

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Characteristics of hydrothermal system causing phreatic eruptions inferred from resistivity and geochemical structures
著者(和文)	関香織
Author(English)	Kaori Seki
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11056号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:神田 径,小川 康雄,中島 淳一,上野 雄一郎,太田 健二,大場 武
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11056号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		関 香織	
			氏 名	職 名	氏 名	職 名
論文審査 審査員	主査	神田 径	准教授	審査員	太田 健二	准教授
	審査員	小川 康雄	教授		大場 武	東海大学 教授
		中島 淳一	教授			
		上野 雄一郎	教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Characteristics of hydrothermal system causing phreatic eruptions inferred from resistivity and geochemical structures」というタイトルであり、7章から成っている。

第1章「Introduction」では、水蒸気噴火とその発生場である火山体浅部熱水系について概説し、本論文の目的について述べている。従来、水蒸気噴火発生の鍵となる地下構造として、電磁気構造探査から推定された厚さ1 km程度の透水性の悪いキャップ層とその下部の熱水溜まりから成るキャップ構造が考えられてきた。しかし、その他の観測事実からは、地表付近のより浅部で噴火が発生したことが推測されており、厚いキャップ層を持つキャップ構造が水蒸気噴火の鍵となる地下構造かどうか疑わしかった。本論文では、稠密な比抵抗構造調査に加え、噴気・温泉水の解析から得られる深さ等の情報を化学的構造としてとらえ、キャップ層の形成場所、熱水溜まりの温度・圧力状態などを明らかにすることによって、水蒸気噴火の発生に直接関与している地下構造について制約を与えることを目的としている。

第2章「Geochemical analysis」では、本論文で用いた地球化学的研究手法について、試料の採取方法と分析方法を述べている。本論文では、温泉水および噴気ガスの分析を行っているが、特に噴気ガスについて、採取した試料から水溶液組成、二酸化硫黄／硫化水素比、二酸化炭素濃度、全硫黄と塩化水素の濃度、同位体比（水、硫黄、ヘリウム）を測定する手法と手順について、反応式を用いた原理的な説明も含めて記述している。

第3章「Magnetotelluric method」では、地下構造を推定する手法の一つである地磁気地電流法（以下MT法）について、理論的背景および観測の方法を述べている。理論的背景では、マクスウェル方程式からいくつかの仮定のもと、MT法における観測値である見かけ比抵抗と位相を導出している。また、解析に用いた位相テンソルや誘導ベクトル等についてその定義や性質を記述し、3次元比抵抗構造モデリングについても概説している。

第4章「Jigokudani Valley in Tateyama Volcano」では、立山火山地獄谷における調査で得られた結果について、特に化学的構造の精緻化とその時間変化について述べている。地獄谷では、申請者らの行った地下構造調査と温泉水分析から、表層付近の薄いキャップ層とその下部に気相に富む領域が存在する熱水系のモデルが示されていたが、温泉水を作っている火山ガスについては考慮されていなかった。本章では、5年間にわたり年1回採取した温泉水とそのうち2回採取した噴気ガスの分析結果が示されており、先行研究にこれらの結果を加味した地獄谷直下の浅部熱水系モデルを新たに提案した。また、塩化水素の割合が多い温泉水が気相に由来していることが推定され、気液二相に分離した際の温度を反映していると考えられた。この結果に基づき、5年間で得られた組成の時間変化について、薄いキャップ層直下の熱水溜まりの温度変化を反映していると推測した。

第5章「Owakudani in Hakone Volcano」では、2015年に水蒸気噴火が発生した箱根火山大涌谷における稠密な比抵抗構造調査の結果と噴気ガスの分析結果が示され、大涌谷直下の浅部熱水系モデルを提案している。比抵抗構造調査の結果、大涌谷の噴火口周辺直下の厚さ100 mほどの低比抵抗層とその下部のやや高比抵抗部の存在が明らかになった。孔井の地質・鉱物組み合わせや噴火時に得られていた様々な観測事実を検討することにより、表層はキャップ層として作用しており、その下の高比抵抗部はドライな気相に富む領域であると解釈した。そして2015年噴火は、キャップ層の一部が破壊されることにより発生したと推測した。また、大涌谷内に存在する噴気ガスはマグマ由来成分を高く保持しているが、大涌谷の外側のガスは、熱水系内での滞留時間が長い場合マグマ性成分が失われていることが示唆された。これは上記の比抵抗構造の解釈とも整合的であった。

第6章「Discussion」では、立山地獄谷と箱根大涌谷で得られた結果について比較している。両火山の浅部熱水系の構造に共通する特徴として表層付近の薄いキャップ層が見つかったことから、その成因について検討が行われた。また、その下部の気相に富む熱水溜まりについて、単純化したモデルにより気相の占める割合を見積もり、熱水系内における火山性流体の平衡状態について、キャップ構造周辺の地下構造が与える影響を議論した。

第7章「Conclusions」では、水蒸気噴火発生の鍵となる地下構造は表層の薄いキャップ層であると結論付け、予測のためには、この表層キャップ層の位置や形状、その下部の熱水溜まりの温度・圧力状態を把握することが重要であるとの認識を示した。

以上の通り、本論文は、電磁気学的探査と地球化学的調査を同時に行い、水蒸気噴火の発生の鍵となる地下構造モデルを新たに構築・提唱した。本論文の結果は、従来のモデルより現実的であるとともに、現状では困難な水蒸気噴火の予測に向けて観測すべき対象を明らかにするなど、今後の観測研究に新たな方向性を与えるものである。よって、博士（理学）の学位を与えるにふさわしいものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。