

令和 6 年 4 月 9 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K04024

研究課題名(和文) 火道構造から推測する噴火駆動力と爆発的噴火挙動との関係

研究課題名(英文) Relationship between explosivity and driving force of eruption inferred from conduit geometry

研究代表者

下司 信夫 (Geshi, Nobuo)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・研究グループ長

研究者番号：70356955

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：爆発的噴火の割れ目火道の構造を用いたマグマの過剰圧の推定や、その爆発性などの評価のため、桜島火山・三宅島火山およびその他の爆発的噴火の事例について調査を行った。実際の噴出物の層序に沿った試料採取と減圧組織の解析を行い、マグマ減圧速度と噴出率、それに必要なマグマ過剰圧などの検討を実施した結果、爆発的噴火の推移に沿ったマグマ上昇速度の変化を抽出することに成功した。桜島などにおいて得られたマグマ溜まりの過剰圧の時間発達過程を、より大規模なカルデラ形成噴火の割れ目噴火に応用し、様々な規模の爆発的噴火におけるマグマ溜まりと火道内のマグマ圧力変化についての総合的な理解を進めることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

爆発的割れ目噴火の発生やその推移をコントロールするマグマの過剰圧変化を実際の噴火事例を用いて復元し、割れ目噴火の爆発性と火道中のマグマの過剰圧との関係を明らかにした。マグマ過剰圧は噴火直前の地盤変動などに直接反映するため、本研究の成果は噴火直前の地盤変動から発生が切迫する割れ目噴火の爆発性の予測に直結する。

研究成果の概要(英文)：Explosive fissure eruptions on Sakurajima and Miyakejima volcanoes were investigated to estimate magma excess pressure in magma chamber and conduit. We collected samples along the stratigraphic sequence of the deposits and analyzed the depressurization microstructures to examine the magma decompression rate, eruption rate, and magma excess pressure. The temporal development process of magma excess pressure obtained at Sakurajima and other volcanoes was applied to fissure eruptions of larger caldera-forming eruptions to advance a comprehensive understanding of magma accumulation and magma pressure changes in the crater during explosive eruptions of various sizes.

研究分野：火山学

キーワード：火山 噴火 火山爆発 噴火推移予測

1. 研究開始当初の背景

割れ目噴火を引き起こした火道の形状を母岩の弾性変形で解析することで、火道の中のマグマの過剰圧を復元できる。これを噴出物から復元できる噴火の爆発性やマグマ噴出率と比較することで、割れ目噴火を引き起こす火道内のマグマ過剰圧と噴火の規模や爆発性との関係を明らかにすることができる。火道の変形は地盤変動のパターンに反映されるため、地盤変動のモニタリングにより発生しうる割れ目噴火の規模や爆発性の予測につながると期待された。こうした割れ目火道の規模と噴火推移を比較できる対象として、三宅島や桜島が適当であることが明らかになっていた。

2. 研究の目的

割れ目噴火はしばしば爆発的な高いマグマ噴出率の噴火を伴う。マグマ噴出率は火道内のマグマの過剰圧によってコントロールされる。一方、割れ目火道の形状やその発達過程もまた火道内のマグマの過剰圧によって決定される。これらを組み合わせることで、火道内のマグマ過剰圧の推測により、発生する割れ目噴火の火道規模やマグマ噴出率すなわち噴火の爆発性・規模を予測することが可能となるかもしれない。本研究ではそのために、火道内のマグマ過剰圧を復元する手法を開発するとともに、マグマ噴出率や上昇速度などを地質学的・岩石学的な手法により復元し、実際の噴火の爆発性と比較することを目的とする。

3. 研究の方法

爆発的噴火の割れ目火道の構造を用いたマグマの過剰圧の推定や、その爆発性などの評価のため、桜島火山・三宅島火山およびそのほかの爆発的噴火の事例について調査を行った。三宅島では噴火割れ目の延長を地表調査により、噴火割れ目の開口幅を2000年陥没カルデラ壁に露出した供給岩脈から直接読み取り、それをもちいて火道内の過剰圧を復元した。また噴火割れ目周囲に分布する火砕物の分布から爆発性を推測した。4つの割れ目噴火を大正とすることができた。桜島大正噴火の事例では、噴火割れ目の構造の推測のために過去の地盤変動に基づく割れ目モデルのコンパイルと比較を行い、それらから得られた割れ目火道の規模を推測した。また現地調査に基づき実際の割れ目火口の規模を明らかにするとともに、噴出物の層序やそれに沿った微細組織の変化から推測されるマグマ噴出率などとの比較をおこなった。実際の噴出物の層序に沿った試料採取と減圧組織の解析を行い、マグマ減圧速度と噴出率、それに必要なマグマ過剰圧などの検討を実施した。また、文献記録による噴火前の異常から推測される火道形成過程と、噴出物に記録されたメルト含有物の含水量や含水量プロファイルから得られるマグマ減圧率の比較検討を行い、マグマの上昇に伴う割れ目(ダイク)の形成過程を検討した。

4. 研究成果

三宅島火山では、西暦2000年に形成された山頂カルデラ壁に露出した火道岩脈の幅と、噴火割れ目の延長から供給岩脈のアスペクト比を復元し、それに基づいてそれを形成する火道内のマグマの過剰圧を推測した(図1)。割れ目火口の周辺に分布する火砕物の産状や分布から復元される噴火爆発性について、異なる4つの噴火割れ目のマグマ過剰圧を推測した結果、爆発性の乏しいと推測された1983年噴火の過剰圧が2.5MPa程度であるのに対し、爆発性がやや大きいと推測される1535年割れ目噴火では4.7MPa程度と大きく、さらに激しい準プリニー式噴火を伴ったすおう穴噴火では12.5MPaに達したことが推測された(表1)。

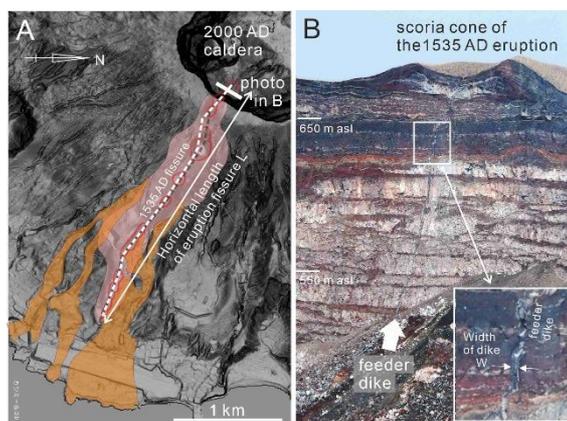


図1 三宅島にみられる噴火割れ目の例

	Eruption type	whole-rock SiO ₂ (wt%)	Minimum vesicularity (vol.%)	Horizontal length of dike: L (m)	Width of the dike: w (m)	Depth to the magma chamber: h (m)	Density of the host rock (ρ _m) (kg/m ³)	P wave velocity: V _p (m/s)	S wave velocity: V _s (m/s) (V _s = 0.57V _p)	Young's modulus: E (GPa)	Poisson's ratio ν	Dike aspect ratio: w/L (× 10 ⁻³)	Calculated overpressure in the dike: P _o (× 10 ⁵ Pa)
Oyama eruption	Lava effusion ¹⁴	53.3±0.8	<1	2400	0.8 ¹⁴	10000	2700	3300±330 ¹⁸	1881±188	24	0.25	3.3	4.2±0.8
1983AD eruption	Lava effusion with weak fountaining ¹⁴	54.3±1.0	~1-2	4000	0.8 ¹⁸	5000	2700	3300±330 ¹⁸	1881±188	24	0.25	2.0	2.5±0.9
1535 AD eruption	Lava effusion with weak fountaining ¹⁴	52.1±0.3	<1	3000	1.1 ¹⁴	10000	2700	3300±330 ¹⁸	1881±188	24	0.25	3.7	4.7±0.9

表1 三宅島にみられる4つの噴火割れ目の規模とそれから推測されるマグマ過剰圧 (Geshi et al.2020)

桜島大正噴火では、深さ数kmの浅所に滞留していたマグマが、母岩を裂断して岩脈を形成するための過剰圧を獲得し、その過剰圧によって割れ目を通して急速に上昇したマグマが初期の軽石噴火となり、その後の過剰圧の低下によって上昇速度が低下したマグマによって軽石噴火後の火山灰放出期の活動が駆動されたとのモデルを提示することができた。また、得られたマグマ上昇速度から割れ目火道の開口幅はプリニー式噴火最盛期でも 1m 程度であることを明らかにした(図3)。これは噴火直後に行われた三角測量による測地学的データから期待される開口幅よりも 1桁小さい開口幅である。従って、この違いは大正噴火の火道が単純な 1枚の岩脈ではないことを示唆している。

桜島などにおいて得られたマグマ溜まりの過剰圧の時間発達過程を、より大規模なカルデラ形成噴火の割れ目噴火に応用し、マグマ溜まり過剰圧蓄積やそれに伴うダイクの形成、そして大規模噴火によるマグマたまりの減圧とカルデラ陥没の発生についてのモデル化を行い、様々な規模の爆発的噴火におけるマグマ溜まりと火道内のマグマ圧力変化についての総合的な理解を進めることができた。

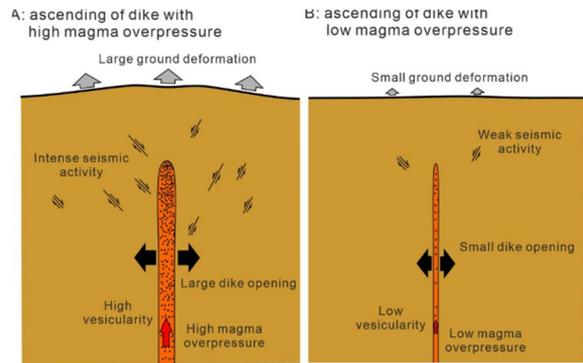


図2 火道内過剰圧の大小と期待される地盤変動や地震活動の活発性の違い

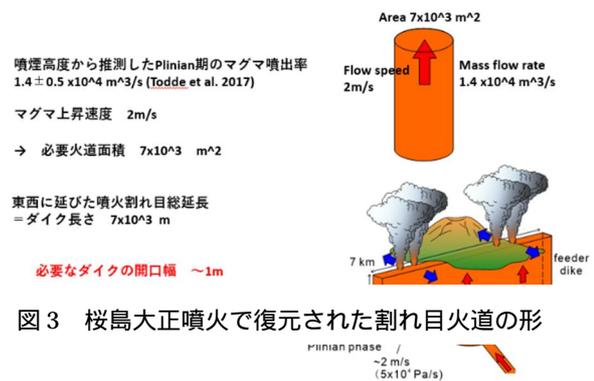


図3 桜島大正噴火で復元された割れ目火道の形

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Geshi Nobuo, Oikawa Teruki, Weller Derek J., Conway Chris E.	4. 巻 74
2. 論文標題 Evolution of the magma plumbing system of Miyakejima volcano with periodic recharge of basaltic magmas	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40623-022-01577-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Geshi Nobuo, Browning John, Kusumoto Shigekazu	4. 巻 10
2. 論文標題 Magmatic overpressures, volatile exsolution and potential explosivity of fissure eruptions inferred via dike aspect ratios	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 9406
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-66226-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------