

R003-09

D会場：11/5 PM2 (15:45-18:15)

16:15~16:30

## MT 法探査による雌阿寒岳の3次元比抵抗構造とその解釈

#井上 智裕<sup>1)</sup>, 橋本 武志<sup>1)</sup>, 田中 良<sup>1)</sup>, 山谷 祐介<sup>2)</sup>, 市原 寛<sup>3)</sup>

(<sup>1</sup>北海道大学・理, <sup>2</sup>産総研, <sup>3</sup>名古屋大学・環境)

## Modeling and interpretation of the three-dimensional resistivity structure of Meakandake Volcano inferred from MT surveys

#Tomohiro Inoue<sup>1)</sup>, Takeshi Hashimoto<sup>1)</sup>, Ryo Tanaka<sup>1)</sup>, Yusuke Yamaya<sup>2)</sup>, Hiroshi Ichihara<sup>3)</sup>

(<sup>1</sup>Graduate School of Science, Hokkaido University, <sup>2</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>3</sup>Graduate School of environmental Studies, Nagoya University)

We have conducted broadband magnetotelluric (BBMT) surveys around Meakandake Volcano in Akan Caldera, eastern Hokkaido, since 2018. The previous modeling by Inoue et al. (2022) suggested a tilted low resistivity column from 0.5 km BSL (below sea level) to the deep west below Mt. Meakandake. They also suggested another low resistivity anomaly on the north side of Mt. Fuppushidake, the area bordering Lake Akan from the west. However, the size and shape of the latter anomaly were uncertain because it was outside the measurement area. Furthermore, the relationship between the shallow resistivity structure and volcanic earthquakes at Mt. Meakandake remained controversial because our previous model did not have sufficient resolution for the shallow part of the summit area.

To address these issues, we updated our modeling by including additional ten BBMT data that we acquired from July to August 2021 on Lake Akan's north to northwest sides, as well as some AMT data by Takahashi et al. (2018) obtained in 2013-14 at sites on the middle to the summit of Mt. Meakandake. We used ADU07e (Metronix Geophysics Ltd.) and Elog-1k (NT System Design Ltd.) for the additional BBMT. Thus, we acquired the time series data of five components (2E+3H) at seven sites and only 2E at three sites. Induction vectors and phase tensors calculated from the data indicated that the electromagnetic strike in the vicinity of Mt. Meakandake was in the SE-NW direction. In contrast, the strike was N-S on the north side of Mt. Fuppushidake. In addition, we observed out-of-quadrant phases in the long period bands of the Zyx component at the sites on the west to the northwestern foot of Mt. Meakandake.

We inverted the impedance and tippers at 60 sites using ModEM (Egbert and Kelbert, 2012; Kelbert et al., 2014) to estimate the 3D resistivity structure. A dyke-like low resistivity anomaly C1 (1-10  $\Omega$  m) was imaged below Mt. Meakandake. It was roofed approximately at sea level and slightly offset to the north as compared to the corresponding anomaly in the previous model, dipping down toward the northwest to west direction. The sensitivity test of C1 suggested that it extends at least to a depth of 20 km. The northwestward tilting of C1, which electrically connects the deep and shallow parts, may have caused the out-of-quadrant phases on the west to the northwestern foot of the volcano. However, the mechanism should be investigated further in detail.

On the other hand, another low resistivity anomaly, C2 (1-10  $\Omega$  m), was imaged again on the north side of Mt. Fuppushidake, the area bordering Lake Akan from the west. The updated model has revealed that C2 has a horizontal diameter of approximately 3 km and vertically occupies a depth from 0 to 3 km BSL. According to the unified earthquake catalog of the Japan Meteorological Agency, C2 itself corresponds to an aseismic zone. Meanwhile, a tectonic earthquake cluster is recognized beneath Lake Akan's northwestern side adjacent to C2. The seismicity of the cluster well correlated in time with that of the shallow volcanic earthquakes at Mt. Meakandake (Japan Meteorological Agency, 2018). In addition, C2 seems to connect to C1 through a moderately conductive region (c.a. 30  $\Omega$  m) in a deeper part. Therefore, we suspect that C2 represents a volcanic fluid reservoir with a common source as C1.

Owing to the improved resolution at a shallow part by adding the AMT data, the updated model showed a 100m-thick conductive layer (c.a. 1  $\Omega$  m) beneath the Meakandake's summit area. The conductive layer seems to be separated from C1 by the region with an intermediate resistivity (50-100  $\Omega$  m). The hypocenters of volcanic earthquakes, which occur quasi-regularly during inter-eruptive periods, are distributed in two columns within this intermediate region. One of these clusters penetrates the conductive layer toward the Ponnachineshiri crater. Furthermore, the volcanic earthquake swarm and the thermal demagnetization that preceded the 2008 phreatic eruption occurred at the bottom of the conductive layer. These facts suggest that the layer is closely related to shallow volcanic activity of Mt. Meakandake, including recent phreatic eruptions in Mt. Meakandake.

**Acknowledgments:** This study was supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of Japan, under its The Second Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program (Earthquake and Volcano Hazard Reduction Research). The AMT data at Mt. Meakandake used for the 3D resistivity inversion were provided by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) and the Japan Meteorological Agency (JMA).

2018年以降、我々は北海道東部の阿寒カルデラ内に位置する雌阿寒岳周辺で広帯域 Magnetotelluric (MT) 法探査

を行ってきた。これまでの構造解析結果から、雌阿寒岳の 0.5 km BSL から深部西方に向かってやや傾いた柱状の低比抵抗異常の存在が示唆されていた (Inoue et al., 2022)。一方、フップシ岳の北側から阿寒湖西岸における領域にも低比抵抗異常が解析されていたが、観測点分布の外側の構造であるため、規模や形状は不確かであった。また、これまでの解析では雌阿寒岳火口域の浅部については解像度が十分でないため、比抵抗分布と火山性地震の関係についても議論の余地が残っていた。

これらの問題に対処するため、我々は、2021 年 7-8 月に阿寒カルデラの北側から北西側の 10 地点で新規に観測した広帯域 MT データと、Takahashi et al. (2018) が雌阿寒岳中腹～山頂域で 2013-2014 年に観測した AMT データの一部も含めて構造解析をやり直した。測定には ADU07e (Metronix 社製) と Elog-1k (NT システムデザイン社製) を用い、それぞれ電場 2 成分と磁場 3 成分の時系列データ (7 地点) と電場 2 成分の時系列データ (3 地点) を取得した。得られたデータから算出されたインダクションベクトルやフェーズテンソルは、雌阿寒岳付近における電磁氣的走向が南東-北西方向にある一方で、フップシ岳よりも北側の電磁氣的走向は南北方向にあることを示した。また、雌阿寒岳西麓から北西麓の観測点では、Zyx 成分の長周期帯域に通常の範囲 (-180 ~ -90°) を外れる異常な位相が確認された。

比抵抗構造の推定には ModEM (Egbert and Kelbert, 2012; Kelbert et al., 2014) を使用し、合計 60 地点のインピーダンスとティッパーを入力データとして与えた。3 次元インバージョン解析の結果、雌阿寒岳付近には、従来の解析結果よりもやや北側にずれた位置の 0.5 km BSL から北西方向に向かって深部に伸びるダイク状の低比抵抗異常 C1 (約 1-10  $\Omega$  m) が解析された。C1 の感度テストを行なったところ、C1 の下端は深さ約 20 km まで達していることが示された。また、C1 が北西方向に傾き下がり深部と浅部を電気的につないでいることが、西麓から北西麓に異常な位相を生じさせている原因となっている可能性があるが、メカニズムの詳細は検討中である。

一方、フップシ岳の北側にも前のモデルと同じく低比抵抗異常 C2 (約 1-10  $\Omega$  m) が推定された。今回のモデリングにより、C2 の比抵抗分布が制約され、C2 は水平方向に直径 3 km 程度の広がりを持ち、深さ方向には約 0-3 km BSL に分布することが明らかになった。気象庁の一元化震源カタログによれば、C2 は非地震域であるが、C2 に隣接する阿寒湖からやや北西の領域には構造地震のクラスタがある。このクラスタの地震活動は、雌阿寒岳の火山性地震数が増加した時期と対応するように活発化している (気象庁, 2018)。また、C2 は約 30  $\Omega$  m のやや低比抵抗な領域を介して深部で C1 に接続するようにイメージングされている。これらのことから、C2 は C1 と供給源を同じくする火山性の高温流体の貯留槽である可能性がある。

また、AMT データの導入で浅部の解像度が上がったことにより、雌阿寒岳火口域の直下には、厚さ 100 m の低比抵抗層 (約 1  $\Omega$  m) が推定された。この低比抵抗層は、やや高比抵抗 (約 50-100  $\Omega$  m) な領域を挟んで C1 からは明瞭に分離しているように見える。静穏期にも準定常的に起こっている火山性地震の震源は、主にこのやや高比抵抗な領域内に 2 本の柱状に分布しており、そのうちポンマチネシリ火口に向かうクラスタは低比抵抗層を貫いている。また、2008 年の水蒸気噴火に先行した火山性地震や熱消磁はこの低比抵抗層の下端で発生していた。これらのことから、この低比抵抗層は、雌阿寒岳の近年の水蒸気噴火を含む浅部の火山活動と深く関連する構造であることが伺える。

謝辞：本研究は文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 (第 2 次)」の支援を受けた。3D 比抵抗インバージョンに使用した雌阿寒岳の AMT データ (Takahashi et al., 2018) は、データ所有者である産総研と気象庁から提供を受けた。