

11 - 6 第 249 回地震予知連絡会重点検討課題「能登半島地震から 2 年～理解の現状と残された課題～」

Intensive discussion - Examination of the "Two Years after the 2024 Noto Peninsula Earthquake: Current Understanding and Remaining Challenge"

今西和俊 (産業技術総合研究所)

Kazutoshi Imanishi (Geological Survey of Japan, AIST)

1. はじめに

2024 年 1 月 1 日に発生した「令和 6 年能登半島地震」(M7.6) は、その発生メカニズムに加え、本震前から継続していた活発な群発地震活動、顕著な地殻変動、さらには地下流体の関与の可能性など、従来の理解では十分に説明することが難しい複雑な特徴を示している。地震発生の翌月には、地震予知連絡会において本地震が重点検討課題として取り上げられ、当時までに得られていた観測結果や知見の整理・共有が行われた(高橋, 2024)。

その後も、地震活動や地殻変動、震源過程、地形・地質構造、地下構造、地下流体の関与など、多角的な観測および研究が継続的に進められてきた。これらの取り組みにより、本地震およびその先行現象に対する理解は着実に深まりつつある。一方で、群発地震活動や非定常的な地殻変動を含む一連の現象の成因や相互関係については、なお不明な点が多く、既存の研究成果も必ずしも総合的・体系的に整理されているとは言い難い。したがって、時間的・空間的に広いスケールで知見を整理・統合し、能登半島地震の全体像を俯瞰的に捉えることが強く求められている。このような包括的理解は、今後の地震研究の深化に資するのみならず、類似した地質・テクトニクス環境を有する地域における地震発生評価や防災対策の検討においても重要な意義を有する。

このような背景のもと、地震発生からまもなく 2 年を迎えるタイミングに、第 249 回重点検討課題が開催された。当日は、令和 6 年能登半島地震に関する最新の観測および研究成果を整理・共有するとともに、強震動、震源過程、地震活動、地殻変動、地下流体の関与、ならびに長期テクトニクスの観点から本地震の全体像を俯瞰し、今後取り組むべき研究課題と将来展望について総合的な議論を行った。

2. 研究紹介と議論の概要

2 - 1. 令和 6 年能登半島地震の強震動と強震記録に基づく震源過程

京都大学の岩田知孝名誉教授から、強震観測網で得られた記録の特徴と強震動の成因について、震源過程およびサイト特性の観点から解説が行われた。本震の地動最大加速度および最大地動速度は既往の地震動予測式と整合的であり、震度 7 を記録した 1995 年兵庫県南部地震 (M7.3) や 2016 年熊本地震 (M7.3) の観測記録と比べて最大地動速度は小さい一方で、1 m/s 以上の強い揺れが長時間続いた点が特徴として報告された。こうした長時間の強震動は、主に二つの震源断層が時間差をもって南西および北東方向へ伝播したという、複雑な破壊過程に起因することが示された。また、地震被害については、珠洲市、輪島市、穴水町など、住宅地が広がる小規模な平野部で顕著であったことが報告された。これらの小規模平野では、数十メートル厚の沖積層により周期約 1 秒の地震動が増幅され、さらに表層地盤の非線形応答により卓越周期が延びたことが、被害拡大に寄与した可能性が示された。これらの結果から、強震動に対する浅部地盤の影響の重要性和、地盤構造

モデル高度化の必要性が改めて指摘された。

2-2. 能登半島地震発生域における長期テクトニクスでの課題と断層掘削

産業技術総合研究所の大坪誠博士から、長期的時間スケールにおける能登半島地震の課題について紹介が行われた。日本海東縁地域では、伸長場から圧縮場への応力場の転換時期やその持続性が未だ十分に解明されておらず、能登半島においては、過去数万年から十万年規模にわたる応力場の変遷および断層活動の進化を明らかにすることが重要な課題として示された。これらの課題に対して、活断層、地質断層、岩脈などの構造データを用いた応力逆解析により、現在の応力場が成立した時期を解明するとともに、スリップテンデンス解析を通じて既存断層の活動性や断層活動場の成熟度を評価することが、地震発生過程の理解につながることを指摘された。さらに、現在計画中の能登半島における陸上科学掘削計画（NEPTUNE 計画）について紹介があり、断層面近傍における流体圧、化学反応、摩擦特性の相互関係を明らかにすることで、将来的な地震予測の精度向上への貢献を目指していることが紹介された。

2-3. 能登半島北東部の群発地震活動と流体

金沢大学の平松良浩教授から、能登半島における地震活動についてのレビューが行われた。能登半島北東部では、2018 年半ば以降に地震数の増加が認められ、2020 年 12 月以降には群発地震的な活動へと移行し、活動が顕著に活発化した。2023 年には M6.5 の地震が発生し、さらに同じ群発地震活動域を震源とする M7.6 の地震が 2024 年に発生したことが報告された。これら一連の地震活動については、地震学的、測地学的、電磁気学的、および地球化学的な研究成果に基づき、地下深部から上昇した流体の関与が示唆されていることが報告された。一方で、現時点では、群発地震の原因と考えられる流体に起因する顕著な地震活動や地殻変動は観測されておらず、地下の流体は概ね平衡状態にあると考えられることが示された。

2-4. 測地学的に見た令和 6 年能登半島地震と先行現象

国土地理院の宗包浩志研究室長から、能登半島における地殻変動についてのレビューが行われた。能登半島北東部では、地震活動が顕著に活発化した 2020 年 12 月以降、非定常的な地殻変動が観測されており、この地殻変動は、開口を伴うゆっくりすべりによって説明可能であることが示された。また、その過程において地下流体の関与が示唆されている。2024 年能登半島地震では、既存の断層セグメントに沿ってすべりが生じており、その西端は 2007 年に発生した地震（M6.9）の断層の東端付近に位置していることが報告された。さらに、本震後の余効変動については、粘弾性緩和および余効すべりの寄与が大きいことが示され、特に余効すべりは地震時すべりと相補的な関係にあった可能性が指摘された。

2-5. 冷たい沈み込み帯としての中部日本と能登半島下でのスラブ深部脱水

東京大学の岩森光教授から、中部日本下における流体供給とテクトニクスの特徴についての解説が行われた。中部日本下では、流体供給量が多く比較的低温な環境にあり、火山フロント・火山帯の屈曲や、能登半島下における深部脱水が認められることが示された。能登半島下の深部脱水に伴う流体供給は、今回の地震活動および地殻変動の誘因となった可能性があると考えられる。また、数百万年前から継続する圧縮応力場と流体供給が、能登半島の形成（陸化）に寄与してきたことが

示され、これらの過程は今後も長期的に継続すると予測されることが指摘された。さらに、地下流体を定量的に把握する新たな手法として「Geofluid Mapping」が紹介され、地下における流体の種類、量、連結度、および圧力を評価可能とすることで、地震・火山活動の中長期的な評価への貢献が期待されることが示された。

3. 議論とまとめ

本重点検討課題における一連の講演および議論を通じて、令和 6 年能登半島地震の発生過程および先行した群発地震活動には、地下深部から供給される流体が重要な役割を果たしているとの認識が共有された。地震活動、地殻変動、電磁気学的、および地球化学的な調査結果はいずれも、流体の存在およびその移動が、群発地震活動や非定常的な地殻変動、さらには本震の発生に影響を及ぼした可能性を示唆している。

一方で、流体が関与する地震活動において、どのような時間スケール・空間スケールで大地震に至るのかを事前に予測・評価することは、現時点では依然として困難な課題であることも改めて確認された。能登半島北東部では、群発地震活動や非定常的な地殻変動が本震に先行して観測されていたものの、これらの現象から本震規模や発生時期を定量的に評価することは容易ではなかった。今後、同様の流体関与型の地震活動が他地域で発生した場合に、どの程度の危険性を想定すべきかを判断するための知見は、依然として十分に蓄積されているとは言えない。

こうした課題に対しては、地下流体の状態を直接・定量的に捉えるための新しい観測・解析手法の導入と、多分野データの統合的解析が不可欠であるとの認識が共有された。特に、「Geofluid Mapping」のような新たな手法は、地下における流体の情報を体系的に把握することを可能とし、地震・火山活動の中長期的評価に大きく貢献することが期待される。さらに、能登半島で計画されている陸上科学掘削計画（NEPTUNE 計画）については、断層近傍における流体圧、化学反応、摩擦特性の相互関係を直接的に明らかにする貴重な機会となることが示された。これにより、流体と断層活動の関係に関する理解が飛躍的に進展し、将来的な地震発生評価や予測精度の向上につながることを強く期待される。

(今西 和俊)

Kazutoshi Imanishi

参考文献

- 1) 高橋浩晃 (2024), 予知連会報, **112**, 510-511.