

日本堆積学会 2012 年札幌大会
プログラム・講演要旨



Sedimentological Society of Japan

2012 年 6 月 15 日～18 日
北海道大学札幌キャンパス

日本堆積学会 2012 年札幌大会 プログラム

<日 時> 2012 年 6 月 15 日 (金) ~18 日 (月)

15 日 (金) : ショートコース「堆積物供給源の鉱物学的・有機堆積学的推定法」

16 日 (土) : 個人講演 (基調講演含む), 総会議事, 懇親会

17 日 (日) : 個人講演 (特別講演含む), 最優秀口頭・ポスター発表の表彰, 堆積学トーク・トーク

18 日 (月) : 巡検「北海道新生代中期の陸成~海成層の堆積相」(日帰り)

<会 場> 北海道大学理学部 5 号館 2F 大講堂・同ロビー他

<http://www.hokudai.ac.jp/introduction/campus/campusmap/guidemap.pdf>

6 月 15 日(金)

<ショートコース> 「堆積物供給源の鉱物学的・有機堆積学的推定法」

日時・場所: 北海道大学大学院地球環境科学研究院 実験室,
地球環境科学研究院 A-101 室, A-208 室

講師: 山本正伸氏 (北大)・入野智久氏 (北大)・沢田健氏 (北大)

6 月 16 日(土) 北海道大学理学部 5 号館 2F 大講堂・同ロビー他

8 : 40-8 : 45

会長挨拶

伊藤 慎

<口頭発表の部>

【座長:清家弘治】

01 8:45-9:00 ペルム紀後期、生物大量絶滅層準 (G/L および P/T 境界) 堆積岩のケロジェン分析

緒方秀仁・沢田 健・海保邦夫

02 9:00-9:15 尻屋崎地域に分布するジュラ紀付加体砕屑岩類の形成過程

木村 翔

03 9:15-9:30 モンゴル南東部白亜系湖成層の鉱物・堆積有機物組成から見る湖水位および湖生物生産の変動: OAE1a-1b 期における陸域気候変動復元 に向けて (概報)

長谷川 精・安藤寿男・長谷川卓・太田 亨・山本正伸・長谷部徳子・
村田崇行・Li Gang・IchinnorovNiiden・鈴木徳行・入野智久・池田昌之・Heimhofer Ulrich

04 9:30-9:45 モンゴル南東部白亜系湖成層の鉱物・全岩化学組成を用いた湖水面変動の解

読

新谷広紀・太田 亨・安藤寿男・長谷川 精・長谷川 卓・山本正伸・
長谷部徳子・村田崇行・Li Gang・Ichinnorov Niiden

休憩 (9:45-9:55)

【座長:北沢俊幸】

- 05 9:55-10:10 北中国における下部白亜系の古気候解析と熱河動植物群進化の関係
太田 亨・Li Gang・平野弘道・坂井 卓・香西 武・吉川武憲
- 06 10:10-10:25 IODP, Expedition317, ニュージーランドカンタベリ沖, 陸棚-斜面掘削の概
要と海水準変動記録解析の可能性
保柳康一・IODP, Exp.317 日本人乗船・陸上研究者
- 07 10:25-10:40 Comparative study on sedimentary facies and other proxy records from the Siwalik
Group, Karnali area, Nepal Himalaya: Implications for paleoclimate and tectonics
Sigdel, A., Sakai, T., Ulak, P.D., Gajurel, A.P., Upreti, B.N.
- 08 10:40-10:55 温帯表層土壌を用いた MBT/CBT 指標の確立と琵琶湖堆積物への適用
味岡 拓・山本正伸・竹村恵二・林田 明

休憩 (10:55-11:05)

【座長:伊藤拓馬】

- 09 11:05-11:20 The temperature difference between TEX86-H and UK37 as a potential upwelling
index in the eastern equatorial Pacific
Hasrizal bin Shaari, Masanobu Yamamoto, Tomohisa Irino
- 010 11:20-11:35 Application of biomarkers to environmental reconstruction in the western Arctic
Ocean
Yu-Hyeon Park, Masanobu Yamamoto, Seung-Il Nam, Leonid
Polyak, Kazuhisa Chikita, Naomi Harada
- 011 11:35-11:50 深海を沈降するアーキア起源有機分子
山本正伸・嶋本品文・福原達雄・田中裕一郎・石坂丞二

【座長:泉 賢太郎】

〈ポスター発表ショートトーク: 奇数番号の講演〉 11:50-12:15

1件あたりの講演は1分以内とします。

昼休み (12:15-13:00)

〈ポスター発表の部〉 13:00-14:00

ポスターは6月16日(土)8時より掲示できます。6月17日(日)の17時00分までに撤収をお願いします。

- P1 釧路市岩見浜に分布する始新統春採層の堆積岩石学的特徴
鮎沢 潤・石川孝織
- P3 粗粒セディメントウェーブ堆積物の形態と内部構造
高岡進一・時井良治・伊藤 慎
- P5 タービダイト砂岩に認められるカレントリップラミナのクライミング様式の空間的変化
石澤慧太・伊藤 慎
- P7 東部南海トラフ海域のメタンハイドレート胚胎層に含まれるタービダイト泥の浸透率
伊藤拓馬・江川浩輔・皆川秀紀
- P9 隕石衝突津波による火星表面の巨礫再堆積現象に関する数値実験
飯嶋耕崇・後藤和久・箕浦幸治
- P11 上部外浜堆積物基底の粒度ギャップ：サーフダイアステムの形成実験
仁井谷 寛・増田富士雄
- P13 北海道中央部に分布する幌加別層の堆積環境からみた始新世の巨大湖沼
角 勇樹・鈴木徳行・長谷川 精・井上 武
- P15 北海道始新世非海成堆積物にみられる陸源有機物の分別運搬堆積作用
井上 武・鈴木徳行・長谷川 精・齋藤裕之
- P17 大阪平野，上町台地西縁の縄文海進による埋没波食地形のロックコントロール
坂本隆彦・増田富士雄
- P19 造波水路実験で形成された前浜一上・下部外浜相の空間分布
山口直文・関口智寛
- P21 ニューゼーランド沖における IODP 第 329 次掘削試料の岩相層序，地球化学組成，鉱物組成：南太平洋における白亜紀-第三紀の古環境変遷
下垣友佑・太田 亨・IODP 第 329 次掘削航海研究者一同
- P23 堆積環境に適応した海洋底生生物の摂食様式：浅海堆積物と漸深海堆積物から産出する生痕化石 *Phymatoderma* の比較
泉 賢太郎
- P25 本邦珪質岩における石油・天然ガス貯留システム
辻 隆司・早稲田 周・横井 悟
- P27 インド北東部に分布する，始生代～前期原生代スウィンプーム堆積盆の発達史
山田恭平・太田 亨・Madzumder Rajat
- P29 グローバルな傾向と矛盾する四国海盆新生代末期の黄砂フラックス変動
齋藤 有・石川剛志・谷水雅治・村山雅史・IODP Expedition 333 Scientists
- P31 半遠洋性泥に対する海底地震・洪水堆積物の特徴，有機炭素分析による検討

- 大村亜希子・池原 研・芦 寿一郎・片山 肇・白井正明
- P33 沖積層タイプのひとつとしての砂州堆積物をもつ大阪・淀川流域のサクセッション
伊藤有加・増田富士雄
- P35 南東太平洋 ODP1237 地点への漸新世以降の火山灰および陸源砕屑物供給パターン変動
野間恵理子・入野智久・Hasrizal Bin Shaari・山本正伸
- P37 移動可能粒子のない場に流入する砂粒子によるデューンの形成過程
谷口圭輔
- P39 小型平面水路で みられる河川砂州地形の変化
岡崎浩子・郭 栄珠
- P41 内側陸棚上の堆積作用と地殻変動—函館平野西縁断層帯海域延長部—
仁科健二・内田康人・楮原京子・久保尚大・半場康弘
- P43 更新統小笠層群相当層の鉱物組成と地球化学組成：特に泥質堆積物について
江川浩輔・西村興男・昆 慶明・鈴木清史・伊藤拓馬・成田英夫
- P45 仙台沖地震／津波堆積物の堆積過程
池原 研・宇佐見和子・入野智久・ロバートジェンキンス・
芦 寿一郎・渡辺 豊・氏家 崇

<口頭発表の部>

【座長：鈴木德行】

- 012 14:00-14:40 **基調講演：**日本における非在来型炭化水素資源の可能性、特にシェールガス・オイルについて
横井 悟

【座長：伊藤有加】

- 013 14:40-14:55 前弧堆積盆から横ずれ堆積盆へ：北海道道央～道北（空知—蝦夷帯・石狩—天塩帯）の始新世～中新世堆積盆群の形成メカニズム試論
高野 修・伊藤康人・楠本成寿
- 休憩（14:55-15:05）
- 014 15:05-15:20 女川層・寺泊層石油根源岩の形成要因はテクトニクスか？
中嶋 健
- 015 15:20-15:35 中期白亜紀海洋無酸素事変(OAE)層準における堆積岩のケロジェン分析：陸源有機物輸送の評価
安藤卓人・沢田 健・岡野和貴・小刀 禰宅朗・横山 龍・西 弘嗣・高嶋 礼詩
- 016 15:35-15:50 Variability in provenance of suspended quartz of the Yangtze River during these 5 kyrs reconstructed from the Delta core
Ke Wang, Keita Saito, Ryuji Tada, Hongbo Zheng, Tomohisa Irino

休憩（15:50-16:00）

【座長：齋藤有】

017 16:00-16:15 北海道河川の懸濁粒子・堆積物のバイオマーカー分析による陸上植物由来有機物の輸送・堆積過程の検討

沢田 健・澤井健之・関 宰

018 16:15-16:30 夕張地域下部白亜系、海洋無酸素事変相当層準の堆積岩のバイオマーカー分析

中村英人・沢田 健・高嶋礼詩

休憩（16:30-16:40）

<総会> 16:40-17:40

<懇親会> 18:00-20:30（生協中央食堂）

6月17日(日)

<口頭発表の部>

【座長:山口直文】

019 8:45-9:00 ネパール・カトマンズ盆地の更新統に見られるデルタフロント上で堆積した津波堆積物

酒井哲弥・田端英雄・Gajurel, A.P., Upreti, B.N.

020 9:00-9:15 三陸沖日本海溝の堆積物の岩相と層序:「みらい」MR12-E01及び「ゾンネ」SO219A 航海速報

池原 研・金松敏也・Strasser, M., Fink, H., Wefer, G., 佐藤智之・宇佐見和子・新井和乃・長橋良隆・MR12-E01及びSO219A 乗船研究者

021 9:15-9:30 1792年の島原大変によって生じた有明海における津波堆積物の特徴

市原季彦・下山正一・山中寿朗・堤 裕昭

022 9:30-9:45 前弧海盆タービダイトの堆積システム:3次元シミュレーションによる検討

江川浩輔・古川俊子・鈴木清史・成田英夫

休憩 (9:45-9:55)

【座長:松田博貴】

023 9:55-10:35 **特別講演:**ガスハイドレート25年:「ガスハイドレート仮説」の“進化”と資源戦略

松本 良

【座長:谷口圭輔】

024 10:35-10:50 山形盆地上部中新統本郷層大谷部層の堆積環境

金 光男・保柳康一

休憩 (10:50-11:00)

025 11:00-11:15 地表露出に伴う初期続成作用とドロマイト化作用による炭酸塩岩貯留岩の孔隙率・浸透率の改善と劣化—南大東島大東層を例として—

松田博貴・八木正彦・島津 崇・橋本直明・水永泰介

026 11:15-11:30 薄層タービダイトにみられる堆積同時性変形構造の認定:北海道東部に分布する上部白亜系厚岸層における検討

石丸卓哉・成瀬 元

027 11:30-11:45 海底堆積物における堆積残留磁化の獲得機構

菅沼悠介

【座長:船引彩子】

<ポスター発表ショートトーク: 偶数番号の講演> 11:45-12:10

1件あたりの講演は1分以内とします。

昼休み (12:10-13:00)

<ポスター発表の部> 13:00-14:00

ポスターは6月16日(土)8時より掲示できます。6月17日(日)の17時00分までに撤収をお願いします。

- P2 陸棚環境で形成された fluid mud 堆積物の堆積構造の特徴化
戸田数馬・西田尚央・伊藤 慎
- P4 ジャワ島ボゴール堆積盆地に形成された中部中新統ジャティルフル層に認められるスランプスカーから斜面チャンネルへの発達過程
アブドロヒム・伊藤 慎
- P6 半遠洋性泥岩の不均質性評価：房総半島下部更新統 O7 火山灰鍵層層準の解析例
三井麻由・伊藤 慎
- P8 北海道厚真川を遡上した 3・11 津波の堆積物の特徴
太田勝一・乾 哲也・嵯峨山 積
- P10 フーリエ解析とフラクタル次元による碎屑物粒形の定量方法と堆積場判別方法の提示
鈴木慶太・太田 亨
- P12 四国に分布する高熟成泥岩・低度泥質変成岩中の残留ガス組成
前本謙太・鈴木徳行・齋藤裕之・高橋幸士・島田昌英
- P14 丸氷を使った砂岩の続成作用に関する疑似実験：薄片観察による検討
廣木義久
- P16 中国北部，遼寧省・黒竜江省における前期白亜紀の後背地風化過程と古地理・古気候の関係
田中聡之・太田 亨・平野弘道・坂井 卓・Li Gang
- P18 北海道，東北日本の泥岩・珪質泥岩に含まれる残留ガスの続成変化
星野太一・鈴木徳行・齋藤裕之・高橋幸士
- P20 2011 年東北地方太平洋沖地震津波による沿岸低地での堆積作用
山田昌樹・藤野滋弘
- P22 BIW08-B コアのリグニン組成変動による過去 15 万年間の古植生変遷
大平深史・山本正伸・竹村恵二・林田 明
- P24 運搬・淘汰作用による河床堆積物の組成改変過程：源岩組成復元法の提示
酒井邦裕・太田 亨
- P26 元素濃度変化からみた大分県別府湾における過去 1500 年間の海底環境変遷
天野敦子・加 三千宣
- P28 大阪平野の表層地質情報から地下構造を推定する試み
櫻井皆生・増田富士雄

- P30 層準が一致しない2つの旧汀線指標一重鈎物平行ラミナと *Macaronichnus segregatis*
小松原純子・下釜耕太・松浦旅人
- P32 完新世バリアーシステムと海水準変動の復元：北海道東部厚岸沿岸低地の例
重野聖之・七山 太・内田康人・嵯峨山 積・長谷川 健・安藤寿男
- P34 十和田八戸イグニンプライト直上にみられるチャンネル埋積型ラハール堆積相
鎌田耕太郎
- P36 複合流ベッドフォームに関する細粒砂実験
沼田慎吾・関口智寛・横川美和・高川智博
- P38 東京都世田谷区および府中市で掘削された上総層群ボーリングコアの堆積相と堆積年代
船引彩子・森谷慈宙・斎藤広隆・濱本昌一郎・小松登志子・竹村貴人
- P40 沖縄トラフの拡大と陸棚の斜面勾配
佐藤智之・荒井晃作・井上卓彦
- P42 2011年東北地方太平洋沖地震によって発生した混濁流の痕跡
新井和乃・成瀬 元・石丸卓哉・横川美和・齋藤 有・村山雅史・松本 弾・佐藤智之・
田中源吾・北沢俊幸・日野亮太・伊藤喜宏・稲津大祐・泉 典洋・三浦 亮・
川村喜一郎・野牧秀隆・亀尾 桂・KT-12-9 & MR12-E02 leg3 乗船研究者
- P44 夕張地域，川端層に見られる炭質物濃集層シーケンス：陸域から深海への直接的物質輸
送の証拠
風呂田郷史・沢田健・川上源太郎
- P46 常磐沖堆積盆地における下部中新統バリア砂岩の堆積過程
荒戸裕之・小林由季・関めぐみ・中村めぐみ・保柳康一

<口頭発表の部>

【座長：佐藤智之】

- 028 14:00-14:15 揚子江流域河川水同位体比および懸濁物濃度の季節変動
入野智久・斎藤京太・LUO Chao・多田隆治・ZHENG Hongbo
- 029 14:15-14:30 宍道湖底洪水堆積物の級化様式が示唆する河川流量と排出流速の局所的な
不
相関
齋藤 有・増田富士雄
- 030 14:30-14:45 潮汐卓越型開析谷で形成する侵食面の分類
北沢俊幸

休憩（14:45-14:55）

【座長：新井和乃】

- 031 14:55-15:10 清水海岸沖の粗粒ベッドフォームの分布と形成
吉河秀郎・根元謙次

032 15:10-15:25 現世波浪卓越型海岸の外浜域における生痕相
清家弘治・柳嶋慎一・栗山善昭

033 15:25-15:40 熊野トラフ表層における過去約 100 年間の堆積速度変化
白井正明・伊藤拓馬・大村亜希子

休憩 (15:40-15:50)

【座長:江川浩輔】

034 15:50-16:05 ソールマークの発達段階から読み取るタービダイトの堆積過程
石原与四郎・弓 真由子

035 16:05-16:20 サイクリックステップとアンティデューンの特徴
横川美和・武藤鉄司・成瀬 元・泉 典洋・Gary Parker

036 16:20-16:35 密度流によるサイクリックステップの形成条件
成瀬 元・泉 典洋・武藤鉄司・横川美和

〈事務連絡〉 16:35-16:45

〈最優秀口頭発表賞ならびに最優秀ポスター賞の発表と授賞式〉 16:45-17:00

休憩 (17:00-17:10)

〈堆積学トーク・トーク〉 17:10-19:10

会場：北海道大学理学部 5 号館 2F 大講堂

注意事項

〈口頭発表〉

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

*口頭講演は液晶プロジェクターの使用を標準とします。ただし、OHP が必要な方がおられる場合は用意いたしますので、その旨を必ず 6 月 1 日までに申し込みアドレス宛にお知らせ下さい。会場側でパソコン (Windows, Macintosh) を 1 台ずつ用意します。Windows にはパワーポイント 2010 が、Macintosh にはパワーポイント 2011 がインストールしてあります。口頭発表される方はファイルの入った CD もしくは USB メモリを持参下さい。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 PC 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 16 日と 17 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横 90cm×縦 180cm(縦長)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、6 月 1 日までに申し込みアドレス宛にお知らせ下さい。

*ポスター発表のショートトークは 1 人 1 分以内でお願いします。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、用意して頂いたスライドはあらかじめこちらで1つのファイルにとりまとめます。
6月8日までに講演の申し込みアドレス宛に、パワーポイントファイルを送付いただくようお願い致します。

ペルム紀後期、生物大量絶滅層準 (G/L および P/T 境界) 堆積岩
のケロジェン分析

Kerogen analysis of sedimentary rocks at the Late Permian mass extinction horizons (G/L
and P/T boundaries)

緒方秀仁・沢田健 (北大院・理) ・海保邦夫 (東北大院・理)

Shuuji Ogata, Ken Sawada (Hokkaido Univ.) and Kunio Kaiho (Tohoku Univ.)

連絡先: 緒方 秀仁(ogatas@mail.sci.hokudai.ac.jp)

[1. はじめに]: ペルム紀/三畳紀境界期 (P-T 境界:2.51 億年前) では顕生代で最も大規模な生物大量絶滅が起こったことが知られている。また、P-T 境界の生物大量絶滅の前に、ペルム紀グアダルプ世 (Guadalupian) /ロピンギ世 (Lopingian) 境界期 (G-L 境界:2.6 億年前) に生物大量絶滅があったと考えられていて、G-L 境界に始まり P-T 境界を極相期とするペルム紀後期～三畳紀前期の一連の環境擾乱が約 2000 万年間、継続して(または断続的に)起こっていたことが推測されている。この時代の堆積物について堆積学・有機地球科学的研究も多く報告されている。P-T 境界堆積層から分離したケロジェンの熱分解 GC/MS 分析を行った研究 (Sephton et al. 2005; Wang and Visscher, 2007) では、ジベンゾフランとそのアルキル置換体 (C₁~C₄ アルキルジベンゾフラン) が熱分解成分として多量に検出されることを発見した。Sephton らは、検出された芳香族フランは陸上土壌に由来すると解釈し、絶滅期に超大陸において陸上植生のほとんどが死滅し、そのことにより陸源物質が大量に海洋へ流入した “Soil Crisis” を提唱した。しかし、これらの芳香族フラン、特にアルキル置換体の起源が陸上土壌といえる直接的な証拠は未だにない。そこで本研究では、ケロジェンの熱分解成分の芳香族フランとそのアルキル置換体に特に注目して、ペルム紀後期の生物大量絶滅境界の堆積物中のケロジェンの化学的特徴を調べた。

[2. 試料と方法]: P-T 境界および G-L 境界堆積物試料は、それぞれ国際標準模式である中国南部、煤山 (Meishan) と中国南部 Penglaitan セクションから採取したものをを用いた。ケロジェンの堆積岩からの分離、さらにケロジェンの比重分離による分画は Sawada (2006)、蛍光顕微鏡によるパリノファシス分析は Sawada et al. (2012) の方法にしたがって行った。また、ケロジェンとその比重分離画分の熱分解分析は、キュリーポイントパイライザーを搭載した GC/MS を用いて、590°C と 670°C の熱分解温度で行った。

[3. 結果と考察]: P-T 境界堆積物のケロジェンにおいて、無蛍光アモルファス有機物 (NFA) が比重の大きい画分に、cuticle (表皮・クチクラ) ・sporomorph (花粉・胞子) は比重の小さい画分に濃集する傾向がみられた。また、すべての画分において海生プランクトン起源とされる弱蛍光性アモルファス有機物 (WFA) が卓越して観察された。比重分離画分の熱分解 GC/MS 分析を行ったところ、熱分解成分として得られた芳香族フランとそのアルキル置換体は、比重分離したすべてのケロジェン画分で最も多量に検出された。この結果は、海生起源の WFA から芳香族フラン類が主要成分として得られたことを意味し、その起源の解釈について問題を提起するものである。一方、G/L 境界層においては、NFA が大半を占めるケロジェンからジベンゾフランのみが検出されたが、アルキル置換体はほとんど検出されなかった。このことから、ジベンゾフランは陸源有機物起源であることは間違いなさそうだが、そのアルキル置換体においては起源・生成要因が異なる可能性がある。また、P/T 境界ケロジェンにおけるジベンゾフラン類の優勢な傾向は、その当時の堆積環境にお

ける特異的な化学条件による結果であると推察している。本講演では、フェノールなど他のケロジェン熱分解成分の結果についても詳細に説明する。

尻屋崎地域に分布するジュラ紀付加体碎屑岩類の形成過程
 Depositional process of clastic rocks in Jurassic accretionary complex
 of Cape Shiriya, northern Japan

木村 翔 (弘前大・院・教育)

KIMURA, Sho (Hirosaki Univ.)

連絡先：木村 翔 (E-mail: Sho.Kimura2@me2.seikyoku.ne.jp)

【はじめに】 青森県下北半島尻屋崎地域に分布するジュラ紀付加体中には、海山石灰岩のほか、海溝陸側斜面の崩壊を示唆する礫岩や岩片質砂岩が多産する。本研究では、海溝陸側斜面の崩壊～堆積～再付加という付加体リサイクル過程に注目し、野外調査と碎屑物組成の検討を行っている。礫岩の碎屑物組成について検討した結果、石灰岩礫の供給源として沈み込む「海山」、砂岩礫や珪質岩礫の供給源として海溝陸側斜面の古い「付加体」が推定される。また、碎屑岩の層序や堆積相から、礫岩は礫質重力流堆積物として海洋プレート上に堆積したと推定される。これらの検討結果をもとに、海山の衝突・崩壊に伴う碎屑岩の形成過程を考察する。

【地質概要】 半島北西岸には砂泥質岩やチャートが多く露出する一方、東岸には石灰岩体やチャートとともに礫岩が特徴的に産する。尻屋崎地域の付加体には、全域にわたって NNW-NW 走向、西傾斜のスレート劈開が発達しており、各岩相はスレート劈開の形成に伴う偏平化を強く受けているが、基本的に整然層である。

【碎屑岩類の層序】 半島北西岸の岩屋地域では、海岸部の沖合側から内陸に向かって、チャート→珪質泥岩→含礫泥岩および砂泥互層に整合漸移する層序が見られる。このチャート-碎屑岩シーケンスとみられる層序は、褶曲を繰り返しながら NE 方向に延長して分布する。

半島東岸の尻屋地域では、チャート層を礫岩層が堆積性接触をもって覆う層序が、断層によって複数回繰り返す。チャートの下底は剪断帯であるが、上限は一部で礫岩がチャートの層理面と斜交するような堆積性接触が確認でき、礫岩がチャートを侵食した産状を示す。この礫岩は石灰岩礫を非常に多く含む。

【礫岩の産状・組成】 半島東岸に分布する礫岩は、片理構造が発達した淘汰不良の塊状角礫岩を主体とする。大小の石灰岩角礫のほか、緑色岩・珪質岩（チャート・珪質泥岩）・砂岩・泥岩等の礫を含む。また、微量の石英・斜長石・カリ長石片を含む。礫岩は以下に示す二地域で組成が異なる。

① **尻屋・尻屋北方** 石灰岩体の周囲に分布する礫岩で、石灰岩礫を非常に多く含む。岩相・堆積構造および薄片観察から、以下の堆積相に区分される。

岩相 A1：塊状角礫岩（礫支持） 尻屋・尻屋北方地域の礫岩の大部分を占め、主にチャート片主体の砂岩を基質とし、礫支持である。露頭観察によるモード組成比では、石灰岩礫を 50%強含む。石灰岩礫の淘汰は極めて悪く、粒径（長径）は数 cm～数 m と幅広い。一部は層厚約 3～4m で級化礫岩に狭在する。

岩相 B1：塊状角礫岩（基質支持） 塊状角礫岩（礫支持）中にわずかに産し、碎屑物組成は岩相 A と同様であるが、礫は基質支持である。基質はチャート片主体の極粗粒砂～細礫岩で、礫は淘汰が悪く、長径 5～10cm 程度である。

岩相 C1：級化礫岩 層厚約 1m～2m で、礫は淘汰が悪いが、級化構造を示す。基底は塊状角礫

岩（礫支持）で、上部はチャート片主体の細～中粒砂岩となっている。

- ② **アタカ** 石灰岩体の北方に分布する礫岩で、片理構造が非常に発達し、礫は扁平化が著しい。尻労・尻労北方地域と比較して、珪質岩（チャート・珪質泥岩）や陸源碎屑岩の礫を多く含む。

岩相 A2：塊状角礫岩（礫支持） アタカ地域の礫岩の大部分を占め、基質はほとんど見られず、礫支持である。モード組成比で石灰岩礫を約 19%含む。礫は淘汰不良で、長径数 cm～十数 cm 程度のものが多いが、一部の石灰岩礫はこれより大きいサイズで含まれ、長径 30cm を超す礫も見られる。

岩相 B2：塊状角礫岩（基質支持） 塊状角礫岩（礫支持）中にわずかに産し、碎屑物組成は岩相 D と同様であるが、礫は基質支持である。基質は極粗粒な岩片質砂岩で、礫は淘汰が悪く、長径数 mm～数 cm 程度である。

岩相 C2：級化礫岩 層厚約 2m で、礫は淘汰が悪いが、級化構造を示す。基底部は塊状角礫岩（礫支持）で、上部は極細粒砂岩～泥岩となっている。泥岩中には再堆積性とみられる凝灰岩の薄層が挟まれる。

岩相 D：級化礫岩・砂岩層 層厚 0.9m～5.9m で、石灰岩礫を多く含む塊状角礫岩（礫支持）を基底部に、極細粒砂岩～泥岩へ正級化しているが、基底部付近の一部で逆級化が見られる。また、上方細粒化が認められる。

【考察】 今回検討した礫岩には、海山起源と考えられる石灰岩礫や緑色岩礫のほかに、付加体のリサイクルを示唆する砂泥質岩やチャートの礫が含まれる。また、礫岩の基質中の石英・長石片は陸源あるいは付加体起源と解釈できる。このような碎屑岩組成から、沈み込む「海山」と海溝陸側斜面の「付加体」という 2 種類の碎屑物供給源が存在したと考えられる。野外調査においては、礫岩がチャートを覆う産状から、礫岩は海洋プレート上に堆積したと推察される。また、堆積相においては、岩相 A（礫支持）および岩相 B（基質支持）は塊状を呈することから、礫岩は主に土石流堆積物であると考えられる。しかし、岩相 A は基質が極めて少ないことや、長径数 m の礫を多く含む部分が認められることから、粒子流堆積物や崖錐堆積物の可能性もある。一方、岩相 C・D において級化構造が認められることから、一部は礫質なタービダイトとして堆積したと考えられる。

海山起源の礫と付加体起源の礫は、礫岩単層内に混在して産する。そのため、沈み込む海山と隆起した海溝陸側斜面の境界に海山と付加体の双方からの崩壊堆積物が集積し、これらが二次的に崩壊して混在化し、礫質重力流堆積物として海溝に流入したと考えられる。なお、アタカ地域に分布する礫岩は尻労・尻労北方地域と比較して付加体起源の碎屑物に富むことから、海山沈み込みに伴う海溝陸側斜面の隆起・崩壊が主な成因と考えられる。

03

モンゴル南東部白亜系湖成層の鉱物・堆積有機物組成から見る湖水位および湖生物生産の変動：OAE1a-1b 期における陸域気候変動復元に向けて（概報）

Orbital-controlled lake-level and productivity changes in the Aptian lacustrine deposits in SE Mongolia: Implications for paleo-hydrologic changes during the OAE1a-1b interval

長谷川精(北大), 安藤寿男(茨城大), 長谷川卓(金沢大), 太田亨(早稲田大), 山本正伸(北大), 長谷部徳子(金沢大), 村田崇行(茨城大), 新谷広紀(早稲田大), Li Gang (南京地質古生物研), Ichinnorov Niiden (モンゴル古生物センター), 鈴木徳行(北大), 入野智久(北大), 池田昌之(愛媛大), Heimhofer Ulrich(ハノーバー大), Hitoshi Hasegawa (Hokkaido Univ.), Hisao Ando (Ibaraki Univ.), Takashi Hasegawa (Kanazawa Univ.), Tohru Ohta (Waseda Univ.), Masanobu Yamamoto (Hokkaido Univ.), Noriko Hasebe (Kanazawa Univ.), Takayuki Murata (Ibaraki Univ.), Hironori Shinya (Waseda Univ.), Gang Li (Nanjing Institute), Niiden Ichinnorov (Paleontological Center), Noriyuki Suzuki (Hokkaido Univ.), Tomohisa Irino (Hokkaido Univ.), Masayuki Ikeda (Ehime Univ.), Ulrich Heimhofer (Hannover Univ.)

連絡先：長谷川精 (Email: hito_hase@mail.sci.hokudai.ac.jp)

1. はじめに

白亜紀中期は、大気 CO₂ 濃度が現在の 4-10 倍に達し、極度な温室効果を受けた“温室期”であり、世界規模の海洋無酸素事変(OAE)が頻発し、海洋で広域的に黒色泥岩が堆積した時期として知られる。OAE は巨大火成岩区(LIPs)の活動や炭素同位体比の正シフトと密接に関連している為、LIPs 活動に伴う大気 CO₂ 濃度の増大と気候の温暖化が、OAEと有機炭素埋積率の上昇を誘発した可能性があるが、その発生メカニズムは不明な点が多い。

①大気 CO₂ 濃度上昇と全球的な温暖化による、②陸域の湿潤化と化学風化の促進が、③河川を通じて海洋に多量の陸源碎屑物(栄養塩)を供給し、④海洋表層の生物生産が増大した結果、⑤OAE の発生と有機炭素埋積率の増加が起こったというメカニズムで説明する仮説(陸域風化仮説; e.g., Hasegawa, T., 2003; Weissert & Erba, 2004)も提唱されているが、OAE 期における陸域環境変動は殆ど研究がなされていない。連続的な陸成層記録の実測データに基づき、OAE 期において陸域湿潤化および化学風化度の増大が起こっていたかを検証する必要がある。

Hasegawa, H. et al. (2011) は、アジア内陸の古気候指標堆積物の時空変遷を復元することにより、白亜紀中期には亜熱帯高圧帯が低緯度側にシフトし、中緯度域が広域的に湿潤化して湖環境が広がったことを明らかにした。これは白亜紀中期の OAE 頻発期に陸域が湿潤化したとする上述の仮説を支持する地質証拠である可能性がある。そこで我々は、モンゴル南東部に露出する白亜紀中期アプチアン期に堆積した湖成層に注目し、「この湖環境の拡大が OAE1a 時の海洋表層生物生産と有機炭素埋没率の増大を引き起こす、陸域湿潤化と化学風化度増大の直接証拠である」との作業仮説を立て、その検証を試みている(Ando et al., 2011; 新谷ほか本大会講演要旨も参照)。

2. シネフダグ層の年代層序と堆積相

アプチアン期前期の OAE1a 期の陸域古環境を復元するために、我々は 2009 年からモンゴル南東部のシネフダグ(Shine Khudag)地域に露出するアプチアン期湖成層のシネフダグ層において地質調査・試料採取を行っている。シネフダグ層は、黒灰色頁岩、灰色苦灰質泥岩、白灰色~黄灰色ドロマイトの互層からなり、層厚約 300 m にわたってほぼ連続的に露出する。シネフダグ層は、カイエビ化石や貝形虫化石群集(Yuan and Chen, 2005)や植物化石および軟体動物化石(e.g., Jerzykiewicz and Russell, 1991)、そして下位のツァガンツァフ層上部の玄武岩の Ar³⁹/Ar⁴⁰年代(ca. 121-125 Ma: Johnson and Graham, 2004)などの証拠から、白亜紀中期アプチアン期に堆積したとみなされている。これまでの我々の研究で、炭素同位体比層序(長谷川卓)やカイエビ化石群集(Li G., 安藤寿男)、介在する凝灰岩のフィッシュトラック年代(長谷部徳子)の検討により、シネフダグ層はアプチアン期に、そして上位のフフテグ層はアルビアン期前期に堆積しており、ツァガンツァフ層上部、シネフダグ層、フフテグ層下部の一連の堆積シーケンス(全層厚約 500m)を研究することにより、アプチアン期初期~アルビアン期前期(OAE1a~1b 期に相当)の陸域環境変動を詳細に復元出来ることが明らかになった。

また、シネフダグ層の頁岩とドロマイト層の互層は、数 10 cm, 1-2 m, 20 m 規模の規則的な堆積サイクルが認められた。顕微鏡観察の結果、頁岩および苦灰質泥岩には、それぞれ約 30~50 μm , 約 60~100 μm のマイクロミネーション(有機物と砕屑粒子の互層からなる)が発達しており、年縞(varve)を記録していると示唆された。このマイクロミネーションが年縞である場合、堆積速度は頁岩で約 4 cm/k.y., 石灰質泥岩で約 8 cm/k.y.となり、平均堆積速度(約 6 cm/k.y.)は、層序年代から推定される堆積速度(6.5cm/k.y.)と調和的であることから、マイクロミネーションは年縞であることがほぼ確定した。この場合、シネフダグ湖成層の岩相変化に見られる堆積サイクル(数 10 cm, 1-2 m, 20 m サイクル)は、堆積速度(約 6.5 cm/k.y.)で考えると、それぞれ数千年, 2-4 万年, 40 万年という周期に相当し、ミランコビッチサイクルなどの地球軌道要素変動を反映した湖環境変動を反映していることが示唆される。

そこで本研究では、シネフダグ湖成層に見られる頁岩およびドロマイト層のリズミカルな互層の堆積メカニズムを解明するため、頁岩や苦灰質泥岩、ドロマイトの各岩相の鉱物組成分析、顕微鏡観察、EPMA 分析、CNS 元素分析、堆積有機物組成(パルノファシス)解析を行い、堆積環境および湖内の優占生物の変動とその要因推定を行った。

3. 結果と考察

まず X 線回析(XRD)分析により鉱物組成の層位変化を解析した結果、頁岩中にはドロマイトは含まれず、多量の石英・長石・粘土鉱物に加えて若干のカルサイトが含まれるのに対し、上位に向かって漸移的にカルサイトや砕屑鉱物の含有量が減少してドロマイト含有量が増加するという傾向が明らかになった。また顕微鏡観察の結果、ラミナ発達度はドロマイト層で弱く、頁岩層で強いという関係性が見られた。また頁岩層では多数のフランボイダルパイライトを介在していた。さらにドロマイトは μm サイズの極細粒な歪円形結晶の緻密な集合体から構成されており、現世の半乾燥気候下の湖堆積物に見られる初生的ドロマイトと同様、塩濃度(Mg/Ca 比)が高い環境でバクテリア活動の関与により生成されたと示唆された(e.g., Last, 1990; Dupraz et al., 2009)。

次にロックエバル分析の結果、頁岩・石灰質泥岩の両試料とも HI(Hydrogen Index)値が高い値(600~780 mg/g)を取り、タイプ I, II の藻類起源の領域に含まれるため、シネフダグ湖成層の有機物の起源は主に湖内の藻類であることが示唆された。また C/N 比は、頁岩および石灰質泥岩試料では比較的高い値(10~25)を取るのに対し、ドロマイト試料は顕著に低い値(< 10)を取ることから、ドロマイト層では藻類が占有するのに対し、頁岩層準では藻類に加えて湖岸からの高等植物起源有機物の流入も寄与していることが示唆された。さらに堆積有機物組成(パルノファシス)解析の結果、頁岩層では不定形有機物(Amorphous Organic Matter: AOM)を主体とし、藻類シスト、花粉、植物片などで特徴付けられる一方、ドロマイト層ではボトリオコッカス(*Botryococcus*)が 60%以上を占める特徴的な組成を示した。

これらの結果から、シネフダグ層に見られる頁岩とドロマイトのリズミカルな互層は、湖水位および湖生物生産の変動を反映していることが示唆された。すなわち、乾燥気候が卓越して湖水位が低くなり、湖水の塩濃度が高くなった時期にドロマイトが堆積し(ボトリオコッカスやバクテリアが優占)、一方で、湿潤気候が卓越して湖水位が高くなり、湖表層が淡水で覆われて成層化し、湖底が還元的になった時期に頁岩が堆積した(淡水流入により湖岸から植物片が流入)と考えられる。これらの結果に加え、新谷ほか(本大会講演要旨)による鉱物・全岩化学組成の結果から、シネフダグ湖成層は湖水位の変動に加えて古気温の変動も記録していることが示唆された。したがって、シネフダグ湖成層に見られる頁岩とドロマイトのリズミカルな互層は、地球軌道要素の変動に起因した降水量や古気温の変動、すなわち温暖-寒冷および湿潤-乾燥といったアジア内陸の気候変動を反映していることが示唆された。

REFERENCES: Ando H., et al. (2011) *Journal of Geological Society of Japan*, **111**, XI-XII.; Dupraz, C., et al. (2009) *Earth-Science Reviews*, **96**, 141-162.; Hasegawa, H., et al. (2011) *Climate of the Past Discussions*, **7**, 119-151.; Hasegawa, T. (2003) *Journal of Asian Earth Science*, **21**, 849-859.; Jerzykiewicz, T. and Russell, D.A. (1991) *Cretaceous Research*, **12**, 345-377.; Johnson, C.L. and Graham, S.A. (2004) *Journal of Sedimentary Research*, **74**, 786-804.; Last, W.M. (1990) *Earth-Science Reviews*, **27**, 221-263.; Last, W.M. (1990) *Earth-Science Reviews*, **27**, 221-263.; Yuan, F.T. and Chen, P.J. (2005) *Acta Palaeontologica Sinica*, **44**, 25-35.; Weissert, H., Erba (2004) *Journal of the Geological Society, London*, **161**, 695-702.

モンゴル南東部白亜系湖成層の鉱物・全岩化学組成を用いた湖水面変動の解読
 Base level changes of Cretaceous lacustrine succession in southeast Mongolia
 determined by mineral and chemical compositions of mudstones.

新谷広紀（早稲田大）太田亨（早稲田大），安藤寿男（茨城大）長谷川精（北大）
 長谷川卓（金沢大），山本正伸（北大）長谷部徳子（金沢大），村田崇行（茨城大）
 Li Gang（南京地質古生物研），Ichinnorov Niiden（モンゴル古生物センター）
 Hironori Shinya (Waseda Univ.), Toru Ohta (Waseda Univ.), Hisao Ando (Ibaraki Univ.)
 Hitoshi Hasegawa (Hokkaido Univ.), Takashi Hasegawa (Kanazawa Univ.), Masanobu Yamamoto
 (Hokkaido Univ.), Noriko Hasebe (Kanazawa Univ.), Takayuki Murata (Ibaraki Univ.), Gang Li
 (Nanjing Inst. Geol. Palaeontol., China), Niiden Ichinnorov (Paleontol. Center, Mongolia)
 連絡先：新谷広紀 (Email: hironori_shinya@yahoo.co.jp)

1. はじめに

モンゴル南東部の Shine Khudag 地域には白亜紀中期の湖成層である Shinekhudag 層が分布しており，特徴的なドロマイト・泥岩からなる互層が見られる (Ando et al. 2011)．湖成層は環境変化に鋭感に反応して埋積が進行し，さらに時間分解能の高い解析が期待されることから，環境変動のモニターとして有効であると考えられている．また，白亜紀中期の最温暖期には，ハドレー循環の縮小によって亜熱帯高压帯が赤道側にシフトし，モンゴル周辺が湿潤化したとされている (Hasegawa et al, 2011)．従って，この時期の湖成層に相当する Shinekhudag 層は白亜紀中期の最温暖化に対する内陸域の古気候応答のみならず，大気循環の応答を解明する重要な手掛かりとなる可能性がある．そこで，各層準の鉱物・全岩化学組成を分析し，湖水面変動の解読を試みた．

2. 地質概略

モンゴル南部ゴビ砂漠地域には大規模な陸成堆積盆が多数発達し，恐竜，哺乳類，爬虫類などの陸生脊椎動物化石が多産する事で知られている (長谷川ほか, 2011)．この陸成堆積物のうち，Shine khudag 地域に存在する Shinekhudag 層は，北北東方向に約 20° 傾斜し，層厚約 300m にわたって連続的に分布しており，カイエビ・貝形虫化石が産出する湖成層である (Ando et al. 2011)．下位に Barremian 階の河川及び湖成堆積物からなる Tsagantsav 層が，上位に Albian 階の河川堆積物からなる Khukhteeg 層が分布する．

3. 分析手法

鉱物組成の変化を分析するため，定方位法による XRD 分析をおこなった．また，XRF 分析による主要元素分析をおこなった．この際，カルサイトとドロマイトによる Ca と Mg の付加の影響を除去するために塩酸処理をおこない，珪酸塩由来の Ca と Mg のみを測定した．後背地風化度の指標は，W 値 (Ohta and Arai, 2007) 及び CIA (Nesbitt and Young, 1982) の 2 つを用いた．

4. 結果・考察

XRD の結果から、本層にはイライトとドロマイトが多く含まれる事が分かった。イライト結晶度 (IC) は 0.2 から 0.4 と低い値を示し、アンキ変成帯に属する。しかし、有機物の熟成度は、本層がそのような強い変成を受けていないことを示している。よって、イライトは周囲の変成岩から供給された碎屑性イライトであると推定される。

ドロマイトとカルサイトは塩濃度が高い時に生成される自生鉱物と考えられることから、炭酸塩の多い層準は湖水面低下期を示していると解釈できる。一方、イライトなどの碎屑物が多い層準は、湖水面が高かった時期と考えられる。後背地風化度には、周期的な変化が見られ、乾燥期（風化度が小さい）及び温暖湿潤期（風化度が大きい）が繰り返し現れていたことが示唆される。また、碎屑物が多い層準は風化度も比較的高い傾向が見られた。これは、鉱物組成から碎屑物の多い層準が湖水面の高い時期に相当すると解釈したことと調和的な結果である。

したがって、鉱物組成ならびに後背地風化指標の両方とも水位変化と気温変化に応じて変動していることがわかる。これらのデータを総合的に解釈するために、主要鉱物（スメクタイト、イライト、カオリナイト、石英、炭酸塩鉱物）の量比及び風化指標（W 値, CIA）の 7 成分について主成分分析を行った。その結果、第一主成分の値は、炭酸塩鉱物の量比に対する碎屑物の量比で決定されることから、水量の増減を示しているものと解釈できる。また、第二主成分は風化指標及び風化生成物の増減を反映しており、古気温変動を示している可能性がある。両主成分の時系列変化をみると、古気温は Barremian 期から Aptian 期に向かって上昇し、酸素同位体等によって求められている汎世界的な古気温変化と一致する。水位は、Shinekhudag 層の下部から中部に向かって上昇して、また中部から上部に向かって下降したことを示している。また、より細かなスケールの時系列変化をみると、本層には寒冷-湿潤、温暖-乾燥、温暖-湿潤の気候が、約 10 万年周期で現れる。これは、ミランコビッチサイクルによる環境変動の周期性であると考えられる。

引用文献

- Ando H., Hasegawa H., Hasegawa T., Ohta T., Yamamoto M., Hasebe N., Li G., Ichinnorov N., 2011, *Journal of Geological Society of Japan*, **111**, XI-XII.
- 長谷川精・安藤寿男・長谷川卓・太田 亨・山本正伸・長谷部徳子・村田崇行・Gang L・Niiden I, 2011, モンゴルの白亜系湖成層中に見られる堆積リズムの起源：白亜紀海洋無酸素事変期の陸域環境変動解明に向けて。日本堆積学会要旨, 21-22.
- Hasegawa H., Tada R., Jiang X., Suganuma Y., Imsamut S., Charusiri P., Ichinnorov N., Khand Y., 2011, Drastic shrinking of the Hadley circulation during the mid-Cretaceous supergreenhouse, *Climate of the Past Discussions*, **7**, 119-151
- Nesbitt H. W., Young G. M., 1982, Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, **299**, 715-717.
- Ohta T., Arai H., 2007, Statistical empirical index of chemical weathering in igneous rocks: A new tool for evaluating the degree of weathering. *Chemical Geology*. **240**, 280-297.

北中国における下部白亜系の古気候解析と熱河動植物群進化の関係
Paleoclimate analysis of the Lower Cretaceous deposits in North China and
relationship with evolution of the Jehol Biota

太田 亨（早稲田大）・Li Gang（南京地質古生物研究所）・平野弘道（早稲田大）・
 坂井 卓（九州大）・香西 武（鳴門教育大）・吉川武憲（兵庫教育大）

Ohta T. (Waseda, University), Li G. (Nanjing Institute of Geology and Paleontology),
 Hirano H. (Waseda University), Sakai T. (Kyushu University), Kozai T. (Naruto University
 of Education) and Yoshikawa T. (Hyogo University of Education)

連絡先：太田 亨 (tohta@waseda.jp)

【はじめに】

中国東北部の下部白亜系堆積岩類は、羽毛恐竜を初めとする熱河動植物群を産出し、白亜紀非海成動植物群の古生態に関する重要な情報を提供する。Chen (1988)や Li et al. (2007)は、熱河動植物群の進化には段階的な発達過程が存在していたことを明らかにしている。初期段階では、生物多様性は非常に限られていて、カイエビと貝形虫が一部の地域のみにはしか産しない。これに対して、この初期段階以降では、羽毛恐竜・鳥類をはじめとする多種多様な熱河動植物群が繁栄するようになる。また、分布域も拡大し、中国北部全体・モンゴル地域から熱河動植物群の化石が産出するようになる。本研究の目的は、熱河動植物群のこの段階的な多様性増大過程を明らかにすることにある。このため、熱河動植物群の発展過程における、初期段階と多様性増大段階にまたがる層序断面を得られる河北省 Luanping 盆地に分布する下部白亜系 Dabeigou 層と Dadianzi 層の後背地風化過程と古気候の検証を行った。

【地域地質】

Dabeigou 層と Dadianzi 層の下部は（以下、下部ユニットと称する）、泥岩優勢の湖沼堆積物を主体とする。この層準からは、化石の産出は乏しく、数層準からカイエビが産するのみである。Dadianzi 層上部（以下、上部ユニットと称する）は、河川相から始まり湖沼相に移行する堆積環境を示す。上部ユニットでは、最上部にマールやパックスストーン等の石灰質堆積物が頻繁に挟在するようになる。また、上部ユニットでは、全有機炭素（TOC）の上昇が認められ、化石の産出頻度が増大し、カイエビ、貝形虫、二枚貝、魚類、昆虫などが産するようになる。下部ユニットは、前述した熱河動植物群発達過程の初期段階に相当し、上部ユニットはその後の繁栄期に相当する。この岩相と化石相の変化要因を、泥岩の粘土鉱物・化学組成を分析して解析した。

【結果】

主成分元素の Fe_2O_3 , MnO , MgO は下部ユニットにおいて有意に増加しており、反対に、 SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 は上部ユニットにおいて有意に増加する。 SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 は後背地風化過程の促進によって濃縮する元素である。また、岩石風化の指標である W 値 (Ohta and Arai, 2007) によって両層準の泥岩サンプルを評価すると、下部ユニットは 35~45 の値を示すのに対し、上部ユニットでは 45~65 に増

加し、後背地風化の程度が時代とともに増加したことがわかる。現世土壌の W 値と比較すると、下部ユニットは寒冷気候ないし半乾燥気候帯に産する土壌と類似した値を示し、上部ユニットは温暖湿潤気候帯に産する土壌と同程度の後背地風化過程を経ている値を示している。

希土類元素 (REE) は、風化作用が進行すると残土中の濃度が増加することが知られている (Nesbitt, 1979)。REE の量比は、下部・上部ユニットで 95% の信頼区間で有意な差を示し、上部ユニットで増加していた。下部・上部ユニットの REE パターンは、それぞれ、上部大陸地殻と顕生代泥岩の標準試料である PAAS に類似した REE パターンを描く。 $(La/Yb)_n$ や ΣREE も有意な差が存在することが判明した。PAAS は上部大陸地殻の風化産物であることから、上部ユニットでは相対的に後背地風化過程がより進行していたことを示している。

【議論】

したがって、主成分元素、REE などの指標は、すべて上部ユニットほど後背地風化作用が進行していたことを示している。一般的に、風化作用は温暖湿潤化によって増進するので、この結果は、下部ユニットから上部ユニットにかけて、温暖湿潤化したことを示唆している。事実、上部ユニットの堆積時には、極東ロシア・中国東北部・モンゴルの広い範囲に古アムール川水系に相当する河川-湖沼堆積物が広がり、気候の湿潤化が推測される。

この湿潤化を示唆する上部ユニットでは、全有機炭素 (TOC) の増加が認められ、化石を多産することから、湿潤化時期と生物活動の増加が一致しているように見受けられる。よって、前期白亜紀の湿潤化に代表される動植物群にとっての環境改善が、熱河動植物群の繁栄の一因を担っていた可能性が考えられる。

【引用文献】

- Chen P., 1988, Distribution and migration of Jehol fauna with reference to the nonmarine Jurassic-Cretaceous boundary in China. *Acta Palaeontologica Sinica*, **27**, 659-683.
- Li G., Shen Y. and Batten D. J., 2007, Yanjiestheria, Yanshanian and the development of the Eosestheria conchostracan fauna of the Jehol Biota in China. *Cretaceous Research*, **28**, 225-234.
- Nesbitt, H. W., 1979, Mobility and fractionation of rare- earth elements during weathering of a granodiorite. *Nature*, **279**, 206-210.
- Ohta T. and Arai H., 2007, Statistical empirical index of chemical weathering in igneous rocks: a new tool for evaluating the degree of weathering. *Chemical Geology*, **240**, 280-297.

IODP, Expedition 317, ニュージーランドカンタベリ沖, 陸棚-斜面掘削の概要と
海水準変動記録解析の可能性

Preliminary results from the post-cruise researches of IODP, Expedition 317;
drilling on shelf-slope offshore Canterbury in New Zealand

保柳康一（信州大学理学部）・IODP, Exp. 317 日本人乗船・陸上研究者
Koichi Hoyanagi (Shinshu Univ.), IODP, Exp.317 Japanese Scientists
連絡先：保柳康一(hoya101@shinshu-u.ac.jp)

1. 航海概要

JOIEDS Resolution 号を用いておこなわれた国際海洋掘削計画 (IODP) Expedition 317 は、(1) 海水準変動の時期と振幅の大きさを見積もること、(2) オーストラリア・太平洋プレート境界部のニュージーランド島の上昇過程を明らかにすること、(3) 南極氷床の成立による新生代の環南極循環の変遷を明らかにすることを目的におこなわれた。特に海水準変動の高精度の年代決定とその振幅を求めるためには、陸域縁辺の地層のサイクル (堆積シーケンス) 形成における汎世界的海水準変動と地域的な構造運動とが分離されなければならない。そこで、ニュージーランド南島カンタベリ平野の東方沖の水深 85~122m の陸棚上 3 サイトと水深 344m の斜面上の 1 サイトを掘削した (図)。陸棚や斜面といった陸源の砂質・礫質堆積物の堆積場は、地層形成の場として重要であるにも関わらず掘削の困難さからこれまで、ニュージーランド沖の陸棚を掘削した ODP の Leg174A と IODP, Exp. 313 など数少ない。

乗船研究者は 33 名で、日本からは保柳康一 (共同主席・堆積学)、河潟俊吾・大井剛志 (微生物学・有孔虫)、須藤 斎 (微生物学・珪藻)、村越直美・田辺 晋・浦本豪一郎 (堆積学)、吉村寿紘 (地球化学) の 8 名が参加した。掘削結果は、陸棚では中新統まで、斜面では始新統までのコアを得ることが出来た。各サイトにおけるコアの平均回収率は 64~83%、完新統、更新統、最上部鮮新統などは、100%近い回収率で、地震波断面の反射面に相当する不連続面もコア中に観察されており、これらの区間で連続的な解析がおこなわれている。また、斜面サイト (U1352) の掘削到達深度は 1928m で、一回での掘削深度としては最深記録をつくった。このサイトでは始新統に到達し、海洋循環の変動がつくったとされるマーシャル・パラコンフォーミティーを掘り抜いた。

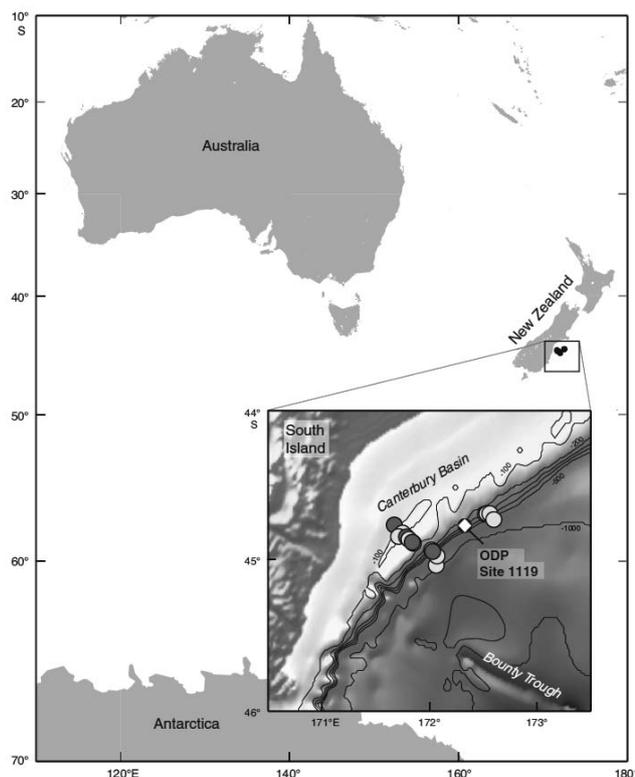


図 掘削地点 ●が実際に掘削されたサイト。陸側から、U1353, U1354, U1351, U1352 (Fulthorpe et al., 2011)

2. 乗船後研究

航海終了後に上述の乗船研究者 8 名に石田 桂（微古生物学・貝形虫），吉田孝紀（堆積学）と石川 厚（分析化学）が加わり，次のテーマで研究をおこなっている．（1）斜面サイトにおける底棲有孔虫を用いた酸素同位体比曲線と年代モデルの作成，（2）底棲有孔虫など底棲化石群集解析による古水深解析，

（3）粒度分析と堆積相の解析、堆積物の有機炭素量とその起源を示す安定炭素同位体比分析、定性無機化学分析により海進海退サイクルの解析，（3）浮遊性微化石による海洋環境変動の解析，（4）間隙水中の Mg, Sr, Cl 同位体比分析．研究開始より 2 年が経過し分析結果が揃いつつあるが，整理・考察までには一部を除き達していない．斜面サイトにおける年代モデル確立の期限を今年 8 月とすることを国外研究者も含めて合意しているので，この後急速に研究が整理され結果が発表できると考えている．そこで，今回は構築中の斜面サイトの年代モデルの一部を紹介する．

3. 斜面サイト (U1352) の酸素同位体曲線と年代モデル

斜面サイト (U1352B) は水深 344 m の陸棚斜面上部に位置し，シーケンス境界が地震波断面中で陸棚から斜面まで追跡できる．したがって，海水準低下期に陸上侵食を伴わないと考えられるこのサイトは，シーケンス境界などの年代を決めるためのリファレンスサイトとしての役目を持っている．

U1352B コアは，掘削深度 550 m までは回収率がほぼ 100%なので，この区間で 1 から 2 m 間隔の 332 層準から底棲有孔虫化石 *Nonionella flemingi* を抽出して，その殻の酸素同位体比，安定炭素同位体比を測定した．また，同じ区間の 224 層準で有機物の安定炭素同位体比を測定した．測定間隔は堆積速度から見積もると 5000 年～10000 年となり，Milankovitch スケールの変動をとらえるのに十分な精度である．これらの分析結果に船上で求められたナノ化石時間面と合わせて，Lisiecki and Reymo (2005) の海洋酸素同位体ステージ (MIS) と対比した．その結果，MIS63 (1.76 Ma) までのステージすべてを認識し，このサイトのコアから汎世界的な海水準変動の復元と Milankovitch スケールの年代モデルが構築できた．

4. まとめ

碎屑性堆積物のシーケンス層序学を生み出した陸域縁辺の地層で，シーケンス境界と汎世界的海水準変動とを直接対比し，それに 1 万年程度の精度で年代を与えることは従来の研究では難しかった．しかし，この研究結果を予察的にまとめた現時点で次の点が指摘できる．陸棚斜面に見られる地震波反射面としてのシーケンス境界は，酸素同位体比曲線が示す海水準上昇初期に形成されたと考えられるコア中の不連続面と対比可能である．斜面サイトでの検討に加えて，陸棚コアの不連続面と海水準変動のタイミングの検討などを進めており，「海水準変動の時期と振幅の大きさを見積もる」という目標になるべく早く到達したいと考えている．

5. 文献

Fulthorpe, C.S., Hoyanag, K., Blum, P. and Expedition 317 Scientists, 2011, Proc. IODP, doi:10.2204/iodp.proc.317.2011.

Lisiecki, E.L. and Reymo, E.M., 2005, A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthonic $\delta^{18}O$ records, *Paleoceanography*, 20 PA1003, doi:10.1029/2004PA001071, 2005.

Comparative study of sedimentary facies and other proxy records from the Siwalik Group, Karnali River area, Nepal Himalaya: Implications for paleoclimate and tectonics

Sigdel, A., Sakai, T. (Shimane Univ.), Ulak, P.D., Gajurel A.P., and Upreti, B.N. (Tribhuvan Univ.)

Sigdel, A. (E-mail: ashoksigdel7@yahoo.com)

Fluvial sediments of the Siwalik successions in the Himalayan Foreland Basin are one of the most important continental archives for the history of the Indian monsoon during the Miocene period. This study analyzes the fluvial successions of the Siwalik Group along the Karnali River, where the large paleo-Karnali River is presumed to have flowed. Analysis of facies and petrography in this study along with previous studies (petrography, clay mineralogy, isotopes and dating) revealed changes in the river systems and sediment source areas. Facies analysis shows that the section consists of fine-grained meandering river (FA1), flood-flow dominated meandering river (FA2), deep and shallow sandy braided rivers (FA3, FA4) to gravelly braided river (FA5) and finally debris-flow dominated braided river (FA6) systems, in ascending order.

The facies change from FA1 to FA2 is an important indicator of climate change. Appearance of the flood-flow dominated meandering river facies (FA2) resulted from increased flood frequency in river channels, due to increased precipitation related to climate change. The timing of this facies change occurs at about 13.5 Ma in the Karnali section. In contrast, the timing ranges from 10.5 to 9.5 Ma in other Nepal Siwalik sections. This timing is concordant with a major change in sediment source, from the Higher Himalaya to Lesser Himalaya, as shown by ϵNd isotope data of petrographic variations from the entire Nepal Siwaliks. Uplift of the Lesser Himalaya between 11-9 Ma probably acted as local barriers for wind, resulting increased local precipitation. The earlier appearance of this facies in the Karnali River section at about 13.5 Ma may have been due to intensification of the Monsoon, because the larger catchment size of the paleo-Karnali River would have minimized local climate effects, compared to the other areas with smaller catchments.

This intensification of the Monsoon precipitation at 13.5 Ma in the Karnali section is contemporaneous with increased exhumation rate of the Higher Himalaya, higher sedimentation rate, and change in clay mineral assemblages. This result is also consistent with the paleosols and faunal records in the Potwar Pakistan, isotopic data from the Nepal and NW Indian Siwaliks, regional uplift of the Tibetan plateau, increased weathering and sedimentation records from the South China Sea, Bay of Bengal, and Arabian Sea, and aridity in western China. The linkage between the Indian Summer Monsoon and the African Monsoon pattern also support mid-Miocene existence of Monsoonal climate on a global scale.

温帯表層土壌を用いた MBT/CBT 指標の確立と琵琶湖堆積物への適用
Calibration of MBT/CBT-index in temperate soil sample set and application to Lake
Biwa core sediments

味岡拓・山本正伸（北大院地球環境）・竹村恵二（京大院理）・林田明（同志社
大理）

Taku Ajioka, Masanobu Yamamoto (Hokkaido University), Keiji Takemura
(Kyoto University), Akira Hayashida (Doshisya University)

連絡先：味岡拓 (ajioka@ees.hokudai.ac.jp)

近年、バクテリアの膜脂質由来の分枝 GDGT (Glycerol Dialkyl Glycerol Tetraether) を用いた MBT/CBT 指標の古気温プロキシとしての利用可能性が報告された (Weijers et al., 2007, GCA). この報告では、世界各地の土壌の分析により、分枝 GDGT 中のシクロペンタンの数 (CBT 指標) が土壌の pH, メチル基の数 (MBT 指標) が土壌 pH および試料採取地点の年平均気温 (MAAT) と相関があることが示された。しかし、この気温復元キャリブレーション式がそれぞれ特性の違う地域の土壌に適用できるか、また、MBT/CBT 指標が土壌の深度に対してどのように変化しているかはまだ検討されていない。

本研究では、褐色森林土が優占する琵琶湖集水域土壌 (北緯 35° 22-32', 東経 136° 07-27', 25 地点), 黒ボク土壌に代表される大分県大野川流域土壌 (北緯 32° 59' -33° 08', 東経 131° 13-45', 25 地点) を用い、特性の異なる土壌における MBT/CBT 指標の環境ファクターへの応答性の違いを検討した。得られた結果から温帯域における気温および土壌 pH の復元式を作成した。さらにこの復元式を琵琶湖堆積物 BIW07-6 コア (北緯 35° 13' 59.02", 東経 136° 02' 51.89", 水深 55 m, コア長 18.42 m) に適用し、過去 5 万年間の変動記録を示した。

分枝 GDGT の総濃度および CBT 値は土壌の種類に関係なく表層で最も高く、深度が大きくなるにつれて低下する傾向が明確に見られた。これは表層に近い程有機物濃度が高く、有機酸が多く存在しているためだと考えられる。実測の土壌 pH は深度に対して上昇傾向を示した。一方、MBT 値について褐色森林土では明確な深度傾向は見られなかったが、黒ボク土では深度と共に上昇する傾向が見られた。表層土壌の CBT 値および MBT 値と土壌 pH との間には有意な相関関係が見られ、褐色森林土ではそれぞれ $R^2=0.65$ および $R^2=0.66$, 黒ボク土で $R^2=0.56$ および $R^2=0.25$ であった。一方 CBT 値および MBT 値と年平均気温 (MAAT) との間には強い相関関係は見られなかった。しかし、CBT 値, MBT 値および MAAT との 3 つの間では相関関係が見られ、褐色森林土表層土壌から作成した気温復元式は $MBT=0.172CBT+0.019MAAT+0.267$ ($R^2=0.56$) であり、Weijers らが示した関係式とは少し異なっていた。これは、サンプリングサイトを温帯に限定したこと、もしくは土壌の種類を限定したためだと考えられる。作成した復元式を琵琶湖堆積物コアに適用したところ MBT/CBT 温度は 48 ka から 28 ka にかけて低下し、28 ka から完新世に向かって上昇傾向を示した。CBT-pH は 48 ka から 16 ka にかけて低下傾向を示し、28 ka と 16 ka で大きく低下した。

以上の結果から、特性の異なる土壌では分枝 GDGT 組成が土壌 pH および温度に対して異なる応答を示す可能性があり、その場合にはローカルなキャリブレーション式を作成することが有効である。また、作成されたキャリブレーション式は湖沼堆積物への適用が可能性だと考えられる。

The temperature difference between $\text{TEX}_{86}^{\text{H}}$ and U_{37}^{K} as potential upwelling index in the eastern equatorial Pacific

Hasrizal Bin Shaari, Masanobu Yamamoto, Tomohisa Irino (Hokkaido University)

Contact: Hasrizal Bin Shaari (hasrizals@ees.hokudai.ac.jp)

Abstract

The Eastern Equatorial Pacific (EEP) is characterized by the intense interaction of ocean-atmospheric circulations. In this study, we analyzed $\text{TEX}_{86}^{\text{H}}$ and U_{37}^{K} in ODP Site 1239 and propose the potential upwelling index in the EEP over the last four glacial cycles, and discuss changes in upwelling intensity at the EEP during the last 430 kyr.

The $\text{TEX}_{86}^{\text{H}}$ and U_{37}^{K} values at the uppermost sample were 24.8 and 25.4°C, respectively, which agree with modern mean annual SST at the study site (24.5°C; WOA09). The temperatures estimated from $\text{TEX}_{86}^{\text{H}}$ and U_{37}^{K} show glacial-interglacial cycles; lower temperature during glacials and higher temperature during interglacials, but also show some difference in their changing patterns. Between 240 and 0 ka, $\text{TEX}_{86}^{\text{H}}$ and U_{37}^{K} show similar temperatures in interglacial maxima, whereas U_{37}^{K} -derived temperature was higher than $\text{TEX}_{86}^{\text{H}}$ -derived temperature in other periods. A sediment trap study showed that alkenone producers such as *Emiliania huxleyi* and *Gephyrocapsa oceanica* reach their maximum abundance in El Niño periods in the EEP (Broerse, 2000). We thus assume that U_{37}^{K} reflects the SST in non-upwelling conditions. Meanwhile, we assume that $\text{TEX}_{86}^{\text{H}}$ reflects the SST in normal conditions, because the $\text{TEX}_{86}^{\text{H}}$ record at the study site showed a similar variation in the $\delta^{18}\text{O}$ and Mg/Ca records of planktonic foraminifera *G. ruber* at nearby site, and a sediment trap study in the southeastern Pacific showed that high fluxes of planktonic foraminifera occurred in non-El Niño periods (Marchant et al, 1998). Considering these correspondences, we propose the difference in temperatures estimated from $\text{TEX}_{86}^{\text{H}}$ and U_{37}^{K} ($\Delta T = T_{\text{TEX}_{86}^{\text{H}}} - T_{\text{U}_{37}^{\text{K}}}$) as an index of upwelling intensity in the EEP; higher ΔT reflects intense upwelling, and vice versa.

At the study site, between 240 ka and 0 ka, higher ΔT corresponded to lower alkenone concentration. ΔT has a negative correlation with alkenone concentration ($r = -0.44$). This correspondence implies that alkenone production increased, and U_{37}^{K} recorded warmer temperatures (ΔT shifted to a positive direction) when upwelling weakened. Interestingly, between 430 ka and 240 ka, higher ΔT corresponded to higher alkenone concentration, and ΔT has a positive correlation with alkenone concentration ($r = 0.47$), implying that alkenone production was enhanced, and U_{37}^{K} recorded cooler temperature when upwelling intensified. Alkenone producers were replaced from small *Gephyrocapsa* to *E. huxleyi* at ca. 200-270 ka. We suggest that this evolutionary change resulted in the switch of response of alkenone producers to upwelling intensity. Despite of this evolutionary change, the ΔT should reflect upwelling intensity because U_{37}^{K} recorded cooler temperatures when upwelling intensified, and ΔT would shift to a positive direction between 430 ka and 240 ka.

The ΔT record at the study site and sedimentary $\delta^{15}\text{N}$ records from Peru margin (Ganeshram et al., 2000; Galbraith et al., 2004) showed a similar variation during the last 150 kyr; both values were elevated at glacial terminations I and II. The $\delta^{15}\text{N}$ records at Mexican margin did not show a significant increase at terminations. This suggests that the intense upwelling at the EEP was linked with the enhanced upwelling at the Peru margin, suggesting that both phenomena responded to a common forcing, presumably originated in the Southern Hemisphere, during the terminations I and II.

O 10

Application of biomarkers to environmental reconstruction in the western Arctic Ocean

Yu-Hyeon Park, Masanobu Yamamoto (Hokkaido University), Seung-II Nam (Korean polar Institute), Leonid Polyak (Ohio State University), Kazuhisa Chikita (Hokkaido University) and Naomi Harada (JAMSTEC)
parkyh@ees.hokudai.ac.jp

GDGTs (glycerol dialkyl glycerol tetraethers) are biomarkers useful to reconstruct paleoenvironment, such as sea surface temperature (SST), mean annual air temperature (MAAT), the contribution of soil organic matter (BIT index of Branched and Isoprenoid Tetraethers) and soil pH. We analyzed GDGTs in total 56 surface sediments and 2 piston cores in the western Arctic Ocean to understand paleoenvironmental changes in the Holocene. The distribution of GDGTs in the study area shows different patterns between shelf and offshore areas. The sediments from the Chukchi shelf showed higher concentration of GDGTs and lower BIT, whereas the sediments from offshore sites showed lower GDGT concentration and higher BIT. High BIT is often attributed to higher terrestrial organic matter input, but in this case, the combination of very low branched GDGT concentration and high BIT suggests that high BIT reflects low crenarchaeol concentration, reflecting low marine production under perennial sea ice. TEX₈₆-L in surface sediments does not agree with SST in most samples. The samples were classified into two different groups in the plot of TEX₈₆-L against SST. The first group showed a positive correlation, but the second group did not. The sediments in northern Chukchi Sea and Alaskan margin sediments belong to the second group, suggesting that TEX₈₆-L is not applicable for temperature estimate in this region. Down core profile of GDGTs in HLY05-01 JPC05 core retrieved from the Alaskan margin indicated that GDGT concentration was low, and BIT was high in the early Holocene interval, suggesting that the Alaskan margin was covered by perennial sea ice in the early Holocene. This finding is not consistent with a widely accepted perspective that the northern high latitudes were warmer in the early Holocene than today, but is consistent with some local evidence of sea ice expansion in the northern Chukchi (e.g., de Vernal et al., 2005, 2008; McKay et al., 2008; Konno, 2009).

深海を沈降するアーキア起源有機分子

Archaeal lipids in sinking particles in marine water column

山本正伸(北大院地球環境)・嶋本品文・福原達雄(環境総合テクノス)

田中裕一郎(産総研)・石坂丞二(名大)

Masanobu Yamamoto (Hokkaido University), Akifumi Shimamoto, Tatsuo Fukuhara (The General Environmental Technos Co., LTD.), Yuichiro Tanaka (AIST), and Joji Ishizaka (Nagoya University)

連絡先: 山本正伸 (myama@ees.hokudai.ac.jp)

海洋堆積物中のグリセロール・ジアルキル・グリセロール・テトラエーテル (GDGT) の組成から、過去の海面温度を TEX₈₆ 古水温復元手法が提案された (Schouten et al., 200, EPSL). GDGT は海洋アーキア Thaumarchaeota の膜脂質であるが、Thaumarchaeota は海洋表層だけでなく、中深層にも生育している。また、中深層水中の懸濁粒子にも GDGT は検出される。堆積物中の GDGT が中深層の温度を反映せず、表層の水温を反映するのはなぜか明らかにすることが求められている。Wuchter et al. (2005, Paleocyanography) は、海洋表層で生産されたアーキア細胞は、捕食や植物プランクトン遺骸への付着等により大きな粒子に取り込まれ、沈降すると考えた。もし、沈降過程での GDGT の分解の割合が小さければ、中深層水でも表層水起源の GDGT が主体になるはずである。

本研究では、この仮説を検証するために、北西太平洋 WCT-2 地点(北緯 39°, 東経 147°)に係留した時間分画式セジメントトラップ装置で 21 ケ月間採取した海洋沈降粒子中の GDGT の沈降フラックスと TEX₈₆ 指標値を調べた。水深の異なる 3 つのトラップで捕集された GDGT の組成を比較することにより、GDGT の鉛直輸送速度、沈降過程におけるフラックスの減少、TEX₈₆ 指標値の変化について検討した。

GDGT 沈降フラックスは、海面クロロフィル濃度が高い時期に高い傾向があり、生物源オパール、炭酸カルシウム、有機炭素のフラックス変動とはほぼ同調した変動を示した。GDGT は、これらの生物源物質とともに沈降することが示唆される。1300 m から 4800 m の 3 つの異なる水深のトラップで捕集された GDGT の組成はほぼ同調した変動を示し、GDGT の鉛直輸送速度は 260 m d⁻¹ 以上と推定された。また、GDGT 沈降フラックスは深度の増加に伴い減少する傾向を示し、フラックスが半分になる深度(半減深度)は 3108–3349 m であった。この値は、他の有機分子にくらべて大きく、GDGT が沈降過程で保存されやすいことが示された。沈降粒子の TEX₈₆ 値は沈降時の海面温度とは一致せず、海面変動とは無関係にほぼ一定の値を示した。そのフラックス変動を加味した年平均 TEX₈₆ 値は年平均海面温度と一致した。海洋表層において GDGT が 1 年以上の期間、懸濁混合し、均質化したためであると推察される。

以上の結果から、沈降過程での GDGT の保存効率が高いため、中深層においても、表層で生産された GDGT が主体であり、中深層で生産された GDGT の寄与は小さいのだと考えられる。このため堆積物表層の GDGT は表層水で生成されたものの組成を反映しており、過去の水温復元に用いることができると考えられる。

O 12 基調講演

日本における非在来型炭化水素資源の可能性、特にシェールガス・オイルについて

The potential of unconventional hydrocarbon resources in Japan

横井 悟 (石油資源開発)

Satoru Yokoi (Japan Petroleum Exploration Co.)

satoru.yokoi@japex.co.jp

1. はじめに ～北米における非在来型油ガス探鉱の流れと国内資源の俯瞰

いわゆる非在来型ガス資源、すなわちタイトガス (basin-centered gas)、コールベッドメタン (CBM) およびシェールガスは、北米を中心に90年代以降着実に開発が進められ、近年の爆発的なシェールガス開発は“シェールガス革命”をもたらした。そして最近では、ガス開発自体のもたらした価格の急激な下落により、シェールオイル (タイトオイル) へとシェール探鉱の流れが一部シフトしている。

国内においてもその規模は別として、これらの非在来型資源が存在する可能性はある。ただし、タイトガスについては、通常の探鉱における徴候あるいは産出テストからある程度の資源量が存在すると推察されるが、北米においてはコンセプトそのものの再構築が進行中であり、国内における評価はその進展を待ちたい。CBMに関しては、石狩炭田に代表されるように炭鉱稼動時におけるガス利用の実績があり、資源量としても全体として1tcf程度が期待できるものの、地理的条件も含め経済性が最大の課題であろう。

一方、シェールガス/オイルについてもCBMと同程度の資源量が期待できるが、経済的に開発可能な深度に分布する熟成したシェール/根源岩 (女川層、寺泊層等) が限られ、むしろ相対的に低い熟成環境で成立するシェールオイルの可能性を追求すべきと考える。

	特徴	米国での埋蔵量 年生産量	Key Technology	探鉱深度	日本での可能性
CBM Coal Bed Methane	石炭に吸着したガスを水抜きして生産する	100 tcf 2 tcf/y	低コスト (炭層の特徴に応じた開発方法)	～1000m (吸着能力とフラクチャーの制約)	炭田周辺 (未探掘地域) ○
Shale gas	熟成した頁岩にフラクチャーを作り生産	200 tcf 2 tcf/y	水平井 フラクチャリング	～3000m	女川層 (秋田) △
Tight gas (Basin-centered gas)	堆積盆の中心に広がりを持って存在する。 低浸透率(0.1md) 水層の下位にガス。	200+ tcf 5.5 tcf/y	ダメージを押さえた掘削	～5000m	寺泊層 △

表1.
Unconventional
gas 資源 一覧

2. 秋田 (女川層) におけるタイトオイルの可能性

秋田県内では、八橋油田に代表されるように、古くから女川層“泥岩”の一部が油層として開発されてきたが、1980年代末に由利原-鮎川油ガス田においてグリントフ探鉱の過程で女川層“泥岩”に油ガスが発見され、珪質岩貯留岩として認識されるようになった。その後の探鉱を通じて、女川層においては、主要油ガス層である最上部層 (通称0n-1) およびドレイト以外にも、いろいろな層準において顕著な油ガス徴と共に、一部では少量ながら油ガスの産出が認められた。これらの油ガスは、地化学的に見ると、前者が熟成度の高い通常の移動集積に伴うものであるのに対し、後者は周辺の根源岩と同程度の熟成度を示す、いわゆる現地性の油ガスであり、現在の考え方ではいわゆるシェールオイルとみなせる。今後、これらの“シェールオイル”に対して、北米における標準的な開発技術、すなわち水平井+マルチステージフラク

チャリングを適用し商業生産へと結びつけると共に、さらに堆積盆中心／向斜域の熟成の進んだ領域においてより多くのシェールオイルを求めて探鉱を行っていききたい。ちなみに、女川層と類縁関係にある北米の Monterey 層についても、シェールオイルの観点からの再評価が進行中であり、資源量としては現時点では最大級の評価が与えられている¹⁾。

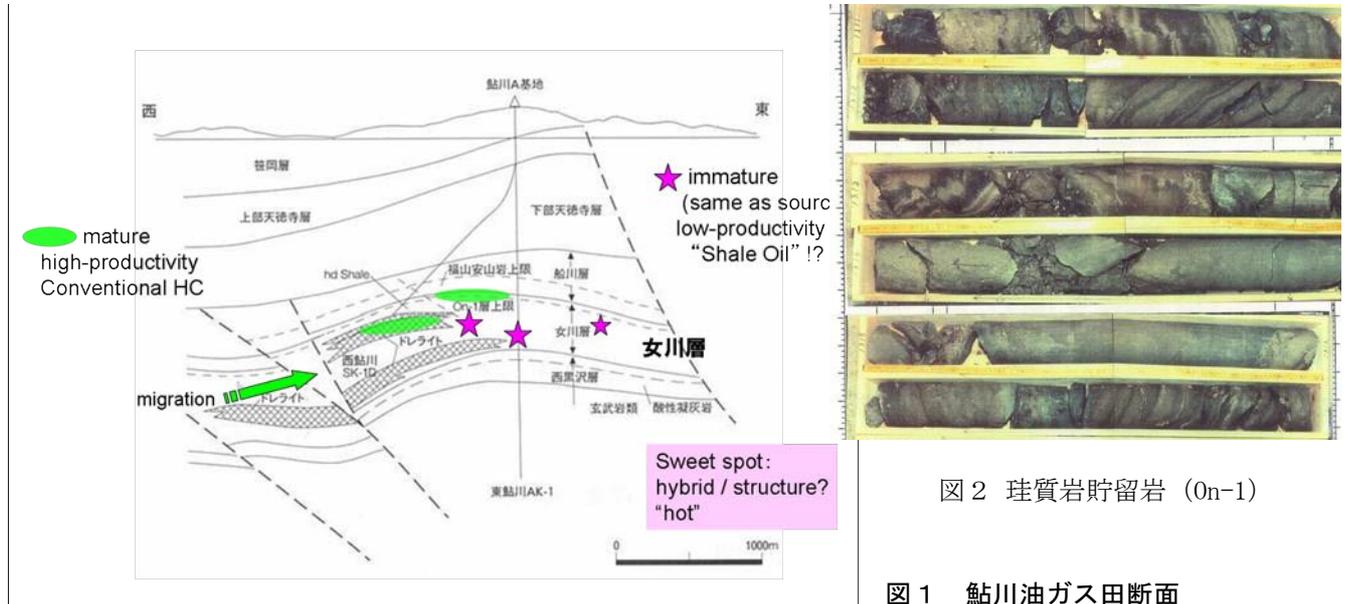


図2 珪質岩貯留岩 (0n-1)

図1 鮎川油ガス田断面

3. 道内における非在来型資源の可能性

道内においては、前述のように技術的に最も確実なのはCBMである。タイトガスに関しては未だ検討はなされていないものの、準商業規模のガス鉱床が発見されている石狩北部地域にヒントがありそうである。一方、シェールガス・オイルに関しては、秋田の女川層と同様の岩相でかつそれに匹敵する根源岩能力を有する増幌層が発達する天北地域が有望と考える。例えば、根源岩能力の高い増幌層が深く埋没する平原下においてシェールオイルの可能性がある。また、稚内層の珪質岩 (opal-CT相) は高いガス吸着能力を有しており、深部から移動してくる熱分解起源ガスあるいは周辺での生物起源のガスが吸着することによる、“日本型”のシェールガスが成立する可能性もある。

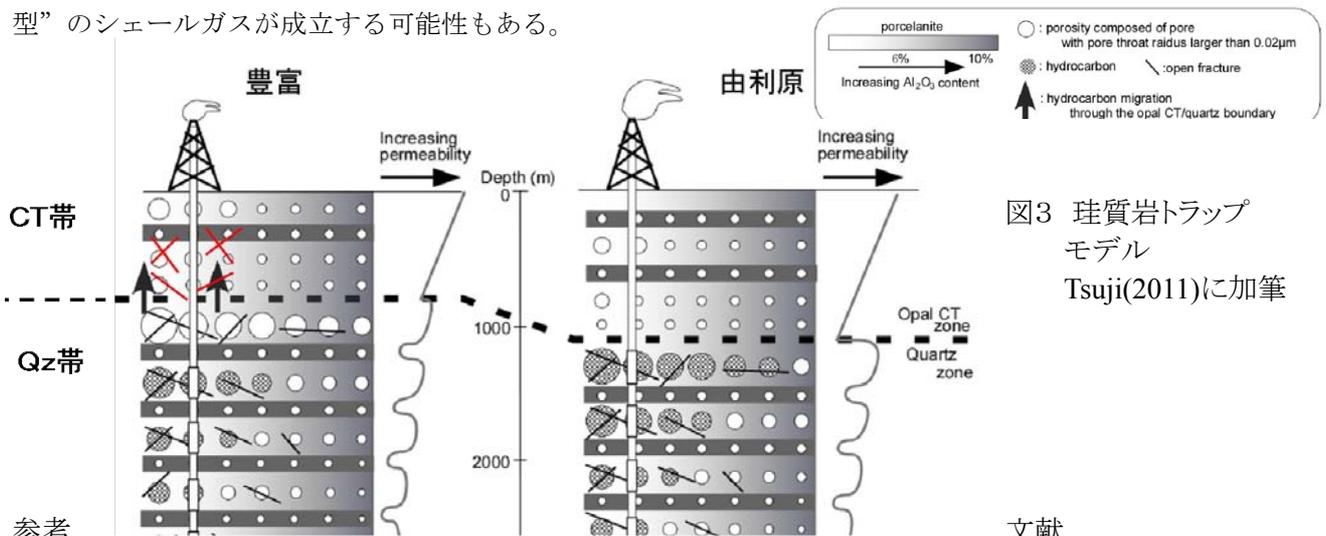


図3 珪質岩トラップモデル
Tsuji(2011)に加筆

文献

- 1) U.S. Energy Information Administration (2011) Review of Emerging Resources: U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays
- 2) Tsuji, T. et al (2011) New hydrocarbon trap models for the diagenetic transformation of opal-CT to quartz in Neogene siliceous rocks, *AAPG Bulletin*, vol.95, no.3, p.449-447

前弧堆積盆から横ずれ堆積盆へ：北海道道央～道北（空知-蝦夷帯・石狩-天塩帯） の始新世～中新世堆積盆群の形成メカニズム試論

From forearc basins to strike-slip basins: formation mechanisms of the Eocene to Miocene sedimentary basins along the Sorachi-Yezo / Ishikari-Teshio Belt, Hokkaido

高野 修（石油資源開発技術研究所）・伊藤康人（大阪府立大学）・楠本成寿（富山大学）
Osamu Takano (JAPEX Research Center), Yasuto Itoh (Osaka Prefecture Univ.) and
Shigekazu Kusumoto (Univ. Toyama)
Corresponding author: O. Takano (E-mail: osamu.takano@japex.co.jp)

1. 問題提起と検討概要

北海道道北～道央部～三陸沖では、白亜紀中後期にわたり、南北に連なる島弧海溝系が存在し、前弧ゾーン(空知-蝦夷帯)には、厚い蝦夷累層群（三陸沖では久慈層群相当）を堆積した前弧堆積盆(蝦夷前弧堆積盆: Ando, 2003)が発達していた。これに対して、暁新世以降、日高衝上テクトニクスが顕著になる中新世中期までの期間は、空知-蝦夷帯(石狩-天塩帯)の堆積盆の時空分布が散点的となっており、漸新世の横ずれ堆積盆(栗田・横井, 2000), その後の中新世前縁堆積盆(保柳ほか, 1986; 川上・川村, 2003)などの個別堆積盆研究があるのみで、詳細な堆積盆形成メカニズムと後背テクトニクス時系列履歴は解明されていない。そこで演者らは、始新世～中期中新世のa)堆積盆時空分布(時期・位置), b)堆積盆形状・厚さ, c)堆積盆充填堆積相, d)断層の位置と配列について検討し, e) ディスロケーションモデルによる堆積盆形成モデリングを実施することで未解明課題の考察を行った。

2. 始新世石狩期（横ずれ性前弧）

道央では三陸沖～下北沖より遅れて、中期中新世から夾炭河川～内湾システムを主体とする石狩層群の堆積盆が始まる。この堆積盆は、三陸沖の白亜系・暁新統・始新統同様、沖合リッジが隆起した埋積陸棚～ベンチ型前弧堆積盆であり、インレットを通じて外洋と繋がっていたと考えられる。三陸沖、勇払沖、夕張、空知などの垂堆積盆へのセグメント化が見られるとともに(Takano and Waseda, 2003), 道央北部で北方に向けて堆積盆が収斂消滅する。モデリングの結果、樺戸山地から三陸沖に連続する断層系とサハリン中央断層系南延長のステップオーバー部に発達した雁行断層群を想定して右横ずれ運動を施すと、道央部の堆積盆セグメント化と収斂が説明できることが明らかになった。

3. 始新世幌内期～漸新世前期（横ずれ性前弧～横ずれ帯）

道央以南の石狩層群の上位の幌内層の堆積盆も同様にリッジ型前弧堆積盆と捉えられるが、やや深めとなり、堆積盆央は泥質海成堆積物で占められる。道央～道北にかけては、石狩層群の堆積盆から北に向けて、雨竜堆積盆、三毛別下部堆積盆、曲淵堆積盆の順に、狭長小堆積盆が時間差で形成されていく。これらはいずれも、位置的に道央～道北に発達する雁行断層群(鬼鹿・三毛別・築別・天北・大曲・幌延等)に関連しており、モデリングの結果からしても、これら雁行断層群の右横ずれ運動によって堆積盆が形成されたことが示唆される。この期の道北小堆積盆群は、空知蝦夷帯沿いの大規模右横ずれ運動に伴う雁行断層群の南から北へプロパゲーションによって形成された可能性がある。

4. 漸新世後期南長沼期（横ずれ帯）

道央では、三陸沖に連続するT2断層と雁行断層のステップオーバー部に、右横ずれに伴う南長沼層プリアパート堆積盆が形成された。道北でも、築別、天北、大曲、幌延断層の運動で横ずれ小堆積盆群(三毛別層上部、曲淵層)が形成されたことが、モデリングの結果から示唆される。三陸沖でもこの期に大規模な浸食不整合面が形成されており、三陸～道北の全体が横ずれ帯であったことが伺える。

5. 中新世川端期（横ずれ性前縁盆地）

この期には日高衝上によるタービダイト前縁盆地群が発達するが、川端層堆積盆、古丹別層堆積盆、増幌堆積盆は雁行配列していることから、堆積盆の形成に右横ずれ運動が関与している可能性がある。モデリングの結果、日高南断層と日高北断層(サハリン中央断層)の逆断層運動のみ、もしくはこれらと雁行断層群の逆断層運動のみでは堆積盆配列をうまく説明できないこと、これに対して、日高南北断層の逆断層運動と雁行断層群の横ずれ運動を組み合わせると、堆積盆配列をうまく説明できることが示唆された。

文献

Ando, H., 2003: *Journal of Asian Earth Sciences*, **21**, 919-933.

保柳康一ほか, 1986: 地団研専報, no.30, 265-284.

川上源太郎・川村信人, 2003: 地球科学, **57**, 333-342.

栗田裕司・横井 悟, 2000: 石油技協誌, **65**, 58-70.

Takano, O. and Waseda, A., 2003: *Sedimentary Geology*, **160**, 131-158.

女川層・寺泊層石油根源岩の形成要因はテクトニクスか？

Were hydrocarbon source rocks in the Onnagawa and Teradomari Formations caused by tectonics?

中嶋 健（産業技術総合研究所）

Takeshi Nakajima (Geological Survey of Japan, AIST)

連絡先(E-mail:takeshi.nakajima@aist.go.jp)

1. はじめに

日本海沿岸の中期中新世末から後期中新世に、秋田の女川層、新潟の寺泊層に代表される有機炭素に富んだ珪質頁岩が広域に堆積し、石油・天然ガスを生み出すもととなる根源岩となっていることが古くから知られている。それ故女川層や寺泊層等分布域では古くから石油・天然ガスの探鉱・生産が行われてきたが、近年の生産の減退とともに堆積学的な研究対象としても感心が薄れていた感がある。ところが、最近、非在来型炭化水素鉱床の一つであるシェールオイル・シェールガスの対象として女川層等は再び注目を浴び始めている。一方、そもそもなぜその時代の日本海側だけに根源岩が成立したのかという鉱床成因論については、実は未だに総括的なモデルが確立されていないのが現状である。

2. 中期中新世末に生じた日本海の古海洋環境変化

女川層や寺泊層の堆積開始に前後して日本海の古海洋環境が大きく変化したことが知られている。12.3 Ma 頃には、有孔虫群集が寒冷・還元的海底環境を示唆する群集に変化し（米谷・井上, 1981; Nomura, 1992）、石油業界では通常この境界（Planctonic Foram Sharp Surface）を持って西黒沢層／女川層及び七谷層／寺泊層の境界を規定している。直後の 12 Ma 頃には浮遊性石灰質微化石が一旦消滅した（佐藤ほか, 1991）。このような日本海の古海洋環境の変化は、日本海の中央部においても同時に生じていたことが判明してきており、後期中新世には日本海全体が浅い海峡により太平洋から孤立し、還元的底層水が形成されたと解釈されている（花方ほか, 2001）。これは女川・寺泊期の日本海が第四紀の日本海と同様の半閉鎖的領域であったことを示唆する。実際、第四紀の日本海と女川期の日本海の堆積物には多くの共通点がある。両者ともに、有機物に富んだ黒色泥岩と有機物に乏しい明色泥岩（ポーセラナイト）が互層して明暗互層をなし、その周期的な変動はミランコビッチ周期や数千年単位の D-0 サイクルに規制されて形成されたことが議論されている（Tada, 1991; Tada et al., 1999）。これは、狭く浅い海峡のみで太平洋とつながる半閉鎖的日本海においては、気候変動に同期した海水準変動により海底環境と基礎生物生産が周期的に変化したためである。（Tada et al., 1999）。

3. 中期中新世末の東北日本の圧縮テクトニクスと半閉鎖的日本海の成立

一方、女川期に先立つ西黒沢期は、暖流系の化石群集に富み、日本海がより開放的沿海であったと考えられていることから、女川期との境界付近で、日本海全体を半閉鎖的に変える何らかのイベントがあったことを示唆する。しかしながら、中期中新世末に生じたこのような大きな日本海の古海洋環境変化は、テクトニクスと関連づけては論じられてこなかった（例えば Iijima and Tada, 1990）。これは、このことを説明す

るテクトニクスモデルがこれまでなかったからである。すなわち女川層・寺泊層の堆積した中期中新世末から後期中新世は、東北日本では日本海側の熱的沈降のみが進行したテクトニクスには静かな時代であると長らく考えられてきたからである（佐藤，1992）。

しかし、最近の奥羽山脈の隆起史の研究から、奥羽山脈は12 Ma 頃から一時的にテクトニックインバージョンを伴って隆起したことがわかってきた（中嶋ほか，2000；Nakajima et al., 2006）。この隆起に伴い、奥羽山脈中軸部の湯田盆地では、12 - 9 Ma にかけてオンラップ不整合やハイエイタスを含む部分不整合が形成された（中嶋，2012）。東北日本弧の全域で見ると、10 Ma 付近を中心にした傾斜不整合が、常磐沖堆積盆から仙台平野を経て、横手・会津などの内陸盆地に至るまで分布しており、広域不整合であることが判明し、外弧で背斜の成長を伴うことから圧縮テクトニクスにより形成されたと解釈された（Nakajima et al., 2006）。新潟堆積盆地においても、寺泊層基底にオンラップ不整合が認められ、12 Ma 付近の一時的な隆起により堆積盆はむしろ七谷期よりも縮小した（佐藤ほか，1995）。秋田堆積盆地においては、これに先立つ13.5 Ma 頃から由利丘陵と男鹿半島が急速に沈降し（佐藤ほか，1991；鹿野ほか，2011），陸源物質の流入の少ない根源岩形成に適した深海盆が成立した。一方、北海道の日高山脈以西においても12 Ma 付近の隆起と不整合は広域に分布している（日本地質学会編，2010）。

このように東北日本・北海道西部の中期中新世末に生じた一連の圧縮テクトニクスの結果、東北日本弧に現在みられる南北方向の山地と盆地が繰り返す島弧地形の骨格が既に形成されたと考えられる。当時は、北上山地から下北半島を経て渡島半島南東端に続く隆起帯と、奥羽脊梁に相当する南北の隆起帯があり、その間の北上低地帯から渡島半島中央部に続く南北のトラフと、出羽丘陵から秋田沿岸にかけての沈降帯が存在し、硬質泥岩が堆積した。当時の日本海と太平洋の境界は、北上山地から下北半島を経て日高山脈に続く隆起帯にあったと推定され、川端層が堆積していた石狩平野付近では何らかの海峡により両者が通じていた可能性が高い。

4. 女川層・寺泊層根源岩テクトニック成因仮説

本研究により、女川層・寺泊層根源岩はテクトニクスが成因であったとの仮説が提案できる。すなわち12 Ma 頃から生じた東北日本・北海道西部の圧縮テクトニクスの結果、奥羽山脈をはじめとする現在の島弧の骨格が成立し、日本海は西黒沢期の開放的沿海から現在の日本海に近い半閉鎖的沿海へと変化し、有機物が保存されやすく石油根源岩形成に適した貧酸素底層環境へと転換した。さらに南北性の構造形成により、出羽丘陵・男鹿半島の沈降により秋田沿岸に碎屑物供給に乏しく、有機物が希釈されにくい根源岩形成に最適な深海盆を形成した。この「奥羽・女川変動」により、当時の日本海全域に石油根源岩形成に適した環境が成立した可能性が高い。

文献

花方ほか(2001)地質雑 107, 101-116. ; Iijima and Tada (1990) J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec II, 22, 121-171 ; 鹿野ほか (2011) 5 万分の 1 地質図幅「戸賀及び船川地域の地質（第二版）」産総研 ; 米谷・井上 (1981) 化石 30, 73-78. ; 中嶋ほか(2000)地質雑, 106, 93-111 ; Nakajima et al. (2006) PPP 241, 28-48. ; 中嶋 (2012) 地球科学 66, 69-84. ; 日本地質学会編 (2010) 日本地方地質誌「北海道地方」朝倉書店 ; Nomura (1992) Proc. ODP Sci. Results. 127/128, 493-540 ; 佐藤ほか(1991), 石技誌 56, 263-279. ; 佐藤 (1992) 地調月報, 43, 119-139 ; 佐藤ほか (1995) 石技誌 60, 76-86. ; Tada (1991) JSP 61 1123-1145. ; Tada et al. (1999) Paleoceanography 14 236-247.

O 15

中期白亜紀海洋無酸素事変(OAE)1b 層準の堆積岩におけるケロジェン分析 : 陸源有機物輸送の評価

Transport of terrigenous organic matter evaluated by kerogen analysis of sedimentary rocks deposited during the mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event (OAE) 1b

安藤 卓人, 沢田 健, 岡野 和貴, 小刀禰 宅朗, 横山 龍 (北大・理),
西 弘嗣, 高嶋 礼詩 (東北大・博物館)

Takuto Ando, Ken Sawada, Kazuki Okano, Takuro Kotone, Ryu Yokoyama (Facul. Sci, Hokkaido Univ.)
Hiroshi Nishi, Reishi Takashima (Tohoku Univ. Muse., Tohoku Univ.)
連絡先: 安藤 卓人 (tact@mail.sci.hokudai.ac.jp)

中期白亜紀は中生代でも特に温暖な時代で、葉理が明瞭で有機物に富む黒色頁岩の堆積によって特徴づけられる「海洋無酸素事変 (OAE)」が頻繁に起きたと考えられている。OAE1b 時の特にテチス海域においては、大気循環が活発化し、陸域からの輸送とそれに伴った栄養塩の輸送、海洋表層の高生産が起こったと考えられている。本研究では、OAE1b 層準堆積時における古生物相と陸源有機物の輸送を復元するために、ケロジェン分析を行った。試料として、南東フランスにおいて露頭より採取した黒色頁岩の堆積で特徴づけられる OAE1b の 4 層準 (Jacob, Kilian, Paquier, Leenhardt 層準) の黒色頁岩および泥灰岩 (マール) を用いた。粉末状にした試料から抽出性成分を取り出し、その残渣試料を HCl, HF 処理して得られたケロジェンを蛍光顕微鏡にて観察した。ケロジェンのパリノファシスは Sawada et al (2012) を参考に決定した。

全試料において不定形有機物 (Amorphous organic matter; AOM) が観察され、ほとんどの試料で全体の 8 割近くを占めていた。蛍光特性から NFA (Non fluorescent AOM), WFA (Weakly fluorescent AOM), FA (Fluorescent amorphous AOM) の 3 種類に分類した。ほとんどの試料は陸起源の NFA が多くの割合を占めるのに対し、Jacob, Leenhardt の一部試料においては海生起源の WFA が多く観察された。また、花粉や孢子 (Sporomorph) や植物表皮・クチクラ (Cuticule), 木質部 (Wood), 樹脂が起源である Resin, コルク質由来の Suberin など陸上植物に由来するパリノモルフが観察された。一方で、海生パリノモルフは、渦鞭毛藻の休眠期孢子 (Dinocyst) やアクリタークなどが主体であった。これらのパリノモルフをさらに形態・蛍光特性によって細分化し組成を見積もると、それぞれの層準もしくは層準内でも組成が異なっていることがわかった。まず、Brown タイプ, Middle タイプ, 三条型孢子 Trilete タイプ, Monolate タイプは全層準で観察され、マツ科の花粉に似た Saccate タイプは Paquier 層準で特に顕著に観察された。これらの結果は、OAE1b 時に内陸生植物の花粉・孢子が運搬されたことが示唆される。Small タイプは Jacob, Leenhardt 層準の試料にのみ含まれ、Paquier と Kilian の試料においては全く観察されなかった。この Small タイプは OAE1a (Goguel) 層準からも観察されている。加えて、Large タイプは Leenhardt 以外の 3 層準にのみ含まれた。Leenhardt 層準試料では特に突起物の短い渦鞭毛藻シストが多量に含まれるため、海洋表層の高生産が示唆される。したがって、Leenhardt 層準における Large タイプの欠如も高生産に関連した環境変動に連動している可能性がある。

O 16

Variability in provenance of suspended quartz of the Yangtze River during these 5 kyrs reconstructed from the Delta core

WANG Ke (Hokkaido U.), SAITO Keita (U. Tokyo), TADA Ryuji (U. Tokyo),
ZHENG Hongbo (Nanjing Normal U.), and IRINO Tomohisa (Hokkaido U.)
連絡先: 王 可(wangke5300@ees.hokudai.ac.jp)

The Yangtze River transports a large amount of water and sediments into marginal sea influenced by East Asian Monsoon every year. Tracing the provenance of the Yangtze River-derived sediments could confirm the location and intensity of precipitation and reconstruct the flood history. Core YD0901 (31°11'01.768" N, 122°30'00.655"E, water depth of 21 m, length of 65.23 m) was recovered from the modern subaqueous delta at the mouth of the Yangtze River.

Based on grain size analysis, magnetic susceptibility, and AMS¹⁴C, 5 kyr flood history was reconstructed for the Yangtze River drainage system. Electron spin resonance (ESR), crystallinity, and content of quartz grain in the sediment were also determined for provenance study. ESR is an analytical technique to estimate the amount of oxygen vacancy in quartz formed by natural radiation, whose amount shows positive correlation with the age of the host rock (Toyoda, 1992). The crystallinity index (CI) of quartz has information on the physical condition of its formation (Murata and Norman, 1976). The quartz content (QC) could reflect the difference in source rock-type. These parameters give us information on the age and the rock type of its host rock characteristics. We selected 8 flood layer samples characterized by high Zr/Rb ratio and 8 samples with background level Zr/Rb. We extracted the two size fractions (<16 μm, 16-63 μm) for these selected samples, and both size fractions were used for analyses of ESR signal intensity and crystallinity index of detrital quartz though three background samples did not contain enough amount of coarser (16-63 μm) fraction. Finer fraction is supposed to represent suspended particles and coarser fraction represents suspension or saltation particles during flood events. ESR signal and CI of quartz for both size fractions enable us to reconstruct the temporal variability in provenance changes of background (<16 μm) and flood (16-63 μm) sediments from the Yangtze River during the last 5 kyrs.

Our preliminary result revealed that variabilities in ESR, CI, and QC can be explained by the mixture of virtual 3 end-members; EM1 (high ESR/high CI/low QC), EM2 (medium ESR/high CI/low QC), and EM3 (low ESR/low CI/high QC). Coarse fractions are characterized by the mixture of EM2 and EM3 regardless of flooding or background sedimentation. ESR and CI of coarser fractions are relatively invariable temporarily, which suggests that EM2 and EM3 are commonly supplied in the Yangtze drainage through the main stream. EM1 is necessary to explain the compositional variability of fine fractions. ESR of fine fractions is larger than that of coarse fraction and the value changed drastically in the upper 5 m (1.5 kyrs) as well as CI. High ESR of EM1 suggests an old provenance such as the Yangtze Platform rocks distributed at the south of the Yangtze drainage. That means the provenance of detrital quartz in Yangtze River Delta maybe be changed especially intensifying anthropogenic activity during the last 1.5 kyr around the Dongting Lake region. Our attribution of end-members agree with the observation that ESR signal intensity values of Yangtze River are 3 to 6 in the lower Yangtze whereas the values become high (4.8 to 13.6) in the downstream of Dongting Lake (Saito, et al 2012).

北海道河川の懸濁粒子・堆積物のバイオマーカー分析による陸上植物由来有機物の輸送・堆積過程の検討

Transport and sedimentation of terrestrial plant-derived organic matter evaluated by biomarker analyses of suspended particles and sediments in several rivers of Hokkaido

沢田健・澤井健之（北大院・理）・関宰（北大・低温研）
Ken Sawada, Takeyuki Sawai (Faculty Sci., Hokkaido Univ.),
Osamu Seki (Instit. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.)
連絡先：沢田健(sawadak@mail.sci.hokudai.ac.jp)

海洋・湖底堆積物は陸域環境記録，特に長時間スケール(数十万年以上)の陸域変動記録を連続的に保持する有力な地質学試料となり得る。ただし，後背地の環境情報を記録した陸源物質は，陸上から海洋・湖沼へ輸送され，異地性の物質として海底・湖底に堆積する。その輸送・堆積過程において，陸上の物質は形態的・化学的に変質し，後背地の環境記録も変化する可能性がある。したがって，陸域の古環境復元のためには，それらの過程における環境記録の変質を検討することが重要である。私たちは植物テルペノイド(Plant terpenoid：PT)のような陸上植物バイオマーカーに注目し，1)北海道北部，雨龍研究林-泥川-朱鞠内湖系の森林土壌，湿原の泥炭，河川・湖底堆積物，2)北海道の6つの河川(別寒辺牛川・石狩川・釧路川・沙流川・天塩川・十勝川)の水中から懸濁粒子を採取し，それら試料の解析・検討を行ってきた。それらの試料には多種多様のPTが多量に含まれていて，かつPTが記録した植生情報は，森林や湿原などの周辺の植生に大まかにはよく一致し，河床・湖底堆積物のPT記録も後背地植生の情報をよく保持していることが確認できた。一方，PTは河川による運搬中にその輸送様式に依存して，また堆積時にはその場の堆積環境条件による影響を受けて，続成変化するともわかってきた。それらの続成変化を詳細に調査すると，後背地の植生記録の保持・伝播だけでなく，陸上植物由来有機物の輸送・堆積様式の情報も得られる可能性があり，堆積学的評価や古環境解析において重要な指標になりえると期待できる。そこで，北海道の河川中の懸濁粒子と堆積物試料のPT分析から，輸送・堆積時の続成変化の体系的な調査を行った結果を報告する。

分析試料は上述の朱鞠内湖・泥川の堆積物と6つの河川において春・夏に採取した水中の懸濁粒子である。河川水の懸濁粒子試料から検出されたPTのうち，生体をもつ化合物(アビエチン酸，オレアノール酸など)と続成作用によって生成される化合物(フリーデリンなど)の比をDiagenetic Index(DI)として設定した。また， n -アルカンの奇数炭素優位性(CPI)なども続成作用の指標として各試料で比較した。DIは朱鞠内湖・泥川の堆積物試料ではとても高い値を示すことを確認した。北海道の河川の懸濁粒子のCPIは，全般的に春の時期に低い値，すなわち続成の進んでいる結果が得られる。その傾向は沙流川と十勝川の春採取試料のDIデータに明瞭に表れていた。これは春の時期の大量の雪解け水により，より続成作用を受けた植物由来有機物を含む土壌が輸送されることを示していると思われる。しかし，石狩川と天塩川では春採取試料において高い値を示さず，夏試料において高濃度の値を示した。石狩川試料のDI値は堆積物と同程度ほどに高い値であり，土壌等の輸送のほかにも人為的な影響があることも考慮する必要があるかもしれない。また，別寒辺牛川や釧路川のような湿原を流れる河川試料では，春・夏ともに低いDI値，つまり続成の進んでいない比較的新鮮な有機物が主体であることを示す。これらの結果は，DI値によって河川の有機物輸送の時期や様式が多様であることを示すものである。さらに，これらDI値とその他のPTによる植生指標と比較することにより，河川ごとに植物由来有機物の輸送・堆積の特徴を評価した。詳細は本講演にて説明する。

O 18

夕張地域下部白亜系、海洋無酸素事変相当層準の堆積岩のバイオマーカー分析

Biomarker analysis of the Lower Cretaceous sedimentary sequences including the Oceanic Anoxic Event (OAE) equivalent horizon, Yubari, Hokkaido

中村 英人（北大院・理）・沢田 健（北大院・理）・高嶋 礼詩（東北大・博物館）

Hideto Nakamura, Ken Sawada (Facul. Sci., Hokkaido Univ.),

Reishi Takashima (Tohoku Univ. Museum, Tohoku Univ.)

連絡先：中村 英人(hideton@mail.sci.hokudai.ac.jp)

白亜紀には、有機炭素に富み葉理が発達する堆積物が広範囲に堆積する海洋無酸素事変(OAE)が繰り返し起こったことが知られている。OAE 層準の堆積物における有機地球科学的研究として、バイオマーカーによる酸化還元環境の復元をはじめ、特殊な環境に生育する体化石に残りにくい生物の生産量・存在量を定量的に評価するなどの成果を上げている。これらの研究はおもに白亜紀におけるテチス海の分布域にあたるヨーロッパや北米大陸で行われてきたが、太平洋域、特に日本などアジア地域での研究はほとんど行われていない。近年、白亜紀の前弧海盆堆積物である北海道・蝦夷層群において、大型化石や微化石、炭素同位体比変動にもとづく層序学的研究が進められ、テチス海を含む他地域の代表的な OAE 研究のセクションとの対比が進められている。Ando et al. (2002; 2003) では芦別地域において OAE1a 層準 (Seli および Goguel level) と対比される同位体変動プロファイルを報告している。OAE1 は前期 Aptian から後期 Albian にわたり少なくとも 4 回(OAE1a~1d) の OAE が知られているが、OAE2 と比べると各イベントの発生メカニズムや広域的な拡がり、特に北太平洋地域における OAE1 相当層準の古環境復元の研究はほとんど報告されていない。そこで本研究では、OAE1a イベント時を含む白亜紀前期の堆積環境復元を目的としてバイオマーカー分析を行った。

北海道中央部、芦別地域・惣芦別川ルートより尻岸馬内川層・惣芦別川層・シューパロ川層の、大夕張地域天狗ノ沢ルートよりシューパロ川層・日陰ノ沢層の泥岩試料を川床露頭より採取し、試料に用いた。分析方法は、粉碎試料を有機溶媒抽出し、シリカゲルカラムにより分画した無極性成分を GC-MS により分析した。有機物含有量が極めて低い試料においては、SIM 測定により化合物の定量を行った。

バイオマーカー熟成度指標より、本研究で分析した堆積物中の有機物の熟成度は後期続成段階からカタジェネシス段階にあたり、惣芦別川セクションの試料は天狗ノ沢ルートのものと比較して顕著に熟成が進行していることが明らかになった。酸化還元指標として用いられるプリスタン/フィタン比(Pr/Ph)は尻岸馬内川層および惣芦別川層ではおおむね 1 以下(0.17~1.04)の低い値をとり還元的な堆積環境を示したが、シューパロ川層および日陰ノ沢層においては酸化的な堆積環境を示し、多くの試料が 3 以上の高い値を示す。ステラン組成からも陸上植物に由来する C₂₉ ステランの割合がシューパロ川層より上位で顕著に増大し、陸源有機物の寄与が卓越することが示された。さらに、Pr/Ph と異なる酸化還元指標であるホモホパン指標が尻岸馬内川層および惣芦別川層の OAE1a に対比される層準において高く、最大で 11.1%に達する。異なるバイオマーカー酸化還元指標が還元的な堆積環境を示すことから、蝦夷層群の OAE1a 相当層準において、深海の堆積場に貧酸素-無酸素水塊が拡大していた可能性があると考えられる。本講演は、蝦夷層群における、はじめての OAE と関連する海洋環境の証拠の発見として報告したい。

ネパール・カトマンズ盆地の更新統に見られるデルタフロント上で堆積した 津波堆積物

Tsunami deposits on delta front in the Pleistocene of Kathmandu Valley, Nepal

酒井哲弥(島根大・総合理工)・田端英雄(応用里山研究所)

Gajurel, A.P.・Upreti, B.N. (トリブバン大)

Sakai, T. (Shimane Univ.), Gajurel, A.P. (Tribhuvan Univ.) and

Tabata, H. (Applied Satoyama Lab.)

Sakai, T. (E-mail sake@riko.shimane-u.ac.jp)

ここでは、デルタフロント堆積物中に見つかった、津波堆積物と考えられる堆積物の特徴を報告する。対象は、ネパール・カトマンズ盆地に分布するおよそ5万～3万4千年前に堆積したゴカルナ層と呼ばれる地層である。カトマンズ盆地の北部～東部に広がるゴカルナ層には典型的なギルバート型三角州の堆積物が認められ、多くの地点、層準で津波からのものと思われる堆積物が見つかった。

この地層に見られるギルバート型三角州のデルタフロント堆積物は、大型の斜交層理の発達した砂礫層(厚さ1～20 m)からなる。その中には次の2つのタイプの層が含まれる：(1) 中粒砂～細礫からなり、平行葉理(大型斜交層理内の層理面に平行な葉理)の発達する層や塊状な層。これはトラクション、粒子流などの小規模な重力流により運搬されたと解釈される。(2) 細粒～極細粒砂を主体とし、雲母片を多く含み、クライミングリップル斜交葉理、ウェーブリップル葉理、平行葉理を主体とした層。これはサスペンションからの堆積とその堆積物の再移動によって形成されたと解釈される。これまでの調査から、前者は乾期の堆積物、後者は雨期の堆積物と推定された。

津波由来と考えられる堆積物は、次の2つの部分から構成される：(a) デルタフロントの斜面上方に傾く斜交層理や平行葉理の発達したベッドセット、及び、(b) (a)で述べた堆積物の間に挟まれ、デルタフロント斜面の上方からの流れを示す斜交層理の発達した層である。(b)の部分の堆積物の粒径は(1)と似ており、淘汰も悪い。荷重痕などの変形構造を伴う。1回の津波イベントからと思われる堆積物の厚さは最大で5mに及ぶ。上で述べた(a)と(b)の繰り返しは、沖から陸へ向かう流れと陸から沖への流れが繰り返されたことを示す。カトマンズ盆地のギルバート型デルタフロント堆積物にはこれまで、ウェーブリップル葉理以外の波浪堆積構造は見つかっていない。推定される堆積当時の湖の大きさも、最大幅が10km程度と小さく、デューンやハンモックベッドをつくるような大きな波の発生は考えにくい。こうした堆積物は津波由来のものとするのが最も現実的である。盆地南部の地層にはデルタプレーン堆積物をも巻き込んだ、比較的規模の大きな湖底地滑り堆積物が頻繁に挟まれる。それが津波堆積物としてすでに認定された堆積物と互層をなす。おそらく、今回記載した堆積物は、盆地南部で頻繁に発生した、規模の大きい湖底地滑りに伴う津波から堆積したものと推定される。

さらに、こうした堆積物中にたいへん特異な構造が新たにみつかった。(a)の堆積物中に、堆積時に形成された小さな正断層のセットが認められた。その断層面は斜面の傾斜と反対方向に傾き、上盤側の堆積物が斜面上方へ変位した様子が見られた。また、層理面に平行なごく小さな断層に沿って、上盤側の堆積物が斜面上方にわずかに変位した様子も見られた。こうした断層は上位層への連続が悪いため、それを含む層が堆積したすぐ後にできたと判断される。すなわち、これらの断層は、堆積物が堆積した直後に強い剪断応力を受けて、斜面上方に引きずられたことを示す。

陸上では、津波からの強い剪断に伴う構造が津波堆積物に見つかることが報告されている。今回見つかった、斜面上方への引きずりに伴う小さな断層も津波によるものと判断できよう。こうした構造も津波堆積物を識別する上での1つの指標となり得るかもしれない。

三陸沖日本海溝の堆積物の岩相と層序：

「みらい」MR12-E01 及び「ゾンネ」S0219A 航海速報

Lithology and stratigraphy of the off Sanriku Japan Trench cores:

Preliminary Results on the Mirai MR12-E01 and Sonne SO219A cruises

池原 研 (産総研・地質情報)・金松敏也 (海洋研究開発機構)・Strasser, M. (ETH Zurich)・
 Fink, H.・Wefer, G. (MARUM, Univ. Bremen)・佐藤智之・宇佐見和子 (産総研・地質情報)・
 新井和乃 (千葉大)・長橋良隆 (福島大)・MR12-E01 及び S0219A 乗船研究者
 Ken Ikehara (Geological Survey of Japan, AIST), Toshiya Kanamatsu (IFREE, JAMSTEC),
 Strasser, M. (ETH Zurich), Fink, H., Wefer, G. (MARUM, Univ. Bremen), Tomoyuki Sato,
 Kazuko Usami (Geological Survey of Japan, AIST), Kazuno Arai (Chiba Univ.),
 Yoshitaka Nagahashi (Fukushima Univ.), Ship-board scientific parties of MR12-E01 and SO219A cruises
 Ken Ikehara (E-mail k-ikehara@aist.go.jp)

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震では震源域近傍の日本海溝で地震前後の海底地形変化が検出され (Fujiwara et al., 2011), 地震時の海底斜面崩壊 (海底地すべり) が津波を大きくさせた可能性も指摘されている (Kawamura et al., 2012). しかし, 実際に日本海溝底でどのような現象が起き, これによってどのような堆積物/堆積層が形成されたかはまだ十分にわかっていない. Fujiwara et al. (2011)による地震前後の海底地形変化も, 海底地すべりが原因なのか, 地震断層による変位が原因なのか, あるいはその両方なのか, わかっておらず, 大きな津波の発生メカニズムの理解にはまだ海底の情報が足りない. また, 日本海溝の海溝底は沈み込む太平洋プレートの表面形状に対応したいくつかの海盆を形成しており, これらの海盆には地震時に斜面域で発生した斜面崩壊や海底地すべりの痕跡が重力流堆積物として残されている可能性が示唆される. このことは日本海溝底の堆積物が 2011 年の地震のみならず, 過去の地震発生を記録している可能性を示す. 震源域近傍の日本海溝底において 2011 年の地震により起こったことと過去の地震記録の把握のため, 海洋研究開発機構の「みらい」による MR12-E01 航海と「ゾンネ」による S0219A 航海が実施された. 前者では海溝底の 5 地点と海溝海側斜面の 1 地点の計 6 地点で 5m あるいは 10m 長のピストンコアラーによる採泥が, 後者では海溝底から前弧海盆の 16 地点で 6m~12m 長のグラビティコアラーによる採泥がなされた. ここでは, 日本海溝底の「みらい」による 5 地点と「ゾンネ」による 3 地点の結果について主に紹介する.

2. 海溝底堆積物の岩相と層序

二つの航海で日本海溝底から採取された 8 本のコア試料はほぼ同じ岩相層序を示す. 堆積物は珪藻質泥~珪藻軟泥であり, 暗色部と明色部が互層する. 明色部も様々な程度の黒色のパッチやバンドが存在し, 全体に低い酸素濃度にあったと推定される. しかし, 暗色部でも直径数 cm 程度の生痕が観察されるので, 海底表面~直下は酸素が十分にある環境であったと考えられる. 暗色部や黒色のパッチ・バンドは堆積後の有機物の分解による酸素消費に関連して形成された可能性が高い. 暗色/明色の互層の存在は, 有機物堆積量と分解量あるいは底層水酸素濃度の周期的な変化の可能性を示唆するが, その変動原因や変動の時間スケール

ルについては今後の検討課題である。

堆積物コア中には上方に細粒化するタービダイト層の累重からなるタービダイトユニットが4層確認された。最上部のユニットは海底表面直下に位置し、表面酸化層が発達しておらず、含水率が高いことから、2011年の地震／津波にともなって形成されたものと考えられる。これらは20～50cm程度の厚さを持ち、明瞭な基底をもち、極細粒砂から上方に細粒化する構造を有する。また、その最上位に珪藻遺骸からなる軟泥を乗せる。この構造は、非破壊物性測定プロファイルの上方への密度及び帯磁率の減少、間隙率の増加と対応する。生物源粒子を最上部に乗せる特徴を持つタービダイトは熊野沖や別府湾の細粒タービダイトからも知られている (Ikehara et al., 2011) ので、このような構造は細粒タービダイトの一般的特徴の一つである可能性が高い。また、累重構造を示すことは複数回の混濁流の流入があったことを示す。より下位の3つのユニットは40cm～2m以上の厚さを有する。「ゾンネ」のコアでは下部により厚層・粗粒な砂質部を持つタービダイトが存在し、上部に向かって薄層・細粒な砂質部を持つタービダイトが累重する構造を示す。ユニット上部では砂質部が非常に薄くなり、構造に乏しい珪藻質泥が比較的厚くたまっている。「みらい」のコアでは砂質部に乏しく、泥質部は一見半遠洋性泥のようにみえるが、堆積物密度や帯磁率は明瞭に上方に減少し、一連の上方細粒化ユニットとして解釈できる。また、3つ目のタービダイトユニットのタービダイト泥部には石灰質ナノ化石遺骸が特徴的に含まれており、CCD以浅からの土砂供給を示唆する。

3. 堆積年代の決定

1本のコアでしか確認されていない4つ目のタービダイトユニットを除き、上記の岩相層序は「みらい」と「ゾンネ」の両航海のコアに共通している。さらに、2つ目のタービダイトユニットの直下には明瞭な火山灰層が確認されている点も共通した特徴である。日本海溝底は水深7500mを超え、北西太平洋の一般的なCCDよりも十分に深いため、有孔虫遺骸を用いた放射性炭素年代測定や酸素同位体層序の適用が困難である。現在、コアに挟在する火山灰分析を進めており、これを年代既知のテフラと同定・対比できれば、日本海溝のタービダイトユニットから本海域の過去の地震発生履歴の情報提供が可能となると考えられる。

文献

Fujiwara, T., Kodaira, S., No, T., Kaiho, Y., Takahashi, N. and Kaneda, Y., 2011 The 2011

Tohoku-oki Earthquake: Displacement reaching the trench axis. *Science*, 334, 1240.

Ikehara, K., Ashi, J., Usami, K., Irino, T., Nishida, N. and Kuwae, M., 2011, Submarine

topography control on fine-grained turbidite deposition: Examples from off Kumano slope and Beppu Bay, Japan. Abstracts of fifth international symposium on submarine mass movements and their consequences, 73.

Kawamura, K., Sasaki, T., Kanamatsu, T., Sakaguchi, A. and Ogawa, Y., 2012, Large submarine landslides in the Japan Trench: A new scenario for additional tsunami generation.

Geophysical Research Letters, 39, L05308, doi:10.1029/2011GL050661.

Sedimentary characters of tsunami deposits in Ariake sea, generated by the 1792 Shimabara Catastrophe

市原季彦（復建調査設計（株））・下山正一（九州大学）・山中寿朗（岡山大学）・堤裕昭（熊本県立大）
 Ichihara Toshihiko (Fukken.Co.,LTD.), Shimoyama Shoichi (Kyushu Univ.),
 Yamanaka Toshiro (Okayama Univ.), Tsutsumi Hiroaki (Pref. Univ.Kumamoto)
 連絡先：市原季彦(ichihara@fukken.co.jp)

【はじめに】

津波被害報告事例が少ない九州において最大の津波災害記録は、1792年に雲仙普賢岳の火山活動に伴い雲仙眉山の崩壊が生じたことに起因する津波である。この津波は対岸の熊本（肥後）にまで大きな被害が及んだことによって「島原大変肥後迷惑」と呼ばれており、その犠牲者は1万5000人とも言われている。

我々は、これまで有明海の干潟環境の研究を実施してきた。その際に採取した地層試料の中で、この時の津波堆積物であろうと思われる層を複数個所で見出すことができた。そこで、これまでに見出せた有明海内における津波堆積物を紹介する。

【調査箇所及び調査手法】

1792年の津波堆積物と思われる地層は、有明海内の調査において、干潟4地域を含む5地域で確認することができた。干潟においては、ジオスライサー調査、有明海湾奥ではピストンコアリング調査に基づき地層採取を実施した。採取した試料は、堆積相、貝殻遺骸群集解析に基づき堆積環境変化を検討し、放射性炭素同位体年代測定、Pb210、Cs137を用いて堆積年代の検討を行った。

【津波堆積物の記載】

津波堆積物の特徴は採取箇所ごとで異なっていた。それぞれの特徴を以下に示す。

川副沖干潟（佐賀）：泥質の潮下帯堆積物中にウェーブリップルを伴う層厚5～10cm程度の砂層。

柳川沖干潟（福岡）：異質の貝殻（潮下帯種）を伴う貝殻密集層。

荒尾干潟（熊本）：カレントリップルを伴う砂層、異質の貝殻（泥質干潟堆積物中に砂質干潟環境下の貝殻）を伴うことによって特徴づけられる。

有明海湾奥部：層厚2～3cmの薄い貝殻密集層からなる。2～7mmのスコリアが点在する。

緑川河口干潟（熊本）：層厚10cm程の貝殻密集層からなる。2～5mmのスコリアが点在する。

【有明海における1792年の津波堆積物の特徴】

これまで得られたデータを整理すると、有明海における1792年の津波堆積物は、堆積構造があまり顕著ではなく、層厚もあまり厚く発達していない。含有される貝殻遺骸が干潟堆積物中の場合は、実際の堆積相が示す堆積環境よりも沖合の深い堆積環境を示す遺骸が含まれることによって特徴付けられる、ということがわかった。

有明海湾奥では、泥質堆積物のみしか堆積していない中にスコリアが混入していたため、雲仙眉山の崩壊と関連がある可能性が考えられる。一方、緑川河口干潟において津波堆積物と思われる地層中から見出されたスコリアは、緑川上流から流されてきた可能性も否定できないが、これも雲仙眉山の崩壊と関連がある可能性がある。

今回、いずれの地点もC14年代及びPb210,Cs137を用いて、堆積年代を検討した。その結果、1792年という津波堆積物の年代に矛盾のないものであることを確認することができた。現時点では、堆積年代の確認なしには、有明海における津波堆積物の認定は非常に難しいのが現状である。一方、雲仙眉山に比較的近い場所では津波堆積物中にスコリアの混入が確認できた。これが津波堆積物を特徴付けるものであるならば、少なくとも雲仙～熊本市付近での津波堆積物認定が非常に容易になる。

こうした事例を積み重ねることで、事例報告が乏しい火山活動に伴う山体崩壊によって生じた津波堆積物の特徴を捉えることができると考えられる。

3D-simulated depositional system of forearc basin turbidites

江川浩輔 (産総研)・古川稔子 (ICEP)・鈴木清史 (JOGMEC)・成田英夫 (産総研)

K. Egawa (AIST), T. Furukawa (ICEP), K. Suzuki (JOGMEC), and H. Narita (AIST)

連絡先：江川浩輔 (egawa.k@aist.go.jp)

1. はじめに

乱泥流の挙動およびタービダイトの堆積は、海底地形に強く規制されることが知られている。この流体力学的・堆積学的理解に基づき、大水深域におけるタービダイト分布予測のための手法として、古海底地形復元モデリングおよび乱泥流シミュレーションが近年開発された。本研究では、同手法を用いて、東部南海トラフ周辺域に分布する更新統小笠原群相当層の 1 シーケンスについて、前弧海盆タービダイトの堆積システムを検討した。本研究は、経済産業省資源エネルギー庁より独立行政法人産業技術総合研究所が受託したメタンハイドレート開発促進事業の一環として実施した。

2. モデリングおよびシミュレーション結果

タービダイト堆積開始時の古海底地形を 3 次元で復元するため、3 次元地震探査データより取得したシーケンス境界の 3 次元ホライズンを用いて、褶曲構造を復元するバランス法、および堆積荷重を解消するデコンパクション法を実施した。モデリングの結果、同シーケンスの堆積盆は、北東方に開いた馬蹄形の海底地形を呈する堆積盆であることが判明した。

次に、復元した海底地形上で乱泥流の流入シミュレーションを実施し、タービダイトの砂層分布および層厚分布を推定した。乱泥流パラメータ（初期流入位置、初期流入角、初期流入高、初期流入幅、流入総量、周囲水密度、堆積物含有量）および粒子パラメータ（粒子密度、最大粒径、最小粒径、モード粒径、砂粒子閾値、淘汰度）を決定するため、ランダムに設定された各パラメータを用いて 200 パターンのシミュレーションを実施し、各坑井位置の砂層ネットグロス比が実測値に最も近いパターンをモンテカルロ法から求めた。決定されたパラメータを用いて、同一地点からの流入シミュレーションを 30 回連続して行い、30 枚のタービダイト層の堆積を再現した。シミュレーションの結果、堆積盆の北東方より流入した乱泥流は、扇状に広がって馬蹄形の海底地形へ流れ込み、堆積盆の西側斜面で反射した後に流速が大きく減衰した。乱泥流が反射した斜面の前面部には厚いタービダイト砂層が発達し、砂層の堆積に伴い堆積盆は西側から徐々に埋設された。この時、堆積盆には流入方向と逆方向にダウンラップしつつ後退（レトログラデーション）する堆積システムが見出された。

3. 考察

本シミュレーションより、堆積盆斜面に入射した乱泥流の反射や減衰に伴って斜面前面部で形成されたタービダイトの堆積システムを見出すことができた。本研究で示されたタービダイトの後退堆積作用は、露頭観察や水槽実験からはこれまで報告されていないが、前弧海盆では実際に起こりうる現象であると認識できた。

O 23 特別講演

ガスハイドレート仮説の進化と資源戦略 Evolution of Gas Hydrate Hypothesis and Exploration Strategy

松本 良(北見工業大学/明治大学)
Ryo Matsumoto (Kitami institute of Technology / Meiji University)
ryo@eps.s.u-tokyo.ac.jp / ryom@beetle.ocn.ne.jp

ガスを抱接する水和物であるガスハイドレートの物性・組成・生成条件に関する物質科学的・化学工学的知識の集積は、1960年-70年頃より固体状のガスを自然界・地球表層に広範囲に存在する可能性を探る地球科学、資源科学からの関心に発展した。Miller (1967 Science)は早い段階で惑星や彗星にガスハイドレートが存在する可能性を指摘している。海洋のガスハイドレート研究は Lancelot and Ewing (1972 DSDP Leg11)によるブレークリッジ掘削に始まる。ガスハイドレートという認識はなかったが、異常な反射面 (Reflector-Y 現在ではBSRと呼ぶ)と高いガス量に何らかの関係があると指摘している。Leg11掘削を嚆矢とし、その後のDSDP-ODP深海掘削でガスハイドレートが回収され、Reflector-Yがガスハイドレートの基底深度に対応する事が明らかにされ、海洋のガスハイドレートへの関心が高まった。1995年ODPLeg164によるブレークリッジの再訪-BSRを貫通する掘削により、BSRとフリーガスおよびガスハイドレートの関係が明らかとなり、調査研究は急速に拡大した。関心の第一は劇的環境変動/境界事変との関わりである。松本(1995), Dickens et al(1995) Kaiho et al (1996)らは前後して Latest Paleocene (Paleocene-Eocene) Thermal Maximum (LPTM あるいはPETM)における海洋深層-中層の劇的貧酸素化/底生有孔虫の絶滅を、温暖化に伴う海洋ガスハイドレートの大量分解-メタン放出と酸化-海洋の貧酸素化-温暖化ガスの増加と温暖化の加速とする「ガスハイドレート仮説」を提案した。LPTMの有孔虫イベントを指摘していた Kennett and Scott (1991 Nature)らも炭素同位体組成の異常を手がかりとしてハイドレート仮説を提示(2000 Science)。Kennett et al はODP掘削コアの高分解能有孔虫同位体分析に基づき、Interstadialの環境変動、氷期-間氷期変動における急激な温暖化-メタン濃度増加の原因をガスハイドレート分解に帰した(Clathrate Gun Hypothesis 2002 AGU-Monogram)。これとは別にKatz et al (2000, 2001など)もPETMイベントを海洋ガスハイドレートの大量分解と考えた("Unlocking the Bottle")。これらを追従し、2000年代には境界事変をガスハイドレート仮説で解釈しようとするモデルが次々に提示された(Hasselbo et al. 2000 Jurassic anoxic event; Kennedy et al., 2005 Proterozoic Cap Carbonate など)。しかし、2000年に入る頃より、モデルを最初に提案したグループからガスハイドレート仮説の見直し検証が始まった。その一つは、海洋の温暖化の影響がガスハイドレート分布深度へ到達するまでの時間が数1000年もかかること、温室期であるPETMのモデルが、温暖化と海水準変動が連動する氷室期に適用できるかという問題である。講演では、日本海の表層型ガスハイドレート研究の成果に基づき、ガスハイドレート仮説の妥当性を検証する。

海洋のガスハイドレートは、その実態が明らかにならなかった95年ころより資源開発の対象と考えられ、とりわけ我が国では、95年にはFSが始まり、2001年には長期計画が始まり現在に至っている。日本は誇り高きトップランナーであり、諸外国は南海トラフプロジェクトを見ながら計画を進めているともいえる状態であった。海洋掘削と潜航、地球化学と堆積学の努力により、海洋のガスハイドレートへの理解は過去10年で飛躍的に深まってきた。新たなガスハイドレート像を踏まえ、南海トラフの次に来るべきガスハイドレート資源化戦略を考えたい。

山形盆地上部中新統本郷層大谷部層の堆積環境

Palaeoenvironment of the Oya member belong the Upper Miocene Hongo formation
in the Yamagata Basin, Northeast Japan

金 光男 (信州大学) ・ 保柳康一 (信州大学)

KIM Kwang-Nam (Shinshu Univ.), Koichi HOYANAGI (Shinshu Univ.)

連絡先: 金 光男 (kwangnamk@gmail.com)

上部中新統本郷層は、山形盆地の左^{あてらざわ}沢西方に位置する山形県大江町月布川中下流域 (旧本郷村) を模式地とするもので、村越 (1936MS) 以来の研究がある。その中で、山形 (1957, 1963) が本郷層を橋上層・葛沢層・大谷凝灰岩質砂岩部層と部層に三分したものを、安彦ほか (1979) が、それぞれを橋上砂岩部層・葛沢シルト岩部層・大谷火砕岩部層と再定義したものが広く知られる。安彦ほか (1979) は五万分の一の幅「左沢」の地質解説書として著されたもので、この間ながく本郷層研究の規範とされてきた。

その後、田宮 (1983)、秋葉 (1983)、長澤・小山田 (1996)、石田ほか (1997)、Ishida *et al.* (1999)、山野井 (2010)、佐竹・山野井 (2010) など後進研究者たちは、安彦ほか (1979) による層序区分を踏襲したが、金森・丸山 (1998) は、安彦ほか (1979) によって再定義された三部層について「それぞれを、橋上層・葛沢層・大谷層に (昇格) すべきである」とする、新たな見解を示した。

これらの先行研究において、本郷層は漸深海域～深海域に堆積したものとされてきた。

例えば石田ほか (1997) は本郷層葛沢シルト岩部層から産出したクモヒトデ化石に基づいて、それを「深度 200-600m の漸深海域の古環境に堆積した」と推定している。その他の研究者たちの中にも、本郷層を構成する堆積物の主体は「タービダイト」などの漸深海域性～深海域性堆積物からなるものが多い (佐竹・山野井 2010, 山野井 2010 など)。

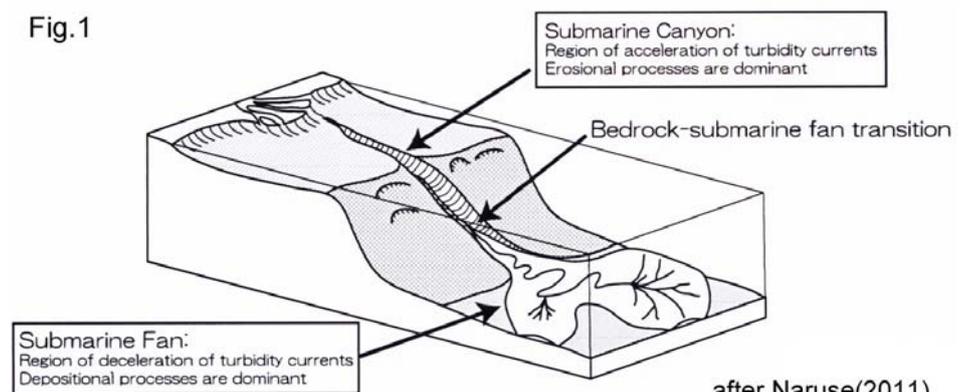
本郷層は中新世山形堆積盆地の最後の堆積物とされる。本郷層は陸成層である鮮新統左沢層に不整合に覆われる。もし本郷層が漸深海域成層～深海域成層であるならば、堆積盆はどのように終焉したのであろうか。

演者らの研究によれば、本郷層を構成する三部層は互いが指交関係にあつて、そして各部層が“大きな時間間隙”をおいて堆積したものでないとされる (金ほか 2009, 金・保柳 2010)。本郷層を構成する各部層には、それぞれにシルト岩・砂岩・凝灰岩 (火砕岩) が相当量含まれる。したがって、それらの部層名に岩相名を付与することは、層序認定作業などにおいて逆に誤解を誘発する可能性が示されよう。そうした堆積学的・古生物学的研究から得られた根拠をもととして、演者らは本郷層を橋上部層・葛沢部層・大谷部層の三部層 (すべて再定義) から構成されるとする考え方を提唱したい。

本郷層橋上部層^{ほしがみ}: 本部層は珪藻化石層序の *Thalassiosira yabei* 帯～*Denticulopsis dimorpha* 帯にある (金森・丸山 1998) とされ、下部において平行層理の発達するリズムカルな泥岩の累積を主体とし一部にテンペスタイトとしてハンモック状斜交層理の発達する薄い凝灰質砂岩を挟在する岩相からなる。本部層の上部には水成デューンが発達し、その中からヤマガタカイギウ (*Dusisiren dewana*) の骨格化石が産出した (高橋 1983a,b)。これらの堆積構造より、潮流環境下 (井内 1981, 池原ほか 1988) の内側陸棚～下部外浜に橋上部層は堆積したと推定される。

本郷層葛沢部層^{くざさわ}: 本部層は珪藻化石層序の *Denticulopsis dimorpha* 帯 (金森・丸山 1998) にあり、fluid mud (西田ほか 2011) からなるシルト岩と中粒砂岩を主体として構成される。本部層には生痕化石 *Rosselia* などが密生する好気性環境を指示する層相と、生痕化石として *Teichichnus* や *Chondrites* が発達し多毛類化石をししば含む嫌気性環境を指示する層相が並立する堆積相からなる。長澤・小山田 (1996) は本部層から特異な棲息環境を示すオウナガイ (*Conchocele bisecta*) 化石の大量産出を報告した。砂岩の粒度組成と堆積構造より、本部層は下部外浜環境に堆積したと推定されよう。

Fig.1



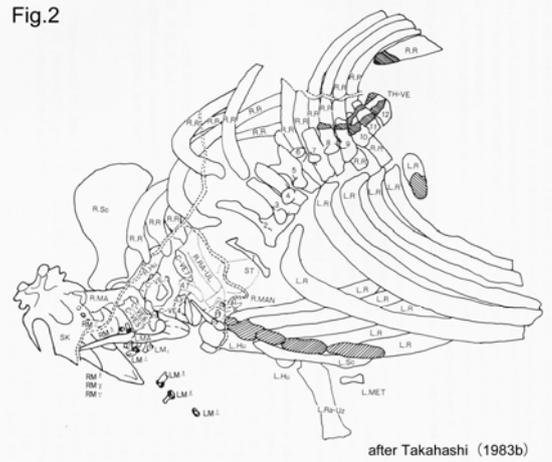
after Naruse(2011)

^{おおよ}**本郷層大谷部層**：本部層は珪藻化石層序の *Denticulopsis katayamae* 帯～*Thalassionema schrederi* 帯（金森・丸山 1998）にあるとされ、陸源有機物と fluid mud を多量に含む粗粒碎屑物から構成される。本部層には生痕化石として *Rosselia* と *Thalassinoides* がしばしば産出し、堆積構造としてトラフ型斜交層理が特徴的に発達する。堆積構造などの解析により、本部層は上部外浜周辺に堆積したと推定される。山形大学の丸山俊明教授のご協力により、このたび本部層を構成するシルト岩より珪藻化石 *Actinoptychus senarius* に代表される湾岸環境を指示する示相種が新たに発見された。

本郷層は中新世山形堆積盆地を最終的に埋積させた堆積体である。演者らの研究はそれが南からほぼ北の方向にプログラデートするデルタ群のプロデルタ～デルタフロント堆積物の複合体であることを示す。この推論は、橋上部層から産出した軟体動物化石群の解析によって「30～40m 以浅の砂質底で純海水（淡水の影響のない）の温冷海」とした小笠原（1983）の見解や、また橋上部層の砂岩分析によって導かれた「北方に向って口の開いた湾の、沖浜帯（Sublittoral Zone）…最大水深 50m 程」とした斎藤（1983）の解析結果とおおよそ一致する。

高橋（1983a,b）の報告した橋上部層産のカイギュウ化石の産状は骨格が密にまとまり「タービダイトによって運ばれたもの」（佐竹・山野井 2010）とは考えにくい全体構成からなる（Fig.2）。斎藤（1983）はカイギュウ化石の産出した橋上部層に含まれる有孔虫化石が *Sphenolithus neoabies*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides trilobus* であり「温帯型の種が混在していることから、暖流だけという熱帯の海という訳ではなく、温帯地域でしかも暖流が流れるような…現在の対馬暖流の影響を強く受けた海域に似た場所」という古海洋環境を推定しながら、カイギュウ化石の産状について言及し「胴体は前につんのめった形で、頭だけひねられて、ノド側を上にして頭頂を地につけて保存された」と報告した。その産状は、デルタ周辺に展開する浅海に棲息していたカイギュウが、死後、僅かな距離をデルタの発達する湾内を流れる底流によって引きずられるように運ばれ、下部外浜付近に埋積したものとも考えられよう。

Fig.2



セッションでは、中新世山形堆積盆地を埋積させたと考えられる上部中新統本郷層の堆積環境について、幾つかの手法により解析した結果を CG などによって図示・復元する予定である。

【文献】

- 安彦宏人・我孫子政行・安部昇一・伊藤 修・柿崎正昭・名和時雄・西谷克彦・沼野達明・大場 稔・桜井和敏・鈴木雅宏・高橋静夫・田中武夫・田宮良一・山形 理・吉田三郎, 1979, 5 万分の 1 地質図幅説明書「左沢」. 山形県, 18 p.
- 池原 研・木下泰正・西村清和・中村光一・川幡穂高, 1998, 大隅海峡にみられるベッドフォームの形態と分布. 地調月報, **39**, 95-109.
- 井内美郎, 1981, 大隅海峡及び周辺海域の堆積物と堆積史—大隅海峡の発達史と関連して. 地調月報, **32**, 693-716.
- 石田吉明ほか, 1997, 山形県朝日町の上部中新統本郷層から発見されたクモヒトデ化石. 日本地質学会第 104 回学術大会講演要旨集, 355.
- Ishida, Y.・Nagasawa, K.・Tokairin, H., 1999, *Ophiura sarsii* (Echinodermata, Ophiuroidea) from the Late Miocene to Early Pliocene formations of Yamagata Prefecture, northern Jpn. *Earth Science*, **53**, 223-232.
- 金森 潤・丸山敏明, 1998, 山形盆地西縁における上部中新統の層序と珪藻化石年代. 珪藻温度指数にもとづく中新世の海表水温の復元（平成 7・8・9 年度科学研究費補助金研究成果報告書）, 11-52.
- 金 光男・柏原秀雄・池原 研・牧野州明・保柳康一, 2009, 多毛類化石とその生痕の三次元構造と本郷層の堆積環境. 日本地質学会第 116 年学術大会（岡山）講演要旨集, 89.
- 金 光男・保柳康一, 2010, 本郷層の生痕化石相と堆積環境. 日本堆積学会講演要旨集（茨城大学）, 50.
- 長澤一雄・小山田正幸, 1996, 山形県大江町の上部中新統本郷層産のオウナガイ化石とその変異. 山形県立博物館研究報告, **18**, 21-32.
- 成瀬 元, 2011, 混濁流のオートサスペンション. 地質学雑誌, **117**, 122-132.
- 佐竹伸一・山野井 徹, 2010, 海底地すべりで運ばれた砂岩. 山形県 地学のガイド 山形県の地質とそのおいたち（コロナ社）, 141-142.
- 西田尚央・島野恭史・小松侑平・伊藤 慎, 2011, 砂礫質な陸棚堆積物に挟在する fluid mud 堆積物の認定とその意義. 堆積学研究, **70**, 37-42.
- 村越英雄, 1936MS, 山形県西村山郡寒河江川上流及び大谷村大谷～大沼街道の地形・地質. 東北大学理学部地質学古生物学教室卒業論文.
- 小笠原憲四郎, 1983, VI. 貝化石. ヤマガタカイギュウ発掘調査報告書（山形県立博物館）, 61-63.
- 斎藤常正, 1983, VIII. 橋上砂岩部層の堆積環境. ヤマガタカイギュウ発掘調査報告書（山形県立博物館）, 71-75.
- 高橋静雄, 1983a, II, 山形県大江町産大海牛化石. ヤマガタカイギュウ発掘調査報告書（山形県立博物館）, 3-12.
- 高橋静雄, 1983b, III, ヤマガタダイカイギュウ. ヤマガタカイギュウ発掘調査報告書（山形県立博物館）, 13-17.
- 山形 理, 1957, 山形盆地西部・左沢—大井沢地域の地質. 山形大学紀要（自然科学）, **4**, 217-228.
- 山形 理, 1963, 山形盆地周辺の地史学的並びに花粉学的研究. 山形大学紀要（自然科学）, **5**, 913-948.
- 山野井 徹, 2010, 再び穏やかな浅海へ. 山形県 地学のガイド 山形県の地質とそのおいたち（コロナ社）, 142.

地表露出に伴う初期続成作用とドロマイト化作用による
炭酸塩岩貯留岩の孔隙率・浸透率の改善と劣化
—南大東島大東層を例として—

Improvement and degradation of porosity and permeability of carbonate reservoir rocks
by early carbonate diagenesis with subaerial exposure and dolomitization;
a case study on the Daito Formation, Minami-Daito-Jima, Okinawa Prefecture.

松田博貴 (熊本大学)・八木正彦・島津 崇 (石油資源開発)・橋本直明・水永泰介 (三井石油開発)
Matsuda, H. (Kumamoto Univ.), Yagi, M., Shimazu, T. (JAPEX), Hashimoto, N. and Mizunaga, T. (MOECO)
(E-mail: hmat@sci.kumamoto-u.ac.jp)

炭酸塩堆積物は、様々な環境において堆積し、その構成物は種々の環境要因に支配される造礁サンゴ・石灰藻・底生有孔虫などの生物遺骸、あるいは化学的堆積物である。また、構成する炭酸塩堆積物の鉱物組成や同位体組成は、表層環境を反映しているため、過去の堆積環境や環境変動を解明するために非常に有用なものである。しかし、炭酸塩堆積物は、構成炭酸塩鉱物の化学的・鉱物学的特性により、堆積時、あるいは堆積直後から顕著な続成作用を被る。続成作用には、溶解作用、膠結作用、置換・交代作用、ミクライト化作用、新生作用、圧密作用などが含まれ、ドロマイト化作用も代表的な置換・交代作用の一つである。続成作用の重要性は、その種々の作用により、鉱物組成や化学組成が変化すると共に、初生堆積組織や構造が大きく変化する点にある。溶解作用や膠結作用では、堆積組織の破壊と新たな組織の形成が起こり、場合によっては、初生構造の全てが破壊されることもある。このような鉱物組成・化学組成、あるいは組織の変化は、岩石物性や孔隙率・浸透率分布に変化を与え、水資源や炭化水素資源開発に重要な影響を与える。そこで本研究では、沖縄県南大東島の大東層を例に、孔隙率・浸透率と岩相や続成作用との相関、ならびに水平・垂直方向の変化などを検討した。

沖縄県南大東島には、主として苦灰岩（ドロマイト）と石灰岩からなる鮮新—更新統大東層が広く分布する。大東層は、その堆積相の時間・空間的分布から、複数のサンゴ礁複合体からなることが知られており、ドロマイト化作用は、堆積直後に、少なくとも2回にわたって海水を母液として進行したことが明らかにされている (Hashimoto and Matsuda, 2004 ; Mizunaga et al., 2006)。

地表および坑井試料による孔隙率・浸透率の測定結果では、孔隙率・浸透率の分布は、岩型や堆積相などの初生的な組織よりも、初期淡水性続成作用に伴う溶解による二次孔隙などの組織と相関が認められる。特に石灰岩からなる層準では、地表露出に伴う続成作用により、地表露出面直下では膠結作用により孔隙率・浸透率の劣化が認められるものの、その下位数メートルの範囲では比較的良好な孔隙性状を有することが明らかになった。

一方、苦灰岩からなる層準では、初期淡水性続成作用に伴う続成作用にドロマイト化作用に伴う組織が加わり、孔隙率・浸透率分布はより複雑なものとなっている。特にドロマイト化溶液である海水の流入する礁嶺付近では、overdolomitization (Lucia, 1999) により、孔隙性状が改善されず、石灰岩と比較して貯留岩性状の劣化が認められる。通常、ドロマイト化作用は、炭酸塩岩貯留岩の孔隙性状を改善すると考えられがちであるが、今回の結果では必ずしもそうとは限らず、炭酸塩岩貯留層の初生構成物、続成履歴、あるいは空間的位置などにより、岩石物性や孔隙率・浸透率分布が規制されることが指摘される。今後は、さらに詳細に初期続成作用に影響を及ぼす初生鉱物組成や間隙水の流動メカニズム、ならびに孔隙性状などについて検討することが不可欠であると考えられる。

引用文献

- Hashimoto, N. and Matsuda, H., 2004, Dolomitization of the Daito Formation in Minami-Daito-Jima Island, Southern Japan. 32nd Intern. Geol. Congr., Florence.
Lucia, F.J., 1999, *Carbonate Reservoir Characterization*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 226p.
Mizunaga, T., Hashimoto, N. and Matsuda, H., 2006, Subsurface stratigraphy and distribution of dolomites in Minami-daito-jima Island, Japan. Abst. 17th Intern. Sedimentol. Congr., B, 253, Fukuoka.

薄層タービダイトにみられる堆積同時性変形構造の認定：
北海道東部に分布する上部白亜系厚岸層における検討

Identification of syndepositional deformation structures in thin-bedded turbidites: a case study in the Upper Cretaceous Akkeshi Formation, eastern Hokkaido, northern Japan

石丸卓哉（京大・理）・成瀬 元（京大・理）

Takuya Ishimaru (Kyoto Univ.), Hajime Nrusse (Kyoto Univ.)

連絡先：石丸卓哉（ishimaru@kueps.kyoto-u.ac.jp）

北海道東部に分布する上部白亜系厚岸下部部層のタービダイト砂岩には、砂層の液状化によって生じると考えられる様々な変形構造がみられる。これらの未固結変形構造の形状と内部構造を解析し、変形が発生したタイミングを検討したところ、一部の変形構造が堆積同時に形成されていることが明らかになった。従来、タービダイトの T_c にみられる変形構造は堆積同時に形成したとしばしば解釈され、それを根拠として堆積相環境の推定が行われてきた。しかしながら、変形構造が堆積同時性であるかを判定する基準は十分に確立されていない。そこで、本研究は堆積同時性変形構造の認定基準の確立をめざし、海底レビー堆積物である細粒な薄層砂岩の調査を行った。結果として、砂岩中にみられる生痕化石が変形の影響を受けていたことにより、これまで堆積同時性変形構造と認定されてきた構造が、実際には堆積後に形成した未固結変形構造であることが明らかになった。一方、試料の一部にみられる構造は確かに堆積同時性変形構造であることが、変形構造を削る内部侵食面から認定された。以上のことから、これまでの堆積同時性変形構造の認定基準が不十分であり、本研究は新たな堆積同時性変形構造の認定基準を提唱する。

海底堆積物における堆積残留磁化の獲得機構

Post-depositional remanent magnetization lock-in for marine sediments

菅沼悠介（国立極地研究所）

Yusuke Suganuma（National Institute of Polar Research）

suganuma.yusuke@nipr.ac.jp

1. はじめに

海底堆積物は、古環境・古海洋変動を復元する上で不可欠な連続的な地層記録を提供する。そして、古環境・古海洋変動を精密に議論するためには、海底堆積物の正確な堆積年代を知ることが非常に重要である。地磁気極性の逆転は、汎地球的な同時期面を提供することから海底堆積物における重要な年代指標として広く利用されてきた。さらに近年は、海底堆積物から連続的な古地磁気強度変動を復元し、高精度の年代対比に利用する手法が注目されつつある（たとえば Suganuma et al., 2009）。しかし、海底堆積物における古地磁気記録を用いた年代決定には、海底堆積物中で堆積残留磁化が獲得される深さ（Lock-in depth）や、その獲得機構が未だよく分かっていないという問題が残されている。特に”Lock-in depth”問題は、長年議論されてきた古地磁気学における重要な問題であり、海底堆積物間のみでなく、氷床コアなど他の地質記録と年代対比する際にも大きな問題を生じる。なぜなら、他の古気候記録や氷床コアの宇宙線生成核種生成率などの記録と、海底堆積物の古地磁気記録には Lock-in depth に相当する分の年代差が生じるからである。

2. 宇宙線生成核種を用いた Lock-in depth の決定

近年、古地磁気強度記録と同様に地磁気強度変動を示す指標である宇宙線生成核種生成率を同じ海底堆積物中で比較し、両者の差から Lock-in depth を決定する手法が注目されている。この手法の利点は、同一の海底堆積物中から二つの地磁気変動指標（古地磁気強度と宇宙線生成核種生成率）を直接比較するため、酸素同位体比変動などで求めた海底堆積物中の古地磁気イベントの年代・層準を複数の海底堆積物間で比較するといった間接的な手法が必要ないことである。Suganuma et al. (2010) は太平洋から採取された複数の海底堆積物コアの古地磁気強度と、同じく地磁気強度の指標である ^{10}Be フラックス変動を比較し、これらの海底堆積物には約 15 cm の Lock-in depth が存在することを明らかにした。このことは、古地磁気記録に基づく年代と、海底堆積物の真の堆積年代には堆積速度に対応した年代差が生じていることを示す。その結果として、例えば海底堆積物の古地磁気記録から決定されている Brunhes-Matuyama 地磁気逆転境界（B-M 境界）の年代値は、真の B-M 境界年代よりも古く見積もられている可能性がある（菅沼, 2011）。実際に、Suganuma et al. (2010) は ^{10}Be フラックスのピーク層準に基づき、B-M 境界の年代値が約 770 ka に修正される可能性が高いことを示した。

3. 堆積残留磁化獲得機構

海底堆積物の ^{10}Be フラックスの変動記録の解析は、Lock-in depth の決定だけでなく、海底堆積物の

残留磁化獲得プロセスの解明においても重要なデータを提供する。海底堆積物の古地磁気強度および¹⁰Be フラックスは共に地磁気変動を示す指標であるが、生物擾乱の終了とともに固定される¹⁰Be 記録に対して、古地磁気記録は生物擾乱後に受ける何らかの残留磁化獲得プロセスによって獲得されると考えられる。そして、この残留磁化獲得プロセスをある種の Lock-in 関数として表し、古地磁気記録を解析することは、同プロセスの理解を進める上で極めて有効な方法である (Roberts and Winklhofer, 2004 など)。そこで、Suganuma et al. (2011) は数値モデルを用いて海底堆積物における最適な Lock-in 関数の推定を行い、堆積残留磁化獲得メカニズムと Lock-in depth が生じる原因について検討した。まず、Suganuma et al. (2010) の海底堆積物コア中に含まれるマイクロテクタイトの産出頻度の深度分散を解析し、生物擾乱層の厚さと生物擾乱を表す関数を推定した。そして、既知の古地磁気記録から作成したインプット用の地磁気変動記録を、従来想定されている Lock-in 関数と新たに Gaussian 型の関数を用いて堆積残留磁化として固定させ、同一の海底堆積物コアの古地磁気記録と比較し、最も適切な Lock-in 関数を求めた。また、マイクロテクタイトから求めた生物擾乱関数を用いて海底堆積物コアの¹⁰Be フラックスのインバージョンを行い、同一のコアから求められた古地磁気記録とマッチングすることからも最適な Lock-in 関数を推定した。その結果、海底堆積物の残留磁化の獲得は、従来予想されていた生物擾乱層の直下からスタートする Exponential 型の関数ではなく (Hyodo, 1984 など)、生物擾乱層よりも十数センチ下位を中心とする Gaussian 型の関数で表される可能性が高いことが分かった。このことは、海底堆積物の残留磁化が海底面下での初期圧密の物理過程ではなく、化学的もしくは生物化学的作用で獲得されていることを示唆する。今後、さらなる検討が必要ではあるが、この現象が海底堆積物の古地磁気記録が比較的大きな Lock-in depth を持つ原因である可能性が高い。

引用文献

- Hyodo, M. (1984), Possibility of Reconstruction of the Past Geomagnetic-Field from Homogeneous Sediments, *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, 36, 45-62.
- Roberts, A. P., and M. Winklhofer (2004), Why are geomagnetic excursions not always recorded in sediments? Constraints from post-depositional remanent magnetization lock-in modelling, *Earth and Planetary Science Letters*, 227, 345-359.
- Suganuma, Y., J. Okuno, D. Heslop, A. P. Roberts, T. Yamazaki, and Y. Yokoyama (2011), Post-depositional remanent magnetization lock-in for marine sediments deduced from ¹⁰Be and paleomagnetic records through the Matuyama-Brunhes boundary, *Earth and Planetary Science Letters*, 311, 39-52.
- Suganuma, Y., T. Yamazaki, and T. Kanamatsu (2009), South Asian monsoon variability during the past 800 kyr revealed by rock magnetic proxies, *Quaternary Science Reviews*, 28, 926-938.
- Suganuma, Y., Y. Yokoyama, T. Yamazaki, K. Kawamura, C. S. Horng, and H. Matsuzaki (2010), ¹⁰Be evidence for delayed acquisition of remanent magnetization in marine sediments: Implication for a new age for the Matuyama-Brunhes boundary, *Earth and Planetary Science Letters*, 296, 443-450.
- 菅沼悠介 (2011) 高精度年代対比ツールとしての古地磁気強度層序, *地質学雑誌*, 117, 1-12.

揚子江流域河川水同位体比および懸濁物濃度の季節変動

Seasonal variabilities of hydrogen / oxygen isotopes and suspension concentration
of river water in the Yangtze River drainage

入野智久(北大・地球環境), 斎藤京太(東大・理), LUO Chao(南京大),

多田隆治(東大・理), ZHENG Hongbo(南京師範大)

Tomohisa IRINO (Hokkaido Univ.), Keita SAITO (Univ. Tokyo), Chao LUO (Nanjing Univ.),

Ryuji TADA (Univ. Tokyo), and Hongbo ZHENG (Nanjing Normal Univ.)

連絡先: 入野智久(irino@ees.hokudai.ac.jp)

河川の水流出量や懸濁物負荷量は、集水域や河口の堆積物に地質記録として残る場合がある。そのような堆積物に含まれる、化石石灰質殻の酸素同位体比や陸源碎屑物の供給源あるいはフラックスの変動は、古気候研究における有用なプロキシ記録となり得る。揚子江は東アジアモンスーン降雨の影響を強く受けながら大量の淡水と堆積物を東シナ海に供給するため、河口デルタ域から沖縄トラフに至る様々な堆積物も、過去の東アジア夏モンスーン復元のために用いられてきた。揚子江からの淡水供給量と懸濁物負荷量は、雨量のプロキシとして同一視されがちであるが、実際のところ、前者は化石石灰質殻の酸素同位体比を、後者は陸源碎屑物の供給源やフラックスを復元して求められるため、論理的には同じにならない可能性がある。特に揚子江集水域は広大なため、どの支流に降水が集中するかによって本流の同位体比は大きく変わりうる上に、その支流が流量に応じた懸濁物を供給するかどうかによって本流の濁度も変わりうる。

そこで我々は、揚子江の水収支と堆積物収支それぞれの現状を把握する目的で、四川盆地から南京に至る揚子江流域において、主な支流の合流ごとに採水を行なった。調査は2011年の7月から9月および2012年の2月に実施し、支流の合流前後における水の安定酸素・水素同位体比および懸濁物濃度がどのように変化するのか、またその季節による違いはどの程度かを評価することにした。同位体測定用の水試料は、13.5 ml ガラスバイアルに常温密封保管され、日本に持ち帰った後、ThermoFisher Scientific 社製、GC Pal つき GasBench II - MAT253 同位体比質量分析計システムを用いて、安定酸素 ($\delta^{18}\text{O}$) ・水素 (δD) 同位体比が測定された。VSMOW スケールへの換算は、同時に測定された VSMOW および SLAP で検定済みの二次標準水との比較によって行っている。測定の再現性は $\delta^{18}\text{O}$ が $\pm 0.1\%$ 、 δD が $\pm 1\%$ で、正確性はそれぞれ $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 2\%$ である。また、同時に 2 L ポリ瓶に採水された河川水試料は、採水した日のうちに秤量済みのミリポアフィルタ上に吸引濾過して懸濁物を回収した。フィルタは日本に持ち帰った後、乾燥・秤量して回収された懸濁物量(mg)を求め、濾過した河川水量(L)で割って懸濁物濃度(mg/L)を計算した。

水の酸素同位体比は上流から下流に向って高くなり -15% から -6% の範囲にあり、本流よりも支流の方が高い。また、本流上流では夏と冬の同位体比の差は小さいが、下流域や支流においては冬の方が 1% 程度小さい。d-excess は $+6\%$ から $+16\%$ の範囲にあり、同じ地点では冬の方が高い傾向にある。これらのことは、揚子江本流の水の酸素同位体比が、源流域からの同位体比が -17% から -18% 程度の水を基本とし、内陸効果の影響が少なく同位体比の高い支流の水を下流で合わせながら流下するためであると考えられる。下流や支流において夏の方が同位体比が高いのは、降水の温度効果の影響もあるかもしれないが、夏の方が d-excess が小さいことから蒸発の影響が夏の方が大きいためと考えられる。夏の懸濁物濃度は、本流上流で 400

mg/L と高く、下流域では数十から 100 mg/L 程度であり、本流の方がどの支流よりも濁度が高い。そのため支流の合流は揚子江の濁度を下げる方向に働いている。冬の懸濁物濃度は本流も支流も上流から下流域まで 100 mg/L 以下となっており、濁度の季節変動は極めて大きい。

揚子江を流れる淡水および運搬される懸濁物の量を東アジアモンスーン降水のプロクシとして使おうとした場合、以下のようなことが考えられる。夏の降水が増えると上流と下流の同位体比の差が大きくなると期待されるので、同時断面における上流域と下流域における化石や鍾乳石の同位体比を比較することで、夏モンスーン強度を評価できるものと思われる。また、下流域への降水は支流の流量増大をもたらすので、却って運搬される懸濁物濃度を減少させる可能性がある。増水と懸濁物フラックスの減少が本当に同時に起こりうるのかどうか検討するためには、今後、支流ごとの懸濁物の組成変化も吟味する必要がある。

宍道湖底洪水堆積物の級化様式が示唆する河川流量と排出流速の局所的不相関
Local anticorrelation between river discharge and outflow velocity suggested
from grading patterns of subaqueous flood deposits in Lake Shinji

齋藤 有(高知大学)・増田富士雄(同志社大学)

Yu Saitoh (Kochi University), Fujio Masuda (Doshisha University)

連絡先: 齋藤 有(jm-yu-saitoh@kochi-u.ac.jp)

逆級化する下部と正級化する上部とからなる級化累重様式(逆-正級化)は、洪水起源の混濁流であるハイパーピクナル流の堆積物の識別の指標とされている(Mulder et al., 2003). その根拠は、ハイパーピクナル流が洪水河川の流量変化を反映して増大した後減衰する、という仮定に基づいている。逆級化と正級化はそれぞれ流速の増大と減衰の反映である。しかしながら、盆底での混濁流速度の実測は困難であり、洪水時の河川流とその排出流との間の流量・流速の対応関係は実際には確認されていない。本研究では、洪水堆積物である蓋然性の高い湖底の砂質堆積物の級化様式を調べることで、逆-正級化の、ハイパーピクナル流堆積物の識別基準としての妥当性の検証を行った。

宍道湖の斐伊川河口から沖へ湖岸線にほぼ垂直な線に沿う3地点で採取されたジオスライサーコア試料のうち、2本に含まれる計26枚の砂層は、堆積構造、デルタローブの地形、それに宍道湖において斐伊川の洪水排出以外の水理作用が微弱であることから、斐伊川の洪水による堆積物と解釈される。斐伊川デルタが宍道湖に前進を開始したのは1630年代からであり、砂層は全てそれ以降に形成したものと考えられる。これら砂層の級化様式は層準に依存する変化を示す。浅い層準(水面下4m以浅)の砂層のほとんどは逆-正級化が3つ重なる。水面下4~5mの層準には単一の逆-正級化が見られ、より深い層準では単純な正級化が卓越する。

斐伊川の洪水ハイドログラフが、300年前は単峰的であったのが近代になって複峰的になったのであれば、このような級化様式の変化は、河口からの距離の違いによって引き起こされたものと考えられる。浅い層準の三重の正-逆級化は、デルタ斜面上での洪水プルームのプランジ位置が前後することによって説明できる。堆積物を負荷した河川プルームは河口から排出されると距離と共に減速するが、プランジすると再び加速する(Lamb et al., 2010)。デルタ斜面上部のある深さまでの領域では、河川流量の増減に伴いプランジ位置が陸沖方向に前後することによって流速の増減が3度繰り返され(図1)、理論上、その領域の堆積物には逆-正級化の3つの重なりが見られることになる(Lamb and Mohrig, 2009)。デルタ斜面の下部では、プランジしたハイパーピクナル流だけが到達し、流速は河川流量を反映して増減するため、堆積物は単一の逆-正級化からなる。一方、最下位の砂層は正級化のみからなるが、これは、ハイパーピクナル流内の流速の早い部分が長距離移動する過程において先行する遅い部分を追い越したことによって(Kneller and McCaffrey, 2003)、十分沖合のデルタ斜面最下部では時間的に単調減衰する流れになったためと考えられる。

このように、宍道湖の湖底洪水堆積物の級化様式の空間的多様性は、洪水時の河川流の運動量のその排出流への伝搬が、河口からの距離によって異なる、つまり場所によっては河川流量と排出流の速度が相関しないことを意味する。デルタフロントの一部の領域では、確かに河川流量の増大を反映した逆-正級化が形成しう一方、他の領域では級化様式は必ずしも洪水のハイドログラフを反映しない、ということが示唆される。ハイパーピクナル流堆積物の同定において、逆-正級化への過度な依存は、堆積記録におけるその頻度の算定に不正確さをもたらすだろう。

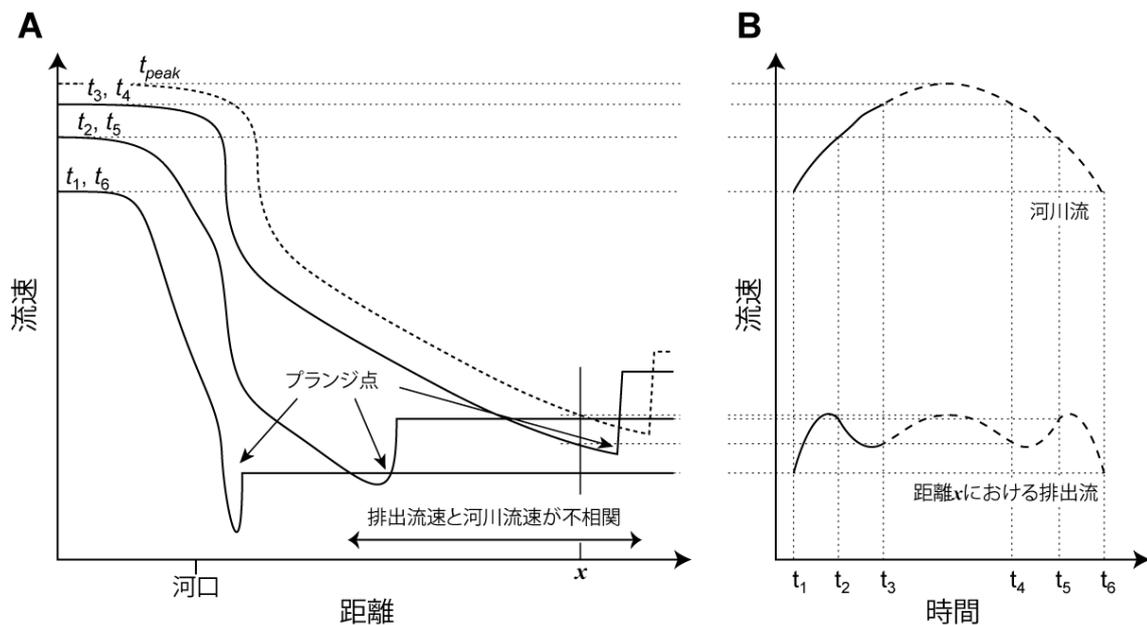


図 1. 洪水流速と、空間・時間との理論的關係. A. 洪水流速の空間変化. 時間 $t_1(t_6)$ $t_2(t_5)$ $t_3(t_4)$ における流速プロファイルは Lamb and Mohrig (2009) の数値実験結果を使用, 時刻 t_{peak} におけるプロファイルは時刻 t_3 におけるプロファイルを平行移動した. B. 河川流路内と河口沖距離 x における流速の時間変化.

文献

- Kneller, B.C. and McCaffray, W.D., 2003, The interpretation of vertical sequences in turbidite beds; the influence of longitudinal flow structure. *Journal of Sedimentary Research*, **73**, 706–713.
- Lamb, M.P. and Mohrig, D., 2009, Do hyperpycnal-flow deposits record river-flood dynamics?. *Geology*, **37**, 1067–1070.
- Lamb, M.P., McElroy, B., Kopriva, B., Shaw, J. and Mohrig, D., 2010, Linking river-flood dynamics to hyperpycnal-plume deposits: experiments, theory, and geological implications. *Geological Society of America Bulletin*, **122**, 1389–1400.
- Mulder, T., Syvitski, J.P.M., Migeon, S., Faugeres, J.C. and Davoye, B., 2003, Marine hyperpycnal flows; initiation, behavior and related deposits; a review. *Marine and Petroleum Geology*, **20**, 861–882.

潮汐卓越型開析谷で形成する侵食面の分類

Classification of erosional surface in a tide-dominated incised valley

北沢俊幸（立正大学地球環境科学部）

Toshiyuki Kitazawa (Rissho University)

(kitazawa@ris.ac.jp)

潮汐卓越型開析谷は地質時代の地層の研究例が少ないことから、埋積過程で形成される侵食面の性質がよく分かっていない。そこで南部ベトナムのニャベ (Nha Be) 川流域に露出し、潮汐卓越型開析谷の堆積物がよく保存されている更新統バ・ミエウ層 (Ba Mieu Fm., MIS 8-7 に堆積) およびトゥ・ドゥック層 (Thu Duc Fm., MIS 6-5 に堆積) を例に、侵食面の特徴を露頭・開析谷スケールで明らかにして分類した。なお高海水準期の干潮帯堆積物の厚さから推定される当時の潮差は約 5 m (大潮差) である。

低海水準期には大規模な河川侵食によって開析谷の骨格が形成される。上流域では不整合直上に基盤岩起源の河川堆積物が基底礫岩として見られるが、下流域では河川堆積物が残されることはまれである。その後の海進期の侵食面である潮汐ラビンメント面 (潮汐流路が陸側に移動することによってできる侵食面) で再侵食されるためである。

海進期のエスチュアリー干潟堆積物中には、大量の偽礫で充填された流路堆積物が発達することがある。これは偽礫の供給源となり得る泥質干潟が連続的に侵食されたことを意味する。海進期に主にエスチュアリー湾頭付近に分布する潮間帯 (泥質干潟) を流れる潮汐流路が陸側に移動して形成されると解釈される。側方連続性は露頭スケール程度であるが、これは流路の規模が小さく、しばしば放棄されるためだと考えられる。これを潮間帯ラビンメント面と呼ぶことにする。これより海側では、側方によく連続する潮汐侵食面が発達する。侵食面の下位にはそれ以前の海進期堆積物である泥質干潟堆積物が残される場合もあるが、完全に取り去られている場合が多い。侵食面より上位の地層は砂から細礫に上方粗粒化し、陸向きの古流向を示す斜交層理が発達する。この侵食面はエスチュアリー湾央付近で潮汐砂州と砂質干潟から構成される砂体を流れる潮汐流路が陸側に移動して形成したと解釈される。これを潮汐砂州ラビンメント面と呼ぶことにする。この侵食面を陸側に追跡すると、砂質干潟堆積物と泥質干潟堆積物が指交しており、この場所が最大海氾濫時の潮汐砂州ラビンメント面の陸側限界であったことを示している。研究地域の最も海側の地域では、それ

以前の海進堆積物を取り去り、ラグ堆積物の礫（直径 15 cm 以下）や泥の偽礫のみが残される侵食面が発達する。これはエスチュアリー湾口付近の潮下帯で主要な潮汐流路が陸側に移動することで形成されたと解釈される。これを潮下帯ラビンメント面と呼ぶことにする。

一般的に、潮汐ラビンメント面は、潮汐流路が存在する開析谷内でのみ形成されるため開析谷外にはみられない。本研究地域に発達する潮汐ラビンメント面は、低海水準期の河川侵食面である開析谷底面を削って、谷をさらに深くしている。この侵食によって海進期堆積体は海側に向かって薄くなり、最も海側ではほとんどあるいは全く残っていない。これまでに報告されている潮汐ラビンメント面のほとんどは、波浪卓越型エスチュアリーや波浪・潮汐卓越型エスチュアリーで形成されたもので、バリアーを切る潮流口の基底や上げ潮三角州の基底における侵食面などである。本研究地域に発達する潮汐砂州ラビンメント面と潮下帯ラビンメント面は、観察されるだけでも海陸方向に 15 km 以上にわたり対比され、波浪・潮汐卓越型であるフランスのジロンドエスチュアリーと比べてみると、エスチュアリー全体の長さに対する潮汐ラビンメント面の侵食範囲が広いのが特徴である。

高海水準期のデルタ堆積物で観察される潮汐侵食面は、流路の形状が露頭スケールで確認でき、流路どうしが癒着することはあっても一枚の連続した侵食面とはならない。また海退期の干潟の前進による上方細粒化に伴い、流路断面の大きさ、砂層の厚さ、充填堆積物の粒度は縮小する傾向がある。

清水海岸沖の粗粒ベッドフォームの分布と形成

Distribution and formation of coarse-grained bedform off Shimizu coast

吉河 秀郎（東京大学大気海洋研究所）・根元 謙次（東海大学海洋学部）

Shuro Yoshikawa (AORI, Univ. of Tokyo), Kenji Nemoto (Tokai Univ.)

連絡先：吉河 秀郎(s-yoshikawa@aori.u-tokyo.ac.jp)

演者らは、波浪卓越型の海岸である静岡県清水海岸の沖合水深 5~30m 付近に分布する粗粒ベッドフォームと、それに付随するサンドリッジの両者の形成過程について検討するために、ナローマルチビーム音響測深による海底地形調査と、採泥・水中ビデオカメラによる底質調査を実施した。

調査域の清水海岸では、海岸侵食対策のため離岸堤や消波堤の設置、また養浜が行われている。その離岸堤の沖側水深 5~20m 付近には、海岸線と直交方向に海底谷方向へ直線的にのびる地形的高まりが多数みられる。ここでは、これらをサンドリッジと呼ぶ (Yoshikawa and Nemoto, 2010)。調査域におけるサンドリッジの分布は、陸棚の幅が狭く比較的急傾斜な海底に限定されている。サンドリッジの比高は 40~70cm 程度で、沿岸方向に 10~100m の幅を持つ。サンドリッジの表面は、細粒砂~極細粒砂からなるリップル（波長約 20~40cm）に覆われている。

研究対象の粗粒ベッドフォームは、おもに、サンドリッジの間の凹地 (Depression) に分布している。また、海底谷谷頭部周辺の水深 20~30m 付近においても谷軸方向へ続くように粗粒ベッドフォームがみられる。Depression の沿岸方向の幅は 10~150m である。粗粒ベッドフォームは、クレストが海岸線に対して平行で丸く、また、断面形状は対称かやや非対称（岸側斜面の方が短い）であることが多い。その大きさは最大で波長 3.5m、比高 30cm であり、陸棚の幅が狭い地域ほどベッドフォームの波長・比高が比較的大きい。粗粒ベッドフォームのクレストは礫、トラフは細粒砂~極細粒砂からなる。粗粒ベッドフォームはサンドリッジとともに、暴波浪を伴う台風が多く来襲する夏から秋にかけて大規模に発達・変形する。調査域の底質分布、粗粒ベッドフォームとサンドリッジの形態変化、先行研究との対比から、粗粒ベッドフォームの形成と分布について次のように解釈できる。

粗粒ベッドフォームは、養浜の礫を含む現世の海浜堆積物や、海底~海底下約 1m 以内に存在する残存性（および残留）礫質堆積物から成る。暴浪のピーク時に、それら粗粒碎屑物は海浜から海底谷方向へ運搬される。ほぼ同時期に、細粒碎屑物は海底から巻き上げられるか、海底谷へ運搬される。そして暴浪の減衰期において、おもに入射波浪がおこす振動流によって粗粒ベッドフォームが形成される。その後、サンドリッジは、海浜域からの沖向きの土砂移動や、暴浪ピーク時に巻き上がった細粒碎屑物の堆積によって、粗粒ベッドフォームの上位に形成される。つまり、調査域の粗粒ベッドフォームの分布は、サンドリッジなどの海底表面を覆う砂質堆積物の量、厚さ、分布に支配される。

引用文献

Yoshikawa, S. and Nemoto, K., 2010, Seasonal variations of sediment transport to a canyon and coastal erosion along the Shimizu coast, Suruga Bay, Japan. *Marine Geology*, **271**, 165-176.

現世波浪卓越型海岸の外浜域における生痕相

Ichnofacies of shoreface environments in a modern wave-dominated coast

清家弘治・柳嶋慎一・栗山善昭（港湾空港技術研究所）

Koji SEIKE, Shin-ichi YANAGISHIMA, and Yoshiaki KURIYAMA (Port and Airport Research Institute)

連絡先:清家弘治(seike@ipc.pari.go.jp)

沿岸域（潮間帯～陸棚）は地圏、水圏、大気圏が交わる場所であり、地球表層で最も多様な環境を有する領域である。沿岸域で形成された地層中には、様々な生痕化石が存在する。浅海成層に残された生痕化石を解析することで、多くの古生態・古環境情報を得ることができ、沿岸域生態系の変遷・発達史を読み取ることが可能となる。しかしそのためには、まず対応する現世生痕についての知見を得る必要がある。このことから、沿岸域の現世生痕についての研究が多くなされてきた。しかしながら、先行研究のほとんどは干潟環境あるいは内湾環境において行われたものであり、またそれらの対象領域は汀線付近に限定されていた。このことから、沿岸域における現世生痕の調査は十分とはいえず、現段階では化石記録に適用可能な知見は乏しい。

浅海堆積相の生痕化石についての古生態・古環境学的な理解を深めるには、開放性海浜において、潮間帯(前浜)から潮下帯(内側陸棚)にかけて包括的に現世の生痕相を調査することが有効である。以上を踏まえ、本研究では開放性海浜における堆積構造および大型生物についての調査をおこない、その場の現世生痕の分布を明らかにした。

外洋に面した海浜における現世生痕相の包括的な研究例は無いので、このタイプの海浜である茨城県神栖市に位置する波崎海岸で調査をおこなった。波崎海岸には、港湾空港技術研究所・沿岸土砂管理研究チーム所有の波崎海洋研究施設（全長 427 m の観測栈橋）が設置されている。一般的には、波浪の影響のために上部外浜域での調査は困難であるが、波崎海岸においては上部外浜下部まで達する観測栈橋が設置されているので、外浜域での潜水調査が可能である。

観測栈橋直下において 50 m 間隔でサンプリング地点を設定し、底生生物相、生痕相、堆積相を SCUBA 潜水を行い調査した。生痕相・堆積相の調査は小型コア（最大で長さ 2 m）を採取し実施した。さらに、沖合 2 km まで約 200 m 間隔で調査地点を設け、同様の調査を実施した。また、海底面上に開いた巣穴については、ポリエステル樹脂を用いて巣穴型を作成し、その形態を調べた。

調査の結果、各水深帯（各堆積環境）にはそれぞれ特有の堆積構造が見られた；水深 2～5 m（上部外浜）は、平行葉理およびトラフ型斜交層理、そして多毛類 *Travisia* sp. の生痕（大型の *Macaronichnus* 生痕）が見られた。一方で、水深 5～20 m（下部外浜）においては、低角の斜交層理（ハンモック型斜交層理）、そして甲殻類の巣穴（*Ophiomorpha* 生痕と *Teichichnus* 生痕）、およびブンブクウニ類の生痕（*Bichordites* 生痕）が発達していた。また、水深が深い地点ほど、生物攪拌を多く受けていた。これまでの先行研究で明らかにされている内湾域での生痕分布と、本研究で対象とした開放性海浜の結果を合わせて考察することで、沿岸域の生痕分布の特性を理解することができると考えられる。

熊野トラフ表層における過去約 100 年間の堆積速度変化

Changes in mass accumulation rate of surface deposits during the last ca. 100 years at the Kumano Trough, central Japan

白井正明（首都大）・伊藤拓馬（産総研）・大村亜希子（東大）

Masaaki Shirai (TMU), Takuma Ito (AIST), Akiko Omura (Univ. Tokyo)

連絡先：白井正明 (mshirai@tmu.ac.jp)

地層記録にしか残されていないような災害記録を復元することの重要性は、東日本大震災の発生により一般にも広く理解され始めている。とりわけ深海環境下では堆積記録の連続性が良いため、災害記録を連続的に復元できる。陸域周辺の深海域（半遠洋的環境）では、洪水や地震をきっかけにして形成されたタービダイトを利用して、自然災害（海域地震や大洪水）の履歴を復元することも不可能ではない。タービダイトと陸域で観測された災害の関連性を実際に明らかにするために、観測記録が充実する過去 100 年間程度のタービダイトの形成年代を明らかにし、災害記録と対比するという方法がある。発表者らは最近、Pb-210 法を用いて遠州トラフで採取したタービダイトを挟む表層堆積物のコア試料の過去 100 年間程度の堆積速度 (Mass Accumulation Rate: MAR) を試験的に見積もったところ、1950 年前後を境に MAR が減少していると考えられる例を見出した。そこで、これまでに採取した表層堆積物のコア試料のうち、明瞭なタービダイト層を挟まないものを対象に、Pb-210 法を用いて過去約 100 年間の堆積速度の検討を行うこととした。

今回報告する熊野トラフにおいては、学術研究船淡青丸航海でトラフ北西部と中央部より採取した表層堆積物のコア試料を用いた。堆積速度の見積もりにはコア深さ方向の過剰 Pb-210 放射線濃度の変化を用い、乾燥かさ比重の測定結果を基に、半遠洋性沈積粒子の堆積速度 (Mass Accumulation Rate; g/cm²/y) に換算した。過剰 Pb-210 放射線濃度は、首都大学東京地理学教室所有のガンマ線スペクトロメータを用いて測定した Pb-210 などの核種の放射線濃度測定結果より、乾燥かさ比重は、信州大学理学部および東京大学大気海洋研究所所有のピクノメーターを用いて、それぞれ見積もっている。

熊野トラフ北西部の KT-08-30 Km-MC2 コアはコア頂部（海底面）より 12cm に砂層を挟むため、上位 10cm を解析対象とした。過剰 Pb-210 濃度を基に描いた堆積曲線は 6cm より下位で堆積速度の急増を示す。Soft-X 画像では 7-8cm の層準で生痕がやや少ないように見えるが、堆積速度の変化との因果関係は現時点では不明である。いずれにせよ上位 6cm の MAR は 0.02 g/cm²/y と計算され、ほぼ 100 年間 MAR は一定と見積もられた。

一方熊野トラフ中央部で採取された KT-07-5 MC5 コアは上位 5cm で MAR 0.03 g/cm²/y、5-7cm では MAR は 0.08 g/cm²/y に上昇しているが、その下位では再び MAR は 0.03 g/cm²/y と計算された。1940~1950 年頃に堆積速度が一時的に 0.08 g/cm²/y に上昇したという計算になる。

以上の結果から、陸域周辺の深海域の近年の堆積作用はこれまで考えられていたよりも複雑であることが予想される。今後、熊野トラフで採取したコア試料の測定例を増やし、MAR の増減のタイミングに規則性があるかを含め、検討を続けていく予定である。

石原与四郎・弓 真由子（福岡大学理学部）

Yoshiro Ishihara and Mayuko Yumi (Fukuoka University)

連絡先：ishihara@fukuoka-u.ac.jp

はじめに

タービダイトの基底に認められるソールマークは、その形態からグループマーク、フルートマーク等に分類される。これらのマークは、底質の半遠洋性泥に対し、流れの中の渦が作用したり、物体が底面を引きずられたりすることで形成されることが指摘されている（たとえば、Dzulynski and Walton, 1965）。このような柔らかい海底の泥質堆積物や岩盤に形成される微小な侵食地形は、実際の露頭の観察に基づく形態の分類だけではなく、再現実験も行われている（Allen, 1971a, b; Blumberg and Curl, 1974; Curl, 1974; 弓・石原, 2011）。これらの研究に基づけば、とくに流れの中の渦に関連するマークは、（1）それを形成した流速、（2）形成に要した時間、（3）底質の性質に関連するとまとめることができる。一方、様々な実験に基づくこれらの条件は、互いに複雑に関連するとともに、形成された構造そのものがさらに引き続くこれらの形成作用に影響を与えるため、実際のソールマークの形態の解釈にこのような形成条件を積極的に取り入れた例は認められない。この原因には、ソールマークの形態そのものを数値化しにくいことや、これらのある程度まとまって観察する機会が限られるということも含まれると考えられる。

本研究では、比較的広い領域に渡ってソールマークを観察できる日南層群のタービダイトの一例を用い、1km 規模での単層対比とその基底に認められるソールマークの分布の特徴をまとめた。そしてタービダイトの堆積に先んじて形成されたこれらのマークから読み取れる情報をもとに混濁流の流下過程の考察を試みた。**侵食構造から推定される流れの状態**

泥質な基底に形成される侵食構造を最も系統的に研究した例には Allen (1971a, b) がある。これらの実験では、石膏板や泥質基底に形成される侵食構造や構造群を規制する要因は、流れの特性、底質に存在する凹凸や異物、侵食の継続時間であるとまとめ、その発達過程に関して概念図を示している。また、大局的には流れの特性の1つである流速は、速いほど小さく、遅いほど大きい侵食構造を形成すること（Allen, 1971a; Curl, 1974）、水温は、高いほど小さく、低いほど大きい侵食痕を形成する傾向があること

（Goodchild and Ford, 1971）が明らかになっている。侵食の継続時間と侵食構造に関しては、平面に孤立した放物線状の平面形態を持つ構造が認められる状態から、徐々に平面が少なくなるとともに個々の構造は互いに接するようになり、やがてポリゴン状の形態になるという発達過程が明らかになっている（Allen, 1971a）。これらの変化は、流速が大きいほど早く形成が進む（弓・石原, 2011）。

個々の侵食構造の大きさは、主にそれが形成される底質に影響を受ける可能性が高い上、その発達過程において形態も変化するために流れとの関係は明瞭でない。一方、その分布や形態は、侵食過程の持続時間に伴い、変化することが底質の異なる実験でも得られている（青木・首藤, 1982）。本研究では、この特徴を用い、基底に作用した侵食の作用時間の相対的な違いを検討する。

日南市猪崎の日南層群のタービダイトサクセッションとフルートマーク

宮崎県日南市猪崎には、日南層群のタービダイトサクセッションが分布する（倉永, 1989 等）。この露

頭のタービダイトサクセッションでは下部に侵食面を多く伴う厚層のタービダイトと薄層タービダイトと半遠洋性泥岩の細互層が認められ、これらが比較的厚く連続性が良いタービダイトに覆われるのが観察される。これらはその層相や分布からそれぞれ、クレバスチャネル充填相 (Mutti and Normark, 1991) , レビー相 (Walker, 1975) , ロープ相 (Posamentier and Walker, 2006) であることが推定される。この露頭のタービダイトの基底には、しばしば顕著なフルートマークの発達が認められる。本研究では、このタービダイトサクセッションのうち、クレバスチャネルがほぼ充填され、側方に広がるようになったロープの基底のタービダイトに認められるフルートマークを対象とした。

対象とするタービダイトは、層厚約 3m の中粒～細粒の砂岩からなり、クレバスチャネルのすぐ上位にあたる場所では、上位・下位の砂岩と融合する。おおよそ S60° W 向きの古流向 (フルートマークより) を示し、これにやや斜交するおおよそ 1km の区間の計 4 ヶ所において、フルートマークの観察が可能である。また、このうちの 2 ヶ所においては、3～7m² のタービダイトの基底面の観察が可能である。

フルートマークの分布とタービダイトの堆積過程

検討するタービダイトの基底のフルートマークに関して、基底面を広く観察できる露頭では、画像解析によって、フルートマークの形、分布について検討を行った (2 ヶ所) 。その他の小規模な露頭 (2 ヶ所) では、肉眼で観察を行い、その特徴をまとめた。その結果、各露頭間で侵食構造の平面投影面積、円形度、隣り合う構造との大きさの比、堆積物食の生痕化石で判断できる侵食の進んでない平坦面の領域の割合等に違いが認められた。これらの違いは、主として流れが侵食構造を形成した時間に関連すると考えられる。すなわち、個々の侵食構造の平面投影面積の標準偏差が小さいものほど十分に時間をかけて形成されたこと、円形度は、より時間をかけて形成された構造ほど分布が密になり円に近いこと、隣り合う構造との大きさの比は、平面投影面積の場合と同様に、十分に時間をかけて形成されたことが示唆される。侵食が進んでない平面領域の割合が大きいものは、まさに侵食作用がごく短い時間しか及んでないことを意味すると考えられる。

これらの特徴をタービダイトの単層追跡の結果と合わせた結果、1km 区間内の同じタービダイトの中でも混濁流がバイパスしやすい領域と比較的短い時間で堆積が始まった区間を区別することが可能となった。

文 献

青木美樹・首藤信夫, 1982, 第 26 回水理講演会論文集, 87-92.; Allen, J.R.L., 1971a, *Sedimentary Geology*, 5, 167-385.; Allen, J.R.L., 1971b, *Journal of Fluid Mechanics*, 49, 49-63.; Blumberg, P.N. and Curl, R.L., 1974, *Journal of Fluid Mechanics*, 65, 735-751.; Curl, R.L., 1974, *Bulletin of National Speleological Society*, 36, 1-5.; Dzulynski, S. and Walton, E.K., 1965, *Sedimentary Features of Flysch and Graywackes*. Elsevier, Amsterdam, 274p.; Goodchild, M. F. and Ford, D.C., 1971, *Journal of Geology*, 79, 52-62.; 倉永輝雄, 1989, めらんじゅ, 12, 60-69.; Mutti, E. and Normark, W.R., 1991, An integrated approach to the study of turbidite system. In Weimer, P. and Link, M.H., eds., *Seismic facies and sedimentary processes of submarine fans and turbidite systems*, 75-106, Springer-Verlag, New York.; 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.*, 397-520, SEPM.; Walker, R.G., 1975, *Geological Society of America, Bulletin*, 86, 915-924.; 弓真由子, 石原与四郎, 2011, 洞窟学雑誌, 36, 61-73.

本研究の一部には、科研費基盤研究 (C) 課題番号 21540476 (代表者: 石原与四郎) を利用した。

サイクリックステップとアンティデューンの特徴

Features of cyclic steps and antidunes

横川美和 (大阪工業大学) ・ 武藤鉄司 (長崎大学) ・ 成瀬 元 (京都大学)
 ・ 泉 典洋 (北海道大学) ・ パーカー ゲイリー (イリノイ大学)

Miwa Yokokawa (Osaka Institute of Technology), Tetsuji Muto (Nagasaki Univ.),
 Hajime Naruse (Kyoto Univ.), Norihiro Izumi (Hokkaido Univ.), Gary Parker (Univ. Illinois)

連絡先 : 横川美和 (E-mail : miwa@is.oit.ac.jp)

本研究では、筆者らが行ってきた水路実験や先行研究の結果を交え、サイクリックステップを含む様々なタイプのアンティデューンなど流れの高領域で見られるベッドフォームの特徴について述べる。

アンティデューン(反砂堆)は、水面波の位相とベッドフォームの位相が合致する。アンティデューンは上流進行するものだけでなく、下流進行するものもある。ここでは、上流進行するアンティデューンを「遡上反砂堆」、下流進行するアンティデューンを「流下反砂堆」と呼ぶ。遡上反砂堆にはさらに、(1)水面波が周期的に砕波し、それに伴って砂床も大きく変動するもの、(2)跳水が周期的に上流側に移動・消滅するもの、(3)砕波も跳水も生じない安定したものがある。

サイクリックステップは、跳水によって仕切られた周期的なステップ地形が常に跳水を伴って上流へ進行するベッドフォームである。ステップの下流部分で流れは射流(フルード数 $Fr > 1$)となり、ステップ下流端で跳水を起こして水深が急増し常流($Fr < 1$)となる。跳水は常に起こっており、この部分では水面波の波形と砂床波の波形が異なる。また、サイクリックステップは、浮遊して移動する砂によって維持されている。

筆者らの実験によってサイクリックステップとアンティデューンの間接的なベッドフォームがある事がわかった。これを中間型ステップ(Intermediate Step)と呼んでいる。中間型ステップはサイクリックステップと同じく跳水を伴って上流へ進行するが、周期的にその跳水が上流側へ崩れ、その際、水面波形と砂床波形が同じになる(アンティデューンと同じ状態)。さらに時間が経過するとまた水面波が盛り上がり跳水を起こすようになる。

これらのベッドフォームの水理学的性質を整理するために、次の3つのパラメータを用いてフェーズダイアグラムを作成した。すなわち、(1)フルード数(Fr)、(2)浮遊砂指数(SPI : 剪断速度と沈降速度の比)、(3)無次元シェジ係数(C_s)である。浮遊砂指数によって、サイクリックステップからアンティデューンまでの形成領域を区分する事ができる。すなわち、サイクリックステップは浮遊砂指数の高い領域を占め、アンティデューンは浮遊砂指数の低い位置を占める。この事から、サイクリックステップの形成ならびに維持に関して浮遊砂が重要な役割を果たしている事が理解できる。一方、無次元シェジ係数はアンティデューンが砕波を繰り返すタイプか、安定したタイプかを区分する。すなわち、砕波するタイプのアンティデューンは無次元シェジ係数が高く、安定したタイプのそれは低い。このフェーズダイアグラムは、同様のベッドフォームを扱った先行研究のダイアグラムに比べ、さらに詳しいベッドフォームの分類かつベッドフォームの安定性に関する情報も得られるものとなっている。

密度流によるサイクリックステップの形成条件

Stability field of cyclic steps formed by density flows

成瀬 元 (京都大学) ・ 泉典洋 (北海道大学) ・ 武藤鉄司 (長崎大学) ・ 横川美和 (大阪工業大学)
 Hajime Naruse (Kyoto U.), Norihiro Izumi (Hokkaido U.), Tetsuji Muto (Nagasaki U.) Miwa Yokokawa
 (Osaka Inst. Tech.)

連絡先：成瀬 元(naruse@kueps.kyoto-u.ac.jp)

サイクリックステップはベッドフォームの一種であり、波状のベッドフォーム上で上流から下流へ向かって射流・常流が交互に繰り返されることで特徴づけられる。アンティデューンと同様に、サイクリックステップは全体としては射流の条件において形成されるベッドフォームであるため、陸上では山間部の急勾配の溪谷などで主としてみられる地形である。一方、海底を流れる混濁流は陸上河川と比較して射流として流れる領域が大きいため、潜在的には河川よりもアンティデューンやサイクリックステップを形成する可能性が高い。実際、海底扇状地にはサイクリックステップ様の地形が多数発見されている。もし、深海底に発達するベッドウェーブが本当にサイクリックステップであれば、このベッドフォームの形成条件や形態を手掛かりに、直接観測することが困難な混濁流の水理条件を復元することも可能になるだろう。

しかしながら、混濁流（密度流）によるサイクリックステップの形成条件はほとんど明らかになっていない。開水路におけるサイクリックステップの形成実験は近年になって盛んにおこなわれるようになっており、その形成条件が次第に明らかになりつつあるが、密度流によるサイクリックステップの形成実験は極めて例が少ないのが現状である。そこで、本研究はサイクリックステップの安定形成条件を探ることを目的として、密度流の水槽実験を行った。

本研究の水槽実験では、塩水（比重 1.01-1.04）およびプラスチック粒子（比重 1.5・粒径 $80\mu\text{m}$ ・粒子レイノルズ数 1.57）の混合流体を用いて密度流を発生させた。この場合、塩水は自然界の混濁流に含まれる泥粒子の代用であり、プラスチック粒子は沈降速度の速い砂粒子のアナログ物質である。実験には、長崎大学環境科学科武藤研究室の実験水槽（長さ 6.0 m、幅 1.8 m、深さ 1.2 m）を用いた。この水槽の中に、塩水を貯めるためのビニール製の袋を設置した。実験中、実験水槽とビニール製の袋はどちらも淡水で満たされている。さらに、ビニール袋の内部には長さ 4.0 m、幅 2.0 cm、高さ 50 cm のアクリル製一方向水路を設置した。水路の傾斜は実験開始前に一定の角度に固定し、実験中には変化させない。水路の下流端には堰が設置され、堆積物が蓄積されて水路全体に移動床が形成されるように設定された。実験開始後、プラスチック粒子と塩水の混合物は水路上流端のノズルから一定の混合比・流量・流速で放出され、密度流を形成する。下流端の堰から流出した塩水およびプラスチック粒子はサイフォンにより回収され、水路内は定常条件に保たれた。ベッドフォームの観察は、堰が十分に埋積され、流入堆積物と流出堆積物の量が釣り合う平衡状態が実現されたのちに実施された。実験条件は、密度フルード数が 5-13 程度、シールズ無次元せん断応力が 0.2-0.8 程度であった。

実験の結果、アンティデューン・サイクリックステップ・プレーンベッドが形成された。サイクリックステップの形状は、下流斜面が短く上流斜面が長い非対称なものが多くみられた。このサイクリックステップの非対称性の傾向（クレストが下流寄り）は、開水路で形成されるものとは反対の傾向であり、密度流ならではの特徴である可能性がある。ただし、サイクリックステップの対称性には大きなバリエーションがあり、

条件によってはクレストの位置が上流側に移動する例も見られた。一方、アンティデューンには下流進行・上流進行の両方のタイプがみられたが、すべて形状は対称的であり、クレストは常にベッドフォームの中心部に位置していた。すなわち、密度流によるサイクリックステップとアンティデューンは、流体条件だけではなく形状でも十分に識別できるものであることが明らかになった。一方、今回の実験で形成されたプレーンベッドは平滑な形状ではあるものの、全体として緩やかに上へ凸な形態を示した。これは、密度流が周囲の流体を連行することで流体条件を変化させながら流下していることを反映したものと考えられる。なお、サイクリックステップとアンティデューンは実験中しばしば混在して形成されたのに対し、プレーンベッドは極めて安定しており、実験の再現性も高いという特徴もみられた。

この実験では、サイクリックステップはアンティデューンよりもややフルード数が低い領域で形成されることが明らかになった。ベッドフォームの安定形成条件について検討するにはまだ実験回数が不足しているものの、今回の実験でサイクリックステップが形成されたのは、上流端でのフルード数が5-7程度、シールズ数が0.23-0.27程度の領域である。さらに、本実験ではフルード数が極めて高い領域(>10)でプレーンベッドが形成された。これは、通常の高流領域のプレーンベッドとは明らかに異なる形成条件である。今後の慎重な検証が必要だが、このプレーンベッドは密度流ならではの新しいタイプのベッドフォームである可能性がある。

本研究はまだ予察的な段階ではあるものの、密度流サイクリックステップの形成条件の一端が初めて明らかになったことは研究の重要な第一ステップである。今後は、サイクリックステップの安定形成条件のみならず、その波長・比高・形状の対称性を理論モデルと比較し、深海底の環境条件推定に適用可能なモデル構築を目指す必要があるだろう。

釧路市岩見浜に分布する始新統春採層の堆積岩石学的特徴
Sedimentary petrological character of the Eocene Harutori Formation around
Iwamigahama Coast, Kushiro City, Hokkaido

鮎沢 潤(福岡大・理)・石川 孝織(釧路市立博物館)

Aizawa, J.(Fukuoka Univ.) and Ishikawa, T. (Kushiro City Mus.)

鮎沢 潤(aizawa@fukuoka-u.ac.jp)

1. 背景と地質概略

北海道釧路市益浦の岩見浜海岸は釧路炭田を構成する始新統浦幌層群春採(累)層が断続的に現れる。釧路地域の地質は長浜(1961), 石炭地質学的な見地から佐藤ほか(1968), 藤井ほか(1978,1979a,1979b), 堆積学的な観点から馬淵(1962), 佐藤ほか(1967), 長浜ほか(1968), 小笠原ほか(1998), 七山ほか(1999)があるものの, これまで岩見浜露頭の堆積岩石学的な報告はない(鮎沢・石川, 2012)。岩見浜海岸の春採層は走向 NE-SE ないし NNW-SSE, 傾斜 6-12° W 前後の単調な構造をなす。下位から, 青灰色細粒-中粒砂岩, 礫岩, 細礫混じり粗粒砂岩に始まり砂岩および塊状泥岩を経て石炭で終わる上方細粒化が 2 サイクル見られ, 層厚は 50m+ である。

2. 堆積岩石学的記載

石炭は vitrinite (telinite および clarite) の他, 日本炭に固有の degradinite が混入する。vitrinite の反射率は 0.48%Ro であったが, 標準偏差が 0.07% に達する, この値は釧路コールマイン (旧太平洋炭硯) 坑内の石炭化度(藤井ほか, 1978)よりも 1 割低い, 当地における本層の続成度を示すと看做せる。

泥岩を構成する粘土鉱物は主に smectite, chlorite, kaolin minerals であった。後二者は浦幌層群の各層(別保・春採・天寧および雄別累層)の古流向(長浜ほか, 1968)および後背地の地質(小笠原ほか, 1998)と矛盾しない。smectite は火山ガラス等の変質に伴う続成生成物の可能性がある。炭田地域の凝灰質岩(飯島, 1978)や当地域から産出が報じられている沸石鉱物種(伊藤, 1989)の X 線回折ピークは見出されなかった。

砂岩は径 50 μm—2mm の石英, 斜長石, カリ長石, 岩片(塩基性火山岩, 放散虫化石を含む赤色チャート, 緑色片岩, 砂—シルトサイズの碎屑性古期堆積岩), 緑泥石からなる。細粒化とともに雲母片・chlorite・炭質物の出現頻度が高くなる傾向がある。粗粒側は含礫石質アレナイト砂岩, 細粒側では石質ワック砂岩に相当する。砂岩のセメント物質は粗粒部が方解石, 細粒部は粘土鉱物であった。いずれも顕微鏡レベルで特徴的な内部堆積構造は特に認められない。砂岩を切る細脈と砂岩セメント物質の双方に大量の方解石が見られた。後者に含まれる流体包有物の均質化温度を測定したところ 73.8—85.5°C であった。

礫岩は径 1cm—15cm 程度の塩基性ないし中性の火山岩, 赤色チャート (鏡下では径 125 μm 未満の白色放散虫化石が頻りに認められる), 緑色片岩, 細粒砂岩, 黒色硬質泥岩などの亜円礫—亜角礫からなる。礫間は青灰色細粒の砂および粘土が充填ないしセメントするが, しばしば火山ガラスを示唆する非晶質物質を混じえる。

3. 岩見浜露頭の堆積岩石学・堆積学的な意義

1) 春採層の続成の問題

石炭化度(0.48%Ro)と粘土鉱物(smectite, chlorite, kaolin minerals)の続成度は、これまで他地域で報告されてきた有機—無機続成指標の関係(鮎沢,1990)と対応し、Frey(1987)による続成度区分の low diagenesis 未満に相当する。smectite の給源のひとつとして一般的な火山ガラスは層準を問わず胚胎されるが、沸石鉱物を欠いている。これは、堆積直後から続成段階における間隙水の二酸化炭素分圧が高かったために炭酸塩鉱物が卓越した可能性が考えられる。砂岩を切る方解石細脈の流体包有物の均質化温度(73.8–85.5°C)は、これら低続成の古地温条件を反映しているといえよう。有機—無機続成指標は他地域の第三紀炭田よりも低領域側にあり、続成指標間の関係は既報と略対応する。

2) 供給源および供給システムの問題

春採層下位の別保層は普遍的に礫岩を含み(長浜, 1961), その中のチャート礫の起源として小笠原ら(1998)は釧路の北方ないし北東方に位置する常呂帯の可能性を指摘した。春採層を含む浦幌層群礫岩のチャート礫について放散虫化石の時代を特定することで、後背地の情報、後背地から石炭堆積盆へ至る過程、とくに耐摩耗性の高い珪質岩の碎屑粒子形成を論じることが可能になると期待される。長浜ほか(1968)は春採層および別保層について、斜層理の方向は必ずしも一様ではないものの、碎屑物の主要な供給はENEからSWS方向であるとした。炭層形成に必要な緩慢な沈降、および長期間にわたる石炭根源物質の集積の過程と併せて、NE方向から粒径や円磨度の異なるチャート起源物質の長距離移動が定常的に起きていたことに対する解釈が望まれる。

文献

鮎沢 潤,1990,岩鉱, **85**,145-154. Frey, M.,1987, *Low-temperature metamorphism*. Blackie, 351 p. 藤井敬三・佐々木実・後藤 進・東出則昭,1978,地質雑, **84**, 539—547. 藤井敬三・米谷 宏・曾我部正敏・佐々木実・東出則昭,1979a,石技誌, **44**,134-143. 藤井敬三・佐々木実・後藤 進・曾我部正敏,1979b,地調月報, **30**, 587-60. 飯島 東,1978,沸石続成作用.地質学論集, (15), 135—150. 石川孝織・鮎沢 潤,2012,福岡大理集報,**42**,57-64. 伊藤俊彦,1989,釧路市岩見ヶ浜の東沸石.北教大釧路研報, **21**, 89—96. 馬淵精一,1962,東北大理地質古生物研報, **56**,1-42. 長浜春夫,1961,5万分の1地質図幅および同説明書「釧路」.北海道開発庁,53p. 長浜春夫・広川 治・遠田朝子,1968,地調月報, **19**, 1—17. 七山 太・亀村孝子・金松敏也,1999,道東の自然を歩く.北大図書刊行会,36-41. 小笠原正継・柴田 賢・内海 茂,1998,地質雑,**104**, 516—524. 佐藤 茂・佐々保雄・広川 治・岡崎由夫・長浜春夫, 1967,地質雑, **73**, 563-571. 佐藤 進・野畑 肇・佐藤松男・東 保・井上絢夫・金沢恒夫,1968,鉱山地質, **18**, 173-184.

陸棚環境で形成された fluid mud 堆積物の堆積構造の特徴化
Characterization of sedimentary structures in fluid-mud deposits
formed in a shelf environment

戸田数馬（千葉大学大学院）・西田尚央（産業総合研究所）・伊藤 慎（千葉大学大学院）
Kazuma TODA (Chiba University), Naohisa NISHIDA (AIST), Makoto ITO (Chiba University)
連絡先：戸田数馬 (aada3522@chiba-u.jp)

泥質堆積物は、地層として保存された堆積物の 6 割以上を占め、砂質堆積物に比べてより広範囲に分布している（例えば、Potter et al., 1980）。一般に、泥質堆積物は細粒碎屑粒子のゆっくりとした堆積にともなって形成されると考えられているが、本来砂質堆積物が卓越することの多い沿岸域や陸棚域の一部でも、急速に厚い泥質堆積物の形成が行われる場合のあることが理解されるようになり、地質時代の沿岸域-陸棚域で形成された堆積物の中にも、同じようなプロセスで形成された泥質堆積物が広く発達している可能性が指摘されている（例えば、Ichaso and Dalrymple, 2009）。また、このような泥質堆積物の多くは fluid mud とよばれる高濃度 (> 10 g/L) の泥質流体から形成された堆積物と解釈されている。したがって、fluid mud 堆積物を地層からの確に認定することは、地球表層部に広く分布する泥質堆積物の形成プロセスや物性を高精度で解析するために不可欠と考えられる。

これまでの研究で、fluid mud 堆積物を識別するために、岩相や粘土ファブリックの特徴が検討されている（西田・伊藤, 2009）。しかし、これまでに地層から fluid mud 堆積物が認定された研究例は必ずしも多くなく、特に、fluid mud 堆積物中の堆積構造の特徴については、研究例が限られている（Macquaker et al., 2010; Mackay and Dalrymple, 2011）。したがって、本研究では、陸棚環境で形成された砂質堆積物に挟在する泥質堆積物に注目して、西田・伊藤（2009）でまとめられた認定基準に基づいて fluid mud 堆積物を識別し、その堆積構造の特徴を検討した。検討対象は、房総半島中央部に発達する中部更新統 (1) 市宿層と (2) 万田野層、ならびに (3) 銚子地域に発達する上部鮮新統名洗層である。

今回の検討により以下のことが明らかとなった。(1) 砂岩層上面の凹凸をドレープする形でレンズ状の形態を示す。(2) 厚さは 0.5–90 cm とさまざまである。(3) 中央粒径は 7–15 μm で、粘土成分の割合はおおよそ 30 vol% である。(4) 明瞭な基底面を示し、上部は生物擾乱の影響を受けている。(5) 厚さに関係なく、最下部にシルト質の平行ラミナあるいはカレントリップラミナが認められる。(6) また、一部には基底部に波状ラミナが認められる場合がある。(7) ラミナの発達する部分の上位には塊状の泥岩が発達する。(8) 塊状泥岩には不規則な配列を示す合弁の浅海生貝化石が含まれる。

このような今回検討された fluid mud 堆積物の特徴から、砂質の陸棚堆積物に挟在する fluid mud 堆積物は、ストームあるいは高濃度の洪水流にともなって沖合へ移動した fluid mud から形成された堆積物と解釈される。また、fluid mud 堆積物の形成初期には海底直上の fluid mud に、せん断応力が強く働くために乱流状態となり、平行ラミナやリップラミナなどの形成が行われたと解釈される。初期濃度を推定することは容易では無いが、初期状態に関係なく、fluid mud の堆積過程で上部ほど層流状態になり、塊状の fluid mud 堆積物の形成が行われたと解釈される。

粗粒セディメントウェーブ堆積物の形態と内部構造の特徴化
 Characterization of geometry and internal structures of
 coarse-grained sediment-wave deposits

高岡進一（千葉大学）*・時井良治（千葉大学）・伊藤 慎（千葉大学）

Shinichi Takaoka*, Yoshiharu Tokii, and Makoto Ito (Chiba University)

*aaka3518@chiba-u.jp

現世の深海底には、粗粒な堆積物で構成される大規模なベッドフォームが広く存在することが、音波探査に基づいた調査から明らかにされている（例えば、Malinverno et al., 1988; Wynn et al., 2002）。このような大規模なベッドフォームは、礫や砂などの粗粒堆積物から構成されていること、緩くうねった波状形態を特徴とすることなどから粗粒セディメントウェーブ堆積物と広く呼ばれている（例えば、Malinverno et al., 1988; Wynn et al., 2002）。さらに、粗粒セディメントウェーブ堆積物は、深海底チャンネル、海底谷、チャンネル-ローブ漸移域において、重力流による大規模なベッドフォームの移動に伴って形成された堆積物と解釈されている。現世の粗粒セディメントウェーブ堆積物に関しては、音波探査記録に基づいて、ディメンジョン、構成堆積物、ベッドフォームの進行方向などが検討されている

(Malinverno et al., 1988; Wynn et al., 2002; Smith et al., 2007)。しかし、粗粒セディメントウェーブ堆積物の形態と内部構造を詳細に特徴化するには、地層断面の詳細な野外観察が不可欠と考えられる。本研究は、大規模な露頭断面を活用した詳細な地層観察に基づいて、粗粒セディメントウェーブ堆積物の形態と内部構造を特徴化し、形成プロセスを検討したものである。

調査対象とした地層は、房総半島の中央部に発達する上総層群の(1)中部更新統長浜層ならびに(2)下部更新統東日笠層、(3)房総半島南端に発達する鮮新統千倉層群白浜層、(4)カリフォルニア州ポイントロボスに発達する始新統カルメロ層である。これらの地層はマッドクラストをともなった礫岩、礫質砂岩ならびに粗粒砂岩で構成され、海底谷や海底チャンネルを埋積した粗粒重力流堆積物である。

今回の検討で以下のことが明らかとなった。(1)厚層-極厚層礫岩の基底は最大で2 m以上の侵食面を示し、一部には大規模なフルート状構造が発達する。(2)マウンド状構造の波長は3-100 m程度で、波高は最大で2 mである。(3)谷状地形の中央部に発達するものの方が波長は長くなる傾向が認められる。また、下流方向に向かって波長に減少傾向が認められる。(4)礫岩層には下流方向へ傾くフォーセット層理やバックセット層理が認められる。(5)フォーセット層理にともなったマッドクラストは上流側へ傾いたインブリケーションを示すとともに、逆級化の傾向を示す。(6)内部構造の特徴に関係なく、緩いマウンド状構造は対称性の高い断面形態である。(7)古流向に斜交した断面では、トラフ型斜交層理が認められる。(8)礫岩の緩いマウンド状形態は礫質砂岩にドレープされており、侵食にともなって形成された形態ではない。(9)礫岩の上位に発達する礫質砂岩や粗粒砂岩にはウオッシュアウトデューン層理、平行層理、アンティデューン層理が認められる。

このような今回検討された粗粒堆積物で構成される地層に認められるさまざまな特徴に基づくと、粗粒セディメントウェーブ堆積物は高流領域の下での大規模な3Dデューンの下流方向ならびに一部は上流方向への移動にともなって形成された堆積物であると解釈される。今後、粗粒なマウンド状形態を示す堆積物を礫岩層からの確に識別することにより、粗粒セディメントウェーブ堆積物の形成に関する時空的な多様性を特徴化することが可能になると考えられる。

ジャワ島ボゴール堆積盆地に形成された中部中新統ジャティルフル層
に認められるスランプスカーから斜面チャンネルへの発達過程

Channel formation from slump scars documented in a prograding slope–shelf
succession, the middle Miocene Jatiluhur Formation in the Bogor Trough, west Java

アブドロヒム*・伊藤 慎（千葉大学大学院理学研究科地球科学コース）

Abdurrokhim* (Chiba University) and Makoto Ito (Chiba University)

*abdur@graduate.chiba-u.jp

海底チャンネルの成因について、これまでにさまざまなモデルが提案されている。その中で、重力流にともなって形成された大規模な侵食構造やスランプ堆積物・土石流堆積物などにともなって発達した海底の凹凸地形がチャンネルの形成を大きく支配している可能性が指摘されている（例えば、Clark and Pickering, 1996; Elliott, 2000; Grecula et al., 2003; Fildani et al., 2006; Tiago and Cartwright, 2010）。さらに、海底斜面環境では、初生的な凹地形を形成するスランプスカーが斜面チャンネルへと発達する可能性が指摘されている（例えば、Shultz et al., 2005; Armitage et al., 2009）。しかし、このようなモデル化を堆積物の具体的な特徴から詳しく検討した研究は必ずしも十分に行われてきているとは言えない。今回、ジャワ島西部のボゴール市周辺に発達する主に中部中新統に相当するジャティルフル層を対象として、スランプスカー埋積物の形態と構成堆積相の時空的变化の特徴を検討し、斜面チャンネルの形成プロセスについて考察した。

ジャティルフル層は最大層厚が 1000 m 以上に達するシルト岩優勢の砂岩・シルト岩互層で特徴づけられるが、下部にはスランプ堆積物やスランプスカーが、中部には砂質シルト岩・砂岩互層とその上位の石灰岩・石灰質泥岩互層が特徴的に発達し、上部は再びシルト岩優勢の砂岩・シルト岩が卓越する。したがって、ジャティルフル層は、当時アジア大陸の南側に発達したスンダランドとよばれる浅海域の南縁部に発達した斜面-陸棚堆積システムの南方向へのプログラデーションによって形成された地層と解釈される。一方、下部を特徴づけるスランプ堆積物やスランプスカーの分布に注目すると、中部を特徴付ける石灰岩に認められる 2 つの堆積中心から離れた地域の沖合側で広く発達している。したがって、陸源碎屑物の供給が活発な地域の沖合ほどより多くのスランプ堆積物やスランプスカーの発達が認められる。

スランプスカー埋積物は、幅が 100–370 m、層厚は最大で 1.6 m 程度で、大部分は生物擾乱の著しい極細粒-細粒砂岩で特徴づけられる。このような砂岩の基底はスランプスカーに平行で顕著な侵食は認められない。一方、一部の埋積物は中粒-粗粒砂岩で特徴づけられ、基底はスランプスカーより下位のシルト岩まで侵食し、内部に側方付加面の発達が認められる。スランプスカーの発達する地域では、砂岩・シルト岩互層中にチャンネル充填堆積物と解釈される上方細粒化を示す最大層厚 360 cm の中粒-粗粒砂岩が、スランプスカー埋積物と同様にレンズ上に挟在している。このような、粗粒なスランプスカー埋積物とチャンネル充填堆積物との関係から、ジャティルフル層を形成した斜面環境では、スランプスカーの一部が斜面チャンネルの形成に大きな役割を担っていたことが理解される。

タービダイト砂岩に認められるカレントリップルラミナの クライミング様式の空間的变化

Spatial variation in climbing patterns of current ripple-lamination in turbidites

石澤慧太 (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)

Keita Ishizawa (Chiba University) and Makoto Ito (Chiba University)

連絡先 : 石澤慧太 (acsa3395@chiba-u.jp)

カレントリップルラミナは一方向流で形成された砂質堆積物に広く観察される堆積構造の一つで、碎屑粒子の下流方向への移動速度と沈降速度との相対的な大きさの違いにともなうクライミング様式を示すことがある。一般に、下流方向への移動速度に対して、沈降速度が相対的に大きくなるほどカレントリップルラミナの上流側の累積の程度が明確になると考えられている(例えば, Allen, 1970; Ashley et al., 1982)。したがって、堆積速度が相対的に大きくなるほどカレントリップルラミナの上流側(stoss side)の保存状態が良くなり、クライミング角度が大きくなる傾向を示す。特に上流側の保存状態に注目すると、従来から大きく3つのタイプ(ここでは便宜的にA, B, Cタイプとよぶ)が識別されている(例えば, Allen, 1973; Ashley et al., 1982)。タイプAからタイプCにかけてカレントリップルラミナの上流側の保存が良くなり、これにともなう、リップルの水平方向と垂直方向への移動速度の相対的な割合の大きさにともなう変化するクライミング角度も増加する傾向が認められる。したがって、より低角のクライミング角度を持つタイプAは掃流からの堆積物供給が卓越するのに対し、より高角のクライミング角度で特徴付けられるタイプCは浮流からの堆積物供給が卓越していることが理解できる。従来、このような水理学的特徴に注目して、クライミング様式の垂直的な変化から水理条件の時間的な変動を解析する研究が行われている(例えば, Jopling and Walker, 1968; Yokokawa et al., 1995)。これに対し、1枚の砂岩層に注目したクライミング様式の空間的变化は必ずしも詳しく検討されていない。本研究はタービダイト砂岩の単層解析に基づいて、クライミングリップルラミナの同一層準における上流部から下流部への変化の特徴を検討した。検討対象とした地層は、房総半島中央部に発達する鮮新統三浦層群清澄層ならびに下部更新統上総層群大田代層である。この2つの層において(1)10~200 m程度の短い距離での変化と、(2)約20 kmにわたる長い距離での変化について検討を行った。

短い距離での変化に注目すると、3つのタイプの下流方向への変化に規則性は認められない。これに対し、長い距離での変化に注目すると、下流部ほどCタイプが卓越し、それぞれのタイプのクライミング角度は高角化する傾向が認められた。一方、1枚のタービダイト砂岩内部では、上方細粒化にともなうAタイプからBまたはCタイプへあるいはBからCタイプへの変化が観察された。このような変化傾向は、混濁流の流速が不規則に変動しながら、下流部へ向かって減速していくことに対応している可能性が考えられる。またクライミングリップルラミナを含む砂岩層の厚さとクライミング角度との関係を検討した結果、Aタイプは厚さに関係なく一定の範囲のクライミング角度を持つ傾向が認められるのに対し、Bタイプでは厚さの増加に対応してクライミング角度が増加する傾向が認められた。一方、Cタイプでは厚さの増加にともなうクライミング角度が減少する傾向が認められた。このような違いは、Aタイプが碎屑粒子の下流方向への移動が卓越する条件で形成されること、Bタイプは浮遊からの沈降速度の増加にともなう形成されること、Cタイプは浮遊からの沈降速度が卓越する条件で形成されるが、混濁流は常に下流方向へ移動するため、時間の経過にともなう碎屑粒子の下流方向への移動速度が相対的に増加することが大きな要因と考えられる。

半遠洋性泥岩の不均質性評価：房総半島下部更新統 O7 火山灰鍵層層準の解析例
Heterogeneity of hemipelagic mudstones: An example from an O7-volcanic-ash
horizon in the lower Pleistocene on the Boso Peninsula, Japan

三井麻由* (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)

Mayu Mitsui* (Chiba University) and Makoto Ito (Chiba University)

*acya3415@graduate.chiba-u.jp

半遠洋性泥岩は、深海底で広く形成される泥質堆積物の一つで、細粒砕屑粒子の定常的ではほぼ一定の堆積速度で形成されると考えられている（例えば、Beattie and Dade, 1996）。しかし、半遠洋性泥岩の形成は定常的な砕屑粒子の沈降とともに、低密度の混濁流やネフロイド層からの砕屑粒子の沈降など、複数のプロセスの複合によって行われる（例えば、Stow and Tabrez, 1998）。したがって、このような複合的プロセスの結果、同時期に形成された半遠洋性泥岩にも堆積速度や鉱物組成などに明瞭な空間的変化が存在する可能性が考えられる。一方、従来行われてきた 1 セクションにおける半遠洋性泥岩の堆積速度や鉱物組成などの時間的変化の検討では、このような空間的変化の影響は十分考慮されていない。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泥岩の空間的な不均質性を評価することは、深海底堆積物の分解能を高精度化するために不可欠と考えられる。

本研究は、ほぼ同時代に形成された半遠洋性泥岩の層厚、粒度、帯磁率、粘土鉱物組成の特徴を上流部から下流部にかけてのおよそ 30 km にわたって解析し、それらの空間的変化の特徴を検討したものである。検討対象は、房総半島中央部に発達する下部更新統大田代層上部の O7 火山灰鍵層を挟在する層準である。この層準では、これまでの研究でタービダイト砂岩の単層解析（Hirayama and Nakajima, 1977）が詳しく行われているため、半遠洋性泥岩の空間的変化の特徴を詳しく解析することが可能である。さらに、この層準では、陸棚外縁部から斜面ならびに斜面基底部、さらには中部-下部海底扇状地など広範囲の堆積環境で形成された同時代の半遠洋性泥岩の特徴を比較検討することが可能である。

半遠洋性泥岩の層厚や粒度は沖合に向かって減少する傾向が認められる。また、粒度の変化に対応して帯磁率の低下が認められる。このような傾向は、陸棚外縁部から斜面基底部と中部-下部海底扇状地で形成された半遠洋性泥岩を識別することでより明瞭に認められる。また、海底扇状地堆積物では、チャンネル堆積物の分布域に近いほど上流-下流の関係とは独立的に層厚や粒度に増加傾向が認められた。このような空間的変化の特徴から、半遠洋性泥岩の形成には、混濁流にともなって深海底に供給される細粒砕屑粒子の量や粒度が大きく影響していることが理解される。一方、半遠洋性泥岩の粘土鉱物組成は、層厚や粒度の空間的変化に比べ、明瞭な変化は認められない。一般に、河口域から浅海域では主要な 4 種類の粘土鉱物（カオリナイト、イライト、クロライト、スメクタイト）のうち、粒径サイズの違いに対応して沖合へ向かってスメクタイトの割合が増加することが広く知られている（例えば、Gibbs, 1977）が、今回検討対象とした半遠洋性泥岩では、このような粘土鉱物組成の明瞭な変化は認められなかった。したがって、今回の検討結果からは、半遠洋性泥岩では、堆積速度や粒度組成には明瞭な空間的変化が認められるのに対し、粘土鉱物組成はほぼ一定であることから、1 セクションでの粘土鉱物組成やこれに対応した化学組成の時間的変化は、後背地の地質構成の変化や気候変動などを反映したプロキシとして活用することが可能と考えられる。

東部南海トラフ海域のメタンハイドレート胚胎層に含まれるタービダイト泥の浸透率

Permeability of turbidite mud sediments in methane hydrate-bearing strata in the eastern Nankai Trough area

伊藤拓馬・江川浩輔・皆川秀紀（産総研メタンハイドレート研究センター）

Takuma Ito, Kosuke Egawa, Hideki Minagawa (Methane Hydrate Research Center, AIST)

連絡先：伊藤拓馬（t-itou@aist.go.jp）

1. はじめに

浸透率は、地層中の流体移動を支配する要因のひとつである。泥質層の浸透率を評価することは、地層のシール能力を評価する上で重要だが、例えば半遠洋性泥やタービダイト泥のような堆積機構の異なる泥質層では浸透率も変化する可能性がある。そこで本研究では、（1）東部南海トラフ海域のメタンハイドレート胚胎層に含まれる泥質堆積物の堆積機構を明らかにし、タービダイト泥由来の泥質堆積物である可能性を述べた後、（2）その泥質堆積物からサンプルを選択し、粒度分布、孔隙径分布、孔隙率等の物性を測定した。それらの結果から得られた浸透率について、同海域の物理検層データと先行研究で得られたコア分析結果とを比較することで、近似値を与える経験式を検討した。

2. 試料と方法

泥質堆積物試料は平成 15 年度基礎試錐「東海沖～熊野灘」において、第二渥美海丘エリアで Pressure Temperature Core Sampler (PTCS) を用いて採取されたコア試料（全長 74.0cm）を用いた。本コア試料について、岩相記載を行った後、コア表面から 0.5 cm 間隔で 148 試料の定量サンプリングを行い、乾燥処理と重量変化の測定から含水率および孔隙率を求めた。その後、全試料について、レーザー回折散乱法による粒度分析を行った。また、泥質堆積物の 9 試料について、水銀ポロシメータを用いて孔隙径分布、孔隙率の測定を行った。孔隙の比表面積の測定には、水銀ポロシメータの実測値を参考データとした。

3. 砂質・泥質堆積物の岩相と堆積機構

本コア試料は、粘土質シルト～シルト質粘土を主体とし、下位の泥質層を侵食した砂層がコア試料の上部（コアトップ～3.5 cm）、中部（38.5～57.0 cm）、下部（60.0～64.3 cm）にそれぞれ認められた。最も厚い砂層（中部）は、下位から逆級化した後に、泥質層へと正級化する構造を示す。また、その最下部には小さな木片の混入が認められた。C-M ダイアグラム (Passega and Byramjee, 1969) より、砂質堆積物は転動と懸濁運搬の領域に、泥質堆積物は級化懸濁運搬の領域に区分された。

これらのことから、砂層は河口域ないし浅海域を起源とする混濁流に伴って堆積し、その上部を覆う泥質堆積物は混濁流の流速の減少とともに堆積したものと考えられる。砂層の層厚に対して泥層のそれは最大で 1.5 倍程度に達しているが、泥が全体的に正級化していることから一連の堆積物の可能性がある。本研究では、この泥質堆積物をタービダイト泥とみなす。この厚い泥の存在は、熊野沖で地震イベント後に認められた高濃度・高濁度のフルイドマッド状の層 (Ashi et al., 2012) から急速に沈降したことを示すのかもしれない。

4. 泥質堆積物の浸透率

泥質堆積物の9試料について孔隙径分布と孔隙率を測定した。その結果を用いて、固結堆積物を対象とした内田の式（内田，1987）と理想的な砂層堆積物を対象にしたKozeny-Carman式から浸透率を求めた。両式は孔隙率および孔隙径の中央値を共通のパラメータとして用いているが、これらに加えて前者では孔隙の比表面積、後者では粒子の比表面積を用いて浸透率を算出する。本研究では、水銀ポロシメータの測定結果から推定した比表面積を用いた。

水銀ポロシメータによる測定の結果、孔隙率は24.5～37.7%であった。内田の式による浸透率は、 $7.8 \times 10^{-16} \sim 1.2 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ となった。一方、Kozeny-Carman式による浸透率は、 $6.3 \times 10^{-19} \sim 1.1 \times 10^{-17} \text{ m}^2$ となり、前者と比べて2～3オーダー低い値となった。

本コア試料について、物理検層データから浸透率がTimur-Cotes法により推定されており、その値はおおむね $10^{-18} \sim 10^{-17} \text{ m}^2$ のオーダーとなる。また、国際深海掘削計画（ODP）により採取された南海トラフ海域の泥質堆積物の浸透率では、本研究と同じ孔隙率の範囲で $2.8 \times 10^{-19} \sim 7.8 \times 10^{-18} \text{ m}^2$ であった（Gamage and Screatton, 2003）。したがって、本研究で扱った泥質堆積物の浸透率は、Kozeny-Carman式による浸透率が物理検層やODPのデータとほぼ等しい値となった。鈴木・成田（2010）が報告した東海沖泥質層の浸透率の実測値は、 10^{-17} m^2 のオーダーであり、本研究の解析結果と符合している。今後は、本コア試料の浸透率を実測する必要がある。

謝辞

本研究は、経済産業省資源エネルギー庁より産業技術総合研究所が受託した「メタンハイドレート開発促進事業」に係る研究の一部として行われた。

文献

- Ashi, J., Ikehara K., Kinoshita, M. and KH-10-3 shipboard scientists, 2012, Settling of earthquake-induced turbidity on the accretionary prism slope of the central Nankai subduction zone. In Yamada, Y. et al., eds., *Submarine Mass Movements and their consequence*, Springer, 561–571.
- Gamage, K., and Screatton, E., 2003, Data report: permeabilities of Nankai accretionary prism sediments. In Mikada, H. et al., eds., *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 190–196.
- Passega, R., and Byramjee, R., 1969, Grain-size image of clastic deposits. *Sedimentology*, 13, 233–252.
- 鈴木清史, 成田英夫, 2010, 南海トラフメタンハイドレート堆積層の浸透率の推定—コア浸透率と検層結果比較. 石油技術協会誌, 75, 98–105.
- 内田 隆, 1987, 貯留岩の浸透率と孔径分布について—孔隙の岩石学的特性を考慮した浸透率の経験式の提唱—. 石油技術協会誌, 52, 3–10.

北海道厚真川における3・11津波堆積物の特徴

Characteristic of 3.11 tsunami sediment at Atsuma river in Hokkaido

太田勝一（（株）長野技研）・乾 哲也（厚真町教育委員会）・嵯峨山 積（（独）地質研究所）
 OOTA Katsuichi (Nagano Giken Co.,Ltd) ・INUI Tetsuya (The Board of Education Atsuma town)
 ・SAGAYAMA Tsumoru (Geological Survey of Hokkaido)
 連絡先：太田勝一（12st402a@shinshu-u.ac.jp）

1. はじめに

東北地方では3.11津波が多数の河川を遡上し、堤防から氾濫して甚大な被害をおよぼした箇所も多い（土木学会水工学委員会，2011）。

一方で、これまでは河川遡上津波の堆積物に関する研究は多くなかった（例えば、七山ほか，1998）。そこで、河川遡上津波について、堆積物の特徴を堆積学的に検討した。

2. 調査結果

(1) 津波の遡上範囲

厚真川は苫小牧東港に注ぐ2級河川で、東港内での浸水高は3.53mであった。津波の遡上範囲は、乾陸では最大720mだが、厚真川沿いでは6.0Km上流まで達した（図-1）。

(2) 津波堆積物の特徴

河口から1.9Km上流に位置する浜厚真橋付近では、長さ約700mの砂州上に津波堆積物が広く残存している。今回は、浜厚真橋付近の堆積物の性状について概要を報告する。

①津波堆積物の特徴

砂州の最下流部では津波堆積物はほとんど認められず、砂州の中央部に向かい厚くなる。砂州の上流端で再び薄くなり、砂州よりさらに上流域まで薄層として連続する。津波堆積物は青灰色の細粒砂を主とし、挟在する褐色のシルト薄層により6層に区分される（図-2）。砂層には平行ラミナが発達しており、部分的にフォアセット・ラミナが認められる。フォアセット・ラミナの大半は上流方向を示すが、一部で下流方向のものが見られる。

②分析結果

津波堆積物の細粒砂層は淘汰良好で、粒径は0.15～0.2mmほどに集中している。これは、海浜砂の粒度組成と酷似している。挟在する褐色シルト層は、河川堆積物のシルトと同様の色調と粒度組成を示す。

また、津波堆積物からは海棲の珪藻が検出された。その含有率は砂層、シルト層ともに15～20%で、ほ

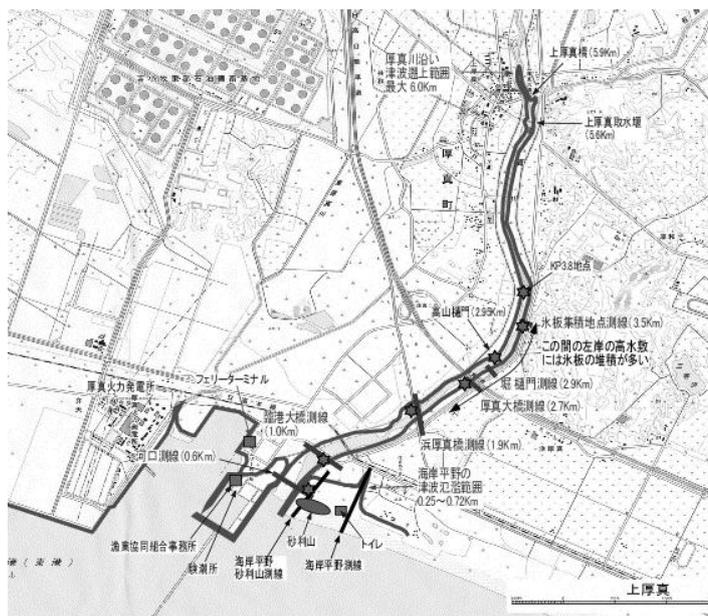


図-1 平面図

ほぼ同率である。

③層相変化

砂州の下流部では河床砂礫と細粒砂が混在し、中～上流部では細粒砂が優勢となる。また、河川横断方向では、河道側ほど砂礫質で、岸側では細粒砂が優勢となる。

3. 考察

①堆積物の起源

波堆積物の細粒砂層には上流向きフォアセット・ラミナがしばしば見られ、粒度組成は沿岸砂と酷似している。

また、挟在する褐色シルト層は、河川堆積物のシルトと同様の色調と粒度組成を示す。

ただし、海棲の珪藻は砂層とシルト層ともにほぼ同率で含まれている。また、砂州の下流部では河川砂礫と細粒砂が混在する。

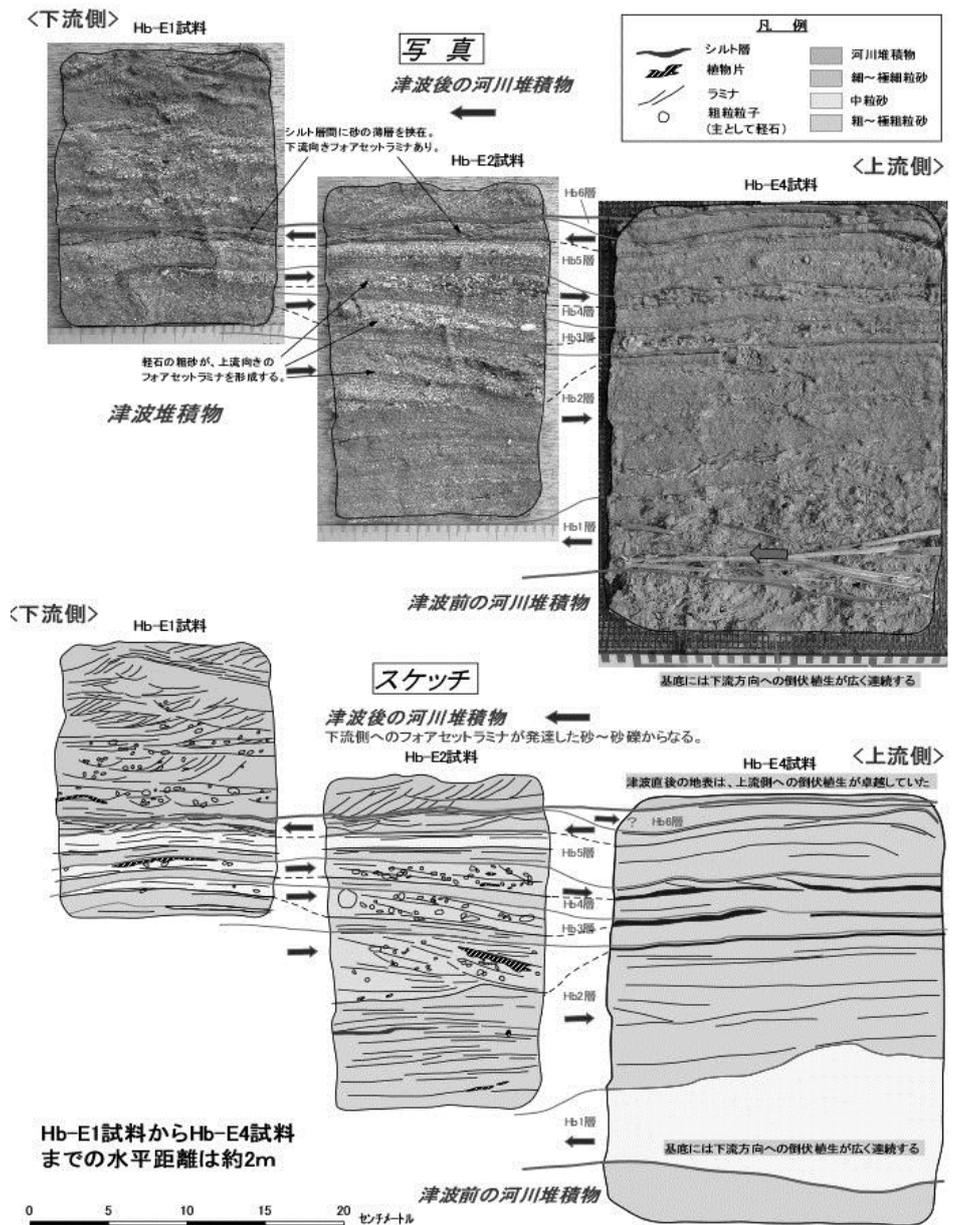


図-2 層相観察図

これらの状況から、氾濫原上での津波堆積物の大半は、海浜～河口付近から押し波によりもたらされた沿岸砂により形成されたと考えられる。挟在するシルト薄層にも海棲の珪藻が含まれていることから、津波到来以前に河床に堆積していたシルトが、遡上津波により侵食・攪拌されて、津波の停滞期に再堆積したものと考えられる。

4. 今後の課題

今後は、採取済みの45枚のはぎ取り試料の層相観察と、軟X線写真撮影・粒度分析・珪藻分析等を実施する。これらにより、押し波と引き波の時空分布と堆積物形成過程を検討し、当地における河川遡上津波の堆積モデルを提示したいと考えている。

引用文献

土木学会水工学委員会, 2011, 東北関東大震災調査団報告書。

七山 太, 佐竹健治, 下川浩一, 重野聖之, 小板橋重一, 宮坂省吾, 石井正之, 1998, 遡上型津波堆積物の堆積層と堆積過程. 月刊地球, NO. 15, 140-146.

隕石衝突津波による火星表面の巨礫再堆積現象に関する数値実験

Numerical modeling of boulder transport by impact-induced tsunami on Mars

飯嶋耕崇（東北大学）・後藤和久（千葉工業大学）・箕浦幸治（東北大学）

Yasutaka Iijima (Tohoku Univ.), Kazuhisa Goto (Chiba Inst. Tech.), Koji Minoura (Tohoku Univ.)

連絡先：飯嶋耕崇 (b2sm6002@s.tohoku.ac.jp)

1. はじめに

火星にかつて海洋が存在した可能性は 1980 年代から指摘されており (Parker et al., 1989), 現在までに, 海岸線やデルタ地形の分布を用いた地形学的研究 (Di Achille et al., 2010), 高度分布を用いた研究 (Head et al., 2000), 元素分布に基づく化学的研究 (Dohm et al., 2009) など多岐にわたる分野から古海洋の存在が議論されているが, 懐疑的な研究者も存在し (Ghatan and Zimbelmann, 2006), 堆積学的証拠が十分でないという指摘もある. また火星には月サイズの衛星が存在しないが, 潮汐作用は海岸線地形を形作る上で重要な要素であると考えられているため (Dohm et al., 2009), 地球上で海岸線と認識される地形・堆積学的特徴とは, 火星の古海岸線は異なる可能性がある. その一方で, 潮汐作用やテクトニックな作用が少ないため, 古海洋の痕跡が現在まで保存されている可能性もある.

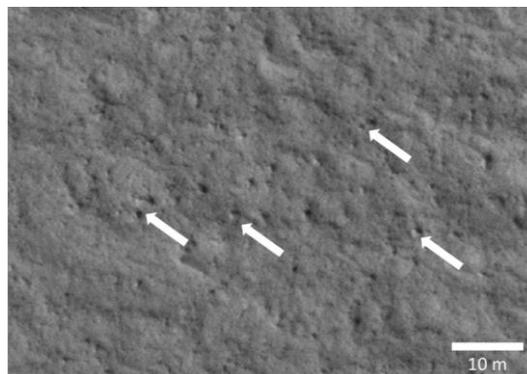


図 1, 火星表面に存在する巨礫

地球と火星, 両方の古海洋に共通の現象として, 古海洋への隕石衝突と, それによって発生する津波が考えられる. 火星に古海洋が存在した場合, そこへ隕石衝突が発生する確率は十分に高く (Ormö et al., 2004), それによって津波が発生した場合, 海岸線に大きな痕跡を残すと考えられる (Matsui et al., 2001). HiRISE (High Resolution Imaging Science Experiment) の登場によって, 最大解像度 25cm/pixel の画像による火星表面の観察が可能になってきていることを考慮すると, 津波の痕跡としては, 火星表面に多数存在する巨礫 (図 1) の移動・再堆積を見るのが有用であると考えられる (Iijima et al., 2012). しかし, このような大規模な津波によって, 巨礫が実際どのように移動するのか, どのような分布・特徴を持った巨礫が古海洋の痕跡として使用できるかは明らかになっていない. そこで本報では, 理想地形を用いて巨礫移動計算を行い, その結果を報告する.

2. 巨礫移動計算

平坦な理想地形を用いて, 巨礫移動の予想的計算を行った. 直径 3 m の玄武岩質礫を, 直径 10 km・深さ 900m のクレーターから 200 km 離れた場所に設置した (図 2 左図). 火星表面に存在する巨礫のほとんどは隕石衝突によって噴出されたイジェクタ起源であると考えられているため, 図 2 左図のように同心円状に巨礫を配置し計算を行った (黒いドットが礫の位置を示す).

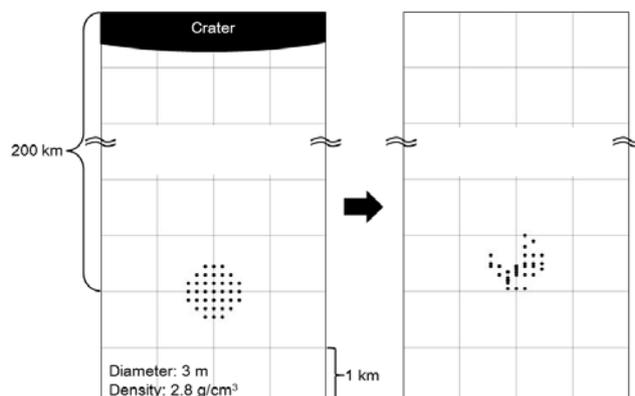


図 2, 巨礫移動計算結果

隕石衝突津波はショックウェーブ、リムウェーブ、クレーターへの海水流入・流出に伴う押し波と引き波の3種類に分けられるが、ここでは、海底・海岸線に最も大きい影響を与えると考えられる3番目の津波のみを考慮した。

海水がクレーターへ流れ込むことで発生する引き波によって、巨礫は全体的にクレーターの方向へ500~600 m 移動した。その後クレーターから海水が溢れ出すことによる押し波によって、クレーターから遠方へ数十 m 移動したが、最終的に図2右図のような配置になった。

このように火星表面の巨礫は、海洋が存在したとすれば隕石衝突津波の発生によって数百 m に渡って移動する。巨礫のサイズは直径1 m 以下から5 m 程度のもまで存在しているため(図1)、計算事例を増やすことで、巨礫分布の変化傾向をより詳細に知ることができる。巨礫の移動要因には氷河による分布のパターン化等の要因も考えられるが、その移動様式・距離は全く異なるため(Kessler and Werner, 2003)、より詳細な巨礫移動計算を行うことによって、海洋の存在した証拠として用いることができると考えられる。

引用文献：

- Parker, T. J., Saunders, R. S. and Schneeberger, D. M., 1989, Transitional morphology in west Deuteronilus Mensae, Mars: Implications for modification of the lowland/upland boundary. *Icarus*, 82, 111-145
- Di Achille, G. and Hynek, B. M., 2010, Ancient ocean on Mars supported by global distribution of deltas and valleys. *Nature Geosci.*, 3, 459-463
- Head, J. W., Hiesinger, H., Ivanov, M. A., Kreslavsky, M. A., Pratt, S. and Thomson, B. J., 1999, Possible Ancient Oceans on Mars: Evidence from Mars Orbiter Laser Altimeter Data. *Science*, 286, 2134-2137
- Dohm, J. M., Baker, V. R., Boynton, W. V., Fairén, A. G., Ferris, J. C., Finch, M., Furfaro, R., Hare, T. M., Janes, D. M., Kargel, J. S., Karunatillake, S., Keller, J., Kerry, K., Kim, K. J., Komatsu, G., Mahaney, W. C., Schulze-makuch, D., Marinangeli, L., Ori, G. G., Ruis, J. and Wheelock, S. J., 2009, GRS evidence and the possibility of paleoceans on Mars. *Planet. and Space Sci.*, 57, 664-684
- Ghatan, G. J. and Zimbelman, J. R., 2006, Paucity of candidate coastal constructional landforms along proposed shorelines on Mars: Implications for a northern lowlands-filling ocean. *Icarus*, 185, 171-196
- Ormö, J., Dohm, J. M., Ferris, J. C., Lepinette, A. and Fairén, A. G., 2004, Marine-target craters on Mars? An assessment study. *Meteorit. Planet. Sci.*, 39, 333-346
- Matsui, T., Takamiya, I., Imamura, F. and Tajika, E., 2001, Tsunami generation and propagation in possible ancient ocean on Mars. *32nd Lunar and Plant. Sci. Conf.*, abstract #1716.
- Iijima, Y., Goto, K., Minoura, K., Komatsu, G., Imamura, F., 2012, Exploring sedimentological evidence of an ancient ocean on Mars. *43rd Lunar and Plant. Sci. Conf.*, abstract #1753.
- Kessler, M. A. and Werner, B. T., 2003, Self-Organization of Sorted Patterned Ground. *Science*, 299, 380-383

フーリエ解析とフラクタル次元による碎屑物粒形の定量方法と 堆積場判別方法の提示

Quantitative evaluation of grain shapes by utilizing Fourier and fractal analyses and implications for discriminating sedimentary environments

鈴木慶太（早稲田大学）・太田 亨（早稲田大学）

Keita Suzuki (Waseda Univ.), Tohru Ohta (Waseda Univ.)

連絡先：鈴木慶太 (dnvtk@moegi.waseda.jp)

従来の円磨度や角張り度といった定性的な碎屑物粒形の評価指標は、分析の再現性、正確性に乏しく、これらの指標を用いた堆積場の判別方法は未だ確立されていない。そこで本研究では、円磨度、角張り度と高い相関を示し、かつ定量的な評価が可能であるフーリエ解析、フラクタル次元解析を用いて碎屑物粒子の形状を定量的に評価し、これらの指標が河川、浜堤平野、氷河の各堆積場の堆積物を判別する指標になり得るのかを検討した。河川堆積物、浜堤堆積物の採取は福島県の高瀬川流域およびその河口、氷河性堆積物に関してはスイスの Damma Glacier でそれぞれ行なった。

碎屑物粒子の形状をフーリエ解析によって記述する試みは今までもなされてきたが、大きな成果は得られてこなかった。これは、フーリエ展開によって膨大な数のフーリエ級数や記述子が得られ、その扱いと解釈が困難であったことに起因する。そこで、本論では、多変量統計学を加味してフーリエ解析結果を解釈することを試みる。また、フラクタル次元の測定方法に関しては様々な方法が提唱されているが、碎屑物粒形の評価に応用された研究例は存在しない。そこで、碎屑物粒子に適した測定方法の検討も本研究の課題とした。最終的に、両パラメータを利用して定量的な碎屑物粒子の形状評価法を議論する。

粒子形状の分析にあたり、粒子の大きさや物理的・化学的性質による影響を極力排除するために、分析対象の粒径は 250~355 μm の中粒砂に統一した。また、鉱物種に関しては、砂層に普遍的に存在し、化学的に安定である石英粒子を選択して分析を行なった。河川 12 地点、浜堤平野 7 地点、氷河 4 地点の計 23 地点において、それぞれ 15 個の石英粒子を分析した。実体顕微鏡で粒子の写真を撮影後（倍率 200 倍）、2 値化した粒子形状画像に対してフーリエ解析とフラクタル次元の分析を行なった。

フーリエ解析による堆積物の粒子形状の分析にはいくつかの手法が用いられてきたが、本研究で用いているのは、主に生物・医学分野で利用されている楕円フーリエ解析 (Kuhl and Giardina, 1982) である。この手法の優れた点は、従来の手法では解析が困難であった複雑な形状の解析にも適用できるという点と、形状を表す楕円フーリエ記述子から輪郭の再構築が容易であるという点である。楕円フーリエ解析には、形状解析ソフトウェア SHAPE (Iwata and Ukai, 2002) を用いた。測定した楕円フーリエ記述子に対して主成分分析を行ない、粒子形状の差異を最もよく表現する特徴を抽出した。

フラクタル次元は表面の複雑さを表す指標で、その値が大きいほど表面が複雑であることを示す。碎屑物粒子に最適なフラクタル次元の測定方法を模索するため、ボックスカウント法、mPD 法 (Honda et al., 1991) によって測定されたフラクタル次元と円磨度の相関を検証した。その結果、

mPD 法における測定スケールを一部改変した方法によって測定されたフラクタル次元は、円磨度と高い相関を示し（決定係数 0.798），粒子形状の定量評価に有効であることが判明した。

全石英粒子サンプル（340 サンプル）の楕円フーリエ記述子に対し主成分分析を行った結果、石英の中粒砂の全体的な形状の差異を最もよく獲得した第一主成分（EF1）は粒子の扁平度の指標であることがわかった。第二主成分（EF2）は長軸方向への尖り具合、第三主成分（EF3）は短軸方向への尖り具合を表していると解釈できる。したがって、本研究で採択した楕円フーリエ-主成分分析法によって、“いびつさ”を定量する具体的な粒子形状のパラメータを得ることに成功した。この結果、全体的な形状は氷河性堆積物、浜堤堆積物、河川堆積物の順に“いびつ”な粒形に変化する傾向があり、特に氷河性堆積物とその他の堆積物では差異が大きいことがわかった。

フラクタル次元の値（FD）は堆積場によって大きく異なり、浜堤堆積物、河川堆積物、氷河性堆積物の順に表面の構造が複雑であることを示した。また、浜堤堆積物はフラクタル次元の変動係数（FDCv）が小さく、長時間水中での円磨作用を受けて、各粒子の表面が平滑化していることを確認できた。

したがって、本研究では定性的な評価しか与えることができなかった碎屑物粒子形状に対して、これらの指標により定量的なパラメータを作成することに成功した。さらに、各堆積場特有の運搬・摩耗作用の違いに起因する形状差を吟味することに成功した。

上記の粒子形状に定量評価を与える指標（EF1, EF2, EF3, FD, FDCv）を基に、正準判別分析によって堆積環境を判別するのに最適な合成変数を模索した。その結果、第一正準変量（E）の値によって各堆積場を、さらに明確に判別することができた。また、判別の際に、特に有効なパラメータはフラクタル次元であった。環境判別係数「E」の値は、

$$E = -0.951 \times EF1 + 28.226 \times EF2 - 9.407 \times EF3 - 448.543 \times FD - 1.565 \times FDCv$$

という式により定義され、おおよそ氷河性堆積物で-7.3 から-3.8、河川堆積物で-2.8 から 1.7、浜堤堆積物では 3.7 から 5.2 の値を取る。

今回の結果は、少なくとも、高瀬川の河川堆積物と浜堤堆積物、Damma Glacier の氷河堆積物には、この手法が有効であることを示したのにすぎない。今後は他の河川系、氷河でも同様の傾向があるのかを確認するとともに、風成層や湖成層など、異なった堆積場においても同様の分析を行なう必要がある。

また、今回採用した方法は碎屑物粒子の2次元情報のみを利用している。したがって、本手法は、薄片試料に対しても実行可能であり、地層記録における石英粒子形状から、過去の堆積環境を復元する応用への展望が期待される。

<引用文献>

- Honda, E., Domon, M. and Sakai, T., 1991, A method of determination of fractal dimension of sialographic images. *Invest Radiol*, **26**, 894-901.
- Iwata, H. and Ukai, Y., 2002, SHAPE: A computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *Journal of Heredity*, **93**, 384-385.
- Kuhl, F. and Giardina, C., 1982, Elliptic Fourier features of a closed contour. *Computer Graphics and Image Processing*, **18**, 236-258.

**上部外浜堆積物基底の粒度ギャップ：
サーフダイアステムの形成実験**

**Grain size breaks at the basement of the upper shoreface deposits :
Flume experiments of surf diastem formation**

仁井谷 覚 (同志社大学理工学研究科)・増田富士雄 (同志社大学理工学部)

Satoru NIITANI and Fujio MASUDA (Doshisha Univ.)

連絡先：仁井谷 覚 (E-mail: dum0910@mail4.doshisha.ac.jp)

造波水槽実験で、堆積物の供給量が卓越するストーム波浪という環境条件下で、プログラデーションする海浜・外浜・沖浜地形をつくった。その結果、沖側砂州とトラフの形成によって、粒度ギャップをもった侵食性の不連続面が堆積物中に記録されることが分かった。これが、地層にみられる上部外浜堆積物基底のサーフダイアステムと呼ばれる不連続面にあたる。

地層の外浜堆積物には、上部外浜堆積物からその下位の下部外浜堆積物の境界で急激な細粒化が見られることが多い。しかし、現世の海岸から沖浜へは、波浪の強さが規則的に減少するに従って、底質物質の粒度が沖方向に細粒化している。地層の上部外浜堆積物基底のサーフダイアステムと呼ばれる不連続面は、どのようにしてできたのだろうか？

造波水槽 (長さ 11m, 高さ 50cm, 幅 20cm のプランジャー型) の一端に斜面 (長さ 4.5m, 勾配 1/10) をつくり、実験水深 31cm, 波浪限界水深 21cm で、波 (波高 4.0cm, 波長約 44cm) を与えた。波浪限界水深を実験水深中部に設定したことが、この実験のひとつの特徴である。また、与えた波はストーム条件の波 (暴浪) で、堆積物を沖側に移動させ、外浜地形を発達させる。この条件下で、砕波帯に混合砂を 5 分毎に 50g 供給し、合計 50 時間の実験を行った。混合砂は、粒径 1.0φ~4.0φ, 度数 2~3% の幅広く均一な粒度分布をもつように、11 種類の砂を調合して作成した。

実験では、初期斜面の上に、沖側に約 2/5 の勾配を示す外浜斜面をもった砂体が成長して前進していった。平坦な上部には砕波帯の付近に深さ 2cm のトラフ地形が、その沖側に高まり地形 (=ストーム条件でできる“外側砂州”) ができた (図 1 (上))。砂体の成長とともに、トラフの位置 (砕波帯の位置) は沖側に移動した。

この“外側砂州”地形の内部には、最上面から最下面まで連続するラミナが認められた。このラミナは暴浪が堆積物を沖側に運ぶとき、すなわち、外浜斜面を水中粒子流で堆積物がなだれ落ちるとき、供給量が多くなったときに発生する水中重力流からの堆積物がつくりだすことがわかる。一方、トラフより陸側の砂体内部では、この外浜斜面上部から下部まで連続するラミナの上部が削られ、三日月の上面のように上に凸の弓なりにへこんだラミナからなる水平な層ができている (図 1 (下))。弓なりのラミナからなる層の上部には緩く沖側に傾斜した平行のラミナがみられる。それは陸側に波が遡上する“ストーム時の前浜面”で、陸側から沖側にダウンラップして前進する形態をとる。

トラフより陸側でみられた弓なりのラミナからなる水平層は、ストームの砕波によってできたトラフの陸側ステップの地形である（図1）。つまり、トラフが沖側に移動することで、外浜斜面上部を侵食してできた不連続面である。これがサーフダイアシステム、上部外浜・下部外浜境界の侵食面である。

実験初期においては、前進する外浜砂体の沖側や下位にはリップル原が広がり、リップルは沖側に向かって小型化し、波浪限界水深付近でサンドシートから平坦な浮遊物質の堆積面へと変わる。こうした沖浜環境へ物質を運搬するのは、供給物質が多い時に外浜斜面を流下する重力流である。

実験過程での粒子分配をみると、粒度ギャップが認められる層準が2つある。ひとつはサーフダイアシステムで、上部外浜堆積物と下部外浜堆積物との粒度ギャップである。地層で知られていたものを再現し、この実験でその形成過程を明らかにしたことになる。もうひとつは外浜砂体の下部で、リップル原の細粒堆積物との境界である。これは外浜砂体がダウンラップする面で粒度組成も大きく変化する。この境界面は地層での外浜・沖浜境界、あるいは、外浜・内側陸棚境界と呼ばれるものにあたりと考えられる。今回の実験では、外浜斜面基底部に水中なだれで運ばれた粗粒な粒子が一部にみられた。こうした運搬は粒子流を主体とした場合にみられる特徴である。

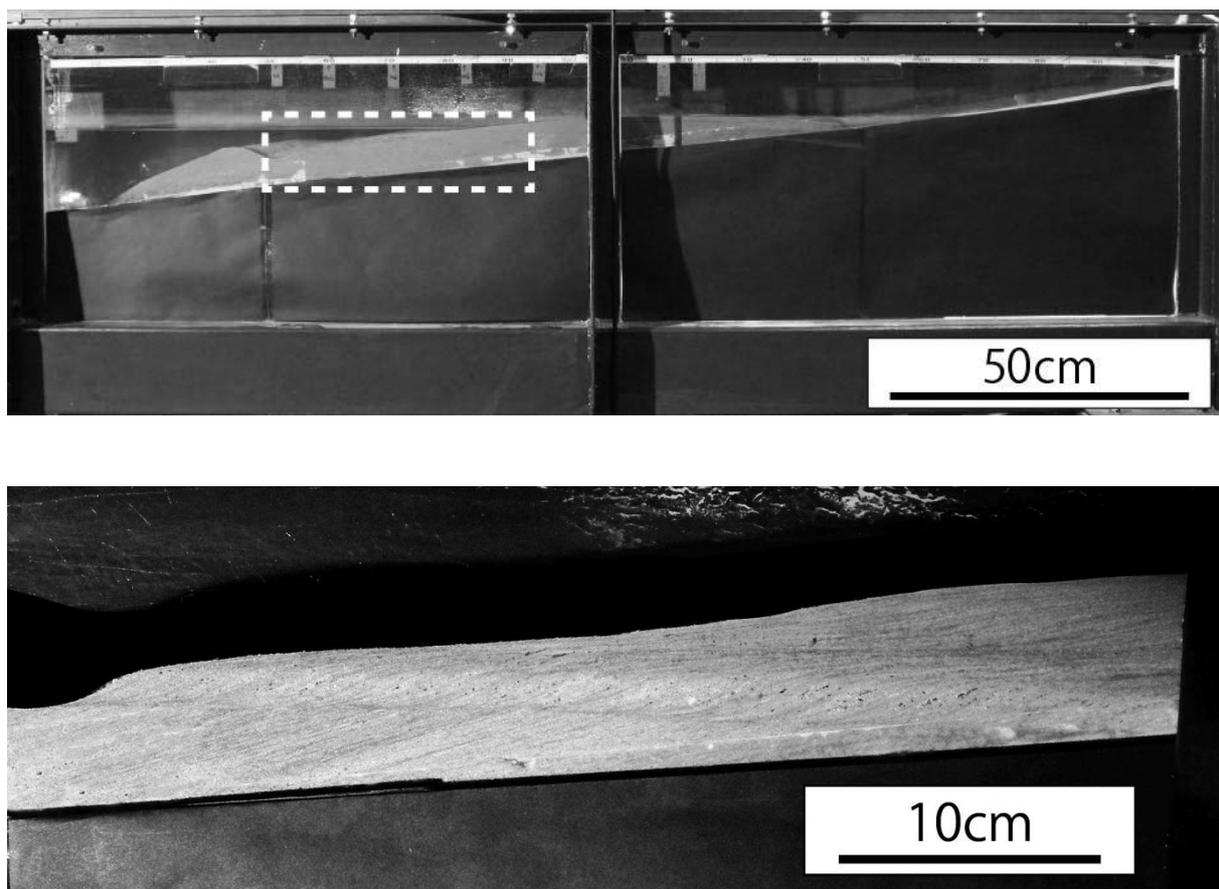


図1 造波水槽実験でつくった外浜砂体（上）とサーフダイアシステム（下）

上図の白い破線で囲まれた範囲が下図の拡大図に相当する。

四国に分布する高熟成泥岩・低度泥質変成岩中の残留ガス組成

Residual gases in the highly-mature mudstones and low-grade pelitic metamorphic rocks in Shikoku

前本謙太(北大理)・鈴木徳行(北大理・北大創成 JAPEX)・齋藤裕之(北大創成 JAPEX)

高橋幸士(北大理)・島田昌英(JX 日鉱日石開発)

Maemoto Kenta^{*1}, Noriyuki Suzuki^{*1,*2}, Hiroyuki Saito^{*2}, Koji Takahashi^{*1} and Masatoshi Shimada^{*3}^{*1}Graduate School of Science, Hokkaido Univ., ^{*2}JAPEX CRIS, Hokkaido Univ.,^{*3}JX Nippon Oil & Gas Exploration Corporation

前本謙太(E-mail:maemoto5g@gmail.com)

はじめに：頁岩中で根源物質が圧密作用を受け生産されるガスをシェールガスと呼び、その資源量に注目が集まっている。一般にシェールガスの資源量は堆積環境や深度、地質構造、頁岩の層厚、有機炭素濃度(TOC)や熟成度等から評価されている。しかしながら、ガスを含有する堆積岩の有機物濃度、熟成度と、ガスの組成および濃度の関係を直接検証した研究は極めて少ない。これらの関係が明らかになれば、地下におけるシェールガス鉱床の形成タイミングを予測することができる可能性がある。今回は、四国中央部から南方に分布する過去に高温を経験した高熟成泥岩および低度泥質変成岩を粉碎する過程で放出する有機・炭化水素ガスの化学組成と濃度を分析し、高温下のガスの生成と熟成度との関係を考察した。

試料と分析方法：四国中央部から南方に存在する三波川変成帯、御荷鉾緑色岩帯、秩父累帯、四万十帯は過去に 200~610℃の高温を経験している有機物を含む泥質岩と変成岩が存在する地域である。これらの地域で採取した試料を 1~4mm 程度に砕きガス採取口のついたアルミナ製粉碎容器に入れ、脱気した後に He を充填し、一度容器内のガス濃度を測定し、その後ボールミルにより 60 分間粉碎した後の容器内のガス濃度を測定した。放出ガスはパルス放電ヘリウムイオン化検出器(PDHID)を装填した GC を用いて無機・炭化水素ガスを ppm レベルで定量分析した。

結果と考察：200℃付近においてメタンの濃度は最大値の約 1100(μ g/gTOC)を示した。さらに岩石の受ける温度の上昇につれてメタン濃度の減少が確認された。水素に関しては、熟成度が 200℃~300℃の泥質岩試料から比較的低い濃度の水素(平均 20 μ g/gTOC)が検出された。より高温の 330℃程度の古地温を受けた変成岩試料からは平均 110(μ g/gTOC)の最も高い濃度の水素が検出され、それ以上(520~610℃)の温度を受けた試料中からは平均 70(μ g/gTOC)の水素が検出された。二酸化炭素については、粉碎前に測定した二酸化炭素の濃度よりも粉碎後に測定した濃度の方が低いサンプルが多く存在した。

以上から次のように考察できる。150℃付近からメタンの濃度が上昇し、170℃程になった時点で岩石の孔隙率の低下によってガスが移動性を失い岩石中に保持され、200℃付近でメタンの濃度が最大になることが鈴木ほか(2011)によって明らかになっている。熱熟成によって生成されたメタンが 200℃で最大値を示した後に濃度が減少するのは、孔隙中のメタンがケロジェンの石墨化(graphitization)に取り込まれるためである。そして、有機物の石墨化や石墨の結晶度の増加にともなって水素が脱離しおよそ 330℃付近で水素の濃度が最大値を示す。330~610℃の高温を受けた岩石中では水素、石墨、メタンが共存し、おおよそ平衡状態で孔隙中に存在している可能性がある。二酸化炭素が検出されない原因としては、二酸化炭素は吸着能が高いため、粉碎され粉末状になった試料に吸着したことが考えられる。このように、岩石の粉碎時に放出されたガスを直接検証することで高温高圧下のガスの生成や組成変化と熟成度や変成度との関係を明らかにすることが可能である。

文献

鈴木徳行, 高橋幸士, 齋藤裕之(2011) 石炭や頁岩に含まれる炭化水素ガスの特徴. 石油技術協会春季講演会, 76, 351.

北海道中央部に分布する幌加別層の堆積環境からみた始新世の巨大湖沼

Large Eocene lake evidenced from depositional environments
of the Horokabetsu Formation in central Hokkaido

角勇樹・鈴木徳行・長谷川精・井上武（北大・理）

Yuki Kaku, Noriyuki Suzuki, Hitoshi Hasegawa, Takeshi Inoue
(Graduate school of Science, Hokkaido Univ.)

連絡先：角勇樹 (kaku0321@mail,sci.hokudai.ac.jp)

始新世前期～中期は、新生代の中で最も温暖な時期である(Zacos et al., 2008). この時期には、北米のグリーンリバー頁岩やドイツのメッセル頁岩など、有機物に富んだ陸成堆積物(湖成堆積物)が数多く形成されている。これらの堆積物は中緯度地域に位置する巨大な湖沼で形成されており、同時期中緯度地域では水循環が盛んで多くの降水があったものと考えられる。北海道にも始新世前期～中期の陸成堆積物(石狩層群)が広く分布しているが、同時期の湖沼堆積物形成に関してこれまでグローバルな視点からほとんど検討が行われてこなかった。Takano and Waseda (2003)により、産出する化石などから石狩層群下部の幌加別層は湖成堆積物であると示唆されている。幌加別層は北海道中央部の広い範囲に分布しており、幌加別層の形成が世界的な湖沼形成のタイミングと一致している可能性がある。そこで本研究では、幌加別層の堆積学的特徴と CNS 元素分析やバイオマーカー分析から同層の堆積環境の検討を行った。

北海道中央部に分布する石狩層群幌加別層を対象としたフィールド調査を行った。幌加別層は、上位の夕張層と下位の登川層に挟まれており、夕張層および登川層は河川成チャネル砂岩を主体として一部に砂岩泥岩互層が発達していた。一方で上下二つの河川成層とは対照的に、幌加別層は全層にわたって暗灰色～黒色を呈した泥岩を主体とし、一部地域では淡水性の貝化石が産出している。また幌加別層は、北は芦別市油谷地域、南は夕張市登川地域までの、南北 60km・東西 25km の広範囲に分布することが確認された。さらに、フィールド北部と南部の地域では頁岩が発達し、中央部ではシルト岩層が卓越するというように、地域毎に卓越する岩相に違いが見られた。また石狩層群の堆積年代は、産出する化石や介在する凝灰岩のフィッシュントラック年代(Tanai, 1990)などから、始新世前期～中期であると考えられ、幌加別層が巨大な湖成堆積物であるとすれば世界的に発見されている湖成堆積物の形成時期とおおよそ一致している。

元素分析の結果、幌加別層は著しく低い S/C 値(0.3%以下)を示し、淡水環境で形成された可能性が高い。C/N 比は 10～20 の範囲にあり、下位の登川層や上位の夕張層の河川成堆積物と比べると C/N 比は顕著に低く、藻類起源有機物の寄与がより大きい。バイオマーカー分析の結果、Pr/Ph 比は 5.9～15.9 と比較的酸化環境で堆積したことが示唆された。*n*-alkane の長鎖と短鎖の割合を示す H/H+L 比は、河川成層である登川層・夕張層よりも低い値を示し、幌加別層は短鎖 *n*-alkane に特徴づけられる藻類起源の有機物に富んでいる。水生植物指標となる Paq が幌加別層・登川層・夕張層で 0.4～0.7 の値を示したことから、いずれの層においても沈水性/浮遊性大型水生植物の寄与が考えられる。また幌加別層の泥岩は、河川成堆積物や氾濫原堆積物からなる夕張層や登川層のものと比較して裸子植物樹脂に由来するジテルペノイド類に著しく乏しく、藻類起源の有機物によって陸起源有機物が希釈されている、あるいは陸上高等植物起源の有機物が十分に届かない堆積環境にあったことを示唆している。以上のことから幌加別層は、夕張層や登川層と異なり湖沼環境で形成された可能性が高い。

幌加別層は南北 60km 以上の広範囲に分布しており、始新世前期～中期には東アジア縁辺域にも巨大な湖沼が存在していたことを示唆している。このような湖沼の形成は、同時期における中緯度大陸での盛んな水循環と密接に関係していることが考えられる。今後、幌加別湖成層の形成時期が北米やヨーロッパ、あるいはユーラシア大陸における巨大湖沼形成のタイミングと一致していることが明らかになれば、北海道石狩層群も交えて地球規模の気候変動について議論することが可能になる。

REFERENCE: Takano, O. and Waseda, A. (2003) *Sedimentary Geology*, **160**, 131-158.; Tanai, T., (1990) *Bull. Nat. Sci. Mus., Tokyo, Ser. C*, **16**, 91-118.; Zachos, et al. (2008) *Nature*, **451**, 279-283.

丸氷を使った砂岩の続成作用に関する疑似実験：薄片観察による検討
Quasi-experiments of sandstone diagenesis using ice balls:
evaluation with the observation of thin sections

廣木義久（大阪教育大学）

Yoshihisa Hiroki (Osaka Kyoiku Univ.)

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

1. はじめに

地質学的現象は長い時間スケールで起きたり、地下深部で起きたりするために、直接観察できないことが多い。そのため、学生をはじめ、専門外の者にとって地質学的現象は理解しにくいもの、イメージしにくいものである。続成作用もそのような現象のひとつである。砂が砂岩になるメカニズムには圧力溶解とセメント化作用があるが、砂の圧力溶解は私たちの一生のうちでは起こらない。したがって、砂の圧力溶解を室内実験で再現することはできない。しかし、圧力溶解を短時間で生じ得る物質があれば講義での教材として利用することができる。そこで、廣木・納所（2009）は丸氷を使って氷点下における圧力溶解の実験を試みた。その結果、丸氷は1ヶ月後には結合することがわかった。しかし、その結合が圧力溶解によって生じたのかどうか確認はできていない。そこで、本研究では、廣木・納所（2009）の実験を行い、結合した丸氷を薄片にして観察することにより、氷塊が圧力溶解により結合したのかどうかを確かめた。また、丸氷を使ったセメント化作用の疑似実験も試みた。

2. 方法

圧力溶解の疑似実験：1リットルビーカーの中に発砲スチロールを敷き、その上に内径5.2cm、長さ30cmの塩ビパイプを立てた。その中に直径5cmの丸氷2つを重ねて入れ、冷凍庫（-14.5～-19.6℃）内に放置した。セメント化作用の疑似実験：内径5.2cm、高さ12cmの亚克力容器に直径5cmの丸氷2つを重ねて入れ、ラップで密閉後、冷凍庫（-17.8～-20.0℃）内に放置した。氷の結合状態の薄片観察：氷の結合部分の結晶どうしの接触状態を観察するために、結合した丸氷をガラス板上で薄片（厚さ0.8mm）にし、偏光板（クロスニコルの状態）を通して観察した。

3. 結果と考察

圧力溶解の疑似実験：実験開始から1ヶ月後の丸氷の薄片を観察した。結合部分は波を打った、やや凹凸状の接触関係を示していた。実験開始直後においては、2つの丸氷は点で接触していたはずであるが、それが時間の経過とともに面的な接触関係へと変化したことになる。このことから、この実験において2つの丸氷は圧力溶解を起こしたといえる。セメント化作用の疑似実験：実験開始から2ヶ月後の結合した丸氷の薄片を観察した。丸氷の周囲には霜が付着しており、薄片では2つの氷塊の周囲を細粒の霜の結晶が囲んでいるのが観察された。2つの丸氷そのものはお互いに接触しておらず、霜の結晶を介して結合していることが観察された。そこで、2つの丸氷は共に、もともとの丸い形を残しており、2つの氷塊は離れた状態にあった。このことは、実験開始後から2つの氷塊の間に霜ができれば、時間の経過とともにその霜が成長していったことを示しており、霜の結晶がセメントの働きをすることにより2つの丸氷が結合したことを示している。

4. 引用文献

廣木義久・納所美知, 2009, 日本堆積学会 2009 年例会(京都・枚方大会)講演要旨, 121-122.

北海道始新世非海成堆積物にみられる陸源有機物の分別運搬堆積作用

Differential transportation and deposition of terrestrial biomarkers in middle Eocene
fluvial to estuarine environments, Hokkaido, Japan

井上武¹, 鈴木徳行^{1,2}, 長谷川精¹, 齋藤裕之² (¹北大理 ²北大創成JAPEx)

Takeshi Inoue^{*1}, Noriyuki Suzuki^{*1,2}, Hitoshi Hasegawa^{*1}, Hiroyuki Saito^{*2}

^{*1} Faculty of Science, Hokkaido Univ., ^{*2} CRIS JAPEx, Hokkaido Univ.

連絡先: 井上武 (momonta@mail.sci.hokudai.ac.jp)

[はじめに]

大陸や大陸縁辺で形成された堆積物には陸起源有機物が多量に含まれている。陸起源有機物には高等植物や菌類に由来する多様なバイオマーカーが含まれており、それらから陸上植生や大陸の気候変化に関する情報を得ることができる。しかし、これら陸起源バイオマーカーは異地性のものであるにもかかわらず、堆積過程での運搬や分別についてこれまでほとんど検討されていない。本研究では北海道の始新世非海成堆積物中に含まれる陸起源のバイオマーカーに注目して陸源有機物の分別運搬堆積作用について検討した。

[試料と分析]

北海道中央部に露出する古第三紀石狩層群は蛇行河川・氾濫原・入江など多様な陸成環境で形成された (Takano and Waseda, 2003; Hasegawa et al., 2009)。本研究では、これらの陸成層が良く露出する美唄市東部三美炭鉱の石狩層群中部美唄層の露頭を対象に、堆積相解析による堆積環境の復元と、堆積相・岩相ごとに採取した46個の試料を研究室に持ち帰り、よく乾燥させた後に細かく粉砕し、元素 (C, N, S) 分析を行なった。また、細かく粉砕した試料から有機溶媒を用いて抽出性の有機物を取り出し、試料に含まれるバイオマーカーの同定や定量をGC、やGC-MSで分析することによって、河川成・氾濫原堆積物、古土壌などの陸成堆積物における陸起源バイオマーカーの分布を明らかにし、陸源有機物の分別運搬堆積作用について考察した。

[結果と考察]

露頭観察による堆積相解析の結果から、三美炭鉱美唄層の堆積環境は網状・蛇行河川～エスチュアリー環境であり、4次オーダーに対応する2回の海進海退による堆積シーケンスが認められた。具体的には、2番層上部は網状河川の厚いチャネル砂岩で特徴付けられ、下位の若鍋層 (エスチュアリー環境) から続く海退サクセッションから、海進サクセッションに移行する。4番層～5番下層は石炭、泥岩、菱鉄鉱ノジュールの互層で特徴付けられ、貝化石の存在や高い硫黄濃度の特徴などから最大海氾濫面に相当すると考えられる。4番上層より再び海退が始まり、5番上層のチャネル砂岩で再び海退から海進のサクセッションに移行し、上位の赤平層の内湾・エスチュアリー環境に移行したと考えられる。

元素分析及び、Pr/Ph (プリスタン・フィタン) 比の結果から、美唄層の有機物は汽水～陸域の酸化的な環境で堆積したことが示唆された。また、バイオマーカー分析の結果から、ほぼ全ての試料において、真菌類起源バイオマーカーと考えられているペリレンや、被子植物起源バイオ

マーカー（果実や花卉由来のオレアノイド）、裸子植物起源バイオマーカー（樹脂由来のジテルペノイド）などの芳香族炭化水素化合物（PAHs）が検出された。被子・裸子植物起源バイオマーカーの絶対量はTOCと正相関しており、特に裸子植物起源バイオマーカーの相対量がTOCの増加に対して著しく増える傾向にあった。加えて、被子植物起源のオレアノイドは泥岩やシルト岩に多く、裸子植物樹脂起源のジテルペノイドは石炭や炭質泥岩に顕著に認められた。これは果実や花卉に由来するオレアノイドは細粒碎屑物に、樹脂由来のジテルペノイドは植物片にともなって運搬・堆積することを示唆している。一方、シルト岩のように有機物に乏しい試料でペリレンが相対的に多く、石炭では相対的に少ないという特徴が見られた。さらに、ペリレンは氾濫原堆積物の泥質部に多く検出される傾向があった。古土壌を多く含むと考えられる試料にペリレンが相対的に多いことから、ペリレンが土壌に豊富な有機物に由来し、細粒碎屑物にともなって挙動していることが示唆され、ペリレンが菌類由来であるとする先行研究とも合致する(Grice et al., 2009; Suzuki et al., 2010)。さらにペリレンと被子・裸子植物起源バイオマーカーとの相対量比を見ると、被子植物起源バイオマーカーの多い試料にペリレンが多く含まれる傾向があった。したがって、ペリレンと被子植物起源のオレアノイドの堆積過程が類似している、もしくはペリレンは主に被子植物に共生・寄生する真菌類に由来していることが考えられる。また、石炭や炭質泥岩には裸子植物由来のバイオマーカーが顕著に認められ、本地域の始新世亜瀝青炭の形成には、主に裸子植物が寄与していたことが示唆された。以上のことから、陸源バイオマーカーを用いた古環境復元においては、バイオマーカーの分別運搬堆積作用を十分に考慮する必要があることが明らかになった (Inoue et al., 2012)。

REFERENCES

- Grice, K., Hong, L., Atahan, P., Asif, M., Hallmann, C., Greenwood, P., Maslen, E., Tulipani, S., Williford, K., Dodson, J. (2009) *Geochimica et Cosmochimica Acta* 73, 6531-6543.
- Hasegawa, H., Suzuki, N., Saito, H. (2009) *Journal of Geological Society of Japan* 115, XV-XVI.
- Inoue, T., Suzuki, N., Hasegawa, H., Saito, H. (2012) *International Journal of Coal Geology* 96-97, 39-48.
- Suzuki, N., Yessalina, S., Kikuchi, T. (2010) *Organic Geochemistry* 41, 234-241.
- Takano, O., Waseda, A. (2003) *Sedimentary Geology* 160, 131-158.

中国北部，遼寧省・黒竜江省における前期白亜紀の後背地風化過程と古地理・古気候
の関係

Relationship between Early Cretaceous terrestrial weathering process and
paleogeography, paleoclimate in northern China, Liaoning and Heilongjiang
Provinces

田中 聡之・太田 亨・平野 弘道（早大）・坂井 卓（九大）・Li Gang（南京地質古生物研究所）
Satoshi TANAKA, Tohru OHTA, Hiromichi HIRANO (Waseda Univ.), Takashi SAKAI (Kyusyu Univ.),
Gang LI (Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, China)
連絡先：田中 聡之(tnk-sts-tennis@ruri.waseda.jp)

【はじめに】 中国北部遼寧省西部に分布する前期白亜紀の熱河層群（Jehol Group）からは多種多様の動植物化石が発見されており，熱河動植物群（Jehol Biota）と総称されている．特に，羽毛恐竜（シノサウロプテリク），初期鳥類（孔子鳥）や最も古い部類に属する被子植物が産出することから，熱河層群は中生代後期の生物進化史や古生態などを研究する上で重要な対象となっている．

熱河動植物群繁栄期の北中国大陸は，生物生存と進化に適した温暖気候であったと考えられてきた（例えば，Saiki and Wang, 2003）．しかし，Amiot et al. (2010) は脊椎動物の歯の化石の酸素同位体組成を用いて東アジアの Barremian 期-Early Aptian 期は寒冷気候であったとしている．同様に，Ohta et al. (2011) は中国河北省北部に分布する泥岩の化学組成・粘土鉱物組成を用いた古気候解析によって，比較的寒冷気候であったという結果を示した．このような討論を踏まえて，本研究では，前期白亜紀における熱河動植物群の生息地域の気候が温暖気候，寒冷気候のどちらであったのかを確かめるべく，中国北部遼寧省西部の熱河層群・黒竜江省東部の鶏西層群（Jixi Group）の泥岩の化学組成・粘土鉱物組成を調べ，後背地風化過程から古地理と古気候を解析していく．

【地質概略】 調査地域にあたる遼寧省西部・黒竜江省東部はそれぞれ，Tancheng-Lujiang Fault, Dunhua-Mishan Fault に沿った地溝堆積盆ないしは横ずれ堆積盆である．遼寧省西部の下部白亜系（熱河層群）は主に湖成層からなり，黒竜江省東部の下部白亜系（鶏西層群）は一部海成層が挟在する河川成層からなる．熱河層群は泥岩や砂岩と共に，玄武岩・安山岩・火山砕屑岩などの火山岩類を多く挟在する．鶏西層群は主に，砂岩・シルト岩・泥岩等で構成されている．

【分析手法】 熱河層群からは 47 サンプル，鶏西層群からは 33 サンプルの泥岩試料を，蛍光 X 線分析装置を用いて主要成分元素含有量を測定した．分析結果から後背地風化指標である W 値 (Ohta and Arai, 2007) を求め後背地風化度を解析した．また，X 線回折分析装置を用いて泥岩試料の粘土鉱物の同定も行った．分析結果は，MIF (mineral intensity factor; Srodon et al., 2001; Kahle et al., 2002)を用いて各粘土鉱物を定量し，風化生成物のカオリナイトを用いた風化指標 kaolinite/(smectite+illite)を求めた．

【結果】 遼寧省西部に分布する熱河層群の W 値は河北省の下部白亜系 (Ohta et al., 2011)と同様に 40～50 程度の値を示した．この W 値を Ohta et al. (2011)がまとめた現世土壌の W 値と比較すると，遼寧

省西部は寒冷気候もしくは半乾燥気候に発達する土壌と類似した値を示す。また、粘土鉱物組成では風化生成物であるカオリナイトがほとんど含まれていなかった。よって、前期白亜紀の遼寧省西部付近は、比較的寒冷気候もしくは半乾燥気候であったと考えられる。しかし、湖成層が広く分布していることを勘案すると、比較的寒冷な気候であった可能性の方が高い。

黒竜江省東部に分布する鶏西層群の W 値は 40 以上の値を示し、上部に行くほど W 値は増加する。この W 値を Ohta et al. (2011)の現世土壌の W 値と比較すると、黒竜江省東部は温暖気候もしくは湿潤気候であったと考えられる。また、粘土鉱物組成は、カオリナイトの含有量が非常に多く、kaolinite/(smectite+illite)は上部に行くにつれて増加する。風化生成物であるカオリナイト含有量が高いことから、鉱物組成も温暖気候か湿潤気候であったと可能性を示唆している。

今回の結果より、遼寧省よりも北部に位置している黒竜江省の試料の方が、高い W 値を持つことが明らかになった。黒竜江省の下部白亜系はジュラ紀の付加体を基盤としており、海成層が挟在する前弧海盆堆積物に相当すると考えられる。したがって、黒竜江省付近は陸弧よりも海洋側に位置していた。この地理的条件によって、山岳より海側の同地域は降水量が多かったと考えられ、高い W 値は湿潤気候を示唆していたものと考えられる。一方、遼寧省は燕山造山帯や陸弧よりも内陸に位置しているために、山岳に雨が阻まれて、低い W 値が記録されたと考えられる。この結果は、大陸性気候は、その場の地形や山岳の有無によって大きく影響されることを示している。

遼寧省の下部白亜系の鉱物・化学組成は、寒冷気候であったことを示唆している。黒竜江省の下部白亜系は、湿潤気候であったことを示唆するが温暖であった証拠は得られていない。したがって、本研究では Amiot et al. (2010)や Ohta et al. (2011)と同様に、熱河動植物群の繁栄期の北中国大陸は温暖気候であった可能性が低いという結果を得た。しかし、前述したように、大陸性気候は地形要因によって変化しやすいので、総合的な古気候の判別には、中国各地域を細かく調査する必要がある。

引用文献

- Amiot R., Wang X., Zhou Z., Wang X., Buffetaut E., Lecuyer C., Ding Z., Fluteau F., Hibino T., Kusuhashi N., Mo J., Suteethorn V., Wang Y., Xu X. and Zhang F., 2011, Oxygen isotopes of East Asian dinosaur reveal exceptionally cold Early Cretaceous climates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **18**, 5179-5183.
- Kahle M., Kleber M. and Jahn R., 2002, Review of XRD-based quantitative analyses of clay minerals in soils: the suitability of mineral intensity factors. *Geoderma*, **109**, 191-205.
- Ohta T. and Arai H., 2007, Statistical Empirical index of chemical Weathering in igneous rocks: A new tool for evaluating the degree of weathering. *Chemical Geology*, **240**, 280-297.
- Ohta T., Li G., Hirano H., Sakai T., Kozai T., Yoshikawa T. and Kaneko A., 2011, Early Cretaceous terrestrial weathering in northern china: relationship between paleoclimate change and the phased evolution of the Jehol Biota. *The Journal of Geology*, **119**, 81-96.
- Saiki K. and Wang Y-D., 2003, Preliminary analysis of climate indicator plant distribution in the Early Cretaceous of China. *Journal of Asian Earth Sciences*, **21**, 813-822.
- Srodon, J., Drits, V.A., McCarty, D.K., Hsieh, J.C.C. and Eberl, D.D., 2001, Quantitative X-ray diffraction analysis of clay-bearing rocks from random preparations. *Clays and Clay Minerals*, **49**, 514-528.

**大阪平野，上町台地西縁の縄文海進による
埋没波食地形のロックコントロール
Rock controlled paleo-wave cut cliffs formed
during the Jomon transgression at the western margin of
the Uemachi Uplift in the Osaka Plain**

坂本隆彦・増田富士雄（同志社大学）

Takahiko Sakamoto, Fujio Masuda (Doshisha University)

連絡先：satokita@iris.eonet.ne.jp)

淀川が大阪湾に注ぐところに大阪平野が広がる。大阪平野は、南から北へと伸びる上町台地によって分断される。上町台地の西側は、急傾斜の崖を作っている場所がほとんどである。この崖の西側の低地の地下には、縄文海進に伴って堆積した海成粘土層や砂層などからなる沖積層と、上町台地を作る地層とが急傾斜の不整合で接する。基盤は大阪層群や上町層と呼ばれる地層で、沖積層よりは固結した泥層や砂層や礫層などからなる。これらの基盤となる地層は、沖積層形成時、特に、縄文海進に伴って波食作用を受けたと推定される。沖積層と基盤の地層との境界を、地質柱状図データベース(関西圏地盤情報データベース:関西圏地盤情報協議会, 2011)をもとに作成した結果、その古地形が基盤の地層の岩相の違いによって異なることが分かった。これは海進時の岩相による差別侵食の結果(いわゆる地形形成におけるロックコントロール;池田, 2001)だと推定される。すなわち、地下の古地形がロックコントロールで形成されたことを示す。

地質柱状図データベースを用いて作成した、上町台地から西方に伸びる断面図では、堆積様式と物性値(N 値など)から、地下における沖積層と基盤の地層との境界面を決めることができる。N 値が小さい沖積層は、ほぼ水平で、最下部の礫層、下部の砂泥互層、中部の粘土層(第 13 海成粘土層)、上部の砂層や泥層シルト層に区分できる。基盤を構成する地層は、沖積層より N 値が大きく、泥層・砂層・砂礫層などからなる。厚い粘土層や岩相の重なり順序から推定した地層の連続性から推定すると、上町台地全体では、地下にこれまでも報告されているような撓曲構造が認められる。台地の西縁では、地層は一般的には西に傾斜する。沖積層と基盤の地層の境界面(不整合面)の形は高密度のボーリングデータのおかげで、明瞭にトレースすることができる。

境界面は西側に傾いた斜面で、そこでは、傾斜の大きいところや小さいところ、あるいは階段状の部分がみられたりする。不整合面の形態は、基盤の地層の岩相、すなわち、砂層か泥層かによって違いがみられる。基盤が泥層、特に粘土層の場合には、東上がりの滑らかな斜面を作ることが多く、砂層の場合では、ほぼ垂直な面とほぼ水平な面からなる段状の地形となっている。この基盤の地層では、粘土層より砂層の方が粘着力が小さいため、侵食作用を受けやすい。縄文海進時に基盤の砂層に波食がおよぶと侵食が進み、砂層の崖が後退して垂直な崖がつくられる。一方、粘土層の場合には、砂層ほど容易には侵食が進まないため、海面上昇に対応してゆっくりと侵食され、滑らかな斜面が形成されたと推定される。

文献

関西圏地盤情報協議会(2011)関西圏地盤情報データベース CD-ROM.

池田宏(2001)地形を見る目. 古今書院, 192p.

北海道, 東北日本の泥岩・珪質泥岩に含まれる残留ガスの続成変化

Diagenetic transformation of residual gas involved in mudstone and siliceous mudstone in

Hokkaido and Tohoku, Japan

星野太一 (北大理) ・ 鈴木徳行 (北大理・北大創成JAPEX) ・

齋藤裕之 (北大創成JAPEX) ・ 高橋幸士 (北大理)

連絡先: 星野太一 (hoshinot@mail.sci.hokudai.ac.jp)

【はじめに】近年, 在来型資源の枯渇問題により非在来型資源が注目されている。中でも頁岩中で生成した炭化水素ガスが地下の微細な孔隙にそのまま残留したシェールガスが注目されている。シェールガスの貯留場として, これまでは有機質に富んだ泥質岩に関する研究がほとんどであった。泥質岩に比べ, 有機物濃度の低い珪質岩は早期に孔隙が閉じることがいわれている。残留ガスの化学組成や濃度は有機物濃度, 熟成度, 岩相, 孔隙率, 浸透率等と関係していると考えられる。しかしながら, これまで岩石中の残留ガスの研究はほとんどされていない。そこで本研究では, 泥質岩と珪質岩の残留ガスを回収し, その化学組成と岩相・熟成度の関係を考察した。

【試料と分析方法】試料は中新世中期~後期に形成された八雲層, 草薙層の珪質泥岩, 基礎試錐 “三島”の泥質頁岩を用いた。八雲層はオパールCT/石英の続成変換面があり, 最大古地温 90°C 以下, $\text{Ro}=0.4\%$ 以下で未熟成である。草薙層は石英帯であり, 最大古地温 140°C 以下, $\text{Ro}=0.4\sim 0.7\%$ で最下部付近は熟成し, 石油精製帯にある。基礎試錐 “三島”は最大古地温 230°C , $\text{Ro}=0.8\sim 2.0\%$ で熟成している。試料は $1.4\sim 4\text{mm}$ に砕き, アルミナ製粉碎容器に入れ, 脱気した後にHeを充填しボールミルで粉碎した。粉碎によって放出された無機・有機ガスをガスクロマトグラフ-パルス放電ヘリウムイオン化検出器(GC-PDHID)を用いてppmレベルの高感度で分析した。今回の試料では粉碎時間210分程で放出ガスは一定の値に達したので, 試料の粉碎時間を210分間として分析を行った。元素分析計にて粉末化した試料の有機炭素量を測定した。

【結果と考察】粉碎放出ガス測定により, 八雲層で H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , 草薙層ではそれらに加えて C_3H_8 , 基礎試錐 “三島”のある深度ではさらに $i\text{-C}_4\text{H}_{10}$, $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ が検出された。全ての試料の炭化水素ガス量と粉碎時間に正の相関が見られた。無機ガスは粉碎時間に対し不規則な挙動を示し, CO_2 の多くは負の相関を示した。炭化水素では CH_4 が最も大きな割合を示し, 無機ガスは CO_2 が大きな割合を示した。八雲層ではオパールCT帯から石英帯への変換面の深度 1500m 以深で急激に炭化水素ガスが増加した ($\text{CH}_4=316\mu\text{g/gTOC}$)。草薙層では深度 1780m 以深から炭化水素ガスが増加した ($551\mu\text{g/gTOC}$)。基礎試錐 “三島”では深度 5000m 以深から炭化水素ガスが増加した ($1360\mu\text{g/gTOC}$)。微量ながら検出された H_2 は岩石破壊により, その場で反応が起こり発生することが知られている。粉碎時間と炭化水素ガス量の正の相関性は微細な孔隙中からのガスの発生を示している。粉碎時間と CO_2 量の負の相関は CO_2 の強力な吸着力による粉末への吸着が考えられる。八雲層では浸透率の低いオパールCT帯がシールとして, 浸透率が比較的高い石英帯が貯留岩として働くというTsuji (2011)の結果と調和的である。

熱熟成に伴い $\text{C}_1\sim\text{C}_3$ が生成されるが, 基礎試錐 “三島”は深度 4140m までは炭化水素が頁岩中を移動し, 排出される。圧密が進行し, 4878m 以深になると炭化水素は保持される。泥岩岩で炭化水素が保持される熟成度は $\text{Ro}=1.5\%$ ほどである。珪質岩は深度 1780m までは生成された炭化水素は排出され, 深度 1780m 以上圧密が進行すると, 孔隙が閉じその場で炭化水素が生成・保持される。珪質岩では炭化水素が保持される熟成度は $\text{Ro}=0.7\%$ ほどである。泥岩と比較して珪質岩では未熟成な段階で炭化水素ガスのトラップが開始されることが明らかになった。

文献:

Takashi Tsuji, Yasuhiro Masui, and Satoru Yokoi, 2011. New hydrocarbon trap models for the diagenetic transformation of opal-CT to quartz in Neogene siliceous rocks. AAPG BULLETIN, Vol. 95, No. 3, p.449-477

造波水路実験で形成された前浜一上・下部外浜相の空間分布

Spatial distribution of foreshore-upper and lower shoreface sedimentary facies
formed in wave-flume experiments

山口直文（茨城大学 広域水圏センター）・関口智寛（筑波大学 陸域環境研究センター）

N. Yamaguchi (CWES, Ibaraki Univ.), T. Sekiguchi (TERC, Univ., Tsukuba)

連絡先：山口直文(naofumiy@mx.ibaraki.ac.jp)

波浪卓越型海岸の沿岸域では、営力と地形変化によって、前浜、上・下部外浜に特徴的な構造を示す堆積物が形成される。こうした海岸が前進して形成された堆積シーケンスは、過去の相対的海水準変動の履歴を反映した浅海堆積相の空間分布を示すと考えられており、相対的海水準変動の復元が試みられている。例えば、前浜相と外浜相の境界は、旧汀線の指標として地震性の急激な隆起を含む相対的海水準変動の復元にしばしば用いられてきた（例えば、増田ほか, 2001; Tamura et al. 2010）。また、下部外浜相と上部外浜相の境界も、相対的海水準変動に応じた特徴的な空間分布を示すことが示唆されている（Fraser et al., 2005; Tamura et al., 2007）。浅海堆積相の空間分布に基づいた相対的海水準変動復元を高精度化するためには、それらの関係について、パラメータを単純化した造波水路実験によって調べることが有効である。この発表では、前浜一上部・下部外浜相の空間分布に対する水位変化の影響を調べた実験について、現時点までの結果を報告する。

この実験では、静穏時の堆積性の波とストーム時の侵食性の波を交互に作用させながら、実験砂を一定速度で供給することで海浜を前進させ、前浜一上部・下部外浜相に相当する堆積物を形成した。実験には、筑波大学陸域環境研究センターの造波水路（長さ 20 m, 深さ 0.6 m, 幅 0.5 m）を用いた。造波水路中央部に、長さ 4 m, 深さ 0.55 m, 幅 0.1 m のアクリル水路を水平に設置し、その中に海浜地形を発達させた。実験砂（豊浦標準砂, 中央粒径: 0.2 mm）を用いて 1/12 斜面を設置し、これを初期地形として波を作用させた。バームを発達させる堆積性の波（周期 1.4 s, 砕波波高 45 mm, 継続時間 20 min）と、沿岸砂洲を発達させる侵食性の波（周期 0.9 s, 砕波波高 75 mm, 継続時間 10 min）を交互に作用させる実験サイクルをくり返した。水深を 0.35 m で一定として 20 サイクル繰り返す実験試行（試行 I）と、水深一定（初期水深: 0.35 m）で 15 サイクル行った後、水深を 1 cm 低下させ、水深一定で 5 サイクル継続する試行（試行 II）を行った。後者は地震性の急激な隆起による相対的海水準低下を想定している。実験中、沿岸漂砂による土砂供給を想定して砕波帯内に実験砂を供給し、海浜を約 50 mm/cycle で前進付加させた。デジタルカメラを用いて海浜断面形を 30 秒間隔で撮影し、地形の時系列変化を元に堆積構造を可視化した。

形成された堆積物は、次の 3 種の部分に堆積構造（堆積相）の特徴によって区分できる：(i) 傾斜が 1/4 程度の連続性の良いラミナが平行に配列する構造を示す部分、(ii) 比較的大きいトラフ状斜交層理に似た侵食を伴う構造を示す部分、(iii) 不連続なラミナが卓越し大きな侵食面が見られない部分。これらの構造はそれぞれ、前浜相・上部外浜相・下部外浜相に対応する。堆積過程の観察から、これらの堆積相が、それぞれ(i) 前浜斜面の前進付加、(ii) 沿岸砂洲の移動と侵食、(iii) リップルを伴う安

定した地形の前進付加，によって形成されたことが分かった．前浜－上部外浜相境界は，遡上帯最下部の高度と一致していた．また，上部外浜と下部外浜の境界は，沿岸砂州とトラフの移動に伴う侵食によって形成されていた．この外浜内侵食面は下に凸の形状をしており，これまで自然海浜での観測で報告されている地形変化（Lee et al., 1998; Kuriyama, 2002）と同様の特徴を示している．このように海浜を前進させた結果，前浜相・上部外浜相・下部外浜相の堆積過程を再現し，それぞれに特徴的な堆積構造を形成させることが出来た．

海水準を一定に保った試行 I では，前浜相－上部外浜相境界がほぼ一定の高度で分布していた．また，上部外浜相－下部外浜相境界も同様にほぼ一定の高度に分布していた．実験途中で海水準を 1 cm 下げた試行 II では，前浜相－上部外浜相境界は海水準の低下に対応した高度分布を示した．すなわち，前浜相－上部外浜相境界は，15 サイクルまでは一定の高度だが，そこから沖方向へは連続せず，約 1 cm 下位に高度一定で分布していた．一方，上部外浜相－下部外浜相境界には，急激な高度変化は見られず，沖向きに傾斜した分布を示した．これは，今回の実験では海岸の前進速度が速いため，急激な海水準変化に対応する遷移状態の地形が地層記録として残されたことによる．以上のようにこの研究の結果から、急激な相対的海水準変動は，前浜相－上部外浜相境界の高度変化として記録されるのに対し，上部外浜相－下部外浜相境界には明瞭には記録されない場合があることが示唆された．

謝辞：本研究は原子力安全・保安院「平成 23 年度地層処分に係る地質評価手法等の整備」として実施した．

参考文献

- Fraser, C., Hill, P.R. and Allard, M., 2005, Morphology and facies architecture of a falling sea level strandplain, Umiujaq, Hudson Bay, Canada. *Sedimentology*, **52**, 141–160.
- Kuriyama, Y., 2002, Medium-term bar behavior and associated sediment transport at Hasaki, Japan. *Journal of Geophysical Research*, **107**, 3132.
- Lee, G.-h., Nicholls, R.J. and Birkemeier, W.A., 1998, Storm-driven variability of the beach-nearshore profile at Duck, North Carolina, USA, 1981-1991. *Marine Geology*, **148**, 163–177.
- 増田富士雄・藤原治・酒井哲弥・荒谷忠, 2001, 房総半島九十九里浜平野の海浜堆積物から求めた過去 6000 年間の相対的海水準変動と地震隆起. *地学雑誌*, **110**, 650–664.
- Tamura, T., Nanayama, F., Saito, Y., Murakami, F., Nakashima, R. and Watanabe, K., 2007, Intra-shoreface erosion in response to rapid sea-level fall: depositional record of a tectonically uplifted strand plain, Pacific coast of Japan. *Sedimentology*, **54**, 1149–1162.
- Tamura, T., Murakami, F. and Watanabe, K., 2010, Holocene beach deposits for assessing coastal uplift of the northeastern Boso Peninsula, Pacific coast of Japan. *Quaternary Research*, **74**, 227–234.

2011 年東北地方太平洋沖地震津波による沿岸低地での堆積作用

Sedimentation in the coastal lowlands by the 2011 Tohoku-oki tsunami

山田昌樹（筑波大学大学院生命環境科学研究科）・藤野滋弘（筑波大学生命環境系）

Masaki Yamada, Shigehiro Fujino (University of Tsukuba)

連絡先：山田昌樹(yamada@geol.tsukuba.ac.jp)

地層中に残された津波堆積物は過去の津波の発生時期や規模を知る手段として有用である。地層中の堆積物を津波起源であると認定する場合、他のイベントによる堆積物と区別するために堆積構造や含有化石に加えて粒度・層厚の変化といった巨視的な特徴も把握する必要がある。本研究では、2011 年東北地方太平洋沖地震津波により浸水被害を受けた関東地方の沿岸低地において津波堆積物の記載を行い、津波堆積物の粒度・層厚変化の特徴を検証した。

地震発生から約 1 ヶ月後に千葉県旭市飯岡、茨城県の北茨城市関南と鹿島港で堆積物調査を行った。それぞれの調査地点で津波の進行方向に沿って測線を設定し、20 m 間隔を基本としてスコップを用いて掘削し、津波堆積物の粒度、層厚、堆積構造の特徴を記載した。堆積物の粒度や層厚は地形に影響を受けるため、Promark100 を用いた地形測量も行った。また、測線付近の建造物に残された波高の痕跡や地表に残された流向、浸水限界の痕跡も記録した。浸水限界は目撃者の証言とともに枯れ草などの集積から判断した。

約 5.82 m の浸水高を記録した（東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループの速報値に基づく）千葉県旭市飯岡では、田畑に利用されていた場所や海岸付近の防潮林の表面は砂に覆われ、表面にはリップルマークや津波の遡上方向に倒れた人工物や植物が残されていた。飯岡では 2 つの測線を設定し、それぞれ 17 地点で堆積物の記載を行った。海岸付近の防潮林の中や比較的海岸に近い田畑では層厚 30 cm 程度の細粒砂～中粒砂層が確認され、津波の遡上限界付近では厚さ数 mm のシルト層に覆われた極細粒砂層が観察された。最も内陸側の 3 地点では津波堆積物の最下部に 1～2 cm 程度の粗粒砂が見られ、上方細粒化が認められた（図 1 (a)）。このように、はっきりとした内陸細粒化傾向は認められなかったものの、内陸薄層化傾向は確認された（図 2）。茨城県北茨城市関南では約 140 m の測線を 1 本設定した。最も海岸に近い調査地点では粗粒砂～極粗粒砂で構成され、層厚は 20 cm を超えた。しかし、道路を挟んで少し内陸では層厚は数 cm 程度で、極細粒砂あるいはシルトで構成されている。最も内陸側の掘削地点ではシルトが津波前の地表をわずかに覆っているだけであり、内陸薄層化・細粒化の傾向が見られた。また、茨城県鹿島港では、約 130 m の測線を 1 本設定した。掘削地点数は少なかったが、内陸に向かって粗粒砂から極細粒砂へと変化する細粒化傾向と薄層化傾向が見られた。最も海岸に近い地点では砂層と泥層のセットが 4 回繰り返しており、複数回の波の遡上あるいは戻り流れによる堆積を反映していると考えられる（図 1 (b)）。本研究で調査を行った 3 地域において巨視的な内陸薄層化傾向が確認され、他の研究報告と比較しても津波堆積物の一般的な特徴であるといえるだろう。しかしながら、内陸細粒化傾向に関しては今回の調査でも確認されなかった測線が存在した。様々な粒径の砂、泥で構成される津波堆積物では下部に最も粗い砂が堆積し、上方に細粒化して最上部に泥が堆積している。一方で、一様な粒径の砂で構成される津波堆積物中には平行葉理が見られた。

浸水深が 1 m に満たない場所でも厚さ数 cm の細粒砂やシルトで構成された津波堆積物が見られた。浸

水限界付近まで砂質堆積物が確認される測線と砂質堆積物は海岸付近に限定され、浸水限界付近では薄いシルト層のみが堆積している測線とが存在し、浸水範囲と砂質堆積物の分布範囲の関係も明らかではない。しかしながら、どの測線においても津波堆積物のシルト質堆積物は浸水限界付近まで分布しており、地層中の津波堆積物から浸水範囲を推定する上で役立つだろう。

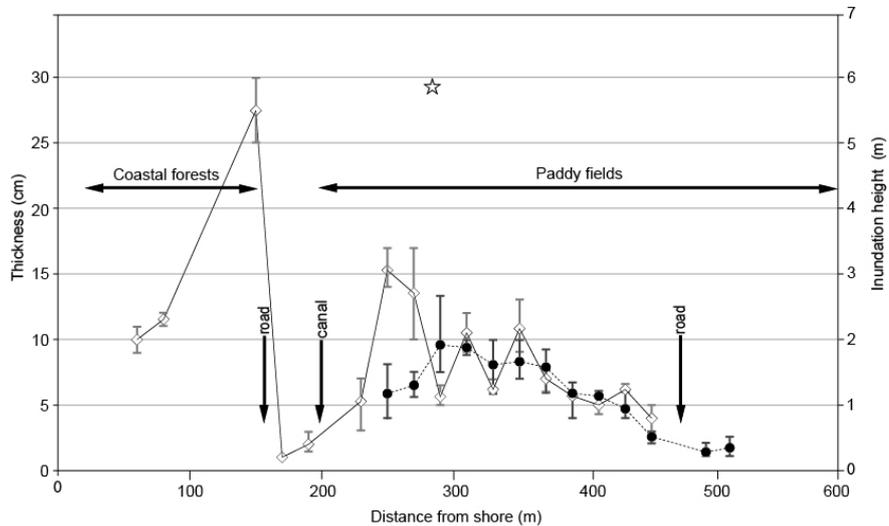


図1 津波堆積物の層厚変化（千葉県旭市飯岡）。層厚は各地点3か所で測定した。●、◇は津波堆積物の層厚の平均値、☆は浸水高である。巨視的な内陸薄層化傾向が認められる。

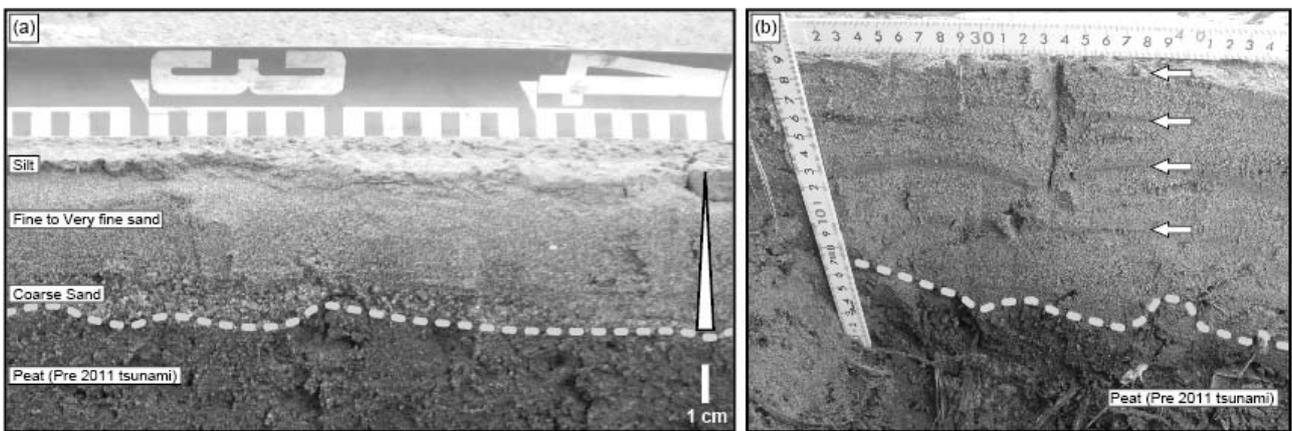


図2 (a) 測線 IO（千葉県旭市飯岡）の最も内陸部の津波堆積物。3層に分かれており、下部から極粗粒砂、細粒砂～極細粒砂へと級化する。表面は薄いシルト層に覆われている。(b) 茨城県鹿島港の最も海岸に近い地点の津波堆積物。砂層と泥層の繰り返しが4回確認できる。

引用文献

東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ，2011. 東北地方太平洋沖地震津波情報.
<http://www.coastal.jp/ttjt/>.

ニュージーランド沖における IODP 第 329 次掘削試料の岩相層序
 , 地球化学組成, 鉱物組成: 南太平洋における白亜紀-第三紀の古環境変遷
 Lithostratigraphy, geochemistry and mineralogy of drilled core in off New Zealand,
 IODP Expedition 329: Cretaceous to Tertiary paleo-environmental changes in the
 South Pacific

下垣友佑 (早稲田大学)・太田 亨 (早稲田大学)・IODP 第 329 次掘削航海研究者一同
 Yuusuke Shimogaki (Waseda Univ.), Tohru Ohta (Waseda Univ.), IODP Exp. 329 Scientists
 連絡先: 下垣友佑 (yuu.shimogaki@asagi.waseda.jp)

【目的】 海底堆積物には古気候をはじめとした, 地球の環境変動の記録が多く残されており, 鉱物組成・化学組成を用いた古環境解析がなされてきた. 本研究では, IODP 第 329 次掘削航海にて採取された南太平洋ニュージーランド東方沖の海底堆積物コアを用いて, 鉱物組成・化学組成を多変量統計解析を通して吟味する. 特に, 風成塵の量比変化や後背地風化指標に注目して, 白亜紀から第三紀にかけての南太平洋地域の古環境変遷を探る.

【手法】 本研究では, 風成塵の解析のために掘削試料の鉱物組成を, 後背地風化過程の解析のためには化学組成を, それぞれ分析した. 鉱物組成は, 試料を水ひして $2\mu\text{m}$ 以下の粘土鉱物を回収し, 定方位試料を作成して XRD 分析を行った. 化学組成に関しては, 100°C で 24 時間, 550°C で 6 時間, 950°C で 2 時間の焼成を行った後, XRF 分析を行った. 各元素の絶対量変動は, マスバランス法 (Sheldon and Tabor, 2009) によって計算し, 後背地風化の評価には W 値 (Ohta and Arai, 2007) を用いた.

【岩相層序】 掘削地点は南緯 45.58° 東経 163.11° , 水深 5311m にあり, 回収されたコアの厚さは約 126m である. 基盤岩は玄武岩で構成され, その年代は $71.5\sim 72.9\text{Ma}$ である (Expedition 329 Scientists, 2011). コア最上部から深度約 103m までの珪藻が多産する層準をユニット I とし, それより深部の珪藻が含まれない層準をユニット II と分類した. ユニット I の構成物は, 珪藻が多くを占め, 粘土鉱物や石英, Red-brown to yellow-brown Semiopaque Oxide (RSO) (Quilty et al., 1976) などが存在している. ほとんどのものが灰色もしくは褐色であり, 岩石化しておらず, 軟泥状態にある. ユニット II では粘土鉱物, 沸石, 火山ガラス, RSO が多くを占める. 粘土鉱物の割合は上部で多く, 下部になるにつれ減少する傾向がみられる. 肉眼では褐色を示し, ユニット I と同様に軟泥状態にあるが, やや固結化が進行している.

本調査地域の南太平洋では, 風成塵の供給源はオーストラリア大陸南東部並びにニュージーランドであるとされている (Stacin et al., 2008).

【結果】 粘土組成は, コア下部ではスメクタイトが多く含まれ, 上部になるにつれてイライトの存在比がスメクタイトのそれを逆転する. スメクタイトは, 基盤玄武岩近傍で含有量が多くなることと, 沸石や火山ガラス含有量と相関があることより続成・熱水変質起源であると考えられる. イライトは, 高い結晶度を示し, アンキ変成帯 (ブドウ石-パンペリー石相) に属する. しかし, コア試料からはブドウ石などの変成鉱物は検出されず, より変成相の低い沸石のみが確認できる. この, 被熱温度の違いは, イライトが続成起源ではないことを示しており, 大陸起源の碎屑性風成塵であることを示して

いる。マスバランス法にて算出した各元素の絶対量変化は、上位に向かって MnO 、 P_2O_5 が大幅に減少し、ユニットⅡの中段付近から最下位層準の含有量に対して 100%の減少率を示す。 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO なども上位層準では 50%の減少率を示す。これらの下位層準に多く含有されている適合元素は、苦鉄質な海嶺火山活動と熱水活動で付加したものであると考えられる。逆に、 SiO_2 、 Na_2O は上位に向かって増加し、 Na_2O は最上位層準で 150%増加している。この結果は、砕屑性イライトの含有量が上位層準ほど高くなっている事実と調和的である。

したがって、鉱物・化学組成は下位層準ほど続成と熱水変質の影響を受けており、コア上部になるにつれて、より多くの風成塵が供給されたという結果を示している。このために、後背地風化度や風成塵の量比を議論するには、続成作用の影響を取り除く必要がある。そこで、本研究では、主成分分析によって、続成・変質作用の分離を試みた。第 1 主成分は、 SiO_2 、 Na_2O と高い相関を示し、 Fe_2O_3 、 MgO 、 MnO などの続成・変質で付加されたと考えられる元素とは無相関になる。逆に、第 2 主成分は、 Fe_2O_3 、 MgO 、 MnO などと高い相関があり、 SiO_2 、 Na_2O とは無相関であった。よって、第 1 主成分は風成塵の量比を示す指標で、第 2 主成分は続成・変質の強弱を示す指標であるといえる。

【議論】 第 2 主成分は、コアの下部ほど強い続成・変質を受けていることを示す。これは、プレート誕生直後に海嶺活動の影響を受け、その後、プレート移動に伴い海嶺から遠ざかり、変質作用が弱まった結果である。事実、コア下部には、火山ガラスが多く含まれている。第 1 主成分は、漸新世初期に急減し、その後、中新世以降は徐々に減少する。漸新世初期における風成塵の増加は、始新世・漸新世境界の汎世界的寒冷化を検知したものと考えられる。中新世以降の風成塵の増加は、オーストラリア大陸の乾燥化によって供給が増加したことに起因すると考えられる。オーストラリア大陸は、プレート運動に伴って北上しており、中新世ごろに中緯度高圧帯の乾燥気候の影響下に入ったとされている (Motoi et al., 2008)。この現象の時期と、コア試料における第 1 主成分の増加時期が一致することから、オーストラリア大陸の乾燥化によって南太平洋地域に風成塵の供給増加が起きたと考えられる。このように、南太平洋における他のコア試料と同様に、始新世・漸新世境界での汎世界的な寒冷化、ならびに、中新世にオーストラリア大陸が乾燥帯に入ったことが本研究でも明らかになった。

【参考文献】

- Expedition 329 Scientists, 2011. Site U1371. In D'Hondt, S., Inagaki, F., Alvarez Zarikian, C.A., and the Expedition 329 Scientists, *Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, 329: Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc., Tokyo.*
- Motoi T., Kitoh A., Midorikawa T., Arakawa O., Sasai Y., Chan W., 2008, Evolution of large scale topography and variation in climate, *Journal of Geography*, **117**, 1015-1028.
- Ohta T. and Arai H., 2007, Statistical empirical index of chemical weathering in igneous rocks : A new tool for evaluating the degree of weathering. *Chemical Geology*, **240**, 280-297.
- Sheldon N. D. and Tabor N.J., 2009, Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols, *Earth-Science Reviews*, **95**, 1-52.
- Stancin A. M., Gleason J. D., Hovan S. A., Rea D. K., Owen R. M., Moore T. C. Jr., Hall C. M., Blum J. D., 2008, Miocene to recent eolian dust record from the Southwest Pacific Ocean at 40° S latitude. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **261**, 218-233.

P 22

琵琶湖 BIW08-B コアのリグニンと脂肪酸組成にもとづく過去15万年間の環境変遷

A 150-kyr record of lignin and fatty acid compositions from the BIW08-B core from Lake Biwa, central Japan

大平深史・山本正伸（北大院地球環境）・竹村恵二（京大地球環境学研究所）・林田明（同志社大理工）
Fukashi Ohira, Masanobu Yamamoto (Hokkaido University), Keiji Takemura (Kyoto University),
Akira Hayashida (Doshisha University)
連絡先：大平深史 (fukashi@ees.hokudai.ac.jp)

本研究では琵琶湖周辺の過去30万年間の古植生復元を行うことを目的とし、琵琶湖湖底ボーリングコア BIW08-B 堆積物の有機炭素分析と TMAH 熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析法を用いたリグニン分析を行った。

高等植物由来の8種類のリグニンフェノールのうちVoを除く7種類が検出された。また135kaより前の試料ではリグニンフェノールの量が少なく検出できないものもあった。リグニン総量 $\Sigma 8$ はMIS1、MIS3、MIS5c、5eで高い値を示した。有機炭素量はMIS1、MIS3、MIS4、MIC5c、MIC5d-5eで高い値、TOC100mg中のリグニン総量を表す Λ はMIS1、MIS3、MIS5a、5c、5e後半で高い値を示した。シリングルフェノール類とバニリルフェノール類の比であるS/V比は温暖期から寒冷期の移行期に低下し、MIS4で低い値、MIS2で上昇しその後MIS1で低下を示した。シナミルフェノール類とバニリルフェノール類の比を示すC/V比は、全体的には表層で高い値を示し、細かい変動は寒冷期に上昇を示した。リグニン沈積流量と有機炭素沈積流量の比較から、これらがともに増加した130~120ka、100ka、36~32kaでは降水量の増加により陸起源有機物が増加した。一方有機炭素沈積流量のみが増加した108.7ka、105.0ka、31.5~29.4kaでは湖内生産が増加したと考えられる。

本研究の結果と先行研究による琵琶湖花粉組成を比較すると、MIS6/5移行期にはS/V比の増加し、花粉組成のニレ属、ケヤキ属、コナラ亜属の被子植物が増加したことと一致する。MIS5e/5d、5c/5b、5a/4移行期にはS/Vが低下し、この時期の温暖で湿潤な気候のもとスギ属、コウヤマキ属、ヒノキ属の裸子植物が増加したことと一致する。同じくS/Vの低下、低い値を示すMIS4、MIS3/2移行期には裸子植物のマツ科が優占したとされる。MIS1初期には被子植物のアカガシ亜属が優占し、その後スギが増加したとされ、本研究のS/Vの変動と一致する。MIS3における本研究と花粉組成の同調した変動は見られなかったが、それ以外の年代ではリグニン組成変動は花粉組成変動と一致しており、リグニン組成は陸上植物の変化をよく反映している。

本研究の結果と北西太平洋鹿島沖の海底堆積物コア、長野県高野盆地陸上ボーリングコアのリグニン組成の変動の比較を行うと、いずれもMIS5e/5d、5c/5b、5a/4移行期のS/V比の低下、MIS4の低い値を示すS/V比の変動には共通する部分が多くみられた。このように異なる地点で同じようなリグニン組成変動を示すことから、リグニンは河川による運搬が主で、河川周辺の植生を直接的には反映するが、リグニン組成はそれより広い範囲の植生変化にも対応している可能性がある。

堆積環境に適応した海洋底生生物の摂食様式：浅海堆積物と漸深海堆積物から産出する生痕化石 *Phymatoderma* の比較

Feeding modes of marine benthos adapted to the sedimentary environments:
Comparison between the ichnogenus *Phymatoderma* in shallow marine sediments
and that in deep-sea sediments

泉賢太郎（東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻）

Kentaro Izumi (Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo)

連絡先：泉賢太郎 (izumi@eps.s.u-tokyo.ac.jp)

過去の海洋底生生物の摂食様式がその生息環境（＝堆積環境）にどのように適応していたのかを解明するために、異なる2つの堆積環境から産出する生痕化石 *Phymatoderma* の形成生物の詳細な摂食様式を、堆積学的・地球化学的アプローチを用いて復元することを試みた。

Phymatoderma は樹状の枝分かれを示すチューブ状生痕化石であり、各チューブは微小な糞粒で充填されていることから、堆積物食の底生生物による摂食・排泄痕であると考えられている (Fu, 1991; Miller and Vokes, 1998; Seilacher, 2007; Miller, 2011)。本研究では、浅海堆積物（ドイツ下部ジュラ系ポシドニア頁岩）と漸深海堆積物（上部鮮新統白間津層）から産出する *Phymatoderma* を対象にし、食糧源堆積物と糞粒（＝排泄物）の主要元素組成分析・鉍物組成分析・SEM 観察を行うことで、それらの形成生物の摂食様式を復元・比較した。

浅海堆積物中の *Phymatoderma* に関しては、食糧源堆積物（＝有機物の炭素同位体比分析によって、生痕含有層準の直上の泥岩層であると特定）と糞粒の主要元素組成は誤差の範囲内で一致した。したがって、ポシドニア頁岩中の *Phymatoderma* の形成生物は、堆積物を摂食する際に堆積物粒子を無選別に取り込む“non-selective feeding”という摂食様式を採用していたことが示唆された。なお従来は、白間津層から産出する、糞粒で充填された枝分かれ状の生痕化石は“giant *Chondrites*”などと記載されていたが (Kotake, 1991)、本発表では近年改訂された分類 (Miller and Aalto, 1998; Miller and Vokes, 1998) にしたがって、“giant *Chondrites*”を *Phymatoderma* 属の生痕化石であるものとして扱う。

それに対して、漸深海堆積物中の *Phymatoderma* については、食糧源堆積物（＝Kotake, 1991により、生痕含有層準の直上の火山灰層であると特定済み）と糞粒の主要元素組成が一致しなかった。具体的には、糞粒において CaO が有意に濃集していることが明らかになった。白間津層の鉍物組成分析の結果から、カルシウムを含む鉍物はカルサイトであることが示され、さらに糞粒の SEM 観察によって、糞粒内に有孔虫殻や石灰質ナノプランクトン殻の破片が認識された。これらのことから、漸深海堆積物中の *Phymatoderma* の糞粒で濃集している CaO は、石灰質の殻を持つ微化石に由来すると考えられる。よって、白間津層の *Phymatoderma* の形成生物は、堆積物を摂食する際に石灰質の殻を持つ微小生物群を選択的に摂食する“selective feeding”という摂食様式を取っていた可能性が高い。

このような摂食様式の差異は、異なる底質環境への適応によって生じ得る。相対的に陸域に近い浅海域では、一般に表層堆積物の有機炭素含有量は高い (Romankevich, 1984)。そのため、表層堆積物には *Phymatoderma* 形成生物が摂食可能な有機物が豊富に存在し、摂食の際に堆積物粒子を選別する必要が無かったと考えられる。一方、より陸域から遠い漸深海域では、有機物粒子は水塊中を沈降する過程で大半が分解されてしまい、一般的には表層堆積物の有機炭素含有量は極めて低い (Romankevich,

1984) . そのような堆積環境においては *Phymatoderma* 形成生物が摂食可能な有機物は極めて少なく, 有孔虫などの軟体部が主要な有機物源であったと思われる. そのため, 漸深海堆積物中の *Phymatoderma* の形成生物は, より効率よく餌を摂食するために有孔虫などを選択的に摂食する戦略を取ったと考えられることができるだろう.

文献

- Fu, S., 1984, Funktion, Verhalten und Einteilung fucoider und lophocteniider Lebensspuren. *Courier Forschung-Institut Senkenberg*, **135**, 1–79.
- Kotake, N., 1991, Packing process for the filling material in *Chondrites*. *Ichnos*, **1**, 277–285.
- Miller, W., III, 2011, A stroll in the forest of the fucoids: Status of *Melatercichnus burkei* Miller, 1991, the doctrine of ichnotaxonomic conservatism and the behavioral ecology of trace fossil variation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **307**, 109–116.
- Miller, W., III and Aalto, K.R., 1998, Anatomy of a complex trace fossil: *Phymatoderma* from Pliocene bathyal mudstone, northwestern Ecuador. *Paleontological Research*, **2**, 266–274.
- Miller, W., III and Vokes, E.H., 1998, Large *Phymatoderma* in Pliocene slope deposits, northwestern Ecuador: associated ichnofauna, fabrication, and behavioral ecology. *Ichnos*, **6**, 23–45.
- Romankevich, E.A., 1984, *Geochemistry of Organic Matter in the Ocean*. Springer-Verlag, Berlin, 334p.
- Seilacher, A., 2007, *Trace Fossil Analysis*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 142p.

運搬・淘汰作用による河床堆積物の組成改変過程；源岩組成復元法の提示

Compositional variability in fluvial bed load sediments induced by transport and sorting processes: implications for protolith reconstruction

酒井邦裕（早稲田大学）・太田亨（早稲田大学）

Kunihiro SAKAI (Waseda Univ.) Tohru OHTA (Waseda Univ.)

酒井邦裕 (sakai-0802@toki.wasda.jp)

砕屑物は運搬・淘汰作用によって源岩とは異なった組成に改変される。そこで従来の研究では、特定の粒度の組成のみを解析対象とし、改変の影響が少ないと考えられる鉱物・元素を用いて後背地や堆積環境の推定を行ってきた。しかし、特定の粒度や鉱物種が砕屑物全体の代表となる保証はない。例えば、Yagishita et al. (2000)は河床堆積物が粒度によってモード組成が大きく異なることを示しており、その変化を考慮した上で後背地やテクトニックセッティングなどを議論している。本研究では、中礫～泥までの砕屑物を用いて、粒度変化に伴うモード組成・全岩化学組成の変化を明らかにする。その上で、砕屑物組成の改変過程から源岩組成を復元する方法を議論する。

試料採取は、阿武隈山地の花崗岩地域に流域を持つ、福島県浪江町の高瀬川において14ヶ所で現世河床堆積物を、また、高瀬川の河口にある浜堤において7ヶ所で前浜～後浜堆積物を採取した。各試料を中礫(-2φ)から泥(4φ以上)まで1/2φごとに篩い分けを行った。その後、モード組成と蛍光X線分析装置での全岩化学組成の測定を行った。

全岩化学組成の主成分分析により、中礫～泥までのデータをそれぞれ解析すると明瞭に異なる3つの改変トレンドが識別できた(図1)。中礫～極粗粒砂では、細粒化するにつれて $\text{SiO}_2 \cdot \text{K}_2\text{O}$ が増加し、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ が減少する(トレンド1)。これは機械的風化作用による脆弱鉱物(輝石・角閃石・雲母)の破断化と堅固な鉱物(石英・カリ長石)の濃集による改変トレンドを表していると考えられる。事実、極粗粒砂のモード組成は90%が石英・長石類で、雲母・角閃石などの有色鉱物はほとんど見られなかった。また、粗粒砂～細粒砂では $\text{SiO}_2 \cdot \text{K}_2\text{O}$ の減少、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO}$ などが増加する改変トレンドが検出された(トレンド2)。これはトレンド1で機械的風化によって細粒化した有色鉱物が集積したためであると考えられる。モード組成上でも、細粒砂では雲母・角閃石などが濃集していることが確認でき、その含有量は20%に達する。極細粒砂～泥は、細粒化に伴い $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ が増加するトレンドで特徴づけられる(トレンド3)。これは砕屑物の化学的風化によって、スメクタイトなどの粘土鉱物の生成に起因した改変だと考えられる。分析した14サンプルすべてにおいて、上記と同様な結果が得られた。したがって、粒度別に性質の異なった組成改変過程が存在することが明らかとなり、特定の粒度組成から源岩組成を復元することは難しく、様々な粒度の組成が必要不可欠になる。一方で、組成の改変過程は3つのトレンドに集約できることも判明した。よって、源岩組成復元には、すべての粒径の組成情報が必要というわけではなく、3つの改変トレンドの情報を内包する少なくとも3つの粒度組成で十分であることが分かった。そこで、改変トレンドごとの全岩化学組成の平均値とその量比から、源岩組成の復元を試みた。この復元法によって再現した源岩組成、中礫～泥までのそれぞれの粒度の組成を、Roser and Korsch (1988)のダイアグラムにプロットして比較した(図2)。泥から中礫の各粒度の組成では、後背地は苦鉄質岩、中

性岩, 珪長質岩, 石英質堆積岩など, さまざまな源岩が判別されてしまう(図2). 中礫～泥は, 同一源岩から供給されているにもかかわらず, 分析する粒度によって異なる源岩を認定する危険性が高い. しかし, 上記の復元法により再現した組成は源岩にもっとも近い領域にプロットされる(図2). したがって, 源岩の組成を復元するには, 3つの代表的粒度の組成のみで十分とした本研究の作業仮説が正しいことが示された.

また, 河川と浜堤堆積物では細粒化に伴う改変過程に差異がある(図3). 浜堤堆積物では, 極粗粒砂～中粒砂においては $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO}$ の増加は見られないが, 細粒砂～極細粒砂においては $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO}$ が増加するという, 河川堆積物とは異なるトレンドが存在した. また, 浜堤堆積物と河川堆積物の細粒砂でのモード組成を比較すると, 浜堤では角閃石・雲母・緑泥石が少なくなり, 輝石や不透明鉱物が多くなる傾向があることがわかった. これは浜堤環境における強い流水営力によって重鉱物が濃集した結果と考えられる. この結果より, 少なくとも高瀬川においては, 改変トレンドを明らかにすることによって堆積環境を識別できることが示された.

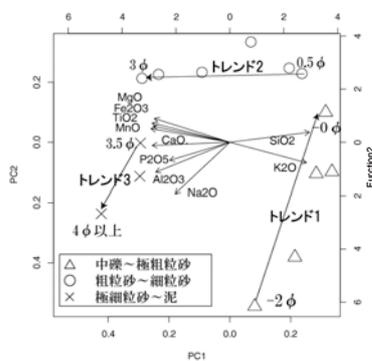


図1
高瀬川の現世河床堆積物の全岩化学組成のバイプロット

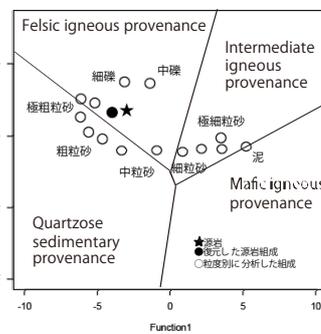


図2
Roser and Korsch(1988)のダイグラムに源岩, 復元した源岩組成, 粒度別に分析した組成のプロット

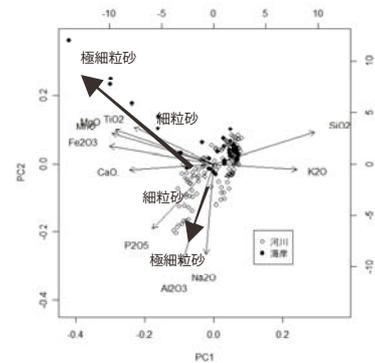


図3 高瀬川の河床堆積物・浜堤堆積物の全岩化学組成のバイプロット

Roser B. P., Korsch R. J., 1988 Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data. *Chemical Geology*, **67**, 119-139.

Yagishita K., Nirasawa M., Saito K. and Terui K., 2000, Compositional characteristics of Holocene sands in a mature magmatic arc belt: a case study of river sands derived from plutonic and accretionary complexes, northeast Japan. *The MEMOIRS of Geological Society of Japan*, **57**, 19-28.

本邦珪質岩における石油・天然ガス貯留システム Hydrocarbon trapping system in the siliceous rocks, Japan

辻隆司・早稲田周(石油資源開発株式会社技術本部技術研究所),

横井悟(石油資源開発株式会社国内事業本部)

Takashi Tsuji, Amane Waseda (Research Center, Technical Division, Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.)

Satoru Yokoi (Domestic Project Division, Japan Petroleum Exploration Co., Ltd.)

連絡先: 辻隆司 takashi.tsuji@japex.co.jp

ここで扱う珪質岩は本邦を含む環太平洋地域に中新統～下部鮮新統として広く分布する珪藻遺骸に富む堆積物起源の岩石である。このような珪質岩の埋没続成は主に機械的圧密作用に依存するが、これに加えて生物源シリカ鉱物の相転移、さらにはシリカ分の移動・沈殿によるセメント作用の影響も受ける。このため珪質岩は、埋没続成の進行に伴い見かけが珪藻土からポーセラナイトやチャートへと著しく変化し、物性もそれに応じて変化する。ここでは、これらの変化が本邦の石油・天然ガスのトラップとどのように関連しているのかをレビューする。

本邦の石油・天然ガスのトラップの形成において、とくに重要なのはポーセラナイトにおけるオパールCTから石英へのシリカ鉱物の相転移と粘土鉱物含有量である。オパールCT/石英相転移に伴い、オパールCTポーセラナイトにおける孔隙の主体をなす孔口半径 $0.01\mu\text{m}$ 以下の微細孔隙が閉じ、石英ポーセラナイトにおいて孔口半径 $0.2\mu\text{m}$ 以上の大きく連続性の良い孔隙が生成する。このため転移面を介して最も圧密が進行したオパールCTポーセラナイトと、新たな孔隙が生成し、しかもその後機械的圧密を被っていない石英ポーセラナイトが直に接する。また、転移面深度が 1000m を超える程度の封圧下では、オパールCTポーセラナイトの浸透率が石英ポーセラナイトのそれに比べて十分に低い。

石英ポーセラナイトは、さらに埋没が進行すると機械的圧密によってその孔隙の大きさが減少するとともに孔隙率も低下していく、このとき粘土鉱物が多いほどその圧密が促進される。通常、粘土鉱物に乏しい石英ポーセラナイトは転移面以深 1000m の深度区間で良好な貯留岩性状を維持するが、粘土鉱物に富むものはそれが 100m 程度である。

したがって、炭化水素がより深部から移動してくれば転移面直上のオパールCTポーセラナイトと、転移面以深 100m を超える深度に位置する粘土鉱物に富む石英ポーセラナイトがシールとなり、その両者の直下の石英ポーセラナイトが貯留岩となってトラップする。炭化水素がトラップする前にシリカ分を十分に含んだ水が供給されると浸透性の良い部分がセメントされ、転移面直下の石英ポーセラナイトがチャートに変化する可能性がある。埋没の進行に伴い転移面の位置が珪質岩中をより上位に移動するタイミングに合わせて、シリカ分を十分に含んだ水が供給されるなら厚いチャート層を形成する可能性がある。チャートは珪質岩の中で最も脆性的であり、フラクチャーが発達しやすいので、フラクチャー型貯留層を形成しやすい。ただし、転移面深度が 500m よりも浅い程度の封圧下では、転移面直上のオパールCTポーセラナイトでも浸透率が石英ポーセラナイトと同程度に高いことがある。この場合、転移面直上のオパールCTポーセラナイトは有効なシールとはならない。

元素濃度変化からみた大分県別府湾における過去 1500 年間の海底環境変遷
Seafloor environmental changes during the past 1500 years based on variations of
minor and major elements in Beppu Bay, Oita Prefecture

天野敦子（産業技術総合研究所）・加 三千宣（愛媛大学）
Atsuko Amano (AIST), Michinobu Kuwae (Ehime University)
連絡先：天野敦子 (amano-a@aist.go.jp)

1.はじめに

閉鎖性の強い内湾環境における泥質堆積物の時空間的な化学的特性変化と堆積過程や海底環境との関係を明らかにするため、大分県別府湾の堆積物を用いて主成分、微量元素の変化とその要因について検討した。別府湾は湾口付近に水深約 50 m の地形的な高まり(海関)をもつ。水深は湾奥部に向かって増加し、湾南西部の最深部で 73 m を示す。この海盆状の地形特性によって、湾内は停滞的な水理状態で、海底には主にシルト-泥堆積物が堆積している。特に湾奥部の最深部付近は停滞性が強く、6 月から 11 月の間、水深 50 m 付近に急激な水温変化を伴う強い成層構造が形成され、底層は無酸素状態になることが観測されている。また、湾南部に流入する大分川、大野川からの供給作用は現在の湾内の物質循環に強く関係している。この別府湾で採取された 16 地点の表層堆積物を用いて XRF と ICP-MS の分析を行った。そして、これら結果と地形や水質を用いて統計解析を行い、現在の元素濃度変化の規制要因について検討した。さらに、最深部で採取されたコア長 4.5 m の柱状堆積物を用いて分析し、過去約 1500 年間の元素濃度変化と陸域からの供給や海底の酸化還元状態の変化について検討した。

2.現在の空間的要素濃度変化とその規制要因

Al_2O_3 , TiO , V , Cr , Co , As , In 濃度は大分川河口付近で高く、統計解析結果は河口と採泥地点との距離と関係が強いことを示す。これら元素濃度は大分川流域から供給された岩石性碎屑物の含有率と関係していることを示す。 SiO_2 , Mo , Cd , Cu 濃度は湾奥の深い部分で、また Mn は湾口で高く、これら元素は水深と強い関係を持つ。 Mo , Cd は還元的な状態で沈積し、 Mn は溶出する。現在、夏、秋季において深い部分の底層水は無酸素化するため、この部分での Mo , Cd 濃度は増加し、 Mn は減少する。無酸素状態下において、有機物は分解されにくいいため、有機物に親和である Cu も増加傾向を示す。また、停滞的かつ無酸素な環境下において、珪藻殻は堆積、保存されやすくなり、 SiO_2 が増加した可能性が考えられる。

3.過去 1500 年間の元素濃度変化と海底環境との関係

Al_2O_3 , TiO 濃度は 520AD から現在に向かって徐々に増加、一方で SiO_2 は減少する。これら変化は相対的に岩屑性碎屑物の堆積量が増加し、反対に珪藻殻含有量が減少していることを示す。この変化は、大分川河口が徐々に前進することに伴い、その沖合での岩屑性碎屑物の堆積量が増加したことを反映していると考えられる。また岩屑性碎屑物の影響を除いて底層の酸化還元状態の変化を検討するために、 Mo , Cd と Al_2O_3 の比を用いた。これらの比は粗粒化と帯磁率の増加を示すシルト質粘土層で減少し、この間の海底環境が相対的に酸化的な状態であったことを示唆する。この層は、混濁流によって比較的浅い海域の酸素に富んだ海水と粗粒碎屑物が最深部分へと運搬されて、一時的に酸化的な状態で形成されたタービダイトと考えられる。

インド北東部に分布する始生代～前期原生代シンブーム堆積盆 の発達史

The Evolutional history of the Archean to Paleoproterozoic Singhbhum basin in northeast India

山田恭平 (早稲田大学)・太田亨 (早稲田大学)・Mazumder Rajat (インド統計学研究所)

Kyohei YAMADA (Waseda University), Tohru OHTA (Waseda University),

Mazumder Rajat (Indian Statistical Institute)

山田恭平 (kappa@toki.waseda.jp)

はじめに 始生代～原生代における初期地球の古環境解析は、堆積岩等の詳細な全岩同位体組成や鉱物種の同位体・希土類組成によって様々な進展をみせている。しかし、インド北東部に位置するシンブーム (Singhbhum) 堆積盆に分布する始生代～前期原生代の堆積岩に対しては、地球化学的な研究が実施されておらず、鉱物組成や全岩化学組成といった基本的な情報も不足している。また、火山岩類と構造地質の研究によって、シンブーム堆積盆では幾度かにわたるリフティングのサイクルがあったことが示唆されている (e.g., Roy et al., 2002; Mazumder, 2005)。この点に関しても、碎屑物組成の解析からシンブーム堆積盆の構造場変遷や後背地の性質など、堆積盆発達史の解明に貢献できると期待される。本研究では、シンブーム堆積盆の碎屑岩試料について、鏡下観察、鉱物組成、及びその全岩組成を報告し、堆積盆の発達史について議論していく。

地質概要 シンブーム地塊は、インド北東部にあるジャルカンド州とオリッサ州北部に位置しており、始生代～前期原生代の岩体や地層が約 50,000 km² にわたって広がっている。シンブーム地塊では、35 億年前～14 億年前までの岩体が報告されており、東西に広がる、三つの地質区に分けられている。南より、始生代のグリーンストーン-花崗岩帯 (Mukhopadhaya, 2001)、前期原生代のダンジョリ層、チャイバサ層、ダルバム層、ダルマ層、チャンディル層から構成されるシンブーム堆積盆 (North Singhbhum Fold Belt ; Gupta and Basu, 1991)、花崗片麻岩とミグマタイトが広がっている Chottanagpur Gneissic Complex (CGC) に分けられる。調査対象のシンブーム堆積盆のダルマ層と、その上位にあるチャンディル層の火山岩は、1600 Ma の放射年代を示す。また、ダンジョリ、チャイバサ、ダルバム層は、1600 Ma 頃に顕著な変成を受けたとされている (Acharyya, 2003b)。

分析手法 本調査では、シンブーム堆積盆のダンジョリ層、チャイバサ層、ダルバム層から採取した 51 サンプルを蛍光 X 線分析装置を用いて、全岩化学組成分析を行なった。微量元素・希土類元素の分析は Acme Analytical Laboratories 社に依頼分析した。分析結果は、後背地風化指標である W 値 (Ohta and Arai, 2007)、CIA (Nesbitt and Young, 1982)、源岩の種類を求める淘汰度補正図 (Ohta, 2004)、また構造場判別図 (Roser and Korsch, 1986) によって吟味した。

結果と考察 ダンジョリ層、チャイバサ層、ダルバム層は、それぞれ W、CIA 値が下部層で低く、上部層で値が高くなる傾向がある。特に、ダルバム層ではこの傾向が明瞭で、下位から上位にかけて値が連続的に上昇する。このことは、各層とも上位層準ほど後背地風化度が強くなっていることを示しており、堆積物の成熟度が増加していることを示す。淘汰度補正図のプロット結果は、ダンジョリ層、チャイバサ層の下部層では源岩が火成岩、上部層では源岩が堆積岩であることを示す。構造場判別図では、ダンジョリ層とチャイバサ層は、主に、下部層が活動的大陸縁の領域、上部層が非活動的大陸縁の領域にそれぞれプロットされた。以上の結果から、各層は、それぞれ、下位ほど組成が未成熟であり活動的な堆積場であったものが、上位層準では次第に堆積物が成熟化し非活動的な堆積場に変化

したことを示唆している。このサイクル中の未成熟な層準、ないし、直下の層準には、火山岩が挟在するという特徴を有する。Mazumder and Sarkar (2004), Mazumder (2005) によると、ダンジョリ層上部層の火山岩は、コマチアイト質玄武岩であり、大陸内部のリフト活動により生じたものであるとされている。さらに、Roy et al. (2002) によると、チャイバサ層上部層とダルマ層の火山岩はプルーム起源であるとされている。したがって、今回見出した碎屑物組成の未成熟から成熟というサイクルは、リフティング史を検知したものであると考えられる。シンブーム堆積盆でリフティングが生じると、断層崖からの崖錐堆積や、リフティングに伴う火山活動由来の碎屑物が増加し、比較的未成熟な碎屑物が堆積する。その後、リフト活動が収束すると、断層崖が消滅して大陸内部からリサイクルされた碎屑物が供給されるようになり、成熟度の高い碎屑物が堆積した。このように、リフティングによって、シンブーム堆積盆では、未成熟と成熟な堆積物が交互に堆積したと考えられ、本研究で明らかにしたこのサイクル履歴から、約9億年の期間に、3回のリフティングがあったと推察される。

引用文献

Acharyya K., 2003b, A plate tectonic model for Proterozoic crustal evolution of Central India Tectonic Zone. *Gondwana Geology*, **7**, 9-31.

Mukhopadhaya D., 2001, The Archaean nucleus of Singhbhum; the present state of knowledge. *Gondwana Research*, **4**, 7-18.

Mazumder R., 2005, Proterozoic sedimentation and volcanism in the Singhbhum crustal province, India and their implications. *Sediment Geology*, **176**, 167-193.

Ohta T., 2004, Geochemistry of Jurassic to earliest Cretaceous deposits in the Nagato Basin, SW Japan: implication of factor analysis to sorting effects and provenance signatures. *Sediment. Geology*, **171**, 159-180.

Ohta T., and Hiroyoshi A., 2007, Statistical empirical index of chemical weathering in igneous rocks: A new tool for evaluating the degree of weathering. *Chem. Geology*, **240**, 280-297.

Roser, B. P. and Korsch, R. J., 1986, Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ration. *J. Geology*, **94**, 635-650.

Roy A., Sarkar A., Jeyakumar S., Aggrawal S. K. and Ebihara M., 2002, Mid-Proterozoic plume-related thermal event in eastern Indian craton: evidence from trace elements, REE geochemistry and Sr-Nd isotope systematics of basic-ultrabasic intrusives from Dalma Volcanic Belt. *Gondwana Research*, **5**, 133-146.

大阪平野の表層地質情報から地下構造を推定する試み

Preliminary study for the estimation of subsurface geological structure
of the Osaka Plain from database

櫻井皆生（同志社大学理工学研究科）・増田富士雄（同志社大学）

Minao SAKURAI and Fujio MASUDA (Doshisha Univ.)

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

ボーリングデータベース（関西圏地盤情報協議会，2011）を用いて，大阪平野表層部（地下約 150 mまで）の南北方向と東西方向の地質断面図を作成した．その断面に現れる地質構造と，従来の重力異常などで推定された基盤標高分布図（例えば，Inoue and Nakagawa, 2000；関西圏地盤研究会，2007）や反射法地震探査による基盤に達する断面図（例えば，大阪府，2003；関西圏地盤研究会，2007）の構造とを比較した結果，両者が概ね整合することが分かった．こうした比較が行われた例は，これまで極めて少ない．しかも，表層地質から推定した地下構造の方が，より詳細で分解能が高い．このことは，表層の地質構造を精度良く解析できれば，基盤構造の推定や堆積盆地の形成過程の復元などにも貢献できることを示している．

南北方向の断面にみられる特徴的な地質構造としては，中央部がへこんだ盆地状の構造を示すことである．大阪府北部の池田市から大阪市の淀川付近までは南傾斜の同斜構造で，大阪市内の淀川付近から住之江までの間は非対称の深いトラフ状の構造を示す．さらに南の住之江から大阪府南部の泉佐野市に至る断面では，逆の北傾斜になり，褶曲（撓曲）や同斜構造を繰り返し，住之江撓曲，石津背斜，助松向斜，泉大津港背斜，大津川向斜，佐野港背斜（阪神高速道路公団，1991）などがみられる．特に，住之江撓曲北端の大和川河口域と助松向斜付近には，大きな構造ギャップが認められる．これらの背斜や向斜構造の位置は，反射法地震探査から明らかにされた地下 1000～2000mでの地質構造と概ね一致するが，表層地質から解釈した構造の方が精度は良く，分解能が高いといえる．また，急傾斜で下がる住之江撓曲の北縁や鋭く折れ曲がった石津背斜などは地下深くでは断層として，より緩やかな佐野港背斜は地下でもきれいな背斜構造として表現されている．こうしたことから推定すると，助松向斜の構造ギャップも地下では断層だと思われる．

東西方向の断面では，上町台地の延長に撓曲があり，その西縁の上町断層が大きな構造ギャップとなっていることが特徴的である．上町台地の東側はその撓曲の翼部となって連続的に東傾斜しており，生駒山地近傍で生駒断層により西傾斜に急変する構造となっている．上町台地の西側ではほぼ水平な構造で，緩く大阪湾側に下がる．東西断面での特徴である撓曲構造は，千里丘陵から上町台地地下に半島状に伸びた地下深部の基盤の隆起部と概ね一致するが，表層地質で見いだされる上町台地のドーム状の構造は，物理探査による深部構造には現れていない．

文献

阪神高速道路公団，1991．大阪湾岸地域（大阪市港区～泉佐野市）における地質と土質の特性．

阪神高速道路公団大阪第一建設部，94p．

Inoue, N. and Nakagawa, K. 2000. Modeling of the underground structure in the Osaka sedimentary basin based on geological interpretation of gravity anomalies and seismic profiles. *Jour. Osaka City Univ.*, **43**, 97-110.

関西圏地盤情報協議会，2011．関西圏地盤情報データベース CD-ROM．

関西圏地盤研究会，2007．新関西地盤—大阪平野から大阪湾—．354p．

大阪府，2003．平成 14 年度大阪平野の地下構造調査成果報告書．<http://www.hp1039.jishin.go.jp/kozo/Osaka7frm.htm>．

グローバルな傾向と矛盾する四国海盆新生代末期の黄砂堆積フラックス変動
Late Cenozoic change of depositional flux of eolian dust to Shikoku Basin
contradictory to the global trend

齋藤 有(高知大学)・石川剛志(JAMSTEC)・谷水雅治(JAMSTEC)・村山雅史(高知大学)・

IODP 第 333 次航海研究者一同

Yu Saitoh (Kochi University), Tsuyoshi Ishikawa (JAMSTEC), Masaharu Tanimizu (JAMSTEC),

Masafumi Murayama (Kochi University), IODP Expedition 333 Scientists

連絡先: 齋藤 有 (jm-yu-saitoh@kochi-u.ac.jp)

四国海盆北部では、3.1-3.3Ma に黄砂の堆積フラックスが急減したことが、南海トラフ沖の IODP Site C0011 で採取された半遠洋性泥の Sr-Nd-Pb 同位体比と堆積速度の変動より明らかになった。これは、従来の北太平洋の遠洋堆積物に関する研究で、アジア起源風成塵のフラックスが 3.6Ma に急増したとされるグローバルな傾向と矛盾する。四国海盆におけるこの黄砂堆積フラックス低下の要因として、3~4Ma に強化されたとされる黒潮に流され、海面から海底に到達する堆積フラックスが減少したことが考えられる。

Site C0011 は、四国海盆北縁、南海トラフへ沈みこむ直前のフィリピン海プレート上にある。海底下表層約 300m は、多くの火山灰を挟む細粒な半遠洋性堆積物からなり(中央粒径 7~8φ)、約 7Ma 以降のこの地域周辺の地質・環境変動の情報を連続的に保存した堆積記録である。ケイ酸塩成分の Sr-Nd-Pb 同位体比は、この半遠洋性泥が、日本列島起源とユーラシア大陸起源の碎屑物の混合であり、それらの寄与比率が変動してきたことを示す。4.5Ma 以前の $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ は 0.716-0.719 と、中国内陸のレスの値とほぼ一致する。4.5~3.3Ma の層準では中国内陸の値とは一致しないが、日本列島起源の碎屑物に比べると、Sr-Pb 同位体比は高く、Nd 同位体比は低く、黄砂の起源である中国内陸の砂漠や堆積土壌の寄与が比較的高いことを示す。しかし 3.3 から 3.1Ma にかけて、Sr-Pb 同位体比は急低下、Nd 同位体比は急上昇し、日本列島起源碎屑物の比率が急増、黄砂の比率が急減したことが示唆される。

Site C0011 では 3Ma 以降、堆積速度が急減することが古地磁気年代により明らかとなっている (Expedition 333 Scientists, 2011)。全岩の $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ は 3Ma 前後で変化せず、全岩 CaO および炭酸カルシウム含有量は、3Ma 以降むしろ増加しており、生物源シリカや有孔虫殻などの生物源フラックスがこの時期に急減したことは考えられない。したがって、黄砂比率の低下はそのまま、この時期のこの地点における黄砂堆積フラックスの急減を意味する。堆積速度が減少しているため、プレート運動速度の変化や日本列島の隆起など、テクトニックな要因により日本列島起源碎屑物の供給量自体が増加したということは考えられない。しかしながら、北太平洋遠洋域の陸源碎屑物堆積速度の上昇から、グローバルな黄砂フラックスは逆に 3.6Ma に急増したとされており (Rea et al., 1998)、Site C0011 におけるフラックスの減少は、四国海盆北部のローカルな環境変動を反映しているものと考えられる。この地域の 3~4Ma における重要な環境変動として、西太平洋黒潮の発達がある (Sato et al, 2008; Gallagher et al., 2009)。この時期

強化された黒潮によって、海洋表層部の粒子が日本列島東方沖へ流され、海底への到達量が減少したことが考えられる。生物作用を考慮しても、砕屑粒子は海面下 100m に 14 日～80 日程度とどまるとされ (Deuser et al., 1983), 黒潮の流速を控えめに 0.5m/s と見積もっても、海面に降った黄砂は 1000km 以上下流に流されることになる。このことは逆に、遠洋域における堆積速度の増加が海流によって運搬された粒子であった可能性を示唆する。3.6Ma のグローバルな黄砂フラックス急増の根拠となっている、北太平洋遠洋域の堆積速度の急増イベントは、実は黒潮の発達によるものかもしれない。

文献

- Expedition 333 Scientists, 2011. NanTroSEIZE Stage 2: subduction inputs 2 and heat flow. *IODP Preliminary Report*, **333**, 107p.
- Rea, D.K., Snoeckx, H. and Joseph, L.H., 1998, Late Cenozoic eolian deposition in the North Pacific: Asian drying, Tibetan uplift, and cooling of the northern hemisphere. *Paleoceanography*, **13**, p. 215–224.
- Deuser, W.G., Brewer, P.G., Jickells, T.D. and Commeau, R.F., 1983, Biological control of the removal of abiogenic particles from the surface ocean. *Science*, **219**, p.388-391.
- Sato, K., Oda, M., Chiyonobu, S., Kimoto, K., Domitsu, H. and Ingle Jr, J.C., 2008, Establishment of the western Pacific warm pool during the Pliocene: Evidence from planktic foraminifera, oxygen isotopes, and Mg/Ca ratios, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **265**, p.140–147.
- Gallagher, S.J., Wallace, M.W., Li, C.L., Kinna, B., Bye, J.T., Akimoto, K. and Torii, M., 2009, Neogene history of the West Pacific Warm Pool, Kuroshio and Leeuwin currents. *Paleoceanography*, **24**, p. PA1206.

層準が一致しない二つの旧汀線指標

—重鉱物濃集平行ラミナと*Macaronichnus segregatis*—

Two foreshore indices in discrete horizons

- heavy-mineral parallel lamination and *Macaronichnus segregatis* -

小松原純子（産総研）・下釜耕太（ダイヤコンサルタント）・松浦旅人（原子力安全基盤機構）

Junko KOMATSUBARA (GSJ, AIST), Kota SHIMOGAMA (Dia Consultants), Tabito MATSU' URA (JNES)

連絡先：小松原純子 (j.komatsubara@aist.go.jp)

地層の堆積環境を知るためには、堆積粒子の運搬過程を示す堆積構造や、堆積時もしくは堆積後にそこにいた生物が作った生痕化石が重要な手がかりになる。

例えば重鉱物が濃集した低角～平行ラミナは、砂浜の汀線付近で波が押し寄せて引いていく際に砂粒子が比重と粒径で選別されて形成されるとされ (Thompson, 1937; Clifton, 1969)、前浜の堆積環境を示す堆積構造として使われてきた。生痕化石の *Macaronichnus segregatis* は直径 3-5mm のパイプ状の生痕化石で、内部を無色鉱物が充填し外側には有色鉱物が濃集している (Clifton and Thompson, 1978)。現世砂浜の観察からこの生痕の形成者は多毛類の *Euzonus sp.* であり、前浜中部を特徴付けるものであるということもわかっている (Seike, 2009)。

この二つの堆積環境指標はどちらも前浜の堆積環境を示すことから、地層中で両者が同時に観察される場合には層準は一致するはずである。茨城県の波崎海岸では現世の前浜堆積物中に平行ラミナに上下を挟まれたかたちで *Euzonus* の生痕 (= *Macaronichnus segregatis*) が分布することが観察されている (Seike, 2009) し、千葉県九十九里海岸や宮城県仙台平野の沖積層中でも、前浜堆積物中に重鉱物の濃集した平行ラミナと *Macaronichnus segregatis* が観察されている (Tamura et al., 2003, Tamura and Masuda, 2005)。

青森県東通村、下北半島北岸の海食崖には最終間氷期の堆積物が東西 1km 以上にわたって露出しており、下位から上部外浜、前浜、後浜、風成砂と一連の浅海化シーケンスを示す。この露頭でも前浜の指標である重鉱物濃集平行ラミナと *Macaronichnus segregatis* が観察されるが、1箇所を除いてこの二つの旧汀線指標の層準は一致しなかった。常に *Macaronichnus segregatis* のほうが重鉱物濃集平行ラミナよりも 1-2m 下位に出現する。つまり重鉱物濃集平行ラミナよりも *Macaronichnus segregatis* のほうがより「深い」堆積環境であることになる。

これまでどちらも前浜を示すと考えられてきた指標の出現層準が一致していない原因の一つとして考えられるのは、*Macaronichnus segregatis* が必ずしも前浜のみを示す指標ではないことである。例えば Tamura and Masuda (2007) は前浜に加えて下部外浜堆積物中にも *Macaronichnus segregatis* を記載している。他にも外浜堆積物からの報告がある (Bromley et al., 2009)。もしくは近年 Seike et al. (2011) によって現世の外浜堆積物中から報告された、*Macaronichnus segregatis* とは別の「大きいマカロニ (large *Macaronichnus*)」なのかもしれない。ただしそのいずれであっても重鉱物が濃集した平行ラミナの層準に生痕がないことを説明できないため東通村のこの露頭に関しては謎が残る。

文献

- Bromley, R.G., Uchman, A., Milan, J. and Hansen, K., 2009, Rheotactic *Macaronichnus*, and human and cattle trackways in Holocene beachrock, Greece: reconstruction of paleoshoreline orientation. *Ichnos*, **16** 103-117.
- Clifton, H.E., 1969, Beach lamination: Nature and origin. *Marine Geology*, **7** 553-559.
- Clifton, H.E. and Thompson, J.K., 1978, *Macaronichnus segregatis*: a feeding structure of shallow marine polychaetes. *Journal of Sedimentary Petrology*, **48** 1293-1302.
- Seike, K., 2009, Influence of beach morphodynamics on the distributions of the Opheliid polychaete *Euzonus Sp.* and its feeding burrows on a sandy beach: paleoecological and paleoenvironmental implications for the trace fossil *Macaronichnus segregatis*. *Palaios*, **24** 799-808.
- Seike, K., Yanagishima, S., Nara, M. and Sasaki, T., 2011, Large *Macaronichnus* in modern shoreface sediments: Identification of the producer, the mode of formation, and paleoenvironmental implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **311** 224-229.
- Tamura, T. and Masuda, F., 2005, Bed thickness characteristics of inner-shelf storm deposits associated with a transgressive to regressive Holocene wave-dominated shelf, Sendai coastal plain, Japan. *Sedimentology*, **52** 1375-1395.
- Tamura, T., Masuda, F., Sakai, T. and Fujiwara, O., 2003, Temporal development of prograding beach-shoreface deposits: the Holocene of Kujukuri coastal plain, eastern Japan. *Marine Geology*, **198** 191-207.
- Thompson, W.O., 1937, Original structures of beaches, bars, and dunes. *Bulletin of Geological Society of America*, **48** 723-752.

Characteristics of submarine earthquake and flood induced deposits by using stable organic carbon isotope measurements

大村亜希子（東大）・池原 研（産総研）・芦 寿一郎（東大）・片山 肇（産総研）・白井正明（首都大）
Akiko Omura (Univ. Tokyo), Ken Ikehara (AIST), Juichiro Ashi (Univ. Tokyo),
Hajime Katayama (AIST) and Masaaki Shirai (TMU)
連絡先：大村亜希子(a-omura@aori.u-tokyo.ac.jp)

深海底タービダイトが過去の地震履歴解析に利用されるようになって久しいが，海底地震だけではなく洪水や過堆積，海水準低下など複数の要因で形成されるタービダイトから「地震性」を判別する必要性も以前から指摘されている．この問題に対して，タービダイトの層厚，堆積構造，粒度，浮遊性有孔虫といった構成粒子の違いなどからその起源を判別する研究がなされてきた．発表者らは，これまであまり検討されてこなかった堆積物中の有機炭素分析から，タービダイトを含む海底堆積物の起源を特定する研究をすすめている．この発表では，過去のイベント堆積物の起源を検討する際に比較対象となる，形成イベントが明らかな最近の堆積物の特徴を示すことを目的とする．ここで示すイベント堆積物（タービダイトであればタービダイト泥）の特徴とは，有機炭素の安定同位体比測定結果にもとづいて見積もられる陸源の有機炭素の割合が，それぞれの海域で通常時に堆積した半遠洋性泥に対してどのような違いがあるかである．

洪水によって形成された堆積物として，1989年十津川水害（紀伊半島熊野川沖深海底），2003年台風10号（北海道日高沖沿岸～陸棚斜面），2011年台風12号（紀伊半島熊野川沖深海底）を，海底地震による堆積物として，スマトラ沖深海底，2004年紀伊半島南東沖地震（南海トラフ陸側斜面）および2011年東北地方太平洋沖地震（三陸沖陸棚～陸棚斜面）を対象とした．

北海道日高沖沿岸の洪水堆積物では，有機炭素の約80～95%以上が陸源であり，通常時の陸棚堆積物よりも約40～55%以上多い．水深560mの陸棚斜面では沿岸よりも陸源の割合は減少するが，半遠洋性泥より約30%多い．十津川水害と2011年台風12号による洪水堆積物は，いずれも熊野川沖の新宮海底谷開口部付近（水深約2000m）の深海底から採取されたものであるが，熊野トラフの半遠洋性泥に対して陸源の割合は約20～60%高い．

2004年紀伊半島南東沖地震とスマトラ沖の地震による海底斜面崩壊堆積物では，陸源の有機炭素の割合は約5～15%と低く，半遠洋性泥と比較してこの割合に大きな違いはない．仙台湾沖および大槌湾沖陸棚で採取された2011年東北地方太平洋沖地震によるタービダイト泥では，陸棚斜面と比較すると陸源の有機炭素の割合は高いが，地震以前に同地点に堆積していた半遠洋性泥との違いは認められない．陸棚斜面でも同様にタービダイト泥と半遠洋性泥に陸源の有機炭素の割合の違いは認められなかった．

これまでの検討結果から，沿岸から深海底の洪水堆積物ではいずれの環境でも陸源の有機炭素の割合が半遠洋性泥に対して高く，陸棚から陸棚斜面の海底地震起源の堆積物ではその割合が比較的low半遠洋性泥とほとんど違いがない特徴が示された．今後は，これまでに得られた形成イベントが明らかな堆積物との比較により同海域の過去の堆積物の起源を検討する予定である．

完新世バリアーシステムと海水準変動の復元：北海道東部厚岸沿岸低地の例

Reconstructed Holocene barrier system and sea level curve: an example from the Akkeshi lowland, eastern Hokkaido, Japan

重野聖之（茨城大院/明治コンサルタント(株)）・七山 太（産総研・地質）
 ・内田康人・嵯峨山 積（道総地質研）・長谷川 健・安藤寿男（茨城大学・理）
 Shigeno, K. (Ibaraki Univ./MEICON), Nanayama, F. (GSJ/AIST),
 Uchida, Y., Sagayama, T. (GSH/HRO), Hasegawa, T. and Ando, H. (Ibaraki Univ.)

CA：重野聖之 (shigeno-k@meicon.co.jp)

1. はじめに

北海道東部太平洋厚岸沿岸地域には、日本では珍しい現在でも活動的なバリアーシステムが海跡湖として存在している。同地域の海水準変動について、特に過去 3000 年間の変動に関しては Sawai (2001)による些細な報告があるが、縄文海進期に形成されたと予測される厚岸バリアーシステム地形発達史や完新世海面変動については、その実態は定かとは言い難い。そこで我々は厚岸町市街地の沖積低地で実施されたボーリング資料と平成 21 年 2 月に北海道開発局が厚岸漁港で採取したボーリングコア解析を行い、厚岸～根室沿岸地域の既存文献および厚岸コアの新規年代値に基づいて、この地域の完新世海水準変動曲線の編纂を行った。さらにコアの解析から得られた堆積環境に関するシーケンス層序学的情報を本地域の地形・地質断面図に加えることにより、完新世バリアーシステムの発達様式を復元し、現在も厚岸バリアーシステムが地形的に維持されている理由について検討を行った。

2. 研究方法

- (1) 昭和 47 年および平成 10～14 年度に厚岸湾沿岸地域で実施された公共工事および平成 20, 21 年度の厚岸漁港地質調査報告書に示されたコア長 5m から 60m におよぶ計 17 本の地質柱状図の土質区分や岩相区分の記述を収集し、土質区分と N 値に基づき柱状対比を行ない、バリアー地形を縦走する地形・地質断面図を作成した。
- (2) 平成 21 年に北海道開発局釧路港湾事務所が実施した厚岸漁港で土木試験用に採取した海上ボーリング試料（以下、厚岸コア）を用いて、層相記載、分光測色測定、粒度分析、貝殻遺骸群集分析、珪藻化石群集分析、電気伝導度および pH 測定、AMS¹⁴C 年代測定を総合的に実施した。
- (3) 厚岸～根室沿岸地域の既存文献（例えば、Maeda et al., 1992; 沢井・三塩, 1998; 澤井, 2007）および(2)で得られた新規の年代値に基づいて過去 1.4 万年間の海水準変動曲線を新たに編纂し、厚岸コアの解析から得られた堆積環境に関するシーケンス層序学的情報を(1)で作成した地形・地質断面図に加えることにより、完新世バリアーシステムの発達様式を詳しく復元することを試みた。

3. 結果

2 の結果、以下に箇条書きに示す 5 つの事実が判明している。

- (1) 厚岸コアは下位より Fl (13.8～11.4 cal. ka の河川～沼沢地堆積物)、Tt (11.4～10.4 cal. ka の干潟堆積物)、Es (10.4～8.8 cal. ka のエスチュアリー堆積物)、Ft (8.8～7.4 cal. ka の前進性バリアー堆積物)、

Br (3.3 cal. ka 以降の停滞性バリアー堆積物), Ar (浚渫工事後の海成泥層) の6つの堆積ユニットに区分され, さらに河川システム, エスチュアリーシステム, 海進期バリアーシステム, 海面停滞期バリアーシステムの4つの堆積システムが認定される.

(2) シーケンス層序学的に解釈するならば, 厚岸コアは低海水準期堆積体 (Fl), 海進期堆積体 (Tt, Es, Ft), 高海面期堆積体 (Br) に区分される. Fl 基底にはシーケンス境界 (SB), Tt 基底には潮汐ラビンメント面 (TRS), Ft と Br 間には最大海氾濫面 (MxFS) が想定される.

(3) 厚岸低地に縄文海進が影響を及ぼしたのが新ドリラス期終了直後 (融氷パルス MWP-1b; Fairbanks, 1989) の11000年前であり, その海面高度は-50mであった. その後の急激な海進によって現在の位置にバリアーシステムが生成し始めたのは8800年前である.

(4) 標高-13.5mの潮汐メインチャネル基底を境として, 海進期バリアーシステムの Ft と海面停滞期バリアーシステムの Br 間には4000年間の堆積間隙が生じている. これは5500年前以降の海面上昇速度の停滞が原因となっている可能性が高い.

(5) 厚岸バリアーシステムが現在も地形的に維持されている理由としては, 別寒辺牛川の土砂供給量の少なさや5500年前から続く海面の停滞の影響が大きく, この時期に厚岸湖のカキ礁も上げ潮潮汐三角州上に生成し始めたものと推測される.

(6) 特に現在のバリアーシステムが活動的に見えるのは, 17世紀の巨大地震 (Nanayama et al., 2003) 以降の1 cm/年に達する急激な地震性沈降 (Atwater et al., 2004) による影響が大きいと考えられる.

引用文献

- Atwater, B. F., Furukawa, R., Hemphill-Haley, E., Ikeda, Y., Kashima, K., Kawase, K., Kelsey, H. M., Moore, A. L., Nanayama, F., Nishimura, Y., Odagiri, S., Ota, Y., Park, S. C., Satake, K., Sawai, Y., and Shimokawa, K., 2004, Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, Japan. *The Holocene*, **14**, 487-501.
- Fairbanks, R. G., 1989, A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, **342**, 637-642.
- Maeda, Y., Nakada, M., Matsumoto, E. and Matsuda, I., 1992, Crustal tilting derived from Holocene sea-level observations along the east coast of Hokkaido in Japan and upper mantle rheology. *Geophys. Res. Letters*, **19**, 857-860.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., Shigeno, K., Atwater, B. F. and Yamaki, S., 2003, Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril Trench. *Nature*, **424**, 660-663.
- Sawai Y., 2001, Episodic emergence in the past 3000 years at the Akkeshi estuary, Hokkaido, northern Japan. *Quatern. Res.*, **56**, 231-241.
- 澤井祐紀, 2007, 珪藻化石群集を用いた海水準変動の復元と千島海溝南部の古地震およびテクトニクス. 第四紀研究, **46**, 363-383.
- 沢井祐紀・三塩和歌子, 1998, 北海道東部厚岸湿原における過去3000年間の海進・海退. 第四紀研究, **37**, 1-12.

Depositional succession with transgressive bars in the Yodo-river area,
the Osaka Plain as a type of the "Chuseki-sou"

伊藤有加（東京大学大学院）・増田富士雄（同志社大学）

Ito Yuka (The University of Tokyo), Masuda Fujio (Doshisha University)

連絡先：伊藤有加 (yuito@csis.u-tokyo.ac.jp)

大阪，淀川流域の沖積層の断面を初めて描くことができた．断面図の作成には地質柱状図データベース（関西圏地盤情報データベース：関西地盤情報協議会，2011）を利用した．この沖積層断面の特徴は，中部の海成粘土層の層準に，砂層や砂礫質が挟まれて発達していることである．この形態は，わが国の沿岸域の代表的な沖積層断面で，中部にくさび状に連続した海成粘土層がみられるという特徴（遠藤ほか，1995）とは異なる．

最上位の現在形成中の堆積シーケンスを沖積層と定義すると，シーケンス境界の直上の堆積物は，“氷期”の開析谷の河川堆積物で，断面では連続した礫層（基底礫層：厚さ4～6 m）として認められる．その礫層分布から求めると，平均河床勾配は0.7～0.8/1000である．現在の淀川の最深河床高から求めた勾配が約0.2～0.3/1000なので，約3～2万年前の淀川は，かなり急勾配の礫床河川であったことがわかる．基底礫層の上位には，海進期のエスチャリー堆積物の砂泥互層（厚さ8～10m）が発達する．これは谷埋め堆積物で，泥干潟や砂干潟の堆積物である．岩相境界でShazame線を描く（増田ほか，2010）と，砂泥互層が基底礫層にオンラップして堆積しているのがわかる．沖積層断面で特徴的なくさび状の分布をするのが中部の海成粘土層で縄文海進の内湾泥底堆積物（第13海成粘土層）である．その基底は，上町台地より下流側では明瞭な平坦な境界面としてトレースできる．これは波浪による侵食面であるラビーンメント面である．守口から枚方に分布する海成粘土層の基底は，下流域のような平坦な面ではなく，岩相も砂質やシルト質になっている．これは，内湾で波浪がより小さかったため，ラビーンメント面の形成が起こらなかったと考えられる．海成粘土層の分布末端の上流側には，最高海面期の湾奥三角州の砂礫層が分布し，そのすぐ上流側にはラグーン堆積物と考えられる泥層が分布する．さらに上流側には河川堆積物の砂層や礫層に薄い泥層が挟まれる．

大阪平野の沖積層の特徴は，海成粘土層のくさび状の分布を遮断するように分布する砂層や礫層である．これらは，分布形状から考えると砂州（砂嘴，砂礫州）堆積物である．淀川流域ではこの砂州堆積物が2列認められる．海側に分布するのが天満砂州（梶山・市原，1985）の堆積物で，大阪平野を2分する上町台地の西側から北に向かって約5 km延びて分布する．この砂礫層は，上町台地の西縁の沖積層基底の不整合面が示す“波食崖”や“波食棚”をつくる基盤の“大阪層群（上町層）”に由来する．もうひとつのより陸側に分布するのが，吹田砂州（日下，1991）である．この砂州堆積物の供給源は，千里丘陵の南縁の波食崖である．これまで報告されている炭素同位体年代測定からすると，これらは約9千年前から6千年前の最高海面期までの海進期の堆積物である．2つの砂州堆積物はどちらも典型的な断面では，下流側から上流側に斜めに積み重なり，最高位（約標高1～3m）からは下流側に少し前進して堆積している．沖積層の上部では，砂層や泥層が海成粘土層に重なる．この上部の砂層は下面がダウンラップを，上面が平坦面を示し，全体で

上方粗粒化のサクセッションを示す。これは淀川のデルタ堆積物で、その上面の標高は海面高の変化に支配される。初期は高く（+3m）、一度低くなって（-1~-2m）、再び少し高くなっている（-1~0m）。それぞれ縄文時代の高海面期、弥生時代の小海退期、古墳時代の小上昇期にあたると思われる。

沖積層のシーケンス境界を、河川の横断面で描くと、海面低下期の谷地形や段丘地形と海進期での波食作用による地形の変形が重なって見える。八幡に男山と天王山の狭窄部が、上町台地の北側に狭窄部が認められる。狭窄部の上流は遊水池的になり河床勾配が緩く、その下流では峡谷で急勾配になっている。また、海水が侵入した枚方までの谷はその上流よりも広がっており、波食作用の影響がみられる。上町台地より下流では、波食による地形改変が大きく、ラビーンメント面が発達し、段丘堆積物の上面までも平坦化している（伊藤ほか、2011）。

淀川流域の沖積層にみられる、海成粘土層の層準に海進期に堆積した砂層や砂礫層が分布するという特徴は、砂州（砂嘴）が発達する沖積平野の重要なひとつの典型といえるだろう。日本各地の沿岸域の沖積層には、海進期の三角州堆積物とされたものが報告されている。こうしたものは砂州堆積物である可能性が大きい。なぜなら、海進期には河川の三角州堆積物は、狭い谷中で上昇する海面によって、上方細粒化を示す厚い谷埋めのエスチャリー堆積物となって形を変えてしまうため（増田、2007）、それが地層中に残っていることは稀だろうと思われる。一方、海進期には波食による堆積物の供給量が多くなって、上方粗粒化を示す粗粒なバリアーや砂州が発達しやすいと考えられるからである。

文献

- 遠藤邦彦ほか、1995、沖積層の形成過程。土と基礎、43（10）、8-12。
伊藤ほか、2011、海退期の段丘形成と海進期の波食による地形変化：大阪湾北部の上部更新統～完新統の開析。堆積学会要旨。
梶山彦太郎・市原実、1985、大阪平野のおいたち。青木書店、138 p。
関西地盤情報協議会、2011、データベース。
日下雅義、1991、古代景観の復原。中央公論社、250 p。
増田富士雄、2007、相対的な海面変動が支配する地層の累重と地形の形成：わが国の沖積層の解析から。地形、28（4）、365-379。
増田富士雄ほか、2010、沖積層：その堆積物・堆積システム・堆積シーケンスの解析法の基礎。日本第四紀学会講習会資料集、5部、221p。

Supra-Ignimbrite Channel-Fill Sedimentation of the Towada-Hachinohe Pyroclastic Flow Deposits

鎌田 耕太郎 (弘前大学教育学部)

Kotaro KAMADA (Hirosaki University)

連絡先: 鎌田耕太郎(kamada@cc.hirosaki-u.ac.jp)

1. はじめに

本州弧北部に位置する十和田カルデラは、十和田奥瀬テフラ (To-0s)、十和田大不動テフラ (To-Of) および十和田八戸テフラ (To-H) を放出した十和田火山の噴火活動で形成された。十和田八戸テフラは約 15ka の活動とされ (町田・新井, 2003)、その分布や岩相層序の変化が最もよく把握されている。十和田八戸イグニブライトの上には、その再堆積相であるラハール堆積物が顕著な侵食構造を伴ったチャンネル埋積相として分布し、さらにその上に発達するハイパーコンセントレイテッド流堆積物を主体とする洪水堆積相の堆積時に地形面を形成したことがわかっている。ここでは特に熊原川流域の田子町周辺に分布するラハール堆積物の堆積相にしばって、構成する岩相と層序学的変化について検討する。

2. 十和田八戸イグニブライトのラハール堆積物の特徴

十和田八戸イグニブライトはデイサイトー流紋岩質の軽石流堆積物とされる (工藤, 2005)。当該地域に分布する十和田八戸イグニブライトは主に塊状を呈する火山礫火山灰堆積物から成る。細粒火山灰からなる基質支持で、火山礫の大部分は軽石で石質岩片を伴う。中礫サイズ以下の軽石は円磨度が高く、大礫サイズ以上の軽石は歪円～角礫を呈する。炭化樹幹や炭化木片を含むことが多い。

ラハール堆積物は大小の侵食構造 (チャンネル) をもってイグニブライトに載る。チャンネルを埋積する堆積物は円磨度の高い軽石礫から成る礫質堆積物 (堆積相 A) とラミナの発達した砂質堆積物 (堆積相 B) から構成される。堆積相 A には塊状で成層するものと、小規模チャンネルを伴ったレンズ状の層理を示すものがある。前者の堆積物には炭化樹幹を含むことがある。堆積相 B に比べると幅広く分布する。堆積相 B には規模の小さな複合チャンネル構造がみられ、平行ラミナやクロスラミナの発達した砂層や礫質砂層からなり、シルト層をはさむ。シルトのブロックやはぎとり岩片、イグニブライトの岩塊を含む。上方細粒化堆積相を示す。堆積相 B は特にチャンネルの基底や、チャンネルを埋積する堆積相 A の隙間を埋めるように分布することが多い。イグニブライトの直上にみられるチャンネル埋積物は、火砕流の定置後にできたガリー構造を流下、埋積した堆積物である。堆積相 A は軽石礫の濃集した土石流堆積物と網状河川堆積物で、堆積相 B は河川流堆積物である。ガリー侵食の発達に伴い、その壁面や斜面への侵食や崩壊が進行し、周囲の火砕流堆積物が崩落して碎屑物の供給源となり、下流側への物質移動が続いた。当該域での検討により、侵食と再食の卓越する深いチャンネル埋積型の堆積から、広い船底型のチャンネル埋積と網状流路の発達した堆積様式への変化が読み取れた。このように、熊原川流域に分布している十和田八戸イグニブライト上に重なるラハール堆積物は、その形成の初期過程を考察する上で重要な情報を含んでいる。

文献: 工藤 崇, 2005. 十和田地域の地質. 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, 79p. 町田 洋, 新井房夫, 2003. 新編火山灰アトラス. 東京大学出版会.

南東太平洋 ODP1237 地点への漸新世以降の
火山灰および陸源碎屑物供給パターン変動

Variation in supply of volcanic ash and terrigenous materials since the Oligocene at
ODP Site 1237 in the southeast Pacific Ocean

野間 恵理子・入野 智久・Hasrizal Bin Shaari・山本正伸 (北大・環境科学院)

Eriko Noma, Tomohisa Irino, Hasrizal Bin Shaari, Masanobu Yamamoto
(Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University)

連絡先：野間 恵理子 (elico.ems-010@ees.hokudai.ac.jp)

新生代の気候変動は始新世後期(～3700 万年前)の南極氷床形成で始まる全球寒冷化で特徴づけられる(Zachos, et al., 2001)。中央アンデスはヒマラヤと並ぶ 6000 m を超える高山であり、この隆起は漸新世後期(～2500 万年前)以後に起こったとされる。これほどの高山の形成はアンデス地域の気候に多大な影響を与えただけでなく、周囲の広い領域の降水量にも影響があったと考えられる(Ehlers and Poulsen, 2009)。しかしながら、同時に進行した全球寒冷化とアンデスが隆起したことのどちらが地域気候に影響を与えたのか、また周辺の気候変化からはアンデスの隆起に対してどのようなフィードバックがあったのか(Lamb and Davis, 2003)、相互の因果関係が問題となっている。そこで本研究では、中央アンデスの造山運動および火山活動と気候変動との相互関係を検討することを目的として、南東太平洋ペルー沖 ODP Leg 202 Site 1237(南緯 16° 0.421' 西経 76° 22.685') から得られたコアの解析を行う。

Site 1237 コアは全長約 350 m で現在から前期漸新世(～3500 万年前)までをカバーしている。堆積物は 100 m までは陸源物質と石灰質の微化石からなり、100 m 以深ではそのほとんどが石灰質のナノ化石軟泥である。また船上記載では 160 m 以浅の層準で火山灰が見られるようになり 3 Ma と 7 Ma の層準で特に多い。このコアからほぼ等間隔に 105 サンプルを選び、粉末 X 線回析(XRD)による鉱物の同定および半定量と色測計による可視光反射スペクトルの測定を行った。その後炭酸塩を除いた残渣の量と色変化の関係を見るため 105 サンプルの中からさらに等間隔に 12 サンプルを選んだ。選んだ試料は残渣量が約 0.01 g になるように全岩サンプルを秤量し、遠沈管内で 10 ml の 20vol%酢酸と常温で一晩以上反応させてカルサイトを除去した。そして予めデシケーター内で二晩以上乾燥させた秤量済みの 0.45 μm のミリポアフィルターに吸引濾過器を用いて溶解残渣を回収し、そのフィルターをデシケーター内で常温で二晩以上乾燥させたのち秤量し残渣の重量%を計算した。

XRD の結果、深度 0-50 m では石英・長石が多く、ほかにもスメクタイトやイライト、緑泥石といった粘土鉱物や、角閃石も見られたが、50-100 m にかけてこれらの碎屑性鉱物はだんだんと減っていき、逆にカルサイトが増えていく。そして 100 m 以深ではカルサイトがほとんどを占めるようになり、コア最下部まで続く。また、240-280 m 付近で Phillipsite(灰十字沸石)が見られたので、船上で確認されていたものよりも、もっと古い層準からこの地域の火山活動の影響が検出できる可能性がある。色測の結果からは 150 m 付近で色調が大きく変化しているのが見られた。また、L*(明るさ)と C*(彩度)の相関を取ったところ、0-100 m、100-150 m、150 m 以深の 3 つの異なる傾向がみられた。

150 m 付近で岩相(ナンノ化石軟泥)に変化はないため、100-150 m と 150 m 以深との傾向の違いは、わずかに含まれる非炭酸塩成分の組成が変化していることを示唆する。酸で炭酸塩を除いた残渣量と色変化の関係を見ると主要岩相に変化が見られない 100 m 以深の色変化は残渣量変化の影響を大きく受けることがわかる。また残渣量と L*、a*、b*のそれぞれと相関を取ったところ、150 m 以深では残渣量が多いほど橙が増すとともに暗くなり、150 m 以浅では残渣量が多いほど黄緑が増すとともに暗くなるという違いがみられた。これは堆積環境が酸化的環境から還元的環境に変化したと解釈され、海洋表層生物生産の増加による有機物増大を示唆する。その原因としては、後期中新世以降 Site1237 が大陸に近づき湧昇域に入ったか、あるいは気候変動により湧昇が強まった可能性が考えられる。

以上のように、本コア試料を用いると、酸溶解残渣の組成変化を通して後背地気候や海洋環境の変化を検出できる可能性がある。よって今後はアンデスの陸上気候と火山活動をより詳しく調べるため、全サンプルについて酸で炭酸塩を除いた残渣の粒子組成、色変化を検討する必要がある。

複合流ベッドフォームに関する細粒砂実験

Experiment on combined-flow bedforms using fine sand

沼田慎吾（筑波大）・関口智寛（筑波大）・横川美和（大工大）・高川智博（港湾空港研）

Numata, S., Sekiguchi, T. (Univ. Tsukuba), Yokokawa, M. (Osaka Inst. Tech.)

Takagawa, T. (Port and Airport Res. Inst.)

連絡先：沼田慎吾(numata@suiiri.tsukuba.ac.jp)

浅海域に普遍的に存在する複合流ベッドフォームの形状、サイズと水理条件・堆積物特性の関係
を明らかにすることは、現世海底における底面粗度の予測、堆積構造からの古水理環境復元のために
重要である。しかし、振動流ベッドフォーム、一方向流ベッドフォームと比べ、複合流ベッドフォー
ムのデータの蓄積は不十分である。このため我々のグループでは、短周期複合流下のベッドフォーム
について、粒径の影響を含めて明らかにするための研究を進めている（たとえば Yokokawa, 1995 ;
Sekiguchi & Yokokawa, 2008 ; 沼田ほか, 2011）。この発表では細粒砂実験の結果について紹介する。

実験には、造波機付き小型循環水路（長さ 12 m, 幅 0.2 m, 深さ 0.4 m）を用いた。粒径 $D = 0.2$
mm の砂からなる砂床（長さ 5 m, 幅 0.2 m, 厚さ 0.05 m, 初期地形は平滑床）上の水深を 20 cm とし
て、波（周期 $T = 1.0$ s, 1.5 s）と一方向流（鉛直平均流速 $U_u \leq 37.9$ cm/s）を互いに逆行するように同
時に作用させ、複合流を発生させた。音響式ドップラー流速計で砂面上 1cm の流速を測定したところ、
一方向流速 $u_u \leq 36.1$ cm/s, 振動流速 $u_o \leq 33.6$ cm/s であった。定常状態まで発達させたベッドフォーム
の断面を実験終了後、デジタルカメラで撮影した。 T , u_u , u_o の組み合わせを変え、計 77 ケースの実
験を行った。

実験で観察されたベッドフォームについて、Sekiguchi & Yokokawa (2008) の定義に基づき、対称
短波長リップル（symmetrical small ripple, SSR, 図 1a ; $RSI < 2$ かつ $\lambda < 30$ cm, λ はリップル波長を示
す）、ないし非対称短波長リップル（asymmetrical small ripple, ASR, 図 1b ; $RSI \geq 2$ かつ $\lambda < 30$ cm）、
および非対称長波長リップル（asymmetrical large ripple, ALR, 図 1c ; $RSI \geq 2$ かつ $\lambda > 30$ cm）に区分
した。ただし、この実験で観察された ALR は非定常的であり、同一実験試行内で ALR と ASR と交
互に繰り返し形成されていた。

SSR, ASR, および非定常的 ALR について形成条件を整理したところ、この順に一方向流速が大
きな条件で形成される傾向が見られた。SSR-ASR 境界は、 $T = 1.0$ s では $u_u \approx 17$ cm/s, $T = 1.5$ s では u_u
 ≈ 20 cm/s であった。また非定常 ALR は $T = 1.5$ s の場合のみ、 $u_u > 35$ cm/s で出現した。

各ベッドフォームの形成条件を既往の細粒砂実験（Yokokawa, 1995 ; Sekiguchi & Yokokawa,
2008）の値と比較すると、SSR-ASR 境界は、 $T = 1.0$ s では一致したものの、 $T = 1.5$ s のそれは既往研
究の境界値（ $u_u \approx 8$ cm/s）よりも大きかった。ALR の出現条件は既往研究の結果と整合的であった。
また、著者らが行った極細粒砂実験（沼田ほか, 2011）の結果と比較すると、 $T = 1.0$ s, 1.5 s とともに、
SSR-ASR の境界値はほぼ一致した。今回の実験の結果のみから判断すると、SSR から ASR への移行
に関して粒径の強い影響は見られなかったといえる。一方、非定常 ALR については極細粒砂実験で

は確認されておらず，ALR の形成には粒径が強く影響することが示された。

文献

沼田慎吾・関口智寛・横川美和・高川智博，2011，極細粒砂からなる複合流ベッドフォームに関する実験的研究．日本堆積学会 2011 年度長崎大会プログラム・講演要旨，63-64.

Sekiguchi, T. and Yokokawa, M., 2008. Effect of wave period on combined-flow bedforms: a flume experiment. *Marine and River Dune Dynamics III*, 281-284.

Yokokawa, M., 1995, Combined-flow ripples: Genetic experiments and applications for geologic records. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyusyu University, Series D, Earth and planetary sciences*, 29, 1-38.

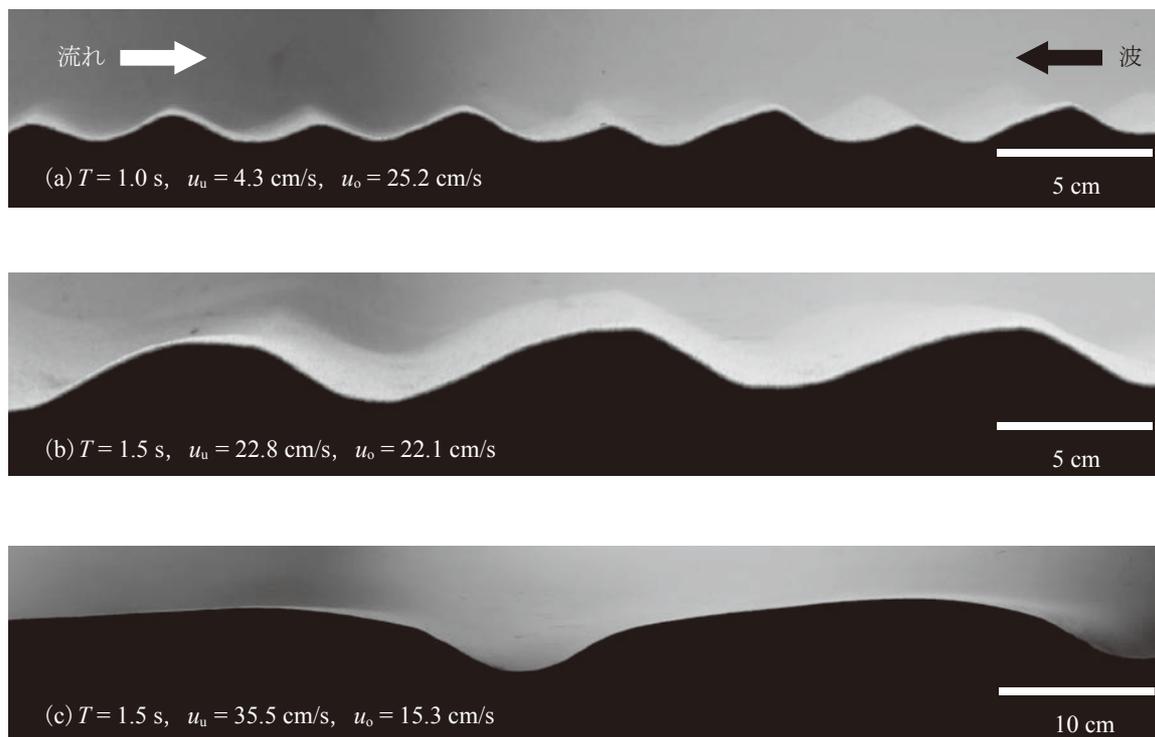


図1 定常リップルの断面写真：(a) 対称性短波長リップル (SSR) (b) 非対称性短波長リップル (ASR) (c) 非対称長波長リップル (ALR)

谷口 圭輔（名古屋大学環境学研究科）

Keisuke Taniguchi (Nagoya Univ.)

連絡先：谷口圭輔(ketanigu@nagoya-u.jp)

1. はじめに

底面の一部が砂に覆われる環境——砂漠の縁辺部や、潮流の作用する海底面、砂礫からなる河床の一部など——においては、通常流れの深さによって決まる波長を持つ横列デューンが形成されるような流れ場においても、バルハンデューン、サンドパッチ、サンドリボンといった、移動可能粒子数の不足を示す孤立ベッドフォームが形成される。このような、移動可能な粒子の数の変化に起因するベッドフォームの種類の変化は、海底の潮流堆積物(Belderson et al., 1982) や砂漠の風成砂丘(Porter, 1986) において、ベッドフォーム分布の空間変化として模式的に示されている。

孤立ベッドフォームの形成過程をあつかう研究は、上記の空間分布を時間分布に置き換えたものと捉えることができるが、従来の研究では、底面が完全に粒子で覆われた状態を初期条件とし、移動可能粒子の減少とともに横列型デューンが分離していく過程が多く扱われてきた。

それとは逆に、底面に全く移動可能粒子の無い状態から、場に粒子が少しずつ流入し、最終的に孤立したデューンが形成される過程もある。この過程について言及された研究は少ないが、Kocurek et al. (1992) が、風成砂丘の形成過程の観測をもとにサンドパッチからデューンへの発達過程のモデルを示している。そのモデルでは、平坦なサンドパッチ上にクレストが形成され、地形の比高の増加とともに粒子の移動様式が「掃流のみ」から「上流側斜面では掃流、下流側斜面ではグレインフロー」へと変化するとされている。その過程で見られる、下流側斜面でグレインフローが起きない地形を、Kocurek らはプロトデューンと呼んでいる。国内では、小玉・藏増(2010) が、鳥取砂丘でプロトデューンの種類と見られる地形を観測し、報告している。

本研究では、これまであまり取り上げられてこなかった、サンドパッチからプロトデューンを経てバルハンデューンが形成される過程に注目し、その過程を水路実験による再現をすることを目指した。

2. 水路実験

高さ 50 cm, 幅 20cm, 長さ 9 m の実験水路内に、傾斜 1:100 の傾斜部（高さ 2 cm, 長さ 2 m）を設置し、流速勾配が発生するようにした。実験砂として、標準砂（平均粒径 2.3 ϕ , 標準偏差 0.25）60 g と、8号砂（平均粒径 3.1 ϕ , 標準偏差 0.40）200 g の混合砂を用いた。上流側の高流速区間の一部に平坦に実験砂を敷設し、下流側の固定床区間に砂を供給させた。底面からの高さ 0.5 cm における流速は、高流速区間で 34 cm/s, スロープの下では 23 cm/s であった。

実験を開始すると、ただちに高流速区間から砂が巻き上げられ、実験区間全体に薄く堆積した。その後 10 分ほどの間に、一様に堆積していた砂が偏在するようになり、サンドパッチが形成された。この間、地形全体の移動はほとんど見られなかった。

次の段階として、パッチ状地形の一部に、クレストが形成された。クレストが形成された地形は、バルハン地形に似た平面形態を持つが、典型的なバルハンよりも流れ方向に細長く、下流側に明確なスリップフェイスを持たない。このことから、このバルハン様地形は、Kocurek らのいうプロトデューンの一種であろうと推測される。また、この地形は、パッチ状地形とは違い、非常に高い移動性を示し、サンドパッチの上に進出する現象がしばしば観察された。

3. まとめ

今回取り上げたプロトデューン地形は、河川や風成砂丘など、堆積学の中心的な領域においては枝葉末節に近い現象にすぎないかもしれない。しかし、南極などの雪面地形においては、様相が異なると考えられる。雪面地形の一種に、バルハン砂丘と似た平面形態を持つスノーバルハンというものがある。近年の南極におけるその場観察の結果、スノーバルハンは、地形全体で掃流様式の粒子移動が見られる、プロトデューン的一种である可能性が高いことが分かったのだ。雪面の場合、焼結作用によって粒子が固定されるため、移動可能粒子の数は常に少なく保たれると考えられ、むしろプロトデューン程度の発達段階こそが主要な地形となる可能性が指摘されている。低温、強風という、非常に厳しい環境で形成される雪面地形のアナログとして、砂のプロトデューンの研究を進展させる必要がある。

今回の実験では、サンドパッチからプロトデューンが形成される過程の一部が再現されたと見られるが、プロトデューンの移動性の高さのせいで、その後のデューンへの成長過程を観察することは出来なかった。今後は、装置の工夫をするなどして、Kocurek らのモデルの一連の過程の再現を目指し、流況と地形形成の関係を解明することを目指す。

文献

Belderson, R. H., Jonson, M. A. and Kenyon, N.H., 1982, Bedforms. In Stride, A. H. ed., Offshore tidal sands processes and deposits, 27-57, Chapman and Hal.

Kocurek, G., Townsley, M., Yeh, E. Havholm, K., Sweet, M.L., 1992, Dune and dune-field development on Padre Island, Texas, with implications for interdune deposition and water-table-controlled accumulation. *Journal of Sedimentary Petrology*, **62**(4), pp. 622--635.

小玉, 藏増, 2010, 鳥取砂丘にみられる「風成横列シート」の形成条件. *日本砂丘学会誌*, **56**(3), 83-90.

Porter, M. L., 1986, Sedimentary record of erg migration, *Geology*, **14**, 497-500.

東京都世田谷区および府中市で掘削された上総層群ボーリングコアの堆積相と堆積年代 Sedimentary facies and depositional environment of the Kazusa Group sediment cores from Setagaya and Fuchu area of Tokyo, central Japan

船引彩子^{1,2}・森谷慈宙^{2,3}・斎藤広隆³・濱本昌一郎⁴・小松登志子⁴・竹村貴人¹

(¹ 日本大学文理学部, ² 独立行政法人科学技術振興機構, CREST, ³ 東京農工大学大学院農学研究院,
⁴ 埼玉大学大学院理工学研究科)

Ayako Funabiki^{1,2}, Shigeoki Moritani^{2,3}, Hiroataka Saito³, Shoichiro Hamamoto⁴, Toshiko Komatsu⁴ and Takato Takemura¹ (1: College of Humanities and Sciences, Nihon University, 2: Japan Science and Technology Agency, CREST, 3: Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, 4: Graduate School of Science and Engineering, Saitama University)
連絡先: 船引彩子 bickey@chs.nihon-u.ac.jp

1. はじめに

関東平野縁辺部の丘陵地から平野主部の地下には、鮮新世末から中期更新世に堆積した海成層を主体とする上総層群が分布することで知られている。本研究では、関東平野西部の武蔵野台地下末吉面に位置する東京都世田谷区（標高 41m）において深度 80m の CRE-NUCHS-1 コア、立川面に位置する東京都府中市において CRE-TAT-1（標高 56.06m, 深度 50m）、及び CRE-TAT-2 コア（標高 59.14m, 深度 55m）を掘削し、主に上総層群相当層について堆積相の観察を行い、粒度分布、含水比、土粒子密度、混濁水の EC・pH、XRF による重金属元素の含有率などの測定を行った。

2. 堆積相と堆積環境

CRE-NUCHS-1 コアは下位より 3 つのユニットに分類される。ユニット 1 は 60m を超える厚さの砂層、ユニット 2 は段丘礫層、そしてユニット 3 は立川ローム層からなる。ユニット 1 は青灰色で全体に軽石や植物片を多く含み、明瞭な上方粗粒化を示す。硫黄の含有量や電気伝導度は上位ほど高い傾向を示す。深度 45m より下位では貝殻片が多く、カルシウムの含有量や pH の値も高い。

CRE-TAT-1 および CRE-TAT-2 コアは主に 3 枚の礫層とそれに挟まれた砂層および泥層からなり、下位よりユニット 1~7 に分けられる。このうちユニット 2・4・6 は礫層からなる。ユニット 1 は主に砂質のチャネル堆積物・氾濫原堆積物から構成される。ユニット 3 は CRE-TAT-1 では主にシルト層からなる。ユニット 5 の下部は青灰色のシルト層で硫黄の含有量、EC とともに高い値を示し、海成層と考えられる。このシルト層は上方に向かって淘汰の悪いチャネル堆積物・氾濫原堆積物へと遷移する。ユニット 6 は立川面を構成する段丘礫層、ユニット 7 は立川面を覆う立川ローム層、ユニット 1~5 は上総層群と考えられる。

3. 堆積年代の推定

同地域の鮮新世末以降の地層は下位から上総層群相当の北多摩層、東久留米層、舎人層、東京層または世田谷層、その上位に新規段丘堆積層、沖積層とされている。CRE-NUCHS-1 コアではユニット 1 上部で古地磁気極性が上位に向かって逆から正に変化し、それぞれ Cobb Mountain Subchron 境界以前の Matuyama Chron, Cobb mountain Subchron に相当することから（植木ほか, 2012）、ユニット 1 上部の堆積年代は 1.10 - 1.30Ma と想定される。既往研究で示された断面図（東京都土木技術研究所, 1996 など）と比較するとユニット 1 の下部は上総層群舎人層、もしくは東久留米層に相当すると考えられる。

CRE-TAT-1 および CRE-TAT-2 コアの上総層群はその分布深度より、Suzuki et al, (2011) の上総層群舎人層に対比できる。舎人層はシルト層、砂層、砂礫層の互層で構成され、下位の北多摩層や東久留米層と同様に北東方向に傾斜している（東京土木技術研究, 1996）。今回確認された砂礫層、砂層、シルト層の各サイク

ルはこの舎人層の互層に対応すると考えられる。舎人層の最下部に位置する城北砂礫層の堆積年代は 1.22–1.34Ma とされており、（Suzuki et al., 2011），舎人層上位の江戸川層に BM 境界が認められる（東京都土木技術研究所，1996）ことを考えると，ユニット 1～5 の堆積年代はおよそ 1.22–0.78Ma に相当する。

今後はテフラの同定や対比，古地磁気などのデータを踏まえ，堆積年代のより詳細な検討が望まれる。

謝辞

本研究は，科学技術振興事業団「JST」の戦略的基礎研究推進事業「CREST」における研究領域「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」の研究課題「地圏熱エネルギー利用を考慮した地下水管理手法の開発」の支援により行った。

引用文献

Suzuki, T., Obara, M., Aoki, T., Murata, M., Kawashima, S., Kawai, M., Nakayama, T., and Tokizane, K., 2011, Identification of Lower Pleistocene tephra under Tokyo and reconstruction of Quaternary crustal movements, Kanto Tectonic Basin, central Japan. *Quaternary International*, 246, 247-259.

東京都土木技術研究所，1996，東京都（区部）大深度地下地盤図-東京都地質図集 6-。東京都土木技術研究所，66p.

植木岳雪・船引彩子・竹村貴人（2012）関東平野南部の東京都世田谷区，府中市で掘削されたボーリングコアの古地磁気層序。日本地球惑星科学連合 2012 年大会要旨。

小型平面水路でみられる河川砂州地形の変化

Alluvial bars change in a small flume experiment

岡崎浩子（千葉県立中央博物館）・郭 榮珠（独）土木研究所

Hiroyo Okazaki (Natural History Museum and Institute, Chiba),

Youngjoo Kwak (ICHARM, Public Works Research Institute

OKAZAKI, H., (kohiroko@chiba-muse.or.jp)

1. はじめに

河川の水路模型実験は、古くから地形学や河川工学の分野で詳細におこなわれてきており、これらの結果から流路形態と水理条件との基本的な関係がえられている(Leopold and Wolman, 1957; 池田, 1975; Schumm, 1981; Bridge, 2003 など). 岡崎ほか(2010)では、河川の流路形態形成とその堆積物との関係をさぐるために高周波の地中レータ(GPR)を使って、実験堆積物の3次元解析を試みている. 今後は、実際の沖積河川でのGPR測定も計画している. 本研究はこの解析のために、小型平面水路におけるいろいろなオーダーの形態の特性を検討し、水路模型の再現性を検証したものである.

2. 実験方法

用いた水路は、長さ 3.6m×幅 0.9m×高さ 0.3m で可変勾配型の平面水路である. 実験材料はローム質の園芸用土で、平均粒径は約 1mm, 数%程度の泥サイズ粒子および軽石を含む. 多孔質で吸湿がよく、比重は約 1.2 である. 相似則を適用するとほぼ石英粒子の中粒～粗粒砂に相当する. 均一粒径ではないため、定量的な解析にはむかないが分級過程などを観察するには適している.

初期形態として、流路幅 3.5cm, 深さ 1cm, 屈曲度約 1.1 (波長 90cm, 蛇行幅 40cm)の蛇行流路を作った. 実験は給水量(約 30ml/s, 60ml/s, 100ml), 勾配(約 1/100, 2/100, 5/100), 給砂(0 ml/s, 80 m/s)を変化させておこなった. 各実験時間は、通水および流路形態がほぼ安定する十分な時間をとった後、流路形態(幅, 水深, 河床勾配, 屈曲度)を計測した.

3. 実験結果・考察

1. 流量と勾配による流路変化

- 給水量の増加(勾配一定)により、9回のrunにおいて流路幅や水深は増加し平均流速も速くなる. これは、より大きな流量を流すために流路が対応したものである.
- 流路の平面形状は給水量が増加するにつれ変化し、まず蛇行流路の屈曲度が増し、次に分岐流路が出現し、網状流路化する.
- 勾配を変化(給水量一定)させても、流路形態は蛇行流路の屈曲度増大から分岐流路へと変化する. また、流路の下刻が顕著で段丘面を形成する.
- 各runにおいて給水量の増加によって、平均流路底勾配は緩くなる. これは全体的に流路が拡大し、流路内への堆積量が増えていったためと考えられる.

このような変化は上記の報告にまとめられたものと一致する.

2. Barの形成と流路変化

給水量が増加するにつれて、蛇行から分岐・網状流路へと変化するが、それらは流路内のbarの変化とリンクする.

- 寄州(point bar)の成長: 給水量の増加による攻撃斜面の侵食により蛇行流路の側方移動と寄州の付加堆積がおこる. これにより屈曲度は増す. 流路底には粗粒な粒子が、そこより寄州斜面にはより細粒な粒子が堆積し、さらに寄州上にはより粗粒粒子が乗り上げる. 寄州の成長とともに寄州上には明瞭な分級配列が形成される(Fig. 1A). 寄州全体では、上流側(bar head)はより粗粒で下流側(bar tail)になるほど細粒になる.
- クロスバーチャンネル(cross-bar channel)やシュートチャンネル(chute channel)の形成: しばしば攻撃斜面の崩壊によって出てきた粗粒粒子が流されずに、そのまま寄州の下流側にたまることもある. また、蛇行が進むと寄州が流路内にノッチ状に飛び出し流路が狭くなる. このような浅瀬や流路幅の縮小は、クロスバーチャンネルやシュートチャンネルを形成しやすくし流路の分岐を促す(Fig. 1B). 結果として、主流路に斜交または並列した細い流路侵食がおこり、寄州上には粗粒な粒子からなる凸地と細粒な凹地が形成される.
- 網状化: 給水量の増加により寄州が拡大し、屈曲度が直角になると、攻撃斜面での破堤がおこりショートカット(neck cutoff)がおこる(Fig. 1C). また、シュートチャンネルも、給水量の増加により流路幅が広がり本流と同程度の流量をもつ分岐流路となり、流路変更(avulsion)をおこす. これらにより氾濫原や寄州は、流路内の島や網状州(braid bar)になり、流路域は一気に広がる.

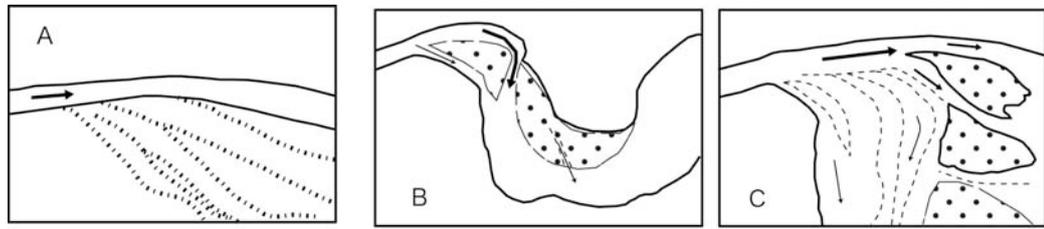


Fig.1

4. 沖積河川の網状州(安倍川下流:静岡市駿河区静岡大橋下)

安倍川の網状河川砂礫州の地形観察・測量をおこなった。安倍川は静岡県と山梨県の県境の大谷山から南北に直線的に流路延長 51km で流れ、河床勾配はきわめて大きく中流部で 1/200、河口付近で 1/400 であり、源流域は日本でも有数の崩壊地(大谷崩れ)で、土砂供給の多い荒れ川である。調査地は安倍川河口から約 4km 上流の左岸側にある砂礫州である(Fig. 3)。安倍川の平均幅(内堤防基準) 510m に対し、砂礫州の長さは約 340m、幅は約 50m で、堆積物は上流から下流にかけて、大礫サイズを主とする礫から中礫まじりの細粒砂になり、比高も 150cm 程度低くなる。また、横断方向には、州の中央部が最も高く礫径も大きく、流木等のゴミが多くみられる。州内にはいくつかの放棄されたシュートチャンネルが認められ、そこに向う筋状の凹地も発達する。また、陸上でている放棄流路には泥がたまっている(Fig. 4)。これらの地形は実験で再現されたものとよく似ており、今後、実験結果をふまえてこの砂州の形成過程を検討する予定である。



Fig2

実験で形成した網状流路
(流れは上から下)

この水路は長さ 1.2m×幅 0.6m×高さ 0.2m



Fig. 3

安倍川(□が調査地)
(流れは左上から右下)



Fig. 4

砂礫州近景(流れは太線矢印)

3つのシュートチャンネルの放棄流路がみられ中央は干上がっている。細線矢印はスクロールバーの背後からシュートチャンネルへ本流とは逆に流れ込んでいる

文献:

Bridge, J., 2003, *Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record*. Blackwell, 487pp.

池田 宏, 1975, 砂礫堆からみた河床形態のタイプと形成条件. 地理学評論, 48, 712-739.

Leopold, L.B. and Wolman, M.G., 1957, River channel patterns—braided, meandering and straight. U.S.G.S. Prof.Paper, 282B, 1-85.

岡崎浩子・郭 栄珠・中里裕臣・平塚賢二郎, 2010, GPR(地中レーダー)による実験堆積物3次元解析. 日本地質学会117年学術大会講演要旨. 94.

Schumm, S.A., 1981, Evolution and response of the fluvial systems, sedimentological implications. SEPM Spec. Pub. 31, 19-29.

沖縄トラフの拡大と陸棚の斜面勾配

Spreading of the Okinawa Trough and gradient of the shelf slope

佐藤智之・荒井晃作・井上卓彦（産業技術総合研究所）

Tomoyuki Sato, Kohsaku Arai, Takahiko Inoue (GSJ, AIST)

連絡先：佐藤智之 tomoyuki-sato@aist.go.jp

はじめに

2011年7月14日～8月15日に行ったGH11航海で得られた音波探査記録から沖縄トラフ北西の陸棚斜面の形態について考察する。南西諸島周辺海域は水深6,000-7,800 mの琉球海溝においてユーラシアプレートにフィリピン海プレートが北西方向に沈み込む場であり、海溝から北西に向かって島弧としての琉球弧（南西諸島）、火山弧であるトカラ火山列、背弧海盆である沖縄トラフが順に帯状に分布する。トラフの北西側には陸棚が広がっているが、ここにはユーラシア大陸から大量の碎屑物が供給されており、大陸からの碎屑物は陸棚を通じ、黒潮の影響を受けながら現在トラフへともたらされている。

陸棚斜面の地形、地下構造

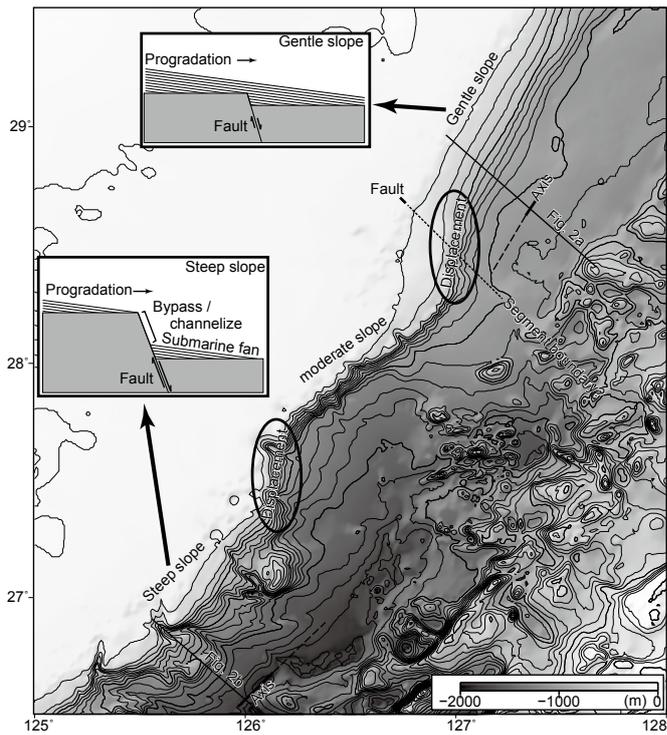
沖縄トラフ北西の陸棚斜面は円弧状を示し、南西部では東西、北東部では北東南西の走向を持つ。北東部では落差も小さく緩勾配なのに対し、南西部では落差が大きく急勾配で海底谷が存在する（図1）。地下構造は基本的には陸棚上から続くダウンラップ構造を持つシーケンスが斜面直上まで分布しており、斜面部に発達する正断層によって変位を受けている。地下構造も表層地形と同様に北東部と南西部とで異なっている。北東部では断層変位地形が堆積物で覆われているのに対し、南西部では断層崖が覆われずに海底面に現れており、斜面下の基底部には海底扇状地と思われる構造が認められる。斜面に発達する正断層の変位量に着目すれば、北東では小さく、南西では大きい（図2）。

考察：テクトニクスと堆積作用

北東部と南西部とで異なる斜面勾配や海底谷の有無は正断層の垂直変位量の差に起因し、さらに突き詰めれば沖縄トラフの雁行拡大に起因している。

まず地域間で斜面勾配や海底谷の発達具合を比較してみると、北東－南西方向へ徐々に変化しているのではなく、陸棚外縁のずれを境に大きく3つに区分することができる。まず東経126度20分以西では急勾配で海底谷が多く、斜面にテラスがある。次に東経126度20分～127度では急勾配で小規模な海底谷が発達しており、最後に東経127度以东では緩勾配で海底谷がない。この陸棚外縁のずれの北西延長に断層が発見されていること、トラフの拡大軸もこの付近で側方にずれていることから雁行拡大のセグメント境界であると考えられる。

次に正断層の垂直変位量の違いから斜面形態の違いについて考察する。まず、堆積面の勾配は碎屑物量や水理条件などで決まるという幾何学的制約を考えれば、既に存在する急崖を越えて堆積体が前進し、崖を覆うためには条件に適した勾配になるまで崖下を埋めなければならない。崖下が埋まるまで碎屑物は崖部をバイパスし、崖基部に堆積することになる。このバイパス路と崖基部での堆積体が南西部の陸棚斜面上に刻まれた海底谷とトラフ底に形成された海底扇状地であると考えられる。もしも海底扇状地が急崖まで埋積すると北東部のように崖の上下がバイパス無しに連続することになる。正断層の垂直変位速度と海底扇状地の堆積速度の大小関係により、断層崖を埋積して緩斜面になるか、海底谷が発達する急斜面になるか、の違いが生じると考えられる。このことは、より広域に沖縄トラ



フ全体を眺めてみても拡大がより進行している南西で急斜面で海底谷が多い傾向があることと整合的である。

一方、揚子江や台湾からの土砂供給量、黒潮による堆積、浸食作用の地域差が存在する可能性は十分高い。この違いは変位地形を埋めるまでの時間、あるいは埋めることが可能な最大断層変位速度の違いとして現れると考えられる。

図1. 沖縄トラフと北西の陸棚斜面周辺の海底地形図。雁行拡大のセグメント境界と斜面形態の違いのモデルを示す。

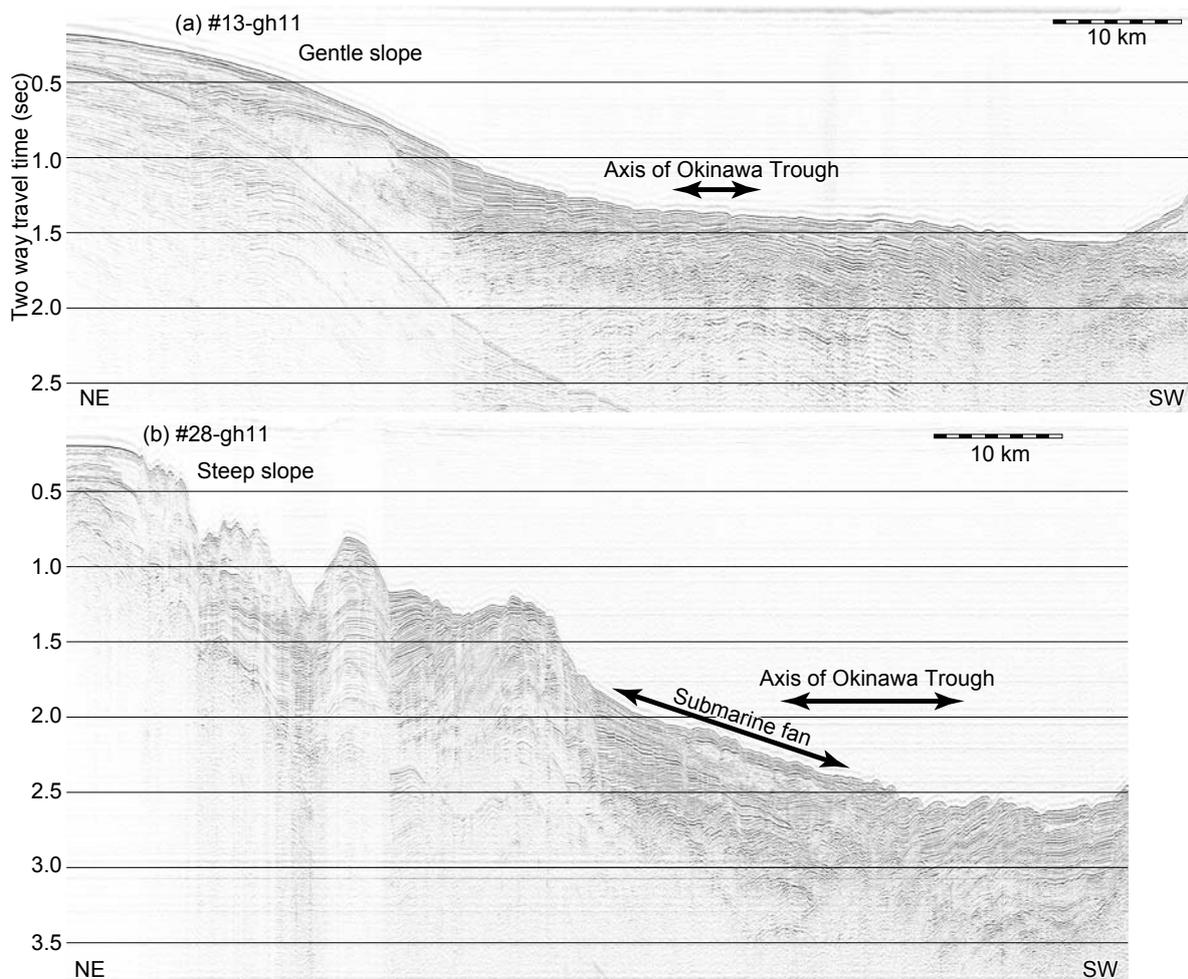


図2. 反射法音波探査による陸棚斜面の地下構造。(a) 北東部の斜面。正断層による変位地形を堆積層が覆っている。勾配が緩い。(b) 南西部の斜面。変位地形が覆われておらず、急勾配である。基部に海底扇状地が発達している。

Sedimentation upon inner shelf along the seaward extension of the active fault along the western margin of the Hakodate Plain, Hokkaido, Japan

仁科健二（道総研地質研究所）・内田康人（道総研地質研究所）・楳原京子（産総研）・

久保尚大（川崎地質）・半場康弘（川崎地質）

Kenji NISHINA (Geological Survey of Hokkaido, HRO), Yasuhito UCHIDA (GSH, HRO), Kyoko KAGAHARA (Geological Survey of Japan, AIST), Takahiro KUBO (Kawasaki Geological Engineering), Yasuhiro HANBA (KGE)

連絡先：仁科健二 (nishina-kenji@hro.or.jp)

1. はじめに

函館平野西縁断層帯は函館平野と上磯丘陵との境に位置し、渡島大野断層、富川断層の2断層とそれらに伴う派生するバックスラストがほぼ南北に延長する変位地形として確認されている。海域への延長および活動履歴をあきらかにするために、平成23年度文科省「沿岸海域における活断層調査」の一環として、音波探査およびパイロコアラーによる柱状採泥を函館平野西縁断層帯の海域延長部の北海道函館湾において実施した。

2. 結果および考察

南北に延長する東落ちの海底地形（高低差約3 m）を横断する東西（岸沖）方向の2つの測線を主として合計10本のコアを採取した。採取した水深は54~65 mの範囲で、コア長は0.39~3.24 mであった（図1上：GSH5測線上）。これらの得られたコアに対して記載、¹⁴C年代測定を実施した（図1下）。

層相および得られた年代値から次の3つのユニットに区分した。

ユニット1：泥炭、約3万年前、4万5千年前の年代値を示した。コアでは上面は侵食面によってユニット3と区分される。音響層序ではB1層に対応する。

ユニット2：高角の斜交層理や上方粗粒化構造、マッドクラストや水酸化鉄の濃集が認められた。これらの特徴は河川環境（網状河川）での堆積を示唆する。上部に挟在した木片から11,300年前の年代値を得た。コアではユニット下限は得られていないが、音響探査結果ではB0を不整合で覆い、この境界がシーケンス境界に相当する。上面は侵食面によってユニット3と区分される。

ユニット3：砂層および礫層から構成される。礫層は茂辺地川河口から延長するチャンネル付近の測線でのみ認められ、ユニット最下部に位置し大礫が優勢であった。砂層は粗砂から細粒砂で構成され上方に細粒化した。上に凸で低角な斜交層理や平行葉理の堆積構造を一部に認めた。全体に生物擾乱相が発達し、貝殻濃集層を挟在した。基底の侵食面直上で得られた貝の年代値は約1万2千年前、中部の砂層中の貝は約6,500年から5,000年前の年代であった。下位のシルト層ないしは泥炭層にはベントスによって穿孔された穴があり、その穴の内部は上位の砂層と同質の砂で充填されていた。これらの特徴および茂辺地川から延長するチャンネル付近では大礫のラグが存在することから、最終氷期以降の海水準上昇に伴う外浜侵食によって形成された侵食面（ラビンメント面）である。本ユニットは音響層序においてA層に区分される。

高分解能シングルチャンネル音響探査の結果と対比し（図1上）、反射面となる層準を確認した。コア

に存在した礫層ないしはユニット間の侵食面の位置が音響反射面に対応していた。東落ちの海底地形は陸域から海域へとつながる北西-南東～北北西南南西方向の断層（楮原ほか，2012）に伴う撓曲崖であり，その上盤側と下盤側ではあきらかに下盤側でラビンメント面よりも上位の堆積層（A層）が厚く堆積しており，断層地形の影響を示している。ラビンメント面が形成された後に3mの高度差が生じたとする，活動度は1万1千年間に3 mの変位(千年あたり0.3 m)と見積もられる。しかし，ラビンメント面形成時に既に段差（侵食崖+変動崖）が存在したことは否定できないことから，上記の値は本断層海域部の活動度を示す最大の値とみなされる。

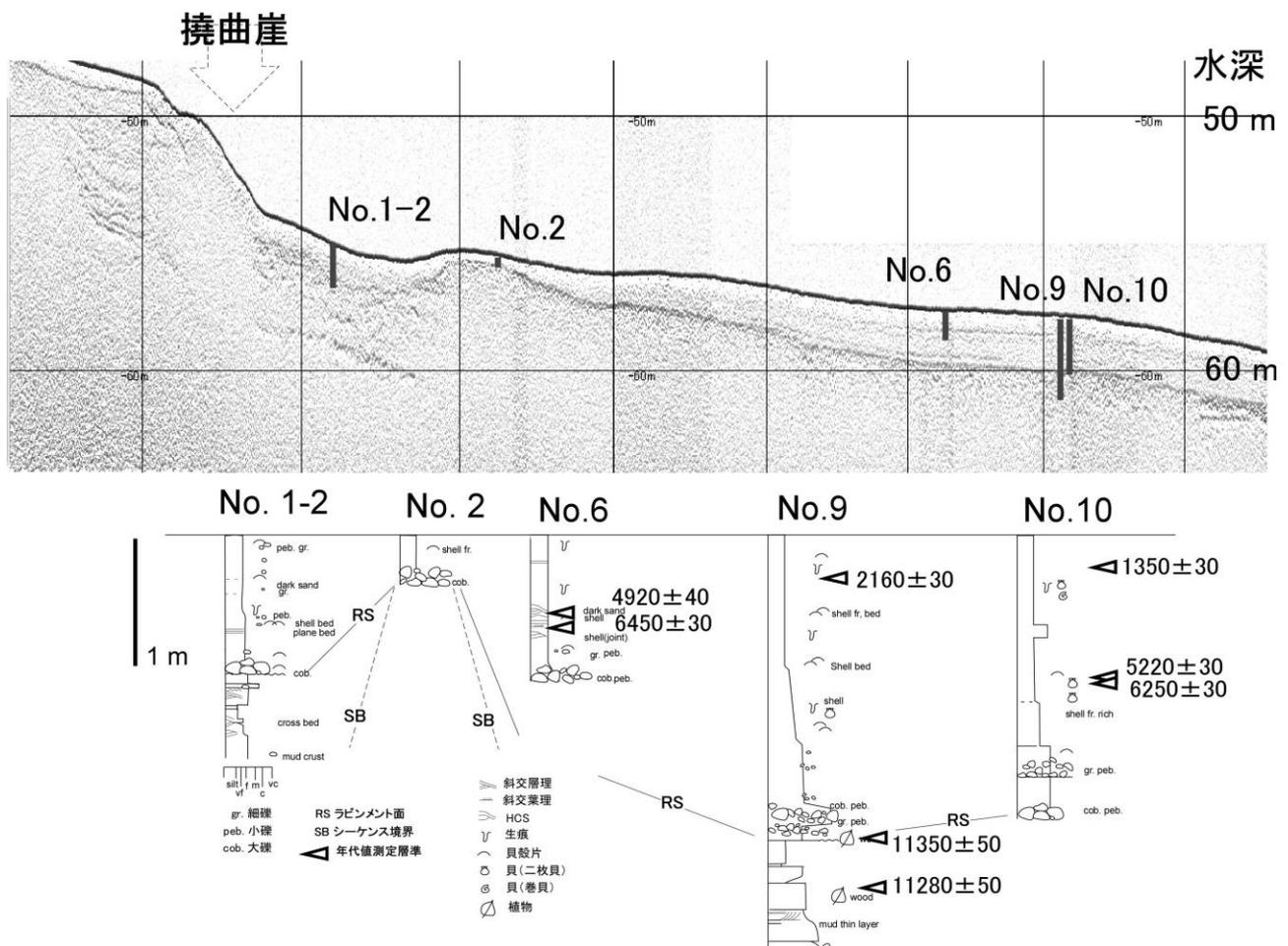


図1 シングルチャンネル音響探査結果(上)とコア柱状図(下)

文献:

楮原京子・内田康人・仁科健二・村上敏文，2012：函館平野西縁断層帯海域延長部における古地震調査。

<http://www2.jpgu.org/meeting/2012/session/PDF/S-SS35/SS35-P04.pdf>.

2011年東北地方太平洋沖地震によって発生した混濁流の痕跡

Evidences of turbidity currents generated by the 2011 Tohoku-Oki Earthquake

新井和乃（千葉大学）・成瀬 元・石丸卓哉（京都大学）・横川美和（大阪工業大学）・
 齋藤 有・村山雅史（高知大学）・松本 弾・佐藤智之（産業技術総合研究所）・
 田中源吾（群馬県立自然史博物館）・北沢俊幸（立正大学）・日野亮太・伊藤喜宏・稲津大祐（東北大学）・
 泉 典洋（北海道大学）・三浦 亮（日本海洋事業株式会社）・川村喜一郎（山口大学）・
 野牧秀隆（JAMSTEC）・亀尾 桂（東京大学）・KT-12-9 & MR12-E02 leg3 乗船研究者
 Kazuno ARAI (Chiba Univ.), Hajime NARUSE, Takuya ISHIMARU (Kyoto Univ.), Miwa YOKOKAWA
 (Osaka Institute of Technology), Yu SAITOH, Masafumi MURAYAMA (Kochi Univ.), Dan MATSUMOTO,
 Tomoyuki SATO (AIST), Gengo TANAKA (Gunma Museum of Natural History), Toshiyuki KITAZAWA
 (Rissho Univ.), Ryota Hino, Yoshihiro ITO, Daisuke INAZU (Tohoku Univ.), Norihiro IZUMI (Hokkaido Univ.),
 Ryo MIURA (Nippon Marine Enterprises, Ltd), Kiichiro KAWAMURA (Yamaguchi Univ.), Hidetaka NOMAKI
 (JAMSTEC), Katsura KAMEO (Tokyo Univ.) and KT-12-9 & MR12-E02 leg3 Shipboard scientists
 連絡先：新井 和乃(arai_kazuno@graduate.chiba-u.jp)

本研究は、2011年東北地方太平洋沖地震による巨大津波が海底に大規模な混濁流を発生させた可能性を提唱する。2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震（Mw 9.0）および巨大津波が発生した後、三陸沖の陸棚から海溝斜面にかけて、広範囲に細粒堆積物が堆積したことが海底堆積物の柱状試料、海底地震計（OBS）・海底圧力計（OBP）の記録から明らかになりつつある（e.g., Ikehara et al., 2011, Arai et al., 2012）。今回の地震・津波に伴う堆積物の詳細な記載は、混濁流の発生メカニズムを解明し、地層から地震・津波の記録を復元する上で貴重なデータとなるだろう。

2011年東北地方太平洋沖地震が発生した3時間後、宮城県牡鹿半島東方沖約70 kmの地点に設置された2台の海底圧力計（OBP）ならびに海底地震計（OBS）に異常が記録された。OBPは東北地方太平洋沖地震の発生から3時間後に約0.2度の温度上昇を記録し、その温度異常は2時間半程度持続された。これらOBPの内一台は日本海溝方向に1 km移動し、横倒しになった状態で発見された。このことは、何らかの東へ向かう強い流れが地震の3時間後、海底面付近に発生していたことを示唆する。それらの機器は、ROVによって回収された。そのとき取得された動画を解析すると、OBPおよびOBSが設置された地点は、約15 cm程度の厚さで新たに堆積物に覆われていた。さらに、そのようにして機器を回収した後、機器を詳しく調べると、宮城沖に設置してあったOBS 17台のハードハット内には多量の未固結堆積物が詰まっていた。そして、OBSから採取された試料に対して粒度分析を行ったところ、堆積物には陸から沖に向けて連続的に細粒化する傾向が見られた。その堆積物の平均粒径は2.34–6.08 phiである。

一方、地震発生後に、海底調査（2011年6月、8月）および柱状試料採取（2012年3月、5月）を行ったところ、未固結の細粒質堆積物が陸棚外縁（水深300 m）から海溝斜面（水深5940 m）の広い範囲から発見された。柱状試料は39度15分から37度50分の水深約170–1700 mの16地点で、マルチプルコアラーを用いて採取された。肉眼観察の結果、8地点の柱状試料の最上部に最近堆積したと考えられる細粒堆積物を確認した。最上部の細粒堆積物は約2–9 cmのシルト～粘土からなる堆積物である。

以上の状況から判断して、陸棚から海溝斜面に見られる最近堆積した細粒堆積物は、陸棚縁辺部から海溝に向けて流れた混濁流によって堆積した可能性が高い。先に示した OBP の移動・横倒しおよび温度異常の記録は、より水温の高い浅海域から深海底へ向かう流れが約2時間半にわたって持続したことを表している。そして、OBS が完全に埋没していないにも関わらずハードハットの上から堆積物が侵入していることから考えて、堆積物を運搬した流れは、土石流や地すべりのような高濃度のものとは考えられない。一般に、タービダイトは下流方向へ向かって細粒化することが知られているが、今回の堆積物も全体的に下流方向への細粒化傾向を示す。

OBS 設置地点付近では流れが到達した時刻には大きな余震は発生しておらず、地震に伴う海底地すべりが発生した可能性は考えづらい。今回の細粒堆積物の分布域で最浅点は水深およそ 300 m であることから、流れの源となった堆積物の供給源は 300 m 以浅の陸棚と考えられる。陸棚から陸棚縁辺部の範囲は非常に傾斜が緩やかであり、地すべりや斜面崩壊の発生は考えにくい。

このような情報を基にして考察すると、混濁流の発生メカニズムは、津波の引き波が引き金になったと推測できる。津波の引き波そのものによる海底・陸域の侵食作用が混濁流の発生原因として最も可能性が高いだろう。このように、津波が海底に混濁流を引き起こし、深海底にタービダイトを堆積させるとすると、津波起源タービダイトの詳細な記載は地質記録から津波災害の履歴を復元する上で重要なデータとなるだろう。

文献

Ikehara, K., Usami, K., Jenkins, R., and Ashi, J., 2011, Occurrence and lithology of seismo-turbidite by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *the 5th International Symposium Submarine Mass Movements and Their Consequences (ISSMMTC)*, Kyoto University, November, 2011.

Arai, K., Naruse, H., Izumi, N., Yokokawa, M., Miura, R., Kawamura, K., Tsuji, T., Tanikawa, W., Kanamatsu, T., Fujikura, K., Murayama, M., and YK11-E04 leg1 and YK11-E06 leg2 Shipboard Scientists, 2011, Submarine deposition of fine-grained sediments associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *International Conference on a New Perspective of Great Earthquakes along Subduction Zones*, Poster 5, Kochi, 28th February - 1st March, 2012.

江川浩輔・西村興男・昆 慶明 (産総研)・鈴木清史 (JOGMEC)・伊藤拓馬・成田英夫 (産総研)

K. Egawa, O. Nishimura, Y. Kon (AIST), K. Suzuki (JOGMEC), T. Ito, and H. Narita (AIST)

連絡先：江川浩輔 (egawa.k@aist.go.jp)

1. はじめに

東部南海トラフ周辺海域には、更新統小笠層群相当層の堆積物が広く分布する。本研究では、2011年に同海域にて地球深部掘削船「ちきゅう」により採取された泥質層コア試料について、鉱物組成分析および地球化学組成分析を実施した。本研究は、経済産業省資源エネルギー庁より独立行政法人産業技術総合研究所が受託したメタンハイドレート開発促進事業の一環として実施した。

2. 分析結果

本掘削地点周辺の層序は、下部砂泥互層および上部砂泥互層からなる。上部砂泥互層は地滑り帯に属し、両層の境界は地滑り面にほぼ相当する。深度方向に採取したシルト質～粘土質堆積物について、エックス線粉末回折実験 (XRD)、蛍光エックス線分析 (XRF)、誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS)、走査型電子顕微鏡観察 (SEM)、およびエネルギー分散型エックス線分析 (EDS) を実施した結果、両層の泥質層はそれぞれ異なる鉱物組成および地球化学組成を示すことが明らかになった。すなわち、カルサイトおよび黄鉄鉱の割合が上部砂泥互層で高いのに対し、下部砂泥互層では著しく低いことが XRD 分析より判明した。一方、石英や長石は下部砂泥互層で高い割合を示し、カルサイトと明瞭な逆相関が観察された。同様の傾向は、XRF 分析の結果からも見受けられ、 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比や強熱減量 (LOI) が上部砂泥互層で高く、全般的に $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比や $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比、 Al_2O_3 比などと逆相関を示した。SEM 観察より、泥質層中にはコッコリスや有孔虫などの石灰質ナノプランクトンが普遍的に存在することが確認され、特に上部砂泥互層では顕著である。SEM 観察および EDS 分析でカルサイトの結晶が認められなかったことから、XRD 分析で示されたカルサイト成分や、XRF 分析で求められた $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比は、石灰質ナノプランクトンを反映したものと判断した。ICP-MS 分析では、上部砂泥互層でのみ Cd, Sb, Co などの遷移元素が検出され、また希土類元素についても上部砂泥互層でのみ Lu が高い値を示した。

3. 考察

下部砂泥互層と上部砂泥互層では、有機物 (ナノプランクトンなど) と碎屑粒子 (石英や長石など) の割合が大きく異なる。この要因として、上部砂泥互層が地滑り帯に含まれることから、碎屑物が供給されにくい環境で堆積した砂泥互層が海底地滑りによって本掘削地点まで移動したことによる見かけの組成変化が想定される。しかしながら、上部砂泥互層でのみ特徴的に検出された遷移元素や希土類元素の存在を考慮すると、上部砂泥互層堆積時に気候変動ないし地殻変動に伴って陸域後背地の侵食作用に変化が起こった可能性もあるため、今後更なる検証が求められる。

夕張地域，川端層に見られる炭質物濃集層シーケンス：

陸域から深海への直接的物質輸送の証拠

Organic matter-condensed bed in the Kawabata Formation, Yubari, Hokkaido:
evidence for direct transport of terrigenous matter from land to deep-sea

風呂田郷史・沢田健(北大院・理)・川上源太郎(道総研地質研究所)

Satoshi Furota, Ken Sawada (Faculty Sci., Hokkaido Univ.),

Gentaro Kawakami (Geological Survey of Hokkaido)

連絡先 : furota@mail.sci.hokudai.ac.jp

[はじめに] : 北海道夕張地域に広がる新第三系中新統川端層は、島弧会合部に発達したトラフ状堆積盆を埋積するタービダイト性の地層である(保柳ほか, 1986, 川上ほか, 2002)。発表者らは、川端層の砂岩と泥岩の互層中に、炭質物のラミナが著しく発達した砂岩層(以下、炭質物濃集砂岩層)を見出した。この砂岩層は炭質物のラミナで特徴づけられるほか、逆級化-級化を繰り返しており、タービダイトに特徴的なバウマシーケンスを示さない。また、他のタービダイト砂岩層と異なり風化して赤褐色を呈することなどから、その組成が異なることが考えられる。発表者らはこの砂岩層を、大規模な洪水などに起因する陸域から海洋への直接的な物質輸送によって形成されたハイパーピクナイト様堆積物であると考えている。そこで、堆積物中の有機地球科学的特徴を検討し、堆積過程のより詳細な復元と、陸域からの直接的な物質輸送の検証を試みた。

[結果と考察] : 本研究の分析結果は、おもに川端層の K5 タフ層準(フィッシュントラック年代: 13.2 ± 0.9 Ma; 川上ほか, 2002)付近で見出されたハイパーピクナイト様堆積層から得られたものである。炭質物濃集砂岩層の総有機炭素量(TOC)は非常に高い値を示し、大量の有機物が保存されていることが明らかになった。酸化還元指標のプリスタン/フィタン比(Pr/Ph)は高い値を示したほか、ステランの組成はこの地層に保存されている有機物のほとんどが陸上植物に由来することを示した。これらの結果は、この砂岩層が陸域から大量の植物片を運搬した流れによって形成されたことを示唆している。さらに、この砂岩層からは裸子植物バイオマーカーとして知られるジテルペノイドが極めて多量に検出され、炭質物のラミナを構成する植物片はおもに裸子植物由来であることが明らかになった。一方、ジテルペノイドは炭質物のラミナが発達する層準の上下の泥岩からも検出されるものの、その量はそれほど多くない。そのため、炭質物濃集砂岩に含まれる大量のジテルペノイドは、植生変動などによるものではなく、堆積物の運搬過程の違いを反映していると考えられる。さらに、裸子植物は草本性(草原植生)ではなく木本性(森林植生)の植物であるため、この違いは洪水などの強い流れによって陸域から海洋へ木質部が大量に運搬されたことに起因すると思われる。また、炭質物濃集砂岩からはA環が分解された構造をもつデスAテルペノイドも多く検出された。この原因については、植物片が還元的な堆積場まで直接的に運搬されたことによって、官能基をもったテルペノイドが還元環境下で初期続成作用を受けたことに起因すると考えている。さらに、炭質物濃集砂岩層からは植物に起源をもつ長鎖の *n*-アルカンも多く検出された。興味深いことに、*n*-アルカンの炭素数分布にも独特な特徴をもち、葦などの水生植物に由来する *n*-アルカンが多く含まれていることが示唆された。以上の結果は、炭質物濃集砂岩がハイパーピクナル流による陸域から海底への直接的な物質運搬作用によって形成されたことを支持する。本発表では、川端層中の炭質物濃集砂岩についての詳細な記載と有機分子の特徴を、さらにはそこから考えられる堆積過程について報告を行う。

仙台沖地震／津波堆積物の堆積過程

Depositional processes of a event deposit off Sendai

by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake and its tsunami

池原 研・宇佐見和子（産総研・地質情報）・入野智久（北大・地球環境）・
 ロバートジェンキンス（横浜国大）・芦寿一郎（東大・大気海洋研）・
 渡辺 豊・氏家 崇（北大・地球環境）

Ken Ikehara, Kazuko Usami (Geological Survey of Japan, AIST), Tomohisa Irino (Hokkaido Univ.),
 Robert Jenkins (Yokohama Natl. Univ.), Juichiro Ashi (AORI, Univ. Tokyo),
 Yutaka W. Watanabe, Takashi Ujiie (Hokkaido Univ.)
 Ken Ikehara (E-mail k-ikehara@aist.go.jp)

1. はじめに

現在の沖合海域において、ある特定の津波によって形成されたと認定できた堆積物はほとんどない。しかし、津波による浅海域での削剥／堆積現象の存在や遡上型津波堆積物や内湾の津波堆積物中に下部浅海帯～上部漸海帯を示す有孔虫や貝形虫遺骸群集の存在は津波により少なくとも陸棚以深の底質が洗掘／懸濁／再移動することを示唆している。したがって、陸棚から上部斜面域ではこのような津波による海底の削剥と再移動／再堆積が起こっている可能性が高い。2011年3月11日の平成23年東北地方太平洋沖地震はM9の巨大地震で、大きな津波をとまなっており、その影響は広範囲に及び、海底環境への影響も大きかったであろうことが予想される。ここでは、2011年7-8月に学術調査船「淡青丸」により仙台沖から採取された表層堆積物試料に認められるこの地震／津波によって形成されたと考えられるイベント堆積物の岩相、堆積構造、放射能測定結果からこのイベント堆積物の堆積過程を検討する。

2. イベント堆積物の特徴

仙台沖 KT-11-17 St.1 の水深 122m から採取された表層堆積物試料（全長：25.7cm）の最上部には明瞭で侵食的な基底を持ち、厚さ約 12cm で、下部 2cm が平行葉理を持つ淘汰のよい極細粒砂、上部 10cm がほぼ無構造の粘土からなる上方に細粒化するイベント層が認められる。このような構造から、このイベント層はタービダイトと認定できる。軟 X 線写真では、粘土層の下部には斜交葉理を持つ厚さ 1cm 弱の粗粒層の存在が確認でき、2層のタービダイトが累重した構造を持っている。タービダイト基底の侵食面の下位には生物擾乱を受けた泥質砂が認められる。この泥質砂の上部およそ 7-8cm には縦方向の筋状構造がみられる。X 線 CT による三次元構造解析によれば、この筋は曲面を持って斜め上方に伸びる形態を持ち、もともとあった生痕を直線的に切っている。したがってこの筋状構造は堆積後の変形構造である。これより下位は生物擾乱を受けた泥質砂からなっている。この堆積物のタービダイト泥部分の有機炭素含有量は下位の砂質泥部分よりも大きい。C/N 比や安定炭素同位体比に差はなく、いずれも海成起源の堆積物の値である（東京大学：大村亜希子博士の分析結果による）。また、試料には最表層から掘り込む底生生物の巣穴と 2 枚のタービダイトの粗粒部を掘り込む生痕が確認され、イベント層堆積後に深さ 10cm 程度までに達する底生生物の活動があったことがわかる。

3. 放射能測定結果

タービダイト層とその下位の変形した泥質砂の一部となる上部 15cm について 1cm 刻みで放射能測定を行った。累重する 2 枚のタービダイトの下位のもの（タービダイト 1）及びさらに下位の泥質砂からは ^{134}Cs （半減期：2.0652 年）及び ^{137}Cs （半減期：30.1 年）は検出されなかった。一方、上位のタービダイト（タービダイト 2）の粗粒部の直上と最表層には明瞭な ^{134}Cs と ^{137}Cs のピークが検出された。このことは、タービダイト 1 が福島第一原子力発電所からのベント前の、上位に累重するタービダイト 2 がベント後の堆積物であることを示している。タービダイト 2 における Cs 濃度は、粗粒部と最表層を除く上部で低く、粗粒部の直上で高い。これは輸送／堆積過程における濃縮と希釈の影響である可能性が高い。また、 $\text{excess } ^{210}\text{Pb}$ の値はタービダイト 1 の下の泥質砂でやや低いので、タービダイト堆積時の海底侵食の可能性が高い。

4. イベント堆積物の形成時期と形成過程

このイベント（タービダイト）層は下記の証拠で 2011 年の地震／津波によって形成されたと考えられる。

- 1) タービダイト中に福島第一原子力発電所起源と考えられる放射性セシウムを含有すること。
- 2) タービダイト下の泥質砂中にも $\text{excess } ^{210}\text{Pb}$ が検出されるので、泥質砂は古い（例えば、貞観以前）の堆積物ではないことを示すこと。
- 3) Saito(1989)の仙台湾の調査結果（1985 年 8 月に調査）に示された近傍の地点の表層堆積物の含泥率（20-50%）よりも明らかに含泥率（99%）が高く、1985 年以降に底質が変わったことを示すこと。
- 4) 一部に巣穴や生痕が認められるもののタービダイト泥部分は基本的に均質・無構造であり、浅海域でありながら生物擾乱の影響が少なく、堆積後の時間が短いと考えられること。

以上の仙台中の KT-11-17 St. 1 の表層試料の特徴並びに放射能測定結果や厚いタービダイト泥の形成に泥池の存在が関わっているであろうという熊野灘などでの観察結果（Ikehara et al., 2011）から、この堆積物は以下のように形成されたと考えられる。

<地震発生> → <地震動による堆積層の変形> → <震動による底質の再懸濁？> → <津波の襲来・陸棚縁での津波による底質の侵食・再懸濁> → <引き波による？再懸濁粒子を含む混濁流の発生> → <混濁流による海底侵食> → <混濁流からのタービダイト 1 の砂の堆積> → <泥池の形成> → <タービダイト 1 の泥の泥池からの堆積> → （福島第一原子力発電所のベント） → <2 回目の混濁流の発生・泥池への流入> → <タービダイト 2 の堆積と泥池の形成> → <泥池表面へのセシウムの降下・濃集> → <タービダイト 2 の泥の堆積> → <底生生物による生痕・巣穴の形成>

文献

Ikehara, K., Ashi, J., Usami, K., Irino, T., Nishida, N. and Kuwae, M., 2011, Submarine

topography control on fine-grained turbidite deposition: Examples from off Kumano slope and Beppu Bay, Japan. Abstracts of fifth international symposium on submarine mass movements and their consequences, 73.

Saito, Y., 1989, Modern storm deposits in the inner shelf and their recurrence intervals, Sendai Bay, Northeast Japan. In Taira, A. and Masuda, F., eds., Sedimentary facies in the active plate margin, 331-344.

常磐沖堆積盆地における下部中新統バリア砂岩の堆積過程

Sedimentary process of the Lower Miocene barrier sandstone reservoirs
in the Offshore Joban Basin, Japan

荒戸裕之（国際石油開発帝石(株)技術本部）

・小林由季・関めぐみ・中村めぐみ（信州大学大学院理工学研究科）

・保柳康一（信州大学理学部）

Hiroyuki Arato (Technical Division, INPEX),

Yuki Kobayashi, Megumi Seki, Megumi Nakamura (Graduate School, Shinshu University),

Koichi Hoyanagi (Faculty of Science, Shinshu University)

連絡先：荒戸裕之(hiroyuki.arato@inpe.com)

1. はじめに

宮城県南部，福島県，茨城県北部の東方沖合いおよび一部陸域には，南北性の伸長方向を有し最大で3,000mを越える古第三系～更新統で埋積された常磐沖堆積盆地が分布する．今般，同盆地内の下部中新統で採取されたコアの堆積相解析を実施した結果，これまでの解釈結果を裏付けるとともに，あらたな知見も得られたので報告する．

2. 既存データとその解釈

同盆地ではこれまでに、15,000km余りの二次元地震探査、約2,000km²を上回る三次元地震探査が実施されるとともに、十数坑の試掘井が掘削され、磐城沖ガス田（生産停止中）をはじめとする集ガス構造の分布が確認された．現在までの検討の結果，既確認のガス鉱床を成立させた石油システムは，最上部白亜系～古第三系中に挟在する石炭層を根源岩とすることが判明している（岩田ほか，2002）．また，主要な貯留岩は，下部中新統の陸成～浅海成砂岩層と解釈されており（岩崎，1992；船山，1993；等），そのことは磐城沖ガス田で採取された下部中新統コアの堆積相解析（岩田，1995）によって確認されている．

3. 検討対象データと解釈結果

同盆地内では，磐城沖ガス田外でも数100mにのぼる下部中新統のコアが採取されているが，それらの系統的な堆積相解析はこれまで実施されてこなかった．今般，それらのうち8坑，約150mの下部中新統コアを対象に堆積相解析を実施した．その結果，

- ① 同盆地内で採取された下部中新統コアは、河川チャネル砂岩～内側陸棚泥質岩といった陸成～浅海成堆積物で構成されている，
- ② 数～数10m規模で海進・海退のサイクルを繰り返しながら，層厚1,000mを越える下部中新統を形作っている，
- ③ 限られたデータポイントで見ると，前期中新世を通じた滑らかで一方的な海進傾向が認められるとは言い難い，

等のことが明らかになってきた．

現状では，コアの相互的な層序的位置関係のコントロールが弱いため，堆積盆地規模での堆積環境変遷

過程を構築するまでには至っていないが、今後、坑井の物理検層を用いたサイクル対比を導入することで、より具体的で詳細な環境変遷を議論できる見込みである。

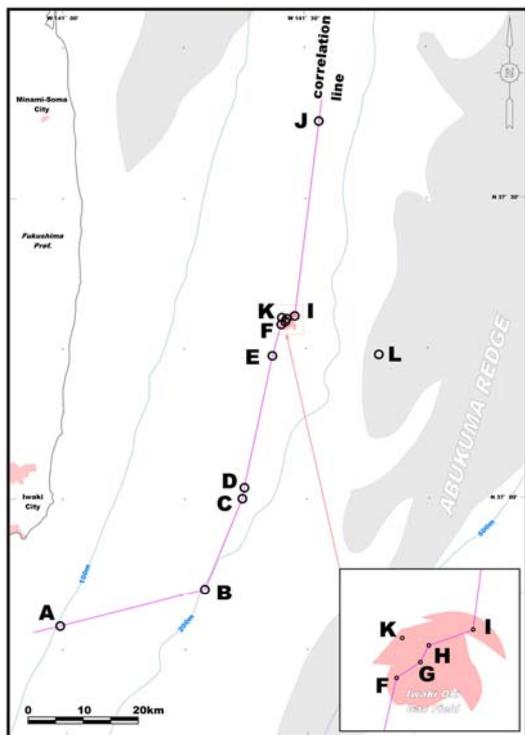
文 献

船山政昭，磐城沖ガス田．最近の我が国の石油開発，18-19，石油技術協会．

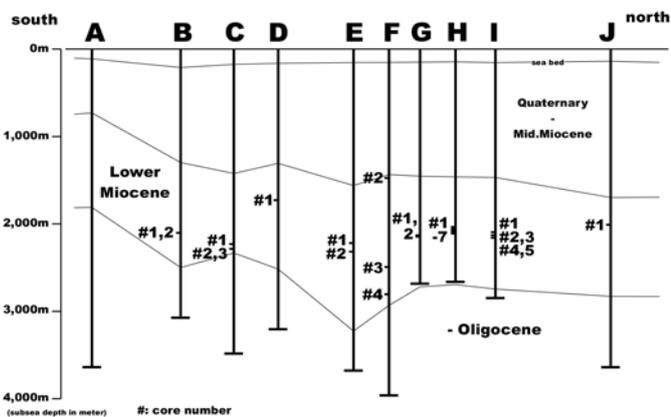
岩田尊夫，1995，常磐沖堆積盆における下部中新統のシーケンス層序解析．地質学論集，45，223-237．

岩田尊夫・平井明夫・稲場土誌典・平野真史，2002，常磐沖堆積盆地における石油システム．石油技術協会誌，67，62-71．

岩崎哲治，1992，第IV編 2-3，常磐-鹿島沖．改訂版日本の石油・天然ガス資源，205-211，天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会．



第1図 常磐沖堆積盆地の坑井位置



第2図 常磐堆積盆地の坑井対比とコア採取層準

現在地、岐阜県郡上市
次世代エネルギー
実証実験の郷。



水素エネルギー社会を日本に。
世界各地で、原油・天然ガスの資源を確保。
はるか地球の裏側から銅を日本に。
いまも、地球のどこかで
みらい
Xをささえる人がいます。

みらい
Xをささえる、人がいる。
JXグループ

伊藤瑞季
燃料電池技術者、1児の母。
JX日鉱日石エネルギーで、
彼女が取り組んでいるのは、
環境対応マルチエネルギーシステム・プロジェクト。

現在地、南シナ海
沖合130キロ。



中野圭崇
エンジニア、1児の父。
JX日鉱日石開発で、
彼が取り組んでいるのは、
ベトナム・ランドン油田プロジェクト。

現在地、アンデス山脈
標高4000メートル。



山口潔人
鉱山開発技術者、3児の父。
JX日鉱日石金属で、
彼が取り組んでいるのは、
チリ・カセロネス銅鉱山プロジェクト。

私たちのエネルギーは
この場所から始まる——



石油資源開発株式会社

本社：〒100-0005 東京都千代田区丸の内1丁目7番12号 サピアタワー
TEL:03-6268-7130 FAX:03-6268-7303
<http://www.japex.co.jp/>



MEIJI ML9000シリーズ 偏光顕微鏡

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

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

(写真はML9300です。)

POLARIZING MICROSCOPE

偏光顕微鏡



MEIJI ML9400シリーズ 偏光顕微鏡

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

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

(写真はML9420、オプションの100X対物レンズ付です。)

※価格は税抜価格です。



MEIJI ML9700シリーズ 偏光顕微鏡

メイジテクノのML9700シリーズは、アナライザーがスライダタイプで360°回転が可能です。従って、セナルモンコンベンセータ(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 ズーム式実態偏光顕微鏡 LED照明モデル

メイジテクノのEMZ-5POL-2はズーム式実態顕微鏡(LED証明型)に回転ステージと偏光装置を装備した、岩石薄片や鉱物標本を観察するための実態偏光顕微鏡です。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。

- ENZ-5POL-2 定価¥349,000

メイジテクノの製品は日本製です。

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

ご請求あり次第カタログをお送りします。

日本顕微鏡工業会会員

メイジテクノ株式会社

〒354-0043 埼玉県入間郡三芳町竹間沢322-1
TEL:049-259-0111 FAX:049-259-0113
E-mail: meiji@meijitechno.co.jp



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

BETA

Beta Analytic
Radiocarbon Dating
Since 1979

C14 年代測定

高品質なデータを迅速にお届けいたします!

放射性炭素年代測定 (C14 dating) 分析料金 (2012/4/1-2013/3/31)

基本価格	税込価格	税抜き価格
AMS-Standard (7 営業日)	¥54,075	¥51,500
AMS-Time Guide (4 営業日)	¥162,225	¥154,500

*上記料金には安定同位体質量分析計による $\delta^{13}\text{C}$ の分析を含みます。

*営業日には休日、試料の送付、測定方法の協議にかかる日数を除きます。

オプション(基本価格に追加)	税込価格	税抜き価格
Bone Collagen Extraction(骨コラーゲン抽出)	¥7,875	¥7,500
Micro Sample AMS(MS-AMS) (極微量試料による測定: $300 \mu\text{gC}$)	¥19,425	¥18,500
Solvent Extraction (溶媒抽出)	¥16,275	¥15,500
Cellulose Extraction (木材セルロース抽出)	¥7,875	¥7,500
Bone Carbonate Extraction (骨炭酸塩抽出:火葬骨のみ)	¥15,750	¥15,000
Controlled Temperature Combustion (燃焼温度の指定)	¥15,225	¥14,500
15N/14N with 14C ($\delta^{15}\text{N}$ 要 14C測定)	¥5,775	¥5,500

部分料金(処理の途中で測定不能の場合)	税込価格	税抜き価格
examination, pretreatment (前試験、前処理)	¥4,410	¥4,200
combustion, acidification (CO ₂ 生成)	¥6,300	¥6,000
Micro Sample AMS combustion (MS-AMS 用の CO ₂ 生成)	¥15,225	¥14,500
Bone Collagen Extraction (骨コラーゲン抽出)	¥7,875	¥7,500
Bone Carbonate Extraction (骨炭酸塩抽出:火葬骨のみ)	¥15,750	¥15,000
Cellulose Extraction (木材セルロース抽出)	¥7,875	¥7,500
Solvent Extraction (溶媒抽出)	¥16,275	¥15,500
Graphitization (グラファイト化)	¥15,750	¥15,000
13C/12C	¥4,725	¥4,500
15N/14N	¥5,775	¥5,500

- 世界で唯一のISO17025認証C14測定機関
- 信頼のおけるカスタマーサービス

Beta Analytic Inc. 日本総代理店 株式会社地球科学研究所

468-0007 名古屋市天白区植田本町一丁目608番地 tel 052(802)0703 fax 052(805)6383

Chikyu Web : www.geolab.co.jp E-Mail : geoinfo@geolab.co.jp

also Please Visit www.radiocarbon.com

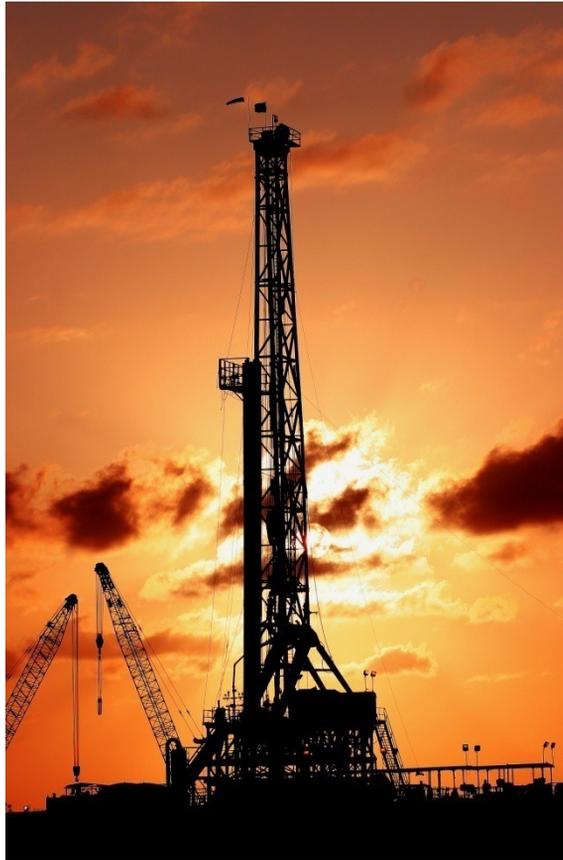


当社は国際的な石油開発会社として、健康・安全・環境を重視し、
コンプライアンスの徹底と内部統制システムの強化により、透明性の高い経営を行います。
また、成長を持続させることにより、株主・社員他全てのステークホルダーに報い、
石油・天然ガスの開発供給を通じて社会に貢献していきます。

MOECO 三井石油開発株式会社
MITSUI OIL EXPLORATION CO.,LTD.

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

三菱商事石油開発株式会社



わが社は、三菱商事と共に世界の産油国で石油および天然ガスの探鉱・開発・生産事業を展開している会社です。

会社名： 三菱商事石油開発株式会社
Mitsubishi Corporation Exploration Co., Ltd.

設立： 平成13年（2001年）1月

本社所在地： 〒100-0005
東京都千代田区丸の内2-3-1（三菱商事ビル）

代表者： 代表取締役社長CEO 小柳 健一



Energy for a Bright Future

明るい未来を拓くエネルギー

私たちは、日本を代表する多様なエネルギーを供給する企業として、世界各地で70を超える石油・天然ガスの探鉱・開発プロジェクトに従事しています。

これからも積極的な国際展開により、石油・天然ガスの安定的な供給にたゆまぬ努力を続け、次世代に向けて豊かな明日を拓くために一層の貢献を図ってまいります。

国際石油開発帝石株式会社

〒107-6332 東京都港区赤坂 5-3-1 赤坂 Biz タワー
Tel: 03-5572-0200 Fax: 03-5572-0205 URL: <http://www.inpex.co.jp/>

INPEX

検索

