

(1) 実施機関名：

東京大学大気海洋研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

地球物理・化学的探査による海底火山および海底熱水活動の調査

(3) 関連の深い建議の項目：

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

(4) その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(4) 中長期的な火山活動の評価

イ. モニタリングによる火山活動の評価

5 研究を推進するための体制の整備

(3) 研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(7) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

(5) 総合的研究との関連：

(6) 本課題の5か年の到達目標：

海底火山の活動や噴火の可能性を把握する事は、都市の近くに存在する場合や船舶航行における防災に必要不可欠である。とりわけ鹿児島湾から南西諸島海域においては海底火山と関連づけられる熱水活動が水深の浅い海域に多く見られ、過去には噴火による津波被害も報告されている。しかし陸上に比べ海底の火山はほとんど観測されていないのが現状である。

本課題の目的は、陸上の火山・熱水系に比べると観測例が少ない海底熱水活動を評価する新たな手法を開発し火山の活動度を評価することであり、火山性ガスの強力な指標となるヘリウム-3を観測することで、火山噴火予知の研究に海洋地球化学の面からアプローチする。この手法は陸上火山の観測で成果をあげており、海底の火山に応用することが可能である。観測対象として日本近海の鹿児島湾から南西諸島海域および沖縄トラフとその延長にある島弧-背弧海盆系地域において、海底および陸上の火山・熱水活動を調査し、火山活動度の変化や新たな熱水活動域を明らかにすることを目標とする。比較のためにその他の火山海域や非火山性海域、陸上火山でも観測を行なう。

(7) 本課題の5か年計画の概要：

火山性ガスの強力な指標となるヘリウム-3を中心とした、マグマ・熱水由来の成分の海底火山近傍の海水中の分布とその時系列変化を明らかにし、その分布を詳細な海底地形と比較する事で、海底火山の場所や活動度を把握する事を目的として調査を進める。合わせて近傍の火山島の温泉水に含まれるヘリウム-3などのマグマ由来成分の組成や放出量から火山の特性を把握する。海水や温泉水中での保存性が異なる元素を比較する事で活動的な放出源を特定し、成分増減の経時変化から活動度の変化を検出する事で噴火兆候の長期の変動把握に役立てる。本課題では特に鹿児島湾から南西諸島にかけての海域と近傍島嶼の陸上温泉において、温泉・熱水活動を調査するとともに、中央海嶺など他の海域の海底火山も対象とし、その性質の違いを調べることにより、日本の海底火山のより深い理解を目

指す。

平成31年度については、継続的に調査している海域である南西諸島および鹿児島湾でこれまでに採取した海水試料の分析を進める。この調査を実施するために新青丸共同利用に応募済みである。平成32年度以降については、継続的に調査している海域において、火山性成分の経時変化が見られるかを検証する。公募による海洋調査船のシブタイムが得られない場合には、陸上の調査を重点的に行う。最終的には平成35年度までに、ヘリウム-3を中心とする各種データを得て、火山活動が活発な海域の把握や活動度の経時変化把握に役立つための一次情報を得る。

(8) 令和5年度及び計画期間中（令和元年度～5年度）の成果の概要：

・今年度の成果の概要

種子島沖、喜界島沖から沖縄トラフにかけての南西諸島海域を対象として、深層海水および海底堆積物を採取し海底火山活動を調査した。この調査対象には泥火山も含まれ、ヘリウム-3をトレーサーとしてその成因や活動を明らかにすることを目的として現在化学分析を進めている。種子島沖の泥火山では、堆積物中間隙水のヘリウム同位体比は低く、火山活動と関連があるようには見えないが、すぐ近くの火山フロント上に位置する口永良部島や諏訪之瀬島は活動が依然活発であり、周辺の海底火山活動も注意していく必要がある。一方、東北沖北太平洋アウターライズ海域でも海底堆積物を採取しヘリウムの観測を行なった。調査海域にはプチスポットと呼ばれる海底火山が存在し、またアウターライズ地震を引き起こすとされる海底巨大断層にも着目し、深部流体の存在を調査した。その結果、過去の調査と同様に堆積物中間隙水からマントル由来のヘリウムが検出され、深くなるほど濃度と同位体比が上がることから、深部から流体が継続的に供給されていると推定される。プチスポット火山の発見に加え、巨大断層付近でマントル由来のヘリウムが見つかったことから、アウターライズ海域にマントルにまで到達する大規模な物質循環が存在することが示唆される。プチスポット火山だけでなく巨大断層における深部流体の挙動を調べる上でもヘリウムが有効であることを示しており、地震活動と関連づけて他班との連携も進めているところである。昨年報告した若尊カルデラのヘリウムフラックスの結果についてまとめ、若尊カルデラの活動度の変化と合わせて学会および論文にて発表した。また陸上の火山に関しては、昨年度に採取した木曾御嶽山の温泉水試料のヘリウム同位体分析を進めるとともに、北海道の十勝岳および雌阿寒岳で採取された噴気ガスのヘリウム分析を行ない、台湾北部においては温泉水の調査を行なった。

・計画期間中（令和元年度～5年度）の成果の概要

学術研究船の研究航海により島原半島周辺、鹿児島湾、南西諸島において海底熱水活動の調査を行った。申請した研究航海が採択されなかった場合は別の研究航海に参加し、非火山海域などで比較のために海水や海底堆積物を採取した。同時に試料採取法や分析法を確認しそれを改良するために役立てた。例えば堆積物は通常マルチプルコアラーを用いて採取していたが、より深い堆積物を採集するためにピストンコアラーから空気に触れずに堆積物を採取する新たな手法を試みた。その結果、東北沖太平洋の非火山海域ではこれまで見つかっていないほどの高い同位体比をもったマントル由来のヘリウムを観測することに成功した。この試料採取や分析の手法は今後の海底火山の調査に活かすことができる。鹿児島湾奥に存在する海底火山である若尊カルデラにおいて、定期的にヘリウムの観測を行ない、いくつかの成果を得た。冬季の観測からは、カルデラ内の熱水性ヘリウムが冬季に完全に抜けることがわかった。夏季には海水が層状構造になりカルデラ内に熱水性ヘリウムが蓄積される。この性質を利用して、熱水性ヘリウムのフラックスを見積もることに成功した。2015年に桜島で火山活動が活発化した。桜島と同じマグマだまりを持つとされる海底火山の若尊カルデラでは活動度は変わっていないことをヘリウム-3を用いて明らかにした。福岡ノ場から流れ着いた軽石のヘリウムの分析を行ない、その火山におけるマグマの供給過程について検討した。

計画期間中に複数のメンバーが他機関に異動したため、研究対象を海域から陸上にシフトさせた。陸上火山の調査としては、木曾御嶽山、箱根山で定期的に観測を行なうとともに、立山や阿蘇山、雲仙、十勝岳でも観測を行なった。箱根山において調査してきたヘリウムの観測結果をまとめ、火山性微動や噴火と化学成分変動との関係を学会誌に発表し、ヘリウムが長期的な火山活動評価に役立つことを示した。また、阿蘇山周辺における温泉水のヘリウムの観測結果をまとめ、カルデラ火山の地下構造が成層火山とは異なることを明らかにした。御嶽山火山では長期継続して温泉水のヘリウムを中心とした化学成分の観測を行なっており、噴火前後の火山活動について評価する予定である。

・「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

箱根火山において噴気ガスの化学観測を行ない、火山性微動や噴火と化学成分変動との関係を明らかにした。噴火の前兆が現れにくい水蒸気噴火の場合に、ヘリウムなどの化学成分がどう反応するかを知ることで、火山噴火を支配する熱水系の構造の解明に貢献できる。またヘリウム同位体比はマグマ物質に敏感であり、噴火の予測だけでなく、噴火後の火山の活動度を評価するのにも利用できる可能性を秘めている。桜島と共通のマグマだまりを持つと言われる若尊カルデラにおいて、マグマ由来のヘリウムのフラックスを見積り、桜島と比べると物質供給量は格段に少ないという結果を得た。これはマグマ供給系の構造の解明に貢献できる。またヘリウム同位体比から見た場合、若尊カルデラの火山活動は特に活発にはなっておらず、今後もモニタリングを継続することは重要である。

(9) 令和5年度の成果に関連の深いもので、令和5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

Giroud, S., Y. Tomonaga, M.S. Brennwald, N. Takahata, T. Shibata, Y. Sano and R. Kipfer, 2023, New experimental approaches enabling the continuous monitoring of gas species in hydrothermal fluids, *Frontiers in Water*, 4, 1032094, doi: 10.3389/frwa.2022.1032094, 査読有, 謝辞無

Hong, J., H. Kim, W. Lee, J. Yu, T.P. Fischer, N. Takahata, Y. Sano, H. Lee, 2023, Fault-related basins as carbon reservoirs: Soil CO₂ emissions in the SE Korean Peninsula, *Catena*, 231, 107300, doi:10.1016/j.catena.2023.107300, 査読有, 謝辞無

Nakajima, T., N. Takahata, H. Obata, T. Kagoshima and Y. Sano, 2024, An easier approach for helium isotope flux estimation in a submerged caldera, *Geochemical Journal*, 10.2343/geochemj.GJ24004, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Nakajima, T., N. Takahata, H. Obata, T. Kagoshima and Y. Sano, 2023, Seasonal overturn and volcanic emissions in Wakamiko submerged caldera, *JpGU*

高畑直人, Nakajima Ma. Teresa, 鹿児島渉悟, 小畑元, 2023, 鹿児島湾における冬季の海水入れ替わりを利用した熱水性ヘリウムフラックスの見積もり, *GEOTRACES Japan meeting*

(10) 令和5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：地球化学：採水

概要：白鳳丸KH-23-4次航海を通じて、琉球海溝陸側において海底泥火山の観測を実施した。

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：喜界島沖、種子島沖、日向灘

調査・観測期間：2023/8/6-2023/9/1

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地球化学：採水

概要：白鳳丸KH-23-11次航海を通じて、沖縄トラフにおいて間隙流体の観測を実施した。

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：沖縄トラフ

調査・観測期間：2023/12/27-2024/1/6

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地球化学：噴気ガス・土壌ガス

概要：台湾・大屯火山群周辺において地下水の観測を実施した。

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：台湾・基隆市

調査・観測期間：2024/1/22-2024/1/27

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

(11) 次期計画における課題名：

火山の活動度・噴火ポテンシャル評価を目的とする地球化学的観測研究

(12) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

東京大学大気海洋研究所

他機関との共同研究の有無：有

佐野有司（高知大学 海洋コア総合研究センター）, 鹿兒島渉悟（富山大学 理学部）

(13) 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：東京大学大気海洋研究所国際・研究推進チーム

電話：04-7136-6009

e-mail：iarp@aori.u-tokyo.ac.jp

URL：http://www.aori.u-tokyo.ac.jp/

(14) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：小畑元

所属：東京大学大気海洋研究所