

火山体浅部における比抵抗構造と熱水流動との関係

Relation between Geothermal Water Flow and Resistivity Structure in the Shallow Part of the Volcano

小森 省吾 [1]; 鍵山 恒臣 [2]; 宇津木 充 [3]; 寺田 暁彦 [4]; 井上 寛之 [5]; スリグトモ ワヒュー [6]; 田中 良和 [7]; 星住 英夫 [8]

Shogo Komori[1]; Tsuneomi Kagiya[2]; Mitsuru Utsugi[3]; Akihiko Terada[4]; Hiroyuki Inoue[5]; Wahyu Srigutomo[6]; Yoshikazu Tanaka[7]; Hideo Hoshizumi[8]

[1] 京大・理・地球惑星; [2] 京大理; [3] 京都大学; [4] 京大・火山研; [5] 京大・理・阿蘇; [6] バンドン工科大・物理; [7] 京大・理・地球熱学研究施設; [8] 産総研

[1] Earth and Planetary Sci., Kyoto Univ; [2] Graduate School of Science, Kyoto University; [3] Kyoto Univ.; [4] AVL, Kyoto Univ.; [5] AVL, Kyoto Univ.; [6] Department of Physics, Bandung Institute of Technology; [7] Aso Volcanological Laboratory Kyoto Univ.; [8] GSJ, AIST

火山体内部を流動する熱水は、マグマから脱ガスした火山ガス成分を溶かし、拡散させる働きがあると考えられており、熱水の流動を捉えることは、マグマ中の火山ガス成分の拡散・移動を考える上で重要である。火山ガスの付加を受け高濃度のイオンを含んだ熱水は、純水に比べ2-3桁比抵抗を下げることで知られており、火山体浅部に熱水の流動による低比抵抗域を生じさせると考えられる。比抵抗構造調査では、火山体浅部に比抵抗の低い領域が存在することが知られているが、低比抵抗域には熱変質を受け粘土化した不透水層であるとする解釈が与えられ、地下を流動する熱水はそれよりもむしろ高い比抵抗値を示すものとして一般的に考えられてきた。しかしながら、実際に熱水流動が生じている部分の比抵抗値と熱水流動を規定する不透水層の比抵抗値を詳細に比較することは今まで行われてこなかった。このことを明らかにすることで、熱水流動が地層の比抵抗構造へ与える影響を明らかにできる可能性がある。

雲仙火山では、マグマの上昇・噴火機構等の解明を目的とした科学掘削によって、熱水の側方流動を示唆するデータが北東山麓の掘削孔 (USDP-1) 内で得られている。池田・他 (2002) による温度回復試験では、深度 42m 付近に温度のピーク (37℃) があることが明らかにされている。もし深度 42m 付近で熱水が側方流動しているのであれば、それに対応した低比抵抗域の分布が見られることが予想される。本研究では、雲仙火山の地下浅部を流れる熱水の存在を明らかにするため、同地域において AMT, VLF-MT, 高密度電気探査による浅部比抵抗構造調査を行い、併せて掘削で得られたボーリングコアの透水性に関する考察を行った。

比抵抗構造調査の結果、温度プロファイルが高温を示した深度付近 (深度 40~50m) で最も比抵抗が低くなり (数 10³ Ω・m)、温度がピークの状態から低下してゆくにつれて、比抵抗が高くなってゆくことが明らかになった。この比抵抗の低い部分が熱水の存在をとらえているとすれば、それより深い部分の地層は、不透水層を形成していることが条件になると考えられる。掘削で得られたボーリングコアの観察とボーリングコアを用いた透水試験では、深度 0-50m で透水係数が高く (10⁻⁵ cm/sec)、深度 65m 付近から粘土質の不透水層 (10⁻⁷ cm/sec) に変わることが明らかになった。このことは、地下浅部の熱水が、およそ深度 65m より上層に熱水が存在する可能性を示唆する。

以上から、雲仙火山北東部においては、深度 40~50m 付近の地層の低比抵抗 (40 Ω・m) が温度プロファイルから示唆される熱水の部分に対応し、深度 67m 以深の、不透水層と考えられる粘土質の層は比抵抗が 200 Ω・m と相対的に高くなっていると考えられる結果が得られた。よって、深度 40~50m 付近の地層の比抵抗を下げたのは、熱水の存在によるものと推定され、この熱水が側方に流動することで池田・他 (2002) の温度プロファイルを説明することが可能である。

これらをまとめると、熱水流動が生じている領域において、温度が急激に上昇すると比抵抗が低下し、高温部で比抵抗が最低になり、温度が急激に低下すると比抵抗が上昇し、低温部で比抵抗が上層より高くなるという対応関係が明らかになった。また、粘土質の不透水層の比抵抗が、上部の熱水流動層のそれよりも高くなることも明らかになった。一般に、熱水変質を受けた岩石の比抵抗は低いことが知られている (茂木・1992) が、本研究地域の熱水は 37℃ と低く、粘土質の不透水層は熱水変質を受けていないのではないかと考えられる。

上記のような、熱水流動している領域で比抵抗値が低下する対応関係が見られるのであれば、他地域においても同様の対応関係が見られる可能性がある。そこで、雲仙西部地域における地熱開発促進調査 (NEDO・1988) で得られている孔井データのうち、熱水流動が生じていると見られる急激な温度上昇と低下がみられる孔井の温度プロファイルと比抵抗検層データを比較・検討した。その結果、温度が急激に上昇する領域で比抵抗値が低下し、高温領域で低比抵抗、温度が急激に低下する領域で比抵抗値が上昇するという、USDP-1 掘削孔で得られた関係と同じ関係が得られた。

これらのことから、従来考えられてきた、熱水流動とそれを規定する不透水層の間における、比抵抗構造に関する概念が必ずしも成立するとは限らないことが示唆される。

今後、雲仙火山以外の火山地域・地熱地帯における孔井データの比較および、それらと雲仙火山との比較を行っていく予定である。