



# 日本地質学会中部支部 2024 年支部年会 研究発表会 講演要旨集



見附島 2022.10.1

2024（令和6）年6月22日（土）  
於 富山大学理学部棟 A424 号室



## 日本地質学会中部支部 2024 年支部年会 研究発表会 講演要旨集

### ※シンポジウム 13:00~15:45

S-1	平松良浩	能登半島の地震活動と令和6年能登半島地震の発生過程	2
S-2	石山達也	能登半島周辺の活構造と地殻構造	4
S-3	塚脇真二	令和6年能登半島地震の土砂災害とその応用地質学的な特徴~とくに地質遺産の被災状況について~	6
S-4	呉 修一	令和6年能登半島地震による富山沿岸部の津波調査・解析報告	8
S-5	立石 良	水中ドローンを用いた令和6年能登半島地震に伴う富山湾内の海底地すべり調査	10

### ※一般発表(口頭発表) 16:00~16:30

O-1	香取拓馬	令和6年能登半島地震の新潟県糸魚川市内における被害状況	12
O-2	大藤 茂	6月23日巡検ルート沿いの地質露頭	14

### ※一般発表(ポスター発表) 16:45~17:45

P-1	松山和樹	幌満カンラン岩体の構造発達過程	16
P-2	奥脇健生	オマーンオフィオライトマントルセクションの構造要素の鉛直変化	18
P-3	井上 創	フィリピン海四国海盆土佐メガマリオンカンラン岩の結晶方位分析による構造岩石学的特徴の解明と形成過程の考察	19
P-4	松崎 茜	三波川帯渋川地域北西部の変成温度構造	20
P-5	荻野峻右	炭質物ラマン温度計で用いる新しい試料形態の比較検討	21
P-6	沢田 輝	三波川変成帯におけるハイブリッド年代学の進展レビュー	22
P-7	安邊啓明	谷川岳花崗岩類中の石英に発達するマイクロクラックが示す鮮新世の逆断層型応力	24
P-8	大嶋俊介	山梨県に分布する甲斐駒ヶ岳花崗岩体の古地磁気方位と地質学的意義	26
P-9	田村明弘	能登半島西部に産する火山岩の化学組成:能登の下にあるもの	28
P-10	長谷川卓	アルケノン古水温計の誤差要因としての異性体:その検証必要性と地質試料への応用に向けた展望	31
P-11	永田秀尚	能登半島地震による珠洲市若山町延武付近での地表変形	32
P-12	立石 良	令和6年能登半島地震に伴う海岸隆起と海域活断層の調査	34
P-13	瀬能正太郎	福井県三方郡美浜町新庄地区における敦賀断層の第四紀後期の活動性	36
P-14	近藤梨紗	富山県東部に分布する鮮新統の堆積相解析に基づく飛騨山脈の隆起開始時期の推定	38
P-15	宇治拓海	阿寺断層帯北部における割れ目特徴に基づく発達史の研究	40
P-16	天児幹治	地中レーダ探査を用いた横ずれ変位量の調査手法の高度化	42
P-17	牧野美月	白馬村塩島地区における神城断層のトレンチ調査	44
P-18	廣瀬健大朗	隣接する活断層の発達過程に関する研究:阿寺断層帯中部を例に	46

## S-1 能登半島の地震活動と令和 6 年能登半島地震の発生過程

平松良浩（金沢大学）

Seismicity in the Noto Peninsula and  
the generation process of the 2024 Noto-Hanto earthquake

Yoshihiro Hiramatsu (Kanazawa Univ.)

### はじめに

能登半島北東部では、2018 年中頃から地震数が増加し、2020 年 12 月頃から非定常地殻変動を伴って地震活動が活発化した。2021 年 9 月 16 日にマグニチュード (M) 5.1 (最大震度 5 弱)、2022 年 6 月 19 日に M5.4 (最大震度 6 弱)、2023 年 5 月 5 日に M6.5 (最大震度 6 強) と地震規模が大きくなり、海底活断層でのさらなる大地震および津波の発生が懸念される中、それまでの地震活動域を震源として、2024 年 1 月 1 日に M7.6 の令和 6 年能登半島地震が発生し、石川県をはじめ、富山県、新潟県、福井県で被害が生じた。本発表では、令和 6 年能登半島地震の発生過程について、能登半島北部での過去の地震活動を参照しながら報告する。

### 能登半島北岸沖の海底活断層と被害地震

能登半島北岸沖には海底活断層が海岸線に平行に分布し、4 つのセグメントに区分される (井上・岡村, 2010)。能登半島地震の名称をもつ地震は 2007 年にも発生し、門前沖セグメントの東半分が活動した (Hiramatsu et al., 2008)。また、離水生物遺骸群集を用いて、輪島沖セグメントに対応する海岸での約 300 年前の隆起イベントが確認され、歴史記録にある 1729 年の地震は輪島沖セグメントの活動である可能性が指摘された (Hamada et al., 2016)。

### 能登半島北東部での群発地震活動

2020 年 12 月頃から活発化した能登半島北東部の地震活動は、その活動域が南部、西部、北部、東部の順に拡大した。それぞれの領域で震源の移動が見られ、この震源移動は流体圧の拡散モデルで説明される。南部領域の深部から流体が間欠的に上昇し、その流体が南東に傾斜する断層帯に浸透して、地震活動の活発化を引き起こしたと推定されている (Amezawa et al., 2023)。非定常地殻変動の変動源には流体が関与し、活動初期の頃は南東傾斜の開口断層、それ以降は逆断層型のスロースリップを伴う南東傾斜のせん断開口断層が断層モデルとして推定され、この変動源による群発地震震源域での応力増加も群発地震の一因である (Nishimura et al., 2023)。南部の地震活動域の 15 km 以深の領域は地震波速度構造や比抵抗構造の特徴から流体に富む領域であることが示唆される (e.g., Nakajima, 2022; Okada et al., 2024; 吉村ほか, 2023)。地震活動域周辺での  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比は、南部の活動域周辺で高く、一連の活動に関与する流体には深部起源の流体が混入していると推定される (鹿児島ほか, 2024)。地震活動や地殻変動からは、2022 年半ば以降は深部からの流体の大量の上昇は起こっていないと考えられる。2023 年の M6.5 の地震後の震源分布

から、海底活断層とは異なる伏在断層上で M6.5 の地震や東部の地震が発生していたことが明らかとなった (Yoshida et al., 2023; Kato 2024).

### 令和 6 年能登半島地震の発生過程

令和 6 年能登半島地震の震源は群発地震の活動域内にあり、地殻変動源の断層の浅部に位置する。本震の震源は東と西のクラスターを繋ぐ伏在断層上に位置する。したがって、地殻変動源による応力増加と断層への流体の浸透により、令和 6 年能登半島地震の震源およびその近傍での断層すべりがトリガーされた可能性が高い。地殻変動源による応力増加は珠洲沖セグメントや輪島沖セグメントの震源側でも起こり、また輪島沖セグメントの西部や猿山沖セグメントは 2007 年能登半島地震による応力増加を受けていた。そのため、断層破壊が隣接する断層に連動しやすい環境が整えられており、結果的に M7.6 の地震規模になったと考えられる。令和 6 年能登半島地震では、メートル規模の地殻変動が観測され、特に能登半島北岸では海岸の隆起が顕著であった。輪島沖セグメントに対応する範囲の海岸での隆起量の分布パターンは 1729 年の地震と令和 6 年能登半島地震では異なり、輪島沖セグメントでのすべり分布のパターンがこれら 2 つのイベントで異なる可能性が高い。強震波形による震源過程の解析から、令和 6 年能登半島地震の震源域の南西部と北東部の断層浅部で大きなすべり量が推定され (浅野・岩田, 2024)、前者は能登半島北西部での 5 m に達する海岸の隆起、後者は珠洲市や能登町で被害を生じた津波の原因となり、これらは震災を引き起こした継続時間の長い強い揺れの成因でもある。令和 6 年能登半島地震により、断層運動を促進する応力増加を受けた断層帯 (海域含む) が北陸周辺には複数あり、将来的な大地震や津波の発生に注意が必要である。

### 謝辞

本報告で述べた研究成果の多くは、科研費 (22K19949, 23K17482) の助成を受けて得られたものである。現地での調査研究にあたり多くの関係機関や住民の方々の協力を得た。記して感謝します。

引用文献 Amezawa et al., 2023, *Geophys. Res. Lett.*, **50**, e2022GL102670/浅野・岩田, 2024, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会予稿, U15-P20/Hamada et al., 2008, *Tectonophysics*, **670**, 38-47/Hiramatsu et al., 2008, *Earth Planets Space*, **60**, 903-913/井上・岡村, 2010, 海陸シームレス地質情報集, 能登半島北部, 数値地質図 S-1/鹿児島ほか, 2024, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会予稿, U15-P58/Kato, 2024, *Geophys. Res. Lett.*, **51**, e2023GL106444/Nakajima, 2022, *Earth Planets Space*, **74**, 160/Nishimura et al., 2023, *Sci. Rep.*, **13**, 8381/Okada et al., 2024, *Earth Planets Space*, **76**, 24/Yoshida et al., 2023, *Geophys. Res. Lett.*, **50**, e2023GL106023/吉村ほか, 2023, 日本地震学会 2023 年秋季大会, S22-02.

## S-2 能登半島周辺の活構造と地殻構造

石山達也（東京大学地震研究所）・野 徹雄（海洋研究開発機構）・  
佐藤比呂志（東京大学地震研究所・静岡大学防災総合センター）

Active tectonics and crustal structures of the Noto peninsula and nearby region

Tatsuya Ishiyama (ERI, the Univ. Tokyo), Tetsuo No (JAMSTEC), and  
Hiroshi Sato (ERI, the Univ. Tokyo; Center for Integrated Research and  
Education of Natural Hazards, Shizuoka Univ.)

2024年1月1日16時10分に、石川県能登地方の深さ約15kmでM7.6の地震が発生した。地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、上部地殻内で発生した地震である（地震本部, 2024a）。令和6年能登半島地震の本震は能登半島北東岸の海陸境界部に位置しており、また能登半島北岸の広域で顕著な海岸隆起（立石ほか, 2024）・地殻変動（国土地理院, 2024）を伴ったことから、能登半島沖に分布する複数の海底活断層（井上・岡村, 2010）が活動したものと見られる（地震本部, 2024b）。一方、能登半島北岸部に分布する最終間氷期の海成段丘の旧汀線高度は100mを超え（太田・平川, 1979; 小池・町田編, 2001）、過去10万年間余りの活発な地殻活動を示すほか、複数段の完新世海成段丘面群が断続的に分布しており、過去数千年間に海底活断層が繰り返し活動してきたことを示唆する（宍倉ほか, 2020; 安江ほか, 2024）。一方、日本海東部の第四紀におけるテクトニクスにおいては、海洋性地殻や高速度下部地殻を伴うリフト構造や地溝構造など、日本海拡大時の伸張テクトニクスの元で形成された構造が大きな役割を果たしていると考えられる（Ishiyama et al., 2017; No et al., 2014; 野ほか, 2014; Ishiyama et al., 2024）。本発表では、能登半島周辺で取得された地殻構造探査断面（Ishiyama et al., 2017; No et al., 2014 など）に基づき、令和6年能登半島地震震源域を含む富山トラフ周辺の地殻構造と、海底活断層や更新世段丘面の変形（例えば太田ほか, 1976）などに代表される活構造の関係について考察を試みる。また、日本海東部等の地殻構造との比較を通じて、能登半島地震のテクトニックな意味について検討を行う。

## 引用文献

- 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, 地質調査総合センター.
- Ishiyama, T., Sato, H., Kato, N., Koshiya, S., Abe, S., Shiraiishi, K., and Matsubara, M., 2017, Structures and active tectonics of compressionally reactivated back-arc failed rift across the Toyama trough in the Sea of Japan, revealed by multiscale seismic profiling. *Tectonophysics*, **710**, 21–36.
- Ishiyama, T., No, T., and Sato, H., 2024, Structural characters of nearshore active faults in the eastern Sea of Japan. *JpGU 2024 Meeting*, U16-04.
- 地震調査研究推進本部・地震調査委員会, 2024a, 令和 6 年能登半島沖地震の評価, [https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101\\_noto\\_3.pdf](https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101_noto_3.pdf). (2024 年 2 月 9 日閲覧)
- 地震調査研究推進本部・地震調査委員会, 2024b, 2024 年 4 月の地震活動, [https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/2024\\_04.pdf](https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/2024_04.pdf). (2024 年 5 月 13 日閲覧)
- 国土地理院, 2024, 「だいち 2 号」観測データの解析による令和 6 年能登半島地震 (2024 年 1 月 1 日) に伴う地殻変動 (2024 年 1 月 19 日更新), [https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto\\_insar.html](https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_insar.html). (2024 年 1 月 19 日閲覧)
- 小池一之・町田 洋 (編), 2001, 日本の海成段丘アトラス. 東京大学出版会, 115p., 3 CD-ROM.
- No, T., Sato, T., Kodaira, S., Ishiyama, T., Sato, H., Takahashi, N., and Kaneda, Y., 2014, The source fault of the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake revealed by seismic imaging. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **400**, 14–25.
- 野 徹雄・佐藤 壮・小平秀一・高橋成実・石山達也・佐藤比呂志・金田義行, 2014, 日本海東部におけるマルチチャンネル反射法地震探査. *JAMSTEC Rep. Res. Dev.*, **19**, 29–47.
- 太田陽子・平川一臣, 1979, 能登半島の海成段丘とその変形. *地理学評論*, **52**, 169–189.
- 太田陽子・松田時彦・平川一臣, 1976, 能登半島の活断層. *第四紀研究*, **15**, 109–128.
- 宍倉正展・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*, **53**, 33–49.
- 立石 良・安江健一・石山達也・金田平太郎・廣内大助・松多信尚・白濱吉起・堤 浩之・後藤玲奈・藤波哲平・澤田 渚, 2024, 生物遺骸の分布高度に基づく 2023 年・2024 年能登半島地震に伴う海岸隆起調査. 日本地球惑星科学連合 2024 年大会予稿, U15-P83.
- 安江健一・立石 良・石山達也・廣内大助・松多信尚・宍倉正展・越後智雄・後藤玲奈, 2023, 能登半島北東部の古地震活動時期の解明に向けた活構造調査. 日本地球惑星科学連合 2024 年大会予稿, U15-P97.

### S-3 令和6年能登半島地震の土砂災害とその応用地質学的な特徴 ～とくに地質遺産の被災状況について～

塚脇真二（金沢大学）

The 2024 Noto Peninsula Earthquake: Characteristics of the geohazards from the viewpoint of applied geology —with special remarks on the damage of geo-heritage—

Shinji Tsukawaki (Kanazawa University)

令和6年能登半島地震で発生した石川県下ならびに富山県下での土砂災害について、これまでに両県下で進めてきた調査の結果にもとづいてその応用地質学的な特徴を述べるとともに、能登半島の重要な観光資源である“地質遺産”の被災状況について報告する。

石川県珠洲市を震源として2024年1月1日午後4時10分ころに発生したこの地震では、最大震度7の大きな揺れが石川県志賀町や輪島市で記録された。この地震によって奥能登地域では多数の建造物が倒壊し、それとともに地すべりや岩盤の崩落、地盤の液状化といったさまざまな土砂災害が同地域のみならず、石川県の全域ならびに富山県西部地域で発生した。地震の発生からすでに半年近くが経過しているがその復旧のめどはいまだにたっていない。

発表者が所属する日本応用地質学会は、地震発生翌日の1月2日に学会本部に災害対応本部を設置し、同学会中部支部が中心となつての情報収集を開始した。被災地である北陸地方在住会員に対してはとくに情報提供の要請があつた。その後、1月23日に「令和6年能登半島地震災害調査団」が学会内に設置され、本部所属の各研究部会などを活動の中心とする現地調査が3月から始まった。この調査と並行して中部支部による調査団も被災地での調査を実施している。

その一方で発表者は、被災地が位置する大学で地域地質学を専門とする立場から、石川県下で発生した土砂災害などの記録保存とその地質との関係性を中心とする調査を地震の発生直後から実施してきた。その被害の大きさからさまざまな分野の専門家から注目されてきた奥能登地域や、甚大な液状化被害にみまわれた内灘・かほく地域といった特定の地域にこだわらず、石川県下と富山県西部地域を可能なかぎりの範囲で調べて記録してきた。それとともに、“地質遺産”とも呼べる能登半島の「見附島」や「曾々木海岸」、「千畳敷」といった特徴的な地質・地形からなる名所については、地震発生以前の記録（その一部は北國新聞社、2021、2023に収録）との比較からその被災状況の把握につとめた。

#### 引用文献

北國新聞社編（監修、塚脇真二ほか）、2021、石川ふるさと遺産。北國新聞社出版局、金沢、552p.

北國新聞社編（監修、塚脇真二ほか）、2023、石川県ビジュアル150年誌。北國新聞社出版局、金沢、360p.



## S-4 令和6年能登半島地震による富山沿岸部の津波調査・解析報告

呉 修一（富山県立大学）

Post-event survey and analysis of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Tsunami  
in coastal areas of Toyama

Shuichi Kure (Toyama Prefectural University)

本報告では、令和6年能登半島地震に伴い発生した津波に関する現地調査結果を主に報告する。本調査は、富山県立大学のみではなく、東北大学、秋田大学、防衛大学校、清水建設株式会社パシフィックコンサルタンツ株式会社、株式会社仙台測器社、ジオサーフ株式会社の合同調査団で実施したものである。

まず、富山県沿岸部に到達した津波の詳細を明らかにするため、現地ヒアリングおよび痕跡調査に基づき津波高さ・遡上高を調査した。氷見の阿尾漁港から朝日町まで、全体的に1~2mの津波遡上が計測された(図1)。一部、CCTVカメラ映像が津波挙動を把握するうえで有益であった。また、津波現地調査の課題として、津波による潮位上昇に冬季風浪が重複しているため、遡上痕跡などから津波の影響のみを抽出する必要がある。富山湾沿岸では全体として津波高・遡上高は低く、海底地すべりによる早い引き波を考慮したとしても、地震発生後即時に砂浜や沿岸部から退去する避難行動で十分対処できたと考える。これら調査結果を報告するが、詳細に関しては、藤下ら(2024)や Yuhi et al. (2024)を確認されたい。

CCTVカメラのデータは今次地震・津波の全容を明らかにするうえで大いに役立っている。しかしながら課題として、データフォーマットの扱いの難しさや、市町村レベルではデータ保存をしていないなども確認されている。これらの課題は技術の発展にともない、今後は容易に改善されるものと期待され、日本全域でのCCTVカメラの観測網が構築されると考えている。

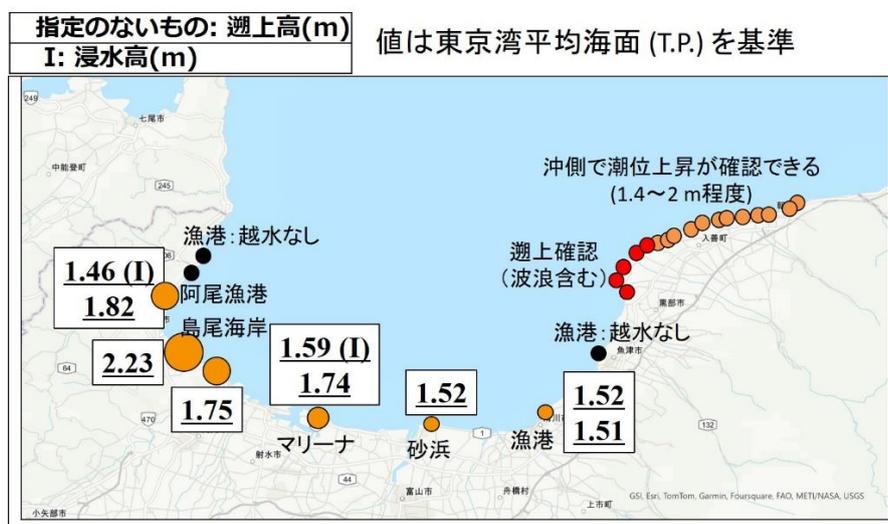


図1 富山沿岸部の津波浸水・遡上高の空間分布 (藤下ら, 2024 より)。

海底地すべりの影響は CCTV カメラなどから観測された引き波の状況から、発生地点を大まかに推測が可能であった。また、東北大学 (Masuda et al., 2024) を中心に実施された数値計算でも今次津波の再現計算および海底地すべりの影響が検証されており、その詳細についても報告する。富山湾の複数地点で海底地すべりが生じたものと推察されている。

富山県内の避難状況は現在調査が進められているが、CCTV カメラの状況やヒアリング結果などより概ね地震後即座に沿岸部 (砂浜や堤防付近) より避難する状況が見受けられた。しかしながら、避難後 20 分程度で避難をやめてしまうケースも確認された。また、今回の津波避難が過剰反応と批判・反省する声が富山県内にあり、次の地震・津波で避難を控えることが大きく懸念される。今回、過剰に避難したことは恥ずかしいことではなく、渋滞が生じるなどの課題はもちろんあったが、重要な素晴らしい行動であった点を強調する必要がある。これにより、次の地震・津波でも死者を絶対に出さないような対応を行っていくことが必要であり、そのためには何が重要かを本研究会で報告・議論できるようにしたいと考えている。富山湾における地震断層の見直しと津波の再計算を通じた可能最大津波の算定は今後徐々に進めていく予定である。また、避難状況の調査結果を整理したうえで、今後の避難対応・準備を検討していくことが、最初の一步として重要な取り組みとなっている。

#### 謝辞

本研究の遂行に向けて、富山県沿岸部の住民の皆様には多くのヒアリング調査や痕跡確認などでご協力を頂いた。国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所、富山河川国道事務所、伏木富山港湾事務所および富山県土木部には CCTV カメラ映像を含む様々なデータをご提供頂いた。また、高岡ケーブルネットワーク株式会社には、雨晴海岸での CCTV カメラ映像をご提供頂いた。富山での津波調査では合同調査チームメンバーに甚大なご協力を頂いた。末尾ながらここに記して謝意を表する。

#### 引用文献

- 藤下龍澄・呉 修一・ダサリ ダンラジュ・沼澤蓮音・松本晋太郎・宮田英寿・サッパシー アナワット, 2024 印刷中, 令和 6 年能登半島地震による富山沿岸部の津波調査報告. 富山県立大学紀要, **34**, 印刷中.
- Masuda, H., Sugawara, D., Cheng, A., Suppasri, A., Shigihara, Y., Kure, S., and Imamura, F., 2024, Modeling the 2024 Noto Peninsula earthquake tsunami: implications for tsunami sources in the eastern margin of the Japan Sea. *Geosci. Lett.*, **11**, <https://doi.org/10.1186/s40562-024-00344-8>.
- Yuhi, M., Umeda, S., Arita, M., Ninomiya, J., Gokon, H., Arikawa, T., Baba, T., Imamura, F., Kumagai, K., Kure, S., Miyashita, T., Suppasri, A., Koshimura, S., and Mori, N., 2024 in print, Post-event Survey of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Tsunami in Japan, *Coastal Eng. J.*

## S-5 水中ドローンを用いた令和6年能登半島地震に伴う 富山湾内の海底地すべり調査

立石 良 (富山大学)

“Underwater drone” survey of submarine slides associated with the 2024 Noto Peninsula earthquake in the Toyama Bay, Central Japan

Ryo Tateishi (Univ. Toyama)

2024年1月1日に能登半島で発生したMj7.6の地震による津波は、能登半島沿岸だけでなく、富山湾にも伝播した(地震調査研究推進本部, 2024)。富山湾奥に位置する富山港では、震源から南に約90km離れているにもかかわらず、津波の第一波が地震発生後約3分で到達した(地震調査研究推進本部, 2024)。この到達時間の異常な短さの原因として、近傍に津波波源が存在する可能性が指摘されている(地震調査研究推進本部, 2024)。これを受け、海上保安庁は地震後の1月15日~17日、2月27日~28日に測量船による海底地形調査を行い、神通川河口沖の海底谷斜面が広い範囲で崩壊していたことを報告した(海上保安庁, 2024a, 2024b)。特に神通川河口沖約4kmの地点では、南北方向に伸びる海底谷の西側斜面(水深260~330m)が長さ約500m、幅約80mに渡って崩壊しており、2010年時点と比べて40m程度深くなっていることが明らかになった(海上保安庁, 2024a)。しかし、比較対象が2010年の測量結果であることから、海底谷の崩壊と今回の地震との関連は不明であった。また、水橋漁民合同組合らにより、地震発生後に常願寺川河口付近の水橋沖約1.5kmの地点で行われたマルチビーム測深では、南北方向に伸びる海底谷の水深約140m以深に長さ100m以上、幅約50mにわたる地すべり状の地形が認められたが、こちらも今回の地震により発生したものかは不明であった。本調査では、これらの崩壊跡を映像で確認することを目的として、富山テレビ放送、ユウ・アクアライフと共同で、水中ドローンによる探査を行った。探査に用いた水中ドローンは、FullDepth社のDiveUnit300である。この機体は水深300mまで潜航可能であり、FullHD・30fpsの映像が水深・方位・水温などの情報入りで撮影できる。また、調査に用いた機体にはGoProが取り付けられており、4K・30fpsで映像を撮影した。

2024年3月5日に神通川河口沖で調査を行った結果、水深約250mの西向きの斜面において、複数の崖や割れ目が確認された(海野ほか, 2024)。2024年5月23日の水橋沖での調査では、水深約140~145mの南西向き斜面において高さ約5mの崖が観察された。両地点では、崖に砂岩や礫岩と思われる堆積岩が露出し、その下方に、これと同様の堆積岩がブロック状・破片状に散らばっている。堆積岩のブロックは角ばっており、海底では海綿動物や刺胞動物、藻類などの固着性生物の生息は確認されなかった。水橋沖では、崖の上方表面をシルト状の物質が覆う様子が認められたが、神通川河口沖・水橋沖のいずれも、崖下は同様の細粒物質に乏しい。以上のような特徴は、Bull et al. (2009)や川村ほか (2017)で述べられている、海底地すべりのものと一致す

る。観察された崖や割れ目は滑落崖および後背亀裂であり，下方の堆積岩のブロックや破片は崩壊堆積物と考えられる。また，地震前に行われた近傍の水中ドローン調査（佐野ほか，2022）では，クモヒトデや不正形ウニ類など，移動能力の低い底生生物が多数確認されており，崖下が現世の堆積物と思われる細粒物質に乏しいことを合わせて考えると，堆積岩のブロック化，すなわち海底地すべりと思われる崩壊がごく最近生じたものであることが伺える。これらのことは，今回両地点で観察された海底地すべりと思われる崩壊が最近発生したことを示しており，令和6年能登半島地震によるものであることが強く示唆される。なお水橋沖では滑落崖の平面～断面方向に連続する割れ目が観察され，この海底谷での崩壊は今後も続く可能性がある。

今回，水中ドローン探査で得られた映像から，堆積物の性状と底生生物相が確認され，海底地形の崩壊の種類とその新旧が識別できることが示された。水中ドローンは有人潜水調査船よりも短期間・低コストで運用でき，また，有人潜水調査船と同様に，海底の詳細な映像を記録できる。今後，測深機による海底地形探査と，水中ドローンによる海底地形や堆積物の直接観察を組み合わせることで，富山湾内で起きた事象の全貌をより正確に捉えられる可能性がある。また，従来は有人潜水調査船の利用によってでしか実現できなかった，海底における地形・地質・生物相の変化を，より手軽で，かつ詳細にとらえることが可能となり，海洋調査にブレイクスルーをもたらさうな研究手法としてさらなる発展が期待される。

#### 引用文献

地震調査研究推進本部，2024，令和6年能登半島地震の評価（令和6年1月15日公表），

[https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101\\_noto\\_2.pdf](https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101_noto_2.pdf)（2024年6月9日閲覧）。

海上保安庁，2024a，能登半島東方沖の海底で大規模な斜面崩壊の痕跡を確認（令和6年2月22日公表），

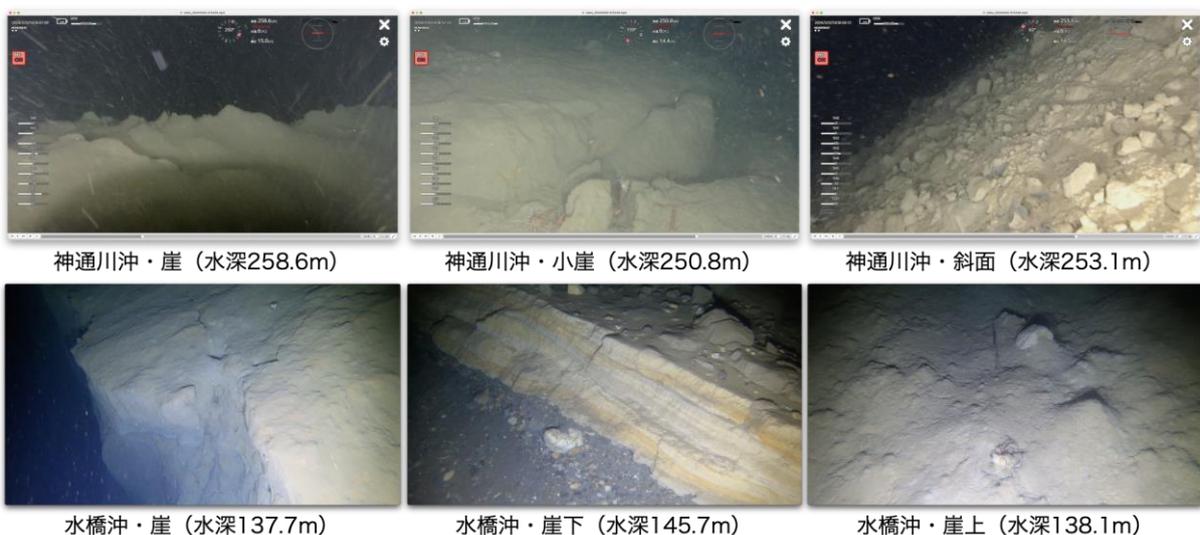
<https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r6/k240222/k240222.pdf>（2024年6月9日閲覧）。

海上保安庁，2024b，富山湾の海底で斜面崩壊の痕跡を確認（第2報）（令和6年3月11日公表），

[https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r6/k240311\\_2/k240311\\_2.pdf](https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r6/k240311_2/k240311_2.pdf)（2024年6月9日閲覧）。

佐野ほか，2022，水中ドローンによる水深200mでの現生生痕その場観察の試み，化石，111，1-2。

海野ほか，2024，水中ドローン（ROV）を用いた2024年能登半島地震に伴う富山湾の海底地すべり調査。日本地球惑星科学連合2024年大会予稿，U15-P89。



## O-1 令和6年能登半島地震の新潟県糸魚川市内における被害状況

香取拓馬（フォッサマグナミュージアム）

Complex damages associated with 2024 Noto Peninsula Earthquake  
in Itoigawa City, Niigata Prefecture

Takuma Katori (Fossa Magna Museum)

令和6年能登半島地震の震源から南東約80 kmに位置する新潟県糸魚川市では、地震に伴い局所的かつ複合的な被害に見舞われた。これら被害の地域性は、地域ごとの地質・地形的特性に起因していることが予想される。

### <津波>

上越市直江津港沖合では、1月1日の16時31分に156 cmの平均水面高を記録し（国土交通省港湾局全国港湾海洋波浪情報網）、上越市関川の河口から約400 m地点に設置された国土交通省の定点カメラでは、同日16時35分ごろに津波が川を遡上する様子が撮影されている。糸魚川市筒石川では、遡上した津波が河川堤防を越水し、付近の住宅が床下浸水している映像が住民によって撮影されている。上越地域の沿岸では、津波によると思われる堆積構造や漂着物が確認され、糸魚川市東部の藤崎海岸には珠洲市の漁船が漂着した。漂着物の堆積前線から見積もられる上越地域の津波の最大遡上高は、2-5 m程度である。大局的に遠浅である直江津海岸で最大遡上高が大きくなる傾向が認められる（山縣ほか、2024）。

### <液状化>

糸魚川駅周辺では、液状化に伴う噴砂や不等沈下が見られた。液状化による被害が顕著だったのは、糸魚川駅南口周辺の約4,000 m<sup>2</sup>の範囲である。範囲内では、噴砂や不等沈下の他、住宅の水平移動等も確認され、数ヶ月単位で開口割れ目や不等沈下が顕在化する様子も観察される。被害範囲を含む糸魚川駅周辺は、海岸沿いに発達する砂丘の後背低地にあたり地下水位も高い。また、糸魚川駅周辺で実施された公共事業ボーリングデータでは、被害範囲近辺のみ、深さ10 m地点でN値が10を下回る結果が得られている。したがって、糸魚川駅周辺の液状化被害範囲は、後背低地の緩い砂質地盤と高い地下水位により、液状化被害を誘発したと考えられる。

### <造成団地の擁壁被害>

糸魚川駅から南東約1.5 kmに位置する京ヶ峰団地では、擁壁の崩壊等の被害が集中した。京ヶ峰団地は、1965（昭和40）年に造成された約200戸の住宅団地であり、擁壁は天然の河川礫を使

用した空積み構造となっている。団地内で甚大な被害があった擁壁は、団地中央部に集中しており、団地造成前の航空写真と比較すると、切り土範囲と盛り土範囲の境界部に被害が集中している。そのため、集中した擁壁被害の要因として、地形改変（切り土・盛り土）や擁壁構造（空積み、河川礫の裏込材）などが考えられる。

能登半島地震における糸魚川市内の被害は、局所的かつ複合的な特徴を有する。これは、地震に伴う被害が地質・地形的特性を反映していることを示している。本発表では、地震直後から継続している被害状況調査の結果を報告し、地質・地形的特性との関係について議論する。

#### 引用文献

国土交通省港湾局全国港湾海洋波浪情報網，直江津港 毎分沖平均水面（沖合）。

[https://nowphas.mlit.go.jp/suii\\_graph/114/60/2024010116](https://nowphas.mlit.go.jp/suii_graph/114/60/2024010116), 2024 年 3 月 25 日引用。

山縣耕太郎・香取拓馬・小河原孝彦・竹之内耕，2024，新潟県西部における令和 6 年能登半島地震津波の遡上高分布。第四紀研究，**63**，175–179。

## O-2 6月23日巡検ルート沿いの地質露頭

大藤 茂 (富山大学)

Some geologic outcrops along the route of the June 23 excursion

Shigeru Otoh (University of Toyama)

富山大学都市デザイン学部地球システム科学科では、昨 2023 年までほぼ毎年、2 年生対象に 1 泊 2 日の能登半島巡検を実施してきた。巡検ルートは図 1 の通りで、1. 邑知低地帯の西端部から能登半島の主に海岸線沿いを時計回りに巡るものである。2024 (令和 6) 年 6 月 22 日現在、富山を出発して 1~5 の見学地点は巡検とほぼ同じルートを辿れるが、鹿磯-輪島崎間と輪島崎-禄剛崎間は道路が寸断されていて通行できない。6 月 23 日の巡検は、富山-鹿磯間の地変と地質露頭の現状を観察するもので、関野鼻、琴ヶ浜、および鹿磯の露頭を見学 (一部は遠望) し、邑知低地帯を横断する。本講演では関野鼻、琴ヶ浜、および鹿磯の露頭とその現状を簡単に説明する。

**1. 関野鼻:** 関野鼻は石灰質砂岩を主体とする関野鼻層の分布域で、ドリーネ群が知られる。石灰質砂岩は、コケムシ、ウニ、二枚貝等の破片を含み、パレオパラドキシアの大腿骨やサメの歯の化石を産する (鮎野, 1984; 鮎野編, 1993)。また、石灰質ナノ化石より CN4~CN5a 帯 (約 15~12 Ma) に対比される (上ほか, 1981)。



図 1 能登半島の地質概略図 (鮎野ほか, 1992; 鮎野編, 1993) と富山大学能登巡検の見学地点。

関野鼻の関野鼻層には海底地すべりの痕跡（石川県教育センター，1999）とされるデュープレックス状の構造が見られる（図2）。デュープレックスは，北に緩傾斜した平板状の地層とその間に挟まれる南傾斜の覆瓦状構造からなり，フロア断層（低角正断層）沿いの砂岩には平行な縞模様やポーフィロクラスト状構造も見られる．このデュープレックスの露頭は令和6年能登半島地震でも破壊されず，ヤセの断崖から遠望することができる．



図2 関野鼻のデュープレックス状構造（2017年撮影）．南傾斜の覆瓦状構造の上下を，北に緩傾斜した平板状の地層が挟む．

**2. 琴ヶ浜：**琴ヶ浜は飛驒花崗岩および飛驒片麻岩起源の石英に富む砂浜で，踏むと琴の響きに似た音がする鳴き砂として有名である．琴ヶ浜ではかつて，関野鼻層と 8.6～7.6 Ma（K-Ar 年代：柴田ほか，1981；粕野編，1993）の黒崎火山岩類との接触関係が観察された．黒崎火山岩類の玄武岩質安山岩溶岩は，関野鼻層を一部で貫き関野鼻層の上位を覆う．溶岩には一般に径 20～30 cm の柱状節理が発達し，関野鼻層との接触部付近ではその節理の間隔が数 cm 以下に減少する．しかし，令和6年能登半島地震で柱状節理をもつ黒崎火山岩類が大規模に崩落したため，現在上記の接触関係を観察するのは困難になっている．

**3. 鹿磯：**鹿磯付近には，礫岩層を特徴的に含む道下層という地層が分布する．道下層は北北東へ 10 km 程連続し，そこでは番場山層と呼ばれている．番場山層には，北向きの古流向を示す堆積構造が卓越し，その堆積環境は扇状地からファンデルタとされる（小林ほか，2005）．鹿磯付近の道下層は，礫岩層に埋もれ一部珪化した直立樹幹の化石を有し，炭質の薄層を稀に挟在する．直立樹幹の化石は令和6年能登半島地震後も残っているが，その南北の地層はしばしば崩壊し，道路を狭めている．



図3 道下層の直立樹幹化石．  
2024年4月7日撮影．

引用文献 石川県教育センター，石川県教育センター紀要，61，35p./上ほか，金沢大教養論集（自然科学），18，47-63/小林ほか，2005，地質雑，111，286-299/柴田ほか，1984，地調月報，35，331-340/粕野，1984，地団研専報，28，69-72/粕野編，1993，石川県地質誌，321p./粕野ほか，1992，アーバンクボタ，31，2-15．

## P-1 幌満カンラン岩体の構造発達過程\*

松山和樹・道林克禎（名古屋大学）

Tectonic development of the Horoman peridotite complex, Hokkaido

Kazuki Matsuyama and Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya University)

幌満カンラン岩体は多様な微細組織と軽微な蛇紋岩化で特徴づけられる大規模カンラン岩体であり、これまでに多くのマントル研究が実施されてきた(Takazawa et al., 1999 ; Ozawa, 2004, Morishita and Arai, 2003 など). 本研究では、幌満カンラン岩体の 55 地点で岩石試料を採取し、走査型電子顕微鏡による後方散乱電子回折(SEM-EBSD) によってカンラン石と直方輝石の粒子形状(粒径, 粒子面積, 長軸)と結晶方位定向配列(CPO)の測定を行った. 粒子形状は分析結果から頻度分布を作成し, 試料間での比較を行い, カンラン石 CPO は Vp-Flinn diagram(Michibayashi et al., 2016)を利用して定量的なタイプ分類を行った. さらに, カンラン岩の線構造とカンラン石 CPO の斜交性を利用し, カンラン岩が経験した剪断方向を推定した. 結果として, 主要構成鉱物の平均粒径はカンラン石が 119  $\mu\text{m}$ –330  $\mu\text{m}$ , 直方輝石が 105  $\mu\text{m}$ –378  $\mu\text{m}$  であった. また粒子形状に関する頻度分布の特徴から, 微細組織を分類した. カンラン石 CPO は Vp-Flinn diagram から A, E, AG タイプの 3 つに大別された. カンラン石 CPO と微細組織には相関が見られ, A タイプではポーフィロクラスト状組織, E タイプではマイロナイト~ポーフィロクラスト状組織, AG タイプでは等粒状組織が特徴的だった. 加えて, カンラン石 CPO のタイプは岩体南部から北部に E, A, AG と連続的な分布を示した(Matsuyama and Michibayashi, 2023). カンラン石 CPO の形成は一般に変形時の物理条件に起因する(Mainprice, 2007). 従って, 岩体南部(構造的に最下部に相当)に E タイプ CPO をもつカンラン岩が集中することは, 岩体上昇時の基底断層の運動中に水の局所的流入が起きたことを示唆する(Katayama et al., 2004 ; Matsuyama and Michibayashi, 2023). これは北海道南端部で実施された地震波速度/電気比抵抗探査によって推定された地下構造とも一致し (Ichihara et al., 2016), 沈み込んだ太平洋スラブからの脱水によって E タイプが形成されたことを示唆する. また, 岩体下部から上部にむかって微細組織・CPO が変化することと復元した剪断センスの分布から, 日高変成帯の変形史(豊島ほか, 1997)と合わせて幌満カンラン岩体の上昇史は, (1) 南向きの衝上運動による岩体下部の衝上と水の流入, (2) 南向きの衝上運動による岩体上部の衝上, (3) 西向きのトランスプレッション運動, (4) デュープレックスによる局所的な構造改変の 4 つのイベントとして区別される.

## 引用文献

- Ichihara, H., Mogi, T., Tanimoto, K., Yamaya, Y., Hashimoto, T., Uyeshima, M., and Ogawa, Y., 2016, Crustal structure and fluid distribution beneath the southern part of the Hidaka collision zone revealed by 3-D electrical resistivity modeling. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **17**, 1480–1491.
- Katayama, I., Jung, H., and Karato, S.-I., 2004, A new type of olivine fabric at modest water content and low stress. *Geology*, **32**, 1045–1048.
- Mainprice, D., 2007, Seismic anisotropy of the deep Earth from a mineral and rock physics perspective. In Schubert, ed., *Treatise in Geophysics, Vol. 2*, Elsevier, Oxford, UK, 437–492.
- Matsuyama, K. and Michibayashi, K., 2023, Variation in olivine crystal-fabrics and their seismic anisotropies in the Horoman peridotite complex, Hokkaido, Japan. *J. Geodyn.*, **158**, 102006.
- 松山和樹・道林克禎, 2024, 幌満カンラン岩体に残された最上部マントルの変形構造. 日本地球惑星科学連合 2024 年大会予稿, SCG44-02.
- Michibayashi, K., Mainprice, D., Fujii, A., Uehara, S., Shinkai, Y., Kondo, Y., Ohara, Y., Ishii, T., Fryer, P., Bloomer, S.H., Ishiwatari, A., Hawkins, J.W. and Ji, S., 2016, Natural olivine crystal-fabrics in the western Pacific convergence region: a new method to identify fabric type. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **443**, 70–80.
- Morishita, T. and Arai, S., 2003, Evolution of spinel-pyroxene symplectite in spinel-lherzolites from the Horoman Complex, Japan. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **144**, 509–522.
- Ozawa, K., 2004, Thermal history of the Horoman peridotite complex: a record of thermal perturbation in the lithospheric mantle. *J. Petrol.*, **45**, 253–273.
- Takazawa, E., Frey, F.A., Shimizu, N., and Obata, M., 1999, Polybaric petrogenesis of mafic layers in the Horoman peridotite complex, Japan. *J. Petrol.*, **40**, 1827–1851.
- 豊島剛志・小松正幸・志村俊昭, 1997, 日高変成帯の形成テクトニクス. *地質学論集*, **47**, 259–277.

---

\* 日本地球惑星科学連合 2024 年大会で発表 (松山・道林, 2024). 本稿の内容を引用する際は, 引用文献欄にある松山・道林 (2024) を引用してください.

## P-2 オマーンオフィオライトマントルセクションの構造要素の鉛直変化

奥脇健生<sup>1</sup>・夏目 樹<sup>2</sup>・道林克禎<sup>1</sup>

(1. 名古屋大学環境学研究科, 2. 神奈川県立生命の星・地球博物館)

Depth profiles of structural elements in the mantle section of the Oman ophiolite

Okuwaki, T.<sup>1</sup>, Natsume, I.<sup>2</sup>, and Michibayashi, K.<sup>1</sup>

(1. Nagoya Univ., 2. Kanagawa Pref. Mus. Nat. Hist.)

オマーンオフィオライト岩体は、海洋リソスフェアの巨大断片であり、最上部マントル構造を理解する上で格好の研究対象である (Nicolas, 1989)。オマーン掘削プロジェクト(OmanDP)は、このオフィオライト岩体の構造形成過程の解明を目的として、2016年～2018年に10数箇所で行われた大規模なボーリング掘削計画である (Kelemen et al., 2020)。本研究では中央海嶺直下におけるマントル対流を検証することを目的として、最上部マントル部から掘削された円柱状掘削コア BA3A の構造要素を復元する手法を考案し、最上部マントルの構造について議論した。

本研究では、全長約 300m の BA3A 掘削コアのうち 22 試料を使用した。鉛直に掘削された掘削コアは、地質調査によって明らかにされたモホ面に対して約 20～30 度傾斜し、掘削領域はモホ面下約 1000m の最上部マントルに相当する (Kelemen et al., 2020)。また、試料は全て蛇紋岩化が著しいハルツバージャイトであり、主な構成鉱物はカンラン石、直方輝石、単斜輝石、スピネルである (Kelemen et al., 2020)。試料ごとにコア半断面とそれに直交する面の二面で研磨薄片を作成した。ここでは半断面の短辺方向を  $X_0$  軸、長辺方向(鉛直方向)を  $Z_0$  軸、法線方向を  $Y_0$  軸とする直交座標系を設定した。まず、両面における輝石の伸長方位をそれぞれ測定し、それらの外積から面構造の法線方位( $V_f$ )を取得した。次に、走査型電子顕微鏡を用いた SEM-EBSD 法によりカンラン石の結晶方位定向配列(CPO)を測定した。本研究の試料は、掘削時に多少なりとも水平回転していることから、研磨薄片は任意の面で作成されていることから、 $X_0Y_0Z_0$  軸は構造岩石学で定義される XYZ 軸と斜交する。これを補正するためにマントル対流ではカンラン石の  $a[100]$  軸すべりが卓越すること (Karato et al., 2008) をふまえて、 $Z_0$  軸を回転軸としてカンラン石の  $a[100]$  軸の最大集中方位(max100)を極図上で一定方位に向くように回転させた。回転プログラムは MATLAB の MTEX Toolbox で作成した。max100 と面構造の法線( $V_f$ )をステレオネット下半球投影した極図を作成し、両者の関係について構造岩石学的解析を行った。

カンラン石 CPO は D タイプすべり系が卓越し、max100 の伏角がモホ面の伏角よりも小さいことから、BA3A 掘削コアは中温領域の変形イベントを記録しており、マントル上昇流からマントル水平流への移行領域に相当する可能性を示唆した。また、復元した剪断センスにはランダム性があることを示した。最終的に、それらの構造要素を説明しうる簡易的なモデルを提案した。

引用文献 Karato et al., 2008, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, **36**, 59–95 / Kelemen et al., 2020, Site BA3, *Proc. Oman Drill. Project*. <https://doi.org/10.14379/OmanDP.proc.117.2020> / Nicolas, 1989, *Structures of Ophiolites and Dynamics of Oceanic Lithosphere, Petrology and Structural Geology*. Dordrecht, Netherlands, Kluwer, 320p.

### P-3 フィリピン海四国海盆土佐メガムリオンに産するカンラン岩の結晶方位分析による構造岩石学的特徴の解明と形成過程の考察\*

井上 創<sup>1</sup>・道林克禎<sup>1,2</sup>・針金由美子<sup>3</sup>・小原泰彦<sup>1,2,4</sup>

(1. 名古屋大, 2. 海洋研究開発機構, 3. 産総研地質情報部門, 4. 海上保安庁)

Microstructural characterization of peridotites by crystallographic analysis in the Tosa Megamullion, the Shikoku Basin, Philippine Sea

Inoue, S.<sup>1</sup>, Michibayashi, K.<sup>1,2</sup>, Harigane, Y.<sup>3</sup>, Ohara, Y.<sup>1,2,4</sup>

(1. GSES, Nagoya Univ.; 2. JAMSTEC; 3. Geol. Surv. Japan, AIST; 4. JCG)

中央海嶺の低速拡大軸や背弧海盆の拡大域にはメガムリオンと呼ばれる表面に畝のような凹凸のあるドーム状地形が部分的に存在する。メガムリオンには下部地殻と上部マントルの物質が延性変形した断層岩が確認され、メガムリオン地形を形成したデタッチメント断層の深部延長部の延性剪断帯起源と考えられている。背弧拡大で形成したフィリピン海四国海盆には、これまでに複数のメガムリオン地形が発見されている (Okino et al., 2023)。本研究は、四国海盆の拡大初期に形成した土佐メガムリオンの超マフィック岩について、その構造発達過程を考察した。研究試料は、研究航海 YK23-05S で実施された潜水調査船しんかい 6500 の潜航調査によって土佐メガムリオンから採取された超マフィック岩 9 試料である。本研究では、はじめに面構造に垂直、線構造に平行なスラブ面 (XZ 面) を研磨して観察した後、研磨薄片を作成した。岩石試料は全て著しい蛇紋岩化作用を受けていたが、部分的にカンラン岩の組織が残されていた。スラブ面観察において 9 試料のうち 7 試料は強く発達した面構造と直方輝石の残晶からなるポーフィロクラスト状組織を示した。研磨薄片で観察された主要構成鉱物は、カンラン石、直方輝石、単斜輝石、斜長石、スピネルであった。カンラン石は粒径が 0.3 mm 程度で主に基質部を構成していた。直方輝石は粒径 2~7 mm の円形の残晶と数 cm 程度まで伸長した残晶が観察され、伸長した残晶はマイクロキックや波動消光などの結晶内歪を示した。単斜輝石は 0.3 mm 程度に細粒化し多角形状であった。次に、比較的カンラン石を多く含む 3 試料について、走査型電子顕微鏡を用いてカンラン石の結晶方位解析を行ったところ、分析した 3 試料全て (001) [100] すべりを表す E タイプの結晶方位ファブリックをもつことが明らかになった。以上の結果から、土佐メガムリオンで採取された超マフィック岩は著しい延性剪断変形を受けたマイロナイトのような断層岩と考えられる。その成因として、四国海盆拡大初期の土佐メガムリオンの形成時にデタッチメント断層の深部延長部でマントルを構成するカンラン岩が断層岩へ変化し、ドーム状の地形形成によって海底面に露出したことが考えられる。

引用文献 井上ほか, 2024, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会予稿, SCG42-P06/Okino et al., 2023, *Prog. Earth Planet. Sci.*, **10**, 37.

\* 日本地球惑星科学連合 2024 年大会で発表 (井上ほか, 2024)。本稿の内容を引用する際は、引用文献欄にある井上ほか (2024) を引用してください。

## P-4 三波川帯渋川地域北西部の変成温度構造

松崎 茜・瀨瀬佑衣・道林克禎（名古屋大学）

Metamorphic temperature structure of the NW Shibukawa area  
in Sanbagawa Metamorphic Belt

Akane Matsuzaki, Yui Kouketsu, and Katsuyoshi Michibayashi (Nagoya Univ.)

三波川帯は中央構造線に隣接した外帯側に関東から九州まで続いている低温高压型の変成帯である。近年、炭質物のラマンスペクトルから変成温度を求める炭質物ラマン温度計の有効性が示され (Beysac et al., 2002 ; Aoya et al., 2010 ; Kouketsu et al., 2014), 三波川帯の熱構造は炭質物ラマン温度計を用いて関東山地から四国にかけて多くの地域で明らかになってきている (Aoya et al., 2010 ; Mori et al., 2015 ; Kouketsu et al., 2020 ; Shimura et al., 2021 ; Yamaoka and Wallis, 2022). 特に, 中央構造線 (MTL) 近傍において温度の上昇がみられる地域が多く, それらの解釈について議論が続いている。

中部地方三波川帯は愛知県と静岡県の県境付近で阿多古川断層によって天竜川地域と渋川地域に分かれている。渋川地域は泥質片岩, 苦鉄質片岩, 珪質片岩からなる。本研究では, 愛知県新城市に位置する三波川帯渋川地域北西部から採取した結晶片岩を研究対象として, 炭質物ラマン温度計を用いて温度を算出した。結果として, 算出された温度は 306–386°Cであった。また, 緑色片岩の分布地域より北側は 349–386°Cと比較的高い温度を示し, 南側は 306–326°Cと北側に比べ低温であるという傾向が見られた。この結果と薄片観察により確認した岩石の組織から, 渋川地域北部全体における熱構造を考察した。

### 引用文献

- Aoya, M. et al., 2010, *Journal of Metamorphic Geology*, **28**, 895–914.  
Beysac, O. et al., 2002, *Journal of Metamorphic Geology*, **20**, 859–871.  
Kouketsu, Y. et al., 2014, *Island Arc*, **23**, 33– 50.  
Kouketsu, Y. et al., 2020, *Journal of Metamorphic Geology*, **39**, 727–749.  
Mori, H. et al., 2015, *Island Arc*, **24**, 425–446.  
Shimura, Y. et al., 2021, *Journal of Asian Earth Sciences*, **215**, 104791.  
Yamaoka, K. and Wallis, S., 2022, *Island Arc*, **31**, e12440.

## P-5 炭質物ラマン温度計における新しい試料形態の比較検討

荻野竣右・瀬瀬佑衣・高橋 聡（名古屋大学環境学研究科）

Comparison and verification study of new sample forms for use in Raman  
carbonaceous material geothermometer

Ogino, S., Kouketsu, Y., and Takahashi, S. (Nagoya Univ.)

ラマン分光法を用いて炭質物の結晶化度を評価し、岩石が経験した最高被熱温度を推定する炭質物ラマン温度計は、岩石薄片内において透明なホスト鉱物に内包されている炭質物が測定対象とされてきた (Beysac et al., 2002 ; Aoya et al., 2010 ; Kouketsu et al., 2014). これは、炭質物の薄片作成時の研磨によるダメージや測定時のレーザー加熱による損傷を避けるためである (Nakamura et al., 2019 ; Kouketsu et al., 2019). しかし、岩石試料によっては脆かったり試料の量が少なかったりするため、薄片にするのが難しい場合がある。本研究では、新しい試料形態として岩石切断面、岩石破断面およびフッ酸処理を行った試料に対し、レーザー照射の影響を評価することで、炭質物ラマン温度計に適応可能な試料形態が拡大可能か検証した

先行研究において、高結晶化度の炭質物 (= 石墨) におけるレーザー照射の影響は評価されているが (Kagi et al., 1994 ; Niwase, 1995), 低結晶化度の炭質物へのレーザー照射の影響は十分に評価されていない。そこで、本研究では 2 種類の泥質岩と 1 種類の泥質片岩を分析対象とした。内包された炭質物を対象とした従来の測定方法で得られた炭質物ラマン温度計の続成・変成温度は、それぞれ約 220 °C, 270 °C, 300 °C であった。各試料形態に対してレーザー強度を変えて測定した結果、レーザー強度が 3.0 mW 以上でラマンスペクトルの形状に変化が見られ、炭質物ラマン温度計の温度推定に影響を与える可能性があることが分かった。本発表では、レーザー強度を 0.5 mW から 8.4 mW まで変えた場合の、(1) 岩石薄片、およびレーザー強度を 0.5 mW から 1.7 mW まで変えた場合の、(2) 岩石切断面、(3) 岩石破断面、および (4) フッ酸処理を行った試料面の炭質物ラマンスペクトルの比較検証を行い、炭質物ラマン温度計を用いた場合の推定続成・変成温度値に与える影響を評価する。

引用文献 Aoya et al., 2010, *J. Metamorph. Geol.*, **28**, 895–914 / Beysac et al., 2002, *J. Metamorph. Geol.*, **20**, 858–871 / Kagi et al., 1994, *Geochim. Cosmochim. Acta*, **58**, 3527–3530 / Kouketsu et al., 2014, *Isl. Arc*, **52**, 33–50 / Kouketsu et al., 2019, *Prog. Earth Planet. Sci.*, **6**: 23 / Nakamura et al., 2019, *Isl. Arc*, **28**, e12318 / Niwase, 1995, *Phys. Rev. B*, **23**, 15785–15798.

## P-6 三波川変成帯におけるハイブリッド年代学の進展レビュー

沢田 輝 (富山大学 都市デザイン学系)

A review of hybrid geochronological studies in the Sanbagawa metamorphic belt

Hikaru Sawada (Faculty of Sustainable Design, University of Toyama)

西南日本の三波川変成帯は中生代の低温高压変成帯であり、プレート沈み込み帯として発達してきた日本列島を特徴づける地質体の代表的な1つである。19世紀後半に日本で近代的な地質学研究が始まった直後より、三波川変成帯は多くの研究の対象となってきた。21世紀に入ると、LA-ICP-MSの普及によって砂質・泥質変成岩中の碎屑性ジルコンのウラン鉛年代測定によって、三波川変成帯の地体構造区分やそれらの原岩堆積年代および変成履歴に関する理解が飛躍的に進んだ。2010年頃になると、珪長質の変成岩に含まれるジルコン以外からもウラン鉛年代が報告されるようになるとともに、LA-ICP-MSを活用してウラン鉛年代以外に微量成分分析の工夫も行われ、さらなる三波川変成帯の進化史の解読が行われている。本発表では、それら最近の年代学的な研究のレビューを行い、将来の地質研究の展望について議論する。

最近の三波川変成帯の年代学における進展の1つめとして、苦鉄質岩や超苦鉄質岩に含まれる希少なジルコンの分析が挙げられる。これによって、御荷銻緑色岩類や四国の東平岩体の変斑れい岩の原岩年代が詳細に決定されている(e.g., Sawada et al., 2019; Aoki et al., 2020; Tominaga and Hara, 2021)。これらのジルコンに対しては、ウラン鉛年代測定だけでなく、従来分析が困難であったNbやScなどの微量成分をタンデム型四重極ICPMSのコリジョンリアクションセルを活用した分析が行われている。このような微量成分分析によって、ジルコンの母岩の形成場の議論が可能になった点は特筆すべきである。これらの研究によって、御荷銻緑色岩類の原岩は160–150 Maに形成された枯渴マントル起源の海台で形成された火成岩であることや、東平岩体の変斑れい岩は200–180 Maの海洋性島弧で形成された岩石であることが明らかになった。

2つめは、ジルコン以外の鉱物のウラン鉛年代測定である。特に、チタン石やCa柘榴石などのウラン鉛年代測定が普及している。四国の五良津岩体では、エクロジャイト相変成を被った石灰質変成岩に含まれるCa柘榴石とチタン石の年代が報告されている(Yoshida et al., 2021; Niki et al., 2022)。Ca柘榴石は約100–90 Maの年代を示すのに対して、チタン石は約120 Maの年代を示し、さらに一部のチタン石は200 Maの年代を示すものもあった。鉱物間の年代差は、閉鎖温度の違いを表すと考えられ、同一鉱物内での年代差は複数の変成イベントを示すと考えられる。特に、チタン石の示す200 Maという年代値は三波川変成帯の構成岩石の一部は“先三波川変成作用”を被っていることを意味する。先に紹介した東平変斑れい岩とほぼ同じ年代であり、日本列島の地体構造発達史の考察に重大な影響があると推定される。一方、関東の樋口蛇紋岩体では、ジ

ルコンと同様にジルコニウムを主成分にもつバデレアイトが発見された (Sawada et al., in review). このバデレアイトは 96 Ma のウラン鉛年代を示し, さらに微量成分分析や岩体境界部に存在するトール石やモナズ石などのアクセサリ-鉱物の存在から, 樋口蛇紋岩体が珪化・炭酸塩化を被った年代を記録していると考えられる. プレート沈み込み帯において超苦鉄質岩と沈み込む珪長質岩や苦鉄質岩などの間で起こる珪化や炭酸塩化は地震活動への影響が大きく (Okamoto et al., 2021; Okamoto and Oyanagi, 2023), このようなイベントの発生時期を間接的にでも年代測定ができた地質学的意義は大きいと言える.

世界的な研究動向として, ウラン・鉛年代測定の適用可能鉱物の探索が続けられているとともに, タンデム型四重極 ICPMS を活用した B 壊変系列の放射年代測定 (Rb-Sr, Re-Os, Lu-Hf など) が急速に普及しつつある. 特に, 先カンブリア代の地質の広がる海外においてはこれらの年代測定の導入障壁は比較的低い. 変成岩岩石研究の蓄積のある我が国においては, この研究トレンドに追従する努力をするとともに顕生代の若い地質体への適用可能性を広げ, プレート沈み込み帯における地質現象解読に有用な情報を探る必要がある. 同時に, 年代測定研究に供することのできるこれまで見つかっていなかったアクセサリ-鉱物を効率的に発見するためには, マイクロ XRF イメージングなどの新手法を活用して露頭を網羅的にデータ化する試みも必要とされている.

#### 引用文献

- Aoki, S, et al., 2020, *Lithos*, **358–359**, 105378.  
Niki, S., et al., 2022, *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, **117**, 210814.  
Okamoto, A. et al., 2021, *Communications Earth & Environment*, **2**, 151.  
Okamoto, A., & Oyanagi, R., 2023, *Progress in Earth and Planetary Science*, **10**, 39.  
Sawada, H. et al., 2019, *Journal of Asian Earth Science*, **169**, 228–236.  
Tominaga, K. and Hara, H., 2021, *Gondwana Research*, **89**, 177–192.  
Yoshida, K. et al., 2021, *Lithos*, **398–399**, 106349.

## P-7 谷川岳花崗岩類中の石英に発達するマイクロクラックが 示す鮮新世の逆断層型応力\*

安邊啓明 (日本原子力研究開発機構)・南 沙樹 (京都大)

Reverse faulting stress in the Pliocene detected from microcracks in quartz of  
the Tanigawa-dake granitic rocks

Noriaki Abe (JAEA) and Saki Minami (Kyoto Univ.)

谷川岳地域は東北日本弧、西南日本弧、伊豆-小笠原-マリアナ弧が会合する領域の北東部に位置する。ここでは約 6 Ma より若い花崗岩類が貫入しており (例えば, Harayama, 1992; Minami et al., 2021), 一般的な花崗岩の定置深度を考えると, 本地域は急速に隆起・削剥された可能性がある。この要因として, 丹沢・伊豆地塊の衝突やフィリピン海プレートの運動方向の変化などにより, 中部日本の応力場が変化したことが考えられる。谷川岳地域の花崗岩類に記録された応力史を構築し, 急速隆起をもたらしたメカニズムを解明することは, これらのテクトニクスを考える上で極めて重要である。そこで本研究は, 谷川岳地域の花崗岩類中の石英に発達するマイクロクラックについて, その三次元方位分布を利用した古応力解析, ならびに流体包有物解析による形成温度推定を行った。

試料は, 後期中新世-鮮新世谷川岳花崗岩類の 3 つの岩体のうち, 谷川岩体の 2 地点において, 定方位で採取した (試料 A, B)。方位を復元しながら作成した直交三面の薄片において, 石英に発達したヒールドマイクロクラック (HC) およびシールドマイクロクラック (SC) の三次元方位を, ユニバーサルステージを用いて測定した。得られた方位分布を, 混合ビンガム分布法 (Yamaji and Sato, 2011) で解析した。さらに試料 A について, 測定した HC の流体包有物の加熱冷却実験を行い, 氷点測定による塩濃度の推定, および均質化実験による HC 形成温度の推定を行った。

方位解析の結果, HC から E-W 圧縮の逆断層型応力 (応力 H) が, SC から ENE-WSW 圧縮の逆断層型応力 (応力 S) が, 2 試料で共通して検出された。マイクロクラック同士の切断関係を観察したところ, HC の後に SC が形成されたことが分かった。試料 A の流体包有物解析の結果, HC の均質化温度は約 210°C または約 260°C だった。南ほか (2022) は, 試料 A と同一地点で約 3.3 Ma のジルコン U-Pb 年代 (閉鎖温度 > ~900°C) と, 約 2.6 Ma のジルコン (U-Th)/He 年代 (~180°C) を報告している。以上のことから谷川岳地域では, 約 3.3~2.6 Ma の間に応力 H が働き, その後に応力 S に変化したと考えられる。ただし, 応力 H と応力 S は大き

く異なる応力ではなく、異なる時階の応力なのか、同一の時階の応力の時間的な揺らぎかを判別することはできていない。

Takeuchi (1980) は、後期中新世から現在までの東北日本南部で貫入した火成岩脈の方位を測定した。このうち鮮新世の岩脈群の方位分布から、貫入当時の水平面内での最大圧縮方向 ( $\sigma_{Hmax}$  軸方向) は ENE-WSW から E-W と考えられる。また、報告されている岩脈群の方位分布を混合ビンガム分布法で解析すると、応力の型は正断層型および横ずれ断層型である。本研究で得られた応力 H, S をこれらの応力と比較すると、 $\sigma_{Hmax}$  軸方向についておおむね一致している一方、応力の型は一致しない。谷川岳地域の花崗岩類は北部フォッサマグナ地域の高井-美ヶ原帯 (小坂, 1984) に分布する深成岩類の北東延長に位置づけられる。これらの岩体は北東へ向かうにつれて貫入年代が若くなる傾向があり (川野, 2017), 北東部でより急速に削剥されたと考えられる。従って、北部フォッサマグナ地域の中でも鮮新世以降の歪速度は異なっていると考えられる。Takeuchi (1980) の岩脈群が示唆する応力と本研究で検出した応力の型の違いも、同様の地域差を反映している可能性がある。今後は、谷川岳地域の花崗岩類のうち年代の異なる岩体の試料について同様の検討を行い、谷川岳地域内での応力の時空間的な一様性を検討する。

謝辞 野外調査の一部について、令和4年度深田野外調査助成の支援を受けた。

引用文献 安邊・南, 2024, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会予稿, SCG41-P05/Harayama, 1992, *Geology*, **20**, 657-660/川野, 2017, *地球科学*, **71**, 75-86/小坂, 1984, *信州大学理学部紀要*, **19**, 121-141/Minami et al., 2021, *Earth Planets Space*, **73**, 231/南ほか, 2022, *フィッション・トラック ニュースレター*, **35**, 22-26/ Takeuchi, 1980, *J. Geosci. Osaka City Univ.*, **23**, 1-64/Yamaji and Sato, 2011, *J. Struct. Geol.*, **33**, 1148-1157.

---

\* 日本地球惑星科学連合 2024 年大会で発表 (安邊・南, 2024)。本稿の内容を引用する際は、引用文献欄にある安邊・南 (2024) を引用してください。

## P-8 山梨県に分布する甲斐駒ヶ岳花崗岩体の 古地磁気方位と地質学的意義

大嶋俊介（名古屋大学大学院環境学研究科）・星 博幸（愛知教育大学）

Paleomagnetic direction and tectonic significance of Kaikomagatake Granitic Pluton  
in Yamanashi Prefecture

Shunsuke Oshima (Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)  
and Hiroyuki Hoshi (Aichi University of Education)

本州中部に見られる関東対曲構造は、中央構造線とその周辺に分布する帯状地質構造のハ型屈曲構造である。この屈曲構造は伊豆－小笠原弧が本州弧に衝突したことで形成が始まったと考えられている。形成開始年代は約 17～15 Ma と考えられているが（星，2018），その後どのように現在の姿に発達してきたかは明らかになっていない。この発達過程について検討するには、伊豆衝突帯（青池，1999）に露出する 15 Ma よりも新しい地層もしくは岩体の残留磁化方位を調査することが有効である。そこで筆者は関東対曲構造西翼側の四万十帯に貫入している甲斐駒ヶ岳花崗岩体に注目した。この岩体はジルコン U-Pb 年代測定によって約 13 Ma に形成されたと考えられている（Sawaki et al., 2020）。そのため、甲斐駒ヶ岳花崗岩体の残留磁化を調査対象とすることで約 13 Ma 以降の関東対曲構造西翼側の発達史を明らかにできる可能性がある。以上のことから、筆者は甲斐駒ヶ岳花崗岩体を含む関東対曲構造西翼側の地殻の運動について推定することを目的として、甲斐駒ヶ岳花崗岩体の残留磁化方位を調査した。研究結果をもとに、甲斐駒ヶ岳花崗岩体から初めて残留磁化成分とそれらを担う強磁性鉱物について報告する。

筆者は 7 地点で試料採取を行った。甲斐駒ヶ岳花崗岩体は主にチタン鉄鉱系列（Ishihara, 1977）に属する。佐藤ほか（1989）によると、甲斐駒ヶ岳花崗岩体は一般的に磁鉄鉱に乏しく、通常  $3 \times 10^{-3}$  SI 以下の帯磁率を示すが、暗色包有物に富む部分で最高  $10 \times 10^{-3}$  SI に達する高い帯磁率を示すことがあるという。これを踏まえて本研究では磁鉄鉱が含まれると期待される暗色包有岩を主な試料採取対象とし、花崗岩（優白色部）からも試料を採取した。

直交 3 軸方向に着磁した等温残留磁化の段階熱消磁実験（Lowrie, 1990）の結果から、暗色包有岩、花崗岩の試験片の残留磁化を担う主要な強磁性鉱物は、どちらも磁鉄鉱と推定される。これに加えて、粗粒な磁鉄鉱や磁赤鉄鉱、チタン磁鉄鉱も残留磁化の一部を担っている可能性が考えられる。

自然残留磁化の段階消磁実験で得られた甲斐駒ヶ岳花崗岩体の残留磁化成分（ $n = 149$  個）は、方位のばらつきが大きいもののほとんどが正極性を示した。しかしわずか 2 個ではあるが逆極性

の残留磁化方位を持つ試験片（暗色包有岩）もあった。残留磁化の獲得時期は、正極性成分がブルン正磁極期、逆極性はブルン正磁極期より前と考えられる。また、正極性成分（ $n = 147$  個）の平均方位は北から約  $9^\circ$  西偏し、2 個の逆極性方位は南から約  $40 \sim 50^\circ$  東へ振る。これらの結果は、甲斐駒ヶ岳花崗岩体を含むこの周辺の西翼側の地殻が鉛直軸まわりの反時計回り回転運動を経験したか、もしくは北東への傾動を経験したことを示唆する。それぞれの可能性の検討から、鉛直軸まわりの反時計回り回転運動が起きた可能性の方が高いと筆者は考える。また、ブルン正磁極期に獲得されたと考えられる正極性残留磁化方位も北から僅かに西偏することから、反時計回り回転はブルン正磁極期も進行中である可能性が高い。したがって、約  $17 \sim 15$  Ma に形成が始まったとされる関東対曲構造は現在も発達過程にあると考えられる。

甲斐駒ヶ岳花崗岩体は帯磁率の観点からはチタン鉄鉱系列花崗岩（Ishihara, 1977）に属する。しかし今回の岩石磁気実験の結果、花崗岩と暗色包有岩の両方に磁鉄鉱が含まれていることが明らかになった。本研究は、チタン鉄鉱系列花崗岩であっても実際には磁鉄鉱が含まれることを岩石磁気実験によって明示した事例である。また、地殻の運動について議論できる残留磁化方位を得ることができたことから、チタン鉄鉱系列に属する花崗岩であっても磁鉄鉱が含まれる場合には残留磁化測定によって地殻の運動を検討できると考えられる。

#### 引用文献

- 青池 寛, 1999, 伊豆衝突帯の構造発達. 神奈川県博調研報, 自然科学, **9**, 113–151.
- 星 博幸, 2018, 関東対曲構造の形成はいつ始まったか? 地質学雑誌, **124**, 805–817.
- Ishihara, S., 1977, The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geology*, **27**, 293–305.
- Lowrie, W., 1990, Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. *Geophysical Research Letters*, **17**, 159–162.
- 佐藤興平・柴田 賢・内海 茂, 1989, 甲斐駒ヶ岳花崗岩質岩体の K-Ar 年代と岩体冷却史—赤石山地の地質構造形成史における意義—. 地質学雑誌, **95**, 33–34.
- Sawaki, Y., Asanuma, H., Abe, M., and Hirata, T., 2020, U–Pb ages of granitoids around the Kofu basin: Implications for the Neogene geotectonic evolution of the South Fossa Magne region, central Japan. *Island Arc*, **29**, e12361, doi: 10.1111/iar.12361.

## P-9 能登半島西部に産する火山岩の化学組成：能登の下にあるもの

進論学生・田村明弘・水上知行・海野 進・森下知晃（金沢大）

Compositions of volcanic rocks from the western Noto Peninsula :  
Implications for "Objects" beneath Noto

Shinron-Students, Tamura, A., Mizukami, T., Umino, S., and  
Morishita, T. (Kanazawa Univ.)

能登半島には日本海拡大期の漸新世から中新世の火山岩が産する。火山岩を主体とするこの時期の層序として、高洲山層 (29–20 Ma)、合鹿層 (28–21 Ma)、馬縹層 (24–23 Ma)、神和住層 (22–20 Ma)、別所岳安山岩 (17 Ma) などが知られている (山田・高橋, 2021 地質雑)。正確な年代はわかっていないが、同時期の火山岩として、輪島市東部の玄武岩やアダカイト様安山岩 (上松ほか, 1995; Sato et al., 2013)、九十九湾地域の高マグネシアン安山岩 (Lopez and Ishiwatari, 2002) の岩石学的研究がされている。Okamura et al. (2016) により、能登半島の火山岩の地球化学データが報告されているが、マグマの成因関係や活動の変遷を検証するためには十分ではない。一方、同時期の大陸縁のリフティング時のマグマ活動として、加賀地域の鷲走ヶ岳や砺波地域の白中の月長石を含む流紋岩 (石田ほか, 1998; Yamada et al., 2023) が知られているが、マグマ過程はよくわかっていない。近年、Yamada et al. (2023) は同位体組成をもとに、このマグマ生成に飛騨帯の地殻岩石の寄与があったこと、能登半島先端の馬縹層のアルカリに富む玄武岩質安山岩 (Okamura et al., 2016) との成因関係を指摘している。

本研究では能登半島西部、劔地・藤浜地域に産する火山岩試料の全岩主要元素組成・微量元素組成をもとにマグマ過程を検討した。調査と試料の採集は、2008年から金沢大学地球学教室の学生実習「進論」によって毎年行われてきた。主要元素組成は各年の「学生実験 (岩石学実験)」において XRF 分析で測定した。微量元素組成は主要元素組成を測定した試料から選定し、全溶融ガラスと LA-ICP-MS を用いて測定を行った (Tamura et al., 2015, 2022)。

調査地域は能登半島西部、門前町劔地の北方、トトロ岩 (権現岩) 周辺から、腰細、赤神、藤浜、イボ岩にかけての海岸および内陸部である。地質図 (尾崎, 2010) ではデイサイト・安山岩溶岩を主体とする層序とされているが、玄武岩から流紋岩まで幅広い組成の火山岩が溶岩、岩脈、溶結凝灰岩として分布していることがわかってきた。岩石試料の主要元素組成と記載岩石学的性質をもとに、玄武岩、トラカイト質安山岩 (粗面安山岩)、両輝石安山岩、デイサイト、流紋岩に分類した。薄片観察をもとに、 $K_2O$  含有量が高い玄武岩 ( $>0.8$  wt%) は変質した玄武岩として区分した。両輝石安山岩とデイサイトは玄武岩中に岩脈として認められるほか、トトロ岩およびその周辺に認められる。流紋岩は溶結凝灰岩であり、粗面安山岩の上位に相当する。なお、藤浜の

流紋岩には月長石が含まれることが確認されており，鷲走ヶ岳の月長石流紋岩と同時代の 22 Ma のジルコン U-Pb 年代が得られている（森下・長田，準備中）．赤神の 2 試料の玄武岩の K/Ar 年代として，29 Ma が得られている（荒井，未公表）．したがって，この地域には，29 Ma の玄武岩から 22 Ma の流紋岩までの火成活動の記録が残されていることになる．

図 1 に本研究で得られた火山岩の主要元素・微量元素組成を示す．玄武岩はかんらん石に富むものが認められ，やや SiO<sub>2</sub> が高く（=51~53 wt%），MgO と Ni に富む（MgO は最大 10 wt%，Ni=250~300 ppm）．両輝石安山岩とデイサイトは，低 K-カルクアルカリ系列に分類され（K<sub>2</sub>O < 1 wt%，FeO\*/MgO 比 < 2），Ti に乏しい（TiO<sub>2</sub> < 2 wt%）．以上の岩石は HREE が枯渇しており，LREE に富む．両輝石安山岩とデイサイトでは玄武岩よりもエンリッチしており，微量元素パターンでは Zr と Hf に正異常，Ti に負異常が認められる．アルカリ量（Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O≈6 wt%）から粗面安山岩としたものは，TiO<sub>2</sub>（≈2.2 wt%），P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>（≈0.37 wt%）の含有量が高い．REE 濃度が高く，左上がりの REE パターンである．Sr 量は玄武岩と同様で，微量元素パターンでは負異常を示す．流紋岩はアルカリに富み（Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O > 8 wt%，K<sub>2</sub>O > 3.8 wt%），Zr 量が高い（≈400 ppm）．鷲走ヶ岳の月長石流紋岩とほぼ同様の組成をもつが，ここでは SiO<sub>2</sub> がより乏しい岩石（≈70 wt%）も認められる．微量元素パターンでは Sr，Eu，Ti に様々な程度の負異常が認められる．すべての岩石の微量元素パターンには共通して LREE に対して Nb と Ta に明瞭な負異常がある．

全岩主要・微量元素組成をもとに火山岩の成因を議論する．日本海拡大時に活動した「背弧海盆玄武岩」の初生マグマ組成が推定されている（Hirahara et al., 2015）．玄武岩と両輝石安山岩・デイサイトの成因はこの初生マグマによって説明することができる．これらは拡大場ではなく大陸縁の下部地殻の熔融を伴うマグマの進化によって生成されたと考えられる．粗面安山岩の成因は，玄武岩マグマへの大陸地殻中の黒雲母の寄与（Palummo et al., 2024）により説明され，さらに月長石流紋岩の親マグマであることが示される．ここでの粗面安山岩は化学組成的に馬縷層の玄武岩質安山岩に対比される．このことは能登半島地震の震源域の門前地域および能登半島先端地域に同様のマグマ生成に関与した共通の特異な下部地殻があることを示唆する．火山岩の岩石学によって能登半島の地下の岩石を制約することで，現在の能登半島地震のメカニズムの解明に貢献したい．

引用文献 Hirahara et al. (2015) *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **16**, 1324–1347/石田ほか (1998) 地質雑，**104**, 281–295/Lopez and Ishiwatari (2002) *J. Mineral. Petrol. Sci.*, **97**, 85–113/Okamura et al. (2016) *J. Geodyn.*, **97**, 42–61/尾崎 (2010) 能登半島北部 20 万分の 1 地質図. 数値地質図 **S-1**, 産総研/Palummo et al. (2024) *Contrib. Mineral. Petrol.*, **179**, 41/Sato et al. (2013) *J. Petrol.*, **54**, 481–524/Sun and McDonough (1989) *Geol. Soc. Spec. Publ.*, **42**, 313–345/Tamura et al. (2015) *Geochem. J.*, **49**, 243–258/Tamura et al. (2022) *Geochem. J.*, **56**, 231–239/上松ほか (2023) 地質学論集，**44**, 101–124/山田・高橋 (2021) 地質雑，**127**, 507–525/Yamada et al. (2023) *J. Mineral. Petrol. Sci.*, **118**, 026.

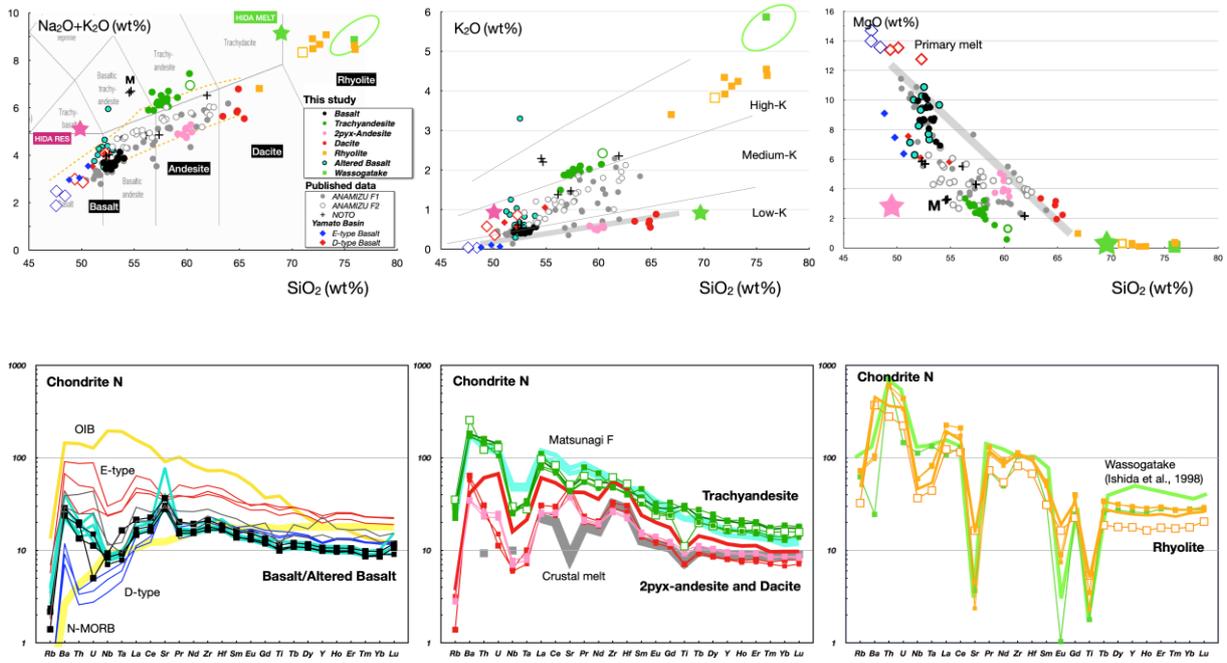


図1. 能登半島西部， 劔地－藤浜地域に産する火山岩の主要元素・微量元素組成。

能登， 穴水データは文中の引用文献による． 日本海の玄武岩（D-type/E-type）および初生メルト組成は Hirahara et al. (2015)による． コンドライト値は Sun and McDonough (1989)．

## P-10 アルケノン古水温計の誤差要因としての異性体： その検証必要性と地質試料への応用に向けた展望

長谷川 卓（金沢大学理工研究域地球社会基盤学系）

Stereoisomerization of alkenones as a potential factor of erroneous paleothermometry: importance of its evaluation and prospective for application on geologic samples

Takashi Hasegawa (Kanazawa Univ.)

アルケノン古水温計は、ハプト藻由来の有機分子であるアルケノンを用いた過去の古水温推定法であり、不飽和部位数が異なる炭素数 37 の分子の相対的存在度を指標化した  $U^K_{37}$  から古水温を算出する。従来、第四紀の深海コア堆積物に応用されてきた。官能基を持つ有機分子であることから風化が懸念される陸上セクションや新第三紀以前の堆積物への応用例は多くはないが、最近 Kajita et al. (2022) が下総層群に応用したり、Hasegawa and Goto (2024) が炭素数 40 の分子を利用して白亜系海洋無酸素事変 2(OAE2) の古水温変動を議論するなど、その応用範囲の拡大可能性が広がってきた。一方で、地質試料への応用に当たっては、不飽和部位の結合状態が生合成時（全てトランス型）とは異なる異性体（一部がシス型に変化したもの）の存在が指摘されており、従来の無極性カラムを用いたガスクロマトグラフ(GC)分析では認識できず、誤って水温を低く推定しまう問題が指摘されていた (Furota et al., 2016; Hasegawa and Goto, 2024)。

本研究で白亜系試料中の炭素数 40 のアルケノン異性体の存在量比を、古水温に依存するアルケノン不飽和度指標  $U^K_{40}$  と比較したところ連動性が確認され、異性体の生成が環境に依存している可能性があることがわかった。そこで日本海の若狭湾沖から得られた海底堆積物のコアトップ試料のアルケノンについて、その異性体の有無を調べたところ明らかな異性体を検出した。このことは、トランス/シス変異による構造異性体が続成ではなく、水柱あるいは堆積物表層の続成最初期に形成されていたことを示す。多くのアルケノンを用いた第四紀研究ではこの異性体評価を行っていないため、それらの過去の研究は全て古水温を過小評価している（実際よりも低く見積もっている）可能性があり、検証が必要である。

この過小評価が生じる原因は、2 不飽和アルケノンの異性体が 3 不飽和アルケノンのピークと GC 上では完全に重なることが原因であるため、カラムなどの条件を工夫してこれらのピークを GC 上で完全に分離する方法をみつけるか、もしくはガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC/MS) を用いて  $U^K_{37}$  算出に関連する分子をすべて定量するかのいずれか（もしくは両方）が必要となる。GC/MS は GC 分析と比べてノイズを大きく軽減することができるため、GC 分析の 1/10 から 1/100 の存在量でも目的物質を認識可能である。後者の手法が確立できれば従来より遥かに微量の試料でアルケノン古水温計が利用できるようになる可能性がある。

引用文献 Furota et al. (2016) *Org. Geochem.*, **101**, 166–175/Hasegawa and Goto (2024) *Org. Geochem.*, **188**, 104722/Kajita et al. (2022) *Prog. Earth Planet. Sci.*, **9**, 40.

## P-11 能登半島地震による珠洲市若山町延武付近での地表変形

永田秀尚（有限会社風水土）

Ground surface deformation due to the 2024 Noto Peninsula Earthquake around  
Nobutake, Wakayama-cho, Suzu City

Hidehisa Nagata (FuSuiDo co., ltd.)

令和6年能登半島地震では広い範囲で地殻変動が生じたが（たとえば国土地理院, 2024）、特異なものとして吉田（2024）や白濱ほか（2024）、吉見・丸山（2024）が報じた珠洲市若山町付近での地表変形がある。このうち、東端にあたる若山町延武付近での地表変形を予察的に調査したので報告する。

すでに報告されているように、延武付近では東北東-西南西方向に並行する3列の変形列が見られる。これを北から順にR1, R2, R3と呼ぶ。さらにR3より南側にわずかな変形列があり、これをR4とする。

R1は明瞭な小崖を伴わない、南上がりの田面の撓曲である。国道249号より北側で変形が認められるが、南側も若山川付近まで広い幅で田面の不整が見られる。人工改変により確実ではないが、既存の撓曲崖とみられるわずかな急斜面と重なる箇所がある。

R2は栗林神社西の道路を横断する北上がりの小崖から確認され、国道249号の撓曲状変形、その西南西に田面や畦での小崖（約30cm）が連続する。若山川右岸でも田面のわずかな撓曲が見られる（これは若山川に向かう地すべりの頭部崖に切られる）。R2の東方延長には栗林神社北に小崖がある。また延武の集落内の高さ約3mの小崖がR2とほぼ重なる。

R3は栗林神社南の高さ5mの小崖に沿う北上がりの小崖から確認され、国道249号を変形させて、その西南西に田面や畦での小崖が連続する。畦を切る小崖は、約20cmの北上がりとともに、25cmの左ずれ成分をもつ。若山川右岸への延長は不確実である。

R4は栗林神社南、国道との間の、おそらく北上がりのわずかな田面の撓曲である。

以上のような調査結果から、延武付近の地表変形は、地震による、断層を伴う褶曲とみてよいものである。R1からR3まではすでにある小崖や撓曲崖の位置とほぼ同じ、また今回出現した変形の延長上に小崖が見られることから、褶曲（背斜）の成長と捉えることができる。ただし、この褶曲がテクトニックなものであるのか、バレーバルジングに伴う谷背斜（Hollingworth et al, 1944; 日本の例は野崎, 1998 など）のような重力変形によるものなのかについては、地下も含めた今後の調査を含めて明らかにされる必要がある。以下のような点の検討が必要である。①変形箇所は1/5万地質図幅（吉川ほか, 2002）の「岡田背斜」位置に相当するがこの位置での背斜構造は十分確認ができていない。②既存の小崖などが西側でも東側でも丘陵部への連続が確認されないことの解釈。③地震動で生じたバレーバルジングの事例が見当たらないこと。

さらに、若山川に沿う変形域の主要部にあたる若山町中付近の断層などについては兩岸の地すべりの関与など別の形成機構も考慮されなければならない。

#### 引用文献

Hollingworth, S.E., Taylor, J.H., and Kellaway, G.A., 1944, Large-scale superficial structures in the Northampton Ironstone Field. *Quart. J. Geol. Soc. London*, Vol. C, 1-44.

国土地理院, 2024, 「だいち2号」観測データの解析による令和6年能登半島地震に伴う地殻変動(2024年1月19日更新). [https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto\\_insar.html](https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_insar.html)\*.

国際航業株式会社, 2024, 航空レーザ計測成果を用いた数値地形解析結果【速報】(能登地域:西部). <https://www.kkc.co.jp/disaster/2024/01/%E4%BB%A4%E5%92%8C%EF%BC%96%E5%B9%B4%E8%83%BD%E7%99%BB%E5%8D%8A%E5%B3%B6%E5%9C%B0%E9%9C%87/>\*.

野崎 保, 1998, バレーバルジングの発見. 第37回地すべり学会研究発表会講演集, 149-150.

白濱吉起・石山達也・立石 良・安江健一, 2024, 令和6年能登半島地震(M7.6)に伴い若山川沿いに生じた地表地震断層【速報】. <https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/eq/20465/>\*.

吉田一希, 2024, 石川県珠洲市若山町に出現した上下変位を伴う線状の地表変状(速報), <https://www.gsi.go.jp/common/000254854.pdf>\*.

吉川敏之・鹿野和彦・柳沢幸夫・駒澤正夫・上嶋正人・木川栄一, 2002, 珠洲岬, 能登飯田及び宝立山地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 76 p.

吉見雅行・丸山 正, 2024, 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>\*.

\* ウェブページはすべて2024年6月14日参照

## P-12 令和6年能登半島地震に伴う海岸隆起と海域活断層の調査

立石 良<sup>1</sup>・金田平太郎<sup>2</sup>・後藤玲奈<sup>1</sup>・藤波哲平<sup>2</sup>・海野 奏<sup>1</sup>・佐野晋一<sup>1</sup>・石山達也<sup>3</sup>・安江健一<sup>1</sup>・廣内大助<sup>4</sup>・松多信尚<sup>5</sup>・森 愛<sup>1</sup>・瀬能正太郎<sup>1</sup>・桐山美沙子<sup>1</sup>  
(1: 富山大学, 2: 中央大学, 3: 東京大学地震研究所, 4: 信州大学, 5: 岡山大学)

Survey of coastal uplift and offshore active fault associated with the 2024 Noto Peninsula earthquakes

Tateishi, R.<sup>1</sup>, Kaneda, H.<sup>2</sup>, Goto, R.<sup>1</sup>, Fujinami, T.<sup>2</sup>, Umino, K.<sup>1</sup>, Sano, S.<sup>1</sup>, Ishiyama, T.<sup>3</sup>, Yasue, K.<sup>1</sup>, Hirouchi, D.<sup>4</sup>, Matta, N.<sup>5</sup>, Mori, M.<sup>1</sup>, Seno, S.<sup>1</sup>, and Kiriyama, M.<sup>1</sup>  
(1: Univ. Toyama, 2: Chuo Univ., 3: Earthquake Research Institute, The Univ. Tokyo, 4: Shinshu Univ., 5: Okayama Univ.)

2024年1月1日に能登半島で発生した令和6年能登半島地震(Mj7.6)は、能登半島北岸部を中心に大きな海岸隆起をもたらした。本研究は、この地震に伴う地殻変動や地形変化を明らかにすることを目的として、能登半島北岸部全域で生物遺骸の分布高度等を基準とした隆起量調査を行った。また、地震に伴う断層変位を確認するため、大きな隆起量を記録した輪島市門前町の猿山岬の沿海(水深~100 m)で、海底地形調査を行った。

隆起域では全体に、潮間帯以深に生息する紅藻ピリヒバ *Corallina pilulifera* の群集が海面上に露出する様子が確認され、その分布上限は、ヤッコカンザシ *Spirobranchus akitsushima* 群集の分布下限とほぼ一致する。また、一部ではノッチの上方にヤッコカンザシが、下方にピリヒバが密集する。これらのことから、ピリヒバの分布上限がほぼ隆起前の平均海面と考えられる。さらに、ピリヒバは露出後数日で死滅し白化したことから、ピリヒバの生死境界が現在の平均海面とみなせる。以上のことから、白化したピリヒバの上限と下限の差を隆起量として計測した。なお、一部の波の高い場所では、ピリヒバの生死境界が平均海面より明らかに高い様子が確認されたが、隆起前後で波の高さが変化しないと仮定すれば、同様の計測方法で隆起量が得られると考えた。なお、計測にはRTK-GNSS(VRS方式)、およびレーザー距離計を用いた。94地点での隆起量調査の結果、隆起量の分布は猿山岬周辺(隆起量約5.5 m)と珠洲市長橋周辺(隆起量約2.9 m)の2つのピークを持ち、その両側に向かって小さくなっていくことが分かった(図1)。こうした分布傾向は井上・岡村(2010)の海域活断層セグメント、および宍倉ほか(2020)による低位段丘面群の旧汀線高度分布と概ね整合する。このことは、低位段丘面群が、今回の地震のような海域活断層のM7以上の地震の繰り返しにより形成されたことを示唆している。今後、低位段丘面群の離水年代の特定を進めることで、海域活断層の活動時期の推定につながる可能性がある。

海底地形調査は隆起量の大きい猿山岬周辺の、沿岸から沖合2 kmの範囲で実施した。この地域では沖合約1 kmに北北東-南南西走向の猿山沖セグメントが認定されている(井上・岡村, 2010)。計測にはシングルビーム音響測深機(周波数83 kHz)を用いた。猿山沖セグメントを横断する6測線での音響測深の結果、南北に連続する撓曲状の変形が確認された。この撓曲状変形の位置は、

中央の2測線では井上・岡村（2010）の断層トレースとほぼ一致するが、南側2測線ではやや陸側にずれ、北側2測線は大きく陸側にオフセットする。また上下変位量は、最北の測線のみ約10mで、それ以外の測線では約20mである。北側2測線は隆起量調査で最大隆起を記録した地点の沖合に当たる。これらの撓曲状変形は海域活断層の活動の累積により形成されたと考えられ、今回の地震により南東側が3~4m程度隆起した可能性が指摘されている（岡村ほか，2024）。今後、撓曲状変形の確認された地点において、水中ドローンによる直接観察を行い、今回の地震に伴う海底地形の変位・変形を捉えていく予定である。

引用文献

井上・岡村（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，数値地質図 S-1。  
 穴倉ほか（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，53，pp.33-49。  
 岡村ほか（2024）2024 年能登半島地震の緊急調査報告（令和 6 年（2024 年）能登半島地震に伴う海底活断層の変位），<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/noto2024/noto2024-10.html>（2024 年 6 月 11 日閲覧）。

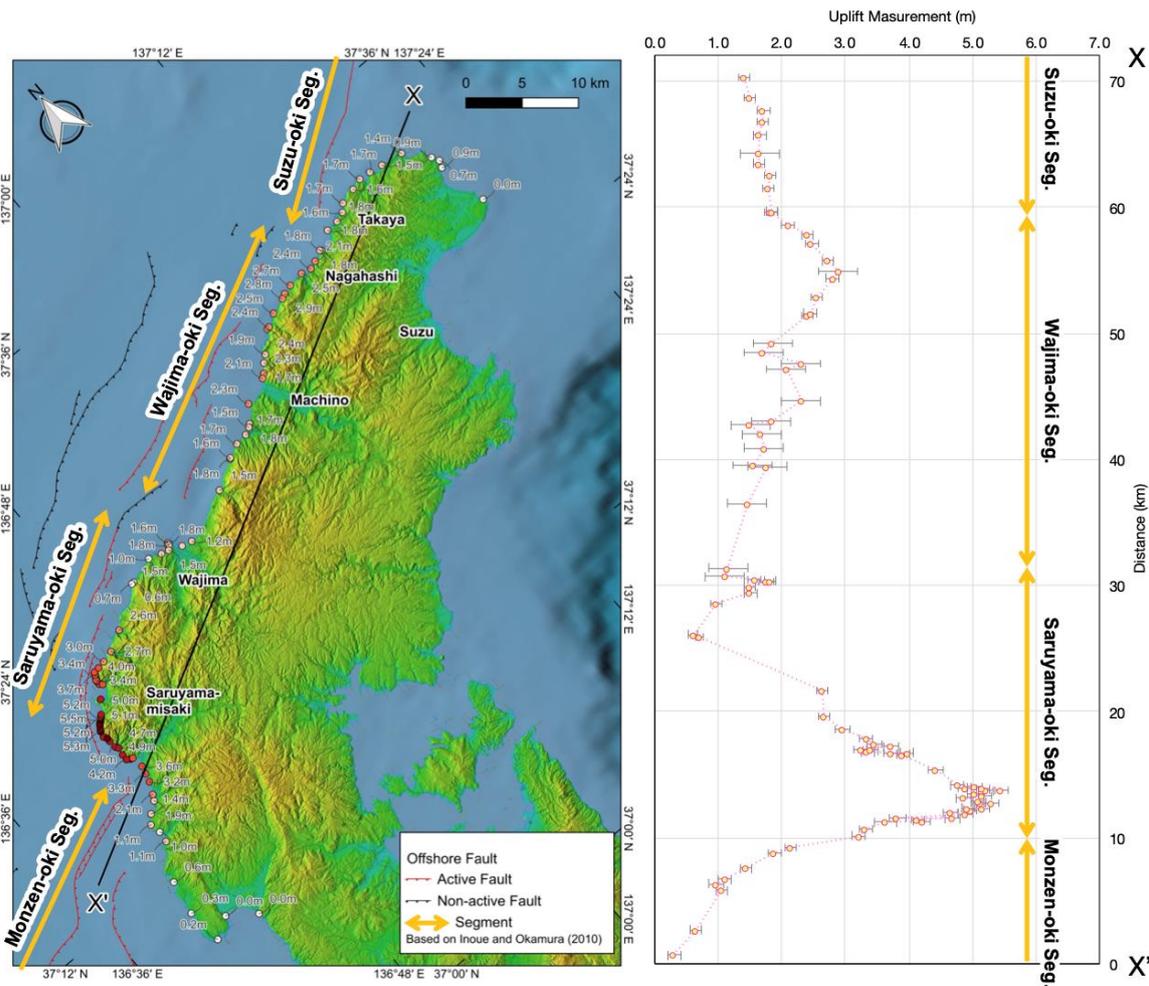


図1 海岸隆起調査の結果。

## P-13 福井県三方郡美浜町新庄地区における 敦賀断層の第四紀後期の活動性

瀬能正太郎, 立石 良 (富山大学), 島田耕史 (日本原子力研究開発機構),  
岩森暁如, 小川昌也 (関西電力 (株)), 澤田 渚 (富山大学)

Late Quaternary activity of the Tsuruga fault in the Mihama Town,  
Fukui Prefecture, Japan

Seno, S., Tateishi, R. (Univ. Toyama), Shimada, K. (JAEA), Iwamori, A., Ogawa, M.  
(Kansai Electric Power Co., Inc.), and Sawada, N. (Univ. Toyama)

### 1. 背景・目的

敦賀断層帯は、福井県敦賀市瀬河内から滋賀県高島市マキノ町石庭付近まで北北東-南南西方向に分布する全長約 25 km の右横ずれ主体かつ南東隆起の活断層である。この断層帯は、地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2003) により、主要活断層帯である湖北山地断層帯の一部として長期評価が行われている。敦賀断層の平均変位速度については、鉛直成分のみが求められており、水平成分と斜め成分は明らかになっていない。近年、野坂山地の中央付近に位置する福井県三方郡美浜町新庄地区の折戸谷沿いで、複数の敦賀断層の露頭が報告されている。本研究では、この地域で活断層調査を行い、断層により変形させられた堆積層の横ずれ変位量と条線の姿勢から、平均変位速度の水平成分と斜め成分を推定した。

### 2. 調査地域

調査地域では、耳川の支流である折戸谷が北東-南西方向に延びる。折戸谷の両側斜面では、北西-南東方向の小規模な支谷と扇状地が多数形成されている。調査地域の地形は、右横ずれの断層変位を受けたと考えられる系統的な谷・尾根の屈曲が認められる (岡田ほか, 2005)。調査地域の地質は、ジュラ紀の混在岩と白亜紀後期の江若花崗岩、完新世の小扇状地堆積物からなる (栗本ほか, 1999)。混在岩は調査地域の北西部に、江若花崗岩は調査地域の南東部にそれぞれ分布し、その境界の一部が敦賀断層で境される。また、小扇状地堆積物は、敦賀断層をまたぐように南東から北西に向かって分布する。

### 3. 手法

地形判読により調査地域の断層分布を特定した。その後、断層分布域で地表踏査を行い、断層露頭の探索を行った。断層露頭では写真撮影やスケッチ、岩相の記載・分類を行い、断層の走向・傾斜や条線を測定した。断層を覆う堆積層では、変位・変形の有無を確認するとともに、堆積年代を推定するために、テフラ分析用の試料を採取した。

#### 4. 結果

地形判読の結果、折戸谷の左岸側に支谷と尾根の右ずれ屈曲の連続や鞍部などの断層変位地形が認められ、敦賀断層の表層分布位置が特定された。地表踏査を行い、断層露頭 Orito-1～Orito-5 の観察・記載を行った。Orito-1～Orito-3 は、混在岩と花崗岩の境界に、Orito-4 は花崗岩中に明瞭な断層ガウジが挟まれる。Orito-5 は混在岩と花崗岩の間に砂礫層が分布し、混在岩と砂礫層の境界に断層ガウジが認められる。これらの断層の走向・傾斜は総じて北東－南西走向で、北西あるいは南東方向に高角で傾斜する。条線は Orito-1～Orito-4 では北東落ちが卓越し、Orito-5 では南西落ちが卓越する。Orito-1, Orito-2 では断層を覆う砂礫層が分布し、Orito-1 では断層延長上方で礫が高角配列する様子が観察されたが、明瞭な変位は認められなかった。また、Orito-5 では混在岩に接して砂礫層が分布する。これらの砂礫層は扇状地性の砂礫層であり、支谷を挟んで断層露頭の北側に分布する小扇状地堆積物と共通する特徴を持つ。これらの砂礫層の細粒部でテフラ分析用試料を採取した。テフラ分析は(株)古澤地質に依頼し、Orito-1, Orito-2 の試料から K-Ah が、Orito-5 の試料から AT と K-Ah が検出された。また、Orito-1, Orito-2 の試料からは、Kg の可能性がある火山ガラスが検出された。

#### 5. 考察

Orito-5 は、扇状地堆積物が断層運動で混在岩と接したのち、支谷の形成により分断され形成されたと考えられる。よって、この砂礫層の、断層沿いの水平方向の分布長さ（約 11.9 m；レーザー距離計による）が、水平方向の変位量の下限值と推定される。この変位量と露頭で確認した条線の角度から鉛直方向と斜め方向の変位量を算出した。この値を K-Ah の降灰年代（7.3ka；町田・新井，2003）で除した平均変位速度の下限值は、鉛直方向が約 0.5～0.8 m/千年、水平方向が約 1.6 m/千年、斜め方向が約 1.7～1.8 m/千年である。なお、Orito-5 の運動像（北西側隆起）は、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2003）の敦賀断層帯全体の評価、および Orito-1～Orito-4（南東側隆起）と一致しないため、この値は局所的なものと考えられる。

#### 引用文献

地震調査研究推進本部地震調査委員会，2003，湖北山地断層帯の長期評価，

[https://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou\\_pdf/64\\_kohoku-sanchi.pdf](https://jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/64_kohoku-sanchi.pdf)，2023年11月1日参照

栗本ほか，1999，敦賀地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所，73p.

町田・新井，2003，新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺ー。東京大学出版会，336p

岡田ほか，2005，1：25,000 都市圏活断層図「敦賀」，国土地理院技術資料，D1-No.449.

## P-14 富山県東部に分布する鮮新統の堆積相解析に基づく 飛騨山脈の隆起開始時期の推定

近藤梨紗・立石 良（富山大学）

Estimation of the start of uplift in the Hida Mountains based on reconstruction of the  
Pliocene sedimentary environment

Risa Kondo and Ryo Tateishi (University of Toyama)

### 1. はじめに

富山県には多くの扇状地が形成されており、原山ほか（2000）によれば、飛騨山脈・飛騨高地の隆起を反映し形成されている。飛騨山脈の隆起開始時期に関する先行研究はいくつかあるが、その結論は様々である。このうち最も新しい田村（2005）は、魚津地域において、鮮新-更新統室田層の“海成”砂岩中に室田凝灰岩（約 3.5 Ma）が、陸成とさる呉羽山礫層中に丸山 2 テフラ（約 2.65 Ma）が分布することから、飛騨山脈の隆起開始時期を 3.5 Ma～2.65 Ma とした。しかし、これまでの研究はいずれも調査範囲が狭く、堆積環境の根拠が十分に示されていない。そこで本研究は、年代指標のある富山県東部の複数地点において鮮新統の堆積環境を明らかにし、飛騨山脈の隆起開始時期との関係を議論する。

### 2. 調査地域

調査地域は富山県魚津市室田と同朝日町棚山である（図 1）。両地域はともに室田層及びその相当層の分布域であり、室田地域には室田凝灰岩（約 3.5 Ma）が、棚山地域には笠破軽石質テフラ（ $3.5 \pm 0.3$  Ma）が分布する。なお、本研究では棚山地域の室田層を“棚山層”と呼ぶ。

### 3. 研究手法

調査地域の露頭観察・記載を行い、ルートマップ、柱状図、総合柱状図などを作成する。それに基づき堆積相解析を行なうことで、調査地域における堆積環境とその変遷を推定する。

### 4. 結果

室田地域では、室田層と思われる地層が 5 か所で確認され、いずれもテフラ層であった。これらのテフラ層は室田凝灰岩と考えられ、火山豆石の濃集層やウェーブリップル、火炎構造が認められる。また、海棲微化石および生痕化石を伴い、底生有孔虫 *Elphidium* sp. が含まれる。以上より、室田層は基本的には海成層であり、*Elphidium* が浅海域に生息すること、陸域で形成される火山豆石がよく保存されていることを踏まえると、ごく浅い海を埋積した降下火山灰と考えられる。

一方、棚山地域では、棚山層と思われる地層が 6 か所で確認された。棚山層は中新統高畠層を不整合で覆い、最下部に笠破軽石質テフラと思われるテフラ層が、その上位に砂岩を挟む礫岩が重なる。この礫岩は層厚 15 m 以上で、比較的淘汰が良く、礫支持で、中礫～大礫を主体とする。また一部でインブリケーションが発達する。砂岩は厚さ 20～100 cm で、淘汰が良く、細粒砂から

なる。この砂岩中には生痕化石や生物擾乱が認められる。この堆積相は Blair and McPherson (1994) のタイプ II 扇状地と類似し、生物擾乱が認められることから、ファンデルタの堆積物と解釈される。

## 5. 考察

調査結果より、3.5 Ma 頃には、室田地域は浅海域、棚山地域はファンデルタだったと推定される。ファンデルタは山の隆起もしくは海水準の低下によって形成されるが、3.5 Ma 頃の汎世界的海水準には大きな変化が見られない (Miller et al., 2005)。また、両地域で堆積環境が異なることから、棚山地域のファンデルタは海水準の低下ではなく、背後の山地の隆起により形成されたと考えられる。以上より、少なくとも棚山地域周辺では、ファンデルタが形成された 3.8~3.2 Ma 頃には、飛騨山脈の隆起が開始していたと推定される。一方、室田地域では隆起の影響が見られない。

地域による隆起開始時期の違いを検討するために、室田-棚山間の MIS5e 前後の段丘面の特徴や高度などの比較を行った。その結果、飛騨山脈の隆起軸からの距離に近いほど段丘面の標高が高くなることが分かった。これは、飛騨山脈の隆起の影響を受ける順番であると考えられる。そのため、隆起軸に近い棚山地域で隆起が始まったとき、隆起軸に遠い室田地域はまだ隆起していなかったため、堆積環境の違いが生じたと考えられる。

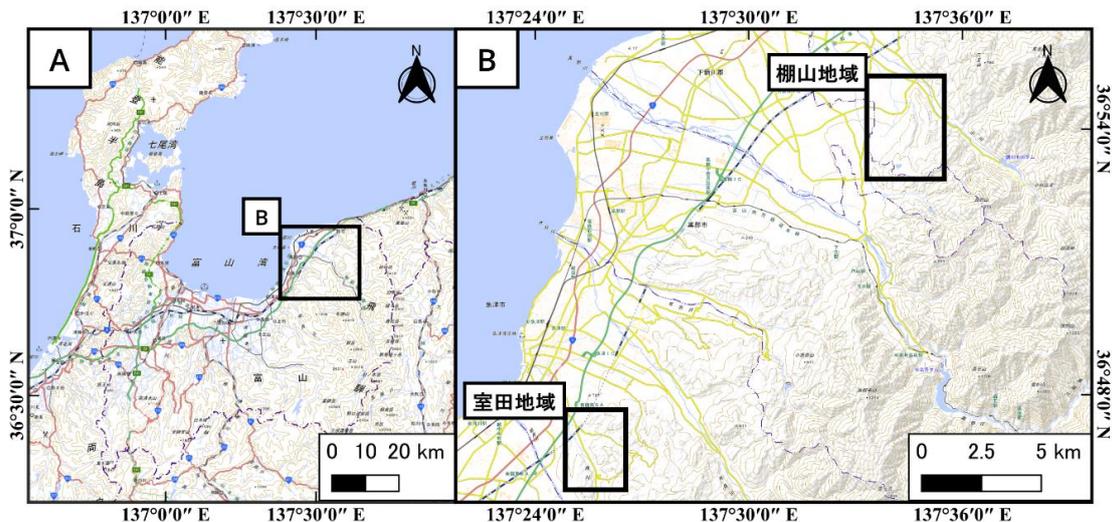


図1 調査位置図.

### 引用文献

- Blair and McPherson, 1994, Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages. *J. Sediment. Res.*, **A64**, 450–489.
- 原山ほか, 2000, 立山地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 218 p.
- Miller et al., 2005, The Phanerozoic record of global sea-level change. *Science*, **310**, 1293–1298.
- 田村, 2005, テフロクロノロジーに基づく中央日本の鮮新-更新世古環境復元. 地学雑誌, **114**, 631–637.

## P-15 阿寺断層帯北部における割れ目の特徴に基づく発達史の研究

宇治拓海・安江健一・原田駿輔・天児幹治・山崎伶士・廣瀬健大朗（富山大）

Developmental history based on fracture characteristics in the northern part of  
the Atera Fault Zone

Uji, T., Yasue, K., Harada, S., Amako, K., Yamazaki, R., Hirose, K. (Univ. Toyama)

**1. はじめに** 断層の成因やその発達史を議論する上で、活断層ごとの構造的な特徴を把握し、断層運動の破壊範囲や断層構造の複雑性に関する情報が重要である(吉田ほか, 2009). そのため活動性に関する情報である、活断層トレース、平均変位速度の分布、活動履歴などに加えて、地下深部の構造やより長い期間の運動の考察材料となる地質構造の情報が必要となる. 本研究では、歴史地震の活動が報告されており、活動性に関する情報が比較的多く得られている阿寺断層帯を事例に、断層露頭周辺で地質構造の一つである、割れ目の特徴に関する情報を取得している. これらの情報から、活断層としての阿寺断層帯の評価にとどまらず、中部地方に分布する断層の成因やその発達史を議論するための研究を行う.

阿寺断層帯は、全長約 66 km の中部地方を代表する活断層の一つである. この断層は、南部から中部で北西-南東走向、北部で北北西-南南東走向である. 変位センスは、主に左ずれであり、同時に北東側隆起の上下成分を伴っている. 阿寺断層帯の総変位量は、河川の屈曲から約 7~8 km である(佃ほか, 1993). しかし、河川が形成される以前の変位や断層の発達史には不明な点が多い.

我々は、これまでに阿寺断層中北部を対象に断層周辺の基盤岩中の割れ目の形態について調査を行い、横ずれの変位センスが右ずれから左ずれに変わった可能性を示した(宇治・安江, 2023). 本研究では、調査地域の横ずれ変位センスの変化を示すデータの蓄積に加え、断層と割れ目帯の分布や形成との関係についても調査する.

**2. 調査地域及び地質概説** 阿寺断層帯周辺の地質は、後期白亜紀から古第三紀の濃飛流紋岩類及びそれに関連する貫入岩類である(佃ほか, 1993). 貫入岩類は、濃飛流紋岩と空間的、時間的及び組成的に強い共通性を持ち、それと同一マグマに由来する火成岩類であり、組成的に花崗閃緑斑岩と花崗斑岩に大別される(脇田・小井戸, 1994).

阿寺断層帯北部に位置する西上田断層は、N10°W~NS 走向の左雁行する 2 条の断層から構成され、幅広い破碎帯の発達で特徴づけられる. その全体の長さは約 2 km である. 西上田断層は北方から南東方へと、断層系の走向が大きく変化する場所に位置している(佃ほか, 1993). 西上田断層周辺では、濃飛流紋岩類を基盤岩として、その上位に段丘堆積物、沖積層などが分布している.

調査地域は、西上田断層の北端の延長上に位置しており、約 30 m に渡って断層を観察することができる全面露頭がある. その地点と周辺において破碎帯が分布する断層に沿った長さ約 400 m の範囲を主な調査地域とする.

**3. 手法** 西上田断層の断層露頭に分布する雁行状の破断面に着目し、走向・傾斜の計測や割れ目及び岩脈の切断関係を観察する. また、露頭で変位センスの判断が難しい場合は、薄片の作成

を行い変位センスの判断を行う。また、西上田断層周辺のマップスケールの断層変位を調べるため、断層沿いの火成岩の分布を把握する。

**4. 結果** 断層主部と考えられる断層面の走向は  $N36^{\circ}\sim 50^{\circ}W$  で、傾斜は  $82^{\circ}\sim 90^{\circ}E$  である。北東側の岩質は均質で、南西側の岩質は不均質である。また、北東側の断層周辺では幅 1 m 程度のカタクレーサイトを形成している。

露頭全体の割れ目の特徴を把握するために断層露頭周辺の破碎帯約 200 m の範囲でスケッチを作成し、露頭全体の割れ目の特徴を観察した。また、現地で割れ目の走向・傾斜、条線の計測を行い、ステレオ投影で、調査地域の割れ目の方向の観察を行った。その結果、断層主部に対して、 $30^{\circ}$  以下の低角に斜交する割れ目が左右どちらも卓越しており、特に、断層周辺の数十 m の範囲で左雁行した割れ目が顕著にみられた。また、右雁行した割れ目が左雁行した割れ目を切断している場所もみられた。断層主部付近では、左ずれの変形を示す微小構造が見られ、さらに外側では右ずれの変形を示す微小構造が見られた。

断層主部を境に北東側と南西側の基盤岩を調べるため観察を行ない、薄片の作成を行った。その結果、両基盤岩とも等粒状組織で、石英、斜長石、カリ長石に富んでおり、黒雲母が 10 % 程度含まれていることから、花崗岩と判断できた。しかし、既存の地質図において、この地域の基盤は濃飛流紋岩である。そのため、調査地域の破碎帯約 400 m の範囲を調査すると断層主部より南の範囲には火砕岩、北西の範囲には花崗岩が分布していた。

**5. 考察** 西上田断層では、断層周辺の数十 m の範囲で左雁行している割れ目の特徴が、断層主部に対して、 $30^{\circ}$  以下の低角に斜交する割れ目であり、割れ目沿いに右ずれの変形構造も見つかっていることから、右ずれの R 1 面である可能性が考えられる。また、断層主部周辺の数 m の範囲で右雁行している割れ目の特徴は、断層主部に対して、 $30^{\circ}$  以下の低角に斜交する割れ目であり、割れ目沿いに左ずれの変形構造も見つかっていることから、左ずれの R 1 面である可能性が考えられる。また、断層主部では左ずれの微小変形構造も見られる。さらに、右雁行した割れ目が左雁行した割れ目を切断していることから、西上田断層では、かつて右ずれから左ずれに運動センスが変化した可能性が考えられる。

断層主部の基盤岩は、花崗岩と判断した。しかし、既存の地質図において、この地域の基盤岩は濃飛流紋岩である。課題として、範囲を広げ地質分布を詳細に把握して基盤岩の変位を地質踏査から明らかにしていく必要がある。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 JP23K04326 の助成を受けたものである。

#### 引用文献

- 佃ほか, 1993, 2.5 万分の 1 阿寺断層系ストリップマップ説明書. 構造図 (7), 地質調査所, 39p.
- 宇治・安江, 2023, 阿寺断層中北部周辺に分布する割れ目の特徴: 破碎帯の形成過程と変位センスの変化. 日本地球惑星科学連合 2023 年大会予稿, HDS09-P04.
- 脇田・小井土, 1994, 下呂地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 79p.
- 吉田ほか, 2009, 断層周辺に発達する割れ目形態とその特徴: 阿寺断層における‘ダメージゾーン’解析の試み. 応用地質, **50**, 16-28.

## P-16 地中レーダ探査による断層の横ずれ変位量の 調査手法の開発に関する研究

天児幹治・安江健一（富山大）・野村成宏（株田中地質コンサルタント）・  
丹羽正和・島田耕史（日本原子力研究開発機構）

A study on the development of the methodology for investigating lateral displacement  
along a fault by ground penetrating radar (GPR) survey

Amako, K., Yasue, K. (Univ. Toyama), Nomura, S. (Tanaka Geol. Corp.),  
Niwa, M., and Shimada, K. (Japan Atomic Energy Agency)

### 1. はじめに

地中レーダ探査とは、地表から電磁波を地中に向かって放射し、地中の状況を探る物理探査の一種である。地中レーダ探査の長所としては、非破壊で行え、他の物理探査に比べて準備や測定に多くの時間を要することなく、地表から 10 m 程度までの範囲を高分解能で見ることができ、その場で暫定的な探査結果を確認することができる点などが挙げられる。

本研究では、この地中レーダ探査の長所を生かし、活断層の横ずれ変位量の調査手法の高度化を目指す。

### 2. 研究の背景と目的

地中レーダ探査は、主にトンネルや道路などの空洞調査、埋没管調査、遺跡調査、活断層調査などで使用されている。活断層調査の中では 10 m 程度の浅層の連続的な断面形状を得るための技術として用いられることが多い（例えば、木村ほか, 2024）。地中レーダ探査は、浅層を非破壊で確認するのに優れている探査だが、1 測線では垂直断面でしか確認することができない。しかし、2次元地中レーダ探査を複数測線で実施し、3次元解析を行うことで、垂直断面だけでなく水平断面を得ることができる。

一般的に、横ずれ変位を主体とする活断層調査において尾根や谷などの屈曲をはじめとした断層変位地形によって地表位置を特定することが多い。しかし、横ずれ断層の変位地形は、明瞭に残るまでに数多くの変位が累積した地形であることが多い。活断層研究会編（1991）における阿寺断層系を例に見ると、判明している横ずれ変位 25 地点のうち、変位量 10 m 未満のものは 0 地点である。さらに佃ほか（1993）にある判読された変位地形の数を見ると、縦ずれ変位は判読された 29 地点のうち変位量が 10 m 未満のものが 21 地点あるのに対し、横ずれ変位は 21 地点のうち変位量 10 m 未満のものは 0 地点である。これは、1 回程度の変位では侵食や堆積によって判読しづらくなっていることなどが考えられる。堆積の場合は、浅層に保存されている過去の地表面の可視化ができれば、1 回程度の数 m 規模の変位量を解明することが出来ると考えられる。

そこで、本研究では、地下浅部を対象とした地中レーダ探査の 3次元解析を用いた横ずれ変位量の検出の有用性を示すことを目標とし、岐阜県東部に分布する阿寺断層系において調査を実施

した。なお、この断層は概ね北西－南東走向を示す左横ずれが卓越する活断層である。

### 3. 調査結果

調査地点は、阿寺断層系の中部に位置する岐阜県中津川市の林野内である。探査を行うにあたって、2023年10月21日、2024年3月17～18日にプロファイル測定を、地中の電磁波速度を定めるため、2024年4月19日にワイドアングル測定を行った。測線は、断層の走向方向に23.6mの長さを有する測線を1m間隔で21本、断層の走向に直交する方向で3次元格子内に1本、格子外に1本配置し測定・解析を実施した。探査機器は、カナダ Sensor & Software 社製 pulse EKKO pro である。送信周波数は全て 100 MHz、アンテナ間距離は 1 m、計測間距離は 20 cm である。解析ソフトウェアには EKKO\_project 4、GFP\_Edit を用い、Dewow 処理、Repick first break 処理、DC Removal 処理、NMO 補正、Bandpass 処理、地形補正を行った。

はじめに地下での断層の位置を明確にする目的で2本の測線を断層の走向方向に対して直交方向に配置した。その結果より3次元探査の範囲を決定し、21本の測線を探査した。考察には0.1m間隔で得られる深度方向のスライス画像と2次元探査の断面図を用いた。深度2.8～3.8mのスライス画像において北東側で強い反射が連続して現れており、地下での断層の位置を明確に表している。また、深度3.0～3.6mにおいて断層上盤側である南西側13～20m、距離12～16mにおいて強い反射に挟まれた反射の弱い部分が確認された。この構造は断層下盤側である北東側には連続して続いてはならず、深度3.6～4.0mにおいて0～6m、距離18～22mで同じように強い反射に挟まれた反射の弱い部分を確認する事が出来た。この部分を使って変位量を求めると縦ずれ変位が約0.5m、横ずれ変位が約4mとなる。

### 4. まとめと今後について

深度10m程度を非破壊かつ高分解能で見ることが出来る地中レーダ探査の3次元解析を実施し、埋没した過去の地表面から横ずれ変位地形の検出を試みた。探査の結果、深度方向のスライス画像から深度3～4mにおいて横ずれ変位を追う事ができる反射面の検出を確認できた。これは、複数の2次元地中レーダ探査測線を用いた3次元解析が深度10m程度において断層変位の把握に有効であることを示す。課題の一つ目は、深度変換処理である。本研究では、探査範囲中の一点で行ったワイドアングル測定によって得られた地中電磁波速度構造を全域に用いているため、実際の断層の上盤側と下盤側の層相の違い、含水率の場所による差を考慮できていない。よって深度に関する議論にはより詳細な速度構造のデータが必要になる。課題の二つ目は、本調査では断層の走向に直交する方向で解析が行えなかった。今後は、3次元探査の際に測線をグリッド状に設定し、探査を行うことでこの課題点を解決する。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 JP23K04326 の助成を受けたものである。

#### 引用文献

活断層研究会編 (1991) 新編 日本の活断層 分布図と資料, 東京大学出版会, 437p.

木村ほか (2024) 地中レーダ探査からみた丹那断層田代地点の極浅部地下の左横ずれ変形構造。第四紀研究, **63**, 65-75.

佃ほか (1993) 2.5 万分の 1 阿寺断層系ストリップマップ説明書, 構造図 (7). 地質調査所, 39p.

## P-17 長野県白馬村塩島地区における 2022 年掘削調査（第 1 報）

牧野美月<sup>1</sup>・安江健一<sup>1</sup>・廣内大助<sup>2</sup>・杉戸信彦<sup>3</sup>・松多信尚<sup>4</sup>・石山達也<sup>5</sup>・  
竹下欣宏<sup>2</sup>・水谷光太郎<sup>6</sup>・立石 良<sup>1</sup>

(1. 富山大, 2. 信州大, 3. 法政大, 4. 岡山大, 5. 東大, 6. GRI 財団)

Excavation survey in the Shiojima area, Hakuba Village,  
Nagano Prefecture, in 2022 (1st report)

Makino, M.<sup>1</sup>, Yasue, K.<sup>1</sup>, Hirouchi, D.<sup>2</sup>, Sugito, N.<sup>3</sup>, Matsuta, N.<sup>4</sup>, Ishiyama, T.<sup>5</sup>,  
Takeshita, Y.<sup>2</sup>, Mizutani, K.<sup>6</sup>, and Tateishi, R.<sup>1</sup>

(1. Univ. Toyama ; 2. Shinshu Univ. ; 3. Hosei Univ. ; 4. Okayama Univ. ;  
5. The Univ. Tokyo ; 6. GRI)

### はじめに

長野県北安曇郡白馬村には、糸魚川－静岡構造線断層帯の北部に属する神城断層が分布している。神城断層は東側隆起の逆断層型活断層（地震本部，2015）であり，2014年にM6.7の神城断層地震が発生した。この地震は大きな被害が出た一方で規模は予測を下回るものであり，今まで予測されてきた大規模な固有地震の予測よりも一回り小さな地震（鈴木ほか，2015）の関係性について，神城断層の過去の活動を見直す必要が出てきている。本研究では，最新活動である2014年の地震による変位の特徴と過去の活動イベントの時期に関する情報を得るため，白馬村の塩島地区にて地表地震断層を横切る埋設管敷設に合わせ，2022年11月に掘削溝の両壁面を観察した。本発表はその第1報である。

### 掘削概要

調査地点は，白馬村塩島地区にある城山の南側であり，松川左岸の谷底低地にあたる。2014年神城断層地震では，城山基部から松川まで長さ約300mの東側上がりの地表地震断層が出現した（廣内ほか，2015）。掘削付近の地表地震断層の変位量は，東側隆起約85～90cmである（廣内ほか，2015）。掘削溝は，地表地震断層に直交して長さは約15m，深さは低下側で約1m，上昇側で約2mに渡って観察できる。また，断層付近からの湧水が予想以上に多く，壁面の礫層が崩れやすく危険であったことから，これ以上の深度の掘削は行っていない。

### 調査結果

主に礫層ではあるが，断層運動による東側隆起の地層変形構造を確認することができた。北壁面の表土の下位には，安山岩の角礫混じりの土壌があり，その土壌の上部は褐色が濃くなってい

る。この土壌が低角の断層で変位していることが読み取れる。この変位の方向から断層は東傾斜であることが読み取れる。安山岩の礫については、トレンチ付近の城山に分布する岩戸山層（中野ほか，2002）由来のものと考えられる。土壌の下位には礫層が分布しているが、礫の大きさが不規則であること、礫の隙間を埋める砂・シルトが乏しいこと、南壁面でビニール片が礫の間に挟まっていたことなどから、この礫層は人工的に形成された層と考えられる。また、礫の一部に黒く変色しているものが見られた。この礫付近では、掘削時点で湧水が豊富に出てきていたことから、地下水による変色の可能性が考えられる。変色した礫は、隆起側の掘削調査時の水位より上であったことから断層活動による隆起で位置が上昇している。礫層の下位のシルト質の砂層には北壁面、南壁面共に木片や植物片が含まれており、北壁面と南壁面で採取した試料の中から1試料ずつ放射性炭素年代測定を行ったところ、北壁面は  $140 \pm 30$  y.B.P. で南壁面は  $100 \pm 30$  y.B.P. であった。最上部の土壌から礫層までの地層の変位はほぼ同等であり、AD1850 年以降の変位であることから2014年の地震による変位であることが分かる。北壁面、南壁面とも隆起側で見られる砂層と対比できる層を低下側では見つけられなかったことから、最新活動である2014年の地震よりも1つ前の活動を判断することはできなかった。

今後、この掘削溝で得られた情報を取りまとめるとともに、低下側の砂層の分布を把握する方法を検討する。また、本地点から南西へ100 m 付近でも2019年にトレンチ掘削調査を実施しており、それらのデータも合わせながら活動時期等を検討していく必要がある。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 JP22H00752 の助成および文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2次）」の支援を受けました。

#### 引用文献

- 廣内ほか(2015)糸魚川－静岡構造線北部に出現した2014年長野県北部の地震(神城断層地震)の地表地震断層。活断層研究, **43**, 149-162.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2015)糸魚川－静岡構造線断層帯の長期評価(第二版)
- 中野ほか(2002)白馬岳地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 105p.
- 鈴木ほか(2015)長野県神城断層地震が提起する活断層評価の問題。科学, **85**, 175-181.

## P-18 隣接する活断層の発達過程に関する研究： 阿寺断層帯中部を例に

廣瀬健大朗<sup>1</sup>・安江健一<sup>1</sup>・山崎伶士<sup>1</sup>・宇治拓海<sup>1</sup>・高橋綾仁<sup>2</sup>・小林雅広<sup>2</sup>・  
天児幹治<sup>1</sup>・原田隼輔<sup>1</sup>・牧野美月<sup>1</sup>  
(1. 富山大学, 2. 信州大学)

Research on the developmental process of geological structure around active faults:  
a case of the middle part of the Atera fault zone

Hirose, K.<sup>1</sup>, Yasue, K.<sup>1</sup>, Yamazaki, R.<sup>1</sup>, Uji, T.<sup>1</sup>, Takahashi, A.<sup>2</sup>, Kobayashi, M.<sup>2</sup>,  
Amako, K.<sup>1</sup>, Harada, S.<sup>1</sup>, Makino, M.<sup>1</sup>  
(1. Univ. Toyama; 2. Shinshu Univ.)

### はじめに

地震発生様式の複雑性は、個々の断層セグメントの構造の複雑さおよびセグメントごとの構造の違いを背景としている可能性があり、より複雑になると予想される地表変位と震源断層との関係を解明することが重要である(石山, 2023)。また、地表変位が断層運動によってどのように現れていくのかについて理解を深めることは、地震防災計画の策定においても意義がある。

本研究では、国内の長大な活断層であり、複数のセグメントから構成される阿寺断層帯を事例に、並走する活断層の連結に着目して地表変位の断層の発達過程の解明を目指す。本発表では、調査の進捗状況と得られている情報について報告し、現時点での考察と今後の調査計画について説明する。

### 阿寺断層帯と研究地域

阿寺断層帯は、岐阜県東部を北西～南東方向に約 66 km に渡って分布する活断層帯である。変位センスは主に左横ずれであり、同時に北東側隆起の上下成分を伴っている(佃ほか, 1993)。研究地域となる阿寺断層帯中部の岐阜県中津川市加子母上桑原地区では、200 m 程離れて並走する 2 条の活断層が北西～南東方向に直線状に連なっており(中田ほか, 2006)、それらをつなぐように北西-南東走向の逆向き低断層崖が分布している(土井ほか, 2023)。

### 研究手法

本研究では、この逆向き低断層崖に着目して、(1) 逆向き低断層崖の凹地部の地層の変位・変形構造と断層の形状の把握、(2) 逆向き低断層崖の凹地部の堆積物の堆積年代の把握を行う。(1) においては、露頭観察と掘削調査を実施し、断層露頭の壁面観察とスケッチを行う。(2) においては、壁面から試料を採取し、放射性炭素年代測定とテフラ分析を行う。

### 研究状況

現地にて、地形断面測量、林道法面の観察、ハンドオーガー掘削を実施した。

地形断面測量は、トータルステーションを用いて、逆向き低断層崖にほぼ直交する測線で実施し、地形断面図を作成した。その結果、逆向き低断層崖を挟んで山地斜面に 4.7 m の山側が低下する食い違いが認められた。

調査地域では、逆向き低断層崖にほぼ直交する林道が作られており、その法面は土砂と植物で覆われている。断層が通過すると考えられる地点周辺の土砂と植物を取り除き、地質境界に着目して露頭を観察した。その結果、破碎した濃飛流紋岩と黒色土が接する境界を確認し、その境界の一部では淡黄色の粘土を確認した。その境界は断層と考えられ、低下側では黒色土と黄褐色の砂礫層が分布し、上昇側では破碎した濃飛流紋岩が分布する。境界の走向・傾斜は3箇所測定し、地表に近い地点からN60°W・40°E, N40°W・46°E, N46°W・42°Eであった。

ハンドオーガー掘削は、林道法面からは確認できなかった逆向き低断層崖の凹地部にあたると考えられる地点で実施した。掘削した孔は林道脇で4本実施し、掘った順に地点A, B, C, Dと名付けた。最も深くまで掘れた地点Cでは、採取した堆積物を層相の違いから6層に区分した。地点Cは現地での観察の結果から、深さ160~135 cmは淡黄色のシルト質粘土の層、深さ135~50 cmは黒色の水を多く含む砂質シルトの層、深さ50~40 cmは黄褐色の粗粒な砂礫層、深さ40~20 cmは黄褐色の細粒な砂礫層、深さ20~10 cmは黒色の砂質シルトの層、深さ10 cm~地表は黒褐色の表土であると判断した。地点AとDでは、地点Cのように黄褐色の砂礫層を粒度の違いで2層に区分することはできなかったが、地点A~Dの4地点で矛盾しない層序を確認することができ、逆向き低断層崖の凹地部に黒色土などが厚く堆積していることが明らかとなった。

### 考察

ハンドオーガーの掘削地点と林道法面の下部が一直線に並ぶ測線を設けて作成した地形断面図において、林道法面と地点Cの深さ160~135 cmとの2か所で確認した淡黄色の粘土の上端を結ぶと、北側へ見かけ約45°傾斜した構造が描けた。林道法面で測定した地層境界の傾斜と近い値であることから、境界は林道から深さ1 m程の間で連続していると考えられる。また、林道法面の走向の測定点のうち最上位の地点が他の2点と比べて走向の値が14°~20°異なること、その傾斜が40°と比較的低角であることから、逆向き低断層崖の上昇側は、上昇後に侵食してから堆積物に覆われた可能性もある。

### 今後の予定

上述した研究地点において重機等を用いた掘削調査を実施する予定である。活動イベントの時期の推定を行うために、掘削地点の壁面観察とスケッチ、試料採取、さらに試料を用いて放射性炭素年代測定とテフラ分析を行う予定である。さらに、得られた結果を用いて周辺の活断層の発達過程について考察していく。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 JP23K04326 の助成を受けたものである。

### 引用文献

- 土井駿仁・安江健一・島田耕史 (2023) 森林内における活断層に係る微地形の把握：阿寺断層帯の例。日本活断層学会 2023 年秋季学術大会講演予稿集, 53-54.
- 廣内大助・安江健一 (2006) 阿寺断層帯中部、中津川市加子母地区における古地震活動調査 (速報)。愛知工業大学地域防災研究センター年次報告書, 3, 106-108.
- 石山達也 (2023) 活断層の長期評価における課題。地震予知連絡会会報, 109, 582-586.
- 中田 高・岡田篤正・池田安隆・廣内大助・越後智雄 (2006) 1:25,000 都市圏活断層図 阿寺断層とその周辺「下呂」, 国土地理院技術資料D・1-No.458.
- 佃 栄吉・粟田泰夫・山崎晴雄・杉山雄一・下川浩一・水野清秀 (1993) 2.5 万分の 1 阿寺断層系ストリップマップ説明書。地質調査所, 41p.

