

日本第四紀学会講演要旨集
PROGRAMME and ABSTRACTS



54

日本第四紀学会 2024 年大会

東北大学青葉山北キャンパス

アウトリーチ巡検 8 月29 日

一般研究発表 8 月30 日・31 日

シンポジウム「東北の自然災害と第四紀学：最近の研究成果とこれ

から」 9 月1 日

専門巡検 9 月2 日

日本第四紀学会

Japan Association for Quaternary Research

日本第四紀学会 2024 年大会概要

1. 全体概要

開催会場：東北大学青葉山北キャンパス（〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3）

最寄駅：仙台市地下鉄東西線 青葉山駅（仙台駅から 10 分）

<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/profile/campus/01/aobayama/>

開催日程（全期間）：2024 年 8 月 29 日～9 月 2 日

8 月 29 日（木） アウトリーチ巡検、評議員会（ハイブリッド形式）

8 月 30 日（金） 一般研究発表（口頭およびポスター）

8 月 31 日（土） 一般研究発表（口頭およびポスター）、総会（ハイブリッド形式）、懇親会

9 月 1 日（日） シンポジウム（公開／ハイブリッド形式）

9 月 2 日（月） 専門巡検

共催：東北大学大学院理学研究科

2. 大会参加について

大会専用サイト（<https://sites.google.com/view/2024jaqua/>）から申し込んでください。

大会参加申込，懇親会申込締切：8 月 23 日（金）17 時

申込および支払い方法など詳細は、大会専用サイトをご確認ください。

3. スケジュール・会場

8 月 29 日（木）	8:30～13:30	アウトリーチ巡検
	14:30～17:30	評議員会*
8 月 30 日（金）	9:00～	受付開始
	9:25～9:30	開会挨拶
	9:30～11:45	一般研究発表（0-01～08）
	11:45～12:15	ポスターショートトーク（P-01～11）
	13:15～14:30	ポスターコアタイム
	14:30～17:30	一般研究発表（0-09～19）
8 月 31 日（土）	9:00～	受付開始
	9:30～11:45	一般研究発表（0-20～27）
	11:45～12:15	ポスターショートトーク（P-12～22）
	13:15～14:30	ポスターコアタイム
	14:30～15:30	一般研究発表（0-28～31）

	15:45~17:45	総会*
	18:00~20:00	懇親会
9月1日(日)	9:00~	受付開始
	9:30~12:30	シンポジウム*
9月2日(月)	8:00~18:00	専門巡検

* ハイブリッド形式(現地会場+Zoom ライブ中継)で開催

会場：東北大学理学研究科合同C棟および北青葉山厚生会館
 青葉サイエンスホール：一般研究発表、総会、シンポジウム
 多目的室：展示・休憩室
 ロビー：ポスター会場
 北青葉山厚生会館：懇親会

4. 一般研究発表

口頭発表(31件)

- 0-01 藤木利之・下田一太・山田和芳・中西利典・鹿島 薫・森 勇一「カンボジア中部サンボア・プレイ・クック遺跡：都城環濠堆積物の多角的分析による古環境復元の予察的研究」
- 0-02 下田一太・庄田慎矢・ラムソピアック・山藤正敏・笠原朋与・佐藤由似・山田和芳・鹿島 薫・藤木利之・中西利典「都城アンコール・トム内の水路と溜池の堆積物による古環境復元の可能性」
- 0-03 鹿島 薫・福本 侑・劉 厚均・汪 良奇「珪藻群集を用いた台南市鹽水(Yanshui)溪における環境モニタリング」
- 0-04 Stephen Obrochta・畠山義矢・尾田宗一郎・久保田好美・佐川拓也・高柳栄子・横山祐典・宮入陽介「12 千年前から比較的安定した黒潮：航海 KS-22-4 の初期結果」
- 0-05 植村 立・Syed Azharuddin・大嶺佳菜子・眞坂昂佑・浅海竜司・Mahjoor Ahmad Lone・Yu-Chen Chou・Chuan-Chou Shen「鍾乳石の流体包有物分析による完新世中期の沖縄の数十年スケールの気候変動：大規模火山噴火との関係」
- 0-06 中里裕臣「千葉県中北部，八街 B-1 コアにおける下総層群藪層の指標テフラ Yb1 と Kkt」
- 0-07 鈴木毅彦・正田浩司・橋本真由・川畑美桜子・神馬菜々美・菅澤大樹「多摩丘陵上総層群に記録された氷期・間氷期サイクルと海洋酸素同位体ステージ前期更新世テフラに基づく検討」
- 0-08★ Aulia Agus Patria・Stephen Obrochta・Yosuke Miyairi・Toshihiro Miyajima・Yusuke Yokoyama「High-resolution of $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ and $\delta^{15}\text{N}_{\text{tot}}$ signals provide equatorial climatic markers and vegetational changes archived by peat

deposit from Kapuas Wetland, Indonesia]

- 0-09 山田圭太郎・大森貴之・北場育子・中川 毅「水月湖年縞堆積物から得られた過去1-2万年前の花粉化石¹⁴C年代」
- 0-10☆ 石澤堯史・横山祐典「津波石に付着する海洋生物を用いたローカル海洋リザーバー効果の推定—大船渡市合足における事例—」
- 0-11☆ 南舘健太・後藤和久・井村春生・笠井克己・石澤堯史・横山祐典「小笠原諸島のシンクホール堆積物が示す数百年スケールの熱帯低気圧活動の変動」
- 0-12☆ 木田福香・落合伸也・渡邊隆広・松中哲也・橋野虎太郎・藤田奈津子・山崎慎一・土屋範芳・奈良郁子「小松市木場潟堆積物の放射性炭素年代と含水率から推定される完新世の海水準変動」
- 0-13★ 吉池奏乃・菅原大助・石澤堯史・増田英敏・エリック ベラスコレイエス・南舘健太「海岸平野における津波侵食地形の調査とその形成に係る水理量の評価」
- 0-14☆ 古明地海杜・篠崎鉄哉・菅原大助・石澤堯史・池原 実・藤野滋弘「視認困難な津波痕跡の探求～西暦869年貞観津波の浸水域高精度復元に向けて～」
- 0-15☆ 小村慶太郎・山田晃裕・坂倉範彦・木村慎吾・石田聡史・野原幸嗣・高山陶子・吉田崇博「2024年能登半島地震に伴う山体重力変形」
- 0-16★ 上野元彌・大坪 誠・成瀬 元「小断層解析を用いた上総層群黄和田層のMTD流下時応力の復元」
- 0-17☆ 高橋尚志・石井祐次「相模川中流域では最終間氷期以降に河谷の埋積は2回あったか？」
- 0-18★ 根本夏林・横山祐典・Stephen Obrochta・宮入陽介・藤原 治・山本真也・中村淳路・Hubert-Ferrari Aurélia・Heyvaert Vanessa・De Batist Marc・the QuakeRecNankai Team「本栖湖の堆積物に記録された負の北極振動に伴うダスト減少イベント」
- 0-19★ 山田眞嵩・鈴木毅彦「東北日本北部背孤側に分布する鮮新統，上部七座凝灰岩の層序と給源」
- 0-20 奥野 充「¹⁴C ウィグル・マッチング年代研究レビュー：B-Tm, Hr-FP, To-H の例」
- 0-21 前杵英明・宍倉正展・行谷佑一・越後智雄「多良間島における暴浪巨礫の検出」
- 0-22 中西 諒・山田昌樹・成瀬 元・石村大輔・清塚義明・前橋克哉「土砂移動計算を用いた2024年能登半島地震による沿岸津波波形の復元」
- 0-23 池原 研・板木拓也・長橋良隆・里口保文・石澤堯史・金松敏也・Strasser Micheal「日本海溝堆積物に記録された過去の海溝型巨大地震」
- 0-24 荻谷愛彦・中西利典・木村恵樹・山田隆二・木村 誇・村松 武・青島 晃・北川浩之「堰き止め湖沼堆積物の¹⁴C年代から探る大谷崩の発達過程」
- 0-25 福嶋 徹・福嶋 泉・伊藤雅彦「東京都昭島市に分布する下部更新統加住層から産出した田中町フロアの記載と，随伴化石群の普及教育利用」

- 0-26 北村晃寿・山下裕輝・森 英樹「熱海市逢初川源頭部の未崩落の黒色の盛土の採取地点」
- 0-27 葉田野希・川野律歩・吉田孝紀「諏訪盆地における更新世末～完新世の湖水位変動と遺跡分布との関連」
- 0-28 別所秀高「考古遺跡の地層データより得られた大阪府河内平野の完新世相対的海水準変動」
- 0-29 趙 哲済・田村 亨・藤薮勝則・菊井佳弥・福佐美智子・瀬谷今日子・金澤 舞・大木 要・河本光月・藤原啓史・辻 康男「OSL年代・考古遺跡・文献史料に基づく和歌山平野の砂丘列の形成過程」
- 0-30 高原 光・佐々木尚子・林 竜馬・國永知裕「福井県六呂師高原における MIS 3 以降の植生変遷-池ヶ原湿原堆積物の花粉分析」
- 0-31 加三千宣・横山祐典・槻木玲美・土居秀幸・Stephen Tims・齋藤文紀「人類が地球システムを圧倒し始めたのはいつか？人為痕跡層序からの視点」

ポスター発表 (22 件)

- P-01★ 花ヶ崎雄太・戸丸仁「千葉県館山市の完新統沼層から採取したキクメイシ属サンゴ化石骨格中の Sr/Ca 比および酸素・炭素同位体比」
- P-02★ 橋本真由・鈴木毅彦「給源火山からの距離による火山ガラスの気泡幅の変化」
- P-03★ 山根悠輝・高橋直也「ストリームパワーモデルに基づく活断層の活動度推定：坪沼断層の例」
- P-04☆ 寺田龍矢・細矢卓志・西山成哲・小松哲也・内田真緒・小形 学・石原隆仙・川村 淳・中西利典「大井川上流域の環流旧河谷で新たに認められた湖成堆積物と地形の発達」
- P-05☆ 酒井恵祐・中西利典・七山 太・藤木利之・大串健一「北海道，釧路地域における過去 9,500 年間の植生変化」
- P-06★ 諏訪貴一・高橋尚志・遠田晋次・市川玲輝「東北地方，栗駒火山における完新世の水蒸気噴火堆積物の層序と規模」
- P-07★ 前田優樹・堀 和明・田村 亨・石井祐次・清家弘治・中西利典・洪 完「阿武隈川河口部に分布する放棄河道の堆積物とその形成年代」
- P-08☆ 内田真緒・西山成哲・小形 学・小松哲也・塚原柚子・石原隆仙・川村 淳・中西利典・寺田龍矢・細矢卓志「大井川流域の環流旧河谷で掘削したボーリングコアの堆積物の特徴」
- P-09★ 有村悠汰・植村 立・Syed Azharuddin・阿部 理・浅海竜司・Yuan Shufeng・Chin Hahjung・Wang Xianfeng「沖縄県南大東島鍾乳石コアを用いた 49-92 kyr BP における数千年スケールの水文気候変動」
- P-10★ 阪本昂平・坂下 渉・宮入陽介・阿瀬貴博・常岡 廉・宮島利宏・横山祐典「東ア

アジアの Bomb ¹⁴C 分布に対する亜熱帯ジェット気流の影響」

- P-11☆ 林 尚輝・井上 淳「植物珪酸体分析による種子島の約 10 万年前以降の植生変遷の復元」
- P-12 鈴木毅彦・菅澤大樹・川畑美桜子・橋本真由・神馬菜々美「関東平野東端，犬吠層群春日層・小浜層に含まれる前期更新世テフラのカタログ」
- P-13 Rizkysafira Ishendriati・Lia Jurnaliah・Winantris・Stephen Obrochta「Palaeoecological reconstruction of Jatiluhur, Indonesia based on the dominance of selected genera of benthic foraminifera」
- P-14 宇津川徹「総説 土壤環境中の動物珪酸体」
- P-15 河合貴之「中期更新世後半に噴出した曲坂火山灰の対比の再検討に基づく仙台平野，岩出山・築館丘陵及び新庄盆地の古地理に関する二，三の予察」
- P-16 松本建速「日本列島におけるマルタニシの全ゲノム解析からヒトの移住を読む」
- P-17 杉中佑輔・石綿しげ子・野口真利江・遠藤邦彦「相対標高モデル(REM)による埼玉県加須低地周辺の地形の可視化と防災への応用」
- P-18 谷川晃一朗「兵庫県豊岡盆地における完新世後期の古環境と相対的海水準」
- P-19 中沢祐一・隅田まり・Vega Maeso, C.・Carmona-Ballester, E.・Risetto, J.・Berzosa Ordaz, A.・直江康雄・土肥研晶・新家水奈・Schmincke, Hans-Ulrich「カナリア諸島テネリフェ島におけるスペイン植民以前の先住民による黒曜石利用」
- P-20 丹羽雄一・須貝俊彦「東北地方太平洋岸南部・小高低地における完新世の地殻変動傾向」
- P-21 白井正明・宇津川喬子・河尻清和「基質の岩種組成から考える富士ー相模川ラハールの流下の様相（その2）」
- P-22 池原 実「コア試料アーカイブ拠点としての高知大学学術コアリポジトリ」
(☆：若手発表賞エントリー、★：学生発表賞エントリー)

5. シンポジウム「東北の自然災害と第四紀学：最近の研究成果とこれから」

9:30～9:35 趣旨説明 堀 和明（東北大）

9:35～10:05 S-01 小岩直人（弘前大）「地形発達史から考察する東北日本北部における近年の豪雨災害」

10:05～10:35 S-02 佐々木夏来（明治大）「大規模地すべりがもたらす奥羽山脈の多様な自然景観とその維持機構」

10:35～11:05 S-03 菅原大助（東北大）「2011年の東北沖津波に関する地質学的理解とその古地震研究への展開」

11:05～11:15 休憩

11:15～11:45 S-04 丹羽雄一（慶応大）「東北地方太平洋岸における最近数千年～10万年間の地殻変動」

11:45～12:15 S-05 片岡香子(新潟大)「東北地方の活火山における volcanic mass flows :
発生過程・流れの特徴・災害予測」

12:15～12:30 総合討論

6. 企業ブース展示

第四紀学に関連する企業やグループの展示をおこないます。

出展者(企業): ベータ・アナリティック/アイソバー・サイエンス、株式会社パレオ・ラボ、
株式会社阪神コンサルタンツ(8月1日現在)

7. 巡検

1) アウトリーチ巡検「仙台市内の地形散策」(8月29日 8:30～13:30)

案内者: 目代邦康、伊藤晶文(東北学院大)

2) 専門巡検「栗駒山の火山活動と岩手・宮城内陸地震」(9月2日 8:00～18:00)

案内者: 遠田晋次、高橋尚志(東北大)

※すべての巡検は天候等によっては変更・中止・延期の可能性があります。

※参加者には個別に詳細情報をお知らせいたします。

8. 大会に参加する方へ

1) 来場方法

公共交通機関をご利用ください。

地下鉄運行情報 <https://www.kotsu.city.sendai.jp/unkou/index.html>

2) 昼食は各自でご準備ください。学内には食堂やコンビニなどがありますが、近隣に飲食店はございませんので、ご注意ください。食堂は土・日休業です。

3) 懇親会(8月31日 18:00～20:00)

青葉山北キャンパス北青葉山厚生会館にて実施します。当日の参加申込も可能ですが、できる限り事前予約(大会専用サイトにて、8月23日17時まで申込可)をお願いいたします。料金は6,000円となります。多くの方のご参加をお待ちしております。

9. 大会実行委員会および行事委員会

大会実行委員長: 堀 和明(東北大)

実行委員: 浅海竜司、石澤堯史、井龍康文、高橋尚志、遠田晋次、山田 努(東北大)、伊藤晶文、目代邦康(東北学院大)、西城 潔(宮城教育大)

行事委員会: 池原 実(高知大・行事委員長)、木村英人(株式会社ソイルシステム)、久保純子(早稲田大)、中塚 武(名古屋大)、西澤文勝(神奈川県立生命の星・地球博物館)

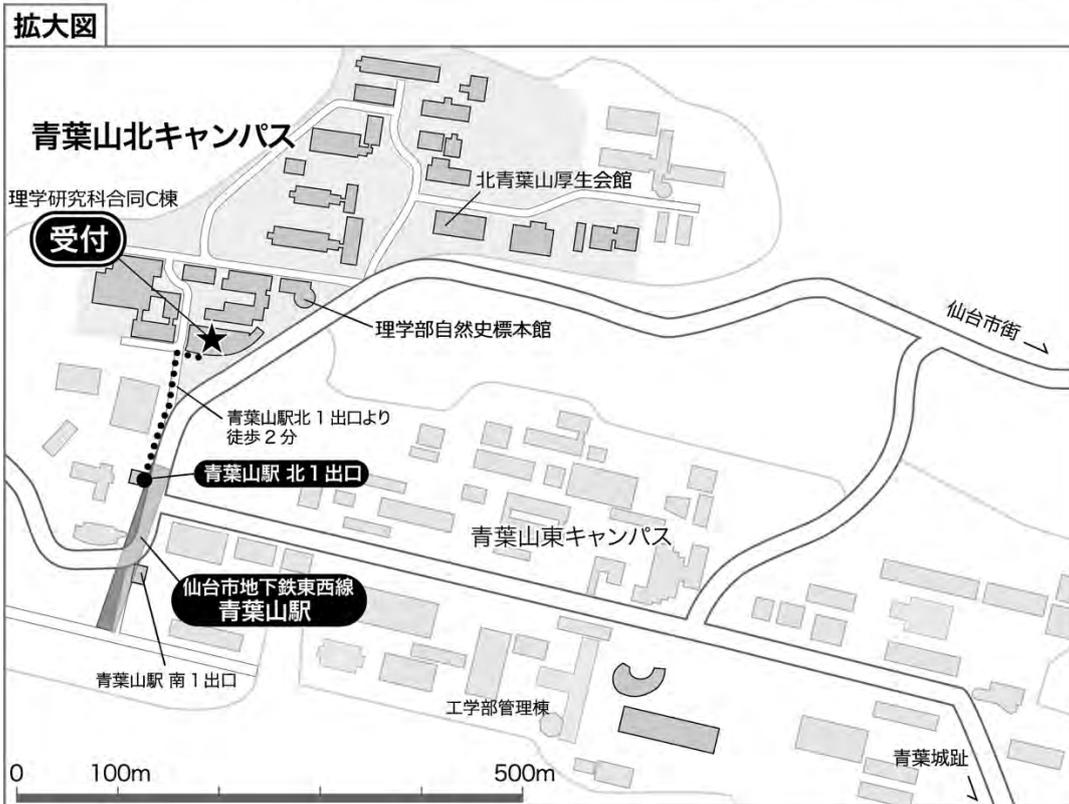
連絡先：2024年大会実行委員会事務局

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3 東北大学理学研究科 堀 和明

Tel：022-795-6647

メール：kazuaki.hori.b6 (at) tohoku.ac.jp ((at) を @に変える)

会場案内図





一般研究発表

口頭発表

(31 件)

0-01~0-31

カンボジア中部サンボー・プレイ・クック遺跡： 都城環濠堆積物の多角的分析による古環境復元の予察的研究

藤木利之（岡理大）・下田一太（筑波大）・山田和芳（早大）

中西利典（ふじみュー）・鹿島 薫（中正大）森 勇一（東海シ自大）

Toshiyuki FUJIKI, Ichita SHIMODA, Kazuyoshi YANADA, Toshimichi NAKANISHI, Kaoru Kashima, Yuichi MORI: A preliminary study on paleoenvironmental reconstruction based on multifaceted analysis of the moat deposits of the Sambor Prei Kuk site, central Cambodia

1. はじめに

サンボー・プレイ・クックはカンボジア中部のコンポン・トム州に位置するヒンドゥー教の寺院群と都市の痕跡を有する遺跡群である。本遺跡群はブレアンコール時代（7～9世紀）にさかのぼり、イーシャーナヴァルマン1世（在位616～638年）により構築されたイーシャーナプラとして知られる王都に比定されている。7世紀初頭には煉瓦造のヒンドゥー教寺院が多数建立され、最盛期を迎えたと考えられている。遺跡群の中心部分は、南流するオー・クル・ケーという小河川によって寺院地区と都城地区より構成され、寺院が集中する東側の寺院地区と、その西側には一辺約2kmのほぼ方形平面の都城が築かれ、東辺を除く三方には環濠が巡らされている。この都城内には103基の煉瓦遺構の他、多数の溜池が確認されている。

最盛期後の寺院区内では、10世紀後半～11世紀のものと考えられる寺院建築と彫像への改変が複数認められ、16～17世紀までは宗教施設として断続的に利用されていた痕跡が認められる。また、都城地区内ではアンコール時代（9～14世紀）の土器や陶磁器、ポストアンコール期に相当する17世紀のベトナムや中国の陶磁器が確認されている。

2023年と2024年3月に、この遺跡群の古環境復元を目的として、環濠、溜池、水田、水路の痕跡地において発掘調査および堆積物採取を行い、堆積土の層序確認および採取を行った。現在、堆積土の粒度分析、化学分析、花粉分析、珪藻分析、昆虫分析、炭化物の年代測定を行っている。今回は、トレンチJ1・2の花粉分析・木炭片分析とJ3の珪藻分析・昆虫分析の結果について報告を行う。

2. 調査地点および試料

サンボー・プレイ・クックはコンポン・トムの州都から北へ30km離れたセン川中流域の氾濫原に近い西岸のやや高い沖積平野に位置している。遺跡群周辺は水田が広がっており、それよりも標高が高くなると、落葉広葉林、半常緑林、常緑林がみられる (Venkatappa *et al.*, 2019)。

トレンチJ1・3は都城環濠の西辺、北西角の付近、J2は北辺の北西角付近に位置し、環濠内においていずれも深さ約120～100cmまで掘削した。各トレンチともに、地山、初期の環濠底堆積層、環濠土手の盛土の流れ込み層、環濠の堆積層と思

われる層が確認された。

J1・2トレンチの壁面からは深度方向に10cm間隔で花粉分析・木炭片分析・化学分析・粒度分析用の試料を採取し、J3トレンチからは、上記分析用のほか珪藻分析・昆虫分析用の試料を採取した。また、各層から放射性炭素年代測定用の炭化物を採取した。

3. 結果と考察

年代測定の結果、トレンチJ1・2ともにサンボー・プレイ・クック遺跡が構築された後の堆積年代を示したものと考えられた。トレンチJ3の年代は現在測定依頼中である。

トレンチJ3の珪藻分析では、*Eunotia* や *Pinnularia* が優占し、水深が浅く流れのない泥炭地であったと推定され、昆虫分析では、かなり壊れた糞虫のマグソコガネが多数検出され、乾期には現在のように水が干上がり、雨期には人糞や獣糞が流れ込むような汚染環境が推定された。

トレンチJ1・J2の花粉分析・木炭片分析では、遺跡の最盛期と思われる層で木本類花粉の減少と草本花粉と木炭片の増加が確認され、都城周辺での人的活動が活性化していたことが推察された。最盛期後は、二次植生の植物花粉が増加し、植生が若干回復し、木炭片も12～17世紀に減少しており、ここが地方の一都市となって以降の人的活動は低下したものと解釈することができた。18世紀以降木炭片は再び増加し、熱帯・亜熱帯の二次林要素のウラジロエノキや畑作雑草のアカザ科花粉も増加した。さらに地表付近の土層ではウルシ科花粉の増加も確認され、近年の森林伐採や、遺跡群周辺で盛んとなっているカシューナッツの栽培拡張を反映していると考えられた。

イネ科花粉の粒径は栽培種と野生種の判定に有効であると考えられるが、トレンチJ1とJ2では、土層深度に対する粒径の変化が大きく異なる結果となり、今後の検討課題としたい。

引用文献: Venkatappa *et al.* (2019) *Remote sensing*, 11, 1514-1544.

都城アンコール・トム内の水路と溜池の堆積物による古環境復元の可能性

下田一太（筑波大学）・庄田慎矢・ラムソピアック・山藤正敏・笠原朋与・佐藤由似（奈良文化財研究所）・山田和芳（早稲田大学）・鹿島薫（国立中正大学）・藤木利之（岡山理科大学）・中西利典（ふじのくに地球環境史ミュージアム）

Ichita SHIMODA, Shinya SHODA, Sopheak LAM, Masatoshi YAMAFUJI, Tomoyo KASAHARA, Kazuyoshi YAMADA, Kaoru, KASHIMA, Toshiyuki FUJIKI, Toshimichi NAKANISHI: Possibility of Paleoenvironmental Study by Sediments of Channel and Reservoir in the Khmer City, Angkor Thom

1. はじめに

アンコール遺跡群の中央には、12世紀末に時の治世者ジャヤヴァルマン7世によって再整備されたアンコール・トムが位置する。約3km四方の周壁と環濠に囲繞されたこの都市の内部には、多数の溜池状の凹地（以下溜池とする）と不規則な格子状の線状痕跡が確認されている。溜池と線状痕跡の機能、築造から廃棄までの年代推定、そして堆積土試料をもとにした古環境復元や土地利用の変遷解明を目的に、2024年3月にアンコール・トムの中央から約800m西南西に位置する西トップ寺院近傍の溜池と線状痕跡で考古学的発掘調査を行った。

2. アンコール・トム内の地形と水管理遺構

アンコール・トムは、北東から南西へと緩やかな傾斜を有し、約4mの高低差（勾配1/1000）がある。都市内部の線状痕跡は方形都市の方位と合わせて、東西あるいは南北方向に直線的に走り、都市内の地割を形成すると共に、移動手段や水管理の道路あるいは水路であったと考えられる。北東隅において環濠から取りこまれた水は、これらの線状痕跡となる水路によって都市内部を広く流水し、最終的に南西隅から排出されたものと考えられる。現地形として確認される線状痕跡は、突状地形と凹状地形とが混在し、その幅も5~15mと一定ではないが、おそらく築造当初は水路であったものが、後世に部分的に盛土される等して改変されたものと考えられる。過去に2筋の線状痕跡を横断するように発掘調査が実施されており、当初は水路もしくは道路の側溝として構築され、その後4期にわたる改変の過程があったものと推定されている（Gaucher 2004）。

溜池は都市内に2000以上が分布している。東西に長い矩形平面のものが多く、長軸方向に20~40m、短軸方向には20m程度のものが一般的である。現地形では溜池の深さは1~2m程のものが多く、深くても3.5m程度である。溜池は不規則に分布しているが、線状痕跡と重なって掘削されているものは少ない。

3. 調査対象の遺構

アンコール時代の半ばから後期にかけて段階的な改変が加えられたと考えられている西トップ寺院の南東に位置する溜池と、この寺院の東側前方を南北に走る線状痕跡を横断するように、東西長さ34m、南北幅1mのトレンチ発掘調査を行った。溜池は、東西23m、南北48m、深さ1.8m程

の規模である。西トップ寺院に近接しているために寺院に付属する宗教的な機能を有する施設であったか、寺院周辺の住民の生活用水として利用する溜池であった可能性が推定される。線状痕跡は、15m幅であり、都市内部でも最も幅広で明確な痕跡として残されたものである。凹状の痕跡だが、現地形では周囲との比高は50cm程度である。

4. 検出遺構と堆積状況

4.1 溜池

溜池底には護岸となる石造の構造体は認められなかった。約1.3m厚の堆積土が確認されたが、地山と堆積土の明確な土層境界を判別することは困難であり、おそらく周囲の土の流れ込みと浚渫を繰り返した結果と考えられる。現代の堆積層である上層35cmでは水成堆積と考えられる薄い土層の重なりが認められた。堆積土はこの表土層も含めて計4層に大別された。いずれも細粒の砂質層であり、有機物を含む黒色土や粘性土は皆無であったため、古環境復元に有用な珪藻や花粉等の残留物は乏しいものと推定された。

4.2 線状痕跡

現地形の窪地底では、地山に至る約1.9mの堆積土が確認された。また、地山は東西幅9mで約1.3m掘り込まれており、これがかつての水路遺構面であった可能性がある。この水路底には水路ほぼ中央に幅約1.4m、深さ約50cmのさらに狭い掘り込みと、その東側にも幅約2.6m、深さ約70cmの掘り込みの痕跡が認められ、後世の浚渫等の改変の経緯が推測された。10層に大別され、環境変化を伴う堆積過程が推測されるが、溜池と同様に大半は砂質土であり、有機物をほとんど含んでいない土層であった。上述の水路底を掘り込んだ2筋には黒色土の堆積が確認され、ここからは珪藻が検出されており、堆積状況の推定が期待される。

5. 今後の展望

溜池と線状痕跡のいずれからも、多数の土器片、輸入陶磁器、鉄滓が出土していることから、これらの分析によって堆積年代や周辺の土地利用についての推定が期待される。今回の予察的調査を踏まえて、古環境復元の可能性を追求する他、都城内の水管理構造や水路を利用した交通インフラ、溜池を利用した微高地上に推測される居住地の考察を目的に調査を展開する予定である。

引用文献: Gaucher Jacques. Angkor Thom, une utopie réalisée? Structuration de l'espace et modèle indien d'urbanisme dans le Cambodge ancien. In: Arts asiatiques, tome 59, 2004. pp. 58-86.

珪藻群集を用いた台南市鹽水(Yanshui) 溪における環境モニタリング

鹿島薫 (島根大/国立中正大), 福本侑 (島根大), 劉厚均 (国立成功大), 汪良奇 (国立中正大)
 Kaoru KASHIMA, Yu FUKUMOTO, Hou Chun LIW, Liang Chi WANG: Environmental Monitoring at Tanshui River, Tainan City, Taiwan, presumed by Diatom Assemblages

1. はじめに

台南市は歴史時代から台湾南西部の中核都市であるが、その北側には広大な潟湖・塩性湿地が分布していた。ここは近年開発が急速に進み、TSMC および関連会社の工業団地建設・勤務者たちのための住宅造成がなされている。これに伴い、水資源の枯渇と深刻な水環境汚染が進行しており、迅速な環境評価と持続的な発展のための将来施策提言が求められている。

本研究調査地域である鹽水(Yanshui) 溪水域は、台南市市街地北方に位置しているが、その名称が示す通り、鹽水(塩水) 河川であり、内陸まで塩水遡上が見られる河川であった。しかし、用水確保のために塩水を止める堰が建設されたこと、内陸流域が工業地として急速に開発が進んだことから、堰より上流で深刻な水環境汚染が生じていることが報告されている(台湾省環境部水質保護網:

<https://water.moenv.gov.tw/Public/CHT/River/yanshui.aspx>).

そこで、国立中正大学、国立成功大学と共同で、同位体化学・地球化学および生物科学による環境評価結果をを統合し、さらに河川に隣接した堆積相を研究対象に加えることにより、現在および現在につながる過去からの長期にわたる環境評価を実施している。本講演では、珪藻群集を用いた環境評価について報告を行う。

2. 珪藻を用いた環境評価方法

珪藻群集の採取は、2024年4月12日に実施した。同時に水質測定、重金属分析などの試料も採取した。

採取した珪藻群集は、62 種群に分類された。そして、その特徴から、河川汚染指標として、DAIPO (渡辺ほか 2005) を、塩水遡上の指標として塩性種の百分比を測定した。DAIPO の定義は以下のとおりである。

DAIPO

Diatom Assemblage Index to organic water pollution

好汚濁性種

不定性種(応適性種)

好清水性種

DAIPO was defined as follows;

$$DAIPO = 50 + ((\text{Frequency (\%)} \text{ of 好清水性種}) - (\text{Frequency (\%)} \text{ of 好汚濁性種})) \times 0.5$$



Watanabe et al. (2005)

図 1 DAIPO (珪藻群集を用いた汚濁指数)

3. 調査結果

DAIPO は塩水防護堰の内陸側で低下しており、深刻な汚染が進行していることが推定された。塩性種は河口から内陸に向けて減少し、堰より上流側ではほぼゼロとなる。これらの結果は水質測定などの結果と整合的であった。

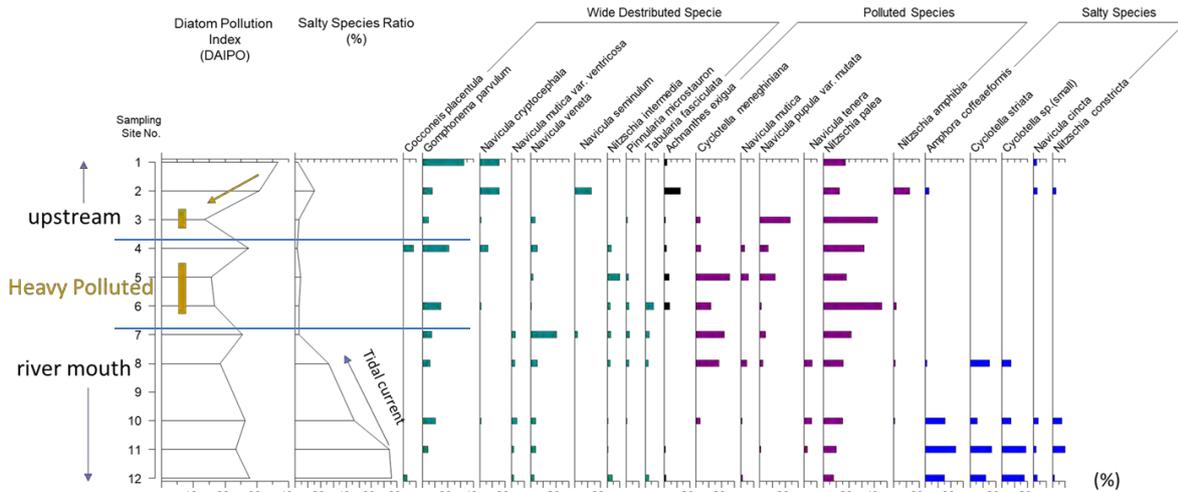


Fig.2: The Ratios of Diatom Pollution Index (DAIPO), Salty Species Ratio and the diatom taxa whose

図 2 鹽水(Yanshui) 溪における珪藻群集変動と DAIPO (珪藻汚濁指数) と塩性種割合の変動 (2024年4月12日採取)

12 千年前から比較的安定した黒潮：航海 KS-22-4 の初期結果

オブラクタ スティーブン・島山義矢・尾田宗一郎（秋田大）・久保田好美（科博）・佐川拓也（金沢大）・高柳栄子（東北大）・横山祐典・宮入陽介（東大）

Taro TANAKA, Hanako KIMURA: A relatively stable Kuroshio since 12 ka: Initial results of Cruise KS-22-4

1. はじめに

The Kuroshio, a western boundary current in the North Pacific, is crucial in transporting heat and materials poleward. Its variability interacts with the global climate system and affects local and regional climates. However, long-term Kuroshio variability remains poorly understood, especially during the last glacial time.

2. 調査地域

To investigate the past Kuroshio variability based on the geological record, during cruise KS-22-4 of the Shinsei Maru, five piston cores were recovered from the eastern and western edges of the northern Okinawa Trough. The sites are located along depth transects with the goal of obtaining information from similar paleowater depths on each side of the trough. Quantitative bottom water temperature records will then allow us to reconstruct the isothermal gradients through time to assess how the strength of the current has varied in the past.

3. 結果と考察

Extensive radiocarbon dating has been performed on four of the five sites using shell material sampled during core description and the planktic foraminifer *Neogloboquadrina dutertrei* picked from the top of every core section and the bottom of each core. Results indicate that the recovered cores range in age from modern to ~50 ka. Sediment accumulation rates tend to decrease during deglaciation on both sides of the trough, perhaps due to a decrease in sediment supply associated with rising sea level and reflooding of the Taiwan Strait. Planktic foraminifer oxygen isotope ratios obtained from the deepest site (~900 mbsl; PC02) on the western edge of the trough records millennial-scale events during the last glaciation and deglaciation. Bottom water temperature on the eastern edge of the trough at a relatively shallow site (~300 mbsl; PC03) was stable during the past 12 ka, with little increase during the Holocene. We

estimate that this site experience ~60 m sea level rise. Based on World Ocean Atlas data for the site, an increase in depth of 60 m corresponds roughly to a 2°C temperature decrease. Thus, Holocene warming was likely offset by rising sea level. The results further suggest that the vertical temperature gradient and thus the temperature structure was similar at 12 ka to the late Holocene, probably related to the existence of the Kuroshio main axis since 12 ka.

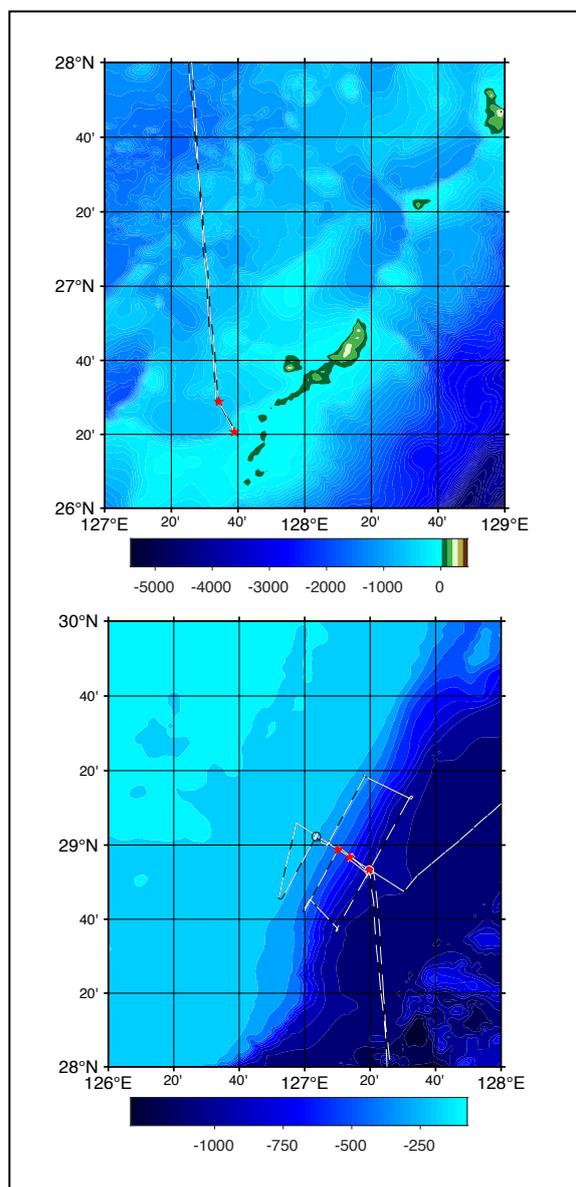


図.1 調査地域

鍾乳石の流体包有物分析による完新世中期の沖縄の数十年スケールの気候変動 ：大規模火山噴火との関係

植村 立 (名古屋大)・Syed Azharuddin(名古屋大)・大嶺佳菜子 (琉球大)・眞坂昂佑 (琉球大)・浅海竜司(東北大)・Mahjoor Ahmad Lone(台湾大)・Yu-Chen Chou(台湾大)・Chuan-Chou Shen(台湾大)
Ryu UEMURA, Syed AZHARUDDIN, Kanako OMINE, Kosuke MASAKA, Ryuji ASAMI, Mahjoor Ahmad LONE, Yu-Chen CHOU, Chuan-Chou SHEN: Multidecadal hydroclimate responses to volcanic forcing during the Mid-Holocene in Okinawa evidenced by fluid inclusions in a speleothem

1. はじめに

現在の亜熱帯北西太平洋地域における気候は ENSO, PDO, AMO 等のモードで特徴づけられる。なかでも AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation) は、大西洋における表面海水温の数十年規模振動であり、西部太平洋とのテレコネクション (Sun et al., 2017) がある点で重要である。近年の気象学的な解析によると、AMO は海洋循環による内部振動よりも火山噴火による外部強制力の影響が大きいことが指摘されている。この点で、周期性を示唆する「振動」なのか？という議論があり、AMO ではなく、「変動」を強調した AMV (Atlantic Multidecadal Variability) という用語も使用されている (Mann et al., 2021)。また、古気候プロキシの解析では、50-70 年程度の数十年スケール変動が過去 8 千年間にわたって持続的に存在していたことが示され、海洋循環に起因する内部振動が持続していたことが示唆されている (Knudsen et al., 2011)。しかし、完新世において気候の外部強制力が数十年スケールの気候変動に及ぼした影響については不明な点が多い。本研究では、亜熱帯北西太平洋地域における外部強制力に対する気候応答を明らかにするために、沖縄の鍾乳石を用いた古気候解析を実施した。

2. 試料と手法

試料は沖縄県南大東島の星野洞で採取した石筍 (HSN1, 246mm) を用いた。流体包有物の同位体は、試料を真空化で破碎して内部の水を気化し、酸素・水素同位体比 ($\delta^{18}O_{fi}$, δD_{fi}) を測定した (Uemura et al., 2016)。鍾乳石の $CaCO_3$ の酸素同位体比 ($\delta^{18}O_{ca}$) は、Gas bench-IRMS で測定した。 $\delta^{18}O_{fi}$ は石筍との酸素同位体交換の影響が少ないことが実験的に示されており、過去の降水同位体比そのものであると考えられる (Uemura et al., 2020)。 $\delta^{18}O_{fi}$ と $\delta^{18}O_{ca}$ のデータから、同位体分別係数を計算することで、気温を定量的に計算した。

3. 結果と考察

U-Th 年代測定の結果、HSN1 は完新世中期にあたる 7.3-6.4 kyr BP に成長していることがわかった。成長速度は一定で、かつ速いことから (175 $\mu m/yr$)、高時間分解能の気候復元が可能である。北極・南極アイスコアの火山噴火シグナルを

コンパイルしたデータ (Sigl et al., 2022) と比較したところ、この HSN1 石筍の成長時期は完新世で噴火活動が最も活発な時期と重なっていた。7.3-6.4 kyr BP においては、大規模噴火 (及びクラスター) が計 5 回あり、アイスコアから推定された成層圏への硫酸エアロゾル注入量 (VSSI) は西暦 1815 年のタンボラ噴火の 2 倍以上と推定された。なかでも 7.18 kyr BP の VSSI は完新世最大であり、タンボラ噴火の 7 倍に達していた。鬼界カルデラの噴火 (K-Ah) は、完新世最大級の噴火規模 (Shimizu et al., 2024) であり、その噴火年代は 7303-7165 yr BP (Smith et al., 2013) であることから、アイスコアの 7.18 kyr BP の噴火シグナルに対応している可能性が高い。

HSN1 石筍流体包有物の同位体比から復元した気温変動は AMO と類似する 66 年周期があった。平均的には、この数十年スケールの気温変動は、大規模噴火と同調しており、主要な噴火イベントの後に気温は低下し、40-45 年程度で極小を示し、その後 70-90 年後に通常レベルに回復するパターンを示した。なかでも、7.18 kyr BP の鬼界カルデラと推定される大規模噴火後の数十年スケール変動は最大であり、50 年後の 7.13 kyr BP において気温が約 3°C 低下した。降水の同位体比 ($\delta^{18}O_{fi}$) は 7.13 kyr BP においては低い値を示し、降水量が多かったことを示唆している。

このような噴火を契機とした数十年スケールの変動は、火山性エアロゾルの大気中寿命を超えており、大気海洋相互作用を介して少なくとも半球スケールで気候変動が起こったことを示唆している。実際に、石筍から復元した気温は、グリーンランドの気温変動と統計的に有意な相関があった。これらの結果は、現代気候と同様に AMO を介して北大西洋と西部太平洋地域との間にテレコネクションが存在したことを示唆している。

引用文献：

Sun et al. (2017) *Nat Commun* 8. Mann et al. (2021) *Science*, 371, 1014-1019. Knudsen et al. (2011) *Nat. Commun.* 2, 178. Uemura et al., (2016) *Geochim Cosmochim Acta* 172, 159-176. Uemura et al. (2020) *Glim. Past*, 16, 17-27. Sigl et al (2022). *Earth Syst Sci Data* 14, 3167-3196. Shimizu et al. (2024) *J. of Volcano. and Geoth. Res.* 448, 108017. Smith et al. (2013) *Quat Sci Rev* 67, 121-137.

千葉県中北部，八街 B-1 コアにおける下総層群藪層の指標テフラ Yb1 と Kkt

中里裕臣（産総研）

Hiroomi NAKAZATO : Marker tephra Yb1 and Kkt of the Yabu Formation, Shimosa Group from the Yachimata B-1 borehole core, north-central part of Chiba Prefecture, Japan

1. はじめに

千葉県中北部の八街市は下総台地の下総上位面上に位置し、地形面構成層として下総層群木下層が分布する。木下層より下位の累層については八街市が東京湾側と太平洋側の分水界にあたることから台地と低地の比高が小さく、露頭調査では詳細は不明だった。一方、八街を含む千葉県北西部地域ではオールコアボーリングの詳細解析と指標テフラの検出により下総層群の累層区分が明らかにされてきた（納谷ほか，2018 など）。

本発表では八街市役所において掘削された180m のボーリングコアから検出された下総層群藪層下部の指標テフラ Yb1（徳橋・遠藤，1984）と MIS10-9 の広域テフラである Kkt（町田・新井，2003）が混合したテフラを報告し、千葉県北西部における藪層の分布について検討する。

2. 八街 B-1 コアの概要

八街では関東農政局によって地盤沈下調査を目的として八街市役所地点（35.6667° N, 140.3188° E）に B-1（掘進長 180m, 孔口標高 44.52m）とその南南西 6.5km に B-2（掘進長 220m, 孔口標高 43.42m）の地質ボーリングが実施された（関東農政局，1984）。八街 B-1 コアは、深度 3.72m までが関東ローム、深度 4.78m までが凝灰質粘土層で、深度 79~87m の泥層を境に上位は薄い泥層や礫層を挟み岩相変化に富む細粒~中粒砂層を主体とする地層である。深度 87m 以深は深度 105~106m に砂礫層を挟む以外は岩相変化の乏しい細粒砂を主体とする地層からなり、深度 170m 以深はシルトに移行する。関東農政局（1984）は B-2 について層序を検討し、深度 83~92m の泥層と泉谷層（青木，1967）との対比を示した。徳橋・遠藤（1984）の層序ではこの泥層基底が下総層群最下部の地蔵堂層基底に相当する。この対比によれば、八街 B-1 コアでもほぼ同標高にある深度 79~87m の泥層が下総層群基底となり、これより下位が上総層群に相当する。

3. Yb1+Kkt テフラ

八街 B-1 コアでは深度 48~49m に B-2 では認められない泥炭質泥層があり、その上位の砂層中の深度 47.25~47.28m に灰白色のガラス質細粒テフラが認められた。このテフラの記載岩石学的特徴は以下のとおりである。

重鉱物組成 $ho > bi > opx$

火山ガラスの形態 平板型 > 中間型 > 多孔型

屈折率 $ho \quad n_2 = 1.669 - 1.677, 1.679 - 1.702$

平板型ガラス $n = 1.501 - 1.502$

中間・多孔型ガラス $n = 1.496 - 1.499$

EDX による火山ガラスの主成分組成は表 1 のように 2 クラスタに分かれた。平板型ガラスは白濁しており、屈折率特性とややアルカリに富む主成分は MIS10~9 の広域テフラ Kkt に類似する。また、高屈折率の角閃石と黒雲母に富み、火山ガラスの屈折率が 1.500 よりも低くアルカリに富む特徴は APms（鈴木・早川，1990）のそれに類似し、下総層群の指標テフラでは J4 と Yb1 が対比候補となる。ここで、本テフラは Kkt を伴うことから Yb1 に対比することができる。Yb1 と Kkt の混合は、千葉県松戸市の GS-MD-1 コア（納谷ほか，2017）及び東京都江東区の GS-AA-1 コア（納谷ほか，2019）でも報告されており、本コアでは深度 49m の泥炭質泥層基底が藪層基底に対比される。

4. おわりに

八街 B-1 コアにおける Yb1+Kkt テフラの検出により、千葉県中北部における藪層の基底深度が明らかになった。この情報は、藪層基底が露頭で確認できる市原市瀬又及び横芝光町新屋敷（中里・佐藤，2016）とボーリングで把握されている成田地域（中里ほか，2004；中澤ほか，2015）及び松戸一船橋地域（納谷ほか，2017;2018）間を補間し、八街周辺の藪層基底面が北東—南西走向、北西傾斜の平面的な分布であることを示す。八街 B-1 コアでは今のところ本テフラ以外に層序区分に有効なテフラが検出できていないが、今後、周辺の基準コアボーリング及び既存ボーリング資料との比較により下総層群各累層の分布を明らかにすることが課題である。なお、農林水産省関東農政局にはコア観察の機会をいただいた。ここに記して謝意を表します。

引用文献：青木（1967）地質雑，73, 1-6. 関東農政局（1984）地盤沈下調査印旛沼周辺地区調査報告書，435p. 町田・新井（2003）新編火山灰アトラス，336p. 中里ほか（2004）第四紀学会講演要旨集，34, 59-60. 中里・佐藤（2016）地質調査総合センター速報，71, 55-78. 中澤ほか（2015）地質調査総合センター速報，68, 39-51. 納谷ほか（2017）地質調査総合センター速報，74, 39-46. 納谷ほか（2018）都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」. 納谷ほか（2019）地質調査総合センター速報，79, 107-117. 鈴木・早川（1990）第四紀研究，29-105-120. 徳橋・遠藤（1984）姉崎地域の地質，136p.

表 1 火山ガラスの主成分化学組成

深度(m)	上段：平均wt%，下段：標準偏差										
ガラスタイプ	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	対比
47.25-47.28	77.90	0.14	12.01	0.86	0.07	0.08	0.88	2.69	5.35	100.00	Yb1
中間・多孔	0.21	0.07	0.08	0.08	0.06	0.03	0.08	0.15	0.24		n=16
47.25-47.28	76.68	0.28	12.59	1.25	0.05	0.12	0.99	3.50	4.54	100.00	Kkt
平板	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		n=4

多摩丘陵上総層群に記録された氷期・間氷期サイクルと海洋酸素同位体ステージ 前期更新世テフラに基づく検討

鈴木毅彦（東京都立大）・正田浩司（大東文化大）・
橋本真由・川畑美桜子・神馬菜々美・菅澤大樹（東京都立大）

Takehiko SUZUKI, Koji SHODA, Mayu HASHIMOTO, Mioko KAWABATA, Nanami JIMBA,
Daiki SUGASAWA: Tephrochronological examination of the relation between marine isotope stages and glacial
cycles recorded in the Kazusa Group in the Tama Hills, Kanto, NE Japan

1. はじめに

関東平野西部の多摩丘陵の上総層群は、陸成～浅海成のサイクリックな堆積物からなり、堆積環境の変化は氷河性海面変動に起因する（高野, 1994）。堆積物は下位から寺田層、大矢部層、平山層、小山田層、連光寺層、稲城層、出店層の7累層からなる。しかし各累層と海洋酸素同位体ステージ（以下、MIS）の関係は不明であり、正確な年代は得られていない。両者の関係が分かれば、前期更新世における氷期・間氷期の規模や、各累層堆積時の関東平野西部における地形発達史・地殻変動の復元の手がかりとなる。本研究ではテフラを用いてこれら累層とMISの関係を議論する。

2. 上大船テフラ

大矢部層中部層に含まれる上大船テフラは、飛驒山脈を起源とするNyg, すなわち前期更新世の広域テフラHo-Kd39（町田・新井, 2003; Satoguchi & Nagahashi, 2012）との対比案が示されていた（高野, 2002）。しかし上大船テフラの火山ガラスの特性と模式地房総半島のKd39のそれとの比較は未完であった。今回、上大船テフラと関東各地のHo-Kd39について火山ガラスの主成分化学組成と火山ガラス・直方輝石の屈折率を系統的に測定した。上大船テフラは、上部・下部ともに火山ガラスの主成分化学組成（平均値）が、SiO₂: 約76 wt%, Al₂O₃: 12.6-12.7 wt%, FeO: 約1.3 wt%, CaO: 1.1 wt%, Na₂O: 3.0 wt%, K₂O: 4.7-4.8 wt%を示し、屈折率nは1.500-1.502である。直方輝石の最大屈折率γは上部・下部あわせて1.708-1.717の範囲にある。こうした特徴は関東各地のHo-Kd39と共通であり、これらは対比可能である。

3. 鎌水テフラ

平山層下部の鎌水テフラは模式地八王子市鎌水付近と多摩川河床でのみ確認されていた。今回、武蔵野台地から多摩丘陵中部の4地点（府中、稲城、町田、南町田）地下のボーリングコア試料から鎌水テフラを検出した。その層位はOb3-Kd31Bの上位で、SYG-Kd29の下位である。対比根拠は、火山ガラスの主成分化学組成（平均値でSiO₂: 75.7-76.6 wt%, Al₂O₃: 13.4-14.0 wt%, FeO: 1.3-1.5 wt%, CaO: 2.0-2.2 wt%, Na₂O: 2.0-2.1 wt%, K₂O: 3.8-4.0 wt%）と屈折率（n=1.503-1.509）、さらにそれに加えてホルンブレンドと直方輝石

の屈折率（それぞれn₂=1.666-1.676, γ=1.703-1.707, いずれも模式地での測定値）である。

4. 多摩丘陵上総層群とMISの関係

上記のテフラ認定とその他テフラに基づき、各累層とMISの関係を考察すると以下の様になる。

大矢部層中部層に含まれる上大船テフラは三浦半島北部のYH02（Ho-Kd39）に相当し、その層位はMIS63ピーク以降（楠ほか, 2014）である。また上大船テフラの上位にあるNOT-12（Ebs-Fkd, Kd38）はMIS61ピーク以前とされている（野崎・宇都宮, 2023）。一方、上大船テフラは大矢部層下部の礫層から泥層に移りかわる付近、すなわち低海面期から高海面期への移行期に堆積したと解釈できる。したがってその降下のタイミングはMIS62ピーク後でMIS61ピーク以前と考えられる。

平山層中部の泥層中にある鎌水テフラは、Ob3-Kd31BとSYG-Kd29に挟まれる。一方、両テフラそれぞれの噴出年代は、1.664 Ma（MIS59～MIS58）、1.634 Ma（MIS57ピーク付近）と推定されている（鈴木ほか, 2023）。鎌水テフラは平山層中部の泥層中にあることから海面上昇期の堆積と考えれば、同層準はMIS58からMIS57への移行期と考えられる。

小山田層下部層に含まれる堀之内第2テフラは飛驒山脈を起源とするOmn（町田・新井, 2003）に対比されている。本テフラは三浦半島北部において、1.573 Maの年代値が提示され、MIS54ピーク頃に降下したとされている（楠ほか, 2014; Nozaki et al., 2014; Kusu et al., 2016）。このことから小山田層に示される低海面期、海面上昇期、高海面期の過程は、MIS54からMIS53であることが示唆される。

以上をまとめると、大矢部層がMIS62-59、平山層がMIS58-55、小山田層がMIS54-53にそれぞれ堆積したと考えられる。

引用文献: 楠ほか(2014)地質雑, 120, 53-70. Kusu et al. (2016) *Prog. Earth Planet. Sci.*, 3, 26. 町田・新井(2003)火山灰アトラス, 東大出版会. Nozaki et al. (2014) *Isl. Arc*, 23, 157-179. 野崎・宇都宮(2023)地質雑, 128, 313-333. Satoguchi & Nagahashi (2012) *Isl. Arc*, 21, 149-169. 鈴木ほか(2023)地学雑誌, 132, 483-503. 高野(1994)地質雑, 100, 675-691. 高野(2002)第四紀学会講演要旨集, 32, 114-115.

High-resolution of $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ and $\delta^{15}\text{N}_{\text{tot}}$ signals provide equatorial climatic markers and vegetational changes archived by peat deposit from Kapuas Wetland, Indonesia.

Aulia A. PATRIA (秋田 大学)・Stephen OBROCHTA (秋田 大学)・Yosuke MIYAIRI (東京大学)・Toshihiro MIYAJIMA (東京大学)・Yusuke YOKOYAMA (東京大学)

1. はじめに

Peat deposits are highly sensitive to environmental changes and well-suited for palaeobotanical investigations (Wüst et al., 2007; Page et al., 2011). The increasing temperature, decreasing precipitation and seasonal variability can lead to fluctuating water table, enhancing organic matter breakdown in tropical peatland (Cobb et al., 2017; Warren et al., 2017). Here we report the equatorial climatic variability signals using coupled stable isotope $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ and $\delta^{15}\text{N}_{\text{tot}}$, microcharcoal distribution, C/N, and biological proxy archived by peat deposit from Kapuas Wetland, Indonesia.

2. 手法

Sub-sampling was done by taking a continuous 2 cm bulk samples from the core. The sub-samples were then acid treated using 1N HCl for microcharcoal and stable isotope analysis. The samples were gently washed through sieves with mesh sizes of 125 and 250 μm to collect particles into 125–250 μm (micro-charcoal) and dried in an oven at 60°C (Stevenson and Haberle, 2005; Yamamoto et al., 2021). A ~ 1.5 mg of finely grounded samples was weighed and prepared for tin capsules. The TC_{org} and TN content (w.t.%) was determined by high temperature combustion using Flash 2000 Organic Elemental Analyzer. The $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ and $\delta^{15}\text{N}_{\text{tot}}$ measurements were determined using Thermo-Finnigan Delta V Advantage isotope ratio mass spectrometer (IRMS) using a continuous-flow (ConFlo-IV) at the University of Tokyo.

To assess the change in past vegetation, pollen and spore analysis were done by processing the subsamples following the standard extraction methods by Faegri and Iversen (1989). The identified pollen from the Kapuas wetlands is grouped based on their ecological preferences. Type and preservation degree of organic matter was determined using organic petrology analysis by identifying particle size, plant part, and maceral affinities.

3. 結果と観察

A high-resolution of $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ and $\delta^{15}\text{N}_{\text{tot}}$ stable isotopes showing a synchronous

pattern with microcharcoal distributions, leaving a clear record of relationship between fire severity and nutrient variability. Measured $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ and $\delta^{15}\text{N}_{\text{tot}}$ of bulk samples vary from -31.04 to -27.20 (-29.79 on average) and -1.30 to 2.12 (0.82 on average), respectively.

A high magnitude of fire severity led to the heavy loss of nitrogen, rising of biomass burning and nutrient deficient, as indicated by a lower $\delta^{15}\text{N}_{\text{tot}}$ and $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ with the high of C/N ratio. This event markedly by the dominance of non-arboreal pollen with low preservation of organic matter, indicating an open vegetation community.

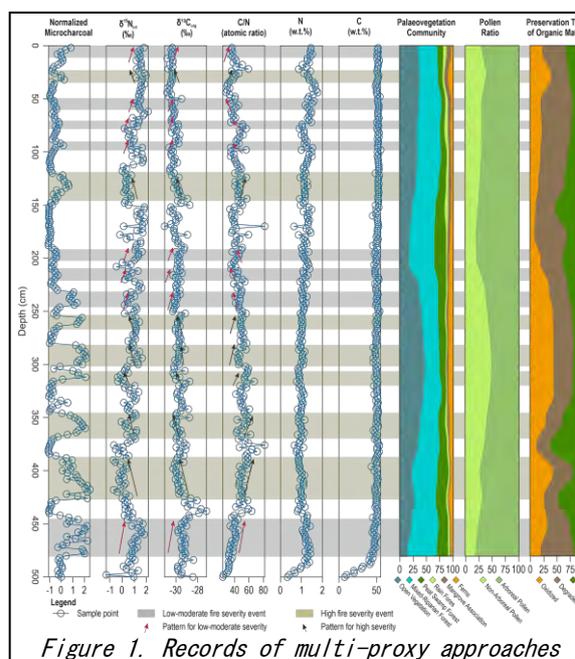


Figure 1. Records of multi-proxy approaches

A low to moderate severity of fire was recorded accompanied by higher $\delta^{15}\text{N}_{\text{tot}}$ and $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ values with a lower C/N ratio, suggests an enrichment on nutrient availability through ash fertilization effect. Thus, allowing higher and more luxuriant plant to grow with sufficient nutrient availability in a mixed-riparian forest system. The isotopic variations, fire severity and vegetation response, likely depict the combined variations in temperature, precipitation and seasonality, remarkably equatorial climatic changes during peat accumulation.

水月湖年縞堆積物から得られた過去 1-2 万年前の花化石 ^{14}C 年代

山田圭太郎 (立命館大)・大森貴之 (東京大)・北場育子 (立命館大)・中川毅 (立命館大)

Radiocarbon Ages of Fossil Pollen Grains from the Varves of Lake Suigetsu Covering the Last 10–20 ka
Keitaro YAMADA, Takayuki OMORI, Ikuko KITABA, Takeshi NAKAGAWA

1. はじめに

放射性炭素年代 (^{14}C 年代) の較正に使用される過去の大気 ^{14}C 濃度変動モデルは IntCal と呼ばれ、様々なデータセットをもとに構築されている。過去 13,910 年間は連続的な年輪データによって構築される一方、それより古い時代は 5 タイプの記録を組み合わせることで構築されている。その中でも福井県水月湖の年縞堆積物から得られる葉化石の ^{14}C データセットは、唯一の直接的かつ連続的な過去 5 万年間の大気 ^{14}C 濃度変動記録として、IntCal13 や IntCal20 において重要な役割を果たしている。しかし、このデータセットの密度や連続性は、葉化石の存在確率に依存するため、データ拡充が困難であった。

そこで本研究では、堆積物中に多く含まれる花粉化石に着目し、その高純度抽出と ^{14}C 年代測定を行った。花粉化石は、葉化石と同様に大気 ^{14}C 濃度を直接的に記録する理想的な試料の一つとして、90 年代ごろからその ^{14}C 年代測定が試みられてきた。しかし、花粉化石を高純度に抽出することは難しく、花粉化石を使った ^{14}C 年代測定は実験段階にとどまっていた。本研究では、セルソーターを使って水月湖の 1~2 万年前の年縞堆積物から花粉化石を高純度抽出するとともに、その ^{14}C 年代測定を行ったので、その結果を報告する。

2. 花粉化石 ^{14}C 年代測定手法

“セルソーター” は、主に生命科学分野で使用される装置で、レーザーを使って対象粒子の蛍光強度や前方散乱強度などを取得し、それに基づいて自動でピッキングを行うことができる。セルソーターの登場は、花粉化石の高純度抽出技術を大きく進展させ、その ^{14}C 年代測定を可能とした (e.g., Tennant et al., 2013; Zimmerman et al., 2019; Yamada et al., 2021)。近年では考古試料 (Pigati et al., 2023) や津波堆積物 (Shimada et al., 2023) の年代決定などに利用されるなど、その活用が広がっている。

本研究では、Yamada et al. (2021) で提案した酸化剤を使用しない物理化学的な前処理とセルソーターによる抽出を組み合わせた手法を用いて、花粉化石の高純度抽出を行った。また、Omori et al. (2023) で提案した手法を用いて抽出した高純度花粉化石の高精度 ^{14}C 年代測定を行った。これらの一連の抽出・測定手法は POLARIS (<http://14c.rits-palaeo.com/>) として有償提供されている。

本研究では、福井県水月湖で掘削されたコアのうち、2006 年と 2012 年にそれぞれ採取された

SG06 コアと SG12 コアを使用し、1~2 万年前に相当する層準から厚さ 2 cm (年代で約 20~30 年相当、湿潤重量で 20~30 g 程度) で連続サンプリングを行った。また、北海道厚真町で採取された植物質泥炭を均質化したのち、ラボスタンダード試料として使用した (Yamada et al., 2021)。

サンプリングした堆積物試料を、物理化学的な前処理ののち、セルソーターに導入し、それぞれの試料から花粉化石約 50 万粒 (100~200 μg 相当) の抽出を行った。

3. 結果と考察

本研究では、水月湖の年縞堆積物試料約 200 試料から高純度花粉化石の抽出および ^{14}C 年代測定を行った。その結果をもとに予察的に考察する。

得られた年代値は、対象期間全体において、葉化石の年代値と非常に良い一致を示し、また、葉化石よりもばらつきの少ない年代値を得ることができた。Adolphi et al. (2018) が指摘するように、水月湖の葉化石の ^{14}C 年代は、特に古い時代において、ばらつきが大きいことが知られている。花粉化石の ^{14}C 年代を利用することで、より強い制約力を持った較正モデルを構築できる可能性がある。

また、予察的ではあるが、17.5 ka 前後にはこれまで水月湖の葉化石 (試料なし) や Hulu 洞の石筍からは分からなかった短期的な ^{14}C 濃度の上昇が認められた。タイミングを考慮すると、H1 イベントに関連した ^{14}C 濃度の上昇を検出している可能性がある。Bronk Ramsey et al. (2020) が指摘するように、Hulu 洞の ^{14}C 年代のオフセットは DCF というよりはリザーバー効果の影響が大きい可能性があり、Hulu 洞では記録されにくい短期的な大気 ^{14}C 濃度イベントであった可能性がある。

今後、より古い時代の水月湖年縞堆積物から葉化石や花粉化石を抽出し、 ^{14}C 年代を測定するとともに、17.5 ka の ^{14}C 濃度上昇イベントについても検証を進める予定である。

引用文献: Tennant et al. (2013), *J. Quat. Sci.*, 28, 229–236. Adolphi et al. (2018), *Clim. Past*, 14, 1755–1781. Bronk Ramsey et al. (2020), *Radiocarbon*, 62, 989–999. Yamada et al. (2021) *Quat. Sci. Rev.*, 272, 107236. Omori et al. (2023), *Quat. Geochronol.*, 77, 101456. Pigati et al. (2023), *Science*, 382, 73–75. Shimada et al., (2023), *Prog. Earth Planet. Sci.*, 10, 49.

津波石に付着する海洋生物を用いたローカル海洋リザーバー効果の推定 —大船渡市合足における事例—

石澤堯史（東北大災害研）・横山祐典（東大大海研）

Takashi ISHIZAWA, Yusuke YOKOYAMA: Local marine reservoir effects estimated from marine organisms attached on the 1896 Meiji-Sanriku tsunami boulder at Attari, Ofunato

1. はじめに

海洋表層の¹⁴C濃度は、大気と海洋表層の¹⁴Cの交換にかかる時間や深層水由来の古い炭素の影響を受け、大気中の¹⁴C濃度に比べて枯渇している(Heaton et al., 2020)。そのため、海洋試料から得られた¹⁴C年代の暦年較正には、海洋試料専用の較正曲線とローカル海洋リザーバー効果(ΔR)の補正が必要となる。

ΔRの推定には大気核実験前に採取され、博物館の収蔵物のように採取年代が既知の海洋生物(例えば, Yoneda et al., 2007)や、U-Th年代および年輪年代など独立した年代決定が可能なサンゴ(例えば, Hirabayashi et al., 2017; Zeng et al. 2024 など)が利用されてきた。しかしながら、これらのΔRの復元に適した試料は普遍的に得られるものではなく、実際に海洋リザーバー効果のデータベース(14C CHRONO Marine20 reservoir database) (Reimer and Reimer, 2001)には、日本海溝沿いのΔRは収録されていない。

そこで本研究は同地域に広く分布する津波石に着目し、津波石に付着する海洋生物からΔRの復元を試みた。津波石は津波によって運搬された巨礫であり、運搬される前に浅海域に位置していた場合は海洋生物が付着していることが多い(例えば, Nandasena et al., 2013)。さらに歴史記録が豊富な日本においては、津波石を打ちあげた歴史津波の年代が判明しているものもあり、そこからΔRを復元できる可能性がある。一方で、津波石を含む海岸の巨礫は台風や津波によって繰り返し運搬されて位置を変えており(Minamidate et al., 2020)、その時々で海洋生物が付着してきた可能性もある。そのため、津波石に付着する海洋生物は、津波により陸上に打ち上げられた年代よりも古いものも含む可能性も考えられる。

本研究では、津波石に付着する海洋生物を多点数年代測定し、その付着している面や付着位置ごとに年代値を比較し、年代差やその要因を議論する。それを踏まえて、津波石からΔRを復元する手法についても提案する。

2. 研究地域

研究地域は岩手県大船渡市合足地区である。この地域には合足の津波石(または龍神の石)と呼ばれる巨礫が存在しており、地域住民への聞き取り調査や1896年の明治三陸津波後に山名宗信が記した現地調査記録から、同津波により陸上に打

ち上げられたと推定されている(山名, 1896; 八木下, 2001)。この津波石には海洋生物が付着しており、いくつかの報告書でその年代が測定されたことは示唆されているが、詳細な年代値については不明である。

3. 結果と考察

合足の津波石に付着する海洋生物(カンザシゴカイの棲管, サンゴモ)について、合計で13点採取した。合足の津波石には海洋生物が大量に付着する面が1つ、わずかに付着する面が1つあり、その両面から試料を採取した。海洋生物が大量に付着する面では、その面から万遍なく試料を採取し、付着位置ごとの年代差を検証できるようにした。また比較のために現在の汀線付近に生息するカンザシゴカイの棲管についても採取した。

先行して実施した4点の¹⁴C年代測定結果から、津波石の同一の面では海洋生物の年代に差は認められなかった。異なる面から得られた結果は、年代測定の誤差範囲内ではあるものの、わずかに差が認められた。本発表では、追加分析結果も踏まえ、合足の津波石に付着する海洋生物の年代をまとめ、津波石からΔRを復元するために必要なサンプリング、測定数について議論を行う予定である。

・引用文献 Heaton et al. (2020) *Radiocarbon* 62, 4, 779-820. Hirabayashi et al. (2017) *J. Quat. Sci.* 32, 1, 1-6. Minamidate et al. (2020) *Sci. Rep.* 10, 7218. Nandasena et al. (2013) *Mar. Geol.* 346, 292-309. Reimer and Reimer (2001) *Radiocarbon* 43, 461-3. 八木下 (2001) *地学雑誌*, 110, 5, 689-697. 山名(1896) <https://dl.ndl.go.jp/pid/8664053/1/1>. Yoneda et al. (2007) *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B* 259, 432-437. Zeng et al. (2024) *Global Biogeochem Cycl.* 38, 4, e2023GB007927

・謝辞

本研究は調査地域の共同所有者と大船渡市役所の協力の下で実施された。本研究は科研費(23K13176)から支援を受けた。

小笠原諸島のシンクホール堆積物が示す数百年スケールの熱帯低気圧活動の変動

南館健太 (東京大)・後藤和久 (東京大)・井村春生 (東京大)・笠井克己 (東京大)・石澤堯史 (東北大)・横山祐典 (東京大)

Kenta MINAMIDATE, Kazuhisa GOTO, Haruki IMURA, Katsumi KASAI, Takashi ISHIZAWA, Yusuke YOKOYAMA: Centennial-scale variability in tropical cyclone activity inferred from coastal sinkhole deposits in the Ogasawara Islands

1. はじめに

人為的な地球温暖化が熱帯低気圧の活動に影響を及ぼすことが危惧されているが、経路や頻度がどのように変わるのかは未だコンセンサスが得られていない (Knutson et al., 2020). この原因は、数十年程度の短い観測記録のみでは数百年スケールの熱帯低気圧活動の変動を検出できないという原理的な問題のためである。過去の熱帯低気圧によって形成された堆積物は、数百年から数千年の熱帯低気圧の履歴を復元する上で有用な記録である (Minamide & Goto, 2024).

本研究では、小笠原諸島・南島を対象として、現地調査および堆積物試料の分析を行う。さらに、本研究の結果と、先行研究によって復元された広域のストーム記録および古気候記録を統合し、北西太平洋の過去の熱帯低気圧活動の時空間変動とその駆動メカニズムに関して考察する。

2. 調査地域

南島は小笠原諸島の一つで、父島の南西に位置する (図 1)。南島と周辺の海域は沈水カルスト地形によって特徴づけられる。島の中心に位置する陰陽池は、北、東、西側を高い崖によって守られており、南側には砂丘を挟んで砂浜が存在する。砂浜の西側に、石灰岩からなるアーチ状の地形があり、このアーチを通過して波浪が砂浜へと侵入する。暴浪時には、砂浜を通過した越波によって堆積物が陰陽池に供給される可能性がある。

3. 研究手法

本研究では、南島・陰陽池の中とその縁辺において、コアラーを用いて掘削調査を行った。得られた柱状堆積物試料を用いて、コア全体に対する X 線 CT 撮影と XRF 分析を行ったのち、サブサンプルに対する CNS 分析、粒度分析、 ^{14}C 年代測定等の室内分析を実施した。

4. 結果と考察

陰陽池の地点 MJ3, MJ4 において、それぞれ長さ 186 cm, 161 cm に相当する堆積物試料が得られた。陰陽池の堆積物は大きく 2 種類の堆積物から構成される。堆積物の主な構成物の一つは、有機質な泥～シルト質層であり、チタンや有機物指標に富んでいる。もう一つは、カルシウムやストロンチウムに富んだ砂層である。泥～シルト質の比較的細粒な堆積物は、静穏な環境下で堆積したものと解釈される。高いカルシウム含有と比較的

粗い粒径で特徴づけられる堆積物は、極端波浪イベントによって運搬された砂浜の堆積物が池の中に供給されたものと解釈される。

地点 MJ3 の合計 186 cm の堆積物コアから、合計 39 層の、過去の極端波浪イベントに関連するイベント層が確認された。年代測定結果に基づく、MJ3 から採取された堆積物は過去約 500 年間に堆積したものと推定される。イベント層の成因は、年平均 2.4 個の熱帯低気圧が南島の 150 km 圏内を通過し、顕著な津波被害が報告されていないことを考慮すると、熱帯低気圧に伴う高潮に由来する可能性が高い。一方、常時堆積物の元素組成や有機物指標の変化は、非イベント性の気候・環境の変化を反映していると解釈される。

本研究の結果と古気候記録とを統合すると、寒冷期から温暖期に移行するにつれて、小笠原諸島では熱帯低気圧の通過頻度が増加していることが示唆される。この数百年スケールの熱帯低気圧活動の変化は、小氷期から現在の温暖期にかけての北西太平洋における気温・海水温の上昇と、熱帯収束帯 (ITCZ) の極方向への遷移に駆動された可能性がある。

引用文献: Knutson et al. (2020) *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 101, E303-E322. Minamide & Goto (2024) *Earth-Sci. Rev.* 253, 104774.

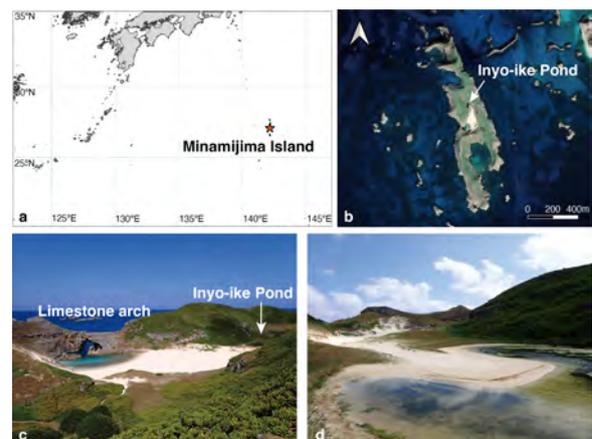


図 1: 研究対象地域の地図および写真。a) 南島の位置。b) 衛星写真。c) 陰陽池の遠景写真。d) 陰陽池に流入するウォッシュオーバーファン。

小松市木場潟堆積物の放射性炭素年代と含水率から推定される完新世の海水準変動
 木田福香 (JAEA・東濃)・落合伸也 (金沢大学・環日セ)・渡邊隆広 (JAEA・東濃)・松中哲也 (金沢大学・環日セ)・橋野虎太郎 (金沢大学・自然科学)・藤田奈津子 (JAEA・東濃)・山崎慎一 (東北大学・環境)・土屋範芳 (東北大学・環境、八戸工業高等専門学校)・奈良郁子 (JAEA・東濃、金沢大学・環日セ)
 Fukuka KIDA, Shinya OCHIAI, Takahiro WATANABE, Tetsuya MATSUNAKA, Kotaro HASHINO, Natsuko FUJITA, Shin-ichi YAMASAKI, Noriyoshi TSUCHIYA, Fumiko NARA : Radiocarbon dating of plant residues and water contents in the Lake Kibagata sediment core: Implications for Holocene sea-level changes along the Japan Sea coast

1. はじめに

日本沿岸域の汽水湖の一部は、主に中期及び後期完新世にそれぞれ起きた海進と海退により形成されたと考えられている(國井ら, 1993)。これまでに太平洋側では、青森県 小川原湖などの汽水湖から採取された堆積物の放射性炭素年代やハロゲン元素(臭素およびヨウ素)の分布から、完新世の海水準変動の時期を推定する研究が進められている(Nara et al., 2022)。また、田辺ら(2016)により、関東平野を中心とした太平洋沿岸域の海水準変動が報告されている。しかし、日本海沿岸の北陸地方における研究は少ない(Umitsu, 1991)。本研究では、日本海沿岸における縄文海進前後の海水準変動の時期を推定するため、石川県小松市 木場潟の堆積物試料から抽出した植物片の放射性炭素年代測定を行った。さらに堆積物の粒度分布等を反映すると考えられる含水率を測定した。

2. 試料採取と分析方法

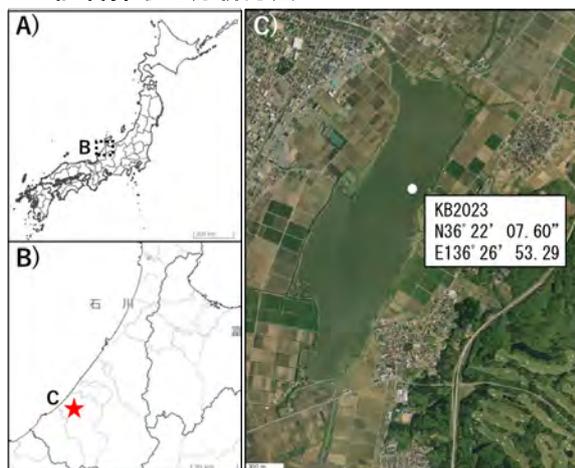


図1 試料採取地点(国土地理院地図に加筆)。

2023年11月、金沢大学により手押し式ピストンコアサンプラーを用いて堆積物試料が採取された(試料名:KB2023, 採取位置:N36° 22' 07.60\" E136° 26' 53.29\", 水深:1.7 m, コア長:444 cm)。図1にKB2023試料の採取地点を示す。放射性炭素年代測定用の試料として、KB2023試料から植物片を抽出し、酸及びアルカリで洗浄し凍結乾燥した。乾燥後の試料を封管した石英管内で酸化銅とともに燃焼し、ガラス製真空ラインでCO₂ガスを精製した。得られたCO₂ガスを水素で還元し放

射性炭素測定用のグラフアイト試料を調製した。原子力機構 東濃地科学センターの加速器質量分析装置(JAEA-AMS-TONO-300kV:HVE製4103Bo-AMS, 最大加速電圧300 kV)で放射性炭素年代を測定した。さらにOxCal4.4.4を用いて較正年代(cal BP)を算出した(Bronk Ramsey, 2017; Reimer et al., 2020)。含水率は、2 cm毎に分取した試料を容器に入れ、凍結乾燥前後の重量を測定することにより算出した。

3. 結果と考察

KB2023試料の下部(堆積物深度372-370cm)の較正年代は約11,100 cal BP、上部(深度12-10cm)では約4,300 cal BPであった。従って、KB2023堆積物試料には縄文海進の時期を含む完新世における日本海沿岸の環境変動が記録されている可能性が高い。また、堆積物深度約300-260 cm(約7,300 cal BPに相当)で含水率が25 mass%から52 mass%まで急激に増加した。Umitsu(1991)により8,000-6,500 BPの間、日本沿岸の海水準は上昇し、海面上昇速度は1.5-2.0 cm/年であったと報告されている。木場潟の堆積物試料から得られた含水率の変動時期(約7,300 cal BP)は、既報の海面上昇時期と一致した。今後は、年代測定の対象とした植物片の供給源の検討(陸上植物由来であることの確認)、堆積物の密度、粒度分布及びハロゲン元素等の分析を行い、過去の堆積環境の推定とともに日本海沿岸域における海水準変動の時期を制約していく予定である。

引用文献

- 國井ほか(1993) 日本生態学会誌, 43, 195-209.
 Nara et al. (2022) Palaeo.Palaeo.Palaeo., 592, 110907.
 田辺ほか(2016) 地質学雑誌, 122, 135-153.
 Umitsu(1991) 第四紀研究, 30, 187-196.
 Bronk Ramsey(2017) Radiocarbon, 59, 1809-1833.
 Reimer et al., (2020) Radiocarbon, 62, 725-757.

謝辞

本研究はJSPS科研費(22K12356)、金沢大学環日本海域環境研究センター共同利用(24054)の助成を受けた。

海岸平野における津波侵食地形の調査とその形成に係る水理量の評価

吉池奏乃（東北大）・菅原大助（東北大災害研）・石澤堯史（東北大災害研）・増田英敏（東北大）・エリック ベラスコレイエス（東北大）・南館健太（東大気海海洋研）

Kanano YOSHIKE, Daisuke SUGAWARA, Takashi ISHIZAWA, Hidetoshi MASUDA, Erick Velasco-Reyes, Kenta MINAMIDATE: Field survey of tsunami-related erosional topography in a coastal plain and numerical modeling of associated flow parameters.

1. はじめに

本研究では、古津波の痕跡である侵食地形から津波堆積物を補完する情報を得ることを目的に、地中レーダー（Ground-penetrating radar; GPR）を用いた調査と数値解析による水理量の評価を行う。ここで着目する侵食地形は、津波の遡上流や戻り流れによって地形的な高まりの背後や破堤箇所が洗堀された後、窪み部分が常時堆積物で埋積されたものである。侵食地形基底の年代や形成時の水理量を推定することで、古津波の年代・規模に関する知見を得られる可能性がある。

2. GPR を用いた津波侵食地形の検出

仙台平野では 2011 東北沖津波の際に浜堤の陸側に侵食地形が形成されたことが報告されており、古津波でも同様の地形が形成された可能性がある。宮城県仙台市若林区荒浜の南長沼付近には、古い地形図に現存しない沿岸湖沼が記載されている。その付近において海岸線に対して垂直な測線上で取得した GPR 画像から、海浜堆積物と見られる反射面を切り陸側に傾く反射面と、その陸側に幅約 40 m、深さ約 0.5 m の下に凸の強い反射面が認められた。この窪みの周囲には十和田 a テフラが堆積していたが、内部では検出されなかった。このことから、窪みは十和田 a テフラの降下後に形成されたと考えられる。また、反射面に対応する砂層・有機質シルト層の境界付近の ^{14}C 年代は西暦 1035-1169 年を示した。侵食地形の形成時期は 915-1169 年であるが、歴史上、該当するイベントは知られていない。この地点は当時の海岸線近傍に位置していると考えられ、記録がない

津波または高潮によって浜堤の背後が洗堀されて形成されたと考えられる。

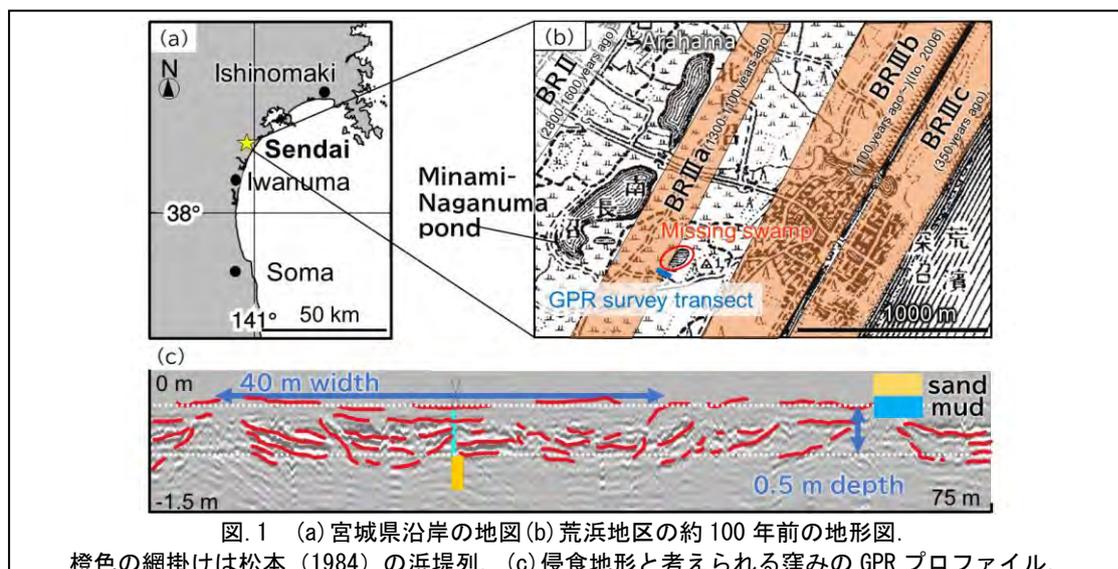
3. 侵食地形を形成する地形/水理条件の検討

侵食地形の形状（深さ・海岸線に垂直な方向の幅）と津波の外力の種類・規模の関係を明らかにするため、津波数値モデル（TUNAMI-STM）を用い、侵食地形の海側の浜堤の比高、沖川・陸側斜面の傾きおよび津波波形（869 年貞観津波・2011 年東北沖津波の 2 種類）を変えたシミュレーションを行った。その結果、海側の浜堤を比高 3 m、陸側の傾き 1/25-1/60 とした場合に最もよく侵食地形が再現された。また、無次元掃流力（シールズ数）は貞観津波の波形で 100-200、東北沖津波の波形で 100-120 の範囲の場合に最もよく侵食地形を再現した。

4. おわりに

今回、GPR 等を用いた侵食地形の調査と数値解析で津波の年代と規模を明らかにできる可能性を示すことができたが、現時点では、初期地形条件および水理条件の制約が不十分となっている。今後、多変量解析等により、侵食地形の形状と初期地形条件・水理条件の関係をさらに詳しく検討する必要がある。こうした関係を実際の侵食地形と比較し、過去の津波の水理条件を評価する枠組みの構築を目指す。

引用文献：松本（1984）地理評，54，72-85。
Matsumoto（1984）*Geogr. Rev.* 54，72-85。
伊藤（2006）鹿児島大学教育学部紀要自然科学編，57，1-8。
Ito（2006）*Kagoshima Univ. Fac. Edu. Res. Notes.* 57，1-8。



視認困難な津波痕跡の探求

～西暦 869 年貞観津波の浸水域高精度復元に向けて～

古明地海杜 (国際航業(株))・篠崎鉄哉 (東京大)・菅原大助・石澤堯史 (東北大)・
池原 実 (高知大)・藤野滋弘 (筑波大)

Kaito KOMEIJI, Tetsuya SHINOZAKI, Daisuke SUGAWARA, Takashi ISHIZAWA, Minoru IKEHARA, Shigehiro FUJINO: Identifying invisible by eye tsunami traces: A case study of high-precision reconstruction of inundation area of the 869 CE Jogan tsunami

1. はじめに

これまで、津波堆積物の分布範囲からは津波の浸水域が推定されてきた。しかし、肉眼で確認できる津波堆積物の到達距離は浸水域の 57-76%程度になる場合があることが分かかってきており (Abe et al., 2012)、砂質津波堆積物の堆積限界を津波の浸水域と仮定した場合、津波の規模を過小評価することとなる。その一方で、近年では地球化学的手法を用いることで、視認困難な津波の痕跡を捉えた成果が複数報告されている (Judd et al., 2017; Shinozaki et al., 2022)。ただし、これらは現世津波を対象としており、古津波を対象とした視認困難な津波の痕跡に着目した研究は、無機地球化学的手法を用いた 1755 年リスボン津波の報告のみとなっており (Moreira et al., 2017)、古津波浸水域の高精度復元はまだ検討段階である。

西暦 869 年に発生した貞観津波は、これまでの研究において仙台・石巻平野を中心に津波堆積物が認められており、そのデータを基にした数値シミュレーションが行われている。しかし、このシミュレーションは砂質津波堆積物を浸水域と仮定したものであるため、津波の規模を過小評価している可能性が考えられる。本研究では、西暦 869 年に発生した貞観津波を対象に、視認可能な津波堆積物の堆積限界よりも内陸で津波流入の痕跡を見つけ出し、津波の浸水域高精度復元を目指す。

2. 研究対象地域・手法

本研究では、2014 年に福島県南相馬市小高区の 6 地点で採取された長さ 2 m 弱の柱状試料を用いた。肉眼観察、写真撮影、CT 撮影後に、 ^{14}C 年代測定、テフラ分析、堆積学的 (粒度分析、含水率、含砂率、強熱減量) 及び地球化学的手法 (XRF 分析、バイオマーカー分析) による分析を行った。

3. 結果・考察

最も海に近い地点の試料 (ODA-8) 及び隣接する内陸側の 1 地点 (ODA-7) では、視認可能なイベント堆積物が認められた。これらのイベント堆積物は、バイモーダルな粒度分布を示し、Ca や Sr などの元素のピークやサメの肝油に含まれるスクアレンのピークが認められることから、海洋起源の堆積物であると考えられる。 ^{14}C 年代より較正した暦年代の値から、このイベント層が貞観

津波により堆積した可能性が高い。

さらに内陸側のコア (ODA-6) 及び最も内陸側のコア (ODA-3) では、視認可能なイベント堆積物は認められなかった。両地点ともに ^{14}C 年代測定によって貞観津波の年代が含まれる層準の絞り込みを行ったところ、貞観津波と年代値が重なる層準内において、海側の視認可能な貞観津波堆積物と類似した特徴であるバイモーダルな粒度分布、Ca や Sr といった海洋指標となる元素やバイオマーカーのピークといった傾向が得られる層準が存在した。さらに、ODA-6 及び ODA-3 ではそれらの特徴に加えて、ほかの層準で認められない軽石が散在していた。ODA-3 ではほかの層準では認められないシソ科もしくはセリ科の植物のバイオマーカーも認められ、これらの物質が何らかのイベントによりもたらされたことを示唆している。

ODA-8 から ODA-3 までの分析結果を総合して、貞観津波は少なくとも今回掘削した最も内陸側の地点 (現在の海岸線から 2790 m) までは到達している可能性があると考えられる。本研究は 1000 年以上前に発生した古津波の浸水域を再評価した初めての研究である。軽石や異地性のバイオマーカーは、視認困難な津波の痕跡を捉えるための重要なツールとなる可能性がある。

4. 今後の展望

これまでの津波堆積物研究において、砂質津波堆積物が存在しない地点は分析対象とならない場合や、「津波が到達していない」と津波の規模を過小評価してしまうことがあった。しかし、本研究のように様々な手法を用いて分析を行うことで、視認困難な津波の痕跡を捉えることができた。今後、この結果を用いて津波のシミュレーションを行うことでより高精度な津波の規模推定に貢献できると考えられる。

引用文献:

- Abe et al., (2012) *Sediment. Geol.*, 282, 142-150.
Judd et al., (2017) *Mar. Geol.*, 385, 204-215.
Moreira et al., (2017) *Mar. Geol.*, 390, 94-105.
Shinozaki et al., (2022) *Prog. Earth Planet Sci.*, 9, 29.

2024年能登半島地震に伴う山体重力変形

小村慶太郎（電力中央研究所）・山田晃裕（セレス）・坂倉範彦（大日本ダイヤコンサルタント）・木村慎吾・石田聡史・野原幸嗣（北陸電力）・高山陶子・吉田崇博（アジア航測）

Keitaro KOMURA, Akihiro YAMADA, Norihiko SAKAKURA, Shingo KIMURA, Satoshi ISHIDA, Koji NOHARA, Toko TAKAYAMA, Takahiro Yoshida: Coseismic deep-seated gravitational slope deformation triggered by 2024 Noto Peninsula Earthquake

1. はじめに

山体が自重に伴って変形した結果形成された地形は山体重力変形 (Deep-seated gravitational slope deformation; DSGSD) 地形と呼ばれ、地震に伴う強震動や地殻変動がその形成・成長要因としてしばしば挙げられる。一方で、DSGSD 地形が地震時に形成・成長したことを実際に現地を確認した事例は少なく、筆者の知る限り国内では 2008 年岩手・宮城内陸地震における 1 例(村上ほか, 2013)のみである。仮に、周辺で地震が生じる度に DSGSD 地形が成長していたとすれば、当該地形を用いて震源断層の活動履歴を復元できる、すなわち off-fault 古地震調査の対象として DSGSD 地形が有効であると言える。

筆者らは、2024 年能登半島地震 (Mj: 7.6) に伴う地表変形の踏査を行う過程で、石川県珠洲市の山間部において、複数の正断層成分を持つ変状を発見した。地震前後の LiDAR DEM データによれば、これらの変状は既存の DSGSD 地形 (二重山稜、山向き小崖等) に沿って出現しており、DSGSD 地形が過去繰り返し成長してきたことが示唆される。本発表では、珠洲市の馬縹峠西方長池と若山町中地区周辺に生じた変状について報告する。

2. 馬縹峠西方長池周辺の変状

馬縹峠は、珠洲市中心部と日本海側の馬縹峠を結ぶ県道の最高標高地点 (234 m) である。長池は馬縹峠から西に 600 m ほど離れた場所に位置し、北に凸の弓状の形態を持ち、その南北も同様の弓状の形を持つ尾根に挟まれた二重山稜を呈する。防災科研の地すべり地形分布図によれば、長池は南側にすべる面積約 1 km² の地すべり移動体と滑落崖の間に位置する。

現地踏査及びドローンによる空撮から、長池の北東部に、東西に約 1 km にわたる地溝状の変状が出現していることを発見した。いずれの地点も北側の南落ちの崖の方が変位量が大きく、最大で約 80 cm 南落ちの鉛直変位が生じていた。この崖は、現在の長池を深化させる方向に鉛直変位を生じている。一方で、地溝の南側の北落ちの崖はいずれの地点においても同じ地点の北側の崖よりは変位量が小さく、北側の崖に対する共役断層の役割をなしている可能性が高い。土地所有者への聞き取り及び過去の空中写真から、1981~1986 年の間に長池は排水路の掘削を、周辺の田畑は切土造成によって作られたことが明らかとなったが、少なくとも今回生じた変状は盛土等のごく表

層部の現象ではなく、深部の潜在すべり面に続く可能性が高いと考えられる。

3. 若山町中地区周辺の変状

珠洲市を西から東~南東に向かって流れる若山川の谷底平野 (標高 25-50 m) の中に主に短縮変形によって生じたとされる地表変状が報告されている (例えば、白濱ほか, 2024)。その短縮変形が最も顕著に表れた若山町中地区の両岸には、防災科研の地すべり地形分布図によって、面積約 0.38-0.57 km² の比較的規模の大きな地すべり移動体が判読されている。地震前の LiDAR DEM データによれば、その滑落崖の頂部は二重山稜になっており、移動体の上にも複数の山向き小崖が認められた。地表踏査の結果、右岸側の二重山稜に沿って、最大変位量が 4 m に及ぶ北落ちの崖が出現しているのを発見した。さらに、地すべり移動体上の山向き小崖に沿って、最大約 50 cm の南落ちの副次崖が認められた。移動体の西端はミ型雁行配列を示す顕著な左横ずれの側方崖が出現しており、横ずれ量は最大で約 7.2 m に及ぶ。対して東端は移動体がいくつかのブロックに分かれ、その滑落崖は杉型雁行配列を示す。これらの副次崖と側方崖の存在は、北傾斜の主すべり面が表層数 m 程度ではなく、少なくとも数十~数百 m の深層に及んでいることを示唆する。

一方で、左岸側の山地斜面では、現在のところ右岸側のような顕著な変状は発見できていない。若山川の谷底平野に生じた変状の成因が注目されているが、少なくとも今回見つけた右岸側の DSGSD は谷底平野の圧縮に一定程度寄与している可能性がある。

4. 課題と今後の展望

地震前後の LiDAR DEM 差分解析や、SAR ピクセルオフセット解析等のリモートセンシングデータを用いて、面的な斜面の変動と今回発見した変状の位置関係を比較することが求められる。能登半島では今回と同規模の地震が千~数千年に一度発生していることが隆起海岸地形を基に推定されているが (例えば、宍倉ほか, 2020)、今回発見された DSGSD 地形が過去繰り返し連動しているか、掘削調査等で明らかにする必要がある。

引用文献: 村上ほか (2013) 地形, 34-1, 55-67. 白濱ほか (2024) JpGU2024, U-15-P93. 宍倉ほか (2020) 活断層研究, 53, 33-49.

小断層解析を用いた上総層群黄和田層のMTD 流下時応力の復元

上野 元彌 (京都大学大学院理学研究科)・大坪 誠 (産業技術総合研究所)・成瀬 元 (京都大学大学院理学研究科)

Motoya Ueno, Makoto Otsubo, Hajime Naruse: Reconstruction of Stress during the flow of Mass Transport Deposits (MTD) in the Kazusa Group Kiwada Formation using Mesoscale Fault Analysis

深海堆積システムの主要な構成要素の一つとして、マス・トランスポート堆積物 (MTD) がある。これは、地すべり・スランプ・土石流堆積物の総称である。マス・トランスポートは海底への物質輸送過程として、また津波発生や沿岸の設備破壊などを引き起こす地質災害 (ジオハザード) の一つとして重要視されてきた (Masson et al., 2006)。MTD は深海堆積物中に普遍的に見られるが、海底で直接観測された例はなく、その挙動については未知の点が多い。また、MTD の内部構造についても、地震波探査では音響的透明層となるため、その詳細については露頭の調査に頼らざるを得ない。そこで、Naruse and Otsubo (2012) は北海道東部に分布する白亜紀のMTDの調査を行い、その内部構造を明らかにするとともに、MTD が停止時に流れの方向と平行方向に圧縮されることを堆積岩ブロックの小断層解析から推定した。ただし、このようなマス・トランスポート過程の停止時の挙動については定量的に推定した例が他になく、この結果が一般的なものであるかは明らかになっていない。そこで、本研究はMTD が流化中の中で形成されたと考えられる小断層の逆解析を行うことで古応力を復元し、MTD の流れのプロセスを解明することである。

そこで、本研究はマス・トランスポートプロセスの一般的な挙動を理解するため、房総半島に分布する更新統上総層群黄和田層のMTDの調査を行った。調査したMTDが流下中に形成されたと考えられる小断層から応力逆解析を行うことで、流れの古応力を復元し、流れの流向や挙動の推定を試みた。上総層群に対しては多くの堆積学的研究が行われており、前弧海盆を埋積する海底扇状地システムの堆積物であることが明らかになっている。

(Hirayama and Nakajima, 1977; Yamauchi et al., 1990; Ito, 1998 など)。

本研究は Utsunomiya et al. (2018) によって広域に対比されている黄和田層のMTDの露頭調査を行い、MTDに含まれる堆積岩ブロック中の小断層 33 個の走向・傾斜および擦痕のレイク角を測定した。得られたデータに対して小断層データから複数の応力場を検出することができる多重逆解法を適用したところ、水平かつ南北方向に σ_1 軸を持つ1軸性圧縮応力場および3軸性圧縮応力場が復元された。調査を

行ったMTDは北フェルゲンツの覆瓦スラストが含まれることから、南から北へ移動した流れによるものと推定されている。本研究の結果は、この移動方向と平行方向に軸を持つ圧縮応力場をMTDが経験するとする北海道根室層群の分析結果 (Naruse and Otsubo, 2011) と整合的である。この応力場はMTDが停止する際にはまず先端部が動きを止めるため、流れの体部が先端部との間で圧縮されることによって生じると推定されている。一方、本研究では、既存研究で確認された σ_1 軸が鉛直方向を向く一軸性圧縮応力場は検出されなかった。この応力場はMTDが流下中に拡大することで生じるものと推定されていたが、本研究の調査対象で検出されないことは、流れの粘性・降伏応力の違いなどを反映している可能性がある。

今後は、同一もしくは多層準のMTDを複数の地点で分析することで、深海底で発生するマス・トランスポートプロセスの特性のさらなる理解につながることを期待される。

引用文献

1. Ito, M., 1998, Japan. Sediment. Geol., 122, 69–93.
2. Utsunomiya M. Island Arc. 2018;27:e12254.
3. Naruse, H., Otsubo, M. (2012). Advances in Natural and Technological Hazards Research, vol 31. Springer, Dordrecht, p607 - 617
4. Hajime Naruse, Makoto Otsubo, 2011. Mass-Transport Deposits in Deepwater Settings, R. Craig Shipp, Paul Weimer, Henry W. Posamentier P279 – 290
5. Hirayama, J. and Nakajima, T., 1977, Japan. Sedimentology, 24, 747–779.
6. Yamauchi, S., Mitsunashi, T. and Okubo, S., 1990, Growth pattern of the Early J. Geol. Soc. Japan, 96, 523–536.
7. Masson, D. G., Harbitz, C. B., Wynn, R. B., Pedersen, G. and Løvholt, F., 2006, Trans. R. Soc. London, 364, 2009–2039.

相模川中流域では最終間氷期以降に河谷の埋積は2回あったか？

高橋尚志（東北大）・石井祐次（産総研）

Takayuki TAKAHASHI, Yuji ISHII: Was the valley-filling in the middle Sagami River since the last interglacial twice?

東日本の諸河川の上～中流域には、最終氷期の堆積段丘がよく発達する(Yanagida, 2016 など). 多くの河川では、最終間氷期以降に1回の河床上昇によって1段のみの堆積段丘が形成されたとされているが、一部の河川では後期更新世に2回の堆積段丘形成があった可能性が報告されている(吉永, 1990 など). しかし、その違いが生じる原因については詳しく議論が進んでいない.

関東地方南部を流れる相模川は、後期更新世に2回の堆積段丘形成があったとされる河川の1つである. 相模川中流域(大月～津久井)では、最終間氷期以降、河谷が角礫混じりの砂～シルト層(葛原層およびその相当層)によって埋積されたのち、短い侵食期を挟んで、円礫層によって再び河谷が埋積された結果、ⅢS面(相模原面相当)とⅢT面(田名原面相当)の2段の堆積段丘が形成されたと考えられている(米澤, 1981; 相模原市地形・地質調査会, 1986 など). 米澤(1981)は、前者の河谷埋積期を「泥の時代」、後者を「礫の時代」と呼び、気候変化に伴う斜面での侵食過程や生産土砂の粒径の違いが原因と考えた. しかし、砂～シルトで河谷が埋積される原因になりうる相模川河谷を堰き止めた大規模地すべりなどは認められていない. また、ⅢT面の年代は段丘面を覆うテフラのみに基づくもので、段丘構成層からの直接年代は得られていない.

本研究では、相模川流域の後期更新世の堆積段丘を対象に地形判読や現地調査を行った上で、「泥の時代」の堆積物を対象に層相記載とテフラ分析、珪藻分析を実施し、堆積年代推定や古環境復元を行った. 加えて「礫の時代」の堆積物とされる円礫層を対象にOSL年代測定を実施し、本流の河床上昇の年代とその速度を推定した. 上記の結果を統合し、相模川中流域における後期更新世の堆積段丘発達過程を再検討する.

相模川中流域でⅢS面とされている段丘面のほとんどは本流へと緩傾斜しており、ⅢT面など下位の段丘面とは段丘崖で境されている. 上野原市街地南東にある葛原には、ⅢS面を構成する、「泥の時代」の堆積物である葛原層(皆川, 1969)の模式露頭があり、芝田川沿いに観察可能である. 葛原層中部は礫混じりの細砂～シルトからなり、下位から御岳第一(0n-Pm1)、鬼界葛原(K-Tz)、御岳湯町(0n-Kt)、御岳伊那(0n-In)、御岳王滝(0n-Ot)、阿蘇4(Aso-4)の各テフラが挟在する(南里・河尻, 2013; 渡辺ほか, 2024 など). このうち、0n-Pm1, 0n-In, 0n-Ot, Aso-4は芝田川上流へと比較的連続的に追跡可能である. Aso-4の挟在高度から降下当時の芝田川の河床勾配を

推定すると約1～2%程度となり、芝田川の現河床勾配よりも緩い. Aso-4はやや有機質なシルト層中に挟在するが、珪藻分析の結果、Aso-4降下期頃には、芝田川の支谷内に流れのない浅い水域(湿地)が形成されていた可能性が示唆された.

葛原から約12 km下流の津久井湖畔に、ⅢT面を構成する厚さ20 m以上の円礫層が観察可能な露頭がある. この露頭の複数層準で砂層、および礫層のマトリクスを採取し、カリ長石粒子のOSL年代を測定した. その結果、円礫層の下～中部の約15 mでは中央値で約120～100 ka前後、上部の約5 mでは約80～60 ka前後のIRSL_{50/150}年代が得られた. このことは、約120～100 ka前後に相模川本流河床が急速に上昇したのち、約80～60 ka前後には河床上昇速度は低下して、約60 ka以降にⅢT面が段丘化した可能性を示す.

上記の結果から、葛原層(ⅢS面構成層)と円礫層(ⅢT面構成層)は同時異層である可能性が指摘された. MIS5(約120～100 ka前後)に急速に相模川本流の河床上昇が進み、それに伴って芝田川をはじめとする支流河谷は緩勾配化の末に閉塞され、Aso-4降下期(87 ka)頃には支谷内で湿地が成立していたと考えられる. その後、本流の河床上昇速度は低下し、支谷には角礫が堆積して扇状地が形成された. 支流的扇状地は本流による側方侵食を受けて段丘化(toe-cut terrace化)して緩傾斜したⅢS面となり、本流性段丘面(ⅢT面)よりもやや早く風成火山灰土に被覆され始めたものと推測される.

上記の通り、相模原中流域では、旧河谷が本流性の円礫層と支流的の砂～シルト層および角礫層によって埋積された結果、河谷内に支流的のⅢS面と本流性のⅢT面が共存している. 段丘面や段丘堆積物の見かけ上のセッティングから、ⅢS面とⅢT面は、短い侵食期を挟んで形成されたそれぞれ別の堆積段丘と考えられてきたが、これらの段丘面は、本流—支流の地形形成相互作用の結果として、1回の河谷の埋積(本流の河床上昇)によっても形成され得る可能性が指摘された.

謝辞: 本研究には河川基金助成、JSPS 科研費 21K13151 および 20K13263 を使用した.

引用文献: 南里・河尻(2013)相模原市博研究報告, 21, 101-104; 皆川(1969)第四紀研究, 7, 101-108. 相模原市地形・地質調査会(1986)「相模原の地形・地質調査報告書 第3報」96p. 渡辺ほか(2024) JpGU2024 要旨, SVC30-P12. Yanagida(2016) Quat. Int., 397, 223-233. 米澤(1981)関東の四紀, 8, 21-32. 吉永(1990)TAGS, 2, 1-11.

本栖湖の堆積物に記録された負の北極振動に伴うダスト減少イベント

根本夏林 (東京大)・横山 祐典(東京大)・Stephen Obrochta(秋田大)・宮入 陽介(東京大)・藤原 治 (産総研)・山本 真也(富士山研)・中村 淳路(産総研)・Hubert-Ferrari Aurélia・Heyvaert Vanessa・De Batist Marc・the QuakeRecNankai Team

Karin NEMOTO, Yusuke YOKOYAMA, Stephen P. Obrochta, Yosuke MIYAIRI, Osamu FUJIWARA, Shinya YAMAMOTO, Atsunori NAKAMURA, Aurélia Hubert-Ferrari, Vanessa Heyvaert, Marc De Batist, the QuakeRecNankai Team: A lake at the Mt. Fuji (Lake Motosu) recording prolonged Negative Arctic Oscillation as reduction of Aeolian dust due to Westerly Pathways during the Holocene

1. はじめに

東アジアにおけるダストの放出量は 330 Tg yr^{-1} であり、世界全体の約 20%を占める (Huneeus et al., 2011)。ダスト輸送の変化を復元することで、偏西風の強さおよび位置といった気候履歴が復元できる。

しかし、東アジアにおけるダスト輸送履歴の復元には課題が存在する。東太平洋の堆積物は低い堆積速度のため ($<1 \text{ cm}/100 \text{ yr}^{-1}$)、数百年スケールの気候変動を議論するには適していない (Rea & Leinen, 1988 など)。堆積物には河川流入物など風成以外の物質も含まれるため、堆積物から風成塵のシグナルのみを取り出すことも障壁の一つである。

本研究では本栖湖堆積物中の石英量を定量的に分析し、過去 8000 年間の風成塵量の変動およびその変動要因となる気候変動との関連を考察する。

2. 研究対象と手法

富士五湖の 1 つである本栖湖で採取されたコア (MOT15-2) には、約 10 cm に 1 点という非常に高い密度で実施された放射性炭素年代測定やテフラ年代を組み合わせることで得られた信頼性の高い年代モデルが存在する (Obrochta et al., 2018)。その堆積速度は 0.3 mm yr^{-1} であり、数百年スケールの気候変動が議論できる。また、本栖湖は富士山の北西側に位置するため、石英を含まない玄武岩に囲まれているという地質的特徴を持つ。したがって、堆積物中の石英は本栖湖周辺の風化侵食作用ではなく、ダスト量の変動を反映すると考えられる。

石英量の定量化のため、X 線回折分析と乾式密度計による密度測定を実施した。石英のピーク ($\theta = 26.6^\circ$) の面積を石英量が既知であるスタンダードと比較することでサンプルに含まれる石英の割合を推定した。得られた石英の割合に対し、堆積速度と密度を掛け合わせ、石英フラックスを得た。

3. 結果と考察

石英のピーク面積と陸源と考えられるその他の鉱物のピーク面積は相関を持たず、本栖湖に堆積する石英は風成である可能性が高いことが分かった。完新世を通じてダストのフラックスは増加傾向にあり、アジアモンスーンとの関係が示唆される結果が得られた。一方で、3000 年前から 2000 年前にかけてダストのフラックスが大きく

減少した。このフラックス減少には負の北極振動が関わっていると考えられる。すなわち、負の北極振動に伴い、北半球偏西風の状態が変化し、東アジアの砂漠域から本栖湖へのダスト輸送が妨げられた (図. 1)。また当時の降水量や海水温の変化もこの結論を支持する (図. 1)。さらに、北極振動と良い相関を持つ北大西洋振動の指数も負であったことやモデルによるシミュレーション結果とも整合的である (Mao et al., 2011; Olsen et al., 2012)。

引用文献 : Huneeus, N. et al. (2011) *Atmospheric Chem. Phys.*, 11(15), 7781-7816. Mao, R. et al. (2011) *Atmos environ*, 45(2), 326-337. Nemoto, K. et al. in press *Paleoc and Paleocli*. Obrochta, S. P. et al. (2018) *QSR*, 200, 395-405. Olsen, J. et al. (2012) *Nat Geosci*, 5(11), 808-812. Rea, D. K., & Leinen, M. (1988) *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 66(1-2), 1-8.

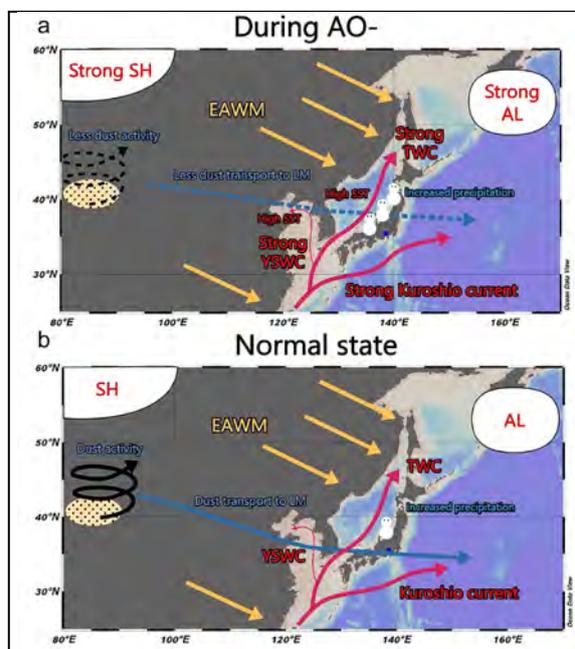


図. 1 東アジアにおける (a) 負の北極振動時の気候変化、(b) 通常時の気候 (Nemoto et al., in press)。AL: アリューシャン低気圧; SH: シベリア高気圧; EAWM: 東アジア冬季モンスーン; TWC: 対馬暖流; YSWC: 黄海暖流。

東北日本北部背弧側に分布する鮮新統、上部七座凝灰岩の層序と給源

山田眞嵩（東京都立大学・日本工営株式会社）・鈴木毅彦（東京都立大学）

Masataka YAMADA and Takehiko SUZUKI; Stratigraphy and source of Jobu-Nanakura Tuff in Pliocene marine deposits of the back-arc region, NE Japan.

1. はじめに

水底噴火により形成された上部七座凝灰岩は秋田県北部に広く分布しており、本凝灰岩は東北日本北部背弧側の鮮新世を特徴づける火山活動に由来することが推測される。上部七座凝灰岩は秋田県北部二ツ井地域に厚く堆積しており、その層厚は最大 400 m である（大沢ほか, 1984）。また、上部七座凝灰岩の噴出年代は男鹿半島の南平沢凝灰岩の堆積年代と近接し、上部七座凝灰岩と関連する火砕物とされている（鹿野ほか, 2013）。上部七座凝灰岩の層位は、鮮新統～中新統の船川層の最上部であるとされ、同層中の重要な鍵層となっている。

本研究では、東北日本背弧側における鮮新世の火成活動の実体を解明するため、上部七座凝灰岩の層序・給源を明らかにする。

2. 秋田県二ツ井地域での上部七座凝灰岩の層序

船川層中の上部七座凝灰岩を、時間間隙を挟む 3 層のテフラ（下位より JN-tuff1～3）に区分した。

上部七座 1 テフラ (JN-tuff1; 新称) :

基質支持で不淘汰な軽石質火山礫凝灰岩で、最も厚い箇所約 25 m で認められる。各所に下位の船川層由来の偽礫と思われるシルトブロックが認められる。

上部七座 2 テフラ (JN-tuff2; 新称) :

2 層のユニット（下位より JN-tuff 2a, 2b）から構成される。JN-tuff 2a は層厚約 30 m の基質支持の軽石質火山礫凝灰岩として認められる。JN-tuff 2a 中には多数の安山岩礫もしくはシルトブロックからなる岩片が認められ、シルトブロックの長径は最大 150 cm である。JN-tuff 2b は層厚 60 m 以上の礫支持で不淘汰な軽石質火山礫凝灰岩として認められ、随所に岩片を含む。火山ガラスの主成分化学組成は、JN-tuff 2a, 2b 下部, 2b 上部へと上位に向けて SiO₂ の含有量が低くなる。本層下位の JN-tuff1 との間には時間間隙を示す暗色泥岩が認められる。

上部七座 3 テフラ (JN-tuff3; 新称) :

層厚 2 m 以上の礫支持の不淘汰な軽石質火山礫凝灰岩として認められる。本層下位の JN-tuff 2 との間には時間間隙を示す暗色泥岩が認められる。

3. 秋田県五城目・青森県西目屋地域での上部七座凝灰岩の検出

上部七座凝灰岩を構成する 3 層のテフラと、五

城目および西目屋地域のテフラとの関係を検討した。いずれのテフラも船川層相当層の最上部に挟まれ、年代的にも上部七座凝灰岩のそれと近接している。

五城目地域の湯越山テフラ (YK-tuff; 改称) :

五城目地域の船川層最上部に、層厚約 3.8 m の不淘汰な礫支持の軽石質火山礫凝灰岩として認められる。

西目屋地域の西目屋テフラ (NM-tuff; 新称) :

大秋層最上部に、不淘汰な軽石質火山礫凝灰岩として認められる。5 層のユニットから構成され、いずれの凝灰岩も層厚 4m 以上で認められる。根本・藤田（2008）は当凝灰岩を八甲田地熱地域の湯ノ沢カルデラ起源の尾開山凝灰岩と対比している。

YK-tuff と NM-tuff は、火山ガラスの形状（平行型を主体）、黒雲母を含むこと、火山ガラスの主成分化学組成から、それぞれ JN-tuff2b 下部と JN-tuff2b 上部に対比される。

4. 上部七座 2 テフラ (JN-tuff 2) の給源

根本・藤田（2008）に従えば、JN-tuff 2 の給源候補として、八甲田地熱地域が挙げられる。尾開山凝灰岩の給源である湯ノ沢カルデラからの距離は、二ツ井地域、西目屋地域でそれぞれ約 40 km, 約 30 km である。一方、JN-tuff 2b の層厚および本質物の最大粒径は、二ツ井地域でそれぞれ 120 m・25 cm, 西目屋地域で 20 m・4 cm と、二ツ井地域で明らかに大きく、より八甲田地熱地域に近い西目屋地域へ減少する。また、五城目地域の JN-tuff2b の層厚および本質物の最大粒径はそれぞれ 3.8 m・3 cm と、二ツ井地域に向けて大きくなる。JN-tuff2 中の岩片の粒径は、二ツ井地域で最大となり、周辺に向けて粒径が減じる。また、能代平野地下での上部七座凝灰岩の層厚は 30～100 m とされ（石油技術協会, 1973）、二ツ井地域に向け厚くなる。

これらのことから、JN-tuff 2 の給源は八甲田地熱地域とは考えにくく、二ツ井地域近傍に位置する可能性が高い。

引用文献 :

大沢ほか(1984) 能代地域の地質(5 万分の 1 地質図幅), 32-38. 鹿野ほか (2013) 戸賀および船川地域の地質(第 2 版; 5 万分の 1 地質図幅), 67-70. 根本・藤田(2008), 地球科学, 62, 403-407. 石油技術協会(1973), 基礎調査, 118-121.

14C ウィグル・マッピング年代研究レビュー：B-Tm, Hr-FP, To-H の例 奥野 充（大阪公立大）

Mitsuru OKUNO: Review of 14C wiggle matching age studies: Examples of B-Tm, Hr-FP, and To-H

1. はじめに

14C ウィグル・マッピング (WM) とは、樹木年輪などに記録された 14C 変動を校正曲線のウィグルと照合して年代範囲を絞り込む方法で (Pearson, 1986; 古城, 1995), OxCal (Bronk Ramsey *et al.*, 2001) などを用いて 14C WM できる。本講演では B-Tm, Hr-FP, To-H テフラを 14C WM 年代の研究例として紹介する。

2. B-Tm テフラ

白頭山-苦小牧 (B-Tm) テフラ (町田ほか, 1981) は、様々な年代測定法が適用されている (奥野ほか, 2010)。年縞編年では、十和田 a テフラ (To-a) を AD 915 として、小川原湖から AD 937~938 (福澤ほか, 1998), ニノ目湯と三ノ目湯で AD 929 (上手ほか, 2010) が得られた。水月湖での B-Tm (SG06-0226) のモデル年代は、cal AD 880~956 (2 σ) である (McLean *et al.*, 2016)。14C WM では、Nakamura *et al.* (2007) が cal AD 930~943 (2 σ), Yatsuzuka *et al.* (2010) が cal AD 945~960 (2 σ), Yin *et al.* (2012) が cal AD 923~939 (2 σ), Xu *et al.* (2013) が cal AD 940~952 (2 σ) で、cal AD 930~960 の範囲にある。AD 774~775 の 14C スパイク (Miyake *et al.*, 2012) による年代決定法 (Wacker *et al.*, 2014) を適用すると AD 946 冬が得られる (Oppenheimer *et al.*, 2017; Hakozaiki *et al.*, 2018)。グリーンランド氷床コア NS1-2011 年代では、AD 947 \pm 1 である (Sigl *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2014)。

3. Hr-FP テフラ

榛名火山では古墳時代後期に渋川噴火 (Hr-FA) と伊香保噴火 (Hr-FP) が知られている (新井, 1962; 早田, 1989)。Okuno *et al.* (2019) は、山麓の Hr-FP 火砕流堆積物中の炭化樹木 (樹齢 29 年) の 14C 年代 (7 点) を IntCal13 と 14C WM して cal AD 424~444 を得た。Hr-FA は埋没樹幹の 14C 年代と IntCal04 (Reimer *et al.*, 2004) との 14C WM から cal AD 487~506 (2 σ) が得られ (早川ほか, 2015), 両者は層序的に矛盾する。一方、日本産樹木年輪データ (坂本ほか, 2013) との 14C WM から cal AD 538~559 (79.0%) が得られた (Okuno *et al.*, 2019)。IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020) とのマッチングでも cal AD 545~567 (2 σ) が得られる (奥野・他, 2022)。Hr-FP は 6 世紀中葉と考えてよい。

4. To-H テフラ

十和田八戸 (To-H) テフラは、非溶結のデイサイト~流紋岩質の十和田八戸火砕流

(Hayakawa, 1985) に関連した一連の噴火堆積物である。山麓には To-H による埋没林があり (大池・他, 1977; 寺田・他, 1994 など), その 14C 年代はおおよそ 13 ka BP である。Horiuchi *et al.* (2007) は、埋没樹木 2 本の 14C 年代 (計 9 点) を IntCal04 と比較して約 15.5 cal ka BP の暦年代を得た。van der Plicht *et al.* (2012) は、樹齢約 350 年の樹木年輪の 14C 年代 (34 点) を IntCal09 (Reimer *et al.*, 2009) に 14C WM して 16,534~16,204 cal BP (2 σ) を得た。坂田・他 (2022) も樹木年輪 (樹齢 99 年) の 14C 年代 (10 点) を IntCal20 にマッチングし 15,886~15,774 cal BP (2 σ) を得た To-H に対比されるグリーンランド氷床コアの火山ガラス NEEM1502.60m (22 粒) の年代は 15.7 \pm 0.2 ka b2k (2 σ) であり (Bourne *et al.*, 2016), これらの結果とほぼ一致する。「b2k」は AD 2000 が遡及基準である。

引用文献：新井 (1962) 群馬大紀要自然科学, **10**, 1-79. Bourne *et al.* (2016) *Sci. Rep.*, **6**, 29837. Bronk Ramsey *et al.* (2001) *Radiocarbon*, **43**, 381-389. 福澤ほか (1998) 汽水域研究, **5**, 55-62. Hakozaiki *et al.* (2018) *Radiocarbon*, **60**, 261-268. Hayakawa (1985) *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, **60**, 507-592. 早川ほか (2015) 群馬大教育学部紀要 自然科学, **63**, 35-39. Horiuchi *et al.* (2007) *Radiocarbon*, **49**, 1123-1132. 上手ほか (2010) 地質雑, **116**, 349-359. 古城 (1995) 第四紀研究, **34**, 129-134. McLean *et al.* (2016) *Quat. Sci. Rev.*, **150**, 301-307. Miyake *et al.* (2012) *Nature*, **486**, 240-242. Nakamura *et al.* (2007) *Tree-ring Res.*, **63**, 37-46. 大池ほか (1977) 地球科学, **31**, 136-137. Okuno *et al.* (2019) *Quat. Int.*, **527**, 29-33. 奥野 ほか (2010) 東北大東北アジア研究センター叢書, **41**, 103-111. 奥野ほか (2022) 月刊地球, **44**, 131-137. Oppenheimer *et al.* (2017) *Quat. Sci. Rev.*, **158**, 164-171. Pearson (1986) *Radiocarbon*, **28**, 292-299. Reimer *et al.* (2004) *Radiocarbon*, **46**, 1029-1058. Reimer *et al.* (2009) *Radiocarbon*, **51**, 1111-1150. Reimer *et al.* (2013) *Radiocarbon*, **55**, 1869-1887. Reimer *et al.* (2020) *Radiocarbon*, **62**, 725-757. Sakamoto *et al.* (2003) *Radiocarbon*, **45**, 81-89. 坂本ほか (2013) 日本文化財学会第30回大会講演要旨集, 190-191. 坂田ほか (2022) 名古屋大年代測定研究, **6**, 22-26. Sigl *et al.* (2015) *Nature*, **523**, 543-549. 早田 (1989) 第四紀研究, **27**, 297-312. Sun *et al.* (2014) *Geophys. Res. Lett.*, **41**, 694-701. 寺田ほか (1994) 第四紀研究, **33**, 153-164. van der Plicht *et al.* (2012) *Radiocarbon*, **54**, 625-633. Wacker *et al.* (2014) *Radiocarbon*, **56**, 573-579. Xu *et al.* (2013) *Geophys. Res. Lett.*, **40**, 54-59. Yatsuzuka *et al.* (2010) *Radiocarbon*, **52**, 933-940. Yin *et al.* (2012) *Quat. Sci. Rev.*, **47**, 150-159.

多良間島における暴浪巨礫の検出

前杵英明 (法政大)・倉倉正展 (産総研)・行谷佑一 (産総研)・越後智雄 ((株) 環境地質)
 MAEMOKU Hideaki, SHISHIKURA Masanobu, NAMEGAYA Yuichi and ECHIGO Tomoo: Detection of large storm boulders on Tarama Island, Sakishima Islands southwestern Japan

1. はじめに

本研究は、沈み込み型プレート境界に位置する日本列島太平洋側、とりわけ琉球海溝に面する南西諸島沿岸に分布するいわゆる津波石とよばれる巨礫群を、高解像度空中写真やドローン空撮画像を多年次にわたって比較分析することにより、津波石と台風などの暴浪で移動した巨礫(暴浪巨礫)を識別することを目的としている。

2. 研究の方法

20世紀半ばから国内で蓄積がある複数年次に撮影された高解像度(1200dpi)空中写真データ、およびドローン空撮による現況撮影を行い、それらをオルソ画像化して同じ座標系の上で重ね合わせる。画像解析から大津波の記録がない期間に移動が確認された巨礫を抽出することにより、逆に動いていない巨礫は津波で運搬された津波石である可能性が高いことが指摘できる。

今回の発表は、2023年度に行った先島諸島多良間島におけるGCP取得のためのVRS測量、およびドローン撮影データを基に、1963年以降に国土地理院が撮影した6年次分の空中写真および2024年3月に撮影したドローン画像を、3次元点群解析ソフト(MetashapePro)によってオルソ画像化し、GISソフト上で重ね合わせて比較した。その結果、多良間島西部において、1986年と1994年の空中写真の比較から、この間で長径が3.4m、短径2.6m、高さ2.7mの巨礫が46m北北東に移動していることが判明した。

移動したと推定される巨礫は、全期間で移動した巨礫の中で最大級のものである。その諸元(高さ、長径、短径)からこの巨礫は体積が 15.6m^3 (形状係数(Namegaya et al., 2022))を用いて計算)、重量は約39t(密度2.5(新城ほか, 2006))で計算)と推定される。この間は大津波の記録がないため、台風等で移動したものと考えられることから、この間における最大級の台風を気象庁やウェザーニューズのサイトで抽出した。

3. 1986年10月3日以降1994年9月7日以前に先島諸島付近を通過した大型台風

気象庁のサイトによると、1951年以降、日本本土に上陸した台風のうち、中心気圧が低い台風ランキングの中で3位と5位の台風が先島諸島付近を通過している。3位は1993年9月に鹿児島県南部に上陸した台風13号(上陸時930hPa)、5位は1991年9月に長崎県西部に上陸した台風19号(上陸時940hPa)である。これらの台風が先島諸島付近を通過した時の中心気圧はそれぞれ、

925hPa、935hPaであった(デジタル台風<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>)。また本土には上陸していないが先島諸島付近を通過して大陸方面に進んだ1994年8月の台風13号や台風16号も規模が大きく、先島諸島通過時の中心気圧はともに935hPaであった。とくに1994年の台風16号では沖縄県宮古島において最大瞬間風速52.1 m/sを観測している(気象庁月報1994年8月号)。

対象としている巨礫を移動させた台風の候補としては上記に挙げた台風がまず考えられ、今後実際の風向や風速、潮位などの情報を集めた上でさらに検証して行く予定である。

4. まとめ

本研究により、先島諸島多良間島で1963年以降の空中写真から、この間で移動した形跡がある巨礫を検出した結果、最大重量40t近い巨礫が、津波以外の原因で46mも移動していることがわかった。その原因として可能性が高いのは台風が挙げられ、原因となった台風として4つの台風を抽出した。今後は台風通過時の潮位・波高および流速等を計算するとともに、津波以外の原因で移動しうる最大級の礫の条件を検証していくことによって、逆に津波でしか移動しえない礫を特定していきたい。南西諸島の他の島において概査は行っているが、さらに詳細な検討が必要であり、今後同様な研究を継続する。

引用文献：新城ほか(2006)第19回沖縄地盤工学研究発表会要旨, 25-28. Namegaya et al. (2022) *Tectonophysics*, 842, 229487.



図.1 移動した約40tの巨礫

土砂移動計算を用いた2024年能登半島地震による沿岸津波波形の復元

中西 諒 (京都大学)・山田 昌樹 (信州大学)・成瀬 元 (京都大学)・石村 大輔 (東京都立大学)・清塚 義明・前橋 克哉 (信州大学)

Ryo NAKANISHI, Masaki YAMADA, Hajime NARUSE, Daisuke ISHIMURA, Yoshiaki KIYOZUKA, Katsuya MAEHASHI: Reconstruction of Coastal Tsunami Waveforms from the 2024 Noto Peninsula Earthquake Using Sediment Transport Modeling

1. はじめに

2024年1月1日に発生した能登半島を震源とするMw7.5の地震では津波が発生し、珠洲市から能登町にかけて大きな被害をもたらした。この津波では能登半島および富山・新潟県にかけて数十cm~1.5mの津波が検潮所で観測されたが、被害の大きかった能登半島北東部においては潮位計による観測データが存在しない。国土地理院は空中写真判読によって津波の浸水範囲を推定しており、低地では数百mの浸水を示す地域が報告された。一方で、津波堆積物は古津波の浸水範囲などを推定するため広く用いられているが、このような津波高のデータが不足した現世の事象に関しても貢献する可能性がある。本発表では現地調査による内浦地域の津波堆積物分布について報告した後に、その堆積物を土砂移動計算によって再現し、湾入り口の津波波形復元を試みた結果について報告する。

2. 津波堆積物分布

対象とした地域は能登町布浦・九里川尻地域で九里川尻川を有する1~2mの低地である。現地調査は1月末、3月初頭、4月初頭に実施された。本地域は広く砂泥層に覆われており、その分布は海岸線から600m以上であった。布浦・九里川尻地域は九里川尻川によって区切られているため、内陸側の九里川尻地域には河川を遡上した津波が越流した痕跡が認められた。河川からの越流があった地点の周辺では局所的に層厚10cm以上の砂層が確認されたが、海岸から浸水した地点では数cmの薄層が広く分布していた。堆積物の層厚分布は人工的な微地形に強く影響を受けていた。堆積構造からは少なくとも2度の遡上流が認められた。

3. 土砂移動計算

津波の浸水と土砂移動計算はDelft-3D Flowを用いて、平面2次元で行った。土砂移動計算の地形データは朝日航洋(株)提供の1mメッシュのDEMデータと日本水路協会M7011データを結合し、一部ドローン撮影によって作成した点群データを用いて補正を行い、2mメッシュデータとした。砂の供給源は粒径を150 μ mと240 μ mの二粒径として海域及び河川の領域に設定した。

潮位記録の逆解析によって得られた断層モデル(日本海地震・津波プロジェクトNT2-NT9: Fujii and Satake (2024))を用いて本地域の津

波波形を求めた。結果として湾入り口の振幅が2m、周期が10分となり、津波浸水は沿岸域に限られており、観測されたデブリや砂の分布範囲の半分程度であった。計算された砂の分布は海岸線から120m付近までで、標高の低い地形付近に限られており、観察結果より過小であった。

そこで、この地域の堆積物を再現可能な津波波形を復元するため、ガウス関数と正弦波の組み合わせによる単純化した波形を用いた計算を行った(Yamanaka and Tanioka, 2022)。観測された砂層の層厚と計算結果の残差が最も少なくなるような振幅と周期を探索するためパラメーター(振幅・周期・ガウシアン分散・前後波の傾き・粗度係数)を変更しながら順計算を繰り返した。

粗度係数が大きい場合には薄層化傾向が緩やかとなり、振幅や周期によらず観測層厚分布が再現できないことが分かった。最大波に続く後続波の振幅は観測された2度の級化ユニットを形成するため、ある閾値を越える必要があった。以上のように、津波の振幅と周期以外のパラメーターを制約した上で、津波堆積物の層厚分布をもっともよく再現する波形を探索した結果、振幅が3.0-3.5m、周期は12-16mとなった。

短周期(<10分)の波形では沿岸付近で厚く、河川背後に運ばれる土砂が少ない傾向があり、内陸側の河川付近の観測層厚と一致しない。本地域の津波堆積物を形成した津波は潮位記録から求められた津波より1m以上高く、より長い周期(大きな断層幅)が必要であると考えられる。海底地すべりによる津波の影響も考えられるが、長周期波が必要であることから、地震隆起による津波が波形の主な要因であると推定される。堆積物分布から推定された沿岸域の津波波形は不足した潮位記録の代替として用いることが可能であり、今後の断層モデルの精度向上に資すると考えられる。

引用文献:

Fujii and Satake, (2024), *Earth, Planets and Space*, 44.
Yamanaka and Tanioka, (2022), *Progress in Earth and Planetary Science*, 9.

日本海溝堆積物に記録された過去の海溝型巨大地震

池原 研・板木拓也(産総研)・長橋良隆(福島大)・里口保文(琵琶湖博)・石澤堯史(東北大)・
金松敏也(海洋機構)・Strasser, Michael(インスブルック大)

Ken IKEHARA, Takuya ITAKI, Yoshitaka NAGAHASHI, Yasufumi SATOGUCHI, Takashi ISHIZAWA, Toshiya KANAMATSU and Michael STRASSER: Sedimentary records of past great earthquakes along the Japan Trench: Results from IODP Expedition 386

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波は東北地方太平洋岸を中心に広い範囲に大きな被害を発生させた。陸域の津波堆積物の研究はこれ以前に似た巨大津波が繰り返し発生していたことを明らかにしたが、捉えられているイベントの数は少なく、統計的な解析に十分なイベントの数が得られているとは言い難い。また、これまでの地震性タービダイトに基づく地震履歴の検討のほとんどは完新世に限られており、例えば氷期-間氷期のような環境変動が地震性タービダイトの特徴や堆積間隔に影響を与えるかどうかもわかっていない。ここでは、IODP Expedition 386 日本海溝地震履歴研究の現時点での結果から、日本海溝中部における18000年間の地震発生パターンと完新世と最終退氷期でのタービダイトの特徴の比較を行う。

2. 日本海溝底堆積物の年代モデルの構築とタービダイトの堆積パターン

日本海溝底の水深は7000mを超えるため、年代モデルの構築に海底堆積物で通常使われる浮遊性有孔虫の放射性炭素年代測定を使うことができない。そのため我々は、テフラ層序を基礎に、環境変動に伴う放射虫群集変化、古地磁気永年変動、パルク有機物及び含まれる花粉の放射性炭素年代測定を組み合わせることで、より確からしい年代モデルの構築を試みた。再堆積の激しい海溝底であるにも関わらず、多くのコアでこれらの年代指標が大きく矛盾することのない年代モデルの構築ができています。

この年代モデルに基づく、日本海溝中部の3つのサイト(M0083, M0089, M0090)ではそれぞれ約6000年前まで、約18000年前まで、約23000年前までの連続した堆積記録が残されていることがわかった。これらのサイトの試料に挟在するタービダイトは比較的厚いタービダイト泥を持つことで特徴づけられる。そして、比較的厚いタービダイトに着目すると、500-600年の間隔で堆積していることがわかった。この間隔はこれまで報告されている地震発生間隔とよく一致し、日本海溝での巨大地震の発生間隔を示すものと推定される。

3. 完新世と最終氷期のタービダイトに違いはあるか?

最終退氷期まで到達している2つのサイト

(M0089とM0090)のタービダイトの堆積間隔は、完新世と最終退氷期で2つのサイトで共通するような明瞭な違いは認められない。このことは、巨大地震が最終退氷期の約18000年前以降、ほぼ同じ間隔で発生してきたことを示唆する。一方で、IODP Exp 386で得られた最終退氷期に達するサイトの堆積速度(年代と深度の関係)をプロットすると、いずれのサイトでも完新世で堆積速度が大きく、最終退氷期に小さいことがわかる。また、挟在するタービダイトの厚さは完新世で厚く、最終退氷期で薄い傾向が確認される。タービダイトを除いた半遠洋性泥の堆積速度も完新世で大きく、最終退氷期で小さくなる傾向にあるので、バックグラウンドの堆積速度が環境変動に応じて変化した可能性がある。日本海溝沿いの地震性タービダイトの一つの主要な堆積プロセスは表層堆積物の再懸濁により発生する混濁流とされる(Schwestermann et al., 2020, 2021; Ikehara et al., 2020, 2023; McHugh et al., 2020)。斜面域での堆積速度や堆積物組成の変化は、地震動に対する斜面堆積物の応答を変化させるかもしれない。また、斜面域の堆積速度が遅くなることは斜面域の小海盆や海溝底の海盆に供給できる土砂の量を減少させると考えられるので、地震性タービダイトの層厚や組成にも影響を与える可能性がある。

IODP Exp 386で採取されたコア試料の解析は現在進行形で進んでおり、これらの結果が統合的に解析されることにより、日本海溝の長期にわたる地震発生パターンやその地域変化、バックグラウンドとなる環境変動との関係がより詳細に明らかにされると期待される。

本研究は、科研費(23K22586)の研究成果の一部である。

引用文献: : Ikehara et al. (2020) EPS, 72, 114; Ikehara et al. (2023) PEPS, 10, 16; McHugh et al. (2020) Mar. Geol., 428, 106283; Schwestermann et al. (2020) G3, 21, e2019GC008861; Schwestermann et al. (2021) EPSL, 563, 116870.

堰き止め湖沼堆積物の¹⁴C年代から探る大谷崩の発達過程

荻谷愛彦（専修大）・中西利典（ふじミュージー）・木村恵樹（朋優学院）・山田隆二（防災科研）・木村 誇（愛媛大）・村松 武（飯田市美術博）・青島 晃（ふじミュージー）・北川浩之（名古屋大）

Yoshihiko KARIYA, Toshimichi NAKANISHI, Keiju KIMURA, Ryuji YAMADA, Takashi KIMURA, Takeshi MURAMATSU, Akira AOSHIMA and Hiroyuki KITAGAWA: Incremental development of the Oya-kuzure rock-slide deduced from ¹⁴C ages of dammed-lake deposits in the upper Abe River, central Japan

1. 序論 大谷崩の発達を巡り (A) 西暦 1530 年頃に初生的に発生し, 1702 年に顕著な土砂流出が起きた¹⁾, (B) 宝永地震を誘因として 1707 年に顕著な土砂流出が起きた²⁾, とする 2 説があり未詳な点が多い. 演者らは安倍川上流の複数の支流で堰き止め湖沼堆積物 (LD; ヨモギ沢=LDyo, タチ沢=LDtc, コンヤ沢=LDko) を発見し, LD の分布と年代を調査してきた. 本発表では最近得た新資料を報告し, 大谷崩が早ければ鎌倉・室町時代に土砂流出を起こしていた可能性を論じる.

2. 地域・方法 大谷崩—ヨモギ沢—新田—赤水滝—タチ沢—コンヤ沢間を踏査した (図 1). 各支流の LD から植物片を採取し, 名古屋大学と加速分析研究所の加速器質量分析装置を用いて累計 35 点の¹⁴C年代を測定した. 校正暦年(cal AD) は OxCal4.4 と IntCal20 による.

3. 結果・考察 大谷崩からの崩壊・土石流によって H (最高位) 面が区間全体に発達する. 以下, 沢ごとに上流側から報告する.

3-1. ヨモギ沢 (1) ヨモギ沢合流点では, H 面構成層は土壌化したヨモギ沢旧河床堆積物 (1400~1440 cal AD) を覆う. 15 世紀前半, ヨモギ沢の河道は安定していたらしい. (2) H 面構成層は安倍川からヨモギ沢に逆流して天然ダムを成し, LDyo が堆積した. LDyo は 1480~1940 cal AD を示すが, ヨモギ沢旧河床堆積物以降なのは確かで, 年代確率分布より 1500~1700 cal AD かそれ以降に堆積したと考えられる. ヨモギ沢で得た¹⁴C年代値を総覧する限り, H 面構成層は 1702 年や 1707 年に合致するともしないともいえる.

3-2. タチ沢 (1) 地点 TC1 では H 面構成層直下に LDtc1 が存在する. LDtc1 は安倍川の河床上昇で堆積し, 年代確率分布から 1700 cal AD 頃かそれ以前と推定される. (2) TC1 の上流の地点 TC2 にも年代が広範囲 (1290~1945 cal AD) におよぶ LDtc2 が存在する. 地層の高度から LDtc1 と LDtc2 は異なり, LDtc1 が下位, LDtc2 が上位にあると判断される. LDtc2 は H 面構成層を天然ダムとする新しい湖沼堆積物の可能性が高い.

3-3. コンヤ沢 (1) 安倍川・コンヤ沢合流点の現河床に露出するコンヤ沢起源の泥流堆積物 Mk は 1280~1635 cal CE (重合 1306~1635 cal AD) である. (2) Mk を覆う LDko は安倍川の河床上昇で堆積し, 1228~1468 cal AD (重合 1282~1417 cal AD) である. (3) H 面構成層は LDko より 30

m 以上も高い位置にある.

LDtc1/2 や LDko が示すように, 1300~1400 cal AD (LDko) 頃や 1700 cal AD 頃 (LDtc) に安倍川の河床が上昇し, 支流に湖沼が形成されたと考えられる. 緩慢な河床上昇では支流が本流に協和的に合流する時間的余裕が生まれて湖沼の形成に至らないので, 間欠的で急な河床上昇が想定される. 河床上昇を招いた土砂の給源は大谷崩と考えられるが, 他にも大規模斜面崩壊跡が認められ, それらが寄与した可能性がある.

当地の集落形成は 1118 年まで遡れる. 大谷崩の初記載は 1530 年頃で, 河床上昇などのため氾濫原付近の家屋が移転した最古記録は 1616 年である^{1, 3)}. 今回報じた年代値をみても, 鎌倉時代 (1185~1333 年) や室町時代前半 (1336~1400 年頃) に大谷崩の初生的崩壊が始まり, 河床高度の急昇を招く突発的土砂流出が数回起きたことが想定される. 大谷崩は特定年や短期間に生じた単発事件ではなく, 数百年以上かけて土砂を排出し, 18 世紀初頭に最終的な大規模流出が起きて H 面を形成したと考えられる. 以上の想定は A 説を支持する. なお, 新田の現河床下約 31~43 m に細粒層が伏在し, H 面より古い LD とされている¹⁾. 細粒層の年代は不明ながら同層は LDtc1 や LDko と同時の可能性もある. 大谷崩の誘因として宝永以前の海溝型地震 (1361 年康安, 1498 年明応) や豪雨にも注目すべきである.

文献・謝辞: ¹⁾ 町田 1959 地理評. ²⁾ 静岡河川工事事務所 1988 安倍川砂防史. ³⁾ 北村・東 1988 日林北支論. 科研 22K01035, 名古屋大学宇宙地球環境研 2023 年度共同研究, 日本地すべり学会研究助成.

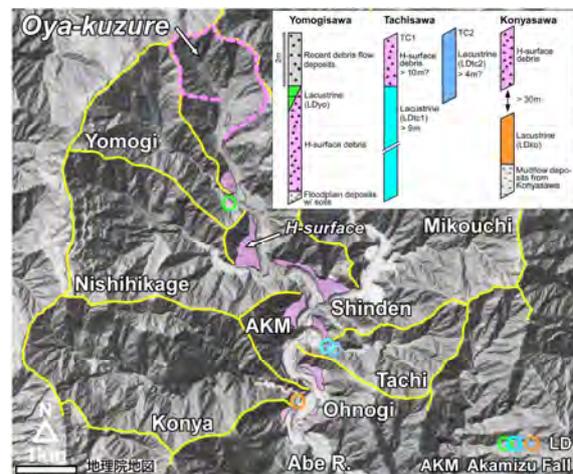


図 1. 大谷崩と安倍川支流および湖成層

東京都昭島市に分布する下部更新統加住層から産出した田中町フロアの記載と、 昭島市から産出した化石の普及教育利用

福嶋 徹 (むさしの化石塾)・福嶋 泉 (TRC 昭島市民図書館)・伊藤 雅彦 (昭島市教育委員会)
Tohru FUKUSHIMA, Izumi FUKUSHIMA, Masahiko ITO: Description of "Tanakacho flora" and use of fossils
discovered in Akishima city for public education

1. はじめに

東京都昭島市を流れる多摩川の河床には、上総層群に相当する陸成堆積物からなる加住層と、その上位には海成堆積物が主体となる小宮層が露出する。いずれの地層からも多岐にわたる種の化石の産出が報告されており、これまでもさまざまな調査が行われてきた(例えば、アキシマクジラ: Kimura et al., 2018, 拝島町足跡化石: 福嶋・岡村, 2009, など)。なかでもアキシマクジラや拝島足跡化石は、昭島市教育委員会と研究者や地域市民が一体となって調査が行われた経緯もあり、市内から産出する化石に対して、市民の関心が高い(例えば、多摩川中上流域上総層群調査研究プロジェクト, 2020 など)。

このたび、2019年の台風19号の影響により加住層が削剥され、新たに露出した化石林の存在について、市民からの情報提供があった。この情報に基づいた現地調査では12株の埋没林を確認できた。

本発表では、田中町フロアの記載と、昭島市から産出した下部更新統の化石群を用いた普及教育利用について紹介する。

2. 田中町フロアの記載

加住層の上部に確認された化石埋没林と大型植物化石を包含する厚いシルト層を、田中町フロア(新称)として記載する。位置は、東京都昭島市田中町拝島橋右岸川上流である。層位は、加住層上部ヒキニクタフ(倉川・間島, 1982)の直上に位置し、Ko1テフラより下位のシルト層にあたる。加住層は淘汰の良い礫支持の中礫-巨礫サイズの円-亜鉛礫層を基底とする。この礫層の上にはシルトを主体とする氾濫原堆積物が何層か重なり、これらの堆積物中には大型の植物化石や動物化石が含まれる。田中町フロアもこれらの一つで、従来報告されていた拝島水道管橋付近の拝島フロアよりも上位に位置する。

田中町フロアでは、立木埋没林12株を含むほか、オオバタグルミ(*Juglans megacineria* Miki ex Manchester)の堅果が産出する。そのほか材化石や葉化石などを多く含む。

3. 普及教育活動への利用

化石を教材とする事業としては、野外での化石発掘体験や、母岩をあらかじめ採集しての室内クリーニングの体験などの事例が挙げられる。しかしながら、これらのイベントでは、少なからず化

石や地質に興味を抱いている層が対象となり、また、参加者層もイベントの内容によって、ある程度対象となる階層が定められることが多い。

昭島市では、63年前に発見されたアキシマクジラをシンボルとしたくじら祭りが、行政の主催で毎年開催されている。そして、このくじら祭りに化石を出展し、実際に昭島市から産出した化石に触れる機会を提供している。このような行政が主催となり、市民が主体となるイベントでの化石の出展や体験例は多くない。くじら祭りでは、行政の総合施設の出展ブースにおいて、実際の化石に触れることができるほか、その記載や研究を行った研究者から直に解説を受けるインセンティブの機会を提供している。行政主催のお祭りを展示の場とすることで、従来対象としていた、化石や地質に関心がある層や特定階層だけでなく、祭りに立ち寄った市民や他のブースを出展している出展者にも、実際の化石に触れ、興味や関心を抱く機会を広く提供している意義は大きい。2024年度のくじら祭りには、田中町フロア産の流出木化石のうち1点を出展、田中町フロアの調査の報告を行うとともに、実際にその化石に触れる機会を提供している。これまで出展していたアキシマクジラの化石と共に、下位の加住層の陸成層から産出した植物化石を出展し実際に触れてもらう事は、陸成層から海成層への変化を体感することにもつながり、第四紀を特徴づける海水準変動に興味を抱く機会にもなりうる。

昭島市の場合、地域が一体となって産出した化石を文化財とし、さまざまな場で普及教育に活かす土壌ができていく。この事例は、今後の普及教育活動において意義がある。

引用文献

- 倉川 博・間島信男, 1982. 加住北丘陵の層序について. 関東の四紀, (9), 39-48.
多摩川中・上流域の上総層群. 化石. 多摩川中上流域上総層群調査研究プロジェクト実行委員会編, 2020. 多摩川中上流域上総層群調査研究プロジェクト報告書, 110-124. 羽村市
Toshiyuki Kimura, Yoshikazu Hasegawa, Naoki Kohno, 2018. A New Species of the Genus *Eschrichtius* (Cetacea: Mysticeti) from the Early Pleistocene of Japan

熱海市逢初川源頭部の未崩落の黒色の盛土の採取地点

北村晃寿(静大)・山下裕輝(静大・大日本ダイヤコンサルタント)・森 英樹(静大)

Akihisa KITAMURA, YUKI YAMASHITA, Hideki MORI: The source area of the uncollapsed black embankment at the head of the Aizome River in Atami City.

1. はじめに

2021年7月3日に、静岡県熱海市逢初川源頭部(標高390m, 海岸から2km上流)にあった約56,000 m³の盛土のうち約55,500 m³が崩壊して発生した土石流は、死者28人、全・半壊家屋64棟の被害を出した。第一著者は共同研究者とともに、静岡県と熱海市の協力の下で、盛土崩壊の原因を究明するため、地球科学的調査を行ってきた。新たに得られた知見を紹介する。

2. 先行研究

静岡県は、「逢初川土石流の発生原因調査検証委員会(以下、検証委員会)」を設置し、県が作成した報告書案の検証を依頼した。検証委員会は、2022年9月に最終報告書を公表し、「少なくとも7波の土石流が確認され、(中略)、多くの段波が発生した原因としては、源頭部の盛り土が幾度かに分かれて崩落するたびに段波が発生した可能性や、一旦停止した土石流堆積物の背後に渓流水が供給され貯蓄された後に崩落し、段波が発生した可能性が考えられる」と報告した。

また、検証委員会は、空気～水～土骨格連成有限変形解析コード GEOASIA を使い、盛土崩壊に至る挙動を再現した。この解析では、盛土を上部盛り土(褐色の土砂)、下部盛り土(黒色の土砂)の2層構造とした。現地に残っている盛り土から採取した土の三軸圧縮試験結果から盛り土のパラメータ(ポアソン比や応力比など)を設定した(但し、盛り土の採取場所は報告していない)。また、下部盛り土と上部盛り土の層内の飽和透水係数を均質と仮定して、下部盛り土の飽和透水係数は、未崩落の盛土で掘削したボーリング No. 3 の現場透水試験結果の値を用いた。その結果、盛土下端部・中間部・上部の3箇所に大きなひずみが発生することから、数次にわたって崩壊した可能性を示唆するとした(静岡県, 2022)。

一方、第一著者と共同研究者の調査によって、次の知見を得た。

(1)盛土の褐色の土砂は熱海周辺の岩体由来と考えられ、黒色の土砂と土石流堆積物は他所から運搬されたもので、古生代末期—中生代の放射虫化石を含むチャート岩片を含むので、採集地の一部の後背地にはチャート層が分布する(北村ほか, 2022a)。また、1950年以降の淡水生二枚貝、現世と前・中期完新世の沿岸性貝類、鮮新世—更新世の海成層由来の軟質泥岩礫を産する(北村, 2022; 北村ほか, 2022b, 2024)。よって、黒色の土砂は、現世の河川・沿岸堆積物、中部完新統の海成層、鮮新・更新統の海成層の堆積物を

含む。中部完新統の海成層は、神奈川県小田原市大磯丘陵に分布する下原層の可能性があり、鮮新・更新統の海成層は、大磯丘陵南部と、相模原市に分布する海成鮮新・更新統の可能性もある。

(2)放射性Cs濃度から、盛土と土石流堆積物は、¹³⁴Csと¹³⁷Csが検出限界未満の試料(タイプI)、¹³⁷Csは検出されるが¹³⁴Csは検出限界未満の試料(タイプII)、¹³⁴Csと¹³⁷Csを含む試料(タイプIII)に区分できる(北村ほか, 2023b)。各タイプの採取場所における堆積時期は、タイプIは1950年代以前、タイプIIは1950年代から2011年3月初旬、タイプIIIは2011年3月中旬以降となる。土石流堆積物のほぼすべてがタイプIIなので、崩壊した黒色盛土層の大部分はタイプIIの土砂である(北村ほか, 2023b)。

(3)放射性Cs濃度と全硫黄濃度に基づく土砂の分類では、ボーリング No. 3は崩壊した黒色盛土層の土砂とは採取地が異なる。だが、飽和透水係数を測定した部分の粒度組成は、土石流堆積物の粒度組成と有意の差はないので、その観点からは、静岡県の採用した飽和透水係数は適当でないとはまでは言えない(北村ほか, 2023)。

(4)神奈川県内の海浜・河口の堆積物を調査した結果、黒色の土砂と土石流堆積物に含まれるチャート岩片と同時代のチャート岩片が神奈川県多摩川河口から検出された。よって、黒色の土砂の一部は多摩川流域から運ばれて来た可能性が高いことが判明した(北村ほか, 投稿中)。

3. ボーリング No. 3・4の粒子組成

本研究では、未崩落の盛土で掘削したボーリング No. 3と4の採取地を検討するため、ともに35試料を対象に、0.35–0.50 mmの粒子を樹脂に包埋し、薄片を作成し、500個の粒子組成を偏光顕微鏡で同定した。

その結果、石英、長石、輝石を主とし、生物源炭酸塩粒子を随伴するが、チャートは検出されなかったことが分かった。生物源炭酸塩粒子には有孔虫を含むので海成堆積物である。この組成比は、平塚市大磯港の浚渫土砂からなる平塚市龍城ヶ丘養浜の盛土の組成に最も類似する。

・引用文献: 北村, 2022, 第四紀研究, 61, 109–117; 北村ほか, 2022a, 静大地研報, 49, 61–72; 2022b, 静大地研報, 49, 73–86; 2023, 静大地研報, 50, 39–63; 2024, 静大地研報, 51, 1–16; 投稿中, 静大地研報; 静岡県, 2022, 第5回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会配布資料。

諏訪盆地における更新世末～完新世の湖水位変動と遺跡分布との関連

葉田野 希 (長野県環境保全研究所)・川野律歩 (信州大学)・吉田孝紀 (信州大学)

Nozomi HATANO, Ritsuho KAWANO, Kohki YOSHIDA: Relationships between the lake level fluctuations and the distribution of archaeological sites during the latest Pleistocene and Holocene periods in Suwa Basin, central Japan

1. はじめに

中部日本の八ヶ岳山麓から諏訪盆地は、後期旧石器時代～縄文時代の遺跡の密集地として知られる。当地域の遺跡の高度分布は、土器型式の時代区分ごとに大きく変化しており、諏訪湖の水位変動（湖域の拡大縮小）が集落の範囲を規制した可能性が指摘されている（藤森, 1965）。しかし、縄文時代以前の湖域の拡大縮小について、地質・地形学的研究は行われていない。本研究では、諏訪湖の湖岸で堆積物コアを掘削し、堆積・古土壌学的記載と主要元素組成分析から、更新世末～完新世の堆積環境と数百年～数千年スケールの湖水位変動を復元した。この結果と旧石器時代～縄文時代の遺跡分布との関連性を考察した。

2. 堆積物コアの概要

2020年と2021年に諏訪湖の南西岸と南東岸で堆積物コアを2本（ST2020コア、最深部の年代：約26.7 cal kyr BP；SK2021コア、最深部の年代：約20.2 cal kyr BP）採取した。両コアともに、採取長30mであり、礫、砂、泥、珩藻質泥、火山灰、泥炭から構成される。コアの年代―深度モデルは、植物片（木片）の放射性炭素年代（AMS14C）を用いて構築した。コアの堆積速度は、0.5～2.0 m/kyrを示す（Hatano et al., 2024）。

3. 堆積システム

粒度、堆積構造などの堆積学的特徴と根化石、集積粘土などの古土壌学的特徴をもとに、両コアの堆積ユニットは、下位より、ユニットI（河川・氾濫原堆積物、約27.2～13.3 cal kyr BP）、ユニットII（湖沼堆積物、約13.3～4.2 cal kyr BP）、ユニットIII（デルタ堆積物、約4.2 cal kyr BP～）へ区分される。河川・氾濫原ユニットでは、斜層理砂礫層が優勢であり、B層の発達を示す褐色系土色・集積粘土を伴う古土壌を複数挟在する。湖沼堆積物では、珩藻質泥層、泥層が卓越し、細根化石と粘土皮膜を伴う古土壌をしばしば挟む。約7.0～5.7 cal kyr BPにかけては、全有機炭素／全窒素比が低い値で変化に乏しく、古土壌を挟まないことから、安定した深い湖であったと考えられる。デルタ堆積物では、礫層、砂層、泥炭層からなる上方粗粒化・厚層化・黒色化サクセッションに特徴づけられる。デルタ堆積物上部では古土壌が発達することから、デルタの前進による離水とそれによる湖の縮小が考えられる。

4. 数百年スケールの湖水位変動とその要因

湖沼ユニットの泥層から300～400年間隔で泥質堆積物試料を採取し、全岩での主要元素組成分析を行った。SiO₂濃度は、数百年～千年間隔で増

減し、古土壌で低く珩藻質泥で高い。珩藻質泥におけるSiO₂濃度は、現世の諏訪湖流入河川の懸濁泥の値（葉田野, 2022）と比べて高い値をとり、珩藻由来であることを示す。これより、低SiO₂濃度を示す古土壌では、湖水位の低下により、コア掘削地点において珩藻の堆積が停止したと解釈される。

湖水位の低下は、両コアで共通して約12 cal kyr BP、約8 cal kyr BP、約7 cal kyr BPに認められる。これらの時期は、ヤンガー・ドリアス亜氷期、および8.2 ka イベントの寒冷期において、アジア沿岸では乾燥化した時期（Cheng et al., 2009; Corrick et al., 2020）、および中緯度北太平洋では表層水温が低下した時期（Yamamoto, 2009）とおおよそ一致する。一方、深い湖の層相を示す約7.0～5.7 cal kyr BPは、完新世中期の最温暖期（Park et al., 2019）に相当する。諏訪湖の水位変動は、東アジア・夏季モンスーンや熱帯低気圧の変動に規制された夏の降水量（流入量）の変化に影響を受けた可能性が示唆される。

5. 湖水位変動と遺跡分布との関連

後期旧石器時代には、八ヶ岳山麓だけでなく諏訪盆地の低地部（標高約760～790 m）にも遺跡が広がっており（藤森, 1965）、盆地の広い範囲で人々が生活していたとされる。この時代、コア掘削地点は、河川・氾濫原環境であり、現在よりも諏訪湖の面積が縮小していた。縄文草創期～早期には、標高880 mより低い地域に遺跡がほとんどない（藤森, 1965）。これは、約13.3 cal kyr BP以降の湖の拡大が人々の生活場をより高標高地に退かせたことを示すと考えられる。一方、現在の諏訪湖湖底（標高約759 m）には、縄文草創期の水中遺跡（曾根遺跡）がある。これは、約12 cal kyr BP、約8 cal kyr BP、約7 cal kyr BPに認められた一時的な湖水位低下時に相当するのかもしれない。縄文早期後半～縄文前期・中期になると、諏訪盆地の低地部は遺跡の密集地となり（藤森, 1965）、デルタの前進と湖の縮小が、人々の再来に寄与したと考えられる。

引用文献: Cheng et al. (2009) *Geol.* 37, 1007–1010. Corrick et al. (2020) *Sci.* 369, 963–969. 藤森 (1965) 地学雑誌, 74, 76–94. 藤森 (2017) 信濃毎日新聞社 135p. 葉田野 (2022) 長野県環境保全研究所研究報告, 18, 61–71. Hatano et al. (2024) *Geomorphol.* 455, 109194. Park et al. (2019) *Sci. Rep.* 9, 10806. Yamamoto (2009) *J. Quat. Sci.* 24, 836–847.

考古遺跡の地層データより得られた大阪府河内平野の完新世相対的海水準変動

別所秀高 (大阪市文化財協会/同志社大)

Hidetaka BESSHO: Holocene relative sea level changes obtained mainly from archaeological sites in the Kawachi Lowland Plain, Osaka, Western Japan.

大阪府河内平野の東端、生駒山地西麓に位置する鬼虎川遺跡では、完新世最高海水準期の海岸がみつまっている。この海岸は上部更新統が浸食されてきた未固結岩石海岸で、6.1Kaの海食崖と海食崖基部のノッチ、6.5~6.1Kaの波食棚と海食台へと続く海岸地形が確認されている(松田1991, 図1)。

この海岸地形からは当時のおおよその潮差や平均海水準、波浪限界水深を求めることができる。ノッチと波食棚沖側末端との比高から当時の潮差は約1.4m、平均海水準は海拔(標高)+0.9m、さらに当時の平均海水準と海食台の比高から波浪限界水深は2.7mと推定される。

その後実施された鬼虎川遺跡の調査や既存の地層断面の記録からは、この最高海水準期の海岸地形の沖側に7.2~6.5Kaの海食台を確認できた。先に求めた波浪限界水深を当てはめると、7.2~6.5Kaの平均海水準は-1.5mと推定される。

いっぽう、河内平野では間接的な海水準指標となり得るラビンメント面や干潟堆積層、上部デルタプレーンを開析する流路(いわゆる「埋積浅谷」)などが、鬼虎川遺跡のほか池島・福万寺遺跡、北鳥池遺跡、宮ノ下遺跡、山賀遺跡、若江北遺跡で確認されている。これらの間接的海水準指標に鬼虎川海岸で求めた潮差や波浪限界水深と、放射性炭素年代や考古遺物年代を当てはめて、完新世の相対的海水準変動曲線を復元した。

河内平野に海が浸入しはじめるのは10.6Kaで、その時の海水準は-23.3mである(市原・木越, 1960)。その後、3.2mm/年の速度で上昇し、9.1Ka

には海水準は-17.8mに達した(三浦ほか, 2002)。

9.1~8.4Kaにかけては15.7mm/年の速度で急上昇し、8.4Kaには海水準は-6.8mに達した。8.4~7.2Kaにかけては4.4mm/年の速度で上昇し、7.2Kaに海水準が-1.5mに達した後、6.5Kaまでは停滞し、鬼虎川海岸では海岸線が陸側へ175m後退した。

6.5Kaには海水準が再び急上昇して最高海水準である+0.9mに達して6.1Kaまで停滞し、鬼虎川海岸では6.5~6.1Kaに海岸線が陸側へ67m後退した。

最高海水準期以降は3度の顕著な海水準低下と上昇がみられた。6.1Kaから5.8Kaにかけて海水準は-2.7mまで低下した。5.8Kaから5.0Kaにかけて-1.8mまで緩やかに上昇し、4.5Kaまでには-1.1mに達した。

その後、海水準は4.5Kaに一時的に-2.5mまで低下し、4.0Kaまでには-1.1mまで回復した。また、海水準は2.9kaにも一時的に-2.6m付近にまで低下したが、すぐに上昇に転じ、2.4Kaには-0.2m付近に達した。その後、河内平野の水域は淡水化したとみられる。

参考文献: 松田順一郎(1991)日本第四紀学会講演要旨集, 21, 70-71.

別所秀高(2024)「国立歴史民俗博物館研究報告」249(査読終了)

市原・木越(1960)地球科学, 52, 18.

三浦健一郎ほか(2002)活断層・古地震研究報告, 2, 109-123.

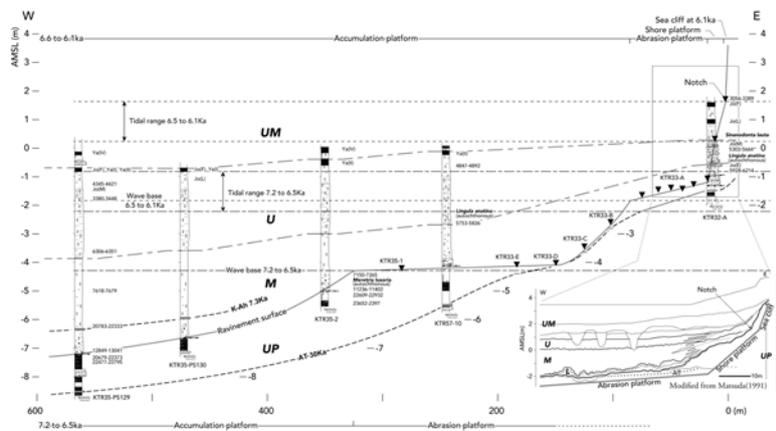


図1 鬼虎川遺跡(KTR)でみられた高海水準期の海岸の柱状図と地質断面模式図。別所(2024)を改変。

UM: 沖積層最上部陸成砂層, U: 沖積層上部砂泥互層, M: 沖積層中部海成泥層, UP: 上部更新統

Jo: 縄文時代, (E): 前期, (M): 中期, (L): 後期, (F): 晩期, Ya: 弥生時代, (I): 前期, (II) (IV): 中期

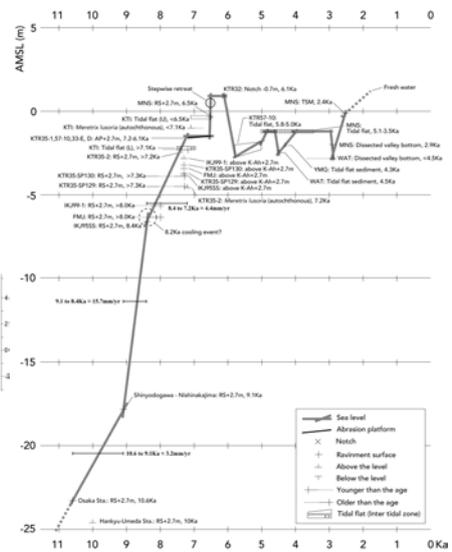


図2 河内平野の完新世相対的海水準変動曲線。

OSL年代・考古遺跡・文献史料に基づく和歌山平野の砂丘列の形成過程

趙哲済（大阪市文化財協会）・田村亨（産業技術総合研究所）・藤藪勝則（和歌山市文化スポーツ振興財団）・菊井佳弥（奈良市）・福佐美智子（大阪府文化財センター）・瀬谷今日子・金澤舞（和歌山県教育庁）・大木要・河本光月（和歌山市）・藤原啓史（大阪市文化財協会）・辻康男（京都府埋文）

Chul-jae CHO, Toru TAMURA, Katsunori FUJIYABU, Kaya KIKUI, Michiko FUKUSA, Kyoko SETANI, Mai KANAZAWA, Kaname OGI, Mitsuki, KAWAMOTO, Keishi, FUJIWARA, Yasuo TSUJI: Formation process of sand dunes in the Wakayama coastal plain based on OSL dating, archaeological sites and archives.

1. はじめに

和歌山平野中央部への集落の進出が、最高海面期後の拡大する平野でどのように推移したかを考究するには、氾濫原の復元とともに、沿岸部に発達する砂丘列の形成過程の解明が不可欠だと考えられた。そこで、OSL年代を柱に考古遺跡と文献史料の情報を加えて、砂丘の形成過程を検討した。

2. 砂丘列

平野の中央を西流する紀の川の北岸には4列の砂丘列が海岸線に並走する。内陸から2列目の古屋2列は最高峰が20m余りあり、他の3列も10mを超える（明治の正式図による。以下同様）。南岸には14mを超える主要な3列がある。内陸の最高28mの吹上砂丘は、基盤小丘に被って北西-南東方向に和歌川まで延びる。その前面には南北方向の砂山砂丘が並び、両砂丘間を小規模の堀止・高松砂丘が埋め、全体としてL字形の砂丘地帯を形成する。砂山砂丘は南へ標高を減じつつ、緩く弧を描いて関戸遺跡の先で基盤小丘に接合する。海岸の水軒砂丘は北部が高いが、南部では砂山砂丘と同様に低い。

3. OSL試料と年代測定結果

各砂丘列および和歌山脈南縁の計13か所83点の試料から、6900~190年前の年代値を得た（図1）。OSL年代の測定法と年代値の妥当性は、そのうちの65試料に基づき、田村ほか（2023）で検討した。

4. 砂丘列平野の形成過程

和歌山平野の砂丘層序は、下部砂丘、中部古土壤と同時期の砂丘、上部砂丘に3区分できる（図1）。

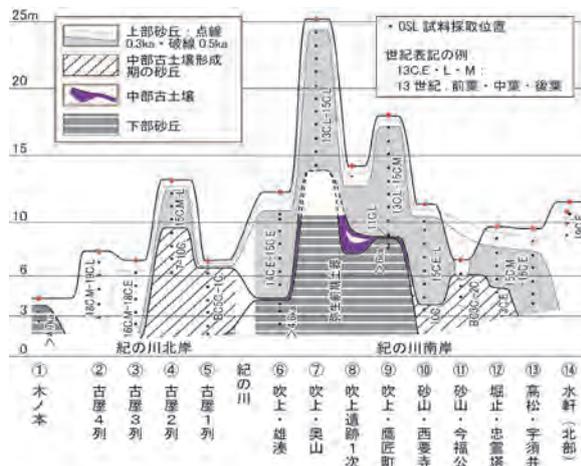


図1 OSL試料の垂直位置と測定年代の概略図

縄文時代前期末（6000年前頃）の最高海面期には、吹上砂丘⑦~⑨（図1）は、基盤小丘に下部砂丘がとりつく島であったと推定される。砂丘は海拔6m以上の高さがあった。海側の吹上⑥ではやや遅れて縄文中期（4600年前頃）以降に下部砂丘が堆積した。この頃、紀の川北岸に砂丘列はなく、和歌山脈南縁①は外海に面した砂浜だったと考えられる。

吹上⑥⑨では砂丘中部に層厚約30cmの草原性土壌を挟在する。この古土壌は吹上遺跡⑧でも確認され（和歌山市教委, 2016）、出土土器から遅くとも弥生前期（前5世紀）には生成され出している。

土壌生成期に砂山砂丘が堆積し始める。⑪では弥生中期（前3世紀）、⑩では平安中期（10世紀）には存在するが高くない。しかし、奈良時代（8世紀）の土器は砂丘前面に広い砂浜があったことを推測させる。北岸では古屋1列が弥生前~後期（前3世紀~1世紀）にでき、後期が古墳前期頃には古屋2列が成長を開始したと考えられ、平安中期まで続く。この期間は上述のほか、古屋1列西端に西庄遺跡、砂山列南端に関戸遺跡など、弥生後期~古墳後期（6世紀）に砂丘列への集落進出が目立つ。

その後、上部砂丘が急速に堆積する。吹上⑦⑨では鎌倉時代中頃（13世紀後半）から、吹上⑥や古屋2列では室町前-中期（14-15世紀）からであり、室町後期（15世紀後半）まで続く。砂山砂丘⑩でも上方へ付加するとともに、砂丘背後に堀止・高松砂丘⑫⑬が形成される。和歌山城跡では室町中期前半に⑥背後の低地が飛砂で埋まって高くなる（和歌山市, 2024）。砂丘砂の堆積量は4~13m/100年と厚く、冬季モンスーンの強まりが示唆される。

江戸後期に編纂された『紀伊続風土記』によれば、時期未詳ながら、紀の川は16世紀初頭以前に一村が流失するほどの「大浪」があり、その後一時期、現・水軒川の低地を南下したという。古屋3列の前身の砂嘴が水軒砂丘の北部に急伸長したのが一因と考えられる。古屋3列は16世紀中頃から顕著に成長するが、それまでに前身の砂嘴は洪水で決壊し、紀の川河口は現在の位置に復帰したらしい。古屋4列と水軒砂丘は江戸中期（18世紀半ば）~後期（19世紀）に成長している。

引用文献：田村ほか（2023）和歌山平野砂丘堆積物の長石ルミネッセンス年代測定。日本第四紀学会講演要旨集, 2023年大会, 28. 和歌山市教委（2016）吹上遺跡第1次試掘調査。和歌山市内遺跡発掘調査概報, 14-19. 和歌山市（2024）和歌山城跡第34次発掘調査報告書, 507p.

福井県六呂師高原における MIS 3 以降の植生変遷-池ヶ原湿原堆積物の花粉分析
 高原 光 (京都府大・生命環境)・佐々木尚子 (京都府大・生命環境)・林 竜馬 (琵琶湖博物館)・
 國永知裕* (福井県自然保護センター)

Hikaru TAKAHARA, Naoko SASAKI, Ryoma HAYASHI, Tomohiro KUNINAGA : Vegetation history since MIS 3 in the Rokuroshi Highland, Fukui Prefecture-palynological study of the sediment from the Ikegahara mire

1. はじめに

福井県嶺南地域の三方低地周辺では、花粉分析によって最終氷期以降の詳細な植生史が解明されてきた(安田, 1980; Takahara & Takeoka, 1992 など)。ここでは MIS2 期を除いてスギが多かったことが特徴である。一方、県北東部の嶺北地域では、蛇ヶ上池湿原堆積物の花粉分析(宮本ほか, 1999)以外に植生史に関する資料は少ない状況にある。ここでは嶺南地域のようなスギの優勢は認められていない。このように両地域は近接する地域でありながら、植生史に大きな違いが認められ、嶺北地域における植生史に関する情報の集積が必要である。

この嶺北地域の奥越に位置する六呂師高原の池ヶ原湿原には1m以上の泥炭が堆積していることが、福井県自然保護センターの調査(福井県自然保護センター・環境アセスメントセンター, 2010)、で明らかにされた。そこで、本研究では、2017年に池ヶ原湿原において堆積物を採取して花粉分析を行い、その概要を発表してきた(高原, 2018; 高原ほか, 2019)。その後、年代測定をさらに進め、花粉分析も詳細に行ってきたので報告する。

2. 池ヶ原湿原の概要と堆積物

池ヶ原湿原は、福井県勝山市平泉寺町小矢谷に位置している(標高609m)。また、奥越高原県立自然公園特別地区に指定されている。

現在、湿原周辺は奥越高原牧場として牧畜等に利用されている。湿原中央部はオオミズゴケに被われ、その周辺部はヨシ、ハンノキが優勢で、多くの湿地性植物が繁茂している。

オオミズゴケに被われた中央部において、直径7.5cmのシンウォールサンプラーとヒラー型ハンドボーラーを併用してボーリングを行い、深度593cmまで堆積物を採取することができた。堆積物は主に泥炭と有機質粘土からなっているが、深度425~455cmには約30000年前(Smith et al., 2013)に堆積した始良 Tn 火山灰(AT)が認められた。ATの下層には厚さ1.35mの泥炭が堆積していた。この部分はヒラー型ハンドボーラーによって採取された。したがって、採取した堆積物は MIS 3 に対応する最終氷期から完新世に至っている。

3. 花粉分析の結果と植生変遷

花粉分析の結果から推定された植生変遷は以下のとおりである。3万年前以前(MIS 3): ナラ類などの落葉広葉樹が優占し、ツガ属やスギなどの針葉樹が伴う植生。3万年~約1.5万年前: モ

ミ属、トウヒ属、ツガ属、マツ属(五葉型)のマツ科針葉樹とカバノキ属の優勢な植生。1.5万年~約1.0万年前: ブナ、コナラ亜属などの落葉広葉樹の優勢な植生。約1.0万年前以降: ブナ、コナラ亜属、ニレ属-ケヤキ属などの落葉広葉樹の優勢な植生。照葉樹林の要素である常緑広葉樹のアカガシ亜属花粉は約6000年前以降の低率ながら出現する。前期完新世では、堆積物中に微粒炭量が多く、火事が起こっていたことを示している。また、晩氷期と完新世の後半にはハンノキ属が湿地植生として繁茂したと考えられた。

三方低地などの嶺南地域で前期完新世にはスギが急増し(安田, 1980; Takahara & Takeoka, 1992 など)、北陸沿岸部においても、2000年前にはスギが増加していた(Takahara et al., 2023)。一方、嶺北地域奥越の六呂師高原では完新世を通じて、人工林のスギを除いて、スギの増加は認められなかった。この傾向は、同じ奥越の蛇ヶ上池湿原においても同様であり(宮本ほか, 1999)、日本海沿岸部から離れた内陸部では完新世におけるスギの増加はなかった。

引用文献

- 福井県自然保護センター・環境アセスメントセンター(2010)池ヶ原湿原植生再生委託業務報告書、福井県。
 宮本真二・安田喜憲・北川浩之・竹村恵二(1999)日本花粉学会会誌, 45, 1-12.
 Smith, V. C., et al., (2013) *Quaternary Science Reviews*, 67, 121-137.
 Takahara, H. and Takeoka, M. (1992) *Ecological Research*, 7, 371-386.
 Takahara, H., Ikeda, S., Sasaki, N. & Hayashi, R. (2023) *Ecological Research*, 38, 49-63.
 高原 光 ((2018) ナチュラリスト 29(1) (FUKUI NATURE GUIDE 第84号), 3-4.
 高原 光・佐々木尚子・林 竜馬・國永知裕(2019) 第66回日本生態学会大会講演要旨, P2-061.
 安田喜憲(1982) 第四紀研究, 21, 255-271.

謝辞 本研究は、科学研究費補助金(課題番号26292087, 24K09002, 代表者 高原 光; 課題番号23H01285, 代表者 久保麦野)の補助を受けて行われた。また、試料採取に際して、福井県はじめ地元の皆さんにお世話になりましたこと感謝いたします。

*現所属 福井県自然環境課

人類が地球システムを圧倒し始めたのはいつか？人為痕跡層序からの視点

加 三千宣 (愛媛大)・横山 祐典 (東大気海洋研)・槻木 玲美 (松山大学)・土居 秀幸 (京都大学)・Stephen Tims (オーストラリア国立大学)・齋藤 文紀 (島根大学)

Michinobu KUWAE, Yusuke YOKOYAMA, Narumi TSUGEKI, Hideyuki DOI, Steve Times, Yoshiki SAITO: When did humans begin to overwhelm the Earth system?: Perspective from anthropogenic fingerprint stratigraphy

1. はじめに

「人類に起因する地球システムの根本的変化の結果が、地球上に初めて現れたのはいつなのか」という問いは、依然として人新世に関する難問である。人間の活動が地球システムを圧倒し始めた時点については、これまでも幾つか提案があり、8000年前の農耕社会の発展(Ruddiman, 2003)、6500~5000年前の灌漑稲作の発展(Ruddiman, 2013)、1492~1800年のヨーロッパ人の“新世界”への到着(Lewis and Maslin, 2015)、産業革命(Crutzen and Stoermer, 2002)などがある。しかし、提案されたどの案も、人間活動とそれに起因する環境の変化が、異なる時期に異なる場所で始まり、異なる速度で地理的に拡大しており、広範囲で等時性が要求される地質時代区分境界を設定するのは難しいとされてきた(Gibbard et al., 2022)。

また、人新世作業部会が人新世の始まりとして提案する「大加速」においては、1952年のプルトニウムの急増層準が等時性グローバルマーカーとして有効であるとされているが(Waters et al., 2023)、全球規模の放射能汚染が必ずしも地球システムに不可逆的な変化を引き起こす強制力になっていない。一方で気候や種の大量絶滅は年代層序区分で重要視されてきた地球システム変化の代表例であるが、気候の自然変動からの逸脱はプルトニウムシグナルより20年程度遅れ(IPCC, 2021)、種の大量絶滅が起こるのも数百年先であり(Barnosky et al., 2011)、こうした地球システムの根本的変化もまた年代が異なる。以上のことは、人間活動が惑星を圧倒する力となった単一の時期を示す明確な地質学的マーカーがないこと意味する。人類が地球システムを圧倒し始めた一点を示す層序学的証拠の欠如は、人新世に関する残された問題の一つであった。

2. 方法

ここでは、オープンアクセスで入手できる高精度で年代測定された世界137箇所の多様なプロキシ記録から人為由来の地層中の痕跡(以下、人為痕跡)のデータセットを構築し、過去7700年間の人為痕跡記録における前例のない急増の年代を特定した。ここで言う人為痕跡とは、(i) ある地層でこれまで観察されたことのない新しい人為起源物質や生物種の出現、(ii) その後の急激な増加、(iii) 産業革命以前の自然変動の歴史的範囲を超える、生物学的、地球化学的、生物地球化学的指標における前例のない高値または低値、

(iv) 記録が長期的なトレンドを示す場合の、より高い変化率への変曲点、(v) 微化石群集変化、などの幾つかの基準によって検出されるものである。これらの人為痕跡の地球規模の急増は、人類の圧力が、無数の多様な物理的、化学的、生物学的プロセスとサイクルを急速かつ根本的に変化させ、地球システムにおいて支配的な力となった時点の強力なマーカーとなる可能性がある。

3. 結果及び考察

人為痕跡数の積算値の記録から、大加速の始まりに相当する、多様な人為痕跡の前例のない急増が1952±3 CEに始まること明らかになった。特に1953年から1958年の間に、南極、北極、東アジア、ヨーロッパ、北アメリカ、オセアニア、そしてその他の地域を含む全ての地域においてほぼ同時に人為痕跡の急増が認められる。この同期的な急増は、人間の影響が様々な自然プロセスやサイクルに急速な変化をもたらし、人類が世界中の地層に豊富で多様な人為的痕跡を刻み込むことのできる地質学的・惑星的力となった時点を反映していると考えられる。

この時期に続いて、多くの指標における上昇トレンドや下降トレンドの始まり、あるいはその変化の加速、完新世の自然変動を逸脱した気候変動(IPCC, 2021)、大規模な窒素循環の変容(Canfield et al., 2010)、世界規模の外来種の侵入や定着(Williams et al., 2024)といった、惑星全体に長期に及ぶ深遠な変化が始まった。つまり、全球にわたる前例のない人為痕跡の急増は、人類が1952年頃から地球システムを支配する力を圧倒し始めたことを示唆している。こうした人為痕跡層序に基づく開始年代は、将来的に人新世の始まりの定義を考える上で有用かもしれない。

引用文献 : Barnosky, et al. (2010) *Science* 330, 192-196. Canfield et al. (2010) *Science* 330, 192-196. Crutzen & Stoermer (2002) *Nature* 415, 23. Gibbard et al. (2022) *J. Quat. Sci.* 37, 395-399. IPCC (2021) Working Group 1 (IPCC) 6th Assessment Report. Lewis & Maslin (2015) *Nature* 519, 171. Ruddiman (2003) *Clim. Change* 61, 261-293. Ruddiman (2013) *Annual Rev. Earth Planet. Sci.* 41, 45-68. Waters et al. (2023) The Anthropocene Epoch and Crawfordian Age: proposals by the Anthropocene Working Group. Williams et al. (2024) *Earth-Science Rev.*, 104844 (in press).

一般研究発表

ポスター発表

(22 件)

P-01～P-22

千葉県館山市の完新統沼層から採取した
キクメイシ属サンゴ化石骨格中の Sr/Ca 比および酸素・炭素同位体比
花ヶ崎雄太・戸丸仁（千葉大）

Yuta Hanagasaki, Hitoshi TOMARU: Sr/Ca ratios and oxygen and carbon isotope ratios in *Dipsastraea* fossil coral skeletons from the Holocene Numa Formation, Tateyama, Chiba Prefecture, Japan.

1. はじめに

千葉県館山市に散在する完新統沼層中には、現在の館山周辺海域の現生造礁サンゴよりも多数の造礁サンゴ種の化石骨格が発見されている沼サンゴ層がある（浜田, 1963）。沼サンゴ層堆積当時の古環境は貝類群集やその他の生物化石などから明らかにされつつあるが、サンゴ骨格を用いた化学分析による古環境復元研究は未だない。館山周辺海域は日本の太平洋岸における造礁サンゴの生息北限域であり、沼サンゴ層堆積当時から現在までの古環境を理解することは、館山の現生造礁サンゴ群落を含む生態系の発達史と今後の環境変動の予測につながる。したがって本研究では、沼層から採取した造礁サンゴ化石骨格の化学分析により、沼サンゴ層堆積当時の古環境を定量的に復元することを目的とした。

2. 試料と方法

千葉県館山市の香の沼層露頭から造礁サンゴの一種であるウスチャキクメイシ *Dipsastraea pallida* の化石骨格をそれぞれ採取した。骨格は成長方向が上方を向き、基盤に付着しているものを自生産状と判断して採取した。サンプルは XRD を用いて結晶構造に変質がないことを確認した。採取したサンゴ骨格はサンゴ個体を縦に半割するように切断し、研磨してスラブ状に加工した。骨格スラブは、軟 X 線装置を用いて撮影を行った。撮影した軟 X 線写真から骨格伸長量および密度の測定を行った。骨格の成長方向に沿ってスラブ上の夾壁から連続的に粉末状のサブサンプルを削り出した。サブサンプルの Sr/Ca 比を ICP-OES によって、 $\delta 180$ ・ $\delta 13C$ を安定同位体比質量分析装置によって測定した。また先行研究によって作成された Sr/Ca-SST 関係式（Seo et al., 2013）を用いて沼サンゴ層堆積当時の海面水温（Sea-Surface Temperature: SST）を復元した。

3. 結果と考察

骨格の年平均伸長量は 4.67 mm y^{-1} 、平均骨格密度は 1.01 g cm^{-3} であった。

Sr/Ca 比、 $\delta 180$ 、 $\delta 13C$ の測定結果には規則的な上下変動が見られた。この上下変動はそれぞれ対応した変動をしており、骨格伸長量および密度との比較から季節変動であると考えられる。

また Sr/Ca 比の測定結果より復元した年平均 SST: 約 21.3°C は現在の紀伊半島と同程度であり、現在の館山における年平均 SST 約 18.5°C よりも高かった。

$\delta 180$ の測定結果の平均値および最大、最小値はいずれも現生の壱岐におけるキクメイシ属サンゴ骨格における値（渡邊ほか, 2009）よりも $0.5\text{--}0.8\text{‰PDB}$ 大きい値を示した。これは沼サンゴ層堆積当時の生息環境が現在の壱岐のキクメイシ属サンゴ生息環境よりも低海水温または高塩分であったことを示す。

$\delta 13C$ の測定結果は壱岐のキクメイシ属サンゴ骨格と大きな違いは示さなかった。これは沼サンゴ層堆積当時と壱岐のキクメイシ属サンゴ生息環境において日射量に大きな変化がないことを示す。

発表では、これらの結果を複合的に検討し、沼サンゴ層堆積当時の館山の古海洋環境および、現在の館山における北限造礁サンゴ群落への変遷についてさらに考察を深める。

引用文献：浜田(1963) 地学研究記念特集号, 96-119. Seo et al. (2013) *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 14, 8, 2873-2885. 渡邊ほか (2009) *日本サンゴ礁学会誌*, 11, 83-90.

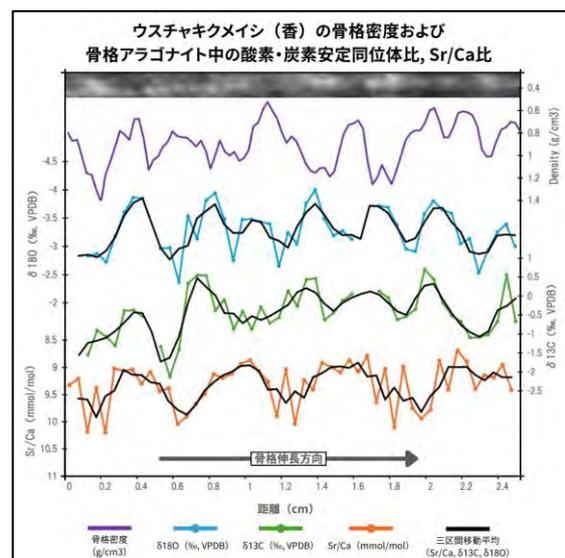


図 香のウスチャキクメイシ化石骨格の軟 X 線写真（最上部）、骨格密度（紫）、 $\delta 180$ （青）、 $\delta 13C$ （緑）、Sr/Ca 比（橙）。骨格成長方向は図左から右である。

給源火山からの距離による火山ガラスの気泡幅の変化

橋本真由・鈴木毅彦（都立大）

Mayu HASHIMOTO, Takehiko SUZUKI: Variation of bubble width of volcanic glass depending on distance from the source volcano.

1. はじめに

火山ガラスの形態は、テフラ対比のための判断要素の1つとして用いられている。火山ガラスの粒径や形態が給源火山からの距離によって変化することは、町田・新井(1978)や長橋ほか(2007)で述べられているが、火山ガラスの定量的な形態分類に基づいたその実態は明らかになっていない。そこで本研究では、火山ガラスの定量的な形態分類法である岸・宮脇(1996)の分類法の基準である気泡幅に着目し、一枚のテフラを事例に給源火山からの距離に応じた火山ガラスの気泡幅の変化の実態解明を試みた。給源火山からの距離による形態の特徴が認められれば、テフラ固有の情報としてテフラの対比・特徴づけに用いることができるようになると思われる。

2. 対象テフラ

本研究では、中部日本の御嶽火山において約10万年前に発生したプリニー式噴火による御岳第1テフラ(On-Pm1)を用いて、給源火山からの距離による火山ガラスの気泡幅の変化について考察した。長野県木曾町福島、伊那市西春近、塩尻市塩尻町、川上村大深山、静岡県小山町中島林道、神奈川県相模原市名倉、東京都あきる野市三内、神奈川県平塚市人増、栃木県那須町高久、鹿島沖コアで採取した試料を用いた。木曾町福島と平塚市人増の試料は「日本列島テフラ標準試料」(<https://tephra.fpark.tmu.ac.jp/index.html>)よりご提供を受け、鹿島沖コアの試料は青木ほか(2008)の試料を提供していただいた。

3. 研究手法

火山ガラスの計測は、東京都立大学地理環境学科所有のデジタルマイクロスコープ(DMS)を用いて行った。DMSの計測機能を用いて各地点で採取した粒径 $>500\ \mu\text{m}$ 、 $250\text{--}500\ \mu\text{m}$ の火山ガラスの気泡幅をそれぞれ100粒子計測した。火山ガラス1粒子につき最大幅と見られる気泡幅の計測を行った。気泡幅を $5\ \mu\text{m}$ ごとに区分した出現度数のヒストグラムを作成し、ユニット間・地点間の比較を行った。

4. 結果

すべての採取地点と採取ユニットを通じて、 $>500\ \mu\text{m}$ と $250\text{--}500\ \mu\text{m}$ の粒径間では気泡幅の出現頻度に大きな違いは見られなかった。複数ユニット採取した地点のうち、給源火山から149–159 kmに位置する静岡県小山町中島林道、神奈川県相模原市名倉、東京都あきる野市三内で、上

位ユニットほど気泡幅の大きい火山ガラスの出現頻度が増加するという結果が得られた。これに対して給源火山からそれぞれ21 kmおよび52 km離れた木曾町福島、川上村大深山では、下位ユニットにおいて気泡幅の大きい火山ガラスの出現頻度が高くなり遠方の地点とは異なる傾向が見られた。その上位のユニットでは気泡幅が小さくなり、149–159 kmの地点と同様に上位ユニットほど気泡幅の大きい火山ガラスの出現頻度が増加した。給源近傍の下位ユニットの気泡幅は給源遠方の下位ユニットよりも大きく、複数ユニットを採取したすべての地点で、上位に堆積したユニットほど気泡幅の大きい火山ガラスの出現頻度が増加したことから、給源火山からの距離とユニットによって気泡幅が変化することが確認できた。

5. まとめ

今後、気泡の形成過程や運搬されやすい火山ガラスの形態を明らかにするため、定量的な形態分類に基づいた火山ガラスの形態の研究を進める必要がある。その成果は、テフラの固有情報として確立され、テフラ対比のための一指標として用いることも可能となるであろう。

引用文献：

- 青木かおり・入野智久・大場忠道(2008)鹿島沖海底コアMD01-2421の後期更新世テフラ層序。第四紀研究, 47, 391–407.
- 岸清・宮脇理一郎(1996)新潟県柏崎平野周辺における鮮新世～更新世の褶曲形成史。地学雑誌, 105, 88–112.
- 町田洋・新井房夫(1978)南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ-アカホヤ火山灰。第四紀研究, 17, 143–163.
- 長橋良隆・佐藤孝子・竹下欣宏・田原敬治・公文富士夫(2007)長野県、高野層ボーリングコア(TKN-2004)に挟在する広域テフラ層の層序と編年。第四紀研究, 46, 305–325.

ストリームパワーモデルに基づく活断層の活動度推定：坪沼断層の例

山根悠輝（東北大・院）・高橋直也（東北大）

Yuki YAMANE, Naoya TAKAHASHI: Evaluating the activity of the Tsubonuma fault, northeast Japan, based on the stream power model

1. はじめに

断層運動に伴う隆起により侵食基準面が低下すると、侵食基準面の低下速度（活断層の上下変位速度）に応じて河川の侵食速度が速まる。そのため、岩盤強度や気候など、河川の侵食速度に影響する他の条件が同一の場合、活断層の上下変位速度が大きい場所ほど河川の侵食速度は大きくなると考えられる。すなわち、河川の侵食速度やその指標（ストリームパワー）の空間分布は、活断層の存在や、その上下変位速度の指標となる可能性がある。ストリームパワー分布に基づく活断層の活動性評価手法は、累積変位量や年代の情報を得られる変位基準に乏しい地域で特に有用となる。しかしながら、活断層の上下変位速度が小さい場合、断層を跨いだストリームパワーの変化量が、ストリームパワーの推定誤差以下となる可能性がある。

坪沼断層は、仙台南方を流れる名取川の南西に分布する、全長約 6 km で北西隆起の逆断層である。坪沼断層の上下変位速度は 0.2-0.4 mm/yr とされており（大槻ほか, 1977; 今泉, 1980; 宮城県, 1996; 宮城県, 2000）、いずれも年代値の不確か度が大いだが、変位速度は同程度に集中する。本研究では、比較的低活動度と考えられる坪沼断層の上盤、下盤側の河川においてストリームパワーを推定し、その空間分布から活断層の位置推定や活動性評価が可能かどうか検討する。

2. 研究手法

本研究では、河川の侵食速度の指標として、有効ユニットストリームパワー (ω_{eff} , 単位: W/m^2) を用いた。 ω_{eff} は、単位河床面積当たりの位置エネルギー損失率であるユニットストリームパワー (ω) から、礫の始動に用いられるエネルギーを除いたものである。 ω_{eff} 算出に必要な流路形状や河床勾配、河床礫径を現地で計測し、採取した河床礫の密度を実験室で測定した。それらの値を用い、坪沼川と坪沼断層下盤を流れる河川内の計 13 地点で ω_{eff} を算出し、坪沼断層周辺の ω_{eff} 分布を求めた。また、両河川内の計 6 地点で、シュミットハンマー（型式: GS-2）を用いて岩盤強度を計測した。なお、流路形状や河川勾配の計測にはレーザー測量計（TruPulse, Laser Technology 社）を用いた。

3. 結果・議論

各地点で算出した ω_{eff} は、坪沼断層上盤（坪沼川）で平均約 1380 (W/m^2)、坪沼断層下盤で平均約 430 (W/m^2) であり（図. 1）、坪沼断層を跨いで

上盤側で約 3 倍大きくなる。調査地域の基盤岩は、一部流紋岩や玄武岩が見られるものの、大部分で安山岩である。また、シュミットハンマーの反発値も、坪沼断層上盤、下盤でそれぞれ 57-64、54-56 と近い値を得た。基盤岩の強度差が侵食速度に与える影響が小さいとすると、坪沼断層上盤では、長期的な隆起速度を反映して河川の ω_{eff} が大きくなっていると考えられる。

以上のように、上下変位速度が比較的遅いと推定される坪沼断層では、その上下変位速度が上盤、下盤の ω_{eff} に明瞭な差を与える。そのため、坪沼断層とほぼ同様な環境下では、 ω_{eff} 分布が活断層の活動度・位置推定の手がかりとなり得ることが考えられる。しかしながら、 ω と侵食速度や隆起速度の関係性は複雑であり、それらの定量的関係式は確立されていない。 ω の空間分布から活断層を評価するためには、今後様々な条件（岩種、気候、活断層の上下変位速度、河川形状など）の下、研究を行う必要がある。

引用文献：今泉（1980）西村嘉助先生退官記念地理学論文集，21-26。宮城県（1996）平成 7 年度長町-利府断層帯（地形・地質調査）に関する調査成果報告書，<https://www.hp1039.jishin.go.jp/danso/Miyagifrm.htm>。宮城県（2000）長町-利府断層帯に関する調査成果報告書，<https://www.hp1039.jishin.go.jp/danso/Miyagi4frm.htm>。大槻ほか（1977）地球科学，31，1-14。

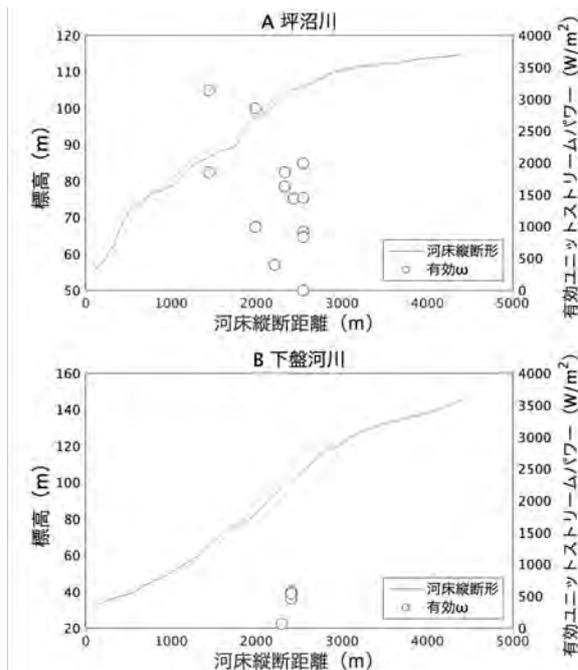


図. 1 坪沼断層周辺のストリームパワー分布

大井川上流域の環流旧河谷で新たに認められた湖成堆積物と地形の発達

寺田龍矢・細矢卓志（中央開発）・西山成哲・小松哲也・内田真緒
小形 学・石原隆仙・川村 淳（JAEA）・中西利典（ふじみュー）

Tatsuya TERADA, Takashi HOSOYA, Nariaki NISHIYAMA, Tetsuya KOMATSU, Mao UCHIDA, Manabu OGATA, Takanori ISHIHARA, Makoto KAWAMURA, Toshimichi NAKANISHI: Lacustrine deposits confirmed in circular abandoned channel located in the upper reaches of the Oi River, and development of terrain

1. はじめに

山間部の穿入蛇行の発達した河川において、頸状部が河川の浸食により切断され形成される半環状の旧河道地形は“環流旧河谷”と呼ばれている（安江ほか，2014）。大井川は“鶴山の七曲がり”に代表されるように穿入蛇行が発達しており、河川沿いには多数の環流旧河谷が分布している。

日本原子力研究開発機構東濃地科学センターが実施している隆起・侵食に関する研究開発の一環として、これまで大井川沿いの環流旧河谷内でボーリングコアの掘削及び堆積物の年代測定が行われており、内田ほか（2024）では大井川の環流旧河谷内の複数の地点で掘削されたオールコアボーリングの観察結果の報告を予定している。その内の1地点（NSY コア）において湖成堆積物と推測される細粒層の存在が確認された。本発表では、NSY コアの観察結果及び、UAV レーザ測量による詳細地形測量の結果を報告する。

2. 地形概要

NSY コアの掘削地点は環流旧河谷上に位置しているが、図1に示すように谷幅が広く平坦な面となっている。この平坦面の南方を大井川が北東から南西方向へ流下している。大井川はNSY 地区付近より上流側で川幅がやや広くなっており、この地形を活かしてダムが建設されている。また周辺には小規模な段丘面が複数見られる。NSY 地区西方には沢が流れており、NSY 地区の平坦面付近で緩傾斜となり谷幅も沢の規模の割に広がっている。またNSY 地区の平坦面も旧大井川の河道であったと推測されることから、この沢は旧大井川の廃棄された流路跡を利用して現大井川へ流下していると推測される（狩野・伊藤，2015）。またNSY 地区の平坦面は現在の大井川の流下方向とは逆向きに傾斜している。

3. 結果

内田ほか（2024）によってNSY コアの堆積物・岩相の特徴が報告されており、本流性流路堆積物・湖成堆積物・湖成デルタ堆積物・支流性扇状地堆積物に区分された。NSY 地区においては既存のボーリングデータ等の地下構造の事前情報は無く、ボーリングコアを掘削するにあたり、当初想定していなかった湖成堆積物が確認されている。

今回実施したUAV レーザ測量結果からは、平坦面は西側の沢を中心に扇状に傾斜していること

が確認された。そのため平坦面の少なくとも表層部は、西側の沢由来の土砂によって形成されていると推測できる。平坦面の東側にも同様に扇状の傾斜が段丘化した状態でみられることから、東側の沢由来の土砂も平坦面にもたらされている可能性が示唆される。また北側の斜面付近では崖錐により平坦面が覆われていることが確認される。一方で南側斜面付近には斜面由来の堆積物はほとんど確認されていない。

NSY 地区の環流旧河谷には平坦面が広がる特徴的な地形をしており、その形成過程については明らかにされていない（狩野・伊藤，2015）が、本報告では同地区において、過去に存在した湖の出現・消失、及び平坦面の形成過程について、ボーリングコアの観察結果、及びUAV レーザ測量の結果をもとに、地形の発達過程についての考察を進めることができた。

今回掘削したボーリングは1本のみであったため、NSY 地区全体の地下構造までは把握できておらず、NSY 地区の地形発達過程を明らかにするためにはより多くの地質情報を基に検討されることが今後期待される。

謝辞: 本報告には経済産業省資源エネルギー庁委託事業「令和5年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（JPJ007597）（地質環境長期安定性総合評価技術開発）」の成果の一部を使用している。

引用文献: 安江ほか（2014）地質学雑誌，120，435-445。内田ほか（2024）第四紀学会 2024，No 未定。狩野・伊藤（2015）静岡大学地球科学研究報告，42，85-107。

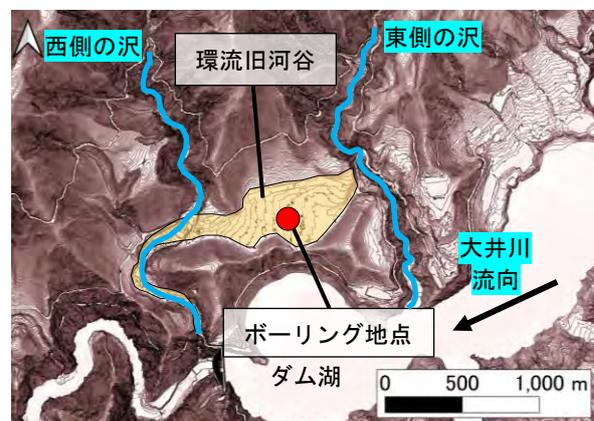


図.1 NSY 地区周辺の地形図(等高線間隔: 2m)
(静岡県公開点群データをもとに作成)

北海道，釧路地域における過去9,500年間の植生変化

酒井恵祐（山形大）・中西利典（ふじミュージー）・七山 太（ふじミュージー）・藤木利之（岡山理科大）・大串健一（神戸大）

Keisuke SAKAI, Toshimichi NAKANISHI, Futoshi NANAYAMA, Toshiyuki FUJIKI, Ken'ichi OHKUSHI: Vegetation changes over the past 9,500 years in Kushiro, Hokkaido

1. はじめに

日本では青森県陸奥湾の研究から前期完新世(11,650~8,186 cal BP)から中期完新世(8,186~4,200 cal BP)にかけて、周期的に高温期と低温期を繰り返しながらも現在より温暖であったと推定されている(Kawahata et al., 2009)。気候の移行期における陸域の環境は、古気候の理解だけでなく、縄文文化の成立や展開を議論する上で重要な時期である(辻, 1997)。完新世の北海道東部の花粉分析に基づく古植生・古環境を復元する研究はいくつか行なわれているが、釧路地域での古植生データは少なく、植生変動について十分に分かっていない。そこで本研究では、釧路地域において花粉分析を行い、過去約9,500年間の植生変動を復元した。本研究の一部は酒井ほか(2024)で既に公表済みであるが、本発表では不足していた3,000年間のデータを一部補填した。

2. 研究地点

春採湖は釧路市に位置する海跡湖である。春採湖は、海進や津波の影響を受け、約9,500 cal BP以降から現在にかけて環境が変化したことが珪藻分析によって明らかとなっている(添田・七山, 2005)。現在の釧路市は亜寒帯気候であり、年平均気温は6.7°Cである(気象庁データ, 2023)。植生は、落葉広葉樹林帯と針葉樹林帯の推移帯である針広混交林が成立している(吉岡, 1973)。

3. 研究方法

本研究では、機械ボーリングによって採取されたR1Hコア(Nakanishi et al., 2023)とH3Cコア(七山ほか, 2001; Nanayama et al., 2003)、表層試料を用いて分析した。

花粉分析では、各サンプルで少なくとも樹木花粉(ハンノキ属を除く)について200個以上の同定と計数を規定とした。

4. 結果と方法

花粉分析の結果、木本類花粉19種類、草本類花粉15種類、シダ孢子2種類が検出され、大きく6つの花粉帯に区分された。全期間を通じて針葉樹の出現率は低く、広葉樹が優占していた。特にコナラ属が約30~60%の出現率で圧倒的に優占し、クルミ属は9,500~7,000 cal BP頃にピークを示した。カバノキ属とハンノキ属は7,000 cal BP頃から増加傾向を示した。また、クマシデ属、ニレ属-ケヤキ属、ブナ属は全期間を通じて一定の出現率を示した。

前期完新世では、針葉樹から広葉樹への移行が確認された。最終氷期から完新世への移行期において気候は寒冷から温暖へと変化し、広葉樹が拡大したと考えられる。中期完新世には温暖・湿潤な環境が安定し、広葉樹が優占した。この時期、特にコナラ属コナラ亜属が広く分布し、クルミ属も一時的に増加した。後期完新世には、針葉樹の増加と広葉樹の減少が確認され、気候の冷涼化が示唆された。針葉樹の増加は、特にLH5帯以降で顕著であり、約4,000 cal BPからの気候の冷涼・湿潤化が影響したと考えられる。

また、本研究の春採湖周辺の植生変動と道東の他の地域の研究結果と比較した。その結果、コナラ属コナラ亜属は最終氷期後、他の地域より早く出現した。これは、断定はできないが春採湖周辺にコナラ属のレフュジアが存在した可能性が考えられる。また、中期完新世にはクルミ属の増加が確認された。小野・五十嵐(1991)は、クルミ属の増加は、完新世の温暖化によって、日本海への対馬暖流の流入し、降雨量や降雪量の増加が原因としている。そのため、本研究のクルミ属の増加は春採湖から約1 km西にある釧路川が氾濫し、その氾濫原から春採湖に花粉が飛来した可能性が考えられる。道東の河川が近くを流れる他地域においても同様の結果が得られた。

引用文献: Kawahata et al. (2009) Quaternary Science Reviews, 28: 964-974. 気象庁「過去の気象データ検索」, Accessed 3 May 2023. Nakanishi et al. (2023) NIM-B, 538: 173-178. 七山ほか(2001)活断層・古地震研究報告1, 233-249. Nanayama et al. (2003) Nature 424, 660-663. 小野・五十嵐(1991)北海道大学図書刊行会, 219p. 酒井ほか(2024) Laguna 1, 1-13. 添田・七山(2005)地学雑誌, 114: 626-630. 辻(1997)第四紀研究, 36: 309-318. 吉岡(1973)共立出版, 84p.

東北地方，栗駒火山における完新世の水蒸気噴火堆積物の層序と規模

諏訪貴一（東北大）・高橋尚志（東北大）・遠田晋次（東北大）・
 市川玲輝（パシフィックコンサルタンツ・株）

Kiichi SUWA, Takayuki TAKAHASHI, Shinji TODA, Reiki ICHIKAWA: Stratigraphy and volume of the phreatic eruption deposits during the Holocene in Kurikoma Volcano, northeastern Japan

1. はじめに

水蒸気噴火は、マグマ噴火に比べて規模が小さいため、堆積物の層厚は薄く、分布面積は狭い。そのため、水蒸気噴火について火山層序学的研究はこれまであまり進んでこなかった（及川ほか，2018）。しかし、水蒸気噴火の発生頻度はマグマ噴火に比べて高く、火口周辺地域にしばしば大きな被害をもたらす。そのため、マグマ噴火同様に、水蒸気噴火に伴って生じた地形や堆積物を調査し、火山ごとに水蒸気噴火の履歴や規模・頻度に関する基礎的な知見を蓄積させる必要がある。

奥羽山脈中部に位置する栗駒火山では、完新世以降、複数回の水蒸気噴火が発生したことが知られている一方で、有史以前については、個々の水蒸気噴火堆積物の空間分布や給源は明らかになっておらず、その規模・頻度に関しても不明な点が多い。

そこで本研究では、栗駒火山における完新世の水蒸気噴火の火口位置や噴出物の空間分布を整理し、栗駒火山における完新世の水蒸気噴火イベントの規模や頻度を推定する。

2. 手法

国土地理院から借用した2 mおよび5 mメッシュ DEM を用いて作成した赤色立体ステレオペア（Kaneda and Chiba, 2019）や空中写真を判読し、爆裂火口の疑いのある凹地形（火口状凹地形）を抽出した。

そのうえで地表地質調査を実施し、水蒸気噴火によって堆積したと考えられる、変質岩片を主体とする泥質テフラ（熊井・林，2002）やラハール堆積物、栗駒火山以外を給源とすると考えられるガラス質テフラ、ならびにそれらを挟む土壤断面を記載し柱状図を作成した。さらに、火山ガラスの屈折率によるガラス質テフラの対比や放射性炭素年代測定などの結果をもとに、泥質テフラやラハール堆積物の対比および年代推定を試みた。

3. 結果と考察

栗駒火山の火口状凹地形は主に北麓に分布し、南麓では崩壊により火口が埋積・侵食されている可能性がある。土井（2006）の記述を参考に、火口群を東部火口群、中部火口群、西部火口群に分類した。また、西部火口群のさらに西側に、新たに剣岳西部火口群を認定した。上記の火口群とは別に、独立した火口がいくつか分布する。

地表地質調査の結果、栗駒火山周辺の泥質テフ

ラ層は To-a の上位に3層、To-a と To-Cu の間に4~5層、To-Cu の下位に1層確認された。これら水蒸気噴火による降下堆積物と認定し、上位から Krk-P1~Krk-P9 と名付けた（Krk-P7 は Krk-P8 の再移動の可能性あり）。ただし Krk-P1 は1944年噴火の堆積物であり、本研究では降下テフラは確認できていない。しかし、昭和湖周辺およびゼッタ沢沿いで1944年または1744年の水蒸気噴火に伴って発生したと考えられる粘着性土石流堆積物が確認された。そのほかに有史以前の約8 ka 以前、約6.5 ka、約4 ka に流下したとみられる粘着性土石流堆積物が確認された。等層厚線図から、1744年噴火に対応するとみられる Krk-P2 は西部火口群、13世紀の噴火とみられる Krk-P3 は東部火口群、Krk-P4（約1.2 ka）は栗駒火山南麓、Krk-P5（約3 ka）は西部火口群または剣岳西部火口群、Krk-P6（約4 ka）は西部火口群、Krk-P7, 8（約6 ka）が中部火口群、Krk-P9（約7 ka）が剣岳西部火口群または小仁郷沢火口から噴出したと推定される。ただし、Krk-P7, 8 に関しては、東部火口群や西部火口群から噴出した可能性も否定できない。

以上より、栗駒火山では過去8000年間に少なくとも8~10回の水蒸気噴火が発生している。しかし、水蒸気噴火は規模が小さく、堆積物が残りにくいいため、噴火発生頻度は過小評価されている可能性がある。これらの噴火は、規模の大きな噴火が発生した後に、しばらく規模の小さな噴火が続き、再び規模の大きな噴火が発生するサイクルを繰り返していると考えられる。また、給源と層厚の関係から Krk-P2、Krk-P6、Krk-P9 は栗駒火山において比較的大規模な水蒸気噴火または短期間に連続した水蒸気噴火の堆積物だと考えられる。この規模の大きな噴火と対応するように粘着性土石流が発生した。さらに、最大規模の噴火と考えられる4 ka の噴火で噴出した Krk-P6 のテフラ量は Hayakawa (1985) の経験式から約 $1.85 \times 10^6 \text{ m}^3$ と見積もられた。

引用文献：

熊井・林（2002）地球惑星科学関連学会合同大会予稿集 V032-P008。土井（2006）岩手の地学，35-36。及川ほか（2018）地質学雑誌，124，4，231-250。土井（2018）日本火山学会講演予稿集，秋季大会 P016。Kaneda and Chiba (2019) *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 109, 99-109。Hayakawa Y. (1985) *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 60, 507-592。

阿武隈川河口部に分布する放棄河道の堆積物とその形成年代

前田優樹・堀 和明(東北大)・田村 亨・石井祐次・清家弘治(産総研)・
中西利典(ふじみュー)・洪 完(KIGAM)

Yuki MAEDA, Kazuaki HORI, Toru TAMURA, Yuji ISHII, Koji SEIKE, Toshimichi NAKANISHI, Wan HONG : Abandoned channel deposits and their formation age near the Abukuma River mouth, northeastern Japan.

1. はじめに

仙台平野は浜堤平野であるものの、阿武隈川河口部においては局所的に浜堤列が観察できなくなり、放棄河道や自然堤防が分布する(藤本・松本 2012)。野中・松本(2004)は地表から 5 m 以浅の軟弱堆積物に着目し、これらの河道の形成・放棄を論じているが、さらに下位の堆積物を確認できていないことや、一部の年代測定に真の堆積年代よりも古い年代の出やすい泥炭質粘土を用いていることなどの問題が存在する。これらの問題を解決するために、オールコア堆積物を用いた堆積相解析に加え、ハンドオーガー調査による放棄河道の横断面作成と堆積物の¹⁴C年代測定をおこなった。

2. 手法

機械ボーリングは、地形から放棄河道と考えられる 3 地点(W5, W6, I1)および自然堤防と考えられる 1 地点(W7)でおこなった。採取した堆積物について、色調やかさ密度の測定、粒度分析などを実施した。また、W5 と W6 の間の放棄河道を横断する測線上(EB3)において、ハンドオーガーを用いた堆積物の採取を実施し、堆積物の粒度分析や放射性炭素年代測定に加え、地質断面図作成をおこなった。

3. 結果および考察

ボーリングコア堆積物は、層相をもとに、泥質で有機物を多く含む Unit A, 泥質であるが有機物に乏しい Unit B, 中・粗砂と細礫で構成され、上方細粒化する基底の不明瞭な単層が累重する Unit C, 粗粒で基底の明瞭な堆積物と細粒な堆積物が交互に累重する Unit D, 淘汰の良い細砂を主体とする Unit E に区分した。試料採取地点の地形や堆積物の有機物の含有量より Unit A は放棄河道埋積物, Unit B は自然堤防堆積物と考えられる。また、Unit C は斜交葉理がみられる点や粒度から河床堆積物と考えられる。Unit D は粗粒で基底の明瞭な堆積物と細粒な堆積物が交互に累重する点から上部外浜堆積物, Unit E は平行葉理や貝殻片などがみられる点から下部外浜堆積物と考えられる。

W5, W6 においては上位より Unit A, Unit C, Unit E が観察された。また W7 においては上位より Unit B, Unit C, Unit E が観察され、I1 においては上位より Unit A, Unit C, Unit D が観察された。

W5, W6, W7 は浜堤平野において一般的に Unit E の上位に重なるはずの Unit D を欠いていた。これは、W5, W6, W7 を通る河道の侵入によって Unit E (下部外浜層)まで下刻されたことを示唆する。複数の地点で堆積物を採取した EB3 においては上位より Unit A, Unit C, または上位より Unit B, Unit C を確認できた。このうち、Unit A の下部 30 cm から 1 m や河岸付近はシルト質や細砂質な堆積物を多く含んでおり、その上部に有機質な粘土が堆積していた。EB3 の堆積物に含まれていた有機物の¹⁴C年代から、Unit A の下部のシルト質な堆積物は約 1400 年前に堆積がはじまり、約 1300 年前以降は粘土が堆積するほとんど水流のない環境であったという結果が得られた。これは既往研究(野中・松本, 2004)で報告されている河道の放棄年代よりも 1000 年以上新しく、この放棄河道が地形形成に与えた影響を再検討する必要がある。

文献

藤本展子, 松本秀明(2012):阿武隈川河口付近における浜堤列の分類とその形成時期に関する再検討。人間情報学研究, 17, 29-40.

野中奈津子・松本秀明(2004):阿武隈川下流低地に発達する自然堤防-旧河道地形の形成時期と形成環境。2004 年度日本地理学会春季学術大会発表要旨集. p. 201.

大井川流域の環流旧河谷で掘削したボーリングコアの堆積物の特徴

内田真緒・西山成哲・小形 学・小松哲也・塚原柚子・石原隆仙・川村 淳 (JAEA)
中西利典 (ふじミュウ)・寺田龍矢・細矢卓志 (中央開発)

Mao UCHIDA, Nariaki NISHIYAMA, Manabu OGATA, Tetsuya KOMATSU, Takanori ISHIHARA, Makoto KAWAMURA, Toshimichi NAKANISHI, Tatsuya TERADA, Takashi HOSOYA: Characteristics of sediments of borehole cores drilled in the circular abandoned channels of the Oi River, central Japan.

1. はじめに

日本の内陸部における数万～数十万年スケールの隆起速度推定法の一つに、穿入蛇行跡（環流旧河谷）に残る河川流路堆積物の離水年代と現河床との比高を用いる手法がある（安江ほか、2014、小形ほか、2021）。この手法は比高を離水年代で除することで下刻速度を求め、それを隆起速度に読み替えるものである。本手法の適用事例は少ないため、信頼性向上を目指し、我々は環流旧河谷が多く分布する大井川流域を対象に事例研究を進めている（塚原ほか、2022）。同流域において新たに3地点を対象にボーリング掘削を実施し、環流旧河谷の離水面の標高と年代の把握を行った。本発表では、そのコアの堆積物の岩相と堆積構造から推定した堆積環境を示し、解釈した各地点の離水面と現河床との比高について報告する。

2. 調査地点およびコアの記載・解釈

大井川中流部～上流部に位置する3地点（OIZ、KNZ、NSY）の環流旧河谷を対象に、基盤に達するまでボーリング掘削を実施した（図1）。採取したコア試料の肉眼観察とX線CTの結果をもとに、岩相を区分し堆積環境を推定した。

OIZ：本地点の現河床との比高は46 m、掘削長は20 mである。堆積物は層厚17.5 mの角～亜角礫からなる淘汰の悪い砂礫層である。礫種は砂岩・泥岩礫であり、淘汰が悪く円磨度が低いことから、周囲の斜面からマスマーブメントにより運搬された堆積物と考えられる。

KNZ：本地点の現河床との比高は95 m、掘削長は21 mである。岩相の特徴から、堆積物を本流性流路堆積物とマスマーブメント堆積物に区分した。前者は本流性の赤色チャート礫を含む亜円～円礫層であり、上部に層厚約50 cmの淘汰の良い細～中粒砂層を挟む。後者は砂岩・泥岩礫からなる淘汰の悪い角～亜角礫層であり、その中には最大約80 cmの巨礫を含む。本地点では深度19.5～13.5 mに本流性流路堆積物が、深度13.5～0.0 mにマスマーブメント堆積物が堆積する。

NSY：本地点の現河床との比高は146 m、掘削長は39.7 mである。岩相の特徴から、堆積物を本流性流路堆積物、湖成堆積物、湖成デルタ堆積物、支流性扇状地堆積物に区分した。本流性流路堆積物は亜円～円礫からなる砂礫層であり、砂岩・泥岩礫のほか赤色チャート礫を含む。湖成堆積物は明暗縞が発達する粘土～シルト層である。炭質物や藍鉄鉱を含み、一部に生痕による乱れが

見られる。湖成デルタ堆積物は斜交層理が発達するシルト～細粒砂層であり、炭質物を層状に挟む。支流性扇状地堆積物は、砂岩・泥岩礫からなる円磨度のばらつきの大きい砂礫層であり、細粒砂層を挟在する。本地点では深度37.4～31.9 mに本流性流路堆積物が、深度31.9～23.5 mに湖成堆積物が、深度23.5～16.6 mに湖成デルタ堆積物と支流性扇状地堆積物の互層が、深度16.6～0.0 mに支流性扇状地堆積物が堆積する。

3. おわりに

各地点の本流性流路堆積物の上面を離水面とみなし、現河床との比高を離水年代で除せば、各地点の下刻速度を推定できる。OIZでは本流性流路堆積物を確認できなかったため、基盤の上面を離水面とみなした。OIZ、KNZ、NSYの離水面と現河床との比高はそれぞれ28.5 m、81.5 m、114.1 mである。今後、各地点の本流性流路堆積物やその上位の堆積物を対象にOSL年代測定やテフラ分析を実施し、各地点の下刻速度を推定する。その結果をKOM（図1）にて求められた下刻速度（1.0～1.5 mm/yr；塚原ほか、2022）と共に整理し、下刻速度の時空間代表性について検討する予定である。

謝辞：本研究には、経済産業省資源エネルギー庁委託事業の「令和5～6年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（JPJ007597）（地質環境長期安定性総合評価技術開発）」の成果の一部を使用している。また、コアのCT撮影は高知コアセンター分析装置群共用システムのもとで実施した。

引用文献：小形ほか（2021）第四紀研究，60，27-41。
塚原ほか（2022）第四紀学会2022，P-04。
安江ほか（2014）地質学雑誌，120，435-445。



図1. 調査地点位置図（基図に地理院地図を利用）

沖縄県南大東島鍾乳石コアを用いた 49–92 kyr BP における 数千年スケールの水文気候変動

有村悠汰 (名大)・植村立 (名大)・Syed Azharuddin (名大)・阿部理 (名大)・浅海竜司 (東北大)・
Yuan Shufeng (南洋理工大)・Chin Hahjung (南洋理工大)・Wang Xianfeng (南洋理工大)
Yuta ARIMURA, Ryu UEMURA, Osamu ABE, Ryuji ASAMI, Syed AZHARUDDIN, Yuan SHUFENG, Chin
HAHJUNG, Wang XIANFENG: Millennial Scale Hydroclimate Variation in 49–92 kyr BP from a Stalagmite Core
from Minami-Daito Island, Okinawa, Japan

1. はじめに

グリーンランドアイスコアの分析は、最終氷期においてダンスガード・オシュガーイベント (D-0 イベント) と呼ばれる数十年で 5–7°C 気温が上昇する急激な気候変動が起こっていたことを明らかにした (e.g., NGRIP members, 2004; Ganopolski and Rahmstorf, 2001). このような急激な気候変動は北半球の広範囲に影響を及ぼし、中国鍾乳石 (Cheng *et al.*, 2016) や西ヨーロッパ鍾乳石 (Budsky *et al.*, 2019) の炭酸カルシウム酸素安定同位体比 ($\delta^{18}O_{ca}$) を分析した研究では、D-0 イベントに対応した急激な変動が報告されている。

しかし、日本の鍾乳石からはこれらの鍾乳石にみられるような D-0 イベントに対応した変動は明確には確認されていない (Mori *et al.*, 2018). こうした地域による変動パターンの違いについて検証するため、本研究では長期間の $\delta^{18}O_{ca}$ データがない沖縄県南大東島にて採取した鍾乳石コアを用いて分析を行った。

2. 試料と分析手法

試料となる鍾乳石コアは、沖縄県南大東島の山下洞内部でボーリング掘削された。鍾乳石をコアとして採取することで、高時間分解能かつ長期のデータを得ることを目指した。採取した 7 本のコアのうち、長尺かつ層位が明瞭な 2 本のコア YMS-C15, YMS-C16 の測定を行った。2 本のコアは 12.6–91.6 kyr BP をカバーしている。本発表では、成長が連続的であった YMS-C15 下部 (全長 249 m) に焦点を当てて解析を行った。

年代測定には ^{238}U 系列年代法 (以下、U-Th 年代) を適用した。U-Th 年代測定用の試料は成長軸に沿って計 30 点採取し、シンガポールの南洋理工大学で測定を行った。安定同位体比測定用の試料は YMS-C15 では成長軸に沿って 1 mm 毎に採取し、炭酸塩前処理装置と接続された連続フロー型質量分析計で測定した。

3. 結果と考察

U-Th 年代測定の結果、YMS-C15 コア下部の成長期間は 49.2–91.6 kyr BP であった。これは現時点で日本最古の U-Th 年代である。また、高濃度ほど年代測定精度が向上する ^{238}U 濃度が全体に非常に高く (平均 660 ppm), 土壌の混入などにより上昇し年代測定の誤差要因となる ^{232}Th の値

は非常に低かった (平均 27 ppm)。これにより年代誤差は平均 ± 330 年となり、同期間における中国鍾乳石やグリーンランドアイスコアの年代誤差よりも高い精度で年代を決定できた。さらに、YMS-C15 コアの成長速度は、成長速度が速い試料である中国鍾乳石と同程度 (175 年/mm) であり、D-0 イベントのような数十年スケールの変動を検出可能な高時間分解能のサンプルである。

YMS-C15 の $\delta^{18}O_{ca}$ は -3.7 から -5.6‰ の間で変動しており、変動パターンは数千年スケールで中国鍾乳石と類似していた。とくに 50–70 kyr BP の期間においてはピークの開始・終了タイミングに明確な対応がみられた。相違点としては、振幅が中国鍾乳石の半分程度であること、70–90 kyr BP の長期トレンドの違いが挙げられる。また、グリーンランドアイスコアと比較しても、D-0 イベント 14–22 と明確に対応した変動がみられた。70–90 kyr BP の長期トレンドもグリーンランドアイスコアとは類似していた。

Cheng *et al.* (2016) はアジアモンスーンの変動による降水 $\delta^{18}O$ の変動が中国鍾乳石 $\delta^{18}O_{ca}$ 変動の主要な要因であると解釈している。しかし、南大東島は北西太平洋上の離島に位置するため、中国鍾乳石の主要な水蒸気起源であるインド洋由来の降水 $\delta^{18}O$ の影響が小さく、気候変動に対する降水 $\delta^{18}O$ の応答も小さくなると予想される。気候モデルによる先行研究 (Caley *et al.*, 2014) でも、中国鍾乳石の採取地域を含む大陸周辺では降水 $\delta^{18}O$ の変動が大きく、南大東島を含む北西太平洋周辺では小さくなっている。したがって、両者の類似には気温変動が関与していることが示唆される。

引用文献: Ganopolski & Rahmstorf (2001) *Nature*. 409, 153–158. Cheng *et al.* (2016) *Nature*. 534, 640–646. Budsky *et al.* (2019) *GRL*. 46, 9042–9053. Mori *et al.* (2018) *Quat Sci Rev*. 192, 47–58. Caley *et al.* (2014) *Nat Commun*. 5, 5371. North GRIP members (2004) *Nature*. 431, 147–151.

東アジアの Bomb ^{14}C 分布に対する亜熱帯ジェット気流の影響

阪本昂平(東大)・坂下渉(森林総研)・宮入陽介(東大)・阿瀬貴博(東大)・常岡廉(東大)・宮島利宏(東大)・横山祐典(東大)

Kohei SAKAMOTO, Wataru SAKASHITA, Yosuke MIYAIRI, Takahiro AZE, Ren TSUNEOKA, Toshihiro Miyajima, Yusuke YOKOYAMA: Effects of the Subtropical Jet Stream on $\Delta^{14}\text{C}$ Distribution in East Asia

1. はじめに

1950年以降、大気圏内核実験によって放射性炭素($\Delta^{14}\text{C}$)のピーク(Bombピーク)が形成された。樹木年輪セルロースや大気中の $\Delta^{14}\text{C}$ の解析により、そのピーク形状には地域差があり、全球を5つの地域に区分する評価がなされた(Hua et al. 2022)。対流圏内の $\Delta^{14}\text{C}$ 分布は成層圏の緯度方向の $\Delta^{14}\text{C}$ 勾配(Hesshaimer and Levin, 2000)に影響されるため(Randerson et al. 2002)、5つの地域の境界は、緯度や収束帯に沿って定義され、北アメリカの一部境界などはジェット気流の位置を根拠に補正されている。ところが、東アジアでは、成層圏-対流圏交換のフラックスが最大となる北半球春季(Randerson et al. 2002)に強い亜熱帯ジェット気流が吹くにも関わらず、まとまった $\Delta^{14}\text{C}$ データが少なく、 $\Delta^{14}\text{C}$ 分布への亜熱帯ジェットの影響は評価されていない。本研究では、日本の異なる2地点から採取した樹木年輪セルロース中の $\Delta^{14}\text{C}$ を測定し、亜熱帯ジェット気流が東アジアの Bomb $\Delta^{14}\text{C}$ 分布に影響するかどうか評価した。また、樹木年輪セルロース中の炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)も併せて測定し、その気候応答から、日本の樹木年輪セルロース中の炭素がどの季節の大気情報を反映しているかの検証も行った。

2. 試料と手法

本研究では、長野県大滝村(35° 47' N, 137° 34' E)で採取された木曾サワラと、熊本県熊本市(32° 83' N, 130° 64' E)で採取された熊本ヒノキを測定対象とした。化学処理によりセルロースを抽出した後、EA-IRMSで $\delta^{13}\text{C}$ を測定した。 ^{14}C については、セルロースをグラファイト化した後、東京大学大気海洋研究所の加速器質量分析装置(AMS)を用いて測定した。ここで、熊本ヒノキ試料については年輪をさらに早材と晩材に分けて測定を行っている。木曾サワラの測定年は1951~1972年及び1979~1987年、熊本ヒノキの測定年は1951~1973年である。

・ $\delta^{13}\text{C}$: Suess 効果を補正したデータを各試料採取地点に最も近い気象台の月別気象データ(日照時間,降水量,相対湿度)と比較した。

・ $\Delta^{14}\text{C}$: NH2 地域の夏の大气の $\Delta^{14}\text{C}$ (Hua et al. 2022)、韓国・石川の樹木年輪セルロースの $\Delta^{14}\text{C}$ データと比較した。また、NCEP-NCAR 再解析データから300hPaの風速データを取得し、亜熱帯ジェット気流の影響を評価した。

3. 結果と考察

・ $\delta^{13}\text{C}$: 木曾サワラの $\delta^{13}\text{C}$ は飯田気象台の4-6月の日照時間と有意な正相関($r=0.388$, $p<0.05$, $n=27$)、熊本 $\delta^{13}\text{C}$ は熊本気象台の3-5月の日照時間と有意な正相関が見られた($r=0.471$, $p<0.05$, $n=21$)。相対湿度、降水量は熊本にのみ有意な負相関が見られたが、日照時間と相対湿度/降水量の間にそれぞれ有意な負相関があったことから、この関係性は偽相関である可能性が高いと思われる。

・ $\Delta^{14}\text{C}$: 木曾サワラと熊本ヒノキの $\Delta^{14}\text{C}$ の値に明瞭な差は確認できなかったが、NH2地域の夏の大气の $\Delta^{14}\text{C}$ と韓国・石川の樹木年輪セルロースの $\Delta^{14}\text{C}$ との比較では、1963年の木曾サワラ・熊本ヒノキの $\Delta^{14}\text{C}$ が顕著に低いことが明らかになった(図)。1963年に東アジアで特異な大気現象がなかったか調べたところ、春から夏のジェット気流の北上が平年よりも早かったことが分かった。つまり、1963年は九州地方から中部日本にかけて、 $\Delta^{14}\text{C}$ が相対的に低い値を示す南方気団の影響を強く受けた可能性が高いと考察した。

引用文献: Hua et al. (2022) Radiocarbon, 64, 4, 723-745. Hesshaimer and Levin. (2005) Journal of Geophysical Research. 105. 11641-11658. Randerson et al. (2002) Global Biogeochemical Cycles. 16, 4, 59-1-59-19. Yamada et al. (2005) Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences. 6, 2, 135-138. Park et al. (2002) Radiocarbon. 44, 2, 559-566.

謝辞: 本研究を行うにあたり、試料提供に協力頂いた森林総合研究所の皆様(近藤洋史氏、普入二郎氏、安部久氏、山下香菜氏、大橋伸太氏)に感謝いたします。

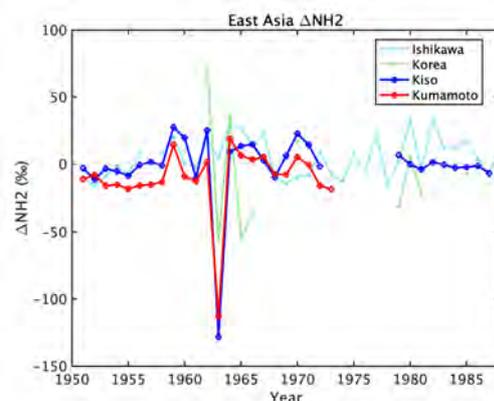


図: 夏のNH2平均(Hua et al. 2022)との偏差 ΔNH_2 。石川クロマツ(Yamada et al. 2005)、韓国アカマツ(Park et al. 2002)、及び木曾/熊本の ΔNH_2 。

植物珪酸体分析による種子島の約10万年前以降の植生変遷の復元

林尚輝・井上淳（大阪公立大学）

Naoki HAYASHI, Jun INOUE: Reconstruction of vegetation changes in Tanegashima Island over the past 100,000 years based on phytolith analysis

1. はじめに

現在、関東地方以西の低地部の潜在植生になっている照葉樹林は、最終氷期には、限られた地域にのみ分布していたと考えられている。種子島などの大隅諸島はその一つである（例えば Tsukada, 1985）。しかし、当地域の花粉データなどは乏しく、最終氷期からの連続的な植生変遷はほとんど分かっていない。そこで、本研究では種子島南部の埋没土壌やローム層中の植物珪酸体組成から当地域の植生変遷を復元した。

2. 試料と方法

試料は、南種子町島間と中之下の2地点において、露頭から採取した。島間の露頭では鬼界葛原テフラ（K-Tz）層の上下のローム層、中之下の露頭では種Ⅲあるいは種Ⅳテフラ層の下位から始良丹沢テフラ（AT）層を挟み、鬼界アカホヤテフラ（K-Ah）層直下までの埋没土壌、ローム層を約5cm間隔で採取した。それぞれのテフラの年代値は、奥野・小林（1994）、町田・新井（2003）に基づくとK-Tz:95,000年前、種Ⅲ:45,000年前、種Ⅳ:35,000年前、AT:30,000年前、K-Ah:7,300年前とされる。採取した試料から、Okunaka et al.（2012）の方法で植物珪酸体を抽出し、光学顕微鏡で検鏡を行った。珪酸体の分類・同定はICPN2.0（Neumann et al., 2019）に則り、さらに一部の形態については近藤（2010）、Kawano et al.（2012）、を参考に細分した。

3. 結果と考察

島間の露頭では、珪酸体の含有量は低いものの、K-Tzの上下の層でイスノキ属に由来する珪酸体とヒメアブラススキ連に由来する珪酸体がみられた。

中之下の露頭では、珪酸体の組成の傾向から6つの珪酸体帯を設定した。種Ⅲ/Ⅳの上下のローム層にあたる最下部のA帯では、珪酸体の含有量は低いもののイスノキ属をはじめ、樹木に由来する珪酸体が優占した。草本植物に由来する珪酸体では、ヒメアブラススキ連、タケ亜科に加え、シバ属に由来する珪酸体が見られた。ATの下位にあたるB帯では珪酸体の含有量が増加したが、A帯に引き続きイスノキ属をはじめ、樹木に由来する珪酸体が優占した。草本植物に由来する珪酸体では、キビ亜科やヒゲシバ亜科に由来するものが見られたが、シバ属に由来する珪酸体は見られなくなった。ATの直下から直上の層にあたるC帯では、樹木に由来する珪酸体が減少し、ヒメアブラススキ連に由来する珪酸体が優占するよう

になった。さらにその上位のD帯では、ササ属をはじめタケ亜科に由来する珪酸体が卓越し、樹木に由来する珪酸体はごくわずかに見られたのみであった。次いでE帯では、ササ属に由来する珪酸体は上位に向かって減少していき、変わってヒメアブラススキ連に由来する珪酸体が増加した。また、樹木に由来する珪酸体も増加した。さらに、K-Ahの下位にあたるF帯では、イスノキ属に由来する珪酸体が上位に向かって増加し、特に、K-Ahの直下では卓越した。草本植物に由来する珪酸体では、ヒメアブラススキ連に由来するものが多かった。

以上の結果から、分析地点周辺における約100,000年前からの植生変遷は以下のように復元される。100,000年前頃から35,000年前頃まではイスノキをはじめとした照葉樹林が発達していた。また、開けた場所にはキビ亜科やヒゲシバ亜科、シバ属などの植物が数多く生育していたと考えられる。しかし、約30,000年前の始良カルデラの噴火前から、照葉樹林は衰えはじめ、ヒメアブラススキ連の植物が増加した。さらに寒冷化が進み最寒冷期の頃には、ササ属を中心としたタケ亜科が繁茂するようになり、照葉樹はわずかに残っていた程度の可能性が高い。その後、約13,000年前頃からササ属は衰え、照葉樹が増加しはじめた。そして約9,000年前以降、照葉樹林が特に発達したと考えられる。こうした照葉樹林の発達には、九州島南部においてもほぼ同時期にみられ（杉山, 1999 など）、種子島南部においても、南九州の他地域と同様に完新世に入り、照葉樹林が発達したと考えられる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費若手研究（23K12324）の助成を受けたものである。記して謝意を表します。

引用文献 : Kawano et al. (2012) *Quaternary International*, 254, 18-27. 近藤 (2010) *プラントオパール図譜*. 北海道大学出版会, 387p. 町田・新井 (2003) *新編火山灰アトラス*. 東京大学出版会, 336p. Neumann et al. (2019) *Annals of Botany* 124, 189-199. Okunaka et al. (2012) *The Holocene*, 22, 793-800. 奥野・小林 (1994) *第四紀研究*, 33, 113-117. 杉山 (1999) *第四紀研究*, 38, 109-123. Tsukada (1985) *Quaternary Research*, 23, 369-381.

関東平野東端，犬吠層群春日層・小浜層に含まれる前期更新世テフラのカタログ

鈴木毅彦・菅澤大樹・川畑美桜子・橋本真由・神馬菜々美（東京都立大）

Takehiko SUZUKI, Daiki SUGASAWA, Mioko KAWABATA, Mayu HASHIMOTO, Nanami JIMBA: Catalogue of Lower Pleistocene tephras in the Kasuga and Obama Formations, Inubo Group, east Kanto, NE Japan

1. はじめに

日本列島周辺の第四紀研究においてテフロクロノロジーは重要な役割を担っている。2010年代以降では層序に関わるテフラ研究の流れとして、給源から数100 km以上の遠方域において肉眼で識別不可な完新世・後期更新世のクリプトテフラを扱う研究と、中・前期更新世に遡る時代のテフラ研究があげられる。前者の事例では福井県水月湖での研究(McLean et al., 2018など)が、後者の事例では関東での研究事例(鈴木・村田, 2011など)があげられる。

日本列島周辺のテフロクロノロジー研究の目標点のひとつとして、中・前期更新世までに遡り、各地においてクリプトテフラまで含めたテフラ層序の確立があげられる。しかしこの目標に達するまで膨大なデータの集積が必要である。現段階では、第四紀全期間の大規模なカルデラ噴火(VEI>7)に由来する広域テフラの認定は各地で進められているが、小規模な噴火による前期更新世テフラについては野外で視認可能であってもデータ蓄積が不十分である事例が多い。

2. 銚子地域の中・前期更新世テフラ

上記の事例として関東平野東端，銚子地域の屏風ヶ浦に露出する，前期更新世の犬吠層群中のテフラを挙げることができる。

本地域の南方房総半島では上総層群中のテフラの詳細な記載がなされており(宇都宮ほか, 2019など)，これらと屏風ヶ浦に露出するテフラの対比は，主要なものについてはほぼ明らかにされている(藤岡・亀尾, 2004; 鈴木・村田, 2011)。しかしながら犬吠層群中にはこれらの研究で取りあげられていない未記載テフラも多数ある。犬吠層群中のテフラは，酒井(1990)により研究初期の段階で系統的にテフラ名が与えられたが，それから漏れているものも多くある。本報告では犬吠層群のうち，春日層・小浜層において野外で肉眼観察できるテフラの記載をカタログ的に示す。そして一部について周辺域への対比について報告する。

3. 記載したテフラの概要

対象としたテフラは，明らかな層構造を有するもののほかに，火山灰や軽石質火山礫のパッチ状集合体が連続する場合，軽石・スコリア質火山礫が帯状に散在する場合を対象とした。火山礫が単独でシルト層中に存在する場合は除外した。その結果，春日層において37テフラ，小浜層において112テフラの計149テフラを認識した。その内

訳は，結晶質ないしはスコリア質な火山灰から構成されるものが58，火山ガラスを主とするものが46，軽石質ないしはスコリア質火山礫を主とするものが45である。これらについて名称を付与したが基本的には酒井(1990)によるKg○, Ob○(Kg:春日, Ob:小浜, ○は数字で場合によりa, b, cが付加)を継承し，これに藤岡・亀尾(2004), 鈴木・村田(2011)の命名を加え，さらに新記載テフラには小数点を用いて命名した。

4. 他地域のテフラとの対比

各テフラの層厚，粒径，斑晶鉱物種(一部は屈折率)，火山ガラスの形状・屈折率・主成分化学組成などの詳細な記載は発表時に示す。以下では他地域のテフラとの対比を示す。

既存研究(藤岡・亀尾, 2004; 鈴木・中山, 2007; 鈴木・村田, 2011; Suzuki et al., 2017, 2020; 鈴木ほか, 2023)により，春日層中では下位よりKg1c:Tmg-R4(HSC), Kg2b:HSA, Kg3:Sgn-Kd44が対比されている。

また，小浜層中ではOb1=Nyg(Kd39), Ob2:Ebs-Fkd(Kd38), Ob3:Ob3-Kd31B, Ob3.21:SYG-Kd29, Ob4a:Omn(Kd25), Ob4b-1:HU1, Ob4b-4:HGN4(大田区萩中), Ob4b-5:HGN5, Ob4b-6:HGN6, Ob4c:Kd24, Ob4d:Kd23B, Ob4e:Kd23A, Ob4g-1:Sr-Kmd, Ob4g-3:TN, Ob4h-1:KK, Ob4g-3:YM, Ob4g-4:NG-YR, Ob4g-5:Kd19, Ob4g-6:MT, Ob4h-1:Sr-Aki-Kd18, Ob4h-2:Kd17, Ob4h-5:NK, Ob5a:Skd-HM(Kd16), Ob5c:Sr-Asn-Kd8, Ob5.1:Kd5A, Ob5.6:07, Ob5.7:03, Ob6a:Sr-Kc-U8, Ob6c:U7, Ob7b:U6Aが対比されている。なお房総半島黄和田層中のテフラについては一部，鈴木・村田(2011)と宇都宮ほか(2019)で名称番号が一致していない。

一方，本研究では下記の新規対比案を示す。Kg1d:相模原市八瀬川および立川コア深度339 mのテフラ, Kg2.6:Kd48, Kg4:Kd40, Ob1.1:大和田(新称; 八王子市大和田浅川河床), Ob4f-5:Kd21.5, Ob4g-4:Kd20.3B, Ob5.51:018である。

引用文献: 藤岡・亀尾(2004) 地質雑, 110, 480-496. McLean et al. (2018) *Quat. Sci. Rev.*, 183, 36-58. 酒井(1990) 宇都宮大学教養部研究報告第2部, 23, 1-34. 鈴木・中山(2007) 火山, 52, 23-38. 鈴木・村田(2011) 地質雑, 117, 379-397. Suzuki et al. (2017) *Quat. Int.*, 456, 195-209. Suzuki et al. (2020) *Jour. Quat. Sci.*, 35, 316-333. 鈴木ほか(2023) 地学雑誌, 132, 483-503. 宇都宮ほか(2019) 地質調査研究報告, 70, 373-441.

Palaeoecological reconstruction of Jatiluhur, Indonesia based on the dominance of selected genera of benthic foraminifera

Rizkysafira Ishendriati (秋田大) · Lia Jurnaliah (UNPAD) · Winantris (UNPAD) · Stephen Obrochta (秋田大)

1. はじめに

Various methodologies were employed to analyze paleoecology and depositional environments in the Jatiluhur Formation, West Java, Indonesia. Foraminifera fossils, particularly benthic species, are crucial indicators used for palaeoecological reconstructions. The Jatiluhur Formation spans the Early to Middle Miocene and consists of diverse lithologies including marl, claystone, quartz sandstone, quartzite, and marl limestone (Sudjarmiko, 2003). This study focuses on identifying benthic foraminifera diversity and reconstructing palaeoecological conditions such as paleotemperature, paleosalinity, and oxygen content.

2. 手法

This study examined 18 samples across 7 outcrops for small planktonic and benthic foraminifera fossils. It utilized a methodology comprising literature review, fieldwork, and laboratory analysis, where samples were collected systematically, microfossils isolated, and analyzed using statistical clustering to interpret paleotemperature and oxygen content (Buzas, 1990; Sukandarrumidi, 1992). Genus dominance in each sample was determined by assessing water temperature, salinity, and oxygen conditions, with specific thresholds: at least 25% representation for fewer than 20 genera, and at least 35% for more than 20 genera (Sukandarrumidi, 1992).

Water temperature influences foraminifera shell characteristics (Boltovskoy et al., 1991). Warmer temperatures tend to increase shell size and porosity (Frerichs et al., 1963, in Ujetz, 1996). Marine temperatures range widely, categorized into cold (<10° C), moderate (10° C – 20° C), and warm (>20° C) zones (Keller, 1985), affecting community composition and diversity (Murray, 2006; Yasuhara, 2016; Singh, 2018).

Foraminifera genera are categorized by salinity tolerance: Low Salinity (<32‰) with agglutinated shells, Normal Salinity (32–40‰) with calcareous hyaline shells, and High Salinity (>40‰) with porcelaneous

shells (Valchev, 2003; Lec, 2015).

Water temperature also affects dissolved oxygen capacity, crucial for aquatic microbenthos (Boltovskoy & Wright, 1976). Foraminifera serves as an indicator for reconstructing past oxygen levels based on morphological characteristics and species composition (Kaiho, 1994 in Murray, 2006).

3. 結果と考察

A total of 70,300 benthic individuals revealed 185 species and 102 genus of benthic foraminifera. Sample Y 66 had the highest number of individuals (10,624).

Temperature fluctuations from cold to warm were observed across the samples. Samples Ys 1(1) to Y 65 showed cyclical fluctuations between cold and cold-warm temperatures, likely influenced by climate change or Middle Miocene Sea level fluctuations (Tang, 2015).

Salinity remained stable at normal levels (32–40‰), except in sample Y 66, which showed anomaly conditions indicating hyposalinity (Figure 1). The research area generally exhibits dysoxic or low oxygen conditions suggesting cold water temperatures where oxygen dissolution is reduced (Boltovskoy & Wright, 1976).

Formation (Sudjarmiko, 2001)	Epoch (Sudjarmiko, 2001)	Sample	Temperature			Salinity			Dissolved oxygen			Dominance of the selected genus
			Cold (<10°C)	Medium (10°-20°C)	Warm (>20°C)	Hyposaline (<32‰)	Normal (32-40‰)	Hyper saline (>40‰)	Dyoxic (0.1-0.3 mL/L)	Suloxic (0.3-1.5 mL/L)	Oxic (>1.5 mL/L)	
Jatiluhur Formation (Midi)	Middle Miocene	Y 35										<i>Ammonia</i> & <i>Bolivina</i>
		Y 28(8)										<i>Uvigerina</i>
		Y 28(7)										<i>Bolivina</i>
		Y 28(6)										<i>Bolivina</i>
		Y 28(5)										<i>Bolivina</i>
		Y 28(4)										<i>Bolivina</i>
		Y 28(3)										<i>Bolivina</i>
		Y 28(2)										<i>Bolivina</i>
		Y 28(1)										<i>Laetzelina</i>
		Y 65										<i>Bolivina</i>
		Y 66										<i>Bolivina</i>
		Y 65(2)										<i>Laguncula</i>
		Y 65										<i>Favosites</i>
		Y 66										<i>Eggs</i>
		Ys 1(5)										<i>Cyclammina</i>
		Ys 1(3)										<i>Bolivina</i>
		Ys 1(2)										<i>Hammerbeia</i>
		Ys 1(1)										<i>Bolivina</i>

Figure 1. The curve of Temperature, Salinity, and Oxygen Conditions Changes

The palaeoecological conditions of the study area during the Middle Miocene were likely influenced by global climate change, including sea level variations. Holbourn et al. (2007) reported global cooling and the development of the East Antarctic Ice Sheet (EAIS) during this time. Further global cooling occurred from the Late Miocene to the Pliocene due to the closure of the Indonesian sea (Akmaluddin et al., 2010).

総説 土壤環境中の動物珪酸体

宇津川 徹 (カテナ研究所)

Toru UTSUGAWA: Review -Animal Opals in Soil Environments-

1. はじめに

地層や土壤層中の生物起源の骨片は、その起源や理化学性および光学的特性から動物珪酸体 (Animal opal) という (宇津川ほか, 1979)。

2. 動物珪酸体の出現

(1) 動物珪酸体の出現は、3条件で確認できる。

① 現地性由来のもの; 土壤中の動物珪酸体の起源は現地性由来のものである。水 (海) 成堆積層などを母材とする土壤などに認められる。例えば最終間氷期の後半の海退時に堆積した (水成) 下末吉ローム層に多数の動物珪酸体が認められ、土壤層の生成環境を推定する証拠の一つに利用できる。

② 異地性由来のもの; 遠近来から移動し、混在した異地性由来のもの。海域から離れた段丘上の陸成土壤層から動物珪酸体の微粒子が検出されることがある。これは氷期の海面低下時、干陸化した場所から動物珪酸体が冬季の季節風により搬送され土壤中に付加された可能性がある。

③ 考古遺物の胎土粘土中や住居遺跡の粘土層中に検出されるもの; 縄文土器・弥生土器・土師器・須恵器などの材料粘土層の推定、作陶技術の手がかりを与える。例えば非晶質の動物珪酸体は常温下でガラス状の透明な性状を有し、焼成温度が300℃を超えると結晶化が進み、白色化したクリストパライトになるので、色から焼成温度が推定できる。

(2) 微化石・海綿動物の骨片は、陸成層・沿岸成層・海成層・淡水成層中などの土層・土壤環境において検出される。

(3) 珪質骨片・骨針 (opal sponge spicules と呼ぶ) は非晶質の珪酸体である。形状は分類群 (六放海綿・尋常海綿・淡水性海綿) によって異なる。

(4) 海綿の骨格は、海綿動物を査定する上で最も重要な漂微である。海綿の骨針・骨片は分類群によって異なる。生物学的に主大骨片と微小骨片とに分けられる。主大骨片は一軸型・二軸型・三軸型・多軸型があり、また針状体、三叉体など。微小骨片は一軸型、球星体型・デスマ型・格子状型・両盤体型が認められる。

引用文献: 宇津川徹 (2024) 動物珪酸体. 1028p, 『最新・地学事典』平凡社. 宇津川徹 (2024) 『アニマルオパール図譜』285p. カテナ研究所... * 出版物の内容... 第1部: 図版篇 (動物珪酸体の骨針・骨片, 写真多数) 第2部: 解説篇 (動物珪酸体研究・分析応用で考古遺物, 遺物中の動物珪酸体の紹介)。

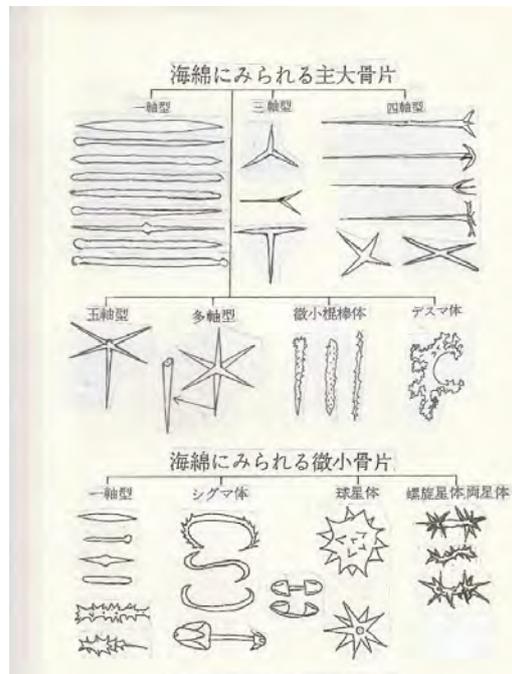


図1 海綿にみられる骨片の型

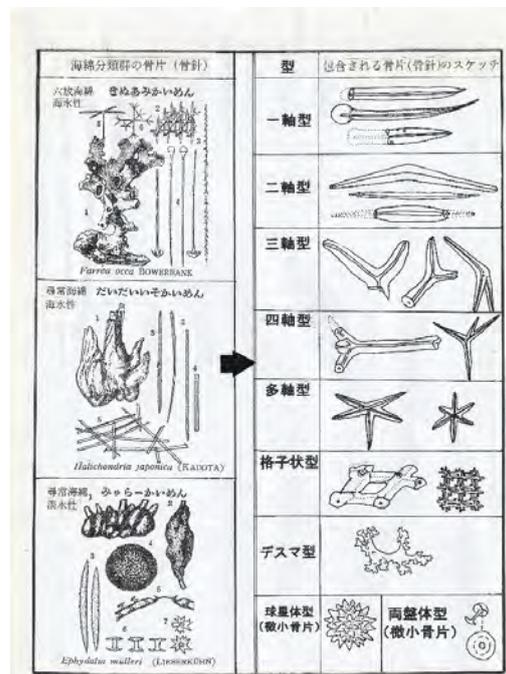


図2 海綿動物群の骨片と包含される骨片のスケッチ

出版物の希望者は e-mail 申し込み下さい。住所・氏名・電話 (FAX)・部数を連絡下さい。返信します。実費・送料込 2500 円。A4 サイズ、全アート紙。(e-mail: tutn04cu@nifty.com)

中期更新世後半に噴出した曲坂火山灰の対比の再検討に基づく 仙台平野、岩出山・築館丘陵及び新庄盆地の古地理に関する二、三の予察

河合貴之（栗駒山麓ジオパーク推進協議会）

Takayuki KAWAI: Estimation of paleogeography around the Sendai Plain, the Iwadeyama-Tsukidate Hills and the Shinjo Basin, Northeast Japan, based on correlation of Magarizaka Ash erupted in late Middle Pleistocene.

1. 緒言

東北脊梁山脈付近においては、鮮新世以降顕著になった東西圧縮の下で山岳隆起や盆地の沈降、そして火成活動の活発化により大地形が形成された(今泉, 1999; 田村, 2003, など)。本地域における地形発達編年学的な研究の蓄積は、島弧系の山地と盆地の分化・火山活動やそれに伴う堆積物供給などの時空的変遷を解明する上で重要であり、火山灰層序や植物珪酸体組成変動等と合せて議論されてきた(鈴木, 1988; 早田, 1998; 松浦, 2006; Kawai, 2016, など)。

東北地方中部における地形発達の編年における時間指標の一つに曲坂火山灰(MgA: 260-200ka; 松浦, 2003)があり、宮城県仙台平野・岩出山・築館丘陵から山形県新庄盆地において記載されてきた(早田, 1989; 松浦, 2003; Kawai, 2016; 宮本ほか, 2017)。本稿では、MgAの追跡についての再検討を基に、これまで議論されていなかった給源推定や分布域周辺で噴出当時の古地理について予察を行う。

2. 曲坂火山灰の対比の再検討

MgAは早田(1989)が岩出山・築館丘陵において初めて記載し、松浦(2003)により新庄盆地における絵馬河テフラ(Emk)への対比が、Kawai(2016)により仙台平野で坪沼降下岩片(Tb1f)と坪沼第1軽石(TbP1: 大月, 1987)の間の層準での認定がそれぞれ議論された。今回、試料の風化状況を考慮して対比の確度を高めるため、早田(1989)、松浦(2003)及びKawai(2016)が記載した地点で産出する降下ユニットについて、竹下(2004)やSuzuki et al. (2014)に準拠してホルンブレンドの主成分化学組成を比較した。その結果、Kawai(2016)が仙台平野西方の芋峠においてTbP1上位で記載したものを除き、主成分化学組成が一致し、既往の対比を支持する結果を得た。

3. 曲坂火山灰噴出当時の古地理の予察

・宮城県内におけるMgAの層位 仙台平野西縁の青葉山丘陵では、温暖期に形成された古赤色土(松井・加藤, 1962)がI・II段丘を被い、その中にTb1fの上位の坪沼第2~4軽石(TbP2~4: 大月, 1987)が挟在される(Kawai, 2016)。一方、岩出山・築館丘陵における暖かさの指数であるネザサ率変動と火山灰層序の関係において、MgAは寒冷期、その下位の下山里テフラ(Sm: 早田, 1989)は寒冷化の期間、更に下位の鬼首池月テフラ(On-Ik: 早田, 1989; ca. 250ka: 早田・八木, 2002)は温暖化の期間にそれぞれ層位をもつ。また、栗原市志波姫付近に発達する蓬田面の段丘堆積物がSmとOn-Ikの間の層準にある(早田, 1998)。

以上のことから、MgA, Sm, On-Ikはそれぞれ海洋酸素同位体ステージ(MIS)7.4, MIS 7.5/7.4境界付近、MIS8 /7.5境界付近に層位をもつと推定される。

・MgAの給源推定 MgAは、含まれる重鉱物の中ではホルンブレンドが多く、東北脊梁山脈より背弧側に噴出源が推定される。また、MgAの降下ユニットの層厚が新庄盆地北部で約1m、仙台平野及び岩出山・築館丘陵で25cmであることから、給源は月山付近~新庄盆地間に推定される。

また、Emk(=MgA)の火砕流堆積物の層厚や下位の山屋層はじめ周辺丘陵を構成する地層の分布(松浦, 2003, など)から、火砕流が河道沿いを流下したことを示唆し、給源は銅山川流域付近と考えられる。当該流域付近には複数のカルデラ地形があり(今田, 1974, など)、空中写真等から顕著な開析が覗える。それらとMgAの関係は今後の検討課題である。

・新庄盆地におけるMgA火砕流流下経路の規定要素

松浦(2003)の記載では、Emk(=MgA)の火砕流堆積物の層厚は、新庄盆地北部の新庄市上台付近で10m以上、やや南西寄りの地点で約4-6mである。宮本ほか(2017)はこうした分布から、給源が北方にある可能性を指摘した。但し、上台以外で松浦(2003)が記載した地点は丘陵辺縁で、噴出当時の河道から遠く離れていたことで層厚が規定された可能性がある。

一方、松浦(2006)は、新庄盆地東縁で南北に延びる泉田低地帯の存在を指摘し、これが主にEmk(=MgA)の下位にあるOn-Ikの噴出以降の時期に新庄東山断層(活断層研究会, 1991)の変位が進行したことで発達したものであるとした。これらのことから、MgA噴出当時は、新庄盆地東縁付近で沈降が進行していたことで河道が東に寄っており、その付近を火砕流が流下したと考えられる。

謝辞：東京都立大学の鈴木毅彦教授には分析機器の利用の便宜を図って頂きました。記して御礼申し上げます。

引用文献：今泉(1999)月刊地球, 号外27, 113-117; 活断層研究会(1991)新編日本の活断層, 東大出版会; Kawai(2016) *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 51, 93-100; 今田(1974)5万分の1地質図幅「月山」および説明書, 山形県商工労働部商工課; 松井・加藤(1962)第四紀研究, 2, 161-179; 松浦(2003)地理学評論, 76, 142-160; 松浦(2006)地理学評論, 79, 39-52; 宮本ほか(2017)地球惑星科学連合大会予稿集, SVC50-P06; 大月(1987)東北地理, 39, 268-282; 早田(1989)第四紀研究, 28, 269-282; 早田(1998)季刊地理学, 50, 234-235; 早田・八木(2002), 41, 457-469; Suzuki et al. (2014) *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 49, 1-12; 鈴木(1988)地理学評論, 61, 332-349; 竹下(2004)地質学雑誌, 110, 158-174; 田村(2003)地学雑誌, 112, 781-793.

日本列島におけるマルタニシの全ゲノム解析からヒトの移住を読む

松本建速 (東海大)

Takehaya MATSUMOTO ; Reading the human migration in the Japanese archipelago through whole-genome sequencing of Japanese trapdoor pond snails

1. 背景と目的

マルタニシ *Cipangopaludina chinensis laeta* は水田に棲息する淡水性の巻貝である。日本列島では、同種が縄文時代の遺跡から出土することは稀で、出土数が増えるのは弥生時代の遺跡からであることから、水稲耕作に伴い帰化したとされている (黒住 2001)。ミトコンドリア DNA の解析によると 朝鮮半島南部産と日本列島産とが遺伝的に近く (Hirano et al. 2015), マルタニシは弥生時代以降に朝鮮半島から移入された可能性が高い。

以上からマルタニシはヒトの移住・移動の指標となると理解でき、北海道のマルタニシは、当該地域に水稲耕作が導入された近代以降に本州島以南から持ち込まれたという仮説が生まれる。そこで今回、北海道とヒトの入植地域との現生マルタニシ 96 点を試料として全ゲノム解析を実施し、同種の移動とヒトの関与について考察した。

なお、本報告は 2022~2024 年度科学研究費 (基盤研究 C) 「次世代シーケンサー解析によるマルタニシの遺伝子情報からヒトの移住を読む」 (代表・松本建速) の中間報告である。

2. 試料と方法

北海道 38 点, 秋田県 11 点, 新潟県 15 点, 宮城県 14 点, 神奈川県 8 点, 滋賀県 4 点, 愛媛県 6 点, 合計 96 点の現生マルタニシを試料とした。北海道七飯町大沼の 13 点以外はすべて水田産である。日本列島の同種は多くが水田に住むが、沼や池にもいる。北海道に固有種がいるか否かを確かめるために周辺に水田がない七飯町大沼で採集した。

マルタニシ各個体がいかなる遺伝的集団に属するかを読みとるために、次世代シーケンサーを用いて全ゲノム解析を実施することとした。生物技研株式会社に依頼し、ジェノタイプ解析 (個体が持つ遺伝子の構成や配列=遺伝子型の判定), 系統解析, Structure 解析 (遺伝構造を推定し、各個体を推定集団に割り振る) をおこなった。

3. 結果と考察

1) 系統解析 ジェノタイプ解析で得た情報にもとづき最尤法で系統樹を作成した (図 1)。神奈川県から西の集団と北陸・東北・北海道とで大きく 2 分され、北海道のものは北陸・東北に近い。また愛媛県のものが最も塩基置換数が多く、古くから生息していることが読み取れる。

2) Structure 解析 Structure Harvester で求めた最適なクラスター数 K は 4 であった (図 2-1)。K=4 として Structure 解析し、全 96 試料を採取地ごとにまとめて各個体の遺伝子構造を示した (図 2-1)。4 つの基礎集団を推定できる。愛媛・滋賀県などの日本列島の西側の集団、新潟・秋田

県の東日本域日本海側集団、厚沢部の源となる集団、大沼の源となる集団である。

厚沢部の遺伝構造を持つ個体が神奈川県におり、大沼の基礎集団は秋田のものと同様である。厚沢部産も大沼産も本州以南に基礎集団がある。また、蘭越産は完全に日本海側の集団に属す。

3) マルタニシの移動とヒトの関与 蘭越町 HP によると明治期に石川県、昭和期に秋田県から移住があった。同種の遺伝子はそれとの関連を示す。

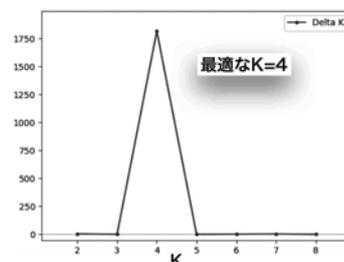
4. まとめと今後の展望

今回の試料の範囲では、北海道のマルタニシに固有種はなく、すべて本州以南から移入されたことが読み取れた。今後さらに試料採集地を増やし、ヒトの移住との相関について考察したい。朝鮮半島の試料の解析も必須である。

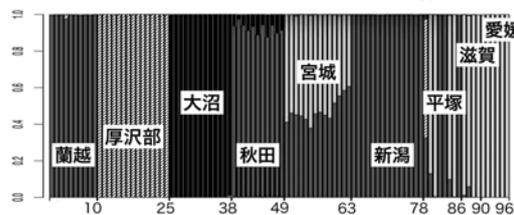
引用文献：黒住耐二 (2001) 『Birder』 15, pp. 30-33, Hirano et al. (2015) *Journal of Molluscan studies*, 81 (4), pp. 435-441



図 1. 系統樹



1. Structure harvesterによる ΔK の算出



2. 各個体の遺伝構造の違い 線 1 本が 1 個体 K=4

図 2. Structure 解析結果

相対標高モデル (REM) による埼玉県加須低地周辺の地形の可視化と防災への応用

杉中佑輔 (RCGM)・石綿しげ子 (GaNT)・野口真利江 (GaNT)・遠藤邦彦 (日大)

Yusuke SUGINAKA, Shigeko Ishiwata, Marie Noguchi, Kunihiko ENDO: Visualization of Topography around Kazo Lowland, Saitama Prefecture by Relative Elevation Model (REM) and its Application to Disaster Prevention.

1. はじめに

加須低地は関東平野中央部に位置し、南西側は大宮台地、北東側は利根川水系の河川に囲まれつつ中川低地へと接続している。

加須低地周辺の地形についてはこれまでも様々な研究がされてきている(堀口 1981, 平井 1983 など)。その大部分は沖積層に覆われた沖積低地であるものの、かつての大宮台地の一部と考えられる低位段丘面が沖積低地頂面との比高差が乏しく、所によっては低位段丘面の方が低い状態で点在、さらには沖積層下に埋没していることが知られている。

また、この加須低地には北に流れる利根川の支流である星川や会の川といった中小河川が、自然堤防を伴って幾筋も網状に流れており、周囲より標高の高い自然堤防に囲まれた範囲はまるで濃尾平野で見られる輪中のようになっている。

周辺自治体では利根川や荒川の決壊に備えたハザードマップは作成されているが、支流の決壊や増水に伴う内水氾濫への対応は不十分である。

近年、主に河畔地形の抽出方法の一つとして、最寄りの河床を基準面として作成された相対標高モデル (REM) が知られるようになってきた。小山真人 (2024) ではこの REM について簡易型のハザードマップとしての利用や、地形発達史の解明への応用が提案されている。

そこで本研究では、加須低地周辺の REM を作成し、自然堤防や低位段丘を含む微地形の可視化を行い、その分布の特徴及び、簡易ハザードマップとしての利用に耐えるかを検討した。

2. 方法

REM は DEM などの標高モデルと最寄りの河床基準面との差分により作成されるため、はじめに対象地域における河床基準面の作成を試みた。河床標高のオープンデータは公開されていないため、DEM から水面標高を抽出して代用することにした。加須低地には会の川などの中小河川が複数流れているものの、基盤地図情報 5mDEM からは水面標高を連続して取得できない箇所もある。また、自然堤防などの微高地が点在していることや、微高地や台地を跨ぐような河川改修が行われている箇所もあるため、均質な基準面の作成には不向きであった。そこで、SRTM-1 の 30m メッシュを用いて、加須低地の北を流れる利根川の水面標高を抽出し、IDW 補間によって河床基準面の代わりとなる基準面を作成した。

この基準面と基盤地図情報 5mDEM との差分をとり、加須低地における REM を作成し検討を行っ

た。検討に際しては相対標高値 0.5m 毎に繰り返し色が変化する RCMaP として表現した (図 1)。

3. 検討結果

REM 図を用いることで、自然堤防を伴う会の川など利根川の支流である中小河川の形状がより鮮明に表現できた。これらの河川には、現在の利根川に概ね直交方向にあたる南に流れた後、自然堤防の規模が小さくなると東流に転ずるといった特徴がみられる。また、低位段丘面の微高地は自然堤防に起因する微高地に比べてより平坦性が高いことも表現できた。また、輪中様の窪地は浮き城としても知られる忍城周辺を始め、加須低地全域にみられることもよく表現できた。したがって、内水氾濫などに対応した防災マップ、または、排水対策の検討資料として利用可能である。

4. 今後の展望

加須低地周辺の複雑な地形は、利根川水系のみならず渡良瀬川や荒川などの立川期以降の流路変遷によるものと考えられる。東流後の会の川の地下に埋没谷が伏在していることが、現在検討を進めている当地域におけるボーリングデータに基づく地下地質並びに古地形解析により認められるため、その解明も含めて関東平野の地形発達史研究にも応用したい。

引用文献: 平井幸弘 (1983) 地理学評論 56, 10. 堀口萬吉 (1981) アーバンクボタ, 19, 6. 小山真人 (2024) 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, H-DS09.

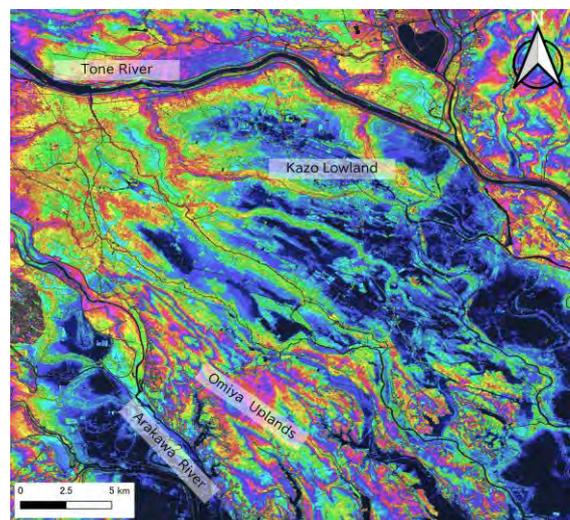


図. 1 加須低地周辺の REM 図
相対標高 0.5m 毎に色が変わる RCMaP として表現

兵庫県豊岡盆地における完新世後期の古環境と相対的海水準

谷川晃一朗（産業技術総合研究所）

Koichiro TANIGAWA: Late Holocene paleoenvironment and relative sea-level in the Toyooka Basin, Hyogo Prefecture

1. はじめに

約2万年前以降、日本列島の相対的海水準は上昇を続け、7000~6000年前頃の高海面期には、多くの地域で海面が現在より数メートル程度高く、海岸線も現在より内陸に位置していたことがわかっている（縄文海進）。その後、現在の標高0mに向かって、海水準は徐々に低下していったとされるが、3000~2000年前頃には「弥生の小海退」とよばれる一時的な海面の低下現象の存在が指摘されてきた。この小海退では、海水準が現在よりも数メートル程度低下したと考えられている。しかし、弥生の小海退を指摘した研究の多くは、海面低下にともなって生じたと考えられる沿岸の地形や堆積環境の変化など、間接的な証拠に基づいており、この期間の連続的な相対的海水準変動から直接的に小海退を示した例はほとんどない。そのため、弥生の小海退の地域間の同時性や広がり、さらにはメカニズムも明らかになっていない。

そこで本研究は、完新世後期の相対的海水準を復元することを目的に、兵庫県豊岡市から京都府京丹後市の沖積低地を対象に調査を実施した。

2. 調査地域と研究方法

調査対象地域は日本海沿岸の周辺地域に比べ後期更新世の海岸段丘が明瞭には発達せず、局地的な地殻変動の影響が比較的小さいと考えられる。また、豊岡盆地ではTanigawa et al. (2013)により、過去約11000年間の数百~千年オーダーの相対的海水準変動が報告されているが、弥生の小海退に対応するような変動は確認されていない。これには、完新世後期の海水準のデータ数が十分でないことも影響していると考えられる。

調査では、豊岡盆地（円山川下流域）と久美浜湾沿岸の低地においてハンドコアラと機械ボーリングによる掘削を実施し、堆積物の珪藻化石分析と放射性炭素年代測定等を行った。

3. 結果と考察

豊岡盆地と久美浜湾周辺の計9か所の沖積低地で試掘調査を行った。各掘削地点の地質の状況から、豊岡市長谷地区と中谷（なかのたに）地区において、機械ボーリング（最大深度4m）を実施し、分析用試料を採取した。

(1) 表層地質と堆積年代

長谷地区の表層4mは上位から主に、耕作土及び盛土、泥炭質シルト層（標高約0.7~1.2m）、泥炭層（標高0.1~0.7m）、植物片に富む細粒~中粒砂層（標高-0.4~0.1m）、有機質な砂質シルト層

（標高-1.7~-0.4m）から構成される。最下部の標高約-1.7mから得られた葉の¹⁴C年代から、これらの地層は過去約3100年間に堆積したと考えられる。

中谷地区の表層4mは上位から主に、耕作土及び盛土、細礫の混じる粘土層（標高約0.1~1.8m）、植物片に富む粘土層（標高-0.7~0.1m）、シルト層（標高-1.9~-0.7m）から構成される。標高-1.4mより下位のシルト層からは貝化石が産出する。最下部の標高約-1.9mから得られた葉の¹⁴C年代から、これらの地層は過去約4100年間に堆積したと考えられる。

(2) 珪藻化石分析

長谷地区の最上部の泥炭層では淡水性種が優先するが、珪藻化石の含有量が全体として少ない。泥炭層直下の細粒~中粒砂層では海~汽水生珪藻と淡水生珪藻が混在する。これより下位（標高約-1.7~-0.5m）の有機質シルト層では、全体として海~汽水生種が増加するが、一部には淡水性種が優先する層準も見られた。

現在、珪藻化石分析を進めており、発表ではより詳細な分析結果を示す。

引用文献：

Tanigawa K, Hyodo M, Sato H, (2013) Holocene relative sea-level change and rate of sea-level rise from coastal deposits in the Toyooka Basin, western Japan, *The Holocene*, 23, 1039-1051.

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号：21K03691）を使用した。

カナリア諸島テネリフェ島におけるスペイン植民以前の先住民による黒曜石利用
 中沢祐一（北海道大）・隅田まり（GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel）・Vega
 Maeso, C.（カスティーヤ・レオン行政府）・Carmona-Ballester, E.（ブルゴス大）・
 Risetto, J.（アメリカ合衆国農務省）・Berzosa Ordaz, A.（ブルゴス大）・直江康雄（千歳
 市教委）・土肥研晶（北海道埋文センター）・新家水奈（北海道埋文センター）・Schmincke,
 Hans-Ulrich（GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel）

Yuichi NAKAZAWA, Mari SUMITA, Cristina VEGA MAESO, Eduward CARMONA-BALLESTERO, John
 RISSETTO, Alberto BERZOSA ORDAZ, Yasuo NAOE, Kensho DOHI, Mina ARAYA, H-U Schmincke:
 Indigenous exploitation of obsidian before the Spanish conquest in Tenerife, Canary Islands, Spain

1. はじめに

カナリア諸島（スペイン）は、スペインの首都マドリッドから南西方向へ1,700km、モロッコの大西洋岸から300kmの大西洋へ連なる火山群島である。先住民は大陸から持ち込まれた疫病や農業システムの崩壊による飢饉に加え、鉄などの金属器をもたない「石器文化」の水準にあったため、ヨーロッパ植民者によって征服されたとされている（Santana-Cabrera et al. 2016; Mitchell 2024）。一方で、先住民らはヨーロッパ人による植民以前から火山噴火に対する適応を遂げ、狩猟採集漁撈と牧畜農耕を基盤とする独自の社会を維持してきた。

調査地であるテネリフェ島（面積2,034km²）はカナリア諸島最大の島である。島の中央にはテイデ山（標高3,718m）を擁しており、標高差に富んだ火山島である。先住民は資源を多角的に利用—貝類などの沿岸の生態系に依存し、陸獣および島中央部の共有地の資源（黒曜石溶岩の露頭など）も利用—することによって社会経済活動と地域人口を維持していたとされる。

2. テネリフェ島における黒曜石の調査

火山島であるテネリフェ島に産する黒曜石はSiO₂の含有量が低く、ナトリウムとカリウムの濃度が高いという特徴をもつアルカリ系のフォノライト質の黒曜石である。島内には、時代の違う完新世の黒曜石溶岩流が多く、多くの場所で露出している。発表者らによる踏査から、テネリフェ島にはいくつかの黒曜石石器の産出地が確認されている。また、これまで発掘調査された沿岸部の遺跡（洞窟および開地遺跡）からは黒曜石が出土している。たとえば、テイデ山の南麓の溶岩流の露頭（Tabonal Negro）、テイデ山北麓標高2000m付近の露頭（Tabonal de los Guanches）、北海岸の溶岩流末端部（Chalco del Viento）の3カ所が主要な産地として確認されている（Nakazawa et al. 2023）。その他、島の南部には中～後期更新世の火砕流堆積物が幾層も堆積しており（例えば Arico Ignimbrite など）、それらの中にも本質物質としての黒曜石岩片や黒曜石と入り混じる縞状軽石などが大量に含まれていることが知られている。

標高差を伴う北部・南部や海岸・内陸などの多様な島内環境にも関わらず、15世紀以前の先住民は黒曜石を多用してきた。発表者らは2019年にテネリフェ考古博物館にて管理されている島内の遺跡出土遺物を検討し、あわせて黒曜石水和層年代測定用のサンプルを得た。黒曜石水和層の検討からは、石器の表面には水和層がほとんど発達していないという特徴が認められたことから、化学組成（含水量の少なさ）、風化、山火事の影響といった要因が関与した可能性が考えられた（Nakazawa et al. 2023）。風化の受けやすさも黒曜石の元素成分の影響が考えられるため、元素分析による評価が必要である。また、島内の黒曜石産地露頭の一部（Tabonal de los Guanches）はAD9世紀に形成された新規の黒曜石溶岩流であることから、火山活動によって生じた新たな黒曜石を先住民がいつから・どの程度利用したのかという疑問を明らかにすることを通じ、先住民社会の火山噴火からのレジリエンス過程を明らかにしていくことが可能と考えられる。

以上のような背景から、カナリア諸島では、1）遺跡出土の黒曜石がどの溶岩流（あるいは火砕流）から得られたのか、2）新たに生成された黒曜石を先住民が「資源」として認識し利用し始めたのはいつからだったのか、3）どこの産出地の黒曜石が島内のどのような地域にどの程度流通していたのか、といった基本的な課題が導き出される。今回、黒曜石石器及び地層から得られた黒曜石ガラスの元素組成分析（EPMA および Laser-ICP MS）を行い、これらの課題についていくつかの見通しも得られた。

引用文献 : Mitchell, P. J. (2024) *J. Archaeol. Res.* 32, 155–208. Nakazawa et al. (2023) *Quater. Inter.* 676, 37–52. Santana-Cabrera et al. (2016) *Int. J. Osteoarchaeol.* 26, 767–777.

東北地方太平洋岸南部・小高低地における完新世の地殻変動傾向

丹羽雄一（慶應大）・須貝俊彦（東京大）

Yuichi NIWA, Toshihiko SUGAI: Holocene vertical deformation trend at the Odaka Lowland, southern Pacific coast, northeast Japan

1. はじめに

東北地方太平洋岸では10万年スケールの隆起傾向と最近数10~100年間の沈降傾向という、観測期間によって異なる地殻変動を、海溝型巨大地震サイクルと関係づける試みがなされてきた(池田ほか, 2012, など)。しかし、観測記録よりも長期での地殻変動が当該海岸一帯で明らかにされているとは言い難い。

近年の地形・地質研究によって、東北地方太平洋岸北部(三陸海岸)では完新世における地殻変動情報が蓄積されてきた(Niwa and Sugai, 2021)。しかし、東北地方太平洋岸南部では、MIS 5.5海成段丘の高度分布に基づいて後期更新世以降の平均隆起速度の北方への低下が報告されている(Suzuki, 1989)ものの、完新世における地殻変動は真野川低地で推定されているだけである(丹羽・須貝, 2024)。本発表では、真野川低地の約20km南方に位置し、MIS 5.5海成段丘分布域である小高低地において、完新統の解析と合計23試料の¹⁴C年代測定値に基づいて、完新世の地殻変動傾向を推定した。

2. 試料と方法

小高低地で採取された5本の堆積物コア試料(下流側から順にODK1~5コア)に対し、岩相記載、粒度分析、珪藻分析、¹⁴C年代測定を行った。岩相記載の際には粒度や堆積構造の特徴、植物片や貝殻片の有無に着目した。粒度分析はレーザー回折式粒度分析装置(PARTICA LA-960; 堀場製作所)を用いて実施した。珪藻分析は(株)パレオ・ラボおよび首都圏地盤解析ネットワークに、¹⁴C年代測定は(株)加速器分析研究所にそれぞれ外注した。

3. 結果と考察

小高低地の堆積物は、下位から順に新第三紀の堆積岩を覆う砂礫層(ユニット1)、海水生珪藻を多産する砂泥層(ユニット2)、有機質シルト層や上方細粒化する砂層から構成され、淡水生珪藻を多産する砂泥層(ユニット3)に区分される。ユニット2は、下位から以下のサブユニットに細分できる。すなわち、砂からシルトへと上方細粒化を示す層準(サブユニット2.1)、シルト層を主体とする層準(サブユニット2.2)、サブユニット2.2に比べて砂質で淡水生珪藻の産出割合がやや高い層準(サブユニット2.3)である。現海岸線に最も近いODK1コアでは、サブユニット2.2の上位に、海水生珪藻の産出割合が高い砂質の層準(サブユニット2.4)が認められる。

ユニット1は、層序学的位置と層相から沖積基底礫層に相当する。ユニット2は、産出する珪藻

化石の特徴から海成層と考えられる。上方細粒化するサブユニット2.1は上方深海化する環境、細粒層を主体とするサブユニット2.2は静穏な海底環境、淡水生珪藻の産出割合がやや高く砂質なサブユニット2.3は河川の影響を受ける環境、海水生珪藻の産出割合が高く砂質なサブユニット2.4は外洋の影響を受ける環境において、それぞれ堆積したと示唆される。ユニット3は層相と産出する珪藻化石の特徴から、河川チャネルや後背湿地などの陸域で堆積したと解釈される。現在の海岸線沿いに浜堤が分布し、その背後に後背湿地が広がる、という小高低地の現在の地形とユニット2の分布を踏まえると、サブユニット2.2~2.4は波浪卓越型エスチュアリーシステム(Dalrymple et al., 1992; Reinson, 1992など)の中央盆地、湾頭デルタ、湾口の環境でそれぞれ堆積したと考えられる。

¹⁴C年代測定値も踏まえると、調査地域では、完新世中期以降に湾頭デルタの前進による低地の埋積が進んだと推定される。ODK4コアとODK5コアのユニット3/サブユニット2.3境界の標高と年代(ODK4コア, 1.1m, 3300cal BP; ODK5コア, 1.7m, 4800cal BP)は、同時期の地殻変動を含まない相対的海水準(Okuno et al., 2014)と同程度である。サブユニット2.3最上部がユニット3によって一部侵食されている可能性を踏まえると、ユニット3/サブユニット2.3境界層準当時の相対的海水準は、当該層準の分布高度と同じか、それよりやや高いと考えられる。従って、完新世中期の小高低地の相対的海水準は、地殻変動を含まない相対的海水準と同等かそれよりもやや高いと推定される。このことは、小高低地が完新世において安定ないしは隆起傾向にあることを示唆する。調査地域ではMIS 5.5海成段丘の分布から最近10万年間の隆起傾向が推定されている(Suzuki, 1989)。本研究結果から、この最近10万年間の隆起傾向が完新世にも継続していると解釈可能である。

引用文献: Dalrymple et al. (1992) *Journal of Sedimentary Petrology*, 62, 1130-1146. 池田ほか(2012) *地質学雑誌*, 118, 294-312. Niwa and Sugai (2021) *Geomorphology*, 389, 107835. 丹羽・須貝(2024) *地学雑誌*, 133, 169-193. Okuno et al. (2014) *Quaternary Science Reviews*, 91, 42-61. Reinson (1992) In Walker and James (Eds.) *Geological Association of Canada*, 179-194. Suzuki (1989) *Geographical reports of Tokyo Metropolitan University*, 24, 31-42.

基質の岩種組成から考える富士－相模川ラハールの流下の様相（その2）

白井正明（都立大）・宇津川喬子（法政大）・河尻清和（相模原市博）

Masaaki SHIRAI, Takako UTSUGAWA, Kiyokazu KAWAJIRI: Flowing down process of the Fuji-Sagamigawa Lahar estimated from lithological composition of matix (part 2)

1. はじめに

相模川（上流では桂川）沿いでは、約2.2万年前に発生した富士相模川泥流（富士相模川ラハール：FSL）の流下が下流域まで確認されている（例えば、町田，2009）。発表者らはFSL堆積物の基質中に、中粒～細粒砂サイズの粒子が弱く固着した粒子（図）が相当量含有されていることを見出し、これらの固着粒子は先に流下したラハール堆積物の基質が再移動したものと考えた（白井ほか，2024）。これらの固着粒子や基盤岩に由来する粒子の含有率は、ラハールの各ユニットの流下の様相を推測するのに重要な手がかりを与えると期待されるが、固着粒子の含有率の求め方について検討を加える必要がある。今回は同一層準の分析試料を複数用意し、細礫サイズと粗粒砂サイズ、どちらの固着粒子の含有率が実際に指標として信頼できそうか比較・検討した。

2. FSL 堆積物中の固着粒子

FSL 堆積物は無構造の中礫層から成るとされていたが（例えば、相模原市教育委員会，1990）、大月付近より上流においては、中礫層の下位に層厚 10 m に及ぶ巨礫層が存在する（白井ほか，2021）。FSL 堆積物の巨礫層、中礫層共に、基質中には上記の固着粒子が相当量含まれている。鏡下で観察すると（図）、砂粒子の間を泥粒子が充填・固着している。河川上流域での環境下では、泥粒子と砂粒子が共存する環境として考えられるのは土石流やラハールであり、固着粒子は先に流下したラハール堆積物の基質が弱く固結し、それが再移動・再堆積したものと考えられる（白井ほか，2024）。ラハール基質中の固着粒子の含有率は、ラハール堆積物の各ユニットの流下の様相を推測するのに役立つと期待される。

しかし粒子間の固着が弱いため、固着粒子は試料処理（後述）の段階で容易に分解・細粒化する。そのためより大きな固着粒子が分解したものが、細粒の画分に多数混入している可能性がある。

3. 試料採取・処理

都留市北端の桂川大橋周辺において良く露出する、1FSL 中礫層と FSL 大礫層の間に挟まれた層厚 1 m 弱の細礫層を検討対象とした。00 m 弱の距離において試料（試料 A, B）を採取した。

採取した試料は水の濁りがほぼ無くなるまで超音波洗浄を施した後、径 4 mm 以上、4-2 mm、2-1 mm、1 mm 以下にふるい分けをした。径 4 mm 以上の粒子は数が少ないので、今回の検討対象とはしない。径 4-2 mm および 2-1 mm の粒子はデジタルマイクロスコープ（DMS）を用いて岩種同定を行った。大量に採取した試料 A については、試

料処理を2回に分けて行い（試料 A1, A2）、両者に差異がないか確認することにした。その上で、細礫成分（径 4-2 mm）中の固着粒子の含有率（①個数% と②重量%）と、極粗粒砂成分（径 2-1 mm）中の固着粒子の含有率（③個数% と④重量%）を測定した。①および②では篩い分けした粒子全て（250~600 個）を測定し、③および④では篩い分けした粒子の 1/10 程度の 260~300 粒子を測定した。また④をもとに極粗粒砂成分の固着粒子含有量を計算し、細礫成分と極粗粒砂成分を合計した固着粒子の含有率（⑤重量%）を見積もり、①~⑤を比較・検討した。

4. 結果と考察

固着粒子の分解により、個数での評価ではより細粒な③での固着粒子含有率が高くなると予想したが、3つの試料（A1, A2, B）全てで① > ③となった。これは固着粒子の分解が概ね径 4-2 mm で留まるか、2mm 以下では固着粒子の粒子が一粒ずつバラバラになっている可能性を示す。また細粒な③④では3試料の値のばらつきが大きく、⑤でも細粒な④の寄与が大きいため、比較的ばらつきが大きい。③④では処理試料の 1/10 程度の測定に留まった点が影響している可能性がある。さらに富士山起源の粒子（玄武岩+スコリア+固着粒子）に対する固着粒子の割合を算出したところ、細礫を対象とした①②ともに、3試料の値がかなり一様に近くなった。大きな粒子の方が同定しやすい点も踏まえ、現状では①の細礫粒子を全て計測し、富士山起源の粒子（玄武岩+スコリア+固着粒子）に対する固着粒子の個数比を求めるのが有効と思われる。

謝辞：本研究の一部には東京都立大学火山災害研究センター（現・島嶼火山都市災害研究センター）の研究費と、科研費（課題番号 24K07158）を使用した。

引用文献：

相模原市教育委員会（1990）：相模原市教育委員会：63p。白井ほか（2021）：日本第四紀学会 2021 年大会要旨集，51，41。白井ほか（2024）：日本地球惑星科学連合 2024 年大会，H-QR05 P07。

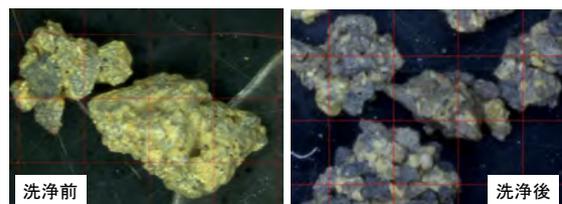


図 固着粒子の写真

左：超音波洗浄前，右：超音波洗浄後。共に写真の横幅は約 4 mm。

コア試料アーカイブ拠点としての高知大学学術コアリポジトリ

池原 実 (高知大)

Minoru IKEHARA: Kochi University Academic-based Core Repository as a core sample archiving center

1. 学術コアリポジトリとは

高知大学海洋コア国際研究所(地球掘削科学国際研究拠点)に「学術コアリポジトリ/KU-Academic-based Core Repository: KU-ABCR」を2019年度に設置した。学術コアリポジトリでは、施設を共同運営している海洋研究開発機構が運用するJAMSTEC コアキュレーション、および、国際深海科学掘削計画(IODP)のコアリポジトリにおいて扱われていない多種多様なコア試料を「学術コア」と総称し、それらの保管と二次利用システムの運用を行い、関連コミュニティの研究教育支援活動を行っている。

コアを含む地質試料およびデータの保管や共有については以前から問題点が指摘されており、日本学術会議においても、「オープンサイエンス時代における学術データ・学術試料の保存・保管、共有問題の現状と将来」と題する公開シンポジウムが2023年8月にオンライン開催され、大学、研究所、博物館などの現状と試料等の保管問題について討議された。このシンポジウムの中で、IODP コア等の保管問題(池原, 2023)や、大型研究計画としての「地球惑星研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築」(小宮, 2023)などが報告されている。報告スライドはウェブサイトから公開されているので参照されたい。

特に問題点として共有されていることは、個人やグループで取得収集された地質試料等が、担当者の退職によって廃棄や散逸してしまうことである。研究論文の質やデータ自体を保証する一次試料や基礎データは恒久的に保管されるべきであるが、多くの大学では大型の試料保管庫は整備されていないため根本的な解決にはほど遠いのが現状である。そこで、高知大学では、私たちが採取したコア試料だけでなく、他機関で保管できなくなったコア試料の受け入れも開始した。コア試料の位置などの基礎情報が付随することを条件の一つに挙げており、これまでに、共同利用航海(白鳳丸、新青丸、淡青丸)で採取された海洋コア、国際陸上科学掘削計画(ICDP)や他のプロジェクトで採取された陸上掘削コア、大学練習船や外国研究船などで採取された海洋コア、湖沼コアなどが学術コアリポジトリで保管されている。2023年度には、別府湾 GSSP 候補コアも保管を開始した。

2. 保管コアの非破壊イメージングと公開

2020年にはコア試料の位置情報等をまとめた「学術コアデータベース」をウェブサイトで公開した。保管しているコア試料は一部を除き二次利用に全て公開している。採取年が古いコア試料については、コア写真などのデジタルデータが付随

していないものも多いことから、海洋コア国際研究所の設備を活かして、コア断面のデジタルイメージ、X線CTイメージ、帯磁率などの非破壊物性データを新たに取得し、コアの利活用のための基礎データを蓄積している。例えば、2023年4月に保管を開始した中池見ボーリングコアについては、木箱に収納されている状態でCTイメージを取得することで、コアの岩相やコアの残存状態を可視化した。これらの情報を公開することで、保管コアの再利用とそれらの解析による成果創出につなげたいと考えている。

3. まとめと今後の展望

貴重なコア試料の廃棄をできるだけ防ぎ、研究教育に再活用できる状態で保管するアーカイブ拠点を組織的に整備した。学術コアリポジトリの持続的運用と、保管コアの再利用の活性化により、高知大学におけるコア保管機能の将来の拡張と、コア以外の地球惑星研究資料のアーカイブ拠点の構築に向けた一助となる活動を継続したい。

引用文献:

池原実(2023) 国際深海科学掘削計画(IODP)等のコア試料の学術機関における保管問題, <https://www.scj.go.jp/ja/event/2023/346-s-0820.html>

小宮剛(2023) 宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築の提案, <https://www.scj.go.jp/ja/event/2023/346-s-0820.html>

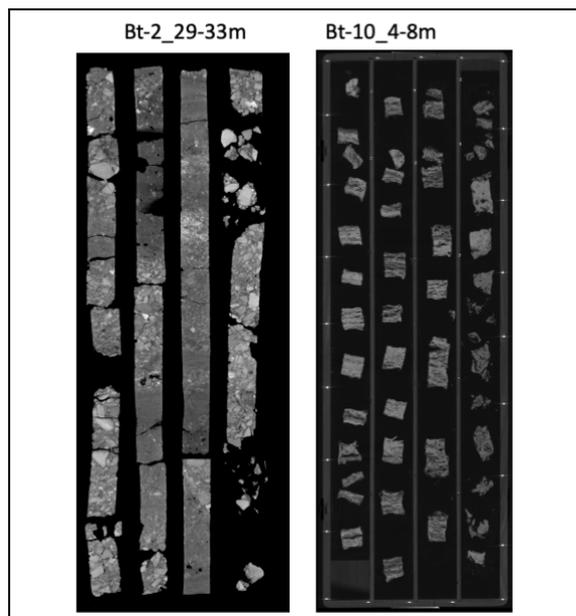


図.1 中池見ボーリングコア(福井県敦賀市)のX線CTイメージの例

シンポジウム

(5件)

S-01～S-05

地形発達史から考察する東北日本北部における近年の豪雨災害

小岩直人 (弘前大)

Naoto KOIWA: A study of recent heavy rainfall hazards in northern Northeast Japan considering late Quaternary landform development

1. はじめに

東北日本北部では、最終氷期において寒冷気候下で地形形成が行われ、氷期終了後には広く森林で覆われていることが、地形発達史の研究により明らかにされている(檜垣, 1987)。水谷(2012)によれば、東北日本北部は、日雨量100mmを越える年間の日数は0.25日未満(西南日本太平洋側では2.5~3.0日)とされ、日本の中でも豪雨頻度が小さい地域となっている。これらのことから、東北日本北部においては氷期以前の地形、およびその構成層が、河川流域内において崩壊予備物質として大量に残存している可能性が指摘されている(檜垣, 1987)。地球温暖化に伴う豪雨の増加とともに、その範囲も変化していることが指摘されている現在において、上記の特徴を有する東北日本北部で、豪雨時にはどのような現象が起こるのか、第四紀後期の地形発達史からの視点で考察することは重要であると思われる。

本発表では、発表者が調査に参加した、2016年8月の台風10号による北上山地閉伊川流域における豪雨災害、2021年下北北部豪雨時を取り上げ、第四紀の地形・地質をふまえながら豪雨災害について検討した結果について述べる。

2. 北上山地閉伊川での豪雨災害

2016年8月末の台風10号に伴った大雨は、最大日雨量194.5mm(岩泉 AMeDAS)、最大時間雨量は62.5mmの降雨をもたらした。岩手県岩泉町の小本川沿いで、老人ホームが浸水するなどして県内で20名が死亡、3名が行方不明となった。本発表では、岩手県宮古市岡村地区漆喰沢における豪雨災害の事例を紹介する。この地点は中生界の堆積岩類が分布し、氷期には活発な岩屑生産が行われていたと推定される地域である。

調査地域の閉伊川沿いには河成段丘が分布しており、本地域では、河床から比高約20~30mの中位面と、現河床からの比高5~10mである低位面に区分される(Higaki, 1988)。低位面上には、背後の山地斜面からもたらされた土砂による堆積地形である小扇状地(沖積錐)が発達しており(地表面の傾斜は5度前後)、被災した集落は、この地形面上に位置している。ここでは、層理の発達する径数cm~10cmの亜角礫を主体とする砂礫層が厚く堆積している(一部、インブリケーションが発達)。このような特徴から、本地点における多量の土砂は、土石流のような集団流動ではなく、土砂流によって運搬堆積したものと推定される(井良沢ほか, 2017)。漆喰沢では、大きな崩壊は発生しておらず、顕著な溪岸侵食の痕跡があることから、河谷へ残存していた岩屑が、豪

雨により再移動したものと考えられる。

3. 下北半島北西部における豪雨災害

2021年8月、台風9号から変わった温帯低気圧や発達した前線に伴って、青森県下北半島周辺では3日間で累積降水量390mmの大雨がもたらされた。この際には、調査地域において、複数の河川が氾濫するとともに、300箇所を越える斜面崩壊が発生している。崩壊が発生したのは、燧ヶ岳の崩壊カルデラ内部の山地斜面のほか、海岸の海成段丘や段丘化した火山麓扇状地の段丘崖上部に集中していた(鄒ほか, 2022)。火山麓扇状地の堆積物は、シルト・粘土をマトリクスとする亜角礫層に、砂質の亜角礫を主体とする堆積物がレンズ状に挟まっており、全体の層厚は20mを越える。崩壊後には、下位の粘土質の堆積物と、上位の砂質堆積物との境界にパイピングの痕跡が多数確認できた。このような透水性の違いが崩壊をもたらしした可能性が指摘される。段丘崖の上部という明瞭な傾斜変換線の存在と、パイピングが発達しやすい火山麓扇状地という条件が崩壊を多発させたものと推定される。

調査地域の河川は、下流では海成段丘を刻みながら流下しているが、上流域で多数の崩壊がみられた小赤川や大赤川においては、河谷へもたらされた土砂は、砂防ダム、堰堤によって補足されている。その結果、下流の河谷では、大きく洗掘され基盤が河床に露出している。そのような状況においても海岸部では、大量の土砂が排出され、汀線付近で顕著な海岸線の前進がみられた。

4. おわりに

今回、示したような第四紀の地形発達を考慮した豪雨災害についての検討は、今後、効果的な防災や対策への資料の提示につながるものと考えられる。2016年の台風10号は、北海道で日高山脈の山麓部でも大きな被害をもたらしており、ここでは河床や側壁の土砂の移動と溪岸侵食という形で、氷期の堆積物の再移動が生じたことが報告されている(Furuichi et al., 2018)。少なくとも、東北日本北部の化石周氷河地形が存在する地域では、同様の現象が発生する可能性があると思われ、指摘できるのではないだろうか。

引用文献 : Furuichi et al. (2018) Landslide, 15, 1645-1655. 檜垣(1987) 第四紀研究, 26, 27-45. Higaki(1988) Sci. Repts. Tohoku Univ. (Geogr.), 38-1, 10-31. 井良沢ほか(2017) 砂防学会誌, 69-5, 71-79. 水谷(2012)「自然災害の予測と対策」朝倉書店, 131p. 鄒ほか(2022) 砂防学会誌, 74-6, 41-51.

大規模地すべりがもたらす奥羽山脈の多様な自然景観とその維持機構

佐々木夏来（明治大）

Natsuki SASAKI: Landscape diversity induced by large-scale landslides and their maintenance mechanisms in the Ou Mountains, northeastern Japan.

1. はじめに

日本では、古くから大雨、地震、噴火にともなう斜面災害が各地で多発し、東北地方の日本海側は、斜面災害の一つである地すべりの高密度分布地域である。地すべりは、災害をもたらすものと一般に認識されている。しかし、近年では、地すべり地特有の、急傾斜な滑落崖と凹凸に富む緩斜面、不均一な土壌や水分といった複雑な土地条件が、多様な生物の生息環境を創出するとして (Geertsema and Pojar, 2007)、生物多様性の観点からも着目されている。地すべり地の複雑な景観の構成要素の一つが湿地であり、特に大規模地すべり地で形成されることが多い。本発表では、湿地を一つの切り口として、大規模地すべり内に創出される多様な景観について、地すべりのダイナミクスと関連させて紹介する。

2. 失われる地すべり性湿地

地すべり活動で形成される湿地(地すべり性湿地)は、河川が地すべり土塊に堰き止められて生じる地すべりダムと、地すべり土塊内の凹地が湛水して生じる湿地(土塊内の湿地)に大別できるが、いずれも残されることは少ない。地すべりダムは、決壊すると下流域に多大な被害をもたらすために、形成後に排水措置が取られることが多い。土塊内の湿地でも、地すべりの滑動を抑制するために、水路工やボーリング工によって土塊内の地下水が強制排水され、その結果、湧水の枯渇や土地の乾燥化が促進されて湿地は喪失する。

3. 大規模地すべり地形の発達と景観複雑化

大規模地すべり地では、土塊内の凹凸地形の規模が大きいためから湿地の形成に有利で、複数の湿地が土塊内に形成される場合も多い。東北地方の第四紀火山地域には大規模地すべり地が多く、多数の地すべり性湿地が分布する。

地すべりは、初生的な地すべり活動後も、間欠的に活動を継続する。融雪期や多雨期の地下水面上昇にともなう、土塊の移動速度が大きくなったり、また、地震や噴火のように大きな加速度を伴う揺れによって、不安定化した土塊の一部が再移動したりする場合がある。例えば、2008年の岩手・宮城内陸地震では、既存の複数の地すべり土塊を含む範囲で、荒砥沢地すべりが発生し、少なくとも8か所で湿地が形成された。大規模な地すべり地の場合、後発的な地すべりは、既存の地すべり土塊下部で発生することが多い。そこに滑落崖と緩斜面の組み合わせの典型的な地すべり地形を追加して、入れ子構造を持った地形を形成

する(図1)。八幡平の菰ノ森地すべり地では、初生的な地すべり土塊内に形成された湿地が、湖沼から湿原へと排水や埋積によって遷移していく途中段階で、後発的な地すべりが、新たな湖沼を追加する役割を担っている(図1)。このように、部分的な地すべり土塊の再活動によって、地すべり地内の景観多様性はさらに高まる。大規模地すべり地の場合、その活動期間は数万年~10万年程度と推定されており(横山, 2004)、多様な自然景観の共存が長期にわたって維持される可能性を示唆している。

4. 長期的な視点で地すべり地の災害リスクと景観多様性を評価する

急峻な滑落崖や未固結物質からなる地すべり土塊は、一般に斜面災害の危険性の高い地形である。しかし、周囲に住宅が少ない等、危険性が低い場合には自然環境に配慮した地すべり対策を取り入れることも大切であろう。そのために、その地域の地形・地質の特徴を把握し、地すべりによって創出される複雑な景観の価値や持続性について長期的視点で評価する必要がある。

引用文献：横山(2004)『地すべり—地形地質的認識と用語』, 46-52, 日本地すべり学会。Geertsema・Pojar(2007) *Geomorphology*, 89, 55-69.

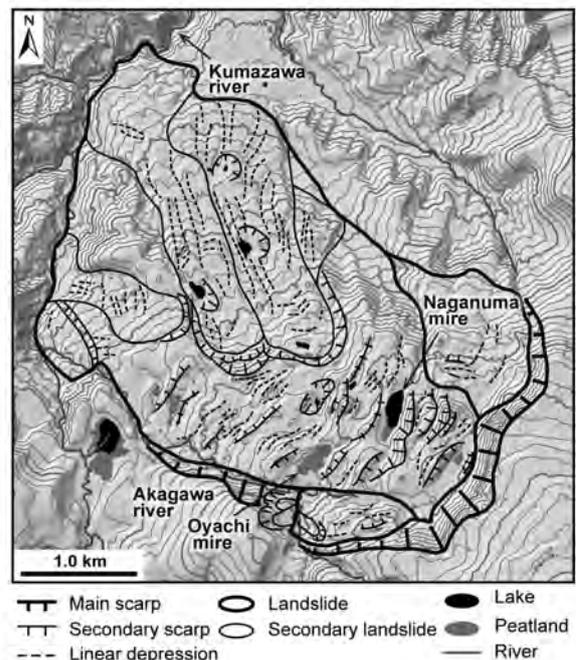


図1 八幡平・菰ノ森地すべり地の地形学図

2011年の東北沖津波に関する地質学的理解とその古地震研究への展開

菅原大助（東北大）

Daisuke SUGAWARA: The 2011 Tohoku-oki tsunami: Geological understanding and its application to paleoseismology

1. はじめに

近年、津波堆積物は地震・津波のハザード・リスクの想定に不可欠の地質記録として認識され、学際的な研究が展開されている。記録解読には津波堆積物の特徴、形成・保存に関わる過程の理解が欠かせない。東北沖津波は広域的な被害の一方で、津波堆積物研究を発展させる重要な契機となった。この発表では、東北沖津波に関する既往の知見とその古地震研究への展開を議論する。

2. 東北沖津波に関する地質学的理解

津波前後の地形を比較し土砂収支を量的に評価した研究によれば、主な侵食域は海浜で、堆積域はそれよりも広い範囲となっている（例えば有働ほか、2013）。堆積物の分布や映像の分析は、引き波による沖側への土砂流出が顕著であったことを示唆している。仙台湾沿岸では、海岸線と直交する方向に細長く伸びた湾入が多数形成された。これらの湾入の中には、沿岸漂砂で陸封され、湖沼としてしばらく残存したものがあつた。最近では、浜堤列平野にみられる同様の地形から津波履歴を解明する研究が行われている（例えば Sawai et al., 2023）。

広域的に収集された津波堆積物データの解析によれば、仙台平野の砂質津波堆積物の量は、砂浜が平均で数10cm侵食されたとすれば説明できる（Goto et al., 2014）。堆積土砂の厚さと浸水深の比（土砂濃度）は、ばらつきは大きいものの、海岸線からの距離に関係なく約2%であった。このことは、運搬過程で土砂濃度が飽和していた可能性を示し、津波による土砂の浮遊運搬の数理モデルを検証する重要な知見となった。

多くの場所において、津波堆積物からの海棲種の微化石の産出は稀で、海底から陸上への堆積物の移動は限定的であったと考えられている。このことから、津波堆積物の認定における微古生物指標の限界が指摘されている（Szczeniński et al., 2012）。また、砂質堆積物の海岸線からの分布距離は最大約3km程度で、浸水距離に対して約60–90%の間でばらつく（Abe et al., 2012）。砂層の分布のみに基づく限り、津波規模はかなり過小評価されてしまう可能性がある。

3. 古地震研究への展開

東北沖津波は日本海溝中部のプレート境界断層が南北約500kmに渡って破壊したことによって起こり、津波堆積物は青森から千葉まで南北約600kmの範囲に渡って形成された。一方、福島から仙台湾沿岸の津波堆積物を元に推定された869年貞観津波の波源域の大きさは南北200kmである。2011年以降の調査によれば、貞観津波の堆

積物は岩手県北部まで南北約320kmに渡って分布していることはほぼ確実であり（高田ほか、2016）、波源の見直しが必要となっている。

地震の長期評価の観点では、東北沖地震の断層破壊域に隣接し歪みが集中していると考えられている日本海溝北部・南部の履歴解明が急務である。千葉県銚子市では、沿岸湖沼の調査により、過去約3000年間の津波履歴が明らかになった（Higaki et al., 2021）。これまでに報告されている年代値は誤差幅が大きい、日本海溝中部の貞観津波の後に、南部でも巨大津波が起こった可能性がある。青森県八戸市では2700年から5500年前までの津波履歴が得られている（Velasco-Reyes et al., 2022）。しかし、いずれの地域でも、地震津波リスク評価のための十分な情報が得られているとは言い難い。

従来の古津波の波源推定では、砂質堆積物の分布範囲を浸水域のプロキシとし、いくつかの断層モデルを仮定した解析結果と比較することで、試行錯誤的に最適なパラメータを決定する方法がとられてきた。東北沖津波の後は、貞観津波を対象に、砂質堆積物の分布と浸水域の乖離の可能性を考慮した再評価が試みられている（Namegaya and Satake, 2014）。最近では、土砂移動数値解析で堆積物データと解析結果を直接比較できるようになってきており、東北沖津波のデータを活用した数値実験で新手法が提案されている。順解析で生成した大量のデータと機械学習を組み合わせた手法はその一つである。また、高密度の陸上津波堆積物データを元に、波源情報をどこまで復元できるかといった検討も行われている（Masuda et al., 2022）。

4. おわりに

東北沖津波のデータは質・量ともに他に類を見ないので、これを活用した研究により、津波堆積物の特徴、形成・保存に関わる過程の理解は大きく進歩してきた。波源推定においても、多くの進展がある。これらの成果は、古地震研究の更なる発展と、他の地域や国での地震・津波リスク評価に貢献していくことが期待される。

引用文献

有働ほか（2013）土木学会論文集； Sawai et al. (2023) Sci. Rep.； Goto et al. (2014) Mar. Geol.； Szczeniński et al. (2012) Sed. Geol.； Abe et al. (2012) Sed. Geol.； 高田ほか（2016）活断層・古地震研究； Higaki et al. (2021) PEPS； Velasco-Reyes et al. (2022)； Namegaya and Satake (2014) GRL； Masuda et al. (2022) PEPS

東北地方太平洋岸における最近数千年～10万年間の地殻変動

丹羽雄一（慶應大）

Yuichi NIWA: Vertical deformation during the last several to one hundred thousand years along the Pacific coast northeast Japan

1. はじめに

東北地方太平洋岸では、東北地方太平洋沖地震（以下、2011年地震とする）時の沈降（Ozawa et al., 2011）や2011年地震以前の数10～100年間における沈降傾向（Kato, 1983）とは逆向きの、10万年スケールでの隆起傾向が指摘されてきた（小池・町田, 2001）。この長期的な隆起傾向は、観測期間の長さによって異なる地殻上下変動の要因を超巨大地震の繰り返しと関連付けて解釈するモデルにおいて、制約条件として用いられている（池田ほか, 2012など）。しかし、隆起傾向の証拠（更新世海成段丘の分布）が不明瞭な地域の存在や、完新世地殻変動情報の欠如により、2011年地震発生時点で、当該海岸の観測記録よりも長期間の地殻変動は十分に解明されているとは言い難い状況にあった。

本発表では、東北地方太平洋岸における最近数千年～10万年間の地殻変動を、2011年地震以降に実施された地形・地質研究を踏まえて検討する。

2. 最近10万年間の地殻変動

東北地方太平洋岸北部（三陸海岸）における、高精細DEMを用いたMIS 5.5海成段丘分布の再検討（宮内ほか, 2013）によると、最近10万年間の隆起傾向が確認できるのは、三陸海岸の中では最北部（八戸～久慈）のみである。MIS 5.5の旧汀線高度分布に基づくと、当該区間では最近10万年間の隆起速度が0.3 mm/yrから0.1 mm/yrへと南に向かって低下する（宮崎・石村, 2018）。

東北地方太平洋岸南部（常磐海岸）の小高（南相馬市）周辺では、平坦面の分布とテフラ編年によってMIS 5.5海成段丘が認定されている（鈴木, 1999）。このMIS 5.5海成段丘の旧汀線高度分布に基づくと、小高より約25 km南方、約10 km北方でそれぞれ0.5 mm/yr、0.2 mm/yrと、隆起速度が北に向かって低下する（Suzuki, 1989）。

3. 最近数千～1万年間の地殻変動

三陸海岸中～南部（宮古市津軽石～南三陸町大沼）では、完新世初期ないしは同中期の潮間帯堆積物の分布高度から推定される当該時期の相対的海水準が、地殻変動を含まない相対的海水準（Nakada et al., 1991; Okuno et al., 2014）よりも低いことから、完新世に1 mm/yr程度での沈降傾向が推定されている（Ishimura and Miyauchi, 2017; Niwa et al., 2017, など）。一方、三陸海岸北部（久慈, 岩泉町小本）では、完新世初期ないしは同中期の潮下帯堆積物の分布高度から推定される相対的海水準の下限が、津軽石における同時期の相対的海水準（Niwa et al., 2017）よりも高いことから、津軽石に対する相対的隆起傾向が

示唆される（Niwa et al., 2019; Niwa and Sugai, 2020）。より北方の八戸では、沈降域における沖積平野の継続的な埋積傾向とは対照的な完新世段丘の発達に基づいて、最近数千～1万年間は沈降傾向にないことが報告されている（Niwa and Sugai, 2021）。

常磐海岸に位置する小高では、海成層上面高度から推定される完新世中期の相対的海水準が、地殻変動を含まない相対的海水準と同等かやや高いことから、完新世における安定ないしは隆起傾向が示唆される（丹羽・須貝, 2024a）。小高よりも約10 km北方（南相馬市鹿島）では、完新世初期および同中期の相対的海水準が、地殻変動を含まない相対的海水準よりも低く、津軽石で推定される同時期の相対的海水準よりも高いことから、完新世における若干の沈降傾向（沈降速度1 mm/yr未満程度）が報告されている（丹羽・須貝, 2024b）。

4. おわりに

東北地方太平洋岸は、最近数千～1万年間の上下変位傾向に基づいて、大局的には、隆起～若干の沈降地域（三陸海岸北部, 常磐海岸）、沈降地域（三陸海岸中～南部）に区分される。この地殻変動分布は、三陸海岸北部と常磐海岸では最近10万年間の隆起速度がそれぞれ南方と北方に低下し、三陸海岸中～南部では当該期間の隆起の証拠が認められないことと調和的である。以上から、東北地方太平洋岸では、三陸海岸中～南部が沈降し、その北方と南方が隆起する広域的な上下変位様式が、少なくとも最近10万年間は継続している可能性が示唆される。

引用文献：池田ほか(2012)地質学雑誌, 118, 294-312. Ishimura and Miyauchi (2017) Mar. Geol., 386, 126139. Kato(1983) Tectonophysics, 97, 183-200. 宮内ほか(2013)東北地方太平洋沖で発生する地震・津波の調査観測 平成24年度成果報告書, 98-118. 宮崎・石村(2018)地学雑誌, 127, 735-757. Nakada et al. (1991) Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 85, 107-122. Niwa and Sugai (2020) Mar. Geol., 424, 106165. Niwa and Sugai (2021) Geomorphology, 389, 107835. 丹羽・須貝(2024a)日本第四紀学会2024年大会発表要旨(一般発表). 丹羽・須貝(2024b)地学雑誌, 133, 169-193. Niwa et al. (2017) Quat. Int., 456, 1-16. Okuno et al. (2014) Quat. Sci. Rev., 91, 42-61. Ozawa et al. (2011) Nature, 475, 373-377. Suzuki (1989) Geogr. rep. Tokyo Metropol. Univ., 24, 31-42. 鈴木(1989)地学雑誌, 108, 216-233.

東北地方の活火山における volcanic mass flows : 発生過程・流れの特徴・災害予測

片岡香子 (新潟大学災害・復興科学研究所)

Volcanic mass flows at active volcanoes in the Tohoku Region, northeast Japan

Kyoko S. KATAOKA (Niigata Univ.)

1. はじめに

Volcanic mass flow とは、ラハールや岩屑なだれなどの総称として用いられる (Waythomas & Wallace, 2002)。火山体から離れたところにまで長距離を流れ下る volcanic mass flow は、過去に重大な火山災害を引き起こし、多数の犠牲を出している (Brown et al., 2017)。本研究では、東北地方の活火山における過去に発生したラハールおよび岩屑なだれに起因するラハールに着目し、発生過程および堆積物と流れの特徴に基づき、いくつかのパターンに分類した。

2. 噴火に伴うラハール

【水蒸気噴火に伴うラハール】

安達太良山の酸川沿いでは、過去約 14000 年間のラハール堆積物の層序・年代が明らかとなっている (片岡ほか, 2015)。そのうち、塊状・不淘汰で青灰色を呈する泥質ラハール堆積物が 17 ユニット存在し、それらは硫黄分と粘土含有量が高く、変質岩片を含むことから、沼ノ平火口周辺の熱水変質帯を起源とする水蒸気噴火に伴い発生した粘着性土石流と考えられる (片岡ほか, 2015)。

【マグマ噴火に伴うラハール】

蔵王山は、17~19 世紀の間、噴火に伴うラハールが複数回発生した古文書記録があり、過去約 8000 年間におけるラハール堆積物の層序が明らかとなっている (Ban et al., 2022)。なかでも複数枚挟まる砂質ラハール堆積物は、非粘着性土石流堆積物やハイパーコンセントレイテッド流堆積物に区分され、本質のスコリア粒子が多く含まれることから、マグマ噴火に伴うラハールの発生が示された (Ban et al., 2022)。

3. 火山性湖の決壊によるラハール

【カルデラ湖決壊型ラハール】

十和田カルデラでは、約 15000 年前の十和田八戸火砕流噴火以降に、カルデラ湖が決壊しラハールが発生したことが示された (Kataoka, 2011)。堆積量 1.4 km³ の大規模ラハール堆積物は、数 m 径の巨礫を多く含むハイパーコンセントレイテッド流堆積物からなり、推定ピーク流量は 23,000 m³/s~525,000 m³/s とされる (Kataoka, 2011)。

【火口湖決壊型ラハール】

安達太良山下流の酸川沿いでは、巨礫を含む塊状・不淘汰で層厚 3 m 以上の砂礫層 (14-12 ka: GS2 ユニット) が火口から 12 km 離れた地点まで追跡でき、過去の火口湖決壊によるラハール堆積物の可能性が示されている (片岡ほか, 2015)。現在火口湖を有する蔵王山でも、下流の濁川沿いに、同様の含巨礫ラハール堆積物 (約 2.8 ka: G3 ユニット) が報告されている (Ban et al., 2022)。

【火山性せき止め湖決壊型ラハール】

約 5500 年頃に火砕流噴火を起こした小型のカルデラ火山である沼沢火山では、火砕流堆積物による既存河川の埋積と、せき止め湖の形成、せき止め湖の決壊による大規模ラハール (推定ピーク流量 10,000 m³/s ~ 323,000 m³/s) が発生した (Kataoka et al., 2008)。ラハール堆積物は上流域では巨礫を含む軽石質のハイパーコンセントレイテッド流堆積物 (層厚 30 m, 堆積量 0.5 km³) からなり、150 km 下流の新潟平野でも洪水堆積物として追跡できる (Kataoka et al., 2016)。

4. 岩屑なだれからラハールへの変換現象

磐梯山 1888 年噴火の際には、山体の北側が崩壊し、岩屑なだれを発生させた。また、岩屑なだれの末端が長瀬川をラハールとして流下する flow transformation (流れの変換現象) も発生した。この岩屑なだれから変換したラハールは、最終的に猪苗代湖へと流入したことが、湖底密度流堆積物の存在から明らかとなった (Kataoka & Nagahashi, 2018)。猪苗代湖底コア堆積物には、約 2600 年前の琵琶沢岩屑なだれ堆積物に対比できる密度流堆積物も見つかっていることから (片岡ほか, 2023)、flow transformation が起因のラハールと湖底密度流が発生したことが考察される。

5. Volcanic mass flow の発生要因と予測

このように volcanic mass flow は発生過程と流れの特徴が多様であり、1) 火山が持つ素因 (成層火山・カルデラ火山、火口湖・カルデラ湖の有無、熱水変質帯の発達程度)、2) 噴火様式 (マグマ噴火・火砕噴火・水蒸気噴火)、3) 水文学的特徴 (せき止めを起こす河川系)、4) 気象条件、により変化する。また、流下中の flow transformation により影響が広範囲に及ぶ。

冬期に冠雪する東北の活火山では、融雪が駆動するラハール (融雪型ラハール, snow slurry, rain-on-snow 型ラハール: Kataoka et al., 2018) が発生しうる。このような背景を考慮し、複数のシナリオを想定した、ラハールと岩屑なだれの発生・流下シミュレーション (Kataoka et al., 2021) および過去 (歴史時代・地質時代) の事例に基づくリスク評価の視点 (Kataoka, 2023) が重要となる。

引用文献: Ban et al. (2022) *JVGR*. Brown et al. (2017) *JAV*. Kataoka et al. (2008) *GSAB*. Kataoka (2011) *Geomorphology*. 片岡ほか (2015) 火山. Kataoka et al. (2016) *Quat. Int.* Kataoka et al. (2018) *EPS*. Kataoka & Nagahashi (2019) *Sedimentology*. Kataoka et al. (2021) *EPS*. Kataoka (2023) *GSL SP*. 片岡ほか (2023) 火山学会要旨. Waythomas & Wallace (2002) *Can. J. Earth Sci.*

2024 年 8 月 29 日発行

発行 日本第四紀学会

〒169-0072 新宿区大久保 2 丁目 4 番地 12 号
新宿ラムダックスビル 日本第四紀学会事務局

E-mail: daiyonki@shunkosha.com

©日本第四紀学会 2024

©Japan Association for Quaternary Research 2024

(無断転載を禁じます)