

Program and Abstracts

Annual Meeting of The sedimentological Society of Japan

April 23, 2022

(Online Meeting)



Sedimentological Society of Japan

プログラム・講演要旨

日本堆積学会 2022 年オンライン大会

2022 年 4 月 23 日

日本堆積学会 2022 年オンライン大会 プログラム

【日程】

2022 年 4 月 23 日 (土)

- ・ 8:50-18:05：個人講演，優秀講演賞授賞式
- ・ 18:30-：懇親会

【実施形態】

- ・ 主に Zoom を使用したオンライン開催

【大会プログラム】

8:50-9:00 会長挨拶

池原 研

O1 9:00-9:15 2019 年千曲川洪水による堤防決壊と堆積物形成のプロセス

山田昌樹・加藤汰一（信州大）・成瀬 元（京都大）・
松田有平（信州大）・篠崎鉄哉（産総研）・常盤哲也（信州大）

O2 9:15-9:30 円磨度分布に基づく破堤堆積物の供給源の推定

加藤汰一・山田昌樹（信州大）・石村大輔（東京都立大）・
山田圭太郎（立命館大）・鳴澤美羽（信州大）

O3 9:30-9:45 五島列島奈留島の沿岸湿地における古環境復元と約 5600 年前の海水流入
イベント

古明地海杜・山田昌樹・金子 稜・斉藤央岳（信州大）・
佐竹健治（東京大）・三反畑修（防災科研）・
パトリシオウィンクラー（バルパライソ大）

O4 9:45-10:00 宮崎県延岡市島浦島の沿岸湿地におけるイベント層の成因と年代測定

杉原 和・山田昌樹（信州大）・篠崎鉄哉（産総研）

O5 10:00-10:15 粒子形状画像解析を用いた宮城県南三陸町大沼における礫質津波堆積物の
供給源推定

鳴澤美羽・山田昌樹（信州大）・石村大輔（東京都立大）・
山田圭太郎（立命館大）・加藤汰一（信州大）

O6 10:15–10:30 沿岸低地を遡上した古津波が残した津波堆積物の性状変化：北海道胆振海岸東部に分布する 17 世紀津波堆積物の例

岩城昂平・清水康博（新潟大）・
西村裕一（北海道大）・千葉 崇（酪農学園大）

<休憩> 10:30–10:45

O7 10:45–11:00 青森県八戸市における 2011 年東北沖津波の海岸地形への影響評価
井村春生・後藤和久（東京大）・
南館健太（東北大・東京大）・小岩直人（弘前大）

O8 11:00–11:15 琉球列島広域における高波起源の巨礫の堆積学的特徴の相違性
南館健太（東京大・東北大）・後藤和久（東京大）・
Volker Roeber（ポー・エ・デ・ペイ・ド・ラトゥール大学）

O9 11:15–11:30 環境 DNA を用いた津波堆積物研究に関する予察的検討
篠崎鉄哉・井口 亮・西島美由紀（産総研）・
後藤和久（東京大）・藤野滋弘（筑波大）

O10 11:30–11:45 石垣島カラダギ洞窟に流入した先島津波の規模: 3 次元数値実験による検討
成瀬 元（京都大）・石原与四郎（福岡大）

O11 11:45–12:00 南相馬市小高区塚原地区の沖積層に狭在するイベント層の粒子特性
清水康博・大屋那津子・阿部悠介（新潟大）・菅原大助（東北大）・
ト部厚志（新潟大）・石澤堯史・青田享也・平野史佳（東北大）

O12 12:00–12:15 津波による陸棚堆積物の再移動：2011 年東北沖津波による仙台湾の表層堆積物の変化から
池原 研（産総研）・入野智久（北大）・齋藤文紀（島根大）

<昼休み> 12:15–13:10

- O13 13:10–13:25 簡便に粒度分布を成分分離する試み
山口直文（茨城大）
- O14 13:25–13:40 徳之島下原洞穴遺跡の人為的堆積物
松本圭太・石原与四郎（福岡大）・具志堅亮（天城町教育委員会）
- O15 13:40–13:55 東京湾の表層堆積物に含まれるマイクロプラスチックの分布
中藤雄剛・戸丸 仁（千葉大）
- O16 13:55–14:10 泥質内湾環境における泥質洪水堆積物の特徴と分布様式：東京湾の例
西田尚央・高山ゆりな（東京学芸大）・
天野敦子（産総研）・古山精史朗（東京海洋大）
- O17 14:10–14:25 猪苗代湖底，極表層堆積物に見られる 2011 年地震性タービダイトと 1888
年磐梯山噴火起源ハイパーピクナイトの特徴
片岡香子（新潟大）・長橋良隆（福島大）・ト部厚志（新潟大）
- O18 14:25–14:40 上田泥流堆積物の粒度と堆積構造の側方変化に基づいた堆積プロセス
石田美津希・村越直美（信州大）
- <休憩> 14:40–15:00
- O19 15:00–15:15 新潟県八石背斜両翼間における鮮新・更新統の岩相変化からみた堆積環境
の違い
田中綾香・保柳康一（信州大）
- O20 15:15–15:30 七号地層と有楽町層の境界定義
小松原純子（産総研）
- O21 15:30–15:45 美濃帯層状チャートを用いた遠洋域への風成塵供給量の復元：Carnian
Pluvial Episode における陸域環境変動への示唆
張 天逸（早稲田大）・池田昌之（東京大）・太田 亨（早稲田大）
- O22 15:45–16:00 前期三畳紀末の微生物礁の成因
齊藤諒介（山口大）・田力（中国地質大）
- O23 16:00–16:15 鹿児島県喜界島の上部更新統コケムシ質石灰岩の堆積環境と堆積過程
松田博貴・熊谷優香（熊本大）・辻 喜弘（サンゴ礁科学研究所）・
佐々木圭一（金沢学院大）

<休憩> 16:15-16:35

O24 16:35-16:50 IODP Exp. 337 下北沖掘削の上部古第三系～下部新第三系区間における坑井イメージ検層を用いた堆積相・シーケンス層序解析とデルタシステムの復元
高野 修・辻 隆司 (JAPEX) ・山田泰広 (九州大) ・
稲垣史生 (JAMSTEC)

O25 16:50-17:05 高知県三原村産「土佐硯」の地質学的な成り立ち：四万十帯南帯を構成する砂岩泥岩互層の続成過程
朝山航大・浦本豪一郎・中村璃子・中山 健 (高知大) ・
濱田洋平 (JAMSTEC) ・壹岐一也・足達真弥 (土佐硯石加工生産組合) ・
谷川 亘・廣瀬丈洋 (JAMSTEC)

O26 17:05-17:20 鉱物単体分離解析による硯の特性評価：高知県三原村に分布する四万十帯南帯中の泥岩の解析
中村璃子・浦本豪一郎・朝山航大・中山 健 (高知大) ・
壹岐一也・足達真弥 (土佐硯石加工生産組合) ・
多田井修 (マリンワークジャパン) ・
濱田洋平・谷川 亘・廣瀬丈洋 (JAMSTEC)

O27 17:20-17:35 サージ的混濁流によって形成されたサイクリックステップの粒度分布の一例
横川美和・永野 蓮・松波和真・福岡篤生 (大阪工業大)

O28 17:35-17:50 浅海域からタービダイト堆積盆に流下した MTD, 北海道北部古丹別川流域の中新統築別層
保柳康一・小澤 紬 (信州大)

<優秀講演賞授賞式> 17:50-18:00

<事務連絡・閉会挨拶> 18:00-18:05

<懇親会> 18:30-

【注意事項】

すべての参加者の皆様へ

- ・大会に関する最新情報は、参加者用の「ポータルサイト」にて随時お知らせいたします（URL は別途お知らせ予定）。
- ・大会を通じて Zoom を使用します。必ず最新バージョンにアップデートした状態でご参加ください。バージョン 5.3 以降でなければブレイクアウトルームへの移動が自由にできません。
- ・Zoom 会場に入室される際は、参加者番号（別途お知らせ予定）をお名前の前に表示いただきますようお願いいたします。（例）S001 堆積太郎
- ・口頭発表時のスライド画面を保存することは、動画・静止画ともに一切を禁止します。
- ・口頭発表時は、発表者のみビデオオン・ミュート解除の設定とし、それ以外は座長と質疑応答時の質問者を除き、ビデオオフ・ミュートの設定としてください。
- ・質疑応答時に質問・コメントがある場合は、「リアクション」→「手を挙げる」あるいは「チャット」への書き込み（全員宛）でお知らせください。ただし、口頭発表の最中は、全員宛のチャットへの書き込みはお控えください。
- ・口頭発表終了後、「リアクション」→「拍手マーク」等で発表者の努力をたたえましょう！

口頭発表予定の皆様へ

- ・発表時間は 15 分です（質疑応答込み。目安：発表 12 分、質疑応答 3 分）。
- ・各自の PC から画面共有にて発表していただきます。ミュート解除をお忘れなきようご注意ください。
- ・発表者の皆様は必ずアプリ版でのご参加をお願いいたします。
- ・タイムキーパーは設定しません。各自で時間管理をお願いいたします。
- ・接続テストの時間を大会開始前および休憩時間に設ける予定です。詳細につきましては発表者の皆様に後日ご案内いたします。

2019 年千曲川洪水による堤防決壊と堆積物形成のプロセス

Levee breach and sedimentation processes
during the October 2019 flooding of the Chikuma River

山田昌樹・加藤汰一（信州大）・成瀬 元（京都大）

松田有平（信州大）・篠崎鉄哉（産総研）・常盤哲也（信州大）

Masaki Yamada, Taichi Kato (Shinshu Univ.), Hajime Naruse (Kyoto Univ.)

Yuhei Matsuda (Shinshu Univ.), Tetsuya Shinozaki (AIST), Tetsuya Tokiwa (Shinshu Univ.)

連絡先：山田昌樹 (yamada@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

河川氾濫の際に自然堤防や人工堤防が決壊すると、氾濫原側には破堤堆積物（Crevasse splay）が形成される。破堤堆積物に関する海外の研究の多くは、自由蛇行する河川や網状分岐流路を対象としており（佐藤ほか，2017），1つの破堤イベントの堆積過程や堆積物の特徴ではなく，長期的な河川地形の発達に焦点が当てられている（例えば，Bristow et al., 1999）。一方，多くの河川が護岸されている日本では，堤防決壊は頻繁に発生するものではないが，大規模な堤防決壊が発生すると氾濫原地域に甚大な被害をもたらしてきた。近年では，2015年に茨城県の鬼怒川で発生した堤防決壊を対象として，破堤堆積物の堆積学的特徴から侵食・堆積プロセスが議論されている（Matsumoto et al., 2016；佐藤ほか，2017）。このような研究は，発生した現象の解明だけでなく，過去の洪水の規模を推定する上でも重要であり，事例研究を増やすことが必要である。本研究では，2019年に長野県の千曲川で発生した堤防決壊を対象として破堤堆積物の調査を行った。さらに，決壊した堤防に設置されていた CCTV カメラの映像と堤防内部を充填する砕屑物についての情報（千曲川堤防調査委員会，2020）も併せて解釈することで，堤防決壊と堆積物形成のプロセスの詳細な復元を試みた。

2. 調査地域と研究手法

2019年10月12日から13日にかけて，台風19号に伴う大雨の影響で長野県の千曲川が多くの地域で氾濫した。長野市穂保では，13日の0:55に越水が始まったことが確認され，その後2:15～5:30の間に人工堤防が約70mにわたって決壊し（千曲川堤防調査委員会，2020），氾濫原側には流路とその両脇に大規模な破堤堆積物が形成された。本研究では，トレンチ掘削および露頭断面観察によって破堤堆積物を記載，サンプリングした。砂質堆積物は層厚2cmごとに採取し，含泥率の測定と粒度分析を実施した。また，GPS 測量機器を用いて破堤堆積物の表面と洪水前の地表面の標高を測定し，その差を取ることで破堤堆積物の層厚を概算した。

3. 破堤堆積物の分布と堆積学的特徴

氾濫原に形成された流路の上流側には，主に中礫～大礫で構成される最大概算層厚2.5mの破堤堆積物が約6700m²にわたり観察された。3地点の露頭断面で観察した破堤堆積物は，層厚1.1～2.0m程

度で、下位の砂層と上位の礫層に分かれていた。礫層では氾濫流の流向方向に傾く斜交層理が観察された。一方で下流側には、中礫～大礫を含む最大概算層厚 1.1 m の砂質破堤堆積物が約 4400 m² にわたって認められた。9 地点で掘削した破堤堆積物は、層厚 10 cm 以下の無構造な砂層の地点もあれば、層厚が 1 m を超え、礫を含む複数の逆級化構造が認められる地点も存在した。

4. 堤防決壊と堆積物形成のプロセス

決壊した堤防の上流側に礫質の破堤堆積物が厚く堆積し、下流側に砂質の破堤堆積物が比較的小規模に分布するという特徴が見られた。破堤地点からの流向が巨視的に下流方向へ向いていることから、破堤地点の上流側において洪水流の流速場が減衰して、多量の土砂を堆積させたと考えられる。

上流側に形成された破堤堆積物は、明瞭な 2 層に区分される。このことは、供給される堆積物が堤防決壊プロセスの中で変化したことを示唆している。堤防決壊後の現地調査によると、堤防の内部は中央部の礫質土とそれを取り囲む砂質土および粘性土で構成されていたことが明らかになっている（千曲川堤防調査委員会，2020）。堤防決壊の初期は、堤防の外側を構成する砂質土および粘性土のみが侵食されていたのに対して、決壊が進むにつれて内部の礫質土が侵食されたため、破堤堆積物が明瞭な 2 層構造を示した可能性が高いと考えられる。千曲川堤防調査委員会（2020）は、堤防内部と氾濫原に形成された破堤堆積物の総量と粒径分布を算出しており、破堤堆積物の総量や特徴が堤防内部の充填物で説明がつくことを示している。これに加えて、堤防河川側の高水敷に砂礫質の堆積物が認められなかったことを考えると、大規模な破堤堆積物は、そのほとんどが堤防内部の充填物を起源としており、堤防決壊の進行とともに供給物が変化したと結論づけることができる。

一方、下流側の破堤堆積物は、分布が狭いにも関わらず、層厚や堆積構造が多様である。この下流側で破堤堆積物が形成された場所は、洪水前には公園であり、地表面の凹凸が複雑であった。また、決壊した堤防側に人工構造物が存在したことも影響し、洪水流の流速場が複雑であったことが層厚および堆積構造の多様性をもたらしたものと考えられる。

2019 年千曲川洪水では、堤防の決壊プロセスと内部構造を反映して、上方に粗粒化する破堤堆積物が観察された。これは、本調査地域におけるローカルな現象かもしれないが、今後事例研究が増えることで、護岸された堤防で決壊が発生した際の堆積現象について理解が深まるだろう。

文献

Bristow, C.S., Skelly, R.L., Ethridge, F.G., 1999, Crevasse splays from the rapidly aggrading, sand-bed, braided Niobrara River, Nebraska: effect of base-level rise. *Sedimentology* **46**, 1029–1047.

千曲川堤防調査委員会，2020，千曲川堤防調査委員会報告書。 <https://www.hrr.mlit.go.jp/river/chikumagawateibouchousa/chikuma-houkokusyo-issiki.pdf>

Matsumoto, D., Sawai, Y., Yamada, M., Namegaya, Y., Shinozaki, T., Takeda, D., Fujino, S., Tanigawa, K., Nakamura, A., Pilarczyk, J.E., 2016, Erosion and sedimentation during the September 2015 flooding of the Kinu River, central Japan. *Scientific Reports* **6**, 34168.

佐藤善輝，宮地良典，卜部厚志，小松原純子，納谷友規，2017，鬼怒川中流域，茨城県常総市上三坂地区における平成 27 年 9 月関東・東北豪雨の破堤堆積物。 *第四紀研究* **56**, 37–50.

円磨度分布に基づく破堤堆積物の供給源の推定
 Source estimation of the crevasse-splay deposit
 by comparison of roundness distribution

加藤汰一・山田昌樹（信州大学）・石村大輔（東京都立大学）

山田圭太郎（立命館大学）・鳴澤美羽（信州大学）

Taichi Kato, Masaki Yamada (Shinshu Univ.), Daisuke Ishimura (Tokyo Metropolitan Univ.)

Keitaro Yamada (Ritsumeikan Univ.), Miu Narusawa (Shinshu Univ.)

連絡先：加藤汰一 (21ss413h@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

2019 年 10 月 13 日、台風 19 号豪雨により長野県の北部を流れる千曲川が氾濫し、長野市穂保地域において堤防が約 70 m にわたって決壊した。この堤防決壊によって、破堤部付近では河川と直交方向の氾濫流路とその両脇に破堤堆積物が形成された。この破堤堆積物は、上流側は礫質で下流側は砂質という特徴の違いを示した。破堤堆積物の形成過程を明らかにする上で、構成する礫と砂がどこから運搬されたのかを知ることは重要である。本研究では、破堤堆積物および供給源であると考えられる千曲川河床との砂礫の円磨度分布を比較することで、破堤堆積物の供給源を推定することを目的とする。

2. 研究手法

破堤堆積物と千曲川河床から採取した礫を ϕ スケールごとにふるい分けし、それぞれの粒径区分（2～4 mm, 4～8 mm, 8～16 mm, 16～32 mm）において円磨度分布の比較を行った。破堤堆積物の試料は、洪水発生直後に採取されたものに加え、破堤部から下流側約 50 m 地点にある長沼体育館内において 2022 年 1 月 27 日に採取した。千曲川河床の試料は、破堤部から上流側約 100 m の 2 地点と上流側約 300 m の 1 地点で採取した。円磨度分布は、Wadell (1932) の定義に従って、画像解析ソフト（Rgrains）を用いて算出した。

3. 結果と考察

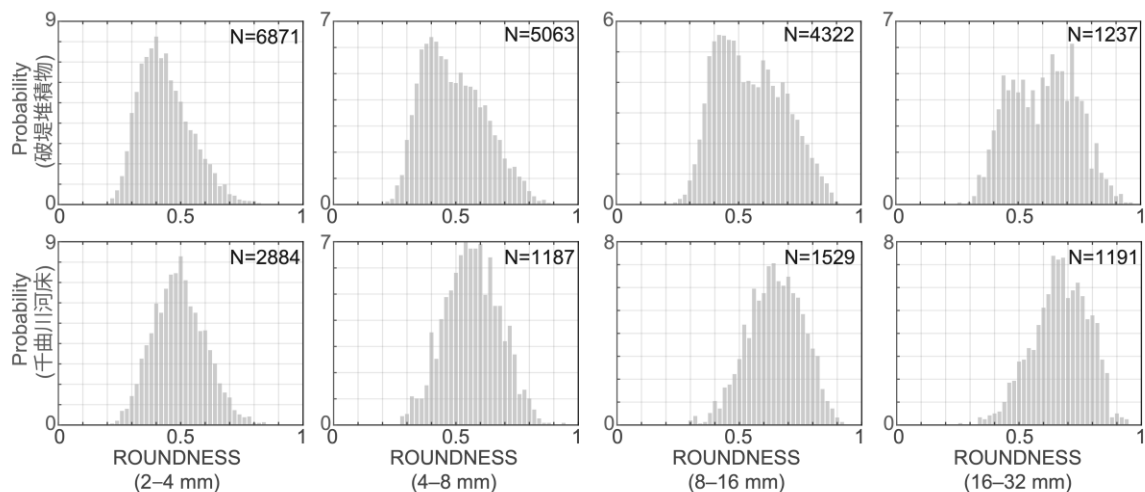
画像解析の結果、粒径区分によって円磨度の最頻値は異なるが、千曲川河床礫の円磨度分布はどの粒径区分においても、0.5～0.7 が最頻値となる 1 つのピークを示した（第 1 図）。一方、破堤堆積物では 2～4 mm は 0.4 に 1 つのピークを持つが、その他の粒径区分では、0.5～0.7 が最頻値となる高い円磨度分布と 0.4～0.5 が最頻値となる低い円磨度分布の 2 つのピークが見られ、高い方のピークは河床礫で見られたピークとほぼ一致している。2～4 mm の粒径区分では、河床礫と破堤堆積物で似た分布を示しているが、他の粒径区分においては、破堤堆積物に河床礫で見られた円磨度のピークとは異なる位置にもピークが存在していることが分かった。採取したサンプルの礫種観察および千曲川堤防調査委員会（2020）が報告している決壊した堤防の断面図との照合から、破堤堆積物で見られた低い円

磨度のピークはブロック状に崩れた堤防内充填物や路床材の破片に起因するものだと考えられ、破堤堆積物は千曲川河床と堤防内の 2 つの供給源が混在していることが推定される。しかしながら、千曲川堤防調査委員会（2020）は、堤外地の高水敷に溜まった洪水堆積物について粒度分析を行っており、高水敷には堤内地の破堤堆積物とは異なり砂や礫がほとんど堆積していないことから、千曲川河床からの供給はないと結論づけている。決壊した堤防がどのようにして作られたのかは分かっていないが、一般的に堤防は付近の川の河床砂礫を材料とすることが多いため、破堤堆積物は堤防内のみを給源としている可能性も考えられる。今後は、砂についても形状解析を行い、円磨度分布を比較することでより詳細な供給源に関する情報が得られると考えている。

文献

千曲川堤防調査委員会，2020，千曲川堤防調査委員会報告書，<http://www.hrr.mlit.go.jp/river/chikumagawateibouchousa/index.htm>

Wadell, H., 1932, Volume, shape, and roundness of rock particles, *The Journal of Geology*, **40**, 443–451.



第 1 図．円磨度分布の比較

五島列島奈留島の沿岸湿地における古環境復元と約 5600 年前の海水流入イベント Paleoenvironment and a 5600 year old marine incursion at the coastal marsh in Naru Island, Nagasaki Prefecture

古明地海杜・山田昌樹・金子 稜・齊藤央岳（信州大学）

佐竹健治（東京大学）・三反畑 修（防災科研）

パトリシオウィンクラー（バルパライソ大学）

Kaito Komeiji, Masaki Yamada, Ryo Kaneko, Hirotake Saito (Shinshu Univ.)

Kenji Satake (The Univ. of Tokyo), Osamu Sandanbata (NIED), Patricio Winckler (Univ. de Valparaiso)

連絡先：古明地海杜 (18s4012h@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

九州地方ではこれまでに、別府湾や日向灘などの東部沿岸地域で津波堆積物の研究がいくつか行われているものの（例えば、Yamada et al., 2021）、西部沿岸地域では、鹿児島県甕島におけるストーム堆積物研究（例えば、Woodruff et al., 2009）の他には、イベント堆積物に関する研究の報告はほとんどない。九州地方西部沿岸地域は構造的に安定であると考えられており（Nakada et al., 1998）、地震による津波は歴史記録には残されていない。しかしながら、内閣府（2012）によって公表された日向灘～四国沖を震源とするマグニチュード 9.1 の地震が発生した場合、南海トラフから大きく離れた長崎県においても、長崎市で 4 m、五島市で 3 m の最高津波水位が予想されている（長崎県, 2016）。このような大規模な津波が発生していた場合、九州地方西部沿岸地域でも津波堆積物が認められる可能性がある。本研究では、五島列島奈留島の沿岸湿地で堆積物コアを採取し、イベント堆積物が認められる場合、いつ、何が原因で堆積したのか、沿岸湿地の堆積環境変遷も踏まえて検証することを目的とした。

2. 調査地域と研究手法

掘削調査を行ったのは、奈留島南東岸の沿岸湿地である。沿岸湿地は幅約 90 m、奥行き約 120 m、標高約 1 m である。沿岸湿地に海岸線から直交方向に測線を 1 本設定し、約 13 m 間隔で 6 地点において最大深度 9 m まで掘削を行った。サンプリングは、海岸線側から 2、6 番目のコアでは全体、4 番目のコアで深度 5～9 m、その他のコアでは砂層周辺のみで行った。得られた堆積物コア試料に対しては、CT 画像撮影、帯磁率測定、ITRAX コアスキャナーを用いた化学分析、砂層の粒度分析、放射性炭素年代測定を行った。

3. 堆積物コアの層相とイベント層の堆積学的特徴

得られた堆積物コアは、下位から礫を含む泥層、有機質泥層、シルトを多く挟在する泥層、有機質泥層、耕作土の 5 つの堆積相に区分することができる。全ての堆積物コアにおいて、シルトを多く挟在する泥層中にシルト層とは粒度が明瞭に異なる層厚 0.5～1.0 cm の砂層が認められた。シルト層は CT 画像撮影により、視認できていない層も含め多数検出された。砂層は、上下の泥層との境界が明瞭であり、細粒砂から極細粒砂で構成されている。海岸線側では、砂層が泥の薄層に覆われており Sub-layer 構造を有している。砂層は内陸細粒化を示すことから、海側からの流れによって堆積した可能性が高いと考えられる。

4. 湿地の古環境変遷

砂層の堆積年代は、放射性炭素年代測定によって 5600～5650 cal. yr BP と推定され、これは縄文海進最盛期の年代にあたる。化学分析結果を見ると、コア全体を通して鉛直方向に大きな変化を示しておらず、縄文海進最盛期以前から陸成層であることが推測される。また、Yokoyama et al. (1996) は、奈留島西方の福江島において海水準変動履歴を復元しており、縄文海進最盛期の海水準が現在より 2.0 m 低かったことを示している。また、長岡ほか (1997) は、福江島の海水準が縄文海進最盛期から現在にかけて一定の速度で上昇している可能性を提示している。本研究では、縄文海進最盛期に形成されたと考えられる砂層とシルトを含む泥層の上位に陸成層である有機質泥層が認められており、地殻変動や地形変化が起きてないとすれば海水準は低下したことが示唆される。本研究では詳細な海水準変動の復元は行っていないが、堆積物コアの層相および化学分析データに基づくと、奈留島の沿岸湿地における古環境変遷は、長岡ほか (1997) で示された海水準変動と一致しない可能性がある。

5. 砂層とシルト層の堆積要因

砂層は上下の泥層と境界が明瞭であり、突発的に堆積したイベント層であると言える。また、砂層の層準で海水指標元素 (Ca, Sr など) や重鉱物指標元素 (Ti, Fe など) にピークが見られ、有機物指標元素 (Mo-ratio) の値は大きく減少し、上下の泥層とは異なる特徴が見られた。これらのことと堆積年代を踏まえると、砂層やシルト層は、海水準が最もピークに達して沿岸湿地に海水が流入しやすくなった年代に海側からもたらされたイベント堆積物であると考えられる。現時点では、1 つの沿岸湿地におけるデータしか得られていないため、津波とストームのどちらで堆積したのかを明らかにすることは困難である。今後は、五島列島を中心に調査範囲を広げて、同年代に形成された海水流入によるイベント堆積物が広範囲で認められるかどうかを検証していく必要がある。

文献

- 長岡信治, 横山祐典, 中田正夫, 前田保夫, 1997, 五島列島福江島における完新世海面変化と水中縄文遺跡の成因. 長崎大学教育学部自然科学研究報告, **56**, 1–11.
- 長崎県, 2016, 長崎県の津波浸水想定 (第2版) について.
- 内閣府, 2012, 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告), 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—.
- Nakada, M., Okuno, J., Yokoyama, Y., Nagaoka, S., Takano, S., Maeda, Y., 1998, Mid-Holocene Underwater Jomon Sites along the West Coast of Kyushu, Japan, Hydro-isostasy and Asthenospheric Viscosity. *The Quaternary Research*, **37**, 315–323.
- Woodruff, J.D., Donnelly, J.P., Okusu, A., 2009, Exploring typhoon variability over the mid-to-late Holocene: evidence of extreme coastal flooding from Kamikoshiki, Japan. *Quaternary Science Reviews*, **28**, 1774–1785.
- Yamada, M., Fujino, S., Chiba, T., Chague, C., Takeda, D., 2021, Recurrence of intraplate earthquakes inferred from tsunami deposits during the past 7300 years in Beppu Bay, southwest Japan. *Quaternary Science Reviews*, **259**, 106901.
- Yokoyama, Y., Nakada, M., Maeda, Y., Nagaoka, S., Okuno, J., Matsumoto, E., Sato, H., Matsushima, Y., 1996, Holocene sea-level change and hydro-isostasy along the west coast of Kyushu, Japan. *Palaeogeography, palaeoclimatology, Palaeoecology*, **123**, 29–47.

宮崎県延岡市島浦島の沿岸湿地におけるイベント層の成因と年代測定

Identification and dating of the event deposit at a coastal marsh
in the Shimanoura Island, Miyazaki Prefecture

杉原 和・山田昌樹（信州大学）・篠崎鉄哉（産総研）

Kazu Sugihara, Masaki Yamada (Shinshu Univ), Tetsuya Shinozaki (AIST)

連絡先：杉原 和 (18s4015b@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

南海トラフと琉球海溝の間に位置する九州地方東部沿岸地域の日向灘では、マグニチュード 7 クラスの地震が十数年～数十年の間隔で発生しているが、マグニチュード 8 以上の巨大地震が発生したという観測記録や歴史記録は残されていない。マグニチュード 8 を超える地震が頻発している南海トラフに対して、琉球海溝では歴史上は巨大地震が起こっていないと考えられており、それらの遷移帯に位置する日向灘における巨大地震発生の可能性は未解明のままである（Yamada, et al., 2020）。南海トラフ沿岸地域では過去 1300 年程度の歴史記録に加えて津波堆積物などの地質記録が豊富であるのに対して、日向灘地域は過去 400 年程度の歴史記録しかなく、地質調査もあまり進んでいないことがその要因として挙げられる。このことから、長期的なスケールで考えると低頻度巨大地震の履歴を見落としている可能性があり、地質記録を充実させる必要がある地域であると言える。本研究では、南海トラフと日向灘の境界付近に位置している宮崎県延岡市島浦島の沿岸湿地で掘削調査を行い、イベント堆積物の堆積学的特徴を確認するとともに、その堆積年代の決定を試みた。

2. 調査地域と方法

本研究の調査地域である宮崎県延岡市島浦島は、南海トラフと日向灘の境界付近に位置しているため、南海トラフと日向灘で発生した両方の地震による津波堆積物を残している可能性がある。そのため、日向灘における巨大地震履歴の解明と南海トラフで発生しうる最大クラスの地震・津波の見直しにつながるデータが得られることが期待できる。島浦島の北岸には 2 つの湿地があり、西側の野坂湿地における調査によって、主に有機質泥から構成される堆積物コアの表層に、平面に連続するイベント砂層の存在が確認されている（Yamada et al., 2013）。本研究では、野坂湿地の東側の小池湿地において 1 m 長のハンディジオスライサーを用いて 6 地点で掘削調査を行った。採取した試料に対しては肉眼観察、写真撮影、CT 写真の撮影を行った。試料の一部は厚さ 1 cm もしくは 2 cm ごとに切り分け粒度分析を行った。また、一部の層準から種子を拾い出し放射性炭素年代測定を行った。

3. 結果と考察

採取した堆積物試料は主に有機質泥から構成されており、表層に下位の有機質泥層と明瞭な地層境界で区切られている層厚 10～35 cm の泥質砂層（砂質泥層）が湿地内に連続的に存在していた。このイベント層は内陸方向に含泥率が増加し、さらに細粒化の傾向がみられた。また、海側のイベント層

では0~1 φと3~3.5 φにピークを持つのに対して、陸側のイベント層では3~3.5 φのみにピークが見られる。これは、海側では流れが速く粗粒な粒子を含む幅広い粒度の堆積物を運搬できる勢いがあったのに対して、内陸側では粗粒な堆積物を運搬できるだけの勢いがなく、細粒な堆積物が多く堆積したと考えられる。また、海側コアのイベント層では、下部の方が中部よりも含泥率が高く、上部では再び高くなっている。これは津波が湿地へ遡上した際に、砂層下位の泥層を削り込んで再堆積させたことによって、下部の方が中部よりも含泥率が高くなったことが原因であると考えられる。その後は、津波の流れが速く細粒物が堆積しにくい状態であったため、粗粒な粒子が多く堆積し相対的に含泥率が低下したと推測される。最終的には、津波の流れが弱まって細粒物が堆積したことによって含泥率が上昇したと考えられる。以上、小池湿地表層に存在するイベント層の側方方向の粒度変化や鉛直方向の含泥率変化などの堆積学的特徴から、このイベント層は海から陸方向の流れによって堆積した可能性がある。

CT 画像観察からイベント層と下位の有機質泥層との境界がより明瞭なコアを用いて、イベント層の下位から黒色の種子を採取し、放射性炭素年代測定を行った結果、イベント層の下位から 3170~3230 cal yr BP と 3340~3380 cal yr BP という年代値が得られた。イベント層上位の年代測定を行っていないため堆積年代の絞り込みができていないが、このイベント層は少なくとも 3400 年前以降に堆積したと考えられる。

4. まとめ

本研究では湿地表層に存在するイベント層に関して側方方向の粒度変化や鉛直方向の含泥率などの堆積学的特徴を明らかにし、このイベント層が海から陸方向の流れで堆積した可能性を示した。また、このイベント層が 3400 年前以降に堆積したことを明らかにした。今回は表層にのみ着目したが、さらに深い深度にも別のイベント層が存在していることが分かっているので、追加の掘削調査を行うことによって、過去数千年間の津波履歴の解明を目指す。

文献

- Yamada, M., Fujino, S., Chiba, T., Goto, K., Goff, J., 2020, Redeposition of volcanoclastic sediments by a tsunami 4600 years ago at Kushima City, south-eastern Kyusyu, Japan. *Sedimentology*, **67**, 1354–1372.
- Yamada, M., Goto, K., Shinozaki, T., Fujino, S., 2013, Sedimentary characteristics of possible paleo-tsunami deposits in Shimanoura Island, Eastern Kyushu, Japan. *American Geophysical Union Fall Meeting 2013*, NH31A-1586.

粒子形状画像解析を用いた宮城県南三陸町大沼における

礫質津波堆積物の供給源推定

Source estimation of the gravelly paleotsunami deposits in Onuma,
Miyagi Prefecture, using the particle shape image analysis

鳴澤美羽・山田昌樹（信州大）・石村大輔（東京都立大学）

山田圭太郎（立命館大）・加藤汰一（信州大）

Miu Narusawa, Masaki Yamada (Shinshu Univ.), Daisuke Ishimura (Tokyo Metropolitan Univ.)

Keitaro Yamada (Ritsumeikan Univ.), Taichi Kato (Shinshu Univ.)

連絡先：鳴澤美羽 (18s4021g@shinshu-u.ac.jp)

三陸海岸は、2011 年東北地方太平洋沖地震津波や 1933 年昭和三陸津波、1896 年明治三陸津波に代表されるように、繰り返し大規模な津波の浸水被害を受けてきた。また、これらの歴史地震津波に加えて先史時代のイベント堆積物も各地で報告されている（例えば、Goto et al., 2015；高田ほか, 2016；Ishimura and Miyauchi, 2017）。しかしながら、これらのイベント堆積物を形成した津波の規模と波源については多くの地点で明らかになっていない。Ishimura and Miyauchi (2017) は、三陸海岸南部の宮城県南三陸町大沼の沿岸低地においてトレンチ調査とジオスライサー掘削調査を行い、6 層の津波堆積物を報告している。6 層の津波堆積物は、円磨度の高い粘板岩からなる礫質津波堆積物（G1～G3）と貝殻片を含む砂層津波堆積物（S1～S3）に分けられている。大沼の北側には礫浜海岸、南側には砂浜海岸が分布していることから、それぞれ別の供給源から運搬されてきた可能性が考えられている。掘削地点と礫浜海岸の間には、標高約 12 m の丘陵が存在しており、礫質津波堆積物が北側の礫浜海岸からもたらされたと考えれば、この丘陵を超えるような最大遡上高 12 m 以上の津波によって形成されたと言える。また、掘削地点の南側には標高約 5 m の浜堤及び砂丘が存在しており、砂質堆積物が南側の砂浜からもたらされたと考えれば、丘陵は超えないが、浜堤及び砂丘は超えたと推定できるため、遡上高 5～12 m の津波によって形成されたと言える。以上から、この 2 種類の津波堆積物の構成物の違いは、津波の規模の違いを反映している可能性がある。礫質津波堆積物の供給源を明確にすることで大沼における津波の規模をある程度定量化することができるため、三陸海岸における津波の規模と波源の推定に繋がるデータが得られると考えられる。本研究では、礫質津波堆積物（G1～G3）に含まれる礫と供給源と考えられている北側の礫浜海岸を構成する礫の円磨度を比較することで、礫質津波堆積物の供給源を定量的に推定することを目的とした。

Ishimura and Miyauchi (2017) により掘削されたトレンチの底部（地表から約 2 m）から採取された 9 本のハンディジオスライサー試料のうち、イベント堆積物が明瞭に認められる 3 本を使用し、その試料中に確認される礫層中から円磨度分析のためのサンプルを採取した。供給源については、トレンチ掘削地点北側の丘陵を構成する風化した粘板岩からなる基盤の礫と、歌津半島北岸の礫浜の 2 地点から採取した粘板岩からなる礫を使用した。採取したサンプルは、洗浄・乾燥したのち、礫を 1φ ごとにふるい分けした。本研究では、礫の粒子形状を定量化するために、画像解析ソフト（Rgrains）によ

る画像解析を行い、Wadell (1932) の定義に従った円磨度を求めた。画像解析におけるパラメータの設定などは Ishimura and Yamada (2019) による。津波堆積物中の礫の 99% 以上が、粒径 2~8 mm ($-1 \sim -3 \phi$) の範囲内であったため、本研究ではこの範囲の礫のみを使用して粒子形状画像解析を行った。その結果、供給源だと推定される丘陵と海岸の礫では、円磨度の平均値がそれぞれ 0.4 程度と 0.6 程度であり、円磨度分布に明らかな違いが見られた。津波堆積物の礫は、G1 と G2 では円磨度の平均値が 0.5 程度、G3 では 0.45 程度の混合分布を示し、丘陵と海岸の礫のうちどちらか一方の特徴のみを示すような円磨度分布にはならなかった。また、津波堆積物に供給源の礫が混在しているかを確認するため、混合比を算出した結果、いずれの礫質津波堆積物も、丘陵と海岸のどちらか一方の礫のみではなく、両地点の礫が含まれていることがわかった。したがって、礫質津波堆積物は丘陵と北岸の礫浜の礫の混合で説明できる。これは、北側の海岸から流入した遡上高約 12 m を超える津波が、北岸の礫浜の礫を運搬するとともに、流路にある丘陵の礫を運搬し堆積したためだと推定できる。2011 年東北地方太平洋沖地震津波も第一波が北側の丘陵を超えて内陸へ浸水していることから、礫質津波堆積物はこの津波と同じ、あるいはそれ以上の規模の津波によって形成されたことを示唆している。

文献

- Goto, T., Satake, K., Sugai, T., Ishibe, T., Harada, T., Murotani, S., 2015, Historical tsunami and storm deposits during the last five centuries on the Sanriku coast, Japan. *Marine Geology*, **367**, 105–117.
- Ishimura, D., Miyauchi, T., 2015, Historical and paleo-tsunami deposits during the last 4000 years and their correlations with historical tsunami events in Koyadori on the Sanriku Coast, northeastern Japan. *Progress in Earth and Planetary Science*, 2: 16.
- Ishimura, D., Miyauchi, T., 2017, Holocene environmental changes and paleo-tsunami history in Onuma on the southern part of the Sanriku Coast, northeast Japan. *Marine Geology*, **386**, 126–139.
- Ishimura, D., Yamada, K., 2019, Paleo-tsunami inundation distances deduced from roundness of gravel particles in tsunami deposits. *Scientific Reports*, 10251:9
- 高田圭太，宍倉正展，今井健太郎，蛭名祐一，後藤和久，越谷 信，山本英和，五十嵐厚夫，市原季彦，木下博久，池田哲哉，岩手県県土整備部河川課，2016，岩手県沿岸における津波堆積物の分布とその年代。活断層・古地震研究報告，**16**，1–52.
- Wadell, H., 1932, Volume, shape, and roundness of rock particles. *The Journal of Geology*, **40**, 443–451.

沿岸低地を遡上した古津波が残した津波堆積物の性状変化

：北海道胆振海岸東部に分布する 17 世紀津波堆積物の例

Changes in sedimentary features of the tsunami deposits formed from the paleo-tsunami inundated on the coastal lowlands: A case study of 17th-century tsunami deposits in the eastern part of the Iburi coast, Hokkaido, Japan

岩城昂平・高清水康博（新潟大）・西村裕一（北海道大）・千葉 崇（酪農学園大）

Kohei Iwaki, Yasuhiro Takashimizu (Niigata Univ.),

Yuichi Nishimura (Hokkaido Univ.), Takashi Chiba (Rakuno Gakuen Univ.)

連絡先：岩城昂平 (f21e067g@mail.cc.niigata-u.ac.jp)

1. はじめに

沿岸低地を遡上する津波が残す堆積物は一般に海から陸側へ向かって薄層化・細粒化し、良淘汰になることが一般的に知られている（例えば、高清水ほか，2013；後藤ほか，2017）。一方、現世津波の観察からは、近接した地点間であっても堆積時の地形・微地形により層厚、粒度組成、および堆積構造などの堆積物性状が大きく変化することも報告されており（例えば、Takashimizu et al., 2012; Fujiwara and Tanigawa, 2014），津波堆積物が地形・微地形から受ける影響の実態を把握することは重要と言える。本研究では沿岸低地を遡上した古津波が地形の影響を受けて堆積物にどのような影響を与えたのか、沿岸低地に設定した複数の測線の調査から面的な堆積物性状の変化を検討した。

2. 調査地域と方法

調査地域は北海道胆振海岸東部であり、高清水ほか（2007，2013）の調査範囲の西部にあたる。海岸砂丘の背後には、後背湿地と放棄流路（沼地）が点在している。本研究では、面的な堆積物の性状変化を把握するために流路周辺にメッシュ状に測線を設定した。また、堆積物分布限界を把握するために約 2 km の海-陸方向の測線を設定した。それぞれの地点においてピートサンプラーおよびハンディジオスライザーを用いて層序の記載を行った。また 17 世紀津波堆積物の層準はアクリルケースにて定方位不攪乱試料として採取した後、実験室にて柱状図記載、X 線 CT 画像撮影、粒度分析、および磁気ファブリック測定を行なった。粒度分析では前処理として試料に過酸化水素を加えて加熱し、有機物を除去した。

3. 結果・考察

海-陸方向の測線での層相の観察結果、津波堆積物は内陸へ砂層、砂質泥炭層、そして泥炭層中に砂粒が散在する程度になり最終的には肉眼での観察が不可能となった。肉眼では現在の海岸線から 1592 m 地点まで認められ、さらに X 線 CT 画像では 1977 m 地点まで津波堆積物が分布していることを確認できた。2011 年東北沖津波浸水範囲とその堆積物分布域の比較検討からは両者に乖離があることが指摘されており (Abe et al., 2012)，胆振海岸東部に分布する 17 世紀は 1977 m 地点よりさらに内

陸の弁天沼方向まで流入した可能性がある。

層厚は大局的には内陸へ薄層化した。放棄流路地形内で突発的な厚層化をした。また、放棄流路周辺の低地では東側に比べて西側で厚くなる傾向を示した。放棄流路内部の厚層化は窪みでの流速の低下に伴う粒子の沈積や堆積後の侵食のされにくさを反映したものと考えられる。放棄流路周辺の低地で堆積物の層厚に違いが認められたのは、西側より東側の一帯で約 50 cm 津波堆積時の標高が高かったことが影響している可能性がある。

最頻粒径値は大局的に内陸細粒化した。放棄流路地形の南側と北側で顕著な違いを示さなかった。内陸細粒化は層厚と同様に、遡上に伴う営力の低下で説明できる。河川地形の南側と北側の粒度組成に大きな差異が見られないことは、この放棄流路地形は津波が残す堆積物の粒度組成に大きな影響を与えなかったことを示唆する。また、一部の地点において突発的に周囲とは明らかに傾向が異なる粗粒化を示した地点があり、層厚と同様に局所的に大きく粒度組成が変化することが分かった。

泥分含有量は大局的に内陸へ増加し、最頻粒径値と同様に放棄流路地形の南側と北側で顕著な違いを示さなかった。また、放棄流路地形周辺では西から東にかけて増加する傾向が見られ、泥分含有量が増加すると標高が高くなる正の相関が見られた。この傾向は標高と層厚の負の相関とよく似ている。

磁気ファブリックをもとにした古流向解析の結果、河川地形の南側では西からの古流向が卓越していた。層厚および粒度特性値が標高と関係して変動していることと併せて考えると、西側から流入した津波が北東方向の地形の高まりへ遡上したことによって形成された津波堆積物の可能性がある。

4. 参考文献

- Abe, T., Goto, K., and Sugawara, D., 2012, Relationship between the maximum extent of tsunami sand and the inundation limit of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Sendai Plain, Japan. *Sedimentary Geology*, **282**, 142-150.
- Fujiwara, O. and Tanigawa, K., 2014, Bedforms record the flow conditions of the 2011 Tohoku-Oki tsunami on the Sendai Plain, northeast Japan. *Marine Geology*, **358**, 79-88.
- 後藤和久・菅原大助・西村裕一・藤野滋弘・小松原純子・澤井祐紀・高清水康博, 2017, 津波堆積物の認定手順. 津波工学研究報告, **33**, 45-54.
- Takashimizu, Y., Urabe, A., Suzuki, K. and Sato, Y., 2012, Deposition by the 2011 Tohoku-oki tsunami on coastal lowland controlled by beach ridges near Sendai, Japan. *Sedimentary Geology*, **282**, 124-141.
- 高清水康博・永井 潤・岡村 聡・西村裕一, 2013, 砂丘を越えて沿岸低地を遡上した津波による堆積モデル：北海道胆振海担当部に分布する 17 世紀津波堆積物の研究例. 地質学雑誌, **119**, 1-16.
- 高清水康博・嵯峨山積・仁科健二・岡 孝雄・中村有吾・西村裕一, 2007, 北海道胆振海岸東部から確認された 17 世紀の津波堆積物. 第四紀研究, **46**, 119-130.

青森県八戸市における 2011 年東北沖津波の海岸地形への影響評価

Impact of the 2011 Tohoku-Oki Tsunami on the Osuka Coast,

Hachinohe City, Aomori Prefecture, Japan

井村春生(東京大学)・後藤和久(東京大学)・南舘健太(東京大学/東北大学)・小岩直人(弘前大学)

Haruki Imura (The university of Tokyo), Kazuhisa Goto (The University of Tokyo),

Kenta Minamidate (The University of Tokyo / Tohoku University.), Naoto Koiwa (Hirotsaki University)

連絡先：井村春生 (imura-haruki155@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

1. 研究の背景

2011 年東北地方太平洋沖地震による津波（以下、2011 年津波）を受け、豊富な航空写真や標高データを用いた地形変化に関する研究が仙台平野を中心に多数行われた。例えば Tanaka et al. (2012) は、2011 年津波前後の海岸と河口の航空写真調査を行い、津波から約半年後の回復過程とともに、特徴的な侵食パターンを示した。宮城県井戸浦海岸を継続的に調査した伊藤ら（2018）は、津波後の数年間の変化を追跡した。しかし、地形は津波前後を通じて定常的な過程の中で継続して発達し、津波はイベント的に大きな影響を及ぼすと考えられるものの、津波堆積物や侵食地形の様態や埋没プロセスはあまり議論されていない。これは、津波から数年が経過し復興が加速化するとともに津波後に地形は人工改変され、津波後の長期間にわたる地形変化の調査は困難になっているためである。

2. 目的

本研究では、津波による直接的な地形変化と、津波後の長期的変化の過程を調査・解析し、海岸地形に対する津波の影響を評価するとともに、将来の地形変化を予測すること、さらに津波堆積物の分布や特徴に基づき津波に伴う土砂収支を検討し、津波による堆積や侵食が古津波痕跡へと変化するプロセスを解明することを目的とした。本研究では、青森県八戸市の大須賀海岸に着目した。大須賀海岸では、津波により大規模な地形変化が生じており、2011 年津波直後から津波による地形変化に関する研究が行われている（鎌田, 2011; 武田ほか, 2015; 小岩・伊藤, 2019）うえ、国立公園に指定されており人為的地形改変が制限されているため、津波痕跡の継続的な調査には適した調査地と言える。

3. 研究手法

机上調査では、1948 年から 2013 年までの航空写真と 2006 年の国土地理院の地形データ、SfM-MVS ソフトウェアである Agisoft Metashape Professional により作成した 1975 年, 2011 年（5 月）, 2013 年, 2021 年の地形データから、大須賀海岸で 2021 年までに生じた地形変化を分析した。現地調査では、堆積物の分布を調査するとともに、地中レーダ（Ground Penetrating Radar; GPR）を利用した探査を行った。

4. 結果と考察

現地調査は、土壌層に挟在する中粒砂層が広い範囲に分布することを確認した。この中粒砂層は、均一な様態であり、色と粒径は砂浜砂と同様であり、内陸薄層化の傾向を示したことから、2011 年津波による津波堆積物であると考えられる。津波堆積物は砂丘のすぐ陸側で厚く堆積し、そこから陸側へ急激に薄層化していた。この特徴は Nakamura et al. (2012) で示された砂丘背後の津波堆積物の特徴と類似しており、主に砂丘砂が掃流により短距離移動したことを示唆している。

一方、津波による侵食は、砂丘に形成された大規模な谷地形に集中していることがわかった。調査範囲での津波堆積物の総量は約 6,100 m³ と推定され、武田ほか（2015）で算出された砂丘から失われた体積の 10 % に過ぎないことから、多くの砂が海に流出したと推定される。谷地形の形成された場所は、大須賀海岸へ流入する小河川と海を結んだ場所であった。旧河道に津波の戻り流れが集中し、侵食谷が形成される現象は、Tanaka et al. (2012) において仙台平野でも示されている。旧河道の場所は、人工改変などにより標高が周囲と遜色なくなっていたとしても、津波の戻り流れが集中し、谷が形成されやすいと考えられる。

航空写真と地形データの分析、GPR プロファイルの分析から、2011 年津波の後から 2021 年までの間にも顕著な地形変化が生じていることが分かった。小岩・伊藤（2019）においても示されていた津波直後から起こっていた津波により形成された谷の埋積と、谷によって分断された砂丘の残存部の縮小は 2021 年まで継続しており、津波により形成された谷地形と砂丘の残存部の高さの差がなくなりつつある場所もある。さらに、侵食された砂丘砂の再堆積によるとみられる後浜領域での標高の増加や、海岸林の伐採による砂丘の位置の変化がみられた。また、GPR を用いることにより、地中には津波堆積物のみならず津波により形成された侵食面や、その後の地形変化の過程が残されていることが示唆された。

5. 結言

2011 年東北沖津波が大須賀海岸に来襲し、大規模な砂丘の侵食と背後での堆積を生じた一方、砂丘の侵食により海へ流出した砂は、津波後徐々に後浜へ再堆積していた。津波から 10 年が経過した 2021 年現在、大須賀海岸から津波の侵食痕は表面的にはなくなりつつある。しかし、砂丘の陸側には砂浜を供給源としている津波堆積物層が広がっており、地中を GPR で調査することで、津波直後の侵食面も確認できたことから、津波による侵食・堆積の痕跡が大須賀海岸の広い範囲で保存されることが見込まれる。

文献

伊藤晶文・小岩直人・松本秀明, 2018, 宮城県井土浦海岸における 2011 年東北地方太平洋沖地震津波後の地形変化: DEM, SfM-MVS による DSM および深淺測量データを用いた検討, 地形, **39**(2), 137-147.

鎌田耕太郎, 2011, 大須賀海岸における 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波による地形改変と津波堆積物, 日本地質学会第 118 年学術大会・日本鉱物科学会 2011 年年会合同学術大会講演要旨.

小岩直人・伊藤晶文, 2019, 航空写真から作成した数値標高モデルの GIS 解析に基づく津波後の海浜地形変化の解明, 科学研究費助成事業研究成果報告書.

Yugo Nakamura, Yuichi Nishimura, Purna Sulastya Putra, 2012, Local variation of inundation, sedimentary characteristics, and mineral assemblages of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Misawa coast, Aomori, Japan, *Sedimentary Geology*, **282**, 216-227.

武田開・小岩直人・葛西未央, 2015, 青森県八戸市大須賀海岸における東北地方太平洋沖地震津波後の海浜地形変化, 東北地理学会 2015 年秋季大会一般研究発表要旨.

Hitoshi Tanaka, Nguyen Xuan Tinh, Makoto Umeda, Ryutaro Hirao, Eko Pradjoko, Akira Mano, Keiko Udo: Coastal and Estuarine Morphology Changes Induced by the 2011 Great East Japan Earthquake Tsunami, *Coastal Engineering Journal*, **54**(1).

琉球列島広域における高波起源の巨礫の堆積学的特徴の相違性

Differences in sedimentological characteristics of storm boulder deposits in the Ryukyu Islands

南館健太（東北大学/東京大学）・後藤和久（東京大学）・

Volker Roeber（ポー・エ・デ・ペイ・ド・ラドゥール大学）

Kenta Minamirate (Tohoku university / The University of Tokyo),

Kazuhisa Goto (The University of Tokyo), Volker Roeber (Université de Pau et des Pays de l'Adour)

連絡先：南館健太 (kenta.minamirate.t7@dc.tohoku.ac.jp)

1. はじめに

津波や台風による高波浪イベントが海岸の地形の一部を破壊し、サンゴ礁上や海岸に打ち上げる現象が世界的に報告されている(e.g., Goto et al., 2010; Kennedy et al., 2016). その過程で供給された沿岸巨礫堆積物は、過去数千年にわたる波浪や台風の痕跡として注目されている(e.g., Minamirate et al., 2020). 一方で、その多くは特定の海岸など局所的な議論にとどまっており、数百キロにわたる広域の議論は十分に行われてこなかった。この背景には、世界的に津波堆積物研究の立場から巨礫が研究対象とされてきた側面があるため、個々の巨礫が津波起源かどうか、つまり過去に津波が起きたかどうかに関心が置かれて研究が行われてきたことが一因として挙げられる。

琉球列島が位置する北西太平洋は台風の発生数と活発度が最も高い海域であり、台風による波浪イベントが地形形成や生態系に対して与える影響は極めて大きい。北西太平洋における台風を中心とした波浪イベントが巨礫堆積物の分布にどう影響しているのかという地域的な特徴を理解するためには、多地点かつ広域で巨礫データを収集し比較する必要がある。本研究では、琉球列島広域における巨礫分布の類似点と相違点を明らかにすることを目的として、現地調査と形状分析、数値解析に基づき議論を行う。

2. 手法

琉球列島の奄美大島、喜界島、久米島、久高島、沖縄本島、与那国島を対象地域として現地調査を行い、巨礫データを収集した。現地調査では、巨礫の長軸・中軸・短軸・密度の計測、GPS の取得を行うとともに、リーフ地形上でのキネマティック測量を行った。収集した巨礫のデータを用いて分布距離、重量、形状の分析を行った。さらに、複数の地域を対象として波浪伝搬計算を実施した。数値計算の数値モデルには、拡張型ブシネスクモデルである BOSZ (Roeber et al., 2010)を用いた。

3. 結果及び議論

現地調査の結果から、琉球列島広域において、合計 786 個の巨礫のサイズ・空間分布に関するデータが得られた。奄美大島、喜界島、久米島、久高島、沖縄本島では、現生あるいは隆起したリーフ上に巨礫が分布する。現生のリーフの発達が弱い与那国島では、琉球石灰岩からなる海岸斜面上に

それと同質な巨礫が分布する。巨礫の長軸・中軸・短軸長さをを用いた形状分析によると、琉球列島の巨礫の形状に地域差はほとんどなく、Zingg Diagram (1935)に基づく平均的な形状は Flat block に分類された。リーフエッジからの分布距離とその確率密度分布は、共通して 300 m 以内のみに集中する一方で、地域によって数十～百メートル程度の違いがあることが分かった。また、巨礫の重量ごとの分布距離に関する分析により、地域ごとに数十メートル程度の違いを持ちながらも共通して内陸細粒化傾向を示すことがわかった。

波浪伝搬に関する数値シミュレーションにより、浅海域とリーフ上での波浪の伝搬過程が計算された。波浪計算と巨礫分布の特徴からは調和的な結果が得られた。琉球列島では巨礫分布は全域的に共通して高波のリーフ上での減衰にしたがっており、流速が維持できなくなるために巨礫が内陸細粒化傾向を示していることが数値的に示された。

これらのことから、琉球列島の広域において形状や構成する岩質、大局的な空間分布は共通していることに加え、それらが波浪の減衰過程と対応していることから、調査地域に堆積する巨礫群の形成要因はストームによる高波であると考えられる。これらの結果は Goto et al. (2010)により提案された津波起源の巨礫と高波起源の巨礫における識別手法を数値的に裏付けるものである。一方、分布距離の数十メートルスケールの差は、入射する波浪の強さや台風に対する暴露リスクの違いが反映されている可能性がある。

文献

- Goto, K., Miyagi, K., Kawamata, H., and Imamura, F., 2010, Discrimination of boulders deposited by tsunamis and storm waves at Ishigaki Island, Japan: *Marine Geology*, v. 269, p. 34–45, doi:10.1016/j.margeo.2009.12.004.
- Kennedy, A.B., Mori, N., Zhang, Y., Yasuda, T., Chen, S.-E., Tajima, Y., Pecor, W., and Toride, K., 2016, Observations and Modeling of Coastal Boulder Transport and Loading During Super Typhoon Haiyan: *Coastal Engineering Journal*, v. 58, p. 1640004-1-1640004-25, doi:10.1142/S0578563416400040.
- Minamidate, K., Goto, K., Watanabe, M., Roeber, V., Toguchi, K., Sannoh, M., Nakashima, Y., and Kan, H., 2020, Millennial scale maximum intensities of typhoon and storm wave in the northwestern Pacific Ocean inferred from storm deposited reef boulders: *Scientific Reports*, v. 10, p. 7218, doi:10.1038/s41598-020-64100-6.
- Roeber, V., Cheung, K.F., and Kobayashi, M.H., 2010, Shock-capturing Boussinesq-type model for nearshore wave processes: *Coastal Engineering*, v. 57, p. 407–423, doi:10.1016/j.coastaleng.2009.11.007.
- Zingg, T., 1935, Beitrag zur Schotteranalyse. *Schweizerische Mineral. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, v. 15, p. 39–140, <https://doi.org/10.3929/ethz-a-000103455>.

環境 DNA を用いた津波堆積物研究に関する予察的検討

Preliminary study on tsunami deposit research using environmental DNA

篠崎鉄哉・井口亮・西島美由紀（産総研）・後藤和久（東京大）・藤野滋弘（筑波大）

Tetsuya Shinozaki, Akira Iguchi, Miyuki Nishijima (AIST), Kazuhisa Goto (Univ. Tokyo),
Shigehiro Fujino (Univ. Tsukuba)

連絡先：篠崎鉄哉 (tetsuya.shinozaki@aist.go.jp)

1. はじめに

津波の痕跡である津波堆積物からは、機器観測や古文書記録では知り得ない更に過去の津波の発生年代や規模を推定することができる。ここ数十年の津波堆積物研究の進展から、地層中の津波堆積物の識別には、砂層の分布や粒度の変化、海棲生物の有無といった堆積学的・古生物学的な特徴が有効であることがわかっている。しかし同時に、これらの特徴が必ずしも地層中に残るわけではないということもわかってきた。根拠が乏しいにもかかわらず誤って津波堆積物を認定してしまえば、間違った津波履歴・規模の評価に繋がってしまう恐れがある。そのため、津波堆積物を認定する際の識別プロキシとして確度の高い物的証拠を見つけ出すことが求められている。

本研究では、津波堆積物の識別プロキシとして環境 DNA に着目した。陸上のイベント堆積物中に海洋に存在する生物由来の遺伝子情報が含まれれば、その堆積物が海からの流れによって形成されたことを示す大きな根拠となる。しかしこれまで環境 DNA を津波堆積物研究に適用した研究例は限られており（例えば、Szczuciński et al., 2016; Yap et al., 2021）、その保存性や堆積環境ごとの挙動、試料採取後の取り扱い方など検討段階にあるのが現状である。本研究では、津波により堆積したことが分かっている試料に対して環境 DNA 分析を行い、津波堆積物の識別プロキシとして環境 DNA が有効かどうか予察的検討を行った。

2. 試料と分析

本研究では 2014 年 4 月に宮城県山元町にある水神沼^{すいじんぬま}で得られた柱状堆積物を用いた。この試料は既に Shinozaki et al. (2015)によって 2011 年東北沖津波による堆積物の識別が行われている。湖底表層には厚さ 20~60 cm 程度の泥質津波堆積物が堆積しており、その下位には厚さ 7~15 cm の極細粒砂~中粒砂の砂質津波堆積物が堆積している。さらにその下位には通常環境時に形成したと考えられる泥炭堆積物が堆積している。

堆積物試料は掘削後、一部分析用に切り分けた試料を除いて-20℃で冷凍保存をした。この冷凍試料を用いて、泥質津波堆積物で 4 層準、砂質津波堆積物で 3 層準、泥炭堆積物で 3 層準の計 10 層準で環境 DNA の分析を行った。堆積物から DNeasy PowerMax Soil Kit (QIAGEN 社)を用いて DNA を抽出し、真核生物 18S リボソーム RNA 遺伝子部分塩基配列 (V1-V2 領域)を対象にしたポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) を実施した。得られた PCR 増幅産物を次世代シーケンサーで解析し、シーケンスによって得られた塩基配列に対して、QIME2, BLAST+を用いて生物種のアサインを行った。

3. 結果と考察

DNA 分析の結果、泥質津波堆積物では堆積物採取地が湖沼であることを示唆する淡水性の植物プランクトンとともに、陸生のマツ垂綱、ユリ綱、キク類、バラ類などの植物 DNA が検出した。さらに、カイアシ類、カймシ類、扁形動物門など後生動物由来の様々な遺伝子配列を検出することができた。また、海生種の珪藻やわずかながらイソギンチャク、二枚貝などの海洋生物起源の DNA が含まれていた。一方、砂質津波堆積物では泥質津波堆積物に比べて DNA の保存性が悪かった。得られた DNA は、帰属生物種が明確でないものや、黄金藻類などが取得された塩基配列のほとんどを占めたが、わずかに甲殻類の仲間や軟体動物由来の DNA が検出された。通常環境時に堆積した泥炭層では植物種、動物種に多様性が見られなかった。

泥質津波堆積物で見られた多様な遺伝子配列は湖沼周辺からの碎屑物の供給を示していると考えられる。例えば、今回分析した津波堆積物中にはマツ垂綱の DNA が含まれていた。調査地周辺では津波以前に沿岸域にクロマツが植えられており、津波によってその DNA が湖沼中に供給されたものと考えられる。このように陸上由来の遺伝子情報であっても、周囲に生育していた植物・動物種の DNA が検出されればなんらかの高エネルギー現象で運ばれてきたことを示すため、泥質津波堆積物の識別ができる可能性がある。一方、砂層中では DNA の保存性が悪かったが、これは酸化的環境のために DNA が分解されてしまったと考えられる。しかしながら、砂質津波堆積物中でわずかながら検出した海洋生物の DNA は異地性の遺伝子情報を含んでいることを示しており、確度が高い物的証拠と言える。

4. まとめ

宮城県山元町の湖沼に形成された 2011 年東北沖津波による泥質堆積物、砂質堆積物および通常時堆積の泥炭に対して DNA 分析を行った。泥質津波堆積物中に海生の DNA が含まれている点、含有している DNA に多様性がある点から、環境 DNA を用いることで一般的に地層中での判別が難しい泥質津波堆積物の識別ができる可能性がある。一方で、砂質津波堆積物では保存性の観点から DNA 分析が有効であるかさらなる検討が必要である。今後は、古津波堆積物に関する環境 DNA の有効性について検討を進める。

引用文献

- Shinozaki, T., Goto, K., Fujino, S., Sugawara, D., Chiba, T., 2015. Erosion of a paleo-tsunami record by the 2011 Tohoku-oki tsunami along the southern Sendai Plain. *Marine Geology*, **369**, 127–136.
- Szczuciński, W., Pawłowska, J., Lejzerowicz, F., Nishimura, Y., Kokociński, M., Majewski, W., Nakamura, Y., Pawłowski, J., 2016. Ancient sedimentary DNA reveals past tsunami deposits. *Marine Geology*, **381**, 29–33.
- Yap, W., Switzer, A.D., Gouramanis, C., Marzinelli, E., Wijaya, W., Yan, Y.T., Dominey-Howes, D., Labbate, M., Srinivasalu, S., Jankaew, K., Lauro, F.M., 2021. Environmental DNA signatures distinguish between tsunami and storm deposition in overwash sand. *Communications Earth & Environment*, **2**, 129.

石垣島カラダギ洞窟に流入した先島津波の規模：3次元数値実験による検討
 Magnitude of the Sakishima Tsunami inundated into the Karadagi Cave in Ishigaki
 Island, Okinawa, Japan

成瀬 元（京都大学）・石原与四郎（福岡大学）

Hajime NARUSE (Kyoto University) and Yoshiro ISHIHARA (Fukuoka University)

連絡先：成瀬 元 (naruse@kueps.kyoto-u.ac.jp)

1. はじめに

琉球列島南部の宮古諸島や八重山諸島には繰り返し大規模な津波が襲来していることが古文書およびサンゴ礁岩塊（津波石）などの解析により推定されている。その中でも特に大規模なものであった可能性が高いのが、約2000年前に襲来したとされる「沖縄先島津波」である。過去の津波の規模と再来周期を推定することは、琉球列島の災害リスクを見積るためにも重要な研究課題となっている。しかしながら、琉球列島南部には堆積物の保存ポテンシャルの高い地形が少ないため、津波石は豊富に見られるものの、砂質で年代測定の容易な津波堆積物の記録は乏しい。そのため、先史時代の津波の遡上高などを推定することはこれまで困難であった。

近年になって、石原ほか（2021a, b）は、琉球列島の石垣島の洞窟堆積物中に複数の砂質津波堆積物が見られることを発見した。この地域の洞窟には、通常は石灰洞に見られないはずの外部由来の砂礫層が多く堆積している。開口部の標高は20 mを超えているにも関わらず、これらの洞窟内の砂礫層にはサンゴなどの海生生物遺骸が多く含まれていた。堆積物から測定された年代値などから、石原ほか（2021a）はこの石垣島の洞窟堆積物の主要部分が約2000年前の「沖縄先島津波」によって運搬されたものと推定している。新たに発見された洞窟津波堆積物から津波の規模や頻度が定量的に復元されれば、これまで疑問の多かった琉球列島の津波襲来史が明らかになるものと期待される。

ただし、洞窟内の津波堆積物から津波の規模を読み取るには、さまざまな技術的困難がある。既存の津波堆積物の逆解析手法は主として側方に一様な平野を遡上する津波を想定している。洞窟の地形は極めて複雑であり、そもそも洞窟内に侵入した津波がどのような振る舞いをするかについても明らかでない点が多い。

そこで、本研究は石原ほか（2021b）によって津波堆積物が報告された石垣島カラダギ洞を対象として予察的な3次元数値実験を行い、洞窟内に流入した津波浸水流の振る舞いについて観察した。そして、その結果から、実際の洞窟で見られた砂礫質の堆積物を運搬するにはどの程度の規模の津波を想定すべきなのかについて検討を行う。

2. 数値モデルと実験条件

数値実験の対象とした石垣島カラダギ洞窟は石垣島東海岸の標高22-33 mに位置し、主要部分の大きさは長さ約50 m、幅30 m、高さ11 mである。洞窟は主として2つの領域に分かれており、主要部の洞窟とそこから枝分かれした奥側の洞窟が細い穴で結合された形状となっている（図1）。この

洞窟形状をLiDAR (Leica BLK360) によって測定し、得られた点群データを STL データに変換して計算に用いた。本研究で使用したモデルは 3 次元レイノルズ平均ナビエ・ストークス式に基づいており、乱流モデルとしては RNG $k-\varepsilon$ モデルを用いた。計算には流体計算ソフトウェア Flow-3D を用い、グリッドサイズは 20 cm に設定した。初期条件としては洞窟内に津波がまだ流入していない状況を想定した。また、境界条件として洞窟の開口部に一定の水圧を与え続けることで津波の流入を再現した。

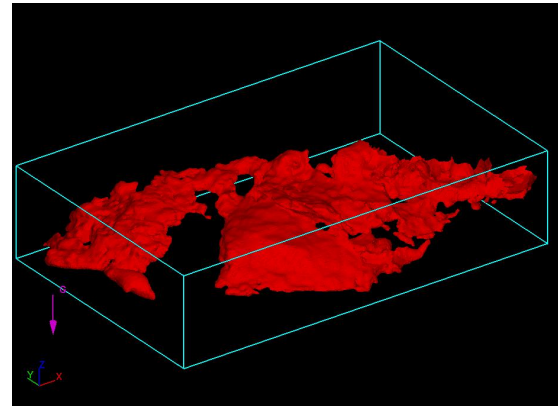


図 1. カラダギ洞窟の 3 次元形状。

3. 結果と考察

数値実験の結果、洞窟内に高速で流入する津波浸水流が再現された。流入口の水圧を基底部より 10 m 程度の高さに設定した場合、秒速 5 m を超える流速での浸水が起こり、約 10 秒程度で洞窟の主要部の最奥部まで流れが到達する。その後、流れが洞窟奥部を満たしたことで跳水が発生し、跳水の段波が上流側へ伝播することで洞窟主要部は完全に水で満たされた。さらに、主要部が完全に浸水した後に、枝分かれした奥側洞窟への浸水が起こり、約 90 秒後にはすべての領域が水で満たされた。

まだ予察的な段階ではあるが、数値実験の結果からは、礫を運搬するような高いせん断応力を浸水流が出せるのはごく短時間（約 10 秒程度）であることが推定された。計算条件によらず、高速な浸水流はすぐに洞窟の最奥部へ到達し、そこで水がせき止められて跳水が発生する。跳水が到達すると浸水流の流速は急激に減少し、計算上では運搬できるのは細粒な砂質堆積物のみとなる。実際の津波堆積物では中礫以上の粒子が豊富に含まれているが、これは掃流ではなく、流れが土石流化することで運搬されたことを想定する必要があるかもしれない。

今後は、流入条件を様々に変化させて実験を行うと共に、洞窟内シミュレーションの境界条件を洞窟外の津波浸水シミュレーションと接合することで、石垣島の先史時代の津波規模推定を目指す。



図2. 計算開始 1.2 秒後の洞窟内の浸水状況。

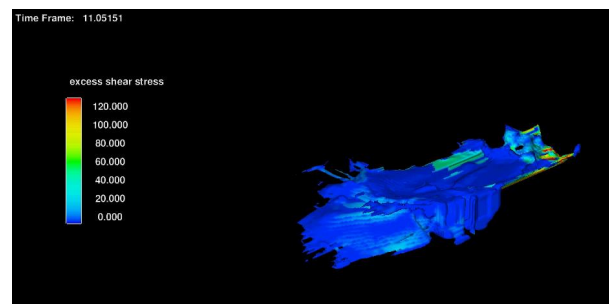


図3. 計算開始 11.1 秒後の洞窟内の浸水状況。

文献

石原与四郎ほか, 2021. 石垣島東海岸沿いの洞窟内に認められる津波堆積物. 日本地球惑星科学連合 2021 年大会講演要旨, MIS15-P07.

石原与四郎ほか, 2021. 石垣島カラダギ洞穴に認められる津波堆積物の特徴. 日本堆積学会 2021 年オンライン大会講演要旨集, 21-22.

南相馬市小高区塚原地区の沖積層に挟在するイベント層の粒子特性

Characteristics of particle grains of event deposits intercalated in the Holocene in the Tsukahara area,
Fukushima, Japan

清水康博（新潟大）・大屋那津子（新潟大）・阿部悠介（新潟大）・菅原大助（東北大）・
ト部厚志（新潟大）・石澤堯史（東北大）・青田享也（東北大）・平野史佳（東北大）
Yasuhiro TAKASHIMIZU (Niigata Univ.), Natsuko OYA (Niigata Univ.), Yusuke ABE (Niigata Univ.),
Daisuke SUGAWARA (Tohoku Univ.), Atsushi URABE (Niigata Univ.), Takashi ISHIZAWA (Tohoku
Univ.), Takaya AOTA, and Fumika HIRANO (Tohoku Univ.)
連絡先：清水康博 (takashimi@ed.niigata-u.ac.jp)

1. はじめに

南相馬市小高区塚原地区の小高川左岸の沿岸低地の 6 地点（陸側から海側へ 869 地点，870 地点，871 地点，873 地点，868 地点，および 872 地点）において掘削した 7 本のボーリングコアの堆積学的解析の結果，堆積相 A-H の 8 つの堆積相を認めた．すなわち，2011 年東北沖地震津波堆積物（堆積相 A），水田土壌堆積物（堆積相 B），氾濫原堆積物（堆積相 C），上部塩水湿地堆積物（堆積相 D），下部塩水湿地堆積物（堆積相 E），バリアー砂体堆積物（堆積相 F），ラグーン堆積物（堆積相 G），およびそれらに挟在するイベント堆積物（堆積相 H）である．

堆積相の分布と累重から解釈した古環境変遷は以下である．この地域は少なくとも紀元前 13～16 世紀頃までには泥質な堆積物が生成される静穏なラグーン環境であったと考えられる．その後，調査測線の南方を東へ流れる小高川から運ばれてきた土砂によって，現在の海岸線と平行に北方へ約 1 km に渡って成長するバリアー砂体が形成されていった．さらに埋積が進み，6 世紀頃にはラグーン環境は埋積されて干上がり塩水湿地環境へと変化した．完全に陸化した後，小高川の自然堤防背後の氾濫原環境が成立した．その後，現代の人工的に造成された．平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震津波時には，津波堆積物に覆われたが，現在ではほとんど除去されている．

年代測定の結果，主に上部塩水湿地～氾濫原堆積物中に挟在するイベント層は海側から陸側にかけて対比可能と解釈された．このイベント層は，古墳時代のイベントであり，現在の海岸線から約 1.5 km の地点まで分布する．堆積学的特徴をあわせて検討した結果，津波堆積物であると解釈した．一方，これ以外にも氾濫原堆積物，塩水湿地堆積物，およびラグーン堆積物中に多くのイベント層を確認している．しかしながら，これらのイベント層の発生原因は，調査地点間での対比の困難さや年代データが不足しているため，よく分かっていない．本研究では，これらのイベント層の粒子特性について紹介する．

2. 結果と考察

氾濫原堆積物および上部塩水湿地堆積物中に挟在する古墳時代津波堆積物の粒子形状解析から求めた粒子アスペクト比，粒子円形度，および等面積相当径と現海岸線からの距離や層厚の間に明瞭な関

係性を認めることが出来なかった。一方、レーザー回折・散乱法から求めた最頻径と現海岸線からの距離にはサンプル数が少ないものの中程度の内陸細粒化傾向の相関があると判断された。粒度組成は現世海浜のそれに近く、現世河川とは異なっていた (Fig. 1)。

氾濫原堆積物中に挟在するイベント堆積物の粒度組成は、現世海浜のそれに近く、現世河川とは異なっていた。下部塩水湿地、ラグーン堆積物中に挟在するイベント堆積物の粒度組成は、ほとんどのイベント層において現世海浜のそれに近く、現世河川とは異なっていた。しかしながら、最も内陸の872(2)地点では、現世海浜のそれとは異なり、現世河川に類似する特徴を持っていた。

これらのことは、粒度特性の検討から、起源推定のための傍証を得られる可能性があることを示唆している。引き続き、試料数を増やし検討を続ける必要がある。また粒子形状解析については、対象とする粒子数が少なかった可能性があり今後再検討する予定である。

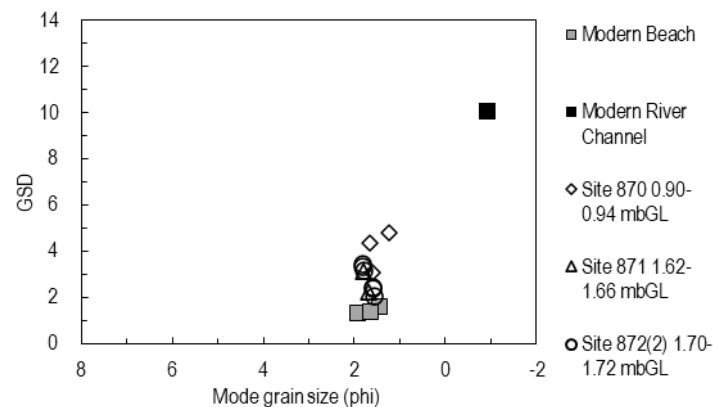


Fig. 1 古墳時代津波堆積物のレーザー回折・散乱法から求めた最頻径と幾何標準偏差の関係

津波による陸棚堆積物の再移動：2011 年東北沖津波による仙台湾の表層堆積物の変化から

Shelf sediment remobilization by the 2011 Tohoku-oki tsunami from a comparison of pre- and post-tsunami surface sediments on Sendai Bay

池原 研（産総研・地質情報）・入野智久（北海道大学）・

齋藤文紀（島根大学，産総研）

Ken Ikehara (Geol. Surv. Japan, AIST), Tomohisa Irino (Hokkaido Univ.),

Yoshiki Saito (Shimane Univ., Geol. Surv. Japan, AIST)

連絡先：池原 研 (k-ikehara@aist.go.jp)

巨大津波は表層堆積物を移動させ、海底環境に大きな影響を与える。しかし、津波による沖合の堆積物の再移動・再堆積や海底の変化については、まだ十分に理解されているとはいえない。仙台湾では 1985 年に、地質調査所（当時）により全域に渡る表層堆積物の採取が行われ、表層堆積物の粒度組成と堆積構造が把握されていた (Saito, 1989; Saito et al., 1989)。そこで 2012 年 8 月～9 月に仙台湾内側陸棚で、1985 年の調査地点と同じ位置の 50 地点（1985 年の調査地点の約 1/3）から表層堆積物の採取を行い、2011 年東北沖地震・津波による粒度組成と堆積構造の変化の把握を試みた。

仙台湾の内側陸棚には、水深 15～50m の平坦面が広がっており、その北部（石巻～牡鹿半島西方沖）と北西部（仙台港沖）にはシルトが、中部～南部には淘汰がやや悪い礫混じりの中粒～粗粒砂が広く分布する。水深 120～145m の外側陸棚の平坦面と内側陸棚の平坦面とを隔てる斜面は泥質堆積物で覆われ、特に北側の牡鹿半島沖ではシルトが広く分布する。外側陸棚の平坦面は、泥質砂から砂質泥で覆われる。

2012 年の調査結果でも、内側陸棚の堆積物分布の概要は変化していなかったが、牡鹿半島西方ではシルトの分布域がやや南方及び西方に拡大していた。1985 年には生物擾乱が発達していた内側陸棚のシルトは、2012 年には塊状あるいは上方細粒化を示す構造に変わっていた。これらのシルトには ^{134}Cs と ^{137}Cs の両方が確認でき、両者の比は福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウムの比よりも低い値を示した。泥質堆積物のもう 1 つの変化は、阿武隈川と名取川河口沖で認められ、ここでは含泥率が変化していた。一方、内側陸棚中部～南部の礫混じり砂には含泥率の大きな変化はなかったが、含礫率や砂のモードに変化が認められた。礫混じり砂の最表面には、数 cm 程度の厚さの塊状でやや上方に細粒化し、下位の砂とわずかに粒度組成の異なる砂が、比較的明瞭な面を境に認められた。地点によっては、下位の砂に発達する生痕がこの境界面で切られていた。

1985 年と 2012 年の仙台湾内側陸棚の表層堆積物の分析結果は、泥質堆積物と砂質堆積物のいずれでも粒度組成や堆積構造に違いを示した。2012 年の泥質堆積物には、福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウムを含むこと、生物擾乱をほとんど持たないことから、2011 年東北沖地震・津波に関係するものと考えられる。また、放射性セシウムの比が福島第一原子力発電所事故由来のものよりも低いことは、 ^{134}Cs を含まない若い表層堆積物が再懸濁し、再堆積の過程で ^{134}Cs を取り込んだことで

説明可能である。内側陸棚中部～南部の礫混じり砂の最表面に認められる塊状の砂は、直接堆積年代を示すデータはないものの、その分布が水深約 100m にまで達し、1985～2012 年の期間に観測された波浪での再移動・再堆積では説明し難いことから、2011 年の津波によるものである可能性が高い。したがって、津波による表層堆積物の再移動は、仙台湾内側陸棚のほぼ全域で起こったと推測される。

仙台湾内側陸棚の泥質堆積物中に挟在する砂質堆積物はストーム堆積物と考えられてきた (Saito, 1989)。今回採取されたシルト層は上方細粒化を示し、報告されたストーム堆積物の上部とよく似ている。このことは、ストーム堆積物とされてきたものの少なくとも一部は、過去の津波により形成された堆積物である可能性を示唆する。新たに堆積したシルト層の厚さの分布から、再懸濁し、再堆積したシルト層の体積は $20 \times 10^6 \text{ m}^3$ と計算できる。仙台湾の外側陸棚やその沖合では、2011 年の地震・津波起源と考えられる混濁流の発生やタービダイトの形成が報告されている (Arai et al., 2013; Ikehara et al., 2014, 2021; Usami et al., 2017)。したがって、仙台湾内側陸棚で再懸濁した堆積物粒子の少なくとも一部は、沖合に混濁流となって流出したと考えられる。日本海溝底の 2011 年のイベント堆積物は珪藻質で石灰質微化石を含まないが、869 年貞観地震・津波によると考えられるイベント堆積物には石灰質微化石が特徴的に含まれる (Ikehara et al., 2016)。このことは、津波により形成された浅海域の擾乱が深海底に保存される可能性を示す。また今回の結果は、プレート境界型巨大地震とそれによる津波が発生する活動的縁辺域では、陸棚の堆積作用に津波のようなテクトニックイベントが関与している可能性を示唆する。

文献 : Arai, K. et al. (2013) *Geology*, 41, 1195-1198; Ikehara, K. et al. (2014) *Mar. Geol.*, 358, 120-127; Ikehara, K. et al. (2016) *Earth Planet. Sci. Lett.*, 445, 48-56; Ikehara, K. et al. (2021) *Sed. Geol.*, 411, 105791; Saito, Y. (1989) In: *Sedimentary Facies in the Active Plate Margin*, 331-344; Saito, Y. et al. (1989) *Mar. Geol.*, 89, 245-258; Usami, K. et al. (2017) *Mar. Geol.*, 384, 214-224.

簡便に粒度分布を成分分離する試み

A simple method of separating components of grain-size distribution

山口直文（茨城大学）

Naofumi Yamaguchi (Ibaraki University)

連絡先：山口直文 (naofumi.yamaguchi.sci@vc.ibaraki.ac.jp)

堆積物の粒度分布は、その起源や堆積過程などを復元する手がかりとなる。一般に、粒度分布の特徴を定量的に方法として、中央粒径や淘汰度、歪度といった指標を用いて議論が行われてきた。しかしこうした指標は、例えば湖沼堆積物のような複数の起源を持つ堆積物が混合されている複雑な粒度分布では、その値の意味付けが難しく、極端に大きな値を取る場合もある。こういった複雑な粒度分布を扱う際に、いくつかの成分に分離して検討する方法はこれまでも提案されてきたが、分離する成分数の決定や分離手法において主観に依るところが大きい場合や有料のソフトウェアが必要な場合が多く、誰でも簡単に行えるとは言い難い。そこで本研究では、オープンソースのフリーソフト環境で、簡便かつ定量的に粒度分布を分離する方法を試み検討を行った。

解析には統計解析アプリケーションである R (Ver. 4.1.2) を用い、公開されているパッケージを活用することで、phi スケール上の粒度分布を複数の正規分布に分離した。正規分布に分離する場合には、分布を構成する成分数を指定する必要がある。与えられた粒度分布に対して適切な成分数を定量的に決定する方法として、混合正規分布の成分数評価にしばしば用いられるベイズ情報量基準 (BIC) および特異ベイズ情報量基準 (sBIC) をこの研究では使用した。また、分離される正規分布のパラメータ推定は、同様の問題に一般的に用いられている Expectation-Maximization (EM) アルゴリズムを使用した。この研究では、BIC および sBIC の値の算出には R の mclust (Ver. 5.4.9; Scrucca et al., 2016) および sBIC (Weihs, 2016; Ver. 0.2.0) パッケージを、分離される正規分布のパラメータ推定には mclust パッケージをそれぞれ用いた。

この分離方法の特徴と妥当性を検討するため、正規分布を 2 から 6 成分混合した人工的な粒度分布データを作成し、上述の手法で分離を試みた。成分数の決定について BIC および sBIC を用いた結果は、実際の成分数が大きくなるにつれて、ともに推定される成分数が過小評価となる傾向が見られた。特に成分数が 4 を超えた場合に BIC の値が過小評価となる傾向が多く見られた一方で、sBIC では過大評価になる場合が増える傾向も見られた。EM アルゴリズムによって分離された正規分布の各平均値は概ね正しい値が推定されていた。今回の主に R の mclust パッケージを使用した成分分離は、計算コストも小さく簡便な方法として実用的であると考えられる。しかし、より正確な標準偏差などの推定が必要な場合には、マルコフ連鎖モンテカルロ法など別の計算方法の使用も検討する必要がある。

文献：

Weihs, L. (2016). sBIC: Computing the Singular BIC for Multiple Models. R package version 0.2.0.

Scrucca L., Fop M., Murphy T. B. and Raftery A. E. (2016) mclust 5: clustering, classification and density estimation using Gaussian finite mixture models. *The R Journal* **8**, 289–317.

徳之島下原洞穴遺跡の人為的堆積物

Anthropogenic Sediments in the Shitabaru Cave Site, Tokunoshima Island

松本圭太・石原与四郎(福岡大学)・具志堅亮(天城町教育委員会)

Keita Matsumoto, Yoshiro Ishihara (Fukuoka University),

Gushiken Ryo (Board of Education in Amagi-cho)

連絡先: 石原与四郎 (Ishihara@fukuoka-u.ac.jp)

洞窟や岩陰は昔の人類が好んで居住地として利用されていた場所である (Goldberg and Sherwood, 2006). 洞窟のような環境には, 野外では通常保存されにくい自然の堆積物に加え, 人為的な関与が認められる堆積物 (人為的堆積物; Anthropogenic sediments; eg., Karkanas and Goldberg, 2018) が良く保存されている. このような洞窟の堆積物は, 環境の変化や人間活動などを読み解くために重要な役割を果たしていると言える. 近年, 南西諸島の洞窟では, 旧石器時代のものも含む遺跡が多く発見されるようになってきた. このような遺跡では, 産出している化石や遺物の研究は詳細に行われている一方で, 人為的作用によって形成された堆積物の研究事例は少ない.

徳之島南西海岸沿い, 標高約 90 m に位置する下原洞穴遺跡には, 洞窟内部の平坦な場所に約 7000~2 万 5000 年前の堆積物が認められ, 土器, 石器, 人骨や動物の骨などの遺物が多く産出する (天城町教育委員会, 2020). これらの遺物を含む堆積物には, 下位の不自然な侵食の構造や炉跡や礫の集合部など人為的関与が疑われる堆積構造も見られている. 本研究では, 下原洞穴遺跡の下部洞口のピット内における露頭観察のほか, 堆積物固化試料, 薄片観察, 粒度分析, 粒度組成, はぎ取り試料の観察を行った.

調査の結果, 下原洞穴遺跡には, 通路や居住地としての利用が推定される(1)踏みつけ相, 炉跡としての利用が推定される(2)燃焼相, 投棄や掃除, かき集める行為など粒子の移動が伴う行為が推定される(3)攪拌相, 穴を掘った痕跡である(4)掘削相, 不要物の廃棄が推定される(5)廃棄相の 5 種類の人為的堆積作用を認定した. これらはそれぞれ, その強度や特徴から細分される.

認められた堆積相を遺跡のピット内に反映すると, 頻度や側方共存関係から下位から Phase 1~Phase 4 に区分される. Phase 1 (~約 25000 年前) は顕著な人為的堆積物が認められず, 上部に行くほど攪拌されている特徴がある. 炭の集合部や焼けた骨片などがみられるが, 数が少なく石器などが見つからない点から人類の利用が少なかったと考えられる. Phase 2 (約 1 万 3000~1 万 4000 年前) の土壌には団粒構造が認められ, よく攪拌が行われている. 垂直方向への掘削が行われ, 穴の下部には骨の廃棄が認められる. Phase 3 (約 7000~8000 年前) には炉跡が顕著で, その周辺には, 廃棄相がみられる. 下位は貝殻片が多いが, 上位は骨片が多くみられ, 食性の変化が示唆される. また, 上位ほど有機質であることから人類の頻繁な利用が示唆される. Phase 4 (約 7000 年前) は, 土壌の強い攪拌や廃棄が顕著である. 表層では踏みつけ相や燃焼相がみられることから人類の頻繁な利用が推定される.

引用文献: 天城町教育委員会, 2020, 下原洞穴遺跡コウモリイヨ一遺跡発掘調査報告書: 平成 28~31 年度町内遺跡発掘調査等事業に係る埋蔵文化財発掘調査報告書, 217p.; Goldberg, P. and Sherwood, S., 2006, *Deciphering Human Prehistory Through the Geoarchaeological Study of Cave Sediments. Evolutionary Anthropology*, 36p.; Karkanas, P. and Goldberg, P., 2018, *Reconstructing Archaeological Site: Understanding the Geoarchaeological Matrix*. Wiley-Blackwell, 279p.

東京湾の表層堆積物に含まれるマイクロプラスチックの分布 Distribution of microplastics in shallow sediments in Tokyo Bay

中藤雄剛・戸丸仁（千葉大）

Yugo Nakafuji, Hitoshi Tomaru (Chiba Univ.)

連絡先：中藤雄剛 (ynakafuji777@chiba-u.jp)

現代社会ではプラスチック製品は生活に欠かすことができなくなっている反面、不適切な方法で海洋に排出されたマイクロプラスチックは海洋生物に物理的、化学的な害を与え、また食物連鎖を通じ人間にも影響を及ぼすと懸念されている。そのため、海洋におけるマイクロプラスチックの動態の解明は、環境の保全だけでなく、持続可能な海洋環境の保持のためにも喫金の課題である。

東京湾では多摩川、荒川、江戸川、養老川などからマイクロプラスチックが流入しており、湾内の海水の動きによって、その分布が制約されていると考えられる。本研究では、東京湾内の複数の地点で表層堆積物を取得し、その中に含まれるマイクロプラスチックの種類や形状、量を決定し、マイクロプラスチックの分布を決める要因を考察した。

多摩川、荒川、江戸川、養老川の河口域から 5–6 km 程度離れた場所の堆積物にマイクロプラスチックが含まれていた。マイクロプラスチックの移動限界流速は同サイズの堆積物のそれよりも小さいため、河川から海洋に流入して直ちに堆積するのではなく、湾内の恒流の影響を受けて沖合に運搬されてから堆積していることが明らかになった。また恒流の季節変動がその分布に影響している可能性が示唆された。これらのマイクロプラスチックは、養老川沖合ではポリスチレンのみであったが、そのほかの点では複数の種類が確認された。これは多摩川、荒川など北西部の大河川からより多くのマイクロプラスチックが供給されていることと夏季の反時計回りの恒流を反映していると考えられる。

また、マイクロプラスチックの形状は繊維状、粒子状であったが、繊維状のほうがより多くの点で確認することができた。これは、繊維状堆積物の方が生体膜や糞便に取り込まれやすく、海水よりも密度が小さいポリエチレン、ポリプロピレンや海水と同等程度の密度を持つポリスチレンなどでも、重さが増して沈降するためであると考えられた。

泥質内湾環境における泥質洪水堆積物の特徴と分布様式：東京湾の例

Characteristics and spatial variations of muddy flood deposits in a muddy embayment: Tokyo Bay, central Japan

西田尚央・高山ゆりな（東京学芸大）・天野敦子（産総研）・古山精史朗（東京海洋大）

Naohisa Nishida, Yurina Takayama (Tokyo Gakugei University), Atsuko Amano (AIST), and
Seishiro Furuyama (Tokyo University of Marine Science and Technology)

連絡先：西田尚央 (nishidan@u-gakugei.ac.jp)

沿岸－浅海環境においては、突発的な洪水流に伴う河川からの土砂供給によって、砂質堆積物（例えば, Saitoh and Masuda, 2013）や泥質堆積物（例えば, 片山ほか, 2007; Ikehara et al., 2020）が広く形成される。しかし、外洋に面した浅海環境の場合、特に泥質な洪水堆積物は、地形的な凹地をのぞき保存される可能性は小さい（片山ほか, 2007; Ikehara et al., 2020）。一方、閉鎖的な内湾環境の場合は、泥質な堆積物でも保存される可能性が高いと考えられるが、従来、必ずしも十分に検討されていない。本研究の目的は、東京湾を例に、内湾環境における泥質な洪水堆積物の特徴とその分布様式を明らかにすることである。

東京湾は、南北に 50 km、東西に 30 km の大きさで、平均水深は 15 m である。最大有義波高は 1.07 m（2020 年）である。泥質堆積物が広く分布し、平均的な堆積速度は 0.97–1.29 cm/y である（嵯峨・本多, 2008）。本研究では、多摩川河口沖を中心に湾内の 11 地点（水深 3–33.3 m）を設定し、東京海洋大の実習艇ひよどりで調査を行った。各調査地点では、主にグラビティーコアラを用いて堆積物試料を採取した。得られた試料について、肉眼観察、CT 画像撮影、粒度分析、粘土鉱物組成分析を行った。

各地点から、長さが 18–99 cm のコア試料が得られた。多摩川河口の地点は砂質泥（中央粒径 8.9–63.3 μm ）で、それ以外の地点はいずれもシルトによって主に構成される（中央粒径 7.3–20.9 μm ）。粘土鉱物組成は、イライトとクロライトを主体とすることで共通し、多摩川水系に分布する堆積物と一致する。全体を主に構成するシルトは顕著な生物擾乱によって特徴づけられるが、一部で、上下の境界面が明瞭で黒色や灰色の薄層が認められる（厚さ 0.1–2.5 cm）。薄層内部の垂直方向の粒度変化に注目すると、上方細粒化、上方粗粒化、上方粗粒化して細粒化、明瞭な粒度変化を示さない、という 4 つのパターンが認められる。また、上位から侵入したものをのぞき生物擾乱は認められない。これらの薄層は、各地点で合計の厚さと挟在頻度が河口に近いほど大きい傾向がある。

薄層の岩相の特徴は、速い堆積速度で形成されたことを示す。また、空間分布の特徴もふまえると、洪水流起源で形成されたと解釈される。このような薄層は厚さ 10 cm 単位で最大 7 層、平均で 1.8 層の割合で挟在する。平均堆積速度を考慮すると、各薄層は、平均で数年に 1 枚形成されたとみなせる。したがって、数年に 1 回程度発生する大規模な洪水流によって形成される堆積物が、内湾堆積物全体の中でも重要な構成要素になっていると考えられる。

<文献> Ikehara, K. et al., 2020, Geological Society Special Publication 505, 14; 片山 肇ほか, 2007, 地質調査研究報告, 58, 189–199; Saitoh, Y., Masuda, F., 2013, Journal of Sedimentary Research, 83, 221–233. 嵯峨 浩子・本多照幸, 2008, フィッショントラックニュースレター, 21, 28–30.

猪苗代湖底，極表層堆積物に見られる 2011 年地震性タービダイトと 1888 年磐梯山
噴火起源ハイパーピクナイトの特徴

The 2011 earthquake-triggered turbidite and the 1888 eruption-induced hyperpycnite
in Lake Inwashiro-ko, Fukushima, Japan

片岡香子（新潟大学・災害・復興科学研究所）・長橋良隆（福島大学・共生システム理工学類）

・ト部厚志（新潟大学・災害・復興科学研究所）

Kyoko Kataoka (Niigata Univ.), Yoshitaka Nagahashi (Fukushima Univ.), Atsushi Urabe (Niigata Univ.)

連絡先：片岡香子 (kataoka@gs.niigata-u.ac.jp)

1. はじめに

湖沼堆積物は，一般的に堆積速度が速く連続して堆積するため，高い時間分解能を有し，古環境変動のみならずイベント記録解明のための良好な研究対象である．日本の湖沼堆積物には，過去の地震や洪水，火山泥流などのイベントがタービダイトやハイパーピクナイトとして堆積物中に記録される可能性が高いものの，それらイベント堆積物を区別する空間分布や堆積相の特徴については不明な点が多い．本研究では，層序関係および柱状堆積物における放射性セシウムの鉛直濃度プロファイル，堆積速度換算から，2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震時のタービダイトと 1888 年磐梯山噴火時の岩屑なだれとラハールの延伸となるハイパーピクナイトと判別できる堆積物（Kataoka and Nagahashi, 2019；長橋ほか，2022）の空間的分布の特徴について報告し，流下過程を考察する．

2. 2011 年地震性タービダイトと 1888 年磐梯山噴火起源ハイパーピクナイトの特徴

本研究対象の福島県猪苗代湖は，湖面積 103 km²，最大水深 94 m の火山性せき止め湖で，鍋底状の地形が特徴である．これまで著者らは，2012 年湖上ボーリング（水深 90 m：28 m 長），2013 年ピストンコアリング（水深 44～68 m：7～8 m 長），2015～2021 年重力式コアラ（水深 60 m 以深：30～50 cm 長），2021 年のピストンコアリング（水深 85 m～94 m：3.4～7 m 長）により，猪苗代湖底のさまざまな深度における堆積物を 40 以上の地点で網羅的に採取してきた．そのうち，湖底の極表層 50 cm 程度までには，2011 年地震性タービダイトとそれより下位にある 1888 年磐梯山噴火起源ハイパーピクナイトの 2 つのイベント堆積物が見られることが多い．

2011 年地震性タービダイト：暗オリーブ灰から灰色を呈する塊状シルト質堆積物で，層厚は湖心部（水深 92.5 m 以深）で 23～27 cm，湖心部から東-南東-南南東斜面の水深 70 m 以深で数 cm～14 cm，南西斜面の水深 75 m の地点で 10 cm である．特に湖深部で厚く堆積する．なお，北側斜面の多くの地点では堆積物は観察されていないが，長瀬川デルタの河口沖の水深 90 m の地点ではコア最上部の 25～80 cm 程度がスランプ状の堆積物として認められる．ただし，これはコアリングの際の変形による可能性もある．堆積物の淘汰は良いから中間，砂質シルトから粘土質シルトへと上方へ弱く細粒化する．基底部数 cm が極細粒砂～細粒砂である場合や，基底部に極細粒砂～細粒砂の数ミリの薄層を挟む場合がある．堆積物は珪藻殻の破片や泥粒子に富み，部分的に水棲植物の極細い根を含む．下部

の砂質部の構成粒子組成は、地点により若干異なる。このような特徴は、2011 年の地震時に湖内の複数の斜面で崩壊が発生し、湖深部に流下したことによる amalgamated turbidite (Van Daele et al., 2017) や、鍋底状の地形効果を受けた ponded turbidite (Haughton, 1994) が形成された可能性を示す。

1888 年磐梯山噴火起源ハイパーピクナイト：茶灰色を呈する塊状粘土質堆積物を主体とする。層厚は湖心部で 7~7.8 cm, 北側斜面では水深 60 m 地点で層厚 1 cm, 水深 85 m 地点で 4.2 cm, 水深 90 m 地点で 5.5 cm, 南側斜面では水深 90 m 地点で 3.4~4.9cm, 水深 85m 地点では 0.3~3.8 cm となる。長瀬川デルタの河口沖の水深 90 m の地点では、変形構造を伴った茶灰色堆積物が 20 cm 以上の層厚で認められる。堆積物は湖深部で厚くなるものの、2011 年タービダイトに比べ、薄く広く分布する。堆積物は 2 つのタイプに分けられ、1) 正級化あるいは無級化の、淘汰の良いシルトから粘土質シルト、2) 最下部の数 mm から 1.5 cm 厚が粘土質で、その上位にやや粗いシルトから粘土質シルトへ正級化するもの、があり、流れのハイドログラフの変化に応じた堆積過程 (Mulder et al., 2001) が示唆される。粘土質の部分は、上下の湖成粘土 (バックグランド堆積物) よりも細粒であることが多く、主として泥の粒子からなり、珪藻殻の破片は少ない。このような特徴は、堆積物が湖外に由来し、噴火に伴う岩屑なだれやラハールが長瀬川河口部からハイパーピクナル流として北側斜面を流下したこと、また流れは湖深部を越えて、南側斜面を遡上した可能性を示唆する。

文献

- Haughton, P.D.W., 1994, Deposits of deflected and ponded turbidity currents, Sorbas Basin, southeast Spain. *Journal of Sedimentary Research*, A64, 233–246.
- Kataoka, K.S. and Nagahashi, Y., 2019, From sink to volcanic source: Unravelling missing terrestrial eruption records by characterization and high-resolution chronology of lacustrine volcanic density flow deposits, Lake Inawashiro-ko, Fukushima, Japan. *Sedimentology*, 66, 2784-2827.
- Mulder, T., Syvitski, J.P.M., Migeon, S., Faugères, J-C., Savoye, B., 2001, Marine hyperpycnal flows: initiation, behavior and related deposits. A review. *Marine and Petroleum Geology*, 20, 861–882
- 長橋良隆・片岡香子・難波謙二, 2022, 猪苗代湖の湖底堆積物に記録された放射性セシウムの鉛直プロフィールに基づく福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウムの将来予測. 地学雑誌, 印刷中.
- Van Daele, M., Meyer, I., Moernaut, J., De Decker, S., Verschuren, D., De Batist, M., 2017, A revised classification and terminology for stacked and amalgamated turbidites in environments dominated by (hemi) pelagic sedimentation. *Sedimentary Geology*, 357, 72-82.

上田泥流堆積物の粒度と堆積構造の側方変化に基づいた堆積プロセス

Depositional process of the Ueda mudflow deposit based on lateral transition of grain sizes and sedimentary structures

石田美津希（信州大学大学院総合理工学研究科，現：オリエンタルコンサルタンツ）

・村越直美（信州大学理学部）

Mizuki ISHIDA (Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, currently Oriental Consultants Co. Ltd.), Naomi MURAKOSHI (Faculty of Science, Shinshu University)

連絡先：石田美津希 (ishitomidu@gmail.com)

1. はじめに

岩屑なだれ（水を含まない土砂の流れ）が水に流入し、「ウェットな」流れになると、その粒子堆積の物理的プロセスが変化する。この堆積プロセスを復元するため、上田泥流堆積物（上田高校，1975）の堆積相解析を行い、上田泥流堆積物中においてどの部分が水を含む、または含まない流れだったか検討した。

水を含む土砂の流れプロセス（土石流、ハイパーコンセントレイテッド流、河川流）は、流れの種類により堆積物の粒度組成と堆積構造が異なる（Smith, 1986）。上田泥流堆積物の解釈には相対する二論が提示されており、約2.4万年前の浅間火山黒斑山の大規模山体崩壊で発生した岩屑なだれが北（大桑岩屑なだれ）と南（塚原岩屑なだれ）^{つかばら}の方向に流下し、塚原岩屑なだれの一部が当時の千曲川に流入し全体的に水を含み上田泥流となって流下した（高橋・三宅，2012）というものと、上田盆地において全体的に上田泥流が水をほとんど含まない流れだったとする富樫・横山（2015）の主張である。両論文が論拠とした露頭は、高橋・三宅（2012）が3露頭（佐久盆地内の1カ所，上田盆地内の2カ所），富樫・横山（2015）が1露頭（上田盆地内の上田城址周辺）と局地的であり数が少ないため、上田泥流堆積物全体にわたってのどの部分が水を含むまたは含まない流れだったかを明らかにする必要がある。

2. 方法

上田泥流（塚原岩屑なだれ）堆積物を含む12露頭（給源から近い順に、佐久盆地西縁，御牧ヶ原台地の北，八重原台地の北，上田盆地）の観察・記載をし、地層の層厚，粒度，堆積構造，角礫円礫比に基づいて堆積柱状図を作成し対比した。上田泥流（塚原岩屑なだれを含む）堆積物を粒度と色に基づきブロック部とマトリックス部とに分類し，粒度と堆積構造に基づいて堆積ユニットを設定しそれらの流れプロセスを復元した。さらに堆積ユニット間の相互変化（垂直変化と側方変化）を検討し，浅間火山の山体崩壊による上田泥流（塚原岩屑なだれ）堆積物の堆積イベントおよび堆積プロセスを復元した。

3. 結果

上田泥流（塚原岩屑なだれを含む）堆積物に堆積ユニット（A～J）を認定した（表1）。上田泥流堆積物の大部分はユニットAで，巨礫～粘土サイズで成層構造がなく無級化で基質支持で角礫円礫比が9

対1で、ブロックが多く含まれる。FとJは明瞭な境界で、Hは不明瞭な境界でAを覆う。BとGは不明瞭な境界で、染屋層と火山灰質堆積物は明瞭な境界でAにより覆われる。DはAから側方変化する。

表1 上田泥流（塚原岩屑なだれを含む）堆積物の堆積ユニットと流れプロセスとの関係。

堆積 ユニット	代表粒度	粒度範囲	成層構造	級化構造	粒子支持構造	流れ プロセス
A	中礫層	巨礫～粘土	なし	なし	基質支持	土石流
B	巨礫層	巨礫～粘土	なし	なし	基質支持	
C	細礫層	巨礫～粘土	なし	なし	上部：基質支持 下部クラスト支持	
D	中礫層	大礫～粘土	なし	なし	基質支持	
E	中礫層	大礫～粘土	なし	なし	クラスト支持	ハイパーコ ンセントレ イテッド流
F	中礫層	巨礫～粘土	互層（砂と大礫）	なし	—	
G	中礫層	巨礫～粘土	互層（砂と中礫）	なし	—	
H	シルト層	細粒砂～粘土	砂泥互層	なし	—	
I	中粒砂層	粗粒～細粒砂	波状葉理/層理	なし	—	
J	シルト層	細粒砂～粘土	砂泥互層	なし	—	河川流

4. 堆積プロセスの復元

上田泥流（塚原岩屑なだれを含む）堆積物の堆積ユニットの特徴は、A～Dが土石流（水をほぼ含まない流れ）、F～Iがハイパーコンセントレイテッド流（水をよく含んだ流れ）、Jが河川流（水をよく含んだ流れ）として流下したことを示す（表1）。Aにブロックが多く含まれることは、Aが集合運搬され一気に堆積したことを示す。Bに下位への削り込み構造が見られ、AよりBの円礫比が高かったことは、Bが染屋層（円礫層）の円礫を取り込んで堆積したことを示している。FとGの成層構造を示す個々のセット内に級化構造が見られないことは、FとGが各個運搬のような粒子選別を十分に受けずに急速に堆積したことを示している。

堆積ユニットの層序に基づき、Aが佐久盆地西縁を北流する当時の千曲川を北の方向から堰き止めるように堆積し、溢れた水がAの物質を取り込んでAの上位を流下し堆積したと考えられる（ユニットA, F, H, J）。佐久盆地西縁における上田泥流（塚原岩屑なだれ）堆積物は、少なくとも2～4回の土石流イベントにより形成された（ユニットA, I, C, E）。御牧ヶ原台地の北では、Aの下部が流下中に河川性堆積物からなる染屋層を削り込みBへと流れ遷移し、Bが水をほぼ含まない流れとして堆積した（ユニットA, B）。上田盆地の一部では、Aの下部が流下中に湿地性堆積物からなる染屋層を削り込みGへと流れ遷移し、Gが水を多く含んだ流れとして堆積した（ユニットA, G）。上田盆地西部では、Dが穏やかな流れから堆積した（ユニットA, D）。

5. 謝辞

野外調査費の一部は公益財団法人深田地質研究所の2019年度「深田野外調査助成」助成金を使用した。

6. 引用文献

長野県立上田高等学校地質班, 1975, 上田泥流の起源をもとめて. 科学の実験, 日本学生科学賞選集, **10**, 219-224, 共立出版.

Smith, G. A., 1986, Coarse-grained nonmarine volcanoclastic sediment: Terminology and depositional process. Geological Society of America, Bulletin, **97**, 1-10.

高橋康・三宅康幸, 2012, 長野県上田市周辺に分布する上田泥流の起源. 日本火山学会講演予稿集2012, p. 147.

富樫均・横山裕, 2015, 上田盆地の地形発達と上田泥流の起源. 長野県環境保全研究所研究報告, **11**, 1-8.

新潟県八石背斜両翼間における鮮新・更新統の岩相変化からみた堆積環境の違い

Differences in depositional environments based on lithological changes
of Plio-Pleistocene strata between both limb of Hachikoku Anticline,
Niigata Prefecture, central Japan.

田中綾香・保柳康一（信州大学）

Ayaka Tanaka, Koichi Hoyanagi (Shinshu University)

連絡先：田中綾香 (21ss410c@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

研究地域の新潟県長岡市から柏崎市に位置する八石背斜周辺には、主に鮮新統～更新統の堆積岩類（一部火山岩類）が分布する。この地域ではこれまで多くの研究が進められており、下位から程平層、八石山層、菅沼層、八王子層及び魚沼層群が累重することが明らかとされている（小林ほか，1989 など）。近年ではシーケンス層序学による堆積盆解析が進められ、新潟堆積盆内各地域におけるシーケンス層序の概要が明らかになっている（荒戸ほか，1994；高野，1998 など）。

しかしながら、本研究地域の先行研究において魚沼層群より下位での研究例は少なく、八石背斜の両翼での対比は十分に行われていないことから、両翼での調査を行った。その結果、両翼間で同層準における岩相の違いが複数認められた。本研究では、八石背斜両翼間での岩相変化を基に両翼間での堆積環境の違いとその原因を考察することを目的とする。

2. 研究手法

野外調査では 1/1000 または 1/2500 のルートマップを作成し、このデータから柱状図及び地質図を作成した。さらに堆積相解析を行い、両翼での対比を行った。

また両翼間での堆積環境の違いとその原因を考察するにあたり分析を行った。泥質試料を厚さ約 10 m 間隔でサンプリングし、全有機炭素量分析、全窒素量分析、安定炭素同位体比分析、全硫黄量分析、粒度分析を行った。

3. 両翼間の岩相変化

八石背斜両翼での野外調査の結果、大きく 3 点の岩相変化が認められた。以下に下位から順に、岩相変化の詳細を述べる。

1 つ目は、両翼での八石山層の岩相の違いである。東翼では主に暗灰色シルト岩と粗粒な凝灰岩がみられたのに対し、西翼ではおもに最大で 1m 程の角礫を含むハイアロクラスタイトがみられた。

2 つ目は、菅沼層中において東翼のみで砂層や炭質物を多く含む層がみられたことである。これは菅沼層中の陸棚環境に流れ込んだハイパーピクナイトであると考えられる。

3 つ目は魚沼層群の両翼間の層厚の違いである。八王子層までは両翼で同程度の層厚で堆積しているのに対し、魚沼層群の層厚が東翼に比べ西翼の方が薄くなっていた。

4. 両翼間の岩相変化に基づく堆積環境の違い

上記に述べたような岩相変化は、八石山層にみられる海底火山の噴火が堆積場に影響を及ぼしていたためであると考えられる。八石山層の岩相から、海底火山の噴火の中心が調査地域の南西、つまり西翼側にあったことが示されており（小林ほか，1988），西翼側に地形的な高まりをつくっていたことが考えられる。

しかし、八石山層より上位の菅沼層や八王子層では両翼間での層厚の差異はほとんどみられなかった。これは菅沼層や八王子層が主に泥岩、シルト岩、砂岩泥岩互層からなっており、サスペンションから堆積したために、地形的な影響を受けずに両翼に同じように堆積したためであると考えられる。ただし、菅沼層中では東翼にのみハイパーピクナイトがみられたり、八王子層の層厚が東翼の方が200 m 程厚くなったりしていた。これは東翼側で南東から前進するデルタ（荒戸ほか，1994）に接続し、東翼側が堆積場の中心となっていたためであると考えられる。

またこれと同様の理由で魚沼層群の層厚の違いも生じたと考えられる。東翼側がデルタに接続していたために碎屑物の供給が西翼より多くなったと考えられる。また魚沼層群は砂層が主体となるためサスペンションからの堆積とは異なり、地形的に低い部分にしか堆積しなかったために魚沼層群の東翼での層厚が著しく大きくなったと考えられる。南東から前進するデルタの影響は両翼でみられ、化学分析より上位に向かって陸源有機物の影響が大きくなることが明らかとなった。このことから上位ほどデルタによる埋積が起こったことが考えられ、デルタに接続した東翼側で八王子層や魚沼層群の層厚が大きくなることと整合的であると考えられる。

<文献>

小林巖雄・立石雅昭・黒川勝己・吉村尚久・加藤碩一，1988，岡野町地域の地質．地域地質研究報告，5 万分の1 地質図幅，新潟(7)，49.

荒戸裕之・亀尾浩司・保柳康一，1994，背弧堆積盆地におけるシーケンス解析新潟県蒲原地域の例．石油技協会誌，59，18-29.

高野修，1998，新潟堆積盆における上部鮮新統～下部更新統のシーケンス層序－研究の現状と今後の課題－．堆積学研究，48，21-39.

七号地層と有楽町層の境界定義

Boundary definition between the Nanagochi and the Yurakucho formations

小松原純子（産業技術総合研究所）

Junko KOMATSUBARA (GSJ, AIST)

連絡先：小松原純子 (j.komatsubara@aist.go.jp)

1. はじめに

首都圏の東京低地に分布する沖積層は、下部の比較的固い主に陸成層からなる七号地層と、上部の軟弱な海成層の有楽町層の2層に区分されてきた（東京都土木技術研究所，1969；青木，1969）。堆積環境や地盤の物性という観点から東京低地の沖積層全体を把握する場合、このように2つに区分することで全体を把握しやすい。また、七号地層は沖積層が最も厚い最終氷期の谷の中にのみ帯状に存在し、有楽町層は東京低地全体に広がっているというように、分布も異なる。東京低地の沖積層を2層区分することに異論はないと思われるが、両者の境界は明瞭ではない。

2. 歴史的経緯

東京低地の沖積層は当初すべてまとめて有楽町層と呼ばれていたが（貝塚，1964），青木・柴崎（1966）は不整合面で上下に分けられるとし、その区分に基づき下位が七号地層、上位が有楽町層と命名された（東京都土木技術研究所，1969）。不整合直上の砂層はMiddle Sand (MS) (Matsuda, 1974), Holocene Basal Gravel (HBG) (Endo et al., 1982), 中間砂層（松田，1993）と呼ばれ、一時的な海面低下に伴う陸上の侵食面と考えられていた。その後、堆積相と放射性炭素年代に基づき、七号地層から有楽町層にかけての地層は一連の海進堆積物であり、両者は不整合関係でないことが明らかにされ（中山・中村，2001；石原ほか，2004；宮地ほか，2004），中間砂層等と呼ばれていた砂層は砂嘴堆積物やラビンメント面上の海進砂（transgressive sand）と再解釈された（田辺ほか，2006a, b）。田辺ほか（2010）は地質学的、土質工学的に汎用性のある区分として、中間砂層等よりもやや下位の、堆積環境が淡水（蛇行河川）から汽水（エスチュアリー）に移り変わる潮汐ラビンメント面を七号地層と有楽町層の境界と定義した。

なお、七号地層は現在の東京都江東区辰巳付近を示すかつての地名に、有楽町層は東京都千代田区の地名にちなんで命名されているが、両地層とも命名時点で模式地や境界層準の定義はされていない。

3. 建築土木ボーリングの場合

産総研等の研究機関が実施した標準層序ボーリングのようにオールコアボーリング試料が得られていれば、堆積相や化石に基づいて蛇行河川堆積物とエスチュアリー堆積物を識別し、田辺ほか（2010）の定義に従ってその境界を両層の境界とすることが可能である（例えば、小松原ほか（2020））。しかし、データベース等（例えば [URL1]）で閲覧できる建築・土木工事に伴い取得された既存ボーリングデータ（建築土木ボーリング）は土質とN値の記載のみのものがほとんどであり、

七号地層と有楽町層境界部分の砂泥互層について蛇行河川堆積物かエスチュアリー堆積物かを識別することは難しい。このため、標準層序ボーリングの近傍以外では、七号地層と有楽町層の境界を正確に決めることができない。

4. 議論

七号地層と有楽町層は明確な模式地や境界定義はされていないものの、東京低地の沖積層におけるこの2層区分は工学的にも有効とされ、一般によく使われている（清水，1972；東京の地盤編集委員会，1998；東京都港湾局，2001）。一方でS波速度分布を見ると両層の境界ではS波速度は大きく変化せず、むしろ七号地層中の沖積層基底礫層の上面や、有楽町層基底の砂層上面にS波速度の不連続が見られる場合が多い（東京都土木技術研究所，1996）。つまり、七号地層が分布する埋没谷底内では、必ずしも軟弱層＝有楽町層ではないということになる。

このように、七号地層と有楽町層の境界は標準層序ボーリングが掘削された地点以外では必ずしも明瞭に定義できず、また両層の境界で必ずしも物性が明瞭に変化するわけでもない。特に東京低地の軟弱層の分布について議論を行うような場合には、これらの点に注意が必要である。

文献

- 青木，1969，海岸平野，日本地質学会，15-20.
- 青木・柴崎，1966，第四紀研究，5，113-120.
- Endo, et al., 1982, Proceedings of the Institute of Natural Science, Collage of Humanities and Sciences, Nihon University, Earth Sciences, no.17, 1-16.
- 石原ほか，2004，地質調査研究報告，55，221-235.
- 貝塚，1964，東京の自然史。紀伊國屋新書，186 p.
- 小松原ほか，2020，堆積学研究，79，1-12.
- Matsuda, 1974, Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 9, 1-36.
- 松田，1993，東京湾の地形・地質と水，築地書館株式会社，67-109.
- 宮地ほか，2004，地質調査研究報告，55，201-219.
- 中山・中村，2001，平成12年度東京都土木技術研究所年報，191-202.
- 清水，1972，地質学論集，no. 7，251-266.
- 田辺ほか，2006a，地質学論集，no. 59，日本地質学会，35-52.
- 田辺ほか，2006b，地質調査研究報告，57，261-288.
- 田辺ほか，2010，地質学雑誌，116，85-98.
- 東京の地盤編集委員会，1998，東京の地盤 ジオテクノート7. 地盤工学会，128 p.
- 東京都土木技術研究所，1969，東京都地盤地質図（23区内）-東京都地質図集2-. 東京都土木技術研究所，14 p.
- 東京都土木技術研究所，1996，東京都（区部）大深度地下地盤図-東京都地質図集6-. 66 p.
- 東京都港湾局，2001，新版東京港地盤図. 東京都港湾局，89 p.
- [URL1] 東京都土木技術支援・人材育成センター「東京の地盤（GIS版）」
<https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/jigyo/tech/start/03-jyohou/geo-web/00-index.html>

美濃帯層状チャートを用いた遠洋域への風成塵供給量の復元 : Carnian Pluvial Episode における陸域環境変動への示唆

Estimate of eolian supply to the Panthalassa Ocean recorded in deep-sea bedded chert:
terrestrial environmental response to the Carnian Pluvial Episode

張天逸（早稲田大学）・池田昌之（東京大学）・太田亨（早稲田大学）

Tenichi Cho (Waseda Univ.), Masayuki Ikeda (Univ. Tokyo), Tohru Ohta (Waseda Univ.)

連絡先：張天逸 (tianct@fuji.waseda.jp)

1. はじめに

後期三畳紀 Carnian において、Wrangellia 洪水玄武岩の噴出に伴い湿潤化イベント Carnian Pluvial Episode が起こり、これが大量絶滅を誘発した可能性が示唆されている (e.g., Dal Corso et al., 2020). しかし、全球規模での Carnian Pluvial Episode の古環境応答については未だ十分に理解が進んでおらず、特に当時のパンゲア超大陸の広大な陸域内部は詳細な記録の欠如しているためその影響がほとんどわかっていない。

遠洋域は陸域や浅海と比べて安定した堆積場を持つことから、連続性の良い堆積記録を保持する。また、陸域から離れているため、遠洋性堆積物に含まれる砕屑物のほとんどは風によってもたらされる風成塵由来であると考えられている (KYTE et al., 1993). 過去の遠洋性堆積物は層状チャートとして日本列島の付加体中に保存され、特に西南日本美濃帯犬山地域においては三畳系層状チャートが好露出し、Carnian 階についても多くの層序学的データが蓄積されてきた (Sugiyama, 1997; Ikeda et al., 2014; Nakada et al., 2014; Yamashita et al., 2018; Tomimatsu et al., 2021).

そこで本研究では、Carnian Pluvial Episode 時における陸域内部の情報を復元することを目的に、高時間解像度で層状チャートの全岩化学組成分析を行った。

2. 研究手法

層状チャートは主に放散虫からなる厚さ数 cm のチャート層と主に陸源物質からなる厚さ数 mm の泥岩層の互層からなる。本研究では、より陸源物質を濃集している泥岩層に注目した。美濃帯犬山地域の Section R 及び Section Q において、Carnian 階全体をカバーする区間について、挟みの泥岩層約 80 試料採取し、全岩化学組成分析を行った。取得したデータセットに多変量統計解析を適用し、内在する潜在変数の抽出を試みた。

3. 結果と議論

挟みの泥岩層の全岩化学組成に対して主成分分析を行ったところ、第一主成分は Al_2O_3 , K_2O , Na_2O , TiO_2 などの陸源物質に特徴的な成分が正の相関を示し、 MnO , P_2O_5 , CaO が負の相関を示した。したがって、第一主成分は正方向に陸源物質、負方向にはマンガンとアパタイトの相対的な混入を示すと解釈される。

各サンプルにおける第一主成分得点の層序変化について、Carnian Pluvial Episode に対応する下部 Carnian 階と上部 Carnian 階の境界付近で極大値を取る変動を示した。この層準では挟みの泥岩が上下より厚くなることから、Carnian Pluvial Episode 時には、遠洋域への風成塵供給量が増大したことが示唆された。これは風成塵の発生源となる陸域内部の乾燥地帯の拡大を反映した可能性がある。

この結果は、テチス海沿岸であったヨーロッパ地域における「Carnian Pluvial Episode は湿潤化イベントであった」という知見とは逆に、Carnian Pluvial Episode 発動時は大陸内部では広範囲に乾燥化した可能性を示唆するものである。

4. まとめ

層状チャートの挟みの泥岩の全岩化学組成に主成分分析を適用することで、風成塵供給量変動を反映する潜在変数を抽出した。下部 Carnian 階と上部 Carnian 階の境界付近で遠洋域への風成塵供給の増加が検知されたことから、Carnian Pluvial Episode において、大陸内部が広範囲に乾燥化した可能性が示唆された。

文献

- Dal Corso, J., Bernardi, M., Sun, Y., Song, H., Seyfullah, L.J., Preto, N., Gianolla, P., Ruffell, A., Kustatscher, E., Roghi, G., 2020. Extinction and dawn of the modern world in the Carnian (Late Triassic). *Science Advances*, **6**, eaba0099.
- Ikeda, M., Tada, R., 2014. A 70 million year astronomical time scale for the deep-sea bedded chert sequence (Inuyama, Japan): Implications for Triassic–Jurassic geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, **399**, 30–43.
- Kyte, F.T., Leinen, M., Ross Heath, G., Zhou, L., 1993. Cenozoic sedimentation history of the central North Pacific: Inferences from the elemental geochemistry of core LL44-GPC3. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **57**, 1719–1740.
- Nakada, R., Ogawa, K., Suzuki, N., Takahashi, S., Takahashi, Y., 2014. Late Triassic compositional changes of aeolian dusts in the pelagic Panthalassa: Response to the continental climatic change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **393**, 61–75.
- Sugiyama, K., 1997. Triassic and Lower Jurassic radiolarian biostratigraphy in the siliceous claystone and bedded chert units of the southeastern Mino Terrane, Central Japan. *Bulletin of Mizunami Fossil Museum*, **24**, 79–193.
- Tomimatsu, Y., Nozaki, T., Sato, H., Takaya, Y., Kimura, J., Chang, Q., Naraoka, H., Rigo, M., Onoue, T., 2021. Marine osmium isotope record during the Carnian “pluvial episode” (Late Triassic) in the pelagic Panthalassa Ocean. *Global and Planetary Change*, **197**, 103387.
- Yamashita, D., Kato, H., Onoue, T., Suzuki, N., 2018. Integrated Upper Triassic Conodont and Radiolarian Biostratigraphies of the Panthalassa Ocean. *Paleontological Research*, **22**, 167–197.

前期三畳紀末の微生物礁の成因

Causes of microbial reef formation at the end of the Early Triassic

齊藤諒介（山口大学, JST さきがけ）・田力（中国地質大学）

Ryosuke Saito (Yamaguchi University, PRESTO JST), Li Tian (CUG, Wuhan)

連絡先：齊藤諒介 (olivinline@yahoo.co.jp)

1. 緒言

約 2 億 5 千万年前に発生したペルム紀末の大量絶滅は顕生代史上最大の大量絶滅であり、古生代型動物相から中生代型の動物相へと生態系が変化した。ペルム紀末大量絶滅直後の前期三畳紀において、微生物礁などの時代錯誤的な相からなる堆積物が世界的に発達した。前期三畳紀の異常な炭酸塩堆積物の発達にはおそらく様々な要因があるが、その一部は海水のアルカリ度の上昇と微生物のブルームによって誘導されたと考えられる (Pruss et al., 2005)。

炭酸塩沈殿の重要な要因である海水の高いアルカリ度は、湧昇などの海洋物理過程に起因するほか、窒素循環に関連した微生物の代謝が関与している可能性も指摘されている。有機態窒素をアンモニア (NH₃) に変換するアンモニア化は、生成されるアンモニアが塩基として働くため、受動的な微生物炭酸塩沈殿経路である。NH₃ が関与する炭酸カルシウムの沈殿は、室温でも起こる熱力学的に好ましい反応であり、したがって自然界で発生している可能性がある。アンモニア酸化アーキア (AOA) は、現代の海洋において、ピコプランクトンの約 20% を占めるほど豊富な微生物群 (Karner et al., 2001) であり、海洋における NH₃ の主要な制御要因である。これまで、アンモニア濃度の上昇が炭酸塩の沈殿に関与している可能性が指摘されているにもかかわらず (Grotzinger and Knoll, 1995), 白亜紀以前の古代の炭酸塩岩において AOA の代謝が記録されたことはなく、AOA 由来の炭化水素バイオマーカー、すなわち環状ビフィタン類は最近になって詳しく報告されたばかりである。本研究では、南中国巢湖セクションの下部三畳系の炭酸塩岩についてバイオマーカー分析を行い、AOA と微生物礁形成の層序的な関係を明らかにした。

2. 試料及び分析方法

堆積物中の有機物をソックスレーにより抽出した。抽出後、濃縮し、シリカゲルカラムにより 8 分画し、炭化水素画分および芳香族炭化水素画分を GC-MSMS で分析した。

3. 結果と考察

巢湖セクションには環式および非環式のビフィタン類が豊富に含まれることがわかった。その中でも巢湖の上部には、AOA のバイオマーカーである三環式ビフィタンが多く含まれることから、前期三畳紀後期に AOA が繁栄していたことがわかった。この区間の酸化還元条件は、酸化還元に敏感な元素 (Mo や U など) やバイオマーカー (カロテノイドなど) の高濃度によって示されるように、無酸素状態であった。これらの結果は、AOA が酸素極小域で豊富であるという現代海洋の観測結果と一致する。一方で、微生物礁が発達する巢湖セクションの最上部では、三環式ビフィタンと二環式ビフィタンが減少し、単環式ビフィタンが優勢になり始め、単環式ビフィタンと二環式ビフィタン、三環式ビフィ

タンの比率が変化した。このことは微生物礁発達時に、AOA を含む古細菌群集が好塩性およびメタン生成古細菌に置き換わっていることを示唆する。

巢湖セクション最上部における AOA の減少が微生物礁発達を促した可能性がある。海水中の NH_3 は、アミノ酸の酸化・還元分解により生成される。 NH_3 は海水中でプロトンを受け取ることで NH_4^+ となり、 OH^- を生成し、海水のアルカリ度と pH を上昇させる (Soetaert et al., 2007)。海水中の NH_3 と NH_4^+ の比率は pH に依存し、海水の通常の pH 範囲では、全窒素の 90% 以上が NH_4^+ の形態である (Soetaert et al., 2007)。海水中のアンモニア化によって生成された NH_3 の大部分は、酸塩基反応によって直ちに NH_4^+ に変換される。一方、AOA による硝化は、 NH_4^+ と 1.5 モルの酸素を消費して 1 モルのプロトンを生成する代謝反応である。そのため、硝化反応は海水のアルカリ度と pH を低下させる (Soetaert et al., 2007)。前期三疊紀末に AOA が失われると、海水中の硝化反応が著しく減衰し、 NH_3 が蓄積され、アルカリ度と pH が上昇し、炭酸塩の沈殿を促進する環境が作られる。

微生物礁の層準前後における真核藻類の組成変化の傾向も、海水中のアンモニア濃度の上昇を支持する。C27-30 ステランは真核生物に特徴的なバイオマーカーであり、各炭素数ステランを分子、全炭素数ステラン分子を分母とするステラン比は真核藻類の群集組成の進化を理解するために用いられてきた。初期三疊紀後期における C30 ステランの相対存在量の減少は、時間経過に伴う pelagophyceae の寄与の減少を反映している。このパターンはアンモニア濃度の変化で部分的に説明できる。現代の海洋では、過剰なアンモニウム濃度 (100 μM 以上) において pelagophyceae が減少することから、微生物礁の層準前後において、アンモニア濃度が大きく上昇していた可能性がある。さらに、微生物礁の層準における C28/C27-C30 ステラン比の急増も、海水中のアンモニア濃度の上昇を裏付けている。C28 ステランが比較的多いのは、原始的な緑藻類が増殖したためである。原始的な緑藻類は無機態窒素の中でもアンモニウム態窒素を硝酸態窒素よりも数倍速く取り込む (Cochlan and Harrison, 1991)。このことから、原始的な緑藻類の微生物礁の層準における増殖は、微生物礁形成時にアンモニア濃度が増加していたことを支持する。

4. 文献

- Cochlan, W.P., Harrison, P.J., 1991. Kinetics of nitrogen (nitrate, ammonium and urea) uptake by the picoflagellate *Micromonas pusilla* (Prasinophyceae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 153, 129-141.
- Grotzinger, J.P., Knoll, A.H., 1995. Anomalous Carbonate Precipitates: Is the Precambrian the Key to the Permian? *Palaaios* 10.
- Karner, M.B., DeLong, E.F., Karl, D.M., 2001. Archaeal dominance in the mesopelagic zone of the Pacific Ocean. *Nature* 409, 507-510.
- Pruss, S.B., Corsetti, F.A., Bottjer, D.J., 2005. The unusual sedimentary rock record of the Early Triassic: A case study from the southwestern United States. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 222, 33-52.
- Soetaert, K., Hofmann, A.F., Middelburg, J.J., Meysman, F.J.R., Greenwood, J., 2007. Reprint of "The effect of biogeochemical processes on pH". *Marine Chemistry* 106, 380-401.

鹿児島県喜界島の上部更新統コケムシ質石灰岩の堆積環境と堆積過程

Sedimentary environment and process of Upper Pleistocene bryozoan limestones
on Kikai Island, Kagoshima Prefecture, Japan

松田博貴・熊谷優香（熊本大学）・辻 喜弘（サンゴ礁科学研究所）・佐々木圭一（金沢学院大学）

Matsuda, H., Kumagae, Y. (Kumamoto Univ.), Tsuji, Y. (Kikai Inst. Coral Reef Sci.)

and Sasaki, K. (Kanazawa Gakuin Univ.)

連絡先：松田博貴 (hmat@kumamoto-u.ac.jp)

鹿児島県喜界島には、サンゴ礁性堆積物からなる中・上部更新統琉球層群が広く分布する。喜界島は、我が国で最も隆起速度が速く、そのため他の琉球列島の島々と比較し、より深い環境で堆積したサンゴ礁性堆積物が分布し、特に島棚外側から島棚斜面上部での堆積と考えられるコケムシ質堆積物（辻ほか，1993）が上部更新統琉球層群中にも存在する（例えば，大村ほか，2000；Sasaki *et al.*, 2004）。コケムシは、炭酸塩堆積物の重要な構成要素であり、これまで礁前縁域や温帯性炭酸塩堆積物の環境解析などに用いられている（例えば，Bone and James, 1993）。そこで本研究では、喜界島北西岸の坂嶺から湾にかけてと島東部の塩道北方で新たに発見された上部更新統コケムシ質石灰岩を対象に、その岩相と堆積環境を明らかにすることを目的として研究を実施した。

その結果、調査地域の上部更新統コケムシ質石灰岩は、中部更新統琉球層群を不整合に覆って標高 8～35m に分布し、粗粒砂～細礫サイズのコケムシ片、大型有孔虫、軟体動物片や棘皮動物片などの生物骨格粒子を主体とする未固結～半固結 *grainstone* からなる。コケムシは、網目状、太枝状、ならびに細枝状の群体形の遺骸片が卓越する。また石灰藻球を伴う。しばしば平板型斜交層理を伴い、同一層準に 2 方向の平板型斜交層理が観察される場合もある。これらの特徴から、コケムシ質石灰岩は、宮古島西方沖現世海底堆積物におけるコケムシ質堆積物相（辻ほか，1993）に相当し、上嘉鉄北方から手久津久北方にかけてほぼ同標高に分布する MIS 5a(約 80ka)の礁前縁相堆積物(大村ほか，2000)に対比される。またコケムシの群体形（Bone and James, 1993）や喜界島南西沖現世試料（松田・林田，2021）から、堆積環境は水深 130～170m 程度の島棚外側から島棚斜面上部と考えられる。さらに、逆方向の流れを示す平板型斜交層理の存在から、島の伸長方向に沿う北東－南西方向ないし南北方向の 2 方向流が卓越していたと考えられる。琉球列島のような弧状列島の島棚上から島棚斜面では、潮汐流が大きく炭酸塩堆積物の堆積過程に影響をしており（辻ほか，1993）、喜界島の上部更新統コケムシ質石灰岩は、このような潮汐流影響下の島棚外側から島棚斜面上部で堆積したと推定される。

引用文献

Bone and James, 1993, *Sediment. Geol.*, 86, 247-271.

松田・林田，2021，日本堆積学会 2021 年オンライン大会講演要旨，6.

大村ほか，2000，*第四紀研究*，39，55-68.

Sasaki *et al.*, 2004, *Quatern. Intern.*, 120, 51-64.

辻ほか，1993，石油公団石油開発技術センター研究報告．no. 24，55-78.

IODP Exp. 337 下北沖掘削の上部古第三系～下部新第三系区間における坑井イメージ検層を用いた堆積相・シーケンス層序解析とデルタシステムの復元

Image log-based sedimentary facies and sequence stratigraphy of a fluvio-deltaic system of the upper Paleogene to lower Neogene interval on IODP Exp. 337, Off Shimokita, northeast Japan

高野 修・辻 隆司(石油資源開発)・山田泰広(九州大学)・稲垣史生(海洋研究開発機構)

Osamu Takano, Takashi Tsuji (JAPEX), Yasuhiro Yamada (Kyushu Univ.) and Fumio Inagaki (JAMSTEC)

連絡先：高野 修 (E-mail: osamu.takano@japex.co.jp)

1. はじめに

IODP Exp. 337 は、海底下深部の微生物圏の探査を主目的として、2012 年の 7 月から 9 月にかけて、下北半島沖約 80 km の海域において掘削された。本科学掘削では、海底下約 2500m まで掘削が行われ、約 2000m で出現した上部古第三系夾炭層付近において多量の微生物群集の発見に及んでいる。本研究では、本夾炭層を含む海底下 1300m から 2500m の間の区間(ユニット II～IV: 始新統～下部中新統)において、イメージ検層ツールを用いた堆積相、シーケンス層序の解析を行い、堆積時の前弧堆積盆の地質セッティングを推定したので報告する。

2. 手法

本研究において対象とした海底下 1300m から 2500m の間の区間(ユニット II～IV)は、三陸沖～日高沖前弧堆積盆における広域不整合である Munc (Miocene Unconformity; Takano, 2017)より下位の始新統～下部中新統に相当する。この対象区間ではコアが採取されているが回収率は必ずしも高くなく、全区間をカバーしているわけではないため、本研究では坑井比抵抗イメージ検層を用いてまず岩相の推定を行い、コア採取区間ではコアとキャリブレーションを行いながら、坑井イメージ検層パターンを主に用いた堆積相区分を実施した。坑井イメージ検層(resistivity image logging)は比抵抗の差をイメージとして表すもので、検知器の進化により 290°に近い比抵抗イメージを得ることができる。また、垂直解像度も 5 mm 程度で求められるため、細互層やラミナが示す堆積構造も表現される。これらのイメージにより堆積相の認定が可能である。このように全対象区間において堆積相区分を実施したのち、堆積相が示す堆積環境の変化に基づく堆積シーケンス区分を行い、そのうえで、始新世～前期中新世の下北沖～三陸沖前弧堆積盆セッティングの推定を行った。

3. 堆積相区分および堆積システムの解釈

研究対象区間では、塊状泥岩相 M1, M2, 葉理状シルト岩相 M3, フレーザーベッドを含む砂岩相 TF1, lenticular bedding 主体細互層相 TF2, チャネル状礫岩相 CG, チャネル状砂岩相 CH, 炭質泥岩砂岩互層相 FP1, FP2, 石炭相 BM1, 炭質泥岩相 BM2, BM3 の合計 12 の堆積相が認められた。これらはそれぞれ解釈される堆積環境に基づき、BF, MF, TD, BA の 4 つの堆積組相に集約される。堆積組相 BF は堆積相 CH と CG からなり、網状河川システムを示す。堆積組相 MF は堆積相 CH, FP1, FP2, BM1, BM2, BM3 からなり、夾炭蛇行河川システムを示す。堆積組相 TD は堆積相 TF1, TF2, M3 からなり、エスチュアリー～内湾縁辺潮汐システムを示す。堆積組相 BA は堆積相 M1, M2, M3 からなり、エスチュアリー～内湾シ

システムを示す。これらの堆積組相の存在から、全体としてはデルタシステムを形成していると考えられる。

4. シーケンス層序区分

認定された堆積組相は以下のいずれかのパターンの累重様式を示している。すなわち、a)堆積組相 GF に始まり、MF, TD, BA の後、再び TD が重なる(GF→MF→TD→BA→TD)か、b)堆積組相 MF に始まり、TD, BA の後、再び TD が重なる(MF→TD→BA→TD)か、c)堆積組相 TD に始まり、BA を挟んで再び TD が重なる(TD→BA→TD)か、d)堆積組相 MF に始まり TD に終わる(MF→TD)かの4パターンの累重様式が見られる。これらのパターンは、網状・蛇行河川システムから潮汐システムへ変化し、エスチュアリー～内湾システムを経て再び潮汐システムへ移行する「海進→海退サクセッション」を基本として、その一部が欠落するパターン群であると捉えることができる。この海進→海退サクセッションによって形成される堆積サイクルは、サイクル基底に侵食面が認められる場合もある(とくに堆積組相 GF の基底)ことから、堆積シーケンスであると捉えられる。侵食面を伴うサイクル境界はシーケンス境界、サイクル中で海進が最も進んだ層準は最大海氾濫面と認定できる。シーケンス層序区分の結果、解析対象区間は、シーケンス SrBaseC2, SrMidC2, Ounc1, SKT Olm-1, Ounc2, Ounc3, SKT Olm-2, SKT Olm-3, SKT Olm-4 の9つの堆積シーケンスに区分される。このうち、Ounc1, Ounc2, Ounc3 の基底のシーケンス境界は、広域不整合である Ounc (Oligocene Unconformity; Takano, 2017)が層準的に3枚に分岐した分岐不整合面(Ounc1, Ounc2, Ounc3)に相当する。

5. 前弧堆積盆セッティングの考察

本研究の堆積相解析の結果から、始新世～漸新世の下北沖では、河川～デルタシステムを主体とし、相対的海水準変動によって、デルタシステムを構成する河川システム、内湾縁辺潮汐システム、内湾システムが海進海退を繰り返していたことが示唆された。漸新統の Ounc の層準では、大規模不整合の形成に伴い広域に陸域が広がり、礫質な網状河川システムが発達したことが、堆積相 CG, CH の挟在から推定される。同じ三陸沖～日高沖前弧堆積盆内では、Takano and Tsuji (2017)により、近隣坑井データおよび二次元・三次元地震探査データを用いた始新世の堆積盆セッティングの解析が行われおり、河川～内湾システムを主体としていたこと、外縁隆起帯が隆起してリッジを形成し、半閉鎖的な埋積型前弧堆積盆形態であったことが、結論づけられている。また、Takano (2017)および Takano and Tsuji (2017)では、Ounc より上位では外縁隆起帯が沈降して、開放系の斜面型前弧堆積盆に変化したことが示唆されている。今回の下北沖の堆積システム解析結果では、Ounc1 より上位の漸新統も始新統と同様な河川～デルタ～内湾システムが主体であるとの結果となった。これは、下北沖は碎屑物供給系沿いに位置していたため、堆積盆全体としては開放系の斜面型前弧堆積盆に変化し始めていても、下北沖ではデルタ～浅海環境が保たれたためであると推察される。

<文献>

- Takano, O., 2017, Intermittent formation, sedimentation and deformation history of Cenozoic forearc basins along the northwestern Pacific Margins as an indicator of tectonic scenarios. In Ito, Y., Takano, O. and Takashima, R., eds., *Dynamics of Arc Migration and Amalgamation –Architectural Examples from the NW Pacific Margin*, InTech, Rijeka, Croatia, pp. 1-24.
- Takano, O. and Tsuji, T., 2017, Fluvial to bay sequence stratigraphy and seismic facies of the Cretaceous to Paleogene successions in the MITI Sanriku-oki well and the vicinities, the Sanriku-oki forearc basin, northeast Japan. *Island Arc*, e12184.

高知県三原村産「土佐硯」の地質学的な成り立ち：

四万十帯南帯を構成する砂岩泥岩互層の続成過程

Formation of the Tosa-suzuri inkstone in Mihara Village, Kochi, Japan: Diagenesis of alternating beds of sandstone and mudstone of the Southern Shimanto Belt

朝山航大, 浦本豪一郎, 中村璃子, 中山 健 (高知大), 濱田洋平 (JAMSTEC),
 壹岐 一也, 足達真弥 (土佐硯石加工生産組合), 谷川 亘, 廣瀬文洋 (JAMSTEC)

Kota Asayama, Go-Ichiro Uramoto, Riko Nakamura (Kochi Univ.), Yohei Hamada (JAMSTEC),
 Kazuya Iki, Maya Adachi (Coop. Tosa-suzuri Inkstone), Wataru Tanikawa, Takehiro Hirose (JAMSTEC)

連絡先：浦本豪一郎 (uramoto.go@kochi-u.ac.jp)

硯は堆積岩（泥岩，凝灰岩）を用いて製作される日本伝統工芸品であり，かつて全国各地で生産されていた¹．過去及び現在の生産地分布をみると，特に西南日本外帯では新生界付加体の泥岩を母材に硯が生産され¹，これら地域の硯材の成り立ちに，共通した地質学的背景が存在することが示唆される．しかし，これまで硯材の地質学的性質を検討した例は限られ，プロセスの実体はわからない．本研究では，四国内で唯一，硯材の採石と「土佐硯」が生産されている高知県幡多郡三原村とその近隣の四万十帯南帯²の圧密や被熱等の続成過程から硯材の形成過程を検討することを目的に研究を行った．三原村には始新統～漸新統の付加体の四万十帯南帯が北東－南西方向に広く分布し，土佐硯の母材は四万十帯南帯を構成する砂岩泥岩互層中の泥岩が用いられる．他方，本研究での四万十帯南帯の続成過程の検討では，試料中の微小な炭質物を分析するため，その探索が容易な砂岩を採取した．採取試料は一辺 3 cm 未満の直方体状に切断加工し，顕微レーザーラマン分光分析装置で炭質物を分析し，試料の最高被熱温度を推定した³．分析の結果，三原村の四万十帯南帯は 244～406℃の被熱を受けていることが分かった．また，被熱温度分布を見ると，近隣の中期中新世に形成した花崗岩の分布域から三原村にかけて最高被熱温度が低下していることも分かった．この事は，古第三紀に四万十帯南帯が海底に堆積した後，中期中新世に海底地下で花崗岩形成に伴う火成活動が発達し，三原村の四万十帯南帯の地熱が上昇し，熱変質によって地層が硬質化したことを示唆する．また，古第三紀の四万十帯南帯と中期中新世の花崗岩の形成年代から，高知県西部の四万十帯南帯は少なくとも 1000 万年以上，海底下での埋没や，付加体形成に伴う圧密を受けたことが推定される．すなわち四万十帯南帯の堆積後の圧密作用を受けた後，地下でマグマ上昇に伴う熱的作用の段階的なプロセスで硬化し，段階的なプロセスを経て，硯に適した泥岩が形成したと考えられる．更に，以上のような地質学的プロセスは，西南日本外帯の新生界付加体を母材とする他の硯産地にも認められる．高知県室戸岬周辺や紀伊半島，九州南部にも硯材産地の近傍に火成岩が分布する^{2,4,5}．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形成の共通過程と考えられる．

文献：¹ 白野，1886，硯材誌，2，234–282；² 日本地質学会，2016，日本地方地質誌 7 四国地方，708 p；

³Kouketsu et al., 2014, Island Arc, 23, 33–50；⁴ 日本地質学会，2009，日本地方地質誌 5 近畿地方，

453 p.；⁵ 日本地質学会，2010，日本地方地質誌 8 九州・沖縄地方，619 p.

鉱物単体分離解析による硯の特性評価：

高知県三原村に分布する四万十帯南帯中の泥岩の解析

Characterization of inkstone property by Mineral Liberation Analysis:

Analysis of mudstone within Southern Shimanto Belt in Mihara Village, Kochi, Japan

中村璃子・浦本豪一郎・朝山航大・中山 健（高知大）・壹岐一也・足達真弥（土佐硯石加工生産組合）・多田井修（マリンワークジャパン）・濱田洋平・谷川 亘・廣瀬丈洋（JAMSTEC）

Riko Nakamura, Go-Ichiro Uramoto, Kota Asayama, Ken Nakayama (Kochi Univ.),
Kazuya Iki, Maya Adachi (Coop. Tosa Suzuri Inkstone), Osamu Tadai (Marine Works Japan), Yohei
Hamada, Wataru Tanikawa, and Takehiro Hirose (JAMSTEC)

連絡先：中村璃子 (b194r036@s.kochi-u.ac.jp)

高知県三原村では、新生界の四万十帯南帯を構成する砂岩泥岩互層中の泥岩を母材として「土佐硯」が生産されている。土佐硯の母材となる泥岩は、黒色緻密な組織を持ち、硯の鋒鋦（硯表面の凹凸構造）が密で強い硯となるため（植村，1980 など），硯製作に適するとされる。しかし、これまで泥岩組織や構成鉱物の特徴を地質学や堆積学の観点で研究した例がなく、硯製作に適した泥岩の特徴や、硯材の性質の科学的意義は分かっていない。本研究では、硯の評価指標の一つである表面の鋒鋦の特徴から土佐硯石の性質を理解するため、硯材の組織や鉱物の特徴を検討した。試料は、三原村西部の源谷採石場ならびに、硯職人が作硯に適する泥岩が得られると判断した三原村南部と東部の地点から採取した。試料分析では、まず硯材を構成する鉱物の特徴を把握するため、X線回折分析（XRD）を行った。その結果、全試料で石英の鋭いピークが得られた。その他にイライトやクロライトなども認められたが、これら鉱物は石英より柔らかく、硯の製作過程で脱落すると考えられる。したがって、土佐硯の鋒鋦は石英から構成されると推定される。この点を更に検証するため、硯材の研磨片を鉱物単体分離解析装置（MLA）によって分析した。MLAでは、走査型電子顕微鏡（SEM）の画像解析と共に、二台のエネルギー分散型X線分析装置（EDX）によって極短時間（数ミリ秒）でEDX分析を行いつつ、自動で多点分析可能なSEM-EDXと、鉱石から抽出された比重や鉱物組成、波形等の情報（ミネラルリファレンス）により、試料のデータとミネラルリファレンスの比較で、構成鉱物を同定し、画像解析との組み合わせで鉱物種ごとの粒度分布が求まる²。本研究では各試料で20万点以上のMLA分析を行ったところ、鉱物種では、全試料で石英が最大20 wt%，SiO₂主成分鉱物（鉱物種は不明）が全体の60 wt%以上を占めた。また、粒度分布では、全ての試料で4–32 μmの細粒シルトが主な構成粒径と分かった。XRDの結果と合わせると、SiO₂主成分鉱物も石英を表すと考えられるが、粒度分布から細粒シルトサイズの石英が硯材の緻密な組織を主に形成し、更に硯表面の鋒鋦を構成することで、土佐硯石としての特徴を発揮しているといえる。

謝辞：本研究のMLA分析では、石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）金属資源技術研究所（秋田県小坂町）所有の装置を利用した。

文献：¹ 植村，1980，和硯と和墨；² Sylvester, 2012, *Min. Assoc, Canada Short Course*, 42, 1–16.

サージ的混濁流によって形成されたサイクリックステップの粒度分布の一例

An example of the particle size distribution of cyclic steps formed by surge turbidity currents

横川美和・永野 蓮・松波和真・福岡篤生（大阪工業大学）

Miwa Yokokawa, Ren Nagano, Kazuma Matsunami, Atsuki Fukuoka (Osaka Institute of Technology)

連絡先：横川美和 (miwa.yokokawa@oit.ac.jp)

1. はじめに

混濁流によってデルタ斜面や海底谷近辺にセディメントウェーブが形成されることが知られている。富山深海長谷では、自然堤防上に混濁流の溢れ出しによって形成されたと考えられるセディメントウェーブがあり、これを構成するタービダイトの最粗部の粒度を比較すると、場所によって上流側斜面の粒度が下流側斜面に比べて粗い場合もあれば、逆の傾向になることもある(Nakajima & Satoh, 2001)。また、サージ的混濁流によってサイクリックステップを形成する実験(藤田ほか, 2019)でも、条件により上流側と下流側の粒度の大小が変わった。混濁流によるサイクリックステップの形成過程やその粒度分布については、実験例が少なく、詳細はわかっていないことが多い。そこで本研究では実験水路でサージ的混濁流によってサイクリックステップを形成し、その粒度分布を詳細に調べた。

2. 実験の概要

本実験では、長さ 7.6m、幅 0.3m、高さ 1.2m の水槽の中に、長さ 7m、幅 8cm、高さ 50cm の水路を勾配 7° で設置した。また、サイクリックステップが形成されやすいようにアクリル板で上流端に傾斜 7° の斜面(長さ 180cm)を設置した。塩水(密度 1.16g/cm³)と 2 種類のプラスチック粒子を重量比 20:1:1 の割合で自動攪拌機を用いて混ぜ合わせてヘッドタンクから供給し、混濁流を発生させた。プラスチック粒子の粒度範囲は、粒径 75-150μm と 180-325μm である。1 回のサージは 3s で、流量約 17.7L を 141 回流した。その結果、2 つのステップが形成された。上流側のステップの波形勾配は 0.06 であった。

3. 結果

141 回流した後の堆積物表面では中央粒径は下流側に向かうほど大きくなる傾向が見られた。混濁流の浮遊砂の中央粒径と比較すると、上流端から 400cm 付近ではボディーの浮遊砂の中央粒径と堆積物表面の中央粒径が近く、560cm 付近ではヘッドの浮遊砂の中央粒径と堆積物表面の中央粒径が近かった。さらにステップ内部について、上流端距離 365cm, 388cm, 433cm, 467cm の地点でステップの底面から表面の間でサンプリングを行った。その結果、底面からの高さ 0-1cm の部分では中央粒径は下流側に向かうほど大きくなる傾向が見られた。それぞれの地点で、底面から、高さ 60mm-100mm 程度の間層に向かって中央粒径が大きくなり、それよりも高い位置になると、また徐々に中央粒径が小さくなることがわかった。これはステップが徐々に上流側に移動した結果、ステップ表面での流れ方向の粒度分布の変化が反映されていると考えられる。

引用文献

藤田和典ほか, 2019, 日本地質学会第 126 年学術大会(2019 年山口大会)講演要旨.
Nakajima, T., and Satoh, M., 2001, *Sedimentology*, 48, 435-463.

浅海域からタービダイト堆積盆に流下した MTD,

北海道北部古丹別川流域の中新統築別層

MTD in the turbidite basin, derived from shallow environment, middle Miocene

Chikubetsu Formation, northern Hokkaido, Japan

保柳康一（信州大学）・小澤 紬（高知大学）

Koichi Hoyanagi (Shinshu Univ.), Tsumugi Ozawa (Kochi Univ.)

連絡先：保柳康一 (hoya101@shinshu-u.ac.jp)

北海道中軸部の日本海側に位置する羽幌堆積盆地は北海道中軸部の西側、日本海側から太平洋側に連続する新第三系堆積盆地の1つである。この堆積盆地群は、日本海拡大時に東進した東北日本弧と千島弧との衝突によって形成された前陸盆地（foreland basin）である（Hoyanagi, 1989）。前陸盆地は、16 Ma 以前に浅海域が形成された後に、15 Ma にかけての 1m.y. で約 2000 m 沈降したとされる（保柳, 1995）。同時に衝突による北海道中軸部の上昇によって、前陸盆地は急速に粗粒なタービダイトで埋積された（保柳ほか, 1986）。羽幌堆積盆地では堆積盆地発生初期の浅海層は築別層とされ、それを覆うタービダイトは古丹別層と呼ばれる。古丹別層は、東側に隣接する北海道中軸部から堆積物が供給され、チャネル-レヴィー複合体によって埋積が進行して、さらにファンデルタシステムへ移行して埋積が完了したとされる（保柳, 1989）。堆積盆地の復元では、前陸堆積盆地東側の上昇する山地からの西向き斜面の存在は確認されていたが、西側からの斜面は確認できていなかった。

今回、羽幌堆積盆地の南部に位置する古丹別川流域の浅海成層とされていた築別層を調査した結果、この地層の大部分が浅海域で堆積した後、深い海盆へ移動した MTD（Mass transport deposit）であることが明らかになった。さらに MTD は古丹別層のレヴィー堆積物に覆われている。スランプ褶曲の軸の復元と周辺の地層分布から、MTD は南西側から滑り込んできたと考えられる。このように、従来は浅海成層とされていた地層が MTD であり、それが堆積物の供給方向とは逆の南西側から滑ってきたことが明らかになったことで、この堆積盆地が 2 つの島弧の衝突によってその境界に形成された前陸盆地であることがより明確になった。

文献

Hoyanagi, K., 1989, Coarse-grained turbidite caused from the Miocene collision event in the central Hokkaido, Japan. In *Sedimentary Facies in the Active Plate Margin*, 689-709. TERRAPUB, Tokyo.

保柳康一, 1989, 埋積と前進に伴うタービダイトの岩相変化—中央北海道・中部中新統古丹別層—, 地質学雑誌, 95, 509-525.

保柳康一, 1995, 堆積盆解析におけるシーケンス層序学. 地質学論集, 45 号, 30-42.

保柳康一, 宮坂省吾, 渡辺 寧, 木村 学, 松井 愈, 1986, “衝突帯”のタービダイト相形成と テクトニクス—中新世・中央北海道の例—, 地学団体研究会専報, 31, 265 – 284.