

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510251

研究課題名(和文) 爆発的噴火をもたらす浅部火道システムの構造発達過程

研究課題名(英文) Structural development of shallow conduit of explosive eruption

研究代表者

下司 信夫 (GESHI, Nobuo)

独立行政法人産業技術総合研究所・活断層・火山研究部門・主任研究員

研究者番号：70356955

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：三宅島山頂カルデラ内の火道断面に構造について、山頂火口内に20を超える火道断面を識別した。それらを1)非爆発噴火火道、2)弱爆発噴火火道、および3)強爆発噴火火道の3種類に区分した。爆発強度の違いにより火道上部の侵食による火道拡大程度が異なることを見出だした。噴火中のマグマの破碎深度よりも浅いところで火道の拡大が進行したことを明らかにし、火道の拡大を促す要因は火道内部におけるマグマの破碎であることを見出した。これら三宅島にて得られたモデルを他の火山における火道構造解析に適用し、エトナ火山ほかいくつかの火山において噴火推移と火道形成プロセスを復元した。

研究成果の概要(英文)：More than 20 conduit structures are recognized in the summit crater of Miyakejima Japan. They can be grouped into three categories; effusive conduit, moderate-explosive conduit and strongly-explosive conduit based on their structure and associated products. The spectrum of the mechanical erosion in the uppermost part of the conduit is shown using this grouping. The result shows that the mechanical erosion of the conduit wall is concentrated in the part shallower than the fragmentation depth of magma in the conduit. Applying the conduit model of Miyakejima to other volcanoes, eruption process of several volcanoes such as Mt. Etna are reconstructed.

研究分野：火山学

キーワード：火山 噴火 マグマ

1. 研究開始当初の背景

爆発的噴火はマグマ中の高圧の火山ガスの膨張や、加熱された外来水の膨張による爆発で、火山噴火を特徴づける現象である。火口はこうした爆発的噴火による地表へのマグマの出口であり、その構造発達や形成メカニズムは火山爆発のメカニズムと密接に関係している。従って、火口を含む浅部火道の構造やその発達プロセスの理解は、火山爆発のメカニズムの理解や爆発的噴火の正確な予測に不可欠である。

これまでの研究では、火口の主要な形成メカニズムは、強力な爆発によって岩石が吹き飛ばされることであると考えられてきた(たとえば Sparks et al. 2006)。そして、理論や爆発実験を用いて火口のスケールから爆発のエネルギーを推測することも行われてきた(Yokoo et al., 2002)。しかし、実際の噴火を観察すると、火口は単一の爆発で形成されるのではなく、マグマの噴出と爆発の繰り返しによって次第に成長することが明らかである(Lorenz and Kurszlaukis, 2007)。火道の成長過程は、火道の形状や周辺の岩盤の構造、爆発深度やマグマの供給量などの相互作用に強く支配され、単純な岩塊の放出活動だけではなく噴出物による埋め立てや火口の陥没等のプロセスが複雑に関与する時間発達のある系であることを認識しなければならない。一方、マグマの地表への出口である火口の構造は、地表へ噴出するマグマの流量や流速といった爆発的噴火のメカニズムに強い影響を及ぼしていると考えられる。従って、爆発的噴火のメカニズムの理解とそれに基づく推移予測のためには、火山爆発の現場である火口の構造発達過程の理解が不可欠である。しかし、火口や火道浅部の構造は、少数のボーリングによる推測や、侵食されて露出した古い時代の火口の調査による推測がほとんどであり、火道の構造とそこからの噴出物を組み合わせた、火道の時間発達過程を考慮した解析はほとんど行われていないのが現状である。

そこで本研究では、マグマの上昇通路である浅部火道から火口までの地質構造の野外観察から、爆発的噴火による火口形成プロセスを明らかにし、爆発的噴火の推移をコントロールする物理プロセスを明らかにし、本研究によって、爆発的噴火の短期・長期予測に貢献し得る火道・火口系の発達モデルの構築を目指した。

2. 研究の目的

本研究の目標は、爆発的噴火の駆動メカニズムの理解を目的とし、実際の火口-火道の断面の野外観察から、噴出物から推測される噴火プロセスの復元と火口・火道の構造発達過程の復元を組み合わせ、火口の直径や深さ、体積といった火道の地形・構造地質的な特徴から、噴火の強度や噴出量・爆発深度やといった噴火をコントロールする物理的なパラメ

ータとその時間発達過程を推測する手法を開発することである。特に、噴出物の層序や構造の交差関係から読み取ることができる火道構造の発達過程は、噴火推移を読み解くうえでは欠かせない情報である。そのため、1) まず三宅島山頂火口壁の標高差最大500mにおよぶ火山体の大断面に露出する複数の火口断面の3次元形状とその母岩の地質構造を画像解析により抽出し、火口の形状やその火道である供給岩脈の形状や構造を解析する。特に、母岩の破壊構造から、爆発深度やその時間変化に注目した解析を行う。2) 同時にそれぞれの火口の周辺に堆積している噴出物の層序や構成物から噴火様式や噴出量といった噴火プロセスを復元し、火口断面の構造と比較する。3) 火口周辺を構成する岩石試料を採取し、その破壊強度といった実際の物性、マグマの化学組成からマグマ粘性や発泡度を測定する。4) それらを総合し、三宅島火山に露出する火口-火道構造がどのような噴火パラメータを反映しているのか、またその時間発達過程について定量的なモデルをつくる。

3. 研究の方法

活火山の火道断面の直接観察による構造発達過程の復元と、その火道からもたらされた噴出物の解析による噴火の時間発達過程の復元を組み合わせることが本研究課題の特色であり、また先進性である。そもそも、数100mにおよぶ火口・火道構造の鉛直方向の変化を野外の実例で記載した研究例は、その適当なフィールドが乏しいため世界的にもほとんど存在しない。本研究対象として選定した三宅島山頂カルデラ壁は、火口・火道構造の鉛直方向の変化を連続的かつ長距離にわたって観察できる世界的に数少ないフィールドであり、ここでの詳細な記載に基づく火口・火道形成過程の復元は本研究の大きな特色である。活動的火山である三宅島に露出する火道は数1000年～数100年前の極めて新しい時代の噴火で形成されたものであり、地下数100mまでの火道の構造の直接観察と、そこからの噴出物を対応づけて解析できるという極めて貴重なフィールドである。また三宅島の火口群はその形成時代や構成物についての地質学的データがすでに明らかにされていることも大きなメリットである。一方、三宅島のみ成果からは、特定の玄武岩質火山の条件しか解析できない。そのため、歴史時代の爆発噴火で形成された火口についても噴出物の野外調査や文献調査による噴火推移と火口の(地表)構造の解析を行い、三宅島での解析結果の一般化を試みた。さらに、共同研究者との協力により、砂箱等を使ったアナログ実験や粒子法による数値実験を行い、野外における解析結果と統合することにより、火道形成過程の一般的な理解をおこなった。

4. 研究成果

三宅島山頂カルデラ内の火道断面に構造について、現地調査に基づき詳細な望遠写真を多数取得した。これを処理することにより、山頂火口内に 20 を超える火道断面を識別した。また噴火にいたらなかった貫入ダイクの構造を 100 以上発見し、その構造からダイク貫入時のマグマ過剰圧を見積もった (Kusumoto et al., 2012, 2013)。

火道断面の構造から、それらを 1) 非爆発噴火火道、2) 弱爆発噴火火道、および 3) 強爆発噴火火道の 3 種類に区分した。これらの区分は連続的である。非爆発的噴火の火道は溶岩流に直結していることから、溶岩流出噴火の火道と考えられる。弱爆発的噴火の火道は、スコリアコーンに直結していることからストロンボリ式噴火をもたらした火道の断面と推測される。強爆発噴火の火道は、扁平なタフコーンと厚い降下火砕物堆積物層に直結している。降下火砕物層の厚さ分布から、この噴火様式は準プリニー式噴火に相当すると考えられる。

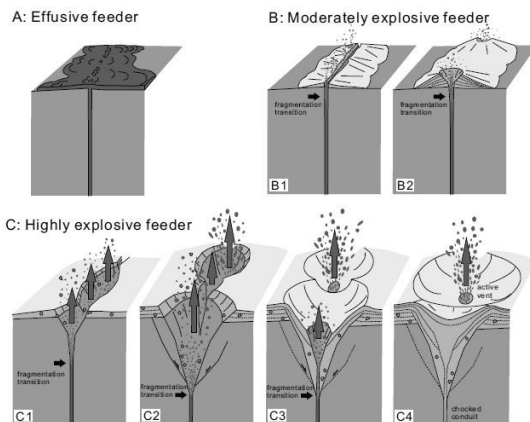


図 1 3 種類の火道とその発達過程のモデル。Geshi and Oikawa 2014 より。

爆発強度の違いにより、火道上部の侵食による火道拡大程度が異なることを見出した (Geshi and Oikawa 2014)。非爆発噴火火道では、火道の厚さは露出範囲でほぼ一定であり、火道の侵食は顕著ではない。弱爆発噴火の火道は、旧地表から数 10m の範囲で火口に向かって拡大する。それ以下の深度では非爆発噴火の火道と同様に、ほぼ一定の規模であることから、侵食は火道の最上部に限定されていたと考えられる。強爆発的噴火の火道は旧地表から 100m 以上の深さに渡って拡大しており、火道の侵食と拡大は火道上部の広い範囲に渡っていたと考えられる。火道拡大深度は、火道内部の充填物が緻密な溶岩からなる岩脈から、火砕物に変わる深度にほぼ一致していることから、噴火中のマグマの破碎深度よりも浅いところで火道の拡大が進行したと考えられる (Geshi and Oikawa 2014)。すなわち、火道の拡大を促す要因は火道内部

におけるマグマの破碎であることを見出した。下方への火道の侵食により、地表面における火口の水平規模が拡大する。侵食開始深度と火道の水平規模について、正相関関係があることを見出した。

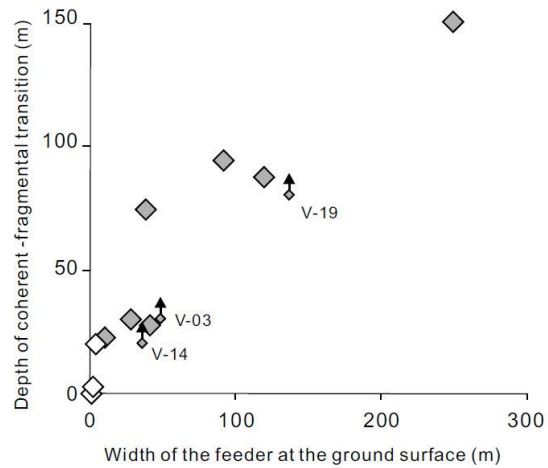


図 2 火道の水平規模と破碎開始深度との関係。Geshi and Oikawa 2014 より。

三宅島における火道断面の区別やその発達モデルを検証するため、イタリア・エトナ火山における 1809 年火道断面の露頭の解析を行った (Geshi and Neri, 2014)。本火道はその噴火の歴史記録から、実際の噴火推移と火道構造の比較が可能である。その結果、マグマの上昇過程ではマグマの破碎は進行しておらず、火道の開口によって爆発的噴火が発生し、火道内部のマグマの破碎が進行したことを見出した。また、噴火直前にはマグマは山頂からほぼ水平に貫入したことを明らかにした。

爆発的噴火の火道形成過程は、大規模噴火についても重要なプロセスである。カルデラ形成噴火における初期爆発的噴火の規模とマグマ溜り、カルデラのサイズ分布をコンパイルし、さらにマグマ溜りの減圧と天井岩の破壊プロセスを組み合わせたモデルを適用することにより、爆発的噴火による火道の形成とそれに伴うマグマ溜りの減圧、さらにはマグマ溜りの崩壊プロセスについてモデルを提示した (Geshi et al., 2012, 2014)。本研究で得られた爆発的噴火火道の形成プロセスの知見は、活動中の噴火の解析にも用いられた。桜島における火山灰粒子の短時間変化を用いて、昭和火口における爆発的噴火による火道からのマグマの破碎噴出プロセスを明らかにした (Miwa et al., 2013)。また新燃岳 2011 年噴出物の解析により、噴火プロセスとマグマ上昇プロセスを明らかにした (Tomiya et al., 2013)。

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 8 件)

Geshi, N., Neri, M. (2014). Dynamic feeder dyke systems in basaltic volcanoes: the exceptional example of the 1809 Etna eruption (Italy). *Front. Earth Sci.* 2:13. doi: 10.3389/feart.2014.00013

Geshi N., Ruch, J., Acocella, V. (2014) Evaluating volumes for magma chambers and magma withdrawn for caldera collapse. *Earth and Planetary Science Letter* 396, 07-115.

Geshi, N., Oikawa T., (2014) The spectrum of basaltic feeder systems from effusive lava eruption to explosive eruption at Miyakejima volcano, Japan. *Bulletin of Volcanology*76, 797

Tomiya A., Miyagi I., Saito G., Geshi N., (2013) Short time scales of magma-mixing processes prior to the 2011 eruption of Shinmoedake volcano, Kirishima volcanic group, Japan. *Bulletin of Volcanology*, 75, 750

Miwa, T., Geshi N., Shinohara H., (2013) Temporal variation in volcanic ash texture during a vulcanian eruption at the Sakurajima volcano, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 260, 80-89.

Kusumoto S., Geshi N., Gudmundsson A., (2013) Aspect ratios and magma overpressures of non-feeder dikes observed in the Miyake-jima volcano (Japan), and fracture toughness of its upper part. *Geophysical Research Letters*, 40, 1.4, doi:10.1002/grl.50284, 2013

Geshi, N., Acocella, V., and Ruch, J (2012) From structure- to erosion-controlled subsiding calderas: evidence thresholds and mechanics. *Bulletin of Volcanology*, 74, 1553-1567. doi: 10.1007/s00445-012-0617-x

Geshi, N., Kusumoto, S. and Gudmundsson, A. (2012) Effects of mechanical layering of host rocks on dike growth and arrest. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 223-224, 74-82. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2012.02.004

[学会発表](計 4 件)

下司信夫 2014 苦鉄質火山の火道断面から推測される噴火プロセス. 日本火山学会 2014 年秋季大会. 2014 年 11 月 3 日 福岡大学 (福岡県福岡市)

下司信夫 2014 陥没カルデラを形成する大規模火砕噴火におけるマグマ溜まりのサイズおよび噴出率. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会. 2014 年 4 月 28 日 横浜国際会議場 (神奈川県横浜市).

Nobuo Geshi, 2013. Structural variation of the feeder dikes of explosive eruptions in Miyakejima, Japan. *European Geoscience Union 2013 General Assembly* 2013 年 4 月 11 日. ウィーン (オーストリア).

Nobuo Geshi Teruki Oikawa, 2013. Structural variation of the feeder dikes of explosive eruptions in Miyakejima, Japan. 2013 年 7 月 20 日. 鹿児島島市民交流センター (日本, 鹿児島市)

[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

下司信夫 (GESHI Nobuo)

独立行政法人産業技術総合研究所・活断層・火山研究部門・主任研究員

研究者番号: 70356955