

自然電位と比抵抗構造と地熱兆候分布を説明する火山体内部水流モデル構築の試み

Water flow within Volcanic Edifices Delineated by Electric Self-Potential and Magnetotellurics

相澤広記(東工大火山流体研究セ)・長岡信太郎(東工大理)・小川康雄(東工大火山流体研究セ)・志藤あずさ(東大震研)・石戸経士(産総研)

Koki Aizawa, Shintaro Nagaoka, Yasuo Ogawa, Azusa Shito, Tsuneo Ishido

一般的に高浸透性の火砕物で構成される成層火山体の場合、地表から浸み込んだ天水は容易に地下深部に運ばれ、火山ガスと混じりあい熱水系を形成する。この火山体内部の熱水系を定量的に解明することは、火山活動の解釈や、斜面崩壊のリスクの見積もりに重要である。さらに、あらかじめ定常的な水の流れを把握しておけば、そこにマグマが貫入した際、どのような現象が起こるかを計算で予測することができる。

温泉や噴気などの地熱兆候の分布は、熱水系の存在の直接的証拠であるので、そこから大まかに熱水系の広がりを推定することができる。しかしながら地表の情報に限られたため、例えば地熱兆候の無い火山には熱水系が存在していないなどとは言えない。

火山の地表で観測される自然電位は、火山体内部を流体(水・熱水)が実際に動くことによって発生している(流動電位)。そのため、自然電位分布は、火山体内部の水の運動を推定するのに重要な情報を与えると考えられる。しかしながら流動電位は、流量、比抵抗、浸透率、ゼータ電位など多くのパラメータに依存するため、自然電位分布だけから流体の運動を一意に決定することはできない。例えば、電位のプラス異常域は熱水上昇域であるという一般的な解釈は一つのモデルに過ぎないことが近年指摘されている(Hase et al. 2003, GRL; Ishido 2004, GRL; Aizawa et al, 2008, JGR)。

比抵抗(ohm-m)は流体や粘土鉱物の存在により減少する物理量である。そのため比抵抗構造を求めることで火山体内部の水理構造に拘束条件を与えることができる。しかしながら観測で得られた低抵抗体が流体の存在を示すのか粘土鉱物の存在を示すのかを判別することは難しい。

我々は地熱兆候、自然電位、比抵抗構造の関係を調べることが、火山体内部の水の流れを推定するためには重要であると考えている。一つの火山で集中的な観測によって水理構造を明らかにしようという試みは近年行われているが(e.g., Lènat et al., 2002, Bul. Volcanol.; Aizawa et al.,

2005, EPSL; Finizola et al., 2006, GRL), 比抵抗構造の解像度が粗すぎたり、対象が浅すぎたりする問題点があった。そこで我々は 2004 年から 2007 年にかけて、那須山、岩手山、岩木山、男体山、浅間山、日光白根山で深さ 1.5km までの詳細な比抵抗構造と自然電位分布を得た。その結果、自然電位異常がある斜面においては、電位が極小となる付近の深さ数 100m 以深に比抵抗構造のギャップがあることが分かった。それに対して自然電位異常が無い斜面の地下は、表層は高抵抗であるが、その下に低抵抗体が広がっている。地表の地熱兆候は自然電位異常がない斜面に存在する。また多くの火山において、山頂部と山麓部はほぼ等電位となっている。

本発表では、以上の経験的に得られた関係を説明する火山体内部の熱水系モデルを提案した。低抵抗体は大まかに熱水存在領域を表すと解釈し、その上面が不透水層で Seal されていることを仮定すると、数値シミュレーション(Ishido and Pritchett, 1999, JGR) により観測事実をうまく説明できることが分かった。

本発表の熱水系モデルは冷たい地下水の流れと熱い熱水の流れが山体内で Decouple されていることを考えたという点で新しい。自然電位に関しては、従来の説と異なり、熱水の存在は重要であるが、その流れ自体は地表の電位異常にはあまり影響を与えないことを主張している。このことは、最近、理論的にも示唆されている(Aizawa, 2008, JVGR in revision)。自然電位を発生させるのは、熱水域に比べ高比抵抗な不飽和帯や帯水層を流れる地下水である。従って、自然電位より分かる情報は主に基盤より上部の火山体内部についてであり、具体的に言えば不透水層上面の形状と、その上部の地下水流である。

以上のモデルは、自然電位が火山活動のモニターに役立つ可能性を否定するものではない。例えば、火山活動が活発化すれば不透水層の seal が破れ自然電位の変動が起こるかもしれない。また熱水系が空間的に広がっていく様子は自然電位により必ず捉えられるだろう。