

(1) 実施機関名：

京都大学理学研究科

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）水蒸気噴火発生場の理解を目指した阿蘇火山の浅部熱水系モニタリング

（英文）Multiparametric monitoring focusing on the hydrothermal system beneath the active crater of Aso volcano for enhancing our knowledge of phreatic eruptions

(3) 関連の深い建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(6) 高リスク小規模火山噴火

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(5) 本課題の5か年の到達目標：

活動的火山で生じる小規模水蒸気噴火は発生頻度が高く、発生時期や発生場所によっては、おおきな人的被害を引き起こしうる。このような危険性の高い小規模噴火活動を理解するには、活動火口浅部の地下熱水系をターゲットにした高精度な多項目モニタリングが必須である。そして、モニタリング記録から、活動活発化を示唆する微弱なシグナルをいかにはやく、正確に抽出するかが、水蒸気噴火のような発生までのリードタイムの短い噴火現象を対象にする場合に、とくに重要である。そのためには、噴火発生場（背景場）について、より解像度の高い描像を事前に得ておくことが望ましい。そこで本研究課題では、電磁気観測や重力観測、地震・空振観測に加えて、熱観測や火山ガス観測、水質測定などの多項目観測を、小規模水蒸気噴火が繰り返される阿蘇山で実施することにより、活動火口の地下浅部熱水系の詳細を明らかにし（より高解像度化し）、これが同火山における水蒸気噴火発生場としてどのように振る舞っているのか、その位置付けを明確にすることを目標とする。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

阿蘇山中岳第一火口の地下浅部熱水系にかかわる諸現象をターゲットにした多項目観測を実施し、研究目的の達成を図る。5(6)のほかの関連課題とも連携しながら研究を進める。令和6年度においては、地震・空振、熱、火山ガス、電磁気、相対重力などの多項目観測およびデータ解析作業を実施する。火口周辺にMulti-GAS、ACTIVE送信機をそれぞれ設置する。令和7年度においては、上記の多項目観測およびデータ解析作業の実施を継続する。令和8年度においては、多項目観測およびデータ解析作業を継続実施するほか、UAVによる電磁探査・磁気探査も行う。令和9-10年度においては、多項目観測およびデータ解析作業を継続するとともに、地下熱水系の構造および状態変化についての定量モデリングに取り組む。最終的には地表に現れる湯だまりと地下熱水系を合わせた総合システムの提案を目指す。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

阿蘇山中岳第一火口の地下浅部熱水系にかかわる諸現象をターゲットにした多項目観測およびデータ解析を継続実施した。

昨年度に引き続き、火口近傍観測網の再整備（既存空振観測点への地震計増設）を行った。2025年7月の微動増幅イベントの地震・空振相互相関解析によって、噴湯によって励起された微細な空振の検出に成功した。昨年度に設置した火口湖水位観測装置でとらえた噴湯サイズの拡大タイミングと地震・空振の振幅増大とが同期していたことは、湖底からの火山性流体の供給増加が微動振幅増大の要因であったことを示唆する。また、過去の地震・空振データの見直しと解析作業も継続実施した。火口周辺8地震観測点のDSAR解析結果によると、微動振幅増大イベントのあった2021年5月から6月にかけて、火山性流体のフラックス増減によって火口底地盤浅所の構造不安定が引き起こされ、2021年6月の火口底陥没イベント発生へとつながった可能性が提示された。

火口上空からドローンによる画像撮影を2025年7月に実施し、火口地形データを作成することでキャリブレーション用の水位標高データを得た。また、火口湖水位観測装置で取得するデータの半自動解析体制の整備を進めた。

昨年度に中岳第一火口西縁に設置したMulti-GAS観測装置の保守作業等（電源や通信トラブル対応など）を行いつつ、連続観測データの取得を継続した。2025年度上半期のMulti-GASデータの解析を校正結果によるセンサー感度補正を含めて行い、噴煙組成の推移を確認した。

昨年度に開発したMultiGAS装置の校正手法の改良を行なった。ボンベからの標準ガス導入に自動制御機能を加えたことで、校正作業自動化に目処がたった。また、昨年度開発したMultiGASデータ解析手法を用いて、2024年12月の観測データを分析した。阿蘇山の火山ガス噴煙には、第一火口南壁の噴気と湯だまりからの噴気が混合しているほか、火口斜面の小噴気に由来するガスも加わっていることが知られている。CO₂-SO₂-H₂Sの3成分プロットによって、このような複雑な噴出形態を明確化させることができたほか、火口南壁に存在する多数の噴気孔群間で火山ガス組成にほとんどばらつきがないことも明らかになった。

2024年12月にSeIPSを用いて採取した中岳第一火口の噴煙試料の分析と解析を実施した。その結果、2017年の噴火以降徐々に低下する傾向を見せていたマグマ水混合比が上昇に転じたことがわかった。また2023年10月の観測時に観測史上最も低い100度前後を示したAETDやAET¹⁸O等の平衡温度も、前者が430-780度、後者が240度前後と2021年以前のレベルに戻ったことが明らかになった。

2025年7月には、火口周辺において既存の固定観測点6点を含む計15地点でACTIVEキャンペーン観測を実施し、地下2 kmまでの3次元比抵抗構造を推定した。その結果、火口直下の地下300-400 m付近の深部熱水だまり (Kanda et al., 2008; 2019) と同じ位置に低比抵抗域が再出現しており、また、同領域から火口直下へ伸長する顕著な低抵抗化が確認された。2014-2015年や2022年の比抵抗構造 (Minami et al., 2018; 石橋, 2022) と比較して考えれば、現在の火口地下熱水系は、2014年以降の一連の噴火活動を経て、静穏期の状態へ回帰する過程にあることが示唆される。

本堂坑道の前室（地下1階部分）で2台の相対重力計による重力連続観測を継続した。2025年の1年間にCG3M相対重力計で測定された重力連続データに対してBaytap08による潮汐解析を実施し、観測データから潮汐変動・気圧変動・器械傾斜に伴う重力変化を分離した。今後、ここで得た潮汐パラメーターを用いることで、潮汐補正した相対重力データから火山活動にともなう微小な重力変動が抽出可能になった。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

本研究課題は、多項目の地球物理学・地球化学観測データにもとづいて、小規模な水蒸気噴火が繰り返される阿蘇山の活動火口浅部における地下熱水系の構造や状態変化に関する状況把握・モニタリングを目指すものである。すなわち、その達成は、水蒸気噴火の発生リスクやその切迫度の評価に資する基礎的かつ重要な情報提供につながり、たとえば、火口周辺への観光客等の立ち入り規制に関する判断材料に活用されると考えられるため、火山災害の軽減（未然防止）に貢献すると考えられる。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Nakamura, H., Yokoo, A., Iwamori, H., Nishizawa, T., Takahashi, M., and Morikawa, N. (2025) Changes in crater lake chemistry after the 2021 eruption at Aso volcano, Japan: Insights from UAV-based hot water sampling, Journal of Asian Earth Sciences: X, 14, 100211, 10.1016/j.jaesx.2025.100211, 査読有, 謝辞無

富田雄飛, 2026, 3次元インバージョン解析による地下比抵抗構造モデル推定に基づいた阿蘇火山中岳における浅部構造の時間変化推定, 令和7年度京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻修士論文, 査読無, 謝辞無

・学会・シンポジウム等での発表

石井杏佳・横尾亮彦・大倉敬宏・吉川慎・井上寛之, 2025, Fluid supply into the crater lake at Aso volcano detected by seismo-acoustic observations, 研究集会「マグマ熱水系現象の多様性と発生機構」

石井杏佳・横尾亮彦・大倉敬宏・吉川慎・井上寛之, 2025, 火山性微動増幅をともなう火口湖での噴湯現象の検出, 日本火山学会2025年度秋季大会, P109

小田雄大, 風間卓仁, 本多亮, 三浦哲, 2025, 2022年トンガ火山噴火の大気波伝播に伴う大気荷重変動と重力変化. 日本地球惑星科学連合2025年大会, SGD03-P17

角皆 潤, 2025, Sampling volcanic plume using a drone-borne SelPS for remotely determined stable isotopic compositions of fumarolic carbon dioxide. 火山研究人材育成論文紹介ランチタイムセミナー

Tsunogai, U., Y. Miyagi, R. Shingubara, M. Ito, F. Nakagawa, and A. Yokoo (2025) Development of a drone-borne volcanic plume sampler SelPS for remotely determined stable isotopic compositions of fumarolic CO₂, H₂, and H₂O. IAVCEI-CCVG The 15th Field Workshop on Volcanic Gases, No.49

横尾亮彦, 2025, 2021年6月18日の阿蘇山中岳第一火口底の陥没現象. 日本火山学会2025年度秋季大会, B1-04

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

項目：火山：地殻変動：重力測定

概要：相対重力連続観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：熊本県阿蘇郡南阿蘇村 32.878472 131.076760

調査・観測期間：2025/4/1-2026/3/31

公開状況：公開留保中（協議のうえ共同研究として提供可）

(10) 令和8年度実施計画の概要：

阿蘇山中岳第一火口の地下浅部熱水系にかかわる諸現象をターゲットにした多項目観測およびデータ解析を継続するほか、UAVによる電磁探査・磁気探査も行う。

空振観測網の再整備を進めるほか、引き続き、過去のunrestイベントの解析作業を行う。地震・空振相関解析の自動化を実装し、準リアルタイムでのイベント検出方法を試行する。2021年の火口底陥没現象、水蒸気爆発のデータ解析作業を進め、地下熱水系との関係を明らかにする。ドローンによる熱観測を継続実施するとともに、湯だまり水温連続観測システムの設置も行う。これらのデータを統合解析する放熱率推定に関連する自動計算環境を整備する。

電源や通信トラブルの対策を施し、Multi-GASによる噴煙組成連続観測を継続実施する。連続観測の保守作業に合わせて、現地での繰り返し観測も並行して実施する。開発したMulti-GAS校正自動化のプロトタイプを高度化ならびに実用化させ、連続観測用Multi-GAS装置の校正作業の省力化させる。3成分プロットによる火山ガス端成分解析（湯だまり/南壁噴気の活動度変化の検出/評価）が火山活動

評価に援用可能かどうか、連続測定データを用いて検討する。ドローンに搭載したSelPSを用いて噴煙観測を実施し、

中岳第一火口周辺でのACTIVE観測を継続実施するとともに、ドローンを用いた火口上空での空中電磁探査を実施する。昨年度の多点観測で得られた高精細な3次元比抵抗モデルを初期モデルに採用した再解析をこれまでの蓄積データに対して行い、地下比抵抗モデルの信頼性と経年変化の検出精度を向上させる。また、地下浅部から深部までの比抵抗構造解像度を高めるため、火口直上の空中データの統合解析も行う。

本堂観測坑道の前室（地下1階部分）における重力連続観測を継続するほか、横坑（地表からの深さ約30 m）にも新たに相対重力計を設置し、標高の異なる2地点における重力並行観測を開始する。また、収録された重力データを随時自動解析し、器械ドリフトや潮汐変動の寄与を補正する。その上で、各種補正後の重力データを逐次計算し、火山活動に関連する重力変化の検出有無を検討する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

横尾亮彦（京都大学理学研究科）、大倉敬宏（京都大学理学研究科）、宇津木充（京都大学理学研究科）、風間卓仁（京都大学理学研究科）、石井杏佳（京都大学理学研究科）

他機関との共同研究の有無：有

森俊哉（東京大学理学系研究科）、森田雅明（東京大学地震研究所）、角皆潤（名古屋大学環境学研究科）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター

電話：0967-67-0022

e-mail：yokoo.akihiro.5a@kyoto-u.ac.jp

URL：https://www.aso.vgs.kyoto-u.ac.jp

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：横尾亮彦

所属：京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター