



第 21 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

Program and Abstracts,
The 21st Annual Meeting,
Shikoku Branch, The Geological Society of Japan



2021 年 12 月 4 日 (土)

December 4th, 2021

オンライン (Online, Ehime University)

日本地質学会四国支部

Shikoku Branch, The Geological Society of Japan

【第 21 回日本地質学会四国支部総会・講演会】

<講演会>

日時：2021 年 12 月 4 日（土） 13:00–16:55

場所：オンライン開催（Zoom および愛媛大学理学部地学コース HP）

（本部：愛媛大学理学部）

※当日の受付はありません。

<総会>

日時：2021 年 12 月 4 日（土） 17:10–17:40（講演会終了後）

場所：オンライン開催（Zoom）（本部：愛媛大学理学部）

※地質学会会員の方はなるべくご参加下さい。

注）巡検・懇親会は実施しません。村田明広先生（徳島大学名誉教授）による特別講演を開催いたします。

幹事の皆様へ

<幹事会>

日時：2021 年 12 月 4 日（土） 11:00–11:45

場所：オンライン開催（Zoom）（本部：愛媛大学理学部）

講演会・総会プログラム

- 13:00–13:05 開会挨拶（堀支部長） 司会：鏑本武久
- 13:05–13:45 特別講演 座長：堀 利栄
地質図スケールの地質構造
村田明広（徳島大学名誉教授）
- 13:45–13:55 10 分間休憩
- 13:55–14:30 ポスター 3 分間紹介（P1～P11）（質疑応答なし） 座長：鏑本武久
- 14:30–14:40 10 分間休憩
- 14:40–15:40 一般講演 口頭発表（第一部：4 件） 座長：青矢睦月
- O1 14:40–14:55 愛媛県今治市大島で産出する「大島石」の岩石記載—特に「石目」について—*
大西隆人・齊藤 哲（愛媛大）
- O2 14:55–15:10 砂層の強度構造が付加体ウェッジの構造に与える影響*
橘 隆海（高知大）・藤内智士（高知大）・山田泰広（九州大）
- O3 15:10–15:25 高知県室戸市に露出する古第三系室戸層の砂質泥岩層と碎屑注入岩の特徴*
松元日向子（高知大）・藤内智士（高知大）
- O4 15:25–15:40 南太平洋で採取されたマンガンノジュールの
古地磁気学的解析による回転の復元*
片野田 航（高知大／産総研）・小田啓邦（産総研）・村山雅史（高知大）・
臼井 朗（高知大）・山本裕二（高知大）
- 15:40–15:55 15 分間休憩
- 15:55–16:55 一般講演 口頭発表（第二部：4 件） 座長：齊藤 哲
- O5 15:55–16:10 マンガンクラストの縞状構造は氷期-間氷期サイクルに起因するのか？*
高馬菜々子（高知大）・長谷川 精（高知大）・臼井 朗（高知大）・
小田啓邦（産総研）・伊藤 孝（茨城大）
- O6 16:10–16:25 種子島沖海底泥火山群から採取された堆積物の地化学・年代分析による
泥火山噴出機構の解明*
瀬戸口亮眞（高知大）・井尻 暁（神戸大）・山形武靖（東京大）・
松崎浩之（東京大）・萩野恭子（高知大）・芦寿一郎（東京大）・
村山雅史（高知大）・濱田洋平（JAMSTEC）・谷川 亘（JAMSTEC）・
多田井修（マリンワークジャパン）
- O7 16:25–16:40 高知県三原村産・土佐硯の形成過程：四万十帯南帯の埋没・熱的続成作用に
基づく考察*
朝山航大（高知大）・浦本豪一郎（高知大）・中村璃子（高知大）・
中山 健（高知大）・壹岐一也（三原硯石加工）・足達真弥（三原硯石加工）・
濱田洋平（JAMSTEC）・谷川 亘（JAMSTEC）・廣瀬丈洋（JAMSTEC）
- O8 16:40–16:55 火星地下水分布推定に向けた地球と火星の周氷河地形ポリゴンの形状比較*
佐古貴紀（高知大）・長谷川精（高知大）

16:55–17:10 15 分間休憩

17:10–17:40 総会

司会：鏑本武久

-
- ・ Zoom でおこないます.
 - ・ 一般講演の口頭発表は, 1 件あたり発表 12 分・質疑応答 3 分の計 15 分です.
 - ・ ポスターWEB 掲示 (愛媛大学理学部地学コース HP [<http://earth.sci.ehime-u.ac.jp>]) は, 12/3(金) の 15:00 から 12/6(月)の 15:00 の間, 閲覧可能です.
 - ・ 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.

ポスター講演リスト

-
- P1 絶滅種イタヤガイ科二枚貝 *Amussiopecten praesignis* の微細成長線分析からみた生活史*
川竹 慶 (高知大)・本藤脩太郎 (高知大)・前田叶美 (高知大)・南 貴文 (高知大)・
松原 啓 (高知大)・近藤康生 (高知大)・山岡勇太 (埼玉自然博)
- P2 砂箱実験を用いた単純せん断帯に発達する 2 次せん断面の 3 次元解析*
池内 裕 (高知大)・藤内智士 (高知大)・山田泰広 (九州大)
- P3 X 線 CT データを用いた南海トラフ及び四国海盆の海底下における
重鉱物と炭酸塩鉱物の空間分布の解明*
福島 颯 (高知大)・藤内智士 (高知大)
- P4 上部三畳系キリパカ層 MCC セクション (ニュージーランド・ワイパパ帯) の
放散虫化石層序の検討*
向井一勝 (愛媛大)・堀 利栄 (愛媛大)
- P5 南ヨルダンの遺跡堆積物から探る後期更新世の古環境復元と
ホモ・サピエンス拡大との関係性*
川村秀儀 (高知大)・長谷川 精 (高知大)・門脇誠二 (名古屋大)
- P6 更新統下総層群清川層産 *Mizuhopecten tokyoensis* (二枚貝, イタヤガイ科) の
酸素同位体比プロファイルと季節的殻成長パターン*
吹本 樹 (高知大)・近藤康生 (高知大)
- P7 愛媛県梶島の白亜紀苦鉄質岩類—岩石記載および全岩化学組成—*
下岡和也 (愛媛大)・齊藤 哲 (愛媛大)
- P8 ジルコンメルト包有物研究: 愛媛県南部御内花崗岩質岩体の例*
谷脇由華 (愛媛大)・齊藤 哲 (愛媛大)
- P9 愛媛県北部芸予諸島伯方島に分布する花崗岩類の岩石学的研究*
福井堂子 (愛媛大)・齊藤 哲 (愛媛大)
- P10 愛媛県道後姫塚の化石含有層 (白亜系和泉層群) における学術調査プロジェクト
堀 利栄 (愛媛大)・岡本 隆 (愛媛大)・楠橋 直 (愛媛大)・鰐本武久 (愛媛大)・
佐藤たまき (東京学芸大)・下岡和也 (愛媛大)・町田悠輔 (愛媛大)・
朝永悠斗 (愛媛大)・脇山涼輔 (愛媛大)・佐賀昇吾 (愛媛大)・向井一勝 (愛媛大)
- P11 A new specimen of the Anthracotheriidae (Mammalia, Artiodactyla)
from the upper Eocene of Na Duong Coal Mine, northern Vietnam
Tsubamoto, T. (Ehime Univ.), Tsuihiji, T. (Natl. Mus. Nat. Sci.),
Phan, P. D. (Inst. Mar. Geol. Geophys.), Doan, D. H. (Vietnam Natl. Mus. Nat.),
Egi, N. (Natl. Mus. Nat. Sci.), Komatsu, T. (Kumamoto Univ.)
-

・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。

・ポスターは、愛媛大学理学部地学コース HP に掲載します。

以上。

講演要旨

□頭発表

01 愛媛県今治市大島で産出する「大島石」の 岩石記載 一特に「石目」について—

大西隆人・斉藤哲(愛媛大学)

Petrographic study on the 'Oshima-ishi' in Oshima,
Imabari City, Ehime Prefecture

Takahito ONISHI, Satoshi SAITO (Ehime Univ.)

1. はじめに 愛媛県今治市大島北部で産出される大島石は花崗岩質石材として全国的に有名である。花崗岩質石材には3つの「石目」が存在し、石材所では「石目」を利用し石材を立方体として切り出している。大島石の石材所では「石目」を割れやすい順に、「目」・「二番」・「シワ」と呼称している。大島では「目」はほぼ水平方向、「二番」はほぼ垂直に東西方向、「シワ」がほぼ垂直に南北方向を向いているとされている。大島石の「石目」については、工藤ほか(1987)などによりマイクロクラックの選択的配列が指摘されているが、検討されたものは5試料と少ない。そこで本研究では、大島石の14ヶ所の採石所の試料について、岩石記載、鉱物量比測定、偏光顕微鏡観察、マイクロクラックの観察を行い、3つの石目の成因と割れやすさが異なる原因について検討した。
2. 六面体試料の肉眼観察 本研究で試料を収集した14ヶ所の石材所は、山本・吉倉(2016)の岩体区分の大島1型および大島2型に相当する。なお、大島1型の範囲付近では「一等」もしくは「特級」、大島2型の範囲付近では「二等」とされる大島石が採石されている。14ヶ所の石材所の試料それぞれについて、3つの「石目」に平行に切り出した1辺8~10cm程度の六面体試料を作成し、「石目」に沿った面を研磨し、肉眼での組織観察と石英・長石・有色鉱物の量比観察をおこなった。大島石は細粒・等粒状の花崗岩類であり、それぞれの試料において、3つの「石目」に平行な面を構成する石英・長石・有色鉱物の量比に系統的な差異は認められない。
3. 偏光顕微鏡観察 それぞれの試料について3つの「石目」に沿った薄片を作成し、計42枚の薄片試料について偏光顕微鏡を用いて組織観察と鉱物モード測定を行った。さらにマイクロクラックおよびヒールドマイクロクラック

の分布を観察した。組織観察から大島石に顕著な鉱物の定向配列は認められない。モード測定結果から、大島石は角閃石黒雲母花崗閃緑岩~モンゾ花崗岩、黒雲母花崗閃緑岩に分類され、また各石目や採石場ごとに鉱物量比の系統的な差異は認められない。一方、マイクロクラックおよびヒールドマイクロクラックの分布観察では、これらは特に石英中に多く認められ、その分布については以下のような特徴が認められた。(1)「目」の面に平行なマイクロクラックが最も卓越している。(2)「二番」の面に平行なマイクロクラックも認められる。(3)「シワ」の面に平行なマイクロクラックはほとんど認められない。(4)ヒールドマイクロクラックはそれぞれの「石目」にほぼ平行なものが認められるが、マイクロクラックほど顕著な配列は認められない。

4. 考察 大島石の「石目」の成因として、①3つの面での構成鉱物量比の違い、②「石目」に沿った鉱物の定向配列、③石目に平行なマイクロクラックの発達、の3つの要因について検討した。①と②については肉眼観察および薄片観察から、3つの面での構成鉱物量比の違いも「石目」に沿った鉱物の定向配列も認められない。一方、マイクロクラックについては特に「目」の面に平行なものが卓越しており、次に「二番」の面に平行なものが発達している。しかしながら「シワ」の面に平行なマイクロクラックはほとんど認められない。これらの観察結果から、大島石の「石目」は岩石組織よりもマイクロクラックの配列を反映したものであり、「石目」による割れやすさの差異は、マイクロクラックの分布頻度の違いによるものと考えられる(図1)。

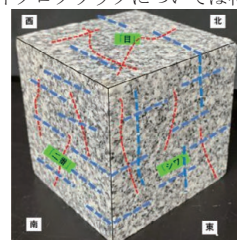


図1:「石目」の模式図

5. 謝辞 14ヶ所の採石所の方々やNPO法人能島の里の村上利雄会長には本研究に快く協力していただきました。ここに記してお礼申し上げます。

引用文献 大島石協同組合(2013) 大島石採取場分布図 所属採取場, Kagami et al.(1992) Contrib Mineral Petrol, 112, 65-17. 国立歴史民俗博物館(2012) 石を切る 花崗岩採掘の伝統と革新. 工藤ほか(1987)土木学会論文集, 382, 45-53. 吉倉・山本(2016) 日本地方地質誌 7 四国地方.

02 砂層の強度構造が付加体ウェッジの構造に与える影響 橋 隆海(高知大)・藤内智士(高知大)・山田泰広(九州大)

Influence of the strength structure of the sand layer on
the structure of the accretionary wedge

Takami TACHIBANA (Kochi Univ.), Satoshi TONAI (Kochi
Univ.), Yasuhiro YAMADA (Kyushu Univ.)

プレート沈み込み帯では、沈み込むプレートの一部が上盤プレートにはぎ取られて形成される付加ウェッジがみられ、メタンハイドレート貯留域やプレート境界地震の発生域として注目されている。付加ウェッジの形状や構造は地域によって異なることが過去の地震波探査や掘削などから知られており、この要因として沈み込む前の地質体の強度構造やプレート境界断層であるデコルマの摩擦係数などがあげられている。そこで本研究では乾燥砂を用いた模型実験で、砂層の充てん方法や基底部の低強度層の有無を変化させることにより、変形前の地層の強度構造が付加ウェッジの構造に与える影響を議論した。

模型実験はシートを敷いたアクリル容器(幅118mm、長さ693mm、高さ158mm)に乾燥砂を20mmの厚さで充てんし、シートを水平に250mm変位させ、砂層を固定壁に押し付けることにより付加ウェッジを形成させた。一部の実験では高知大学海洋コア総合研究センターに設置されているX線CTスキャナを用いて内部構造を撮影した。またロードセルを用いてシートを引っ張るときの荷重を測定した。本研究における砂層の初期条件(砂の種類、充てん方法、層厚)は以下の4通りである。(A): 豊浦珪砂, 密詰め, 20mm (B): 豊浦珪砂, ゆる詰め, 20mm (C): 豊浦珪砂, 密詰め, 16mm+マイクロビーズ, 密詰め, 4mm (D): 豊浦珪砂, ゆる詰め, 16mm+マイクロビーズ, 密詰め, 4mm。ここで密詰めとは、砂を20cm以上の高い位置からシャワーのように散布することで、自由落下した砂の間隙が比較的に少なく密に充てんすることである。一方、ゆる詰

めとはショベルを使って低い位置から砂を流し込んで充てんすることで、前者に比べて充てん率は小さくなる。また豊浦珪砂よりも内部摩擦角の小さいマイクロビーズを基底部に散布することで砂層基底部での摩擦特性を制御した。

実験の結果、条件Aでは表面傾斜角が平均15°ほどのウェッジが形成され、X線CT画像では明瞭なせん断帯が複数観察できた。条件Bではウェッジの表面傾斜角が条件Aに比べて小さく、せん断帯は狭い間隔で数多く形成された。また条件Cでは、ウェッジの表面傾斜角が条件Bよりも小さくなったものの明瞭なせん断帯がみられ、条件Dでは最もウェッジの傾斜角が最も小さいものの、せん断帯の数は条件Bに比べて少なかった。

ウェッジの傾斜角は構成物質の内部摩擦角と基底部の摩擦係数に影響される。一般に同じ粒子からなる粉体層は充てん率が小さいほど内部摩擦角が小さくなる(Lohrmann et al., 2003)こと、マイクロビーズの内部摩擦角は豊浦珪砂に比べて小さいことが、ウェッジの表面傾斜角の違いに影響を与えたと考えた。また、荷重データは同粒子の粉体層では充てん率が小さいときにせん断帯ができたときのひずみ弱化的程度が小さいことを示した。このことがゆる詰め層では密詰め層に比べて、個々のせん断帯の変位が小さく、せん断帯の数が多かった原因の一つと考えた。南海トラフやバルバドスでの科学掘削の結果からデコルマは周囲に比べて低強度で高い間隙率であることがわかっている(Kimura et al., 1997, Moore et al., 1998, 2001)。基底部にマイクロビーズ層を散布した実験条件CとDは、AやBよりも強度構造が上記の付加体に近い。せん断帯の傾斜角や間隔も条件CとDがより天然の付加体に似ているのも、基底部の弱層の効果と考えられる。

参考文献

Moore et al., 2001, ODP Int. Repts., 190. Kimura et al., 1997, ODP Int. Repts., 170. Moore et al., 1998, ODP Int. Repts., 171. Lohrmann et al., 2003, Journal of Structural Geology, 25, 1691-1711.

O3

高知県室戸市に露出する古第三系室戸層の砂質泥岩層と 砕屑注入岩の特徴

松元日向子 (高知大学)・藤内智士 (高知大学)

Characteristics of the sandy mudstone layers and detrital
injectites of the Paleogene Muroto Formation in Muroto,
Kochi, Japan

Hinako MATSUMOTO (Kochi Univ.), Satoshi TONAI
(Kochi Univ.)

四国沖におけるフィリピン海プレートの沈み込みは前期-中期中新世 (25–15 Ma) に始まり、それより以前の西南日本のプレート収束帯の様子については議論が続いている (例えば, DiTullio and Byrne, 1990; Underwood et al., 1992). 室戸半島に露出する古第三系室戸層は、後期始新世-前期漸新世 (48–28 Ma) の収束帯堆積物である。この層の形成環境を推定することは、上記した議論の制約につながる。本研究では高知県室戸市に露出する室戸層の形成環境の推定を目的とした。今回の発表では特に露出が良く、地層の広がりを観察できる行当岬を対象地域とし、野外地質調査とドローンを用いて撮影した空中写真とを組み合わせた詳細な岩石分布図と柱状図の作成に取り組んだ。また、変形構造に注目し、その分布や特徴をまとめた。

調査の結果は以下の通りである。行当岬に露出する室戸層は全体として、北東-南西走向で高角度に北西傾斜 (N40–55°E, 55–75°NW) して北西上位である。空中写真を活用することで、断層による変位を確認して調査地域の層序をつなげることができた。全層厚は約 230 m である。岩相は主に砂岩と泥岩の割合と変形の程度にもとづいて、砂岩の割合が大きいものから砂岩優勢層、砂岩泥岩互層、弱変形砂岩泥岩互層、強変形砂岩泥岩互層、砂質泥岩厚層、砂質泥岩薄層、泥岩層の 7 つに分類した。また、これらの岩相は一定の累重関係をもつ。具体的には、下位から砂岩優勢層、砂質泥岩薄層、砂質泥岩厚層、強変形砂岩泥岩互層、弱変形砂岩泥岩互層、砂岩泥岩互層または泥岩層、砂岩優勢層の順に重なるのが確認された。この内、砂質泥岩層薄層から砂岩泥岩互層または泥岩層の地層 (特に砂質泥岩層-変形砂岩泥岩互層) では断層と砕屑注入岩が多く見られた。この砕屑注入

岩の多い層を砕屑注入岩層とした。本研究では特に砂質泥岩層から砕屑注入岩層までの累重 (シーケンス) に注目し、その内部構造を観察した。シーケンス内の変形は、下部-中部では層平行短縮 (逆断層, 座屈褶曲), 上部では層平行伸張 (正断層, プーディング) が発達する。シーケンスの上位および下位で重なる砂岩層は石英や方解石からなる鉱物脈が多く、堆積構造が不明瞭、層厚の側方変化やせん滅、といった特徴が認められた。砕屑注入岩はシル状のものと層理面に対して 30–50° で斜交するものが多い。

上記のシーケンスを現時点で調査地域に 8 層準認めた。個々の層厚は 1–35 m で、調査地域の全層厚の 35–40% を占める。層厚の薄いものや露出の悪いものなどではシーケンスの一部が欠如するが、内部構造が類似することから同じ成因で形成したと考えた。流動的な挙動を示す砕屑注入岩や、墨流し状の褶曲、引きずり褶曲を伴う断層は、これらの変形が地層の未固結時に起こったことを示す。また、砂質泥岩層の存在は変形層が粒子の淘汰が起こらない程度の短距離の移動で堆積したことを示す。以上のことから、調査地域の室戸層は砂岩優勢層を基本堆積物とし、このシーケンスは海底地すべり体として移動と堆積をした可能性が高いと考えた。砕屑注入岩は、変形構造を切る、複数のシーケンスに跨っては注入していない、といった特徴からその多くは地すべり体の移動直後にできたと判断した。

今後は調査地域を広げて、室戸層全体の砂質泥岩層の特徴を明らかにする。また、シーケンス内部の褶曲や砕屑注入岩の分布や方向から変形過程の推定をして、室戸層が形成された環境をより具体的に描くことを目指す。

引用文献

平ほか, 1980, 四万十帯の地質学と古生物学—甲藤次郎教授還暦記念論文集—, 319–389.

DiTullio and Byrne, 1990, Geological Society of America Bulletin, 102, 1420–1438.

Underwood et al., 1992, The Island Arc, 1, 116–132.

Moore et al., 2019, Gondwana Research, 74, 126–143.

O4

南太平洋で採取されたマンガンノジュールの

古地磁気学的解析による回転の復元

片野田 航^{1,2}, 小田 啓邦², 村山 雅史¹, 臼井 朗¹, 山本 裕二¹

¹高知大学, ²産業技術総合研究所

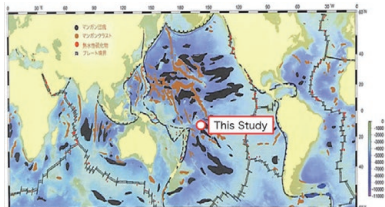
Reconstruction of rotation by paleomagnetic analysis of
manganese nodules collected in the South Pacific

W. Katanoda¹, H. Oda², M. Murayama¹, A. Usui¹, Y. Yamamoto¹

¹Kochi University, ²National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology

【目的】マンガンノジュール (以下, Mn nodule) の成長過程は十分に解明されておらず、特に、成長中に物理的な移動や回転などの運動の有無については検証されていない。本研究の目的は、古地磁気学的解析から、Mn nodule の成長過程における回転の有無を明らかにすることである。数千年間の地球磁場を平均すると地心軸双極子で近似でき、磁場中で成長する Mn nodule 表面に記録される残留磁化方位は、当時の磁場方位に一致することが期待される。Mn nodule の位置が成長過程においてほとんど変化しない場合、見かけの古地磁気極が移動すると、成長過程において回転をしたと推測される。

【試料】工業技術院地質調査所 (現、産総研) によって 1983 年にペリリン海盆で実施された GH83-3 次航海において、ボックスコーラーを用いて、西経 158 度 30 分 64 秒、南緯 12 度 00 分 03 秒、水深 5248 m の深海粘土堆積物の表面から原位置のまま採取され、ほぼ球形 (74 mm x 60 mm x 66 mm) である。採取時に試料の頂点 (中心) に、ホワイトマーカーで印をして鉛直



上方向の基準とした。ダイヤモンドカッターを用いて、マーカーと Mn nodule の中心を含む面で垂直に半割して半割面から板状の A 試料を採取した。また、残りの半割試料のマーカーを含む面で直交方向に分割して、その切断面から A 試料と

試料採取地点

直交する板状の B 試料を得た。A 試料, B 試料それぞれについて、縦方向に 5 列の短冊状試料を分割し、さらに成長方向に 5 試料 (3.0 mm x 6.0 mm x 8.0 mm) あるいは 10 試料 (1.6 mm x 4.8 mm x 9.0 mm) の小片に分割した。

【分析方法】A 試料に対し、振動試料型磁力計を用いて、FORC (First Order Reversal Curve) 測定や S 比の測定、MPMS (Magnetic Property Measurement System) を用いて IRM 獲得曲線と低温磁気測定を行い、パススルー型超伝導岩石磁力計と熱消磁装置を用いて 3 軸 IRM 熱消磁測定を行った。これらの岩石磁気の結果から Mn nodule を構成する磁性鉱物を推定した。そして、A, B 試料をパススルー型超伝導岩石磁力計を用いて自然残留磁化を測定し、段階交流消磁実験と消磁曲線の解析により初生残留磁化成分を求め、Mn nodule の回転の復元を試みた。

【結果】マ

ーカー近くの表面付近の試料の古地磁気伏角は、試料採取地点で期待される地磁気伏角 (-23 度) とよく一致した。Mn nodule の回転について、回転をしていない場合、古地磁気極は現在の地磁気極と重なるはずである。しかし、最過去 (約 7.5 Ma) から現在にかけて古地磁気極は滑らかに変化し、最終的に約 90 度異なっていたことから、Mn nodule は約 7.5 Ma から現在にかけて約 90 度回転していると考えられる。本発表ではこれらデータに基づいて Mn nodule の成長中の回転の可能性について論じるとともに、岩石磁気データに基づく磁性鉱物の種類や起源についても考察する。

【引用文献】

L. Yi et al.: The Potential of Marine Ferromanganese Nodules From Eastern Pacific as Recorders of Earth's Magnetic Field Changes During the Past 4.7 Myr: A Geochronological Study by Magnetic Scanning and Authigenic 10Be/9Be Dating, JGR Solid Earth, (2019)

O5

マンガンクラストの縞状構造は氷期-間氷期サイクルに起因するの？

高馬菜々子(高知大学), 長谷川精(高知大学), 臼井朗(高知大学), 小田啓邦(産業技術総合研究所), 伊藤孝(茨城大学)

Do the sedimentary rhythms of ferromanganese crust record the glacial-interglacial cycles?

Nanako KOMA (KOCHI Univ.), Hitoshi HASEGAWA (KOCHI Univ.), Akira USUI (KOCHI Univ.), Hirokuni ODA (AIST), Takashi ITO (IBARAKI Univ.)

【はじめに】世界の深海底や海山上には、マンガン酸化物が主成分のマンガンクラストやマンガン団塊が広く分布している。その成長速度は非常に遅く、百万年に数 mm 程度成長する。また、特定海域のマンガンクラストでは縞状構造が発達することが知られており、形成年代の対応などから、その縞が氷期-間氷期サイクルに起因しているのではないかと示唆されている (Eisenhauer *et al.*, 1992; Han *et al.*, 2003; 高橋, 2015, 2017)。しかし、縞状構造は氷期-間氷期サイクルの 10 万年周期で 0.5mm 程という微小な構造であり、その詳細は不明な点が多い。そこで本研究では、微小領域の元素組成分析と内部構造の解析から、その形成メカニズムの解明を試みた。

【試料・方法】本研究では、縞状構造が良く発達している正徳海山周辺の水深約 2000m で採取された 3 つの試料を使用した。その中の 1 つは走査型 SQUID 磁気顕微鏡によって詳細な古地磁気逆転パターンが測定されており、3.4 cm が 7.2 Myr で形成されたことが明らかにされている (Oda *et al.*, 2011)。本研究では、縞状構造が特に発達している表層から約 7 mm の区間 (過去 100 万年間) に注目し、高知大学理工学部設置の蛍光反射顕微鏡 (オリンパス BX51TRF) と海洋コア総合研究センター (KCC) 設置のマイクロフォーカス X 線 CT スキャナ (Zeiss, Xradia) を使用し、マンガンクラストの内部構造を観察した。また KCC 設置の EPMA (JEOL, JXA-8200) を用いて微小領域元素マッピング分析を行った。

【結果・考察】マンガンクラストの縞状構造を蛍光反射顕微鏡とマイクロ X 線 CT で観察した結果、ストロマトライトのような柱状 (columnar) 構

造と、その間を埋めている窓状 (fenestral) 構造 (Hofmann, 2000) とが互層することで、縞状構造が形成されていることが分かった。柱状構造は黒色のマンガン酸化物を主体とし、高い CT 値 (高密度) を持っていた。一方で、窓状構造は黄褐色で弱い蛍光特性を持ち、柱状構造に比べて総じて低い CT 値であり、さらに外側と内側でやや CT 値が異なる 2 層構造 (外側がやや高い CT 値) をしていた。EPMA 分析の結果、柱状構造は Mn, Fe で構成されており、二層になっている窓状構造の外側は Si で、内側は K, Al で構成されている箇所があることが分かった。また、SQUID 磁気顕微鏡によって得られた年代と比較させた時、表層部はマンガンを中心とし (高橋, 2015)、表層から約 2mm の所に MIS11 の間氷期、約 4.5mm の所に MIS19 の間氷期と考えられるマンガンの濃集が見られた。これらの観察結果と、Mn の堆積速度は間氷期に高く (Eisenhauer *et al.*, 1992)、また Si の主成分と考えられる風成塵の堆積量が氷期に間氷期の約 20 倍となる (Maher *et al.*, 2010; Lamy *et al.*, 2014) を考慮すると、マンガン濃集部の柱状構造が間氷期に、砕屑粒子と有機物からなる窓状構造が氷期に堆積したと解釈される。また、ストロマトライト構造の成長にはブラウン運動が関与している (Dupraz *et al.*, 2006) という知見を考慮すると、マンガン濃集部の柱状構造は、微小マンガン粒子がブラウン運動で堆積した可能性を示す。窓状構造が 2 層に分かれている理由として、風成塵の堆積に加えて砂質性有孔虫やバクテリアマットによる吸着の影響が示唆される。さらに、縞状構造が発達するマンガンクラストが特定の海域に限られているのは、風成塵の供給量分布 (Maher *et al.*, 2010) と関係している可能性があり、風成塵の供給量が多い 30°以北の試料では窓状構造がよく発達し、逆に風成塵量が少ない 30°以南の試料では柱状構造が卓越する傾向が見られた。したがって、氷期に風成塵の堆積フラックスが増加したことにより、マンガンクラストの縞状構造が形成されたと考えられる。

引用文献: Dupraz C. *et al.* (2006) *Sedimentary Geology* v.185, p.185-203.; Eisenhauer A. *et al.* (1992) *EPSL* v.109, p.25-36.; Han X. *et al.* (2003) *EPSL* v.211, p.143-157.; Hofmann H.J. (2000) *Microbial sediments*, p.315-327.; Jossio P. *et al.* (2021) *EPSL* v.553, 116651.; Lamy F. *et al.* (2014) *Science* v.343, p.403-407.; Maher B.A. *et al.* (2010) *Earth-Science Reviews* v.99, p.61-97.; Oda H. *et al.* (2011) *Geology* v.39, p.227-230.; 高橋浩規 (2015) 高知大学卒業論文, 64p.; 高橋浩規 (2017) 茨城大学修士論文, 59p.; Usui A. *et al.* (2017) *Ore Geology Reviews* v.87, p.71-87.

O6

種子島沖海底泥火山群から採取された堆積物の地化学・年代分析による泥火山噴出機構の解明

瀬戸口亮真(高知大学), 井尻暁(神戸大学), 山形武靖(東京大学), 松崎浩之(東京大学), 萩野恭子(高知大学), 芦寿一郎(東京大学), 村山雅史(高知大学), 濱田洋平(海洋研究開発機構), 谷川亘(海洋研究開発機構), 多田井修(マリンワークジャパン(株))

Clarification of eruption mechanism of submarine mud volcanoes off Tanegashima Island by geochemical and dating analysis of sediments Ryoma Setoguchi(Kochi University), Akira Ijiri(Kobe University), Takeyasu Yamagata(The University of Tokyo), Hiroyuki Matsuzaki(The University of Tokyo), Kyoko Hagino(Kochi University), Juichiro Ashi(The University of Tokyo), Masafumi Murayama(Kochi University), Yohei Hamada(Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology), Wataru Tanikawa(Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology), Osamu Tadai(Marine Works Japan Ltd),

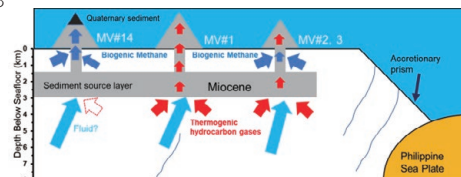
世界各地の大陸縁辺域に分布する泥火山は、地下深部にある高間隙水圧を持った堆積物が上昇し、海底表層または地表に噴出した地形である (Kopf, 2002)。高間隙水圧堆積物は、泥とそれに関する深部の水やメタンガスなどの流体によって形成される (Wallmann *et al.*, 2006 ほか)。

日本近海では、南海トラフ沿いに位置する紀伊半島沖熊野海盆と種子島沖に広く分布が確認されている。種子島沖泥火山は、これまでの海底調査から 15 個確認され (Ujiie *et al.*, 2000 ほか)、MV#1-#15 まで番号がつけられている。本研究では、MV#1 (30°53'N, 131°46'E; 水深: 1540 m)、MV#2 (30°55'N, 131°50'E; 水深: 1430 m)、MV#3 (31°03'N, 131°41'E; 水深: 1200 m)、MV#14 (30°11'N, 131°23'E; 水深: 1700 m) から採取された堆積物コアを用いて、堆積物の特性と炭化水素ガスの起源などについて調べた。堆積物試料は、X 線 CT による内部構造観察、加速器質量分析器を用いた ¹⁰Be 年代測定、石灰質ナノ化石による微化石年代に供し、さらに XRD による鉱物組成分析、粘土鉱物組成比、ビトリナイトの反射率測定から堆積物の温度履歴を推定した。また、炭化水素ガスについては、メタン/エタン濃度比 (C₁/C₂)、メタンガスの炭素同位体比の測定を行い、その起源を推定した。

堆積物は、全体に多くの泥礫を含む粘土質の堆積物であった。MV#2、MV#3 の微化石年代と ¹⁰Be 年代の結果は整合的であり、様々な年代を示したが、主に中期中新世以降を示した。一方、MV#14 は表層に第四紀の堆積

物が被覆していた。これは、現在は堆積物の噴出が停止しており、活動的な泥火山でないことを示す。種子島周辺には、始新世の四万十帯が分布しているが (Ujiie *et al.*, 2000)、本研究による年代測定の結果から、泥火山堆積物の起源は四万十帯より上位の堆積層由来であると考えられる。堆積物の全岩鉱物組成は、全体的に石英、イライト、斜長石を多く含み、各泥火山による違いは見られなかった。粘土鉱物はイライトに富んでおり、各泥火山、各深度において組成による大きな違いは見られなかった。また、XRD 回折パターン、粘土鉱物組成、イライト含有量が各泥火山で類似していたことは、種子島沖泥火山の噴出堆積物の起源となる層が同じである可能性を示す。一方、4 つの泥火山から計 180 点以上についてビトリナイト反射率を測定した結果、反射率は 0.42-0.44% であり、各泥火山で似通った反射率が得られた。得られた反射率から、Easy%Ro 法により見積もられた経験温度は 77~84°C を示した。泥火山から採取された炭化水素ガスは、MV#1、MV#2、MV#3 のメタンの炭素同位体比は -42 ~ -57‰、C₁/C₂ 比は 30-50 であり、熱分解起源メタンの特徴を示した。一方、MV#14 は、炭素同位体比は -57 ~ -77 ‰、C₁/C₂ 比は 700-4000 であり、微生物起源メタンの特徴を示した。MV#14 は活動的でないことから、熱分解起源の炭化水素ガスが、生物起源の炭化水素ガスに置き換わっていることが考えられる。堆積物から得られたビトリナイトの反射率 (0.42-0.44%) と熱分解起源炭化水素ガスが生成される反射率 (2.0%以上) を比べると、泥火山の堆積物は、熱分解起源炭化水素ガスを生成する温度を経験していないことを示す。以上の結果をもとに、この海域で観測されている地温勾配 (25-50 °C/km) を考慮すると、泥火山の噴出堆積物は、海底約 1.5~3 km 以深から上昇してきたと考えられる。また、種子島沖泥火山の炭化水素ガスは堆積物よりも起源深度が深いと考えられることから、深部から移動してきた流体が、堆積物へ注入されることにより、間隙水圧が上昇し、堆積物の噴出を引き起こしている可能性がある。

【引用文献】 Kopf (2002) *Rev. Geophys.*, 40, 1005, doi: 10.1029/2000RG000093 Ijiri *et al.*, (2018) *Geosciences*, 8, 220 Ujiie *et al.*, (2000) *Marine Geology*, 163, 149-167 Wallmann *et al.*, (2006) *Earth Planet. Sci. Lett.*, 248, 544-559.



07

高知県三原村産・土佐硯の形成過程：四万十帯南帯の埋没・熱的続成作用に基づく考察

朝山航大 (高知大学)・浦本豪一郎 (高知大学)・中村璃子 (高知大学)・中山健 (高知大学)・壹岐一也 (三原硯石加工生産組合)・足達真弥 (三原硯石加工生産組合)・濱田洋平 (JAMSTEC)・谷川亘 (JAMSTEC)・廣瀬文洋 (JAMSTEC)

Formative processes of the Tosa-suzuri inkstone in Mihara Village, Kochi, Japan : implications of burial and thermal diagenetic history of the southern Shimanto belt

Kota ASAYAMA (Kochi Univ.), Go-ichiro URAMOTO (Kochi Univ.), Riko NAKAMURA (Kochi Univ.), Ken NAKAYAMA (Kochi Univ.), Kazuya IKI (Cooperative for the Mihara-suzuri Inkstone), Maya ADACHI (Cooperative for the Mihara-suzuri Inkstone), Yohei HAMADA (JAMSTEC), Wataru TANIKAWA (JAMSTEC), Takehiro HIROSE (JAMSTEC)

硯はかつて全国各地で生産され (白野, 1886), 過去, 硯材は鉱産資源として扱われていた (地質調査所, 1932). かつての生産地の分布をみると, 特に西南日本外帯では新生界の付加体 (主に四万十帯南帯) の粘板岩を材料として硯生産が行われてきており (白野, 1886), 硯材の成り立ちには共通した地質学的な背景が存在することが示唆される. しかしながら, これまで硯の材料となる原石の地質学的性質を検討した例は限られており, 地質学的プロセスの実体はわからない. 本研究では, 四国内で唯一, 硯石の採石と作硯が行われ, 「土佐硯」の生産が行われている高知県三原村の四万十帯南帯 (日本地質学会, 2016) を対象に続成過程から硯材の形成過程を検討した.

土佐硯に用いられる母岩は, 三原村内に広く分布する四万十帯南帯を構成する砂岩泥岩互層中の泥岩で, 黒灰色の緻密な組織を持つ泥岩が適している. しかしながら, 本研究では地層中に含まれる炭質物を分析するため, その探索が容易な砂岩を用いて顕微レーザーラマン分光分析を行った. 顕微レーザーラマン分光装置は, 高い空間分解能を持ち, 短時間で多数の鉱物スペクトルを記録できる. 特に, 熱変成した炭質物のラマンスペクトルは一定の変成度を示し, グラファイト化に伴い, 共通して現れる G バンドとグラファイト構造の乱れ・欠陥に起因する D バンドが得られる. D バン

ドと G バンドのピーク強度比や半値幅から試料の被熱を分析することが出来る (Beyssac et al., 2002). 三原村内で採取した砂岩から薄片を作成し, 偏光顕微鏡や反射顕微鏡を用いて有機物の痕跡を探索した. その後, 三原村内の砂岩について顕微レーザーラマン分光装置を用いて, 試料内の炭質物から過去の被熱温度を求めた.

分析の結果, 試料内に炭質物が確認でき, ピーク強度比から平均 250°C (最大 350°C) の被熱を受けていると考えられる. 三原村内の四万十帯南帯は 5200 万~3200 万前に形成され, 三原村近傍の足摺岬や沖の島周辺に 1500 万~700 万年前に形成された花崗岩が分布している (日本地質学会, 2016). 現在の地層分布を考慮すると, 三原村内の四万十帯南帯は, 花崗岩形成の熱的影響を直接接合で受けたとは考えにくい. ただし, 分析の結果から熱的影響を間接的に受けたと考えることが可能である. したがって, 硯材形成プロセスとして以下の段階的なプロセスが考えられる. まず, 四万十帯南帯と花崗岩の形成年代から, 三原村内の四万十帯南帯は最低でも 1700 万年以上, 海底下での埋没や付加体形成による圧密を受けたと推定できる. その後, 花崗岩形成時に地下でマグマが上昇し, その熱的な続成作用によって変質したことが考えられる. これらの圧密・熱変質の各段階で, 最初に泥質堆積物として形成した四万十帯南帯が硯に適した泥岩になったと考えられる. 同様の続成過程は, 他地域の西南日本外帯の新生界付加体由来する硯産地にも認められる. 高知県室戸岬周辺や紀伊半島の始新世~漸新世付加体の近傍に中新世の火成岩が分布している (日本地質学会, 2009, 2016 など). これらのことから, 圧密・熱変質の段階的な続成作用は, 西南日本外帯の新生界における硯材の形成過程の共通プロセスということが考えられる.

引用文献

Beyssac et al., 2002. *Journal of Metamorphic Geology*, 20, 859–871.
日本地質学会 (編), 2009. 日本地方地質誌 5 近畿地方. 朝倉書店, 453 p.
日本地質学会 (編), 2016. 日本地方地質誌 7 四国地方. 朝倉書店, 708 p.
地質調査所 (編), 1932. 日本地質鉱産誌. 東京地学協会, 400 p.
白野, 1886. 硯材誌. 地質局, 2, 234–282.

08

火星地下水分布推定に向けた地球と火星の周氷河地形ポリゴンの形状比較

○佐古貴紀 (高知大)・長谷川精 (高知大)

Comparison of periglacial polygonal landforms on Earth and Mars for estimation of Martian subsurface ice distribution

○Takaki SAKO (Kochi Univ.), Hitoshi HASEGAWA (Kochi Univ.)

【はじめに】近年, アメリカ航空宇宙局 (NASA) を中心とした, 火星への様々な探査が行われており, 近い将来には着陸有人探査も計画されている. その中で, 有人探査時の水資源にもなることから, 火星表層の地下水分布の解明を目的とした探査が進んでいる. 例えば, 衛星リモセンデータの解析により, 火星の中~高緯度 (緯度 30°以上) には深度 1~5m に地下水が存在する可能性が示されている (Morgan et al., 2021). しかし, 将来の着陸探査を想定すると, 現状のリモセン解析に基づく推定では精度が不十分である. そこで本研究では, 地球や火星表層の広範囲に見られる周氷河地形ポリゴン (Marchant & Head, 2007; Levy et al., 2009) に着目した. 周氷河地形ポリゴンとは, 凍土が凍結融解を繰り返すことによって, 割れ目が発達し形成される多角形の地形であり, 割れ目の地下には氷楔 (Ice wedge) が発達している. 火星のポリゴン地形は「中央上昇型」, 「中央低下型」など, 様々な形状が見られる. 類似形状のポリゴン地形は地球にも存在しており, 永久凍土が分布する高緯度 (緯度 45°以上) で主に見られる. そこで本研究では, 地球と火星に見られる様々なポリゴン地形の形状を比較し, 形状毎の分布や地下水深度との関係性を探ることにより, ポリゴン地形から地下水分布の推定が可能かどうかを検討した.

【材料と方法】本研究では, まず火星のポリゴン地形を形状により分類した先行研究 (Levy et al., 2009) に基づき, 地球のポリゴン地形を「中央平型」, 「中央緩傾斜型」, 「中央急傾斜型」, 「中央低下型」の 4 つのタイプに分類した. その後, Google Earth を利用して, 分類したポリゴン地形の分布を探索した (184 箇所を認定). そして, 各タイプのポリゴン地形が地球と火星でどのような分布を取るかを比較検討し, その要因を考察した.

【結果と考察】分類したポリゴン地形を Google Earth 上にプロットした結果, 「中央平型」, 「中央緩傾斜型」は中緯度域 (モンゴル) から高緯度域 (ロシア, アラスカ, カナダ) の広範囲全域的に分布しているが, 「中央低下型」は北極海沿岸, 「中央急傾斜型」は, 更に高緯度側の北極域の島に分布する傾向が見られた. つまり, 北緯 46°~80°の範囲に「中央平型」および「中央緩傾斜型」は分布し, 「中央低下型」は 65°~71°, 「中央急傾斜型」は 68°~75°に分布していた. 一方で火星においては, 「中央急傾斜型」が 41°~56°に, 「中央低下型」が 32°~57°, 「中央緩傾斜型」が 45°~62°, 「中央平型」が 65°~73°に分布しており (Levy et al., 2009), 地球と火星では異なる傾向が見られた.

地球と火星のポリゴン形状の分布の違いを考える上で, まず「中央急傾斜型」の分布域に着目した. 地球では最も高緯度側に分布するのに対し, 火星では最も低緯度側に分布する. 「中央急傾斜型」は氷楔が昇華することによって形成される (Marchant & Head, 2007) と考えられており, 地球では最も高緯度側の低温で且つ乾燥した地域 (極高圧帯) に分布する. 一方, 火星で「中央急傾斜型」が分布する 41°~56°の領域は, 地表風の剪断応力の極大域に位置する (Hayward et al., 2009; 長谷川, 2012) 点は興味深い. すなわち, 地球と火星のポリゴン形状の分布域の違いは, 緯度毎の温度変化だけではなく, 昇華を促進するような気圧配置にも関係する可能性が示唆される.

今後の課題として, 現時点ではポリゴン地形の分類を目視で行ったが, より定量的な分類を行うために機械学習を用いた解析を進める予定である. さらに火星のポリゴン地形は, 塩湖で形成されるものとの識別が困難な可能性が指摘されている (Cheng et al., 2021). 今後は様々な起源を持ったポリゴン地形を包括的に扱い, ポリゴン形状から火星の地下水深度分布を精度よく推定する方法の構築を試みたい.

引用文献: Cheng R. L. et al. (2021) *Geomorphology* v.383, 107695.; Hayward R. K. et al. (2009) *Journal of Geophysical Research* v.114, E11012.; 長谷川精 (2012) *地質学雑誌* v.118, p.632-649.; Levy J. et al. (2009) *Journal of Geophysical Research* v.114, E01007.; Marchant R. D. & Head W. J. (2007) *Icarus* v.192, p.187-222.; Morgan G. A. et al. (2021) *Nature Astronomy* v.5, p.230-236.

ポスター発表

P1

絶滅種イタヤガイ科二枚貝 *Amussiopecten praesignis* の微細成長線分析からみた生活史

川竹 慶・本藤脩太郎・前田叶美・南 貴文・松原 啓・近藤康生 (高知大学)・山岡勇太 (埼玉県立自然の博物館)

Life history of the extinct pectinid bivalve, *Amussiopecten praesignis* as inferred from micro-shell growth analyses
Kei KAWATAKE, Shutaro HONDO, Kanami MAEDA, Takafumi MINAMI, Kei MATSUBARA, Yasuo KONDO (Kochi Univ.), Yuta YAMAOKA (Saitama Pref. Nature Mus.)

これまでイタヤガイ科現生種二枚貝の微細成長に関する研究は数多く行われてきた (e.g., Chauvaud *et al.*, 2012; Son *et al.*, 1996) が、絶滅種を検討した研究例は少ない。そこで本研究では、鮮新世から更新世にかけて、関東から沖縄の太平洋沿岸に広く分布した、暖水系の掛川動物群を代表するイタヤガイ科二枚貝 *Amussiopecten praesignis* の微細成長線を検討した。

分析試料は、唐ノ浜層群穴内層 (鮮新世ピアセンジアンから更新世ジェラシアン) から採取した 12 個体、掛川層群大日層 (更新世ジェラシアン) から産出した 5 個体、宮崎層群高鍋層 (更新世ジェラシアン) と琉球層群仲尾次層 (更新世カラブリアン) から産出した各 1 個体である。デジタルマイクロ顕微鏡 (KEYENCE, VHX-1000) と測定用フリーソフト image J を使用し、左殻表面に認められる微細成長線 (ラメラ) と微細成長線の間を微細成長線幅として計測した。また微細成長線幅を計測した全 19 個体中 7 個体について酸素同位体比分析を行った。酸素同位体比分析は、高知大学海洋コア総合研究センターの酸素同位体比分析装置 (MAT-253; 標準物質は NBS-19) を使用した。

殻成長と寿命 : 酸素同位体分析の結果、1-3 回の明瞭な水温季節変動サイクルが認められ、殻表面の微細成長線の詰まる白色の成長障害輪は高水温期に、年 1 回形成されたことが推定された。この関係に基づき、同位体未分析個体でも年輪を認定した。具体的には、7 本分の微細成長線幅の移動平均が極小値として計測した。また微細成長線幅が詰まり白色を呈す箇所を年輪 (以下、順に S1, S2, S3) とした。その結果、本種の寿命は 1-3 年であったことが分かった。また、S1 形成時の殻高は 61.0 ± 13.8 mm (mean $\pm$ SD; $n=19$) であった。この結果を、これまでに微細成長線が知られている現生種イタヤガイ科二枚貝と比較した結果、絶滅種 *A. praesignis* は、分布域が

一部重なる現生種 *Ylistrum japonicum* (ツキヒガイ) と、殻成長・寿命ともほぼ同様であったことが分かった。ただし、*Y. japonicum* の寿命は約 5 年である (Son *et al.*, 1996) ので、*A. praesignis* はやや短命であったことになる。

ちなみに、温帯域から亜寒帯域である北海に生息する *Pecten maximus* (ヨーロッパホタテガイ) や、米国東海岸に生息する *Placopecten magellanicus* (マゼランツキヒガイ) の寿命は 8-10 年とはるかに長命である。1 年目の殻成長量はやや小さく最大 30 mm ほどであるが、生後 2 年目、3 年目に大きく殻を成長させることが知られており (e.g., Chauvaud *et al.*, 2012; Schick *et al.*, 1988), *A. praesignis* とは生活史が大きく異なっている。

以上のことから、*A. praesignis* は、*Y. japonicum* と同様、イタヤガイ科の中では、比較的短期間で大きく成長して性成熟し、世代交代の頻度が高い生活史特性を持っていたことが推定される。

殻の季節成長 : 本種に比較的近縁な現生種 *P. maximus* では *A. praesignis* のラメラと類似の微細成長線は日輪と認められている (Antoine, 1978)。そこで、*A. praesignis* のラメラも日輪と仮定して分析を行った。その結果、酸素同位体比を分析した 7 個体中 3 個体の 1 年目区間 (S1 まで) について、酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) と日成長量 (日輪幅) の平均値の間に相関が認められたことから、低水温下で高成長の傾向が推定された。したがって、本種は冬～春季に餌となる植物プランクトンを多量に摂食し、大きな殻成長を達成していたと推定される。このように、冬～春季を中心に殻成長を行う季節成長パターンは、黒潮沿岸域に分布する、春～夏季を中心とした *Pecten albicans* (イタヤガイ) の季節成長パターン (近藤ほか, 2016) とは大きく異なっていたことは注目に値する。

産卵・孵化時期 : 殻頂から S1 までの微細成長線は 143-271 本、すなわち約 5-9 ヶ月間相当の数であった。現在の土佐湾での観測データに基づき、年間で最も水温の高い秋季 (9-10 月) に年輪ができたことと仮定すると、微細成長線形成開始時期は冬季から春季にあたる。さらに、殻頂部付近の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) は最も大きな値であり、本種の殻形成開始直後は低水温下にあったことが確かめられた。これらの証拠から、本種の産卵・孵化の時期は冬季から春季にかけてであったと結論される。

引用文献

Antoine, L., 1978. *Haliotis*, 9, 627-636.; Chauvaud, L., *et al.*, 2012. *PLoS ONE*, 7, 5, e37717; 近藤ほか, 2016. 日本古生物学会第 165 回例会予稿集, C12, 38; Schick, D. F., *et al.*, 1988. *American Malacological Bulletin*, 6 (1), 1-8.; Son, P. W., *et al.*, 1996. *Journal of Aquaculture*, 9 (3), 409-417.

P2

砂箱実験を用いた単純せん断帯に発達する 2 次せん断面の 3 次元解析

3D analysis of subsidiary shears during shear zone formation using sand box experiments.

池内裕 (高知大学)・藤内智士 (高知大学)・山田泰広 (九州大学)

Hiro IKEUCHI (Kochi Univ.), Satoshi TONAI (Kochi Univ.), Yasuhiro YAMADA (kyusyu Univ.)

地殻の変動や石油・天然ガスの貯留層の形成には、地殻内流体の挙動が重要で、このときにせん断帯の分布や密度は流路・流量・流速・流体圧に影響を与える。そこで、この研究では乾燥砂を用いた模型実験を行って、横ずれせん断帯内部の 2 次せん断面の分布および形成過程、特にリーデル・シアに注目して調べた。リーデル・シアは、物体の内部摩擦角を ϕ とした場合、主変位面に対して $\phi/2^\circ$ に発達する R 面と $90-\phi/2^\circ$ に発達する R' 面の 2 種類がある (例えば、宮田・市川, 1978)。両者は共役の関係で理想的には両方が発達するが、実際には片方のみが卓越することが多い。その原因として、せん断ひずみと伸びひずみの割合 (Cobbold *et al.*, 1989) や粉体層の強度異方性の効果 (Misra *et al.*, 2009) が指摘されているが、リーデル・シアの空間分布や密度に注目した例はない。この研究で用いた実験装置は、長さ 1000 mm、幅 430 mm、高さ 90 mm の 2 つに分かれたアクリル製の容器を水平にずらし、容器内に設置した枠およびその中に充填した砂層を単純せん断させる仕組みである。容器底面に、長さ 400 mm で幅 5 mm 角のアクリル棒を敷き詰める

ことで、砂層ができるだけ一様にせん断するよう工夫した。1 回の実験の砂層のせん断ひずみ γ は約 0.25 とした。乾燥砂は、8 号珪砂を水で 3 回程度洗った後に約 100° のオープンで 1 日以上乾燥させたものを用いた。砂層表面の変形の様子はカメラで上方より連続撮影し、砂層内部の変形は高知大学海洋コア総合研究センターに設置されている X 線コンピュータトモグラフィ (XCT) スキャナで撮影した。

枠の形、砂の敷き詰め方、層の厚さを変えながら全部で 47 回の実験を行った。砂層表面の観察では、変形の初期は一様にせん断が進んだ。その後、枠の四方のうち変形によって角度が大きくなる側の二か所で R' 面が現れ、その伝播とともに砂層の中央部に R 面が現れた。R 面と R' 面に囲まれた砂層は、それぞれが傾いた軸まわりに回転するブロックとして動く。つまり、個々の 2 次せん断面は、走向傾斜に加えて鉛直方向のセンスも異なる。さらに、せん断面同士が連結する所では、局所的に高みや低みが出る。XCT 撮影では砂層の下部で R' 面ができて、地表に向かって伝播する様子が観察された。また、R' 面付近のより浅い部分で R 面が形成して、砂層中央部に向かって伝播する様子も観察できた。今後はデジタル画像相関法 (DIC) を用いたひずみ解析を行い、R 面と R' 面の密度を測定し、これらができる条件の特定を目指す。

参考文献

Cobbold *et al.*, 1989, *NATO ASI Series C*, 254, 145-155.

Misra *et al.*, 2009, *Tectonophysics*, 471, 253-259.

宮田隆夫・市川浩一郎, 1978, *地球科学*, 32, 265-266.

P3

X 線 CT データを用いた南海トラフ及び四国海盆の海底下における重鉱物と炭酸塩鉱物の空間分布の解明
Spatial distribution of heavy minerals and carbonate minerals beneath the seafloor in the Nankai Trough and Shikoku Basin using X-ray CT data
福島颯(高知大学), 藤内智士(高知大学)
Hayate FUKUSHIMA (Kochi Univ.), Satoshi TONAI (Kochi Univ.)

プレートの沈み込み帯で起こる地殻変動を考えると、海底下に広がる充填鉱物帯は、周囲に比べて強度が大きく浸透率が小さいことからひずみ集中域や流体循環のバリアとして機能する。そこで、本研究では対象地域を高知県室戸岬沖の南海トラフ直交断面(室戸トランセクト)として、地下の充填鉱物帯の空間分布を調べた。この地域では、約 1000 m の厚さの中期中新世以降の砕屑物が堆積している。また、陸側斜面では付加体が形成され、堆積物中にはプレート境界断層であるデコルマンが発達している。この地域で行われた複数回の国際海洋科学掘削によって採取されたコア試料のうち、Ocean Drilling Program (ODP) の 808, 1173, 1174 サイトおよび International Ocean Discovery Program (IODP) の C0023 サイトの X 線コンピュータトモグラフィ (XCT) データを用いた(藤内ほか、印刷中)。これらのサイトは最大で海底下深度 1327 m まで掘削しており、全てのサイトにおいてデコルマンまたはデコルマン相当層準を貫いている。また、南海付加体の先端にある C0023 サイトのデコルマン下位からは、重鉱物を伴う熱水変質帯が報告されている (Tsang et al., 2020)。XCT スキャンで得られる試料の CT 値は主に試料のかさ密度と元素組成によって決まり、充填鉱物が濃集し高密度になった部分は周囲よりも CT 値が高くなり容易に抽出できる。

サイトごとに作成した平均 CT 値プロファイルは、4 つのサイトとも似たパターンを示した。大局的には、海洋プレートの基盤である玄武岩層に重なる堆積層の CT 値は、深度方向に約 1100 から 1800 まで徐々に上昇していく。その中で、平均 CT 値が 2000 から 9000 に達する正のスパイクの集中が複数の区間で認められた。トラフ海側斜面に位置する 1173 サイト

(インプットサイト) では、この正のスパイクが集中する区間が特に明瞭であり、海溝—海盆漸移相から上部四国海盆相の上部まで、下部四国海盆相の最上部からデコルマン相当層準まで、および下部四国海盆相の下部の 3 つで認められた。トラフ陸側斜面に位置する 808, 1174, C0023 サイトでは、1173 サイトと同様の 3 つの区間で正のスパイク集中が認められるのに加え、それ以外の深度にもいくつか正のスパイクが見られる。その結果、区間の境界は 1173 サイトに比べぼんやりとしている。高い CT 値が集中する 3 つの区間は 808, C0023 サイトの XRD データや肉眼観察で報告されているカルサイトが多い区間 (Taira et al., 1992 ; Heuer et al., 2017) とほぼ一致することから、カルサイトの濃集が高い CT 値の原因と考えられる。また、高い CT 値が集中する 3 つの区間が全てのサイトで認められることから、カルサイトの濃集が対象地域の広域に側方で広がっていること、濃集が付加作用の前に起こったことが示唆される。一方で、C0023 サイトのデコルマン下位からは、ロードクロサイト、バライト、アンハイドライトなどが報告されており (Heuer et al., 2017)、これらがトラフ海側斜面に見られるデコルマン下位の高い CT 値スパイクの一部に対応している可能性がある。その場合、上記の充填鉱物形成は付加作用以後に起こったことを示すのかもしれない。

今後は、XCT 画像、肉眼観察、XRD などの比較を通して、高い CT 値を示す部分の鉱物を特定し、その形状や周囲の構造との関係について研究を進めていく。

参考文献

Heuer et al., 2017, Proceedings IODP 370.
Taira et al., 1992, EPSL, 109, 431–450.
Tonai et al., 2019, Front. Earth Sci., 7, 117.
藤内ほか、印刷中、月刊地球
Tsang et al., 2020, Mar. Pet. Geol., 112, 104080.

P4

上部三畳系キリパカ層 MCC セクション(ニュージーランド・ワイパパ帯)の放散虫化石層序の検討
向井一勝(愛媛大学・理)・堀利栄(愛媛大学大学院・理工)
Upper Triassic radiolarian biostratigraphy from the MCC section of the Kilipaka Formation, Waipapa Terrane, New Zealand
Kazumasa Mukai・Rie S. Hori (Ehime Univ.)

三畳紀-ジュラ紀境界においては顕生累代における 5 大絶滅の 4 番目に当たる大量絶滅が発生している。この大量絶滅に至るまでに、三畳紀後期では、生物相の段階的な絶滅により多様性の減少が報告されている。特に Norian/Rhaetian 境界においては $\delta^{13}\text{C}$ の顕著な負のシフトが世界的に報告されており、この $\delta^{13}\text{C}$ の負のシフトは当時の生物相の変動を反映していると推定されている (Rigo et al., 2020)。

本研究では、海洋プランクトンである放散虫が三畳紀後期 Norian/Rhaetian (N/R) 境界においてどの様に変動したかを明らかにする為に、南北半球の層状チャート断面 (MCC セクション) を用いて、Norian 階から Rhaetian 階にかけての放散虫組成の変遷と産出放散虫化石種を詳細に検討した。

【ニュージーランド・ワイパパ帯 MCC セクション・方法】

先行研究(大城 卒論, 2010)では、ニュージーランドのワイパパ帯の上部三畳系層状チャートの MCC セクションから N/R 境界付近を示唆する保存の良い放散虫化石群集が報告されている。MCC セクシ

ョンは、約 1.2m の層厚をもつ主に暗赤色層状チャートで構成され、時にマンガン炭酸塩鉱物粒子をチャート層中に含む。本研究では、堀により 2010 年の再調査の際に本セクションから単層毎に採取されたチャート試料を用いた。検討放散虫化石は、チャート試料を約 5% 濃度のフッ酸溶液に反応させた後に得られた 35 μm 以上 500 μm 以下の粒径残渣から拾い出し、同定した。

【結果】

検討を行った MCC セクションからは上部 Norian 階~Rhaetian 階に特徴的に見られる *Fontinella* spp., *Ferresium* spp., *Plafkerium* spp., *Betraccium* spp. が多産し、他に *Pantanellium* spp. や球状スプメラリアなどが確認された。先行研究(大城 卒論 2010)においては、*Ferresium* 属は 1 種のみの報告であったが、今回の検討では新たに 6 種が同定できた。*Pantanellium* 属と *Fontinella* 属では各々 1 種の産出が確認できた。また先行研究では確認されなかった *Tetraporobrachia* 属が産出した。これまで MCC セクションは、上部 Norian 階~Rhaetian 階と大まかに対比されており、N/R 境界の層準は未検討であった。本研究において多数産出した *Ferresium* 属 (*F. philippinense*, *F. hecatense*, *F. lyellense*, *F. titulense* など) を用いる事で、N/R 境界が推定できる可能性が高い。ポスターにおいては、今回得られた放散虫化石群集と層序の詳細を示す予定である。

【引用文献】

Riego et al. (2020) Earth-Science Reviews, Vol. 204, 103180, 05.
大城貴彦 (2010) 愛媛大学理学部地球科学科 卒業論文 16p.

P5

南ヨルダンの遺跡堆積物から探る後期更新世の古環境復元とホモ・サピエンス拡大との関係性
川村 秀儀 (高知大学)・長谷川 精 (高知大学)・門脇 誠二 (名古屋大学)

Paleoenvironmental reconstruction from Late Pleistocene archaeological sites in southern Jordan and implications for *Homo Sapiens* dispersal

Hidekazu Kawamura (Kochi Univ.), Hitoshi Hasegawa (Kochi Univ.), Seiji Kadowaki (Nagoya Univ.)

【はじめに】ホモ・サピエンス (新人) は約 20 万年前までにアフリカで出現し、10 万～4 万年前のあいだに西アジア地域を経由して世界に拡散していった。さらに、西アジアのレヴァント地方では 7～5 万年前頃には、ホモ・サピエンスとネアンデルタール人 (旧人) が共存していたが、45000 年前頃までにネアンデルタール人が衰退し、ホモ・サピエンスが増加していったことが考古記録により明らかにされている (Groucutt *et al.*, 2015)。この要因として気候変動や食料問題の可能性が指摘されているが (Grant *et al.*, 2012; Torfstein *et al.*, 2015; Tierney *et al.*, 2017)、遺跡考古記録と古環境変動との関係性は未だ不明な点が多い。そこで本研究では、南ヨルダンの後期更新世の遺跡から採取した堆積物試料を用いて、鉱物組成と主要元素組成の分析を行い、65000 年前～14000 年前における同地域の古環境復元を試みた。研究対象であるカルハ山の遺跡からは多数の石器や骨片試料が得られており、当時のホモ・サピエンスの石器技術の進化や狩猟対象動物の変化が見られることが明らかになっている (Kadowaki *et al.*, 2021)。

【試料と分析方法】本研究で用いた試料は南ヨルダンのカルハ山に位置する Tor Hamar 遺跡 (212 試料)、Tor Fawaz 遺跡 (86 試料)、Wadi Aghal 遺跡 (38 試料)、Tor Faraj 遺跡 (120 試料) の 4 遺跡から採取した試料である。これらの遺跡はオーバーハングした岩陰の下に位置し、当時の人が岩陰で生活し、食品加工や石器製作を行っていた場所である (Kadowaki *et al.*, 2021)。これら 4 つの遺跡から、2cm 径・10cm 長のステンレス製チューブを用いて、2cm 深度毎に堆積物試料を採取し、X 線回折装置 (XRD) と蛍

光 X 線分析装置 (XRF) を用いて鉱物組成および主要元素組成の測定を行った。また RockJock ソフト (谷川・多田井, 2018) を用いて含有鉱物の定量解析を行った。遺跡堆積物の年代は、貝殻の ^{14}C 年代と OSL 年代によって推定されている (Kadowaki *et al.*, 2019)。

【結果と考察】4 つの遺跡から採取した堆積物試料の主要元素組成変動の結果を、 ^{14}C ・OSL 年代に基づいて年代ごとに並べたところ、Si/Al 比、Ca/Al 比、K/Al 比、Na/Al 比が時代ごとに特徴的な変動を示した。元素組成変動の要因を解釈するために鉱物組成と比較したところ、Si/Al 比の変動は石英の量と正相関しており粒径変化を反映していること、Ca/Al 比はカルサイト量を反映していることが明らかになった。K/Al 比はカオリナイト量と逆相関し、Na/Al 比は岩塩の量を反映しており、乾燥・湿潤の指標となることが分かった。K/Al 比と Na/Al 比は 15000 年前～14000 年前にかけて急激に増大 (カオリナイトの減少と岩塩の増加) しており、遺跡周辺の環境が急激に乾燥化したことが示唆された。これは、ヨルダン北部に位置する死海の湖水位変動 (Torfstein *et al.*, 2015) や Soreq cave の鍾乳石酸素同位体比記録 (Grant *et al.*, 2012) により示されているレヴァント地方の大局的な古環境変動とも整合的であり、ペーリング・アレレード (BA) 期の急激な温暖化に伴って、ヨルダン南部は乾燥化したことが示唆された。これは、最終氷期から BA 期の温暖化に伴ってハドレー循環の幅が高緯度側に拡大して乾燥気候帯が北側にシフトし (Hasegawa *et al.*, 2012)、南ヨルダンが乾燥地帯に入ったためと解釈される。この 15000 年前～14000 年前は、南ヨルダンにおいて人類の居住遺跡が減少したことが知られており、当時の新人が居住地を変えるほどの乾燥化が進行した可能性が示唆された。

【引用文献】Grant K. M. *et al.* (2012) *Nature* v.491, p.744–747.; Groucutt H. S. *et al.* (2015) *Evolutionary Anthropology*, v.24, p.149–164.; Hasegawa H. *et al.* (2012) *Climate of the Past*, v.8, p.1323–1337.; Kadowaki S. *et al.* (2019) *Journal of Human Evolution*, v.135, 102646; Kadowaki S. *et al.* (2021) *Quaternary International*, v.596, p.4–21; 谷川 亘・多田井 修 (2018) *JAMSTEC Rep. Res. Dev.*, v.27, p.57–67.; Tierney J. E. *et al.* (2017) *Geology*, v.45, p.1023–1026.; Torfstein A. *et al.* (2015) *Earth and Planetary Science Letters* v.412, p.235–244.

P6

更新統下総層群清川層産 *Mizuhopecten tokyoensis* (二枚貝, イタヤガイ科) の酸素同位体比プロファイルと季節的殻成長パターン

吹本 樹・近藤 康生 (高知大学)

Oxygen isotope profiles and seasonal shell growth pattern of *Mizuhopecten tokyoensis* (Bivalvia: Pectinidae) from the Pleistocene Kiyokawa Formation of the Shimosa Group

Itsuki FUKIMOTO, Yasuo KONDO (Kochi university)

イタヤガイ科二枚貝の左殻表面には成長に従い形成される微細構造 (以下ラメラ; Lamella, Lamellae) が露出している。高橋 (1980) は現生種ホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* の自然発生貝の採集時期とラメラ本数との関係からホタテガイの成長線はおおよそ 1 日 1 本形成される日輪であると結論づけた。また、Clark II (2005) は、*Pecten* 属 2 種の飼育実験の結果から、ラメラ形成はおおよそ 1 日 1 本であること、また、年間日数より日輪は多くならないことを突き止めた。以上を踏まえて、本研究ではラメラを日輪、ラメラ間距離を日成長量と仮定して議論を進める。日成長量変動に酸素同位体比プロファイルを対応させることで年間の日成長量変動や水温変動との関連性について議論することができる。この考えに基づき、本研究では下総層群清川層産のイタヤガイ科絶滅種 *Mizuhopecten tokyoensis* の日成長量変動と酸素同位体比分析から古生態の復元を試みた。

分析標本は千葉県袖ヶ浦市永吉の更新統下総層群清川層海成層最下部の砂礫層より採集された *M. tokyoensis* (KSG-if005) である。まず、成長障害輪間の日輪本数の計測を行った。次にデジタルマイクロスコブ (Keyence 社製 VHX-1000) を用いて日成長量を計測した。その後、高知大学海洋コア総合研究センターの安定同位体分析システム MAT-253 を用いて分析した。

分析の結果、酸素同位体比プロファイルに 2 回の高水温の山が認められ、この山と殻表面にみられる成長障害輪が一致していた。よって、それぞれの成長障害輪を S1, S2 と呼称する。日成長量変動と酸素同位体比プロファイルとを対応させた結果、S1, S2 に当たる 26-50 mm と 110-115 mm 付近で

は日成長量が最低で 0.05 mm となり、逆に殻高 70-90 mm 付近では最大日成長量が約 0.7 mm に達していた。この時の酸素同位体比プロファイルを見ると、26-50 mm 付近と 110-115 mm 付近での酸素同位体比は最小で約 -1.0‰、殻高 70-90 mm 付近では最大約 2.0‰ という重い値であった。このことから、この個体は水温降下期から低水温期、すなわち秋から冬にかけて高成長をしていたこと、また、成長障害輪は夏の高水温期に形成されたことが分かった。

S1 から S2 の日輪本数は 272 本であり、93 日程度、つまり年間 3 か月は日輪が形成されなかった、もしくは、日輪形成に 1 日以上かかったことになる。日輪本数が 365 日より少なくなる点は嵐その他、何らかの環境悪化による例外的事象と解釈される。よって、*M. tokyoensis* のラメラが日輪であるという仮定はおおむね妥当であり、ラメラ間の距離は日成長量を示していると考えられる。

S1 の位置と酸素同位体比プロファイルから、本標本は秋-冬頃にかけて孵化したと推測される。その後夏の高水温期に成長停滞を起こし、年輪を形成した。秋-冬の水温が低下する時期に高成長期を迎え、次の年の夏に再び成長停滞を起こし、年輪を形成するという殻成長パターンを描いていることが分かった。この成長パターンは現生種イタヤガイ科二枚貝のパターンとは異なる (丸・小原, 1967; 近藤ほか, 2016)。これまでの研究でイタヤガイ科二枚貝の成長とプランクトン量に関連があることが指摘されている (品田, 2006; Thébault and Chauvaud, 2013)。このことから、*M. tokyoensis* は、現在みられるような春の大規模ブルームではなく、秋から冬にかけて発生するブルームを利用し成長をしていたと考えられる。また、このことは同時に、清川層堆積時の古東京湾では、秋から冬にかけてブルームが発生していたことの証拠ともなる。

引用文献

Clark II, R. G., 2005. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **228**, 26–42; 近藤ほか, 2016, 日本古生物学会第 165 回例会講演予稿集, p38; 丸・小原, 1967. 北海道立水産試験場報告, **7**, 72–83; 品田, 2006. 日本ペントス学会誌, **61**, 41–44; 高橋, 1980. 青水増事業概要, **9**, 11–18; Thébault, J., Chauvaud, L., 2013. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **373**, 108–122.

P7

愛媛県梶島の白亜紀苦鉄質岩類 —岩石記載および全岩化学組成—

下岡和也・齊藤哲 (愛媛大学)

Cretaceous mafic rocks of the Kajishima, Ehime Prefecture.

—Petrography and whole-rock geochemical compositions—

Kazuya SHIMOOKA, Satoshi SAITO (Ehime Univ.),

1. はじめに 近年、白亜紀フレアアップ期に形成された西南日本花崗岩類の成因として、エンリッチメント由来苦鉄質下部地殻の部分溶融が考えられている(例えば Nakajima, 1996; Kodama et al., 2019)。「フレアアップ期」とも称される白亜紀大規模珪長質火成活動の解明には花崗岩質マグマの起源物質の候補となる苦鉄質岩類の岩石学的・地球化学的な特徴を把握することが必要不可欠である。

愛媛県新浜市の北約 20 km の瀬戸内海に位置する梶島は、南北 800 m、東西 500 m の無人島であり、全島が斑れい岩類や苦鉄質岩脈から構成されている。当地域の苦鉄質岩類については、堀内(1985)による詳細な記載岩石学的研究が報告されているが、それ以降は Kagami et al. (1988, 2000)による同位体岩石学的研究がなされたのみであり、これまでの全岩化学組成データの報告も限られている(Kagami et al., 2000)。そこで本研究では、梶島に分布する苦鉄質岩類について新たに岩石記載と全岩化学組成分析を行い、鉱物量比と全岩化学組成のハーカー図上にみられる組成トレンドの関係を議論するとともに、西南日本白亜紀花崗岩類中に産する苦鉄質岩類との組成比較を行なった。

2. 岩石記載 梶島の苦鉄質岩類は、野外産状および記載岩石学的特徴から、①含かんらん石優白質輝石角閃石ノーライト、②含角閃石トクロイト、③優白質輝石角閃石斑れいノーライト、④優白質輝石角閃石斑れい岩、⑤含かんらん石優白質角閃石斑れい岩、⑥苦鉄質岩脈に大別できる。これらのうち、かんらん石を含む岩相は、3 cm 程度のポイキリティックな角閃石を含み、かんらん石と斜長石を包有する。また、⑥苦鉄質岩脈を除いた斑れい岩類は、少量の半自形~他形を示す黒雲母(モード比 1 vol%以下)を含む。

3. 全岩化学組成 全岩 SiO₂ 含有量について、①含かんらん石優白質輝石角閃石ノーライトは 41~50 wt%、②含角閃石トクロイトは 43~46 wt%、③優白質輝石角閃石斑れいノーライトは 46~51 wt%、④優白質輝石角閃石斑れい岩は 46~51 wt%、⑤含かんらん石優白質角閃石斑れい岩は 43~45 wt%、⑥苦鉄質岩脈は 45~50 wt%の岩相によって異なる組成範囲を持つ。また、これらの苦鉄質岩類の全岩 Mg#(Mg/(Mg+Fe)モル比)は 0.43~0.75 を示す。Al₂O₃、FeO、MgO、CaO、Sr のハーカー図上では岩相によって異なる組成トレンドを確認できる。

4. 議論 ①含かんらん石優白質輝石角閃石ノーライト-②含角閃石トクロイトはハーカー図上で SiO₂ の増加とともに FeO、MgO が減少し Al₂O₃、CaO、Sr が増加する。一方で、モード組成では SiO₂ の増加とともにかんらん石が減少し、斜長石が増加する。同様に、③優白質輝石角閃石斑れいノーライトおよび④優白質輝石角閃石斑れい岩は、SiO₂ の増加とともに Al₂O₃、CaO、Sr が減少し FeO、MgO が増加する。一方で、モード組成では SiO₂ の増加とともに斜長石が減少し輝石が増加する。このことは、ハーカー図上でみられる組成トレンドが、かんらん石・斜長石・輝石の集積によるものであることを示唆する。

梶島の苦鉄質岩類の全岩化学組成および Mg#は、西南日本白亜紀花崗岩類中に産する苦鉄質岩類の組成範囲にほぼ収まる(図 1)。このことから梶島の苦鉄質岩類は西南日本白亜紀苦鉄質岩類を代表するものと考えられる。

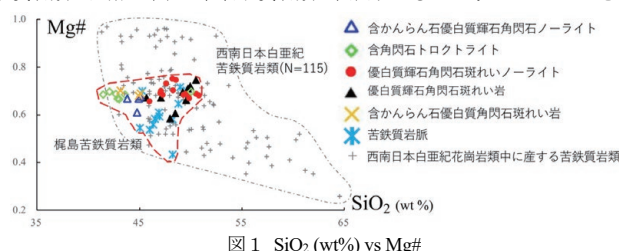


図 1 SiO₂ (wt%) vs Mg#

引用文献: Kagami et al. (1988) *Geochem. J.* 22, 69-79. Kagami et al. (2000) *Island Arc* 9, 3-20. Kodama et al. (2019) *J. Mineral. Petrol. Sci.*, 114, 99-104. 堀内(1985) *岩石鉱物鉱床学会誌*, 80, 104-112. Nakajima (1996) *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 87, 183-191.

P8

ジルコンメルト包有物研究:愛媛県南部御内 花崗岩質岩体の例

谷脇由華・齊藤哲 (愛媛大学)

Study on the melt inclusions in zircon of the Miuchi
granitoid pluton, southern Ehime Prefecture

Yuka Taniwaki, Satoshi Saito (Ehime Univ.)

1. はじめに メルト包有物は、マグマだまりにおいて鉱物が成長する過程で周囲のメルトが取り込まれたものであり、メルトの化学組成や含水量等の情報を保持している。また、ジルコンは、花崗岩に含まれる鉱物の中でも特に物理化学的に安定な鉱物であり、取り込んだメルト包有物の変質を妨げると考えられている。これらのことから、ジルコンメルト包有物はメルトの組成情報の復元に適した研究対象であると考えられている。しかしながら、深成岩中のメルト包有物は、マグマ冷却過程での結晶化によって不均質な多相包有物となっており、そのままの状態では化学分析によってメルト組成を得ることが困難である。そのため、分析の前処理として封圧下でのメルト包有物の均質化実験が有効である(Thomas et al., 2002)。そこで本研究では、愛媛県南部御内花崗岩質岩体を例として、ピストンシリンダー型高温高压発生装置を用いたジルコンメルト包有物の均質化実験を行った。さらに、均質化実験によってガラス化したメルト包有物の組成分析を行い、御内岩体の全岩化学分析データとの比較を行なった。さらにメルト包有物の組成から御内岩体の固結圧力を検討した。

2. 実験試料 本研究には、愛媛県南部に分布する中新世御内岩体にて採取した花崗岩試料を用いた。角井(2000)は当岩体について 13.4±0.2 Ma の黒雲母 K-Ar 年代を報告している。また、当岩体の野外産状の特徴としてしばしば発泡痕が認められ、比較的圧力の低い地殻浅部に貫入した岩体であることが示唆される。御内岩体の全岩 SiO₂ 含有量は 66.8~78.4wt%であり、実験に用いた試料は全岩 SiO₂ 含有量が 71.5%のものである。この試料は主成分鉱物として石英、斜長石、カリ長石、黒雲母を、副成分鉱物としてジルコン、燐灰石、不透明鉱物を含む。ジルコン内部には、微細な燐灰石のほか、主に石英や長石類からなる不定形の包有物が含まれている。

3. 実験手法 分離・抽出したジルコン試料を NaCl とともに白金カプセルに封入し、ピストンシリンダー型高温高压発生装置を用いて 0.3 GPa でジルコンメルト包有物の均質化実験を行った。温度条件は、全岩主要元素組成と Zr 含有量から求めたジルコン飽和温度(Watson and Harrison, 1983)が 837°Cであったことから、840°Cを実験温度とした。ただし、メルト包有物を完全に均質化させるため、1000°Cで 1 時間保持し、その後 840°Cで 24 時間保持した。実験後の試料は室温まで急冷させたのち回収し、石英スタンダードとともにエポキシ樹脂でマウントを行った。マウント後、鏡面研磨を行い、SEM-EDS で観察・分析を行った。

4. 結果と考察 反射電子像観察より、実験後のジルコンメルト包有物が均質化(ガラス化)したことを確認した。さらに EDS 分析の結果、メルト包有物は SiO₂、Al₂O₃、CaO、Na₂O、K₂O を含む花崗岩質組成を持つ。メルト包有物の SiO₂ 含有量は 72.2~75.2wt%の範囲であり、実験試料の全岩化学組成より SiO₂ 含有量が高い。また、メルト包有物の組成と御内岩体の全岩化学組成と比較すると、両者はおおそ調和的であるが、メルト組成の方が全岩組成よりもやや Al₂O₃、Na₂O に乏しい。また、下司ほか(2017)に従って余剰酸素量から含水量を推定したところ、およそ 3~8wt%程度の含水量を見積もった。さらに、メルト包有物の組成を岩体の固結圧力の評価のためにノルム Qz-Ab-Or 図(Blundy and Cashman, 2001)に投影すると、120MPa 以下の平衡圧力を得た。また、メルト包有物の組成に DERP 地質圧力計(Wilke et al., 2017)を適用したところ、160~311MPa (平均 232MPa)の圧力を見積もられた。御内岩体は野外産状として発泡痕を含む岩相が認められたことから比較的圧力の低い地殻浅部に貫入した岩体であることが示唆されるため、本研究で検討したメルト包有物から見積もられるマグマの固結圧力については、今後検討が必要であると考えられる。

引用文献: Blundy and Cashman, 2001 *Contributions to Mineralogy and Petrology* 140, 631-650. 下司信夫・宮城磯治・斎藤元治, 2017, *火山* 62, 13-22. 角井朝昭, 2000, *岩石鉱物科学* 29, 67-73. Thomas et al., 2002, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 66, 2887-2902. Watson and Harrison, 1983, *Contributions to Mineralogy and Petrology* 84, 66-72. Wilke et al., 2017, *Journal of Petrology*, 58, 4, 789-818.

P9

愛媛県北部芸予諸島伯方島に分布する花崗岩類の岩石学的研究

福井堂子、斉藤哲 (愛媛大学)

Petrological study on the granitoids in Hakata Island, Ehime prefecture.

Toko FUKUI, Satoshi SAITO (Ehime Univ.)

1. はじめに 白亜紀後期のユーラシア大陸東縁では、大規模火成活動が発生し、西南日本内帯の領家帯と山陽帯を構成する花崗岩類を形成した。愛媛県北部芸予諸島伯方島は、領家帯と山陽帯の漸移帯に位置し、多様な岩相を示す花崗岩類が分布していることから、大規模火成活動を研究する上で重要な地域であると考えられる。

当地域の花崗岩類について越智 (1991) や桃井ほか (1991) により岩相区分および岩石記載がなされている。桃井ほか (1991) は当地域の花崗岩類を岩石学的特徴から黒雲母花崗岩 (広島型)・粗粒花崗閃緑岩 (松山型)・細粒～中粒花崗閃緑岩 (大島型) の 3 岩相に区分した。しかしながら、伯方島における花崗岩類の岩石学的研究は、上述した記載岩石学的研究に留まり、化学組成分析やマグマの形成過程についての議論はなされていない。そこで本研究では、当地域の花崗岩類について野外調査、岩石記載、全岩化学組成分析を行い、岩石学的特徴を明らかにするとともに、伯方島を構成するマグマの多様性について検討した。

2. 伯方島内の岩相分布 野外調査による産状観察と、採集した岩石試料の薄片作成・偏光顕微鏡観察による岩石同定をおこない、島内の岩相分布を明らかにした。当地域の花崗岩類の主岩相は黒雲母花崗岩であり、粗粒、中粒、細粒のものが認められる。粗粒の黒雲母花崗岩は島北部に、中粒の黒雲母花崗岩は島中心部に、細粒の黒雲母花崗岩は上記の 2 岩相中に局所的に分布している。黒雲母花崗岩は粒度によらず、いずれもペグマタイトを伴う。一方、島南部には細粒～中粒の角閃石黒雲母花崗閃緑岩が分布しており、細粒トータル岩質の苦鉄質包有岩(Mafic magmatic enclaves;以降 MME)をしばしば伴う。また、島中心部には中粒の角閃石黒雲母トータル岩がストック状に分布している。さらに、島北端部では角閃石閃長岩が局所的に分布すると

ともに、花崗斑岩が黒雲母花崗岩中に脈状に産出する。また、鏡下観察から黒雲母花崗岩と角閃石黒雲母トータル岩中には、針状のアパタイトが認められた。

3. 全岩化学組成 当地域の花崗岩類 18 試料 (黒雲母花崗岩 13 試料、角閃石黒雲母花崗閃緑岩 1 試料、MME 1 試料、角閃石黒雲母トータル岩 1 試料、角閃石閃長岩 1 試料、花崗斑岩 1 試料) について全岩化学組成分析を行った。全岩 SiO₂含有量について、黒雲母花崗岩は 75～79wt.%、角閃石黒雲母花崗閃緑岩は 73wt.%、MME は 71wt.%、角閃石黒雲母トータル岩は 62wt.%、角閃石閃長岩は 63wt.%、花崗斑岩は 73wt.%の組成を示す。アルミナ飽和度については、黒雲母花崗岩、角閃石黒雲母花崗閃緑岩、MME、花崗斑岩は peraluminous の組成を示すのに対し、角閃石黒雲母トータル岩と角閃石閃長岩は metaluminous の組成を示す。主要元素と微量元素のハーカー図上では、当地域の花崗岩類は組成変化に富み、単一の組成トレンドを形成していない。

4. 考察 当地域の花崗岩類は岩相変化に富み、全岩 SiO₂含有量についても 62～79 wt.%と組成範囲が広い。これらはハーカー図上で単一の組成トレンドを形成しないため、花崗岩類の岩相変化を単一のマグマからの結晶分化作用により説明することは困難である。これらのうち主要をなす岩相は黒雲母花崗岩であるが、角閃石黒雲母トータル岩のストック状岩体といった比較的苦鉄質な岩相の存在や、黒雲母花崗岩中にみられる MME および鏡下で観察される針状アパタイトなどは、花崗岩類の形成過程での苦鉄質マグマの関与を示唆している(Hibbard, 1995)。よって、伯方島に分布する多様な花崗岩類は、組成の異なる複数のマグマが関与した複雑なマグマ過程を経て形成したものと考えられる。

引用文献: Hibbard, M. J. (1995) Petrography to Petrogenesis. Prentice Hall, New Jersey. 587p. 桃井ほか (1991) 愛媛県地質図 (20 万分の 1) 第 4 版. 越智 (1991) 四国地方 (日本地質「四国地方」編集委員会編), 6-12.

P10

愛媛県道後姫塚の化石含有層 (白亜系和泉層群) における学術調査プロジェクト

堀 利栄・岡本 隆・楠橋 直・鏑本武久 (愛媛大)・

佐藤たまき (東京学芸大)・下岡和也・町田悠輔・朝永悠太・脇山涼輔・佐賀昇吾・向井一勝 (愛媛大)

Research project on the fossiliferous horizon of the Cretaceous Izumi Group at Dogo-Himieduka, Ehime, Japan
Rie S. Hori, Takashi Okamoto, Nao Kusuhashi, Takehisa Tsubamoto (Ehime Univ.), Tamaki Sato (Tokyo Gakuhei Univ.), Kazuya Shimooka, Yusuke Machida, Yuto Tomonaga, Ryosuke Wakiyama, Shogo Saga, Kazumasa Mukai (Ehime Univ.)

愛媛県松山市道後姫塚には、古くから海棲動物化石に富む上部白亜系和泉層群基底部層が分布している事が知られており、多数の化石産出報告がなされてきた (例えば、Matsumoto, 1954; 鹿島, 1972; 野田・田代, 1973)。しかし、一部の例外を除いて、道後姫塚産として記載・報告された標本の多くが所在不明となっており、近年現地において大規模な学術調査が行われていないことから、愛媛大学理学部地学コースでは、2020 年末より土地所有者の許可及び関係各所との協力を得て、道後姫塚における地質学的・古生物学的総合学術調査をはじめた。コロナ感染拡大により調査がなかなか進展しない状態であったが、本調査によって、現在までに、新たに複数の海棲動物の遊離歯化石や骨片化石、および、アンモナイト、イノセラムス類、二枚貝類、ウニ類などの多数の無脊椎動物化石のほか、植物球果化石数個体が得られている。本発表では、その途中経過の成果を示す。

道後姫塚には、領家花崗岩類を不整合で覆う基底礫岩層とその上位に化石を豊富に含有する泥岩・シルト岩層を含む砂泥互層からなる黒滝層 (高橋 1986 改称) が分布する。姫塚においては、巨礫を含む礫支持の厚い基底礫岩層の上位に 2 m ほどの層厚の砂泥互層が見られる。砂岩・泥岩を主体とする互層部において、下部より Bed1 から Bed13 まで、13 の単層を識別した。Bed1 から Bed8 においては、円摩度の良い小礫から中礫が含まれ

る。Bed1 は礫の含有率が高いが、他 Bed では礫は泥岩またはシルト岩中に稀に含有される程度の基質支持の状態を示す。礫種は、黒色から灰色を呈するチャートが多く、酸性火成岩も含まれる。稀に緑色を呈す亜円から亜角礫が含まれているのが確認される。緑色岩礫には弱い片状構造が見られる礫もあり、薄片を作成し起源について現在検討中である。また、Bed2 から Bed4 においては、数 cm から十数 cm 径の炭酸塩のジュールが含有される。ノジュールについて酸処理を行ったが、現在までの所、放散虫化石は確認されていない。一方、二枚貝やサメの歯などの化石が多産するのは Bed4 から Bed9 までの層序である。特に暗青灰色シルト岩層からなる Bed9 においては、*Sphenoceramus* aff. *schmidtii* type A of 田代ほか (2008) が多産する。また、直下の Bed8 において、遊離歯や骨片などの脊椎動物化石が多産する事を確認すると同時に、今回の調査で異常巻きアンモナイト (恐らく *Ainoceras kamuy* 現在検討中) を発見した。下位の Bed4 から *Sphenoceramus* sp. の産出が確認できおり、異常巻きアンモナイトの産出から判断すると、化石が多産する Bed8 の層準は、*Sphenoceramus* aff. *schmidtii* type A Zone および *Ainoceras kamuy* Zone に相当し、本地層は、上部白亜系下部カンパニアン階上部またはカンパニアン階中部に対比される。この時代推定は、これまでの先行研究の議論と矛盾しない。

今回の総合調査で発見された異常巻きアンモナイト化石については、別途、愛媛大学岡本隆教員が記載報告を、また、海棲脊椎動物の遊離歯化石については、該当化石を主担当として古生物学的検討を行っている学生が 2022 年 2 月の日本古生物学会例会にて詳細を発表する予定である。

引用文献

鹿島愛彦 (1972) 愛媛の自然 **14**(7), 14-15; (8), 12-15; (9), 14-15; (11), 11.
Matsumoto Tatsuro (1954) The Cretaceous Research Committee, JSPS. 1-241.
野田雅之・田代正之 (1973) 地質学雑誌 **79**(7), 493-495.
高橋治朗 (1986) 愛媛大学教育学部紀要 **6**, 1-44.
田代正之・大塚雅勇・廣瀬浩司 (2008) 御所浦資料館報 **9**, 3-8.

P11

A new specimen of the Anthracotheriidae (Mammalia, Artiodactyla) from the upper Eocene of Na Duong Coal Mine, northern Vietnam

Takehisa TSUBAMOTO (Ehime Univ.), Takanobu TSUIHIJI (Natl. Mus. Nat. Sci.), Pha Dong PHAN (Inst. Mar. Geol. Geophys., Vietnam Acad. Sci. Tech.), Dinh Huang DOAN (Vietnam Natl. Mus. Nat., Vietnam Acad. Sci. Tech.), Naoko EGI (Natl. Mus. Nat. Sci.), Toshifumi KOMATSU (Kumamoto Univ.)

The Na Duong Formation distributed in Lang Son Province of northern Vietnam is an on-shore deposit and yields many fossils such as mammals, crocodiles, turtles, fish, molluscs, and plants (Böhme *et al.*, 2011; Ugai *et al.*, 2013). The formation is now dated as the latest Bartonian to middle Priabonian interval (~38–35 Ma; latest middle Eocene to middle late Eocene) on the basis of its fossil mammalian assemblage (Böhme *et al.*, 2014; Ducrocq *et al.*, 2015; Chavasseau *et al.*, 2019).

From this formation cropping out at Na Duong Coal Mine, we discovered a mandibular fragment of the Anthracotheriidae (Mammalia, Artiodactyla) during the 2020 field season. Here, we provide provisional description of the morphology and taxonomy of this fossil specimen.

The specimen is a left mandibular fragment with a distal part of heavily broken p3, broken p4, and m1–m3. Its dental morphology and size resemble those of a bunodont-bunoselenodont anthracotheriid genus *Anthracokeryx*. The buccal premetacristid on the molars extends mesiobuccally, connecting to the preprotocristid. The buccal preentocristid on the molars extends mesiobuccally, connecting to the hypoconid on its mesiolingual face. The p4 is more molariform with a more developed talonid basin than that of the primitive species of the genus such as *Anthracokeryx tenuis* from the middle Eocene Pondaung Formation of Myanmar. These dental morphologies as well as the dental sizes are well comparable to those of *Anthracokeryx naduongensis*, which was originally described from the Na Duong Formation by Ducrocq *et al.* (2015) and was later reported also from the Youganwo Formation of southern China (Averianov *et al.*, 2019). This specimen newly demonstrates the precise morphology of m2–m3 of *A. naduongensis* from the type locality.

References

- Averianov, A. *et al.* (2019) Anthracotheriid artiodactyl *Anthracokeryx* and an upper Eocene age for the Youganwo Formation of southern China. *Hist. Biol.*, **31**(9): 1115–1122.
- Böhme, M. *et al.* (2011) The Cenozoic on-shore basins of Northern Vietnam: Biostratigraphy, vertebrate and invertebrate faunas. *J. Asian Earth Sci.*, **40**: 672–687.
- Böhme, M. *et al.* (2013) Na Duong (northern Vietnam) – an exceptional window into Eocene ecosystems from Southeast Asia. *Zitteliana*, **A53**: 121–167.
- Chavasseau, O. *et al.* (2019) A new primate from the late Eocene of Vietnam illuminates unexpected strepsirrhine diversity and evolution in Southeast Asia. *Sci. Rep.*, **9**: 19983.
- Ducrocq, S. *et al.* (2015) New anthracotheres (Cetartiodactyla, Mammalia) from the Paleogene of northeastern Vietnam: biochronological implications. *J. Vert. Paleontol.*, **35**(3): e929139.
- Ugai, H. *et al.* (2013) Report of the fossil freshwater shells from the Na Duong Basin in Northern Vietnam. *Bull. Goshoura Cret. Mus.*, **14**: 17–23.





【第 21 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】

＜講演会＞

日時：2021 年 12 月 4 日（土）13:00-16:55

場所：オンライン開催（Zoom および愛媛大学理学部地学コース HP）

（本部：愛媛大学理学部）

＜総会＞

日時：2021 年 12 月 4 日（土）17:10-17:40（講演会終了後）

場所：オンライン開催（Zoom）（本部：愛媛大学理学部）