

マグマ破碎メカニズム抽出のための溶岩破壊実験

2020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）

鈴木絢子，大槻静香，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碎する、すなわち火山灰を生成する物理メカニズムが異なる。マグマの破碎メカニズムには、マグマ中の揮発性成分の発泡や外部の水による急冷破碎などがあり、その寄与の割合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 Pennec, 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碎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碎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。

計画最終年度である本年度の実験はシンポジウムの後に実施するため、ここではこれまでの実験を振り返り、本年度の実施内容および展望について述べる。

計画初年度である一昨年度は、主眼とする細粒（100-300 μ m）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（25x31x17 cm）に入れて横型二段式軽ガス銃で弾丸を打ち込み、破片を貫入させた発泡スチロールボックスをd-リモネンで溶かすことで飛散しやすい細粒破片を破壊時の形状を保ったまま取り出す方式を検討した。本実験では直径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。標的の衝突面は、判別のためにスプレーで赤色に着色した。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溶かす手法（例えば、Asada, 1985ではトルエンを使用）などが提唱されている。本研究では、取扱いの容易さからd-リモネンを採用し、溶かした後の液を濾紙を用いて濾過することで破片を回収した。本回収方法によ

り1ショットあたり0.15~1.5 gの細粒破片が回収できた。一方で、発泡スチロールを溶かした液の粘性が非常に高く、濾過による破片回収に非常に時間がかかった（野口ら，2019）。また、衝突速度7m/sの条件で発泡スチロールがチャンバ内に飛散したケースがあり、チャンバ内での発泡スチロール回収作業および清掃に時間を要した。そこで、昨年度は、回収方法を改良し、時間的効率の高い破片回収方法を確立することを目的として実験を行った。発泡スチロールボックスが飛散してしまう場合に備えて、発泡スチロールボックスの周りをさらにポリスチレン製のボックス（40x55x55 cm）で覆う方法へと改良した。空隙率や結晶度が異なる標的の衝突破片形状を比較するため、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標的に用いた。これらは、初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。また、判別のためのスプレー着色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。濾過による破片回収の時間効率を上げるために、d-リモン量を初年度のおよそ2倍にしたところ、初年度におよそ半日かかっていた1ショット分の破片回収作業をおよそ2時間に短縮できた。

回収後の破片試料について、これまでに10サンプルの粒子形状および透過性計測を行った。計測には産業技術総合研究所のデジタルマイクروسコープおよび自動粒子形状測定装置を用いた。データ取得後、ノイズデータの除去等整形を行い、1サンプルあたり86~832粒子からなるデータセットを作成した。

最終年度である今年度は、アルミニウムおよびアクリルブロックを衝突破壊し、回収破片と既存破片の粒子形状および粒子サイズ分布の比較を行うほか、衝突破片形状のデータセットの整備を完了させ、統計解析による天然の火山灰との本格的な比較検討を進める。また、これまでに破壊した岩石の引張強度を一軸圧縮試験機を用いて測定し、破片粒子形状・透過性データとの比較も実施する。さらに、マイクروسコープを用いて破片粒子の観察を行うことで、人間による目視観察との対応づけも行う。

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.

Leibbrandt, 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, 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.