

GSJ 地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース

2023
12
Vol.12 No.12



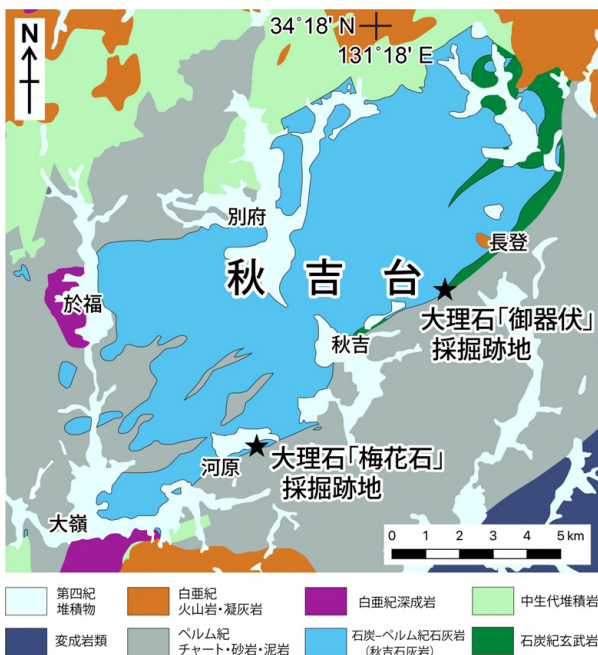
12月号

-
- 口絵 325 **山口県美祢市産大理石石材「御器伏」「梅花石」：秋吉石灰岩形成最初期の石灰岩** 中澤 努・藤川将之・上野勝美
-
- 327 **月のリモートセンシング地質学：月の地殻－マントル境界からの岩石露頭の地質構造** 山本 聡・大竹真紀子・唐牛 譲・鹿山雅裕・長岡 央・石原吉明・春山純一
-
- 332 **南海トラフプレート境界断層の現場再現実験から断層のすべり特性を解明－スロー地震と巨大地震の発生メカニズムの解明に貢献－** 奥田花也・北村真奈美・高橋美紀・山口飛鳥
-
- 336 **武蔵野台地（山の手）の地質断面とそこから読み解ける地形発達史－世田谷区，等々力溪谷でのジオ散歩のススメ－** 七山 太・重野聖之・石井正之
-
- 350 **記事紹介 「さがせ，おもしろ研究！ブルーボックス探検隊が行く 気になる『電気料金高騰』問題に朗報・・・アツい日本のクールな切り札『地中熱でエアコン』技術のスゴイ中身」**
-
- 352 **GSJ 地質ニュース 総目次 2023 年 1 月号～ 12 月号**

山口県美祢市産大理石石材「御器伏」「梅花石」： 秋吉石灰岩形成最初期の石灰岩

中澤 努¹⁾・藤川 将之²⁾・上野 勝美³⁾

山口県美祢市の秋吉石灰岩は、石炭-ペルム紀にパンサラッサ海のホットスポット火山を基盤として形成された孤立型の礁成石灰岩であり、不純物の極めて少ない灰白色の石灰岩からなることを特徴とする (Sano and Kanmera, 1988). しかし火山体を基盤とすることから、礁形成の最初期、すなわち石灰岩の基底には、火山碎屑物を含むウミユリに富む石灰岩がみられる。山口県美祢市の「御器伏」「梅花石」と称される銘柄の石材はこれに相当する石灰岩であり (中澤ほか, 2016), 後期古生代の礁発達プロセスを知るうえで極めて重要な石灰岩である。



第2図
「御器伏」の採掘跡地付近に現在も残される原石の角材。昭和30年頃まで採掘が行われていたようである。

(左) 第1図 秋吉台およびその周辺の地質図。

秋吉台の南東～東縁に分布する玄武岩とその層序学的上位にあたる秋吉石灰岩との境界付近に火山碎屑物を含むウミユリ石灰岩が見られる。大理石石材「御器伏」「梅花石」の産地はまさにその層準である。20万分の1日本シームレス地質図V2 (産総研地質調査総合センター, 2022) を簡略化して作成。



第3図 「御器伏」「梅花石」を使用した工芸品および建築物の内装。

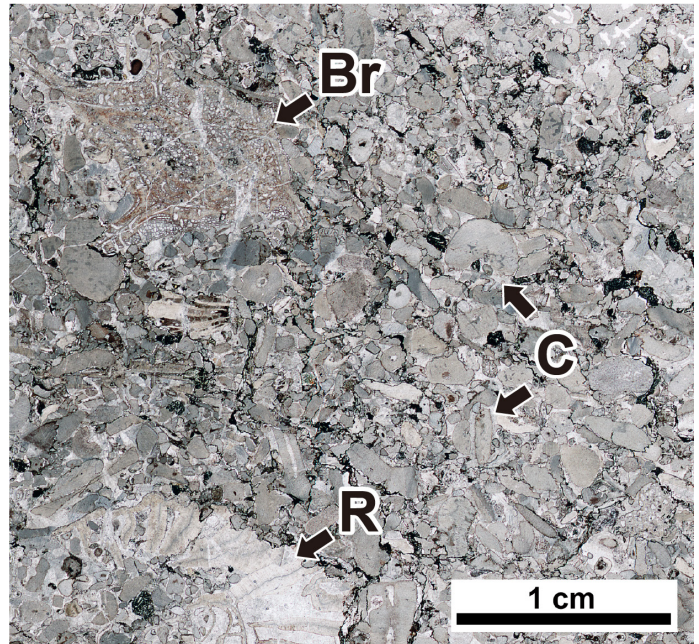
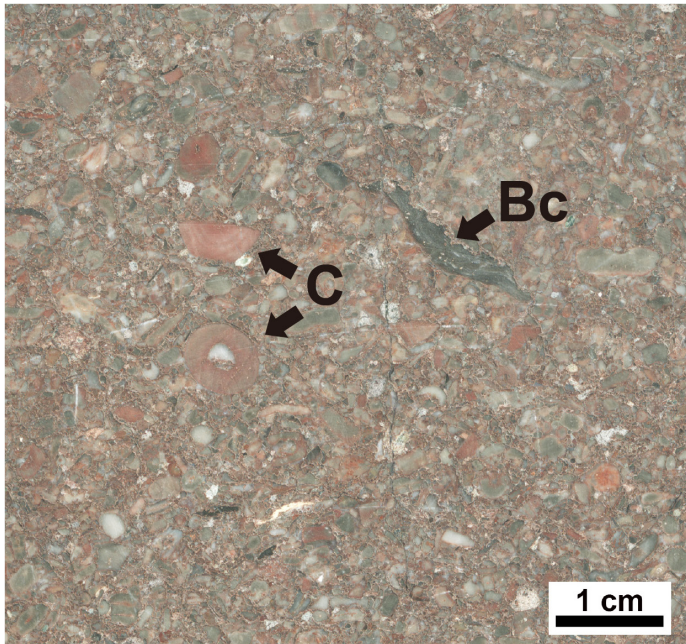
「御器伏」「梅花石」は花瓶などの工芸品や建築用石材として使用されているのを見かける。美祢市立秋吉台科学博物館2階の中木には「御器伏」あるいは「梅花石」が使用されている (左写真の矢印部分; 腰壁の石材は同じく秋吉石灰岩から採掘された「聖火」)。「梅花石」産地近くの民家には、花瓶 (中写真) のほか、玄関の床板 (右写真) にも「梅花石」がふんだんに使用されていた。撮影協力: 梶岡春治氏 (中・右写真)

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター

2) 美祢市立秋吉台科学博物館 〒754-0511 山口県美祢市秋吉町秋吉

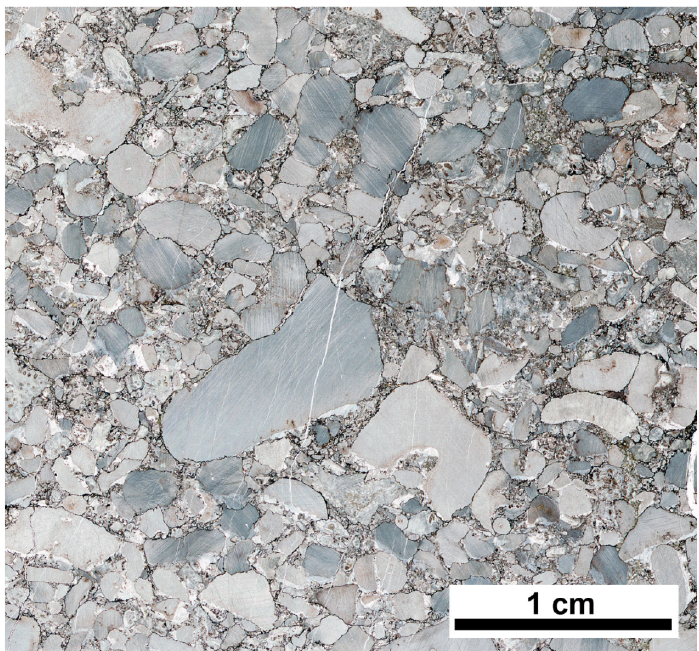
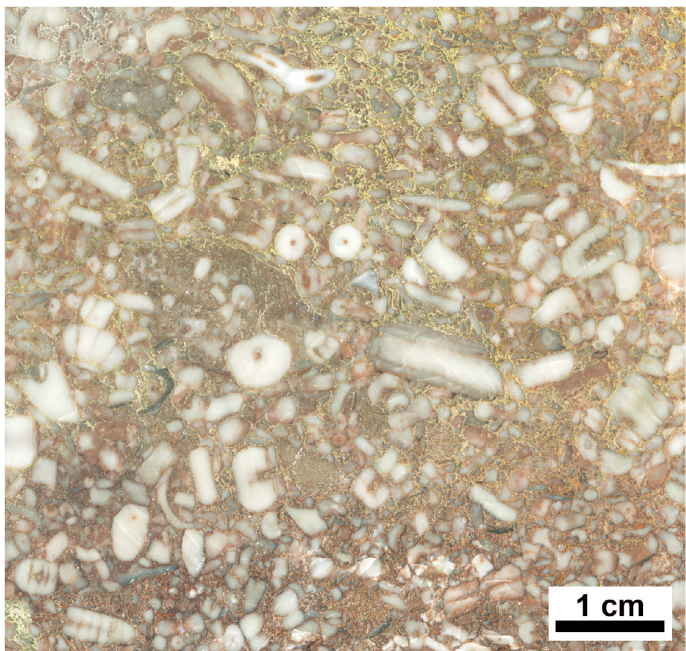
3) 福岡大学理学部地球圏科学科 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈

NAKAZAWA Tsutomu, FUJIKAWA Masayuki and UENO Katsumi (2023) Stone material (limestone) "Okibuse" and "Baikaseki" from Mine City, Yamaguchi Prefecture: The lowermost part of the Carboniferous-Permian Akiyoshi Limestone.



第4図 「御器伏」の研磨標本(左)と薄片写真(右).

秋吉石灰岩基底部から採掘された大理石石材「御器伏」「梅花石」には、石灰岩形成最初期(前期石炭紀(ミシシピアン亜紀)トルネーシアン〜ビゼーアン期)の礁生物群集を観察することができる。この時期には、火山体を基盤として、ウミユリ(C)を主体とし、コケムシ(Br)や腕足類(Bc)、単体四射サンゴ(R)などを含む、先駆的な礁生物群集が繁栄し、礁形成の下地をつくった。火山碎屑物を含むため、研磨標本では全体に赤褐色を呈する。ウミユリ片も赤褐色に着色している。薄片でウミユリ片の間に黒褐色にみえる部分はスタイロライトとしてシーム状に残留した火山碎屑物。



第5図 「梅花石」の研磨標本(左)と薄片写真(右).

「梅花石」「御器伏」に含まれる火山碎屑物は、赤褐色を呈することが多いが、風化の程度により、黄褐色〜暗緑色を呈することもある。特に「梅花石」は色調の変化が著しい。また、採取した試料を観察した限りでは、「梅花石」は「御器伏」よりも粗粒なウミユリ片を多量に含む。ウミユリは現世では深海に棲む生物であるが、後期古生代には浅海に普通にみられ、その遺骸片は石灰岩の主要な構成要素である。

文 献

- 中澤 努・井川敏恵・上野勝美・藤川将之(2016) 国内産古生代大理石石材の岩相とその成因. 石灰石, no. 399, 20-43.
- Sano, H. and Kanmera, K. (1988) Paleogeographic reconstruction of accreted oceanic rocks, Akiyoshi, southwest Japan. *Geology*, 16, 600-603.
- 産総研地質調査総合センター(2022) 20万分の1日本シームレス地質図V2. <https://gbank.gsj.jp/seamless> (閲覧日: 2023年8月31日)

(受付: 2023年10月5日)

月のリモートセンシング地質学： 月の地殻 – マントル境界からの岩石露頭の地質構造

山本 聡¹⁾・大竹 真紀子²⁾・唐牛 譲³⁾・鹿山 雅裕⁴⁾・長岡 央⁵⁾・石原 吉明⁶⁾・春山 純一⁷⁾

1. はじめに

惑星科学の主な目標のひとつは、月や地球などの固体表面を持つ地球型惑星がどのように形成され、進化してきたかを理解することです。地球を始めとする大きな惑星は、火成活動やプレートテクトニクスにより形成初期の情報が失われています。一方、月は他の惑星と比べ小型であるため、熱的活動が比較的早く弱まり、初期状態や進化の過程に関する情報がよりよく保存されていると考えられています。そのため、月について詳しく知ることは、地球や他の地球型惑星の形成と進化を理解する上で重要な手がかりを与えると考えられています。

この解説記事では、リモートセンシングを使った月の内部構造の研究事例として、月の地殻-マントル境界からの岩石露頭の地質構造を明らかにした研究成果 (Yamamoto *et al.*, 2022) についてご紹介したいと思います。

2. 月のマントル物質探査

アポロ有人探査や旧ソ連の探査機で持ち帰られた月の石、月から地球に飛来したと考えられる月隕石、月探査機や地上望遠鏡によるリモートセンシングデータ等の研究により、月の形成とその進化について様々なモデルが提唱されてきました。代表的なものとして、巨大衝突説と月マグマオーシャン説があります (玄田, 2021; 大竹・長岡, 2021)。巨大衝突説とは、今から 45 億年より前に原始地球に火星サイズの天体が衝突し、周囲に撒き散らされた物質が再集結して月ができたとする説です。激しい衝突を得た結果、形成直後の月表面は岩石が溶けた状態のマグマの海に覆われていたと考えられています。このマグマの海が冷えて固まる過程で、月の内部構造が出来上がったと考えるのがマグマオーシャン説です。マグマの海が冷却するに

したがって、珪酸塩鉱物である「カンラン石」が最初に晶出し、次に「Ca に乏しい輝石(斜方輝石)」が晶出し、共にマグマの海の深部に沈んで月のマントルを構成したと考えられています。その後冷却が進むと、「斜長石」が晶出します。斜長石は周囲のマグマよりも密度が低いいため、表層に浮上し月の斜長岩地殻を形成したと考えられています。

一方、これらのマントルと地殻がどのような進化を経て現在の姿になったかについてはよくわかっていないため、月のマントル内の組成や鉱物の割合、空間方向の構造や不均一性など具体的なことは不明なままです。理由としては、マントルを構成するカンラン石や斜方輝石は、通常では月の深部にあり、月の表面から直接見る事ができないからです。しかし、月の表面には 38 億年より昔に形成されたと考えられる大規模な天体衝突の痕跡が見ついていることから、大規模衝突により地下深部にあるマントル物質が掘り起こされ、月表面にもたらされたと考えられています。そのため月内部の手がかりを得るという目的で、これまで地上望遠鏡や月周回衛星で測定された分光反射率データの解析によるマントル由来の岩石露頭の探査が行われてきました (山本・唐牛, 2021)。特に日本の月周回衛星「かぐや」(SELENE) 搭載の Spectral Profiler (略して SP) で取得された月の全球データに対するデータマイニング解析により、月表面で数 100 m ~ 数 km に渡ってカンラン石に富む岩体が露出している場所が見つかりました (Yamamoto *et al.*, 2010)。SP は、月表面の分光反射率データを 6 ~ 8 nm の高波長分解能で連続的にスペクトルを取得するセンサー (ハイパースペクトルセンサーと呼ばれます) で、鉱物や岩石組成の違いを判別する能力を持っています (SP を始めとする SELENE 搭載の光学センサーの詳しい説明については https://www.selene.jaxa.jp/ja/equipment/tc_j.htm, 閲覧日: 2023 年 12 月 8 日)。カンラン石サイトと呼ばれるこれらの場所は、現在まで月

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

2) 会津大学 コンピューター理工学部 〒965-8580 福島県会津若松市一箕町鶴岡

3) 大阪大学 コアファシリティ機構 〒565-0871 大阪府茨木市美穂が丘 8-1

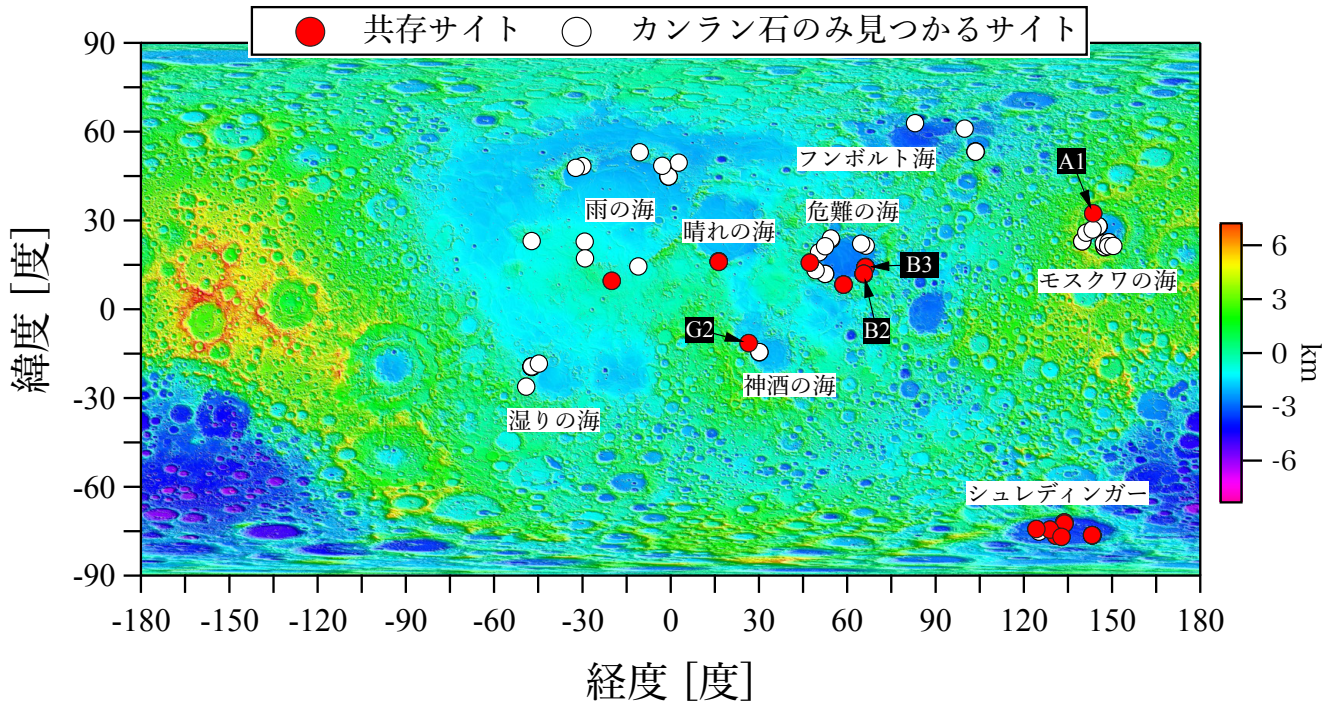
4) 東京大学 大学院総合文化研究科 〒153-8902 東京都目黒区駒場 3-8-1

5) 立命館大学 総合科学技術研究機構 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

6) JAXA 国際宇宙探査センター 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1

7) JAXA 宇宙科学研究所 〒252-5210 神奈川県相模原市中央区由野台 3-1-1

キーワード: リモートセンシング, 地質層序解析, 月, カンラン石, 斜長石, 分光学, マントル物質, 地殻物質



第1図 月面上のカンラン石に富む岩体（カンラン石サイト）の全球分布図 (Yamamoto et al., 2010). 赤丸はカンラン石に富む岩体と純粋斜長岩が共存するところで、カンラン石に富む岩体のみ見つかるサイトは白色で示している。各名称は巨大衝突盆地に相当（図中では「盆地」は省いています）。A1, B2, B3 および G2 は解説論文で使用されているサイトの指標番号。背景は SELENE による高度データ (Araki et al., 2009, 2013)。

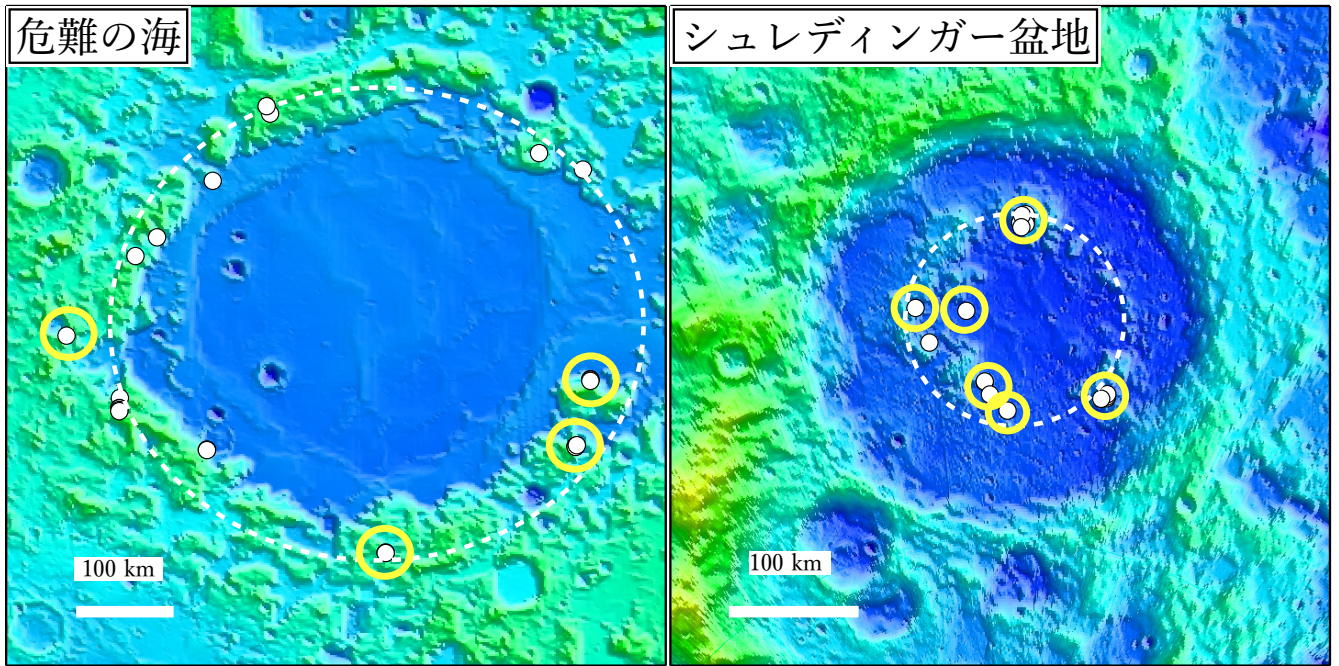
面全体で 50 箇所程度しか見つかっておらず、月表面上では極めて稀有な存在です。いずれのサイトも巨大衝突盆地で掘削されたと予想される場所に分布することから、月の深部にあるマントル上部が掘り起こされたものであろうと考えられています。一方、これらのカンラン石サイトの 2 サイトにおいて、98% 以上が斜長石からなる純粋斜長岩の岩体のカンラン石に富む岩体に隣接もしくは近接（数 100 m 以内）していることが報告されていました（以下では、このようなサイトのことを共存サイトと呼びます）。純粋斜長岩は月の形成初期のマグマオーシャンが冷却する過程で形成された原始地殻の名残であると考えられています（長岡・大竹, 2021）。マントル由来のカンラン石に富む物質と原始地殻由来の純粋斜長岩は、どのようにして隣接する形で月の表面に露頭として存在することになったのでしょうか？

3. リモートセンシングを使ったカンラン石サイトの層序解析

このことを調べるために、SELENE 搭載の Multiband Imager (略して MI) で取得されたリモートセンシングデータ画像を使って、カンラン石サイトの層序解析を行いました。

MI は、月表面で反射された太陽光を $0.5 \sim 1.7 \mu\text{m}$ の様々な波長帯で高空間分解能画像を取得する光学センサーで、鉱物や岩石の月表面分布を数 10 m のスケールで明らかにできます。すでに見ついているカンラン石サイトについて MI を使って鉱物・岩石分布を調べ、カンラン石に富む岩体周囲での純粋斜長岩露頭の有無の調査を行いました。第 1 図に調査結果についてまとめた全球分布を示します。この解析により、カンラン石サイト 49 箇所のうち、14 箇所が共存サイトである事が確認されました（第 1 図の赤丸点）。

さらに SELENE 搭載の Terrain Camera (略して TC) のステレオ画像を基に作成されたデジタル標高データと MI の鉱物・岩石分布データを組み合わせて対象域の鳥瞰図を作成し、カンラン石に富む岩体と純粋斜長岩露頭の位置関係や地質構造を詳細に調べました。その結果、共存サイトのカンラン石に富む岩体および純粋斜長岩の岩体は、巨大衝突盆地が形成されたときに地殻深部またはマントル物質が隆起して出来たピークリングと呼ばれる部分で見つかることがわかりました（第 2 図）。また、どちらの岩体もピークリングの急斜面や小さな衝突クレーターで見つかっています。第 3 図に解析結果の例として、4 箇所の共存サイトを示します。これらの図の中では、カンラン石に富む岩体



第2図 危難の海およびシュレディンガー盆地周辺のカンラン石に富む岩体の分布(白丸)。黄色丸が今回の研究で明らかとなった純粋斜長岩と共存するサイト。点線丸は衝突盆地のピークリングに相当する部分。背景は第1図と同じSELENEによる高度データ。

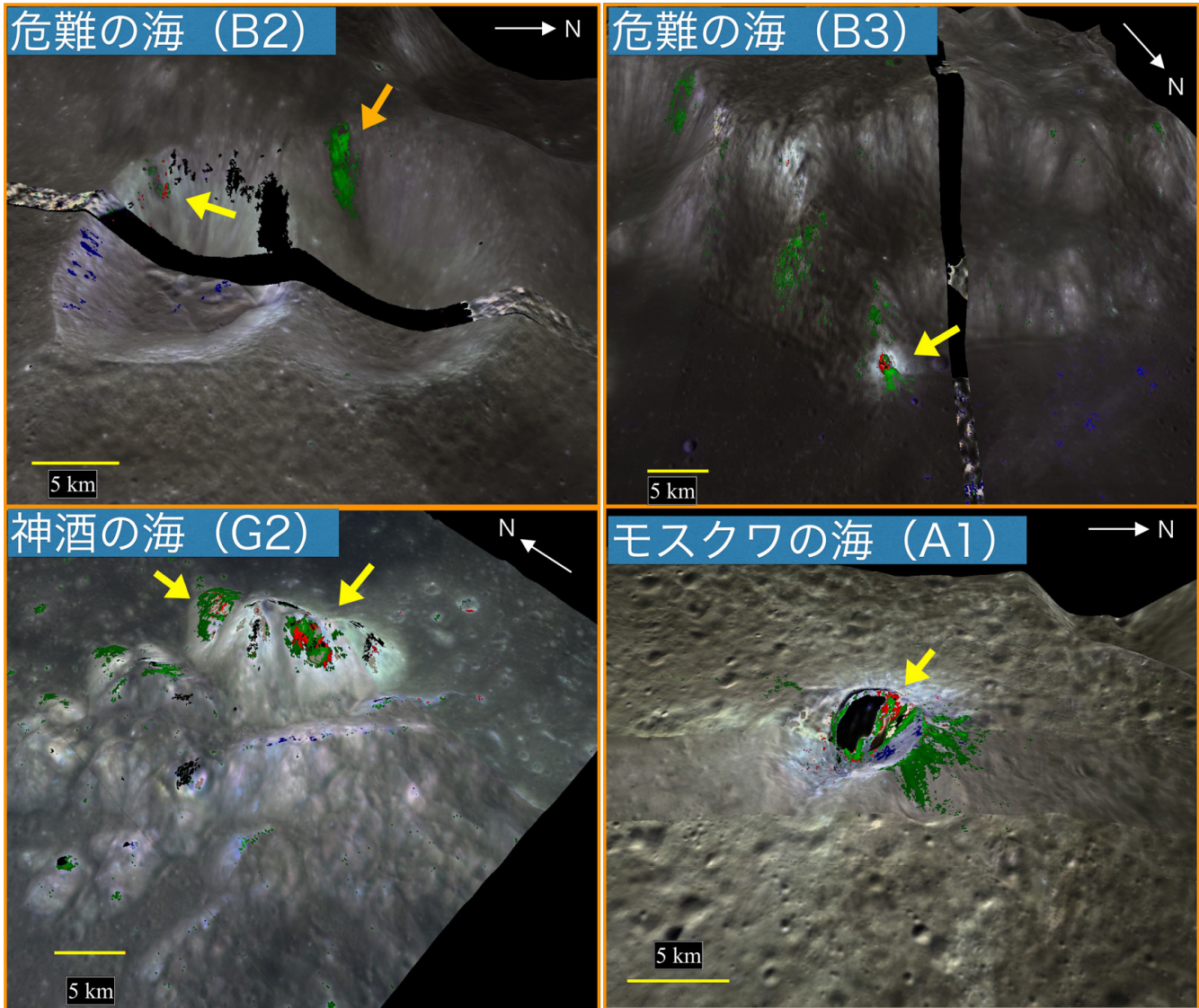
を緑色、純粋斜長岩を赤色で示しています。B2 サイト(第3図左上)では、2つの衝突クレーターが重なった場所で共存が見つっていますが、カンラン石に富む岩体と純粋斜長岩は、クレーター壁面の縁近くの急斜面で見つかりました(黄色矢印)。その右隣りにあるクレーターの壁面ではカンラン石に富む岩石の露頭のみが見つかりました(橙色矢印)。どちらの露頭もクレーターの底に向かって斜面崩壊したように細長く伸びた特徴を示しているのがわかります。B3 サイト(第3図右上)では、ピークリングの崖の麓にある直径1 kmサイズのクレーターで共存が見つかりました(図の黄色矢印)。また、G2 サイト(第3図左下)では、ティオフィラスと呼ばれるクレーターの中央丘の斜面で共存が見つかりました。ここも斜面が崩れたところでカンラン石に富む物質と純粋斜長岩が露出しています(黄色矢印)。A1 サイト(第3図右下)では、直径が2 km くらいの衝突クレーターの内壁部分で、共存が見つかりました(黄色矢印)。

このように、共存サイトが見つかる場所は巨大衝突盆地のピークリングの表層で形成された小さな衝突クレーターや、斜面崩壊地形で見つかることがわかりました。ここで示した特徴は他の共存サイトでも同様に観測されています。一方、カンラン石のみを示すサイトにおいても、同様にピークリングの上で見つかり(第2図)、その地質的な特徴も共存サイトと違いが見られないことがわかりました。

これらのことから、共存サイトかカンラン石のみのサイトかの違いは、ピークリングを構成する物質の不均一によるものと考えられます。つまり、カンラン石のみが見つかるのか、純粋斜長岩と共存して見つかるのかは、月の深部物質の不均質によるものと結論づけました。

4. 月深部物質の不均質性が意味するもの

では、ピークリングを構成する月の深部物質の不均質はどうやって生じたのでしょうか?単純な説明としては、巨大隕石の衝突によって月のマントルと地殻の境界が掘り起こされた結果、マントル物質と地殻物質が混合し不均質なピークリングが形成されたとするものです。実際、今回見つかった共存サイトおよびカンラン石に富むサイトの分布は、巨大衝突盆地の形成を模擬した天体衝突の数値計算などで予測されるマントルと地殻の混合状態や月表面上の位置関係と整合的です。一方、もう少し複雑なモデルとして、マントル中に発生したマグマが月の地殻下部に貫入し、そこでカンラン石と斜長石が再結晶化する過程で深部物質の組成的不均質を作った可能性が考えられます。この場合、第1図で示された共存サイトかカンラン石のみのサイトかの違いは、月の地殻下部における貫入岩体の組成の違いを反映していることとなります。一方、ピークリング自体が大規模な天体衝突によって出来た隆起物質であるこ



第3図 共存サイト周辺の鳥瞰図(第1図のA1, B2, B3およびG2)。緑色部分がカンラン石に富む岩体, 赤色部分が純粋斜長岩, 青色部分が輝石に富む岩体を示している。黄色矢印がカンラン石に富む岩体と純粋斜長岩が隣接している代表的な露頭。橙色矢印はカンラン石に富む岩体のみ見つかる露頭。画像中の黒い部分は衛星データが欠損している部分。

とを考えると、元々あった貫入岩体は、かなりの程度で衝突による破壊や溶融の影響を受けると考えられます。そのため、隣接する露頭としてきれいに保存されるのか、またカンラン石のみの岩体についてはどう説明するのかという点が問題となります。

いずれにしても、どの説が正しいのか判断を行うには、今あるリモートセンシングのデータだけでは限界があります。地球の地質学同様、現地での岩石の直接測定や地球へサンプルを持ち帰っての岩石鉱物学的分析が鍵となります。例えば、共存サイトのカンラン石のマグネシウムと鉄の化学組成比や、これらの岩体サンプルの組成、微細構造、テクスチャーや、形成年代などから成因に対する重要な情報が得られると期待されます。

5. 将来の月資源探査としての重要性

共存サイトは、月のマントル上部物質と原始地殻物質が同時に得られる科学的に重要な特異な場所であり、将来の月探査サンプルリターンミッションの重要な候補地として考えられます。そこから得られる情報は、単に共存サイトやピークリング物質の不均質の成因解明につながるだけでなく、月のマントルと地殻の境界部分に対する詳細な情報を与えてくれるものです。また、イルメナイト(チタン鉄鉱)などの希少鉱物は、月のマグマオーシャンの固化過程の最終段階で地殻とマントルの境界層に濃集すると考えられています。そのため、これらの共存サイトは、今後ますます議論が盛んになる有人月探査(アルテミス計画など)や

民間も巻き込んだ月資源探査戦略においても、重要な場所として注目されていくと期待されます。

文 献

- Araki, H., Tazawa, S., Noda, H., Ishihara, Y., Goossens, S., Sasaki, S., Kawano, N., Kamiya, I., Otake, H., Oberst, J. and Shum, C. (2009) Lunar global shape and polar topography derived from Kaguya-LALT laser altimetry. *Science*, **323**, 897-900. doi:10.1126/science.1164146
- Araki, H., Noda, H., Tazawa, S., Ishihara, Y., Goossens, S. and Sasaki, S. (2013) Lunar laser topography by LALT on board the KAGUYA lunar explorer - Operational history, new topographic data, peak height analysis of laser echo pulses. *Advances in Space Research*, **52**, 262-271. doi:10.1016/j.asr.2013.02.018
- 玄田英典 (2021) 月の起源説, 地球-月系の材料物質. 並木則行・諸田智克・西野真木・佐伯和人・小河正基・大竹真紀子編, 月サイエンスブック 第一部, 月サイエンスブック編集委員会, 19-21. doi:10.18910/83227
- 長岡 央・大竹真紀子 (2021) 地殻構造と組成. 並木則行・諸田智克・西野真木・佐伯和人・小河正基・大竹真紀子編, 月サイエンスブック 第一部, 月サイエンスブック編集委員会, 59-64. doi:10.18910/83234
- 大竹真紀子・長岡 央 (2021) マグマオーシャンの初期条件と冷却・分化モデル. 並木則行・諸田智克・西野真木・佐伯和人・小河正基・大竹真紀子編, 月サイエンスブック 第一部, 月サイエンスブック編集委員会, 53-59. doi:10.18910/83233
- Yamamoto, S., Nakamura, R., Matsunaga, T., Ogawa, Y., Ishihara, Y., Morota, T., Hirata, N., Ohtake, M., Hiroi, T., Yokota, Y. and Haruyama, J. (2010) Possible mantle origin of olivine around lunar impact basins detected by SELENE. *Nature Geoscience*, **3**, 533-536. doi:10.1038/ngeo897
- 山本 聡・唐牛 讓 (2021) 表面元素組成 バルク組成推定のための表面組成の理解. 並木則行・諸田智克・西野真木・佐伯和人・小河正基・大竹真紀子編, 月サイエンスブック 第一部, 月サイエンスブック編集委員会, 21-33. doi:10.18910/83228
- Yamamoto, S., Ohtake, M., Karouji, Y., Kayama, M., Nagaoka, H., Ishihara, Y. and Haruyama, J. (2022) Global distribution and geological context of co-existing occurrences of olivine-rich and plagioclase-rich materials on the lunar surface. *Journal of Geophysical Research: Planets*, **127**, e2021JE007077. doi:10.1029/2021JE007077

YAMAMOTO Satoru, OHTAKE Makiko, KAROUJI Yuzuru, KAYAMA Masahiro, NAGAOKA Hiroshi, ISHIHARA Yoshiaki and HARUYAMA Junichi (2023) Remote sensing geology of the Moon: geological structure of rock outcrops from the lunar crust-mantle boundary.

(受付: 2023年10月30日)

南海トラフプレート境界断層の現場再現実験から断層のすべり特性を解明

—スロー地震と巨大地震の発生メカニズムの解明に貢献—

奥田 花也¹⁾²⁾³⁾・北村 真奈美⁴⁾・高橋 美紀⁵⁾・山口 飛鳥²⁾³⁾

※本稿は、2023年9月21日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2023/pr20230921_2/pr20230921_2.html) を転載したものです。

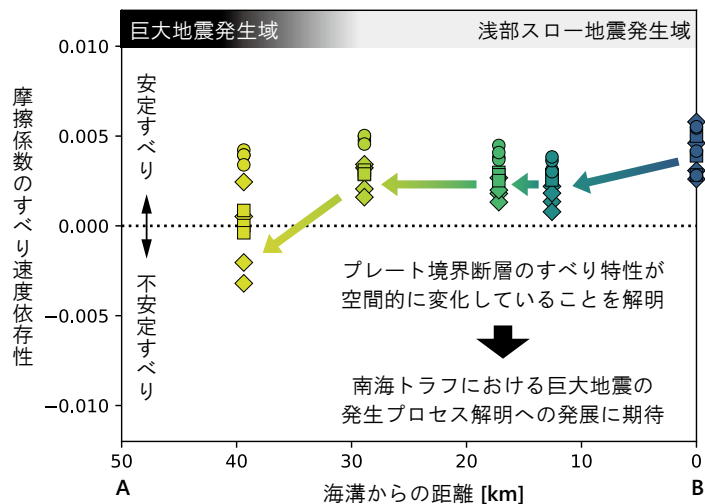
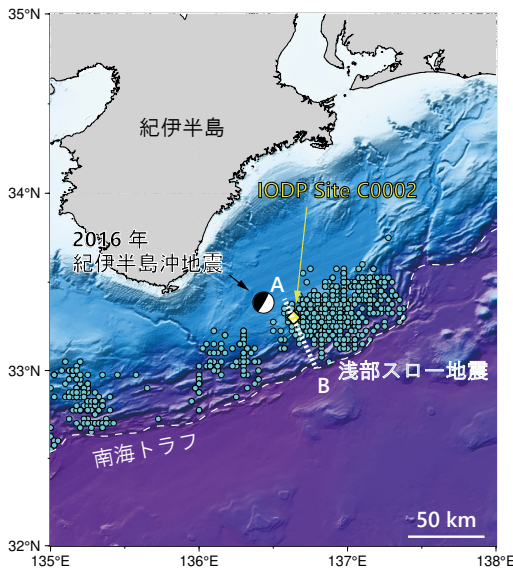
ポイント

- 南海トラフのプレート境界断層のすべり特性を、プレート境界における温度・圧力・鉱物種条件を再現した摩擦実験によって明らかにした。
- スロー地震域から巨大地震発生域では、沈み込みに伴う鉱物種変化および温度上昇に伴ってすべり特性が変化することがわかった。
- 近い将来起こると予想される南海トラフでの巨大地震の発生プロセス解明への発展が期待される。

概要

海洋研究開発機構高知コア研究所の奥田花也研究員(研

究当時：東京大学大学院理学系研究科博士課程)、産業技術総合研究所の北村真奈美研究員と高橋美紀研究グループ長、東京大学大気海洋研究所の山口飛鳥准教授らによる研究グループは、産業技術総合研究所活断層・火山研究部門所有のガス圧式高温高压変形試験機を用いて、紀伊半島沖の南海トラフのプレート境界の温度・圧力・鉱物種条件を再現し、プレート境界断層のすべり特性を実験的に調べました(第1図)。その結果、沈み込みに伴う鉱物種の変化によって、プレート境界断層の摩擦係数(注1)が増加することがわかりました。一方、沈み込みに伴って形成された鉱物種(イライト)がもつ特性によって、温度上昇にしたがって摩擦係数のすべり速度依存性(注2)が正から負へと変化していき、結果としてプレート境界断層での地震が発生しやすくなっていくことがわかりました。



第1図 南海トラフの地震活動とすべり特性の空間分布

1) 海洋研究開発機構 〒100-0011 東京都千代田区千代田2丁目2番2号 富国生命ビル 23階 キーワード：地震、南海トラフ、沈み込み帯、摩擦特性
 2) 東京大学大気海洋研究所 〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5丁目1番5号
 3) 東京大学大学院理学系研究科 〒113-0033 東京都文京区本郷7丁目3-1
 4) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門
 5) 産総研 地質調査総合センター活断層・火山研究部門

近年の地震観測網の発達に伴い、プレート境界では津波を引き起こすような巨大地震だけでなく、揺れをほぼ引き起こさないスロー地震という現象も観測されています。スロー地震は巨大地震の引き金になる可能性が指摘されていますが、地震の発生メカニズムや発生条件の観点から巨大地震とスロー地震の関連性の解明が望まれてきました。しかしながら、スロー地震と巨大地震のいずれも、どのようなプレート境界のすべり特性によって引き起こされているかは未解明でした。

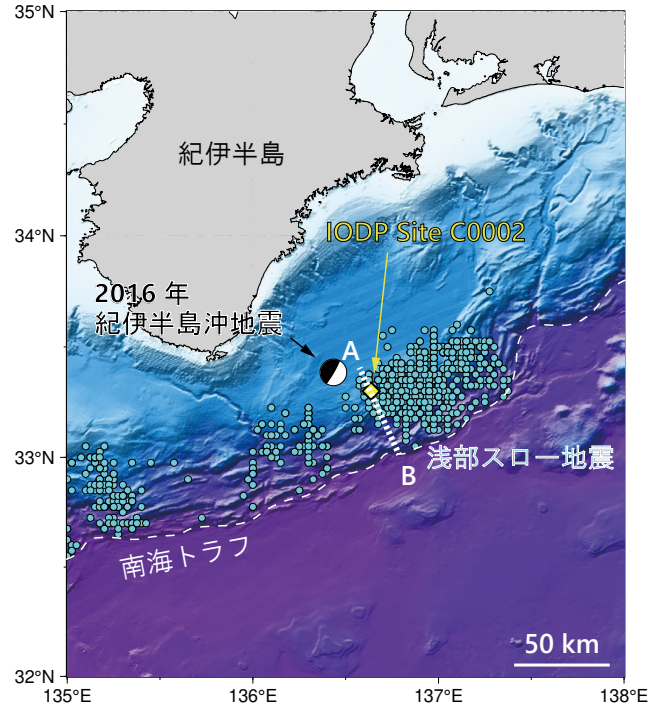
本研究は、スロー地震域から巨大地震発生域に至るまでのプレート境界断層の地震発生条件として、すべり特性を支配するパラメータの空間分布の実態を解明し、論文として発表しました。これまでの地震観測の結果との比較や、本実験結果を用いた数値シミュレーションを行うことで、南海トラフで発生する地震の波動伝播や津波発生過程のより詳細な検討が可能になると期待されます。

研究の背景

南海トラフではフィリピン海プレートがアムールプレートの下に沈み込み、1944年に起きた昭和東南海地震や1946年に起きた昭和南海地震など、巨大地震が起きることが知られています。また近年の詳細な地震観測によって、巨大地震が発生する領域(巨大地震発生域)よりも浅部に、地震波をほとんど放出しないスロー地震と呼ばれる地震が発生する領域(スロー地震発生域)が存在することも明らかになり、スロー地震と巨大地震との関連性が指摘されてきました(第2図)。将来の巨大地震の発生過程の解明のためには、プレート境界断層が巨大地震やスロー地震の時にどのようにすべるのかの理解が望まれています。プレート境界断層では、深くなるにつれて温度および圧力が上昇し、また化学反応による鉱物種の変化が起こります。スロー地震や巨大地震の発生域は、これらの温度・圧力・鉱物種の移り変わりに対応しているという仮説が提唱されてきました。しかしこれまで実験的な裏付けはなく、地震時の振る舞いを支配するプレート境界断層のすべり特性はよくわかっていませんでした。

研究の内容

本研究グループは、近年の国際深海科学掘削計画(International Ocean Discovery Program, IODP)によって、海底下深部の岩石の採取や地震観測用機器の導入などが行われ、温度・圧力・鉱物種の空間変化がよくわかっている紀

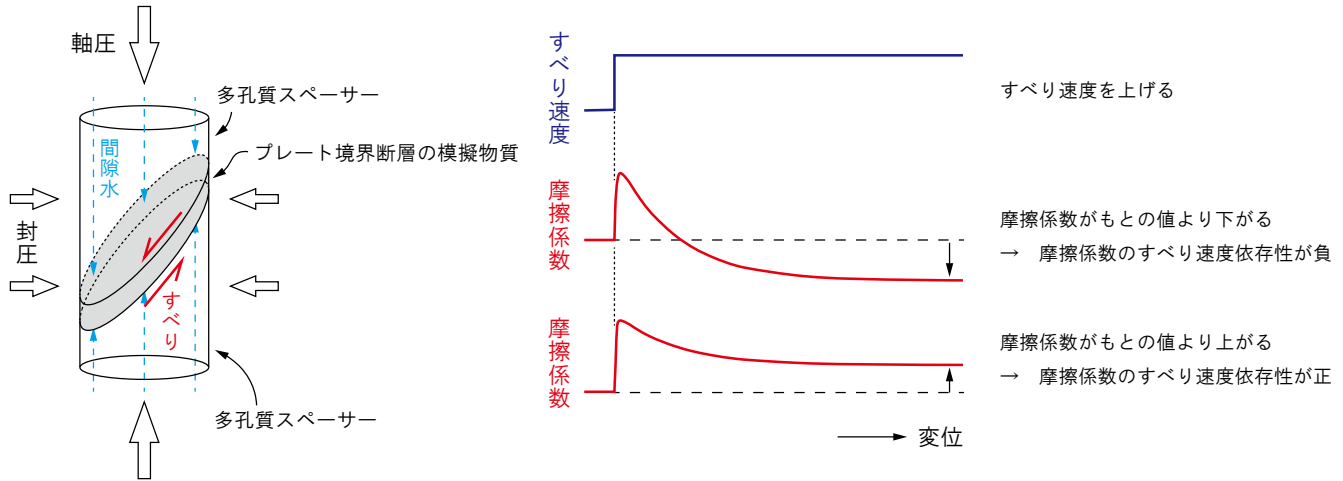


第2図 紀伊半島沖の南海トラフにおける地震活動の分布

本研究で対象とした紀伊半島沖南海トラフ。白線 AB に沿った断面でのすべり特性の空間分布を調べた。青緑色の点は浅部スロー地震を示し(Takemura et al., 2022a, b)、IODP の掘削地点(C0002)と2016年の紀伊半島沖地震の震源がそれぞれ示されている。

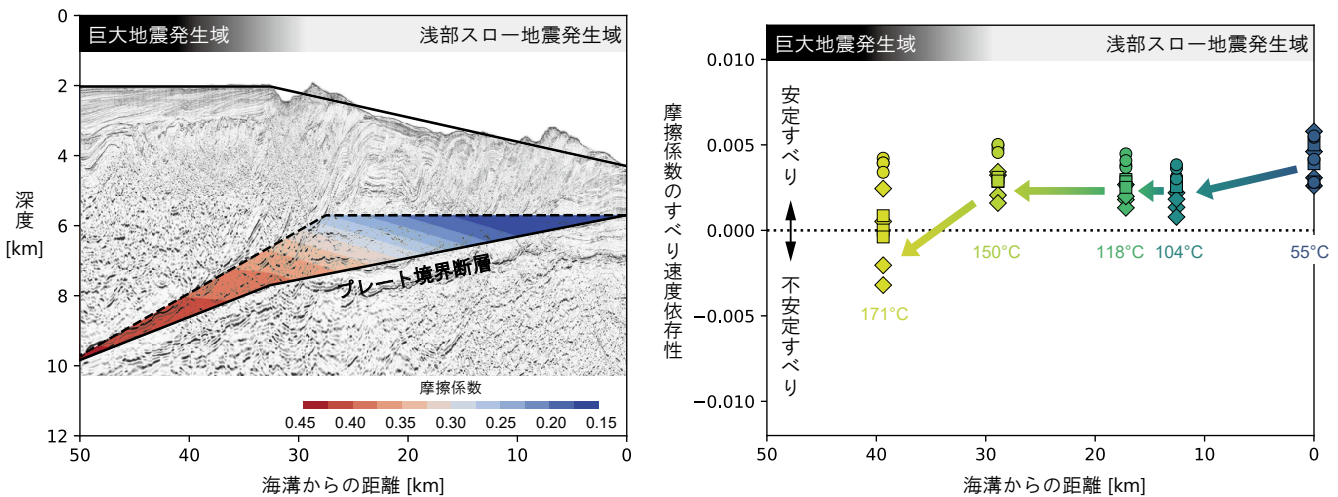
伊半島沖に着目しました。南海トラフにおけるスロー地震発生域から巨大地震発生域にかけてのプレート境界断層の試料を直接採取することは難しいため、プレート境界断層の環境を実験室で再現した摩擦実験を行うことで、プレート境界断層がもつすべり特性の空間変化を実験的に調べました(第3図)。実験には石英・曹長石・正長石・スメクタイト・イライトの粉末を混合したプレート境界断層の模擬物質を使い、鉱物の量比と温度・圧力を変化させてさまざまな深度のプレート境界断層の環境を再現し、断層強度を支配する「摩擦係数」と、断層が地震を起こすポテンシャルを表す「摩擦係数のすべり速度依存性」を調べました。

実験の結果、プレート境界断層の摩擦係数はスロー地震発生域から巨大地震発生域に向けて徐々に増加することがわかりました(第4図左)。これは蓄積される歪がプレート境界の深度によって異なり、スロー地震発生域よりも巨大地震発生域のほうが地震と地震の間により多くの歪を蓄えていられることを示しています。この摩擦係数の増加は、岩石に含まれるスメクタイトという粘土鉱物がイライトという粘土鉱物に変化することが原因であることもわかりました。また、摩擦係数のすべり速度依存性は、スロー地震発生域では正であるのに対し、巨大地震発生域では負に変



第3図 実験の概要

実験試料の模式図(左図)。斜めにカットした円柱状多孔質スパーサーにプレート境界断層の模擬物質を挟み、上下から力を加えることで試料にすべりを加える。摩擦係数のすべり速度依存性はすべり速度を急変させたときの挙動から計算できる(右図)。摩擦係数のすべり速度依存性が負のとき、地震が起こりやすい。



第4図 本研究で得られたプレート境界断層のすべり特性南海トラフのプレート境界断層における摩擦係数の空間分布(左図)と摩擦係数のすべり速度依存性(右図)

右図のシンボルの違いはすべり速度の条件の違いを表し(○:10-100 $\mu\text{m/s}$, □:1-10 $\mu\text{m/s}$, ◇:0.1-1 $\mu\text{m/s}$)、図中の温度はプレート境界断層上の、南海トラフの海溝軸からの距離における温度条件である。安定すべりは地震が起こりにくい条件、不安定すべりは地震が起こりやすい条件を示している。

化していくことが明らかになりました(第4図右)。この摩擦係数のすべり速度依存性の空間変化は温度条件に支配されていることもわかりました。これらの結果は、スロー地震および巨大地震の発生過程を解明する上で考慮すべきプレート境界断層のすべり特性を、実験により直接決定したことになります。

今後の予定

今回明らかとなったプレート境界断層のすべり特性は、

地震の発生過程のシミュレーションなどに用いるための定量的な指標となります。摩擦係数や摩擦係数のすべり速度依存性は、地震の発生サイクルを支配しており、南海トラフにおける巨大地震の発生過程についての研究の進展に貢献できると期待されます。またスロー地震は未だその発生過程が不明でしたが、本研究結果によってスロー地震発生域のすべり特性が分かったため、今後さらにスロー地震の発生機構の解明が進展し、沈み込み帯の地震活動の包括的な理解が進む手がかりが得られたといえます。本研究で得られた結果を数値シミュレーションに組み込むことによ

て、南海トラフのスロー地震や巨大地震の発生シナリオの詳細な検討が進み、結果として地表での震度分布や津波の想定高さなどがより正確に推定できるようになると期待され、防災・減災に貢献できると考えています。

論文情報

〈雑誌〉 Earth and Planetary Science Letters

〈題名〉 Frictional properties of the décollement in the shallow Nankai Trough: constraints from friction experiments simulating in-situ conditions and implications for the seismogenic zone

〈著者〉 Hanaya Okuda, Manami Kitamura, Miki Takahashi, Asuka Yamaguchi

〈DOI〉 10.1016/j.epsl.2023.118357

〈URL〉 <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2023.118357>

研究助成

本研究は、科研費「特別研究員奨励費(課題番号: JP20J20413)」, 「新学術領域研究(課題番号: JP19H04621)」, 「基盤 B(課題番号: JP21H01189)」, 「学術変革領域研究 A(課題番号: JP21H05202)」の支援により実施されました。

用語解説

(注 1) 摩擦係数

物質のすべりやすさを表すパラメータ。摩擦係数が高いと断層はより多くの歪(ひずみ)を蓄積できる。

(注 2) 摩擦係数のすべり速度依存性

すべり速度を急変させる実験を行い、その際に摩擦係数がどう変化したかによってわかる。摩擦係数がすべり速度に応じて上がっていくと(摩擦係数のすべり速度依存性が正)、地震は起こりにくくなる(安定すべり)。一方ですべり速度に応じて下がっていくと(摩擦係数のすべり速度依存性が負)、断層すべりが加速されるため、地震を起こしやすくなる(不安定すべり)。

文献

Takemura, S., Obara, K., Shimoi, K. and Baba, S. (2022a) Spatiotemporal variations of shallow very low frequency earthquake activity southeast off the Kii Peninsula, along the Nankai Trough, Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **127**, e2021JB023073.

Takemura, S., Baba, S., Yabe, S., Emoto, K., Shimoi, K. and Matsuzawa, T. (2022b) Source characteristics and along-strike variations of shallow very low frequency earthquake swarms on the Nankai Trough shallow plate boundary. *Geophysical Research Letters*, **49**, e2022GL097979.

OKUDA Hanaya, KITAMURA Manami, TAKAHASHI Miki and YAMAGUCHI Asuka (2023) Frictional properties of the décollement in the shallow Nankai Trough: constraints from friction experiments simulating in-situ conditions and implications for the seismogenic zone.

(受付: 2023年10月13日)

武蔵野台地（山の手）の地質断面と そこから読み解ける地形発達史 —世田谷区，等々力溪谷でのジオ散歩のススメ—

七山 太¹⁾²⁾・重野 聖之³⁾・石井 正之⁴⁾

1. はじめに

東京都世田谷区に位置する等々力溪谷は、都心に立地する景勝地として広く知られている。この溪谷の一带には、クヌギ、コナラ、シラカシなどからなる雑木林が鬱蒼と繁り、都内でありながら、ここには野鳥がさえずる、かつての武蔵野の自然が程よく保存されている。このため、都民の貴重なオアシスともなっている。

都心部の地形は、端的に述べると、坂の上の武蔵野台地（山の手）と坂の下の河川沿いに開けた（沖積）低地に区分される。武蔵野台地の地下では、水を通さない海成の粘土質層の上に水を通しやすい礫層が重なっており、この境界層準から地下水が湧き出し、河川の源流となっている場合が多い。

等々力溪谷の全長は約 700 m、谷の深さは約 10～12 m であり、地形学的に見ると、多摩川支流である谷沢川が、武蔵野台地（山の手）の地盤を侵食することによって自然発生した開析谷と考えられている。開析谷の崖では、通常はお金をかけてボーリング調査を行わないと観察できない筈の世田谷区の地下を、地質断面として観察できることがあり、ここから武蔵野台地（山の手）の地質断面や都内の地形発達史を推察することができる。また、武蔵野台地を流れ下る谷沢川の成り立ちと人の手による流路変更の歴史から、都内を流れる河川の現状について理解できる。また、ルート上には古墳や不動尊などの史跡もあり、溪谷に関わる先人の営みと地形との関わりについても学ぶことができる。

特に、私たちからジオ散歩のルートとしてお薦めできる点は、この地の交通の便がたいへん良好なことである。これに加えて、公園内は遊歩道やトイレも完備されており、多くの世代の方にお薦めできる。この拙文では、等々力溪

谷でのジオ散歩の模式ルートを提案し、各観察ポイントについてルートに沿ってご紹介したいと思う。

なお、等々力溪谷は世田谷区の住宅地に位置するため、公共の駐車場は限られており、自家用車を用いた移動は全くお薦めできない。基本的には東急大井町線を利用し、等々力駅から徒歩で周遊していただくのが望ましい。また、都道 312 号線（以下、目黒通り）や東京都道 311 号（以下、環状八号線）沿いのバス路線を使ったアプローチも十分可能と思う。

観光がてらのジオ散歩といえども、ある程度の事前準備はあった方がよい。ここで私たちがお薦めするのは、(1) 国土地理院の web 版地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/> 閲覧日：2023 年 9 月 1 日) を用いたルートの確認、(2) Google Earth を使った空中写真の確認（ストリートビューがあれば、現地の写真もあわせてチェックしておくとうまい）、(3) 農研機構農業環境研究部門の歴史的農業環境閲覧システム (<https://habs.rad.naro.go.jp/index.html> 閲覧日：2023 年 9 月 1 日) を用いて、“明治時代に作られた迅速測図で当時の河川系を確認すること”の 3 点である。ジオ散歩中には、現地でネットが使える電子端末（スマートフォンやタブレット）を持参することをお薦めする。これらを持参すれば、GPS 機能で位置情報が即時にわかるので、地図の読み取りに不慣れであっても、決して迷子になることはない。

また、もし現地で不明なことがあれば、文末の引用文献を検索すれば、多くの疑問はご自分で解決することと思う。さらにご不明な点があれば、産総研地質調査総合センターが業務として行っている地質相談お問い合わせ窓口 (<https://www.gsj.jp/inquiries/consul.html> 閲覧日：2023 年 9 月 1 日) のご利用をお薦めしたい。

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報基盤センター

2) ふじのくに地球環境史ミュージアム 〒422-8017 静岡県静岡市駿河区大谷 5762

3) 明治コンサルタント(株) 北海道事業部 〒064-0807 北海道札幌市中央区南 7 条西 1-21-1

4) 石井技術士事務所 〒007-0872 北海道札幌市東区伏古 12 条 3 丁目 6-28

キーワード：武蔵野台地（山の手）、地質断面、地形発達史、世田谷区、等々力溪谷、東京都

2. 等々力駅から御岳山古墳までの観察ポイント

地質学を専門とする筆頭筆者(NF)が、地質調査所入所後に第四紀学や地形学の基本を教えたのは、元筑波大学水理実験センターの池田 宏先生からである。池田先生の教えによれば、“溪谷の観察は、下流から上流へ遡るのが定石！”と仰っておられたことを記憶している。今回の等々力溪谷においても、地形や地質を観察するには、下流から上流に向けて観察するのがお薦めである。

今回のジオ散歩の出発地点である等々力駅は、東急大井町線の駅であり、3～6分ごとに頻発する各駅停車の利用で、東横線と接続する自由が丘駅から3駅、田園都市線と接続する二子玉川駅から2駅と、渋谷駅など主要駅からのアクセスがよい(第1図)。等々力駅の改札を通過した後、駅前やその周辺のコンビニ等でトイレを済ませ、事前に飲み物や軽食を購入することをお薦めしたい。等々力溪谷の大部分は世田谷区の管理する公園なので、トイレは各所に整備されている。また、ルート上にもコンビニや自販機も



第1図 等々力溪谷ジオ散歩の模式ルート(紫色の点線)と主要な観察ポイント。基図は、Web版地理院地図の「陰影機能」を用いて作成した。

あるので、決して不便では無い。また、全ルート完歩しても2.2kmほど、概ね1時間ほどの短い行程ではあるが、途中の公園や観察ポイントで適度に休憩をとりながら、無理なく実施していただくのが良いと思う。

等々力駅を出発し、用賀中町通りを南下し、多摩川方面に向かって歩く。目黒通りに合流後、環状八号線の跨線橋を通過し、等々力不動尊(流轟山明王院)の門前まで西側の歩道を進む。この間の移動時間は、約10分ほどである。

この間の移動中に、道路の面は、概ね水平もしくはやや上りであることにお気づきになることであろう。もちろん道路工事によって平坦化された効果もあるが、基本的には本来の地盤の姿を示していると考えられる。この地形面は武蔵野台地を構成する段丘面の一つであり、武蔵野段丘(武蔵野面群)と呼ばれている。地形学分野の研究者は、さらに細分化し、武蔵野中位面、もしくは武蔵野面(M2面)と呼んでいる(貝塚ほか編, 2000; 遠藤ほか, 2019)。武蔵野段丘の成因については後ほど詳しく解説するが、ここでは東京の山の手(武蔵野台地)の広い面積は、この武蔵野段丘が占めていることを覚えて欲しい。

この先目黒通りは、段丘面の縁から多摩川北岸の玉堤まで連続する急勾配の坂道になっており、地元では「等々力の坂」とも呼ばれている。ここからは、多摩川対岸(川崎市側)に立地する等々力運動公園やJR武蔵小杉駅周辺のタワーマンション群が見渡せる。

等々力不動尊の門前で立ち止まると、道路の対面の住宅地の中にある小高い丘の存在に気づくことであろう。この丘の正体は御岳山古墳であり、その由来については、ゲート前に建てられた案内板に詳しく記されている。この古墳は、古墳時代中期(5世紀後半)に構築されたそうである(松崎, 1997; 第2図b)。墳頂へは遊歩道があり、一般人も自由に立ち入ることができる。

地理院地図で確かめてみると、実は、武蔵野段丘の南縁の崖(これを地形学者は国分寺崖線と呼ぶ)の一角には、同様の古墳が点在することが解る。これらは、野毛古墳群と呼ばれている(貝塚ほか編, 2000)。野毛古墳群と国分寺崖線の関係については、後ほど詳しく考察してみたい。

等々力の坂を下りきると、丸子川の流路を跨ぐ玉根橋に至る。丸子川脇の道路(丸子通り)に右折して西方に進み、谷沢川との合流点を目指す。

3. 無名1号橋付近での観察ポイント

等々力溪谷の下流側の入口には、谷沢川や丸子川を跨ぐ橋?のような、やや複雑な構造物が存在するが、この周囲



第2図 等々力不動尊と御岳山古墳付近の風景。(a)等々力不動尊門前から見た御岳山古墳の外観。(b)御岳山古墳の入口と説明書き。(c)等々力不動尊の境内、(d)等々力の坂(目黒通り)と多摩川対岸の景観。

には正式な名称は掲示されていない。ネットで調べてみると、世田谷区は、便宜上、“無名1号橋”と呼称しており、本稿でもこの名称を用いることにする。御岳山古墳から無名1号橋への移動時間は、約10分ほどである。

今回のジオ散歩のメインの訪問地は等々力渓谷であるが、この渓谷を作った主役は谷沢川(もしくは矢沢川)である。谷沢川は、総延長3.8kmほどで、全て世田谷区内を流れ下る多摩川支流の小河川である。その源頭は世田谷区上用賀の湧水であったが、現在では宅地化が著しく湧水量が激減し、そのため、2kmほど西方を流れる多摩川支流の仙川の河川水を浄化し、導水管を通じて谷沢川流域の幾つかの地点で放水して、水質の悪化を防いでいるとのことである(東京都建設局, 2017)。

一方、丸子川は人工河川であり、江戸時代初期に流域の農地の灌漑目的で構築された六号領用水(以下、六号用水)に起源を持ち、世田谷区岡本からほぼ国分寺崖線に沿って流れ下りここに至っている。1960年代の高度経済成長期に、大田区・世田谷区の農地は急速に宅地化され、用水としての役目を終えた。その後、世田谷区岡本から大田区田園調布の台地下(多摩川浅間神社付近の丸子橋)間が東京都によって親水公園として整備され、丸子川と改名されて現在に至っている(東京都建設局, 2019)。

ここで改めてGoogle Earth画像を見てみると、不思議なことに、この地点の河川は谷沢川と丸子川とが作る河川同士の十字路となっている。もちろん十字にクロスする河川系は原則存在しないし、丸子川の流路は、無名1号橋付近で切断されているようにも見える(第3図a)。

無名1号橋から橋下の水の流れをのぞき見ると、その内部構造が概ね想像できる。まず、二子玉川方面から流れてきた上流側の丸子川の流路は、無名1号橋の西詰付近で流路の底が急に深くなり、流路が南東方向(多摩川側)に変更されて、橋下へと流れ込んでいる。どうやらここで谷沢川と合流し、多摩川に排水されている模様である。ところが、下流側の橋の下にある2つの川の合流点を詳しく観察すると、圧倒的に丸子川(西側)の水量が優位であることがわかる。逆に、本流である谷沢川(東側)からの流量の少なさが不自然に感じられる(第3図d)。

次に、この橋の東詰付近から急に始まる丸子川の下流側をご覧頂きたい。ここには丸子川を跨ぐ小橋(滝の橋)の直ぐ西側に、滝もしくは湧水をイメージさせる石材を使ったオブジェが作られ、ここから放たれた水が、下流側の丸子川を満たしているのである(第3図b)。

六号用水は、谷沢川を跨ぐように建設された用水路であり、これを土木の専門家は掛樋かけひと呼んでいる。この工事



第3図 無名1号橋付近の河川の状態。(a) 丸子川と谷沢川が十字にクロスする無名1号橋付近の画像。基図として、Google Earthの画像を使用した。(b) 丸子川(下流側)の放水地点。ポンプで汲み上げられている。白の点線と矢印で、各河川の流れを示す。(c) 丸子川(下流側)の状況。(d) 丸子川(下流側)と谷沢川の合流地点と取水口の位置。

は、六号用水の河床勾配を一定に保つためにたいへん重要なものであったとされ、当時の測量精度が窺い知れる。また、谷沢川との合流点に掛樋を築くためには、谷沢川の河床を深く掘り込む工事も併せて必要であったのであろう。

実はこの水は、無名1号橋の地下に作られた東京都の浄水施設において、谷沢川の水を取水口でトラップし、貯水槽に流し込み浄化した後、河床面が高い丸子川の下流側へポンプで汲み上げ放流しているのである。そして、おそらく谷沢川流域で洪水が発生した時には、貯水槽が直ぐに満杯になってしまうので、貯水できない水は、全て多摩川に放流する仕組みになっている。このような複雑な河川系の付け替え工事は、1989～1990年に実施されたとのことである(東京都建設局, 2019)。この場合、現在の谷沢川の主要な水系は無名1号橋までと考えておくのがよいであろう。もちろん地形としての谷沢川の終点(多摩川との合流点)は、現在も主に丸子川(上流)の排水路として機能している。

谷沢川西岸の道を北上し、上流にある矢川橋まで5分ほど歩く。

4. 矢川橋付近での観察ポイント

矢川橋から先は、世田谷区が管理する等々力溪谷公園になっており、左手の人家が途切れたところから先は、歩行者専用の遊歩道となっている。矢川橋から15mほど上流側に広場があり、そこには園内の案内板が設置されている。なお、公園内の幾つかの場所が河床に下りて遊べる親水公園となっているので、サンダルや短パン等を持参されるのも良いかもしれない。

第4図の写真において、崖の上に樹木の見えているところが、等々力不動尊の敷地の南縁部に当たる。そこが、先ほど歩いてきた武蔵野段丘の末端部であり、武蔵野面群の主要部である武蔵野面(M2面)より10mほど標高が低いことから、この部分のみを中台面(武蔵野下位面; M3面)に細分する地形学者もいる。その根拠の一つとして、1960年当時、この付近の崖には河川成の礫層(中台段丘礫層)が露出していたことがあげられている(寿円, 1966; 岡ほか, 1984; 第4図a, b)。

しばらく道路を北上し、谷沢川の対岸をのぞき見ると、



第4図 矢川橋付近の風景。(a) (矢川)橋の東側から西方を望む。(b) 橋から谷沢川上流(等々力溪谷)を望む。(c) 谷沢川東岸に露出する関東ローム層の小露頭。(d) 中台面(M3面)上の参道に露出する関東ローム層の産状。

小さな露頭が目にとまる。ここには土壤によく似た赤茶けた未固結の地層が露出する。これが関東ローム層と呼ばれる武蔵野段丘直下を構成する第四紀の地層である(第4図d)。関東ローム層は、富士山や箱根火山の火山噴出物が、風によって吹き溜められたレス(風成塵)堆積物もしくは火山灰質の土壤層の総称であり、東京都を含めた南関東の台地の多くは、このような厚いローム層に覆われていることを知っておいて頂きたい。

ここで矢川橋まで戻り、15 mほど東側にある路地から階段を上り、中台面の上へ上がってみて頂きたい。そこには等々力不動尊の本堂に続く参道があり、その道の表面に関東ローム層がむき出しになって露出している(第4図c)。ここは等々力不動尊の管理する土地なので無許可で掘ることも採取することもできないが、触ってみることぐらいは可能である。

矢川橋から5分ほど遊歩道を北上すると、利剣の橋に到達する。この橋の手前の小道を左折して坂道を少し登ると、上野毛側の武蔵野段丘の上に建造された日本庭園に辿り着く。日本庭園には見晴らしの良い広場、トイレ、休憩スペースがあり、ここで休憩することもお薦めである。なお、その先は、玉川野毛町公園や野毛大塚古墳古墳を経

て、東急大井町線の上野毛駅方面に向かうことも可能である。

5. 不動滝付近での見学ポイント

利剣の橋の対岸側や稚児大師御影堂までの区間は、等々力公園内に位置するが、等々力不動尊の境内(私有地)でもあるのでご注意ください。等々力不動尊は、平安時代中期(10世紀)ごろに創建された都内屈指の古刹である。役行者縁の修験場である不動滝があることで、全国的に広く知られている。また、都内屈指のパワースポットとも噂される。等々力という地名は、この滝の轟く音に由来するとも言われているが、実物を見ると、滝と呼べるほどの流量とは言いがたい。もちろん、季節によっては流量が変化するのもかも知れないが、地元の人のお話では、その流量は年々減少傾向にあるとのことである。

不動滝周辺は、今回の等々力溪谷ジオ散歩において最も重要な観察ポイントなので、ここではやや詳しく解説しておきたい。

最初に、参拝者が途切れる頃合いをみて、茶店(雪月花)前の急な石段を伝って、等々力不動尊本堂に駆け上って頂



第5図 等々力不動尊の不動滝付近の状況。(a)石段脇の露頭と地層区分。(b)不動滝の大露頭と地層区分。(c)不動滝の2個所の湧水口。(d)関東ローム層下位層準に挟まれる東京軽石(Hk-TP テフラ)の産状。

きたい。標高差は15 m程なので、大凡3～5分程でお堂まで辿り着けると思う。この際、本堂にご参拝頂き、境内に立ち入る旨のご挨拶を心の中で念じて頂くことを希望したい。お堂は最初に通過した目黒通りの武蔵野面(M2面)の上に建立されている。よって、この石段脇では、武蔵野段丘の地下を構成する地層を観察できることになる。

一方、お堂の南端には見晴らしの良い展望スペースが設置されている。ここから見下ろす溪谷の景観は、一見の価値がある。おそらく春の花見や秋も紅葉の頃に訪れると、さらなる絶景なのであろう。

再び溪谷に戻る途中に、今度は崖に露出している地層を観察しながらゆっくり石段を戻って頂きたい。ここでは上から下に向けて3種類の地層を見ることができる(第5図a)。

最上部付近の赤褐色のボソボソした地層は、矢川橋付近で遠目で見た関東ローム層である。ここではお堂の建つ武蔵野面(M2面)の高さから見積もって、7～8 mほどの層厚であろう。

関東ローム層の下位は、根によって乱れているが、よく見ると粒径数センチ程度の円磨されたほぼ球形の小～中礫

からなることが解る。この地層は武蔵野礫層と呼ばれる河川礫層であり、その層厚は3 mほどと見積もられる(第5図b, c)。

現在では綺麗な露頭は観察できないが、今から20年ほど前までは、ローム層の下限付近に、厚さ10 cm程度の黄色～オレンジ色の粗粒層が露出していたことが知られている。この層は、箱根カルデラが約6.5万年前に噴火した時に、当時の地形面を覆った降下軽石層であり、東京軽石(Hk-TP テフラ)と呼ばれている南関東地域の広域テフラである(笠間・山下, 2008; 第5図d)。この東京軽石によって覆われていることから、武蔵野礫層の堆積が終了し離水(陸化)したのが、約8万年前ごろ(MIS(海洋酸素同位体ステージ: Marine oxygen Isotope Stage) 5a)であったと推定されているのである。

最下位の地層は、比較的良好に締まった青灰色の粘土質の地層であり、過去には様々な名称で呼ばれてきた経緯があるが、本稿では混乱を避けるため東京層(もしくは下末吉層)と呼ぶことにする(寿円, 1966; 中澤ほか, 2019)。

この露頭では、東京層の層厚やその下限は解らない。もちろん無許可で表面を削って詳しく露頭観察することは



第6図 不動滝から一寸上流側(谷沢川東岸)に出現する大露頭。

きないが、概ね塊状の泥岩層のように見える。

寿円(1966)の報告によれば、かつてこの露頭から採取した泥岩層から *Raeta yokohanzensis* や *Ostrea gigas* 等の貝化石や有孔虫化石を発見できたとのことである。東京層は、今から12.5万年前の最終間氷期(MIS 5e)に、関東平野一帯が海域だった頃に生じた内湾成堆積物(古東京湾の堆積物)であったとされる(中澤ほか, 2019)。なお、同時期の地層は、神奈川県内では下末吉層、千葉県内では木下層とも呼ばれているが、全国的には、下末吉層と呼ばれることが多い。なお、世田谷区教育委員会の設置した公園内の幾つかの案内板には、渋谷粘土層とも記載されているが(世田谷区立郷土資料館編, 2011)、これまで渋谷粘土層は、東京層の最上部層もしくは下末吉ローム層の最下部とも述べられてきた経緯があり、さまざまな混乱を招くので、現在ではこの地層名の使用はお薦めできない。

次に不動滝に近寄って湧水の状況を詳しく見ると、上述した東京層と武蔵野礫層の境界付近の層準から噴出していることが解る。その理由は実にシンプルで、下位の東京層は細粒な泥からなるため不透水層であり、逆に上位の武蔵野礫層は粒度が粗く、粒子間の隙間が多いため、透水層もしくは帯水層となっている為である。この場合、武蔵野台地に降った雨水が、関東ローム層を浸透中に濾過されて、武蔵野礫層中に帯水し、この礫層の下限を地下流路として、等々力溪谷に流れ込んでいると考えられるのである(日本地下水学会市民コミュニケーション委員会, 2014)。

不動滝の奥には宝珠閣^{ほうじゅかく}があり、その付近にも湧水池がある。不動滝からゴルフ橋にかけての溪谷沿いには、このような湧水個所が33箇所も確認されている。その付近には、小規模な湿地や池があることから推定できる(第7図a, b)。

なお、老婆心ながら申し添えておくと、不動滝以外にも稚児大師御影堂の御手水場を含めて、この地域の湧水は、トリクロロエチレンや硝酸態窒素の含有量が多く、現在では飲み水には適していない(日本地下水学会市民コミュニケーション委員会, 2014)。よって、今の時代では、残念ながら行者が修行に用いるのも、御手水として利用するにも適切とはいえない悲しい状況にある。その理由は至ってシンプルであり、武蔵野台地は江戸時代初期以降開墾が進められ、人々が居住する場となった。その後、400年を超える長年にわたって人々が活動しており、その生活排水が地下にしみこんで、地下水や関東ローム層を汚染してしまっているからである。

露頭観察が終わったら、茶店(雪月花)で抹茶や甘味などを頂いて、しばし休憩を取るのも良いであろう。

6. 不動滝やや上流側での観察ポイント

関東ローム層と武蔵野礫層は、利剣の橋より30mほど歩いた上流側の露頭で良好に観察できる(第6図)。ただしここでは、礫層がよく見える一方で、ローム層の露出は不



第7図 環状八号線(玉沢橋)付近の風景。(a, b)遊歩道脇の湧水で生じた湿地と湧水池の産状。(c)玉沢橋下付近の等々力溪谷。(d)武蔵野面(M2面)下の侵食崖に掘られた等々力溪谷三号横穴古墳。

良である。

武蔵野礫層の礫径は3～4 cmほどで、現在の多摩川の川原のもの比べると、有意に小さいことが解る。武蔵野礫層が堆積した時代は、今から約8万年前(MIS 5a)の海面が低下し始めている時期であり、当時の多摩川は現在の都心地域において大規模な扇状地を形成し始めていたことが知られている。礫の大きさや形状は、川の流量や掃流力を反映し、礫層の厚さは川の深さを反映していることが知られていることから、当時の降水量が少なめで、川の流量も少なかったためと推察される。もしくは、当時の多摩川は大規模な扇状地を作っていたため、流路が放射状に分流していたはずであり、単にその一支流の断面(=礫層の厚さ)をみているに過ぎないのかも知れない。

また、場所によっては、礫と礫との重なり方から、当時の河川の流向や微地形が分かるクラストファブリック(インプリケーション)が見えることがある。

7. 等々力溪谷三号横穴古墳付近での観察ポイント

環状八号線が上空を通過する玉沢橋の橋下付近では、ほぼ目線の高さで、武蔵野礫層と関東ローム層との境界層準が露出している(第7図c)。

ここで一旦玉沢橋から100 mほど手前の小橋を渡り、東岸に設置された広場に行ってみよう。ここにはトイレも設置されており、休憩場所としてもお薦めできる。さらに道に沿って斜面を登ると、等々力溪谷三号横穴古墳があり、石室の内部がガラス越しに観察できる(第7図d)。この古墳は、先に述べた御岳山古墳よりも新しい古墳時代末期から奈良時代(7～8世紀)に構築された小規模の古墳と記載されている(世田谷区教育委員会, 1988)。等々力溪谷の東岸の崖面には、同時代の横穴墓が6基以上も発見されている。

地質学者である私たちの視点から見ると、それらの横穴墓は、すべて東京軽石層(Hk-TPテフラ)層準より上位層準



第8図 ゴルフ橋付近の風景。(a)ゴルフ橋から見下ろした等々力溪谷。(b)遊歩道から見上げたゴルフ橋。(c)谷沢川西岸に露出する上総層群(高津互層)。

の武蔵野ローム層中に構築されている点(世田谷区教育委員会, 1988)は, 興味深い。ローム層は不飽和帯となっており, 土壌粒子間に水分が保持されており, 地下水が湧き出して石室の内部を水浸しにすることは考えにくい。その一方で, 武蔵野礫層は帯水層なので, この層準まで掘り下げると, 湧水の危険性が高まる。このことを, 当時の土木従事者は経験的に知っていたのであろう。

8. ゴルフ橋付近での観察ポイント

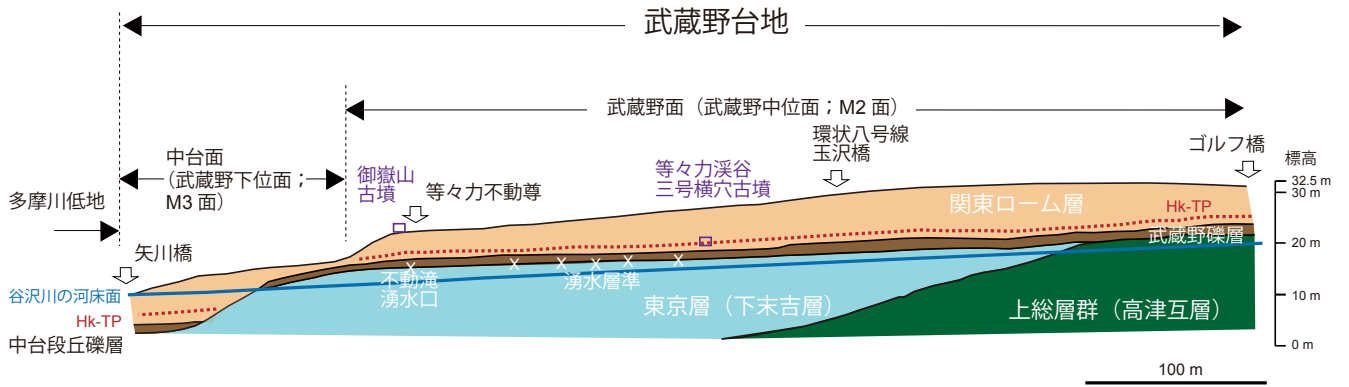
再び谷沢川沿いの遊歩道に戻って10分ほど北上を続けると, 公園内の遊歩道の終点となる赤く塗色されたゴルフ橋が見えてくる。かつての上野毛付近に目黒蒲田電鉄(現在の東急電鉄)が開発した等々力ゴルフコースがあった。ゴルフ橋の名称は, 等々力駅からゴルフ場に向かう途上の橋だったことに由来するようだ。

小橋からゴルフ橋間の西側の河岸には, 不動の滝で見た東京層よりもはるかに硬くしまった黒っぽい地層が露出する(第8図)。但し, 遊歩道の対岸の露頭であり, 現在は露頭の上位は植生に覆われてもいることもあり, 不動滝で見た東京層や武蔵野礫層との直接の関係はよく解らないが, これまで見られたような湧水が認められないことから, 武蔵野礫層より下位の地層を見ていることは確実である。

実は, この地層は上総層群と呼ばれている。上総層群は千葉県房総半島中部に広域に露出し, 都内地下に広く潜伏する鮮新世～更新世(280万～50万年前)の浅海～深海成の地層である。特に多摩川下流付近に出現する地層については, 150万年間ぐらいの古い上総層群であり, 模式地である多摩川対岸の川崎市高津区の地名から高津互層と呼ばれている(寿円, 1966; 高野, 1987)。

前述の通り, 現在の露出条件では, 上総層群(高津互層)と上述した東京層や武蔵野礫層との関係はよくわからない。寿円(1966)によれば, かつてゴルフ橋の下には, 厚さ2.5～2.7mの武蔵野礫層が露出し, 上総層群(高津互層)を直接不整合関係で覆い, その上面を武蔵野ローム層が覆っていたというたいへん重要な記載がある。一方, 最近, 産総研地質調査総合センターが実施した等々力溪谷付近のボーリング調査とその解析によれば, 上総層群(高津互層)と東京層の不整合関係が確認されている。また, この地域の東京層は, 南東から北西方向に伸張する分布を示しており(寿円, 1966), その堆積時には, 入り江であったと考えられている(中澤ほか, 2019)。

上総層群(高津互層)の表面に, 油膜のように見える茶色い汚れのようなものが付着しているが, これは房総半島の河床露頭ではよく見られる産状であり, バクテリアが作った鉄の酸化物(褐鉄鉱)であると推察される。泥岩の中の地



第9図 谷沢川河床面を基準とした等々力溪谷の地質断面図。世田谷区立郷土資料館編(2011)を参照した。



第10図 東急等々力駅、ゴルフ橋、谷沢川、九品仏川ならびに逆川の位置図。Web版地理院地図を基図として使用した。

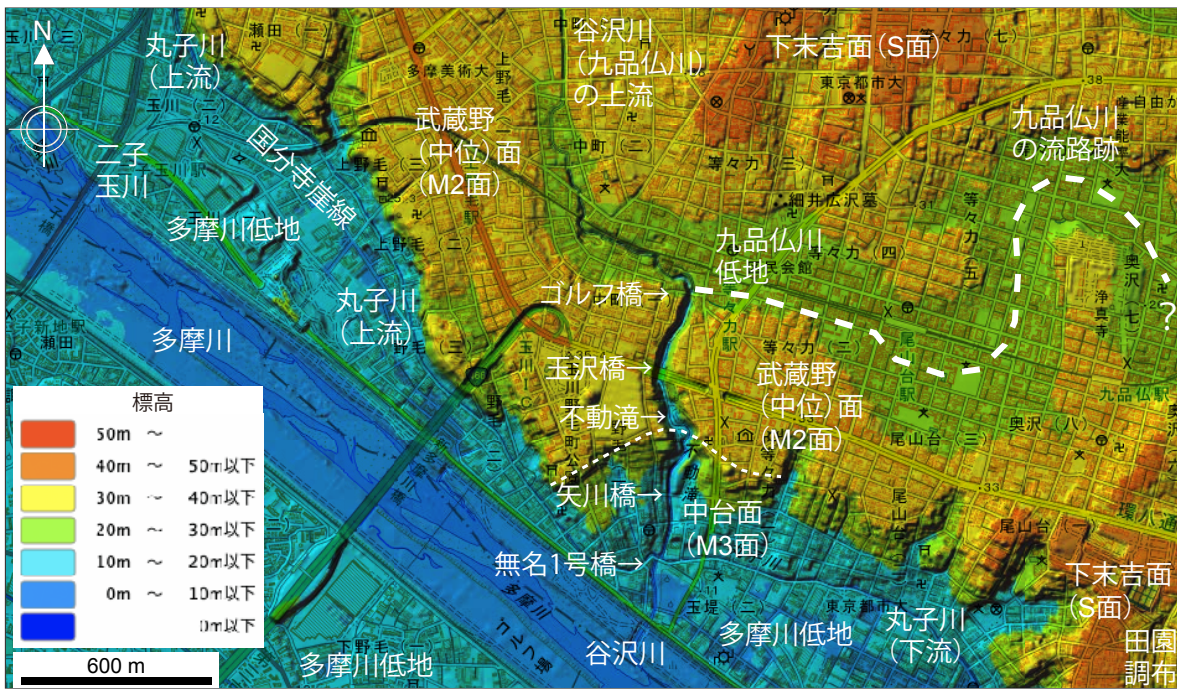
下水は強い還元状態になることがあり、このような場合、二価の鉄イオン (Fe^{2+}) が地下水中に溶け出すことが知られている。この鉄イオンを含んだ地下水が、割れ目を伝って地表に湧出するときに、一気に酸化されて褐鉄鉱 ($Fe(OH)_3$) が形成されたと考えられている。このようなプロセスは、化学合成細菌である鉄バクテリアの働きによるものと言われている。特に、鉄バクテリアは油膜のような鉄の酸化皮膜を作ることもあり、このため、油流出による汚染の兆候と誤認され、トラブルに発展することがしばしば起きている。

9. 等々力溪谷の成因と湧水の関連について考えてみよう!

等々力溪谷は、約8万年前(MIS 5a)に昔の多摩川が作っ

た扇状地が、その後河成段丘となって生じた武蔵野段丘と現在の多摩川の氾濫原の間の地形的な境である国分寺崖線付近に位置する。特にこの溪谷では、段丘崖に対して谷沢川が直交して流れているため、武蔵野段丘の構成層が観察できたのである(第9図)。

ところで、上用賀付近の源頭から流れ下ってきた河川は、かつて等々力駅付近から東急大井町線の路線に沿って東方の自由が丘方面に流れ下っていた。今は無きこの河川は、東京都立大学名誉教授の貝塚爽平先生によって九品仏川と呼称されていた。地形面から見ると、九品仏川は武蔵野段丘を作った昔の多摩川の名残川と言える。ところが、不動滝より上流側において谷頭侵食し、谷沢川の源頭がついに九品仏川の流路とぶつかったのだ。当時の九品仏川の流量は少なく穏やかな流れのため、武蔵野礫層より下位の堅い地層を掘り込むことはできなかったであろう。川は河床



第 11 図 等々力渓谷を中心とした 10 m メッシュ段彩図. 基図は, Web 版地理院地図の「自分で作る色別標高図」の機能を利用して作成した. 地形区分の解釈は, 世田谷区立郷土資料館編 (2011) を参照した. 図中の太い白点線は九品仏川の流路跡を, 細かい白点線は武蔵野 (中位) 面 (M2 面) と中台面 (M3 面) の地形境界を示す.

の標高が低くてより流量が多い, すなわち侵食力の大きい方向に優先的に流れ下ることになる. このためゴルフ橋付近から, 下流側の新たな流路を選択し, その結果として, 谷沢川が等々力渓谷に向かって流れ下るようになったと考えられている (貝塚, 1979; 第 10 図).

このような河川の流路変更を, 地形学では“河川争奪”と呼んでいる. 但し, 今回見た地形や地層からだけでは, 河川争奪が起こった正確な時期までは解らないが, 玉沢橋付近の侵食崖に複数の横穴古墳が掘削され, この付近では, 最も上位の関東ローム層である立川ローム層まで侵食されている事実を踏まえると, 縄文時代草創期 (約 16000 ~ 11500 年前) 以降 ~ 古墳時代末期から奈良時代 (7 ~ 8 世紀) 以前の間に関起った事象と推定できる.

この河川争奪のプロセスは, 地理院地図 web 版の機能を用いて, 10 m メッシュで段彩図を作ってみると, 直感的に理解しやすい. またこの作業によって, この地域の地形にほぼ対応した地形区分図を何方でも簡単に作ることができるので, ぜひご自宅のパソコンでお試しいきたい (第 11 図).

ゴルフ橋から上流側の渓谷を眺めると, この地点から大きく左手に屈曲していることが解る. ゆえに, この辺りが上述した河川争奪が起こった現場と推察されている. もちろん, その当時の九品仏川の河床面は, 現在の谷沢川 (等々

力渓谷) ほど深くは掘れてはいなかったことは, ゴルフ橋の架かる兩岸の高度 (河床から 10 m ほど) から容易に想像できることであろう.

ゴルフ橋北東端が, 等々力渓谷の遊歩道の終点となる. ここで, 階段を上って道路に移動する前に, 橋東側の河岸基部に大きな土管が設置されている. また, 橋から東方に向かって 20 m ほど歩くと, 道路の対面にある郵便ポスト脇に「逆川」と書かれた石碑が建てられている (第 10 図). そしてポストの立つ民家裏の路地には, 蓋のされた暗渠が満願寺方面へと続いているのが確認できる. つまり, この道路の下には, かつて東方の自由が丘方面に流れ下っていた九品仏川の流路を利用して, 現在は谷沢川側 (ゴルフ橋の橋下) に流れ込む名残川が伏在するのである. なお, 橋下の排水口からは逆川流域から推定される量を上回る流水があることが知られている. これは, 仙川で採水された水が, ここからも放水されているためである (東京都建設局, 2017, 2019).

ここから等々力駅までは, 徒歩 3 分ほどである. 手洗いやトイレは駅周辺で済ませて頂きたい.

先に述べたとおり, 等々力渓谷内では, 不動滝のような湧水個所が 33 箇所も知られているし, かつての谷沢川の源頭は, 不動滝上流側の湧水地帯までであったとも考えられている (貝塚, 1979). この場合, もともと谷沢川の始

まりは国分寺崖線の崖に現れた武蔵野礫層からの湧水に起因し、豊富な湧水が谷頭侵食に大きく貢献し、上述したような河川争奪を引き起こしたと考えると、合理的な説明が可能となる（貝塚，1979；第11図）。

但し、谷沢川の流路変更の経緯に関しては諸説あり、上記した貝塚先生による谷頭侵食（河川争奪）説以外にも等々力溪谷の北側300m区間（不動滝～ゴルフ橋間）が、江戸時代？の土木工事で開削されたとの主張（人工開削説；岩屋，1978）があることも、ここでは簡単に申し添えさせて頂くことにする。しかし、この人工開削説の場合、まず、このような大規模な土木工事の記録が地元に残されていないことが、最大の疑問となっている。なお、明治13年（1880年）に作成された迅速測図には、等々力溪谷や逆川が明確に描かれており、それ以前に現在の谷沢川の流路に変遷していたことは明確である。

ところで、何故、国分寺崖線に沿って野毛古墳群が立地しているのか？その考古学的な理由について私たちは詳しく存じないが、武蔵野礫層から湧き出る豊富な湧水が、当時の人々の生活にかかせない生活用水、特に飲料水であったことは重要であろう。

また、古墳時代には、関東ローム層に覆われた武蔵野台地上の土地は、耕作地としては適さず、一面に荒地が広がっていたとは想像に容易い。そして、人々が生活を営んでいた多摩川低地や等々力溪谷が見渡せる台地の縁に、当時の権力者の墓地（古墳）を構築したのであろうか。

10. 田園調布駅前に広がる海成段丘（下末吉面）

ここで、もし帰宅までに小一時間ほど余裕があれば、等々力駅から東急大井町線で自由が丘駅まで移動して頂きたい。移動時間は10～15分程度である。この乗車区間の多くは、かつての九品仏川や現在の逆川の作った薄い沖積層の上に建設されている。次に、自由が丘駅から東横線（横浜方面）に乗り換えて、一駅先の田園調布駅で下車して頂きたい。田園調布駅周辺は、東急電鉄が開発した高級住宅地として広く知られている。現在の駅は地下化されているが、旧駅舎の建つ地表から見ると、放射状に広がる道路に沿って住宅はなだらかな地形面の上に建っており、周囲への見晴らしも良いことから、田園調布一帯が武蔵野段丘より少し高い段丘であることを直感的に理解できる（第12図）。もちろん現在では露頭観察はできないが、現在の田園調布駅の建設の際は、東京層やそれを覆う関東ローム層が露出していたことであろう。武蔵野台地の関東ローム層は、大きく3層準に分けられている。東京層の上面を直接

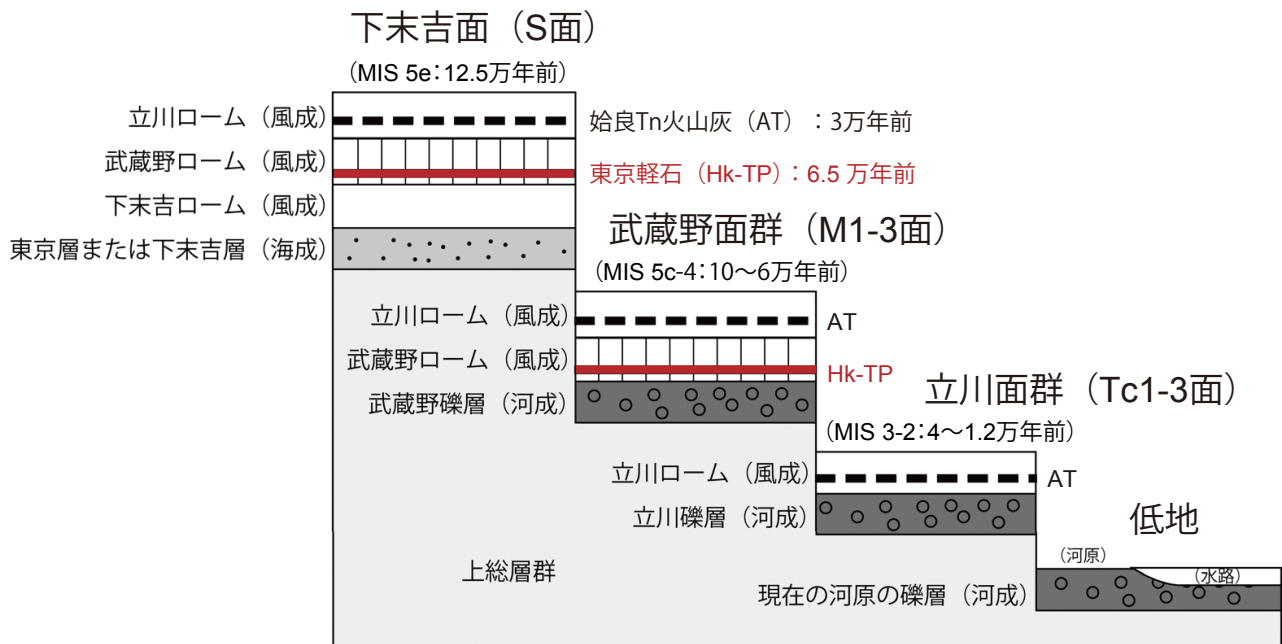


第12図 東急田園調布駅付近の地形。(a)旧駅舎が立地するのが下末吉面(S面)。(b)駅舎西方に広がる下末吉面(S面)。

覆うローム層は下末吉ローム層と呼ばれている。一方、武蔵野礫層の上面を覆うローム層は東京軽石(Hk-TPテフラ)を特徴的に東京軽石を伴っており、武蔵野ローム層と呼ばれている。そして最も若いローム層は立川段丘礫層の上面を覆い約3万年前に降灰した始良Tn火山灰(AT)を特徴的に伴っており、立川ローム層と呼ばれている（貝塚ほか編，2000；遠藤ほか，2019；第13図）。

11. 武蔵野台地（山の手）の成り立ちについて考えてみよう！

このジオ散歩での観察事実を、貝塚ほか編（2000）を参照して時系列的にまとめると、以下のような地形発達史が復元される。今から約12.5万年前の最終間氷期に、下末吉(MIS 5e)海進のピークを迎えて、東京層（もしくは下末吉層）が堆積した。その後、徐々に海面が低下し、約10万年前(MIS 5c)に東京層が離水し、その後、多摩川が流れ込むようになった。多摩川の河床が東京層を侵食しながら、



第 13 図 武蔵野台地 (山の手) の段丘の模式層序. 貝塚ほか編 (2000) を原図として, 修正加筆して使用した.

その上面に大規模な扇状地を形成してできたのが武蔵野礫層である。そして、その上面は武蔵野ローム層と立川ローム層によって覆われ、その地形面が河川段丘である武蔵野面 (M2 面) なのである。矢川橋付近で見た中台面 (M3 面) の離水時期は、約 7 ～ 6 万年前 (MIS 4) と言われている。その一方で、多摩川の侵食から免れた場所が、下末吉面 (S 面) と呼ばれている海成段丘であり、武蔵野面よりも一段高く古い段丘面である。もちろん、下末吉面 (S 面) の地下には東京層 (もしくは下末吉層) が埋没しており、その上面は武蔵野ロームよりも古い下末吉ローム層、ならびに武蔵野ローム層と立川ローム層によって覆われている。なお、下末吉面 (S 面) の模式地は多摩川対岸の横浜市鶴見区にある。都内では、港区～渋谷区～新宿区に広がる淀橋台や世田谷区～大田区～目黒区に広がる荏原台 (田園調布を含む) において下末吉面 (S 面) の分布が知られている (貝塚ほか編, 2000; 遠藤ほか, 2019; 第 13 図)。

その一方で、東京軽石 (Hk-TP テフラ) の研究から、約 6.5 万年前に箱根カルデラが大規模噴火を起こし、南関東一帯に軽石が大量に降下したことが判明している。このとき同時に発生した大規模火砕流は、横浜市付近まで到達していたことが判明している (笠間, 2008; 笠間・山下, 2008)。もしこのような大規模火砕流が今の時代に発生すれば、神奈川県下を中心に南関東一帯で甚大な災害を引き起こすことになるであろう。

このような悠久の歴史を経て、武蔵野台地は、現在、多

くの都民の生活の場となっているのである。

12. 注意とお願い

今回ご紹介した等々力溪谷は、東京都世田谷区内屈指の観光スポットであり、特に週末や休日、桜の開花時期には全国から観光客が押し寄せる。夏場は避暑目的で訪れる都民も多い。等々力溪谷の遊歩道やその一帯は等々力溪谷公園として、主に世田谷区教育委員会によって管理されている。よって、もしご家族や少人数での実施にあたっては、上記の日程を極力避けることが望ましいと思う。その際、世田谷区の公園なので、事前の許可申請の必要はない。もちろん、公園内においてネグリ鎌やスコップを用いることは厳禁である。

服装については、観光地でもあるので、ピクニック程度の軽装で十分である。但し、溪谷沿いには蚊やブヨの類が多く生息するので、できるだけ長袖長ズボンの着用が望ましい。また、遊歩道であっても場所によっては、湧水によって生じた湿地や露頭の崩壊箇所が所々にあるので、足元は、使い古しのスニーカーの着用がおすすめである。

等々力溪谷は立地条件が良く、特に、中学・高校の理科実習や大学の地形学や地質学の学生実習の場所としても、たいへん有望と言える。実際に、等々力溪谷を都内の大学の地質学や地理学の実習地として利用している旨のネット情報が、数多く認められる。但し、等々力不動尊の境内は信仰や修行のための聖なる地であり、いくら教育目的での

来訪と説明したところで、先方に対して余りにも敬意や配慮に欠けているように思われる。特に不動尊～不動滝～稚児太子堂付近は、等々力溪谷公園内に組み込まれている印象もあり、敷地の境界は明確には示されていない。これについては、一般観光客に対する世田谷区や不動尊側の配慮とも受け取れる。但し、不動尊の管理する参道や土地(私有地)において、管理者の善意に甘えて敷地を占拠することは切に慎むべきである。もしやむを得ない事情があれば、事前に世田谷区教育委員会や不動尊側と相談すべきであろう。

この辺りの事情について十分ご配慮頂いた上で、等々力溪谷でのジオ散歩を楽しんで頂ければ、紹介者としてたいへん嬉しく思う。

謝辞：地質情報基盤センターの吉川敏之さま、森尻理恵さま、地質情報研究部門の小松原純子さまには、GSJ地質ニュース寄稿へのアドバイスを賜った。GSJ地質ニュース編集委員会の皆さまには、原稿推敲をサポートして頂いた。上記の皆さまに対し、厚く御礼申し上げる次第である。

文 献

- 遠藤邦彦・千葉達朗・杉中佑輔・須貝俊彦・鈴木毅彦・上杉 陽・石綿しげ子・中山俊雄・舟津太郎・大里重人・鈴木正章・野口真利江・佐藤明夫・近藤玲介・堀 伸三郎(2019) 武蔵野台地の新たな地形区分。第四紀研究, 58, 353-375.
- 岩屋隆夫(1978) 武蔵野台地上の「河川変流向」。多摩のあゆみ, no. 13, 28-33.
- 寿円晋吾(1966) 多摩川流域における武蔵野台地南部の地質(2)。地学雑誌, 75, 266-281.
- 貝塚爽平(1979) 東京の自然史(増補第二版)。紀伊國屋書店, 239p.
- 貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦編(2000) 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原。東京大学出版会, 376p.
- 笠間友博(2008) 大磯丘陵, 多摩丘陵に分布する箱根火山起源のテフラ。神奈川県立博物館調査研究報告(自然科学), no. 13, 111-134.
- 笠間友博・山下浩之(2008) いわゆる「東京軽石層」について。神奈川県立博物館調査研究報告(自然科学), no. 13, 91-110.
- 松崎元樹(1997) 世田谷区御嶽山古墳出土遺物の調査。学習院大学史料館紀要, no. 9, 1-44.

- 中澤 努・長 郁夫・坂田健太郎・中里裕臣・本郷美佐緒・納谷友規・野々垣 進・中山俊雄(2019) 東京都世田谷区, 武蔵野台地の地下に分布する世田谷層及び東京層の層序, 分布形態と地盤震動特性。地質学雑誌, 125, 367-385.

- 日本地下水学会市民コミュニケーション委員会(2014) 都内湧水めぐり。等々力溪谷を訪ねて一雨水貯留浸透技術と等々力溪谷一見学案内資料, 21p. <http://www.jagh.jp/content/shimin/images/wakimizu/20140803/document20140803.pdf> (閲覧日: 2023年9月1日)

- 岡 重文・菊地隆男・桂島 茂(1984) 東京西南部地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 148p.

- 世田谷区教育委員会(1988) 世田谷区立郷土資料館企画展「世田谷の三万年」—最近の発掘調査の成果から—。世田谷区立郷土資料館, 16p.

- 世田谷区立郷土資料館編(2011) 平成23年特別展図録「等々力溪谷展」—溪谷の形成をめぐる—。世田谷区立郷土資料館, 77p.

- 高野繁昭(1987) 多摩丘陵東部および下末吉台地の中・上部更新統の層序。地質学雑誌, 93, 121-139.

- 東京都建設局(2017) 報道発表資料 谷沢川及び丸子川流域, 野川流域の河川整備計画を策定: 都民の命と暮らしを守り, うるおいとやすらぎのある河川を目指して。 <https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2017/09/01/01.html> (閲覧日: 2023年9月1日)

- 東京都建設局(2019) 多摩川水系, 谷沢川及び丸子川流域河川整備計画。 <https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/content/000028989.pdf> (閲覧日: 2023年9月1日)

NANAYAMA Futoshi, SHIGENO Kiyoyuki and ISHII Masayuki (2023) The geological cross-section of the Musashino Plateau (Yamanote area) in Tokyo metropolitan area and its history of landform development: Recommendation for a Geowalk in Todoroki Valley, Setagaya Ward, Tokyo, Japan.

(受付: 2023年9月26日)

さがせ、おもしろ研究！ブルーボックス探検隊が行く 気になる「電気料金高騰」問題に朗報・・・アツい日本のクールな切り札 「地中熱でエアコン」技術のスゴイ中身

再生可能エネルギー研究センター地中熱チーム 富樫 聡

2022年、ロシアのウクライナ侵攻にともなうロシア産資源の禁輸措置、新興国のエネルギー需要の高まり等の影響を受けて、燃料価格が世界的に高騰した。これに為替の影響も加わることで、日本の燃料輸入価格も高騰することとなり、燃料の輸入価格は2022年のもっとも高いときで、液化天然ガス(LNG)で対2022年1月比1.7倍、石炭は同2.8倍、原油は同1.7倍となった(資源エネルギー庁、2023)。

一方で、全国の世帯を対象に環境省が実施した「家庭部門のCO₂排出実態統計調査」(家庭CO₂統計)によると、世帯あたりの年間電力消費の機器別内訳(2019年度)はエアコン(14.7%)、冷蔵庫(14.3%)、照明(13.5%)、テレビ(9.4%)の順で高い割合を示し、一般家庭では冷房・暖房のために多くの電力を使用している状況にあることがわかる(全国地球温暖化防止活動推進センター、2023)。さらに、産業分野に目を向けると、本州・四国・九州の冬季一日間の電力消費内訳のうち空調(空気調和)用途が占める割合は、学校(40.8%)、医療機関(34.9%)、オフィスビル(33.5%)、卸・小売店(38.7%)、ホテル・旅館(22.5%)、飲食店(22.2%)等と報告されており(経済産業省、2022)、多くの施設で一般家庭と同様に空調用の電力消費率が最大となっている。ちなみに、空調機とは室内の空気を均一に調整するための設備(室内の温度調整・湿度調整・気流調整等を行う)であり、室内の温度調整・湿度調整を行う設備であるエアコンは、空調機のひとつに位置づけられる。

以上のとおり我が国においては、民生分野・産業分野ともに空調用途の電力消費率が高いエネルギー消費構造となっている。したがって、家庭では家計の健全性を高めるため、また企業においては事業健全化を図るために、それぞれ空調用途で消費する電力量をいかに減ずるかは重要な問題であると言える。

以上の背景を踏まえて、空調や給湯等の熱利用設備に係る電気料金を削減可能な省エネ技術として、地中熱利用シ

ステムへの期待が高まっている。再生可能エネルギー熱に位置づけられる地中熱は、数十mから100mくらいの地下から採る熱エネルギーであり、年間平均気温よりも2～3℃高い程度の温度で年間を通じてほぼ一定であることが特長である。地中熱利用システムは、地下の温度特性に着目して空調・給湯等の熱利用設備の熱源に地中熱を用いるものであり、大幅な省エネ効果やCO₂排出量削減効果が期待できる。特に昨今では、地中熱をヒートポンプの熱源として利用する「地中熱ヒートポンプシステム」が、ZEB(net Zero Energy Building: 快適な室内環境を実現しつつ、建物で消費する年間一次エネルギーの収支をゼロにすることを目指した建物)等の建物の空調設備として導入されている。

このような社会的背景を受けて、2023年3月に、再生可能エネルギー研究センター地中熱チーム研究チーム長(現:地圏資源環境研究部門総括研究主幹)の内田洋平氏が「地中熱」に関する取材を受けた。本取材は、講談社ブルーボックス編集部による研究室探訪記コラボシリーズの一環として実施されたものであり、内容については「産総研マガジン(第39回、https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/bb0039.html 閲覧日:2023年8月1日)」において詳しく紹介されている。

産総研マガジンは、企業、大学、研究機関などと産総研をつなぎ、時代を切り拓く先端情報を紹介するコミュニケーション・マガジンであり、毎月更新の「話題の〇〇を解説」や、産総研が行っている技術研究が社会、ビジネス/産業界、技術革新、未来でそれぞれどのように活用されているか分かりやすく紹介する「LINK」等の企画記事を掲載・配信している。企画記事のひとつである「さがせ、おもしろ研究！ブルーボックス探検隊が行く」は、講談社ブルーボックス編集部が産総研の研究現場を訪ね、そこにどんな研究者がいるのか、どんなことが行われているのかをレポートする研究室探訪記コラボシリーズであり、2017年にスタートした。

産総研マガジン(第39回)では、はじめに、人類が地下の恒温性を活用してきた過去の事例(竪穴式住居)等を交えて地中熱の特長をわかりやすく紹介している。また、地中熱利用システムの導入メリットとして、省エネ・CO₂削減効果の実績値(3事例)をグラフで示している。これは、発電を目的とする他の再生可能エネルギー(太陽光, 風力, 水力, 地熱等)とは異なり、省エネ目的で利用される地中熱の導入メリットが直感的に理解できるため、非常にインパクトがある。他方、欧米や中国と比べて日本では地中熱の普及が遅れているが、その現状や理由をわかりやすく解説するとともに、豊富な地下水資源を保有する日本では地中熱を活用するメリットの大きい地域が多くあることに言及している。これらの情報によって読者は、我が国において水文地質学的なアプローチにより地中熱研究を進めることの意義がよく理解できるのではないだろうか。

産総研地中熱チームの具体的な活動として、地中熱ポテンシャルマップ、安価な熱応答試験法、農業分野における実証実験(地中熱を利用したバナナ栽培)、東南アジアでの地中熱研究を紹介している。地中熱ヒートポンプシステムには、クローズドループ式システム、オープンループ式システム、帯水層蓄熱システム等、地中熱の利用形態に応じて様々なタイプがあるが、これらのタイプ別に地質・地下水環境特性を考慮して地中熱の開発可能性(導入適度)を可視化したものが地中熱ポテンシャルマップである。地中熱ポテンシャル評価に関する研究活動内容については、内田(2014, 2020)に詳しいため参照されたい。また、農業分野における実証実験は内田(2021)で紹介されている。さらに、東南アジアでの地中熱研究活動については、タイやベトナムでの事例が内田(2015, 2016, 2017)、内田・アリフ(2017)、内田・藤井(2018)等で詳しく報告されている。興味がある方はぜひご覧いただきたい。

最後に、内田氏の言葉をお借りしてまとめさせていただく。「カーボンニュートラルを推進するための絶好の“お宝”が足元に埋まって」おり、「地味だけどすごい可能性が、地中熱には秘められている」ことが産総研マガジンならびにGSJ地質ニュース読者に認知いただけるとたいへん嬉しく思う。

文 献

- 経済産業省(2022) 冬季の省エネ・節電メニュー 事業者の皆さま(本州・四国・九州). https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/media/data/2022_winter/setsudenmenu_jigyosha02.pdf (閲覧日: 2023年8月1日)
- 資源エネルギー庁(2023) 2023年6月の電気料金, なぜ値上がりするの? いくらになるの? https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/denkidai_kaitei.html (閲覧日: 2023年8月1日)
- 内田洋平(2014) 地中熱研究紹介. GSJ地質ニュース, 3, 308-311.
- 内田洋平(2015) タイにおける地中熱ヒートポンプシステム実証試験. GSJ地質ニュース, 4, 306-308.
- 内田洋平(2016) タイ国立地質博物館地中熱ヒートポンプシステム設置工事. GSJ地質ニュース, 5, 287-289.
- 内田洋平(2017) ベトナム地球科学鉱物資源研究所地中熱ヒートポンプシステム設置工事. GSJ地質ニュース, 6, 140-142.
- 内田洋平(2020) FREA 再生可能エネルギー研究センター地中熱チームの2020年度研究戦略. GSJ地質ニュース, 9, 207-208.
- 内田洋平(2021) FREA 再生可能エネルギー研究センター地中熱チームの2021年度研究戦略. GSJ地質ニュース, 10, 94-96.
- 内田洋平・アリフウィディアトモジョ(2017) ベトナム地球科学鉱物資源研究所地中熱ワークショップ開催報告. GSJ地質ニュース, 6, 244-245.
- 内田洋平・藤井 光(2018) タイ・バンコクにて東南アジア初の熱応答試験実施. GSJ地質ニュース, 7, 156-158.
- 全国地球温暖化防止活動推進センター(2023) 家庭における消費電力量の内訳. <https://www.jccca.org/download/12981> (閲覧日: 2023年8月1日)

1月号 (Vol.12 No.1)**表紙**：富士川河口断層帯と雲海に浮かぶ黒富士

写真と文：七山 太
 年頭のご挨拶ー防災・減災への思いー／中尾信典…………… 1
 資源産業と地質との関わりを直接学べる南関東ガス田での見学会の魅力とはー石油技術協会の見学会での実施経験を振り返って(温故知新の旅)ー第5部 特別見学会(地質編)3: 養老溪谷中瀬遊歩道と大多喜町沢山林道での梅ヶ瀬層や大田代層の見学／徳橋秀一…………… 4
 GSJ Webinar 2022: 概要報告／吉川美穂・牧野雅彦・宮崎一博・伊尾木圭衣…………… 27
 盛谷智之氏を偲んで／西村 昭…………… 31

2月号 (Vol.12 No.2)**表紙**：栃木県足利市の切り通しにみられるチャートの褶曲

写真と文：伊藤 剛
 日本内陸部のストレスマップをオンライン公開ー内陸部で発生しやすい・誘発されやすい地震断層の特徴を解明ー／内出崇彦・椎名高裕・今西和俊…………… 33
 紀伊半島南部の橋杭岩周辺で巨大津波の証拠を発見／行谷佑一・前空英明・穴倉正展・越後智雄…………… 36
 チャートが生み出した足利の地形：足尾山地南西部「桐生及足利」地域で観察できる地層と岩石／伊藤 剛…………… 41
 J.J. ライン著「日本海岸の永年隆起」邦訳／山田直利・矢島道子…………… 47
 第34回地質調査総合センターシンポジウム「防災・減災に向けた産総研の地震・津波・火山研究ー東日本大震災から10年の成果と今後ー」の開催報告／第34回地質調査総合センターシンポジウム事務局…………… 52
 2022年度第2回地質調査研修実施報告／利光誠一・金子翔平…………… 58
 ニュースレター「元地質調査所次長・地質調査総合センター代表の加藤碩一氏が瑞宝中綬章を受章」…………… 64
 書籍紹介「地球の中身 何があるのか、何が起きているのか」…………… 66

3月号 (Vol.12 No.3)**表紙**：静岡県最南端、御前崎の岬先端から見た駿河湾と富士火山

写真と文：七山 太
 十和田火山の巨大噴火を引き起こしたマグマの蓄積深度が明らかに／中谷貴之・工藤 崇・鈴木敏弘…………… 69
 愛知県瀬戸地区の窯業原料資源の成因に関する考察ーその1・その多様性を考えるー／須藤定久・宮腰久美子・高木哲一…………… 72
 地熱発電プラントリスク評価システムを開発ー酸性熱水資源の活用を進め、地熱資源の利用促進に貢献ー／柳澤教雄・

佐藤真丈・大里和己・佐倉弘持・三ヶ田 均・長田和義

…………… 77
 リール大学(フランス)での在外研究報告／野田 篤…………… 83
 地質標本館での日本の地名由来鉱物の展示／佐脇貴幸…………… 89
 書籍紹介「天変地異の地球学 巨大地震、異常気象から大量絶滅まで」…………… 96

4月号 (Vol.12 No.4)**表紙**：航空機から見た北海道東部、白糠町の石炭岬と庶路川東方の浜堤列平野

写真と文：七山 太
 海底面下を透視する技術を開発ー深海の埋性底生生物の現場観測に世界で初めて成功ー／水野勝紀・野牧秀隆・CHEN Chong・清家弘治…………… 99
 国の内外でパワフルな活躍をされた地質調査所時代の大先輩、平山次郎氏の生涯と業績(前編)／徳橋秀一・柳沢幸夫…………… 103
 経済産業省こどもデー出展報告「地盤の揺れる様子と液状化を目の前で見てみよう」／金子翔平・穴倉正展・兼子尚知・宮地良典・落 唯史・今西和俊・金子雅紀・石塚吉浩…………… 112
 「地質情報展 2022 とうきょうー都心の地下を探るー」開催報告／金子翔平・遠山知亜紀・穴倉正展・宮下由香里・利光誠一…………… 114
 産技連 知的基盤部会 地質地盤情報分科会 令和4年度講演会「斜面災害低減に向けた地質地盤情報の利活用」開催報告／野々垣 進・小松原純子・納谷友規・宮地良典…………… 120
 書籍紹介「フィールドマニュアル 図説 堆積構造の世界」…………… 124

5月号 (Vol.12 No.5)**表紙**：いすみ市大原海岸に露出する上総層群大原層の露頭

写真と文：小松原純子・宇都宮正志
 地質調査総合センターの令和5(2023)年度運営体制紹介とご挨拶／中尾信典…………… 127
 地質調査総合センターの2023年度研究展開／今泉博之…………… 129
 地質情報研究部門の2023年度研究戦略／荒井晃作…………… 132
 活断層・火山研究部門の2023年度研究戦略／藤原 治…………… 138
 地圏資源環境研究部門の2023年度の研究戦略／相馬宣和…………… 142
 再生可能エネルギー研究センター 地熱チーム・地中熱チームの2023年度研究戦略／浅沼 宏…………… 145
 地質情報基盤センターの2023年度業務戦略／吉川敏之…………… 148
 「日本地質誌」抄訳ーJ.J. ライン著『日本の実地調査と研究』第1巻(1881)よりー(その1) 日本の地質概要および山地構成層／山田直利・矢島道子…………… 150

6月号 (Vol.12 No.6)

- 表紙:** 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……………写真と文: 七山 太
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…………… 161
- 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…………… 166
- 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…………… 177
- 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」… 186
- 書籍紹介 『『美食地質学』入門 和食と日本列島の素敵な関係』…………… 188
- 新人紹介 (三國和音・金木俊也)…………… 190

7月号 (Vol.12 No.7)

- 表紙:** 甲斐猿橋の地質学的立地条件……………写真と文: 七山 太
自然由来重金属類の濃度分布とそれに関わる環境因子の情報を公開 —九州地方における表層土壌の環境が人に及ぼすリスクを見える化— / 原 淳子・川辺能成…………… 191
- 「日光白根及び三岳火山地質図」を刊行 日光白根火山周辺の噴火史と火口位置が明らかに / 草野有紀・及川輝樹・石塚吉浩・石塚 治・山元孝広…………… 196
- 国の内外でパワフルな活躍をされた地質調査所時代の先輩、平山次郎氏の生涯と業績 (中編) / 徳橋秀一・柳沢幸夫…………… 200
- ニュースレター「20 万分の 1 日本シームレス地質図の主要編集者が文部科学大臣表彰科学技術賞 (開発部門) を受賞」…………… 221

8月号 (Vol.12 No.8)

- 表紙:** オホーツクスカイタワーから望む紋別市街地, 紋別港とオホーツク海……………写真と文: 七山 太
海底地形にゴジラの名前!? — フィリピン海プレート上の巨大メガムリオンの掘削の実現に向けて前進— / 道林克禎・小原泰彦・針金由美子・小野重明…………… 223
- 付加体学事始め: 黎明期における私的回想 第二部 付加体学の肉付け / 小川勇二郎…………… 226
- 第 37 回 GSJ シンポジウム 地圏資源環境研究部門研究成果報告会 地圏資源環境研究部門の最新研究 ~新たなチャレンジと展望~ / 地圏資源環境研究部門広報委員会…………… 237
- 2022 年度産総研一般公開「体感せよ!! 研究の日常~リアルラボツアー~」での岩石保管庫説明を担当して / 柳澤教雄・角井朝昭・中村由美・古澤みどり…………… 240
- 新人紹介 (湊 翔平・山岡 健・島田佑太郎・小村悠人)…………… 246

- 書籍紹介「人類の起源 古代 DNA が語るホモ・サピエンスの『大いなる旅』」…………… 248

9月号 (Vol.12 No.9)

- 表紙:** 岩手県田野畑村, 羅賀海岸に露出する下部白亜系宮古層群と古い海成段丘群……………写真と文: 七山 太
日本海拡大時の大地の急速沈降と回転の同時発生を発見—地質調査が明かす棚倉断層帯沿いの堆積盆の詳細な発達史— / 細井 淳・谷井優理恵・岡田 誠・羽田裕貴…………… 251
- 「日本地質誌」抄訳 — J.J. ライン著 『日本の実地調査と研究』第 1 巻 (1881) より— (その 2) 日本の火山 / 山田直利・矢島道子…………… 255
- 第 39 回 GSJ シンポジウム「美ら島の産業と環境の調和を科学の力で—陸・沿岸・海洋研究の最前線—」開催報告 / 今泉博之…………… 262
- 2023 年度第 1 回地質調査研修 (地質図作成未経験者向け) 実施報告 / 利光誠一・森田澄人・金子翔平…………… 267
- 尾上 享さんと地質標本館「化石クリーニング体験学習」イベント / 利光誠一・兼子尚知・辻野 匠・中島 礼…………… 272
- 新人紹介 (中谷貴之・飯島真理子・細野日向子・羽田裕貴)…………… 276

10月号 (Vol.12 No.10)

- 表紙:** 噴火を間近で観測する研究者 (トカラ列島, 諏訪之瀬島)……………写真と文: 松本恵子
過去の地磁気の検出によりマンガンジュールの回転を実証—球状海底資源が深海底を転がり埋没せずに形成した過程を解明— / 小田啓邦・片野田 航・臼井 朗・村山雅史・山本裕二…………… 279
- 付加体学事始め: 黎明期における私的回想 第三部 発展期へ / 小川勇二郎…………… 284
- 「地質情報展 2023 いわて—明日につなぐ大地の知恵—」開催報告 / 金子翔平・宍倉正展・宮下由香里・利光誠一…………… 293
- 新人紹介 (コンウェイ・クリストファー)…………… 300
- ニュースレター「元地質調査所地殻熱部長 笹田政克氏が瑞宝小綬章を受章」…………… 300

11月号 (Vol.12 No.11)

- 表紙:** 北海道東部, 弟子屈町のアトサヌプリ火山と硫黄鉱床……………写真と文: 七山 太
- 口絵:** 山口県美祿市の神社石造物にみる地域に根付いた石灰石文化 / 藤川将之・中澤 努・上野勝美…………… 303
- AI 技術を用いた深海における環境影響評価手法を考案—物体検出モデルにより画像から懸濁粒子数を自動計測— / 齋藤直輝・Travis WASHBURN・鈴木 淳…………… 305
- 地質標本館展示更新: 1 階ロビーの「誕生石」展示 / 柳澤教雄・角井朝昭・瀬戸口 希・古澤みどり・朝川暢子・清水裕子…………… 310
- 第 38 回 地質調査総合センターシンポジウム「美ら海から知る

美ら島の歴史 —500 万年間の地史を求めて—」開催報告／井上卓彦・荒井晃作・板木拓也・宮地良典・清家弘治・有元 純・三澤文慶…………… 312

国の内外でパワフルな活躍をされた地質調査所時代の大先輩，平山次郎氏の生涯と業績（後編）／徳橋秀一・柳沢幸夫…………… 316

書籍紹介「伊豆諸島の自然と災害」…………… 321

ニュースレター「地質調査総合センターから4組の方々が日本地質学会の各賞を受賞」…………… 323

12月号 (Vol.12 No.12)

表紙：オホーツク海に突き出したウスタイベ千畳岩から望む枝幸市街地……………写真と文：七山 太

口絵：山口県美祢市産大理石石材「御器伏」「梅花石」：秋吉石灰岩形成初期の石灰岩／中澤 努・藤川将之・上野勝美…………… 325

月のリモートセンシング地質学：月の地殻－マントル境界からの岩石露頭の地質構造／山本 聡・大竹真紀子・唐牛 譲・鹿山雅裕・長岡 央・石原吉明・春山純一…………… 327

南海トラフプレート境界断層の現場再現実験から断層のすべり特性を解明 —スロー地震と巨大地震の発生メカニズムの解明に貢献—／奥田花也・北村真奈美・高橋美紀・山口飛鳥…………… 332

武蔵野台地（山の手）の地質断面とそこから読み解ける地形発達史 —世田谷区，等々力溪谷でのジオ散歩のススメー／七山 太・重野聖之・石井正之…………… 336

記事紹介「さがせ，おもしろ研究！ブルーバックス探検隊が行く 気になる『電気料金高騰』問題に朗報・・・アツイ日本のクールな切り札『地中熱でエアコン』技術のスゴイ中身」…………… 350

GSJ 地質ニュース 総目次 2023 年1月号～12月号 …… 352

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 宮地良典
副委員長 戸崎裕貴
委員 竹原孝
児玉信介
草野有紀
宇都宮正志
山岡香子
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 12 号
令和 5 年 12 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
中央事業所 7 群

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : MIYACHI Yoshinori
Deputy Chief Editor : TOSAKI Yuki
Editors : TAKEHARA Takashi
KODAMA Shinsuke
KUSANO Yuki
UTSUNOMIYA Masayuki
YAMAOKA Kyoko
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. 12
December 15, 2023

Geological Survey of Japan, AIST

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

オホーツク海に突き出したウスタイベ千畳岩から望む枝幸市街地

[cover photo](#)



枝幸港北方のオホーツク海に突き出したウスタイベ千畳岩は、ガラス質～真珠岩質安山岩からなり、ほぼ水平に発達した冷却節理や流理構造により、畳が敷き詰められたような独特の景観を示す。この岩体の貫入時期は不明ながら、周辺の火山岩の K-Ar 年代値が 14～9 Ma の範囲にあることから、千島背弧海盆拡大に関連した火成活動によるものと考えられている。写真奥に見えている枝幸市街地は、ウスタイベ千畳岩と類した安山岩を基盤とし、約 12.5 万年前に波食後離水して生じた海成段丘（標高 15～20 m）の上に立地している。

（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）

Esashi downtown seen from the Ustaibe-Senjiowa Rock protruding into the Sea of Okhotsk, northeastern Hokkaido, Japan. Photo and caption by NANAYAMA Futoshi