



# 第25回

## 日本地質学会四国支部総会・講演会 プログラム・講演要旨集



2025年12月13日（土）

会場：香川大学創造工学部総合研究棟2階 6201 教室

日本地質学会四国支部

Shikoku Branch, The Geological Society of Japan

後援：香川大学創造工学部

## 【第 25 回日本地質学会四国支部講演会・総会】

### ＜講演会＞

日時：2025 年 12 月 13 日（土） 13:00–16:50

場所：香川大学創造工学部 2 階 6201 教室

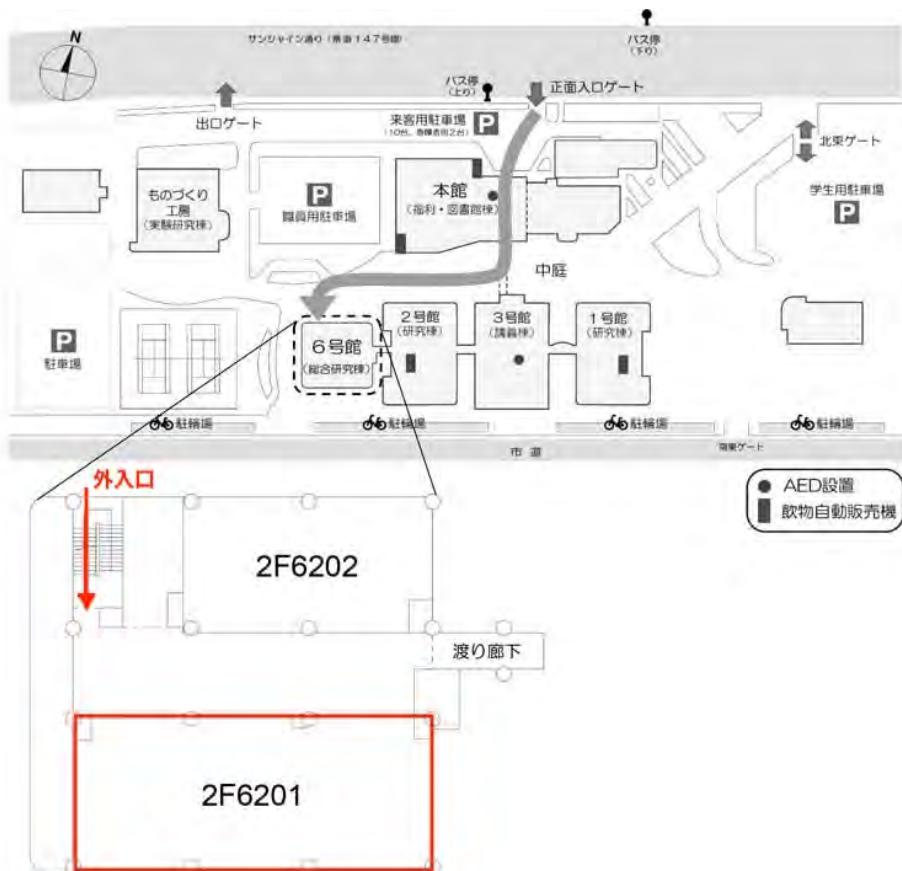
### ＜総会＞

日時：2025 年 12 月 13 日（土） 17:00–17:30（講演会終了後）

場所：講演会終了後に同会場で行います。

■ 地質学会会員の方はなるべくご参加下さい。

\*懇親会は実施しません。



香川大学林町キャンパス（〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20）のアクセスは、香川大学創造工学部 HP「林町キャンパスへのアクセス」をご覧ください。

<https://www.kagawa-u.ac.jp/20733/>

6 号館北西角にある出入口から階段で 2 階にお上がりください。車椅子等の方は 2 号館西側出入口（正午から開錠予定）で入り、エレベーターで 2 階に上がりください。渡り廊下で 6 号館と繋がっています。

※ 車で来られる方は、正面入口ゲート（正午から開放予定）から入構ください。  
来客用駐車場もしくはテニスコート西側の駐車場にお止め下さい。

# 講演会・総会プログラム

- 
- 13:00–13:10 開会挨拶（寺林支部長） 司会：安間 了
- 13:10–13:55 基調講演・一般講演 口頭発表（第一部：4件） 座長：安間 了
- O-1 13:10–13:35 濑戸内海沿岸域における津波堆積物の探索（基調講演）  
寺林 優
- O-2 13:35–13:50 阿蘇火碎流台地に分布するテフラ層にみられるノンテクトニック構造  
西山賢一・山崎新太郎・星住英夫・川畠大作・横田修一郎
- O-3 13:50–14:05 機械学習で土星衛星タイタンの地質図を描く試み\*  
五郎丸薰平・長谷川精
- O-4 14:05–14:20 Advanced Tephrochronology Using Fractional Crystallization Process - A Case Study of Ozu Paleo Natural Dam, Western Shikoku, Japan-\*  
Muhamad Raihan, Masayuki Sakakibara, Michiharu Ikeda, Chisato Nakamura, Tomohiro Nagata
- 14:20–15:50 ポスターセッション・コアタイム
- 15:50–16:50 一般講演 口頭発表（第二部：4件） 座長：福地 里菜
- O-5 15:50–16:05 愛媛県東部中央構造線・剪断帯に伴うリスウェナイトの形成過程\*  
高垣光・白勢洋平
- O-6 16:05–16:20 Miocene Liquefaction Structures in Kuma Group Conglomerates, Western Shikoku \*  
Ahmad Fitra Alkautsar, Masayuki Sakakibara, Michiharu Ikeda, Kazunari Kimura
- O-7 16:20–16:35 ラマン分光分析を用いた、四国東部四万十付加体における安芸構造線周辺の被熱温度の調査\*  
舟橋 竜之介・藤内智士・伊藤元雄・村山雅史
- O-8 16:35–16:50 粉体アナログ実験から考えるプレート収束帯境界断層の伝播経路\*  
天野永遠・阿部彪彩・藤内智士
- 16:50–17:00 10分間休憩
- 17:00–17:30 総会 司会：安間 了

## ポスター講演

- 
- P-1 愛媛県四国西予ジオパーク内秩父累帯南帯における三畳系/ジュラ系 (T/J) 境界層の放散虫生層序及び岩相変化と Os 同位体層序比較\*  
山林 時也・堀 利栄・村井 亮太・黒田 潤一郎
- P-2 北部北上帯門地域大鳥ユニットから産出したジュラ紀中世前期の放散虫化石の群集組成解析と **Yamatoum** 属の検討\*  
原 康太・堀 利栄・武藤 俊・大関仁智
- P-3 白亜紀アンモナイト **Damesites** の化石群集解析から示唆される性的二型の可能性\*  
日山義弥・岡本 隆
- P-4 愛媛県松山市道後姫塚の和泉層群黒滝層から産出する Campanian の板鰓類化石相\*  
豊 大翔・鍔本武久・堀 利栄
- P-5 モンゴル湖成層の AI パリノファシス分析から解明する白亜紀 OAE1a 期のアジア中緯度域の陸域植生変動\*  
川邊美帆子・長谷川精・見邨和英・板木拓也・宮川歩夢・Heimhofer U.・Ichinnorov N.・長谷川卓・小坂由紀子・山田圭太郎
- P-6 中部更新統金剛地層の甲殻類巣穴化石に含まれる糞粒化石の生痕学\*  
瀬戸口聰美・奈良正和
- P-7 鳥類の腕における筋系の比較解剖：飛行スタイルと筋骨格系との関係について\*  
新田樹生・鍔本武久・対比地孝亘・小林直人・水川葉月
- P-8 愛媛県西部、頃時鼻超苦鉄質岩体に伴うロジン岩\*  
岩谷翔馬・延寿里美
- P-9 検層解析による沖縄トラフ海底熱水鉱床の岩相区分\*  
浅野真太郎・濱田洋平
- P-10 乾燥砂層を用いた複数既存面のモードⅢ変位に伴う変形の観察\*  
阿部彪彩・天野永遠・藤内智士

- 
- ・学生による優秀な口頭発表・ポスター発表には「優秀講演賞」・「優秀ポスター賞」を授与します。今回は、賞の決定は後日おこないます。
  - ・講演題目の最後に「\*」が付いている発表は、学生による発表（賞の対象）です。

## 阿蘇火碎流台地に分布するテフラ層にみられる

## ノンテクトニック構造

西山賢一（徳島大）・山崎新太郎（京都大）・星住英夫・  
川畠大作（産総研）・横田修一郎（島根大）

Non-tectonic structures in tephra layers on the Aso pyroclastic  
flow plateau

Ken-ichi NISHIYAMA (Tokushima Univ.) , Shintaro  
YAMASAKI (Kyoto Univ.) , Hideo HOSHIZUMI, Daisaku  
KAWABATA (AIST) and Shuichiro YOKOTA (Shimane Univ.)

近年、テクトニックな運動以外の要因で形成された非構造性の断層=ノンテクトニック断層の識別と、その成因に関する検討が進められつつある（横田ほか、2015）。そのうち、主に重力を主因として形成されるノンテクトニック断層は、テフラ層などの第四系においてよく観察されている。今回筆者らは、阿蘇カルデラ東方の火碎流台地側部ののり面において、テフラ群を切断する小断層群とそれに伴う土塊のドミノ倒し状の回転構造を見出したので、以下に報告する。

阿蘇カルデラ縁の東方約 10 km の大分県竹田市久住町三本松周辺では、約 9 万年前に噴出した阿蘇 4 火碎流堆積物が厚く堆積し、河川による下刻をうけて平坦な火碎流台地となっている。台地の上面は、阿蘇 4 噴火以降の降下テフラ層と火山灰土壌層が 10~20 m 程度累重している。観察される主なテフラ層は、上位から山崎第 15 スコリア (YmS15)、AT 火山灰、草千里ヶ浜降下軽石 (Kpfa)、阿蘇中央火口丘第 4 軽石 (ACP4)、飯田火碎流堆積物である。これらのテフラ層は風化が進行し、特に軽石層は粘土化している場合が多い。このうち、Kpfa と ACP4 は厚さが 20cm 程度あり、明瞭な鍵層をなす。

露頭は作業用道路ののり面であり、高さ 5m 弱、道路に沿った延長方向は 20m 以上ある。露頭には、横方向で 1~5m 程度の間隔をおいて、傾斜 70 度を超える高角な小断層群が 15 本ほど確認できる。断層面はおおむね高角だが、一部では湾曲ないし分岐しており、V 字状または Y 字状をなす部分も認められる。これらの小断層群によって、ACP4 ならびに Kpfa と土層が切

断されており、切斷の上端は AT より上位にある YmS15 のさらに上位にまで達している。高角の小断層によってブロック化した土塊は、いずれも全体として露頭右側（谷側）に向かって傾斜しており、見かけ上、谷側へ転倒傾斜したトップリング状、ないしドミノ倒し状の形状をなす。また、鍵層として含まれる Kpfa と ACP4 は、これらの小断層群によって切斷されており、それの量はおおむね数 10cm 程度である。露頭で観察する範囲では、露頭下部と露頭上部のテフラのずれの量には大差ではなく、累積性変位は確認できない。

以上の観察結果から、厚さが少なくとも 5m 以上のテフラ層が、テフラ降下後に新たに生じた高角の断層群によって複数のブロックに分かれるとともに、それらが一体となって、解放面である谷側に向かって、ドミノ倒し的に変形したと推定される。その形態的特徴は、Cruden and Vanes (1996) の分類の「マルチプルトップル」に類似している。ただし、Cruden and Vanes (1996) の模式図では、岩盤中にもともとあった高角な節理面に沿った回転が描かれているが、本露頭では、テフラ降下後に新たに生じた高角な小断層群による回転という点が異なる。

また、小断層群に伴う変形は、テフラ層を切断する高角の断層面の生成にとどまらず、軽石層が厚くなったり薄くなったりといったテフラの流動変形を伴うことも特筆される。なお、本露頭では、変形構造の基部（下限）はのり面で観察できないため不明ながら、ACP4 の下位にも、何枚か粘土化した降下軽石および飯田火碎流堆積物があるため、これらを基部とした回転が生じた可能性がある。本露頭におけるこれらの断層変形・回転運動の原因

（誘因）は明確ではないものの、厚さ 5m 以上のテフラ・古土壤ブロックの形成と、それらの谷側への回転を駆動するには、豪雨イベントよりも地震イベントのほうが考えやすい。

## 引用文献

D. M. Cruden and D. J. Vanes (1996) Landslide types and processes. Landslides, Special Rep. 247, Transportation Research Council, pp.36-75.

横田修一郎・永田秀尚・横山俊治・田近 淳・野崎 保 (2015) ノンテクトニック断層. 近未来社, 248p.

## 0-3

### 機械学習で土星衛星タイタンの地質図を描く試み

五郎丸薰平・長谷川精（高知大学）

An attempt to generate a geological map of Saturn's moon Titan by machine learning

Kumpei GOROMARU, Hitoshi HASEGAWA (Kochi Univ.)

土星最大の衛星であるタイタンは、窒素・メタン・エタンからなる厚い大気と、液体メタンから成る湖や河川を有し、地球以外で唯一、地表に安定して液体循環が存在している太陽系天体である。NASA の Cassini 探査機に搭載された合成開口レーダ (SAR) によって詳細な観測がなされ、2004 年～2017 年までの 13 年間の観測で、タイタン表層全体の約 74% の表層地形観察が可能となっている。この SAR 画像観察に基づいて全球地質（地形区分）図も既に作成されており、赤道域には有機物粒子からなる砂丘群が広がる（長谷川、2012）ほか、ハンモック状地形やラビリンス地形という特徴的な地形が緯度帯ごとに異なる分布を示すことが明らかになっている（Lopes *et al.*, 2019）。また、地域毎のより詳細な地質図の作成も行われつつある（Malaska *et al.*, 2016; Matteoni *et al.*, 2020; Schoenfeld *et al.*, 2022）。一方で、赤道域で唯一、砂丘が分布していない上に、周囲とは異なる地形が広がる Xanadu と呼ばれる地域では、これまで南西部（Matteoni *et al.*, 2020）でしか詳細な地質図の作成が行われていない。Xanadu 南西部には横ずれ断層の痕跡とみられる構造が認められており、かつて大規模な地殻変動を受けて形成された「ブルーアパート堆積盆」であると解釈されている（Matteoni *et al.*, 2020）。このタイタン表層で明確な構造運動の証拠が観察されている Xanadu 地域の地質学的変遷を明らかにするため、本研究ではこの地域の詳細な地質図の作成を目標とした。

Xanadu 地域全体の面積は約 660 万 km<sup>2</sup>に及ぶ（Radebaugh *et al.*, 2011）ため、手動でのマッピングには膨大な時間を要する。また Xanadu 地域に見られる表層地形は、他の地域に見られる砂丘や河川などの地球に普遍的に見られる地形とは異なる特徴を持っており、その定量的な分類や分布パターンの把握が困難である。そこで本研究では、機械学習を用い

ることで地質（地形区分）図の作成を試みた。惑星科学において用いられる機械学習の多くは「教師あり学習」であるが、本研究では初めに「教師なし学習」を用いた。これは予めラベルを与えないことで、先入観に左右されない客観的かつ統一的なマッピングを目指したためである（Gao *et al.*, 2021）。また、機械学習を用いることで Xanadu 以外の地域も同時に類似地形が分布する領域をマッピングできる。そこで、Dragonfly ミッション（2027 年打ち上げ予定）の着陸探査候補地である Selk クレーター周辺も含めて同時にクラスタリングすることで、Xanadu 地域と類似した地形ユニットが Selk クレーター周辺で観測できるかどうかを検証した。

まず Xanadu 地域と Selk クレーター地域の SAR データを 128px×128px のメッシュに区切り、各メッシュに対して GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) および HOG (Histogram of Oriented Gradients) を用いて特徴量を抽出した。次に、抽出した特徴量ベクトルを UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) で次元圧縮し、クラスタリングを行った。最後に、メッシュ画像にクラスタ番号に応じた色を付与し、それらをモザイク化した。そして元の SAR マップとモザイクマップを比較し、地質構造を適切に反映しているかを検証した。

機械学習を用いた分類の結果、ハンモック状地形やクレーター縁部はよく判別できていた。しかし砂丘はノイズとして認識されやすく、解像度の低い領域と同一のクラスタとして認識される傾向がみられた。これはアルベドの違いが大きく影響していると考えられる。例えば、ハンモック状地形やクレーター縁部は起伏に富む地形であり、且つ破断した氷を含む岩の存在により SAR 画像で明るく見える。また砂丘がノイズと認識された理由は、特徴量抽出時に参照されるピクセル間隔が狭いために輝度変化が小さく、本来のテクスチャ情報が十分に捉えられなかつた為だと考えられる。今後はこれらの課題の解消を試み、教師あり学習との併用も視野に入れ Xanadu と Selk クレーター周辺の地質区分図の作成を目指す。

引用文献: Gao, A. F., *et al.* (2021) *Proceedings of the IEEE/CVF conference*, p. 4294-4303.; 長谷川精 (2012) *地質学雑誌*, 118, 632-649.; Lopes, R. M. C., *et al.* (2019) *Nature Astronomy*, 4, 228-233.; Matteoni, P., *et al.* (2020) *JGR: Planets*, 125: e2020JE006407.; Radebaugh, J., *et al.* (2011) *Icarus*, 211, 672-685.; Schoenfeld, A. M., *et al.* (2022) *JGR: Planets*, 128: e2022JE007499.

## Advanced Tephrochronology Using Fractional Crystallization Process -A Case Study of Ozu Paleo Natural Dam, Western Shikoku, Japan-

Muhamad Raihan (Ehime University), Masayuki Sakakibara (Ehime University), Michiharu Ikeda (Shikoku Research Institute Inc.), Chisato Nakamura (Naiba Co., Ltd.), Tomohiro Nagata (Naiba Co., Ltd.).

Tephrochronology is the study of tephra correlation and dating to understand the relative ages of geological events (Shane, 2000). Tephra is typically identified by phenocryst assemblages and glass composition. Tephrochronology is particularly useful in island-arc tectonic settings where many tephra layers exist. However, this method is not applicable to all tephra layers because some tephra layers have the same mineral assemblages or have already been eroded (Lowe, 2011). In this study, we will further develop tephrochronology and create a new method utilizing the characteristics of fractional crystallization of magma to elucidate the age of a paleo-natural dam event in Ozu City, Ehime Prefecture.

In the Tokunomori area of Ozu City, a stratigraphic succession was discovered consisting, from bottom to top, of paleo-landslide deposits forming the dam embankment, the Ozu Tephra, coeval lake sediments, and fluvial deposits laid down shortly after the dam failure. At the Shikoku Research Institute, we performed high-resolution SEM-EDS analysis of phenocrysts and their mineral inclusions (plagioclase, hornblende, magnetite, clinopyroxene, orthopyroxene, and glass inclusions) in tephra samples using a JEOL JSM-IT700HR SEM-EDS and an Oxford Ultim Max 100 microscope. The EDS analysis data revealed that all glass inclusions have  $\text{SiO}_2$  contents ranging from 74 to 77% by weight. This suggests that all phenocrysts crystallized in

ryolitic magma, and that effect of fractional crystallization on magma composition can be observed with high precision.

The Ozu tephra then will be compared to Shikido pyroclastic flow deposit (1.1-1.7 Ma; Machida and Arai, 2003) or Benbu pyroclastic flow deposit (1.2-1.47 Ma; Ishizuka et al., 2005) which all originated from Northern Kyushuu Island. Furthermore, based on the fission track age (1.5 Ma; Kakihashi, 2007) of a tephra layer correlated with the Ozu Tephra in the southern part of the study area and a new tephrochronology method using phenocryst assemblages, glass inclusion compositions, and fractional crystallization the Ozu Tephra is thought to be correlated with the Benbu pyroclastic flow deposit. The EDS analysis of Benbu pyroclastic flow deposit shares the same trend of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{SiO}_2$  melt inclusions composition inside the hornblende with Ozu hornblende melt inclusions. However, Benbu pyroclastic flow deposit shows a higher amount of  $\text{MgO}$  from melt inclusions inside the hornblende.

This study demonstrated that the accuracy of tephrochronology can be improved by using glass inclusions in phenocrysts. This method will also be useful for elucidating the tectonics of western Shikoku and may contribute to future disaster prevention.

### References

- Kakihashi, E.(2007). *Undergraduate thesis of Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Ehime University*.
- Lowe, D. J. (2011). *Quaternary Geochronology*, 6(2), 107–153. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2010.08.003>.
- Machida, H. and Arai, F. (2003) University of Tokyo Press, 336
- Shane, P. (2000). *Earth-Science Reviews*, 49(1–4), 223–259. [https://doi.org/10.1016/s0012-8252\(99\)00058-6](https://doi.org/10.1016/s0012-8252(99)00058-6).
- Ishizuka, Y., Mizuno, K., Matsuura, H., Hoshizumi, H., & Komazawa. M. (2005). National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) Geological Survey Center.

## 0-5

愛媛県東部中央構造線・剪断帯に伴うリスウェナイトの形成過程

高垣光(愛媛大・院理工)・白勢洋平(愛媛大・院理工)

Formation process of listvenite in the Median Tectonic Line shear zone, eastern Ehime Prefecture, Japan

Hikaru TAKAGAKI, Yohei SHIROSE (Ehime Univ. Sci.&Egn.)

### 【はじめに】

リスウェナイトは蛇紋岩などの超苦鉄質岩類が  $\text{CO}_2$  を含む流体との反応により形成され、炭酸塩鉱物や石英を主とする緑色の岩石である。剪断帯の中や近くに位置することが多い (Hall and Zhao, 1995; Hansen et al., 2005), 日本では静岡県出馬 (Suzuki et al., 1977), 長崎県雪浦 (Mori et al., 2007), 四国の中央構造線付近及び三波川帯の変成岩中からの産出が報告されている (皆川ほか, 2008; 白勢ほか, 2022; Takagaki and Shirose, 2025)。また三波川帯の蛇紋岩についてはスラブ由来の  $\text{CO}_2$  によるマントルウェッジ蛇紋岩の炭酸塩化反応が報告されている (Okamoto et al., 2021)。これまでの研究では愛媛県四国中央市浦山川の中央構造線に伴う剪断帯より産する泥質片岩起源の片状リスウェナイトと蛇紋岩起源の塊状リスウェナイトの鉱物学的記載とその成因について議論を行った (Takagaki and Shirose, 2025)。本研究では愛媛県四国中央市浦山川中流の三波川帯の泥質片岩剪断帯中、新居浜市市場川の中央構造線付近より片状リスウェナイト、新居浜市西谷川の小規模な蛇紋岩岩体に伴う新たに見出した塊状リスウェナイトについて報告を行う。また、浦山川下流の蛇紋岩及びリスウェナイト (Takagaki and Shirose, 2025) と比較を行い、中央構造線や剪断帯から産するリスウェナイトの形成過程について議論を行う。

### 【産状・試料】

片状リスウェナイトは泥質片岩の剪断帯中に産出する。浦山川中流では幅 5 cm 程度の濃緑色部、薄緑色部を含む片状リスウェナイト、市場川では幅 3 cm 程度の淡緑色部を含む片状リスウェナイトがそれぞれ産出する。塊状リスウェナイトは蛇紋岩体に伴い、幅 15 cm 程度で産出し、蛇紋岩が炭酸塩化したと思われる灰色炭酸塩岩を伴う。緑色部には長さ数 mm の針ニッケル鉱などの硫化鉱物を含む。

### 【実験手法】

観察、分析には JEOL 製走査型電子顕微鏡(SEM) JSM-6510LV 及び RIGAKU 製粉末 X 線回折装置 Ultima IV を用いた。

### 【結果・考察】

リスウェナイトはいずれも石英、マグネサイト、ドロマイトを主とし、微量の針ニッケル鉱、黄鉄鉱、輝コバルト鉱(浦山川薄緑色片状)、ゲルスドルフ鉱(市場川片状)、磁鉄鉱(浦山川濃緑色片状)、クロム鉄鉱(浦山川薄緑色片状・市場川片状・西谷川塊状)などを含む。緑色部には呈色の原因となる含クロム粘土鉱物を共通して含み、片状タイプでは幅 20  $\mu\text{m}$  の含クロムクリノクロア、幅 60~200  $\mu\text{m}$  の含クロム白雲母を脈状に含み(浦山川中流)、幅 10  $\mu\text{m}$  の含クロム白雲母を網目状に伴った 30~100  $\mu\text{m}$  の含クロムカオリナイトを含む(市場川)。塊状タイプでは幅 10~30  $\mu\text{m}$  の含クロムクリノクロアを含む(西谷川)。クロム鉄鉱は片状、塊状タイプ中に含まれ、組織や組成が異なる。片状タイプ中のクロム鉄鉱は含クロム粘土鉱物に伴いきわめて細粒であり、产出も稀である。クロム鉄鉱の組成は、浦山川中流、市場川ではそれぞれ  $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}) = 0.02, 0.00$ ,  $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}) = 0.81, 0.87$  程度で、いずれも中央構造線付近の浦山川における蛇紋岩化に伴い形成された二次的なクロム鉄鉱の値と近い。塊状タイプ中のクロム鉄鉱は組成が異なり、コアとリムはそれぞれ  $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}) = 0.48, 0.06$ ,  $\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al}) = 0.51, 0.95$  である。コアでは蛇紋岩化前のかんらん岩に含まれるクロム鉄鉱の化学組成が近いと考えられ、リムの化学組成は中央構造線付近の浦山川における二次的なクロム鉄鉱の値と近い。

これまでの研究から、中央構造線付近より産する浦山川のリスウェナイトの形成過程としてはざくろ石帶の変成岩と対応する深度のマントルウェッジ上部にあたる蛇紋岩が  $\text{Ca}, \text{Sr}, \text{K}, \text{Na}, \text{CO}_2$  を含む流体との反応により炭酸塩化し、炭酸塩化した蛇紋岩から  $\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Cr}, \text{Ni}, \text{Co}, \text{CO}_2$  を含む流体が放出され、剪断帯を介して泥質片岩と反応したと考えられている (Takagaki and Shirose, 2025)。

本発表の片状・塊状リスウェナイトも同様に蛇紋岩が炭酸塩化し、蛇紋岩と反応した流体が泥質片岩と反応することで形成したと考えられる。またゲルスドルフ鉱および輝コバルト鉱の化学組成より、片状リスウェナイトは浦山川中流で 400°C 以上、市場川で 500°C 以上での形成が推定される。炭酸塩化した蛇紋岩と泥質片岩は上昇時に、蛇紋岩中のクロム鉄鉱、泥質片岩中の曹長石、白雲母などが完全に分解することにより、約 100~200°C 程度の比較的の低温下で含クロム白雲母や含クロムカオリナイト、含クロムクリノクロアなどが形成され、片状タイプや塊状タイプのリスウェナイトが形成されたと考えられる。中央構造線付近の浦山川では蛇紋石に含まれる  $\text{Al}$  や  $\text{Cr}$  をもとに、細粒の含クロム粘土鉱物が石英中に形成されるが、西谷川ではクロム鉄鉱の分解により、クロム鉄鉱周辺に粗粒な含クロム粘土鉱物を形成する違いが認められた。

## O-6

### Miocene Liquefaction Structures in Kuma Group Conglomerates, Western Shikoku

Ahmad Fitra Alkautsar (Ehime University), Masayuki Sakakibara (Ehime University), Michiharu Ikeda (Shikoku Research Institute Inc.), Kazunari Kimura (Keigo)

Liquefaction occurs when sediment grains lose mutual support and become suspended in pore fluid (Obermeier, 1996). While research on recent liquefaction has advanced significantly, studies on paleoliquefaction in rocks (pre-Pleistocene) remain limited. Moreover, previous studies are predominantly focused on continental tectonic settings, despite the fact that island arc environments exhibit high seismicity and tectonic activity, conditions highly conducive to liquefaction events. Notably, paleoliquefaction structures in island arc settings are typically preserved in fine-grained layers such as sandstone and siltstone. Preservation within conglomerates, which are generally highly permeable and less likely to retain liquefaction features, remains poorly understood.

This study aims to characterize paleoliquefaction structures and explain their triggering factors and mechanisms within the Kuma Group, which is distinguished by widespread conglomerate units, high sedimentation rates (Siregar, 2024), and possibly influenced by tectonic activity. The research methodology integrates stratigraphic analysis and soft-sediment deformation structure (SSDs) analysis. Stratigraphic analysis at the Tobe Thrust Park reveals a facies architecture of Gravel Bed Braided with Sediment Gravity Flow Deposits, comprising three facies associations: Sediment Gravity Flow Deposit, Sand Bar, and Gravel Bar. SSDs were identified through field observations, focusing on grain size variation, gravel content, and gravel orientation. Six localities of SSD-like structures

were documented, including gravelly sand dikes and gravelly sand sills, all occurring at facies boundaries. Detailed analysis of one of the SSDs indicates that deformation within the conglomerates involved fluid-driven injection from the conglomerate matrix, which modified the orientation of gravel and led to the accumulation of sand-sized matrix material. This dike structure has a height of ~1 m with a width of 15 cm and injects into younger facies; this characteristic resembles structures formed by liquefaction-induced fluidization (Obermeier, 1996).

Genesis of liquefaction in the highly permeable conglomerates should consider the short-term undrained behavior, which allows rapid buildup of excess pore pressure that is subsequently released and expressed as liquefaction structures. Potential triggers of this liquefaction include rapid sedimentation from sediment gravity flows, seismic shocks associated with tectonic fault activity, or a combination of both.

Further research will aim to identify alternative fault zones responsible for liquefaction and assess the spatial distribution of liquefaction structures across the Kuma Group Basin. This will help to ensure the liquefaction trigger and determine whether the Kuma Group deposits represent syntectonic sedimentation. Through this study, it is hoped that research on paleoliquefaction in island arc settings, particularly within conglomerate lithologies, will continue to evolve and strengthen its role as a proxy for paleoseismic and tectonic evolution.

### Reference

- Obermeier, S. F. (1996). Use of liquefaction-induced features for palaeoseismic analysis. *Engineering Geology*, 44(1), 1–76.
- Siregar, M. F. A. (2024). Fossil landslide deposit and Sambagawa schist breccia in the Middle Miocene Kuma Group, Northwestern Shikoku. Master's Thesis, Ehime University.

## 0-7

ラマン分光分析を用いた四国東部海岸四万十付加体

における安芸構造線周辺の被熱温度構造の調査

舟橋 竜之介 (高知大学)・藤内智士 (高知大学)・伊藤元

雄 (JAMSTEC) 村山雅史 (高知大学)

Raman spectroscopic study of paleo-geothermal structure  
around the Aki Tectonic Line in the Shimanto accretionary  
complex in eastern Shikoku

Ryunosuke FUNAHASHI (Kochi Univ.), Satoshi TONAI

(Kochi Univ.), Motoo Ito (JAMSTEC), Masafumi

MURAYAMA (Kochi Univ.)

### 【はじめに】

四国東部四万十帯は一般に、白亜紀系主体の北帯と古第三紀系主体の南帯に分けられ、両者は四万十帯中央を走る序列外衝上断層 (OOST) で接するとされることが多い (例えば、須槍・山崎, 1987). この OOST は安芸構造線と呼ばれ、四万十帯の地質構造発達史を考える上で重要な構造と言える。その特徴を知る方法の一つに古地温構造解析がある。総鉛直変位が巨大な断層の場合、埋没深度の違いで上盤と下盤の最高被熱温度が異なることがあり、実際に安芸構造線を含む四国東部四万十帯の巨大断層について、特定や識別に古地温構造解析が使われている (例えば Ohmori et al., 1997; 大久, 2018 修士論文). しかし、四国東部の海岸域では、地質が複雑、明確な断層露頭が確認できない、古地温構造の情報が少ないので、といったことから構造線の位置は不明瞭である。そこで本研究では、この地域において、ラマン分光法を用いた最高被熱温度解析から構造線の位置を推定することを目的とした。

### 【試料・方法】

調査地域は、徳島県牟岐町から海陽町の海岸付近で、25 地点で頁岩試料を採取し薄片を作成した。これら薄片のうち 23 試料からラマンスペクトルデータを得た (WITec 共焦点ラマン顕微鏡 alpha300R). 最高被熱温度の推定は、スペクトルピークの 1 つである D1 バンドの半値幅 (FWHM-D1) を用いる換算式

(Kouketsu et al., 2014) を使用した。一つの薄片試料当たり 35 個所計測し、その平均値をその試料の最高被熱温度とした。

### 【結果・考察】

ラマン分光分析の結果、牟岐町北東部の薄片では FWHM-D1 値が  $100 \text{ cm}^{-1}$  を示した。この値を Kouketsu et al. (2014) の式で温度換算した場合、この試料とすぐ南側の試料の温度差は約  $40^\circ\text{C}$  となる。しかしこの場所は、先行研究により推測された周辺地域の安芸構造線の位置 (例えば、大久, 2018 修士論文) と連続的でない。一方、海陽町中央の内陸部では、海陽町浅川から南下するにつれて FWHM-D1 値が徐々に減少し、海陽町大里で急激に増大 (約  $20^\circ\text{C}$  減少) する古地温構造が確認された。これは総鉛直変位の大きな北傾斜の衝上断層が存在し、最高被熱温度の異なる地質体が接していると考えられる。この構造から推定される衝上断層は、Ohmori et al. (1997) が提案した安芸構造線の位置と調和的である。

温度差がみられた浅川南部から大里の間を安芸構造線が走ると考えた場合、須槍・山崎 (1987) で示された放散虫化石に基づく地質年代境界よりかなり南側に OOST が存在することになる。これは、四国東部を調査した大久 (2018 修士論文) によってなされた、最高被熱温度境界を作る OOST の上盤に年代境界が存在するという報告と一致する。しかし、高知県魚梁瀬地域を調査した Hara and Hara (2019) では、OOST の下盤 (南側) に白亜系と古第三系の境界が存在すると解釈している。このことから、四国東部の四万十北帯-南帯の境界付近では、最高被熱温度境界と地質年代境界の位置が一致しないこと、また、両者の配置が場所によって異なることが示唆される。

### 【引用文献】

Hara and Hara, 2019, Journal of Asian Earth Sciences, 170, 29–44.

Hara et al., 2017, Island Arc, e12218.

Kouketsu et al., 2014, Island Arc, 23, 33–50.

Ohmori et al., 1997, Geology, 5, 327–330.

須槍・山崎, 1988, 徳島大学教養部紀要, 自然科学, 21, 107–133.

大久, 2018, 島根大学大学院, 修士論文, 50

## 粉体アナログ実験から考えるプレート収束帯境界断層の伝播経路

天野永遠（高知大学）・阿部彪彩（高知大学）

藤内智士（高知大学）

Propagation path of convergent plate-boundary faults inferred from analogue experiments using granular materials

Towa AMANO (Kochi Univ.), Hiroyuki ABE (Kochi Univ.),

Satoshi TONAI (Kochi Univ.)

プレート収束域の一部では沈み込みウェッジが形成される。それらのウェッジ底面に発達する低角度の断層を一般にデコルマと呼び、プレート境界とすることが多い。デコルマが海側に伝播しながら新しいフロンタルスラストやバックスラストを次々と作ることで、沈み込みウェッジは成長していく。このとき、デコルマの伝播経路は沈み込み帯ごとに様々で、海洋地殻玄武岩と堆積層の境界を伝播する例もあれば、堆積層中に伝播する場合もある（例えば, Moore et al., 2005; Shiraishi et al., 2025）。伝播経路を決める要因を議論する際に、粉体層を用いたアナログ実験は有効である（例えば, Noda et al., 2023）。そこで、本研究では強度コントラストに注目して粉体アナログ実験を実施した。そして得られた歪み解析データから、強度コントラストがデコルマの伝播経路に及ぼす影響について調べた。

実験の手順は以下のとおりである。まず、アクリル容器（幅 118 mm, 長さ 693 mm, 高さ 158 mm）にアクリルシートを貼った木材（以下、ベース）を敷き、その上に乾燥した粉体層を三層構造で敷き詰めた。粉体層は下位より第一層、第二層、及び第三層とし、第一層と第三層を豊浦珪砂（径 100–300  $\mu\text{m}$ ）で、第二層を豊浦珪砂とマイクロビーズ（径 45–75  $\mu\text{m}$ ）の混合物で作った。実験ごとに、第二層を作る豊浦珪砂とマイクロビーズの混合比を変えることで、上下の層との間で生じる強度コントラストに違いを持たせた。そして、ベースを水平に 0.125 mm/s の速さで 250 mm 引いて、粉体層を固定

壁に押し付けることで剪断帯が発達するウェッジを作った。

粉体層が変形していく様子を側方からデジタルカメラで撮影し、デジタル画像相関法 (Digital Image Correlation Method: DIC) を用いて変位場の時系列データを求め、歪み解析を行うことでデコルマの伝播経路を調べた。強度コントラストを小さくした実験では、デコルマはベース上面のアクリルシートと第一層の境界を伝播していく。それに対して、強度コントラストを大きくした実験では、固定壁付近においてベース上面のアクリルシートと第一層の境界を伝播したデコルマが、固定壁から離れた場所において、第一層と第二層の間に伝播していく様子が見られた。このとき、デコルマは階段状の形を示す。変形がさらに進むと、デコルマは階段状の部分から分岐して再びベースと第一層の境界を伝播していき、その後、より前方で新たな階段状の形を作る。結果として、出来上がったウェッジの内部構造は、コントラストを小さくした場合と比べて複雑になった。

本研究で行った実験から、デコルマの伝播経路において弱層と周囲の層との強度コントラストが大きく影響することが示唆された。つまり、伝播経路を考える際には、弱層が存在するという情報だけでは不十分で、どのくらい弱いのかということまで考慮しなければならない。また、強度コントラストが同じでも、弱層の位置によってデコルマの伝播経路は変わると考えられる。そこで今後は、弱層の深度を変えた実験を行うことが重要である。さらに、これらの強度構造を無次元化したパラメーターを使って本研究の実験結果を議論することができれば、天然のプレート収束帯に発達する沈み込みウェッジとの比較も可能になると期待される。

### 引用文献

- Moore et al., 2005, Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results Volume 190/196.  
 Noda et al., 2023, JGR Solid Earth, 128.  
 Shiraishi et al., 2025, Marine and Petroleum Geology, 173.

## P-1

愛媛県四国西予ジオパーク内秩父累帯南帯における三畳系/ジュラ系 (T/J) 境界層の放散虫生層序及び岩相変化と Os 同位体層序比較

山林 時也 (愛媛大学大学院理工学研究科)・堀 利栄 (愛媛大学理工学研究科)・村井 亮太 (東京大学大気海洋研究所)・黒田 潤一郎 (東京大学大気海洋研究所)

Radiolarian biostratigraphy and facies analyses, with comparison to Os isotope stratigraphy, of the Triassic/Jurassic (T/J) boundary chert sequence, southern Chichibu Belt, Shikokuseiyo Geopark, Ehime Prefecture, Japan.

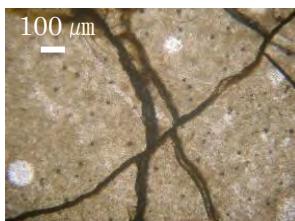
Tokiya YAMABAYASHI (Ehime Univ.), Rie S. Hori (Ehime Univ.), Ryota MURAI (Tokyo Univ.), Junichiro KURODA (Tokyo Univ.)

日本における深海性堆積岩中の三畳系/ジュラ系 (T/J) 境界放散虫層序は、これまで美濃帯犬山地域、足尾帯葛生地域や、さらに秩父帯各地から報告してきた。四国西予ジオパーク明浜地域では、中生代ジュラ紀の付加体が広く分布しており、先行研究として、この地域の層状チャート (高山セクション) における T/J 境界の研究が報告されている (Hori et al., 2017)。

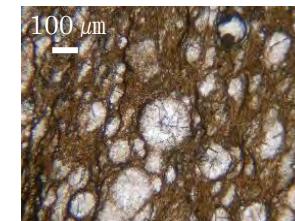
本研究では、愛媛県西予市明浜・宮野浦地域 (四国西予ジオパーク内) に分布する中生代ジュラ紀付加体のチャート層に新たに設定した宮野浦 (ML セクション) を対象に、薄片観察・微化石層序・有機炭素同位体層序・Os 同位体層序解析を実施した。単層毎の試料採取に基づく放散虫群集の詳細な分析に加え、コノドント化石の産出と同位体比層序変化を組み合わせて検討した結果、T/J 境界は宮野浦 (ML) セクションの層準 ML+28 と ML+29 の間に位置することが明らかとなった。その結果、以下の成果が得られた。①ML セクション下部において、上部三畳系 Rhaetian を示す放散虫化石帶 *Globolaxtorum tozeri* 帯を確認した。②T/J 境界直上には最下部ジュラ系の *Pantanellium tanuense* 帯を認定し、上部三畳系の示準となる *Livarella* 属がジュラ紀型放散虫 (*Pantanellium* cf. *danaense*, *P.* cf. *tanuense*, ジュラ紀型 *Bipedis* 属) と共に存することが明らかになった。③三畳紀 Norian に絶滅したとされていた *Capnodoce* 属が本研究地域の

Rhaetian のチャート層から産出した。④*Livarella inflata*, *Atalanta emmela*, *Zhamoidelium sutna*, *Spumellaria* indet. gen. E sp. A of Yeh (1992) 等の美濃帯チャート層から未報告の放散虫化石種を確認した。

⑤ 上部三畳系と最下部ジュラ系チャートにおける薄片観察において放散虫とマトリックスの量比の差異が確認された。⑥三畳系上部の Os 同位体比の緩やかな負の変動カーブに続いて、放散虫層序による T/J 境界において Os 同位体比の急激な負のスパイクが見られた (Murai et al., 2024)。チャートの薄片観察の結果から、ジュラ紀に移り変わる段階で、放散虫量が回復した。または、堆積速度が低下した可能性が考えられ、T/J 境界前後で秩父帯チャートの堆積環境が変化したことが明らかとなった。また、③の結果から *Capnodoce* 属は三畳紀末 (Rhaetian) まで生存していることを確認した。Blome (1987) によれば、*Capnodoce* 属は低古緯度地域に多産することから、本属の産出や特異な放散虫化石種の産出は秩父累帯南帯と美濃帯チャート層の堆積環境 (古緯度?) の違いを示唆していると判断される。



ML+10 上部三畳系チャート



ML+29 最下部ジュラ系チャート

### 引用文献

- Blome C. (1987). Biostratigraphic significance of Lower Mesozoic radiolarians from the Brooks Range, Alaska. In, Tailleur, I. and. Weimer, P. eds., Alaskan North Slope geology: Bakersfield, California, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, 1, 371-380.
- Hori R. S., Yoshida N., Kuroda J. and Ogawa N. (2017). Triassic-Jurassic boundary in the Chichibu Formation chert, Ehime Prefecture, Japan (Abstracts of the Annual Meeting of the Geological Society of Japan) 124th, p124.
- Murai R., Kuroda J., Yamabayashi T., Nozaki T., Ogawa N., Suzuki K., Ohkouchi N., Hori R. S. (2024). The massive weathering of the Central Atlantic Magmatic Provinces reconstructed from marine osmium isotopic ratio records. EGU General Assembly 2024.

北部北上帯門地域大鳥ユニットから産出したジュラ紀中世  
前期の放散虫化石の群集組成解析と *Yamatoum* 属の検討

原 康太（愛媛大・理）、堀 利栄（愛媛大・院・理工）、  
武藤 俊（産業技術総合研究所）、  
大関仁智（産業技術総合研究所）

Analysis of the Faunal Composition of Early  
Middle Jurassic Radiolarian Fossils from the Otori  
Unit, Northern Kitakami Belt, Japan, and a Study of  
the Genus Yamatoum

Hara K., Hori R.S. (Ehime Univ.), Muto S., Ozeki M.  
(AIST)

岩手県門地域に分布する北部北上帯大鳥ユニットの珪質泥岩にはマンガン炭酸塩ノジュールが含まれ、ジュラ紀中世前期の放散虫化石が良好な保存状態で産出することが報告されている (Muto et al., 2025; Muto, 2025)。しかし、この放散虫化石群集についての群集組成や分類学的な検討は行われていない。また、本群集にはジュラ紀中世前期を代表する特徴的な形態を持つ *Yamatoum* 属が含まれるが、この属は Takemura (1986) による新属記載以降、詳細な分類記載が進んでいない。

本研究では、大鳥ユニットから産出した放散虫化石を対象に、(1)群集組成の特徴を明らかにし古生物地理学的な検討すること、(2)群集組成解析から *Yamatoum* 属の多様性や系統進化過程を明らかにすることを目的とした。群集組成の検討には、美濃帯南条、飛水峡、郡上八幡小間見、犬山地域の放散虫データ (八尾, 1997; 畠山, 2001 卒論) を用い、属・種レベルの類似度比較を行った。大鳥ユニットと郡上八幡小間見のマンガン炭酸塩ノジュールから得られた *Yamatoum* 属については、本研究で電子顕微鏡を用いて形態を詳細に観察し、先行研究との比較を行った。

まず、環境指標として有効とされる *Pantanellium* 属および *Parvingula* 属、また特徴的な形態を持つ *Yamatoum* 属に着目し、属レベルの産出割合を地域間で比較した。北部北上帯大鳥ユニットでは、305 個体中、

*Pantanellium* 属 4.3%，*Parvingula* 属 0.7%，*Yamatoum* 属 2.2%，その他 53 属 92.8% であったのに対し、畠山 (2001) による美濃帯小間見地域 (400 個体) では *Pantanellium* 属 11%，*Parvingula* 属 5.2%，その他 83.8% と報告されている。さらに本研究の観察により小間見地域では 270 個体中、*Yamatoum* 属が 5.2% を占めることが確認された。上記検討により *Parvingula* 属の産出割合は美濃帯の試料でより高い値を示すことが確認できた。*Parvingula* 属は高緯度帶で産出しやすいことが知られており (Pessagno et al., 1984)，北部北上帯での低い産出割合は大鳥ユニットの堆積場が小間見地域に比べてより低緯度環境に位置していた可能性を示唆する。

*Yamatoum* 属 (全 17 種、新認定種も含む) における種構成の比較では、大鳥ユニットと南条地域および飛水峡地域間では共通種が認められない一方、大鳥ユニットと小間見地域および犬山地域間では *Yamatoum komamiensis*, *Y. connicinum*, *Y. spinosum* の 3 共通種が認められた。

今後は、小間見・犬山地域を含めより多くの試料を追加して *Yamatoum* 属の観察個体数を増やし、ジュラ紀中世前期の *Yamatoum* 属の多様性や時間変化を明らかにしていきたい。

<引用文献>-----

- ・畠山 脇, 2001, 放散虫解析による古生物地理、ジュラ紀中期放散虫における放散虫古生物地理区モデルの検証. 2001 年 3 月 31 日 愛媛大学理学部卒業論文.23p.
- ・Muto S., Ito T. and Ozeki M., 2025, Middle Jurassic radiolarians from manganese nodules obtained in the western part of the Kado District, northern Kitakami Mountains. Bulletin of the Geological Survey of Japan, vol. 76 (1/2), p. 31–50.
- ・Muto S., 2025, Accretionary age of the Jurassic accretionary complex of the North Kitakami Belt: new data from zircon geochronology in the Kado District. Bulletin of the Geological Survey of Japan, vol. 76 (1/2), p.51–100.
- ・Pessagno E.A.Jr., Blome C.D. and Longoria, J.F., 1984, A revised radiolarian zonation for the Upper Jurassic of Western North America. Bulletin American Paleontology, vol 87 (320), p.1–51.
- ・Takemura A., 1986, Classification of Jurassic Nassellarians (Radiolaria). Paleontographica, Bd. 195, p.29-74.
- ・八尾 昭, 1997, ジュラ紀古一中世放散虫化石群集の変遷. 大阪微化石研究会誌, 特別号, 第 10 号, p.155-182.

白亜紀アンモナイト *Damesites* の化石群集解析  
から示唆される性的二型の可能性

日山義弥（愛媛大学）・岡本 隆（愛媛大学）

Sexual Dimorphism Indicated by a Fossil  
Assemblage Analysis of the Cretaceous  
Ammonite *Damesites*.

Yoshiya HIYAMA (Ehime Univ.),  
Takashi OKAMOTO (Ehime Univ.)

*Damesites* 属はセノマニアン後期からマストリヒチアン前期にかけて繁栄したデスマセラス科のアンモナイトであり、6種と1亜種が報告されている。本属は層序学的に連続的かつ豊富に産出することから、本科の進化史を解明するにあたり、重要な属の一つとされる(Nishimura *et al.*, 2010)。しかし、その群集構造や生活史戦略については十分に理解されていない。

今回、北海道留萌郡達布地域に流れる小平瀬川支流、中記念別沢のさらに支流である一枝沢のサントニアン階において *Damesites* が優占的に密集したノジュールを発見した。本ノジュールは保存状態が良く、大型個体を多数含み、群集構造の解析に適した資料である。本研究では、本ノジュールに含まれる *Damesites* 群集のサイズ分布を詳細に解析し、その結果から示唆される性的二型について理論的考察を行った。

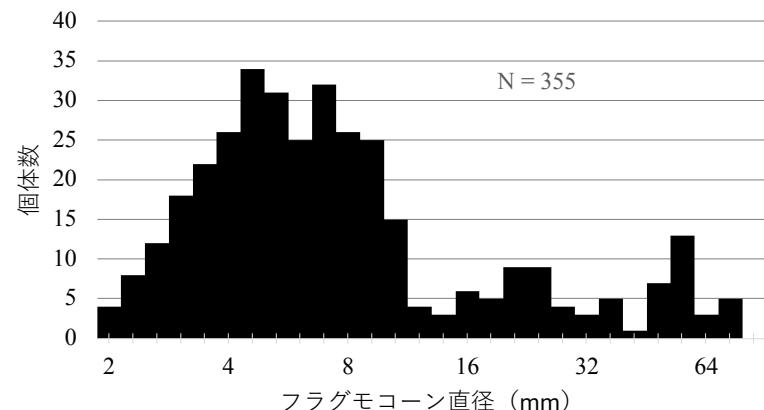
群集解析において、個体サイズの指標としてフラグモコーン直径を用い、355個体の *Damesites* を対象にサイズ計測を行った。その結果、右図に示すようなサイズ分布が得られた。本サイズ分布に対して Silverman 検定を行ったところ、三峰性分布が統計的に有意( $p = 0.6\%$ )であることが示された。

この三峰性が出現した背景として、1) 性的二型、2) 生息場の変化、さらに3) 一次性比の偏りの三つを仮定し、この分布を再現するうえで最も合理的な組み合わせを模索した。各仮定の根拠は以下の通りである。

1) 性的二型：死殻分布における第二、第三のピークから、雌雄の成熟サイズをそれぞれ 25 mm, 55 mm と仮定した。2) 生息場の変化：およそ 10 mm

付近で個体数が急減することから、個体発生のある段階で、食糧事情悪化などに起因して外洋への移住が生じたものと想定した。3) 一次性比の偏り：第二、第三の山の面積がほぼ等しいことは、先の前提に従えば雌雄の成熟殻がほぼ同数生産されたことを意味する。この条件を満たすには、一次性比に偏りが存在したと考えるのが合理的である。

以上の仮定に基づき理論的にサイズ分布の再現を試みた結果、死殻分布の三峰性分布を概ね再現することができた。一方で、性的二型を考慮しないでこの死殻分布を再現することは困難であった。このことは、*Damesites* に性的二型は認められないとする従来の見解(例えば Nishimura *et al.*, 2010; Tajika *et al.*, 2025)に再考に余地があることを示唆している。



引用文献

- Nishimura, T., Maeda, H., Tanaka, G., Ohno, T. (2010). Taxonomic evaluation of various morphological characters in the Late Cretaceous desmoceratine polyphyletic genus "*Damesites*" from the Yezo Group in Hokkaido and Sakhalin. *Paleontological Research*, 14 (1), 33–55.
- Tajika, A., Iida, T., Wani, R., Landman, N. H., Ikuno, K., & Klug, C. (2025). Does intraspecific variation in juvenile Late Cretaceous ammonoids correlate with their systematic position, longevity and paleogeography? *Swiss Journal of Palaeontology*, 144:51.

## 愛媛県松山市道後姫塚の和泉層群黒滝層から産出する

Campanian の板鰓類化石相

豊 大翔（愛媛大）・鍔本武久（愛媛大）・

堀 利栄（愛媛大）

Campanian elasmobranch faunas from the Izumi Group  
at Dougohimezuka, Matsuyama City, Japan

Daito TOYO (Ehime Univ.), Takehisa TSUBAMOTO

(Ehime Univ.), Rie HORI (Ehime Univ.)

**【背景】**和泉層群は東西に約 300 km に渡って分布する白亜系—古第三系にかけての地層群である(磯崎ほか, 2020; Nakagawa, 1961 など)。その西側に位置する道後姫塚の和泉層群黒滝層には、化石が多産することが知られており、これまでにサメ類などの化石が報告されている(Uyeno *et al.*, 1981)。2021 年には新たに首長竜の遊離歯が産出したことから当時の道後姫塚周辺の和泉層群産海洋生物相についてはより一層注目がなされている(佐賀ほか, 2022)。愛媛大学理学部地学コースでは、新たに 2 年間現地調査を行いこれまでに板鰓類化石 80 点ほどが産出し、これまで道後姫塚から報告されていない化石の産出が確認された。本研究では、これらの板鰓類化石の比較・検討を行うと同時に日本における板鰓類化石の研究があまり行われてなかつた 2000 年代以前の道後姫塚の先行研究の再検討も行った。

**【目的】**日本における板鰓類化石の記載報告は少しづつ増えてきている一方、海外と比べると標本数が少ないことに加え、欠損した標本が多いことから国内での比較検討が難しいという現状がある。北欧地域や北米の Western Interior sea way 付近では板鰓類化石の研究が進んでいるものの、太平洋周辺の海洋生物相は未だ不明な点が多い。本研究では、道後姫塚から多産する Campanian 期のサメ類化石 (80 点)、エイ類化石 (1 点) を報告する。さらに、サメ類に関する最新の分類学的研究を踏まえ、先行研究で同定された道後姫塚のサメ類化石の再検討を行い、道後姫塚の板鰓類化石群の最新知見を紹介する。

**【結果と議論】**比較検討の結果、道後姫塚の板鰓類化石群は 5 目 8 科 8 属 8 種 (*Meristodonoides* sp., *Hexanchus microdon*, *Squalicorax* sp., *Carcharias* sp., *Cretalamna* sp., *Squalus* sp., *Scylinorhinidae* gen. et sp. indet., *Ischyrida* sp.) で構成されることが分かった。また、先行研究で *Orthacodus logidens* とされていたものは *Carcharias* sp. や *Cretalamna* sp. の標本が混ざっていると判断した。道後姫塚の堆積年代については、野田・田代 (1973) の先行研究と同様に *Shenoceramus schmidti*, *Inoceramus balticus* が産出したほかに蝦夷層群で同じ時代に共産する *Canadoceras* cf. *kossmati* が産出したことから middle Campanian であると推定される。道後姫塚化石のタフォノミーについては、厚さ約 20 m ほどの基底礫岩直上の泥岩層から化石が産出し、一部陸性植物化石が含有される流れ込み様泥岩層が見られる。流れ込み様泥岩層からは、*Nanonavis*, *Parvamussium*, *Trigonia* 類などの二枚貝が多産し *Inoceramus* 片及び *Sphenoceramus* 片やウニ片、板鰓類化石などが複雑に混在する。加えて、これらの泥岩層には緑色の岩片が多く含まれる。一方、流れ込み様相を示さない単層は *Nanonavis* をほとんど含まない。流れ込み様層は複数確認できることから、当時の黒滝層堆積場には定期的に強い流れが生じた可能性がある。道後姫塚の黒滝層堆積場については、浅海性の二枚貝化石が産出すること、外浜や大陸棚などに生息する板鰓類化石が産出することから外浜相当だと考えられる。

今回の調査で、これまでに和泉層群内の論文で記載されていない属 (*Meristodonoides*, *Carcharias*, *Squalus*, *Ischyrida*) の産出が確認され、道後姫塚の黒滝層は、和泉層群の中でも豊富な板鰓類化石が産出する場所である事が明らかとなった。本結果から、当時の和泉層群形成場西端周辺海域にはより多様な板鰓類が生息していたことが示唆される。

## 【引用文献】

- 磯崎行雄ほか (2020) *J. Geol. Soc. Japan*, Vol. 126, No. 11, p. 639–644  
 Uyeno, T. *et al.* (1981) *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser.C*, 7(2)  
 佐賀昇吾ほか (2022) 日本古生物学会第 171 回例会  
 Nakagawa (1961) *Journal of Gakugei, Tokushima University*  
 野田雅之・田代正之 (1973) 地質学雑誌 第 79 卷 第 7 号 p. 493–495

モンゴル湖成層の AI パリノファシス分析から解明する  
白亜紀 OAE1a 期のアジア中緯度域の陸域植生変動

○川邊美帆子(高知大), 長谷川精(高知大), 見邨和英(産総研), 板木拓也(産総研), 宮川歩夢(産総研), Heimhofer U. (ハノーファー大), Ichinnorov N. (モンゴル古生物研), 長谷川卓(金沢大), 小坂由紀子(金沢大), 山田圭太郎(山形大)

**Reconstructing terrestrial vegetation changes during the Cretaceous OAE1a by AI-based palynofacies analysis**

○KAWABE M. (Kochi Univ.), HASEGAWA H. (Kochi Univ.), MIMURA K. (AIST), ITAKI T. (AIST), MIYAKAWA A. (AIST), HEIMHOFER U. (Hannover Univ.), ICHINNOROV N. (Paleontol. Inst., Mongolia), HASEGAWA T. (Kanazawa Univ.), KOZAKA Y. (Kanazawa Univ.), YAMADA K. (Yamagata Univ.)

**【はじめに】**白亜紀中期は大気  $\text{CO}_2$  濃度が現在の 4 倍以上であった“超温室期”であり、海洋無酸素事変(OAE)と呼ばれる地球規模の環境擾乱イベントが複数回発生した。OAE の発生原因として、巨大火成岩区(LIPs)の活動によって放出された過剰な  $\text{CO}_2$  が、陸域の湿潤化と化学風化作用の増大を招き、過剰な栄養塩が海水中に供給され、表層生物生産の増大によって無酸素水塊が拡大したとされている(Weissert *et al.*, 1998)。しかし、OAE 期の陸域環境変動、特に植生変遷の応答はまだ良く分かっていない。本研究ではモンゴル南東部に分布する、OAE1a 相当層を含む湖成層(シネフダグ層)の掘削コア試料(CSH01, 02)を研究対象とし、Itaki *et al.* (2020a,b)で開発された AI 画像認識システムを用いてパリノファシス分析を行い、OAE1a 期前後における陸域植生変遷の復元を試みた。

**【試料と方法】**本研究に用いた試料は、2013 年と 2014 年にシネフダグ地域で掘削された CSH01 コア(約 150m)と CSH02 コア(約 190m)である。CSH01 コアと CSH02 コア下部は、湖成年縞の発達した頁岩とドロマイト層の互層からなるシネフダグ層に対応し、CSH02 コア上部は石炭を挟む河川成層からなるフテグ層に対応する(Hasegawa *et al.*, 2018, 2022)。CSH02 コア最上部に介在する凝灰岩の U/Pb 年代(118.5Ma)と、

有機炭素の炭素同位体比変動パターンから、CSH02 コアの 105m 層位が OAE1a の開始期に相当すると特定された。本研究では、CSH01 コアの 2m 区間を約 5cm 間隔で 40 試料分析し、岩相毎のパリノファシス組成の解析を行った。次に CSH01 コアを用いて、OAE1a 前後を含む 160 m 区間を約 75 cm 間隔で 220 試料を分析した。試料は粉碎後に酸処理を行い、堆積有機物粒子が均質に分布するようにデカンタを用いてプレパラートを作成し、産総研設置のスライドスキャナー (NanoZoomer S360) でデジタル画像化した。その後、二値化による個々の粒子画像の切り出しを行い、切り出した粒子画像を用いて GSJ PA Training tool で教師モデルを構築し、GSJ PA Classification により AI 分類を行った。

**【結果と考察】** まず CSH01 コアを用いて目視の観察結果と AI 分類結果を比較したところ、総じて共通した変動を示すのに加え、AI 分類結果の方が岩相変化と良く対応していた。即ち、高湖水位を示す頁岩層準では花粉や植物片が多く、低湖水位のドロマイト層準で野火指標となる黒炭(Charcoal)が多く見られた。次に CSH02 コアを用いて OAE1a の開始前後で 220 試料の AI パリノファシス解析を実施した結果、OAE1a 開始直後に花粉や植物被膜が増加する一方で、黒炭が顕著に減少し、モンゴル南東部は著しい湿潤化が起こったことが明らかになった。この結果を先行研究の花粉相分析結果 (Hochuli *et al.*, 1999; Zhang *et al.*, 2014; Cors *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2022) と比較したところ、OAE1a 開始後にモンゴル南東部だけではなく中国でも湿潤化が進行した一方、テチス域では乾燥化していたことが確認された。また OAE1a の後半には、アジア内陸部とテチス域の両方が乾燥化へ転じていた。これらの結果は、アジア内陸部の湿潤化に伴う陸源栄養塩の流入増加が、テチス域で広域的に起こった海洋無酸素環境の発達に寄与した可能性を示唆している。

**引用文献:** Cors, J., *et al.* (2015) *Geological Magazine*, 152, 632–647.; Hasegawa, H., *et al.* (2018) *Island Arc*, 27, e12243.; Hasegawa, H., *et al.* (2022) *Scientific Reports*, 12:21894.; Hochuli, P. A., *et al.* (1999) *Geology*, 27, 657–660.; Itaki, T., *et al.* (2020a) *PEPs*, 7:19.; Itaki, T., *et al.* (2020b) *Scientific Reports*, 10:21136.; Weissert, H., *et al.*, (1998) *Palaeo-3*, 137, 189–203. Wang, X. X., *et al.* (2022) *Australian Journal of Earth Sciences* 69, 876–892.; Zhang, M. Z., *et al.* (2014) *Cretaceous Research*, 48, 23–38.

## P-6

中部更新統金剛地層の甲殻類巣穴化石に含まれる糞粒化石の生痕学

瀬戸口聰美（高知大・理工・生物）・奈良正和・（高知大・理工・生物）

Ichnology of fossil faecal pellets in a fossil crustacean burrow system in the Pleistocene Kongochi Formation, Boso Peninsula, central Japan

Satomi SETOGUCHI (Kochi Univ.), Masakazu NARA (Kochi Univ.)

房総半島に分布する更新統金剛地層の浅海堆積物に産する、*Ophiomorpha* あるいは *Thalassinoides* に似た十脚目甲殻類（十脚類）の巣穴化石と考えられる未記載生痕化石の内腔充填堆積物には、泥質堆積物からなり、直径 1 mm あるいはそれ未満の円筒形粒状構造が含まれることがある。千葉県長生郡長柄町篠網の下部外浜堆積物から得られた粒状構造は、直径約 0.8 mm、長さ約 4 mm の円筒形を呈し、その内部には、両端が膨らんだ三日月形の断面を有し、円筒構造を伸長方向に貫く細長い空洞が見られることが特徴である。こうした形態的特徴に加えて、十脚類の巣穴化石内腔に産することから、この構造は巣穴を形成した十脚類の糞粒化石と考えられる。

一般に、十脚類の糞粒化石は、その分類にあたって内部を貫く空洞（カナル）の形態や数、そしてそれらの空間的配置が重視される。このカナルは、甲殻類の前腸幽門部の背側から突出する、複雑な形態のひだ状構造によって形成される。十脚類の消化管は前腸、中腸そして後腸からなるが、口から摂食された消化管内容物は前腸に運ばれ、心胃部にある胃臼や幽門部のひだ状構造によって“咀嚼”され中腸に入る。そして、中腸では消化管内容物の消化と栄養素の吸収がおこなわれ、後腸ではさらに水分が吸収され、肛門から排泄される（McGaw and Curtis, 2012）。糞粒のカナルは、上記のように幽門部のひだ状構造によって形成されたものである（Felgenhauer, 1992）。

十脚類の糞粒化石のうち、現在有効とされる代表的な属には、カナルの断面が円形あるいは橜円形を呈する *Favreina* 属、三日月形の *Palaxius* 属、星形を呈する *Helicerina* 属、三角形を呈する *Parafavreina*

属がある（Brönnimann, 1972）。また、分類には、腹側キップと呼ばれる、糞粒の腹側に帶状に付着する細粒粒子塊の有無も重視される（Brönnimann, 1972）。前述の属はそれを欠くが、*Thoronetia* 属は糞粒のほかの部分よりも高密度の粒子塊からなる腹側キップが発達することが特徴である。本研究で扱う糞粒化石は、両端が膨らんだ三日月形のカナルで特徴づけられ、腹側キップを欠くことから *Palaxius* 属に同定される。

*Palaxius* 属には、現在 22 種の有効種があるが、その識別にあたってはカナルの数と空間的配置、特に断面での位置と三日月形カナルが“開く”向き、が重視されてきた（Kietzmann and Olivo, 2020）。本研究で扱う糞粒化石は、カナルを 5 対 10 本有する事から、現行の有効種の中では *Palaxius colombiensis* に最も近いものの、カナルの空間的配置の点で異なる。ただ、前述の通り、カナルは糞粒形成者の解剖学的特徴を反映したものであり、そもそも生痕分類基準としては適切ではない。さらに、有効種の時空分布（Senowbari-Daryan and Kube, 2003）を見ると、それらはランダムな分布を示すことから、カナルを特徴づける糞粒形成者のひだ状構造の形態にも何らかの系統進化学的な傾向が無く、分類形質としての意義が低いことを示している。これらのことから、現在言われるような観点で *Palaxius* 属をカナルの特徴に基づいて種レベルで細分化することはそもそも意味をなさず、今後、再考する必要があるだろう。

### 引用文献

- McGaw, Curtis, 2013, J. Comp. Physiol. B, **183**, 443-465. Felgenhauer, 1992, In: Harrison, F.W., Humes, A.G., eds., Microscopic Anatomy of Invertebrates: Decapod Crustacean, 45-75, Wiley-Liss, Chicago. Brönnimann, P., 1972, Paläontol. Zeits., **46**, 99-103. Kietzmann, Olivo, 2020, Rev. Assoc. Geol. Argen., **77**, 353-365. Senowbari-Daryan, Kube, 2003, Paläontol. Zeit., **77**, 115-122.

## 鳥類の腕における筋系の比較解剖：飛行スタイルと筋骨格系の関係について

新田樹生・鍔本武久（愛媛大・院理工）・對比地孝亘（科博）・小林直人（愛媛大・院医）・水川葉月（愛媛大・院農）

### Comparative anatomy on the muscular system of arms in Aves: relationship between flight style and musculoskeletal system

Mikio NITTA, Takehisa TSUBAMOTO (Ehime Univ. Sci.), Takanobu TSUIHIJI (NMNS), Naoto KOBAYASHI (Ehime Univ. Med.), Hazuki MIZUKAWA (Ehime Univ. Agric.)

**【背景と問題点】**現生鳥類 (Neornithes) は、約 1 万 1 千種に及ぶ多様性をもち、獸脚類を起源とする現生唯一の恐竜類でもある。その多様性は飛行能力の獲得を通じて生息域が拡大し、それに伴って食性、能力、翼の形態や飛行スタイルが多様化したことに支えられている。こうした多様化の過程では、筋肉の発達や骨格形態が飛行様式に応じて高度に適応しており、筋骨格系と飛行スタイルの間には密接な関連があると考えられている。飛行には、翼を振り下ろす大胸筋と、翼を持ち上げる小胸筋が主に用いられる。そのため、飛行を行う鳥類では、これらの胸筋が付着する胸骨の竜骨突起が一般に発達する。一方で、空を飛ばないペンギンにも竜骨突起がよく発達しており、竜骨突起の大きさのみで飛行を行っていたのかどうかを判断することはできない。

**【目的と資料】**飛行に必要な胸筋の発達は、竜骨突起の有無や大きさに影響される。しかし、実際にその胸筋が飛行に用いられていたかは、上腕骨に付着する筋群の発達状態によって判断されると考えられる。本研究では、現生鳥類の翼における筋系と骨格形態、そして飛行様式の関係を比較解剖学的に検討し、将来的に化石上腕骨から飛行能力や生態を推定するための基礎的資料を得ることを目的とした。カワラバト、イソヒヨドリ（雌雄）、ウミネコ（雄）、ムクドリを材料とし、上腕骨形態と翼の運動に関わる筋群を詳細に観察した。特に小さいイソヒヨドリの解剖はホルマリン固定標本を用いて行い、大胸筋・上腕筋群を中心に比較を行った。

**【結果】**一般的に、上腕骨遠位端の内側上顆及び外側上顆には多様な筋肉の起始 (origin) が存在する。その一つ一つに確かな役割があり、現生の鳥類は環境、目的に合わせた多様な翼（前肢）の使い方が可能となる。比較の結果、飛行様式の違いに対応した特徴が種ごとに明確に認められた。まず、カワラバトは直線的な羽ばたき飛行を主とするが、翼姿勢の細かな制御に必要な回内筋の発達は限定的であった。これに対し、イソヒヨドリでは岩場や樹間での小回り飛行を反映し、回内筋が相対的に発達していた。イソヒヨドリ雄は求愛のためにディスプレイフライト（急上昇と急降下）を行うが、筋肉量や骨形態には雌雄差がほとんど見られず、この飛行は特別な筋発達を必要としないと考えられる。

一方、ウミネコは長距離滑空を伴うダイナミックソアリングに適応しており、長い翼を伸展して保持するための伸筋群、とくに橈側手根伸筋の発達が顕著であった。また上腕骨外側上顆の突出が著しく、伸筋の強い起始部を反映していた。さらに、手根関節の翼腹側面への屈曲角度にも種差が認められ、ウミネコでは約 50° と大きい。これは、翼端の迎角や抗力を調整することでヨーイングを促し、旋回を補助する働きをもつと考えられる。進化の過程で、ウミネコのように長距離移動や滑空を多用する鳥類にとって、強い屈筋群を用いて能動的に旋回するよりも、手根関節の屈曲によって受動的に翼の形状を変化させて旋回する方が、エネルギー消費を抑えられたと考えられる。

以上のように、現生鳥類の比較解剖により、飛行スタイルと筋骨格系の密接な対応関係が確認できた。本研究による知見は、化石上腕骨の形態から古鳥類の飛行能力や生態を復元する際の有用な指標となることが期待される。

**【謝辞】**本研究において、愛媛大学農学部の高橋真教授および愛媛県鳥獣保護管理員であり川内獣友会の相原和昭氏から、鳥類試料提供を行っていただきいた。

愛媛県西部、頃時鼻超苦鉄質岩体に伴うロジン岩  
岩谷翔馬（愛媛大学）・延寿里美（愛媛大学）

Rodingite from the Udonohana ultramafic body, Western Ehime  
Prefecture, Japan.

Shoma IWAYA (Ehime Univ.), Satomi ENJU (Ehime Univ.)

【はじめに】

ロジン岩は蛇紋岩化作用に伴う流体が斑レイ岩と反応することで形成され、蛇紋岩に伴って産する岩石で Ca に富み Si に乏しい。灰礫石榴石、ペスブ石、クリノクロア、透輝石などで構成され、産地によって多様な鉱物組み合わせを示す(Bach and Klein, 2009)。

本調査地域はダナイトやウェールライト起源の蛇紋岩から構成される頃時鼻超苦鉄質岩体(Ichiyama, 2015)で、北～中部で黒色片状蛇紋岩、南部で茶色塊状蛇紋岩がみられ、ロジン岩が点在する(城口・延寿, 2024)。本研究では灰、黄緑、紫色のロジン岩の鉱物学的特徴や関係性を明らかにし、周囲の蛇紋岩の産状を踏まえ形成過程の考察を行った。

【研究手法】

調査地域の 5 地点で野外調査、および試料採取を行った。RIGAKU 製粉末 X 線回折装置 Ultima IV を用いて構成鉱物の同定をし、偏光顕微鏡を用いて組織観察を行った。また Oxford 製 EDS を装着した JEOL 製走査型顕微鏡 JSM-6510LV を用いて化学組成を分析した。

【結果・考察】

ロジン岩は蛇紋岩体中に 40～200 cm の脈状やレンズ状に産し、黒色片状蛇紋岩では灰、黄緑、紫色のロジン岩が見られ、茶色塊状蛇紋岩では紫色のみ見られた。ロジン岩は透輝石、クリノクロア、灰礫石榴石(灰・黄緑色)、あるいは Ti に富む灰鉄石榴石(紫色)で構成され、茶色塊状蛇紋岩に伴う紫色のロジン岩はペロブスカイト、燐灰石、磁鉄鉱を含む。蛇紋岩との境界部で幅 10-40 cm の反応帯を示し、アンチゴライト、透輝石、灰鉄石榴石、磁鉄鉱を含む。灰、黄緑色のロジン岩は粗粒な透輝石(200-300  $\mu\text{m}$ )の粒間

を埋めるクリノクロアに伴って灰礫石榴石の集合が見られ、紫色のロジン岩は細粒な透輝石(50-100  $\mu\text{m}$ )と赤褐色の灰鉄石榴石が隣接しクリノクロアが点在する。反応帯はアンチゴライトと褐色を帯びた透輝石で構成され割れ目や劈開を磁鉄鉱が埋める組織を示す。

Grew et al.(2013)より紫色のロジン岩中の Ti に富む石榴石における灰鉄石榴石 $\{\text{Ca}_3\}[\text{Fe}_2^{3+}](\text{Si}_3)\text{O}_{12}$ 、ショーロマイト $\{\text{Ca}_3\}[\text{Ti}_2^{4+}](\text{Fe}_{2-3}\text{Si})\text{O}_{12}$ 、森本石榴石 $\{\text{Ca}_3\}[\text{Ti}^{4+}\text{Fe}^{2+}](\text{Si}_3)\text{O}_{12}$ の固溶体組成の割合を求めた。黒色片状蛇紋岩に伴うものは灰鉄石榴石成分 82.77%、ショーロマイト成分 5.02%、森本石榴石成分 12.21% であるが、茶色塊状蛇紋岩に伴うものは 57.03%、14.46%、28.51% と Ti に富む石榴石の割合が高く、一部に 35%、21%、44% の森本石榴石を示す結果も得られた。

ロジン岩の主要鉱物は概ね共通するため大まかな形成条件は類似していると考えられるが、紫色と灰・黄緑色で石榴石の組成や透輝石の粒径など組成や組織に違いが見られた。紫色のロジン岩中の石榴石は Ti に富みペロブスカイトも見られることから形成時に Ti の供給があったと考えられる。紫色のロジン岩は黒色片状・茶色塊状蛇紋岩の双方で見られるのに対して、灰・黄緑色は黒色片状蛇紋岩のみであり、城口・延寿(2024)では黒色片状・茶色塊状蛇紋岩で蛇紋岩化作用を受けた回数が異なると考察されていることから、ロジン岩化作用を受けた時期が灰、黄緑、紫色で異なる可能性がある。

【引用文献】

- Bach W and Klein F, (2009) The petrology of seafloor rodingites: Insights from geochemical reaction path modeling. *Lithos* 112, pp. 103–117.
- Grew E.S, Locock A.J, Mills S.J, Galuska I.O, Galuska E.V, and Hålenius U, (2013) IMA Report Nomenclature of the garnet supergroup. *Amer. Min.*, Vol 98, pp. 785–811
- Ichiyama Y, (2015) Petrogenesis and geotectonics of the Mikame ultramafic body, western Shikoku, Japan. *JMPS*, Vol 110, p. 35-46
- 城口結衣・延寿里美, (2024) 愛媛県西部、頃時鼻超苦鉄質岩体の片状蛇紋岩と塊状蛇紋岩の産状. 日本鉱物科学会 2024 年年会・総会, S2-05

## 検層解析による沖縄トラフ海底熱水鉱床の岩相区分

浅野真太郎 (高知大学)・濱田洋平 (高知大学)

Formation Mechanisms of Seafloor Hydrothermal Deposits in the Okinawa Trough: Insights from Logging While Drilling

Shintaro ASANO (Kochi Univ.), Yohei HAMADA (Kochi Univ.)

海底熱水鉱床は、熱水が海底下を循環するシステムの作用で亜鉛、鉛、銅などの硫化鉱物が沈殿して形成されるもので、鉱石中の金属濃集度が高いことから資源採掘対象としての注目が高まっている (石橋・浦部, 2020)。本研究では、掘削船「ちきゅう」を用いた沖縄本島北西海域 (沖縄トラフ) の海底熱水鉱床資源調査掘削の検層データ解析をとおして、熱水鉱床の形成過程を解明することを目的とする。

沖縄トラフは南西諸島の北西側に平行に位置する幅約 120km、延長約 900km にわたる溝状の凹地 (舟状海盆: トラフ) である沖縄トラフは後期中新世から現在に至るまでリフティングが継続する活動的な背弧海盆として知られ、大陸地殻の伸張テクトニクスを反映する正断層系の発達が見られている (石橋 2020)。また潜航調査からは、沖縄トラフでは活動的な熱水活動が現在も続いていること、海底熱水鉱床の生成が進行形で進展している場である事が明らかにされている (Takai et al., 2015)。

これまでの潜航調査等で存在が明らかとなっている 3 つの活動的熱水噴出群を含む海域において、熱水溜まりや随伴する鉱化帯の空間的広がりを把握することを目的とし、2014 年と 2016 年に掘削船「ちきゅう」による掘削調査が実施された (CK14-04 航海、CK16-01 航海; Kumagai et al., 2017)。これらの航海では掘削同時検層 (Logging-While-Drilling: LWD) が実施され、自然ガムマ線 (GR)、電気比抵抗 (Res)、温度、圧力が計 10 サイトにて取得された。このうち、LWD で温度異常が確認された熱水サイト (C9016, C9023) を対象とし、同じサイトのコア試料との比較から地質対比を実施し、岩相と分布の推定を試みた。

コア試料ではいずれのサイトにおいても軽石、粘土質堆積物、珪質岩、含

硫化鉱物鉱床様鉱石片の四種が観察されている (Takai et al., 2015, Kumagai et al., 2017)。LWD データの解析と記載とコア試料の物性データとの比較から、これらの岩相は LWD においてそれぞれ [①低 GR-中 Res]、[②高 GR-中 Res]、[③低 GR-高 Res]、[④低 Res] と対比されることが明らかとなった。これらの岩相は深さ方向に対して一様には分布しておらず、特徴的な岩相ユニットを形成せずに厚さ 5-20 m の層が不規則に繰り返すことが確認された。一方、両サイトともに③珪質岩-④金属濃集帯 (軽石) -③珪質岩という層序の組み合わせが見出された。これは軽石層が水道として機能し、熱水の移動によって珪鉱・硫化鉱物が沈殿してその後閉塞するような、層序に規制された鉱床形成の結果として解釈された。同様のプロセスは人工鉱床形成実験でも確認されており (Nozaki et al., 2021)、沖縄トラフでの鉱床形成の主要なメカニズムであると考えられる。しかし、LWD で記録された温度異常は、必ずしもこの珪質岩-金属濃集帯 (軽石) -珪質岩層の深度とは一致せず、このような鉱床形成が現在も進行しているのは一部の層準に留まる可能性も示唆された。今後は比抵抗イメージや掘削データを用いたより詳細な岩相記載を合わせた鉱床形成メカニズムの解明に挑む。

## 引用文献

- 石橋純一郎、浦部徹郎 (2020) 海底熱水鉱床の地球科学的理, 物理探査, 第 73 卷, 74-82 頁
- Takai K. et al., (2015) Cruise report SIP-HOT I "Pathfinder" (SIP-Hydrothermal deposit in Okinawa Trough) CK14-04 (Exp. 907). JAMSTEC, Yokosuka, Japan.
- Kumagai, H. et al., (2017) Cruise Report SIP-HOT II "Explorer" (SIP-Hydrothermal deposit in Okinawa Trough) CK16-01 (Exp. 908), JAMSTEC, pp. 443, Yokosuka, Japan.
- Nozaki, T. et al., (2021) Formation of highly Zn-enriched sulfide scale at a deep-sea artificial hydrothermal vent, Iheya-North Knoll, Okinawa Trough, Mineralium Deposita, 56:975-990

## 乾燥砂層を用いた複数既存面のモードIII変位に伴う変形の観察

阿部彪彩 (高知大学)・天野永遠 (高知大学)・  
藤内智士 (高知大学)

Observation of mode III crack growth pattern from multi shear planes using dry sand layer

Hiiro ABE (Kochi Univ.), Towa AMANO (Kochi Univ.), Satoshi TONAI (Kochi Univ.)

線形破壊力学において、既存のクラックの変位は 3 つの基本モードで考えることが多い。この中で、モードIIIはクラック壁およびクラック端に平行な変位で、その周囲で起こる変形（モードIII変形）が 3 次元的であるため、他のモードに比べて変形過程が複雑になりやすい。しかし、地震破壊など地殻の剪断変形においてモードIII変形は普遍的に起こるため、その理解は重要である。

室内実験によるモードIII変形の観察は、初期条件を系統的に変えた各々の実験について履歴を連続観察できることから有効である。例えば Lefevre et al. (2020)は、砂層の厚さを変えて横ずれ断層実験を行い、脆性領域の変形特性よりもその厚さの方がセグメンテーションの形に大きく影響することを指摘した。また、Visage et al. (2023)は、既存面の変位量とモードIII変形の関係について詳しく調べた。それらの先行研究では単一の既存面を設定して実験したが、複数の既存面が同時期に変位する条件でのモードIII変形については詳しく研究されていない。そこで本研究では、複数の既存面を設定した装置を用いて、既存面とモードIII変形の連動、及び脆性領域における厚さの影響に着目した室内実験を行った。

実験の手順を以下に示す。装置は、アクリル製の半箱 2 つを組み合わせたもので、全体の外寸は  $1000\text{ mm} \times 430\text{ mm} \times 200\text{ mm}$  である。これらの半箱の底に、長辺と平行にアクリル棒 ( $8\text{ mm} \times 8\text{ mm} \times 800\text{ mm}$ ) を 48 本敷き詰めて、その上に乾燥した豊浦珪砂を自由落下で充填した。これにより、半箱を水平に動かした際にアクリル棒同士が水平剪断して、脆性領域である砂層にモードIII変形が起こる仕組みを作った。実験は砂層の厚さを  $0\text{ mm}$ ,

$30\text{ mm}$ ,  $60\text{ mm}$ ,  $90\text{ mm}$  と変えて行った。全ての実験について、半箱間の変位速度を  $0.057\text{ mm/s}$ 、総変位量を  $140\text{ mm}$  とし、変形の様子を 5 秒ごとに上から連続撮影し、デジタル画像相関法 (Digital Image Correlation Method: DIC) を用いて変位場の時系列データを求め歪み解析を行った。また、砂層の横から露出したアクリル棒表面も撮影、解析することで、複数の既存面と砂層表面の連動についても調べた。

実験の結果、いずれの実験においてもアクリル棒同士は不規則な不安定すべりを起こした。また、アクリル棒同士の動きは上に敷き詰めた砂層の表面の変形と連動しており、つまりは砂層表面でも不規則不安定すべりが確認された。これに対して、アクリル棒と砂層の間のすべりはそれほど大きくはなかった。変形の初期において、砂層表面は全体で均質的に剪断する。その後、雁行状の亀裂が複数表われ、さらにそれらが連結していくことで砂層全体を横断する剪断帯が複数形成された。歪み解析の結果は、この連結した剪断帯が複数の区間に分かれて、不規則に不安定すべりを起こすことを示した。

一方で、砂層の厚さの違いによる変形パターンの違いも見られた。砂層表面に表れる剪断帯の数は砂層が厚いほど少ない。また、それらの剪断帶の方位は、砂層の厚さが  $0\text{ mm}$  および  $30\text{ mm}$  にした実験ではアクリル棒の方位とほぼ平行であったのに対して、砂層の厚さを  $60\text{ mm}$  および  $90\text{ mm}$  にした実験ではアクリル棒に対して斜交していた。

単一の既存面で行った先行研究では、砂層表面に表れる雁行状の亀裂は全体の変形が進むとほとんど動かなくなるのに対して、本研究では雁行状の亀裂が連結を経て変位を持続した。本研究の結果は、既存面の数や動き方がモードIII変形のパターンに大きな影響をもたらすことを示す。今後、変形についてより詳しく調べていく予定である。

### 引用文献

- Lefevre et al., 2020, *Geology*, 48, 844–848.  
Visage et al., 2023, *Tectonophysics*, 847, 229704.