

令和元年6月24日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H01729

研究課題名(和文) 鍾乳石の流体包有物同位体分析による第四紀古気候学の新展開

研究課題名(英文) Isotopic analyses of fluid inclusions in speleothems for the Quaternary paleoclimate research

研究代表者

植村 立 (UEMURA, Ryu)

琉球大学・理学部・准教授

研究者番号：00580143

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,200,000円

研究成果の概要(和文)：分析手法は、乾燥・破碎・データ処理プロセスの自動化と改良等により簡略化することができた。また、予期していなかった前処理時の加熱による同位体再平衡の問題を発見し、この効果を定量的に見積もることで、今後の解析に重要な基礎的知見を得た。洞窟観測と石筍採取は、ほぼ計画通りに実施できた。気候復元に向けた分析は分析計の故障により遅れたものの、期待していた最終退氷期における連続的な流体包有物の同位体比データは取得することができた。また、降水の酸素17に関する新しい知見も得られた。沖縄の鍾乳石からは、最終氷期最盛期からペーリングアレード温暖期にかけての温暖化を示す定量的な気温データを初めて得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動のメカニズムを理解するためには、長期間のデータが必要である。陸域の気候変動の記録媒体として鍾乳石は重要だが、定量的な気候復元は困難であった。本研究では、鍾乳石に閉じ込められた流体包有物の同位体比に注目して、過去の気温変動の定量的な復元を目指した研究を実施した。分析手法の地道な改良と検証実験により流体包有物の同位体比がほとんど変質を受けずに過去の降水の情報を保存していることが分かった。この結果は今後の鍾乳石の流体包有物研究の基礎的な知見として意義がある。また、沖縄の鍾乳石からは、最終氷期最盛期から現在の間氷期にかけての温暖化が開始する際の定量的な気温データを初めて得ることができた。

研究成果の概要(英文)：The analytical method was simplified by automating valve operations and the data reduction process. We found an issue of isotopic re-equilibration caused by heating the stalagmite and conducted experiments to quantify this effect. This fundamental knowledge is important for future analysis. Although the analysis for the climate reconstruction was delayed by the malfunctions of the isotopic analyzers, we obtained isotopic record of fluid inclusions during the last deglaciation from a stalagmite in Okinawa region. The temperature reconstruction, based on inclusion analyses, provides a quantitative estimate for the warming during the last deglaciation.

研究分野：古気候学、同位体地球化学

キーワード：氷期 鍾乳石 石筍 流体包有物 安定同位体比 気温変動 アジアモンスーン 古気候

1. 研究開始当初の背景

地球の気候変動のメカニズムを理解するためには、機器観測が始まる前にさかのぼる長期間のデータが必要である。第四紀における気候変動の最大の謎は10万年周期で繰り返される氷期-間氷期サイクルといえる。氷期から間氷期へ移行する温暖化(退氷期)においては、大西洋深層水循環、海水、アジアモンスーン等の変動が歯車のように連動していた可能性が高い。なかでも、東アジアモンスーンは北半球の寒冷化を南半球に伝搬する上で重要であったと推測されており、東アジア域における最終氷期から現在に至る過去5万年程度の高時間分解能の古気候記録が求められている。この点で、洞窟内で生成する鍾乳石(石筍)が注目を集めており、関連論文数も指数関数的に増加している状況にある。

従来の石筍の研究では、炭酸カルシウム(CaCO_3)の酸素同位体比(^{18}O)に基づいて、降水量や気温を推定するのが一般的であった。しかし、化学的には、温度の関数となるのは CaCO_3 と水の ^{18}O の差であり、過去の水の ^{18}O 値が分からないことが定量的な気候復元の最大の障壁であった(図1)。例えば、中国の石筍 CaCO_3 の ^{18}O 変動は経験的な関係式から東アジアモンスーン強度の指標(Wang et al., *Nature*, 2008)と解釈されているが、インド洋起源の水蒸気輸送量の指標である(Pausata et al., *Nature Geo.*, 2011)とする数値気候シミュレーションの結果も報告されている。

2. 研究の目的

上述の背景を踏まえ、本計画では、鍾乳洞内の鍾乳石(石筍)に閉じ込められた流体包有物の同位体比に注目して研究を行う。「流体包有物の水」とは、石筍に微量($\sim 0.1\%$)に含まれる水であり、石筍の原料となった洞穴内の滴下水である。したがって、過去の降水そのものが石筍に閉じ込められ、保存されているといえる(図1)。この流体包有物水の ^{18}O を精密に分析できれば、「 CaCO_3 の ^{18}O 」変動を「気温」と「降水 ^{18}O 」の2成分に分離して解析することができる。また、日本周辺には精密に年代が決まった鍾乳石に基づく気候変動データが少なく解析を妨げる要因となっている。

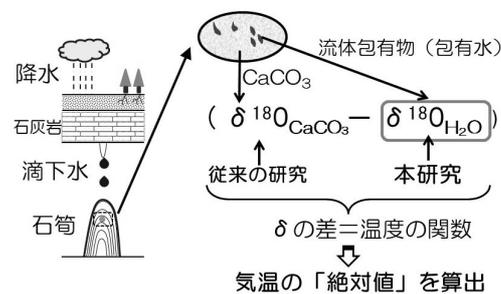


図1 石筍の流体包有物を用いた温度計

本計画の具体的な目的は、(1)高時間分解能での流体包有物の水同位体比分析を可能にする手法の開発、(2)現在の洞窟観測と新規石筍試料の採取、(3)これらのデータに基づく気候学的に重要な時代(最終氷期～現在)と場所(アジアモンスーン域)における水循環・気温変動の復元・解析、の3点である。

3. 研究の方法

研究計画は、大きく以下の3つに分けられる。

(1) 流体包有物の水の水素・酸素同位体分析法の改良

現在の測定装置のサンプル処理速度を向上し、労力を低減する((1)-)。また、新型の分光計を導入し、精度向上と ^{17}O の測定法の開発を行う((1)-)。

(1)- 高時間分解能測定のための分析処理速度の向上: 流体包有物の同位体分析の処理速度向上のために、排気速度の改良等を行う。また、労力低減と精度の向上を目指してバルブ操作の自動化を行う。また、生データから同位体比を計算する作業も、自動化する。

(1)- 流体包有物の ^{17}O 測定法開発: ^{18}O に加えて ^{17}O の測定を可能にするため、分光式同位体比質量分析計を新規導入する。 ^{17}O を超高精度で計測することで水蒸気起源の相対湿度指標とされる ^{17}O -excessについて議論できるレベルを目指す。

(2) 鍾乳洞の現場観測と鍾乳石の新規採取を行う。

(3) 流体包有物の測定による気候復元: 日本を中心とする石筍について流体包有物の安定同位体比測定を行い、気温を復元する。得られた降水の ^{18}O データは、最終退氷期と過去約5万年間の東アジア域の水循環変動を明らかにする。

4. 研究成果

初年度5月に分担者と関連研究者全員が集まり、現状と今後の方針に関するミーティングを東京大学で開催した。その後の、研究期間内の研究成果を以下の3つに分けて示す。

(1) 流体包有物の同位体分析法の改良

(1)- : 高時間分解能測定のための改良

測定に要する時間の短縮を行うため、段階的に改良を行った。初年度から1年程度をかけて分析プロセスの地道な再検証実験を行い精度・確度に影響を与えない範囲でプロセスを短縮した。また、生データから同位体比を計算するソフトは専門業者に依頼して作成した。これらの

改良により、全体の処理時間は約半分に短縮することができた。これらの実験の過程で前処理における乾燥温度と時間が同位体比に影響を与えることが示唆された。当初計画では予期していなかった現象だったが、流体包有物同位体比の古気候指標としての信頼性の根幹にかかわる問題であるので、詳細な検証実験を行った。実験の結果、高温条件下では、酸素同位体比は部分的な同位体交換反応が進むことがわかった。反応する炭酸カルシウムは流体包有物に接している部分に限定されることから、通常の氷期サイクル程度の温度変動では再交換は問題にならないことも分かった。これらの結果をもとに、より信頼性の高い測定法プロセスに変更した。この実験結果は、天然の鍾乳石中の流体包有物の酸素同位体比交換を始めて検証した成果であり、国内・国際学会等で公表した（発表(8)(14)、論文準備中）。これら結果に基づいて開発した新しい試料乾燥装置を利用して分析を行った。さらに、分析時間の短縮のために標準試料の水蒸気導入装置の開発を行ったが、濃度が安定しないことから実用的な性能向上には至らなかった。

(1)- : 流体包有物水 ^{17}O の測定法開発

酸素 ^{17}O の測定を可能にするため、分光式同位体比質量分析計 (Picarro L2140-i) 及び自動制御用のコンピュータとバルブシステムを計画通り導入したが計画よりも高額だったために、全体の予算を圧迫した。また、分光式同位体比分析計が断続的に故障したために、 ^{17}O の本格的な分析は計画よりも遅れた。その後、慎重に国際参照試料との校正を行い十分な精度と確度を得られることを検証したうえで、沖縄島の降水 (2年間分) の ^{17}O の高精度分析を行った。近年の研究では、極域や乾燥地域の ^{17}O -excess は、定量的な解釈が困難であるという報告が多かった。しかし、本研究から沖縄島の降水の酸素 17 過剰 (^{17}O -excess) が相対湿度の変動によって決まり、単純な蒸発モデルで定量的に推定可能であることが明らかになった。この結果は、湿潤な熱帯・亜熱帯における鍾乳石の流体包有物の ^{17}O が過去の相対湿度の指標として有用であることを示している。この結果は、国内・国際学会で発表し、国際誌に論文として公表した（発表(7)(12)、論文(1)）。

(2) 洞窟観測と石筍試料の採取

初年度から3年間に渡って年数回の沖縄県の南大東島の星野洞で温度、二酸化炭素濃度の観測を実施した。南大東島の星野洞では観光用の工事のために折られた石筍を中心に採取した。同じく南大東の複数の洞窟 (山下洞等) でも試料を採取した。平成29年度には陸上の植生、地下水の放射性炭素同位体 (^{14}C) 測定用の試料採取と観測を名古屋大学と共同で実施した。沖縄本島の玉泉洞においては、地下水及び石筍の採取、温度、二酸化炭素濃度の観測を国立台湾大学の研究グループと国際共同研究として実施した。

(3) 流体包有物の水の同位体比測定による気候復元

(1)- で改良した手法を用いて、石筍の流体包有物の同位体比分析を実施した。全期間を通して新旧の分光式同位体アナライザー (2140-i, 2130-i) の断続的な故障に悩まされたが、その都度、修理を行うことで対応した。2台のアナライザーが同時に故障することは殆ど無かったため、測定が完全に停止した期間は4年間で3か月程度に抑えられた。また、(1)- で説明したように、前処理時の高温により測定結果に影響を及ぼすことが判明したため、一部の試料は再測定を行う必要が生じた。これらの要因によって、最終的なデータを得ることに時間を要したが、現時点で以下のような成果を得ている。

星野洞 (沖縄県南大東島) の石筍は多くの流体包有物を含んでおり、多くの試料について流体包有物の安定同位体比データを得ることができた。同時に炭酸カルシウムの安定同位体比の分析、ウラン・トリウム法による絶対年代の測定も実施した。ウラン・トリウム法による年代分析は計画通り、国立台湾大学との共同研究として実施した。(2)で述べた国立台湾大との共同研究も含めて、2018年に沖縄で開催された日本地球化学会年会で台湾と国際合同セッションを開催した(発表(7),(8))。

大東島の鍾乳石の一つ HSN1 は完新世中期の気候変動を高時間分解能で保存していることが分かり、数十年スケールの気温変動を復元することができた(発表(5)(11)(16)、論文準備中)。HSN1については、放射性炭素の分析も実施し、太陽活動の関係に関するデータも得られた。また、別の鍾乳石 (HSN2) からは、最終氷期における最終氷期最盛期 (LGM) からペーリングアレレード温暖期 (BA) にかけての急激な温暖化の時期を含む流体包有物による定量的な復元温度データを初めて得ることができた。同位体データに基づく気温推定は、最新の気候モデルの結果よりも大きな温度変動を示しており、その要因について解析を進めている。これらの成果は国内外の学会で発表した(発表(4)(10)、論文準備中)。流体包有物の水の同位体比そのものを最終氷期の気候モデルと比較するには至らなかったが、同位体再解析モデルとの比較が容易な高時間分解能のアイスコアの水同位体データとの比較を行った(発表(1)(2)(6)、論文(5)(6)(7)(8))。

沖縄本島の玉泉洞で採取された石筍の流体包有物の同位体比分析も行った。初期の成果として、最終氷期、完新世初期、現在の3つの層について分析を実施した。その結果、最終氷期は現在よりも気温が 8.2 ± 2.4 低かったことが示唆された(発表(25)(29)、論文(10))。その後、連続的な変動パターンを明らかにするために同じ石筍試料の他の層の分析を進めたが基本的に

は初期の結果を指示するデータが蓄積されつつある（発表（3））。

その他の様々な洞窟から採取された流体包有物の分析を行った。Leki raka cave（東ティモール）の石筍は連続的に多くの流体包有物を含んでおり、最終退氷期における連続データを取得することができた。全体としては天水線と整合的な同位体比であることから変質の可能性は低いものの、気温復元の結果は完新世中期に寒冷化が見られるなど他の古気候データとは整合的ではない期間があった（発表(30)）。日本の本州の石筍は福来口洞（新潟県）と、霧穴（三重県）の石筍について流体包有物の同位体比測定を行った。福来口洞の石筍は検出下限に近い程度の少量の流体包有物の分析をすることができた（発表(19)(28)）。霧穴の石筍には複数の層位で試みたが流体包有物が殆ど含まれておらず、炭酸カルシウムの分析結果を基に解析を行った（論文(2)）

全体のまとめ：(1)分析手法の改良により、一定の迅速化を達成度できた。今後は労力を低減するために可能な限りの自動化を進める必要がある。また、当初予想していなかった試料前処理時の加熱プロセスの物理的な問題を発見することができた。この検証に予想以上の時間は費やしたが今後の解析に利用できる基礎的な知見を得ることができた。(2) 洞窟観測と石筍試料の採取は、ほぼ計画通りに実施できた。(3) 気候復元については、期待していた最終退氷期における連続的な流体包有物の同位体比データを取得することができた。今後、さらに解析を進めて論文として公表する予定である。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 18 件)

- (1) Uechi, Y. and R. Uemura, Dominant influence of the humidity in the moisture source region on the ^{17}O -excess in precipitation on a subtropical island, *Earth and Planetary Science Letters*, 513, 1, 20-28 (2019) 査読有, <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.02.012>
- (2) Mori, T., Kashiwagi, K., Amekawa, S., Kato, H., Okumura, T., Takashima, C., Wu, C.-C., Shen, C.-C., Quade, J., Kano, A., Temperature and seawater isotopic controls on two stalagmite records since 83 ka from maritime Japan. *Quaternary Science Reviews*, 192, 47-58 (2018) 査読有, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.05.024>
- (3) Uemura, R., M. Uemura, M. Sano, T. Nakatsuka, A 180-year-long isotopic record of tree-ring cellulose on Okinawa Island, Japan, *Geochemical Journal*, 52, 6, e21-e27 (2018) 査読有, doi:10.2343/geochemj.2.0543
- (4) Midhun, M., PR Lekshmy, R. Ramesh, K. Yoshimura, KK. Sandeep, S. Kumar, R. Sinha, A. Singh and S. Srivastava, The effect of monsoon circulation on the stable isotopic composition of rainfall, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 123, 5205-5221 (2018) 査読有, doi: 10.1029/2017jd027427
- (5) 芳村圭, 同位体気象水文学の展望, 水文水資源学会誌, 31(6), 554-559 (2018) 査読有, doi:10.3178/jjshwr.31.554
- (6) Okazaki, A. and K. Yoshimura, Development and evaluation of a system of proxy data assimilation for paleoclimate reconstruction, *Clim. Past*, 13, 379-393 (2017) 査読有, doi:10.5194/cp-13-379-2017
- (7) Furukawa, R., R. Uemura, K. Fujita, J. Sjolte, K. Yoshimura, S. Matoba, Y. Iizuka, Seasonal scale dating of a shallow ice core from Greenland using oxygen isotope matching between data and simulation, *J. Geophys. Res.* 122, 20, 10873-10887(2017) 査読有, doi:10.1002/2017JD026716
- (8) Toride, K., P. Neluwala, H.J. Kim, and K. Yoshimura, Feasibility Study of the Reconstruction of Historical Weather with Data Assimilation, *Mon. Wea. Rev.* 145, 3563-3580 (2017) 査読有, doi:10.1175/MWR-D-16-0288.1
- (9) 植村立, 鍾乳石から気候変動を読み解く, 化学と教育, 64, 8, 388 - 389 (2016) 査読無, https://doi.org/10.20665/kakyoshi.64.8_388
- (10) Uemura, R., M. Nakamoto, R. Asami, S. Mishima, M. Gibo, K. Masaka, C. Jin-Ping, C-C. Wu, Y-W. Chang, C-C. Shen Precise oxygen and hydrogen isotopic determination of speleothem inclusion water in nanoliter quantities using cavity ring-down spectroscopic techniques, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 172, 159-176 (2016) 査読有, doi:10.1016/j.gca.2015.09.017

その他 8 件

〔学会発表〕(計 50 件)

- (1) 庄司 悟, 岡崎 淳史, 芳村圭, 気候プロキシを用いたデータ同化による千年紀気候復元, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2018 年大会, 千葉 (2018)
- (2) Okazaki, A., 三好 建正, 芳村圭, Z. Fuqing, Toward online data assimilation for the millennium reanalysis, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2018 年大会, 千葉 (2018)

- (3) 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 連合大会 2018 年大会, 千葉 (2018)
- (4) 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 連合大会 2018 年大会, 千葉 (2018)
- (5) Uemura, R., K. Ominie, K. Masaka, R. Asami, C-C. Shen, M. A. Lone, A stalagmite-inferred high-resolution hydroclimate record during Mid-Holocene in Okinawa, Japan, Asia Oceania Geoscience Society (AOGS) Annual meeting, Honolulu, USA (2018)
- (6) Yoshimura, K., Data Assimilation of Water Isotope Information for Constraining Hydrometeorological Processes, Asia Oceania Geoscience Society (AOGS) Annual meeting, Honolulu, USA (2018) (招待講演)
- (7) 上地 佑衣菜, 植村立, 気候と大気循環の変動に対する沖縄島の降水安定同位体比の応答, 日本地球化学年会, 沖縄 (2018)
- (8) 植村立, 喜納悠大, 大嶺 加菜子, 加熱実験による石筍中の流体包有物の酸素同位体再平衡の評価, 日本地球化学年会, 沖縄 (2018)
- (9) 狩野彰宏, 雨川翔太, 加藤大和, 森 大器, 日本の石筍同位体記録から見た後期更新世以降の気温変化. 日本地質学会つくば特別大会, 茨城 (2018)
- (10) 植村立, 仲本壮志, 三嶋 悟, 浅海竜司, 儀保雅一, 眞坂昂佑, J-P. Chen, 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 連合大会 2017 年大会, 千葉 (2017) (招待講演)
- (11) Omime, K., R. Uemura, K. Masaka, R. Asami, M. A. Lone, Y-C. Chou and C-C. Shen, A stalagmite-inferred high-resolution hydroclimate record at 6-7.5 ka in Okinawa, Japan, American Geophysical Union fall meeting, New Orleans, USA (2017)
- (12) 上地佑衣菜, 植村立, Seasonal variation of ^{17}O -excess of precipitation in East Asian Monsoon region, Okinawa, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2017 年大会, 千葉 (2017)
- (13) Uemura, R., Isotope measurement of fluid inclusion in speleothems in Okinawa, EOS seminar, Nanyang Technological University, Singapore (2017) (招待講演)
- (14) Uemura, R. and Y. Kina, Isotopic re-equilibration of fluid inclusions in natural speleothem by artificial heating, European Geosciences Union General Assembly (2017)
- (15) Uemura, R., S. Mishima, K. Ohmine, R. Asami, J-P. Chen, C-C. Shen, Isotopic compositions of fluid inclusions water from stalagmites in Okinawa, Japan, 4th Annual meeting, Asia Oceania Geosciences Society (AOGS), Singapore (2017) (招待講演)
- (16) 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, 日本地球化学学会年会, 東京 (2017)
- (17) Asami, R., R. Uemura, H Miyata, J-P. Chen, C-C. Wu, C-C. Shen, Hydroclimate reconstruction from subtropical northwest Pacific stalagmites in Okinawa-jima, Japan, Taiwan Geoscience Assembly, Taipei, Taiwan ROC (2016) (招待講演)
- (18) 植村立, 三嶋悟, 大嶺佳菜子, 浅海竜司, Chen Jin-Ping, Chuan-Chou 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連合大会 2016 年大会, 幕張メッセ, 千葉 (2016)
- (19) 大嶺佳菜子, 植村立, 三嶋悟, 狩野彰宏, 曾根知実, 柏木 健司, 新潟県の石筍を用いた完新世の流体包有物中の酸素・水素同位体分析, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 幕張メッセ, 千葉 (2016)
- (20) Uemura, R., Isotope records of fluid inclusions from stalagmites in Okinawa, U Tokyo AORI international workshop: Recent Advances in Paleoclimates Studies, Tokyo (2016)
- (21) Uemura, R., S. Mishima, K. Ohmine, R. 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, Kanagawa (2016)
- (22) Asami, R., 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, Kanagawa (2016)
- (23) 大嶺佳菜子, 植村立, 眞坂昂佑, 浅海竜司, Chuan-Chou Shen, Mahjoor Ahmad 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, 日本地球化学学会年会, 大阪 (2016)
- (24) Uemura, R., M. Nakamoto, R. Asami, S. Mishima, M. Gibo, K. Masaka, J-P. Chen, C-C. Wu, Y-W. Chang, 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 (2015)

- (25) 植村立, 仲本壮志, 三嶋悟, 浅海竜司, 儀保雅一, 眞坂昂佑, J-P. Chen, 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 連合大会 2015 年大会, 千葉 (2015)
- (26) Asami, R., R. Uemura, H. Miyata, J-P. Chen, 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, International Union for Quaternary Research congress (INQUA), Nagoya (2015)
- (27) 三嶋悟, 植村立, 大嶺佳菜子, 浅海竜司, J-P. Chen, 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, 日本地球化学会年会, 神奈川 (2015)
- (28) 大嶺 佳菜子, 植村立, 三嶋 悟, 狩野 彰宏, 曾根知実, 柏木 健司, 完新世の本州日本海側の石筍の流体包有物中の水素・酸素同位体分析, 日本地球化学会年会, 神奈川 (2015)
- (29) Uemura, R., Speleothem water inclusion H/O isotopes measurements using CRDS, Utilizing Rare isotope E for biogeochemistry, second UREY work shop (2015) (招待講演)
- (30) Hsu, C-H., J-P. Chen, C-C. Shen, H-S. Mii, A. Kano, Ryu Uemura, Y-G. Chen and S. Mishima, Stalagmite-inferred precipitation and temperature dynamics in East Timor over the past 16.5 thousand years, American Geophysical Union fall meeting, San Francisco, USA (2015)

その他 20 件

〔その他〕

ホームページ等

<http://has.env.nagoya-u.ac.jp/~uemura/>

6 . 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：浅海 竜司

ローマ字氏名：(ASAMI, Ryuji)

所属研究機関名：東北大学

部局名：理学系研究科

職名：准教授

研究者番号 (8 桁)：00400242

研究分担者氏名：芳村 圭

ローマ字氏名：(YOSHIMURA, Kei)

所属研究機関名：東京大学

部局名：生産技術研究所

職名：准教授

研究者番号 (8 桁)：50376638

研究分担者氏名：狩野 彰宏

ローマ字氏名：(KANO, Akihiro)

所属研究機関名：東京大学

部局名：理学系研究科

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：60231263

(2) 研究協力者

研究協力者(連携研究者)氏名：南 雅代

ローマ字氏名：(MINAMI, Masayo)

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。