

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：12601

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2018～2023

課題番号：18KK0094

研究課題名（和文）エディアカラの海での気候激変と動物進化の因果関係の解明

研究課題名（英文）Understanding of causal relationship between extreme climate and animal evolution in the Ediacaran ocean

研究代表者

狩野 彰宏（Akihiro, Kano）

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・教授

研究者番号：60231263

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：全球凍結が起こった新原生代後期になぜ動物が進化したのかという、地球史の疑問に挑むため、中国、オーストラリア、モロッコなどで調査を行った。中国貴州省ではスターチアン氷期直後のMn炭酸塩岩を調べ、バイオマーカーと炭素同位体比の証拠から、この時期の海洋が現在の黒海のような貧酸素の条件であることを見出した。南オーストラリア州ではクライオジェニア紀の化石様粒子を含む地層を調べ、この地層が汎世界的な炭素同位体比の負の異常期に堆積したものと判明した。以上、2件の結果から、クライオジェニア紀の間氷期に海水に多量の有機炭素が蓄積し、その後、海綿動物が進化した後で海洋が酸素に富む様になったと復元した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は海綿動物の進化と全球凍結の激変事象との因果関係を考察することに努めた。本研究の考察で導かれる仮説では、全球凍結後の高い生物生産性により作られた有機炭素が、分解を免れて海水中に大量に懸濁し、それを消費する海綿動物が進化して、次第に少なくなったとする。全球凍結がなければ、海綿動物は進化していなかったことになる。本研究での観察事項はこの仮説と整合的で、否定する地質学的証拠は少ない。微生物から人類に至る生物進化の経路上に海綿動物はいただろう。つまり、全球凍結がなければ人類も進化しなかった。新原生代の海洋で起こった事象は生命進化史にとって重要な知見であり、社会的にも注目されるであろう。

研究成果の概要（英文）：To address the question of why animals evolved in the late Neoproterozoic Era, when the global climate underwent drastic collings, we conducted research in China, Australia, Morocco, and other countries. In Guizhou Province, China, we examined Mn carbonate rocks immediately after the Sturtian Snowball Earth. Based on evidence from biomarkers and carbon isotopes, we reconstructed that the ocean during this period was in an anoxic condition similar to the present-day Black Sea. In South Australia, we investigated a Cryogenian calcareous sequence that yields fossil-like particles, and found that this sequence was deposited during a global anomaly of negative carbon isotope ratios. Based on these results, we interpreted that a large amount of organic carbon accumulated in seawater during the interglacial period of the Cryogenian period, and that the ocean became oxygen-rich after sponges evolved.

研究分野：地質学

キーワード：新原生代 全球凍結 海綿動物 炭素同位体 バイオマーカー 海洋層状化

1. 研究開始当初の背景

(1)地球生命史における未解決問題 微生物から人類までの進化の歴史には多くの未解決問題がある。「最初の生命がどのように進化したのか」「最初の生命は何だったのか」「人類がどのように猿から進化したのか」という問題には明確な答えは得られていない。本研究が対象とする新原世代 (10~5.42 億年前 = 1000~542Ma) には、地表が氷結するような極度の寒冷化があったが、生命が多細胞動物へと大きく進化した (図 1)。新原世代の地球生命史には「なぜ動物が多細胞化したのか」「極端な寒冷化を生命がどのように生き延びたのか」という 2つの未解決問題が残されている。

(2)動物の多細胞化 脊椎動物を含む多細胞動物は新原世代末に海洋の酸素濃度が増加した 580Ma 以降に多様化した (酸素説; Knoll, 2003), スターチアン全球凍結後(665Ma)に起こっていた動物の多細胞化の原因は酸素濃度の増加ではない。研究代表者は「氷期後の異常な海洋構造が動物の多細胞化を促した」と考え (Kano et al., 2011), それを検証するために中国, ブラジル, オーストラリアで調査を実施し, 海綿動物様の化石を見出してきた。その一方で, この仮説をさらに補強するために氷期後の海洋構造とともにバイオマーカーなどの指標を詳細に調べる必要性を認識した。

(3)生命存続の場所 全球凍結時の生命存続の場については大きく 2つの説がある。赤道地域に存在していた融氷部で生命が生き延びていたという説 (赤道融氷説; Peltier et al., 2004) と火山島近傍に発達する融氷部で生命が維持されていたという説 (火山島説; Hoffman et al., 1998) である。全球凍結時のエネルギーバランスモデルでは, 赤道に融氷部を作るような計算結果を出すためには特殊な前提条件が必要になるため, 火山島説を考慮する研究者が多い。しかし, 火山島説を支持する地質学的な証拠は未だに提示されていない。その一因は研究が盛んに行われた地域 (中国, カナダ, オーストラリア, オマーン, ナミビア) には火山が発達していなかったことにある。これを解決するには, 全球凍結時に火山が発達していた地域を調べる必要がある。本研究で調査対象とするモロッコ Anti Atlas 地域には汎アフリカ造山運動に伴う新原世代の火山岩が広く発達している (Meert and Liberman, 2008)。

2. 研究の目的

本研究では「動物は食物を必要とする」という常識に基づく独自の仮説を検証する。この説の着想の原点は, 研究代表者が参加した統合国際深海掘削計画 (IODP) での深海サンゴ礁についての研究成果にある。アイルランド沖の表層/中層水境界 (水深 800m) には, 濾過栄養 (フィルターフィーダー) のサンゴによる礁構造物が発達し,

そこでは大量の懸濁有機物がサンゴ群集を支えている (図 2 右; Kano et al. 2007)。この深海サンゴ礁をモダンアナログととらえ, 全球凍結後の海洋層状化が多細胞動物の進化を促したと考える (Kano et al., 2011, 図 2 左; Dissolved Organic Carbon Stimulated evolution of Animal Multicellularity = DOXAM 仮説)。層状化した海洋での巨大な有機炭素リザーバー (OCR) を糧として, 原生動物が海底に固着し, 多細胞化したという仮説である。DOXAM 仮説は原始的な多細胞動物の 2つのグループが濾過栄養であるという事実と整合的で, 分子時計とも合う。最も重要なのは DOXAM 仮説が気候激変と動物進化の因果関係を説明する事にある。また, 本研究の独自性は具体的な生命の避難場所としてモロッコに着目して調査を進める点にもある。新原世代の層序と化石研究が盛んに行われた地域 (中国, カナダ, オーストラリア, オマーン, ナミビア) にはこのような場所が無い。全球凍結時の火山性水環境での生態系を明らかにすることは, 生命史の未解決問題を解くきっかけになると期待できる。

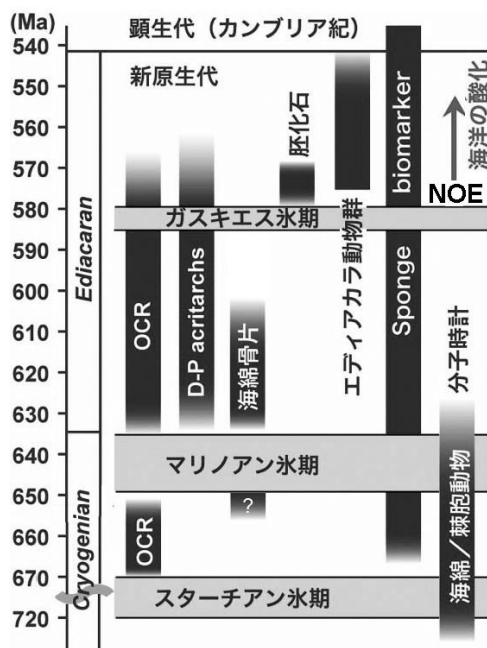


図 1. 新原世代の寒冷期と生物の記録

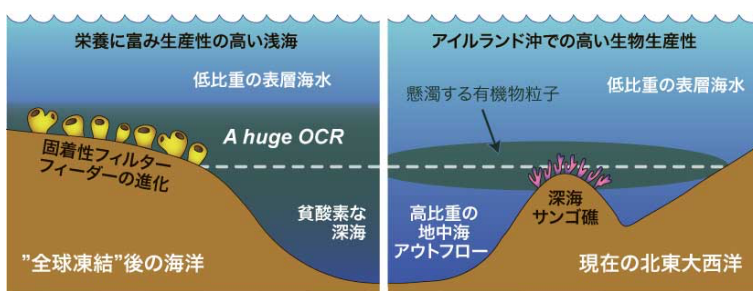


図 2. 海綿動物進化の場(左)と現世深海サンゴ礁の生息場(右)

3. 研究の方法

野外調査により得られた試料を対象に、組織観察・化石認定に加え、各種分析を行う。その結果を用いて、特異的なエディアカラ紀の海洋構造の枠組みの中で原始的動物の進化を理解し、火山説の検証を目指す。なお研究には、代表者である狩野と、分担者である白石・高島・古山・奥村、それに、海外協力者である中国科学院の王教授、モロッコ国 Cadi Ayyad 大学の Youbi 教授が参加する。

(1)野外調査 (狩野・白石・高島・古山・奥村・王・Youbi)

中国湖南省～貴州省：調査対象の Doushantuo 層 (635–551Ma) と Datanpo 層 (665–640Ma)は南中国地塊に広く分布するが、地塊東部の湖北省では有機物は変質し、バイオマーカーは検出できなかった。一方、地塊西部の湖南省～貴州省の深海相からはバイオマーカーが検出できている。そこで、本研究では湖南省～貴州省の新原生代の地層を対象とすることにした。

オーストラリア国フリンドーズブレンジ：南オーストラリア州フリンドーズブレンジでは、研究対象であるクライオジェニア紀の堆積岩シークエンスは厚さ 3000mにもおよぶ。そこで、研究対象を海綿動物と解釈された化石様粒子を含む Trezona 層とその上下層に絞って研究をすすめや。

モロッコ国 Anti Atlas 地域：調査対象は Anti Atlas の Bou Azzer 地域である。ここでは Quazazate 層と Bou Azzer 層に発達する火山岩・氷礫岩・炭酸塩岩を調査する。この地域では火山岩の周囲に堆積岩が発達していることから、新原生代の火山島周辺の生物相に新たな発見が期待できる。

インドのビンディアン堆積盆：研究期間内に分担者である白石がインドでの海外調査の機会を持つことになり、原生代のセムリ層群に含まれる海緑石質石灰岩・苦灰岩の調査を行った。

国内の調査地：本研究の期間にはコロナ禍という想定されない事態が発生した。そこで、計画を大幅に変更せざるにえなかった。国内に新原生代の地層はない。そこで、有機物を含炭酸塩岩を対象とし、比較的研究を進めることになった。この研究では、研究協力者以外の研究者も参加することになった。

(2)組織観察 (狩野・白石・古山)

採集した岩石試料から研磨切片と薄片を作成し、組織観察を行う。セメント等の続成組織の認定にはカソードルミネッセンスを用いる (広島大)。また、化石試料については、弱酸処理を行い微細構造を走査型電子顕微鏡 (東大・広島大) で観察する。

(3)各種同位体分析 (狩野・古山・加藤・王)

海洋での OCR の発達と炭素循環を考察するために有機炭素 (OC) と無機炭素 (DIC) の炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を測定する (軽元素質量分析計, 東大・中国科学院)。OCR が無い酸化的海洋では、両者の間には $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{OC}} = 25\text{‰}$ の関係が保たれる。そのため、層序セクションで2つは連動 (カップリング) して変化する (図3左)。これに対し、OCR が大規模に発達すると、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ と $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$ のカップリングは成立しなくなり (デカップリングと呼ぶ)、図3右のようなプロファイルが現れ、これにより OCR の発達/減衰を特定できる。

また、浅海相と深海相に対し炭酸凝集同位体と Sr 安定同位体の測定も行う (高精度質量分析計, レーザーアブレーション ICP 質量分析計 = LA-ICP-MS, 東大・広島大)。これにより、層序対比を行った上でクリオゲニア～エディアカラ紀における海水温の深度勾配を復元する。

(4)バイオマーカー分析 (狩野)

有機物の起源をバイオマーカーで特定する方法は広く適用されており、海綿動物のグループを特徴付ける成分として 24-イソプロピルコレスタンがある (Love et al., 2009)。本研究では 2024 年度に採集するコアの中心部を分析試料とする。試料中の有機物は CHNS 分析やロックエバル法により、保存状態を確認した上で、有機成分を抽出し、n-アルカンやステロイドなどの成分に分離する。分離された成分を試料として、山口大学の齋藤がガスクロマトグラフ質量分析計でバイオマーカーの分析を行った。

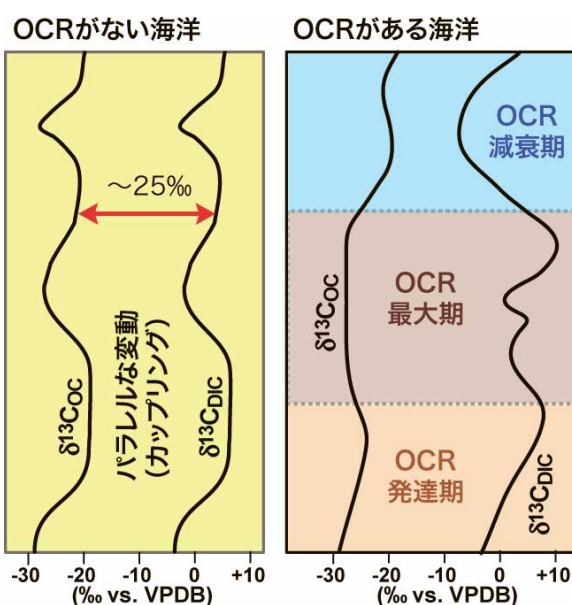


図3. 顕生代(左)とエディアカラ紀(右)で想定される $\delta^{13}\text{C}$ 層序プロファイル。

4. 研究成果

本研究はコロナ禍による休止期間があったものの、2023～2024年度には、海外調査を行うことができた。残念ながら、十分な分析を行う時間が持てず、期待通りに研究が進められなかった。しかし、以下に記述する成果も得られ、今後の分析により、研究が進展するものと期待できる。

(1) 中国湖南省～貴州省

中国では2023年度と2024年度に各1回の調査を行った。そのうち、湖南省北部に分布するクライオジェニア系 Datangpo 層からは具体的な成果を得ることができた。調査した3つのセクションのうち、Zhailangou ではスターチアン氷期の礫岩の5mほど上位に Mn に富む炭酸塩岩が産出する(図4)。この炭酸塩が極めて有機物に富むこともわかり、バイオマーカの分析にも成功した。図5に示すホパン類の分析結果は、還元的な堆積場と海洋の成層化を示している。

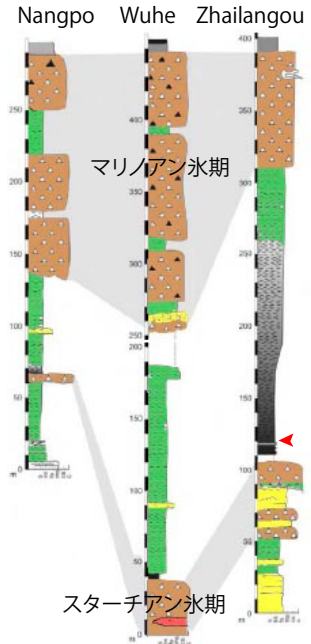
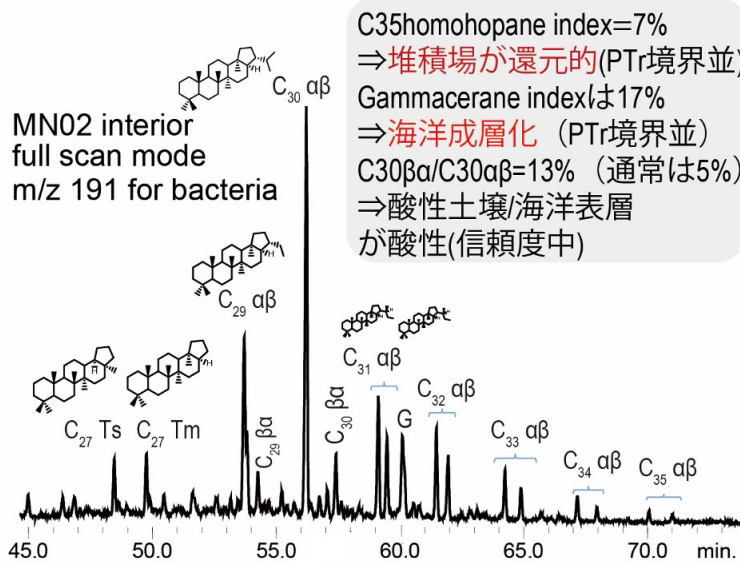


図4↑. 湖南省で調査した新原生代のセクション. Mn炭酸塩はZhailangouの赤矢印の層準である。

←図5. Mn炭酸塩岩から抽出されたホパン類の分析チャート。海洋はペルム-三疊紀境界と同等の還元的な条件であった。

バイオマーカ分析からは期待していた海綿動物の成分が抽出できなかつた。すなわち、この時代には、まだ海綿動物が進化していなかつた可能性が高い。

全球凍結後の海洋は大きく成層化し、陸上での岩石風化によりリン酸や硫酸が流入すると、海洋での生物生産性が高まる。一次生産の多くを担っていたのは、光合成を行う緑色硫黄細菌であった。嫌気的な条件下でMn²⁺の濃度は高まり、浅海域ではMn炭酸塩が沈澱するために十分な濃度に達したと思われる。このような条件は現在の黒海に見られるものと極めて類似する。

(2) 南オーストラリア州フリンダースレンジ

オーストラリアでも2023年度と2024年度に各1回の調査を行った。調査対象は南オーストラリア州アデレード堆積盆北部のトニア系～クリオゲニア系堆積岩の調査を行い、海綿動物と考えられている化石片の調査と試料採集を行った。図6に2024年度に調査したセクションの柱状図を示す。調査した地層は主にEnorama層とTrezona層からなり、化石様粒子はTrezona層の下部に密集していた。

この地層はマリノアン氷期の地層から100～150mほど下層にあることがわかり、その下位のEnorama層の2層準に凝灰岩層があるため、今後のU-Pb年代測定結果により含む化石層の年代が

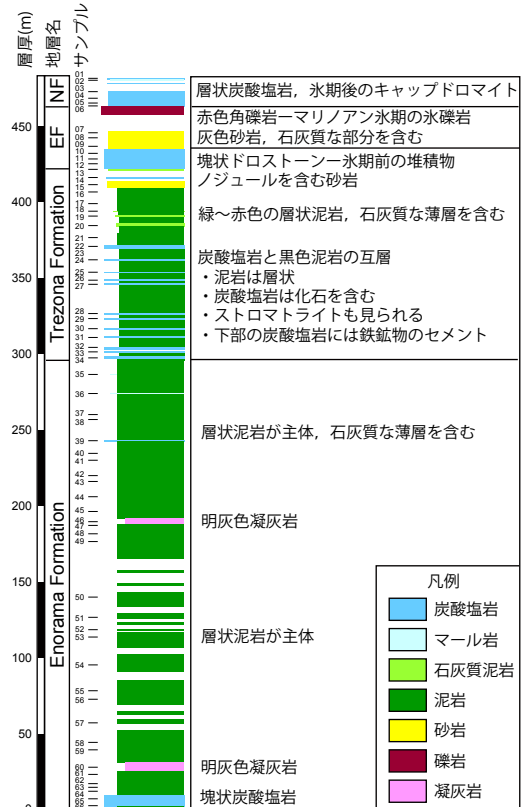


図6. フリンダースレンジの調査地の柱状図。

詳細に評価できると期待される。

また、調査セクションの炭酸塩岩について行った、炭素同位体比の測定結果を図7右に示す。調査セクションでは、最下部の高い値 (+7‰) から急激に-4‰まで低下する。その後も低い値が層厚 350mほどにわたって継続する。Trezona 層上部になると $\delta^{13}\text{C}$ は上昇に転じ、マリノアン氷期前には正の値になる。

この結果を世界的な標準曲線 (図7左) と比較すると、調査セクションに見られた負の値は Trezona 異常の層準に対比される。この事は海綿動物の進化と関係したのであろうか。Trezona 異常は全球凍結後に海水中に懸濁した有機炭素の分解によって生じたという説がある。海綿動物は海水から有機炭素を摂取して糧とする生態を持つ。従って、有機炭素の分解に大きく関与した可能性が高い。Kano et al. (2011)の仮説が正しいとすれば、クライオジェニア紀の海洋で起こった一連の事象は①有機物の高い生産→②海水での有機物懸濁→③海綿動物の進化→④有機物の分解と $\delta^{13}\text{C}$ の負の異常→⑤海水の酸化、となる。

(3) その他の研究成果

国内の調査地においては、熊本県天草下島と佐賀県唐津市で行った始新世の土壌炭酸塩が挙げられる。詳細な層序学的な検討により、始新世前期の天草では乾燥条件で土壌が発達し、始新世後期の唐津では湿潤条件で土壌が発達したことが示された。この時期九州はアジア大陸の東縁に位置しており、始新世半ばに起きた気候変動により、気候が乾燥から湿潤に変化したことが示された。この気候変動は中国雲南省などでも報告される広域的なものである。おそらく、ヒマラヤチベットでの隆起が開始し、大気循環パターンが大きく変化したために、モンスーン的な気候が始まったと思われる (Sakuma et al., 2022; Zheng et al., 2022)。

また、北海道の白亜系のメタン湧水性炭酸塩についても研究を進めた。この泥岩中に発達する直径数 cm ほどの炭酸塩ノジュールは極めて低い $\delta^{13}\text{C}$ を持つ。おそらく、この時期の北海道では深海堆積物中にメタンハイドレートのようなものが存在し、それが深層水の温度上昇により、分解して炭酸塩ノジュールの形成につながったものと考えられる (Miyajima et al., 2023)。

(4) 研究の社会的意義

本研究は最も原始的な多細胞動物である海綿動物の進化に焦点をあて、全球凍結という気候の激変事象との因果関係を考察することに努めた。本研究の考察で導かれる仮説は、全球凍結後の海洋での高い生物生産性により作られた有機炭素が、分解を免れて海水中に大量に懸濁し、それを消費する海綿動物が進化することにより、次第に少なくなったというもの。全球凍結がなければ、海綿動物は進化していなかったのではないかと。現時点では、単なる仮説ではあるが、本研究での観察事項とは整合的で、これを否定する地質学的な証拠は極めて少ない。微生物から人類に至る生物進化の経路上に海綿動物はいただろう。つまり、全球凍結がなければ人類も進化しなかった。いずれにせよ、クライオジェニア紀の海洋で起こった事象は生命進化史にとって重要な知見であり、社会的にも注目されるであろう。

文献

- Hoffman et al., 1998. Science 281, 1342-1346.
- Kano et al., 2007. Geology, 35, 1051-1054.
- Kano et al., 2011. Island Arc, 20, 280-293.
- Knoll, 2003. Geobiology, 1(1), 3-14.
- Love et al., 2009. Nature 457, 718-721.
- Meert and Liberman, 2008. Gondwana research, 14(1-2), 5-21.
- Miyajima et al., 2023. Chemical Geology, 632, 121553
- Peltier et al., 2004. Nature, 450(7171), 813-818.
- Sakuma et al., 2022. Sedimentary Geology, 442, 106280
- Zheng et al., 2022. Progress in Earth and Planetary Science, 9(1), 12

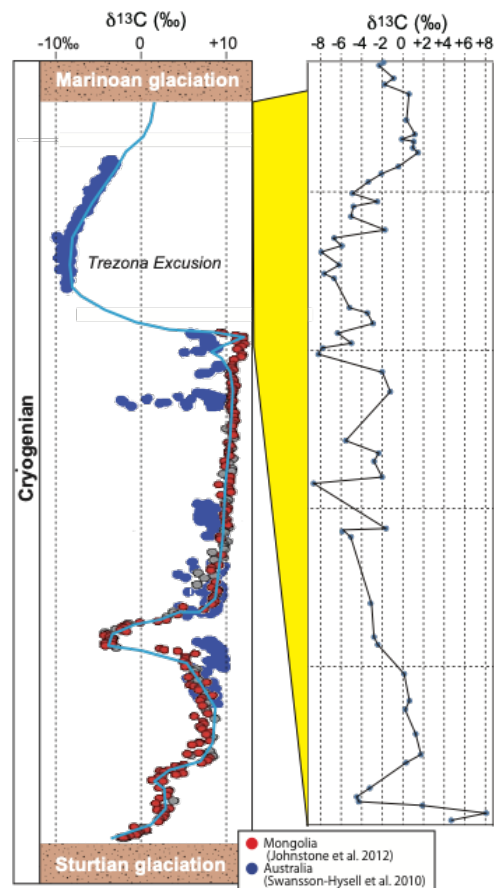


図7. 調査地の $\delta^{13}\text{C}$ 層序と世界対比。

おそらく、ヒマラヤチベットでの隆起が開始し、大気循環パターンが大きく変化したために、モンスーン的な気候が始まったと思われる (Sakuma et al., 2022; Zheng et al., 2022)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Okumura T., Takashima C., Yanagawa K., Harijoko A., Kano A.	4. 巻 440
2. 論文標題 Stromatolite formation by Anaerolineae-dominated microbial communities in hot spring travertine in North Sumatra, Indonesia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 106263 ~ 106263
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.sedgeo.2022.106263	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 Sharma Aditi, Das Kaushik, Chakraborty Partha Pratim, Shiraishi Fumito, Kayama Masahiro	4. 巻 57
2. 論文標題 ^{U?Pb} zircon geochronology of a pyroclastic rock from the Parsoi Formation, Mahakoshal Group: Implications towards age and tectonics of the Basin in Central Indian Tectonic Zone	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geological Journal	6. 最初と最後の頁 4122 ~ 4138
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/gj.4533	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 -
1. 著者名 Kakizaki Yoshihiro, Kano Akihiro, Ota Yasuhiro, Nakada Ryoichi, Nagaishi Kazuya, Kashiwagi Kenji	4. 巻 424
2. 論文標題 Pennsylvanian paleoclimatic record in rhythmites developed on an oceanic island of low-latitude Panthalassa	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 105992 ~ 105992
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.sedgeo.2021.105992	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 -
1. 著者名 Sakuma Aki, Kano Akihiro, Kakizaki Yoshihiro, Tada Ryuji, Zheng Honbo	4. 巻 30
2. 論文標題 Upper Eocene travertine lacustrine carbonate in the Jianchuan basin, southeastern Tibetan Plateau: Reappraisal of its origin and implication for the monsoon climate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Island Arc	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） 10.1111/iar.12416	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 Shiraishi F., Morikawa A., Kuroshima K., Amekawa S., Yu T.-L., Shen C.-C., Kakizaki Y., Kano A., Asada J., Bahniuk A. M.	4. 巻 405
2. 論文標題 Genesis and diagenesis of travertine, Futamata hot spring, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 105706 ~ 105706
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2020.105706	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 Shiraishi, F., Matsumura, Y., Chihara, R., Okumura, T., Itai, T., Kashiwabara, T., Kano, A., Takahashi, Y.	4. 巻 258
2. 論文標題 Depositional processes of microbially colonized manganese crusts, Sambe hot spring, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochimica et Cosmochimica Acta	6. 最初と最後の頁 1 - 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gca.2019.05.023	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 -

1. 著者名 Yanagawa, K., Shiraishi, F., Tanigawa, Y., Maeda, T., Mustapha, N.A., Owari, S., Tomoru, H., Matsumoto, R., Kano, A.	4. 巻 9
2. 論文標題 Endolithic microbial habitats hosted in carbonate nodules currently forming within sediment at a high methane flux site in the sea of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geosciences	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) 10.3390/geosciences9110463	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 -

1. 著者名 Shiraishi Fumito, Ohnishi Saki, Hayasaka Yasutaka, Hanzawa Yusaku, Takashima Chizuru, Okumura Tomoyo, Kano Akihiro	4. 巻 380
2. 論文標題 Potential photosynthetic impact on phosphate stromatolite formation after the Marinoan glaciation: Paleoceanographic implications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 65 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2018.11.014	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 -

1. 著者名 Miyajima Yusuke, Jakubowicz Michal, Dopieralska Jolanta, Kano Akihiro, Jenkins Robert G., Belka Zdzislaw, Hirata Takafumi	4. 巻 632
2. 論文標題 Discharge timing and origin of fluids at methane seeps in the late Cretaceous subduction zone of Hokkaido, Japan: Coupling U?Pb calcite dating with Sr?Nd isotope analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 121553 ~ 121553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemgeo.2023.121553	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 Sakuma Aki, Kano Akihiro, Kakizaki Yoshihiro, Kato Hirokazu, Murata Akira, Matsuda Hiroki, Hirata Takafumi, Niki Sota	4. 巻 442
2. 論文標題 Sedimentological and geochemical properties of authigenic carbonates in Kyushu, Japan: Implications for the transition from semi-arid to humid climate during the Eocene	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sedimentary Geology	6. 最初と最後の頁 106280 ~ 106280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sedgeo.2022.106280	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 Zheng Hongbo, Yang Qing, Cao Shuo, Clift Peter D., He Mengying, Kano Akihiro, Sakuma Aki, Xu Huan, Tada Ryuji, Jourdan Fred	4. 巻 9
2. 論文標題 From desert to monsoon: irreversible climatic transition at?~?36?Ma in southeastern Tibetan Plateau	5. 発行年 2022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/s40645-022-00470-x	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

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Takashima, C., Okumura, T., Kano, A
2. 発表標題 Textual characteristics of laminated silica hot spring deposits in Kagoshima Prefecture
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 狩野彰宏・江口ゆき
2. 発表標題 クライオジェニア紀後期の海綿様粒子と負の炭素同位体エクスカージョン
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮崎彩・狩野彰宏・白石史人
2. 発表標題 後期トニア紀のマグネサイトから想定される全球凍結前の海水組成
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 狩野 彰宏・宮崎 彩・吉岡 純平・Chraiki Ibtissam・Barzouk Abdelhafed・Youbi Nasrddine・Admou Hassan・Boumehti Moulay・Maacha Lhou・Baoutoul Hsaine・Bouskri Ismail
2. 発表標題 エディアカラ紀の熱水成炭酸塩に見られる鉄酸化細菌とストロマトライト
3. 学会等名 地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江口ゆき・宮崎 彩・狩野彰宏
2. 発表標題 南オーストラリアのクリオゲニア系炭酸塩岩に見られる“海綿様構造”の再検討
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 狩野彰宏・宮崎 彩
2. 発表標題 海洋アルカリ性化が新原生代の全球凍結を引き起こした可能性
3. 学会等名 日本地質学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 狩野彰宏
2. 発表標題 造礁動物はどうやって進化したのか
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮崎 彩・狩野彰宏・江口ゆき・雨川翔太・加藤大和・柿崎喜宏
2. 発表標題 後期トニア紀の蒸発性炭酸塩岩と海水化学組成
3. 学会等名 日本地質学会つくば特別大会（産業総合研究所）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 狩野彰宏
2. 発表標題 ドロマイト問題と原生代の海水組成
3. 学会等名 石油技術協会炭酸塩岩分科会（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kano A., Okumura T., Takashima C., Shiraishi F.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 176
3. 書名 Geomicrobiological Properties and Processes of Travertine	

〔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
研究分担者	高島 千鶴 (Takashima Chizuru) (10568348)	佐賀大学・教育学部・准教授 (17201)	
研究分担者	白石 史人 (Shiraishi Fumito) (30626908)	広島大学・理学研究科・助教 (15401)	
研究分担者	古山 精史朗 (Furuyama Seishiro) (60760527)	東京海洋大学・学術研究院・助教 (12614)	
研究分担者	奥村 知世 (Okumura Tomoyo) (90750000)	高知大学・海洋コア総合研究センター・特任助教 (16401)	

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			
インドネシア	ガジャ・マダ大学			
インド	デリー大学			
ブラジル	パラナ大学	ペテロブラス社		
モロッコ	Cadi Ayyad University	Managem-ONA Group		
ポルトガル	Universidade de Lisboa			
中国	中国科学院	雲南大学		