

# GSJ 地球をよく知り、地球と共生する 地質ニュース

2020  
11  
Vol.9 No.11



# 11月号

- 
- 301 **第 61 次日本南極地域観測隊 (JARE61) 参加報告**  
板木拓也
- 
- 307 **チバニ안의地層「千葉複合セクション」から明らかになった最後の地磁気逆転の全体像**  
羽田裕貴・岡田 誠・菅沼悠介・北村天宏
- 
- 311 **新型コロナウイルス禍に東京で観察された地震計ノイズレベルの低下**  
矢部 優・今西和俊・西田 究
- 
- 315 **鹿沼軽石 (Ag-KP) の噴出年代**  
小松原純子・大井信三
- 
- 317 **地質標本館における「地層の話」プログラム (前編) 三角州の形成と海水準変動の再現実験の紹介**  
辻野 匠・森尻理恵・佐藤隆司・高橋 誠・下川浩一・須藤 茂・利光誠一
- .....
- 
- 327 **ニュースレター 地質標本館 開館 40 周年**
- 
- 328 **受賞・表彰 羽田裕貴さんが茨城大学学長学術特別表彰を受賞**

# 第 61 次日本南極地域観測隊 (JARE61) 参加報告

板木 拓也<sup>1)</sup>

2019年11月27日から2020年3月20日までの約4ヶ月間、私は第61次日本南極地域観測(JARE 61)の夏隊隊員として南極海及び南極沿岸域の調査に参加する機会を得た。地質調査総合センター(以降、GSJ)職員の隊員派遣は、地質調査所時代の25年前、JARE36夏隊に参加した内藤一樹隊員以来である。JARE61で私が主に関わった観測は、「しらせ」による採泥と沿岸域での掘削及び地形調査であった。本稿では、これらの観測について簡単に紹介したい。

## 1. 「しらせ」初の本格的な採泥観測

そもそも、何故、私が観測隊に参加するに至ったのか？それは、5年ほど前に南極観測船「しらせ」(第1図)で海底の堆積物採取が出来ないか？との国立極地研究所の研究者からの問い合わせに遡る。

当時、南極地域観測事業は、次期重点研究観測「南極から迫る地球システム変動」が策定されたところであり、3つあるサブテーマの1つ「氷床・海水縁辺域の総合観測から迫る大気-氷床-海洋の相互作用」の一環として、「しらせ」を機動的に活用した観測計画が立てられつつあった。それまでの「しらせ」の観測計画は、現在の南極海を

理解するための海洋学や生物学を中心とするテーマが主流であったが、新たな提案として過去の氷河の消長や大陸棚での海洋の動態を理解することを目的とした海底堆積物の研究を展開しようとする動きがあったのである。

このような背景もあり、「しらせ」での本格的な採泥観測がいよいよ実現されようとしていた。しかし、1956年に日本の南極地域観測が始まって以来、輸送と観測の中核を担ってきた「宗谷」、「ふじ」、「しらせ(初代)」、そして現在の「しらせ」だが、これらの観測船による大型の採泥器を用いた採泥観測には経験が乏しかった。記録によれば、「宗谷」と「ふじ」の時代にドレッジ調査や小型グラビティークォアラーによるものが幾つか見受けられる程度で、「しらせ」の時代になってからはほとんどない。「しらせ」は、世界でも屈指の砕氷能力を持ち、採泥観測に有用なマルチビーム音響測深機や浅層地層探査装置(SBP)などが備わっている。一方で一般的な調査船には備わっている位置制御に必要なスラスターや観測機器を投入・揚収するためのAフレームクレーンがなかった。また、南極という海水に閉ざされた極寒の環境での採泥観測に固有なリスクも何があるか分からない。そのような状況の下、我々は数年間にわたり多くの議論を重ね、また様々な工夫を凝らして今回の



第1図 出航前日(12月1日)、フリーマントル停泊中の「しらせ」。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

キーワード：南極、採泥、大陸棚、沿岸、海水準、トッテン氷河

採泥観測に挑んだ。これは、「しらせ」による初の本格的な採泥観測であり、日本の南極地域観測事業としても大きなチャレンジとなった。

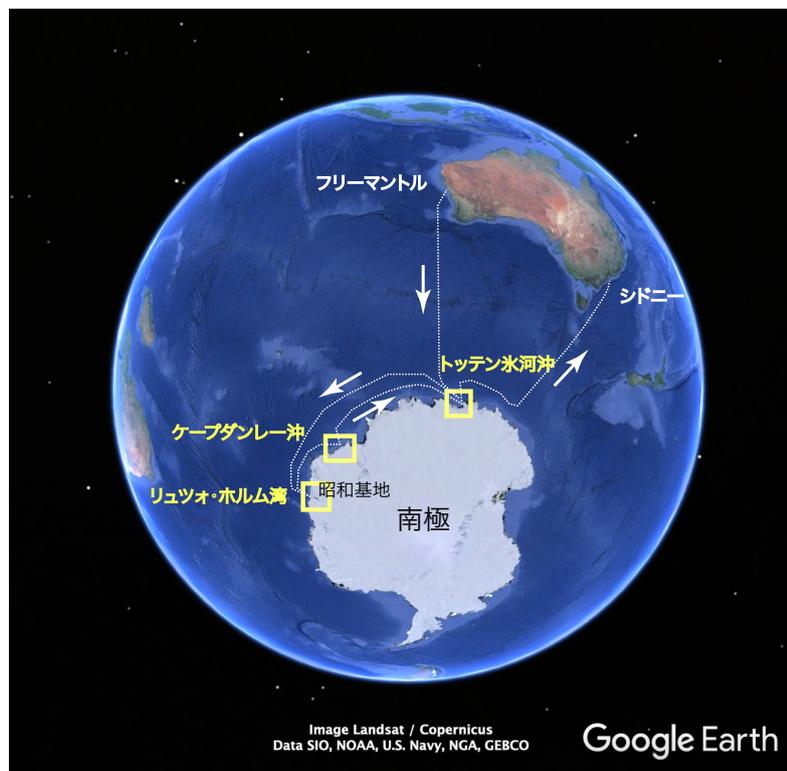
JARE61の観測隊は、遠隔地での研究観測を行う別働隊を含めて総勢88名(越冬隊29名, 夏隊42名, 越冬隊同行者1名, 夏隊同行者16名)で編成された。そして、「しらせ採泥チーム」は、私をリーダーとして、国立極地研究所研究員の石輪健樹隊員、公立鳥取環境大学講師の徳田悠希隊員、同行者で島根大学博士後期課程1年の佐々木聡史君の計4名で構成され、メンバーは「しらせ」の訓練航海やGSJの海洋地質調査に参加するなどして、採泥観測の技術習得を図った。

オーストラリアのフリーマントルを12月2日に出港した「しらせ」は、まずトッテン氷河沖の調査を行い、年を明けて1月5日に昭和基地に接岸、1月29日に帰路につきリュツォ・ホルム湾、ケープダンレー沖を經由して、最後に再びトッテン氷河沖の観測を行って3月19日にオーストラリアのシドニーに帰港した(第2図)。この間、トッテン氷河沖、リュツォ・ホルム湾、ケープダンレー沖の3つの海域から計28地点(水深200~1,000m)で採泥観測を成功させるに至った。

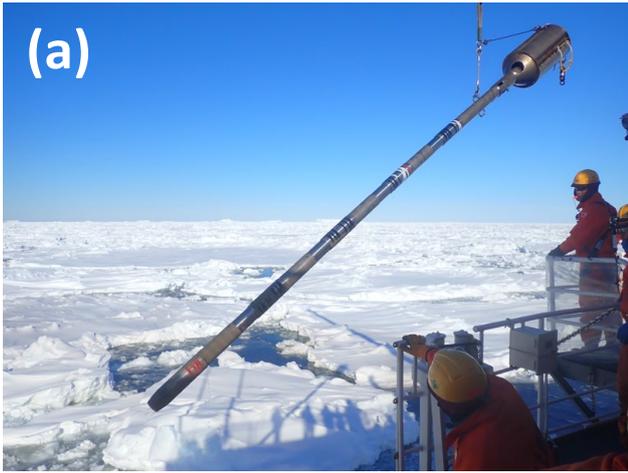
使用した採泥器は2種類。GSJの海洋地質調査で運用している「大口径グラビティコーアラ」

と「GSJ型Kグラブ採泥器」である(第3図)。「大口径グラビティコーアラ」は、最大長5mまでの柱状堆積物(海底コア)の採取が可能な口径12cmのステンレス製バレルを有している。もう一方の「GSJ型Kグラブ採泥器」は、表層堆積物を採取するのと同時に、設置された様々な観測機器から水温、塩分、濁度、溶存酸素などの環境データ取得、底層水採取、海底写真撮影が可能なシステムを有している。これらの採泥器で取得した試料やデータを用いて、陸棚域の堆積作用や生物相、古環境などを明らかにすることが今回の目的である。

JARE61でも、特に重点的に観測が行われたのはトッテン氷河の周辺海域(第4図)であった。南極氷床の融解が世界的な海水準上昇の原因になることが懸念されているが、深海の温暖な海水が氷河の下に入り込んで融解を加速させることが指摘されている(DeConto and Pollard, 2016)。このような事象が過去にも起こっていたことが西南極の海底コアの研究から報告がなされている(Hillenbrand *et al.*, 2017)。しかし、<sup>にしなんきょく</sup>広大な氷床をもつ<sup>ひがしなんきょく</sup>東南極では報告例がなく、とくにトッテン氷河は重要な影響を与える可能性がある氷河として世界中から注目されている。一方で厚い海氷に阻まれた氷河の末端付近にまでたどり着くことは至難の業で、これまでにこの海域に入り込んで調査を行った観測船はオーストラリアの「オーロ



第2図 JARE61「しらせ」の航路(ベースはGoogle Earthを使用)



第 3 図 (a) 大口径グラビティコーラー,  
(b) GSJ 型 K グラブ採泥器

ラ・オーストラリス」と日本の「しらせ」だけである。そして、トッテン氷河前縁部の採泥観測はこれまでに報告例がない。

はたして、氷河を融解する深海の温暖水はあったのか？そこにはどんな堆積物が積もっていたのか？研究の詳細については別の機会に委ねることにするが、得られたデータや試料が今後の重大な成果に繋がることに疑いはない。現在、既に分析を開始しており、近い将来、その結果を報告できる日を乞うご期待。

## 2. 陸と海を繋ぐ「沿岸域調査」

さて、「しらせ」が昭和基地に着岸している期間は物資の輸送や設営が行われるが、我々にはもうひとつの重要なミッションがあった。昭和基地から南に 30 km ほどのラングホブデ地域にある“ぬるめ池”とその周辺沿岸域の調査を行っていたのである(石輪ほか, 2020)。これは、重点研究観測「南極から迫る地球システム変動」におけるもう 1 つのサブテーマ「地球システム変動の解明を目指す南極古環境復元」と、南極沿岸の陸域～浅海域における横断的な掘削研究を目的とした科研費プロジェクト(研究代表者: 国立極地研究所, 菅沼悠介准教授)の一環として実施され(菅沼ほか, 2020)、メンバーは「しらせ採泥チーム」に野外活動の専門家などが加わって石輪隊員をリー



第 4 図 トッテン氷河の前縁部。海水の上をペンギンの群れが歩き、遠くには氷河の末端が見える。



第5図 “ぬるめ池” ベースキャンプ。テントは一人一張りを使い（右から2つめが私のテント）、中央の大型テントで食事、ミーティング、昭和基地との無線交信を行う。

ダーとした「ぬるめチーム」である。「ぬるめ池」の畔にベースキャンプを設営し(第5図)、1月5日～22日までの18日間にわたる調査であった。「しらせ」での観測のように多くの支援は望めず、調査だけではなく炊事や通信、衛生管理など基本的に全てを自分達で行う必要があった。また、この調査には、コア掘削用プラットフォーム、地形測量調査用ボート、及び作業サポートを兼ねた緊急レスキュー用ボート等が使用され(第6図a)、それらの操作にも習熟する必要があった。そのために船舶免許を取得し、国内でも水上行動や野外活動を含めた訓練を重ね、その成果もあって安全を確保しつつ多くの試料とデータの取得に成功した。

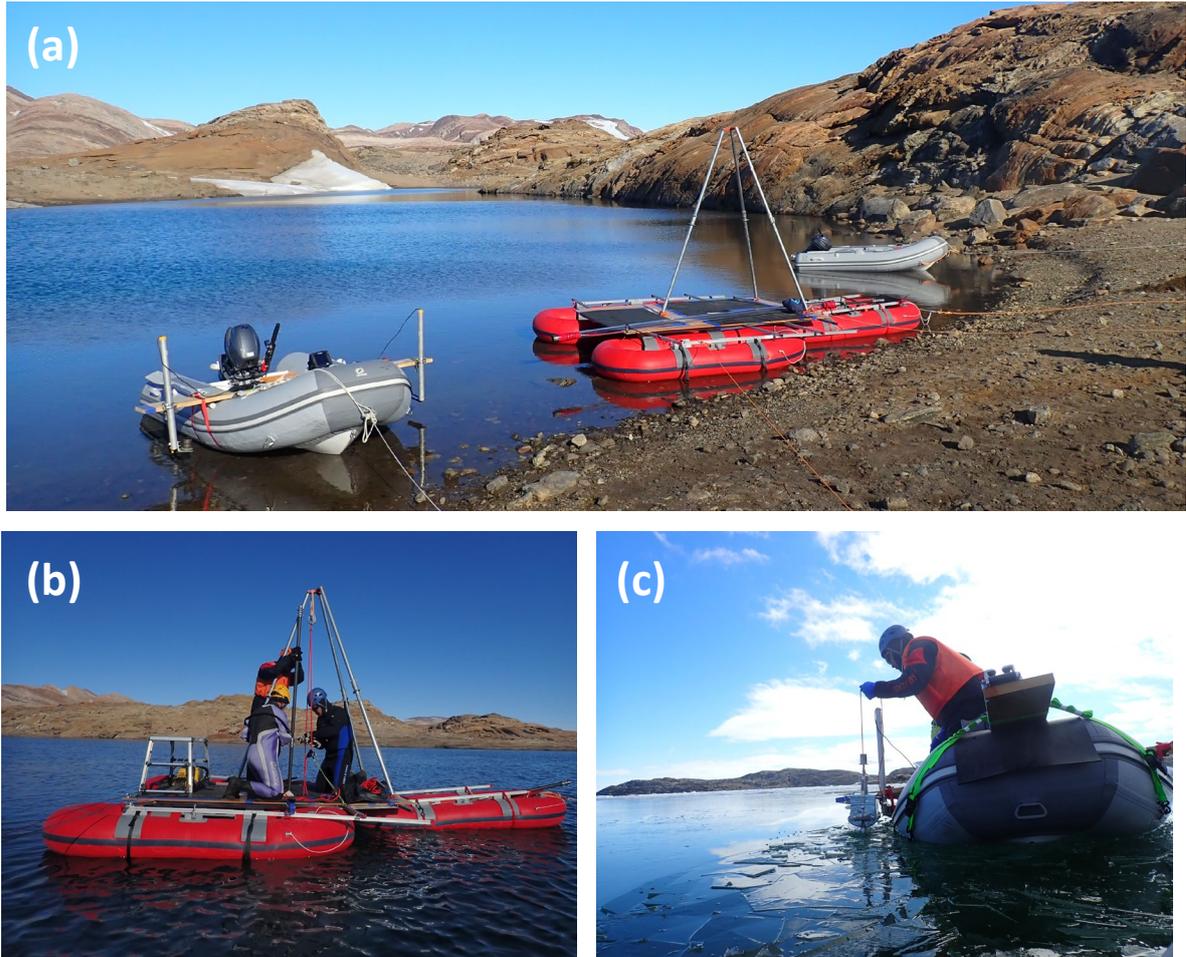
“ぬるめ池”は、片麻岩を主体とした岩盤が氷河によって削剥され、その窪地に溜まった最大水深15m、外周1km程度の小さな汽水湖である。湖底には泥が堆積しており、今回の調査の重要な目的のひとつは、この池の底を掘削して長尺のコアを採取することであった。この池の周辺の陸上には海成層が分布しており、そこに含まれる貝化石の放射性炭素年代が5～6千年前を示す(Miura *et al.*, 1998)。つまり、かつては“ぬるめ池”も海水湖ないしは湾であって、相対的な海水準の低下によって、いつしか汽水湖になったのである。“ぬるめ池”から採取したコアを調べることで、それがいつ頃のことだったのかを明らかにすることが期待されている。コアは、3つのゴムボートを連結したコア掘削用プラットフォーム(第6図b)から新開発の可搬型パーカッションピストンコアラー(菅沼ほか, 2019)を用いて採取された。これによって、従来使われていた手押しのコアラーに比べて飛躍的に採取能力が向上

することになった。

“ぬるめ池”のほか、更に周辺の浅海域の海底地形の調査を行った。“ぬるめ池”のような汽水化した池だけではなく、既に海底に沈んだ“池”にも過去の海水準変化の痕跡が残されている可能性がある(菅沼ほか, 2020)。ラングホブデ地域にも幾つかの小さな湾があり(表紙写真)、それらが沈んだ“池”の候補となるかどうか、今後の掘削に備えて事前調査を行ったのである。極域でも使用可能なゾディアック社のゴムボート(船底に硬質素材を使用した複合艇)にポータブル測深機とサイドスキャンソナーのシステム(山崎ほか, 2013)を設置し、詳細な地形データを得た。また、同時に軽量のエクマンバージ採泥器やドレッジを用いた底質および底生生物の採取(第6図c)、CTDプロファイラーによる水中の水温、塩分、溶存酸素、濁度の鉛直データを取得した。

強風の影響や海氷が一面に広がってしまうなどしてボートが出せない日もある。そんな日は、陸上での調査を行った。上述の陸上に現れている海成層は、“ぬるめ池”周辺以外にもあちらこちらに分布しており(Miura *et al.*, 1998)、それらの地層から採取された試料を調査することで堆積当時の海水準や環境に関する情報を得ることが出来る。

ある日、1日かけてこれらの海成層を巡り歩き、また過去の氷河の発達を示している迷子石の採取も行った。これらの調査は一見、何の関連もないように見えるが、実はそうではない。発達した氷河の重みで地盤が沈み、海水準が相対的に高くなるという南極特有の変動が起こっていたと考えられている。それを正確に復元するためには、



第 6 図 (a) ぬるめ池に浮かぶ掘削用プラットフォーム (中央) と測量用 (手前) およびレスキュー用ボート (奥)。(b) 掘削用プラットフォームからのコア採取作業。(c) 測量用ボートからエクスマンバージ採泥器で試料採取。

掘削コアや海成層から過去の海水準を明らかにし、さらに迷子石からは氷河の消長に関する情報を得る必要がある。今後、このようなデータが蓄積されることで南極氷床と海洋とのダイナミックな相互作用も明らかにされていくことが期待される。

### 3. おわりに

正確な地形図が無く、どのような堆積物が分布しているのかも全くわからない前人未踏の海域において、多くの試料が採取できたのは本当に幸運であった。特に「しらせ」で採泥観測が可能なが実践的に確かめられ、南極大陸棚の研究において世界をリードできる可能性を有したという意味において意義が大きい。これは、JARE61 の青木茂隊長を始めとする観測隊各位、艦長を始めとする「しらせ」乗組員各位、及び国立極地研究所の陸上スタッフの献身的な支援があったからこそその成果に他ならない。この場

を借りてお礼を申し上げる。

3月20日、我々は約4ヶ月ぶりに成田空港に降り立った。新型コロナウイルスの影響で盛大な行事もなく、皆と再会の約束をしつつ各自解散していった。少し寂しい気持ちではあったが、私にとって南極は若い頃からの憧れの地であっただけに、厳しくも美しい風景、冷たい空気、新しい発見の数々、仲間達と過ごした毎日が非常に刺激的な経験であったことだと改めて思う。あれから数ヶ月、テレワークや作業制限のために滞っていた分析作業もやっと開始されつつある。ゆっくりとだが、しかし着実に前に進んでいる。本稿では、試料採取の現場(フィールド)での話題にフォーカスしたが、次回は是非これらの分析結果を踏まえた科学的な解説をしてみたい。

さて上述の通り、今回、私は「しらせ」による採泥、及び沿岸域の掘削と地形調査に関わった。いずれもGSJでの地質調査業務を基礎とする知識と技術が役立つものであった。逆にJARE61で新たに取得した多くの技術もGSJ

の業務に大いに応用できるもので、相互に有益である。今後、国家事業でもある南極地域観測にGSJから地質調査のナショナルセンターとしてもっと積極的に人材が派遣されていくようになることを期待したい。

## 文 献

- DeConto, R.M. and Pollard, D. (2016) Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise. *Nature*, **531**, 591–597.
- Hillenbrand, C., Smith, J., Hodell, D., Greaves, M., Poole, C. R., Kender, S., Williams, M., Andersen, T. J., Jernas, P. E., Elderfield, H., Klages, J. P., Roberts, S. J., Gohl, K., Larter, R. D. and Kuhn, G. (2017) West Antarctic Ice Sheet retreat driven by Holocene warm water incursions. *Nature*, **547**, 43–48.
- 石輪健樹・徳田悠希・板木拓也・佐々木聡史 (2020) 第61次日本南極地域観測隊における宗谷海岸域の地形調査の報告. 南極資料, **64**, 330–350.
- Miura, H., Maemoku, H., Igarashi, A. and Moriwaki, K. (1998) Late Quaternary raised beach deposits and radiocarbon dates of marine fossils around Lützow-Holm Bay. Special Map series of National Institute of Polar Research, no. 6.
- 菅沼悠介・香月興太・金田平太郎・川又基人・田邊優貴子・柴田大輔 (2019) 可搬型パーカッションピストンコアラーの開発. 地質学雑誌, **125**, 323–326.
- 菅沼悠介・石輪健樹・川又基人・奥野淳一・香月興太・板木拓也・関 宰・金田平太郎・松井浩紀・羽田裕貴・藤井昌和・平野大輔 (2020) 東南極における海域–陸域シームレス堆積物掘削研究の展望 (総説), 地学雑誌, **129** (5), 591.
- 山崎新太郎・原口 強・伊藤陽司 (2013) レジャー用魚群探知機を利用した水底地形調査. 応用地質, **54**, 204–208.
- ITAKI Takuya (2020) Report on the 61<sup>st</sup> Japanese Antarctic Research Expedition (JARE61).

(受付:2020年7月21日)

# チバニ안의地層「千葉複合セクション」から 明らかになった最後の地磁気逆転の全体像

羽田 裕貴<sup>1)</sup>・岡田 誠<sup>2)</sup>・菅沼 悠介<sup>3)4)</sup>・北村 天宏<sup>5)</sup>

\* 本稿は 2020 年 9 月に、国立極地研究所、産業技術総合研究所、茨城大学が共同で行ったプレス発表を修正・加筆したものです。

## 1. はじめに

現在の地球上では、方位磁石は N 極が北を指し、S 極は南を指します。これは地球が、北極が S 極、南極が N 極の大きな磁石になっているためです。長い地球の歴史では、この磁石の向きが頻繁に入れ替わっていました。地磁気が現在とは逆向きであった「松山逆磁極期」から、現在と同じ向きの「ブルン正磁極期」に逆転したのは、今から約 77 万年前のことです。

過去の地磁気を調べる学問を「古地磁気学」と呼びます。地磁気逆転は世界規模で同時に起こることから、松山逆磁極期からブルン正磁極期への最後の地磁気逆転、すなわち「松山-ブルン境界」は世界中の地層に記録されています。そのため、松山-ブルン境界は地質年代層序境界の一つである前期-中期更新世境界の指標とすることが決められており、地層の年代決定と対比において非常に重要な役割を担っています。

松山逆磁極期からブルン正磁極期へ地磁気の向きが入れ替わる過程で、地磁気の分布や強さがどのように変化したのかを明らかにするために、溶岩や遠洋の海底をボーリングすることで得られる地層を用いた研究が行われてきました。しかし、溶岩は間欠的に噴出することから、数百年から数千年という地質学的には短い時間スケールの地磁気変動を連続的に捉えることは困難です。また、遠洋の海底では地層がゆっくりと堆積するため、地層中に保存された地磁気の向きなどの記録が平滑化されてしまい、短い時間スケールの地磁気変動は記録されません。そのため、松山-ブルン境界での地磁気逆転の詳しい様相を復元するためには、時間の空白がなく、比較的短い時間で堆積した地層が適しています。その条件をみだす代表的な地層の一つが、地質時代「チバニアン」の名称の由来になった千葉複合セクションです。

## 2. 千葉複合セクションの概要とこれまでの研究

千葉複合セクションは、千葉県市原市で観察することができる 5 ケ所の地層（養老川、養老田淵、小草畑、柳川、および浦白セクション）の総称です。主に泥岩と薄い砂層、火山噴出物（火山灰層や軽石層、スコリア層）から構成されます。各地点の地層は特徴的な火山灰層や砂層によって対比され、千葉複合セクションとしての層厚は約 130 m になります。市原市田淵地区の養老川沿いで観察できる養老川セクションの最下部の地層は、とくに「千葉セクション」と呼ばれ、チバニアン期（77 万 4000 年前から 12 万 9000 年前の地質時代）の下限を定義する地層（GSSP, Global boundary Stratotype Section and Point : 国際境界模式層断面とポイント）として、2020 年 1 月 17 日に国際地質連合（IUGS）によって認定されました（板木, 2020 ; Suganuma *et al.*, in press). チバニアン期の下限は、千葉セクションに挟まる厚さ 1 cm 程度の白色火山灰の地層（白尾火山灰層）の下限に定義されます（Suganuma *et al.*, in press).

千葉セクションを含めて、房総半島の地層に対する古地磁気研究は 1950 年代まで遡ることができます。これらの先駆的な研究によって、松山-ブルン境界は白尾火山灰層の約 2 m 下位に位置するとされてきました（例えば、Niitsuma, 1971）。しかし、Suganuma *et al.* (2015) が熱消磁という方法を用いて、古地磁気の記録を再検討したところ、松山-ブルン境界は白尾火山灰層の約 1 m 上位にあることが明らかになりました。さらに Okada *et al.* (2017) は、千葉セクションとその近傍の養老田淵セクションの下部の地層に対して、試料中の磁性鉱物が熱変質しない上限温度まで加熱した後に交流消磁を施すことで、松山-ブルン境界近傍の古地磁気の方位と強度を復元することに成功しました。その後、Simon *et al.* (2019) は、対象とする地層を養老田淵セクションの上限まで延ばし、古

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

2) 茨城大学理学部 〒310-8512 水戸市文京 2-1-1

3) 国立極地研究所地圏研究グループ 〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3

4) 総合研究大学院大学極域科学専攻 〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3

5) 茨城大学大学院理工学研究科 〒310-8512 水戸市文京 2-1-1

キーワード：地磁気逆転、松山-ブルン境界、チバニアン、GSSP、千葉セクション、千葉複合セクション

地磁気の強度と同じく地磁気の強さの指標として用いられるベリリウム同位体比を分析することで、当時の地磁気強度の変動を復元しました。これらの一連の研究によって、新たに松山ーブルン境界の年代が約 77 万 3000 年前であること、地磁気逆転の際に地磁気強度が現在の約 30 % まで減少していたこと、地磁気逆転が起きた後の約 1 万年間は地磁気強度が非常に弱いままであったことが明らかになりました。しかし、千葉複合セクションの上位の地層では古地磁気分析が実施されておらず、そのため千葉複合セクションが堆積した当時の地磁気変動の全容は不明なままでした。また、千葉セクションから約 70 m 北東に位置する養老田淵セクションでの松山ーブルン境界の位置は明らかになっていませんでした。

本研究では、千葉複合セクションの一部である養老田淵セクション最下部と養老川セクション上位の地層に対して新たに古地磁気分析を行うことで、松山ーブルン境界での連続的かつ詳細な古地磁気記録を得ました (Haneda *et al.*, 2020a)。

### 3. 成果の概要

養老田淵セクションの最下部に地層から、新たに古地磁気分析用の試料を採取しました (写真 1)。古地磁気分析の結果、養老田淵セクションにおける松山ーブルン境界の地層上の位置が、白尾火山灰層から 1.6 m 上位になることがわかりました (第 1 図)。この結果は、千葉複合セクションの一部である千葉セクション、柳川セクション、および田淵地区で掘削されたボーリングコアで確認された松山ーブルン境界とよく一致しており、火山灰層による地層の対

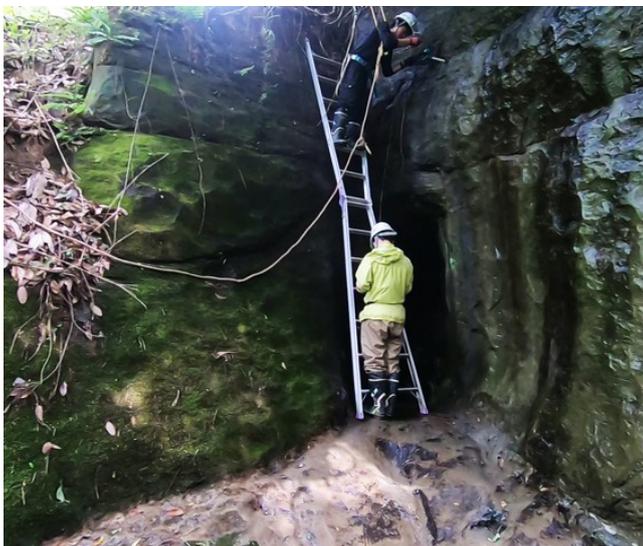


写真 1 養老田淵セクション最下部でのサンプリングの様子

比を裏付けることができました。また、千葉複合セクションの 3 つの地層、および田淵地区のボーリングコアに記録された松山ーブルン境界は、その平均層位が白尾火山灰層から 1.1 m 上位に、平均年代が 77 万 2900 年前 (± 5400 年) と見積もられました。この年代値は、北大西洋、赤道インド洋、および赤道太平洋の海底堆積物から報告されている値とよく一致します (Channell *et al.*, 2010; Valet *et al.*, 2019)。

また、養老川セクション上位の地層から得た新しいデータと、これまでに千葉複合セクションから得られていたデータを統合することで、79 万年前から 75 万年前の約 4 万年間にわたる連続的な地磁気の方角と強度の変動記録を構築しました (第 2 図)。その結果、松山ーブルン境界の約 1 万年前から少なくとも 3 回、地磁気極が南極から大きく外れ、同時に地磁気強度も減少していたことが明らかになりました。同様に、北大西洋の海底堆積物やチリやハワイの溶岩を用いた研究は、松山ーブルン境界の約 1 万年前に、地磁気極が南極から低緯度へ大きく動いていたことを報告しています (Channell *et al.*, 2010; Singer *et al.*, 2019)。このことは、松山ーブルン境界の少なくとも約 1 万年前から、地磁気が不安定な状態であったことを意味します。また、地磁気が不安定な状態は、松山ーブルン境界の約 1 万年後まで続きます。これらの結果は、松山ーブルン境界をまたいだ約 2 万年間は、地磁気の大極子成分<sup>注1</sup>が弱くなることで非大極子成分<sup>注2</sup>が繰り返し卓越していた可能性を示唆します。

本研究で報告した松山ーブルン地磁気逆転の全容は、あくまで千葉複合セクションの古地磁気記録から復元したものです。しかし、今後、コンピュータシミュレーションと組み合わせることで地磁気逆転メカニズムの解明に近づくと考えられます。また、千葉複合セクションでは海のプランクトンや花粉の化石を用いることで、松山ーブルン境界を含む前期ー中期更新世境界の環境変動に関する研究も行われています (Suganuma *et al.*, 2018; Haneda *et al.*, 2020b; Kameo *et al.*, 2020)。これら当時の環境記録と古地磁気記録を比較することで、地磁気逆転が地球表層環境に与えた影響の有無を検証する手掛かりになると期待されます。

### 脚注

注1 大極子成分：一対のN極とS極のペア (棒磁石に例えることができる) が作る磁場成分。地球の磁場は、地球の中心に南北に向くようにおいて巨大な棒磁石が作り出す大極子磁場に近似できる。

注2 非大極子成分：地球の磁場から大極子成分を除いた時に残る磁場成分。



## 文 献

- Channell, J.E.T., Hodell, D.A., Singer, B.S. and Xuan, C. (2010) Reconciling astrochronological and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages for the Matuyama–Brunhes boundary and late Matuyama chron. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, **11**, Q0AA12.
- Haneda, Y., Okada, M., Suganuma, Y. and Kitamura, T. (2020a) A full sequence of the Matuyama–Brunhes geomagnetic reversal in the Chiba composite section, central Japan. *Progress in Earth and Planetary Science*, **7**, 44.
- Haneda, Y., Okada, M., Kubota, Y. and Suganuma, Y. (2020b) Millennial-scale hydrographic changes in the northwestern Pacific during marine isotope stage 19: teleconnection with ice melt in the North Atlantic. *Earth and Planetary Science Letters*, **531**, 115936.
- Hyodo, M., Katoh, S., Kitamura, A., Takasaki, K., Matsushita, H., Kitaba, I., Tanaka, I., Nara, M., Matsuzaki, T., Dettman, D.L. and Okada, M. (2016) High resolution stratigraphy across the early–middle Pleistocene boundary from a core of the Kokumoto Formation at Tabuchi, Chiba Prefecture, Japan. *Quaternary International*, **397**, 16–26. doi:10.1016/j.quaint.2015.03.031.
- Hyodo, M., Bradák, B., Okada, M., Katoh, S., Kitaba, I., Dettman, D.L., Hayashi, H., Kumazawa, K., Hirose, K., Kazaoka, O., Shikoku, K. and Kitamura, A. (2017) Millennial-scale northern Hemisphere Atlantic-Pacific climate teleconnections in the earliest Middle Pleistocene. *Scientific Reports*, **7**, 10036.
- 板木拓也 (2020) 日本初の GSSP: 千葉セクションとチバニアン. *GSJ 地質ニュース*, **9**, 185–191.
- Kameo, K., Kubota, Y., Haneda, Y., Suganuma, Y. and Okada, M. (2020) Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Lower–Middle Pleistocene boundary of the GSSP, Chiba composite section in the Kokumoto Formation, Kazusa Group, and implications for sea-surface environmental changes. *Progress in Earth and Planetary Science*, **7**, 36.
- Niitsuma, N. (1971) Detailed study of the sediments recording the Matuyama–Brunhes geomagnetic reversal. *The science reports of the Tohoku University. Second series, Geology*, **43**, 1–39.
- Okada, M., Suganuma, Y., Haneda, Y. and Kazaoka, O. (2017) Paleomagnetic direction and paleointensity variations during the Matuyama–Brunhes polarity transition from a marine succession in the Chiba composite section of the Boso Peninsula, central Japan. *Earth Planets Space*, **69**, 45.
- Simon, Q., Suganuma, Y., Okada, M., Haneda, Y. and ASTER team (2019) High-resolution  $^{10}\text{Be}$  and paleomagnetic recording of the last polarity reversal in the Chiba composite section: Age and dynamics of the Matuyama–Brunhes transition. *Earth and Planetary Science Letters*, **519**, 92–100.
- Singer, B.S., Jicha, B.R., Mochizuki, N. and Coe, R.S. (2019) Synchronizing volcanic, sedimentary, and ice core records of Earth's last magnetic polarity reversal. *Science Advances*, **5**, eaaw4621.
- Suganuma, Y., Okada, M., Horie, K., Kaiden, H., Takehara, M., Senda, R., Kimura, J., Haneda, Y., Kawamura, K., Kazaoka, O. and Head, M.J. (2015) Age of Matuyama–Brunhes boundary constrained by U–Pb zircon dating of a widespread tephra. *Geology*, **43**, 491–494.
- Suganuma, Y., Haneda, Y., Kameo, K., Kubota, Y., Hayashi, H., Itaki, T., Okuda, M., Head, M.J., Sugaya, M., Nakazato, H., Igarashi, A., Shikoku, K., Hongo, M., Watanabe, M., Satoguchi, Y., Takeshita, Y., Nishida, N., Izumi, K., Kawamura, K., Kawamata, M., Okuno, J., Yoshida, T., Ogitsu, I., Yabusaki, H. and Okada, M. (2018) Paleoclimatic and paleoceanographic records of Marine Isotope Stage 19 at the Chiba composite section, central Japan: A reference for the Early–Middle Pleistocene boundary. *Quaternary Science Reviews*, **191**, 406–430.
- Suganuma, Y., Okada, M., Head, M.J., Kameo, K., Haneda, Y., Hayashi, H., Irizuki, T., Itaki, T., Izumi, K., Kubota, Y., Nakazato, H., Nishida, N., Okuda, M., Satoguchi, Y., Simon, Q., Takeshita, Y. (in press) Formal ratification of the Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Chibanian Stage and Middle Pleistocene Subseries of the Quaternary System: the Chiba Section, Japan. *Episode*.
- Valet, J.P., Bassinot, F., Simon, Q., Savranskaia, T., Thouveny, N., Bourlés, D.L. and Villedieu, A. (2019) Constraining the age of the last geomagnetic reversal from geochemical and magnetic analyses of Atlantic, Indian, and Pacific Ocean sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, **506**, 323–331.

---

HANEDA Yuki, OKADA Makoto, SUGANUMA Yusuke and KITAMURA Takahiro (2020) A full sequence of the Matuyama–Brunhes geomagnetic reversal in the Chiba composite section, Central Japan.

(受付: 2020年11月2日)

# 新型コロナウイルス禍に東京で観察された地震計ノイズレベルの低下

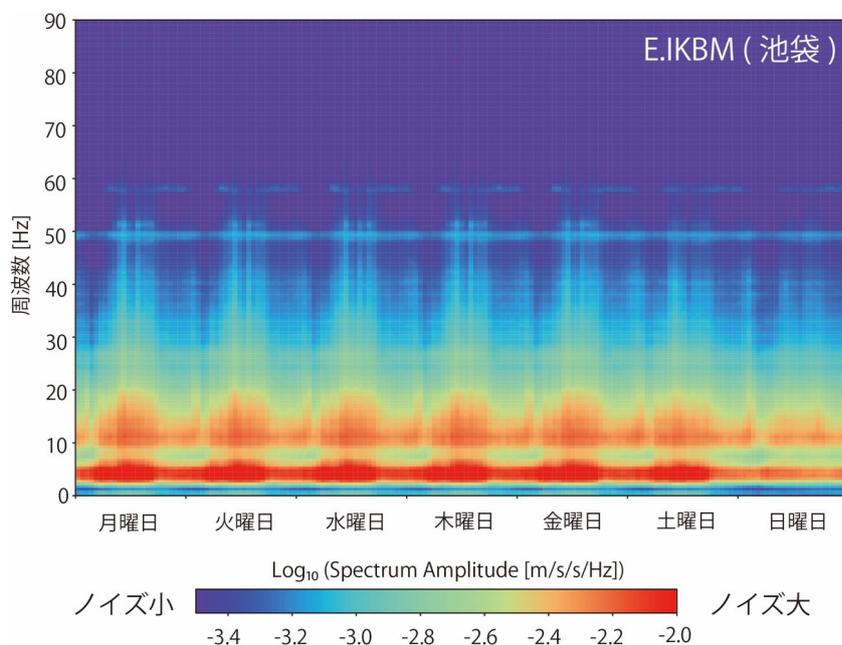
矢部 優<sup>1)</sup>・今西 和俊<sup>2)</sup>・西田 究<sup>3)</sup>

## 1. はじめに

世界有数の地震国である日本では、地震観測網が陸域と海域の両方に展開されています。緊急地震速報のような防災・減災に資する仕組みも、スロー地震の発見 (Obara, 2002) のような世界に先駆けた研究成果も、世界に誇る日本の地震観測網によってもたらされました。この地震観測網は目的によって幾つかの種類があります。陸域の全国的な地震観測網では、小さな地震まで観測できる高感度地震観測網 (Hi-net)、強い地震動を観測できる強震観測網 (K-NET・KiK-net)、速い振動からゆっくりした振動まで広い周波数帯域にわたる観測ができる広帯域地震観測網 (F-net) などが挙げられます。世界中の研究者が、このような日本の観測データを用いて地震現象の研究に取り組んでいます。

地震計というと、地震による地面の振動を記録している

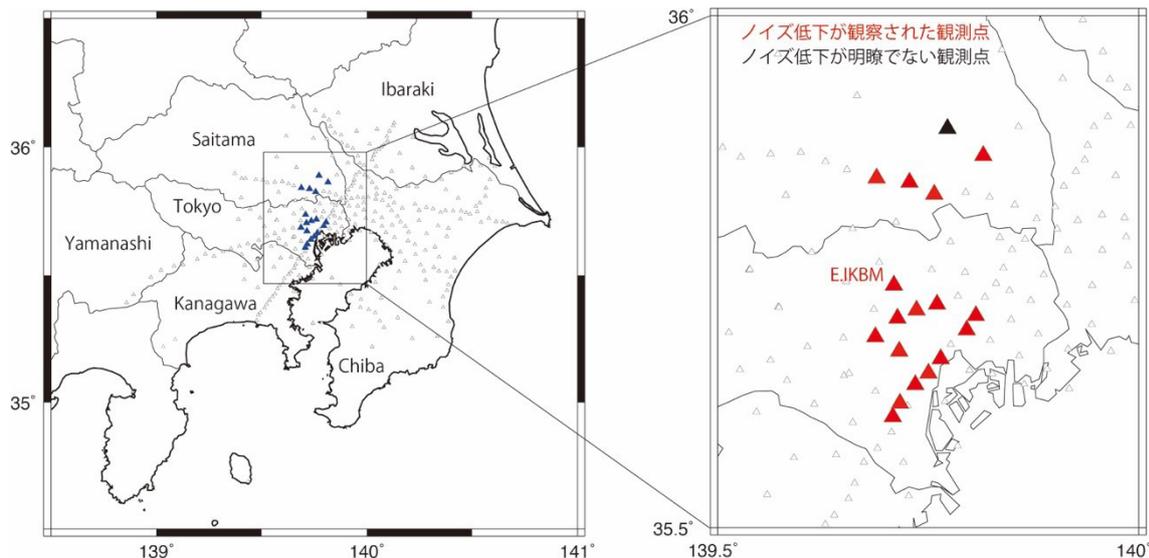
ように思われますが、地震計記録の中で地震のシグナルを捉えている時間はほんの一部にすぎません。残りの大部分の時間は地面の乱雑な揺れ (= ノイズ) を捉えています。ノイズと言っても、その揺れには意味があることがこれまでの研究で明らかになってきました。例えば、落石や土砂崩れのような地表での現象がノイズの中に隠れています (Yamada *et al.*, 2013)。また、気象現象によっても地面の振動が生み出されノイズの一部となっていることが分かっています (Longuet-Higgins, 1950; Hasselmann, 1963)。さらに、そのような自然現象と同様に、人間活動 (経済活動) もノイズの一部となっていることが知られています (岡田・小原, 2000)。例えば、地震計のノイズの大きさは、昼間に大きく夜間に小さくなります。1週間の中では平日に大きく週末に小さくなります (第1図)。年末年始やゴールデンウィークなどの大型連休の際には特に小さくなります。このようなノイズの大きさの時間変化は、人間活動が



第1図 E.IKBM (池袋) 観測点における平均的なノイズの大きさ。赤い色ほどノイズが大きいことを示す。各曜日の日中は夜間に比べてノイズが大きいこと、そして週末に比べて平日にノイズが大きいことが分かる。観測点の位置は第2図を参照。本図は Yabe *et al.* (2020) から修正したものである。

1) 産総研 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門  
2) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部  
3) 東京大学 地震研究所 113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1

キーワード：新型コロナウイルス、地震計、ノイズ、人間活動



第2図 首都圏地震観測網 (MeSO-net) の観測点図。(左) 首都圏全体の観測点図。三角は観測点を表す。青い三角は解析に使用した観測点を表す。(右) 使用した観測点周辺の拡大図。赤い三角はノイズ低下が確認された観測点を示す。黒い三角はノイズ低下が確認されない観測点を示す。本図は Yabe *et al.* (2020) から修正したものである。

大きなノイズ源であることを示唆しています。具体的なノイズ源としては、車両や電車などの交通、ビルや工場における機械の振動などが考えられます。

2020年は新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の流行によって、経済活動が様々な制約を受けるなど大きな影響が出ています。特に4月から5月にかけて緊急事態宣言が発令された際には、可能な限りの在宅勤務が求められるなど人間活動が大きく低下しました。これまで知られている地震計ノイズの特徴を考えると、今回の COVID-19 による人間活動の低下はノイズの大きさにも影響を与えていると考えられます。実際、そのようなノイズ低下が世界中の都市で観察されたことが *Science* 誌にも報告されました (Lecocq *et al.*, 2020)。本稿では、日本においてその影響を初めて調査した Yabe *et al.* (2020) の内容を紹介します。

## 2. 首都圏地震観測網

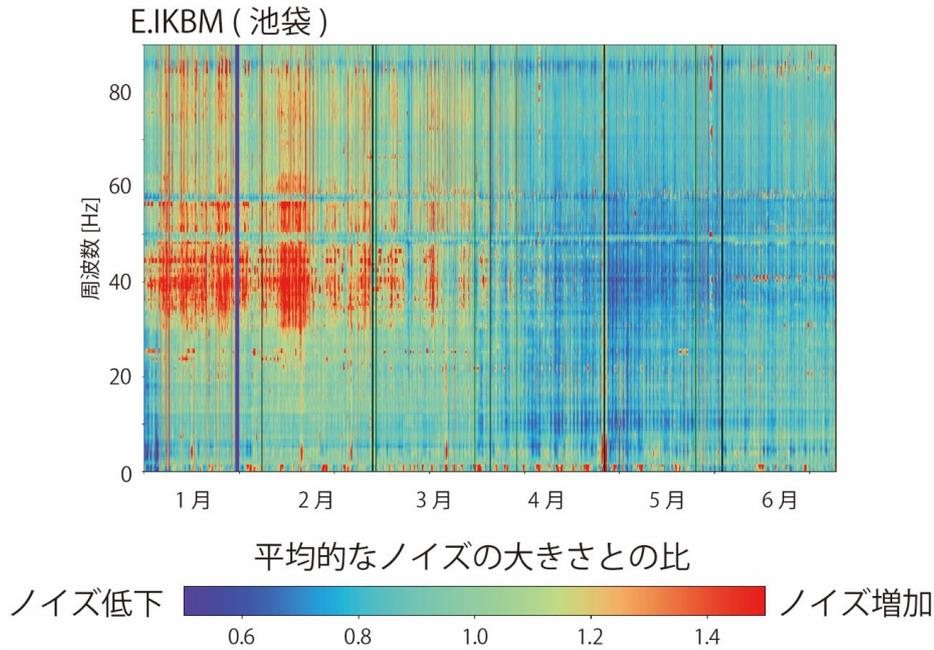
本研究では、首都圏地震観測網 (MeSO-net) と呼ばれる地震観測網のデータを使用しました。MeSO-net では、首都圏の主に学校の敷地内に集中的に 300 点ほどの観測点が配置されています (第2図)。Hi-net の地震計はできるだけノイズを小さくするために 100 m から 1 km 程度の地下に設置されていますが、MeSO-net の地震計は比較的地表に近い地下 20 m 程度に設置されているため、人間活動に由来するノイズの影響を相対的に強く受けていて、本研究の目的に適していると期待されます。本研究では、

MeSO-net 観測点のうち東京都中心部と埼玉県南部の一部観測点について調査しました (第2図)。

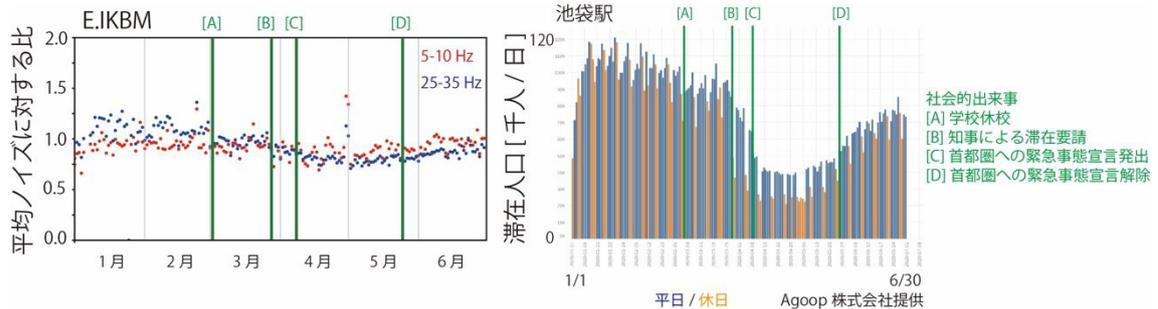
## 3. ノイズの大きさの時間変化

ノイズの大きさは通常時でも曜日や時間によって変動することが知られています。そこで、まずは各曜日・時間の平均的なノイズの大きさを COVID-19 が流行する以前のデータから定義しました。第1図には E.IKBM (池袋) の観測点 (場所は第2図を参照) における平均的なノイズの大きさを示しています。週末 (土曜の午後から日曜にかけて) にノイズの大きさが小さくなっていること、平日でも夜間にはノイズが小さくなっていることが確認できます。次に 2020 年上半期のノイズの大きさを第3図に示します。ここでは、COVID-19 による人間活動の低下の影響を明瞭にするため、第1図の平均的なノイズの大きさに対する比としてノイズの大きさを表示しています。第3図を見ると、3月末から4月上旬にかけての期間で、ノイズの大きさがかなり低下していることがわかります。このような大きな低下は COVID-19 が流行する以前のデータには見られないため、前例のない出来事が起きたことを示しています。一方で、ゴールデンウィーク明け後の5月後半から6月にかけての期間では、ノイズの大きさが回復傾向にあることもわかります。

本研究では、Agoop 株式会社発表の鉄道駅周辺の滞在人口データを人間活動の活発さの指標と考え、ノイズの大



第3図 E.IKBM (池袋) 観測点における、2020 年前半のノイズの大きさの時間変化。平均的なノイズの大きさに対する比を示す。青いほどノイズが低下していることを示す。3月末から4月上旬にかけてノイズが低下し、5月後半から6月にかけて回復傾向にあることが分かる。本図は Yabe *et al.* (2020) から修正したものである。



第4図 地震計ノイズと人間活動の比較。(左) 地震計ノイズの時間変化。第3図に示したデータについて、5-10 Hz (赤) と 25-35 Hz (青) の2つの周波数帯域における代表値の時間変化を示す。(右) Agoop 株式会社提供の池袋駅周辺の滞在人口データ。青色と橙色はそれぞれ平日と休日のデータを表す。緑字で示した [A] から [D] のタイミングは、COVID-19 に関連した社会的な出来事が発生したタイミングを示す。本図は Yabe *et al.* (2020) から修正したものである。

きさの時間変化と比較しました(第4図)。この滞在人口データは、携帯電話の位置情報を元に、どのくらいの人数が鉄道駅周辺の一定エリア内にいるかを滞在時間の重み付きで推計したデータです。池袋駅周辺の滞在人口は3月末から4月上旬にかけての期間で大きく減少しています。地震計ノイズが低下する時期と一致するこの期間は、都知事による自粛要請や緊急事態宣言の発令など、人間活動に大きな影響を与えたと考えられる出来事が発生した時期に対応しています。一方で、ゴールデンウィーク明け後の5月後半から6月にかけての期間には、徐々に滞在人口が回復し始めている様子も確認できます。地震計のノイズも

これに調和するように回復傾向に転じています。緊急事態宣言が解除されたのは5月末ですが、その前から人間活動が再開しつつあったことが読み取れます。

このように、人間活動の指標である滞在人口データと地震計ノイズの大きさとの振る舞いは、よく一致していることが明らかになりました。このことは、ノイズ源が人間活動であることを裏付けるとともに、地震計ノイズが人間活動の活発度の指標になりうることを示しています。前述した通り、地震計ノイズの一部が人間活動由来であることは認識されていましたが、本研究のように人間活動の指標と直接的に比較する機会はありませんでした。そのた

め今回の新型コロナウイルス禍は、地震計ノイズの性質について理解を深める貴重な機会となりました。

#### 4. 今後の展望

本研究により、人間活動指標との直接的な比較によって、地震計ノイズの一部が人間活動に由来することが裏付けられました。しかし、具体的にどのような人間活動がどの程度のノイズをもたらしているか、という点は未だ明らかになっていません。人間活動の指標となりうるものは、滞在人口以外にも交通量・鉄道ダイヤ・工場の稼働状況など様々あると予想されます。各観測点周辺の環境を考慮した上で様々な指標と比較するなど、定量的な理解にはより詳細な研究が必要となります。都市環境下での新たな地震観測と種々の人間活動指標との比較を通して、人間活動由来の地震計ノイズについてさらに理解を深めることで、世界中に設置された多くの地震計の新たな活用手段が見つかるかもしれません。

#### 文 献

- Hasselmann, K. (1963) A statistical analysis of the generation of microseisms. *Review of Geophysics*, **1**, 177–209, doi:10.1029/RG001i002p00177.
- Lecocq, T., Hicks, S. P., Van Noten, K., van Wijk, K., Koelemeijer, P., De Plaen, R. S. M., Massin, F., Hillers, G., Anthony, R. E., Apoloner, M.-T., Arroyo-Solórzano, M., Assink, J. D., Büyükakpınar, P., Cannata, A., Cannavo, F., Carrasco, S., Caudron, C., Chaves, E. J., Cornwell, D.G., Craig, D., den Ouden, O. F. C., Diaz, J., Donner, S., Evangelidis, C. P., Evers, L., Fauville, B., Fernandez, G. A., Giannopoulos, D., Gibbons, S. J., Girona, T., Grecu, B., Grunberg, M., Hetényi, G., Horleston, A., Inza, A., Irving, J. C. E., Jamalreyhani, M., Kafka, A., Koymans, M. R., Labedz, C. R., Larose, E., Lindsey, N. J., McKinnon, M., Megies, T., Miller, M. S., Minarik, W., Moresi, L., Márquez-Ramírez, V. H., Möllhoff, M., Nesbitt, I. M., Niyogi, S., Ojeda, J., Oth, A., Proud, S., Pulli, J., Retailleau, L., Rintamäki, A. E., Satriano, C., Savage, M. K., Shani-Kadmiel, S., Sleeman, R., Sokos, E., Stammer, K., Stott, A. E., Subedi, S., Sørensen, M. B., Taira, T., Tapia, M., Turhan, F., van der Pluijm, B., Vanstone, M., Vergne, J., Vuorinen, T. A. T., Warren, T., Wassermann, J. and Xiao, H.. (2020) Global quieting of high-frequency seismic noise due to COVID-19 pandemic lockdown measures, *Science*, **369**(6509), 1338–1343. doi: 10.1126/science.abd2438.
- Longuet-Higgins, M. S. (1950) A theory of the origin of microseisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, **243**, 1–35. doi:10.1098/rsta.1950.0012.
- Obara, K. (2002) Nonvolcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan. *Science*, **296**(5573), 1679–1681. doi:10.1126/science.1070378.
- 岡田義光・小原一成 (2000) 関東・東海地域の高感度地震観測点における地動ノイズの特徴. 防災科学技術研究所研究報告, **60**, 15–39.
- Yabe, S., Imanishi, K. and Nishida K. (2020) Two-step seismic noise reduction caused by COVID-19 induced reduction in social activity in metropolitan Tokyo, Japan. *Earth Planets Space*, **72**, 167. doi:10.1186/s40623-020-01298-9.
- Yamada, M., Kumagai, H., Matsushi, Y. and Matsuzawa, T. (2013) Dynamic landslide processes revealed by broadband seismic records. *Geophysical Research Letters*, **40**, 2998–3002. doi:10.1002/grl.50437.
- 
- YABE Suguru, IMANISHI Kazutoshi and NISHIDA Kiwamu (2020) Seismic noise reduction in Tokyo observed during COVID-19 pandemic.
- 

(受付:2020年11月17日)

# 鹿沼軽石 (Ag-KP) の噴出年代

小松原 純子<sup>1)</sup>・大井 信三<sup>1)</sup>

鹿沼軽石(赤城鹿沼テフラ, 以下 Ag-KP)は赤城山から噴出した軽石が関東周辺に降り積もって地層となったもので、栃木県鹿沼市にちなんで鹿沼軽石と呼ばれています。一般には鹿沼土<sup>かぬまつち</sup>という園芸用土として知られ、サツキの栽培などに使われています。GSJ 地質ニュースに掲載された徐ほか(2019), 地下ほか(2020)は産状, 商業利用, 鉱物組成などについて詳しく紹介しました。

徐ほか(2019)では Ag-KP が赤城山から噴出され降り積もったのは約 3 万年前としていますが, 最近の研究によりその年代は改訂されています。このコラムでは Ag-KP の年代がどのように求められているかについて説明します。

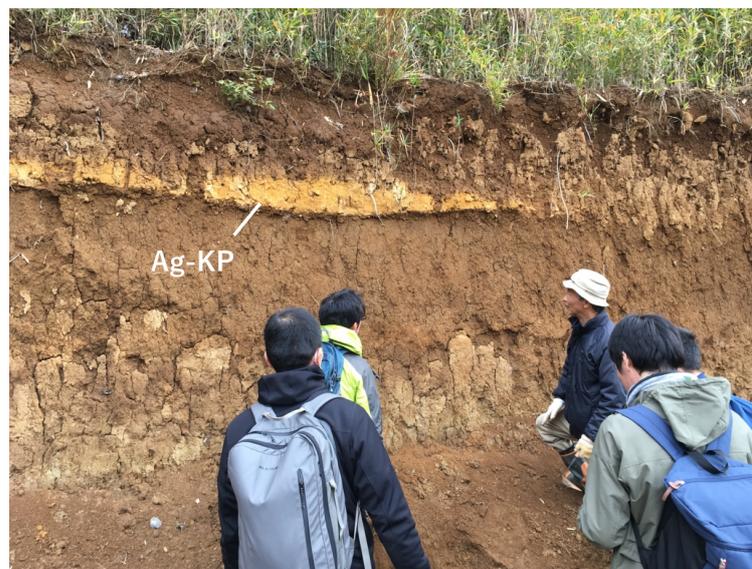
赤城山の地形と地質について, 最初に取りまとめたのは守屋(1968)でした。守屋(1968)は現在赤城火山を作っている溶岩や軽石の分布や上下関係を詳細に調査して赤城火山の噴火史を明らかにしました。この研究により Ag-KP とほかのテフラの相対的な上下関係(新旧関係)が明らかにされましたが, では Ag-KP が降り積もったのは何年前なのかという具体的な数値の目盛は入っていませんでした。

鈴木(1976)は講談社ブルーバックス「過去をさぐる科学: 年代測定手法のすべて」という本の巻末資料として, Ag-KP のフィッシュトラック年代  $32000 \pm 4000$  yBP および  $31000 \pm 8000$  yBP という値を載せています。これは栃木県栃木市にある縄文時代の星野遺跡で確認された

ものですが, 年代値のみの記載で詳細は不明です。この値が徐ほか(2019)で紹介された約 3 万年前という年代のものになっていると思われます。

青木ほか(2008)は鹿島沖で採取された海底堆積物のコア試料(MD01-2421)を使って Ag-KP を含む複数のテフラの降下年代を求めています。このコア試料では Oba *et al.* (2006)によって多くの層準で浮遊性および底生有孔虫の酸素同位体比と浮遊性有孔虫の放射性炭素年代が得られていました。底生有孔虫の酸素同位体比変動は地質年代のスケールでは全世界で同期することが知られており, 年代を横軸にした酸素同位体比カーブが確立されています(Martinson *et al.*, 1987; Lisiecki and Raymo, 2005)。青木ほか(2008)は MD01-2421 に含まれるテフラを岩石的記載と火山ガラスの元素分析により同定した後, 酸素同位体比カーブを使ってそれぞれのテフラの年代を求めました。その結果 Ag-KP の年代として  $44.2 \pm 4.5$  ka という値が得られ, 上位の層準から得られた底生有孔虫の放射性炭素年代が 42.33 ka であることから, Ag-KP の噴出年代は 4 万 2 千年~4 万 9 千年前と求められました。現在ではこの値が Ag-KP の噴出年代として使われています。

Ag-KP は偏西風の風下側に広く分布し, 筑波山の周辺でも観察できます(第 1 図)。例えば那珂川の河口付近では沖積面に没する河川成段丘の礫層直上を Ag-KP が覆い,



第 1 図 茨城県石岡市戸ノ内の露頭。関東ローム層の上部に Ag-KP が見られる。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

キーワード: 鹿沼軽石, 鹿沼土, 赤城鹿沼テフラ, Ag-KP, 赤城山



第2図 茨城県桜川市真壁町羽鳥にある羽鳥ジオサイトの説明。

立川I面(Tc-1)を区別する良い鍵層となっています(早川・勝村, 1982)。また、筑波山の周辺には土石流などで形成された山麓緩斜面が広がっていますが、北側斜面を覆うローム層中にはAg-KPが挟まれていることから(平野・池田, 1998)、この山麓緩斜面ができたのは少なくとも4万2千年前よりも昔であるということがわかっています。羽鳥の山麓緩斜面は筑波山地域ジオパークの羽鳥ジオサイトとして登録されており、現地には看板も立っています(第2図)。

## 文献

- 青木かおり・入野智久・大場忠通(2008) 鹿島沖海底コアMD01-2421の後期更新世テフラ層序。第四紀研究, 47, 391-407.
- 早川唯弘・勝村 登(1982) 那珂川下流域における河成段丘および沖積低地の地形発達。茨城大学教育学部紀要(自然科学), no.31, 2-22.
- 平野由佳・池田 宏(1998) 緩斜面の発達とその分布からみた筑波山の解析過程。筑波大学水理実験センター報告, no. 23, 61-86.
- 地下まゆみ・徐 維那・須藤定久・高木哲一(2020) 鹿沼土の話② -鹿沼土を観察してみる。GSJ地質ニュース, 9, 195-200.
- Lisiecki, L.E. and Raymo, M.E. (2005) A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records. *Paleoceanography*, 20, 1-17.
- Martinson, D.G., Pisias, N.G., Hays, J.D., Imbrie, J., Moore, T.C. Jr. and Shackleton, N.J. (1987) Age dating and the orbital theory of the ice ages : Development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy. *Quaternary Research*, 27, 1-29.
- 守屋以智雄(1968) 赤城火山の地形及び地質。前橋営林局。
- Oba T., Irino, T., Yamamoto, M., Murayama, M., Takamura, A. and Aoki, K. (2006) Paleoclimatological change off central Japan since the last 144, 000 years based on high-resolution oxygen and carbon isotopic records. *Global and Planetary Changes*, 53, 5-20.
- 徐 維那・須藤定久・高木哲一(2019) 鹿沼土の話① -採掘から製品まで。GSJ地質ニュース, 8, 301-307.
- 鈴木正男(1976) 過去をさぐる科学:年代測定法のすべて。講談社, 234p.
- KOMATSUBARA Junko and OOI Shinzo (2020) The eruptive age of the Kanuma Pumice (Ag-KP).

(受付:2020年10月27日)

# 地質標本館における「地層の話」プログラム（前編） 三角州の形成と海水準変動の再現実験の紹介

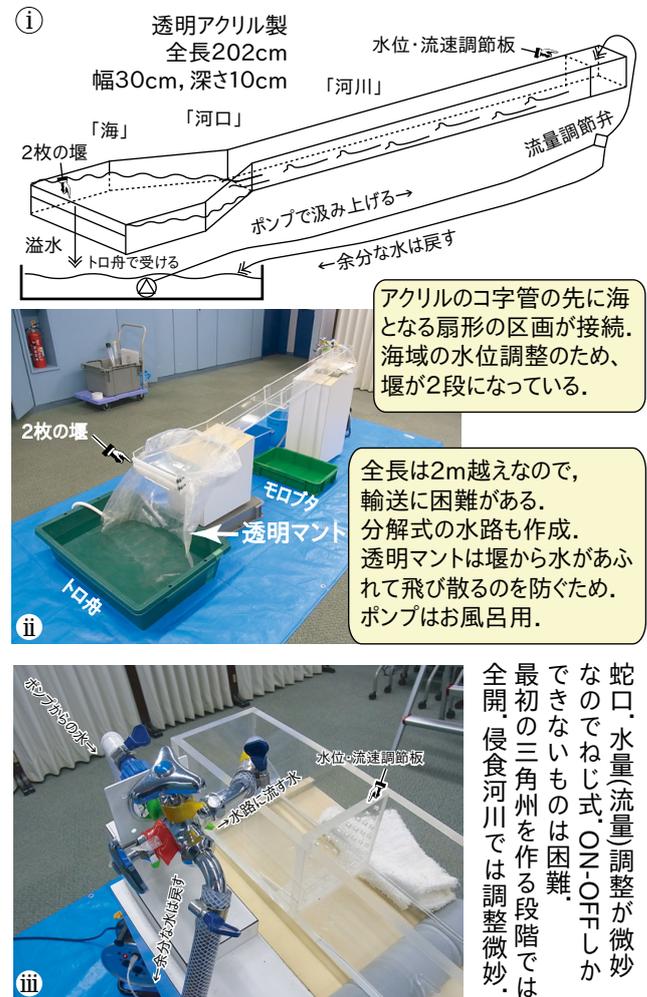
辻野 匠<sup>1)</sup>・森尻 理恵<sup>2)</sup>・佐藤 隆司<sup>2)</sup>・高橋 誠<sup>2)</sup>・下川 浩一<sup>2)</sup>・須藤 茂<sup>3)</sup>・利光 誠一<sup>4)</sup>

## 1. はじめに

地質標本館では例年、地層のでき方の簡単な講義、低地と台地形成を再現する水路実験、ならびに標本館の見学を組み合わせた参加型学習の「地層の話」プログラムを実施してきており、主に近隣の小学校の校外学習として利用されています。このプログラムは小学生に限ったものではなく、中学生の申し込みもありますし、社会人にも好評です。一連のプログラムのうち水路実験は短時間で平野の成立ちについてイメージをもつことができるため、地質情報展や産総研一般公開などの市民向けのイベントでも実施されてきております。

さて、水路実験のようなアナログ実験は地形や地質への関心を喚起し理解を促進する上で有効な手法と思われます(池田, 2011)。野外での観察はもちろん重要ですが、野外で観察される事象はいろいろな作用の総合されたものであり、かつ、ある時間断面でのスナップショットになります。そのため、見せたい事象がうまく発現していなかったり、様々な作用があるせいで学習者の視点をうまく誘導することが難しかったりします。一方で、実験は要素を限定し、注目すべき事象の視覚的な変化を追跡的に観察できるので、学習者の視点をうまく引き付け、理解を促すことができます。

ここでとりあげる水路実験は第1図の水路を使うもので三角州の発達と海水準変動による段丘の形成を再現するものです。水路は澤田ほか(2009)が原型ですが、細かな改良を加えています。厳密に同じではありませんが、地層の観察と水路実験は小学校5年生で習う「流水の動きと侵食・運搬・堆積作用」と6年生の「土地のつくりと変化」に対応しています(文部省, 1998; 文部科学省, 2008)。学校現場を分析した大瀧・川村(2006)は、砂山実験に比べると水路実験装置はあまり使いこなされておらず普及もしていないと指摘しています。一方で、条件を整えた上で児童に観察のポイントを絞った的確な指導を行うに適して



第1図 地質調査総合センター(地質標本館)の水路実験装置。  
上段(i)はイラスト。中段(ii)は写真。下段(iii)は水量調整・分配装置(蛇口)。透明のアクリル製で、アクリル板は1cm厚、全長は202cm、幅30cm、深さ10cmである。アクリルのコの字管の先に海となる扇形の区画が接続している。汲み上げには電動ポンプ(家庭用の風呂水の汲み出し用ポンプ)を使用している(吐出量は10-15L/分、使用電力は25W程度)。海域の水位調整のため堰が2段になっている。堰にはシールとしてテフロン樹脂マットを巻いている。全長は2m越えなので輸送に困難があり、分解式の水路も作成してある。こちらは接続部から水漏れが目立ち、下に桶を置く必要があり、屋外での使用が望ましい。透明マントは飛散防止のため、堰から洩れる水を受ける。水量調整が微妙(後述の低海面期)なので蛇口をとりつけて微調整する。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門  
2) 産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター  
3) 元職員  
4) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部

キーワード: 地質標本館, 小学校校外学習, 水路実験, デルタ, 海水準変動

いる、とも述べており、水路実験には大きな可能性があると考えられます。

ところが、新型コロナウイルスへの感染防止対策が求められる状況において、水路実験の実施が今年度は難しくなっています。地質標本館での知見や経験が途絶えるのを危惧してこの度、実験とそれに随伴するプログラムの簡単な報告をしたいと思えます。また、学校現場や教育に携わる方が独自に展開する場合には装置類を複製する必要があります。ここでは授業と実験のほか装置類についても簡単に触れます。さらに、実験には砂が必要で、この砂は例えば砂浜の砂をそのまま使うのではなく、様々な工夫と改良が加えられています。この砂については後編で報告します。この実験装置・活動が、他の機関においても継承されることを期待しています。

## 2. 実験をはじめた経緯

「地層の話」プログラムの原型は2005年から2008年まで地質標本館に在籍した目代邦康氏(現・東北学院大学)が、前職の筑波大学陸域環境研究センターでの経験をもとに始めたもの(目代ほか, 2006)です。最初期は各種の一般公開・イベントなどにおいて、斜面崩壊・土石流・河川の侵食と堆積など、様々な実験が職員の手によって実施さ

第1表 地質標本館における小学校への水路実験の実績

年度	学校数	人数
2006	13	864
2007	16	798
2008	19	998
2009	20	859
2010	26	1382
2011	21	1031
2012	22	1162
2013	14	546
2014	16	606
2015	16	655
2016	15	652
2017	19	965
2018	18	1084
2019	15	953

れてきました(住田, 2010)。水路実験もその1つでしたが、小学校の学習プログラムに沿う形で、著者の1人である須藤を中心にとりまとめ現在の様式に収斂していきました(澤田, 2009)。

「地層の話」プログラムを目的とした小学校の受け入れ実績を第1表に示します。だいたい毎年15校程度、600人程度の児童がこのプログラムに参加しています。2010年度は26校、1382人でした。評判を聞いて、奈良県の高校や長野県の小学校が関東への旅行の際に地質標本館を訪れて水路実験を見学していったこともあり。プログラムを実施する際に注意すべきは学校の規模で、1学年が15人くらいの小規模校もあれば、100人以上の学校もあり、実験や見学の運用は随分と異なります。1回の実験での理想的な見学者の上限は20人程度で、30～40人となると十分観察する余地のない児童が出ることが危惧されます。そのような大人数のクラスはいくつかのグループに分かれて実験することが望ましく、時には多目的室(常用)だけでなく、ホールを使用し、研究者にも応援いただいたこともあります。

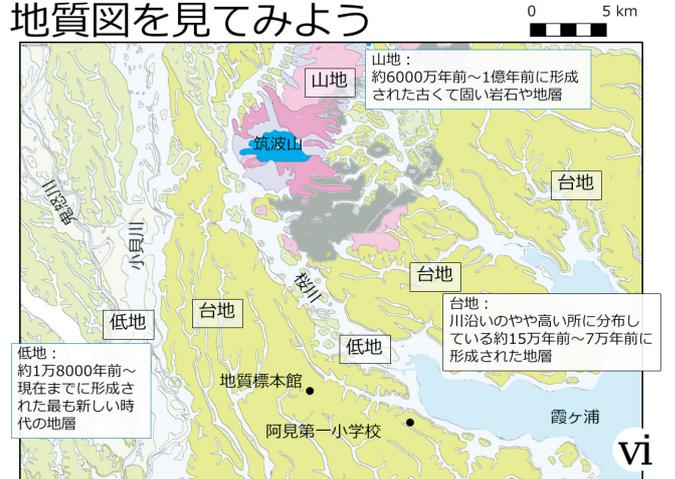
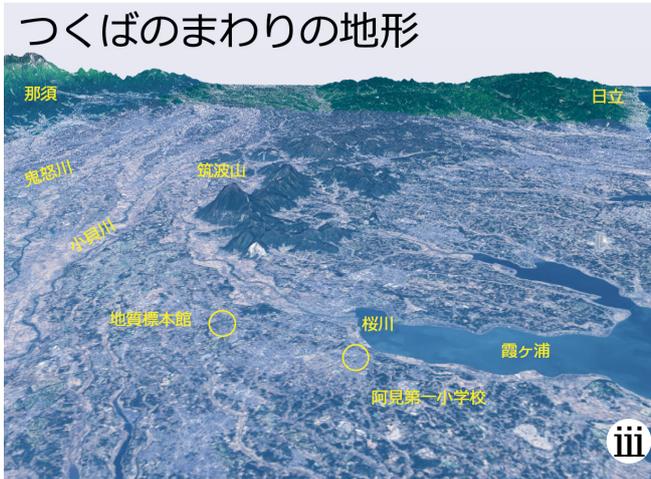
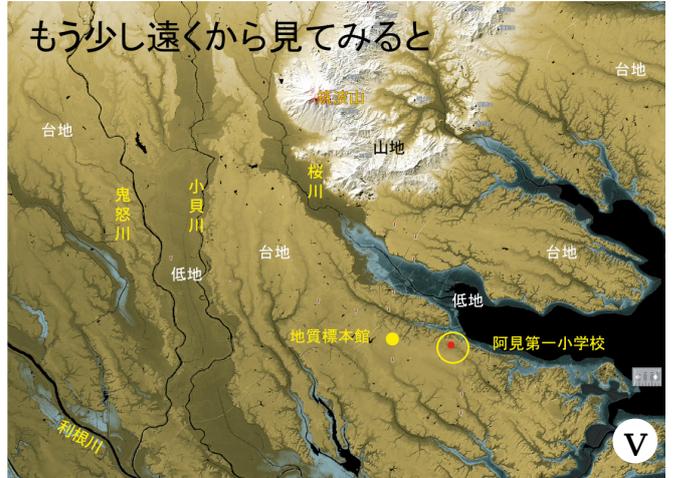
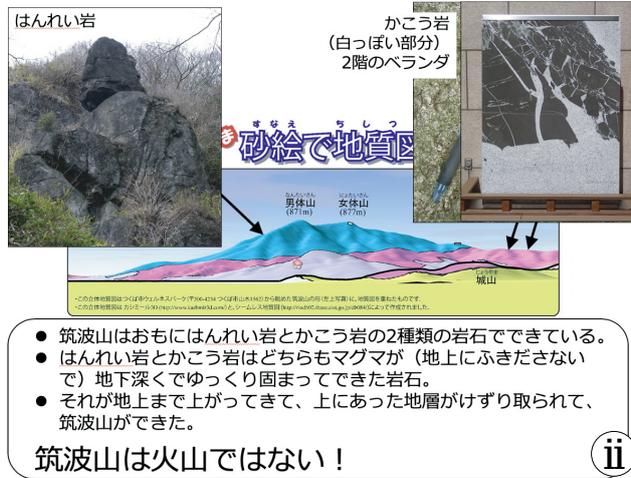
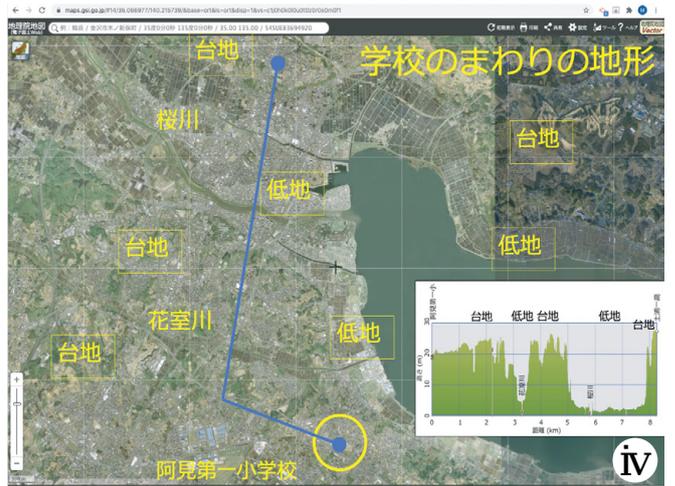
## 3. 講義

小学校の校外学習では地質標本館での滞在時間は90分～120分です。地層の講義・水路実験・館内見学を、それぞれ30分程度ずつ時間を割当てており、学校の人数にあわせて1班が20人以下になるようにしています。上記の講義・実験・見学サイクルの運用の関係で、実験してから講義を聞く、あるいは講義を聞いてから実験する、の2通りのパターンがあります。説明の順番や掘り下げ方など若干の違いはありますがここでは講義→実験の際の講義について簡単に述べます。講義は構造的には「つかみ」、「地形と地質」、「堆積作用」の3つの部分からなります。

なお、この実験・講義も含め、地質標本館の小中学生むけのメニューではクイズを頻繁に出して児童・生徒に見学のポイントを示し、考えてもらうようにしています。

### 3.1 つかみ

最初の「つかみ」は、つくば市近隣の小学生がほとんどですから、筑波山(第2図i)です。筑波山は火山でしょうか。火山ではないでしょうか。現在では筑波山を構成する岩石は深成岩なので火山説は否定されておりますが、かつては、円錐状の地形から火山と考える人もいました。そこで、筑波山は火山かどうか尋ねることにしています。個々の回答の集計はとっておりませんが、印象では筑波山に近



第2図 講義で使用するスライドの一部（カラー）。

これ以外にもスライドがあり、最初に館内案内・注意をするほか、周辺のくわしい地形の段彩図や地層の写真や地層の概念図、地質標本館の標本や展示物紹介、島弧における地震の発生メカニズム（文部科学省地震本部、素材集 #3004）もスライドで説明する。2018年のハワイの噴火など、タイムリーなものについては動画で紹介することもある。i) つかみの筑波“火山？”。ii) 地質（岩石）で火山でないことがわかる。iii) 郷土の地形（地理院地図）。iv) 航空写真に地形区分を示したもの。インセットは国土地理院の国土基盤情報 DEMを地形描画ソフトカシミール3D (<http://www.kashmir3d.com/>, 閲覧日：2020年8月27日) で作画した小学校を横断するプロファイル。v) 広域地形を国土基盤情報 DEMにもとづいて段彩図表現したもの。地形描画ソフトカシミール3D (<http://www.kashmir3d.com/>, 閲覧日：2020年8月27日) で作画。vi) 同じ範囲の地質図。20万分の1日本シームレス地質図 (<https://gbank.gsj.jp/seamless/>, 閲覧日：2020年8月27日) を基図として山地、台地及び低地の地形区分に特徴的に認められる地質を説明している。

い学校の児童ほど正しく理解しており、離れた学校では火山と誤解している人も若干名いるようです。

説明では、他のイベントで用いている砂絵の筑波山の地質図(芝原ほか, 2013)と岩石の写真(第2図 ii, 場合によっては偏光顕微鏡写真)も提示しながら、火山の写真や噴火の映像なども駆使して火山と深成岩からなる山の違いを説明していきます。なお、深成岩や火山の詳しい内容は中学校1年生の「大地のなりたちと変化」で学習する内容ですので地質標本館に来館した児童には先取り学習になります。この説明はどの順番でも同じです。

### 3.2 地形と地質

次に本題の地形と堆積作用の話題に移ります。まず、地形から入ります。このプログラムを始めたころは、段彩図を示して平地といっても高いところと低いところがあることを示していましたが、最近の講義ではWeb上にある学校周辺の航空写真(第2図 iii)を見せて、より視覚的に自分たちの身近な地形に興味をもってもらうことから始めています。更に、学校(台地にあることが多い)から近くの河川(低地を伴う)を通して対岸の台地に至る地形断面図を提示します。第2図 iv では霞ヶ浦そばのある小学校を例に、台地を通過して、土浦で霞ヶ浦に注ぐ桜川をまたいで、反対側の台地を通る断面図を提示しています。こうしてみると台地は定高性が顕著で、ここでは20 mの標高になっており、低地はこの例では桜川低地だけですが数mの標高になっていることがわかります。

学校の近くの地形で低地と台地のイメージをつかんだら、茨城県南部地域全体の地形で概観します(第2図 v)。ここでは段彩図で示しています。

次に、同じ範囲で地質図(第2図 vi)を見せます。地質図を見ると、台地と低地とで地層が違うことがわかります。ここでは簡単に地層ができた年代が違うことだけ触れています。また、つくば市には筑波山があり、山地は台地とも低地とも違う岩石が分布していることが地質図からわかります。台地の地層としては貝化石を伴う地層が発達することを化石床の写真を示し(第3図 i)、台地の地層の一部は海の地層だったことを児童に印象づけます。小学校の立地によっては環境地質図(第3図 ii, 宇野沢ほか, 1988)を例に引いて、台地と低地とでは地層が異なり、貝化石を産する地層は平面図(地質図)では川沿いに僅かにあるだけに見えますが、断面図(第3図 iii)で見ると水平方向に広く拡がっていることを図示していきます。

また、GSJの近くの花室川で発見されたナウマンゾウの白歯のレプリカ(第3図 iv)を児童に廻して、これが何か

あててもらおうクイズをします。廻すのは時間がかかるので、講義が始まるとすぐに児童に渡します。答えにまったく見当がつかない学校もありますし、簡単に当ててしまう学校もありますが、板がいくつも重なりあった咬板がとても奇妙に見えるようです。これでヤスリのように草をすり潰すんだよ、と説明し、ゾウの臼歯は人間のように垂直方向に歯が抜けるのではなく、水平方向に歯が抜けること、一生のうちで5回、歯が生えかわることに触れます。これは一見すると脱線にも見えるのですが、われわれの講義・実験では、このような脱線を適宜加えています。それは、地球科学は総合の学なので、様々な入口があり、どれかをとっかかりとして興味をもってもらうことが大事だと考えているからです。たとえば地形・地層に興味がなくとも化石に興味があるならば地層や地形に興味を惹起させることができます。見学も同じ狙いがあり、水路も地形も化石も興味がないけれど鉱物には興味を示す児童もいます。そこを入口として地学への関心を誘引したいと考えています。さて、ナウマンゾウの化石をとりあげたのも単なる脱線ではなくて、古環境を推定する証拠に使います。ゾウは陸上の生き物なので、ゾウが産出した地層は陸の地層である蓋然性が高いからです。

### 3.3 堆積作用

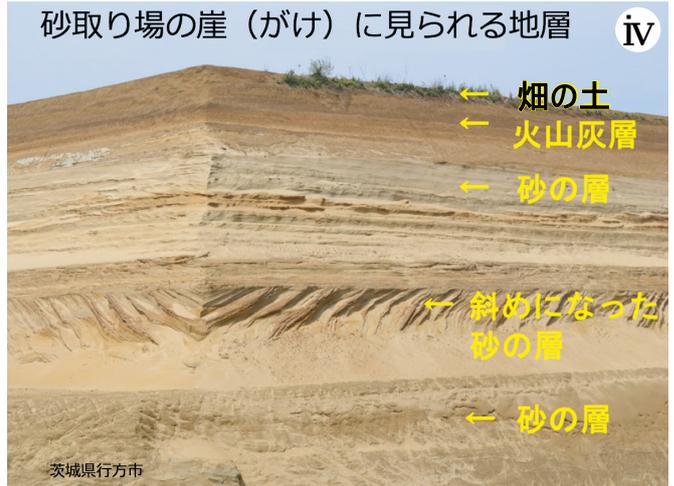
堆積作用の説明は水路実験の説明と重複するところが多いので、ここでは重複のないところだけ簡単に述べます。

地層の説明として最初にあげるのは行方市にある採土場の露頭です(第3図 iv)。ここは上から、地表の畑の土の下に、赤褐色の成層した火山灰層、平行葉理が発達した砂の層、上より少し粗めの砂層、斜層理が発達した砂の層、ショベルの跡がついてよくわからない砂層が発達していることが示されます。このような砂の層がどうやってたまったか水路実験でみてみよう、というわけです。講義が先の場合、地層とは碎屑物が堆積したもので、地層累重の法則がなりたっていること、先程の化石床(第3図 i)やナウマンゾウの臼歯の化石(第3図 vi)などから地層から環境がわかることなどを総括します(第3図 v)。

実験を先にする場合は、先に述べた地形・地質の話をつにわけて、間に、この堆積作用の説明を加えます。具体的には、身近な地形の説明をし、台地と低地の概念を理解してから、実験を復習する形で堆積作用の説明をし、堆積作用を踏まえて、広域の地形や地質を理解し、貝の化石床やナウマンゾウの臼歯の化石から、海になったり陸地になったりとした環境変遷を経て現在に至ったことを理解します。

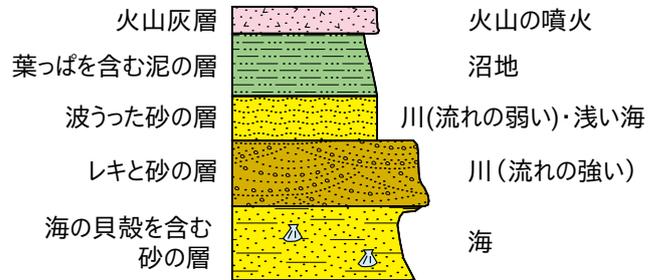


貝が生きていたころ  
(約12万年前)、  
このあたりは海だった!



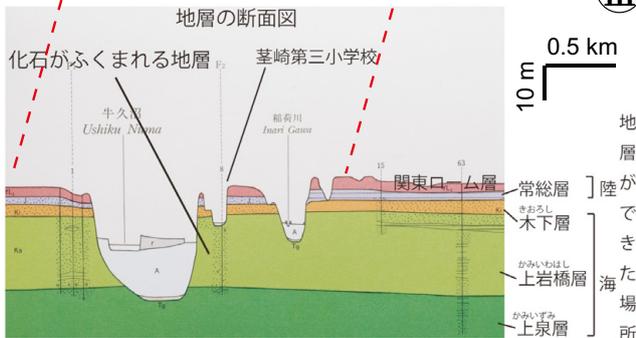
地層からわかること

地層とはレキ、砂、ねん土、火山灰などが層になってたまったもの。ふつうは下にあるものほど古い



その土地の成り立ち・歴史がわかる

地質図を見てみよう



上岩橋層は現在では木下層と一緒にされています。  
木下層は約13万年前の間氷期に浅い海でたまった地層です。

ナウマンゾウの上あごの  
歯の化石でした。



- 花室川の約3万年前の地層から見つかった。
- このあたりでゾウが生きていた時代があった。
- そのころはこのあたりは、今と同じように、陸だった。

第3図 講義で使用するスライドの一部（続き）。

- つくば周辺で散点的に露出する化石床の紹介。ここ以外に荖崎地域の写真を紹介することも多い。
- 学校周辺の地質図（筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図，宇野沢ほか，1988）。身近な地域から台地と低地の違いを直感的に把握できるように。
- その断面図。
- 地層とは何か，地層から何がわかるか。環境の変遷がわかることを主に紹介。
- 地層からわかることイメージ図。
- ナウマン象が発見された場所。鳥観図は国土地理院の国土基盤情報 DEM を地形描画ソフトカシミール3D (<http://www.kashmir3d.com/>，閲覧日：2020年8月27日) で作画。

### 3.4 見学とその他の説明

見学に際しての諸注意、地質標本館での見学の見どころ、日本で地震が多いわけ、などの説明をして講義をしめくくっています。見どころとしてはいろいろな岩石や鉱物、化石、特にデスモスチルスの化石、牡鹿半島の褶曲のレプリカなどを紹介しています。地震については、環太平洋の地震の分布を示し、次に日本周辺では海溝に地震が集中していることを指摘し、海洋プレート沈み込みのモデル図を用いて、プレート境界型地震(海溝型地震)や内陸の活断層地震などを説明しています。

また、見学では講義で触れた地震の震源分布をホールの震源分布模型で実見し、第一展示室から順番に見てまわります。いろいろな地質時代の化石(化石タイムトンネル)、デスモスチルス、富士山の立体模型、第四展示室の鉱物などが人気ですが、基本的には児童の関心を重視して見学するようにしています。

## 4. 水路実験

### 4.1 実験装置

実験装置の主役はもちろん水路装置(第1図)で、これはアクリル製の特注品(澤田ほか, 2009)です。電動ポンプ(家庭用の風呂水の汲み出し用ポンプ)を用いて水を循環させて水流を維持します。水路の長さは2 m程度で、幅・深さともに10 cmの方形の溝となっており、最下流部だけ幅30 cmに広がる扇型になっています。方形の溝の部分が川のアナロジーで扇型の部分は海のアナロジーとなっています。扇型のところの末端には堰が設けてあります。堰は上下にわかれており、上側の堰(3 cm)だけを外すと、水位が下がり、海水準の低下を模すことができます。さらに、この水路は約10度傾いています。このため、堰の高さが一番高い時、方形の溝と扇型の接合部付近に河口が来ます。また、透明なアクリル製なので、三角州の内部の地層の堆積の様子を横から見るすることができます。堰から溢れた水は80 Lのトロ舟(第1図中段参照)で受けて、電動ポンプでトロ舟から汲み出して水路の最上流で流します。

この装置で工夫されているところ(いわゆるノウハウ)で特筆すべき点は3つあります。1つめは、上で述べた堰(第1図中段)です。堰により海水準変動を模すことができますのですが、初期の水路ではしばしば水漏れに悩まされました。現在ではテフロン樹脂のシートを巻くことで漏水を防いでいます。地質標本館では水路は2組保有しており、片方は1 mで分離できるものになっていますが、この接続部にもテフロンを使用して漏水を防いでいます。た

だし、いくぶんかは漏水するので、下に水受けのモロブタ(第1図中段参照)を置いていますが、絶対に水を漏らしてはいけな環境では使用できません。分離式の装置は水漏れの危険があるのですが、2 mの長さの水路は普通の乗用車に積載しにくいので、外部イベントでの使用はほぼ分離式の水路を用いています。

2つめは、ポンプで汲み上げた水を循環させる時に、流量を調節するための蛇口(第1図下段)をつけていることです。初期のころは水を流す時だけポンプを作動させていましたが、水を吸いあげるまでタイムラグがあったり空気を吸ってしまったりとトラブルがありました。また、水量の調節もポンプに負荷をかけて無理やりやっていたのですが、この蛇口を取り付けてタイムラグのトラブルがほとんどなくなり、水量の調節もやりやすくなりました。具体的には常にポンプを作動させ、水路に水流が必要なときは水路に、そうでない時はトロ舟に還流させるように、配管に分岐を導入して、蛇口を2つ(水路への蛇口と、還流させる蛇口)とりつけています。また、水路の上流には水位・流速調整板を設けて、ポンプの脈動を拾わないようにしつつ、一定の割合で水が流れるようにしています。

3つめは、水路の下流部(海のアナロジー)の下に、透明なビニールのマントを引いていることです(第1図中段)。堰から溢水すると水が撥ねたり伝ったりして、結構、まわりが濡れてしまいます。些細なことですが、児童によってはそういうところで忌避感情を惹起してしまうため地質標本館としても気を遣っています。また、ポンプは30分程度の運転を想定しています。通常の実験では30分で終了し、うちポンピングしている時間は20分もないので問題ないのですが、イベントなどで運転しっぱなしだと負荷がかかりすぎるので注意が必要です。

実験に使う砂は中粒砂と細礫を重量比で6:4~7:3で混合したものを使っています。この比率だと海水準低下時に斜面崩壊を起こしにくいことが経験上わかっています。また、使用中粒砂は濡れても白さが保たれていることが重要です。堆積の専門家であれば色がわかりにくくてもラミナを認識することは可能ですが、生徒・児童にとって堆積物の色は重要で、同系色だと粒度の違いによるラミナが見にくく識別に困難があるという指摘があります(小山, 2006; 石原, 2008)。詳しくは後編で、地質標本館で使用している砂の組織や粒径分布や安息角、色調、選定条件について述べます。

### 4.2 実験

実験では最初に水路を使うのではなく(もちろん、目の

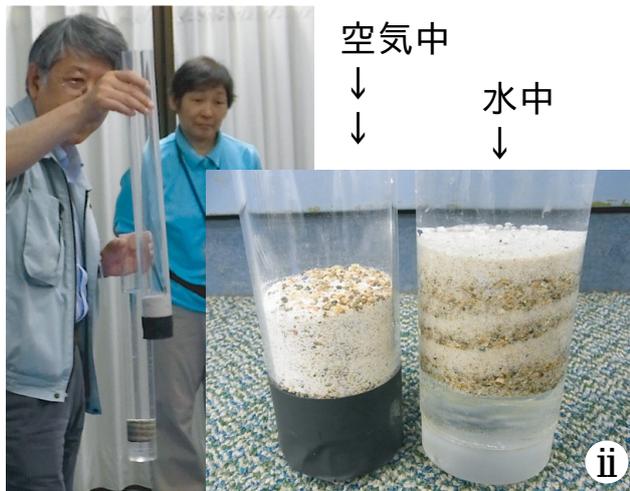
前にある水路の説明は最初にしますが(第4図 i), 空気中と水中で砂を落した時の挙動の観察から始めます(第4図 ii). 50 cm 程度のアクリルパイプを2本用意し, 片方はそのまま(空気), もう片方は水を入れて, バイモーダルな粒径分布をもつ“砂”(後述)を落します. 砂を落とす前に, 児童にはどのように落ちるか予想しよう, と質問します. ストークスの法則を知らなくても, 空気中と水中だと空気中のほうが早く落下することはわかります. 一方で, 水中だと目に見えて分級が起きるので, 児童はしばしば歓声をあげます. 砂のうち, 大きい粒子が先に落ちるか, 小さい粒子が先に落ちるか, よく観察しましょうと指示を出して, 数回落してみます. そして落した回数が地層として記録されることがわかります.

なお, 空気中でも分級作用は働きますが水中に比して小さいので数10 cmを落ちる間には分級は見えません. 一方で, 火山灰など上空高く巻き上げられた粒子については

空気中でも分級作用で目に見えて粒径が違ってくるので, 同じ原理が作用していることを学びます.

続いて本題の水路です. 上流部から, 上述の“砂”を次々に投入して堆積作用を見るのがこの実験の主旨です. 水路は川のアナロジーとなっていて, 水路の上部が川の上流, 中間部が中流, 下部が下流で, 扇形の部分が海, と説明します. 水路の上部に砂を入れることは, 上流で山が削られて川に流れ込むことを示しています. 更に, 直管部分と扇型部分が接合するところ, すなわち, 川と海が接合するところを何と呼ぶか, 児童に尋ねてみます(答えは河口, 第1図 i). また, 砂を投入する前に, 砂がどのように流されて, 最終的にどこに堆積するか, 児童に問いかけます. 海底(扇部)の最深部にたまると答える児童が目立ちますが, はたして, やってみると答えは河口です. 予想を外した児童はその意外性に驚くようです. そこで, なぜ河口にたまるのか, 砂の動きを観察することで考えてみましょう, と問いかけます. ここで連続的な投入に移行します(第5図 i). 多くの児童は活発で, 並んで投入してもらいます. 1回の砂は料理用のおたま(第5図 i のインセット)1つ分です. だいたい, 15~20回くらい投入すると実験は終了になりますが, 人数が多いと1回も投入できないことがあるので, おたまに盛る砂を調整して対応します.

連続的な投入では繰り返し同じ現象が起きていることを児童と一緒に確認します. 投入された砂は水流で洗われて流されますが(第5図 ii), 粒の大きさと流れる速さに違いがあるか児童に問いかけます. 砂は斉一ではないですが, 大きな粒径の砂から下流に移動し, 細かい砂は最後に流されます. それが繰り返し起きるわけです. なぜ砂は堆積するのが河口なのか, 流れる様子をヒントにして児童に問いかけます. 河口では川幅が広がるので流速が急に減し, 流れていた砂が堆積する, と答える児童もいます. 繰り返していくと, 水面に近い, 浅いところの砂は運ばれて更に海側に移動していきます. こうして堆積物が沖側に堆積していったものが三角州です(第5図 iii, 第6図). 専門的には水面に近く浅いところは頂置面といい, 沖側に移動していった先の斜面を前置面といい, そこにできた地層をそれぞれ頂置層, 前置層といいます. ここでは名称には触れずに, 先の斜面では砂が層になって前進していくことを目視で確認します. また, この地層は斜めになっていることにも注目してもらいます(第6図). アクリルパイプで作った地層は水平でしたから, それとは違い, 講義で触れた斜めになった地層(第3図 iv)は, このような場所で形成される, ということを学習します. アクリルパイプでは粒径が大きい砂が先に落下しますが, 水路では粒径が



第4図 実験の様子.

i) 実験風景. ii) 沈降管に“砂”を落す実験. 児童に実際に“砂”を落してもらおう.“砂”は細礫と中粒砂の混合物で, 空気中を落下する砂は成層しないが, 水中では分級がおり, 成層して堆積. 児童から歓声があがることもある.



第5図 実験の様子(続き)。  
 i) 水路への“砂”の投入風景。実際に児童に投入してもらう児童もあるがガラスによりけり。インセットは投入に使用する“おたま”で図のように卵型のほうがよい。円形の“おたま”は使いにくい。ここでは柄を曲げて児童が使いやすいようにしている(矢印)。ii) 投入された“砂”が流れる様子。iii) 流れた“砂”が河口で堆積し三角州が発達する様子。

大きい砂が流れの先の方で堆積する違いにも注意を向けます。

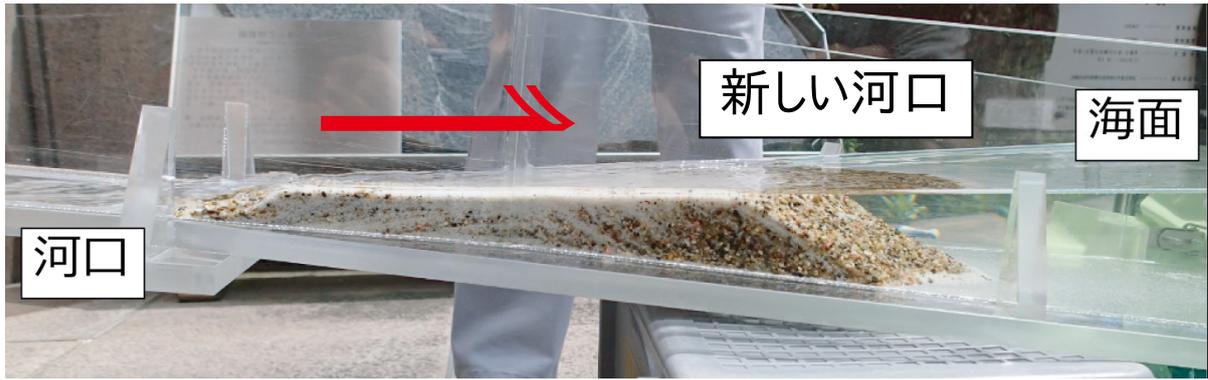
三角州の形態についての学習がひととおり終わったら、水流を止めて、上下にわかれる堰の上側だけを外して、水位(海水準)を下げます(第7図i)。これは氷期のアナロジーであり、頂置層が離水する様子が観察できます。この水位を下げる際のコツとしては、乱暴・急激な動作は禁物で、ゆっくり下げることです(時間が押している時は特に手際よくしたいところです)。さもないと前置層が斜面崩壊を起こし、続く実験が壊滅的に不可能になります。目立った斜面崩壊を起こすことなく低海面期を実現できたら、次に、微弱な水流を加えます。この時に蛇口が活躍します。蛇口がないと最大水流でしか流せません。水路への蛇口で水流を絞った分は、還流の蛇口を解放して過度に水圧が高まらないようにしています。この時の蛇口の加減は、反応の時間差やその時のポンプの調子、三角州の発達程度もあって、やや難易度が高いので、経験を重ねておくことが重要でしょう。

さて、微弱な水流は三角州に至ると、流れた部分だけを侵食し、谷が下刻されていく侵食河川の様相を呈します(第7図iii)。谷壁は多少後退したり、流路が振れたりして谷底が広がります。こうしてできたのが低地です。侵食された砂は更に下流に移動して、新しい河口で新しい三角州が発達します(第7図ii)。古い頂置層は取り残されて段丘(台地)になります。この地形的な特徴を自分たちの住んでいる町、たとえば霞ヶ浦西岸地域にあてはめてみると、川ぞいの桜川低地と、川と川に挟まれた筑波台地、そして霞ヶ浦に流れこむ河口に発達する三角州に対応することがわかります(第2図v)。

## 5. 中締めとして

中野・江口(2015)は地学教育法の研究の過程で、実験器具の宅配(「ジオラボ宅配便」)を推進し、実際に借り出した実験器具で授業実践を行なった藤井(2014)の例をあげ、事前に製作者から実演をまじえてガイダンスを受けても実験に失敗することもあり、マニュアル化しにくい実験のコツについて触れています。この報告でも実験のコツについては十分伝えられなかったかもしれません。是非、事前の準備を複数回行っていただければと思います。

今回、紹介したようなメートルスケールの規模の水路実験は小学校単位でなく、市町村の教育センター程度の規模で運用するのが望ましいと考えられます。水路の維持に手間がかかりますし、理科教育に熱心な教員が常にその



第6図 実験により形成された三角州。  
当初の河口が埋積されて河口が海側に前進し、新しい河口となって、それまで海であった地域が低地になっていることを理解させる。



学校で勤務しているということはありません。本報告は学校現場ではより簡単な水路実験装置の開発の参考になるかもしれません。

境(2006)は市販装置による水路実験は高額かつ準備・片付けに手間がかかるため簡単な方法が必要ということで、「たまるん」という卓上の水路実験装置を開発しています。20 cm × 10 cm × 10 cm のプラスチックケース (MD ケース) とペットボトルからなるコンパクトなものです。石原(2008)は「ツモルくん」という紙の A4 サイズの断面積で幅 8 cm のスリムな水路実験装置、横山(2013)は「ち・そうなんです」という小型 (A4 の底面積) の水路実験装置を開発しています。かわいいネーミングも普及上のポイントかもしれません。

新型コロナウイルスへの感染防止対策により地質標本館の水路実験も現在休止中です。より小型の水路実験で三密を避けることが有効なのかもしれませんし、地質標本館の水路を運用できるような状態・方法が見つかるかもしれません。いずれにしても地質標本館として、社会に地球科学を普及する貢献を続けていきたいと考えます。次回は、水路実験に使用する“砂”について検討した結果を報告します。

第7図 海退を実験で再現する様子。

- i) 堰を1段解除し、水位を下げる様子。堰はテフロンシートで巻いて水漏れしないようにしている。
- ii) 海退により渚が海側に前進し、そこに新しく三角州が発達している様子。
- iii) 同じ状態を海側から鳥瞰した様子。高海面期に形成された三角州は台地として取り残される。あひるの在所在が台地である。台地の一部を河川が侵食し、新しい河口には新しい三角州が形成されている。

## 文 献

- 藤井宣至 (2014) 「ジオラボ宅配便」を利用した授業実践：小学校第 6 学年「大地のつくりと変化」. フォーラム理科教育, 15, 61-68.
- 池田 宏 (2011) 地形を見る目を小型実験で磨こう. 第四紀研究, 50, 209-219.
- 石原 清 (2008) 生徒の興味を惹く地学実験器具の開発 (2 年次). 島根県教育センター平成 20 年度研究紀要, 13p.
- 小山ちさと (2006) 児童一人ひとりが実感を伴って学べる理科の授業づくり. 神奈川県立総合教育センター長期研修員研究報告, 4, 33-36.
- 目代邦康・野田 篤・田村 亨・中澤 努・角井朝昭・中島 礼・井上卓彦・利光誠一 (2006) 水と砂を使った地層・地形の実験. 地質ニュース, no. 627, 35-39.
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領. 文部科学省 (初等中等教育局教育課程課). 東京都, 104p.
- 文部省 (1998) 小学校学習指導要領. 文部省 (初等中等教育局教育課程課). 東京都, 108p.
- 中野英之・江口はるみ (2015) 学習事項を有機的につなぐ地学教材の有効的な活用方法を探る～小学校第 6 学年「土地のつくりと変化」の単元の教育実践を通して. 地学教育, 68, 129-143.
- 大瀧 学・川村寿郎 (2006) 川の流れとはたらきを知るための流水モデル実験器の再検討. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 9, 67-76.
- 境 智洋 (2006) 200 円でできる堆積実験器「たまるん」とその実践. 北海道立理科教育センター研究紀要, no. 18, 75-82.
- 澤田結基・宮地良典・森尻理恵・吉川秀樹・玉生志郎・青木正博・兼子紗知・古谷美智明 (2009) 地質標本館の小学校見学対応と水路実験. 地質ニュース, no. 657, 45-48.
- 芝原暁彦・住田達哉・加藤碩一・大和田 朗・佐藤卓見 (2013) 3D 模型と砂絵で楽しむ筑波山のジオー地質図を立体的に理解するための砂絵教材の開発とイベントでの活用一. GSJ 地質ニュース, 2, 279-281.
- 住田達哉 (2010) 産総研つくばセンター平成 21 年度一般公開において地質分野ブースで活躍した実験装置とアイテムについて. 地質ニュース, no. 671, 1-7.
- 宇野沢 昭・磯部一洋・遠藤秀典・田口雄作・永井 茂・石井武政・相原輝雄・岡 重文 (1988) 2 万 5 千分の 1 筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図. 特殊地質図, 23-2, 地質調査所.
- 横山 光 (2013) 堆積実験装置「ち・そうなんです」の開発. 北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要, no. 25, 88-93.

---

TUZINO Taqumi, MORIJIRI Rie, SATOH Takashi, TAKAHASHI Makoto, SHIMOKAWA Koichi, SUTO Shigeru and TOSHIMITSU Seiichi (2020) Flume experiment in Geological Museum, AIST, GSJ (Part 1) – Geomorphic development of a delta as response to sea level change.

---

(受付:2020年10月26日)

## 地質標本館 開館 40 周年

森田澄人・小川 浩・常木俊宏・澁谷 史・五十嵐幸子・朝川暢子・清水裕子・中村由美  
(産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター 地質標本館室)

8月19日、地質標本館は1980年の開館から40周年を迎えました。今年は新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、2月末から5月一杯までの約3か月間、臨時休館せざるを得ない状況でした。6月の再開以降は、衛生面やソーシャルディスタンスへの配慮はもちろん、事前予約制の導入や同時入館人数の制限、検温装置の設置など、新たな感染防止対策を講じながら運営を続け、そのような中で40周年が迎えられました。昨年度末に開館40周年記念ピンバッジ(写真1)を作成し、再開以降は当館を応援して下さる来館者の皆さんに配布しました。開館記念日の8月19日は玄関前にくす玉を準備しました。当日、最初の来館者となった宮城県宮城第一高等学校の生徒さんの代表にくす玉を割っていただき、生徒と先生の全員に記念品を贈呈しました(写真2)。遠路来られた皆さんにはサプライズとなり、大変喜んでいただきました。折から開催中の特別展「祝チバニアン誕生！—国際境界模式層と地磁気の逆転とは?—」も花を添える形となり、ご好評をいただきました。新型コロナウイルス感染については、いまだその動向は予断を許さず、試行錯誤を繰り返しの標本館運営が今後

も続きます。「コロナ時代」に対応した展示解説やその他の工夫など、ミュージアムとしての充実に向けて努力して参ります。皆様方の更なるご支援をお願いいたします。



写真1 地質標本館開館40周年記念バッジ



写真2 宮城県宮城第一高等学校の皆さんの記念撮影

## 羽田裕貴さんが茨城大学学長学術特別表彰を受賞

地質情報研究部門平野地質研究グループの羽田裕貴さん（産総研特別研究員）が、茨城大学学長学術特別表彰を受賞いたしました。この表彰は、茨城大学における「ノーベル賞，文化勲章，日本学士院賞，紫綬褒章，文部科学大臣表彰（科学技術特別賞）等に準ずる極めて顕著な研究遂行に極めて重要な役割を果たしたと認められる研究グループの研究者」に贈られるもので，表彰制度裁定以来初めての特別表彰です。今回認められたのは，チバニアン（GSSP: Global Boundary Stratotype Section and Point：国際境界模式層断面とポイント）認定に係る功績で，受賞者は羽田さんと，岡田 誠さん（茨城大学大学院理工学研究科）と菅沼悠介さん（国立極地研究所）の3名です。羽田さんと菅沼さんは茨城大学の岡田研究室の出身です。この3名は国内外の23機関35名からなる千葉セクションGSSP提案チームの中心人物です。

千葉県市原市田淵を流れる養老川沿いに，前期更新世と中期更新世の境界が含まれる<sup>かずさ</sup>上総層群<sup>こくもと</sup>日本層が露出する地層の崖「千葉セクション」があります。羽田さんたちはこの地層について，古地磁気層序，微化石層序，火山灰層序などいくつかの層序学的手法を用いて，前期更新世と中期更新世の境界である松山逆磁極期とブルン正磁極期の境界付近を高解像度の目盛りで刻むことで，この地層が前期更新世と中期更新世の境界として世界で最も典型的に示す地層であることを明らかにしました。地磁気が逆転した層準の約1 m 下位には，噴出年代が77.3 ± 0.7 万年前と測定された<sup>びやくび</sup>白尾火山灰層が見られ，羽田さんたちの有孔虫化石を使った酸素同位体比の研究から，白尾火山灰層の年代が77.4 万年前になることが明らかとなりました。国際地質連合（IUGS）は2020年1月に羽田さんたちの研究を認めた上で，千葉セクションを下部更新統-中部更新統境界GSSPとして認定し，この境界より上位の地層の地質年代/年代層序単元（期/階）に対して“チバニアン”と名付けました。この認定まで最初の提案から2年以上も経過しましたが，千葉セクションGSSP提案チームだけでなく自治体や市民など多くの方のご協力があったからこそその認定となりました。

羽田さんは現在，「沿岸域の地質・活断層調査」に第四紀地質の専門家として携わっており，現在進行中の紀伊水道沿岸域の地質調査に取り組んでいます。今後の羽田さんの研究の飛躍を大いに期待しています。

（地質情報研究部門 中島 礼）



表彰式の様子。左から羽田裕貴氏，岡田 誠氏，太田寛行茨城大学学長，菅沼悠介氏。写真は茨城大学広報室提供。

#### GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 宮地良典  
副委員長 名和一成  
委員 杉田創  
児玉信介  
竹田幹郎  
伊尾木圭衣  
小松原純子  
伏島祐一郎  
森尻理恵

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
地質調査総合センター  
地質情報基盤センター 出版室  
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

---

GSJ 地質ニュース 第9巻 第11号  
令和2年11月15日 発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

印刷所

#### GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : MIYACHI Yoshinori  
Deputy Chief Editor : NAWA Kazunari  
Editors : SUGITA Hajime  
KODAMA Shinsuke  
TAKEDA Mikio  
IOKI Kei  
KOMATSUBARA Junko  
FUSEJIMA Yuichiro  
MORIJI Rie

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
Geological Survey of Japan  
Geoinformation Service Center Publication Office  
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

---

GSJ Chishitsu News Vol. 9 No. 11  
November 15, 2020

**Geological Survey of Japan, AIST**

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba,  
Ibaraki 305-8567, Japan



昭和基地から南に約 30 km. 標高 96 m のピークからリュッツォ・ホルム湾方面を望む。植生の全くない茶色の岩盤は主に片麻岩からなり、過去に発達していた氷河によって削られた複雑な地形で特徴付けられている。そのため、沿岸域には小さな湾や入り江が入り組んでおり、海水準が低下していた時代、これらの湾は海から切り離された“池”だった可能性がある。一方、岩盤の上には、氷河の置き土産である“迷子石”が転がっている。

(写真・文：板木拓也 産総研地質調査総合センター地質情報研究部門)

Coastal area of Langhovde, East Antarctica. Photo and Caption by ITAKI Takuya