

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03999

研究課題名(和文) 巨大噴火の降灰対策に資する、火砕噴火シーケンスとマグマ岩石化学の研究

研究課題名(英文) Study on the relationship between pyroclastic eruption sequence and magma geochemistry to contribute to the countermeasure at large-scale eruption

研究代表者

三浦 大助 (Miura, Daisuke)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50371414

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：巨大噴火の災害対策においては、遠くまで広がる火山灰の「継続時間」を知ることが対策を立案する際に重要である。しかし、巨大噴火は滅多に起こらないため、機器観測や有史上の記録が少ない。そこで本研究では、爆発的火山噴出物の地質調査と岩石化学分析を行い、空を運ばれた降下火山灰が大量に発生するマグマと、少ないマグマの特徴を探った。その結果、温度や溜りの深さの違いに起因するマグマの性質によって、降下火山灰の噴出量が変化し、その継続時間に影響することが判った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

火山の巨大噴火が、社会にもたらす災厄について熟考すると、降下火山灰が最も大きなインパクトを与え、防災対策において最優先の課題である。しかし、巨大噴火は滅多に起こらないため、機器観測や有史記録が少なく、対策立案の示標となる降下火山灰の継続時間を得るのが困難である。そこで本研究では、過去の火山噴出物を調べ、降下火山灰の継続時間が変化する原因を検討した。具体的には、巨大噴火の様式推移とマグマの化学的性質を調べ、マグマの性質に起因する噴火の推移(変化)が継続時間に影響することが判った。本研究のようなアプローチは、過去の噴出物を研究対象とすることから、世界中の巨大噴火において同様の検討が可能である。

研究成果の概要(英文)：An informative estimate on "duration in volcanic ash fall" is critically important measure to mitigate volcanic hazard at inhabited areas and that to reduce the hazard posed by a large-scale pyroclastic eruption. There are, however, few instrumental observation records and historical documents, because such a large-scale eruption is rare to occur. The stability of eruption column is crucial to maintain ash fall for "a certain duration" in distal areas. An unstable column may result in the column collapse that drives a shorter duration in ash fall and that deposits a pyroclastic flow. In this study, we conducted a geological survey and rock chemistry analysis for explosive pyroclastic ejecta to explore the reason why the eruption column may be transferred from stable to unstable. Consequently, we have confirmed that an irreversible column collapse was attributed to the caldera formation, of which was induced by the silicic magma with high temperature and low pressure.

研究分野：自然災害科学

キーワード：クッタラ 巨大噴火 マグマ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

火山噴火は、一般に工学的、或いは人文科学的に、減災対策を実施する事が容易ではないと考えられている。噴火爆發指数 (VEI) が 5-6 以上に及ぶ巨大噴火については、災害の実態すら未知数である。特に、降下火山灰 (降灰) は、火山より数 100~1,000km も離れた地域に到達するため、広範な地域が被災する可能性が高い。したがって、大都市のような人口密集地では、大規模な降灰が最も警戒すべき火山現象である。

2. 研究の目的

巨大噴火の降灰時における、都市や大規模事業地の減災対策として、事業継続計画 (BCP) が有効と考えられている。降灰災害の BCP において、被災地域の復旧時間を推計する際は、降灰の継続時間 (Ash-Fall Duration: AFD) が判断の基準となる。従って巨大噴火の AFD を知ることは、BCP 策定においてとても重要である。本研究では、火山噴火様式の推移とマグマの物質科学的性質が、AFD に与える影響を明らかにする。

3. 研究の方法

カルデラ形成を伴うクッタラカルデラ火山において、巨大噴火の噴出物にみられる噴火様式の推移 (噴火シークエンス) と、マグマの物質科学的性質、特に斑晶鉱物の化学組成からマグマの温度・圧力条件を調べた。これらにより噴煙柱の完全崩壊・火砕流の発生とカルデラ形成の相互関係を検討し、その AFD に対する影響の有無を調べた。

4. 研究成果

(1) 噴火シークエンスとマグマ物性の違いを検証するため、総噴出量が同等なクッタラカルデラ火山の Kt-1 と Kt-3 噴出物を調べて比較した。斑晶鉱物の化学組成分析からマグマの温度・圧力条件を調べた結果 Kt-1 マグマはより低温でマグマ溜りが深いこと Kt-3 マグマはより高温でマグマ溜りが浅いことが判明した (図 1)。Kt-1 は、近傍相と中間相・遠方相で異なったシークエンスを持ち、マグマ溜りが深くてカルデラ形成には不向きな、低温のマグマだったと考えられる。対照的に Kt-3 噴出物は、近傍相-遠方相に渡って典型的なカルデラ形成噴火のシークエンスを呈し、火砕流堆積物は明瞭な溶結相を持つことから、マグマ溜りが浅くてカルデラを形成しやすい、高温のマグマであったと考えられる。これらの結果から、マグマ物性とマグマ溜り深さの違いが、噴火シークエンスの相違と良く対応することが明らかとなり、この特徴は AFD に大きく影響することが示唆される。

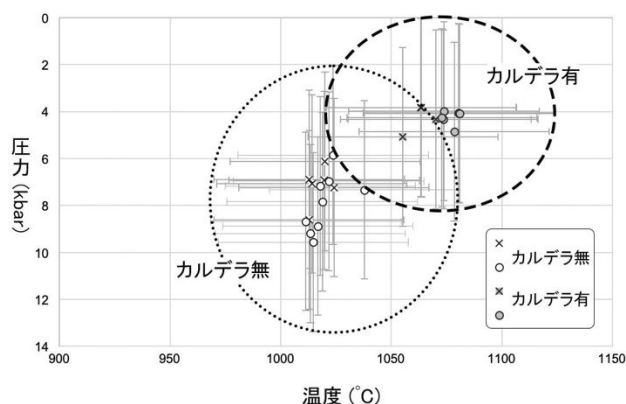


図 1 マグマ溜り圧力の推計値。マグマ溜りが浅いと地表に変形 (カルデラ) が及びやすく、圧力 (~ 深さ) の違いがカルデラ形成の有無と対応することを示している。

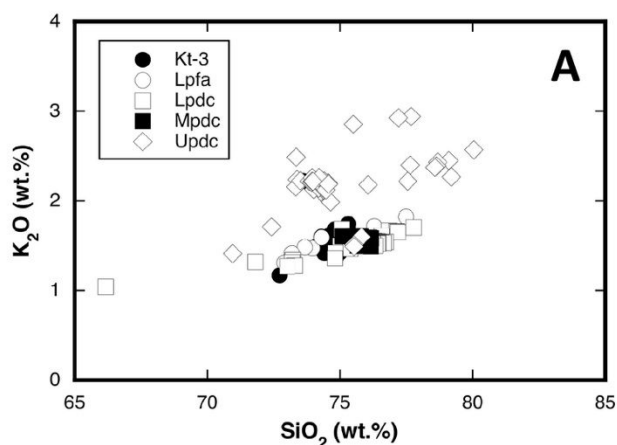


図 2 Kt-Hy 噴出物 (Lpfa, Lpdc, Mpdc, Updc) と Kt-3 噴出物のガラス組成の比較。Updc の一部を含めて、いずれも Kt-3 マグマの液相 (ガラス) 組成と一致しており、巨大噴火マグマ (Kt-3 マグマ) と同じ組成のマグマが、先行する火山活動において噴出したことを示している。

(2) Kt-3 巨大噴火に 1,000-5,000 年先行して活動した Kt-Hy 噴火の噴出物について、その堆積相の観察・記載と、全岩化学分析、EPMA 分析による全岩とガラス (液相マグマ) の対比を行い、小規模な壱プリニー式噴火からマグマ水蒸気噴火が起こったこと、噴火活動中に火口の移動が生じたこと、Kt-Hy 珪長質マグマが Kt-3 珪長質マグマと一致する化学組成をもつことが明らかとなった (図 2, 文献)。すなわち、先行活動である Kt-Hy 噴火の時点で、巨大噴火の珪長質マグマが活動を始め、地表に顕現していたことを示唆している。

(3) 我が国の大規模噴火-マグマ物性 DB の作成において、クッタラ火山噴出物の試料を用いて貢献した (文献)。

(4) コアとリムで結晶化履歴の経年的不均衡がみられる zircon について、結晶面研磨による

コアとリムの両方の結晶化年齢を測定し、(U-Th)/He 法年代測定の不均衡補正の実現可能性を調べた研究において、クッタラ Kt-1 火山灰をテスト試料として提供し、年代測定結果の検証に貢献した(文献)。

(5) 支笏洞爺火山地域のテフラ層序研究において、クッタラ火山噴出物の調査・研究により貢献した(文献)。

(6) 爆発的噴火を起こさない恵山火山のマグマの特徴を明らかにし、完新世噴火が少なくとも16回発生したことを新たに見だし、火山地質図を作成した(文献)。

(7) 恵山火山の完新世堆積物を調べ、小規模噴火の層序と特徴を明らかにし、マグマ噴火との相違点を整理した(文献)。

【文献】

Miura, D., Yoshinaka, K., Takeuchi, S. and Uesawa, S., Proximal Deposits of the Kuttara-Hayakita Tephra at Kuttara Caldera Volcano, Northern Japan: A Record of Precursor Volcanism. Bull. Volcanol. Soc. Jpn., 2022, in press.

三浦大助・古川竜太・荒井健一, 恵山火山地質図. 火山地質図 No. 21, 産総研地質調査総合センター, 2022, 1-8.

Takeuchi, S., Toshida, K., Miura, D., Ito, H. and Uesawa, S., Relationships between magmatic properties and eruption magnitude of explosive eruptions at Japanese arc volcanoes during the last one hundred thousand years. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 419, 107345.

Marsden, R. C., Danišik, M., Ito, H., Kirkland, C. L., Evans, N. J., Miura, D., Friedrichs, B., Schmitt, A. K., Uesawa, S. and Daggitt, M. L., Considerations for double-dating zircon in secular disequilibrium with protracted crystallisation histories. Chemical Geology, 581, 120408.

Amma-Miyasaka, M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S. and Furukawa, R., Stratigraphy and chronology of silicic tephra in the Shikotsu-Toya Volcanic Field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in SW Hokkaido. Quaternary International, 562, 2020, 58-75.

Miura, D., Furukawa, R. and Arai, K., Late Pleistocene-Holocene Volcaniclastic Ejecta Along the Southern Apron of the Esan Volcanic Complex, Japan. Journal of Disaster Research, 14, 2019, 755-765.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Miura, D., Yoshinaka, K., Takeuchi, S. and Uesawa, S.	4. 巻 67
2. 論文標題 Proximal Deposits of the Kuttara-Hayakita Tephra at Kuttara Caldera Volcano, Northern Japan: A Record of Precursor Volcanism	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bull. Volcanol. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -
1. 著者名 三浦大助, 古川竜太, 荒井健一	4. 巻 21
2. 論文標題 恵山火山地質図	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 火山地質図, 産業総合技術研究所 地質調査総合センター	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -
1. 著者名 Takeuchi, S, Toshida, K, Miura, D, Ito, H, Uesawa, S	4. 巻 419
2. 論文標題 Relationships between magmatic properties and eruption magnitude of explosive eruptions at Japanese arc volcanoes during the last one hundred thousand years	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Volcanology and Geothermal Research	6. 最初と最後の頁 107345-107345
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jvolgeores.2021.107345	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Marsden, R. C., Danisik, M., Ito, H., Kirkland, C. L., Evans, N. J., Miura, D., Friedrichs, B., Schmitt, A. K., Uesawa, S. and Daggitt, M. L.	4. 巻 581
2. 論文標題 Considerations for double-dating zircon in secular disequilibrium with protracted crystallisation histories	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Geology	6. 最初と最後の頁 120408-120408
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.chemgeo.2021.120408	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Amma-Miyasaka, M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S. and Furukawa, R.	4. 巻 562
2. 論文標題 Stratigraphy and chronology of silicic tephras in the Shikotsu-Toya Volcanic Field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in southwestern Hokkaido	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Quaternary International	6. 最初と最後の頁 58-75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.quaint.2019.11.019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miura, D, Furukawa, R, and Arai, K	4. 巻 14
2. 論文標題 Late Pleistocene-Holocene Volcaniclastic Ejecta Along the Southern Apron of the Esan Volcanic Complex, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Disaster Research	6. 最初と最後の頁 755-765
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jdr.2019.p0755	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 -

[学会発表] 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 三浦大助・古川竜太・荒井健一
2. 発表標題 恵山火山地質図
3. 学会等名 日本火山学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富島千晴・三浦大助・上澤真平・宮坂瑞穂
2. 発表標題 カルデラ形成噴火最初期の細粒流れ堆積物
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三浦大助・古川竜太・荒井健一
2. 発表標題 恵山火山南麓の後期更新世 完新世テフラ堆積物:トレンチ調査結果報告
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富島千晴・三浦大助・上澤真平
2. 発表標題 クッタラカルデラ火山, Kt-1 噴出物の噴火様式
3. 学会等名 日本火山学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上澤真平・土志田 潔・竹内晋吾・三浦大助
2. 発表標題 我が国の降下火山灰データベースを用いた確率論的降灰ハザード評価
3. 学会等名 日本火山学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Shanaka (Shan) de Silva
<https://ceoas.oregonstate.edu/profile/desilva/>

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			
オーストラリア	Curtin University			
米国	CEOAS	Oregon State University		