日本堆積学会 2015 年つくば大会 プログラム・講演要旨



Sedimentological Society of Japan

共催 筑波大学 産業技術総合研究所地質調査総合センター

2015 年 4 月 24 日~27 日 筑波大学大学会館 産業技術総合研究所地質調査総合センター

日本堆積学会 2015年つくば大会 プログラム

- **〈日 時〉** 2015 年 4 月 24 日 (金) ~ 27 日 (月)
- 24日(金):ショートコース(2コース)
- 25日(土):個人講演,特別講演,総会,懇親会他
- 26日(日):個人講演,シンポジウム,顕彰,堆積学トーク・トーク他
- 27日(月):巡検(日帰り)茨城県南部北浦周辺の下総層群:古東京湾バリアー島システム「再訪」

〈会 場〉

筑波大学大学会館 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

4月24日(金) ショートコース(2コース)

- <1> 堆積層をシームレスに捉える:陸域と海域,ボーリングコアと反射法音波探査
- 場所:產業技術総合研究所第七事業所 第二会議室 (7-3C-211)
- 講師:佐藤智之氏・小松原純子氏・小松原琢氏(産業技術総合研究所)
- <2> 波浪の水理と堆積プロセス
- 場所:筑波大学 アイソトープ環境動態研究センター 環境動態予測部門 地球表層ダイナミクス 実験棟
- 講師:関口智寛氏(筑波大学)

4月25日(土) 個人講演,特別講演,総会,懇親会他:筑波大学大学会館

9:00-9:05 会長挨拶

〈口頭発表の部〉

座長:横山 由香

01 9:05-9:20 愛知県矢作川蛇行州の GPR 探査反射断面(予報)

岡崎浩子・郭 栄珠・田村 亨

武藤鉄司

02 9:20-9:35 千葉県北西部湾岸地域の沖積層埋没谷の復元

宮地良典・小松原純子・風岡 修・吉田 剛

03 9:35-9:50 深海堆積物の地球化学組成による堆積水深・堆積速度・運搬距離の推定方法:イタリア、イオニア海を例として

太田 亨·Perri Francesco · Critelli Salvatore

04 9:50-10:05 三次元サイスミック地形学手法による下北沖第四系海底扇状地の詳細堆積 形態と堆積プロセスの検討

高野 修·西村瑞恵

05 10:05-10:20 「ヤジロベー法」超高分解能3次元地形モデルを目指して
 北沢俊幸・白木洋平・李 盛源・飯塚和斗・南出大貴・谷口健太・
 金井友則・千賀有希

休憩(10:20-10:30)

座長:西田尚央

06 10:30-10:45 半遠洋性シルト岩の形成における混濁流の影響評価: 房総半島下部更新統 黄和田層 Kd8 火山灰鍵層層準の検討

黒澤志保・伊藤 慎・風呂田郷史・沢田 健

07 10:45-11:00 日本海新潟沖最上トラフで採取されたコアに見られる,20世紀後半の堆積
 速度変化:ダム湖が半遠洋性環境に与える影響

白井正明・林崎 涼・宇津川喬子・大村亜希子

08 11:00-11:15 フルートマーク形成過程の定量化

石原与四郎・大熊文子・弓 真由子

09 11:15-11:30 北海道道央石狩炭田地域に産する菱鉄鉱質岩の形成(その2) -菱鉄鉱と 共存する方解石について

淺野有希・森清寿郎

- 010 11:30-11:45 浦幌層群の堆積相と年代:北海道の古第三紀テクトニクスへの示唆 片桐貴浩・成瀬 元・平田岳史
- 011 11:45-12:00 南房総鮮新統千倉層群に認められるインジェクタイトとエクストゥルーダ

イトの堆積形態と構成堆積相の特徴

伊藤 慎・石本青空海・小竹信宏

<ポスター発表ショートトーク(奇数)> 12:00-12:16

座長:山田昌樹

1件あたりの講演は1分以内とします.

P1 Dish structure をもつ砂層の粒子組織と破壊様式

田中恭平・宮原玲奈・宮田雄一郎

P3 長周期振動流でできるジャイアントリップルの形成過程での形態変化

山本大貴・増田富士雄

P5 重力流堆積物にみられる高領域の堆積構造の累積・側方変化パターンー特にセディメン トウェーブとの関係

大西由梨・瀧井喜和子・石原与四郎・横川美和

- P7 足柄衝突帯下部更新統塩沢層のファンデルタシステムに認められる礫質洪水堆積物 下村崇宏・伊藤 慎
- P9 渡良瀬川支流を例にした大礫~中粒砂の岩質・形状から推定する砂の生成-運搬過程 宇津川喬子・白井正明
- P11 波浪卓越型浅海堆積物環境における津波堆積物:中新統竜串層の例 今井 悟・奈良正和
- P13 2014 年 12 月に発生した高潮の痕跡:北海道根室半島~オホーツク海沿岸の例 加瀬善洋・仁科健二
- P15 津波堆積物の石英光ルミネッセンス年代測定:仙台平野貞観津波の例
- 田村 亭・澤井祐紀・伊藤一充 P17 日本海東縁ガスハイドレート胚胎海域における中期更新世以後の堆積速度変化
 - 大井剛志・角和善隆・秋葉文雄・石浜佐栄子・須貝俊彦
- P19 伊勢湾櫛田川河口におけるウォッシュオーバー・ファンの内部構造 中条武司・趙 哲済

千禾武可 起 首语

P21 新潟県小国地域北部に分布する更新統の古環境復元

松田和久・保柳康一

P23 房総半島東部沿岸域の反射法音波探査結果と層序対比

古山精史朗・佐藤智之

P25 地盤情報データベースから上町断層帯の構造を推定する試み

櫻井皆生

P27 大阪堆積盆の沖積層から復元した古水深・古底質・堆積量の変遷

糸本夏実・増田富士雄

P29 岩手県野田玉川海岸における上部白亜系久慈層群の堆積相とシーケンス層序

三塚俊輔・安藤寿男

P31 豊浦層群西中山層における層序の確立と地球化学分析:トアルシアン期の海洋無酸素事 変への示唆

泉賢太郎・David Kemp

昼休み (12:16-13:00)

<ポスター発表の部> 13:00-14:10

ポスターは4月25日(土)8:40より掲示できます.4月26日(日)の17:00までに撤収をお 願いします.

〈口頭発表の部〉

座長:斉藤文紀

OP1 14:10-14:55 特別講演: 反射断面から見た日本周辺海域の地層と構造

岡村行信

座長:加瀬善洋

012 14:55-15:10 陸前高田市広田湾における 2011 年津波堆積物の特徴

横山由香・坂本 泉・八木雅俊・井上智仁・藤巻三樹雄

013 15:10-15:25 三陸沖日本海溝の堆積作用

池原 研・宇佐見和子・金松敏也・中村恭之・小平秀一

休憩(15:25-15:35)

座長:櫻井皆生

014 15:35-15:50 宮崎県串間市で発見された約 4600 年前の古津波堆積物

山田昌樹・藤野滋弘・千葉 崇・後藤和久

015 15:50-16:05 宮城県沿岸の海底面下に認められる不連続面(不整合)の層位的・形態的な 特徴

荒戸裕之

016 16:05-16:20 シーケンス境界と海水準変動: IODP 第 317 次航海「ニュージーランド沖海 水準変動」の結果から

保柳康一

01716:20-16:35IODP 航海で取得されるコア写真 RGB 値と反射スペクトル L*a*b*値の相互変換

入野智久・烏田明典・多田隆治・R.W. Murray・C.A. Zarikian・IODP Exp346 Scientists

〈総会〉 16:45-17:30

<懇親会> 18:00~ (会場:筑波大学大学会館併設レストラン)

4月26日(日)個人講演,シンポジウム,顕彰,堆積学トーク・トーク他:筑波大学大学会館

〈口頭発表の部〉

座長:泉 賢太郎

018 9:00-9:15 高濃度混濁流の発生条件

成瀬 元

019 9:15-9:30 開水路ベッドフォーム形成条件の判別分析

大畑耕治・成瀬 元

020 9:30-9:45 サージ的混濁流により形成されるサイクリックステップの形態(予報)
 横川美和・山本真也・樋口裕幸・庄境大貴・John Hughes Clarke・

泉 典洋

- 021 9:45-10:00 開水路により作成した津波堆積物による平滑床の磁気ファブリックの特徴 高清水康博・大田和樹・ト部厚志
- 022 10:00-10:15 南大東島山下洞鍾乳石の炭素·酸素同位体組成と Mg/Ca 比に基づく地表環 境変遷の解明

津留崎皓平・鹿島美香・嶋田 純・松田博貴

休憩(10:15-10:25)

座長:林崎 涼

023 10:25-10:40 日本海東縁におけるガスハイドレートの資源量把握-2014 年ガスチムニ ー構造の掘削

角和善隆・松本 良・白嶺乗船研究員一同

024 10:40-10:55 宮崎沖前弧堆積盆の上部中新統〜上部更新統の三次元サイスミック地形 学的特徴とメタンハイドレート分布

小松侑平・小林稔明・藤井哲哉

- 025
 10:55-11:10
 含泥率の三次元分布とその CO₂地中貯留への役割:
 長岡サイトの例

 伊藤拓馬・中島崇裕・薛
 自求
- 026 11:10-11:25 底質環境変動に対する底生生物群集の応答:上総層群国本層の生痕相解析 泉 賢太郎・西田尚央・風岡 修・菅沼悠介・岡田 誠・吉田 剛・

荻津 達・中里裕臣・亀山 瞬・香川 淳・森崎正昭・兵頭政幸・楡井 久

027 11:25-11:40 遠洋性チャートに記録された底生生物の進化-スコットランドのオルド ビス系珪質岩

角和善隆

<ポスター発表ショートトーク(偶数・シンポジウムポスター)> 11:40-11:57 座長:宇津川喬子 1件あたりの講演は1分以内とします.

P2 木津川高水敷に形成された風紋

坂本隆彦

P4 石垣島南方前弧~海溝域のタービダイト

池原 研・金松敏也・味岡 拓

- P6 堆積相区分に基づく3次元地質モデルの構築
- 中尾健人・石原与四郎・成瀬 元
- P8 新しい粒子ファブリックのマッピング方法と塊状タービダイト砂層の内部堆積構造 宮田雄一郎・下梶 秀則
- P10 静穏な海岸背後にある段丘上の波の作用をうけた礫の分布

仁科健二・川上源太郎・卜部厚志・高清水康博・平川一臣

P12 湖成年編に狭在する洪水性堆積物の自動認定

佐々木 華・大西由梨・石原与四郎

P14 アルカリ長石の粒子形状と光ルミネッセンス強度から推定される福島県南相馬市におけ る東北地方太平洋沖地震津波の堆積物の供給源

林崎 涼・白井正明

P16 石英のカソードルミネッセンスを用いたゴビ砂漠上部白亜系風成層の特徴化 増田理沙・實吉玄貴・西戸裕嗣・Khishigjav

Tsogtbaatar Tsogtbaatar Chinzorig Buurei Mainbayar

P18 九十九里平野北部~中部の沖積層基底深度分布

小松原純子

P20 常陸台地中部の好露頭における第四系下総層群の層序と堆積相

大井信三・西連地信男・横山芳春・安藤寿男

P22 千葉県北部の三次元地質地盤モデル

野々垣 進・中澤 努・中里裕臣

 P24
 南海トラフにおける放射性ヨウ素同位体から見た流体の移動

 戸丸
 仁・Udo Fehn

- P26 関東地方の河川に認められる横断面特性値:古河川水文学への適用を目指して 柴田健一郎・伊藤 慎
- P28 福島県いわき市上遠野地域南部に分布する古第三系〜新第三系の堆積相 橋本雄介・安藤寿男
- P30 岐阜県高山市荘川町,御手洗川支流松山谷周辺に分布する手取層群の堆積環境 上村真優子・保柳康一
- PS1 デルタ前置層の周期的成層構造のオートジェネシスに対する波浪の影響

関口智寛・武藤鉄司・田邊一歩

PS2 岩手県広田湾のコア試料から津波堆積物を検出する試み

昼休み (11:57-12:50)

<ポスター発表の部> 12:50-14:00

ポスターは4月25日(土)8:40より掲示できます.4月26日(日)の17:00までに撤収をお 願いします.

シンポジウム「堆積学イノベーション:つくばからの発信」

14:00-14:05 趣旨説明 中嶋 健

座長:野田篤

OS1 14:05-14:35 デルタ:地層,地形と営力

斎藤文紀

0S2 14:35-14:50 水槽実験から見る陸上津波堆積物の形成

山口直文・関口智寛

OS3 14:50-15:05 津波堆積物研究の進展と今後の展望

藤野滋弘

0S4 15:05-15:20 日本海溝陸側斜面のタービダイトと津波堆積物との対比から探る過去 4500 年の巨大地震発生履歴

宇佐見和子・池原 研・金松敏也・Cecilia McHugh

休憩 (15:20-15:30)

座長:宇佐見和子

OS5 15:30-15:45 ルミネッセンス年代の堆積学への貢献

田村 亨

OS6 15:45-16:00 首都圏の地下層序と3次元地質地盤図:千葉県北部を例に

中澤 努

0S7 16:00-16:15 海底地すべりの発生要因:日高前縁堆積盆の例

野田 篤

0S8 16:15-16:30 四国海盆掘削試料の凝灰岩・砂岩組成とFT 年代から推定した西南日本の 15 Ma 以降の火成活動史とテクトニクス

中嶋 健・檀原 徹・山下 透・岩野英樹・小田啓邦・金松敏也 0S9 16:30-16:45 カディス湾の泥質コンターライトの特徴

西田尚央

16:45-16:50 まとめ 中嶋 健

〈事務連絡〉 16:50-17:00

<最優秀ロ頭発表賞ならびに最優秀ポスター賞の発表と授賞式> 17:00-17:10 <堆積学トーク・トーク> 17:30-19:00 「堆積学と社会の関わり」

注意事項

〈口頭発表〉

*ロ頭発表は発表 12 分, 質疑応答 3 分です.発表時間を厳守して下さい.

*ロ頭での講演は液晶プロジェクターの使用を標準とします.また,会場側でパソコン(Windows, Macintosh)を1台ずつ用意します.発表者はファイルの入った USB メモリ等を持参下さい. なお,持参いただくメディアおよびファイルにつきましては,ウィルス対策ソフトの最新定 義で事前にチェックを頂きますようお願い致します.

ファイルは遅くとも講演前の休憩時間までに会場のパソコンに直接コピーしてください.心 配な方はご自分のパソコンを持参ください.

- 〈ポスター発表〉
- *ポスターは 25 日と 26 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 180 cm,横 90 cm です. ポスターには,必ずポスター番号を記入して下さい. はぎ取りなど重量物の展示を希望される方は,事前に行事委員会にお知らせ下さい.
- *ポスター発表のショートトークの時間は1人1分以内とします.液晶プロジェクターを使用し て発表する場合,使用するスライドはタイトルスライド以外に1枚でお願いします.なお講 演を円滑に進めるために,事前に行事委員会へ提出頂いたスライドを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(注意事項)>

*本大会における全ての講演の様子や内容について(ロ頭発表・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.

反射断面から見た日本周辺海域の地層と構造

Sedimentary and tectonic structure of offshore area around Japan on seismic profiles 岡村行信(産業技術総合研究所活断層・火山研究部門)

Yukinobu Okamura (IGEV, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) 連絡先: 岡村行信 (okamura-y@aist.go.jp)

1. はじめに

反射探査は、地震波で見た物性境界(弾性波速度と密度が急変する不連続面)の形状を、断面図に 可視化する調査手法である.堆積層が厚く発達する地域では、このような物性境界が層理面に一致し、 同時間面と見ることによって、地質学的な解釈が可能になる.

反射探査によって得られる反射断面のスケールは露頭での地層観察より遙かに大きい. その大きさ は探査の仕様によって異なるが,長さは数 km から数十 km,深さは数十 m から数 km である. ス ケールが大きいため,分解能は低く,数 m から数十 m 単位でしか観察できない. 従って,陸上の露 頭で地層を観察するのとはイメージが大きく異なる. しかし,そのような広い範囲で見た地層の形態 から堆積様式を推定することができるし,地層の重なり方の変化から十万年オーダーの海水準変動や 地殻変動を推定することができる. 条件がよければ,百万年オーダーの堆積盆地の発生から消滅まで を解明することができるのが,反射断面の最大の強みである.

一方,通常の露頭観察で得られるような堆積構造などの情報や分析のための試料は得られない. ボーリングを行えばよいが,コストが一桁以上違うので,簡単ではない.そのため,反射断面の解釈 は地質学の知見を総動員して行うことになり,曖昧さが生じることも事実である.しかし、実際に見 える反射面の形態の意味をシンプルに考えることが解釈の基本であり、見えない部分を心眼で解釈す るのは,本来の姿ではない.

産業技術総合研究所は日本周辺海域の海底地質を網羅的に調査してきた.それによって得られた反 射断面には、日本周辺海域で生じてきた地殻変動、海水準変動、断層活動などが描き出されている。 本講演では、海水準変動や地殻変動が日本周辺海域の地層形成にどのような影響を与えてきたかを議 論する.

2. 日本周辺海域の地質構造

(1) 概要

ここから反射断面で見た日本周辺海域の構造を述べていく. 観察しているのは地層面としての反 射面であるが,その形態,側方と上下方向の変化,断層・褶曲などの変形を識別することによって, 堆積様式,海水準変動,構造運動,地殻変動などを知ることができる.東北日本と西南日本のそれぞ れ前弧側及び背弧側で反射断面の特徴は大きく異なるが,どの海域でも海岸から沖に向かって大陸棚, 陸棚斜面,海盆が順番に分布する,前弧側ではさらに海側に海溝が存在する.大陸棚は海水準変動の 影響を強く受けて形成されたことから,第四紀の海水準変動と地殻変動の情報が記録されている.斜 面から海盆域の堆積作用も海水準変動の影響を受けているが,大陸棚ほど明瞭ではない.海盆域では ほぼ水平に厚く地層が堆積することから、乱泥流が主体と考えられる. そこでは断層や褶曲など構造 変形が明瞭に記録されている.

(2) 東日本弧前弧域

東日本弧前弧域はプレート沈み込み境界である日本海溝に面しているが、日本列島周辺海域の中で は断層が少なく比較的安定した領域である.深海域の掘削調査から、プレート境界での構造的な浸食 作用によって前弧域が広い範囲で沈降してきたことが明らかになっている。三陸海岸南部沖の大陸棚 では、かつての低海水準期堆積物(プログラデーションパターンで特徴付けられる)がいくつかの不 整合を挟んで積み重なり、百万年より長い期間沈降していることを示している(岡村・棚橋、1983). 一方、三陸海岸北部から下北半島沖の大陸棚は隆起しており、大陸棚には浸食面が発達する(玉木、 1978).同じ東北地方の海岸沿いでも隆起域と沈降域があり、海岸の地形的特徴とも一致する.前弧 海盆は緩やかに海側に深くなる平坦面が広がり、明瞭な盆地状の構造は持たない.海溝沿いにも隆起 帯を伴わず、地層にも顕著な断層・褶曲は認められないが、小規模な正断層が多いことが特徴である. 全体として古第三紀末から沈降してきたことが知られているが、南部ほど沈降量が大きく、構造的な 変化も大きい.日本海溝沿いには部分的に小規模な付加体が形成されていることがあるが、むしろ大 規模な斜面崩壊や正断層が優勢である.

(3) 西南日本弧前弧域

南海トラフに面した西南日本の前弧域は、東日本に比較して地殻変動が活発で、断層や褶曲も明瞭 である.海岸線は紀伊半島や四国の室戸岬及び足摺岬で海に張り出し、伊勢湾、紀伊水道、土佐湾、 豊後水道などで陸側に後退する.このような地形は、主に第四紀の地殻変動によって形成されたもの である.海域が北に入り込む領域の大陸棚下には、沈降を示す第四紀の低海水準期堆積物が不整合を 挟んで積み重なり、海岸が海側に張り出す部分の大陸棚は、隆起を示す新第三系の浸食面が広がる (岡村、1990).低海水準期堆積物と酸素同位体変動曲線の氷期のピークとの対比も提案されている (0kamura and Blume, 1993).また、前弧海盆の海側には外縁隆起帯が発達し、前弧海盆の堆積物 も逆断層と褶曲による変形を受けていている.その構造から、付加体の成長だけでなく、海山の沈み 込みによる前弧斜面の変形や過去のプレート運動を推定することができる(Yamazaki and 0kamura, 1989).

(4) 東日本弧背弧域

この海域は日本海東縁とも呼ばれ、日本周辺海域で最も逆断層が発達する場所で、大陸棚から斜面 全体に変形が及んでいる.これらの逆断層の多くは、背弧拡大によって日本海が形成された際に活動 した正断層が逆断層として再活動したインバージョンテクトニクスとして説明されるが(Okamura et al., 1995),すべての逆断層が過去の正断層の再活動ではない.断層は帯状の領域に集中し、断続 的に連続する傾向があり、ひずみ集中帯と呼ばれている(岡村、2002).太平洋側で認められたよう な大陸棚での海水準変動の影響は明瞭ではない.斜面から海盆域では反射面が太平洋側より明瞭で、 よく連続するため、構造はわかりやすい.その原因として、泥質堆積物が多いことが考えられる.一 方で、新潟沖や秋田沖の大陸棚では、音波の透過深度が低い領域があり、地層中のガスの影響が推定 される.富山深海長谷は富山湾から大和海盆と経て日本海盆に達し、2つの海盆では巨大な深海扇状 地を形成している.

(5) 西南日本背弧域

日本海西部は一転して、明瞭な断層地形が少なく、地殻変動が小さいように見える.海底下の中期 中新世以前の地層には顕著な褶曲構造が発達し、その上面には浸食平坦面が形成されている.それら を後期中新世以降の地層がほぼ平行に堆積し、なだらかな斜面が海岸付近から水深数百m付近まで連 続する.プログラデーションパターンも不明瞭で、その特徴は非活動的な大陸斜面に似ている.過去 約500万年間、大きな地殻変動の影響を地層が受けずにたまり続けてきたと考えられる.しかしなが ら、最近の地震活動は決して少ないわけではない.この海域の詳細な調査よって、横ずれ断層が数多 く発達することが明らかになってきた(岡村ほか、2014).また、斜面下部には大規模な斜面崩壊が 発達することが大きな特徴である(池原ほか、1990).この崖の崩壊は津波を起こす可能性がある.

3. 海水準変動と地殻変動

このように、反射断面を見ることによって、日本列島周辺海域の大スケールの堆積作用、地殻変 動、構造運動を知ることができる.特に日本列島は変動帯に位置することから、地殻変動・構造運動 を明瞭に観察できるが、地殻変動が重なることによって、地層形成に対する海水準変動の影響も見え やすくなるという側面がある.

第四紀の海水準変動は、主に酸素同位体の変動と隆起した海成段丘面を用いて推定されているが、 海水準の低下量についての情報は少ない.その理由はその証拠が海底下にしか残っていないためであ る.安定した大陸棚では、同じような深度に繰り返し低海水準期の堆積物が形成されるため、形成後 に浸食されたり乱されたりする可能性が高い.しかし、沈降域では、低海水準期の堆積物がその後の 海水準変動で浸食されないため、海水準低下期の堆積物が大陸棚下に保存されている.隆起域で高海 水準期の浸食面が波浪浸食を受ずに段丘として保存されやすいのと同じで、過去の低海水準の記録は 沈降域の方が残りやすい.反射断面によって構造を把握し、ボーリングによって年代を明らかにする ことによって、第四紀の海水準変動をさらに詳しく解明できるはずである.

海水準変動は深海域の堆積作用にも影響を与えている可能性がある.海盆の堆積物は凹地をほぼ 水平に埋積していく.海盆の周辺斜面は断層活動や広域的な地殻変動によって傾動していることが多 い.もし,傾動速度と堆積速度が一定であれば,下位の地層ほど一様に傾斜を増すはずである.しか しながら,海盆の縁辺部ではいくつかの不整合で地層の傾斜が急増する.その原因として,地殻変動 の速度変化と堆積速度の変化が考えられる.

堆積速度の変化が原因であれば,海水準変動に関連した不整合である可能性が高くなり,大陸棚 の堆積物形成と対比できる.それによって,大陸棚から深海域までの海水準変動に伴う堆積物の供給 様式を定量的に議論できるようになるだろう.さらに,不整合を海水準変動に対比することができれ ば、広域的に反射断面上に年代軸を与えることができ、地殻変動や構造運動も定量的に議論できるようになる.

一方,地殻変動の速度が変わっているのであれば全く新しい発見になる.現在の日本列島は200 万年以上にわたって東西圧縮場にある.その応力場の下でも,断層変位速度が変化していることがわ かれば,日本列島の発達史や活断層評価の精度を向上できる.

4. おわりに

反射断面は、一見単なる白黒の縞模様にしか見えないかもしれない.しかしその縞模様のわずか な変化は海水準変動や地殻変動など重要な地質学的情報を含んでいる.それを読み解いていくことに よって、陸上の露頭観察とは異なるスケールで日本列島の様々な変動を見ることができる.そのよう な視点で、多くの方に活用してもらいたい. 産総研の反射断面は、以下のアドレスで公開されている。 ●産業技術総合研究所海域地質構造データベース: <u>https://gbank.gsj.jp/marineseisdb/</u>

謝辞

本調査は、産業技術総合研究所(旧地質調査所を含む)が日本周辺海域の海洋地質図整備のために実施された。

引用文献

池原 研・片山 肇・佐藤幹夫, 1990, 高分解能音波探査記録から見た隠岐トラフの堆積作用. 地質 学雑誌, 96, 37-49.

岡村行信,1990,四国沖の海底地質構造と西南日本外帯の第四紀地殻変動.地質学雑誌,96,223-237. 岡村行信,2002,日本海東縁の歪み集中帯.大竹政和ほか編,日本海東縁の活断層と地震テクトニク ス,111-121,東京大学出版会.

- Okamura Y. and Blum P. ,1993, Seismic stratigraphy of Quaternary stacked progradational sequences in the southwest Japan forearc: an example of fourth-order sequences in an active margin. in H. W. Posamentier et al. eds., Sequence Stratigraphy and Facies Associations. International Association of Sedimentologists, Special Publication 18, 213-232.
- 岡村行信・井上卓彦・阿部信太郎, 2014,山陰西部及び九州北部沖の第四紀断層.活断層・古地震研 究報告, no.14, 157-177.
- 岡村行信・棚橋 学, 1983, 20万分の1「釜石沖海底地質図及び説明書」. 海洋地質図シリーズ, no.22, 地質調査所.
- Okamura Y., Watanabe M., Morijiri R. and Satoh M., 1995, Rifting and basin inversion in the eastern margin of the Japan Sea. Island Arc, **4**, 166-181.
- 玉木賢策, 1978, 20万分の1「八戸沖海底地質図及び説明書」. 海洋地質図シリーズ, no.10, 地質調 査所.
- Yamazaki, T., Okamura, Y., 1989, Subducting seamounts and deformation of overriding forearc wedges around Japan . Tectonophysics, **160**, 207-229.

デルタ:地層、地形と営力

River deltas: strata, morphology, and processes

斎藤文紀(産業技術総合研究所地質情報研究部門) Yoshiki Saito (Geological Survey of Japan, AIST) E-mail: yoshiki.saito@aist.go.jp

1. はじめに

デルタ(三角洲,三角州)は、地質学において最も古くから研究対象とされてきた一つである.ラ イエルの地質学原理の初版(1830)では2章にわたり記述され,第3巻(1833)glossaryにも採用さ れている.日本でも明治5年(1872)年の官版地質學(文部省)において三了洲(デルタ,ミツマタ ズ)と記載され,地質学の日本への導入初期の頃から紹介されてきた.デルタの研究は,1950-1960 年代に基礎的な捉え方が示され,また世界各地で研究が行われ,1970-1980年代には地層における研 究が進展し,1980年代以降はデルタの現行堆積過程の研究が数多く実施される.2000年頃から完新 世のデルタの詳細な層相や発達史の研究が実施されるようになり,2010年頃以降はシミュレーション による研究が数多く行われている(参照:斎藤,1998;堀・斎藤,2003;Woodroffe and Saito, 2011;Goodbred and Saito,2013).河川,潮汐,波浪の主要な営力によるデルタの区分と理解が層 相や地層形成の基礎であることに変わりなく,どのような時間と空間スケールでその過程を捉えるか, 海面変動と堆積物供給とを合わせて、デルタの発達や層相変化の時空間的な総合的な理解が重要であ る.ここでは、筆者が行ってきたデルタ研究から、「デルタ」を捉えてみたい.

2. 日本のデルタ

Galloway(1975)による三角ダイアグラムによるデルタの区分は、デルタ平野の地形の特徴からその 主たる営力を見積もっている.日本における完新世のデルタを見ると、内湾や潟湖のデルタを除けば、 鳥趾状のデルタは見られず、外洋に面した地域では海岸線はヘッドランドの内側に湾曲して分布し、 突出したデルタの形状は見られない.突出した地形が見られるのは砂礫からなるファンデルタにほぼ 限られる.小潮差で波浪の卓越する日本の沿岸域では、明瞭なデルタの形状を見る事ができない.地 層から古地理を復元する際には注意を要する.石狩川や阿武隈川における洪水時の河口部の堆積とそ の後の地形変化を見ると、河口部のみが河川の影響を強く受けた堆積相で、その周辺域は泥質相を下 位に伴う浜堤・外浜システムとなる.デルタフロントの層相は、洪水や暴浪の影響を強く受けている.

3. アジアのデルタ

アジアの大河川のデルタ(メガデルタ)と日本のデルタの最も大きな違いは、アジアのデルタの 多くは潮汐の影響を強く受けていること、泥質な堆積相が多い事であろう.大河川は流量が多いため 河口部が広く、潮汐の影響を強く受けている.河川から運ばれた土砂が河川の営力によって堆積し保 存されるのが河川卓越型(影響型)のデルタといえるが、アジアのデルタの場合は、河口付近では河 川流量よりも潮汐による交換量の方が大きく、堆積物の運搬と堆積は潮汐に支配されていることが多い. デルタフロントに堆積した堆積物も冬季モンスーンの卓越する時期に波浪の影響を受け、再移動 するものが多い.夏の河川からの土砂供給と冬季の波浪による再移動の、年サイクルによる堆積過程 は、アジアのデルタの最も基本的な堆積様式といえる.これらのデルタでは、洪水等の河川の営力に よる堆積物がそのまま保存されるのは希である.波浪による再移動は、Fisher が示した Highdestructive なデルタとなるが、潮汐卓越型の場合は河口部に堆積した時から潮汐の影響を強く受け ており、High-constructive だが潮汐卓越型と言えるかも知れない.

大河川では、河川の営力によって運ばれた粗粒な堆積物は河口まで運搬されず、河川の営力が卓越 する地域までしか運搬されず、河口部周辺域では潮汐による運搬過程が支配している.河川による粗 粒堆積物のフロントがデルタ平野内部に位置し、別のデルタフロントを形成しているとも言える.

3. デルタ研究

完新世のデルタの始まりは、海水準変動に支配されているといってよい. 土砂供給量や地形など の違いによって若干の差異はあるが完新世初期(8.8-8.2ka)の急激な海面上昇(e.g., Tjallingii et al., 2014)の後に、ほぼ世界のデルタの形成が始まる. 注目すべきは、世界の海水準が現在に至 るまで上昇し続けているのに対し、ハドロアイソスタシーの効果によって内陸部が隆起し、デルタ平 野内部では相対的に海水準が低下し、デルタの前進を促進していることである. 紅河デルタや長江デ ルタでは隆起と現在の河川による下刻によって完新世中期のデルタは段丘化している. またデルタの 前進によって沿岸環境が変化し、潮汐と波浪の営力も大きく変化してきている.

デルタの海岸線の形状は、日本のデルタでは波浪によって大きく規制されているが、アジアのメ ガデルタにおいても制約を受けている可能性が高い.デルタフロントの前進速度に対し、海岸線の前 進速度は小さく、ヘッドランドに規制されている形状が多いように見える.このことは、デルタフロ ントからプロデルタの堆積物の方が地層の被保存性が大きいことを意味し、現在のデルタの海岸線の 形状や変化だけでなく、デルタフロントとの総合的な理解が重要であることを示している.

文 献

- Galloway, W.E., 1975, Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: Broussard, M.L. ed., *Deltas, Models for Exploration.* Houston Geological Society, 87-98.
- Goodgred, S.L Jr., Saito, Y., 2011, Tide-dominated deltas. In: Davis, R.A.Jr., Dalrymple, R.W., eds., Principles of Tidal Sedimentology, Springer, 129-149.
- 堀 和明,斎藤文紀,2003,大河川デルタの地形と堆積物.地学雑誌,112,337-359.
- 斎藤文紀,1998,河川から海洋への物質輸送と海域での地層/シーケンス形成.講演会「堆積過程堆 積環境」プログラム・講演要旨,堆積学研究会1998年秋季研究集会,10-22.
- Woodroffe, C.D., Saito, Y., 2011, River-dominated coasts. In: Wolanski, E., McLusky, D.S., eds., *Treatise of Estuarine and Coastal Science, Volume 3*, Chapter 5, Academic Press, 117-135.
- Tjallingii, R., Stattegger, K., Stocchi, P., Saito, Y., Wetzel, A., 2014, Rapid flooding of the southern Vietnam shelf during the early to mid-Holocene. *Journal of Quaternary Science*, **29**, 581-588.

水槽実験から見る陸上津波堆積物の形成

Flume experiment on terrestrial tsunami deposit and its implications for understanding of sedimentary process

山口直文(茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター)・

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. of Tsukuba) 連絡先:山口直文 (E-mail: naofumiy@mx.ibaraki.ac.jp)

津波堆積物から水理条件や津波規模を推定するためには、それらの関係の理解が必要となる.しか し、津波は低頻度の現象であることから、どういったパラメータが堆積物の特徴に影響するかを、実 際に起きた津波の堆積物(現世津波堆積物)のフィールド調査だけから明らかにすることは難しい. 例えば、限られた現世津波堆積物の事例から、津波規模と地形の違いが堆積物の特徴に及ぼす影響を 分けて知ることは難しい.こうしたフィールド調査だけでは得られない知見は、水槽を用いたアナロ グ実験や数値シミュレーションによる研究によって補うことが期待される.

これまで行われてきた水槽実験による津波堆積物研究は、数値モデルに用いるパラメータの定量化 を目的としたものが多かった.こうした目的のため、これまでの水槽実験では出来る限り単純化した 一様斜面上での砂床の堆積/侵食について調べたものがほとんどであった.これらの水槽実験は、数 値シミュレーションの再現性を高めるために貢献してきた.一方で、津波堆積物の多様性を把握し今 後の調査やその解釈に活かすためには、現象のスケールに注意しつつ、もう少し複雑な条件下での津 波堆積物形成についても調べていく必要がある.

こうした点を踏まえて,我々は現在,筑波大学アイソトープ環境動態研究センターにおいて陸上津 波堆積物についての実験を行っている.この実験では,砂浜や砂丘など海岸付近の堆積物を供給源と し,津波により陸側へ輸送され,津波堆積物となる状況を想定している.水槽内には陸上地形として, 沿岸の平野を想定した平坦地形や,沿岸湖沼を想定した池を設置し,それらの地形の違いや津波規模 を組み合わせた実験を行った.実験からは,遡上する津波の水理条件が地形の影響を受けて変化し, 堆積物の空間分布にもその影響が残されることが示唆された.特に,池がある場合には,遡上した津 波が射流から常流へと急激に変化し,それに伴う堆積物分布の傾向が見られた.こうした水槽実験か ら明らかになった堆積物の空間分布の傾向は,今後のフィールド調査での掘削地点選定や,得られた 堆積物の解釈において一つの手がかりとなると考えられる.

謝辞

この研究は、平成25年度笹川科学研究助成(課題番号:25-719)による援助を受けた.

津波堆積物研究の進展と今後の展望

Progress in tsunami deposit research and its future prospects

藤野滋弘 (筑波大学生命環境系)

Shigehiro Fujino (Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba) 連絡先:藤野滋弘 (shige-fujino@geol.tsukuba.ac.jp)

2004 年インド洋津波と 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の発生により津波堆積物の研究事例は急 速に増えた.津波堆積物に含まれる微化石や,海水の浸入に起因する化学的特性の変化についてもよ く調べられた.東北地方太平洋沖地震津波では堆積物に関するデータの蓄積に加えて,多くの研究者 により詳細な波高分布や浸水範囲などの情報もそろえられた.そのため津波の挙動と,その結果とし て残された堆積物を関連付けることが可能になり,津波による土砂の侵食・運搬・堆積過程も次第に 明らかになってきた.

陸上における津波堆積物の厚さは多くの地点で数 cm から十数 cm 程度であるが,海岸線から数 km まで連続的に分布するため,土砂の総量としては膨大である.この土砂は激しい侵食を受ける浅海底 や海浜から主に供給されるが,それ以外にも津波が遡上途中に地表からとりこんだ土砂などを含む. 浅海底での侵食・堆積作用については情報が限られていたが,津波前後での深浅測量の結果から水深 0-10 m の海底で約 1-2m の侵食や数+ cm - 1 m 程度の堆積が起きたことが分かっている(有働ほか, 2013).津波堆積物の厚さは巨視的には内陸に向かって薄くなるが(e.g. Fujino et al., 2010),これは 主に浸水深の減少を反映していると考えられる(Goto et al., 2014).

津波堆積物の粒度は供給源の堆積物に左右され,泥を主体とするものもあれば礫で構成されるもの もあり,場合によっては巨礫を伴う(e.g.藤野,2012; Yamada et al., 2014). 堆積構造は平行葉理,級 化構造を示すものや塊状のものが多いが,複数回の波の浸入を反映した級化ユニット構造(Nanayama and Shigeno, 2006; Naruse et al., 2010)を持つものもある. このように露頭スケールでの津波堆積物の 特徴は非常に多様であることが分かってきた. したがって地層中で古津波堆積物を識別する際には堆 積相だけを根拠にするのではなく,含有化石や化学的指標など他の証拠もそろえることが重要となる.

現世の津波堆積物を研究する主な理由は過去の津波に関する情報を可能な限り詳しく地層から得る ためである.古津波堆積物は過去の地震・津波の発生時期を調べるのによく用いられてきたが,近年 では古津波堆積物の分布範囲と浸水計算を組み合わせて地震の規模を推定する研究(e.g. Sawai et al., 2012; Namegaya and Satake, 2014) や,古津波堆積物形成前後の地殻変動を検出する研究(e.g. Sawai et al., 2004) も行われている.これらの研究は津波の波源となった過去の断層のずれについて情報を与 えており,減災のための基礎情報として貴重である.津波堆積物を地層中の目印として,過去の地震 や津波の発生様式を明らかにする研究は今後広く行われるようになるだろう.

引用文献

- Fujino, S., Naruse, H., Matsumoto, D., Sakakura, N. and Jarupongsakul, T., 2010, Detailed measurements of thickness and grain-size of widespread onshore tsunami deposit, southwestern Thailand. *Island Arc*, **19**, 389–398.
- 藤野滋弘, 2012, 陸上津波堆積物の多様な粒度, 層厚, 堆積構造. 堆積学研究, 71, 102-103.
- Goto, K., Hashimoto, K., Sugawara, D., Yanagisawa, H. and Abe, T., 2014, Spatial thickness variability of the 2011 Tohoku-oki tsunami deposits along the coastline of Sendai Bay. *Marine Geology*, **358**, 38–48.
- Namegaya, Y. and Satake, K., 2014, Reexamination of the A.D. 869 Jogan earthquake size from tsunami deposit distribution, simulated flow depth, and velocity. *Geophysical Research Letters*, **41**, 2297–2303, doi:10.1002/2013GL058678.
- Nanayama, F. and Shigeno, K., 2006, Inflow and outflow facies from the 1993 tsunami in southwest Hokkaido. *Sedimentary Geology*, **187**, 139–158.
- Naruse, H., Fujino, S., Suphawajruksakul, A. and Jarupongsakul, T., 2010, Features and formation processes of multiple deposition layers from the 2004 Indian Ocean Tsunami at Ban Nam Kem, southern Thailand. *Island Arc*, **19**, 399–411.
- Sawai, Y., Namegaya, Y., Okamura, Y., Satake, K. and Shishikura, M., 2012, Challenges of anticipating the 2011 Tohoku earthquake and tsunami using coastal geology. *Geophysical Research Letters*, **39**, L21309, doi:10.1029/2012GL053692.
- Sawai, Y., Satake, K., Kamataki, T., Nasu, H., Shishikura, M., Atwater , B.F., Horton, B.P., Kelsey, H.M., Nagumo, T. and Yamaguchi, M., 2004, Transient uplift after a 17th-century earthquake along the Kuril subduction zone. *Science*, **306**, 1918–1920.
- 有働恵子,田中仁,真野明,武田百合子,2013,東北地方太平洋沖地震津波による宮城県仙台湾南部 海岸の海浜変形特性.土木学会論文集 B2,69,1391–1395.
- Yamada, M., Fujino, S. and Goto, K., 2014, Deposition of sediments of diverse sizes by the 2011 Tohoku-oki tsunami at Miyako City, Japa. *Marine Geology*, **358**, 67–78.

日本海溝陸側斜面のタービダイトと津波堆積物との対比から探る 過去 4500 年の巨大地震発生履歴

Recurrence of earthquakes over last 4500 years indicated by correlation between turbidites in the Japan Trench inner slope and onland tsunami deposits

宇佐見和子・池原 研 (産総研・地質情報)・金松敏也 (海洋研究開発機構)・Cecilia McHugh (Queens College, C.U.N.Y.)

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

Cecilia McHugh (Queens College, C.U.N.Y.)

連絡先: 宇佐見 和子 (k-usami@aist.go.jp)

日本海溝陸側斜面の下部(水深 4000~6000 m 付近)には, mid slope terrace (MST) と呼ばれる幅 20 km 弱の深海平坦面が海溝軸に沿って続いている. 我々は,過去の日本海溝周辺海域を震源とする 地震の履歴を海底堆積物中のタービダイトの堆積間隔から解明する目的で,NT13-19次航海におい て MST の小海盆(調査範囲: 37.5~40°N, 143.5~144.16°E)から 24 本のピストンコアを採取した. 採取されたコア試料はすべて、珪藻質細粒堆積物からなる半遠洋性泥中に細粒タービダイトと考え られるイベント堆積物(粗粒層)を挟在する.これら粗粒層は周辺海域の地形および構成粒子から みて、地震時に採泥点近傍の斜面崩壊を起源として発生した混濁流により形成された可能性が高い と考えられる.この調査範囲においては、一般に約38.5°N付近より南部のコアにおいて比較的ター ビダイトの挟在頻度が高く,北部でやや挟在頻度が低い.調査海域北部(三陸沖)から採取された コアには、榛名伊香保テフラ(Hr-FP)および十和田中掫(To-Cu)の挟在が確認された.これらの 挟在深度から計算すると、調査海域北部の堆積速度は平均157 cm/kyr となり、この付近の水深2000 m 付近の堆積速度に比較して MST が数倍程度の速い堆積速度をもつことが明らかとなった. このこ とは、MST におけるイベント堆積物の保存ポテンシャルを高めていると考えられる.調査海域北部 におけるタービダイトの詳細な堆積年代を決定するため、放射性炭素年代測定および残留磁化測定 結果の検討を行った. バルク有機物を用いた放射性炭素年代値のプロットは, コア深度にほぼ比例 して直線的な増加を示したものの, Hr-FP テフラの前後において測定した年代は、テフラの噴出年 代に比較して 2000 年程度古い年代値を示した.一方,残留磁化測定結果については,偏角および伏 角に表れる地磁気永年変化(paleomagnetic secular variation)がコア間対比や堆積年代推定に100年程 度の精度で使える可能性が示された.特に PC08 (39°16.4'N, 143°56.7'E) および PC10 (39°07.2'N, 143°54.2'E)の2本のコアでは、コア下限でそれぞれ BC 3000, BC 4000 付近までの比較的明瞭な記 録が得られ、この記録を基準にして推定したタービダイトの堆積年代は、20km 弱の距離がある2 本のコア間で一致した. さらに、これらのタービダイト堆積年代を、三陸海岸—石巻平野—南相馬 地域にかけて報告されている陸上津波堆積物の年代と対比したところ、特に三陸海岸からの年代と ほぼ整合的な結果が示された. このことから,調査海域北部のタービダイトは,基本的に三陸沖日 本海溝周辺を震源とする巨大地震を記録していると考えられる.

ルミネッセンス年代の堆積学への貢献

Contribution of luminescence dating to sedimentology

田村 亨 (産業技術総合研究所地質調査総合センター)

Toru Tamura (Geological Survey of Japan, AIST)

連絡先:田村 亨 (toru.tamura@aist.go.jp)

1. はじめに

ルミネッセンス年代は、堆積物粒子の埋積時間に応じて上昇するルミネッセンス強度の測定に基づ いて求める堆積年代である.その長所は、何より普遍的に存在する石英・長石粒子に直接適用できる こと、さらには数十年~数十万年前と非常に広い適用範囲を持つことである.第四紀後半の堆積物は 重要であり、ルミネッセンス年代は、堆積学にとって非常に親和性の高い手法である.ルミネッセン ス年代が実用的に使われているのは過去15年ほどの間で、現在では世界でかなり広範に応用されて いる一方、日本国内での適用は遅れている.ここでは、堆積学に対するルミネッセンス年代測定の貢 献として、これまでの展開、日本国内での問題点、今後の展望について述べる.

2. 露光とルミネッセンス年代の適用対象

ルミネッセンス年代測定が適切に機能するには、堆積物粒子が埋積の前に十分に太陽光に露光し、 余剰のルミネッセンス信号がリセットされていることが必要である.このため従来は、砂丘、レスと いった風成堆積物や、海浜、干潟の海岸堆積物が主な適用対象であり、海岸線や砂漠などの乾燥地形 の発達過程の解明に貢献してきた.

一方,露光の問題は堆積物の年代が古くなるほど小さくなる.例えば,不完全な露光の結果として 余剰のルミネッセンス信号を1000年程度持つ堆積物があるとする.その堆積物が1000年間埋積され た場合は,ルミネッセンス年代で2倍もの過大評価になる.一方,12万年間埋積されれば余剰の信号 の影響は1パーセントに満たず,誤差が5~10パーセントのルミネッセンス年代では無視できる.ま た,単粒子ごとのルミネッセンス信号を測定し,余剰の信号を持たない粒子のみのデータを選別して 年代の過大評価を避ける手法も存在する.

3. 後期更新世堆積物への適用

カリ長石に対する pIRIR 年代とよばれるルミネッセンス年代の手法は、比較的最近発展したものだ が、石英の適用限界である 10 万年前をこえ、約 50 万年前までの適用が可能である.日本列島各地に は時代未詳の第四紀の海成・河成段丘が数多く存在するが、pIRIR 法の適用により編年が飛躍的に進 む可能性がある.特に、関東平野をはじめとする海成段丘では、過去にも盛んに行われた堆積相解析 やシーケンス層序学との組み合わせにより、地域の地殻変動や間氷期の海面変動など様々な理解が進 展していく可能性がある.

4. 日本国内の問題点

これまでルミネッセンス年代測定の適用が日本国内で進まなかったのは、年代測定に不向きなルミ ネッセンス特性を持つ石英が多いためである.これは日本列島固有の問題ではなく、北米および南米 の太平洋岸など、変動帯に特有の傾向である.そのような地域でも、カリ長石のルミネッセンス年代 は有効であることが多い.ただし、長石はアノーマラスフェーディングという現象の補正を必要とし、 理想的な石英よりも信頼性が低い.日本の石英でも年代測定に有用な信号成分を分離することで機能 する場合もあり、石英と長石両方の活用に取り組んでいくべきである.

5. 堆積物運搬の推定

最近の展開として、表層付近の堆積物粒子に残る余剰のルミネッセンス信号に基づき、海底谷や河 川において粒子が経てきた運搬過程を探求する試みもある。例えば、カリ長石のルミネッセンス信号 でも、光刺激を与える際の加熱温度により、様々な種類のものを得ることができる。基本的に加熱温 度が高い場合のルミネッセンス信号は露光のリセットにより長い時間がかかる。こうした信号を組み 合わせることで、運搬速度などを求める試みもなされている。ルミネッセンスに基づく堆積物運搬過 程の推定は、比較となる他の年代測定や多くの仮定が必要なものもあるが、確立すれば堆積学の発展 に直結する手法になるであろう。

首都圏の地下層序と3次元地質地盤図:千葉県北部を例に Subsurface stratigraphy and 3D geologic map in the metropolitan area: An example of the northern part of Chiba Prefecture

中澤 努(產業技術総合研究所)

Tsutomu Nakazawa (Geological Survey of Japan, AIST)

連絡先:中澤 努(t-nakazawa@aist.go.jp)

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震以降,市民の地盤への関心が高まり,ボーリングデータをはじめとす る都市部の地質地盤情報の重要性が再認識されている.よく知られた土木・建築工事のボーリング データ(土質ボーリング柱状図)は工学分野での利用を想定したものであるが,大量のデータが存在 することから,都市平野部地下の広域の地質構造や層相分布を把握するにも有用である.また,平野 部の地下地質を2次元の地質図で表現するのは限界があるが,最近は3次元解析表示技術の進歩が著 しく,地層の分布形態も3次元で表現することが可能になってきた.今回は,産総研の研究プロジェ クトとして,千葉県北部を対象に実施している,ボーリングデータを利用した3次元地質地盤図作成 の試みについて紹介する.

2. ボーリングデータベースとデータ形式

近年,土木・建築工事のボーリングデータは,国・自治体等により電子データとしてデータベース 整備されるようになってきた.現在,デファクトスタンダードになっているボーリングデータ形式は, 国交省が定める電子納品のボーリング交換用データ形式,通称,JACIC様式 XML である.最近はこの 形式のボーリングデータを格納したデータベースが整備されることも多くなったが,現状では,さま ざまな形式のデータが存在する状況にある.今回の千葉県北部の検討では大量のボーリングデータを 処理する必要から,別の形式のボーリングデータを JACIC様式 XML ファイルに変換する作業を実施し ている. 紙資料あるいは PDF ファイルのみの場合は手作業でデータ入力し XML ファイルを作成してい る.

3. 層序ボーリング調査

ボーリングデータは土木・建築工事の工学的用途をもとに得られたデータであるため、標準貫入試 験等の物性データが含まれるが、層相記載は至って簡素であり、これだけでは地層の対比は困難な場 合が多い.そのため独自に層序ボーリング調査(基本はオールコアサンプリング、PS 検層、密度検 層)を実施し、対比の軸となる基準ボーリングデータを整備していくことが必要である.ボーリング データの対比は、基準ボーリングデータを軸とし、それを既存のボーリングデータと比較検討しなが ら手作業で実施している.

4. 千葉県北部の地質学的トピック

現在,3次元地質地盤図の試作を行っている千葉県北部は,関東平野を構成する地層が模式的に分 布する地域といってよい.この地域の地質のトピックとしては以下の3つが挙げられる.層序ボーリ ング調査地点はこれらのトピックを考慮し選定している.

1) 更新統下総層群の広域の地質構造

下総層群は東京湾側に向けて累積的に傾動していることが知られているが、下総層群が露出する地域 ではそれが確認されているものの、地下に埋没する地域では実際には層序・層相の詳細な情報はほと んどなかった.今回、柏市、船橋市、千葉市で層序ボーリング調査を行い、堆積サイクルとテフラの 検討をしたことで、船橋市付近の湾岸地域を中心とした盆状の構造の詳細が明らかになりつつある.

2) 下総層群木下層の谷埋め堆積物:台地の下の軟弱泥層

木下層は局所的に谷埋め状の内湾堆積物を伴うことが知られているが,大部分は地表に露出しないた め,分布及び層相の詳細は不明であった.今回,既存ボーリングデータ等に基づき,柏から印西,成 田にかけて東西に細く延びる分布を推定し,これをもとに層序ボーリング調査を実施した.谷埋め堆 積物は泥質堆積物を主体とするが,これまでの調査で,外洋側(東側)ほど砂を多く含み,内陸側

(西)では含泥率がほぼ100%の軟弱な泥層となることが明らかになった.台地の地下にこのような軟弱層が分布することは都市地盤の盲点といえる.

3) 東京湾岸低地の沖積層と埋め立て層(本大会の宮地ほか講演を参照)

東京湾岸低地は先の地震の際に液状化被害で話題になった.湾岸低地の浅層は沖積層と埋め立て層からなるが,沖積層の層相・層厚が上位の埋め立て層の液状化にどの程度影響を与えているか興味深いところである.また,この地域の埋め立ては沖合の底質を利用するサンドポンプ工法により施工されたことから,埋め立て層が自然層のような層相を呈し,両者の区分が難しい.埋め立て層を区分・認定する方法を堆積学的な観点から提示していく必要がある.

5.3次元地質地質地盤図

3次元地質地盤図作成にあたり、まず地層境界面の位置情報(緯度経度,標高)のデータセットを 作成した.今回は、ボーリングデータだけでなく、既存研究の露頭柱状データも利用している.次に この位置情報をもとに、野々垣ほか(2008)の手法を用いて境界面の形状を推定し、サーフェスモデル を構築した.そして最後にサーフェスモデルを地形データ(標高及び地形区分)と統合することで3 次元地質地盤図を作成した.また、3次元地質地盤図をウェブ上で閲覧するシステムも構築した.こ のシステムでは、2次元地質図をベースに表示し、任意の測線の断面図を表示したり、対象区域を メッシュ区分し、メッシュごとに3次元モデルを表示したりすることができる.また、3次元モデル 作成に用いたボーリングデータを閲覧する機能も備えている(本大会の野々垣ほか講演を参照).

文献

野々垣進・升本眞二・塩野清治(2008)3次 B-スプラインを用いた地質境界面の推定. 情報地質,19, 61-77.

海底地すべりの発生要因:日高前縁堆積盆の例

Factors for initiation of submarine landslides: An example from the Hidaka foreland basin

野田 篤 (産業技術総合研究所地質調査総合センター)

Noda, Atsushi (Geological Survey of Japan, AIST)

連絡先:野田 篤 (a.noda@aist.go.jp)

海底地すべりは海底における主要な堆積物輸送様式の一つであり、その発生・移動・堆積のプロセスは地球表層の物質循環を理解する上で非常に重要である。ここでは、現世の日高前縁堆積盆を例に、 海底地すべりの発生要因について議論する。日高前縁堆積盆は、東北日本弧と千島弧との境界付近に 位置する幅 120 km、長さ 150 km の半楕円形の堆積盆であり、その東側には日高山脈、北側には石狩 低地、北西~西側には活火山のある渡島半島や尻屋崎がある。現在の本海域の海水は、津軽海峡を通 じて供給される暖流系の海水(津軽暖流)と寒流系の海水(親潮)との混合水であるが、津軽海峡が 離水していた低海水準期には親潮水のみで満たされていたとされる。

この堆積盆における現世堆積作用を調べるために,海底地形調査・音波探査・コア試料採取を 2004 年と 2006 年に実施した.音波探査記録は,堆積盆の東縁に断層と褶曲が密に発達していること,背 斜周辺に音響的な空白域や海底疑似反射面 (BSR) が存在することを示した.さらに,泥火山と推定 される地形的な高まりや脱水・脱ガスを示唆する地下構造も確認された.海底地すべり堆積物は堆積 盆の広範囲に分布し,かつ何層にも重なり合う様子が観察された.海底地すべり堆積物の長さは 10-60 km,幅は 5-30 km程度,厚さは概して 30 m以下,傾斜は 0.24-0.82°である.海底の表層堆積物は 主に粘土質シルトからなり,珪藻遺骸や軽石質火山灰粒子を多く含む.堆積盆の東側斜面から採取し たコアは,最終氷期以降の堆積速度が 80 cm/kyr以上であったことを示した.

海底地すべりは、それまで安定であった斜面が不安定になったときに発生する。斜面の安定性は、 すべり面に作用する斜面下方への駆動力とそれに対する抵抗力のバランスで決まる。駆動力の増加要 因は堆積物の厚層化(実効垂直応力の増加)・斜面傾斜の増加・地震時の振動(斜面下方への加速度 の増加)であり、抵抗力の減少要因は過剰間隙水圧の上昇である。特に、地震による振動は駆動力を 増加させると同時に、火山灰層や砂質堆積物の空隙率を減少させて水を放出する液状化現象によって 過剰間隙水圧を上昇させる。無限遠斜面を仮定した斜面安定度解析では、過剰間隙水圧比(実効垂直 応力に対する過剰間隙水圧の比)が0.5以上であれば、重力加速度に対する地震動の最大加速度の比 (k)が0.2以下であっても、斜面が不安定になると推定された。周辺海域ではプレート沈み込みに よって M7-8 クラスの海溝型地震が発生しており、これらが海底地すべりを起こす可能性がある。ま た、最も不安定な深度は海底下 10-20 m付近にあり、これは海底地すべりを起こす可能性がある。ま た、最も不安定な深度は海底下 10-20 m付近にあり、これは海底地すべり堆積物が概して薄いことと 調和的である。温度—圧力変化によるガスハイドレートの分解も、過剰間隙水圧を上昇させる要因と なる。100 m 程度の海水準低下による圧力減少は、本海域では水深 400-500 m の海底面付近のガスハ イドレートを不安定化させる。また、海水準上昇期であっても、海底面付近の海水温上昇が 2°C 以上 あれば、水深 450 m 付近のガスハイドレートが不安定化することが分かった。これらの水深は海底地 すべり発生域とほぼ一致する。

海底地すべりの危険度を具体的に評価するためには、海底堆積物の物理的性質やすべり面の実態に ついての情報が不可欠である.本海域では海底地すべり発生域の斜面傾斜が小さいことから、過剰間 隙水圧の役割が特に重要であると推測されるが、その具体的なデータはない.すべり面に到達するコ ア試料を採取すること、現地観測を含めて堆積物の諸性質を知ることが、海底地すべりのさらなる理 解へつながると考える.また同時に、海底下での液状化やガスの役割についても解明する必要がある.

四国海盆掘削試料の凝灰岩・砂岩組成と FT 年代から推定した西南日本の 15 Ma 以降

の火成活動史とテクトニクス

Volcano-tectonic evolution of southwest Japan since 15 Ma inferred from mineral composition and fission-track dating of tuffs and sandstone of drilled sedimentary rocks in the Shikoku Basin

中嶋 健(産総研)・檀原 徹・山下 透・岩野英樹(京都フィッション・トラック)・小田啓邦 (産総研)・金松敏也(海洋研究開発機構) Takeshi Nakajima (AIST), Tohru Danhara, Tohru Yamashita, Hideki Iwano (Kyoto Fission-Track Co. LTD.), Hirokuni Oda (AIST), Toshiya Kanamatsu (JAMSTEC) 連絡先:中嶋 健 (takeshi.nakajima@aist.go.jp)

1. はじめに

中期中新世以降の西南日本とフィリピン海プレートのテクトニクスと火成活動の起源については、 「プレート三重点固定仮説」と「プレート三重点移動仮説」との間で論争が続いて来た(Kimura et al., 2014). 特に室戸沖四国海盆の ODP 掘削地点の中期~後期中新世砂岩中の砕屑性ジルコンから中国 大陸起源と考えられる特徴的な 800 Ma や 1800 Ma の U-Pb 年代(Clift et al., 2013)が報告されてから は、15 Ma 以降にも四国海盆と伊豆弧を含むフィリピン海プレートが時計回り回転を続けたとする 「プレート三重点移動仮説」に基づく解釈が有力となっている(Clift et al., 2013, Pickering et al., 2013; Kimura et al., 2014). 本研究は、「ちきゅう」による IODP NanTroSEISE 地震発生帯掘削の第 322 次 航海により、熊野沖四国海盆で行われた二つの掘削坑の凝灰岩と砂岩の挟在、鉱物組成及びフィッ ション・トラック年代測定の結果により、15 Ma 以降の西南日本の火成活動史とテクトニクスに新た な制約を与えることを目的とした.

2. 凝灰岩と砂岩の堆積史と起源

①15-14.5 Ma に,掘削地点には流紋岩質~安山岩質の様々な組成の多量の凝灰岩の堆積があった.古 地理を考慮すると給源は南九州から琉球弧と推定され,西南日本の回転と南進に起因するフィリピン 海プレートの急速な沈み込みに呼応した火山活動の可能性がある.

②14.5-10.5 Maには凝灰岩の堆積が減少する一方,12 Ma頃までは四国海盆には広大な海底扇状地砂 岩が堆積した.砂岩の鉱物組成と砕屑性ジルコンのフィッション・トラック年代測定の結果,砂岩の 起源が熊野酸性岩とそれ以外の西南日本内帯または外帯であることを示唆し,15 Ma頃に貫入した熊 野酸性岩が急速に隆起削剥を受け,熊野酸性岩起源の砂が14.2 Maまでには掘削地点に到達したこと を示唆した.

③10.5-8 Ma には凝灰岩と砂岩の堆積が全くなく、半遠洋性堆積物の堆積速度が半減したことから、 西南日本の火成活動とテクトニクスが静穏であったと考えられ、フィリピン海プレートの沈み込みの 停止を示唆している.

④8-7 Maには伊豆弧起源とみられる安山岩質凝灰岩~玄武岩質スコリアが増加し、中部日本起源かと

推定されたチャネル状の火山砕屑性砂岩とシート状の凝灰質砂岩が堆積した(Pickering et al., 2013).

⑤7-5.5 Maには再び凝灰岩の堆積が乏しく、火成活動の静穏化を示唆している.

⑥5.5 Ma から凝灰岩の挟在は急増し、この時期に報告されている西南日本の火成活動の急増と一致し、
 6 Ma 頃のフィリピン海プレートの沈み込みの再開(Kamata and Kodama, 1994)を示唆している.

3. 考察

本研究の結果は、15 Ma 以降にも掘削地点が九州南方にあったとする「プレート三重点移動仮説」 による解釈(Pickering et al., 2013)とは不調和で、当時既に同点が紀伊半島南方にあったことを 示すことから、むしろ「プレート三重点固定仮説」を支持する.すなわち若い四国海盆の急速な沈み 込みにより中期中新世の西南日本外帯・瀬戸内の火成活動が生じたとともに、伊豆弧が15 Ma 頃まで に中部日本のほぼ現在の位置に衝突を開始したとする説(Kimura et al., 2005; Tatsumi, 2006)で ある.このことから、伊豆弧が17 Ma から12 Ma にかけて九州から現在の位置まで西南日本弧に衝突 しながら東に移動しつつ、西南日本外帯・瀬戸内火成活動を引き起こしたとする説(Kimura et al., 2014)についても再考が必要である.また、本研究は10.5-6 Ma にフィリピン海プレートが沈み込み を停止し、その後沈み込みが再開した可能性があることを示唆する.

さらに本研究では、海底扇状地の発達と西南日本のテクトニックな隆起が良く呼応していることを 示しており、世界的規模の海水準変動が四国海盆の海底扇状地の堆積を規制していたとする従来の見 解(Pickering et al., 2013)にも見直しを迫る結果を提示している.

文献

- Clift, P. D., A. Carter, U. Nicholson, and H. Masago (2013), Zircon and apatite thermochronology of the Nankai Trough accretionary prism and trench, Japan: Sediment transport in an active and collisional margin setting, *Tectonics*, 32, 377-395
- Kamata, H., and K. Kodama (1994) Tectonics of an arc-arc junction: an example from Kyushu Island at the junction of the Southwest Japan Arc and the Ryukyu Arc. *Tectonophysics*, 233, 69-81.
- Kimura G., Y. Hashimoto, Y. Kitamura, A. Yamaguchi, and K. Hiroaki (2014), Middle Miocene swift migration of the TTT triple junction and rapid crustal growth in southwest Japan: A review. *Tectonics*, 33, 1219-1238.
- Kimura J.-I., R. J. Stern, and T. Yoshida (2005), Reinitiation of subduction and magmatic responses in SW Japan during Neogene time. Geol. Soc. Am. Bull., 117(7-8), 969-986.
- Pickering, K. T., M. B. Underwood, S. Saito, H. Naruse, S. Kutterolf, R. Scudder, J.-O. Park, G.F. Moore, and A. Slagle (2013), Depositional architecture, provenance, and tectonic/eustatic modulation of Miocene submarine fans in the Shikoku Basin: Results from Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment, *Geochem. Geophys, Geosyst.*, 14, 1722-1739.
- Tatsumi, Y. (2006), High-Mg andesites in the Setouchi Volcanic Belt, Southwestern Japan: Analogy to archean magmatism and continental crust formation? Annu. Rev. Earth. Planet. Sci., 34, 467-499.

カディス湾の泥質コンターライトの特徴

Characterization of muddy contourites from the Gulf of Cádiz

西田尚央 (産業技術総合研究所)

連絡先:西田尚央(n.nishida@aist.go.jp)

底層流によって形成されるコンターライトは、半遠洋性/遠洋性泥や重力流堆積物とならぶ代表的な 深海堆積物である. コンターライトを形成する底層流の発達は, 深海域での物質輸送システムの一部 を担っているとともに、気候変動や海水準変動あるいは地域的なテクトニクスと密接に関係する.し たがって、それらの特徴を理解するうえで、深海底堆積物からコンターライトを的確に識別し、その 時空間的分布様式を明らかにすることは重要である.一般に,コンターライトの岩相は,上方粗粒化 と上方細粒化を繰り返すことや、生物擾乱の発達によって特徴づけられる。しかし、岩相の特徴のみ に基づいて、特に、泥質コンターライトを半遠洋性泥から識別することは困難である.このため、本 研究では、微細組織に注目して泥質コンターライトの特徴について検討した.対象としたのは、IODP Exp. 339 によってカディス湾の6サイト(水深 577-1085 m)から採取された泥質コンターライトである. また、イベリア半島西方沖の1サイト(水深 2589 m)から採取された半遠洋性泥も比較のために検討 した.船上での分析によると、泥質コンターライトは主に石英、カルサイト、イライトで構成され、 半遠洋性泥は主に石英とカルサイトで構成される.本研究では、各試料について、粒度分析、帯磁率 異方性 (AMS) の測定, および微細組織の観察を行った. このうち微細組織の観察については, いずれ の試料も含水状態であったため、はじめに t-ブチルアルコール置換法による凍結乾燥処理を行った. このうえで, 走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて垂直断面を観察した. 粒度分析の結果, 泥質コンター ライトの中央粒径は 4.39-15.8 μm で,半遠洋性泥は 3.03-6.38 μm であった.また,AMS 測定の結果, 異方性の大きさを示す P' はいずれも 1.06 より小さかった. 一方, 異方性の形を示す T は, 泥質コ ンターライトが -1 から +1 の間の値を示すのに対して, 半遠洋性泥は 0 より大きい値を示した. SEM を用いた微細組織の観察の結果,泥質コンターライトは,最大 50 µm 程度のシルトによって主に構成 され, 10-35 µm の平板状のシルトが層理面に対して平行かおおよそ平行に配列することが認められた. また,一部の試料は 100 μm を超えるシルトが卓越することで特徴づけられる.一方,半遠洋性泥は, Gephyrocapsa spp. をはじめとする石灰質ナノプランクトンが卓越する場合と,最大 50 µm 程度のシル トおよび粘土粒子の端一面あるいは端一端接触で特徴づけられるランダム配列が認められる場合があっ た. また, 一部で 10-35 µm の平板状のシルトがランダムに配列することが観察された. したがって, 粒度, AMS, 微細組織それぞれについて, 泥質コンターライトと半遠洋性泥では異なる特徴を示すこ とが明らかとなった。特に、泥質コンターライトの微細組織の特徴は、弱い流れのもと速い堆積速度 で形成されたことを示す可能性が考えられる.ただし、微細組織の特徴は、堆積プロセスだけでなく、 組成や粒度の条件も反映していると考えられる.例えば、粒度が粗い場合は泥質コンターライトと半 遠洋性泥で特徴が類似する.したがって、泥質コンターライトを識別するためには、微細組織だけで なく粒度や AMS など複数の特徴を含めて総合的に検討することが重要と考えられる.

デルタ前置層の周期的成層構造のオートジェネシスに対する波浪の影響

Effect of waves on autogenesis of delta foreset bedding

関ロ智寛(筑波大学アイソトープ環境動態研究センター) 武藤鉄司・田邊一歩(長崎大学水産・環境科学総合研究科) Tomohiro SEKIGUCHI (CRiED, Univ. of Tsukuba), Tetsuji MUTO, Kazuho TANABE (Nagasaki Univ.) 連絡先:関口智寛 (E-mail: Sekiguchi@ied.tsukuba.ac.jp)

デルタ頂置層上の河川においてサイクリックステップが発達する場合、すなわち跳水が時間的周期 性をもって河口付近に発生し、上流へと移動していく場合、その痕跡がデルタ前置層の周期的成層構 造として残され得る(Muto et al., 2012)。本研究ではデルタ前置層におけるこのようなオート ジェネティックな成層構造形成過程に対し、波浪が影響するか否かについて水路実験により検討した。

実験では筑波大学アイソトープ環境動態研究センターの二次元造波水路(長さ 20 m×幅 50 cm×深 さ 50 cm)水平部に長さ 400 cm×幅 4 cm×深さ 50 cmのアクリル開水路を設置し、アクリル水路内に 波浪影響下にあるデルタを生成した。内部構造を可視化するために実験砂としてホワイト砂(粒径 0.1mm、給砂量 2.5g/s/cm) とグリーン砂(粒径 0.2 mm、給砂量 1.5 g/s/cm)の混合砂を用い、これ を水(流量 35.0m1/s/cm)と共に水路岸側端から供給した。水深 20 cm とし、周期 0.9-2.5 s、波高 0.8-8 cmの波浪を作用させた。各実験においては波浪条件以外の条件を統一した。

波浪条件にかかわらず、河川地形、すなわち河川(頂地層面)の傾斜、跳水の出現周期(35-40 秒)、移動速度(およびサイクリックステップの波長)に大きな違いは見られなかった。また、デル タの前進速度は全実験でほぼ同一(約1 mm/s)であった。一方で、海浜地形および前置層相当層の構 造は以下のように波浪の影響を強くうけた。(1)波高が大きい波浪を作用させるほど前置層の傾斜 が緩やかになる傾向がある。(2)海浜にバームを発達させる堆積性の波を作用させた場合、引き波 限界(ステップ)付近に粗粒砂が集中する。(3)沿岸砂州を発達させる侵食性の波を作用させた場 合、特に波高が大きい場合には沿岸砂州の移動により前置層相当層が形成された。

各実験終了後の側方写真を用い、画像の明度を粒径分布の指標として内部構造の空間的周期性について解析したところ、いずれの実験においても 7-9 mm および 35-40 cm 間隔の空間的周期性が認められた。前者の成因については検討の余地が残されているものの、後者については跳水の出現時間周期 およびデルタの前進速度から推測される空間的周期性と整合的である。すなわち、少なくとも本実験 の条件範囲においては、波浪の影響下であっても、サイクリックステップの発達によるオートジェネ ティックな成層構造がデルタ前置層に残されていたと考えられる。

<文献>

Muto, T., Yamagishi, C., Sekiguchi, T., Yokokawa, M. and Parker, G., 2012, The hydraulic autogenesis of distinct cyclicity in delta foreset bedding: Flume experiments. Journal of Sedimentary Research, 82, 545-558.

岩手県広田湾のコア試料から津波堆積物を検出する試み

An attempt to detect tsunami deposits formed on the Hirota Bay floor, Iwate Prefecture

松本 弾 (産業技術総合研究所)

Dan Matsumoto (GSJ, AIST)

連絡先: 松本 弾 (dan-matsumoto@aist.go.jp)

近年,過去の津波の発生頻度や規模を解明するために,海岸平野において津波堆積物を見出す調査 研究が数多く行われてきた.一方,岩手県から宮城県北部にかけての太平洋側にはリアス式の三陸海 岸が発達し,急峻な山地が海岸付近まで迫り平野部が極めて狭い.このような地域では,従来行われ てきたような陸上で津波堆積物を広く面的に追跡する調査を行うことが難しい.岩手県南部の広田湾 では,坂本ほか(2013)などの先行研究が,2011年東北太平洋沖地震に伴う津波と,2011年以前の イベント堆積物が海底から2mまでの表層付近にみられることを報告している.本研究では三陸海岸 のような場所で津波の発生頻度や規模の推定を行うことができるか検討するために,広田湾において 柱状試料採取を実施し,試料中から津波堆積物を検出することを試みた.

広田湾には 0.5 度程度の緩斜面を持ち,湾奥の気仙川から連続する U 字状の谷筋が発達する.調 査は谷筋中央に沿った 5 地点(水深 28-42 m) で実施した.各地点ではバイブロコアラー・マルチプ ルショートコアラー(アシュラ)・グラブ採泥器よる試料採取を行った.バイブロコアラーでは掘削 長4 m 前後のロングコア試料を採取した.また表層付近の堆積物を擾乱の少ない状態で採取するため, アシュラによるショートコア試料(最長 26 cm)の採取を行った.さらにグラブ採泥器によって現世 の生物群集解析用の試料を採取した.得られた各試料に対し適宜記載・剥ぎ取り・軟 X 線撮影や,粒 度分析・γ線分光分析・¹⁴C 年代測定などの分析を行った.

各ロングコア試料は主に泥質堆積物からなり,全体的に細かい貝殻片が散在する層相を示す.泥 質堆積物中には厚さ数~数+ cm の貝殻層が複数枚挟まれる.これらの貝殻層は浸食的基底面を持ち, 逆級化や級化構造がみられることがあり,級化構造の上部にはしばしば植物片濃集層がみられる.ロ ングコア試料のトップは採取工程時に乱されることがあることから,ショートコア試料と対比しなが ら観察した結果,海底表層付近には厚さ数~+数 cm の細粒~極細粒砂層があることがわかった.こ の砂層はシャープな基底を持ち,薄い泥層でキャップされる.これらの貝殻層及び砂層は津波などの イベントにより形成された堆積物と考えることができる.

¹⁴C年代測定の結果,ロングコア基底付近では約7000-10000 cal BP,トップ付近の砂層直下では 約500-900 cal BP という値が得られた.またトップ付近の砂層の上下の泥質堆積物を対象にγ線分光 分析を実施した結果,砂層の上位で検出された Cs-134(半減期約2年)が砂層の下位で測定限界以 下の濃度であった.これはトップ付近の砂層が2011年の津波によって形成されたことを示唆する. コア中に認められる複数の貝殻層はトップ付近の砂層と層相が異なるが,これらの層が津波堆積物で あるかどうかについては,内湾底における津波の堆積過程とともに今後検討する必要がある. 引用文献

坂本泉ほか,2013,三陸沿岸域で見られる海底地形と津波起源堆積物の特徴 岩手県広田湾・唐丹 湾・越喜来湾の例.日本地球惑星科学連合2013年大会要旨,MIS25-01.

愛知県矢作川蛇行州の GPR 探査反射断面(予報)

Internal structures of a point bar revealed by GPR survey, the Yahagi River, central Japan

岡崎浩子(千葉県立中央博物館)・郭 栄珠((独)土木研究所)・

田村 亨((独)産業技術総合研究所)

Hiroko Okazaki (Natural History Museum & Institute, Chiba), Youngjoo Kwak (PWRI) and Toru Tamura (AIST)

連絡先: 岡崎浩子 kohiroko@chiba-muse.or.jp

1. はじめに

愛知県岡崎市矢作川で GPR 探査をおこなった. 調査地点は矢作川(流路長 118km)の河口より約 26.5kmの平野部である. この地点の流路は川幅約 350m で屈曲している. 調査対象はその凸岸側に形 成された蛇行州である. 砂州の長さは約 800m,幅は 160m で,中礫まじりの極粗粒砂からなる. GPR 探査 は 2015 年 1 月に 250MHz のアンテナを用いて縦断方向を 3 側線,横断方向に 6 側線をとった.

2. 調査結果

(1) 表面地形

地形面の高さや河床物質,表面微地形から,調査を行った砂州は上流部,中央部,側方部の大きく 3つの区域に区分される(図A).

上流部は,砂州の上流側から側方にのび,中央部よりも比高がやや低い面を形成する(図 C).表 面は比較的平坦で上流端は礫が多い.砂州の側方では,中央部との間において渇水時に干上がる程度 の細長く浅い流路がみられる.中央部は,高位面を形成し下流方向にも流路方向にも高さを下がる. 中央部の上流域では流向に平行にのびる線状の礫列がみられ,中一下流域では,三次元デューン(波 長約 5-11m,波高約 0.4-0.7m)が発達する.側方部は,砂州の中央側方から下流域にかけて細長く延 び,比高の低い平坦面を形成する(図 B).砂がちである.

(2) GPR 探査結果

反射断面に認められる主な反射面は、傾斜反射面、平行反射面、トラフ状反射面でそれぞれフォー セット層理、平行層理、トラフ型斜交層理に対応すると考えられる.また、上記でわけた3区域はこ れらの反射面でも特徴づけられる.上流部では、縦断面で下流方向に傾くフォーセット層理(図Ci)が、横断方向では不明瞭な平行層理がみられる.中央部では、平行層理の上位に三次元デューン の内部構造と考えられる層理が認められる(図C-ii, B-i).側方部では、縦断面で下流方向に傾く フォーセット層理が、横断面で、異なる方向に傾くフォーセット層理や平行層理、トラフ型斜交層理 などがみられる(図B-ii).

3. 考察

高位面をつくる中央部は平行層層理の上に三次元デューンが重なり、上方埋積が認められる.上流 部や側方部では砂州の下流方向への移動が認められる.したがって、この蛇行州は中央部を主体(コ ア)として、その上流部や側方部が侵食・付加して形成されたと考えられる.



図 A 蛇行州とその地形区分. B 横断方向の地形断面と GPR 反射断面 (i) 中央部, (ii)側方部. C 縦断方 向の地形断面と GPR 反射断面 (i)上流部, (ii)中央部.

千葉県北西部湾岸地域の沖積層埋没谷の復元

Basal topography of the Alluvium under the bay area of northwestern Chiba Lowland,

central Japan

宮地良典・小松原純子(産業技術総合研究所地質情報研究部門)・ 風岡修・吉田剛(千葉県環境研究センター) MIYACHI Yoshinori, KOMATSUBARA Junko (Institute of Geology and Geoinformation, AIST), KAZAOKA Osamu, YOSHIDA Takeshi(Research Institute of Environmental Geology, Chiba)

連絡先: 宮地良典 (y-miyachi@aist.go.jp)

産総研では、首都圏の地層が模式的に分布する千葉県北西部において、独自の層序ボーリング調査 と既存の土質ボーリングデータをもとに、3次元地質地盤図の作成を試みている(中澤、本大会). 千葉県北西部の東京湾岸低地では、東日本大震災の際に深刻な液状化被害が発生し話題となった.液 状化は主に埋め立て層で生じるが、埋め立て層の液状化の発生には下位の沖積層の層厚が関係してい る可能性がある(千葉県環境研究センター 2011 など).今回、独自に実施した層序ボーリングの調 査結果と千葉県が整備を進めているボーリングデータベース「千葉県インフォメーションバンク」の ほか、内湾臨海部土質調査資料集(千葉県開発庁臨海開発局、1974a,b)、船橋市、千葉市及び習志野 市の所有するボーリング資料を参考に、沖積層が埋積する埋没谷地形の形状を明らかにした.

千葉県船橋市~千葉市の湾岸地域は、明治~大正期の地形図によると明治時代には千葉街道(国道 14 号線)あたりが海岸線で、これより海側は埋立地である.この地域の沖積層は、集水域も狭く、ま た基盤が更新統下総層群の砂層・泥層であり、沖積層もこれらの再堆積であるためボーリング資料か ら基底面の想定は難しい(小松原ほか、2014)が、層相のほかN値、色調などの記載から沖積層基底 を想定した.この地域にみられる主な沖積層の沖積層埋没谷は、北から船橋市三番瀬、習志野市茜浜、 千葉市幕張、稲毛及び港地区に見られる.

沖積層埋没谷の基底深度は,現在の海岸線周辺で(北から)40m以上(船橋市三番瀬),30m(習 志野市茜浜,千葉市幕張),40m(千葉市稲毛)そして25m(千葉市港)と考えられる. これらの 埋没谷の形状・深さについて講演する.

- 千葉県環境研究センター(2011)千葉県内の液状化-流動化現象とその被害の概要及び詳細分布調査結果,平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による千葉県内の液状化-流動化被害(第3報),25p.
- 千葉県開発庁臨海開発局(1974a)内湾臨海部土質調査資料集(1)A地区(浦安〜船橋)千葉県臨海開発局臨海計画課. 783p.
- 千葉県開発庁臨海開発局(1974b)内湾臨海部土質調査資料集(2)B地区(習志野〜袖ヶ浦)千葉県 臨海開発局臨海計画課. 1021p.
- 小松原純子・中島礼・納谷友規(2014)千葉県船橋市の埋立地における沖積層の堆積層と堆積環境. 日本地質学会2014年学術大会講演要旨, p. 53
- 千葉県インフォメーションバンク;<u>http://wwwp.pref.chiba.lg.jp/pbgeogis/servlet/infobank/</u> <u>index</u>を参照

03

深海堆積物の地球化学組成による堆積水深・堆積速度・運搬距離の推定方法:

イタリア、イオニア海を例として

Characterization of submarine canyon depth, sedimentation rate and transportation distance using sediment geochemical variation: A case study in northern Ionian Sea,

Italy

太田 亨(早稲田大学)・ペリー フランセスコ・クリテリ サルバトレ(カラブリア大学)

Tohru Ohta (Waseda University), Francesco Perri, Salvatore Critelli (University of Calabria) 連絡先:太田 亭 (tohta@waseda.jp)

南イタリアのイオニア海には、形態の異なる海底谷が発達する。本研究では、エサロ、ネト、コリ グリアノ海底谷の泥化学組成から海底地形・堆積環境を明らかにすることを試みた。泥の化学組成に 加えて、そのサンプル地点の水深・運搬距離を説明変数として主成分分析をおこなったところ、PC1, PC2, PC3 の3つの潜在変数が得られた。

PC1は、水深と非常に高い相関があり、採取地点の水深を表す潜在変数だと考えられる。また、 CaO, Sr などとも正の負荷量を持つので、深海環境では生物源の炭酸塩堆積物が多くなることを示し ている。PC1はSiO₂, Na₂O, Zr とも高い相関を示した。これらの元素は粗粒堆積物(石英、長石、ジ ルコン)が深海環境で増大することを示している。おそらく、急斜面の麓のような深海環境では、堆 積物重力流による砕屑物運搬が多くなり、それによって、PC1(水深)の増大とともに粗粒堆積物が 増えた結果を示していると解釈される。

PC2 は水深・運搬距離のどちらとも相関がなかった。また、粗粒堆積物の存在を示す元素(SiO₂, Na₂O など)や細粒堆積物の存在を示す元素(Al₂O₃, K₂O など)の両方とも相関を示さなかったことから、珪酸塩鉱物の流入量に依存しない変数であると考えられる。唯一、正の相関を示したものはMnO, CaO, Sr などのマンガン、炭酸塩ノジュールを構成する元素であった。加えて、鉄マンガンノジュールに多く含有される遷移金属元素(V, Cr, Co, Ni, Zn)もPC2と弱い正の相関を示した。したがって、PC2 は砕屑物流入が少なく、深海ノジュールが生成される場を示す潜在変数であり、堆積物供給量を数値化していると考えられる。

PC3 は運搬距離と最も大きな相関を示した。運搬距離が増大すれば、掃流運搬によって供給される 粗粒堆積物が減少し、逆に、浮遊運搬によって供給される層状珪酸塩鉱物が増加すると期待される。 事実、PC3 は層状珪酸塩の存在を示唆する Al₂O₃, K₂O, Rb, Ba と相対的に高い相関関係を示した。こ のことから、PC3 はサンプリング地点の運搬距離を数値化した潜在変数であると考えられる。

PC1, PC2, PC3 の負荷量から、泥の化学組成のみを利用して、水深・堆積速度・運搬距離を以下の 数式から推定できる。

1) 水深

 $+0.221 \times clr(Sr) +0.220 \times clr(Ba) +0.230 \times clr(Y) +0.255 \times clr(Zr) +0.241 \times clr(Nb) -0.198 \times clr(La) -0.185 \times clr(Ce) +3.628$

2) 堆積速度

$$\begin{split} F2 &= -0.266 \times clr(SiO_2) &= -0.211 \times clr(TiO_2) &= -0.320 \times clr(Al_2O_3) &= -0.176 \times clr(Fe_2O_3) &= +0.359 \times clr(MnO) &= \\ &= -0.057 \times clr(MgO) &= +0.261 \times clr(CaO) &= +0.038 \times clr(Na_2O) &= -0.490 \times clr(K_2O) &= -0.084 \times clr(P_2O_5) \\ &= +0.122 \times clr(V) &= +0.016 \times clr(Cr) &= +0.028 \times clr(Co) &= +0.079 \times clr(Ni) &= +0.047 \times clr(Zn) &= -0.261 \times clr(Rb) \\ &= +0.263 \times clr(Sr) &= -0.266 \times clr(Ba) &= -0.119 \times clr(Y) &= -0.095 \times clr(Zr) &= -0.143 \times clr(Nb) &= +0.003 \times clr(La) &= \\ &= -0.152 \times clr(Ce) &= +14.240 \end{split}$$

3) 運搬距離

式 F1 と式 F3 から推定される水深・運搬距離と、実際の水深・運搬距離の関係を示したのが図1に なる。この図に示された単回帰直線からも、化学組成による水深と運搬距離の推定は妥当性の高いも のであるといえる。



図1:化学組成による水深・運搬距離の推定値と実際の水深・運搬距離の関係

式 F1, F2, F3 は数学的に独立な変数(直交化変数)なので、海底谷の地形・環境特徴をより詳細に 記述することができる。エサロ海底谷は、式 F1, F2, F3 の値から堆積物の供給が少ない、単一供給源 海底谷であると考えられる。ネト海底谷は、急傾斜した複数の供給源を持つスロープエプロンシステ ムとして特徴される。コリグリアノ海底谷は複数の供給源を持つ、緩傾斜谷であり堆積物は浮遊運搬 によって主に供給されている。式 F1, F2, F3 から推察されるこれらの海底谷の解釈は、実際の形状・ 環境と一致する解釈である。したがって、地質記録の泥岩に、この手法を応用すれば、化学組成から 過去の水深・堆積速度・運搬距離を推察できる可能性がある。

Perri, F., Ohta, T. and Critelli, S., 2015, Characterization of submarine canyon bathymetries in northern Ionian Sea, Italy, using sediment geochemical variation induced by transportation distance and basin depth. *International Journal of Earth Sciences*, DOI 10.1007/s00531-015-1150-x.
三次元サイスミック地形学手法による下北沖第四系海底扇状地の詳細堆積形態と堆 積プロセスの検討

3D seismic geomorphological analysis of depositional elements and processes of Quaternary submarine fans, offshore Shimokita Peninsula, northeast Japan

高野 修(石油資源開発,石油天然ガス・金属鉱物資源機構,産総研)・西村瑞恵(石油資源開発) Osamu Takano (JAPEX, JOGMEC, AIST) and Mizue Nishimura (JAPEX) 連絡先:高野 修 (E-mail: osamu.takano@japex.co.jp)

1. 研究対象および手法

海底扇状地の堆積形態に関しては、従来露頭堆積学や海洋地質学、二次元地震探査手法により議論 が進められてきたが、近年、三次元地震探査データ解析手法の進展により、形態タイプバリエーショ ンのみならず、堆積要素の詳細や堆積プロセスについても解明が進んでいる(例えば Posamentier and Walker, 2006 など)。本研究では、下北半島東方沖合で取得された三次元地震探査データ(経済産業省 の国内石油天然ガス基礎調査(基礎物探))を用い、三陸沖前弧堆積盆北西部の第四系層準において 複数累重する海底扇状地(以下、下北沖海底扇状地群と呼称)堆積体を対象として、三次元サイス ミック地形学解析を実施し、詳細堆積形態と堆積プロセスを検討した。

2. 手法

まず,震探断面上で見られる海底扇状地堆積体(強振幅反射波によるマウンド群・チャネル群)の 各々の基底および上面につき,三次元震探データ上でホライゾンピッキングを行った。続いて,ピッ クアップした層準面(ホライゾン)間の層厚マップを作成するとともに,層準面間の振幅不透明度調整 画像を作成し,チャネルや舌状体などの海底扇状地構成要素の形状を検討した。続いて,層準面間を 20~50 枚に均等スライス(proportional slicing)し,各々の面の振幅強度表示マップを作成した。下位か ら上位に向けて振幅強度表示マップの連続変化を見ることで,海底扇状地の堆積プロセスを検討した。

3. 下北沖海底扇状地の詳細形態

第四系区間には、少なくとも7回の海底扇状地~ドレイプする泥質堆積物からなる堆積サイクル (堆積シーケンスに相当すると解釈される)が認められる。各サイクルの海底扇状地(下位より上位 に向けてFan 1~7と呼称)の層序区間について振幅不透明度調整画像を用いて堆積形態を考察した結 果,以下の特徴が明らかになった。

- Fan 1~7の砕屑物流入地点(feeder point:三次元震探エリア西端下北側)はほぼ固定されており、
 下流側(東方)に幅15~25 km,長さ25~60 kmの海底扇状地が形成されている。
- Fan 1~6の海底扇状地形態はおおよそ類似するが、transition point(上流側のチャネル主体部から 下流側の拡散堆積領域(舌状体群や frontal splay など)への遷移地点: Posamentier and Walker, 2006)に着目すると、Fan 1~4は同じ場所であるのに対して、Fan 5~7では徐々に下流側へシフ トしている。この結果、Fan 1~4はラジアルファン形態を呈するが、Fan 5より上位、とくに Fan 7ではチャネルレビーシステムが三次元震探エリア全体にわたって卓越する。
- ・ Transition point より上流側のチャネルや、下流側に伸延する大規模なチャネルは、基本的にチャ

ネルレビーシステムを形成する。断面ではチャネルと両側のレビーからなる seagull 構造を形成す るが、平面の振幅不透明度調整画像では、レビーはクレバススプレイの集合体として形成されて いるように見える。

- Transition point の下流側は、途中で何度も分岐(bifurcation)する蛇行チャネル、蛇行チャネルの sweep によって形成された砂岩体、および 1~数 km 程度の大きさの小舌状体群の組み合わせから 構成される場合が多い。小舌状体群は、蛇行チャネルの屈曲部外側において頻繁に見られるクレ バススプレイもしくは分枝チャネル終焉部の舌状体(terminal lobe)として形成されている。複数交 錯した蛇行チャネルが延びるチャネルゾーン中に小舌状体が数多く形成されている状況は、 Posamentier and Walker (2006)に紹介されている英国南部の Ross Sandstone の概念堆積モデルに類 似している。
- チャネルの多くは振幅不透明度調整画像では透明となっていることから、最終的に泥質物で埋積 される場合が多いと推測される。大規模なチャネルには、砂質な縦洲(longitudinal bar)が発達して いるのが見て取れる。
- 下北沖海底扇状地群は、スランプや土石流堆積物などの MTD (mass transport deposits)と共存している。MTD のほとんどは、海底扇状地とは別の経路で供給されたものであるが、海底扇状地の下流側に発達する場合も見られることから、海底扇状地から漸移して MTD となる場合もあると考えられる。

4. 堆積プロセス

均等スライスの連続表示によって, Fan 1~7の各々について海底扇状地が消長する過程が再現できた。Fan 1~7それぞれの消長(海底扇状地が急に広がり,徐々に縮まる)は、相対的海水準変動に起因すると考えられるが、それぞれの中でもフィーダーチャネルの avulsion によっても frontal splay の 消長およびシフトが見られる。Frontal splay 中の分枝状チャネルは、海底扇状地の最大発達時に、最 も頻度が高くなり、なおかつ sweep や swing を起こす傾向がある。

Fan 1~7の全体では、ラジアルファンタイプ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。

文献

Posamentier, H.W. and Walker, R.G., 2006, Deep-water turbidites and submarine fans. In Posamentier, H.W. and Walker, R.G., eds., *Facies Models Revisited*. SEPM Special Publication, 84, 397-520.

「ヤジロベー法」超高分解能3次元地形モデルを目指して

Yajirobee method: for super high resolution 3D modeling

 北沢俊幸(立正大)・白木洋平(立正大)・李 盛源(立正大)・飯塚和斗(立正大)・南出大貴 (立正大)・谷口健太(立正大)・金井友則(立正大)・千賀有希子(東邦大)
 Toshiyuki KITAZAWA (Rissho Univ.), Yohei SHIRAKI (Rissho Univ.), Seongwon LEE (Rissho Univ.), Kazuto IIZUKA (Rissho Univ.), Daiki MINAMIDE (Rissho Univ.), Kenta
 TANIGUCHI (Rissho Univ.), Tomonori KANAI (Rissho Univ.), Yukiko SENGA (Toho Univ.) 連絡先:北沢俊幸 (kitazawa@ris.ac.jp)

1. 空中写真と地形調査

あるコースを飛行機で飛びながら連続的に真下を撮影して得られる写真を垂直空中写真といい,地 形,土地利用,植生,地質などを把握するのに有効な基礎資料となる.地形や物体を異なる角度から 撮影した2枚の空中写真を使って,肉眼や実体視鏡により立体視することで,地形図では読み取れな い地形の起伏,植生や建造物の3次元的形状などの情報が得られる.一般的な空中写真の縮尺は数万 分の1~数千分の1程度であり,地表面にある程度の高度差があれば地形判読ができる.近年では国 土地理院による航空レーザー測量のデータが公開されたり,また個人でも無人航空機(UAV)や気球に より低高度から撮影した空中写真を用いて,従来よりも高分解能の写真測量やパソコンによる3次元 地形モデルの作成が可能になっており,例えば災害後の被害状況や地形の把握などに用いられてい る.しかし UAV は高額であること,バッテリーの駆動時間が短いこと,操作に熟練を要すること,強 風下では飛ばせないこと,今後は飛行に法的な規制がかかるであろうこと,などの弱点もある.

堆積学的な研究に利用するという観点から言えば、これらの手法では地表面の数 cm 以下の凹凸や 礫一つといった極めて微小な地形を把握することは難しい.そういう小規模な起伏は地上での測量に より精度よく知ることができるが、目的とする地形の規模が小さければ小さいほど、多くの測定点が 必要であるため現地調査に時間がかかる.したがって調査時間が限られる場所では広い範囲を調査で きないことが問題となる.例えば、潮汐の作用によって形成される干潟は、大部分が干潮時にのみ露 出する部分からなるが、干潮時に現れる地形は次の上げ潮や引き続く下げ潮の流れで土砂が移動して 地形変化してしまう.そのためある干潮で現れた地形を把握するには、次の上げ潮までに地形調査を 終えなければならない.したがって短時間のうちに広範にわたり測量するのが難しい地形である.

そういった小さな地形を広範囲で調査する方法として、極めて低い高度から大量の空中写真を効率 的に撮影する「ヤジロベー法」を開発した.これにより得られる超高分解能の空中写真を用いてパソ コン上で解析を行い、数 mm の精度の 3 次元地形モデルの作成を目指している.

2. ヤジロベー法

パソコン上で複数の写真を解析して対象物を 3 次元的に表現するためには、撮影範囲がオーバー ラップした、様々な角度から撮影された写真が必要となる.また調査対象の時間的変化を避けるた め、なるべく短時間で多数撮影することが望ましい.そのような写真撮影ができる機材一式を開発 し、その形からヤジロベーと呼ぶことにした(図1).



市販のアルミパイプを使って T 型形状のカメラリグを作成した. T 型にする理由は,複数台のカメ ラの重量バランスを取って安定させることで写真のブレを無くすこと,その安定により撮影・移動時 にリグと使用者の負担を軽減させること,リグを水平回転させながら一度に多数の写真を撮影するこ とで作業効率を上げるためである.リグの高さは最大 6m まで無段階に調整でき,横棒の長さは最大 7.2m である.なお持ち運び時には分解して 2m 以下のパイプ数本になる.

使用するカメラの条件として、小さく軽量で、数秒間隔のインターバル撮影機能が付いている必要がある. さらに防水防塵機能があると水辺での調査にも向いている.本研究ではデジタルカメラ GoPro Hero3 (Woodman Labs 社)を用い、専用のマウントを使って 2 台をリグの両端に取り付け、お もちゃのやじろべえのようにバランスをとっている. リグの回転によるカメラの回転半径は最大 3.6m となる.

現地での撮影方法は、まず撮影ラインを設定し、カメラを 2 秒間隔のインターバル撮影に設定し撮 影を行う.撮影地点でヤジロベーを回転させると、その地点上空の様々な角度からの写真が取得でき る.写真どうしが十分オーバーラップするようゆっくり回転させる必要がある.高さ 3m であれば撮 影地点を中心に直径 15m あまり、高さ 6m であれば直径 20m あまりの円内が撮影できる.分解能は高 さ 3m からの写真で 3-4mm、高さ 6m からの写真で 6-7mm である.次の撮影地点へ移動する際も写真が オーバーラップする距離を選ぶ必要がある.例えば高さ 6m からの撮影の場合、移動間隔が 10m なら ば隣り合う地点の写真は十分にオーバーラップする.移動を繰り返すことにより帯状の範囲内を網羅 的に撮影することができる.

3. 撮影事例

特徴的な地形と堆積物からなる数地点でヤジロベー法による撮影を行った.埼玉県長瀞町の荒川河 川敷は,変成岩の露頭,巨大な礫,砂地が混在し,構成する地形が多様で起伏が大きい.ここでヤジ ロベー法により撮影を行い,解析ソフト PhotoScan Professional (Agisoft 社)を用いて解析を行っ た結果,それぞれの地形をはっきりと区別できた.個別の礫,傾斜した片理面,小さな断層の識別も 可能である.ただ,起伏が大きいため死角になる部分があり,画像が得られなかった場所もあった.

一方,千葉県習志野市の谷津干潟は,全体的に起伏が小さく,なだらかな砂州とヨシの植生,泥干 潟,貝殻を多く含む礫州,浅い潮汐流路などの地形から構成される.ここでもヤジロベー法により撮 影,解析を行った.それぞれの地形のわずかな凹凸を識別できるだけでなく,現地の観察では分かり にくかった礫州や泥干潟の広がりや,舌状の堆積物とその表面形態も確認できた.

また埼玉県熊谷市の荒川河床では、礫と砂からなる河床の細かな凹凸や、礫の形態と分布、粒子配 列を把握することができた.また現地ではトータルステーションを用いて数地点の測量を行うだけ で、そのデータをもとに礫径や地形の起伏を定量的に解析することも可能である.

4. まとめ

ヤジロベー法は、これまで調査が難しかった微小な地形の広がりを広範囲で把握するための強力な ツールである.今後の展開として、粒径や粒子配列の連続的なマッピング、ベッドフォームの広がり、 露頭の3次元的な記載、地形地質遺産のデジタルアーカイブなど、従来とは異なる空間的スケールで 地形や地質を見るために利用できる.また同じ地点で繰り返し撮影することにより、堆積物1粒ずつ の追跡、先に述べた干潟などの定常的な地形変化、イベント的な出水前後の河床変化など、地形や堆 積物の時間的変化についてこれまでより大量のデータを高頻度で得ることができると期待される. 半遠洋性シルト岩の形成における混濁流の影響評価: 房総半島下部更新統黄和田層 Kd8 火山灰鍵層層準の検討 Evaluation of the effect of turbidity currents in the formation of hemipelagic siltstones: An example from a Kd8-volcanic-ash-bed horizon in the lower Pleistocene Kiwada Formation on the Boso Peninsula, Japan

> 黒澤志保¹・伊藤 慎¹・風呂田郷史²・沢田 健² (¹千葉大学,²北海道大学) Shiho Kurosawa¹, Makoto Ito¹, Satoshi Furota², and Ken Sawada² (¹Chiba University, ²Hokkaido University)

連絡先:黒澤志保(adca3253@chiba-u.jp,現所属:(株)国際石油開発帝石)

半遠洋性シルト岩は、深海底の広い範囲で定常的に形成される泥質堆積物の1つであり、ほぼ一定 の堆積速度で形成されると考えられてきた(例えば、Beattie and Dade, 1996).しかし、半遠洋性シル ト岩の形成は定常的な細粒砕屑粒子の沈降とともに、混濁流やミッドウォーターフロー、ネフェロイ ド層などにともなった細粒砕屑粒子の移流と沈降など、複数の堆積プロセスの複合によって行われる (Stow and Tabrez, 1998).したがって、このような複合プロセスの結果、同時期に形成された半遠洋性 シルト岩には堆積速度や鉱物組成などに空間的変化が存在する可能性が考えられる.さらに、半遠洋 性シルト岩の層厚を時間軸として活用することの妥当性を検討することも必要と考えられる.一方、 これまで広く研究されている1 セクションでの半遠洋性シルト岩を対象とした古環境や古海洋などの 時間的変化の解析では、同時代に形成された半遠洋性シルト岩の堆積速度や鉱物組成の空間的変化の 影響は十分に考慮されていない.したがって、一定の後背地から供給された同時代の半遠洋性シルト 岩の堆積速度や鉱物組成の沖合方向への空間的な変化を詳しく検討することは、深海底堆積物を対象 とした古環境解析や古海洋解析を高精度化するために不可欠といえる.

本研究は、房総半島中央部に発達する下部更新統黄和田層上部に狭在する Kd8 火山灰鍵層層準(お よそ1.2 Ma)の対比に基づいて、同一層準の半遠洋性シルト岩の堆積速度、帯磁率、粒度組成、粘土 鉱物組成、陸源有機物量などの沖合方向への変化について検討を行った。今回検討対象とした層準は、 下位より、堆積構造が広く認められる層厚約 0.1-3 mの白色テフラ(Kd8 下部)とその上位に狭在する 層厚約 30 cmのテフラ(Kd8 上部)、さらにその上位に狭在する層厚 2-3 cmのテフラを挟在する層準で、 本研究ではこれらのテフラを便宜的にそれぞれ Kd8A, Kd8B, Kd8C とした 3 枚組のセットとし、これら のテフラを挟在する半遠洋性シルト岩の対比を行った。Kd8B, C には明瞭な層厚変化が認められない こと、ならびに下位の半遠洋性シルト岩を大きく侵食した痕跡が認められないことなどの特徴から、 これら 3 枚のテフラに狭在する 2 枚の半遠洋性シルト岩(上位より半遠洋性シルト岩 a, b)の層厚変 化に注目すると、ある一定期間での半遠洋性シルト岩の堆積速度の沖合方向への変化を高精度で解析 することが可能である。従来の研究(Ito and Katsura, 1992)に基づくと、Kd8 火山灰鍵層層準では、海 底扇状地から離れた泥質堆積物の卓越する斜面から深海平坦面で形成された半遠洋性シルト岩の堆積 速度、帯磁率、粒度組成、粘土鉱物組成、陸源有機物量の沖合方向への変化をおよそ 30 km にわたり 解析にすることが可能である.

今回の検討結果から、(1)半遠洋性シルト岩の堆積速度は基本的には沖合ほど減少傾向を示すが、 混濁流の影響によりローカルな堆積速度の上昇が認められること、ならびに(2)陸棚外縁部から斜 面上部では、沖合方向に向かう流れの影響で侵食作用が活発に作用するため、斜面基底部から深海平

06

坦面で形成された半遠洋性シルト岩に比べ堆積速度がトータルとして小さくなる傾向を示すことが明 らかとなった.さらに、(3)帯磁率と粒度組成は陸棚外縁部で高い値を示すが、これより沖合では急 激に値が低下し、斜面基底部から深海平坦面にかけては沖合方向へ向かった大きな変化は認められな い.一方、(4)粘土鉱物組成と陸源有機物の相対的含有量に関しては、上流部から下流部への明瞭な 空間的変化は認められず、ほぼ一定の値を示すことが明らかとなった.したがって、(5)粘土鉱物組 成や陸源有機物の相対的含有量の時間的変化は、半遠洋性シルト岩が形成された堆積環境に大きく影 響されることなく、後背地の地質構成の変動や気候変動などを記録した有効なプロキシーとして活用 できることが明らかとなった.一方、(6)陸源有機物量に注目すると、混濁流の影響により陸上植物 /海生藻類バイオマーカー比が大きくなること、ならびに(7)シルト岩全体に占める全有機物量なら びに陸源有機物量は、混濁流の影響を受けて形成されたシルト岩ほど小さな値を示すことが明らかと なった.このことは、半遠洋性シルト岩の形成過程において、混濁流起源の細粒砕屑粒子の寄与が大 きいためと解釈される.

文献

- Bettie, P.D. and Dade, W.B., 1996, Is scaling in turbidite deposition consistent with forcing by earthquakes? *Journal of Sedimentary Research*, **66**, 909–915.
- Ito, M. and Katsura, Y., 1992, Inferred glacio-eustatic control for high-frequency depositional sequences of the Plio–Pleistocene Kazusa Group, a forearc basin fill in Boso Peninsula, Japan. Sedimentary Geology, 80, 67–75.
- Stow, D.A.V. and Tabrez, A.R., 1998, Hemipelagites: processes, facies and model. In Stocker, M.S., Evans, D. and Cramp, A., eds., *Geological Processes on Continental Margins: Sedimentation*, *Mass-Wasting and Stability*. Geological Society, London, Special Publication, **129**, 317–337.

日本海新潟沖最上トラフで採取されたコアに見られる, 20 世紀後半の

堆積速度変化:ダム湖が半遠洋性環境に与える影響

Changes in MAR during the later 20th century of southern end of the Mogami Trough, off Niigata: Influence of dam reservoir on hemipelagic environment

白井正明(首都大)・林崎 涼(首都大)・宇津川喬子(首都大)・大村亜希子(東大) M. Shirai (TMU) R. Hayashizaki (TMU), T. Utsugawa (TMU) and A. Omura (Univ. Tokyo) 連絡先:白井正明 (mshirai@tmu.ac.jp)

はじめに

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陸棚〜半遠洋的環境にま で影響を与えている可能性がある.2010年4月に実施された学術研究船淡青丸KT-10-6次航海 Leg. 1 (函館-新潟)において,人類活動が深海底に及ぼす影響の評価を目的に,新潟沖の陸棚-海盆・ トラフ底の表層堆積物コア試料を採取した.本発表ではこれらのうち,最上トラフ底周辺で採取され たコア試料について,鉛同位体 (Pb-210)濃度変化より見積もった20世紀後半における半遠洋性沈 積粒子の堆積速度 (MAR; Mass Accumulation Rate)の変化について報告する.

コア試料採取地点

学術研究船淡青丸 KT-10-6 次航海(主席研究員:土屋正史博士)前半の Leg. 1 (函館-新潟)において,新潟沖(最上トラフ南端-佐渡海盆)の表層堆積物を採取した.この海域では信濃川と阿賀野川による活発な土砂供給を反映し,水深 200 m 以浅の地形が海岸線から 30~40 km 沖合まで続く. 信濃川は日本最大の河川長,日本第3位の流域面積をもつ国内屈指の大河川であるが,1922 年に大河津分水路(新信濃川)が開通して以来,基本的に増水時の水は寺泊方面に排出されている.信濃川本川河口の西側の新潟海岸では,昭和初期から海岸線の後退が顕著であったが,これは大河津分水路の完成により信濃川本川河口からの土砂供給が激減したためと考えられている(例えば,磯部,1980).阿賀野川の河川長は日本第10位,流域面積は日本第8位であるが,流域は豪雪地帯であり,河川流量は日本最大級である.信濃川・阿賀野川両河川の河口のほぼ正面にあたる,北北西約50 km,陸棚から最上トラフに下る斜面とトラフ底の境界に位置する NG1029 (水深 550 m)と,その約5 km 北の最上トラフ底に位置する NG1001 (水深 650 m)に加え,リファレンスコアとして河口から北西方向,佐渡島両津湾に近い最上トラフ底南西端付近に位置する,NG1003 (水深 560 m),これら3地点でマルチプルコアラーによって採取されたコア試料上部(表層 15 cm)を解析に使用した.

堆積速度(MAR)の見積もり

測定試料にはコア試料採取直後にコア上面から 1cm 厚にスライスし,保存したものを用いた.

110℃,12時間以上の乾燥後,軽く粉砕・撹拌し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 の放射線濃度から Pb-214 (または Bi-214) の放射線濃度を差し引くことにより,大気中から降 下した過剰 Pb-210 の放射線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)に換算し た.

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. NG1001 コアでは海底から 10 cm の深さまでは約 0.05 g/cm²/y とほぼ一様な MAR を示す. 10 cm 以深の 過剰 Pb-210 値はバラツキが大きいが,いずれにせよこの部分の MAR は 10 cm 以浅より大きく,平 均 0.21 g/cm²/y と見積もられた.両者の境界の年代は 1960 年頃と見積もられた. NG1029 コアで は NG1001 コアに比較して,浅部の過剰 Pb-210 の減少傾向が一様とは言い難いが,やはり海底から 11 cm 付近の 1960 年頃を境に,MAR が 0.22 g/cm²/y から 0.07 g/cm²/y へ低下している.一方佐 渡島近くの NG1003 コアでは,MAR は 1910 年頃から 0.07 g/cm²/y とほぼ一様であった.

半遠洋的環境とダム建設の関わり

本海域近傍には信濃川と阿賀野川の河口が位置するが、1922 年以降、増水した信濃川の河川水は 寺泊方面に排出される.現在の新潟沖海域に大きな影響を与えていると考えられる阿賀野川流域では、 水系全体の堆砂量の 1/4 を占めている奥只見ダムが 1960 年に、次に堆砂量の大きい滝ダムが 1961 年に完成している.また新潟沖では表層堆積物の層厚分布や大陸棚堆積物の堆積速度を基に、北から 北東方向への堆積物の移動(運搬)が推定されている(池原ほか、1994;金井・池原、1995).こ れらより、新潟沖の最上トラフにおける NG1001 コアと NG1029 コアの MAR の低下は、阿賀野川 河口より流出していた泥質粒子の堆積が、奥只見ダムなどの建設により減少し、一方阿賀野川起源の 堆積粒子の影響がもともと少なかった NG1003 コアでは MAR に変化がなかったと推定される.

謝辞

KT-10-6 次航海 Leg.1 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

池原 研ほか, 1994, 粟島周辺表層堆積図. 海洋地質図, 42, 56p.

磯部一洋, 1980, わが国における海岸浸食と堆積. 地質ニュース, 313, 6-15.

金井 豊, 2000, 鉛の地球化学. 地質ニュース, 556, 20-34.

金井 豊・池原 研, 1995, 新潟沖大陸棚の Pb-210 および Cs-137 法による堆積速度. 地質調査所 月報, 46, 269-282.

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.

フルートマーク形成過程の定量化

Quantification of spatio-temporal development of flutemarks

石原与四郎・大熊文子(福岡大学理学部)・弓真由子(朝日航洋株式会社)

Yoshiro Ishihara, Ayako Okuma (Fukuoka University) and Mayuko Yumi (Aero Asahi Co.) 連絡先:石原与四郎(ishihara@fukuoka-u.ac.jp)

タービダイトの基底に認められるフルートマークからは、それを形成した重力流の古流向が求められ るだけではなく、その大きさや形、分布から、相対的な流速や形成時間が得られる可能性が指摘され ている(Allen, 1971a, b; Curl, 1974, Blumberg and Curl, 1974; 弓・石原、2012).フルートマークの流 速や形成時間は、混濁流の頭部の情報を知る上での有力な手がかりとなることが期待される.フルー トマークの形成過程については、野外での観察結果や水槽実験によって明らかにされてきた.マーク のような侵食構造は一般に3次元的な形態を示すことが多いが、これらの研究では一部の例(Yumi et al., 2013)を除き、単一のマークの断面の発達過程のみが定量的に評価されてきている(たとえば Blumberg and Curl, 1974).本研究ではマークが形成される条件での侵食構造の発達過程の時間変化を 3次元的な地形情報として取得し、これらの評価を試みた.

形成実験

フルートマークの見られる侵食地形の形成のため、水槽実験を計14回行った.実験材料には、厚 さ1mm以下でチョークで色づけられた数10枚の石膏の薄い層からなるブロックを用いた.水槽実験 は、マークを形成する渦の大きさを規制するレイノルズ数がおよそ171~873の間になるようにした 循環式の開水路で行った.水槽の水は水道水を用い、飽和しないように定常的に一部の水の入れ替え を行った.水流は定期的に停止させ、侵食地形の直上から写真撮影を行った.

地形情報の定量化と評価

撮影された侵食地形では、層状の石膏によって微細な地形が等高線の様に表現されている. 色付け られた石膏は、赤、青、白の規則的な繰り返しからなるので、写真から層の境界を読み取って層厚の 情報を与えることで侵食地形の標高を得ることができる.本研究では、撮影された各写真の境界の情 報に標高を与えた上で、TIN 補間を行い、1 mm メッシュの3次元的な地形情報を得た(図1).得ら れた地形情報からは、侵食の卓越する場所の分布、侵食量等の時間変化を追うことができた.これら の地形については、等高線のボックスカウンティング法によってその複雑さを評価した.

侵食構造の発達過程

検討したレイノルズ数の範囲では、侵食構造の発達の有無にかぎらず、徐々にその累積侵食量は増 えるがやがてその伸びは落ち着くことが明らかになった.一方で時間あたりの侵食速度は、マークの 頻度によって変化する場合が多い.フラクタル次元で表される侵食構造の複雑さは、レイノルズ数が 大きいほど大きくなるという傾向が見られたが、いずれも時間を経るにしたがって安定した領域に落 ち着いた.これらは、基本的に既存研究の侵食構造の発達過程と調和的である.

文献

- Allen, J. R. L., 1971a, Transverse erosional marks of mud and rock: their physical basis and geological significance. *Sedimentary Geology*, **5**, 167-385.
- Allen, J. R. L., 1971b, Bed forms due to mass transfer in turbulent flow: a kaleidoscope of phenomena. *Journal of Fluid Mechanics*, **49**, 49-63.
- Blumberg, P. N. and Curl, R. L., 1974, Experimental and theoretical studies of dissolution roughness. *Journal of Fluid Mechanics*, **65**, 735-751.
- Curl, R. L., 1974, Deducing flow velocity in cave conduits from scallops. *Bulletin of National Speleological Society*, 36, 1-5.
- 弓 真由子・石原 与四郎, 2012, 重力流堆積物基底の侵食痕に特徴化:特にフルートマーク形成に関 する流れの持続時間による影響. 堆積学研究, 71, 173-190.
- Yumi, M., Ishihara, Y. and Komatubara, J., 2013, Digitalization of Scallop-microtopography Using Soft-X Ray Images. *Journal of Speleological Society of Japan*, **37**, 41-54.



図1 数値化された侵食地形の例

北海道道央石狩炭田地域に産する菱鉄鉱質岩の形成(その2)

- 菱鉄鉱と共存する方解石について

Formative process of sideritic rocks in the Ishikari coalfield of Central Hokkaido ($\rm II$)

On the calcite coexisting with siderite

淺野有希(信大院)・森清寿郎(信大理)

Yuki Asano (Shinshu Univ.), Toshiro Morikiyo (Shinshu Univ.)

淺野有希(14sm401a@shinshu-u.ac.jp)

石狩炭田地域に分布する菱鉄鉱質岩の成因,とくに菱鉄鉱の鉄の起源と沈殿過程については,淺野ほか (2014)において報告した.しかしながら,菱鉄鉱質岩には方解石と少量の苦灰石が含まれている.淺野ほか (2014)では,方解石が菱鉄鉱とは異なる炭素同位体比を持つことを明らかにしたが,初期続成作用における方 解石の晶出時期,および方解石が晶出する理由を明らかにするには至っていなかった.今回,湖沼で沈殿した Fe(OH)₃が炭質物により還元される過程の考察,方解石と菱鉄鉱の Mn/Fe 比の分析,SEM および光学顕微 鏡を用いての方解石と菱鉄鉱の包含関係の観察に基づき,方解石の晶出時期と晶出理由を明らかにしたため, ここに報告する.

1) 菱鉄鉱の前駆物質である, Fe(OH)3の還元過程

淺野ほか(2014)では,菱鉄鉱の鉄のソースは河川水中に溶存している Fe²⁺イオンであり,それが蛇行河川地 帯にある湖沼に流入したため酸化されて Fe(OH)₃ となり,それが湖沼に堆積し,菱鉄鉱質岩の前駆物質となっ たと結論した.このとき,MnO₂・nH₂O と FePO₄も沈殿した.その Fe(OH)₃ に富む前駆物質は,堆積物埋没によ ってメタン発酵続成作用をうけ,菱鉄鉱質岩になった.

Fe(OH)₃の Fe は三価,菱鉄鉱の Fe は二価イオンであるため,菱鉄鉱が晶出する時点で,間隙水中の鉄イオンは Fe²⁺に還元されていなければならない.還元剤は炭質物と考えられ,還元反応は次の式であらわされる. (CH₂O)₁₀₆(NH₃)₁₆(H₃PO₄) + 424FeOOH + 848H⁺ → 424Fe²⁺ + 106CO₂ + 16NH₃ + H₃PO₄ + 742 H₂O (Froelich et al., 1979)

この過程で"ゼロ価"の FeOOH が還元されて Fe²⁺となるため,アルカリ度(水溶液中の過剰な正電荷の量)が 上昇.河川水に含まれている Ca²⁺と生成した CO₂が結び付き,CaCO₃を晶出させて,アルカリ度をバランスさせ ると推測される.この考えは,方解石の炭素同位体比が菱鉄鉱とは大きく違って-14~+1‰の低い値をとること (炭素が有機物由来であること),方解石の酸素同位体比から推定される共存水溶液の酸素同位体比が,菱鉄 鉱の同位体比から推定される値とほぼ同じ(約+12‰ vs SMOW)であること(両鉱物を晶出させた水環境に大 きな違いがない)とも,調和している.

堆積物中の Fe(OH)₃ と MnO₂・nH₂O が炭質物との反応により還元されるとき,Eh が低下するに従っ て,MnO₂・nH₂O が Fe(OH)₃ よりも先に還元される.したがって,堆積物間隙水の組成は,Eh 低下とともに,高 Mn²⁺/Fe²⁺(MnO₂・nH₂O 還元時)から低 Mn²⁺/Fe²⁺(Fe(OH)₃ 還元時)へと変化すると推測される. 2) 方解石と菱鉄鉱の Mn/Fe 比

1) でのべた見通しのもとに, 方解石と菱鉄鉱の Mn/Fe 比を原子吸光法により測定した. 方解石を含む菱鉄鉱 質岩を 0.1N 酢酸で室温下, 1h 処理し, 方解石を溶解させた. つぎに, 残さを 0.3N 塩酸で室温下, 1h 処理し, 菱鉄鉱を溶解させた.今回の分析には,苦灰石をふくまない試料を選んだ.

結果は,方解石の Mn/Fe 原子数比は,0.04~0.24,菱鉄鉱のそれは 0.009~0.03 であった.方解石と菱鉄鉱の Mn/Fe 原子数比がとる範囲は重ならず,方解石の Mn/Fe 比は,菱鉄鉱の値の 4~8 倍となっている.

3) SEM および光顕での組織観察

SEM をもちいての観察の結果,微小な方解石粒を包有している菱鉄鉱の存在を確認できた.EDS 分析により,包有されている微小方解石の Mn/Fe 比は,取り囲んでいる菱鉄鉱のそれよりも高いことを確認した.

光学顕微鏡観察により,自形菱鉄鉱を包有している方解石プール(径 2mm 程度)をもつ試料も認められた.こ のような組織は,堆積岩としては非常に不自然である.もし菱鉄鉱が,方解石よりも先に自由空間のある水溶液中 で晶出したと考えると,なぜ重い菱鉄鉱が沈積しないのか,堆積物中なのになぜ自由空間ができるのか,などの 点で説明できない.したがって,菱鉄鉱が自形で方解石中に包有されているので,一見,菱鉄鉱が早期晶出のよ うに見えるけれども,実際は,方解石が先に晶出してかたまり,菱鉄鉱はその中で成長したと見なさざるをえない.

結論

石狩炭田地域の,淡水成菱鉄鉱質岩に含まれる方解石は,Fe(OH)。が湖底に沈殿したあと,炭質物により還元されて Fe²⁺になる過程での生成物である.

文献

淺野有希・日下部智也・森清寿郎(2014) 石狩炭田地域に産する菱鉄鉱質岩石の形成-とくに鉄の起源と沈殿過程について. 日本地質学会第121年大会講演要旨 R9-O-4, p.96

Froelich P.N. et al.(1979) Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the eastern equatorial Atlantic: suboxic diagenesis. Geochim. Cosmochim.Acta, 43, 1075-1090.

浦幌層群の堆積相と年代:北海道の古第三紀テクトニクスへの示唆 Facies and depositional age of the Urahoro Group: implication to the Paleogene tectonics of the Hokkaido Island

片桐貴浩(京都大)・成瀬元(京都大)・平田岳史(京都大) Takahiro, Katagiri (Kyoto Univ.), Hajime, Naruse (Kyoto Univ.), Takafumi, Hirata (Kyoto Univ.) 連絡先:片桐貴浩 (Email: <u>katagiri.takahiro@gmail.com</u>)

白亜紀後期の北海道周辺には、二つの異なる島弧-海溝系が存在していた。一つ目はユーラシア東 縁へのクラプレートの沈み込み帯で、もう一つは、クラプレートのオホーツクプレートへの沈み込み 帯である.これら二つの島弧、陸弧は、遅くとも中期中新世には接合して現在の北海道の原型を作っ たといわれており、その間の中期始新世〜前期中新世には二つの島弧海溝系の衝突が起こったと考え られる.しかし、この衝突がいつ、どのように起こったのかはよくわかっていない.

北海道に残る中期中新世以降の地層は、北海道内各所での挟炭層堆積に特徴づけられる. これらの 挾炭層が堆積した堆積盆の形成メカニズムを考えることは上記の衝突についての知見を与えうる. し かし堆積盆形成がどのようなテクトニクスを反映したものであるかについては統一的な見解がなされ ていない. そこで本研究では、北海道釧路海岸地域に分布する上部始新統浦幌層群について、堆積相 解析と凝灰岩層中のジルコンを用いた U-Pb 年代測定を行い、堆積盆の性質及び年代に制約を与える ことを試みた.堆積相解析の結果,調査地域の浦幌層群からそれぞれ土石流卓越型扇状地,河川卓越 型扇状地、沖積平野、エスチュアリーの堆積環境を示す4つの堆積組相が認定され、それらが2つの 海進サクセッションを示すことが明らかになった.また、天寧層中の凝灰岩層の年代測定によって 39.87±0.35 Maという堆積放射年代を得た. 浦幌層群から放射年代が得られたのはこれが初めてのこ とである. 堆積相解析の結果から、浦幌層群と根室層群の間は単なる不整合ではなく、テクトニクス の転換点であることが示唆された. すなわち, 根室層群は北〜北西に供給源を持つ深海の堆積物であ り(Naruse, 2003), 典型的な前弧海盆堆積物であるのに対し, 浦幌層群は陸~浅海の堆積物であり, また複数の堆積物供給源を持つことから、その西側で造山運動が起こったことによって形成された前 縁盆地堆積物である可能性が高い.この時期に前縁盆地を形成する造山運動が起こっていたという推 定は、木村・楠(1997)が提示した始新世の古千島弧とユーラシア大陸東縁の衝突という仮説に整合 的である.年代測定の結果も加味して考えると、衝突はおよそ 40Ma 頃には造山運動を伴って起こっ ていたことになる.

引用文献

Naruse, Hajime (2003) Cretaceous to Paleocene depositional history of North-Pacific subduction zone: reconstruction from the Nemuro Group, eastern Hokkaido, northern Japan, Cretaceous research, vol.24, p.55-71

木村 学・楠 香織(1997)日高造山運動と島弧会合部のテクトニクス,地質学論集, vol47, p295-305

南房総鮮新統千倉層群に認められるインジェクタイトとエクストゥルーダイトの 堆積形態と構成堆積相の特徴

Geometry and lithofacies organization of injectites and extrudites in the Pliocene Chikura Group on the southern Boso Peninsula, Japan

伊藤 慎*・石本青空海*・小竹信宏* (*千葉大学)

Makoto Ito^{*}, Sakumi Ishimoto^{*}, and Nobuhiro Kotake^{*} (*Chiba University)

連絡先:伊藤 慎 (mito@faculty.chiba-u.jp)

近年,北海を中心とした油ガス田地域では良質な貯留岩の形成に,流動化した砂や礫がダイク状あ るいはシル状に貫入したインジェクタイトが重要な役割を担っていることが広く認識されるようにな ってきている(例えば,Hurst and Cartwright,2007).しかし,ボーリングコアなどの限られた情報から インジェクタイトを的確に認定するためのインジェクタイト堆積相の特徴化は十分行われていない. 特に,インジェクタイトと重力流堆積物との相違点の識別は重要な鍵となる.一方,流動化した砂や 礫の貫入が海底付近まで達すると砂火山や礫火山などのエクストゥルーダイトが形成される.しかし, これらを特徴づける堆積相に関しても,これまで詳しい検討は必ずしも十分に行われているとは言え ない.今回, 房総半島南端に発達する鮮新統千倉層群下部の白間津層上部ならびに上位の蓮台寺礫岩 部層にインジェクタイトならびにエクストゥルーダイトとして形成された堆積物がそれぞれ認定され た.ここでは,これらの堆積物の堆積形態と堆積相の特徴について報告する.

今回検討対象とした白間津層ならびに蓮台寺礫岩部層は、およそ 3Ma に古水深が 2000 m 程度の古 相模トラフ陸側斜面堆積盆地で形成された地層と解釈されている(小竹,1988).白間津層上部ならび に蓮台寺礫岩部層はシルト岩礫を多量に含んだ凝灰質砂岩ならびに凝灰角礫岩で特徴づけられる(小 竹,1988;川上・宍倉,2006).白間津層上部はこのような粗粒堆積物とシルト岩の互層で特徴づけられ るのに対し、蓮台寺礫岩部層では粗粒堆積物が卓越し、シルト岩の挟在は著しく少ない.また、蓮台 寺礫岩部層の分布形態に注目すると、全体として上に凸のレンズ状形態を示し、シルト岩を主体とす る布良層の東端部の限られた地域にのみに分布している.これらの2つの地層にはシロウリガイ類化 石や炭酸塩コンクリーションの産出が認められている(蟹江ほか,1997).さらに、白間津層上部に挟在 するシルト岩は3 Ma 前後の微化石年代で特徴づけられるのに対し、シルト岩礫の一部からは 4-5 Ma の微化石年代が認められている(蟹江ほか,1997).

白間津層上部のシルト岩礫を含んだ凝灰質砂岩ならびに凝灰角礫岩には7つの堆積相が識別される. 1つの堆積相は側方で別の堆積相へ不規則に変化するとともに、いずれの堆積相にも急激な層厚変化 が認められる.一般に、堆積相の上下の境界面は明瞭で、一部では上下のシルト岩が礫状に破砕され、 粗粒堆積物に取り込まれている.シルト岩礫は堆積相の中央部に濃集する傾向を示し、粒径も中央部 ほど粗粒化する傾向が認められる.シルト岩礫の減少に伴って凝灰質砂岩や凝灰角礫岩の全体あるい は上下の一部に平行層理が発達する.しかし、平行層理以外のトラクション構造や級化層理はどの堆 積相にも認められない.シルト岩礫の一部にインプリケーションが認められ,その特徴から見かけ上 西方向への流向が復元される.堆積相の一部は層理面と大きく斜交したダイク状の産状を示すものも 認められる.このような特徴から,白間津層上部の多量のシルト岩礫を含んだ粗粒堆積物は主にシル トして形成されたインジェクタイトと解釈される.マッドクラストの産出状態や粒度組成などの特徴 から,これらのインジェクタイトは乱れをともなう擬流体の貫入によって形成された可能性が考えら れる.また,マッドクラストの濃集にともなって擬流体の一部が乱流から層流状態に側方変化した可 能性が高い.

進台寺礫岩部層には層理が全体的に広く発達し、下位の白間津層上部とは明瞭な斜交関係が認められる.さらに、層厚10-20m程度の単位で層理の斜交関係が発達している.シルト岩礫にはインブリケーションが認められ、西方向の流向が復元される.広く発達する層理の特徴を詳しく検討すると、多くの層理が緩くうねった波状構造を示し、一部の波状構造にはクライミングが認められる.さらに、西方向の流向に注目すると、一部に東方向へ傾斜したバックセット層理が認められる.岩相的には白間津層上部の粗粒堆積物と類似するが、上記のような特徴の相違点から、進台寺礫岩部層は高密度重力流から形成された堆積物と解釈される.特に、バックセット層理やクライミングを示す波状層理の特徴は、現世の火山島斜面で認められている粗粒セディメントウェーブと同様なベッドフォームの形成と累重を記録している可能性が考えられる.全体としてレンズ状形態を示すことや内部に層理の斜交関係が発達することなどの特徴から、進台寺礫岩部層は白間津層上部のインジェクタイトの形成と関連した粗粒砕屑粒子の海底への噴出にともなって発達したエクストゥルーダイトと解釈される.

文献

- Hurst, A. and Cartwright, J. eds., Sand Injectites: Implications for Hydrocarbon Exploration and Production. AAPG Memoir, **87**, 274 p.
- 蟹江康光・服部陸男・倉持卓司・岡田尚武・大場忠道・本間千舟, 1997, 房総半島南端の千倉層群白間 津層産シロウリガイ類2種. 地質学雑誌, 103, 794–797.
- 川上俊介・宍倉正展,2006,館山地域の地質.地域地質研究報告(5万分の1地質図幅).産業技術総合研究所地質調査総合センター,82p.
- 小竹信宏, 1988, 房総半島南端地域の海成上部新生界.地質学雑誌, 94, 187-206.

陸前高田市広田湾における 2011 年津波堆積物の特徴

Characteristics of tsunami deposit left by 2011 Tohoku-oki tsunami at Hirota bay

横山由香・坂本泉・八木雅俊・井上智仁(東海大学海洋学部)・藤巻三樹雄(沿岸海洋調査㈱) Yuka Yokoyama, Izumi Sakamoto, Masatoshi Yagi,

Tomohito Inoue (Tokai Univ.), Mikio Fujimaki(COR)

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発生した津波により、東北地方の太平洋 沿岸域は、壊滅的な被害を受けた。津波時には、地震の発生域から沿岸域、陸上の遡上域にかけて津 波堆積物が形成されることが知られている。陸域では、過去の津波による遡上堆積物(津波堆積物)を 特定し、その規模や発生周期を推定する試みが様々な地域で行われている。しかし、海域(特に浅海 域)における津波堆積物に関する調査は、陸域と比較して少なく、その特徴はあまり明らかになってい ない。本発表では、岩手県陸前高田市広田湾で採取した柱状堆積物試料の岩相記載・粒度組成および 地層探査記録より、2011 年に発生した津波による湾内における津波堆積物の特徴を報告する。

柱状堆積物試料は、2012~2014 年に湾内の水深約 8~30 m において、26 地点採取した。採取した 柱状堆積物は、上位から砂質堆積物で構成されるユニット 1(以下,U1)と泥質堆積物で構成されるユ ニット 2(以下,U2)に大きく区分される。U1 は(a)複数回の級化構造およびラミナの発達し、サブユ ニットを形成、(b)下位の U2 を削り込むように堆積・明瞭な境界を形成する特徴をもち、2011 年津 波堆積物と推定される。また、U2 は生物擾乱が発達し、湾内における通常時堆積物と推察される。

柱状堆積物試料の岩相記載から 2011 年津波堆積物である U1 の東西方向(同一水深:水平方向)およ び南北(水深)方向への分布および岩相特徴を求めた。東西方向では水深約 8~30 m の海域を水深帯ご とに4 区分し、各特徴を記載した。その結果、①水深約 8~13 m では側方変化が大きく、厚さや級化 構造の回数も不均一、②水深約 13~16 m では、層厚が均一化(平均 40 cm)する傾向、③水深約 18 m では、調査範囲中で最も層厚が厚い傾向がみられ、また U1 内にも明瞭な境界を有する特徴が見られ る。最後に④水深 20~30 m 範囲では、東西で岩相が大きく異なり、西側では層厚約 30 cm の砂層か ら構成される U1 が認められるのに対し、東側では下位層と明瞭な境界を有さない極細粒砂まじり泥 層で U1 が構成され、堆積物の供給源および供給量に違いがあったと考えられる。次に、南北方向へ の変化を求めると、水深約 8~18 m にかけて厚くなり、水深約 18 m で最も厚くなり、その後沖合に 向かって薄層化する傾向が見られる。

東西方向および南北方向で最も厚い層厚を有した水深約 18 m は、湾奥部松原前面海域と東側に位置する小友浦が会合する海域であるため、両者の堆積物フローが会合し厚く堆積した可能性が推察される。また、音波探査記録からこの海域では U1 が複数の反射面の重なりが確認され、複数回の堆積物フローがあったことが推察される。

これらの柱状堆積物の層厚や岩相特徴は湾内での津波時における堆積物形成機構を示していると推 察され、今後地層探査記録とあわせ、より詳細に検討を行う。

- 42 -

三陸沖日本海溝の堆積作用

Sedimentary processes along off Sanriku Japan Trench floor

池原 研・宇佐見和子(産総研・地質情報)・金松敏也・中村恭之・小平秀一(海洋研究開発機構) Ken Ikehara, Kazuko Usami (Geol. Surv. Japan, AIST), Toshiya Kanamatsu, Yasuyuki Nakamura, Shuichi Kodaira (JAMSTEC) 連絡先:池原 研 (k-ikehara@aist.go.jp)

日本海溝の海底地形は海溝軸にやや斜交した伸長軸をもつ沈み込む海洋プレートのホルストーグ ラーベン構造の凹凸に対応した小海盆の連なりで特徴づけられ、これらの小海盆には水平によく成層 した堆積層が認められる.また、海溝軸だけでなく、その沖合側のグラーベンの凹地にも同様な堆積 層が確認できる.このような音響的層相はタービダイトによる埋積を示唆するが、実際、海溝底やグ ラーベンから採取されたコアには厚いタービダイトによる埋積を示唆するが、実際、海溝底やグ ラーベンから採取されたコアには厚いタービダイト泥をもつ細粒タービダイトの累重が確認されてい る.また、タービダイト間には生物擾乱が発達する珪藻質な半遠洋性泥が堆積し、そこには薄層なが ら火山灰層の挟在が確認され、重要な時間目盛を与えてくれる.火山灰層の年代と深度からすると、 1-5m/千年という前弧海盆域よりもかなり速い堆積速度が推定される.速い堆積速度は、地震時の厚 い細粒タービダイトの堆積と通常時の高い粒子供給量による.地震時の厚い細粒タービダイトの堆積 は、通常時の堆積速度が速いために、柔らかい未固結堆積物が下部斜面を常に覆っており、地震の度 ごとに斜面に堆積した未固結堆積物が再移動できることが要因である.また、通常時の粒子供給量が 高いのは、海洋表層での一次生産が高いことと日本海溝底が最も深い凹地であることによるセディメ ントフォーカシングの効果によると考えられる.

一方,海溝付近では成層した音響的層相の堆積物の中に2つのタイプのカオティックな音響的層相 の堆積物の挟在が認められる.これらのカオティックな層相の堆積物はコアとして採取はされていな いが,音響的層相の特徴から斜面崩壊起源の堆積物と推定される.一つは,海溝底の小海盆に認めら れ,海溝陸側斜面からのやや大規模な崩壊によると考えられるものである.もう一つは,沖側のグ ラーベンに認められ,ホルストの陸側の斜面から供給されているものである.この堆積物の規模は小 さいが,グラーベンを埋積する成層した堆積物の下部に見られる場合もある.沈み込む海洋プレート が曲がる(傾斜を増す)作用と関係して形成されている可能性が高い.

以上のように,三陸沖日本海溝は通常時の高い粒子供給による速い堆積速度が特徴である.地震時 に陸側斜面から海溝底にもたらされた混濁流は海溝軸とその沖合に存在するグラーベンの凹地に沿っ て流下し,小海盆に厚い細粒タービダイトを堆積させる.海溝陸側斜面下部や沖合のホルストの崖で は場所によって斜面崩壊が発生し,カオティックな音響的層相の堆積物を形成している.

宮崎県串間市で発見された約4600年前の古津波堆積物

A 4600-year-old paleotsunami deposit from Kushima City, Miyazaki Prefecture

山田昌樹(筑波大)・藤野滋弘(筑波大)・千葉 崇(筑波大)・後藤和久(東北大) Masaki Yamada (University of Tsukuba), Shigehiro Fujino (University of Tsukuba) Takashi Chiba (University of Tsukuba), Kazuhisa Goto (Tohoku University) 連絡先:山田昌樹 (yamada@geol.tsukuba.ac.jp)

九州地方東部沿岸地域には、過去約400年間に南海トラフや日向灘で発生した地震に伴う津波の記録が 残されている.しかしながら,それ以前に発生した地震と津波に関する情報は知られておらず,これは歴史記 録が乏しいことに加えて九州地方東部沿岸地域において古津波堆積物の調査報告が極めて少ないことに起 因している. 特に, 宮崎県以南の地域に関しては, 1つも報告がないのが現状である. 本研究では, 九州地方 南東部沿岸地域における過去数千年間の津波履歴を解明することを目的とし、志布志湾に面した宮崎県串 間市永田の沿岸低地において古津波堆積物調査を行った.海岸から内陸方向に長さ約350 mの測線MKNa と長さ約450 mの測線MKNbを設定し、ハンドコアラーを用いて合計19地点で掘削を行った(第1図). 全長3.0-6.0 mのコア試料は、表層から深度1.0 m程度までは黄褐色の耕作土であり、耕作土以深は下位より灰色の含 礫粗粒砂層,緑褐色の有機質泥層,黒褐色の有機質泥層で構成されていた(第2図). MKNa-06の深度 331.0-335.0 cmに位置するテフラ層(第2図)は低地全体に分布しており、火山灰分析と放射性炭素年代測定 から約4500年前に降下したKr-Mテフラであると同定された. MKNa-06において, Kr-Mテフラ層の下位に認め られた層厚0.5 cm程度の2枚の砂層(深度358.0, 361.0 cm, 第2図)は、上下の有機質泥層と明瞭な地層境界 で区切られていた.この砂層は、コアにより1枚のみの場合と2枚に分かれている場合があったが、両測線の海 岸線から約300 mまでのそれぞれのコア(MKNa-01-MKNa-07, MKNb-02-MKNb-07)でKr-Mテフラ層の下 位に連続して分布していた. 放射性炭素年代測定の結果から, この砂層は約4600年前に堆積したことが分か った.この砂層からは、上下の有機質泥層と比較して特徴的に汽水生-海生種の珪藻が産出しており(第2図)、 このことは砂層を構成する粒子が海浜や海底から運搬されたことを示唆している.また,砂層の下位の有機質 泥層からも相対的に高い割合で汽水生-海生種の珪藻が産出していた.さらに、砂層前後で有機質泥層の色 が緑褐色から黒褐色へ変化し、砂層以深に産出していたCheatocerosの休眠胞子が砂層上位の有機質泥層 からは認められなかった(第2図)、これらの変化が、地震前沈降による水位の上昇と地震時/地震後降起による 水位の低下を表しているとすれば、約4600年前に宮崎県串間市の沿岸低地に堆積した砂層は、地殻変動を 伴わない遠地津波やストームの堆積物ではなく、九州地方東方沖の日向灘で発生した地震に伴う津波堆積物 の可能性が高いと言える.



第1図 (a) 調査地域位置図. (b) 調査地域周辺の標高と海底地形図. (c) 調査地域の地形図と調査測線,

掘削地点.





宮城県沿岸の海底面下に認められる不連続面(不整合)の層位的・形態的な特徴

Stratigraphic and geometric characteristics of sub-bottom discontinuities (unconformities) recognized in the offshore Miyagi Prefecture, northeastern Japan

荒戸 裕之 (秋田大学国際資源学部)

Hiroyuki Arato (Faculty of International Resource Sciences, Akita University)

連絡先:荒戸裕之 (h_arato@gipc.akita-u.ac.jp)

1. はじめに

東北日本弧における地体構造の成立は、不明瞭ながら拡大軸を有する日本海盆を背弧に有し、横ず れ成分を持つ複数の構造線によって南北に引き延ばされた構造発達史として復元されている(大槻・ 永広、1992; Sasaki, 2004; 柳井、2011; 他).しかし、東北地方の太平洋側の海域に目を向けると、 おもに陸域の地質情報によって解釈された東北日本弧の地体構造が、海域にどのように延長している のか、あるいはしていないのか、議論が十分に尽くされたといえる状況にない.

発表者は、このような状況の中で、経済産業省(および旧通商産業省)が実施した国内石油・天然 ガス基礎調査資料の再解釈を行い、宮城県〜福島県沖海域における地層分布、形態、ならびに地質構 造上の特徴を整理し、東北日本弧でこれまでに明らかにされている地体構造との関連について議論を 進めている.

今般,震探層序学的手法によって宮城県沖の海底面下に認められる不連続面について,層位的および形態的な特徴を整理したので,以下に報告する.

なお,研究に用いた基礎物理探査データは,(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構の許可に基づい て使用しているものである.

2. データベース

(1) 基礎物理探査「南三陸~鹿島沖」(1986年):このデータは気仙沼沖から日立沖にかけて,東西約 100km,南北約 300kmの水域を東西方向の 14 測線群,南北方向の 6 測線群で網羅する二次元地震探査記録である.測線間隔は,おおよそ 20~25km 程度である.同収録域内には,基礎試錐「気仙沼沖」,基礎試錐「相馬沖」,ならびに基礎試錐「常磐沖」が通商産業省(当時)によって掘削されているほか,民間企業の試掘井やガス田が位置している.

なお、今回の研究対象海域は、この調査範囲の中北部西側である.

(2) 基礎試錐「気仙沼沖」(1984年):本井は深度2,027mまで掘削され,層厚約200mの新第三系,約1,100mの上部白亜系,約350mの下部白亜系を確認している(佐藤,1993).とくに,掘止までの約180m間には花崗岩類が出現しており,そのコア試料からは白亜紀前期の同位体年代が得られている(柴田,1986).

(3) 基礎試錐「相馬沖」(1990年):本井は深度3,500mまで掘削され,層厚約300mの第四系,約350mの鮮新統および中・上部中新統,約800mの下部中新統,約830mの古第三系,約1,000mの上部

白亜系堆積岩を確認している(箕輪, 1993).

3. 解釈結果

基礎物理探査「南三陸~鹿島沖」調査海域の地質構造は、大局的には南北に伸長方向を有する隆起 域と沈降域の帯状分布に特徴づけられ、かつ、その後の北北西-南南東方向の横ずれ断層群による構 造変形を被っている.

当該地域の北西部では、複数の震探断面において、海底面下の浅所に特徴的な埋没平坦面が認められる.この面は、面の形状および面下の反射波列端の種類により、連続的に追跡される三種類の不連続面(discontinuities) D1, D2 および D3 により構成される.

不連続面 D1 は、もっとも北西側を占める削剝面である.多少不規則な凹凸のある面で、これを構成 するのは音響基盤、すなわち南部北上帯の中・古生界および花崗岩類と解釈される.この削剝面は、 オンラップする鮮新統ないし第四系に覆われることから、中新世後期末までに陸上に露出し削剥を受 けていた区域であると解釈される.

不連続面 D2 は,第一の削剝面を取り囲むように東側に分布する削剝面である.この面下は上部中新 統以下の地層のトランケーションで特徴づけられ,上位は鮮新統および第四系で覆われることから, 同じく中新世後期末までに陸上に露出し削剥を受けていた区域であると解釈されるが,削剥を受けて いた地層は上部白亜系,古第三系および中新統であった.

仙台湾に伸びるグラーベン域では、この面に覆われた中部中新統以下の地層が著しく変形を受けて いるが、面上の上部中新統以上の地層は、断層直近の一部地域を除き、ほとんど変形を受けていない.

不連続面 D3 は、さらに東側を取り巻く不連続面で、面下における上部中新統のトップラップによっ て特徴づけられる.より沖側には不連続面は追跡できず、整合一連の地層が分布することから、この 面は海岸平野など当時の海岸域の堆積システムであると推定される.

4. まとめ

今回震探断面上で認定された不連続面は,層位学的には不整合面であり,グラーベン状の地質構造 とともに仙台湾から北上低地帯に追跡されると考えられる.またこうした不整合面はグラーベンを形 成する断層群の活動と密接な関連性を有しており,その性格を理解することは東北日本弧の地体構造 を議論する上で,海域側からの制約条件を与えるものである.

文 献

大槻憲四郎・永広昌之, 1992, 東北日本の大規模左横ずれ断層系と日本の地体構造の成立ち. 地質雑, 98, 12, 1097-1112.

Sasaki, M., 2003, Early Cretaceous sinistral shearing and associated folding in the South Kitakami Belt, northeast Japan. The Island Arc, 12, 92-109.

佐藤勝義, 1993, 基礎試錐「気仙沼沖」. 石油技術協会編, 最近の我が国の石油開発, 133-136.

箕輪英雄、1993、基礎試錐「相馬」. 石油技術協会編、最近の我が国の石油開発、141-144.

柳内修一・青木一勝・赤堀良光, 2010, 日本海の拡大と構造線—MTL, TTL そしてフォッサマグナ—. 地学雑, 119, 6, 1079-1124.

シーケンス境界と海水準変動: IODP 第 317 次航海「ニュージーランド沖

海水準変動」の結果から

Sequence boundaries and sea level changes : Results from IODP Exp.317 "Offshore New Zealand sea level"

保柳康一(信州大学理学部)

Koichi Hoyanagi (Shinshu University)

連絡先:保柳康一 (hoya101@shinshu-u.ac.jp)

はじめに

深海底の底棲有孔虫殻の酸素同位体比は,汎世界的海水準変動を記録している(Shackleton and Opdyke, 1973). 一方,シーケンス層序学は陸棚縁辺の地層形成と汎世界的海水準変動と地域的構造 運動との関連を検討することを可能性にした(Von Wagoner et al., 1987). しかし,同一のシーケンス層序学的枠組みを構成している地層で酸素同位体比変動曲線とシーケンス境界とを直接結びつけた研究は、北米ニュージャージーの陸域から陸棚および斜面の掘削による検討(Miller et al., 1998 など)があるのみである. そこで 2009 年から 2010 年にかけておこなわれた IODP 第 317 次航海は、ニュージーランド南島の東沖陸棚と陸棚斜面を掘削して、地震波断面に示された堆積シーケンスを掘り抜いてコア試料を採取した. この研究ではこれらの試料中の底棲有孔虫殻(*Nonionella flemingi*)の酸素同位体比変動を求めた(Hoyanagi et al., 2014). このことによって、酸素同位体比に基づく高分解の汎世界的海水準変動と地震波断面中のシーケンス境界とを直接対比することが可能になった.

シーケンス層序学では、シーケンス境界はユースタシーの低下速度の最も早い時期(eustatic inflection Point)に形成されるとしている(Posamentier et al., 1987).しかし、氷河性サイク ル対比では氷期の海水準の最も低い時代に地層中の侵食面を対比する研究がほとんどである(例えば、 Kitamura et al., 1994).シーケンス層序学にもとづく研究でも、Plint and Nummendal (2000)、 Naish and Wilson (2009)は、低海水準期におけるシーケンス境界形成を主張している.この発表で は、IODP 第 317 次航海の研究成果を基にシーケンス境界の形成時期について考察する.なお、この陸 棚-陸棚斜面の地震波断面中には、下位から順に U1 から U19 までの地震波シーケンス境界が Lu and Fulthorpe (2004)によって認められている.この研究では斜面サイトで酸素同位体比変動曲線が得ら れた掘削深度約 500 m までに予想深度が存在する U13 より上位の地震波シーケンス境界を検討対象と した.

結果

陸棚斜面上部のサイト(U1352)と陸棚サイト(U1354)のコアから底棲有孔虫化石を抽出し,その酸素同位体比を求めた.その結果,陸棚斜面では掘削深度約500m(年代は1.8 Ma)までの連続的な酸素同位体変動曲線を描き,Lisiecki and Raymo(2005)との対比によって,海洋酸素同位体ステージ(MIS) 64までの氷期-間氷期を捕らえることが出来た(Hoyanagi et al.,2014).一方,陸棚サイト

では掘削深度 75 m までの MIS20 までのステージを認識し、コアの両サイト間の対比が酸素同位体比 曲線を用いて可能になった. その結果,陸棚上の U15 から 19 までの地震波シーケンス境界は,陸棚 コア中の5つの岩相不連続面に一致すると考えられ、その形成時期は MIS20,16,12,8,6の5つの 氷期ステージの低海水準期に一致することが明らかになった. ただし、陸棚上で U15 に相当すると考 えられるコア中の不連続面は 0.4 m.y.の時間間隙を示し (Fulthorpe, et at., 2011), MIS38 から 22 までの記録が陸棚上では失われている.

一方,地震波シーケンス境界 U13 の予想深度は,陸棚サイトで掘削深度 121 m,斜面サイトで 500 m である (Fulthorpe, et at., 2011).陸棚,斜面サイトとも得られたコアにはこの深度付近に 2.7 Ma から 1.8 Ma の地層の欠如を示す不連続面が存在する (Fulthorpe, et at., 2011).したがって,U13 に相当するシーケンス境界は鮮新統と更新統を分けるより長周期の堆積シーケンスのシーケンス 境界と考えられる.

これらのことから,地震波断面とコアに認められるシーケンス境界のうち上部6つのシーケンス境界 界(U19~14)は、氷河性ユースタシーに対応した高次オーダーシーケンス境界であり、低海水準期 に形成されていることが明らかになった.さらに、それらの形成は全ての氷期で起こらず、0.86M a 以降の後期更新世では20万年周期で現れる振幅の大きい氷期に形成されている.一方、これらの高 次シーケンス境界の下位に位置するシーケンス境界(U13)は、2.7~1.8 Ma におよぶハイエイタスを もつ第3次オーダーシーケンス境界で、この時期にみられるユースタシーの長期低下傾向に対応して 形成されている.すなわち、第3次オーダーユースタシーの低下期(eustatic inflection Point) に形成されていると解釈できる.

まとめ

氷河性ユースタシーに対応した約20万年間隔で形成されているシーケンス境界は、低海水準期に 形成される.しかし、数m.y.の周期を示す堆積シーケンスを構成するシーケンス境界はより長周期の ユースタシー変動に対応して、海水準低下期に形成される.

文献

Fulthorpe et al., 2011. Proc. IODP, 317, doi:10.2204/ iodp.proc.317.2011.
Hoyanagi et al., 2014, Proc. IODP, 317, 10.2204 /iodp.pro.317.208.2014
Kitamura et al., 1994, Palaeogeo.Paleoclim.Palaeoeco., 112, 345-361.
Lisiecki and Raymo, 2005, Paleoceanography, 20, PA1003.
Lu and Fulthorpe, 2004, Geological Society of America Bulletin, 116, 1345-1366.
Miller et al., 1998, Reviews of Geophysics, 36, 569-601.
Naish and Wilson, 2009, Phil.Trans. R. Soc. A, 3 67, 169-187.
Plint and Nummedal, 2000, Geol. Soc., S.P., No. 172, 1-17.
Posamentier et. al, 1987, SEPM, S.P., No. 42, 109-124.
Shackleton and Opdyke, 1973, Quat. Res. 3, 39-55.
Van Wagoner et al., 1987, SEPM, S.P., No. 42, 37-45.

IODP 航海で取得されるコア写真 RGB 値と反射スペクトル L*a*b*値との相互変換 Transform between RGB values from core photograph and L*a*b* values from reflectance spectrum obtained during IODP cruise

入野智久(北大)・烏田明典(東大)・多田隆治(東大)・R.W. Murray (Boston Univ.)・C.A. Zarikian (TAMU)・IODP Exp346 Scientists T. Irino (Hokkaido Univ.), A. Karasuda (Univ. Tokyo), R. Tada (Univ. Tokyo), R.W. Muray (Bost

on Univ.)・C.A. Zarikian (TAMU)・IODP Exp346 Scientists 連絡先:入野智久 (irino@ees.hokudai.ac.jp)

IODP (International Ocean Discovery Program: 2013 年までは International Ocean Drilling Program)の航 海においては多くの場合、堆積物コア採取直後の堆積物記載および物性計測の一連の過程の中で、コ ア断面のデジタル画像スキャンと反射スペクトル計測を行う.計測値は全てデータベースにアップ ロードされ,層序情報の統合や Hole 間対比,スプライス記録の構成に用いられる.反射スペクトル 計測は、その航海時における堆積学的要求とコア処理能率を勘案しながら1-2.5 cm 間隔で測定され、 そこから計算される三刺激値 XYZ および L*a*b*指標がデータベースに登録される. IODP Expedition 346 航海においては、デジタル画像のコア中央部5mm幅の部分について5mm厚平均のRGB値を5 mm間隔で計算したものもデータベースに入れ、コンポジット深度の定義やスプライス構成時の連結 深度の精密化に役立てられた. 堆積物の色は、その記載における最も基本的な項目の一つであるだけ でなく、堆積物の粒子組成や組織を反映するので、堆積物コア断面の可視光反射スペクトルから計算 される各種指標を堆積物の組成と関係づけることは広く行われてきた. 堆積物のデジタル写真から得 られる各ピクセルの RGB 値も見た目の色の定量的表現に他ならないので、可視光反射スペクトルとは 一定の関係が成立し、さらに堆積物の粒子組成や組織と関係づけられることが期待される. 実際のと ころ、定義された光源と視野(D65光源・2°視野観測者が仮定されることが多い)の下で、RGB 値と 三刺激値 XYZ の間には厳密な線形関係が定義されている.しかしながら実際の船上計測においては, デジタル写真の撮影と反射スペクトルの測定には相互に補正されているわけではない測定器を用いる 上に、反射スペクトル測定時にはコア断面に透明ラップフィルムを貼る必要があるため、RGB 値と三 刺激値 XYZ の間が定義通りの関係にはならないのが普通である.そこで本報告では, IODP 航海におい て船上で取得された RGB 値, データベースに登録されたデジタル写真に埋め込まれたピクセルの RGB 値,反射スペクトルから計算された三刺激値 XYZ,3者の間の関係を調べ,実用的で偏りのない相互 変換方式を提案する.ここに提案する色表現数値相互の変換を用いることにより、コア取得時に擾乱 を受けた部分での反射スペクトル計測値を、デジタル写真から読み取った正常部の RGB 値を変換した 上で補完することができる.また,計測デジタル写真からピクセル単位でL*a*b*値が計算して,写真 で解像される程度の葉理一枚一枚の色を、通常の反射スペクトル計測の結果と比較できる

高濃度混濁流の発生条件

Condition for generating high-concentration turbidity current

成瀬 元 (京都大学大学院理学研究科)

Hajime NARUSE (Kyoto University)

連絡先:成瀬 元 (naruse@kueps.kyoto-u.ac.jp)

高濃度混濁流とは、乱流拡散に加えて、干渉沈降・粒子衝突拡散圧などの濃度に関連した効果に よって流れ内部に浮遊堆積物を保持する混濁流を指す. Lowe (1982) がこの仮説的な流れをさまざま な重力流堆積物の堆積構造の成因として提唱して以来、高濃度混濁流の存在は堆積学者の間で広く知 られるようになった. 高濃度混濁流は重力流堆積物の層厚の急激な変化や塊状構造、そして多重逆級 化層の成因となっている事が提案されている.

しかしながら,高濃度混濁流がはたしてどのような条件で発生し,具体的にどのような濃度・流速 で流れるのかについては,これまでほとんど定量的な解析は行われてこなかった.そもそも,なぜ混 濁流が低濃度・高濃度の2タイプに分かれるのか,両者は連続的な存在なのかについても,十分な検 討は行われていない.これは,実際に深海底で混濁流の観測を行う事が困難であることが一つの原因 となっている.近年になって実験技術の進展などにより高濃度混濁流の実験が徐々に行われてきては いるが (ex. Cartigny et al., 2013),その発生条件や流れの特性に関する定量的な検討はまだ不 十分である.

そこで、本研究は高濃度混濁流の発生条件とその特性について、数値モデルによる検討を行った. このモデルは1次元浅水方程式に基づいており、乱流運動エネルギー保存則(Parker et al., 1986)に加えて、干渉沈降の効果を考慮している事が特徴である(Richardson and Zaki, 1954).

結果として、(1)低濃度混濁流と高濃度混濁流の違いは干渉沈降と堆積物連行のポジティブ・ フィードバックに起因している事が明らかになった.流れ内部の密度成層効果により、低濃度混濁流 がいくら加速しても底面侵食から得られる濃度はせいぜい数%程度であり、高濃度混濁流のような濃 度に達する事は出来ない.一方、高濃度混濁流の場合、干渉沈降効果による堆積物沈降速度の低下と、 強い乱流運動エネルギーによる堆積物連行効果がポジティブ・フィードバックを起こしており、 30vol.%に及ぶ高濃度の浮遊砂を流れの中に維持し続ける事が可能となっている.

また,(2)2種類の流れの違いは流れの初期条件に依存していることもわかった.一般的な水理 条件のもとでは,高濃度混濁流の平衡条件に達するためには少なくとも40 vol.%以上の条件から流れ が開始されなくてはならない.これは,例えば水中土石流から発生した混濁流であれば達成可能な濃 度といえるが,嵐や津波によって発生した混濁流はこのような高濃度条件から発生する事はあり得な いだろう.したがって,高濃度混濁流の存在は特定の成因の流れに限られるものと推定される.

そして,(3)高濃度混濁流の平衡条件が生じるためには,高速かつ細粒という二つの条件が必要 となることも明らかになった.高濃度混濁流の平衡条件は,流速10 m/s かつ流厚10 m という条件の もとでは180μm以下の堆積物でしか存在しない.また,粒径150 μm という条件のもとでは,流速9 m/s以上の流れでしか高濃度平衡条件は現れない.ただし、いったん高濃度平衡条件が現れると、平衡濃度は流速や粒径によらず 30 vol.%でほぼ一定となる.高濃度混濁流の強い乱流運動エネルギーは、大きな底面せん断応力を生み出すため、流れの受ける底面抵抗も非常に大きくなる.これらのことからは、高濃度混濁流堆積物が限定的な条件でしか流れられないであろうことが推定される.

本研究の問題点は、堆積物粒子の衝突や摩擦などの効果が考慮されていない点である.したがって、 本研究で得られた高濃度平衡条件をそのまま自然界での条件と見なす事は出来ない.しかしながら、 低濃度・高濃度の境界が干渉沈降のポジティブ・フィードバックによってもたらされることや、その 境界となる条件についてはほぼそのまま適用出来る可能性が高い.今後、実験や3次元数値モデルに よる検証を経れば、本研究の成果は実際の地層中にみられるタービダイトの逆解析が可能なフォワー ドモデルへと結びついて行くだろう.

文献

- Cartigny, Matthieu JB, et al. "Concentration-dependent flow stratification in experimental high-density turbidity currents and their relevance to turbidite facies models." Journal of Sedimentary Research 83.12 (2013): 1046-1064.
- Lowe, Donald R. "Sediment gravity flows: II Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents." Journal of Sedimentary Research 52.1 (1982).
- Parker, Gary, Yusuke Fukushima, and Henry M. Pantin. "Self-accelerating turbidity currents." Journal of Fluid Mechanics 171 (1986): 145-181.
- Richardson, J. F., and W. N. Zaki. "The sedimentation of a suspension of uniform spheres under conditions of viscous flow." Chemical Engineering Science 3.2 (1954): 65-73.

開水路ベッドフォーム形成条件の判別分析

Discriminant analysis for formative conditions of bedforms in open-channel flows

大畑耕治(京都大学)・成瀬 元(京都大学大学院) Koji OHATA (Kyoto University), Hajime NARUSE (Kyoto University) 連絡先:大畑耕治 (ohata.koji.24z@st.kyoto-u.ac.jp)

流れと堆積物の相互作用でできるベッドフォームは,地層中に堆積構造として保存される.そのため,現在の河川の状態を知るためだけでなく,地層から古環境を復元する上でもベッドフォームは大きな手がかりとなる.

ベッドフォームの形成条件を理解し地層中の堆積構造を解析するため、開水路実験や野外観察の結 果に基づいたベッドフォームの安定領域を示す相図が近年の研究で作成され、広く使われている.し かし、既存の相図には以下の2つの問題点がある.まず、(1) 有次元パラメータを用いていることが 問題である.水槽実験の結果と自然現象との間では、例えば空間スケールに違いがあるため、有次元 パラメータを用いた相図を使って自然現象を解析することは困難な場合がある.次に、(2) 図に使用 しているパラメータ数が不足していることも問題である.本来、ベッドフォームの形成条件には3 な いしは4パラメータが関係しているにも拘わらず、従来の相図は2パラメータで安定領域を表したも のが多かった.パラメータ数が不足した相図はベッドフォームの形成条件を十分に反映しているとは 限らない.

そこで、本研究では既存の開水路実験・野外観察データを収集して、フルード数 Fr、シールズ数 τ_* 、 無次元粒径 D_* の3つの無次元パラメータを用いた新たな安定相図の作成を行った.その結果、無次 元粒径の値によって、ベッドフォームの遷移を支配する無次元数が異なることが明らかになった.3 次元相図より、dune から upper-plane bed、antidune にかけての遷移は τ_* 、Frの2つが支配しているこ とがわかる.しかしながら、 D_* の値によってこの遷移が起こる無次元数の値が異なるだけでなく、 領域境界の形状が異なることが明らかになった.すなわち、地形の遷移に影響する要因はベッド フォームごとに異なり、Fr、 τ_* 、 D_* の3要素のどれもが重要であることがわかる.

さらに,作成した相図を用いて,本研究はベッドフォームの遷移が起こる条件をあらわす関数を最 適化計算によって定量的に求めた.得られた判別関数は,堆積構造から水理条件を復元するために応 用が可能である.堆積構造を構成する粒子の粒径や古水深を見積もることができれば,本研究で得ら れた判別関数を解くことで,地層中から古流速の推定が可能となるであろう.

今後さらに開水路実験・野外観察データを増やすことで,開水路ベッドフォームの安定領域につい て更なる理解が深まることが期待される.

サージ的混濁流により形成されるサイクリックステップの形態(予報) Preliminary report on the geometry of cyclic steps generated by surge-type turbidity currents

横川美和・山本真也・樋口裕幸・庄境大貴(大阪工業大学情報科学部)・ John Hughes Clarke(Univ. New Brunswick)・泉典洋(北海道大学工学院) Miwa Yokokawa, Shinya Yamamoto, Hiroyuki Higuchi, Daiki Shozakai (Osaka Institute of Technology), John Hughes Clarke(Univ. New Brunswick), Norihiro Izumi (Hokkaido Univ.) 連絡先:横川美和 (miwa@is.oit.ac.jp)

カナダ・ブリティッシュコロンビア州,スコーミッシュ川の河口デルタ斜面上では,雪溶けによる 河川流量増加時に混濁流が発生し,それに伴って上流進行する周期的なステップ状地形が形成されて いることが発見された.これらの現象は河川流量増加時の下げ潮に伴って発生している事が突き止め られ,現地観測ではステップの部分で混濁流が跳水を起こしてステップが上流進行している事も観測 された.こうした事から,これらの地形はサイクリックステップであると考えられる.

カナダ,ニュー・ブランズウィック大学のOcean Mapping Groupは,浅い海域で調査が可能な小型船 に音波探査システムを搭載した観測システムを構築した.この調査船へロン号には70-100kHzのマル チビームソナー (EM710)が搭載されおり、これによって、デルタのトップセットの縁から3500m沖合 までの海底地形を調査している.また2013年には、北チャネルのデルタ縁辺より300m、水深60mの地 点に船上から1200 kHzのADCPと500kHzのMV3を係留し、混濁流の観測を行っている.スコーミッ シュ河ロデルタ斜面上には北、中央、南と3本のチャネルがある。音波探査のデータから各チャネル の断面図を作成し、ステップの波長・波高、平均勾配などを求めた。2011年6月から8月に行われた海 底地形測定データを解析した結果,デルタ斜面は6.8°~2.7°(沖ほどゆるい),ステップの平均波長は 24.5~87.6m, 平均波高は2.4~5.4mであった. これらから求められるステップの波形勾配は0.035~ 0.157であった.これらの値を開水路での高領域ベッドフォームの波形勾配と比較すると、比較的高い 波形勾配を示すサイクリックステップや流下反砂堆に近い値を示す事がわかった. 無次元波数を求め るためには、流れの厚さが必要になる. 音波探査から得られた浮遊砂全体の厚さは約10mであるが、 最大流速を示す部分は常に底面から5mよりも下にあり、また、濃度が大きなレイヤーは最下部2mよ りも下にある.流れの厚さ10mとして無次元波数を計算すると、その値は流下反砂堆の波数に近くな り、流れの厚さ0.5mを使うと、サイクリックステップの値に近づく.このように開水路実験の形態と の間に違いがでる要因はいくつか考えられるが、本研究では、スコーミッシュでの流れが連続的なも のではなく、サージ的な流れが何度も作用する事に注目して、サージ的混濁流によるサイクリックス テップの形成実験を予察的に行った.

実験は大阪工業大学情報科学部に設置の長さ4m,高さ40cm,幅8cmの水路内部に水を張り,その中 に長さ3.6m,高さ20cm,幅2cmの水路を置いて,その中に塩水とプラスチック粒子で混濁流を流した. 短時間の混濁流を105回流した結果,2つのステップが形成され,それらが上流進行することが確認 された.発表では,これらのステップの形態と,スコーミッシュデルタの形態の比較などについて議 論する. 開水路により作成した津波堆積物による平滑床の磁気ファブリックの特徴 Magnetic fabric of plane beds in flume experiments using tsunami deposits

高清水康博・大田和樹(新潟大学教育学部)・ト部厚志(新潟大学災害・復興科学研究所) Yasuhiro Takashimizu, Kazuki Ota and Atsushi Urabe (Niigata University) 連絡先:高清水康博 (takashimi@ed.niigata-u.ac.jp)

1. はじめに

水や風の流れの影響を受けて堆積した粒子は,流れ様式と流れ方向に支配された配列(粒子ファブ リック)を持つ.この特徴は,地層形成時の流れ様式の復元や古流向の推定のためによく利用される. 一方で,帯磁率異方性を用いて粒子ファブリックを推定する方法もよく知られている.これは,試料 の磁化の変化率の異方性を楕円体近似したもの(磁気ファブリック)で,粒子ファブリックと同様の 傾向を持つとされている.

沿岸低地を遡上した津波堆積物は平滑床やアンチデューンをよく構成することが知られているが, この磁気ファブリックを測定した研究はまだまだ少ない(Wassmer, 2010; Schneider, 2014; 澁谷ほか, 2014).また,必ずしもステレオ図上にK_{min}が集中して分布する結果が得られているわけでもない. そこで本研究では,開水路で作成した平滑床の磁気ファブリックは粒子ファブリックの proxy として 有効であるのか,また集中率の高いK_{min}の分布の条件は何であるのかを検討する.その上で,現世津 波堆積物を用いて平滑床を作成し,磁気ファブリックの特徴を調べた.

2. 試料と方法

本研究では平滑床を作成するために新潟大学教育学部の開水路(L=180 cm, H=30 cm, W=8 cm) を使用した.実験砂には東北珪砂株式会社製の天然乾燥珪砂(4-8 号砂),および仙台市荒浜地区と 藤塚地区から採取した 2011 年東北地方太平洋沖地震による津波堆積物を使用した.水の流量はポン プの入力電圧を変化させて調整した.平滑床の形成に伴って水深を維持させるため,高さ 0.5 cmの堰 (計 8 本)を用いて水位を変化させた.フルード数は,既知の津波から知られているものと同程度の もの(Fr=0.8-1.3 程度)になるようにした.

実験毎に、平滑床の上流端 58 cm の地点から 3 cm 毎に 7 cc プラスティックキューブを粒子配列が 乱れないように慎重に差し込み、3 列・15 行、計 45 個の定方位不攪乱試料を採取した.その後、 AGICO 社製帯磁率異方性測定装置 MFK-1 を用いて磁気ファブリックの測定を行い、最大帯磁率方向

 (K_{max}) ,中間帯磁率方向 (K_{int}) ,および最小帯磁率方向 (K_{min}) の各強度を得た.

粒子ファブリックの検証のために 4 つの試料(4-7 号砂)の薄片試料を作成した. 試料は,シアノ アクリレート系接着剤とエポキシ樹脂を用いて固定し,水平面に平行な面の薄片を作成した. 観察し た粒子配列の顕微鏡写真からオリエンテーションの分布を得た. 次にオリエンテーションの最頻値方 向の垂直面の薄片観察からインブリケーションの分布を解析した. 得られた両分布をローズダイヤグ ラムとして作成した.

3. 結果と考察

実験の結果(Fig. 1), 6 号砂, 8 号砂, 荒浜地区津波堆積物, および藤塚地区津波堆積物では集中 率の高い *K*_{min} の分布が得られた.磁気ファブリックの配列様式は *a*(p)*a*(i) であった.一方, 4 号砂, 5 号砂, および 7 号砂ではばらつきの多い分布を示した.帯磁率は 6 号砂, 8 号砂, 荒浜地区津波堆 積物,および藤塚地区津波堆積物で比較的高く, 4 号砂, 5 号砂, および 7 号砂は低い値を示した. その後,分布にばらつきの多い試料について,試料採取の方法や給砂量など様々な条件を変えて再度 実験を行ってみたがこれらの傾向に変化は見られなかった.





*K*_{min}の分布のばらつきの多い 4-7 号砂の粒子ファブリックは,どの試料においてもオリエンテーションがほとんど北-南方向(水路の流れ方向)に集中した(Fig. 2).さらに鉛直面でのインブリケーションを測定したところ,南西方向(流れの上流方向)に傾斜していた(Fig. 2).このことは,磁気ファブリックがランダムなプロットを示しているにもかかわらず,粒子ファブリックは流れ方向をよく反映していることを示していた.推定される配列様式は *a*(*p*)*a*(*i*) であった.

 K_{\min} の分布の集中率と帯磁率には相関関係があることが分かった.また Standard Error (帯磁率異方 性を楕円体近似した際,楕円とどれだけ誤差が生じているかの指標)の値に着目すると,帯磁率が低 い試料は,Standard Error が大きい値を示していた.このことは低帯磁率試料は,測定時の誤差が大き いために分布にばらつきが生じたという解釈を支持している.

一方,仙台平野の現世津波堆積物の磁気ファブリックは *a*(*p*)*a*(*i*) の配列様式を持ち,流れ方向と 調和的な,かつ集中率の高い *K*_{min}の分布を示した.このことは,仙台平野の沿岸低地に分布する 2011 年東北地方太平洋沖地震による津波堆積物も理想的な条件下においては初成的には同様の特徴を 持っていたことを示唆するものである.

文 献

Schneider *et al.*, 2014. Marine Geology **358**, 89-06. http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2014.06.010 澁谷ほか, 2014. 堆積学研究 **73**, 3-17. http://dx.doi.org/10.4096/jssj.73.3 Wassmer *et al.*, 2010. Marine Geology **275**, 255-272. http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2010.06.007

南大東島山下洞鍾乳石の

炭素・酸素同位体組成と Mg/Ca 比に基づく地表環境変遷の解明 Interpretation of surface environmental changes based on carbon and oxygen isotopic composition and Mg/Ca ratio of a stalagmite from the Yamashite Cave, Minami-Daito Island, Okinawa.

津留崎皓平(熊大·理·地球)·鹿島美香·嶋田 純·松田博貴(熊大·院·自然)

Tsurusaki, K, Kashima, M., Shimada, J. and Matsuda, H. (Kumamoto Univ.) 連絡先:松田博貴 (hmat@sci.kumamoto-u.ac.jp)

鍾乳石は地表環境と連動しながら長時間にわたって連続的に成長するため,成長方向に沿って炭素・酸素 同位体組成や化学組成の解析を行うことにより古環境復元が可能と考えられ,これまでにも世界各地の鍾乳 石を用いて,数多くの古気候や植生変遷の検討が行われてきた(例えば,Wang et al., 2005;Kurisaki and Yoshimura, 2008;Sone et al., 2013;吉村ほか,2013 など).沖縄県南大東島は,西暦 1900 年に入植されるま で無人島であり,その後の開拓により人為的に植生が変化したことが知られている.この入植による植生変化 については,これまで複数の鍾乳石の炭素・酸素同位体比による検討がなされ,人為的植生改変が鍾乳石に 明瞭に記録されていることが明らかにされた(例えば,松田ほか,2013).しかしながら,鍾乳石の化学組成,特 に Mg/Ca 比に基づく植生変遷を検討した例はない.そこで本研究では,現在も亜熱帯天然林下に位置し,人 為的な植生変化の影響を受けていない鍾乳石の炭素同位体組成と化学組成から,南大東島における自然要 因の地表環境の変遷について明らかにすることを目的とした.

沖縄県南大東島は、沖縄本島の東方、約 360km に位置し、苦灰岩・石灰岩からなる海洋島である. 検討鍾 乳石試料の試料 YS-4 は、島の中央低地北東部に開口する山下洞より 2013 年に採取されたものであり、その 石筍採取地点は、現在も亜熱帯天然林の直下にあたる洞奥に位置する. この試料の頂部から、50mm の部分 について炭素・酸素同位体組成を、45mm の部分について SEM-EDS を用いて化学分析を行った.

その結果,炭素・酸素同位体比は連動して変化し,また炭素同位体比と Mg/Ca 比もよく相関することが明らかになった.特に炭素同位体比が相対的に高く,また Mg/Ca 比の正のピークが頻繁に認められる時期は,汎 世界的な小氷期と一致することから,地球規模での環境変化を記録しているものと考えられる.この炭素同位体比と Mg/Ca 比の連動した変化については,二つのシナリオが考えられる.一つは植生変化に起因するシナリオである. 鍾乳石の炭素同位体比は直上の植生を反映し,森林植生(C3 植物)が卓越するとその比は小さくなり,草原植生(C4 植物)が卓越すると大きくなる.一方,鍾乳石の Mg/Ca 比は地表の植物量を反映し,森林が衰退し植物量が減少すると,植物中のクロロフィル(Mg)が滴下水中に放出され. 鍾乳石の Mg/Ca 比も大きくなる.これに対し2つ目のシナリオは,PCP (Pre-Calcite Precipitaion)に起因するシナリオである.このシナリオでは,地表から浸透した地下水が鍾乳洞内に達するまでに,二酸化炭素濃度の減少に伴って方解石を沈澱することにより,選択的に¹²C が除去される. その結果,PCP が増加すると,炭素同位体比と Mg/Ca 比は正方向へと変動することになる.現時点では,いずれのシナリオが適当であるかは推測の域をでないが,炭素同位体比と Mg/Ca 比の正のピークが一致する時期が,小氷期などの地球規模での環境変化の時期に相当することから,これら汎世界的な気候変動とそれに呼応した地域の特性,ならびにそれに伴う地下水の水質化学的変化を合理的に説明する必要があると考えられる.

- Kurisaki, K. and Yoshimura, K., 2008, Novel Dating Method for Speleothems with Microscopic Fluorescent Annual Layers. *Analytical Science*, **24**, 93-98.
- 松田博貴・佐藤祐也・栗崎弘輔・吉村和久, 2013. 鍾乳石に記録された南大東島の開拓史と植生変遷. 月刊 地球, 35, 650-658.
- Sone, T., Kano, A., Okumura, T., Kashiwagi, K., Hori, M., Jiang, X. and Shen, C.-C., 2013, Holocene stalagmite oxygen isotopic record from the Japan Sea side of the Japanese Islands, as a new proxy of the East Asian winter monsoon. *Quaternary Science Reviews*, **75**, 150–160.
- Wang, Y., Cheng, H., Edwards, R. L., He, Y., Kong, X., An, Z., Wu, J., Kelly, M.J., Dykoski, C.A. and Li, X., 2005, The Holocene Asian Monsoon: Links to Solar Changes and North Atlantic Climate. *Science*, **308**, 854-857.

日本海東縁におけるガスハイドレートの資源量把握

- 2014 年ガスチムニー構造の掘削

Resource assessment of gas hydrate in the eastern margin of the Japan Sea Drilling the gas chimney structure in 2014

> 角和善隆・松本 良(明治大学ガスハイドレート研究所)・白嶺乗船研究員一同 Yoshitaka Kakuwa, Ryo Matsumoto (Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University), On-board scientists of Hakurei

> > 連絡先:角和善隆 (kakuwa@meiji.ac.jp)

1. はじめに

資源として、気候変動要因として、メタンハイドレートは注目されている。私たちは日本海東縁に 腑存するメタンハイドレートの資源量推定を目的として、2014年6月21日から7月10日にかけて、 JOGMEC 所有の「白嶺」により、日本海東縁の上越沖および秋田・山形沖のガスチムニー構造が発達す る地形的高まりを掘削した。その結果、メタンハイドレートはガスチムニー構造に特徴的に発達する ことがわかった。また、メタンハイドレートの安定領域基底部(BGHSZ)を貫くことに成功し、ガスチ ムニー構造内部において、海底面から BGHSZ までのメタンハイドレートの産状を把握することができ た。

2. 手法

日本海東縁において、安定領域から判断してメタンハイドレートが存在しそうな水深での海底の微 地形と海底面反射強度の調査を行って、ガスチムニー構造の存在を示唆する候補地を探索した。次に それらの一部について subbottom profiler (SBP)によって、2年間で約970個のガスチムニー構造を 確認した(広域調査)。それらガスチムニー構造のなかで、調査のよく進んでいる上越沖と秋田・山 形沖において掘削地点を選択した。

3. 掘削結果

(1) 上越沖の海鷹海脚、上越海丘、秋田・山形沖の飛島西方

海鷹海脚では海底面下約 30m まで掘削したが、非常に硬い層、厚い塊状メタンハイドレート層にぶ つかり、時間の都合で掘削を中止した。上越海丘では 122 m まで掘削し、想定されていた BGHSZ を超 えたことが確認できた。秋田・山形沖の飛島西方では想定されていた BGHSZ を超え 111.5m まで掘削 することに成功した。特に飛島西方の地形的高まりでは、SBP に特徴のある近接する 2 ヶ所、縞状構 造が発達する部分と音響的ブランキングを示すガスチムニー構造が発達する部分をそれぞれ掘削した。 その結果、縞状構造が発達する部分では深度約 48m まで掘削したがメタンハイドレートはまったく無 かった。一方、ガスチムニー構造が発達する部分では多くのメタンハイドレートが採取でき、メタン ハイドレートはガスチムニー構造に特徴的に存在することが確認できた。

(2) 表層型メタンハイドレートの特徴

掘削によって得られた日本海東縁の表層型メタンハイドレートは、泥の中に固まりとして産し(粒子排除型)、南海トラフに発達するような砂粒の間を埋める孔隙充填型とは全く異なる。この粒子排除型については、見かけ上の特徴からさらに塊状、粒状、板状、脈状に分類した。各タイプの産状の特徴としては、塊状と粒状は比較的浅い部分で、一方板状と脈状は全体的に産するものの特に深い部分で観察された。特にこの傾向は上越沖において明瞭であった。量的には、深度40-60mより浅い部分においてメタンハイドレート試料が多く得られた。また、固体のメタンハイドレートだけでなく、フリーガスも存在することが確認された。

ガスチムニー構造を掘削したのはわずか3カ所であり、BGHSZを超える深いコアは2カ所1本ずつ にすぎない。そのためメタンハイドレートの水平方向の発達の仕方がわからないなど一般化はできな いが、現時点での表層型メタンハイドレートを産するガスチムニー構造のモデルを提示する。今後は、 一つのガスチムニー構造について複数の掘削を行って、構造内でのメタンハイドレートの水平方向へ の広がり、分布密度の変化などについての調査が必要である。

(3) 形状分類をした意義

分類した表層型メタンハイドレートのうち、粒状と板状のでき方を想像することで、日本海東縁に 分布する表層メタンハイドレートのガスチムニー内での現在の深度分布を説明する形成過程について の考察を行った。それに基づくと、現在のような各タイプの深度分布は、数十万年にわたる継続的な ガスの供給と静的なメタンハイドレート安定領域という定常モデルでは説明できず、比較的最近にこ のような深度分布を形成する事件があったことを示唆する。この事件の最もありそうな時期は、最終 氷期最盛期における顕著な海水準の低下期である。

謝辞:「白嶺」運航に携わった JOGMEC 関係者の皆様には記して謝意を表します。本研究は平成 26 年度経済産業省「メタンハイドレート資源開発促進事業」の一環として行われました。

宮崎沖前弧堆積盆の上部中新統〜上部更新統の

三次元サイスミック地形学的特徴とメタンハイドレート分布

3D seismic geomorphology and methane hydrate occurrence of the Upper Miocene to Upper Pleistocene in the Miyazaki-oki forearc basin, Japan

小松侑平・小林稔明・藤井哲哉 (JOGMEC)

Yuhei Komatsu, Toshiaki Kobayashi, Tetsuya Fujii (JOGMEC) 連絡先:小松侑平 (komatsu-yuhei@jogmec.go.jp)

西南日本弧沿いに位置する宮崎沖前弧堆積盆には,最大層厚 5000 m を超える後期中新世以降の浅 海~深海環境下で堆積した堆積物が基盤を不整合に覆い発達している.このうち,三次元地震探査海 域の堆積物は6つのサイスミックユニットに区分され,探査海域外の坑井および陸域層序の特徴に基 づいて,下位4ユニットは上部中新統~上部鮮新統宮崎層群に,上位2ユニットは更新統日向灘層群 にそれぞれ対比される.また,本海域にはメタンハイドレート(MH)に起因すると考えられる海底 疑似反射面(BSR)が広く分布している.本研究では,これらの層準を対象に三次元サイスミック地 形学的解析を実施し,MHの胚胎状況を規制する要素のひとつである砂質堆積物の分布を検討した.

検討対象とした層準の反射波群には、広域的に分布する複数のオンラップ面や、フィリピン海プ レートの沈み込みに伴う構造運動に起因して形成されたと考えられる断層や褶曲による変形が認めら れる. その層準内には4種類のサイスミックファシスA~Dで構成される海底扇状地システムが発達 する.ファシスAは、不連続でパッチ状の強振幅反射波列と、その上位に発達する連続性の良い強振 幅反射波列の組み合わせからなる海底谷埋積物と解釈される.主に海底を深く削り込むように発達し, 対象層準の 5.5%に分布する.構造翼部に発達する(全体の 0.5%)ファシスBはチャネル・レビーシ ステムに特徴的に認められる gull-wing 構造を呈しており, 強振幅反射波からなる下に凸のチャネル 状構造と両側に発達するレビーが識別される.レビーには 30-40 ms(TWT) 程度の起伏を伴う波長 数 100 m のセディメントウェーブ状の堆積地形が観察され,その内部は連続性の悪い弱振幅反射波で 構成される.ただし、レビーの片側の分布は構造的高まりによって規制されており、堆積時の海底地 形の凹凸の影響が示唆される.ファシスCは対象層準において最も多く分布し(83%),全体として 比較的連続性の良い成層状の反射波列からなり、強振幅反射波列は砂質タービダイト堆積物を挟在す る中部扇状地に、弱振幅反射波列は半遠洋性の泥質堆積物を主体とする下部扇状地にそれぞれ対応す る.ファシスDは相対的に弱振幅のカオティックな反射波からなることから、構造運動に伴うスラン プなどのマストランスポート堆積物(MTD)と解釈され、全体の11%を占める.これらの分布に基づ くと、対象層準における堆積システムの発達過程は、大局的に宮崎層群堆積時の海底扇状地堆積物か ら、日向灘層群堆積時のチャネル・レビー堆積物や MTD への変遷によって特徴づけられる.

今回認められた BSR の上位に発達するチャネル堆積物や中部扇状地堆積物は,砂質層を挟在する 堆積物と推定されることに加え,その分布域が MH 賦存の指標となる反射波速度の高速度帯ともおお よそ一致することから, MH を胚胎している可能性が示唆される.

含泥率の三次元分布とその CO₂地中貯留への役割:長岡サイトの例 Spatial mud content and its implications for CO₂ geological storage: a case study of the Nagaoka site, Japan

伊藤拓馬・中島崇裕・薛 自求 (公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

Takuma Ito, Takahiro Nakajima, Ziqiu Xue (RITE)

連絡先:伊藤拓馬 (t-itou@rite.or.jp)

1. はじめに

CO₂地中貯留分野での地層解析は,Ketzin サイト(ドイツ),CO2CRC Otway Project サイト(オー ストラリア),Cranfield サイト(米国)等の貯留対象層のキャラクタリゼーションで実施される項目 である.地層解析の中でも,貯留対象層の堆積環境解釈などの堆積学的視点に立った研究は,CO₂貯 留に影響する地層分布や不均質性について地層の成因論的な見地からの解釈を可能とするため有意義 と考えられる.

本研究では,新潟県の CO₂ 圧入実証試験サイト(長岡サイト)を事例研究とした貯留対象層の堆積 学的検討を行う.具体的には,貯留対象層から得たコア試料(上部鮮新~下部更新統の灰爪層相当 層)の堆積相解析とシーケンス層序区分を設定,シーケンス層序学的な地層フレームワークに基づき 含泥率の三次元モデルを作成,含泥率の三次元モデルの CO₂地中貯留への役割を考察する.

2. 長岡 CO₂ 圧入実証試験の概要

長岡サイトは、背斜構造の東翼に位置し、90~110°方向へ 12~22°の傾斜を示す. CO₂ 圧入実証試 験に際し、1 つの CO₂圧入井と 3 つの観測井が掘削された. 坑井間の最長距離は約 160m である. 各 坑井では各種検層データが取得され、コア試料は圧入井の深度 1073~1109 m から採取された. 圧入 井における圧入対象層の深度は約 1093~1105m である. 2003 年 7 月~2005 年 1 月まで 20~40 トン/ 日で圧入が実施された. 総圧入量は約 10,400 トンである(例えば、薛・松岡、2008). 地下での CO₂ 分布は、圧入後には坑井間トモグラフィにより把握され、加えて、観測井での音波検層、中性子検層、 比抵抗検層の繰り返し検層によるモニタリングでも把握されている. これらの結果から、最も西側に 位置する観測井は構造的上位にあるにも関わらず、圧入後から少なくとも現時点まで CO₂ のブレーク スルーは認められていない(薛・松岡, 2008).

3. 長岡サイトでの地層解析・含泥率の三次元モデルと CO2 地中貯留への役割

新潟堆積盆の鮮新〜更新統の層序や堆積様式に関する研究は、これまでに精力的に実施されている (例えば、高野、1998). その中で、長岡サイト付近の鮮新〜更新統は、デルタ・エスチュアリーシ ステムで特徴づけられる(保柳ほか、2000). このような地質学的背景を勘案し、コア試料の堆積相 解析を実施した結果、貯留対象層は陸棚〜外浜の上方浅海化サクセションを示すことが判明した. コ ア試料では、上方浅海化サクセションがふたつ認められ、これらサクセションは侵食面によって画さ れる. 侵食面直上には, 貝殻片を含む礫岩が認められる. 地層の堆積環境は, 侵食面の下位は外浜, 侵食面上に載る礫岩より上位は陸棚と推定される. このような侵食面を介した顕著な堆積環境の深海 化は, この部分で急激な海進が起きたことを意味する. 侵食面上位にある礫岩は, より沿岸の粗粒堆 積物が沖合へ運搬された海進期ラグ堆積物と判断され, 侵食面はラビンメント面と解釈される. 粒度 分析から求めた含泥率の結果から, 礫岩上位には最も細粒化する堆積物が認められ, これはコンデン スセクションに相当する. 本研究では, ラビンメント面をシーケンス境界とみなす. 外浜と陸棚は含 泥率の値によって分類できるため, 含泥率の三次元分布は堆積環境を反映する可能性がある.

貯留対象層のシーケンス境界は、地層フレームワークとして使用することとし、三次元震探データ を用いて空間的に広げられた.コア試料の含泥率と自然ガンマ線検層データを統合し、各坑井での含 泥率の層序的連続データを取得し、このデータを用いて含泥率の三次元モデルを構築した.含泥率の 三次元モデル構築には、二点間バリオグラムを用い、逐次ガウスシミュレーション (Pyrcz and Deutsch, 2014)を実施した.こうして得られた含泥率の三次元分布により、圧入対象層下部から上部 にかけて、砂質堆積物の西部への前進する傾向が示された.先行研究では、後期~前期更新世の古地 理図が提案されており(風岡、1988;高野、1998),長岡サイト付近では南ないし東方から砕屑物が 供給されたと推定される.この見解は、本研究の含泥率の三次元モデルから推定される砂質堆積物の 前進様式と大局的に合っている.

最後に含泥率の三次元モデルの CO₂地中貯留への役割を検討する. CO₂圧入後の CO₂分布は,上述 のように坑井間トモグラフィや繰り返し検層等によりモニタリングされている.一般的に圧入後の CO₂は,浮力がドライビングフォースとなる.しかし,坑井間トモグラフィの断面図によると,構造 的下位の貯留対象層に CO₂が選択的に広がる.この特異的な CO₂分布は,含泥率の三次元モデルから 定性的に説明づけられる.すなわち,貯留対象層の構造的上位に含泥率の高い沖合堆積物が分布し, 構造的下位には含泥率の低い沿岸の堆積物が分布する場合には,CO₂分布は含泥率によって規定され る可能性がある.CO₂地中貯留分野では,含泥率の三次元モデルは CO₂分布を定性的に予測するのに 役立つと考えられる.

本研究は、経済産業省の「二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術事業」の成果の一部である.

引用文献

保柳康一,池津大輔,清水由花,大村亜希子,2000,新潟県東頸城丘陵北東部に分布する鮮新一更新 統におけるデルタ・エスチュアリーシステムの復元とシーケンス層序,地球科学,54,393-404.

風岡修, 1988, 新潟県東頚城丘陵東部の魚沼層群の層序と層相, 地球科学, 42, 61-83.

- Pyrcz, MJ and Deutsch CV, 2014, Geostatistical reservoir modeling 2nd ed. Oxford University Press, New York, 433p.
- 高野修,1998,新潟堆積盆における上部鮮新統~下部更新統のシーケンス層序—研究の現状と今後の 課題—,堆積学研究,48,21—39.
- 薛自求, 松岡俊文, 2008, 長岡プロジェクトからみた二酸化炭素地中貯留技術の現状と課題, 地学雑誌, 117, 734-732.
底質環境変動に対する底生生物群集の応答:上総層群国本層の生痕相解析 Benthic response to substrate environmental changes: Ichnofabric analysis of the Kokumoto Formation, Kazusa Group

泉 賢太郎(東京大学)・西田 尚央(産業技術総合研究所)・風岡 修(千葉県環境研究セン ター)・菅沼 悠介(国立極地研究所)・岡田 誠(茨城大学)・吉田 剛(千葉県環境研究セン ター)・荻津 達(千葉県環境研究センター)・中里 裕臣(農業・食品産業技術総合研究機構)・亀 山 瞬(千葉県環境研究センター)・香川 淳(千葉県環境研究センター)・森崎 正昭(千葉県環境 研究センター)・兵頭 政幸(神戸大学)・楡井 久(国際地質科学連合)

Kentaro Izumi (University of Tokyo), Naohisa Nishida (AIST), Osamu Kazaoka (Research Institut e of Environmental Geology, Chiba), Yusuke Suganuma (National Institute of Polar Research), Makoto Okada (Ibaraki University), Takeshi Yoshida (Research Institute of Environmental Geolog y, Chiba), Itaru Ogitsu (Research Institute of Environmental Geology, Chiba), Hiroomi Nakazato (National Institute for Rural Engineering), Shun Kameyama (Research Institute of Environmental Geology, Chiba), Atsushi Kagawa (Research Institute of Environmental Geology, Chiba), Masaaki Morisaki (Research Institute of Environmental Geology, Chiba), Masaaki ty), Hisashi Nirei (International Union of Geological Science) 連絡先:泉 賢太郎 (kentaro.t.izumi@gmail.com)

半遠洋,もしくは遠洋域においては,底生生物群集の活動は様々な底質環境要因によって制御され ていることが知られている.特に重要な要因としては,酸素濃度・堆積速度・底質中の餌量という3 つが挙げられる.したがって,これらの底質環境の変動は底生生物群集に対して大きな影響を与える. 底生生物の大半を占める soft-bodied 底生生物(=硬組織を持たず,体化石として保存されにくいも の)については,(半)遠洋性堆積物中の生痕化石や生痕相を解析することによって底質環境変動に 対する応答様式が明らかにされてきた.これまでの様々な事例研究によって,(半)遠洋域における 底質環境変動に対する soft-bodied 底生生物の応答様式については,定性的・概念的なモデルが得られ ている.しかしながら先行研究の大半は,堆積物・生痕相の肉眼観察や定性的な記載に基づくもので あり,定量的データを伴う統合的な研究は少ない.そこで本研究では,底質環境要因の変動に対する soft-bodied 底生生物群集の応答様式を具体的かつ詳細に解明するために,上総層群国本層において詳 細な生痕層解析を行い,超高解像度の化学組成分析の結果と統合して考察した.

その結果,国本層のシルト岩の中に Chondrites-Planolites-Thalassinoides ichnofabric (Ch-Pl-Th ichnofabric)と Phycosiphon-dominated ichnofabric (Phy ichnofabric)という2つの特徴的な生痕相を認識することができた.さらに、それらの生痕相の鉛直変化パターンに基づき、3つの特徴的な区間(interval) に区分できた.すなわち、 Ch-Pl-Th ichnofabric と Phy ichnofabric の両者が産出する下部区間(interval 1)と上部区間(interval 3)、そして Ch-Pl-Th ichnofabric のみの産出によって特徴づけられる中部区間(interval 2)である.化学組成分析の結果と併せて考察すると、本研究によって認識できた国本層の生痕相の鉛直変化は、酸素濃度や堆積速度の変化とは相関せず、餌量の代替指標の変動

と最も良く相関していた.

本研究によって、底質の餌量の変動に対する底生生物群集の具体的かつ詳細な応答様式が、以下の ように明らかになった.すなわち、Phy ichnofabric が産出する下部区間と上部区間では、中部区間に 比べて底質の餌量が少なかった.この結果は、各生痕化石の形成生物の摂食様式を考慮すると整合的 に説明できる. Phycosiphon 形成生物は細粒粒子を選択的に摂食することが知られており、餌が乏し い環境下でも他の生痕化石の形成生物に比べて効率的に採餌することができると考えられる.した がって底質の餌量が少なくなると、底生生物群集において、効率的な採餌様式を持つものの寄与が相 対的に増大すると考えられる.さらに、餌量の少ない下部区間・上部区間の中でも、より餌量の少な い準区間(sub-interval)においては、より餌量の多い準区間に比べて Phy ichnofabric の産出頻度が有 意に高かった.このことについても、Phycosiphon 形成生物が効率的な摂餌スタイルであることを考 慮すると整合的な結果である.一方、餌量の多い中部区間では Chondrites, Planolites, Thalassinoides 以 外の生痕化石の産出頻度も他区間に比べて高かった.つまり底質の餌量が多くなると、底生生物群集 の活動が全体的に活発になると考えられる.

遠洋性チャートに記録された底生生物の進化

- スコットランドのオルドビス系珪質岩

Evolution of benthic animals in pelagic chert - Ordovician siliceous rocks of Scotland

角和善隆(明治大学ガスハイドレート研究所)

Yoshitaka Kakuwa (Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University)

連絡先:角和善隆(kakuwa@meiji.ac.jp)

1. はじめに

生痕化石は海洋底の環境を示すとともに、そこにおける生物の進化の過程を記録している。しかし、 地質時代における粗粒陸源砕屑物が届かない遠洋深海底の生痕化石については角和による一連の研究 以外、ほとんどない。特に生物の多様性が急激に増大したことが知られているカンブリア紀からオル ドビス紀を注目しているが、その基本データはやはり浅海の化石記録のみに基づく。遠洋深海域の生 痕化石の研究については、今までオーストラリア南東部 Panthalassa 海に堆積した珪質岩層において 行ってきた。今回はほぼ同時代の Iapetus 海に堆積した珪質岩層のデータを示す。

2. 試料と結果

(1) 地質概説

スコットランド南東部 Southern Upland には、北西南東に伸びる狭い地帯にオルドビス紀からシルル 紀の turbidite sandstone (greywacke)、graptolitic black shale を主とし、チャート、塩基性火山岩類などか らなる地層が衝上断層で繰り返し分布する。それらのうち、Kirkton Formationの灰色チャート・珪質 泥岩と Raven Gill Formation の赤色チャートを検討した。

(2) 結果

5 セクションで検討した結果、生痕化石があったのはチャートでは明確なものとしては1 試料、そ して珪質泥岩では1 試料、不確かなものはそれぞれ合わせて数試料にすぎない。赤色チャートでは biodeformational structure と思われるものはあったが物理的な堆積構造との見分けは難しい。暗灰色 チャートの生痕化石は Planolites と思われるが、そのほか明確な形態を示さない biodeformational structure が発達する。灰色珪質泥岩のものは、Teichichnus、Rosselia に類似するものが確認できたが、 同定は確実ではない。その他オーストラリア南東部でも確認されている Planolites や Compaginutichnus も見出された。以上のことから、オーストラリア南東部の Panthalassa 海と同様、オルドビス紀中期 Darriwilian の Iapetus 海では明確な生痕化石を残す底生生物が遠洋深海底に進化していたこと、そして 少なくとも一部は共通する内容であることは確認された。しかし、スコットランドにおいては、生痕 化石がオーストラリア南東部ほどは発見できなかった。その大きな原因の一つは露頭の悪さに起因す るだろう。また同時代の赤色チャートで明確な生痕化石が発見できていないのは食料不足のためでは ないだろうか。なお、この研究の対となる、同じ Iapetus 海に堆積した珪質岩に見られる生痕化石の カナダにおける検討結果については、今年度の地惑連合で発表の予定である。

Dish structure をもつ砂層の粒子組織と破壊様式

Deformation style and grain fabric of sand bed with dish structures.

田中恭平・宮原玲奈・宮田雄一郎(山口大学大学院・理工学)

Kyohei TANAKA, Reina MIYAHARA, Yuichiro MIYATA (Yamaguchi Univ) 連絡先:田中 恭平(kyohey.tanaka.19900720@gmail.com)

・はじめに

上総層群梅ヶ瀬層のタービダイト砂層には砂脈・泥脈などの未固結変形や脱水構造のみられること があり、メタンハイドレートの分解で生じたガスと水の関与が疑われている(佐々木・宮田,2011). 梅ヶ瀬層のタービダイト砂層は多くが塊状で、変形構造を示す葉理がほとんどないが、変形様式につ いては、粒子ファブリックのマッピングが有効であることが示された(田中・宮田,2014). 梅ヶ瀬層 において未固結変形構造のみられる砂層はその数が限られている.そこで、砂層中の脱水構造、とく に dish structure (以下 DS) と呼ばれる幅数 cm ほどの薄い皿状の泥質葉理に着目し、DS を含む砂層 の粒子ファブリックを検討した.

<u>・DS 層のファブリックの乱れ</u>

大多喜地域の梅ヶ瀬層タービダイト砂層では,層厚 50cm 以上の塊状タービダイト砂層 133 層のう ち,30 層 (23%) に DS がみられた.このうち,6 層について大型 (1m 前後)のはぎ取り試料を採取 して,宮田ほか(2014)の方法で粒子ファブリックをマッピングした.その結果,6 層のうち5 層から顕 著なファブリックの乱れが見出された.その乱れは,DS の形状に変形を与えた痕跡がなく,DS 形成 以前に変形していたことが示された.梅ヶ瀬層の塊状タービダイト砂層の堆積ファブリックは顕著な インブリケーションで特徴付けられる(下梶・宮田,2015)が,粒子ファブリックからみた DS 砂層の内 部変形様式には,次のような特徴がある.すなわち,

(1)砂層の内部変形は局所的であり、側方数メートル程度で未変形部に漸移する.

(2)砂層基底部にファブリックの乱れが認められる場合がある.

(3)(2)場合も、下位の泥層中には流体中入の痕跡は認められない。

(4)初生の堆積ファブリックを残す部分が、変形部に囲まれて分布する.

(5)未変形部は、砂層の中・下部にみられ、厚さ 10-30cm の層状~ブロック状を呈する.

(6)タービダイト層中の内部侵食面(初生構造)を残すにもかかわらず,ファブリックの乱れている部分がある.

(7)砂層の中-上部には、しばしば DS のほか、コンボルート葉理などの脱水構造を伴う.

(8)帯磁率分布が乱れている場合もあれば、乱れが検出できない場合もある.

DS層は(4)(5)のように一部で初生堆積組織を残すが,(1)(2)(7)で示されるように流動を経験したこと がわかる.また,(6)(8)からは,変動時に粒子が大きく移動することなくその場で回転することがある ことが示される.このようなファブリックの成因として一般的に液状化が疑われるが,(2)(4)のように 田中・宮田(2014)の液状化実験によるファブリックの特徴とは矛盾する.

・DS を伴わない未固結変形組織との比較

梅ヶ瀬層で、肉眼的に未固結変形構造のみられる砂層 C層・E層(田中・宮田、2014)と比較する と、粒子ファブリックの特徴は類似しており、そこからみた変形様式に顕著な違いは認められない. しかし、(a)下位の泥層が砂脈などで破壊されていたり、(b)脱水構造として、DSでなくストロー状構 造がみられたり、また(c)E層では泥層を引きはがした層状-レンズ状ブロックがあることや、(d)C層で はガスの関与を示す泥脈や逆ロート状構造, (e)1m スケールで鉛直方向の流動を示す構造・ファブリ ックがある、といった違いがある. (a)(c)は C 層・E 層では下位の砂層からガスと水が注入されたり、 下位の泥層中に包有されていたハイドレートが分解時に泥層を破壊した可能性が考えられる. DS 層に は下位の泥層に破壊の痕跡は現在確認できていないが、砂泥境界付近のハイドレートが分解後、その 割れ目が閉じてしまった可能性もある.(b)(d)(e)の違いはガス発生時の砂層強度の違いにあると考える. 宮田ほか(2014)は飽和度・間隙率の変化に伴う砂層強度の違いについて述べており、間隙率の増大と 飽和度の増加によって極端な強度の低下が起こることが確かめられている. 宮原・宮田(2015)の実験 では, DS はガスを含む砂層において強度の比較的高い状態で再現に成功している. つまり DS 層は砂 層内に包有されたハイドレートの分解時、ガスの量が少なく砂層の強度がある程度保持された場合に、 気泡の膨張によって間隙水の移動が生じ不均一な分布になって水とガスが空洞を形成し、その空洞は 強度が高いためその場で維持され、辻・宮田(1984)が示すように空洞内で再堆積や移動を繰り返すこ とで形成されたのだろう. 一方, C層・E層は水とガスの注入によって, 流動時に砂層の強度が著し く低下したため,空洞を維持できなかった.その代わり空洞は上昇して,C層・E層にみられる逆ロ ート状構造を形成し、流動の終期にはストロー状構造を形成したと考えられる.また強度が低いこと から,影響を及ぼす範囲が広くなり DS 層よりも乱れのスケールが大きくなったのだろう.しかし, ハイドレート分解によるガスと水の移動・集積がどのような砂層の変形・流動・破壊をもたらすのか については実証的な検討がほとんど行われておらず、強度特性を含めて未解明の課題が多く残されて いる.

<引用文献>

- 宮原 玲奈・宮田 雄一郎, 2015, Dish structure の粒子ファブリック. 日本地質学会西日本支部例会(山口)講演要旨, 14.
- 宮田 雄一郎・下梶 秀則・田中 恭平, 2014, デジタルカメラ画像を用いた砂層断面の粒子ファブリッ ク解析. 日本地質学会第 121 年学術大会(鹿児島)講演要旨, 248.
- 宮田 雄一郎・田中 恭平, 2014, ガスを含んだ砂層の強度と変形様式. 日本堆積学会 2014 年山口大会 講演要旨, 76-77.
- 佐々木 政和・宮田 雄一郎,2011,ガスハイドレート分解による未固結変形構造の再現実験.日本堆積 学会 2011 年長崎大会講演要旨,86-87.
- 下梶 秀則・宮田 雄一郎, 2015, 粒子組織からみた塊状タービダイト砂層の内部堆積構造. 日本地質学 会西日本支部例会(山口), 12.
- 田中 恭平・宮田 雄一郎, 2014, 液状化によらない砂層の流動変形 一上総層群梅ヶ瀬層タービダイト 砂層の例-. 日本堆積学会 2014 年山口大会講演要旨, 72-73.
- 辻 隆司・宮田 雄一郎, 1987, 砂岩層中にみられる流動化・液状化による変形構造-宮崎県日南層群の例と実験的研究-. 地質学雑誌, 93, 791-806.

木津川高水敷に形成された風紋 The wind ripples formed at the high water channel of the Kizugawa river

坂本隆彦(同志社大学,聴講生)

Takahiko Sakamoto(Doshisha U.) 連絡先:坂本隆彦(satokita@tw.drive-net.jp)

木津川下流域の水位が急上昇し,高水敷のグランドが冠水して砂粒が動き砂床形をつく った.冠水後,数日の間に砂粒が乾き,木津川沿いに吹く風によって砂粒が再移動し,淘 汰を受け,細粒の砂が集合して風紋の島を形成した.狭いグランドでも風が吹くと砂粒が 動かされ淘汰を受け風紋をつくることがわかった.

2012年9月30日に台風17号が、紀伊半島東岸沿いの熊野灘を北上し、東海地方に上陸 した.木津川上流域の三重県中部や奈良県東部では、激しい上昇気流を生じ、140 mm(津市) に及ぶ多量の降雨をもたらした(気象庁ホームページ).木津川の源流域に降った雨は支流 に流入し、合流を重ね、木津川下流域の流水量は急激に増し、下流域の飯岡水位観測所で は水位が620cm上昇した(国土交通省、水文水質データベース).5km下流の高水敷に設置 された田辺木津川運動公園が約4時間冠水し、グランドに敷かれた砂が移動し多様な砂床 形を形成した.グランド西より(下流側)の大部分は二次元リップルで覆われ広いリップル原 がひろがっていた.冠水終了後、木津川沿いに北西の風が吹き、二次元リップルを構成し ていた砂粒子が動かされ、淘汰を受け細粒砂粒子が風紋の島をいくつも形成した.島は細 長い楕円形、長柱状、水滴状あるいは瓢箪形を示し、その長辺は1.5~3mのものが多く、 横幅は50cm~2mであった.風紋の峰は北東一南西方向に伸び 風紋の峯の断面形から北 西方向の風でつくられたことがわかる.ただ一部のものは北西一南東方向に伸びるものや、 北西一南東方向から北東一南西方向に途中で峯の伸びる方向が折れ曲がるものもあった.

風紋は細粒の白色砂粒子からなるが、風紋の峰の部分だけに堆積し、谷部には砂は堆積 していない. クレスト部に粗粒な粒子が集まる(Reinneck and Singh 1980)といった現象は みられない. 峯から次の峯までの長さ(風紋の波長)は 6 cm~10 cmで、波高は最大で 6 mm である. 砂の堆積している峯の幅は 2~4 cm である. 峰の断面は上流側(stoss side)の傾 斜が緩く、下流側(lee side)の傾斜が大きい. 断面の傾斜に差がなく、風向が判断できない 場合もある. 風紋の峯はゆるく蛇行しながら 10~60 cmほど横に連続する. 風紋の下位には 6 cm~10 cmの間隔で南北方向に伸びる細い溝ができており、リップルの峰部をつくる砂が 運び去られ、谷地形のみが残ったものと推定される.

文献, Reinneck H.E.and Singh I.B.,1980,Depositinal sedimetary environments. Springer-verlag,549p. 気象庁ホームページ <u>URL:http://www</u>.jma.go.Jp/ 国土交通省水文水質データベース <u>URL:http</u>://www1.river.go.

長周期振動流でできるジャイアントリップルの形成過程での形態変化

Morphological changes during giant-ripple formation by long period oscillatory flow

山本 大貴・増田 富士雄 (同志社大学理工学部)

Taiki YAMAMOTO and Fujio MASUDA (Doshisha University) fmasuda@mail.doshisha.ac.jp

1. はじめに

波浪がつくるベッドフォームのひとつであるウェーブリップルは、その規則正しい美しい形から多 くの自然科学者の関心を引きつけてきた.ウェーブリップルがどのようにつくられ、どのように変化 するのかという研究は古くから多く行われている.私たちが海岸や湖岸で普段目にするウェーブリッ プルは、その波長が数 cm から数 10 cm のものが多い.近年、アフリカ、オーストラリア、南北アメリ カなどの大陸の約 6 億 3500 年前の先カンブリア時代末の地層、いわゆる "スノーボール・アース" 直後の地層から、波長が 2 m を越すような "ジャイアント・ウェーブリップル"が発見された.それ は、当時の急激な海氷の融解に伴う特異な海況で発生した長周期波によってつくられたものとされ (Allen and Hoffman, 2005),注目を集めた.その後、Taniguchi et al. (2008)は、長周期の振動 流による水槽実験で、波長 1 m以上のジャイアントリップルをつくることに成功した.

こうしたジャイアントリップルの形態や堆積構造や粒度組成から,形成時の水理条件を推定するための基礎研究として,今回,円筒水槽を用いて長周期の振動流を再現し,砂床が平らな状態からジャ イアントリップルが形成される過程での形態変化を調べ,その特徴を明らかにした.

2. 実験方法

実験装置は、円周 475 cm、水路幅 14 cm、深さ 45 cm の円筒水槽を用いた.この装置はパドルの 反転運動で振動流を発生させ、高さ・反転周期・回転速度を変えることで様々な条件の振動流が再現 できる.実験条件は、使用する砂が平均粒径 0.50 mm で、初期砂床は高さ 11.5 cm の平坦とした.実 験は周期 50 秒、最大流速 0.184 m/s で 1560 分と、周期 25 秒、最大流速 0.465 m/s で 600 分の 2 つ の条件で行った.形態変化はインターバル撮影の写真から求めた.

3. 結果と考察

周期 50 秒の実験では,波長 101 cm,波高 16.6 cm,周期 25 秒では,波長 61 cm,波高 8.2 cm の ジャイアントリップルができた.周期 50 秒の実験では,平らな砂床から 9 分間で砂床全体に 35 個の 平均波長 12 cm のリップルができた.その後,移動と合体を繰り返し,26 時間後には 5 個の平均波長 95.2 cm のジャイアントリップルに成長した(図1).実験開始後 9 分までのリップルは,砂粒子の 転動による比高の小さい"ローリングリップル"であった.

リップルが発達する過程では、リップル波長と波高は同じような変化を示した.波長の平均値の 時間変化は、全体がそろった一定の値からあるリップルが消滅すると、急激に全体のリップルが大き くなりそれらが一定の大きさになるため、階段状の変化を示した(図2).リップルが消滅する過程 では、その両側のリップルが互いに近づくことで、全体の大きさがそろった.波長および波高の最高 値と最低値の変化を見ると、最高値が大きくなった後に、最高値と最低値の差が急激に小さくなる. これはひとつの大きなリップルができたことで小さなリップルが消え,水槽内のリップルサイズがそろったことを示している.こうした変化は周期25秒の実験でも基本的に同じであった.

リップルの大きさは底面付近の振動流の楕円軌道の大きさにも影響を与える.リップルの大きさ に差がない状態からあるリップルだけが大きくなると、その両側にできた大きな楕円軌道に影響され て小さい楕円軌道はさらに小さくなり、そこのリップルが消滅する.そして全体が大きな楕円軌道に 変わり、消滅したリップルの両隣のリップルが互いに近づき、全体のリップルの大きさがそろう.こ の一連の変化を繰り返してリップルは成長していく.同じような現象はリップル数が増える場合にも みられる.他のリップルに影響されて、両側のリップルが互いに離れるように移動するとリップル間 隔が広くなりすぎ、そこに新しいリップルが発生し、全体が同じ大きさになるように変化する.こう した現象は円筒水路という特異な条件で観察されたものだが、直線水路でもリップルの消滅や発生の 場合に、同じようなリップル相互の移動現象を認められるので、ウェーブリップルの変化時の一般的 な現象といえよう.

文献

Allen, P.A., and Hoffman, P.F., 2005, Extreme winds and waves in the aftermath of a Neoproterozoic glaciation. Nature, 433, 13, 123-127.

Taniguchi, K., Takagawa, T. and Masuda, F., 2008, Formation of giant ripples in a circular water flume. Forth International Conference on Scour and Erosion, D-9, 558-561.



図1 周期 50 秒でのベッドフォームの時間 変化



図 2 周期 50 秒でのリップル波長(上)と波 高(下)の時間変化

石垣島南方前弧~琉球海溝域のタービダイト

Turbidite deposition at the forearc basin and Ryukyu Trench floor, south of Ishigaki Island

池原 研 (産総研・地質情報)・金松敏也 (海洋研究開発機構)・味岡 拓 (産総研・地質情報) Ken Ikehara (Geol. Surv. Japan, AIST), Toshiya Kanamatsu (JAMSTEC),

Taku Ajioka (Geol. Surv. Japan, AIST)

連絡先:池原 研 (k-ikehara@aist.go.jp)

沖縄県石垣島では1774年明和大津波で大きな被害が発生したが、その津波波源域については確定 していない.また、八重山地方における津波の発生間隔は津波石の年代測定から150-400年とされる (Araoka et al., 2013)がこれらの津波がすべて明和津波と同じ波源域であったか、遠地津波はな かったかなどの詳細は明らかでない.明和津波の波源域の確定と海底の地震・津波痕跡による地震・ 津波発生履歴の検討のため、石垣島南方の前弧域から琉球海溝域において海底地形と海底堆積物の採 取を行った.

Miyazawa et al. (2012)で示された海底地すべり域では、海底地形に明瞭な地すべり地形は確認 されず、近傍の海底堆積物の表層に地すべりや斜面崩壊を示唆する痕跡はなかった.一方、西表島南 方の上部斜面を削り込む海底谷の開口部には小規模ながら明瞭な海底扇状地が形成されており、扇状 地上からは多数のタービダイトを挟在するコアが採取された.タービダイトは貝殻やサンゴなどの石 灰質生物遺骸に富み、浅海域からもたらされたことを示唆する.タービダイトの厚さは一般に海底谷 開口部近傍で厚く、末端に向かって薄くなる.海底扇状地南側から採取された堆積物はコア上部には 多数のタービダイトが挟在するが、下部ではその頻度が減少する.海底扇状地北側から採取された堆 積物は、コア上部よりもコア下部でタービダイトの挟在頻度が高い.このことはタービダイトの主な 堆積域が海底扇状地上で移動したことを示唆する.すなわち、海底谷-海底扇状地系では、タービダ イトの堆積間隔を知るためには複数本のコアの解析が必須であることを示している.タービダイトを 挟在する半遠洋性泥は、前弧域のいずれの場所でも似た色変化をし、タービダイトを挟在しないリ ファレンスコアの色変化パターンは酸素同位体曲線と似る.堆積物の色変化層準の深度から推定する タービダイトの堆積間隔はせいぜい 1000 年程度であり、津波石から求められた津波の発生間隔より 大きく、Ujiie et al. (1997)のタービダイトの堆積間隔とほぼ同じ程度である.

琉球海溝底では、多数の薄層タービダイトの挟在が確認された.タービダイトの構成粒子は、鉱 物質で岩片に富む.構成粒子の組成は前弧海盆のタービダイトとはまったく異なるので、供給源が異 なると考えられる.八重山沖琉球海溝は東に水深を増し、海溝底には浅い海底谷が確認されるので、 タービダイトの給源は台湾である可能性がある.

引用文献: Araoka, D. et al. (2013) Geology, 41, 919-922. Miyazawa, K. et al. (2012) In Yamada Y. et al. (eds.) Submarine Mass Movements and Their Consequences, Springer, 497-506. Ujiie, H. et al. (1997) Jour. Geol. Soc. Japan, 103, 590-603.

重力流堆積物にみられる高領域の堆積構造の累積・側方変化パターン

-特にセディメントウェーブとの関係

Spatial variation of sedimentary structures of upper-flow-regime within sediment gravity flow deposits in sediment wave

大西由梨・瀧井喜和子・石原与四郎(福岡大学理学部)・横川美和(大阪工業大学情報科学部) Yuri Onishi, Kiwako Takii-Kawakami, Yoshiro Ishihara (Fukuoka University), Miwa Yokokawa (Osaka Institute of Technology) 連絡先:大西由梨 (yur.onishi@gmail.com)

重力流堆積物には数 m~数 km のベッドフォームによって形成されたと考えられる堆積構造の側方 変化がみられることがある.このような堆積構造の変化は,たとえば高領域の流れからなる重力流が 長波長のサイクリックステップを形成することを反映すると考えられている(Postma and Cartigny, 2014).重力流堆積物の多くは高領域で形成されたと考えられることから,その空間変化を明らかに することは重力流の流下過程を明らかにする上で重要である(Prave and Duke, 1990; Mulder et al., 2012).一方で,このような堆積構造の詳細な側方変化は,主として露頭の制限のためにどこでも検 討できるわけではなく,実際の重力流堆積物においてもその例は少ない.

宮崎県に分布する新第三系宮崎層群青島層はファンデルタの沖合から斜面にかけて堆積した重力流 堆積物を含む(石原ほか,2009). 青島層は海岸沿いに連続露頭として露出している上,重力流堆積 物の流向方向への連続性が良く,その堆積構造の詳細な側方変化を調べることが可能である.本研究 では,青島層の重力流堆積物にみられる数 100 m の規模の堆積構造の側方変化を検討した.

調査地域:調査地域は重力流堆積物が流向方向に 700 m ほど連続する, 宮崎県宮崎市折生迫の白浜海 岸である.調査を行ったのは青島層の中でも A-tuff(石原ほか, 2009)を含む層準である.重力流堆 積物には,塊状部や Spaced planar laminations (SPL), クライミングリップルが観察される.ここで は,重力流堆積物の層厚の変化や泥岩同時侵食礫の分布などから波長 300~400 m のセディメント ウェーブの存在が示唆されている.

堆積構造の側方変化の取得:調査の対象とした重力流堆積物は,主として下部に SPL や塊状部,上部 に塊状部が観察される. Talling et al. (2012)のシークェンスモデルでは, SPL が T_{B-3} 区間,塊状部が T_A 区間にあたり,高領域の流れで形成されたことを示唆する.

重力流堆積物に含まれる堆積構造の連続的な変化を詳細に捉えるため、代表的な8層を対象とし、 連続写真を流向方向に27~140mにわたって撮影した.そしてこの写真を基に堆積構造をスケッチした.検討した単層では、最大粒径も観察した.

堆積構造のタイプ:青島層で観察される重力流堆積物の堆積構造は、大きく分けて Type A (SPL がみられる極細粒〜粗粒砂岩), Type B (HCS のような構造がみられる極細粒〜中粒砂岩)がある.

Type A は Type A1 (連続性の良い SPL がみられるもの), Type A2 (プログラデーションする SPL がみられるもの), Type A3 (塊状部) に細分される. Type A1 は SPL が最長で 50 m ほど連続する.

SPL は流れの剪断応力が高いほど発達すると考えられている(Postma and Cartigny, 2014)ことから, これらはより強い流れで形成された可能性がある.一方, Type A2 は SPL の連続性が比較的悪く,数 m~数 10 m で基底に接触する.したがって,これらを形成した流れの剪断応力は Type A1 を形成した ものよりも低いと推定される. Type A3 は主に塊状無構造であるが,粒度のコントラストが小さい不 明瞭な SPL がみられる場合もある.塊状部は流れの中のトラクションカーペットとそれを覆う流れの 境界が不明瞭で密度が高い流れで形成されると考えられている(Talling et al., 2012)ことから, Type A3 もまた剪断応力が高い流れで形成されたことが示唆される.

Type B は Type B1 (波長が 1 m 以下の HCS のような構造がみられるもの), Type B2 (波長が 1 m 以上の HCS のような構造がみられるもの) に細分される. Type B1 は主に波長が 40 cm 以上の HCS のような構造がみられ, Type B2 は主に波長が 3~4 m の HCS のような構造がみられる. HCS のよう な構造はアンティデューンの堆積構造であるとされ, ベッドロードレイヤーと流れ表面の波形が同位 相であるような流れで形成されると考えられている (Prave and Duke, 1990). また, アンティデューンは波長が長いものほど流速が大きな流れで形成されると考えられている (Kennedy, 1961) こ とから, Type B2 の方が Type B1 よりも流速が大きな流れで形成された可能性が高い.

セディメントウェーブと高領域の堆積構造:重力流が形成するセディメントウェーブの上り斜面と考 えられている地点では、剪断応力がより低い流れで形成すると考えられる Type B1, B2, A2 が観察さ れ、下流側に行くほど Type B2 の頻度が Type B1 に対して高くなる.一方、下り斜面と考えられてい る地点では剪断応力がより高い流れで形成すると考えられる Type A1, A3 が観察される.これらのこ とから、セディメントウェーブの上り斜面では剪断応力がより低く流速が遅い流れであり、上り斜面 に近づくほど流れの厚さが薄くなっていき、下り斜面では剪断応力がより高く流速が速い流れであっ たと推定される.

Postma and Cartigny (2014) は、セディメントウェーブがサイクリックステップで形成されるとき、 跳水が生じる上り斜面で塊状部が堆積し、下流側へ流れの剪断応力が高くなるにつれて SPL の堆積へ と変化するというモデルを提唱している.一方、本研究では流れの剪断応力が高くなると考えられる 下り斜面で塊状部が観察された. Postma and Cartigny (2014)の堆積モデルと整合的でない要因とし ては、塊状部が跳水とは別の機構で形成される可能性、剪断応力が低い流れでもその濃度や厚さに よっては SPL や HCS のような構造が形成される可能性、もしくは本地域で確認されたセディメント ウェーブはサイクリックステップではなくアンティデューンである可能性などが考えられる.

文献

石原与四郎・阿部宏子・押川美佳, 2009, 堆積学研究, **67**, 2, 65-84.; Kennedy, J.F., 1961, W.M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Research California Institute of Technology Report, KH-R-2, 146p.; Mulder, T., and Razin, P. and Faugeres, J-C., 2009, *Sedimentology*, **56**, 997-1015.; Postma, G and Cartigny M.J.B., 2014, *Geology*, **42**, 987-990.; Prave, A.R., Duke, W.L., 1990, *Sedimentology*, **37**, 531-539.; Talling, P. J., Masson, D. G., Sumner, E. J., and Malgesini, G., 2012, *Sedimentology*, **59**, 1937–2003.

堆積相区分に基づく3次元地質モデルの構築

Three-dimensional geological model using classification of sedimentary facies

中尾健人・石原与四郎(福岡大学理学部)・成瀬元(京都大学)

Kento Nakao, Yoshiro Ishihara (Fukuoka University), Hajime Naruse (Kyoto University) 連絡先:中尾健人(nakao.kent@gmail.com)

日本の都市圏の多くは広い沖積低地が発達する臨海平野部に位置している.これらの平野を構成す る沖積層の地盤はほとんどが軟弱であるため,その内部構造の実態を明らかにすることは堆積学的に も,地盤工学的にも重要である.このような沖積層の研究では、3次元地質・地盤モデルの構築が積 極的に進められている.これらのモデルは一般にサーフェイスモデルとボクセルモデルに分けられ る.サーフェイスモデルは、地質体の境界面を表現する方法で、得られた情報を空間補間して地質モ デルを構築する.この手法は、地質情報が不足・偏在しているような条件下で用いることが可能であ る一方、専門家の知識や経験に基づくために再現性や時間が掛かるという問題がある(Inazaki, 1994).ボクセルモデルは、岩相や物性などの属性をもった小さな直方体(ボクセル)として地質体 を表現する方法である.この手法は、そのボクセルの値を直接的に求めることもサーフェイスモデル に基づいて求めることも可能である.このように、沖積層のモデル構築の方法はいくつも考案されて いるが、モデルにとって重要な地層の連続性、すなわち堆積相分布を考慮した例は認められない.

本研究では地層の連続性を反映させることができるように、堆積相を考慮した3次元地質・地盤モ デルを構築する方法を検討した.具体的には(1)沖積層ボーリングの堆積相を自動的に区分する手法 を検討し,(2)堆積相の特徴を反映した沖積層の3次元地質・地盤モデルを構築する手法を検討し た.堆積相の自動区分では、基準となる堆積相モデルを作成し、その分布の質的情報を表す変数を作 成し、さらにここから有効な変数を検討した.この堆積相モデルは特定の堆積相の岩相分布を表すよ うな位置・岩相情報をもつ仮想的なボーリングからなる.これらの分布の特徴を表す変数は、この堆 積相モデルにおける2点間の様々な岩相推移関係や推移距離から得た.このようにして得られた変数 は主成分分析および堆積相区分を行う地域の岩相に基づき、有効な変数を抽出した.その上で判別分 析を用いて堆積相の自動区分を行った.最終的に、沖積層を想定した13群の堆積相の基準群が得ら れた.

3次元地質・地盤モデルは、対象とする地域のボーリングデータの質的情報の定量化、基準群に基づいて堆積相の自動区分を行った後、それに基づいた空間補間で得られる.本研究は、石原ほか (2013)を改良し、堆積相とその卓越方位を考慮できるようにした.本研究で試みた方法は堆積相ごと に卓越する岩相が異なるので、少数しか見られない岩相情報が反映されにくい問題点があるものの、 より連続性の良いモデルを構築することができる.

文献

Inazaki, T., 1994, Assoc. Eng. Geol., 4457-4465.; 石原与四郎・宮崎友紀・江藤稚佳子・福岡詩織・木村克 己, 2013, 地質学雑誌, **119**, 554-566.

足柄衝突帯下部更新統塩沢層のファンデルタシステムに認められる 礫質洪水堆積物

Gravely flood deposits documented in a fan-delta system of the lower Pleistocene Shiozawa Formation in the Ashigara arc-arc collision zone, central Japan

下村崇宏*(千葉大学大学院理学研究科)·伊藤 慎(千葉大学大学院理学研究科) Takahiro Shimomura (Chiba University) and Makoto Ito (Chiba University) *x0s5023@students.chiba-u.jp

礫質扇状地システムにともなった地層の形成には、多量の礫の移動と累積を可能とする洪水流の役 割が重要と考えられるが、これまでに行われている地層記録の解釈では、現世扇状地河川で静穏時に 広く観察される礫質ベッドフォームやバー堆積物の特徴に基づいた堆積システムの発達過程が議論さ れることが多い.現世の扇状地河川では堆積地形や侵食地形の明瞭な変化は洪水後に認められること が多い.したがって、地層として保存された扇状地河川堆積物の形成にも洪水作用が大きく関わって いる可能性が考えられる.今回、礫質ファンデルタ堆積物を対象として、礫質洪水堆積物の特徴を検 討した.ケーススタディーとしての検討対象は、足柄衝突帯に発達したファンデルタ堆積物である.

足柄衝突帯は伊豆半島北端と丹沢山地の境界付近に位置し、ここには前期更新世(c. 2-0.7 Ma)(今 永, 1999)の前縁堆積盆地で形成された礫質堆積物を特徴とする足柄層群(最大層厚 4500 m)が発達 している.足柄層群は下部から日向層(basin plain),瀬戸層(submarine fan),畑層(slope),塩沢層(fan delta)の4層で構成され、全体として上方浅海化を示す海退サクセッションで特徴づけられる(Huchon and Kitazato, 1984; Ito, 1985; Imanaga, 1989).日向層から畑層までは主に南東方向の古流向で特徴 づけられるのに対し、最上部の塩沢層では堆積盆地の変動にともない古流向が南西方向へ変化してい る(Ito, 1985).全体として上方粗粒化を示す塩沢層(最大層厚 1700 m)には、厚い上方細粒化と最 上部の薄い上方粗粒化の組み合わせで特徴づけられる12の堆積サイクル(最大層厚 200 m)が識別さ れる(Ito, 1985, 1989).今回,これらの堆積サイクルのうち、貝化石の産出から海水の影響を受けた河 口付近で形成されたファンデルタ堆積物の特徴が詳しく観察される下部から5番目のサイクル(層厚 約150 m)を主な検討対象とした.

検討対象とされたサイクルには 6 つの主要な堆積相が識別される.各堆積相の特徴と出現頻度に注 目すると、堆積相1(バー堆積物;24%)、堆積相2(高密度重力流堆積物;18%)、堆積相3(水中土 石流堆積物;2%)、堆積相4(デューン堆積物;15%)、堆積相5(砂岩泥岩混合堆積物;13%)、堆積 相6(潟泥底泥質砂堆積物;28%)となる.堆積相の重なり様式ならびに側方関係に注目すると、(1) 検討対象としたサイクルは河口付近の潟泥底で形成されたこと、(2)バーの移動とバー頂部のシュ ートにともなう侵食により、バー堆積物間の凹地に重力流堆積物が発達していること、(3)デュー ン堆積物はレンズ状で側方へ不連続であり、一部のデューン堆積物は上流方向への移動を示すことか ら,強い逆流が発生したと解釈されること,(4)高密度重力流堆積物やデューン堆積物の上位にク ライミングリップルラミナをともなう複数の逆級化層理を特徴とする砂岩泥岩混合堆積物が発達し, 流速やサスペンジョン濃度の変動が記録されていることなどの特徴が認められた.このような特徴は, 河口付近でのファンデルタ堆積物の形成における洪水流の影響を強く反映しているものと解釈される.

文献

Huchon, P. and Kiazato, H., 1984, Collision of the Izu Block with central Japan during the Quaternary and geological evolution of the Ashigara area. *Tectonophysics*, **110**, 201–210.

Imanaga, I., 1989, Geology of the Ashigara Group. Modern Geology, 14, 99-112.

今永 勇, 1999, 足柄層群の構造. 神奈川県立博物館調査研究報告自然科学第9号, 41-56.

- Ito, M, 1985, The Ashigara Group: A regressive submarine fan-delta sequence in a Quaternary collision boundary, north of Izu Peninsula, central Honshu, Japan. *Sedimentary Geology*, **45**, 261–292.
- Ito, M., 1989, Profiles of fan deltas and water depth in the receiving basin. In Whateley, M.K.G. and Pickering, K.T., eds., *Deltas: Sites and Traps for Fossil Fuels*. Geological Society, London, Special Publication, 41, 45–54.

新しい粒子ファブリックのマッピング方法と塊状タービダイト砂層の内部堆積構造

A new mapping technique for grain fabric and its application to the internal sedimentary structures of massive turbidites

宮田雄一郎(山口大学 院 理工学) ・下梶 秀則(中央開発) Yuichiro MIYATA (Yamaguchi Univ.), Hidenori SHIMOKAJI (Chuo Kaihatsu Co.) 連絡先:宮田雄一郎 (miyata@sci.yamaguchi-u.ac.jp)

1. はじめに

砕屑性堆積物(岩)の形成機構は、その堆積構造を見ることで推定できることが多い. 葉理が鮮明 でない場合や塊状の砂層の場合などは、堆積構造もベッドフォームも識別できない. 露頭スケールで 堆積構造を可視化する技術として、大型剥ぎ取り試料を用いた粒子ファブリックの計測法を開発して きた(宮田・下梶, 2013; 宮田ほか, 2014). そこでは、(1)透明粒などの画像認識精度向上のため のスプレー塗装、(2) イメージスキャナあるいはマクロレンズとカメラによる画像化、(3) ImageJ を用 いた粒子画像の抽出、および(4) 粒子長軸方位の計測を行ってきた. 本研究では、粒子ファブリック の計測結果を集計し、マッピングする方法を新たに開発した. その手法を用いて塊状タービダイト砂 層の内部堆積構造を可視化することに成功した.

2. 集計とマッピング

集計ウィンドウの大きさは、直径(mm)で指定する. 粒子長軸の平均方位などはウィンドウ内を重 み付きで平均するが、粒径あるいは粒子の面積によって重みを付け、さらにグリッド中心からの距離 によって重みを付ける. 後者は、正規分布の標準偏差の2倍をウィンドウ直径としている. ウィンド ウの大きさは、幅と高さを別に指定できるようにしてあり、オリエンテーション用には円、インブリ ケーション用には楕円と、使い分けるとこができる. ウィンドウの間隔は、大きさとは独立してさら に細かく設定できる. 平均方位を色相(青系統が低角、赤系統が高角)で、集中率を彩度(明るさ) で表示するようにした. その結果、精度の高いファブリックマップを作成できるようになった. ベク トル表示の場合は、線分の方位で平均方位を、線分の長さで集中率を表すようにした. 粒子の方位と 集中率だけでなく、粒径や粒度分布の分散、アスペクト比などもマッピングできる. また、粒径やア スペクト比でフィルターをかけて粒子を抽出することもできる. これを利用して粒径別にマッピング することもでき、脱水構造などの評価にも利用できる. マッピング結果の図は、スケールを付してポ ストスクリプト形式で出力されるので、図のクオリティーも高い.

自動化したファブリック解析の技術はまだ開発途上にあるが、上記の集計と図化には GMT コマン ドを利用することで大幅に省力化することができた. GMT (Generic Mapping Tool) は本来、地形 データの解析ツールであるが、マッピングだけでなく集計に必要なフィルターや演算機能も充実して いる.

3. 塊状タービダイト砂層の内部成層構造

厚くて塊状のタービダイト砂層は特徴的な堆積構造を欠いているために手がかりが少なく、流れの

性質や分布様式は未だにわかっていない.大型(メートルスケール)の剥ぎ取り試料を用いて砂層の インブリケーション角は,砂層断面で層状分布することが示された(下梶・宮田, 2014).そこで上 記の方法を用いたところ,塊状タービダイト砂層の内部堆積構造の可視化に成功した.帯磁率とファ ブリックに基づくと,塊状タービダイト砂層は,下位から順にユニットM1~M4に区分できること がわかった(第1図).



	分布形態	肉眼的組織	帯磁率イ	ンブリケーショ	ン 集中	オリエンテーション	ン 集中
M4	層状に数層 <20cm	塊状	低	上流緩傾斜 下流緩傾斜	中	平行 斜交,直交	中/不良
М3	a/b の互層 b<3cm / a<10cm トラフとマウンド	塊状	中	b: 下流傾斜 a: 上流急傾斜	b: 不良 a: 良	b:ランダム a:平行 / 斜交	b: 不良 a: 良
M2	層状に 数 cm が数層	塊状 内部侵食面	とくに高い	上流急傾斜	良	平行	良
M1	マウンド状 ポケット状	塊状 粗粒砂混じり	高	a:上流急傾斜 b:下流傾斜	a:中 b:不良	a: 平行 b:斜交 / 直交	a : 良 b:不良

第1図 塊状タービダイト砂層の内部堆積構造模式図(上)とユニットの特徴(下)

・文献:

- 宮田雄一郎・下梶 秀則, 2013,大型砂岩試料の粒子方位解析手法の開発,日本地質学会第120年学術 大会(仙台)講演要旨, 257.
- 宮田 雄一郎・下梶 秀則・田中 恭平, 2014, デジタルカメラ画像を用いた砂層断面の粒子ファブリッ ク解析. 日本地質学会第 121 年学術大会(鹿児島)講演要旨, 248.
- 下梶 秀則・宮田 雄一郎,2014,高精度粒子ファブリックマップが示す塊状タービダイト砂層の内部 成層構造.日本地質学会第121年学術大会(鹿児島)講演要旨,257.

渡良瀬川支流を例にした大礫~中粒砂の岩質・形状から推定する

砂の生成一運搬過程

Fluvial sand grain producing-transportation processes estimated by changes in lithology and form of gravel to medium-sand grain in the tributary 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

P9

河川で観察される砕屑物が、上流から下流方向に細粒化しながら分布する傾向にあることはよく知られている.その原因は「流水の営力による分級作用」と「物理的な生産作用」に大別されているが、細粒化傾向に対する両作用の卓越条件やその移行過程など、未解明な点は今なお多く残されている. 河川-海岸系における侵食-運搬作用を明らかにすることは、土砂災害への対策や、主に平野から海岸域にかけた地形発達を議論する上でも大変重要である.

発表者らは「生産作用」の中でも「礫から砂がどのように生産されるか」に焦点をあて、砂礫の岩 質と形状から、河川における細粒化傾向の発現に対して「生産作用」と「分級作用」がそれぞれ卓越 するための条件の解明を試みている.本発表では、既に報告した大礫〜粗粒砂(128~0.5 mm)の粒 径の特徴(Utsugawa and Shirai, 2014)に続いて、粗粒砂よりもさらに細粒な中粒砂(0.5~0.25 mm) の特徴について報告する.また、砂は礫から生産されていると考えられることから、下流方向への礫 の形状変化に注目し、砂の生成過程を岩種別に捉える試みについても併せて紹介する.

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)に沿って,約9km離れた2地点において,礫を 対象とした野外調査および現地で採取した砂を対象とした室内分析を行なった.

野外調査では、両地点、礫洲の水際において1m×1mの区画Aを設置し、20 cm 間隔で大~中礫 (128~4 mm)の礫種・礫径の測定を行なった(1 地点あたり130 個程度).また、区画A付近に2 m×5mの区画Bを設置し、観察される岩種のうち、計測に十分な量を得られたチャートと頁岩各 200 個について、Krumbein(1941)による印象図を用いて円磨度の測定を行なった。表面礫下から採 取した細粒な砕屑物(概ね4 mm以下)は、細礫~中粒砂(4~0.25 mm)について1¢ごとにふるい 分け、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を用いて、礫と同様に岩種組成 およびチャート・頁岩の円磨度を調べた(1 地点あたり各粒径 200 粒程度).

3. 中粒砂(0.5~0.25 mm)の特徴

Utsugawa and Shirai (2014) は、大礫~ 中礫、細礫そして極粗粒砂(128~1 mm)の各粒度で上流か

ら下流へと岩種組成(チャート/頁岩比; Fig.1)および円磨度が変わる傾向を見出し,これらの粒度 では下流方向へ運搬される過程において,一個体が複数の個体に割れて破壊されたり,摩耗して粒子 の縁が削れるなどの「生産作用」が卓越していることを示した.一方,粗粒砂(1~0.5 mm)は岩種 にかかわらず,より粗粒な粒子と比べて下流方向に岩種組成が変化せず(Fig.1),円磨度が著しく高 くなる傾向が見られたことから,粗粒砂は「破砕」に比べ「摩耗」がより卓越し始める粒径であり, 河川に沿った「生産作用」から「分級作用」への移行を明らかにする上で鍵となりうると推察した.

今回検討した中粒砂(0.5~0.25 mm)の岩種組成も、やはり下流方向への変化は見られず、粗粒砂 と同様の結果となった(Fig.1).円磨度については、チャート、頁岩共に下流方向への変化は見られ ない.但し、チャートは粗粒砂よりも丸みを帯びる傾向が見られる一方、頁岩ではより粗粒な粒子よ りも全体的にやや角張った粒子が観察されるなど、岩質による砂の生成過程の違いが示唆された.

4. 岩種別に見た礫の形状変化に基づく砂の生成過程の推定

区画 B で計測したチャート・頁岩の大〜中礫(1 地点あたり 200 個程度)について, Blott and Pye (2008)に基づき,長径・中間径・短径(それぞれ L, I, S)から Flatness(S/I)および Elongation (I/L)を算出し,両値から4つの形状に大別した.硬いチャートは立方体に近いブロック状を呈し た礫が多く,上流から下流方向への形状の変化は見られなかった.礫全体の円磨度は下流の方が高い ことから,チャートでは礫の角が落ちるように(chipping; Kuenen, 1956)細粒な粒子が生産される可 能性が考えられる.一方,比較的軟らかい頁岩は全体的に扁平で細長い形状を呈しやすいが,下流方 向へおそらく層理面に沿うように二つに割れて(splitting; Kuenen, 1956)より扁平になった砕屑物が 増えるなど,礫の形状からも岩質によって細粒な砕屑物が生産される過程が異なると推測される.

参考文献

Blott, S, J. and K, Pye. 2008. Sedimentology 55: 31-63.

Krumbein, W. C. 1941. Journal of Sedimentary Petrology 11: 64-72

Kuenen, P. H. 1956. Journal of Geology 64: 336-368.

Utsugawa, T. and Shirai, M. 2014. 19th International Sedimentological Congress, T3S4-P10, Geneva.



Fig.1: Ratio of chert / shale (U; upstream site, D; downstream site)

静穏な海岸背後にある段丘上の波の作用をうけた礫の分布

Distribution of gravels under wave attacks on a surface of storm swash

terraces

仁科健二(北海道立総合研究機構地質研究所)・川上源太郎(道総研地質研)・
 ト部厚志(新潟大学)・高清水康博(新潟大学)・平川一臣(北海道大学)
 Kenji NISHINA (Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization),
 Gentaro KAWAKAMI(GSH, HRO), Atsushi URABE (Niigata Univ.), Yasuhiro TAKASHIMIZU (Niigata Univ.) and Kazuomi HIRAKAWA (Hokkaido Univ.)

連絡先:仁科健二 (nishina-kenji@hro.or.jp)

1. はじめに

遮蔽性の高い海岸の背後の崖との間に存在する段丘地形はストーム スワッシュ テラス (Storm Swash Terrace: SST) と定義され,波の飛沫の影響を強く受けた細粒で有機物に富む堆積物を特徴と する (MacKenna et al., 2012). 広い波食棚の背後や浅い湾の奥では沖側で砕波するため通常のス トームによる海岸への影響は小さく,高エネルギーのイベントのみが海岸に作用する.このために津 波や著しく激しいストームイベントのみが海岸背後の地層中にその痕跡を残すことが期待される. SST 表層に作用するイベント堆積物の現行堆積過程を理解することによって,確実度の高い津波イベ ントを認定できる可能性がある.

2. 調査地点および方法

山形県酒田市飛島は日本海東縁変動帯に位置することから度々津波の襲来を受けており,1833 年庄 内沖地震津波,9世紀中葉の津波によって形成された堆積物が報告されている(平川,2013). 飛島 の西海岸には平均潮位と同程度の高さの波食棚が幅約 200 mにわたって高潮位線を取り囲むように存 在している.外海の波は,まず波食棚外縁で砕波したのちに長い波食棚上で著しく減衰してから海岸 に到達するため,平時のストームにおいても海岸線は開放海岸に比べて極めて静穏な条件にある.後 浜の内陸側には高位の海成段丘に挟まれて標高約 5 mの段丘が存在する.段丘堆積物は有機物に富む 細粒砂,ないしシルトから構成されている特徴から,この段丘はストームによる飛沫やまれな波浪に よって堆積が生じている SST である.われわれは島内の SST 縁辺の海食崖露頭を観察するとともに, 海岸線と直交する測線を設定し地形断面を測量した.さらに測線上の段丘縁辺から内陸方向に幅 1 m にわたって 1/10 スケールで地表表面に分布する礫をスケッチした.スケッチをデジタル画像に変換 し,画像解析ソフトウェア ImageJを用いて個々の礫の座標,サイズ(長軸,短軸),長軸方向を数値 化した.

3. 結果

露頭調査の結果,おもにシルトから構成される地層中にイベント礫と考えられる中礫や大礫が層状 に挟在する複数の層準を認めた.表層の礫分布を記載したSST面の前縁は標高 5.8 m であり,内陸に はほぼ水平な平坦面が連続する.地層は基盤上の基底礫,灰色シルト,黒色シルト質砂,暗灰褐色シ ルトから構成され,円礫,土器片が集中する層準が挟在する.表層には礫,土器片およびシルト偽礫, 浮遊性のプラスチック製ゴミならびに漁具が,地表面または半埋没して存在している. 表層の礫の 分布は 縁辺から7.5 mの範囲内に限定され,内陸側に向かうにつれて礫サイズは減少する. 縁辺か ら内陸に向かって相対的に大型の礫(大礫サイズ)が減少する傾向があるが,小型の礫(中礫)は縁 辺から内陸側に2 ~3.5 mの範囲に集中して分布する. 3.5 mよりも内陸側では縁辺からの距離に対 して礫は指数関数的に個数を減じる. 1 m間隔ごとの礫の長軸方向の配向は,縁辺から1 mまでは海 一陸方向に対して直交する方位が優勢であるが,2-4 mまでは海一陸方向が優勢で,縁辺から4 mよ り内陸側では再び法線方向が優勢となる.表層に分布する礫の内陸側への分布限界付近(縁辺から8 m)の地点,およびさらに内陸側の地点(縁辺から内陸に16 m)を掘削したところ,地表面下にそれ ぞれ5 cm,および12 cmに大礫の配列が認められた.

4. 解釈

表層の礫の堆積年代:礫の下敷きになっていた食品パッケージや半没状態であった台所洗剤ボトル 形状から判断すると、半埋没状態の礫は最近10年程度に堆積したと判断される.また、埋没してい ない礫が縁辺付近の段丘面上に多く認められたことから、近年の波浪が影響していると解釈される.

礫分布に作用した波浪の特性:礫個数の空間分布は作用した波浪規模を反映していると考えられる.

礫サイズが内陸側に減少することは礫に作用した波が段丘上で減衰していく過程を反映していると解

釈され,礫の長軸配向は波による流れの方向が縁辺から4m付近で偏向したことを反映していると解

釈される.

5. 考察とまとめ

静穏性の高い海岸背後に存在する SST 面上に礫の分布を認め,それらの礫は最近堆積したと判断さ れる.よって,表層礫の内陸側への分布限界は近年のストームの波浪影響の限界である.その限界よ りも内陸側の地層中に存在した礫の運搬に対して作用した営力は,そのサイズと縁辺からの距離との 関係から,現行のストームよりも大きな力が作用したと判断され,津波堆積物として認定される.こ の判断によれは露頭での判断よりも高い確度で津波堆積物として認定することができる.従来,礫質 津波堆積物をストーム痕跡と識別する基準として,ストーム痕跡より高い位置に分布することを基準 のひとつとしていたが,この場合にはストームの影響が及んだ高度と津波イベント礫の分布標高に違 いがない.このことは,波食棚背後にある SST 上のほぼ平坦な地形面上においてはその頂面を越波・ 越流する波の波高よりも,波の波長,つまり内陸側に向かう流れの継続時間が礫の運搬作用に大きく 影響したことを示唆している.スケールダウンした「津波石」の水理学的な識別法が SST 表層および 地層中のイベント礫の分布に対して適用が可能であろう.

なおこの研究は,新潟大学災害・復興科学研究所共同研究費(2014-#03)の助成によって行われた. 文献

平川一臣, 2013, 日本海東縁の古津波堆積物. 地震予知連絡会会報, 90, 12–13. http:// cais.gsi.go.jp/ YOCHIREN/report/kaihou90/12_13.pdf

McKenna, J., Cooper, J. A. G. and Jackson, D. W., 2012, Storm swash terraces: A previously overlooked element of the cliff-shore platform system. *Journal of Sedimentary Research*, **82**, 260-269.

波浪卓越型浅海堆積物環境における津波堆積物:中新統竜串層の例

Probable tsunamiites in a wave-dominated shallow marine setting:

Examples from the Miocene Tatsukushi Formation, SW Japan

今井悟・奈良正和(高知大学)

Satoru Imai and Masakazu Nara (Kochi University)

連絡先:今井悟 (b14m6c29@s.kochi-u.ac.jp)

高知県西南部,土佐清水市に分布する三崎層群は,前期-中期中新世の浅海堆積物である.その最上位を 構成する竜串層下部は,ハンモック状斜交層理や平行葉理が発達する中粒ー細粒の厚層砂岩層を主体とし, 砂岩泥岩互層が挟在することから,波浪が卓越する外浜ー沖浜漸移帯(内側陸棚)堆積物と考えられている. この竜串層下部には,地震性堆積物と解釈されてきたスランプ堆積物が数多く存在し,それらの多くは,葉理 が発達する砂岩に覆われることが特徴である.本研究では,この地震性堆積物を覆う砂岩について,岩相,葉 理や浸食面の収束パタン,偽礫のファブリックなどを解析することで,それらの堆積過程を推定した.その結果, こうした砂岩のいくつかは,津波堆積物である可能性が極めて高い事が明らかとなったので報告する.

スランプ堆積物を覆う砂岩の中には、基底部付近に偽礫を含むことで特徴づけられ、岩相から4つのユニットに区分できるものがある.すなわち、下位より、平行葉理が発達する泥岩-極細粒砂岩からなるユニット1(最大層厚 20 cm)、ユニット1およびスランプ堆積物を侵食的に覆い、偽礫を伴う浸食面が内部にも多数発達する粗粒-中粒砂からなるユニット2(最大層厚 1.2 m)、スウェール状斜交層理が発達し、弱く級化した中粒-細粒砂岩からなるユニット3(最大層厚 1.5 m)、そして、炭質物に富む砂質泥岩からなるユニット4(最大層厚 20 cm)である.

上記のうち、ユニット2は、側方に膨縮し、ときにレンズ状を呈するサブユニット(最大層厚 50 cm)が浸食的 に重なり合って構成されることが特徴である.また、各サブユニット内部には平行葉理あるいはスウェール状斜 交層理が発達するとともに、その基底付近には偽礫が定向配列する場合がある.それらは複数の層準で明瞭 なインブリケーションを示し、その古流向は、大局的に見て堆積当時の陸方向を示すものと、沖方向を示すも のとがあり、さらに、多くの場合、反対方向の古流向を示すサブユニットが交互に重なることがわかった.くわえ て、これらの偽礫は主に細粒砂からなる.粘着性に乏しい砂質堆積物からなる偽礫は、海底が深く浸食され、 弱いセメンテーションを受けた砂層が洗い出されたことを強く示唆する.以上のことから、このユニットは、波浪 限界が深く、強い浸食力を有する超長波長の波浪が、層厚が数十 cmにおよぶ堆積物を堆積させつつ、陸一 沖方向に振動することで形成されたと考えられる.

波浪卓越型の浅海域における陸ー沖方向の振動流は,静穏時の波浪や暴浪時にも存在する.しかし,それらの周期は長くても十数秒程度であり,一度の寄せ波あるいは返し波によって,層厚数十 cm におよぶサブユニットが形成されるとは考えにくい.一方,周期が数十分オーダーに達し,なおかつ水柱に多量の砕屑物を懸濁させる津波であれば,一度の押し波あるいは引き波によって,そのような堆積物を形成する可能性は十分に考えうる.さらに,こうした堆積物が地震性堆積物を覆うことは,それが地震に引き続き発生した津波イベントにより形成されたことを強く示唆する.そう考えると,砂岩の上方細粒化は営力の減衰を,ユニット4にみられる多量の炭質物は引き波による陸上植生の浅海域への流入を示し,いずれも一度の津波イベントで説明しやすい.くわえて細粒なユニット1は,スランピングによる細粒な砕屑物の巻き上げ,あるいは津波発生初期にしばしば観測される小規模な波群により形成されたと解釈できるだろう.

竜串層堆積当時の前期-中期中新世の西南日本弧では、日本海や四国海盆の急速な拡大に伴う活発な 構造運動が生じていた可能性が高い.これら津波堆積物も、このような時代背景において形成されていたと考 えられる.

近年, 遡上津波堆積物の研究は盛んにおこなわれているものの, 浅海域, 特に外洋に面した浅海域における津波堆積物の研究は, 松本・増田(2002)や Fujino et al. (2006)など少数の例を除きほとんどおこなわれていないのが現状である. 今後, 竜串層に複数みられるスランプ堆積物や津波堆積物を精査していくことで, 波浪卓越型浅海域における津波堆積物の堆積相モデル構築に大きく寄与できるであろう.

湖成年編に狭在する洪水性堆積物の自動認定

Automatic recognition of flood induced sediments intercalated in lacustrine varves

佐々木華(福岡大学大学院理学研究科)・大西由梨・石原与四郎(福岡大学理学部) Hana Sasaki (Graduate school of Fukuoka Univ.), Yuri Onishi and Yoshiro Ishihara (Fukuoka Univ.)

連絡先: 佐々木華 (sasakihana.study@gmail.com)

1. 年編堆積物と洪水性堆積物の認定

年編堆積物からは年単位での詳細な情報を得ることができる.年編から情報を得る上で,年層およ び季節性葉理の認定は最も基礎的で重要な作業であり,これには客観性や再現性が必要とされる.そ のため,近年年編や季節性葉理の認定と計測の多くは画像解析によって行われている(Petterson et al., 2010; Marshall et al., 2012; Sirocko, et al., 2013 など). Sasaki et al. (in press) は,編状堆積物の画像 の濃淡の変化率および縞の濃淡の最大値と最小値の中間値を用いる.葉理境界の自動認定手法を開発 した.この方法では目視による葉理境界と近い認定がなされる上,層厚だけではなく葉理内部の情報, 例えば年編で言えばその葉理の色の時系列も得ることができる.一方,湖成の年編堆積物には,しば しば洪水性堆積物が挟在する.佐々木ほか (2014)では,Sasaki et al. (in press)の手法を応用し,カ ラー画像の情報を用いたイベント堆積物の自動認定手法を検討した.そしてイベント堆積物の認定に は,RGB (Red・Green・Blue)を用いた多変量解析が有効であることを指摘した.

本研究では、洪水性堆積物の自動認定のため、Sasaki et al. (in press) および佐々木ほか(2014)の 手法を改良し、画像の色調や葉理認定基準を用いた洪水性堆積物の認定とその意義について検討した.

2. 年編と洪水性堆積物の自動分類

本研究では、葉理の RGB 画像および Sasaki et al. (in press) の手法で認定された葉理の情報を用い て解析を行った. Sasaki et al. (in press) の手法では、葉理の 8bit グレー画像の濃淡画像の平滑化を 行った後、濃淡の変化率の検出と指定の範囲内における縞の濃淡の最大値と最小値の中間値の検出を 行い、これらを組み合わせて葉理の認定を行う.この認定では、明瞭な年縞を成す区間と洪水性堆積 物を成す区間がパターンとして明瞭に区別される(図1:Identified map).すなわち、洪水性堆積物 は連続性の良い分布を示さずにパッチ状の分布を示す.この画像を葉理方向に沿って見てやると、年 縞の部分では画像の濃淡に合わせて淡色もしくは濃色の葉理のどちらかが多いが、そうではない部分 ではどちらかが卓越するということが無いことで区別できる(図1:Number of identified pixel). ー 方、葉理の RGB 画像では、洪水性堆積物は塊状で RGB 成分のばらつきが少ない.これらを評価する ために、おおよそ1葉理分の範囲における RGB 成分の中で一番高いものと一番低いものの差を求め た(図1:RGB index).これらの値を組み合わせることで、年縞中に含まれる塊状で葉理をなさない 洪水性堆積物が卓越する区間を抽出できる(図1).

3. 解析例

解析した年編は、栃木県の塩原層群宮島層の珪藻土の露頭で連続的に写真撮影されたものを用いた. 栃木県那須塩原市の塩原盆地に分布する更新統の湖成層である塩原層群は、下位の宮島層と上位の上 塩原層から成る(Suzuki et al., 1998; Tsujino and Maeda, 1999). 編状珪藻土層を含む宮島層は塩原盆 地の中央に分布し、古塩原湖の湖底の堆積物であると推定されている. この編状珪藻土は淡色と濃色 の季節性薄層の周期的な繰り返しからなる. 淡色の薄層は *Stephanodiscus niagarae* を、濃色の薄層は 流入堆積物を主体としており、基本的には年編堆積物であると解釈されている(Tsujino and Maeda, 2009). この編状珪藻土には洪水性堆積物が多く挟在される(Tsujino and Maeda, 1999).

宮島層の珪藻土を改良した手法で解析した結果,年縞中に挟在する洪水性堆積物が明瞭に認定された(図1).このうち,厚い洪水性堆積物は,いわゆる hyperpycnite であると推定される.一方,ご く薄い洪水性堆積物は,淡色の薄層が形成される冬期以外の時期に,シルト分の多い流入物が卓越す るものからなる.図1の範囲では,年縞の中の多くの部分が洪水性堆積物を含んでいるのが識別され, これらは既存研究とも整合的である.本研究の手法では,野外で撮影された写真をもとに解析される ので,迅速かつ定量的に洪水性堆積物を認識できることが明らかになった.この洪水性堆積物からは またその洪水の規模や頻度が推定できる.自動認識においては,これらの情報に加えて軟X線画像を 用いることで,より確実なイベント堆積物の認定が可能になると考えられる.

引用文献: Marshall et al., 2012, Quat. Geochron, 13, 70-80.; Petterson et al., 2010, Earth Surf. Processes Proc. and Land., 35, 390-398.; 佐々木ほか, 2014, 日本地質学会大会講演要旨(P11-P1).; Sasaki et al., Jour. Sedim. Soc. of Japan, in press.; Sirocko et al., 2013, Quat. Sci. Rev., 62, 56-76.; Suzuki et al., 1998, Quat. Res., 37, 95–106.; Tsujino and Maeda, 1999, Bull. Nat. Sci. Muse., Series C, 25, 73–104.; Tsujino and Maeda, 2009, Paleont. Res., 13, 213–229.



図 1 宮島層の縞状珪藻土の解析例.露頭写真(Raw data),認定された葉理と洪水性堆積物 (Identified map),葉理方向に沿った認定された葉理の数(Number of identified pixel),RGB成分 のばらつき(RGB index).

2014 年 12 月に発生した高潮の痕跡:北海道根室半島~オホーツク海沿岸の例 Traces of storm surge and extreme wave in December 2014:

A case study along the coast from Nemuro to Okhotsk district, Hokkaido

加瀬善洋(北海道立総合研究機構地質研究所)・仁科健二(道総研地質研) Yoshihiro Kase (Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization), Kenji Nishina (GSH, HRO)

連絡先:加瀬善洋 (kase-yoshihiro@hro.or.jp)

1. はじめに

高潮により形成される痕跡は津波によるものと酷似した特徴を有するため、例えば地層中に挟在さ れるイベント堆積物が海からの砕屑物供給で形成された場合、それが高潮起源あるいは津波起源であ るのかを識別することは困難を窮める.現段階では、地層中のイベント堆積物から両者の成因を正確 に識別する手法は確立されておらず、津波履歴(発生周期や規模)を解明する上で大きな妨げとなっ ている.そのため、現世の高潮と津波によるそれぞれの痕跡から両者の特徴を正確に把握することが、 識別手法の確立へ極めて重要であるといえる.

2014年12月17~18日にかけて、950hPa程度の台風並みに発達した低気圧が北海道東部知床半島 付近に停滞したため、北海道太平洋側東部~オホーツク海沿岸域の広範囲で高潮が発生し、根室市街 では大きな浸水被害が生じた. 演者らは、同年12月22~24日に厚岸町ならびに根室市~紋別市にか けての沿岸域において、高潮の痕跡が認められた地点で野外調査を行い、(1)高さ(浸水高,遡上 高)、(2)構成する堆積物(泥,砂,礫,デブリなど)、(3)堆積構造、(4)分布範囲(痕跡 限界、浸水限界)、(5)植生の転倒方向などを記載し、痕跡の特徴について検討した.

2. 浸水高の特徴

調査地域内で測定した浸水高は約1.1~2.6 m である.特に根室半島の沿岸部(浸水高約1.2~2.6 m)に注目すると、半島北岸で浸水高が2mを超える地点が多い一方、東端の納沙布岬よりも南側では1.2 m と低い.これは継続して吹いた北風による吹き寄せ効果の影響が根室湾岸に強く影響したものと考えられる.根室湾岸で生じた地域的な浸水高の差(浸水高約1.7~2.6 m)は、各観測地点における地形条件によるものと考えられる.

3. 堆積物の特徴

痕跡を構成する主な堆積物はデブリ,礫質堆積物および砂質堆積物で,泥質堆積物はほとんど認め られない.また,住民の方の聞き込み調査により間違いなく浸水した場所においても,堆積物として の痕跡が認められない場合もある.痕跡として残る堆積物は,供給源として浸水域前面の沿岸域に分 布する砕屑物の存否や種類に起因すると考えられる.

3-1. 礫質堆積物

根室市豊里コネップ川河口域では,海浜礫が段丘(標高4.7m)上に打上げられており,河口に分 布する礫は海側へ傾斜するインブリケーションが認められた.このような産状は,今回の高潮による 陸向きの流れの痕跡が保存されているものと考えられる.また,根室市春国岱では表層の凍結した植 生がめくれ上がり,巨礫サイズの扁平なクラストとして認められた.

3-2. 砂質堆積物

根室市春国岱では海方向の流れを示すカレントリップルの発達する砂層が認められた. 湧別市街東 方では、標高約 6.5 m の砂堤を乗り越えた波が砂質堆積物を堆積させている産状が観察された.砂質 堆積物は積雪上に認められ、高潮発生後に新たな降雪がなかったことから、今回の高潮による痕跡の みが保存されている.砂層は層厚数 mm~1 cm 程度の淘汰の良い中粒~極粗粒砂を主体とし、陸側へ 細粒化・薄層化傾向を示す.砂層は海岸線から陸側へ最大約150m,調査を実施した範囲で延長約1 km 以上で認められる. 痕跡末端部の分布形態は不規則で, 泥質堆積物をともなわずに砂層は急に尖 滅する。特徴的な堆積様式として、陸上に堆積した砂層が飛砂によって拡散したり、泡状の飛沫に付 着した砂が内陸に向かう強風によって運ばれ堆積している痕跡が認められた. さらに、局所的にチャ ネルが発達し雪を侵食し、地表面が露出している。積雪した雪の中には、今回より以前に形成された (ストーム起源と推定される)砂層が3層見出された.これらの砂層は、場所によっては今回の痕跡 限界よりも内陸側に分布する地点もあり、各砂層の堆積形態は局所的なものであると考えられる.ま た、紋別市コムケ湖東方の海岸では、海食崖の縁辺に砂層が堆積している状況が確認された。この海 食崖の露頭では、黒色有機質土中に樽前 a テフラ(Ta-a: 1739 年降灰)および摩周 b テフラ(Ma-b: 約千年前降灰)が挟在され、両テフラの間に2層のイベント砂層が報告されている(北海道立総合研 究機構,2014). 今回の調査により砂層は高頻度で形成されるものと推定される一方,形成当時の海 岸線との位置関係などを考慮する必要があるものの, Ta-a テフラと Ma-b テフラ間の約 700 年の間に イベント砂層が2層しか挟在されていない.

3-3. 流向の特徴

陸方向へ転倒する植生や海側へ傾斜する礫のインブリケーションに基づくと,ほぼ全ての調査地点 で陸方向の流れの痕跡が認められるが,一部(根室市春国岱)では海方向の流れを示す.一部で認め られる海向きの流れの痕跡は,地形条件により急激な潮位の低下にともなう流れが作用したと考えら れる.

4. まとめ

今回発生した高潮の痕跡は各調査地点では局所的な分布形態を示すものの,調査を実施した沿岸域 だけでも 200 km 以上の広範囲で堆積物記録に保存されうる痕跡が認められた.また,流向の痕跡は 陸方向の流れが卓越するが,地形条件によっては海方向の流れが保存される場合もある.今後は,高 潮の痕跡の特徴を把握する上で,一回ごとの高潮イベントによる堆積物が明確に識別・追跡できる積 雪地域(例えば,今回調査を実施した湧別市街東方および紋別市コムケ湖東方)を対象とした調査が 有効である.

文献

北海道立総合研究機構, 2014, 平成 25 年度津波堆積物調查研究業務報告書. 174 p. (未公表)

アルカリ長石の粒子形状と光ルミネッセンス強度から推定される 福島県南相馬市における東北地方太平洋沖地震津波の堆積物の供給源 Estimation of sediment sources of the 2011 Tohoku-oki tsunami deposits using grain shape and OSL intensity of alkali feldspar grains in Minamisoma city, Fukushima Prefecture, Japan

林崎 涼・白井正明(首都大・地理)

Ryo Hayashizaki, Masaaki Shirai (Department of Geography, Tokyo Metropolitan University) 連絡先:林崎 凉 (hayashizaki-ryo@ed.tmu.ac.jp)

1. はじめに

石英や長石などの鉱物粒子は、光を浴びることにより自身も発光する光ルミネッセンス(OSL)と いう性質をもつ. OSL の発光強度は鉱物の被曝量に応じて増加し、露光により急速に減少していく. 鉱物粒子の発光強度から自然環境下で浴びた放射線量(等価線量:単位 Gy)を推定し、それを年間 線量で除することで、露光により発光強度が0にリセット(ブリーチ)されてからの期間(堆積年 代)を求めるのが OSL 年代測定法である.しかしながら、堆積物の運搬・堆積過程により露光状態 は異なるため、全ての鉱物粒子がブリーチしていないことがあり、その際には残存する OSL 強度の 分だけ古い年代が見積もられてしまう.残存 OSL 強度は OSL 年代測定の障害となるが、残存 OSL 強度から鉱物粒子の露光状態を見積もることで、堆積物の運搬・堆積過程(例えば、Rink et al.2003)や供給源(Shirai and Hayashizaki 2013)を推定できる可能性がある.本研究では、福島 県南相馬市における東北地方太平洋沖地震の津波堆積物を対象として、最初に OSL 年代測定法の一種、 post-IR IRSL (pIRIR₁₅₀)年代測定法(例えば、Reimann and Tsukamoto 2012)で残存 OSL 強度を求 め、津波の運搬・堆積過程における鉱物粒子の露光状態を推定した.次に、アルカリ長石単粒子の残 存 OSL 強度測定を行い、測定後のアルカリ長石粒子の最大投影面の外形から粒子形状をフリーの 画像解析ソフト Image J で計測し、残存 OSL 強度と粒子形状の情報を合わせることにより、津波堆 積物の供給源を推定できるか検討した.

2. 研究手法

福島県南相馬市の 2 地点において、砂質の津波堆積物をそれぞれ 5 層準,合計 10 箇所で塩ビパ イプを挿入し、太陽光への露光を防いで試料を採取した. 暗室のオレンジ光源下で試料処理を行い、 250~180µm と 500~300µm のアルカリ長石を抽出した. 250~180µm のアルカリ長石は、ディスク 上へ直径 2 mm の円盤状に複数粒子(数十個)接着させ、pIRIR₁₅₀年代測定法で OSL 強度を測定し た. pIRIR₁₅₀年代測定法は、一つのディスク試料から二つの OSL 強度を測定する手法で、露光によ り OSL 強度の減衰する早さがそれぞれ異なることから、二つの OSL 強度を比較することで運搬・堆 積過程における露光状態を推定できると考えられる. 500~300µm のアルカリ長石はディスク上へ一 粒ずつ接着し、単粒子の OSL 強度を測定した. 単粒子の OSL 強度測定は、複数粒子の測定で問題と なる OSL 強度の平均化が起きないため、試料に含まれる鉱物粒子の OSL 強度の正確なばらつきを把 握できる. 単粒子の OSL 強度測定後, デジタルマイクロスコープにより測定済み粒子の投影面を撮影し, Image J により Circularity とアスペクト比という粒子形状の指標を算出した.

3. 結果·考察

2 地点の両方において, pIRIR₁₅₀ 年代測定法で求められた二つの残存 OSL 強度がほぼ同じディス ク試料を確認することができた.太陽光に試料が数秒でも露光すれば,二つの OSL 強度に有意な差 が認められる.すなわち,東北地方太平洋沖地震津波の運搬・堆積過程において砂質の鉱物粒子はほ とんど露光していないと考えられる.そのため,津波堆積物に含まれる砂質の鉱物粒子の残存 OSL 強度は,供給源となる堆積物の OSL 強度を保持している可能性が高いことが明らかになった.

単粒子の OSL 強度測定の結果,残存 OSL 強度が飽和している,つまり数十万年間以上堆積してい たと考えられるアルカリ長石粒子が多く混入していた.このようなアルカリ長石粒子が多く混入して いる原因について検討する.調査地域の海岸では,新第三系仙台層群の砂岩・泥岩(久保ほか 1990)からなる海食崖が分布しており,侵食により年に 1 m 近く後退し(例えば,山内 1964),砂 質堆積物を沿岸域に供給している.水と浮遊している堆積物による光を減衰させる効果(例えば, Ditlefsen 1992 など)により,砂質堆積物は沿岸域において前浜や後浜以外で太陽光にほとんど露 光しないと考えられることから,外浜以深に堆積している仙台層群起源のアルカリ長石粒子は,飽和 した OSL 強度を保持している可能性がある.そのようなアルカリ長石粒子が津波により運搬・堆積 過程で露光せずに運ばれたため,調査対象地域で津波堆積物に飽和した残存 OSL 強度を示すアルカ リ長石粒子が多く混入していたと考えられる.粒子形状については現段階で1 地点,5 試料を測定 している.現世のよく露光する堆積環境(前浜・後浜・浜堤など)起源と考えられる残存 OSL 強度 の小さいアルカリ長石粒子と比べて,飽和した残存 OSL 強度を示すアルカリ長石粒子は Circularity が大きく,アスペクト比が小さい,より真円に近い粒子形状を示している粒子の堆積環境 とは異なると考えることができる.

4. まとめ

東北地方太平洋沖地震津波の運搬・堆積過程において,砂質の鉱物粒子はほとんど太陽光に露光していない.このことを利用して,津波堆積物に含まれる鉱物粒子の残存 OSL 強度から供給源を推定した.アルカリ長石粒子の残存 OSL 強度と粒子形状から,調査対象地域の津波堆積物は特異な供給源の存在が示唆され,それは外浜以深に堆積していた仙台層群起源の砂質堆積物の可能性がある.

5. 文献

久保ほか, 1990, 原町及び大甕地域の地質. 地質調査所, 155p.

山内秀夫, 1964, 地理学評論, 37, 138-146.

Ditlefsen, C., 1992, Quat. Sci. Rev., 11, 33-38.

Reimann, T., Tsukamoto, S., 2012, Quat. Geochronol., 10, 180-187.

Rink, W.J., 2003, J. Coast. Res., 19, 723-730.

Shirai, M., Hayashizaki, R., 2013, Isl. Arc, 22, 242-257.

津波堆積物の石英光ルミネッセンス年代測定:仙台平野貞観津波の例 Quartz optically-stimulated luminescence dating of AD 869 Jogan tsunami deposit

> 田村 亨・澤井祐紀・伊藤一充 (産業技術総合研究所地質調査総合センター) Toru Tamura, Yuki Sawai, Kazumi Ito (Geological Survey of Japan, AIST) 連絡先:田村 亨 (toru.tamura@aist.go.jp)

1. はじめに

光ルミネッセンス(OSL)年代測定は、堆積物粒子に直接適用できることから津波堆積物の編年に 有効な方法となる可能性がある.西暦 869年貞観津波の堆積物にOSL年代測定を適用することによ り、そうした古い津波堆積物への有効性を検証した.

2. 研究試料と研究手法

仙台平野において得られたジオスライサーにおいて,OSL 年代を貞観津波の年代と比較した.ジオ スライサーでは,下位より海浜~砂丘堆積物,泥炭層,貞観津波の堆積物,泥炭層,土壌,2011年津 波の堆積物が観察された.海浜~砂丘堆積物の2試料,貞観津波の堆積物の4試料から粒径180-250 μmの石英粒子を抽出し,標準的な SAR 法により等価線量(*D_{e,bulk}*)を求めた.

3. 結果と考察

観察された OSL 信号には通常年代測定に用いる減衰の速い成分(ファストコンポーネント)よりも 減衰速度が中程度の成分(ミディアムコンポーネント)が卓越している.そのため貞観堆積物の4試 料のうち2試料については3成分の指数関数的減衰を仮定して OSL 信号を分離し,ファストコン ポーネントにもとづいた等価線量(*D_{e,fast}*)を求めた.

繰り返し測定による *D_{e,bulk}*の分布はどの試料でもばらつきが小さく,この地点での貞観津波堆積物 の砂は津波による堆積前に露光していたことが示唆される.しかし *D_{e,bulk}*にもとづく堆積年代は,貞 観津波の年代に比べて 30~40%程度の過小評価となり,下位の海浜~砂丘堆積物の年代も貞観津波よ り若くなる結果が得られた.

一方, *D_{efast}*では若干の過小評価が残るもののほぼ適当な結果が得られた.アニーリングテストの結果,バルクの信号で卓越するミディアムコンポーネントが熱的に不安定であり,過小評価の原因となっていることが明らかとなった.このようなミディアムコンポーネントの卓越は活動縁辺でよく報告される.ミディアムコンポーネントだけでなく,一般に日本の石英には年代測定に不向きなOSL特性があり,その特性には地域多様性がある.日本における津波堆積物のOSL年代測定では,そうした特性を踏まえた測定・解析手法の改良が必須である.

石英のカソードルミネッセンスを用いたゴビ砂漠上部白亜系風成層の特徴化 Characterization of Upper Cretaceous eolian sediments in the Gobi desert by cathodoluminescence spectroscopy of quartz

増田理沙(岡山理大), 実吉玄貴(岡山理大), 西戸裕嗣(岡山理大), ヒシグジャウ・ツォクトバートル MPC), ツォクトバートル・チンゾリグ MPC), ブンレイ・マインバヤル(MPC) R. Masuda (OUS), M. Saneyoshi (OUS), H. Nishido (OUS), Khishigjav Tsogtbaatar(MPC), Tsogtbaatar Chinzorig (MPC), Buurei Mainbayar (MPC) 連絡先: 増田理沙 (maaasuda@gmail.com)

1. 研究目的

ゴビ砂漠に分布する上部白亜系からは,層序対比に有効な火山灰や微化石の報告がない.層序学的, 堆積学的研究が進んでいないため,多数存在する大型脊椎動物化石の産地間対比は困難となっている. この研究では,カソードルミネッセンス(以下 CL と略す)を用いて地層中石英粒子の結晶化学的性質 を評価し,これを識別指標としてゴビ砂漠の風成層を地域的・層序学的に特徴化することにより地層 対比への応用を図る.一般に,CL は鉱物の不純物や構造欠陥の存在を鋭敏に検出できるため,従来の 手法では検出の難しかった石英に内在する構造欠陥を定量評価でき,これを新たな指標に風成堆積層 を識別できるか検証した.

2. 研究試料

対象層は風成層が多く分布するゴビ砂漠上部白亜系 Djadokhta 層とし、ゴビ砂漠中央部に位置する 恐竜化石産地3地点(Tugrikin Shireh, Alag Teg, Bayan Zag)を調査地域とした. 試料は、風成層の重 なりを考慮し、側方方向と垂直方向の2方向から系統的に採取した.

3. 測定方法

採取した堆積物試料を分級し, 粒径 180-250 µm に揃え, エポキシ樹脂によりスライドガラスに固 定し研磨薄片とした. 偏光顕微鏡およびルミノスコープにより石英を特定し, CL 分析用石英粒子を選 別した. CL スペクトルは走査電子顕微鏡に分光器を組み込んだ SEM-CL を用い, 300-800 nm の CL 発光を光電子増倍管により, フォトンカウンティングした. 得られたスペクトルデータは分光器と検 出器の感度補正を行った.

4. 結果および考察

偏光顕微鏡およびルミノスコープによる観察により、今回試料とした全ての石英粒子は鈍い青色に 発現することが分かった.そして各地域 30 の粒子を無作為に選び、CL スペクトル測定を行った結果、 すべて 400 nm 付近の青色領域および 600-650 nm の赤色領域にブロードなバンドスペクトルを認めた

(図 1-3). 得られた CL スペクトルを波形分離解析し, 石英の発光成分を特定した結果, Fe³⁺ (1.65 eV), NBOHC (1.9 eV), Ti⁴⁺ (2.75 eV), Al³⁺ (3.3 eV)に起因する構造欠陥のピークを検出できた.

本発表では,各発光成分の積分強度を用いた多変量解析により堆積層を識別できるか検証し,方法の有用性および石英の CL 特性による地層の特徴化の可能性について報告する.



図 3: Bayan Zag 産石英 CL スペクトル (N=30)

日本海東縁ガスハイドレート胚胎海域における中期更新世以後の堆積速度変化 Sedimentation rate changes since the middle Pleistocene under some gas hydrate

mounds in the eastern margin of the Japan Sea

大井剛志・角和善隆(明治大ハイドレート研)・秋葉文雄(珪藻ラボ)・ 石浜佐栄子(神奈川県立生命の星地球博物館)・須貝俊彦(東大・新領域) Takeshi Oi, Y. Kakuwa (Meiji Univ.), F. Akiba (Diatom Lab), S. Ishihama (Kanagawa Museum), T. Sugai (Univ. of Tokyo) 連絡先:大井剛志 (take_oi_foram@yahoo.co.jp)

1. はじめに

日本海東縁に分布するメタンハイドレート胚胎海域(上越市沖・秋田山形沖など)は、日本海の中 でも特殊な堆積環境変遷を辿ってきたはずで地質学的な検証が必要であるが、これまでガスチムニー やハイドレート農集深度帯の下部における堆積相は明らかにされていない.そこで本発表では、ガス チムニー上を100m以上掘削して得られたコアを用いて中期更新世以降の年代層序を議論する.この ような堆積速度変化の解明は、日本海の中でのハイドレート胚胎海域の特異性を示すとともに、研究 例の少ない中期更新世以降の日本海の堆積環境変化を明らかにする上での基礎情報として役に立つ. 2.試料と手法

2014年6月に実施されたHR14航海では、上越沖および飛島西方海域のガスチムニーマウンド上よ りRC1405(上越沖)とRC1407(飛島西方)というハイドレートやカーボネイトを含む長尺コア(海 底下から約120m)が掘削採取された.また、飛島西方海域のマウンド上ではRC1407に近接するレ ファレンスサイトにて、RC1408というハイドレート等を含まない泥質シルト堆積物コア(海底下か ら約47.9m)が採取された(図1).本研究では、各コア堆積物について、①浮遊性有孔虫殻の放射 性炭素年代、②推定テフラの堆積年代、③TL層の基底年代、④微化石による推定年代、⑤同位体比 層序によるイベント年代の5つの指標から年代層序および堆積速度を明らかにした.

3. 年代層序の結果

海底下より約 120m の海底コア堆積物の年代層序を組み立てるうえでは、微化石による化石基準面の対比が重要となる. たとえば珪藻化石層序では、Neodenticula seminae 帯と Proboscia curvirostris 帯の境界面が約 300ka を表す. 3-1 から3-3には、本研究で紹介する3つのコアごとに、珪藻層序の特徴や堆積速度の変遷についてまとめた. さらに講演では、珪藻化石だけでなくそのほかの地質データからも堆積速度の変遷を表現し、それぞれの堆積速度変化の要因について堆積学的に考察する. 3-1. RC1408

RC1408 は 41.6~43.6mbsf に珪藻化石による基準面を産し、さまざまな地質的事象から過去約 340ka の堆積記録(MIS1~9)を有すると明らかになった(図1). 堆積速度は平均すると約 14cm/kyr とな り海鷹海脚の先行研究と比べると 2 倍以上遅い. 時代ごとの堆積速度の変遷をみると、MIS2 や MIS4 の低海水準期と比べて MIS2 から MIS1 への海進期が速い値を示し、特に約 MIS10 から MIS9 へと MIS6 から MIS5e への海進期では約 40cm/kyr と速い.

3 – 2. RC1407

RC1407 の珪藻化石による基準面(約 300ka)は約 61~67mbsf に認められ,近接する RC1408 と比べると明らかに下位に位置する(図 1). これは RC1407 でのガスハイドレートの成長分がコア堆積物を押し広げたためと推測される.

3 – **3**. RC1405

RC1405 の珪藻化石基準面(約300ka)は約76mbsfに認められ、上越海丘においては最上トラフよ りも見かけ上の堆積速度が速い(図1)ことから、ハイドレートによる効果がより強く働いているの かもしれない.一方、約65mbsfより下位では、比較的ハイドレートの産状が疎らで締まった泥質~ 砂質堆積物を伴っており、後期更新世において同位体ステージとよく対応して算出する珪藻化石の温 暖鍵種と寒冷鍵種(秋葉ほか、2014)が連続的に追跡できた.それぞれの鍵種の産状を同位体ステー ジにおけるピークに当たると仮定した結果、RC1405の下位堆積物は MIS8 から MIS13 までに相当し、 それらの堆積速度は海進期で増加し海退期で減少する傾向となる.

4. 謝辞

本研究は、「平成26年度経産省メタンハイドレート開発促進事業」の一環として実施された HR14 航海で採取された試料を用いた.航海における関係者の方々に厚くお礼申し上げます.



九十九里平野北部~中部の沖積層基底深度分布 Basal topography of Holocene postglacial deposits in north to central part of Kujukuri Plain, central Japan

小松原純子 (産業技術総合研究所地質情報研究部門)

Junko Komatsubara (Institute of Geology and Geoinformation, AIST) j.komatsubara@aist.go.jp

千葉県の九十九里平野は縄文海進以降に浜堤が前進して現在の形となったことが知られている(森 脇 1979)。地表から深さ20m程度まではこの浜堤堆積物から連続する海浜砂であり、その下には最 終氷期に形成された起伏のある地形が埋まっている。九十九里平野沖の海域では船を使った音波探査 によりこの地形はかなり明らかにされており(海上保安庁水路部 2000)、また陸上でも平野最南部 の茂原地域では調査が進んでいるが、平野の中央部〜北部については不明である。そこで既存ボーリ ング柱状図資料を用いて地下構造の推定を試みた。

使用したボーリング柱状図資料は千葉県インフォメーションバンクなどで公開されている資料およ び自治体から直接借用した資料の合計 3174 本である。産業技術総合研究所および防災科学技術研究 所が作成したボーリングデータ処理システム(木村, 2011)を用いて断面図を作成し、マップの作成 には ESRI 社の ArcMap を使用した。また、自治体に保管されていたペネ試料から貝化石を洗い出し (株)加速器分析研究所に放射性炭素年代測定を依頼した。

沖積層の基底埋没谷は現在の河川に概ね対応する位置で複数本あることがわかった。最も北に位置 する谷が最も幅が広く、その基底は海岸線付近で深さ 40m 前後である。この谷は海域で明らかにされ ている沖積層基底に連続する。またその上を覆う海浜砂の基底は平野の北部ほどより深い傾向にある。 今後、産総研地質分野の沿岸域の地質・活断層調査の一部として埋没谷を対象としたオールコアボー リング調査を行う予定である。

謝辞 既存ボーリング柱状図資料の収集の際には千葉県環境研究センター、旭市役所、匝瑳市役所、 横芝光町役場、山武市役所の方々にお世話になりました。

文献

森脇 広, 1979, 九十九里浜平野の地形発達史. 第四紀研究, 18, 1-16.

- 海上保安庁水路部,2000,5万分の1沿岸の海の基本図 海底地形地質調査報告 九十九里浜.海上保 安庁.
- 木村克己, 2011, ボーリングデータ処理システムの公開-国土基盤情報としてのボーリングデータの 利活用を目指して-. 産総研 TODAY, 11-2, 19.

千葉県インフォメーションバンク http://wwwp.pref.chiba.lg.jp/pbgeogis/servlet/infobank.index

伊勢湾櫛田川河口におけるウォッシュオーバー・ファンの内部構造

Internal sedimentary structures of washover fans in the Kushida River estuary, Ise Bay, central Japan

> 中条武司(大阪市立自然史博物館) · 趙 哲済(大阪文化財研究所) Takeshi NAKAJO (Osaka Museum of Natural History) Chuljae CHO (Osaka City Cultural Properties Association) 連絡先:中条武司(naka jo@mus-nh. city. osaka. jp)

伊勢湾南西部,櫛田川河口域の砂嘴およびその後背の泥質潮汐低地には,台風時の越波により形成され たウォッシュオーバー堆積物が存在している.このウォッシュオーバー堆積物は,砂嘴をチャネル状ーシート状 に侵食し,その後背に広がる泥質潮汐低地にいたると扇状の形態を持つウォッシュオーバー・ファン(以下, ファン)を形成している.そのうちのいくつかは 2004 年と 2013 年に形成されており, 2013 年に形成されたファ ンは, 2004 年に形成されたファンを見かけ 20~40cm 下刻し,砂嘴後背へと広がっている.

今回,2004年と2013年に形成されたファンが累重している箇所に狙いを定め,2013年に形成されたファン の陸側先端から砂嘴を横断する方向に,深さ最大約 1m,長さ約 15m にわたりトレンチを掘削した.その内部 構造は全体に陸側に傾斜する斜交層理に特徴付けられる.その中で,2013年に形成されたファンは、いくつ かの再活動面を伴って,陸方向に約 10m 成長していることがわかった.今回,その再活動面を境にファン堆積 物をユニット A~E に区分した.ユニット A は 2004年の越波の際に形成された堆積物と考えられ,その前面の 再活動面は他の再活動面に比べて緩傾斜である.これは,次のファン(2013年)形成までに,その前面が主に 風によって再動され,緩傾斜になったためと考えられる.ユニット B は幅約 2m で,葉理幅が比較的厚く,貝殻 片をほとんど含まない.ユニット C は幅約 4m で,ユニット B は幅約 2m で,葉理幅が比較的厚く,貝殻 片をほとんど含まない.ユニット C は幅約 4m で,ユニット B は幅約 2m で,葉理幅が比較的厚く,貝殻 片をほとんど含まない.ユニット C と幅約 4m で,ユニット D は上方に累重しつつ,前進する斜交層理か らなる.上方累重部は厚さ約 40cm で,平行葉理〜低角度の斜交層理からなり,ウォッシュオーバー・チャネル を埋積した堆積物と見なされる.また,葉理状に貝殻片が濃集する部分がよく見られ,砂嘴前面の干潟から土 砂が供給されたことを示している.ユニット E はユニット B~D に比べ細粒で分級がよく,貝殻片をほとんど含ま ない.ユニット E 最前面である現在の地表面は,風による再動によって葉理の傾斜よりも緩傾斜になっている.

ユニット A~E の内部構造およびその累重関係より,2013 年のファンは次のように成長したと考えられる.ま ず暴浪により砂嘴および既存のファン(ユニット A およびそれ以前の堆積物)が侵食され,泥質潮汐低地への 土砂の流入が始まった(ユニット B・C).この暴浪初期には,越波は陸側への堆積物供給は行うものの,侵食 作用が卓越し,ファンの上方への成長はほとんど進行しなかったのであろう.その後(おそらく暴浪のピーク後), 暴浪による侵食作用は弱まり,むしろ堆積作用が卓越するようになり,それまでの侵食域は埋積されはじめ, ファンの上方への成長が進行した(ユニット D).その後,活発な侵食・運搬作用は収まり,細粒部のみが再動 され,ファンが陸側に成長した(ユニット E).ユニットEは他のユニットに比べ粒度や分級が異なるため,高潮・ 暴浪時よりもむしろ,大潮時に比高が低くなった砂嘴を越波したときに形成されたものかもしれない.

常陸台地中部の好露頭における第四系下総層群の層序と堆積相

Facies and stratigraphy of the Quaternary Shimosa Group at a newly well-exposed locality in the central part of Hitachi Terrace, northeastern Kanto

大井信三(国土地理院)・西連地信男(白方小学校)・横山芳春(地盤ネット(株))・安藤寿男(茨城大学) Shinzou Ooi (GSI), Nobuo Sairenji (Shirakata Elementary School), Yoshiharu Yokoyama (Jibannet Co. Ltd.), and Hisao Ando (Ibaraki University)

連絡先:大井信三 (ooi2@me.com)

1. はじめに

常陸台地中部の行方市谷島では、下総層群がよく露出しその層序確立に重要な露頭とされてきた (中里,2008).しかし、谷島では指標となるテフラが産出せず、層序的位置の確証が得られていな い.ところが最近、谷島から1kmほど離れた行方市平須賀に、7枚のテフラの挟在が確認できる新し い露頭が確認できた.ここでは.侵食面の存在や堆積相の特徴から7つもの累層および部層を認識す ることができた.そこでこの新しい好露頭における下総層群の層序と堆積相を紹介する。

2. 堆積相と堆積環境

下部から8つの堆積ユニットが認識された.ユニット毎に堆積相と想定される堆積環境を述べる. ユニット1:平行葉理の発達した砂鉄質の中粒砂からなりやや固結しており,海浜砂相と考えられる. ユニット2:粗粒な砂層と泥層の互層の上位に,数枚の級化する砂層が重なる.砂泥互層は沿岸域の ストーム起源の堆積物と思われ,外浜の環境が想定される.ユニット3:砂鉄質の中粒砂からなり, セット高が10cmほどの相反する二方向の斜交層理が累重する.このユニットは下位のユニット2を 削るチャネル状をなし層厚の変化が激しいことから,潮汐チャネル充填相と推定される.ユニット 4:生物擾乱の激しい塊状の砂層.この砂層は中部に礫層を挟んで上下に分けられ,下部には二枚貝 のキャストが見られ,根痕もある.上部は生物擾乱が激しい小礫・シルト混じり砂層で,いずれも強 内湾の環境が想定される.ユニット5:暗灰色の泥層で,閉鎖的な環境で埋積された開析谷充填相と 考えられる.ユニット6:砂泥互層で,泥層は1cm以下のマッドドレイプをなす.堆積環境としてエ スチェアリーが想定される.ユニット7:塊状中粒砂層で,上部には弱い平行葉理が見られ,下位の ユニット6とは明瞭な堆積相境界がある.堆積環境は内湾が想定される.ユニット8:塊状のシルト 質砂層で,下位のユニット7から漸移する.上位のシルト層とローム層に覆われる.堆積環境はラ グーン〜湿地が想定される.

3. テフラ

下位から7枚のテフラを認識した.下位から順に記載する.

Yb-gl (仮称: 藪ガラス質テフラ):ユニット1に挟在する層厚 1cm の白~ピンク色の細粒テフラである.両輝石と繊維型の火山ガラスを多く含む,未記載のテフラである.Yb5 (徳橋・遠藤,

1984) : ユニット1の Yb-glの 50cm 上位にある厚さ 2cm のゴマ塩状の白色テフラである.角閃石を 多く含み,カミングトン閃石も含まれることから,藪層の鍵層である Yb5 である可能性が高い. Ss (島須テフラ;大井・横山, 2011) : ユニット1の Yb-glの 180cm 上位にある,厚さ 10cm の白色テ フラである.両輝石の他にわずかに角閃石を含む.Km1:ユニット2の最下部に含まれる厚さ 50cm の ウグイス色の塊状火山灰層で,両輝石を含む特徴とその層位から上泉層基底部の Km1 (徳橋・遠藤, 1984) と判断される.ArP (大井・横山, 2011) : ユニット5の泥層の基底近くに見られる,厚さ 10cm のアズキ色テフラで,繊維型・軽石型火山ガラスを多く含む.KtP (大井・横山, 2011) : ユ ニット6の砂層中に散在する黄色軽石で,破片状の角閃石を含む.MaS (鈴木, 1993) : ユニット7 の塊状砂層に挟在する,軽石と褐色のスコリアを含む厚さ 10cm のテフラである.なおユニット3に は MoP 起源と思われる角閃石と火山ガラスを含む火山砕屑物が混入している.

4. 層序

最下部のユニット1はテフラ層位から藪層であることは確実である. ユニット2の外浜相とユニット3の潮汐チャネル相の組合せは、上泉 層と清川層が累重する鹿島台地中部の層相の特徴と類似する(大井・ 横山,2011).ユニット2は最下部にKm1を含むこと、ユニット3 には MoP が混入していることから、ユニット2は上泉層、ユニット3 は清川層である可能性が高い.ユニット4は行方台地中部の木下層下 位に、よく似た層相の堆積物があり、TAm-1あるいはTAI-3と似た特 徴的なテフラが挟在することから横田層の可能性がある.ユニット5 はテフラから木下層剣尺部層の開析谷充填相、ユニット6は木下層剣 尺部層の海進期のエスチェアリー相と考えられる.ユニット7はテフ ラから木下層行方部層に対比され、木下層のバリアーシステムのバッ クバリアーの堆積物である.ユニット8は常総層で、当時のラグーン 環境が海浜湿地環境へと漸移したことを示す.

5. 本露頭における堆積相サクセッションと層序の意義

本露頭では、下部の藪層、上部の木下層剣尺部層以上にそれぞれの 累層の鍵層が挟在しており層序は確実となった.中間の層準には、3 つの特徴的な堆積相のユニットが認められ、それぞれ MIS7 の3 つの ステージ上泉層、清川層、横田層である可能性が指摘される.

文献

- 中里裕臣,2008, 常陸台地. 日本地方地質誌 3 関東地方, 朝倉書店, 325-331.
- 大井信三・横山芳春,2011, 常陸台地の第四系下総層群の層序と堆積シ ステムの時空変化, 地質学雑誌,117,103-120.
- 鈴木毅彦, 1993, 北関東那須野原周辺に分布する指標テフラ層. 地学雑誌, 102, 73-90.
- 徳橋秀一・遠藤秀典, 1984, 姉崎地域の地質.地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),地質調査所, 136p.



図 行方市平須賀の柱状図
新潟県小国地域北部に分布する更新統の古環境復元

Paleoenvironment of the Pleistocene strata in the northern part of the Oguni Region, Niigata Prefecture, central Japan

> 松田和久(信州大学大学院理工学研究科)・保柳康一(信州大学理学部) Kazuhisa Matsuda and Koichi Hoyanagi (Shinshu University) 連絡先:松田和久 (matudasindi02@gmail.com)

はじめに

研究地域には更新世の地層である八王子層と魚沼層群が分布する.八王子層は,安井ほか(1983)に よって命名された深海性ないし半深海性の堆積物の卓越する地層である(小林ほか,1986).一方魚沼 層群は大村(1930)の魚沼統の命名に由来し,主に浅海ないし内湾に堆積した海成層と扇状地及び河川 とその氾濫原に堆積した陸成層によって構成される層である(小林ほか1986).また風岡ほか(1986)で は魚沼層群中に,上下を陸成層に挟まれた14枚の海成層の存在が明らかにされている.このような 魚沼層群中の陸成環境と海成環境の繰り返しについては,本研究地域南部の魚沼丘陵において卜部ほ か(1995)が第5オーダーの海水準変動にその要因があるとしたが,このような数万年周期の海水準変 動が堆積シーケンスを形成するかについてはさらに検討の必要がある.本研究では,現地調査から得 られたデータを基に詳細な堆積相解析を行うことで研究地域における古環境の変遷を復元し,堆積環 境の変化要因を考察した.

研究手法

本研究では現地調査において 1/2500 ルートマップを基本として作成し堆積相解析を行った.また 適宜 1/1000 ルートマップ,1/100 露頭柱状図の作成を行った.現地調査で得られた情報を基に,室内 作業において 1 /2500 各沢柱状図,1/5000 地質図及び堆積相分布図の作成,古地理復元図を作成し, 古環境の変遷を考察した.

結果及び考察

研究地域に分布する八王子層と魚沼層群を,粒度,淘汰度,堆積構造,生痕化石などを基に20の 岩相に区分し,これらを累重関係や漸移関係を考慮し17の堆積相そして4つの堆積組相(蛇行河川シ ステム,バリア・エスチュアリーシステム,デルタシステム,海岸平野システム)を設定した.以下 にそれぞれの地層堆積時毎に堆積システムの変遷を述べる.

八王子層堆積時(約2.1~2.0Ma):本調査では八王子層は研究地域では最北部でのみ見られ,外側陸 棚の堆積環境を示す.また,小林ほか(1989)では,最北部以外のルートにおいても八王子層が分布す ることが報告されており,このことを踏まえると,八王子層から研究地域における下部魚沼層の最下 部にかけては,海岸平野システムが発達し,海退が進んでいたと考えられる.

下部魚沼層堆積時(約2.0~1.61Ma): 下部魚沼層の最下部では、八王子層堆積時と同様に研究地 域全域に海岸平野システムが発達し、研究地域南部では外浜環境、一方で北部ではより深い内側陸棚 環境であったと考えられる.その後少なくとも3回の海進-海退サイクルがあり、研究地域南部では、 海退期には南方からのデルタの前進によって段階的に陸域が拡大していったと考えられる.一方海進 期には、デルタシステムからバリア・エスチュアリーシステムへの変化が見られ、デルタの前面にバ リア島が形成され、その背後にエスチュアリー環境が広がっていたと考えられる。一方で研究地域北 部には海進-海退に伴い内側陸棚と下部外浜の地層の繰り返しが厚く発達している。これは、上述し たこの時期の海退期におけるデルタの前進が、いずれも研究地域南部に制限されており、研究地域北 部はデルタの本体から離れた場所にあったためだと考えられる。

中部魚沼層堆積時(約1.61~1.15Ma):この時期には、SK110の直上において大規模な海進が起き海 域が最も南方に広がり、その後の海退に伴いデルタの前進が進み、研究地域全域にデルタシステムが 発達したと考えられる。そして再び海進が起き、下部魚沼層の南部で見られるデルタシステムからバ リア・エスチュアリーシステムの変化と同様の変化が起きたと考えられる。中部魚沼層には、下部魚 沼層中に見られたバリア・エスチュアリーシステムから外洋的要素を持つ海岸平野システムへの変化 が見られず、デルタシステムとバリア・エスチュアリーシステムの繰り返しが見られる。

上部魚沼層堆積時(約1.15Ma~):この時期は、中部魚沼層堆積時から著しく海退し研究地域全域に 蛇行河川システムが広がったと考えられる.また、研究地域南部では SK020 層準より上位において蛇 行河川システムからバリア・エスチュアリーシステムへの変化が見られる.このことから、上部魚沼 層堆積時には、長い海退期の間にデルタが北方に大きく前進し陸域が広がった後、海進が起き、研究 地域全域はエスチュアリー環境に変化したと考えられる.

まとめ

研究地域は、海進期には、海退期に前進したデルタの前面がバリア島となりその背後にはエスチュ アリーが広がる.さらに海進が進むと海岸平野システムへと変化し、その後の海退に伴い再びデルタ が前進するというように堆積システムが周期的に変化している.このようなサイクルの繰り返しが6 回みられ、全体的に徐々には陸域が北方に拡大し、現在の海岸線の位置に近づいて行ったと考えられ る.またこのような堆積システムの変化をもたらす海進-海退の周期は約10万年であり、これはミラ ンコビッチサイクルの離心率の変化に対応した変動であると考えられる.

引用文献

- 荒戸裕之,保柳康一,1995,新潟堆積盆地における3タイプの第4オーダー堆積シーケンスモデル. 地質学論集,45,118-139.
- 風岡修,立石雅昭,小林巌雄,1986,新潟県魚沼地域の魚沼層群の層序と層相.地質学雑誌,92, 829-853.
- 小林巌雄,立石雅昭,安井賢,風岡修,黒川勝己,油井裕,渡辺其久男,1986,新潟積成盆地におけ る西山・灰爪累層,魚沼層群の層序と古環境,地質学雑誌,92,375-390.

大村一蔵, 1927, 越後油田の地質及鉱床. 地質学雑誌, 37, 775-792.

- ト部厚志,立石雅昭,風岡修,1995,魚沼層群にみられる海成層の堆積サイクルと相対的海水準変動. 地質学論集, 45,140-153.
- 安井賢,小林巌雄,立石雅昭,1983,新潟県八石油田・中央油田南部に分布する魚沼累層の層序. 地球科学,37,22-37.

千葉県北部の三次元地質地盤モデル

Three-dimensional geological model of the northern part of Chiba Prefecture

野々垣 進・中澤 努(産業技術総合研究所)・中里裕臣(農業・食品産業技術総合研究機構) Susumu NONOGAKI, Tsutomu NAKAZAWA (AIST), and Hiroomi NAKAZATO (NARO) 連絡先:野々垣 進 (s-nonogaki@aist.go.jp)

1. はじめに

千葉県北部は、更新統下総層群をはじめとする関東平野を構成する地層が模式的に分布する地域で あり、関東大都市圏地下の地質構造を解明する上で、非常に重要な地域である.千葉県北部の下総層 群が地表に露出する地域の層序については、これまで地質踏査に基づく詳細な研究が行われ、柱状図 の対比結果や地層の基底標高の等高線図など、地質構造を検討する上で重要な地質情報が多数報告さ れている.また、最近では層序ボーリング調査により、地下の地層についても詳細な情報が得られる ようになってきた.しかし、従来の地質情報のほとんどは、紙媒体かつ手書きの二次元データである ため、三次元の地質構造を検討しにくい、他分野の解析に応用しにくいなど、利活用面において問題 がある.本研究では、千葉県北部の地質情報の利活用促進を目的として、既存研究で報告された柱状 図の集約・デジタル化と、それらを基にした三次元地質地盤モデルの作成を行った.また、柱状図お よび三次元地質地盤モデルの閲覧システムの試作を行った.本発表では、作成した三次元地質地盤モデルと試作した閲覧システムについて報告する.

2. 三次元地質地盤モデルの作成

三次元地質地盤モデルの作成範囲は北緯 35°19' 48.8" - 35°54' 04.7", 東経 139°47' 20.5" - 140°43' 10.4"とする東西 84km×南北 63km の範囲である.この地域では、中期更新世以降に形成された地層が露出する.これらの地層は下位より、中-上部更新統下総層群、新期段丘堆積物及び新規関東ローム層、沖積層に区分される.本研究では、この地域の地質情報と地形情報とを統合することにより、三次元地質地盤モデルを作成した.地質については、中里(1993),佐藤(1993),小松原ほか(2004) などで報告された露頭柱状図と、産業技術総合研究所が掘削・整備したボーリング柱状図を用いて、8 個のカテゴリーをもつ三次元地質モデルを作成した.三次元地質モデルの作成には、塩野ほか(1998) および野々垣ほか(2008)のアルゴリズムを利用した.地形については、各種空間情報を用いて地形判読を行い、水面・人工地形・低地・台地などを細分した 19 個のカテゴリーをもつ 地形分類図を作成した.空間情報には、次のものを利用した:基盤地図情報・数値モデル(5m メッシュ、10m メッシュ),地形図、土地条件図、空中写真、5 万分の1 地質図幅.最終的に、三次元地質モデルと地形分類図のカテゴリーを統合・再分類することにより、17 個のカテゴリーをもつ三次元地質地盤モデルを作成した.

3. 柱状図データおよび三次元地質地盤モデルの閲覧システムの試作

収集した柱状図データおよび作成した三次元地質地盤モデルの利活用推進を目的として,これらを Web ブラウザ上で閲覧するシステムを試作した.システム開発はすべてフリーオープンソースソフト ウェアを用いて行った.本システムでは、マウスによるクリック操作で、収集・作成した地質情報を 閲覧することができる.柱状図データについては、地図を背景として露頭柱状図やボーリング柱状図 の位置およびメタ情報を閲覧できるほか、柱状図画像そのものの閲覧もできる.特に、ボーリング柱 状図については、国土交通省の定める XML 形式や PDF 形式など、通称 JACIC 様式でデータを閲覧で きる.三次元地質地盤モデルについては、モデルの平面図や立体図などを閲覧できるほか、任意の測 線の鉛直断面図をオンデマンドで作成できる.

4. おわりに

現状では、下総層群の露頭柱状図を主要データとして三次元地質モデルを作成している.今後、三 次元地質地盤モデルの精度や信頼性を向上させるためには、露頭柱状図・ボーリング柱状図のさらな る収集・デジタル化が必要である.閲覧システムに関しても、立体図のファイル形式に Virtual Reality Modeling Language (VRML)を用いているため、パソコンの環境が整わなければ三次元地質地盤モ デルを閲覧できないという問題点がある.また、現時点では、三次元地質地盤モデルの作成にかかる 諸元を提示していない.モデルの諸元は、モデルの信頼性や再現性と大きく関わるため、今後、立体 図のファイル形式と併せて諸元の提示方法を検討する必要がある.

文献

- 小松原琢・中澤努・兼子尚知(2004)木更津地域の地質.地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 64p.
- 中里裕臣(1993)下総層群清川層と上岩橋層の層序学的関係.千葉県中央博物館自然誌研究報告,2, 115-124.
- 野々垣進・升本眞二・塩野清治(2008)3次 B-スプラインを用いた地質境界面の推定. 情報地質,19, 61-77.
- 佐藤弘幸(1993)千葉県成東町-八日市場市周辺に分布する下総層群の層序.千葉県中央博物館自然 誌研究報告, 2, 99-113.
- 塩野清治・升本眞二・坂本正徳(1998)地層の3次元分布の特性と地質図作成アルゴリズム-地質構造の論理モデル-. 情報地質,9,121-134.

房総半島東部沿岸域の反射法音波探査結果と層序対比

Seismic reflection results and stratigraphic correlation in the eastern coastal area of

Boso Peninsula

古山精史朗・佐藤智之(産業技術総合研究所)

Seishiro Furuyama, Tomoyuki Sato (AIST)

連絡先:古山精史朗(holocene2007.furuyama@aist.go.jp)

産業技術総合研究所が行ってきた地質情報の陸・海域シームレス化を目的とした沿岸域プロジェクトでは、2008年から能登半島、新潟県北部、福岡県北部、勇払平野、駿河湾と断続的に調査を行ってきた(例えば佐藤、2014). 2014年度からは房総半島東部沿岸の調査に着手しており、本発表ではその結果概要について報告する.

房総半島東部海域では、九十九里沖が棚橋・本座(1983)によって、鴨川沖が木村(1976)によって層序区分されている.九十九里沖の地層は主に上総層群と、鴨川沖の地層は主に嶺岡層群・安房層 群にそれぞれ対比されている.

調査海域は北緯 34 度 50 分~35 度 45 分, 東経 139 度 50 分~141 度 20 分の範囲で, 総測線長 630 km である. 調査は小型船に搭載した発振装置を用いた反射法音波探査を行った. 発振間隔は 3.125 m である. 受波用のストリーマーケーブルのチャネル数は 24, チャネル間隔は 3.125 m である. 得られ た断面は Parallel Geoscience Corporation 社の SPW を用いてバンドパス, デコンボリューション等の処 理を行った.

地形及び地質構造の特徴から調査海域を九十九里沖と鴨川沖の2地域に区分した.九十九里沖は広い陸棚で特徴付けられる海域である.この海域の地層は不整合を境に大きく2層に区分でき、上位から九十九里沖A層、九十九里沖B層とした.このうち九十九里沖B層には断層を伴う褶曲構造が複数認められた.一方鴨川沖は九十九里域に比べ陸棚は狭い.この海域の地層もまた、不整合を境に大きく2層に区分でき、上位から鴨川沖A層、鴨川沖B層とした.上位の鴨川沖A層には、海水準変動に基づいた堆積サイクルによって形成されたと考えられる地層を確認できた.鴨川沖B層では陸側への傾斜がいくつかの場所で確認できるが、音波の透過が悪いため内部構造が不明瞭である.また九十九里沖と鴨川沖の不整合は繋がる可能性が高い.

九十九里沖において棚橋・本座(1983)は2sec程度の位置に不整合を認め、黒滝不整合と対比している.今回九十九里沖で認めた不整合は、棚橋・本座(1983)が報告した不整合より上位にあるため、MIS6(Marine isotope stage 6)または最終氷期最盛期に形成されたと考えられる.また九十九里沖と鴨川沖の不整合は一連のものと考えられる.これは鴨川沖の地層が、木村(1976)が報告した時代よりも新しいことを示唆する.しかし年代値が求められていないため正確な層序対比は今後の課題である.

引用文献

木村政昭, 1976:20万分の1海底地質図「相模灘及付近」.海底地質図,3.

佐藤智之,2014:勇払平野沿岸域20万分の1海底地質図及び説明書.海陸シームレス地質情報集数値地質図,S4.

棚橋学・本座鋭意, 1983:20万分の1海底地質図「房総半島東方」.海底地質図, 24.

南海トラフにおける放射性ヨウ素同位体から見た流体の移動 Fluid migration across the Nankai Trough; Implications from ¹²⁹I

戸丸仁(千葉大学大学院理学研究科) · Udo Fehn (University of Rochester) Hitoshi Tomaru (Chiba University), Udo Fehn (University of Rochester) 連絡先: 戸丸仁 (tomaru@chiba-u.jp)

IODP NanTroSEIZE Expedition315, 316, 322, 333 では南海トラフを横断するように海側から前 弧海盆まで複数のサイトで掘削調査が行われた.本研究では堆積物間隙水に溶存するハロゲン (塩素,ヨウ素)の濃度とヨウ素の放射性同位体組成(¹²⁹I; 半減期=1570 万年)を測定した.塩 化物イオン濃度は海水値に近い値,もしくはガスハイドレートの分解や断層を移動した流体の影 響などサイトによって差が見られたが,ヨウ素の濃度は特に陸に近いサイトで深度とともに急激 に上昇する傾向が見られた.これはヨウ素が海洋有機物に吸着して堆積・埋没し,有機物が堆積 物深部で分解した際に間隙水中に放出されたためであり,堆積物中の TOC やメタン濃度と強い相 関が見られた.放射性ヨウ素同位体組成はヨウ素の堆積年代が前弧海盆や付加体で約 30Ma 程度で あることを示し,間隙水を採取した母岩の年代(<7Ma)に比べるときわめて古い値となった.一 方,トラフ軸よりも海側のサイトでは放射性ヨウ素同位体組成は 0~10Ma を示し,母岩の年代と ほぼ一致した.以上のことから,陸側のサイトでは有機物に富んだ付加体や海盆堆積物由来の古 い流体が大規模かつ長距離を移動して供給されていること,海側では堆積物に直接由来する新し い流体が卓越していることが明らかになった.



図1: NanTroSEIZE の掘削サイトの断面図



図2:NanTroSEIZE における間隙水中のヨウ素濃度の深度分布

地盤情報データベースから上町断層帯の構造を推定する試み

Preliminary study for estimation of tectonic structures of the Uemachi fault zone

using a geo-informatics database in the Osaka Plain, Japan

櫻井皆生(同志社大学大学院理工学研究科)

Minao Sakurai (Doshisha University)

連絡先:櫻井皆生 (eum1902@mail4.doshisha.ac.jp)

大阪平野中心部の上町断層帯分布域において,関西圏地盤情報ネットワークが運営する地盤情報 データベースを用いてボーリング柱状図列からなる断面図を高密度に作成し,断層運動によって変形 している上・中部更新統~大阪層群の地質構造を解析した.その結果,上町断層帯の主断層と,その 東側の背斜や主断層から西側に派生する撓曲帯などの分布と構造をこれまでよりも高精度に推定する ことができた.

大阪平野の中心部を南北に延びる上町台地とその西側に広がる西大阪平野の地下には、この地域を 南北に走る上町断層帯の運動によって形成された背斜構造、断層、撓曲が存在していることが、ボー リング資料の解析から報告されている(古谷、1978; Mitamura et al., 1994). 最近行われた上町断層帯の 重点的な調査観測(文科省・京大防災研、2013)では、地盤情報データベースを用いた地層の変形ゾー ンのマッピングも試みられている.本研究は、これらの先行研究で地層の変形構造が確認された地域 を対象に、ボーリングデータが高密度に得られる地盤情報データベースの利点を活かして 200 m 間隔 のメッシュで断面図を作成し、それらに現れる地質構造の解析から地下の上町断層帯の分布と構造を より高精度に推定することを試みたものである.断面図の構造解析には、海成粘土層(Ma)基底のラ ビーンメント面を用いた.ラビーンメント面は海進期に波浪や潮汐の侵食作用で形成される平坦面で、 初生のラビーンメント面は断面図上では直線で表わされることから、上下のラビーンメント面の構造 を比較することによって断層運動による変形構造が容易に復元できる(Sakurai and Masuda, 2014).

上町断層帯の主断層は、地層が西へ急傾斜していて断面図上では地層の不連続部として認定される. この地層不連続部を地図上にプロットし、それらをつないだ主断層線は、上町台地の西端沿いや西端 から西へ最大約800m離れたところに走っており、その走向は、解析範囲の北部では北北東-南南西、 南部では北北西-南南東を示し、緩く湾曲している.主断層から東へ300~1000m離れた上町台地の 西縁部付近には、主断層とほぼ平行に背斜軸が延びている.主断層の西側には、桜川撓曲とその南側 の住之江撓曲(Mitamura et al., 1994)が派生している. 桜川撓曲は上町台地の北端付近から南西方向に派 生し、くの字型に屈曲して主断層に収れんしている. くの字型の屈曲部の内側には東西方向の背斜構 造がみられる. 住之江撓曲は、主断層の湾曲部から南西方向に派生し、その東側にはほぼ平行に延び る背斜軸を伴っている.

文献

古谷正和, 1978, 大阪平野西部の上部更新統. 地質学雑誌, 84, 341 - 358.

文部科学省研究開発局,国立大学法人京都大学防災研究所,2013,上町断層帯における重点的な調査 観測. 平成22~24 年度成果報告書,449 p.

- Mitamura M., Matsuyama N., Nakagawa K., Yamamoto K. and Suwa S., 1994, Stratigraphy and subsurface structure of Holocene deposits around Uemachi upland in the central Osaka Plain. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **37**, 183 212.
- Sakurai M. and Masuda F., 2014, Reconstruction of relative tectonic movements using transgressive ravinement erosion surfaces: A case study for the shallow subsurface geology of the Osaka Plain, Japan. *Journal of Earth Science and Geotechnical Engineering*, **4**, 17 24.

関東地方の河川に認められる横断面特性値:古河川水文学への適用を目指して

Cross-sectional geometry of modern fluvial channels in the Kanto region, central Japan:

Implications for fluvial paleohydrology

柴田健一郎(横須賀市自然・人文博物館)・伊藤 慎(千葉大学大学院理学研究科) Kenichiro Shibata (Yokosuka City Museum), Makoto Ito (Chiba University) 連絡先:柴田健一郎 (kenichirou-shibata@city.yokosuka.kanagawa.jp)

露頭やコアのデータに基づいた古河川水文学的特徴の復元には,現世河川の観察に基づいた経験式が用い られている.これらの経験式は主に安定大陸内部や非活動的縁辺域の河川で観察される断面形態や流量など の特徴に基づいて構築されたものである.したがって,日本で発達した河川のように急勾配で侵食量や堆積 物供給量が大きく,流路長が短いといった特徴を持つ活動的縁辺域で形成された河川堆積物には,従来の経 験式がどの程度適用可能かを吟味する必要があると考えられる.Shibata and Ito (2014)は日本の現世河川に 基づき,河岸満水時の流路幅と平均流量,最大流量,河岸満水流量の経験式を求めた.しかし,古河川水文 学的特徴を地層から復元するために不可欠な,河川横断面から見積もられる河岸満水時の水深と流路幅との 関係については,日本の河川においてこれまで検討されていない.ここでは関東地方の現世河川の横断面に 基づき,河岸満水時の水深,径深 (水理学的平均水深),流路幅の関係について検討した.

検討に用いたデータは国土交通省関東地方整備局提供の,2013年または2014年に測量された久慈川,利 根川,荒川,多摩川,鶴見川水系の河川横断面図30点である.検討地点のうち24地点は平水時に網状流路 を、6地点は平水時に単一流路を示す.河川横断面図の谷線から氾濫原までの標高差を河岸満水時の水深 (*d*),堤防に囲まれた河床幅を河岸満水時の流路幅(*W*_b)として計測した.さらに河岸満水時の横断面積を潤 辺長で除して径深(*d*_m)を見積もった.検討した地点はいずれも沖積河川で,江戸時代以降に人工的に掘削 された河川は含まれていない.さらに検討地点の河床幅は1910年代以降,大きく変化していないことが 『今昔マップ on the web』 (http://ktgis.net/kjmapw/index.html) で確認された.一方,河床高は1960年代や 1970年代に砂利採掘などによって低下傾向であったが,1980年代以降は概ね安定している(国土交通省 ホームページ http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/).

得られたデータは、 $d = 3.5 \sim 13.8 \text{ m}$ 、 $d_{\text{m}} = 0.9 \sim 8.4 \text{ m}$ 、 $W_{\text{b}} = 34.2 \sim 992.0 \text{ m}$ の範囲の値が認められた. $d \geq d_{\text{m}}$ の回帰式は $d_{\text{m}} = 0.41d$ 、 $d_{\text{m}} \geq d$ の間の相関係数は 0.69 が見積もられ、 $d \geq W_{\text{b}}$ の回帰式は $W_{\text{b}} = 19.39d^{1.35}$ 、log $d \geq \log W_{\text{b}}$ の間の相関係数は 0.52 が見積もられた.

一般的に, 露頭で観察されるバー堆積物の厚さは*d*にほぼ相当すると考えられている. 今回求めた回帰式 を, 福島県双葉地域に分布する古第三系白水層群石城層の礫質バー堆積物 (厚さ最大 5.8 m) に適用すると, $d_{\rm m}$ =2.4 m, $W_{\rm b}$ =208.1 m が復元される. さらに, Shibata and Ito (2014) が示した $W_{\rm b}$ と平均流量 ($Q_{\rm mean}$), 河 岸満水流量 ($Q_{\rm b}$) の回帰式を用いると, $Q_{\rm mean}$ =33.7 m³/s, $Q_{\rm b}$ =486.0 m³/s が見積もられる. これらの古河川水 文学的特性値から, 石城層を形成した河川は, 久慈川中流 (山方: *d*=6.6 m, $d_{\rm m}$ =4.2 m, $W_{\rm b}$ =158.0 m, $Q_{\rm mean}$ =25.7 m³/s, $Q_{\rm b}$ =431.6 m³/s) と同規模の河川であったことが理解される.

文 献

Shibata, K. and Ito, M., 2014, Relationships of bankfull channel width and discharge parameters for modern fluvial systems in the Japanese Islands. *Geomorphology*, **214**, 97-113.

大阪堆積盆地の沖積層から復元した古水深・古底質・堆積量の変遷

Temporal and spatial variations of accommodation, paleo-bottom deposits and sediment accumulation reconstructed from the "Chuseki-so" in the Osaka Basin

糸本夏実,増田富士雄(同志社大学大学院理工学研究科)

Natsumi ITOMOTO and Fujio MASUDA (Doshisha University)

連絡先:增田富士雄 (fmasuda@mail.doshisha.ac.jp)

1. 解析内容

大阪堆積盆に分布する沖積層の解析を,年代値や火山灰層の層準が報告されているボーリング試料とボー リング・データベース (関西圏地盤情報データベース 2014)から作成した地質断面を用いて行った.比較的 データ数が多い次の4つの年代,すなわち,海進初期の9000年前,鬼界アカホヤ火山灰降灰時の7300年 前,最高海面期の5300年前,海退期の3500年前について,古地理図を作成した.古地理図には海岸線の 位置だけでなく,海域の等水深線と当時の底質の復元を目指した.さらに,ここで作成した古地理図からは, 互いの年代の間の堆積量とその変遷を求めることができた.

2. 解析方法と結果

(1) 各年代の層準と古水深: 暦年代が報告されている学術ボーリング試料と大阪平野の相対的海水準変動曲線から, 各ボーリング地点における 9000 年前, 7300 年前, 5300 年前, 3500 年前の層準の決定とそれぞれの年代における古水深を求めた.

(2) 古水深図:古水深値が得られたボーリング地点のデータから,次の要領で等水深線を描いた.9000年前 については沖積層の基底面高度を,7300年前については9000年前の古水深図を,5300年前については 7300年前の古水深図とこれまでに報告された海岸線の位置を,3500年前については現在の大阪湾底の水 深を参考にした.また,当時の底質については,1km四方毎の代表的なボーリング柱状図を選び,そこでの 各年代の層準(標高)の岩相から求めた.

(3) 堆積速度の分布図 (図1):前章で求めた各年代の古水深図から,それぞれの期間の間に形成した堆積 量を両者が重なる地域について,標高差を考えることで求めることができる.3500年前から現在の堆積量につ いては,現在の平野域の標高と大阪湾の水深から求めた.

3. 解析結果

大阪平野の沖積層の解析から、次のようなことがわかった.

(1) 大阪平野では,海進初期には古水深が小さく,堆積量がやや多い.海進につれて古水深が大きい地域が 広がり,堆積量が減少する.最高海面期には古水深が最大に,堆積速度が最低になる地点が多くなる.高海 面期には河川デルタが前進して急激で多量の堆積が進み,海岸線が沖側に前進した.

(2) 地域的には、上町台地を境に東大阪(大阪湾域)と湾奥部の西大阪(河内湾域)で、古水深や堆積量の変化様式が異なる.東大阪の堆積量は海進初期が最大で現在に近づくにつれて小さくなるが、西大阪では、海

進初期でやや大きく,最高海面期で最小,高海面期の現在で最大になる.

(3) 9000 年前から 7300 年前の急激な海面上昇があった海進期には, 西大阪では水深 5~15 m の溺れ谷に 厚さ 2~7 m もの泥層が堆積した. 湾奥の東大阪では水深 2 m 以浅の広い平坦な干潟が発達し, そこに大量 の泥が堆積し, 厚さ 5~10m の泥層が形成された.

(4) 海進がゆっくりと進んだ 7300 年前から 5300 年前には, 淀川や大和川の影響を直接には受けなくなった 大阪湾から西大阪は, 水深 25~35 m に達する深い泥底になり, 堆積量が海進初期の6割程度に減少した. 東大阪でも干潟が溺れ, 水深 5~10 m にもなる河内湾が成立した. 河内湾では厚さ 5~10 m の泥層が堆積 し続け, その堆積量は海進初期に比べて 1.7 倍にも達した.

(5) 最高海面期(6000 年前~5000 年前)には大阪湾も河内湾も拡大し、古水深は大きくなり、堆積量は低下 した. その堆積量の低下は特に沖側で著しい. この時期の地形に見られる特徴は、上町台地から北に伸びた 砂嘴と河内湾の中央に存在した浅瀬である.

(6) 最高海面時から3~4m海面が低下した3500年前までの高海面期には,河内湾は水深が3m程に浅くなり,周辺に干潟が発達した河内潟となって縮小した.河内潟には厚さ1~5mの砂層や泥層が堆積するが, 堆積域が狭いので堆積量は海進期の2割と少ない.この時期,西大阪も東大阪も堆積量が低下した.

(7) 3,500 年前から現在までのさらに海退が進んだ時期には、淀川デルタが大阪湾に向かって年間 3~4 mの 速度で前進し、西大阪に 10~20 m もの厚い砂層を堆積した. その堆積量は海進期よりも 3~6 倍多い. 一方、 東大阪では水域の縮小が進み、堆積量も激減した.



図1 大阪平野の堆積量の変遷

福島県いわき市上遠野地域南部に分布する古第三系〜新第三系の堆積相 Sedimentary facies of the Paleogene to Neogene strata in the southern Kadono area, Iwaki City, Fukushima Prefecture

橋本雄介·安藤寿男(茨城大学)

Yusuke HASHIMOTO, Hisao ANDO (Ibaraki Univ.) 連絡先:橋本雄介 (ghsmtyusk@gmail.com)

福島県南部~茨城県北部にわたる阿武隈山地東部の太平洋岸は常磐地域と呼ばれ,その中でもいわ き市上遠野地域は常磐地域の中央西部(石城南部地区)に位置する(須貝ほか,1957).上遠野地域は 湯ノ嶽断層,井戸沢断層,山田断層に囲まれたハーフグラーベンをなす地塊で,阿武隈変成岩類を基 盤に古第三系~新第三系の堆積岩が被覆している.本研究では上遠野地域南部に分布する古第三系・ 新第三系について堆積相層序や堆積相分布を検討して堆積環境を復元し,本地域の堆積学特徴を考察 した.

上遠野地域には、阿武隈変成岩類を基盤に、上部始新統~下部鮮新統白水層群、下部中新統湯長谷 層群、白土層群、下部~中部中新統高久層群がそれぞれを不整合に累重している(高橋、1984;矢部 ほか、1995).このうち、白水層群は最下部の石城層の下半部が露出する.上位の湯長谷層群椚平層と 類似し、エスチュアリーの砂岩相が卓越する.新第三系中新統は砂礫質/砂質河川、海浜湿地、内湾~ エスチュアリー、上部外浜、下部外浜~内側陸棚、外側陸棚~大陸斜面、大陸斜面~堆積盆底の砂岩 ~泥岩相からなる.

湯長谷層群の層厚は約 600~700mで、下位より海浜湿地、内湾~エスチュアリー、上部外浜、下部 外浜~内側陸棚、外側陸棚~大陸斜面、大陸斜面~堆積盆底への堆積環境の海進傾向が認められ、従 来の岩相による層序区分と対応する変化が再確認された.大局的に相対的海水準が上昇していく傾向 が顕著で、古水深から 1000m を越える堆積盆の沈降が想定される.これに対し白土層群は、下位層を 北西側により下位層を侵食する比較的平坦な開析谷を充填するように、内湾~エスチュアリー、砂礫 質/砂質河川、海浜湿地、内湾~エスチュアリーの堆積相が累重する層厚約 100~150m の地層である. 小規模な 2 回の相対的海水準の変動による内湾~沿岸性とみなされる.高久層群は、白土層群を不整 合に覆う内湾~エスチュアリー、上部外浜、下部外浜~内側陸棚、外側陸棚の堆積相からなる.白土 層群と同様層厚は約 100~150m と厚くないが、海進傾向と相対的海水準上昇量が大きい.

以上のことから、白水層群,湯長谷層群,白土層群,高久層群で堆積相やその累重様式,分布が少 なからず異なり,堆積盆沈降や相対的海水準上昇の様式,堆積システムの発達様式もそれぞれに特徴 があったことがわかる.中新世の日本列島の構造発達史を反映したものと考えられるので,その意義 について考察する.

[文献]

須貝貫二・松井 寛・佐藤 茂・喜多河庸二・佐々木実・宮下美智夫・河内英幸, 1957, 日本炭田地 質I, 常磐炭田地質図及び説明書. 地質調査所 143p.

高橋宏和, 1984, 常磐炭田上遠野地域の中新統中山層産貝化石群集. 化石, 36, 1-17.

矢部 淳・小笠原憲四郎・植村和彦, 1995, いわき市遠野町付近の古第三系と新第三系の層序関係. 国立科学博物専報, 28, 32 - 46. 岩手県野田玉川海岸における上部白亜系久慈層群の堆積相とシーケンス層序 Sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Upper Cretaceous Kuji Group along the Noda-Tamagawa coast section, northeast of Iwate Prefecture, Japan

三塚俊輔(茨城大学大学院理工学研究科)・安藤寿男(茨城大学理学部)
Shunsuke MITSUZUKA, Hisao ANDO (Ibaraki University)
連絡先:三塚俊輔 (14nm312t@vc.ibaraki.ac.jp)

1. はじめに

岩手県北東部に分布する久慈層群は、蝦夷堆積盆の北上亜堆積盆の西縁相を構成する上部白亜系 (コニアシアン階〜カンパニアン階下部)である(安藤,2005)。久慈層群は海進・海退に伴う河川 から浅海の堆積システムで形成されたため、相対海水準変動を反映した時間的・水平的堆積相の変化 を追跡することができる(Ando, 1997)。本発表では、久慈層群中下部が連続的に露出する、岩手県九 戸郡野田村の玉川海岸における、堆積相とシーケンス層序について報告する。

2. 岩相層序

久慈層群は、前期白亜紀の花崗岩を不整合に覆い、下位より玉川層、国丹層、沢山層に区分される (佐々,1932)。玉川海岸においては、玉川層(層厚約220m)と国丹層下部(層厚約80m)が海食崖 をなして連続的に露出している。玉川層は、最下部は亜角礫〜亜円礫岩、中部は斜交層理が発達した 砂岩、上部は亜円礫岩と砂岩および泥岩の互層からなり、凝灰岩と炭質泥岩を挟在する。国丹層下部 は、淘汰の良い斜交層理が発達した極細粒〜細粒砂岩を主体する。

3. 堆積相と堆積組相層序

玉川海岸における玉川層~国丹層下部は、堆積相の特徴とそれらの上方細粒化・上方粗粒化サクセ ション、そして侵食面の特徴を考慮すると、扇状地、網状河川、蛇行河川、エスチュアリー、浅海 (上部外浜、下部外浜、内側陸棚)の堆積システムで形成されたと考えられる。ここではそれぞれ組 相として略述する。

扇状地組相:チャート礫を主とする塊状不淘汰の礫支持中~大亜角礫岩からなり、一部粗粒砂岩を 挟在する。

- 網状河川組相:塊状または低角斜交層理の不淘汰中礫岩と、レンズ状に細粒~中粒礫を含む低角・ トラフ状斜交層理の不淘汰中粒~粗粒砂岩を主体とする上方細粒化ユニットが見られ、砂礫洲 および河道充填堆積物と解釈される。淡緑灰色のシルト岩が挟在するほか、厚い暗赤色のシル ト岩も見られ、後背湿地で表層が一部土壌化したことを示唆する。礫質砂岩主体の堆積相もあ る。
- 蛇行河川組相:下位から低角斜交層理の不淘汰中礫岩、塊状不淘汰の細粒砂岩、材化石片を含む炭 質黒色シルト岩からなる約 2~10m の上方細粒化ユニットが複数累重する。シルト岩部が厚いた め、後背湿地が広がった蛇行河川の河道が側方移動を繰り返していたと考えられる。

エスチュアリー組相:塊状または低角・トラフ状斜交層理の細粒~中粒砂岩と、緑灰色のシルト岩

を主体とし、両者とも生物擾乱や生痕化石、材化石片、炭質物に富む。また、青灰色細粒砂岩中には、カキ(*Crassostrea* sp.)化石密集層が複数枚挟在する。

浅海(上部外浜、下部外浜、内側陸棚)組相: 良淘汰で平行層理・ハンモック状斜交層理の極細 粒〜細粒砂岩を主体とし、生物擾乱や生痕化石、青灰色シルト岩層を時々含む。一部、低角・ トラフ状斜交層理の細粒〜中粒砂岩や円礫岩薄層を挟在するため、これらはより浅い上部外浜 成であったと考えられる。

4. 堆積シーケンス

堆積組相の累重様式とそれらの境界面を識別した結果、玉川海岸における久慈層群では、4つの堆 積シーケンス(DS1~4)が認められる。Ando(2003)や梅津・栗田(2007)の年代層序を考慮すると、 それらは第3オーダーの堆積シーケンスとみなされる。DS1・DS2は、下位より大局的に河川組相か らなる低海水準期堆積体(LST)、エスチュアリー組相からなる海進期堆積体(TST)、エスチュア リー組相・上部外浜組相からなる高海水準変動期堆積体(HST)で構成される。DS3は、蛇行河川~ エスチュアリー組相からなる LST および TST で構成される。DS4は、網状河川組相からなる LST の 上位に、層厚約2mの上部外浜組相からなる TST が重なり、さらに主に下部外浜~内側陸棚組相から なる層厚 80m 以上の HST が重なっている。

したがって、玉川海岸のセクションは、砂礫質網状河川、砂底卓越のエスチュアリー~内湾、波浪 卓越型の砂質浅海における4回の相対海水準変動によって形成されたものと解釈される。

《文献》

- Ando, H., 1997, Apparent stacking patterns of depositional sequences in the Upper Cretaceous shallow-marine to fluvial successions, Northeast Japan. *Mem. Geol. Soc. Japan*, 48, 43-59.
- Ando, H., 2003, Stratigraphic correlation of Upper Cretaceous to Paleocene forearc basin sediments in Northeast Japan: cyclic sedimentation and basin evolution. *Jour. Asian Earth Sci.*, 21, 919-933.
- 安藤寿男,2005, 東北日本の白亜系-古第三系蝦夷前弧堆積盆の地質学的位置づけと層序対比. 石油技術協会誌,70,24-36.
- 佐々保雄, 1932, 岩手県久慈地方の地質について(1). 地質学雑誌, 39, 401-430.
- 梅津慶太・栗田裕司,2007, 岩手県北東部、上部白亜系久慈層群の花粉化石層序と年代. 石油技術協会 誌, 72, 215-223.

岐阜県高山市荘川町,御手洗川支流松山谷周辺に分布する手取層群の堆積環境 Sedimentary environments of the Tetori Group in the Matsuyamadani and adjacent areas, Shokawa, Gifu Prefecture, central Japan

上村真優子(信州大学大学院理工学系研究科)・保柳康一(信州大学理学部) Mayuko Kamimura and Koichi Hoyanagi (Shinshu University) 連絡先:上村真優子 (kamimuramayuko@gmail.com)

はじめに

岐阜県高山市荘川町に分布する手取層群はこれまでに崫 (1940),前田 (1952),松川・中田 (1999), 公文・梅澤 (2001) などにおいて様々な層序学的,古生物学的研究がなされてきた.しかし,化学分 析的な手法を用いた研究はこれまでにおこなわれていない.よって本研究は岐阜県高山市荘川町の御 手洗川支流松山谷とその周辺の地域に分布する手取層群に関して堆積相解析と各種化学分析を総合し, 環境推定をおこなった.

研究手法

岐阜県高山市荘川町松山谷周辺の南北約 2km,東西約 5km を調査範囲とし,1/1000 ないし1/2500 のルートマップを作成した.また,泥質試料を採取し,全有機炭素量 (TOC) 測定,全硫黄量 (TS) 測定,安定炭素同位体比 (δ¹³ C_{org}) 測定をおこなった.

結果と考察

調査地域に分布する手取層群は下位から赤歩危層,御手洗層,大谷山層,大黒谷層の4層に相当する.この4層を8つの堆積相に区分した.各層ごとに堆積相解析の結果及び各種化学分析の結果と考察をまとめた.

【赤歩危層】赤歩危層の堆積環境は堆積相解析により,海岸平野システムが広がり,海進礫岩を挟み, 細かく海進海退を繰り返しながら徐々にデルタシステムが前進し,全体的には海退がおきたと考えら れる.赤歩危層の全硫黄量は 0.2wt%を超える比較的高い値が多くみられ,全体的に海による影響が強 く出ていると推察される.安定炭素同位体比も-23 (vs-V-PDB) ‰を超える高い値がみられ,海洋プラ ンクトンによる有機物の寄与が大きかったことを示している.

【御手洗層】堆積相解析により,赤歩危層から御手洗層にかけて海進礫岩を挟み急激な海進がおき, 御手洗層は外側陸棚と内側陸棚という深い海での堆積環境が考えられる.しかし,3.0wt%を超える高 い有機炭素量,0.1wt%を下回る低い硫黄量,-25~-24‰という低い安定炭素同位体比はどれも陸上か らの影響の強さを示している.よって,御手洗層は陸上からの堆積物供給の影響を強く受けたデルタ システムのプロデルタにおいて堆積したと考えられる.

【大谷山層】大谷山層は堆積相解析により,御手洗層から引き続いた大きな2回の海進海退サイクル を繰り返しつつ,デルタシステムが前進し,海が埋積されていったと考えられる.また,全有機炭素 量,全硫黄量,安定炭素同位体比は大谷山層の下部で御 手洗層堆積時よりも海による影響が強まった後,上位に 向かって陸上からの影響が強くなっていったことを示し ている.

【大黒谷層】大黒谷層では堆積相解析により,大谷山層 から海進し,エスチュアリーの干潟が広がったと考えら れる.全有機炭素量,全硫黄量は上位に向かってやや値 が増加し,やや還元的な環境への推移が考えられる.安 定炭素同位体比は上位に向かって値が著しく低くなって おり,これはエスチュアリーで陸上の堆積物がトラップ されたためであると推察され,エスチュアリーの環境を しめしていると考えられる.

赤歩危層から大谷山層にかけて大規模かつ急激な海進 から徐々に海退というサイクルが4回あった.しかし, 陸上からの堆積物や有機物の供給が多くなっており,全 体的には海退していると考えられる.ただし,最上部の 大黒谷層では海進によってエスチュアリーの干潟が形成 されている.

文献

- 公文富士夫・梅澤貴司,2001,岐阜県荘川村,御手洗川支 流松山谷に分布する手取層群の堆積相.地球科学,55, 321-328.
- 前田四郎, 1952a, 岐阜県庄川上流地域の手取統の層位学 的研究. 地質学雑誌, **58**, 145-153.
- 松川正樹・中田恒介, 1999, 手取層群分布域中央部の層序 と堆積環境の変遷—非海生軟体動物化石群集に基づい て—. 地質学雑誌, 105, 817-835.

図1 堆積環境変遷復元図

赤步危層最下部~中部



豊浦層群西中山層における層序の確立と地球化学分析:トアルシアン期の海洋無酸

素事変への示唆

Stratigraphy and geochemistry of the Nishinakayama Formation, Toyora Group: Implications for the Toarcian oceanic anoxic event

> 泉 賢太郎 (東京大学) ・デイビッド ケンプ (アバディーン大学) Kentaro Izumi (University of Tokyo), David B. Kemp (University of Aberdeen)

> > 連絡先:泉 賢太郎 (kentaro.t.izumi@gmail.com)

ジュラ紀前期のトアルシアン期に発生した海洋無酸素事変(Toarcian oceanic anoxic event; T-OAE) は顕生代においても最大規模の環境擾乱イベントであり、当時の大気海洋システムが大きく変動し、 海洋生物群集にも深刻な影響を与えたことが知られている.当時のテチス海やボレアル海で堆積した 地層はヨーロッパ各地に広く分布しており、それらの地層の事例研究を統合すると、T-OAE は炭素同 位体比の顕著な負異常によって特徴づけられるということが明らかになってきた.しかしながら、T-OAE はグローバルな環境擾乱イベントであったにもかかわらず、当時の海洋の大半を占めていたパン サラッサ海における古環境変動についてはほとんど明らかになっていない.そこで本研究では、T-OAE の際の環境擾乱をよりグローバルに理解するために、パンサラッサ海北西縁辺部で堆積した豊浦 層群西中山層において詳細な層序を確立し、古環境変動を総合的に復元することを目的とした.

西中山層の泥岩中の有機物の炭素同位体比を連続的に分析したところ,西中山層の中部付近で T-OAE を特徴づける約4‰の負異常が認識された.その結果,西中山層を他のヨーロッパ地域のセク ションと詳細に比較することが初めて可能となった.有機物分析の結果,泥岩中の有機物の大半は陸 源性であり,セクション全体を通じて有機物含有量は比較的高かった.一方で,泥岩中の生痕相の解 析と酸化還元敏感元素の分析の結果は,前期トアルシアン期のパンサラッサ海北西縁辺部では貧酸素 環境は継続的ではなく,短期間の貧酸素環境が頻発していたことを示唆する.さらに,岩相観察・陸 源性砕屑物由来の元素の分析・植物片の分析の結果を統合すると,炭素同位体の負異常を示す層準に おいて,粒度と植物片サイズがそれぞれ増加することが初めて明らかになった.このことは,前期ト アルシアン期において大陸風化が大幅に促進されたことを示唆している.本研究によって明らかに なったパンサラッサ海北西縁辺部における古環境変動は,これまでに解明されているテチス海やボレ アル海における古環境変動とも整合的であった.

放射性炭素年代測定 Beta Analytic を選ぶ理由



Beta Analytic Radiocarbon Dating Since 1979 ISO/IEC 17025:2005 認定試験所 全ての報告に品質管理レポートが添付 迅速な納期: 3-7 営業日 全ての分析・測定は一貫して社内で行われます トレーサー・フリー・ラボ 信頼できるカスタマーサービス 試料写真・結果はいつでもどこでもウェブで確認

Beta Analytic Inc. Australia-Brazil-China-India-Japan-Korea-UK-USA 日本総代理店 株式会社 地球科学研究所 Web:http://radiocarbon.jp Email:sumi@radiocarbon.jp 468-0007 名古屋市天白区植田本町一丁目608番地 052 (802) 0703



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。)

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。



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。)

※価格は税抜価格です。



POLARIZING

MICROSCOPE

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ータイプ で360°回転が可能です。従って、セ よりモンコンペンセータ(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 -ム式実態顕微鏡(LED証明型) ズー 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



〒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

