

## 2009年箱根火山群発地震活動の震源及びメカニズム解分布から明らかになった群発地震と断層構造・地殻内流体との関係 Fluid-induced swarm activity as revealed by precisely determined hypocenters and focal mechanisms of earthquakes

行竹 洋平<sup>1\*</sup>, 伊東博<sup>1</sup>, 本多 亮<sup>1</sup>, 原田 昌武<sup>1</sup>, 棚田 俊收<sup>2</sup>, 吉田 明夫<sup>1</sup>

YUKUTAKE, Yohei<sup>1\*</sup>, Hiroshi Ito<sup>1</sup>, HONDA, Ryou<sup>1</sup>, HARADA, Masatake<sup>1</sup>, TANADA, Toshikazu<sup>2</sup>, YOSHIDA, Akio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup> Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, <sup>2</sup> National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

### 1. はじめに

群発地震の発生過程に地殻流体が密接に関わっている可能性があることは、過去多くの研究で指摘されてきている(例えば、Sibson, 1996)。さらに、断層破砕帯で構成される亀裂系が、地殻内において高い透水性を持つ通路として、流体の移動に重要な役割を果たすと考えられている(Sibson, 1987)。しかしながら、群発地震の発生と地殻流体、および断層構造との関係を示す地震学的な観測データは乏しいのが現状である。本発表では、稠密地震観測網データを用いた、2009年箱根火山で発生した群発地震活動の詳細な震源およびメカニズム解分布の結果に基づいて、これらの関係についての考察を行う。

### 2. 箱根火山と群発地震

箱根火山では、過去にたびたび活発な群発地震活動が発生しており、中には強震や噴気域の拡大を伴った事例も報告されている。また、カルデラ内にはNaClに富む温泉が湧出しており、これらは地下深部に存在するマグマ起源の熱水が地下水と混合したものと解釈されている。また、深部からの高圧の熱水は群発地震の発生と密接に関係している可能性が指摘されてきた(Oki and Hirano, 1970; Matsuo et al., 1985)。

### 3. 震源及びメカニズム解分布

2009年8月4日から、箱根カルデラ内の湖尻周辺の領域で、地震活動が活発化した。8月4日から12日午前9時までの間において、連続波形記録を目視によりカウントした地震数は1780イベントにおよんだ。その中で、温泉地学研究所のルーチン処理により約1200イベントの震源位置を決定することができた。我々は、箱根カルデラ内およびその周辺域に展開されている、温泉地学研究所、防災科研 Hi-net、東大地震研、気象庁の定常観測点のほか、群発地震開始前から設置されていた20点の臨時観測点のデータを使用し、群発地震の震源およびメカニズム解を高精度に推定することを行った。震源決定には、Double Difference法(Waldhauser and Ellsworth, 2000)を用いた。メカニズム解は決定精度を高めるため、P波初動極性データに加えて、P波ならびにSH波の振幅情報も合わせて用いて決定した。

これらの解析の結果、群発地震はほぼ鉛直な4枚の面上に集中して分布することが明らかになった。また、これらの面状の震源分布ゾーンの厚さはおよそ100mであり、この厚さは震源決定誤差を考慮に入れても有意である。地震のメカニズム解のほとんどは横ずれ断層型でそろっており、それらメカニズム解の節面の一つは震源が分布する面状ゾーンの走向とよく一致している。

さらに、地震活動域の時間的推移に着目すると、地震活動の初期において地震発生域が拡散的に広がっていったことが明らかになった。それら一連の地震が流体の拡散によりトリガーされたという仮定のもとに、震源の時間-空間分布からShapiro et al. (1997)の手法に従い流体の拡散係数(D)を推定すると、0.5~1.0m<sup>2</sup>/sという値がえられた。この値はダム貯水による誘発地震、注水実験に伴う誘発地震、他領域における群発地震活動から推定された地殻内での水の拡散係数(例えば、Simpson et al., 1988; Shapiro et al., 1997; Parotidis et al., 2003)と概ね一致する。

### 4. 議論

地震発生域が拡散的に広がっていく現象は、注水試験時に観測される誘発地震の拡散の特徴とよく一致していることから、群発地震は流体が拡散する過程で誘発されたことが示唆される。また、群発地震の震源が面状に分布していることから、群発地震は既存の断層破砕帯内で発生している可能性が考えられる。断層の長さや断層破砕帯の厚さの関係(Vemilje and Scholz, 1998)から、長さ1kmの断層を持つ破砕帯の厚さは100m程度と考えられ、これは解析から得られた群発地震の面状の震源分布ゾーンの厚さと調和的である。また、断層破砕帯は周辺の岩盤と比較して透水係数が高く、地殻内で流体の通路となる事が指摘されている。このことから、群発地震は高い透水性を持つ断層破砕帯内に存在する高圧の地殻内流体が拡散する過程でトリガーされたというモデルが考えられる。

謝辞

本研究では、防災科学技術研究所 Hi-net、東京大学地震研究所、気象庁観測点の地震波形記録を使用させていただき

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS29-01

会場:105

時間:5月21日 13:45-14:00

ました。

キーワード: 群発地震, 地殻流体, 断層構造, 震源分布, メカニズム解

Keywords: swarm earthquake, fluid, fault damage zone, hypocenter distribution, focal mechanism