

霧島火山群・硫黄山周辺における熱的活動の縮退に対応した比抵抗構造の変化

Change in Resistivity structure related with the decrease of thermal activity around Iwo-Yama, Kirishima Volcanoes

宇内 克成 [1]; 鍵山 恒臣 [1]; 宇津木 充 [2]; 神田 径 [3]; 小森 省吾 [4]; 寺田 暁彦 [5]; 吉川 慎 [6]

Katsunari Unai[1]; Tsuneomi Kagiyaama[1]; Mitsuru Utsugi[2]; Wataru Kanda[3]; Shogo Komori[4]; Akihiko Terada[5]; Shin Yoshikawa[6]

[1] 京大理; [2] 京都大学; [3] 京大・防災研; [4] 京大・理・地球惑星; [5] 京大・火山研; [6] 京大・理

[1] Graduate School of Science, Kyoto University; [2] Kyoto Univ.; [3] DPRI, Kyoto Univ; [4] Earth and Planetary Sci., Kyoto Univ; [5] AVL, Kyoto Univ.; [6] Aso Volcanological Laboratory, Kyoto Univ.

霧島火山群・硫黄山は霧島火山群の中で最も熱的に活発な活動を続けた火山として知られている。1978年には61 MWの放熱率を示すなど比較的最近まで活発な活動が目立つ火山であったが、2007年7月における熱調査で硫黄山における地表での地熱活動が著しく縮退していることが判明した(宇内他, 2007)。熱的活動の縮退が比抵抗構造にどのような変化をもたらすかは大変重要である。硫黄山では熱的活動が活発であった時期にVLF, ELF-MTによる比抵抗構造調査が精力的に行われており(鍵山, 1994)、同様の調査を行うことで、その変化を議論できる可能性がある。こうした背景から、本稿では、2年間に渡り行った比抵抗構造調査の観測結果をまとめ、更に比抵抗構造が熱的活動の縮退に対応して具体的にどのように変化したかを考察した。また、その変化をアーチーの式で説明できるかについても検討した。以下にアーチーの式を示しておく。

$$\rho_t = a \cdot \rho_w / S_w^m$$

ρ_t は岩石の比抵抗値、 ρ_w は間隙水の比抵抗値、 a は迂回係数、 S_w は間隙率、 S_w は水飽和度、 m はこう結係数、 n は飽和係数をそれぞれ表している。なお、20年程度の時間変化であり、褶曲や断層運動などが認められていないため間隙率やその他の岩石の性質に依存する定数の変化は無視できると判断した。

2007年および2008年に硫黄山及び周辺部において、VLF-MTとAMTによる比抵抗構造調査を行った。その一部は宇内他(2008)で報告しているが、以下のような変化が認められた。

- (1) 硫黄山山頂部及びその近傍において、表層部の比抵抗値が2倍程度増大した。
- (2) 過去の比抵抗構造では、硫黄山山頂部の地下深部における比抵抗が2~3 $\cdot m$ 、その周辺の山麓部の地下深部では1 $\cdot m$ であったが、今回の観測では全ての領域で1 $\cdot m$ になった。
- (3) 山麓から更に離れたえびの高原南縁部の深部では比抵抗が増大した。

以下で、熱的な縮退に対して比抵抗構造が具体的にどのように変化したかについてアーチーの式を交えて考察する。

(1)にある表層部の比抵抗値が増大している場所は、熱的活動が活発だった頃、地中温度異常があり、噴気を噴出していたという共通点がある。そのため、表層部では空気と帯水層から上昇してきた噴気が凝結するなど豊富な水分と溶存成分を地中の空隙中に多量に含んでいたはずである。しかし、現在は噴気がほぼ完全に停止し、比抵抗値が増大したと考えている。以上よりアーチーの式においても、観測結果と同じ結果を示すことができ、上述の推論を支持している。

(2)と(3)にあげられる硫黄山の地下深部とえびの高原南縁部の下層は帯水層と考えられている。かつては、硫黄山山体部は2~3 $\cdot m$ と比較的高い比抵抗値を示し、1 $\cdot m$ 程度の極めて低い比抵抗域が硫黄山を囲むように分布していた。そして、3 $\cdot m$ 以下の低比抵抗域が山体部と不動池を中心に西側(えびの高原)及び北東側に広がっていることがわかっている(鍵山他, 1994)。これら帯水層は熱的活動により、温度変化や溶存成分の供給といった形で影響を受ける。(2)における変化もまた熱的活動の縮退に起因したものであると考えた。

熱的活動が活発だった頃、硫黄山山体部は150以上の高温ガスの通り道であった。しかし、熱的活動の縮退に伴い、高温ガスが消失して周囲の熱水層と繋がったと考えられる。このケースでは高温ガスの噴出が弱まったことにより間隙水の比抵抗値は増大したと判断できた。そして、かつての硫黄山地下深部は高温ガスの通り道であったことから「蒸気に富んだ地層、熱水に富んだ地層、蒸気と熱水が混合した状態にある地層」の三種類の地層が存在していたことが予想できる。対して、現在は「温水に富んだ地層」のみであり、水飽和度は増大しているだろう。岩石の比抵抗値における水飽和度への依存度は間隙水の比抵抗値のそれより大きいので、(2)における観測結果もアーチーの式で説明できる。

最後に(3)についてだが、えびの高原南縁部深部における溶存成分が減少して、比抵抗値が増大したと考えている。火山ガスの影響が軽減されたことより間隙水の比抵抗値は増大していると判断した。水飽和度については過去も現在も同様に帯水層であることから変化していないと考えた。よって、アーチーの式においても増大傾向を示し、上述の推論を支持している。

以上より、硫黄山及び周辺部において20年程度で起こった熱的活動の劇的な縮退が比抵抗構造に確かな影響を及ぼしていると説明が可能である。