

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02006

研究課題名（和文）水蒸気噴火に関わる阿蘇山地下熱水系の観測的研究

研究課題名（英文）Observational study of hydrothermal system of Aso Volcano with respect to the phreatic eruption mechanism

研究代表者

南 拓人（Minami, Takuto）

神戸大学・理学研究科・助教

研究者番号：90756496

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,200,000円

研究成果の概要（和文）：本課題では、当初予測したように、課題期間中に阿蘇山において2021年10月に水蒸気噴火が発生し、その噴火の前で貴重な地球物理観測データが得られた。特に人工電流を用いる電磁探査では、得られたデータの三次元的な解析により、阿蘇山第一火口直下数百メートルまでの領域において、電気の流れやすさを示す電気伝導度の値が、2021年10月の水蒸気噴火の前に低くなり、また噴火後に徐々に高くなることが明らかとなった。これは、水蒸気噴火に伴って、地下の熱水の量が変化していることを示している。本研究により、水蒸気噴火を含む期間において、地下の電気伝導度構造が時間的に変化することが観測的に示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水蒸気噴火は大規模なマグマの移動を必要とせず、水蒸気圧の増加が非破壊的に進む場合には、地震観測による噴火予測が難しい。一方で、2014年の御嶽山水蒸気噴火でも知られる通り、水蒸気噴火は甚大な被害をもたらす可能性があり、非破壊な前兆現象を観測的に捉える手法の確立が、火山防災の観点からも重要である。本研究では、活発な状態が続く阿蘇山において、2021年10月の水蒸気噴火を含む期間において、電磁探査を断続的に実施した。その結果、水蒸気噴火の前に地下の比抵抗が大きく変動していたことを明らかにした。この結果は、水蒸気噴火のメカニズムの理解、及び、水蒸気噴火の予測に、電磁探査が有用であることを示している。

研究成果の概要（英文）：As initially predicted, a phreatic eruption occurred at Aso volcano in October 2021 during the project period, and valuable geophysical observation data was obtained before and after the eruption. Particularly in electromagnetic surveys utilizing artificial electric currents, the three-dimensional analysis of the obtained data revealed that the electrical conductivity, a measure of how easily electrical currents flow in the medium, was low before the phreatic eruption in October 2021 and gradually increased after the eruption, in the region up to several hundred meters below the first crater of Nakadake, Aso volcano. This indicates that the amount of subsurface hot water is changing in conjunction with the phreatic eruption. This study provides observational evidence that the underground electrical conductivity structure changes over time during periods including phreatic eruptions.

研究分野：火山学

キーワード：火山 阿蘇 水蒸気噴火

1. 研究開始当初の背景

火山の噴火現象は、マグマ噴火と水蒸気噴火に大別でき、その発生機構は大きく異なる。水蒸気噴火は、噴火規模に関わらず甚大な被害をもたらす可能性があり、その非破壊な前兆現象を観測的に捉える手法の確立が、火山防災の観点からも重要である。研究開始当初(2020年4月)の時点では、阿蘇山は2017年に活動が静穏化した後、2019年2月頃より活動の活発化と湯だまりの湯量の減少が始まり、2019年11月には、火口底が見え赤熱する状態となっていた。阿蘇山の噴火サイクルから、その後数年で水蒸気噴火、または、水蒸気噴火にマグマが関与するマグマ水蒸気噴火を引き起こす可能性が高い状態であった。

2. 研究の目的

人工電磁探査である ACTIVE 観測、噴煙観測、重力観測を併用することで、火山体の地下熱水系の水収支と地下熱水系の気液相変化を同時に監視し、水蒸気噴火の事象分岐の条件とその発生機構を理解することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、人工電流を用いる電磁探査手法である ACTIVE 観測の観測点を阿蘇中岳第一火口周辺で拡充し、複数の人工電流ソースからの ACTIVE 探査を継続的に実施することを目指した。また、気象庁カメラによる噴煙観測、阿蘇山の本堂観測所における重力観測も併用した、阿蘇山火山活動の同時モニタリングを目指した。噴煙観測では、噴煙の傾きから噴煙への熱エネルギー供給を見積もる Plume Rise 法と呼ばれる手法を用いて、阿蘇中岳第一火口からの熱エネルギーと水蒸気量の散逸量を見積もることを目指した。

4. 研究成果

阿蘇山では、当初予測していたように、課題期間中の2021年10月に水蒸気観測が発生し、本課題では、この水蒸気観測の前後で貴重な地球物理観測データが多く取得された。ただし、噴煙観測では、天候の影響で噴煙の継続的な観測が難しく、Plume Rise 法による放熱量・放水量の見積もりが困難であったため、2021年11月の噴火後に、ドローンを使った複数種火山ガス観測を行った。その結果、 $H_2O/SO_2=15-19$ (モル比)が得られ、 H_2O 放水量が推定できた。値は阿蘇山としては典型的であり、噴火前後で大きくは変化していないことが確認された。また重力観測では、2020年12月に火山研究センター本堂観測室に相対重力計 LaCoste-G1016 を設置したのち、重力時間変化を連続的に収録した。その結果、2021年の6月18日、10月20日、および12月27日にステップ的な重力変化が観測された。3つの期日はそれぞれ火口陥没、小規模噴火、および火山性微動の振幅増加が確認された期日と一致しており、ステップ的な重力変化は火口直下における質量変動をとらえた可能性が高い。一方 ACTIVE 観測では、2021年5,8,9月と2022年7月に観測を実施し(図1)、水蒸気噴火に伴う比抵抗構造変化に関するデータが得られた。データの三次元逆解析により、水蒸気噴火の前には火口西側浅部で比抵抗が高くなり、水蒸気噴火の後に徐々に比抵抗が低くなる様子が捉えられた(図2)。この結果は、水蒸気噴火の前に、浅部の熱水貯留槽の水量が減少した、すなわち液相の蒸発による気液二相化が進んだ一方で、噴火後には熱水貯留槽に徐々に液相の熱水が戻ったことを示している。水蒸気噴火前後の比抵抗変化の速度を比較すると、噴火前において短期間で高抵抗化が進んだのに対し、噴火後の低抵抗化は緩やか

であり、噴火直前に比抵抗変化を高い時間解像度で監視することが防災上重要であることを強く示唆している。またこれまでに、先行研究である Minami et al. (2018)とそれに続く研究では、マグマが火口底に到達するマグマ噴火の直前において、阿蘇山中岳の地下比抵抗が高くなった結果が得られている。これに対し本課題の成果からは、マグマ噴火とは異なる水蒸気噴火であっても、阿蘇中岳の地下比抵抗は、噴火直前で高まるという結果が得られた。これらのことは、中岳の噴火活動では、マグマが火口底に向かって上昇する場合もそうでない場合も、火山活動の活発化に伴って地下の温度が上昇し、地下熱水系の気液二相化が進むことを示しており、さらに、その噴火に向かうプロセスを本課題のような観測により監視できることを示している。今回の結果により、人工電磁探査により地下比抵抗の時間変化をモニターすることが、噴火の形態にかかわらず、火山防災において非常に重要であることが明らかとなった。

以上のように、本課題では、ACTIVE 観測を含め、水蒸気噴火に関わる阿蘇山の地下熱水系の状態変化を定量的に明らかにするための貴重なデータが多く取得された。ただし現状では、各々の観測データを個別に解釈しうる一方で、複数種データの統合的な解釈には至っていない。今後、これらを同時に理解するための水蒸気噴火モデルの構築を進めていくことが重要である。

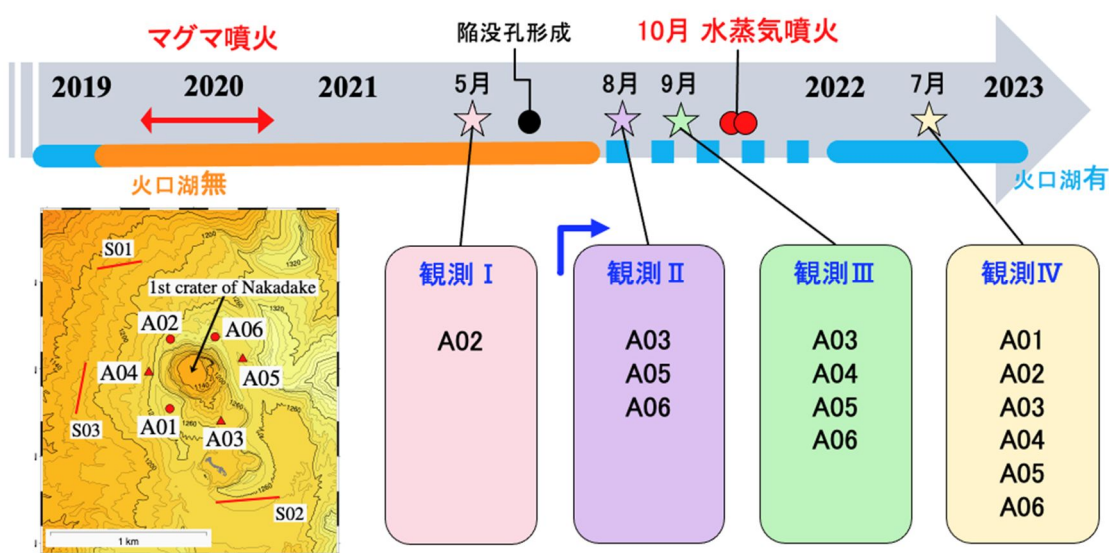


図 1. 本課題期間で取得された阿蘇中岳周辺で取得された ACTIVE データ。

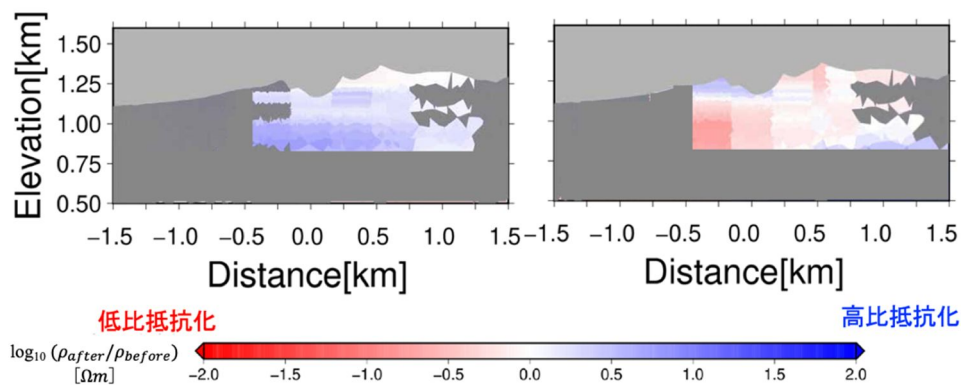


図 2. 推定された阿蘇中岳の比抵抗変化。左は、2021 年 8-9 月の期間の変化を表し、右は 2021 年 3 月から 2022 年 7 月の変化を表す。

参考文献：

Minami, T., Utsugi, M., Utada, H., Kagiya, T., & Inoue, H. (2018). Temporal variation in the resistivity structure of the first Nakadake crater, Aso volcano, Japan, during the magmatic eruptions from November 2014 to May 2015, as inferred by the ACTIVE electromagnetic monitoring system. *Earth, Planets and Space*, 70(1), 1-10.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 南拓人, 宇津木充
2. 発表標題 ACTIVEとAMTのジョイントインバージョンによる阿蘇中岳の比抵抗構造推定を目指して
3. 学会等名 2021年度CA研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石橋桜, 宇津木充, 南拓人, 井上寛之
2. 発表標題 阿蘇2014年マグマ噴火前後における地下比抵抗分布の推移
3. 学会等名 SGEPSS 第 150回総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南拓人, Marceau Gresse, 穴井千里, 宇津木充
2. 発表標題 比抵抗構造から示唆される阿蘇山の熱水系モデルについて
3. 学会等名 2021年度日本火山学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南拓人, 宇津木充, 神田径, Marceau Gresse
2. 発表標題 ACTIVE-AMTデータのジョイントインバージョンによる阿蘇山地下熱水系の理解に向けて
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南拓人、宇津木充
2. 発表標題 Development of joint inversion code to obtain resistivity structure of Nakadake, Aso volcano, consistent between AMT and ACTIVE data sets
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南拓人、Marceau Gresse、宇津木充、神田径
2. 発表標題 A hydrothermal model of Aso volcano based on multiphase flow simulation and resistivity structures from ACTIVE and AMT survey data
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuto Minami , Marceau Gresse , Toru Mogi , Mitsuru Utsugi
2. 発表標題 Analysis of evolution of the hydrothermal system of Aso volcano from 2014 to 2015 using multiphase flow simulation and 3-D resistivity variation model
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Minami, M. Gresse, M. Utsugi
2. 発表標題 Hydrothermal system of Aso volcano, Central Kyushu, Japan, inferred by electromagnetic soundings
3. 学会等名 The IAVCEI Scientific Assembly 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takuto Minami
2. 発表標題 Effects of the difference in sensitivity between ACTIVE and MT on the joint inversion in volcanic regions
3. 学会等名 第152回地球電磁気地球惑星圏学会・総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石橋 椋, 宇津木 充, 南拓人, 吉川 慎, 井上 寛之
2. 発表標題 阿蘇 2021 年水蒸気噴火後の地下比抵抗分布の推定
3. 学会等名 2022年度日本火山学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takuto Minami, Mitsuru Utsugi, Wataru Kanda
2. 発表標題 3-D joint inversion of the AMT and ACTIVE datasets obtained in Aso volcano
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2023
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	寺田 暁彦 (Terada Akihiko) (00374215)	東京工業大学・理学院・准教授 (12608)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	宇津木 充 (Utsugi Mitsuru) (10372559)	京都大学・理学研究科・助教 (14301)	
研究分担者	風間 卓仁 (Kazama Takahito) (20700363)	京都大学・理学研究科・助教 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関