



日本第四紀学会講演要旨集
PROGRAMME and ABSTRACTS

52

日本第四紀学会 2022 年大会
静岡県地震防災センター

一般研究発表
8月26・27日

シンポジウム「伊豆衝突帯とその隣接地域における大規模自然災害」
8月28日

巡検
8月28日

日本第四紀学会
Japan Association for Quaternary Research

◆日本第四紀学会 2022 年大会概要

主催

日本第四紀学会

共催

ふじのくに地球環境史ミュージアム

開催場所

静岡県地震防災センター

〒420-0042 静岡市葵区駒形通5丁目9番1号

<https://www.pref.shizuoka.jp/bousai/e-quakes/info/index.html>

開催日程

8月26日（金）一般研究発表（口頭及びポスター）

受付	9:00～	
一般講演	9:15～11:45	ないふるホール
ポスターショートトーク	11:45～12:10	ないふるホール
ポスターコアタイム	13:00～14:30	多目的スペース
一般講演	14:30～16:45	ないふるホール

8月27日（土）一般研究発表（口頭及びポスター）総会

受付	9:00～	
一般講演	9:15～11:45	ないふるホール
ポスターショートトーク	11:45～12:00	ないふるホール
ポスターコアタイム	12:45～13:45	多目的スペース
一般講演	13:45～14:45	ないふるホール
総会	14:45～16:50	ないふるホール

8月28日（日）シンポジウム

受付	9:00～	
シンポジウム	9:15～12:45	ないふるホール

休憩・昼食室：大研修室、学会本部：小研修室

巡検

A コース：ふじのくに地球環境史ミュージアム

担当者 西岡・中西 ミュージアム玄関口に14時30分に集合 現地解散

アクセス：詳細は当館HP参照（www.fujimu100.jp）

<オススメ>直通バス 約30分 片道370円

JR 静岡駅北口 バスターミナル 8-B 乗場 「美和大谷線ミュージアム行き」

(ミュージアム行き) 10時から16時33分(1時間1本)

(静岡駅行き) 10時52分から17時36分(1時間1本) 静岡駅からまで公共バスで移動

Bコース: 熱海市伊豆山地区土砂災害

担当者 北村 熱海駅改札口を出た所に15時10分に集合 18時00分に熱海駅前解散 少雨決行。

大会実行委員会および行事委員会

大会実行委員長: 北村晃寿(静岡大)

実行委員: 中西利典、西岡佑一郎(以上、ふじのくに地球環境史ミュージアム)

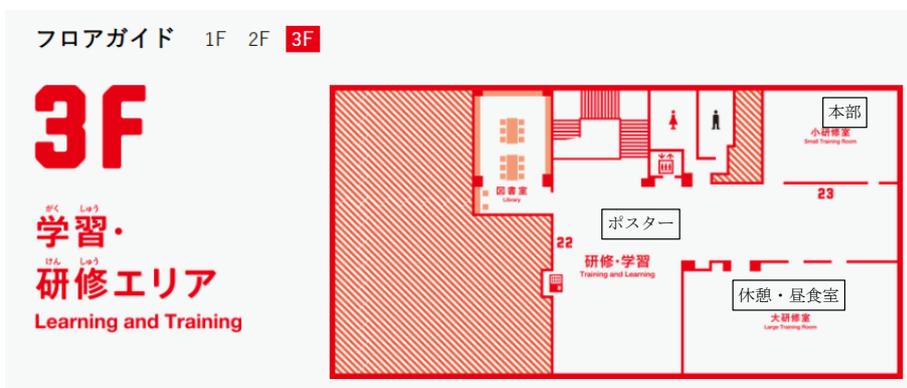
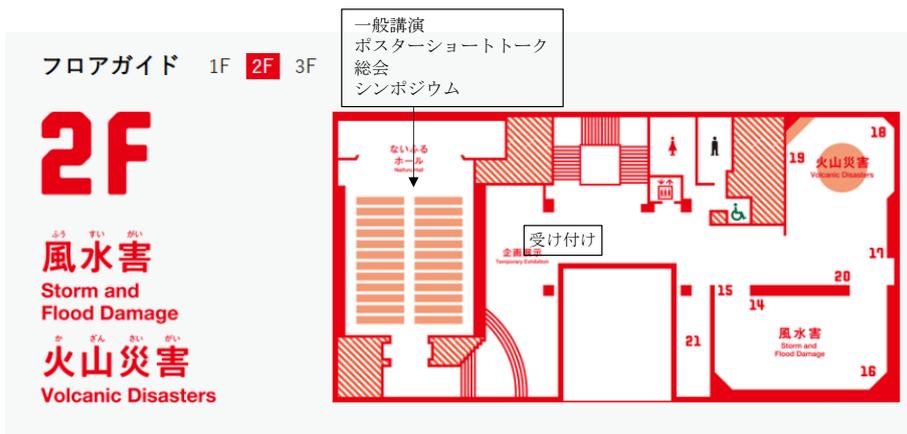
行事委員会: 工藤 雄一郎(学習院女子大・委員長)、池原 実(高知大)、箱崎真隆(歴博)、奥野 充(大阪公立大)、目代邦康(東北学院大)

連絡先: 2022年大会実行委員会事務局

〒422-8529 静岡市駿河区大谷 836 静岡大学大学院理学研究科 北村晃寿

TEL: 054-238-4798、メール: jaqua2022_meeting(at)googlegroups.com

(atを@に変える)



2022年8月26日（金）

9:00- 受付

9:10-9:15 開会挨拶（会長）

9:15-10:15 口頭発表AM1

9:15-9:30	O-01	北村晃寿	熱海土石流に関する地球科学的研究
9:30-9:45	O-02	山田和芳・鹿島 薫・瀬戸浩二・香月興太・辻本 彰・福本 侑・藤木利之	浚渫くぼ地堆積物を用いた秋田県八郎潟調整池における近年の環境変化
9:45-10:00	O-03	田村 亨・納谷友規・中島 礼・清家弘治・岡崎浩子・中里裕臣・奥野淳一	関東平野東縁における下総層群のルミネッセンス年代
10:00-10:15	O-04	佐藤俊文	房総半島中西部におけるステージ5eの旧汀線を探る

休憩

10:30-11:30 口頭発表AM2

10:30-10:45	O-05	青木かおり・小林 淳・村田昌則・宮入陽介・横山祐典・鈴木毅彦	房総沖掘削コアC9010Eのテフラ層序 -海底火山大室ダシ起源と推定される3万年前のテフラの発見-
10:45-11:00	O-06	小松原 琢	養老-桑名断層系と濃尾傾動地塊の特異なふるまい
11:00-11:15	O-07	金子純也・山田和芳・藤木利之・瀬戸浩二・香月興太・辻本 彰・鹿島 薫	駿府城堀の水環境の現在地 -水質と堆積物コアによる検討- ★
11:15-11:30	O-08	中西 諒・芦寿一郎・宮入陽介・横山祐典	北海道日高地域において復元された完新世の古海水準・堆積環境変化とイベント層の形成・保存に与える影響 ★

休憩

11:45-12:00 ポスターショートトーク (P-1~5)

昼休み

13:00-14:30 ポスターコアタイム (P-1~10)

14:30-15:30 口頭発表PM1

14:30-14:45	O-9	根来湧輝・田村 亨・澤井祐紀・谷川晃一朗・嶋田侑真・岡田里奈	北海道霧多布湿原における地震性地殻変動に関連した浜堤の堆積構造と年代 ★
14:45-15:00	O-10	館野宏彰	臨海扇状地における河成段丘の形成プロセス -浜松平野を例として- ★
15:00-15:15	O-11	渡辺 樹・石村大輔・鈴木毅彦	山上湿地堆積物中でのクリプトテフラ検出に基づく高解像テフラ編年の構築-関田山地の茶屋池湿原・野々海湿原におけるMIS6以降のテフラ層序- ★
15:15-15:30	O-12	根本夏林・横山祐典・Stephen Obrochta・山本真也・宮入陽介・中村淳路・Lamair Laura・Hubert-Ferrari Aurélie, Heyvaert Vanessa・De Batist Marc・藤原 治・theQuakeRecNankai Team	本栖湖における過去8000年間のダスト輸送履歴および気候変動との関連 ★

休憩

15:45-16:30 口頭発表PM2

15:45-16:00	O-13	小森康太郎・清家弘治・田村 亨	残存OSLから読み取る九十九里浜沿岸域の土砂移動 ★
16:00-16:15	O-14	常岡 廉・横山祐典・太田耕輔・宮入陽介	表層泥炭の放射性炭素および放射性セシウム濃度に基づく高時間分解能年代測定 ★
16:15-16:30	O-15	酒井恵祐・中西利典・藤木利之・七山 太・大串健一	北海道東部、春採湖で得られた堆積物を用いた縄文海進期の花粉分析 ★

★ 学生発表賞エントリー

☆ 若手発表賞エントリー

2022年8月27日（土）

9:00- 受付

9:15-11:30 口頭発表AM1

9:15-9:30	O-16	中西利典・北村晃寿・石山達也・堀 和明・松多信尚・北川浩之・ホン ワン	駿河湾沿岸における放射性炭素の海洋リザーバー効果
9:30-9:45	O-17	福與直人・小田啓邦・横山祐典・Geoffrey Clark・山本裕二	トンガ王国の鍾乳石の岩石磁気学的手法による噴火履歴復元の可能性 ☆
9:45-10:00	O-18	山田圭太郎・石村大輔・後藤和久	深層学習を用いた沿岸巨礫のマッピング ☆
10:00-10:15	O-19	嶋田侑真・澤井祐紀・松本弾・谷川晃一朗・伊藤一充・田村 亨・行谷佑一・穴倉正展・藤野 滋弘	三重県南部の沿岸湖沼における過去3000年間の海水侵入の履歴 ☆

10:15-10:30 休憩

10:30-11:45 口頭発表AM2

10:30-10:45	O-20	里口保文・林 竜馬・加三千宣・芳賀裕樹	琵琶湖南湖の泥質堆積物の堆積速度
10:45-11:00	O-21	香川 淳・吉田 剛	2022年トンガ火山噴火によって発生した「気圧波」・「津波」に伴う地下水位変動
11:00-11:15	O-22	藤木利之・金子純也・山田和芳・鹿島 薫・瀬戸浩二・香月興太・辻本 彰	岡山城堀堆積物に記録された過去100年間の都市環境変遷
11:15-11:30	O-23	石村大輔・平峰玲緒奈・山田素子・中村義也	福岡岡ノ場2021年噴火による漂流軽石の形状の特徴
11:30-11:45	O-24	横山祐典・タン エバン・尾崎達也	最終間氷期およびMIS5eの海岸線の日本における分布について

11:45-12:00 ポスターショートトーク（P-6～10）

昼休み

12:45-13:45 ポスターコアタイム（P-1～10）

13:45-14:45 口頭発表PM1

13:45-14:00	O-25	宮入陽介・横山祐典・永田 俊	耳石の段階融解炭素14分析を用いた駿河湾魚類の棲息環境の推定
14:00-14:15	O-26	苅谷愛彦	赤石山脈東縁とその周辺の山地における大規模斜面崩壊の編年
14:15-14:30	O-27	澤井祐紀・百原 新・伊藤一充・松本 弾・嶋田 侑真	静岡県浮島ヶ原において復元された過去5000年間の沈水イベント
14:30-14:45	O-28	白井正明・宇津川喬子	安倍川上流大谷崩の崩壊により形成されたハイパーコンセントレイテッド流堆積物

14:45-15:00 休憩

15:00-16:50 総会・授賞式

★ 学生発表賞エントリー

☆ 若手発表賞エントリー

2022年8月28日（日）

8:45-9:00 受付

9:00-12:45 シンポジウム「伊豆衝突帯とその隣接地域における大規模自然災害」

9:00-9:10 趣旨説明 北村晃寿

9:10-9:50 S-01 三井雄太 宇宙から見た伊豆半島・富士山周辺の地殻変動

9:50-10:30 S-02 石橋秀巳 富士山のケイ長質マグマだまり

休憩

10:45-11:30 S-03 藤原 治 南海トラフ東部の巨大地震・津波の長期予測の現状と課題

11:30-12:15 S-04 今泉文寿 静岡県の土石流災害ー土石流発生メカニズムから考えるー

12:15-12:30 質疑応答

巡検 Aコース：ふじのくに地球環境史ミュージアム

Bコース：熱海市伊豆山地区土砂災害

ポスター発表一覧

番号	ポスターショートトーク	発表者	題目	
P-01	26日(金) 11:45-12:00	佐藤俊文	房総半島木更津台地上端部域の層序・地形の検討	
P-02	26日(金) 11:45-12:00	横尾健人・田村 亨	ルミネッセンス特性を用いた泥粒子の供給源推定	★
P-03	26日(金) 11:45-12:00	青島 晃・宇都宮 權・馬淵彩花・吉田和佳奈・樽松宏征	静岡県遠州灘海岸で見られる漂着軽石の分布と特徴	
P-04	26日(金) 11:45-12:00	塚原柚子・小形 学・川村 淳・菅野瑞穂・西山成哲・末岡 茂・中西利典・小松哲也	穿入蛇行河川の旧流路地形・堆積物に基づく下刻速度の推定：赤石山脈南部，大井川の事例	
P-05	26日(金) 11:45-12:00	坂下 渉・横山祐典・Chang-Chin Wang・宮原ひろ子・阿瀬貴博・大山幹成・米延仁志	東北地方で採取されたスギのセルロース炭素同位体比から復元した日照率とインド洋ダイポールモードおよびアリューシャン低気圧との関係	☆
P-06	27日(土) 11:45-12:00	林 尚輝・井上 淳	植物珪酸体群集組成に基づく更新世末期の河内平野中央部の植生復元	☆
P-07	27日(土) 11:45-12:00	太田耕輔・藤原 治・Stephen Obrochta・宮入陽介・横山祐典	静岡県相良低地のコア試料の貝化石・元素分析結果が示す完新世中期の環境変化	★
P-08	27日(土) 11:45-12:00	尾田宗一郎・スティーブン・オブラクタ・藤原 治・横山祐典・宮入陽介・畠山義矢	千葉県房総半島東部夷隅川河口低地における放射性炭素年代測定とオーバーウォッシュによる環境変化	★
P-09	27日(土) 11:45-12:00	近藤玲介・植村杏太・高場智博・宮入陽介・横山祐典・坂本竜彦	福江島における砂丘のpIRIR年代測定	
P-10	27日(土) 11:45-12:00	平林頌子・石沢成美・宮入陽介・阿瀬貴博・横山祐典	U/Th年代測定および ¹⁴ C年代測定による熊本県球泉洞の石筍の年代決定とDCF変化	☆

★ 学生発表賞エントリー

☆ 若手発表賞エントリー

日本第四紀学会 2022 静岡大会

シンポジウム「伊豆衝突帯とその隣接地域における大規模自然災害」

世話人 北村晃寿(静岡大学理学部・防災総合センター)・

中西利典・西岡佑一郎(ふじのくに地球環境史ミュージアム)

趣旨：伊豆弧は、フィリピン海プレートの北進に伴ない、約 200~100 万年前に本州へ衝突し、伊豆衝突帯が形成された。衝突は現在も続いているので、伊豆半島やその周辺には北伊豆断層帯や富士川河口断層帯などの多くの活断層があり、地殻の変形で急峻な山岳が形成されている。そのため、伊豆衝突帯では内陸型地震、土砂災害が頻繁に起きている。また、伊豆弧は火山弧であるため、伊豆東部火山群、富士山、箱根火山による火山災害も起きており、1989 年には伊東沖で噴火が起き、手石海丘を形成した。一方、南海トラフでは約 100~150 年間隔で、相模トラフでは約 200~400 年間隔で海溝型巨大地震が発生し、その度に大津波が南海トラフ・伊豆弧・相模トラフの沿岸域に被害をもたらした。そのため、1978 年には東海地震の予知情報を基にした大規模地震対策特別措置法が制定されている。

一方、2011 年に東北地方太平洋沖地震とそれに伴う巨大津波による激甚災害が発生し、それを教訓に、国は 2012 年に南海トラフで起こる海溝型地震の想定を見直し、あらゆる可能性を考慮した最大クラスのマグニチュード 9 程度の南海トラフ巨大地震・津波(レベル 2 地震・津波)の被害予測を公表した。この予測は、南海トラフ沿いの地域社会に多大な影響を与えている。さらに、2021 年に熱海市で盛土の崩落に関係した土砂災害が発生し、新たな社会問題となっている。このように伊豆衝突帯とその隣接地域は、地殻変動・火山活動

が活発であり、それらの研究が 2011 年の東北地方太平洋沖地震以降に盛んに行われている。そこで、静岡大会では、伊豆衝突帯とその隣接地域における地震、火山活動、地殻変動、土砂災害に関する最新研究成果を学会内外の専門家から提供いただき、理解を深める機会として、本シンポジウムを企画した。

三井雄太氏(静岡大学理学部・防災総合センター)からは、国土地理院の衛星測位システム(GNSS)観測網のデータを機械学習の解析によって明らかとなった「伊豆半島周辺の複雑な地表変位場の動態」に関してご講演いただく。

石橋秀巳氏(静岡大学理学部・防災総合センター)からは、1707 年の富士山宝永噴火の噴出物の分析から判明した富士山地下に存在する珪長質マグマだまりの実態についてご講演いただく。

藤原 治氏(産業技術総合研究所)からは、南海トラフ巨大地震について、静岡県を含む東海地域の地質の研究から明らかとなった知見を解説と、今後の研究課題についてご講演いただく。

今泉文寿氏(静岡大学農学部・防災総合センター)からは、静岡県における主な土石流災害(1958 年の狩野川台風や 1707 年の宝永地震による安倍川上流大谷崩など)の発生条件や流下特性を紹介いただき、土石流の発生メカニズムに関して講演いただく。

なお、本シンポジウムは感染症対策下での対面形式のため、参加者は本会員に限定した。

宇宙から見た伊豆半島・富士山周辺の地殻変動

三井雄太 (静岡大)

Yuta MITSUI: Crustal deformation around the Izu Peninsula and Mt. Fuji from Satellite Geodesy

1. はじめに

静岡県東部に位置する伊豆半島は、フィリピン海プレートに属しており、100 万年オーダーの時間スケールで本州側に衝突してきた(杉村, 1972; Matsuda, 1978; Huchon and Kitazato, 1984)。伊豆半島の西側には駿河トラフ、東側には相模トラフの沈み込み帯があり、北西側には富士山がある(図 1)。この他にも伊豆半島には、1930 年北伊豆地震・1974 年伊豆半島沖地震などの M7 級地震を引き起こした内陸活断層や、箱根山・伊豆東部火山群がある。テクトニックに極めて活動的な地域と言える。

国土地理院の衛星測位システム (GNSS) 観測網が 1990 年代から整備されたことにより、現在では、mm オーダーの詳細な地殻変動を調べることができる。これに基づいて、伊豆半島周辺の地震テクトニクスや火山性変動が盛んに研究されてきた。

伊豆半島の観測点の動きについて、実はフィリピン海プレート本体と異なった剛体運動で表されることが以前から知られていた(例えば Hashimoto and Jackson, 1993)。このことは、GNSS 観測データの充実により、「伊豆マイクロプレート」(Sagiya, 1999)モデルとして広く知られるようになった。「伊豆マイクロプレート」とフィリピン海プレートとの境界は伊豆半島と伊豆大島の間をほぼ南北に走っており、境界周辺に強いひずみが溜まっていると考えられている(Nishimura et al., 2007)。一方で、伊豆半島内部にも強いひずみが見られることが以前から知られており(Somerville, 1978; Ida, 1991)、「伊豆マイクロプレート」とは異なった解釈も提示されてきた(井潤・石橋, 2003; Seno, 2005)。

本発表では、伊豆半島周辺の複雑な地表変位場の解釈に新しい見方を提示するため、機械学習の 1 種であるクラスタリング解析を導入した三井・渡邊(2020)の内容を主に紹介する。また、これに加えて、より局所的な富士山周辺の火山性変動についても、最近の研究(Mitsui and Kato, 2019; 福田・三井, 2021)に基づいて概略を紹介する。

2. 手法

国土地理院 F3 解(中川・他, 2009)の GNSS 水平成分データ(日座標値)を用いた。期間は、伊豆半島周辺において非正常変動が顕著でない 2007 年 1 月から 2011 年 1 月の間とした。観測点アンテナ交換の影響と、2009 年 8 月 11 日の駿河湾の地震に伴うオフセットは除去した。加えて、海上保安庁による伊豆東部火山群東方沖の海底

地殻変動データ(Watanabe et al., 2015)も使用した。これらのデータに基づく地表変位速度を、ITRF2005 におけるユーラシアプレート剛体運動(Altamimi et al., 2007)を固定した座標系で評価した(図 1)。

この GNSS 水平速度場データのクラスタリング解析に基づき、GNSS 観測点の分類を行った。クラスタリング解析の手法として、他地域における先行研究(例えば Simpson et al., 2012)のようなハードクラスタリングでなく、ソフトクラスタリング(Bezdek, 1981)を採用した。これにより、クラスターへの帰属が曖昧な観測点を無理矢理どこかに帰属させることなく、曖昧な観測点としてそのまま評価できる。クラスターの数は、Xie-Beni index (Xie and Beni, 1991)と呼ばれる指標が最小値を取るよう選択した。結果として得られた観測点クラスターを、空間分布として地図上で表現し、地表変位場の区分けを行った。

3. 結果と議論

最適なクラスター数は 4 となった。それぞれのクラスターに帰属する観測点の空間分布を図 1 に示す。富士山周辺を含むクラスター(赤い丸)が伊豆半島の北半分まで伸びていることが、特徴的な結果と言える。伊豆半島の北半分は、100 万年オーダーの衝突により、現在では本州とほぼ一体化していると見られる。

富士山を含むクラスターと、相模トラフ上盤側のクラスター(青い三角)との境界の一部は、1930 年北伊豆地震の震源となった丹那断層に対応している。相模トラフ上盤側のクラスター南端は、相模トラフの海溝軸よりも南西(下盤側)に伸びており、1923 年大正関東地震の際に初島などで隆起が生じたという報告(例えば田中館, 1926)との関連が考えられる。また、伊豆東部火山群の付近は 4 つのクラスターの会合点に相当しており、伊豆東部火山群がレオロジー不均質として重要な役割を果たしている可能性を示唆する。

駿河トラフを北側の陸域へ延長した領域にある富士川河口断層帯や、相模トラフを北側の陸域へ延長した領域にある国府津-松田断層帯は、本研究のクラスター境界には対応しなかった。

同時期により局所的な富士山周辺の地殻変動へ着目すると、2008 年頃から約 2 年間、富士山を中心とした放射状の動き(原田・他, 2010)が見られる。これの原因となり得るマグマ膨張力源をスパースモデリングによって推定したところ、2 年間の間に深さ 25 km から 15 km 程度まで徐々に上昇していたことが示唆された。

引用文献：

- Altamimi et al. (2007) *J. Geophys. Res.*, 112, B09401.
 Bezdek (1981) Plenum Press, New York, 272 pp.
 福田・三井 (2021) 静岡大学地球科学研究報告, 48, 1-9.
 原田・他 (2010) 火山, 55, 193-199.
 Hashimoto & Jackson (1993) *J. Geophys. Res.*, 98, 16149-16166.
 Huchon & Kitazato (1984) *Tectonophysics*, 110, 201-210.
 Ida (1991) *J. Phys. Earth*, 39, 421-440.
 井潤・石橋 (2003) 地震, 56, 231-243.
 Matsuda (1978) *J. Phys. Earth*, 26, S409-S421.
 Mitsui & Kato (2019) *J. Vol. Geotherm. Res.*, 378, 29-34.
 三井・渡邊 (2020) 地震, 73, 27-35.
 中川・他 (2009) 国土地理院時報, 118, 1-8.
 Nishimura et al. (2007) *J. Geophys. Res.*, 112, B05414.
 Sagiya (1999) *Geophys. Res. Lett.*, 26, 2315-2318.
 Seno (2005) *Earth Planets Space*, 57, 925-934.
 Simpson et al. (2012) *Geophys. Res. Lett.*, 39, L18307.
 Somerville (1978) *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 53, 629-648.
- 杉村(1972) 科学, 42, 192-202.
 田中館 (1926) 地学雑誌, 38, 374-390.
 Watanabe et al. (2015) *Earth Planets Space*, 67:184.
 Xie & Beni (1991) *IEEE Trans. Pat. Ana. Mach. Intel.*, 13, 841-847.

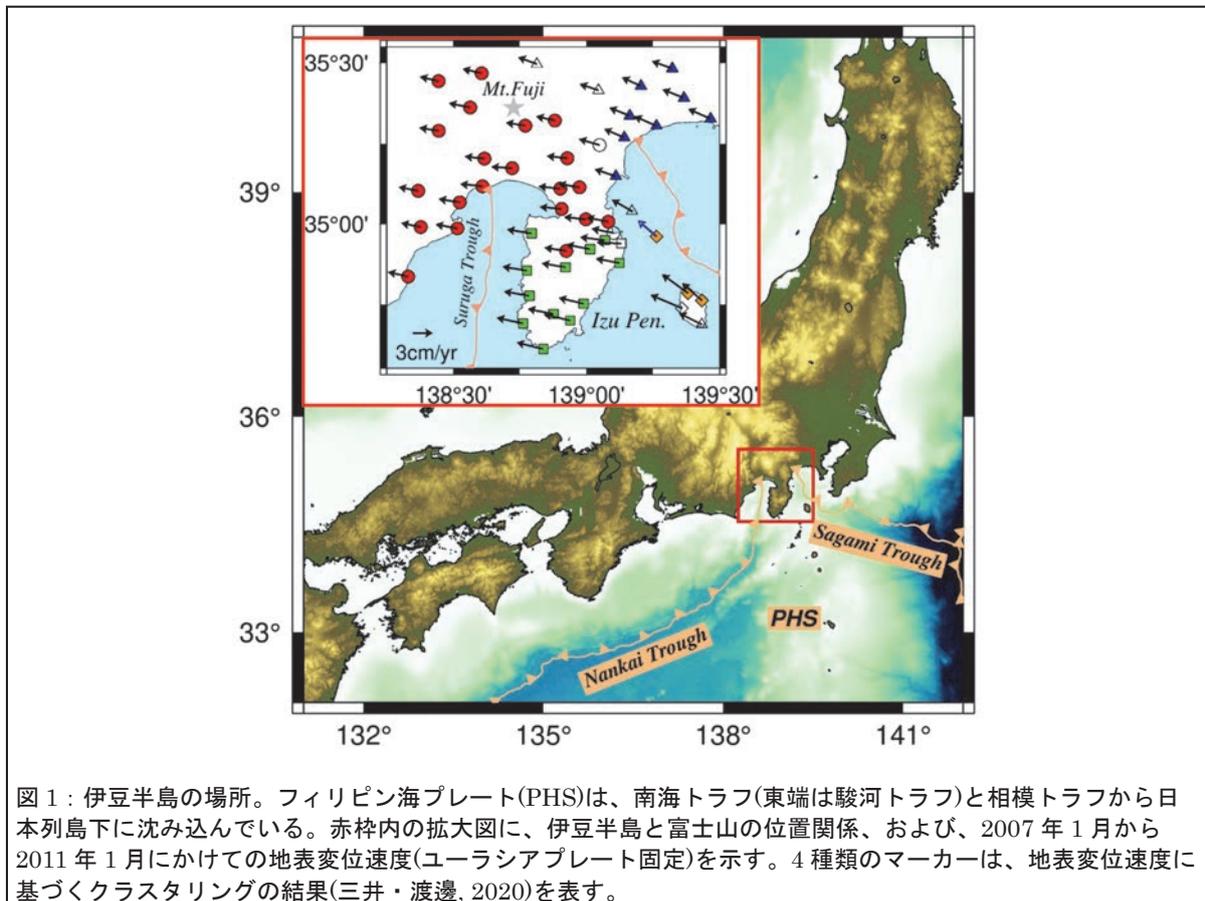


図 1：伊豆半島の場所。フィリピン海プレート(PHS)は、南海トラフ(東端は駿河トラフ)と相模トラフから日本列島下に沈み込んでいる。赤枠内の拡大図に、伊豆半島と富士山の位置関係、および、2007 年 1 月から 2011 年 1 月にかけての地表変位速度(ユーラシアプレート固定)を示す。4 種類のマーカーは、地表変位速度に基づくクラスタリングの結果(三井・渡邊, 2020)を表す。

富士山のケイ長質マグマだまり

石橋秀巳（静岡大）

Hidemi ISHIBASHI: Silicic magma chambers beneath Fuji volcano, Japan

1. はじめに

富士山は、伊豆-小笠原弧の北端に位置する活動的な成層火山である。この火山は約 10 万年前に活動を開始し、最新のマグマ噴火を発生したのは 1707 年である。この間に噴出したマグマの総量は～400–500 km³ に達すると見積もられ (Aoki et al., 2019), 過去 1.1 万年に限っても 30–40 km³ ものマグマを噴出している (宮地ほか, 2007)。ところで、富士山の特徴のひとつとして、その活動史を通して噴出したマグマのほとんどが玄武岩質組成であったことがあげられる (高橋ほか, 2003)。しかし、1707 年に発生した宝永噴火では、その序盤に～0.04km³DRE のデイサイト質マグマを噴出した (Miyaji et al., 2011)。デイサイト質の噴出物は、宝永噴火以前ではほとんど記載がない (約 2800 年前の砂沢噴火で少量噴出したのみ: 荒井・小山, 1996)。このことは、それまで玄武岩質マグマのみを噴出してきた富士山の地下で、人知れず珪長質マグマが発達していたことを示唆する。しかし、富士山地下における珪長質マグマだまりの実態やその形成過程については、未だ理解不十分である。

近年、苦鉄質マグマを噴出し続けていた火山 (群) において、地下に“隠れた”珪長質マグマの痕跡が見つかる事例が複数報告されている (例えば, Hatada et al., 2020; Stock et al., 2020)。富士山もその一例といえる。このような“隠れた”珪長質マグマについて理解することは、火山地下のマグマ供給系の発達過程を考えるうえで重要である。また、一般に珪長質マグマは、苦鉄質マグマに比べて大規模で激しい爆発的噴火をおこしやすい。このため、火山地下の“隠れた”珪長質マグマの実態を明らかにすることは、火山防災の観点でも重要といえる。

本研究の目的は、富士山地下に存在する珪長質マグマだまりの実態を明らかにすることである。この目的のために、著者らは 1707 年宝永噴火の噴出物に含まれるクリスタルマッシュ状捕獲岩について岩石学的研究を進めてきた。本講演ではその研究の結果について紹介したい。

2. クリスタルマッシュ状マグマだまり

クリスタルマッシュとは、結晶量が約 50vol% をこえる粥状マグマ (結晶-メルト混合物) のことである。クリスタルマッシュは、全体としては力学的に固体として振舞う一方で、鉍物粒間を浸透流としてメルトが移動することができるという性質をもつ。近年の火山学では、マグマ供給系の大部分がクリスタルマッシュによって構成され、その内部の様々な深さに局所的に集積した

“噴火可能”なメルトが噴火を引き起こすというモデルが受け入れられている (Cashman et al., 2017)。ところで、火山噴出物にはしばしば、このクリスタルマッシュの破片が捕獲岩として含まれていることがある。この捕獲岩は、マグマだまりの状態やそこでおこる様々な過程に関する情報源として有用である。富士山宝永噴火の噴出物中にもしばしば、クリスタルマッシュの捕獲岩が含まれることが知られている (安井ほか, 1996; 図 1)。本研究ではこの捕獲岩に注目し、鉍物およびその粒間を埋めるガラス (メルト) の組織観察・化学分析を行った。



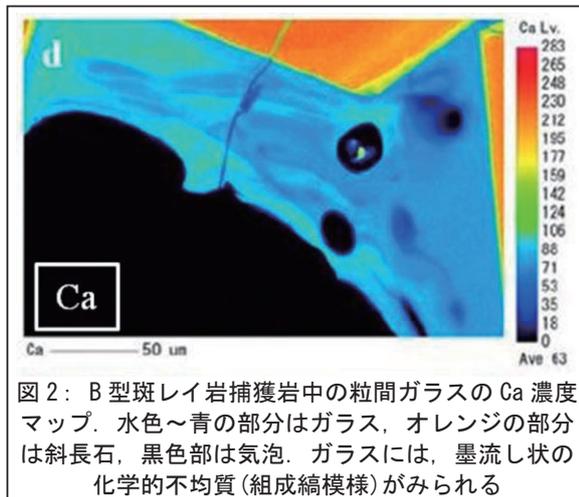
図 1: 富士山宝永噴火の噴出物に含まれる斑レイ岩捕獲岩。白色部が捕獲岩、黒色部がホストマグマ。

3. 珪長質メルトと共存するクリスタルマッシュ

本研究では、約 300 個の斑レイ岩捕獲岩について観察を行ったが、いずれの試料も斜長石、単斜輝石、斜方輝石、磁鉄鉍を含む斑レイ岩であった。試料によっては、イルメナイト、カンラン石を含むものもあったが、初生的な含水鉍物を含むものは見られなかった。鉍物粒間にガラスを含むものは全体の 20% 程度であり、その多くは結晶量が 90vol% 以上であったが、中には粒間ガラス (+気泡) に富むものも見られた。最も粒間ガラスに富む試料では、結晶量は約 50vol% まで減少した。

これらの捕獲岩試料のうち、結晶量に基づいて代表的な試料を選び、粒間ガラスと構成鉍物の化学組成を分析した。その結果、粒間ガラスの化学組成が流紋岩質 ($\text{SiO}_2 \sim 75\text{wt}\%$) で均質なものと、一試料中でも安山岩質～デイサイト質 ($\text{SiO}_2 \sim 54\text{--}69\text{wt}\%$) の範囲で不均質を示すものが見られた。前者と後者の間ではガラス組成範囲にギャップが見られ、別々に存在していたものと考えられる (前者を A 型、後者を B 型とよぶ)。両者では粒間ガラス量にも差がみられ、A 型は結晶量 < 75vol% であるのに対し、B 型は結晶量 > 75vol% であった。B 型試料中の粒間ガラスには組成縞模様のみら

れることから(図 2), 粒間で異なる化学組成のメルトが混合していたことは明らかである。斜長石中に含まれるメルト包有物との比較から, B 型試料中の粒間ガラスの組成不均一は, Al_2O_3 に富むデイサイト質メルトと Al_2O_3 に乏しい玄武岩質メルトの混合によると考えられる。この B 型試料にみられる粒間ガラスの組成変動は, 宝永噴火のマグマにみられる組成変動(例えば Watanabe et al., 2006)と明らかに異なるので, 宝永噴火マグマの形成には直接関与していないと言える。一方で A 型試料中の粒間ガラスの化学組成は, 宝永噴火マグマの組成変動の延長線上になり, 更に同噴火で噴出した縞状軽石の白色部(Yoshimoto et al., 2004)と同組成であった。従来は, 宝永噴火マグマの珪長質混合端成分はデイサイト質マグマであると考えられてきた。しかし, 本研究の結果は, A 型試料中に見られた流紋岩質メルトが宝永噴火のマグマの珪長質混合端成分であったことを示唆する。



4. 富士山地下の珪長質マグマだまり

ガラスと共存鉱物の化学組成から, A 型の流紋岩質メルトと B 型のデイサイト質メルトの由来深度を見積もったところ, 前者で $\sim 10 \pm 3$ km, 後者で $\sim 17 \pm 4$ km の値を得た。この結果は, A 型と B 型の捕獲岩が異なる深さに由来すること, また, 富士山地下の異なる深度に複数の珪長質マグマだまりが存在することを示唆する。

富士山の地下では, 約 13–17km の深さに低 V_p , 低 V_p/V_s 比を示す領域があり, そこでは低周波地震も発生している(Nakamichi et al., 2007)。A 型と B 型の捕獲岩の由来深度は, この領域の最上部と最下部にそれぞれ相当する。このことから, この領域で観測される地震学的な特徴は, 発泡したメルトを粒間に含むクリスタルマッシュの性質を反映していると考えられる。また, 地球物理学的観測から, 深さ 10km には火山性流体リザーバーが存在することが示されている(Aoki et

al., 2019)。このリザーバーは, A 型の流紋岩質メルトから離溶した流体が関与している可能性がある。

5. まとめ

- (1) 富士山宝永噴火のクリスタルマッシュ状捕獲岩には, 鉱物粒間に比較的均質な流紋岩質ガラスを含むもの(A型)と, 安山岩質～デイサイト質の不均質なガラスを含むもの(B型)がみられる。
- (2) A 型捕獲岩中の流紋岩質メルトは, 宝永噴火マグマの珪長質混合端成分である。
- (3) B 型捕獲岩中のガラスに見られる組成不均一は, デイサイト質メルトと玄武岩質メルトの混合によるものである。
- (4) A 型と B 型の捕獲岩はそれぞれ $\sim 10 \pm 3$ km, と $\sim 17 \pm 4$ km の深さに由来する。この深さは, 富士山地下に見られる低 V_p , 低 V_p/V_s 比領域の最上部と最下部に相当する。
- (5) 富士山の地下には, 異なる深さに複数の珪長質マグマだまりが存在する。

引用文献:

- Aoki et al. (2019) Earth-Science Review, 194, 264–282.
 荒井・小山 (1996) 日本火山学会 1996 年秋季大会講演要旨集, 25.
 Cashman et al. (2017) Science, 355, 1280.
 Hatada et al. (2020) J. Mineral. Petrol. Sci., 115, 322–331.
 宮地ほか (2007) 富士火山, 79–95, 山梨県環境科学研究所.
 Miyaji et al. (2011) J. Volcanol. Geotherm. Res., 207, 113–129.
 Nakamichi et al. (2007) J. Geophys. Res., 112, B3310.
 Putirka (2016) Am. Mineral., 101, 841–858.
 嶋田 (2000) 第四紀研究, 39, 151–164.
 Stock et al. (2020) Nature Com., 11, 3767.
 鈴木 (2000) 火山, 45, 149–171.
 高橋ほか (2003) 日大文理学部自然科学研究所紀要, 38, 117–166.
 Watanabe et al. (2006) J. Volcanol. Geotherm. Res., 152, 1–19.
 安井ほか (1996) 火山, 43, 43–59.
 Yoshimoto et al. (2004) Proc. Japan Acad, B80, 103–106.

南海トラフ東部の巨大地震・津波の長期予測の現状と課題

藤原 治 (産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

Osamu FUJIWARA: Long-term prediction of great earthquakes and tsunamis in the eastern Nankai Trough region

1. はじめに

巨大地震・津波の長期的対策には、過去の事例に基づいて「いつ」、「どこで」、「どのくらい」の地震や津波が起きるかを予測することが基本である。南海トラフの場合、「どこで」は潮岬付近を境界に東側で起きる東海地震と西側で起きる南海地震と言う従来からの区分に従うこととし、「いつ」と「どれくらい」に絞って議論する。ここでは南海トラフ巨大地震について、静岡県を含む東海地域の地質の研究から分かったこと、また、さらに研究が必要なことを述べる。

2. 南海トラフ巨大地震の繰り返し間隔

図 1 に歴史 (文字)、考古 (遺跡)、地質の記録から南海トラフ巨大地震が「いつ」、「どこで」、「どのくらいの規模」で発生したかをまとめた。発生が確実 (実線)、可能性が高い (点線)、更に検討が必要 (細い点線) で区別した。歴史上最古の 684 年白鳳地震 (南海地震) 以降、南海地震、東海地震とも、9 回発生したと考えられる。1099 年康和南海地震は、津波の証拠が見つかっていないなど、不確実な点もある (石橋, 2014)。1498 年明応東海地震に対応する南海地震は、候補となる歴史地震が複数あるが、津波や地殻変動の痕跡が未発見で特定できていない。1605 年慶長地震は揺れが小さいのに関東から九州の太平洋岸で大津波を起こした。これは南海トラフで発生した津波地震とされてきたが、実は伊豆・小笠原海溝の地震で、南海トラフの地震は 1614 年に起きたとする考えもあり (石橋, 2014)、検討が必要である。

1361 年康安 (正平) 南海地震の 2 日前に、京都や奈良が強く揺れた地震があったが、御前崎で 14 世紀後半に海岸が隆起した痕跡が見つかり (Kitamura *et al.*, 2018)、この時に東海地震が起きたことがほぼ確実となった。9 世紀末と 7 世紀末にも東海地震が起きたことが、静岡県西部で津波堆積物が見つかったことで確実となった (Fujiwara *et al.*, 2020a)。この研究で 9 世紀末の地震は 887 年の仁和地震と比定され、この時には 1707 年宝永地震と同様に、南海地震と東海地震が同時発生したと考えられる。7 世紀末の地震が 684 年白鳳地震と同時に発生したかは、文字記録がないので分からない。図 1 からは、東海・南海地震がほぼ例外なく、同時または短期間を空けてペアで起きたことが読み取れる。

東海・南海地震の繰り返し間隔は最短で 90 年 (1944-1854 年)、最長で 265 年 (1361-1096 年) である。1361 年康安 (正平) 地震以降は繰り返し

間隔が短く、それ以前は 2 倍ほど長い (図 1)。発生間隔が長い期間に未発見の地震があるかもしれないが、間隔が変わる理由は不明である。

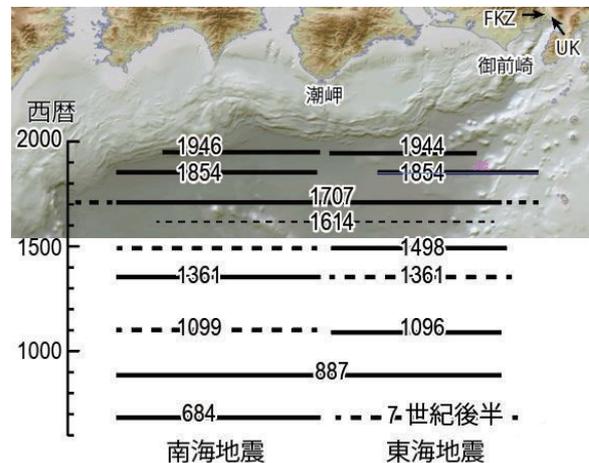


図. 1 1300 年間の南海トラフ巨大地震の繰り返し Fujiwara *et al.* (2020b) から改変. FKZ: 富士川河口断層帯, UK: 浮島ヶ原. 背景の地図は国土地理院による。

3. 次の巨大地震の予測

地震の発生予測には、発生間隔とそのバラつき、最後の地震からの時間経過を考慮する。2022 年 1 月 1 日を基準とすると、南海トラフのどこかで 30 年以内に M8-9 クラスの巨大地震が発生する可能性は 70-80% とされる (地震調査研究推進本部, 2022)。地震の発生間隔は「次の地震までの時間は前の地震の規模に比例して長くなる」と言う「時間予測モデル」(Shimazaki and Nakata, 1980) から 88.2 年と求めている。これに昭和南海地震 (1946 年 12 月) からの時間経過率 (約 85%) と地震発生間隔のバラつきが考慮されている。ただし、このモデルは 1707 年宝永地震以降の 3 回の地震については当てはまるが、それ以外の地震については異論もある。

歴史地震の平均発生間隔に基づく地震の発生予測も考えられるが、発生間隔に最大で 2 倍以上のバラつきがあるなど発生の方が複雑で、どこまで遡って発生間隔を計算するかによっても結果が大きく変わってしまう。今後 30 年間の巨大地震の発生確率は、1361 年康安地震以降の 6 つの地震の平均発生間隔 (117 年) を用いた場合は約 40%、684 年以降の 9 つ全ての平均 (158 年) を使った場合は 10% 未満である。巨大地震の繰り返しパターンの理解とそれに基づく予測には、地質記録をより古い時代まで遡って、多数の地震を復元することが必要である。南海トラフ沿岸の津波堆積物や地震で隆起した地形などの研究から

は、最大で約 8000 年前まで遡る巨大地震の記録が復元されつつある (Fujiwara *et al.*, 2020b, Fujiwara *et al.*, in press)。

4. 最大クラスの地震・津波

最大でどれほど大きな地震や津波が発生するかは、防災対策を考えるために重要な情報である。南海トラフで歴史上最大の地震は 1707 年宝永地震だが、日本海溝では 1000 年ぶりとも言われる超巨大地震が 2011 年に起きたことを考えると、南海トラフで最大の地震を検討するのに 7 世紀以降の 1300 年間の記録では不十分である。より長い地質の記録には、南海トラフ沿岸で歴史上未経験の超巨大地震や津波が発生した痕跡があるだろうか？

津波の規模の復元には、津波堆積物が当時の海岸からどこまで内陸へ広がっているかを調べて、津波の遡上範囲を解明する必要がある。「当時の海岸」が重要なのは、海岸線の位置や津波の侵入を阻む砂丘の高さは時代によって異なるからである。例えば、遠州灘に面した浜松平野では、約 6000 年前の海岸線は現在より 4 km 程も内陸にあった。その後海側へ海岸線が移動して平野が広がった跡が浜堤列として残っている (佐藤ほか, 2016)。浜堤列間の湿地には、津波堆積物の可能性がある砂層が見つかる (Fujiwara *et al.*, 2020b など)。このデータを元に、図 2 に浜松平野で“津波堆積物”の分布が時代とともにどう変わったかを模式的に示した。

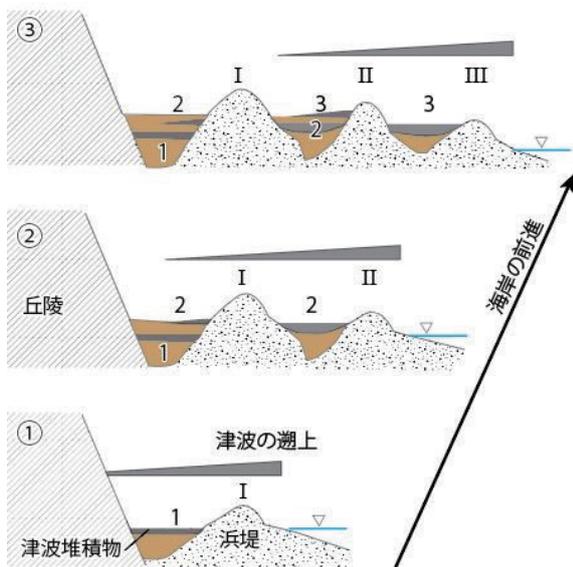


図 2 浜松平野での“津波堆積物”の年代と分布 ①→③へ時代が若くなる。藤原 (2013) を改変。

最も内陸にある古い堤間湿地では 3000 年よりやや古い時代 (図 2①に相当) までの“津波堆積物”が認められるが、より新しい地層には認められない。平野の中央付近にある堤間湿地ではもう少

し若い時代 (②に相当) まで“津波堆積物”が認められる。さらに海岸に近い堤間湿地では 15 世紀頃 (③に相当) までの“津波堆積物”が認められる。つまり、時代とともに海岸線が前進するにつれて、“津波堆積物”の分布も海側へシフトしている。これは図の上部にくさび型で示したように、発生する津波の規模が大きくなるほど変わらなかったと解釈できる。もし、ほかよりも格段に大きな津波が起きていれば、海岸の前進とは無関係に内陸奥深くまで砂層を残したであろう。そのような痕跡は駿河湾沿岸も含めて未発見なので、南海トラフ東部では超巨大な地震・津波は少なくとも 8000 年間には起きていないようである (Fujiwara *et al.*, in press)。

1498 年明応津波は、文字記録にある津波の高さや被害の大きさから、歴史上最大に思われる。明応津波の実態や、これを越える津波がかつて起きたことがあるかを調べるのが、最大クラスの地震・津波を理解するのに重要である。

南海トラフと、その東方延長である富士川河口断層帯とが連動した地震が起きるかも、“最大クラス”を考えるうえで重要である。富士川河口断層帯の東側 (沈下側) にある浮島ヶ原 (図 1) では、断層帯の活動を示すと考えられる沈下現象が報告されている (Fujiwara *et al.*, 2016)。それによれば過去 1500 年間に 5 回の地震が推定されており、発生時期が南海トラフの地震と近く連動の可能性があるものと、時期が異なるものの両方がある。地震発生時期の正確な推定と、さらに古い時代まで遡った地震発生履歴の解明が必要である。

引用文献：

藤原 治 (2013) GSJ ニュース 2, 197-200.
 Fujiwara *et al.*, 2016. *Quaternary International* **397**, 523-540.
 Fujiwara *et al.*, 2020a. *Quaternary Science Reviews* **277**, 105999.
 Fujiwara *et al.*, 2020b. *Earth-Science Reviews* **210**, 103333.
 Fujiwara *et al.*, *Quaternary Science Reviews*, in press.
 石橋克彦 (2014) 南海トラフ巨大地震 歴史・化学・社会. 岩波書店.
 地震本部 (2022) https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/nankai_2.pdf
 加納ほか(2021)歴史のなかの地震・噴火, 東大出版会.
 Kitamura, A. *et al.*, 2018. *Marine Geology* **405**, 114-119.
 佐藤善輝ほか (2016) 第四紀研究 **55**, 17-35.
 Shimazaki, K. and Nakata, T., 1980. *Geophysical Research Letters* **7**, 279-282.

静岡県の土石流災害—土石流発生メカニズムから考える—

今泉文寿（静岡大）

Fumitoshi IMAIZUMI: Debris flow disasters in east Shizuoka Prefecture: consideration based on the initiation mechanism of debris flow

1. はじめに

静岡県では地質・地形的な条件から、土石流が度々発生しており、甚大な人的・物的被害が生じてきた。土石流による被害を軽減するためには、土石流の発生メカニズムを理解し、流域の地質・地形を考慮したうえで、災害リスクを評価する必要がある。

本発表ではまず、過去の静岡県における主な土石流災害について振り返る。そして土石流の発生メカニズムについて整理したうえで、静岡県で発生する土石流の発生原因について考察する。

2. 静岡県における土石流災害の事例

静岡県において発生した、主な土石流災害の発生箇所を図.1 にあげる。戦後、静岡県で発生した最も甚大な土砂災害は 1958 年 9 月 26 日の狩野川台風である。この台風により静岡県内では死者 736 名、行方不明者 193 名の犠牲がでた(内閣府, 2022)。修善寺よりも下流側では洪水による被害が、上流側では土砂災害による被害が多く発生した。この降雨により、天城山系では約 1200 箇所の山腹崩壊が発生をし、一部は土石流化し、集落を襲った(時田ら, 2009)。これらの崩壊、土石流は、主に火山噴出物の移動によるものである。軽石質の砂礫が厚く堆積していた伊豆市筏場では、約 50 万 m² の崩壊が発生し、それが土石流として流下することで大きな被害につながった(市川, 1960)。

静岡県小山町では 2010 年 9 月 7 日台風 9 号により、総雨量 689 mm (時間雨量最大 118 mm) を記

録する降雨があり、多数の土石流や崩壊が発生した。火山噴出物(スコリアなど)が豪雨により崩れることで、災害が発生した(保坂, 2011)。

富士山でもスコリアが流出することで、度々土石流やスラッシュ雪崩(雪, 水, 土砂の混相流)が発生している。富士山西側の大規模崩壊地、大沢崩れでは毎年のように大規模な土石流が発生しており(Imaizumi et al., 2021), そこから流下する大沢川では国土交通省の直轄砂防事業による対策が行われている。このように、静岡県東部では、降雨時に火山砕屑物が流出することで多くの土石流災害が引き起こされていることが特徴である。

静岡県中部の付加体堆積岩地域においても過去、豪雨時に大規模な土石流災害が発生している。1907 年には安倍川上流の藤代で 2 つの土石流が発生し、23 名の犠牲者がでた(芹澤ら, 2017)。1966 年には同じく安倍川上流域の梅ヶ島温泉を土石流が襲い、26 名の犠牲者がでた(岩橋, 1967)。付加体堆積岩では破碎がすすんでおり、崩壊や凍結破碎による土砂生産がこれらの災害に寄与していると考えられる。

このほかのタイプの土石流としては、1707 年の宝永地震によって安倍川上流大谷崩(崩壊土砂量 1 億 2000 万 m³)で発生した大規模土石流、1930 年に北伊豆地震によって伊豆市佐野の奥野山で発生した土石流(死者 15 名; 田中, 2014)、1991 年 9 月に下田市稲生沢川流域(第三紀安山岩類)で発生した土石流災害(死者 4 名)などがあげられる(中村ら, 1992)。

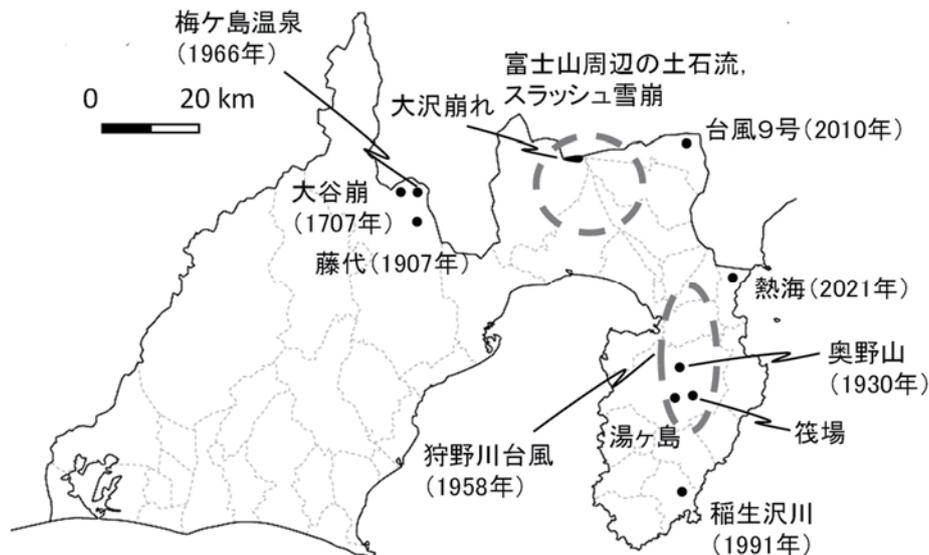


図.1 静岡県東部における主な土石流災害

3. 土石流の発生メカニズム

溪流における土砂移動現象には掃流、掃流状集合流動（土砂流）、土石流などがあり、このうち土石流は河床勾配が最も急な区間で発生する土砂移動現象である。土石流は石礫と間隙流体（水および細粒土砂）から構成される、混相流である。

土石流の発生メカニズムには、1. 崩壊土砂がそのまま流動化、2. 溪流周辺に堆積した土砂が侵食・流動化、3. 天然ダムが決壊して流動化するものなどがある。いずれのメカニズムにおいても、大量の不安定土砂と水の存在が土石流の発生につながっている。

まず崩壊土砂の土石流化に注目する。崩壊土砂の流動性には、降雨強度やその影響を受けた土砂中の水分量が関係する（Legros, 2002; Imaizumi & Sidle, 2007）。また、崩壊土砂の溪流への流入角度が小さく、河床が急勾配である場合に、崩壊土砂はそのまま土石流へ移行することが多い（Imaizumi & Sidle, 2021）。1907 年の藤代の土石流災害は、現地の地形条件から、崩壊がそのまま土石流へ移行したものと考えられる。

一方、1966 年に梅ヶ島温泉を襲った土石流は、溪流周辺に堆積した土砂の侵食・流動化によって発生したと考えられている（岩橋, 1967）。近傍に位置する大谷崩では冬季から春先にかけて凍結融解により毎年大量の土砂が溪流へ供給されており、このタイプの土石流が現在でも年 4 回程度発生している。土石流の発生メカニズムを解明するため、大谷崩では過去 20 年以上にわたり土石流観測が行われてきた。その結果、溪流周辺に堆積した土砂は、1. 地表流による侵食、2. 堆積物が飽和することによるすべり、3. 溪流の崩落や支流からの土砂の流入などをきっかけとして土石流として流下することが明らかになった（Imaizumi et al., 2019）。土石流の発生域では土砂の集合的な移動（段波）が繰り返して発生しており、そのうちの一部の段波が下流側へと流下する。

土石流が流動性に富み長距離流下する理由としては、細粒土砂が間隙流体に取り込まれることによる液相化や、土石流中での過剰間隙水圧の発生があげられる（Iverson, 1997）。細粒の火山碎屑物は土石流の中で液相化しやすいと考えられる。さらに細粒土砂が多いと、土石流内で生じた間隙水圧が維持されやすい（de Haas et al., 2015）。このことが、静岡県東部の火山碎屑物が堆積する地域で土石流災害が多い原因となっている可能性がある。

4. おわりに

静岡県では過去に繰り返し土石流災害が発生

しているが、地域ごとに地質が異なり、それが土石流の発生条件や流下特性に影響を及ぼしていると考えられる。そのため、地域の特性を考慮した対策を講じる必要がある。

引用文献：

- de Haas et al., (2015) *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, 120, 1949–1972.
- 保坂 (2011) *地学教育と科学運動*, 66, 51–58.
- 市川 (1960) *地理学評論*, 33, 112–121.
- Imaizumi & Sidle (2007) *Journal of Geophysical Research, Earth Surface*, Vol.112, F03012.
- Imaizumi & Sidle (2021) *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 103, 1–14.
- Imaizumi et al. (2019) *Geomorphology*, 339, 58–69.
- Imaizumi et al. (2021) *Earth Surface Dynamics*, 9, 1381–1398.
- Iverson, R. M. (1997) : The physics of debris flows, *Rev. Geophysics*, 35, 245–296.
- 岩橋 (1967) *静岡大学地学研究報告：地学しずはた*, 1, 17–34.
- Legros (2002) *Engineering Geology.*, 63, 301–331.
- 内閣府 (2022) *防災情報のページ*, https://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkoku-sho/hukkousesaku/saigaitaiou/output_html_1/case195801.html, 2022 年 6 月 15 閲覧.
- 中村ら (1992) *砂防学会誌*, 44, 6, 63–67.
- 芹澤ら (2017) *平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集*, 800–801
- 田中 (2014) https://researchmap.jp/ketz_tanaka/published_papers/12556817/attachment_file.pdf.
- 時田ら (2009) *平成 21 年度砂防学会研究発表会概要集*, P-217.

熱海土石流に関する地球科学的研究

北村晃寿(静岡大学理学部・防災総合センター)

Akihisa Kitamura: Geoscience research of Atami debris flow deposits

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56,000m³の盛土のうちの約55,500m³が崩壊して発生した土石流は、死者・行方不明者28人、全・半壊家屋64棟の被害を出した。同様の盛土崩壊は周辺では起きていないので、逢初川源頭部の盛土は災害危険性が最大であったこととなる。よって、この盛土の性状の調査は、今年5月27日に公布された盛土規制法の実効性の確保と既存の盛土の災害危険性の評価基準の策定に必須の情報を提供する。そこで、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・土石流堆積物の地球科学的研究を行い、次の知見を得た。

(1) 逢初川源頭部の盛土最下端の基底部付近の露頭の岩体・堆積物は、下位から、地山の熱水変質粘土、最大層厚10cmで膨縮・尖滅する砂礫層、角礫混じり砂質粘性土(乱雑堆積物; 層厚2.0m)、巨礫サイズの角礫層(層厚0.7m)、木質物を含む含礫砂層(層厚0.1m)、中礫サイズの垂円礫層(層厚0.4m)、砂層(層厚0.8m以上)の順に重なる。膨縮・尖滅する砂礫層の上面はすべり面である(千木良ほか, 2022)。巨礫サイズの角礫層はコンクリートなどの人工物を含まず、¹³⁷Csが検出されたので、1950年以降から盛土の形成以前の堆積物であり、静岡県(2021a)が報告した溪床堆積土砂であることが裏付けられた。木質物を含む含礫砂層の礫は火山岩の角礫で、コンクリートの付着した礫を含み、¹³⁷Csが検出され、木質物の¹⁴C値は109-116pMCである。したがって、含礫砂層は盛土である。垂円礫層の礫は堆積岩の垂円礫で、礫支持であり、礫間の砂質堆積物は放射虫化石を含む泥岩岩片と有孔虫を含むので、供給源の一部は沿岸堆積物である(北村ほか, 2022a)。逢初川源頭部に海成層は分布しないことから、垂円礫層は盛土で、後述の黒色の土砂に相当する。垂円礫層の礫間の砂質堆積物の含泥率は10%程度なので、垂円礫層の透水性は高いと推定される。

(2) 盛土最下端から約350m下流の堰堤を埋めた土石流堆積物は海綿骨針を含む泥岩岩片を産する(北村, 2022b)。この産出は、堰堤を埋めた土石流堆積物の供給源が、上記の垂円礫層(放射虫化石を含む泥岩岩片を産出)の可能性のあることを示し、言い換えると、盛土崩壊初期の土石流が盛土最下端に由来する可能性を示唆する。

(3) 盛土には褐色の土砂と黒色の土砂があり、前者は熱海周辺の岩体に由来すると考えられ、後者は現世と中期完新世の沿岸性貝類(北村, 2022)、古生代末期—中生代の放射虫化石を含むチャート岩片(北村ほか, 2022c)、鮮新世末期—

前期更新世の海成層由来の軟質泥岩礫(北村ほか, 印刷中)を産する。これらは、供給源の一部が、沿岸堆積物、中部完新統の海成層、鮮新世最上部—下部更新統の海成層で、また後背地にはチャートが分布することを示す。神奈川県西部を対象とすると、盛土の採取地の候補は、神奈川県小田原市大磯丘陵の中村川下流域の完新統下原層、同丘陵南部と相模原市の相模川周辺に分布する海成鮮新・更新統が考えられる。この解釈は、盛土の崩土から神奈川県二宮町の指定ごみ袋が見つかったことで裏付けられた(静岡県, 2021b)。

(4) 逢初川源頭部東側には未崩落の盛土があり、これを分析した結果、①盛土からは¹³⁷Csが検出され、②砂粒子は、黒色の土砂や土石流堆積物よりも、石英は少なく、生物源石灰碎屑物を多く含み、黒雲母をわずかに含み、③黒色の土砂や土石流堆積物から未産出の海生貝類(ハマグリやイボキサゴ)を産する(北村ほか, 2022d)。以上のことから、この盛土は、黒色の土砂と同様に、供給源の一部が沿岸堆積物だが、採取地は異なることが判明した。

今後は、以上の研究成果をもとに、黒色の土砂の採集地を特定し、その場所の土砂を採取し、力学的性質の平均や範囲を測定し、黒色の土砂の力学的性質を解明する。

引用文献:

- 千木良・北村・木村・市村(2022)静岡大学地球科学研究報告, 49.
 北村(2022)第四紀研究, 61.
 北村・亀尾・本山・守屋・齊藤・渡辺・森(印刷中). 第四紀研究.
 北村・岡崎・近藤・渡邊・中西・堀・池田・市村・中川・森(2022c)静岡大学地球科学研究報告, 49.
 北村・山下・矢永・中西・森(2022d)静岡大学地球科学研究報告, 49.
 北村・山下・本山・中西・森(2022a)静岡大学地球科学研究報告, 49.
 北村・矢永・岡崎・片桐・中西・森(2022b)静岡大学地球科学研究報告, 49.
 静岡県(2021a)第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会配布資料(1~17). 2021年9月7日開催. <http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/r3hasseigennincyousakennsyouiinnkai.html>
 静岡県(2021b)第2回逢初川土石流対策検討委員会. http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke350/sabouka/r3aizomegawadosekiryuutaisakukenntouinnkai_2.html

浚渫くぼ地堆積物を用いた秋田県八郎潟調整池における近年の環境変化
山田和芳（早稲田大）・鹿島 薫・瀬戸浩二・香月興太・辻本 彰・福本 侑（島根大）
・藤木利之（岡山理科大）

Kazuyoshi YAMADA, Kaoru KASHIMA, Koji SETO, Kota KATSUKI, Akira TSUJIMOTO, Yu FUKUMOTO and Toshiyuki FUJIKI: Recent environmental changes in the Hachirougata regulating reservoir, Akita Prefecture from the sedimentological records of the dredging depression.

1. はじめに

本研究は、秋田県八郎潟調整池（東部承水路内）の浚渫くぼ地においてコア（柱状試料）を採取して、堆積物の層相観察とともに珪藻分析およびCNS 元素分析を高時間分解能で実施した。そして、主に八郎潟の干拓工事開始期から現在までの底質環境の変遷とその要因について考察した。

2. コアについて

研究に用いたコアは、2021 年 11 月に採取した。それら採取地点は東部承水路南端付近の大潟橋の南約 200m 地点（北緯 39° 56′ 55″、東経 140° 03′ 08″、水深 4.98m）、および同橋の北約 2.5km 地点（北緯 39° 58′ 24″ 140° 03′ 49″、水深 5.03m）のどちらも浚渫くぼ地内である。採取したコアの全長はそれぞれ 158、86cm であった。岩相や帯磁率データの比較検討によって、両コアは対比可能なものであり、少なくとも本研究によって復元した古環境は東部承水路内全域を指し示すものである。そのため、本研究では、歴史を長くさかのぼれる全長 158cm のコアについて重点的に各種分析を行った。

コアの層相は、全層準を通じて黒色のまだら模様で表現できる生物擾乱を伴う灰色～褐色泥で構成されている。また、深度 76～78cm においてヤマトシジミの貝殻片を確認することができた。さらに、深度 138cm には下位との明瞭な侵食面を伴う層厚約 5mm の極細粒砂が挟在するとともに、そこからひも状のプラスチック片を確認することができた。

3. 結果と考察

珪藻分析結果は、深度 158～140cm にかけては、汽水生～海水生種 *Cyclotella meneghiniana* が出現していた。CNS 分析の結果も考慮すると、この層準は干拓工事前の低塩分の堆積環境と推定することができる。また、深度 140cm より上位では全体を通じて淡水浮遊生種が優占する。その中で、淡水浮遊生種 *Cyclostephanus dubius* が上方に向かって減少する一方、*Aulacoseira granulate* や淡水付着生底生種 *Synedra* sp. が徐々に増加する傾向が認められた。しかしその傾向は深度 25cm より上位では鈍化していた。この結果について CNS 分析結果とも照らし合わせて検討したところ、干拓後の水域の富栄養化傾向と、近年の湖沼水質保全計画による水質改善の効果を示していることが示唆された。

深度 138cm 付近の砂層やプラスチック片の存在は、昭和 33～38 年頃の干拓事業の中における築堤工事（浚渫、堤防建設、砂の置き換え）によるものと考えられる。また、深度 80cm 付近の汽水生～海水生種 *Cyclotella meneghiniana* の高頻度出現は、昭和 62 年の台風による海水流入とその後のシジミの大量発生につながる一連のイベントによるものと考えられる。これらのイベント年代と堆積深度を検討すると、現在の浚渫くぼ地の埋積速度は、毎年 2 から 3 センチであることが推定される。

以上のように、本研究によって、八郎潟残存湖の湖底堆積物には、干拓事業に関する歴史から、その後の台風による海水侵入という事件記録まで明瞭に記録されていた。また、干拓時につくられた浚渫くぼ地は、70 年あまり長い年月をかけて、急速に埋積が進行していることも明らかになった。

4. まとめ

本研究は令和 3 年度秋田県ジオパーク研究助成事業の一環として実施した。日本国内において国策として広大な湖を干拓して陸化したという比類なき歴史を有する八郎潟において、残存する水域においても陸地に転化された部分と同様に人と大地の関係の歴史がひっそり刻まれていることを本研究の遂行によって認識することができた。

また、干拓を中心とした当時の社会活動や、干拓後の悪化する水質を改善・保全する取り組みが、目に見えない水底の環境にもしっかりと記録されていることを明らかにすることができた。

関東平野東縁における下総層群のルミネッセンス年代

田村 亨・納谷友規・中島 礼・清家弘治（産総研）・岡崎浩子（深田地質研）
中里裕臣（農研機構）・奥野淳一（極地研）

Taro TAMURA, Tomonori NAYA, Rei NAKASHIMA, Koji SEIKE, Hiroko OKAZAKI, Hiroomi Nakazato, Jun'ichi OKUNO: Luminescence chronology of the Shimosa Group in the eastern Kanto plain

最終間氷期 (MIS 5) に関東平野全域に広がった古東京湾は土砂で埋積され、広大な海成段丘が残されている。従来、段丘の大半は MIS 5e の高海面期に対比されてきた。またその高度分布に基づき、全体の隆起と太平洋岸の鹿島-房総隆起帯から内陸への傾動が解釈されてきた。しかし、MIS 5e の高海面期の長さは後氷期と同様に数千年に過ぎない。そのような短期間に関東平野全域を覆うような広大な海岸平野が拡大することは可能であろうか？平野東端の飯岡台地で MIS 5e に対比されてきた海成段丘は最近、火山灰と光ルミネッセンス年代（カリ長石 post-IR IRSL 年代、pIRIR 年代）から MIS 5a および 5c の高海面期に対比されることが分かり、少なくとも平野東縁部には最終間氷期後半の海成段丘が分布している。このことは、古東京湾としてとらえられてきた当時の堆積システムと、さらには MIS 5e 以降の単調な隆起という従来の構造運動像や隆起速度の見積もりに、再考の余地があることを示している。

ここでは、飯岡台地から北に利根川低地を隔てて隣接する行方台地と鹿島台地の堆積過程と年代を、ボーリングコアおよび露頭の堆積相とカリ長石 pIRIR 年代から論じる。pIRIR 信号はドーブリカバリーなどのテストの結果、50°C の IRSL のあと 225°C に昇温して励起されて観察されるものを用いた。またフェーディングテストを行ってフェーディング率を求め、年代値のフェーディング補正を行った。

この地域の海成段丘構成層は、MIS7 以降の pIRIR 年代を示す標高約+20 m 以下の海成～河川成堆積物が、海浜～外浜堆積物に覆われる。この海浜～外浜堆積物は上限が標高約+30 m、陸側部では細粒～中粒砂が主体で厚さ数メートルの風成および河川成堆積物に覆われるのに対し、海側部では砂礫が主体で風成・河川成層の厚い堆積が見られない。

海成段丘を構成する浅海堆積物の pIRIR 年代は、110 ka 前後より若く、MIS 5c または 5a に対比される。また陸側部で認められる風成および河川成堆積物は MIS5c 以降の年代で、挟在する 0n-Ng テフラとも整合的である。以上のことから、行方台地東部から鹿島台地にかけての海成段丘は、飯岡台地と同様に最終間氷期後半に形成されたと考えられる。さらに、MIS 5c の最高海面高度は MIS 5e よりも約 25 m 低く見積もられるため、隆起速度は約 0.5 m/ky と、従来よりも大幅に高く見積もられる。

海成段丘構成層の下位では、pIRIR 年代と堆積

相の解釈を組み合わせることにより、MIS 5d の河川～汽水成堆積物、MIS 5e の薄い海成堆積物など、細かい氷河性海面変動に対応した地層の対比が可能である。さらに下位には、MIS 6 の河川成堆積物、大きな年代ギャップを隔てての MIS 7 の浅海成堆積物が認められる。

ルミネッセンス年代と火山灰の対比から、飯岡台地から行方・鹿島台地の海成段丘が MIS 5c 以降に対比されることが明らかになり、また下位の下総層群の地層についても詳細な対比が期待される。ルミネッセンス年代のさらなる適用により、古東京湾のバリア島と内湾域、またそれより下位の下総層群が記録する関東平野堆積盆の終末期について、新たな角度から理解される可能性がある。

房総半島中西部におけるステージ 5e の旧汀線を探る

佐藤俊文

Tosifumi SATO : Search for old shoreline of stage5e around Middle Westt of Boso Peninsula

1. はじめに

2000 年千葉大会で演者らは木更津台地上端部 H186m 三角点付近の残丘面域に、Hk-KIP 群・KmP 群・On-Pm1 を含む堆積層が確認されたことから、近域にステージ 5e の旧汀線があるとしたが、正確にその位置の推定はできなかった。佐藤は 2000 年の発表以後独自に地形調査地域を広げ、房総半島中西部の鹿野山北麓～小櫃川左岸域の H190m 前後の丘陵状地域に、一部 Hk-KIP 群の可能性の高いテフラ層を挟在する堆積層（基盤層を不整合で覆う砂礫あり）を見出した。今回はステージ 5e の旧汀線位置について自らの見解を示すものである。テフラ層分析は京都フィッシュン・トラックに分析依頼し、佐藤が対比した。

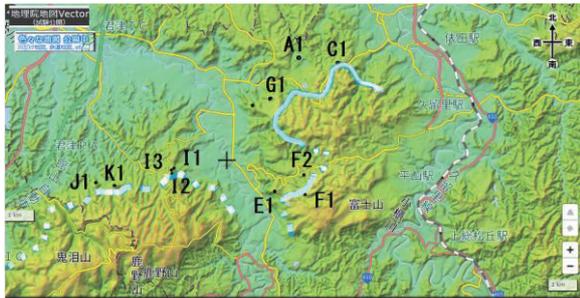


図 1 調査地点位置とステージ5eの旧汀線の推定

2. 基盤層を覆う砂礫層とテフラ層・ローム層

主題に係わる地点は、地点E1：大野台・五行台2採砂場間のH182m，地点F1：五行台採砂場（柳瀬）南約180～190余m，地点F2：上記，F1の採砂場の北東部の約H192mの平坦面，地点G1：法木東奥に最高標高H186mの尾根がありこの西南西谷部，地点I1, I2, I3：鹿野山北麓県道163号と164号交叉点南東，約H189～210余m尾根面周辺，地点J1：鹿野山北麓馬登，薬王院南約H160m尾根域（採砂場露頭），地点K1：約H190m尾根面域などである。このうち、いくつかの地点でHk-OPを挟在するテフラ性層や褐色ローム層が確認できたが地点G1 (no. 22)，地点I3 (no. 25, no. 26) には、()内の分析テフラ層がある。

3. 旧汀線位置の推定

地点E1～J1も、上端上面の標高は2000年千葉大会で示されたH186mのHk-KIP群以上のテフラ

層を挟在する残丘に近くあるいはそれ以上であり、

かつ基盤砂層を不整合で覆い、その堆積層上部にHk-KIP群に対比可能なテフラ層を挟在する (no. 22

やno. 25).. このようなことから、J1を除いて、基盤層を覆う層はステージ5e期木下層相当の堆積層と考えられる。これらの調査地点よりも奥の斜面は一層急で礫層は見当たらないので、地点I3とK1の堆積層の厚さも加え旧汀線位置として、H185m前後の位置にあったと推定した (図1)。

引用文献：

新井房夫 町田洋 (2003) 新編火山灰アトラス 128-143

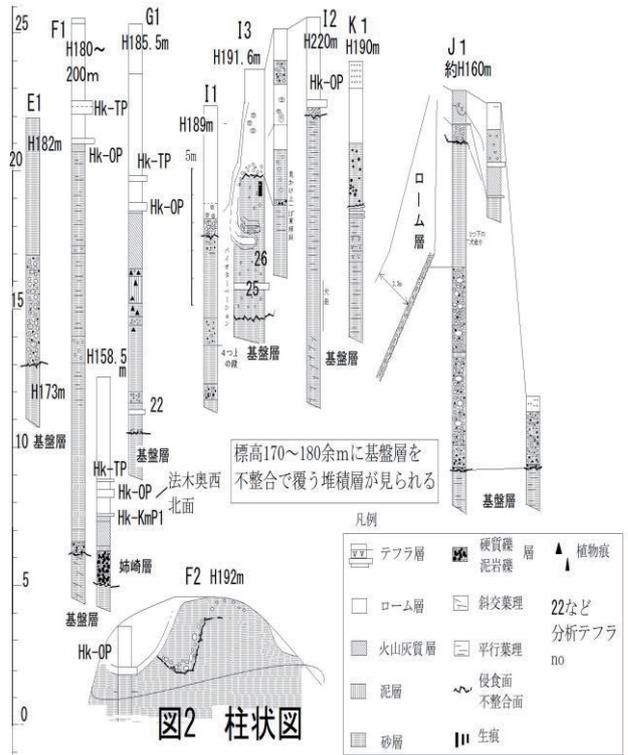


図2 柱状図

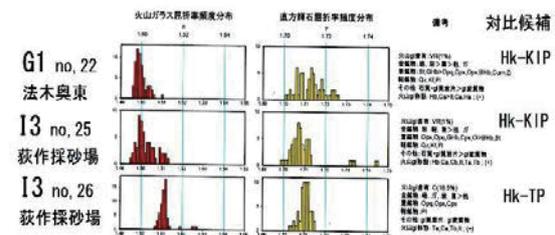


図3 テフラの対比

房総沖掘削コア C9010E のテフラ層序 —海底火山大室ダシ起源と推定される 3 万年前のテフラの発見—

青木かおり¹・小林 淳^{2,1}・村田昌則¹・宮入陽介³・横山祐典³・鈴木毅彦¹

¹東京都立大島嶼火山・都市災害研究センター, ²静岡県富士山世界遺産センター, ³ 東京大学
Kaori AOKI, Makoto KOBAYASHI, Masanori MURATA, Yosuke MIYAIRI, Yusuke YOKOYAMA, Takehiko SUZUKI: Tephrostratigraphy of drilled core C9010E off the Boso Peninsula: Discovery of 30 ka-tephra estimated to originate from the submarine volcano Oomurodashi-

我々は房総半島沖で掘削されたコア C9010E 中に介在する伊豆諸島の火山起源と考えられるテフラ層序研究に取り組んでいる。深海掘削コア C9010E は、地球深部探査船「ちきゅう」の CK09-03 次航海で、房総半島南方 40 km 沖の 34° 33.46' N、139° 53.38' E、水深 2027.25 m で掘削され、高知コア研究所に保管されていたコア試料から 314 のテフラ分析用試料を採取し、すべて水洗・風乾後に 250 μm、125 μm、63 μm サイズで篩った。これらについて、実体顕微鏡下で観察後、岩石学的特徴を記載し、63-125 μm サイズの試料について高知大学海洋コア総合研究所の EPMA を用いて火山ガラスの主元素組成を分析している。

青木ほか (2019a) では、本コアの上位 30 m 中に介在する過去約 2 万年間分の珪長質テフラの層序について報告した。その大半は新島起源のテフラ層で最上位の新島向山テフラ (AD886) から 15-20 ka と推定された赤崎峰イベント (青木ほか、2019b) まだが確認されており、その間に AD838 年に噴火した神津島天上山テフラと、海底火山の大室ダシ起源のテフラ層 (13.4 ka; 齋藤・宮入、2008) を確認した。確認されている。さらに青木ほか (2021) では新島起源の赤崎峰イベントの下位に介在する深度 32.965-33.185 m (CSF-A) で採取されたテフラ層と、その下位で深度 41.21-41.23 m (CSF-A) にパッチ状に確認されたテフラ層について、それぞれ高橋ほか (2022) が利島で報告した伊豆利島 2 テフラ (Iz-Tos2) と群馬県・長野県境に位置する浅間火山起源の噴出物である浅間板鼻褐色テフラグループ (As-BP group) 中部あるいは上部に対比される可能性が高いことを報告した。本発表では、C9010E コアで As-BP に対比されたテフラよりも下位のテフラ層序について深度 47 m まで報告する。さらに、テフラ層の層位の直下の堆積物中に含まれる浮遊性有孔虫について、放射性炭素年代値を測定した。

深度 43.120-45.855 m (CSF-A) に、層厚 2.375 m のテフラ層が観察される。上部 1.22 m はコア採取時の擾乱で引き伸ばされ構造が乱れている。最大粒径 1 cm 程度の白色～灰色の軽石粒と最大粒径 1.5 mm 程度の黒色のスコリア粒が観察される。斜長石、石英、高温石英、黒雲母、直方輝石、角閃石、カミングトン閃石が観察される。250 μm 以下の粒径では軽石型、繊維型の白色の火山ガラスが大半を占め、バブルウォール型の火山ガラス

も混じる。堆積層の下部では有孔虫殻と海綿骨針が多く混じり、最下層では軽石粒にベージュ～赤茶色の粘土が付着していることから、陸上で風化作用の影響を受けたと考えられる。本テフラ層に含まれる火山ガラスの主元素組成を分析したところ、SiO₂ が 78.6-78.9 wt% で流紋岩質で、K₂O が 1.13 wt% となり、海底火山である大室ダシカルデラ起源が 13.5 ka に活動して供給したと考えられるテフラ層に含まれる火山ガラスの K₂O (1.22 wt%; 青木ほか、2019a) とよく似る。本テフラ層は、海底火山大室ダシの古い活動の一つである可能性が極めて高いことから、本論では Od-2 と呼ぶ。また、堆積層の最下部に陸上で風化したと考えられる火山性碎屑物を伴っていることから、噴火当時の大室ダシは火山島として存在していた可能性が高い。本層直下の堆積物に含まれる浮遊性有孔虫の放射性炭素年代値は Marine20 (Heaton et al., 2020) で校正した年代で 29197 ± 155 cal BP (68.3%) になる。また、この年代測定用に採取した試料から、AT テフラの火山ガラスを検出した。

さらに深度 45.955-46.935 m (CSF-A) に層厚 98 cm のテフラ層が観察されるが、上位 23.3 cm については偽礫が混じることから、再堆積層と考えられる。最下層には最大粒径 3 mm 程度の白色の軽石粒、最大粒径 1.5 mm 程度の灰色の軽石粒が含まれる。軽石型と繊維型の白色～透明な火山ガラスに加えて、わずかに濃茶色の軽石型火山ガラスが混じる。石英、斜長石、黒雲母に加えて、わずかに直方輝石とカミングトン閃石が見られる。火山ガラスの化学組成から、本層は神津島秩父山 B テフラ (村田ほか、2021) に対比される。本層直下の堆積物に含まれる浮遊性有孔虫の放射性炭素年代値は Marine20 で校正した年代で 30090 ± 133 cal BP (68.3%) になる。

引用文献: 青木ほか (2019a) JpGU2019, HQR05-05, 青木ほか (2019b) JpGU2019, SVC38-P21, 青木ほか (2020) 日本第四紀学会大会, 齋藤・宮入 (2008) AMS シンポジウム, 高橋ほか (2022) 第四紀研究, Heaton et al. (2020) Radiocarbon, 村田ほか (2021) 地学雑誌.

養老-桑名断層系と濃尾傾動地塊の特異なふるまい

小松原琢 (産総研)

Taku KOMATSUBARA : Some unique behaviors of the Yoro-Kuwana Fault System and Nobi tilting block

1. はじめに

養老-桑名断層系は、琵琶湖西岸断層帯と共に近畿三角地帯で最も活動度の高い逆断層帯の 1 つであり、断層沈下側に幅広い傾動帯 (濃尾傾動地塊) を伴っている。この断層帯と傾動地塊は、非等速・非定向的な活動を行ってきた。これら活構造の特異なふるまいをまとめ、その機構について考察する。

2. その 1 平均変位速度の非等速性

桑名断層の完新世における活動については、多数のボーリング調査によって詳細に検討されている (たとえば須貝ほか, 1998; 鳴橋ほか, 2004; 中西ほか, 2006)。これらによると、桑名断層中部の完新世における平均変位速度は約 9ka 以降で 2.3m / 千年以上, 6ka 以降 4.3m / 千年である (地質調査所, 1999)。一方、最終間氷期前期以降の平均変位速度は 0.9~1.5m / 千年であり (小松原, 2021)、両者は誤差範囲を超えた違いがある。また最近の 2 地震の発生間隔は、過去 9000 年間における平均活動間隔よりも有意に短い可能性が指摘されている (須貝ほか, 1999)。養老断層および四日市断層についても、同様に非等速的な活動を行ってきた可能性が高い (小松原, 2021)。

3. その 2 断層運動の非定向性

桑名断層は、第四紀前期における活動開始以降の総変位、最終間氷期以降の変位ともに、断層西側の隆起量が東側の沈降量を下回る「沈降卓越型」の断層である。しかし、その最新活動と考えられる 1586 年天正地震時およびそれ以降の地殻変動は、断層西側の隆起が東側の沈降を上回る (小松原, 2020)。このことは、桑名断層周辺では、地震性地殻変動とは様式の異なる、沈降卓越型の非地震性地殻変動が生じていることを示唆する。すなわち、桑名断層周辺の地殻変動は、単純に定向的に累積したのではない、と考えられる。

4. その 3 傾動地塊運動の非定向累積性

濃尾傾動運動は、西傾動を伴う沈降運動が定向累積的に進行してきたと考えられてきた (たとえば松澤, 1968)。しかし、牧野内 (2017) は、最終間氷期前期の熱田層下部の海成粘土層の堆積開始と終了は、ともに濃尾平野東部で早く、西部ではより遅い時代に生じたこと、および、阿多鳥浜テフラを挟有する海成粘土層 (Am3) は濃尾平野西部よりも東部で厚いこと、を示している。これらは、濃尾傾動地塊運動が一様に西部で大き

かったのではなく、東部が西部よりも早期にかつ きく沈降した時期が複数回あったこと、また傾動が間欠的であった可能性があることを示している (牧野内, 2017)。

5. 非等速・非定向累積的変動を生み出した要因

以上は、養老-桑名断層系と濃尾傾動地塊が非等速・非定向累積的に運動していることを示す。また、桑名断層周辺の「非地震性の沈降卓越型変動」や幅 20km 以上に達する濃尾傾動地塊の幅広い一連の傾動運動は、厚さ 10 数 km の上部地殻 (地震発生層以上) の弾性的変形とみなすことはできない。

このような変動を生み出した要因として、牧野内 (2017) が示唆するようにフィリピン海プレート の潜り込みの影響が挙げられる。

濃尾平野周辺では、同スラブの深度が急変していること (たとえば長谷川ほか, 2010)、および当地でスラブが断裂し、断片化した 2 つのスラブが重なり合っている可能性があること (たとえば山岡ほか, 1994) が知られる。

ここに述べた非等速・非定向累積的の地殻変動とともに、鮮新世後期~第四紀中期の知多変動から第四紀中期以降の猿投変動へ (Makinouchi, 1979) の応力転換を統合的に説明することができる可能性がある (小松原, 2022)。

今の段階ではスラブの形態や挙動に関して議論が続いているが、①この地域の地殻変動には上部地殻だけでなく、より深部の物質の運動が関与している可能性が高いこと、②この地域の断層を評価するにあたって、単純な等速定向累積的変動という第 0 近似が適用できるか否かは、未だ検討に値すること、の 2 点を指摘したいと思う。

引用文献: 地質調査所 (1999) 予知連会報, 61, 455-460. 長谷川ほか (2010) 地学雑誌, 119, 190-204. 小松原 (2020) 歴史地震, 35, 157-176. 小松原 (2021) 地質調査総合センター速報, 82, 41-47. 小松原 (2022) 地球惑星科学連合大会講演要旨 S-CG50-P02. Makinouchi, T (1979) Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ., Geol. and Mineral., 46, 61-106. 牧野内 (2017) 名城大学理工学部研究報告, 57, 43-48. 松澤 (1968) 地質雑, 74, 61-71. 中西ほか (2006) 月刊地球, 54, 194-204. 鳴橋ほか (2004) 第四紀研究, 43, 317-330. 須貝ほか (1998) 地調速報, no. EQ/98/1, 75-90. 須貝ほか (1999) 地調速報 no. EQ/99/3, 89-102. 山岡ほか (1994) 地学雑誌, 103, 567-575.

駿府城堀の水環境の現在地 —水質と堆積物コアによる検討—

金子純也・山田和芳（早稲田大）・藤木利之（岡山理大）・
瀬戸浩二・香月興太・辻本 彰・鹿島 薫（島根大学）

Junya KANEKO, Kazuyoshi YAMADA, Toshiyuki FUJIKI, Koji SETO, Kota KATSUKI, Akira TSUJIMOTO
and Kaoru KASHIMA: Understanding current situation in the moat of the Sunpu Castle based
on the results on both water quality and sediment core

1. はじめに

都市域の環境を保全する上で、計画どおりの状況であるか否かの判断は不可欠な要素である。そのため、現在の状況のみならず、過去の環境の変遷を明らかにすることは重要である。城の堀は、過去数百年にわたって都市に存在する人工水域であり、その堆積物には都市域における過去の人間と環境との関係が記録されている可能性がある。本研究では、駿府城堀の水質調査によって現在の水環境を明らかにするとともに、堆積物コアから近過去の環境を明らかにした。

2. 調査地と方法

駿府城は静岡県静岡市の中心部に位置し、周囲を官庁や学校に囲まれている。中心部は駿府城公園として整備されており、内堀の一部、中堀、外堀の一部が現存ないし復元されている。

水質調査は、2021年7月から2022年1月にかけておよそ月1回のペースで、中堀および外堀の計16地点においてCTD水質計を用いた水質測定を行った。測定項目は、水温、クロロフィルa量、溶存酸素濃度、濁度である。

堆積物コア調査は、2021年7月に駿府城中堀東側の浚渫されていない地点において、押し込み式ピストンコアラーを用いて全長33cmのコアを採取した。コアは全層準を通じて塊状シルト層によって構成されており、最下部のみ青色砂利層が堆積している。この砂利層は、1972年の不透水工事の際に人工的に敷かれたものである。したがって、1972年以降の堆積物を採取することができた。この試料に対して、鉛210およびセシウム137年代測定、花粉分析、珪藻分析、CNS元素分析を行った。

3. 結果と考察

水質調査の結果を述べる。

中堀の水深は季節や地点を問わず1m程度と安定していた。また、同一地点の水質鉛直プロファイルにも違いはほとんど見られなかった。

水温は気温と連動した季節変化がみられた。

クロロフィルa量は、夏季の中堀西側や、秋の外堀南側の閉鎖的な水域において多くなる傾向が見られたが、最大でも30 μ g/Lを下回っており、極度の富栄養化は見られなかった。

溶存酸素濃度は、全体としては夏に低く、冬に高い値を観測する傾向が見られた。総じて値は高

く、全期間を通してほとんどの地点で8mg/L以上であった。

濁度については、中堀では概ね5度から10度の間で推移した。外堀では中堀に比べて低い傾向が見られ、秋から冬にかけて多くの地点で2度を下回った。例外的に、閉鎖的な地点では20度に迫る値が観測された。

水質調査の結果、駿府城堀においては、一部の地点で水質の悪化が見られたものの、多くの地点で深刻な水質汚濁は確認されなかった。これは水の循環や有機物の流入抑止などの管理の結果であると考えられる。

次に堆積物の調査結果を述べる。

鉛210年代測定の結果深度17cmまでは混合層であり、それ以深では堆積速度は0.26cm/年と求められた。その結果、コア最深部を1972年とした場合、深度17cmは2012年となる。深度17cmよりも上位の層は、堀に人為的に投棄され生息するコイによって混合されたものと考えられる。

花粉分析の結果、コア全体を通して花粉の構成に大きな変化は見られなかった。マツ属やヒマラヤスギ属、ニレ・ケヤキ属などの花粉が比較的多く見られ、過去50年間にわたり駿府城公園の植生が安定的に管理されてきたことが反映されたものと考えられる。

珪藻分析の結果、最下部には工事の際の土砂の影響が見られたものの、コア全体を通して種の構成に大きな変化は見られなかった。*Stauroneis* spp. や *Aulacoseira* spp. などがみられ、典型的な淡水の沼沢地の環境が維持されてきたことが示された。

CNS分析の結果、C/N比は最下部と深度19cm付近を除いて10前後で推移し、堆積する有機物は陸上高等植物とプランクトン由来の両方の影響があることが示された。TOCは最下部から深度19cm付近にかけて上昇し、それより上位では4~5%程度で安定して推移した。TSは最下部から深度21cmにかけて上昇して0.4%に迫ったが、深度17cmにかけて0.2%程度まで減少し、それより上位でも同様の値で推移した。C/N比は最下部から深度21cmにかけては10程度で推移し、深度15cmにかけて上昇し、それより上位では20前後で推移した。この結果から、1970年代から2000年代にかけて底質環境がやや悪化した後、2010年代に安定したものと推定される。

北海道日高地域において復元された完新世の古海水準・堆積環境変化とイベント層の形成・保存に与える影響

中西諒・芦寿一郎・宮入陽介・横山祐典（東京大）

Ryo NAKANISHI, Juichiro ASHI, Yusuke YOKOYAMA, Yosuke MIYAIRI: Changes in relative sea-level and coastal depositional environment during the Holocene impacting the preservation of event layers in the Hidaka region, Hokkaido, Japan

1. はじめに

将来的に危惧される海水準上昇は複合的な沿岸災害を助長すると懸念されている。特に台風による洪水や津波といった現象はいくつかの研究によって相対的海水準変動の影響が大きいことが知られている (Dura et al., 2021)。相対的海水準上昇による自然災害の将来的な影響を評価する方法として相対的海水準高頂期の地質記録を用いることができる。氷床から離れた”Far-field”においては完新世中期に相対的海水準が現在より高かった (HHS) ことが知られている (Yokoyama & Purcell, 2021)。HHS の時期に発生した沿岸災害を明らかにすることで相対的海水準上昇によるリスク評価を行うことができる。

津波やストームによって形成された層 (イベント層) は、当時の相対的海水準や堆積環境によってその形成・保存ポテンシャルが変化すると考えられ、これらを考慮しなかった場合、地質痕跡から復元された災害履歴はいくつかのイベントを見逃している可能性がある。そのため、沿岸災害の地質痕跡をより正確に読み解くためには、イベント発生時の海岸発達過程や堆積環境を調べる必要がある。この点に注目した研究例は乏しいため、どのような堆積環境が保存に適しているのかについては十分明らかにされていない。特に、波源から離れた地域においては比較的小規模な津波で形成される砂層が限られた分布や薄層となることから、上記の影響がより顕著になることが予想される。

本研究では、北海道の日高海岸において報告されている古海水準指標と堆積環境変化データ (えりも・鶴苦・静内) と新たに得られた春立地域のデータを加えて、イベント層の形成時期との関係性を調べることを目的とした。本研究によって波源から離れた地域におけるイベント層の形成・保存されやすい環境を明らかにし、津波などの低頻度災害の履歴を明らかにする上で考慮すべき堆積環境変化について情報を提供する。

2. 春立地域の堆積環境復元とイベント層の認定

日高中部の春立地域における過去 7,000 年間の堆積環境の復元と砂層の成因について検討した。珪藻化石群集と CNS 分析から、7.0-5.0ka の間に HHS が確認され、塩性湿地の発達とその後の淡水湿地、乾燥陸地への移行を明らかにした。

5.5-4.0ka に堆積した泥炭層中には 3 層の砂層が確認された。これらの砂層は泥炭層との境界が

明瞭で、粒径と鉱物組成において海浜砂との類似性を示した。砂層を覆う無機質泥層は、砂層との一連の化学組成・鉱物組成変化を示し、特徴的に異地性の汽水生種や新第三紀の珪藻種を含むことから、短期間の沈降かマッドドレイブによってもたらされたと考えられる。これらの砂層と泥層のセットは、地殻変動や強い流れによって引き起こされたイベント層であると解釈される。また、これらのイベント層はより海溝に近い鶴苦地域の津波堆積物と年代的対比可能性があることから地震や津波に関連した堆積物であることを支持する。

3. イベント層保存期間の地域間比較

イベント層の形成・保存時期を規定する要因を明らかにするため、日高沿岸のイベント層の年代と相対的海水準変動に伴う堆積環境変化について整理した。春立地域におけるイベント層の堆積時期は、わずかな塩性～淡水湿地環境に限定されていた。砂層が残されなかった塩性湿地環境は、攪乱速度が堆積速度を上回るため、保存性が低い (Wheatcroft, 1990) と推定される。乾燥陸地となった時期では浜堤の発達や汀線の後退により、大きな波による砂の運搬が到達しない環境であったと推定される。

砂層が保存されていた堆積環境は、隣接する静内地域とよく類似していた。両地域では津波の波高は同程度であるはずだが、イベント層の形成期間は重なっていない。この違いは調査範囲が海岸発達過程のどの段階にあたる範囲であるかを反映していると推定される。一方で、日高南部の鶴苦地域では、HHS 期の塩性湿地から淡水湿地にわたるより長い時間窓でイベント層が保存されていた。千島海溝に面するえりも地域では、堆積環境に関係なく砂層が保存されていた。

イベント層がよく保存されている堆積環境は日高海岸沿いで共通しており、塩性湿地終盤～淡水湿地がイベント層の形成・保存に最も有利な環境であることが示された。イベント層が保存される時期は海水準変動に伴う特有の堆積環境に、保存される期間の長さは波源からの距離に、それぞれ依存することを示唆している。

引用文献 : Dura et al., (2021) **Nature Communications**, 12, 1-9.

Yokoyama & Purcell, (2021) **Geoscience Letters**, 8, 13.

Wheatcroft, (1990) **Geology**, 18, 843-845.

北海道霧多布湿原における地震性地殻変動に関連した浜堤の堆積構造と年代

根来湧輝 (東京大・産総研)・田村亨 (産総研・東京大)・澤井祐紀 (産総研)・谷川晃一郎 (産総研)・嶋田侑真 (産総研・東京大)・岡田里奈 (弘前大・産総研)

Yuki NEGORO, Toru TAMURA, Yuki SAWAI, Koichiro TANIGAWA, Yumi SHIMADA, Rina OKADA: Sedimentary structure and dating of beach ridges associated with seismic tectonics in the Kiritappu Marsh, Hokkaido, Japan

1. はじめに

北海道東部太平洋沖沿岸地域の地殻変動は、地質学的な証拠と測地学的な証拠とで異なる傾向が認められる。更新世の海成段丘面は標高 40–60 m に位置し、10 万年スケールで隆起傾向にあることを示している。その一方で、根室や釧路の検潮記録から、過去 100 年間では約 1 cm/年という異常に大きな速度で沈降していることが知られている (澤井, 2007)。こうした長期と短期の間での地殻変動傾向の違いを説明するために、大規模な隆起イベントの発生が指摘されていたが (池田, 1996)、2000 年代に行われた珪藻化石による相対的海水準変動の復元によって、17 世紀に発生した連動型巨大地震の後に海岸が大きく隆起していたことが証明された (Sawai et al., 2004)。珪藻化石によって明らかにされた海岸隆起は、長期的な隆起傾向と短期的な沈降傾向を部分的に説明するものであったが、その繰り返しや隆起量・沈降量の収支を完全には説明できてはいない (澤井, 2007; Sawai, 2020)。

そこで本研究では、北海道東部の地下に埋没した浜堤の堆積物に着目し、その構造から過去の海岸の隆起・沈降の履歴をより詳しく復元することを試みる。そのために、霧多布湿原の浜堤堆積物の堆積構造と堆積年代の調査を行い、その形成過程を考察した。

2. 手法

北海道厚岸郡浜中町の霧多布湿原に海岸と直行する方向の測線を設け、ジオスライサーによる堆積物の採取や地中探査レーダー (GPR) による地下の堆積構造の調査を行った。さらに採取した堆積物について、OSL (post-IR IRSL 法) による砂の年代測定や放射性炭素による泥炭の年代測定、火山灰の主成分分析による給源の特定などを行って堆積過程の考察を行った。

3. 結果

調査の結果以下のような特徴が観察された。(1) 本地域では上位に泥炭層が堆積し、その下位に浜堤の砂層 (海浜～前置砂丘堆積物) が堆積している。(2) 泥炭層中には上位から Ta-a (1739 年)、Ko-c2 (1694 年)、17 世紀および 13 世紀の津波堆積物、Ma-b (774–976 cal BP) と B-Tm (10 世紀) が挟まれている。(3) 浜堤の砂層は GPR 反射面が現在の海浜と近い勾配で海側に傾斜している。(4) 側線の陸側では砂層が泥炭によって上

下に分割され、その上下で 700–1000 年程度の堆積年代のギャップがみられる。(5) 浜堤の砂層は海側ほど年代が新しい。下位の砂層の陸側では 2.8 ka、海側では 1.8 ka、上位の砂層の陸側では 1.8 ka、海側では 1.0 ka ほどの年代が得られた。(6) 側線の海側で 1.0 ka よりも若い砂層の上端が大きく下に凸になっている。

4. 考察

今回の調査結果より、本地域の浜堤堆積物の形成過程は以下のようなものであると解釈される。(1) 砂の堆積により海浜が拡大する (~1.8 ka)。(2) 海浜での堆積により海岸線が海側に移動し、離水した浜堤の砂層の上に泥炭層が堆積する。(3) 1.8 ka ごろに大きな沈降イベントが発生して海面が相対的に上昇し泥炭層の上に海浜の砂が堆積する。(4) 再び海浜の拡大が始まり、海岸線が海側に移動する。(5) 1.0 ka 以降に大きな隆起イベントが発生して、相対的海水準が大きく下がる。これが 13 世紀もしくは 17 世紀の地震に関連したものであると考えられる。

引用文献

- 池田安隆 (1996) 活断層研究と日本列島の現在のテクトニクス, 活断層研究, 15, 93–99.
Sawai, Y. and Satake, K., Kamataki, T., Nasu, H., Shishikura, M., Atwater, B. F., Horton, B. P., Kelsey, H. M., Nagumo, T., Yamaguchi, M. (2004) Transient Uplift After a 17th-Century Earthquake Along the Kuril Subduction Zone, *Science*, 306 (5703), 1918–1920
澤井祐紀 (2007) 珪藻化石群集を用いた海水準変動の復元と千島海溝南部の古地震およびテクトニクス, 第四紀研究, 46, 363–383
Sawai, Y. (2020) Subduction zone paleoseismology along the Pacific coast of northeast Japan –progress and remaining problems, *Earth-Science Reviews*, 208, 103261

臨海扇状地における河成段丘の形成プロセス —浜松平野を例として—

館野宏彰（東大院）

Hiroaki TATENO: Formation process of fluvial terraces in fan-delta -a verification of the Hamamatsu Plain-

1. はじめに

河成段丘が形成される地域は、同じ河川流域であっても氷期間氷期サイクルによる気候環境・海水準の変動によって変化することが知られてきた（貝塚;1977, 小松原;2019 など）。しかし、河川の上・中流部に形成される扇状地が海に接する地形である臨海扇状地は、上流と下流の地形環境を併せ持ち、河成段丘の形成環境は明らかでなかった。本研究では、臨海扇状地の例として浜松平野の磐田原面と三方原面を対象に形成年代・環境を検討した。両段丘はこれまで MIS5e に対比された（小池・町田;2001）が、特に磐田原面では直接の年代根拠は得られておらず、両段丘で傾斜が異なる要因も統一的な見解は得られていないなど、その形成年代・環境には不確実性があった。

2. 手法

形成年代の推定は、段丘構成礫層の風化皮膜を用いた。絶対年代を明らかにできないが、近接した年代（例えば MIS6 と MIS5e）の新旧の識別に有効だと考え、本研究で用いた。いずれの構成礫層にも多く含まれた砂岩礫を計測対象とした。

構成礫層の堆積環境の推定は、礫の大きさから行った。磐田原面（9 地点）と三方原面（10 地点）に加え、堆積環境が既知である天竜川現河床（9 地点）で計測した（図 1）。露頭・現河床の任意の場所に設けたコドラート（1×1 m）内の 1~10 番目に大きな礫について、長軸と短軸の 2 軸を歪みを補正した画像上で計測した。さらに、露頭での観察から礫の形状を楕円近似可能とみなし、投影面積を楕円の面積公式から求め、10 個の礫のその平均値を各地点の粒度とした。

3. 結果

風化皮膜の厚さは、磐田原面（N=52）では平均 4.3 mm、標準偏差 3.10、三方原面（N=60）では平均 0.7 mm、標準偏差 0.94 だった。

粒度は、磐田原面では三方原面・現河床と比較して小さな値を示した。また、縦断面方向の粒度変化は、磐田原面ではいずれの地点でもほぼ同じ粒度で変化がなかったが、三方原面と現河床では概ね下流方向に細粒化した（図 2）。

4. 考察

風化皮膜の厚さは磐田原面と三方原面とで明らかに異なる。磐田原面の方が厚く皮膜が発達することは、磐田原面は三方原面よりも古い段丘であることを示唆する。

粒度は勾配（傾斜）と併せて検討した。磐田原面が急勾配でほぼ一定であるのに対し、三方原面と現河床は相対的に緩勾配で下流方向に減少する。このことから、縦断面方向の粒度変化様式の相違は勾配変化の相違に要因が求められる。一方、よ

り急勾配な磐田原面の方が細粒である要因は、流量の減少による掃流力の低下が考えられる。同様の関係は、最終氷期の段丘構成礫と現河床の礫の間にも見られることが、これまでに複数地点で報告されている（吉永・宮寺;1986, 豊島;1989, 1994, Sugai;1993 など）。すなわち、三方原面は現在と類似した環境の間氷期に、磐田原面は現在より流量（降水量）が少なかったと考えられる氷期に形成されたことが示唆される。

5. 結論

以上から、磐田原面と三方原面は異なる気候環境で形成された段丘だと言える。このことから、臨海扇状地では同一地域において、氷期と間氷期のいずれの期間にも河成段丘が形成され得ることが示された。

謝辞:本研究にあたり、宮内崇裕教授（千葉大）・須貝俊彦教授（東大）にはお世話頂きました。

引用文献: 貝塚(1977)日本の地形, 234. 小池・町田(2001)日本の海成段丘アトラス, 47-49. 小松原(2019)日本地理学会春季学術大会. Sugai(1993) *Geomorphology*, 6, 243-252. 豊島(1989) *地形*, 10, 309-321. 豊島(1994) *地理学評論*, 67A, 126-136. 吉永・宮寺(1986) *第四紀研究*, 25, 187-201.

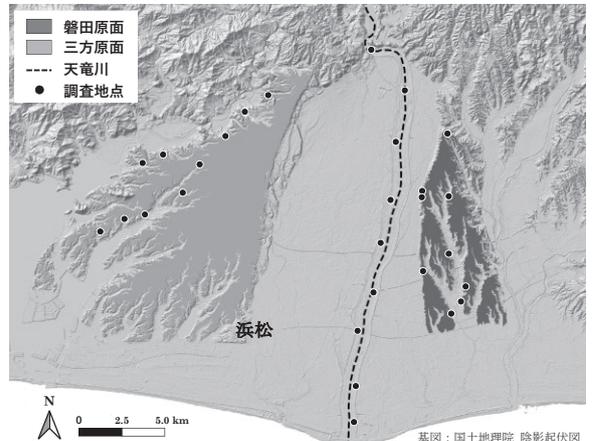


図 1. 地形区分と調査地点

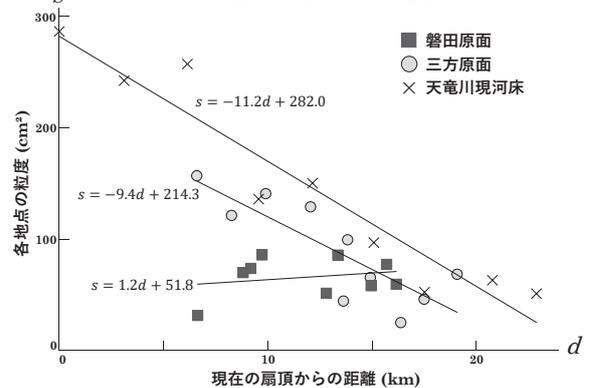


図 2. 粒度と扇頂からの距離の関係

山上湿地堆積物中でのクリプトテフラ検出に基づく高解像テフラ編年の構築 — 関田山地の茶屋池湿原・野々海湿原における MIS6 以降のテフラ層序 —

渡辺 樹・石村大輔・鈴木毅彦 (東京都立大)

Tatsuki WATANABE, Daisuke ISHIMURA, Takehiko SUZUKI: Establishment of detailed tephrochronology within ridge-top wetland sediments based on cryptotephra analysis: Tephrostratigraphy since MIS 6 in Chayaike and Nonomi wetlands, Sekita Mountains, central Japan.

1. はじめに

テフラは爆発的な火山噴火で噴出し、地質学的時間スケールでは短時間で堆積するため、優れた年代指標となる。そして、テフラの高精度な年代と分布の広域性が優れた年代指標として重要な要素となる。近年、水月湖を代表とする湖沼堆積物を対象としたクリプトテフラ分析により、従来よりも高精度な年代と広い分布域が示されるテフラが増加した (McLean et al., 2018 など)。今後、これらのテフラの有用性を更に検証し、確立するためには、複数地点にてそれらのテフラを確認することで、分布の空白域を埋めていく必要がある。

この課題に対して、本発表では山地 (特に稜線部) に位置する湿地 (以下、山上湿地) に着目する。山上湿地は有機質な堆積物が安定して堆積する環境にあり、集水域も狭い。この条件はテフラ多産地域であり、バックグラウンドに火山ガラスが多く存在する日本において (片岡ほか, 2015)、クリプトテフラを検出する上で利点となる。本発表では、長野・新潟県境の関田山地における山上湿地で掘削した 2 本のコアにクリプトテフラ分析を適用し、その有用性について議論する。

2. 研究対象地域

野々海湿原 (NNM-P1 コア)・茶屋池湿原 (CYI-P1 コア) は、長野県・新潟県境の関田山地の稜線に形成された湿原である。これらの湿原は山体重力変形によって形成された凹地地形に発達したと考えられている (八木・井口, 2017; 渡辺ほか, 2022)。

3. 研究手法

掘削には、車道から離れ機材運搬が困難な山上湿地で良質なコアを採取するために開発された、可搬型パーカッションシステム (PPCS: 金田ほか, 2018) を用い、上述の 2 本のコアを得た。また、ハンドオーガーを補助的な掘削調査に用いた。

クリプトテフラ分析は、5 cm 間隔で連続的に採取した試料に対し、過酸化水素処理を行った後、目開き 62 μm の使い捨てメッシュ上で水洗し、更に 120 μm の使い捨てメッシュでふるい分けし、62–120 μm の粒子を封入し薄片を作成した。偏光顕微鏡下で火山ガラス、有色鉱物、無色鉱物、その他に分類し、合計 500 粒子以上を数えた。その後、都立大が所有する RIMS を用いて火山ガラス・有色鉱物の屈折率測定、SEM-EDS を用いた火山ガ

ラスの主成分化学組成分析により対比を行った。

放射性炭素年代測定を CYI-P1 コア中の葉と NNM-P1 コアの有機質シルト層のバルク試料を対象に実施した。測定は前処理を発表者が実施し、グラフィイト生成・AMS 測定を東京大学総合博物館年代測定室に依頼した。

4. 結果と考察

NNM-P1 コア: 肉眼では上位から始良 Tn テフラ (AT)、妙高関山テフラ (My-S)、黒姫大平テフラ (Kh-0d)、大山倉吉テフラ (DKP)、飯縄上樽テフラ群 (Iz-Kt) が認められた。クリプトテフラ分析の結果、浅間草津テフラ (As-K) のほか、複数の妙高火山群起源と考えられるテフラを確認した。野々海湿原の堆積物は MIS6 の Iz-Kt から 30 ka の AT までのテフラを保存している。

CYI-P1 コア: 肉眼では上位から新潟焼山高谷池 c テフラ (Yk-KGc)、妙高赤倉テフラ (My-A)、野尻湖 BW338h テフラ、As-K を認めた。クリプトテフラ分析の結果、浅間火山起源のテフラ、妙高大田切川テフラ (My-0t)、十和田中掇テフラ (To-Cu)、鬼界アカホヤテフラ (K-Ah) を確認した。茶屋池湿原では完新世のテフラ層序を確認できる。

To-Cu は My-A と BW338h テフラの間から検出されたことから、ハンドオーガーを用いて多点掘削を実施し、To-Cu の層位を検討した。その結果、複数のコアで To-Cu が My-A と BW338h の間で、肉眼で観察された。このことは、To-Cu は My-A と BW338h の間にあるというクリプトテフラ分析に基づく結果と矛盾しない。また、同様のことが My-0t についても確認された。すなわち、CYI-P1 コアのクリプトテフラ分析結果は妥当なテフラ層序であると言える。

以上より、集水域が狭い特徴を持つ、山上湿地でのクリプトテフラ分析に基づくデータは、周辺地域のテフラ編年の高解像度に貢献できることが示された。発表では、さらに放射性炭素年代測定の結果を踏まえて議論する予定である。

謝辞: 本研究の一部は、日本科学協会の笹川科学研究助成による助成を受けた。

引用文献: 金田ほか (2018) 号外地球, 69, 112–120. 片岡ほか (2015) 第四紀研究, 54, 21–29. 八木・井口 (2017) 地すべり学会誌, 54, 39–41. 渡辺ほか (2022) JpGU, HDS11-03. McLean et al. (2018) *Quat. Sci. Rev.*, 183, 36–58.

本栖湖における過去 8000 年間のダスト輸送履歴および気候変動との関連

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

Karin NEMOTO, Yusuke YOKOYAMA, Stephen OBROCHTA, Shinya YAMAMOTO, Yosuke MIYAIRI, Atshunori NAKAMURA, Laura LAMAIR, Aurélia HUBERT-FERRARI, Vanessa HEYVAERT, Marc De BATIST, Osamu FUJIWARA, the QuakeRecNankai Team: An 8000-year record of East Asian dust deposition in Lake Motosu

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 (Huneus 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、ダスト供給源の乾燥度といった気候履歴が復元できる利点がある。

しかし、東アジアにおけるダスト輸送の復元には課題が存在する。東太平洋では低い堆積速度のため (<1 cm/100 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)。河川からの流入などローカルな影響も受ける堆積物中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。風成塵のシグナルを抽出する方法に、石英の物性を利用する方法がある (Nagashima et al., 2013)。しかしながら、放射性炭素年代の測定数が少ないため年代モデルの信頼性が十分とは言えない。

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 点程度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; 図 1)。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十分に議論可能である。また、富士山周辺に位置するという特性から、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。従って、堆積物中の石英は本栖湖周辺の風化侵食作用では供給されずダストの変動を反映すると考えられる。また、太平洋側で新たに風成塵の変動を高時間解像度で復元したということは特色の一つに挙げられる。

本研究では本栖湖で採取された MOT15-2 コアの分析を実施した。図 1 に示すように既に放射性炭素年代測定やテフラ年代を組み合わせた年代誤差の少ない年代モデルが存在し、およそ 8000 年前までの気候変動を数十年～数百年のスケールで捉えることができる。そこで、本研究では風成塵の変動を反映すると考えられる堆積物中の石英を分析することで、過去 8000 年前の東アジアにおける風成塵の変動および変動を駆動した要因となる気候変動との関連について考察する。

風成由来と考えられる石英量の測定には、X 線回折分析を利用した。2θ=26.6° 付近に存在する

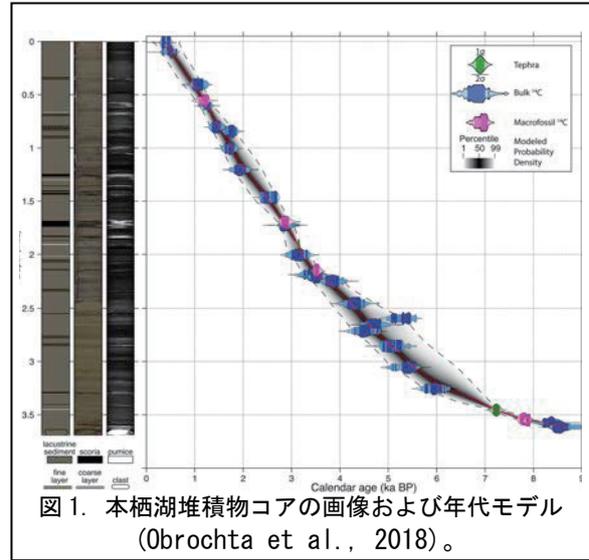


図 1. 本栖湖堆積物コアの画像および年代モデル (Obrochta et al., 2018)。

石英のピーク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量を定量化した。

3. 結果と考察

完新世は比較的安定した気候であるものの、本研究で分析した石英量の変動は必ずしも一定ではないことが判明した。特に 3000 年前から 2000 年前にかけてダストの輸送量が減ったことが分かり、本研究ではこの期間に着目した。この期間におけるダスト輸送量の減少には東アジアの気候変動に重要な役割を果たしている北半球偏西風や東アジアモンスーンの変動が関わっていると考えられ、両者の復元結果と比較することでダスト輸送量を変化させた要因となる気候変動を明らかにした。また、この期間における東アジアの気候変動には北極振動もその要因となっていることが明らかになった。北極振動は北半球全体の気候にも影響を及ぼすことから、半球的なスケールにおける気候変動についても考察する。

引用文献 : Huneus, N. et al. (2011) *Atmospheric Chem. Phys.*, 11(15), 7781-7816.
 Nagashima et al. (2013) *Geochemistry, Geophys., Geosystems*, 14(12), 5041-5053.
 Obrochta, S. P. et al. (2018) *QSR*, 200, 395-405.
 Rea, D. K., & Leinen, M. (1988) *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 66(1-2), 1-8.

残存 OSL から読み取る九十九里浜沿岸域の土砂移動

小森康太郎 (東京大学大学院)・清家弘治・田村亨 (産総研)

Kotaro Komori, Koji Seike, Toru Tamura: Sediment transport in the Kujukuri coast revealed by residual OSL signals

1. はじめに

OSL は、放射線損傷を蓄積した石英や長石などの粒子が露光した際に、損傷が回復して放たれる光である。OSL 強度を測定することで、地層中の鉱物粒子が蓄積した自然放射線量 (蓄積線量) を評価できる。さらに、蓄積線量を線量率で除することで堆積年代が得られ、第四紀後半の地層の編年に有効である。OSL による蓄積線量の評価では、鉱物粒子が運搬～堆積過程で十分に太陽に露光して、OSL がリセット (線量が 0) されたかどうかの問題になる。露光が不十分な場合、堆積時に残存していた OSL が加算されて、年代値の過大評価に繋がるためである。一方、OSL 信号の残存量 (残存線量) は、土砂移動や供給源の議論に利用できる可能性が示されている (例えば、林崎・白井, 2015; 白井ほか, 2016)。

本研究では、九十九里浜の砂丘～海浜～陸棚堆積物の残存線量の評価を行い、その傾向から沿岸および岸沖方向での土砂移動について検討する。

2. 方法

調査地は九十九里浜の海岸とその沖合である (図 1)。表層堆積物の OSL 強度を測定し、残存線量の評価を行った。砂丘～海岸の表層試料は、九十九里浜の複数の海岸の砂丘、後浜、前浜で採取した。外浜～陸棚の表層堆積物は、図 1 に示す地点の試料を用いた。堆積物試料は暗室で処理を行い、カリ長石に富む直径 180～250 μm の砂を抽出して測定に用いた。50 $^{\circ}\text{C}$ での IRSL (IR_{50}) の信号、および IR_{50} の測定後に、150 $^{\circ}\text{C}$ 、225 $^{\circ}\text{C}$ 、290 $^{\circ}\text{C}$ まで再加熱して測定される pIRIR_{150} 、 pIRIR_{225} 、 pIRIR_{290} の信号を測定して、SAR 法に基づいて蓄積線量を評価した。また、残存線量の面的な傾向を示すため、測定で得られた値に基づいて空間補間を行った (図 2)。

3. 結果・考察

砂丘～海岸の表層試料の残存線量は、採取地点で差はあるものの、 IR_{50} の信号で ~ 0.1 Gy、 pIRIR_{150} で ~ 0.8 Gy、 pIRIR_{225} で ~ 3 Gy であり、この地域の平均的な線量率からすると、それぞれ数十年、300～400 年、1500 年程度の過大評価に相当する。 pIRIR_{290} では、特に海岸間の差が大きく 10～28 Gy の線量が得られた。沿岸方向において、どの信号の残存線量も、九十九里浜の主要な土砂供給源である北側の海食崖 (屏風ヶ浦) に向かって増加する傾向が見られた。また、砂丘の発達する海岸では、前浜から 100～200 m 程度陸側の砂丘に向かって、線量が減少することが認めら

れた。こうした残存線量の傾向は、沿岸流や風による土砂輸送の際に、太陽光に露光することが反映していると考えられる。外浜～陸棚表層試料の残存線量は、 IR_{50} で ~ 0.1 Gy、 pIRIR_{150} で ~ 2 Gy、 pIRIR_{225} で 2～5 Gy、 pIRIR_{290} で 8～35 Gy となり、それぞれ数十年、1000 年、1000～2500 年、4000～17000 年程度の過大評価に相当する。 IR_{50} の残存線量は低く全体によりリセットされており、また水深との間にあまり関連が認められない。 pIRIR_{150} と pIRIR_{225} では水深 70 m 以深でやや残存線量が大きくなった。 pIRIR_{290} は地点間の線量の差が他の信号に比べて非常に大きい。

得られた残存線量の値に基づく空間補間の結果からは、九十九里浜の主要な土砂供給源 (屏風ヶ浦と太東埼) に近い側がより線量が高くなり、沿岸流の下手側は低くなることが示された。この線量の変化は、九十九里浜の沿岸漂砂の卓越方向 (堀川・砂村, 1971) と調和的であり、さらに測定地点を増やす事で海岸システム全体の土砂移動の議論に活用できる可能性がある。

引用文献: 白井ほか (2016) 第四紀研究, 55, 107-118. 林崎・白井 (2015) 地理学評論, 88, 327-340. 堀川・砂村 (1971) 海岸工学講演会論文集, 18, 417-422.

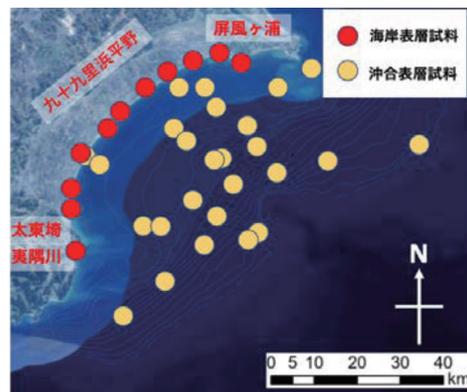


図 1 九十九里浜と試料採取地点

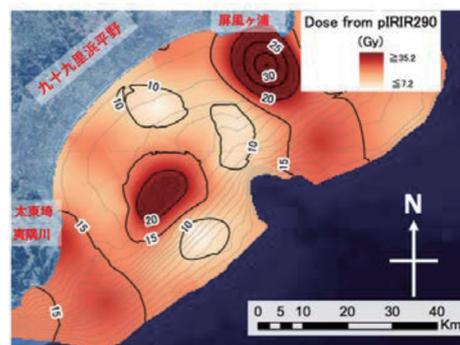


図 2 沖合の残存線量 (pIRIR_{290} の場合)

表層泥炭の放射性炭素および放射性セシウム濃度に基づく高時間分解能年代測定

常岡 廉(東大)・横山 祐典(東大)・太田 耕輔(東大)・宮入 陽介(東大)

Ren TSUNEOKA, Yusuke YOKOYAMA, Kosuke OTA, Yosuke MIYAIRI: High-resolution dating of surface peat based on ^{14}C and ^{137}Cs bomb peaks

1. はじめに

湿原は陸域で最も重要な炭素貯蔵効果を持つ環境として知られる(e.g., Yu et al., 2010; Loisel et al., 2014). しかし, 湿原堆積物中に保存される炭素量は気候に大きく左右され, 現在進行中の温暖化による湿原の炭素貯蔵効果の低減が懸念されている(e.g., Wilson et al., 2021). 湿原に対する気候の影響を評価するためには, 泥炭などの湿原堆積物の高時間分解能な編年情報に基づく古気候復元が不可欠である. 特に, 湿原の堆積物は海底堆積物や氷床試料と比べて人間の生活圏に近い陸域の古気候復元試料であるため(篠崎, 2013), 気候への人為的な影響評価に有用である. そのため, 人間活動によってもたらされた気候変動履歴を保存する表層堆積物の年代を高い時間分解能で決定する必要がある.

湿原堆積物の年代推定に用いられる主な手法はテフクロクロノロジーや放射性炭素(^{14}C)年代測定である. しかし, 指標テフラは表層堆積物から必ずしも発見されるとは限らない. また, 1950年代以降の堆積物は人為的に放出された核実験起源 ^{14}C を含むため, ^{14}C 年代測定法の適用による年代決定は困難である.

そこで, 本研究では核実験起源放射性核種であるセシウム-137(^{137}Cs)および ^{14}C のボムピークを用いて表層泥炭の年代推定を行う. これらの放射性核種の大気中濃度はいずれも部分的核実験禁止条約が締結された1963年ごろにピークを示すが, 泥炭に導入される際の経路の違いにより二つのピークの深度にずれが生じたという報告がある(e.g., Goodsite et al., 2001). 本研究では, 泥炭表層の ^{137}Cs および ^{14}C の測定を行ってそれぞれのピークを示す深度にずれが生じるかを検証するとともに, ボムピークを用いた高時間分解能な泥炭表層の年代推定を試みる.

2. 試料および方法概要

研究対象地は北海道浜中町の海成段丘上に発達した湿原群の中の一つである. 本研究では, 対象地において採取された総長約 1 m のコア試料の最表層部(図 1; 0-14 cmbs (centimeters below surface))を用いた. 使用した表層泥炭試料はミズゴケからなる未分解質泥炭の層(0-5 cmbs)および分解質泥炭層(5-14 cmbs)である.

表層泥炭試料に対して, ^{137}Cs および ^{14}C 放射能濃度の測定を行った. ^{137}Cs 放射能濃度の測定にあたっては, 東京大学大気海洋研究所のゲルマニウム半導体検出器および多チャンネル波高分析器を用いた. ^{14}C 測定にあたっては, 東京大

学大気海洋研究所の加速器質量分析装置を使用した.

3. 結果とまとめ

表層泥炭試料の ^{137}Cs 放射能濃度は, 10-11 cmbsにおいて明瞭なピークを示した. このピークを1963年の層準とすると, 表層泥炭の年平均堆積厚は約0.18 cm/yrであった.

現在, 表層泥炭の ^{14}C 測定も行っており, その結果も併せて堆積速度の推定に用い, 発表を行う予定である.

引用文献: Goodsite et al.(2001), *Radiocarbon*, 43(2B), 495-515. Loisel et al. (2014), *the Holocene*, 24(9), 1028-1042. 篠崎(2013), 地球環境史学会 PALEO1, PI-0001. Wilson et al. (2021), *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 126(11). Yu et al. (2010), *Geophysical Research Letters*, 37(13).

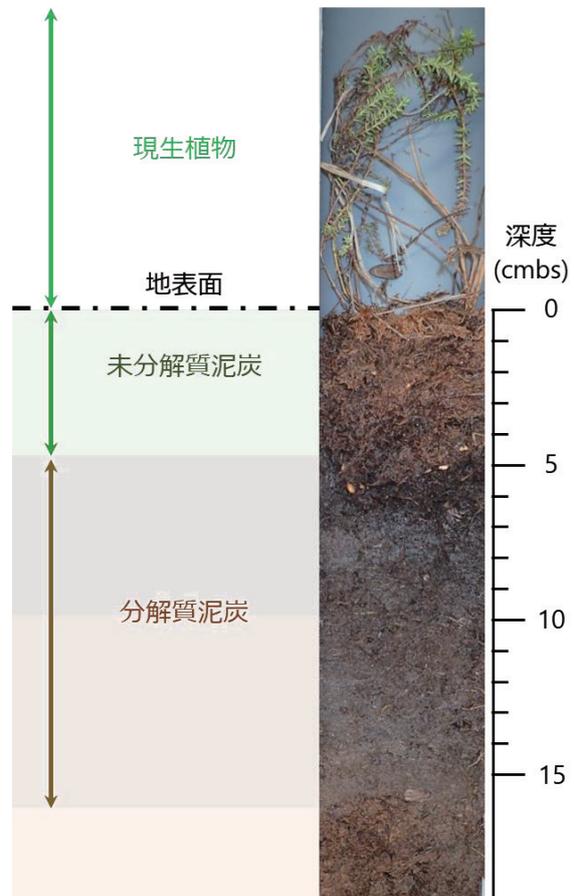


図 1. 測定に用いた表層泥炭試料

北海道東部，春採湖で得られた堆積物を用いた縄文海進期の花粉分析
酒井恵祐(神戸大)・中西利典(ふじのくに地球環境史ミュージアム)・藤木利之(岡山理科大)・
七山 太(ふじのくに地球環境史ミュージアム)・大串健一(神戸大)

Keisuke SAKAI, Toshimichi NAKANISHI, Toshiyuki FUJIKI, Futoshi NANAYAMA, Ken'ichi OHKUSHI:
Pollen analysis of the Jomon transgression using sediments from Lake Harutori, eastern Hokkaido, Northeast Japan

1. はじめに

約 7,500~5,000 年前の日本列島は、現在よりも気温は約 2°C、海水準は 2~3 m 高い温暖な気候であったと推定されている(松島, 2006)。この完海水準上昇は、縄文海進と呼ばれ、最盛期(約 6,500~5,500 年前)には現在よりも温暖であった可能性があるため、将来の地球温暖化に伴う環境研究の上で、重要なイベントのひとつである。貝化石の群集組成に基づいた先行研究によると、縄文海進の最盛期に、対馬海流が現在より北上し、北海道東部にまで到達していた可能性を推測している(松島, 2006)。一方で、北海道における縄文海進期の対馬海流北上に関する高時間分解能での古環境データは乏しく、さらに他の古環境指標での整合的な結果がいまだに得られていない。

2. 目的

本研究では、高時間分解能かつ定量的な古環境データが得られる湖底堆積物を用いて、縄文海進期の陸(花粉)・海(有孔虫)の定量的な古環境復元に取り組んでいる。今回は特に花粉分析より陸域の古環境復元を行い、縄文海進期(温暖期)の植生変遷を明らかにすることを目的とした。

3. 分析試料・方法

分析試料は、北海道釧路市に位置する春採湖で 2019 年に採取された堆積物コアの上部から約 25 m までを使用した。この堆積物を約 10 cm 間隔で 3 cm 分を 1 試料として分取し、花粉分析用試料とした。年代測定(¹⁴C)の結果、過去約 9,000 年間の復元が可能である。上部約 9 m は盛り土であったため、分析は過去約 3,000 年~約 9,000 年の間で行った。

花粉分析の方法は Fujiki *et al.* (2013) に基

4. 結果と考察

これまでの花粉分析の結果、約 6,500~5,500 年前の縄文海進最盛期に相当する試料において、ブナ属の花粉が多産する傾向がある。ブナ属は、温帯に広く分布する落葉広葉樹であり、現在は北海道黒松内低地帯(道南)を北限としている(紀藤, 2003)。このことは、縄文海進期にブナ属の分布が現在より東に広がり、釧路市においても現在より温暖な気候であったことが示唆される。

5. 今後の展開

現在もより詳細な結果およびブナ属以外の温暖期の変動を捉えるため、分析を継続中である。今後は、さらにデータを追加し、より高時間分解能で縄文海進期の植生変遷を明らかにしていく。

謝辞

本研究は、JSPS 科学研究費補助金、基盤研究(B)(課題番号:JP18H01310、代表:中西利典)および(株)パレオ・ラボ 若手研究者を支援する研究助成(第 16 期)の助成を受けたものである。

引用文献

Fujiki, T., Okuno, M., Nakamura, T., Nagaoka, S., Mori, Y., Ueda, K., Konomatsu, M., Aizawa, J., 2013. AMS radiocarbon dating and pollen analysis of core Ks0412-3 from Kashibaru marsh in northern Kyushu, southwest Japan. *Radiocarbon* 55, 1693-1701.
紀藤典夫, 2003. 北限のブナ: その地史的背景. *森林科学* 37, 46-50.
松島義章, 2006. 貝が語る縄文海進-南関東, +2°Cの世界. 有隣新書.



駿河湾沿岸における放射性炭素の海洋リザーバー効果

中西利典（ふじミュウ）・北村晃寿（静岡大）・石山達也（東大地震研）・

堀 和明（東北大）・松多信尚（岡山大）・北川浩之（名古屋大）・ホン ワン（KIGAM）

Toshimichi NAKANISHI, Akihisa KITAMUMA, Tatsuya ISHIYAMA, Kazuaki HORI, Nobuhisa MATTA, Hiroyuki KITAGAWA. Wan HONG: Radiocarbon marine reservoir effects around the Suruga Bay, central Japan

1. はじめに

核実験以前の海洋表層水の放射性炭素 (^{14}C) 年代は、日本周辺の海域において陸上試料より 200~1000 年古い (図 1)。この年代差は、海洋リザーバー効果と呼ばれ、海域ごとに異なる。海洋起源試料の ^{14}C 年代を暦年に較正する際にリザーバー効果を考慮する必要がある。駿河湾沿岸での海洋リザーバー効果を決定するため、清水平野、浮島ヶ原、菊川低地の完新統堆積物を対象として、複数深度の同層準に含まれる貝化石と陸上植物片の ^{14}C 年代を比較して、本地域の海洋リザーバー効果の時空間変化について検討した。

2. 結果と考察

清水平野

巴川の河口で得られた掘削長 70.5m の 5 本のボーリングコア試料 (Kitamura & Kobayashi, 2014) から採取された 30 試料の植物片と 22 試料の貝化石の ^{14}C 年代を韓国地質資源研究院 (KIGAM) で測定した。既存の 47 試料の年代も使って再堆積の有無について検討した。再堆積の影響が認められない 85 試料の年代から、12 組の同層準の貝化石と植物片の年代を選別して年代差を検討した。その結果、11000~2300 cal BP において、内湾に生息するミズイロツノガイ、ムシロガイ、ヒメカノコアサリ、ヒメシラトリ、キサゴ、ウミニナ、イボウミニナ、コゲツノブエ、ヘナタリ等に関して、 $130 \pm 40 \sim 590 \pm 40$ 年の海洋リザーバー効果を得た (Nakanishi et al., 2022a)。

浮島ヶ原

浮島ヶ原の埋立地で得られた掘削長 30m のボーリングコア試料 (石山ほか, 2019) に含まれる 13 試料の植物片と 6 試料の貝化石の ^{14}C 年代を KIGAM で測定した。それらの層序関係を考慮することによって、再堆積の有無を検討した。再堆積の影響が認められない 18 試料の年代から、6 組の同層準の貝化石と植物片の ^{14}C 年代の差異を検討した。その結果、7900~6800 cal BP において、エスチュアリー~内湾に生息するウラカガミ、ヒメカノコアサリ、マメウラシマガイ等に関して $150 \pm 70 \sim 470 \pm 60$ 年に相当する海洋リザーバー効果を得られた (Nakanishi et al., 2022b)。

菊川低地

菊川の河口で得られた掘削長 23.3m のボーリングコア試料 (堀ほか, 2022) から採取された 16 試料の植物片と 16 試料の貝化石の ^{14}C 年代値を名古屋大学宇宙地球環境研究所で測定した。再堆積の影響が認められなかった 28 試料の内、7

組の同層準の貝化石と植物片の ^{14}C 年代の差異を検討した。その結果、9400~7600 cal BP において、エスチュアリー~海浜に生息するアサリ、クチベニガイ、ナミマガシワガイ、キヌタアゲマキガイに関して $30 \pm 60 \sim 510 \pm 70$ 年の海洋リザーバー効果を認定した。

上記の合計 25 組をまとめると駿河湾周辺の海洋リザーバー効果の平均は 310 ± 130 年となる。これらのリザーバー効果の推定は、同地域における完新世の海洋起源試料の暦年代を得るうえで有用である。

謝辞: 本研究に用いたボーリングコア試料は、科学技術振興機構および日本学術振興会の科学研究費補助金基盤研究 (B, 18H00765) によって掘削採取された。年代測定の一部に日本学術振興会の科学研究費補助金基盤研究 (B, 18H01310) を使用した。記して謝意を表します。

引用文献: 堀ほか (2022) 日本地理学会要旨, P005. Kitamura & Kobayashi (2014) *The Holocene*, 24(7), 814-827. 石山ほか (2019) 富士川河口断層帯の重点的な調査観測報告書, 3.2, 115-216. Nakanishi et al. (2022a) *Island civilization*, in press. Nakanishi et al. (2022b) *Abstract of Radiocarbon conference*.

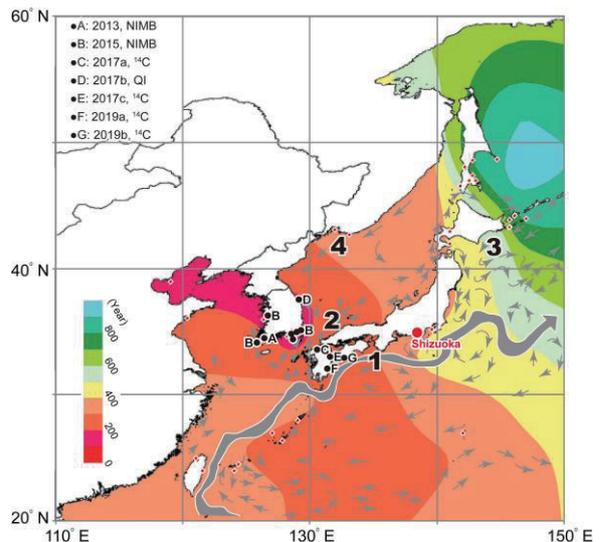


図 1. 調査地域周辺の現世における海洋リザーバー年代 (Nakanishi et al., 2022a を改変)。1: 黒潮, 2: 対馬海流, 3: 親潮, 4: リマン海流。A-G: Nakanishi et al.

トンガ王国の鍾乳石の岩石磁気学的手法による噴火履歴復元の可能性

福與直人 (産総研)・小田 啓邦 (産総研)、横山 祐典 (東大・大海研)、Geoffrey Clark (オーストラリア国立大)、山本 裕二 (高知大)

Naoto Fukuyo, Hirokuni Oda, Yusuke Yokoyama, Geoffrey Clark, Yuji Yamamoto:

太平洋島嶼国の一つであるトンガ王国は環太平洋造山帯に位置し、地震や火山活動が活発な地域である。最近でも 2022 年 1 月にトンガ王国トンガタプ島の北 65 km 地点にて大規模噴火が発生し、津波や火山灰により住民が大きな被害を受けている。その一方で、トンガ王国において地質記録から火山噴火履歴を復元した研究例はない。

鍾乳石は、古気候の復元に多く用いられてきたが (例えば Fohlmeister et al., 2020)、近年火山噴火の履歴を解読するのもにも利用できる可能性が報告されている (例えば Vanghi et al., 2019; Klaes et al., 2022)。また、鍾乳石中に含まれる磁性鉱物は降水量や植生、土壌の酸化など地域的な環境変動に伴う被覆土壌の変化を反映していると考えられており研究が進められているが (例えば Jaqueto et al., 2016; Feinberg and Hobart, 2021)、磁性鉱物を火山噴火履歴の代替指標 (プロキシ) として用いた研究例は行われていない。筆者らは既にトンガ王国で採取された鍾乳石について、古地磁気学・岩石磁気学測定の結果を報告しているが (Fukuyo et al., 2021)、本発表では、その岩石磁気学測定の結果が火山噴火のイベントが鍾乳石に記録される可能性について検討した。

試料は、トンガ王国トンガタプ島の Anahulu cave において採取した鍾乳石を使用した。鍾乳石の積層に沿ってドリリングを行い、東京大学大気海洋研究所の加速器質量分析計 (YS-AMS) による年代測定を行った。また、産業技術総合研究所の走査型超伝導量子干渉計 (SQUID) 顕微鏡、交番磁場勾配磁力計 (AGM)、高知コアセンターの磁気特性測定システム (MPMS) を用いて岩石磁気学的な測定を行った。加えて、EDS 搭載走査型電子顕微鏡 (SEM-EDS) を用いた表面構造の観察や組成の分析を行った。

YS-AMS による年代測定の結果、表層の暗灰色層がおよそ 4500 年前を示すのに対して、内部の明灰色層はおよそ 26000 年前を示した。鍾乳石中の ^{14}C 年代は土壌や母岩からの古い炭素の流入の影響により、見かけ上古い年代を示すが、この影響を考慮しても表層は完新世以降、内側は最終氷期最盛期付近で堆積したと考えられる。

古地磁気・岩石磁気学的測定の結果、磁性鉱物総量は表層の暗灰色層が内側の明灰色層よりも 10 倍以上多く含まれることが明らかになった。また磁性鉱物種も異なっており、内側の明灰色層ではマグネタイトが主体であったが、表層の暗灰

色層ではマグネタイトとそれらが部分酸化したマグヘタイトの混合が主体である。鍾乳石中の磁性鉱物は被覆土壌の環境変動を反映することから、この結果は被覆土壌の酸性化が完新世以降に起きたことを示唆する。

SEM-EDS による分析の結果、Si が周辺の 2 倍の強度を示す部分があり、これは年代測定結果や古地磁気・岩石磁気学的測定が示す暗灰色層と明灰色層との差異に一致した。鍾乳石中の Si の濃集は、火山噴火のプロキシであると考えられており (例えば Vanghi et al., 2019; Klaes et al., 2022)、鍾乳石中の磁性鉱物の変動をもたらした被覆土壌の酸性化は火山噴火による可能性が示唆された。

本発表では、更に蛍光 X 線分析 (XRF) による組成分析を加えて詳細に検討することで、鍾乳石中の磁性鉱物の変動が噴火イベントを記録している可能性について議論を進める。

引用文献:

Feinberg, J.M., and Hobart, K.K. (2021) *Elements* 17, 113–118.

Fohlmeister, J., Voarintsoa, N.R.G., Lechleitner, F.A., Boyd, M., Brandtstätter, S., Jacobson, M.J., and L. Oster, J. (2020) *Geochim. Cosmochim. Acta* 279, 67–87.

Fukuyo, N., Oda, H., Yokoyama, Y., Clark, G., and Yamamoto, Y. (2021) *Earth Planets Space* 73, 1–13.

Jaqueto, P., Trindade, R.I.F., Hartmann, G.A., Novello, V.F., Cruz, F.W., Karmann, I., Strauss, B.E., and Feinberg, J.M. (2016) *J. Geophys. Res. [Solid Earth]* 121, 7024–7039.

Klaes, B., Wörner, G., Kremer, K., Simon, K., Kronz, A., Scholz, D., Mueller, C.W., Höschen, C., Struck, J., Arz, H.W., et al. (2022) *Communications Earth & Environment* 3, 1–15.

Vanghi, V., Borsato, A., Frisia, S., Howard, D.L., Gloy, G., Hellstrom, J., and Bajo, P. (2019) *Sedimentology* 66, 2661–2685.

深層学習を用いた沿岸巨礫のマッピング

山田圭太郎 (立命館大学), 石村大輔 (東京都立大学), 後藤和久 (東京大学)

Keitaro YAMADA(Ritsumeikan University), Daisuke ISHIMURA(Tokyo Metropolitan University), Kazuhisa GOTO (The University of Tokyo): Test of coastal boulder mapping using deep learning.

1. はじめに

沿岸に分布する巨礫は、その大きさから移動には大きなエネルギーが必要となる。したがって巨礫の空間分布やその時間変化は、過去に発生した津波や台風などの規模やそのダイナミクスを理解するうえで重要な指標といえる。そのため、巨礫の分布や重量(体積)を求めるために、現地での踏査や、衛星写真、オルソ画像から a 軸, b 軸, c 軸を代表値とした形状や体積の計測が各地で行われてきた (e.g. Boesl et al., 2020; Delle Rose et al., 2021; Goto et al., 2010)。

本研究では、迅速かつ、より実態に即した体積を計測することを目指して、深層学習を用いた巨礫を検出試みるとともに、検出された礫の a 軸, b 軸, c 軸の計測に加え、Digital Surface Model (DSM) を用いた体積の計測も行った。

2. 調査地域

本研究では、これまでに現地調査などが行われてきた沖縄県石垣島南部に位置する白保海岸および宮良湾を例に調査を行った。本地域にはおもにサンゴ岩塊からなる 1~10m 程度の巨礫が海岸から礁内にかけて多数分布する。Goto et al. (2010) は白保地域に分布するこれらの巨礫の位置と最大体積 (a 軸, b 軸, c 軸) を求め、一部は津波によって運搬されている可能性があることを示した。

2. 研究手法

沖縄県石垣島を例に、(1) ドローンを用いた Digital Surface Model (DSM) 及びオルソ画像の作成、(2) 深層学習による巨礫の検出、(3) オルソ画像を用いた形状計測、(4) DSM を用いた巨礫の堆積計測、(5) 現地踏査による直接計測の結果との比較を行い、一連の手法の検証を行った。

本研究では、Mavic Air 2 (DJI 社製) を用いて高度約 50 m から白保海岸および宮良湾の撮影を行った。撮影は潮位の低い 2021 年 12 月 18~21 日及び 2022 年 5 月 29~31 日の二回行った。撮影した画像は Metashape (Agisoft 社製) を用いて DSM およびオルソ画像の作成を行った。オルソ画像は、学習地域とテスト地域に分け、それぞれモデルの学習と検出テストに利用した。

深層学習は Meta research が開発する Detectron2 (He et al. 2017) を使用し、礫の Instance segmentation を行った。アノテーションは約 50 cm 以上の礫を対象に行い、アフィン変換などによって水増ししたデータを用いてモデ

ルの学習を行った。

また、検出された礫の形状データから Matlab を用いて楕円近似を行い、a 軸, b 軸を求めるとともに、同領域の DSM から c 軸及び体積を計測し、現地踏査による測定結果 (軸長) や Goto et al. (2010) の結果と比較した。

2. 結果・考察

学習させたモデルを用いてオルソ画像の instance segmentation を行ったところ、ベンチ上のほとんどの礫の位置・輪郭を検出することができた。一方で海没部分については、現地での直接計測が行えなかったこと、DSM の作成が行えなかったことから、比較対象から除外した。

これらの礫の輪郭から計算された a・b 軸長や DSM から測定された c 軸長と、現地で直接計測した各軸長を比較したところ、非常に良い一致を示した。また、DSM から計算した体積は三軸から計算した最大体積とよい相関を示した。これらの結果から、深層学習を用いることで直接計測と比較して、より迅速かつ実態に近い巨礫の体積計測ができる可能性がある。一連の手法は、巨礫の定点観測や広域の調査などに応用できる可能性がある。

引用文献: Boesl et al. (2020), *Sedimentology*, 67, 1393-1410. Delle Rose et al. (2021), *Water*, 13, 2426. Goto et al. (2010), *Marine Geology*, 269, 34-45. He et al. (2017), *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*. 2961-2969.

謝辞: 礫の現地計測にあたり、東京大学地球惑星科学専攻の田中さん、Lewis&Clark College の Safran 准教授のご助力をいただいた。また本研究は、文部科学省科学研究費補助金(課題番号: 20K20733)の助成を受けた。記して謝意を表します。

三重県南部の沿岸湖沼における過去 3000 年間の海水侵入の履歴

嶋田侑真（産総研・東京大）・澤井祐紀・松本弾・谷川晃一朗・伊藤一充（産総研）・田村亨（産総研・東京大）・行谷佑一・宍倉正展（産総研）・藤野滋弘（筑波大）

Yumi SHIMADA, Yuki SAWAI, Dan MATSUMOTO, Koichiro TANIGAWA, Kazumi ITO, Toru TAMURA, Yuichi NAMEGAYA, Masanobu SHISHIKURA, Shigehiro FUJINO: Marine inundation history during the last 3000 years at a coastal lake in southwestern Japan

1. はじめに

西南日本太平洋沿岸は、主に南海トラフで発生した津波と、台風の通過に伴う高潮・高波により、繰り返し被災してきた。そうした浸水イベントの発生履歴と再来間隔を明らかにするために、イベント堆積物の保存が良好である沿岸湖沼の地層を調べる研究が行われてきた（例えば、岡村・松岡 2012; Baranes et al. 2016）。しかしながら、イベントの年代決定を高精度で実施した研究は非常に少なく、この地域における長期的な浸水履歴の解明には至っていない。

そこで、本研究では、三重県南伊勢町にある「こがれ池」で湖底堆積物を採取し、信頼性の高い年代測定とその結果に基づく年代-深度モデルの構築を行うことで、過去 3000 年間に於ける海水の侵入履歴を復元する。

2. 研究方法

水面にフローターを浮かべロシアンサンプラーによる掘削や塩ビパイプを押し込むことにより、7 地点において湖底から最大 4.75 m の深度まで堆積物コアを採取した。採取したコアについて、肉眼観察と CT 画像による観察を行った。堆積年代を推定するため、大型植物化石および濃縮花粉を測定物とした放射性炭素年代測定と、Ge 半導体検出器による ^{137}Cs および $\text{Excess-}^{210}\text{Pb}$ の濃度測定を行った。放射性炭素年代は、大型植物化石試料については Beta Analytic Inc. の測定、濃縮花粉試料については立命館大学の濃縮作業と東京大学の測定により得られた。年代測定の結果を基に、Haslett and Parnell (2008) に従って年代-深度モデルを作成した。

3. 結果と考察

こがれ池の湖底堆積物は、主に有機質シルト層で構成されていた。その中に、9 枚の砂層、1 枚の礫層、1 枚の火山灰層が挟まれていることが肉眼で認識された。加えて、肉眼では認識できないが、CT 画像による観察から上下の有機質シルト層よりも高密度な層が 7 枚確認された。この高密度層についても、定常的に堆積する有機質シルトとは異なる堆積物であることから、イベント堆積物と考えた。そこで、砂層・礫層および火山灰層と併せて、上位から E1~E18 と名付けた。年代測定の結果を基に作成した年代-深度モデルから、18 枚のイベント堆積物は過去約 3000 年間に堆積したことが分かった。

イベント堆積物の側方対比を堆積学的特徴と年代に基づいて行ったところ、18 枚のうち 13 枚については湖沼の海側部分のみに分布することから、津波または非常に大きな高潮・高波による海水の侵入で形成されたと考えられた。南伊勢町では西暦 1660~1893 年に 45 回の高潮・高波による被害の記録がある（南勢町史 2004）。今回見いだされたイベント堆積物の頻度（3000 年間に 18 枚）は、高潮・高波の被害に比べると非常に稀である。つまり、高潮・高波の度にイベント堆積物が形成された可能性は低い。

年代-深度モデルにより推定された堆積年代に基づくと、海水の侵入によって形成された 13 枚のイベント堆積物のうち、6 枚が南海トラフで発生した歴史地震による津波堆積物の可能性がある。

今後、周辺地域でも同様の研究を進めて対比を行うことで、先史時代を含む津波や高潮・高波の履歴を地域的に明らかにできると期待される。

謝辞

本研究は、文部科学省による「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」および「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」の一環として実施した。

引用文献 : Baranes, H.E., Woodruff J.D., Wallace, D.J., Kanamaru, K. and Cook, T.L. (2016) Sedimentological records of the C.E. 1707 Hōei Nankai Trough tsunami in the Bungo Channel, southwestern Japan. *Nat. Hazards*, 84, 1185-1205.

Haslett, J. and Parnell, A.C. (2008) A simple monotone process with application to radiocarbon-dated depth chronologies. *J. R. Stat. Soc., C: Appl. Stat.*, 57(4), 399-418.

南勢町誌編纂委員 (2004) 改訂増補 南勢町誌 (上巻). 720p, 三重県度会南勢町.

南島町史編集委員会 (1985) 南島町史. 889p, 南島町.

岡村 眞・松岡裕美 (2012) 津波堆積物からわかる南海地震の繰り返し. *科学*, 82 (2), 182-191.

琵琶湖南湖の泥質堆積物の堆積速度

里口保文*・林竜馬*・加三千宣**・芳賀裕樹* (*琵琶湖博, **愛媛大)

Yasufumi SATOGUCHI, Ryoma HAYASHI, Michinobu KUWAE and Hiroki HAGA: Depositional velocity of muddy sediments under southern part of Lake Biwa, central Japan

1. はじめに

日本一広い湖である琵琶湖は、複雑な地史ながらも、現在の地域において安定した湖になった時期から現在までの期間においても、世界有数の古い湖である(琵琶湖自然史研究会, 1994)。琵琶湖の形状は、琵琶湖大橋がかかる付近を境に、北部と南部で湖沼としての性質が異なっており、広くて深い北湖と、狭くて浅い南湖の2つの地域で構成されている。湖として形成された時期は、南部の南湖の方が早いようだが(増田・里口, 2021)、広くて深く40万年以上の長期にわたって細粒堆積物を安定的に堆積させてきた北湖においては、気候変動を解明するための研究が多く行われている(中川ほか, 2009など)。そのため、琵琶湖を対象とした細粒堆積物の記載や堆積機構に関する研究は北湖で行われており(井内, 1990)、南湖においては、表層堆積物の粒度分布の他には、堆積環境について時空間的に明らかにした研究がほとんどない。

そこで本研究では、千年程度と表層近くの限定的ではあるが、南湖地域における泥質堆積物の粒度分布および堆積速度について記載的に検討を行った結果を報告する。

2. 湖底地形と掘削地点

琵琶湖は、基本的には北北東—南南西の方向に伸びており、南湖は北湖よりもその伸張方向が顕著である。湖を長く存続させている西岸断層帯の活動の影響のため、東西断面では、中央部よりも西側に近い位置に水深が深い部分があり、西岸に沿う様にして深い部分が南北方向にある。その傾向は北湖で顕著であるが、南湖でも同様の傾向がみられる。南湖の水深が深い地域は、北部の琵琶湖大橋の付近の約7.5mがあり、南湖全域でみれば、北部で深く、流出口がある南部で浅い。

ボーリングを行った地点は、琵琶湖国定公園学術調査団編(1971)で示されている礫・砂の分布範囲をさげ、泥質堆積物が分布している地点を選び、南湖の中央よりやや西側よりの北部から南部にかけての水深が3.5m~5.5mの地点において行った(図)。採取方法は、約40cm程度までをHR型採泥器、層相観察および粒度分析等のために約70~110cm長を簡易サンプラー、佐竹式コアサンプラーを使用して採取した。

3. 南湖堆積物と堆積速度

調査対象地域は、表層部に泥質堆積物が分布する地域(琵琶湖国定公園学術調査団, 1971)、であるが、一部には表層部がやや砂質の地域もある。

層相や粒度分析の結果からは、表層部よりも下位層の方がより細粒な粒径の層準のことが多く、植物片の含有も下位層では少ないなど、層準による違いが見られるものの、基本的にはシルトサイズを主体とする泥質堆積物からなる。

表層部の堆積年代測定は、南湖の中部と北部の2箇所を対象に、鉛210年代測定を愛媛大学において行った。これらの堆積速度は、水深が5.5mの地点の方が4.7mの地点よりも相対的にみて速い。また、植物辺ないし貝皮の炭質物をつかった炭素14年代測定を(株)地球科学研究所および(株)加速器分析研究所に依頼して実施した。実施した地点は南湖中央付近から南部の3地点で、深度1m~1.1m付近で採取したものについては、1190±30yrBP, 1407±21yrBP, 1962±23yrBPの値が得られた。これらはそれぞれ、水深が-4.7m, -4.1m, -4.1mの地点で、位置的には北から南への順に位置する。表層部の堆積速度は地点の深度が深いほど速いが、これらの地点も北部ほど速いことから、南湖における泥質堆積物は、南部よりも北部の方が堆積速度が速く、深度よりも位置との関係が深い可能性がある。



図 コア採取地点図。地形図は地理院地図より。

【引用文献】

琵琶湖国定公園学術調査団編(1971)琵琶湖国定公園学術調査報告書。付図2。; 琵琶湖自然史研究会 編著(1994)琵琶湖の自然史。八坂書房, p340。; 井内美郎(1990)地質学論集, 36, 195-208。; 増田富士雄・里口保文(2021)琵琶湖博物館研究調査報告, 34, 95-109。; 中川毅ほか(2009)第四紀研究, 48, 207-225。

2022 年トンガ火山噴火によって発生した「気圧波」・「津波」に伴う地下水位変動

香川 淳・吉田 剛 (千葉県環境研究センター 地質環境研究室)

Atsushi KAGAWA, Takeshi YOSHIDA: Groundwater level change caused by Lamb wave and Tsunami due to the eruption of Tonga volcano 2022

1. はじめに

2022 年 1 月 15 日 13:00 過ぎ (日本時間), 南太平洋トンガ諸島のフンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山 (以下, フンガ火山) が爆発的に噴火し, この際に発生した「気圧波」や「津波」は約 8000km 離れた日本でも観測された. こうした火山噴火の影響が, 千葉県内の観測井において地下水位変動として観測されたことから報告する.

2. 気圧波と地下水位変動

千葉県では, 約 150 本の観測井により地下水位を連続観測している他, 圧力式水位計の大気圧補正用として県内各地に気圧計を設置している. このうち, 千葉市美浜区稲毛海岸に設置している水位計 (Onset 社製 HOB0-MX2000 型水位計) では, 30 秒間隔, 0.01hPa の分解能で大気圧を計測している.

フンガ火山が爆発的に噴火した 1 月 15 日, 稲毛海岸の気圧計では 20:26 頃に最大 1.8hPa 気圧が上昇した後, 上昇直前よりも約 0.5hPa 低下し, その後は 0.5hPa 程度の振動をくり返す気圧変動が観測された. この気圧変動は, フンガ火山で発生した「気圧波」(約 300m/s) が, 約 7 時間かけて約 8000km 離れた日本まで到達したとする計算とおおむね一致する. さらに, 地球 2 周目の到着時刻にあたる 1 月 17 日 09:00 前にも約 0.8hPa の気圧上昇が観測された. こうした地球規模で伝播した気圧変動は, 爆発的噴火にともない発生した長周期大気音波の一種 (大気境界波: 大気 Lamb 波) と考えられている (西田, 2022).

このフンガ火山の「気圧波」到達時刻に前後して, いくつかの観測井で明瞭な地下水位変動が観測された. 成田市三里塚に設置されている「成田-3 (深度 50m・スクリーン深度 18.1~29.1m)」では, 1 月 15 日 20:00 過ぎに地下水位が低下を始め, 20:26 前後に最大 12mm の低下が観測された. その後地下水位は上昇し, 20:47 頃に低下直前よりも約 5mm 上昇した後は, 数 mm の振動が 22:00 頃まで続いた. 他の観測井においても同日 20:00 過ぎに, 10mm 程の地下水位低下や, 数 mm の振動的変動が認められるなどした. なお「成田-3」では, 「気圧波」2 周目に相当する 1 月 17 日 09:00 前にも 7mm 程度の地下水位低下が観測された. こうした気圧変動に対する地下水位変動量 (1 周目: 約 6.7mm/hPa, 2 周目: 約 8.8mm/hPa) は, これまでの台風通過時にみられた地下水位変動量 (8~10mm/hPa) とおおむね一致することから, 「気圧波」通過時の気圧変動により急激に地下水位が変動したものと推定される.

3. 津波と地下水位変動

東京港波浪観測所 (東京都港区) の潮位記録では, 1 月 15 日 21:30 頃から約 1 時間周期で約 20cm の潮位変化が認められ, 約 4 日にわたり継続している (図). この潮位変化は, フンガ火山から日本列島に到達した成因の異なる津波が, 海底地形や深度変化, 副振動等により複雑な影響を受け変化し東京湾奥に到達したものと考えられる. 一方, 船橋市湊町に設置された「船橋-2 (深度 200m・スクリーン深度 172~183m)」は, 東京湾に面した海老川河口部に位置しており, 高潮や津波などの潮位変化の影響が地下水位に現れることが知られている (香川, 2011). この「船橋-2」では 1 月 15 日 22:00 頃から, 潮汐とは異なる約 1 時間周期, 振幅約 2cm の地下水位変動が観測され, およそ 4 日間にわたって変動が続いた (図). 同観測井では 2011 年東北地方太平洋沖地震の際にも, 東京湾に浸入した津波に呼応して地下水位変動が観測されており, 今回も津波によって帯水層にかかる圧力が変化し, 地下水位変動を生じたものと推定される.

引用文献: 西田 (2022) 日本地球惑星科学連合ニュースレター誌, 18, 2, 15-17. 香川 (2011) 千葉県環境研究センター年報, 11.

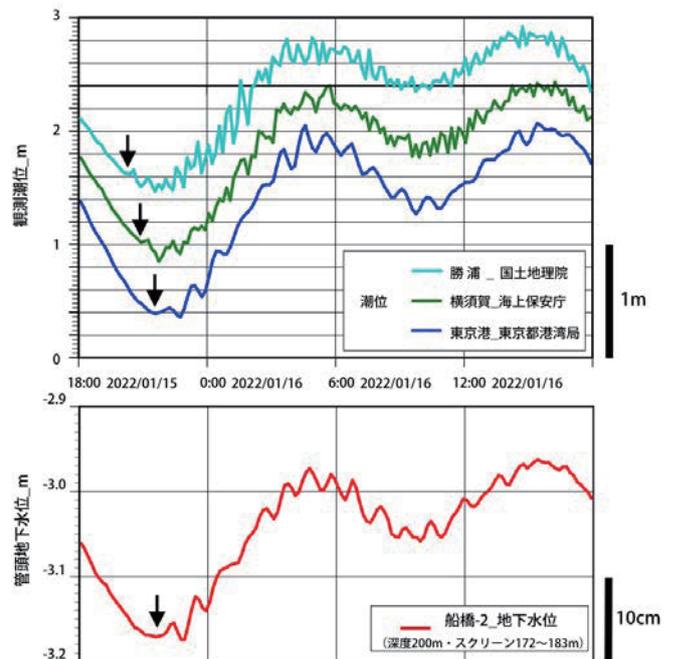


図 2022 年 1 月 15 日から 16 日にかけて房総半島周辺で観測されたフンガ火山噴火に伴う「津波」(上) および同時刻に船橋市で観測された地下水位変動 (下) (↓: 潮位・水位変化の開始点)

岡山城堀堆積物に記録された過去 100 年間の都市環境変遷

藤木利之 (岡山理大)・金子純也・山田和芳 (早稲田大)
 鹿島 薫・瀬戸浩二・香月興太・辻本 彰 (島根大学)

Toshiyuki FUJIKI, Junya KANEKO, Kazuyoshi YAMADA, Koji SETO, Kota KATSUKI, Akira TSUJIMOTO:
 Last 100-year urban environmental history recorded in the moat sediments of Okayama Castle.

1. はじめに

日本のお城が沿岸平野部に築城された場合、そこが県庁所在地など都市中心部に位置していることが多い。城のお堀が残存する場合は、お堀の堆積物は、人為的攪乱などの環境変化を高精度に記録することになり、都市部の近過去の環境変化を復元することが可能であり、人新世の環境変化を議論する好都合の材料となる。今回は、岡山市の中心部に位置する岡山城の東堀において柱状試料を採取し、花粉分析を中心に Pb/Cs 年代測定、珪藻分析、CNS 分析なども行い、過去約 100 年間の都市環境の変化を復元した。

2. 調査地点

岡山城本丸の内堀は、内下馬橋で西堀と東堀に分けられ、開水路を通しての水の出入りのない閉鎖性水域である。堀の底には泥が堆積しており、泥から溶出する栄養塩類によって内堀内の水質の富栄養化が問題となっている。東堀は築城当時から泥が堆積しているが、西堀は平成 6 年に底泥を取り除いたためほぼ堆積がない。今回は、東堀の水深約 1m の 3 地点において、押し込み式ピストンコアラーを用いて、80~100cm の堆積物を 3 本採取した。

3. 結果と考察

Pb/Cs 年代測定を行った結果、深度 30.5cm が 1950 年頃、深度 20.5cm が 1963 年頃であった。

花粉分析では、1950 年頃からアカマツ花粉が減少し、ムクノキやエノキ花粉が増加している。その後、アカメガシワ属が減少し、1963 年以降になると、ヒマラヤスギ、コブシやソメイヨシノが出現始め、岡山城周辺の街路樹管理など都市整備の状況が把握できた。また、65~35cm に花粉含有量が少ない層があり、さらにシダ孢子が急増する層準が確認されたが、珪藻分析でも同じ層準に珪藻含有量が極端に少なく、様々な環境に生息する珪藻が出現していた。この層準は 1934 年の室戸台風により旭川が氾濫した洪水層であると考えられた。

CNS 分析では、洪水層の後に段階的な水質悪化が確認された。実際、濁りが著しく、夏には悪臭を発することがあり、内堀の水質汚濁が問題となっていた (北岡ほか, 2009)。そのため、2001 年に場内に井戸が掘られ地下水が堀に供給されるようになり、さらに 2008 年以降は水質浄化の取り組みが行われ、その成果による若干の水質改善が確認された。

引用文献：北岡・森山・大上・松尾 (2009) 岡山城のお堀の水質改善を目指して、3-10。

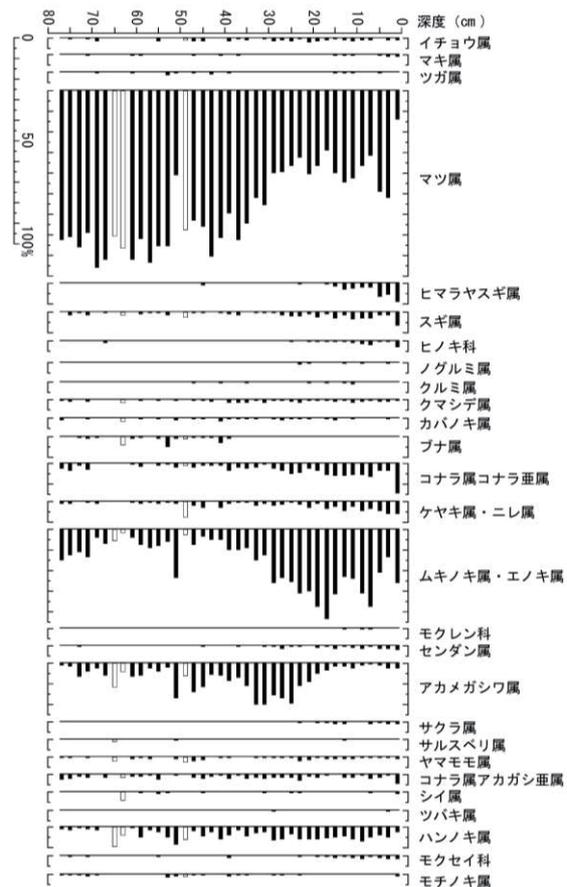


図. 1 岡山城東堀 No. 2 コアの花弁変遷図

福徳岡ノ場 2021 年噴火による漂流軽石の形状の特徴

石村大輔（都立大）・平峰玲緒奈（都立大）・山田素子（都立大）・中村義也（都立大）

Daisuke ISHIMURA, Reona HIRAMINE, Motoko YAMADA, Yoshiya NAKAMURA: Particle shape of drift pumice from the 2021 Fukutoku-Oka-no-Ba eruption

1. はじめに

2021 年 8 月 13 日に北福徳カルデラの中央火口丘の 1 つである福徳岡ノ場で噴火が発生した。初期はプリニー式噴火、その後は間欠的なスルツェイ式噴火に移行し、8 月 15 日まで噴火が続いた（産業技術総合研究所, 2021）。VEI (Volcanic Explosivity Index) は 4 と推定されており、その噴火によって噴出し、洋上に浮遊した軽石は 0.1 km^3 と推定されている（産業技術総合研究所, 2021）。

本研究では、このような海底火山噴火に伴う漂流・漂着軽石の日本・海外での漂着時期、漂着量、粒子サイズ、形状に関する情報を収集し、漂流・漂着軽石の運搬・堆積過程の一般的な特徴の把握を目指している。本発表では、福徳岡ノ場 2021 年噴火の漂流・漂着軽石（以後、FOB 軽石）の形状に着目し、漂流時間や漂着場所による違いを報告する。

2. 分析試料

分析に使用した試料を採取した時系列で並べると、気象庁が 8 月 22 日に洋上で採取した試料、南・北大東島、喜界島、奄美大島、与論島、沖縄本島、徳之島、宮古島、フィリピン・バタン島、石垣島、与那国島、薩摩半島、伊豆半島、室戸半島、タイ・マレー半島、甌島、である。これらの試料は第一波で漂着したと考えられる試料であり、最初の漂着が確認されて可能な限り時間をおかず採取した。

3. 分析方法

採取した試料の 2-64 mm のサイズを対象とし、 1ϕ 毎にふるいで画分した。ただし、粒径が大きいものは数量に限られるため、計測数が、2-8 mm では 500 個未満、8-16 mm では 250 個未満、16-32 mm では 100 個未満、の結果と 32-64 mm 粒子の結果を参考値として扱った。形状は、Wadell (1932) の円磨度（以後、R）を使用し、Ishimura & Yamada (2019) の手法に基づき求めた。得られた結果は粒径毎のヒストグラムから、平均値、中央値、歪度、尖度を計算した。

4. 結果・考察

各地点の粒径毎の R の値は、2-4 mm、4-8 mm にかけては増加した。一方、8 mm 以上では粒径が大きくなると R の値が減少した。これは、同様の手法に基づく河川や海岸の礫の傾向（粒径が増加すると R も増加する；石村・高橋, 2022）とは異なる。このことから、粒径の大きな軽石には円磨にかかる十分な時間が経過していない、もしくは、十分に円磨が進む前に破碎してしまう、ために R が増加しない可能性が挙げられる。今後、時間経

過した同じ場所の FOB 軽石の R を測定することで検証可能である。

時間経過に伴う R の変化については、気象庁によって噴火 9 日後に採取された軽石の R が最も小さい値を持つ。一方、最初に漂着が確認された南北大東島の R の値は、その後に漂着した南西諸島の値とほぼ同様であった。このことから、FOB 軽石の R は 1 ヶ月半程度の洋上の漂流で互いに接触することによる円磨作用により、十分に円磨が進むことがわかる。この傾向は、軽石の発泡度や硬さにもよるが、一般的に漂流・漂着軽石は円磨された形状を持つと言え、過去の漂流・漂着軽石の 1 つの指標として、円磨度は有効であると考えられる。

一方、同時期に同一の島で採取した試料の R はばらつく。これは漂着した海岸の地形や構成粒子の影響であると考えられる。喜界島、奄美大島、与論島で同時期に採取された試料を比較すると、隆起サンゴ礁が広く分布する地域で採取された喜界島の R は、砂浜で採取された与論島と奄美大島の R よりも全体的に値が小さい。これは、漂着した海岸での円磨・破碎作用も漂着した軽石の R に影響を与えていることを示唆し、岩石海岸よりも砂浜海岸の方が R が高い傾向にあると言える。

5. まとめ

本研究では、FOB 軽石に対し、軽石粒子の粒径、漂流期間、漂着場所、に着目して R を比較した。その結果、河川や海岸に認められる粒径毎の R の変化とは異なる傾向を示した。これは大きな粒子にはより多くの時間がかかることと大きな粒径のものほど円磨の前に破碎が起きてしまうことがその要因として挙げられる。今後、時間経過した FOB 軽石を計測することで検証可能である。また、洋上で 1 ヶ月半程度経つと R は収束することと海岸の地形や構成粒子によって R に多少のばらつきが生ずることもわかった。

引用文献：石村・高橋(2022) JpGU2022, HGMO3-P05. Ishimura & Yamada(2019) Sci. Rep. 9, 10251. 産業技術総合研究所(2021)第 149 回火山噴火予知連絡会. Wadell(1932) J Geol 40, 443-451. **謝辞**：サンプル採取に関しては、多くの方々にお世話になった。気象庁には、噴火から 9 日後に採取された試料を提供していただいた。フィリピンの試料は PHIVOLCS から提供いただいた。タイの試料は、Marine and Coastal Resources Research & Development Institute の Chalermrat Sangmanee 氏と Ratchanee Puttapreecha 氏に採取いただいた試料を JAMSTEC の吉田健太氏を通じて提供いただいた。

最終間氷期および MIS5e の海岸線の日本における分布について

横山祐典 (東京大)・タン エバン (東京大)・尾崎達也 (東京大)

Yusuke YOKOYAMA, Evan TAM, Tatsuya OZAKI: Distribution of marine terraces formed during the last interglacial and Marine Oxygen Isotope Stage 5e in Japan

1. はじめに

第四紀を特徴づける氷期—間氷期の変動に伴って、氷床（陸域）と海洋で表層荷重の再分配が引き起こされる。これによる固体地球の粘弾性変形は、Glacio-hydro-isostatic Adjustment (GIA)として知られている (Nakada and Lambeck, 1987; Yokoyama and Purcell, 2021)。旧氷床域から十分に離れた地域の相対的海水準の情報は、GIAに伴う固体地球の変形の効果が、最終氷期に於て氷床が存在した北米や北欧などの near-field に比べると小さい (Nakada and Lambeck, 1987)。これらの地域は Far-field と呼ばれ、相対的海水準を規定する要因のうち、特に氷床量変化に伴う全球平均海水準の情報を得るのに有効である (Yokoyama and Purcell, 2021)。例えば同じく Far-field に位置するオーストラリアでは、相対的海水準の情報を用いて、最終氷期最盛期に至る急激な海水準低下の詳細や (Yokoyama et al., 2018; Ishiwa et al., 2019) それに続く海水準上昇の変化が報告されている (Yokoyama et al., 2019)。同じく Far-field に位置する日本では、オーストラリアと同様の情報を得ることが可能である。しかしテクトニックに活動的であることから上記に加えて長期的な地殻の上限変動に関する情報も得ることが可能である。日本では特に広域火山灰を使った年代決定 (町田・新井, 2003) が可能なため、これまでも隆起海浜の研究は盛んに行われてきた。そこで氷床量変化に伴う全球平均海水準の情報が分かれば相対的な海水準変動からテクトニクスが議論できるため、この方法を用いて長期的なテクトニクスの研究が行われてきた (Nakada et al., 1991; Okuno et al., 2014 など)。

2. 手法

本研究ではこれまでに発表されたデータをレビューし海水準の指標の再評価を行いつつ、長期的なテクトニクスの活動度を議論するのに有効な最終間氷期の隆起海浜の高度分布を調べた。特に近年の INQUA (国際第四紀学会) の Marine and Coastal Process や PAGES (Past Global Change) など国際学会で検討されてきた海水準指標の認定の方法のガイドライン (Rovere et al., 2016) によって再検討を実施し、先行研究でコンパイルされていない地点も加えて検討を行った (Tam and Yokoyama, 2021)。

3. 最終間氷期の隆起海浜高度の地域分布

過去 60 年間の研究で蓄積された 70 以上の論文をレビューし、300 地点以上の過去の海水準指標についてコンパイルした。日本列島が 4 つのプレートの境界に位置することから、多くの地域で最終間氷期の海浜の高さは地域差があり、これまでの先行研究とも整合的な結果となっている。講演では今回の作業の結果得られた地域性などについて空間分布の傾向を示しながら議論する予定である。

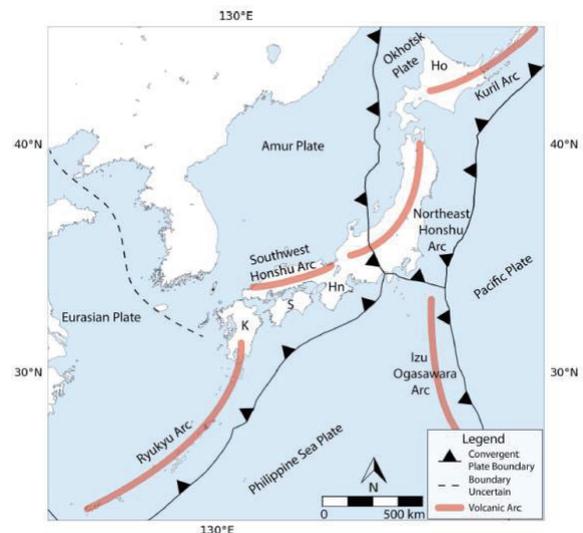


図 1 日本周辺のプレート分布などを示す地図 (Tam and Yokoyama, 2021)。

引用文献: Ishiwa, T., et al. (2019) *Sci Rep*, 9(1), 1–8. 町田洋・新井房夫, (2003) *新編火山灰アトラス*, 東京大学出版会 336p., Nakada, M., et al. (1991) *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 85(1) 107–122, Nakada and Lambeck, (1987), *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*, 90, 171–224. Okuno, J. et al. (2014) *Quat Sci Rev*, 91, 42. Rovere, A. et al. (2016) *Earth Sci Rev*, Tam, E., and Yokoyama, Y. (2021) *Earth Syst Sci Data*, 13, 1477–1497. Yokoyama, Y., et al. (2018) *Nature*, 559, 603–607. Yokoyama, Y. (2019) *Oceanography*, 32, 64–71. Yokoyama, Y. and Purcell, A. (2021) *Geoscience Letters*, 8(1), 13.

耳石の段階融解炭素 14 分析を用いた駿河湾魚類の棲息環境の推定

宮入 陽介・横山 祐典・永田 俊(東大大海研)

Yosuke MIYAIRI, Yusuke YOKOYAMA, Toshi NAGATA, Estimation of the habitat of Suruga Bay fishes using radiocarbon analysis of otoliths with stepwise dissolution technique

1. はじめに

魚類の生息環境は、直接タグを付けた計測器ロガーを使って研究されてきた。しかし、測定器の大きさ（魚類の活動に問題のないサイズでなければならない）や設置後の回収率の低さなど、様々な障害により、魚類の生涯の移動履歴を再構築することは困難であることが多い。しかし、放射性炭素を含む化学的痕跡を用いた分析法は、これらの問題を克服し、我々の科学的知見のギャップを埋めることができる可能性が高い（Larsen et al.2018）。

本研究では、時系列解析や魚類生息域の変化履歴の復元に利用可能な耳石に対する簡易な放射性炭素分析法を開発を行った。耳石の段階溶解法を用いた放射性炭素分析法を採用した。炭酸塩の段階溶解法はYokoyama et al.2000によって、サンゴ試料の高精度分析のために開発された手法である。同研究では試料を段階的に溶解することで、試料の辺縁部に生じた再結晶部分を除去するために用いている。本研究では同手法を魚類の耳石の分析に用いた。魚類の耳石は個体の成長とともに外側に形成されていくため、段階的溶解法によって外周部から段階的に分析をすることができれば、容易に魚の生息環境を考察することが可能となる可能性が高い。

2. 研究手法

本研究では、段階溶解法分析を行うため、真空中でリン酸を任意の量分注できる専用の分解容器を新たに開発し、試料の溶解段階に応じて酸を分注することにより、サンプルの溶解速度をコントロールし、1個の耳石から複数回のガス抽出を行った。

分析には駿河湾で漁獲されたヒウチダイの耳石を用いた。日本の本州中部に存在する駿河湾は海底勾配が非常に大きく、湾の最奥部では海岸からわずか2kmメートルで水深が500mに達するため、沿岸の漁業であっても深海魚が漁獲される非常に特異的な地域である。湾の最深部では2500mとなり、この地域では深海魚の漁業が盛んである。そのため、漁業資源をして深海魚が多く利用されている。詳しい生態が明らかになっていないことが多い深海魚の生態についての生態情報を容易に得ることができれば、漁業資源の保全等にも役に立てることができる。

また、駿河湾周辺の海水の溶存無機炭素（DIC）の放射性炭素濃度については、近年の報告値が存在し（Tsuboi et al.2011）、その値を用いることで、深海魚の移動履歴を推定することができる。本研

究では分析対象のヒウチダイの耳石を抽出し、その片側の耳石を用い、4段階に分けて融解をした。ステップ1では全体の37%の炭素が抽出され、ステップ2では37%、ステップ3では16%、ステップ4では最後の10%が抽出された。それらをYokoyama et al.（2007）の手法に従いグラフアイト化を行い、東京大学大気海洋研究所が所有するシングルステージ型加速器質量分析計（YS-AMS）を用いて（Yokoyama et al.2019）¹⁴C濃度を測定した。

3. 結果

AMS分析の結果、ヒウチダイ耳石の放射性炭素濃度は外側から内側にかけて徐々に増加していくことが分かった。それを（Tsuboi et al.2011）で示された駿河湾周辺の海水のDIC中の¹⁴C濃度の年平均値の深度プロファイルと比較することで、今回分析した個体は、生息深度が稚魚期から成魚になるにしたがって徐々に深いところに移動していることが分かった。本手法を用いると簡便に海棲魚類の移動履歴が復元できる可能性がある。

引用文献：

- Larsen, T., Yokoyama, Y., & Fernandes, R. (2018). Radiocarbon in ecology: Insights and perspectives from aquatic and terrestrial studies. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(1), 181–190.
- Yokoyama, Y., Esat, T. M., Lambeck, K., & Keith Fifield, L. (2000). Last ice age millennial scale climate changes recorded in Huon Peninsula corals. *Radiocarbon*, 42, 383–401.
- Tsuboi, T., Iwata, H., Wada, H., Matsuzaki, H., Sohrin, R., Hiroe, Y., Ichikawa, T., Hidaka, K., & Watanabe, T. (2011). Water column profiles of dissolved inorganic radiocarbon for the Kuroshio region, offshore of the Southern Japanese coast. *Radiocarbon*, 53(4), 679–690.
- Yokoyama, Y., Miyairi, Y., Matsuzaki, H., & Tsunomori, F. (2007). Relation between acid dissolution time in the vacuum test tube and time required for graphitization for AMS target preparation. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 259(1), 330–334.
- Yokoyama, Y., Miyairi, Y., Aze, T., Yamane, M., Sawada, C., Ando, Y., de Natris, M., Hirabayashi, S., Ishiwa, T., Sato, N., & Fukuyo, N. (2019). A single stage Accelerator Mass Spectrometry at the Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 455, 311–316.

赤石山脈東縁とその周辺の山地における大規模斜面崩壊の編年

苅谷愛彦（専修大）

Yoshihiko KARIYA: Chronology of large landslides in the eastern part of Akaishi Mts. and its surround mountains

1. はじめに

斜面崩壊（以下、崩壊）の発達過程や発生期を地形学・地質学的に解明することは山地地形学、古（歴史）地震学、古環境学、砂防学など第四紀学が包括する様々な研究分野にとって重要である。静岡・山梨両県に属する赤石山脈東縁とその周辺の身延山地・天守山地は複数の内陸活断層に近接し、駿河トラフの北端から約 80 km 以内に位置する。この山域には大小様々な崩壊が存在し、それらの多くは強震動や極端気象を誘因として生じてきたと考えられる。本発表では、演者とその共同研究者らが進めてきた大規模崩壊の編年情報を整理・紹介し、展望と課題を述べる。

2. 大規模崩壊の分布

崩壊分布は、統一的地形判読に基づく防災科技研「地すべり地形分布図」で解読できる。既往研究も存在する。これらに私たちの地形解析を加え、各地の大規模崩壊で踏査を行い、編年資料を集めた。編年資料は崩壊物質や堰止湖・氾濫原堆積物中の木片や有機物の ^{14}C 年代、化石埋木の酸素同位体比年輪年代 (OID)、石英含有岩石の原位置宇宙線生成核種年代 (TCN) や広域テフラ年代とした。既存研究には史料に依拠するものもある。

3. 事例と現状

編年資料が蓄積しつつある（図 1）。藪ノ湯や雨河内、三石山では複数の ^{14}C 年代で発生期が限局された（苅谷 2018 四紀要旨；苅谷・小塚 2019+苅谷・木村 2022 とともに日地理要旨）。 ^{14}C 年代に加え、OID や TCN、テフラ年代によるクロスチェック（または各法単独での編年）を経たものもある。ドンドコ沢は日本で最多数の資料が得られた崩壊の一つであり、樹木年輪 ^{14}C ウィグルマッチング年代の他、信頼できる複数の OID が最近得られ、この崩壊が CE887（仁和地震）前後に生じたことがほぼ確定した（苅谷 2012 地形・2014 地すべり会誌；Yamada 他 2018 Quat. Geoch）。同様の検討が赤石山脈西縁の池口や矢筈山で進行中である（山田他 2022 JpGU）。藪沢や有東木では ^{14}C 年代と TCN が得られている（黒澤他 2015 JpGU；苅谷・松四 2018 日地理要旨）。また四尾連湖は ^{14}C 測定限界に近い層位にあるが、始良丹沢 AT が編年を助けた（鈴木・苅谷 2016 四紀要旨）。AT は栃代や伊奈ヶ湖でも発見され、御庵沢では堰止湖堆積物から鬼界アカホヤが検出された（太田・苅谷 2016+木村・苅谷 2020 とともに日地理要旨）。地域北半では御嶽テフラが有用で、御岳第 1・同伊那が桐沢や伊奈ヶ湖で発見された（小塚・苅谷 2018 JpGU）。南半では天城カワゴ平や箱根吉沢下部相当のテフラが知られている（目代・千木良 2000 地理評；松田・杉山 2008 AIST50k「南部」）。

4. 課題

踏査による崩壊物質や堰止湖・氾濫原堆積物の層序の確認と、実証的な年代試資料の獲得を通じ、七面山では史料による従來說（永井・中村 2000 地すべり会誌）に代わる年代観が得られている（苅谷 2017 四紀要旨）。大谷崩でも、広く受容されてきた地形発達論の再考が必要と思われる（木村・苅谷 2022 日地理要旨）。従來說への疑問は域外の八ヶ岳大月川でも呈されている（山田他 2021 砂防会誌）。いずれも野外調査と複数の手法・年代による慎重な検討が必要であることを示す。また歴史時代の崩壊では ^{14}C 法による時期限局が困難なことがあり、適切な代替試料・編年法の探索が欠かせない。

目下、崩壊発生期が気候変化期などに集中する傾向は見いだせない。内陸活断層やトラフを起源とする歴史地震や、歴史極端気象との関連も十分解明されていない。さらなる検討には、踏査をベースとする資料の積み増しが必要である。

謝辞 本発表の内容の一部は次の共同研究者との研究成果による（井上公夫・太田凌嘉・木村恵樹・木村 誇・栗本享宥・黒沢 兆・國分（齋藤）陽子・小塚朋子・小森次郎・齋藤 仁・佐藤 剛・佐藤昌人・佐野雅規・清水勇介・鈴木輝美・對馬あかね・寺岡義治・中塚 武・西井稜子・原山 智・松四雄騎・松崎浩之・光谷拓実・村松 武・李 貞・山崎新太郎・山田隆二）。科研 22K01035 他。

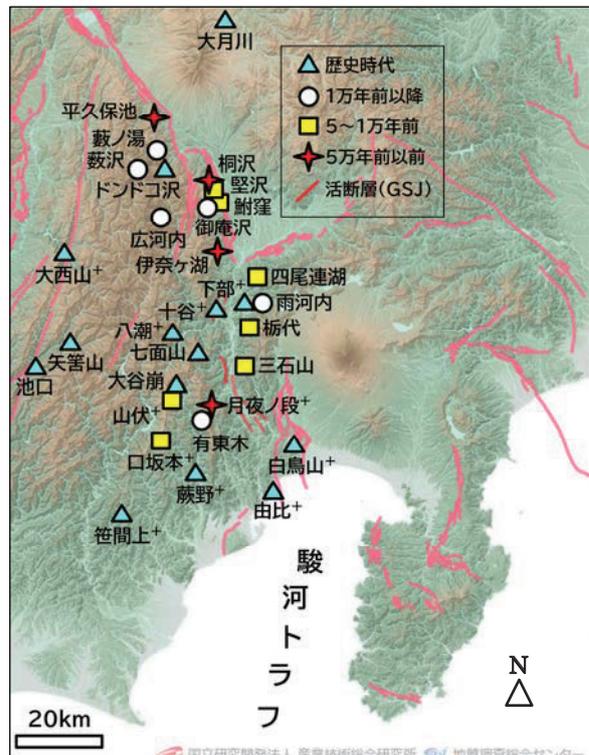


図 研究対象の主な大規模崩壊（地名+ = 既往研究）

静岡県浮島ヶ原において復元された過去 5000 年間の沈水イベント

澤井祐紀 (産総研)・百原 新 (千葉大)・伊藤一充・松本 弾・嶋田侑眞 (産総研)

Yuki SAWAI, Arata MOMOHARA, Kazumi, ITO, Dan MATSUMOTO, Yumi SHIMADA: Submergence events during the last 5,000 years in Ukishima-ga-hara, Shizuoka Prefecture, Japan

1. はじめに

静岡県の富士市から沼津市の海岸には、浮島ヶ原と呼ばれる東西に長い低地が広がっている。この低地は富士川河口断層帯に隣接しており、さらには断層帯が南海トラフの延長にあることから、この低地の環境変動は断層帯の活動や駿河トラフ沿いの海溝型地震の活動に関係していると考えられている (Fujiwara et al., 2016; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2010)。本研究では、ボーリングコア中の珪藻化石と大型植物化石の変化から環境変化を復元し、得られた結果と海溝型巨大地震の対応を考察した。

2. 研究方法

研究に使用したボーリングコアは、2010 年度～2012 年度にかけて合計 17 地点で最大深度 25 m まで採取した。採取した試料は 1 cm～2 cm 間隔で分割し、分析用の試料とした。珪藻化石は、過酸化水素水処理法によってスライドグラスに封入し、光学顕微鏡下で同定・計数した。大型植物化石は、試料を 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm オープニングの篩で水洗し、残渣から実体顕微鏡下で拾い出した。大型植物化石に対して行った放射性炭素年代測定は、地球科学研究所を通して Beta Analytic Inc. で行った。得られた年代測定結果を用い、Haslett and Parnell (2008) に従って Age-Depth モデルを構築した。

3. 結果と考察

本研究で確認された沈水イベントは、陸生珪藻から水生珪藻への変化として記録されていた。また、陸上に生育する植物から水域に生育する植物への変化や、より深い水域に生育する植物への変化としても記録されていた。例えば、コア HTG-2 の深さ 2.3 m と 3.1 m 付近では、それまで優占していた陸生珪藻である *Diadsmis contenta* が急激に減少し、その代わりに浮遊生珪藻である *Aulacoseira* 属や *Thalassiosira* 属が優占するようになる。また、同じコアの深さ 3.9 m 付近では、それまで優占していた湿地性植物のスゲ属 (*Carex*) が減少し、入れ替わるように浮葉なし沈水植物であるヒシ属 (*Trapa*) やヒルムシロ属 (*Potamogeton*) が優占するようになる。こうした群集変化は、当時の水位が上昇することによる植生の変化を表していると考えられ、急激な沈水イベントが調査地で複数回発生していたと推定された。沈水イベントは、珪藻化石のみから検出されたもの、大型植物化石のみから検出されたもの、珪藻化石と大型植物化石の両方から検出さ

れたものがあった。

化石群集から復元した沈水イベントの年代を推定するため、群集が変化する層準付近から産出した大型植物化石の放射性炭素同位体年代を計測した。最も古い年代は約 5000 cal BP で、得られた年代から構築した Age-Depth モデルから算出したところ、本研究で検出された 11 回の沈水イベントのうち幾つかは、歴史記録に残された海溝型地震に対応する値を示した。

4. まとめ

静岡県の浮島ヶ原低地においてボーリング調査を行い、得られた試料の珪藻化石および大型植物化石の分析を行った。その結果、過去 5000 年間に 11 回の沈水イベントを検出することができた。これらのうち、幾つかのイベントの年代は、歴史記録に残された海溝型地震に対応する値を示した。

浮島ヶ原で見られる沈水イベントは排水の悪さによる水位変動なども記録していると思われる、周辺での古地震記録を含めて総合的に議論されるべきであるが、仮に本研究で見られたような沈水イベントが南海トラフ沿いで発生した地震や富士川河口断層帯における地震活動と関係するのであれば、過去の地震に破壊領域や地震発生間隔の理解に貢献できる可能性がある。

本研究の一部は、文部科学省予算「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」を使用した。

引用文献 Fujiwara, O., Fujino, S., Komatsubara, J., Morita, Y. and Namegaya, Y. (2016) Paleocological evidence for coastal subsidence during five great earthquakes in the past 1500 years along the northern onshore continuation of the Nankai subduction zone. *Quat. Int.*, 397, 523–540.
Haslett, J. and Parnell, A.C. (2008). A simple monotone process with application to radiocarbon-dated depth chronologies. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 57(4), 399–418.
地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2010) 富士川河口断層帯の長期評価の一部改訂について。
https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/43_fujikawa_2.pdf

安倍川上流大谷崩の崩壊により形成されたハイパーコンセントレイテッド流堆積物

白井正明（都立大）・宇津川喬子（法政大）

Masaaki SHIRAI, Takako UTSUGAWA: Hyperconcentrated flow deposit formed by large-scale Oya slope failure in the upper reaches of the Abe River

1. はじめに

ハイパーコンセントレイテッド流（hyper-concentrated flow: HCF）は、碎屑粒子濃度が通常の水流と土石流の中間的（約 40~60 vol%）な流れと、定義自体は単純だが、形成される堆積物は極めてバラエティに富む。静岡県安倍川上流域に分布する大規模「土石流」堆積物（例えば、町田，1959）の一部の露頭で見られる成層礫層は HCF の bedload 部分にあたると思われる。礫の長軸の方位（オリエンテーション）の測定結果と、礫間を充填する基質の粒度分析結果を基に、礫層の堆積過程を検討した。

2. 地域概要

安倍川上流域では、18 世紀初頭の宝永地震の際に大谷崩で発生した崩壊土砂が土石流となり、大谷川と安倍川上流の谷を埋めたとされる（例えば、建設省静岡河川工事事務所，1988）。これらの崩壊堆積物の一部には中礫層と大礫層の互層が大部分を占める露頭が存在する。高さ約 40m の露頭中、高さ 30m までは大礫層および中礫層の互層であり、径 1 m を超える飛び抜けて大きな礫（outsized clast）が散在する点、各層内には葉理が見られない点などの特徴（例えば、Smith, 1987）から、HCF 堆積物と判断される。

3. 礫のオリエンテーション

礫の長軸の方位（オリエンテーション）は、通常の水流下では礫の転動を反映して流れに直交な傾向を、土石流などの集合状態での移動・堆積では流れに平行な傾向を示す。成層礫層の 40cm 以上の厚さを持つ中礫層の上部・下部および大礫層の上部・下部の 4 区分について、露頭の数カ所で各区分合計 200 個以上の礫のオリエンテーションを測定した。大礫層では上部・下部とも流れに直交する礫に富み、中礫層では上部・下部とも流れに平行な礫に富む。

4. 基質の粒度組成

水洗しつつ 1φ 間隔の篩を用いて、各基質（砂～泥）試料の粒度分布を求めた。成層礫層の大礫層と中礫層で、明瞭な粒度分布の違いが見られた。大礫層では基質と水の混じった泥水が礫を運搬したのに対し、中礫層では礫～泥が水と一体となり集合状態で移動したことが示唆される。また成層礫層を覆う「土石流堆積物状」の無構造礫層の上半部は調査露頭の上流側に分布する土石流堆積物（白井ほか，2020）とよく似た粒度分布を示す一方で、下半部は泥分含有率が極めて高く、ま

た極粗粒～粗粒砂の含有率が小さい独特の粒度分布を有することが明らかになった。

5. 礫層の堆積過程

成層礫層の中礫層は級化を示さず、大礫層は逆級化を示し礫の転動を示唆する。これらの特徴は Sohn (1997) による traction carpet モデルとよく合致する。一方中礫層の特徴は集合状態での運搬・堆積を示唆し、中礫層に対応する traction carpet 下部の frictional region が徐々に堆積すると言う Sohn のモデルと異なるため、今後検討が必要である。成層礫層の上位に位置する無構造の礫層の上半部は、上流側の土石流堆積物の延長と考えられる。一方無構造の礫層の下半部は、流下に伴い粗粒物質が既に沈降し除去された残余の浮遊物質（suspension）堆積物と考えられる。この礫層に含まれる巨礫は周囲の谷壁から削剥されたものと推測される。

成層礫層からその上位の無構造の礫層まではいくつかの侵食の痕跡はあるものの侵食面は基本的に不明瞭であり、時間間隙をおかずに連続的に堆積したと思われる。したがって大谷崩の崩壊に伴い発生した土石流の先端は水を取り込むことにより HCF 化し、bedload（成層礫層）、suspension（無構造礫層下半部）が堆積し、続いて HCF に変化しなかった土石流（無構造礫層上半部）が到達・堆積したと推定される。これは Sohn et al. (1999) が示している土石流～ハイパーコンセントレイテッド流～洪水流の一方のモデルに良く合致する。

謝辞：河尻清和（相模原市博）、小林淳（静岡県富士世界遺産センター）、松風潤・小田龍平（首都大・当時）、秋草慧一・佐藤潤一（都立大・当時）の諸氏には現地調査をお手伝い頂いた。

引用文献：

- 建設省静岡河川工事事務所(1988)安倍川砂防史. 399 p.
町田 洋(1959)地理学評論, 32, 520-531.
白井正明・宇津川喬子・渡辺万葉(2020)第四紀研究, 59, 17-29.
Smith, G.A. (1987) Journal of Sedimentary Petrology, 57, 613-629.
Sohn, Y.K. (1997) Journal of Sedimentary Research, 67, 502-509.
Sohn, Y.K., Rhee, C.W. and Kim, B.C. (1999) The Journal of Geology, 107, 111-132.

房総半島木更津台地上端部域の層序・地形の検討

佐藤俊文

Toshifumi SATO: Reconsideration of stratigraphy and topography of the aboveground end area of Kisarazu

1. はじめに

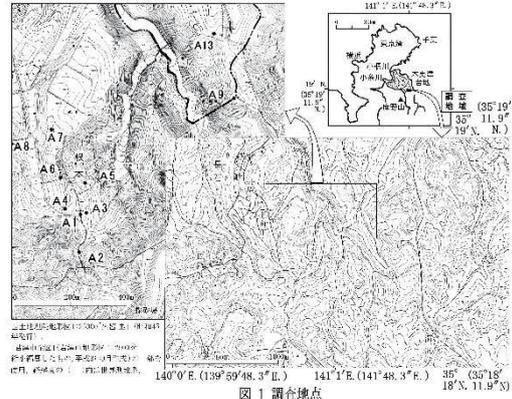
演者は房総半島木更津台地の地形に関して 2000 年(千葉)大会で代表して発表した。その後演者は周辺地域に調査を拡大し、それに基づき 2002 年長野, 2003 年大阪で単独で発表した経緯があり、それらを振り返り再検討するものである。再検討事項は佐藤独自の见解による。

2. 各大会発表内容に対する再検討要旨

1) 2000 年大会で、基盤の地蔵堂層を不整合で覆う長石層と称した層のうち、顕著なりモナイトバンドよりも下位～基底部および他地点において、2003 年大会よりも後で TCu-1 (Km2), TB-8 (Ky3) の混合テフラ層などの可能性の高いテフラ層や、Yb1, Yb5 の混ざった可能性のある混合テフラ層などを発見。それらとそれらを含む層の基底部の礫層を伴う侵食面もしくは不整合面も考慮すると、下位より藪層(地点 A13), 泉谷層, 清川層の設定が可能である。

2) 2000 年大会で Hk-KIP6, 7, 8 とした白色細粒軽石層は、斜方輝石と火山ガラスの屈折率および層準などを併せて考慮すると TAm-5 (Yk3) に対比できる可能性があり、含有層は横田層対比に矛盾せずとも慎重な検討の余地残る。

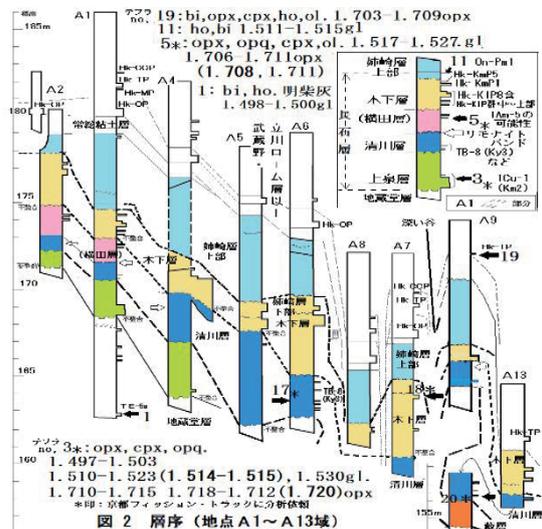
3) 2000 年大会で示された増測による珪藻分析試料 (no. 24: 塩性湿地環境下) の a. 上方約 80cm の間はおもに砂層が主体となり、この上位に層厚約 25~28 cm で、b. Hk-KIP13 とした最も厚い中・粗粒テフラ層群が介在する。a. の砂層に連なる層準は、他地点では厚さも増し基底に砂礫層(含海綿骨針個所あり)を堆積し、地点 A2 など南方には徐々に高度を上げるが、他の方面からは急激に高度をあげて登り来る不整合面をみる。これこそ木下層上部層相当(例えば小松原ほか 2004)と考えられる。a. の砂層では珪藻の検出報告はないが、この層準こそ木下層のステージ 5e 最高海水準の可能性があり(地点 A1 の約 H173m+海水深), 旧汀線は更に南奥にあった可能性がある。加えて b. に関し、地点 A7 の試料から、斜方輝石・火山ガラスの屈折率範囲と最頻値から Hk-KIP8 にほぼ明確に対比できるテフラ層がみられ(試料 no. 18*) 他地点の最も厚く目立つテフラ層は、



同テフラ層を含むテフラ層に対比できる可能性がある。4) 0n-Pm1 下位砂層層準～の層位下端は地点 A1 付近では、層厚約 9cm の砂層だが、地点 A2 方面では、層厚約 29 cm 以上はある砂礫層、地点 A9 では基底に層厚約 77cm の礫層をみる。これらは侵食基底面も有し上位に水成の砂層も認め、この層位を姉崎層上部として認める。

5) 3) でのステージ 5e の最高海水準訂正を受け 2002 年の地殻変動の算定は要再検討である。

6) 既述 1)~3) から層序が訂正されるべきであるので、2003 年の木下層層序のみで考える堆積過程は否定される。ポスター s では記載もれテフラなども示す。引用文献: 日本第四紀学会講演要旨集。2000 年大会 p28 - 29, 2002 年大会 p40-41, 2003 年大会 P190-191. 小松原琢・中澤努・兼子尚知 2004) 木更津地 域の地質。p25 - 31. 産業技術総合研究所



ルミネッセンス特性を用いた泥粒子の供給源推定

横尾健人（東京大）・田村亨（産総研）

Kento YOKOO, Toru TAMURA: Provenance analysis of muds with luminescence properties

1. はじめに

堆積物の供給源の推定は、地表のプロセスや環境変化を理解する上で重要である。石英や長石といった鉱物粒子は、放射線を浴びると内部に不対電子を蓄積し、蓄積量は時間の経過とともに増加する。このように蓄積された不対電子は、可視光、赤外光、熱により励起されて再結合することで、それぞれ光ルミネッセンス (OSL)、赤外光ルミネッセンス (IRSL)、熱ルミネッセンス (TL) を発する。ルミネッセンスがもつ感度や信号成分などの特性は、供給源によって異なることが知られている (Tokuyasu et al., 2010)。堆積物のルミネッセンス特性を利用した供給源推定の手法はこれまでも試みられており (Sawakuchi et al., 2018)、河川に流出した土砂の OSL, IRSL, TL が過去の降水量変化を知る指標として利用された事例も報告されている (Mendes et al., 2019)。しかしながら、その手法自体は十分に検討されているとはいえ、中でも泥粒子のルミネッセンス特性を定量的な供給源推定に利用した例はほとんどない。そこで本研究では、長石と石英の OSL, IRSL, TL の特性から、複数の供給源をもつ堆積物の混合比を定量的に決定する新しい手法を、実験と河川堆積物への適用を通して開発することを試みた。

2. 手法

ルミネッセンス特性の異なる地理的に離れた 2 つの供給源 (仙台湾とメコン川氾濫原) の泥粒子 (粒径 4-11 μm) を 10% 刻みで人工的に混合し、そのルミネッセンス特性を定量化した。そして、それぞれのルミネッセンス特性が混合比をどれだけ明確に反映しているかを検証した。ここでは、自然ルミネッセンスを露光と加熱によりブリーチ (リセット) した後、約 160 Gy の β 線照射により再度蓄積させた再生ルミネッセンスを測定した。測定は、125°C における長石の IRSL と石英の OSL、及び 260°C までの長石と石英の TL について、各試料について 8 つのサブサンプル (アリコット) を準備して測定した。測定後の解析では、長石の IRSL は測定開始直後の 2 秒間の積算値、石英の OSL は測定開始直後の 1 秒間、TL は測定時の最大値を抽出し、8 つのアリコットの平均値を利用した。

3. 結果と考察

長石では、混合比に対して IRSL 強度で比較的強い相関が得られたが ($r=0.94$, $p<0.01$)、TL では明確な相関は得られず ($r=0.71$, $p<0.01$)、いずれの場合も同一試料中でアリコットごとの測

定値に大きなばらつきがあった。一方、石英では OSL, TL とともに非常に強い相関が得られ (ともに $r=0.98$, $p<0.01$)、アリコット間のばらつきも比較的小さかった。これらの結果は、少なくとも今回利用した 2 つの試料を区別するためには、石英のルミネッセンス特性が適していることを示唆している。また、石英の OSL と TL の間に非常に強い相関 ($r=0.99$, $p<0.01$) が見られた。

今後は、開発した手法の精度向上のためにも方法として、データの正規化とルミネッセンス感度 (単位質量 (または単位放射線量) あたりに発生するルミネッセンス) の利用を考えている。加えて、河川堆積物に本手法を適用することで、実地における適用可能性の検証を行う。

・引用文献

- Tokuyasu, K., Tanaka, K., Tsukamoto, S. and Murray, A. (2010) The Characteristics of OSL Signal from Quartz Grains Extracted from Modern Sediments in Japan. *Geochronometria*, 37, 13-19.
- Sawakuchi, A. O., Jain, M., Mineli, T. D., Nogueira L., Bertassoli Jr., D. J., Häggi, C., Sawakuchi, H. O., Pupim, F. N., Grohmann, C. H., Chiessi, C. M., Zabel, M., Mulitza, S., Mazoca, C. E. M. and Cunha, D. F. (2018) Luminescence of quartz and feldspar fingerprints provenance and correlates with the source area denudation in the Amazon River basin. *Earth and planetary science letters* 492, 152-162.
- Mendes, V. R., Sawakuchi, A. O., Chiessi, C. M., Giannini, P. C. F., Rehfeld, K., and Mulitza, S. (2019) Thermoluminescence and optically stimulated luminescence measured in marine sediments indicate precipitation changes over northeastern Brazil. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 34, 1476-1486.

静岡県遠州灘海岸で見られる漂着軽石の分布と特徴

青島晃・宇都宮權・馬淵彩花・吉田和佳奈・樽松宏征（静岡県立磐田南高校）

Akira AOSHIMA, Kai UTSUNOMIYA, Ayaka MABUCHI, Wakana YOSHIDA, Hiroyuki KUREMATSU:

Distribution and characteristics of drift pumice found along the Enshunada Sea coast, Shizuoka Prefecture, Japan

1. はじめに

火山噴火によって海域に放出された軽石は、多孔質で水に浮くために、海流により漂流して海岸に打ち上げられることがある。このような軽石は、「漂着軽石」と呼ばれ、各地の海岸や地層中から発見されている（加藤，2009）。2021年8月の福徳岡ノ場の海底火山の噴火によって発生した大量の軽石は、10月に沖縄に漂着し、その後、黒潮に乗って11月には伊豆諸島や伊豆半島の海岸で見つかった。しかし、遠州灘の海岸では、福徳岡ノ場起源の軽石の漂着については不明である。そこで、遠州灘の海岸における福徳岡ノ場起源の軽石も含めた漂着軽石について、その分布や特徴、漂着時期を明らかにすることを目的に調査を行った。

2. 方法

遠州灘の天竜川河口から御前崎を経て駿河湾の大井川河口までの海岸に沿って、漂着軽石の分布と産状を約5~10 km間隔で調べ、試料を採取した。次に試料をKrumbein (1941) の円磨度印象図と比較して円磨度を求め、3軸を測定してZingg (1935) の形状分類を行った。なお、採取した時期は2021年12月と2022年3月、5月である。

3. 結果と考察

2021年12月と2022年3月の調査では、掛川市大須賀海岸から御前崎市御前崎サンビーチまでの遠州灘海岸で白色多孔質の漂着軽石を採取した。この軽石は、2~5 cmの扁平な楕円形のものが多く、内部はよく発泡した気泡が引き延ばされており、透明~白色のガラスと少量の斜方輝石と単斜輝石の自形結晶を含む。この軽石は御前崎に近づくほど粒径が大きくなることから、伊豆諸島の新島、神津島などからの漂着の可能性が考えられるが、平峰ほか (2019)、平峰ほか (2020) によると、日本各地の海岸には、AT起源の軽石が浸食されて海流により漂着していることを指摘している。

一方、2022年5月の調査では、愛知県伊良湖岬恋路ヶ浜海岸から御前崎までの遠州灘全域と御前崎から牧之原市片瀬浜までの駿河湾西岸で、いわゆるチョコチップタイプの灰色軽石を、前述した白色多孔質軽石に混じって多数採取した。この軽石は、黒色ガラス質破片と斜長石、単斜輝石、かんらん石を含むことから、福徳岡ノ場起源の軽石である (Yoshida *et al.*, 2022)。従って、福徳岡ノ場の軽石の遠州灘海岸への漂着は、主に2022年4月頃であったことが推定される。また、

フジツボや藻類が付着しているものが多かった。

図は遠州灘の白色多孔質軽石と福徳岡ノ場起源の軽石、沖縄（中城村、国頭村、大宜味村）の福徳岡ノ場起源の軽石の形状分類である。白色多孔質軽石は、やや小判型~円盤型であるのに対して、福徳岡ノ場起源の軽石は球状を示す。また、円磨度と粒径を比較すると白色多孔質軽石は、円磨度の平均が0.56、粒径の平均が32.7mmであるのに対して、遠州灘の福徳岡ノ場の軽石は円磨度0.60、粒径が30.0mmであることから、遠州灘の福徳岡ノ場の軽石の方が、円磨度、粒径ともやや小さい。さらに沖縄と遠州灘の福徳岡ノ場の軽石を比較すると、沖縄の軽石の円磨度は0.47、粒径は39.3mmであることから、遠州灘の方が円磨度は大きい粒径は小さい。これは沖縄よりも遠州灘の方が、黒潮により長距離を運搬されたためと考えられる。

今後は、特に白色多孔質の漂着軽石について、鉱物の屈折率や主成分化学組成分析を行って起源を明らかにしたい。

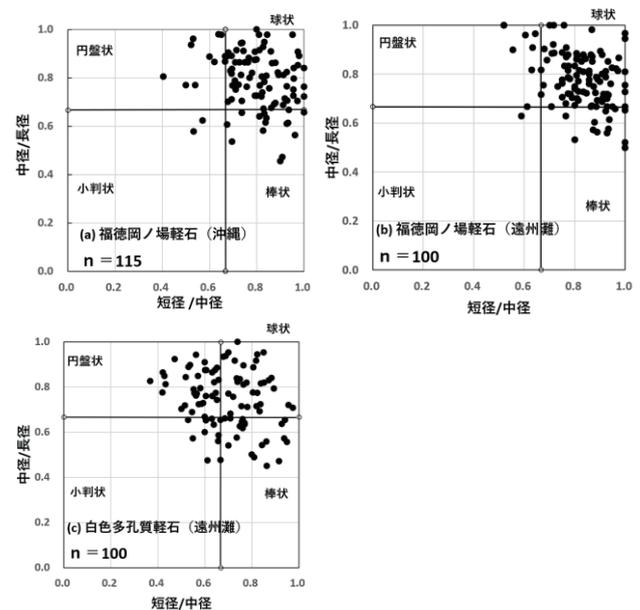


図 漂着軽石の形状分類 (a)福徳岡ノ場軽石(沖縄) (b) 福徳岡ノ場軽石(遠州灘) (c)白色多孔質軽石(遠州灘)

引用文献

加藤祐三 (2009) 軽石. 264 p, 八坂書房.
 平峰玲緒奈ほか (2019) 2019 年度日本地理学会春季学術大会発表要旨集.
 平峰玲緒奈ほか (2020) 2020 年度日本地理学会春季学術大会発表要旨集.
 Yoshida, K *et al.* (2022) *Island Arc*, 31, 1.

穿入蛇行河川の旧流路地形・堆積物に基づく下刻速度の推定

：赤石山脈南部，大井川の事例

塚原柚子^a・小形 学^a・川村 淳^a・菅野瑞穂^b・西山成哲^a・末岡 茂^a・中西利典^c・小松哲也^a

a: JAEA, b: JAEA (現所属 中央開発), c: ふじミュウ

Yuzuko TSUKAHARA, Manabu OGATA, Makoto KAWAMURA, Mizuho KANNO, Nariaki NISHIYAMA, Shigeru SUEOKA, Toshimichi NAKANISHI, Tetsuya KOMATSU: Quantifying incision rates using landforms and deposits of incised meandering rivers: A case study in the middle reach of Oi River, Akaishi Range, Japan.

1. はじめに

日本列島の山地における 10 万年スケールの隆起速度は、主として Terrace to Terrace 法 (TT 法; 吉山・柳田, 1995) に基づき推定されている。TT 法の適用にあたっては、最終氷期の堆積段丘と一つ前の氷期の堆積段丘のペアを認定する必要がある。しかし、そのような段丘のペアが認められない山地も多い。そこで、我々は、TT 法の代替手法として、環流旧河谷などの旧流路地形・堆積物の分布高度と離水年代に基づいて 10 万年スケールでの下刻速度を算出する方法 (例えば、安江ほか, 2014; 小形ほか, 2021) の研究を進めている。対象河川が下刻速度と隆起速度が釣り合う平衡河川であり、隆起速度に対して気候変動による河床高度の変動が無視しうるほど小さければ、下刻速度の隆起速度への読み替えが期待できるためである。本発表では、そのような研究の一環で大井川中流部を事例に実施した調査の結果について報告する。

2. 結果

調査は、大井川中流部、河口からの距離が 75~90 km の区間に位置する環流旧河谷、河成段丘および林道沿いの露頭を対象に実施した。以下に現在までに得られた結果について記す。

環流旧河谷: 現河床との比高約 200 m に位置する環流旧河谷において掘削調査を行い、約 24 m 長の堆積物コア試料を 2 本、infrared stimulated luminescence (IRSL) 年代測定用のコア試料を 1 本採取した。堆積物コア試料は、基盤岩、流路堆積物 (円礫層、砂層)、斜面堆積物 (シルト層、角礫層)、盛土で構成される。流路堆積物上部の砂層の IRSL 年代は $164 \pm 31\text{ka}$ と $143 \pm 26\text{ka}$ を、斜面堆積物下部のシルト層は $112 \pm 48\text{ka}$ と $59 \pm 7\text{ka}$ を示した (小形ほか, 2022)。

河成段丘の露頭: 現河床との比高約 125 m に位置する河成段丘の露頭調査を実施し、斜面堆積物 (角礫層)、流路堆積物 (円礫層、砂層)、氾濫原堆積物 (シルト層) を確認した。現在、砂層とシルト層を対象に IRSL 年代を測定している。

林道の露頭: 河成段丘から続く山地の尾根の林道沿いの 3 地点で、砂層を挟むシルト層の露頭を発見した。現河床との比高は約 230, 270, 280 m である。露頭周辺では河成段丘面は認められないが、露頭間の林道で大井川上流起源のチャ

ートの礫を含む直径 3~20 cm の円礫が頻りに確認できるので、同露頭は大井川本流の離水直後の氾濫原堆積物と推定される。今後、砂~シルト層を対象に IRSL 年代測定を進める予定である。

3. おわりに

環流旧河谷における流路堆積物上部の堆積年代を蛇行切断のタイミング (= 離水年代) とみなすと、流路堆積物上面と現河床からの比高 (約 190 m) から、大井川における 10 万年スケールでの平均下刻速度は 1~1.5 mm/yr となる。この値は、ダム堆砂量と基準高度分散量との関係から推定された調査地周辺の削剥速度 (1~2 mm/yr; 藤原ほか, 2001) と整合的である。一方で、水準測量結果が示す調査地周辺の約 70 年間の隆起速度 (2~4 mm/yr; 檀原, 1971) や赤石山脈北部において熱年代学的手法から推定された約 3 Ma 以降の削剥速度 (最大で約 4 mm/yr; Sueoka et al., 2017) を下回る。今後、本手法で求められた 10 万年スケールでの平均下刻速度が有する地形学的な意味について、他地点での分析結果や本地域の地形・地質の特徴を踏まえて検討・整理する予定である。

謝辞: 本研究は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「令和 2~4 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評価技術高度化開発)」の成果の一部である。

引用文献: 檀原 (1971) 測地学会誌, 17, 100-108. 藤原ほか (2001) JNC TN7410 2001-015. 小形ほか (2021) 第四紀研究, 60, 27-41. 小形ほか (2022) JpGU2022, SCG42-P07. Sueoka et al. (2017) JGR SolidEarth, 122, 6787-6810. 安江ほか (2014) 地質学雑誌, 120, 435-445. 吉山・柳田 (1995) 地学雑誌, 104, 809-826.

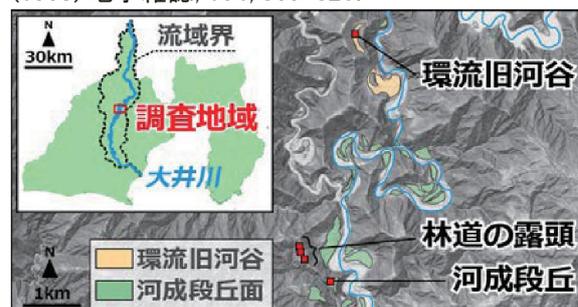


図 1. 調査地点位置図 (基図に地理院地図を利用)

東北地方で採取されたスギのセルロース炭素同位体比から復元した日照率と インド洋ダイポールモードおよびアリューシャン低気圧との関係

坂下渉 (森林総研)・横山祐典 (東大)・Chang-Chin Wang (東大)・宮原ひろ子 (武蔵野美大)・
阿瀬貴博 (東大)・大山幹成 (東北大)・米延仁志 (鳴門教育大)

Wataru SAKASHITA, Yusuke YOKOYAMA, Chang-Chin WANG, Hiroko MIYAHARA, Takahiro AZE, Motonari OHYAMA, Hitoshi YONENOBU: Reconstructed sunshine rate from tree-ring cellulose $\delta^{13}\text{C}$ in northeastern Japan and its relationships with the Indian Ocean dipole and Aleutian low.

1. はじめに

気候の数十年規模変動の原因を理解することは、気候変動予測において重要な研究課題の1つである。その中で、東アジア夏季モンスーンの北限域に位置する東北地方の春から夏にかけての日照率(可照時間に対する日照時間の比)は、気象データに基づく解析から、インド洋ダイポールモード(Takemura & Shimpo, 2019)やアリューシャン低気圧(Nagashima et al., 2016)と関連していることが指摘されている。しかし東北地方では、高時間解像度での連続的な日照率復元の報告例がほとんどなく、古環境分野において、上述の気象現象と東北地方の日照率との長期的な関係性の評価は進んでいないのが現状である。

そこで本研究では、樹木年輪セルロース中の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)に着目し、東北地方で採取されたスギのセルロース中の $\delta^{13}\text{C}$ から日照率が復元可能かどうかを検証した。その上で、そのセルロース中の $\delta^{13}\text{C}$ がインド洋ダイポールおよびアリューシャン低気圧とどのような関係性にあるか評価することを目的とした。

2. 手法

本研究では、宮城県で採取された1本のスギ試料(Sakashita et al., 2017)と秋田県で採取された3本のスギ試料(Sakashita et al., 2018)を使用した。宮城スギは1866年から2007年まで、秋田スギは1946年から2003年までの樹木年輪セルロース中の $\delta^{13}\text{C}$ を測定した。人為起源の CO_2 の影響は、先行研究(McCarroll et al., 2009)で提唱されている手順に基づいて補正を行った。

3. 結果と考察

3. 1. 東北地方スギのセルロース $\delta^{13}\text{C}$ と日照率との関係

宮城スギのセルロース中の $\delta^{13}\text{C}$ は、3~7月までの平均日照率と最も高い相関があることが分かった($r = 0.34$, $p < 0.01$, $N = 81$)。一方、秋田スギでは、4~9月まで(もしくは5~6月まで)の平均日照率と有意な正相関関係にあり(4~9月: $r = 0.46$, $p < 0.001$, $N = 58$; 5~6月: $r = 0.54$, $p < 0.001$, $N = 54$)、宮城スギよりもセルロース中の $\delta^{13}\text{C}$ の反映している日照率が遅れている傾向が確認された。これは、宮城よりも高緯度に位置する秋田のスギほど、樹木年輪の形成

開始時期が遅い(Nishizono et al., 2018)ことが影響した可能性があると考えた。

3. 2. インド洋ダイポールモードとの関係

最も長い日照率の復元結果である宮城スギのセルロース中の $\delta^{13}\text{C}$ とインド洋ダイポールモードの指標(DMI)(Saji & Yamagata, 2003)を比較した。その結果、セルロース中の $\delta^{13}\text{C}$ は6月のDMIと有意な正相関関係であることが分かった($r = 0.20$, $p < 0.05$, $N = 138$)。ここで、その関係性の強さには数十年スケールの変動があり、有意な相関はインド洋ダイポールモードが正位相のときに見られることが示唆された。

3. 3. アリューシャン低気圧との関係

アリューシャン低気圧の強さの指標(NPI)(Trenberth & Hurrell, 1994)と比較したところ、秋田スギのセルロース中の $\delta^{13}\text{C}$ は春のNPIと有意な相関があった(4月: $r = 0.46$, $p < 0.01$, $N = 54$; 5月: $r = 0.52$, $p < 0.01$, $N = 54$)。のに対し、宮城スギではその関係性が見られなかった。これは、宮城県の位置する太平洋側の日照率がアリューシャン低気圧の強弱だけでなく、ヤマセなどの影響も受けていることが起因していると考えた。

引用文献: McCarroll et al. (2009) *Geochim. Cosmochim. Acta* 73, 1539-1547. Nagashima et al. (2016) *Geophys. Res. Lett.* 43, 2835-2842. Nishizono et al. (2018) *Forestry* 91, 206-216. Sakashita et al. (2017) *Geosci. Lett.* 4(1), 29. Sakashita et al. (2018) *Geochem. Geophys. Geosystems* 19, 3520-3528. Saji & Yamagata (2003) *Clim. Res.* 25, 151-169. Takemura & Shimpo (2019) *SOLA* 15, 75-79. Trenberth & Hurrell (1994) *Clim. Dyn.* 9, 303-319.

謝辞: 中塚武教授(名古屋大)には、測定体制の立ち上げの際に有益な助言を頂きました。上野雄一郎教授(東工大)には、樹木年輪セルロース中の $\delta^{13}\text{C}$ 測定にご協力頂きました。心より感謝申し上げます。

植物珪酸体群集組成に基づく更新世末期の河内平野中央部の植生復元

林尚輝・井上淳（大阪公立大学）

Naoki HAYASHI, Jun INOUE: Vegetation in the terminal Pleistocene in the central Kawachi Plain reconstructed from phytolith assemblages

1. はじめに

大阪平野の東部を占める河内平野のボーリングコアでは沖積層の下部に泥炭層が認められ、最終氷期において河内平野には湿地帯が広がっていたと想定されている（梶山・市原，1986）。しかしながら、泥炭層形成時の環境などについてはほとんどわかっていない。そこで、本研究では河内平野で掘削された北宮小ボーリングコアの泥炭層の植物珪酸体分析を行い、更新世末期における湿地植生の復元を試みた。

2. 試料と方法

北宮小コアは北緯 34° 41' 17"，東経 135° 37' 12" の地点において掘削された。掘削進長は 26.00m で、深度 16.90m~16.32m に泥炭層がみられ、上部には厚さ約 10cm の始良 Tn テフラ（AT）の層を挟在する。AT のすぐ上位には有機質のシルト質粘土層が分布する（辻本ほか，2006）。シルト質粘土層の有機物からは約 11,500 年前の年代値が得られており、AT の年代値や岩相変化から AT の上部とシルト質粘土層の間には堆積間隙が存在すると考えられている（辻本ほか，2006）。

AT の層準を除いた深度 15.78m~16.90m 間の約 2.5cm 厚に分割された試料について植物珪酸体分析を行った。植物珪酸体の分類・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細野ほか（2013）、近藤（2010）を参考に細分した。

3. 結果と考察

植物珪酸体群集組成は AT の下位と上位で大きく異なった。AT の下位では短細胞に由来する珪酸体が卓越したが、AT の上位では、機動細胞に由来する珪酸体も多産した。このことは、AT の上部に堆積間隙があるとする従来の見解と矛盾しない。

植物珪酸体群集組成と植生変化は図 1 のようにまとめられる。泥炭層の下部では、スゲ属、フトイ属などのカヤツリグサ科にみられる珪酸体と主にイチゴツナギ亜科、ダンチュク亜科にみられる短細胞の珪酸体で特徴づけられる。泥炭層の上部では、ダンチュク亜科やヒゲシバ亜科にみられる短細胞の珪酸体で特徴づけられる。このことから、湿地環境が形成された当初はカヤツリグサ科と

イチゴツナギ亜科、ダンチュク亜科を中心とする植生であったが、始良カルデラ噴火期までにはダンチュク亜科またはヒゲシバ亜科などが増加し、カヤツリグサ科の植物は衰退したと考えられる。AT の上位の有機質のシルト質粘土層や海成粘土層に含まれるヒメアブラススキ連型やタケ型の珪酸体などは周辺の陸地の植生に由来するものと考えられる。すなわち、河内平野に海が侵入してきたことにより、堆積環境が変化し、周辺の陸地の植生に由来するものが堆積するようになったと考えられる。

岩相	特徴的な珪酸体タイプ	想定される由来植物群
海成粘土層	ヒメアブラススキ連型、タケ型	キビ亜科、タケ亜科
シルト質粘土層 (有機質)	ヒメアブラススキ連型、ヌマガヤ属型、ガラス片様型	キビ亜科 (ヒメアブラススキ連)、ヌマガヤ属、カヤツリグサ科
AT		
泥炭層	ダンベル型、鞍型、円錐台形型	ダンチュク亜科 (ヨシ属)、ヒゲシバ亜科
	ガラス片様型、円錐台形型、イチゴツナギ亜科型	カヤツリグサ科 (スゲ属、フトイ属)、ダンチュク亜科、イチゴツナギ亜科
細粒砂層		

図 1 泥炭層とその上位の層に含まれる主な植物珪酸体タイプとそれらの由来植物

引用文献

細野ほか（2013）資源環境と人類 3, 65-75. 梶山・市原（1986）大阪平野のおいたち. 青木出版. 138p. 近藤（2010）プラントオパール図譜. 北海道大学出版会. 387p. Neumann et al. (2019) *Annals of Botany* 124, 189-199. 辻本ほか（2006）第 16 回環境地質学シンポジウム論文集, 231-236.

静岡県相良低地のコア試料の貝化石・元素分析結果が示す完新世中期の環境変化
太田耕輔（東京大・産総研）・藤原治（産総研）・Stephen Obrochta（秋田大）・宮入陽介（東京大）・横山祐典（東京大）

Kosuke OTA, Osamu FUJIWARA, Stephen Obrochta, Yosuke MIYAIRI, Yusuke YOKOYAMA: Middle Holocene environmental changes reconstructed from molluscan assemblages and CNS elemental analysis of a sediment core from the Sagara lowland, Shizuoka Prefecture

1. はじめに

駿河湾南西岸、牧之原市の相良低地で掘削したボーリングコア（SGB-4）の分析によって、完新世の相対的海水準変動の解析を進めている。コア試料の¹⁴C年代測定と火山灰分析に基づく年代モデル、元素分析および貝化石群集に基づく環境変動について報告する。

2. 試料と方法

相良低地は三方を山に囲まれた二等辺三角形に近い形をしており、海-陸方向の奥行きは約3.5 km、底辺に当たる海岸線は長さ約2.3 kmで、標高10 m前後の海岸砂丘で縁取られている。

コア試料（直径8.6 cm）は海岸から約800 m内陸にある県立相良高校の脇にある空き地（標高3.8 m）で深度20 mまで掘削された（回収率はほぼ100%）。半裁したコアの観測、X線CTスキャンによるコアの内部構造と密度の解析、貝化石の同定を行った。¹⁴C年代測定は深度15.5 mから0.5 mの区間から採取した計51試料（植物化石、貝化石、パルク試料（TOC））について、(株)パレオ・ラボおよび東京大学大気海洋研究所で実施した。CNS元素分析は深度16.0 mから0 mにかけて10 cm間隔で採取した198試料について、産総研に設置されているThermo Scientific社製Flash2000を用いて行った。貝化石、植物化石の¹⁴C年代測定結果とK-Ahテフラの噴出年代から年代モデルを作成し、これに基づいて環境変化の起きた時期を推定した。

3. 結果

コアの深度17.6-16.5 mは円磨された中礫層（沖積基底礫層）、16.5-10.1 mは砂層（層厚20-50 cmで海生の貝化石を含むことがある）と粘土層の互層、10.1-1.2 mは主に粘土層で、2.2 mより上位ではシルトの薄層を挟む。1.2 mより上部はシルト層と細粒砂層の細互層からなる。深度5.5 m付近にアカホヤ火山灰（K-Ah; 層厚0.3 cm）を挟む。深度15.3 mから6.9 mにかけて干潟とその周辺に棲むカワアイヤイボウミナを主体とした貝類の化石を含む。10.1-7.5 mの区間はカワアイヤイボウミナが少なく、代わりにイヨスダレやウラカガミが認められ種の多様性が高い。深度6.8-5.6 mにかけて汽水に棲むヌマコダキガイやシジミの化石が見られ、これより上位では貝化石は認められない。

有機炭素濃度（TOC）は最下部の0.5%から徐々

に上昇して深度1.2 mで最高値（1.3%）を示した後、その上位では0.3%程度にまで減少する。C/N比は最下部から5.3 mまでは5~10の間で推移し、それより上位では14を超え深度3.2-2.8 m付近では20を超える。

硫黄濃度（TS）は最下部から深度5.8 m付近まで漸増しているが、深度10.1 mのピーク（2%）と5.8 m付近のピーク（3.5%）後には急激に低下する。2.2-1.2 mでは1%、1.2 m以浅では検出限界と、2段階の減少がみられる。C/S比は16-2.2 mを通じて基本的に漸減しているが、10.1 mと5.8 mでは急増し、それぞれ貝化石群集の変遷と産出上限に一致する。また、2.2-1.2 mでは1.5、1.2 m以浅では10と、陸化を示す。

4. 考察

完新世の溺れ谷での一般的な環境変遷やTOC/TSダイヤグラムと堆積環境との関係（Sampei et al., 1997）を参考にすると以下のような環境変遷が復元される。

砂泥互層（エスチュアリ~ラグーン）は9000年前ころから堆積し始め、海水の影響は次第に強まったが深度10.1 m（8200年前頃）で一旦低下した。これ以降、ラグーンの拡大によりSGB-4地点は河口からも湾口からも距離が遠くなり、川と海の両方から砂が届かなくなった。8200前以降海水の影響は再び上昇したが、5.5 mに当たるK-Ahの降灰頃に貝類が棲まない環境になった。同時にC/N比、C/S比の急増も見られ、突然陸原物質の供給が増加し、ラグーンは陸側から埋積が進んだ。

深度2.2 m（6200年前頃）から河川の砂が届くようになり、その影響が次第に強まった。深度1.2 m（5800年前頃）にはこの地点は淡水化した。

TSが上昇する原因として、沿岸域では還元的環境が考えられる。C/N比が10程度の海洋環境中のTS上昇は水深の増加を示しており、10.1-7.5 mの貝化石群集の変動も前述の結果を支持している。

一方で、10.1 m（8200年前頃）と5.8 m（7400年前頃）に見られるTSの低下はC/S比の急増も伴っており、海進のトレンドと逆行している。これらの時期には堆積環境変動を伴うイベントが発生した可能性が示唆される。

引用文献:

Sampei et al. (1997) *Geochemical Journal*. 31, 254-262.

千葉県房総半島東部夷隅川河口低地における放射性炭素年代測定とオーバーウォッシュによる環境変化

尾田宗一郎(秋田大), スティーブン・オブラクタ(秋田大), 藤原治(産総研), 横山祐典(東京大), 宮入陽介(東京大), 畠山義矢(秋田大)

Soichiro ODA, Stephen OBROCHTA, Osamu FUJIWARA, Yusuke YOKOYAMA, Yosuke MIYAIRI, Yoshiya HATAKEYAMA: Radiocarbon dating and environmental change related to overwash deposits in the Isumi River lowland, Eastern Boso Peninsula, Japan

1. はじめに

房総半島東部で採取された陸上堆積物コア (ISL-6) の堆積物堆積速度の評価と環境変化について解析を進めている。コアは主に湿地で堆積した泥質～シルト層で構成され、コアの下部にはオーバーウォッシュによりもたらされた砂層が挟在し、コア中部では環境変化を示すシルト層から泥炭層へ急変する層相変化がみられる。CNS 元素分析結果より、これらの砂層は海水の流入によってもたらされた可能性が高い。また、このコアから採取した植物片とバルク有機物試料に対して ^{14}C 年代測定を行うことで、年代モデルを作成した。海からもたらされた砂層の一部は 2500 cal. BP 頃に急激に堆積しており、地質学的に瞬間的に堆積したようにみえる。これらの結果をもとに夷隅川低地における堆積環境の変化について検討を行った。

2. 研究対象と手法

本研究で用いた試料は 2012 年に掘削されたボーリングコア ISL-6 である。研究地域の夷隅川低地は複数段の海岸段丘や河岸段丘が分布しており、コア試料 (直径 9cm の定方位試料) は標高 4.7m の水田で、深度 3.3m まで掘削された。水田の海側には大規模な砂丘が分布している。本研究ではコア半裁写真とコンピューター断層撮影 (CT) によって得られた画像をもとに堆積構造の記載、オーバーウォッシュ層の特定、その堆積位置を検討し、コアから採取した試料を用いた CNS 元素分析による堆積環境の復元、AMS を用いた放射性炭素年代測定法による年代モデルの構築を行った。

3. 結果と考察

コアの下部は湿地で堆積した泥層～シルト層に単一もしくは複数に分かれた、厚さの異なる暗灰色砂層が繰り返し挟まっている。砂層は基底に浸食面を持ち、一部は上方細粒化・薄層化を示している。元素分析結果から、コアに挟まるいくつかの砂層の堆積時期と関連して C/S 比の急激な変動が見られ、これらの層のいくつかはオーバーウォッシュによる海水流入によってもたらされた可能性が示唆された。また、AMS によって得られた ^{14}C 年代を最新の較正曲線 IntCal20 (Reimer et al., 2020) 及び Marine20 (Heaton et al., 2020) で暦年に較正し、年代モデルルーチン undatable (Lougheed and Obrochta, 2016) を用

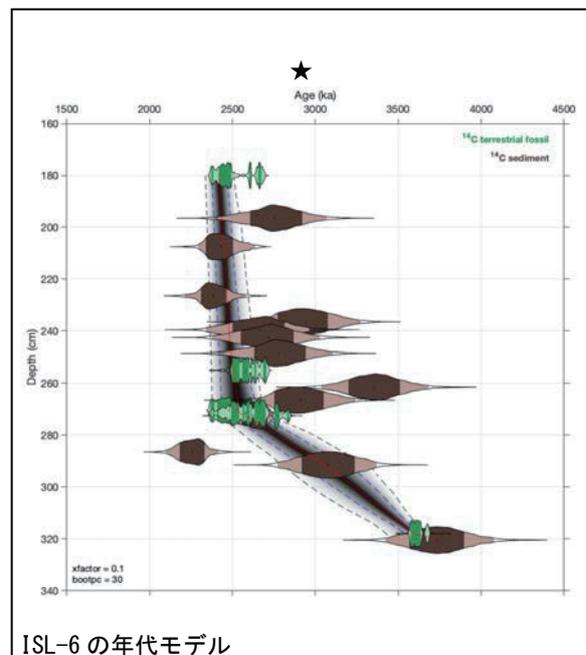
いることで年代モデルを構築した。年代モデルから、コア深度約 180～280cm において 2500cal. BP 頃に急激な堆積物供給が起こっており、これらは 1 つのイベントによる堆積であるとはいえないものの、オーバーウォッシュによる堆積環境の変化を示している。

・引用文献

Heaton, T. J. et. al. (2020). Radiocarbon 62, 779-820.

Lougheed, B. C and Obrochta, S. P. (2016).

Reimer, J. P. et. al (2020).



ISL-6 の年代モデル

図. 1 コア下部の年代モデル

- 1) 緑色部分は陸上植物年代の確率密度, 茶色で表された部分はバルク有機物年代の確率密度を示し, 色が濃くなるほど確率密度が高い。
- 2) 点線は赤色が中央値, 青色が 1 標準偏差, 黒色が 2 標準偏差。
- 3) 中央を走る黒線は確率密度の高さを表し, 両端に向けて白に近づくほど低くなる。

福江島における砂丘の pIRIR 年代測定

近藤玲介 (東京大)・植村杏太 (日本大)・高場智博 (五島市)・
宮入陽介 (東京大)・横山祐典 (東京大)・坂本竜彦 (三重大)

Reisuke KONDO, Kyota UEMURA, Tomohiro TAKABA, Yosuke MIYAIRI, Yusuke YOKOYAMA and Tatsuhiko SAKAMOTO: The pIRIR age of the sand dune in Fukue Island, western Japan

1. はじめに

五島列島, 福江島の北西沿岸部には小規模な砂丘が分布することが知られているが, それらの層序や層相, 編年には不明な点が多い. 五島列島の砂丘を構成する砂丘砂は膠結している場合があり, 日本列島における石灰質風成砂分布域の北限付近と考えられている (成瀬, 1989). 以上の背景に加え, 当該地域は 2022 年に「五島列島 (下五島エリア) ジオパーク」として認定され, 地域地質の学術資料の蓄積が必要である. そこで本発表では, 福江島北西沿岸部における砂丘を対象に, 記載と編年を行うことを目的とする.

2. 調査対象砂丘の概要

福江島の沿岸部では, 北西部の白良ヶ浜地域 (白良ヶ浜砂丘), 高浜地域 (高浜砂丘), 浜窄地域 (浜窄砂丘) の 3 か所に砂丘地形と堆積物が保存されており, 地形形態はいわゆる新期砂丘を示す. これらの砂丘は海食崖や人為によるギャップを除けばほぼ植皮されており, 現在の砂丘砂の移動は停止している. また, 柏地域においても砂丘砂が露出するが砂丘地形は不明瞭であり, 古砂丘と判断される (柏砂丘). 本発表では以下の 3 か所の新期砂丘について主対象とする.

- ・白良ヶ浜砂丘: 海側に浜堤状~横列状砂丘が分布し, 内陸にパラボラ状砂丘が分布する. 現在の福江島では最も面積が大きい砂丘である. 砂丘前面には埋立地と大規模な砂質干潟が分布する.
- ・高浜砂丘: 本地域の砂丘は吹き上げ砂丘の形態を呈し, 五島層群の堆積岩類からなる基盤岩の山麓に砂丘が位置する. 砂丘前面には比較的大規模な砂質干潟が広がる.
- ・浜窄砂丘: 比較的比高の大きな横列状砂丘が一列のみ認められる. 前面には小規模な前浜が認められる. 本砂丘は中期更新世の溶岩上に位置する.

これらの砂丘を構成する砂丘砂は, いずれも炭酸塩鉱物に富む白色の中粒砂からなる. 表層から深度数 10cm~数 m は極めてルーズな場合があり, 不明瞭なクロスナが認められる場合がある (上部層). 中部および下部の砂丘砂は相対的に膠結している場合がある. 上部層と中部層, 下部層の境界では, 不明瞭な侵食面を伴う.

3. 研究の方法

まず, 空中写真判読によって沿岸部の砂丘の分布や形態, 植皮状況を記載した. 引き続き, 野外調査により堆積物の記載や試料採取をおこなった. 編年にあたっては pIRIR 年代測定法および

^{14}C 年代測定法を適用した. pIRIR 年代測定にあたっては, 主に Reimann and Tsukamoto (2012), Tamura et al. (2017) などにしたがい試料の処理と測定をおこなった. 測定には, 三重大学生物資源学部の TL/OSL 測定装置を使用した. ^{14}C 年代測定にあたっては, 東京大学大気海洋研究所のグラフィット精製ラインおよび加速器質量分析装置を使用した. 得られた放射性炭素年代値は, 校正曲線に IntCal20 (Reimer et al., 2020) を使用して, 暦年校正をおこなった.

4. 結果とまとめ

白良ヶ浜砂丘は厚さ約 1~7 m 程度の上部層および中部層からなり, 下部層は現段階で見出されていない. 上部層の pIRIR 信号はほぼ認められず, 植皮されているもののほぼ現世の堆積物と判断された. 中部層の pIRIR 年代値は約 1 ka であった.

高浜砂丘および浜窄砂丘では下位から順に, 厚さ 5m 以上の下部層を, 厚さ数 m の中部層, 厚さ数 m の薄い上部層が覆う. これらの砂丘の ^{14}C 年代測定と pIRIR 年代測定の結果, 下部層は約 3 ka, 中部層は約 1 ka であった.

以上の結果から, 福江島における新期砂丘は 1) 約 3 千年前, 2) 約 1 千年前, 3) ほぼ現代, の 3 時期に形成が活発であったことが明らかとなった. 1) の時期は, 気候の寒冷化に伴い海面低下が生じたことにより砂丘砂の供給源面積が増大し, 砂丘形成が活発化したことを示唆している. 2) の時期は, 日本各地で山間地域の間活動の活発化に起因して砂丘が形成されていた時代の中に該当する. しかし, この時代の福江島における山間地域の間活動やそれに伴う土砂の沿岸部への流入などについて, 現段階では不明である. 3) の時期については, 白良ヶ浜砂丘の前面の埋め立て地周辺が太平洋戦争頃まで演習場として利用されており, 隣接する砂丘上も無植皮であったが, 1960 年代に急速に砂丘上の植皮が進んだ. したがって, 1940 年代の人為的影響が現在の砂丘砂丘景観に大きく寄与したと考えられる.

引用文献: Reimer et al. (2020) *Radiocarbon*, 62, 725 - 757. ; 成瀬 (1989) 地理学評論, 62A, 129-144. ; Tamura et al. (2017) *Geochronometria*, 44, 331-340. ; Reimann and Tsukamoto (2012) *Quaternary Geochronology*, 10, 180-187. ; 長岡 (2001) 『日本の地形 7 九州・南西諸島』, 101-105.

U/Th 年代測定および ^{14}C 年代測定による熊本県球泉洞の石筍の年代決定と DCF 変化

平林頌子・石沢成美・宮入陽介・阿瀬貴博・横山祐典 (東大・大海研)

Shoko HIRABAYASHI, Narumi ISHIZAWA, Yosuke MIYAIRI, Takahiro AZE, Yusuke YOKOYAMA: Large Dead Carbon Fraction detected from stalagmites obtained from the Kyusendo Cave in Japan based on U/Th and radiocarbon dating

1. はじめに

古気候復元において、高精度年代決定は必須である。洞窟生成物である石筍はウラン・トリウム (U/Th) 年代測定法による高確度な年代決定が可能な試料として使用されており、鍾乳洞周辺における陸域の気温や降水量を連続的に記録する古気候アーカイブとして注目されている。また、長期にわたる大気中の放射性炭素 (^{14}C) 変動を記録する試料として、年代測定の較正曲線 (IntCal 曲線; Reimer et al., 2020) 作成のための重要なデータセットとしても使用されている。

しかし、日本国内においては、高精度に U/Th 年代決定するために利用するスパイクが入手困難なことや、測定の難しさなどから定常的な U/Th 年代の測定環境がないという問題があった。一方で、 ^{14}C 年代測定法は地質学や考古学の分野で広く用いられており、U/Th 年代測定法に比べ測定が容易であるが、石筍に適用することは難しいことが知られている。これは石筍中の ^{14}C が、石灰岩母岩に由来する ^{14}C に枯渇した炭素 (Dead Carbon) の混入によって希釈されているためであり、石筍の真の年代より古い値を示すためである (Genty et al., 2001)。この Dead Carbon の寄与率は、Dead Carbon Fraction (DCF) と呼ばれており、降水量、地下水の水系、土壌の pCO_2 などの影響を受けて変化していると考えられている (Griffiths et al., 2012; Noronha et al., 2014)。しかし、日本においては石筍の DCF 変動の研究例が少なく、DCF 変動の仕組みは詳しくわかっていない。この変動解明には ^{14}C 測定を多数行う必要があり、U/Th 年代と ^{14}C 年代の課題を解決し、各測定手法を組み合わせることでより高精度な年代決定が可能になる。

2. 研究手法

本研究では、熊本県球泉洞において、2014 年に 3 本の石筍試料 (KST4, KST5, KST6) を採取した。また、2017 年 10 月 24 日および 27 日に球泉洞内において、地下水の採水調査を行った。球泉洞は、熊本県球磨郡球磨村の権現山 (694 m) の地下に位置する鍾乳洞である。本地域は日本の南西部に位置し、東アジアモンスーンの影響を強く受けている。

採水した石筍および地下水は、東京大学大気海洋研究所にて、 ^{14}C 年代測定を行った。加えて、石筍については、東京大学大気海洋研究所にて U-Th 年代測定を行った。

3. 結果と考察

石筍の ^{14}C 測定の結果、石筍 KST4・KST5 は年代の逆転なく下部から上部にかけて成長していた。KST6 は 10–11 cm 部分に年代ジャンプが確認された。また、石筍の U/Th 年代測定の結果、KST4 : 9–36 ka、KST5 : 1.5 ka–24 ka、KST6 : 29 ka–45 ka であった。

球泉洞の地下水の ^{14}C 測定の結果、DCF は 26%–47% と算出された。現地調査の結果から、地下水の滴下速度が速いほど Dead Carbon の寄与率が低くなっていることが判明した (Minami et al., 2015)。また、石筍の ^{14}C および U/Th 年代測定から DCF を算出した結果、KST4、KST5、KST6 共に 40%–85% の範囲で変動していることが判明した。これは、5%–40% といわれる世界の鍾乳洞の DCF 値に比べ高い値である。これらの結果から、球泉洞の石筍 DCF は、母岩・土壌の厚さによる滞留時間の長さ起因して高くなっていると考えられる。

本研究は日本で石筍のウラン系列年代を測定した初めての研究例である。環境復元の基礎となる年代決定が石筍に適用可能になったことで、日本の石筍研究のさらなる発展に貢献できると期待される。今後、過去 5 万年間の東アジア夏季モンスーン変動の復元を行うとともに、微量金属濃度比や DCF の変動を環境指標として利用できる可能性を検討する。

引用文献:

- Reimer et al. (2020) *Radiocarbon* 62 (4), 725–757
Genty et al. (2001) *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65 (20), 3443–3457.
Griffiths et al. (2012) *Quaternary Geochronology* 14, 81–93.
Noronha et al. (2014) *Earth and Planetary Science Letters* 394, 20–29.
Minami et al. (2015) *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 362, 202–209.

2022 年 8 月 26 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 2022

©Japan Association for Quaternary Research 2022

(無断転載を禁じます)