

令和元年6月7日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2018

課題番号：26707028

研究課題名(和文) 琉球列島の石筍の高分解能解析とサンゴデータを組合わせた完新世の大気海洋変動復元

研究課題名(英文) Holocene atmospheric-ocean variability reconstruction from high-resolution analyses of stalagmites and corals in the Ryukyu Islands

研究代表者

浅海 竜司 (Asami, Ryuji)

東北大学・理学研究科・准教授

研究者番号：00400242

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,000,000円

研究成果の概要(和文)：現在～将来にかけての地球環境を評価するためには、過去～現在にかけての気候変動を理解することが重要である。そこで、最終氷期末(約2万年前)から現在における東アジア～北西太平洋域の環境変動を把握するために、本研究では、琉球列島の鍾乳洞内に形成された複数の石筍について、高精度・高時間分解能の化学組成分析を実施した。その結果、琉球列島の陸域環境の温暖化と湿潤化を示す後氷期の気候変動プロファイル(時系列データ)を構築することに成功した。また、海洋環境の指標となるサンゴなどの地質データと併せた解析から、琉球列島周辺域における大気-海洋間の変動史(アジアモンスーンや数十年規模変動)が復元された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

琉球列島はモンスーンや台風の影響を受ける気候学的に極めて重要な地域である。本研究では、高分解能かつ高精度の年代測定と化学分析によって、長期の石筍データ(約2万年前～現在にかけての気候変動記録)を復元した。これは、世界最高水準のデータセットかつ北西太平洋亜熱帯域における代表的な基準資料となりうるため、地球環境研究や気候シミュレーション研究の進展に貢献する点で学術的意義が大きい。また本研究は、人類が抱える環境問題「温暖化」や、海洋立国である我が国の気候に影響する「黒潮」「台風」「モンスーン」、沖縄の人と生活に関わる「サンゴ礁」と密接に関連しており、学術面のみならず社会面双方に対して意義がある。

研究成果の概要(英文)：In order to evaluate the present and future global environment, it is important to understand climate change from the past to the present. Therefore, to understand the environmental change in the East Asia-Northwest Pacific region during the last glacial and the Holocene (about 20,000 years ago to today), highly-accurate and high-resolution analyses of chemical composition in stalagmites in the limestone caves of the Ryukyu Islands were performed in this study. As a result, robust time series of thermal and hydrological variations showing post-glacial climate change was successfully generated. Coupled together with geological data from marine organisms such as corals, an index of the marine environment, this study showed a reconstruction of the atmospheric-ocean variability history around the Ryukyu Islands showing the East Asian summer/winter monsoon and decades-scale variability.

研究分野：古環境学

キーワード：古環境 古気候 石筍 サンゴ 第四紀 完新世 モンスーン

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

陸域・海域の地質試料を用いた古気候解析は、地球環境変動を理解する上で重要な手法の一つである (PAGES や IPCC など)。なかでも、石筍は石灰岩地域の鍾乳洞に広く形成されるため、低緯度～中緯度における第四紀の気候変動・水循環変動を記録する地質試料として注目されている。近年では、中国を中心に、石筍を用いた第四紀の気候変動解析が盛んに行われており、アジアモンスーンやインドモンスーンなどに関する知見が蓄積されつつある (図1)。東アジア東縁に位置する琉球列島は、東アジアモンスーンや黒潮、台風の影響を受ける気候学的に極めて重要な地域にある。しかしこれまで、琉球列島において更新世後期～完新世の環境変動を代表する石筍データは得られていない。

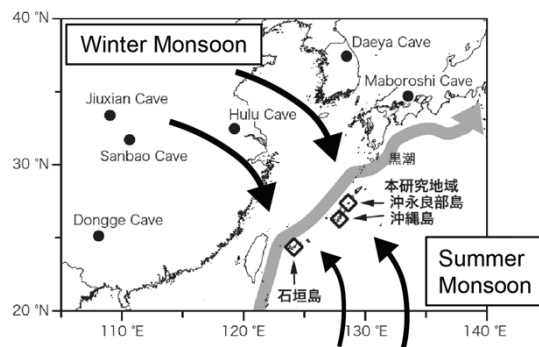


図1. 本研究地域と過去の石筍古気候研究地点

2. 研究の目的

以上の学術的背景と経緯を踏まえ、更新世後期～完新世におけるアジア～北西太平洋域の環境変動を空間的に把握するためには、琉球列島の石筍と海洋プロキシを用いた古環境解析が重要であると考えられる。そこで本研究では、琉球列島の複数の石筍について、化学分析による時系列解析から、サンゴなどの海洋プロキシデータとの解析から大気-海洋間の変動史を復元することを目的とする。

3. 研究の方法

琉球列島の中琉球 (沖永良部島, 沖縄島) と南琉球 (石垣島) の複数の鍾乳洞調査を実施し (図1)、本研究に最適な石筍試料の採取と現場環境のモニタリングを行った (図2)。鍾乳洞内の調査ならびに試料採取にあたっては、沖縄県と鹿児島県の各市町村、土地所有者の許可のうえで実施した。採取した石筍試料はX線画像診断システムを用いて内部縞構造を解析し、ウラン系列年代測定によって石筍の正確な形成期間と成長速度を明らかにする。石筍の成長方向に沿った高解像度のサンプリングから、酸素炭素安定同位体組成の分析を、微量元素元素の分析はレーザーICP-MSによって実施した (図3)。化学分析から気温・降水量を示す長期時系列データを構築し、サンゴを始めとする海洋生物から抽出した海洋の時系列データとの比較解析から、琉球列島における大気-海洋の変動様式と関連性を評価する。

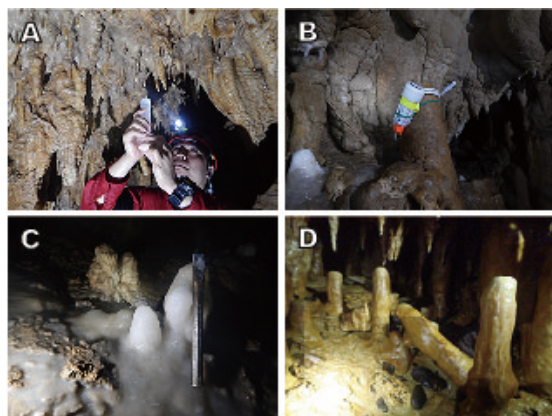


図2. 鍾乳洞内の調査 (A: 地下水のサンプリング, B: 測器による連続観測, C・D: 研究対象となる石筍)

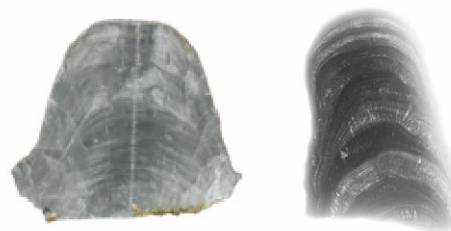


図3. 石筍断面写真 (左) とX線画像 (右) の一例

4. 研究成果

鍾乳洞調査の結果、沖永良部島の4地点から57試料、沖縄島の3地点から13試料、石垣島の3地点から17試料の石筍試料を採取することができた (図2)。石筍内部の縞構造解析とウラン系列年代測定を行った結果、計20の石筍が本研究目的に適した試料であると判断された。2～3年間の鍾乳洞環境のモニタリングと洞内地下水の化学組成分析、石筍の同時期形成層の化学組成分析 (Hendy テスト) の結果、本研究で使用した石筍は概ね同位体平衡で形成されていると判断される (図4)。約50年/試料の分解能で石筍の酸素炭素安定同位体組成を時系列分析した結果、更新世後期から完新世にかけての特徴的な温暖化ブ

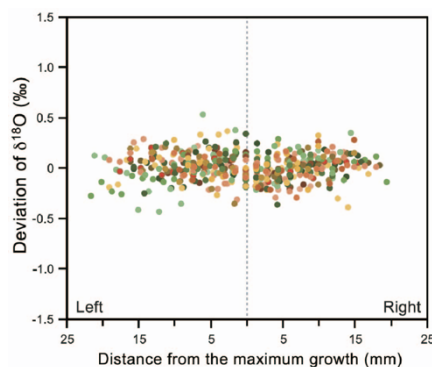


図4. 石筍のHendyテスト (20試料)

ロファイルを復元することができた (図 5)。中国内陸の石筍記録と比較すると、その変動の幅は小さく温暖化のタイミングも異なっていることから、琉球列島域の環境は冬季アジアモンスーンによる大気変動のみならず海洋の変動を反映していることを示唆している。完新世における琉球列島の環境変動は比較的安定的 (小さい) であることが示されたが、より高時間解像度 (約 2~4 年/試料) の石筍同位体分析とサンゴなどの海洋プロキシデータの解析から、琉球列島の環境は数十年スケールの大気-海洋変動が支配的であること、完新世中期において冬季アジアモンスーンによる寒冷乾燥化の数年スケール変動の影響が強かったことが示唆された。また、石筍の炭素安定同位体組成プロファイルは約 2000 年前に急激な増加を示しており (図 5)、琉球列島陸域の植生が C3 型から C4 型へ変わったと考えられる。

高分解能かつ高精度のウラン系列年代決定と化学分析に基づいて構築された本研究の長期石筍記録は、世界最高水準のデータセットであり、東アジア~北西太平洋亜熱帯域における最も代表的な基準資料となることから、今後の古環境研究や気候シミュレーション研究の進展に貢献し、学術的に極めて強いインパクトがある。石筍に関する研究成果の一部は国内外の学会 (27 件) ならびに国際学術雑誌 (1 編) で、サンゴをはじめとする海洋プロキシに関する研究成果の一部は国内外の学会 (16 件) ならびに国際学術雑誌 (7 編) で発表し、今後随時、研究成果を国際学術雑誌へ投稿する。

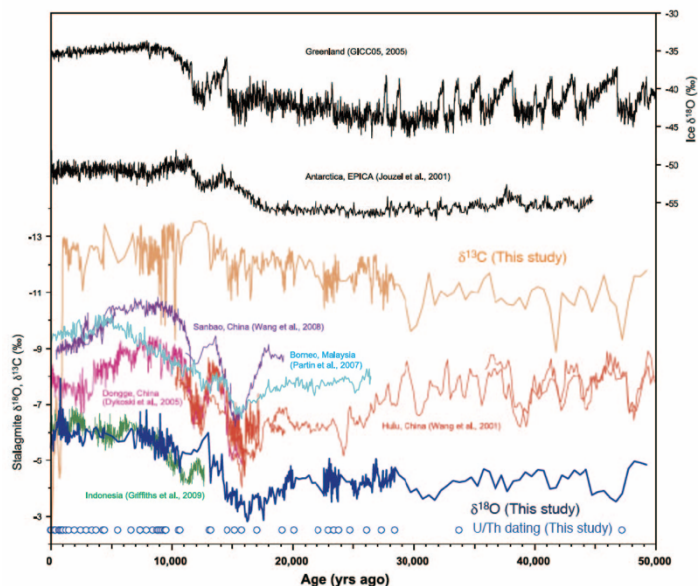


図5. 石筍の炭素安定同位体組成の時系列プロファイル

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① Y. Saito-Kokubu, T. Mitsuguchi, T. Watanabe, T. Yamada, Ryuji ASAMI, and Y. Iryu (2019, in press) Preliminary test of the EA-AGE3 system for ^{14}C measurement of CaCO_3 samples and coral-based estimation of marine reservoir correction in the Ogasawara Islands, northwestern subtropical Pacific. *Radiocarbon*. 査読有り
- ② A. H. Andrews, Ryuji ASAMI, Y. Iryu, D. R. Kobayashi, and F. Camacho (2016) Bomb-produced radiocarbon in the western tropical Pacific Ocean - Guam coral reveals operation-specific signals from the Pacific Proving Grounds. *Journal of Geophysical Research (Oceans)*, 121, 6351-6366, DOI: 10.1002/2016JC012043. 査読有り [Editor's Highlight]
- ③ J. Yamanashi, H. Takayanagi, A. Isaji, Ryuji ASAMI, and Y. Iryu (2016) Carbon and oxygen isotope records from *Tridacna derasa* shells: Toward establishing a reliable proxy for sea surface environments. *PLoS ONE*, 11(6): e0157659. DOI:10.1371/journal.pone.0157659. 査読有り
- ④ R. Uemura, M. Nakamoto, Ryuji ASAMI, S. Mishima, M. Gibo, K. Masaka, C. Jin-Ping, C.-C. Wu, Y.-W. Chang, and C.-C. Shen (2016) Precise oxygen and hydrogen isotope determination in nanoliter quantities of speleothem inclusion water by cavity ring-down spectroscopic techniques. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 172, 159-176. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2015.09.017>. 査読有り
- ⑤ K. Fujita, C. Hongo, M. Koutoku, S. Ito, Ryuji ASAMI, J. D. Reimer (2015) Buried fossil microatolls off the Kaichu-Doro Causeway, between Okinawa and Henza Islands. *Fauna Ryukyuan*, 24, 19-21. 査読有り
- ⑥ K. Tanaka, M. Holcomb, A. Takahashi, H. Kurihara, Ryuji ASAMI, R. Shinjo, K. Sowa, K. Rankenburg, T. Watanabe, and M. McCulloch (2015) Response of *Acropora digitifera* to ocean acidification: constraints from $\delta^{11}\text{B}$, Sr, Mg and Ba compositions of aragonitic skeletons cultured under variable seawater pH. *Coral Reefs*, 34, 1139-1149. DOI:10.1007/s00338-015-1319-6. 査読有り
- ⑦ J. Reimer, S.-Y. Yang, K. N. White, Ryuji ASAMI, K. Fujita, C. Hongo, S. Ito, I. Kawamura, B. Maeda, M. Mizuyama, M. Obuchi, T. Sakamaki, M. Tamura, A. Tanahara, A. Yamaguchi, and H. Jenke-Kodama (2015) Effects of causeway construction on environment and biota of subtropical tidal flats in Okinawa, Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 94, 153-167.

doi:10.1016/j.marpolbul.2015.02.037. 査読有り

- ⑧ Ryuji ASAMI, M. Konishi, K. Tanaka, R. Uemura, M. Furukawa, and R. Shinjo (2015) Late Holocene coral reef environment recorded in Tridacnidae shells from archaeological sites in Okinawa-jima, subtropical southwestern Japan. *Island Arc*, 24, 61-72. doi:10.1111/iar.12076. 査読有り

[学会発表] (計70件)

- ① R. Uemura, Ryuji ASAMI, M. A. Lone, Y.-C. Chou and C.-C. Shen: A stalagmite-inferred hydroclimate record over the past 1400 years in Okinawa, Japan, 16th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, Singapore, Jul 28 - Aug 2, 2019.
- ② O. Abe, M. Morimoto, Ryuji ASAMI, T. Nakatsuka : Reconstruction of sea surface temperature and salinity for the Medieval Climate Anomaly using a long-lived fossil coral collected at Ishigaki Island, southwestern Japan, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2019年5月26-30日.
- ③ 浅海竜司・本堂陸斗・植村立・新城竜一・狩野彰宏・藤田祐樹・山崎真治・高柳栄子・井龍康文: 沖縄島洞穴遺跡産の淡水棲貝化石および鍾乳石による更新世後期の古気温復元, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2019年5月26-30日.
- ④ 本堂陸斗・浅海竜司・植村立・新城竜一・狩野彰宏・藤田祐樹・山崎真治・高柳栄子・井龍康文: 沖縄島洞穴遺跡産の淡水棲貝化石および鍾乳石による更新世後期の古環境復元, 日本古生物学会168回例会, 小田原, 2019年1月25-27日.
- ⑤ 浅海竜司: サンゴ骨格を用いた古気候復元, 第65回日本地球化学会年会, 沖縄, 2018年9月11-13日. 【基調講演】
- ⑥ 奥平早香・浅海竜司・高柳栄子・阿部理・井龍康文: 石垣島で採取されたサンゴ化石による中期完新世の古環境復元, 日本古生物学会2018年年会, 仙台, 2018年6月22-24日.
- ⑦ R. Uemura, K. Ohmine, K. Masaka, Ryuji ASAMI, M. A. Lone, Y.-C. Chou, C.-C. Shen: A stalagmite-inferred high-resolution hydroclimate record during Mid-Holocene in Okinawa, Japan, 15th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, Singapore, 3-8 June, 2018.
- ⑧ 浅海竜司・赤嶺裕二・植村立・井龍康文・C.-C. Shen: Holocene climate records in stalagmites from the Ryukyu Islands, Japan, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2018年5月20-24日.
- ⑨ 中村光樹・三嶋悟・大嶺佳菜子・浅海竜司・J.-P. Chen・C.-C. Shen・植村立: 沖縄の石筍の流体包有物分析が示す最終退氷期における急激な気温上昇, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2018年5月20-24日.
- ⑩ 浅海竜司・鳥谷部浩人・善村夏実・嶺井翔伍・本郷宙軌・新城竜一・藤田和彦・坂巻隆史: Mid-Holocene oceanographic variability reconstructed from geochemistry in fossil corals from Okinawa-jima, Japan, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2018年5月20-24日.
- ⑪ 植村立・大嶺佳菜子・眞坂昂佑・浅海竜司・M. A. Lone・Y.-C. Chou・C.-C. Shen: 沖縄の石筍の流体包有物分析に基づく完新世中期における数十年スケールの気候変動, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2018年5月20-24日.
- ⑫ T. Felis, P. Deschamps, E. C. Hathorne, and Ryuji ASAMI: Tropical Pacific climate during Meltwater Pulse-1A from IODP Expedition 310 corals, EGU General Assembly, Vienna, Austria, 8-13 April, 2018.
- ⑬ 浅海竜司: サンゴ年輪の化学分析による海洋環境復元, 第102回プラズマ分光分析研究会, 沖縄, 2018年3月23日. 【招待講演】
- ⑭ K. Omine, R. Uemura, K. Masaka, Ryuji Asami, M. A. Lone, Yu-Chen Chou and Chuan-Chou Shen, A stalagmite-inferred high-resolution hydroclimate record at 6-7.5 ka in Okinawa, Japan, American Geophysical Union Fall meeting, New Orleans, USA, Dec 11-15, 2017.
- ⑮ 大嶺佳菜子, 植村立, 眞坂昂佑, 浅海竜司, Chuan-Chou Shen, 沖縄県南大東島の石筍に記録された完新世中期における気候変動, 地球化学年会, 東京, 2017年9月.
- ⑯ R. Uemura, S. Mishima, K. Ohmine, Ryuji ASAMI, C. Jin-Ping and C.-C. Shen: Isotopic Compositions of Fluid Inclusions Water from Stalagmites in Okinawa, Japan, 14th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, Singapore, Aug 6-11, 2017. 【招待講演】
- ⑰ 浅海竜司・赤嶺裕二・源河秀尚・松本涼太郎・植村立・井龍康文・C.-C. Shen: Paleoclimate records in stalagmites from Okinoerabu-jima, Ryukyu Islands, Japan, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2017年5月20-25日.
- ⑱ Ryuji ASAMI, T. Matsumori, S. Ishihara, A. Kinjo, D. Ohshiro, T. Naruse, M. Mizuyama, Y. Ise, Y. Fujita, T. Sakamaki: Paleooceanographic proxy and skeletal records of sclerosponges from the Ryukyu Islands, Japan, JpGU-AGU joint Meeting, Makuhari Messe, Chiba, 2017年5月20-25日.

- ①9 大嶺佳菜子・植村立・眞坂昂佑・浅海竜司・C.-C. Shen・M. A. Lone: Relationship between climate changes and solar activity in a mid-Holocene stalagmite from Minami Daito, Okinawa, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2017年5月20-25日.
- ②0 植村立・仲本壮志・三嶋悟・儀保雅一・浅海竜司・C. Jin-Ping・C.-C. Wu・Y.-W. Chang・C.-C. Shen: 鍾乳石中に流体包有物として保存された過去の水の同位体比分析, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2017年5月20-25日.
- ②1 Ryuji ASAMI, R. Uemura, H. Miyata, C. Jin-Ping, C.-C. Wu, C.-C. Shen: Paleoclimate reconstruction from subtropical northwest Pacific stalagmites in Okinawa-jima, Japan, National Taiwan University PPP meeting, Taipei, Taiwan, 8 March, 2017. [invited]
- ②2 志柿仁理・小渡亜紗美・藤村弘行・浅海竜司: サンゴ骨格の微量元素による川平湾水環境の変遷, 日本サンゴ礁学会, 沖縄, 2016年12月1-4日.
- ②3 大嶺佳菜子・植村立・眞坂昂佑・浅海竜司・C.-C. Shen・M. A. Lone: 完新世中期の石筍の炭酸カルシウムと流体包有物の同位体比分析による沖縄県南大東島の気候復元, 日本地球化学会, 大阪, 2016年9月14-16日.
- ②4 Ryuji ASAMI, R. Uemura, H. Miyata, C. Jin-Ping, C.-C. Wu, C.-C. Shen: Stalagmite-Based Climate Variability Reconstruction of the Subtropical Northwest Pacific Region from Gyokusen Cave in Okinawa-Jima, the Ryukyu Islands, Japan, 26th Goldschmidt Conference, Yokohama, JPN, 26 June - 1 July, 2016.
- ②5 A.-t. Chen, C.-C. Shen, M. Tan, T-Y. Li, R. Uemura, and Ryuji ASAMI: Precise measurements of Helium isotopes and noble gas abundance in cave dripping water in three selected caves in East Asia, 26th Goldschmidt Conference, Yokohama, JPN, 26 June - 1 July, 2016.
- ②6 R. Uemura, S. Mishima, K. Ohmine, Ryuji ASAMI, C. Jin-Ping, C.-C. Shen: Coupled oxygen isotope records of inclusion water and carbonate from a stalagmite in Hoshino Cave, Okinawa, 26th Goldschmidt Conference, Yokohama, JPN, 26 June - 1 July, 2016.
- ②7 M. Shigaki, A. Odo, H. Fujimura, Ryuji ASAMI: Past water environment of Kabira Bay recorded by isotopes and trace elements of coral skeleton, International Coral Reef Symposium, Honolulu, Hawaii, 19-24 June 2016.
- ②8 植村立・三嶋悟・大嶺佳菜子・浅海竜司・C. Jin-Ping・C.-C. Shen: 石筍の流体包有物の同位体比解析による最終退氷期における南大東島の気候変動復元, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2016年5月22-26日.
- ②9 浅海竜司・善村夏実・嶺井翔伍・本郷宙軌・藤田和彦: 沖縄島サンゴ化石による完新世中期の海洋環境解析, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2016年5月22-26日.
- ③0 Ryuji ASAMI, R. Uemura, H. Miyata, C. Jin-Ping, C.-C. Wu, C.-C. Shen: Hydroclimate reconstruction from subtropical northwest Pacific stalagmites in Okinawa-jima, Japan, Taiwan Geosciences Assembly, Taipei, Taiwan, 16-20 May, 2016. [Invited]
- ③1 善村夏実・浅海竜司・嶺井翔伍・本郷宙軌・藤田和彦: サンゴ化石から推定される沖縄島西岸域の完新世サンゴ礁環境, 日本古生物学会例会, 京都, 2016年1月29-31日.
- ③2 浅海竜司・玉城昭太・村山雅史・井龍康文: サンゴ骨格記録にみる琉球の海洋環境変動, 日本古生物学会例会, 京都, 2016年1月29-31日.
- ③3 三嶋悟・植村立・大嶺佳菜子・浅海竜司・C. Jin-Ping・C.-C. Shen: 沖縄県南大東島の石筍の炭酸カルシウムと流体包有物の酸素安定同位体比の変動, 日本地球化学会, 横浜, 2015年9月16-18日.
- ③4 Ryuji ASAMI, S. Tamashiro, M. Murayama, Yasufumi Iryu: Paleoclimate records in a long-lived coral from Okinoerabu-jima, Ryukyu Islands, XIX International Union for Quaternary Science (INQUA), Nagoya, JPN, 27 Jul - 2 Aug, 2015.
- ③5 植村立・仲本壮志・三嶋悟・浅海竜司・儀保雅一・眞坂昂佑・C. Jin-Ping・C.-C. Wu・Y.-W. Chang・C.-C. Shen: 石筍中の流体包有物の水の酸素同位体分析による最終氷期の気温推定, 日本地球惑星科学連合大会, 千葉, 2015年5月24-28日.
- ③6 R. Uemura, M. Nakamoto, Ryuji ASAMI, S. Mishima, M. Gibo, K. Masaka, C. Jin-Ping, C.-C. Wu, Y.-W. Chang, and C.-C. Shen: Isotopic measurement of speleothem inclusion water in nano-liter quantities: application to stalagmites from Okinawa, Japan, European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, Apr 12-17, 2015.
- ③7 A.-t. Chen, C.-C. Shen, M. Tan, T. Li, R. Uemura, and Ryuji ASAMI: Helium isotope and noble gas abundances of cave dripping water in three caves in East Asia, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, USA, 12-16 Dec. 2015.
- ③8 Ryuji ASAMI, R. Uemura, H. Miyata, C. Jin-Ping, C.-C. Wu, C.-C. Shen: Paleoclimate variability around the subtropical northwest Pacific region in stalagmite records from Gyokusen Cave in Okinawa-jima, Ryukyu Islands, XIX International Union for Quaternary Science (INQUA), Nagoya, JPN, 27 Jul - 2 Aug, 2015.
- ③9 福留綾里紗・浅海竜司・阿部 理・高柳栄子・平井 彰・井龍康文: 石垣島の現生サンゴ骨格から復元された過去約500年間の海洋環境変動, 日本古生物学会164回例会, 豊橋, 2015

年1月30日-2月1日。【優秀講演賞】

- ④⑩ 植村立・仲本壮志・三嶋悟・浅海竜司・儀保雅一・眞坂昂佑・C. Jin-Ping・C.-C. Wu・Y.-W. Chang・C.-C. Shen：石筍中の流体包有物の水の同位体組成の分析による最終氷期の気温推定，日本地球化学会，富山，2014年9月16-18日。
- ④⑪ 植村立・仲本壮志・儀保雅一・三嶋悟・浅海竜司：分光式質量分析計による石筍中の流体包有物の水の同位体組成測定法の開発，日本地球惑星科学連合大会，横浜，2014年4月28日-5月2日。
- ④⑫ 浅海竜司・小西美香・田中健太郎・植村立・古川雅英・新城竜一：沖縄本島の遺跡から出土したシャコガイ殻化石によるサンゴ礁環境解析，横浜，2014年4月28日-5月2日。
- ④⑬ 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月28日-5月2日。

〔図書〕(計3件)

- ① 水山克，大原拓，大原拓，D. Weinstein，藤井琢磨，藤井琢磨，T. McClelland, J. Montenegro，式場はるか，浅海竜司，S.-y. Yang，河村伊織，J. D. Reimer (2016) 沖縄島西海岸における中深度サンゴ礁生態系に関する研究。沖縄生物学会誌，54，54-55。
- ② Ryuji ASAMI (2015) Large corals can record past climate change. In: Fujita K. Arakaki T., Denda T., Hidaka M., Hirose E., Reimer J. D. (eds.), Nature in the Ryukyu Archipelago: Coral Reefs, Biodiversity, and the Natural Environment. Faculty of Science, University of the Ryukyus, Okinawa, pp.46-47.
- ③ 浅海竜司 (2015) 巨大なサンゴの「年輪から過去の環境を知る」。琉球大学理学部「琉球列島の自然講座」編集委員会編，琉球列島の自然講座～サンゴ礁・島の生き物たち・自然環境～。ボーダーインク，58-59。

〔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：
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：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 <http://dges.es.tohoku.ac.jp/iryulab/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者 なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：植村立 (名古屋大学)、新城竜一 (琉球大学)、井龍康文 (東北大学)、C.-C. Shen (国立台湾大学)

ローマ字氏名：Ryu Uemura (Nagoya Univ.), Ryuichi Shinjo (Univ. of the Ryukyus), Yasufumi Iryu (Tohoku Univ.), C.-C. Shen (National Taiwan Univ.)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。