

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03756

研究課題名(和文) 海底火山活動予測のための長期観測に向けた化学・物理観測手法の検証

研究課題名(英文) Geochemical and geophysical test of long-term monitoring methods for prediction of submarine volcanic activity

研究代表者

山中 寿朗 (Yamanaka, Toshiro)

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：60343331

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：鹿児島湾若尊海底火山においては、2021年度までで、過去15年間の継続調査が達成された。この間、若尊火口凹地域において、海水中の全炭酸濃度からCO₂フラックス算出が海底下のマグマ活動を反映していることがおおよそ確認出来た。注目すべきは、CO₂フラックスは、2015年以降、桜島の活動度とリンクしているように見えることである。今後の調査の継続が桜島を含めた鹿児島湾湾奥部地域の噴火予知に寄与するものと期待される。

手石海丘については、1989年噴火時に貫入したマグマの余熱による水岩石反応が継続していることが、火口凹地内の海水中の高マンガン濃度から検出され、今後の推移をモニタリングする指標が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海底火山における火山活動を如何に把握し、防災、現在に役立てるかは火山国日本としては避けることの出来ない課題の一つである。本研究は、鹿児島湾湾奥部や手石海丘のような火口凹地を伴う海底火山においては海底下のマグマ活動や高温の岩石と水反応が検出可能で、定期的な観測で一定の活動評価に繋がることを明らかにした。陸上に比べ、船舶や潜水機の運用が必要な部分もあるが、全国の水産高校や水産学部を含めた練習船や観測船が定期的に訪れる海域の海底火山であれば本研究同様、継続的なモニタリングが可能である。今後観測手法のマニュアル化などを進めていくことで観測対象を増やすことが出来ると期待される。

研究成果の概要(英文)：Submerged active volcano, Wakamiko, located in the bay head area of Kagoshima Bay have been continuous surveyed for the past 15 years until 2021. During this period, it was confirmed that the estimated CO₂ flux reflected the magmatic activity beneath the seafloor using the concentration of total dissolved inorganic carbon in and around the Wakamiko crater. Notably, CO₂ flux from the crater seems to be linked to the activity of Sakurajima volcano since 2015. It is expected that the further investigation will contribute to the prediction of eruptions in the inner part of Kagoshima Bay, including Sakurajima volcano. About the Teishi knoll in Sagami Bay, the positive anomaly of dissolved manganese was detected in the bottom seawater at the crater depression, suggesting that the water-rock interaction has been still continued due to the residual heat of the magma that intruded during the 1989 eruption. It is expected as a proxy to monitor future activity.

研究分野：地球科学

キーワード：海底火山 火山活動モニタリング 火山ガスフラックス 地殻熱流量観測

1. 研究開始当初の背景

日本には 110 の活火山があるが、そのうちの 12 火山は海底に位置する。海底火山は、その全体が海面下にあるため、十分に活動が監視されておらず、火山噴火予知連絡会により、2003 年に活動度によるランク分けが行われた際にも対象外とされた。ところが、鹿児島湾奥部海底に位置する「若尊」火山のように市中心部からわずか 20km に位置し、また周囲一帯が生活圏である海底火山も少なくない。このような海底火山の活動をモニタリングする手法の一つとして、地震観測があげられるが、海底火山を対象にリアルタイムで観測可能な地震計は設置されていない。よって、海底火山の活動を把握するためには継続的な観測手法の確立と実施が望まれる。

二酸化炭素などのマグマからの脱ガス成分のフラックスや地殻熱流量は、地下のマグマ活動と密接に関連し火山活動に関する様々な情報を与え、噴火を予知する上で非常に重要であるとされている。これらの観測は海底でも比較的容易に実施できるが、適用性は火山ごとに異なる。

2. 研究の目的

沿岸域の海底火山でも唯一多くの情報が得られている鹿児島湾の若尊火山で得られている知見を参考に、地殻熱流量および海水中の全炭酸濃度を用いた海底火山活動のモニタリング手法の確立を目指す。この目的のために本研究では、神奈川県伊東沖の手石海丘(活火山である伊豆東部火山群に含まれる)などを対象とした実証試験を行うことを目的としている。

火山活動のモニタリングにおいて重要なことは、定期的かつ継続的に実施でき、技術的に容易で費用も低く抑えられることである。本研究では、火山ガスと熱といった化学・物理量のフラックスを観測する点で、地震学とは異なる火山活動に関する情報を与える。既存の技術の組み合わせであるが、将来的に最低限の海洋観測技術を持ち合わせれば誰もが実施可能な方法で海底火山のモニタリングが出来る方法の確立を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、化学観測と物理観測で得られるデータを併用もしくは互いを補完する形で利用することで、海底火山活動のモニタリング手法を確立することを目指す。火山のマグマ活動はある範囲内で活発化と沈静化を繰り返す平穏時とその範囲を逸脱して活発化する、すなわち噴火する活動時があると考えられる。物理化学観測を各海底火山で継続的に実施することで平穏時の変動範囲を把握しておくことが活動時への移行を判定する上で不可欠である。化学観測は若尊火山のような活発な熱水および噴気活動が見られる海底火山では有効であり、マグマ活動の盛衰に短時間で応答すると期待されるが、水柱の化学観測で異常の見られない海底火山においては利用できない。一方、物理観測、特に熱の観測は、マグマ活動の盛衰へのレスポンスは速くなく、浅海域においては底層水の水温変動や堆積物供給の影響の補正が必要となるが(例えば、藤野ら, 2015) 本調査により補正の係数を得ておけば、海底下の熱源の存在による上昇流の検出や、熱源の規模が推定でき、平穏時の定常状態の把握に有効である。これら観測を東京海洋大学の練習船で実習の一環として定期的実施する。

4. 研究成果

鹿児島湾若尊海底火山においては、2021 年度までで、過去 15 年間の継続調査が達成された。得られた CO₂ フラックスの値を表 1 と図 1a に示す。2015 年の高いフラックス値は、桜島火山において山体膨張や火山性微動が頻発し、マグマが山体に供給されたことで大規模噴火の危険が高まった年であり、山体膨張などが検知された直前の採水試料から得られたものである。さらに高い値が 2017 年に見られるが、この年は桜島の活動が特に高まったというデータは無い。海水中の全炭酸濃度のプロファイルから、この年だけ、水深 60m 以深で深さによらずほぼ一定の高い値を示し、これまでの観測と明瞭に異なるプロファイルを示した。この年の試料のみ、採取後、直ぐに測定が出来なかったこと、試料の殺菌が不十分だったことから、試料採集後の微生物活動により全炭酸濃度が上昇したものと思われる。CO₂ フラックスは 2018 年に再び低い値になった後、2021 年に向かって 2015 年を越える程度まで上昇を続けていることが検出された。注目すべきは、この様な CO₂ フラックスの変化は、桜島で観測されている SO₂ ガス放出量の変動と良く対応するよう見える(図 1b)。この結果から、若尊火口凹地域において、海水中の全炭酸濃度から CO₂ フラックス算出が海底下のマグマ活動を反映していることがおおよそ確

表1 若尊火山からのCO₂フラックス

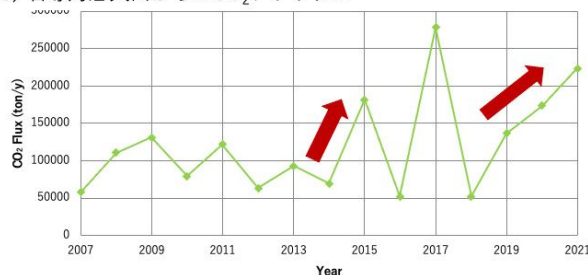
年	CO ₂ フラックス (ton/y)
2015	182,000
2016	52,000
2017	279,000
2018	52,000
2019	137,000
2020	173,000
2021	223,000

認出来た。今後の調査の継続が桜島を含めた鹿児島湾奥部域の噴火予知に寄与するものと期待される。

手石海丘については、2020年以降、コロナ感染対策のため、東京海洋大学の練習船の運航が制限され、サンプリングが実施できなかった。本課題の実施期間のうち最初の2年間である2018年及び2019年のみ海水のサンプリング及び地殻熱流量計測が行われた。水深が120m以浅と浅い本海域では、計測された海底下温度勾配は海底面付近の海水温の変動を用いて補正を行わないと地殻熱流量値の算出が行えない。2019年に海底に温度計を設置したが、本課題の期間内に水温計の回収が行えなかったため、温度勾配データは地殻熱流量への変換がまだ行えていない。また、鹿児島湾のように強い閉鎖性の地形を持たず、凹地の比高も小さい手石海丘火口凹地（図2）では、全炭酸濃度の変化からCO₂フラックスを得ることはやはり困難であることがこの間の観測で確認された。一方で、海水試料からは火口凹地内で採取された海水試料中で高い濃度のマンガンが検出された（図3）、相模湾初島沖において、1989年の手石海丘の噴火直後にマンガン濃度の急増が報告されており（中山，1997）、マグマ活動との関連が疑われるが、2019年でもマンガンの濃度異常が検出されるのは1989年噴火時に貫入したマグマの余熱による水-岩石反応が継続しているものと推察される。このマンガン濃度異常をフラックスとして求めることが出来れば、今後の水-岩石反応、さらにはマグマ活動の推移をモニタリングする指標になり得るものと期待される。よって、手石海丘においても、今後の海底下の火山活動に関する観測指標を得ることができた。

海底火山における火山活動を如何に把握し、防災、現在に役立てるかは火山国日本としては避けることの出来ない課題の一つである。本研究は、鹿児島湾奥部や手石海丘のような火口凹地を伴う海底火山においては海底下のマグマ活動や高温の岩石と水反応が検出可能で、定期的な観測で一定の活動評価に繋がることを明らかにした。陸上に比べ、船舶や潜水艇の運用が必要な部分もあるが、全国の水産高校や水産学部を含めた練習船や観測船が定期的に訪れる海域の海底火山であれば本研究同様、継続的なモニタリングが可能である。今後観測手法のマニュアル化などを進めていくことで観測対象を増やすことが出来ると期待される。

a) 若尊海底火山からのCO₂フラックス



b) 桜島からのSO₂ガス放出量

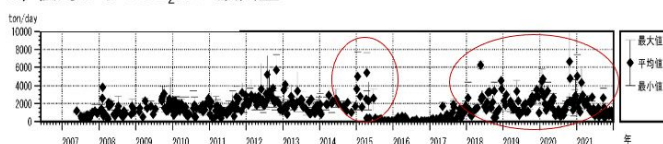


図1 a) 若尊海底火山からのCO₂フラックスと、b) 桜島からのSO₂ガス放出量（気象庁）

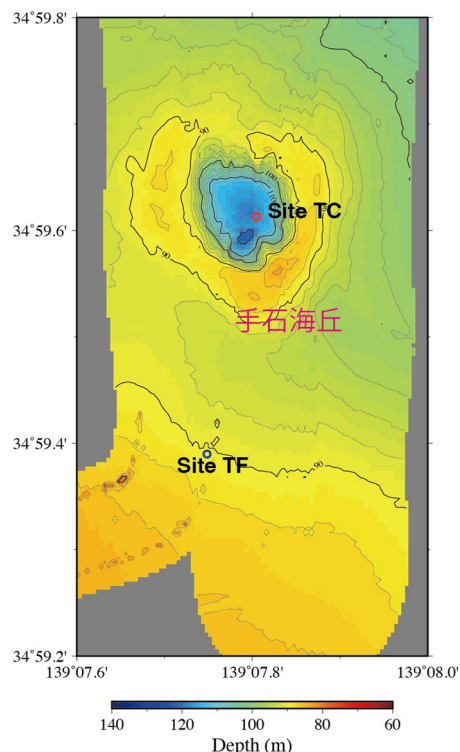


図2 手石海丘の海底地形と2つの観測サイト

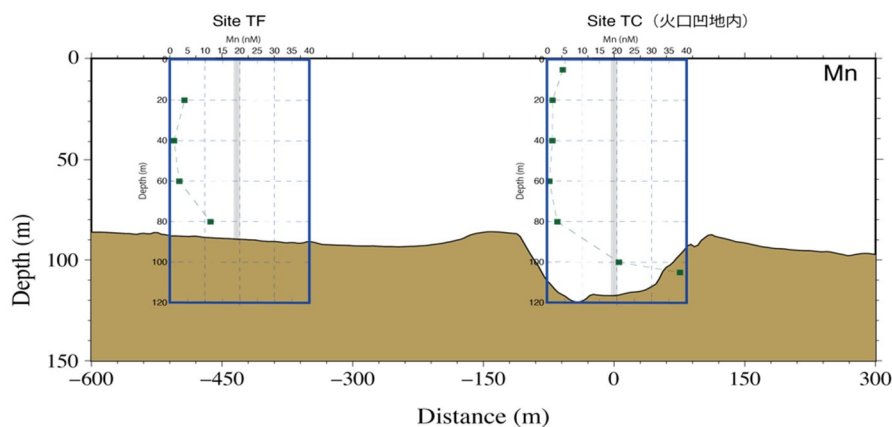


図3 手石海丘火口凹地内および外側の溶存マンガン濃度鉛直プロフィール

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山中 寿朗・川田 佳史・野口 拓郎・八田 万有美・岡村 慶
2. 発表標題 伊豆半島東部伊東沖の海底火山手石海丘の現状
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中 寿朗・岡村 慶・川田 佳史・後藤 慎平
2. 発表標題 青鷹丸による沿岸域にある海底火山の継続的物理・化学観測
3. 学会等名 シンポジウム「練習船青鷹丸の教育と研究に果たしてきた役割」
4. 発表年 2021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	川田 佳史 (Kawada Yoshifumi) (50402558)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海洋機能利用部門(海底資源センター)・臨時研究補助員 (82706)	

	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
研究協力者	後藤 慎平 (Goto Shinpei)		

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
---------	---------