

Program and Abstracts

Annual Meeting of The sedimentological Society of Japan

November 14, 2020

(Online Meeting)



Sedimentological Society of Japan

プログラム・講演要旨

日本堆積学会 2020 年オンライン大会

2020 年 11 月 14 日

日本堆積学会 2020 年オンライン大会 プログラム

【日時】 2020 年 11 月 14 日（土）

【実施内容】 特別講演、個人講演、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】

13:30–13:35 会長挨拶 池原 研

<特別講演>

OP1 13:35–14:05 現在日本で見られる年層（年縞堆積物）
香月興太・瀬戸浩二（島根大）

OP2 14:05–14:35 カレントリップルの発生と初期波長
宮田雄一郎（山口大）

休憩（14:35–14:45）

<口頭発表>

O1 14:45–15:00 数値シミュレーションによる下北半島北部の古津波堆積物の波源推定
佐藤海生・山田昌樹（信州大）・
石村大輔（東京都立大）・馬場俊孝（徳島大）

O2 15:00–15:15 空中写真を用いた沿岸巨礫の移動過程の追跡：沖縄県久高島の例
南館健太（東北大）・後藤和久（東京大）・菅 浩伸（九州大）

O3 15:15–15:30 石英の酸素空孔を用いた上部白亜系 Nemegt 層の層序解析
高橋勇人・網本真奈・豊田新（岡山理大）・
Khishigjav Tsogtbaatar・Buyantegsh Batsaikhan（モンゴル科学アカデミー）・
実吉玄貴（岡山理大）

O4 15:30–15:45 北海道中新統アベツ層タービタイトの有機地球化学分析による陸源有機物
の堆積過程の検討
朝日啓泰・沢田 健（北海道大学）

O5 15:45–16:00 実験データから明らかになった混濁流と開水路における浮遊砂濃度と乱流
構造の違い
福田壮二郎・Elena Bastianon (University of Hull, UK)・
Bill McCaffrey (University of Leeds, UK)・山口直文（茨城大）・
成瀬 元（京都大）・Robert Dorrell (University of Hull, UK)

休憩（16:00–16:10）

<フリーポスター発表ショートトーク> 16:10–16:35

1件あたりの講演は2分以内とします。

<フリーポスター発表コアタイム> 16:35–17:45

P1 2019年台風19号による多摩川の増水と河川敷の堆積作用：立川市周辺の例

白井正明（都立大）・宇津川喬子（立正大）

P2 2019年千曲川氾濫により長野市に形成された洪水堆積物

山田昌樹（信州大）・成瀬元（京都大）・松田有平（信州大）・
篠崎鉄哉（筑波大）・常盤哲也（信州大）

P3 勇払平野から確認された17世紀津波堆積物の堆積学的特徴

高清水康博（新潟大）・西村裕一（北海道大）・岩城昂平（新潟大）

P4

講演発表者からの申請により取り下げ

P5 猪苗代湖の湖底堆積物に見られる2011年地震性タービダイトの特徴

片岡香子（新潟大）・長橋良隆（福島大）・難波謙二（福島大）

P6 御前崎沖金洲ノ瀬トラフのタービダイト：「ちきゅう」Expedition 912 Leg. 1

池原研（産総研）・金松敏也・Hsiung Kan-Hsi・
奥津なつみ（JAMSTEC）・三浦伊織（東大・大海研）

P7 混濁流シミュレーション用オープンソースソフトウェア turb2d

成瀬元（京都大）

P8 碎屑粒子の分類の定義について一直径2mmの粒子は礫か砂か—

廣木義久（大阪教育大）

P9 北部フォッサマグナ信越堆積盆最南部の中部～上部中新統における堆積システムと堆
積盆地テクトニクス

小杉壯汰（信州大）・保柳康一（信州大）

P10 「河口段丘」の提案

小松原琢（産総研）

P11 東京都心部の地下に分布する更新統東京層の谷埋め堆積物の層序・堆積相と地盤震動特性

中澤努・坂田健太郎・納谷友規・長郁夫・野々垣進（産総研）・
本郷美佐緒（アルプス調査所）・中里裕臣（農研機構）・
鈴木毅彦（東京都立大）・中山俊雄（東京都）

17:45–17:50 閉会挨拶

<懇親会> 18:30–20:30

【注意事項】

最新の注意事項や詳細については、後日ご連絡いたします参加者用のポータルサイトにてご確認ください。

<オンラインでの参加>

- *全ての講演はZoomを使用して行います。必ず事前に最新のバージョンにアップデートを行ってご参加ください(バージョン5.3以降でなければブレイクアウトルームを自分で選択できません)。
- *URLよりZoom会場に入室される際には、事前にご連絡します参加者番号を名前の最初にご記入頂ますようお願いいたします。(例) S001 堆積太郎

<口頭発表>

- *発表時間は15分(質疑応答込み。目安として発表12分、質疑応答3分)です。
- *各自PCからZoomで画面共有にて発表していただきます。
- *今回はタイムキーパーを置きません。各自タイマーを用意するなど時間管理をお願いいたします。
- *当日の開会前に接続テストの時間を設ける予定です。

<フリーポスター発表>

- *各講演について、2分間のショートトークとコアタイムを設けます。
 - *フリーポスターは各講演1ファイルで25MBまでのPDFあるいは画像ファイル(形式自由)で、その他の制約はありません。各自でぜひ工夫してください。
 - *ショートトーク用に、各自2ページまでのスライド(PDF、画面比4:3)を事前にご提出いただきます。
 - *コアタイムでは、Zoomのブレイクアウトルームによって講演ごとの部屋を作り、参加者は自由に出入りできる状態で発表していただきます。
 - *またコアタイムでは、参加者閲覧用として事前にご提出いただく「フリーPOスター」のファイルとは別に、スライド等(形式自由)を共有してご説明いただくことも可能です。
 - *ポスター発表者の皆様も他の発表を見られるようにするために、発表時間を分ける予定です。
 - *フリーPOスターの閲覧期間は11/11(水)から11/21(土)とします(大会日程に合わせ変更となりました)。
 - *各種提出締め切りは以下のようになります(大会日程に合わせ変更となりました)。
 - ・フリーPOスター: 11/6(金)
 - ・ショートトークスライド: 11/11(水)
- なお提出先は講演要旨と同じ conference(at)sediment.jp です ((at)を@に変えてください)

OP1

現在日本で見られる年層（年縞堆積物）

Varve (annual lamina) sediments in Japan

香月興太・瀬戸浩二（島根大学）

KATSUKI, Kota, SETO, Koji (Shimane Univ.)

連絡先：香月興太 (kkota@soc.shimane-u.ac.jp)

湖底や海底では、限られた条件下において、年縞とよばれる堆積物が形成されることがある。年縞とは「1年に水中で堆積した層、葉理、あるいは葉層の連続体」と定義される堆積層であり、その形成には、年周期の堆積サイクルがあり、生物擾乱等によって海底・湖底が乱されないことが必要条件として挙げられる。日本では、網走湖（北海道）、水月湖（福井県）、東郷池（鳥取県）、一の目潟（秋田県）などで確認されており、現在は年縞が形成されていなくても湖底にはかつて堆積していた年縞が保存されている湖沼も少なくない。年縞堆積物のもっとも優れた利点は、年代目盛りを1年単位でつけることができることである。この利点を活かした有名な湖沼に福井県の水月湖があり、長期間にわたって形成された水月湖の年縞堆積物は炭素¹⁴年代の較正に用いられるなど、編年学への貢献も大きい。また、年縞はその特性から古環境復元の研究において高年代精度が要求される分野で活かされており、水質や動植物プランクトン生産量の経年変動や過去の災害の復元などに用いられている。本発表では、現在日本で年縞が見られる湖沼に関して解説を行い、年縞を用いた研究の紹介として、現在も継続して縞状堆積物が形成されている北海道オホーツク海沿岸の網走湖と藻琴湖において、1) 年縞の形成過程の観察、2) 年縞の形成条件と特徴、3) 年縞堆積物を利用した古環境復元の研究例、に関して報告を行う。また、人為的な地形改変により年縞堆積物が形成されるようになった例として、島根県・鳥取県に跨る中海の浚渫窪地における年縞堆積物の研究を紹介する。

発表者らは網走湖で2006年3月から、藻琴湖で2009年1月から各湖沼の湖心付近において不定期に採泥を行っている。採泥は表層堆積物を乱さないタイプの採泥器を用いて行い、採取した試料は長さ25cmの軟X線撮影用のケースで採取した後、残りの試料を1cm間隔でスライスし分取する。採取年の異なる採取試料の軟X線撮影写真を対比することで、2006(および2009)年以降の各湖沼の湖心における堆積速度や縞状堆積物の形成状況を調査している。その結果、網走湖と藻琴湖のラミナの特徴は異なるが、いずれの湖沼でも高密度層の形成と降水量には深い関係があることが分かった。また、年縞堆積物では堆積物の年代が正確にわかるので、1cm間隔で分取した試料に対して、それぞれ粒度、CNS、元素の分析や珪藻群集の解析を行うことで近過去の精密な古環境の復元も行っている。例えば、藻琴湖の湖心で得られた年縞堆積物には、20世紀以降北海道道東で行われた開拓の結果、藻琴湖がどのように変化・富栄養化してきたのかが記録されており、流域における畜産業の発展や流入河川の水量の変化の影響が分かってきた。更に、人為的環境改変の影響のほかにも湖沼の生態系が周期性をもって変化していることや周期性を生み出す環境要因として太陽活動や気圧配置の影響が強いことも明らかになっている。このように年縞の研究は人間活動と湖沼生態系の関わりのみならず、自然本来の生態系の動態を調べるために重要であり、さらなる研究が必要である。

OP2

カレントリップルの発生と初期波長

Generation of current ripples and initial wavelength on a flat sand bed

宮田雄一郎（山口大学）

Yuichiro MIYATA (Yamaguchi Univ.2)

連絡先：宮田雄一郎 (you@yamaguchi-u.ac.jp)

リップルはどうして波長が規則的なのか？ 波長は何が決めているのか？ デューンとどこが違うのか？ そもそもなぜ発生するのか？ これらは未だに未解明である。地層中のリップルは定常状態で残されたとは限らない。よく知られるようにリップルは発生後に成長する(Coleman and Melville, 1994; 1996など)。そこで、発生段階に着目して形成条件・形成過程・形成時間・初期波長について系統的な実験を行った。周長 1.8m, 幅 0.04m の二重円筒型環水路を用い、水面上からモーターでパドルを駆動して水流を起こすので 3 秒ほどで所定の流速に制御できる。しかし、幅が小さく渦の大きさを制約するので発達したリップルの再現には向かない。試料には 0.1 から 3mm まで 10 種類の淘汰された石英砂を使用し、水深 0.25m で、流速を 5cm/s 単位で設定し、平滑床から発生したリップルの波長、発生時間、断面形を繰り返し計測した。その結果、以下のことが明らかになった。すなわち、

(1)どの粒径でも低速では非対称断面形、高速では対称断面のリップルが発生する(Fig.1A,B)。境界の流速では相前後することがある。(2)初期は主に波高が増大し、波長の増大は少ない(Fig.1C)。波高 1mm 以下でも一定範囲の波長をもち、目視可能な波高 2-3mm で「初期波長」を定義できる。(3)初期波長に 10cm 前後は見られず、これを境に小型と大型に明確に区分される。両者の不連続な境界は中粒砂にある。下部平滑床はこれより粗粒側にしか現れない。(4)発生時間は粒径・流速によって 3 秒から 150 秒まで様々に異なる。(5)どの粒径でもリップル領域流速の上限と下限に近い条件ほど発生が遅く、対称-非対称境界付近で早い。(6)小型・大型リップル発生の粒径・流速条件は、発達したリップル・デューンの安定領域区分(Southard, 1991)とおおむね対応する(Fig.2)。(7)上部平滑床は中粒砂より細粒側に、下部平滑床は粗粒側にしか現れない。(8)初期波長は粒径と流速によって系統的に変化する。初期波長は粒径に比例して増大する傾向にある(粒径の約 200 倍)が、大型リップルには低下傾向が混じる(Fig.3)。(9)初期波長は流速²乗に比例して増大する傾向があるが、小型リップルは増大が少ない(Fig.4)。また、発達したリップルの波長はこの関係に従わない。(10)初期波長と粒径・流速との関係は従来の限られた粒径の実験結果とも整合する。

低速時に非対称断面のリップルが流れの遮蔽効果で発生するとすれば、波長は微小起伏から増大を続けることになる。しかしケルビン・ヘルムホルツ不安定に起因すると考えれば初期波長の上限と上記(2,8,9)が説明できる。大型-小型の違いが粒径に依存するのは、粒子濃度分布と輸送様式の違いが考えられる。移動限界付近では、粗粒砂では底面流速が沈降速度以下で転動しやすいのに対して、細粒砂では沈降速度を超えて浮かされ跳躍しやすい。粗粒砂では転動がみられ下部平滑床を生じたが、細粒砂では跳躍主体であった。粗粒砂ほど粗度が大きく掃流下部に濃集するので、乱流が抑制されて転動を維持しやすいこともあるだろう。

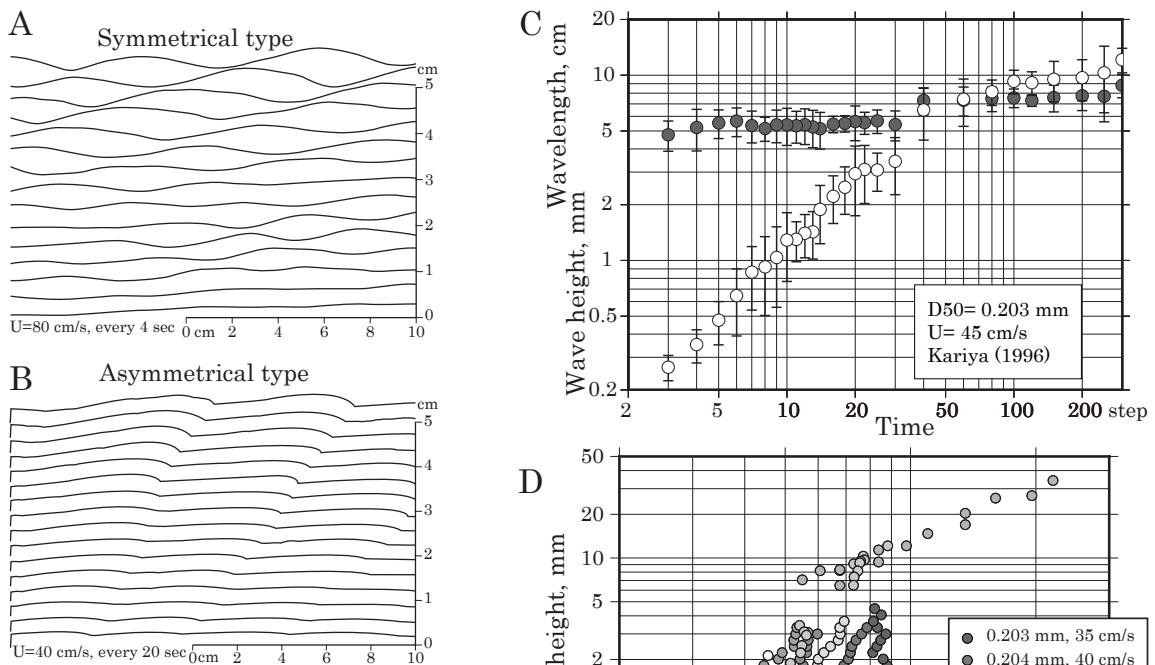


Fig.1 発生段階のリップル断面形(A,B)と波高・波長(C,D)

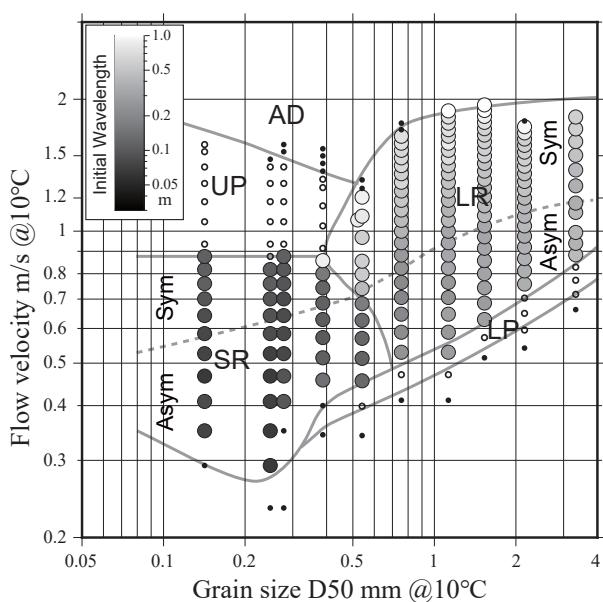


Fig.2 カレントリップル発生の粒径・流速条件 SRは小型、LRは大型リップルを、Sym・Asymはそれぞれ対称・非対称断面形を表す。水深は0.25m。

引用文献

- Coleman, S. E. and Melville, B. W., 1994, *J. Hydraul. Eng.*, 120, 544-560.
 Coleman, S. E. and Melville, B. W., 1996, *J. Hydraul. Eng.*, 122, 301-310.
 Southard, J., 1991, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 19, 423-455.

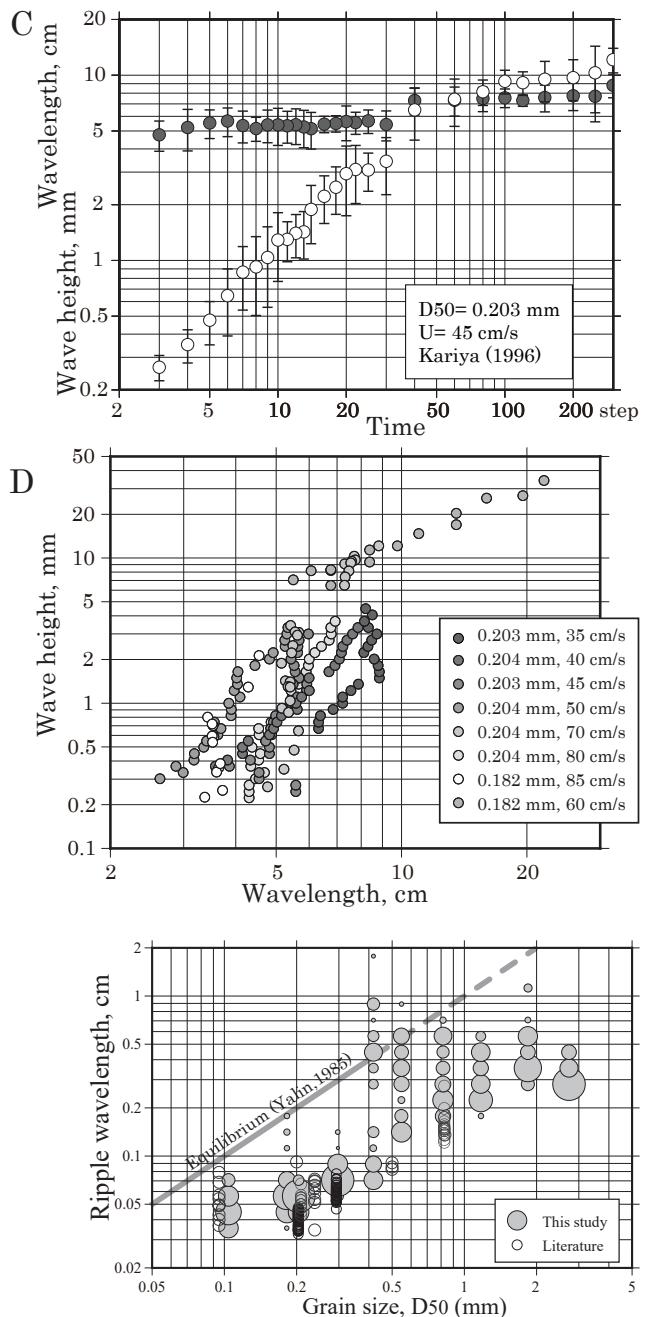


Fig.3 粒径と波長の関係 ○印は初期波長を、直線は発達したリップルの近似線を表す。

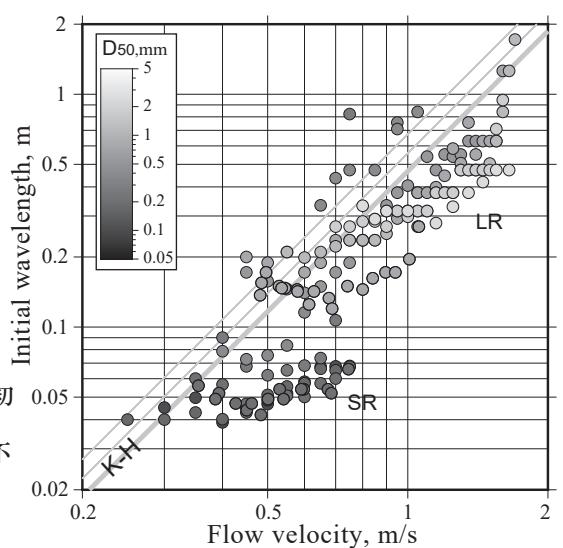


Fig.4 流速と初期波長の関係
 直線はK-H不安定の限界波長を示す。

01

数値シミュレーションによる下北半島北部の古津波堆積物の波源推定

Tsunami source estimation based on the distribution of paleotsunami deposits
on the north coast of the Shimokita Peninsula, northwest Japan

佐藤海生（信州大）・山田昌樹（信州大）・石村大輔（東京都立大）・馬場俊孝（徳島大）

Kai Sato, Masaki Yamada (Shinshu Univ.)

Daisuke Ishimura (Tokyo Metropolitan Univ.), Toshitaka Baba (Tokushima Univ.)

連絡先：佐藤海生 (17s4018c@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

青森県の下北半島北部は、北海道と東北地方の間に位置し、太平洋側・日本海側で発生する津波の両方が襲来する可能性のある地域である。千島海溝で発生したと考えられている 17 世紀津波や日本海溝北部で 1611 年に発生した慶長津波は、北海道東部沿岸部や三陸海岸においてそれらの年代に対応する津波堆積物が確認されている。しかしながら、中間地点に位置する下北半島ではこの年代を示す津波堆積物の報告がなく、古文書記録でも津波に関する記載は確認されていない。また、これらの津波は、個別の地震ではなく、同一の巨大地震・津波である可能性も指摘されており（岡村・行谷, 2011），波源に関して未解決の部分が多く残されている。さらに、下北半島は、北部に存在する海底活断層における地震や 1677 年に青森県東方沖を震源として発生した延宝三陸津波によっても浸水した可能性が考えられる。下北半島北部の関根浜におけるこれまでの掘削調査およびテフラ層序研究から、この地域には 6000 年前から現在に至るまでの地層が保存されており、その中に津波堆積物の可能性のあるイベント堆積物が複数認められている。本研究では、東北日本で津波が頻発した 17 世紀に焦点を当て、関根浜に認められる津波堆積物の波源を特定することを目的として、津波数値シミュレーションを行った。

2. 方法

津波数値シミュレーションには JAGRUS (Baba et., 2015) を用いた。計算時間は津波が発生してから 2 時間とし、非線形長波理論に基づいて津波の伝播と陸上への浸水を計算した。波源モデルは、17 世紀津波と 1611 年慶長津波については、それぞれ 3 パターンを、1677 年延宝三陸津波については、利用できる破壊域のデータがなかったため、津波被害規模が類似している 1968 年十勝沖地震津波で算出された 2 パターンを、海底活断層パラメータは約 6 ka 以降の海岸隆起から推定されたものを 1 つ用いて数値計算を行った。浸水範囲の推定には、時間毎に出力させた最大波高分布を使用した。また、浸水範囲の規模については、津波堆積物が認められる露頭付近に存在する奥行き 300 m の沿岸低地における浸水結果から、低地が浸水する割合によって評価した。

3. 結果と考察

千島海溝に波源を置いた場合は、17 世紀津波の 2 パターンと複合パターン（17 世紀津波と 1611 年

慶長津波が同一の地震であると仮定したモデル) の 2 パターンで、地震発生の約 50 分後に閑根浜の海岸線に津波が到達した。最大波高は、17 世紀津波モデルの 2 パターンで約 2~3 m、複合モデルの 2 パターンで約 5~8 m となり、複合モデルの方が、17 世紀津波よりも 2 倍高くなつた。また、4 パターン全てにおいて、沿岸低地への浸水が確認され、17 世紀津波モデルの 2 パターンでは 25~50% であった。複合モデルでは、17 世紀津波モデルよりも浸水範囲が大きく沿岸低地は 100% 浸水した。その中でも、波源が日本海溝北部にまで広がるモデルでは、同様に沿岸低地が完全に浸水した上、より広範囲に津波が侵入した。

日本海溝北部に波源を置く 1611 年慶長津波モデルの 2 パターンでは、地震発生から約 55 分後に海岸線に津波が到達した。両者共に最大波高は 2 m に達しないが、1 つのモデルでは沿岸低地へ 25% 未満の浸水が認められ、もう一方では浸水しなかつた。

2 パターンの数値計算を行った 1677 年青森県東方沖津波モデルについては、地震が発生してから約 40 分後に海岸線に津波が到達した。1 つ目のモデルでは、最大波高は 2 m 以下で沿岸低地への浸水も認められないのに対し、2 つ目のモデルでは、最大波高が 4 m 近くに達し、沿岸低地への浸水は 80% 程度であった。さらに、下北半島北部を隆起させたと推定されている海底活断層地震による津波の波源モデルでは、最大波高が 2 m を越え、沿岸低地への浸水が 25% 未満であった。

以上より、17 世紀に千島海溝から日本海溝北部を波源域として発生した津波は、本研究で計算したモデル全てにおいて津波堆積物が確認された閑根浜に到達することが明らかになったが、現時点では 17 世紀津波と 1611 年慶長津波の同時性については明らかにすることはできていない。今後は、閑根浜の津波堆積物分布のデータを充実させると共に数値計算結果との比較を行い、下北半島北部に襲来した津波の波源を特定していく。

文 献

Baba, T., Takahashi, N., Kaneda, Y., Ando, K., Matsuoka, D. and Kato, T., 2015, Parallel implementation of dispersive tsunami wave modeling with a nesting algorithm for the 2011 Tohoku tsunami. *Pure and Applied Geophysics*, **172**, 3455–3472.

岡本行信, 行谷佑一, 2011, 17 世紀に発生した千島海溝の連動型地震の再検討. 活断層・古地震研究報告, 11, 15–20.

02

空中写真を用いた沿岸巨礫の移動過程の追跡：沖縄県久高島の例

Annual tracks of the boulder movement using aerial photographs: An example on the coast of Kudaka Island

南館健太（東北大学）・後藤和久（東京大学）・菅浩伸（九州大学）

Kenta Minamidate (Tohoku University), Kazuhisa Goto (The University of Tokyo),
Hironobu Kan (Kyushu University)

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

1. はじめに

沿岸巨礫堆積物は、過去のイベントの履歴や規模を復元するプロキシとしての有用性が指摘されている。例えば、リーフ上の沿岸巨礫を用いた研究として、過去の津波履歴を復元する研究、台風やサイクロンの履歴を復元する研究、過去の津波・波浪イベントの規模を推定する研究などがある。これらの研究は、巨礫が津波や高波によって陸地や海岸に打ち上がり、その後も波の影響で移動を繰り返すという考えに基づく。したがって、イベントによって巨礫がリーフ上に供給されるプロセス、リーフ上を移動するプロセスを理解することが重要である。しかし、特定のイベントで巨礫が供給されたこと、移動したことを認定できた例が少なく、その実態がまだよくわかつていないという問題点がある。本研究では、沖縄県久高島を対象地域として、2018年3月から2019年3月までの1年間の沿岸巨礫の移動過程を、高解像度画像を用いて解析することを目的とした。

2. 手法

2018年3月と2019年3月の二回、沖縄県久高島東岸のリーフ上で無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) を用いた空中写真撮影を行った。2つの時期の写真的ぞれについて、空中写真から巨礫の判読を行った。2018年の撮影では、撮影範囲の複数地点で GNSS 測量を行い、位置情報を取得した。空中写真から三次元モデルを作成し、絶対座標を内挿することで、座標を有する高精度地形モデルを作成した。これらのデータを用い、2018年と2019年の巨礫分布を比較し、巨礫の移動と新たな供給の有無を検討した。

3. 結果および議論

2018年と2019年の空中写真を比較することにより、期間内に動いた巨礫と動かなかった巨礫を認定した。その結果、約5トン以上の巨礫が複数移動していることが確認された。一方で、より重量の軽い数トン級の巨礫であっても動かないものが多数あった。Goto et al. (2009)では、久高島において210個の巨礫の分布を記載しサイズを計測している。この中で最も大きい巨礫と2番目に大きい巨礫はそれぞれ約127トン、約54トンと推定されており、本研究の空撮でもこれらの巨礫を判読することができた。最大級の二つの巨礫は本研究の撮影期間内では移動していないことがわかった。さらに、2019年に確認された巨礫の中には、2018年時には近辺に見つからなかった巨礫もあった。これは、

新規に巨礫がリーフ上に供給されたことを示す。

本研究の調査期間である 2018 年 3 月から 2019 年 3 月の間に久高島周辺を通過した台風の中で、最も強かった台風は 2018 年 7 月に接近した台風 1808 号 (915hPa) である。NOWPHAS の速報値によると、久高島に近い波浪観測所である中城湾でも最大有義波高 9.67 m を記録し、波浪も期間内の最大であった。久高島の沿岸巨礫は、巨礫打ち上げ以降の過去最大波によって形成されていると考えられる。Minamidate et al. (2020)は、数値計算によって巨礫分布を形成する台風の強度を推定しており、過去に 890hPa 級の台風が久高島を来襲したことを示唆した。台風 1808 号による高波は比較的大きい波ではあったものの、最大に匹敵するものではない。本研究の結果から、台風 1808 号に伴う比較的大きい高波によって一部の巨礫が移動したもの、全体の巨礫分布を崩すこととはなかったと言える。

文献

- Goto, K., Okada, K., and Imamura, F., 2009, Characteristics and hydrodynamics of boulders transported by storm waves at Kudaka Island, Japan, *Marine Geology*, **262**, 14–24.
- Minamidate, K., Goto, K., Watanabe, M., Roeber, V., Toguchi, K., Sannoh, M., Nakashima, Y., 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*, **10**, 7218

03

石英の酸素空孔を用いた上部白亜系 Nemegt 層の層序解析

Stratigraphic assignment of the upper Cretaceous Nemegt Formation using oxygen vacancies in quartz grains

高橋勇人（岡山理大）・網本真奈（岡山理大）・豊田新（岡山理大）・Khishigjav Tsogtbaatar（モンゴル科学アカデミー）・Buyantegsh Batsaikhan（モンゴル科学アカデミー）・実吉玄貴（岡山理大）
Hayato Takahashi (Okayama Univ. Sci.) · Mana Amimoto (Okayama Univ. Sci.) · Shin Toyoda
(Okayama Univ. Sci.) · Khishigjav Tsogtbaatar (Mongolian Academy of Science) · Buyantegsh
Batsaikhan(Mongolian Academy of Science) · Mototaka Saneyoshi (Okayama Univ. Sci.)

連絡先：高橋勇人 (g19gm05th@ous.jp)

1.はじめに

モンゴル国ゴビ砂漠では、1920 年代に実施されたアメリカ自然史博物館の脊椎動物化石発掘調査から、約 100 年間にわたり調査が続けられてきた。化石含有層が堆積した当時、ゴビ砂漠は大陸内陸部に位置しており、大陸性内陸盆地を代表する化石産地として、現在でも調査・研究が行われている。これら脊椎動物化石の生態を明らかにするためには、地層から古環境を解析することが不可欠である。しかしこの中でも、特に化石を多産する上部白亜系は、火山灰や微化石を含まないことから、年代未決定であり、かつ累層分布が 200km を超え対比困難である。また現在の累層区分は、年代を含む区分法から構成されている。そこで本研究では、Electron Spin Resonance（以下 ESR と略す）を用いて、石英から測定される酸素空孔量の有用性と、対象層における層序区分への応用を検討する。

研究対象は、モンゴル国ゴビ砂漠に分布する上部白亜系の中でも最上位に位置し、恐竜化石を多産する Nemegt 層とした。Nemegt 層は、タルボサウルス類やオルニソミムス類、小型獣脚類、ハドロサウルス類、アンキロサウルス類、ワニ類やカメ類といった爬虫類、魚類などの多様な脊椎動物化石を産出し、これらは北米との親和性の高い生物群とされる。Ebarth (2018) は、岩相と古環境復元に基づいて、下部、中部、上部と区分した。この内、中部と上部の岩相は比較的区分しやすく、大きな環境変動を示唆する (Watabe et al., 2010; Ebarth, 2018)。本研究では、特に Nemegt 層中部と上部を露出し、かつ地層を側方へ観察しやすい、ゴビ砂漠南西部の Bugin Tsav を研究対象とした。Bugin Tsav において、Nemegt 層中部は泥岩に富んだ小規模な蛇行河川による砂岩と泥岩で構成される。一方 Nemegt 層上部は、シート状洪水流堆積物をともなう大型河川により再堆積した、風成堆積物由来の淘汰の良い砂岩から構成される (Ebarth, 2018)。

2.研究手法

ESR は、物質中の不対電子を測定する物理的な手法である。電子はスピノン量子数によって磁気モーメントを持つ。この磁気モーメントは磁場中に置かれると磁場の向きに平行あるいは半平行の 2 つの向きに量子化され、それぞれの向きに対応する位置エネルギーを持つことになる。この現象をゼーマン分裂と呼ぶ。磁場に平行にある電子スピノンは、このエネルギーレベルの差に等しいエネルギーの光子を吸収して半平行の状態に遷移し、この現象を電子スピノン共鳴と呼ぶ (Toyoda, 2006)。本研究では、この手法を用いて石英中の E_1 ‘中心を測定する。 E_1 ‘中心とは、石英の結晶格子の酸素が脱落し、その空孔に不対電子が捕らえられている状態のことである (Silsbee, 1961)。石英中の酸素空孔は、外部のベータ線及びガンマ線によって生成される (Toyoda et al. 2005)。このように生成された酸素空孔量を ESR といった手法を用いて測定することで、地層中に含まれる石英の鉱物学的特性を明らかにできる。この

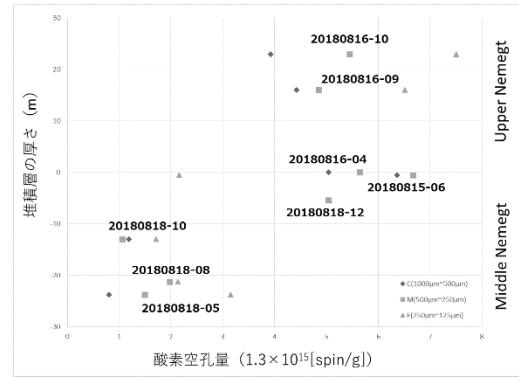
ような特性から、含まれる石英の違いを明らかにすることで、地層の対比または特定への有用性を検討した。なお、石英を用いるのは、比較的広く地層中に含まれることから、より広範囲の上部白亜系への応用を期待できるからである。また、粒径により運搬・堆積過程が異なる点を考慮し、F (250~125 μm)、M) 500~250 μm)、C (1000~500 μm)の3段階に分けて分けた上で、石英の各種抽出作業を実施した。抽出された石英粒子は、 γ 線を照射後、加熱してESRにより測定することで、E1'中心の信号強度から石英の酸素空孔量を、 $1.3 \times 10^{15}[\text{spin/g}]$ 単位として求めた。本発表では、Nemegt層中部から5試料、上部から3試料の測定結果を報告する。

3. 結果および考察

BuginTsavの石英試料の酸素空孔量は、Nemegt層中部において平均3.0 (F: 2.8, M: 3.2, C: 2.8)、最小0.8 (F: 1.7, M: 1.1, C: 0.8)、最大6.7 (F: 5.1, M: 6.7, C: 6.4)であった。上部においては平均5.4 (F: 7.0, M: 5.3, C: 4.5)、最小3.9 (F: 6.5, M: 4.8, C: 3.9)、最大7.5 (F: 7.5, M: 5.6, C: 5.0)であった。各石英試料の酸素空孔量を層準毎に比較すると(図参照)、中部と上部で酸素空孔量に違いが認められる。この値は、Nemegt層中部から上部への岩相変化と一致する。また細粒砂を示すF試料のみ、酸素空孔量の挙動に違いが認められる。これは細粒砂の堆積プロセスが他とは異なると解釈できる。このように、石英の酸素空孔量は、岩相の違いを反映していると考えられる。一方で堆積後、自然放射線による酸素空孔量の増大といった問題も指摘されていることから、本結果を確定させるためには、各試料の自然放射線を測定する必要がある。さらにゴビ砂漠に分布する他の上部白亜系との比較を通して、本手法の層序学的解釈への有用性をさらに検討する。

4.参考文献

- Eberth, D. A., 2018. Stratigraphy and paleoenvironmental evolution of the dinosaur-rich Baruungoyot-Nemegt succession (Upper Cretaceous), Nemegt Basin, southern Mongolia. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 494 (2018), 29-50.
- Silsbee, R. H., 1961. Electron spin resonance in neutron-irradiated quartz. Journal of Applied Physics, 32, 1459-1462.
- Toyoda, S., 2006. Application of the ESR signal associated with oxygen vacancies in quartz to paleoenvironmental research. Engineering Geology of Japan, No. 0, 43-50, September 2006.
- Toyoda, S., Takeuchi, D., Asai, T., Komuro, K. and Horikawa, Y., 2005. Spin-spin relaxation times of the E_{1'} center in quartz with and without irradiation : implications for the formation process of oxygen vacancies in nature. Radiation Measurements, 39, 503-508.
- Watabe, T., Tsogtbatar, K., Suzuki, S. and Sanyoshi, M., 2010. Geology of dinosaur-fossil-bearing localities (Jurassic and Cretaceous: Mesozoic) in the Gobi Desert:Results of HMNS-MPC Joint Pleontological Expedition. Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin, vol. 3, pp. 41-118, March 31, 2010.



図：採取した石英試料の酸素空孔量

04

北海道中新統アベツ層タービタイトの有機地球化学分析による陸源有機物の堆積過程の検討

Sedimentary processes of terrigenous organic matter evaluated by organic geochemical analysis of turbidite sediments from the Miocene Abetsu Formation, Hokkaido, Japan

朝日啓泰・沢田健（北海道大学）

Hiroyasu Asahi, Ken Sawada (Fac. Sci., Hokkaido Univ.),

連絡先：朝日啓泰 (asahi-air-25@eis.hokudai.ac.jp)

1. はじめに

前期中新世末期～中期中新世の北海道中央部では、島弧-島弧衝突により南北約 400 km, 幅数 10 km にわたる地域に狭長な前縁堆積盆（foreland basins）が形成された。この狭長な堆積盆では地域により碎屑物組成が異なっており、中央部（石狩堆積盆）と中央南部-南部（日高堆積盆）では供給源系はそれぞれ独立していたと推定されている（Kawakami, 2013）。中期中新世の石狩堆積盆ではおもにトラフ充填型タービタイトからなる川端層が堆積し、そのタービタイト層は高等植物由来の陸源有機物を多量に含む特徴があり、陸源有機物が陸域から海洋底へ直接運搬される堆積システムが卓越していたと考えられている（Furota et al., 2014）。私たちは川端層と対比される日高堆積盆のアベツ層でも有機物濃集部を含むタービタイトがあることを確認した。本研究では、アベツ層のタービタイトシェンスにおいて堆積学的調査と有機地球化学分析を行い、陸源有機物を特徴的に含む堆積層の堆積過程を評価・検討した。

2. 調査地域

北海道中央南部むかわ町穂別地域には中期-後期中新世にかけて日高海盆に堆積した砂泥互層が広く分布している。調査地域のホロカンベ沢はアベツ層（粗粒砂岩互層）、二風谷層（細粒砂岩互層）が露出する。堆積年代は放散虫によってアベツ層は 15.3 - 12.5 Ma、二風谷層は 12.5 - 9.7 Ma と推定されている（本山・川村, 2009）。アベツ層は夕張地域の川端層と対比される（嵯峨山ほか, 1992）。

3. 試料と手法

分析したアベツ層タービタイト試料は、下部から中粒砂岩部（Ta）、平行葉理部（Tb）、タービタイト泥岩部（Te）、半遠洋性泥岩部（E）が観察される。平行葉理部（Tb）では明瞭な有機物（おもに木片）による葉理が発達していて、黒色の有機物濃集部として見られる。有機物分析ではタービタイト試料を堆積構造の変化に着目して 8 ユニットに岩石用カッターを用いて分割した。分割したサンプルは有機溶媒により遊離態成分を抽出し、GC/MS によりバイオマーカー分析を行った。

4. 結果と考察

アベツ層タービタイトに含まれる陸源バイオマーカーとして、裸子植物成分（ジテルペノイド）、

被子植物成分（トリテルペノイド）および貧酸素環境下で微生物分解を受けた被子植物成分（des-A テルペノイド）が主要成分として検出された。微生物分解を受けた被子植物成分は湿原などの貧酸素環境での堆積を経験した有機物の指標として使うこととする（朝日・沢田, 2019）。

裸子植物成分と微生物分解を受けた被子植物成分はシーケンスを通してほぼ濃度に変化がなかつたが、被子植物成分は有意に変化し、砂層部(Ta-Tb)で高濃度に含まれることがわかった。特に Tb の有機物濃集部が最大値を示し、アベツ層のタービダイトを形成した混濁流には被子植物成分が多量に含まれていたと考えられる。この被子植物成分のみが高濃度で検出された要因として、山間部の森林地帯から樹木起源の有機物が主に運搬されたことが推察される。一方、夕張地域の川端層タービダイトでは被子植物成分、裸子植物成分とともに Tc 部で濃集するが、特に微生物分解を受けた被子植物成分が高濃度で含まれており（Furota et al., 2014）、アベツ層での結果とは異なり湿原域のような環境からの寄与が高いと考えられる。川端層タービダイトでは複数の陸域供給源から有機物を運搬していることが示唆されるのに対し、アベツ層タービダイトでは被子植物成分が有機物の大部分を占めており、川端層タービダイトと比較するとより狭い流域を後背地に持つ混濁流により形成されたと考えられる。

タービダイトシーケンスにおいてステロイド（ステラン）組成を用いた陸/海起源有機物比を評価した。このステラン指標のプロファイルでは、砂層部（Ta-Tb）にかけて陸起源有機物が高い割合を示す一方、泥層部（Te）では海成起源有機物の割合が上方に向かって急激に増加する傾向が見られた。このような傾向は、酸化還元および陸源有機物の寄与率を示すプリスタン/フィタン指標（Pr/Ph 比）の結果でも同様に見られる。川端層タービダイトにおけるステラン組成プロファイルでも細粒部ほど海成起源有機物の割合が増す傾向が見られるが、アベツ層は川端層よりもさらに顕著な変化が見られるといえる。この理由として、アベツ層堆積時の日高堆積盆では海洋生物生産が高く海成有機物の堆積量が多かつた、またはより深海域に位置して海成有機物の堆積の寄与が高かつたことが推測される。あるいは、川端層で見られるような陸域から陸源有機物が直接的に運搬されるような堆積システムがさほど発達していなかった可能性も考えられる。今後、さらにアベツ層やその上位に位置する二風谷層などの堆積学調査と有機物分析を進めて、日高堆積盆の堆積セッティングと堆積有機物相をより系統的に復元していく予定である。

文献

- 朝日・沢田, 2019, イベント堆積物中の環構造が減成されたトリテルペノイドのGC-MS解析. *Res. Org. Geochem.*, **35**, 55 – 72.
- Furota S., Sawada K. and Kawakami G. 2014 . Evaluation of sedimentary processes of plant particles by gravity flow using biomarkers in plant fragment-concentrated sediments of a turbiditic sequence in the Miocene Kawabata Formation distributed along the Higashiyama-gawa River, Yubari, Hokkaido, Japan. *Res. Org. Geochem.*, **30**, 9–21.
- Kawakami, G., 2013, Foreland Basin at the Miocene Arc-Arc Junction, Central Hokkaido, Northern Japan. In Ito, Y., ed., *Mechanism of Sedimentary Basin Formation—Multidisciplinary Approach on Active Plate Margins*, InTech, 131– 152.
- 本山 功・川村好毅, 2009, 北海道穂別地域の中新統の地質と放散虫化石層序. むかわ町立穂別博物館研究報告, **24**, 1-18.
- 嵯峨山 積・保柳康一・宮坂省吾, 1992, 中央北海道日高海岸地域の新第三系珪藻 生層序と粗粒堆積の形成期. 地質学雑誌, **98**, 309-321.

05

実験データから明らかになった混濁流と開水路における浮遊砂濃度と乱流構造の違い

The compilation of past flume-experiment dataset of turbidity currents shows that sediment transport mechanics of turbidity currents is fundamentally different from open-channel flows.

Sojiro Fukuda (University of Hull, UK) • Elena Bastianon (University of Hull, UK) • Bill McCaffrey (University of Leeds, UK) • Naofumi Yamaguchi (Ibaraki University, Japan) • Hajime Naruse (Kyoto University, Japan) • Robert Dorrell (University of Hull, UK)

連絡先 : Sojiro Fukuda (S.Fukuda-2018@hull.ac.uk)

1. 要旨

本研究は、過去70年間に渡る水槽実験の観測データの解析から、混濁流の浮遊砂運搬メカニズムが開水路とは異なる特徴をもつことを明らかにした。これまで100年以上に渡って、堆積物重力流の研究では、混濁流を陸上河川に近い現象と仮定することで数理モデルを構築してきた。しかし、収集した既存の実験データの解析は、混濁流がこれまでの数理モデルにおいて使用してきた開水路準拠のフローパワー理論に従わないことを示している。フローパワー理論では、浮遊砂を維持するのに必要な仕事量は、フローパワーとして定義される流れの乱流生成率に比例する。しかし、これまでの混濁流の水槽実験データは、浮遊砂濃度とフローパワーの間に非線形の関係があることを示しており、既存のモデルは混濁流の乱流生成率を過小評価していたことがわかった。混濁流が開水路のフローパワー理論に従わないという本研究の結果は、混濁流の乱流生成メカニズムが河川とは異なるものであることを示唆しており、今後の混濁流の浮遊砂の長距離運搬メカニズムに関して新たな研究課題を提起するものとなる。

2. フローパワーモデル

混濁流の駆動力は、浮遊砂によって生じる周囲流体への密度差であり、その流れが堆積的か侵食的かによって変化する。そのため、混濁流の堆積／侵食境界の認定は流れの長距離移動を論じる上で欠かせない。現在の堆積／侵食境界を論ずる理論モデル (e.g. Dorrell et al., 2018) は、陸上河川準拠のフローパワーモデル (Velikanov, 1954; Bagnold, 1966)に基づいており、流れの中のフローパワーが浮遊砂を維持するために必要な仕事量と比例関係にあることを以下のように仮定している。

$$RCgw_sh = \alpha u_*^3 \propto U^3$$

ここで、 R は相対密度、 C は浮遊砂濃度、 g は重力加速度、 w_s は粒子の沈降速度、 h は流れの厚さ、 α は比例定数、 u_* は摩擦速度、 U はレイヤー平均流速である。

3. 手法と結果

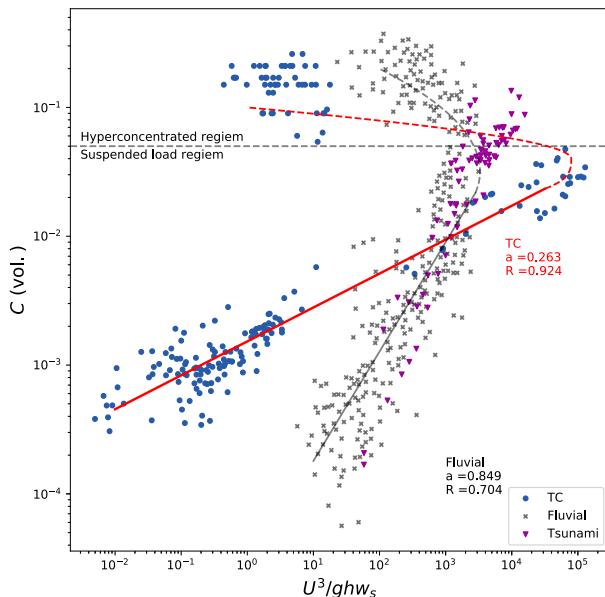
過去の混濁流の水槽実験のデータをコンパイルし、鉛直流速分布および濃度分布を抽出したのち各種流れの代表的な変数を算出して、フローパワーと浮遊砂濃度の関係式を対数スケールの図 (Fig. 1) に

プロットした。比較のため、開水路データの例として、天然河川（黄河、中国）での実測データと津波の水路実験データも同様にプロットを行った。その結果、比較的低濃度領域においては、河川や津波などの開水路の場合はフローパワーと浮遊砂濃度がほぼ比例関係 ($a \approx 1$) を満たすのに対し、混濁流では両者に非線形な関係 ($a = 0.263$) が見られた。また、高濃度領域では、粒子同士の衝突などの影響が無視できなくなる事により、フローパワーと浮遊砂濃度の比例関係が崩れる様子が河川でも混濁流でも観測された (Fig. 1)。

4. 考察・結論

実験混濁流にみられるフローパワーと浮遊砂濃度間の非線形な関係は、既存のモデルが、低濃度混濁流における乱流生成率を大きく過小評価している可能性があることを示唆している。周囲気体との摩擦が著しく小さい開水路に対して、周囲流体との摩擦が無視できない混濁流は、より強い乱流発生機構を持つことで浮遊砂の長距離運搬を可能としているのかもしれない。ただし、実験混濁流の平衡状態という仮定の妥当性についても考慮すべきである。非定常状態の流れである実験津波のデータは河川の実験結果と同様のトレンドを示すことから、少なくとも実験津波程度の非定常状態ではフローパワーの比例関係には大きな影響が現れないことが考えられる。しかし、混濁流がより強い非定常状態にある可能性もあるため、今回の結果は、混濁流という現象がどの程度の距離・時間スケールで定常状態を獲得するか理解することの重要性も改めて指摘するものである。

本研究の結果は、混濁流の浮遊砂の長距離運搬メカニズムに関する新たな研究課題として、混濁流



の非定常性や開水路との乱流鉛直プロファイルの違いが、長距離運搬における重要な役割を担っている可能性を強く示唆する。

Fig. 1. Log-scale diagram of the non-dimensional flow power and the work done to keep suspended sediment. The regression curves are drawn by the solid lines. Dotted line is manually drawn to visualise the collapse of correlation. The a and R in the plot indicate the gradient of regression line and the decision coefficient respectively.

5. 文獻

- Bagnold, R. A., 1966. An Approach to the Sediment Transport Problem from General Physics. *U. S. Geological Survey Professional Paper*, **422**, 37p.
- Dorrell, R. M., Amy, L. A. and Peakall, J. M. W. D., 2018. Particle Size Distribution Controls the Threshold Between Net Sediment Erosion and Deposition in Suspended Load Dominated Flows. *Geophysical Research Letters*, **45**, 1443-1452.
- Velikanov, M., 1954, Gravitational theory of sediment transport. *Journal of Science of the Soviet Union, Geophysics*, **4**(GTS translation 62-15004).

P1

2019年台風19号による多摩川の増水と河川敷の堆積作用：立川市周辺の例

Depositional process on riverbed of the Tama River caused by the floodflow of
T1919: An example around the Tachikawa City, Tokyo

白井正明（都立大）・宇津川喬子（立正大）

Masaaki SHIRAI (TMU), Takako UTSUGAWA (Rissho Univ.)

連絡先：白井正明 (mshirai@tmu.ac.jp)

1. はじめに

2019年10月に東日本を通過した台風19号（T1919）は記録的な豪雨をもたらし、東日本各地の河川では近来稀に見る増水が生じた。山梨県、東京都、神奈川県を流れる多摩川でも記録的な降雨・増水が生じ、下流では多摩川本流からの逆流や越水による浸水被害が生じた。青梅から下流の多摩川中流域では越水などは生じなかったものの、高水敷に作られたグラウンドに砂礫が堆積するなどの被害が生じた。T1919による増水が河川敷での堆積作用に及ぼした影響を記録することは、近年の管理された河川でより自然の力が強く作用した貴重な例であるとともに、今後頻度が増加する可能性がある大規模出水に対する河川の応答を考える上で重要な資料となりうる。発表者らは青梅市下流側の青梅市民球技場付近、羽村市宮の下運動公園付近、立川市周辺の多摩川緑地付近（中央線多摩川鉄橋の上流側）の3地点で、河原から高水敷にかけての砂礫の堆積状況を観察しており（宇津川・白井、2020），今回立川市周辺の多摩川緑地沿いの高水敷での砂礫の堆積状況について詳しく報告する。

2. 観察地域

今回報告する観察地域は多摩川北岸、中央線多摩川橋梁から上流側の約900 mの区間であり、立川市、日野市、昭島市の市境付近に位置する。堤防から最大で350 m幅の河川敷は堤防に近い幅約80 mは緑地公園として整備されており、流路に近い側にはT1919襲来以前はニセアカシアなどが生えた高水敷が広がっていた。流路とほぼ同じ高度の低水敷では20世紀半ばの川砂利採取などの影響により礫の分布が限られ、上総層群小山田層の泥層が広く露出していた。観察地域では小山田層の大部分は干潟の堆積物からなり、メタセコイアなどの樹幹や、降下軽石とラハール堆積物から成る堀之内第1タフ (HU_1)，降下火山灰から成る堀之内第2タフ (HU_2) などが確認されていた（例えば、高野、1994）。2019年秋のT1919襲来時には、観察地域の約1.5km下流に位置する日野橋水位観測所（右岸側河口より約40 km）では、台風襲来時に約3.2mの水位の上昇が記録されている（国土交通省水文水質データベース <http://www1.river.go.jp>）。台風襲来後のこの地域での観察は、主に2019年11月から2020年2月にかけて行い、増水によって堆積した砂礫の分布と量重関係を記録した。

3. 観察結果および議論

観察結果をまとめたものを図に示し、以下の説明と対応する記号を記す。（a）緑地公園の植栽に残された泥の汚れから、増水時の水位は通常時より3~4m上昇していた。これは日野橋水位観測所の測

定結果と整合的である。 (b) 薮（植生の密集）は上流側には比較的よく残り、下流側では砂礫に埋没する傾向が認められた。 薮が残されている部分には大部分砂が堆積し、薮の上流側に部分的に中礫の堆積が認められた。 (c) 洗掘による溝が伸びる方向は大部分で流路から高水敷への流れを示す。 これは高水敷での砂礫の分布の伸びる方向ともよく合致する。 (d) 低水敷の上総層群泥層の表面には、通常時の多摩川の流路の方向に平行な溝と左岸の大礫が堆積した高水敷へ向かう溝の、2種類が認められた。 (e) 高水敷での大礫～巨礫の堆積が目立ったのは観察地域の中程、石積みによる堰付近であつた。 なおこの堰はT1919の増水時に南側の基部を除いて流失した。

以上の観察結果から、観察地域では凡そ以下のような堆積過程が生じたと推測される。(i) 砂は浮遊砂として流路（の浸水部分）全体を流下しながら堆積した傾向が強い（下流側では例外あり）のに対し、礫（中礫以上）は低水敷から高水敷へ転動しながら比較的狭い部分に堆積した。(ii) 下流側では高水敷への礫の堆積が少なく、その分布から考えると砂が(i)とは異なり流路から高水敷へのし上げるような経路を運搬されたと考えられる。またこれらの砂は分布や墨重関係を考慮すると増水が收まりつつある時間帯に堆積したと考えられる。(iii) 堤の上流側流路内の巨礫の配列等も考慮すると、堤付近の河岸の侵食および礫の堆積は、T1919前に生じていた左岸と堤の隙間に水流が集中することにより発生した可能性が高い。

文献

高野 (1994) 地質学雑誌, 100, 675–691.

宇津川・白井 (2020) JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, HGM03-P05.

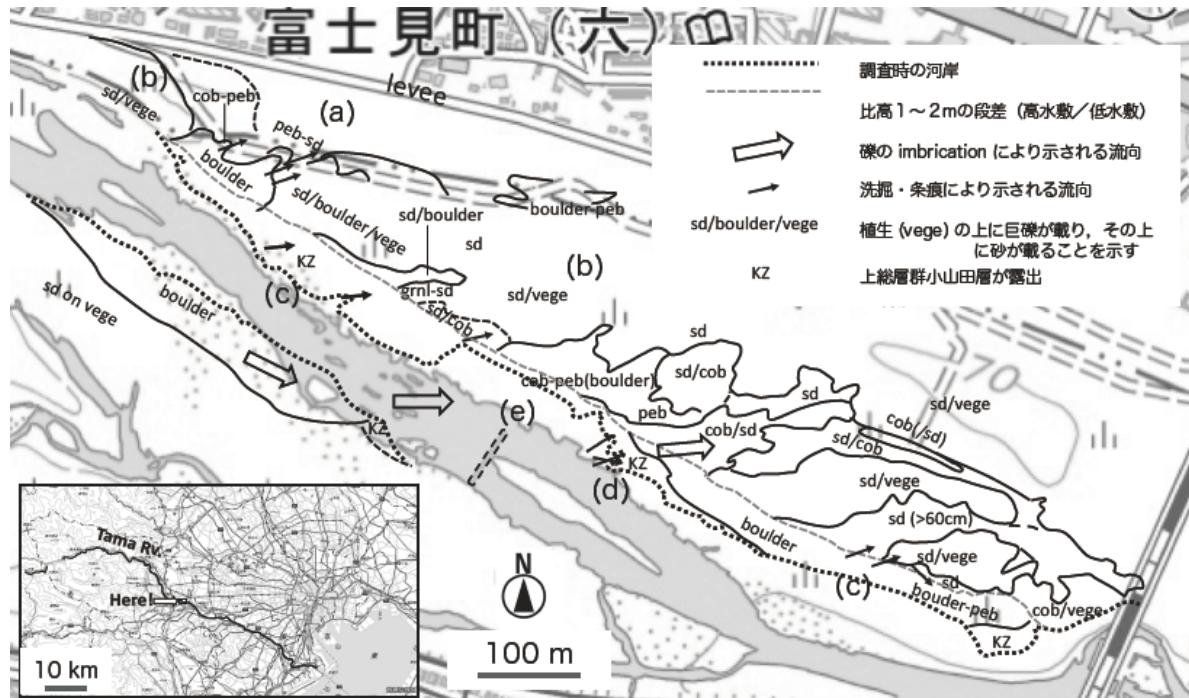


図 立川市緑地公園周辺における砂礫の堆積状況

地理院地図を基図として使用. (a)～(e)は本文内の説明に対応する.

2019 年千曲川氾濫により長野市に形成された洪水堆積物

Flood deposits formed by the 2019 flooding of the Chikuma River, Nagano City

山田昌樹（信州大学）・成瀬 元（京都大学）・松田有平（信州大学）

篠崎鉄哉（筑波大学）・常盤哲也（信州大学）

Masaki Yamada (Shinshu Univ.), Hajime Naruse (Kyoto Univ.), Yuhei Matsuda (Shinshu Univ.)

Tetsuya Shinozaki (Univ. of Tsukuba), Tetsuya Tokiwa (Shinshu Univ.)

連絡先：山田昌樹 (yamada@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

2019 年 10 月 13 日、台風 19 号による豪雨の影響を受けて長野県北部を流れる千曲川が氾濫し、長野市や中野市などにおいて大規模な浸水被害が発生した。千曲川中流域の左岸に位置する長野市穂保では、幅約 30 m の堤防が約 70 m にわたって決壊したことで、幅約 6 km の範囲が最大で 2.2 km 程度まで浸水した（第 1 図 a）。本研究では、洪水発生直後の現地調査により、洪水堆積物の分布の特徴と運搬・堆積プロセスを洪水流の水理学的特徴と合わせて解明することを目的としている。また、今回の洪水の浸水範囲は、近年国内で発生した河川氾濫の中でも規模が大きく、津波の浸水範囲にも匹敵している。浸水距離と堆積物分布との関係を明らかにすることは、地層中で過去の津波や洪水によるイベント堆積物を識別する際に有用な情報になるはずである。

現地調査は、2019 年 10 月 18 日から 11 月 28 日の期間に合計 14 日間実施した。調査測線を 5 本設定し（河川と直交する測線 A-C および河川と平行な測線 D-E），約 100 m 間隔で堆積物の記載とサンプリングを行った（第 1 図）。また、測線沿いの地形測量および流向と浸水深の計測も実施した。破堤付近に形成された大規模な砂礫堆においては、トレント観察とサンプリングに加えて、砂礫堆表面の標高と洪水前の地表面の標高を GPS 測量機器で網羅的に測量し、差分を取って層厚を概算した。

2. 洪水堆積物の堆積学的特徴と洪水の水理学的特徴との関係

河川と直交する方向へ設定した測線 A-C では、堤防から約 1.2 km までは下り傾斜、そこからは上り傾斜になっている（第 1 図 b）。標高が低い場所ほど浸水深が大きい傾向が見られ、最大浸水深は 4.0 m であった。倒れた稲などから復元した洪水の流向は、破堤地点からおおよそ扇状に広がっているが、破堤地点から離れると南から北への流れが卓越していた（第 1 図 a）。

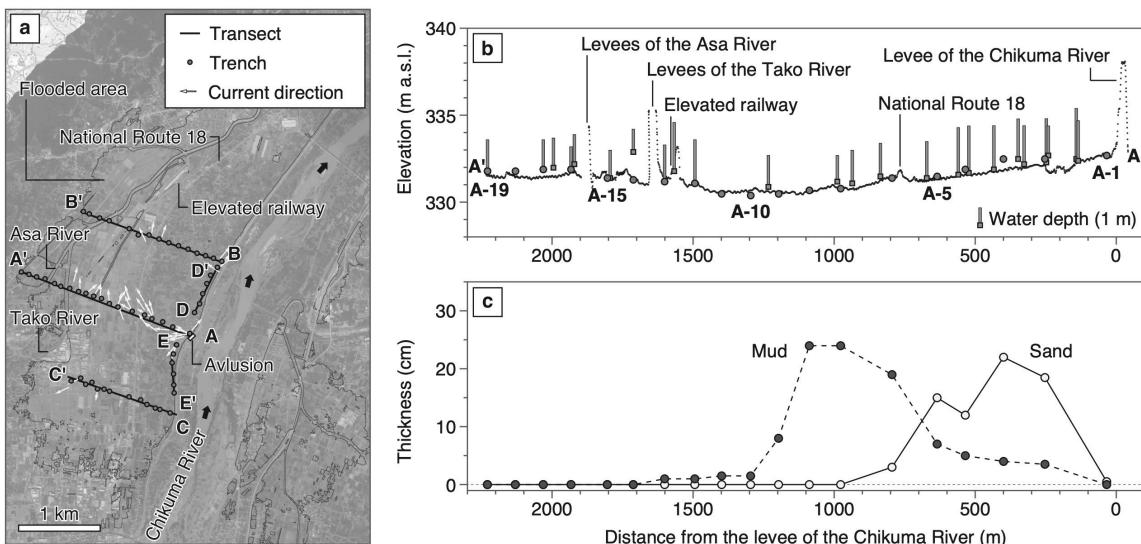
破堤地点から河川に直交する方向へ設定した長さ 2.2 km の測線 A では、破堤地点から 1.6 km まで泥層が見られるのに対して、砂層は 0.8 km までしか分布していない（第 1 図 c）。測線 A-C のデータを合わせると、浸水距離に対して泥層は 73–84%，砂層は 0–36%まで堆積していた。また、洪水堆積物の層厚を標高および堤防からの距離と比較したところ、砂層の層厚は堤防からの距離が離れるにつれて小さくなるのに対して、泥層は標高の低い場所に厚く堆積していた（第 1 図）。洪水の浸水深は地形の高低に対応して増減しているため、河川氾濫時に砂層が形成される場所の条件は、洪水の浸水深ではなく、洪水の流速と破堤地点からの距離に関係していると推察される。また、浸水限界付近

で堆積物が見られないことは、浸水限界付近の標高が比較的高いため、洪水流の停滞した時間が短かったことが要因であると考えられる。極めて限定的な砂層の分布は、津波堆積物の分布特徴（浸水距離が 2.5 km 以下の場合に砂層は浸水距離の約 90%まで分布：Abe et al., 2012, *Sedimentary Geology*）と大きく異なっているため、地層中で両者を識別する際の有用な基準の 1 つになると考えられる。

破堤地点付近では、新たに形成された流路（Crevasse channel）の両脇に大規模な砂礫堆が観察された。破堤地点より南側には、主に大礫～巨礫で構成される最大概算層厚 2.5 m、平均概算層厚 1.3 m の砂礫堆が約 8000 m² にわたり確認された。北側には、中礫～大礫を含む最大概算層厚 1.1 m、平均概算層厚 0.6 m の砂堆が約 4500 m² にわたり広がっていた。これらの砂礫堆は、新たに形成された Crevasse channel 両脇の流速が比較的小さくなる場所に堆積した Crevasse lobe であると考えられる。これらの堆積物の内部には斜交葉理が卓越しており、南側の砂礫堆では砂層から礫層への明瞭な上方粗粒化が認められた。堤防が決壊している最中には砂粒子のみが氾濫原へともたらされていたのに対して、完全に堤防が決壊すると、底面を運搬される礫粒子も供給されるようになったことが、上方粗粒化が見られる要因であると考えられる。

3. 結論

2019 年に千曲川で発生した河川氾濫による洪水堆積物は、破堤付近では砂層と泥層のセットで特徴付けられるが、破堤地点から離れた地点においては泥層のみが観察された。砂層の分布は破堤地点付近のみに限定的で、浸水限界付近では泥層も認められなかった。また、破堤付近に形成された砂礫堆は、新たに形成された Crevasse channel の両脇に堆積した Crevasse lobe であると考えられ、堆積物の内部に見られる上方粗粒化は、河川から氾濫原へと運搬される粒子が破堤プロセスの中で増大したことを見唆している。今後は、堆積物の CT 撮影や粒度分析を実施し、洪水堆積物の詳細な運搬・堆積プロセスの解明を目指す。



第 1 図 (a) 長野市穂保の浸水範囲（国土地理院, 2019）における調査測線、トレンチ、洪水の流向。
(b) 測線 A の地形断面とトレンチ、浸水深。 (c) 測線 A における洪水堆積物の砂層と泥層の層厚。

勇払平野から確認された 17 世紀津波堆積物の堆積学的特徴
Sedimentary features of the 17th century tsunami deposits
recognized on the Yufutsu Plain, Hokkaido, Japan

高清水康博（新潟大学）・西村裕一（北海道大学）・岩城昂平（新潟大学）
Yasuhiro Takashimizu (Niigata Univ.), Yuichi Nishimura (Hokkaido Univ.), Kohei Iwaki (Niigata Univ.)
連絡先：高清水康博 (takashimi@ed.niigata-u.ac.jp)

1. はじめに

沿岸低地を遡上する津波堆積物の層厚や粒径は多少の変化を伴いつつ、大局的には内陸へ薄層化、細粒化する傾向を示すことが多い (Nakamura et al., 2012; Szczerba et al., 2012; Takashimizu et al., 2012)。これは津波が沿岸低地を遡上することに伴う流速減少によるものと解釈される。勇払平野の沿岸低地を遡上した 17 世紀津波堆積物もまた内陸へ薄層化、細粒化することで特徴づけられるとされた (高清水ほか, 2007, 2013)。一方、今回新たに設定した調査測線は途中で旧河川流路 (?) を横断するため、従来の調査報告に比べ遡上ルートにおける地形の起伏が激しい。本報告では河川流路を横断した津波が堆積物に与えた影響を検討したので、その一部を報告する。

2. 方法

設定した調査測線上で約 50 m 間隔でハンディコアラーおよびハンディジオスライサーを用いた掘削調査、および地形測量を行った。その上で、津波堆積物を挟在する層準の定方位不攪乱試料をプラスチックケースで採取した。その後、実験室で整形し、層相および層厚の記載、写真撮影、および X 線 CT 画像の取得を行った。また試料の粒度組成を 1 cm インターバルでレーザー回折・散乱式粒度分析装置により測定した。

3. 結果と考察

【層相】細～中粒砂からなり、粒径の違いから複数の堆積ユニットにより構成されていた。ユニットは海側では最大 4 ユニットを認めたが、内陸ではユニット数が減少し、最奥部では 1 ユニットであった。ユニット数の変化は遡上する津波の波数を示しているかもしれないが、今後検討が必要であろう。基底面は海側では主に不規則形状であり、内陸ではシャープな境界または不明瞭境界に変化した。海側では津波堆積物の基底面上や堆積物中部に遡上津波による同時侵食泥炭の濃集層がよく発達していた。これらは海側での強い侵食的な流れによるものと解釈された。

【層厚】旧河川流路の海側では約 5-7 cm でばらつきはあるもののほぼ同層厚であった。旧河川流路の中では約 10cm 程度の厚さがあった。旧河川流路を横断後、すなわち流路の陸側では内陸へ向けて約 200 m の範囲で約 5 cm から約 2 cm へと薄層化したが、その後、約 400 m の範囲では約 2~3 cm 程度で一定の厚さを示した。すなわち、津波堆積物の層厚が地形の凹部で厚くなっていることは、地形の凹凸に強く影響を受けることを示していた。

【粒度組成】代表粒径値は調査測線の最も海側の約 100 m の範囲で細粒化傾向を示したが、それより陸側では顕著な変化を示さなかった。また、河川流路の横断地形の影響は認められなかつた。一方、調査測線を通して 10% 積算粒径、90% 積算粒径は、それぞれ細粒化、粗粒化する傾向を示した。代表粒径値に変化が見られなかつたことは、両者の粒径変化が全く逆の傾向であるために値が相殺されてしまつたことによるものかもしれない。この原因是、粒度分析用の試料の前処理時に有機物片をうまく取り除くことが出来なかつたことによる可能性がある。今後、検討が必要と考えている。

【X 線 CT】調査測線に沿つて採取した 21 試料の津波堆積物の X 線 CT 画像および CT 値の垂直変動グラフの特徴からは、基底面形状、堆積ユニット区分、根痕、植物片濃集層、および物性の特徴を把握した。また、肉眼で砂粒子を確認しづらい層準であつても砂や泥粒子の存在を容易に確認できた。3D モデルの検討 (Fig. 1) による地層の形態学的分類も検討する予定である。

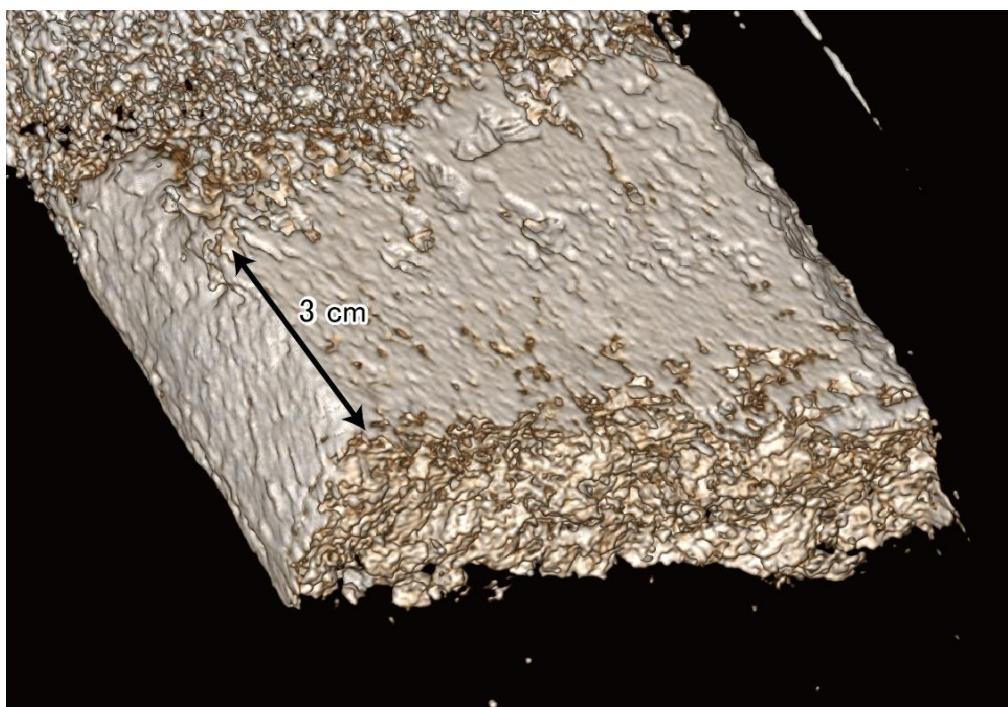


Fig. 1 X 線 CT 画像から構築した津波堆積物基底面形状の観察例

文献

- Nakamura *et al.*, 2012. Local variation of inundation, sedimentary characteristics, and mineral assemblages of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Misawa coast, Aomori, Japan. *Sed. Geol.*, **282**, 216–227.
- Szczuciński *et al.*, 2012. Sediment sources and sedimentation processes of 2011 Tohoku-oki tsunami deposits on the Sendai Plain, Japan — Insights from diatoms, nannoliths and grain size distribution. *Sed. Geol.*, **282**, 40–56.
- 高清水ほか, 2012. 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: 北海道胆振海岸東部に分布する 17 世紀津波堆積物の研究例. 地質学雑誌, **119**, 1–16.
- Takashimizu *et al.*, 2012. Deposition by the 2011 Tohoku-oki tsunami on coastal lowland controlled by beach ridges near Sendai, Japan. *Sed. Geol.*, **282**, 124–141.

P4

猪苗代湖の湖底堆積物に見られる 2011 年地震性タービダイトの特徴

Sedimentary characteristics of the 2011 earthquake-triggered turbidite in Lake
Inawashiro-ko, Fukushima, Japan

片岡香子（新潟大学）・長橋良隆（福島大学）・難波謙二（福島大学）

Kyoko S. Kataoka (Niigata Univ.), Yoshitaka Nagahashi (Fukushima Univ.), and Kenji Nanba
(Fukushima Univ.)

連絡先：片岡香子 (kataoka@gs.niigata-u.ac.jp)

1. はじめに

湖沼堆積物に挟まるタービダイトは、過去の地震履歴の解明に用いられることがあるが (Van Daele et al., 2015 など)、地震動以外の発生トリガー（例えば洪水由来のハイパープクナル流 : Mulder and Syvitski, 1995）との区別化が必要である。また湖沼では、偶発的な地震をトリガーとした重力流（あるいは混濁流）の発生や流下過程の直接的な観測が困難である。そのため、確実に地震性だと判断できるタービダイトを地震発生直後に湖沼から採取し、堆積学的・記載岩石学的特徴を明らかにすることは、湖沼堆積物中の過去の地震性タービダイトの認定には重要である。

福島県の猪苗代湖は、最大水深 93.5m、湖面積 103km²で、約 5 万年前の磐梯山の山体崩壊とともに形成された日本最大の火山性せき止め湖である（長橋ほか, 2016 ; Kataoka and Nagahashi, 2019）。2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震時には、猪苗代町で震度 5 強を記録し、湖水が濁ったとの地域住民の目撃証言もある。そのため、地震をトリガーとした水中での重力流発生が示唆される。一方で、2011 年 9 月 21 日には台風 15 号による降雨もあり（アメダス（湖南）：日雨量 108.5mm），それを起因としたハイパープクナル流の有無も検討が必要である。本研究では、2011 年のイベント発生以降、猪苗代湖底から網羅的に採取した表層コア（柱状）試料の層相記載と粒度分析、連続化学分析を行い、また放射性セシウム濃度の鉛直分布を測定した。そこから、2011 年の地震によるタービダイトを見いだし、その堆積物や空間的分布の特徴を述べる。

2. 湖底表層堆積物の層序

本研究では、2012 年の湖上ボーリング（水深 90 m : 28 m 長）1 地点、2013 年に実施したピストンコアリング 4 地点（水深 44~68 m : 7~8 m 長）、2015 年以降に重力式コアラーにより採取した湖底の極表層（水深 60 m 以深 : 40 cm 程度）24 地点の試料を扱った。これらで共通する極表層 40~50 cm の部分における標準的な層序は、上位より順に、1) 層厚 4.5~27 cm、暗オリーブ灰から灰色の塊状シルト～粘土質シルトで基底部付近に細粒砂を挟む、2) 層厚 13~29 cm、黒色粘土質シルト、3) 層厚 5~8.5 cm、オリーブ灰色粘土質シルト、4) 層厚 0.3~4.9 cm、茶灰色で塊状の粘土質シルト～粘土、5) 層厚 2 cm 以上のオリーブ灰色～黒色の粘土質シルトである。柱状堆積物から得られた放射性セシウムの鉛直濃度プロファイルから、1950 年以降のグローバルフォールアウトおよび 2011 年 3 月地震直後に発生した東京電力福島第一原子力発電所からの放射性物質放出事故の層準を見いだすことができ、そこから、表層堆積物最上部の 1) は 2011 年の地震時に発生したタービダイト、また 4) は湖の北側に位置する磐梯山の 1888 年噴火にともなう大規模な山体崩壊堆積物の遠方相、と判断できる。2), 3), 5) は湖底でのバックグラウンド堆積を示すもので、部分的に縞状構造を呈する。

3. 2011 年地震性タービダイトの特徴

2011 年タービダイトは、水深 92.5 m 以深の湖心部 (2015-H3, 2015-H4, 2016-H2, 2016-H3 コア)

で最も厚く堆積し、層厚 23~27cm である。タービダイトは湖心部から東-南東-南南東斜面の水深 70m 以深に数 cm~14 cm 程度の厚さで認められ、南西斜面の水深 75 m の地点でも 10 cm の厚さで堆積している。一方で、北側の斜面では肉眼で識別できるタービダイトは見られない。

最大層厚 27cm となる湖心部の 2016-H2 コアでは、タービダイトは全体として塊状で、淘汰は良いから中間、上方へ弱く細粒化し、3つの部分からなる。下部は、層厚 4 cm の砂質シルトであり、下位にあるバグランド堆積物（粘土質シルト）との境界は明瞭で、基底部に極細粒砂～細粒砂（5 mm 厚）と極細粒砂（7 mm 厚）の2枚の薄層を、間にシルトを介して、平行に挟む。この薄層の上位から上方へと細粒化し、砂の含有量も減少する。中部は層厚 20 cm、粘土質シルトを主体とし、若干上方に細粒化するが、塊状で均質な特徴がある。上部は、3 cm 程度で、粘土質シルトを主体し、放射性セシウム ^{137}Cs と ^{134}Cs が検出される。その上位には、バグランド堆積物や酸化層が見られることもある。

タービダイトを構成する粒子は珪藻殻の破片や泥粒子に富み、部分的に極細い水棲植物の根を含む。下部の砂質部は、地点により組成が若干異なり、1) 岩片を主体とし、斜長石・石英、火山ガラス、マフィック鉱物を含むもの、2) 1) と同様であるが斜長石が少ないもの、3) 石英と火山ガラスの含有率が高いもの、がある。堆積物全体の化学組成は、湖底のバグランド堆積物の平均的な化学組成と類似し、このことはタービダイトの母材は湖内の堆積物であること示し、ハイパーピクナル流のような成因は考えにくい。タービダイト下部に見られる砂質部の組成が異なることは、複数の斜面の崩壊に由来することを示唆する。またタービダイト中部の異常に厚い塊状シルト質部と湖心部でのタービダイトの厚層化は、混濁流発生に伴う suspension cloud からの粒子沈降が起り、amalgamated turbidite (Van Daele et al., 2017) や猪苗代湖の鍋底状の地形効果による ponded turbidite (Haughton, 1994) の可能性を示す。福島第一原発事故後、猪苗代湖に隣接する会津若松市の環境放射線量率が、2011年3月15日14時に $0.11 \mu\text{Sv/h}$ を観測し、22時に $2.39 \mu\text{Sv/h}$ のピーク値を観測したことからも、タービダイトの下部・中部ではなく上部から放射性セシウムが検出されたことは、地震が混濁流発生の直接的トリガーであることと、中部を形成した粒子沈降が混濁流発生から4日間のうちに起きたことを示す。

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. and Syvitski, J.P.M., 1995, Turbidity currents generated at river mouths during exceptional discharges to the world oceans. *Journal of Geology*, 103, 285-299.
- 長橋良隆・片岡香子・中澤なおみ, 2016, 猪苗代湖湖底堆積物コア(INW2012)からみた猪苗代湖の形成と年代. 裏磐梯・猪苗代地域の環境学(塘 忠顕, 編), 17-31. 福島大学磐梯朝日遷移プロジェクト. 福島民報社.
- Van Daele, M., Moernaut, J., Doom, L., Boes, E., Fontijn, K., Heirman, K., Vandoorne, W., Hebbeln, D., Pino, M., Urrutia, R., Brümmer, R., De Batist, M., 2015, A comparison of the sedimentary records of the 1960 and 2010 great Chilean earthquakes in 17 lakes: Implications for quantitative lacustrine palaeoseismology. *Sedimentology*, 62, 1466-1496.
- 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.

P6

御前崎沖金洲ノ瀬トラフのタービダイト：「ちきゅう」Expedition 912 Leg. 1 Turbidite succession in the Kanasu-no-se Trough: Preliminary report of Chikyu Expedition 912 Leg. 1

池原 研（産総研・地質情報）・金松敏也・Hsiung Kan-Hsi・奥津なつみ（海洋研究開発機構）・
三浦伊織（東京大・大気海洋研）

Ken Ikehara (Geol. Surv. Japan, AIST), Toshiya Kanamatsu, Kan-Hsi Hsiung, Natsumi Okutsu
(JAMSTEC), and Io Miura (AORI, Univ. Tokyo)
連絡先：池原 研 (k-ikehara@aist.go.jp)

御前崎沖に位置する金洲ノ瀬トラフの完新世堆積物に挟在するタービダイトは数百年程度の堆積間隔を持ち、南海トラフで発生する巨大地震の痕跡と考えられてきた（池原, 2001 ; Omura et al., 2012）。しかし、これまでに得られた海底堆積物コアは3~5m程度の長さでしかなく、このようなタービダイトの繰り返しが海水準変動の影響を受けているかどうかは不明のままであった。2020年1月に実施された地球深部探査船「ちきゅう」によるExpedition 912 Leg. 1では、これまで得られているよりも長い期間にわたるタービダイト（古地震）記録を得ることを目的にして、金洲ノ瀬トラフにおいてピストンコアリングによる掘削を実施した。掘削は約80mの深度まで行われたが、そのうちの上部約40mにおいて、約200枚のタービダイトを挟在する地層の採取に成功した。ここでは、船上でのコア計測・観察結果を中心に概要を報告する。

得られたコアはタービダイトを頻繁に挟在するUnit Iとマトリックスサポートの泥岩の角礫を多産するUnit IIから構成された。このうちUnit Iには約200枚のタービダイトが認定できた。先行研究によるタービダイトを含む堆積速度並びに採取コアの予察的なバルク有機物による年代測定結果から見積もるとタービダイトの堆積間隔は約200年程度となり、先行研究である3~5mの厚さの表層堆積物からの結果と整合的であった。タービダイトはUnit Iの上部では泥質部が厚いのに対してUnit I下部では泥質部が不明瞭あるいは欠如するというように、タービダイトの特徴は層序方向に変化するが、堆積頻度に大きな変化はない。したがって、金洲ノ瀬トラフではタービダイトの堆積頻度において、熊野トラフで見られるような氷期一間氷期スケールの海水準変動の影響（例えば、Omura et al., 2012）を受けていないと推定される。

得られたコアについては今後、堆積構造解析やXRFコアスキャナーによる化学分析によるタービダイトの特徴づけとともに放射性炭素年代測定、地磁気永年変動の解析、挟在するテフラの分析などによる堆積年代の詳細な検討を行い、タービダイトによる地震発生履歴の検討を行う予定である。

この掘削は、海洋研究開発機構とJ-DESCとの協働プログラムであるChikyu Shallow Core Program (SCORE)の一環で行われた。

文献：

池原 研 (2001) 地学雑, 110, 471-478.

Omura, A. et al. (2012) Sed. Geol., 249-250, 10-25.

混濁流シミュレーション用オープンソースソフトウェア turb2d

An open source software “turb2d” for numerical simulation of turbidity currents

成瀬 元（京都大学・理）

Hajime Naruse (Kyoto University, Graduate School of Science)

連絡先：成瀬 元(naruse@kueps.,kyoto-u.ac.jp)

本発表では、混濁流の数値シミュレーションを行うために新たに開発したオープンソースソフトウェア turb2d について紹介する。このソフトウェアは任意の 3 次元地形上で混濁流を発生させ、流れが進行する様子を再現することができる。また、タービダイトの層厚分布や混濁流による侵食量を計算することもできる。実際の地形標高データを GEOTIFF 形式から読み取って計算に使用することもできるし、人工的な地形を用意して数値実験を行うこともできる。ソースコードは GitHub (<https://github.com/narusehajime/turb2d/>) で公開されており、誰でもダウンロードして利用することが出来るようになっている。

数値モデルの概要は以下のとおりである。turb2d で用いられる混濁流モデルは 2 次元浅水方程式に基づいており、堆積物の沈降・連行作用や周囲流体の連行作用は実験によって求められた経験的関数によって計算する。経験的関数は複数のものから用途（計算対象のスケールなど）に合わせて選択可能である。数値計算スキームは CCUP 法を用いている（Yabe et al., 1991）。すなわち、このモデルでは基礎式を移流部と非移流部に分割し、移流部は CIP 法および R-CIP 法を用いて解くことで、3 次精度の計算を行っている。非移流部に関しては圧力項を Poisson 方程式に変換し、陰解法で解く。流れの wet/dry 境界については、楊ほか（2016）の移流越流分離法を用いた。さらに、本モデルでは Jameson et al. (1981) の人工粘性を用いて計算の安定化を図っている。プログラムは Python で書かれており、数値計算ライブラリ numpy のベクトル演算を利用している。

turb2d によるシミュレーションの例として、三陸沖・日本海溝における大規模なサージ型混濁流（第 1 図）および海底谷・堆積盆地を模した人工地形での連続的混濁流の計算結果を示す。まず、三

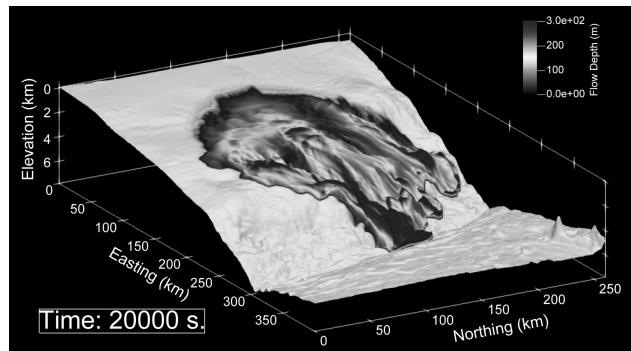


図 1. turb2d による三陸沖・日本海溝の海底斜面上における混濁流のシミュレーション。陸棚上のシート状混濁流が複数のサージに分裂して斜面を流れ下る様子が再現されている。

陸沖・日本海溝での例では、東経 142.5°–145° 北緯 38°–39.5°の範囲の区域を選んで計算を行った。地形データは日本海洋データセンターの 500 m メッシュ水深データを使用している。計算の初期条件として、高さ 200 m、直径 60 km の範囲に濃度 1%・粒径 80 μm の堆積物が浮遊した状況を設定した。これは、2011 年東北地方沖太平洋津波によって堆積物が巻き上げられ、混濁流が発生した状況を想定している (Arai et al., 2013)。計算の結果、混濁流が底面を侵食しつつ加速して日本海溝へ流れ込む様子が再現された。海底斜面上には複数の小規模な海底谷が発達しているため、陸棚上ではシート状だった混濁流が分割され、複数の筋状のサージとして流れ下る様子が観察される (第 1 図)。一方、海底谷・堆積盆地を模した数値実験では、長さ 10 m、幅 4 m の計算区間を設定し、上流端から 5 m 地点までは斜面上に 5% の勾配を持つ谷状地形を作った。5 m よりも下流側は完全に平坦な地形としている。この計算区間の上流端から、厚さ 10 cm・流速 20 cm/s・濃度 1%・粒径 60 μm の混濁流を連続的に流出させ、形成される堆積物を観察した。その結果、堆積盆地にロープ状のタービダイトが発達する様子が観察された。数値実験の結果からは、海底谷・堆積盆地の移行域では侵食が起こって窪地が形成され、そこで跳水を起こした混濁流が広い範囲に滑らかなロープ状タービダイトを堆積させる様子を読み取ることができる。以上のように、turb2d は天然・実験室スケールのどちらでも混濁流のシミュレーションが可能であり、跳水を伴って常流と射流が混在するような複雑な状況でも安定して計算を行うことができる。

turb2d は、プログラミングの知識がない研究者が気軽に混濁流のシミュレーションを実施できるようにすることを意図して設計されている。今後は、混合粒径への拡張など機能の充実を目指すと共に、使いやすいインターフェースの実現へ向けて開発を進める予定である。

文献

- Arai, K., Naruse, H., Miura, R., Kawamura, K., Hino, R., Ito, Y., ... and Kasaya, T., 2013, Tsunami-generated turbidity current of the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Geology*, **41**(11), 1195-1198.
- Jameson, A., Schmidt, W., & Turkel, E. (1981, June). Numerical solution of the Euler equations by finite volume methods using Runge Kutta time stepping schemes. In 14th fluid and plasma dynamics conference (p. 1259).
- Yabe, T., and Wang, P. Y., 1991, Unified numerical procedure for compressible and incompressible fluid. *Journal of the Physical Society of Japan*, **60**(7), 2105-2108.
- 楊宏選, 陸旻皎, 熊倉俊郎, 2016, 浅水流方程式の先端の扱いに関する研究. *土木学会論文集 B1 (水工学)*, **72**(4), 325- 330.

碎屑粒子の分類の定義について一直径 2 mm の粒子は礫か砂か－

About the definition of the classification of clastic grains:

whether the grains of 2 mm in diameter are gravel or sand

廣木義久（大阪教育大学）

Yoshihisa Hiroki (Osaka Kyoiku Univ.)

連絡先：廣木義久（hiroki@cc.osaka-kyoiku.ac.jp）

1. はじめに

堆積学に関する研究を行う上で、研究対象とする地層や堆積物を構成する碎屑粒子の粒径分布を分析することはルーチンワークの一つと言ってよい。そこで、碎屑粒子の分類は堆積学においては基本中の基本となる知識と言えよう。本発表では、その碎屑粒子の分類の定義に関するひとつの話題を提供することにより、碎屑粒子の分類の定義について議論したい。

発表者がここで、碎屑粒子の分類の定義について取り上げるきっかけとなったのは、ある教科書出版会社の方から次のような質問を受けたことである。「直径 2 mm の粒子は礫なのでしょうか、それとも砂なのでしょうか。」どうしてそのような質問をするのかその理由を尋ねてみると、小学校や中学校の教員から上記のことについてよく問い合わせがあるのだが、どのように回答したらよいものか、回答に窮しているというのである。

本発表では、碎屑粒子の分類に関して、小・中学校理科および高等学校地学関連科目の教科書、ならびに、専門書において、どのように説明されているのかを示した上で、小・中・高等学校の教科書および専門書における碎屑粒子の粒径による分類に関する記述についての問題点を指摘するとともに、碎屑粒子の分類の定義について見直し案を提示する。

2. 小・中学校理科および高等学校地学関連科目の教科書における記述

礫はほとんどの教科書で 2 mm 以上としている。泥は 0.06 mm（もしくは、1/16 mm）以下としているケースが多い。砂はほとんどの教科書で「～」を用いて、2～1/16 mm のように説明している。

3. 専門書における記述

地質学および堆積学に関する専門書等における礫・砂・泥の粒径に関する記述は、基本的には、中学校理科や高等学校地学関連科目の教科書と同様の記述である。礫はほとんどの場合、2 mm 以上という説明である。その他、礫を 2 mm より大きいと説明している専門書もある。泥は 1/16 mm 以下という説明が多い。また、砂は 2～1/16 mm という説明が多い。砂を 1/16 mm 以上 2 mm 以下、と説明しているケースや砂を礫より小さいと説明しているケースもある。

4. 議論

礫・砂・泥の粒径は地質学においては堆積岩を分類する基準であり、対象とする堆積岩が礫岩、砂岩、泥岩のいずれであるのかが判断できればよいのであって、堆積岩の中に含まれる直径約 2 mm の特定の粒子を礫と呼ぶべきか砂と呼ぶべきか、といったことが問題にされることはない。また、堆積学においては、堆積物や堆積岩を構成する粒子の粒径分布解析のために、含まれる粒子の粒径が測定される。未固結堆積物であれば、長径・中径・短径を実測して粒径を算出したり、フルイや沈降管を使ったりして、それぞれの粒径区分の粒子の量が測定される。それが堆積岩であれば、岩石を薄片にしたりして、個々の粒子の直径が実測される。フルイを用いた場合、その粒子が目の開きが 2 mm のフルイに残ったならば礫となるし、目の開きが 2 mm のフルイを通過したならば砂となる。長径・中径・短径を実測して粒径を算出する場合、計算値が 2 mm ちょうどになるのは希であるが、計算値が 2 mm ちょうどになった場合には礫もしくは砂のいずれかに含められる。

そもそも、自然に存在する粒子はどのようなものか。自然に存在する粒子は球体（完全な球）ではなく、不規則な形をしている。直径 2 mm の完全な球からなる粒子などというものは自然には存在しない。仮に、直径約 2 mm の球に近い粒子があったとして、その粒子の直径を精度よく測定したとしても 2 mm ちょうどの値になることはない。2 mm より大きな値となるか 2 mm より小さな値となるかのいずれかである。そこで、直径 2 mm の粒子と言っても、それは不規則な形をした粒子をある方法によって求めた便宜上の粒径を示していることになる。

小・中・高等学校の教科書では、ほとんどの場合、礫を 2 mm 以上としている。この表現によれば、直径 2 mm の粒子は礫に含まれることになる。一方、砂はほとんどの教科書で「～」を用いて、2~1/16 mm のように説明している。この礫と砂に関する表現では、直径 2 mm の大きさの粒子が礫に含まれるのか砂に含まれるのかはっきりしない。また、地質学・堆積学の専門書等も多くは小・中・高等学校の教科書の記述と同様で、礫を 2 mm 以上、砂を 2~1/16 mm と説明している。直径 2 mm の粒子というものに着目するならば、直径 2 mm の粒子が二通りに定義されているとみることができる。

実際の自然界においては、直径 2 mm ちょうどの球からなる粒子というものは存在しないと考えるのが妥当であるならば、2 mm という数値はあくまでも礫と砂の境界を示す基準としての数値、礫と砂を分けるための数値と考えるべきであろう。そこで、筆者は、「礫は直径 2 mm よりも大きな粒子」、「砂は直径 2 mm よりも小さく、直径 1/16 mm よりも大きな粒子」、「泥は直径 1/16 mm よりも小さな粒子」という表現、もしくは、「礫と砂は直径 2 mm で分けられる」、「砂と泥は直径 1/16 mm で分けられる」という表現にすることを提案する（廣木、2020）。

5. 文献

廣木義久, 2020, 直径 2 mm の粒子は礫か砂か? 地学教育, 72, 107-112.

北部フォッサマグナ信越堆積盆最南部の中部～上部中新統における堆積システムと 堆積盆テクトニクス

Depositional systems and basin tectonics in Middle to Upper Miocene in the
southmost part of the Shin'etsu basin, Northern Fossa Magna, central Japan

小杉壮汰（信州大学大学院）・保柳康一（信州大学）

Sota Kosugi (Shinshu Univ.), Koichi Hoyanagi (Shinshu Univ.)

連絡先：小杉壮汰 (19ss402c@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

北部フォッサマグナ新第三系の信越堆積盆（竹内, 1981）は、前期～中期中新世の日本海拡大に伴い形成された堆積盆であり、その発達、埋積過程を明らかにすることは日本海周辺の地史を明らかにするうえでも重要であるとして研究が進められてきた（例えば, Takano, 2002）。しかし、北部の新潟県地域を対象とした研究が多く、南部の長野県地域では、後期中新世以降の地層（小川層や柵層）について堆積相解析やシーケンス層序学的解析が行われているが（渡辺ほか, 1995 など），中期中新世までの堆積盆の拡大期とそれに続く埋積開始期における堆積学的・シーケンス層序学的研究は多くない。そこで、本研究では信越堆積盆最南部にあたる長野県中部の中～上部中新統を対象に、堆積システムの変遷を復元して、シーケンス層序学的解析に基づき堆積盆テクトニクスの変遷を考察する。

2. 地質概説

長野県地域には水内帯（小坂ほか, 1992）と呼ばれる新第三系の褶曲帯が存在し、その南東部に位置する込地向斜、野間背斜両翼には中部～上部中新統の内村層・別所層・青木層・小川層が分布する。内村層は前期～中期中新世の火成活動に伴い形成された、いわゆるグリーンタフを主体とする地層である（山田ほか, 2004）。別所層は主に泥岩や泥質タービダイトからなり、堆積盆の急激な沈降期に堆積したとされている（植村・山田, 1986）。青木層はその後の大量の碎屑物供給により堆積したタービダイトであり、砂岩泥岩互層、砂岩、砂質泥岩から構成される。小川層は主に砂岩、砂岩泥岩互層、礫岩から構成され、浅海環境を示す堆積構造や生痕化石が多く確認される。本地域では、野間背斜の南東部で別所層と青木層が断層により接するが、その他では一連の層は整合関係にある。

3. 手法

長野県東筑摩郡筑北村から安曇野市大口沢周辺にかけて地表踏査を行い、ルートマップ及び堆積柱状図を作成、岩相や堆積構造に基づき堆積相解析を行った。また、底痕やカレントリップルから古流向を、スランプ褶曲のヒンジから古斜面走向を解析した。さらに地質図や堆積柱状対比図から堆積相の分布を把握し、堆積盆形態と合わせて堆積システムの変遷を検討した。さらに堆積相累重の傾向に基づきシーケンス層序学的解析を行い、相対的海水準変動や堆積盆地テクトニクスとの関連性を考察した。

4. 堆積システムと堆積盆地形態

地表踏査の結果、本地域に分布する堆積岩を構成する岩相の組み合わせから堆積相を認定し、その解釈と分布の把握により、下位から、火成活動及び海底扇状地システム（内村層）、海盆底システム

(別所層) , 海底扇状地システム (青木層下部～中部) , プロデルタービダイトシステム (青木層上部) , ファンデルタシステム (小川層) といった堆積システムの変遷があったことが推定された.

古流向解析では全体的に南～南西方向からの古流向が卓越し, 古斜面解析によって別所層から青木層にかけては基本的に南北性の古斜面走向が推測され, 青木層上部の基底付近で北西-南東方向の古斜面走向が卓越することから, 主に南北性のトラフ状構造をもつ堆積盆に軸流として堆積物が供給される環境であったことや, 青木層上部堆積時には本地域の南西方と南方からデルタが前進することによって陸棚斜面が北へ移動したことが推察される.

野間背斜南東部に推定される南北性の断層について, その連続性の途絶や付近の混沌相の存在, 砂岩の層厚の変化から, この断層は別所層上部の堆積時に活動し, 青木層下部の堆積に影響を与えるハーフグランベ形態を形成していた可能性が考えられる. このことは同時期に堆積盆内で東西方向の引張応力場が働いていたことを示す.

5. 堆積シーケンス

シーケンス層序学的解析では, 堆積柱状対比図において認められる堆積相累重の変化から, 各堆積体及び堆積シーケンスの認定を行った. その結果, 粗粒なタービダイトの急激な堆積開始を示す青木層の基底をシーケンス境界とみなし, その境界により隔てられる二つの堆積シーケンスが見いだされた. 下位の堆積シーケンスでは, 内村層の砂岩卓越部が低海水準期堆積体, その上位の別所層基底にかけて上方細粒化するサクセッションが海進期堆積体, 塊状泥岩が卓越する別所層が高海水準期堆積体に相当する. 上位の堆積シーケンスでは, 海底扇状地の砂質タービダイトが卓越する青木層最下部が低海水準期堆積体, 青木層下部の泥質なサクセッションが海進期堆積体, 陸棚斜面以深から沿岸環境への上方浅海化を示す青木層中部～小川層が高海水準期堆積体に相当する. 本地域周辺で報告されている地層の堆積年代から, この堆積シーケンスは少なくとも 3Ma 以上の堆積期間をもつ第 2 オーダー堆積シーケンスに相当し, 堆積盆発達に関連する一連の構造運動に起因すると考えられる. 特に堆積盆内での火成活動と急速な沈降を示す内村層は syn-rift 期の堆積物とみなせ, その上位の別所層は高海水準期堆積体にあたり堆積盆の沈降速度が低下したことからリフトの活動が落ち着いた syn-rift～post-rift 遷移期の堆積物と解釈され, 青木層最下部から上位の地層は後背地からの碎屑物供給により本格的に堆積盆の埋積が進行したことから post-rift 期の堆積物であると解釈される.

また, 青木層中部～小川層には, より小さな堆積相累重のサイクルが 5 つ認められ, 各サイクル内の堆積環境の変化からそれぞれ相対的海水準変動に起因する堆積シーケンスであると考えられる. これらの堆積シーケンスが第 2 オーダーの高海水準期堆積体において認められるようになることから, 青木層中部堆積時には構造運動による堆積盆の沈降が安定し, 主にユースタシーが堆積システムに大きく影響を与えるようになった可能性を示す.

〈引用文献〉

小坂共栄・緑 鉄洋・保柳康一・久保田正史・宮東靖浩, 1992, 地質学論集, 37, 71-83; Takano, O., 2002, *Sediment. Geol.*, 152, 79-97; 竹内 章, 1981, 地質雑誌, 87, 737-751; 植村武・山田哲男(編), 1986, 共立出版, p76; 渡辺大輔・西村瑞恵・保柳康一, 1995, 地質学論集, 45, 189-207; 山田伊久子・備前信之・小坂共栄・磯村智香子, 2004, 地球科学, 58, 1-16.

「河口段丘」の提案

A proposition on the "river-mouth terrace"

小松原琢 1 (産業技術総合研究所地質情報研究部門 1)

Taku KOMATSUBARA (Geological Survey of Japan, AIST)

連絡先 : 小松原琢 (E-mail : komatsubara-t@aist.go.jp)

1. はじめに

従来、地形学・地質学を通じて、成因（形成場）による段丘の分類として、海成段丘・河成段丘・湖成段丘などという区分が広く用いられてきた。しかし、河口域で形成された段丘は、一般に海（湖）と川の両方の作用を受けて作られており、上記のカテゴリーによる区分に適さない。演者は、段丘の成因分類にあたって「河口段丘」というカテゴリーを設けることを提案する。

2. 問題の所在

一般地形学・地質学のテキストでは、河（陸）成作用、海岸作用、海成作用をそれぞれ別個に章立てして記載し、河口の作用については海岸作用の中でデルタやエスチュアリーを例として記載することが多い（たとえば Prothero and Schwab, 2004; Huggett, 2017）。この記述法に従えば、海成段丘と河成段丘が異なる範疇のものとして記載されて当然であろう。しかし、「沖積層（ここでは日本地形学連合編, 2017 に示された日本における一般的認識に従う）」と同様、間氷期に河口域で形成された段丘は、海と川の作用を共に受けて形成されたものであるにもかかわらず、現実にはこれらの多くは海成段丘として扱われ、しばしば誤解が生じている。その問題として 3 例を挙げる。

（1）編年と形成過程に関する問題

日本の海成段丘をまとめた小池・町田（2001）では、堆積盆地周辺の「中位段丘面」の多くを、MIS 5 の亜間氷期の海成段丘として記載した。たとえば濃尾平野東部に分布する「熱田面」は同書では MIS 5e～5a の海成面とされるが、熱田面を直接構成する地層は、On-Pm1（おそらく MIS 5c に相当する高海面期に噴出）をレンズ状に挟む砂層を主体とし、淡水棲珪藻群集を産する（たとえば森, 1980），熱田層上部層であり、海成層（熱田層下部層）が直接熱田面を構成している場所は確認されていない。同様の例は多数あるが、これらは MIS 5 の亜間氷期の海成段丘と言えるのだろうか？

（2）地殻変動の議論に関する問題

上記の段丘を、亜間氷期の海成段丘とみなして地殻変動速度を議論することには、①離水時期と、②陸側の段丘崖基部を旧汀線とみなすことが妥当か否か、という 2 つの点の問題がある。

一方、MIS 1において最高海水準期（縄文海進期）を過ぎた現在でも、陸成沖積面の高度は海水位に対応していることから類推できるように、②の問題について、ある条件を満たし、かつ誤差を許容するならば、旧汀線に準じた地殻変動指標となりうる可能性も残されるのではなかろうか。

（3）隣接分野で誤解されやすい問題

土木の領域では、更新統（洪積層）≠軟弱地盤という見方が一般的であり、中澤ほか（2019）に記

されるように、段丘堆積物中に軟弱な埋没谷埋積堆積物が存在することに対する認知は十分でない。その背景には、海成段丘は波食棚が離水して形成されたものと認識され（たとえば世界大百科事典第2版）、堆積性の海成段丘の存在が専門外には認知されていないこと、さらに段丘中に圧密履歴のない細粒の埋没谷充填堆積物が含まれることを記載した一般書がないこと、が挙げられるのではないか？

3. 河口段丘の提案とその意義

間氷期に河口域に形成された段丘、河口段丘という範疇で捉えることには、次のような利点がある。

（1）陸域の削剥過程と沿岸海域の堆積過程の統合的理解のために

湿潤変動帯では陸域の削剥速度が極めて速いことが知られる（たとえば Huggett, 2017）。ダムの堆砂速度から求めた本州中部山岳地帯の平均削剥速度は、約1~3mm/y（長谷川ほか, 2005）であるが、この速度が地質時代も同様、かつ沈降運動がなかったと仮定すると、伊勢湾（面積 2100 km²・平均水深20m）は、流域面積 9100 km²の木曽三川からもたらされる碎屑物によって今後数千年で埋め尽くされると予想される。しかし、第四紀中葉の伊勢湾成立以降の高海面期に湾全体が埋め尽くされたことを示す証拠はない。このパラドックスを解くためには、おそらく沈降運動や、削剥速度の変化など複数の要因について再検討する必要があるだろう。これら諸要因を議論する（特に人為の加わらない最終間氷期の堆積速度を見積もる）上で、河口段丘の概念は有効ではないだろうか？

（2）地殻変動指標としての活用のために

勾配の緩やかな大規模河川が平衡状態に達していたならば、陸成三角州頂面あるいは上流端の高度と、離水時の海面との比高は、一定の範囲内に収まると考えて自然であろう。その場合、「河口段丘」の陸側段丘崖基部や三角州上流端の標高を、旧汀線高度に準じた地殻変動指標とみなすことは可能と言えないだろうか？ただしこの議論の前提となるのは、①離水時の環境（海拔高度）を合理的に推定できること、②離水時の海面高度が明らかであること（=段丘離水年代が求められ、海水準変動曲線との対応が明らかなこと），であろう。①の点については、現三角州の形態とのアナロジーが地質時代に遡りうるか、それを規定する要因は何であるか、検討することが必要となるのではないか？

文献

- 長谷川浩一・若松加寿江・松岡昌志, 2005, ダム堆砂データに基づく日本全国の潜在的侵食速度分布. 自然災害科学, **24**, 287-301.
- Huggett, 2017, *Fundamentals of Geomorphology*. 4th Ed. Routledge, London and New York, 543p.
- 小池一之・町田 洋, 2001, 日本の海成段丘アトラス. 東京大学出版会, 東京, 105p.
- 森 忍, 1980, 濃尾平野下の熱田層のケイソウ一群集, 瑞浪化石博物館研究報告, **7**, 73-83.
- 中澤 努・長 郁夫・坂田健太郎・中里裕臣・本郷美佐緒・納谷友規・野々垣 進・中山俊夫, 2019, 東京都世田谷区, 武藏野台地の地下に分布する世田谷層及び東京層の層序, 分布形態と地盤震動特性, 地質学雑誌, **125**, 367-385.
- 日本地形学連合編, 2017, 地形の辞典. 朝倉書店, 東京, 1018p.
- Prothero and Schwab, 2004, *Sedimentary Geology*. 2nd Ed. Freeman, New York, 557p.

P11

東京都心部の地下に分布する更新統東京層の谷埋め堆積物の

層序・堆積相と地盤震動特性

Stratigraphy, sedimentary facies, and ground motion characteristics of incised-valley
fills of the Pleistocene Tokyo Formation beneath central Tokyo Metropolis

中澤 努・坂田健太郎・納谷友規・長 郁夫・野々垣進（産総研地調）・本郷美佐緒（アルプス調査所）・中里裕臣（農研機構農工研）・鈴木毅彦（東京都立大）・中山俊雄（東京都土木技術支援・人材育成センター）

Nakazawa, T., Sakata, K., Naya, T., Cho, I., Nonogaki, S. (GSJ, AIST), Hongo, M. (Alps Tech. Res. Lab.), Nakazato, H. (NIRE, NARO), Suzuki, T. (Tokyo Metro. Univ.), Nakayama, T. (Tokyo Metro. Gov.)

連絡先：中澤 努 (t-nakazawa@aist.go.jp)

更新統東京層は東京都心部の台地の浅部地盤を構成する地層である。本講演では、東京層のうち、東京都世田谷区や港区付近を中心に分布する谷埋め泥層の層序・堆積相と地盤物性・地盤震動特性について報告する。

最近、東京層には、房総半島の下総層群藪層（MIS 9），上泉層（MIS 7e），木下層（MIS 5e）に相当する地層が含まれ（納谷ほか，2019, 2020；中澤ほか，2019, 2020），それぞれが複雑に侵食しあって分布することが明らかになってきた。このような東京層の複雑な分布様式を反映して、東京層の地盤物性・地盤震動特性は一様ではない。砂層が卓越する東京層はN値が30～50、S波速度は300m/s以上を示すことが多いが、今回は特異な例として、武蔵野台地南部の東京都世田谷区及び東京都港区高輪付近を中心に分布する、厚く軟らかい泥層を取り上げる。

この泥層はN値が10以下と台地にしてはかなり軟らかく、層厚は20m以上に達することもある。世田谷区及び港区高輪のそれぞれで掘進長50mのボーリング調査を実施したところ、この泥層は、河川成の堆積物（礫層・腐植質泥層）の上位に累重する、生物擾乱を強く受けた砂質泥層、泥層からなり、上方に細粒化する内湾成堆積物であることが明らかになった。既存の土質ボーリングデータの検討によれば、世田谷区の泥層は世田谷区西部をおよそ北から南へ流下する幅2～3km程度の谷の埋積堆積物、港区高輪の泥層は、港区高輪付近から西側へ、東京層の模式試錐地点（東京都土木技術研究所, 1996；中澤ほか, 2020）の渋谷区代々木付近につながる幅3～5km程度の谷の埋積堆積物と考えられ、それぞれ異なる谷の堆積物である。しかし港区高輪の泥層の下部にはMIS 5e前～中期に降灰したとされるTAu-6に対比されるテフラが、世田谷区の泥層の中部には同じくTAu-8あるいはTAu-9に対比されるテフラが見いだされ、両コアから得られた花粉化石群集も鹿島沖海底コアのMIS 5e前～中期の花粉化石群集（五十嵐, 2009）に極めて良く似ることから、これらの泥層はいずれもMIS 6に形成された谷をMIS 5eに埋積した堆積物であり、下総層群木下層下部の谷埋め堆積物に対比されると考えられる。

この谷埋め泥層の上位には貝化石を含む泥質砂層/砂質泥層が累重する。既存の土質ボーリングデータの検討によれば、この泥質砂層/砂質泥層は下位の谷埋め堆積物とは対照的に広域に分布する。また、

この泥質砂層/砂質泥層からは MIS 5e 後期を示唆する花粉化石群集が産出するとともに、泥質砂層/砂質泥層を覆うローム層の最下部には、MIS 5e 後期に降灰したとされる Hk-KIP7 をはじめとする KIP テフラ群が挟在する。よって谷埋め泥層の上位の泥質砂層/砂質泥層は、MIS 5e 後期の木下層上部に対比される。

ボーリング孔の PS 検層によれば、前述の木下層に相当する谷埋め泥層が分布せず、上泉層や藪層相当層の砂層の卓越する地域では、地表から 30 m までの平均 S 波速度 (AVS30；地震動增幅率の算定にしばしば用いられる) は 290 m/s に達し、微動の H/V スペクトル (地震動の增幅周波数特性を示すとされる) は 3.8 Hz とやや高周波にピークを示した。一方で木下層相当の谷埋め泥層が分布する世田谷地域及び港区高輪地域では、AVS30 はそれぞれ 150 m/s, 210 m/s と低く、微動 H/V スペクトルは 1.2 Hz, 2.1 Hz とやや低周波にピークを示した。特に世田谷地域の H/V スペクトルにみられた 1.2 Hz のピークは極めて明瞭で、この地域では地震時にこの周波数の揺れが大きく増幅される可能性があることを示している。

同じ時代の谷埋め堆積物であっても、世田谷地域の谷と港区高輪地域の谷で S 波速度及び地盤震動特性が異なるのは、谷埋め堆積物の粒度組成が大きく影響しているものと考えられる。世田谷区の谷埋め泥層の S 波速度は 150 m/s を下回る低い値を示すが、この谷埋め泥層は最下部を除き含泥率がほぼ 100% である。一方、港区高輪地域の谷埋め泥層は S 波速度が概ね 200~280 m/s を示すが、含泥率は 40~90% 程度と全体的に砂を多く含むことを特徴とする。MIS 6 には現在の武蔵野台地に相当する地域に複数の谷が形成されたが、MIS 5e の海進時には、世田谷の谷は粗粒堆積物の流入のない溺れ谷となつたのに対し、港区高輪の谷は流入河川からより粗粒な堆積物が供給される環境にあったことが推測される。これは古多摩川が当時港区高輪の谷に流入していたことを示唆するものであり、さらには古河川系が現在の地盤震動特性にも大きく影響を与えていることを示唆する。

文献

- 五十嵐八枝子, 2009, 北西太平洋・鹿島沖コア MD01-2421 の MIS 6 以降の花粉記録：陸域資料との対比. 地質学雑誌, **115**, 357–366.
- 中澤 努・長 郁夫・坂田健太郎・中里裕臣・本郷美佐緒・納谷友規・野々垣進・中山俊雄, 2019, 東京都世田谷区, 武蔵野台地の地下に分布する世田谷層及び東京層の層序, 分布形態と地盤震動特性. 地質学雑誌, **125**, 367–385.
- 中澤 努・納谷友規・坂田健太郎・本郷美佐緒・鈴木毅彦・中山俊雄, 2020, 東京層の模式コアセクション (代々木公園コア) における層序の再検討. 地質調査研究報告, **71**, 19–32.
- 納谷友規・坂田健太郎・中澤 努・中里裕臣・中山俊雄, 2019, 東京都千代田区紀尾井町地下の更新統東京層に認められる堆積サイクルとテフラ層序. 日本地質学会第 126 年学術大会講演要旨, 72.
- 納谷友規・中山俊雄・鈴木毅彦・坂田健太郎・中澤 努, 2020, 東京層の層序の再検討：北区中央公園コアの再解析. 地質学雑誌, 印刷中.
- 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—.