

日本堆積学会 2017 年松本大会

プログラム・講演要旨



Sedimentological Society of Japan

2017 年 3 月 25 日～28 日

信州大学理学部

日本堆積学会 2017 年松本大会 プログラム

<日 時> 2017 年 3 月 25 日 (土) ～ 28 日 (火)

25 日 (土) ワークショップ (2 コース)

26 日 (日) : 個人講演, 特別講演, 総会議事, 懇親会

27 日 (月) : 個人講演, 最優秀口頭・ポスター発表賞授賞式, 堆積学トーク・トーク

28 日 (火) : ポスト巡検「真田氏の基盤となった地質と地形をめぐる」

<会 場> 信州大学理学部講義棟ほか

<http://www.shinshu-u.ac.jp/faculty/science/access/>

3 月 25 日 (土) ワークショップ (2 コース)

<1> 「論文の書き方と発表における図面作成技術」 信州大学自然誌科学館共催

場所・日時: 信州大学理学部講義棟 11 番講義室 13:00～17:00

講師: 武藤鉄司 氏 (長崎大学)・笹岡美穂 氏 (Sasami Geoscience)

<2> 「基礎の水理実験と粒度分析」

場所・日時: 信州大学理学部 C 棟 5 階 R512 (学生実験室 2) および R510 (粒度分析室)

9:30～15:00

講師: 村越直美 氏 (信州大学)

3 月 28 日 (火) ポスト巡検

「真田氏の基盤となった地質と地形をめぐる」

集合: 松本駅周辺 8:30 解散: 上田城付近 17:00, 松本駅 18:30 予定

講師: 保柳康一 氏・村越直美 氏 (信州大学)

3 月 26 日 (日)

会場：信州大学理学部講義棟 1 階講義室 (1) 建物への入館は 08:30 から可能です

9:00-9:05 会長挨拶 高野 修

<口頭発表の部>

【座長：横山由香】

01 9:05-9:25 南相馬市小高区における 2011 年東北沖地震津波の堆積物の特徴と津波被害
の関係

太田勝一・保柳康一 (信州大)

02 9:25-9:45 陸上津波堆積物に含まれるマッドクラスト

清水康博・茂野 玲 (新潟大)・

羽鳥祐香 (前橋市立第六中学校)・ト部厚志 (新潟大)

03 9:45-10:05 八丈島における巨礫群の崖上への打ち上げ過程の数値的検討

渡部真史・後藤和久・今村文彦 (東北大)・

菅原大助 (ふじのくに地球環境史ミュージアム)・

中村教博・外崎貴之 (東北大)

休憩 (10:05-10:15)

【座長：清家弘治】

04 10:15-10:35 潮汐卓越型のデルタとエスチュアリー堆積モデルの再構築

齋藤文紀 (島根大, 産総研)

05 10:35-10:55 Facies and sedimentary processes along the fluvial to marine transition
zone of the mixed-energy Mekong River delta, Vietnam

Marcello GUGLIOTTA (GSJ, AIST)・

Yoshiki SAITO (Shimane Univ., GSJ, AIST)・

Van Lap NGUYEN・Thi Kim Oanh TA (VAST)・

Rei NAKASHIMA・Toru TAMURA (GSJ, AIST)・

Katsuto UEHARA (Kyushu Univ.)・

Kota KATSUKI (Shimane Univ.)・

Seiichiro YAMAMOTO (Fukui Commercial High School)

06 10:55-11:15 カットアンドフィル堆積物の高分解能年代測定による海浜侵食履歴の評
価：オーストラリア南西部 Bengello Beach の例

田村 亨 (産総研)・Thomas S. N. Olliver・Colin D. Woodroffe・

Alastair C. Cunningham (ウロンゴン大)

休憩 (11:15-11:20)

【座長：片岡香子】

＜ポスター発表ショートトーク： 奇数番号の講演＞ 11:20-11:56

1 件あたりの講演は 3 分以内とします.

昼休み (11:56-13:10)

＜ポスター発表の部＞ 13:10-14:30

3 月 26 日 (日) 8:30 より掲示できます. 3 月 27 日 (月) 17:00 までに撤収をお願いします.

- P1 北浦流入河川河口地域における粒度分布特性
榎木田浩孝・山口直文 (茨城大)
- P3 海浜礫の形状
宮田雄一郎・末弘美咲 (山口大)
- P5 ハンモック状斜交層理砂岩の波長や粒径の比較による過去の台風強度の復元
隈 隆成・長谷川精 (名古屋大)
- P7 PIV 計測によるサージ的混濁流の流速分布と性質
宮井正智・山野純平・横川美和 (大阪工業大)
- P9 サージ的混濁流によって形成されるサイクリックステップの発達と形態
山野純平・宮井正智・横川美和 (大阪工業大)
- P11 長野県安曇野市明科東方込地向斜南部の新第三系の堆積システム
鈴木雅史・保柳康一 (信州大)
- P13 出雲市多伎町周辺に分布する大森層の堆積環境
松澤ひかり・酒井哲弥 (島根大)
- P15 岩手県広田湾における 3.11 津波堆積物の粒子特性
横山由香・坂本 泉・堤 康祐・八木雅俊・藤巻三樹雄・
根元謙次 (東海大)・笠谷貴史・藤原義弘 (JAMSTEC)
- P17 背後に崖がある沿岸低地における津波堆積物の形成過程と分布：水路実験による検討
山口直文 (茨城大)・関口智寛 (筑波大)
- P19 島根県中部中新統牛切層砂岩に見られる特異なマッドクラストとその意義
小林未季・酒井哲弥 (島根大)
- P21 流水中における骨の運搬・堆積過程
桂平絢美・北沢俊幸 (立正大学)
- P23 海底におよぶ津波の影響 -日本海北部海域の複数の波源, 古海水準条件による検討-
仁科健二 (道総研地質研究所)

<口頭発表の部>

【座長：保柳康一】

OP1 14:30-15:15 特別講演：私の堆積学的な研究経験から－砂岩組成，粒度分析，有機炭素
量測定－

公文富士夫（高知大）

休憩（15:15-15:25）

【座長：高清水康博】

07 15:25-15:45 生産－運搬過程における砕屑粒子の岩質－粒径－形状の関連性：渡良瀬川支
流を例に

宇津川喬子・白井正明（首都大）

08 15:45-16:05 横ずれ断層による河川地形の成因

李川葉瑠香・北沢俊幸・相良雅也（立正大学）

<総会> 16:10-17:10

<懇親会> 18:00-20:00 信州大学大学生協 旭会館 1F 食堂

3月27日(月)

<口頭発表の部>

【座長：山口直文】

- 09 9:00-9:20 降雨侵食と隆起による実験地形発達における堆積域幅の効果について
大内俊二(中央大)
- 010 9:20-9:40 ポットホルの形成実験
杉山 修・北沢俊幸(立正大学)
- 011 9:40-10:00 海底網状チャネルの水槽実験を用いたトレーニングイメージの構築
小松侑平(JOE)・Ajay Limaye(ミネソタ大学)・
鈴木清史(JOGMEC)・Chris Paola(ミネソタ大学)

休憩(10:00-10:10)

【座長：西田尚央】

- 012 10:10-10:30 遠州沖半遠洋性堆積物コア試料で確認された20世紀半ばにおける堆積速度
の低下
白井正明・宇津川喬子(首都大)・大村亜希子(東京大)・
林崎 涼・加藤裕真(首都大)・芦 寿一郎(東京大)
- 013 10:30-10:50 南海トラフで掘削されたメタンハイドレート胚胎コア試料の熱物性測定方
法,及び上載圧依存性を評価するための装置開発
村岡道弘・山本佳孝(産総研)
- 014 10:50-11:10 猪苗代湖底コア堆積物に挟まる火山性密度流イベント層から復元する高頻
度噴火とラハール履歴
片岡香子(新潟大)・長橋良隆(福島大)

休憩(11:10-11:15)

【座長：宇津川喬子】

<ポスター発表ショートトーク： 偶数番号の講演> 11:15-11:48

1件あたりの講演は3分以内とします。

昼休み(11:48-13:10)

<ポスター発表の部> 13:10-14:30

3月26日(日)8:30より掲示できます。3月27日(月)17:00までに撤収をお願いします。

- P2 広島県三原市沖の砂浪移動速度
大平 亮(オーシャンエンジニアリング株)・井内美郎(早稲田大)

- P4 茨城県霞ヶ浦西浦湖岸平野堆積物への光ルミネッセンス年代測定法の適用
羽田一貴（茨城大）・伊藤一充・
田村 亨（産総研）・山口直文（茨城大）
- P6 ネパール・カトマンズ盆地の地層に残された地震記録
酒井哲弥（島根大）・ガジュレル アナンタ（トリブバン大）
- P8 琉球諸島中部周辺海域の黒潮の影響を受けたコンターライト
西田尚央（東京学芸大）・板木拓也・
天野敦子・片山 肇・佐藤太一（産総研）
- P10 ニュージーランド沖カンタベリー堆積盆地における震探一コア対比に基づく更新統堆積
シーケンスの形成過程
角張友律・保柳康一（信州大）
- P12 中部更新統蒜山原層の湖成縞状珪藻土に挟在する洪水重力流堆積物の分布と堆積相
佐々木華（福岡大）・
佐々木泰典（アサノ大成基礎エンジニアリング）・
石原与四郎（福岡大）
- P14 関東平野猿島台地南部，筑波台地，下総台地北西部に分布する上部更新統下総層群常総
層の堆積相と年代
秋山大地・須貝俊彦（東京大）・岡崎浩子（千葉県中央博）・
中里祐臣（農研機構）・大井信三（産総研）
- P16 三陸内湾底に見られる津波堆積物の保存ポテンシャル
清家弘治・白井厚太郎（東京大）・
窪田 薫（名古屋大）・小林元樹・伊藤 萌（東京大）
- P18 谷津干潟の潮流口における地形とアオサの関係
谷口健太・北沢俊幸・白木洋平・
李 盛源（立正大学）・千賀有希子（東邦大学）
- P20 2015 年 9 月鬼怒川大水害による浸食・堆積過程
松本 弾・澤井祐紀・行谷祐一・谷川晃一郎・
中村淳路（産総研）・山田昌樹・篠崎鉄哉・竹田大輔・
藤野滋弘（筑波大）・Jessica E. Pilarczyk（南ミシシッピ大）
- P22 荒川低地地下に分布する河川砂体の特徴
石原与四郎（福岡大）・小松原純子（産総研）

<口頭発表の部>

【座長：小松侑平】

- 015 14:30-14:50 Bouma モデルの平行ラミナシルト岩（Td）の成因
山田立輝・小田陽平・青柳裕香・伊藤 慎（千葉大）

016 14:50-15:10 南部琉球列島，八重山前弧の海底谷-海底扇状地系とタービダイトの堆積間隔

池原 研（産総研）・金松敏也（海洋機構）・

宇佐見和子（産総研）

017 15:10-15:30 相対的海水準変動に依存する細粒碎屑物の供給源変動：更新統掛川層群の例

齋藤 有（地球研）・酒井哲弥（島根大）

休憩（15:30-15:40）

【座長：齋藤 有】

018 15:40-16:00 海底扇状地の生涯シナリオ：形状タイプの時空変化傾向と規制要素（予察）

高野 修（石油資源開発）・徳橋秀一（産総研）

019 16:00-16:20 薄層タービダイトに含まれる有機物および石油根源岩能力の堆積学的特徴-

新潟県八石背斜に掘削された東条 TS-1 号井の下部寺泊層コアの予察-

荒戸裕之・千代延俊（秋田大）・保柳康一（信州大）

<事務連絡> 16:25-16:35

<最優秀口頭・ポスター発表賞授賞式> 16:35-16:50

<堆積学トーク・トーク> 17:00-19:00

会場：講義棟 8 番教室

注意事項

<口頭発表>

*口頭発表は発表 16 分，質疑応答 4 分です。発表時間を厳守して下さい。

*口頭発表は液晶プロジェクターの使用を標準とします。講演で使用する PC については，講演者に後日，直接お知らせします。

<ポスター発表>

*ポスターは 26 日と 27 日の 2 日間に渡って掲示することができます。ポスター 1 件あたりの展示可能スペースは縦 180cm×横 90cm(縦長)です。画鋲は会場にも用意してあります。ポスターには，必ずポスター番号を記入して下さい。はぎ取り標本など重量物の展示を希望される方は，事前に行事委員会までお知らせください。

*ポスター発表のショートトークは 1 人 3 分以内でお願いします。液晶プロジェクターを使用し発表する場合，使用するスライドはタイトルスライド以外に 2 枚でお願いします。なお講演を円滑に進めるために，用意して頂いたスライドはあらかじめこちらで 1 つのファイルにとりまとめます。

＜写真・ビデオ撮影の制限＞

＊本大会における全ての講演の様子や内容について（口頭発表・ポスター発表など），発表者に無断で写真撮影・ビデオ撮影することを禁止します．撮影には発表者の許可が必要です．また，それらを発表者の許可なく SNS 等で配信することを禁止します．

私の堆積学的な研究経験から一砂岩組成，粒度分析，有機炭素量測定－
My sedimentological careers: modal composition of sandstone, grain-size
analysis and organic carbon content

公文富士夫（信州大学名誉教授，高知大学海洋コア総合研究センター客員教授）

KUMON, Fujio (Professor Emeritus, Shinshu University / Visiting Professor of
Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University)

cc. 公文富士夫 shkumon@shinshu-u.ac.jp

1970年代初めに，流痕から古流向を測定して供給地の方向を，礫の組成から後背地の地質を明らかにすることを卒業研究のテーマにしてから堆積学との深い関わりを持って研究活動を行ってきた。私の取り組んだ課題のうちから3つほどを紹介する。後進の方々の参考として多少とも役に立てば幸いである。定年退職を機にこのような講演の場を与えていただいたことにたいへん感謝しております。

砂岩のモード組成の測定に関しては2つの課題があった。一つは鏡下での鉱物認定の難しさであったが，薄片表面をフッ化水素酸の蒸気に短時間曝し，コバルチ亜硝酸ナトリウムの過飽和溶液に浸すことで，カリ長石と石英，さらには斜長石の区別が容易となった。もう一点は測定方法（ポイントカウントやリボンカウントなど）とその測定誤差の見積もりについてであった。これは十分な測定間隔をおいたポイントカウント法がもっとも妥当で，Van der Plas and Tobi (1965)によって裏付けられる統計誤差の計算も可能である。モード組成の測定は熟練と労力を必要とする研究手法であるが，砂岩の記載や命名に不可欠な情報であり，造構場の解明にも有用である(公文ほか，1992; Kumon and Kiminami, 1994)。

固結した砂岩が最初の研究対象であったため，粒度分析についても試行錯誤が必要であった。粒子の選択（産出頻度）にはポイントカウントを用い，薄片面での見かけの長軸の長さを測るというのが最良の粒度指標であるという結論を得た。球形粒子であれば，薄片面の径の平均値の1.27倍が真の平均値となる（Krumbein, 1935）。薄片での測定値を篩い分けによる測定に変換する経験式の提案もあるが（Friedman, 1958），多様な形態をもつ粒子への一般的な適用は難しい。未固結の砂質堆積物の粒度分析については，伊勢屋（1985）に基づき，増田氏らが改良した粒度分析装置の提案が革新的である。私もプログラムの改良をしたが（公文・牧野，2000），理論的にも改善された新しい測定プログラムも提案されている（成瀬，2005）。

泥質堆積物については，JIS規格に基づいて比重計法で琵琶湖や野尻湖の湖底堆積物の粒度測定を行った。泥質堆積物では前処理が重要であり（公文・岸，1993），試料の乾燥はできるだけ避けなければならない。過酸化水素水による有機物の分解は粘土粒子の分散にも有効である。一旦乾燥した試料は過酸化水素水による分解が不可欠といってよい。レーザー回折法に基づく粒度分析装置が普及しているが，試料自体を準安定状態までほぐす前処理を行い，かつ，分析条件を揃えておかないと有意な結果は得がたい。特に泥質堆積物については，細粒部分（2～4 μm以下）の差が小さいので，正確な分析が求められる。このような測定・分析方法については，公文・立石編（1998）の「新版 碎屑物の研究法」にまとめられている。

泥質堆積物が持つ重要な記録性の一つが有機物であり。この含有量の簡便な指標が全有機炭素量（total organic carbon content : TOC）である。この指標は，1)水塊の生物生産性，2)沈降・埋積過

程における分解能, 3) 堆積速度 (希釈率) といった要因で変化する. そのために一義的な解釈が困難であり, 多様な解釈があり得る. 私が湖沼堆積物の研究を始めた 1990 年代は高度経済成長期の後であり, 富栄養化が進行した結果, 湖沼堆積物の最表層部では有機炭素量は上部ほど増加した. それが, 時間の経過とともに堆積物が分解されていく過程を示すものと見なされていた. 一般的に言って, 湖底の最表層堆積物は, 現在の水塊の諸条件を反映しており, 過去の環境を解析する上での鍵となる. そのため, これだけ素早く分解する有機物量が, 過去の生物生産性の記録となりえるはずがない, という認識が普通であったようで, 数mから数十mの厚さの堆積物 (数千年~数十万年) の重なりに見出される有機炭素含有量 (濃度) の層序的, 経年的変動が過去の生物生産性の変動を反映したものであるという私の主張に向けられた懐疑論の一因であったと思う. TOC 変動の主要な原因が生物生産性であるとしても, 気候変動がどのように生物生産性をコントロールするか, というプロセスの解明がいまだに不十分である. そのため古気候プロキシとしての信頼度には疑問もつけられる TOC が, 中緯度から北の中・高緯度域の陸域における気候変動の指標として. また, 化学的層序指標として有用であるという主張を続けている.

引用文献:

- Friedman, G.M., 1958, Determination of sieve-size distribution from thin-section data for sedimentary petrological studies, *Jour. Geology*, 66, 394-416.
- 伊勢屋ふじこ, 1985, 沈降式粒度分析の手引き. 筑波大・推理実験センター報告, no. 9, 115-128.
- 岸 誠一・公文富士夫, 1993, 沈降天秤法と比重計法の組合せによる泥質堆積物の粒度分析法. 堆積学研究会報, no. 38, 101-106.
- 公文富士夫・君波和雄・足立 守・別所孝範・川端清司・楠 利夫・西村年晴・岡田博有・大上和良・鈴木茂之・寺岡易司, 1992, 日本列島の代表的砂岩のモード組成と造構場. 地質学論集, no. 38, 385-401.
- Kumon, F. and Kiminami, K., 1994, Modal and chemical compositions of the representative sandstones from the Japanese Islands and their tectonic implications. In Kumon, F. and Yu, K.-M.(eds), *Petrology of sandstones in relation to tectonics*, 29th IGC Proceedings Part A, 135-151, VSP, Zeist.
- 公文富士夫・牧野州明, 2000, 沈降天秤法による粒度分析の改良と新しいプログラム. 堆積学研究, no. 50, 27-31.
- 公文富士夫・立石雅昭 (編著), 1998, 新版碎屑物の研究法. 地学団体研究会, 399p.
- Krumbein, W.C., 1935, Thin section mechanical analysis of indurated sediments. *Journal of Geology*, 43, 482-496.
- 成瀬 元, 2005, 沈降管天秤法粒度分析用アプリケーション"STube"の特色と利用法, 堆積学研究, no. 60, 55-61.
- Van der Plas, I. and Tobin, A.C., 1965, A chart for judging the reliability of point counting results. *American Journal of Science*, 263, 87-90.

南相馬市小高区における 2011 年東北沖地震津波の堆積物の特徴と津波被害の関係
Relationship among features of tsunami deposit from the 2011 Tohoku oki tsunami
and disaster at Odaka District in Minami Soma City, Northeastern Japan

太田勝一（信州大学院）・保柳康一（信州大学）

Katsuichi Oota (Graduate School of Shinshu University), Koichi Hoyanagi (Shinshu University)

連絡先：太田勝一 (12st402a@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

従来の津波堆積物の研究では、津波遡上域の微地形と津波堆積物の層相にもとづいて堆積物の形成過程を詳細に考察したものは少ない（例えば、七山・重野，2004； Takashimizu et al., 2012）。また、津波の遡上現象や被害については、おもに河川および海岸工学分野で水理学的に研究されている。このため、津波遡上域の微地形、津波堆積物の層相と被害の相関についての研究は知られていない。本研究では、福島県南相馬市の小高区井田川低地の 3.11 津波堆積物について、多数のテストピットを掘削して層相区分を行った。これと微地形にもとづいて津波堆積物の形成過程を復元するとともに、津波被害との関係について考察した。

2. 津波の遡上現象と被害の分布

井田川低地は、明治～昭和にかけて干拓されたゼロメートル地帯である。干拓以前はエスチュアリーと湾頭デルタからなり、海側沿いに砂州を伴っていた。3.11 津波は、汀線から 3.2 Km 内陸まで遡上した。浸水深は海岸付近で約 13 m だったが、旧エスチュアリー中央部では 5 m 程度まで急激に減少した。内陸の湾頭デルタでの浸水深は 2～3 m であり、ここでの水深の減少は緩やかであった。海岸付近の木造家屋は全壊し、旧エスチュアリー内の家屋の多くは半壊した（図 1）。ただし、河川沿いでは旧エスチュアリー内でも家屋が全壊した。地盤沈下と排水ポンプの破損により、旧エスチュアリーの大半は津波後も冠水状態が続いた。

3. 津波堆積物の層相

津波堆積物は層厚 5～20 cm で、下位からユニット 1～3 に区分される。ユニット 1 は上方細粒化する淘汰良好な細粒砂からなり、湾頭デルタでは偽礫を多く混じえる。陸側へのフォアセット葉理が部分的に認められ、遡上流による堆積物と考えられる。河川沿いの越流区間と破堤部では、堤体材料と泥の偽礫を多量に混じえた粗粒堆積物が分布する。ユニット 2 は、エスチュアリーでは淘汰不良な泥質極細粒砂からなるが、湾頭デルタでは淘汰良好な細粒砂を主とし平行葉理がしばしば見られる。海側へのフォアセット葉理が部分的に認められることから、戻り流れの堆積物と考えられる。ユニット 3 は塊状の泥を主とし、津波後の冠水期の堆積物を主とすると考えられる。井田川低地の北側に隣接する小高川低地でも 3.11 津波堆積物が 2 層に区分され、下部層の古流孔は遡上方向、上部層では戻り流れ方向を示すことが知られている（高清水ほか，2016）。

4. 津波堆積物の形成過程

旧エスチュアリーでは遡上流の水深と流速が大きかったため、ユニット1では淘汰良好な中粒～細粒砂が堆積した。湾頭デルタでは急激に水深と流速が減少したため、吹き寄せられた偽礫を多量に混じえた。河川堤防の越流部沿いと破堤区間では築堤材料を多量に含む粗粒な堆積物が形成された。ユニット2は湾頭デルタでは淘汰良好な細粒砂を主としており、戻り流れの流速は比較的に大きかったと考えられる。エスチュアリーでは淘汰不良な泥質砂からなることから、閉塞環境で排水が進まなかったことを示していると考えられる。

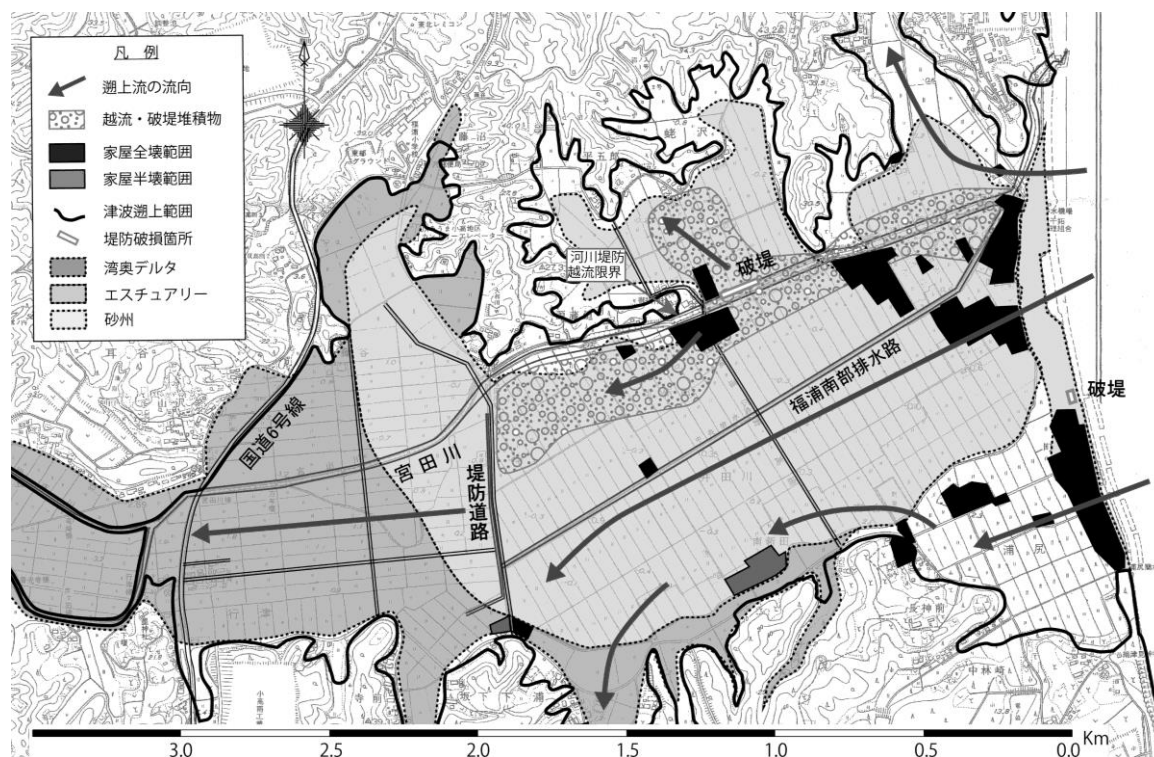


図1 井田川低地の平面図。ピット位置，流向および越流・破堤堆積物の分布と津波被害を示す，

5. 津波堆積物の層相と被害

津波による被害は、津波の水深，流速，漂流物および微地形などにより影響を受ける。小高区での甚大な津波被害は、津波が砂州と防潮堤に衝突して波高が急増した海岸から約 500 m の範囲と、河川からの越流・破堤堆積物の堆積範囲に集中する。

引用文献

七山 太・重野聖之，2004，遡上津波堆積物概論－沿岸低地の津波堆積物に関する研究レビューから得られた堆積学的認定基準－．地質学論集，**58**，24-30.

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. Sediment. Geol., **282**, 110–123..

高清水康博・ト部厚志・羽鳥祐香（新潟大学）・加瀬善洋・林 圭一，2016，南相馬市小高区の津波堆積物の磁気ファブリックと粒子ファブリック．日本堆積学会 2016 年福岡大会講演横集，20.

陸上津波堆積物に含まれるマッドクラスト

Mud clasts of onshore tsunami deposits

高清水康博（新潟大学）・茂野 玲（新潟大学）・羽鳥祐香（前橋市立第六中学校）

・ト部厚志（新潟大学）

Y Takashimizu (Niigata University), R Shigeno (Niigata University), Y Hatori (Maebashi City Dairoku Junior High School), A Urabe (Niigata University)

連絡先：高清水康博 (takashimi@ed.niigata-u.ac.jp)

1. はじめに

沿岸低地の津波堆積物には、マッドクラストがよく含まれることが知られており（例えば、Takashimizu et al., 2012；高清水ほか, 2013），津波堆積物認定のための傍証の 1 つとしてもよく適用されている．これは遡上時の強い侵食力を持つ津波が地表を侵食して取り込んだものと考えられている．しかし、陸上津波堆積物のマッドクラストについてはよく分かっていないことも多く、分布、特徴や成因に焦点を当てた具体的な報告はほとんどない．そこで、発表者らは福島県南相馬市小高区の沿岸低地を遡上した現世津波堆積物の解析から、マッドクラストについて考察したので紹介する．

2. 結果と考察

層相記載から調査地域の津波堆積物は 3 ユニットに区分された．層相区分と堆積物の磁気ファブリックの解析結果を併せて検討した結果、ユニット 1 は津波の遡上流、ユニット 2 は戻り流れからの砂質堆積物であり、ユニット 3 は津波後の静水域で沈殿した泥層からなると解釈した．各地点における粒度分析結果、ユニット 1 とユニット 2 の砂層の帯磁率測定結果、および地形データの分布を統合して検討した結果、津波は北東部の小高川の河口付近から遡上したものと、東側の海浜域から遡上したものの 2 つがあり、構成する堆積物の特徴も異なることが分かった．遡上する海岸部からの津波は南部と南西部に連続する比高約 3–5 m の堤防盛土、道路盛土の壁に制限されて北東へと大きく流向を変えた直後、北東から遡上した津波と衝突した．水深 4m 以上の津波は北西部で複雑によどみ、厚い堆積物を形成するが、北東方向への戻り流れとなって流出し、水田域での津波水位は低下した．最終的に、津波後に形成された滞水域で静かに泥が沈積し、ユニット 3 の泥層を形成した．

マッドクラストは、ユニット 1 の基底部に大きな侵食面を伴ってよく産出した．これは、特に南西部では約 4 m 強の道路盛土を乗り越えた津波による射流が陸側の水田をよく洗掘したためと考えられる．遡上に伴って津波の流体中に取り込まれたマッドクラストは、最初は中礫程度の大きなものを含み比較的角張った形状であるが、運搬時に流れの中でよく粉砕されて細粒化し、かつよく円磨されて丸みを帯びたものに変化した．また、水田土壌から構成されるマッドクラストの粉砕物が流れの中によく取り込まれるために、津波自体は急激に泥化し、泥分含有量の増加があったと解釈される．

【文献】 Takashimizu et al. 2012. *Sedimentary Geology*；高清水ほか 2013. *地質学雑誌*

八丈島における巨礫群の崖上への打ち上げ過程の数値的検討

Numerical examination of boulder transport onto the cliff-top at Hachijo Island, Japan

渡部真史（東北大学工学研究科土木工学専攻）・後藤和久（東北大学災害科学国際研究所）・今村文彦（東北大学災害科学国際研究所）・菅原大助（ふじのくに地球環境史ミュージアム）・中村教博（東北大学 高度教養教育・学生支援機構 学際融合教育推進センター）・外崎貴之（東北大学理学研究科地学専攻）

Masashi Watanabe (School of Engineering, Tohoku University), Kazuhisa Goto (IRIDeS, Tohoku University), Fumihiko Imamura (IRIDeS, Tohoku University), Daisuke Sugawara (Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka), Norihiro Nakamura (Center for Interdisciplinary Studies and Education, Institute for Excellence in Higher Education Tohoku University), Takayuki Tonosaki (Department of Earth Sciences, Tohoku University)

連絡先：渡部真史（masashi.watanabe.r3@dc.tohoku.ac.jp）

1. はじめに

高波もしくは津波によって、数メートルから数十メートルの高さの崖上に打ち上げられた巨礫群が世界各地で報告されている(e.g. Hall et al., 2006). 例えば太平洋北西部では、約 50 m の崖上に約 2.9 t の巨礫が打ち上げられたとの報告があり(Williams et al. 2004), 沖縄県下地島においては“帯岩”と呼ばれる約 5000 t の巨礫が約 12.5 m の高さの崖上へ打ち上げられているとの報告もある(加藤 1989). しかし、巨礫群の崖上への打ち上げ過程に関しては十分に明らかにされておらず、巨礫群の起源を識別するための手法も十分検討されていない. そこで本研究では、高波もしくは津波による巨礫の崖上への打ち上げ過程、および崖上に点在する巨礫群の起源の認定を現地調査と数値解析に基づき実施した.

2. 現地調査・数値解析手法

本研究では、八丈島北西部の沿岸部を対象に巨礫群の分布調査を行なった結果、標高約 5 m の崖上に最大 58 t の巨礫が打ち上げられており、巨礫群は内陸約 80 m まで分布していた. これらの巨礫群を対象に、断面 2 次元の高波・津波の浸水計算および巨礫移動計算を行った. 津波・高波計算ともに、(1)崖下から崖上、(2)崖端から崖上、(3)崖上の巨礫の水平移動の 3 つの移動計算を行った. 崖下から崖上への移動計算は Imamura et al. (2008)の巨礫移動モデルを改良したモデルを、崖端から崖上への移動計算は Weiss et al. (2015)の移動モデルを改良したモデルを、崖上の移動計算は Imamura et al. (2008)のモデルを使用した.

3. 結果・考察

崖下から崖上への巨礫移動計算を行った結果、高潮を想定した水位上昇が+0 m かつ波高 14~20 m, 周期 20 秒の高波が作用した場合、重量 12 t の巨礫が打ち上げ可能であった. 津波の場合、周期 4 分以下の短周期の波で崖下から崖上への打ち上げが可能であったが、それ以上の長周期波では打ち上げられなかった. 次に、崖端から崖上への移動計算を行った結果、高波では水位上昇が 0 m~+2 m まで

であれば想定しうる高波条件で打ち上げが可能であった。津波の場合、4 分以下の短周期波で打ち上げ可能であったが、それ以上の長周期波では打ち上げられなかった。このように巨礫の崖端および崖下からの打ち上げ過程を検討した結果、高波もしくは短周期の津波が崖に衝突して鉛直方向に向かうことで、巨礫に鉛直方向の強い流体力が作用し、崖下もしくは崖端から崖上に打ち上げられることが明らかになった。しかし、周期が数十分以上の津波では崖の手前での水位上昇が緩やかになり、大きな鉛直方向の流速が生じないため巨礫が崖上へ打ち上げられなかったと考えられる。

次に、崖上の水平方向の巨礫移動計算を行った結果、高潮を想定した水位上昇が+2 m、高波の波高 14 m、周期 20 秒の場合、もしくは水位上昇+4 m、波高 12 m、周期 15 秒の条件で現在の巨礫群のサイズ分布を説明できることがわかった。一方で津波の場合、周期が長いと巨礫群は内陸数百 m まで広範囲に運搬される結果となり、現状の分布を大幅に超過し説明できないことがわかった。

また高波の場合、特に崖下から崖上への打ち上げはうねりや冬季の季節風で生じた高波等の水位上昇が発生しない条件のみで打ち上げ可能である一方、崖端から崖上への打ち上げと崖上の巨礫分布は高潮による大きな水位上昇を伴う条件でのみ説明可能であった。そのため、同地域の巨礫分布は、水位上昇の発生しない波と台風の高潮による水位上昇を伴う波の両方により複合的に形成されたと考えられる。

参考文献

- Hall A. M., Hansom J. D., Williams D. M. et al. 2006. Distribution, geomorphology and lithofacies of cliff-top storm deposits: Examples from the high-energy coasts of Scotland and Ireland. *Marine Geology* 232, 131–155.
- Imamura, F., Goto, K., Ohkubo, S., 2008. A numerical model for the transport of a boulder by tsunami. *Journal of geophysical research*, Vol. 113, C01008.
- Weiss R & Diplas P. 2015. Untangling boulder dislodgement in storms and tsunamis: Is it possible with simple theories? *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 16, 890-898
- Williams D. M. & Hall A. M. 2004. Cliff-top megaclast deposits of Ireland, a record of extreme waves in the North Atlantic—storms or tsunamis? *Marine Geology* 206, 101–117.
- 加藤祐三 1989, 沖縄県宮古群島下地島「帯大石」の起源. *歴史地震*, 5, 111-115.

潮汐卓越型のデルタとエスチュアリー堆積モデルの再構築

Tide-dominated delta and estuary facies models revisited

齋藤 文紀（島根大学汽水域研究センター*, 産総研）

Yoshiki Saito (ReCCLE*, Shimane University & GSJ, AIST)

連絡先：齋藤文紀 (ysaito@soc.shimane-u.ac.jp)

*2017. 4. 1. からエスチュアリー研究センター (Estuary Research Center) に改名予定

近年、デルタの研究は、完新世のデルタの研究、水路実験や数値シミュレーションの解析から大きく進展してきた。特に河川卓越型のデルタ、沿岸域の波浪を考慮した波浪卓越型のデルタの研究は、河川からの土砂運搬量と全球の波浪モデルとを合わせて、地球規模でどのような分布が見られるかなども予測できるようになってきている。一方、潮汐卓越型デルタについては、数値シミュレーションによる解析も行われてきているが、実際のデルタと比べると大きな差異がある。細粒な浮遊堆積物の堆積モデル化が困難であること、また現在のデルタの情報が少なく、理解が遅れていることが要因であるように感じている。このような中で近年、河川と海洋の境界域（遷移域）の研究が進捗しつつある。河川海洋遷移帯 (Fluvial-Marine Transition Zone)、河川潮汐遷移帯 (Fluvial-Tidal Transition Zone) と称される堆積環境が、主には過去の地層と現在の研究から徐々に復元されつつあり、堆積相のモデル化が行われつつある (e.g., Gugliotta et al., 2016)。Dalrymple and Choi (2007) による *Earth-Science Reviews* からの総説、2013 年にイギリスで開催された第 10 回国際河川堆積学会議のセッションを取りまとめた「*Fluvial-Tidal Sedimentology*」の本も 2015 年に出版された (Ashworth et al., 2015)。これらに加えて、沿岸海洋の分野でも淡水域で潮汐の干満の影響のある Tidal River（日本語の感潮河川とは異なる）や海洋の影響を受ける河川域のバックウォーター (Backwater) が注目されてきている。これらを潮流を受けて近年の国際学会などでは、このようなセッションが毎回のよう開催されている。一方、潮汐卓越型のエスチュアリーの研究は、古典的な Allen (1991), Dalrymple et al. (1992) に加えて、エスチュアリーを多面的に取りまとめた Perillo (1995) の「*Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*」、近年では Davis と Dalrymple がとりまとめた「*Principles of Tidal Sedimentology*」があり、メコンデルタの現在の堆積作用に関する特集号が、*Continental Shelf Research* と *Oceanography* から今年出版予定されている。

潮汐卓越型のデルタやエスチュアリーは、河川卓越型・波浪卓越型の河口域とは大きく異なり、全く別の構成からなることがわかってきた。本発表では、以上のような近年の研究動向について紹介するとともに、潮汐卓越型の河口域のもつ特殊性と堆積相モデルの再構築の必要性について報告する。

- Allen, G.P., 1991. Sedimentary processes and facies in the Gironde estuary: a recent model for macrotidal estuarine systems. In: Smith, D.G., Reinson, G.E., Zaitlin, B.A., and Rahmani, R.A., Eds., *Clastic Tidal Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, vol. 16, pp. 29–40.
- Ashworth, P.J., Best, J.L., and Parsons, D.R., eds., 2015. *Fluvial-Tidal Sedimentology*. Elsevier.
- Dalrymple, R.W., and Choi, K., 2007. Morphologic and facies trends through the fluvial–marine transition in tide-dominated depositional systems: A schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation. *Earth-Science Reviews*, **81**, 135–174.
- Dalrymple, R.W., Zaitlin, B.A., and Boyd, R., 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, **62**, 1130–1146.
- Davis Jr., R.A., and Dalrymple, R.W., Eds., 2012. *Principles of Tidal Sedimentology*. Elsevier, Dordrecht.
- Gugliotta, M., Flint, S.S., Hodgson, D.M., and Veiga, G.D., 2016. Recognition criteria, characteristics and implications of the fluvial to marine transition zone in ancient deltaic deposits (Lajas Formation, Argentina). *Sedimentology*, **63**, 1971–2001.
- Perillo, G.M.E., ed., 1995. *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*. Elsevier.

ベトナムの混合型メコンデルタにおける河川海洋遷移帯の堆積相と堆積プロセス

Facies and sedimentary processes along the fluvial to marine transition zone of the mixed-energy Mekong River delta, Vietnam

マルチェッロ ググリオッタ (産総研)・齋藤文紀 (島根大学, 産総研)・グエン バンラップ・タ チキムオアン (ベトナム科学技術院)・中島 礼・田村 亨 (産総研)・上原克人 (九州大学)・香月興太 (島根大学)・山本政一郎 (福井商業高校)

Marcello GUGLIOTTA (GSJ, AIST), Yoshiki SAITO (Shimane Univ., GSJ, AIST), Van Lap NGUYEN, Thi Kim Oanh TA (VAST), Rei NAKASHIMA, Toru TAMURA (GSJ, AIST), Katsuto UEHARA (Kyushu Univ.), Kota KATSUKI (Shimane Univ.), Seiichiro YAMAMOTO (Fukui Commercial High School)

連絡先 : Marcello GUGLIOTTA (m.gugliotta.geo@gmail.com)

The fluvial to marine transition zone (FMTZ) is that area of coastal rivers, either estuaries or deltas, where sedimentation is controlled by the interaction of fluvial and marine processes. This study examines the FMTZ of the Mekong River delta, along a total channel length of ~660 km. Methods consist of collection and analysis of channel bed sediment samples, measurements of channel morphological parameters, and recognition of mangrove, molluscan, and diatom species.

The distributary channels of the Mekong consist of an upstream, fluvial-dominated tract and a downstream, tide-dominated tract, whereas wave processes are restricted to the shoreline area. The boundary between the two tracts is located ~100 km upstream of the river mouths. In the fluvial-dominated tract, channels are sinuous and show a seaward-deepening trend, whereas width is relatively constant. In the tide-dominated tract, channels are straight, and show seaward-widening and seaward-shallowing trends. Tide-induced water-level changes affect the entire study area and extend into Cambodia. Measured salinity intrusion extends ~15 km upstream of the river mouth during wet season, and ~50 km during dry season. Nonetheless, brackish water species of mangroves, mollusks, and diatoms occur landward of these limits, suggesting that highly diluted brackish water may reach ~160 km upstream of the river mouth during the dry season.

The upstream, fluvial-dominated tract is characterized by low mud content, gravelly medium to coarse sand and fine sand facies and rare tidal rhythmites, indicating that bedload transport is significant at least the wet season. The downstream, tide-dominated tract is characterized by relatively higher mud content, tidal rhythmites and fine sand facies, suggesting that the most of sediment is transported by suspension and later arranged in bedforms by local bedload transport. Mud pebbles are found in large part of the study area in sediments of both seasons. They are the result of the reworking of tidal rhythmites and fluvial mud deposits by fluvial and tidal currents. Recycled sands characterize the dry season sediments of the downstream tract; their abundance is indicative of the diminished river sediment supply and marine sediment import during the dry season.

This study provides insights onto the sedimentary processes acting along the FMTZ of the Mekong River delta and provides critical information that can be applied to other coastal systems and can help to better understand these complex zones.

カットアンドフィル堆積物の高分解能年代測定による海浜侵食履歴の評価：

オーストラリア南西部 Bengello Beach の例

High-resolution dating of cut-and-fill deposits for assessing beach erosion history: a case study in Bengello Beach, SE Australia

田村 亨（産業技術総合研究所）・Thomas S.N. Oliver・Colin D. Woodroffe

・Alastair C. Cunningham（ウロンゴン大学）

Toru Tamura (Geological Survey of Japan, AIST), Thomas S.N. Oliver, Colin D. Woodroffe

Alastair C. Cunningham (University of Wollongong)

連絡先：田村 亨 (toru.tamura@aist.go.jp)

1. はじめに

砂質海浜の地形は一般に、暴浪により砂が沖合に侵食されて海岸線が後退し、その後の静穏な波浪により侵食された砂が戻されて地形が回復することを繰り返す、カットアンドフィル（cut and fill）と呼ばれる変化パターンを示す。堆積物の供給により海岸線が長期的に前進すると、カットアンドフィルを繰り返しながら海浜堆積物および浜堤地形が記録されるが、そうした記録を詳細に年代測定することにより海浜侵食の履歴を読み取ることができる可能性がある。ここでは、ベイズモデルを組み合わせた光ルミネセンス年代測定と地中レーダ探査に基づく海浜侵食履歴の評価方法を、オーストラリア南西部の Bengello Beach を例に示す。

2. 結果と考察

Bengello Beach では 1972 年以来、定期的に海浜地形の観測が行われ、大規模なストームによる侵食の後 2～3 年以内に回復するパターンが観察されている。1974 年のストームでは海浜が 50 m も後退したが、その後は海浜の後退量が 30 m を超えるストームは発生していない。このため、1974 年の侵食は 50～100 年に 1 度の低頻度のイベントと考えられている。海浜の観測はさらに、前浜上部において海浜侵食直後の回復期間に形成された堆積物のみが地層として保存されることを示す。つまり、前浜堆積物上部の年代は、過去に起こった大規模な海浜侵食のタイミングを表すとみなせる。OSL 年代の試料は、前置砂丘から内陸部 120 m の浜堤の間の地下から 5～10 m の水平間隔で採取した。最も陸側の古い試料は 510 年前の年代を示し、以降の正味の海岸線の前進速度は 0.24 m/y となり、この海岸の中期完新世以降の平均値に等しい。得られた OSL 年代は、350, 180, 130, 90 年前の侵食イベントを示唆するほか、1974 年の侵食により残された地形と整合的である。海浜の前進速度を 0.24 m/y で一定と仮定すると、これら 4 回のイベントでの後退量は 45～55 m となり、1974 年の後退量に匹敵する。一方、350 年前のイベントに続く幅約 40 m の区間の海浜堆積物から採取された 4 つの試料はほぼ同じ年代で、そのすぐ海側の堆積物との間で 150 年間のギャップが認められ、180～330 年前において大規模な海浜侵食が発生しなかったことを示唆している。総合すると、1974 年に匹敵する海浜侵食は、350 年前以降 50～150 年の間隔で発生していることが明らかになった。

生産－運搬過程における碎屑粒子の岩質－粒径－形状の関連性

： 渡良瀬川支流を例に

Characteristics of rock type-grain size-shape of clastic sediments
during producing-transport processes in the watershed of Watarase River

宇津川喬子・白井正明（首都大学東京大学院地理学教室）

Takako UTSUGAWA, Masaaki SHIRAI (Tokyo Metropolitan University)

連絡先：宇津川喬子(utsugawa-takako@ed.tmu.ac.jp)

1. はじめに

河川の砂礫は運搬中に破碎・摩耗する，すなわち角張ったり丸みを帯びたりしながら最終的に「円磨」され，また，その過程で新たな粒子を生産している．粒子の形状，特に輪郭の滑らかさを評価する「円磨度」は，碎屑物の堆積環境や運搬－堆積過程などを示す指標として，長年様々な研究で用いられており（例えば，Krumbein, 1941；宇津川・白井，2016a），上述の傾向から破碎・摩耗作用のはたらかの評価にも適している．発表者らは，『礫』そして礫から生産されているであろう『砂』までの幅広い大きさの粒子の形状的な特徴を調べることで，「粗い粒子（礫）の破壊に伴う細かい粒子（砂）の生産」についてより詳細な検証ができると考えている．本研究では，これまでに研究例の少ない「粒径と円磨度の関係」および「岩種が破碎・摩耗作用に与える影響」を検証するため，砂粒子でも同定しやすい微粒子で構成され，且つ運搬－堆積リサイクルの影響が少ない岩種（“軟らかい”頁岩および“硬い”チャート）を調査対象とした．

2. 試料採取および分析手法

足尾山地を水源とする渡良瀬川の支流（秋山川・栗野川）に沿って約 10 km 離れた 2 地点をそれぞれ選び，水際の礫洲上に 1 m×2 m の区画 2 つ（円磨度測定用・岩種組成用）を隣接して設置した．円磨度の測定には Krumbein (1941) の印象図を用い，分析対象とした粗粒砂～大礫（径 0.5～128 mm）のうち，径 4 mm 以上の礫は肉眼で測定した．径 4 mm より細かい砂礫は，首都大学東京地理学教室が所有するデジタルマイクロスコープ VHX-1000（KEYENCE 社）で岩種を同定した．これら細かい砂礫の円磨度については，画像解析型粒度分析装置 FF-30micro（ジャスコインタナショナル社；同上）に搭載されている画像解析ソフトウェア PIA-Pro を用いて，Krumbein の印象図の階級値と高い相関がある“O.Bluntness”を測定し，独自に求めた換算式で“Krumbein 円磨度”として再計算した．

3. 粒径と円磨度の関係

チャート，頁岩共に細粒になるほど円磨度（平均値）は低くなる傾向が得られた（Fig. 1）．一部の礫について，粗粒な粒子ほど運搬中に丸みを帯びやすい傾向があることは既に知られているが（例えば，Sneed and Folk, 1958），本研究のように，ひとつの岩種で径 0.5 mm までの幅広い粒径かつ粒度別に円磨度を示した事例はこれまでにない．細かな粒子がより角張る要因としては，粗い粒子より耐久性があること（Kodama, 1994）や運搬中の粒子同士の衝突しにくさ，新しく生産されたばかりの角

張った粒子の供給（宇津川・白井，2016b）が考えられる。

比較的丸みを帯びやすい頁岩の円磨度に注目すると、0.6 以上の値を示すことはなく、むしろ 0.6 に収束しているように見られた（栗野川下流側地点の径 4~128 mm ; Fig. 1）。これは「円磨度の飽和状態（例えば、Sneed and Folk, 1958）」すなわちそれ以上丸みを帯びにくくなり始める円磨度に近づいていると考えられる。実際には、Figure 1 の破線円内に示されるように、河川の水流通条件（流速や水量）によってより運搬されやすい粒径の幅が存在し、その結果、相対的に粗粒な粒子のなかでも円磨されやすい粒子から早く飽和状態に達すると推察される。

4. 底質（粒子の硬さ・形状）が破碎・摩耗作用に与える影響

栗野川と比べ、秋山川のチャートは下流方向に丸みを帯びた（Fig. 1）。秋山川はどの粒度でもチャートが優勢（全体の約 50%）であることから、秋山川を流れる粒子は運搬中に硬いチャートに衝突しやすく、そのためチャート同士がぶつかり合い、角が細かく欠けて摩耗した可能性が考えられる。また、中～大礫（径 16~128 mm）において、頁岩は扁平な形状をとりやすく軟らかいことから、両河川において、厚みのある硬いチャートよりも壊れやすいと推察される。これはチャート・頁岩比が下流方向に大きく上昇していることと整合的である。

謝辞

本内容は平成 27 年度笹川科学研究助成（学術研究部門複合系：助成番号 27-612）による助成を受けて実施した研究の一部である。

参考文献

Kodama, Y., 1994, Jour. Sed. Res., **A64**, 76–85.

Krumbein, W.C., 1941, Jour. Sed. Petro., **11**, 64–72.

Sneed, E.D. and Folk, R.L., 1958, Jour. Geol., **66**, 114–150.

宇津川喬子，白井正明，2016a，地理学評論，**89**，329–346.

宇津川喬子，白井正明，2016b，日本地球惑星連合大会 2016 年大会要旨（HGM14-P07）。

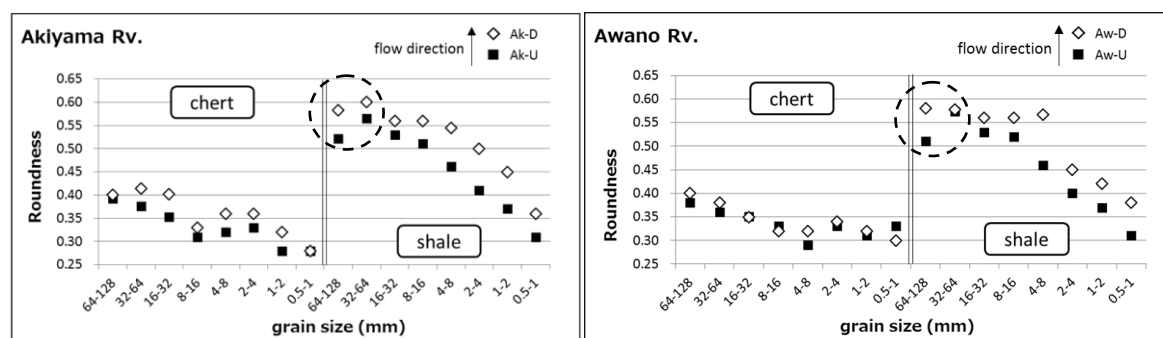


Fig.1: Changes in mean roundness of chert and shale (U; upstream site, D; downstream site)

横ずれ断層による河川地形の成因

Causes of river types affected by strike-slip fault

李川 葉瑠香（立正大学）・北沢俊幸（立正大学）・相良雅也（立正大学）

Haruka Rigawa (RISSHO Univ.), Toshiyuki Kitazawa (RISSHO Univ.), Masaya Sagara (RISSHO Univ.)

連絡先：李川 葉瑠香 (ilove_aki111@outlook.jp)

1. はじめに

横ずれ断層を横切る河川が形成する河川地形はどのようなものになるのだろうか．また，その地形の成因にはどのような要因が関わっているのだろうか．横ずれ断層による河川地形の変化過程とその成因が判明すれば，横ずれ断層の変位速度の推定が可能になるかもしれない．したがって本研究では，横ずれ断層による河川地形の変化を実験にて観察し，断層の変位速度と侵食量に着目したうえで，横ずれ断層による河川地形の分類を定量的な観点から分類，その成因について考察した．

2. 実験方法

実験にはベニヤ板と角材で作成した装置を用いた．装置には0～1φの砂を1mm～2mmの厚さで敷き詰め，給水タンクから水を流し，一定の時間間隔で装置の下部のみを1cm動かし右横ずれ断層を発生させた．これを1回の実験で30回繰り返し，合計30cm断層を変位させた．変位の時間間隔は8種設定し，これにより断層の平均変位速度を変化させ，砂の固さ(地形構成物質の固さに相当)を3種設定し，合計24種の組み合わせで実験を行った．

実験後，断層とその下流の河川地形を観察し，河川のまがり角度を測定した．その後，実験画像のピクセル数を用いて断層の変位前後の流路面積の差分を算出し，流路面積の増加分(%)とした．これを侵食量とするが，地形構成物質の固さ，河川の流量，流速などを包括したものとみなすことができる．

3. 結果

実験の結果，横ずれ断層による河川地形を変位速度と侵食量で分類することができた．また，河川のまがり角度を測定したが約700のデータの中で40°～55°の値をとるものは存在しなかった．したがって，55°以上のグループと44°以下のグループで地形を分類するべきだと考えた．断層より下流の河川の曲がり角度が右岸寄りに55°以上曲がっているものは屈曲型とし，河川のまがり具合が40°以下になるのは分岐型，拡大型とした．さらに，河川の曲がり角度の変化には周期性があり，断層の変位が増加するにつれて角度が少しずつ増加するが，ある時に曲がりきることができずに流路が新しくつけかわり，再び曲がり角度が増加していく，ということを繰り返した．このうち，下流部の砂を全て削り取らず，流路がつけ変わる前の古い河川の跡がみえるものを分岐型，下流部の砂をほぼ全て削り取幅が広い流路となるものを拡大型とした．氾濫型は河川が下流部で流路を保てずあふれてしまうものとした．

解析結果より，縦軸を侵食量，横軸を変位速度としてグラフを作成すると，屈曲型は変位速度が中程度で侵食量が少ない領域，分岐型は変位速度，侵食量共に中程度で他の3つと重なる領域，拡大型は変位速度が遅く侵食量が多い領域，氾濫型は変位速度が速い領域に分布することがわかった．

降雨侵食と隆起による実験地形発達における堆積域幅の効果について

Effects of deposition area on the development of experimental erosion landform

大内俊二（中央大学理工学部）

Shunji OUCHI (Chuo University)

連絡先：souchi@kc.chuo-u.ac.jp

1. はじめに

アナログモデル実験と呼ばれる種類の地形実験は実地形のスケールモデルではなく、その結果を直接実際の地形変化に適用することはできない。しかし、観察不可能な長期にわたる地形変化を明らかにするためには、残されているわずかな証拠と短時間に起こる現象の観察と理論をもとに想像する以上のことはしにくいことも確かである。アナログモデル実験は、小さなものではあるが流水による侵食や隆起によって実際の地形に類似した形態を作り出すことができるだけでなく、その形成過程をつぶさに観察し計測することが可能である。したがって、実験から得られる知見は、わずかな証拠から実際の地形変化を推定する際に、適用性が十分検証されているわけではない進化論や熱力学のコンセプト以上に有力な指針となるのではないだろうか。発表者は近年、このような考えのもとに人工降雨による侵食と隆起による地形発達実験を続けている。今回は、一連の実験の中で隆起域周りの堆積域の幅を変えた実験から、実験地形の発達における堆積域幅の影響について報告する。

2. 降雨侵食と隆起による実験地形の発達

霧状の人工降雨の下で、隆起装置によって細砂とカオリナイトの重量比 10:1 の混合物からなる四角い砂山（上面 60x60cm）を平坦な面からゆっくりと隆起させると、隆起域の縁辺から流水による侵食が始まり、そこから谷系が発達して行くと同時に隆起域周りの堆積域に扇状地が発達する。隆起によって高度が増すとともに谷の侵食が進み、隆起速度がほぼ 0.01mm/h 以下の非常に小さな場合を除いて、斜面が発達して斜面崩壊が起こるようになる。このころになると扇状地が堆積域全体に発達して流路は安定し、崩壊によって生産された物質が通過する道筋となり、砂の排出は速やかに起こるようになる。大規模な斜面崩壊は周期的に集中して起こる傾向を見せ、崩壊集中期の高度低下とそれまでの隆起に伴う上昇が繰り返されるようになって、実験山地地形の平均高度は隆起速度によって決まるある高度の周辺（隆起速度が概ね 5mm/h 以上の極端に大きな場合を除く）を上下するような変化をみせる。計測間隔が比較的短かければ、隆起域の平均高度が少しずつ上昇して急に低下することを繰り返す非対称な鋸歯状の変化を明確にとらえることができる。排出砂量も平均高度の急な低下時に突出して多くなる。隆起速度が極端に小さい（下方閾値以下）か、極端に大きい（上方閾値）場合以外は、このように侵食と隆起のバランスによって平均高度がある高度の周りを上下するように変化するようになると考えられ、この範囲を steady state phase と呼ぶことにした (Ouchi, 2015)。また、降雨侵食と一定速度の隆起による実験侵食地形発達の段階を、初期の流水侵食が中心で隆起と同じように高度を増していく stage 1、谷の侵食によって斜面が発達し斜面崩壊が増加して行く stage 2、平均高度がある高度の周りを上下する変化を示すようになる stage 3 の 3 段階に分けた。

今回は、隆起速度と降雨強度が同じで隆起域周りの堆積域の幅が異なる実験（runs 27, 32 と 30, 31）の比較と、堆積域幅を方向によって変えた実験から、実験地形の発達における堆積域幅の効果について報告する。次の表に今回取り上げる run の実験条件を示す。

run	permeability	precipitation	uplift rate	width of deposition area	duration
35	4.75×10^{-4} cm/s	80 - 90 mm/h	0.36 mm/h	50, 100, 200 mm	1168 h
27	3.23×10^{-4} cm/s	80 - 90 mm/h	0.36 mm/h	100 mm	1000 h
30	2.99×10^{-4} cm/s	80 - 90 mm/h	0.1 mm/h	100 mm	1160 h
31	4.68×10^{-4} cm/s	80 - 90 mm/h	0.1 mm/h	200 mm	1160 h
32	1.84×10^{-4} cm/s	80 - 90 mm/h	0.36 mm/h	200 mm	1000 h

3. 堆積域幅が全周一定の場合

隆起速度が同じで堆積域幅の異なる run27 と run32 及び run30 と run31 を比較すると、地形の形態と変化の様子はそれほど変わらないが、stage 2 から stage 3 における隆起域の平均高度は堆積域幅の広い方が高く、起伏（最低点と最高点の比高）は堆積域幅の狭い方が大きなことが明らかであった。隆起域周りに発達する扇状地の勾配は堆積場の幅にかかわらずほぼ一定であるため（特に堆積域の端に達した以降は）、隆起域縁の高度が堆積域幅の広い方が高くなり最低点の高度が大きくなる。これに対して最高点は、流水による侵食ではなく崩壊によって決定され、堆積域の幅とあまり関係がないようである（図 1）。山頂部には流水の侵食は及ばず、その高度は隆起によって上昇し崩壊によって低下するため、斜面崩壊に係わる砂山の性質が類似で隆起速度が同じであれば最高点高度はあまり変わらないのであろう。その結果、堆積域幅の広い方が起伏が小さくなる。堆積域幅の広い方が平均高度が高くなるのは、隆起域の侵食基準高度となる隆起域縁高度が高いために、隆起域内の流水の作用による面も高くなることに由来すると考えられる。

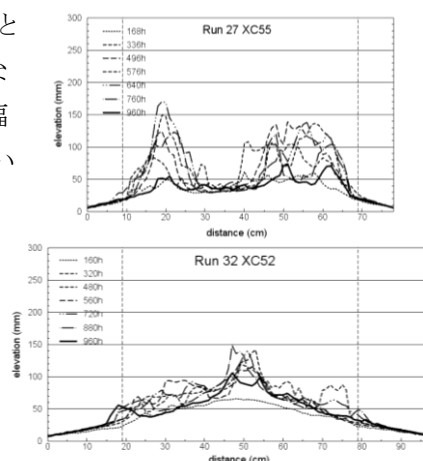


図1 Run27と28の最高点付近を通るN-S断面
(縦の破線は隆起域を示す。)

4. 方向によっての堆積域幅が異なる場合

Run35は、正方形の隆起域周りの堆積域幅を、東側及び西側100mm、南側200mm、北側50mmとした実験で、実験地形発達の概略は他のrunとそれほど変わりはない。隆起速度が同じであるrun27、run32と比べて高く切り立った大きな山地が形成されたが、これが堆積域幅の違いによるとは考えにくく、透水性の違いなど他の要因によると思われる。この点は今後の検討課題である。隆起域縁の高度は、予想された通り、stage 3においては堆積域の狭い北側で低く広い南側で高く、東側と西側ではその中間となった。この状態が隆起終了まで維持された。隆起域縁の平均高度はrun32と同じように上昇したが、stage 3においては次第にrun27近づいた。平均高度の変化はrun32に類似した変化を示した。北側では扇状地が堆積域の端に達して流路がほぼ固定化するのが早いために、侵食が進んで山体が南側に寄った位置で成長するのではないかと予想していたが、多少その傾向は見られるものの、最終的には隆起域のほぼ中央に山地が位置するようになった（図2）。実験山地が隆起と崩壊によって形作られることを反映しているのであろう。実験地形が流水による作用と斜面崩壊の連携によって発達することは明らかであるが、堆積域の幅は主に流水の作用に影響を与え、隆起と崩壊による山体の形成にはそれほど影響を与えていないと考えるに至った。

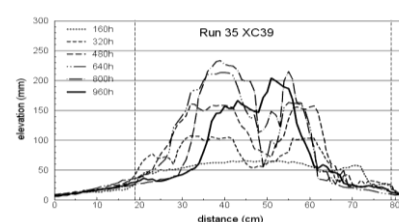


図2 Run35の最高点付近を通るN-S断面

ポットホールの形成実験 Pothole-forming experiment

杉山 修（立正大学）・北沢俊幸（立正大学）

Shu SUGIYAMA (Rissho University), Toshiyuki KITAZAWA (Rissho University)

連絡先：北沢俊幸 (kitazawa@ris.ac.jp)

1. はじめに

ポットホールの形成は、岩盤河床のくぼみに入った礫が水の流れて回転して河床を侵食することで起こると考えられている。しかしこれには膨大な時間がかかるため、形成過程を直接観察することは困難であり、本当に礫の回転により侵食するののかも含め、形成過程は明らかではない。そこで水路実験により短時間でポットホールを作り観察することで、その形成作用と形成条件について考察する。

2. 手法

全長 4m の実験水路を用い、流れに変化をつけるためにレンガを置いて河床の流れを再現した。岩盤河床を再現するために、1～2φの砂とでんぷんのを重量比 5:1 の割合で混ぜて、タッパーに押し固め乾燥させたものを水路内に設置した。この岩盤河床にはあらかじめ直径(流れに対して横断・縦断方向)2cm, 深さ 1cm の円柱状の穴を掘っておく。この状態で水を 7～12 時間を通し、穴に何も入れない場合と 1.5～2.0g の垂円礫を入れる場合の、穴の形状変化を調べた。流速は約 30～70cm/s の間で 10cm/s 間隔で変えて実験を行った。

3. 結果

礫なしの条件では、流速が大きくなるにつれてどの方向にも少し侵食量が大きくなった。穴の形状は相似形を保ったまま全体的に大きくなった。

礫ありの条件では、深さ方向の侵食量が突出して大きくなった。流速が大きいほど穴の形は深く縦長の円柱状に変化した。流速約 50cm/s 以上で穴の中で礫が円運動をし、流速とともに 1 分間の回転数も多くなったが、穴の側壁にはほとんど接触せずに回転した。また深さ方向の侵食速度は等速ではなく、侵食が進む期間と休止する期間を繰り返した。

4. 考察とまとめ

河床の岩盤が均質な条件では、穴に礫が入っている場合は、相対的に深さ方向に侵食が進み、縦長のポットホールができることが分かった。流速が小さくても、穴の中で礫が少し動くことで深さ方向に侵食が進む。流速が大きいと、穴の中で礫が回転して特に縦長の円柱状になる。穴に礫が入っていない場合は水流により河床は全体的に侵食されるものの、縦長のポットホールはできない。

水路実験により、時間を短縮して人工的にポットホールを作ることができた。岩盤河床の穴に入った礫が回転することで穴が深くなるというのは本当であった。

海底網状チャネルの水槽実験を用いたトレーニングイメージの構築

Building training image using experimental braided submarine channels

小松侑平 (JOE) ・ Ajay Limaye (ミネソタ大学) ・ 鈴木清史 (JOGMEC)

・ Chris Paola (ミネソタ大学)

Yuhei Komatsu (JOE), Ajay Limaye (Univ. of Minnesota), Kiyofumi Suzuki (JOGMEC),

Chris Paola (Univ. of Minnesota)

連絡先：小松侑平 (komatsu-yuhei@joe.co.jp)

産出試験結果を用いたヒストリーマッチングや生産挙動予測シミュレーションなどの貯留層工学的研究では、メタンハイドレート (MH) の分解挙動を正確に評価するために詳細な地質モデルが必要とされる。第1回メタンハイドレート海洋産出試験の実施された東部南海トラフの第二渥美海丘北側斜面の貯留層の一部は、坑井データ (コアや検層) および三次元地震探査データを用いた解析において、強振幅反射波が網状もしくはパッチ状に分布することから海底網状チャネル堆積物と解釈され、高い不均質性が推測される (高野ほか, 2010)。地球統計学的モデリング手法の一つである多点法は、連続性の良い曲面や複雑な地質体分布が表現できるため、こうした不均質性の高いモデルの構築に適している。

多点法では、地質コンセプト (堆積相や岩相分布など) をトレーニングイメージ (TI) として統合する (Strebelle et al., 2002)。TI とは、地質モデルに表現したい地質コンセプトを具体化・単純化したものである。TI は一般に、露頭、地形、三次元地震探査データなどの地質情報に基づいたオブジェクトベースモデリング手法によって作成される。しかし、MH 濃集区間の地震探査データには、地質情報以外の海底疑似反射面 (BSR) など強振幅を持つ反射波が含まれ、海底網状チャネル内のサブサイミックスケールの内部構造 (チャネルやバー) を正確に反映していない可能性がある。さらに、他の海底網状チャネル堆積物の報告例は非常に少なく、オブジェクトベースの手法での TI 構築には様々な困難さが伴う。一方、プロセスモデリング手法では、数値モデリングや水槽実験を用いて、堆積プロセスを支配する物理法則に沿って地質体の時空間変化を再現し、TI を作成する。本研究では、海底網状チャネルの水槽実験を用いて TI を構築することを試み、実験で得られる水理学的特性と貯留層スケールの堆積物特性 (岩相) を結びつける手法について検討を行った。

実験装置はミネソタ大学セントアンソニーフォールズ水理学研究所 (SAFL) に設置の、長さ 2 m、幅 1 m の水槽を用いた。堆積物にはプラスチック粒子 ($D_{50} = 0.3 \text{ mm}$) を使用し、塩水と混ぜ合わせ真水で満たした水槽に一定の流砂量と流量で流入させた。流砂量と流量の比率は 0.037–0.1、実験時間は 2–13 時間の範囲で変更した。実験中の地形面は毎分ごとに写真撮影を行い、排水時にはレーザー測定によって地形データを取得した。実験の結果、いくつかの実験ケースにおいて、流れの幅/深さ比の高い混濁流による網状チャネル類似の地形の発達が認められた。谷状のチャネル地形が全域に分布するのに対し、シート状の滑らかな形状の地形は局所的に発達する。写真撮影で得られた地形データから、チャネルやバーの形状を抽出するために、reduced-complexity flow model を適用して相

対水深分布データに変換した。一般的に、チャンネル地形が発達するためには、堆積物を移動させるのに十分な流れのせん断応力が必要であり、流速が一定の場合、せん断応力は水深と関係する。今回、水深が深くなるほど大きい粒子が分布すると仮定し、シーلز数を用いて相対水深分布を相対粒径分布に変換した。最終的に、相対粒度分布は貯留層のコア試料の粒度分布にスケーリングした。今後、さらに他の水理学的特性（流量など）と堆積物特性（堆積相や含泥率など）の関係性を検討し、今回得られた結果と比較することによって、TI の最適な構築手法を評価する予定である。

文献

- Strebelle, S., Payrazyan, K., and Caers, J., 2002, Modeling of a deepwater turbidite reservoir conditional to seismic data using multiple-point geostatistics. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers.
- 高野 修, 藤井哲哉, 佐伯龍男, 下田直之, 野口 聡, 西村瑞恵, 高山徳次郎, 辻隆司, 2010, 東部南海トラフ海域のメタンハイドレート探査における堆積学的手法の適用. 石油技術協会誌, **75**, 30-41.

遠州沖半遠洋性堆積物コア試料で確認された 20 世紀半ばにおける堆積速度の低下
Decrease in MAR of hemipelagic sediment core obtained from off Enshu coast during
the mid-20th century

白井正明（首都大）・宇津川喬子（首都大）・大村亜希子（東大）・
・林崎涼（首都大）・加藤裕真（首都大）・芦寿一郎（東大）
M. Shirai (TMU), T. Utsugawa (TMU), A. Omura (Univ. Tokyo),
R. Hayashizaki (TMU), Y. Kato (TMU) and J. Ashi (Univ. Tokyo)
連絡先：白井正明 (mshirai@tmu.ac.jp)

河川における巨大ダムや砂防ダム群の建設が、下流および海岸域への砂質粒子の運搬を阻害し、海岸線の後退を引き起こしていることは良く知られている（例えば、小池，1997）。一方でダム湖内の堆積物のほとんどは泥質粒子から成ることから、河川からの土砂供給の減少が半遠洋的環境にまで影響を与えている可能性がある。発表者らはこれまで、遠州沖、熊野沖 (Shirai and Omura, 2016)、新潟沖 (Shirai et al., 2017) で採取したコア試料の過剰 Pb-210 プロファイルから、半遠洋性堆積物の堆積速度 (Mass accumulation rate: MAR) が 20 世紀半ばに低下していること、これらの MAR の低下が、その海域に土砂を供給する河川での大規模ダムの建設時期に一致することを指摘した。ただし遠州沖のコア試料については MAR の低下が顕著ではあるものの、MAR の値自体が低いなどの理由により、MAR が低下した時期を精度よく見積もれないという問題があった。2015 年の白鳳丸 KH-15-2 次航海において、遠州沖のより水深の浅い海域で採取したコア試料の Pb-210 放射能測定の結果、過剰 Pb-210 プロファイルから顕著な MAR の低下が確認された。

学術研究船白鳳丸 KH-15-2 次航海（主席研究員：芦寿一郎博士）の Leg. 3 において、天竜川河口からほぼ南へ約 20km の地点（VEF2）に位置する、遠州トラフ最上流部北側斜面（水深 730 m）の表層堆積物を、マルチプルコアラーを用いて採取した。コア試料採取直後にコア上面から 11cm までを 1cm 厚にスライスした測定用試料を 110°C、12 時間以上の乾燥後、軽く粉碎・攪拌してから測定用容器に封入し、約 1 ヶ月後に首都大学東京地理学教室所有の ORTEC 社製 Ge 半導体検出器を用いて、ガンマ線スペクトルの測定を行った。Pb-210 の放射能濃度から Pb-214 の放射能濃度を差し引くことにより、大気中からの降下による過剰 Pb-210 放射能濃度変化を見積もり、それを基に堆積速度を算出する（例えば、金井，2000）。さらに東京大学大気海洋研究所所有のヘリウム置換式ピクノメーターを用いてキューブ試料（7 cc, 1 辺 2.25 cm）の乾燥かさ比重を算出し、半遠洋性沈積粒子の堆積速度（MAR）に換算する。

Pb-210 の半減期は約 22 年であり、過去 100 年間程度の MAR の見積もりが可能である。まずコア上部における過剰 Pb-210 のフラックスは $178 \text{ Bq cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ と計算され、日本列島陸域で観測されている過剰 Pb-210 フラックス（15–25 $\text{mBq cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ；角皆・品川，1977 ほか）と比較して十分大きい。これは過剰 Pb-210 の大部分が大気中から直接下降してくるのではなく、他の地点で地表に落下した後に堆積粒子とともに運搬されてきている可能性が高く、Constant initial concentration (CIC)

モデルが成立することを示唆する（金井，2000）．CIC モデルでは MAR (ω) が一定の区間では，層準 m , n における放射性核種（壊変定数： λ ）の放射能濃度 (A_m , A_n) と mass depth (m_m , m_n) の関係は以下の式(1) のように表される（例えば，Shirai et al., 2017）．

$$\ln A_m - \ln A_n = -\lambda / \omega (m_m - m_n) \quad (1)$$

つまり，mass depth と対数表示した放射能濃度をプロットした際に，直線で表される区間は MAR が一定であるとみなすことができる．

得られた過剰 Pb-210 プロファイルは表層 7cm 相当において見かけの堆積速度が極めて高いが，これは生物擾乱による攪拌を示していると考えられる．その下の区間（深度 9～7 cm 相当）の MAR がコア採取時まで継続したと仮定することにより，生物擾乱による見かけのプロファイルの下降量 (Δm) を Shirai et al. (2017) に基づいて，以下の式(2) のように推定することができる．

$$\Delta m = 0.5 m_l (1 - \text{MAR}_2 / \text{MAR}_1) \quad (2)$$

ここで m_l は生物擾乱が卓越する表層部分の堆積粒子の重量， MAR_1 および MAR_2 は生物擾乱が卓越する表層部分とそのすぐ下の区間の MAR である．

一方，深度 9cm 相当より下位では，MAR は再び高い値を示し，下位から上位に向かって MAR が低下することを意味する．発表ではこの MAR が低下する深度 9cm の年代を MAR_2 と Δm から求め，この MAR 低下時期と天竜川水系の巨大ダム建設時期との関連性を議論する．

謝辞

KH-15-2 次航海 Leg.3 の同乗研究者や乗組員の諸氏にはコア試料採取時に大変お世話になりました．深く感謝致します．

文献

- 金井 豊，2000，鉛の地球化学．地質ニュース，556，20–34.
- 小池一之，1997，海岸とつきあう 自然環境とのつきあい方 5. 岩波書店，160p.
- Shirai, M. and Omura, A., 2016, Influence of dam reservoir on deep marine sedimentological environment: An example of the Kumano Trough, central Japan. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 51, 119–126.
- Shirai, M. et al., 2017, Influence of deposition in dam reservoir on the deep marine hemipelagic environment off Niigata, central Japan. Environmental Earth Sciences, 76, 107 (9 pages). DOI 10.1007/s12665-017-6430-2
- 角皆静男・品川高儀，1977，冬季モンスーンによって輸送される化学成分．地球化学，11，1–8.

南海トラフで掘削されたメタンハイドレート胚胎コア試料の熱物性測定方法, 及び上載圧依存性を評価するための装置開発

Thermal properties measurement procedure of methane hydrate bearing sediment and instrument development for applying the overburden pressure on the sample

村岡道弘（産総研）・山本佳孝（産総研）

Michihiro Muraoka (AIST), Yoshitaka Yamamoto (AIST)

連絡先：村岡道弘 (m-muraoka@aist.go.jp)

1. はじめに

ガスハイドレートはゲストガス分子が水分子の籠に内包された構造を持つクラスレート化合物である。近年、海底下に存在するメタンハイドレート（以降、MH）は多量のメタンを含有することから次世代のエネルギー資源として注目されている。2013年3月に南海トラフにおいて減圧法による海洋産出試験が行われ、海洋のメタンハイドレートから初めて天然ガスが生産された。この減圧法において、分解に必要な熱は、MH 堆積層自身の持つ熱量及び周囲の堆積層から熱伝導等により供給される。このため、堆積層の熱伝導率、熱拡散率等の熱物性は、分解手法の開発やその経済性評価のために非常に重要である。

MH は低温、高圧で安定な結晶である。具体例として、メタンガス雰囲気下 0.1MPa では平衡温度 $T_{eq} = -81.0^{\circ}\text{C}$ 、10MPa では $T_{eq} = 13.4^{\circ}\text{C}$ である。自然界では深海底下の堆積物層、永久凍土層内の MH 安定な温度圧力条件を満たす領域に存在する。南海トラフでは目安として、水深 1100mbsl から 1300mbsl（水压換算で 11MPa から 13MPa、海底下約 100m~300m の領域）に MH を胚胎した堆積層が確認されている。従来のコアリング装置では、コアの回収過程で圧力が保てないため、MH を胚胎した試料を回収することはできない。このため、採取深度の孔隙圧力を保ったまま試料を回収する装置である PTCS (pressure temperature core sampler) が開発された。この機器を用いて、2004 年に南海トラフにおいて、保圧コア試料の回収が実施された。2012 年には海洋産出試験の事前掘削が実施され、Hybrid PCS と呼ばれる装置を用いて、保圧コアの回収が実施された。これらの保圧コアの物理特性を解析することにより、MH 貯留層からのガス生産予測等に必要な各種パラメータの取得が実施された (Yamamoto, 2014)。

本研究においては、MH を胚胎した保圧コア試料の測定方法および代表的な結果を報告する。また、MH 堆積層はその上部堆積層から 1MPa から 3MPa 程度の土被り圧を受けているため、これを再現するための装置開発を新たに実施した。この装置と試験的に実施した結果を講演では報告する。

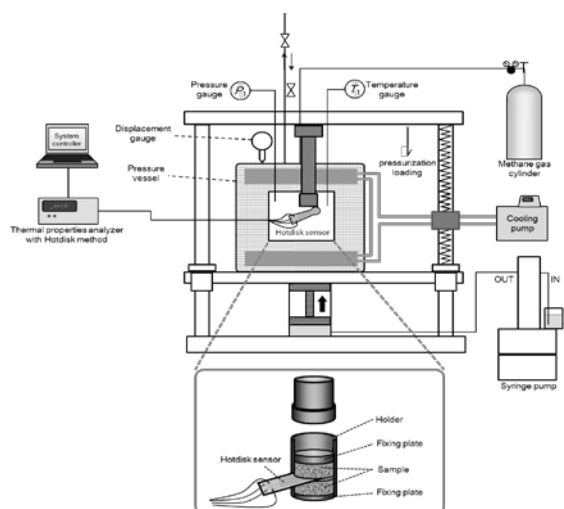


図1 熱物性評価装置

2. 実験

2.1 熱物性測定装置

図1に、熱物性評価装置の概略図を示す。装置は高压容器、温度制御用のチラー、容器内圧力を昇圧するためのメタンガスボンベ、熱物性評価装置から構成されている。熱物性測定はホットディスクセンサ(HOTDISK AB 社製、ホットディスクセンサ#5465、センサ半径 3.189 mm)、及びホットディスク熱物性測定装置(HOTDISK AB 社製、TPA-501)を用いて行った。ホットディスク法では、測定された温度プロファイルホットディスク法の解を用いて逆解析することにより、熱伝導率、熱拡散率、比熱を同時測定することが可能である(Gustafsson, 1991)。

2.2 MH胚胎層コア試料

MH胚胎層コア試料は南海トラフから掘削された保圧コア試料を使用した。コア試料は原位置の孔隙圧を保ったまま回収され、MH安定な温度圧力条件下で保圧容器に保存された。その後、コア試料は保圧容器から速やかに外部に取り出され、大気圧下・液体窒素温度で保存された。

図1の下部に測定に用いたハイドレートコア試料を模式的に示した。測定のため、コア試料は直径30mm、高さ15mmに加工された。加工時にはMHの分解を防ぐため、コア試料に液体窒素を吹き付けながら、切断及び旋盤加工を行った。ホルダーにコア試料を固定し、ホットディスクプローブを2つのコア試料で挟み込み、高压容器にホルダーをセットした。この操作の間、コア試料は常に液体窒素で冷却された状態を保った。高压容器を密閉した後、メタンガスを圧入して10MPaまで昇圧した。

2.3 実験結果

コア試料の熱伝導率測定を実施した。MH 胚胎層コア試料について、高压容器内の実験温度圧力 (5℃, 10MPa) の下で測定を実施した。試料の孔隙率が増大すると、熱伝導率と熱拡散率は若干低下した。一方で、孔隙率の増大に対して、比熱はおおよそ一定であった。定量的な結果及び考察については、MH コア試料の熱物性測定結果を報告した筆者の論文(Muraoka et al., 2014)を参照されたい。

3 原位置土被り圧を再現するための装置開発

海底下約100m~300mの堆積層は、深度に応じて約1MPa~3MPaの土被り圧を受けている。この原位置の土被り圧を再現するために、装置に上載圧を載荷するためのシャフト、変位計を追加し、圧密排水試験を実施可能なホルダーを開発した。保圧コア試料を測定するために、本装置を使用した予備実験を実施しており、講演ではその詳細を述べる。

謝辞 本研究は、経済産業省メタンハイドレート開発促進事業・生産手法開発に関する研究として行われた。

【参考文献】

- (1) Yamamoto, K., Mar. Pet. Geol., 66, 296–309 (2015).
- (2) Gustafsson, S. E.: Rev. Sci. Instrum., 62(3), 797-804 (1991)
- (3) Muraoka, M., M. Ohtake, N. Susuki, Y. Yamamoto, K. Suzuki, T. Tsuji: J. Geophys. Res. DOI:10.1002/2014JB011324, (2014)

猪苗代湖底コア堆積物に挟まる火山性密度流イベント層から復元する高頻度噴火と

ラハール履歴

Frequent eruptions and lahars of Adatara and Bandai volcanoes unraveled by volcanic sediment gravity flow deposits in a lacustrine sequence, Lake Inawashiro-ko, northeast 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）

Kyoko S. Kataoka (Niigata University), Yoshitaka Nagahashi (Fukushima University),

連絡先：片岡香子（kataoka@gs.niigata-u.ac.jp）

1. はじめに

福島県の猪苗代湖は、最大水深が 94m であり、約 5 万年前に翁島岩屑なだれによるせき止めによって形成された（長橋ほか，2016）。湖周辺には活動的な安達太良火山および磐梯火山がそれぞれ近接して位置し、安達太良火山では 1900 年の水蒸気噴火（死傷者 82 名）、磐梯火山では 1888 年水蒸気噴火と岩屑なだれ（死者約 480 名）において多数の犠牲を出す火山災害を引き起こしている。安達太良火山における過去 1 万年間での噴出物は、ブルカノ式噴火によるものが 6 層と水蒸気噴火のそれが 5 層、認識されている（山元・阪口，2000）。磐梯火山での過去 5 万年間の爆発的噴火活動は、最新の噴火の他に 5 回の岩屑なだれ、3 回の水蒸気噴火、4 回のブルカノ式・サブプリニー式噴火が陸成層から確認されており、溶岩の流出もあった（千葉・木村，2001）。また、安達太良火山西麓の酸川では、過去約 14000 年間に堆積したラハール（火山泥流）堆積物が 18 層あり、そのうち、泥質マトリクス支持の粘着性土石流堆積物が 17 層、認められる（片岡ほか，2015）。酸川はその下流で磐梯火山を起源とする長瀬川と合流し、猪苗代湖に注ぐ河口付近でデルタを形成する。

長瀬川デルタにおいて掘削されたコア（KBR2015）と猪苗代湖底にて掘削されたコア（INW2012, INW2013）からは、数多くのイベント堆積物の挟在が認められる。そのうち猪苗代湖心（水深 90 m）で掘削された INW2012 コアのみが、猪苗代湖形成以前に堆積した河川堆積物までの約 5 万年間の地層を記録している。本発表では、INW2012 コア中に挟まる火山性密度流イベント層に注目し、その堆積過程と起源を明らかにすることで、安達太良火山・磐梯火山において過去 5 万年間に起きた噴火とラハール履歴について述べ、それらが陸上で記録されている噴火・ラハール履歴よりもはるかに高頻度であることを報告する。

2. 湖底コア堆積物中のイベント層の特徴

28m 長のコアには、湖沖に堆積したバックグラウンド堆積物中に、降下テフラ層以外の 69 枚のイベント層が認められた。これらイベント層は主として堆積相に基づき 8 つに区分でき、記載岩石学、粒度組成、鉱物組成（XRD）、化学組成（micro-XRF）においてそれぞれ特徴を示す。それらは、1) 青灰色泥質層（Gm）、2) 青灰色砂質層（Gs）、3) 褐色泥質層（Bm）、4) 褐色砂質層（Bs）、5) オリーブ灰色泥質層、6) 淡褐色砂層、7) 黄色砂質層、8) 2011 年タービダイト、である。降下テフラ層のほとんどは、安達太良火山・磐梯火山を起源としない、周辺火山のテフラあるいは広域テフラ

である。

青灰色泥質層（Gm）は数 mm から数 cm の層厚で、均質であり、バックグラウンドの湖成粘土に比べてより細粒である。青灰色砂質層（Gs）は、粗粒なサブユニットを伴い、Gm よりも厚い。Gm・Gs は黄鉄鉱や硫酸塩鉱物、スメクタイトを含み、高い硫黄含有量で特徴付けられる。褐色泥質層（Bm）と褐色砂質層（Bs）は 1～6cm の層厚で、基底部は明瞭な侵食面を呈し、正級化する。また、摩耗のほとんど無い新鮮な火山ガラス片と有機物片が普遍的に含まれる。

3. 湖底コア堆積物中のイベント層の堆積過程と起源

青灰色層（Gm・Gs）は、安達太良火山の酸川で見られる粘着性泥質ラハール堆積物の遠方相に相当する。高い硫黄含有量は、水蒸気噴火堆積物や火口周辺の熱水変質帯の岩石を母材として、噴火と同時期または噴火後に流下したラハールを示唆する。粘着性ラハールは上流域で粗粒な粒子を堆積させたが、顕著な flow transformation を起こすことなく長距離流走し、そのまま mud slurry flow として湖底まで到達したものと思われる。一方、褐色層（Bm・Bs）は青灰色層よりも厚層であることから、より近い給源が想定される。新鮮な火山ガラス片の含有および火山ガラスの化学組成からは、これらがより古いテフラ層の再堆積ではなく、磐梯火山の爆発的噴火起源の密度流が直接湖に流入したか、猪苗代湖水面下に没していた側噴火の火口からの水中噴火によるものであろう。この褐色層については、井内・鈴木（2016）が、ラハール起源でなく（非火山性の）洪水性のハイパーピクナイトとする報告をしているが、構成物の特徴はむしろ、噴火やラハールに直接関わることを示す。

バックグラウンドの湖成粘土はほぼ一定の堆積速度で堆積しており、INW2012 コアの年代モデルからは、それぞれのイベント層に関わる噴火やラハールの時期が高い時間分解能で特定できる。これによると、過去 5 万年間の間に、安達太良火山を起源とするイベント層が 30 層、磐梯火山のそれは 23 層あり、湖水域の最拡大期である 25000 年前を境に、それぞれのイベント層の挟在頻度に変化する。安達太良火山・磐梯火山の噴火・ラハール現象は、陸上データで理解されてきた履歴よりも、はるかに活動的であったと言え、より高頻度な噴火履歴を持つことが明らかとなった。

文献

千葉茂樹・木村純一，2001，磐梯火山の地質と火山活動史-火山灰編年法を用いた火山活動の解析-。

岩石鉱物科学，30，126-156。

井内美郎・鈴木勇志，2016，猪苗代湖湖底堆積物中のイベント堆積物の起源と堆積機構。日本地質学会第 123 年学術大会講演要旨，288。

片岡香子・神野成美・長橋良隆・木村勝彦，2015，安達太良火山西麓，酸川流域に分布するラハール堆積物：過去 14000 年間の層序・年代と堆積過程。火山，60，461-475。

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

山元孝広・阪口圭一，2000，テフラ層序からみた安達太良山，最近約 25 万年間の噴火活動。地質学雑誌，106，865-882。

Bouma モデルの平行ラミナシルト岩 (Td) の成因

Origin of parallel-laminated siltstones (Td) in the Bouma Model

山田立輝 (千葉大学) ・ 小田陽平 (千葉大学) ・ 青柳裕香 (千葉大学) ・ 伊藤 慎 (千葉大学)

Rikki Yamada*, Oda Yohei *, Yuka Aoyagi*, Makoto Ito*

*Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University

連絡先: 山田立輝 (aaaa2128@chiba-u.jp)

砂質-シルト質タービダイトの多くは Bouma モデルで記述され, このモデルはタービダイトの形成プロセスの解釈に広く適用されている. しかし, 低流領域でのシルト質平滑床が形成されるための水理条件が十分理解されていないため, Bouma モデルで提唱された粗粒-中粒シルトで構成される平行ラミナ部 (Td) の成因は, 未だに解明されていない. 一方, タービダイト性泥岩に認められるシルトラミナの成因に関しては, shear sorting (Stow and Bowen, 1978) というプロセスが提唱されており, このプロセスが Td の形成要因にも適用されることが多い (Pickering and Hiscott, 2016). しかし, タービダイト性泥岩中のシルトラミナと Td とは粒度組成やラミナの特徴に相違点が認められることから, 本来は異なった堆積構造として識別される (Piper, 1978). 一般に, Td はカレントリップラミナ (Tc) の上位に発達するため, Tc に比べて粒径の細粒化と Stream power の減少にともなう水理条件下で形成される堆積構造と解釈される (Allen, 1984). しかし, Td は粒径が粗粒-中粒シルトサイズの場合が多いため, これまでに確認されている低流領域の平滑床の条件で形成される堆積構造とは異なる. 一方, fluid mud の濃度条件 (>10 g/L) の 2 倍以上の高濃度の泥質流体を長時間流し続けることにより, 低流領域でシルト質平滑床が形成されることが水槽実験で確認されている (Capape et al., 2016). しかし, Td が形成される混濁流の濃度は fluid mud に比べ著しく低濃度と解釈されるため, このような実験結果を Td の形成要因に直接適用することは必ずしも妥当とは言えない. したがって, Td の形成要因を解明するためには, タービダイトに認められる堆積構造の特徴を詳しく再検討することが重要なアプローチの 1 つと考えられる. 本研究は, 海底扇状地末端部で形成されたシート状タービダイトに Td が広く認められる房総半島東部の鮮新統清澄層 (ca. 5 Ma) ならびに下部更新統勝浦層 (ca. 2.3 Ma) の細粒タービダイトを主な検討対象として, Td の特徴とその出現パターンに注目し, Td の形成過程を検討したものである.

検討したタービダイトの多くは, 最下部に極細粒砂-粗粒シルトで構成されるカレントリップラミナ (Tc) をもち, その上位に粗粒-中粒シルトで構成される Td の発達が認められる. Td に注目すると 3 タイプが識別される. Td-1: カレントリップラミナを遷移的にドレープする波状ラミナで特徴づけられる. Td-2: Td-1 をドレープし, 平行ラミナに近いが, 詳しく観察すると, Td-1 よりも波長が長く波形勾配の小さい波状ラミナを示す場合が多い. Td-1 と Td-3 に比べて出現頻度は少ない. Td-3: 中粒シルトが卓越する最も細粒部で, 細粒化にともない粘土成分をより多く含んでいる. Td-1 の上位や下流側に形成される. また, Td-1 を欠いて Tc の上流側で粒径の急激な細粒化を示して Tc に直接重なる場合もある. いずれの場合も Td-1 と同様に波状ラミナの特徴を示す.

Td-3 のシルト粒子ファブリックを走査型電子顕微鏡画像で検討した. ラミナ面に平行な断面では下部ほど長軸が古流向に対して直交する傾向が認められ, 上部のより細粒化した部分では古流向に長軸を平行に配列するシルト粒子が卓越する. 一方, ラミナ面に直交し古流向に平行な断面では, 下部ほど長軸がラミナ面に平

行に配列するシルト粒子が多く、上部ほど粒子配列のばらつきの程度が大きくなる傾向が認められた。さらに、Td-3 には粘土粒子のランダム配列ならびに粒状構造 (aggregates of clay particles: ACPs in Kase et al., 2016) が認められる。

今回検討した Td の特徴から、(1) Td は Tc の形成に比べてサスペンションからの堆積作用をより強く受けた波状ラミナとして基本的に形成されていること、(2) 一方で、下部はトラクションからの堆積作用の影響を受けるのに対し、上部ほどサスペンションからの堆積作用が卓越していること、(3) このような変化は、Td の形成過程での細粒化にともない粘土成分の割合が増加することから、サスペンションの粘性が増加したことに対応する可能性が考えられる、などが理解される。

文献

- Allen, J.R.L., 1984, *Sedimentary Structures: Their Character and Physical Basis*. Elsevier, Amsterdam, 663 p.
- Capape, S., Martín-Vide, J.P. and Colombo, F., 2016, Subaqueous barchans and plane beds from deposition of quartz silts. *Journal Hydraulic Engineering*, **121**, 06016020-1–7.
- Kase, Y., Sato, M., Nishida, N., Ito, M., Mukti, M.M., Ikehara, K. and Takizawa, S., 2016, The use of microstructures for discriminating turbiditic and hemipelagic muds and mudstones. *Sedimentology*, **63**, 2066–2086.
- Pickering, K.T. and Hiscott, R.N., 2016, *Deep Marine Systems: Processes, Deposits, Environments, Tectonics and Sedimentation*. Wiley, Chichester, 657 p.
- Piper, D.J.P., 1978, Turbidite muds and silts on deepsea fan and abyssal plains. In Stanley, D.J. and Kelling, G., eds., *Sedimentation in Submarine Canyons, Fans, and Trenches*. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, 163–176.
- Stow, D.A.V. and Bowen, A.J., 1978, Origin of lamination in deep sea, fine-grained sediments. *Nature*, **274**, 324–328.

南部琉球列島，八重山前弧の海底谷-海底扇状地系とタービダイトの堆積間隔
 Submarine canyon-fan system and turbidite deposition at the forearc region along the
 southern Ryukyu islands

池原 研（産総研・地質情報）・金松敏也（海洋研究開発機構）・宇佐見和子（産総研・地質情報）

Ken Ikehara (Geol. Surv. Japan, AIST), Toshiya Kanamatsu (JAMSTEC),

Kazuko Usami (Geol. Surv. Japan, AIST)

連絡先：池原 研 (k-ikehara@aist.go.jp)

沖縄八重山諸島では、1771 年明和大津波のはじめ、巨大津波の繰り返しが沿岸陸域の津波石や津波堆積物から想定されている。しかし、1771 年の津波の波源についてだけ見ても、いくつかの説があり、まだその確定には至っていない。また、石垣島の津波石記録と津波堆積物記録ではその形成間隔に違いがあり、津波発生履歴の面からもまだ不確定のところが多い。一方 Ujiie et al. (1997) は、八重山周辺の海底コア中にタービダイトの存在を認め、少なくともその一部が浅海域に起源を有し、またそれが地震起源であるとするともにおおよそ 1000 年程度の堆積間隔があることを示唆した。しかし、その詳細については明らかになっているとは言い難い。

先行研究によりこの海域の海底谷-海底扇状地系には地震起源のタービダイトの存在が期待されることから、八重山前弧域の海底谷-海底扇状地系の詳細を明らかにすべく、海底地形調査と海底堆積物の採取を 3 年間にわたり行った。結果として、地形的に明瞭に認識できる海底谷の開口域では後期第四紀に複数の石灰質生物源碎屑物からなるタービダイトが堆積すること、特に西表島南東の海底扇状地上には多数のタービダイトが挟在すること、一つの海底扇状地上でもタービダイトの堆積場は時間とともに移動していること、西表島南西の前弧海盆では厚いより粗粒な石灰質生物源碎屑物からなる水中土石流堆積物が挟在すること、などが明らかとなった。このうち、西表島南東の海底扇状地から採取された 2 本のコアの年代測定結果から、この海底扇状地へのタービダイトの堆積はおおよそ 400～1000 年の間隔であることがわかった。このタービダイトの堆積間隔は、石垣島の津波堆積物の堆積間隔とは比較的整合的であるが、津波石の形成間隔よりは有意に長い。

文献：Ujiie, H. et al. (1997) J. Geol. Soc. Japan, 108, 590-603.

相対的海水準変動に依存する細粒碎屑物の供給源変動：更新統掛川層群の例
 Provenance change of fine sediments depending on relative sea-level change:
 a case study of the Pleistocene Kakegawa Group.

齋藤 有（総合地球環境学研究所）・酒井哲弥（島根大学）

Yu Saitoh (Research Institute for Humanity and Nature), Tetsuya Sakai (Shimane University)

連絡先：齋藤 有 (yu-saitoh@chikyu.ac.jp)

碎屑物の供給源は、堆積場や後背地の環境変動や造構運動に依存して変化する。浸食場や河口の位置を大きく変える海水準変動も、堆積物供給源を大きく変動させる要因となる。泥質堆積物中の細粒碎屑物の供給源変動から相対的海水準変動を読み取ることができれば、陸上露頭を対象としたシーケンス層序学的研究において、特に砂に乏しい深海堆積層の区分精度を向上できる可能性がある。しかしながら海水準と細粒碎屑物の供給源との関係を検証した研究は少ない（中村ほか, 2002 など）。本研究では、細粒碎屑物から、海水準変動に応じた供給源変動を捉えることを目的とし、掛川層群の泥岩を対象として Sr-Nd-Pb 同位体比の測定を行った。静岡県掛川市周辺に分布する掛川層群は、鮮新-更新世に形成した前弧海盆を埋積した、河川から深海の堆積物を含む地層である。泥岩を多く含む深海堆積相までシーケンス層序が精度良く確立されている点で（Masuda and Ishibashi, 1991; Sakai and Masuda, 1996）、相対的海水準が細粒堆積物の供給様式に与える影響を検証するという本研究の目的によく適合する。この掛川層群の低海水準期、海進期、高海水準期の各堆積体より泥岩を計 24 試料採取し、20 μ m 以下の碎屑成分を抽出して Sr-Nd-Pb 同位体比を測定した。東海地方の河川堆積物の値と比較した結果、低海水準期および高海水準期堆積体の泥岩の値は、地理的に掛川層群の後背地となり得る地域を流域とする河川（天竜川と大井川、安倍川、富士川など）の堆積物の値と整合した。しかしながら、海進期堆積体の泥岩の値は、それらの河川からの寄与の混合では取り得ない、高い Sr, Pb 同位体比、低い Nd 同位体比を取ることが明らかとなった。このような値は、黄砂との混合で説明でき、海進期に陸上からの供給が減少したことで堆積物に占める黄砂の比率が高まったことが推定される。黄砂は 11Ma 以降、北太平洋遠洋域の卓越的な碎屑性堆積成分である（Pettke et al., 2000）。泥質堆積物に対するその寄与の増大は、非常に遅い堆積速度を反映したものとして、深海堆積相から海進期堆積体を識別する上で、海緑石などよりも普遍的で有力な指標となる可能性がある。実際、四国海盆半遠洋性堆積物においても、2~1.75Ma にかけて、黄砂の寄与の増大を示唆する Sr-Nd-Pb 同位体比の明瞭なシフトが認められ（Saitoh et al., 2015）、掛川層群の海進期堆積体を形成した相対的海水準変動との関連が示唆される。

文献

Masuda, F. and Ishibashi, M., 1991, Onlap and downlap patterns discovered in a depositional sequence of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Japan. 堆積学研究会報, **34**, 75-78.

- 中村 譲・伊藤 慎・中野孝教, 2002, 半遠洋性シルト岩の化学組成・Sr 同位体組成と氷河性海水準変動との関係 : 房総半島更新統大田代層. 日本地質学会学術大会講演要旨, **109**, 98.
- Pettke, T., Halliday, A.N., Hall, C.M. and Rea, D.K., 2000, Dust production and deposition in Asia and the north Pacific Ocean over the past 12 Myr. *Earth and Planetary Science Letters*, **178**, 397-413.
- Saitoh, Y., Ishikawa, T., Tanimizu, M., Murayama, M., Ujiie, Y., Yamamoto, Y., Ujiie, K. and Kanamatsu, T., 2015, Sr, Nd, and Pb isotope compositions of hemipelagic sediment in the Shikoku Basin: Implications for sediment transport by the Kuroshio and Philippine Sea plate motion in the late Cenozoic. *Earth and Planetary Science Letters*, **421**, 47-57.
- Sakai, T. and Masuda, F., 1996, Slope turbidite packets in a fore-arc basin fill sequence of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Japan: their formation and sea-level changes. *Sedimentary Geology*, **104**, 89-98.

海底扇状地の生涯シナリオ：形状タイプの時空変化傾向と規制要素(予察) Life scenarios of submarine fans: Spatio-temporal transformation of fan types and its geologic controls

高野 修（石油資源開発）・徳橋秀一（産業技術総合研究所）

Osamu Takano (JAPEx) and Shuichi Tokuhashi (AIST)

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

1. 経緯と目的

シーケンス層序学の概念の進展に伴い、相対的海水準変動に伴って海底扇状地が消長し、かつ形状も変化することが明らかにされてきた（Posamentier et al., 1988; 伊藤ほか, 2006; Posamentier and Walker, 2006 など）。では、個々の相対的海水準変動などによる消長・形状変化の繰り返しを包括する、さらに長い地質学的期間においては、海底扇状地の形状になんらかの変化傾向があるのだろうか。その変化傾向は、複数の海底扇状地に共通なのであるだろうか。それとも、単純にその堆積盆や後背地のテクトニクスの変化に支配されて、ケースバイケースの変化をするのであろうか。複数の海底扇状地に共通の変化傾向があるとしたら、それは外的要因(allogenic)、内的要因(autogenic)のいずれによるのであろうか。本研究では、国内外の複数の海底扇状地の形状タイプの地質学的期間での変化を捉えて変化傾向の有無を検討するとともに、その規制要素について予察を行った。

2. 検討手法

本研究では、発生から消滅あるいは現世までのある程度長期間にわたって発達した海底扇状地群を、異なるテクトニックセッティングや形成年代から複数選定し、形状の長期変化傾向を検討した。形状変化傾向把握の後、外因、内因両面の観点から規制要因の考察を行った。なお、検討を行った海底扇状地群のうち、下北沖および東海沖～熊野灘については、国内石油・天然ガス基礎調査基礎物理探査データ（「三陸沖北西 3D」および「東海沖～熊野灘」）を使用して解析を行った。

3. 各海底扇状地における形状タイプの経時変化傾向

下北沖海底扇状地(第四紀)：第四紀更新世初頭に海底扇状地の堆積が始まり、その後時代を経て現世に至るまで、形状が砂質ラジアルファンからチャネルレビーシステムへと変化しているとともに、海底扇状地の到達点が先に延びている（高野・西村, 2015a, b）。

東海沖～熊野灘海底扇状地群(鮮新～更新世)：鮮新世中葉の海底扇状地群の堆積開始後、現世までの間に、斜面エプロン型網状チャネル流優勢→小規模砂質ラジアルファンタイプ→トラフ充填タイプ→チャネルレビーシステムへと形状タイプが変化している（高野ほか, 2009, 2010; Takano et al., 2013）。

清澄～安野海底扇状地(鮮新世)：房総半島南部において鮮新世に発達した清澄～安野海底扇状地では、清澄層堆積時にはトラフ地形に規制されながら砂質ラジアルファンが堆積し、その上位の安野層堆積時には泥質チャネルレビーシステムが優勢になっている（Tokuhashi, 1979; 石原・徳橋, 2005）。

新潟堆積盆田麦川トラフ充填タービダイト(鮮新世)：新潟堆積盆において堆積同時性トラフ地形を埋積した田麦川トラフ充填タービダイトは、高密度タービダイトによるトラフ基底充填フェーズに始まり→トラフ上半部充填低密度タービダイトフェーズ→過充填チャネルレビーシステムフェーズと変化

している (Takano et al., 2005)。

新潟堆積盆難波山海底扇状地(中新世)：新潟堆積盆南部において約 14 Ma から 5 Ma までの間に発達した難波山海底扇状地は、時代を経るに従って、砂質ラジアルファンタイプ主体(難波山層)からチャネルレビーシステム主体(能生谷層)へと変化している (Takano et al., 2005; 高野, 2011)。

新潟堆積盆岩船沖海底扇状地(鮮新～更新世)：新潟堆積盆北部に発達した岩船沖海底扇状地は、鮮新世から更新世へと時代を経るに従って、砂質ラジアルファン主体からチャネルレビーシステム主体へと変化している。

メキシコチコンテペック堆積盆海底扇状地群(暁新世)：メキシコ東シエラマドレ前縁において発達したチコンテペック堆積盆海底扇状地では、砂質ラジアルファン主体からチャネルレビーシステム主体へと変化している (高野, 2016)。

4. 形状変化傾向の要因に関する予察

今回検討を行った海底扇状地群の多くは、その形成発展過程の前期には砂質ラジアルファンタイプの形状を示し、後期には泥質チャネルレビーシステムへと移行する傾向を示している。また、東海沖～熊野灘前弧に代表されるように、最も初期には粗粒碎屑物からなる斜面エプロンタイプの海底扇状地が発達した後、堆積同時性褶曲の影響を受けながら、砂質ラジアルファン→トラフ充填→チャネルレビーシステムタイプへと移行するケースも見られる。では、このような傾向はなぜ発生するのであろうか。まだ予察段階ではあるが、現時点では、以下の各要素の組み合わせ(比重はケースバイケース)が主たる要因であると推察される。

- ・海底扇状地の発生～発展過程において、初期的には碎屑物供給量が多くて粗粒であったのに対して、後期には供給量の減少と泥質(細粒)化が起きることにより、砂質ラジアルファン→泥質チャネルレビーシステムへと変化した。これらは、後背地のテクトニクスと侵食運搬ポテンシャルが徐々に弱まる tectonic waning 過程を反映している可能性がある(外因的要素)。

- ・斜面直下における海底扇状地タービダイト堆積体のウェッジ状累積やプログラデーションにより、堆積面の傾斜が増加することによって、海底扇状地が開き始める transition point (Posamentier and Walker, 2006)が徐々に沖合側にシフトし、先端部(ターミナルファン部分)を除く海底扇状地の多くの部分がチャネルレビーシステム主体となる(内因的要素)。実際に下北沖海底扇状地では、堆積面の斜面が徐々に増加し、チャネルレビーシステム主体になっていく過程が見て取れる。

文献

石原与四郎・徳橋秀一, 2005, 地質雑, **111**, 269-285; 伊藤 慎ほか, 2006, 石油技協誌, **71**, 21-33 ; Posamentier et al., 1988, *SEPM Special Publication* no. 42, 109-124 ; Posamentier, H. and Walker, R.G., 2006, *SEPM Special Publication*, no. 84, 397-520; Takano, O. et al., 2005, *Sedimentary Geology*, **176**, 247-279; 高野 修ほか, 2009, 地学雑誌, **118**, 776-792; 高野 修ほか, 2010, 石油技協誌, **75**, 30-41; 高野 修, 2011, 地質雑, **117**, 238-258; Takano, O. et al., 2013, *Mechanism of Sedimentary Basin Formation: Multidisciplinary approach on active plate margins*, InTech, 3-25; 高野 修・西村瑞恵, 2015a, 日本堆積学会 2015 年筑波大会講演要旨集; 高野 修・西村瑞恵, 2015b: 日本地質学会第 122 年学術大会(長野)講演要旨集; 高野 修, 2016, 石油技協誌, **81**, 7-21; Tokuhashi, S., 1979, *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ.*, **46**, 1-60.

薄層タービダイトに含まれる有機物および石油根源岩能力の堆積学的特徴

—新潟県八石背斜に掘削された東条 TS-1 号井の下部寺泊層コアの予察—

Sedimentological Characteristics of Organic Matter and Source Rock Potential in Thin-bedded Turbidites: Preliminary Study of the Lower Teradomari Core Samples from Tojo TS-1 well, drilled at the Hachikoku Anticline, Niigata Prefecture

荒戸裕之・千代延俊（秋田大学大学院国際資源学研究科）・保柳康一（信州大学学術研究院理学系）

Hiroyuki Arato, Shun Chiyonobu (Akita University), Koichi Hoyanagi (Shinshu University)

連絡先：荒戸裕之 (h_arato@gipc.akita-u.ac.jp)

1. はじめに

新潟県八石背斜に掘削された試掘井東条 TS-1 号井（帝国石油(株)・石油資源開発(株)、平成 6 年 8 月 20 日開坑）では掘削深度 5,155m でコア掘りが行われ、約 3.85m の下部寺泊層砂岩泥岩互層が採取された。このコアの縦割薄切り試料を用いた詳細な堆積相解析および軟 X 線写真観察の結果、同砂岩泥岩互層は半遠洋性泥岩を挟在する盆地底ないしレビーの薄層タービダイトと解釈された（荒戸ほか、1995）。今般著者らは、同試料のタービダイト泥岩（Et）と半遠洋性泥岩（Eh）の特徴を石油根源岩能力の観点から検討するべく、試料を採取し RockEval 分析と安定炭素同位体分析を行って、層相や堆積サイクルとの比較検討を開始した。また砂岩部分（C/D?）についても、極細粒～細粒で泥質のラミナが発達する部分もあることから分析対象とした。

2. 試料と分析

試料は、荒戸ほか（1995）の層相区分に基づき、コア縦半割面からハンドドリルを用いて採取した。採取に用いたビット内径は約 5mm である。すでにクラックがある部分では、タガネとハンマーを用いてチップを採取した。結果、16 層のタービダイト単層（一部に半遠洋性泥岩を含む）から極細粒～細粒砂岩（C/D?）を 19 試料、タービダイト泥岩（Et）を 17 試料、半遠洋性泥岩（Eh）を 11 試料の合計 47 試料を採取した。

RockEval は、秋田大学国際資源学部所有の ROCK-EVAL 6（VINCI Technologies 社製）を、また安定炭素同位体比は信州大学理学部所有の元素分析計（FlashEA1122）と質量分析計（サーモクエスト社 Deltaplus）を用いた。

3. これまでに判明した分析結果

根源岩ポテンシャルを示す総有機炭素量（TOC）は、砂岩、タービダイト泥岩および半遠洋性泥岩それぞれの平均値が 0.36%、0.65%および 0.98%とある傾向を示すが、各層相における個々の分析値は広いレンジに分散し、砂岩よりも TOC の低い泥岩は少なくない。しかし、各単層（サイクル）毎にみていくと、おおむね砂岩の TOC が低く、タービダイト泥岩、半遠洋性泥岩と順に高い TOC を示す傾向が

認められる。ただし、TOC の値だけをみると“高い”単層と“低い”単層とがあり、そのポテンシャルは層相や堆積サイクルとどのような相関をもつか現段階では判然としない。このほか、ある一層の半遠洋性泥岩だけが 2.50%と飛び抜けて高い総有機炭素量を示す点は特徴的である。

安定炭素同位体比の分析値は、Omura et al. (2006) が提唱する関係式を用いて有機物の海陸起源比に換算した結果、海成起源比は 0~57%の範囲に分散した。このなかで海成起源比 0%を示すものは 4 試料あったが 3 試料までが砂岩であり、ハイパーピクナル流的な過程で堆積したことが示唆される。残り 1 試料は総有機物炭素量が 2.50%と最も高かった半遠洋性泥岩であった。

RockEval 分析結果のうち熟成度の評価に用いられる Tmax は、435 を上回る熟成した泥岩主体のグループと、400 に達しない未熟成の砂岩主体の 2 グループに大別されるが、未熟成の泥岩や熟成した砂岩も有意に存在する。むしろ大局的には、総有機炭素量の低いものが未熟成のグループを形成している可能性がある。

熟成度およびケロジェンタイプの指標である Hydrogen Index と Oxygen Index は、多くの試料が Ro=0.5 以上に相当する領域にプロットされるためケロジェンタイプの判定は難しいが、熟成度の低い試料は低 H.I. で高 O.I. の領域にプロットされるので概ねタイプ III が主体と判断される。

4. まとめと今後の検討

ここまでの予察によれば、今般の分析値と層相サイクルの間には疑念を差し挟む余地のない顕著な相関関係は認められていない。4m にも満たないコア試料のなかで分散する熟成度に関しては、さらに詳しい検討が必要であろう。また、高い総有機炭素量を示す半遠洋性泥岩が高い陸源比を示しながらも Tmax の熟成度は低いという現象が事実であれば、層相サイクルの検討も加えてこれを説明できる堆積モデルを考案する必要があるだろう。

謝辞

コア試料をご提供くださった国際石油開発帝石株式会社、ならびに分析結果の公表を許可くださった国際石油開発帝石株式会社および石油資源開発株式会社にご心より御礼申し上げます。

文献

荒戸裕之・安中 斉・川本友久・保柳康一, 1995, 新潟県八石地域深部の下部寺泊層タービダイト, 堆積学研究会講演要旨.

Omura, A., Hoyanagi, K. and Ishikawa, S., 2006, Effect of depositional processes on the origin and composition of organic matter: Examples from the Pleistocene sediments in the Choshi core, Boso Peninsula. Island Arc, 15, 355-365.

北浦流入河川河口地域における粒度分布特性
Grain size distribution of bottom sediments
near the mouth of inflowing river in Lake Kitauro, central Japan

榎木田浩孝（茨城大学理学部）・山口直文（茨城大学広域水圏センター）

Hiroataka Enokida (Ibaraki univ.), Naofumi Yamaguchi (CWES, Ibaraki univ.)

連絡先：榎木田浩孝（coetti333@gmail.com）

はじめに

日本各地の湖沼において、堆積物の流入や移動などを明らかにする目的で、湖底堆積物の粒度分布を対象とした研究が行われている。茨城県南東部に位置する霞ヶ浦北浦においても、その湖底表層堆積物の調査が行われてきた。これまでの研究で、北浦湖底堆積物は湖底平原の大部分を泥質堆積物が占め、沿岸域の 2.5 m 以浅に砂質堆積物が限られた地域に分布することが明らかになっている（Naya et al., 2004）。また、北浦の粒度分布を決定する主要な要因は、波浪作用による堆積物の再懸濁、再堆積であると推定されている。こうしたこれまでの研究は、北浦全域の粒度分布を把握する目的で調査地点が設定されているため、流入河川からの堆積物の供給、堆積過程への影響に関して議論することができなかった。また北浦において、複数回の調査結果から、気象条件の変化と粒度分布、堆積過程との関連について考察された研究はない。そこで、北浦の 2 本の流入河川（巴川および雁通川）の河口地域において、湖底堆積物採取を異なる時期に複数回行った。採取した湖底堆積物に対して粒度分析を行い、その結果から流入河川の湖底堆積物への影響、気象条件の変化と粒度分布、堆積過程との関連について検討した。

手法

本研究では、口径 7 cm の重力式採泥器を用いて柱状試料を採取した。調査は、巴川河口地域において計 4 回（1, 3, 7, 9 月）8 地点、雁通川河口地域において計 2 回（4, 9 月）7 地点で試料採取を行った。採泥器により採取した長さ約 25 cm の湖底堆積物は、表層から最下部まで 1 cm ごとに試料を取り出し、乾燥、有機物処理をした後にレーザ回析式粒子径分布測定装置による粒度分析を行った。

結果・考察

表層堆積物の粒度分析結果から、巴川、雁通川河口地域の粒度分布に、河川からの堆積物供給が影響していることが示唆された。各地点の表層の粒径を比較すると、河口からの距離が大きくなるにつれて細粒化する傾向がみられた。この傾向は、巴川、雁通川河口地域の各調査すべてにおいてみられた。これらの地域では、河川から供給された粒子、または再懸濁した粒子の中で粗い粒子がそれほど運搬されずに短い時間で堆積し、細かい粒子は、河川からの流れ、または波浪作用によって、浮遊したままより遠くに運搬され、河口から離れた水深が深い地域に堆積していると考えられる。また、河川の水位が上昇した 9 月に採取された各地点の表層堆積物の粒径は、他の調査時期の表層堆積物の粒径と比較し、細粒な結果を示していた。このことから、河川の流量の増加により、河川からより多くの細粒な粒子がこれらの地域に供給され

た可能性が考えられる。

巴川、雁通川河口地域の堆積物採取地点において採取した柱状試料は、鉛直方向に粒径が変動していた。巴川、雁通川河口地域で共通して、急激に粗粒化、あるいは上方粗粒化した後に細粒化しているような構造が見られる場合があった。また、調査時期が異なる同地点の柱状試料を比較した結果、巴川河口地域の湖底堆積物は調査期間中の気象条件の変化により粒子が頻繁に堆積、浸食、移動している不安定な堆積物であることが示唆された。巴川河口地域の全地点で、採取された柱状試料は 4 回の調査それぞれで同深度の粒径、含水率、有機物重量%、淘汰度、鉛直方向の各数値、それらの鉛直方向に変動する傾向は異なっていた。一方、雁通川河口地域のより河口に近い 5 地点において、4 月と 9 月の粒度分析結果はほぼ同じ深度で同様の傾向を示していた。このことから雁通川河口地域における全地点において表層堆積物を除いた深度約 25 cm までの湖底堆積物は、巴川河口地域のような頻繁な堆積浸食は起きていないと考えられる。

まとめ

本研究で得られた結果から、北浦の湖底堆積物における粒度分布に波浪作用による再懸濁・再堆積の影響のみではなく、河川からの堆積物の供給による影響を受けていること、巴川河口地域の湖底堆積物は調査期間中の気象条件の変化により粒子が頻繁に堆積、浸食、移動している不安定な堆積物である可能性が示唆された。

文献

Naya, T., Amano, K., Okada, M., Nakazato, R., Kumon, F. and Nirei, H., 2004, Characteristics of bottom surface sediments in relation to wind and wave action in Lake Kitaura, central Japan. *The Journal of the Geological Society of Japan*, **110**, 1–10.

広島県三原市沖の砂浪移動速度

Velocities of sand wave shifts on the seafloor off Mihara, Seto Inland Sea

大平 亮 1 (オーシャンエンジニアリング株 1) ・ 井内美郎 2 (早稲田大 2)

Ryo Ohira 1 (Ocean Engineering Co. 1), Yoshio Inouchi 2 (Waseda University 2)

連絡先：井内美郎 (yinouchi@waseda.jp)

1. はじめに

広島県三原市沖の海底では 1990 年代まで海砂採取が行われた。その結果、海底の砂の浅瀬が消失し、底質も砂質から砂礫質へと変化した。その後、この海域で海底地形の変化を継続的に追跡した結果、わずかに残った砂質堆積物が砂浪となり、やや速い速度で移動していることが確認されたので報告する。

2. 調査海域・調査方法

調査海域は、広島県三原市沖の三原瀬戸海域で、西の大久野島と東の高根島に挟まれた海域である。海砂採取開始以前の海域には布刈の洲・能地堆と呼ばれる水深 10～20m の浅瀬が東西方向に連続して発達していた。長年に及ぶ海砂採取の結果、これらの浅瀬は消失し、水深 40m 以上の海域が広がり、海砂採取の際に海底に戻された礫サイズの粒子によって底質は砂質から砂礫質となった。

海底地形調査は、愛媛大学所有のナローマルチビーム測深機 SeaBat8101 システムを用いて、2001 年から 2007 年の間に 5 回実施した。調査船の船位測定には DGPS システムを用い、あらかじめ Hypack システムを用いて設定された調査測線に沿って航走調査を実施した。潮位補正は近隣の三原市糸崎の推算潮位を用い、水中音速度の補正には音速度計を用いた。なお、海底地形の経年変化を求める際には調査海域の北西部に分布する岩礁域の水深を不動点として参照した。

3. 結果

海底地形探査の結果、調査海域の北東部および北西部に砂浪地形が存在していた。その経年変化を見ると、調査海域北東部の砂浪は平均 20m/年の速度で、ほぼその波形を維持しながら南西方向に移動していた。また、調査海域北西部の砂浪は南東方向に平均 15m/年の速度で波形を維持しながら移動していた。

4. 考察

海底地形断面が波形を示し、それぞれ海峡域から遠ざかる方向に移動していることから、その構成物は砂質堆積物であると考えられる。瀬戸内海海峡部における潮流侵食は個々の海峡形成後数千年以上を経ており、海底侵食はほぼ平衡に達していると考えられることから、今回観察された砂浪を構成している砂質堆積物は海砂採取で採取され残ったものが移動しているものと考えられる。海砂採取後の海底は砂礫質になっているが、このような砂浪の移動によって砂質堆積物が礫の間を充填し、薄くそれを覆うことが期待される。つまり、底質の回復が見られる可能性が高い。往復流である潮流による堆積物の一方向の移動はすでに学問的に解明されたものである。砂浪の移動は、海峡部から流出する潮流によると考えられることから、海域中央部ではその移動速度は減衰することが予想される。

海浜礫の形状

Shape of beach gravels

宮田 雄一郎・末弘 美咲 (山口大学 理学部)

Yuichiro MIYATA and Misaki SUEHIRO (Yamaguchi Univ.)

連絡先：宮田 雄一郎(you@yamaguchi-u.ac.jp)

礫浜に扁平な礫が多い原因は形状淘汰といわれる。扁平礫ほど寄せ波では巻き上げられやすく沈降が遅く、引き波では転動しにくいためバームに取り残されるためである。この考えには疑問があり、礫浜特有の摩耗様式の可能性を含め、礫の摩耗と形状の関係について以下の検討を行った。

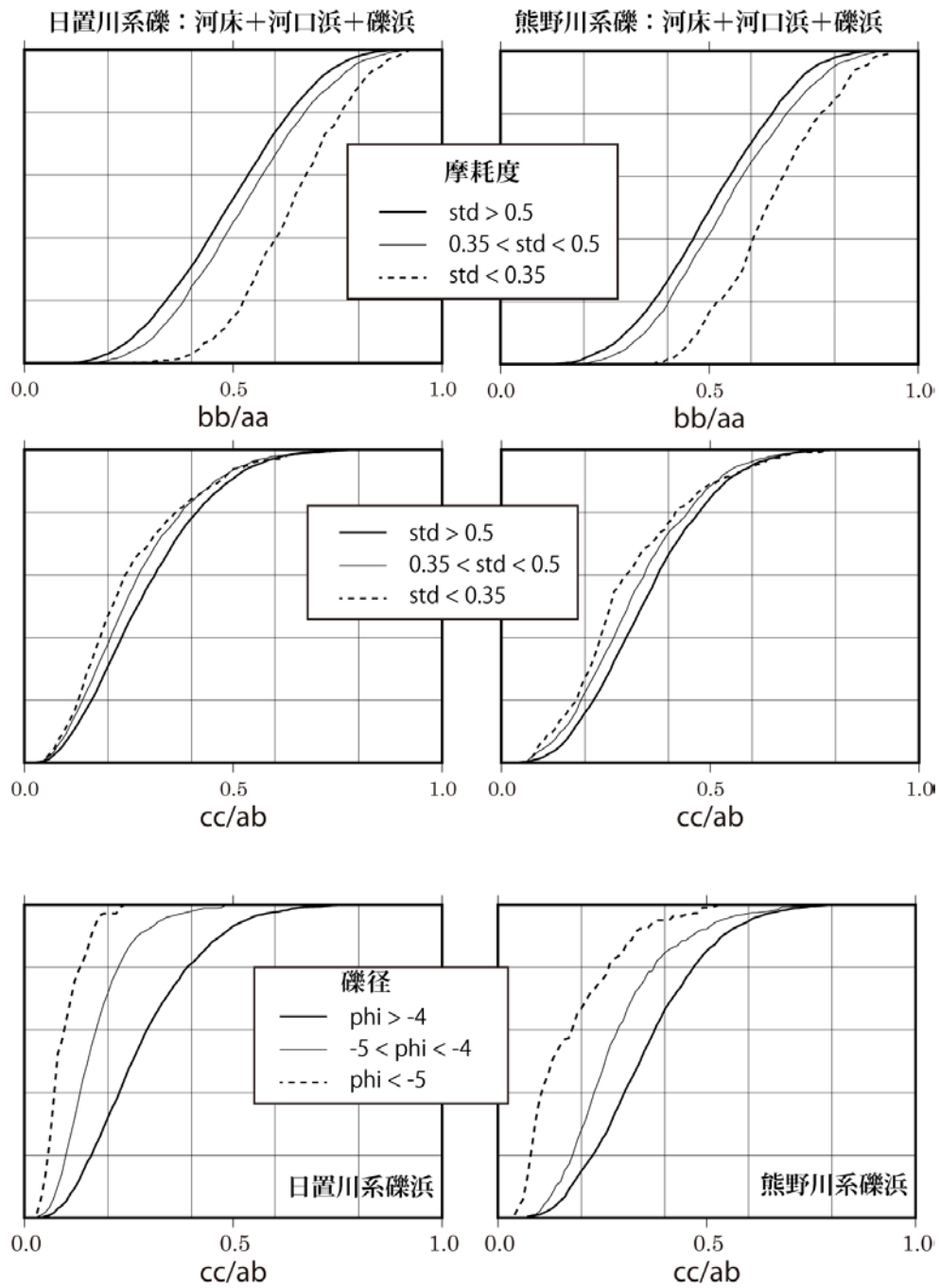
(1) 礫の摩耗様式には転動衝突によって球に近づく様式と、滑動によってディスクに近づく様式とがあることを実験的に示した。(2) 礫の摩耗度を定量的に表すため、衝突を模擬してシルエット画像の凸部を選択的に摩耗するオペレータを作成した。この摩耗オペレータによる摩耗度は客観的であると同時に、従来の円磨度や ImageJ の circularity に比べて原理的に摩耗の過程をよく反映している。(3) 礫の摩耗に伴う形状変化を礫種の偏りの影響のないように検証するため、日置川と熊野川系それぞれで、下流の河床礫・河口の海浜礫・礫浜の礫それぞれ 2000 個を粒径-2 から-7phi の範囲で採取した。(4) 全試料について、ほぼ同等の解像度でシルエット画像を撮影し、摩耗度と軸長(a, b, c)を画像から計測した(ただし、c 軸だけは実測)。

その結果、以下のことが明らかになった。

(5) 礫の摩耗度は、日置川と熊野川系のいずれにおいても河床・河口に比べて、礫浜で摩耗していた。(6) 礫浜では、どの礫径においても河床・河口より摩耗していた。(7) 河床・河口・礫浜を問わず、摩耗が進んだ礫ほど短い(b/a 比が大きい)。この傾向は日置川と熊野川系で共通しているだけでなく(第1図の上段)、山口県の河床礫・海浜礫でも違いがなかった。(8) 河床・河口・礫浜を問わず、摩耗が進んだ礫ほどやや扁平な傾向があるが、日置川が熊野川系よりも扁平で(図の中段)、地域差がみられた。(9) 礫浜では大礫ほど扁平であったが(図の下段)、河床・河口にはその傾向がほとんど認められなかった。また、(10)大礫ほど河床・河口より礫浜で摩耗が進んでいた。

これらの結果は、以下のことを示している。

(11) 河床礫は形状が変わるほど摩耗しないまま河口へ運ばれ、粒径による違いも生じにくい。(12) 地域(すなわち礫種)や環境を問わずに摩耗すると短くなるのは、衝突による摩耗が卓越するためと考えられる。(13) 大礫ほど扁平という特徴が河口に近い礫浜にはみられず、冒頭の形状淘汰が原因ではないことを示している。(14) 摩耗が進んで扁平になる傾向に地域差があるのは、礫種の違いを反映している可能性が考えられる。(15) 礫浜で大礫ほど扁平になるような摩耗が働くのは、滑動しやすく沿岸移動の遅いことが原因と考えられる。(16) 最終的に摩耗するにつれて大礫はディスクに、小礫は球に収斂するが、ロッドにはなることはない。従って礫の形状は $b/a - cc/ab$ の2成分で区分できる。(17) 河川より礫浜の方が摩耗効率は高いが、摩耗度や形状だけで堆積環境を区別できない。大礫ほど扁平な傾向がみられたり、扁平礫が偏在していれば河床礫と区別できる。



第1図 礫の摩耗度と形状の関係 摩耗度は摩耗オペレータによる摩耗深さ分布の標準偏差(std)で表しており、この値が小さいほど摩耗していることを表す。

茨城県霞ヶ浦西浦湖岸平野堆積物への光ルミネッセンス年代測定法の適用 Luminescence dating for lacustrine lowland sediments around Lake Kasumigaura

羽田一貴(茨城大)・伊藤一充・田村亨(産業技術総合研究所)・山口直文(茨城大)
Kazuki Haneta (Ibaraki Univ.), Kazumi Ito, Toru Tamura (Geological Survey of Japan, AIST),
Naofumi Yamaguchi (CWES, Ibaraki Univ.)
連絡先: 羽田一貴(k.haneta100@gmail.com)

はじめに

霞ヶ浦は茨城県南東部に位置する海跡湖であり、沿岸部に縄文海進期以降の海水準変動に対応し形成したとされる湖岸平野が広がっている。霞ヶ浦では、これまで湖岸平野の形成史について地形的特徴などから検討されてきたが、絶対年代に基づいた議論が不十分であり、形成史には未解明な部分が多い。堆積物の絶対年代を求める測定法として、光ルミネッセンス年代測定法が近年注目されている。光ルミネッセンス年代測定法は、石英や長石といった普遍的に存在する鉱物を対象として、堆積物が最後に露光してから時間である堆積年代を推定することができる。そこで本研究では、霞ヶ浦の湖岸平野堆積物を対象に、光ルミネッセンス年代測定法の適用を試みた。

調査地域と研究手法

本研究では、典型的な湖岸平野が広がる茨城県行方市五町田地域を調査地域とした。霞ヶ浦湖岸—台地方向に側線を取り、ハンディジオスライサーを用いた掘削により計 9 地点のコア試料を得た。光ルミネッセンス年代測定に用いる試料として、暗室内でコア試料から厚さ 5 cm の試料を計 12 点採取した。これらの試料をふるいおよび薬品処理により、それぞれ石英とカリ長石に鉱物分離した粗粒子試料 (120–250 μm) と鉱物分離を行わない微粒子試料 (4–11 μm) を用意した。そして、バルク試料と単一粒子の試料それぞれについて光ルミネッセンス年代測定を行った。また、得られた年代値と比較するために、コア試料に含まれる貝殻片と植物片の放射性炭素年代測定も行った。

石英の OSL 信号は、減衰速度の遅い成分が卓越し、年代測定に適さないことが明らかになった。そこで、カリ長石を用いた IRSL (Infrared-stimulated luminescence) 年代測定法と post-IR IRSL (pIRIR) 年代測定法によって等価線量を求めることにした。IRSL 法では、励起光として青色光を用いる石英の OSL に対して赤外線を用いる。さらに、pIRIR 法では低温 (通常 50°C) で一度赤外線励起を行った試料に対してさらに加熱した上で赤外線励起を行い、より安定なルミネッセンス信号を得る。通常の IRSL 法は、フェーディングと呼ばれる信号の不安定性に関する補正幅が大きくなる。pIRIR 法では、これを低減できる長所がある一方で、露光によるルミネッセンス信号のリセットに時間がかかる短所がある。湖岸平野のような完新世の堆積物の場合、比較的測定温度が低い pIRIR 法が適しているとされる。プレヒートテストにより、粗粒子試料がプレヒート温度 200°C で pIRIR 測定温度 170°C、微粒子試料がプレヒート温度 180°C で pIRIR 測定温度 150°C とした。いずれの試料でも IRSL 測定温度は 50°C である。

結果と考察

pIRIR 年代測定の結果、湖岸平野堆積物は完全に露光されずに堆積した可能性が示唆された。得られた pIRIR 年代は、pIRIR 年代同士または放射性炭素年代に対して年代が逆転する場合や完新世よりも大幅に古い年代を示す場合が見られた (図 1)。また、単一粒子測定で得られた等価線量の度数分布 (図 2) の形を見ると、2 つ以上のピークがあり、湖岸平野堆積物は露光状態の異なる鉱物粒子が混在していると考えられる。

露光の問題はあるものの、低温の測定温度下での pIRIR 測定により年代決定に有効な信号を得られ

ることが明らかになった。若い年代の試料 (<1,000 年) で残存線量の割合が高いが、得られた pIRIR 信号は、フェーディング率が約 0–1%/decade で、残存線量が約 1 Gy 以下の安定な信号であった。また、単一粒子の測定により、十分露光された鉱物粒子から堆積年代を推定することができると考えられる。単一粒子測定の Finite Mixture Model では、等価線量の度数分布の一番線量の低いピークから線量を算出しており、算出された年代が 6.2 ± 1.7 ka で縄文海進期の年代と調和的な年代が得られた。試料の露光が不完全、若い年代の試料 (<1,000 年) で残存線量の割合が高いなどの問題が見られるが、年代測定に有効な信号が得られ、適切な測定方法と解析を行うことで、湖岸平野において光ルミネッセンス年代測定法が適用できる可能性を示した。

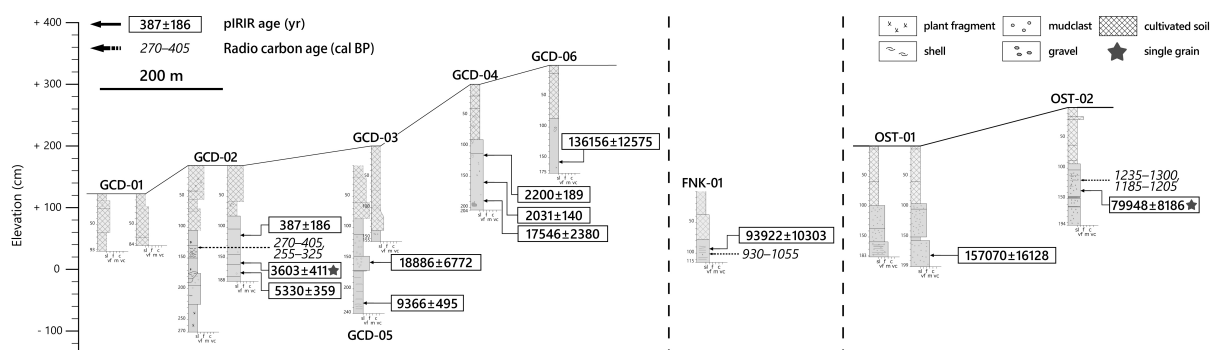


図1 茨城県行方市五町田地域で得られた湖岸平野の地下堆積物. pIRIR 年代と放射性炭素年代を示す。

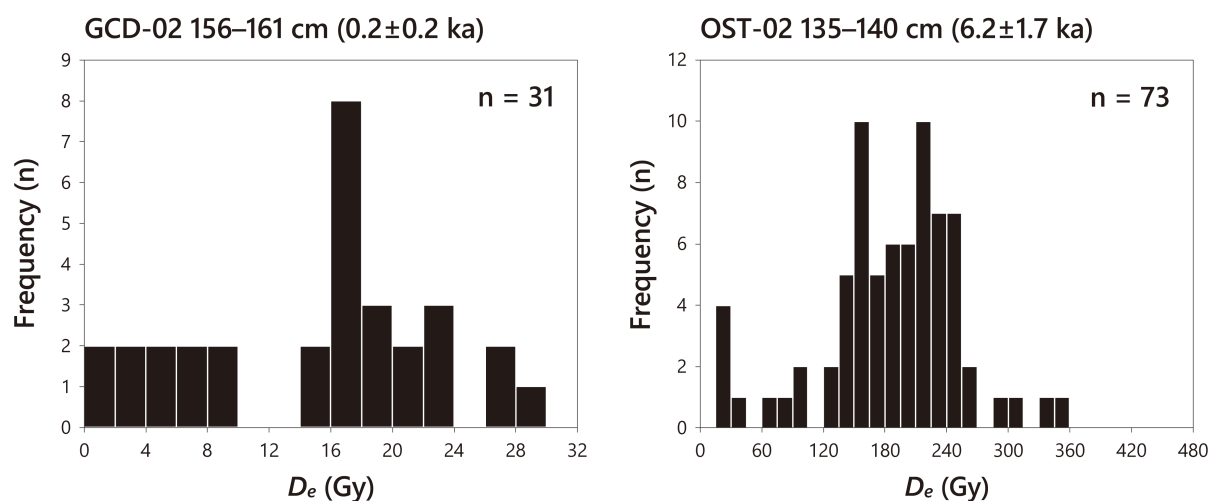


図2 単一粒子測定 (pIRIR₁₇₀) によって得られた等価線量の度数分布。年代は Finite Mixture Model で算出された年代を示す。

ハンモック状斜交層理砂岩の波長や粒径の比較による過去の台風強度の復元 Reconstruction of past tropical cyclone intensity based on the wavelength and grain size analysis of hummocky cross stratified sandstone

隈隆成・長谷川精（名古屋大学）

Ryusei Kuma, Hitoshi Hasegawa (Nagoya University)

連絡先：隈隆成（kuma.ryusei@i.mbox.nagoya-u.ac.jp）

近年の世界の平均気温の上昇に伴って、強大なハリケーンや台風の発生頻度が増大している可能性が指摘されており、地球温暖化といった気候変動に対する嵐の頻度や強度の応答様式を理解する必要性が高まっている。観測記録のない、現在よりも二酸化炭素濃度の高い過去の地質時代の嵐の記録を読むことが出来れば、地球温暖化進行後の嵐強度の予測の上でも重要な示唆を与えることが可能である。

ハンモック状斜交層理（HCS）砂岩は嵐による波浪の影響で形成される堆積物であり、その波長の大きさから過去の嵐強度が復元出来るとする仮説が Ito et al. (2001)により提案されている。Ito et al. (2001)は白亜系銚子層群の堆積相と HCS 砂岩の波長の関係を検討し、堆積相から形成水深を規定した上で、白亜紀やジュラ紀の温室期と、新生代後期の更新世の嵐強度を復元した。その結果、二酸化炭素濃度が高い温室期には HCS 砂岩の波長が優位に大きく、温暖化進行時には嵐が強大になるということを示した。ただし Ito et al. (2001)は日本以外の様々な地域の HCS 砂岩の記録、特に北欧などのハリケーンや台風ではなく温帯～寒帯の嵐の影響により形成されたと考えられる記録も混在して示しており、温暖化に伴うハリケーンや台風の強度推定の上では問題点もある。そこで本研究では、地質時代を通じた同一地域における嵐強度の変遷を復元するため、HCS 砂岩が顕著に発達する層準が多数存在する、下部白亜系の銚子層群、古第三系漸新統の芦屋層群、新第三系中新統の三崎層群を対象とし、堆積相や波長、粒径を検討することにより過去の台風強度の復元を試みた。

白亜系銚子層群犬吠埼層は海進・海退サイクル中に癒着した HCS 砂岩と単層の HCS 砂岩を介在する（石垣&伊藤, 2000）。漸新統芦屋層群陣原層および脇田層は海退サイクル中に癒着した HCS 砂岩と単層の HCS 砂岩を介在する。中新統三崎層群竜串層も主に海退サイクル中に癒着した HCS 砂岩と単層の HCS 砂岩を介在する（井上ほか, 2000）。これら各時代における HCS 砂岩の野外観察、上下層の堆積相、波長計測、粒度分析から HCS 砂岩の特徴を明らかにすることで、HCS 砂岩と嵐強度の関係性を比較検討した。本研究では同一水深での HCS 砂岩の波長の大きさを検討するため、まず堆積相と粒径に基づいて HCS 砂岩の形成水深を規定することを試みた。その結果、下部外浜の堆積相に見られる癒着した HCS 砂岩において、同程度の粒径で HCS 砂岩の波長を比較すると、中新世、漸新世、白亜紀の順に HCS 砂岩の波長が大きくなる明瞭な傾向が見られた。同程度の形成水深で HCS 砂岩の波長の大きさに違いが見られることは、嵐強度の違いを反映していると考えられる。

様々な古気候指標により復元されている大気中の二酸化炭素濃度は、中新世で約 300ppm であり、漸新世では約 500ppm、白亜紀ではそれよりも高く 1000–2000ppm と推定されている（Royer, 2005; Beering & Royer, 2011）。すなわち、中新世、漸新世、白亜紀の順に HCS 砂岩の波長が大きくなり、大気二酸化炭素濃度の増大と共に嵐強度が増大するという Ito et al. (2001)の仮説と整合的な結果が得られた。したがって、堆積相や粒径によって形成水深を規定した上で HCS 砂岩の波長変化を比較すれば、時代毎の

嵐の規模をこれまでよりも正確に復元できる可能性が明らかになった。

文献

Beerling, D. J., & Royer, D. L. 2011. Convergent cenozoic CO₂ history. *Nature Geoscience*, **4**(7), 418-420.

井上基, 中条武司, & 前島渉. 2000, 浅海域における砂の集積過程とストームによる再動作用. *堆積学研究*, **50**(50), 11-18.

石垣朝子, & 伊藤慎. 2000, ハンモック状ベッドフォームのサイズ分布: 千葉県北東部, 下部白亜系銚子層群を例として. *地質学雑誌*, **106**(7), 472-481.

Ito, M., Ishigaki, A., Nishikawa, T., & Saito, T. 2001. Temporal variation in the wavelength of hummocky cross-stratification: implications for storm intensity through Mesozoic and Cenozoic. *Geology*, **29**(1), 87-89.

Royer, D. L. 2006. CO₂-forced climate thresholds during the Phanerozoic. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **70**(23), 5665-5675.

ネパール・カトマンズ盆地の地層に残された地震記録

History of earthquakes recorded in the Pleistocene in Kathmandu Valley, Nepal

酒井哲弥(島根大)・ガジュレル アナンタ (トリブバン大学)

Sakai, T. (Shimane Univ.), Gajure, A.P. (Tribhuvan Univ.),

連絡先: 酒井哲弥 (sake@riko.shimane-u.ac.jp)

2015年にネパール中部, ならびに東部で Mw 7 クラスの地震が発生した. 首都のカトマンズ市をはじめ, 地震による被害は広範囲に及んだ. ヒマラヤ山脈では Mw 9 クラスの地震発生が予想されているが, 歴史資料等の情報から遡ることのできる巨大地震の歴史は, 過去 1,000 年程度に限定される. 再来間隔の長い巨大地震の履歴は必ずしも明らかになっておらず, 将来の地震に備える意味でも履歴を明らかにすることは急務である.

カトマンズ盆地は低ヒマラヤ帯, カトマンズナップの内部に発達した山間盆地である. この盆地には厚さが 600 m を超える湖成堆積物が確認されている. 盆地内部では厚さが 50 m 程度の堆積物が地表に露出し, それは複数の湖成段丘を構成する. 段丘の形成年代は約 5~1 万年前で, これまでの層序学的研究から, この間の地層はほぼ連続して形成されたことが示された. このことを利用して, カトマンズ盆地の湖成堆積物からネパール・ヒマラヤでの巨大地震の履歴を明らかにすることを試みた. 以下で議論する年代には 5 万年前後のものが含まれるため, 較正を行っていない年代値を使用する.

これまでの調査結果から, 厚さが 1 m 程度までのサイスマイトが泥質堆積物の卓越する層準に頻繁に挟まれることが明らかになった. その特徴は Sakai et al.(2015)ですでに報告されているのでそちらを参考にして頂きたい. 一方, およそ 38 ka と 16 ka の層準の三角州平野堆積物に大規模なスライド堆積物が確認された. 38 ka のものは厚さが最大で 4 m, 少なくとも 1 km² の範囲でスライド堆積物が連続して分布することが確認された.

カトマンズ盆地に発達した湖について, これまでに湖水準の変動が復元されている. それによると, 湖水準の上昇は長期に渡って続くが, 湖水準の低下はかなり短期間のうちに発生したことが復元されている. このことから, 湖水準の上昇・低下には盆地外につながる峡谷での地すべりに伴う盆地の封鎖, 封鎖した堆積物の決壊が影響していると解釈されている. ヒマラヤ山中ではすべり面にシェードタキライトが見られるような巨大な斜面崩壊の発生が知られており, それらは巨大地震に由来すると考えられている. カトマンズ盆地においても, 湖水準の上昇のきっかけとなる盆地の封鎖(巨大地すべり)の誘因に巨大地震が想定される. よって, 上記の地層に残された厚く広範囲におよぶスライド堆積物に加え, 湖水準上昇開始のタイミングの年代を使って, 巨大地震の再来間隔を推定した所, 1~4 千年という値が求められた. 今後, ヒマラヤ前縁部の断層(主前縁断層)の周辺で実施されているトレンチ調査との比較などを行い, その有効性を確認する必要がある.

参考文献

Sakai, T., Gajurel, A.P., and Tabata, H., 2015, Seismites in the Pleistocene succession and recurrence period of large earthquakes in the Kathmandu Valley, Nepal. *Geoenvironmental Disasters*, **2** (25), 1-17.

PIV 計測によるサージ的混濁流の流速分布と性質

Velocity distribution and properties of surge-type turbidity currents measured by PIV

宮井正智・山野純平・横川美和（大工大・情報）

Masatomo Miyai, Jumpei Yamano, and Miwa Yokokawa
(Osaka Institute of Technology)連絡先：宮井正智 (E-mail elc12088@st.oit.ac.jp; miwa@is.oit.ac.jp)

サイクリックステップの形成実験は、これまで庄境・横川(2016)を除いて連続的混濁流でしか行われていなかった。庄境・横川(2016)は、同じ単位時間流量で、サージ的混濁流ではサイクリックステップが形成される場合でも、連続的混濁流では形成されない条件があることを明らかにした。そこで、山野ほか(2017)では、サージの継続時間とステップ地形との関連を調べるために、サージの継続時間を 3 秒と 7 秒に設定し、サイクリックステップの形成実験を行った。その結果、サージ 3 秒は 5 つ、サージ 7 秒は 6 つのステップが形成され、両者を比較すると、サージ 3 秒は 7 秒に比べて波長が長く、波高が高く、より上流側で活発に上流進行するという特徴が見られた。

本研究では、サージの継続時間によって上述のようにステップの形態が異なる要因として混濁流の流速が影響していると考え、混濁流の平均流速を PIV で測定した。実験方法は山野ほか(2017)と同じである。単位時間当たりの流量 290mL は共通で、サージ継続時間 3 秒, 5 秒, 7 秒, そして連続流について、上流端から 450cm 付近において(株)Photron 製の高速カメラ FASTCAM SA5 を用いて混濁流を撮影した。撮影条件は解像度：2018×1024dpi、フレームレート：500fps、撮影時間：10.906sec である。これらの画像を(株)カトウ光研の PIV ソフト Flow Expert を用いて処理した(図 1～3)。PIV の計算格子は 5.4999×5.4999mm で、画面を縦 64, 横 124 に分けている。この中で横幅 10 マス分、すなわち 64×10=640 個の流速値の分布から中央値を算出して、平均流速とした。測定箇所は混濁流の HEAD(頭部)については先端部と最も高い部分、及び終了部分の 3 ヶ所、BODY(体部)については体部の先端部、先端部から 2 秒後、4 秒後の部分の 3 ヶ所とした。測定結果から、頭部と体部の平均流速を比較すると頭部の方が速いことがわかった。また継続時間が長くなるにつれて、平均流速が速くなることがわかった。さらに、混濁流の高さ方向の流速分布(図 4)から、継続時間が長いほど流速の最大値が大きく、また流れが厚く、最大値がより上位に分布していることが分かった。

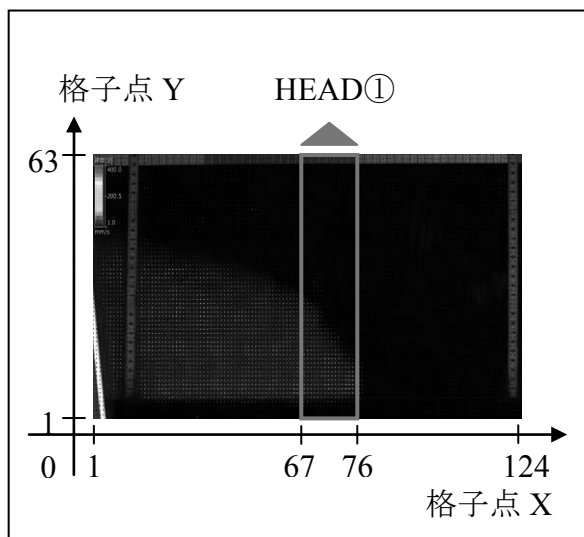


図1 混濁流の平均流速の測定範囲

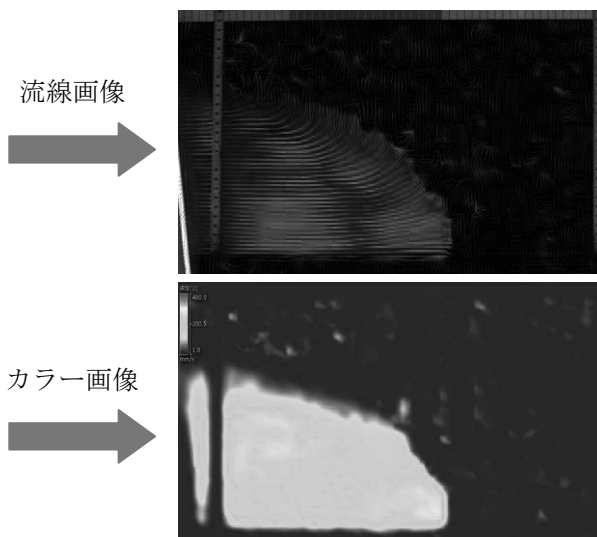


図2 (上) 流线画像(下) カラー画像

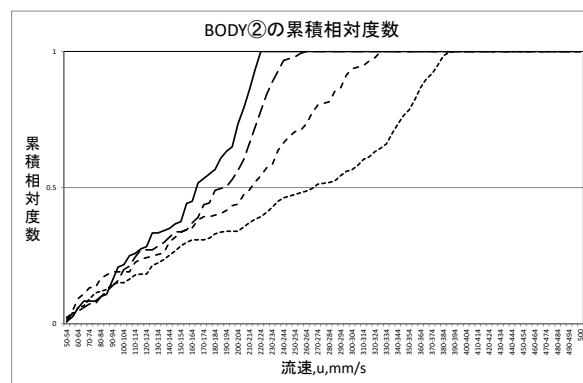
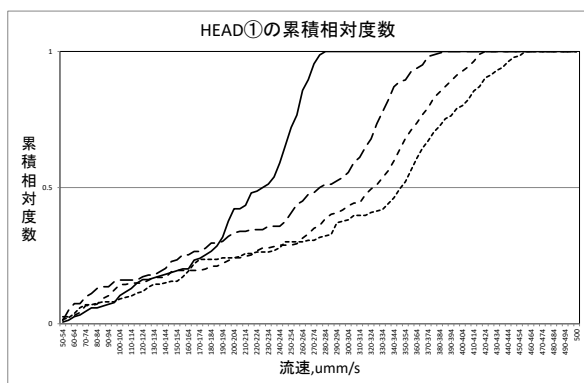


図3 混濁流の頭部、体部での PIV 流速値の分布. 実線：サージ 3 秒, 破線：サージ 5 秒, 細かい破線：サージ 7 秒, 点線：連続流.

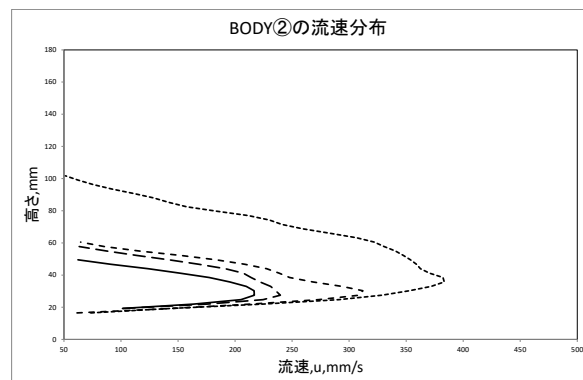
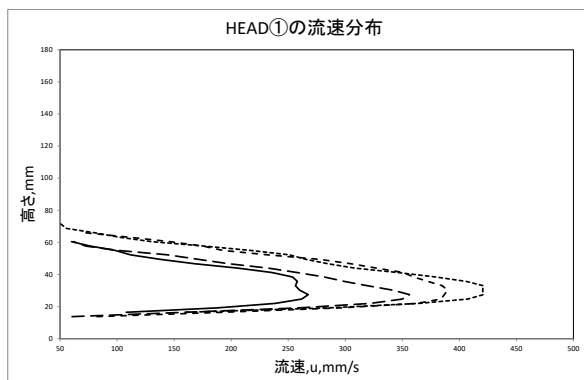


図4 混濁流の頭部、体部での高さ方向の流速分布. 実線：サージ 3 秒, 破線：サージ 5 秒, 細かい破線：サージ 7 秒, 点線：連続流.

文献

庄境大貴・横川美和, 2016, サージ的混濁流によるサイクリックステップの形成についての実験研究、日本堆積学会 2016 年福岡大会講演要旨, 50-51.

山野純平・宮井正智・横川美和, 2017, サージ的混濁流によって形成されるサイクリックステップの発達と形態、日本堆積学会 2017 年松本大会講演要旨(本要旨).

琉球諸島中部周辺海域の黒潮の影響を受けたコンターライト

Kuroshio Current-influenced contourite around the central Ryukyu Islands

西田尚央（東京学芸大学）・板木拓也・天野敦子・片山 肇・佐藤太一（産業技術総合研究所）

Naohisa Nishida (Tokyo Gakugei University), Takuya Itaki, Atsuko Amano, Hajime Katayama, and

Taichi Sato (Geological Survey of Japan, AIST)

連絡先：西田尚央 (nishidan@u-gakugei.ac.jp)

深海域で形成される堆積物の主な構成要素として、半遠洋性・遠洋性泥や重力流堆積物とともに底層流によって形成されるコンターライトが挙げられる。近年、コンターライトの岩相の特徴や、堆積・侵食システム、あるいはそれらの発達と気候・海水準・テクトニクスなどの地域的・グローバルな要因との関係について、詳しく明らかにされている（例えば、Hernández-Molina et al., 2014; Nishida, 2016）。それらの研究は、コンターライトを形成する底層流が主に熱塩循環にともなって発達するため、大西洋や両極域周辺海域を対象として進められてきた。一方、それらの海域に比べて底層水の流れの発達に乏しい太平洋では、コンターライトの形成について必ずしも十分に明らかにされていない。近年、琉球諸島周辺海域において、黒潮を起源とした反流が深海域で広く発達することが報告されている (Nakamura et al., 2008)。本研究の目的は、そのような流れの影響を受けて形成されたコンターライトの特徴を明らかにすることである。また、この海域でコンターライトが分布することの意義について議論する。

検討対象としたのは、琉球諸島中部の奄美大島、徳之島、沖縄島周辺の水深 50–2,500 m の海域である。これらの島の西側には水深最大 1,500 m の沖縄トラフがあり、多数の小海盆をとまなう。東側には水深最大 5,000 m の琉球海溝があり、斜面になっている。このうち、産業技術総合研究所による調査航海 (GH08, GH09, GH10, GK12, GK14, GH15, GK15-2) によって水深 1,500 m までの範囲の 642 地点から得られた堆積物試料について、粒度分析、組成分析、軟エックス線写真を用いた堆積構造解析を行った。また、海底写真および ROV 映像の解析を行った。さらに、マルチビーム音響測深器による高精度地形図およびサブボトムプロファイラー (SBP) による浅層地質断面図の解析も行った。

対象海域の海底堆積物は、主に砂質堆積物と泥質堆積物で特徴づけられる。このうち砂質堆積物は、中央粒径が 1.5–3 φ で比較的淘汰が良い。また、表層堆積物の柱状試料では、軟エックス線写真によって平行ラミナやクロスラミナが認められる場合がある。海底写真からは、水深 34–1,839 m の範囲の 102 地点でリップルが認められる。それらの平均波長は 12.8 cm (N=58) である。また、クレストの配列方向から推定される形成時の流向は多様だが、斜面と平行な場合が多い。高精度地形図からは、一部で波長が 100–400 m のベッドフォームが認められる。ROV による映像からは、一方向流のもとでリップルが形成されていることを確認できる。

砂質堆積物に認められる一連の特徴は、それらが底層流によって形成されたことを示す。特に、この海域には黒潮反流が存在することから、その流れによるコンターライトと解釈される。このことは、主要な熱塩循環にともなう底層流が存在しない深海域においても、黒潮のような強い海流の影響を受けた底層流によってコンターライトが形成されうること示す。

<引用文献> Hernández-Molina, F.J. et al., 2014. *Science* 344, 1244–1250; Nakamura, H. et al., 2008.

Journal of Geophysical Research 113, C0630; Nishida, N., 2016. *Marine Geology* 370, 110–117.

サージ的混濁流によって形成されるサイクリックステップの発達と形態

Development and geometry of cyclic steps formed by surge-type turbidity currents

山野純平・宮井正智・横川美和(大阪工業大学 情報科学部)

Jumpei Yamano, Masatomo Miyai, and Miwa Yokokawa

(Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology)

連絡先：山野純平(e1n13099@st.oit.ac.jp;miwa@is.oit.ac.jp)

カナダ、ブリティッシュコロンビア州スコームッシュ川(Shuswap川)の河口デルタ斜面上では、雪解けなどの河川流量増加時に混濁流が発生し、それに伴ってサイクリックステップが形成されていることが知られている。この混濁流は継続時間 1 分程度のサージ的なものであることがわかっている(Hughes Clarke, 2016)が、サージ的混濁流によるサイクリックステップの形成実験は庄境(2016)以外にはなく、その形状条件はまだよくわかっていない。庄境・横川(2016)ではサージ的混濁流と連続的混濁流による実験を行った結果、継続時間 5 秒のサージ的混濁流では 4 つの周期的なステップが形成されたが、連続的混濁流ではサイクリックステップは形成されなかった。すなわち、同じ単位時間流量でサージ的混濁流ではサイクリックステップ形成される場合でも、連続的混濁流では形成されない条件があることがわかった。そこで本研究ではサージの継続時間の影響を調べ、ステップ形成及びその形態との関連について調べることを目的とした。

実験では塩水(密度 1.17g/cm^3)とプラスチック粒子(比重 1.298)を重量比 10:1 の割合で混ぜ合わせたもの(ヘッドタンクでの堆積物体積濃度 5.510%)を長さ 700cm、幅 2cm、高さ 30cm、傾斜 7° の水路に流した。サージの継続時間(1 回の試行の長さ)3 秒と 7 秒の 2 セット(各セット 140 回の試行)の実験を行った。その結果、サージ 3 秒では上流へ進行するステップが 5 つ、サージ 7 秒は 6 つのステップが形成された。サージ 3 秒ではサージ 7 秒に比べて全体的に波長が長く、波高が高い特徴があり、上流にあるステップの波形勾配が大きいのに対し、サージ 7 秒では下流にあるステップの波形勾配が大きかった(図 1)。

上流端から 100cm 地点と 400cm 地点で流れてきた混濁流を採水し堆積物濃度を測定したところ、100cm 地点では HEAD(頭部)と BODY(体部)のいずれも濃度分布が厚さ方向に比較的均一、すなわち粒子が混濁流全体に浮遊しているが、400cm 地点では頭部と体部のいずれも底面に粒子が集まる傾向があった(図 2)。サージ 3 秒とサージ 7 秒を比べると一つ目のステップが形成される地点はサージ 3 秒の方が上流端に近い。これは、継続時間が短いほど上流端に近い場所で頭部と体部の分離が起こり(図 3)、早い段階で底面に粒子が集まるためと考えられる。

混濁流の様子を 1 秒間隔で撮影した画像から頭部の流速を計測した結果、サージ 7 秒はサージ 3 秒より流速が速いことがわかった。なお、サージ 3 秒では下流へ流れるにつれて流速が遅くなる傾向があるのに対し、サージ 7 秒では下流へ向かって加速している部分も見られた。

140 回の試行を通じてサイクリックステップの発達過程を観察すると、サージ 3 秒の場合、水路の上流側でステップの発達と上流への移動が活発であった。逆に、サージ 7 秒では下流側のステップの

発達と上流への移動が顕著であった。サージ 3 秒では一回のサージの流量が少ない分、流速も遅いため上流側で堆積が起こりやすい。これに対し、サージ 7 秒では一回の流量が多く、流速もサージ 3 秒と比較すると速いため上流での堆積量は少なく、流速が小さくなる下流で堆積が起こりやすいと考えられる。これらの結果より、サイクリックステップの形態の差異を生み出す要因として混濁流の流速と流量、濃度が影響している、すなわちサージの継続時間が影響していると考えられる。

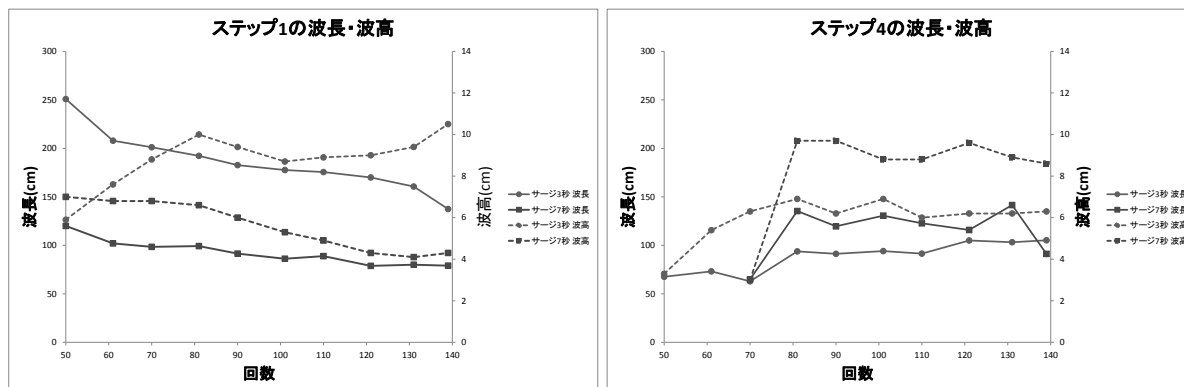


図 1 サイクリックステップの波高と波長。左図 ステップ 1、右図 ステップ 4。●印:サージ 3 秒(上流側)、■印:サージ 7 秒(下流側)。実線:波長(cm)、点線:波高(cm)。

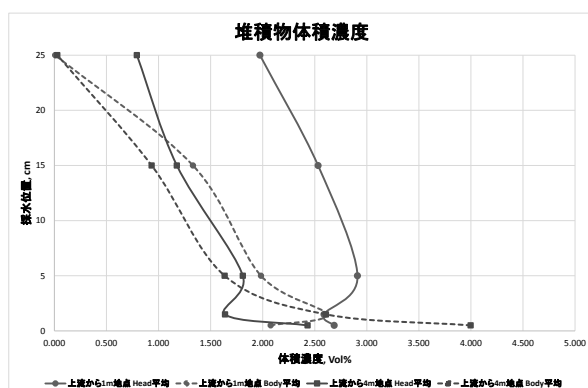


図 2 上流端から 400m 地点での混濁流の堆積物体積濃度。●印:上流端から 100cm 地点、■印:上流端から 400cm 地点、実線:頭部、点線:体部。

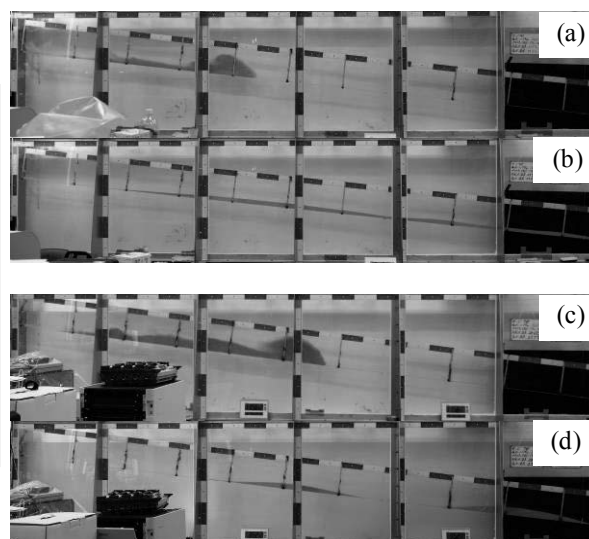


図 3 (a) (c) 混濁流の HEAD と BODY が分離する場所、(b) (d) 30 回目終了時の様子。(a) (b) サージ 3 秒、(c) (d) サージ 7 秒。サージ 3 秒の方が、上流側で頭部と体部が分離し、その位置で最初のステップができていることがわかる。

文献

Hughes Clarke, J.E., 2016, First wide-angle view of channelized turbidity currents links migrating cyclic steps to flow characteristics, Nature communications, 7, 11896, doi:10.1038/ncomms11896.

庄境大貴・横川美和, 2016, サージの混濁流によるサイクリックステップの形成についての実験的研究, 日本堆積学会 2016 年福岡大会講演要旨, 50-51.

ニュージーランド沖カンタベリー堆積盆地における震探-コア対比に基づく 更新統堆積シーケンスの形成過程

Formation process of the Pleistocene depositional sequences based on correlation
between the reinterpretation of the seismic profiles and the core analysis
in Canterbury Basin, offshore New Zealand

角張友律（信州大・院）・保柳康一（信州大・理）

Kakubari, Y., and Hoyagani, K. (Shinshu Univ.)

連絡先：角張友律 (E-mail: 16ss403a@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

ニュージーランド南島東方沖合に位置するカンタベリー堆積盆地は、陸域の地層が陸棚下まで連続し、かつ地殻変動による影響が小さく、海域縁辺の堆積作用と海水準変動の関連の研究に適した海域である。この海域では 2000 年に地震探査が実施され、その解釈結果と既存の坑井データから、Lu and Fulthorpe (2004) は中期中新世以降に相対的海水準変動に起因する 19 のシーケンス境界が形成されたことを示し、それらの形成年代を推定した。その後、2009 年から 2010 年にかけて実施された IODP 第 317 次航海では、陸棚 3 サイト (U1351, U1353, U1354)、陸棚斜面 1 サイト (U1352) の計 4 サイトを掘削した。Hoyanagi et al. (2014) は、上部斜面で掘削された U1352B コアから産出した底棲有孔虫化石の酸素同位体比と LR04 stack (Lisiecki and Raymo, 2005) を対比し年代モデルを作成した。この年代モデルに従うと、掘削前に Lu and Fulthorpe (2004) が示したシーケンス境界の形成年代と矛盾が生じる。そこで、本研究では IODP 第 317 次航海の掘削コア (U1351B, U1352B, U1353B, U1354B, U1354C) の生層序データを用い、シーケンス境界の形成時期について検討した。さらに、震探断面の再解釈を行い、本地域における堆積シーケンスの形成過程と汎世界的海水準変動との関連について考察した。

2. 研究手法

震探解釈は、2000 年実施の 2D 震探データを使用し、探査区域内の 57 測線すべてに対し行った。解釈の際には震探解釈ソフト (Schlumberger, Petrel 2015) を使用し、反射波列に基づきシーケンス境界反射面を追跡した。その後、海底地形の変遷を検討するために追跡結果に基づき、3D Mapping を行った。また、コアで認めたシーケンス境界と対比するために、コア掘削地点におけるシーケンス境界反射面の往復走時を読み取り、Brusova (2010MS) が求めた変換式を用い、往復走時を深度へと変換した。

コア解析では、コアの高解像度イメージデータ及び物性データを用い、Miller et al. (2013)に基づき、不連続面、層相の変化、含有物の変化、自然ガンマ線量の変化、時間間隙の有無などからコア中の不連続面と震探断面のシーケンス境界とを対比した。さらに、コアの層相から堆積体について検討した。

3. 結果と考察

震探解釈により、更新世以降に形成されたと考えられるシーケンス境界反射面を 7 つ追跡し、各サイトにおけるシーケンス境界反射面の往復走時を深度へと変換した。コア解析では、層相や含有物、ガンマ線量の変化を捉えて不連続面を見出した。震探解釈に基づくシーケンス境界反射面とコアから認定した不連続面とを対比して、コアと震探断面の両方で追跡可能な面をシーケンス境界と認定し、上位からシーケンス境界 SB1-SB7 (SB: Sequence boundary) とした。さらに、U1352B, U1354 から産出した底棲有孔虫化石の酸素同位体比の変動と LR04 stack (Lisiecki and Raymo, 2004) を対比し、各シーケンス境界の形成時期と氷期-間氷期サイクルとの関係について検討した。SB1-SB6 はそれぞれ MIS (MIS: Marine isotope stage) の氷期ステージ、6, 8, 12, 18, 22, 58 に対応しており、SB7 はすべてのサイトで 2.8-1.8 Ma のハイエタスをもつ境界であることが示された。また、SB5 は陸棚サイトでのみ 1.2-0.8 Ma のハイエタスをもつことが明らかになった。したがって、これらのシーケンス境界は、気候変動に伴う海水準変動により形成されたものであるとわかる。

これらを踏まえ、本地域内の更新世以降の堆積シーケンス形成過程について検討した。鮮新統と更新統の境界となっている SB7 (2.7-1.8 Ma) は、第四紀初頭の寒冷化にともなう海水準の長期低下傾向により形成された。この時期の堆積物は陸棚、上部斜面とも残されておらず、後述する震探解釈から、陸棚、上部斜面をバイパスして斜面下での堆積がおこなわれたと考えられる。1.8 Ma 以降、から SB6 を形成した MIS 58 にかけて、長期的に海水準は上昇傾向をとる。この時期に陸棚上での堆積

が復活したと思われ、長周期の海進期堆積体にあたる。その後の MIS 58 から SB5 を形成した MIS 22 にかけての高海水準期には、堆積場は上部斜面へと移動した。この時期には明瞭な短周期のシーケンス境界は認められない。これは、約 4 万年周期の海水準低下・上昇によって形成された短周期堆積シーケンスは、コア中および地震波断面中からは見出しづらいことに起因するかもしれない。さらに、陸棚サイトで見られる MIS 38–22 にかけてのハイエタスは MPT (MPT: Mid-Pleistocene Transition) の長期的海水準低下傾向にあたり、陸棚域に堆積物が残されていない。このこともシーケンス境界が見出されない理由と思われる。MPT 終了後は海水準低下傾向にあるが、堆積場は上部斜面から陸棚端へ移動し、MIS 22, 18 の氷期に対応するシーケンス境界 SB5, SB4 を形成した。この時期に陸棚斜面が前進した。海水準の低下傾向は SB3 を形成した MIS 12 まで続き、SB3 形成時から MIS 6 に対応する SB1 形成にかけて、海水準が上昇傾向にある時期に堆積場は斜面端から陸棚へ移動した。SB1 形成後の高海水準期には上部斜面へと堆積場が移動し、現在に至った。また、MPT 終了後、シーケンス境界の形成周期はおよそ 10 万年から 20 万年周期へと変化し、前回の海水準低下量を上回る時、あるいは長周期の海水準変動パターンの変換点にシーケンス境界が形成される傾向にあることが明らかとなった。

3D Mapping から SB7 が形成された 2.7-1.8 Ma 以降から現在にかけての海底地形の変遷について考察した。SB7 形成時の海底地形では、上部斜面に谷が刻まれており、斜面端にローブ状の地形が発達している様子が見られる。このことは、SB7 が形成されている 2.7-1.8 Ma は、基本的に陸棚は露出した侵食域にあり、斜面上の谷を堆積物はバイパスして斜面下に堆積したことを示唆している。さらに、SB7 形成時の海底地形と現在のものとを比較すると、SB7 形成時には陸棚縁はより陸側にあったとわかる。これは、SB7 形成以降に陸側から運搬された堆積物は、陸棚と陸棚斜面上部に堆積して、陸棚縁を前進させて陸棚域が広がったと考えられる。また、斜面傾斜が緩傾斜から急傾斜へと変化していることから、SB7 形成以降、堆積物は陸側から運搬され斜面に堆積したことがわかる。

これらのことを合わせると、この地域の更新統堆積シーケンスの形成は、10 万年から 100 万年の周期の汎世界的海水準変動の強い影響下で形成されてきたと考えられる。

4. 引用文献

- Brusova, O., 2010MS, A master thesis, The University of Utah.
- Expedition 317 Scientists, 2011, Expedition 317 summary. In Fulthorpe, C.S., Hoyanagi, K., Blum, P., and the Expedition 317 Scientists, Proc. IODP, 317: Tokyo.
- Hoyanagi, K., Kawagata, S., Koto, S., Kamihashi, T., and Ikehara, M., 2014. Data report: Pleistocene benthic foraminiferal oxygen and stable carbon isotopes and their application for age models, Hole U1352, offshore New Zealand. In Fulthorpe, C.S., Hoyanagi, K., Blum, P., and the Expedition 317 Scientists, Proc. IODP, 317: Tokyo.
- Lisiecki, L. E., and Raymo, M. E., 2005, A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, **20**, PA1003.
- Lu, H., and Fulthorpe, C.S., 2004, Controls on sequence stratigraphy of a middle Miocene-Holocene, current swept, passive margin: Offshore Canterbury Basin, New Zealand. *Geological Society of America Bulletin*, **116**, 1345-1366.
- Miller, K. G., Browning, J. V., Mountain, G. S., Bassetti, M. A., Monteverde, D., Katz, M. E., Inwood, J., Lofi, J., and Proust, J., 2013, Sequence boundaries are impedance contrasts: Core-seismic-log integration of Oligocene-Miocene sequences, New Jersey shallow shelf. *Geosphere*, **9**, 1257-1285.

長野県安曇野市明科東方込地向斜南部の新第三系の堆積システム

Depositional systems of Neogene strata in the southern part of Komiji syncline, Nagano
Prefecture, Central Japan

鈴木 雅史・保柳 康一（信州大学）

Masashi SUZUKI, Koichi HOYANAGI (Shinshu University)

連絡先：鈴木 雅史 (13s4016b@shinshu-u.ac.jp)

1. はじめに

調査地域は長野県松本市の北方に位置する。北部フォッサマグナの新第三系のうち中新統の別所層・青木層・小川層（本間，1931）が込地向斜に支配されて分布している。

研究地域の広域的な研究は加藤・佐藤（1983）による調査のみであり，調査地域の別所層と青木層の境界については走向・傾斜の乱れから，断層により接しているとした。宇野・保柳（2000）による砂岩組成と鈴木（1977）による青木層中のタービダイトの古流向の解析から，調査地域の青木層は南方からの供給によって堆積したと考えられている。また，青木層から小川層にかけての堆積システム変遷については西村・保柳（1992）により，調査地域北東での地表踏査による研究で議論されているが，別所層から青木層にかけての堆積システムの変遷については議論の余地がある。

そこでこの研究では，地表踏査に基づき別所層と青木層の層序関係と堆積システムの変遷について検討し，青木層下部が海底谷を埋積したチャネルレヴィーシステムからなり，このことが両層を断層関係に見せていたこと，青木層上部はデルタ斜面の前進により形成されたことを明らかにした。

2. 結果

地表踏査によって地質図を作成した（図）。調査地域には下位より別所層・青木層・小川層下部が，北北東-南南西方向に軸を持った込地向斜・野間背斜により支配され分布している。

別所層は調査地域南部と西部に分布しており薄層の砂岩を挟む黒色塊状の泥岩から構成される。青木層下部は調査地域中部に分布しており下位の別所層に一部オンラップする。含礫泥岩・砂質泥岩・塊状砂岩が卓越し一部アルコース質砂岩や砂岩泥岩互層がみられる。級化構造によって礫岩から砂岩へと岩相が変化する様子も見られた。青木層上部は調査地域北部に込地向斜を取り巻くようにして分布しており，礫岩・砂岩・砂岩泥岩互層・砂質泥岩から構成されている。砂岩泥岩互層は泥岩優勢砂岩泥岩互層から上位に向かうにつれて次第に砂岩の割合が増加し，砂岩優勢砂岩泥岩互層へと変化する。また最上部の単層面状にはウェーブリップルが確認される。青木層下部・上部の両層にスランプ構造がみられるがその規模は両層の間で異なる。青木層下部では広範囲に連続する含礫泥岩が卓越し，青木層上部では全体に緩やかに変形した砂岩泥岩互層としてスランプ構造がみられる。小川層下部は調査地域北部と池沢中流域に分布しており，礫岩・砂岩から構成されている。砂岩中に細礫から構成されるトラフ型斜交層理などの堆積構造や合弁のカキ化石などがみられた。

3. 考察

調査によって得られた岩相から堆積相を設定し堆積相解析を行った結果、海盆底の堆積環境が推定される別所層から次第に浅海化が進んだということが明らかとなった。青木層長峰山砂岩泥岩部層は含礫泥岩の分布から斜面のような不安定な環境下での堆積が示唆される。調査地域西方では下位の別所層との境界に向かって薄層化・せん滅する様子がみられる。このことから、青木層堆積開始期には別所層中に構造的な凹地があり、それを埋積して、チャンネルレヴィーシステムが形成されたと考えられる。調査地域西方で見られる別所層と青木層下部の関係は、オンラップの関係となり凹地を埋積するチャンネルレヴィーシステムの“へり”の部分に相当していると考えられる。青木層上部はスランプ構造とダウンラップする堆積様式からデルタ前面の斜面環境が推定される。さらに最上部の陸棚以浅の堆積環境を示す堆積相の存在から、デルタ斜面の

前進によって斜面の環境から陸棚と変化したと考えられる。その結果、調査地域は埋積され、さらに上位の小川層堆積期には、デルタプレーンの環境へと浅海化が進んだと考えられる。

4. 引用文献

本間不二夫, 1931, 信濃中部地質誌, 古今書院, 331p.

加藤碩一・佐藤岱生, 1983, 地域地質研究報告 5万分1の図幅 金沢(10)第38号信濃池田地域の地質, 36-40, 地質調査所.

西村瑞恵・保柳康一, 1992, 陸棚斜面-陸棚-沿岸の堆積システムの変遷と相対的海水準変動-北部フォッサマグナ地域中新統青木層・小川層のシーケンス層序学一. 地質学雑誌, vol.98, 337-354.

鈴木一久, 1977, 北部フォッサマグナ地域中央部における新第三系, 青木・小川・柵累層の古流向と堆積層. 地質学雑誌, vol.83, 783-793.

宇野智博・保柳康一, 2000, 長野県北部に分布する北部フォッサマグナ中新統砂岩の後背地と分散システム. 地質学論集, no.57, 231-240.

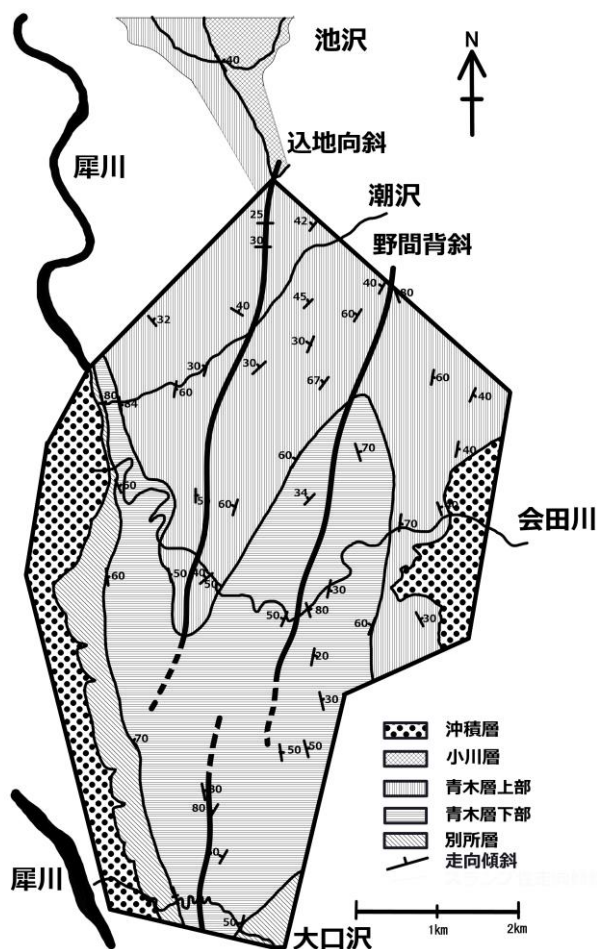


図 調査地域の地質図

中部更新統蒜山原層の湖成縞状珪藻土に挟在する洪水重力流堆積物の分布と堆積相
Distribution and sedimentary facies of flood induced sediment-gravity flow deposits
intercalated in lacustrine laminated diatomite of the Hiruzenbara Formation

佐々木華（福岡大学大学院）・佐々木泰典（株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング）

・石原与四郎（福岡大学）

Hana Sasaki (Fukuoka University), Yasunori Sasaki (Asano Taiseikiso Engineering Co.,Ltd.),

Yoshiro Ishihara (Fukuoka University)

連絡先：佐々木華 (sasakihana.study@gmail.com)

湖成重力流堆積物は、地震等による湖底斜面崩壊による堆積物に加え、洪水によるハイパーピクナル流から堆積したものを多く含む。これらは堆積物コアでの研究が多く、イベントの識別が明確になされていない場合も認められる。露頭では砂質重力流堆積物を対比した例があるが、シルトサイズ以下の細粒な堆積物の研究は少ない。本研究では、岡山県真庭市に分布する中部更新統の湖成蒜山原層の重力流堆積物を対象とし、検討を試みた。蒜山原層は縞状珪藻土を主体とし、重力流堆積物を挟在する。重力流堆積物は構成物や侵食状態などで洪水性と崩壊性に細分される (Sasaki et al., 2016)。露天堀の露頭では、厚さ数 mm の層をピット内で対比することが可能である。本研究では、連続性の良い洪水性の重力流堆積物の側方変化、堆積相、粒度分布について検討した。粒度分布には、産総研・地質調査総合センター共同利用実験室に設置されている HORIBA LA-960 を用いた。

本研究で対象とした重力流堆積物は、およそ 2-3 cm の層厚を持つ。この層は流入性のシルトを主体とし、有機物片と小さい珪藻土のリップアップクラストを含み、下位を侵食する。基底から 2-10 mm には内部侵食面が認められ、ここで 2 つのユニットに分けられる。上部のユニットは厚さ 1.5-2.0 mm で、ユニットの下部に大きな有機物片が多く含む。一方、下部のユニットは厚さ 2-10 mm で、全体に有機物片を持つ。また、このユニットの上部には珪藻のリップアップクラストを含む。粒度分布はほとんどの場合およそ 10 μm と 80 μm にピークを持つバイモーダルである。細かなピークはシルト質の基質、粗粒なピークは有機物片と考えられる。下部のユニットは粗粒分の割合が高い。一方、上部ユニットでは細粒分が主体となるが、全体に上方細粒化を示す。上部ユニットの層厚は側方に変化しないが、下部ユニットは 10 m でおよそ 8 mm からおよそ 2 mm まで変動し、含まれる珪藻土のリップアップクラストの量も変化する。また、見積もられる侵食量も 50 m で 8 mm から 1.8 mm まで変わる。

対象とした重力流堆積物は、流入性の粒子を主体とし、内部侵食面を持つことからいわゆるハイパーピクナイトと考えられる。一般的に下部ユニットは洪水流の増大のフェーズ、上部ユニットは洪水流のピークから侵食の後の減速の段階と考えられているが、下部に粗粒分が多いこと、下位を侵食することは必ずしもこれらがこのような段階を経て堆積したものではないことを示唆する。

引用：Sasaki et al., 2016, Quaternary International, 397, 208-222

出雲市多伎町周辺に分布する大森層の堆積環境

**Depositional environment of the Miocene Omori Formation, distributed in Taki Town,
Izumo, Shimane Prefecture**

松澤ひかり・酒井哲弥（島根大学総合理工学部）

Matsuzawa, H. and Sakai, T. (Department of Geoscience, Shimane University)

連絡先：松澤ひかり（s132039@matsu.shimane-u.ac.jp）

島根県東部の広い範囲に中部中新統大森層が分布する。これは 15～14Ma 頃の地層で、引張場にあった西南日本・日本海側がフィリピン海プレートの沈み込みに伴って圧縮場へと変化する時期の地層である。この地層を調べることは、急速に起きたテクトニックな反転に伴う堆積作用の理解につながると期待される。これまでに出雲市神西町周辺の大森層の堆積環境の復元がなされ、安山岩を噴出する火山体のほか、陸棚から外浜にかけての環境が復元されている。大森層の岩相は多様で、その堆積環境は複雑であることが予想されるため、各岩相に対しての環境復元が必要である。本研究では、礫岩を主体とした地層が広く分布する、出雲市多伎町周辺の大森層を研究対象とし、堆積相解析の方法を適用して、その堆積環境を復元することを目的とした。

調査地域の大森層は久利層の泥岩、流紋岩質凝灰岩の上位に重なり、下位から安山岩溶岩、礫岩、礫混じり砂岩の順に重なる。大森層のトップは布志名層の泥質砂岩に覆われる。安山岩と礫岩との間に見られた細粒砂岩、凝灰岩、泥岩、凝灰質砂岩が局所的に認められた。安山岩には、塊状のものと破碎を受けたものが認められた。破碎を受けたものの一部はハイアロクラスタイトの特徴を示した。安山岩は水中および陸上で噴出したものと判断される。安山岩と礫岩との間に見られた細粒砂岩、凝灰岩、泥岩、凝灰質砂岩は、開析谷を埋めた堆積物であると解釈される。礫岩を構成する礫には安山岩、流紋岩、デイサイトがみられるほか、チャートの存在が知られている。礫はよく円磨されている。礫岩には深さ 1～2m ほどの、下に凸の形をしたへこみを埋める地層が頻繁に見られた。それを埋めるのは小規模な崩落の堆積物、土石流堆積物やタービダイトである。これはスランプスカーを埋める堆積物であると判断される。スランプスカーの傾斜から推定される古斜面方向は北である。礫岩には大森層の分布域より南から供給された礫が含まれるので、その多くは川による運搬を経たと推定される。また、円磨された礫は、沿岸での摩耗作用によると考えられる。さらに波浪による堆積構造が見られないことを踏まえると、礫岩はファンデルタスロープの堆積物と解釈される。その上位に重なる礫混じり砂岩にはハンモック状斜交層理やトラフ型斜交層理が観察された。これは外浜またはファンデルタフロントの堆積物と解釈される。大森層と布志名層との境界は軽微な侵食面で特徴づけられ、その上位に薄い礫岩を挟んで生痕化石の見られる泥質砂岩が重なる。これは波浪の影響しない水深の堆積物と判断され、両層の境界はラビンメント面、面上の礫は海進残留礫と判断される。ここで復元された環境は松江市周辺の大森層とは異なる。今後はその原因を探る調査が必要である。

関東平野 猿島台地南部，筑波台地，下総台地北西部に分布する

上部更新統下総層群常総層の堆積相と年代

Sedimentary facies and age of the upper Pleistocene Joso Formation in the southern

Sashima, Tsukuba and northwestern Shimosa Uplands, Kanto plain, Japan

秋山大地・須貝俊彦（東京大）・岡崎浩子（中央博）・中里裕臣（農研機構）・大井信三（産総研）

Daichi Akiyama, Toshihiko Sugai (Univ. of Tokyo), Hiroko Okazaki (Natural History Museum and Institute, Chiba), Hiroomi Nakazato (NARO), Shinzou Ooi (AIST)

連絡先：秋山大地 (daichi27akiyama@gmail.com)

1. はじめに

関東平野に分布する段丘とその構成層は，海水準変動と構造運動の影響に伴い，その形成・堆積様式を複雑に変化させながら発達してきたと考えられている．平野中央部に分布する上部更新統下総層群常総層は，海洋酸素同位体ステージ（MIS）5e 以降の海退期の河川成堆積物として知られており，MIS 5c 以降の段丘を構成するとされている（杉原，1970；池田ほか，1982；宇野沢ほか，1988；岡崎・増田，1992；中澤・田辺，2011；大井ほか，2013；納谷・安原，2014 など）．本研究では，常総層の堆積相と，地形面・テフラとの関係を詳細に解明することを目的として，猿島台地南部，筑波台地，下総台地北西部を対象に，地形判読，堆積相解析，テフラ分析を行った．

2. 結果

- (1) 地形判読：各台地の段丘面は，地形面・線の連続性および高度分布より，5－6 面に細分される．
- (2) 堆積相解析：認定される堆積相は，上部外浜相，前浜相，後浜相，潟相（以下まとめて海浜相），ポイントバー相，塊状チャンネル相，チャンネル相，クレバススプレイ相（以下まとめて流路相），砂丘相，自然堤防相，湿地相（以下まとめて氾濫原相）である．
- (3) テフラ分析：識別されるテフラは，箱根吉沢下部 7 テフラ（Hk-K1P7. 約 125 ka：町田，2008），御岳第 1 テフラ（On-Pm1. 約 96 ka：青木ほか，2008），日光満美穴テフラ（Nk-Ma. 約 100 ka：山元，2012），箱根東京テフラ（Nk-TP：約 66 ka：青木ほか，2008）である．

3. 考察

- (1) 層序：層序は，海浜相からなる中・上部更新統下総層群木下層と，流路・氾濫原相（以下まとめて河川ユニット）からなる常総層とに二分される．常総層には累重する 2 つの河川ユニットが認められることから，さらに上部の Jo1 と下部の Jo2 に区分される．
- (2) 層序と地形面・年代：地形判読と層序（本研究および既往研究）に基づく段丘面区分図を図 1 に示す．各台地に広く分布するⅠ－Ⅲ面のうち，Ⅰ面は Hk-K1Ps を挟む木下層より構成される．Ⅱ面は木下層を侵食して重なる Jo2 より構成される．Ⅲ面は On-Pm1 や Nk-Ma を挟む Jo2 に累重する Jo1

より構成される。以上より、木下層は MIS 5e に堆積し、その堆積面が陸化することでⅠ面が形成されたと考えられる。Jo2 は MIS 5c に堆積し、その堆積面が陸化することでⅡ面が形成されたと考えられる。Jo1 の堆積年代およびⅢ面の形成年代は現時点で不明である。

(3) 古地理：猿島台地には、比較的淘汰の悪い泥質層を主体とする Jo2 が分布する地域と、河川砂層を主体とする Jo2 が分布する地域とが認められる。これは、筑波台地で識別されている常総層の鳥趾状三角州システム（池田ほか，1982）が、同様に猿島台地でも認められることを示唆する。

(4) 構造運動：これらの段丘面は、北西へ低く南東へ高くなることから、対象地域の地形は、北西方向への沈降・傾動の影響を受けながら発達してきたと考えられる。

常総層は、河川の堆積様式や構造運動、木下層の堆積環境を反映した常総層堆積前の地形の影響および海水準変動を反映した河床縦断形の変化等が密接に関連し合う環境下で形成されていたと考えられる。そのため、今後は編年学的研究に加え、これらの外的要因と地層形成作用との関連から常総層研究が進むことが期待される。

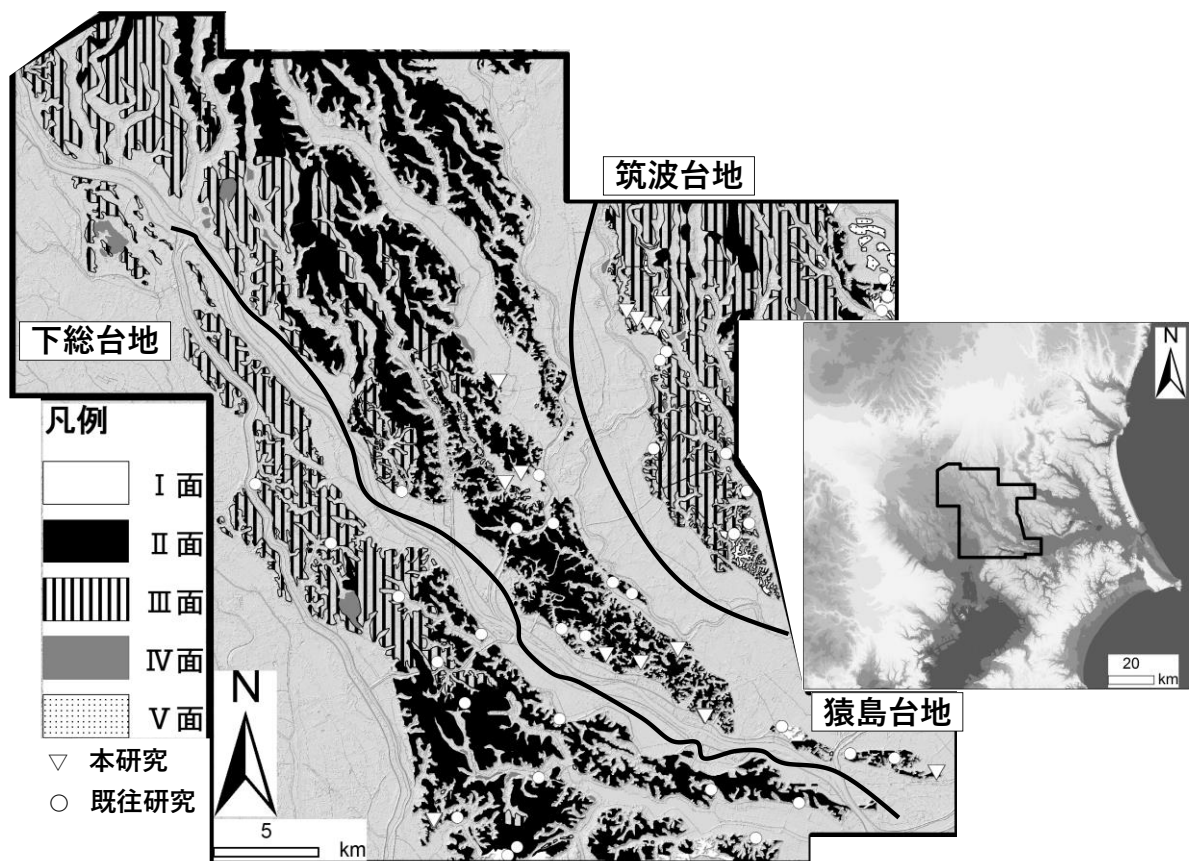


図1 段丘面区分図

文献：青木ほか，2008，第四紀研究，**47**，391-407．池田ほか，1982，筑波の環境研究，**6**，150-156．町田，2008，日本地方地質誌3 関東地方，299-315．中澤・田辺，2011，野田地域の地質，72p．納谷・安原，2014，鴻巣地域の地質，82p．岡崎・増田，1992，地質学雑誌，**98**，235-258．杉原，1970，地理学評論，**43**，703-718．宇野沢ほか，1988，特殊地質図（23-2），139p．山元，2012，地質調査研究報告，**63**，35-91．

岩手県広田湾における 3.11 津波堆積物の粒子特性**Grain size characteristics of 3.11 Tsunami deposit in Hirota bay, Iwate pref.**

横山由香・坂本泉・堤康祐・八木雅俊・藤巻三樹雄・根元謙次(東海大海洋)・笠谷貴史・藤原義弘(JAMSTEC)
Yuka Yokoyama, Izumi Sakamoto, Kosuke Tsutsumi, Masatoshi Yagi, Mikio Fujimaki,

Kenji Nemoto (Tokai Univ.), Takafumi Kasaya, Yoshihiro Fujiwara (JAMSTEC)

連絡先：横山 由香 (yokoyama@tokai-u.jp)

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東北地方は大きな被害を受けた。特に太平洋沿岸地域では、地震に伴い発生した津波により壊滅的な状況となり、湾内海底では堆積物の浸食・攪乱・再堆積などが発生し、それに伴い海底地形や堆積物など海底環境が大きな変化を受けた。津波時には、その発生に伴いイベント堆積物が広範囲にわたって堆積することが知られている。三陸地方の多くの湾は、津波により湾内に砂質堆積物が新規に分布した(津波堆積物)ことが報告されている(横山ほか,2014・八木ほか,2015 など)。本研究では、陸前高田市広田湾で採取した柱状試料(バイブレーションコアラー)の岩相記載・粒度分析から、湾内における津波堆積物の岩相および粒子特性を明らかにし、その起源を明らかにすることを目的とした。

柱状試料は 2012 年から 2015 年にかけて水深約 8~30 m で採取した。試料は岩相記載・軟 X 線観察およびレーザー回折散乱法による粒度分析(Malvern 社製 Mastersizer3000)を行った。湾内堆積物は横山ほか(2014)により、上位から砂質堆積物で構成されるユニット 1(以下、U1)および泥質~砂泥質堆積物で構成されるユニット 2(以下、U2)に大きく区分され、U1 が 2011 年津波堆積物および U2 が湾内通常時堆積物と推定されている。また、U2 の下位に砂質堆積物で構成される U3 が分布することが認められ、その特徴からイベント堆積物の可能性が考えられる。粒度分析および岩相特徴から U1 は複数回の級化構造を基にサブユニット(U1a~U1c)への区分が考えられ、いずれの試料においてもその最上位には塊状の Silt~極細粒砂で構成される層(U1c)が共通して分布している。

粒度分析結果から中央粒径値と淘汰度の相関を求め、湾内堆積物特徴の推定に用いた。また、比較のため、周辺海岸に分布する砂質堆積物の分析値も使用した。相関図からどの試料においても U1 と U2 の分布範囲が大きく異なる特徴が認められた。特に、U1 は海岸砂および U2 の間に分布し、両者に起源を持つことが推定される。また、沿岸域の試料(13HV3, -11 m)では U1 基底層は高田松原海岸の砂と一致することが特定され、高田松原海岸から供給されたと考えられる。U1 内のサブユニットも分布が異なり、淘汰度はほぼ同範囲に分布するが、粒度は U1a~U1c にかけて細粒化する傾向が見られた。また U1c に関しては、U2 とほぼ同範囲に分布し、その起源が U2 にあることが推察される。沖合にて採取した試料(15HV8, -31 m)では U3 が分布し、相関図においては U1 と同範囲に分布していることが明らかとなった。したがって、U3 は U1 と同等のイベントによって形成された可能性が推定される。以上より、湾内のイベント堆積物および通常時堆積物の区分に、岩相および粒度特性である中央粒径値と淘汰度の関係を用いることは有用と考えられる。

三陸内湾底に見られる津波堆積物の保存ポテンシャル Preservation potential of tsunami deposits in bay sediments of Sanriku coasts

清家弘治（東大大海研）・白井厚太郎（東大大海研）・窪田薫（名古屋大宇宙地球環境研）・

小林元樹（東大大海研）・伊藤萌（東大大海研）

Koji Seike (AORI, University of Tokyo), Kotaro Shirai (AORI, University of Tokyo)

Kaoru Kubota (ISEE, Nagoya University), Genki Kobayashi (AORI, University of Tokyo)

Hajime Itoh (AORI, University of Tokyo)

連絡先：清家弘治 (seike@aori.u-tokyo.ac.jp)

1. はじめに

地層中の津波堆積物の存在から、過去の津波の発生間隔や規模を推測することができる。しかしながら、近年に形成された津波堆積物が地質記録としてどのように保存されるかを検証した例は少ない。本研究では、三陸の内湾底において 2011 年 3 月に形成された津波堆積物が、今現在も海底でどのような状態で存在しているかを調べた。特に、生物攪拌作用が津波堆積物をどのように破壊しているかを調べた。さらに 2011 年津波堆積物と過去に形成された津波堆積物を比較し、長い時間スケールで津波堆積物が生物攪拌によりどのように改変されているかを調べた。また、三陸内湾に存在する津波堆積物が過去の津波発生間隔の復元に有用であるかを検討した。

2. 調査地点およびコアの採取・観察方法

2016 年 3～6 月に三陸沿岸の 5 つの湾：宮城県女川湾、宮城県鮫浦湾、岩手県釜石湾、岩手県大槌湾、岩手県船越湾において堆積物コア試料を採取した。女川湾、釜石湾、大槌湾においては、学術研究船「新青丸」の航海でマルチプルコアラー採泥器およびグラビティーコアラー採泥器を用いて試料を採取した。鮫浦湾および船越湾においてはスキューバ潜水により堆積物コア試料を採取した。得られたコア試料の堆積構造を X 線 CT スキャナーにより観察した。

3. 結果および議論

調査の結果、上記の全ての湾において 2011 年の津波堆積物（砂層＋平行葉理）を確認できた。一方で、2011 年津波堆積物の上部は生物攪拌によって破壊されていた。大槌湾および船越湾では震災直後に底生生物群集が一時的に不在となったが、2012 年の時点で早くもそれらが回復しつつあることが判明している（Seike et al., 2013）。また、女川湾では 2014 年以降には海底から深さ 20 cm にも達する生痕が出現したことも報告されている（Seike et al., 2016）。このような大型の生痕による攪拌作用

によって、近い将来には 2011 年津波堆積物に見られる平行葉理などの堆積構造は消滅すると予想される。事実、女川湾で採取したグラビティコア一試料に含まれる過去の津波堆積物は生物攪拌作用によって乱されており、平行葉理などの物理的堆積構造を含んでいなかった。このことから、津波堆積物は形成時そのままの状態では地質記録として保存されないということがわかった (Seike et al., 2017)。なお、女川湾では 2011 年津波堆積物に加えて、それよりも過去に形成された津波堆積物 2 層を確認できた。このことは、平野が乏しい三陸沿岸においても、内湾底の堆積物を調べることで過去の津波発生間隔を推定できることを示している。

文献

- Seike, K., Shirai, K. and Kogure, Y., 2013, Disturbance of shallow marine soft-bottom environments and megabenthos assemblages by a huge tsunami induced by the 2011 M9.0 Tohoku-Oki earthquake. *PLOS ONE*, **8**, e65417.
- Seike, K., Kitahashi, T. and Noguchi T., 2016, Sedimentary features of Onagawa Bay, northeastern Japan after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake: sediment mixing by recolonized benthic animals decreases the preservation potential of tsunami deposits. *Journal of Oceanography*, **72**, 141–149.
- Seike, K., Kobayashi, G. and Kogure, K., 2017, Post-depositional alteration of shallow-marine tsunami-induced sand layers: A comparison of recent and ancient tsunami deposits, Onagawa Bay, northeastern Japan. *Island Arc*, doi:10.1111/iar.12174

背後に崖がある沿岸低地における津波堆積物の形成過程と分布：

水路実験による検討

Sedimentary processes and the distribution of tsunami deposits on a narrow coastal
lowland backed by a cliff: flume experiments

山口直文（茨城大学広域水圏センター）・関口智寛（筑波大学アイソトープ環境動態研究センター）

Naofumi Yamaguchi (CWES, Ibaraki Univ.), Tomohiro Sekiguchi (CRiED, Univ. Tsukuba)

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

陸上に残された津波堆積物の分布などの特徴は、津波の規模だけでなく、その場所の地形に大きく影響を受けることが、近年の巨大津波後の詳細な調査によって明らかにされた。このため、津波堆積物の特徴から水理条件を推定する場合には、こうした地形の影響を考慮する必要がある。しかし、地形の影響が堆積物の特徴にどのように影響するかについては、未解明な部分が多い。例えば、沿岸低地の背後に段丘崖などが存在し、津波の遡上が妨げられるような場合に、どのような堆積過程や堆積物分布となるのかについては分かっていない。こうした背後に崖を持つ狭い沿岸低地は、例えば南海トラフ沿いの沿岸地域など様々な場所においてみられることから、その堆積過程や堆積物分布の特徴の理解は重要となる。そこでこの研究では、平坦な陸上モデルの背後に崖を設置した水路実験を行い、津波を模した段波による堆積過程と堆積物分布について調べた。

実験は、Yamaguchi and Sekiguchi (2015)の実験条件を改修して行った。水路（長さ 12 m、高さ 0.4 m、幅 0.2 m）内の一方の端（海側）に堰によって仕切られた 4 m の貯水区間を、もう一方の端（陸側）に傾斜 1/20 の固定斜面と長さ 2 m の平坦地形からなる陸上区間を設定した。この実験では、陸上区間の陸側端に固定した崖を設置した。実験では、堰の開放によって発生する津波を模した段波（以下では津波と呼ぶ）を陸上区間に作用させ、斜面上端に設置した砂床から陸上へと運ばれ残される堆積過程を観察した。陸上に残された堆積物の空間分布は、10 cm の区間ごとに採取し、その乾燥重量を用いて調べた。また、津波の水理条件は、貯水区間の水深によって 8 段階に変化させた。

各実験において、陸上区間を遡上した津波は、崖によって妨げられた。滞留した水によって、後続の津波は、急速に浸水深が増大し流速が減少することで、跳水をともなって射流から常流へと変化した。その後、滞留した水は、大きな引き波流れを起こさずにゆっくりと海側方向へと流れ出た。跳水をともなう流れの変化によって、後続の津波流によって運ばれていた堆積物が急激に失速し堆積する様子が観察された。こうした堆積過程が観察された条件では、堆積物分布は崖付近にピークがみられた。今回の実験から、津波による堆積過程において、単純な押し波と引き波による流れだけでなく、津波が妨げられることによる急激な流れの変化の重要性が示された。また、地形による流れの変化が、局地的な堆積物層厚の増大や、津波石群の成因となりうることも示唆される。

引用文献：Yamaguchi, N. and Sekiguchi, T., 2015, Effects of tsunami magnitude and terrestrial topography on sedimentary processes and distribution of tsunami deposits in flume experiments. *Sedimentary Geology*, **328**, 115–121.

谷津干潟の潮流口における地形とアオサの関係**Relationship between landform and Sea lettuce at tidal inlet of Yatsu tidal flat**

谷口 健太・北沢 俊幸・白木 洋平・李 盛源（立正大学）・千賀 有希子（東邦大学）

Kenta Taniguchi, Toshiyuki Kitazawa, Yohei Shiraki, Seongwon Lee(Rissho University),

Yukiko Senga(Toho University)

連絡先：谷口 健太 (158w00004@rissho-univ.jp)

1. はじめに

千葉県習志野市に所在する谷津干潟は周囲を埋立地の岩壁によって囲まれ、2本の人工水路によってのみ東京湾と繋がっている（図1）。渡り鳥の重要な中継地としてラムサール条約の登録地となっている同地においては近年アオサの大量繁茂が問題となっており、矢内ほか（2006）をはじめとして生態系・水質・DNAなどの様々なアプローチで研究が進んでいる。しかし、アオサの分布・移動に大きな影響を与えると考えられる干潟内の地形や表層堆積物、その変動との関係性についてはこれまであまり注目されてこなかった。そこで本研究では谷津干潟の潮流口たる水路との接合部付近に顕著に堆積している潮間帯において、継続的な調査から微地形の構成・変動プロセスとアオサの分布との関係を検討した。

2. 調査方法及び研究手法

干潮時に潮間帯の露出が大きくなる大潮に近い日を調査日とし、原則として2大潮に1回の頻度（約1か月毎）で現地調査を実施した。ヤジロベエ法（北沢ほか，2014）を用いて取得した垂直空中写真と数値測定の結果から地形の三次元的な解析をおこない、潮間帯や潮汐流路・クリークの変動やアオサの表層分布を導いた。また、現地で記載・採取した表層堆積物の特徴や調査範囲内で観測した潮の流況などを複合して検討材料とした。

3. 結果と考察

今回対象範囲とした南東部の潮間帯は、全体的に水路と接合点である南が高く、北や西に向かって低くなっていく傾向にあり、東岸沿いに流れる潮汐流路に面した部分の傾斜が大きいという特徴があった。この部分では調査期間を通じて干潮時にも水が残る潮汐流路はほとんど変化を見せなかったが、潮間帯が陸化する際に排水される水の経路となる潮汐クリークは移動・合流するなどの変化があり、潮汐クリーク周辺部分を主として数カ月単位で地形が変化していることがわかった。干潮時にも海面下である干潟西部や、干潮位との標高差があまりなく陸化時間も短い干潟南西部と違い南東部は標高が高く、下げ潮時に早い段階から陸化しはじめるために浅く速い潮流による影響をより強く受けることが大きな要因であると考えられる。

表層を構成する堆積物は砂・泥の他に周縁部に群生するヨシの根や死骸、貝殻や貝殻破片を主としていた。貝殻は小型巻貝のウミナナ類やアサリ・ホンビノスガイなどの二枚貝類、カキ類のものであ

る。水路接合部の南端から干潟中央部に向かって表層堆積物は、カキ類等の大型貝殻と小型貝殻・貝破片が主体の領域(Sh1)、中小型の貝殻・貝破片と砂を主体とした層領域(Sh2)、砂主体で小さな貝破片を多く含む領域(SdSh)、砂泥主体の層(SdMd)となっている。Sh1・Sh2が標高の高い潮間帯上部に相当する。また、Sh2とSdShの境界部は地形変化が大きい箇所である。Sh2の表層下ではSdShに似た貝破片を含んだ砂の層が確認できたため、Sh2はSdShを覆うように堆積しているものと推測できる。このことから干潟内に生息する貝類を起源とする貝殻が下げ潮時に流されて潮流口付近に集中し、これがSh2の起源物質となってSdSh上に堆積したり取り除かれたりすることで境界部の変化が起きているものと推測する。Sh1に見られるカキ類貝殻の堆積は、主に接続する水路の両岸の岩壁に生息している個体の貝殻が上げ潮時に水路から供給され、潮流口付近で運搬力が下がるため堆積しているものと考えられる。

アオサは春季から夏季にかけて調査範囲の北側から分布域が広がり、秋季冬季になると縮小していく傾向があった。夏季の最盛期には潮間帯下部であるSdMd上からSdSh付近まで生息が拡大する。しかし、潮間帯上部にあたるSh1層やSh2層には分布しない又はまばらな分布に留まる。このことから調査範囲のアオサの分布条件には地形の標高が有意な影響を与えているものと推測される。また、SdSh - Sh2境界や、潮汐クリーク付近では夏期を中心にアオサの分布が見られた。水面直下で浮遊して移動するアオサは下げ潮開始当初はあまり移動せず、潮間帯上部が陸化しはじめた頃になって移動が起きて潮汐クリークを流下するときに引っかかり残る、また陸化部分にせき止められるような形でSdSh - Sh2境界部分に残るなどの移動様式が考えられる。着生するタイプのアオサは対象範囲内ではほとんど見られなかった。アオサの着生には基質となる堆積物の安定性が必要であり、このことから対象範囲の潮間帯では表層堆積物が常に不安定な状態で堆積・移動しているものと推察される。

<引用文献>

- 矢内栄二, 早見友基, 井元辰哉, 五明美智男, 2006. 谷津干潟におけるアオサの異常繁茂と干潟環境への環境評価. 海岸工学論文集, 53(2), 1991-1995.
- 北沢俊幸, 白木洋平, 李盛源, 千賀有希子, 2014. 低高度の空中立体写真撮影法「ヤジロベ」の開発. コンピュータ技術と環境動態論文集, 4, 1-3.

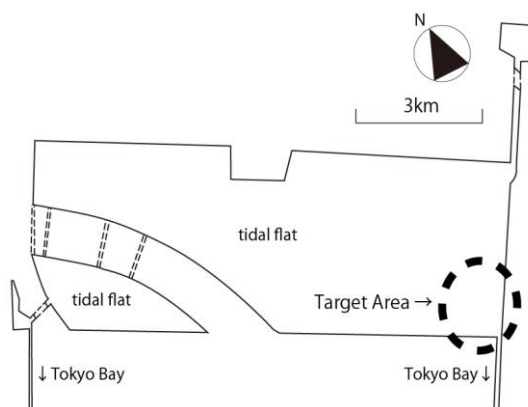


図1. 谷津干潟の概形と調査対象の潮間帯の位置

島根県中部中新統牛切層砂岩に見られる特異なマッドクラストとその意義

Peculiar deformation in mud clasts in the sandstones of the Middle Miocene Ushikiri Formation, Shimane Prefecture and its significance

小林 未季・酒井 哲弥（島根大学大学院総合理工学研究科）

Kobayashi, M. and Sakai, T. (Department of Geoscience, Shimane University)

連絡先：小林未季 (miki.kobayashi.1212@gmail.com)

はじめに 島根半島に分布する中新統牛切層は、重力流堆積物を主体とした地層である。これまでの研究で、多量のマッドクラストが含まれるタービダイトが報告され (Kano and Takeuchi 1989), 更に Sakai and Maruyama (2013)はハイブリットタイプの重力流堆積物を報告し、その形成に流れと同時に発生したスライドが関与した可能性を指摘した。これまでの調査で牛切層の重力流堆積物に注入を受けたマッドクラストが頻繁に含まれることが分かった。ここではその特徴を紹介し、その意義について述べる。

研究地域と研究方法 研究地域は島根県出雲市小伊津町周辺の東西方向に約 3km の範囲で、凝灰岩層に沿った層準で 4 地点において露頭を観察し、高分解能 (1/20 スケール)柱状図を作成した。更にマッドクラストに特異な変形が見られたのでその記載も行った。ここでは多様な重力流堆積物が観察されたが、今回は淘汰の良いタービダイトに似た特徴を持つ堆積物についての記載結果を述べる。

海底地すべり流動化に関連するマッドクラストの変形 対象としたマッドクラストを含む層は、ボウマ A, B に似た特徴を持つ。マッドクラストのサイズは最大 3m 程度で、内部にはスランプ褶曲などの塑性変形を受けた痕跡が一部に見られる。マッドクラストの多くは何らかの変形を受けており、周囲の砂が注入したもの、クラックが発達したもの、ジグソーパズルのピースのように割れたもの、ブーメラン状に変形しているものなどが見られた。これらの変形はマッドクラスト内部の変形と非調和である。長径が 3m に及ぶような巨大なマッドクラストが、砂岩の中間付近に散在することがある。巨大なクラストはほとんど摩耗をうけておらず、シャープな縁をもつことが多い。それらの周りのマッドクラストの粒子配列、変形構造から、それらの一部は砂の中に「沈下」したことが示された。

このような変形は、堆積後に砂岩層が液状化し、水と砂の混合流体がマッドクラストに注入するほどの水圧を持っていたことを示す。そのためには上から封圧がかかる必要がある。シャープな縁を持つ沈下したマッドクラストは何かから引きちぎられて形成、直後に砂の中に沈んだと判断され、これらのことを最もよく説明するのが、スライド土塊のバイパスである。下位の砂岩に沈下したマッドクラストは、スライドの先端付近がより速く移動したために引きちぎられたものと推定される。この地点の地層にはスランプ褶曲を伴う層準があり、それらはスライドの停止に伴うものである可能性がある。今後はこうした堆積物の記載を進め、スライドの運動・停止の過程の理解を深める必要がある。

参考文献

Kano, K. and Takeuchi, K., 1989, Origin of mudstone clasts in turbidites of the Miocene Ushikiri Formation, Shimane Peninsula, Southwest Japan. *Sedimentary Geology*, **62**, 79-87.

Sakai, T. and Maruyama, M., 2013, Gravity flow and submarine slide deposits in the Miocene Ushikiri Formation, Eastern Shimane, Japan. *Journal of the Sedimentological Society of Japan*, **72**, 2.

2015 年 9 月鬼怒川大水害による浸食・堆積過程

Erosion and Sedimentation processes associated with the Kinu River flooding,
September 2015

松本 弾・澤井祐紀・行谷祐一・谷川晃一郎・中村淳路（産総研）・山田昌樹・篠崎鉄哉・
竹田大輔・藤野滋弘（筑波大）・Jessica E. Pilarczyk（南ミシシッピ大）
Dan Matsumoto¹, Yuki Sawai¹, Yuichi Namegaya¹, Koichiro Tanigawa¹, Atsunori Nakamura¹,
Masaki Yamada², Tetsuya Shinozaki², Daisuke Takeda², Shigehiro Fujino², Jessica E. Pilarczyk³
(¹AIST, ²Univ. of Tsukuba, ³Southern Mississippi Univ.)
連絡先：松本 弾 (dan-matsumoto@aist.go.jp)

洪水堆積物は河川堆積物相の主要な構成要素であり、地層中からはこれまで多くの報告例がある。しかし現世の氾濫イベントによって形成された洪水堆積物の詳細な記載は、伊勢屋（1982）や鈴木（1995）など限られた例しかない。本研究では、平成 27 年関東・東北豪雨の際に鬼怒川の氾濫によって形成された浸食痕や洪水堆積物を流向や浸水深と合わせて詳細に観察し、その堆積学的・微化石学的特徴と鬼怒川が越水から破堤へと至る氾濫過程がどのように対応するかの検討を行った。

調査は鬼怒川が最終的に破堤した茨城県常総市三坂地区で行った。調査範囲では氾濫流の最大浸水深が 135 cm 程度であり、流向に沿って 23 地点で浸食や堆積の痕跡を観察した。その結果、破堤した地点からおおよそ 350 m 以内の範囲では落堀などの大規模な浸食痕が形成されている様子がみられた。また、浸食痕が形成される場より外側の、おおよそ 800 m までの範囲では洪水堆積物が形成されていた。洪水堆積物は最大層厚 58 cm で、粒度分析や珪藻分析と合わせた肉眼観察の結果、下から順に基底部・下部・上部の 3 つのユニットに分けることができた。基底部は非常に薄く泥質であり、河川生の珪藻群集が卓越する。一方、洪水堆積物の本体を成す下部・上部は砂質であり、陸生の珪藻群集が卓越する。下部は細粒砂から中粒砂への明瞭な逆級化構造が認められ、含泥率も上方に向かって緩やかに減少していく。上部は上方に向かって緩やかな級化を示し、含泥率は極めて低くほとんど変化しない。上部の頂面は極めて薄い泥層がドレイプする。

これらの特徴から、(1) suspended load を多く含む鬼怒川が越水し、泥質な基底部が形成される；(2) 鬼怒川が破堤し、氾濫流の流速が増していく過程で浸食痕を形成しながら下部が形成される；(3) 氾濫流が減速していく過程で上部が形成される、という形成過程が推定される。このような現世の洪水における堆積過程の検証は、今後地層中の洪水堆積物を認定し、過去の洪水の水理条件を推定する際に役立つと期待される。

文献

伊勢屋ふじこ，1982，茨城県，桜川における逆グレーディングをした洪水堆積物の成因，地理学評論，55，597-613.

鈴木一久，1995，滋賀県野洲川，現世河川堆積物の堆積史と洪水氾濫堆積物の堆積機構，地質学雑誌，101，717-728.

流水中における骨の運搬・堆積過程

Transportation and sedimentation of bones in water current

桂平絢美（立正大学）・北沢俊幸（立正大学）

Ayami KATSURAHIRA (Rissho University), Toshiyuki KITAZAWA (Rissho University)

連絡先：北沢俊幸 (kitazawa@ris.ac.jp)

骨が流水中で堆積し、地層中に化石として保存され得るための堆積学的な条件を知るため、河川に見立てた実験水路で、流速や河床材料を変えた時の骨の運搬・堆積過程を観察した。幅 15cm、長さ 400cm の水路を用いて、流速は 5～40cm/s の間で変えた。河床材料には 5～4φ の円礫と砂を 6 種類に篩い分けして使用した。流す骨はニワトリの 4 部位 24 本で、長さ 6.12～9.48cm、水で飽和した重量 1.2～9.5g である。

水路上流部に流れに対して垂直に置いた骨の動きは、1) 水路の下流端まで動く、2) 下流に動くが途中で止まる、3) その場所から動かない、に分けられた。骨がこの区間で堆積し化石になり得るかという観点から見ると、それぞれは、1) 骨はこの区間よりも下流に流されてこの地層には残らない、2) この区間で堆積し地層に残り得る、3) そもそもこの区間より上流から流れて来ないのでこの地層には残らない、と言い換えることができる。

河床の粒径に関わらず骨は、流速が遅い方から、動かない、途中で止まる、下流端まで動く、の順に変化した。しかし 2φ より細かい砂の河床では、速い流速で再び途中で止まるようになった。これはベッドフォームの変化が原因である。流速が遅く平滑な河床では、流速が上がるにつれ骨は流されやすくなる。流速が 20cm/s を超えると河床にリップルができ、それ以下の流速では動いていた骨もリップルの谷部にはまって止まるようになる。さらに流速が 35cm/s を超えると河床は高流領域の平滑面となり骨は下流端まで動きやすくなる。

この結果から、骨の化石には堆積過程によって 2 つのタイプがあると考えられる。タイプ 1 の化石は比較的遅い流れの場合で、粒径に関わらず骨が河床の土砂に引っ掛かって止まり、その後それより遅い流速で上流から運ばれてきた堆積物に埋まる。骨の上位層は下位層よりも細粒であるだろう。骨が止まるときの流速は、下位層が堆積した流速よりも遅く、かつ上位層が堆積した流速よりも速い。タイプ 1 の骨の止まり方は、今回の実験では全ての粒径の河床で起こった。

タイプ 2 の化石は、比較的速い流れの場合で、河床にできた起伏のあるベッドフォームの谷部に骨がはまって止まり、ベッドフォームの移動によりそのまま地層中に取り込まれる場合である。骨の上位層と下位層が堆積した流速は変わらず、粒径の変化はないがクロスラミナが発達するだろう。今回の実験では、河床材料が 2～4φ で流速 20～30cm/s の条件でのみタイプ 2 の骨の埋まり方が観察されたが、他の粒径でも流速が十分に速くなれば起伏のあるベッドフォームが形成し、タイプ 2 の骨の埋まり方が起こると考えられる。

最初から動かない骨、途中で止まる骨はともに、河床材料が 4φ 付近のとき最も多かった。これよりも細粒であると、骨が止まりかけてもその下の土砂が侵食されるため、骨は再び動き出す。またこれよりも粗粒になると一つ一つの礫が大きいいため激しい乱流が起こって骨は跳ねるように運ばれていく。4φ 付近では礫に骨が引っかかりやすく、かつ激しい乱流が起こらないため、最も骨が止まりやすい。

今回の実験条件では、重さ 6.8g 程度の骨が最も動きにくかった。投影面積が十分小さく流れを受けにくく、かつ十分な重さを持ち流されにくい骨だと考えられる。これより軽くても重くても流されやすくなる。

荒川低地地下に分布する河川砂体の特徴

Geometry of river-sand bodies under the Arakawa Lowland, central Japan

石原与四郎（福岡大学理学部）・小松原純子（産業技術総合研究所）

Yoshiro Ishihara (Fukuoka University), Junko Komatsubara (GSJ/AIST)

連絡先：石原与四郎 (ishihara@fukuoka-u.ac.jp)

平野地下の地質は、主として複数の堆積物コアの採取・解析・対比によって明らかにされてきた。オールコアボーリングで得られた堆積物からは、詳細な堆積相や放射性炭素年代が明らかになるが、ボーリング自体は空間的に限られた情報であるため、地質分布について知るためには構造物を建築する際などに得られた多数のボーリングデータとの対比が必要となる。このようなボーリングデータは規格に沿って取得されたものの、必ずしも一定の品質を確保されたものではなく、多くの誤差を含む。また、もともと持っている情報も位置情報に加えて大まかな地質区分だけしかない。このようなことから、平野地下の多くのボーリングデータを有効に活かすために、ボーリングデータの情報を平均して得られる3次元地質モデルが活用されるようになってきた。3次元地質モデルでは、ボーリングデータの対比による断面分布だけではなく堆積体の3次元的な形態やその連続性も可視化できるため、平野地下の堆積物の分布を明らかにする上で有効である。3次元地質モデルでは、一定の基準でその構築を行い、研究者による解釈を必要としない方法もあり、逆にボーリングコアの解釈にその情報を役立てることも可能となっている。

東京湾から埼玉県東部にかけては、東京湾に面した東京低地、中川に沿った中川低地、荒川に沿った荒川低地が分布する。これらの低地の地下には最終氷期最盛期にかけて形成された開析谷を埋積する厚い沖積層が存在し、下位から河川層、内湾層、河川層と累重することが明らかになっている。このうち、東京・中川低地では厚い内湾泥層を特徴とするシステムの発達過程が詳細に明らかにされている（たとえば、Tanabe et al., 2015）。荒川低地については、河川層の卓越する、より砂質な沖積層の卓越することがわかっているが（たとえば、小松原, 2014）、その3次元的な形態についてはよくわかっていない。東京低地地下では海進期に垂直に累重し、海退期では側方に移動する蛇行河川の分布が明らかにされているが、より砂質な荒川開析谷を充填する場合には同様な結果を示すかどうかはよくわからない。本研究では、ボーリングデータを用いて3次元モデルを作成し、河川砂体の可視化を行った。その結果、東京低地の地下の例とは幾分ことなつた特徴が見られた。すなわち、海進期の砂体は谷幅一杯に砂体が広がり、東京低地のような明瞭な蛇行河川等の特徴を示さず、流路の中心を固定したままステップ状に上流側に砂体が移動する。一方、海退期に発達する河川砂体は東京低地と同様薄く水平的な広がりを示すものの、東京低地ほどその広がりとは顕著ではない。このような違いは荒川低地の堆積物供給量が豊富なため海水準変動に対する開析谷埋積のタイミングが早かったことによると考えられる。

文献

小松原, 2014, 地質調査研究報告, 65.; Tanabe et al., 2015, *Sedimentology*, 62.

海底におよぶ津波の影響 –日本海北部海域の複数の波源，古海水準条件による検討–

The influence of the current induced by simulated tsunamis to the ocean-bottom,
investigation from the various source models and sea level settings in the northern
part of the Japan Sea

仁科健二（北海道立総合研究機構地質研究所）

Kenji NISHINA (Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization)

連絡先：仁科健二（nishina-kenji@hro.or.jp）

1. はじめに

日本海沿岸の津波堆積物調査が進展し，津波痕跡の同時性と地理的分布を根拠とした波源の想定が可能になりつつある．今後も，あらたな日本海沿岸の津波痕跡の発見が期待されるが，沿岸の痕跡は完新世の高海準期以降の堆積物に限定されることから，海底の痕跡から津波の情報を得ていくことも必要である．日本海海底にはタービダイトとして地質イベントが記録されているものの，それらの痕跡をもたらしたイベントは近傍の断層との位置関係（地震動による斜面崩壊の可能性）についての議論であった．2011 年東北地方太平洋沖地震による津波が陸棚から広範に混濁流を発生させタービダイトを堆積させた（Ikehara et al., 2014）ことから，津波記録として細粒タービダイトの発見や再解釈が期待される．本研究では日本海東縁変動帯の複数の震源モデルに対して津波数値シミュレーションによって現在よりも低海準の複数の条件下での津波が日本海海底へ与える影響を評価する．

2. 方法

津波発生・伝播の計算には iRIC の津波計算パッケージ Elimo Ver.2 を使用した．地形データは GEBCO1 分グリッド（約 1.8 km メッシュ）の水深データを利用した．現在の海水準である Gebco データから海水準を-40，-80，-120m 低下させた地形データをそれぞれ作成した．波源は日本海沿岸に大きな影響を与えると予想される震源モデル（日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ，web），北海道の想定地震津波の震源モデル（北海道，web）を選定した．それぞれの波源に対して水位の最大分布，最大流速の水平分布を出力した．なお流速は全層一様の密度分布として計算した全層の平均流速である．

3. 結果

海峡・水道，陸棚，陸棚斜面に存在する小海盆，および堆周辺での流速分布を比較した．図に日本海南東部の計算出力例を示す．

海峡・水道：宗谷海峡，利尻水道では，礼文沖（F0203）を波源とする津波を-40 m で計算した結果では，現在の水準（0 m）と比べて，海峡部・シルで大きな流れが形成された．

陸棚：利尻島南方の天塩沖の陸棚では -80 m の条件では利尻水道を通過する波が小規模となったことから-40 m，0 m の条件と比較して流れが小さくなった．石狩湾では 積丹沖（F06'）を波源とし

た計算で、陸棚縁辺の海脚で回折する波が集中したため 0 m よりも、-40 m、-80 m の条件で 2 m/s を超える流れの領域が広く形成された。

海盆：佐渡海盆は佐渡島と本州の間に存在する閉塞凹地である。海盆両端の浅い領域で、0 m と比較して-120 m 条件では大きい流れが発生した（図）。新潟沖から日本海中部にかけての波源の位置によって北東端と南西端との流れの大きさ、領域の大きさが異なった。

堆：武蔵堆は-120 m 条件では海面に露出する。島の周囲に強い流れの領域が存在した。佐渡北方海域は-120 m の条件では多島海海域になる（図）。島、堆の間の海域は 1 m/s を超える最大流速が分布する領域となった。

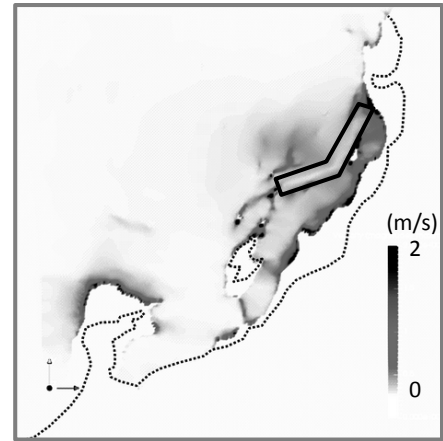


図. 日本海南東部の計算結果の例.
-120 m 海水準条件での流速最大値の
水平分布. 実線囲みは波源(F30), 破
線は現在の海岸線.

4. 考察

陸棚や海峡・水道では波源、海水準条件によって異なる大きさの流れが発生することが算出された。これらは浅水波の水深変化にともなう流速の増大のみならず、波の回折に作用する海底地形の範囲が変化することや、回り込む経路の遮断、海底の作用を受ける範囲（海面と緩傾斜面の相対位置）の増減が影響している。同じ断層で発生する津波に対して、水深が変わることで津波によって影響をうける領域が変化すること、およびその程度が見積もり可能であることが明らかになった。流れの大きさの違いは海底の堆積物を再懸濁させる強度の違いとして、津波を起源とする混濁流の規模、タービダイトの特性に違いを生じさせる。これらの実際の事象、例えば応答最終氷期極相期以降にほぼ等間隔で発生した地震津波の痕跡は、それぞれの発生時の古海水準に対する応答として記録された、いわば入力条件を漸次変化させたパラメータスタディの出力として解釈することができ、波源を制約する情報として有効だろう。

文献

Ikehara, K., Irino, T., Usami, K., Jenkins, R., Omura, A., & Ashi, J. , 2014, Possible submarine tsunami deposits on the outer shelf of Sendai Bay, Japan resulting from the 2011 earthquake and tsunami off the Pacific coast of Tohoku. Marine Geology, 358, 120-127.

北海道, web, 北海道日本海沿岸の津波浸水想定について（解説）.

http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/sbs/nihonkai_tsunami-sinnsuisoutei.htm

日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ, web, 日本海における大規模地震に関する調査検討会海底断層ワーキンググループ報告書,

http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/houkoku/WG_Report.pdf

Tiny Samples – Big Results

Sub-100 μg carbon upon consultation

100 μg Carbon より少ない試料の測定もご相談ください



Beta Analytic の 放射性炭素年代測定

Radiocarbon Dating

Consistent Accuracy, Delivered on Time

日本総代理店 株式会社 地球科学研究所
tel 052(802)0703 email sumi@radiocarbon.jp

BETA

Beta Analytic

www.radiocarbon.com



MEIJI ML9000シリーズ 偏光顕微鏡

メイジテクノのML9000シリーズは、透過照明のみの高性能中級偏光顕微鏡です。偏光顕微鏡に求められる全ての機能を備えています。鏡筒の違いにより、3モデルがあります。

- ML9100 単眼型 定価¥340,000
- ML9200 双眼型 定価¥390,000
- ML9300 三眼型 定価¥400,000

(写真はML9300です。)

POLARIZING MICROSCOPE

偏光顕微鏡



MEIJI ML9400シリーズ 偏光顕微鏡

メイジテクノのML9400シリーズは、透過・反射両照明装置を装備したコストパフォーマンスに優れた偏光顕微鏡です。鏡筒の違いにより、3モデルがあります。

- ML9410 単眼型 定価¥430,000
- ML9410 双眼型 定価¥480,000
- ML9410 三眼型 定価¥490,000

(写真はML9420、オプションの100X対物レンズ付です。)



MEIJI ML9700シリーズ 偏光顕微鏡

メイジテクノのML9700シリーズは、アナライザーがスライダタイプで360°回転が可能です。従って、セナルモンコンベンサー(別売)等を装備することにより、高分子フィルム等のレターデーションの正確な測定が可能な測定顕微鏡としてもご利用頂けます。鏡筒の違いにより2モデルがあります。

- ML9720 双眼型 定価¥450,000
- ML9730 三眼型 定価¥460,000

(写真はML9720です。)



MEIJI EMZ-5POL-2 ズーム式実体偏光顕微鏡 LED照明モデル

メイジテクノのEMZ-5POL-2はズーム式実体顕微鏡(LED証明型)に回転ステージと偏光装置を装備した、岩石薄片や鉱物標本を観察するための実体偏光顕微鏡です。ベースの薄型LED透過照明で、広い視野全体に鮮明像が得られます。

総合倍率：7.0から45X

- ENZ-5POL-2 定価¥349,000

メイジテクノの製品は日本製です。

メイジテクノは顕微鏡の専門メーカーです。
メイジテクノの製品は自社工場で製造します。
メンテナンス、アフターサービスは万全です。

ご請求あり次第カタログをお送りします。

日本顕微鏡工業会会員

メイジテクノ株式会社

〒354-0043 埼玉県入間郡三芳町竹間沢322-1
TEL: 049-259-0111 FAX: 049-259-0113

E-mail: meiji@meijitechno.co.jp



<http://www.meijitechno.co.jp>