

令和 3 年 6 月 6 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18522

研究課題名(和文) 鍾乳石と貝化石の先端化学分析と文理融合による洞穴遺跡研究の新展開

研究課題名(英文) New development of geoarchaeological cave study by advanced chemical analyses of stalagmites and fossil snails

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) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、これまでの学術体系に捉われず、先端的な化学分析手法を利用した文理融合の新しい洞穴遺跡研究を展開することを目的とした。沖縄本島の洞穴遺跡をフィールドとして調査を実施し、出土した貝化石と鍾乳洞内の石筍について化学分析を行なって、先史時代人が生活していた当時の気候記録を高分解能で復元することに成功した。その結果、最終氷期頃の気温の季節変化は現在と異なり、年平均気温は現在よりも6-7℃低かったことが見出された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で展開した洞穴遺跡研究の新しいアプローチは、日本各地の遺跡研究へ適用することで、旧石器時代の人類史研究を深化させる可能性がある。また、本研究で挑戦した文理融合研究は、今後の人類史研究とその体系を大きく革新させる可能性があり、考古学や地質学、災害学、気象学などを含めた多様な研究テーマを生む。人類の洞窟利用は気候変動や自然災害、植生変化と関連することから、学術・社会面双方に対して意義がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop a new geoarchaeological study using advanced methods of chemical analyses, regardless of conventional academic frameworks. We carried out a periodic field survey and chemical analyses of the excavated fossil land snails and the stalagmites in the limestone cave on the main island of Okinawa, Japan. As a result, high-resolution climate records during the time when prehistoric people lived there were successfully reconstructed. Consequently, it was found that the seasonal temperature variation in Okinawa around the last glacial period (about 23,000 years ago) was different from the present and the annual average of temperature was 6-to-7 °C lower than today.

研究分野：古環境学

キーワード：洞穴遺跡 鍾乳石 貝化石 化学分析 琉球列島 最終氷期 歴史気候学

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、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

近年の技術進歩によって、ウラン系列年代測定法から鍾乳石・石筍の形成年代を相対誤差1%以内で決定できるようになり、先端的な化学分析から過去数万年間の気候変動を高精度で復元する「鍾乳石古気候研究」が注目されている (Wang et al., 2008. Nature). 歴史資料に富む中国では、気候変動と文明史とのリンクを解析する研究が進められているが、日本における気候と歴史の比較解析は本州の樹木年輪が中心であり (中塚, 2015. 考古学研究), 「洞穴遺跡」の文理融合研究は進んでいないのが現状である. 一方, 琉球列島では, 更新世晩期の人骨や世界最古の釣針の発見 (Fujita et al., 2016. PNAS), ゲノム解析による琉球人の起源推定 (Sato et al., 2014. MBE) などによって, 「考古学のホットスポット」として注目され始めている. しかし, 従来の鍾乳石古気候研究にとって, 洞穴遺跡は主要なフィールドとして対象とされなかった背景がある.

### 2. 研究の目的

そこで本研究では, 琉球列島のユニークなフィールド特性に着目し, 「洞穴遺跡」を舞台とした地質学・地球化学・考古学・古生物学による新しい文理融合研究を展開することに挑戦した. 具体的には, 洞穴遺跡から出土した陸棲貝化石と鍾乳洞から採取した石筍について, 先端的な化学分析手法を利用した高時間解像度の酸素同位体分析を行い, 先史時代人が生息した当時の気候記録を週~月データの解像度で復元することを目的とした.

### 3. 研究の方法

沖縄県立博物館・美術館および国立科学博物館の考古学者, 琉球大学・名古屋大学・東京大学・東北大学・国外研究機関の地質学者や地球化学者らとともに研究を進めた. 近年の発掘調査によって考古学的知見が蓄積されている沖縄本島南部のサキタリ洞を対象フィールドとした (図1).

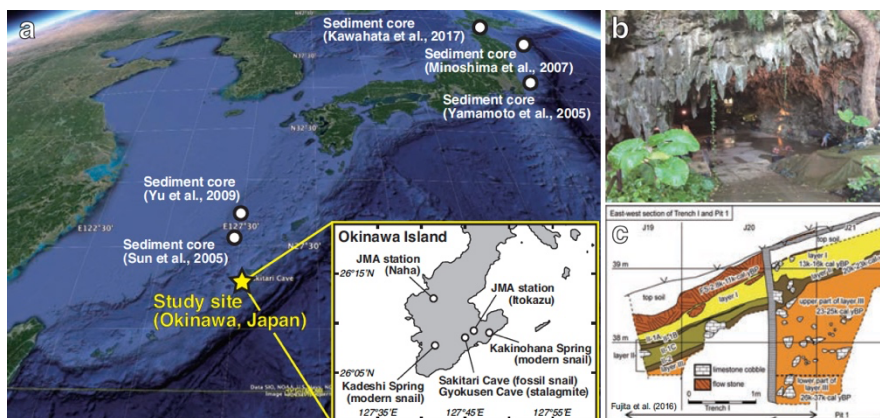


図1. 研究地域, 洞穴遺跡の風景と遺跡堆積物 (Fujita et al., 2016; Asami et al., 査読中)

遺跡から出土した陸棲のカワニナ貝化石 (*Semisulcospira* sp.) について保存状態の良い6試料を研究対象として選定し, 殻の成長方向に沿って酸素同位体組成分析を実施した (図2). また, 鍾乳洞から採取した石筍についてウラン系列年代測定を実施し, 貝化石と同年代の石筍部位を特定し, 石筍中の包有水の酸素同位体組成分析を実施した (図3).



図2. 陸棲カワニナ (左: 現生, 中: 化石) と酸素同位体組成分析のサブサンプリング (右)

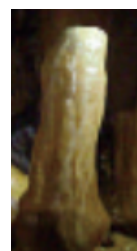


図3. 鍾乳洞内で成長する石筍

さらに、調査地域周辺の環境水調査を定期的実施し、雨水、鍾乳洞滴下水、洞内流水、湧水の温度や pH を測定し、水の酸素同位体組成分析を実施した。過去の気温を定量するために、同種の現生カワニナを 7 試料採取して (図 2)、同様の酸素同位体組成分析を行なって化石試料の結果と比較検討した。

#### 4. 研究成果

遺跡洞穴から出土した陸棲貝化石の粉末 X 線回折分析による鉱物組成解析、電子顕微鏡による殻構造観察の結果、試料のほとんどの部位はアラゴナイト殻から構成され、続成作用をほとんど被っていないことが確認された。現場周辺環境の観測に加え、環境水の酸素同位体組成分析、石筍包有水の酸素同位体組成分析を実施した結果、降水・滴下水・包有水・洞内流水・湧水の酸素同位体組成はほぼ同じ値であることがわかった。また、同種の現生カワニナ試料の酸素同位体組成分析の結果から、湧水近傍に生息する試料は年平均気温の復元に適し、湧水から離れた水深が浅い場に生息する試料は夏と冬の温度復元にも利用できることを明らかにした (図 4)。

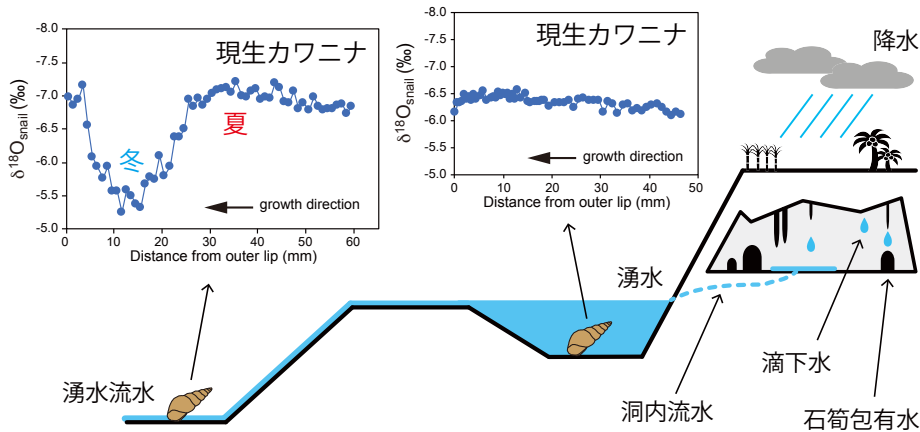


図 4. 調査地域周辺の水システムと現生カワニナ殻の酸素同位体組成プロファイル

高時間解像度分析によって、貝化石から酸素同位体組成のプロファイルを抽出することに成功し、生息した当時の気温の季節変化が明瞭に捉えられていることを明らかにした (図 5)。石筍包有水の酸素同位体組成と併せてデータ解析を行ったところ、最終氷期および退氷期における沖縄の気温の季節変化を復元することに成功し、現代の夏季と冬季と年平均の気温との違いを定量的に復元することができた。特に、最終氷期にあたる約 2 万 3000 年前は現在と比べると、沖縄の気温は約 6~7°C 低かったことが推定された。陸棲貝化石と鍾乳石の酸素同位体組成を組み合わせることで陸域の気温を推定する手法は、従来類を見ない新しいアプローチであり、先史時代人が洞穴で生活していた当時の気温を推定した例は世界で初めてである。大気温度のプロキシデータは極めて貴重であり、気候シミュレーションのモデル評価に対しても貢献すると考えられる。以上の成果は学会で発表するとともに学術論文として執筆し、オープンアクセスの国際学術雑誌に投稿した (Asami et al., 査読中)。また、気温復元値の信頼度を高め、陸と海の温度比較を検証するために、現場の環境調査を実施して基礎データを蓄積するとともに、沖縄の海棲生物に基づいた古環境記録の補足データを取得することができた。新型コロナウイルス感染状況により、学会や市民向け講演会などでの研究発表は数多く実施することができなかつたが、得られた研究成果を学術論文として執筆し、国際学術雑誌に発表・投稿することができた (計 4 篇: Asami et al., 2020a, 2020b, 査読中 2 篇)。本研究では、これまでの学術体系にとらわれず、先端的な化学分析手法を利用した文理融合の新しい洞穴遺跡研究に挑戦した。その結果、分野の垣根を越えた文理融合の研究体制を構築することができたことは一つの成果であり、今後、台風や津波の自然災害 (気象学, 地震学, 工学) や氷期間氷期の海水準変化 (地理学, 地質学), 植生や土壌の変化 (農学, 微生物学) と関連した革新的な研究テーマを展開できる可能性を示したことは、学術面・社会面の双方において重要な成果であったと考えられる。

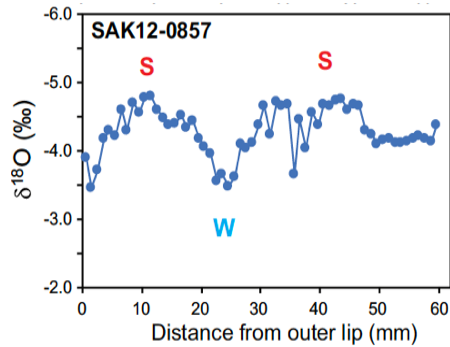


図 5. 貝化石の酸素同位体組成プロファイル (S: 夏, W: 冬)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Asami Ryuji, Kinjo Akira, Ohshiro Daiki, Naruse Tohru, Mizuyama Masaru, Uemura Ryu, Shinjo Ryuichi, Ise Yuji, Fujita Yoshihisa, Sakamaki Takashi	4. 巻 7
2. 論文標題 Evaluation of geochemical records as a paleoenvironmental proxy in the hypercalcified demosponge <i>Astrosclera willeyana</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40645-020-00329-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Kodama Satoshi, Takayanagi Hideko, Yoshii Kosuke, Nhu Ha Thuy Thi, Asami Ryuji, Abe Osamu, Iryu Yasufumi	4. 巻 25
2. 論文標題 Carbon and Oxygen Isotope Records of <i>Tridacna squamosa</i> Shells from two Different Latitudes in the Ryukyu Islands	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Paleontological Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2517/2020PR003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Asami Ryuji, Yoshimura Natsumi, Toriyabe Hiroto, Minei Shogo, Shinjo Ryuichi, Hongo Chuki, Sakamaki Takashi, Fujita Kazuhiko	4. 巻 47
2. 論文標題 High Resolution Evidence for Middle Holocene East Asian Winter and Summer Monsoon Variations: Snapshots of Fossil Coral Records	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2020GL088509	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 0件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Wen-Hui Sung, Hsun-Ming Hu, Akihiro Kano, Ryuji ASAMI, Yasufumi Iryu, Hideko Takayanagi, Horng-Sheng Mii, Veronique Michel, Patricia Valensi, Zunino Marta, Starnini Elisabetta, Yu-Min Chou, Hsien-Chen Tsai, Wei-Yi Chien, Tsai-Luen Yu, Chuan-Chou Shen
2. 発表標題 Northern Mediterranean precipitation variation and orbital forcing on westerlies over the past 250-400 thousand years ago
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wei-Yi Chien, Hsun-Ming Hu, Ryuji ASAMI, Akihiro Kano, Horng-Sheng Mii, Veronique Michel, Patricia Valensi, Elisabetta Starnini, Yu-Min Chou, Yasufumi Iryu, Hideko Takayanagi, Hsien-Chen Tsai, Sung Wen-Hui, Tsai-Luen Yu, Chuan-Chou Shen
2. 発表標題 Speleothem-inferred paleoclimate records at 620-450 thousand years ago from northern Mediterranean
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hsun-Ming Hu, Chuan-Chou Shen, Veronique Michel, Patricia Valensi, Akihiro Kano, Ryuji ASAMI, Yu-Min Chou, Hsien-Chen Tsai, Sung Wen-Hui, Wei-Yi Chien, Tsai-Luen Yu, Horng-Sheng Mii, Yasufumi Iryu, Hideko Takaynagi
2. 発表標題 Speleothem-inferred sea-level rise during marine isotope stage 11
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Uemura, Ryuji ASAMI, M. A. Lone, Y.-C. Chou and C.-C. Shen
2. 発表標題 A stalagmite-inferred hydroclimate record over the past 1400 years in Okinawa, Japan
3. 学会等名 16th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅海竜司・松森建人・石原信司・金城章・大城大輝・成瀬貫・水山克・植村立・新城竜一・伊勢優史・藤田喜久・坂巻隆史
2. 発表標題 硬骨海綿の化学分析による海洋環境の長期時系列解析
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Takayanagi, T. Tochigi, Ryuji ASAMI, R. Shinjo, T. Itaki, Y. Iryu
2. 発表標題 Trace element concentrations of sub-tropical modern brachiopod <i>Basiliola lucida</i> collected off Okinawa-jima, Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 O. Abe, M. Morinto, Ryuji ASAMI, T. Nakatsuka
2. 発表標題 Reconstruction of sea surface temperature and salinity for the Medieval Climate Anomaly using a long-lived fossil coral collected at Ishigaki Island, southwestern Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuji ASAMI, T. Naruse, M. Mizuyama, R. Uemura, R. Shinjo, Y. Ise, Y. Fujita, T. Sakamaki
2. 発表標題 Evaluation of geochemistry in hypercalcified demosponges as a paleoceanographic proxy
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本古生物学会168回例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小玉智之・高柳栄子・浅海竜司・阿部理・井龍康文
2. 発表標題 ヒレジャコの殻の酸素同位体組成を用いた海水温復元の信頼性および問題点
3. 学会等名 日本古生物学会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅海竜司・赤嶺裕二・植村立・井龍康文・C.-C. Shen
2. 発表標題 Holocene climate records in stalagmites from the Ryukyu Islands, Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Uemura, Ryuji Asami, M.A. Lone, Y.-C. Chou, C.-C. Shen
2. 発表標題 A stalagmite-inferred hydroclimate record over the past 1200 years in a western Pacific island
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Tanaka, T. Miki, N. Takahata, R. Uemura, Ryuji ASAMI, T.-L. Yu, C.-C. Shen, K. Shirai, N. Murakami-Sugihara, K. Toyama, Y. Sano
2. 発表標題 Speleothem as archive of past volcanism: Impact of Kikai volcano eruption (7.3 ka) on a remote oceanic island
3. 学会等名 Goldschmidt Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 植村立・浅海竜司・阿部理・Shufang YUAN・Xianfeng WANG
2. 発表標題 最終氷期G1-21における南大東島の鍾乳石の酸素同位体比変動
3. 学会等名 日本地球化学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北大学大学院理学研究科地学専攻地圏進化学講座 炭酸塩堆積学・地球化学グループ  
<http://dges.es.tohoku.ac.jp/iryulab/>



## 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
研究協力者	植村 立  (Uemura Ryuji)		
研究協力者	藤田 祐樹  (Fujita Masaki)		
研究協力者	山崎 真治  (Yamasaki Shinji)		
研究協力者	高柳 栄子  (Takayanagi Hideko)		
研究協力者	新城 竜一  (Shinjo Ryuichi)		
研究協力者	狩野 彰宏  (Kano Akihiro)		
研究協力者	井龍 康文  (Iryu Yasufumi)		
研究協力者	木村 亮介  (Kimura Ryosuke)		

## 6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	山極 海嗣  (Yamagiwa Kaishi)		

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
台湾	National Taiwan University			
フランス	CNRS, CEPAM	CNRS, OCA, IRD	MNHN Paris, CNRS	
イタリア	University of Pisa	Universita degli Studi di Torino		
中国	Southern Univ of Sci and Tech, Guangdong	Fujian Normal University		
スイス	ETH Zurich			