

マグマ破砕メカニズム抽出のための溶岩破壊実験

2019年度報告

An experimental study for magma fragmentation in volcanic explosion

野口里奈（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所）

大槻静香，鈴木絢子，植村千尋，長谷川直

火山灰の粒子形状解析は、噴火メカニズムの推定や噴火推移の予測のために重要である。火山の噴火形態には、マグマ噴火、マグマ水蒸気噴火、水蒸気噴火、ルートレス噴火などがあり、それぞれマグマや溶岩を破砕する物理メカニズムが異なる。火山灰は噴火活動に伴ってマグマが破砕されることにより生成される。マグマの破砕メカニズムには、マグマ中の揮発性成分の発泡や外部の水による急冷破砕などがあり、その寄与の度合いによって火山灰の構成種や構成比率、粒子サイズや形状などに違いが生じる。そのため、火山灰は噴火メカニズムの推定や噴火活動の推移予測の材料として注目されてきた。近年、粒子形状解析技術の発達により、数千粒単位の粒子群の粒子サイズや形状（円形度やアスペクト比など）の測定が、自動かつ短時間で行えるようになった（例えば、Leibrandt and Le Penneç, 2015）。また、クラスター分析などの統計解析手法を用いることで多変量データの分類が容易になった（例えば、Noguchi et al., 2017）。さらに、多量画像群の機械学習技術も進歩している（例えば、Shoji, Noguchi, Otsuki, and Hino, 2018）。一方で、火山灰粒子形状データと火山の噴火形態の関係は検証中の段階であり、さらなる検証のためにはメカニズムのわかっている破砕によって生成される粒子群のデータが必要である。そこで本研究では、既存の溶岩の爆発的破砕における破片形状データを抽出するため、玄武岩質溶岩を衝突破壊し、その破片形状を調べる。

研究開始年度である昨年度は、主眼とする細粒（100-300 μm ）の破片を、一次破壊後の形状を保ったまま効率よく回収する方法を確立することを目標とした。玄武岩標的を発泡スチロールボックスに入れて横型二段式軽ガス銃で弾丸を打ち込み、発泡スチロールボックスに貫入した破片を、d-リモネンで発泡スチロールを溶かして取り出す方式を検討した。破片を回収する方法としては、破片が貫入した発泡スチロールをトルエンで溶かす手法（例えば、Asada, 1985）などが提唱されているが、取扱いの容易さからd-リモネンを採用した。細粒破片の回収には成功したが、d-リモネンに発泡スチロールを溶かした液の粘性が非常に高く、溶液からの破片回収に非常に時間がかかることがわかった（野口ら, 2019）。本年度は、昨年度の回収方法を改良した時間的効率の高い破片回収方法を確立すること、ま

た昨年度とは別のタイプの標的を破壊して破片形状を比較することを目的として実験を行った。

本年度も宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所に設置されている横型二段式軽ガス銃を用いた。標的には、伊豆半島の船原火山から採取した玄武岩質溶岩と、玄武岩質安山岩である伊達冠石を用いた（図1）。これらは、前年度の試料より結晶度が低いかつ内部クラックがほとんど入っていない。衝突面には判別のためにスプレーで赤色に着色したが、破片形状に与える影響を調査するために無着色条件でも実験を行なった。発泡スチロールボックス（25x31x17 cm）に岩石標的を入れて真空チャンバー内に置き、発泡スチロールボックスが破壊してしまった場合に備えて、周りをポリスチレン製のボックス（40x55x55 cm）で覆った。直径7 mmのナイロン球を衝突速度約7 km/sと約2.5 km/sで標的に衝突させ、ショット後に発泡スチロールボックス及び岩石標的を回収した。破片回収の時間効率を上げるため、およそ1.5lのd-リモネンに対しおよそ100 gの発泡スチロール片を投入することとした。発泡スチロール片が溶けたd-リモネン溶液をろ紙で濾し、ろ紙を乾燥させて破片を回収した。



図1：本実験の標的試料の例。左が船原火山から採取した玄武岩質溶岩，右が伊達冠石。

今年度、発泡スチロール単位質量あたりに使用したd-リモネンは、昨年度のおよそ2倍である。この量であれば、発泡スチロール溶解後のd-リモネンの状態は、昨年度のものより粘性が低く、濾過する時間も短かった。昨年度およそ半日かかっていた1ショット分の破片回収が、今年度の手法ではおよそ2時間と短縮できた。回収後の破片試料については、産業技術総合研究所のデジタルマイクロスコープおよび自動粒子形状測定装置を用いた観察・測定を実施した。今後は、測定データの整形・統計解析を行なって衝突破片形状のデータセットを作成し、天然の火山灰との比較検討を進める。

謝辞

溶岩の採取にあたり、伊豆半島ジオパーク推進協議会の鈴木雄介専任研究員、立岩石材興業株式会社には大変お世話になった。岩石試料の加工に際し、梶石材（神奈川県愛甲郡愛川町）に協力いただいた。実験に際し、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所の超高速衝突実験施設を使用した。粒子形状の測定には産総研所有の自動粒子形状測定装置Morphologiを使用した。

参考文献

Asada, N, 1985, Fine fragments in high - velocity impact experiments, *J. Geophys. Res.*, 90, 12445-12453, doi: 10.1029/JB090iB14p12445.

Leibrandt, S, and J. L. Le Pennec, 2015, Towards fast and routine analyses of volcanic ash morphometry for eruption surveillance applications, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 297, 11-27.

Noguchi, R, H. Hino, N. Geshi, S. Otsuki, and K. Kurita, 2017, New classification method of volcanic ash samples using statistically determined grain types, it arXiv arXiv:1712.05566 [physics.geoph].

Shoji, D, R. Noguchi, S. Otsuki, and H. Hino, 2018, Classification of volcanic ash particles using a convolutional neural network and probability, *Scientific Reports*, 8:8111, doi: 10.1038/s41598-018-26200-2.

野口里奈, 大槻静香, 鈴木絢子, 長谷川直, 2019, マグマ破碎メカニズム抽出のための溶岩破壊実験, 平成30年度宇宙科学に関する室内実験シンポジウム講演集, SA6000139048.