

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：13901

研究種目：特別研究促進費

研究期間：2014～2014

課題番号：26900002

研究課題名(和文)2014年御嶽山噴火に関する総合調査

研究課題名(英文)Comprehensive study of the Eruption of Ontake volcano in 2014

## 研究代表者

山岡 耕春 (Yamaoka, Koshun)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：70183118

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,500,000円

研究成果の概要(和文)：御嶽山の2014年噴火に関連した以下の成果を得た。(1)山頂周辺の地形変化と噴出物調査として、噴火前・後の航空写真、レーザ測量データ、人工衛星写真を取得し、噴火前後の映像を比較した。また山頂の現地調査を行い、噴火推移の詳細を明らかにした。(2)噴火前から取得されている各種データの解析、噴火後の地震計・傾斜計の設置と水準測量を実施し、水蒸気噴火に至るプロセスとその後の推移を明らかにした。(3)自立飛行無人機による火山ガス測定を行い、2014年噴火が1979年噴火と同じ経過をたどっていることを明らかにした。(4)火山災害情報の発信のあり方の調査を行い、御嶽山周辺住民の火山防災意識が明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In the study of the 2014 eruption of Ontake Volcano we obtained the following results. 1) Regarding the studies on surface change and eruption material, we obtained the aerial and satellite image and laser profile data to compare the topography before and after the eruption. We also clarified the detailed eruption process by the geological survey of the summit area. 2) We clarify the process leading to the phreatic eruption and afterwards by analyzing the existing data set on earthquake and crustal deformation together with the newly obtained data by deploying seismometers. 3) We confirmed that the post-process of the 2014 eruption follows that of the 1979 one by analyzing the volcanic gas that sampled using an unmanned aerial vehicle. 4) In the study of disaster information dissemination, we clarify the preparedness for the volcano disasters in the community around Ontake Volcano.

研究分野：火山学

キーワード：水蒸気噴火 火山噴火予知 噴石 火山灰 火砕流 防災意識

## 1. 研究開始当初の背景

長野県・岐阜県境の御嶽山では 2014 年 9 月 27 日に水蒸気噴火が発生し、大量の噴石と火山灰が放出された。不幸にも登山シーズンの休日の昼間とあって山頂付近にいた多くの登山者が噴火に遭遇し、多数の死傷者が発生する事態となった。翌日以降も噴火は継続し火山性微動が多発した。10 月に入り噴煙量や火山性地震の回数は減少傾向にあるように見えるが、火山性微動の活動が断続的に活発化するなど、噴火発生危険性が依然高い状態が続いていた。

御嶽山の活動は 1979 年の水蒸気噴火以降、長期的に減衰してきており、この規模の噴火活動の発生の予見は困難であった。しかも、今回発生したような水蒸気噴火はマグマ噴火と比較して、明瞭な前兆的現象がほとんど観測されないため、噴火予測は困難であると世界的にも認識されている。火山噴火サイクルの長期的推移の中で、噴火準備過程から噴火に至るプロセスとその後の活動の推移を解明することは、火山活動予測の高度化のために非常に重要な研究である。

自然災害研究のアプローチとして、今後の火山災害の発生時に避難を促進し被害を低減するためには、観測情報やそこから得られた知見を事前に発信する情報提供の方策を検討する必要がある。火山災害に対する登山者と自治体双方のリスク認識について知見を得るとともに、前兆的現象と明確に確認できない段階におけるリスク情報の伝達のあり方、噴火現象速報の実現性を検討することには社会的要請が極めて高い。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、大きく分けて 2 つである。

一つは、御嶽山において 2014 年 8 月末から始まった噴火準備過程から 9 月 27 日の水蒸気噴火を経て推移する火山活動を、地質学・地形学・地球化学・地球物理学的手法によって解明することで、これまで十分に観測がなされていない水蒸気噴火のプロセスに関する知見を深めることである。具体的には、2014 年 8 月末からの地震活動の推移及び、噴火直前の傾斜変動や火山性微動の活発化といった噴火準備過程において山体内で起きていた火山現象と、水蒸気噴火に至る過程を、地震観測や地殻変動観測記録の解析により解明する。また、9 月 27 日の水蒸気噴火活動について、地震観測、地殻変動観測、写真測量による噴出物の状況、火山灰・火山ガス・地下水の化学的分析などから、水蒸気噴火のメカニズムを解明する。また、水蒸気噴火からマグマ噴火への移行の可能性を視野にいれつつ、地殻変動・地震観測や空振観測の強化により火山活動の推移を捉える。

もう一つの目的は、今回の噴火に対する行政や住民の対応を調査することにより防災

上の課題を明らかにし、リスク情報の伝達のあり方について学術的観点から検討することである。これらの研究結果を総合的に検討し、今回の噴火を御嶽山の噴火サイクルに位置づけて理解するとともに、現在進行中の噴火活動を把握し、火山噴火災害の軽減方策に貢献することを目指す。そのために、住民へのアンケート、周辺自治体の災害対応や広域連携のあり方についてヒアリング調査を行い、地元の行政機関とのワークショップを実施して、火山活動情報の発信方法のあり方について学術的な観点から検討する。

## 3. 研究の方法

研究は大きく分けて以下の 4 つの方法により実施した。

(1) 山頂周辺の地形変化と火山灰・噴出物調査

噴火前・後に取得されたレーザー測量や航空写真・衛星写真をもとに、火山体、特に火口周辺の詳細な地形と火孔列の位置に関する 3 次元データを取得する。また、今回の噴火の噴出物の飛散範囲と堆積量の状況及び、火山灰構成物種の時間変化を調査し、噴火の規模や噴火が進行したメカニズムを正確に把握する。また、火砕流が流下した痕跡の状況を詳細に観察し、その特性を明らかにする。

(2) 地震地殻変動観測による火山活動調査

噴火前の準備・直前過程の理解を深めるために、地震の波形および地殻変動記録を用いて、2014 年 8 月末から始まった活動の推移を精査する。水蒸気噴火に至る約 1 ヶ月間に山頂直下で何が起きたのかを明らかにし、水蒸気噴火の発生モデルを構築する。

また長期的な視野で地殻変動データの精査を行う。そのために、長期的な GNSS 記録の精査と、1999 年から繰り返し実施されている水準測量路線の再測、及び、新規設置水準測量路線における水準測量を実施する。

現在進行中の噴火活動を把握し、噴火の推移を明らかにするために、広帯域地震計や地震計アレイを設置し地震観測網の強化を計る。さらに、山体の地殻変動を精密に検出するための傾斜計を設置し、GNSS による地殻変動観測点も増強する。また、新たに空振観測点を追加し、地震波形データと統合解析を行い、空振波形の特徴や地震と空振のエネルギー比から噴火の形態を推定する。

(3) 火山灰・火山ガスの調査

水溶性成分を採取し、それらから今回の水蒸気噴火に関わる火山ガスの分析を行う。既に、噴火初期の火山灰の分析により、新鮮なマグマは直接関与していないことが報告されているが、火山灰の噴出が継続する場合には、降下火山灰採取装置を設置して随時サンプリングと分析を行う。GCMS により大気中に存在する分析対象ガス(CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>)存在度と噴火活動の相関を検討する。火山のマグマ活動を評価するため、御嶽火口噴

気ガスおよび火山周囲の温泉・鉱泉水の採取と試料に含まれるヘリウム同位体測定を実施する。

今後の噴火推移を判断するため、自立飛行型無人機により赤外、可視画像取得や各種空中観測、ガスや火山灰の直接採取を実施し、高温域の分布、火口温度の推定、熱水系の関与、マグマの関与の推定などを行う

#### (4) 火山災害情報の発信のあり方

水蒸気噴火の発生を事前に把握することは困難であるが、今回の噴火前には火山性微動や傾斜変動等が観測されている。これらのデータ、および、他火山における水蒸気噴火に伴って観測されたデータを総合的に検討し、水蒸気噴火の前駆的現象の物理過程の解明を目指し、噴火現象のナウキャスト実現性を検討する。

一般の方に対する事前の情報伝達のあり方の検討として、火山災害のリスクコミュニケーションに関する調査及び検討を行う。そのため御嶽山の周辺自治体の災害対応の状況を検証するとともに、災害対応・事前対策における県域を越えた広域連携のあり方についてヒアリング調査を通して検討する。

## 4. 研究成果

研究成果は、英文誌 Earth Planets and Space に特集号としてまとめられ、国際的に発信された。

以下に、4つの研究手法に関する主な成果についてまとめる。なお、噴火後に火山活動のさらなる活発化は特に見られなかったため、いくつかの研究項目については観測を行ったものの、成果に結びつくデータは得られています。

#### (1) 山頂周辺の地形と火山灰・噴出物調査

山頂周辺の地形については、噴火前後の航空写真・衛星写真・航空レーダ測量のデータをGIS上で比較できるように整理した。これは将来再噴火をした際の基礎データとして利用可能である。噴石の分布についての解析を試みたが、噴火前のデータの分解能が不十分であり、解析には至らなかった。しかしながら、火口周辺に厚く火山灰が積もっている事や、噴火後の火山灰の浸食が分かるデータとなっている。

火山灰・噴出物調査としては、山頂調査を行い、また目撃者の聞き取り調査と合わせ、2014年噴火プロセスの詳細を明らかにした(

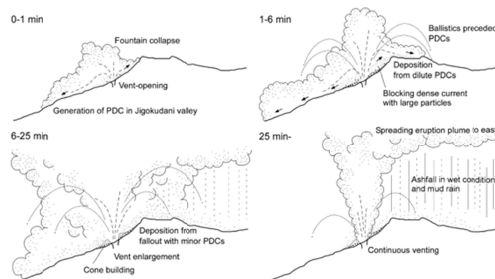


図1 詳細な噴火プロセス (Maeno et al. 2015)

図1)。噴火初期に火砕流が発生し、その後噴煙柱の立ち上がりの時期にかけて火口から噴石を放出した。湿った噴煙柱が立ち上ることによって、雨交じりの火山灰が降ったことが明らかになった。また噴火直後にメディア等により撮影された航空写真から、噴石のサイズ分布を明らかにするとともに、噴石の初速最大初速度が 110m/s 程度であることを明らかにした(Kaneko et al. 2016)。

#### (2) 地震地殻変動観測による火山活動調査

2014年9月27日の水蒸気噴火に先立つ地震活動を詳細に解析し、地震の活動と震源が

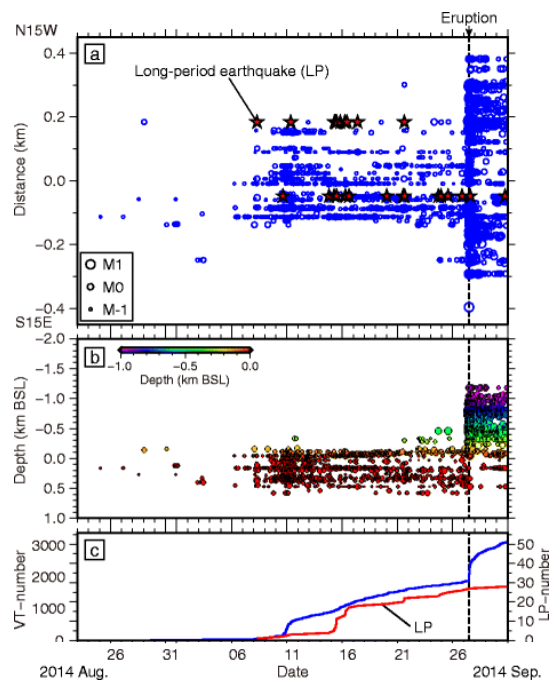


図2：地震の震源位置と活動度の変化 (Kato et al. 2015)

活動とともに変化したことを定量的に明らかにした(Kato et al. 2015)。また構造的な地震に4日ほど遅れて低周波地震活動がきっかけしたことを明らかにした。

地震のメカニズムの変化から応力の変化を推定し、火山活動の盛衰との関連を明らかにした(Terakawa et al. 2016)。

噴火後に水準測量を行い、噴火前の結果や周辺のGNSS観測結果と合わせて解析し、変動源を推定した。その結果、噴火前は火山の深さ3kmあたりでの膨張があり、噴火後に収縮したという解釈ができることを示した(Murase et al. 2016)。

噴火時に発生した低周波振動を解析した結果、噴火時に生成された火口列の方向と一致した割目が地下で開いたことが原因である可能性が示唆され、地表に向けて水蒸気が上昇するプロセスを反映している可能性が明らかになった(Maeda et al. 2015)。

空振データの解析からは、噴火開始の正確な時刻と観測された地殻変動・火山性微動との関連が明らかになった。

噴火前後の SAR 解析によると、噴火前に有意な地殻変動を観測されなかったことが明らかになった。

### (3) 火山灰・火山ガスの調査

噴火後に有人ヘリおよび UAV (無人自動操縦機) を用いて火山ガスを定期的に採取し、噴火に伴う火山ガスの成分と量の変化を明らかにした (Mori et al. 2016)。その結果、SO<sub>2</sub> は噴火直後には 2000ton/日と大量であったものの、2ヶ月後には 130ton/日と大幅に減少した。それに対し H<sub>2</sub>S は 700-800ton/日という量で推移した。これは噴火後の熱水の温度低下傾向を表しており、噴火後は 1979 年噴火と同じ推移をたどっていることを示している。

### (4) 火山災害情報の発信のあり方

御嶽山噴火直前の地殻変動は、噴火の切迫を表す緊急性の高い情報であった。この地殻変動を解析して他の火山と比較した。その結果、水蒸気噴火では山上がりの傾斜変動から噴火までの時間が短い、噴火に至る条件として情報発表に使える可能性が高いことが分かった (Takagi et al. EPS 投稿中)。

御嶽山麓の岐阜県下呂市にて住民アンケート調査を行い、火山防災に関する意識調査を行った。火山活動に関する情報については、噴火に至らない可能性があっても火山活動の異常に関する情報が必要であるという結果が得られた。また登山者・観光客に対する火山情報の伝達は、ホームページによるものよりは、登山口への掲示など直接的な方がよいという考えが多いことが分かった。火山災害を減らすためには、火山情報を携帯などで直接受信できることが望ましいという考えが多いことが分かった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

F.Maeno, S.Nakada, T.Oikawa, M.Yoshimoto, J.Komori, Y.Ishizuka, Y.Takeshita, T.Shimano, T.Kaneko, M.Nagai. Reconstruction of a phreatic eruption on 27 September 2014 at Ontake volcano, Central Japan, based on proximal pyroclastic density current and fallout deposits. Earth Planets and Space, 2016, 68:82. (査読あり)

T.Kaneko, F.Maeno, S.Nakada, 2014 Mount Ontake Eruption: characteristics of phreatic eruption as inferred from aerial observation. Earth Planets and Space, 2016, 68:72. (査読あり)

T.Oikawa, M.Yoshimoto, S.Nakada, F.Maeno, J.Komori, T.Shimano, Y.Takeshita, Y.Ishizuka, Y.Ishimine, Reconstruction of

the 2014 eruption of Ontake Volcano from recorded images and interviews. Earth Planets and Space, 2016, 68:79. (査読あり)

K.Tsunematsu, Y.Ishimine, T.Kaneko, M.Yoshimoto, T.Fujii, K.Yamaoka, Estimation of ballistic block landing energy during 2014 Mount Ontake Eruption. Earth Planets and Space, 2016, 68:88. (査読あり)

K.Miyaoka, A.Takagi, Detection of crustal deformation prior to the 2014 Mt.Ontake eruption by the stacking method. Earth Planets and Space, 2016, 68:60. (査読あり)

M.Murase, F.Kimata, Y.Yamanaka, S.Horikawa, K.Matsuhiro, T.Matsushima, H.Mori, T.Ohkura, S.Yoshikawa, R.Miyajima, H.Inoue, T.Mishima, T.Sonoda, K.Uchida, K.Yamamoto, H.Nakamichi, Preparatory process preceding the 2014 eruption of Mount Ontake volcano, Japan: insight from precise leveling measurement. Earth Planets and Space, 2016, 68:9. (査読あり)

Y.Sano, T.Kagoshima, N.Takahata, Y.Nishio, E.Rouilleau, D.L.Pinti, T.P.Fischer. Ten-year helium anomaly prior to the 2014 Mt. Ontake eruption. Scientific Reports. 2015. DOI:10.1038/srep13069. (査読あり)

A.Kato, T.Terakawa, Y.Yamanaka, Y.Maeda, S.Horikawa, K.Matsuhiro, T.Okuda. Preparatory and precursory processes leading up to the 2014 phreatic eruption of Mount Ontake, Japan. Earth Planets and Space, 2015 DOI: 10.1186/s40623-015-0288-x. (査読あり)

[学会発表] (計 12 件)

前田裕太・加藤愛太郎・寺川寿子・山中佳子・堀川信一郎・松廣健二郎・奥田隆 傾斜波形解析から示唆される御嶽山 2014 年噴火の浸透率増大モデル. 日本地球惑星科学連合 2016 大会 2015.5.22-26. 千葉市幕張メッセ.

伊藤武男・松廣健二郎 御嶽火山周辺の GNSS 観測と有限要素法によるモデリング. 日本地球惑星科学連合 2016 大会 2015.5.22-26. 千葉市幕張メッセ.

山岡耕春 御嶽山噴火後の国・自治体の取り組みと課題. 日本地球惑星科学連合 2015 大会 2015.5.24-5.28 千葉市幕張メッセ.

〔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

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山岡 耕春 (YAMAOKA Koshun)  
名古屋大学・環境学研究科・教授  
研究者番号: 70183118

### (2) 研究分担者

中田 節也 (NAKADA Setsuya)  
東京大学・地震研究所・教授  
研究者番号: 60128056

三宅 康幸 (MIYAKE Yasuyuki)  
信州大学・理学部・教授  
研究者番号: 70200144

鈴木 毅彦 (SUZUKI Takehiko)  
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授  
研究者番号: 60240941

山中 佳子 (YAMANAKA Yoshiko)  
名古屋大学・環境学研究科・准教授  
研究者番号: 30262083

大倉 敬宏 (OHKURA Takahiro)  
京都大学・理学研究科・教授  
研究者番号: 40233077

松島 健 (MATSUSHIMA Takeshi)  
九州大学・理学研究院・准教授  
研究者番号: 40222301

中道 治久 (NAKAMICHI Haruhisa)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号: 00420373

小澤 拓 (OZAWA Taku)  
防災科学技術研究所・研究員  
研究者番号: 70455252

武尾 実 (TAKEO Minoru)  
東京大学・地震研究所・教授  
研究者番号: 00197279

橋本 武志 (HASHIMOTO Takeshi)  
北海道大学・理学研究院・准教授  
研究者番号: 70283588

森 俊哉 (MORI Toshiya)  
東京大学・理学系研究科・教授  
研究者番号: 40272463

寺田 暁彦 (TERADA Akihiko)  
東京工業大学・火山流体研究センター・講師  
研究者番号: 00374215

野上 健治 (NOGAMI Kenji)  
東京工業大学・火山流体研究センター・教授  
研究者番号: 70251676

佐野 有司 (SANO Yuji)  
東京大学・大気海洋研究所・教授  
研究者番号: 50162524

田所 敬一 (TADOKORO Keiichi)  
名古屋大学・環境学研究科・准教授  
研究者番号: 7324390

高木 朗充 (TAKAGI Akimitsu)  
気象庁気象研究所・第三研究室長  
研究者番号: 70354537