格の酸素・炭素同位体比および微量元素分析をおこなった。オマーン湾に生息する現生のサンゴ骨格の酸素同位体比およびストロンチウム/カルシウム比から水温および海水の酸素同位体比の変化を復元した。その結果、温暖化によりインド洋の大気海洋循環が強化され、インド洋ダイポールモード現象の頻度を増大させていることが示唆された(Watanabe et al.投稿中)。

化石サンゴの年代決定には、U-Th 年代測定法を用いた。採取した化石サンゴは西暦 1745 年、1624 年1176 年と11.6 万年、12.3 万年前の5 試料であり、小氷期(1745、1624 年)と中世の温暖期(1167 年)の試料と最終間氷期の試料を得た。さらに、現生サンゴでおこなった古環境指標のキャリブレーションの結果から、これらの化石サンゴ試料に記録された気候を復元した(図 1)。その結果、小氷期のアラビア海の海水温は現在よりも3.0から3.6°C低かった。中

世の温暖期には現在よりも0.36°C低く、現在の海水温とほぼ同程度であった。しかし、中世温暖期の方が湧昇および水温の季節変動が大きいことがわかった。さらに、アラビア海で夏に発生する湧昇流が引き起こす海水温低下の度合いからインド洋モンスーンと湧昇流の強さを見積もった。小氷期の湧昇流は現在よりも弱く、中世の温暖期には現在よりも強くなっていた。

これらの時代の造礁サンゴの成長速度は、小氷期が最も高く(18.2mm/yr)、現在や中世の温暖期の成長速度は低かった(14.7、15.4 mm/yr)(図1)。現在や中世の温暖期ではアラビア海における高海水温時に、造礁サンゴの成長が低下していた。また、小氷期のなかでも、特に湧昇流が弱かった1745年は成長速度が低く(15.4mm/yr)、インド洋モンスーンと湧昇流の弱化による夏季の海水温上昇が造礁サンゴの成長速度の低下に寄与したと考えられる。アラビア海において海水温上昇が造礁サンゴの成長を妨げていたことは、地球気温が現在と同程度に暖かった最終間氷期(11.6 万年と 12.3 万年前)に、造礁サンゴの成長が8.0mm/yrと6.7mm/yと成長速度が遅かったことも調和的である。

サンゴ骨格の成長量は中世温暖期および現生のサンゴよりも小氷期の方が大きく、水温上昇とそれに伴う気候のフィードバックがサンゴの骨格身長量を減少させる可能性を示唆した。

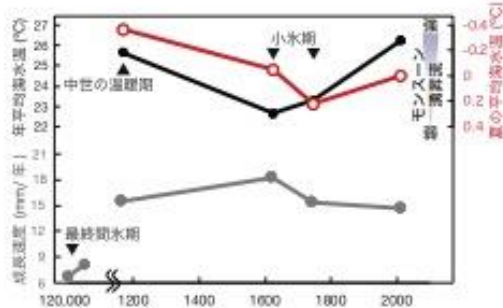


図1 オマーンのサンゴ骨格から復元された水温の変化およびサンゴ骨格の成長速度

中新世温暖期

中新世温暖期(1000 万年前)の層準で採取されたインドネシア・ジャワ島のシャコガイ殻を2個体用いた。2 個体合わせて約 30 年分の化石シャコガイ殻の酸素・炭素同位体比および殻の成長量を解析した。化石シャコガイからの酸素同位体比には明瞭な水温の季節変化が見られるが、生息環境の平均水温は30度近くになり、年間年間水温差も約2度と現在よりも海洋の成層化が進行していたことがわかった。

シャコガイ殻の酸素同位体比からは ENSO 様の数年周期変動が見られ、酸素同位体比アノマリからラニーニャ、エルニーニョに相当する年を分離ができた。現在のインドネシアと同様に、1000 万年前のエルニーニョ時には、寒冷・降水量の減少(水温低下・炭素同位体比増加)、ラニーニャ時には、温暖・降水量増加(水温上昇・炭素同位体比減少)の傾向が2 個体に共通して見られた。

完新世温暖化オプティマムの同種の化石と殻の成長量を比較した結果、後期中新世温暖期のオオシ

ャコガイの殻は約50%成長が小さく、より短命であったため、温暖期に石灰化が阻害されていた可能性が示唆された(図2)。

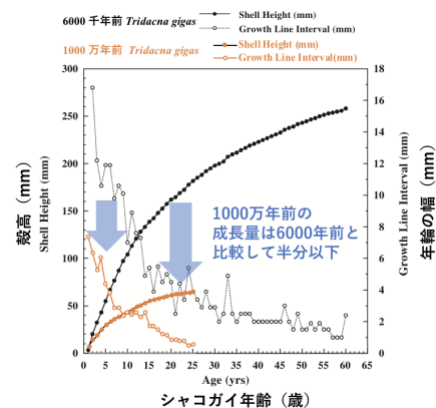


図2 オオシヤコガイ (*T. gigas*) 化石試料の成長曲線

ジュラ紀温暖期

硬骨海綿は、サンゴと同様に年輪を刻みながら数百年間に渡って石灰質の骨格を形成するために、サンゴ骨格やシャコガイ殻と同様に生息時の環境還元や石灰化量の産出に有用である。また、現在ではサンゴ礁の海底洞窟に生息するが、古生代からの過去の温暖期ではサンゴと同様に主要な礁形成を構成していた。高知県島の巢層群から産出された後期ジュラ紀の硬骨海綿 (*Chaetetesis sp*) の微量元素分析と骨格成長解析を行った。比較のために沖縄県久米島、阿嘉島、宮古島で採取された近縁種の現生試料 (*Acanthocheatetes wellsi*) についても同様の分析を行った。その結果、化石および現生試料の微量元素には共に明瞭な季節変動が確認され、成長速度は、3つの島で採取された現生の *Acanthocheatetes wellsi* が年間に0.6-1.1 mmであったのに対して、ジュラ紀後期の *Chaetetesis* 属では22年間の平均値が0.4 mmであり石灰化速度が現在よりも半分近く低いことが示唆された。

まとめ

将来の地球温暖化地球において現在の沿岸の生物多様性を支えるサンゴ礁がどのように応答していくのかを過去の異なる温暖期における礁生物の骨格を用いて複合的な解析と総合的な解釈を行うことにより明らかにしようとする研究を行った。その結果、過去のそれぞれの温暖期において主要な礁形成生物の石灰化速度は大きく異なること、その反応は単純に温度環境のみでは説明がつかず、環境要因(水温、塩分、栄養塩、酸性度、海水準など)の相互作用とそれらの季節変動、気候学的一生態学的事変、構成生物との生存戦略など、複合的な作用があることが明らかになった。今後、本研究で得られた知見を元に、環境要因の復元の高精度化、新たな環境指標の開発、石灰化速度と礁レベルでの炭酸塩固定速度の関係性などを明らかにすることにより、温暖化や海洋酸性化、海洋汚染などの複合的な環境悪化が予想される将来のサンゴ礁の応答をより正確に見積もることが期待される。

本研究の成果はドイツにて開催された“Tropical coral archives”と題したワークショップでドイツ、アメリカ、イタリア、フランス、インドネシア、日本など各国から集まったサンゴ礁研究者とともに議論した。また

同ワークショップにて、サンゴ骨格から得られた気候変動の一次データの共有について話し合った。これまでに得られた成果は、国内外の学会で発表すると共に国際誌に論文を3編投稿し、現在3編を準備中である。現在、公表された分析データを、データベース上にサンゴコア試料情報と併せて共有化するための準備をおこなっている。

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 28 件)

1. Agbaje, O., Wirth, R., Morales, L., Shirai, K., Kosnik, M., Watanabe, T., Jacob, Dorrit, Architecture of crossed-lamellar bivalve shells: The Southern Giant Clam (*Tridacna derasa*, Röding, 1798), Royal Society Open Science, 査読有, 4(9): 170622, 2017, doi: 10.1098/rsos.170622
2. Shibano, Y., Takahata, K., Kawano, J., Watanabe, T., Enomoto, D., Kagi, H., Kamiya, N., Yamamoto, J., Raman spectroscopic determination of Sr/Ca ratios of calcite samples, Journal of Raman Spectroscopy, 査読有, 48, 1755-1761, 2017, doi: <https://doi.org/10.1002/jrs.5235>
3. Watanabe, T.K., Watanabe, T., Yamazaki, A., Pfeiffer, M., Garbe-Schönberg, D., Claereboudt, M. R., Past summer upwelling events in the Gulf of Oman derived from a coral geochemical record, Scientific Reports, 査読有, 7, 4568, 2017, doi:10.1038/s41598-017-04865-5
4. Kajita, H., Yamazaki, A., Watanabe, TK., Wu, C. C., Shen, C. C., Watanabe, T., Holocene sea surface temperature variations recorded in corals from Kikai Island, Japan, Geochemical Journal, 査読有, 54(4), e9-e14, 2017, doi:10.2343/geochemj.2.0482
5. 山崎 敦子・渡邊 剛、顕生代の地球環境変動とサンゴ礁、月刊海洋、査読無、号外 No.60、133-141、2017
6. 梶田 展人・山崎 敦子・伊藤 早織・渡邊 剛、鹿児島県喜界島の現生ハマサンゴを用いた環境復元、月刊海洋、査読無、号外 No.60、55-62、2017
7. 中谷 理愛・渡邊 剛・山崎 敦子・渡邊 貴昭・杉原 薫・Chuan-Chou Shen・佐々木 圭一、喜界島産現生および化石コマルキクメイシの骨格を用いた海洋同位体比ステージ3における古環境復元、月刊海洋、査読無、号外 No.60、47-54、2017
8. 駒越 太郎・渡邊 剛・佐々木 圭一・白井 厚太郎・山崎 敦子、後期更新世海洋酸素同位体ステージ3の喜界島産化石シャコガイ、月刊海洋、査読無、号外 No.60、33-46、2017
9. 西村 裕一・渡邊 剛・山崎 敦子、喜界島の完新世サンゴ礁段丘地形、月刊海洋、査読無、号外 No.60、26-32、2017
10. 渡邊 剛・山崎 敦子、沈みゆくハワイと浮き続ける喜界島のサンゴ礁、月刊海洋、査読無、号外 No.60、8-17、2017
11. 渡邊 剛・山崎 敦子・駒越 太郎・伊藤 早織・渡邊 貴昭・佐々木 友梨・山崎 紗苗・藤崎 咲子・長浜 千夏・伊地知 告・佐々木 圭一、サンゴ礁科学研究の次世代リーダーの育成とサンゴ礁と人類の持続可能な

共生関係の構築に向けて、月刊海洋、査読無、号外 No.60、5-7、2017

12. 渡邊 剛・山崎 敦子、喜界島ジオ・エコ統合モニタリングシステムー地球環境変動の解明とサンゴ礁生態系への影響の評価と監視ー、月刊海洋、査読無、49(3)、121-124、2017
13. 伊藤 早織・渡邊 剛・矢野 恵美・渡邊 貴昭、ハマサンゴ骨格から復元した奄美大島住用湾における土砂流出、月刊海洋、査読無、49(3)、155-156、2017
14. 山崎 敦子・渡邊 剛、喜界島サンゴ礁科学研究所の3年間の歩みー喜界島サンゴ礁科学研究所特別号(続報)ー、月刊海洋、査読無、49(2)、63-66、2017
15. 駒越 太郎・渡邊 剛・Kevin Garas, ・山崎 敦子、フィールドワークにおける Feigl 溶液および Meigen 溶液を用いた生物炭酸塩試料の続成作用の評価、月刊海洋、査読無、555、71-80、2017
16. Motai,S., Kawano,J., Nagai,T., Sowa,K., Watanabe,T., Precipitation of halite during calcification of the massive reef-building coral *Porites lobata*, European Journal of Mineralogy, 査読有, 2017, doi:10.1127/ejm/2016/0028-2521
17. 渡邊 剛、サンゴロジー:サンゴ礁地球環境学, 月刊海洋、査読無、号外 No.56、168-173、2016
18. 山崎敦子・渡邊 剛、炭酸塩生産と海洋の栄養塩は大気二酸化炭素濃度の変動を支配するのかわ?, 月刊海洋、査読無、号外 No.56、159-167、2016
19. 大森一人・渡邊 剛、太平洋域に生息する硬骨海綿骨格の地球科学的特徴, 月刊海洋、査読無、号外 No.56、152-158、2016
20. 渡邊貴昭・渡邊 剛・山崎敦子・Miriam Pfeifer・Dieter GarbeSchönberg・Michel R.Claereboudt、オマーン産サンゴ骨格を用いた環境復元、月刊海洋、査読無、号外 No.56、136-145、2016
21. 駒越太郎・渡邊 剛・白井厚太郎・山崎敦子・植松 光夫、シャコガイ殻を用いた高時間解像度の環境解析-沖ノ島島シラナミガイ殻に刻まれた台風の痕跡-、月刊海洋、査読無、号外 No.56、80-93、2016
22. 伊藤早織・渡邊 剛・山崎敦子・TeddyEkaPutra・西村裕一、サンゴ骨格に記録される地震イベント、月刊海洋、査読無、号外 No.56、60-71、2016
23. Sakaguchi,A., Nomura,T.,Steier,P., Gloser,R., Sasaki,K.,Watanabe,T., Nakakuki,T., Takahashi,Y., Yamano,H., Temporal and vertical distributions of anthropogenic²³⁶U in the Japan Sea using a coral core and seawater samples, Journal of Geophysical Research: Oceans, 査読有, 2015, doi:10.1002/2015JC011109
24. Tanaka, K., Holcomb M., Takahashi, A., Kurihara, H., Asami, R., Shinjo, R., Sowa, K., Rankenburg, K., Watanabe, T., McCulloch, M., $\delta^{11}\text{B}$, Sr, Mg and Ba in *Acropora digitifera* cultured under acidified seawater: Effects of seawater pH on trace element incorporation into coral aragonite, Coral Reefs, 査読有, 2015, doi: 10.1007/s00338-015-1319-6
25. Hori, M., Sano,Y., Ishida, A., Takahata, N.,Shirai, K., Watanabe,T., Middle Holocene daily light cycle reconstructed from the strontium/calcium ratios of a fossil giant clam shell, Scientific Reports, 査読有, 2015, doi: 10.1038/srep08734

26. Yamazaki, A., Watanabe, T., Tsunogai, U., Hasegawa, H., Yamano, H., The coral $\delta^{15}N$ record of terrestrial nitrate loading varies with river catchment land use, *Coral Reefs*, 査読有, 2014, doi:10.1007/s00338-014-1235-1

27. Watanabe, T., Kawamura, T., Yamazaki, A., Murayama, M., Yamano, H., A 106 year monthly coral record reveals that the East Asian summer monsoon modulates winter PDO variability, *Geophysical Research Letters*, 査読有, 41, 3609–3614, 2014, doi:10.1002/2014GL060037

28. Inoue, M., Ishikawa, D., Miyaji, T., Yamazaki, A., Suzuki, A., Yamano, H., Kawahata, H., Watanabe, T., Evaluation of Mn and Fe in coral skeletons (*Porites* spp.) as proxies for sediment loading and reconstruction of fifty years of land use on Ishigaki Island, Japan, *Coral Reefs*, 査読有, 33(2), 363-373, 2014, doi:10.1007/s00338-014-1128-3

[学会発表](計 45 件)

1. Watanabe, T., Pliocene El Nino: Coral records from Philippines could tell us the future image of El Nino?, NIGS lecture series "Coral Reefs Environmental Earth Sciences: Introduction to Coralogy and its Various Applications", University of the Philippines, Quezon city, Philippines, 2018.2.12, invited Talk
2. Watanabe, T., Collecting and sharing coral cores for international collaborative research, Workshop on "Tropical coral archives", Bremen, Germany, 2017. 9. 28
3. Yamazaki, A., Hetzinger, S., J. von Reumont, Manfrino, C., Tsunogai, U., Watanabe, T., Change in nitrogen fixation derived from Caribbean coral skeletons, *Geobremen 2017*, Bremen, Germany, 2017. 9. 27, Oral presentation
4. Ito, S., Yamazaki, A., Yano, M., Watanabe, T. K., Putra, T. E., Nishimura, Y., Watanabe, T., Earthquake and tsunami archives in coral growth parameters and geochemical records, *GeoBremen 2017*, A290, Bremen, Germany, 2017. 9. 27
5. Watanabe, T. K., Yamazaki, A., Pfeiffer, M., Shen, C.-C., Watanabe, T., Indian monsoon reconstruction using fossil coral skeletons from Oman, *GeoBremen 2017*, Bremen, Germany, 2017. 9. 27
6. Watanabe, T., Yamazaki, A., Tropical to temperate coral archives around Japan, *GeoBremen 2017*, Bremen, Germany, 2017. 9.27
7. 山崎 敦子・渡邊 剛、造礁サンゴ骨格の窒素同位体比指標 -低緯度域の栄養塩動態の解明に向けて-, 日本地球化学会年會第 64 回年會, 基調講演, 東京, 2017 年 9 月 13 日
8. Phan Thanh Tung, Watanabe, T., Yamazaki, A., Watanabe, T. K., Shen, C.-C., Chiang Hong-Wei., East Asian monsoon variability recorded by *Porites* coral in Con Dao island, Southern of Viet Nam, KIKAI international symposium for coral reef sciences 2017, Kagoshima, Japan, 2017. 8
9. Ikeda, M., Watanabe, T., Omori, K., Watanabe, T. K., Yamazaki, A., HougWei, C., Shen, C.-C., High-resolution climate reconstruction using coral skeletons from GreenIsland in Taiwan -Sea surface temperature calibration-, KIKAI international symposium for coral reef science 2017, Kagoshima, Japan, 2017. 8
10. Watanabe, T. K., Yamazaki, A., Pfeiffer, M., Shen, C.-C., Watanabe, T., Indian Monsoon evolution during the last millennium, KIKAI international symposium for coral reef science 2017, Kagoshima, Japan, 2017. 8
11. Ito, S., Yano, M. Watanabe, T. K., Watanabe, T., Coral barium/calcium record of sediment load in Sumiyo Bay, Amami Oshima, KIKAI international symposium for coral reef science 2017, Kagoshima, Japan, 2017. 8
12. Watanabe, T., Coral reefs in subsiding Hawai'i and uplifting Kikai islands, KIKAI international symposium for coral reef sciences 2017, Kikai town, Japan, 2017. 8. 3, invited Talk
13. Ito, S., Yano, M. Watanabe, T. K., Watanabe, T., Coral barium/calcium record of sediment load in Sumiyo Bay, Amami Oshima during heavy rainfall events, JpGU-AGU joint meeting 2017, BPT03-P04, Chiba, Japan, 2017. 5
14. Watanabe, T., Coral Sclerochronology: High-temporal resolution windows for palaeoclimatology, paleoceanography, and paleoecology" Oceanography Seminar Series: Spring 2017, 1. 26, University of Hawaii, Honolulu, Invited lecture
15. 駒越 太郎、渡邊 剛、佐々木 圭一、白井 厚太郎、山崎 敦子、喜界島化石シャコガイから読み解く更新世—完新世の気候変動、日本サンゴ礁学会第 19 回大会、沖縄、2016 年 12 月
16. 渡邊 剛・山崎 敦子、地球環境変動をとらえる鹿児島県のサンゴ礁、鹿児島県庁第 13 回政策研究会「かごしまプランナー」講師, 2016 年 11 月 18 日
17. Watanabe, T., High-Resolution Reconstruction of Palaeoclimates in tropical sea surface using Stable Isotopes and Trace Elements in Biogenic Carbonates, 2016. 9. 29, Special lecture, Hawaii Pacific University, Kaneohe, Invited lecture
18. 渡邊 剛、サンゴロジー: サンゴ礁地球環境学、喜界島サンゴ礁化学シンポジウム 2016、喜界町役場コミュニティホール、喜界町、鹿児島、2016 年 8 月 4 日、招待講演
19. 駒越 太郎、渡邊 剛、白井 厚太郎、山崎 敦子、植松 光夫、シャコガイ殻を用いた高時間解像度の環境解析—沖ノ島島シラナミガイ殻に刻まれた台風の痕跡—、喜界島サンゴ礁科学シンポジウム 2016、鹿児島、2016 年 8 月
20. Watanabe, T., Kamimura, K., Sekiya, S., Yamazaki, A., Omori, K., LE Guern, F., Kiyokawa, S., A 100 years' coral growth history in volcanically acidified environments: analogues for coral acclimation to future ocean acidification, 13th International Coral Reef Symposium, Honolulu, Hawaii, Oral presentation, 2016. 6.23
21. Ito, S., Watanabe, T., Yamazaki, A., Putra, T. E., The potential for Sumatra earthquakes and tsunami reconstruction using *Porites* coral skeletons from Simeulue Island, Indonesia, 13th International Coral Reef Symposium, Honolulu, Hawaii, Poster presentation, 2016. 6.22
22. Watanabe, T.K., Watanabe, T., Eyal, G., Loya, Y., Growth history recorded in skeletal stable isotopes in the mesophotic *Porites* coral from the Gulf of Eilat, Red Sea, 13th International Coral Reef Symposium, Honolulu, Hawaii, Poster presentation, 2016. 6.21
23. Yamazaki, A., Watanabe, T., Tsunogai, U., Iwase, F., Yamano, H., Variation of kuroshio transport during 1860-2007 ad inferred from coral nitrogen isotope signature, 13th International Coral Reef Symposium, Honolulu, Hawaii, Poster presentation, 2016. 6.20
24. Kajita, H., Watanabe, T., Yamazaki, A., Holocene climate reconstruction using oxygen and carbon isotopes in coral skeletons collected from Kikai island, Japan., International Coral Reef Science Symposium, Kagoshima, Japan, Oral presentation, 2015. 8.23
25. Ito, S., Watanabe, T., Yamazaki, A., Teddy Eka Putra, Nishimura, Y., Reconstruction of Sumatra earthquakes using skeletal growth rate and stable

isotopes in *Porites* corals from Simeulue Island, International Coral Reef Science Symposium, Kagoshima, Japan, Oral presentation, 2015. 8.23

26. Watanabe, T., Yamazaki, A., Omori, K., Suzuki, A., Kase, T., Coral growth characteristics and marine environments during Pliocene warm period, International Coral Reef Science Symposium, Kagoshima, Japan, Oral presentation, 2015. 8.23

27. Watanabe, T., Yamazaki, A., Kawamura, T., Isasa, J., Kamimura, K., Ohmori, K., Miyaji, T., Sekiya, S., Sowa, K., Nakamura, T., Ito, S., Nakaya, R., Kajita, H., Iwase, F., Nomura, K., Sugihara, K., Abe, O., Sakamoto, T., Murayama, M., Yamano, H., Environmental changes and coral growth histories during last 100 years recorded in mid-latitude massive *Porites* corals, International Coral Reef Science Symposium, Kagoshima, Japan, Oral presentation, 2015. 8.23

28. 渡邊 貴昭, 渡邊 剛, 山崎 敦子, Pfeiffer, M., Garbe-Schonberg, D., Claereboudt, M., オマーン周辺海域のサンゴ骨格に記録されたインド洋ダイポール現象, 日本古生物学会, 2015年6月, 茨城, 口頭発表

29. 渡邊 剛, 本郷 宙軌, 山崎 敦子, 喜界島のサンゴが語る地球環境変動, 第一回 サンゴ礁科学セミナー, 鹿児島, 喜界町役場コミュニティーホール, 2014年12月19日

30. Watanabe, T., Kawamura, T., Yamazaki A., Murayama, M., Yamano, H., Coral evidence for winter PDO variability triggered by the East Asian summer monsoon during the last 100 years, Asia Oceania Geosciences Society, 11th Annual Meeting, 2014. 7. 28 - 8. 1, Sapporo, Japan, Oral presentation

31. Yamazaki A., Watanabe, T., Tsunogai, U., Iwase, F., Yamano, H., Variation of the Kuroshio transport over the 20th century, Asia Oceania Geosciences Society, 11th Annual Meeting, 2014. 7. 28 - 8. 1, Sapporo, Japan

32. Suzuki, M., Watanabe, T., Yamazaki A., Miyaji, T., Ohmori K., Shirai, K., Multidecadal climate reconstruction using sclerochronological and geochemical approaches on freshwater pearl mussels in Hokkaido, Japan (Best Poster Award), Asia Oceania Geosciences Society, 11th Annual Meeting, 2014. 7. 28 - 8. 1, Sapporo, Japan

33. Komagoe, T., Watanabe, T., Miyaji, T., Shirai, K., Yamazaki A., Strong typhoon in 2005 recorded in the shell growth lines and geochemical signals of *Tridacna maxima* from Okinotori island, Japan, Asia Oceania Geosciences Society, 11th Annual Meeting, 2014. 7. 28 - 8. 1, Sapporo, Japan

34. Ohmori K., Watanabe, T., Seasonal to decadal climate signals in skeletal growth and trace elements of the Pacific sclerosponges, Asia Oceania Geosciences Society, 11th Annual Meeting, 2014. 7. 28 - 8. 1, Sapporo, Japan

35. Watanabe, T., Watanabe, T., Yamazaki A., Claereboudt, M., Garbe-Schonberg, D., Pfeiffer, M., High-resolution isotopic records in Oman corals: Indian Monsoon climate reconstruction, Asia Oceania Geosciences Society, 11th Annual Meeting, 2014. 7. 28 - 8. 1 Sapporo, Japan

36. Sakaguchi, A., Nomura, T., Steier, P., Watanabe, T., Sasaki, K., Takahashi, Y., Yamano, H., Reconstruction of anthropogenic ^{236}U input to the Japan Sea, Asia Oceania Geosciences Society, 11th Annual Meeting, 2014. 7. 28 - 8. 1, Sapporo, Japan

37. Motai, S., Nagai, T., Kawano, J., Watanabe, T., New evidence for halite co-precipitation during coral calcification, Japan Geoscience Union Meeting 2014, 2014. 5. 1, Poster presentation

38. Yamazaki A., Hetzinger, S., Reumont, J., V., Manfrino, C., Tsunogai, U., Watanabe, T., Variation of North Atlantic nitrogen fixation in Caribbean coral skeletons, Japan Geoscience Union Meeting 2014, 2014. 5. 1, Oral Presentation

39. Watanabe, T., Kamimura, K., Yamazaki A., Ohmori K., Le Guern F., Kiyokawa S., Corals at marine volcano of Satsuma iwo-jima: Implication for a new proxy of hydrothermal events and biological adaptation, Japan Geoscience Union Meeting 2014, 2014. 5. 1, Oral Presentation

40. Watanabe, T., Multiple approaches for understanding earth environmental changes using biogenetic carbonates, International Joint workshop on coral reef environmental earth sciences, 2014. 3. 25 - 27, Sapporo, Japan

41. Sowa, K., Watanabe, T., Tanaka, K., Zinke, J., McCulloch, M., Perplexing effects of *Porites* coral calcification on annual interval trace elements and boron isotope in northern habitable limits of Japan, International Joint workshop on coral reef environmental earth sciences, 2014. 3. 25 - 27, Sapporo, Japan

42. Ohmori K., Watanabe, T., Seasonal to decadal climate signals in skeletal growth and trace elements of the Pacific sclerosponges, International Joint workshop on coral reef environmental earth sciences, 2014. 3. 25 - 27, Sapporo, Japan

43. Komagoe, T., Watanabe, T., Miyaji, T., Shirai, K., Yamazaki A., Strong typhoon in 2005 recorded in the shell growth lines and geochemical signals of *Tridacna maxima* from Okinotori island, Japan, International Joint workshop on coral reef environmental earth sciences, 2014. 3. 25 - 27, Sapporo, Japan

44. Watanabe, T., Watanabe, T., Yamazaki A., Claereboudt, M., Pfeiffer, M., High-resolution isotopic records in Oman corals: Indian Monsoon climate reconstruction, International Joint workshop on coral reef environmental earth sciences, 2014. 3. 25 - 27, Sapporo, Japan

45. Suzuki, M., Watanabe, T., Yamazaki A., Miyaji, T., Ohmori K., Shirai, K., Multidecadal climate reconstruction using sclerochronological and geochemical approaches on freshwater pearl mussels in Hokkaido, Japan, International Joint workshop on coral reef environmental earth sciences, 2014. 3. 25 - 27, Sapporo, Japan

[その他]

ホームページ

<https://www.sci.hokudai.ac.jp/grp/crees/CREES-web/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 剛 (WATANABE, Tsuyoshi)
北海道大学・理学研究院・講師
研究者番号: 80396283

(2) 連携研究者

宮地 鼓 (MIYAJI Tsuzumi)
北海道大学・大学院理学研究院・博士研究員
研究者番号: 40623062

池田 昌隆 (IKEDA Masataka)
北海道大学・高等教育機能開発総合センター・技術専門職員
研究者番号: 00621517