

マグマの脱ガスが火山体の電気伝導度構造に与える影響の定量的検討

Quantitative examination of the effect of magma degassing on the electrical conductivity structure of a volcano

小森 省吾 [1]; 鍵山 恒臣 [2]

Shogo Komori[1]; Tsuneomi Kagiya[2]

[1] 京大・理・地球惑星; [2] 京大理

[1] Earth and Planetary Sci., Kyoto Univ; [2] Graduate School of Science, Kyoto University

一般に、マグマの上昇に伴って生じる火山ガスは火道を通して山頂火口や山腹の噴気孔から放出されると考えられてきたが、最近になって、火山ガスが山体全体から表面土壌を通して拡散放出される量が山頂からの放出量に匹敵する場合があること (Allard et al., 1991) や、火山ガスが山体中の帯水層中の水に溶解し、天水により駆動される側方流により山体外部へ輸送されていく可能性があること (Rayco et al., 2008, Hernandez et al., 2008) が明らかになりつつあり、火山ガス放出量を定量化する上で火山ガスの山体を通じた散逸量の重要性が認識され始めた。

水の電気伝導度は、溶存成分の量に敏感に反応する物理量である。マグマから分離した火山ガスの帯水層中の水への溶解は、水の電気伝導度を高める働きを持っているはずである。溶存成分を多く含んだ高電気伝導度の水は、マグマから離れ山体外部に輸送されるに従い、天水による希釈の効果も受けつつ拡散的に広がり、徐々に電気伝導性を失って行くと考えられる。こうした仮説を示唆するデータは電磁気観測から得られおり、鍵山 (1998) によると、VLF, ELF-MT によって推定された霧島硫黄山の帯水層の電気伝導度と火山中心からの距離との関係を検討した結果、電気伝導度が火山中心からの距離とともに小さくなっていることが明らかになっている。

本研究では、山体内でどれだけマグマからの脱ガス量のレートがあれば、山体の電気伝導度の空間分布がどのように生じうるかということ明らかにすることを最終的な目的としたモデル構築を行う。まず最初に簡単なモデルとして、後述する 6 通りの山体周辺への散逸の仕方それぞれについて、火山中心からの距離と帯水層中の水に対する溶存成分の濃度の空間分布との関係を解析的に求めた。モデル構築にあたり、以下の仮定を用意した: 1. 物質の供給は、火山中心からのみであるとする。2. 帯水層の厚さは、一定であるとする。3. 定常状態を仮定する。4. 温度は一定であるとする。

また、モデル構築時に使用する文字の意味は、以下のとおりである: F : 単位時間あたりに火山中心から放出され帯水層の水に溶解する物質の質量, a : 拡散係数, C : 濃度, V : 地下水の流速, r : 火山中心からの距離, p : 降水量

モデル 1. 1次元散逸モデル

(1-a) 降雨がなく、火山中心から物質が拡散してゆく場合

この場合は、地下水流動は駆動されず、物質は自己拡散によって帯水層を散逸するモデルとなり、溶存成分の濃度の変化は移流項なし・定常状態の拡散方程式を解くことで求められ、

$$C = -(F/a)r + C_0 \quad (C_0 \text{ は } r=0 \text{ の時の濃度})$$

となり、溶存成分の濃度は距離に対して線形に変化する。

(1-b) 降雨がなく、火山中心から濃度 C_0 の水が一定流量で湧き出してゆく場合

この場合は、地下水流動が火山中心からの水の湧き出しにより駆動される。流速による物質輸送の効果が十分大きい時は、拡散方程式中に於ける拡散項は無視でき、移流項のみの式となる。また、流速 V は一定であり、

$$C = C_0 \quad (\text{一定}) \quad \text{となり、溶存成分の濃度が火山中心からの距離に依存しない。}$$

(1-c) 単位長さ・単位時間あたり p の一様な降水があり、火山中心から物質が散逸してゆく場合

この場合は、地下水流動が降雨により駆動される。

水についての質量保存と溶存物質についての質量保存を解くことにより、

$$C = F/(pr) \quad \text{となり、溶存成分の濃度は距離と降水量に反比例する。}$$

モデル 2. 2次元散逸モデル

(2-a) 降雨がなく、火山中心から物質が拡散してゆく場合

(1-a) と同様に、拡散方程式を円筒座標系で解くと、

$$C = -(F/2 - a) \log r + \text{Const.} \quad \text{となり、溶存成分の濃度は距離の対数に対して線形に変化する。}$$

(2-b) 降雨がなく、火山中心から濃度 C_0 の水が一定流量で湧き出してゆく場合

地下水の流速 V は火山中心からの距離に反比例し、

連続の式から、 CV も火山中心からの距離に反比例するので

$$C = C_0 \quad (\text{一定}) \quad \text{となり、溶存成分の濃度が火山中心からの距離に依存しない。}$$

(2-c) 単位面積・単位時間あたり p の一様な降水があり、火山中心から物質が散逸してゆく場合

(1-c) と同様に水についての質量保存と溶存物質についての質量保存を解くことにより、

$$C = F/(4 - p) \cdot 1/r^2 \quad \text{となり、溶存成分の濃度は降水量に反比例し、距離の 2 乗に反比例する。}$$

山体の帯水層を構成する岩石の比抵抗特性が均一であり、温度による電気伝導度の変化や熱水変質を考えないと仮定すれば、帯水層の電気伝導度の空間分布のトレンドは、水中の溶存物質の濃度の空間分布のそれと 1 対 1 に対応する。

本発表では上記を元にして、マグマからの脱ガスレートと火山体内部の電気伝導度構造の空間分布との定量的関係

を検討する .