

噴出物構成粒子からみた阿蘇火山2016年10月8日噴火の様式

大石 雅之*

[キーワード] 1 阿蘇火山 2 火山噴出物 3 構成粒子 4 ガラス質粒子 5 噴火様式

I はじめに

火山噴火はしばしば、最初の噴火で終息せず断続的に爆発を繰り返すなど、活動が継続的になることがある。このため、火山噴火の予知をめざすためには、活動の開始時期を予測することはもちろん、ひとたび始まった活動の推移、すなわち噴火様式の変化や終息時期の予測を高精度で行うことが社会的な要請と言える（例えば、山里, 2013）。

火山噴火の推移予測にあたっては、現在、主として物理・化学的手法、すなわち地殻変動や地震、火山ガスなどの観測によって行われている（例えば、鍵山編, 2003）。一方で、最初の噴火が発生した際にその噴出物を採取することができれば、それは地下または火口付近の状態を反映する有益な証拠となり得る（例えば、Yamanoi et al., 2008）。つまり、噴出物の即時的な解析に基づく火山噴火メカニズムの推定は、今後マグマがどのような動きをするのか、すなわち噴火推移を予測するために有益である。

このような課題に対する近年の成果として、有珠山2000年噴火では、噴煙高度が高い噴火ほど、噴出物に含まれるマグマ由来のいわゆる本質物の含有量が増加すること（高橋ほか, 2004）、また浅間火山2004年噴火では、噴出物中のガラス質粒子含有量は、噴火頻度が高い時期に多く、逆に噴火休止期には減少して結晶度の高い火山灰粒子が増加したこと（嶋野ほか, 2005）、さらに桜島火山の昭和火口における

近年の継続的な活動では、噴火頻度や噴出量が多い時に本質物が多いこと（Matsumoto et al, 2013）が明らかになった。

一方で、噴出物の化学組成や詳細な形態・組織の解析は時間を要するため、ある程度の精度の制約はあっても簡便・迅速に最初の噴火の様式やマグマの関与の程度を把握し、これを継続的な噴火への移行の可能性について議論する材料にすることも重要である。

本論では、2016年10月7日21時52分に続く8日1時46分の阿蘇火山噴火について、その様式を即時的に推定するため、翌9日午後には噴出物を採取し、室内に持ち帰り実体顕微鏡により即時的な粒子構成解析を実施したので、その結果を報告する。

II 噴火概要

阿蘇火山は九州中部に位置し、中期更新世から後期更新世にかけて少なくとも4回のカルデラ噴火（小野ほか, 1977）によって南北約24km、東西約17kmの大規模なカルデラを形成している。現在の噴出中心は後カルデラ火山としての中岳である。最近ではほぼ毎年、ストロンボリ式噴火または小規模な土砂噴出を発生させている（気象庁編, 2013）。一方、活動が終息している時期には、中岳や山腹の草千里などに多数の観光客が訪れている。

2016年10月噴火は、中岳第1火口で7日21時52分

* 立正大学地球環境科学部

ならびに8日1時46分にそれぞれ発生した。特に8日の噴火は一定以上のレベルの爆発による地震と空振を伴った爆発的噴火で、気象衛星を用いた推定噴煙高度は約11000mと見積もられている（福岡管区気象台地域火山監視・警報センター、2016）。

Ⅲ 野外調査

筆者は噴火翌日の9日午後に、阿蘇山北麓～北東麓の降灰分布主軸で中岳第1火口（口絵1）から約5～11kmの地域（第1図）で、降灰分布域の概略的な確定と試料採取のための調査を実施した。国道57号線（豊後街道）を阿蘇市内牧から東進したところ、いこいの村駅から宮地駅付近で降灰が確認された。この区間の南方約650mに、国道と併走する農道

があるが、その沿線や、阿蘇いこいの村、阿蘇市一ノ宮運動公園においては、大量に降灰しているのが確認された。一方で、阿蘇市坂梨から南方に延びる国道265号線より東方では、肉眼で容易に識別できる降灰は確認されなかった。

試料採取は、宮地駅南方の3ヶ所で実施した。なお座標はすべて世界測地系（WGS84）である。Loc. 1（阿蘇市一ノ宮運動公園：N 32°55′59.04″，E 131°07′15.43″）では、平均最大粒径10mmの、明灰色で部分的に発泡した火山礫と、細粒火山灰とが混在する堆積物が確認された（口絵2，3）。本地点で、20×13cmの長方形に噴出物を採取し、室内で乾燥・秤量して単位面積あたりの堆積量を求めたところ267.5g/m²であった。Loc. 2（かんぼの宿から東南東に約800mの地点：N 32°55′28.35″，E 131°06′



第1図 調査地域図（国土地理院「地理院地図」使用）

59.38”)では、平均最大粒径12mmの明灰色で部分的に発泡した火山礫が道路上に散在するのが確認された。一方で細粒火山灰は肉眼では確認されなかった。Loc. 3 (熊本県畜産農協阿蘇支所付近：N 32° 55' 49.49”, E 131° 06' 48.71”)では、平均最大粒径7mmの明灰色または白色の火山礫と細粒火山灰とが混在する堆積物が認められた。なおLoc. 2, Loc. 3では堆積後の二次移動のない噴出物が認められなかったことから、堆積量を求めることはできなかった。

IV 噴出物解析

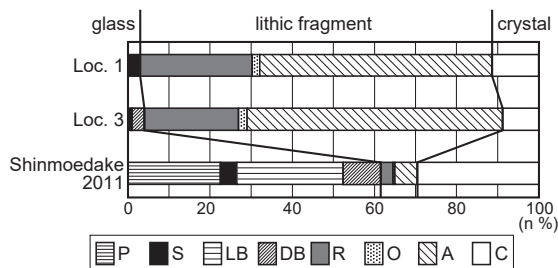
Loc. 1とLoc. 3で採取した試料は実験室内で、水に

浸して10分間超音波洗浄し、100℃のホットプレート上で乾燥させた。これを500μm以上、500~250μm、250~125μm、125μm未満に篩い分けした。粒子の形態が確認しやすく、また他の火山での研究事例とも比較しやすい500~250μmの粒子について、実体顕微鏡下で300粒子をカウントして、第1表の粒子分類に基づき種別ごとの含有量を求めた(第1表、第2図)。分類は、鋭利な破断面と、風化の痕跡のない表面形態を有する、いわゆる新鮮な形態を保持するガラス質粒子のうち、淡色で発泡した粒子を軽石(P)、ブロンズ色で発泡した粒子をスコリア(S)、淡色で緻密な粒子を淡色緻密ガラス(LB)、ブロンズ色で緻密な粒子を濃色緻密ガラス(DB)とした。

第1表 各試料の火山灰構成粒子の含有量(個数%)

	type of particle	Loc. 1	Loc. 3	Shinmoedake 2011
Pumiceous particle (P)	軽石	0.0	0.0	22.5
Scoriaceous particle (S)	スコリア	2.7	0.7	4.0
Light Blocky particle (LB)	淡色ブロック	0.0	0.3	26.0
Dark Blocky particle (DB)	濃色ブロック	0.3	3.0	9.0
Rock (R)	不透明岩片	27.3	23.0	3.0
Oxidized fragment (O)	赤色酸化岩片	1.7	2.0	0.5
Altered fragment (A)	白色熱水変質岩片	56.7	62.3	5.5
Crystal (C)	遊離結晶	11.3	8.7	29.5
glass (P+S+LB+DB)	ガラス質粒子	3.0	4.0	61.5
vesiculated glass (P+S)	ガラス質発泡粒子	2.7	0.7	26.5
vesiculated glass / glass (P+S) / (P+S+LB+DB)	ガラス質粒子のうち発泡粒子比率	88.9	16.7	43.1

「Shinmoedake 2011」は、霧島火山新燃岳2011年噴火の1月26日噴出物について比較として示したもの。



第2図 火山灰試料の構成粒子含有量

比較として、霧島火山新燃岳2011年噴火の、1月26日準プリニー式噴火時の火山灰のデータも併せて示す。

このようなガラス質粒子は、桜島火山や霧島火山新燃岳の噴出物解析を行った大石・下司（2014）によれば、電子顕微鏡レベルでの形態・組織解析や化学組成の特徴から、その噴火の際に上昇したマグマが固結したマグマ由来物質、いわゆる本質物とされている。本論もこの分類と解釈に従うこととする。また以前の噴火で上昇したマグマが固結した類質岩片や、マグマが上昇中に取り込んだ火山岩以外の物質である異質岩片は、不透明岩片（R）、赤色酸化岩片（O）、白色熱水変質岩片（A）、遊離結晶（C）と分類した。C粒子はガラス質粒子や石基から分離した単体の鉱物であり本質物由来である可能性もあるが、類質物質との識別が困難であるため、ここでは類質・異質岩片として扱った。Loc. 2の試料は火山灰サイズの粒子が採取されず、粒子種別ごとのカウントが不可能なため、肉眼および実体顕微鏡で形態・組織の観察のみを行った。

Loc. 1とLoc. 3で採取した試料について、大半（それぞれ56.7, 62.3個数%）の粒子が、白色でしばしば黄鉄鉱を含むA粒子である。また、濃褐色～黒色で表面の光沢のないR粒子や、赤色に酸化したO粒子も見られる。C粒子は、斜長石と両輝石からなる（口絵4）。一方、ブロンズ色で光沢があり滑らかな曲線状を呈するガラス質粒子（S粒子）がLoc. 1とLoc. 3の試料でそれぞれ2.7, 0.7個数%含まれる（口絵5）。比較的新鮮な形態や表面を呈しており、粒子によっては白色に変質した微粒子が表面にわずかに付着しているが、本質物である可能性がある。

Loc. 2で採取された火山礫サイズの試料については、大半の粒子が、黒色または灰色の発泡したガラス質粒子であるが、その表面は光沢がなく、白色の付着物に覆われている（口絵6）。

V 噴火様式の推定

本調査で採取・観察された試料はいずれも類質・

異質物が大半であり、本質物の可能性が否定できない新鮮なガラス質粒子がわずかに含有していない。

このことから、今回の爆発的噴火は、火口直下の内圧が高まり、主として既存の山体の物質を爆発・拡散させたものであると推定できる。ただしごくわずかにマグマ由来の物質が入っている可能性があることから、いわゆるマグマ水蒸気爆発と推定される。中岳第1火口には噴火前後に湯だまりが存在し噴気活動も活発であったため、これらによって変質した火口付近の岩石が飛散してA粒子が多くなったのであろう。

第2図では、同様の構成粒子区分で霧島火山2011年新燃岳噴火の噴出物について解析を行った結果も示した。この噴火では、2011年1月26日から始まった、約半日にわたって継続的にマグマ由来物質を放出し続けた準プリニー式噴火や、噴火継続時間の長かった3月8日や13日、6月29日の噴火の際に、細粒火山灰中の発泡したガラス質粒子の含有量が増加した（Oishi et al., 2013）。また浅間火山2004年噴火でも、9月16日のストロンボリ式噴火の際に、本質物と推定される火山灰粒子が約68個数%含有されていた（大石・下司, 2014）。これらに比べて今回の阿蘇火山の噴火では本質物の含有量が極めて少量であり、マグマの関与の小さい噴火と位置づけることができる。

既存の関連研究では、噴出物中のガラス質粒子が多い噴火は、噴出量が多い、または噴煙高度が高い、噴火頻度が高い、などマグマが出やすい状態であったことが示唆されていた。今回の阿蘇火山噴火は単発のマグマ水蒸気爆発であり、噴出物中のガラス質粒子が少ないとの結論は、これらの知見に調和する。ただし今回の噴火で噴煙高度については10000mを超えるなど、ガラス質粒子が少なかったにもかかわらず、比較的高かった。このメカニズムに関しては本調査のデータのみでは議論できないが、今後詳細な物質科学的分析による検討が待たれる。

VI おわりに

阿蘇火山2016年10月7～8日噴火の噴出物を翌日に現地採取し、室内で解析したところ、マグマ由来と推定される粒子はごくわずかであった。一方、大多数の粒子は熱水変質した岩片であった。このことから本噴火は、マグマ水蒸気爆発であったと言える。

テレビ報道された噴火の映像では、噴火の瞬間に赤熱した物質が大量に噴出される様子が認められ、マグマ由来の高温の物質が噴出したマグマ噴火であるようにも見えた。この場合、継続的なマグマ噴火になって周辺地域の居住地や耕作地から当分の間住民などが避難する事態に発展することも想定される。しかしながら実際に噴出物を観察した結果、マグマ自体の噴出はごく微量であることが明らかになった。むしろマグマ水蒸気爆発でも、これをきっかけに継続的なマグマ噴火に移行する可能性は否定できないが、マグマの関与が大きくないことが即時的に推定されるだけでも、その地域の住民にとっては復興活

動を早々に開始するための有益な参考情報になることが期待される。このためには、火山噴火が発生した際の、噴出物の形態・組織の即時的解析に基づく噴火推移予測手法がより高精度で実用できるように研究が進むことが期待される。そのためには、どのような物質に着目すれば、継続的なマグマ噴火に移行するのが予測できるのか、特にこれを知るためにはそもそも本質物をどう客観的に認定するのかといった課題が解決される必要がある。

謝辞

現地調査を行ううえで、産業技術総合研究所地質調査総合センターの伊藤順一氏、川邊禎久氏、星住英夫氏、下司信夫氏、田中明子氏、防災科学技術研究所の長井雅史氏、京都大学の横尾亮彦氏らと逐一情報交換をさせていただき、効率的な現地調査を実施することができた。査読者には有益なコメントを多数、丁寧に示していただいた。記して感謝いたします。

(受付2016年12月20日)

(受理2017年2月1日)

参考文献

- 大石雅之・下司信夫 (2014) : 桜島火山昭和火口噴火の細粒火山灰構成粒子の時系列. 日本火山学会講演予稿集, C1-02, 102.
- 小野晃司・松本徂夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和 (1977) : 『竹田地域の地質』地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 地質調査所, 145p.
- 鍵山恒臣編 (2003) : 『マグマダイナミクスと火山噴火』東京大学地震研究所編集地球科学の新展開, 朝倉書店, 212p.
- 気象庁編 (2013) : 『日本活火山総覧 (第4版)』気象庁.
- 嶋野岳人・飯田晃子・吉本充宏・安田敦・中田節也 (2005) : 浅間火山2004年噴火噴出物の岩石学的検討. 火山, 50, 315-332.
- 高橋寛徳・大野希一・遠藤邦彦 (2004) : 有珠山2000年3月31日噴火における火砕物の形態的特徴から導かれる噴火プロセス. 日本大学文学部自然科学研究所研究紀要, 39, 247-257.
- 福岡管区気象台地域火山監視・警報センター (2016) : 阿蘇山の火山活動解説資料 (平成28年10月).
- 山里 平 (2013) : 火山活動予測に地質学など物質科学的手法が果たす役割と期待. 地質調査総合センター研究資料集, NO.573, 11-14.
- Matsumoto, A., Nakagawa, M., Miyasaka M. and Iguchi, M. (2013) : Temporal Variations of the Petrological Features of the Juvenile Materials during 2006 to 2010 from Showa Crater, Sakurajima Volcano, Kyushu, Japan. *Bulletin of the Volcanological Society of Japan*, 58, 191-212.
- Oishi, M., Miwa, T., Geshi, N., Shinohara, H. and Vinet, N. (2013) : Magma ascent mechanism during the 2011 eruption of Shinmoedake, Kirishima Volcano, Japan, deduced from the analysis of morphology and texture of volcanic ashes. *AGU Fall Meeting 2013*, V21B-2712.
- Yamanoi, Y., Takeuchi, S., Okumura, S., Nakashima, S. and Yokoyama, T. (2008) : Color measurements of volcanic ash deposits from three different styles of summit activ-

ity at Sakurajima volcano, Japan: Conduit processes recorded in color of volcanic ash. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 178, 81-93.

Type of the Eruption of Aso Volcano in October 8, 2016, based on the Particle Componentry of the Volcanic Products

Masayuki OISHI*

[Keywords] 1 Aso Volcano 2 volcanic products 3 particle componentry 4 glassy particles
5 eruption type

* Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University