

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年5月24日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05584

研究課題名(和文) 陸上テフラを用いた海底火山の高分解能噴火活動史解明と周辺陸域への影響評価

研究課題名(英文) Deciphering high-resolution volcanic records of submarine volcano and its hazards using subaerial tephra

研究代表者

谷 健一郎 (Tani, Kenichiro)

独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・研究主幹

研究者番号：70359206

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では北部伊豆小笠原弧大室ダシ海底火山の海底調査と周辺陸域の陸上テフラ解析から海底火山の噴火活動史を高精度に読み取り、噴火による周辺陸域への影響を評価することを目指した。研究期間中に大室ダシ海域において計3回の海底調査を実施し、地質調査と噴出物の採集を行った。また計3回の周辺島嶼域の陸上調査を行い、大室ダシ火山由来のテフラを調査・採集した。採集試料の岩石学・地球化学的分析から最終氷期最盛期以降に、大室ダシ火山では既知の大室海穴だけでなく複数の地点で流紋岩質溶岩を噴出する噴火が起こっていたことが判明した。また陸上テフラ解析から伊豆大島・利島において大室ダシ火山由来の噴出物が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

関東に最も近い大型海底火山である、伊豆大島南方の大室ダシ海底火山について初めて詳細な海底地形図を製作した。また海底調査から新たな噴火活動の証拠が発見された。大室ダシは浅海に位置しているため、過去の噴火によって噴出物が周辺陸域に到達している可能性が従来から指摘されていたが、本研究において実施した陸上調査によって伊豆大島と利島に大室ダシ由来の軽石質噴出物が堆積していることが岩石学・地球化学的分析によって初めて確認された。これらの成果は浅海海底火山の噴火プロセスや噴火物の運搬・堆積機構について重要な新知見をもたらすと共に、周辺陸域への将来的な災害リスク評価においても重要な社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：We have aimed to understand volcanic history of the Oomurodash Volcano, northern Izu-Bonin Arc, through extensive submarine surveys and possible correlation with tephra records in the surrounding islands.

We have conducted three research cruises in the Oomurodash area using ROV and dredge hauls, and found evidences for submarine rhyolitic lava eruptions after the Last Glacial Maximum at the Oomurodash summit other than Oomuro Hole, where record of a submarine explosive eruption has already been discovered.

We have also conducted geological survey in the Izu Islands aiming to find subaerial records of tephra dispersal from the Oomurodash Volcano. From detailed petrological and geochemical analysis of the collected submarine and subaerial volcanic rocks, we have identified pumiceous tephra from Oomurodash in the Izu-Oshima and Toshima.

研究分野：地質学

キーワード：浅海噴火 伊豆小笠原弧 テフラ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

関東沿岸や伊豆諸島の近隣には北部伊豆小笠原弧の海底火山が多数分布しているが、その火山発達史や噴火履歴についてはほとんどが未解明のままである。特に珪長質海底噴火は爆発的な噴火を起こし、水深によって噴火様式や火山噴出物の運搬・堆積機構が大きく異なる可能性が従来から指摘されているが、実際の海底調査に基づいた噴火堆積物からの検証例は研究代表者らによる先行研究 (Tani et al., 2008 Bull. Vol.) を併せ世界でもまだ数例しかなく、火山地質学的観点からの調査研究の蓄積が求められている。

大室ダシは伊豆大島南方約 20 km に位置する北部伊豆小笠原弧火山フロント上の直径約 20 km の高まりである。過去のドレッジ調査で流紋岩質軽石が採取されていたものの (葉室ほか, 1983 震研彙報) 詳細な地質構造は不明であり、また水深約 100 ~ 150 m に広大な平頂部を持つことから活動的な火山とは考えられてこなかった。

しかし研究代表者らが 2012 年に海洋研究開発機構の調査船なつしま NT12-19 航海において大室ダシ平頂部に存在する凹地 (大室海穴) に無人探査機を用いた潜航調査を実施したところ、水深 200 m の大室海穴底部一帯において 200 近い活発な高温熱水活動と、非常に高い地温勾配 (30 K/m) が測定された。また海穴周辺の海底は新鮮な流紋岩質軽石によって一面覆われていることも明らかとなった。

この発見は大室ダシが活動的な流紋岩質海底火山であることを強く示唆している。浅海における海底噴火はマグマ水蒸気爆発や津波によって周辺陸域に大きな災害を引き起こすリスクがある。その観点から予察的に大室ダシ近傍の伊豆大島の陸上調査を行ったところ、約 1 万年前のテフラから大室海穴の流紋岩と主要元素組成が類似した流紋岩質軽石が発見された。またこれらのテフラからは海産有孔虫が同時に産出し、海底噴火によって周辺の底層ないしは浮遊性の有孔虫が噴煙柱に巻き込まれた可能性が示唆される。

これらの結果は過去に大室ダシ火山の浅海噴火による被害が北部伊豆諸島に及び、さらには陸上テフラに含まれる海産微化石の有無や種類がその給源の噴火環境 (陸上 vs 海底) や噴火形態を復元する上で重要な指標となり得る可能性を示唆している。伊豆大島にはこれ以外にも先行研究によって流紋岩質軽石を含む複数のテフラ層が報告されている (上杉ほか, 1994 第四紀研究)。これらは近傍の新島・神津島などの流紋岩マグマを噴出する火山島ないしは伊豆大島自身の珪長質噴火起源とされてきたが、軽石や火山ガラスの主要・微量元素組成や海産微化石の有無からその給源を再検討する必要がある。

### 2. 研究の目的

本研究では大室ダシの詳細な海底地質調査を実施して、その火山形成発達史を明らかにすると共に、大室ダシ周辺 (伊豆大島・利島) の陸上テフラ層に含まれる軽石・火山ガラスの全岩化学組成・岩石学的特徴を大室ダシの火山噴出物と対比する。それによって各地点の大室ダシ由来のテフラを同定し、その層厚・分布域から噴火規模を推定すると共に噴火履歴を明らかにする。さらにはテフラに含まれる火山灰以外の構成粒子も詳細に検討することで、微化石などを用いて噴火・堆積環境を推定する指標の確立を行う。得られたデータの解釈によって以下のような成果を目指した：

#### [ 大室ダシの詳細な火山発達史と噴火履歴を明らかにする ]

大室ダシは北部伊豆諸島や関東沿岸の近傍に位置する伊豆小笠原弧最大規模の流紋岩質海底火山である。その火山発達史や過去の噴火履歴を明らかにすることは大室ダシが将来噴火した場合の災害リスクを評価する上で必要不可欠であり、社会的な関心も高い。

#### [ 海底火山の浅海噴火に伴う周辺陸域への影響を評価する ]

海底噴火が周辺陸域へ及ぼす災害については、これまで縄文時代の鬼界カルデラ噴火などの大規模噴火を除いてほとんど定量的に見積もられた例が無い。これは海底調査が困難であるのに加えて、潮流によって噴出物の再堆積が起こるので、より頻繁に起こる小規模噴火の履歴を噴火堆積物から読み取ることが難しいからである。それに対して大室ダシは周辺諸島のテフラから噴火記録を読み取ることができれば、陸上火山研究と同様の手法を用いて噴火履歴や噴火規模を高精度に復元できる可能性がある。

#### [ 陸上テフラから周辺海底火山の噴火記録を微化石から識別する指標を確立する ]

日本列島は無数の海底火山に囲まれているが、陸上テフラから噴火環境 (陸上 vs 海底) を識別することは困難な場合が多い。本研究で大室ダシ由来のテフラに有孔虫などの海産微化石が特徴的に含まれることが明らかになれば、海底噴火を示す指標として用いることが可能になる。また含まれる微化石の生息環境 (底層 vs 浮遊性) からこれらの生物がどのように噴煙柱に取り込まれたかも推定することが出来る。これは海底噴火の際にマグマと海水・堆積物がどのように相互作用を起こすのかを解明する上で重要な制約となる。

### 3. 研究の方法

#### [ 海底調査 ]

大室ダシは八丈島に匹敵する伊豆小笠原弧最大規模の火山体であり、これまでの調査航海で

判明した大室海穴での火山熱水活動はそのごく一部でしかない。大室ダシにおける火山形成発達史の全容とマグマシステムの岩石学・地球化学的特徴を明らかにすることを目的に、調査船を用いた広域的なマッピング、火山地質調査、岩石・堆積物試料採取を行う。本研究では簡便に岩石・堆積物を採取しながら海底観察が可能な深海カメラを付けた小型ドレッジを導入し、確実に利用可能な筑波大学下田臨海実験センター所属の小型調査船「つくば II」に搭載して、より緻密な海底調査・サンプリングを実施する。

#### [ 陸上調査 ]

大室ダシの過去の浅海噴火による周辺陸域への影響を明らかにするために、周辺諸島（伊豆大島・利島・新島など）に分布する珪長質テフラの系統的な記載・サンプリングを行う。

#### [ 室内分析：火山噴出物 ]

詳細な海底観察に基づいて大室ダシの火山発達史を明らかにした上で、各活動期の海底噴出物についてまずは記載岩石学的研究を行い、全岩化学組成（主要・微量元素）分析と斑晶の鉱物化学組成分析からマグマ進化過程を明らかにする。陸上テフラについては軽石・火山灰を精選して火山ガラスの全岩化学組成をレーザーアブレーション ICP-MS で分析する。その後、大室ダシの火山噴出物と陸上テフラについて、全岩化学組成・斑晶組み合わせ・鉱物化学組成を比較することで、大室ダシ火山由来の陸上テフラを同定する。大室ダシ周辺には新島・神津島などの流紋岩質背弧火山も分布しており、流紋岩質テフラの一部はこれらの火山由来の可能性もある。予察的な分析では大室ダシと新島などの流紋岩質背弧火山は液相濃集元素などのマグマ含有量が明瞭に異なる可能性が高いが、より詳細に検討する。

#### [ 室内分析：火山噴出物中の海産微化石 ]

陸上テフラに含まれる海産有孔虫が海底噴火の際に取り込まれたという仮説を検証するために、火山噴出物以外の構成粒子についても詳細に同定する。微化石が含まれる場合は走査型電子顕微鏡を用いてその種類・量比・産状を明らかにする。島嶼域では台風の波浪などによって海底噴火とは関係なく海産微化石が陸上に供給された可能性もあり、確実に陸上噴火由来と判明している歴史噴火のテフラについても海産微化石の有無や種類を比較する。

さらには給源と推定している大室ダシの底層・浮遊性生物群集の種類・特徴も不明であるため、上記の調査航海の際に堆積物のサンプリングを行い、陸上テフラに産する群集との比較研究を行う。

### 4. 研究成果

#### [ 海底調査 ]

大室ダシ火山の形成発達史とマグマシステムの岩石学・地球化学的特徴を明らかにすることを目的に、平成 28 年 5 月に海洋研究開発機構調査船「新青丸」KS-16-6 航海を実施し、無人探査機を用いた潜航調査を行った。この調査によって山体西部の詳細な海底地形図を作成し、それまでに取得していた測深データと合わせることで大室ダシ全体の海底地形図が完成した。その結果、平頂部に新たに複数の溶岩ドーム状が発見され、最近の火山活動が従来から噴火中心として推定されていた山頂中部の大室海穴に限らず、より広範囲に及んでいる可能性があることが判明した。

更により機動的に海底調査を行うために深海カメラを搭載した小型カメラそりを製作した。このカメラシステムを用いて筑波大学所属の調査船「つくば II」を用いた海底調査を平成 29 年 10 月・平成 30 年 10 月に実施し、平頂部に分布する小海丘群の多くは新しい流紋岩質溶岩ドームであることが判明した。これは KS-16-6 航海の結果と整合的であり、新期火山活動が流紋岩質であり、従来の想定よりもより広範囲に分布することが初めて確認された。また「つくば II」調査では大室ダシ周囲の小海丘においてもドレッジを行い、その多くが玄武岩質火山であることが判明した。

#### [ 陸上調査 ]

大室ダシにおける過去の浅海噴火による周辺陸域への影響を明らかにするために、新島周辺（平成 28 年 7 月）利島（平成 31 年 3 月）の陸上調査を実施し、大室ダシ火山の噴火由来のテフラ調査・サンプリングを行った。

#### [ 火山噴出物分析 ]

海底調査で採集した大室ダシの火山噴出物について記載岩石学的研究を行い、溶岩・軽石・火山ガラスについて蛍光 X 線分析装置・電子マイクロプローブアナライザー・レーザーアブレーション ICPMS を用いた系統的な主要元素・微量元素組成分析を行った。それによって大室ダシ火山が玄武岩とデイサイト～流紋岩のバイモーダルなマグマ活動によって形成され、最近の活動はそのなかでも最も分化した組成の流紋岩質マグマによるものであることが判明した。また大室海穴周辺の流紋岩と伊豆大島・利島の陸上テフラ中の軽石は主要元素・微量元素・鉱物化学組成まで非常に良く一致し、テフラの放射性炭素年代との比較から、約 1 万年前に起こった大室海穴での浅海噴火によって、利島・新島に噴出物が到達していたことが確認できた。なお新島周辺で採集したテフラからは大室ダシ由来の噴出物を確認することはできなかった。

更に研究協力者（海洋研究開発機構 Iona McIntosh 研究員）と海底・陸上テフラのフォーエ

変換赤外分光装置を用いた揮発性成分分析を行い、そこから推定される噴火水深の推移と海水準変動を合わせて解釈することで噴火年代を制約できる可能性を発見した。

[ 微化石分析 ]

調査航海で採取した大室ダシ海底堆積物と利島・新島・伊豆大島( 国立科学博物館収蔵標本 ) の陸上テフラを微化石研究用に洗い出し、底生有孔虫の拾い出しを行った。それらについては研究協力者( 香港大学 Louise 博士・国立科学博物館長井博士 ) の協力を得て、種の同定を進め、一部は放射性炭素年代測定を実施した。海底堆積物中には異地性の有孔虫遺骸を認めたが現地性の割合も少なくないことが判明した。

陸上テフラに含まれる海産微化石のキャラクタライゼーションを進めたが、その産出頻度・種類に大きなばらつきがあることが判明し、現状では海底噴火の指標として用いることは難しい結果となっている。研究計画の終了後も引き続き検討を進める。

[ 成果公表 ]

上記の成果については国内外の学会で発表( 含 2 件招待講演 ) し、海底調査から得られた付随的な成果については順次査読付き論文として公表を行った。本研究課題で得られた大室ダシの長期火山発達史・噴火履歴と、大室ダシ海域の底層生物についての生物群集解析結果についてはそれぞれ包括的な論文の最終投稿準備を進めており、早期に公表したい。

5 . 主な発表論文等

[ 雑誌論文 ] ( 計 8 件 )

1. T. Nishikawa, H. Komatsu, Y. Kameda, K. Tani (2017) A New Find of the Whale-fall Lancelet *Asymmetron inferum* (Cephalochordata) near a Hydrothermal Vent at Oomuro-dashi Submarine Volcano in the Izu Islands, Pacific Coast of Japan, as a Possible Case to Prove the Stepping-stone Hypothesis, *Species Diversity*, 22, 69-72.
2. K. Nakajima, M. Suzuki, Y. Nagai, K. Izumida, Y. Oaki, T. Toyofuku, J. Bijma, G. Nehrke, M. Raitzsch, K. Tani, H. Imai (2017) Hierarchical textures on aragonitic shells of the hyaline radial foraminifer *Hoeglundina elegans*, *CrystEngComm*, 19, 7191-7196.
3. I.M. McIntosh, A.R.L. Nichols, K. Tani, E.W. Llewellyn (2017) Accounting for the species-dependence of the 3500 cm<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O infrared molar absorptivity coefficient: implications for hydrated volcanic glasses, *American Mineralogist*, 102, 1667-1676.
4. T. Ohki, T. Yokobiki, S. Nishida, K. Tani, E. Araki, K. Kawaguchi (2018) Probabilistic cable damage risk assessment method for seafloor cabled observatory and its application to hydrothermal fields, *Marine Technology Society Journal*, 52, 138-149.
5. M. Manga, K.E. Fauria, C. Lin, S.J. Mitchell, M. Jones, C. Conway, W. Degruyter, B. Hosseini, R. Carey, R. Cahalan, B.F. Houghton, J.D.L. White, M. Jutzeler, S.A. Soule, K. Tani (2018) The pumice raft-forming 2012 Havre submarine eruption was effusive, *Earth and Planetary Science Letters*, 489, 49-58.
6. R. Carey, S.A. Soule, M. Manga, J. White, J. McPhie, R. Wysoczanski, M. Jutzeler, K. Tani, D. Fornari, F. Caratori-Tontini, B. Houghton, S. Mitchell, F. Ikegami, C. Conway, A. Murch, K. Fauria, M. Jones, R. Cahalan, W. McKenzie (2018) The largest deep ocean silicic volcanic eruption of the past century, *Science Advances*, doi: 10.1126/sciadv.1701121.
7. Y. Nagai, K. Uematsu, C. Chen, R. Wani, J. Tyszka, T. Toyofuku (2018) Weaving of biomineralization framework in rotaliid foraminifera: implications for paleoceanographic proxies, *Biogeosciences*, 15, 6773-6789.
8. Y. Nagai, K. Uematsu, R. Wani, T. Toyofuku (2018) Reading the Fine Print: Ultra-Microstructures of Foraminiferal Calcification Revealed Using Focused Ion Beam Microscopy, *Frontiers in Marine Science*, 5, 1-15.

[ 学会発表 ] ( 計 6 件 )

1. 中島希実子, 鈴木萌菜美, 長井裕季子, 緒明佑哉, 豊福高志, 今井宏明 (2016) Lateral and Vertical Textures in Shells of Calcitic and Aragonitic Foraminifers, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, 2016/5/22, 幕張メッセ (千葉県幕張市) .
2. K. Tani, O. Ishizuka, I. McIntosh, A.R.L. Nichols, Y. Masaki, F. Ikegami, H. Sumino and T. Toyofuku (2017) Shallow submarine silicic eruptions at Oomurodash Volcano, northern Izu-Bonin Arc, and their potential hazards, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 (招待講演), 2017/5/25, 幕張メッセ (千葉県幕張市) .
3. K. Tani, O. Ishizuka, I. McIntosh, A. Nichols, Y. Masaki, F. Ikegami, H. Sumino, T. Toyofuku (2017) Oomurodash Volcano, northern Izu-Bonin Arc: Long term edifice growth under shallow sea environment and its potential hazards, IAVCEI 2017 Scientific Assembly, 2017/8/14, Portland, U.S.A.
4. K. Tani, H. Kawabata, O. Ishizuka, A.Yu. Martynov, T. Sano (2018) Discovery of

Pleistocene adakitic volcanism in southern Sakhalin, American Geophysical Union Fall Meeting 2018, 2018/12/12, Washington D.C., U.S.A.

5. I.M. McIntosh, S.J. Mitchell, K. Tani, B.F. Houghton, R. Carey, T. Shea (2018) Investigating Submarine Eruption Dynamics Using Water Contents of Submarine Pyroclasts, American Geophysical Union Fall Meeting 2018, 2018/12/11, Washington D.C., U.S.A.
6. T. Toyofuku (2018) Fantastic voyage to the cellular functions of foraminiferal chamber formation, International Symposium on Foraminifera (FORAMS 2018) (招待講演), 2018/6/18, Edinburgh, U.K.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等:

[https://www.kahaku.go.jp/research/researcher/my\\_research/geology/tani/index.html](https://www.kahaku.go.jp/research/researcher/my_research/geology/tani/index.html)

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名: 及川 輝樹

ローマ字氏名: Teruki Oikawa

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: その他部局等

職名: 研究員

研究者番号(8桁): 10435761

(気象庁火山課に在籍出向し、科研費応募資格を喪失したため削除: 2017年3月7日)

研究分担者氏名: 豊福 高志

ローマ字氏名: Takashi Toyofuku

所属研究機関名: 国立研究開発法人海洋研究開発機構

部局名: 超先鋭研究開発部門

職名: 主任研究員

研究者番号(8桁): 30371719

### (2)研究協力者

研究協力者氏名: Iona McIntosh

ローマ字氏名: Iona McIntosh

所属研究機関名: 国立研究開発法人海洋研究開発機構

部局名: 海域地震火山部門

職名: 研究員

研究者番号(8桁): 70780899

研究協力者氏名: 長井 裕季子

ローマ字氏名: Yukiko Nagai

所属研究機関名: 独立行政法人国立科学博物館

部局名: 地学研究部

職名: 協力研究員

研究者番号(8桁): 20822612

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する

見解や責任は、研究者個人に帰属されます。