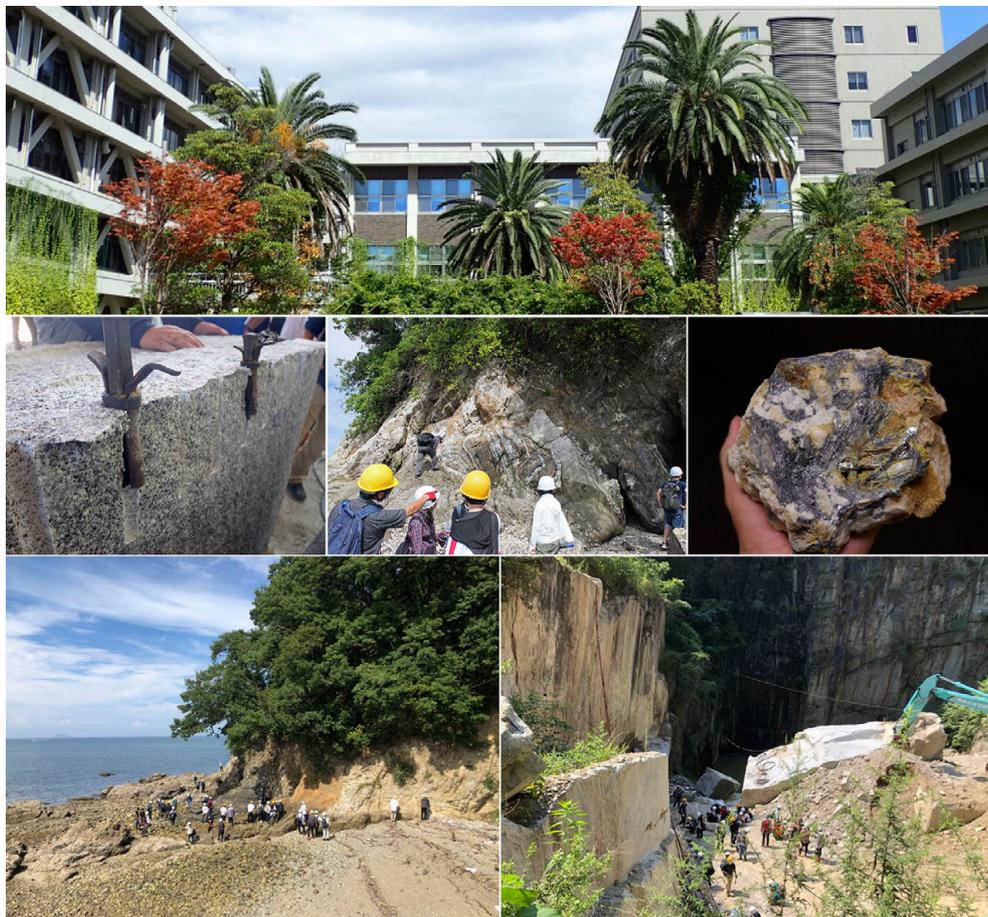




## 第 20 回

# 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



2020年12月5日(土)  
日本地質学会四国支部

## 【第 20 回日本地質学会四国支部総会・講演会】

### <講演会>

日時：2020 年 12 月 5 日 (土) 13:00-17:05

場所：WEB 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：2020 年 12 月 5 日 (土) 17:15-17:45 (講演会終了後)

場所：WEB 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。四国支部発足 20 周年を記念して、小松正幸先生 (元愛媛大学学長／元愛媛大学理学部地球科学科教授) および山本明彦先生 (元愛媛大学理学部地球科学科教授) による記念講演を開催いたします。

-----  
幹事の皆様へ

### <幹事会>

日時：2020 年 12 月 5 日 (土) 11:00-11:45

場所：WEB 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
- 13:05-13:35 記念講演1 座長: 堀利栄  
佐田岬半島の基盤構造とネオテクトニクス: 研究史と今後の展望  
小松正幸(元愛媛大学学長)
- 13:35-13:40 5分間休憩
- 13:40-14:10 記念講演2 座長: 堀利栄  
南海トラフ巨大地震による津波予測  
山本明彦(元愛媛大学教授)
- 14:10-14:20 10分間休憩
- 14:20-14:50 ポスター3分間紹介(P1~P8)(質疑応答なし) 座長: 鏑本武久
- 14:50-14:55 5分間休憩
- 14:55-15:55 一般講演 口頭発表(第一部: 4件) 座長: 青矢睦月
- O1 14:55-15:10 竜串層に含まれる球状鉄コンクリーションの成因  
~火星の球状ノジュールとの類似性~  
浅井沙紀(高知大)・長谷川精(高知大)・吉田英一(名古屋大)・  
奈良正和(高知大)・友直由衣(高知大)・池原実(高知大)・  
今井悟(土佐清水ジオパーク)
- O2 15:10-15:25 モンゴル北部・サンギンダライ湖の湖底堆積物から復元する  
最終氷期以降の環境変動と植生変遷\*  
今岡良介(高知大)・志知幸治(森林総研)・長谷川精(高知大)・  
Niiden Ichinnorov(モンゴル古生物研)・勝田長貴(岐阜大)・  
村山雅史(高知大)・岩井雅夫(高知大)・出穂雅美(都立大)
- O3 15:25-15:40 中新統竜串層に産する生痕化石 *Ophiomorpha* 形成者の古生態学\*  
友直由衣(高知大)・今井悟(高知大)・奈良正和(高知大)
- O4 15:40-15:55 種子島沖海底泥火山から採取された堆積物の起源と形成メカニズム\*  
瀬戸口亮真(高知大)・井尻暁(JAMSTEC)・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)
- 15:55-16:05 10分間休憩
- 16:05-17:05 一般講演 口頭発表(第二部: 4件) 座長: 白勢洋平
- O5 16:05-16:20 高知県本山地域における清水構造帯の褶曲構造\*  
永野栄一(高知大)・藤内智士(高知大)
- O6 16:20-16:35 高越地域三波川帯における2段階の変形の伸長方向  
青矢睦月(徳島大)

- O7 16:35-16:50 高知大学室戸サテライトラボ：ジオパークで自然科学リテラシー  
岩井雅夫（高知大・室戸ジオパーク）・  
中村有吾（高知大・十勝岳ジオパーク）・高橋唯（室戸ジオパーク）・  
小笠原翼（室戸ジオパーク）

- O8 16:50-17:05 砂層の剪断帯に与える粒径の影響：砂箱実験の例  
藤内智士（高知大）・清水知・（高知大，現：松山市役所）

17:05-17:15 10分間休憩

17:15-17:45 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，12/4(金)の15:00から12/7(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 愛媛県の中新統久万層群明神層と石鎚層群高野層から得られたジルコン U-Pb 年代\*  
成田佳南 (愛媛大)・谷健一郎 (科博)・楠橋直 (愛媛大)
- P2 アルゼンチンの下部中新統 Santa Cruz 層から産出したグリプトドン類の頭蓋骨化石 (予報)\*  
本藤脩太郎 (愛媛大)・木村由莉 (科博)・鏑本武久 (愛媛大)
- P3 東京都昭島市の更新統加住層から産出したシカ化石\*  
前田大智 (愛媛大)・樽 創 (神奈川県博)・福嶋徹 (昭島市郷土資料室)・  
高栞祐司 (群馬県博)・鏑本武久 (愛媛大)
- P4 愛媛県西予市明浜町高山に分布する秩父累帯南帯の石灰岩より新たに発見された化石群\*  
吉永亘希 (愛媛大)・朝永悠斗 (愛媛大)・清水桜 (愛媛大)・中津未結 (愛媛大)・  
相田和之 (愛媛大)・中村千佳子 (愛媛大)・麻生春真 (愛媛大)・堀利栄 (愛媛大)
- P5 北東太平洋の海山上で採取されたタイプの異なるマンガンノジュールの構造観察\*  
片野田航 (高知大)・村山雅史 (高知大)・臼井朗 (高知大)・山形武靖 (東京大)・  
松崎浩之 (東京大)
- P6 チリ沖コアから復元する最終氷期における南半球の偏西風経路変動\*  
長屋英結 (高知大)・長谷川精 (高知大)・長島佳菜 (JAMSTEC)
- P7 後期白亜紀アンモナイト *Scaphites* の集団解析シミュレーション\*  
中村千佳子 (愛媛大)・岡本隆 (愛媛大)
- P8 浦ノ内湾から採取された海洋コアの堆積物の年代とイベント堆積物  
村山雅史 (高知大)・谷川亘 (JAMSTEC)・井尻暁 (JAMSTEC)・星野辰彦 (JAMSTEC)・  
廣瀬丈洋 (JAMSTEC)・捫垣勝哉 (高知大)・新井和乃 (高知大)・浦本豪一郎 (高知大)・  
近藤康生 (高知大)・尾寄大真 (東京大)・米田穰 (東京大)
- 

・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

# 四国支部発足 20 周年 記念講演

# K1 佐田岬半島の基盤構造とネオテクトニクス; 研究史と今後の展望

小松正幸 (愛媛大学)

Basement structure and Neotectonics of the Sadamisaki Peninsula, Shikoku, SW Japan : Review and Prospect  
Masayuki KOMATSU (Ehime Univ.)

私はここ 4, 5 年来、佐田岬半島(以下、半島)の地盤の安全性に関心を持って断層構造の調査を続け、同時に三波川変成岩層の構造についても調べているが、この半島は地質構造の調査には極めて不向きな地形条件で、細かい調査の可能な場所は海岸に限られ、それも港の周辺など到達可能なポイントはわずかしかな。したがって、地質構造の全体像を把握するために今年度は船によって海から海岸の岸壁を観察・撮影することを試みた。これは大変有効な方法で、これによって全体像のイメージを得ることができた。

## 基盤構造

1) 最近、佐賀関半島北岸の三波川変成岩の上位に約 470Ma の石英閃緑岩が発見され、黒瀬川帯の古期岩類が内帯起源であることが確実になった(1)。また、肥後片麻岩・火成岩や八幡浜大島の片麻岩・火成岩のジルコン年代の詳細な分析から、これらは領家帯に先行する内帯起源の火成・変成作用帯であることが確認された(2)。これらの結果は背斜構造をなす三波川帯を中心に内帯と外帯が翼部に分布する、という地質構造のイメージを与える(1)が、実際これに相当するのは佐賀関半島だけで、佐田岬半島の三波川帯の構造は基本的には四国本土と同じく EW の片理、褶曲構造に支配される(3)。ただし、半島付け根近くの亀浦以西は伊予灘側でフラット、宇和海側で南西傾斜の非対称の構造であることが示されている(4)。

2) 今回の調査で半島付け根付近において、夢永—喜木津から亀浦東までの約 2.6km の幅で片理(層理)面が EW 走向 60~70° 北落の剪断帯があり、このゾーンに数列の蛇紋岩メランジュ(角閃岩、変はんれい岩などを含む)が存在することが明らかになった。これより東側は四国西部と同様の構造であるが、これより西では、伊予灘側は急激に片理が水平に近い傾斜で走向が南東

に振れるようになるのに対して、宇和海側は 20~40° 東南東~南東傾斜の非対称構造になる。この非対称構造の原因、とくに MTL 側(伊予灘側)でほぼ水平の構造になるのはネオテクトニクスの問題である。

## ネオテクトニクス

3) 90 年代以降、別府湾や伊予灘において海底物理探査が進展し、別府湾、伊予灘は伊予灘—別府湾は中央構造線(MTL)の活動によって形成されたハーフグラabenであることが明らかにされた(5)。伊予灘のハーフグラabenを形成した主断層の MTL は半島に沿って数 100m 沖を走っていると推定された(6)。MTL の地表面トレースは半島の地形に沿ってカーブを繰り返して、伊予灘へ出っ張るところが 2 領域、引っ込むところが 2 領域ある。伊予灘のハーフグラabenの境界と半島海岸線のカーブの食い違いから伊予灘側(上盤)と半島側(下盤)の最大ズレ量は約 25km(20±5km)である。これに伴って上盤は最大 3000m(別府湾実測値)沈み、下盤は 400~500m 隆起したと見積もられる。これは南海前弧スリヴァーの西側への移動に伴う、MTL を境に縦ズレを伴う右横ずれ運動(transtension)の変位の累積を示すと考えられる。

4) 半島北岸の断層系のうち、ガウジを伴う断層は主として N50~60W および N40~70E の正断層群と東西(N70E)および南北性高角(N20E および N10~30W)の横ずれ断層である。これらの断層群は北岸だけでなく、偏在しているものの半島全域に広く見られる。これら多方向の断層群が共存する半島先端部佐田岬~水尻地域の解析結果では、右横ずれ運動の累積だけではその形成を説明できない。半島の断層系も MTL における単純な右横ずれ運動だけでなく、3) で述べた transtension に支配されていると考えられる。

引用文献 (1)Kawuguchi et al., 2020, Geosci. Front. 11, 1441-1459, (2)小山内ほか、2020(地質雑受理)。 (3)Hara et al.(1992) J.Sci. Hiroshima U., 9-3, 495-595, 吉川ほか(1980)応用地質, 20, 19-28, 武田・秀(1991)「四国地方」、48, 宮崎・吉岡(1993) 5 万分の 1 地質図幅「佐賀関地域の地質」、(4) 平山・神戸(1956) 5 万分の 1 地質図幅「八幡浜・伊豫高山」、木村・小村(1959)同「伊予三崎」、(5) 由佐ほか(1992) 地震, 45, 199-21, 伊藤・佐藤(2010) 地学雑, 119, 235-244, 大野ほか(1994)地震, 47, 359-401, (6)早坂ほか(2016)地質学会 2016 年大会講演要旨。

# K2

南海トラフ巨大地震による津波予測  
山本明彦 (元・愛媛大学)

Simulation-based estimates of tsunami arrivals and heights from future megathrust earthquakes in the Nankai Trough, Southwest Japan  
Akihiko Yamamoto (formerly Ehime University)

## 1. はじめに

西南日本の太平洋沖に位置する南海トラフはしばしばスラスト型の巨大地震による津波を励起し、特に太平洋側の沿岸部に対して甚大な被害を及ぼしてきた。こうした巨大地震は約 90~150 年の周期で発生すると考えられ、東海地震、東南海地震、南海地震の震源域では数時間~数年の間隔を有している(あるいはほぼ同時に)3 つの地震が連動すると考えられている。1944-46 年に発生した直近の(東)南海地震からすでに 70 年以上が経過した現在、近い将来の巨大地震およびそれに伴う津波の発生が危惧されている。このような背景のもと、地震動や津波の挙動の予測は重要な課題となっている。本研究では、数値シミュレーションに基づいた南海トラフ巨大地震による津波の予測に焦点をあて、特に四国地方を中心とした西南日本の太平洋沿岸域における津波の挙動や津波高を評価し、防災の基礎資料とすることを目的とする。

## 2. 研究手法

津波の数値計算には、(a)解析範囲の数値標高/水深モデル(DEM/DBM)の整備、(b)地震を引き起こした断層面(断層パラメータ)の推定、(c)断層運動による弾性変形の理論計算、(d)津波伝播の理論計算、という少なくとも 4 つのプロセスが必要である。空間分解能を左右する DEM/DBM は、陸海の区別なく一律にアクセスできるものを使用する。ここではバグの少ない 15 秒角(~450m)沿岸部: ~225m)の格子間隔を持つ DEM/DBM を使用した。断層パラメータは、過去の歴史地震の解析を含めた先行研究(Aida, 1981 等)を参考にして仮定した。断層運動による弾性変形は Okada(1992)の理論に基づいて計算し、求められた鉛直変位量を海底地殻変動としてそのまま全ての格子に時間差なしの初期水位として割り当てた。津波伝播は非線形長波理論に基づく支

配方程式を差分化して計算した。また本研究では、広く用いられる Nesting 法ではなく、計算精度向上と計算負荷軽減のため AMR 法を適用した(Borthwick, 2000 等)。AMR 法は動的に格子解像度を変化させ、数値解の最適化を図る手法であり、計算空間上の物理量の急変部に対してのみ高解像度かつ高効率で計算を行うことができる。ここでは、(case A) 2011 年東北地方太平洋沖地震(311 地震)と同程度の断層パラメータ(すべり量は一律 30m)を仮定、(case B) 311 地震の 2 倍のすべり量を仮定、という 2 種類のシナリオを想定して津波の解析を行った。また 33 地点を選択し、ピンポイントでの津波波形解析も実施した。

## 3. 結果・考察

(case B)の結果を中心として以下に示す。ここで言う津波波高は平常潮位からの高さである。20~30m 級の波高を持つ津波の第 1 波は(1 地点を除いて)すべて四国地方の太平洋沿岸地域に集中し、地震発生から 10~30 分程度で到達する。須崎~中土佐町の波高は 33.6m(本研究中で最大)であり、第 1 波から数時間後以内に 10m 級の後続波が連続する。海陽町では 27.9m の第 1 波到着後わずか 10 分で 23m の第 2 波が観測された。高知市では 28.7m の波高を観測し、その直後(数時間以内)にも 21m, 13m の第 2 波、第 3 波が到達した。9.5 時間後においても約 5m の津波が来襲する。一方、瀬戸内地域では波高は比較的低いものの、1~2 時間後に播磨灘、安芸灘に津波の第 1 波が到達する。松山港では地震発生後の 1.8 時間後に 1.3m の波高を持つ長波長の第 1 波が到達する。関東・東海地方に津波が伝播するのは地震発生から 1~2 時間後であるが、水深が比較的浅い日本海側に達するのは 4 時間以上経過してからである。津波は第 1 波が最大振幅となる場合が多いが、第 2 波以降の後続波が最大波高を観測したケース(城ヶ島)も見られた。津波のふるまいは諸要素により異なる顔を見せるため、予め防災対策の検討が必要である。

## 4. 今後の課題

本研究で開発した手法を拡張し、沿岸部におけるより詳細な波高・波形解析、および、遡上域や遡上高評価等の高解像度解析を実施したい。

# □頭発表

# 01

## 竜串層に含まれる球状鉄コンクリーションの成因 ～火星の球状ノジュールとの類似性～

○浅井沙紀(高知大), 長谷川精(高知大), 吉田英一(名古屋大), 奈良正和(高知大), 友直由衣(高知大), 池原実(高知大), 今井梧(土佐清水ジオパーク推進協議会)

### Formation mechanism of Fe-oxide concretion in Tatsukushi area: Possible analogy with spherical nodule on Mars

Saki ASAI (Kochi Univ.), Hitoshi HASEGAWA (Kochi Univ.), Hidekazu YOSHIDA (Nagoya Univ.), Masakazu NARA (Kochi Univ.), Yui TOMONAO (Kochi Univ.), Minoru IKEHARA (Kochi Univ.), Satoru IMAI (Tosashimizu Geopark Promo. Conference.)

**【はじめに】**地球の地層中には、炭酸カルシウムからなる球状団塊(ノジュール・コンクリーション)が多数存在している。炭酸塩コンクリーションには、生物の遺骸から炭素を得て形成される有機起源のもの(Yoshida *et al.*, 2015)と、地下水の蒸発によって形成される無機起源のもの(Mozley & Davis, 2005)が存在する。また、炭酸塩コンクリーションの表面を酸化鉄が覆った鉄コンクリーションもあり、火星の地層からも類似の球状物体が見つかる(Yoshida *et al.*, 2018)。本研究では、高知県土佐清水市西部の竜串海岸に露出する鉄コンクリーションを研究対象とする。竜串海岸には、HCS 砂岩を主体とした中新統三崎層群竜串層が分布しており、下部外浜から沖浜漸移帯の環境で堆積したと考えられている(奈良ほか, 2017)。また竜串層には、様々な形状の鉄コンクリーションが含まれる。大多数が十数 cm ～ 数十 cm 大の球状のものであるが、そのほかにも数 cm 程度の小さい球状のものや、板状を呈するもの、さらに生痕化石オフィオモルファが鉄コンクリーション化したものも含まれる。本研究では、竜串海岸に見られる多様な形状を示す鉄コンクリーションの成因究明を目的とした。また、類似の形状を示す球状ノジュールが火星のゲールクレーターからも見つかり(Wiens *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2019)、竜串層の鉄コンクリーションと火星の球状ノジュールの類似性を比較検討することで、両者の成因について考察した。

**【結果と考察】**現地調査と採取試料の化学分析の結果、同層の球状鉄コンクリーションは炭酸カルシウムコンクリーションが先駆物質であり、地層中を浸透した酸性流体との反応によって形成されたと考えられる。X線CTを用いた内部構造の観察から、球状コンクリーションとオフィオモルファが同時産出したものや、内部にオフィオモルファやウニ化石が含まれるものが見つかった。また、炭素同位体比測定の結果、マトリクス部の $\delta^{13}\text{C}$ 値が-5.2‰だったのに対し、大球状コンクリーションの $\delta^{13}\text{C}$ 値は-7.8‰とより軽く、有機物起源のもの(Yoshida *et al.*, 2015)に近い値を示した。以上のことから竜串層の球状コンクリーションは有機物起源で形成されたものが多いと解釈した。一方で、偽礫を核とした球状および板状の鉄コンクリーションも見られ、板状に関しては $\delta^{13}\text{C}$ 値が-6.4‰とマトリクス部と近い値を示した。このことから、有機物起源と無機起源の両者が竜串層のコンクリーション形成に関わっていたと考えられる。また球状コンクリーションは主に HCS 砂岩中に、板状コンクリーションは泥層及び砂泥互層中に発達していることが分かり、岩相と形状の関係性も示唆された。

**【火星との比較】**火星ゲールクレーターには大型球状、小型球状、板状など、竜串層と類似の多様な形状を示す鉄コンクリーションが見つかる(Sun *et al.*, 2019)。また、ゲールクレーターにある球状物体の殻部にも Fe が濃集しており(Wiens *et al.*, 2017)、地球と同様に炭酸塩コンクリーションが先駆物質であった可能性が高い。本研究では、竜串海岸と火星のゲールクレーター中の球状物体を探索し、形状や産出岩相などに類似性が見出せないかと比較を試みた。その結果、大型の球状ノジュールは砂層中に、板状は泥層や砂泥互層にも見られ、竜串層の鉄コンクリーションとの共通性が見られた。この岩相によってコンクリーションの形状が変化するというのは、マトリクスの均質性に依存するためと解釈される(Bjorkum & Walderhaug, 1990)。

**【引用文献】** Bjorkum P. A. & Walderhaug O. (1990) *Earth-Science Reviews*, v.29, p.145-161.; Mozley P. S. & Davis J. M. (2005) *GSA Bulletin*, v.117, p.1400-1412.; 奈良正和ほか (2017) *地質学雑誌*, v.123, p.471-489.; Sun V. Z. *et al.* (2019) *Icarus*, v.321, p.866-890.; Wiens R. C. *et al.* (2017) *Icarus*, v.289, p.144-156.; Yoshida, H., *et al.* (2015) *Scientific Reports*, v.5, 14123; Yoshida, H., *et al.* (2018) *Science Advances*, v.4, eaau0872.

# 02

モンゴル北部・サンギンダライ湖の湖底堆積物から復元する最終氷期以降の環境変動と植生変遷

今岡良介(高知大)・志知幸治(森林総研)・長谷川精(高知大)・Niiden Ichinnorov(モンゴル古生物研)・勝田長貴(岐阜大), 村山雅史(高知大), 岩井雅夫(高知大), 出穂雅美(都立大)

### Reconstruction of paleoenvironmental and paleovegetation changes in northwestern Mongolia since last glacial

○Ryosuke IMAOKA (Kochi Univ.), Koji SHICHI (Forest Res. Manag. Organ.), Hitoshi HASEGAWA (Kochi Univ.), Niiden ICHINNOROV (Mongolian Paleont. Inst.), Nagayoshi KATSUTA (Gifu Univ.), Masafumi MURAYAMA (Kochi Univ.), Masao IWAI (Kochi Univ.), Masami IZUHO (Tokyo Metro. Univ.)

**【はじめに】**温暖化に伴う地球環境の激変で注目されていることの一つに、シベリア永久凍土の融解があり、凍土融解に伴うメタン排出の正フィードバックにより、更なる温暖化の進行が危惧されている。本研究では、温暖化の進行に伴うシベリア永久凍土の動態や周辺域の植生変化の予測に向け、最終氷期以降の気候変動に対する凍土融解や植生変遷の復元を試みている。研究対象であるモンゴル北部のサンギンダライ湖は、永久凍土帯と砂漠帯の境界部に位置し、気候変動に対して極めて鋭敏な地域である。本研究では、サンギンダライ湖の湖底堆積物中に含まれる花粉群集および元素組成の変化から、現在は森林ステップで特徴付けられる同地域の植生と環境が、最終氷期から完新世にかけてどのように変化したかの復元を試みた。そして、周辺域(ロシア南部やモンゴル南部)の花粉記録とも比較して時空間的な植生変遷を復元し、地球温暖化によって東アジア内陸域の環境や植生がどのように変化していくかの予測も試みた。

**【材料と方法】**本研究で用いた試料は、サンギンダライ湖(N49°15'42"; E98°55'23"; 標高 1885 m; 水深 25 m)において、2016 年 7 月に採取した表層堆積物コア(16SD02; 約 82 cm 長)と 2019 年 3 月に採取したボーリングコア(19SD01-05; 合計約 20 m 長)である。高知コアセンターにて同コアを

半割し、1 cm 毎に試料分割した。そのうち 66 試料に対して花粉化石の抽出と観察・同定を行い、Tarasov *et al.* (2000)を基に植生変遷の復元を行った。また 20 試料を東濃地科学センターで $^{14}\text{C}$ 年代測定を依頼した。さらに高知コアセンター設置の XRF コアスキャナー(Itrax)を用いて高解像度元素組成分析を行い、古環境変遷の復元を行った。

**【結果と考察】** $^{14}\text{C}$ 年代測定の結果、表層堆積物コアの最深部の年代は約 2800 年前に相当することが明らかになった。ボーリングコアの年代モデルはまだ暫定的であるが、茶褐色泥層からなる上位 4m 部が完新世に、4m より下位の黒灰色中粒砂と茶褐色シルト層の互層が最終氷期に相当すると考えられる。また XRF コアスキャナーを用いた元素組成分析の結果、最終氷期には湖が干上がった氾濫原環境と、低い湖水位の塩湖環境とが繰り返される環境であったことが示唆された。一方で完新世以降に次第に現在と同様な高湖水位環境へと変化していたことが示唆された。さらに花粉分析の結果、最終氷期にはヨモギ属などの草本花粉が占有し、ステップ植生および砂漠植が卓越していた一方、完新世にはマツ属などの樹木花粉が増加し、相対的に湿潤なステップおよびタイガ植生へと変化したことが明らかになった。

以上の結果と、ロシア南部(コトケル湖; Shichi *et al.*, 2009)やモンゴル南部(オログ湖; Yu *et al.*, 2017)の花粉データとも比較検討した結果、最終氷期にロシア南部及びモンゴル北部は凍土凍結により乾燥環境であったが、完新世では温暖化に伴う凍土融解により湿潤環境に変わっていったことが明らかになった。一方で、モンゴル南部では最終氷期は不連続永久凍土帯に位置することから湿潤環境であったが、完新世では温暖化に伴う凍土消失によって乾燥環境に変わっていったことが明らかになった。以上の結果は O'ishi & Abe-Ouchi. (2013)による植生結合モデルとも整合的であり、統合して考えると地球温暖化によって永久凍土末端部が北上することでモンゴル北部では凍土が消失し、現在よりも乾燥環境になると考えられる。

**【引用文献】** O'ishi, R., & Abe-Ouchi, A. (2013). *Climate of the Past*, 9(4), 1571-1587.; Shichi *et al.* (2009). *Quaternary International*, 205(1-2), 98-110.; Tarasov, P. E., *et al.* (2000) *Journal of Biogeography*, 27 (3), 609-620.; Yu *et al.* (2017). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 514, 77-91.

# 03

中新統竜串層に産する生痕化石 *Ophiomorpha* 形成者の古生態学

友直由衣 (高知大院・理学)・今井 悟 (高知大院・応用自然)・奈良正和 (高知大学・理工)

Palaeoecology of *Ophiomorpha* producers of the Miocene Tatsukushi Formation, SW Japan

Tomonao, Y., Imai, S. and Nara, M. (Kochi, Univ.)

竜串層は、高知県土佐清水市に分布する中新統三崎層群の最上部をなし、同層群を堆積させた前弧海盆が充填される過程の最末期を記録した浅海成陸成珪碎屑性堆積物である。同層は、岩相の特徴によって下部と上部に細分され、従来、その堆積構造から、それぞれ波浪が卓越した浜堤列平野システム堆積物ならびに潮汐低地～網状河川システムの堆積物と考えられてきた (たとえば、奈良ほか, 2017)。

この竜串層には、泥質ペレットの裏打ちが特徴的な十脚目甲殻類の巣穴化石であり、世界的にも最もよく知られた生痕属のひとつである生痕化石 *Ophiomorpha* が産出する。同層下部の下部外浜堆積物に産する *Ophiomorpha* は、内径およそ 0.8–4.8 cm で、その大部分は直線的に伸長し、ダブルペレットによる裏打ちを持つことから、*Ophiomorpha borneensis* と同定される (友直・奈良, 2018)。この生痕種は、ボルネオ島に分布する竜串層と同時代の浅海堆積物から発見・記載されており、本研究の報告は古生物地理学的に興味深い。一方、同層上部の潮汐低地堆積物に産する *Ophiomorpha* は、内径およそ 0.5–1.5 cm で、直線的に伸長、あるいはゆるく屈曲した巣穴構造であり、シングルペレットとダブルペレットとが混合した裏打ちをもつ (友直・奈良, 2018)。従来報告された生痕種にこうした特徴をもつものはないため、ここでは *Ophiomorpha isp.* として扱う。

今回、竜串層下部の一部から、*O. borneensis* と *Ophiomorpha isp.* との両者が共産する層準が見出された。その堆積相をくわしく検討したところ、暴浪の影響を示唆するハンモック状斜交層理砂岩が発達する下部外浜堆積物の中に、フォアセットが反対方向に傾斜するトラフ型斜交層理砂岩やプレーヤー層理が発達するシート状砂岩と泥岩薄層との互層からなる堆積物が

複数挟在することがわかった。後者は、反転流や流れの停滞を示唆する堆積構造が見られることや、同層上部の典型的な潮汐低地システム堆積物中の潮汐砂底堆積物と酷似することから、潮汐低地堆積物と考えられる。こうした外浜堆積物と潮汐低地堆積物とが繰り返すサクセションは、波浪が卓越する外浜環境の陸側に潮汐低地が発達する外浜-潮汐低地システムで説明できる。この堆積システムでは、その形成営力の大きさに応じて、外浜と潮汐低地の環境が同所的に繰り返すことが知られる。2種の *Ophiomorpha* 類が共産する層準は、こうした堆積場で形成されたものと考えればよく説明できる。つまり、これら同所的に産する *O. borneensis* と *Ophiomorpha isp.* は、時間平均化によって生じた混合生痕化石群と考えられる。なお、外浜-潮汐低地システムは、三崎層群からは初めての報告となる。

最後に、*O. borneensis* と *Ophiomorpha isp.* について詳しく見ていく。両者を比較すると、裏打ちや全体形と言った違いに加えて、*Ophiomorpha isp.* は *O. borneensis* に比べて統計的に有意に個々のトンネル/シャフトのサイズ (内径) が小さい。十脚目甲殻類のトンネル/シャフトのサイズは形成者の体サイズに比例することから、潮汐低地に生息した *Ophiomorpha isp.* の形成者は、下部外浜のそれよりも体サイズが有意に小さかったことを示す。現生の十脚目甲殻類は、異なる種の間で巣穴形態や体サイズに明らかな違いがあることが知られていることから、*O. borneensis* と *Ophiomorpha isp.* は、それぞれ異なる生物種によって形成された可能性が高い。また、下部外浜堆積物の砂岩単層に産する *O. borneensis* のトンネル/シャフトのサイズの頻度分布を見ると、複数 (最大で 4 つ) のモードが観察される。上述の様に、トンネル/シャフトのサイズ (内径) は形成者の体サイズと比例することから、これらのモードは、現生十脚目甲殻類群集で知られる様に、当時の形成者のコホート (同時出生集団) が見られている可能性が高い。*O. borneensis* 形成者も複数のコホートが同所的に生息した可能性がある。

## 引用文献

奈良ほか, 2017, 地質雑報, 123, 471–489. 友直・奈良, 2018, 地質学会第 125 年大会演旨, 286.

# 04

種子島沖海底泥火山から採取された堆積物の起源と形成メカニズム

瀬戸口亮真<sup>1</sup>、井尻暁<sup>1</sup>、山形武靖<sup>1</sup>、松崎浩之<sup>2</sup>、萩野恭子<sup>1</sup>、芦寿一郎<sup>4</sup>、村山雅史<sup>1</sup>

<sup>1</sup>高知大学、<sup>2</sup>海洋研究開発機構、<sup>3</sup>東京大学総合研究博物館、<sup>4</sup>東京大学大気海洋研究所

Origin and formation mechanism of sediments taken from the mud volcanos off Tanegashima, Japan

R. Setoguchi, A. Ijiri<sup>1</sup>, T. Yamagata<sup>2</sup>, H. Matsuzaki<sup>2</sup>, K. Hagino<sup>1</sup>, J. Ashi<sup>4</sup>, M. Murayama<sup>1</sup> (Kochi University, <sup>1</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>3</sup>The University Museum, The University of Tokyo, <sup>4</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)

世界各地の大陸縁の陸上または海底に分布する泥火山は、高間隙水圧を持った堆積物が、海底表層まで上昇し地表に噴出した地形であり、地下深部の流体を地表に運び、放出している (Kopf, 2002)。特に、メタンの放出は、大気・海洋への主要な放出源の一つとなっている。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している。熊野海盆泥火山群では、種子島沖に比べてガスや堆積物の研究例が多く、噴出メカニズムについても推定されている (Ijiri et al., 2018 他)。しかし、種子島沖泥火山群では研究例が少ない。これまでの海底調査において、種子島沖の泥火山は 15 個確認されており、MV#1–#15 まで番号がつけられている。本研究では、学術研究船「白鳳丸」の KH-15-2 次航海と KH-19-5 次航海で採取された MV#1 (30°53'N, 131°46'E)、MV#2 (30°55'N, 131°50'E)、MV#3 (31°03'N, 131°41'E)、MV#14 (30°11'N, 131°23'E) の堆積物コアを用いて泥火山の噴出堆積物と炭化水素ガスの起源について調べた。堆積物コアは X 線 CT を用いた内部構造観測、加速器質量分析器を用いた <sup>10</sup>Be の測定に

よる年代測定値と、XRD による粘土鉱物組成から、堆積物の温度履歴の推定を行った。また、炭化水素ガスは、メタン/エタン比 (C<sub>1</sub>/C<sub>2</sub>)、メタンガスの炭素同位体比を測定し、その生成起源について調べた。X 線 CT スキャンによる内部観察では、MV#1、MV#2、MV#3 の堆積物コアは、全般に多くの泥礫を含み、現世堆積物の被覆がみとめられず、現在も活発に活動している泥火山であると考えられる。一方 MV#14 は、表層に第四紀の堆積物が被覆しており、活動を休止している泥火山であると考えられる。MV#2、MV#3 の石灰質ナノ化石と <sup>10</sup>Be 年代から得られた結果では主に、中期中新世以降を示した。粘土鉱物組成はイライトに富んでおり、スメクタイトからイライトへの脱水反応が起きる 60–160°C を経験していると考えられる。MV#1 では、イライト/スメクタイト混合層が検出できたが、MV#2、3、14、では検出できなかった。検出できた MV#1 は、イライト/スメクタイト混合層のピークの差から求めた温度履歴は約 60–100°C であると考えられる。一方、MV#2、3、14 ではこれら検出できなかったことから、MV#1 より、より高温を経験していると推定される。現在も活動していると考えられる MV#1、MV#2、MV#3 はでは、熱分解起源メタンの特徴を示し、海底下深部で生成したメタンが海底面まで運ばれてきたと示す。一方、活動を休止していると考えられる MV#14 は、微生物起源メタンの特徴を示した。この結果から、MV#14 では泥火山の表層付近で、二次的な微生物によるメタン生成が起きていたと推測される。この海域で観測されている地温勾配 (25–50 °C/km) をもとに、熱分解ガスの生成条件 (>80°C) や堆積物の温度履歴を考慮すると、泥火山の噴出堆積物や炭化水素ガスは、海底下 1.5 km 以深から上昇してきていると考えられる。種子島周辺には、古第三紀の四万十帯が分布しており (Ujiie et al., 2000)、この泥火山の堆積物の起源は、四万十帯より浅い深度の堆積物と考えられる。

## 引用文献

Kopf, Rev. Geophys (2002), 40, 1005, doi: 10.1029/2000RG000093  
Ijiri et al., Geosciences (2018), 8, 220  
Ujiie et al., Marine Geology (2000), 163, 149–167

## 05

高知県本山地域における清水構造帯の褶曲構造

永野栄一 (高知大学)・藤内智士 (高知大学)

The structure of minor folding in the Kiyomizu

Tectonic Zone in the Motoyama district, Kochi, Japan

Eiichi NAGANO (Kochi Univ.) , Satoshi TONAI

(Kochi Univ.)

清水構造帯は、四国三波川帯南部に発達する逆断層剪断帯として最初に報告され (小島ほか, 1956), 四国中央部に分布しているとされ, 南縁は清水構造線と呼ばれる (例えば, 青矢・横山, 2009; 脇田ほか, 2007). 「本山地域の地質」図幅 (遠藤・横山, 2019) では, 三波川変成岩類の白滝ユニット下部と木能津ユニットの境界断層として清水構造線が推定されている. そして, 図幅中央部の南北系の断層付近を境に, 西部では構造線の北側に清水構造帯 (ひずみ集中帯) を認めているのに対して, 東部では清水構造帯が存在しないとされた.

上記のような清水構造帯の複雑な構造や形成過程は, 四国中央部における三波川変成岩類の上昇過程や秩父北帯との構造関係を理解する上で重要である. そこで本研究では, 高知県本山町における清水構造帯の地質構造を明らかにする目的で, 調査地域の構造線周辺で野外地質調査と地質構造解析をおこなった. 特に, 構造帯付近の白滝ユニットについて, 片理面・褶曲のヒンジ線・褶曲軸面の方向の空間変化について調べた.

調査の結果, 調査地域西側の清水構造帯付近 (白滝ユニット) では, 泥

質片岩と珪質片岩を主体とし, 片理面は大局的に東西走向で高角度に南傾斜していた. これらの片岩には, 波長が数~数十 cm でヒンジ線が東西方向で水平に近い正立褶曲が発達していた. また, 一部地域では波長の規模は同程度でヒンジ線が南東に 50–60° 傾いた軸傾斜褶曲も観察された. 一方で, 調査地域東側の清水構造帯付近 (白滝ユニット) は, 泥質片岩と珪質片岩を主体とする点では同じであるが, 片理面が東西走向で北に傾斜しているものが多かった. そして, これらの片岩には, 波長が数~数十 cm でヒンジ線が西に 0–30° 傾いた軸傾斜褶曲が発達していた. また, 一部の地域 (山崎) では, 褶曲のヒンジ線や軸面の方向が他地域に比べてばらつくといった特徴が見られた.

これらの褶曲群のうち, 調査地域西部の正立褶曲と東部の軸傾斜褶曲は, 先行研究が四国三波川変成岩類の後期の変形としている Du 褶曲にあたるかと判断した. 地域によって姿勢が少しずつ異なるのは, 清水構造帯の場所による姿勢の違いに対応しているのかもしれない. 今後はより広い地域で地質構造データを集めて, 調査地域の清水構造帯の分布や構造をより詳細に描くことを目指す.

### 参考文献

青矢睦月・横山俊治, 2009, 日比原地域の地質.

遠藤俊祐・横山俊治, 2019, 本山地域の地質.

小島丈児ほか, 1956, 地質学雑誌, 62, 317–326.

脇田浩二ほか, 2007, 伊野地域の地質.

## 06

高越地域三波川帯における 2 段階の変形の伸長方向

青矢 睦月 (徳島大学理工学部)

Stretching directions of two different deformation stages in the Kotsu area, the Sambagawa belt

Mutsuki Aoya (Tokushima Univ.)

一般的な三波川変成岩は泥質片岩の鉱物組み合わせに基づいて緑泥石帯, ガーネット帯, 曹長石黒雲母帯, 及び灰曹長石黒雲母帯の 4 帯に区分されており, これらに対応する変成圧力はパンペリー石アクチノ閃石相から緑簾石角閃岩相までである. ところが 1980 年代以降, それより有意に高圧の条件を記録したエクロジヤイト相変成岩が発見され始め, 四国ではこれまでに別子, 汗見, 高越, 眉山という 4 箇所において, エクロジヤイトやガーネットバロア閃石片岩, ガーネット青色片岩等からエクロジヤイト相相当の高圧条件が報告されている. 本研究では徳島県高越地域のエクロジヤイト相変成岩分布範囲, すなわちエクロジヤイトユニット (高越塩基性片岩にほぼ相当) の内外における上昇時変形の伸長方向を吟味する.

**D3 変形の必要性** Matsumoto et al. (2003) は高越エクロジヤイトユニットの岩石 (エクロジヤイト, ガーネット青色片岩) に対して, ガーネットの成長と同時期 (沈み込み時) の D1, 及びガーネットの成長より後 (上昇時) の D2, という 2 つの変形段階のみを定義したが, 同時に, 青色片岩におけるアルバイトの成長が D2 終了後の無変形期であることも指摘している. 本研究によるユニット内の岩石 (緑色片岩) の薄片観察からは, 無変形期に D2 片理を被覆成長したアルバイトのさらに外側に, 新たな片理を被覆しながら成長したアルバイトが見出された. この, D2 より後の新片理が形成した段階を本研究では D3 と呼ぶ. すなわち, アルバイトにそのまま被覆される片理を D2 片理 (S2), アルバイトを迂回する片理を D3 片理 (S3) として両者を区別する.

**エクロジヤイトユニットの外側: S3 に伴う伸長方向** Iwasaki (1963) は, 高越塩基性片岩の外側には緑色片岩の東西線構造, また内側には青色片岩の南北線構造が卓越するとした. 本研究では曖昧性の残る岩相による分類ではなく, アルバイトの成長時期を基準とした新旧片理 (S2, S3) の分類を行い, それぞ

れの片理に伴う伸長線構造の方位を吟味した. 結果としては, エクロジヤイトユニット外側の試料については, 薄片観察を行った全ての片理が S3 であることが確認され, その伸長方向はおおむね E-W 方向であることが確認された. 東西伸長を伴うことから, D3 は Wallis (1990) などによる三波川帯の主変形 Ds に相当する変形段階と考えられる.

**エクロジヤイトユニットの内側: S2 と S3 の混在** アルバイトスポットを基準とした S2, S3 への分類をエクロジヤイトユニットの内部でも行った. またアルバイトスポットを含まない, 保存のよい青色片岩はエクロジヤイト相 (アルバイト非共存時) の情報を保持していると判断できることから, これらに発達した片理も S2 に含めた. アルバイトスポットを含まず, かつ部分的に緑色片岩化した試料については片理が S2 か S3 かの判定が困難なため, 露頭で測定した方位データを棄却した. このようにして抽出された S2 と S3 について, それぞれに伴う伸張線構造 (L2, L3) の方位をステレオ投影図を用いて吟味したところ, 前者は概ね NNE-SSW 方向, また後者は概ね E-W 方向であり, 両者の集中方向の間には約 61° という有意な隔たりがあることがわかった.

**まとめ 2 つの伸長方向** Iwasaki (1963) が報告した南北, 及び東西傾向の線構造は, それぞれ本研究における L2, 及び L3 に対応すると考えられる. つまり, 方位の違いが D2, D3 という変形段階の違いによるものであることが明らかとなった. また東西伸長を伴うことから, 高越地域の D3 変形は三波川帯全体における主変形 Ds に対応する. 本研究における高越塩基性片岩, また別子地域の西五良津岩体 (Endo et al. 2012) など, エクロジヤイトユニットに保存された D2 期の NNE-SSW 方向の伸長変形については, 今後そのテクニクな意義を検討してゆく必要がある.

### 引用文献

Endo S., Wallis S.R., Tsuboi M., Aoya M. & Uehara S. (2012) *Lithos* vol.146-147, p.183-201 ; Iwasaki M. (1963) *Journal of the Faculty of Science University of Tokyo, Sec.II, vol.15, p.1-90* ; Matsumoto M., Wallis S., Aoya M., Enami M., Kawano J., Seto Y. and Shimobayashi N. (2003) *Journal of Metamorphic Geology, vol.21, p.363-376* ; Wallis S. (1990) *Journal of Geological Society of Japan, vol.96, p.345-352*.

## 07

高知大学室戸サテライトラボ：ジオパークで自然科学リテラシー

岩井雅夫 (高知大学・室戸ジオパーク推進協議会)・中村有吾 (高知大学・十勝岳ジオパーク推進協議会)・高橋唯・小笠原翼 (室戸ジオパーク推進協議会)

Kochi University Satellite Laboratory in the Muroto UNESCO Global Geopark for Natural Science Literacy and Education

Masao IWAI (Kochi University, Muroto UNESCO Global Geopark), Yugo NAKAMURA (Kochi Univ., Tokachidake Geopark), Yui TAKAHASHI, and Tsubasa OGASAWARA (Muroto UNESCO Global Geopark).

低頻度巨大地震災害や温暖化に伴う気候激変など自然災害リスクが高まる中、自然科学リテラシー (とりわけ地球発達史の理解とその活用力) の普及は不可欠で急を要する。住民・自治体・教育研究関係者を巻き込んで推進されるジオパーク活動は、防災意識や自然科学リテラシー向上むけた地域協働プログラムとして萌芽性を有する。

ジオパーク (大地の公園) とは、地質学的な価値を持つ自然遺産を保護、研究・教育・ツーリズムなどに活用することで地域の持続可能な開発を進めることを目的としたもので、地域住民参加型の活動が展開されている。ジオパーク活動は、国連が掲げる「持続可能な開発目標 (SDGs)」を実現すべくユネスコ (国際連合教育科学文化機関) が推し進める政策の一つで (<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/>)、世界ジオパーク認定は国連が認めるボトムアップの活動となる。室戸ジオパーク (<https://www.muroto-geo.jp/>) は、日本ジオパーク (国内計 43 地域; JGN, [http:// https://geopark.jp/](http://https://geopark.jp/)) およびユネスコ世界ジオパーク (国内計 9 地域; GGN, <http://http://www.globalgeopark.org/>) の一員であり、四国唯一の世界ジオパークとして平成 23 年に認定、平成 27 年

ならびに令和元年に現地審査が実施され、それぞれ再認定が認められた。地殻変動 (大地の隆起) が育んだ大地・自然・文化を実感し、地震・津波・風水害と向き合いながら「変動帯に生きる」ことをテーマとし、ジオパークいどばた会議 (Geo-Bata Meeting)・ジオパークマスター講座・ジオツーリズム推進チームによる各種ツアー開発など、オリジナリティにあふれた活動を展開してきた。

高知大学は「地域に軸足を置いた Super Regional University」を目標に掲げており、農林海洋学部海洋資源科学科には四国 5 大学連携による「総合的海洋管理教育プログラム」が開講され (平成 28 年 4 月～)、理工学部改組により設置された地球環境防災学科 (平成 29 年 4 月～) でも新たな教育プログラムが展開、現在博士課程の改組に取りかかっている (令和 2 年 11 月現在)。高知大学と室戸市は、平成 27 年 4 月、地域連携に関する包括協定のもと「高知大学サテライト教室の共同利用に関する確認書」を取り交わし、室戸ジオパークセンター内に室戸サテライトラボを開設した。理学部改組に伴う地球環境防災教育研究活動拠点として岩石カッター等も整備され、地域共同センターが展開する「地 (知) の拠点 (KICS)」

(<http://www.kochi-coc.jp/>) の衛星教室としても位置づけられている。室戸高校では平成 23 年より「ジオパーク学」が開講されており、現在は「地域との協働による高等学校教育改革推進事業 (グローバル型)」(令和元年度-令和 3 年度) のよる取り組みが進められている。また本活動の推進には、科研費基盤研究 C 「ジオパークを利用した国際的な防災科学研究と社会教育実践」(代表: 中村, 19K03147) も活用している。



## 08

藤内智士 (高知大学)・清水 知 (高知大学, 現所属: 松山市役所)

Influence of grain size on shear zones of sand layers: An example of sandbox experiments

Satoshi TONAI (Kochi Univ.), Tomo Shimizu (Kochi Univ., present address: Matsuyama City Hall)

地層に見られる変形構造の代表的なものとして断層と褶曲がある。どちらも天然の地層中に普遍的に見られ、乾燥砂などの粉粒体を用いた実験でも比較的簡単に作る事ができる。地層が未固結、すなわち粉粒体層の場合には、断層や褶曲は主に粒子間のすべりが局所化した、いわゆる剪断帯の形成と発達によってできる。粉粒体層にできる剪断帯の形成過程には、単一粒子の粒径・形・力学特性、粉粒体層の大きさ・形・応力状態・充填率など、複数の因子が関わっている (例えば、Mühlhaus and Vardoulakis, 1987; Desrués and Viggiani, 2004)。本研究では、粒径の違いが剪断帯に与える影響について、砂層からクローンウェッジを作る模型実験を行って調べた。そして、特に先行研究 (例えば、小早川ほか, 2019; 山田ほか, 2006) ではあまり議論されてこなかった個別の剪断帯の特徴について考察した。

実験は、長さ 693 mm で奥行 118 mm のアクリル容器の底にシートを敷き、それを固定壁の底にあけた高さ 2 mm のスリットから取り出してアクチュエータの可動部と繋ぐ。そのシートの上に乾燥砂を敷き、シートを水平方向に 0.5 mm/sec の速さで 250 mm 引っ張り、砂層を固定壁に衝突させてクローンウェッジを作った。アクチュエータの発進時および停止時の加速度は十分小さく、これによる実験の影響は無視できるとした。砂層の厚さは全部で 25 mm にし、そのうち下位の 10 mm は珪砂 6 号 (粒径 0.3-0.5 mm) とした。そして、上位 15 mm を実験ごとに粒径の異なる砂、具体的には 4 種類の乾燥砂 (珪砂 2 号 (粒径 3.6-6.0 mm)、珪砂 3 号 (粒径 2.3-3.9 mm)、珪砂 4 号 (粒径 1.3-1.9 mm)、珪砂 6 号 (粒径 0.3-0.5 mm)) で敷き詰めた。いずれの乾燥砂も石英と長石を主体とし、球形度は中程度で円磨度は低い。変形の様子はデジタル

究センターに設置されている X 線 CT スキャナでも撮影した。

実験の結果、いずれの砂を用いた場合でも複数の剪断帯ができながらクローンウェッジが発達していった。できた剪断帯は、主に傾斜の方向と角度にもとづいて、デタッチメント、フロントスラスト、バックスラストの 3 種類に分類した。個々の剪断帯に注目すると、粒径の大きな砂層にできた剪断帯のほとんどは褶曲に見え、一方で、粒径の小さな砂層にできた剪断帯の一部は断層に見えた。特にフロントスラストは、その移動量の増大とともに剪断ひずみ (移動量と幅の比) が大きくなっていき、剪断ひずみの違いによって褶曲や断層に見えることがわかった。このとき、粒径の大きい砂層の剪断帯ほど幅が大きくなりひずみ量は小さくなった。また、新たな剪断帯ができていく際に、粒径が大きい砂層ほど剪断帯同士の間隔は大きいが、その影響は粒径が個々の剪断帯の幅に及ぼす影響に比べると小さかった。このことも、粒径の大きな砂層にできる剪断帯ほどひずみ量が大きくなりやすい要因と考えられる。

### 参考文献

- Desrués, J. and Viggiani, G., 2004, Strain localization in sand: an overview of the experimental results obtained in Grenoble using stereophotogrammetry. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 28, 279-321.
- 小早川昔雄、宮井慎一郎、辻 拓也、田中敏嗣, 2019, 密詰め乾燥粉粒体層における平板掘削の大規模 DEM シミュレーション (粒子サイズの影響). 粉体工学会誌, 56, 211-217.
- Mühlhaus, H. B. and Vardoulakis, I., 1987, The thickness of shear bands in granular materials. *Geotechnique*, 37, 271-283.
- 山田泰広, 兼田 心, 松岡俊文, 2006, 地質構造形成過程のアナログモデル実験における材料物性の影響. 材料, 55, 452-457.

# ポスター発表

# P1

愛媛県の中中新統久万層群明神層と石鎚層群高野層から得られたジルコン U-Pb 年代

成田佳南 (愛媛大)・谷 健一郎 (国立科博)・楠橋 直 (愛媛大)

**Zircon U-Pb ages from the Miocene Myojin Formation (Kuma Group) and the Takano Formation (Ishizuchi Group), Ehime**

Kana NARITA (Ehime Univ.), Kenichiro TANI (Natl. Mus. Nat. Sci.) and Nao KUSUHASHI (Ehime Univ.)

四国北西部の石鎚山周辺とその西方には、中中新統の久万層群と石鎚層群が分布する。久万層群は三波川変成岩類や始新統ひわだ峠層を不整合で覆う珪質砕屑岩を主体とし、下位から古岩屋層と明神層により構成される (越智ほか, 2014)。石鎚層群は久万層群の上位に不整合で重なる、あるいは久万層群を含む周囲の岩体に貫入する火山砕屑岩・火成岩類よりなり、下位より高野層・黒森峠層・血ヶ嶺層・天狗岳層から構成される (吉田ほか, 1993)。久万層群はかつては始新統とされていたが、鹿島・武智 (1996) や成田ほか (1999) により 18–16 Ma のジルコン・フィッショントラック年代が報告され、現在では下部-中部中新統だと考えられている。一方で石鎚層群については 15–14 Ma (中期中新世) の K-Ar 年代やジルコン U-Pb 年代が報告されている (例えば、竹下ほか, 2000; Takehara et al., 2017; Shinjoe et al., 2019)。

これらの放射年代からは、久万層群と石鎚層群の堆積にはほとんど時間差がないように見える。しかしながら、久万層群と石鎚層群とは構造的には明らかに不整合である。そのことは、石鎚層群の堆積前に、この地域で比較的大きな地形の変動が生じたことを物語っている。ではその変動はどの程度の時間スケールで起こったのだろうか。それを知ることは、久万層群と石鎚層群との関係をより明確に理解するため、そして同時に石鎚火成活動を理解する上でも重要である。そこで

我々は現在、ジルコン U-Pb 年代測定を通して、この問いに答えるべく調査・研究をおこなっている。研究は未だ途上ではあるが、これまでに 2 試料から信頼できる年代値を得たので報告する。

今年年代値を得たのは愛媛県久万高原町笠方の面河ダム上流で割石川支流に露出する、久万層群明神層最上部に挟まる凝灰質泥岩と、東温市明河の滑川溪谷沿いに露出する、石鎚層群高野層最上部の結晶質凝灰岩である。そのうち明神層の凝灰質泥岩は、これまでに放射年代が報告された久万層群の凝灰岩よりも上位層準のものであると考えられる。

ジルコンの分離から年代測定までは国立科学博物館においておこなった。年代測定には同館のレーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計を用いた。

明神層試料からは 15.2 Ma の  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  年代が得られた。また、高野層試料から得られた年代は、14.6 Ma であった。

結果として、やはり久万層群と石鎚層群との間の時間差はかなり小さいことがわかった。今年年代値を得た高野層試料は、滑川溪谷沿いに露出する同層 (層厚 300 m ほど) の最上部から採取したものであり、実際の時間差はさらに小さかったと考えられる。今後高野層最下部も含め、さらに同層を中心とする放射年代測定を進めることで、久万層群との間の時間差や高野層自体の時間スケールを明らかにしていきたい。

## 引用文献

鹿島・武智, 1996. 岩鉱, **91**, 196–200. 成田ほか, 1999. 地質雑, **105**, 305–308. 越智ほか, 2014. 地質雑, **120**, 165–179. Shinjoe et al., 2019. *Geol. Mag. Doi*: 10.1017/S0016756819000785. Takehara et al., 2017. *Island Arc*, **26**, e12182. 竹下ほか, 2000. 地質雑, **106**, 308–311. 吉田ほか, 1993. 地質学論集, **42**, 297–349.

# P2

アルゼンチンの下部中新統 Santa Cruz 層から産出したグリプトドン類の頭蓋骨化石 (予報)

本藤 脩太郎 (愛媛大・院・理工)・木村 由莉 (科博・地学)・鏝本 武久 (愛媛大・院・理工)

**A preliminary report on a cranium of the glyptodonts (Mammalia, Xenarthra, Cingulata) from the lower Miocene Santa Cruz Formation, Argentina**

Shutaro Hondo (Ehime Univ.), Yuri Kimura (NMNS), and Takehisa Tsubamoto (Ehime Univ.)

グリプトドン類は、後期始新世から完新世の最初期まで北・中・南米に生息していた南米哺乳類 (異節類) の 1 グループで、背中に体全体を覆う大きな独特のドーム状の皮甲板を持っていた (Zurita et al., 2016; González Ruiz et al., 2020)。現生哺乳類の中では、系統的にアルマジロ類に近縁な化石哺乳類である (Mitchell et al., 2016)。グリプトドン類の古第三系の化石記録は非常に少なく、遊離した装甲板の一部が発見されているのみである。新第三系では頭骨化石も発見されている。その中で最も初期の完全な頭骨化石は、アルゼンチン南部のパタゴニアに分布する下部中新統 Santa Cruz 層 (約 18–16 Ma; Burdigalian) から産出する 5 属 (*Propalaeohoplophorus*, *Cochlops*, *Eucinepeltus*, *Metopotoxus*, *Asterostemma*) のものである (McKenna & Bell, 1997; Vizcaino et al., 2003)。

グリプトドン類の頭骨における大きな特徴は、歯にある。グリプトドン類の歯は、継続的に成長し、外側のエナメル層を欠いていて、一般的に異なる 2 種類の象牙質が組み合わさって構成されている (Green & Kalthoff, 2015)。しかし、グリプトドン類の頭骨化石、特に頭蓋骨の詳細な解剖学的分析は乏しく、グループ内の系統関係や、化石標本の同定の際の頭骨と皮甲板との明確な関連性は十分に確立されていない。そのため種数や種内変異の程度などについては、依然として明らかにされていない (Perea, 2005)。

本研究では、国立科学博物館に所蔵されているグリプトドン類の頭蓋骨化石 (NMNS-PV-20572) の特徴について予察的に報告する。NMNS-PV-20572 は、上述の Santa Cruz 層から産出したものである。

本標本は、後頭部、左頬骨、左側頭骨、および吻部の最先端が欠損しているが、それ以外はよく保存されている。歯は左の M3 (一番遠心の歯) が欠落しているが、その歯槽は保存されている。全体的な特徴は、前期中新世の *Propalaeohoplophorus*, *Eucinepeltus*, *Cochlops* のものに類似している。

本標本の大きな特徴は、外部形態の観察では左右の歯列に歯が 7 本しかないこと、咬合面観で P1 の長軸が頬歯列に対して大きく傾いていること、および P2–M3 の後葉の頬側が二股に分かれていることである。上記の P1 の形質は *Eucinepeltus* の形質と一致し、後葉頬側の形質は *Cochlops* と一致する。一方で、これまで報告されている前期中新世の全てのグリプトドン類の成獣には左右の歯列は歯が 8 本あり、7 本しかない (‘犬歯’がない) 種類の報告例はない。本標本は、頭蓋骨の癒合が観察され、全ての歯の咬合面が平ら摩耗していることから成獣であると判断できる。したがって、本標本が本当に片側に歯を 7 本しか持たないのであれば、新属として報告できる可能性がある。

今後は、CT スキャンを用いて頭蓋骨の内部、特に吻部先端の内部を観察して歯の本数を確かめ、頭蓋骨・歯の記載と比較を進めていく。

## 引用文献

González Ruiz et al. (2020) *J. Vert. Paleontol.*, **40**(1): e1768398.  
Green & Kalthoff (2015) *J. Mammal.*, **96**: 645–657.  
McKenna & Bell (1997) *Classification of Mammals—Above the Species Level*. Columbia Univ. Press.  
Mitchell et al. (2016) *Molecular Ecol.*, **25**: 3499–3508.  
Perea (2005) *Ameghiniana*, **42**: 175–190.  
Vizcaino et al. (2003) *Ameghiniana*, **40**: 89–101.  
Zurita et al. (2016) *Contribuciones del MACN*, **6**: 249–262.

## P3 東京都昭島市の更新統加住層から産出したシカ化石

前田 大智 (愛媛大・院・理工)・樽 創 (神奈川県)  
・福嶋 徹 (昭島市郷土資料室)・高栗 祐司 (群馬県博)  
・鏝本 武久 (愛媛大・院・理工)

A deer fossil from the Pleistocene Kasumi Formation,  
Akishima, Tokyo, Japan

Daichi Maeda (Ehime Univ.), Hajime Taru (KPM),  
Tohru Fukushima (Akishima Mus.), Yuji Takakuwa (GMNH),  
and Takehisa Tsubamoto (Ehime Univ.)

シカ科の哺乳類は我々にとって身近な大型野生動物の一つであり、日本には現在も野生のニホンジカ (*Cervus (Sika) nippon*) が生息している。日本では、鮮新統～第四系から数多くのシカ科の化石が報告されていて、絶滅した化石種がいたこともわかっている。

ここでは、東京都昭島市拝島町に分布する上総層群の下部更新統加住層 (約 2.00–1.95 Ma) から新たに産出したシカ類の四肢骨化石を報告する。本標本は、拝島水道橋下流付近の多摩川河床 (左岸) のシルト層から発見された。本標本は、同一個体の右橈骨、右尺骨、左中手骨、左脛骨の化石からなり、骨端の癒合が完全ではないことから、おそらく亜成獣である。また、層理面上でおおよそ地層の上下方向あるいは斜め上下方向に強く押しつぶされて変形している。

本標本は、第 III 中手骨と第 IV 中手骨が完全に癒合しているため反芻類のものである。その形態や大きさは、現生ニホンジカのものとは基本的によく一致し、シフゾウ (*Elaphurus davidianus*) やサンバー (*Rusa unicolor*) のものより小さいことから、シカ属 (*Cervus*) のものであると判断した。また、本標本の中手骨は滑車間切痕が深いが、シフゾウやカズサジカ (*Cervus (Nipponicervus) kazusensis*) の中手骨は、骨体が遠位部の滑車間にせり出して滑車間切痕が浅くなっている点で、本標本とは異なる。本標本の橈骨は、橈骨頭窩が弧を描いている点でニホンジカやサンバーの

ものに一致し、シフゾウのものとは異なる。本標本の尺骨には特異な形態は見られなかった。本標本の脛骨は保存状態が非常に悪いが、シカ科の脛骨と大まかな形態について異なるところはない。

上記の比較検討により、本標本はニホンジカのものに形態的に近いと考えられる。ただし、本標本の形態的情報が限られるため、種の同定まではできなかった。そのため、本標本をシカ属未定種 (*Cervus* sp.) と同定した。

本標本の産地である昭島市の拝島水道橋付近の加住層からは、他にもシフゾウ属 (*Elaphurus*)、カズサジカ、アケボノゾウ (*Stegodon aurorae*) などの脊椎動物化石や足跡の化石が発見されている (樽・長谷川, 2002; 多摩川足跡化石調査団・昭島市教育委員会, 2002; 福嶋, 2009; 福嶋・小泉, 2009)。しかし、シカ科化石においてはいずれも角化石が同定されていたのみで、四肢骨化石が詳しく同定されたことはなかった。したがって、本報告はこの化石産地から初めてのシカ科四肢骨化石の報告である。今後、この産地からその他のシカ科化石が産出し、報告されることで、加住層の化石シカ科相の全容が明らかになるものと期待できる。

### 引用文献

- 福嶋徹, 2009. 公益財団法人とうきゅう環境財団: 研究助成・一般研究, **30(176)**: 187–212.  
福嶋徹・小泉明裕, 2009. 公益財団法人とうきゅう環境財団: 研究助成・一般研究, **30(176)**: 173–186.  
多摩川足跡化石調査団・昭島市教育委員会, 2002. 東京都昭島市の多摩川河床から産出したアケボノゾウ足跡化石の発掘調査報告書.  
樽創・長谷川善和, 2002. 国立科学博物館専報, **38**: 43–56.

## P4 愛媛県西予市明浜町高山に分布する秩父累帯南帯の石灰岩より新たに発見された化石群

吉永亘希・朝永悠斗・清水桜・中津末結・相田和之・中村千佳子・麻生春真 (愛媛大学・理・博物館実習生)・堀利栄 (愛媛大学・理工)

Discovery of fossil assemblages from the Takayama limestone block of the Southern Chichibu Belt, Akehama Town, Seiyu City, Ehime Prefecture, Japan.

Koki YOSHINAGA, Yuto TOMONAGA, Sakura SHIMIZU, Miyu NAKATSU, Kazuyuki SODA, Chikako NAKAMURA, Haruma ASO, Rie S. HORI (Ehime Univ.)

**1. はじめに** 愛媛県西予市明浜地区においては、秩父累帯南帯に属する構成岩類が広く分布することが知られている。また、その南端部には大規模な石灰岩岩塊が露出し、古くは大早津石灰岩として知られ、肥料原料として採掘・輸出されていた。本地域の石灰岩については、これまで地質学的検討はなされていたが、含有化石についての詳細な報告はなかった。2019 年に西予市明浜町高山地区にて層孔虫とウミユリが含まれる石灰岩が、西予市ジオパークとの共同事業活動の一環として愛媛大学博物館実習研究の調査で発見された。2020 年にも調査を行い、化石の追加標本が得られた。本報告では産出した化石の検討並びに石灰岩の地質年代の推察を行った。

**2. 地質概説** 調査地域は秩父累帯南帯に属し、化石含有石灰岩分布地は、松岡 (1998) における三宝山層群に相当する。本地域の三宝山層群は石灰岩、緑色岩、チャートなどを含む付加体として特徴づけられ、田之浜から高山にかけては断層で境される 5 つのコンプレックスに区分されている。調査地域は泥質基質中にチャート、玄武岩、石灰岩、砂岩などのブロックを含むメラングジュコンプレックスが広く露出しており、泥岩基質の年代はジュラ紀後期と考えられている (松岡, 1998)。

**3. 研究手法** 2019 年 5 月 12 日、2020 年 7 月 24 日、25 日に現地で化石を含む岩石を採集し、2020 年 9 月 3 日から 14 日まで 33% の酢酸を用いて一部の岩石を処理した。その他の岩石は研磨並びに化石の剖出を行った。

**4. 産出地と産出化石** 化石を含む石灰岩ブロックは泥岩基質中に残されている本体とそれ由来と考えられる転石である。石灰岩の風化表面は、茶褐色を呈し、一部の表面にはウミユリの茎部、巻貝の断面等がみられた。風化の進んでいない石灰岩は黒灰色で有機物に富んでいる。2019 年の調査では層孔虫化石、ウミユリの茎部の化石が産出し、採集することができなかったが巻貝の化石が現地で確認されている。2020 年の調査では層孔虫、ウミユリのほかにサンゴ、二枚貝の化石が産出した。層孔虫の化石は部分的で数 mm から数 cm までの様々な大きさの標本が得られた。ウミユリの化石は石灰岩の破断面に円形をした茎部の断面がよく産出したが、得られた標本すべてが部分化石であった。サンゴ化石は単体サンゴで、部分的に観察される断面から隔壁の本数を計測し、森 (1998) を参照した結果、六射サンゴと判断した。二枚貝は右の離弁殻が発見された。縦長の水滴状の外形、弱い殻の膨らみ、殻表の装飾が非常に微弱な放射肋以外ほとんどないといった特徴が *Lycetia* と *Brachidontes* の中間的な特徴と一致したため、田代 (1992) を参照して、イガイ科の二枚貝と判断した。産出化石数では層孔虫とウミユリが大半を占めており、六射サンゴ、二枚貝の化石は現在一標本ずつである。産出化石の地質年代は六射サンゴが繁栄した時代が中生代以降であること、石灰岩溶融残渣にコノドントが発見されていないこと、イガイ科の二枚貝が中生代ジュラ紀に誕生していること (Lee et al., 2019) から判断すると、本地域産出する石灰岩が形成された地質時代は、中生代ジュラ紀である可能性が高い。

### 引用文献:

- 松岡 篤 (1998) 地質学雑誌 第 104 巻 第 9 号, p. 565–576  
田代正之 (1992) 化石図鑑, 日本の中生代白亜紀二枚貝. 307 p. 自費出版  
Lee et al. (2019) Molecular Phylogenetics and Evolution, Volume 139.  
<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.106533>

# P5

## 北東太平洋の海山上で採取されたタイプの異なる マンガンジュールの構造観察

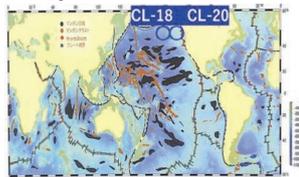
片野田航<sup>1</sup>・村山雅史<sup>1</sup>・白井朗<sup>1</sup>・山形武靖<sup>2</sup>・松崎浩之<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>高知大学, <sup>2</sup>東京大学)

Structural observation of different types of manganese nodules  
collected from seamounts in the Northeast Pacific

W. Katanoda<sup>1</sup>, M. Murayama<sup>1</sup>, A. Usui<sup>1</sup>, T. Yamagata<sup>2</sup>, H. Matuzaki<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>Kochi University, <sup>2</sup>The University of Tokyo)

【目的】マンガンジュールは、Mn, Fe のほかに Cu, Ni, Co, 希土類元素 (REE) など 30 種類以上の金属元素を含有している。陸上のマンガン鉱床の推定総埋蔵量が 120 億トンであるのに対し、マンガンジュールは 1~3 兆トンと推定されており、陸上のもと比べると低品位であるが、総量が豊富なことから今後の開発が期待されている。その分布や資源量について解明が進みつつあるが、成因論に関しては十分に理解されているわけではない。海水中のマンガンは、酸化・還元環境下で溶存、沈殿、価数を変化させる。そのため、地球表層の物質循環や海洋環境の進化過程を知る上で重要な元素である。マンガン酸化物の平均堆積速度は数 mm/百万年と遅いが、非常に長時間の海洋環境の記録者として有望な試料であり、長年研究されてきた (白井ほか, 2015)。本研究では、報告例の少ない北東太平洋の海山上から採取された、異なる 3 つの産出タイプのマンガンジュールについて、内部構造、元素濃度、形成年代から構造の違いについて明らかにすることを目的とした。

【試料】本研究で用いた試料は、2017 年に学術研究船「白鳳丸」による KH-17-3 次航海において、北東太平洋海山上からマルチプルコアラーを用いて採取した。1 つ目は、CL-20 の深度 3656 m の海山上の海底表層から採取された 10 数個のうち 4 cm の被覆の薄いマンガンジ



試料採取地点

ュールであり、堆積物面に境に、海水に接していた面と堆積物に接していた面に分かれていた。2 つ目は、CL-20 の表層から約 15 cm 付近に埋設していた 3 cm のマンガンジュールである。3 つ目は、CL-18 の深度 4810 m の海底表層で採取された 8 cm のマンガンジュールである。

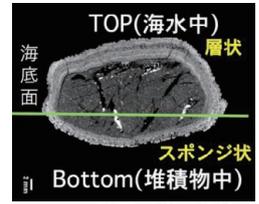
【方法】μ フォーカス X 線 CT を用いて内部微細構造観察、X 線分析顕微鏡を用いて元素濃度分布、東京大学タンデム型加速器を用いた加速器質量分析から <sup>10</sup>Be 年代測定を行い、成長速度を求めた。

【結果・考察】①海底面から産出した被覆の薄い試料は、堆積物の埋没面を境にして、海水中で形成された部分は層状、堆積物中で形成された部分は薄いスポンジ状で、その層厚比は約 2:1 であった。②海水中で形成された部分は元素濃度の相関は明瞭であり、堆積物中のそれは不明瞭であった。③海水中では成長速度はほぼ一定で、堆積物中では成長速度は一定ではなく、不明瞭であった。

海水中から成長するマンガン酸化物の鉱物は vernadite (白井, 2015) と呼ばれるが、本研究でも層状構造を示し、元素相関が明瞭、成長速度が一定であった。海底中で成長するマンガン酸化物の鉱物は buserite (白井, 2015) と呼ばれているが、本研究ではスポンジ状構造を示し、元素相関と成長速度が不明瞭であった。酸化環境の海水中と、還元環境の堆積物中では、それぞれ微細構造と元素濃度分布、成長速度に違いがあることが明らかになった。マンガンジュールの形成環境が、構造や元素濃集や成長履歴に影響を与えていることが示唆された。

### 【引用文献】

- ・白井朗：東京大学出版会, (2015)
- ・Chmeleff, J., et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B, 268, 192-199. (2010)



被覆の薄い試料の  
微細構造画像

# P6

## チリ沖コアから復元する最終氷期における南半球の偏西風経路変動

○長屋美結 (高知大学), 長谷川精 (高知大学), 長島佳菜 (JAMSTEC)

Reconstruction of changes in South Pacific westerly jet path by off-Chile sediment core during the last glacial

○Fuyu NAGAYA (Kochi Univ.), Hitoshi HASEGAWA (Kochi Univ.), Kana NAGASHIMA (JAMSTEC)

【はじめに】近年、地球温暖化の進行に伴って世界各地で異常気象が増大していると言われている。この異常気象の原因の一つに、温暖化に伴う偏西風の蛇行の影響が指摘されている。最近の観測研究により、温暖化に伴う偏西風経路や蛇行度の変化の可能性が示唆されている (Vavrus *et al.*, 2017) が、詳しくは解明されていない。しかし過去には気候変化によって偏西風の位置が変化することが示唆されている。過去 2~7 万年前の最終氷期には Dansgaard-Oeschger (DO) イベントと呼ばれる、北大西洋域の気温が数年~十数年で約 8~10°C も急上昇した急激な気候変化が約 1500 年ごとに起こった (Buizert *et al.*, 2018)。DO イベントは北大西洋高緯度域の深層循環の沈み込みの強弱が原因で起こり、大西洋深層循環を通して南半球を含む全球に伝播した。この DO イベントの急激な気候変化に伴い、北半球の偏西風経路も南北に大きくシフトしたことが明らかになっている (Nagashima *et al.*, 2011)。しかし、最終氷期に南半球でどのような大気循環の変化が起こっていたかは未解明のことが多い。そこで本研究では、チリ沖の海成堆積物コアを用い、最終氷期の急激な気候変化に対して、南半球の偏西風がどのように変化したかを復元することを目的とした。

【材料と方法】本研究で用いた試料は、海洋地球研究船「みらい」によってチリ沖で採取されたピストンコア MR16-09 PC2 (南緯 46 度、西経 76 度、深度 2787m、コア長 12.7m) である。PC2 コアは 2019 年 12 月に高知コアセンターにて LL スラブでサンプリングを行い、XRF コアスキャナー (Itrax)

で 0.5 mm 解像度で元素組成変動を測定した。また 70 層準からバルク試料を採取し、含水率の測定や X 線回折装置 (XRD) を用いた鉱物組成分析を行った。さらに 13 試料に対して有孔虫ピッキングを行い、東大博物館の年測室にて <sup>14</sup>C 年代測定を行った。

【結果と考察】Itrax での元素測定結果のうち、今回は Ca, Ti, K と XRD での鉱物組成結果のうちイライトの変化を比較した。Ca は有孔虫起源の堆積物の変化を示す。Ca は K が増加しているところで減少していることから、Ca と K は希釈関係であると考えられる。また粘土鉱物であるイライトと K は同じ挙動を示すことから粘土鉱物の堆積物変化を示す。<sup>14</sup>C 年代測定の結果、PC2 コアの最表層部は約 8 千年前 BP、最深部は約 4 万年前 BP であることが分かった。これをグリーンランド氷床コア、南極氷床コアの年代を比較させた結果、南極の温暖時期は K の値が低くなっているところとよく合っていることが分かった。

偏西風が吹く地域は湿潤環境になるため、降水量が多くなる。チリ沖コアにおいて粘土鉱物であるイライトが増加したところ、つまり K が増加したところでは偏西風軸がちょうどコアサイト付近を通っていたため湿潤であったと考えられ、K の値が低い部分では乾燥していたと考えられる。K の増加のタイミングと偏西風の位置との関係を年代で比較してみると、K の増加時は南極の寒冷時期と同じことがわかった。このことから、最終氷期に南半球の偏西風は、南極が寒冷期にコアサイト付近に偏西風軸があったと考えられる。そして南極の温暖時期にはコアサイトより南のほうに偏西風軸があったと考えられる。

他の研究結果から、氷期の中で南半球が寒冷な時期に、海水が拡大して南極周回流が弱まり、その際に偏西風帯が北側にシフトしていることが示唆されている (Lamy *et al.*, 2015)。これは、南半球が寒冷化した際に南極の海水が張り出し、偏西風が北にシフトしていることも整合的である。

【引用文献】 Buizert C. *et al.* (2018) *Nature*, v.563, p.681-685; Nagashima K. *et al.* (2011) *Journal of Asian Earth Science*, v.40, p.1214-1220; Lamy F. *et al.* (2015) *PNAS* v.112, p.13496-13501; Vavrus S. J. *et al.* (2017) *Journal of Climate*, v.30, 4317-4333.

# P7

後期白亜紀アンモナイト *Scaphites* の集団解析シミュレーション

中村千佳子・岡本隆 (愛媛大・理工)

Population dynamics of *Scaphites*, a Late Cretaceous ammonite.

Chikako Nakamura, Takashi Okamoto (Ehime Univ.)

スカファイトス科は豊富な古生物学的情報を有するアンモナイトである。演者らは 2018 年度および 2019 年度の野外調査により、北海道留萌郡小平地域および苫前郡羽幌地域に分布する上部白亜系蝦夷層群から、計 9 サンプル、2000 個体以上に及ぶ集団標本を得た。各々のノジュールから得られた全ての個体のサイズを計測しヒストグラムを作成したところ、未成年殻において、通常推定される一山の分布型のほかに、明瞭な二山分布を示す場合があることが分かった。そこで個体群動態論の見地から、このアンモナイトがなぜこの二山の死殻分布を作るのか、またそれはどのような適応戦略を採った結果なのかを解明することを目的とした。

絶滅生物に関して個体群動態を論じることは、化石集団の形成過程を判断することの難しさからこれまで困難とされてきた。これはスカファイトスにおいても同様である。そこで本研究では、経験的なアプローチから得られた情報に基づき、個体群の動態をコンピュータシミュレーションで再現することにより、演繹的にこの問題を解決することを試みた。

シミュレーションでは 200×200 マスのフィールドを設定し、そこに海底の“掃き寄せ”を想定した餌場を提供する。そして 1 個体の雌が産卵した状態から始める。孵化した幼殻は食糧を求めてフィールドを移動し、食餌・成長し、時には敵に被食される。成熟したつがいがあれば生殖し再生産を行う。これら一連の過程で生産される死殻をモニタリングする。このとき用いる主なパラメータは**食糧供給量**と**捕食圧**の 2 つである。

結果、一般に**捕食圧**が強い場合、死殻のヒストグラムはなだらかに右下がりを示した(図 1 上)。しかし**食糧供給量**が多くなくかつ**捕食圧**が弱い場合には成熟直前にもう一つのモードが出現し、時に明瞭な二山が形成されることがある(図 1 下)。これは成長した個体が増えすぎた結果、食糧不足に陥り大量死

を引き起こしたためである。このような環境下で生産される死殻は実際に観察された死殻のサイズ分布をよく再現している。

これらの結果から、スカファイトスが形作る様々な死殻分布は一定の死亡率の下で蓄積された死殻群に餓死によって大量死を起こした個体が様々な割合で混合してできたと解釈できるだろう。そして、このアンモナイトは適当な環境が出現したときに爆発的に個体数を増やす、“日和見種”的な適応戦略を採っていた可能性がある。

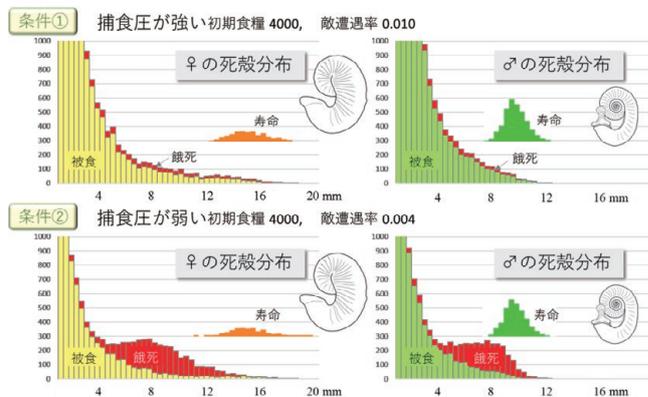


図 1. 個体群動態シミュレーションの結果の一例。マクロコックを♀と仮定している。

更に、今回開発したシミュレーションはいくつかの用途に応用できる可能性がある。例えば、同一のフィールド内で異なる種を競合的に繁殖させればより環境に適応的な種を判定ができ、与えられた環境下での適応景観を可視化できるだろう。更に、シミュレーションにおいて便宜的に仮定した成熟殻の大きさを制御する仮想遺伝子を代々受け継がせれば、系列推移を再現することもできるだろう。講演ではこれらの可能性についても紹介する。

# P8

浦ノ内湾から採取された海洋コアの堆積物の年代とイベント堆積物

村山雅史<sup>1</sup>・谷川巨<sup>2</sup>・井尻暁<sup>2</sup>・星野辰彦<sup>2</sup>・廣瀬文洋<sup>2</sup>・捩垣勝哉<sup>1</sup>・新井和乃<sup>1</sup>・浦本豪一郎<sup>1</sup>・近藤康生<sup>1</sup>・尾寄大真<sup>3</sup>・米田穰<sup>3</sup> (高知大学,<sup>2</sup>海洋研究開発機構)<sup>3</sup>東京大学)

Age and sedimentary event of a marine core collected from Uranouchi Bay, Kochi

Murayama, M.<sup>1</sup>, Tanikawa, W.<sup>2</sup>, Ijiri, A.<sup>2</sup>, Hoshino, T.<sup>2</sup>, Hirose, T.<sup>2</sup>, Nejigaki, K.<sup>1</sup>, Arai, K.<sup>1</sup>, Uramoto, G.<sup>1</sup>, Kondo, Y.<sup>1</sup>, Ozaki, H.<sup>3</sup>, Yoneda, M.<sup>3</sup>, (1Kochi University, 2JAMSTEC, 3The University of Tokyo)

内湾域は、地球システムの中で生態系における生物生産性が最も高い地域として認識され、主要な炭素固定の場であり、気候変動などの自然にともなう変化や人間活動における環境負荷にも敏感に反応する場所でもある。人間活動が盛んになった、「人新世」と呼ばれる産業革命以来、特に 1950 年以降は沿岸や内湾の海洋環境が著しく変化した。これまで国内では、海底堆積物をもちいた近過去数年から百年程度の湾内環境復元の研究例は多くある。しかし、「人新世」以前とそれ以後の人的な影響があった時代と、連続する環境履歴を高解像度で詳細に復元した例は極めて少なく、物質循環と環境変動メカニズムの関わり、生物相の変化については十分理解されていない。高知県浦ノ内湾奥(水深 10m)から採取した堆積物コア(4M)の解析から、人新世を挟む海洋環境の変化や生物相の変遷履歴を復元することを目的としているが、本発表では、堆積物の物性や堆積年代やイベント堆積物について報告する。高知県土佐湾の中央部に位置する浦ノ内湾は、横浪半島の北側に面し、東西に細長く、12km も湾入する沈降性の湾として知られ、潮汐で海面が 1~2M 変動する(図 1)。高知大学調査船「ねぶちゅーん」を用いて、パイプコアリングによって湾奥の水深 10M 地点で、堆積物コア(4 m)が採取された(図 2)。採取地点は、周囲から

の河川の影響はないため、本コア試料は、湾内の詳細な環境変動を記録し



図 1. 高知県浦ノ内湾の地図と試料採取地点

ていると考えられる。採取されたコア試料は、X線CT撮影、MSCL 解析後、半割をおこない肉眼記載や頻出する貝の採取と同定ほかをおこなった。

堆積物の岩相は、olive から gray 色の silt clay であり、全体的に多くの貝殻片を含む。コア上部付近は、黒っぽい色を呈し強い硫化水素臭がする堆積物であった。また、コア下部(コアトップより 306m 付近)に数 mm オーダーの葉理の良く発達した 8cm の層厚をもつ堆積層が認められた。この堆積層は、近くの水深 8M で採取された堆積物コアでも同様の層準で確認されたが、葉理は発達していなかった。堆積物の 8 層準から産出した貝殻片の放射性炭素年代(AMS <sup>14</sup>C age)測定をおこなった。コア最下部で、約 3800 年前を示し、見積もられた平均堆積速度は 102cm/kyr. であった。本発表表では、それらの結果について紹介する。

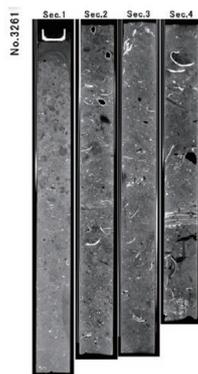


図 2. 鳴無沖で採取された海洋コア(4M)のCT画像



【第 20 回日本地質学会四国支部総会・講演会】

<講演会>

日時：2020 年 12 月 5 日 (土) 13:00-17:05

場所：WEB 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：2020 年 12 月 5 日 (土) 17:15-17:45 (講演会終了後)

場所：WEB 開催 (Zoom) (本部：愛媛大学理学部)