

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26800241

研究課題名(和文)ブルカノ式噴火前の火山ガス蓄積プロセスの解明

研究課題名(英文) Investigation of volcanic gas accumulation mechanism prior to Vulcanian explosion at Sakurajima volcano, Japan

研究代表者

風早 竜之介 (KAZAHAYA, Ryunosuke)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・活断層・火山研究部門・研究員

研究者番号：50637379

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：桜島火山において火山ガス放出量観測を実施し、火山噴火活動に伴う火山ガス放出量変動を捉えた。また、得られた火山ガスデータおよび地殻変動を解析した。その結果、噴火前の火山ガス放出量減少と地殻変動量の間に相関が見られた。この結果は、噴火前に火道内に火山ガスが蓄積する事によって山体膨張が生ずる事を示唆している。これらの観測結果を元に桜島のブルカノ式噴火準備過程を火道 狭窄・火山ガス蓄積によってモデル化した。

研究成果の概要(英文)：Volcanic gas observations were conducted to quantify the variation of volcanic gas flux prior to Vulcanian explosions. We analyzed the volcanic gas and geodetic data, and found a positive relationship between the decrease in the volcanic gas flux and increases in strain records. These results suggest that the inflations before the explosion were caused by a gas accumulation. We proposed the model of the Vulcanian explosions by sealing of the conduit and the gas accumulation.

研究分野：火山学

キーワード：火山学 火山ガス 噴火活動推移予測 ブルカノ式噴火 噴火準備過程

1. 研究開始当初の背景

噴火活動推移予測を目的として、地球物理観測を用いたプルカノ式噴火の発生過程の研究が行われてきた。中でも、地殻変動観測によって「噴火前に火道に蓋が形成され、内圧が増加して噴火に至る」という噴火モデルが提唱されている(e.g. Iguchi et al., 2008)。だが、このモデルで提唱される「蓋の物性」や「増圧プロセス」について、物質科学的側面から定量的な評価を行っている研究例はなかった。

火山ガス放出率は火道の浸透率変化に応じて変化すると考えられるため(Edmonds et al., 2003)、プルカノ式噴火発生過程を定量的に評価する上で重要なデータである。また、研究開始当初は観測技術の高度化によって、地球物理現象と火山ガス放出を直接関連付ける事が可能となった時期であった(e.g., Kazahaya et al., 2013)。

2. 研究の目的

本研究の目的は、プルカノ式噴火前の火山ガス蓄積プロセスを明らかにする事である。特に「噴火前に火道に蓋が形成し、火山ガスが蓄積する事によって増圧し、噴火が発生する」という先行研究によって提唱された噴火モデルの評価・検証を具体的な目標とする。具体的には次の二つを目的とする。

(1) [噴火前の蓋形成プロセスの一般化]

筆者は本研究課題前に観測していた爆発噴火前の火山ガス放出率の減少を2件観測している。だが、この観測事例の普遍性は評価が必要であり、そのためには観測事例を増やす必要がある。本研究課題では桜島火山において火山ガス観測を実施し、噴火前の詳細な火山ガス放出率変動を把握する。

火山ガス放出率データはダルシー則(浸透流)等を仮定する事によって、火道内の浸透率の変化を知る手がかりとなる。火道内の浸透率が下がれば下がるほど火山ガスが蓄積し、増圧の効率が上がるため、大規模な噴火につながる事が予想される。本研究では、噴火規模予測を目標として、火山ガス放出率の変化から火道内の浸透率変化を推定し、その詳細な時間スケール・変化量を明らかにする事を目的とする。

(2) [火山ガスと地殻変動データの比較]

桜島では爆発噴火前に前兆的な火道増圧が観測されている。この増圧が火山ガス蓄積によるものならば、両者の間には正の相関関係が見出されることが期待される。これらの観測量を比較するために、火山ガス放出率減少量から火道に溜め込まれた火山ガス量を推定する。また、室内実験や岩石学的知見から、ガス蓄積による体積変化・増圧量を計算するために必要な理論を構築する。得られたガス蓄積による増圧量と、地殻変動観測データから得られる増圧量を比較し、プルカノ式

噴火前の増圧源の解明を目指す。

3. 研究の方法

以下、各番号は研究の目的の番号に対応する。

(1) [火山ガス放出率の高時間分解能測定]

桜島火山において SO₂ カメラ並びに紫外線分光計を用いたリモートセンシングによる火山ガス放出率の測定を実施した。SO₂ カメラは火山噴煙中の二酸化硫黄(SO₂)を可視化・定量するもので、優れた時間分解能(~1Hz)を持つことが特徴である。また、強い北風が卓越する冬季においては、紫外線分光系を用いた従来の観測方法でも数分単位での火山ガス放出率を測定する事が出来る事が解ったため、冬季における従来法による観測も併せて行った(図1)。

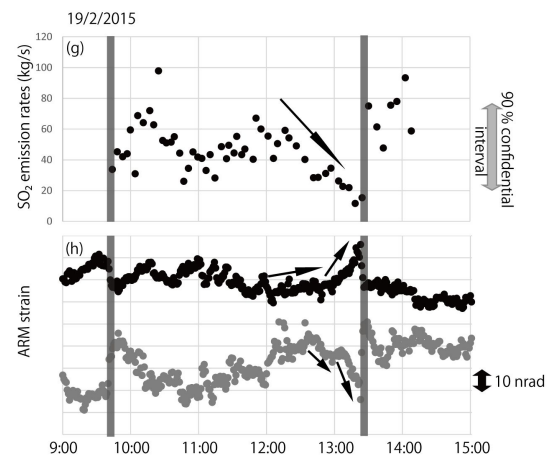


図1. プルカノ式噴火前の火山ガス放出率減少とひずみ計応答 (2015/2/19の事例)

得られた火山ガス放出率時系列データを解析し、噴火前の火山ガス放出率の変動を評価した。その結果、火山ガス放出率は爆発的プルカノ式噴火の10-60分前から減少するという事が解った。また、噴火前の膨張源の深さから、火山ガス放出率減少に伴う火道の浸透率の変化を見積もった所、噴火前の火道の浸透率の変化は有意ではないという事が解った。

(2) [火山ガス・地球物理観測データの比較手法開発]

観測によって得られた火山ガスデータを他の地球物理観測データと直接比較するために、観測データから火山ガス放出によって引き起こされる火山体積・圧力変化量を見積もる手法を開発した。SO₂ 放出率と火山ガス組成データから水等を含めた全火山ガス放出量を換算した。また、室内実験や岩石学的知見から得られるマグマ供給系での揮発性成分の挙動・温度圧力条件と全火山ガス放出量を組み合わせることで、マグマ供給系におけるマグマ中揮発性成分の体積及びガス蓄積

による圧力変化を推定した。

また、地震ソースでの体積変化を伴う火山性長周期地震（VLP）と火山ガス放出量を比較し、VLP観測データ（地震ソースでの体積変化量に対応）から、VLPを励起した火山ガス放出量（地震ソースを通過した火山ガス量）を推定する手法を開発した。

4. 研究成果

(1) [ブルカノ式噴火前の火山ガス放出率変化]

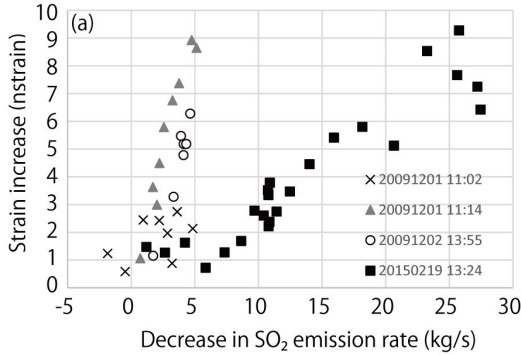


図2.ブルカノ式噴火前の火山ガス放出率減少と山体膨張の相関関係

桜島火山において、前兆的な膨張を伴う爆発噴火前に明示的な火山ガス放出率の減少を観測した。一方で、前兆的な膨張を伴わない弱い噴火の前には火山ガス放出率の前兆的な減少は見受けられなかった。また、火山ガス放出率の減少・膨張の時系列を比較した所、両者の間に相関が見出された（図2）。この観測事実は、噴火前に火道に火山ガスが蓄積されることによって火山ガス放出率の減少及び火道の膨張が引き起こされる事を示唆している。

研究期間中に 2014 年の御嶽山噴火・2015年の口永良部島噴火を始め、多数の火山において噴火活動が活発化したため、噴火対応として各火山にて急遽観測を実施した。このため、予定をしていた桜島火山での観測調査の一部が実施出来なかった。

(2) [火山ガス放出と地球物理観測の関係]

浅間山火山をテストケースとして、開発したマグマ供給系におけるマグマ中揮発性成分の体積変化を見積もる手法を適用し、火山ガス放出と地殻変動の関係を定量的に評価した。その結果、火山ガス放出によって大規模な地殻変動が起きうる事が解った。また、従来の地殻変動研究によるマグマ供給量の見積りは、火山ガス放出の寄与を考慮しなければ過小評価をしてしまう可能性が示唆される（論文成果）。

また、本研究で開発したVLP観測データから火山ガス放出量を見積る手法によって、浅間山火山におけるVLPを励起した火山

ガス放出量と全体の火山ガス放出量を比較した（図3）。これにより、VLPを励起した火山ガス放出量が噴火前兆的に大きく変化している事が明らかになった（論文成果）。

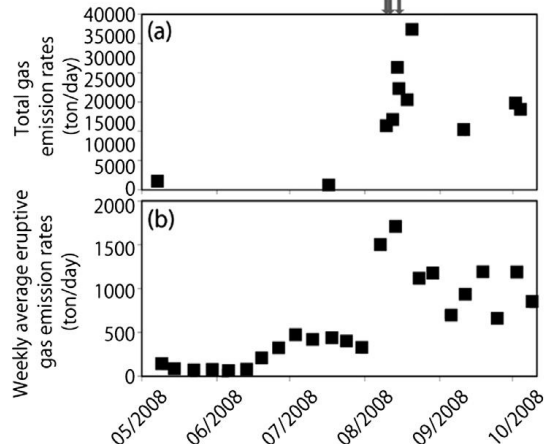


図3.浅間山火山における火山ガス放出率と火山性長周期地震（VLP）を励起した火山ガス放出率の比較

これらの手法により、火山ガスデータから推定される火山体積・圧力変化と他の地球物理観測データ（地震や地殻変動）から得られる火山体積・圧力変化を直接比較し、両者の関連付けが可能となった。

桜島での観測データを用いて、噴火前の火山ガス溜込による圧力増加量（ ΔP_{gas} ）を見積もり、地殻変動モデルから示唆される圧力増加量（ ΔP_{geo} ）と比較した所、両者は各噴火毎に良い相関を示した（図4）。だが、相関係数は各噴火事例ごとに異なった。これは各噴火毎に火道内の火山ガス蓄積が発生している火道の場所が異なっている事を示唆している。

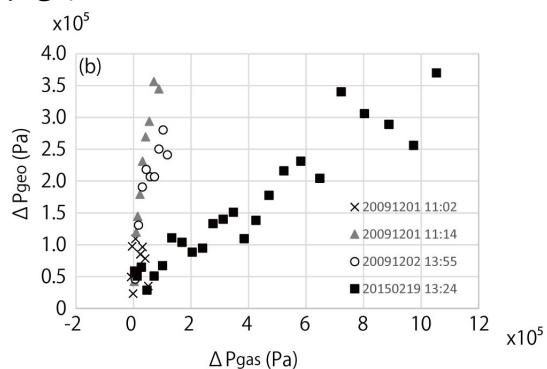


図4.ブルカノ式噴火前の火山ガス蓄積による圧力増加量と地殻変動データから示唆される圧力増加量の比較

本研究により、ブルカノ式噴火前の前兆的な火道膨張が火山ガス蓄積によって引き起こされているという事が明らかになった。

本研究の桜島における成果は既に論文にとりまとめられており、英文校閲等の微修正後に

国際雑誌に投稿する。2014 年御嶽山噴火・2015 年口永良部島噴火対応のため投稿が予定よりも遅れている。

<引用文献>

Edmonds, M., C. Oppenheimer, D. M. Pyle, R. A. Herd, and G. Thompson (2003), SO₂ emissions from Soufrière Hills Volcano and their relationship to conduit permeability, hydrothermal interaction and degassing regime, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 124, 23-43.

Iguchi, M., H. Yakiwara, T. Tameguri, M. Hendrasto, J. Hirabayashi, (2008), Mechanism of explosive eruption revealed by geophysical observations at the Sakurajima, Suwanosejima and Semeru volcanoes, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 178, 1-9.

Kazahaya, R., T. Mori, and K. Yamamoto (2013), Separate quantification of volcanic gas fluxes from Showa and Minamidake craters at Sakurajima Volcano, Japan, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, 58, 1, 183-189.

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2件)

風早竜之介, 青木陽介, 篠原宏志, Budget of shallow magma plumbing system at Asama Volcano, Japan, revealed by ground deformation and volcanic gas studies, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 査読有, vol.120, 2015, pp.2961-2973.

風早竜之介, 前田裕太, 森俊哉, 篠原宏志, 武尾実, Changes to the volcanic outgassing mechanism and very-long-period seismicity from 2007 to 2011 at Mt. Asama, Japan, *Earth and Planetary Science Letters*, 査読有, vol. 418, 2015, pp. 1-10.

[学会発表](計2件)

風早竜之介, 青木陽介, 篠原宏志, Budget of shallow magma plumbing system at Asama volcano, Japan, revealed by ground deformation and volcanic gas studies, *CCVG-IAVCE*, Nov. 2014, ATAKAMA, Chile.

風早竜之介, 青木陽介, 篠原宏志, 地殻変動・火山ガス観測に基づく浅間山地下のマグマ収支見積, 日本火山学会秋季大会, 2015年9月, 富山大学(富山)

6. 研究組織

(1)研究代表者

風早 竜之介 (KAZAHAYA, Ryunosuke)
独立行政法人産業技術総合研究所, 活断層・火山研究部門, 研究員
研究者番号: 50637379

(2)研究協力者

篠原宏志 (SHINOHARA, Hiroshi)
独立行政法人産業技術総合研究所, 活断層・火山研究部門, 首席研究員
研究者番号: 80357194

井口正人 (IGUCHI, Masato)
京都大学, 防災研究所, 教授
研究者番号: 60144391