

平成21年 5月25日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18340163
 研究課題名（和文） タヒチ島のサンゴ礁掘削試料に基づく南太平洋の過去2万年間の海洋環境復元
 研究課題名（英文） Paleooceanographic evolution of south Pacific Ocean for the last 20,000 years: IODP Expedition 310, Tahiti Sea Level
 研究代表者
 井龍 康文（IRYU YASUFUMI）
 名古屋大学・大学院環境学研究科・教授
 研究者番号：00250671

研究成果の概要：統合国際深海掘削計画第310次航海で採取されたタヒチ島のサンゴ礁堆積物を検討し、後氷期の古海洋環境と、急速な海水準上昇に対するサンゴおよびサンゴ礁の応答を明らかにした。また、最終間氷期直前の海水準上昇（Termination II）に関する新知見が得られた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2007年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2008年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

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：海水準変動，後氷期，造礁サンゴ，無節サンゴモ，サンゴ礁，融氷パルス，タヒチ。

1. 研究開始当初の背景

従来、サンゴ化石を用いて、最終氷期最盛期以降の海水準変動を明らかにする研究が数多く行われてきた（図1）。中でも、バルバドスやニューギニアにおける研究は、その代表例とされるが、両地域はプレート境界付近に位置しているために、復元された海水準変動には、地殻変動の成分が含まれている可能性が指摘されてきた。本研究は、そのような地殻変動の影響を受けない海洋島の周囲に発達するサンゴ礁において、浅層多孔掘削を行い、最終氷期最盛期以降の礁性堆積物を網羅的に得ることを特色とする。本研究により、

従来よりはるかに高い精度で海水準変動が描き出され、融氷パルスの時期や規模が明確になることにより、氷床の消長の歴史が明らかになる。

一方、掘削試料に含まれるサンゴ化石の酸素同位体比や金属元素濃度（Sr/Ca比やMg/Ca比）を測定することにより、表面海水温や塩分を明らかにすることができる。また、ENSO、PDO（太平洋十数年～数十年変動）、気候レジームシフトといった短期の気候変動を捕らえることができる。さらに、シャコガイが採取されれば、成長線の解析から、当時の日射量が復元可能である。以上のプロキシ・デ

一タから、氷期における海水温や日照量の季節変動や ENSO や PDO の周期・規模を捕らえることができる。また、掘削では最終氷期最盛期以降の礫性堆積物が、ほぼ連続的に得られるので、過去 2 万年間の南太平洋の海洋環境変動、特に WPWP の動態を時系列で復元することができる。加えて、海洋環境変動が明らかになれば、それがサンゴ礁やサンゴ礁生態系にどのような影響を与えたかを評価することができる。

以上の問題を解決するために、地質学的に極めて安定なタヒチ島でサンゴ礁の浅層多孔掘削が、統合国際深海掘削計画 (Integrated Ocean Drilling Program; IODP) により実施された (IODP Expedition 310 <Tahiti Sea Level>).

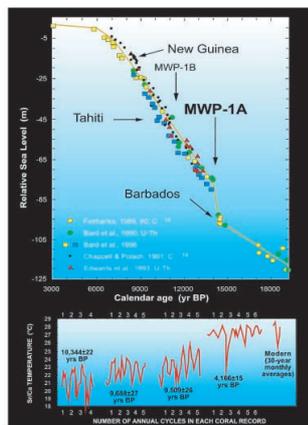


図 1. 最終氷期以降の海水準 (上) および表層海水温 (下) の変化. タヒチ島で求められていた海水準変動曲線では、融氷パルス MWP-1B の影響はほとんど認められず、同イベントの影響は従来の指摘より小さかった可能性が示されていた。また、コアの最下部は MWP-1A を明確に捉えるような深度に達していない。

2. 研究の目的

本研究は、IODP Expedition 310 で得られたコア試料 (図 2) を用いて、日本の乗船・非乗船研究者が共同して、以下の 3 点を明らかにする研究を実施することを目的とするものであった。

- 1) 現在から 1~2 万年前の期間における海水準変化を高精度で復元し、最終氷期最盛期 (LGM) における海水準を確定するとともに、融氷パルス MWP-1A および MWP-1B の時期や規模、サンゴ礁に対する影響を明確にすること。
- 2) 最終氷期以降の海水準上昇期における表面海水温を復元し、海水準の上昇や海水温の変化がサンゴ礁やサンゴ礁生態系に与える影響を明らかにすること。
- 3) ENSO 等の短期の気候変動を捉え、その規模や頻度を明らかにすること。

さらに、それらの結果を、琉球列島のサンゴ化石ならびにサンゴ礁堆積物から得られた結果と比較することも目的とした。

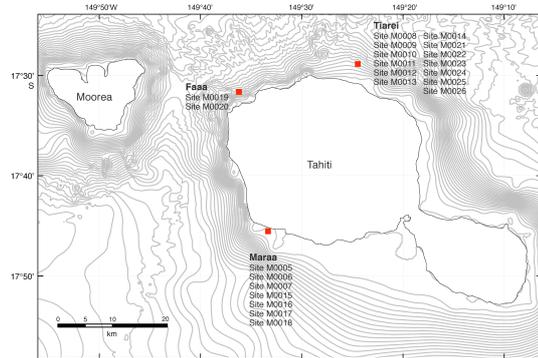


図 2. IODP Expedition 310 <Tahiti Sea Level> における掘削地点. 航海は 2005 年 10 月 6 日~11 月 16 日の 42 日間に渡って行われ、この間タヒチ島周辺の 22 地点で 37 孔が掘削され、全長 632 m のコア試料が採取された。

3. 研究の方法

2006 年 2 月 13 日~3 月 4 日に、ブレイメンコア保管庫において行われた Onshore Party で分取したコア試料を日本に持ち帰り、研究を行った。各研究者の担当は、下記であった。

井龍康文 研究の総括・推進
石灰藻化石の検討

研究分担者

川幡徳高 地球化学的手法による古環境の検討

松田博貴 堆積・続成史の検討

横山祐典 同位体地球化学的手法による古環境の検討

杉原 薫 造礁サンゴ化石群集の検討

藤田和彦 大型有孔虫化石群集の検討

連携研究者

町山栄章 岩石物性の検討

山田 努 同位体地球化学的手法による古環境の検討

4. 研究成果

(1) 後氷期堆積物

目的 2 を達成するために、タヒチ島北部の Tiarei 沖および南部の Maraa 沖の掘削試料中の造礁サンゴ群集ならびに無節サンゴモ群落を検討した結果、以下が明らかになった。

1) サンゴ礁の成立時期は地点間で異なっており、また最も早く移入した群集の組成は底質によって異なる。

2) 後氷期にサンゴ礁が形成され始めた頃は、造礁生物の中でも環境に敏感なタクサにとって好適な環境ではなかったが、13~12ka には改善された。これは、島が乾燥化し、陸域からの河川水の流入量が減少したことによ

ると推定される。

3 浅海域～中深度に特徴的な造礁生物群集が長期間存続したことが明らかになった。これは、後氷期のほとんどの期間に渡って島には堡礁が発達していたことを示す。16～12kaの造礁生物群集の変化は、海水準の上昇だけではなく、それに起因する環境変化(例えば、海水の濁度や組成の変化)が原因と推定される。

なお、目的1に関しては、年代測定を担当した海外の研究グループの仕事が遅滞のために、期間内に十分な成果を得ることができなかった。

目的3を達成するために、コア試料中のハマサンゴ属(*Porites* spp.)の骨格を用いて最終融氷期の海洋環境変化を復元した。検討試料は、9～15kaという¹⁴C年代を示す30試料である。この年代は、北半球において比較的温暖であったベーリング・アレード期(15.4～12.9ka)から、寒冷であったヤンガー・ドリラス期(12.9～11.6ka)およびその後の温暖期に相当する。これら化石サンゴ群体の生息時の平均的海洋環境を復元するために、それぞれ3～5年分にあたる骨格を採取、均質化したバルク試料について、U/Ca比、Ba/Ca比、Cd濃度を測定した。その結果、11～10kaのサンゴ化石では湧昇の指標とされるBa/Ca比やCd/Ca比が相対的に大きいことから、この海域における湧昇の可能性が示唆された。これは、サンゴ骨格の酸素同位体比とSr/Ca比から氷床効果を考慮して推定される当時の海水の塩分が現在よりも大きかったと推定されることも整合的である。以上より、当時、タヒチ周辺の温度躍層は現在よりも浅いところに位置し、熱帯太平洋は現在よりもLa Nina的環境にあったと考察された。

(2) 更新世堆積物

タヒチ島南部のMaraa沖のHole 310-M0005D(水深約60m)から得られた全長約70mの更新世サンゴ礁堆積物(コア深度33.22～101.93m)の堆積相、造礁サンゴ群集、大型有孔虫群集、無節サンゴモ群落を検討した結果、2回の大規模な海進が認められた。このうち、2回目の海進の規模は約90mに達する。タヒチ島の沈降速度が一定とし、堆積物の堆積水深と現在の位置を比較すると、本海進はTermination IIに対比される。また、堆積相および化石相の検討結果は、本海進中に一時的な海退があったことを示しており、これはTermination IIの間に起こったと想定されている海水準の低下("sea-level reversal"; Siddall et al., 2006)に対応すると判断される。なお、従来の研究では、"sea-level reversal"を示す直接の証拠は見出されていないため、本研究の結果は極めて重要である。

(3) 無節サンゴモ化石

本研究においては、造礁サンゴ化石や大型有孔虫化石の他に、無節サンゴモ化石を古水深指標として用いた。現生無節サンゴモの分類体系は、1980年代より大幅な見直しが行われ、新たに提唱された分類体系は多くの研究者に受け入れられている。しかしながら、この見直しに伴って必然的に生じる無節サンゴモ化石の分類の見直しは、十分行われていない。これは、無節サンゴモ化石を古水深指標として用いる際の大きな障害となっている。この障害を取り除くためには、これまでに記載された種の模式標本を再検討する以外の方法はない。そこで、本研究期間中に、石島 渉(元立教大学名誉教授)によって記載された無節サンゴモ化石の再検討を行った。その結果、石島が新種として記載した65種の無節サンゴモ化石のうち、31種の模式標本を発見し、再記載した(Iryu et al., 2009, *Palaeontology*, 52, 401-427; Iryu et al., 投稿中)。なお、残りの34種の模式標本は、行方不明であることも報告した。さらに、この共同研究の最中に、1978年に石島が緑藻として記載された"Bouina" pacificaの模式標本がみつき、検討の結果、同種は有孔虫(Orbitolinidae)であることが判明したため、これを論文としてまとめた(Bassi et al., *Journal of Foraminiferal Research*, 2009, 39, 120-125)。

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16件)

- ① Bassi, D., Hottinger, L. and Iryu, Y., Re-assessment of "Bouina" pacifica Ishijima, 1978 (Orbitolininae, Foraminiferida) formerly considered a green Halimedacean alga. *Journal of Foraminiferal Research*, 39, 120-125, 2009. 査読有。
- ② Humblet, M., Iryu, Y. and Nakamori, T., Variations in Pleistocene coral assemblages in space and time in southern and northern Central Ryukyu Islands, Japan. *Marine Geology*, 1-20, 2009, 査読有。
- ③ Koelling, M., Webster, J. M., Camoin, G., Iryu, Y., Bard, E. and Seard, C., SEALEX - Internal reef chronology and virtual drill logs from a spreadsheet-based reef growth model. *Global and Planetary Change*, 149-159, 2009, 査読有。
- ④ Iryu, Y., Bassi, D. and Woelkerling, W. J., Re-assessment of the type collections of fourteen corallinean

- species (Corallinales, Rhodophyta) described by W. Ishijima (1942-1960). *Palaeontology*, 401-427, 2009, 査読有.
- ⑤ Bassi, D., Nebelsick, J. H., Checconi, A., Hohenegger, J. and Iryu, Y., Present-day and fossil rhodolith pavements compared: their potential for analysing shallow-water carbonate deposits. *Sedimentary Geology*, 74-84, 2009, 査読有.
- ⑥ Esat, T. M. and Yokoyama, Y., Issues in radiocarbon and U-series dating of corals from the last glacial period. *Quaternary Geochronology*, 3, 244-252, 2008, 査読有.
- ⑦ Aze, T., Matsuzaki, H., Matsumura, H., Nagai, H., Fujimura, M., Noguchi, M., Hongo, Y. and Yokoyama, Y., Improvement of the ^{36}Cl -AMS system at MALT using a Monte-Carlo ion-trajectory simulation in a gas-filled magnet. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 259, 144-148, 2007 査読有.
- ⑧ Yokoyama, Y., Miyairi, Y., Matsuzaki, H. and Tsunomori, F., Relation between acid dissolution time in the vacuum test tube and time required for graphitization for AMS target preparation. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 259, 330-334, 2007 査読有.
- ⑨ Camoin, G. F., Iryu, Y., McInroy, D. B. and the Expedition 310 Scientists, IODP Expedition 310 Reconstructs Sea Level, Climatic, and Environmental Changes in the South Pacific during the Last Deglaciation. *Scientific Drilling*, 4-12, 2007 査読無
- ⑩ Iryu, Y., Matsuda, H., Machiyama, H., Piller, W. E., Quinn, T. M. and Mutti, M., The COral-REef Front (COREF) Project. *Scientific Drilling*, 5, 58-60, 2007 査読無.
- ⑪ Yokoyama, Y., Purcell, A., Marshall, J. F. and Lambeck, K., Sea-level during the early deglaciation period in the Great Barrier Reef, Australia. *Global and Planetary Changes*, 147-153, 2006, 査読有.
- ⑫ Yamamoto, K., Iryu, Y., Sato, T., Chiyonobu, S., Sagae, K. and Abe, E., Responses of coral reefs to increased amplitude of sea-level changes at the Mid-Pleistocene Climate Transition. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 241, 160-175, 2006, 査読有.
- ⑬ Sasaki, K., Omura, A., Miwa, A., Tsuji, Y., Matsuda, H., Nakamori, T., Iryu, Y., Yamada, T., Sato, Y. and Nakagawa, H. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and ^{14}C dating of a lowstand coral reef beneath the insular shelf off Irabu Island, Ryukyus, southwestern Japan. *Island Arc*, 15, 455-467, 2006, 査読有.
- ⑭ Sugihara, K., Masunaga, N. and Fujita, K., Latitudinal changes in larger benthic foraminiferal assemblages in shallow-water reef sediments along the Ryukyu Islands. *Japan. Island Arc*, 15, 437-454, 2006, 査読有.
- ⑮ Fujita, K., Shimoji, H. and Nagai, K., Paleoenvironmental interpretations of Quaternary reef deposits based on comparisons of 10 selected modern and fossil larger foraminifera from the Ryukyu Islands, Japan. *Island Arc*, 15, 420-436, 2006, 査読有.
- ⑯ Iryu, Y., Matsuda, H., Machiyama, H., Piller, W. E., Quinn, T. M. and Mutti, M., An introductory perspective on the COREF Project. *Island Arc*, 15, 393-406, 2006, 査読有.
- [学会発表] (計15件)
- ① 井龍康文・高橋靖成・藤田和彦・Gilbert Camoin・Guy Cabioch・松田博貴・佐藤時幸・杉原 薫・Jody Webster・Hildegard Westphal, タヒチ島の更新世サンゴ礁堆積物に記録された海水準変動. 日本堆積学会2009年枚方大会, 2009年3月30日, 枚方.
- ② 井龍康文・高橋靖成・Gilbert Camoin・Guy Cabioch・Hildegard Westphal・松田博貴・杉原 薫・佐藤時幸・Jody Webster・藤田和彦, タヒチ島の更新世サンゴ礁堆積物. 日本サンゴ礁学会第11回大会, 2008年11月23日, 静岡.
- ③ Asami, R., Felis, T., Bard, E., Deschamps, P., Durand, N., Hanawa, K., Iryu, Y., Kolling, M., Murayama, M. and Yamada, T., Sea surface temperature and salinity reconstructions from geochemical records of last deglacial corals from Tahiti in the south Pacific ocean, 6th International Conference on Asian Marine Geology, Kochi, Japan, Aug.-Sep. 2008. 6th International Conference on Asian Marine Geology, 2008.8.31, Kochi.
- ④ Fujita, K., Omori, A., Yokoyama, Y., Sakai, S. and Iryu, Y., Sea-level rise in the Pleistocene sequence off Tahiti (French Polynesia) inferred from larger foraminiferal results: IODP 310, Tahiti Sea-Level Expedition. 日本地球惑星科学連合2008年大会, 2008年5月26日, 幕張.

- ⑤ 井龍康文, 炭酸塩岩が語ってきたこと, これから語る。日本堆積学会 2008 年弘前大会, 2008 年 4 月 26 日, 弘前。
- ⑥ 松田博貴・山田 努・町山栄章・Camoin G. F.・井龍康文・McInroy, D. B.・Expedition 310 Scientists, IODP Expedition 310 タヒチ沖における微生物岩の産状と初期続成作用。日本地質学会第 114 年学術大会, 2007 年 9 月 9 日～11 日, 札幌。
- ⑦ 井龍康文, “ODP and IODP contributions to reef studies”。石油産業における IODP (統合国際深海掘削計画) の活用に関するワークショップ。2007 年 7 月 26 日, 新橋。
- ⑧ 井龍康文, 深海掘削計画史上初のサンゴ礁における浅層多孔掘削 -IODP 第 310 次航海「Tahiti Sea Level」の成果。第 3 回 IODP 成果報告会, 2007 年 5 月 25 日, 新橋。
- ⑨ Deschamps, P., Durand, N., Bard, E., Hamelin, B., Camoin, G., Thomas, A. L., Henderson, G. M., Yokoyama, Y. and IODP Expedition 310 Scientists, New evidence for the existence of the MWP-1A from a “far-field” site - Preliminary results from the Tahiti IODP Expedition 310. European Geosciences Union, General Assembly, 2007. 4. 15-20, Vienna, Austria.
- ⑩ Felis, T., Asami, R., Deschamps, P., Kölling, M., Durand, N., Bard, E. and IODP Expedition 310 Scientists, Sub-seasonal reconstructions of South Pacific climate during the last deglaciation from Tahiti corals - Preliminary results from IODP Expedition 310. European Geosciences Union, General Assembly, 2007. 4. 15-20, Vienna, Austria
- ⑪ Camoin, G., Westphal, H., Séard, C., Heindel, K., Yokoyama, Y., Matsuzaki, H., Webster, J. and Expedition 310 Scientists, Microbialites: a major component of the last deglacial reef sequence from Tahiti. Environmental significance and sedimentological roles. European Geosciences Union, General Assembly, 2007. 4. 15-20, Vienna, Austria.
- ⑫ Camoin G., Iryu Y., McInroy D. and Expedition 310 Scientists, Sea-level rise, climatic changes and reef development during the last deglaciation. Preliminary results from the IODP Expedition 310 “Tahiti Sea Level”. European Geosciences Union, General Assembly, 2007. 4. 15-20, Vienna, Austria.
- ⑬ Heindel, K., Westphal, H., Camoin, G.,

- Séard, C., Birgel, D., Peckmann, J. and IODP Expedition 310 Scientists, Microbialite-dominated coral reefs as response to abrupt environmental changes during the last deglacial sea-level rise. IODP Expedition #310, Tahiti. European Geosciences Union, General Assembly, 2007. 4. 15-20, Vienna, Austria
- ⑭ Hathorne, E. C. and IODP Expedition 310 Scientists, South Pacific seasonality during the last deglaciation reconstructed from fossil Tahiti corals using Laser Ablation ICP-MS: Initial results from IODP Expedition 310. The Annual National German ICDP/IODP Meeting in Potsdam, 2007. 3. 19-21, Potsdam, Germany.
- ⑮ Felis, T., Asami, R., Deschamps, P., Kölling, M., Durand, N., Bard, E. and IODP Expedition 310 Scientists, Sub-seasonal reconstructions of South Pacific climate during the last deglaciation from Tahiti corals - Preliminary results from IODP Expedition 310. The Annual National German ICDP/IODP Meeting in Potsdam, 2007. 3. 19-21, Potsdam, Germany.

[図書] (計 1 件)

Camoin, G. F., Iryu, Y., McInroy, D. B. and the Expedition 310 Scientists, Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, Volume 310 Expedition Reports, Tahiti Sea Level. Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc., Washington DC and Sapporo. DVD and available from World Wide Web:
<<http://publications.iodp.org/proceedings/310/310toc.htm>>, 2007

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井龍 康文 (IRYU YASUFUMI)
名古屋大学・大学院環境学研究科・教授
研究者番号：00250671

(2) 研究分担者

川幡 穂高 (KAWAHATA HOTAKA)
東京大学・海洋研究所・教授
研究者番号：20356851
松田 博貴 (MATSUDA HIROKI)
熊本大学・理学部・教授
研究者番号：80274687
横山 祐典 (YOKOYAMA YUSUKE)

東京大学・海洋研究所・准教授

研究者番号：10359648

杉原 薫 (SUGIHARA KAORU)

福岡大学・理学部・助教

研究者番号：90320275

藤田 和彦 (FUJITA KAZUHIKO)

琉球大学・理学部・助教

研究者番号：00343377

(3) 連携研究者

町山 栄章 (MACHIYAMA HIDEAKI)

独立行政法人海洋研究開発機構・研究員

研究者番号：00344284

山田 努 (YAMADA TSUTOMU)

東北大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：50321972