

天然溶岩と模擬実験から探る

溶岩ドーム崩落型火砕流における溶岩の破碎

名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻 博士後期課程 1 年（助成時）

同上 博士後期課程 2 年（現 在）

齋藤 虹南

a. 研究の目的

本研究の目的は、溶岩ドーム崩落型火砕流における溶岩の破碎機構及び破碎後に生成される粒子の流動様式を解明することである。溶岩の観察と溶岩の破碎・火砕流の模擬実験を組み合わせた複合的アプローチにより、火砕流の発生から流動に至る一連の過程を体系的に理解することを目指した。

火砕流は、火山噴火に伴う現象のなかでも極めて危険性の高い現象である。火山活動により生成された岩石の破片（火砕物）とガスが混合した高温流体が地表に沿って高速で流下する。到達範囲の事前予測は防災上極めて重要である。

雲仙普賢岳でも発生した溶岩ドーム崩落型火砕流は、火口縁でドーム状に成長した溶岩が、重力的不安定により崩落・破碎することで発生する（図 1）。塊状の溶岩ドームが短時間で破碎することが火砕流発生の主要因であるが、その破碎機構には未解明な点が多い。

火砕流の流動様式の解明には、室内実験やフィールド観察など多様な手法が用いられてきた。しかし、室内実験においては、天然火砕物が有する粒径分布、不規則形状、密度といった特性を十分に反映した研究は限られている。特に粒径分布は火砕流の到達距離に影響することが知られており（Breard et al., 2023）、多分散系粒子を考慮した実験が必要である。

以上を踏まえ、本研究では以下の三段階の研究目標を設定した。

- ① 溶岩の内部構造を観察する。
- ② 溶岩を破碎しやすくする構造的特徴を特定する。
- ③ 破碎によって生成された火砕物の粒径分布及び形状と流動性との関係を解明する。

これらを総合的に明らかにすることで、火砕流の発生機構及び流動様式に関する理解を深め、最終的には火山災害のリスク評価や影響範囲予測の精度向上に資することを目的とした。

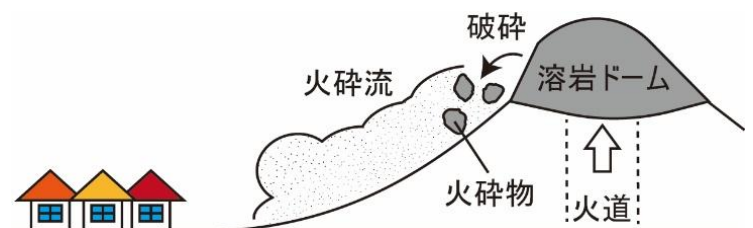


図 1. 溶岩ドーム崩落型火砕流の発生に関連する現象。

b. 研究実施項目とその内容

① 溶岩の内部構造の観察

解像度の異なる3種類のX線CT (micro-CT、CL、nano-CT) を用いて、雲仙普賢岳の溶岩試料を対象に、内部構造の観察を行った。micro-CTは最も低解像度(約 $10^2 \mu\text{m}$)であるが、試料全体にわたる広範囲の構造観察が可能である。CLは中解像度($2.69 \mu\text{m}$)、nano-CTは最も高解像度($0.92 \mu\text{m}$)を有し、微細な内部構造の可視化を可能とした。

② 溶岩を破碎しやすくする構造的特徴の特定

兵庫県にある大型放射光施設 SPring-8 に変形試験機を設置し、雲仙普賢岳の溶岩試料に対して圧縮実験を実施した。圧縮と高解像度X線CT撮影を繰り返すことで、圧縮前後における内部構造の変化を解析した。

③ 粒径分布及び形状と流動性との関係の解明

傾斜角 34° 、長さ3 mの斜面上において、不定形軽石の流動挙動を高速度カメラで撮影した。軽石は、低空隙率(60~70 vol.%)について3種類の粒径、高空隙率(90 vol.%以上)について2種類の粒径を用いた。粒子の空隙率、粒径、形状、流量、及び斜面の粗さを変化させ、これらのパラメーターが流動性に与える影響を評価した。

c. 研究の成果(結果)

3つの研究項目を通して、溶岩内部構造に起因する破碎過程と粒子特性が、火砕流の長距離流動を支配する重要な要因であることが示唆された。

①-1. 溶岩内部では大きな結晶の周囲に大きな空隙が存在する^[1]。

取得したCT像に対してAIを用いた物質相識別の画像処理を適用した結果、大きな結晶間の狭い隙間に沿ってシート状に伸長した大きな空隙が認められた(図2)。

②-1. 溶岩の破碎時には、結晶周囲の空隙が弱線として機能して亀裂の進展を促進する。

結晶周囲に存在する空隙を連結するように亀裂が進展する様子が観察された。

②-2. 弱線が不規則に分布することで、多様な粒径の火砕物が生成される。

亀裂の進展方向は一様ではなく、最終的に多様な粒径の破片(火砕物)が生成された。

③-1. 粒径及び空隙率の異なる粒子の混合により、火砕流が遠方まで到達しやすくなる。

粒子間の衝突により、微細な粒子(火山灰)が生成された。特に、粒径及び空隙率の分布が広いと生成が促進されることが示された。また、火山灰を多く含む場合には堆積が抑制され、遠方まで流下しやすくなることが明らかとなった。

本研究課題の遂行に当たり、笹川科学研究助成より多大なるご支援を賜りましたこと、ここに深く感謝申し上げます。

引用文献(本研究課題についての成果)

- [1] Saito, K., Hoshino, M., Goto, A. *et al.* A computed tomography observation of the Unzen lava reveals the frequent existence of vesicles and crystals in proximity. *Sci Rep* **16**, 81 (2026).

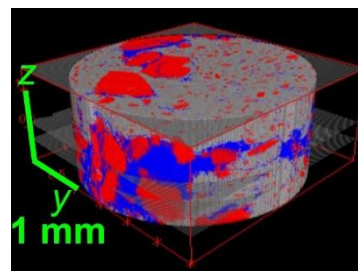


図2. 雲仙普賢岳の溶岩のCT像^[1]。結晶を赤色、空隙を青色で着色。