

GSJ 地球をよく知り、地球と共生する 地質ニュース

2025

8

Vol.14 No.8



8月号

-
- 201 **サンゴの骨格形成過程で生じる結晶微粒子を可視化**
大野良和・高橋有南・堤 元佐・窪田 梓・井口 亮・飯島真理子・
水澤奈々美・中村 崇・鈴木 淳・鈴木道生・安元 純・
渡部終五・酒井一彦・根本知己・安元 剛
-
- 204 **2024 年度第 2 回地質調査研修実施報告** 藪田桜子・利光誠一
-
- 211 **第 42 回 GSJ シンポジウム・令和 6 年度地圏資源環境研究部門成果報告会
脱炭素と社会・経済が調和したトランジションに向けて
—エネルギー・環境・資源制約へ対応する燃料資源地質
研究—**
地圏資源環境研究部門広報委員会
-
- 214 **地下微生物が天然ガスの起源を偽装！？**
眞弓大介・坂田 将・鎌形洋一・玉木秀幸・加藤創一郎・五十嵐健輔・
佐藤朋之・皆川秀紀・西川泰則・Ellen Lalk・小野周平
-
- 219 **温暖期なのに昔の東京湾は冷たかった？
—過去の温暖期を生きた貝化石から水温の季節変化を復元—**
三木志緒乃・窪田 薫・中島 礼・棚部一成・山口飛鳥・白井厚太郎
-
- 223 **塵も積もれば山となる？低濃度のリン酸塩でもサンゴの
生育を阻害 稚サンゴの飼育実験から負荷量の重要性を
検証**
飯島真理子・安元 剛・安元 純・井口 亮・鈴木 淳
-
- 227 **最終氷期（2 万年前）以降の日本海水温変化復元に成功
～2 万年前の福井沖の年平均水温は現在のオホーツク海
並みの約 5℃だった～**
池原 研・岡崎裕典・小野寺丈尚太郎・谷崎恭平・西園史彬・
江頭一騎・友川明日香・佐川拓也・堀川恵司
-
- 232 **表層土壌評価基本図～中国地方～の刊行**
原 淳子・土田恭平・川辺能成
-
- 235 **ニュースレター「干支コレクションアワード『巳』2 位獲得！」**
-

サンゴの骨格形成過程で生じる結晶微粒子を可視化

大野 良和¹・高橋 有南¹・堤 元佐²・窪田 梓^{1,3}・井口 亮^{4,5}・飯島 真理子^{4,6}・
水澤 奈々美¹・中村 崇⁷・鈴木 淳^{4,5}・鈴木 道生⁸・安元 純⁹・
渡部 終五¹・酒井 一彦¹⁰・根本 知己²・安元 剛¹

※本稿は、2024年8月21日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240821_2/pr20240821_2.html) に加筆し、再編したものです。

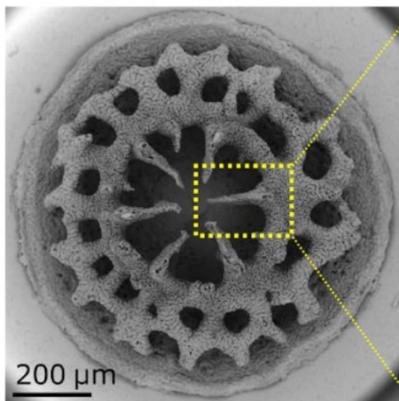
1. はじめに

造礁サンゴは炭酸カルシウムを主成分とした立体的な骨格を作ります。サンゴの表面に分布するポリプで、垂直方向に成長する骨格は隔壁(第1図)と呼ばれ、サンゴ種の判別にも用いられる重要な部位です。サンゴ骨格の形態形成に参与する成長部には石灰化中心(Cuif and Dauphin, 1998)が存在し、隔壁の形成に関係することも地球化学的な観点から研究が進んでいました。特に、塊状のハマサンゴの仲間では、骨格に年輪を刻みながら成長するため、数百年間の環境記録を保持し、骨格中の微量元素を分析することで、古環境の復元(過去の海洋のpH、温度、イオン組成など)に利用されています。最近では人為的要因による温暖化に伴い海水温が上昇傾向にあることが報告されま

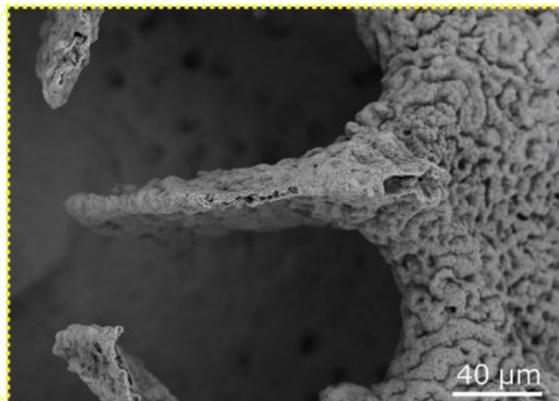
した(Stolarski, 2003)。

サンゴは周囲の海水からミネラルを濃縮し、炭酸カルシウム骨格を形成しますが、このメカニズムについてもいまだ分からないことが多くあります。石灰化中心と呼ばれる部位は、生物作用が大きく、骨格の形態形成を制御する重要な部位であることは古くから知られていました。1990年代に入ると、分析技術の発展により、生物作用の大きい石灰化中心は、その他の骨格部位に比べてイオン組成が異なることが明らかになっていました(Inoue *et al.*, 2023)。最近では、サンゴ骨格中の微量元素組成を高解像に分析する手法が発展していますが、実際に生体のサンゴを用いて、石灰化中心の骨格形成過程を可視化した研究例はありませんでした。

サンゴ骨格の表面画像 (SEM)



隔壁の拡大写真



第1図 サンゴ稚ポリプの骨格表面と隔壁の電子顕微鏡 (SEM) 写真。サンゴ骨格の表面構造を観察するために、電子顕微鏡観察が使用される。サンゴ骨格のみを上から観察すると、稚ポリプの中心部には放射状の立体構造(隔壁)が観察できる。右図は隔壁の一部を拡大したもので、周囲の骨格は凸凹とした微細構造も観察できる。

1 北里大学 海洋生命科学部 〒252-0329 神奈川県相模原市南区北里1丁目15-1、岡山大学 学術研究院環境生命科学学域 〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中3-1-1
2 自然科学研究機構 生命創成探究センター/生理学研究所 〒444-0864 愛知県岡崎市明大寺町東山5-1、防衛医科大学校 医用工学講座 〒359-8513 埼玉県所沢市並木3丁目2番地
3 日本電子株式会社 〒196-8558 東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号
4 産総研 環境調和型産業技術研究ラボ
5 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

6 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門
7 琉球大学 大学院理工学研究科海洋自然科学専攻/海洋環境学専攻 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地
8 東京大学 大学院農学生命科学研究科 〒113-0032 東京都文京区弥生1丁目1-1
9 琉球大学 農学部地域農業工学科 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地
10 琉球大学 熱帯生物圏研究センター瀬底研究施設 〒905-0227 沖縄県国頭郡本部町瀬底3422

キーワード：サンゴ、骨格形成、隔壁、石灰化中心、偏光顕微鏡、2光子励起顕微鏡

2. 成果の概要

コブミドリイシ (*Acropora digitifera*) のサンゴ稚ポリプをガラス基板に着底させ、偏光顕微鏡を用いて骨格形成過程の様子を数日間撮影することに成功しました。偏光顕微鏡による生体の観察は一般的ではありませんが、サンゴ底盤に出現する薄い炭酸カルシウム結晶を観察対象とした場合は、生体に比べて高い偏光特性を有するため、微結晶の観察をすることができることが分かりました。

本研究ではサンゴポリプ着底部で直径数 μm の微粒子の出現を起点とした、石灰化中心の形成過程を撮影することにしました(第2図)。画像解析により、石灰化中心が形成される際、造骨細胞の周囲や間隙で、まず急速降着前線堆積物(Rapid accretion deposit: RAD)と呼ばれる小さな微粒子が形成され、その後、繊維状の炭酸カルシウム結晶が成長すること(Thickening deposit: TD)が分かりました。そして、この2つの過程には、別々のメカニズムが関与していることも報告しました。

さらに、ポリプの生体内で隔壁を Calcein という蛍光色素試薬で染色し、微粒子の動態を画像解析することにも成功しました。Calcein は様々な生物種の硬組織の染色に使用されており、サンゴにおいても細胞毒性の少ない試薬として報告されています。

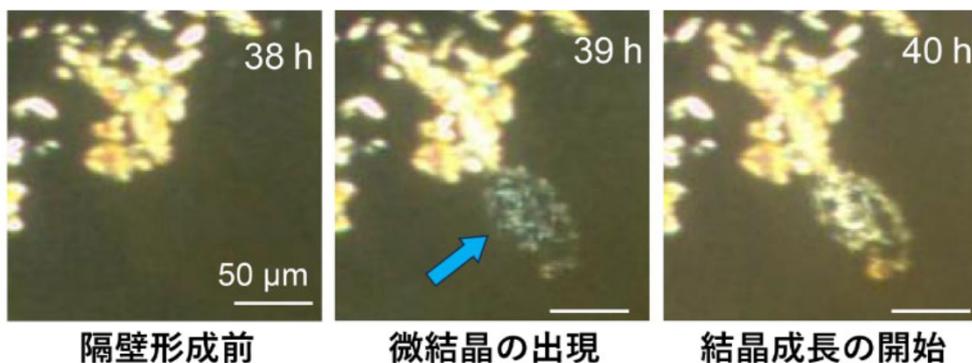
2光子顕微鏡による骨格の観察例も海洋無脊椎動物では初めて報告することができました。一般的な共焦点顕微鏡レーザーは、蛍光顕微鏡に比べ、レーザーにより1光子により蛍光物質を励起させ、ピンホールを通過した蛍光を検出し焦点面でピンボケの少ない画像を取得することができます。

一方で、2光子顕微鏡は神経医学分野で発達してきた顕

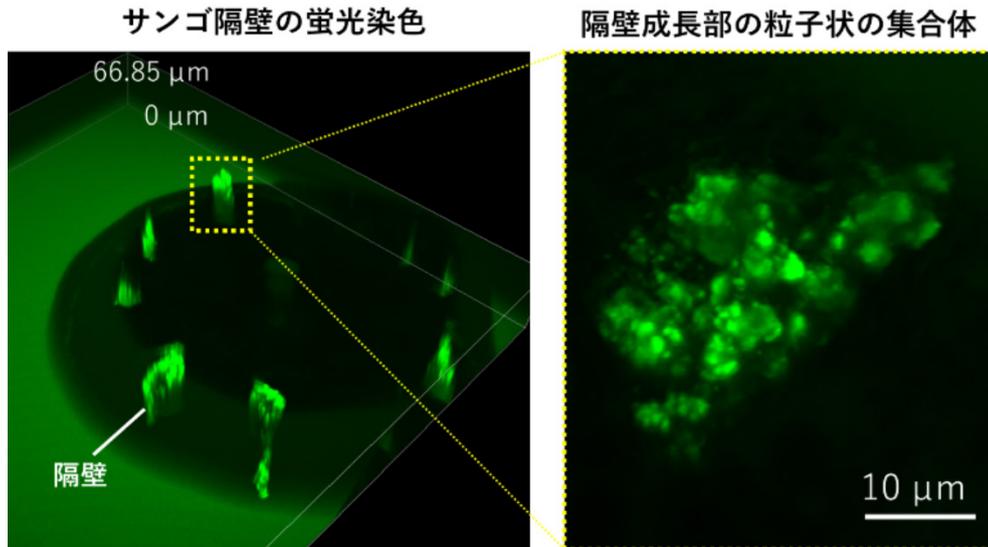
微鏡で、近赤外線(NIR)の超短パルスレーザーが用いられます。2光子顕微鏡下では、約100フェムト秒のパルス幅でレーザーをレンズで集光することで、焦点のみで光の密度が異常に強くなり、2つの光子が同時に蛍光分子に吸収され、励起現象が発生します。本研究では、920 nm で Calcein を励起させ、緑色の蛍光画像を上方の口側から取得しました(第3図)。近赤外光は生体観察において散乱にも強く、外胚葉と内胚葉の口腔側と着底部までの合計4層を NIR が骨格表面まで貫通し、低侵襲で骨格を観察できたこととなります。画像解析から、隔壁の石灰化中心も、1 μm 以下の微粒子で構成されており、微粒子が付着しながら隔壁が成長する様子が明らかになりました。

3. 今後の展望

本研究のように、生体のサンゴを顕微鏡により観察する手法の開発は、サンゴを生理学的に理解する上で必要不可欠と言えます。本研究で用いた2光子顕微鏡観察という生体イメージング技術を用いることで、サンゴのみならず、様々な海洋生物の生理現象の理解につながります。最近では、骨格形成部位でのカルシウムイオンや炭酸イオンの化学反応に加え、サンゴの骨格成長の促進には炭酸カルシウム骨格の前駆体となる非結晶構造(アモルファス構造)が重要であることが、国際的に議論されるようになりました。また、骨格成長界面で、どのような物理・化学現象が起こっているのかの議論も深まっています(Gilbert *et al.*, 2022)。サンゴの生体を対象にした、イメージング技術の発展により、サンゴの骨格形成メカニズムが明らかになることが期待されます。



第2図 隔壁の石灰化中心の形成過程。生体の稚ポリプの着底部(底部)を偏光顕微鏡で観察したところ、周りの黄色く見える結晶とは異なり、青白い小さな結晶が出現した(観察開始39時間後)。その後、隔壁が形成される様を動画記録した。



第3図 2光子顕微鏡による隔壁成長部の微粒子の可視化。隔壁を特異的に染色し、サンゴ稚ポリプの上方から体内の隔壁形成の様子を2光子顕微鏡で観察を行った。右の写真は隔壁先端部の厚さ約40 μmの立体構造で、隔壁成長面では直径1 μm以下の微粒子が動く様子も報告した。

謝辞：本研究は、産総研環境調和型産業技術研究ラボ (E-code), 日本学術振興会科研費 (23K14222, 23H00339, JP22H04926), 環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (JPMEERF20221C01), 総合地球環境学研究所 (RIHN14200145), 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 先端バイオイメージング支援プラットフォームによる支援を受けて行われました。

文 献

Cuif, J. P. and Dauphin, Y. (1998) Microstructural and physico-chemical characterization of 'centers of calcification' in septa of some Recent scleractinian corals. *Paläontologische Zeitschrift*, **72**, 257-269.

Gilbert, P. U. P. A., Bergmann, K. D., Boekelheide, N., Tambutté, S., Mass, T., Marin, F., Adkins, J. F., Erez, J., Gilbert, B., Knutson, V., Cantine, M., Hernández, J. O. and Knoll, A. H. (2022) Biomineralization: Integrating mechanism and evolutionary history. *Science Advances*, **8**, eabl9653.

Inoue, M., Fukushima, A., Chihara, M., Genda, A., Ikehara, M., Okai, T., Kawahata, H., Siringan, F. P. and Suzuki, A. (2023) Natural and anthropogenic climate variability signals in a 237-year-long coral record from the Philippines. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, **38**, e2022PA004540.

Stolarski, J. (2003) Three-dimensional micro- and nanostructural characteristics of the scleractinian coral skeleton: a biocalcification proxy. *Acta Palaeontologica Polonica*, **48**, 497-530.

OHNO Yoshikazu, TAKAHASHI Anan, TSUTSUMI Motosuke, KUBOTA Azusa, IGUCHI Akira, IJIMA Mariko, MIZUSAWA Nanami, NAKAMURA Takashi, SUZUKI Atsushi, SUZUKI Michio, YASUMOTO Jun, WATABE Shugo, SAKAI Kazuhiko, NEMOTO Tomomi and YASUMOTO Ko (2025) Live imaging of center of calcification formation during septum development in primary polyps of *Acropora digitifera*.

(受付：2024年9月2日)

2024年度第2回地質調査研修実施報告

藪田 桜子¹・利光 誠一²

1. はじめに

地質調査総合センター(GSJ)は地質人材育成コンソーシアムの活動としてジオ・スクール事業(<https://www.gsj.jp/geoschool/index.html>, 閲覧日:2024年10月28日)を行っており、その一環として2017年度から地質調査研修を毎年2回開催しています。本研修は実務的な地質学の知識や技術の継承と専門人材の育成が目的です(鹿野・村岡, 2018など)。参加者の方々には、上記のコンソーシアムに入会いただき、本事業に参加いただきます。地質調査研修は毎年5月と10月に開催しており、5月の研修は地質調査および地質図作成未経験者向けの「第1回」として、10月の研修は経験を有するがもう一度学び直したいという方々に向けた「第2回」として実施しています。

2024年度第2回地質調査研修は、10月21日(月)～10月25日(金)の4泊5日の日程で、島根県出雲市長尾鼻周辺(小伊津海岸)を中心とした地域で実施しました。今回の研修は、博物館や電力系の企業から6名が参加しました。参加者は、現在地質に関する業務を行っている方、あるいは今後地質業務を行う方などで、業務に活用するために技術習得を目指す参加者が大半でした。今回の研修では、著者の利光・藪田が講師とその補佐を務めました。

2. 研修概要

この研修では、研修申し込みをしていただいた方に教科書や地質図学の演習帳となる書籍を入手していただき、事前学習をお願いしています。また、オンラインでe-ラーニング(基本的な地質調査の知識や地質調査のデータから地質図を作成するための工程説明など)やリモートレクチャー(出題した課題の解法説明)を受講していただくことも事前学習として取り入れています。

上記の事前学習の後、出雲市での5日間の対面の研修を行いました。調査実習の対象地域は主に出雲市長尾鼻周辺(小伊津海岸)で、前期-中期中新世の日本海拡大期に堆積した泥岩・火砕岩などからなる成相層と、中期中新世の日本海拡大直後に堆積した砂岩泥岩互層からなる牛切層、

そして牛切層に貫入した後期中新世-前期鮮新世の火成岩体が分布します(第1図)。

対面研修の期間は連日、昼間は野外で地質調査を、夜間は室内(宿泊ホテルの会議室)で3時間程度の座学や各自の調査データ整理および地質図作成を行いました。5日間にわたって行われた研修の概要は以下のようになります。

1日目は、宿泊ホテル集合後、野外(小伊津海岸)に出かけました。小伊津海岸において実習地の概要説明後、偏角の説明を行い、クリノメーターで磁北方向にある対象物の方位を測る実習を行いました。その後、小伊津海岸で牛切層に貫入する斑れい岩の岩床(シル)(第1図)の観察や、牛切層の砂岩泥岩互層の走向傾斜の測定実習を行いました。室内では、地質調査の概要講義を受講した後(第2図)、粒度表を作成しました(翌日から、この粒度表を持ち歩いて砂岩の粒度をチェックしながら調査を進めました)。

2日目は、小伊津海岸周辺で牛切層の砂岩泥岩互層と斑れい岩シルの境界(上限・下限)分布を調査しました。特に三津漁港東岸では牛切層と斑れい岩の貫入境界(下限)を観察し、貫入面のスケッチや、地質図作成用に境界面の走向傾斜の測定を行いました(第3図)。また、歩測とクリノメーターを用いて、簡易的なルートマップの作成実習やルートマップ上の目標物の高さを求める実習も行いました。ルートマップ作成実習後は、牛切層の砂岩泥岩互層を対象に地質柱状図の作成実習も実施しました。柱状図作成時には、岩石の種類、粒度、地層の厚さ(第4図)、1日目の座学で習った堆積構造などを各自で読み取り、野帳に記入しました。室内では、谷-尾根地形ペーパークラフト(付図1)や、調査地域の立体地形模型にスリット光源を投射し、地形と地層境界の見え方の関係を確認しました(第5図)。その後、岩石標本観察実習を行い、堆積岩・火成岩・変成岩の多様な岩石標本を観察し見比べることで、組織の違いなどを把握し、翌日以降の調査に活用しました(第6図)。

3日目は、2日目に調査した地点の延長で牛切層と斑れい岩シルの境界分布を調査しました。両者の境界が海中などにあり、直接境界面の走向傾斜を測定できない個所では、離れた場所から露頭を見通して走向傾斜を測定する実習も

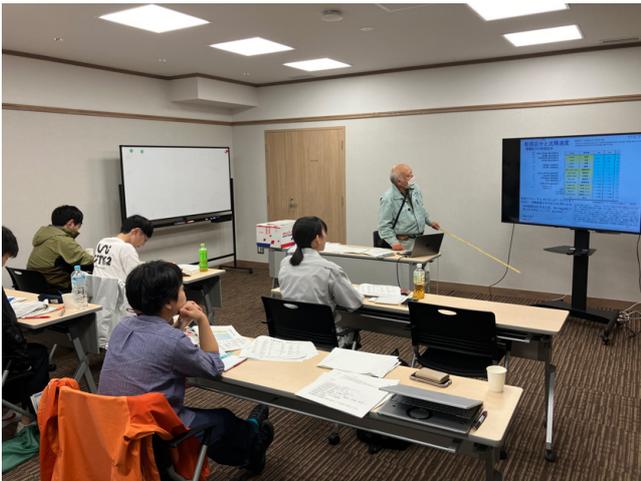
1 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

2 産総研 地質調査総合センター連携推進室

キーワード: 研修, 地質調査, 座学, 野外実習, ジオ・スクール, 島根半島



第 1 図 調査地域内の海岸露頭の様子。写真の右側（最下位）に成相寺相の泥岩層がコンクリートや植生に覆われつつ露出する。その上位（左側）には、牛切層の砂岩層、泥岩層、砂岩泥岩互層、砂岩層が順に重なっており、その見かけ上位には斑れい岩の岩床（シル）が分布する。研修 1 目に出雲市三津町の漁港東岸で撮影。



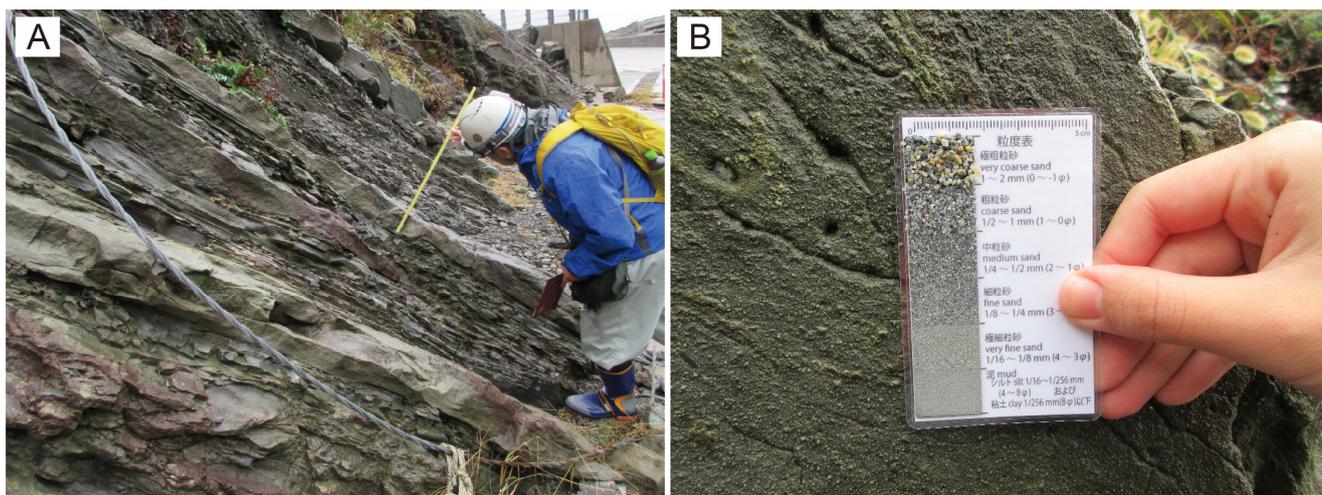
第 2 図 夜の座学の様子。調査終了後、地質調査の基礎・記載の例や地質調査で観察すること（層序、岩相、変形）などの講義を行った。研修 1 目目に宿泊ホテルの会議室で撮影。



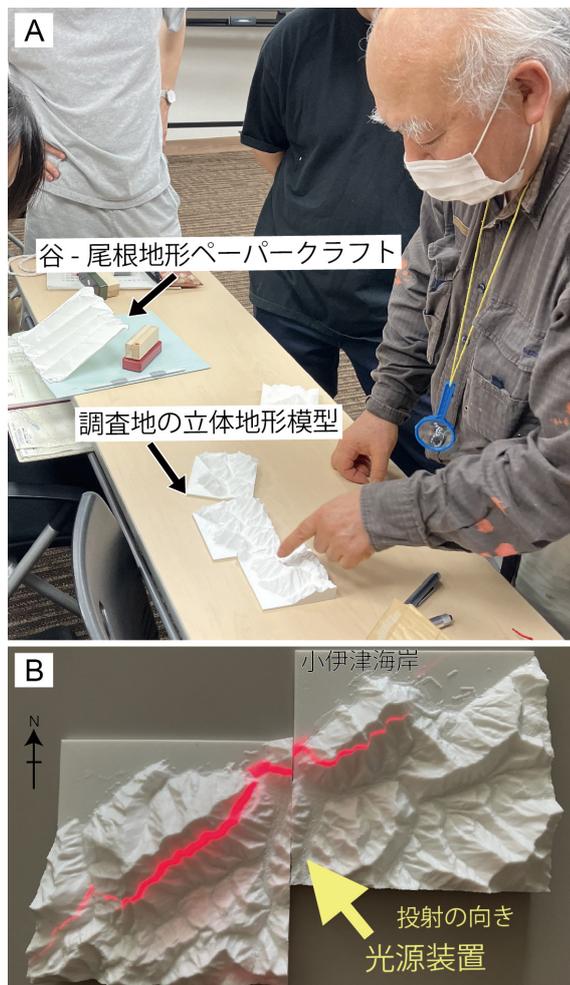
第 3 図 斑れい岩シルと砂岩層の境界部の観察の様子。この露頭では牛切層の砂岩層（下側）の見かけ上位に斑れい岩のシルが見られる。両者の境界部では、砂岩層の割れ目に沿って斑れい岩が細かく貫入している様子を観察できる。研修 2 目に出雲市三津町の漁港東岸（第 1 図左側）で撮影。

行いました。また、斑れい岩周辺の堆積岩の観察により、牛切層の砂岩層や礫岩層に荷重痕があることを確認し（第 7 図）、地層の上下判定を行いました。その後、牛切層よりも下位の成相寺層のグリーンタフなどの水中火砕岩類や泥岩の分布を調査しました。室内では、1 日目から 3 日目までの調査データの整理とルートマップの墨入れ、いくつかの地層境界の作図を行い（第 8 図）、翌日以降の調査予定個所での地層の分布を予測しました。

4 日目は、三津漁港南東の道路沿いで牛切層から下位の成相寺層にかけての調査を実施しました。その後、道路から小沢に移動し、成相寺層の泥岩と火砕岩（グリーンタフ）の境界分布を調査しました。また、矢代岳に登る沢で地形を読み取って現在地を確認しながら斜面を登り、3 日目の夜に予測した斑れい岩のシルの分布を確認しました。分布を確認する際には、露頭だけでなく谷の転石も観察し、稜線のどちら側に斑れい岩が分布するかなどを推測しながら



第4図 柱状図作成実習の様子。牛切層の砂岩泥岩互層を対象として、露頭柱状図の作成実習を行った。A：柱状図作成のためにメジャーで砂岩層や泥岩層の厚さを測る。ここでは、砂岩層下底面にあるグループキャストで古流向の測定も行った。B：1日目の座学で作成した粒度表を用いて砂岩層の粒度を調べる様子。研修2日目に三津漁港の東方道路沿いで撮影。



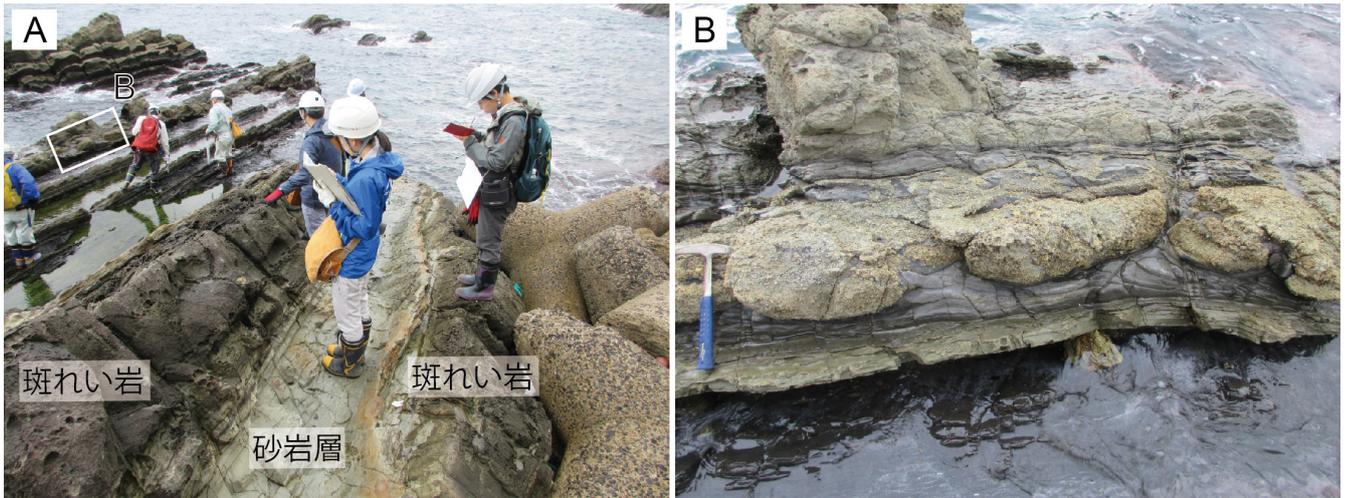
第5図 夜の座学の様子。A：地質図学の空間的な理解補助のため、谷-尾根地形ペーパークラフトや調査地の立体地形模型を導入した。研修2日目にホテルの会議室で撮影。B：調査地の立体地形模型にスリット光を投射した様子。スリット光のラインが地層境界に相当し、地形と地層分布の関係を観察できる。研修終了後につくば市の産総研で撮影。



第6図 岩石標本観察実習の様子。ルーペを用いて岩石標本(堆積岩・火成岩・変成岩)の組織を観察し、各自で観察した内容を記録した。研修2日目にホテルの会議室で撮影。

調査を進めました。室内では、調査データのまとめと、3日目に作成した地質図に4日目の調査データを加えて地質図を作成しました。

5日目は、1～4日目までの調査の理解を深めるための関連岩相の調査を行いました。猪目湾では、牛切層の水冷却破砕された安山岩-デイサイト溶岩角礫や、流紋岩火砕岩



第 7 図 斑れい岩シルの境界部と周辺の堆積岩の観察の様子。この露頭では牛切層の砂岩層に斑れい岩シルが 2 枚貫入する。A：厚さ数 10 cm の斑れい岩シルと牛切層の砂岩層の境界を観察し記載する様子。左側では、斑れい岩シルの上位の牛切層の砂岩泥岩互層で荷重痕（第 7 図 B）を観察している。B：牛切層で見られる荷重痕（写真の上側が地層の上位であることがわかる）。研修 3 日目に小伊津海岸の沖の島付近の海岸で撮影。



第 8 図 夜の地質図作成の様子。各自の調査データをもとに地質図学を用いて地層境界線を描いて地質図を作成する。講師が作成したルートマップや地質図学の作業過程を地質図作成の参考にして作業している。研修 3 日目にホテルの会議室で撮影。



第 9 図 牛切層の流紋岩火砕岩に貫入するローブ状の流紋岩溶岩を観察の様子。貫入境界付近では枕状溶岩や、ガラス質な急冷縁が形成されている。研修 5 日目に猪目湾付近の洞窟で撮影。

中に見られる流紋岩溶岩の貫入とローブ状の溶岩を観察しました（第 9 図）。また、その対岸の猪目洞窟付近では水中火砕丘の扇状地があり、大規模な斜交層理が発達する様子（第 10 図）や、扇状地堆積物の間に流紋岩や安山岩のブロックを含む堆積物が含まれることを確認しました（第 11 図）。ここでは、海があり露頭に近づけない箇所もあり、3 日目と同様に離れた場所から露頭を見通して走向傾斜を測定する実習も行いました（第 11 図）。最後に、日御崎^{ひのみさき}で牛切層の流紋岩溶岩の柱状節理を観察し、実習を終りました。

5 日間の出雲市での研修のうち、2 日目午前には傘を必要とする程度の雨が降る時間帯もありましたが、概ね順調に

野外での地質調査の実習が進みました。本研修の野外調査のデータを用いて、受講者のほとんどの方が地層境界線を複数本入れることができたようです。

3. 地質調査法の理解への工夫

研修参加者の中には地質調査や地質図作成の経験があまりない方も含まれていたため、クリノメーターの使用法など普段慣れない作業に初めは戸惑う方もいました。単にクリノメーターの使い方だけでなく、走向傾斜を測る面の探し方などを現地で教え、層理面が認識できる露頭では



第 10 図 斜交層理を呈する牛切層の流紋岩火砕岩を観察する様子。海風と海水の影響を受けタフォニが見られる。研修 5 日目に猪目湾付近の海岸で撮影。



第 11 図 対岸の水中火砕丘の堆積物を観察する様子。ここでは、火砕流堆積物の間に流紋岩のブロックが含まれる。図の右側では、離れた場所から露頭を見通して走向傾斜を測定する実習を行っている。研修 5 日目に猪目湾付近で撮影。

きるだけ走向傾斜を測る機会を設けたところ、参加者の全員がクリノメーターをしっかりと使いこなせるようになったようです。野外では講師の指導の下、地層境界が 3 次元的にどう広がるのかを、地形なども合わせて考えながら調査を行いました。また、調査後には参加者各自で翌日以降の調査予定個所での地層分布を予測していただき、現地で確認していただくことで、より地層の 3 次元的な広がりが理解できるように工夫しました。昨年度からは、講師が事前に野外地質調査データを書きこんだルートマップを作成し、野外調査時に配布しています。野外で各自が作成したルートマップと照合し、データ整理などに活用していただいています。

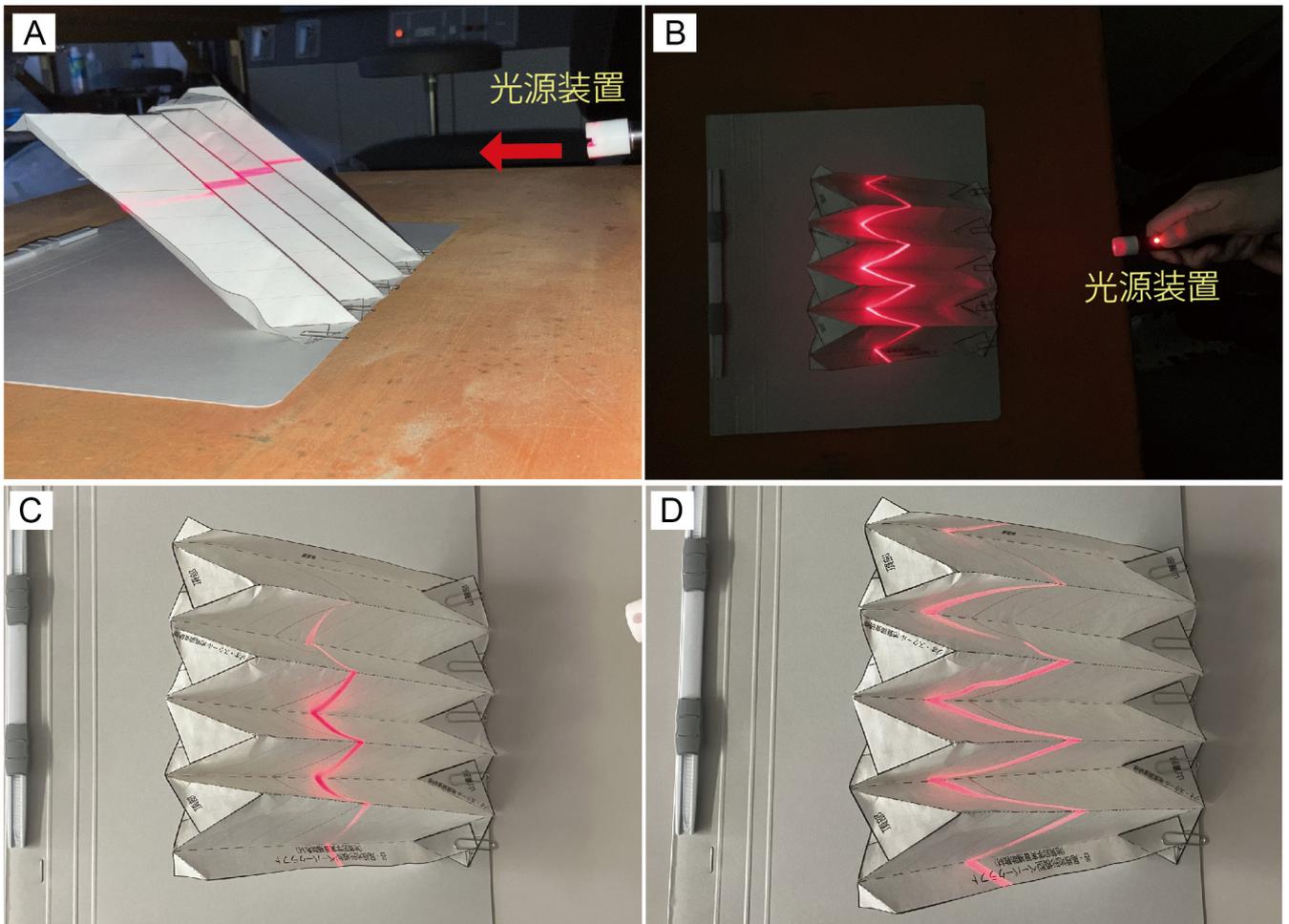
今年度から、室内での地質図学の説明をわかりやすくするため、谷-尾根地形ペーパークラフト(付図 1)を導入しました。このペーパークラフトを組み立てると、谷-尾根の立体的な地形を作ることができます。この立体地形にスリット光を当てることで、地層境界が地形面にどのように現れるのか(等高線との関係など)を体験でき(第 12 図)、事前課題などで行った地質図学の理解に役立ちました。また、2022 年度から、3D プリンターで作成した調査実習地の立体地形模型(兼子尚知氏作製)を研修の理解促進のために導入しています。これにより、調査地域全域について模型で地形を俯瞰できます。研修参加者が地質図を作成する際に、この地形模型にスリット光を照射して地層境界分布のシミュレーションをし(利光・金子, 2023)、微地形と地層分布の関係を観察することで、地質図学の参考にしていただきました。

4. 参加者からの事後アンケートの回答

この研修では、研修終了後に参加者から事後アンケート(事前学習、現地での野外調査、現地での夜間研修内容の 3 点の評価と感想、改善点など)の回答を頂くことにしています。本原稿執筆時点では、概ね、本研修について「満足」・「非常に満足」という回答を頂いています。特に現地での野外調査に関しては、アンケート回答者の全員から「非常に満足」という回答を頂いています。感想として頂いたコメントも、「有意義であった」、「初心に戻ることができた」、「調査する楽しさを感じた」など嬉しいものが見受けられました。

改善点として、現地での野外調査の準備のため、どのような場所に行く予定なのかをもう少し具体的に教えてほしいというコメントがありました。出雲での対面研修は基本的に海岸沿いの調査ですが、斜面や沢を調査する日もあります。研修中のすべての状況に対応できるよう事前に持ち物リストを共有していますが、その日行く場所に応じて靴などの装備を変えたい方もいらっしゃいますので、今後の参考にさせていただきたいと思います。なお、研修が終わるごとに、それぞれの募集案内の WEB ページに終了報告を掲載しています。また、毎研修後には、本原稿のようにやや詳しい実施報告も作成し、GSJ 地質ニュース(本誌)に掲載しています。これらを検索していただくと、現場の写真も貼り込んでいますので、行程と共に行く場所やその場所での装備などの参考にさせていただけるのではないかと思います。

また、アンケートでは、今回参加された方々の業務に特



第 12 図 谷 - 尾根地形ペーパークラフトにスリット光を当てた様子。A：谷 - 尾根地形ペーパークラフトの等高線に水平にスリット光を当てると等高線に平行な地層面を再現できる（真横から見たところ）。B-D：谷 - 尾根地形ペーパークラフトを真上から見たところ。B：A の状態で真上から見たところ。真上から見た図が、通常の平面的に表現されている地質図で描かれる地層境界線に相当する。これは地層が水平な場合の地層境界線であり、地層が傾斜している場合は、次の C、D 図のようになる。C：画面の左側に向かって光源装置を傾けて谷 - 尾根地形ペーパークラフトにスリット光を当てた様子を真上から見た図（左側に傾いた地層面を再現）。D：画面の右側に向かって光源装置を傾けて谷 - 尾根地形ペーパークラフトにスリット光を当てた様子を真上から見た図（右側に傾いた地層面を再現）。研修終了後につくば市の産総研で撮影。

に必要な地質のスキル（断層調査・地形判読）も教えていただきたいという声も上がりました。断層に関しては、2024 年度から開催する中級者向けの「第 3 回」地質調査研修で学んでいただけます。第 3 回地質調査研修では断層を含む複雑な地質を調査することができると今回の参加者にお伝えしたところ、第 3 回研修にも参加したいという声も頂きました。これらの感想や改善コメントなどを参考に、次年度の研修につなげていきたいと考えています。

5. 講師の感想

先述した通り、参加者の中には地質調査の経験があまりない方も含まれており、研修前はやや不安を感じているようでした。そういった方々も研修を進めるうちに、主体的

に岩石鑑定を行い、地層の走向傾斜を測定できるようになっていったのが印象的でした。また、本研修では少ない人数で朝から晩までみっちり指導を受けることができるので、大学で地質調査を行ったことがある方でも、新たな学びがあったと思います。調査中には、参加者の皆さんがたくさん質問してくださり、露頭の前で議論する場面がよくありました。また、講師に質問するだけでなく、参加者同士でも教えあっていたのが印象的で、お互いの理解力アップに繋がったと思います。全体を通して、参加された皆さんから短い期間で地質の知識を習得しようという強い意志が感じられたことを、非常に嬉しく思っています。参加者の方々には、研修の野外調査データと共に多くの研修資料を持ち帰っていただきましたので、帰宅後も引き続き研修の振り返りをするなど、研鑽を積んでいただけることを期

待っています。

文 献

6. おわりに

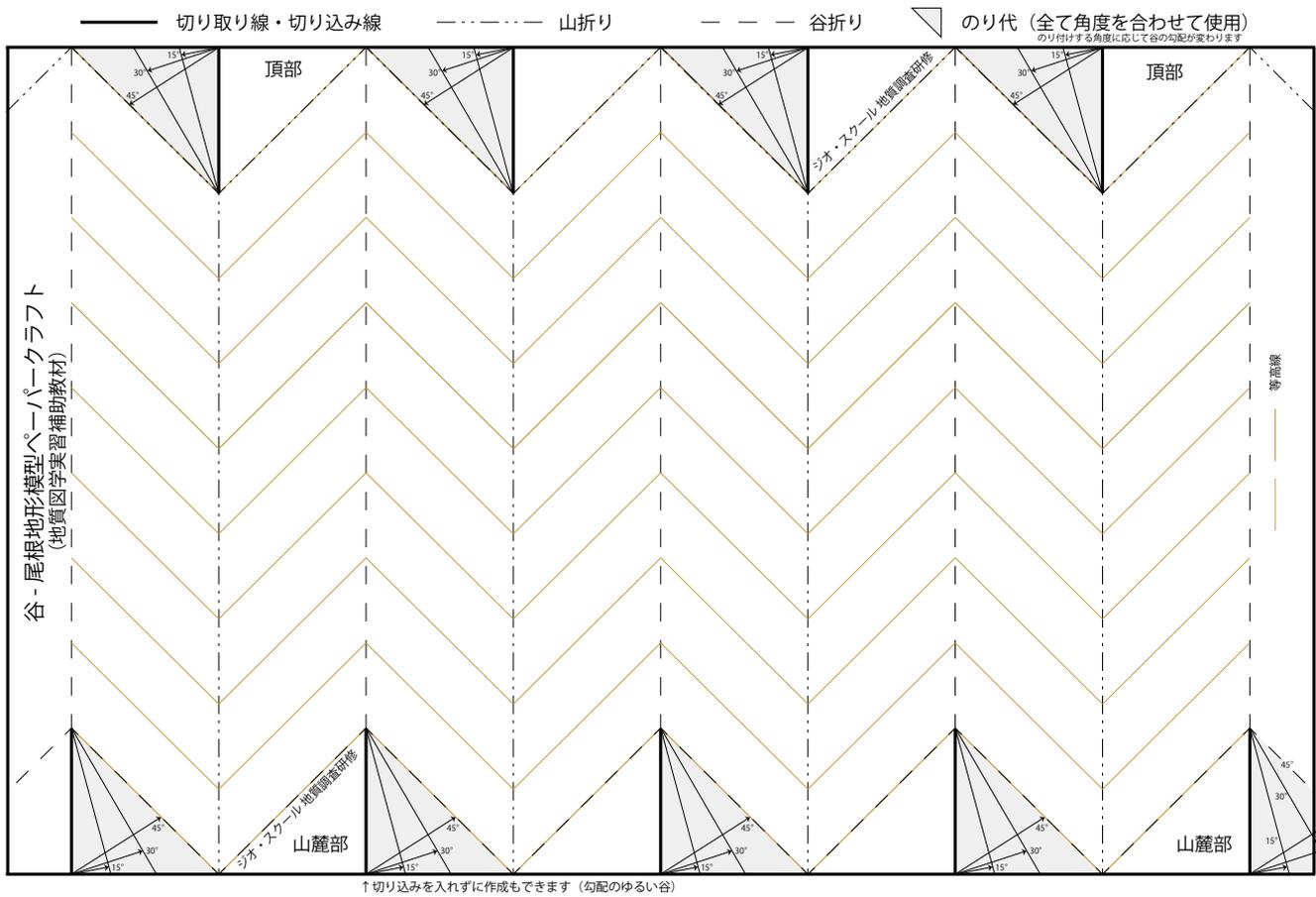
本研修の実施にあたり、島根半島・宍道湖中海(国引き)ジオパーク推進協議会の後援を頂き、研修地の地元の方々にも大変お世話になりました。地質標本館からは観察用の岩石標本セットを貸していただき、研修地での座学で観察の時間を設けて活用することができました。地質情報基盤センターの兼子尚知氏には、調査地域の東側半分の地形を3Dプリンターで作製した模型を研修に提供していただきました。これらの方々に、この場を借りて御礼申し上げます。

鹿野和彦・村岡やよい (2018) 2018 年度春期地質調査
研修報告. GSJ 地質ニュース, 7, 235-238.

利光誠一・金子翔平 (2023) 2022 年度第 2 回地質調査
研修実施報告. GSJ 地質ニュース, 12, 58-63.

YABUTA Sakurako and TOSHIMITSU Seiichi (2025)
Report on the geological survey training course at an
elementary level, Autumn 2024.

(受付：2024 年 12 月 3 日)



付図 1 谷-尾根地形ペーパークラフト。のり代の調整で4段階の傾斜の谷-尾根の地形模型を作成できる。模型作成後は、台紙の上に糊付け、あるいはクリップなどで固定する必要がある。

第 42 回 GSJ シンポジウム・ 令和 6 年度地圏資源環境研究部門成果報告会 脱炭素と社会・経済が調和したトランジションに向けて —エネルギー・環境・資源制約へ対応する 燃料資源地質研究—

地圏資源環境研究部門広報委員会¹

※ GREEN News 87 号を一部加筆の上転載

令和 6 年 12 月 6 日(金)に秋葉原ダイビル・コンベンションホールにて、第 42 回地質調査総合センターシンポジウム・令和 6 年度地圏資源環境研究部門研究成果報告会を開催しました。今年度は、「脱炭素と社会・経済が調和したトランジションに向けて—エネルギー・環境・資源制約へ対応する燃料資源地質研究—」のテーマの下、石油資源開発株式会社技術本部技術研究所の高野 修フェローからの招待講演に加えて、当研究部門からの 5 件の講演および 34 件のポスター発表を完全対面開催にて行いました。当日は、150 名を超える多数の方々にご参加いただきました。

はじめに、相馬宣和研究部門長は、「地圏資源環境研究部門の概要」という演題で講演しました。産業技術総合研究所の第 5 期中長期計画を踏まえて部門のミッション・研究体制を紹介しつつ、特に、部門の燃料資源地質研究に焦点を当ててその沿革・内容を詳述しました。また、GX2040 ビジョンおよび第 6 期中長期計画を見据え、社会課題であ

るエネルギー・環境・資源制約に対応するため、国際競争力を維持しながらネットゼロに向かうことの重要性を指摘しつつ、日本経済を毀損しないような「現実的なトランジション」に対して、公的機関の一部門として貢献できる可能性が多くあることに言及しました(写真 1)。

徂徠正夫首席研究員は、「カーボンニュートラル実現のための CCS の現状とさらなる発展に向けた課題」という演題で講演しました。最近のカーボンニュートラル推進の流れの中で、化石燃料資源の継続的な利用には CCS の併用が不可欠であることを指摘するとともに、CCS に関する国内外の最新動向を紹介したのち、特に「CO₂の最適圧入法の検討」「貯留ポテンシャル拡大に向けた玄武岩への CO₂貯留」「低コスト化に資する混合ガスの圧入」の 3 つのトピックについて、最新のシミュレーション結果や公表成果、希少な動画資料などを交えて、具体的な課題と取り組みを論じました(写真 2)。



写真 1 相馬宣和研究部門長による講演。



写真 2 徂徠正夫首席研究員による講演。

¹ 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

キーワード：燃料資源地質研究、脱炭素、エネルギー・環境・資源制約、石油・天然ガス鉱床、表層型メタンハイドレート、微生物起源天然ガス



写真3 石油資源開発株式会社・高野 修フェローによるご講演。



写真5 浅田美穂・物理探査研究グループ主任研究員による講演。



写真4 中嶋 健・燃料資源地質研究グループキャリアリサーチャーによる講演。

石油資源開発株式会社技術本部技術研究所の高野 修フェローによる招待講演では、「石油・天然ガス開発とカーボンニュートラルに資する燃料資源地質研究の役割」という演題でお話いただきました。在来型・非在来型の石油・天然ガス探鉱開発およびカーボンニュートラル・脱炭素・エネルギー転換関連プロジェクトについて、高野様のご専門である堆積学に加え、地球物理学・地球化学・ジオメカニクス・鉱物学・貯留層工学、等を統合した観点からご議論いただき、燃料資源地質を中心とした地圏資源環境研究の役割と期待する点についてご紹介いただきました(写真3)。

燃料資源地質研究グループの中嶋 健キャリアリサーチャーは、「日本海側堆積盆における石油・天然ガス鉱床形成へのテクトニクスの役割」という演題で講演しました。日本の石油・天然ガス田は主に日本海側の秋田・山形・新

潟県に集中しています。講演では、日本海側に石油・天然ガス鉱床が成立した理由を、最新の根源岩形成モデルを紹介しつつ、テクトニクスの観点から統一的に解説しました。日本海の拡大、根源岩と貯留岩の形成、さらには石油の移動・集積に至るまでのプロセスを論じるとともに、メタンハイドレートやCCSとの関連性や期待についても言及しました(写真4)。

物理探査研究グループの浅田美穂主任研究員は、「日本海の表層型メタンハイドレート：特徴的な地質学的背景におけるその生成シナリオ」という演題で講演しました。表層型と呼ばれるタイプのメタンハイドレートについて、世界各地における賦存状況およびその基礎的な特徴を概説したのち、我が国での代表的な賦存地域である日本海沿岸域における詳細な調査結果を紹介するとともに、エネルギー安全保障問題と環境問題を同時に解決する上で表層型メタンハイドレートの形成-消失シナリオの理解をさらに深めることの重要性を指摘しました(写真5)。

燃料資源地質研究グループの吉岡秀佳研究グループ長は、「国内の新規微生物起源天然ガス田の可能性」という演題で講演しました。講演では、石油・天然ガス生成に関する基礎に加えて、メタン生成菌の特性の調査方法等について概説しました。また、微生物起源天然ガス田の成立条件をまとめ、具体的な研究事例を交えながら、微生物起源ガスと深部流体との関係について説明しました。さらには、新規の微生物起源ガス田発見のためには、堆積環境や温度条件が適した地域や深部流体の寄与が見込まれる地域での探索が重要であることを強調し、シンポジウムの成果発表を締めくくりました(写真6)。

また、今回初の試みとして、各研究グループ長からのショートプレゼンテーションの時間を設け、各グループの



写真 6 吉岡秀佳・燃料資源地質研究グループ長による講演.

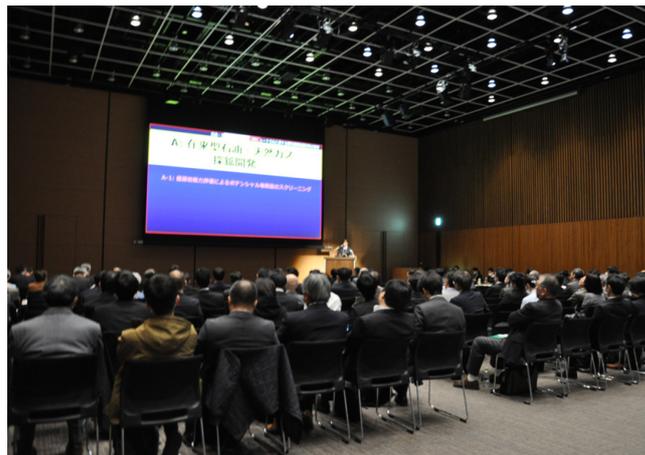


写真 7 講演会場全体.



写真 8 ポスターセッションの様子.

研究トピックスやポスター内容の紹介を行いました。その後のポスターセッションでは、34 件のポスター発表が行われ、研究・技術開発や知的基盤情報に関する成果について活発な意見交換がなされました(写真 7, 8)。なお、本シンポジウムの講演要旨が収録された「GREEN Report 2024」は、当研究部門の web サイト (<https://unit.aist.go.jp/georesenv/> 閲覧日:2025 年 7 月 1 日)にて公開しています。ご興味ございましたら、当研究部門の連絡先 (geore-web-ml@aist.go.jp) までお気軽にお問い合わせください。

Public Relations Committee, Research Institute for Geo-Resources and Environment (2025) Report of the 42nd GSJ Symposium: Towards a transition harmonizing decarbonization with social and economic "Research on fuel resource geology to address constraints of energy, environment and resource".

(受付:2025 年 1 月 22 日)

地下微生物が天然ガスの起源を偽装！？

眞弓 大介¹・坂田 将¹・鎌形 洋一²・玉木 秀幸³・加藤 創一郎³・五十嵐 健輔³・
佐藤 朋之³・皆川 秀紀⁴・西川 泰則⁴・Ellen Lalk⁵・小野 周平⁵

※本稿は、2024年12月20日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20241220/pr20241220.html) に加筆し、再編したものです。

1. ポイント (第1図)

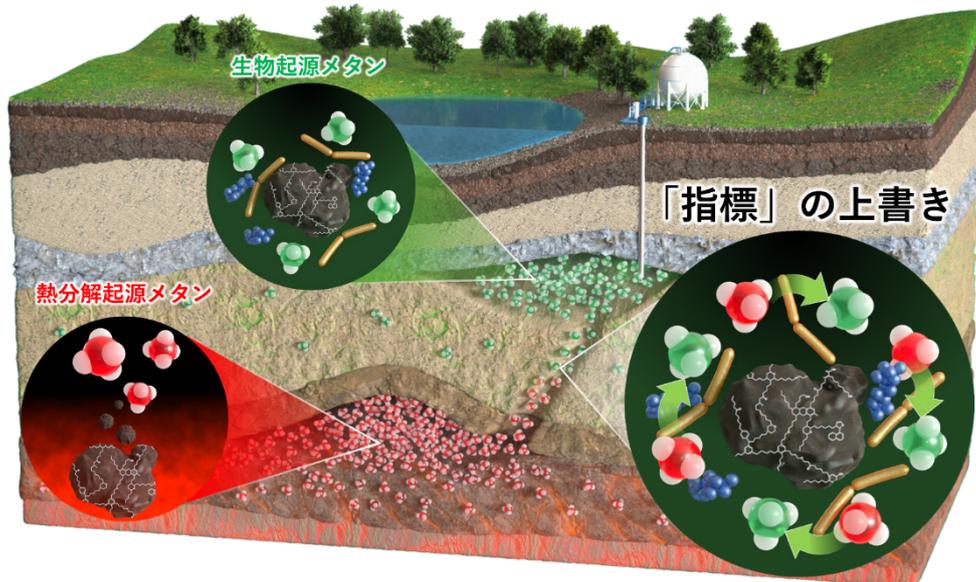
- ・天然ガスには、微生物が作る「生物起源」と地下の熱によって発生する「熱分解起源」の2種類が存在
- ・地下のメタン菌が熱分解起源の天然ガスの「指標」を生物起源のものに上書きする現象を発見
- ・天然ガスの資源量推定や探査方法の見直しを促し、新しい天然ガス鉱床の発見を後押し

2. 概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所(以下「産総研」という)は、マサチューセッツ工科大学と共同で、地下に生息するメタン生成古細菌(以下「メタン菌」という)が、熱分解起源の天然ガスの「指標」を生物起源のものに変えてしまうことを発見しました。これにより、これまでの天然ガ

スの起源や資源量に関する情報が大きく変わる可能性があります。これまで見落とされていた新たな天然ガス鉱床の発見につながることを期待されます。

天然ガスの主成分であるメタンがどこでどのように作られているのかを理解することは、地球全体の天然ガス資源量を評価するために重要です。これまで、メタンの生成起源を見分けるために「安定同位体シグナル」が重要な指標として使われてきました。しかしこの識別法は、地下でメタン菌が作る生物起源メタンの安定同位体シグナルを実験室でのメタン菌培養では再現できないという、半世紀近く解決されていない大きな問題を抱えていました。今回、地下の環境を忠実に模擬可能な高压培養装置を開発したことで、世界で初めて、地下で作られる生物起源メタンの安定同位体シグナルを実験的に再現することに成功しました。さらに本研究では、熱分解起源メタンがメタン菌と共存した場合、その安定同位体シグナルがメタン菌によって生物起



第1図 天然ガス(メタン)の生成起源とメタン菌による起源の上書き現象。

1 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

2 産総研 生命工学領域バイオメディカル研究部門

3 産総研 生命工学領域生物プロセス研究部門

4 産総研 エネルギー・環境領域エネルギープロセス研究部門

5 Department of Earth, Atmospheric and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology, 77 Massachusetts Avenue, 55-101, Cambridge, MA 02139, USA

キーワード：地下微生物, 天然ガス, 起源, 安定同位体シグナル, メタン生成アーキア

源のものに上書きされてしまうという驚くべき現象を発見しました。この発見は、熱分解起源メタンの存在量が実際よりも少なく見積もられている可能性と現在推定される天然ガス鉱床の成因を大きく見直す必要性を示すものです。それにより、天然ガス鉱床の探査方法の再考が促され、今まで見落とされていた新しい天然ガス鉱床の発見につながる事が期待されます。

この成果の詳細は、2024年12月19日(米国東部時間)に米国科学誌「Science」にオンライン掲載されました。

下線部は【用語解説】参照

3. 研究の社会的背景

天然ガスは石油や石炭に比べてクリーンな化石エネルギー資源であり、世界の総エネルギー消費の約24%を担っています(経済産業省資源エネルギー庁, 2024)。一方で、天然ガスの主成分であるメタンは強力な温室効果ガスでもあり、地球規模でのメタンの発生や移動、集積、拡散のメカニズムを理解することは、天然ガスの資源量を正確に評価することだけでなく、気候変動問題への対応にもつながります。

地下環境で作られるメタンは、地中温度が80℃以下の比較的浅い地層で微生物が作る「生物起源」と、それよりも高温・高圧の深部地下で有機物の熱分解により生成する「熱分解起源」に大別されます。これらはメタン(分子式: CH_4)の炭素や水素の安定同位体シグナル(例えば、 ^{12}C と ^{13}C 、 ^1H と ^2H の割合)を指標にすることで生成起源や生成温度を推測することが可能で、メタンハイドレートなどの天然ガス鉱床の探査や湖沼・水田などのメタンガス発生源の特定などに広く使われてきました。しかし、地下の生物起源メタンの安定同位体シグナルが実験室でのメタン菌培養で再現されたことはなく、同位体地球化学と微生物学との解釈が一致しないという本質的な問題がありました。

4. 研究の経緯

産総研では、油田・ガス田・石炭層を対象に地下微生物による天然ガス生成ポテンシャルの評価とその生成メカニズムの解明を目指す研究を行ってきました(2016年10月14日、2013年6月13日産総研プレス発表)。

そこで今回、産総研では地球化学の専門家チームを擁する地圏資源環境研究部門と微生物学の専門家チームを擁する生物プロセス研究部門がタッグを組み、エネルギープロセス研究部門(研究開始当時はメタンハイドレート研究セ



第2図 メタン菌を含む嫌気微生物の一般的な培養法。

ンター)の協力の下、15年の研究期間をかけてこの問題の解決に取り組みました。

なお、本研究の一部は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金(18H05295, 20H00366, 21H04670, 22H05152, 23H00387, 24H00765)による支援を受けて行いました。

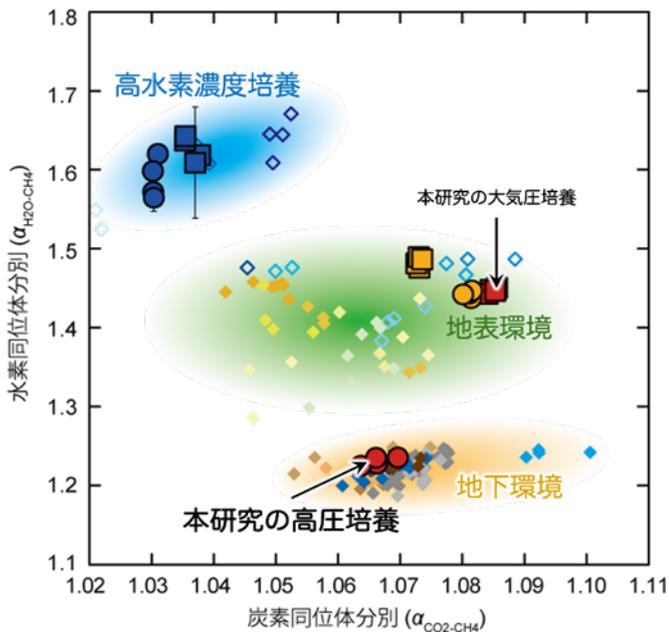
5. 研究の内容

メタン菌の一般的な培養実験は、密閉可能なガラス製容器に栄養源を含む培養液とメタン菌を添加し、気相にメタン生成の基質となる水素を大量に充填し、ほぼ大気圧下で実施されます(第2図)。これは地下環境に特徴的な条件、すなわち高静水圧・低水素濃度条件とはかけ離れています。そこで本研究では、深海底下のメタンハイドレートを研究する専門家チームが中核となって、地下環境を忠実に模擬するメタン菌培養装置を開発しました。この装置は、メタンハイドレート合成実験に用いられるステンレス製の耐圧容器や圧力ポンプを微生物培養用に改良したもので、地下環境と同等の静水圧(～150気圧相当)下でメタン菌を培養可能なシステムです(第3図)。加えて、水素を培養開始時に添加するのではなく、有機物を分解し緩やかに水素を生成し続ける細菌をメタン菌と共に共培養させることで、地下環境に特徴的な低水素濃度条件を再現しました。

こうした条件下で生成されたメタンの安定同位体シグナルは大気圧条件や高水素濃度条件で作られるものとは大きく異なり、これまで再現できなかった地下の生物起源メタンの安定同位体シグナルと明確に一致しました(第4図)。これは、静水圧条件で培養したことによって培養液中に溶存するメタンの濃度が増加し、メタン生成反応の逆反応が



第3図 地下環境を模擬するメタン菌高压培養装置 (Nishikawa system)。(左)装置の全体像(右)培養容器(三連),培養中も圧力を下げることなく培養液および発生ガスをサンプリング可能. ※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。



第4図 本研究と自然環境中の生物起源メタンの安定同位体シグナル. 大きいシンボルは本研究におけるメタン, 小さいシンボルはこれまでに報告されている自然環境中の生物起源メタン. ※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

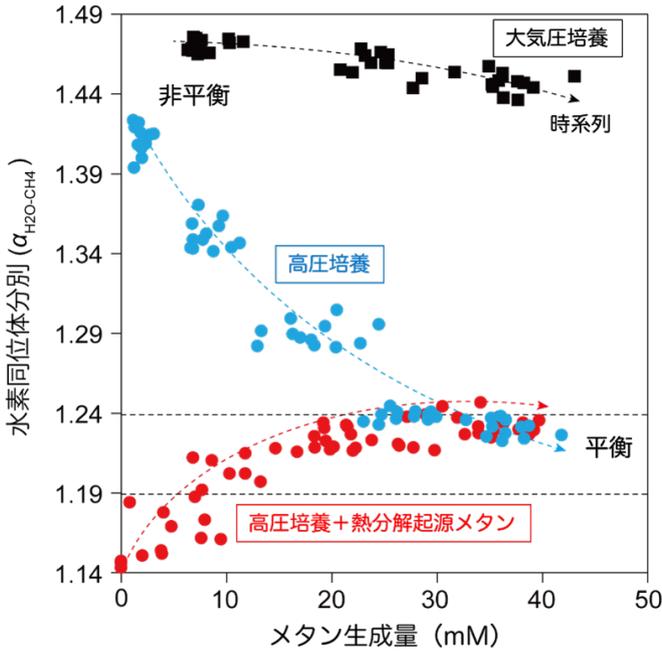
加速化して、最終的に正反応と逆反応がほぼ釣り合った状態、すなわち平衡に達したためであることが明らかになりました。

さらに詳しく、溶存するメタンの濃度の増加に伴う安定同位体シグナルの経時変化を観察すると、メタン菌は溶存メタン濃度が低い間は非平衡の安定同位体シグナルを示すメタンを作るのに対し、溶存メタン濃度が高くなるにつれてシグナルが平衡に達することを発見しました。そこで次

に、培養容器に熱分解起源メタンを加えた状態でメタン菌の培養を開始したところ、添加した熱分解起源メタンの安定同位体シグナル(第5図で $\alpha_{\text{H}_2\text{O}-\text{CH}_4} = 1.14$ 付近)がメタン生成に伴って生物起源のシグナルに平衡化する現象を観察しました。この結果は、メタン菌が熱分解起源メタンの安定同位体シグナルを生物起源のものに上書きすることを示しています。世界各国の天然ガスの安定同位体シグナルのデータを見返すと、このようなメタン菌による安定同位体シグナルの上書き現象は世界中の天然ガス鉱床で実際に起こっていると推察され、今後は地球規模で天然ガスの起源や成因について再評価を行う必要があります。

6. 研究の社会的意義

生物起源の天然ガスは比較的浅い地層にのみ存在します(第6図1)。一方で、熱分解起源の天然ガスはより深い地層で発生し、その一部が浅い地層に移動し天然ガス鉱床を形成します。従って、熱分解起源の天然ガスが浅い地層で発見された場合、より深い地層にはより大きい天然ガス鉱床が存在する可能性があります(第6図2)。しかし、浅い地層に移動してきた熱分解起源の天然ガスがメタン菌によって生物起源の天然ガスに上書きされた場合、より深い地層に存在する熱分解起源の天然ガス鉱床を見落とすことになりかねません(第6図3)。今回の発見は、天然ガスの生成起源や生成プロセスを正確に推定するための基盤的知見として、天然ガス鉱床の探査方法について再考を促すことで、今まで見落とされていた新しい天然ガス鉱床の発見につながることを期待されます(第6図4)。



第5図 メタン濃度の増加に伴う安定同位体シグナルの変化。安定同位体シグナルの一例としてメタンの水素同位体分別（縦軸）を示す。本研究における培養温度で同位体平衡に達した場合のシグナルは、およそ1.19～1.24の間の値をとる。メタン濃度が低い培養初期では平衡から外れた非平衡の同位体分別を示すが、メタン濃度の増加に伴い平衡に近づく。 ※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

7. 今後の予定

メタン菌は利用できる基質（餌）によって大きく3種類（水素資化性・酢酸資化性・メチル化合物資化性）に分類されます。今回は水素資化性メタン菌による安定同位体シグナルの上書き現象を観察しました。次は、酢酸資化性やメチル化合物資化性メタン菌でも同様の現象が起こることを検証し、今回の発見の普遍性について明らかにする予定です。

8. 研究チーム

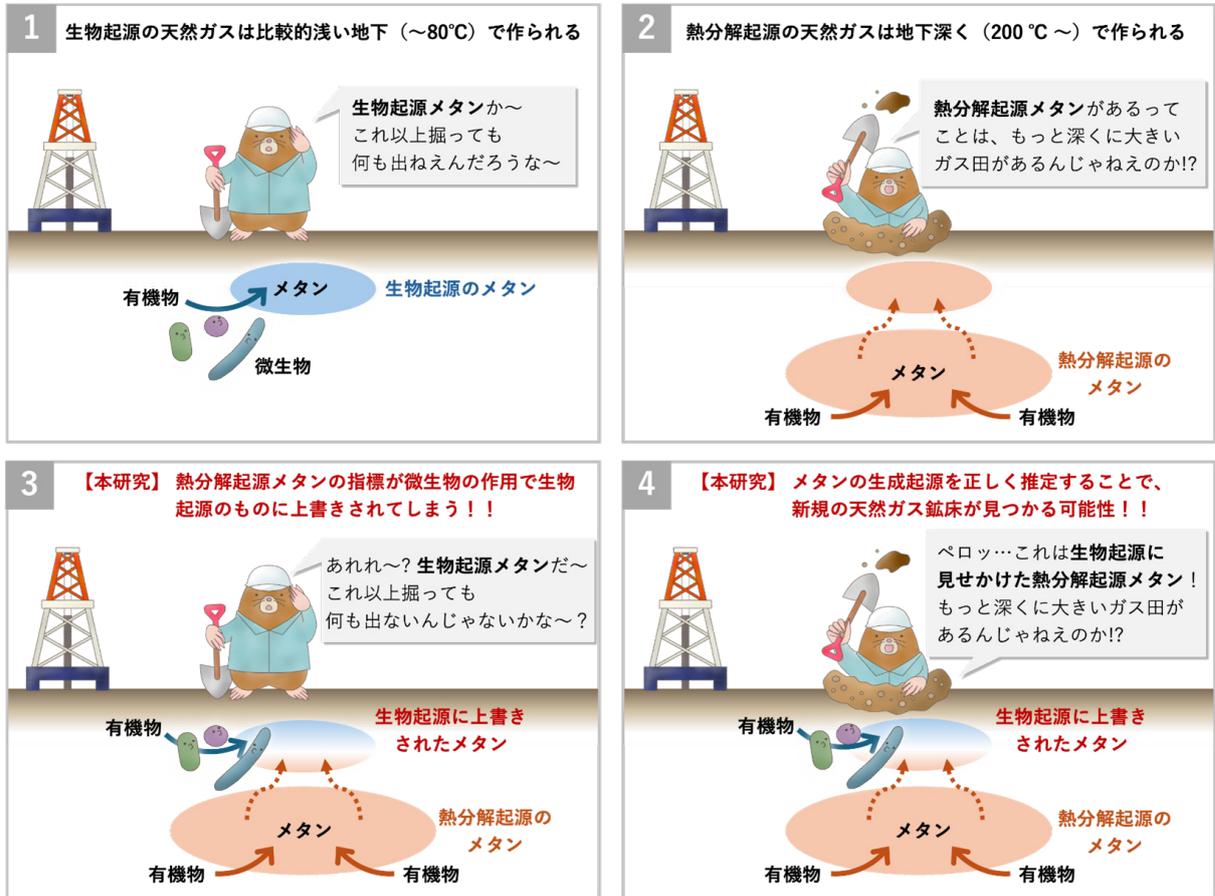
産総研

地圏資源環境研究部門 眞弓大介主任研究員, 坂田 将客員研究員

バイオメディカル研究部門 鎌形洋一招へい研究員

生物プロセス研究部門 玉木秀幸副研究部門長, 加藤創一郎上級主任研究員, 五十嵐健輔主任研究員, 佐藤朋之産総研特別研究員（研究当時）

エネルギープロセス研究部門 皆川秀紀テクニカルスタッ



第6図 本研究の社会的意義。

フ（研究当時：メタンハイドレート研究センター 研究チーム長）、西川泰則（研究当時：メタンハイドレート研究センター テクニカルスタッフ）
マサチューセッツ工科大学
Department of Earth, Atmospheric and Planetary Science
Ellen Lalk 大学院生（研究当時）、小野周平教授

9. 論文情報

掲載誌：Science

論文タイトル：Hydrogenotrophic methanogens overwrite isotope signals of subsurface methane

著者：Daisuke Mayumi^{*†}, Hideyuki Tamaki[†], Souichiro Kato[†], Kensuke Igarashi[†], Ellen Lalk, Yasunori Nishikawa, Hideki Minagawa, Tomoyuki Sato, Shuhei Ono^{*}, Yoichi Kamagata^{*} and Susumu Sakata^{*}

^{*}Corresponding author

[†] These authors contributed equally to this work.

DOI：10.1126/science.ad0126

用語解説

メタン生成古細菌

メタン菌，メタン生成アーキアともいう。細胞内に核をもたない原核生物の仲間、生物学的にはバクテリア（細菌）ではなくアーキア（古細菌）に分類され、酸素がない嫌気環境下で有機物分解の最終過程を担う。メタン生成古細菌が利用できる基質（餌）は主に水素+二酸化炭素や酢酸、メタノールなどのメチル化合物に限られている。

天然ガス資源量

天然ガスの埋蔵量とは、現在の技術と価格を前提に、採掘が経済的に見合う条件を満たす天然ガスの量を指す。これに対し、資源量は、その存在が確認もしくはほぼ確実に想定できるものを指す。

安定同位体シグナル

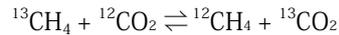
メタン分子（分子式：CH₄）の炭素と水素にはそれぞれ異なる安定同位体（¹²C と ¹³C, ¹H と ²H または D）がある。メタンの炭素や水素の安定同位体比（¹³C/¹²C, ²H/¹H）やメタン分子内の安定同位体比（δ¹³CH₃D）、もしくはメタンとその前駆物質である二酸化炭素や水の同位体分別係数（α_{CO₂-CH₄} や α_{H₂O-CH₄}）などはメタンが生成された環境やその生成過程を示すシグナルとして使われる。

メタンハイドレート

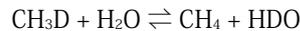
メタンハイドレートは、低温・高圧下で水分子がメタン分子を取り囲み、氷のような構造を作った物質。主に海底や永久凍土に存在し、1立方メートルから気体換算で約160立方メートルのメタンを取り出せるため、将来的な天然ガス資源として注目されている。また、温暖化により分解すると大量のメタンが放出されるため、気候変動への影響が懸念されている。

平衡・非平衡

化学反応における平衡とは、反応が進む速度と逆反応の速度が等しくなり、反応物と生成物の濃度が一定に保たれる状態。このとき、見かけ上は反応が止まったように見えるが、実際には反応が両方向で同じ速度で進行し続けている。この状態を化学平衡と呼ぶ。非平衡とは、反応が一方方向に進み続け、平衡状態に達していない状況である。これに対し、同位体平衡とは分子間の双方向の同位体交換反応の速度が同じ状況、非平衡は速度が異なる状況を指す。メタンと二酸化炭素の間の炭素の同位体平衡であれば



メタンと水の水素の同位体平衡であれば



の双方向の速度が同じとなる。メタン分子内の炭素と水素の結合は切れにくい、通常これらの同位体交換速度は非常に遅い。しかしメタン菌が存在する場合、メタン生成とその逆反応が促進されるため、同位体交換反応も速やかに進行する。メタン生成反応に対する逆反応の速度比が上昇すると安定同位体シグナルの値も変化する。最終的に化学平衡（メタン生成反応とその逆反応の速度が等しい状態）に達すると、同位体平衡も達成される。同位体平衡における安定同位体シグナルの値は温度で一元的に決まる。

文 献

経済産業省資源エネルギー庁（2024）令和5年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2024）。https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2024/pdf/whitepaper2024_all.pdf（閲覧日：2024年12月19日）

MAYUMI Daisuke, SAKATA Susumu, KAMAGATA Yoichi, TAMAKI Hideyuki, KATO Souichiro, IGARASHI Kensuke, SATO Tomoyuki, MINAGAWA Hideki, NISHIKAWA Yasunori, ELLEN LALK and ONO Shuhei (2025) Subsurface microorganisms disguise the origin of natural gas!?

（受付：2025年1月24日）

温暖期なのに昔の東京湾は冷たかった？ —過去の温暖期を生きた貝化石から 水温の季節変化を復元—

三木 志緒乃¹・窪田 薫²・中島 礼³・棚部 一成⁴・山口 飛鳥⁵・白井 厚太郎⁵

※本稿は、2024年11月2日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr20241102/pr20241102.html) に加筆し、再編したものです。

研究のポイント

- 千葉県の下総層群のビノスガイ化石に着目し、地球全体が温暖だった時代の古東京湾の海水温の季節変動を復元しました。
- 温暖で千葉県が海面下にあった時代にもかかわらず、最高水温は現在の千葉県の沿岸域の水温よりも5℃以上低く、現在の東北地方や北海道の沿岸域の水温に近かった時期があったことが分かりました。
- 過去の温暖期に海洋がどのような環境だったのかを明らかにすることは、地球温暖化が進行した場合の将来予測に大いに役立つと期待されます。

1. 概要

東京大学の三木志緒乃大学院生、白井厚太郎准教授、山口飛鳥准教授、棚部一成名誉教授、海洋研究開発機構の窪田薫研究員、産業技術総合研究所の中島 礼総括研究主幹、マインツ大学のSchöne教授、Brosset大学院生による研究グループは、ビノスガイ(学名: *Mercenaria stimpsoni*, 注1)の化石を用いて、過去の温暖期(約10万年前、約20万年前、約30万年前、注2)の古東京湾(注3)の海水温の季節変化を明らかにしました(Miki et al., 2024)。

本研究では、100歳を超える長寿二枚貝であるビノスガイと、過去の海水温の復元のための良好な条件に恵まれた千葉県の下総層群(注4)に着目しました。貝殻の成長線解析(注5)と酸素同位体比分析(注6)を用いることで、当時の海水温の季節変動を復元し、最高水温をこれまでより高い信頼性で明らかにすることに成功しました。これらの過去の温暖期は海水準が高く関東平野が海面下にあった時代

ですが、最高水温は現在の千葉県の沿岸域の水温よりも5℃以上低く、現在の東北地方や北海道の沿岸域の水温に近かった時期があったことが分かりました。今後、当時の海洋の環境を理解することを通して、モデリングなどによる気候の将来予測に役立つことが期待されます。

2. 研究内容

過去約258万年間の地球は、寒冷な時代と温暖な時代が繰り返しています。過去には、現在よりも温暖で海水準が高かった時代が何度もありました。それらの温暖な時代における環境は、地球温暖化が進行した場合の将来像を予測するために活発に調べられています。

過去の温暖期である約10万年前、約20万年前、約30万年前は、地球全体が温暖で、海水準も高かったことが知られています。その時代、関東平野には古東京湾と呼ばれる海が広がっていました。その海底にたまった地層は下総層群と呼ばれています(第1図)。古東京湾があった時代は地球全体としては温暖だったはずですが、なぜか下総層群からは北海道周辺などの寒い海に生息する二枚貝の化石が見つかっていました。しかし、これまで古東京湾の具体的な水温はよくわかっておらず、古東京湾が温暖だったのか寒冷だったのかという議論に決着はついていませんでした。

千葉県の下総層群からは保存状態のよいビノスガイの化石が見つかります。現生のビノスガイは約100歳もの長い寿命をもち、生涯に経験した海水温を貝殻の酸素同位体比として記録することが知られていました。本研究グループは千葉県の下総層群の木下層、清川層、藪層産ビノスガイの化石を調べることで、古東京湾の海水温の復元を試みま

1 東京大学大学院地球惑星科学専攻 〒277-8564 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

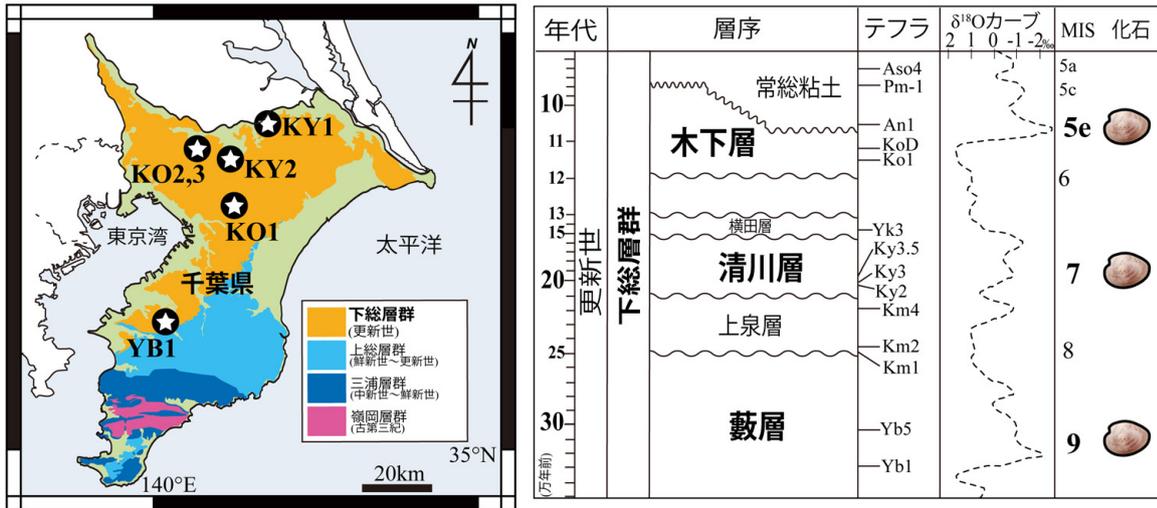
2 海洋研究開発機構 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町 2-15

3 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

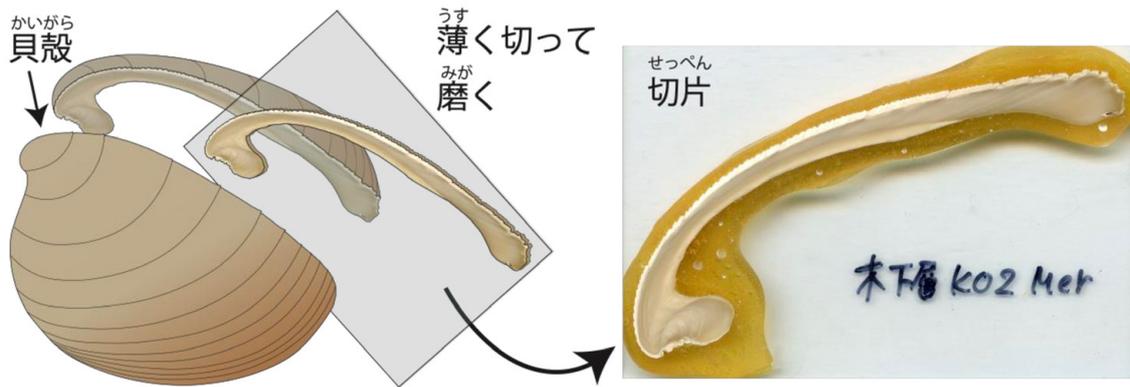
4 東京大学総合研究博物館 〒113-0033 東京都文京区本郷 7 丁目 3-1

5 東京大学大気海洋研究所 〒277-8564 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

キーワード：間氷期、酸素同位体、更新世、下総層群



第1図 千葉県の地質図(左)と下総層群の層序(右). 左図: オレンジ色の部分が下総層群の分布域です. 星マークは本研究に用いた化石標本の産出地点を示しています. 右図: 貝のマークは, 木下層, 清川層, 藪層からピノスガイが見つかることを意味します. ※原論文の図を引用・改変したものを使用しています.



第2図 101歳の化石ピノスガイの貝殻をスライスして研磨した切片試料.

した.

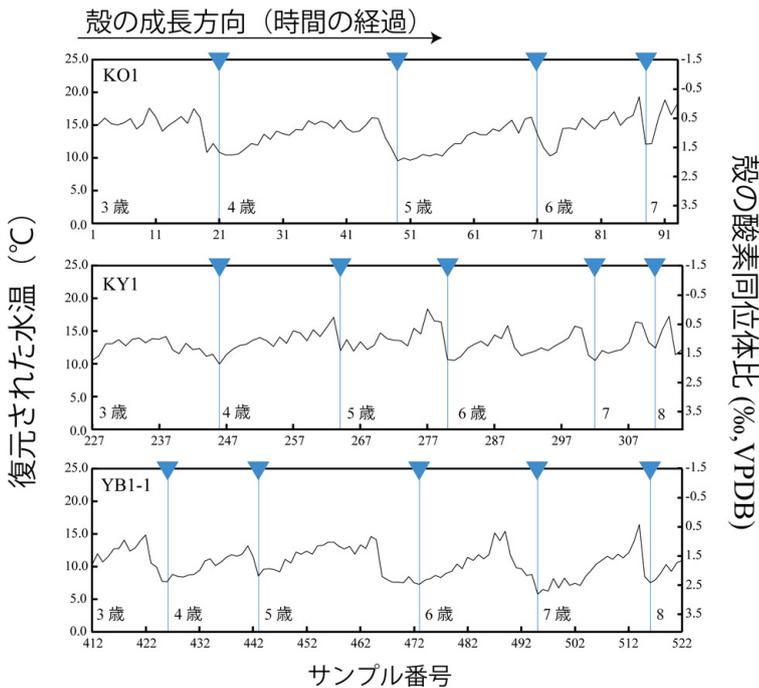
結果, 貝殻の成長線の解析から, 化石のピノスガイも少なくとも100歳以上の寿命をもっていたことが明らかになりました(第2図). さらに, 貝殻を形づくっている鉱物の種類を分析し, 微細構造を観察する(注7)ことにより, 化石の保存状態が極めて良好であり, 当時の海水温を復元するために適していることも確かめました.

その上で化石の酸素同位体比を分析することで海水温を復元しました. 貝殻の切片を作成し(第2図), 成長方向に沿ってドリルを使って粉末試料を細かく連続採取して酸素同位体比を分析しました. その結果, 1年あたりの分析数を増やしたことで海水温の季節変化が見えるようになり, 貝殻のどの部分が夏に形成されたものなのかが分かるようになりました. 分析した結果から水温を計算すると, 古東京湾の夏の最高水温は約10万年前, 約20万年前, 約30

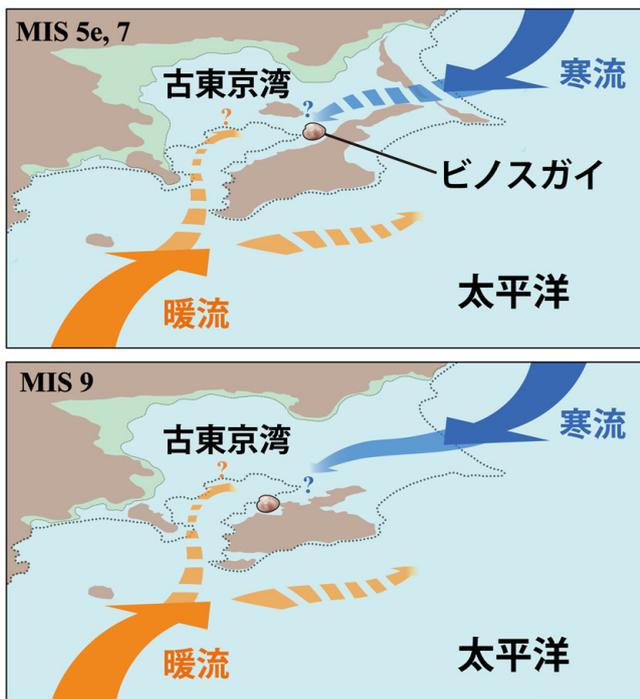
万年前のいずれの時代でも20℃以下でした(第3図). この水温は現在の千葉県の沿岸域の水温よりも5度以上低い値であり, むしろ東北地方や北海道の沿岸域の水温に近かった時期があったこととなります. 全球的には温暖であった時代にもかかわらず古東京湾が寒かったことは, 古東京湾に親潮のような冷たい海水が流れ込んでいたことで実現していたと考えられ, 少なくともピノスガイの寿命である100年ほどはそのような環境が続いていたと考えられます(第4図).

今後さまざまな化石試料について分析を進めることで, 当時の海洋環境についての詳しい歴史が明らかになり, 地球温暖化が進行した場合の将来予測に貢献できると期待されます.

本研究は, 日本学術振興会(JSPS)の科学研究費助成事業(科研費, 課題番号: JP21H01189, JP21H05202),



第3図 木下層から産出したビノスガイの化石 (KO1), 清川層から産出したビノスガイの化石 (KY1), 藪層から産出したビノスガイの化石 (YB1) が若いころに経験した水温の季節変動の復元結果. 青い三角形と青い線は1年間の区切りである年輪の位置を意味し, 線と線の間が1年間です. 水温復元の計算に必要な当時の海水の塩分は, 現在の岩手県沿岸の外洋の塩分と同程度と仮定しています. 分析による復元水温の誤差は±1℃未満です. ※原論文の図を引用・改変したものを使用しています.



第4図 MIS 5e (木下層が対応), MIS 7 (清川層が対応), MIS 9 (藪層が対応) の古水温復元に基づいた, 古東京湾のイメージ図. ※原論文の図を引用・改変したものを使用しています.

東京大学プロアクティブ環境学国際卓越大学院プログラム (World-leading Innovative Graduate Study Program in Proactive Environmental Studies, “WINGS-PES”) の支援により実施されました.

用語解説

(注1) ビノスガイ (学名: *Mercenaria stimpsoni*)

ビノスガイは, 太平洋の西側の中緯度以北の沿岸域に生息する寒冷系の二枚貝です. 日本沿岸では, 東北地方や北海道の沿岸に生息しています. 近年の研究で, ビノスガイは寿命が少なくとも 100 年を超える日本近海で最も長生きな海産二枚貝であることが明らかになりました. これほどの長い寿命をもつ海産二枚貝は, 太平洋の西側の温帯域ではビノスガイのほかには知られていません. そのため, ビノスガイの貝殻は, 過去の環境変動や津波による大量死などの情報を記録したアーカイブとして研究されています (窪田ほか, 2022).

(注2) 温暖期

氷期 - 間氷期サイクルと呼ばれる寒冷な時代と温暖な時代の繰り返しの中で, 温暖な時代(間氷期)のことです. 専門的には, 海洋酸素同位体ステージという世界共通の時代の区分のルールがあります. 海洋酸素同位体ステージ (Marine Isotope Stage) の略称を MIS と呼び, 現在の温暖期を MIS 1 としして奇数番号が温暖な時代(間氷期), 偶数番号が寒冷な時代(氷期)のことを意味します. 数字の後に細かい区分を示すアルファベットが付くこともあります. 地球の気温が高くなると南極の水が融けたり海水が膨張したりすることで海水準が高くなります. 本研究で対象にした MIS 5e, 7, 9 はそれぞれ約 10 万年前, 約 20 万年前, 約 30 万年前の温暖な時代(間氷期)で, 現在よりも気候は全

全球的に温暖であり海水準も高かったと考えられています。

(注3) 古東京湾

古東京湾は過去の温暖な時代(間氷期)である MIS 5e, 7, 9, 11 (約 40 万年前)に存在した海の名前です。関東平野、主に千葉県、茨城県の一部、埼玉県の一部、東京都の一部に広がっていたと考えられています。なぜこの地域が海になったのかという理由としては、世界的な温暖化による海水準の上昇、MIS 9 ではそれに加えて房総半島の一部の沈降が考えられています。

(注4) 下総層群

下総層群は古東京湾の海底に堆積した砂や泥などからなる地層です。木下層、清川層、藪層はそれぞれ温暖な時代(間氷期)である MIS 5e, 7, 9 に対応すると考えられています。下総層群は、(1) 堆積年代の検討が十分行われている地層であること、(2) 保存状態のよい化石が多く見つかることから、過去の温暖期である MIS 5e, 7, 9 の環境を復元するために日本で最も適した地層です。

(注5) 成長線解析

成長線解析とは、貝殻やサンゴ、魚の耳石など、生物が作る硬組織に見られる縞模様のパターンを調べることで過去の環境を復元する手法のことです。具体的には、年輪のパターンから過去の気候変動の周期を調べる、日輪のパターンから降水量を復元するといった研究が行われています。

(注6) 酸素同位体比分析

酸素原子(O)には、質量は異なるが化学的な性質がほぼ同じという原子(同位体)が存在します。質量数が16と18の酸素同位体の量の比(酸素同位体比)は、海水の温度と塩分によって変わることが知られています。貝殻を形成する炭酸カルシウム(CaCO₃)の中の酸素は海水から取り込まれるため、貝殻が作られたときの海水の温度や塩分は、貝殻の酸素同位体比として記録されます。酸素同位体比は質量分析計で測定します。先行研究のデータをもとに古東京湾の当時の塩分を仮定し、化石の貝殻の酸素同位体比を調べることで、当時の海水温を計算することができます。

(注7) 鉱物の種類を分析し、微細構造を観察する

貝殻の鉱物の種類はX線回折法という方法で調べます。「結晶の中へと入ったX線は、鉱物の種類によって特定の方向に進む(回折する)」という性質を用いて、貝殻がどのような鉱物でできているのか調べることができます。貝殻の微細構造の観察では、鉱物の結晶がどのように並んでいるのか電子顕微鏡で拡大して調べます。これらの方法により、化石のビノスガイが現生のビノスガイと同じ鉱物の種類と微細構造を保っているか確かめました。

文 献

窪田 薫・白井厚太郎・杉原奈央子・清家弘治・南 雅代・中村俊夫・棚部一成(2022) 東日本大震災の津波が長寿二枚貝ビノスガイの大量死に関与していたことを殻の分析から推定. GSI 地質ニュース, 11, 97-100.

Miki, S., Kubota, K., Nakashima, R., Tanabe, K., Brosset, C., Schöne, B. R., Yamaguchi, A. and Shirai, K. (2024) High temporal resolution paleoclimate reconstruction by the analysis of growth patterns and stable isotopes of fossil shells of the long-lived bivalve *Mercenaria stimpsoni* from MIS 5e, 7 and 9. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 656, 112537.

MIKI Shiono, KUBOTA Kaoru, NAKASHIMA Rei, TANABE Kazushige, YAMAGUCHI Asuka and SHIRAI Kotaro (2025) Was Tokyo Bay cooler in the past despite the warm period?

(受付：2025年1月24日)

塵も積もれば山となる？ 低濃度のリン酸塩でもサンゴの生育を阻害 稚サンゴの飼育実験から負荷量の重要性を検証

飯島 真理子¹・安元 剛²・安元 純^{3,4}・井口 亮⁵・鈴木 淳⁵

※本稿は、2025年1月10日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2025/pr20250110/pr20250110.html) に加筆し、再編したものです。

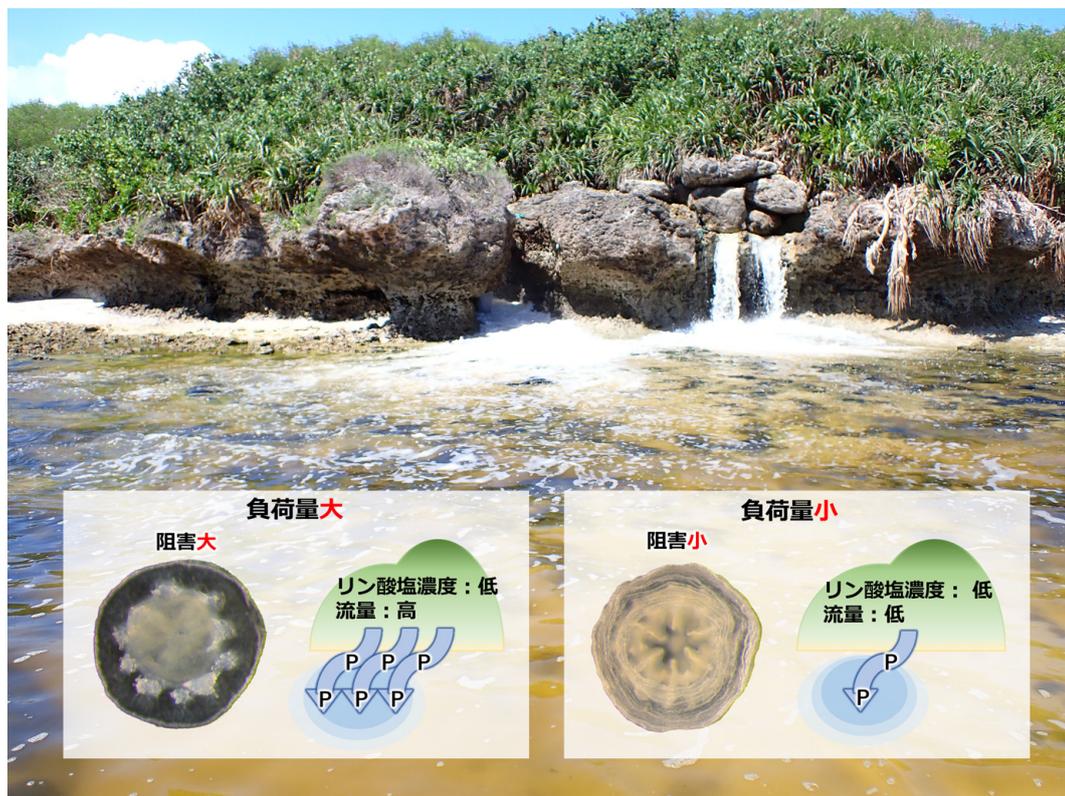
1. ポイント (第1図)

- 稚サンゴを飼育する海水の量やリン酸塩濃度を変えて骨格形成量を算出
- リン酸塩濃度だけでなく負荷量（濃度×流量）が骨格形成に影響を与えることを発見
- サンゴ保全に向けて、廃水処理などの対策に新たな知見

2. 概要

著者らは、稚サンゴの飼育実験と骨格観察により、リン酸塩の濃度とサンゴの骨格形成の関係を明らかにしました。

近年、海水温上昇や沿岸開発といったさまざまな要因によるサンゴの減少が問題となっていますが、その原因の1つとして、陸域から供給される過剰な栄養塩の影響が挙げられます。栄養塩のなかで、サンゴの生育海域において約



第1図 河川や地下水を通じて流出したリン酸塩がサンゴの骨格形成を阻害する模式図。
※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

1 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門
2 北里大学 海洋生命科学部 〒252-0373 神奈川県相模原市南区北里 1-15-1
3 琉球大学 農学部 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原 1 番地
4 総合地球環境学研究所 〒603-8047 京都府京都市北区上賀茂本山 457 番地 4
5 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：低濃度リン酸塩、サンゴ、負荷量、炭酸カルシウム

0.5 μM 以下という低濃度でしか検出されないリン酸塩は、植物プランクトンの増殖促進によりサンゴに二次的な影響を及ぼすものの、直接的な影響はないと考えられてきました。近年、リン酸塩がサンゴの骨格表面に吸着することで骨格形成を阻害し、リン酸塩濃度が 5 μM 以上から影響が見られることが分かってきました。しかし、飼育実験でサンゴの骨格形成に影響を引き起こすリン酸塩の濃度は約 5 μM と実際の環境中の濃度に隔たりがあることから、リン酸塩のサンゴに対する直接の影響については確証が得られない状況でした。また、海水中のリン酸塩の濃度ではなく、リン酸塩の負荷量がサンゴの骨格形成へどのように影響するかは検証されていませんでした。

今回、海水中のリン酸塩の濃度や飼育海水量を変えて、稚サンゴの飼育実験を行い、骨格の観察・重量測定を行い、骨格形成量を算出しました。その結果、リン酸塩濃度だけでなく飼育海水量が増加すると骨格形成量が低下することが分かりました。リン酸塩の濃度が低い海域でも、流量が多いとサンゴの生育に悪影響となる可能性が示唆され、サンゴ保全に向けた陸域負荷の対策を後押しする新たな科学的知見が得られました。

なお、この技術の詳細は、2024 年 12 月 17 日に「Marine Pollution Bulletin」にオンライン掲載されました。

下線部は【用語解説】参照

3. 開発の社会的背景

豊かな生態系をはぐくむサンゴ礁は魚などの海中生物に食糧や居住の場所などさまざまな恩恵をもたらします(第 2 図)。近年、海洋酸性化やサンゴの大規模白化などによりサンゴの減少が問題となっていますが、その原因は解明さ



第 2 図 沖縄県のサンゴ礁 (2024 年撮影)。

れておらずサンゴ保全に向けた対策は進んでいません。サンゴは主に亜熱帯・熱帯の貧栄養の海域に生息しており、陸域から供給される過剰な栄養塩がサンゴ減少の原因の 1 つとして考えられています。陸域から海域へ流出してもサンゴに影響がでない栄養塩量を評価することができれば、廃水規制など具体的なサンゴ保全対策を制定することができます。栄養塩のうちリン酸塩は、サンゴが生育する海域での濃度が約 0.5 μM 以下と極めて低く、サンゴの骨格形成に与える影響は問題視されていませんでした。

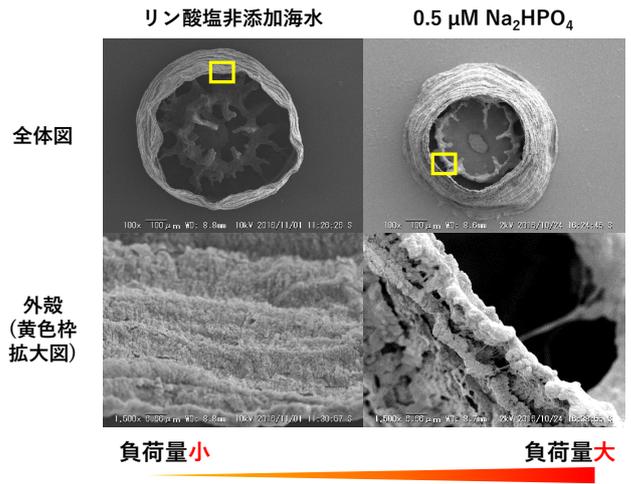
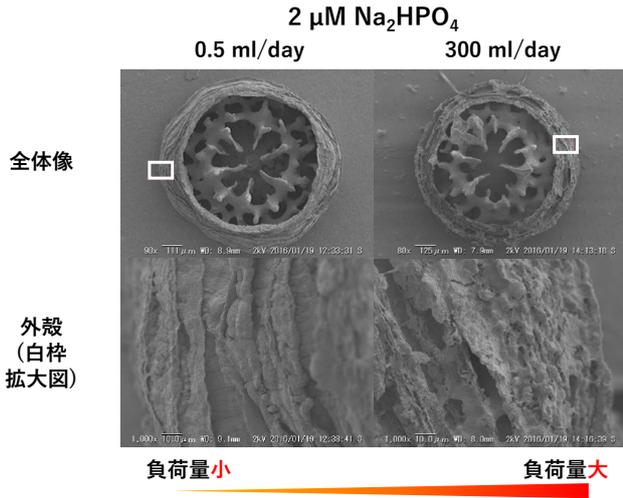
4. 研究の経緯

産総研と、北里大学、琉球大学、総合地球環境学研究所は、陸域からもたらされるリン酸塩などの栄養塩がサンゴの骨格形成に与える影響について、サンゴ飼育実験、骨格分析により研究を進め、陸域から流出したリン酸塩が石灰質の砂に吸着・溶出してサンゴの骨格形成を阻害することを発見しました(2021 年 3 月 17 日 産総研プレス発表, Iijima *et al.*, 2021)。近年、海水中のリン酸塩がサンゴの細胞間の隙間から細胞外石灰化液に到達して骨格表面に吸着し、骨格形成を阻害することが分かり、海水中のリン酸塩の濃度だけでなく、リン酸塩の負荷量がサンゴの骨格形成に影響する可能性が示唆されました。しかし、サンゴの飼育実験では、実環境とは異なる約 5 μM という高濃度のリン酸塩を含む海水が用いられ、リン酸塩の負荷量が骨格形成に与える影響については検証されていませんでした。

なお、本研究開発は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20194007)、日本学術振興会(JSPS)の科研費(JP18K19237, JP19K12310, JP20H03077, JP22KJ3179, JP22K14943, JP23K11406)、産総研・環境調和型産業技術研究ラボ(E-code)による支援を受けています。また、水循環を軸にサンゴ礁の島々での資源の保全を研究している LINKAGE プロジェクト(総合地球環境学研究所)の一環で行っています。

5. 研究の内容

琉球列島に広く分布する代表的なサンゴの 1 つであるミドリイシ属サンゴを用いてリン酸塩を含む海水の飼育海水量(負荷量:濃度×流量)を変化させて稚サンゴを飼育しました。まず、一定のリン酸塩濃度においてリン酸塩の負荷量の変化が骨格形成に及ぼす影響を調べるために、濃度 2 μM のリン酸塩(リン酸水素二ナトリウム; Na_2HPO_4)を含む 0.5 mL, 2.5 mL, 300 mL の海水で稚サンゴを約 5 か



第3図 海水に Na_2HPO_4 を $2 \mu\text{M}$ 添加して、約5か月飼育したミドリイシ属サンゴ稚ポリブ骨格のSEM像。※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

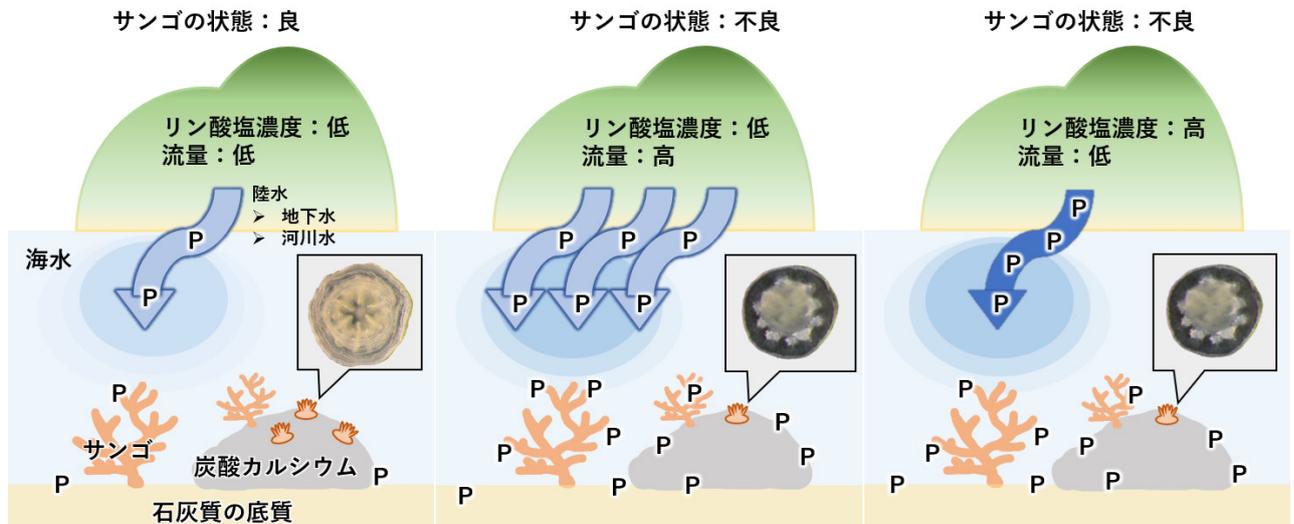
第4図 海水に Na_2HPO_4 を $0.5 \mu\text{M}$ 添加して、約1か月飼育したミドリイシ属サンゴ稚ポリブ骨格のSEM像。※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

月間飼育し、同じ濃度・量の海水と毎日交換しました。洗浄・乾燥後にマイクロ天秤を用いてサンゴの骨格重量を測定し、実体顕微鏡、走査型電子顕微鏡 (SEM) で骨格を観察しました。その結果、リン酸塩濃度が一定であるにもかかわらず、飼育に使用する海水量が増加するにつれて、稚サンゴの骨格形成量が減少することがわかりました (第3図)。

次に、低濃度のリン酸塩濃度の影響を調べるため、濃度 $0.5 \mu\text{M}$, $1.0 \mu\text{M}$, $2 \mu\text{M}$ のリン酸塩 (Na_2HPO_4) を含む 900 mL の海水で稚サンゴを約1か月間飼育し、同じ濃度・量の海水と毎日交換しました。上述の実験と同様の測定・観

察を行った結果、リン酸塩濃度が $0.5 \mu\text{M}$ で飼育した稚サンゴも骨格形成が明らかに阻害されることがわかりました (第4図)。

海水の量が増加するとサンゴの骨格成分であるカルシウムの流入量も増加しますが、リン酸塩の量も増加し、それがサンゴの骨格表面に大量に吸着して骨格形成を阻害します。これまでの多くの飼育実験ではリン酸塩濃度が $5 \mu\text{M}$ 程度から骨格形成に影響が出るという報告が多いですが、これはリン酸塩の負荷量を考慮していないのが原因だと考えられます (第5図)。



第5図 リン酸塩の負荷量の変化がサンゴに及ぼす影響の模式図。リン酸塩が低濃度であっても流量が多ければサンゴの骨格形成を阻害する。※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

6. 今後の予定

今後、陸域から海域へ流出する陸域負荷の対策のために、サンゴに悪影響を及ぼしうるリン酸塩の負荷量の閾値を算出し、琉球大学と共同で進めている地下水の高精度の水循環モデルなども考慮して、陸域・海域両方を視野に入れたサンゴ礁保全策の提言へとつなげていきます。

7. 論文情報

掲載誌：Marine Pollution Bulletin

論文タイトル：Adverse effects of total phosphate load from the environment on the skeletal formation of coral juveniles

著者：Mariko Iijima, Ko Yasumoto, Jun Yasumoto, Akira Iguchi, Mina Yasumoto-Hirose, Kanami Mori-Yasumoto, Nanami Mizusawa, Mitsuru Jimbo, Kazuhiko Sakai, Atsushi Suzuki, Shugo Watabe

DOI：10.1016/j.marpolbul.2024.117395

用語解説

骨格形成

サンゴは炭酸カルシウムの骨格を形成して底質に固着し、生活史を維持している。近年、海洋酸性化やリン酸塩の負荷によって、この骨格形成の阻害が懸念されている。

負荷量

濃度と流量の積で表される。これは、特定の物質が環境中にどれだけ存在するかを示す指標であり、環境負荷の評価に使用される。

陸域負荷

陸域由来の物質でサンゴの生育に悪影響を及ぼすもの。サンゴ礁においては、栄養塩や赤土の流出などが挙げられる。これらの物質は、陸地から河川や雨水を通じて海に流れ込み、サンゴの健康を損なう原因となり得る。

IIJIMA Mariko, YASUMOTO Ko, YASUMOTO Jun, IGUCHI Akira and SUZUKI Atsushi (2025) Adverse effects of total phosphate load from the environment on the skeletal formation of coral juveniles.

(受付：2025年1月24日)

最終氷期(2万年前)以降の日本海水温変化復元に成功 ～ 2万年前の福井沖の年平均水温は 現在のオホーツク海並みの約5℃だった～

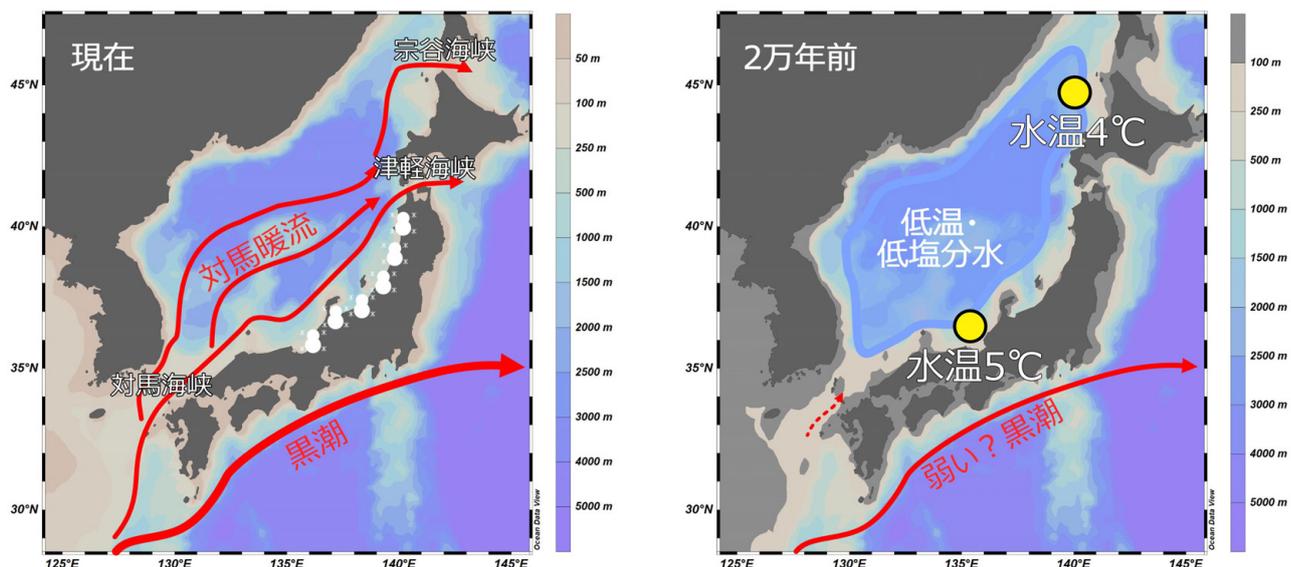
池原 研¹・岡崎 裕典²・小野寺 丈尚太郎³・谷崎 恭平²・西園 史彬²・
江頭 一騎²・友川 明日香²・佐川 拓也⁴・堀川 恵司⁵

※本稿は、2024年12月5日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20241205/pr20241205.html) に加筆し、再編したものです。

1. はじめに

水深の浅い4つの海峡(対馬海峡, 津軽海峡, 宗谷海峡, 間宮海峡)で東シナ海やオホーツク海, 太平洋とつながる日本海は, 100 mを超える第四紀の海水準変動の影響を受けて, その海洋環境を大きく変化させてきました。海水準の高い現在の日本海には, 東シナ海から対馬海峡を通じて暖流である黒潮から分岐した対馬海流(対馬暖流)が流入しています(第1図左)。対馬暖流は日本海に熱と塩分を供給し, 日本列島を暖めるとともに, 冬季には日本海の上空を通過するシベリアからの乾いた季節風に暖かい海面から蒸発した水蒸気を与えて, 日本海側での降雪を引き起こすなど, 日本列島の気候にも重要な役割を果たしています。

一方で, 海面が現在よりも100 m以上低かった最終氷期最盛期(2万年前)には, 日本海に通じる海峡は閉じるか狭く, かつ浅くなり, 対馬暖流が流入できなくなりました。塩分の高い海水が日本海に流入できなくなったため, 日本海の表層には低塩分の水が広がりました(例えば, Oba *et al.*, 1991; 第1図右)。このため, 日本海側は寒冷化し, 降水・降雪量が減少するとともに, 密度の低い低塩分水が日本海の表層にフタをすることで日本海の底層は酸欠となり, 生態系にも大きな影響を与えました。このように, 2万年前の日本海が経験した気候と生態系の激変とその後の回復を理解することは, 日本列島の風土を理解する上で重要です。しかし, 2万年前の日本海の水温が何℃だったのか, という問いには答えられていませんでした。それは, 後述する



第1図 現在(左)と最終氷期最盛期(右)の日本海の状態。右図の黄色の丸が福井沖と留萌沖の海底堆積物コアの採取地点。

1 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

2 九州大学 大学院理学研究院 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744

3 海洋研究開発機構 地球環境部門 〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町 2 番地 15

4 金沢大学 理工研究域地球社会基盤学系 〒920-1192 石川県金沢市角間町

5 富山大学 学術研究部理学系 〒930-8555 富山県富山市五福 3190 番地

キーワード: 珪質鞭毛藻, 北太平洋, 日本海, 表層水温, モダンアナログ法, 最終氷期最盛期, 対馬暖流

ように水温の復元に広く利用されている地球化学的手法による古水温指標が、低塩分の環境ではうまく使えないためでした。この問いに答えるため私たちは、2万年前の堆積物の中にも産出する珪質鞭毛藻の群集組成から水温を推定する方法を確立し、それを日本海の堆積物に適用することで2万年前以降の水温復元に成功しました (Okazaki *et al.*, 2024)。ここでは、その内容についてご紹介します。

2. これまでの日本海の表層水温変化の研究

表層水温の推定には植物プランクトンの石灰質ナノプランクトンのある種が作る有機物であるアルケノンの不飽和度や動物プランクトンの浮遊性有孔虫の殻のマグネシウムとカルシウムの比 (Mg/Ca 比) などが使われます。日本海でもこの2つの方法が水温復元に利用されてきました。アルケノンによる水温復元では、最終氷期最盛期の日本海の表層水温は現在よりも高い値を示しました (Ishiwatari *et al.*, 2001; Fujine *et al.*, 2009; Bae *et al.*, 2014 など)。そしてこの高い復元水温は、最終氷期最盛期の表層水の低い塩分が影響を与えた結果と考えられています。浮遊性有孔虫の Mg/Ca 比による水温復元も、およそ1万年前以降の完新世や海洋酸素同位体ステージ3のうちの3~5万年前については適用されてきました (Horikawa *et al.*, 2019; Sagawa *et al.*, 2023) が、低塩分水が広がった最終氷期最盛期については、通常使われる Mg/Ca 比と水温の関係式を適用することが困難なため、水温復元ができていませんでした。また、プランクトンの群集組成から水温を推定する方法もあります。石灰質の殻を持つ浮遊性有孔虫の *Neogloboquadrina pachyderma* には右巻きの殻を持つ個体と左巻きの殻を持つ個体があります。そして、全体に対する左巻き個体の割合は表層水温と相関関係があると言われています (Kitazato, 1978)。この種は最終氷期最盛期の日本海の堆積物からも産します。そこで大場・谷村 (2012) は、Kitazato (1978) に示されたこの左巻き個体の割合と現在の5月の表層水温との間の関係式を求め、最終氷期最盛期に産するこの種の左巻き個体の割合から、3~6℃という表層水温を推定しました。しかし、この水温復元は表層堆積物のデータセットの制約から2~8℃の範囲でしか使えないという問題点がありました。また、現在の日本海では低温で溶存酸素に富む日本海固有水という水塊が深層を覆うため、深海域では石灰質微化石が溶けてしまいます (Oba *et al.*, 1991)。このため、この方法で最終氷期最盛期から完新世までをカバーする水温復元はできていませんでした。珪質の殻を持つ珪藻や放散虫、珪質鞭毛藻の遺骸は

最終氷期から完新世の堆積物に含まれていますので、これらの微化石を用いた水温復元は可能ですが、これまでこれらの微化石の群集組成から定量的な水温復元はされたことがありませんでした。

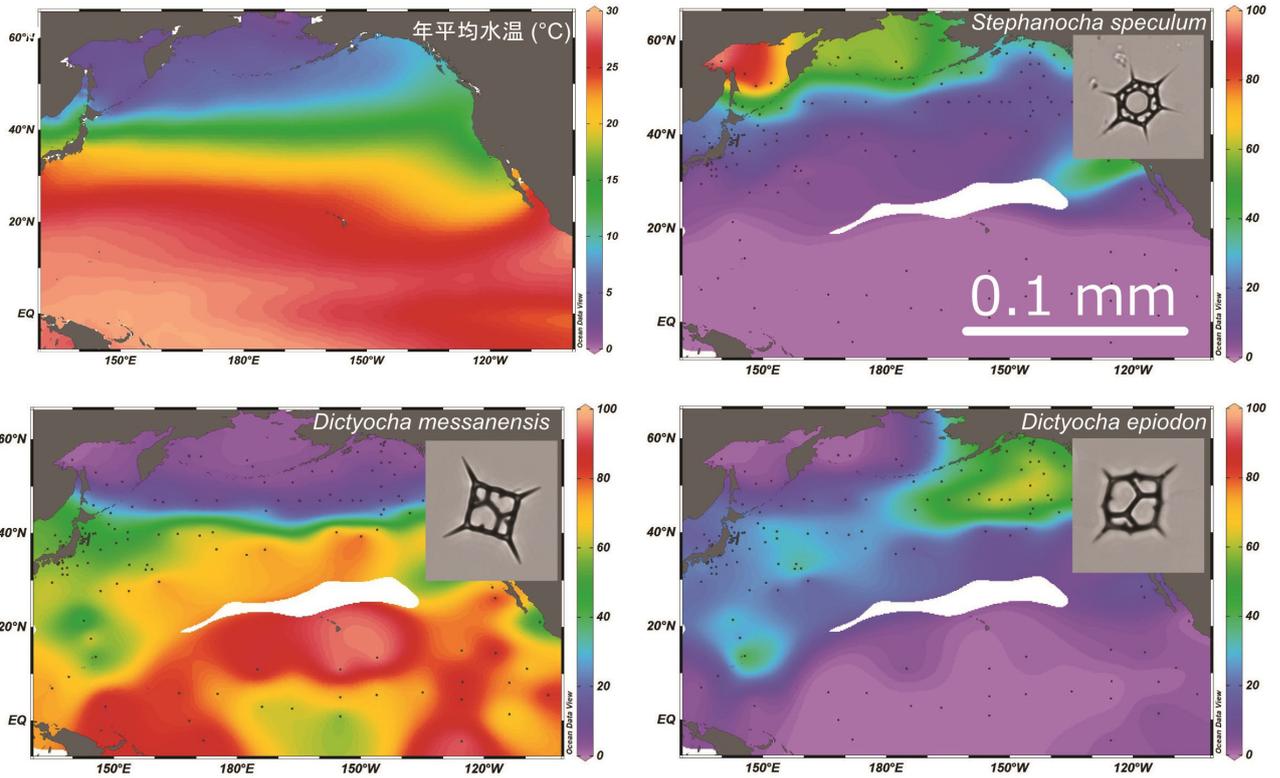
3. 珪質鞭毛藻とその群集組成を用いた水温復元

そこで私たちは、珪質鞭毛藻という海洋表層に生息する植物プランクトンに着目しました。珪質鞭毛藻が作る0.05 mmほどの大きさのガラス質の骨格は、海底堆積物中に残されます。また、その形状は、属・種によって異なります。属のレベルで大雑把な水温との関係は指摘されていました (例えば、Mandra, 1969; 市川, 1970) が、群集組成と表層水温との関係式は確立されていませんでした。今回、先行研究の結果 (Poelchau, 1976) も含めて、北太平洋全域 (赤道付近から北緯60°付近まで) から採取された195試料の海底表層堆積物試料中の珪質鞭毛藻の群集組成を調べたところ、種ごとに水温に対応した明瞭な地理分布をしていることがわかりました (第2図)。そこで、海底表層堆積物試料の採取地点それぞれにおける海表面の年平均水温と珪質鞭毛藻の群集組成の関係 (表層データセット) を作成しました。そして、花粉群集組成から過去の気温変化を復元する手法 (Nakagawa *et al.*, 2002) をこの表層データセットに適用することで、過去の表層水温を推定することができるようになりました。

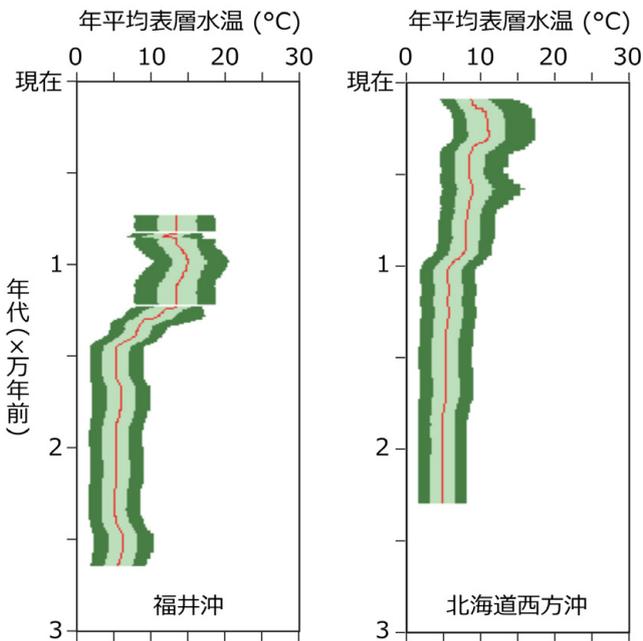
4. 過去2万年間の日本海の表層水温変化

日本海最終氷期最盛期からの表層水温変化を復元するために私たちは、北海道留萌沖と福井沖から採取された海底堆積物コアを用いました (採取地点は、第1図右)。堆積年代の推定は、留萌沖のコアについては19個の浮遊性有孔虫の放射性炭素年代値 (Itaki and Ikehara, 2003) から、福井沖のコアについては22個の浮遊性有孔虫の放射性炭素年代値と噴出年代がわかっている火山灰層の年代 (Sagawa *et al.*, 2023) から求めました。そして、留萌沖のコアについてはおよそ120年前~2万5千年前まで、福井沖のコアについてはおよそ8千年前~2万9千年前までについて、コア試料中の珪質鞭毛藻群集の時系列変化を調べました。その結果、復元された留萌沖と福井沖の2万年前の年平均水温が、それぞれ約4℃と約5℃であったことがわかりました (第3図)。これは、現在のオホーツク海並の水温に相当します。福井県三方湖の堆積物中の花粉群集から復元された最終氷期最盛期の気温は3℃ (中川ほか、

2万年前以降の日本海の水溫変化復元



第2図 現在の北太平洋表層水の年平均水溫 (左上) と北太平洋で産出する主要な珪質鞭毛藻の種の全体に占める産出頻度の分布 (右上, 左下, 右下: 暖色系で産出頻度が高く, 寒色系で低い) (Okazaki et al. (2024) の Fig. 5 を元に作成).



第3図 福井沖 (左) と北海道留萌沖 (右) における最終氷期最盛期からの表層水の年平均水溫の復元結果 (Okazaki et al. (2024) の Fig. 7 を元に作成).

2002) ですので, 今回得られた水溫は妥当と言えます. また, 2万年前の日本海の北部には季節海氷が発達していたことが報告されていました (Ikehara, 2003) が, 今回の結果はそれを水溫から支持します. Ikehara (2003) は, 季節海氷が最終氷期最盛期には時には男鹿半島付近まで南下したとしましたが, 現在のオホーツク海並の水溫が福井沖まで張り出していたことから, Ikehara (2003) が推定したよりも南まで季節海氷が南下した可能性があるかもしれません.

また, 最終氷期最盛期後の海水準上昇に伴う日本海への暖流の流入時期にも新しい発見がありました. これまで, 日本海への対馬暖流の流入開始は1万年前~8千年前とされてきました (例えば, Koizumi, 1989; 中川ほか, 2002; Itaki et al., 2004). しかし, 今回復元された表層水溫変化は, 福井沖では1万4千年前, 留萌沖では1万年前くらいから水溫が上昇し始めた (第3図) ことを示します. 約1万4千年前の福井沖での水溫上昇は, 従来考えられていたよりも早い時期になりますが, 珪藻や放散虫といった他のプランクトン群集でも暖流の要素がこの時期から認められるようになります (例えば, Koizumi et al., 2006; Itaki et al., 2007) ので, この時期に暖流が日本海に入り始めたこ

とを示唆します。また、福井沖と留萌沖で水温上昇の時期が数千年違うことは、その時間をかけて、暖流の及ぶ範囲が徐々に北上したことを示しています。

5. おわりに

今回私たちは、珪質鞭毛藻という海洋表層に生息する植物プランクトンの遺骸を用いて表層水の年平均水温を復元する方法を確立しました。今回の方法は、北太平洋の広い範囲に適用できます。また、表層データセットでわかるように珪質鞭毛藻はさまざまな海域の堆積物に含まれますので、今後、広い海域で珪質鞭毛藻群集を使った水温復元が行われることが期待できます。日本海においても、対馬暖流の流路に沿った海域で採取された海底堆積物コア試料について分析を進めることで、水温分布や対馬暖流の時空間変化をより詳しく捉えることが可能になると考えられます。これらと、陸上の古気候記録や縄文時代以降の人間活動の記録を比較することによって、日本海の海洋環境の変化が日本列島の自然や人間の暮らしとどのように関係してきたかが明らかになることが期待されます。

文 献

- Bae, S. W., Lee, K. E., Park, Y., Kimoto, K., Ikehara, K. and Harada, N. (2014) Sea surface temperature and salinity changes near the Soya Strait during the last 19 ka. *Quaternary International*, **344**, 200–210.
- Fujine, K., Tada, R. and Yamamoto, M. (2009) Paleotemperature response to monsoon activity in the Japan Sea during the last 160 kyr. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **280**, 350–360.
- Horikawa, K., Kodaira, T., Ikehara, K., Murayama, M. and Zhang, J. (2019) Millennial-scale fluctuations in water volume transported by the Tsushima Warm Current in the Japan Sea during the Holocene. *Global and Planetary Change*, **183**, 103028.
- 市川 渡 (1970) わが国における珪質鞭毛虫類およびエブリア類の層位学的研究の現状. 地学雑誌, **79**, 80–87.
- Ikehara, K. (2003) Late Quaternary seasonal sea-ice history of the northeastern Japan Sea. *Journal of Oceanography*, **59**, 585–593.
- Ishiwatari, R., Houtatsu, M. and Okada, H. (2001) Alkenone-sea surface temperatures in the Japan Sea over the past 36 kyr: warm temperatures at the last glacial maximum. *Organic Geochemistry*, **32**, 57–67.
- Itaki, T. and Ikehara, K. (2003) Radiolarian biozonation for the upper Quaternary in the Japan Sea. *The Journal of the Geological Society of Japan*, **109**, 96–105.
- Itaki, T., Ikehara, K., Motoyama, I. and Hasegawa, S. (2004) Abrupt ventilation changes in the Japan Sea over the last 30 ky: evidence from deep-dwelling radiolarians. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **208**, 263–278.
- Itaki, T., Komatsu, N. and Motoyama, I. (2007) Orbital- and millennial-scale changes of radiolarian assemblages during the last 220 kyrs in the Japan Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **247**, 115–130.
- Kitazato, H. (1978) Distribution of the *Globigerina pachyderma* (Ehrenberg) in the Kuril and Japan Basins, and the fluctuation of coiling direction of *G. pachyderma* in the Core P109. *Geological Survey of Japan Cruise Report*, no. 11, 56–59.
- Koizumi, I. (1989) Holocene pulses of diatom growths in the warm Tsushima Current in the Japan Sea. *Diatom Research*, **4**, 55–68.
- Koizumi, I., Tada, R., Narita, H., Irino, T., Aramaki, T., Oba, T. and Yamamoto, H. (2006) Paleooceanographic history around the Tsugaru Strait between the Japan Sea and the Northwest Pacific Ocean since 30 cal kyr BP. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **232**, 36–52.
- Mandra, Y. T. (1969) Silicoflagellates: A new tool for the study of Antarctic Tertiary climates. *Antarctic Journal of United States*, **4**, 172–174.
- Nakagawa, T., Tarasov, P. E., Nishida, K., Gotanda, K. and Yasuda, Y. (2002) Quantitative pollen-based climate reconstruction in central Japan: application to surface and Late Quaternary spectra. *Quaternary Science Reviews*, **21**, 2099–2113.
- 中川 毅・Tarasov, P. E.・西田 詩・安田喜憲 (2002) 日本海沿岸、北陸地方における最終氷期一完新世変動に伴う気温と季節性の変動の復元. 地学雑誌, **111**, 900–911.
- 大場忠道・谷村好洋 (2012) 最終氷期最盛期前後の日本海の表層環境. 地質学雑誌, **118**, 376–386.

- Oba, T., Kato, M., Kitazato, H., Koizumi, I., Omura, A., Sakai, T. and Takayama, T. (1991) Paleoenvironmental changes in the Japan Sea during the last 85,000 years. *Paleoceanography*, **6**, 499–518.
- Okazaki, Y., Onodera, J., Tanizaki, K., Nishizono, F., Egashira, K., Tomokawa, A., Sagawa, T., Horikawa, K. and Ikehara, K. (2024) Silicoflagellate assemblages in the North Pacific surface sediments: an application of the modern analog method to reconstruct the glacial sea surface temperature in the Japan Sea. *Progress in Earth and Planetary Science*, **11**, 62.
- Poelchau, H. S. (1976) Distribution of Holocene silicoflagellates in North Pacific sediments. *Micropaleontology*, **22**, 164–193.
- Sagawa, T., Hasegawa, T., Narita, Y., Yokoyama, M., Kubota, Y., Okazaki, Y., Goto, A. S., Suzuki, Y., Ikehara, K. and Nakagawa, T. (2023) Millennial-scale paleotemperature change in the Japan Sea during Marine Isotope Stage 3: impact of meridional oscillation of the subpolar front. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **626**, 111713.
-
- IKEHARA Ken, OKAZAKI Yusuke, ONODERA Jonaotaro, TANIZAKI Kyohei, NISHIZONO Fumiaki, EGASHIRA Kazuki, TOMOKAWA Asuka, SAGAWA Takuya and HORIKAWA Keiji (2025) Sea surface temperature change in the Japan Sea since the last glacial maximum.
-

(受付：2025年1月31日)

表層土壌評価基本図～中国地方～の刊行

原 淳子¹・土田 恭平¹・川辺 能成²※本稿は、2024年12月13日に行ったプレス発表（https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20241213/pr20241213.html）に加筆し、再編したものです。

1. はじめに

国立研究開発法人産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門地圏環境リスク研究グループ原 淳子研究グループ長、土田恭平研究員、早稲田大学川辺能成教授（元研究グループ長）は、中国地方の表層土壌調査の地球化学情報およびそれらの自然由来バックグラウンド情報を基に人体リスク評価データを見える化した表層土壌評価基本図～中国地方～（以下「評価基本図」という）を刊行しました（原ほか、2024）。

わが国は造山運動が活発で、地質構造が複雑です。多くの断層や活火山が存在し、堆積岩や火成岩、深成岩が混在し、変成作用や熱水変質作用を受けた岩相や海成堆積物が陸域に点在しています。そのため、環境基準を超える地質由来の重金属類が賦存する地域が複雑に分布しており、災害やインフラ工事等に伴って発生する災害土砂・建設残土中に有害物質が含まれる地域では、土壌粒子の暴露や有害物質溶出によるリスクが懸念されます。このような背景から、有害元素の土壌バックグラウンド情報を得ておくことの必要性が高まり、広域的な表層土壌の基盤情報を取得することが急務となっています。

このような背景から、現在整備している評価基本図は、土壌と表層地質条件との相関を得やすくなる整備手法に変更し、地方ごとの広範囲を網羅する調査を推進しています。今回刊行した中国地方の評価基本図は、2021年に出版した四国地方（原ほか、2021；Hara and Kawabe, 2023）、2023年の九州・沖縄地方（原・川辺、2023）に続く3地域目の出版となります。

2. 中国地方の地質と鉱床

中国地方の基盤地質はととても古く、先カンブリア紀に形成された古い大陸地殻から白亜紀にかけての付加体と変成岩類の分布が顕著な地質体が分布し、その後の火成活動や貫入岩によって形成された鉱床が多数賦存してい

ます。それらの鉱床は、地帯構造形成に関連して形成された古生代～中生代ジュラ紀の先白亜系とその後の火成活動に伴って形成された中生代白亜紀～新生代のものに大きく二分されます。現在は、非金属鉱床の採掘が行われるのみですが、かつては多数の金属鉱床で採掘が行われてきた歴史があります。かつて稼働した鉱山は、現在約1000か所が休廃止鉱山（金属（67%）、非金属（26%））として存在しており、それに起因する鉱害防止対策が行われてきた歴史も古い地域です。休廃止鉱山の1割ほどは定期的な監督をする必要があると報告されており（中国四国鉱山保管監督部、2000）、過去には銅、ヒ素、カドミウムなどが鉱山活動により農用地などを汚染した履歴もあり、ヒ素に関しては人的被害が報告されています。

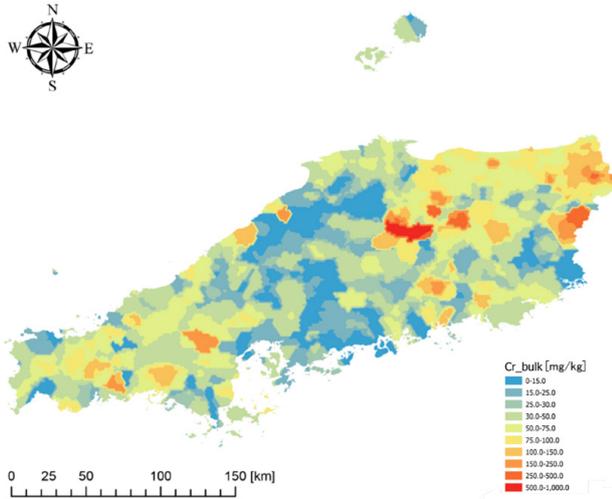
3. 土壌中の自然由来重金属類とヒト健康リスク評価

中国地方に分布する表層土壌中の重金属類の含有量分布は、母材である付加体堆積物もしくはその後の鉱床活動で集積した地域に高濃度濃集する傾向にあります。クロム・ニッケルの分布は、地質的に蓮華帯および周防帯の変成岩、オフィオライト中の蛇紋岩化した超苦鉄質岩に限られるため、これらの岩石が分布する岡山/広島/鳥取県境に集中しました（第1図、第2図）。しかし、この高含有量土壌の分布域が山間部であり、土壌の水溶出値は環境基準を大きく下回っており、インフラ工事等の開発で土地利用改変がなければ現在はヒトへの暴露リスクは懸念されることが明らかとなりました。また、この地域以外の含有量平均値は、四国や九州地域に比べて小さいのが特徴で、高濃度分布域が局所的であることから、事前に知ることでの事前の対策や自然共生が可能になります。一方、海成石灰岩を母材とする灰色低地土壌では、高濃度のクロム、カドミウムを溶出するサイトが検出されましたが、含有量が低いことから、これらの地域では井戸水や農業用水の使用を控えれば人への暴露リスクが低減できる評価結果が得られました。このように、移行性の高い有害元素は河川下流域で溶

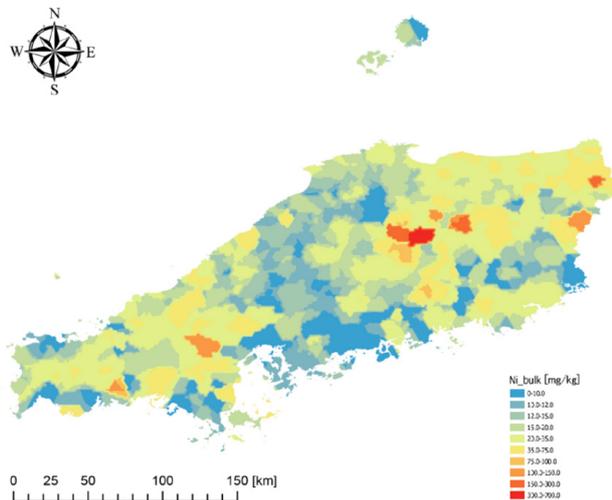
1 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

2 早稲田大学 創造理工学部（元産総研）〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51号館

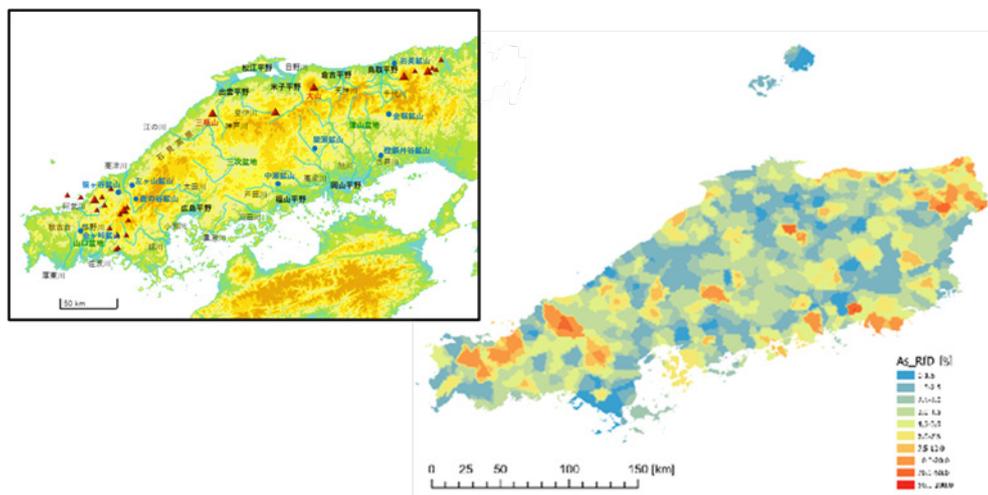
キーワード：自然由来重金属類、バックグラウンド、地球科学、土壌汚染、リスク評価



第1図 中国地方における土壌中クロム含有量分布図(原ほか(2024)より引用).



第2図 中国地方における土壌中ニッケル含有量分布図(原ほか(2024)より引用).



第3図 中国地方における主要ヒ素鉱山分布とヒ素に関する地球化学情報とヒト暴露リスク評価図(原ほか(2024)より引用).

出量のみが高い値を示す傾向にありました. 特に、ヒ素に関しては、溶出量の高い地域の上流に休廃止鉱山が位置している分布関係にあり、含有量および溶出量が共に超過した山間部のサイトに関しては、近隣が開発されている状況であることから、今後のインフラ工事に際しては環境対策が求められる地域であることが明らかになりました(第3図).

ここでは、土壌汚染対策法で定められる主要成分の特徴を紹介しました. 評価基本図では、土壌中重金属類のうち、有害性を有する12成分(Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Sb, Pb, U)に関するリスク評価を行っています. 重金属類の人体への暴露経路は、大気中に塵や埃として飛散した土壌の胃および肺からの摂取、間隙水中に溶け出した成分を生体濃縮した農作物の摂取、地下水(井戸水)の摂取、また揮発性のあるものに関しては皮膚からの吸収を仮定し、計算しています. 表層土壌中重金属類の土壌からの水への溶出量、また体内への吸収量は、土壌種、その化学特性によって異なるため、評価基本図では、これらの特性を各重金属類に対する化学分析より取得して算出しています. リスク評価の段階では、土壌の摂取量、井戸水の消費量、農作物の摂取量のみならず、生活様式によって、大きくリスク値は変化しますが、今回算出したリスク値は、平均的な生活様式の中で井戸水を生活飲料水として用い、現地で採れた農作物を摂取した場合のリスク評価になります.

個々に示したリスク評価図は人体への健康リスク計算結果を基にポイント間のリスク分布は空間解析で予測値を求め、分布図として示していますが、コンター図とは別に、土壌区分・表層地質・主要河川の分水界に基づくエリア情報として個別濃度情報を提供しています. 見える化したコン

ター図は、地点間を補間していますが、懸念地域を閲覧する際には個別情報を閲覧することで、大まかな地質分類、河川流域、土壌種が同じ領域を参照することができます。

4. まとめ

我が国のように地質構造の複雑な表層地質を母材として形成される土壌は、さらに河川による運搬作用や気象条件の影響を受けて、現在のような特性を有しています。そのため、土壌に関する詳細データや空間的な対象元素のバックグラウンド濃度分布、人体への健康リスク情報は、汚染が発覚した際の汚染浄化や各種インフラ整備時の環境対策を講じるために活用できる情報です。また、災害やインフラ工事等に伴って発生する災害土砂・建設残土中に有害物質が含まれる場合は、土壌粒子の暴露や有害物質溶出によるリスクが懸念されるため、事前に有害元素の土壌バックグラウンド情報を得ておくことが重要です。

文 献

中国四国鉱山保安監督部 (2000) 鉱山保安法施行 50 周年記念誌 中国地方鉱山保安 50 年のあゆみ. 340p.

Hara, J. and Kawabe, Y. (2023) Geochemical characteristics and risk assessment of minor elements in subsurface soils of abandoned mine-rich Shikoku region, Japan. *Journal of Soils and Sediments*, 23, 718–730. doi:10.1007/s11368-022-03369-8

原 淳子・川辺能成 (2023) 表層土壌評価基本図～九州・沖縄地域～. 地質調査総合センター, 129p. https://www.gsj.jp/Map/JP/soils_assessment.html (閲覧日: 2025 年 2 月 4 日)

原 淳子・川辺能成・坂本靖英・張 銘 (2021) 表層土壌評価基本図～四国地域～. 地質調査総合センター, 125p. https://www.gsj.jp/Map/JP/soils_assessment.html (閲覧日: 2025 年 2 月 4 日)

原 淳子・川辺能成・土田恭平 (2024) 表層土壌評価基本図～中国地方～. 地質調査総合センター, 112p. https://www.gsj.jp/Map/JP/soils_assessment.html (閲覧日: 2025 年 2 月 4 日)

HARA Junko, TSUCHIDA Kyohei and KAWABE Yoshishige (2025) Publication of geochemical and risk assessment map of subsurface soils of Chugoku region.

(受付: 2025 年 2 月 4 日)

干支コレクションアワード「巳」2位獲得！

藤原 智晴・清水 裕子（産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター）

地質標本館は、インターネットミュージアム(以下アイエムという)が主催する「ミュージアム干支コレクションアワード 2025 巳」に挑戦し、おかげさまで2位を獲得しました！

2024年11月下旬にアイエム(運営:丹青社グループ)より2025年の干支が入っている館藏品で人気投票を開催する旨の連絡がありました。投票期間は、2024年12月11日～2025年1月24日でした。この企画は毎年行われているものですが、地質標本館からはエントリーしたことがありませんでした。同様の企画で、ミュージアムキャラクターアワードには「杏桃ちゃんと騎士くん」で過去に2度エントリーしていて、6位入賞の実績があるので、今回はこれより上の順位を狙いました。

地質標本館で「へび」が入った展示物と言ったら…ありました！アンモナイト階段の下でひっそりと、とぐろ？を巻いて怪しい深緑色に輝いている「蛇紋岩」(写真1)です！これでエントリーしましょう！ということになり、早速エントリー用の写真を撮影してみたのですが、深い緑でガラス光沢の石はなかなか手ごわい。そこで、宣伝コピーでそのあたりをフォローします。

「作者：マントル 年代：ジュラ紀(1億5千万年以上前) 沈み込んだプレートから絞り出された水が、マントルに浸透してできた岩石です。日本列島が未だない大陸の時代に、地下深部から岩盤を貫いて上がってきました。現在は関東山地の北部に分布しています(採取地：埼玉県寄居町釜伏山)。深い緑の蛇のような模様が特徴で、なめらかな肌ツヤが素敵です(写真2)。地質標本館が所蔵する多くの岩石・鉱物・化石の中でも、とりわけ多くの来館者を魅了

する貴重な標本の一つです。」

なかなかキャッチーで、実物の質感もフォローしたコピーも出来上がり、いよいよエントリーです。主な参加者は全国の博物館や美術館なので、これは異彩を放つだろうと思っていたのですが、いざ始めてみるとエントリーされた57点の中に蛇紋岩は当館を含め3点ありました。これはちょっと想定外でしたが、他の蛇紋岩に負けるわけにはいきません。

投票開始初日に地質標本館公式Xにも投稿、展示においても映像室前の目立つところに標本を移動し、スポットライトを当てると標本は輝きを増します。スタートダッシュは上々でした。投票期間中は、空き時間を見つけて標本の前に立ち、来館者に蛇紋岩の説明を行います。来館者の皆様も好意的で、人気投票が行われていることを伝えるとその場で投票してくれます。途中経過は常に上位(3位から5位)をキープしていて、2位にも届きそうなところで最終週を迎えました。上位入賞を目指して来館者への応援のお願いにも熱が入ります。

結果は、2,570票を頂き、おかげさまで2位でした！グランプリに輝いたのは、教科書でもおなじみの「国宝《金印「漢委奴国王」》(福岡市博物館)2,818票(持ち手が蛇だそうです。))で、これにせまる快挙となりました。現在(2025年7月7日)は、地質標本館入口(風除室)に凱旋展示していますので、ご来館の際にはぜひご鑑賞ください。

最後になりますが、投票いただいた皆様、応援メッセージを頂いた皆様、企画にご協力いただいた皆様ありがとうございました。



写真1 クリスマスのころの展示の様子。



写真2 エントリーした蛇紋岩(GSJ R81796)。条線がたまりません。

地質情報展 2025 くまもと

火の国・水の国!

大地のふしぎ

2025 **9/13~15** 祝

楽しく地球を学べる3日間!

時間

13日 13:00~17:00

14日 9:30~17:00

15日 9:30~16:00

※最終入場は終了時刻の30分前

入場無料



Webをチェック→

会場

熊本城ホール(1階 展示ホールA)

市電:辛島町電停より徒歩2分 近隣に駐車場(有料)あり

展示

熊本の地質や地下水・資源、地震・活断層・火山・斜面災害などのパネルと解説

実験・体験



化石レプリカづくり



石割り体験



火山噴火実験 ほか

ミニ講演会

9/13(土)・14(日)

研究者による
熊本城、火山、活断層、地下水のお話
1階 展示ホールA 14:00~16:00 事前申込不要

日本地質学会
市民講演会

9/15(祝)

九州の恐竜のお話
3階 大会議室A1 14:00~16:00 事前申込不要

お問い合わせ
事務局

TEL : 029-861-3540 (平日昼のみ)
Email : M-johoten2025-ml@aist.go.jp
URL : <https://www.gsj.jp/event/johoten/>

国立研究開発法人産業技術総合研究所
主催: 地質調査総合センター・九州センター、
一般社団法人
日本地質学会

共催: 阿蘇ジオパーク推進協議会

後援: 熊本県、熊本市、熊本市教育委員会、日本ジオパークネットワーク、
一般社団法人
九州地質調査業協会、日本応用地質学会九州支部、熊本日日新聞社

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 中島 礼
副委員長 戸崎 裕貴
委員 竹原 孝
天谷 宇志
草野 有紀
宇都宮 正志
山岡 香子
大滝 壽樹

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地質情報基盤センター 出版室
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ 地質ニュース 第 14 巻 第 8 号
令和 7 年 8 月 1 日 発行

**国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター**

〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1
中央事業所 7 群

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : NAKASHIMA Rei
Deputy Chief Editor : TOSAKI Yuki
Editors : TAKEHARA Takashi
AMAGAI Takashi
KUSANO Yuki
UTSUNOMIYA Masayuki
YAMAOKA Kyoko
OHTAKI Toshiki

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ Chishitsu News Vol. 14 No. 8
August 1, 2025

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567 Japan

伊豆半島東岸から望む相模トラフ地震によって隆起した中期更新世溶岩の島, 初島 [cover photo](#)



伊豆半島東方沖, 相模灘に浮かぶ初島^{はつしま}は火山島ではない。その基盤は、伊豆弧を形成する 0.6~0.7 Ma に海底に噴出した無斑晶質の安山岩質玄武岩溶岩と 0.3 Ma 以降に噴出したカンラン石玄武岩溶岩の 2 種類の岩石からなる。島には 3 面の海成段丘が認められており、北西方向に緩く傾斜している。最も高い面の標高は約 50 m に達し、三浦半島の小原台面 (MIS 5.3 ; 約 9 万年間) に対比されている。最新の相模トラフ地震である 1923 年関東地震の際には、島全体が 1.8~2.0 m 隆起したことが知られている。

(写真・文:七山 太 産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター /ふじのくに地球環境史ミュージアム)

Hatsushima Island, as a Middle Pleistocene lava island uplifted by the Sagami Trough earthquakes, seen from the east coast of the Izu Peninsula, central Japan.
Photo and caption by NANAYAMA Futoshi