

GSJ

地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース

2024

11

Vol.13 No.11



11月号

-
- 281 **令和 6 年（2024 年）能登半島地震の概要と産総研の対応**
藤原 治・今西和俊
-
- 284 **令和 6 年能登半島地震に先行して長期継続した群発地震**
雨澤勇太
-
- 292 **地下水資源の維持に重要なエリアがひと目でわかるマップが完成**
—水文環境図「越後平野（信濃川流域）」の公開—
町田 功・坂東和郎・藤野丈志・小酒欽弥・五十石浩介・野内冴希・
小西雄二・井川怜欧・松本親樹・内田洋平・シュレスタ ガウラブ・
バトデンベレル バヤンズル・福本幸一郎
-
- 297 **地質標本館特別展「GSJ のピカイチ研究 —2023 年のプレスリリース等で発信した成果より—」の開催**
森田澄人・都井美穂・清水 恵・地質標本館室運営グループ
-
- 300 **2024 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・羽地俊樹・住田達哉
-
- 304 **土壌中のナノプラスチック濃度の測定技術を開発**
—地圏環境中に拡散したプラスチック粒子量分布の把握に貢献—
土田恭平・井本由香利・斎藤健志・原 淳子・川辺能成
-
- 307 **書籍紹介 「地形環境史研究 —地理学と考古学・歴史学の接点—」**

令和 6 年(2024 年)能登半島地震の概要と産総研の対応

藤原 治¹・今西 和俊¹

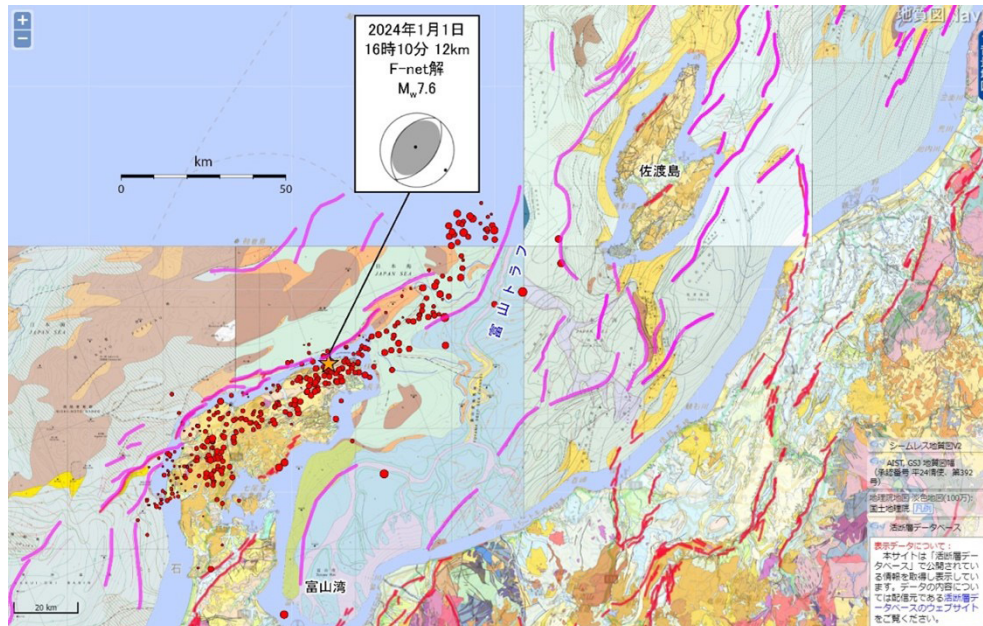
※この報文は IEVG ニュースレター 2024 年 2 月号記事に加筆し、再編したものです。

1. はじめに

令和 6 年 1 月 1 日 16 時 10 分、石川県能登地方の深さ約 15 km でマグニチュード (M) 7.6 の大地震が発生し、石川県の志賀町で最大震度 7 を観測したほか、能登地方の広い範囲で震度 6 強や 6 弱の揺れを観測しました。広範囲での強震動による被害に加え、能登半島の日本海沿岸では約 80 km にわたり隆起(最大約 4 m)が確認されるとともに、珠洲市南部を中心に津波による被害が生じたほか、広い地域で液状化の被害も発生しました。気象庁はこの地震を「令和 6 年能登半島地震」と命名しました。本震の発震機構は北西 - 南東方向に圧縮軸を持つ逆断層型で、この地域では一般的なタイプです。余震は北東 - 南西に延びる約 150 km の範囲に拡がり、主に南東に傾斜した面に沿って分布しています。能登半島北東部では、2020 年 12 月ごろ

から活発な群発地震が続いており (Amezawa *et al.*, 2023), 2021 年 9 月 16 日 (M5.1), 2022 年 6 月 19 日 (M5.4), 2023 年 5 月 5 日 (M6.5) にも局所的な被害を起こす地震が発生していました。

産総研では、2007 年能登半島地震 (M6.9) 及び新潟県中越沖地震 (M6.8) が沿岸域で発生したことを受けて、陸域から海域の地質情報の「空白域」の調査を実施し、現在までに 7 地域の海域活断層を含む詳細な地質情報を公開してきました。2010 年には、今回の地震を引き起こしたと考えられる活断層について公表し (井上・岡村, 2010), それは国の津波浸水想定に必要な断層モデルの作成にも活用されました (日本海における大規模地震に関する調査検討会, 2014)。能登半島周辺海域の活断層と令和 6 年能登半島地震の震央分布を第 1 図に示します。



第 1 図 能登半島周辺海域の活断層と 2024 年 1 月 1 日の地震 (オレンジ色の星) とその余震の震央分布。海域の紫色の活断層トレースは、岡村 (2019) に、赤色の活断層トレースは、活断層データベースに基づく。基図は、20 万分の 1 海底地質図及び日本シームレス地質図 V2。震源は防災科学技術研究所 Hi-net の自動震源処理結果 (2024/1/1 00:00 ~ 2024/1/2 08:59, 深さ 20 km 以浅) で、メカニズム解は防災科学技術研究所の F-net 解を示す。余震分布の北側に沿う断層群は南傾斜、余震分布東部の南東側 (富山トラフの文字がある付近) の断層は北西傾斜を示す (地理院地図を使用。地質調査総合センター公式ウェブサイトより)。

2. 産総研の対応

令和6年能登半島地震の発生当日から、産総研では関係者で今後の対応を協議するとともに、産総研が取りまとめた地質情報や活断層に関する資料を作成し、1月2日に開催された臨時の地震調査委員会に提出しました。1月3日には地質調査総合センター公式ウェブサイトの特設ページを開設し、10月末現在、第12報まで関連情報を公表しています(<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/noto2024/index.html> 閲覧日：2024年7月9日)。報道関係者の取材にも積極的に対応し、3/31までに、新聞報道133件、TV報道17件、Web媒体81件などとなっています。また、被災地の状況にも配慮しながら、緊急の現地調査も進めてきました。海岸の隆起調査に関しては、輪島市門前町鹿磯において、4mの海岸隆起を確認しました(第2図；穴倉ほか、2024)。能登半島北部沿岸にはおよそ6千年前以降に形成されたと考えられる3段の海成段丘(高位からL1面～L3面と呼ぶ)が分布しており、過去に海成段丘を形成するような大きな隆起が少なくとも3回起きていたことが報告されています(穴倉ほか、2020)。今回の地震に伴う隆起によってL4面と呼ぶべき4段目の海成段丘が形成されたことになります。今後さらに能登半島北岸に分布する海成段丘等の高度分布と形成年代を調査し、今回の地震と同タイプの地震の繰り返し間隔を復元したいと考えています。

津波に関しては、珠洲市等において浸水状況の調査を行いました。樹木に残ったデブリ(津波による漂流物)や建物壁面に残されたウォーターマークから数地点で浸水深(地表からの高さ)を測定した結果、珠洲市の浸水深は約50～140cmであったことが確認されました(第3図；谷川ほ



第2図 海岸の隆起調査。鹿磯漁港の防潮堤に固着した生物遺骸が示す隆起の様子。人が持っている標尺の長さは5m(地質調査総合センター公式ウェブサイトより)。

か、2024)。また、珠洲市若山町付近及び羽咋郡志賀町^{はくいぐん}北部で報告されている地表断層の可能性のある地表変状の調査も行い、ずれの量の計測や地表変状の特徴をまとめました(第4図；吉見・丸山、2024)。その他、珠洲市、輪島市門前町、志賀町に合計10台の地震計を設置し(第5図)、蓄積されたデータの分析から詳細な余震活動の把握や地盤特性と被害状況の関係を解明していく予定です。新たに得られた成果は、IEVGニュースレターまたは地質調査総合センター公式ウェブサイトでも公表していく予定です。

末尾になりますが、能登半島地震で被災された皆様には心よりお見舞い申し上げますとともに、1日も早い復興を願っております。



第3図 津波の浸水状況調査。建物壁面のウォーターマークを赤矢印で示す(地質調査総合センター公式ウェブサイトより)。



第4図 地表変状調査。珠洲市若山町^{なか}中の水田に生じた南側上がりの落差。南東に向かって撮影。人物の身長は約180cm(地質調査総合センター公式ウェブサイトより)。



第 5 図 地震計の設置風景。蓄積されたデータは、詳細な余震活動や地盤特性の把握のために活用される。

文 献

Amezawa, Y., Hiramatsu, Y., Miyakawa, A., Imanishi, K. and Otsubo, M. (2023) Long-living earthquake swarm and intermittent seismicity in the northeastern tip of the Noto Peninsula, Japan. *Geophysical Research Letters*, **50**, e2022GL102670.

井上卓彦・岡村行信（2010）能登半島北部周辺 20 万分の 1 海域地質図及び説明書。海陸シームレス地質情報集，「能登半島北部沿岸域」，数値地質図 S-1，産総

研地質調査総合センター。 https://www.gsj.jp/data/coastal-geology/GSJ_DGM_S1_2010_01_b_sim.pdf（閲覧日：2024 年 7 月 9 日）

日本海における大規模地震に関する調査検討会（2014）

日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書。 https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/（閲覧日：2024 年 7 月 9 日）

岡村行信（2019）日本海における活断層の分布と今後の課題。地震第 2 輯，**71**，185–199.

穴倉正展・越後智雄・行谷佑一（2020）能登半島北部沿岸の低位段丘および離水生物遺骸群集の高度分布からみた海域活断層の活動性。活断層研究，no. 53，33–49.

穴倉正展・行谷佑一・越後智雄（2024）令和 6 年（2024 年）能登半島地震の関連情報：第四報 2024 年能登半島地震の緊急調査報告（海岸の隆起調査）。 <https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/noto2024/noto2024-04.html>（閲覧日：2024 年 7 月 9 日）

谷川晃一朗・松本 弾・嶋田侑真（2024）令和 6 年（2024 年）能登半島地震の関連情報：第六報 2024 年能登半島地震の緊急調査報告（津波の浸水状況調査）。 <https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/noto2024/noto2024-06.html>（閲覧日：2024 年 7 月 9 日）

吉見雅行・丸山 正（2024）令和 6 年（2024 年）能登半島地震の関連情報：第九報 2024 年能登半島地震の緊急調査報告（陸域に出現した地表変状の現地調査）。 <https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/noto2024/noto2024-09.html>（閲覧日：2024 年 7 月 9 日）

FUJIWARA Osamu and IMANISHI Kazutoshi (2024) The 2024 Earthquake of Noto Peninsula and urgent survey of GSJ.

（受付：2024 年 7 月 9 日）

令和 6 年能登半島地震に先行して長期継続した 群発地震

雨澤 勇太¹

1. はじめに

2024 年元旦、能登半島北東部を震源とする令和 6 年能登半島地震（マグニチュード 7.6）が発生し甚大な被害が起きました。一方、能登半島北東部ではこの地震に先立って 2018 年 5 月ごろから群発地震が長期継続しており、その駆動要因として、地殻内に存在する流体の影響が指摘されていました。本稿では、まず群発地震という現象について簡単に紹介した後、能登半島北東部の群発地震について、地震活動の詳細な解析を基軸に群発地震のメカニズムを考察した研究成果（Amezawa *et al.*, 2023）を関連する他の研究成果と併せてご紹介いたします。

2. 群発地震 — 駆動メカニズムとその継続時間 —

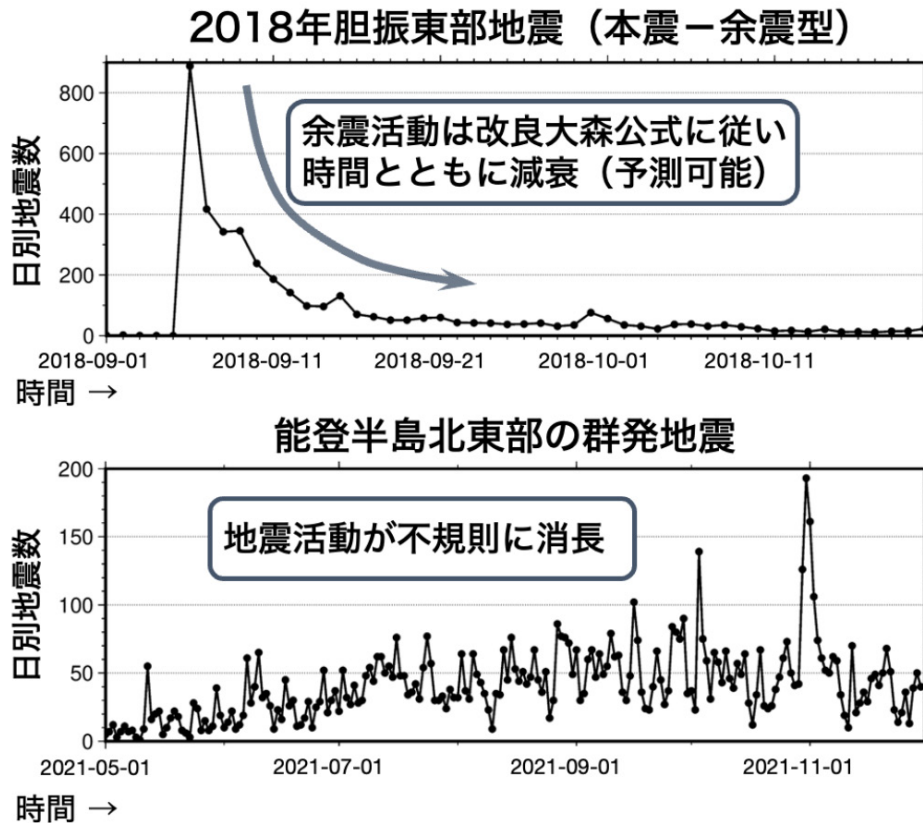
群発地震とは、地震活動の初期に本震（最大規模の地震）が発生せず、地震数や地震の規模が不規則に変化するような地震活動が、ある地域で一定期間継続するような現象です。本稿では「群発地震」を現象名、「群発地震活動」を群発地震による地震活動と定義します。群発地震は火山・地熱地帯・人工注水の坑井周辺で多く観測されます。群発地震の駆動メカニズムとして、水やガスを主とする高压の流体が弱面へ浸入することによる有効法線応力（弱面を押さえ付ける力）の低下やマグマ陥入・非地震性滑りによる局所的な応力場の変化が考えられてきました（例えば、Shelly *et al.*, 2016；Toda *et al.*, 2002；Dublanche and De Barros, 2020）。群発地震は以上のような外的要因の時空間変化によって駆動されるため、「震源マイグレーション」（地震活動の時空間発展）を伴うことがあります。特に、シェールガスなどの地下資源掘削のために行われる人工注水に伴って発生する群発地震に関して、拡散的な震源マイグレーションが観測され、地下における流体圧の拡散と群発地震活動の時空間発展の関係が明らかにされてきました（例えば、Shapiro *et al.*, 1997；Shapiro and Dinske, 2009；Goebel and Brodsky, 2018）。また、世界各地の群発地震につい

て、震源マイグレーションの拡散係数が推定され、群発地震活動の時空間発展の速さを表す特徴量として比較研究が行われてきました（例えば、Chen *et al.*, 2012；Amezawa *et al.*, 2021；Danré *et al.*, 2022）。

以上のように、群発地震の駆動メカニズムについて理解が深まってきた一方、群発地震の継続時間については依然として未解明な部分が多く残されています。典型的な地震活動パターンである本震—余震型の場合、その余震発生数は時間と共に改良大森公式という統計則にしたがって減少するため、余震活動の継続時間は予測可能です（第 1 図）。しかし、群発地震では改良大森公式に従わないような地震活動となるため、その継続時間を見通すことは極めて困難です。また、駆動メカニズムが同様な群発地震であっても、その継続時間は多様で、数日程度で終了するものから数年継続するものもあります。例えば、世界的に有名な松代群発地震は 1965 年から 1967 年にわたって継続し、終盤には地下からの大量の湧水を伴ったことから、高压の流体によって駆動されたと考えられています（例えば、Cappa *et al.*, 2009）。一方、2009 年に箱根で発生した群発地震では、松代と同様に高压な流体が関与したと考えられていますが、8 日程度で終了しています（Yukutake *et al.*, 2011）。本稿で解説する能登半島北東部の群発地震も高压な流体が関与したと考えられていますが、4 年以上も長期継続しています。近年、群発地震の継続時間の規定要因を知る手掛かりの 1 つとして、震源マイグレーションの速さと継続時間との間に逆相関関係が発見され（Amezawa *et al.*, 2021；Danré *et al.*, 2022）、岩石の浸透率などが群発地震の継続時間に大きく影響している可能性が指摘されています。しかし、数年にわたって長期継続する群発地震のメカニズムについては不明な点が多く、群発地震の全貌を理解するにあたっての大きな謎となっています。能登半島北東部で長期継続した群発地震は、世界的に最長かつ最大級の群発地震の 1 つであり、この謎を解明するための重要な手掛かりになり得る現象と言えます。

¹ 東京科学大学理学院 地球惑星科学系 〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1

キーワード：能登半島、群発地震、流体

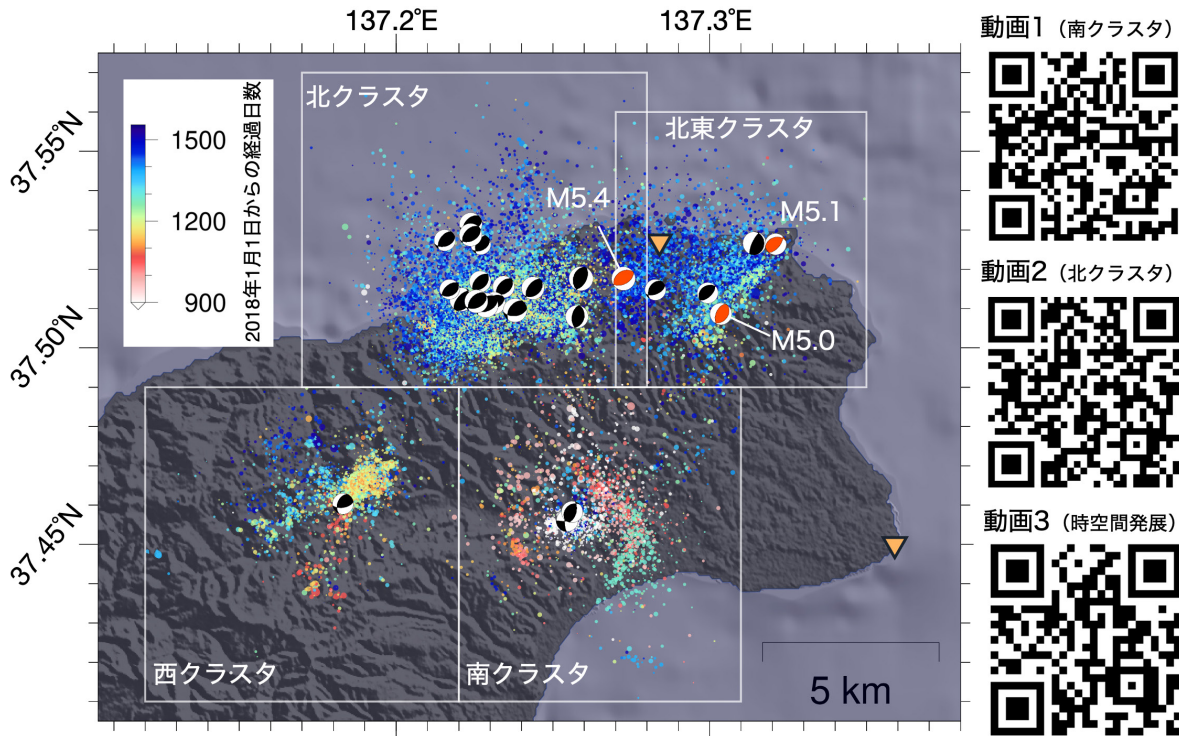


第1図 本震－余震型と群発地震の日別地震数の時系列.

3. 能登半島北東部の群発地震活動の特徴

さて、ここからは能登半島北東部の群発地震に話題を移しましょう。本稿では、Amezawa *et al.* (2023) に基づき、2018年5月から2022年6月までの群発地震活動の詳細を主に解説していきます。まずは、群発地震活動の特徴を見ていきたいと思います。動画もありますので、併せてご覧ください(第2図の動画1・動画2では、震源分布の3次元表示をご覧ください。QRコード・URLをご参照ください)。第2図に、本地域の群発地震活動の空間分布を示します。これを見ると、群発地震活動は空間的に4つの領域(南・西・北・北東(東)クラスタ)に分かれていることが分かります。本稿においては、「クラスタ」という用語を「複数の震源が空間的に密集したもの」と定義します。どのクラスタも震源の深さが10–20 kmと地殻内地震の発生深度としては比較的深いという共通点を持つものの、各クラスタにおける群発地震活動の様相は大きく異なります。一連の群発地震活動の発端となった南クラスタの地震活動は、マグニチュード(M) 2以下の微小地震が主であり、時間的に「間欠的な群発地震活動」を伴うという特徴があります(第3図a)。また、震源が円錐面上に分布するような独

特な震源分布をしています(第2図、動画1)。西クラスタでも同様にM 2以下の微小地震が卓越するものの、ここでは間欠的な群発地震活動は見られませんでした(第3図b)。西クラスタの震央分布はV字のようになっており、北北東–南南西と北東–南西のそれぞれ5 kmほどの空間に板状の震源分布が確認できます。また、2つの板状の震源分布の会合部ではM 3–4級のやや規模の大きな地震も発生しています。北クラスタでは、M 2以下の微小地震に加えてM 3–4級の地震が多数発生しています(第3図c)。その震源分布を見ると、走向が北東–南西方向で約45°東傾斜の長さ1 kmほどの面状な震源分布が複数確認できます(第2図、動画2)。令和6年能登半島地震(M7.5)の震源(断層の破壊開始点)はこのクラスタの直上に推定されています。北東クラスタの群発地震活動は2021年7月ごろまではM 2以下の微小地震が主でしたが、その後間もなく2021年9月16日にM 5.1、2022年6月19日にM 5.4、2022年6月20日にM 5.0の地震が発生しており、比較的規模の大きな地震が発生しています(第3図d)。2023年5月5日のM 6.5の地震はこのクラスタの浅部延長で発生したと推定されています(Yoshida *et al.*, 2023; Kato, 2024)。



第2図 能登半島北東部の群発地震活動。色付きの丸は2018年1月1日からの地震の震央。黒色および赤色の震源メカニズム解はマグニチュード(M)4以上5未満およびM5以上の地震の防災科学技術研究所F-net CMT解。橙色の逆三角形は定常地震観測点。本図はAmezawa *et al.* (2023) Figure 1を一部改変したものである。動画1は南クラスタの震源分布(<https://youtube.com/shorts/OiClqYeNVic> 閲覧日:2024年8月30日)。動画2は北クラスタの震源分布(<https://youtube.com/shorts/6N3cAzJiDwU> 閲覧日:2024年8月30日)。動画3は群発地震活動の時空間変化(<https://youtube.com/shorts/JYZgVIVAerM> 閲覧日:2024年8月30日)。それぞれの動画は、Amezawa *et al.* (2023)のSupporting Information Movie S2, S3, S1と同様のものである。

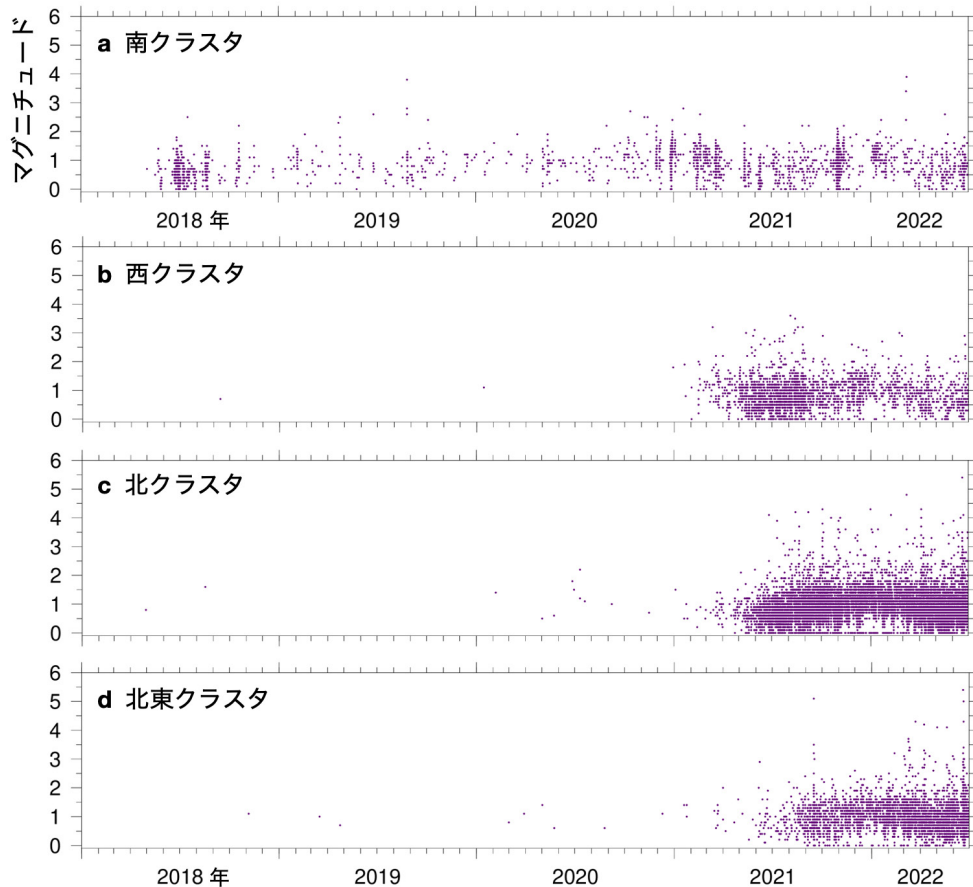
4. 群発地震活動の時空間発展

続いて、群発地震活動の時空間発展を見ていきたいと思います。こちらもぜひ動画をご参照ください(第2図の動画3のQRコード・URL)。まず、2018年5月ごろ、南クラスタの浅部側(深さ10–15 km)において群発地震が発生し、2 km四方ほどの領域でM2以下の微小地震による群発地震活動が半年ほど活発化しました。その後は、地震発生頻度を減少させつつも、南クラスタの同領域とそこから北・北東クラスタにかけての領域で2年ほど継続しました。一転して、2020年11月30日、これまで地震活動が全くなかった南クラスタの深部側(深さ15 km以深)で、突如として活発な群発地震活動が発生しました。その後、西クラスタ、北クラスタ、北東クラスタの順に群発地震活動が発生していきました。

これらの群発地震活動の時空間発展を定量評価するために、間隙流体圧(媒質の間隙に存在する流体による圧力)の等方拡散モデル(Shapiro *et al.*, 1997)をそれぞれのクラスタの群発地震活動について適用し、震源マイグレーションの拡散係数を推定しました。西・北・北東クラスタについ

ては、群発地震活動の全期間に対して拡散的な震源マイグレーションが観測され、それらの拡散係数はいずれも $1.0 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ 程度と推定されました(第4図a, b, c)。世界各地のさまざまなテクトニクス下における群発地震で観測された震源マイグレーションの拡散係数は 4.0×10^{-3} – $5.0 \times 10^0 \text{ m}^2/\text{s}$ (Amezawa *et al.*, 2021)の範囲なので、これらと比較すると能登半島北東部の群発地震について推定された値は、標準～やや小さめの値であると言えます。一般に拡散係数は媒質の浸透率(多孔質物体内の流体での流れやすさ)に比例する量であることから、観測された震源マイグレーションが間隙流体圧の拡散に対応すると仮定した場合、群発地震の発生域の地殻構成物質の浸透率は低めであると言えます。また、震源マイグレーションの開始点は、どのクラスタにおいても南クラスタに近い側に推定されました(第4図d, e, f)。このことは、南クラスタから他クラスタへ流体が供給されたことを意味します。

一方、南クラスタについては全期間的な震源マイグレーションは確認できませんでしたが、各々の間欠的な群発地震活動について拡散的な震源マイグレーションが観測されました。特に、2020年末以降に突然活発化した深部側の



第3図 各クラスタの群発地震活動のマグニチュードの時系列. (a) 南クラスタ, (b) 西クラスタ, (c) 北クラスタ, (d) 北東クラスタについての結果.

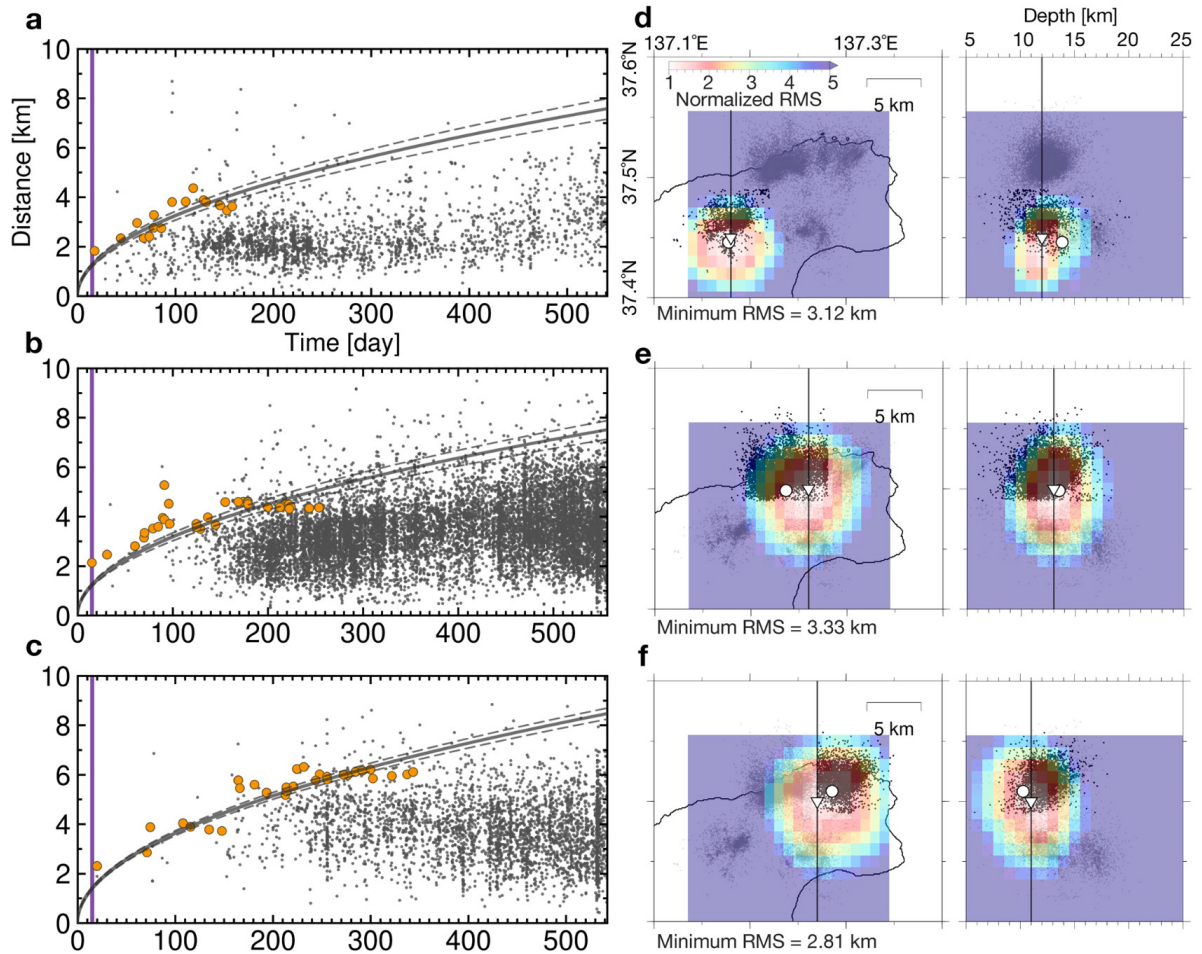
活動に関して、拡散係数のオーダーが 10^1 – 10^2 m^2/s という非常に大きな値を示す高速な震源マイグレーションを観測しました(第5図). このことは、南クラスタ深部において浸透率が非常に高いような領域に高压な流体が間欠的に浸入して群発地震活動を伴いつつ移動したことを意味します. また、群発地震活動が間欠的になる理由として、封圧が高いため(深さ 15–20 km で少なくとも 350 MPa)、地震活動の発生に伴って流体が移動すると、間隙流体圧による有効法線応力の低下が断層を破壊するには不十分となることが考えられます. これに加えて、地震発生時の急激な減圧により、シリカが析出することで断層強度が急速に回復する(例えば、Amagai *et al.*, 2019; Ujiie *et al.*, 2018) ことの影響も考えられます.

では、南クラスタの深部側に浸入した流体は、どのように他のクラスタに移動したのでしょうか? 群発地震活動の空間分布を見てみると、南クラスタと他クラスタの間には 5 km ほどの地震活動が低調な領域(ギャップ域)が存在します(第2図). 群発地震活動の時空間発展(第2図、動画3)を見てみると、南クラスタ深部側における群発地震活

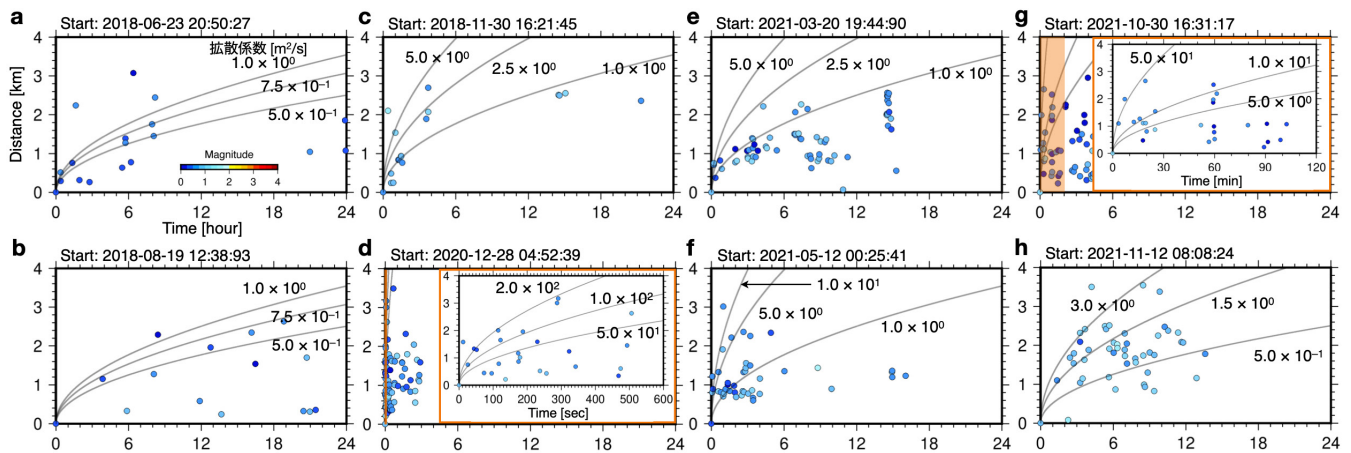
動発生から約 50 日後に他クラスタにおける活動が開始しており、この間にギャップ域を流体が移動したとすれば、ギャップ域の浸透率は標準的な地殻内の値(5.0×10^{-16} – 5.0×10^{-14} m^2) (Talwani *et al.*, 2007) に対して非常に高く見積もられます($\sim 10^{-8}$ m^2). このような状況が生じる理由として、ギャップ域には水平クラック的な構造があり、高压な流体が南クラスタのさらに深部から供給されて高まった間隙流体圧が、水平クラック的な構造を鉛直方向に押さえ付ける力を超えたことで水平クラックが開いたということが考えられます(第6図). この状況は、群発地震と同時期に観測された非定常地殻変動の解析結果からも指摘されており、ギャップ域にゆるく南東傾斜する水平クラック的な構造が存在し、そこに流体が浸入して非地震性の滑りが発生した可能性も指摘されています (Nishimura *et al.*, 2023).

5. 群発地震を駆動した地殻流体

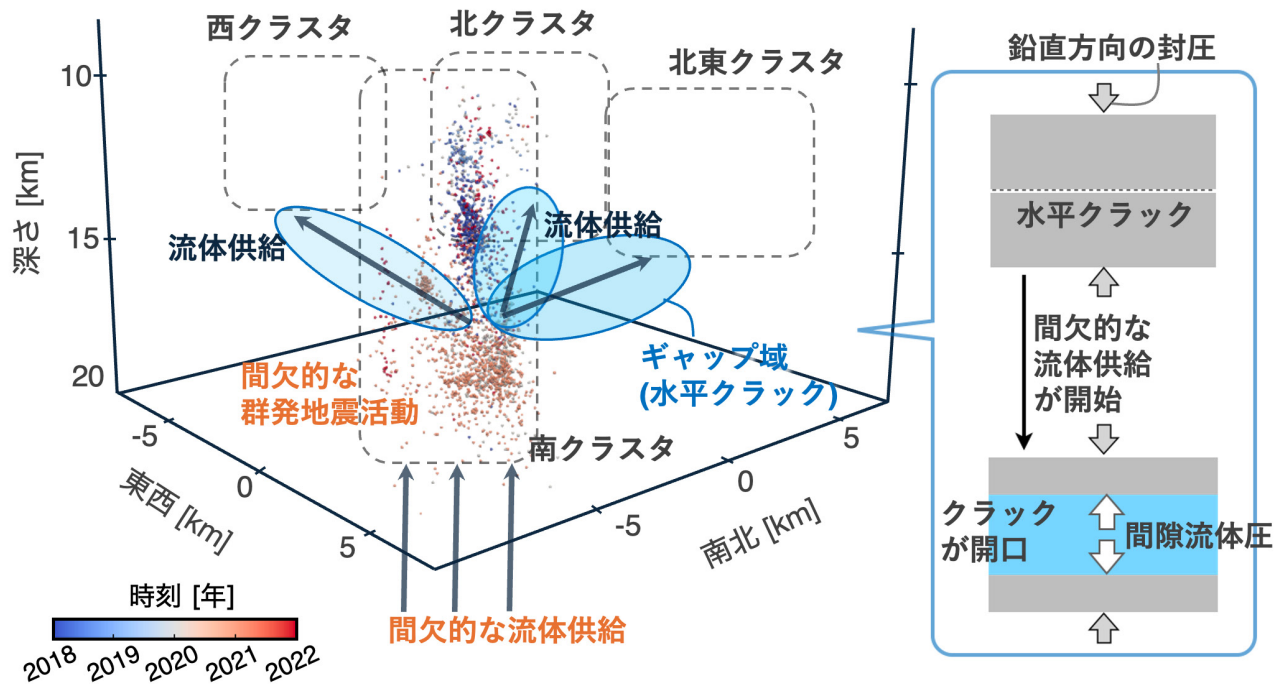
それでは、能登半島北東部の群発地震に関与したと考えられる流体はどこから来たのでしょうか? これまでに、さ



第4図 西・北・北東クラスタで観測された震源マイグレーション。(a) 西・(b) 北・(c) 北東クラスタにおける震源距離に対する時間原点からの経過時間。橙色の丸は理論拡散曲線の当てはめには使用したデータ。黒実線は最適解、破線は最適解の拡散係数 $\pm 2\sigma$ とした場合の理論曲線。紫線は各クラスタにおける最初の地震の発生時刻。(d) 西・(e) 北・(f) 北東クラスタにおける理論拡散モデルに対する二乗平均平方根 (RMS) の空間分布。色は最小 RMS で正規化した RMS。逆三角形は最小 RMS となる場合の震源マイグレーションの空間原点。丸は各クラスタの最初の地震の震源。黒線は断面図 (右) と水平面図 (左) の位置の対応を示す。黒点は群発地震活動。本図は Amezawa *et al.* (2023) の Figure 2 を転載したものである。



第5図 南クラスタにおける間欠的な地震活動の震源マイグレーション。(a-h) 第3図 (a) で見られる間欠的な地震活動それぞれの震源マイグレーション。丸の色はマグニチュード。各活動の最初の地震の発生時刻は図の上部に示されている。(d) と (g) の橙色の影は、橙色の枠内に拡大表示した時間窓。灰色の実線は3つの異なる拡散係数に対する理論拡散曲線を示す。本図は Amezawa *et al.* (2023) の Figure 3 を一部改変したものである。



第6図 南クラスタの深部を流体供給源と仮定した場合の群発地震活動の時空間発展の概念図(左図)と間隙流体圧の上昇によるギャップ域における水平クラックの開口の概念図(右図)。本図は Amezawa *et al.* (2023) の Figure 4 を一部改変したものである。

さまざまな地球物理学的・地球化学的調査が行われ、群発地震に関与した流体の起源が明らかになってきました。まず、地震波が媒質中を伝播する速さを推定する地震波走時トモグラフィ解析により、能登半島の北西部から北東部(群発地震域)にかけての下部地殻に、周囲よりも地震波速度が低速度な領域が推定されました(Nakajima, 2022)。一般に、流体やマグマが存在する領域で地震波速度は低くなることから、この領域には流体が豊富に存在していると考えられます。また、地下の電気伝導度を推定する比抵抗構造調査により、群発地震域の直下に低比抵抗(電気を通しやすい)領域が推定され、群発地震域の直下(深さ15 km以深)に流体が豊富に存在することが明らかになりました(例えば、吉村ほか, 2024)。さらに、南クラスタ周辺の温泉井から採取されたガスに含まれる $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比は大気中の値の約3.9倍と非常に高いことがわかりました(Umeda *et al.*, 2024)。地殻よりさらに深部のマントルには、惑星形成時に取り込まれた ^3He が保持されており、岩石中のウランやトリウム放射性崩壊によって生成される ^4He に対し、 ^3He は放射性崩壊によって生成されません。そのため、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比が高い流体はマントル付近が起源であると考えられています(例えば、Kennedy *et al.*, 1997)。このことから、能登半島北東部の群発地震に関与したと考えられている流体には、マントル付近を発生源とする流体が含まれる

可能性が指摘されています(Umeda *et al.*, 2024)。

ここで、南クラスタ深部側における円錐面状の震源分布を改めて考えてみましょう(第2図、動画1)。このような震源分布は、しばしばカルデラ火山直下で観測され、マグマ溜まりの天井部の崩壊に伴って形成される断層帯と考えられています(例えば、Acocella, 2007)。現在の能登半島では火山活動はないものの約1,500–2,000万年前の日本海拡大時にこの地域で活発な火山活動があったと考えられています(例えば、尾崎, 2010)。また、地下構造の密度不均質を反映するブーゲー異常のマッピング結果から、南クラスタ周辺に局所的な低重力異常が確認されました(例えば、Yoshida *et al.*, 2023)。一般に、カルデラ火山では陥没構造に低密度の火山性堆積物が堆積するため低重力異常となることが知られています。以上の観測事実と先述した地震波速度の低速度域・低比抵抗構造の推定結果から、南クラスタのさらに深部に過去の火山活動による古く固化しつつあるマグマ溜まり(あるいは現在進行中の未知の火山活動によるマグマ溜まり)が存在し、ここから分離上昇した流体が一連の群発地震活動を駆動した可能性が指摘されています(Yoshida *et al.*, 2023)。また、第4章で述べたように、南クラスタ深部側の間欠的な群発地震活動について観測された拡散的な震源マイグレーションの拡散係数が非常に大きいことを踏まえると、火山活動によって形成され

た断層帯は周囲より浸透率が高く、そこを流体が地震を発生させつつ選択的に移動したため、円錐面状の震源分布となったと考えられます。

6. 群発地震の長期継続要因

この群発地震が長期化した要因として「間欠的な流体供給」と「低浸透率環境」が挙げられます。南クラスタの深部側では、2020 年末以降から 2022 年 6 月までに複数回の間欠的な群発地震活動が発生しており、これは流体が一挙に供給されず、数年かけて間欠泉のように供給されたことを意味しています。さらに、西・北・北東クラスタでのやや低めの震源マイグレーションの拡散係数は、これらの領域が低浸透率環境であることを意味しており、南クラスタから供給された流体がギャップ域を通して一旦これらの領域に達するとゆっくりと浸透しつつ群発地震活動を駆動したと考えられます(第 6 図)。このように、「間欠的な流体供給」と「低浸透率環境」という条件によって、群発地震域全体として群発地震を駆動するために十分な間隙流体圧が長期間維持されたことが、数年以上継続した群発地震の長期継続要因であると考えられます。

7. おわりに

本稿では、能登半島北東部で数年以上も長期継続した群発地震を対象に、その駆動メカニズムと長期継続要因についてご紹介しました。震源分布の詳細な解析から、群発地震活動が地殻内に存在するさまざまな構造(火山活動に起因するような構造・水平クラック的な構造・浸透率の不均質性など)に制御されている可能性が見えてきました。また、長期継続要因の 1 つとして、間欠的な流体供給という重要な観測が得られました。今後、他の地域の群発地震に対する比較研究が進むことで、能登半島北東部の群発地震のユニークさや共通点が明らかになっていくでしょう。一方、この群発地震に関して、依然として多くの謎が残されています。例えば、「南クラスタ浅部側の群発地震と深部側の群発地震を駆動した流体供給源は同一なのか?」「なぜ、各クラスタの地震活動の特徴が異なるのか?」「なぜ、このタイミングで群発地震が発生したのか?」「なぜ、4 つのクラスタでしか地震活動がないのか?」と謎が尽きません。今後、これらの謎を解明していくことで、群発地震ひいては地震活動一般についての理解がさらに深まっていくでしょう。

謝辞: 本稿でご紹介した Amezawa *et al.* (2023) では、気

象庁一元化震源、気象庁による検測値、気象庁・防災科学技術研究所 Hi-net・国立大学法人の観測点で観測された観測波形記録、および防災科学技術研究所 F-net による CMT 解を使用しました。記して感謝いたします。

文 献

- Acocella, V. (2007) Understanding caldera structure and development: An overview of analogue models compared to natural calderas. *Earth-Science Reviews*, **85**, 125–160.
- Amagai, T., Okamoto, A., Niibe, T., Hirano, N., Motomiya, K. and Tsuchiya, N. (2019) Silica nanoparticles produced by explosive flash vaporization during earthquakes. *Scientific Reports*, **9**, 9738.
- Amezawa, Y., Maeda, T. and Kosuga, M. (2021) Migration diffusivity as a controlling factor in the duration of earthquake swarms. *Earth Planets and Space*, **73**, 148.
- Amezawa, Y., Hiramatsu, Y., Miyakawa, A., Imanishi, K. and Otsubo, M. (2023) Long-living earthquake swarm and intermittent seismicity in the northeastern tip of the Noto Peninsula, Japan. *Geophysical Research Letters*, **50**, e2022GL102670.
- Cappa, F., Rutqvist, J. and Yamamoto, K. (2009) Modeling crustal deformation and rupture processes related to upwelling of deep CO₂-rich fluids during the 1965–1967 Matsushiro earthquake swarm in Japan. *Journal of Geophysical Research*, **114**, B10304.
- Chen, X., Shearer, P. M. and Abercrombie, R. E. (2012) Spatial migration of earthquakes within seismic clusters in Southern California: Evidence for fluid diffusion. *Journal of Geophysical Research*, **117**, B04301.
- Danré, P., De Barros, L., Cappa, F. and Ampuero, J. P. (2022) Prevalence of aseismic slip linking fluid injection to natural and anthropogenic seismic swarms. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **127**, e2022JB025571.
- Dublanchet, P. and De Barros, L. (2020) Dual seismic migration velocities in seismic swarms. *Geophysical Research Letters*, **48**, e2020GL090025.
- Goebel, T. H. and Brodsky, E. E. (2018) The spatial footprint of injection wells in a global compilation of

- induced earthquake sequences. *Science*, **361**, 899–904.
- Kato, A. (2024) Implications of fault-valve behavior from immediate aftershocks following the 2023 Mj6.5 earthquake beneath the Noto Peninsula, central Japan. *Geophysical Research Letters*, **51**, e2023GL106444.
- Kennedy, B. M., Kharaka, Y. H., Evans, W. C., Ellwood, A., DePaolo, D. J., Thordsen, J., Ambats, G. and Mariner, R. H. (1997) Mantle fluids in the San Andreas fault system, California. *Science*, **278**, 1278–1281.
- Nakajima, J. (2022) Crustal structure beneath earthquake swarm in the Noto peninsula, Japan. *Earth Planets and Space*, **74**, 160.
- Nishimura, T., Hiramatsu, Y. and Ohta, Y. (2023) Episodic transient deformation revealed by the analysis of multiple GNSS networks in the Noto Peninsula, central Japan. *Scientific Reports*, **13**, 8381.
- 尾崎正紀 (2010) 能登半島北部の 20 万分の 1 地質図及び説明書. 数値地質図 S-1, 海陸シームレス地質情報集「能登半島北部沿岸域」, 産総研地質調査総合センター.
- Shapiro, S. A. and Dinske, C. (2009) Fluid - induced seismicity: Pressure diffusion and hydraulic fracturing. *Geophysical Prospecting*, **57**, 301–310.
- Shapiro, S. A., Huenges, E. and Borm, G. (1997) Estimating the crust permeability from fluid-injection-induced seismic emission at the KTB site. *Geophysical Journal International*, **131**, F15–F18.
- Shelly, D. R., Ellsworth, W. L. and Hill, D. P. (2016) Fluid-faulting evolution in high definition: Connecting fault structure and frequency-magnitude variations during the 2014 Long Valley Caldera, California, earthquake swarm. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **121**, 1776–1795.
- Talwani, P., Chen, L. and Gahalaut, K. (2007) Seismogenic permeability, ks. *Journal of Geophysical Research*, **112**, B07309.
- Toda, S., Stein, R. S. and Sagiya, T. (2002) Evidence from the AD 2000 Izu islands earthquake swarm that stressing rate governs seismicity. *Nature*, **419**, 58–61.
- Ujii, K., Saishu, H., Fagereng, Å., Nishiyama, N., Otsubo, M., Masuyama, H. and Kagi, H. (2018) An explanation of episodic tremor and slow slip constrained by crack-seal veins and viscous shear in subduction mélange. *Geophysical Research Letters*, **45**, 5371–5379.
- Umeda, K., Yamazaki, Y. and Sumino, H. (2024) Geochemical signature of deep fluids triggering earthquake swarm in the Noto Peninsula, central Japan. *Geophysical Research Letters*, **51**, e2024GL108581.
- Yoshida, K., Uno, M., Matsuzawa, T., Yukutake, Y., Mukuhira, Y., Sato, H. and Yoshida, T. (2023) Upward earthquake swarm migration in the northeastern Noto Peninsula, Japan, initiated from a deep ring - shaped cluster: Possibility of fluid leakage from a hidden magma system. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **128**, e2022JB026047.
- 吉村令慧・平松良浩・後藤忠徳・笠谷貴史・宮町凜太郎・中川 潤・山下 風・天野 玲・深田雅人・杉井天音・乾 太生・山崎健一・小松信太郎・岩堀卓弥・吉川昌弘・波岸彩子・長岡愛理・達山康人・澤田明宏・張 策・福岡光輝・陣出湧也・大島由有希・金沢桃夏 (2024) 2024 年能登半島地震震源域周辺の 3 次元比抵抗構造. 日本地球惑星連合 2024 年大会, U15–P56.
- Yukutake, Y., Ito, H., Honda, R., Harada, M., Tanada, T. and Yoshida, A. (2011) Fluid-induced swarm earthquake sequence revealed by precisely determined hypocenters and focal mechanisms in the 2009 activity at Hakone volcano, Japan. *Journal of Geophysical Research*, **116**, B04308.

AMEZAWA Yuta (2024) Long-lived earthquake swarm preceded the 2024 Noto Peninsula earthquake.

(受付：2024 年 8 月 29 日)

地下水資源の維持に重要なエリアが ひと目でわかるマップが完成 —水文環境図「越後平野（信濃川流域）」の公開—

町田 功¹・坂東 和郎²・藤野 丈志²・小酒 欽弥²・五十石 浩介²・
野内 冴希²・小西 雄二²・井川 怜欧¹・松本 親樹¹・内田 洋平¹・
シュレスタ ガウラブ³・バトデンベレルバヤンズル⁴・福本 幸一郎⁵

※本稿は、2024年4月12日に行ったプレス発表（https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240412/pr20240412.html）に加筆し、再編したものです。

ポイント

- ・消雪用水の源である地下水の帯水層や水質の分布が明らかに
- ・地下水涵養域マップでは、地下水資源への影響を反映した3つの涵養域に分類
- ・涵養域の決定プロセスを明確にし、地下水の利活用を考慮した長期的な町づくりに貢献

概要

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という）地圏資源環境研究部門地下水研究グループ町田 功前研究グループ長（現企画本部総括企画主幹）、井川怜欧上級主任研究員、松本親樹研究員らは、新潟県地中熱利用研究会、株式会社興和らと共に越後平野信濃川流域における地下水のマップ、水文環境図「越後平野（信濃川流域）」を公開しました。

地下水の適正な保全及び利用のために、国や地方公共団体は、地下水の調査や分析、そして地下水の採取制限などの必要措置を講ずるよう努める必要があります（水循環基本法^{*1}）。この措置を講じるためには、地下水に関する詳細な実態調査が必要で、その調査計画を立案するためには、あらかじめ流域^{*2}の地下水の全体像がわかっていると効率的です。

今回公開した水文環境図は、越後平野の信濃川流域を対象に、多くの断片的な地下水データをまとめ、最新の手法を用いた現地調査を実施することによって得られたデータ

から、流域の地下水の全体像をマップ化したものです。また、地下水を涵養^{*3}する機能を維持するために重要な地域もマップ化しているため（第1図 地下水涵養域^{*4}マップ）、この図を今後の地下水マネジメント^{*5}や町づくりに活かすことができます。水文環境図「越後平野（信濃川流域）」は、産総研地質調査総合センターのウェブサイトから閲覧・ダウンロードができます（<https://www.gsj.jp/Map/JP/environment.html> 閲覧日：2024年10月26日）。

開発の社会的背景

越後平野では冬期の消雪用水^{*6}に地下水が用いられています。この地下水は長岡市から新潟市にかけて分布するG1層と呼ばれる帯水層^{*7}から得られています。近年、G1層の地下水位^{*8}は低下傾向にあり（第2図）、この状態を放置すると将来的には揚水流量^{*9}の低下や、井戸の枯渇^{*10}などの障害を引き起こす可能性があります。地下水を持続的に利用するためには、帯水層への水の収支を適切な形に保つ必要があります。すなわち、帯水層から過剰な揚水を行わないよう注意を払うと共に、帯水層へ涵養される地下水の量を維持するための取り組みが必要になります。

研究の経緯

帯水層の空間的な広がりを知るためには、その地域の地下地質を知る必要があります。今回調査対象としたG1層は、越後平野の深層に存在することは知られていましたが、その全体像ははっきりとわかっていませんでした。そ

1 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

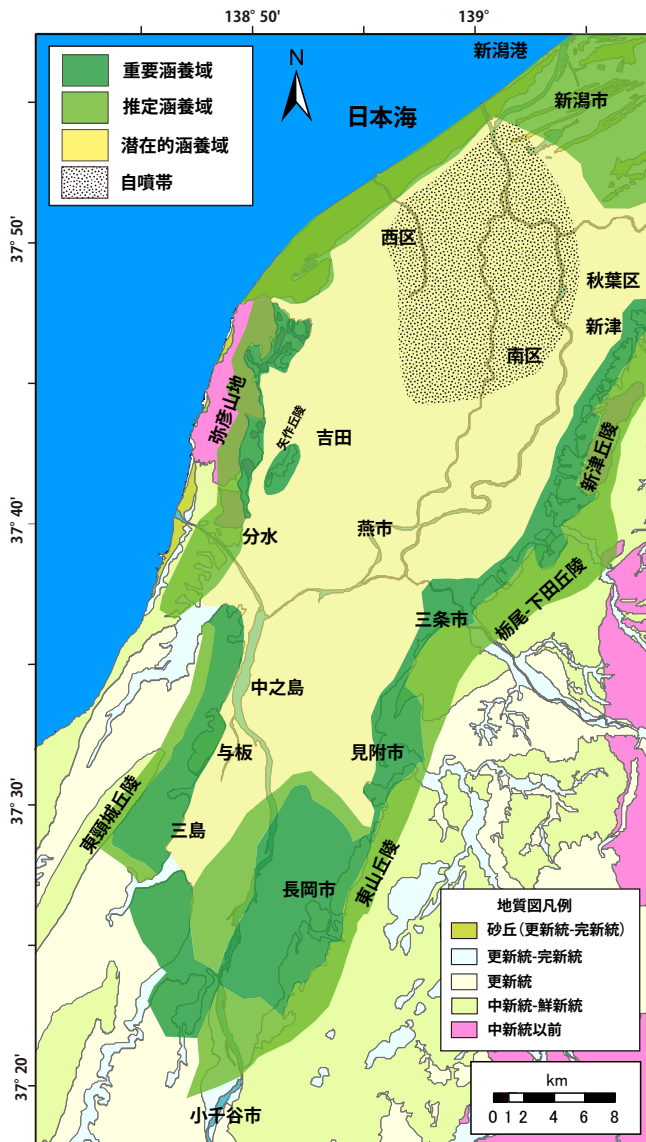
2 株式会社興和 〒950-8565 新潟県新潟市中央区新光町6番地1

3 産総研 エネルギー・環境領域再生可能エネルギー研究センター

4 モンゴル科学技術大学 モンゴル国ウランバートル市

5 日本工営株式会社 〒102-8539 東京都千代田区麹町5丁目4番地

キーワード：地下水保全域、水文環境図、涵養域、平野の地下水、消雪用水



第1図 越後平野の地下水涵養域マップ。

ことで、産総研地質調査総合センターによる海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」^{*11}を用いました。この地質情報集では当該地域の3次元的な地質構造が示されており、これに新潟県の自治体が所有する数千の消雪井戸さく井柱状図を突き合わせることによって、G1層中の地下水を詳細に調査することが可能となりました。この調査によって得られた地下水の水質^{*12}や、水素、酸素、炭素の各種同位体比^{*13}の検討結果より、G1層の地下水の中には最終氷期に涵養された地下水が残留しているものがあること、現在はそれらが新たに涵養された地下水によって置き換わりつつあることなどが明らかになり、これを学術論文として公表しました(町田ほか, 2023)。

研究の内容

地下水利用や地中熱利用のための基礎データとしての水文環境図

水文環境図「越後平野（信濃川流域）」は、前節の学術的成果に加えて、地下水利用に必要なデータや考察を盛り込み、よりわかりやすく、より多くの方に利用していただくために編集したものです。従来の水文環境図と同様、地下水位、地下水の水質や各種同位体比を含めた20項目以上の地下水情報の空間分布の表示が可能です（第3図左）。また、帯水層の姿を概念図で示すなど、わかりやすく記述しています（第3図右）。加えて、今日、各地で地中熱ヒートポンプシステムの設置が進んでいることから、地中熱利用の基礎資料とするために、合計36地点にて最大深度600mまでの水温の鉛直プロファイルを掲載しました。

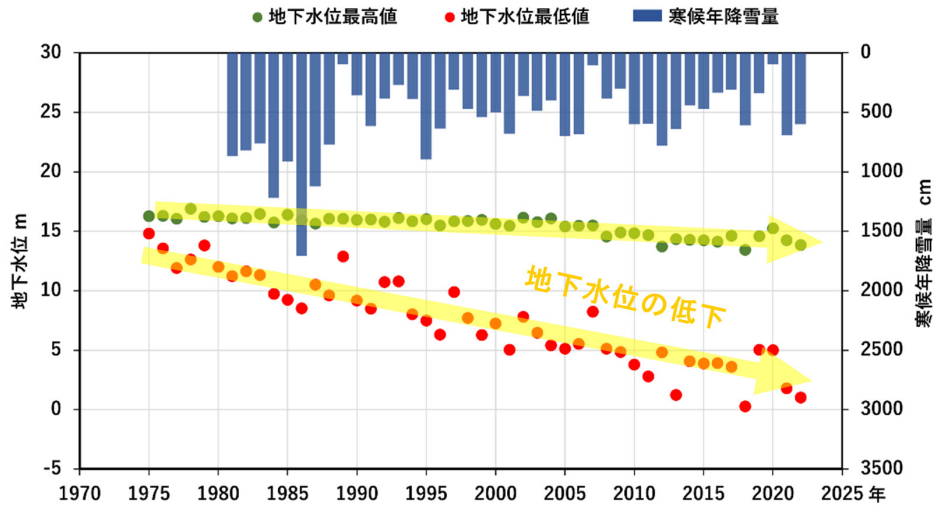
地下水涵養域マップ

水文環境図シリーズの中でも、本環境図の大きな特徴は、地下水涵養域マップを掲載していることです。涵養域は、地下地質や地下水などの現場データから導き出すものですが、自然を相手にする研究では、どうしても空間的にデータが得られない領域が存在します。そのような領域では、エキスパートジャッジによって不足部分を補完せざるを得ません。したがって、専門家によって異なる見解が生じることも考えられます。そこで、本環境図では地下水涵養域の決定プロセスも説明書で詳細に論じました。この説明書により、他の専門家による、地下水涵養域マップの検証が可能となります。このことは、別の地域で涵養域を決定する際の手順を示したことにもなります。

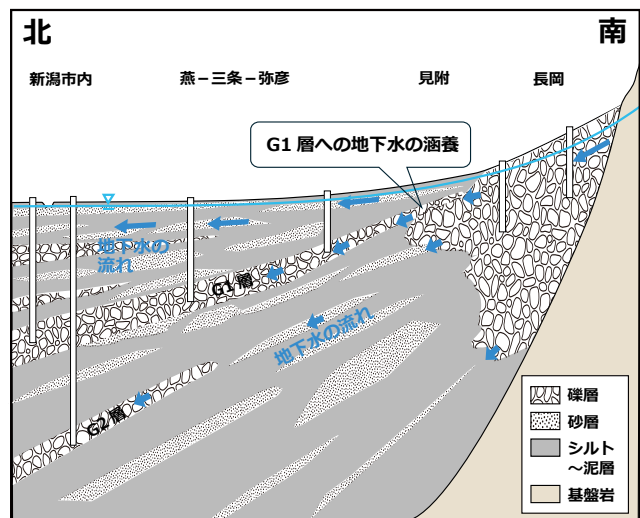
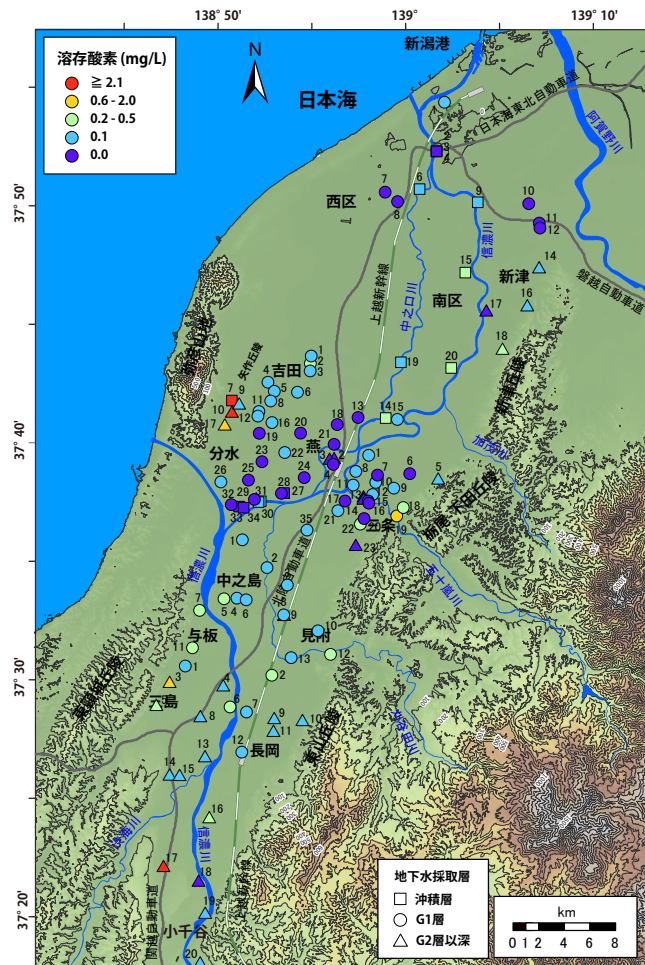
本環境図では G1 層の涵養域を以下の 3 つに分類しました(第 4 図).

【①重要涵養域】 地下水資源量に大きく影響を与える可能性が高いエリアです。重要涵養域では、そこが森林であれば可能な限り森林のまま保全することが望ましく、市街地であれば、今後、透水性舗装材や浸透ますなどを導入して、地下水涵養を促進するなどの積極的な対策が望まれます。

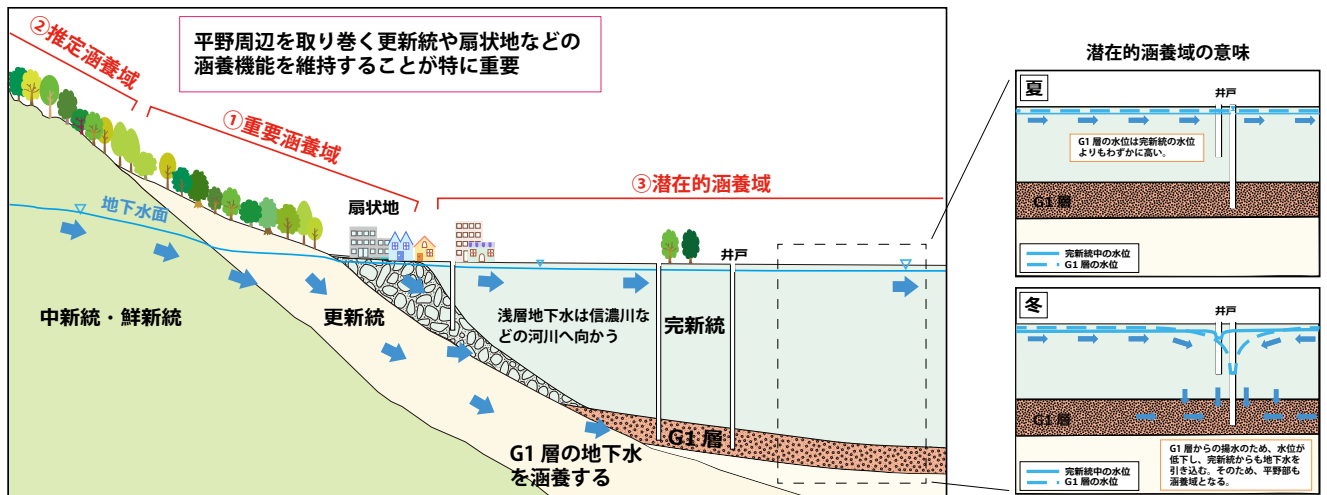
〔②推定涵養域〕現時点では、データから涵養域であることは明らかになっていませんが、地形・地質や過去の研究事例から涵養域であると推定される地域です。推定涵養域の土地開発も地下水資源に影響を与えと考えられます。



第2図 長岡市における地下水位の変化（長岡市堤岡中学校観測井：新潟県環境局，2023）。地下水位は帯水層中の地下水の貯水量を示しています。冬期は消雪用水の揚水によりG1層の地下水位は低下し、地下水位最低値を示します（赤色●）。一方、春以降はG1層に地下水が涵養されて、地下水位は上昇して地下水位最高値を示します（緑色●）。地下水位の最低値も最高値もゆるやかに低下していることは、当該地域の地下水の揚水量が涵養量を上回っていることを示しています。



第3図 水文環境図「越後平野（信濃川流域）」。地下水の水質分布を示すマップ（左）や、G1層の地下水流れ（右）などが掲載されています。G1層は連続性の良い礫層^{*14}です。長岡市周辺では地表付近に分布しますが、北に向かって低くなる方向に緩く傾斜しており、新潟市内の海岸部では深度160 mに達します。G1層中の地下水は、概して北に向かって流動しており、長岡市周辺はG1層中の地下水の涵養域の1つになっています。



第4図 G1層の涵養域(東西断面)。①重要涵養域と②推定涵養域は地形と地質が大きく関係しています(左図)。一方、③潜在的涵養域(右図)は平野部に分布しています。自然状態(夏期)ではG1層中の地下水位は完新統中の水位よりもわずかに高いため、完新統中の地下水はG1層に流入しませんが、冬期の揚水によってG1層の水位が下がると、完新統中の地下水がG1層に引き込まれます。図中の「中新統」、「鮮新統」、「更新統」、「完新統」は地質の古さを示す用語です。この中で最も古いものは中新統で、今から約530万～2300万年前の地層、最も新しいものは完新統で約1万年よりも新しい地層です(<https://geosociety.jp/name/content0062.html> 閲覧日:2024年10月26日)。

〔③潜在的涵養域〕 平野部にもたらされた降雨は浅層地下水となり、自然状態では水平方向に流れるため、G1層にほとんど流入しません。しかし、G1層にて大量の地下水を揚水し続けると浅層から地下水が引き込まれます。その場合、浅層地下水^{*15}もG1層の涵養源となることから、このような領域を潜在的涵養域としました。このように本環境図では、地下水資源の利活用という観点から、長期的な町づくりを目指す上で留意すべき地域を明らかにしています。

自治体は地下水の調査や分析、そして地下水採取の制限などの措置を講じるよう努めることが義務付けられています。越後平野の信濃川流域では、主にG1層中の地下水を消雪用水に利用していますが、これは同じ“水がめ”から複数の自治体が地下水を揚水していることを意味しています。G1層中の地下水を持続的に利用し続けるためには、各自治体が協力して調査、対策を行う必要があります。

今後の予定

今後も都市域や地下水情報を必要としている地域を中心に水文環境図を作成し、地域の地下水情報を発信し続けると共に、地下水の持続的利用に資するための研究を行っていきたいと考えています。

文 献

- 町田 功・坂東和郎・藤野丈志・五十石浩介・野内冨希・小西雄二・井川怜欧・松本親樹・バトデンベレル バヤンズル・福本幸一郎(2023) 越後平野G1層中の地下水流動と水質形成. 地下水学会誌, 65, 221-254.
- 新潟県環境局(2023) 長岡地区の地盤沈下(47). <https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/405889.pdf> (閲覧日:2024年6月26日)
- 岡村行信・宮地良典・井上卓彦・天野敦子・楮原京子・船引彩子・ト部厚志・内田洋平・稲崎富士・駒澤正夫・大熊茂雄・堀川晴央・小松原 琢・竹内圭史(2011) 海陸シームレス地質情報集,「新潟沿岸域」. 数値地質図S-2, 地質調査総合センター.

用語解説

*1 水循環基本法

健全な水循環の維持または回復という目標のもと、2014年7月に制定された法律です。2021年6月に改正され、国・地方公共団体の責務に「地下水の適正な保全及び利用に関する施策」が含まれること及び事業者・国民の責務として、当該施策への協力が含まれることが明確化されました。

*2 流域

大局的な地下水の流れや地下水資源を考える上で、最も重要な地形単位です。越後平野(信濃川流域)の場合は信濃川を含む平野を取り囲む、地形上の尾根線をたどって囲った範囲です。

*3 涵養

雨が地下に浸透し、地下水資源になることです。

*4 涵養域

涵養が起こる主たるエリアです。G1 層中の地下水の涵養域といった場合は、G1 層中の地下水を補充するための雨がもたらされる地域を指します。

*5 地下水マネジメント

地下水の適正な保全と利用に着目した総合的な地下水管理・利用のあり方です。

*6 消雪用水

冬期に道路の除雪などに使われる地下水で、消雪パイプなどに用いられています(写真 1)。その水源として越後平野では地下水が用いられています。



写真 1 消雪パイプから水が流出しているところ。

*7 帯水層

透水性と貯留性が良く、井戸から連続して地下水を汲むことができる地層です。

*8 地下水位

井戸の中に表れる水面の標高。例えば、地下水位が 0 m の場合は、井戸の中の水面が海水準と同じ高さになることを意味しています。

*9 揚水流量

時間あたりの揚水量。同じ井戸でも、地下水位が低下すると揚水流量が減ります。

*10 井戸の枯渇

地下水位の低下により井戸の中の水が消失する現象です。このような場合、井戸をさらに深く掘り下げるなどの対策が行われます。

*11 海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」

産総研地質調査総合センターが公開している、越後平野での包括的な地質調査結果をまとめた資料です(岡村ほか, 2011)。

*12 地下水の水質

ここでは地下水中に含まれる無機成分などを指します。

*13 水素、酸素、炭素の各種同位体比

ここでは重水素・トリチウム・酸素 18・炭素 13・炭素 14などを指します。これらの成分は、涵養域や地下水年代(涵養からの経過時間)の情報などを含んでいます。

*14 礫層

礫(粒径 2 mm 以上の碎屑物)を多く含む地層。礫の隙間は通常、砂や泥で充填されています。

*15 浅層地下水

浅層地下水と深層地下水は厳密には定義されておらず、ここでは G1 層の上位の完新統中の地下水を指します。なお、しばしば深度 20 ~ 30 m 程度よりも浅い地下水が浅層地下水と呼ばれます。

MACHIDA Isao, BANDO Kazuro, FUJINO Takeshi, KOZAKE Kinya, ISOISHI Kosuke, NOUCHI Saeki, KONISHI Yuji, IKAWA Reo, MATSUMOTO Shinji, UCHIDA Yohei, SHRESTA Gaurav, BAYANZUL Batdemberel and FUKUMOTO Koichiro (2024) Groundwater protection zones in Shinano River Basin, Echigo Plain - New release of Water Environmental Map No.14.

(受付：2024 年 6 月 26 日)

地質標本館特別展「GSJのピカイチ研究—2023年のプレスリリース等で発信した成果より—」の開催

森田 澄人¹・都井 美穂¹・清水 恵¹・地質標本館室運営グループ¹

2024年3月5日～4月21日の期間、地質標本館では特別展「GSJのピカイチ研究—2023年のプレスリリース等で発信した成果より—」を開催しました(第1図および第2図)。地質調査総合センター(GSJ)では、例年、前年の1月から12月までの1年間に発表したGSJによる「プレスリリース」や「主な研究成果」の研究テーマを取り上げ、同特別展を開催しています。恒例のため「ピカイチ展」とも呼ばれています。GSJの特筆すべき研究成果を一堂に展示することにより、GSJが推進する最新研究を来館者やホームページの来訪者にアピールすることを目的としています。開催には、地質標本館1階ホールおよび同館ホームページを利用しました。

2023年のピカイチ展では、全部で22件の研究が取り上げられました(第1表)。また各研究の性格から、「地質情報」、「新技術」、「新発見」に分類されています。展示会場ではプレスリリース等で発表した資料を基にその要約をパネル化して掲示し(写真1)、その内容には元のプレスリリースサイトや、研究に関わる論文等のウェブサイト情報をURLと二次元バーコードで付しています。また、地質標本館ホームページには特別展の「WEB会場」を設置し、カーセル式のビューワで個別の研究をピックアップして閲覧できるようにしました(第3図および第4図)。このWEB会場は開催期間後も公開しているため、引き続き閲覧が可能です。

GSJでは、例年、プレスリリースされた研究から地質調査総合センター研究奨励賞を発表しています。2023年の研究については「わが国最大の巨大噴火の全体像が明らかに—阿蘇4火砕流の詳細な分布図と地質情報を公開—」が受賞しました(写真2)。受賞研究の展示パネルには受賞マークが取り付けられるとともに、上述のWEB会場ではトップに掲載されています。

尚、当特別展の制作にあたり、各研究者の皆様には大変快くご協力いただきました。また、各プレスリリース以降の図の準備等でGSJ研究企画室にお世話になりました。ここで謹んで御礼を申し上げます。



第1図 特別展ポスター。



第2図 特別展の二次元バーコード。 https://www.gsj.jp/Muse/exhibition/archives/2024/2024_pika1.html (閲覧日: 2024年7月1日)

第1表 掲示パネルの一覧(発表順)．一部のタイトルについて、プレスリリース時のタイトルから変更されている。

発表日	タイトル	ユニット	GSJ発表者	カテゴリー
1月11日	1662年日向灘地震の新たな断層モデルを構築 — 地球物理学と地質学の検証に基づく初の成果 —	活断層・火山研究部門	伊尾木圭衣	新技術
1月30日	オミクロン株流行下における抗原定性検査の感度と特異度が判明 — Jリーグの選手とスタッフを対象にした検査から —	地圏資源環境研究部門	保高徹生	新技術
2月28日	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、掘削の実現に向けて前進 —	地質情報研究部門	針金由美子	地質情報
3月1日	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 —	地圏資源環境研究部門	原 淳子, 川辺能成	地質情報
4月12日	わが国最大の巨大噴火の全体像が明らかに — 阿蘇4火砕流の詳細な分布図と地質情報を公開 —	活断層・火山研究部門	下司信夫, 宝田晋治, 星住英夫	地質情報
4月18日	過去の地磁気の検出によりマンガンノ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 —	地質情報研究部門	小田啓邦	新発見
4月19日	温暖化環境下で東南極氷床が融解し得る — 海面が将来大幅に上昇するリスクへの警鐘 —	地質情報研究部門	板木拓也	新発見
4月27日	日本周辺海域のアカサゴ 遺伝的な集団構造の一部が明らかに — アカサゴの保全に貢献 —	地質情報研究部門	喜瀬浩輝, 井口 亮, 齋藤直輝, 鈴木 淳	新発見
6月8日	リモートセンシングを使った地質解析で月のマントル組成の不均質の発見	地質情報研究部門	山本 聡	新発見
6月26日	日本海拡大時、大地の急速沈降と回転が同時発生 — 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 —	地質情報研究部門	細井 淳, 羽田裕貴	新発見
6月28日	日本周辺海域の宝石サンゴの成長速度が明らかに — 宝石サンゴの保全に貢献 —	地質情報研究部門	鈴木 淳	新発見
7月11日	AI技術を用いた深海における環境影響評価手法 — 物体検出モデルにより画像から懸濁粒子数を自動計測 —	地質情報研究部門	齋藤直輝, Travis Washburn, 鈴木 淳	新技術
7月20日	宮古島の固有種の故郷は消えた島だった？ — 地質学と生物学の融合研究が描き出した新たな琉球列島の形成史と生物進化 —	地質情報研究部門 活断層・火山研究部門	荒井晃作 大坪 誠	新発見
8月22日	東南極最大級の氷河へ向かう暖かい海水のルートを解明 — トッテン氷河を底から融かす海からの熱供給 —	地質情報研究部門	板木拓也	新発見
8月31日	東伊豆地域の隆起痕跡から過去のマグマ活動履歴を解明 — 伊豆・首都圏南西部の防災に向けた地震・火山現象の理解へ —	地質調査総合センター連 携推進室 活断層・火山研究部門	穴倉正展 行谷佑一	新発見
9月18日	小惑星リュウグウから始原始的「塩(Salt)」と有機硫黄分子群を発見	地圏資源環境研究部門	荒岡大輔	新発見
9月21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 —	地圏資源環境研究部門 活断層・火山研究部門	北村真奈美 高橋美紀	新発見
9月27日	小惑星リュウグウ 宇宙と実験室で違って見えるのはなぜ？ — 「宇宙風化」が水のしるしを隠す —	地質情報研究部門	松岡 萌	新発見
11月30日	西太平洋のサンゴの分析により過去237年間の海水温変動を復元！ — 20世紀の温暖化による夏の海水温上昇が明らかに —	地質情報研究部門	鈴木 淳	新発見
12月7日	小惑星リュウグウ 岩石試料が始原始的な隕石より黒いわけ — 地球に飛来した隕石は大気と反応して明るく変化した —	地質情報研究部門	松岡 萌	新発見
12月18日	デジタルツインに係る共同研究を開始 三菱総合研究所と産総研グループ — 自治体業務の効率化・高度化を推進する「新たな社会インフラ」の構築へ —	地質情報研究部門	宮地良典ほか	新技術
12月21日	海洋保護区安永海山の岩場で新種のウミエラ類を発見 — 北西太平洋から初報告 —	地質情報研究部門	井口 亮	新発見



写真1 地質標本館1階ホールのパネル展示の様子。展示正面にタイトルおよび一覧のパネルを掲示(写真右側)。



第3図 特別展 WEB 会場。地質標本館のホームページ内に設置。カルーセル式で研究を選択して閲覧できる。特別展の終了後も掲載している。



第4図 特別展 WEB 会場の二次元バーコード。 <https://www.gsj.jp/Muse/exhibition/archives/2024/pika1/index.html> (閲覧日：2024年7月1日)

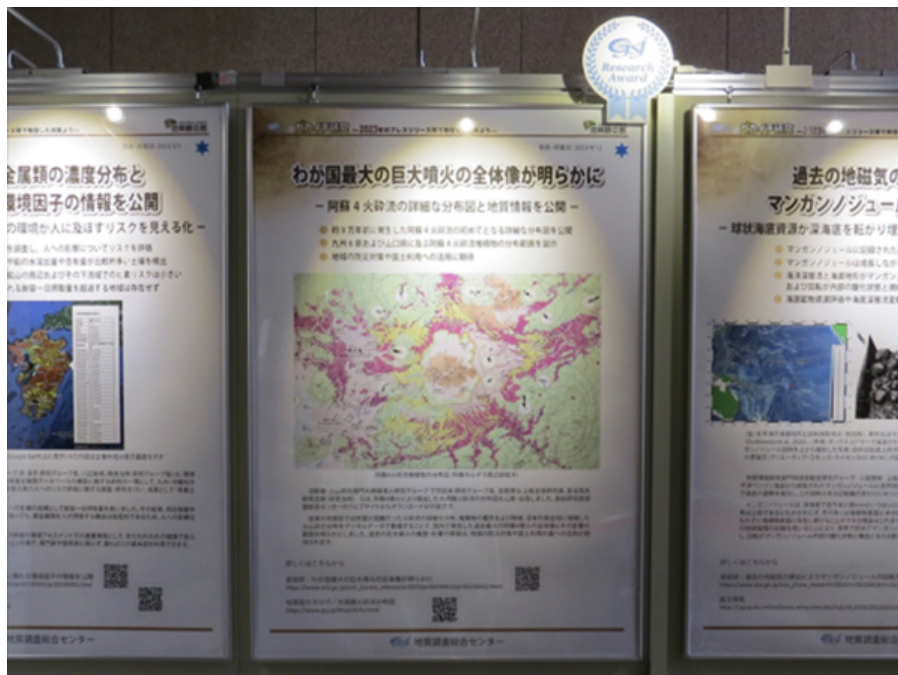


写真2 例年、プレスリリース研究の中から選ばれる地質調査総合センター研究奨励賞。2023年は「わが国最大の巨大噴火の全体像が明らかに —阿蘇4火砕流の詳細な分布図と地質情報を公開—」が受賞した。

MORITA Sumito, TOI Miho, SHIMIZU Megumi and Management Group, Geological Museum Office (2024) Geological Museum Special Exhibition, "GSJ's PIKA'ICHI Researches in 2023".

(受付：2024年7月1日)

2024 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 誠一¹・羽地 俊樹²・住田 達哉²

1. はじめに

2024 年 5 月 13 日(月)～5 月 17 日(金)および 5 月 27 日(月)～5 月 31 日(金)に、2024 年度第 1 回地質調査研修を実施しました。本研修は、地質調査総合センターによるジオ・スクール事業の一環として、実務的な地学の知識や技術の継承と専門人材の育成を目的に、2017 年度から開催している研修の 1 つです(鹿野・村岡, 2018)。参加者の方々には、産総研地質人材育成コンソーシアム(会長：田中裕一郎)に入会いただき、本事業にご参加いただきます。

地質調査研修はこれまで毎年 5 月と 10 月に開催してきました。5 月の研修については地質調査および地質図作成未経験者向けで年度毎に「第 1 回」と呼び、10 月の研修については経験を有するが本格的な地質調査あるいは地質図作成からしばらく遠ざかっていたため、もう一度学び直したいという方向けの研修で「第 2 回」と呼んで区別しています。例年の第 1 回の地質調査研修は、募集開始後すぐに定員を上回る申込があることが多く、この場合、急遽別日程で同じ内容の追加の研修を計画し、2 回研修を行ってきました。今年度も同様で、便宜上、5 月 13 日～5 月 17 日の期間を「第 1 回」、5 月 27 日～5 月 31 日の期間を「第 1 回追加」と呼んで区別しています。第 1 回地質調査研修では、利光が講師、羽地が講師補助を務め、第 1 回追加地質調査研修では、利光が講師、住田が講師補助を務めました。

研修参加者は、第 1 回、第 1 回追加共に 6 名ずつでした。この 2 回の研修の参加者は、地質・資源系の企業の技師が大半で、そのほかは博物館等の研究・教育機関からの参加者でした。

2. 研修の概要

著者の利光は 2020 年度から本研修の講師を務めてき

ましたが、毎年少しずつ研修内容を見直してきました。2024 年度研修の基本的なカリキュラムは 2022 年度に実施した研修(利光ほか, 2022)をベースにしています。つくば市での室内座学(講義と演習)、地質標本館の見学、ひたちなか市、広野町、いわき市での野外調査実習です。なお、5 日間の対面式研修の前にインターネットを利用した動画の視聴(e-ラーニング)と講義(リモートレクチャー)の受講を課しています。

対面形式の研修初日は産総研地質調査総合センターのセミナー室で座学でした(写真 1)。一連の講義の合間に、砂の粒度表の作成、露頭写真を素材にした地質柱状図の作成、地質図学の演習などを行いました。2 日目は地質標本館の見学をした後(写真 2)、ひたちなか市の海岸に出かけ、クリノメーターで磁北の方位測定(偏角の理解)、簡易ルートマップ作成、露頭観察(堆積構造観察、クリノメーターでの走向傾斜測定、柱状図作成、地層の上下判定など)などの実習を行いました(写真 3, 4)。その後、広野町に向かい、夕食後に広野町公民館で昼間の調査実習の整理(フィール



1 産総研 地質調査総合センター連携推進室

2 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：研修、地質調査、地質図学、座学、野外実習、地質人材育成コンソーシアム、ジオ・スクール



写真2 地質標本館展示室見学の様子。砂岩層の底面に発達するフルートキャストの実物を見て、堆積当時の水の流れた向きを考えているところ。第1回追加の研修2日目(5月28日)。



写真4 柱状図作成実習の様子。ひたちなか市磯崎の海岸露頭で、柱状図作成実習をしているところ。初日に作成した粒度表を砂岩層にあてがって砂岩の粒度を確認したり、砂岩層の堆積構造の観察やメジャーで砂岩層の厚さを計測したりする。第1回の研修2日目(5月14日)。



写真3 ルートマップ作成実習の様子。ひたちなか市の平磯海浜公園で、各自で歩幅の計測をした後に、巻尺を調査ルートに見立てて簡易的なルートマップの作成実習をしているところ。第1回の研修2日目(5月14日)。



写真5 石城層下部の礫岩露頭観察の様子。沢の中では木立の茂みにより昼間でも薄暗くなっている場所があり、岩相の観察に懐中電灯が役立つことも少なくない。第1回の研修3日目(5月15日)。広野町土ヶ目木の沢。

ドノートの墨入れなど)、岩石標本セットの観察などを行いました。3日目の実習では、まず広野町の1つの沢沿いのルート(土ヶ目木ルート)を調査して(写真5、6)得られた地層の観察データから当地に分布する新生代の堆積岩を複数の地層に区分します。そして、それらの境界がどのように延長されるかを地質図学の手法を使った作図で予測して、4日目にその検証と地質図作成を行いました(写真7、8、9)。5日目は前日までの調査・観察に関連のある露頭の見学をして、それらの地史のまとめ作業などを行いました。第1回では、3つあるうちの観察地点の1番目は夕

筋海岸で新第三紀鮮新世の海成層の堆積構造の観察、そして、その下位にくる中期中新世の陸成層との不整合関係の観察でした(写真10)。一方、第1回追加の回では、雨に加え、台風消滅後の温帯低気圧接近に伴う波浪の影響が予想されたため、内陸の道路沿いの双葉断層の観察に変更しました(写真11)。昨年も同様の状況になりましたが、昨年は小雨とはいえ、ところどころ草木の覆う露頭の観察とあって実習参加者は近付き難いといった様子でした(利光ほか、2023)。そこで、今回は露頭の前の草木をいくらか取り払う処置をしたところ、これまでになく観察しやすく



写真6 礫岩層と砂岩層境界部付近の露頭観察の様子。実際の調査では、暫定的な地層区分をしながら調査を進めていくため、地層の境界を押さえることが重要となる。ここでは、古第三紀始新世の石城層（写真右側）と浅貝層（写真左側）の境界部を観察している。第1回の研修3日目（5月15日）、広野町土ヶ目木の沢。



写真8 沢の中での露頭観察の様子。広野町長畑北方の沢を調査しながら下っていくと、硬質の凝灰岩が作る滝に出会う。滝を巻いて滝の下からも観察すると、滝ができた理由（地質と地形との関連など）を自分の調査結果と照らしながら理解できる。第1回の研修4日目（5月16日）。



写真7 道路沿いでの露頭観察の様子。広野町長畑北方の道路沿いの露頭で、石城層下部の砂岩層を観察している。ここに鍵層となり得る特徴的な砂岩層が露出している。対面研修前の事前課題に関連する露頭であり、その解説と復習も兼ねて説明している。第1回の研修4日目（5月16日）。



写真9 調査後の夜のデータ整理と地質図作成実習の様子。2つの沢を調査してデータ整理をした後に、1枚の地図に結果をまとめて地質図を作成する。それぞれの沢で観察した地層境界を、地質図学を用いて繋いでいく。地層境界を地図上で描くことができれば、それぞれの地層を色鉛筆で着色して地質図の完成となる。第1回の研修4日目（5月16日）、広野町公民館。

なり、参加者の理解につながったようです。

3. 地質の理解への工夫と事後アンケートなど

今回の研修では、野外調査で遭遇する断層の理解について、3日目の調査結果（連続した層序）と4日目の調査での層序の連続性の違い（期待される層序の欠如）を参加者が考え、その解答を得るために関連の露頭（断層）を見に行くといったストーリー性を持たせるようにしました。これ

は2023年度の研修の際の参加者の反応でこのようなコース設定の有効性を確認できたことが裏付けとなっています（利光ほか、2023）。

この地質調査研修では、研修終了後に事後アンケートに答えていただくことで、研修の改善点などのコメントを頂いてきました。第1回および第1回追加の回での事後アンケート回答の感想・評価を見ると、事前学習（eラーニング含む）に1件「普通」という回答があったものの、その他は回答いただいた全ての参加者、全ての項目で「満足」「非常

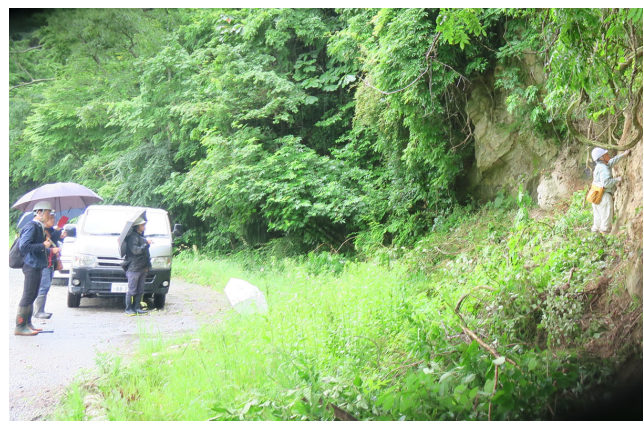


写真 11 双葉断層の現れている露頭での説明の様子。研修の最終日が雨で海岸に行けない場合は、内陸の露頭観察を準備している。この露頭では、当地で新第三紀の若い地層を切って、地層を大きく変形させている双葉断層を見学できる。露頭の前で講師が断層を手差ししながら説明している。第 1 回追加の研修 5 日目 (5 月 31 日)。広野町北迫西町西方。

に満足」という回答でした。今後も引き続き参加者の反応やアンケート結果を参考に研修カリキュラムの改善を図っていきたいと考えています。

4. おわりに

第 1 回および第 1 回追加の 2 回の研修で野外実習に参加された受講者のほとんどの方が地層境界線を複数本入れることができたようです。研修の野外調査データと共に多くの研修資料を持ち帰っていただきましたので、帰宅後も引き続き研修の振り返りをするなど、研鑽を積んでいただけることを期待しています。

最後になりましたが、本研修の実施にあたり、広野町教育委員会、いわき市アンモナイトセンターに大変お世話になりました。地質標本館の見学の際に、館の解説スタッフの方々にご協力を頂きました。また岩石標本セットの利用でも便宜を図っていただきました。地質調査研修事務局の皆さんには、研修の企画から終了まで様々なことでお世話いただきますとともに、本原稿の改善に向けてのご助言も頂きました。この場を借りてお礼申し上げます。

文 献

- 鹿野和彦・村岡やよい (2018) 2018 年度春期地質調査研修報告。GSJ 地質ニュース, 7, 235-238.
- 利光誠一・渡辺真人・兼子尚知 (2022) 2022 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。GSJ 地質ニュース, 11, 316-320.
- 利光誠一・森田澄人・金子翔平 (2023) 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。GSJ 地質ニュース, 12, 267-271.

TOSHIMITSU Seiichi, HAJI Toshiki and SUMITA Tatsuya (2024) Report on geological survey training course for beginners, early summer, 2024.

(受付: 2024 年 6 月 18 日)

土壌中のナノプラスチック濃度の測定技術を開発 —地圏環境中に拡散したプラスチック粒子量分布 の把握に貢献—

土田 恭平^{1,2}・井本 由香利¹・斎藤 健志¹・原 淳子¹・川辺 能成²

※本稿は、2024年6月14日に行ったプレス発表 (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240614/pr20240614.html) に加筆し、再編したものです。

ポイント

- ・紫外可視分光光度計を用いて、土壌中のプラスチック濃度を簡便に測定する技術を開発
- ・従来法では検出が困難だった大きさ 1 μm 以下のナノプラスチックに対応
- ・地圏環境中のナノプラスチック量分布を基に、ヒトへのプラスチック暴露量の評価に貢献

概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所(以下「産総研」という)地質調査総合センター地圏資源環境研究部門地圏環境リスク研究グループ土田恭平研究員(現在、早稲田大学大学院創造理工学研究科地球・環境資源理工学専攻博士課程在籍)、井本由香利主任研究員、斎藤健志主任研究員、原淳子研究グループ長、早稲田大学創造理工学部環境資源工学科川辺能成教授は、土壌中のナノプラスチック^(注1)の濃度を測定する技術を開発しました。

近年、増え続けるプラスチックごみが社会問題となっています。とりわけ、大きさ 1 μm 以下のプラスチックはナノプラスチックと呼ばれ、人体への影響が懸念されていま

す。ナノプラスチックは摂取や吸入などによって人体に取り込まれると考えられているため、ヒトへのリスク評価のためにも土壌を含む地圏環境にどれだけの濃度で分布しているかを知る必要があります。しかし、従来手法で検出できる土壌中プラスチックの最小サイズは約 1 μm であるため、土壌中のナノプラスチックの分布状況は明らかになっていません(第1図)。

今回開発した技術は、ナノプラスチックと土壌粒子の吸光度スペクトル^(注2)の差を利用して、土壌有機物や土粒子とナノプラスチックを分離せずに、従来法では難しかった土壌試料中のナノプラスチック濃度を算定します。

なお、今回の成果の詳細は、2024年5月28日に「Ecotoxicology and Environmental Safety」に掲載されました。

開発の社会的背景

ごみの不法投棄や河川の氾濫、農耕地でのプラスチックの利用、建築土木利用された資材の劣化や摩耗などに起因して、マイクロプラスチック^(注3)が環境中へ流出していることが報告されています。陸上に存在するマイクロプラスチック量は海洋の4～23倍と推定されており、土壌中に



第1図 土壌中にあるナノプラスチックのイメージ。

1 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

2 早稲田大学 大学院創造理工学研究科環境資源工学科 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51号館

キーワード：ナノプラスチック、土壌、紫外可視分光光度計

多量のマイクロプラスチックが存在している可能性があります。また、ナノプラスチックはマイクロプラスチックが粉砕されることで生成され、マイクロプラスチックと同様に土壌中に存在していると考えられます。

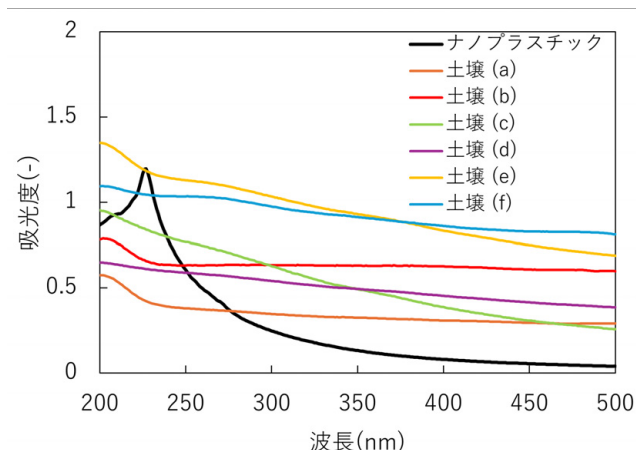
ナノプラスチックは赤血球を破壊し、細胞に侵入してミトコンドリア DNA に損傷を与えることが明らかになっています。ナノプラスチックはマイクロプラスチックよりも人体への影響が大きい可能性があるため、土壌を含む地圏環境中のナノプラスチックの存在量を明らかにすることで暴露^(注4)・リスク評価を行う必要があります。土壌中の微小なプラスチックの濃度を測定する従来の手法では、土壌試料を適切に前処理した後に土粒子と比重分離を行い、フィルターでプラスチックを回収します。この方法では、フィルターや装置の性能から 1 μm 以上の大きさのプラスチック粒子しか検出できないため、土壌中のナノプラスチックの分布状況は明らかになっていません。よって、ヒトへのナノプラスチックの暴露量評価をより詳細に行うために、土壌中ナノプラスチックの濃度評価手法を確立する必要性がありました。

研究の経緯

産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門地圏環境リスク研究グループは、環境中のプラスチックのリスク評価を目指しており、プラスチックと化学物質との相互作用や、プラスチックの土壌中での移動性の解明、環境中のプラスチック分布状況の調査を行ってきました。今回はマイクロプラスチックより人体への影響が大きい可能性があるナノプラスチックの地圏環境中の分布を明らかにするために、土壌中のナノプラスチックの濃度測定技術を開発しました。

研究の内容

本研究では、粒度分布や有機物の含有量など特性の異なる 6 種類の土壌サンプルと 203 nm のポリスチレンの微小な粒子を混合して 6 種類の土壌懸濁液（ポリスチレン濃度 5 mg/L）を用意しました。土壌粒子とナノプラスチックの吸光度スペクトルは第 2 図のように異なるため、1 つの土壌懸濁液に対して 2 つの波長の吸光度を測定することで、懸濁液中の土壌とナノプラスチックのそれぞれの濃度を定量できます。今回の 6 種類の土壌懸濁液に対して 200 nm から 500 nm までの範囲で 20 nm 間隔で異なる 2 つの波長の組み合わせを試しました。その結果、波長 220～260



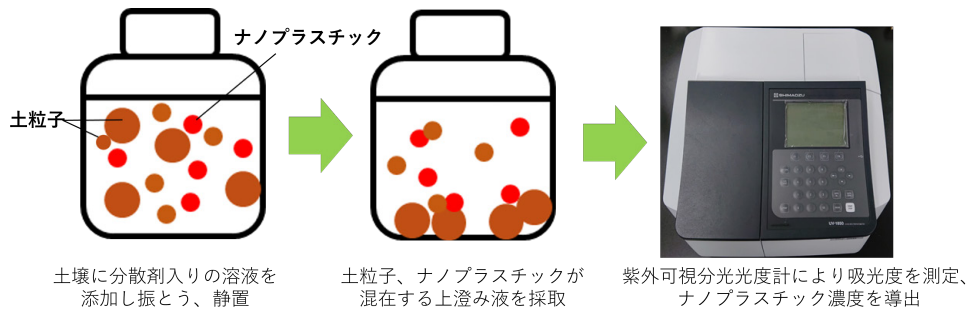
第 2 図 ナノプラスチックと土壌の吸光度スペクトル。※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

nm および波長 280～340 nm の吸光度での組み合わせで、算出されるナノプラスチック濃度とサンプル濃度の 5 mg/L との差が最小になりました。これら 2 つの範囲の波長の組み合わせがさまざまな性質の土壌懸濁液中のナノプラスチック濃度を算定するのに適していると考えられます。

また、ナノプラスチック含有量の異なる乾燥土壌サンプルを用意し、これらの試料から土壌懸濁液を作成しナノプラスチック濃度を測定することで（第 3 図）、土壌懸濁液中のナノプラスチック濃度と乾燥土壌中のナノプラスチック濃度との検量線を作成しました。この検量線はナノプラスチックの土粒子への吸着を考慮したものであり、直線関係を示していました。以上から、ナノプラスチックの土粒子への吸着を考慮した検量線を作成することで、もとの土壌中のナノプラスチック濃度を正確に測定できることが分かりました。また、本技術の測定下限を明らかにするため、さまざまなナノプラスチック含有量の乾燥土壌サンプルを用意し本技術でナノプラスチック濃度を算出したところ、土壌中ナノプラスチック濃度が 0.2 mg/g 以上のとき、用意した 6 種類すべての土壌ナノプラスチック濃度を変動係数 10 % 以内の誤差で測定できました。これにより紫外可視分光光度計^(注5)を用いた乾燥土壌中ナノプラスチック濃度測定は、測定下限 0.2 mg/g で有効であると示されました。

今後の予定

今回開発した技術により、環境土壌におけるポリエチレンやポリエチレンテレフタレートなどのナノプラスチックを定量し、地圏環境におけるナノプラスチック分布とその



第3図 土壌中ナノプラスチック濃度測定の流れ。※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

移動について明らかにしたいと考えています。

論文情報

掲載誌：Ecotoxicology and Environmental Safety

論文タイトル：A novel and simple method for measuring nano/microplastic concentrations in soil using UV-Vis spectroscopy with optimal wavelength selection.

著者：Kyouhei Tsuchida, Yukari Imoto, Takeshi Saito, Junko Hara, Yoshishige Kawabe

DOI：10.1016/j.ecoenv.2024.116366

用語解説

注1 ナノプラスチック

大きさが1千分の1 mm (1 μ m) 以下のプラスチック。マイクロプラスチックより人体への影響が大きいと懸念されている。

注2 吸光度スペクトル

物質が各波長の光をどの程度吸収するかを表したグラ

フ。

注3 マイクロプラスチック

大きさが5 mm 以下のプラスチック。環境中への流出が問題視されている。

注4 暴露

物質が体内に入ること。体内への侵入経路は呼吸や飲食などのほかに皮膚接触なども考えられる。

注5 紫外可視分光光度計

紫外から可視領域までの光を試料に照射することにより、各波長に対する試料の透過率を取得する装置である。特定の波長において対象物が光を吸収する値が異なる特性を利用して、幅広い分野で化学分析に利用されている。

TSUCHIDA Kyouhei, IMOTO Yukari, SAITO Takeshi, HARA Junko and KAWABE Yoshishige (2024) Novel method for measuring nano/microplastic concentrations in soil using spectroscopy.

(受付：2024年7月1日)

地形環境史研究 —地理学と考古学・歴史学の接点—

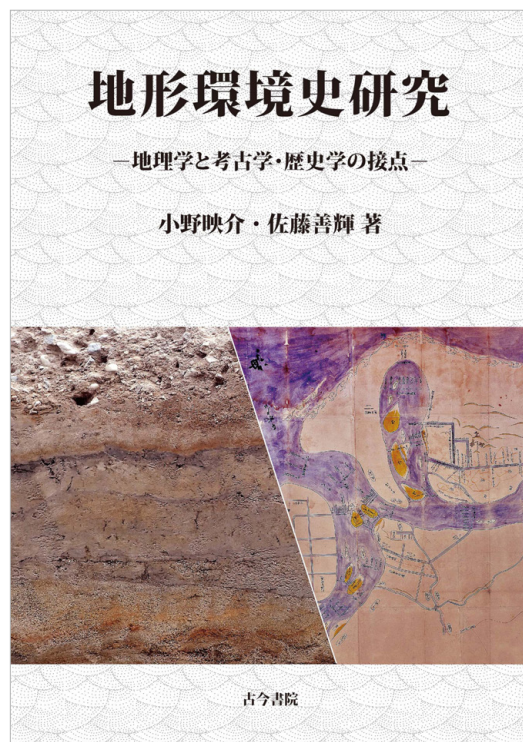
小野映介・佐藤善輝 [著]

(株) 古今書院
発売日：2024 年 5 月 27 日
定価：4800 円 (税別)
ISBN：978-4-7722-5355-0
26.3 cm x 18.8 cm x 1.7 cm (B5判)
ハードカバー
183 ページ

近年、地球規模での地球温暖化の影響も相俟って、沖積平野での自然災害が多発している。特に、梅雨時や台風接近時に線状降水帯が発生し、それに伴う豪雨災害が、日本列島の到るところで、毎年場所を変えながら発生し続けてきている。産総研・地質調査総合センターの付近でも、平成 27 年(2015 年)9 月 10 日関東・東北豪雨によって茨城県常総市内の鬼怒川の堤防が決壊し、市内の 3 分の 1 が浸水する大規模な洪水被害が発生したことについては、我々の記憶にも新しい。

このような自然災害に伴う大規模な地形改変を三次元で捉えたり、これに基づいてハザードマップの作製を検討する場合には、当該地域における数百年、数千年程度の時間スケールでの高解像度での情報収集が必要となる。この際、歴史時代の自然災害伝承碑や古文書・古絵図の解説、ならびに文字による記録が残されていない考古遺跡の発掘調査から得られる情報は、私のような沖積平野の現行堆積過程に関心を持っている研究者にとって、たいへん有効な情報となる場合が多々ある。

今回、私から GSJ 地質ニュースの読者のみなさまにご紹介する書籍は、地理学分野の新進気鋭の研究者である産総研・地質調査総合センターの佐藤善輝さんと駒澤大学文学部の小野映介さんによって今春 5 月 27 日に古今書院から出版された“地形環境史研究—地理学と考古学・歴史学の接点—”と題するハードカバーの書籍である。著者らは共に沖積平野の地形研究で著名な名古屋大学名誉教授の海



津正倫先生の薫陶を受けた海津ゼミの先輩後輩の間柄である。

本書の内容は、地理学と考古・歴史学がオーバーラップする研究領域において、地形環境と人間活動との関係に着目した地形環境史研究を提唱し、その研究成果と今後の方向性を示すことを意図した内容に思える。即ち彼らは、人間活動の舞台としての地形環境の変遷を検討するとともに、人々の土地利用史との関係を地理学的視点(地形環境)から考察することを試みているのである。そして、地形環境を通史的な時間軸で捉えようとするのが、彼らが提唱している地形環境史研究と言えよう。冒頭で述べたように自然災害が多発する現代にあって、土地の履歴とそこに生きた人々の姿を知り、自然との向き合い方を見直すための学問的裏付けとして地形環境史研究の必要性を訴え、彼ら自身による研究事例に基づいて研究手法やその成果を力説している。その上で、世界に先駆けて高齢化時代を迎えている我が国において、自然災害を考慮した新たな居住形態を検討すべきと論じており、これは土地利用の観点からも、たいへん重要な提言と言えるであろう。

本書の目次は、以下の通りである。

はじめに

(第 1 章) 地形環境史研究とは

1. 現生人類の空間的拡散と自然環境／2. 平野・盆地の地形発達史研究と考古遺跡の関係／3. 平野・盆地

の地形発達史研究における古文書・古絵図の活用／ 4.
ジオアーケオロジとは何か／ 5. 地形環境史研究の
目的

(第2章) 沖積平野の地形・地質の特徴と成り立ち

1. 沖積平野とはどのような場所か／ 2. 微地形と浅層
地質から読み解く地形環境変化／ 3. 沖積平野を対象
とした地形環境史研究の方法

(第3章) 地形環境史研究における高精度地形発達史の構 築

1. 山麓扇状地における土砂供給の時期と規模／ 2. 内
陸盆地の扇状地における土砂の動態—平安京左京南部
における地形環境変遷／ 3. テクトニックな沈降域に
おける氾濫原の発達過程／ 4. 浜堤列平野の地形環境
と人間活動

(第4章) 地形環境史研究を通じて自然災害を読み解く

1. 遺跡からみた火山活動と人々の応答／ 2. 米代川流
域で発見された十和田火山 915 年噴火後のラハール堆
積物と埋没建物／ 3. 徳島県撫養地区における塩田開
発と 1596 年の地震との関連性／ 4. 九十九里浜平野
旧片貝村における 1703 年元禄関東地震津波の史料と
地質記録による検証

(第5章) 過去と現在・未来をつなぐ地形環境史研究

引用文献, おわりに, 索引

本書は全 5 章からなり、各章ごとに独立したテーマと
なっている。

第 1 章には、著者等が提唱する地形環境史研究につい
て概説されている。第 2 章の沖積平野の地形・地質の特
徴と成り立ちの記述は、著者らの恩師である海津先生が長
年に渡りライフワークとして検討されてきた沖積平野の地
形環境研究の内容(例えば、七山 (2013a), 佐藤・七山
(2020)で GJSJ 地質ニュースに紹介)を継承する内容となっ
ている。

第 3 章と第 4 章では、彼らによる地形環境史研究の具
体的な事例が公表論文のレビューという形で各節ごとに独
立した火山噴火災害、地震災害、津波災害の研究事例とし
て紹介されている。

第 5 章では、沖積平野の発達史をレビューし、“人はど
こに住まうべきか”という居住地(= 土地利用)という観点
で、今後の地形環境史研究の展望を述べている。巻末に
は、22 ページの引用文献と 5 ページの索引が整理されて
示されている。

著者らが本書を通して主張したいことは、沖積平野の地

形・地質調査において、考古遺跡から得られる各種情報と
ジオアーケオロジ(地球科学的手法を用いた考古学
研究)に基づく解析はたいへん重要だということなので
あろう。かつて、地理学者と考古学者は、多くの西日本地
域の大学では共に文学部に所属し、地理学者と考古学者の
共同研究は普通に行われてきた。しかし最近では考古遺跡
を研究対象とする地理学者は、日本国内では限られてきて
いる。これまでは、日本第四紀学会がその媒体的な役割を
果たしていたが、学会内でもセクターが設けられて以降は、
相互の交流は限られるように思える。考古遺跡には、遺構・
遺物から得られる情報と合わせて、なぜ、そこが人々によっ
て居住や生業の場として選ばれ、どのような環境のもとで
生活が送られ、そして破棄されたのかを考察するうえでの
重要なヒントが埋まっており、それは、本来地理学が扱う
べき沖積平野研究の重要なテーマの筈なのである。

なお、本書にも少しだけ触れられているテキサス A&M
大学の Michael R. Waters 博士が発表された“Principles
of Geoarchaeology: A North American Perspective”(邦訳)
「ジオアーケオロジ: 地学にもとづく考古学」については、
私が既に GJSJ 地質ニュースに紹介文を書いているので(七
山, 2013b), ジオアーケオロジについてご関心があれ
ば、この小文もご参照頂けると幸甚である。

本稿の末尾として、小野さんと佐藤さんの調査・研究活
動は現在もアクティブに続けられており、この書籍でも彼
らの意気込みが語られている。産総研を既に退職したシニ
アスタッフである私の立場としては、今後の彼らが主導す
る地形環境史研究の更なる発展を期待して暖かく見守りた
いと思っている。

本書は地理学と考古・歴史学がオーバーラップする研究
領域である地球環境史研究の普及を目的として執筆されて
おり、それ故に、著者たちは、先ずはこれらの関連分野の
研究者、実務者や今後、この分野を志す学生に購読してい
ただくことを希望されていることであろう。もちろんこれ
らの分野以外にも、地質学、土木工学ならびに自然災害・
防災学の見地から沖積平野の検討を行っている研究者や実
務者にも十分お勧めできる内容と考えている。

最後に私から一点だけ辛口のコメンを述べておきた
い。読者の視点から見た場合、本書の図面や写真が全てモ
ノクロ版となっていることはたいへん残念である。モノク
ロ版とカラー版では読者に与える情報量が大きく異なる
し、電子書籍が一般化している現在では、読者のニーズや
社会背景とは合致していないと思う。もちろんモノクロ版
の図判は著者等というよりも古今書院の伝統、出版方針や



印刷コストの問題であると推察されるが、今後は、地理分野や考古・歴史学分野の書籍においても、是非カラー図判の積極的な使用を期待したいと思う。

文 献

七山 太 (2013a) [新刊紹介] 沖積低地の地形環境学
海津正倫 [編]. GSJ 地質ニュース, 2, 122-123.

七山 太 (2013b) [訳書紹介] “Principles of Geoarchaeology:
A North American Perspective”(邦訳)「ジオアーケオロ

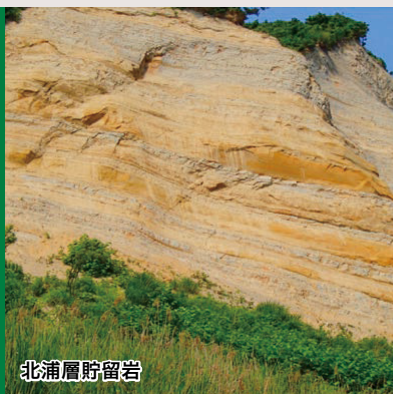
ジー:地学にもとづく考古学」. GSJ 地質ニュース, 2,
251-252.

佐藤善輝・七山 太 (2020) [新刊紹介] 沖積低地 土地
条件と自然災害リスク 海津正倫 [著]. GSJ 地質ニ
ュース, 9, 81-82.

(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)

脱炭素と 社会・経済が 調和した トランジションに向けて

エネルギー・環境・資源制約へ対応する
燃料資源地質研究



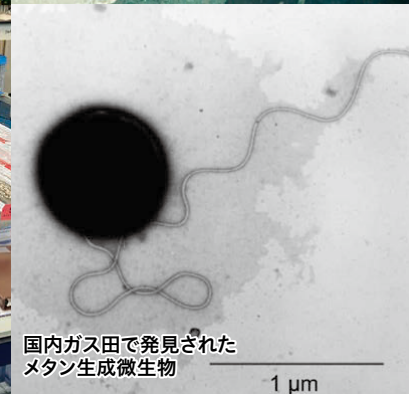
北浦層貯留岩



海底に露出しているメタンハイドレート



ちきゅう船上でのコア観察



国内ガス田で発見された
メタン生成微生物

1 μm

2024年12月6日(金)

13:30～17:30 ▶ 受付開始 13:00～
▶ 参加費無料

秋葉原コンベンションホール秋葉原ダイビル2F

JR秋葉原駅 電気街口 徒歩1分

2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、今後も脱炭素化への流れの加速化が予想される一方で、エネルギーの安定供給のための資源確保の重要性は増しており、これまで以上に環境と調和した燃料資源の開発が求められています。

本シンポジウムでは、エネルギー・環境・資源制約への対応に向けた当部門での燃料資源研究の今後の方向性について触れるとともに、招待講演を交え、在来型燃料資源、表層型メタンハイドレート、微生物起源天然ガスに関して、地質学的解釈に基づくこれらの成因やポテンシャル評価等に関わる最新の研究動向を紹介します。

PROGRAM

13:30～13:35	開会の挨拶	副研究部門長 鈴木 正哉
13:35～13:50	地圏資源環境研究部門の概要	研究部門長 相馬 宣和
13:50～14:10	カーボンニュートラル実現のためのCCSの現状とさらなる発展に向けた課題	首席研究員 徂徠 正夫
14:10～14:50	石油・ガス開発とカーボンニュートラルに資する燃料資源地質研究の役割	[招待講演] 石油資源開発株式会社 技術本部 技術研究所 フェロー 高野 修氏
14:50～15:20	各グループの研究トピックス及びポスター紹介	各研究グループ長
15:20～16:10	ポスターセッション	
16:10～16:35	日本海側堆積盆における石油・天然ガス鉱床形成へのテクトニクスの役割	燃料資源地質研究グループ キャリアリサーチャー 中嶋 健
16:35～17:00	日本海の表層型メタンハイドレート： 特徴的な地質学的背景におけるその生成シナリオ	物理探査研究グループ 主任研究員 浅田 美穂
17:00～17:25	国内の新規微生物起源天然ガス田の可能性	燃料資源地質研究グループ グループ長 吉岡 秀佳
17:25～17:30	閉会の挨拶	地質調査総合センター長 中尾 信典

参加申込方法

地圏資源



または <https://unit.aist.go.jp/georesenv/>
へアクセスしてください。



▶ 申込締切 2024.12.2(月)

ジオスクーリングネット

CPD3.5単位

単位取得を希望される方は事前登録が
必要となります

懇親会

シンポジウム終了後に懇親会の開催を
予定しております

地質を用いた 斜面災害 リスク評価

高精度化に必須の
地質情報整備

2024.
12/20 (金)

13:00-17:20 (受付開始 12:30)

会場：アクロス福岡 7F大会議室
(福岡県福岡市中央区天神 1 丁目 1 番 1 号)
地下鉄空港線天神駅から徒歩 5 分 (16 番出口直結)

定員：会場 200 名 + オンライン 300 名
CPD：3.5 単位 (現地参加のみ)

主催：GSJ 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

共催：産業技術連携推進会議 知的基盤部会 地質分科会
後援：九州大学、熊本大学くまもと水循環・減災研究
教育センター、福岡県、大分県、全国地質調査業
協会連合会、日本応用地質学会九州支部、
日本地すべり学会九州支部

事前登録制

参加費無料

ストリーミング配信

事前登録、
講演の詳細は
ウェブで

<https://www.gsj.jp/researches/gsj-symposium/sympo43/>



※ポスターセッションは現地のみ

お問い合わせ

地質調査総合センター
第43回 GSJ シンポジウム事務局
✉ M-gsj-sympo43-jimu-ml@aist.go.jp
〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央事業所 7 群

講演プログラム

- 基調講演 斜面災害の地質による個性
..千木良 雅弘 (公益財団法人深田地質研究所 理事長・京都大学名誉教授)
- 基調講演 砂防行政に係わる最近の話題
..梅本 武史 (国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 砂防計画課)
- 基調講演 火山地域で発生する豪雨・地震に伴う斜面災害
..宮縁 育夫 (熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター 副センター長)
- 招待講演 九州の地質を踏まえた斜面災害リスク評価に向けて—その課題と期待される効果—
.....大石 博之 (西日本技術開発株式会社 調査部)

- 産総研における斜面災害研究とその意義
.....宮地 良典 (産総研 地質調査総合センター)
- 北部九州地域における時系列衛星画像を用いた斜面災害観測と素因・誘因分析
.....水落 裕樹 (産総研 地質調査総合センター)
- 斜面災害リスク評価のための火山地域における熱水変質地帯での磁気探査の活用
.....大熊 茂雄 (産総研 地質調査総合センター)
- 広域地質調査が明らかにした九州の地質の新たな枠組み
.....斎藤 眞 (産総研 地質調査総合センター)
- 総合討論：九州の斜面災害の防災・減災に向けて—産学官の連携へ—
- ポスターセッション発表 8 件

とっておきたくなる！
奥深い「テフラ」の世界を月替わりで

地質標本館 カレンダー

2025
年版

リング綴じ、A4 サイズ、壁掛け式：
1,380 円(税込)



折りたたみ トートバッグ

丈夫で使いやすい
デスモシルス グッズに
色違い登場！

ポリエステル：680 円(税込)



ミュージアム
グッズは
ほかにも！



地質標本館の
はじめました X
フォローして最新情報をチェック！



GEOLOGICAL MUSEUM
地質標本館



詳しくは
ウェブサイトへ

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 地質標本館
〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 TEL: 029-861-3750 <https://www.gsj.jp/Muse/>

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 中 島 礼
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 13 巻 第 11 号
令和 6 年 11 月 15 日 発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

〒 305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1
中央事業所 7 群

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : NAKASHIMA Rei
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. 13 No. 11
November 15, 2024

Geological Survey of Japan, AIST

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



令和6年能登半島地震の震源域において、高分解能反射法音波探査を用いた緊急海洋地質調査を実施した。写真は沖合500m付近から見た能登半島北西岸、猿山岬（石川県輪島市門前町）の様子である。海岸線から急激に立ち上がる海食崖は新第三紀前期中新世の堆積岩（道下層）^{どうげ}からなり、スカイライン上には猿山岬灯台が聳える^{そび}。海岸線を縁取る白い帯は、地震に伴う海岸隆起で生じた。白い帯の上端は地震前の低潮位面の高度を記録しており、帯の高さ（幅）は海岸の隆起量（この地域の隆起量は約4mとされている）を表す。白い帯を覆う土石流堆積物は、強震動によって斜面崩壊が発生したことを物語る。

（写真・文：大上隆史 産総研 地質調査総合センター活断層・火山研究部門）

Urgent marine geological survey after the 2024 Noto Peninsula earthquake, passing the uplifted and collapsed rocky coast of Cape Saruyama.

Photo and caption by OGAMI Takashi