

12-12 箱根火山における群発地震と地殻流体との関係

Earthquake swarms and their relation to crustal fluid as revealed by dense seismic observation in Hakone volcano, central Japan

神奈川県温泉地学研究所

Hot Springs Research Institute Kanagawa Prefectural Government

群発地震の発生には地殻流体の移動（例えば, Parotidis et al. 2005¹⁾）や aseismic slip の寄与（例えば, Lohman and McGuire 2007²⁾）が考えられている。本報告では日本有数の火山地熱地帯である箱根火山において実施された稠密地震観測データを用いて、当地域での群発地震震源分布の詳細な時間空間分布及び地殻構造の推定結果を紹介するとともに、群発地震発生と地殻流体との関係に関する議論を行った。箱根火山では過去に度々群発地震活動が観測されており、時々有感地震を伴うことがある。また群発地震の活発化とともに山体の膨張が周辺の GNSS 観測点で観測され、その圧力源は中央火口丘下深さ 10km 付近に推定されている。2009 年に発生した群発地震活動について、震源位置を高精度に推定した結果、震源はほぼ鉛直な面上に厚さ数 10m の幅に分布することが明らかになり（第 1 図）、またメカニズム解の節面の一つは面状な震源分布と調和的であった。さらに地震活動域の時間発展に着目すると、活動域はある地点から拡散的に拡大していき（第 2 図）、その拡散速度は地殻内注水試験により誘発される地震活動と調和的であった（Yukutake et al. 2011³⁾）。これらの結果に基づくと、地殻浅部の微小断層帯内に高圧の流体が拡散する過程で、一連の群発地震は誘発されたと解釈することができる。また、地震活動初期においては高 b 値と低応力降下量が推定され、それらは時間の経過とともにそれぞれ減少及び増加することが分かった。これらの結果は、群発地震活動の誘発に高圧流体が寄与しているという解釈と整合的である。さらに、地震波速度トモグラフィ法により火山の地下構造を求めた結果、深さ 10km 付近に S 波速度が顕著に遅くかつ V_p/V_s 比が高い領域が推定された（Yukutake et al. 2015⁴⁾）。この速度構造を Takei (2002)⁵⁾ の理論に当てはめると、岩石中の空隙にメルトまたは水が満たされた場と解釈できる。また高 V_p/V_s 域は山体膨張を引き起こす圧力源と一致するため、これらの結果を考慮すると、火山深部のマグマ溜まりに対応すると考えられる。一方、より浅部の深さ範囲においても低速度が存在し、そこでの V_p/V_s 比はより低いことが明らかになった。この速度構造は岩石中の空隙に水またはガスを含む場と解釈でき、深さ 10km 付近のマグマ溜まりから供給された水などの揮発成分が豊富に存在している領域と考えられる。群発地震は低 V_p/V_s 領域の上部に分布しており、マグマ由来の地殻流体が火山浅部の微小断層の中で拡散する際に群発地震が励起されると考えられる（第 3 図）。またこうしたマグマ由来の地殻流体は、大涌谷などの噴気活動やカルデラ内部の NaCl に富む温泉の生成に寄与していると考えられる。

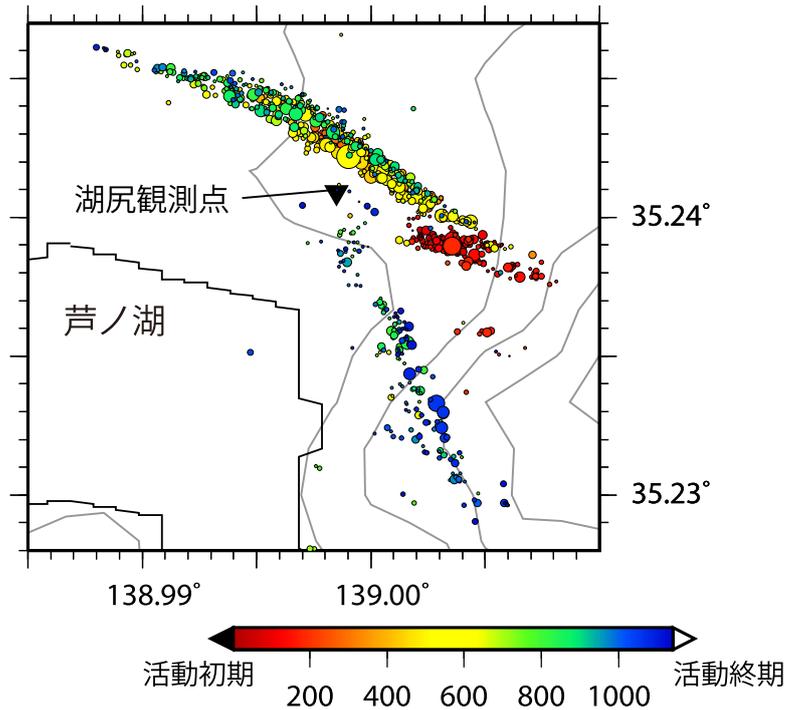
謝辞

本研究では気象庁、国立研究開発法人防災科学技術研究所及び東京大学地震研究所の地震観測点データを使用させていただきました。

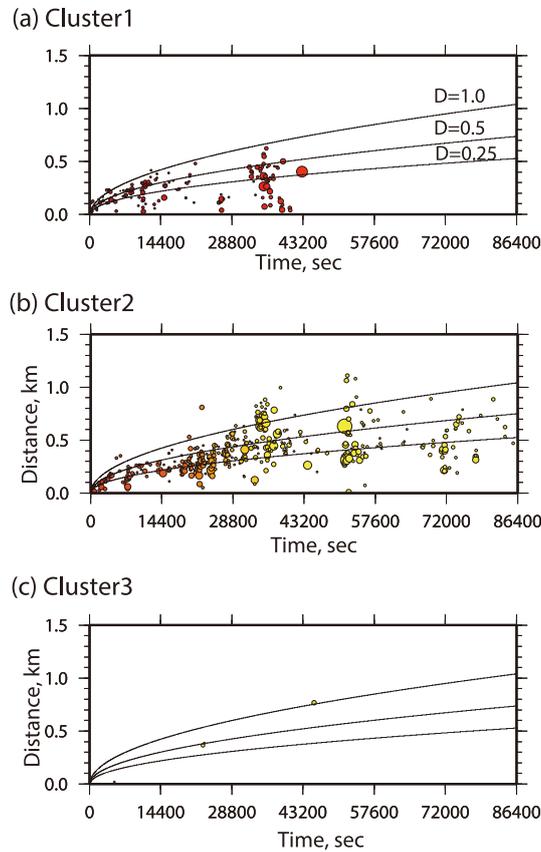
(行竹洋平)

参考文献

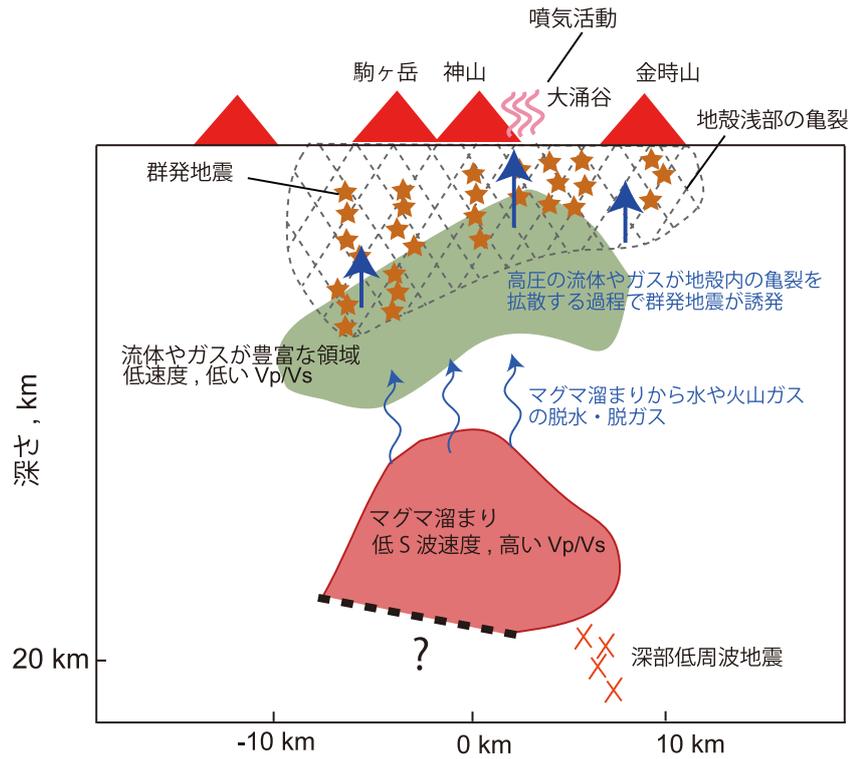
- 1) Parotidis M, Shapiro SA, Rothert E (2005) Journal of Geophysical Research 110:B05S10 doi:10.1029/2004JB003267.
- 2) Lohman RB, McGuire JJ (2007) Journal of Geophysical Research 112 doi:10.1029/2006jb004596.
- 3) Yukutake Y, Ito H, Honda R, Harada M, Tanada T, Yoshida A (2011) Journal of Geophysical Research 116 doi:10.1029/2010jb008036
- 4) Yukutake Y, Honda R, Harada M, Arai R, Matsubara M (2015) Journal of Geophysical Research 120:3293-3308 doi:10.1002/2014jb011856
- 5) Takei Y (2002) Journal of Geophysical Research 107 doi:10.1029/2001jb000522.



第1図 2099年箱根湖尻付近で発生した群発地震の震源分布。色は地震の発生時期に対応。
 Fig. 1 The hypocenter distribution of the 2099 swarm activity in Hakone volcano. Color corresponds to the occurrence time of each event.



第2図 各震源クラスターにおいて最初に発生した地震からの経過時間と距離との関係。
 Fig. 2 Hypocenter distances measured from the first event in each cluster as a function of earthquake occurrence time.



第 3 図 地震波トモグラフィーに基づく箱根の速度構造とマグマ—熱水系を示す模式図. 深さ 10km 付近にマグマの存在を, より浅部にマグマ由来の熱水やガスの存在を示す速度構造が推定. 群発地震はその上部で発生する.

Fig. 3 Schematic illustration of the magma-hydrothermal system beneath Hakone volcano revealed by seismic tomography method. The velocity structure indicates the existing of a deep magma reservoir around the depth of 10 km, and a fluid or gas-rich region in the shallower part. The earthquake swarms occurred above the fluid rich region.