

2023

6

Vol.12 No.6

GSJ

地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース



6月号

-
- 161 **大量の軽石漂着が沿岸生物に与える影響 —軽石漂着が始まった直後の記録—**

大野良和・井口 亮・飯島真理子・安元 剛・鈴木 淳

-
- 166 **氷河がつくる溶岩地形：お菓子で学ぶキッチン火山学の実演**

松本恵子・コンウェイ クリス・谷 健一郎・佐野貴司・石塚 治

-
- 177 **付加体学事始め：黎明期における私的回想 第一部 地質学の道へ**

小川勇二郎

-
- 186 **ニュースレター**
「令和4(2022)年度地質調査総合センター研究奨励賞決定！行谷佑一氏と
穴倉正展氏による『紀伊半島南部の橋杭岩周辺で巨大津波の証拠を発見』
が受賞」

-
- 188 **書籍紹介 『『美食地質学』入門 和食と日本列島の素敵な関係』**

-
- 190 **新人紹介 三國和音・金木俊也**

大量の軽石漂着が沿岸生物に与える影響 — 軽石漂着が始まった直後の記録 —

大野 良和¹⁾・井口 亮^{2) 3)}・飯島 真理子²⁾・安元 剛¹⁾・鈴木 淳^{2) 3)}

※本稿は、北里大学と産業技術総合研究所が2022年7月に共同で行ったプレス発表に加筆したものです。

1. はじめに

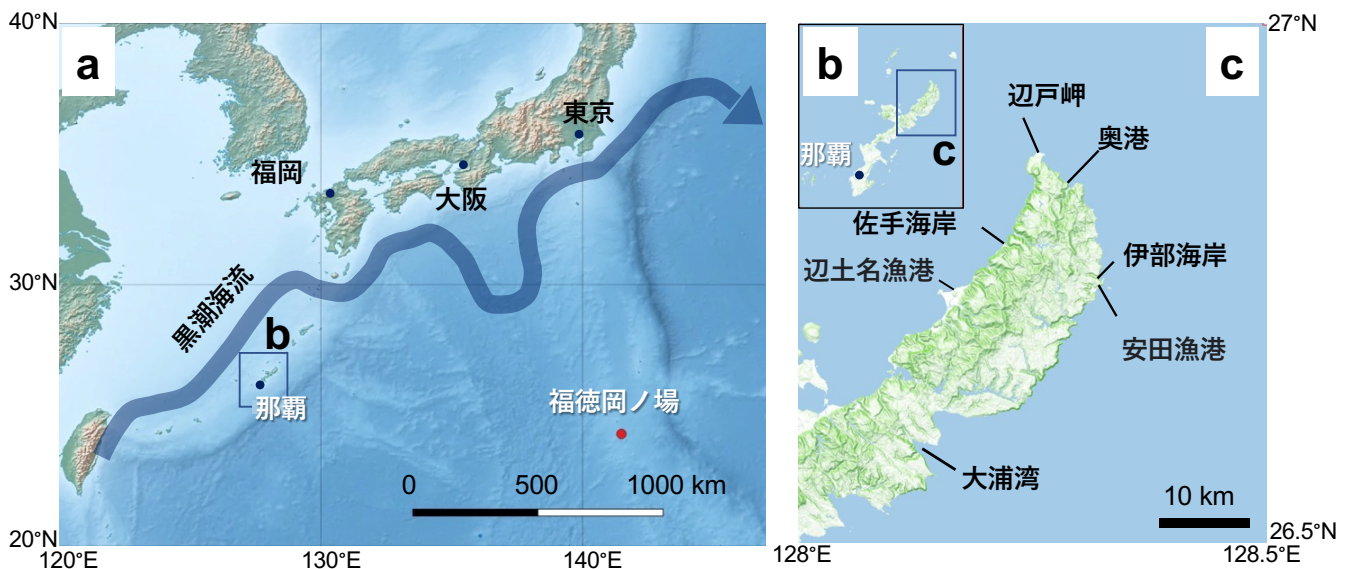
2021年8月13日に福岡ノ場の海底火山が大噴火し(産総研地質調査総合センター, 2022), その際に生じた大量の軽石は約1,400 kmの距離をおおよそ2カ月間かけて漂流後, 南西諸島沿岸に次々と漂着しました(第1図)。サンゴ礁が広がる沖縄の沿岸が軽石で埋め尽くされることは稀な現象で, 当時は沢山のメディアで報道されました。

大量の軽石が大きな集団となって海面を漂う様子は, 筏(raft)のようであることから, 海外では軽石ラフト(pumice raft)と呼ばれます。南太平洋のトンガでは度々海底火山が噴火し, 軽石ラフトが形成されています。これまでの軽石に関する研究では, 軽石ラフトの形成・漂流メカニズムのみならず(Jutzeler *et al.*, 2020), 実は軽石と生物多様性との関連についても議論がされてきました(Bryan *et*

al., 2004)。海外の研究報告では, 軽石表面にはフジツボの仲間のエボシガイや藻類など, 多様な生物種が生息していることから, 軽石が海洋生物の多様性形成に貢献する役割について注目されてきたのです。運よく軽石に付着できた生物は, 軽石と共に漂流し, 長距離を移動できることになるため, 海洋生物の分散が促進されることになります。オーストラリアの研究事例では, 軽石表面にサンゴが付着している様子も記録され, グレートバリアリーフのサンゴ礁生態系の維持に貢献しているとも議論されてきました(Bryan *et al.*, 2012)。

2. プロジェクトの概要

北里大学海洋生命科学部と国立研究開発法人産業技術総合研究所環境調和型産業技術研究ラボ(E-code)の研究が



第1図 福岡ノ場と沖縄島北部の調査地の位置関係

- 沖縄島と福岡ノ場の位置関係で, 11月5日の黒潮海流の蛇行の様子は青矢印で示した。
- 沖縄島の全体図を示した。
- 沖縄県国頭郡国頭村の調査地を示しており, 名護市に位置する大浦湾のさらに北になる。

1) 北里大学海洋生命科学部 〒252-0373 神奈川県相模原市南区北里1-15-1

2) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

3) 産総研 環境調和型産業技術研究ラボ

キーワード: 軽石, 軽石ラフト, 福岡ノ場, 生物多様性, 沖縄



第2図 漂着直前の軽石ラフト

2021年10月17日にアダンビーチ（国頭郡国頭村）で撮影した。リーフの白波とは別に、軽石ラフトが茶色の帯となって見える。



第3図 漂着直後の軽石ラフト

佐手海岸で定点撮影を行った。風向きの影響により、大量の軽石が短い間で漂着と離岸をしている様子を撮影した。

ループは、福岡ノ場の海底火山に由来する大量の軽石が、海洋生物に与える影響について調査を行いました。そのきっかけは、2021年10月17日に沖縄島北部の海岸を通りかかった研究メンバーの一人が、偶然、沖合に軽石ラフトを発見したことが始まりでした。当時は軽石に関する報道は少なく、当初は海の上を浮かぶ茶色の帯の正体は、軽石であるかも分かりませんでした。造礁サンゴの一斉産卵期にしては時期が遅く（沖縄島では通常6月頃）、海藻の

枯死にも見えなかったもので、不思議に思いながら、沿岸の様子を撮影しました（第2図）。翌週に沖縄島北部の沿岸を確認しに行くと、沢山の灰色の小さな石が沿岸に打ちあがっており、それが軽石であったことが分かりました。沖縄島沿岸でどのように軽石ラフトが漂着し、移動していくか等、漂着直後は予想ができなかったため、まずは沖縄島北部の沿岸で軽石が漂着する様子を写真として記録することにしました（第3図）。



第4図 波打ち際のサンゴに軽石が当たっている様子(2021年11月4日に撮影)



第5図 軽石で巣穴が塞がってしまい、オキナワハクセンシオマネキが衰弱してしまっている様子

調査を進めていくと、沖縄島北部沿岸のいくつかの地点で、沢山の軽石漂着が見られることが分かってきました。軽石漂着量が多すぎることから、おそらく沿岸の海洋生物にも何らかの影響が出ていると考えられるようになりました。本研究プロジェクトメンバーの全員が沖縄の造礁サンゴを研究対象としていたことから、まずはサンゴを含む沿岸の海洋生物への影響に着目して研究を進めることにしました。しかし次第に、サンゴ礁以外の沿岸生態系にも影響が生じる可能性が明らかになってきました。

3. 成果の概要

2021年に世界自然遺産に登録された沖縄県北部「やんばる国立公園」の沿岸域を調査地とし、大量の軽石が沿岸生物に与える影響について、はじめて報告しました。軽石は生態系維持に貢献すると、前述の海外の先行研究の紹介で触れましたが、大量の軽石が一度に沿岸に漂着してしまうと、一部の生物には負の影響が出ていることを明らかにしました。

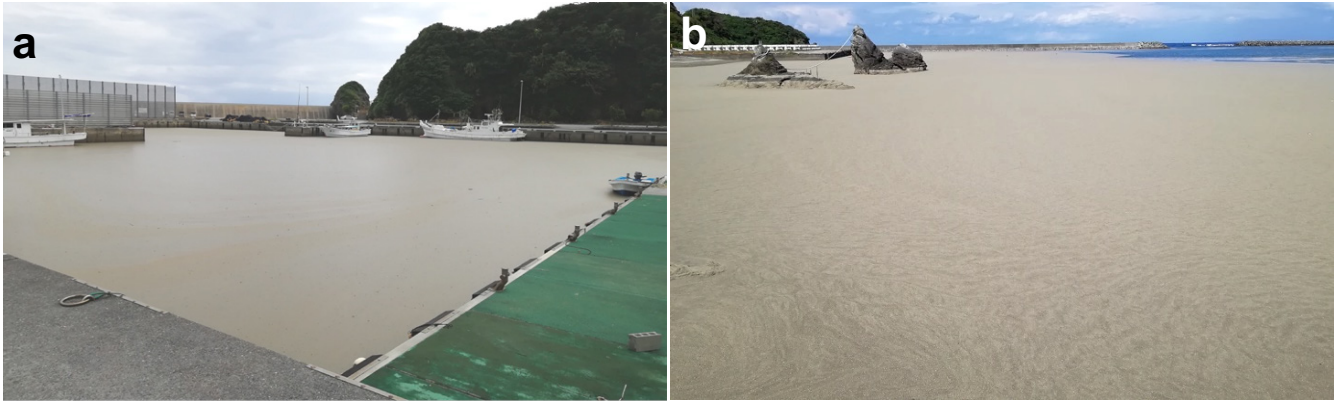
具体的には、波打ち際のサンゴに軽石が当たり、何かしらの物的な損傷を与えている様子も水中撮影で記録することができました(第4図)。幸いなことに、軽石の影響で造礁サンゴが大きな被害を受けたことは現在まで報告されていません。大潮と風の影響により、マングローブ干潟にも大量の軽石が流れ込みました。小さな軽石で覆われてしまった干潟では、シオマネキの巣穴が塞がってしまい(第5図)、個体間で競争が起こっている様子も報告しました。調査開始直後では生物付着は見られませんでした。波打ち際には、エボシガイが軽石に付着し始め徐々に大きく



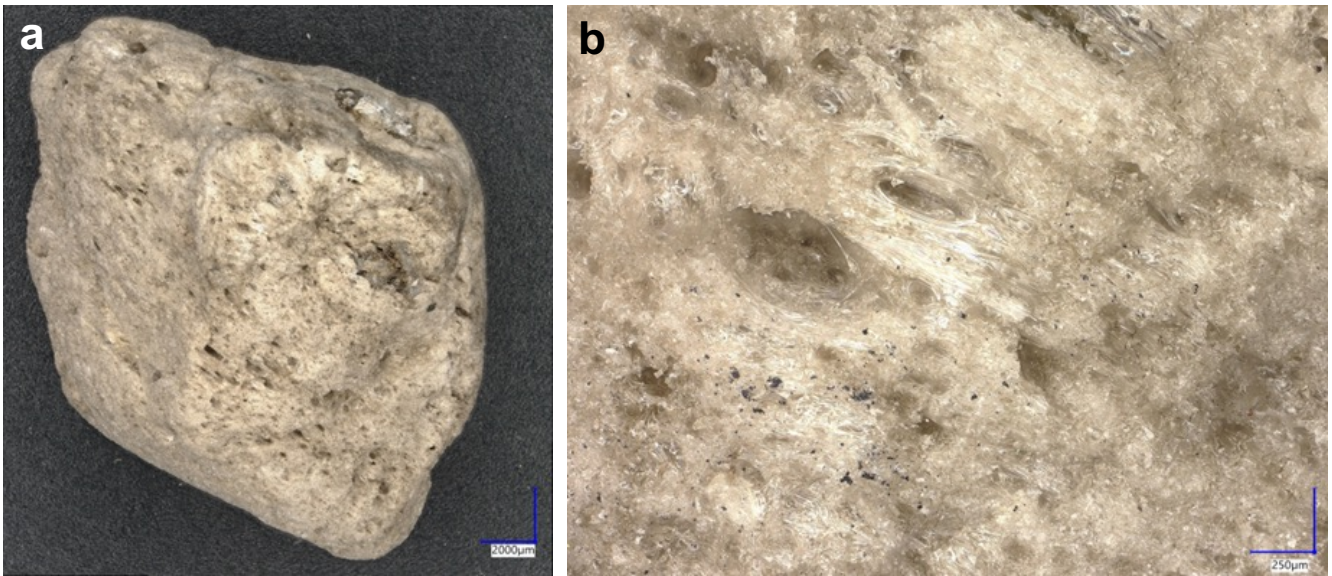
第6図 軽石表面に生物が付着している様子
左：エボシガイ 右：コケムシの一種

なっていった様子から、軽石への明らかな生物付着は沖縄周辺で始まったことも明らかにできました(第6図)。海外の先行研究において、軽石が島々を経由し、生物付着が進んだ状態で調べられてきた事例とは異なる観点を、本研究では見出しました。

沖縄島における軽石漂着は、漁業にも影響を与えました。漁港が軽石で覆われてしまい、漁船が出航できない状態が続きました(第7図)。軽石が南西諸島に漂着して約1年が経過した時点でも、台風の影響により漁港に再流入することが報道されています。辺土名漁港の養殖用生け簀ではグルクマと呼ばれるサバ科の魚を養殖していましたが、軽石を腸内に詰まらせて死亡していることも報告しました。こ



第7図 港が軽石で覆われてしまった様子(2021年10月24日に撮影)
a. 安田漁港 b. 奥港



第8図 軽石の表面構造
a. 軽石の立体画像 b. 図aの中心部を拡大したもので、沢山の泡や繊維状の構造が観察できる。

の種の魚は餌食をする際に口を大きく開けて濾過採食を行うため、呼吸や餌食を行う際に、軽石をうまく排出できないことも考察しました。

4. 今後の展望

軽石ラフトは、現在は噴火場所から約3,000 km離れたタイまで漂着したことも報告されています(Yoshida *et al.*, 2022)。今回の軽石漂着の軌跡を追うことで、日本海域周辺の生物分散の様子についても議論することができるかもしれません。

軽石漂着は自然現象であり、太古から続く地球の営みで繰り返されてきました。軽石が形成される際は、爆発的な

噴火により噴出したマグマが急冷される必要があります。ガス成分を多く含むマグマが急冷すると発泡しながら固化し(第8図)、軽石の表面積はとて大きくになります。興味深いことに、泡構造の中の微小環境で生命が誕生したという仮説もあり(Brasier *et al.*, 2011)、生物多様性の観点から軽石を研究するモチベーションにもなりました。本研究では、ある種の細菌が表面を覆っていると考え細胞の核染色を試みたのですが、残念ながら可視化はできませんでした。噴火直後の軽石は海水との反応性が高いと考えており、時系列的に、軽石表面ではどのように生物付着が進んでいくのか、今後の研究によって明らかになることが期待されます。

謝辞：本研究は、産業技術総合研究所環境調和型産業技術研究ラボの研究費のサポートを受けて行われました。

文 献

- Brasier, M. D., Matthewman, R., McMahon, S. and Wacey, D. (2011) Pumice as a remarkable substrate for the origin of life. *Astrobiology*, **11**(7), 725–735. doi:10.1089/ast.2010.0546
- Bryan, S. E., Cook, A., Evans, J. P., Colls, P. W., Wells, M. G., Lawrence, M. G., Jell, J. S., Greig, A. and Leslie R. (2004) Pumice rafting and faunal dispersion during 2001–2002 in the Southwest Pacific: Record of a dacitic submarine explosive eruption from Tonga. *Earth and Planetary Science Letters*, **227**(1–2), 135–154. doi:10.1016/j.epsl.2004.08.009
- Bryan, S. E., Cook, A.G., Evans J. P., Hebden, K., Hurrey, L., Colls, P., Jell, J. S., Weatherley, D. and Firn, J. (2012) Rapid, long-distance dispersal by pumice rafting. *PLoS ONE*, **7**, e40583. doi:10.1371/journal.pone.0040583
- Jutzeler, M., Marsh, R., van Seville, E., Mittal, T., Carey, R. J., Fauria, K. E., Manga, M. and McPhie, J. (2020) Ongoing dispersal of the 7 August 2019 pumice raft from the Tonga arc in the southwestern Pacific Ocean. *Geophysical Research Letters*, **47**(5), e1701121. doi: 10.1029/2019GL086768
- 産総研地質調査総合センター (2022) 福德岡ノ場火山の噴火情報. <https://www.gsj.jp/hazards/volcano/fukutokuokanoba/index.html>. (閲覧日:2022年11月4日)
- Yoshida, K., Tamura, Y., Sato, T., Sangmanee, C., Puttapreecha, R. and Ono, S. (2022) Petrographic characteristics in the pumice clast deposited along the Gulf of Thailand, drifted from Fukutoku-Oka-no-Ba. *Geochemical Journal*, **56**(5), 134–137. doi:10.2343/geochemj.GJ22011

OHNO Yoshikazu, IGUCHI Akira, IJJIMA Mariko, YASUMOTO Ko and SUZUKI Atsushi (2023) Coastal ecological impacts from pumice rafts in Okinawa.

(受付:2023年2月10日)

氷河がつくる溶岩地形： お菓子で学ぶキッチン火山学の実演

松本 恵子¹⁾・コンウェイ クリス¹⁾・谷 健一郎²⁾・佐野 貴司²⁾・石塚 治¹⁾

1. はじめに

現在、氷河をもつ活火山は世界に 138 個存在している (Edwards *et al.*, 2020). 氷河を擁する火山に溶岩が流れると特徴的な地形ができるのだが、それはどんな地形だろうか？

氷河や雪が存在するなかで発生するマグマ活動や火山活動は、glaciovolcanism (Kelman *et al.*, 2002 ; Smellie, 2006) と呼ばれる。本稿では氷河火山活動と訳すが、日本では氷底火山活動 (subglacial volcanism) と呼ばれ、南極やアイスランドでは顕著に観察されている。これらは、環太平洋でも報告例がある (第 1 図)。

多くの火山にはかつて氷期に氷河が存在していたが、現在はなく (例えば Eaves *et al.*, 2016), 今後どのように変動するかは明らかではない、人間活動の時間スケールに対する氷河体積の変動が顕著になる中で (Vargo *et al.*, 2020), 過去、長期的な時間スケールで氷河域がどれくらい変化したかを理解しておくことは重要である。氷河成の火山地形を識別できれば、過去の気候変動を知る有力な手掛かりとなり得る。ところが、日本では、氷河と火山の相互作用についてはほとんど知られておらず、氷河成火山地形はほとんど認識されていない。

そこで、氷河成火山活動について広く知ってもらうため、自宅のキッチンで作れるソーダブレッド (パン)、チョコレート、アイスクリームを使った簡単な実験を考案した (Conway *et al.*, 2023)。さらに、その実験を 2023 年 3 月 5 日に板橋区立教育科学館 (東京都) で開催された「全国火山実験研究交流会」で一般公開した。本稿では、氷河火山活動の日本での普及を目的として、Conway *et al.* (2023) から実験レシピと実験方法を日本語化し、また、氷河成火山地形の形成過程や過去の気候変動との関係について、主要な部分を日本語で理解できるように翻訳し説明を付すとともに、その一般公開の様子を紹介する。紙面の都合上割愛・再編した説明もあるので、詳細は Conway *et al.* (2023) の

原文に当たってほしい。

2. 氷河と火山との相互作用

日本を含む環太平洋の沈み込み帯では、繰り返す噴火により標高の高い成層火山が形成されている (Davidson and de Silva, 2000)。標高が高い火山には季節変化により積雪があったり、高緯度帯では氷河があったりもする。現代の気候で氷河が観察されていなくても、過去の氷期に氷河による浸食・運搬・堆積などの氷河作用があれば、かつて氷河火山活動があった可能性が高い。

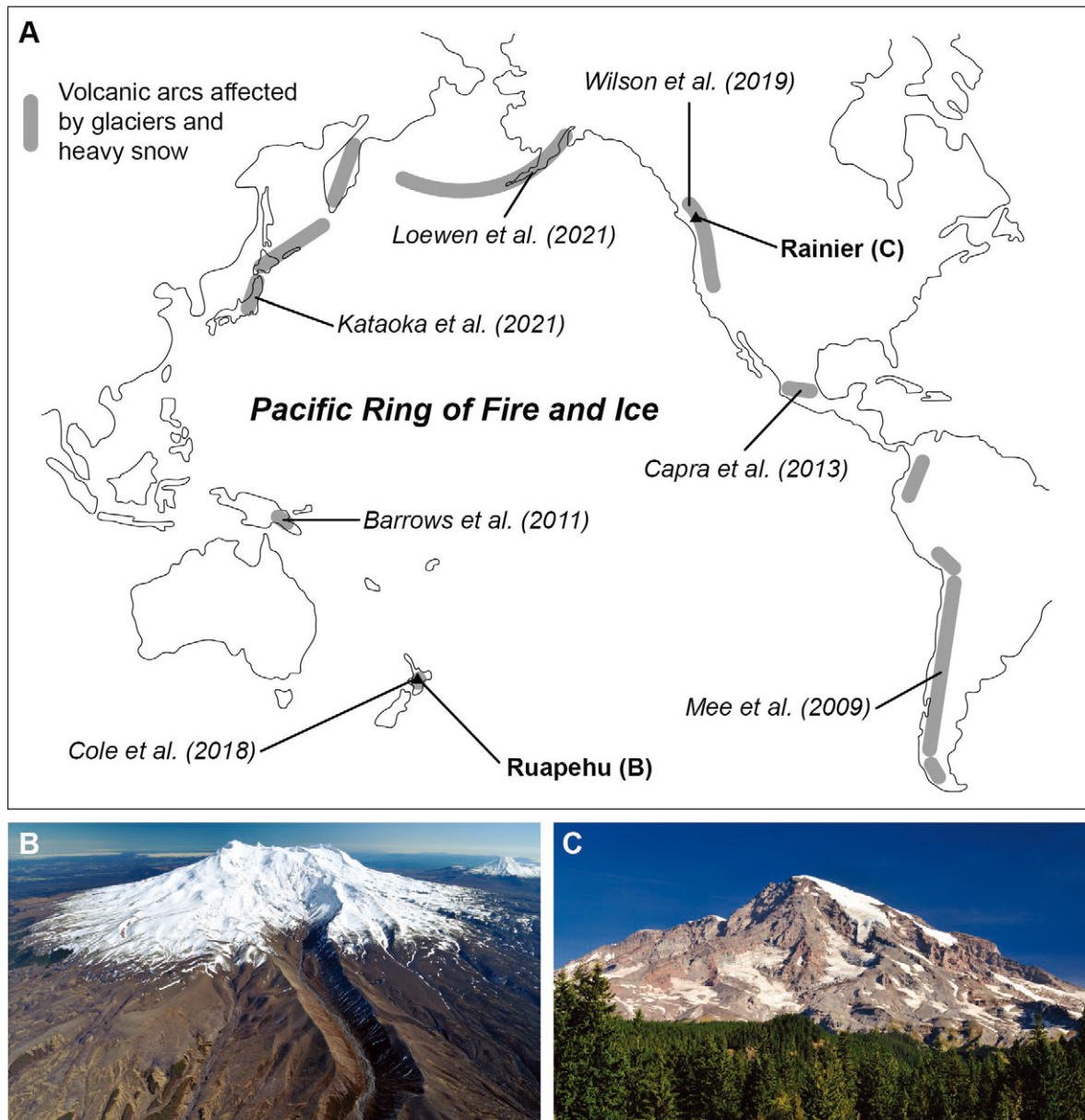
火山体に存在する氷河は、過去約 70 万年の間に発生した 10 万年サイクルの気候変動に呼応して進退してきた (Goñi *et al.*, 2019 ; Coombs and Jicha, 2020)。約 2 万 ~ 2 万 5000 年前の最終氷期極大期 (the Last Glacial Maximum) には、世界の平均気温は今より約 6 °C 低く (Tierney *et al.*, 2020), 現在氷河がない火山も含め、多くの火山に広大な氷河が広がっていた (Eaves *et al.*, 2016)。火山における過去の氷河作用の痕跡は、U 字谷やモレーン (第 1 図 B), あるいは氷河擦痕のある溶岩として認められる。古典的には、このような氷河地形は、活発に噴火する火山の成長期 (比較的温暖な気候ステージ) とは時期を異にする、噴火活動が沈静化した浸食期 (比較的寒冷なステージ) の痕跡であると考えられてきた (例えば Hobden *et al.*, 1996)。この考えに基づけば、谷の側面に尾根状に張り出した溶岩が認められる場合、氷河作用で削り残されたと解釈されており、実際多くの火山で確認されている (例えば Singer *et al.*, 1997)。しかし、⁴⁰Ar/³⁹Ar 法や K-Ar 法による年代測定では、氷河が卓越している時期にも噴火が発生している例が多くあることが示された (Fiertsein *et al.*, 2011 ; Conway *et al.*, 2016 ; Calvert *et al.*, 2018 ; Pure *et al.*, 2020)。では、氷河を擁する火山で溶岩が噴出した場合、どんなことが起こるだろうか？

Mathews (1952) のカナダ・ブリティッシュコロンビア

1) 産総研 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

2) 国立科学博物館 地学研究部

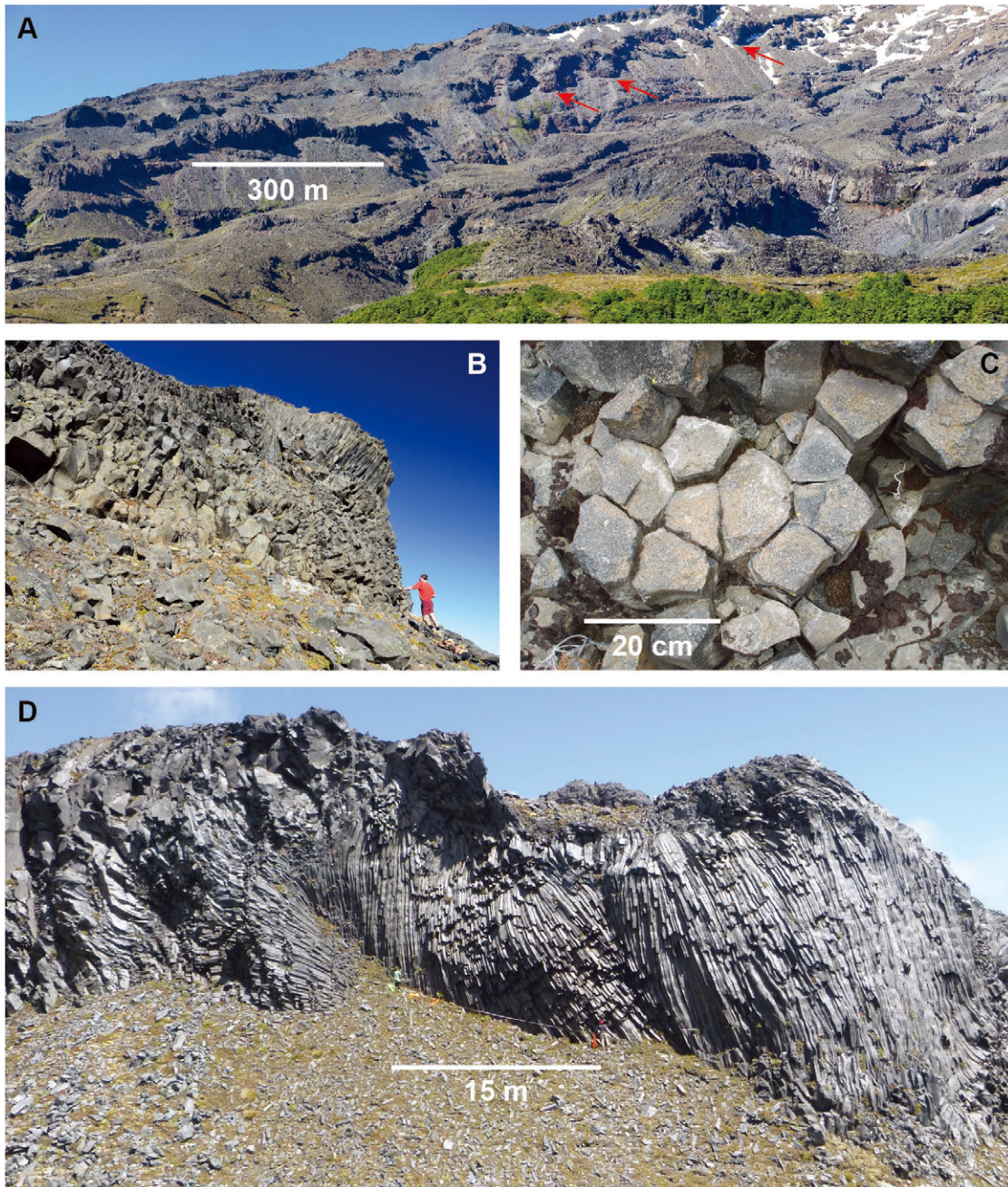
キーワード：氷河火山活動、火山、溶岩地形、気候変動、キッチン火山学、アウトリーチ



第1図 過去約25万年以内に氷河火山活動 (glaciovolcanism) が発生した成層火山の例。(A) 過去に氷河や多量の積雪による影響があった環太平洋の火山列を灰色線で示した。地図には Conway *et al.* (2023) で言及した代表的な研究を示した。(B) ルアペフ山 (ニュージーランド) の南東に位置する Wahianoa River。氷食作用によるU字谷の側方にモレーンが形成されている。(C) レーニア山 (アメリカ, ワシントン州) の南東からの写真。複数の氷河と、溶岩による急峻な尾根からなる。写真は Dougal Townsend 氏による。

での先駆的研究に基づき, Lescinsky and Sisson (1998) はアメリカのレーニア山 (Mount Rainier) について研究し, 尾根の上側と側面に位置する厚い溶岩流が, 噴火の際に火山体側面を流れ, 谷埋めの氷河の縁に沿って定置したことを明らかにした。すなわち, 氷河によって溶岩は谷の内部に流れ込めず, 標高の高い部分に“溶岩溜まり”としてとどまり, 数千年後に氷河が後退したあともそのまま尾根の頂部や側面に張り付いたまま残っていたのである。Conway *et al.* (2023) はこれを ice-bounded lava と呼んでいる。本稿では氷塞溶岩^{ひょうそくようがん}と訳し, 「氷河によって流路を制限されせき

止められた溶岩流」と定義する。本実験ではこの地形を再現する。このような地形はニュージーランドのルアペフ山 (Mount Ruapehu) でも報告された (第1, 2図; Spörli and Rowland, 2006; Conway *et al.*, 2015)。このような急峻な露頭では, 氷の融解で発生した水や蒸気による急冷を示す, ガラス質組織や特徴的な割れ目が観察される (第2図C)。氷河周縁の垂直な氷壁で急速に冷却されるため, 氷塞溶岩には水平方向または曲線状に柱状節理が形成される (第2図D)。多くの場合冷却面は一樣ではないため, 冷却面から離れた複雑な方向に割れ目が進展する (Lodge and



第2図 ルアペフ山（ニュージーランド）にある氷塞溶岩（ice-bounded lava flow）の例（Conway *et al.*, 2023）。（A）南西側の Mangaturuturu valley 北側尾根にある厚い溶岩。約 45–20ka の間に氷河に隣接して定置した。溶岩の赤矢印は、連なる凸部（“knuckles”）を指す。写真は Dougal Townsend 氏による。（B）西側の氷塞溶岩の周縁部に見られる柱状節理。写真は Dougal Townsend 氏による。（C）南西側の氷塞溶岩に見られる柱状節理（直径約 10 cm）の断面。（D）北西側の氷塞溶岩の扇形に広がる柱状節理。2人の人物が 15メートルの距離で立っている。

Lescinsky, 2009)。割れ目は約 60 度で交差し、直径約 10–20 cm の特徴的な多角形を形成する（第 2 図 C）。

このような氷塞溶岩は環太平洋でいくつか確認されている（例えば、Mee *et al.*, 2009; Conway *et al.*, 2015; Lachowycz *et al.*, 2015; Coombs and Jicha, 2020; Mixon *et al.*, 2021)。しかし、氷河と溶岩との接触が発生したのは過去で、すべての痕跡が現在も残存しているとは限らない。直接観察することが難しい氷河と溶岩の相互作用を直感的に理解するに

は、実験による再現が効果的だと考えられる。

3. 食材を用いた「キッチン火山実験」によるアウトリーチ

学校教育でアクティブラーニングが重要とされるなかで、身近な食材を使用した実験は安価なうえ、再現性のある手法で仮説を検証する科学的手法を自ら実施できるという利点がある。日本では、身近な食材など用いて火山分野

の普及啓発を行う「キッチン火山実験（林，2006）」が盛んにおこなわれており，最近も，2021年福徳岡ノ場噴火の軽石の組織をお菓子で再現する方法が取り入れられた（丸谷，2022）．他の国でも，M&M[®] チョコレートを用いた分別結晶作用シミュレーション（Wirth，2003）や，フアッジというお菓子とキャンディを用いた溶岩レオロジーの実験（Rust *et al.*，2008）など，それぞれの国の特色あるキッチン実験の例がある．“アナログ実験”は自然現象の正確なスケーリングであるべき（Galland *et al.*，2006）との考えがある一方，今回の実験のような“アナロジー（類似）物質による実験（Ichihara，2023）”であっても，直感的な理解を促したり物理パラメータの近似的なスケーリングを可能にする役割があると考えられる．

今回紹介する実験は，氷河と溶岩の相互作用で生じる地形や層序の特徴が再現でき，噴火の様子を直接いろいろな角度から観察することができる．この実験を通して氷河による火山活動について知ることによって，野外において氷河との相互作用が生む火山地形の特徴を識別できるようになり，噴火史や気候変動史の理解に繋がることが期待される．

4. レシピと実験

実験に使用する食材は第1表，レシピは第3図にまとめた．詳細な作り方は第3図およびYouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=6hfwlnsz10Q> 閲覧日：2023年6月22日)を参照してほしい．ソーダブレッドを火山体に，ゼラチンで粘性を調整したチョコソースは溶岩流に，アイスクリームは氷河に見立てる．いずれの食材も食べて問題ない．ソーダブレッドは火山の形にし，氷河を模したアイスクリームを定置させる「谷」を作るため，4か所に切れ込みを入れて焼くのがポイントだ．レシピでは材料に炭酸水を用いているが，ビールやレモネードなど他の炭酸でも作ることができ，それぞれ風味が変化する．チョコソースは，氷期と後氷期の識別をしやすいように，色（ホワイトチョコの量）を変えた2種類を作る．ここでは氷期用をチョコソース①，後氷期用をチョコソース②とする．ゼラチンは冷えると固まるので，チョコソースは流す直前に，そのつど用意するか，お湯で保温する必要がある．実験方法と観察ポイントは第4図に示した．YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=eFZyjfBupM> 閲覧日：2023年6月22日)も参照してほしい．実験は，(1)氷期 (syn-glacial stage)，(2)融氷期 (deglacial stage)，(3)後氷期 (post-glacial stage)と進行する．

(1)では，火山体に氷河が発達した時（例えば，最終氷

第1表 実験用具と実験材料のリスト．

ソーダブレッド（火山）	
小麦粉	3カップ（360 g）
ベーキングパウダー	小さじ3（12 g）
ソーダ水（炭酸水）	150 ml
溶かしたバター	大きじ1
チョコソース（溶岩）	
ダークチョコ	25 g
ホワイトチョコ	15 g
お湯	25 ml
粉ゼラチン（増粘剤）	10 g
アイスクリーム（氷河）	
バニラアイス	100 ml
調理器具	
大きめのボウル、計量カップ、 攪拌用のスプーン、ふるい、小さじ、耐熱皿、 オープン、包丁、カップ、シリンジ	

期極大期)に溶岩がつくる地形を再現する．まずソーダブレッド(火山)の谷にアイスクリーム(氷河)を載せる．このとき，アイスクリームが谷の中心では厚く，谷の頂部と側方ではより低く収まるように盛る．チョコソース①をソーダブレッドの頂部に注ぎ，方向を変えながら4つの谷に流す．するとチョコソース①は火山の表面を流れ，盛り上がったアイスクリームと崖にできた隙間に流れ込む．しばらくするとチョコソース①は冷え固まる．

次は(2)融氷期である．チョコソース②を作りながら，谷を埋めているアイスクリームをスプーンなどで取り去る．このとき，固まったチョコソース①を壊さないようにする．

最後の(3)では，融氷期を経て氷河がなくなった火山体で溶岩が流れた時の地形を再現する．(1)と同様に，チョコソース②をソーダブレッド火山の山頂に注ぎ，4つの谷に流す．すると，チョコソース②は氷期のチョコソース①を乗り越えて前進し，谷底まで流れ着くはずである．

5. 観察のポイント

単純な実験だが，実際の氷河による溶岩地形が非常によく再現されている(第5図)．(1)氷期の実験では，チョコソース①は，氷河を回り込むように流れ，氷河が解けて無くなっても，谷の内側の側面に張り出すように定置する

ソーダブレッド (火山)

- 1.小麦粉3カップとベーキングパウダー小さじ3を大きめのボウルに入れ、混ぜ合わせる。
- 2.ソーダ水（炭酸水）100mlをボウルに注ぐ。
- 3.混ぜこむ。
- 4.フレーク状になるまで、さらにソーダ水を10mlずつ追加する。
- 5.ひと固まりになるまで手でこねて生地を作り、押しつぶしながらこねる作業を繰り返す。
- 6.生地どうしがくっつかない場合は、ひとまとまりになるまでさらにソーダ水を加える。逆に生地が手にくっつく場合は、つかなくなるまで小麦粉を足す。
- 7.生地の縁を押し広げて、円錐形に広げる。
- 8.薄く油を塗った耐熱皿に生地をのせる。生地の上部に、山頂付近約2cmを残し、四方にむけて生地の端まで約1cmの深さの切れこみを入れる。
- 9.バターを溶かし、生地の上に塗る。予熱したオーブンに入れ、200℃で30分間焼く。
- 10.パンを取り出し、10分ほど冷ます。切れこみの周りをさらにカットして、幅2～3cm、長さ約5cmの「谷」を形成する。

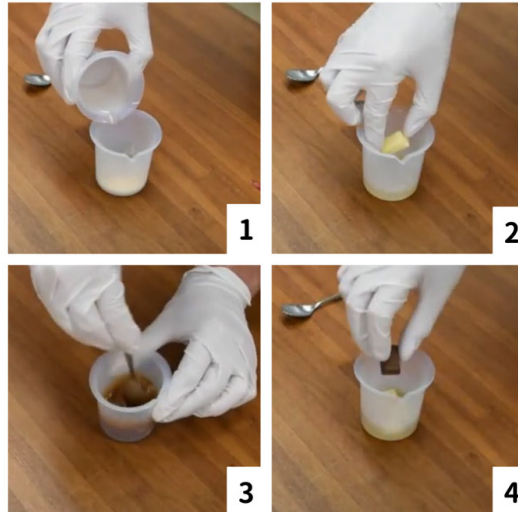


チョコソース (溶岩)

1. [溶岩1] には、5gの粉末ゼラチン（増粘剤）をカップに入れ、約10mlのお湯を加える。
2. ダークチョコレート5gとホワイトチョコレート15gを加える。
3. 電子レンジ（約700W）で40秒加熱し、よくかき混ぜてとろみのあるソースを作る。
4. [溶岩2] は、実験を進めてから作るとよい。別のカップを用意し、20gのダークチョコレート、5gの粉末ゼラチン、および10～15mlのお湯を混ぜて同様の手順で作る。実験の都合上、[溶岩2] は [溶岩1] よりも少しさらっとしている（粘性が低い）ものをつくる。

作り方の動画はこちら

<https://www.youtube.com/watch?v=6hfwlnsz10Q>



第3図 ソーダブレッド(火山)とチョコソース(溶岩)の作り方。Conway et al. (2023) を一部改変。

実験方法

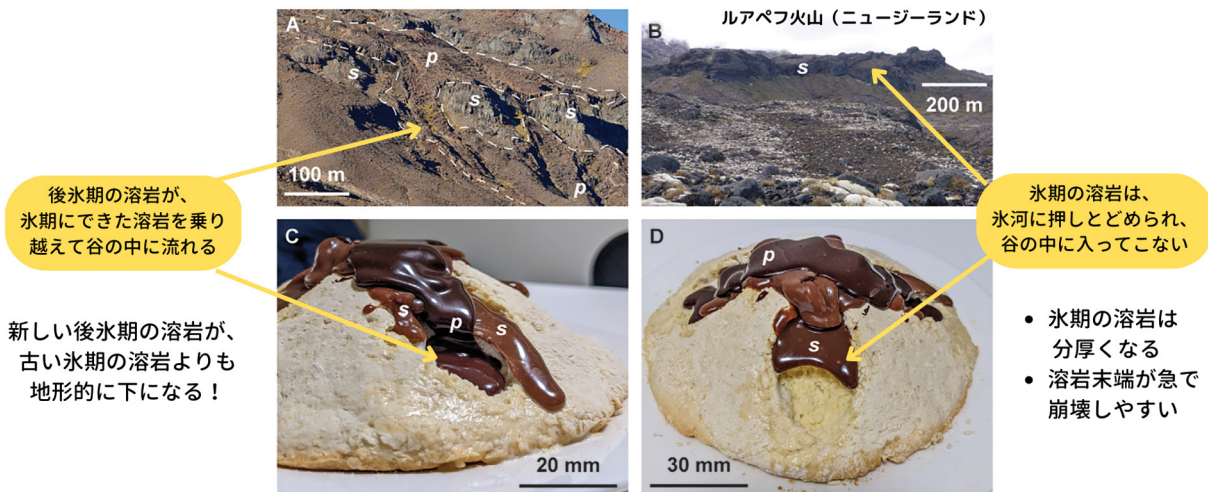
1. [氷期] 火山パンの谷に、氷河を模したアイスクリームを配置する。氷河アイスは谷の真ん中付近で最も厚く、氷河の末端と側面は谷よりも低めの厚さにする。火山の頂上部分にはアイスを載せずに残す。
2. [溶岩1] を1秒あたりおよそ2~4mlの速度で山頂付近に流す。
3. [溶岩1] がどの山腹にも流れるように、山頂からの溶岩流出点を様々に変える。
4. [溶岩1] は、火山パン山腹の氷河のない部分に沿って流れ落ち、谷部の崖と氷河アイスとの隙間に流れ込むはずである。[溶岩1] の溶岩流は冷まして固める。
5. 【融氷期】 谷から氷河アイスを慎重にすくい取る。このとき谷の周りに堆積した[溶岩1] の溶岩流を壊さないようにする。
6. 【後氷期】 濃い色で粘性の低い[溶岩2] を同じ速度ですこしずつ火山の山頂付近に流す。別の溶岩流出点からも流す。今度は、[溶岩2] が氷河期にできた[溶岩1] の上を流れて、氷河のない谷の底まで流れる。

実験動画はこちら

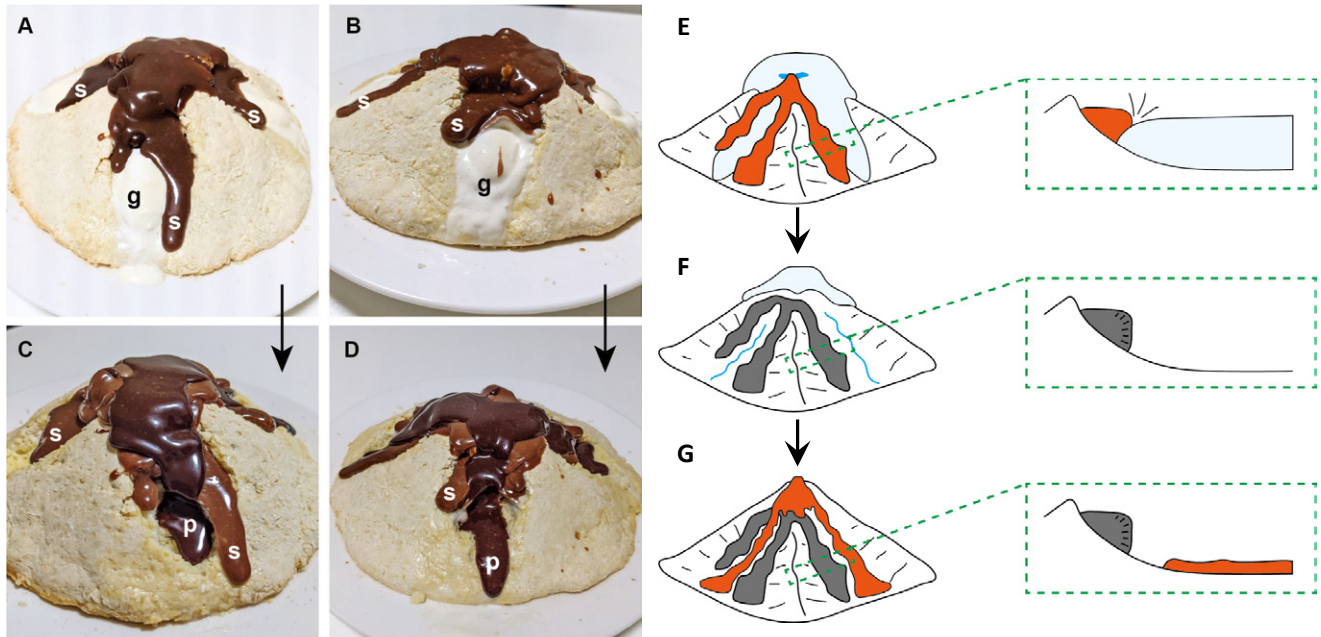
<https://www.youtube.com/watch?v=eFZyjfBupM>



観察ポイント



第4図 実験方法と観察のポイント。Conway *et al.* (2023) を一部改変。s: syn-glacial lava flow (氷期に流れた溶岩流), p: post-glacial lava flow (後氷期に流れた溶岩流)。



第5図 (A–D) 実験結果 (Conway *et al.*, 2023) と (E–G) 模式図。(A, B, E) 氷期に流れた溶岩流 (s) が氷河 (g) によって流向を変えられて尾根に張り付いたように定置している。(F) 氷河が融解し、溶岩が谷の側面に張り付いたままとどまる。(C, D, G) 融氷した後、後氷期の溶岩流 (p) が溶岩を乗り越えて氷河のなくなった谷に流れ落ちている。このトリックにより、新しい溶岩 (p) の方が古い溶岩 (s) より下に位置し、層序編纂を複雑にする場合がある。

(第5図A, B, E). このような特徴は、ニュージーランドのルアペフ山にある氷塞溶岩をよく再現している。ルアペフ山やその他の氷河を擁する成層火山では、氷塞溶岩が、氷河谷の頂部や側面に厚く (> 20 m)、急傾斜で定置していたり、谷の内側で氷河にせき止められて広がる様子が観察される。また、実験では、接する氷壁の形状によって溶岩の厚さが局所的に変化する様子が観察される場合がある。これは、例えば、ルアペフ山に見られる、尾根の頂上付近で比較的薄く谷に向かうにつれて厚い連続した凸部 (“knuckles”; 第2図A) の構造に類似する。このような地形的特徴は、より小さいスケールの実験や冷却組織の再現実験では再現されない。逆に、本実験では溶岩の亀裂形成や破碎といった現象は再現されない。ただし、チョコソース①と溶けたアイスが混ざる様子が観察される場合がある。これは、氷河を擁する成層火山で想定すべき重要な現象である融氷型ラハール (ice-melt lahals) を再現している (Pierson *et al.*, 1990; Smellie, 2022)。また、実際の氷塞溶岩は急峻かつ急冷縁が細かく破碎されているため、崩壊による浸食が進みやすい。また、後の氷河域の再発達の影響を受けている場合もある。しかし、本実験ではチョコソース①は固まると壊れることはないため、このような特徴は再現されない。

実験で(2)融氷期となりアイスクリームを取り除くと(第5図F)、(3)後氷期になる。この時に流したチョコソース

②は、チョコソース①の上を流れ下って谷の中に流れる(第5図C, D, G)。このような谷内部へ溶岩が流れこむ様子は、間氷期である完新世に噴火した溶岩にも共通してみられる特徴である。溶岩は障害物にせき止められないため比較的薄くなる。実験ではこの特徴を強調するため、チョコソース②に入れるお湯の量を多めにして粘性を低くした。

6. 氷河成溶岩地形を識別する重要性

多くの成層火山は数百年～10万年程度の時間で成長するが、山体崩壊や浸食により非対称の円錐形を呈している(第1図B, C)。氷は崩壊や浸食に影響を与える重要な要素で、氷河の後退時には急傾斜で弱い火山岩が不安定化し崩壊したり (Capra, 2006)、氷河の進展時には氷河により谷が削られ、削剥された物質が周囲の平野まで押し出されたりする (Eaves *et al.*, 2016)。さらに本実験で見られたように、氷の存在により成層火山での噴出物の分布や保存が改変される場合もある(第5図)。

本実験で注目すべき現象の一つは、谷の側面に張り付いた溶岩(第2図A)の解釈である。これは氷河がない時に流出した溶岩が浸食により露出したわけではなく、多くの場合は噴火時に存在していた氷河によってその場所に取り残されたのである。このような氷河と相互作用した溶岩は、

谷に向かって厚く堆積し、氷河により阻まれ冷却された特徴的な冷却割れ目が発達する(第2図)。一方、後氷期の溶岩は厚さが一様で、流路が障害物に阻まれる様子もなく、急冷組織を持たない。氷塞溶岩の存在から、火山体の成長と浸食のステージが交互に繰り返されたのではなく、成層火山がそのライフサイクルの間じゅう活動的であったことが示唆される。

また、氷河は溶岩流の層序関係を複雑にする場合がある。後氷期の溶岩は、氷期の氷塞溶岩よりも年代が若いにもかかわらず、現地では層序的に下に見えることがあるためである(第4図)。このような層序の逆転を認識することは噴火史を編む際に非常に重要である。現地の層序関係の検証には、地質年代学的手法で各噴火ユニットの絶対年代の測定が有効である。

本論文では氷河による溶岩地形に焦点をあてたが、他にもアイスランドの氷河の融解と火山活動率との関係(Maclennan *et al.*, 2002)や、氷や雪を頂く火山における融雪型ラハール(Pierson *et al.*, 1990; Uesawa, 2014; Smellie, 2022)、地すべり(Roberti *et al.*, 2018)といった災害の発生に関する研究も行われている。氷河を擁する火山という場におけるマグマと氷との相互作用は、火山の進化やダイナミクスだけでなく、地球の気候変動や自然災害とも関連している。わかりやすい教材を通して、次の世代を含む多くの人に関心を持ってもらえれば幸いである。

7. 全国火山実験研究交流会での実演

2023年3月5日、板橋区立教育科学館において、科学館と日本火山学会が主催する「全国火山実験研究交流会」が開催された。火山教育の普及のために火山実験の活用を広げることを目的に、火山の専門家などが身近な材料などを使った実験を行ったり、伊豆半島の地形や風景を再現したお菓子「ジオガシ®」を作るジオガシキッチン教室などが行われた。全体で27件の実験ブースが開設され、一般からは約150名の参加があり、初めての開催にも関わらず非常に盛況であった。

我々は「氷河がつくる溶岩地形」のタイトルで参加した(第6図)。設備や説明の効率を考慮して、ソーダブレッドは予め焼いたものを2点準備、アイスクリームは会場最寄りのコンビニエンスストアで購入し、チョコソースは電気ケトルを用意し実験と平行して現場で作ることで対応した。ブースには、実際の溶岩地形の写真や模式図をパネルに配置したほか、普及用に英語論文(Conway *et al.*, 2023)と日本語のレシピを印刷したもの、それらのダウンロード用リンクのQRコードを準備した。実験の実演はおおむね1時間に1回の頻度で行った。一度実演し、その終了後も片方のソーダブレッドはそのままの形で保存して、ブースに立ち寄った参加者への解説に用いた。チョコソースはゼラチンで固まっているので、簡単にソーダブレッドからはがすことができ、繰り返し実演することができた。



第6図 全国火山実験交流会での「氷河がつくる溶岩地形」実演の様子。(A) 予め準備したソーダブレッド2つを交互に実験に使用した。(B) 野外の写真と対比させて解説を行った。

実験は好評で、火山専門家や学生、親子連れのほか、ジオパーク関係者、サマースクール担当者、新聞記者、博物館関係者など、多くの来訪者が立ち寄った。特に、パン(ソーダブレッド)とアイスとチョコレートという、食べておいしそうな組み合わせで作ったことが目を引いたことと、氷河と火山の関係という耳慣れないテーマに興味を持ってもらえたと感じた。また、単純な実験ながら実際に存在する地形をよく模擬しており、「日本にもあるかもしれない」「ぜひ野外で観察してみて」というメッセージも印象に残ったのではないかと感じる。親子連れやジオパーク関係者にはソーダブレッドのレシピが好評だった。一方で、専門家にとっても氷河成の火山地形というテーマは新しく、年代測定の方法や氷河でなくてはできない理由、気候の変化についてなど専門的な質問も多く寄せられた。

“アナログ物質”による厳密なスケージングアップができなくとも、“アナロジー(Ichihara, 2023)”を考慮することで、複雑な実際の現象をより深く理解できる場合がある。また、身近な材料を用いて自然現象を伝えることができれば、一般の人にも専門的な話題に興味を持ってもらえる。今回は特に、氷河と火山というこれまで日本ではほとんど認知されていない研究テーマで、多くの人に興味を持ってもらうにあたりお菓子によるアウトリーチが特に効果的に働いたかもしれない。キッチン実験を入りに、噴火の不思議や地球の気候変動の歴史、そして地球科学全体に目を向けてもらうきっかけになれば嬉しい。

謝辞：氷河地形の日本語訳については及川輝樹氏と下司信夫氏にご助言いただいた。記して感謝申し上げます。

文 献

- Barrows, T. T., Hope, G. S., Prentice, M. L., Fifield, L. K. and Tims, S. G. (2011) Late pleistocene glaciation of the Mt Giluwe volcano, Papua New Guinea. *Quaternary Science Reviews*, **30**, 2676–2689.
- Calvert, A. T., Fierstein, J. and Hildreth, W. (2018) Eruptive history of middle sister, Oregon cascades, USA—product of a late pleistocene eruptive episode. *Geosphere*, **14**, 2118–2139. doi:10.1130/GES01638.1
- Capra, L. (2006) Abrupt climatic changes as triggering mechanisms of massive volcanic collapses. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **155**, 329–333. doi:10.1016/j.jvolgeores.2006.04.009
- Capra, L., Bernal, J. P., Carrasco-Núñez, G. and Roverato, M. (2013) Climatic fluctuations as a significant contributing factor for volcanic collapses. Evidence from Mexico during the Late Pleistocene. *Global and Planetary Change*, **100**, 194–203.
- Cole, R. P., White, J. D. L., Conway, C. E., Leonard, G. S., Townsend, D. B. and Pure, L. R. (2018) The glaciovolcanic evolution of an andesitic edifice, South Crater, Tongariro volcano, New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **352**, 55–77.
- Conway, C. E., Townsend, D. B., Leonard, G. S., Wilson, C. J. N., Calvert, A. T. and Gamble, J. A. (2015) Lava-ice interaction on a large composite volcano: A case study from Ruapehu, New Zealand. *Bulletin of Volcanology*, **77**, 21. doi:10.1007/s00445-015-0906-2
- Conway, C. E., Leonard, G. S., Townsend, D. B., Calvert, A. T., Wilson, C. J. N., Gamble, J. A. and Eaves, S. R. (2016) A high-resolution $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ lava chronology and edifice construction history for Ruapehu volcano, New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **327**, 152–179. doi:10.1016/j.jvolgeores.2016.07.006
- Conway, C. E., Tani, K., Sano, T., Matsumoto, K. and Ishizuka, O. (2023) A kitchen experiment for replicating lava-ice interaction on stratovolcanoes. *Frontiers in Earth Science*, **11**, 1116157. doi:10.3389/feart.2023.1116157
- Coombs, M. L. and Jicha, B. R. (2020) The eruptive history, magmatic evolution, and influence of glacial ice at long-lived Akutan volcano, eastern Aleutian Islands, Alaska, USA. *GSA Bulletin*, **133**, 963–991. doi:10.1130/B35667.1
- Davidson, J. and de Silva, S. (2000) Composite volcanoes. *In: Sigurdsson, H. ed., Encyclopedia of volcanoes*, Academic Press, 663–682.
- Eaves, S. R., Mackintosh, A. N., Anderson, B. M., Doughty, A. M., Townsend, D. B., Conway, C. E., Winckler, G., Schaefer, J. M., Leonard, G. S. and Calvert, A. T. (2016) The last glacial Maximum in the central north island, New Zealand: Palaeoclimate inferences from glacier modelling. *Climate of the Past*, **12**, 943–960. doi:10.5194/cp-12-943-2016
- Edwards, B. R., Kochtitzky, W. and Battersby, S. (2020) Global mapping of future glaciovolcanism. *Global and Planetary Change*, **195**, 103356. doi:10.1016/

j.gloplacha.2020.103356

- Fiortsein, J., Hildreth, W., and Calvert, A. T. (2011) Eruptive history of South sister, Oregon cascades. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **207**, 145–179. doi:10.1016/j.jvolgeores.2011.06.003
- Galland, O., Cobbold, P. R., Hallot, E., de Bremond d'Ars, J. and Delavaud, G. (2006) Use of vegetable oil and silica powder for scale modelling of magmatic intrusion in a deforming brittle crust. *Earth and Planetary Science Letters*, **3**, 786–804. doi:10.1016/j.epsl.2006.01.014
- Goñi, M. F. S., Ferretti, P., Polanco-Martínez, J. M., Rodrigues, T., Alonso-García, M., Rodríguez-Tovar, F. J., Dorador, J. and Desprat, S. (2019) Pronounced northward shift of the westerlies during MIS 17 leading to the strong 100-kyr ice age cycles. *Earth and Planetary Science Letters*, **511**, 117–129. doi:10.1016/j.epsl.2019.01.032
- 林 信太郎 (2006) 世界一おいしい火山の本—チョコやココアで噴火実験—. 小峰書店, 127p.
- Hobden, B. J., Houghton, B. F., Lanphere, M. A. and Nairn, I. A. (1996) Growth of the tongariro volcanic complex: New evidence from K-Ar age determinations. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, **39**, 151–154. doi:10.1080/00288306.1996.9514701
- Ichihara, M. (2023) Understanding the flow-to-fracture transition of volcanic fluids through analogy experiments. *Scientific Assembly of the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior*, Abstract number 1489.
- Kataoka, K. S., Tsunematsu, K., Matsumoto, T., Urabe, A. and Kawashima, K. (2021) Crisis hazard assessment for snow-related lahars from an unforeseen new vent eruption: The 2018 eruption of kusatsu-shirane volcano, Japan. *Earth Planets and Space*, **73**, 220.
- Kelman, M. C., Russell, J. K. and Hickson, C. J. (2002) Effusive intermediate glaciovolcanism in the garibaldi volcanic belt, southwestern British Columbia, Canada. *Geological Society, London, Special Publications*, **202**, 195–211.
- Lachowycz, S. M., Pyle, D. M., Gilbert, J. S., Mather, T. A., Mee, K., Naranjo, J. A. and Hobbs, L. K. (2015) Glaciovolcanism at volcán sollipulli, southern Chile: Lithofacies analysis and interpretation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **303**, 59–78. doi:10.1016/j.jvolgeores.2015.06.021
- Lescinsky, D. T. and Sisson, T. W. (1998) Ridge-forming, ice-bounded lava flows at Mount Rainier, Washington. *Geology*, **26**, 351–354. doi:10.1130/0091-7613(1998)026<0351:RFIBLF>2.3.CO;2
- Lodge, R. W. D. and Lescinsky, D. T. (2009) Fracture patterns at lava–ice contacts on Kokostick Butte, OR, and Mazama Ridge, Mount Rainier, WA: Implications for flow emplacement and cooling histories. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **185**, 298–310. doi:10.1016/j.jvolgeores.2008.10.010
- Loewen, M. W., Dietterich, H. R., Graham, N. and Izbekov, P. (2021) Evolution in eruptive style of the 2018 eruption of Veniaminof volcano, Alaska, reflected in groundmass textures and remote sensing. *Bulletin of Volcanology*, **83**, 72.
- MacLennan, J., Jull, M., McKenzie, D., Slater, L. and Grönvold, K. (2002) The link between volcanism and deglaciation in Iceland. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **3**, 1062. doi:10.1029/2001GC000282
- 丸谷 由 (2022) パミスのだいぼうけん. 石田製本株式会社, 38p.
- Mathews, W. H. (1952) Ice-dammed lavas from clinker mountain, southwestern British Columbia. *American Journal of Science*, **250**, 553–565. doi:10.2475/ajs.250.8.553
- Mee, K., Gilbert, J. S., McGarvie, D. W., Naranjo, J. A. and Pringle, M. S. (2009) Palaeoenvironment reconstruction, volcanic evolution and geochronology of the Cerro Blanco subcomplex, Nevados de Chillán volcanic complex, central Chile. *Bulletin of Volcanology*, **71**, 933–952. doi:10.1007/s00445-009-0277-7
- Mixon, E. E., Singer, B. S., Jicha, B. R. and Ramirez, A. (2021) Calbuco, a monotonous andesitic high-flux volcano in the Southern Andes, Chile. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **416**, 107279. doi:10.1016/j.jvolgeores.2021.107279
- Pierson, T. C., Janda, R. J., Thouret, J.-C. and Borrero, C. A. (1990) Perturbation and melting of snow and ice by the 13 November 1985 eruption of Nevado del Ruiz, Colombia, and consequent mobilization, flow and deposition of lahars. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **41**, 17–66. doi:10.1016/0377-

- 0273(90)90082-Q
- Pure, L. R., Leonard, G. S., Townsend, D. B., Wilson, C. J. N., Calvert, A. T., Cole, R. P., Conway, C. E., Gamble, J. A. and Smith, T. B. (2020) A high resolution $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ lava chronology and edifice construction history for Tongariro volcano, New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **403**, 106993. doi:10.1016/j.jvolgeores.2020.106993
- Roberti, G., Ward, B., van Wyk de Vries, B., Friele, P., Perotti, L., Clague, J. J. and Giardino, M. (2018) Precursory slope distress prior to the 2010 Mount Meager landslide, British Columbia. *Landslides*, **15**, 637–647. doi:10.1007/s10346-017-0901-0
- Rust, A., Cashman, K. and Wright, H. (2008) Fudge factors in lessons on crystallization, rheology and morphology of basalt lava flows. *Journal of Geoscience Education*, **56**, 73–80. doi:10.5408/1089-9995-56.1.73
- Singer, B. S., Thompson, R. A., Dungan, M. A., Feeley, T. C., Nelson, S. T., Pickens, J. C., Brown, L. L., Wulff, A. W., Davidson, J. P. and Metzger, J. (1997) Volcanism and erosion during the past 930 k.y. at the Tatará-San Pedro complex, Chilean Andes. *GSA Bulletin*, **109**, 127–142. doi:10.1130/0016-7606(1997)109<0127:VAEDTP>2.3.CO;2
- Smellie, J. L. (2006) The relative importance of supraglacial versus subglacial meltwater escape in basaltic subglacial tuya eruptions: An important unresolved conundrum. *Earth-Science Reviews*, **74**, 241–268. doi:10.1016/j.earscirev.2005.09.004
- Smellie, J. L. (2022) Sedimentation associated with glaciovolcanism: A review. Volcanic processes in the sedimentary record: When volcanoes meet the environment. *Geological Society, London, Special Publications*, **520**, 1–43. doi:10.1144/SP520-2021-135
- Spörli, K. B. and Rowland, J. V. (2006) ‘Column on column’ structures as indicators of lava/ice interaction, Ruapehu andesite volcano, New Zealand. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **157**, 294–310. doi:10.1016/j.jvolgeores.2006.04.004
- Tierney, J. E., Zhu, J., King, J., Malevich, S. B., Hakim, G. J. and Poulsen, C. J. (2020) Glacial cooling and climate sensitivity revisited. *Nature*, **584**, 569–573. doi:10.1038/s41586-020-2617-x
- Uesawa, S. (2014) A study of the Taisho lahar generated by the 1926 eruption of Tokachidake Volcano, central Hokkaido, Japan, and implications for the generation of cohesive lahars. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **270**, 23–34. doi:10.1016/j.jvolgeores.2013.11.002
- Vargo, L. J., Anderson, B. M., Dadić, R., Horgan, H. J., Mackintosh, A. N., King, A. D. and Lorrey, A. M. (2020) Anthropogenic warming forces extreme annual glacier mass loss. *Nature Climate Change*, **10**, 856–861. doi:10.1038/s41558-020-0849-2
- Wilson, A. M., Russell, J. K. and Ward, B. C. (2019) Paleoglacier reconstruction in southwestern British Columbia, Canada: A glaciovolcanic model. *Quaternary Science Reviews*, **218**, 178–188.
- Wirth, K. R. (2003) Using an M&M[®] magma chamber to illustrate magmatic differentiation. *Annual meeting of the Geological Society of America, Abstracts with Programs*, **34**, 250.
-
- MATSUMOTO Keiko, CONWAY Chris, TANI Kenichiro, SANO Takashi and ISHIZUKA Osamu (2023) A kitchen experiment for replicating lava-ice interaction on stratovolcanoes: a demonstration at Itabashi Science and Education Museum.
-
- (受付：2023年3月31日)

付加体学事始め：黎明期における私的回想

第一部 地質学の道へ

小川 勇二郎¹⁾

緒言

付加体とその周辺を構成する地層・岩体は日本列島の基盤を構成している。付加体の成り立ちを明らかにする研究の進展は、1980年代以降の付加体地域の地質図幅作成にも大きな影響を与えてきた。このことは、100万分の1地質図では第2版(1978)と第3版では凡例構造が全く異なっていることなどからも見てとれる。

今回、GSJ地質ニュース編集委員会は筑波大学名誉教授の小川勇二郎先生に「付加体学事始」と題してご寄稿いただいた。小川名誉教授は四万十帯や秩父帯の付加体、フランスカンのメランジュの成因などをご研究され、付加体地質学の黎明期から長くフィールドに根差した付加体学を牽引してこられた。また地質調査所と産総研地質調査総合センター（以下、GSJ）とも関わりが深く、例えば1995年の地質調査所研究発表会「海洋地殻そしてオフィオライト」では、地質調査所のメンバーとともに付加体地質の観点から海底鉱物の成因について議論いただくなど、地質調査所の研究成果に多くの影響を与えた。小川名誉教授はまた国際地質科学連合(IUGS)理事などを歴任される中で、アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント(G-EVER)や東・東南アジア地球科学計画調整委員会(CCOP)での活動においてGSJの研究活動に大きく貢献されてきた。付加体の概念や野外での捉え方は数10年の間に大きく進展したが、その変化を目の当たりにした第一人者に個人的なご経験をもとに語っていただく。(GSJ地質ニュース編集委員会)

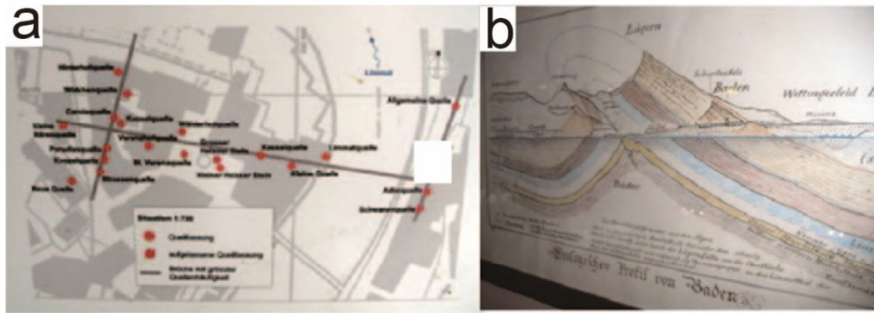
1. はじめに

地質学は、最近こそTVなどのメディアで取り上げられるようになり、環境、資源、災害や文化・教養との関連からも、市民レベルで語られるようにはなったが、日本では、従来は地味で国策上の事情や趣味以外には、あまり人気のない分野だった。ところが、西欧では地質は人間、社会、自然の基本中の基本事項であり、生活の重要な一部になっている。その最たるところがイギリスとスイスである。私がスコットランドの田舎で一人で調査していた時に、地元の若者数名に行き合った。何をしているのかと聞かれたので、ジオロジーと答えると、頭がいいんだねと言われた。日本でそんなこと言われたことはなかった。そこでは医学(生物学)と地質学が最も人気のある分野なのだそう。さすが、ドーリーとハットンの国だけはあった。また、スイスのバーデン(風呂、温泉)という名の保養地でホテルの周りを散歩していたら看板があり、自噴している泉源がプロットされている。その配列はほぼ直交するパターンで、おそらく共役断層に沿って泉源があることを示していた。ホテルの食堂には、その地域の地質断面図までもが額に入れられて展示されていた(第1図)。スコットランドのユースホステルやアメリカのモーテルにも、地域の地質図が展示されていたことがあった。

私は今までに初心者のための解説書の「付加体地質学」(小川・久田, 2005)を上梓し、また付加体や海溝のテクトニクスおよび未固結堆積物の変形についての簡単な総説(小川ほか, 2006; 小川, 2010; Ogawa, 2019)などを著してきた。付加体研究の萌芽は、1960年代後半におけるスタンフォード大学のWilliam Dickinson, コーネル大学のDan Karig, 中国南京出身でカリフォルニア大学ロスアンゼルス校で学位を取り、1967年にスイスETHに移ったKen Hsu教授らによる提案、即ち、過去のスラスト帯やメランジュ岩体が、現在の海溝における沈み込みコンプレックスと呼ぶものに対応するとの考えに見られるのであるが、学問分野としての付加体学の黎明期としては、1960年代

1) 筑波大学名誉教授 〒300-2358 茨城県つくばみらい市陽光台

キーワード：地質学入門、野外地質、海外研究者の来訪、地向斜＝縁海モデル、沈み込みコンプレックス、フランスカン



第1図 スイスバーデンの散歩道で見た泉源の位置を示す看板(図aの幅は約200m)と、ホテルの食堂に額に入れられて展示されている地質断面図(図bの幅は約5km)。a)では、見事に水平圧縮の共役断面上に沿って温泉が出ていることが直線で示されている。

後半から1980年前後にかけての国際深海掘削計画(DSDP-IPOD)の、特にメキシコ沖およびグアテマラ沖の中米海溝における1979年のLegs 66, 67とそれらが紹介された1980年イギリスでのLeggettシンポジウムとサザンプランズ巡検、およびODPのバルバドス海嶺付加体の1986年のLeg110までと考えられる。さらにその後の1984年から1992年にかけて、日本周辺の海溝域での日仏KAIKO計画と関連する研究が行われ、また各地域で陸上と海域での研究が進んで、沈み込み帯の地球科学が体系化され、黎明期から発展期へ入った。

この付加体学の黎明期から発展期には、世界のいくつかの陸上と海溝域での過去と現在の褶曲スラスト帯が付加体であるとの概念が発案され、沈み込み境界でのさまざまな地質作用が精力的に観察・記載・研究され、付加体の認定や比較が試みられた。それらの研究では、堆積から構造要素の形成プロセスとメカニズムの議論がなされ、沈み込み境界での堆積物や岩石の集積・変形を主とする発達史が幅広く議論された。その間、多くの新しい研究手法が開発され、1990年前後からの深海掘削技術の進展とともに、海底での潜水船による目視観察や試料採集、現場観測なども行われるようになった。さらに各種の新技术による3次元音波探査や現場での種々の掘削時同時孔内計測なども行われるようになり、付加体中を流れる流体の構造地質的および生物化学的意義が論じられるようになったことで、2000年前後には、付加体学は新しい時代に移行した。研究地域も世界の代表的な陸域と海溝域に広がり、得られた試料の物理的、力学的特性を知るための室内実験やサンドボックス実験や2004年と2011年に起きた二つの海溝型の巨大地震や巨大津波との関連の議論も進んだ。国際深海掘削研究が複数の掘削船により統合されIODPに代わってからは、日本を主導として「ちきゅう」によるライザー掘削(二

重パイプ)を用いた南海付加体の掘削が実現し、さらに日本海溝の陸側斜面の先端部での掘削と計測が行われ、付加体および海溝研究は発展期を脱して、統合的な学問としての再挑戦が始まったとあってよい。本回想では、黎明期から発展期の初期におけるこうした海陸での付加体研究全体を通して、世界の研究者がどのような場でどのような発想を行動したのかについて、私自身の経験や研究交流のエピソードを中心に3回に分けて紹介したい。

2. はじめての地質学

私は東京オリンピックの年1964年に大学に入学してすぐに、人生初めての地質学の実験・実習を、地学実験の一環として受けた。地質学の用語や手法はすべて全くの初耳であった。手ほどきして下さったのは当時東京大学教養学部の助手であった私の人生最初の地質学の教師、徳山明氏と歌田實氏であった。相模川上流の桂川沿いの上野原の河岸段丘での野外実習を行ったが、最初から最後まで何がなんだか全く分らず、内容もほとんどチンプンカンプンであったが、これこそ自然科学そのものだとも思った。学期の最後に、厳しくも優しいところがあった徳山先生は私に言った。もし本格的にやりたいなら教えてやるよと。それが正夢になるうとはその時は全く思わなかった。当時は米ソの宇宙競争が進んでおり、同時に経済と科学技術が急進展し、社会は目まぐるしく成長していた。私は世間については自然科学以上に無知であったが、そのような社会の科学技術の発展が実生活や将来の世界の状況に密接に関連しているということは、2年後の1966年に理学部に進学するころになってやっと分かった。今では地質の情報は地政学の重要な一部分となっている。

3. 野外地質の初心者としての訓練

私たち地質学鉱物学課程の11名は1966年夏、久野久教授、山下昇助手の指導の下に、教養学部1年の時の野外実習と同じ相模川上流の桂川沿いで進級論文のための調査を行った。今回は段丘の基盤の新第三系中心の1か月ほどをかけての地質調査実習だった。久野教授からは、「露頭ごとにハンマーでたたき、新鮮な面を出しルーペで観察し、特に、異なる岩相や地層の境界に注目して観察し、スケッチをしてそれらの意味や成因を考え、その日の最後の露頭で一日の地質図と断面図を描きなさい」と指導された。現場主義を重視するフィールドジオロジストとしてのこうした指導は、まさに久野教授の真骨頂だった。そのとき地域の北部に分布していた小仏層群は、その後白亜紀の付加体であろうと考えられるようになったが、その時は内部の大小様々なスケールの変形構造は私には全く分からなかった。

1967年には木村敏雄教授、佐藤正助教授、徳山明助手の指導の下に、徳島県勝浦川流域の秩父帯北帯の白亜系について卒業研究を行った。白亜系の基盤は非常に複雑な層序と構造で様々な岩体が入り混じり、何が何だか分からなかったが、それも後日ペルム紀やジュラ紀の付加体だと考えられるようになった。卒論指導を徳山明助手から受けた時に、「砂岩を露頭の前でルーペで観察するとともに、サンプルのチップを持って歩き、次の露頭で比較する。大学に戻ったらただちに薄片を作り顕微鏡で観察し、顕微鏡を見ながらチップをルーペで比較することによって、次にはフィールドでルーペで見るだけで、顕鏡下での組成と組織の見当をつけることができる」と学んだ。その方法を私は「人間偏光顕微鏡」と名付けた。それはその後の研究に大いに役立った。

1960年代後半から1970年代前半にかけて、日本では米国の月探査の進展に合わせて岩石中の鉱物分析が進んでおり、それまでの岩石や抽出した鉱物の湿式定量分析と合わせてEPMA(電子線プローブマイクロアナライザー; Electron Probe Micro Analyzer)による微細な鉱物の化学組成の機器分析法が導入され、月からの試料の分析が世界に先駆けて行われたことは周知のことである。同時に最先端の実験岩石学が進展しつつあった(久城, 2014a, b)。この月の試料採集は、1971年丁度我々の研究室一同が大井川最上流で木村教授のもとで四万十層群(広義、以後同)の調査をしていた最中に、テントの中でラジオから聞こえてきたアポロ11号からのニュースで知ったものだった。同じころ野外地質分野でも堆積構造、地層の上下判定、大小

構造のジオメトリーや変形相などからの構造解析、小断層解析などの新しい手法や見方が導入され、一気に近代化に進むかとも思われた。しかし、野外地質学には露頭の状況や条件次第ではどのような研究手法が有効か、また命題の設定やそれを解明するための概念や研究手法には何が最適かなど難題が多く、全体には手探りであった。

一般にそのころ日本では、三次元的な地層や岩体の分布を知るには、尾根を登り、藪を漕ぎ、沢を一本一本つめてマッピングをし、その上で大胆な解釈をすることを必要としていた。一方地震のたびに隆起する傾向がある日本の海岸線に沿っては、好露頭が三次元的に連続する地域が多い。特に南関東の三浦・房総半島の海岸線沿いの連続露頭や内陸の沢沿いでは、戦後精力的な調査が驚くべきスピードで行われ、多くの成果が得られたことはよく知られている(小池, 1957; 高橋, 2018)。また山岳地帯では木材や紙パルプ原料の需要増に伴って、以前から軌道敷が作られていた地域も多かったが、1960年代前後から多くのスーパー林道と呼ばれた大規模な林道が建設されるようになった。私が四国東部の秩父帯で博士論文のための調査を終える1970年代初頭まではほんのわずかだったそうした林道が、直後には全国で山腹を縫うように急ピッチで建設され、新鮮で良質な好露頭が随所に出現した。それゆえ1960年代後期までの調査と1970年代に入ってからからの調査に基づく研究には、特に層序学や構造地質学的な研究にとって材料に根本的な質と量の違いがある。

4. 沈み込み帯地質学の萌芽

このような新しい概念の登場や露頭状況変化に伴って、野外地質研究の手法にも様々な変革をもたらされていた。私が1973年に5年間の大学院生活を終えて日本大学文理学部に奉職した前後に、すでに各大学やグループで新手法、新概念に基づく研究は広範に進んでいたが、年1, 2度の学会で知るそうした最新の知識や見解が、果たして一般性、広域性、国際性があるものなのか、それとも地域ごとの特性なのかを判断する料簡は私にはなかった。そのころ、地球物理学や新生代(特に第四紀)の地質分野では、プレートテクトニクスを受容する動きは速かったのであるが、野外地質分野まではそれが十分に浸透してはいなかった。後日、四万十層群の大構造を中心として九州から関東地方までのレビューをしてみたところ、各地域ばらばらの結果だった(Ogawa, 1985)。それが研究グループごとの調査方法、考え方や解釈の違いによるものか私には分からなかった。

指導教官の先生方は豊富な経験をもとに親切に指導してくださった。特に美祿^{みろく}地域の三疊紀の挟炭層を秋吉造山運動の造山期のモラッセ堆積物としてとらえる斬新な研究を行っていたドイツ帰りの徳山明先生は、私の勝浦川の領石・物部川層群もそうしたものだろうととらえていた。ただ主として米国や西欧の諸国を中心として、多くの海洋関連あるいは地震、重力、地磁気、音波探査などの地球物理的観測に基づく大陸縁の新しい地球科学が、プレートテクトニクスに基づいて急速に進展していることが国際誌や書物で知られるようになっていたので、私は大陸縁での造山運動の研究について外国から学ぼうと思うようになった。

学部・大学院の学生時代、私が参加した講演会やセミナーには、カリフォルニア大学スクリップス海洋研究所の Victor Vacquire 教授、ケンブリッジ大学の Sir Edward Bullard 教授と Dan McKenzie 博士、米国海軍海洋気象局の Robert Dietz 博士、トロント大学学長の Tuzo Wilson 教授、ニュージーランドのヴィクトリア大学の Harold Wellman 教授らの、まさにプレートテクトニクス最初期の話題の紹介があった。特に 1971 年、東大地震研究所の笠原敬一教授、中村一明助教授、松田時彦助教授らが組織し、上記の McKenzie, Wellman 氏らを案内した糸魚川静岡構造線に沿う巡検 (Bowler, 2017) は、私に多くの新しい目を開かせてくれた。大学院を修了してすぐに大学に職があったのは今から考えると感謝の一語ではあるが、教職をしながら日進月歩の最新の知見を吸収し理解し追いつくのは簡単なことではなかった。大学院までの野外地質を補強するには三軸変形破壊実験などの実験的研究が重要だと分かったものの、それに身を投じる現実性はなかった。

5. 四万十層群の国際巡検

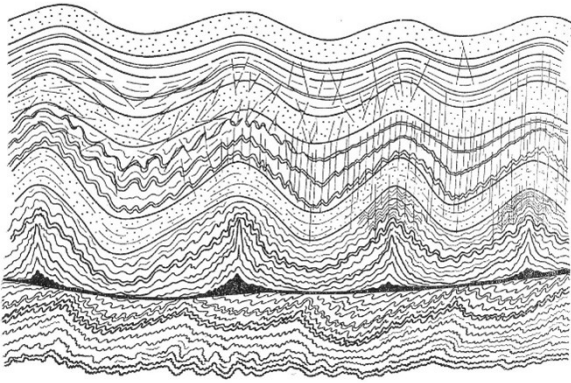
1976 年 6～7 月にカリフォルニアのスタンフォード大学の William Dickinson 教授が来日し、複数の大学を訪問した。京都大学や九州大学の研究者たちは Dickinson 教授に新しい日本の地質学の進展を紹介したが、一方で、教授の地道な露頭観察と斬新で大胆なテクトニクスのアイデアに基づいたアメリカ西海岸で行われている研究からは、大いなるヒントを得たようだった。東京にいた私は Dickinson 教授らを案内した木村敏雄教授にお供して、静岡県大井川上流の四万十層群巡検に参加させていただいた (第 2 図)。帰京時のジープの中で Dickinson 教授が得意のウェスタンを歌う中、東大助手であった吉田鎮男氏と私は教授がセミナーで強調した arc trench gap の意味について質問責めにした。Oceanic trench の手前に forearc basin



第 2 図 1976 年 6 月, Dickinson 教授らとの大井川四万十層群巡検。中列右から二人目が木村敏雄教授, 後列, 左から Reinhart Hesse 教授, 岡田博有教授, 右隅が William Dickinson 教授, 中列中央が, Alec Smith 教授。前列中央が静岡大学に移っていた徳山 明助教授, 左端が筆者。吉田鎮男氏撮影。Dickinson 教授は, この砂泥互層の露頭によじ登り, タービダイトの砂岩の組織をなめるように観察していたのが印象的であった。

があって堆積物をためるのだ。砂泥互層の多くはここにトラップされるのだ。白亜紀のカリフォルニアでは、その外側のフランシスカン・コンプレックスが今でいう付加体の主体だという考えが彼の眼目だった (Dickinson, 1971, 1974, 1978)。

一つ強調しておきたいのが大井川流域の四万十層群相当層の野外調査と当時アメリカで進んでいた堆積岩の三軸変形破壊実験の結果からの考察に基づいて、木村敏雄教授がこのころすでに現在付加体とされる岩体の内部の大小構造の変形様式のありさまは、深さに対応する封圧、温度と歪(歪速度)の条件による変形特性によって変わる、それも地域によって二つの褶曲シリーズの違いがあるとの着想を得ていたことである (Kimura, T., 1968; 木村敏雄, 1971; Kimura, T. and Tokuyama, 1971)。木村教授ののちに付加体と考えられるようになる地層群の変形相の議論とほとんど同じことをすでに 1970 年代初期には把握していたということである。すなわち、第 3 図に示すように、1) 砂泥互層を中心とする堆積体がある地域ではレンズ褶曲のシリーズ(不均一歪の破断変形卓越; 図の左側部分)、別の地域では剪断褶曲のシリーズ(均一歪の流動変形卓越; 図の右側部分)と、異なる変形様式のシリーズを持つこと、2) 全体に水平に近い褶曲包絡面を持ち、それらがデコルマンゾーン(ほぼ水平の地層に沿うすべり面)の上ですべり、二階建て構造を持つことなどを明らかにしていた。同じようなことは、砂泥互層を中心とする現在では付加体だろうとされる岩体の三次元的な構造相の意義がすでに共同研究者の徳山



第3図 木村敏雄 (1971) に示された、日本での (特に、大井川流域の白亜系四万十層群を例として) 褶曲や破断、流動の変形様式の違い。二つのシリーズがほぼ水平の褶曲包絡面 (Enveloping surface, Faltenspiegel) がほぼ水平のデコルマンゾーンの上ですべてっており、いわゆる二階建て構造となっているとの図。全体の厚さは 10 km 内外という。後から考えると、付加体の全体の变形構造の基本を 1970 年代初頭に、予言していたかのようである。ただし、教授はその後も地向斜・造山論の概念の内部での議論を続けた。それは玄武岩やチャートなどと砂岩泥岩などが、すべて整合一連の堆積体であることを前提としたものだった。このことは、1970 年代になっても、世界のほとんどの研究者が考えていたことだった。(地質学雑誌より許諾の上転載)

明氏や吉田鎮男氏によっても議論されていた (Tokuyama and Yoshida, 1974)。木村教授はそれらの地層は一般に整合一連であって、それをためた場所として地向斜を考えていたので、またそれは海溝域ではないと考えていたので、プレートテクトニクスを適用した海溝域での付加体の発想までは至らなかったが、内容的には極めて肉薄していたことになる。

活動的な縁辺地域、つまりプレート沈み込み帯陸側の褶曲スラスト帯 (後に付加体と呼ばれるようになった部分) の陸上の代表的な例として、最初に話題になったのは、上に述べたようにカリフォルニア州のフランシスカン・コンプレックスであり (Hsu, 1968)、特にそのメランジュ (混在岩) の成因と意義が大議論になっていた。1971 年から 1979 年にかけて Dickinson 教授はのちに Shell 石油研究所の Seely 博士とともに、すでに世界の沈み込み帯の海溝から島弧に至る断面を系統立てて区分し、地形と堆積との関連を一般論として議論していた (Dickinson, 1971, 1974; Dickinson and Seely, 1979)。彼らは、そのモデルにおいてすべてのケースに、海溝の陸側には沈み込みコンプレックス (subduction complex) と呼ばれる地質体が形成されており、それはメランジュ岩体を主体とすると考えていた。彼らのモデルは、カリフォルニア州ではフランシスカン・コンプレックスとその東側のグレイトヴァーリー層群および

シエラネヴァダ・バソリスを白亜紀における triad (三つ組み) として、島弧海溝系における岩体の発達と配置が考えられるとしたものだった。現在では、このセットは一般論としては成り立つとも考えられているが、北米西岸地域のいわゆるコルディレラ造山帯でのそのようなモデルは、発達史的に見るとそう単純でもないという意見も出されている。

この沈み込みコンプレックスの発端となったフランシスカン・コンプレックスは、すでに 1970 年代には、Dickinson 教授の学生であり後にシアトルのワシントン大学に移った Darrel Cowan 博士によって、サンタバーバラ北西方のサンシメオン海岸においてメランジュとされる高压変成岩ブロックを含む混在岩は、その詳細な露頭観察に基づいて堆積性であろうと解釈された (Cowan, 1978)。また 1980 年代の初期には、カリフォルニア大学ロサンゼルス校で学位を取り、テキサス大学オースティン校へ移った Mark Cloos 博士によって、同じ地域の混在岩がメランジュの沈み込み帯でのリターンフローによって上昇するとの物理学的な考察もなされていた (Cloos, 1982)。この二人の対照的な研究は、その後長く続くメランジュの成因論争、堆積性メランジュ説 (オリストストローム説 (大規模な地すべり岩体)) か、構造変形によるとのテクトニック・メランジュ説かとの議論 (Raymond, 1984; Moore, J. C., Cowan and Karig, 1985) の発端であった。その議論は、21 世紀になっても続き、イタリアのボローニャ地域のオリストストロームやスケイリークレイ (鱗片状へき開) といった付加体学ではお馴染みの用語の発祥の地ともいえる地域で、精力的に研究を行っている Andrea Pini, Andrea Festa, Kei Ogata らの研究者 (Pini, 1999; Festa *et al.*, 2019; Ogata *et al.*, 2019) と、Cowan, Cloos 氏らと同じ地域での Ogawa, Mori, R. *et al.* (2015) による、ダイアピル説を含む包括的な成因論へと発展している。

一方で海溝集積体としての付加体 (accretionary prism) なる用語と概念は、現世と近過去 (新第三紀以降) の西太平洋およびインドネシア地域を広く研究していたコーネル大学の Dan Karig 教授らによって 1970 年代から使われ始めており (Karig and Sharman, 1975)、プレートの沈み込みに伴うスラストの形成によって褶曲スラスト帯が形成されると陸上調査に基づいて考え始められていた (Moore, G. and Karig, 1976)。だが現在と過去の海溝域での地質作用の具体的な実態の解明や関連の議論は、陸上では九州の四万十帯での勘米良 (1976) が初めてであった。ついで、スコットランドのサザンアプランス (南部高地) での Leggett *et al.* (1979, 1982) も同様な見解を示した。実際の海底下の現象や実態の具体的な研究は、メキシコ沖の中米海溝

での DSDP-IPOD Leg 66 での Moore J. C., Watkins *et al.* (1982a, b) によるものであった。日本でもそれまで時代未詳中生層とされた四万十層群(広義)や類似した砂質タービダイトを主とするスラストスタック(スラスト岩体の積み重なり)による堆積体は、フリッシュ堆積物と考えられる以上にテクトニックな意義を含めて論じられるようになった。こうして、タービダイトとメランジュの集合体としてのそのような地層群は広く accretionary prism (付加体)と呼ばれるようになった。つまり、付加体の概念は世界の各地の海陸でほとんど同時に発想されるようになったわけである。

初期における代表的な陸上での研究地域は、フランスカン、インドネシアのニアス島、アラスカのコディアク島、カリブ海東端のバルバドス島などの地層群と日本の四万十層群(Moore, G. and Karig, 1976; 勘米良, 1976; 平ほか, 1980; Taira *et al.*, 1982; Ogawa and Horiuchi, 1978; Ogawa, 1982a) などである。これらの研究の多くは陸上と海洋の地質学の最新研究のリンクによる詳細な観察・記載・発想にもとづく成果であり、付加体学の初期の具体的な成果であったといえる。このころのテーマのうち、発達史を中心としてはロンドン地質学会特別号 10 号(Leggett, 1982)に、さらに構造地質学的土質力学的な議論については Moore J. C. (1986) と Maltman (1994) に紹介されている。1980 年代になってからは、付加体の全体像や流体の流れなどについて、多くの国際シンポジウムが開かれるようになっていた。それらのいくつかは、Moore, J. C., Taira and Moore, G. (1991), Tarney *et al.* (1991) などや、後に述べる KAIKO 計画の 4 部作特集号などに紹介されている。

なお accretionary prism なる用語に「付加体」との日本語の訳語を与えたのは、九州大学の勘米良亀齡教授だった。教授から聞いた話では、何がよいか考えに考えたのことだった。のちに南京大学を訪問した時の私の講演のタイトルには「増生楔」が使われていた。まさに直訳であろうが、さすが漢字の本国とも思った。その勘米良教授が九州での四万十層群の野外調査から発想した付加体の形成モデル(勘米良, 1976)は、Deep-Sea Research 誌に出た Hilde *et al.* (1969) の論文の図(小川, 2010)を見てのことであったという。これは音波源にスパーカーを使った船上での描像であるが、まさに付加体の世界初の構造描写であった。Texas A&M University の Tom Hilde 教授こそ、付加体を最初に認定する研究者になるべき人であった。Hilde 教授は、また、日本海溝での沈み込み侵食を最初に提唱した人としても知られている(Hilde, 1983)。

一方、Dickinson 教授と Seely 博士は海底下ではグアテ

マラ沖の中米海溝の陸側斜面下がスラスト帯としての大構造をとっているとの解釈をしていた。のちに掘削でそこは付加体ではないとされたが(小川, 1982b), 世界のすべての海溝域で何らかの付加体が発達しているとの一般的な分類モデルを提案したのである(Dickinson and Seely, 1979)。しかし、そのわずか 1 年後に、同じカリフォルニアのメンロパークの米国地質調査所の、David Scholl 博士、Roland von Huene 博士らは、ずっと具体的な海溝斜面の発達史の類型化を世に問うた(Scholl *et al.*, 1980)。これには世界の海溝域に 6 つの異なるパターンが見られ、付加体が形成成長する場合と、そうではなくむしろ陸側斜面が侵食されて陸側へ後退する場合もある、と説明されていた(小川・久田, 2005)。日本では、これを構造的侵食(tectonic erosion)と使う場合もあるが、本来は沈み込み侵食(subduction erosion)とされた(von Huene, 1986; von Huene and Scholl, 1991)。

6. 外国へ

上に述べた大井川巡検の直後の 1976 年 8 月、オーストラリアのシドニーで第 24 回万国地質学会議(IGC)が開かれた。私は静岡大学の徳山 明助教授、東京大学の浜田隆士教授、名古屋大学の足立 守氏らとともに参加した。初めての外国旅行だった。ここでスイス ETH の Augusto Gansser 教授、米国ニューヨーク州立大学オルバニー校の John Dewey 教授と Kevin Burke 教授、オーストラリアメルボルン大学の Edwin Hills 教授、米国イェール大学の John Rogers 教授らと交流することができた。また、ウプサラのスウェーデン地質調査所やスウェーデンの特別教授になる David Gee 博士は、非常に薄いナップの積み重なりをスカンディナヴィアのカレドニア帯から最初に発見し、注目を浴びた(Gee, 1978)。印象的だったのはテキサス大学オースティン校の Ian Dalziel(ディエル)教授であった。皆地質学について非常に熱意を持っているのが分かった。Dalziel 教授は複数の招待講演でパタゴニアアンデスから南極にかけての大陸縁が縁海と大陸との間の衝突で形成されたとの、縁海=地向斜モデルを強調した。現在でも日本海や西太平洋海域の有様を用いて縁海モデルを過去の堆積場や造山運動に適用することはよく行われている。Dalziel 教授の講演は丁度私の講演と同時に投稿した論文で示した秩父地向斜堆積物が黒瀬川古陸と衝突するとのモデル(Ogawa, 1978)と非常によく似ていた。その後私が中村一明教授に代わって ODP のテクトニクスパネルメンバーになって会議に参加してみると、その委員長はなんと Dalziel 教授で



第4図 1989年9月、ハワイ島のキラウエア火山のPuooクレイターの巡検で、ラバレイクをのぞき込むODPテクトニクスパネルのメンバー一行。右から、Dan Davis（付加体ブルドーザーモデルの創始者の一人）、Ian Dalziel（黒リュックの人物）、一人置いてTony Wattsの各氏（敬称略）。

あった(第4図)。私は5年半ほどお世話になった日本大学文理学部を後にして、1978年9月九州大学理学部へ転職した。

なお、このころまでは、世界の多くの研究者は依然として地向斜モデルを採用しており、プレート沈み込み帯周辺(縁海を含む)での褶曲スラスト帯を認めつつも、それが今でいう付加体である、と考える人は少なかった。その最大の問題点は、過去の地質体に含まれる厚い砂泥互層の堆積場と変形場の特定と、海洋性の岩石のブロックを伴う混在岩の存在をどのように考えるか、つまり、それらがどこで形成されたのか、整合一連の層序なのか、さらに大小構造が大きな変位を持つ断層で重なり合うのか、それとも何らかのメカニズムで混在・墨重するようになったのか、働いていると想定されるプレートテクトニクスでのどのような位置づけや意義づけがされるか、が具体的に議論しつくされていなかったからであった。

文 献

Bowler, S. (2017) Fifty years on Dan McKenzie, plate tectonics, and more. *Geoscientist*, **27**, 10-15.

Cloos, M. (1982) Flow mélanges: Numerical modeling and geologic constraints on their origin in the Franciscan subduction complex, California. *Geological Society of America Bulletin*, **93**, 330-345.

Cowan, D. S. (1978) Origin of blueschist-bearing chaotic rocks in the Franciscan Complex, San Simeon, California. *Geological Society of America Bulletin*, **89**, 1415-1423.

Dickinson, W. R. (1971) Plate tectonic models for orogeny at continental margins. *Nature*, **232**, 41-42.

Dickinson, W. R. (1974) Plate tectonics and sedimentation. In: Dickinson, W. R. ed., *Tectonics and sedimentation. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, no. 22*, 1-27.

Dickinson, W. R. (1978) Plate tectonic evolution of north Pacific rim. *Journal of Physics of the Earth*, **26**, Supplement, S1-S19.

Dickinson, W. R. and Seely, D. R. (1979) Structure and stratigraphy of forearc regions. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologist*, **63**, 2-31.

Festa, A., Pini, G. A., Ogata, K. and Dilek, Y. (2019) Diagnostic features and field-criteria in recognition of tectonic, sedimentary and diapiric mélanges in orogenic belts and exhumed subduction-accretion complexes. *Gondwana Research*, **74**, 7-30.

Gee, D. G. (1978) Nappe displacement in the Scandinavian Caledonides. *Tectonophysics*, **47**, 393-419.

Hilde, T. W. C. (1983) sediment subduction vs. accretion around the Pacific. *Tectonophysics*, **99**, 381-397.

Hilde, T. W. C., Wageman, J. H. and Hammond, W. T. (1969) The structure of Tosa and Nankai Trough off southeastern Japan. *Deep-Sea Research*, **16**, 67-75.

Hsu, K. J. (1968) Principles of mélanges and their bearing on the Franciscan, Paradox. *Geological Society of America Bulletin*, **79**, 1063-1074.

勘米良亀齡 (1976) 過去と現在の地向斜性堆積体の対応. *科学*, **46**, 284-291, 371-378.

Karig, D. E. and Sharman, G. F. (1975) Subduction and accretion in trenches. *Geological Society of America Bulletin*, **86**, 377-389.

Kimura, T. (1968) Some folded structures and their distribution in Japan. *Japanese Journal of Geology and Geography*, **19**, 1-26.

木村敏雄 (1971) “破断”と“褶曲”. *地質学雑誌*, **77**, 335-340.

Kimura, T. and Tokuyama, A. (1971) Geosynclinal prisms and tectonics in Japan. *Memoir of the Geological Society of Japan*, no. 6, 9-20.

小池 清 (1957) 南関東の地質構造発達史. *地球科学*, **34**, 1-19.

久城育夫 (2014a) マグマ研究における“論争”の回顧. *地学雑誌*, **123**, 31-46.

- 久城育夫 (2014b) アポロ月岩石のこと. 地学雑誌, **123**, 74-86.
- Leggett, J. K. ed. (1982) Trench-forearc geology. *Geological Society of London Special Publication*, no. 10, 576p.
- Leggett, J. K., Mckerrow, W. S. and Eales, M. H. (1979) The Southern Uplands of Scotland; a Lower Palaeozoic accretionary prism. *Journal of the Geological Society, London*, **136**, 755-770.
- Leggett, J. K., Mckerrow, W. S. and Casey, D. M. (1982) The anatomy of a Lower Palaeozoic accretionary forearc: The Southern Uplands of Scotland. in Leggett, J.K. ed. Trench-Forearc Geology. *Geological Society London Special Publications*, no. 10, 494-520.
- Maltman, A. J. ed. (1994) *The geological deformation of sediments*. Chapman & Hall, 362p.
- Moore, G. F. and Karig, D. E. (1976) Development of sedimentary basins on the lower trench slope. *Geology*, **4**, 693-697.
- Moore, J. C. ed. (1986) Structural Fabric in Deep Sea Drilling Project Cores from Forearcs. *Geological Society of America Memoir*, no.166. 160p.
- Moore, J. C., Biju-Duval, B., Bergen, J. A., Blackington, B., Claypool, G. E., Cowan, D. S., Duennebier, F., Guerra, R. T., Hemleben, C. H., Hussong, D., Marlow, M. S., Natland, R. H., Pudsey, C. J., Renz, G. W., Tardy, M., Willis, M. E., Wilson, D. and Wright, A. A. (1982a) Offscraping and underthrusting of sediment at the deformation front of the Barbados Ridge, Deep Sea Drilling Project Leg 78A. *Geological Society of America Bulletin*, **93**, 1065-1077.
- Moore, J. C., Watkins, J. S., McMillen, K. J., Bachman, S. B., Leggett, J. K., Lundberg, N., Shipley, T. H., Stephan, J.-F., Beghtel, F. W., Butt, A., Didyk, B. M., Niitsuma, N., Shephard, L. E. and Stradner, H. (1982b) Facies belts of the Middle America Trench and forearc region, southern Mexico: results from Leg 66 DSDP. In: Leggett, J. K., ed. *Trench-forearc geology, Geological Society of London, Special Publication*, no. 10, 77-94.
- Moore, J. C., Cowan, D. S. and Karig, D. E. (1985) Structural styles and deformation fabrics of accretionary complexes. *Geology*, **13**, 77-79.
- Moore, J. C., Taira, A. and Moore, G. F. (1991) Ocean Drilling and accretionary processes: *GSA Today*, **1**, 265-268.
- Ogata, K., Festa, A., Pini, G. A., Pogačnik, Ž. and Lucent, C. C. (2019) Substrate deformation and incorporation in sedimentary mélanges (olistostromes): Examples from the northern Apennines (Italy) and northwestern Dinarides (Slovenia). *Gondwana Research*, **74**, 101-125. doi:10.1016/j.gr.2019.03.001
- Ogawa, Y. (1978) Structural characteristics and tectonisms around the microcontinent in the outer margin of the Paleozoic- Mesozoic geosyncline of Japan. *Tectonophysics*, **47**, 295-310.
- Ogawa, Y. (1982a) Tectonics of some forearc fold belts in and around the arc-arc crossing area in central Japan. in J. K. Leggett ed. *Trench-forearc geology, Geological Society of London Special Publication*, no. 10, 49-61.
- 小川勇二郎 (1982b) 中米海溝域のテクトニクス. 科学, **53**, 467-476.
- Ogawa, Y. (1985) Variety of subduction and accretion processes in Cretaceous to Recent plate boundaries around southwest and central Japan. *Tectonophysics*, **112**, 493-518.
- 小川勇二郎 (2010) 付加体をめぐる諸問題—未解決の問題と重力の役割—. 地学雑誌, **119**, 153-172.
- Ogawa, Y. (2019) Conceptual consideration and outcrop interpretation on early stage deformation of sand and mud in accretionary prisms for chaotic deposit formation. *Gondwana Research*, **74**, 31-50.
- 小川勇二郎・久田健一郎 (2005) 付加体地質学. 共立出版, 160p.
- Ogawa, Y. and Horiuchi, K. (1978) Two types of accretionary fold belts in central Japan. *Journal of Physics of the Earth*, **26**, Suppl., S321-S336.
- 小川勇二郎・田中勝法・鈴木清史 (2006) 未固結～半固結堆積物中の変形構造形成の解釈. 地学雑誌, **115**, 326-352.
- Ogawa, Y., Mori, R., Tsunogae, T., Dilek, Y. and Harris, R. (2015) New interpretation of the Franciscan Melange at San Simeon coast, California: Tectonic intrusion into an accretionary prism. *International Geology Review*, **57**, 824-842.
- Pini, G. A. (1999) Tectonosomes and olistostromes in the Argille Scagliose of the Northern Apennines, Italy. *Geological Society of America Special Paper*, no. 335, 70p.
- Raymond, L. A. ed. (1984) Mélanges; their nature, origin

- and significance. *Geological Society of America Special Paper*, no. 198, 170p.
- Scholl, D., von Huene, R., and Vallier, T. and Howell, D. (1980) Sedimentary mass and concepts about tectonic processes at underthrust ocean margins. *Geology*, **8**, 564-568.
- 平 朝彦・田代正之・岡村 真・甲藤次郎 (1980) 高知県四万十帯の地質と起源. 平 朝彦・甲藤次郎編：四万十帯の地質学と古生物学. 林野弘済会高知支部, 319-389.
- Taira, A., Okada, H., Whitaker, J. H. McD. and Smith, A. J. (1982) The Shimanto Belt of Japan: Cretaceous-lower Miocene active-margin sedimentation. in J. K. Leggett ed. Trench-forearc geology. *Geological Society, London, Special Publication*, no. 10, 5-26.
- 高橋直樹 (2018) 地学者列伝：地質調査の達人・小池清. *地球科学*, **72**, 153-160. doi:10.15080/agcjchikyukagaku.72.2_153-160
- Tarney, J., Pickering, K. T., Knipe, R. J. and Dewey, J. F. eds. (1991) The behaviour and influence of fluids in subduction zones. *Philosophical Transaction of Royal Society, London, Series A*, **335**, 225-418.
- Tokuyama, A. and Yoshida, S. (1974) Kinabaru fault, a large strike-slip fault in Sabah, East Malaysia. *Geology and Palaeontology of Southeast Asia*, **14**, 171-188.
- von Huene, R. (1986) To accrete or not accrete, that is the question. *Geologische Rundschau*, **75**, 1-15.
- von Huene, R. and Scholl, D. W. (1991) Observations at convergent margins concerning sediment subduction, subduction erosion, and the growth of continental crust. *Reviews of Geophysics*, **29**, 279-316.
-
- OGAWA Yujiro (2023) The Early History of Accretionary Prism Research: A Reminiscence (Part1: Start for Geology).
-

(受付：2023年3月6日)

令和4(2022)年度地質調査総合センター研究奨励賞決定！行谷佑一氏と宍倉正展氏による『紀伊半島南部の橋杭岩周辺で巨大津波の証拠を発見』が受賞

金子雅紀（地質調査総合センター研究企画室）

地質調査総合センター(GSJ)では、プレスリリース等を活用して、研究者が推進する先端的研究成果の社会発信を加速するため、令和2(2020)年度に地質調査総合センター研究奨励賞(GSJ研究奨励賞)を設置している。第3回の実施となる令和4年度は、2022年1月～12月にGSJの研究者が発表した合計25件の“プレスリリース”および“主な研究成果”を対象に、「社会課題の解決や当該学術分野に大きな影響を及ぼすことが期待される研究」を選考した。選考に当たっては、地質調査総合センター研究企画室と連携推進室の10名のメンバーから成る選考委員会を組織した。選考は、委員がそれぞれ奨励賞にふさわしいと考える3件の研究に対して理由を添えて投票した後、それらの結果を踏まえて総合センター長により決定された。

令和4年度のGSJ研究奨励賞は、活断層・火山研究部門の行谷佑一氏、連携推進室の宍倉正展氏による『紀伊半島南部の橋杭岩周辺で巨大津波の証拠を発見』が受賞した。受賞理由は「本研究は、和歌山県串本町にある名勝橋杭岩の周辺の巨礫の分布について、現地調査とシミュレーション

を組み合わせて、南海トラフ沿いで過去最大とも呼ばれる1707年宝永地震の津波よりも大きな津波がこの地域に襲ったことを解明したものである。本研究成果は国際誌Tectonophysics誌に掲載され、学術的にも高く評価されているとともに、防災対策や国土利用の戦略への活用が期待できるものである。またプレスリリース後から83件ものメディアで報じられており、社会からの反響も大きい。」であり、得票数は8票で選考委員会の満場一致の結果であった。

その他のプレスリリースや主な研究成果についても、学術的に重要な成果や、社会課題解決および地質情報DXに資する成果など極めて幅広い成果が多く見られ、GSJの研究者が生み出す研究成果の質の高さや、社会のニーズに沿った研究を進めていることを実感した。今後もプレスリリース等による研究成果の発信が促進されるとともに、GSJや産総研全体でのインターナルコミュニケーションの向上につながることを期待する。

なお、本賞の授賞式は令和5(2023)年4月12日に執



写真1 2023年4月12日に総合センター長室にて



り行われ、中尾総合センター長から賞状と盾が贈呈された
(写真 1)。その後、受賞者、地質調査総合センター幹部と

の談話では、本研究を着手するに至った経緯から今後の戦
略などについて語られた(写真 2)。



写真 2 授与式後の談話の様子

「美食地質学」入門 和食と日本列島の素敵な関係

巽 好幸 [著]

光文社
発売日：2022 月 11 月 16 日
定価：946 円 (税込み)
ISBN：978-4334046378
17.2 cm x 10.6 cm x 1.2 cm
296 ページ



GSJ 現職時の私は、月に 2 回ほど国内外への出張をこなしていた。其処にはその土地でしか味わえない料理や銘酒があり、業務の打ち上げを兼ねて堪能して来た記憶がある。たとえば、新潟平野や秋田平野の米と日本酒、長野県の蕎麦、香川県のうどん、甲府盆地のほうとうやワイン、下総台地の落花生はその代表的なものであり、これらにはご当地の地形地質、土壌や水質と深い関わりがあることを漠然とした知識として持っていた。

神戸大学海洋底探査センター客員教授の巽 好幸先生はマグマ研究の世界的な大家であることはよく知られているが、その一方でプロレスラーのような外見や強面の大阪弁には似つかない美食家であることも我々の業界では広く知られてきた。2 年ほど前に「列島誕生 ジオ・ジャパン 2」という NHK スペシャルの特別番組があった。日本列島の造構発達史をドローンによる空撮やアニメーションなどを駆使し、ビジュアルかつダイナミックな映像で、毎回家族と一緒に楽しみに視聴していた。正に、この番組の監修と解説者を務められたのが巽先生であった。彼は地質学の知識の無い視聴者でも解るように単純明確に話を展開され、その卓見には私が見ていても気づかされることが多々あった。

ところで、この番組では日本中の絶景ジオサイトを巽先生が地質学的に解説した後に、各ジオサイトに関わる食材を紹介し、それらを料理人が調理した和食をゲストコメンテーターである劇団ひとりと指原莉乃が巽先生と一緒に食レポしながら実食するという、この種のジオを題材とする番組としてはたいへん豪華かつユニークなストーリーがあ

った。同じジオをテーマとした NHK の人気番組であるプラタモリでも毎回全国のジオサイトを巡り、ご当地の地形地質に詳しい有識者が解りやすい解説を行ってはいいるが、全般にこれよりも完成度が高くお金をかけた番組に思えた。このたび巽先生が執筆された「美食地質学」入門という新書は、この番組のコンセプトがそのまま誌面にまとめられたというイメージがまず思い浮かぶ。本書の目次は以下の通りである。

プロローグ

- 第 1 章 旅立ちの前に
- 第 2 章 変動帯がもたらす日本の豊かな水
- 第 3 章 火山の恵みと試練
- 第 4 章 プレート運動が引き起こす大地変動の恵み
- 第 5 章 未来の日本列島の姿と大変動の贈りもの
- 第 6 章 日本列島の大移動がもたらした幸福を巡る旅
- 第 7 章 地球規模の大変動と和食

エピローグ

第 1 章では、まず地球の起源、プレート運動の発現、世界一の地震・火山大国である日本の現状、日本列島のアジア大陸からの分裂、変動帯である日本列島の成立、等について地質学的に解説されている。これらを基礎知識として、その後の各章のテーマに展開されている。

第 2 章では変動帯日本列島の水に着目している。変動帯である日本列島において、山々が高くなる理由は、地下のプレート運動による圧縮とマグマ活動による。そして、



和食の基本である出汁や豆腐は、変動帯の賜物である軟水によって生み出されたのである。一方醤油は、大規模な花崗岩の形成による鉄分の少ない水によって進化を遂げた。

第3章は火山の恩恵と試練がテーマである。蕎麦文化の成立には、蕎麦以外は栽培困難な火山性土壌と祖先が生きるための長き闘いがある。同様に、第5代将軍であった徳川綱吉公による東京（関東）野菜栽培の奨励は、当時不毛地であった武蔵野台地を覆う関東ローム層との闘いであり、その背景には、江戸の発展に伴う急激な人口増加、食糧問題が関わっていたのである。

第4章では、プレート運動が引き起こす大地変動の恵みとして、讃岐うどんの成立、豊饒の海・瀬戸内海のヒミツ、江戸前鮎の成立、南北三陸海岸食材と海溝型地震、等をテーマとして、変動帯ならではの食文化の成立過程を詳しく論じている。

第5章では、山梨ワインと若狭湾・琵琶湖・伊勢湾の魚介を取り上げて、将来日本列島の姿を大きく変える可能性のある伊豆-小笠原弧の本州衝突と中部沈降帯の形成について詳しく解説している。

第6章では、アジア大陸から日本列島が分裂し日本海が生まれたことによって育まれた食材として、日本海のズワイガニ、富山湾・能登半島のホタルイカ・岩牡蠣、宍道湖のしじみ等を取り上げている。そして聖地と呼ばれる日高川・仁淀川・五ヶ瀬川の鮎、これらは日本海の形成、ならびに西南日本への熱い四国海盆の沈み込みの恩恵なのである。

第7章では、地球規模の大変動と日本酒の成立の関連について解説している。日本酒を生み出す麹菌は鉄分に乏しい環境が必要であり、その点、日本列島に広く分布する花崗岩地帯は最適の条件となっている。この花崗岩は、地球が大変動した白亜紀に広域に発生した岩石なのである。

最後のエピローグには、日本および各地の食・食文化の特性は、「豊かな自然に育まれた」だけではなくその自然

の成立原因を理解すること、日本列島からの恩恵を享受すること、だけでなく、変動帯に生きる住民の宿命として自然災害に対峙することの重要性について、巽先生の本書の執筆意図が端的にとりまとめられている。

日本独自の食文化、和食は日本列島からの恩恵に感謝し、あるいは試練と闘いながら、変動帯の民である祖先が作り上げてきたものである。特に、日本食の基本とも言える出汁や醤油、豆腐、豊かな海産物は、日々の生活には欠かすことのできない大事な食材である。ではなぜこれらの食材は日本のみで培われてきたのか？巽先生による説明は、それは日本列島の成り立ちに秘密があったとのことである。例えば昆布出汁は、大陸のようなミネラル（特にカルシウム）を多く含む硬水では旨味成分をうまく抽出できず、軟水の多い日本だからこそ、その真価を発揮できたのである。そして、日本の水に軟水が多いのは、活発な火山活動と地殻運動によって急峻な山地ができたことが主な原因であり、川や地下水の流れも急となるためミネラルが溶け込む時間が短くなる条件が重なっているのである。

この新書は、日本列島の地質と和食の関係である「美食地質学」の提唱とその普及を目的とした文章なので、総じてたいへん読みやすく、多くの日本人が関心も持つ内容と思う。付図も本書向けに書き直されたもので、シンプルに内容を整理して示されており、地質学分野の基礎知識の無い読者にとってたいへん解りやすいと思う。GSJ地質ニュースの読者のみなさまもこの新書をご購読いただき、日本列島の成り立ちやこれまでの祖先の努力に思いを馳せながら日々の食卓にあがる食材や料理を召し上がっていただくと、これまで以上に味わい深くなるのでは？と思った次第である。

(産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター／ふじのくに地球環境史ミュージアム 七山 太)



三國 和音 (みくに かずと)

地質情報研究部門 地球化学研究グループ

今年度より地質情報研究部門地球化学研究グループでお世話になっております、三國和音と申します。今年3月に東北大学大学院理学研究科地学専攻で修士号を取得し、修士型研究員として入所いたしました。修士課程修了までの3年間は主に“プチスポット火山”と呼ばれる小さな海底火山および捕獲岩の地球化学的研究を行い、太平洋プレートが海溝手前でプチスポットマグマによる局所的な化学組成変化を受けている可能性を提示したほか、プチスポット火山の起源マグマが“カーボナタイト質メルトの流入に伴いアセノスフェアマントルが部分溶融したもの”であることを提案し、アセノスフェアはなぜ溶けるのかという問題に取り組みました。

産総研では、地球化学標準物質および地球化学図に関連した研究を中心に行います。歴史のあるGSJの地球化学標準物質に携わることにより、責任のある仕事だということも感じるとともに、責任のある仕事だということも認識も持っております。また、地球化学および分

析化学を主とした研究業務を通じ、新たな化学分析手法の開発にも取り組みたいと考えております。広い視野を持つこと、常に好奇心を持って挑戦することを目標に取り組んでまいります。ご指導ご鞭撻のほど、よろしくお願いいたします。



金木 俊也 (かねぎ しゅんや)

地圏資源環境研究部門 地圏メカニクス研究グループ

地圏資源環境研究部門地圏メカニクス研究グループに配属となりました、金木俊也と申します。2019年3月に大阪大学にて理学博士の学位を取得後、京都大学での4年間のポスドクを経て現在に至ります。

私はこれまで、野外調査・室内実験・数値計算という三つのアプローチから、物質科学的な観点で地震現象を研究してきました。具体的には、過去に地震が発生した断層調査、地震時の変形を模擬した室内実験、地震に特徴的な機構を考慮したモデル計算を行ってきました。

産総研では、安全かつ効率的な地圏開発・利用に資する研究を通じ、エネルギー・環境問題の解決に貢献したいと考えています。そのためには、地圏で生じる災害リスクを、適切に評価する科学技術が不可欠です。これまでの研究背景を生かし、特に地震現象に焦点を当て、リスク評価手法の確立・社会実装を推進したい所存です。また、地質調査総合センターに集まる研究者の方々と協力し、地震現象という自らの専門を飛び出して、学際的な研究を推進したいと考えています。

若輩者ではございますが、今後ともどうぞ宜しくお願い致します。



GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 宮地良典
副委員長 小松原純子
委員 竹原孝
児玉信介
戸崎裕貴
草野有紀
宇都宮正志
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 12 巻 第 6 号
令和 5 年 6 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 : KOMATSUBARA Junko
Editors : TAKEHARA Takashi
KODAMA Shinsuke
TOSAKI Yuki
KUSANO Yuki
UTSUNOMIYA Masayuki
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. 12 No. 6
June 15, 2023

Geological Survey of Japan, AIST

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

城ヶ島南東岸の初声層の海岸露頭とMIS5a海成段丘(三崎面)を覆う関東ローム層 [cover photo](#)



神奈川県三浦半島南端の城ヶ島には、中新統一鮮新統の三崎層と初声層が分布している。上位の初声層は、トラフ型斜交層理や平行層理の発達した火山碎屑物に富む砂岩・礫岩で特徴づけられ、三崎層の付加体を不整合に覆う、海流の影響を受けて形成された被覆層と考えられている。一方、城ヶ島南東部の初声層の海岸露頭には、数段の波食ベンチが認められ、相模トラフで周期的に発生してきた地震の痕跡と解釈されている。背後の海食崖にはオレンジ色の関東ローム層が認められ、黒色の初声層が波食されて生じた MIS 5a 海成段丘(三崎面)を覆っている。

(写真・文：七山 太 産総研地質調査総合センター 地質情報基盤センター / ふじのくに地球環境史ミュージアム)

A large coastal outcrop of the Hasse Formation on the southeastern coast of Jogashima Island, and the Kanto Loam Bed covering the Misaki marine terrace (MIS 5a).
Photo and caption by NANAYAMA Futoshi