

## 温泉水と比抵抗構造から推定される立山地獄谷の熱水系 Hydrothermal system beneath the Jigokudani valley, Tateyama volcano, inferred from AMT surveys and hot spring chemistry

関 香織<sup>1\*</sup>; 神田 径<sup>2</sup>; 丹保 俊哉<sup>3</sup>; 小川 康雄<sup>2</sup>; 高倉 伸一<sup>4</sup>; 潮田 雅司<sup>2</sup>; 鈴木 惇史<sup>1</sup>; 齋藤 全史郎<sup>1</sup>;  
松永 康生<sup>1</sup>  
SEKI, Kaori<sup>1\*</sup>; KANDA, Wataru<sup>2</sup>; TANBO, Toshiya<sup>3</sup>; OGAWA, Yasuo<sup>2</sup>; TAKAKURA, Shinichi<sup>4</sup>;  
USHIODA, Masashi<sup>2</sup>; SUZUKI, Atsushi<sup>1</sup>; SAITO, Zenshiro<sup>1</sup>; MATSUNAGA, Yasuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学, <sup>2</sup> 火山流体研究センター, <sup>3</sup> 立山カルデラ砂防博物館, <sup>4</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>Volcanic Fluid Research Center, <sup>3</sup>Tateyama Caldera and Sabo Museum, <sup>4</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

### 1. はじめに

立山(弥陀ヶ原)は、飛騨山脈の北部に位置する第四紀の火山で、現在は地獄谷と呼ばれる場所で、活発な噴気・温泉活動を行っている。地獄谷は、立山火山の活動末期に繰り返し発生した水蒸気噴火により形成され、かつては火口湖を形成していたため、湖底に堆積した縞状の湖成層を地獄谷内で見ることができる(Kusakabe et al., 1986)。また、テフラ層として残るほどの規模ではないものの、有史以降も水蒸気噴火が発生していることが明らかにされている(中野・伊藤, 1998)。近年、噴気活動が活発化し、噴気温度は最高 149 °C を記録したほか、噴気ガスの組成からマグマの関与が示唆されており、火山活動の活発化が懸念されている。

本研究は、水蒸気噴火を発生させる地下構造の特徴を明らかにするため、水蒸気噴火を繰り返してきた立山火山地獄谷周辺で、AMT 法による比抵抗構造の調査を行った。また、現在の噴気・温泉活動と地下構造との関係に制約を与えるため、温泉水の化学分析もあわせて行った。

### 2. データ

AMT 測定は、地獄谷を中心とした領域で、2013 年 9 月に 8 ケ所、2014 年 9 月に 17 ケ所で実施した。2013 年に取得した 8 点のデータを使った 2 次元解析の結果は既に報告されており、地獄谷浅部に低比抵抗帯が広く存在し、その下の高比抵抗帯を割るように、マグマ性ガスの供給路と解釈された相対的に低い比抵抗領域が存在することが明らかになっている(Seki et al., 2015)。本研究では、地獄谷を中心として取得された合計 25 点の AMT データを使用し、Siripunvaraporn and Egbert (2009) による 3 次元インバージョンコードを用いて、3 次元地下比抵抗構造を推定した。また、湧出している温泉水の電気伝導度、温度、pH を約 50 ケ所で現場測定し、そのうちの 12 ケ所ではポリ容器に温泉水を採取し、実験室に持ち帰って化学分析を行った。

### 3. 比抵抗構造と温泉水の化学組成

温泉水の分析結果から、地獄谷の温泉水は Cl-SO<sub>4</sub> 型の強酸性熱水であることがわかった。また、一部の温泉水は高い Cl/SO<sub>4</sub> 濃度比を示したことから、マグマ性熱水流体の寄与が示唆された。得られた 3 次元比抵抗構造モデルでは、現在の噴気・温泉活動を行っている地域の表層下に、厚さが ~50m の低比抵抗領域が存在し、これはカオリンなどの粘土鉱物が卓越する層だと考えられる。地獄谷の温泉は、いくつかの群を作って湧出しており、それぞれの温泉水群の特徴は異なるが、化学組成から地下浅所までは、同じ熱水流体であると考えられる。すなわち、地獄谷の個々の温泉水群の化学組成に対し、地表近くの低比抵抗層が、大きな影響を与えていることが予想される。

噴気・温泉活動が行われている地域の東部(紺屋地獄・南東斜面)では、高いイオン濃度を示す温泉水が観測された。それらの地域では、表層の低比抵抗領域の下に、比抵抗のやや高い領域が存在し、これは高温のガスを主体とする領域だと解釈した。深さ 100~500m に広く分布する低比抵抗領域は、称名滝火砕流が熱水変質した層だと考えられる。2 次元解析の結果と同様に、地獄谷の東側から地獄谷浅部へと低比抵抗領域が伸びていることから、熱水流体は地獄谷より東側の深部から供給されていると推定される。この熱水流体の源は、Matsubara et al. (2000) によって部分熔融領域だと解釈された、地獄谷より東側の深さ ~5km に位置する P 波の低速度領域にあると思われる。

本研究により、現在活発な噴気・温泉活動を行っている立山地獄谷地下に存在する熱水系の概要が明らかになった。地獄谷の表層の噴気・温泉活動を支配しているのは、表層下の厚さ ~50m の低比抵抗領域であることが予想されるので、今後は、より浅部の詳細な構造と表層の熱水活動について検討したい。

キーワード: 比抵抗構造, AMT, 立山火山, 水蒸気噴火, 熱水系, キャップロック

Keywords: Resistivity structure, AMT, Tateyama volcano, Phreatic eruption, Hydrothermal system, Clay cap