

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	マグマ熱水系の構造とその挙動に関する研究
Title(English)	Study on subsurface structure and dynamic behavior of the magmatic-hydrothermal system
著者(和文)	松永康生
Author(English)	Yasuo Matsunaga
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11704号, 授与年月日:2022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,石川 晃,太田 健二
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11704号, Conferred date:2022/3/26, 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		松永 康生	
			氏名	職名		
論文審査 審査員	主査		神田 径	准教授	太田 健二	准教授
	審査員		小川 康雄	教授		
			中島 淳一	教授		
			石川 晃	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on subsurface structure and dynamic behavior of the magmatic-hydrothermal system」というタイトルであり、5章から成っている。

第1章「General introduction」では、マグマ熱水系および草津白根火山について概説し、本論文の目的について述べている。休止期をはさみながら長期に渡り活動する火山では、マグマの継続的な加熱により山体内部に熱水対流が発達する。このマグマ熱水系が発達した火山では、活発な地熱活動に加え、水蒸気噴火をはじめとする多様な活動様式が見られることが知られている。しかし、マグマからの熱供給に対する熱水系の応答は極めて複雑であるため、従来行われているモニタリング観測に依存した火山活動の予測は困難な場合が多い。この問題を解決するためには、マグマ溜りの位置を含むマグマ熱水系全体の空間分布を明らかにすることに加え、熱水系内で生じる複雑なプロセスを再現できる熱水流動モデルを構築する必要がある。本論文では、両者の統合解析によるマグマ熱水系プロセスの再現手法確立の第一段階として、草津白根火山を対象にした比抵抗構造探査と、その結果に基づく熱水流動シミュレーションを実施することにより、熱水系の挙動の再現を試みることを目的としている。

第2章「Magmatic-hydrothermal system of Kusatsu-Shirane Volcano revealed by broadband magnetotellurics」では、草津白根火山全体をカバーする広帯域地磁気地電流法（以下 MT 法）調査により推定された 3 次元比抵抗構造モデルから、草津白根火山のマグマ熱水系モデルを提案している。MT 法調査の結果、山頂域の深さ 1.5 km からやや北西の深さ 10 km 程度まで鉛直状に分布する低比抵抗領域が明らかとなった。この導体の上半分（海拔下 4 km 以浅）は火山性の高塩濃度流体の存在領域として解釈され、下半分（海拔下 4 km 以深）は部分的に溶融した岩石を含む高温領域として解釈した。この高塩濃度流体領域のすぐ下に、火山活動が活発化した際の膨張源が推定されていることから、部分溶融領域の内部には活発な脱ガスマグマが含まれていると推定した。また、先行研究の熱水系モデルと比較することで、高塩濃度流体領域の上部にはシーリングゾーンが存在し、山頂部への流体上昇をコントロールしていると予想した。

第3章「Numerical modeling of the hydrothermal system of Kusatsu-Shirane Volcano」では、第2章で推定された 3 次元比抵抗構造モデルに基づいた浸透率構造を作成し、様々なパラメータセットを用いて熱水流動計算を行うことにより、草津白根山の熱水系の挙動をコントロールする鍵構造について調べている。この計算では、草津白根火山の全山的な熱水流動の再現を試みていることに加え、熱水流動により得られた塩濃度分布等から比抵抗値の分布を求めている。その結果、高塩濃度流体領域の周囲に浸透率の低いシーリングゾーンを設定した場合には、地下構造モデルの鉛直状の低比抵抗領域を再現する結果が得られた一方、設定しない場合にはこの領域が形成されなかった。この結果は、Fournier (1999) のシーリングモデルの妥当性を、比抵抗構造および広域的な熱水流動の側面から実証した初めての例である。また、山頂付近まで上昇した火山性流体は、その後地形駆動の下降流によって東西に流下し、主に谷筋に沿って湧出する結果が得られたが、これは草津白根火山周辺の広域的な温泉湧出のパターンを良く再現しており、熱水流動のモデリングにおいて正確な地形を考慮することの重要性を示唆するものである。

第4章「Discussion」では、草津白根火山で推定した 3 次元比抵抗構造モデルと熱水流動計算から得られた知見を基に、他火山で得られた顕著な低比抵抗領域の再解釈を試みている。その結果、霧島火山・九重火山・阿蘇火山では、推定されている鉛直状の低比抵抗構造が、草津白根火山と同様にシーリングゾーンで囲まれた火道の周辺に形成される高塩濃度流体領域と解釈可能であった。また、Ceboruco 火山や霧島硫黄山では、同様の特徴に加えて地形駆動の下降流による高塩濃度流体の拡散により、山麓にかけての地下浅部で低比抵抗領域が形成されたと解釈した。さらに Long Valley カルデラでは、熱水系の温度が低くシーリングゾーンが形成されていないため、マグマ性流体を深部で溜められずに浅部で低比抵抗領域が作られたと解釈した。このように、本研究で得られた知見は、他の多くの火山で得られた比抵抗構造モデルの解釈に適用可能であることが示された。さらに、熱水流動計算において今後解決すべき問題や取り組むべき研究課題についても検討した。

第5章「Conclusions」では、本研究で得られた結果についてまとめている。比抵抗構造を基に作成された比較的単純な浸透率構造モデルでも草津白根山の熱水流動パターンや顕著な低比抵抗領域の形成を再現できたことから、比抵抗構造を利用することで熱水流動モデリングにおける浸透率構造作成の不確定性を大きく減少させることができるとの認識を示した。

以上の通り、本論文は、電磁気学的探査と推定された地下構造を基にした熱水流動計算を行い、草津白根火山のマグマ熱水系の全体像を初めて明らかにした。本論文で得られた知見が他火山の熱水系にも広く適用可能であることを示すなど、複雑なマグマ熱水系プロセス解明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、東工大リサーチポータル(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。