

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月17日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02221

研究課題名(和文) 遠隔操作の多項目観測による西之島形成プロセスの解明

研究課題名(英文) Study of island-forming eruption at Nishinoshima based on remote multi-fields observation

研究代表者

武尾 実 (TAKEO, Minoru)

東京大学・地震研究所・教授

研究者番号：00197279

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 26,500,000円

研究成果の概要(和文)：2013年11月に始まった西之島の噴火は2018年7月の小規模噴火に至るまで継続し、噴出量は1億m³を超える近年の国内では最大規模の噴火となった。この噴火活動に対し、数回に亘る多項目遠隔調査及び2016年10月の上陸調査、島内に設置した地震・空振観測、周辺海域での海底地震観測、海底電位磁力観測、離島火山モニタリングシステムによる調査を実施した。この調査により、長期の噴火活動の推移、噴火に至るマグマ上昇プロセスや、噴出したマグマは島弧の安山岩としてはやや高温かつ低斑晶量であること、西之島山体下の浅部とより深部にマグマ溜りが存在することなどを解明し、西之島形成のプロセスを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

西之島の火山島形成プロセス、特にその噴火に至るマグマ上昇過程やマグマ供給システムの一端を、地球物理学的観測と物質科学的調査により明らかにしたことは、新たな火山島形成が世界的に見ても希な現象である事からも、学術的に高い意義を持っている。さらに、本研究において、Wave Gliderを用いた離島火山モニタリングシステム及び遠隔離島地震・空振観測装置が有効である事を示した事は、今後の海洋島の火山活動監視に新たな有力な観測手段を提供したものであり、火山防災上も意義の高い成果である。

研究成果の概要(英文)：The island-forming eruption at Nishinoshima volcano, Ogasawara Islands, Japan, started in November, 2013, lasting until July, 2018. The total volume of erupted lava exceeded one hundred million cubic meter, which is a recent biggest eruption in Japan. We conducted several remote sensing observations, a landing survey in October 2016, various types of geophysical observations, such as ocean bottom seismic and geomagnetic observations, seismic-acoustic observation in Nishinoshima, and operated a remote-island volcano monitoring system. This survey reveals the long-term eruption activity and the magma ascending process just before the eruption. The magma temperature was relatively higher than that of an ordinary island arc magma and the composition was a crystal-poor. The variation of magma composition suggests that andesite magma derived from a crystal-rich shallow reservoir and a crystal-poor deeper reservoir.

研究分野：固体地球物理学

キーワード：火山 固体地球物理学 地質学

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

西之島は、沈み込む太平洋プレート上の小笠原海台がフィリピン海プレートに衝突して、伊豆・小笠原弧を西方に湾曲させマリアナ海溝との境界を約す、伊豆・小笠原弧のテクトニクスや背弧の火山活動を考える上で重要な場所に位置している。2013年11月に西之島の南東約500mの海域から噴火が始まり、本研究課題の申請時にも活発な噴火活動を継続していた。この活動により、西之島の火口から4km以内の範囲に近づくことが出来ないため、西之島の活動状況の把握はほぼ1ヶ月毎に実施される航空機及び人工衛星による写真撮影が主な手段であった。そこで本研究では、我々がそれまで開発を進めてきた観測プラットフォームとしての無人ヘリコプターを用いた遠隔観測技術を活用して、西之島における地球物理学的観測と火山ガス等の地球化学的観測、噴出物試料の採取等を行うこと、その時点までに1年近く行ってきたOBS観測、父島における空振観測、衛星画像による地形変化と噴出量・噴出率の把握をさらに継続することで、西之島の火山活動に関する長期の観測データを得て、これらの観測データの解析を通じて噴火活動の推移を明らかにすると同時に、マグマ組成の変化等の物質科学的知見を統合して、海底火山噴火や新たな火山島成長のプロセスを解明することを目指した。

2. 研究の目的

2013年11月に始まった西之島の噴火は本研究課題申請の時点でも継続し、噴出量約1億万 m^3 、噴出率15-20万 m^3/day を越える水準を維持して活動は依然として活発である。この西之島の活動は、海底火山噴火や新たな火山島成長のプロセスを理解する上で貴重な機会であるにもかかわらず、遠隔地の洋上であるため接近手段が限られることや規制区域の設定により島にアクセスできない事など、幾多の未解決の問題を抱え、未だほとんど火山観測が実施できていない状況であった。本研究では、申請者らが開発を進めてきた遠隔観測のプラットフォームである無人ヘリコプター、及び海底地震計観測を活用し、西之島での地球物理学的観測と物質科学的データの取得を行い、西之島形成のプロセスを解明することを目指した。

3. 研究の方法

本研究計画は、地球物理学的観測と物質科学的データを統合して西之島形成プロセスを解明することが目的である。その為に、当初は1) 遠隔操作による多項目火山観測を用いた西之島火山活動の把握、2) OBS観測による西之島の深部活動および深部構造の解明、3) 衛星画像解析と空振アレイ観測による火山活動のモニタリング、の3つの観測を実施し、地球物理学の研究者、火山ガスの研究者と、岩石学・火山地質学の研究者による共同で目的を達成することを計画した。しかし、その後、本研究のOBS観測から西之島の噴火活動の長期的推移を把握することが出来るようになり、2015年11月以降の活動低下が明らかになった。そのため、2016年には西之島への上陸調査が可能となったため、当初の計画に加えて、上陸調査による溶岩・噴出物の採取・分析、地質調査、西之島島内での地震・空振観測を研究計画に加える事とした。さらに、周辺海域での海底電位磁力観測も追加し、より精度の高い調査・研究を実施することとした。

4. 研究成果

2015年2月から継続している西之島周辺海域での海底地震観測及び2016年6月及び10月に実施した西之島の周辺海域での海底電位磁力計観測は、火山島の火山活動に関連した変動を海底観測によっても把握できることを実証した。特に、海底地震計には噴火に伴うシグナルが継続して記録されており、2015年2月以降の噴火活動を連続的に明らかにすることに成功した。2013年11月から始まった西之島の第1期の火山活動は、2015年11月下旬で一旦停止し、約1年半の休止期を経て、第2期の活動が2017年4月中旬（島内に設置した地震・空振記録から確認した噴火再開時刻；4月18日午前8時）に再開した経緯を把握できる。2016年10月の上陸調査で設置した島内の地震・空振観測システムは遠洋の離島火山でも衛星携帯を活用することで準リアルタイムのモニタリングが可能であり、噴火活動に先行する諸現象を把握できることを示した。2017年4月の再噴火に際しては、噴火直前の特異な地震活動と傾斜変動の観測に成功し、海底地震観測と島内の地震・空振観測のデータを合わせて解析する事により、西之島噴火の再噴火に至るマグマ上昇のプロセスに関する知見を得ることが出来た。西之島の火砕丘に至る火道のやや深い部分は火砕丘の南東側に位置していると推定され、4月17日にはその部分までマグマが上昇してきたと思われる。18日に入ってマグマ上昇は火砕丘直下の火道浅部まで進行し、このマグマ上昇に伴って火砕丘の隆起・沈降を示す顕著な傾斜変動が観測された。火砕丘の最上部では約1年半の活動休止期の間で閉塞が進行していたため、最上部を多量のマグマが通過するために火道浅部での圧力増加が引き起こされ、それが噴火直前の火砕丘隆起の傾斜変動として観測された。Wave Glider

を用いた離島火山モニタリングシステムの試験観測は、この海洋観測プラットフォームが噴火活動により近づくことが困難な場合でもモニタリングを実施できるツールとして有効であることを示し、2017年12月の実証観測でも西之島の噴気活動を捉えることに成功した。また、衛星写真や無人ヘリコプター、ドローンを用いた数回に亘る遠隔多項目観測による西之島の地形・溶岩流の調査は、図1に示すような西之島の成長をもたらした溶岩流の詳細な分布及び時間変化を明らかにした。

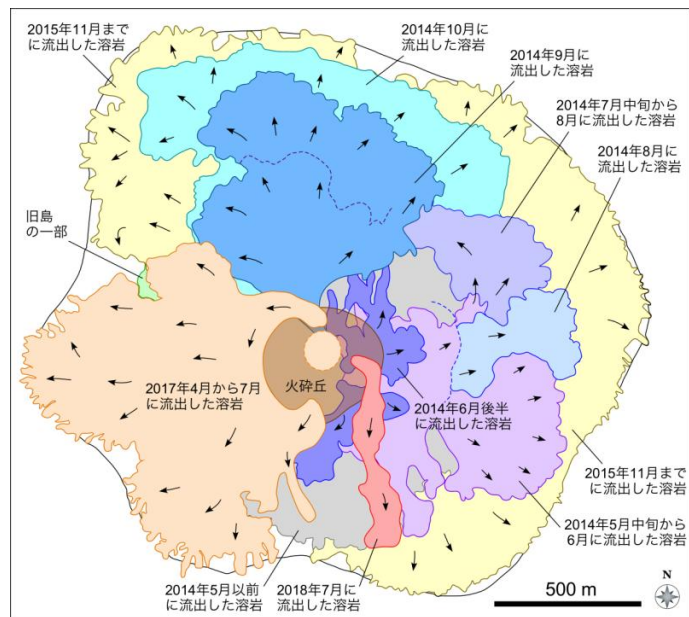


図1

地質学的観察により明らかになった西之島の噴火活動の大きな特徴は、第1期、第2期ともにストロンボリ式噴火によりスコリア丘が成長し、同時に溶岩が継続的に流出、分岐を繰り返しながら浅海を埋め立て拡大したことである。また、噴火休止期直前には爆発的なブルカノ式噴火を繰り返すなど、噴火様式も時間とともに変化した。これらの噴火様式の特徴が生じた原因は、

西之島火山のマグマの性質にあると言える。

噴出物の分析から明らかになった西之島マグマの特徴は、まず安山岩であること、そして、噴出マグマは 1050°C程度と、島弧の安山岩にはやや高温かつ低斑晶量で、深さ 1.5-2 km に存在する低温の浅部マグマ溜りとより深部の高温のマグマ溜りの両方に由来することである。高温かつ斑晶に乏しいため、粘性が低く流動性に富むことが大きな特徴である。複雑に入り組んだ特徴的な地形は、この流動性に富む溶岩流が海に囲まれた環境の中で、時間をかけて大量に流出することにより形成された。一方で流動性に富むとはいえ、マグマ供給が衰えた場合には、火道浅部においては冷却・結晶化が進行するようになり、マグマ粘性は増加する。2015 年の活動停止期直前には、噴出率の低下に伴いマグマ粘性の増加および脱ガス効率の低下が起こり、結果として浅部で過剰圧が蓄積する状況が生じ、ブルカノ式噴火を繰り返したと考えられる。

西之島の活動履歴はよくわかっていないが、富士山と同規模の山体を成長させていることから、長期的には比較的高いマグマ噴出率で活動を続けており、今回のように大量の溶岩を流出するような活動をもしかしたら頻繁に起こしているのかもしれない。また、山体の大部分は海中にあり、山頂以外における噴火活動の実態は不明だが、今回の一連の活動の最中にも山腹で海底噴火を起こしていた可能性がある。

この様な新たに大きく成長した海洋島火山の噴火活動について、3 年以上の長期に亘る噴火活動推移や噴火直前のマグマ上昇プロセスについての知見、安山岩質でありながら低粘性の溶岩流を産み出す成因やそれをもたらしたマグマ溜りの概要について明らかにすることができた研究成果は、この様な世界的にも希な事象の機会を的確に捉えて、地球物理学及び物質科学的な手法で調査・観測を実施した結果であり、貴重な成果と言える。今後、海底観測データ、特に、海底電位磁力観測の解析、海底地形の変化や噴出物の詳細な調査が進展すれば、噴出物の物質科学的解析のさらなる進展と合わせて、今回の噴火を引き起こしたマグマ溜りのより詳細な描像や、マグマ上昇・噴出プロセスがより明確になり、噴火のメカニズムや西之島の火山体とその発達史についてさらに理解が進むことが期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 9 件)

- ① 武尾 実, 大湊隆雄, 前野 深, 篠原雅尚, 馬場聖至, 渡邊篤志, 市原美恵, 西田 究, 金子隆之, 安田 敦, 杉岡裕子, 浜野洋三, 多田訓子, 中野 俊, 吉本充宏, 高木朗充, 長岡 優, 西之島の地球物理観測と上陸調査, 海洋理工学会誌, 査読有, 24 巻, 2018, 45-56. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/amstec/24/1/_contents/-char/ja
- ② 前野 深, 安田 敦, 中野 俊, 吉本充宏, 大湊隆雄, 渡邊篤志, 金子隆之, 中田節也, 武尾 実, 噴出物から探る西之島の新火山島形成プロセス, 海洋理工学会誌, 査読有, 24 巻, 2018, 35-44. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/amstec/24/1/_contents/-char/ja
- ③ Shinohara, M., M. Ichihara, S. Sakai, T. Yamada, M. Takeo, H. Sugioka, Y. Nagaoka, A. Takagi, T. Morishita, T. Ono, and A. Nishizawa, Continuous seismic monitoring of Nishinoshima volcano, Izu-Ogasawara, by using long-term ocean bottom seismometers,

Earth. Planets and Space, 69, 2017, 159-168, doi:10.1186/s40623-017-0747-7.

- ④ 前野 深, 中野 俊, 吉本充宏, 大湊隆雄, 渡邊篤志, 川上和人, 千田智基, 武尾 実, 新火山島の初上陸 一西之島 (東京都小笠原村) 一, 地学雑誌, 査読有, 126 巻, 2017, N1-N13, journal.geog.or.jp/images/articles/126-1/N1.pdf
- ⑤ Maeno, F., S. Nakada, and T. Kaneko, Morphological evolution of a new volcanic islet, sustained by compound lava flows, *Geology*, 査読有, 44, 2016, 256-262, doi:10.1130/G37461.1

[学会発表] (計 17 件)

- ① 武尾 実, 大湊隆雄, 市原美恵, 渡邊篤志, 篠原雅尚, 地震・空振記録から推定した西之島 2017 年 4 月の噴火再開過程, 日本火山学会 2018 年秋季大会, 2018.
- ② Takeo, M., T. Ohminato, M. Ichihara, M. Shinohara, K. Baba, A. Watanabe, H. Sugioka, Y. Hamano, and N. Tada, Geophysical observations at a new volcanic island Nishinoshima, Ogasawara, Japan, IAVCEI 2017 Scientific Assembly, 2017.
- ③ Takagi, A., Y. Nagaoka, K. Fukui, S. Ando, K. Kimura, and H. Tsuchiyama, Monitoring of the 2013-2015 Nishinoshima Eruption, Japan, IAVCEI 2017 Scientific Assembly, 2017.
- ④ Maeno, F., S. Nakano, M. Yoshimoto, T. Ohminato, A. Watanabe, A. Yasuda, T. Kaneko, S. Nakada, and M. Takeo, Geology and eruptive process of new Nishinoshima, Ogasawara, Japan, revealed from first landing and survey of eruptive products, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017.
- ⑤ Takeo, M., T. Ohminato, M. Ichihara, F. Maeno, T. Kaneko, M. Shinohara, K. Baba, K. Nishida, A. Yasuda, A. Watanabe, H. Sugioka, Y. Hamano, N. Tada, S. Nakano, M. Yoshimoto, K. Kawakami, T. Chida, A. Takagi, and Y. Nagaoka, Brief overview of landing survey and seismic observation at Nishinoshima, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017.

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：杉岡 裕子

ローマ字氏名：(SUGIOKA, hiroko)

所属研究機関名：神戸大学

部局名：理学研究科

職名：准教授

研究者番号 (8 桁)：00359184

(2) 研究分担者

研究分担者氏名：前野 深

ローマ字氏名：(MAENO, fukashi)

所属研究機関名：東京大学

部局名：地震研究所

職名：准教授

研究者番号（8桁）：20444078

（3）研究分担者

研究分担者氏名：大湊 隆雄

ローマ字氏名：(OHMINATO, takao)

所属研究機関名：東京大学

部局名：地震研究所

職名：准教授

研究者番号（8桁）：70322039

（4）研究分担者

研究分担者氏名：篠原 雅尚

ローマ字氏名：(SHINOHARA, masanao)

所属研究機関名：東京大学

部局名：地震研究所

職名：教授

研究者番号（8桁）：90242172

（5）研究分担者

研究分担者氏名：高木 朗充

ローマ字氏名：(TAKAGI, akimichi)

所属研究機関名：気象庁気象研究所

部局名：火山研究部

職名：室長

研究者番号（8桁）：70354537

（6）研究分担者

研究分担者氏名：篠原 宏志

ローマ字氏名：(SHINOHARA, hiroshi)

所属研究機関名：国立研究開発法人産業技術総合研究所

部局名：地質調査総合センター

職名：首席研究員

研究者番号（8桁）：80357194