

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：33305

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05685

研究課題名(和文)化石サンゴ礁から復元する融氷期ターミネーションIIの一時的な海面低下イベント

研究課題名(英文) Reconstruction of sea-level fluctuations during the penultimate deglaciation (Termination II) based on fossil coral reefs

研究代表者

佐々木 圭一 (Sasaki, Keiichi)

金沢学院大学・基礎教育機構・准教授

研究者番号：50340021

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：人類の時代である第四紀の氷期-間氷期の気候変動の中で、海面が100m以上、上昇した15～12万年前の融氷期ターミネーションIIにおいて、一時的な低下イベントが起きたのか？その時期と規模は？その解明を目指すプロジェクトの第一歩として、琉球列島喜界島でのボーリング掘削を含む地質調査により、この時期の地層(サンゴ礁性石灰岩)の分布状況と、氷期のサンゴ礁が“沈水”していった変化を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この時期の地層(特にサンゴ礁性石灰岩)を陸上で観察できる場所は、世界的にも限られている。喜界島ではサンゴ化石の年代は報告されていたものの、地層の分布やその詳細が不明であった(詳細な地質図が未完成)。本研究成果は地質図の重要なデータとなることに加えて、プロジェクトの次のステップ(詳細な高精度年代測定と化石群集変化の復元)のためのベースとなる。そして将来的には、中期/後期更新世境界の理解に繋がることが期待される。

また、サンゴ礁の北限に近い喜界島から氷期のサンゴ礁が見つかったことは、気候変動と生物地理の分野でも貴重なデータとなる。

研究成果の概要(英文)：Sedimentary records of coral reef carbonates were surveyed by multiple shallow drillings in Kikai Island, Ryukyus, Japan, to reveal precise timing and magnitude of the sea-level reversal during the penultimate deglaciation (Termination II; 150-120 ka). This study discovered the glacial coral reefs drowned by the deglacial sea level rise during Termination II near the present-day northern limit of coral reefs.

研究分野：サンゴ礁地質学

キーワード：サンゴ礁性石灰岩 ボーリング掘削 喜界島 海面変化 氷期 ターミネーション 酸素同位体ステ
ージ6～5e

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

第四紀における氷河性海面変化曲線は、主に深海底コア中の有孔虫殻酸素同位体比 ^{18}O と、古海面指示者としてのサンゴ化石に基づいて復元されてきた。約 15 万年前から 12 万年前の融氷期ターミネーション II は、酸素同位体ステージ MIS-6 から 5e という、氷期から間氷期への大規模融氷、すなわち 100m 以上の海面上昇が起きた時期にあたる (図 1)。これまで ^{18}O 値を用いた研究は非常に多いものの、独立した年代軸の確立が難しく、また、化石サンゴについては地層が現海面下に没しているために試料入手が困難なため、十分に研究されていなかった。

近年、この海面上昇に関する研究に大きな進展が見られ、半独立した紅海の高分解能 ^{18}O 曲線から、14 万年前に上昇を始めた海面が、13.5 万年前からいったん 30m 以上低下、その後再び上昇して MIS-5e の高海面期に至ることが示された (Siddall *et al.* 2006: 図 1)。

化石サンゴ礁の研究では、世界的なサンゴ礁段丘の発達するバルバドスとパプアニューギニアのヒュオン半島での陸上調査と、タヒチにおける統合国際深海掘削計画 IODP での海底掘削 (Thomas *et al.* 2009: 図 1) により得られたサンゴ化石の高精度ウラン系列年代測定に基づき、一時的な海面低下の存在とタイミングについて議論された。

しかしターミネーション II における一時的な海面低下イベントと同様の変化は、最終氷期最盛期 MIS-2 以降の海面上昇期には認められない。世界的な“寒の戻り”ヤングアドリアス期でも、海面上昇速度が鈍化する程度である。反対に、海面低下の見られたターミネーション II では、氷床コア記録などに明確な“寒の戻り”がみられない。氷期から間氷期への大規模な融氷パターンが、最近 2 回を比較しても大きく異なるということは、第四紀の気候変動メカニズムを考える上で非常に大きな問題で、この一時的な海面低下イベントに関する検証が重要な課題となっている。

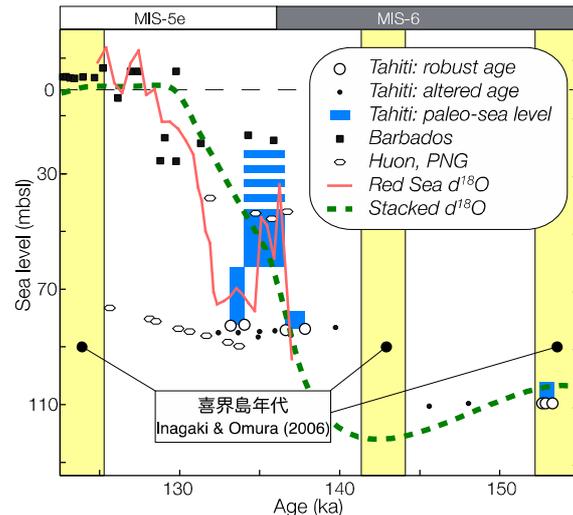


図 1 MIS-6 から 5e における海面変化曲線 (Thomas *et al.*, 2009 を一部改変)

2. 研究の目的

本研究は、世界で 3 ヶ所のみ化石サンゴ礁から報告されているターミネーション II の一時的な海面低下イベントについて、その時期と規模をより精度・確度を上げて復元することを目指す研究プロジェクトの第 1 段階である。

プロジェクトは「一時的な海面低下に伴って不整合面が形成された」仮説を検証する三段階で計画している。

第 1 段階: ボーリング掘削を含む詳細な地形・地質調査による三次元的岩相層序の確立 (本研究)

第 2 段階: サンゴ化石の高精度ウラン系列年代測定に基づく time-rock ユニットの認定

第 3 段階: 石灰岩基質部の炭素・酸素同位体比に基づく不整合面の認定

世界 3 ヶ所での先行研究は、それぞれ一露頭のみ、あるいは海底掘削試料ということもあり、古海面データを点でしか表せていない (図 1)。これに対して地層の三次元的岩相分布を明らかにすることで、点データから線データに改善することを目指している。

また、研究対象とした琉球列島喜界島と波照間島は、サンゴ化石のウラン系列年代が多数報告されているが、地層分布や詳細な岩相との関係は不明確である (詳細な地質図が未完成)。そのため、本プロジェクトの目的達成だけでなく、地質図作成のための基礎データとなる。

3. 研究の方法

先行研究の行われたバルバドスおよびヒュオン半島と同等の隆起速度を示す琉球列島の喜界島と波照間島を対象とし (図 2A)、(1) サイト・サーベイ、(2) ボーリング掘削調査、(3) 露頭精査 (薄片観察や化石サンゴ記載も) を行い、詳細な三次元的岩相層序を確立する。

(1) サイト・サーベイ

これまでに報告されているサンゴ化石の年代を参考に、ボーリング掘削地点の選定のための地形・地質調査を行う。その際、高位段丘エリア (浅い環境) と低位段丘エリア (沖合島棚環境) のセットで掘削地点を選定する (図 2B)。同時に、特に喜界島で混乱のみられる地形分類・地質図について整理する (佐々木 2017)。

(2) ボーリング掘削調査

マストで固定したエンジンドリル式掘削機により、ダブルコアチューブを用いて浅層ボーリング掘削を行い連続する柱状試料を採集した (株) ジオアクトに委託 (図 3)。未固結層や岩相境界の影響を防ぐためにケーシングを用いて掘削を行なった。回収した柱状試料は大学実験室に持

ち帰り，岩石カッターで半割の上，石灰岩の観察・記載を行った．

(3) 露頭精査

サイト・サーベイと共に，掘削地点間の岩相層序をつなぐための露頭精査(岩相・生物相の記載)を行った．

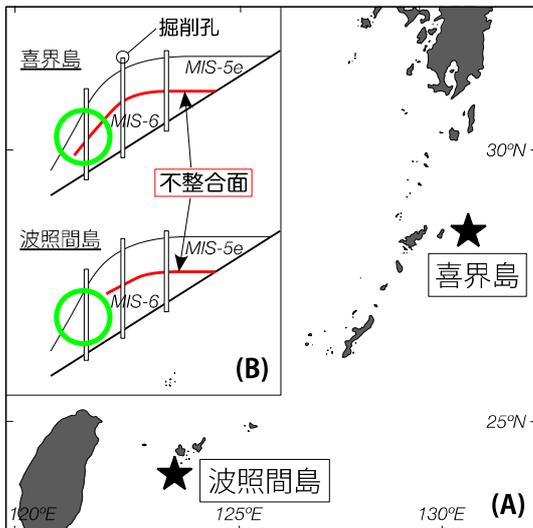


図2 (A)喜界島と波照間島の位置図 (B)喜界島と波照間島で予想される MIS-5e サンゴ礁段丘の内部構造と不整合面



図3 ボーリング掘削の様子

4. 研究成果

台風直撃と集中豪雨の影響で計画変更を余儀なくされたが，喜界島では方法(1)～(3)を実施し，以下の3つの成果を得た(波照間島については方法(1)までの実施)．

(1) 喜界島における三次元的岩相層序

本研究で掘削した2地点4孔の掘削試料と，これまでに得られている掘削試料に基づき，喜界島における三次元的岩相層序を明らかにした．高位段丘エリア(百之台段丘エリア)では，下位から，ロドリス石灰岩/サンゴ石灰岩/生砕屑性石灰岩/オパキュリナ・ロドリス石灰岩の層序を確立し，相対的海面変化(浅海化後に深海化した)を復元した(図4；佐々木・稲垣 2019)．沖合島棚相の分布する低位段丘エリア(川嶺段丘エリア)では，下位からサンゴ石灰岩?/ロドリス石灰岩/コケムシ石灰岩/ロドリス石灰岩の変化が見られ，高位エリアで明らかになった岩相層序と対比できた．これらの成果に基づき，プロジェクト第2段階では，サンゴ化石の高精度ウラン系列年代測定を行ない，詳細な海面変化の復元に繋げる予定である．また連続する岩相層序が復元できたことで，中期/後期更新世境界に関する新たなデータとなることが期待される．

(2) 喜界島における14～15万年前の氷期サンゴ礁

高位段丘エリアで見出されたサンゴ石灰岩は，既報の年代(Inagaki & Omura 2006)と本研究で明らかになった相対的海面変化から，氷期の低海面期に形成されたことが明らかになった．これは，小規模とはいえ，サンゴ礁分布の北限域に近い喜界島に氷期にサンゴ礁が発達していたことを意味する(図4；佐々木・稲垣 2019)．

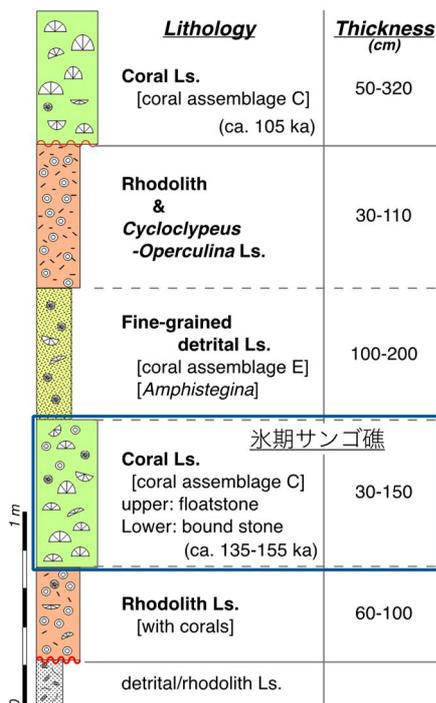


図4 喜界島百之台段丘エリアにおける総合柱状図(佐々木・稲垣 2019)

(3) 喜界島における知念層の発見

台風直撃と集中豪雨の影響で多数発生した崖崩れにより、新しい露頭が現れたことで、本研究とは対象年代や目的などが異なるものの、試料採集など現地調査を行った。その成果の一つとして、これまで分布が沖縄本島に限られていた知念層を、喜界島で発見した(松田ほか 2018 など)。知念層は、琉球列島に広く分布する泥質岩主体の上部中新統～下部更新統島尻層群とサンゴ礁性石灰岩主体の中～上部更新統琉球層群に挟まれ、中間的な岩相を示す。この発見は琉球列島全体の構造発達史復元に重要なデータとなり得る。

また、喜界町役場と相談しながら露頭を残すことに成功し、町で進めるジオパーク申請にも繋がる事が期待される。

<引用文献>

- Inagaki & Omura (2006) Uranium-series age of the highest marine terrace of the upper Pleistocene on Kikai Island, Central Ryukyus, Japan. 第四紀研究 45, p.41-48
- 松田ほか (2018) 鹿児島県喜界島 2017 年 9 月豪雨で新たに出現した知念層相当層とその意義 (予察). 日本堆積学会大会プログラム・講演要旨, p.25
- 佐々木 (2017) 喜界島における後期更新世サンゴ礁段丘の区分と分布. 号外海洋 60, p.18-25
- 佐々木・稲垣 (2019) 中部琉球喜界島に分布する MIS-6～5e の融氷期に沈水した化石サンゴ礁. 日本サンゴ礁学会第 22 回大会要旨集, p.83
- Siddall *et al.* (2006) Sea-level reversal during Termination II. *Geology* 34, p.817-820
- Thomas *et al.* (2009) Penultimate deglacial sea-level timing from uranium/thorium dating of Tahitian corals. *Science* 324, p.1186-1189

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sakaguchi Aya, Inaba Rui, Sasa Kimikazu, Matsunaka Tetsuya, Hosoya Seiji, Takahashi Tsutomu, Honda Maki, Yamano Hiroya, Sasaki Keiichi, Yamasaki Shinya, Watanabe Tsuyoshi, Sueki Keisuke	4. 巻 142
2. 論文標題 Reconstruction of anthropogenic 129I temporal variation in the Japan Sea using a coral core sample	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Marine Environmental Research	6. 最初と最後の頁 91 ~ 99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marenvres.2018.09.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Bassi Davide, Iryu Yasufumi, Humblet Marc, Matsuda Hiroki, Machiyama Hideaki, Sasaki Keiichi, Matsuda Shinya, Arai Kohsaku, Inoue Takahiko	4. 巻 35
2. 論文標題 Deep-Water Macroalgal Beds of the Ryukyu Islands, Japan: Encrusting Acervulinids as Ecosystem Engineers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Coastal Research	6. 最初と最後の頁 463 ~ 463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-18-00049.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Nomura, T., Sakaguchi, A., Steier, P., Eigl, R., Yamakawa, A., Watanabe, T., Sasaki, K., Watanabe, T., Golser, R., Takahashi, Y., Yamano, H.	4. 巻 190
2. 論文標題 Reconstruction of the temporal distribution of 236U/238U in the Northwest Pacific Ocean using a coral core sample from the Kuroshio Current area	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Marine Chemistry	6. 最初と最後の頁 28-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marchem.2016.12.008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Takizawa, M., Takayanagi, H., Yamamoto, K., Abe, O., Sasaki, K., Iryu, Y.	4. 巻 215
2. 論文標題 Paleoceanographic conditions at approximately 20 and 70 ka recorded in Kikaiithyris hanzawai (Brachiopoda) shells	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 189-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2017.08.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 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	4. 巻 60
2. 論文標題 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	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 号外海洋	6. 最初と最後の頁 5-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐々木圭一	4. 巻 60
2. 論文標題 喜界島における後期更新世サンゴ礁段丘の区分と分布	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 号外海洋	6. 最初と最後の頁 18-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 駒越太郎・渡邊剛・佐々木圭一・白井厚太郎・山崎敦子	4. 巻 60
2. 論文標題 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	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 号外海洋	6. 最初と最後の頁 33-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 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	4. 巻 60
2. 論文標題 喜界島産現生及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	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 号外海洋	6. 最初と最後の頁 47-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 佐々木圭一, 稲垣美幸
2. 発表標題 中部琉球喜界島に分布するMIS-6-5eの融氷期に沈水した化石サンゴ礁
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会第22回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山野博哉, 佐々木圭一, 北野裕子, 佐久間東陽
2. 発表標題 沖縄県久米島の離水サンゴ礁地形と年代
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会第22回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 駒越太郎, 渡邊 剛, 佐々木圭一, 白井厚太郎, 山崎敦子
2. 発表標題 喜界島産化石シャコガイ殻を用いた後期更新世MIS3の台風の復元
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会第22回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田博貴, 千代延峻, 山崎 誠, 佐々木圭一
2. 発表標題 鹿児島県喜界島知念層の堆積年代と構造運動
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木圭一
2. 発表標題 喜界島に分布する化石サンゴ礁複合体ー過去のサンゴ礁生態系を認識するためのユニットとしてー
3. 学会等名 喜界島サンゴ礁科学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Komagoe, T., Watanabe, T., Sasaki, K., Shirai, K., Yamazaki, A.
2. 発表標題 Late Pleistocene MIS 3 high temporal resolution climate reconstruction using giant clam fossils in Kikai Island, Japan.
3. 学会等名 European Geosciences Union (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 千代延俊・山崎誠・松田博貴・鳥井真之・佐々木圭一
2. 発表標題 鹿児島県喜界島の上層新生界石灰質微化石層序
3. 学会等名 日本古生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木 圭一
2. 発表標題 喜界島最高位段丘“百之台”の形成過程ー研究史と最近の成果ー
3. 学会等名 喜界島 サンゴ礁科学シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田博貴・千代延峻・山崎誠・佐々木圭一
2. 発表標題 鹿児島県喜界島2017年9月豪雨で新たに出現した知念層相当層とその意義(予察)
3. 学会等名 日本地質学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木圭一
2. 発表標題 喜界島における完新世最高位のサンゴ礁段丘離水年代と地震隆起イベント
3. 学会等名 喜界島 サンゴ礁科学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考