

## フィリピン・タール火山における低周波地震から示唆される浅部熱水系の活動 Shallow hydrothermal activity at Taal volcano, Philippines, inferred from long-period seismic events

前田 裕太<sup>1\*</sup>, 熊谷 博之<sup>1</sup>, Rudy Lacson<sup>2</sup>, Melquiades S. Figueroa II.<sup>2</sup>, 山品 匡史<sup>3</sup>  
MAEDA, Yuta<sup>1\*</sup>, KUMAGAI, Hiroyuki<sup>1</sup>, Rudy Lacson<sup>2</sup>, Melquiades S. Figueroa II.<sup>2</sup>, YAMASHINA, Tadashi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 防災科学技術研究所, <sup>2</sup>PHIVOLCS, <sup>3</sup> 高知大学

<sup>1</sup>NIED, <sup>2</sup>PHIVOLCS, <sup>3</sup>Kochi University

タール火山はフィリピンの首都マニラの南 60km に位置する玄武岩質の活火山で、概ね 30 年以内の間隔で水蒸気爆発を繰り返してきた。1977 年に発生した最後の噴火から既に 30 年以上が経過していることから噴火が危惧されている。我々は JST-JICA プロジェクトの一環として 2010 年秋にタール火山に 5 点の広帯域地震計を含む多項目観測網 (図 1a) を整備し、以後観測を続けてきた。

この観測網によって捉えられた現象の 1 つに 0.8 Hz 付近の卓越周期を持つ低周波地震 (図 1b) がある。低周波地震は観測点 VTDK の上下動で最も明瞭である。この VTDK の上下動連続波形に振幅と波形相関の閾値 (それぞれ  $2 \times 10^{-6}$  m/s および 0.8) を設けて検出を行ったところ、観測開始後現在までに 46,687 個の低周波地震が検出された。その大部分は 2010 年 12 月から 2011 年 1 月にかけて発生したものである。イベント間の波形相関は極めて高く、相関係数が 0.95 を超えるイベントペアも珍しくない。振幅は大きなものでも  $5 \times 10^{-6}$  m/s 程度と小さく、その度数分布は  $3 \times 10^{-6}$  m/s を境に別々の指数分布で説明できる。イベント間隔の度数分布は Weibull 分布と log Weibull 分布の重ね合わせで説明できる。卓越周期の度数分布は 0.8 Hz 付近と 0.72 Hz 付近の bi-modal を示し、地震の多発した 2010 年 12 月から 2011 年 1 月にかけて低い卓越周期を持つ地震の割合が比較的高い。振幅とイベント間隔と卓越周期の間には明瞭な関係が見られない。

VTMC の上下動が利用できる 2011 年 3 月 6 日以降に発生した地震について、VTDK と VTMC の 2 点のデータを用いて Nakano and Kumagai (2005) の方法で波形インバージョンを行った。S/N を上げるため、スタックした波形をデータとして使用した。VTDK に加えて VTMC の波形相関も良いイベントのみをスタックの対象とした。グリーン関数計算にあたっては P 波速度  $V_p = 3000$  m/s の均質構造を仮定し、地形と火口湖・カルデラ湖を考慮に入れた差分計算 (Maeda and Kumagai, 2011) を行った。インバージョンの結果を図 1c に示す。最小残差は開口クラックを仮定した場合が 61.2 %、円筒ソースを仮定した場合が 61.9 % とほとんど差が無い。また  $V_p = 2000$  m/s での解析も行ったところ、 $V_p = 3000$  m/s の場合とは震源位置は近いが向きが大きく異なるクラックが得られた (図 1c)。これらの結果から震源位置については比較的良く制約できるものの、メカニズムについてはあまり制約できないことが分かる。

求めた震源位置は 1990 年代にダイクが貫入した場所に近く、最近でも噴気活動などが見られる一帯の中にある。深さは 300 ~ 500 m と、他の火山において熱水系に関連した活動と解釈された低周波地震 (例えば Nakano et al., 2003; Ohminato, 2006) の深さに近い。VTDK の上下動波形では低周波地震の振動の Q 値は 6 程度であり、この Q 値は Kumagai and Chouet (2000) のクラックモデルを用いると水蒸気を含んだクラック振動の基本モードで説明できる。このモードが観測された振動周波数 0.8 Hz に対応すると考えると、クラック長は  $L = 150$  m となり、現実的な大きさのクラックが推定される。タール火山では 2010 年 6 ~ 8 月と 2011 年 4 ~ 7 月に地震活動の活発化や山体膨張、水温上昇、ガスフラックスの増大等の異常が観測された。低周波地震の多発した時期はこれら 2 度の活発化に挟まれた時期にあたり、2 度の活動活発化のいずれかに関係するマグマの貫入によってタール火山浅部の熱水系に熱が供給されて低周波地震が発生したと解釈することができる。低周波地震は 2011 年 9 月を最後に発生していないが、タール火山の活動自体も 2011 年後半以降低調になっており、上述の解釈に立てばマグマの貫入等の活動が低調になっていると見なすことができる。

### 引用文献

- Kumagai H., and Chouet B.A., 2000, *J. Geophys. Res.*, 105, 25493-25512.  
Maeda Y., and Kumagai H., 2011, AGU Fall Meeting, S31B-2231.  
Nakano M., and Kumagai H., 2005, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L12302.  
Nakano M. et al., 2003, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 122, 149-164.  
Ohminato T., 2006, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 158, 467-490.

キーワード: タール火山, 低周波地震, 波形インバージョン

Keywords: Taal volcano, Long-period events, Waveform inversion

SVC50-20

会場:104

時間:5月24日 11:15-11:30

