

2026年 4月 30日

報道機関 各位

噴火に至らなかった 2024–2025 年冬の御嶽山活動期 にも噴火時と同様の流体圧変化が起きていた ～地震活動から流体挙動を読み解く～

【本研究のポイント】

- ・2024年12月～2025年1月に御嶽山の活動が活発化した際、1月21日の火山性微動発生前後で、火山性地震^{注1)}の断層運動タイプ(メカニズム解^{注2)}が急激に変化したことを捉えた。
- ・この変化は、2014年の噴火前後に観測された特徴的な変化と類似していた。
- ・観測された地震のメカニズム解の時間変化を基に、地下の熱水循環システムの形成と、火山性流体の圧力上昇に伴う応力変動を説明する概念モデルを提示した。
- ・今回は噴火には至らなかったものの、地下では噴火準備過程に関連する可能性のある火山性流体の活動が進行していた可能性を示唆している。

【研究概要】

名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センターの寺川 寿子 教授(兼東京大学地震研究所附属地震火山研究連携センター 教授)らの研究グループは、2024年12月～2025年1月に御嶽山の活動が活発化した際の火山構造性地震^{注1)}のメカニズム解^{注2)}を分析し、1月21日の火山性微動発生前後で、メカニズム解が大きく変化したことを明らかにしました。この変化は、2014年の噴火時に観測されたパターンとよく似ていました。この結果は、今回の噴火に至らなかった活動でも、地下で噴火時と類似の物理過程が進行していた可能性を示します。

火山構造性地震は、火山の地下の局所的な応力場^{注3)}を反映して発生します。局所応力場は、プレート運動によって長期間かけて形成される広域的な応力場と、火山性流体の圧力変化等に伴う短期的な応力変化との重ね合わせで表現されます。地震のメカニズム解は地震発生時の応力状態を示すデータであり、従来は応力場の推定に用いられてきました。本研究では、火山構造性地震のメカニズム解の時間変化を手掛かりに、地下で進行する火山性流体の活動を応力変化として捉える方法を提示しました。

具体的には、熱水循環システムの発達に伴う応力変化の概念モデルを提案し、多様なメカニズム解を示す地震の発生を統一的に説明しました。このように、応力変化を火山性流体の圧力と結びつける視点は、本研究の独創的な特徴です。今回の御嶽山の活動は噴火には至らなかったものの、地下では噴火時と同様な火山性流体の圧力上昇とその後の減圧過程が進行していた可能性を示しています。

本研究成果は、2026年4月27日18時付 Nature Portfolio の学術誌『Communications Earth and Environment』に掲載されました。

【研究背景と内容】

御嶽山では、2014年の噴火以降も断続的に火山活動が活発化しており、2024年12月から2025年1月にかけても地震活動の増加や山上がりの傾斜変動を伴う火山性微動が観測されました。地震観測は火山観測の中心的な手法の1つであり、2014年の噴火後には御嶽山周辺域の地震観測網の整備・強化が進みました。特に、名古屋大学は山頂付近に10点の地震観測点を新設し、2024年7月からこれらのデータを取り入れた準リアルタイム震源決定システムの運用を開始しました。これにより、御嶽山の微小な火山性地震活動を高密度かつ高精度に捉える体制が整いつつあり、今回の活動期の詳細な解析が可能となりました。

本研究では、まず、2024年11月～2025年1月に発生し、震源が決定された約2600個の火山性地震の震源分布を分析しました。その結果、2024年12月下旬ごろより、西北西—東南東方向に走向を持つ鉛直面の周りに震源が集中する様子を定量的に示しました(図1)。西北西—東南東及び北北東—南南西方向に最大及び最小主応力軸を持つ横ずれ型の広域的な応力場(以下、広域応力場)において、この面は最小主応力軸に垂直な面、すなわち法線応力が最小になる面(最小抵抗面)であり、流体が最も侵入しやすい面にあたります。このことは、一連の地震活動は、火山性流体の深部からの貫入に支配されていることを示しており、このような特徴は世界の火山でしばしば観測される現象です。

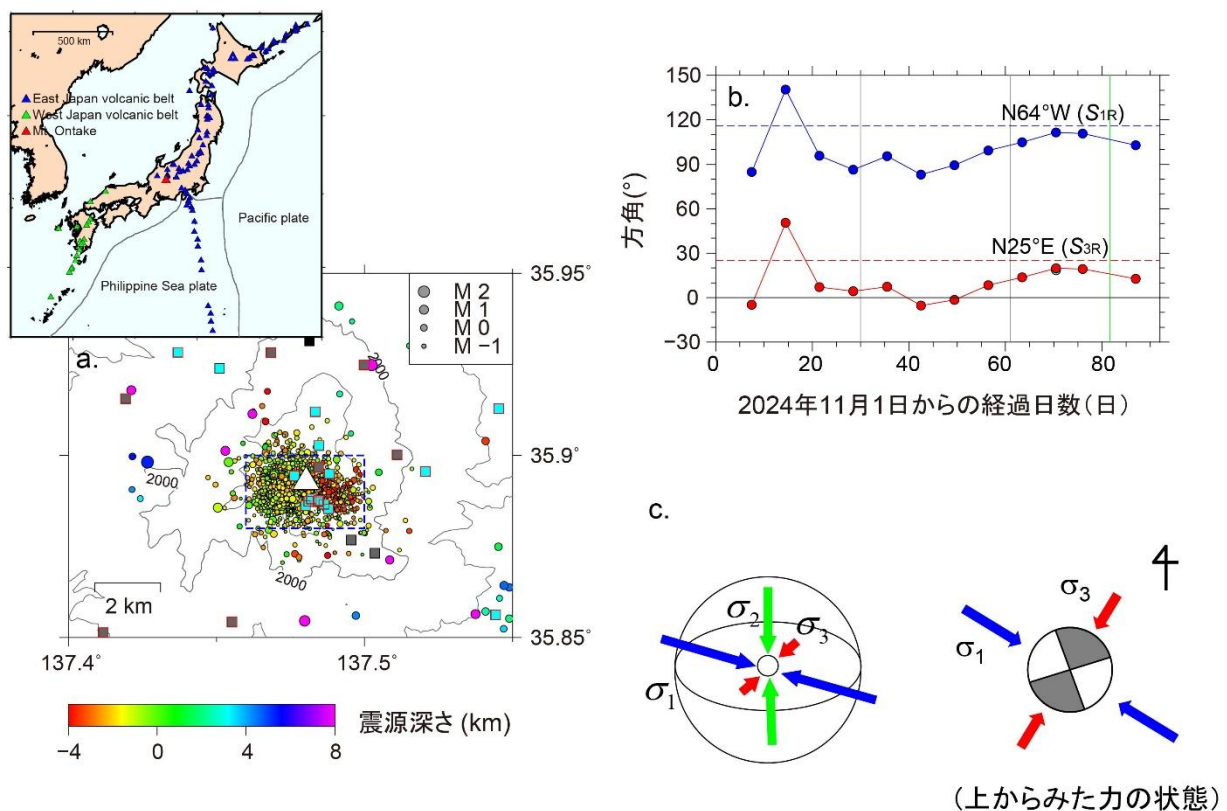


図1 震源分布と広域応力場 a. 震源分布(期間全体)、b. 震源の群れが形成する面の向きとその時間変化、c. 広域応力場。bの青線は震源の群れのなす面の走向、赤線は面の法線方向を表す。方角は北から時計回りを正としている。cでは σ_1 、 σ_2 、 σ_3 はそれぞれ最大、中間、最小主応力軸を表す(注³)参照)。

次に、震源が決定された地震のうち、316 個についてメカニズム解を推定しました。この数は、2014 年噴火前後1か月間のメカニズム解の推定数の約7倍にあたり、観測網の整備・強化による効果大きいことを示しています。これらのデータから、観測された断層すべり方向と広域応力場から予想される理論すべり方向の差(ミスフィット角)を算出し、局所応力場の広域応力場からのずれを定量的に評価しました(図2)。

微動発生前にはミスフィット角の大きな地震が多く、これは広域応力場と非整合的地震が顕著であったことを示しています。一方、微動後には多くの地震が広域応力場と整合的になることが分かりました。このような微動前後での広域応力場と整合的/非整合的な地震の割合の急激な変化は、2014 年噴火前後のパターンとよく一致していました。

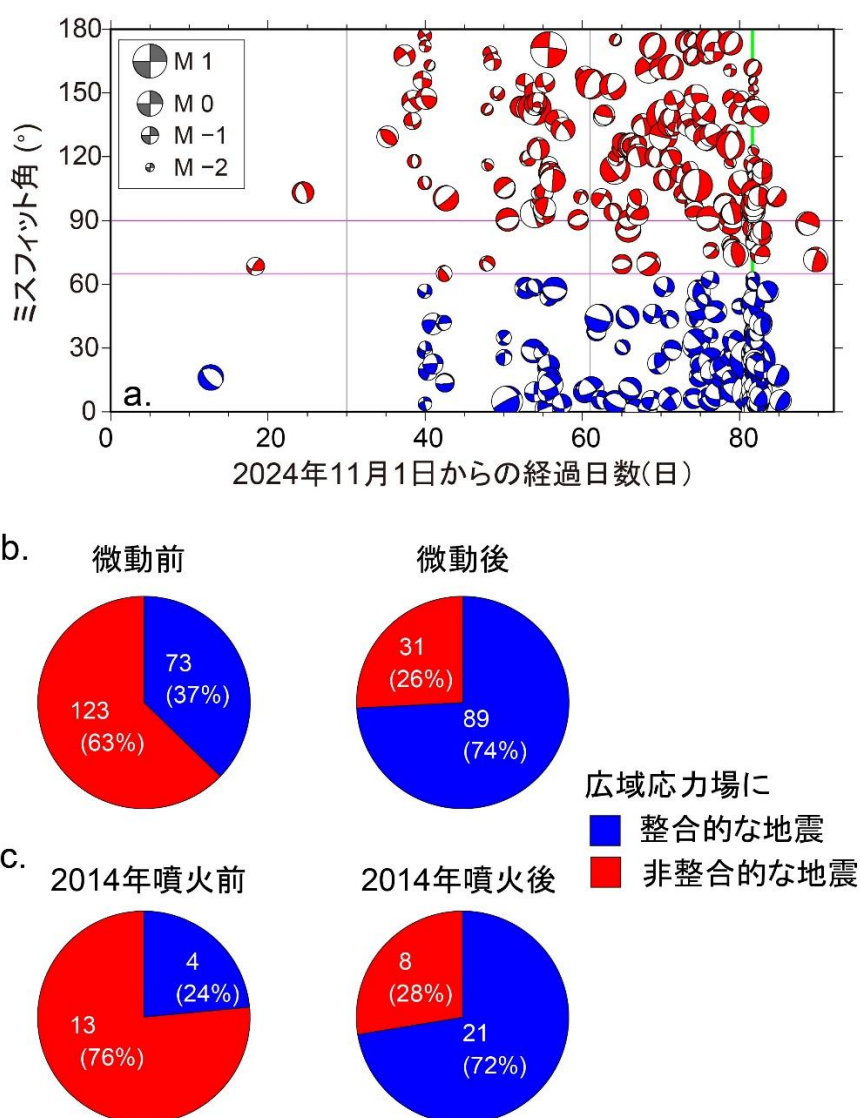


図2 地震のメカニズム解とその時間変化 a. メカニズム解の時間変化とミスフィット角の関係。広域応力場に整合的/非整合的な地震の割合の時間変化 b. 今回の活動、c. 2014 年噴火時。

さらに、本研究では、観測されたメカニズム解を手掛かりに熱水循環システムの発達に伴う応力変化の概念モデルを提案し、多様なメカニズム解を示す地震の発生を統一的に

説明することができました(図3)。このモデルの重要な点は、火山性流体はその場の応力状態を反映して、最小抵抗面へと選択的に貫入するという、ごく基本的な力学原理に基づいていることです。まず、火山性流体は広域応力場を反映し、西北西—東南東に沿う鉛直型の亀裂に貫入します。次に、そこで生じる流体の圧力上昇が周辺域の岩盤内の応力変化を引き起こし、亀裂の側面近傍では面の法線方向の圧縮力が増大します。その結果、最小主応力軸が北北東—南南西方向から鉛直方向へと変化し、最小抵抗面は鉛直型から水平型へと再配置されます。

この新たな最小抵抗面にも流体が貫入し、そこで圧力上昇することで、面の側方近傍ではさらなる応力変化が生じます。これらの過程を定量的に評価することで、流体圧の上昇に伴う局所的な応力変化を説明し、広域応力場と整合的/非整合的な地震がほぼ同時期に複雑に発生する観測結果を理解することができます。

これらの結果を踏まえると、微動発生前には火山性流体の貫入と圧力上昇に伴って応力場に局所的な乱れが生じ、微動後には減圧過程に伴ってその乱れが解消されたと考えられます。こうした一連の変化は、今回の御嶽火山の活動は噴火には至らなかったものの、地下では噴火時と同様な火山性流体の圧力上昇とその後の減圧過程が進行していた可能性を示しています。

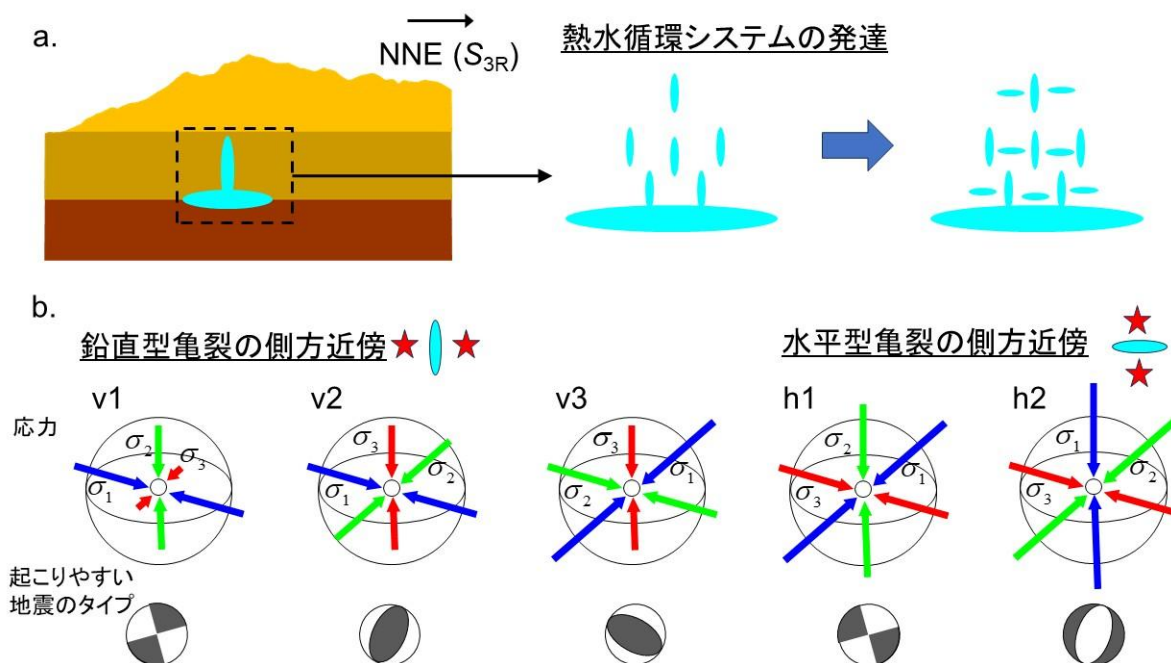


図3 火山性流体の活動に伴う応力変化と発生しやすい地震のタイプ a. 熱水循環システムのイメージ図。b. 亀裂面の側方近傍における局所応力場の時間変化。a に示すように、火山性流体の通路となる亀裂のネットワークは、鉛直型と水平型の亀裂で構成される形に発達する。b のv1-3 は鉛直型亀裂面の側方近傍、v3-h2 は水平型亀裂面の側方近傍における局所応力場の時間変化である。局所応力場に応じて、発生しやすい地震のタイプがどのように変化するかを理論的に理解できる。

【成果の意義】

本研究で提示した熱水循環システムを考慮すると、火山性流体の圧力上昇は、断層運

動を支配する偏差応力^{注 4)}を変化させるだけでなく、周辺の岩盤を等方的に圧縮する応力変化をもたらします。後者は、体積歪エネルギー^{注 5)}の蓄積の原因になります。このエネルギーは断層運動型の火山構造性地震では解消されないため、体積歪エネルギーが限界に達すると、噴火や超長周期地震^{注 6)}のような体積変化を伴う物理過程が必然的に発生することが理論的に予想されます。今後、地下の応力状態の推定を通じてエネルギーを定量的に評価することにより、火山噴火の予測につながる可能性が期待されます。

本研究は、令和6年度から始まった文部科学省『災害軽減に貢献するための地震火山観測研究計画』及び科研費の支援のもとで行われたものです。

【用語説明】

注 1)火山性地震/火山構造性地震:

プレート運動によって生じる応力が原因で発生する一般的な地震(断層運動)と区別して、火山活動に関係して火山付近で発生する地震を火山性地震と呼ぶ。火山性地震の中で、一般的な地震と同様に断層運動によって地震波が励起される地震を火山構造性地震と呼ぶ。

注 2)地震のメカニズム解:

地震時の断層運動の様式を示す情報で、一般的に、断層面の向き(走向、傾斜角)と相対すべり運動の方向(すべり角)で特徴づけられる。相対すべりの方向は、断層の上側のブロック(上盤)の下側のブロック(下盤)に対するすべりベクトルの向きとして走向方向から反時計回りに測る。

注 3)応力場:

応力は力の状態を示す物理量であり、数学的には 2 階の実対称テンソルであり、 3×3 の対称行列で表現される。この行列の3つの固有値は主応力とよばれ、固有ベクトルの方向は互いに直交する。地球の内部の応力状態は圧縮状態にあり、3つの圧縮力で特徴づけられる。これらは、慣例で、圧縮の大きいほうから、最大、中間、最小主応力とよばれる。主にプレート運動によって長期間かけて形成される応力場を広域応力場とよぶ。御嶽山周辺域の広域応力場は、最大主応力と最小主応力の向きは、西北西-東南東と北北東-南南西方向にある。

注 4)偏差応力:

応力テンソルのうち、等方成分を取り除いた残りの成分を偏差応力テンソルという。地震は、偏差応力を小さくしようとする物理過程である。

注 5)体積歪エネルギー:

弾性歪エネルギーとは地下の岩盤が変形したときに蓄えられるエネルギーのことである。弾性ひずみエネルギーは、応力テンソルの偏差成分に関係する剪断歪エネルギーと等方成分に関係する体積歪エネルギーに一意的に分解される。断層運動型の地震は剪断歪エネルギーを解消する物理過程であり、体積歪エネルギーの解消にはほとんど寄与しない。

注 6)超長周期地震:

10 秒前後の固有周期を持つ振動であり、火山浅部の流体(マグマ・熱水)による共鳴や体積変化を伴って励起されると考えられている。

【論文情報】

雑誌名: Communications Earth and Environment

論文タイトル: Volcano-tectonic earthquake focal mechanisms reveal fluid-induced stress changes driving hydrothermal system development at Mount Ontake

著者: 寺川寿子(名古屋大学大学院環境学研究科)、前田裕太(名古屋大学大学院環境学研究科)、堀川信一郎(名古屋大学全学技術センター)

DOI: 10.1038/s43247-026-03463-6

URL: <https://www.nature.com/articles/s43247-026-03463-6>



東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。
国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。

東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>

