

溶岩流の流下状況と堆積特性に関する実験的研究

群馬工業高等専門学校 学生会員 ○池本 敦哉 正会員 永野 博之

東北大学大学院工学研究科 学生会員 柳原 駿太

八千代エンジニアリング株式会社 非会員 西尾 陽介 非会員 佐藤 敏明

1. はじめに

溶岩流は、火山活動の代表的な現象で、家屋や森林等に甚大な被害をもたらすことから、災害対策が必要である。しかし、溶岩流の発生頻度は低い上、模型実験が困難なため、溶岩流の流動、温度および堆積特性に関する知見は乏しい。永野ら²⁾は、溶岩流の温度特性に関する知見を集積するために高温加熱した溶岩試料を用いて流動実験を実施した。池本ら³⁾は、路床への熱移動による溶岩流の温度変化を流動実験より調べた。本研究は、高温流体の流動実験を行った上で、数値解析による流動・堆積過程に基づいた中谷ら⁴⁾の研究成果と比較し、溶岩流の流下状況と堆積特性について、さらなる知見の集積を試みたものである。

2. 実験概要

2.1 実験方法

本実験で用いた溶岩は、川砂に融点降下剤を加えて加熱することで生成した。加熱前の各重量は、川砂 540g、重曹 270g、ホウ砂 540g である。実験流路の模式図を図-1 に示す。実験流路の流路延長は 1.0m、流路幅は 0.6m とした。平板流路は、木製合板に、川砂（粒径 2mm 未満）を厚さ 5cm で敷設して製作した。溶岩流は、平板流路の上流端から 20cm 地点に、加熱容器を手作業で斜動させて溶岩を供給することで発生させた。溶岩流の底面温度と流路の路床内温度は、図-2 に示す地点に K 型熱電対（福電製 K-FFF-1PX1/0.65）を設置して計測した。溶岩流の底面温度を計測するための K 型熱電対は、测温接点が路床表面に露出するように設置した。路床内温度は、上流端から 40cm 地点と 60cm 地点の、路床表面から 1cm 地点に K 型熱電対を設置することで計測した。溶岩流の表面温度は、流路上方に赤外線サーモグラフィ（FLIR 製 CPAT-440、放射率 0.9）を用いて計測した。溶岩の流下状況は、流路上方、流路右岸側方および上流端に設置したビデオカメラにより撮影した。流

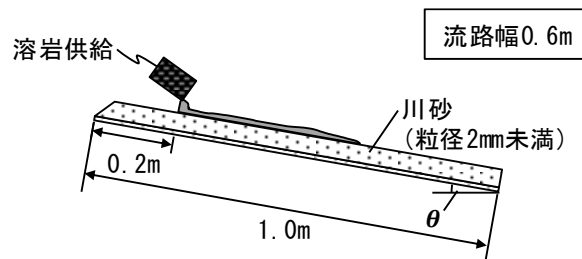


図-1 実験流路の模式図

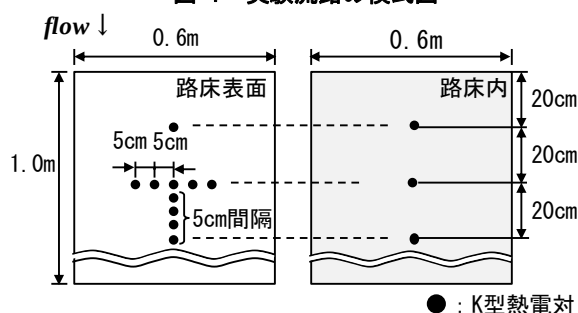


図-2 底面温度および路床内温度の計測地点

表-1 実験条件

実験ケース	勾配	初期温度 [°C]	供給量 [mL]	密度 [kg/m³]
CASE1	10	952.7	340	2262.6
CASE2	15	947.2	350	2021.9

路側壁には、鉛直方向と縦断方向にテープ尺が貼られており、撮影動画より、流動深、流動幅および流下距離を判読した。実験終了後、固結した溶岩の体積、到達距離、堆積厚および堆積幅を計測した。堆積厚および堆積幅は、供給地点から 1cm ピッチで計測した。

2.2 実験条件

本研究では、流路勾配 θ を 10deg、15deg とした 2 ケースの実験を行なった。実験ケースを表-1 に示す。また、溶岩の生成状況が実験毎に異なるため、溶岩の初期温度、密度および体積についても表-1 に示す。

3. 実験結果および考察

流路上方から撮影した動画から判読した流下距離を用いて、溶岩流の流下速度を算出した。判読した流下距離と算出した流下速度の時系列変化を、図-3 に示す。

キーワード 溶岩流、流動実験、到達距離、堆積特性、粘性係数

溶岩流停止までの時間は、CASE1 で約 26 秒、CASE2 で約 38 秒であった。本研究で発生させた溶岩流は小規模であるため、プラグ層は発達していないと考えられる。プラグ層の発達していない溶岩流の平均流速 v と粘性係数 μ の関係は式 (1) で与えられる⁵⁾。算出した流下速度を式 (1) に代入することで、粘性係数を推定した。

$$v = \rho g h^2 \sin \theta / 3\mu \quad (1)$$

ここに、 v ：流下速度、 ρ ：溶岩の密度、 θ ：流路勾配、 h ：流動深、 μ ：粘性係数である。各ケースの流下フロント部温度 T_f と粘性係数 μ の関係を図-4 に示す。CASE2 の方が CASE1 よりも、同一温度に対する粘性係数が若干高い結果となった。

堆積結果を表-2 に示す。到達距離は、供給地点から固結した溶岩流の先端部までの距離である。到達距離 L 、最大堆積厚 D 、最大堆積幅 W は、CASE1 よりも CASE2 のほうが大きくなった。図-5 に、供給地点からの距離 l と到達距離 L の比（到達距離比）に対する、各地点における堆積厚 d と平均堆積厚 $\bar{d}$ の比（堆積厚比）および堆積幅 w と平均堆積幅 $\bar{w}$ の比（堆積幅比）を示す。堆積厚は、0.4 L 付近で小さくなり、0.8 L 付近で卓越する傾向が確認できる。堆積幅比の変化は、CASE1 と CASE2 でほぼ一致した。平板流路を流下する溶岩流の平面形状は、楕円状になることが示唆された。中谷ら⁴⁾は、供給量と堆積形状との関係を式 (2) のように示している。

$$V_0 = 0.66LDW - 0.52 \quad (2)$$

本研究における堆積形状の諸量と供給量の関係を、式 (2) と併せて図-6 に示す。実験結果と中谷らの回帰式を比較すると、CASE1 と CASE2 で、 $\pm 20\%$ ほど異なる結果となった。

5. おわりに

本研究では、到達距離に強く影響を与える要因を知るために、溶岩流の流動実験を通して、溶岩流の流下状況と堆積特性を確認した。今後は、実験を重ね、堆積特性に関する知見のさらなる集積を図る必要がある。

参考文献

- 1) 水山ら(1969)：新砂防，Vol.42，No.4，pp.12-17.
- 2) 永野ら(2019)：平成 31 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.67-68.
- 3) 池本ら(2020)：第 47 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要，II-69.
- 4) 中谷ら(2005)：水工学論文集，第 49 巻，pp.733-738.
- 5) 砂防・地すべり技術センター(2000)：研究報告，第 1 号，pp.94-110.

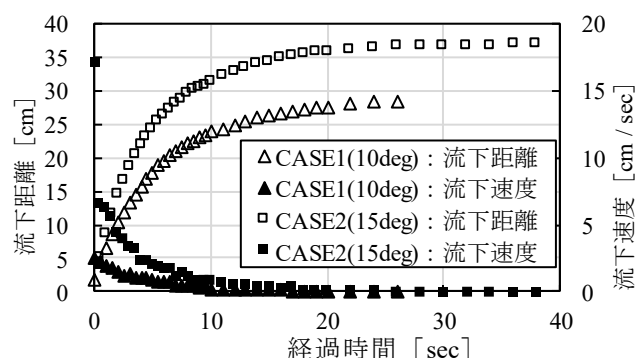


図-3 流下距離と流下速度の時系列変化

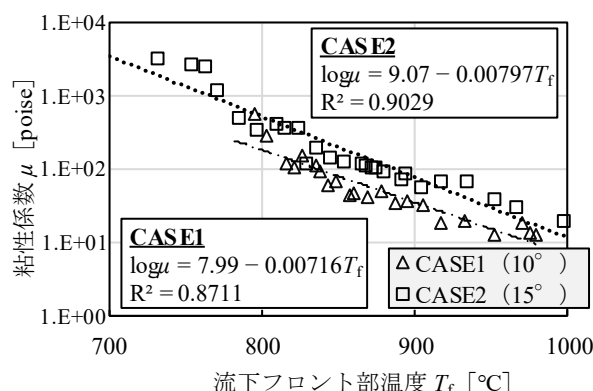


図-4 流下フロント部温度と粘性係数の関係

表-2 堆積結果

実験ケース	到達距離 [cm]	堆積厚 [cm]	堆積幅 [cm]
CASE1	29.1	最大：0.8 平均：0.6	最大：18.4 平均：15.8
CASE2	36.8	最大：1.0 平均：0.6	最大：18.6 平均：16.0

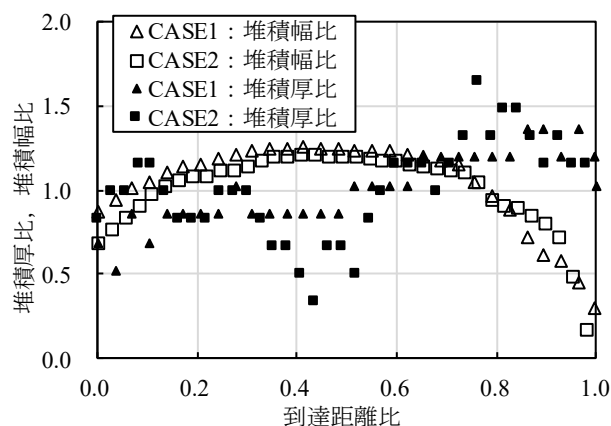


図-5 堆積厚比、堆積幅比と到達距離比の関係

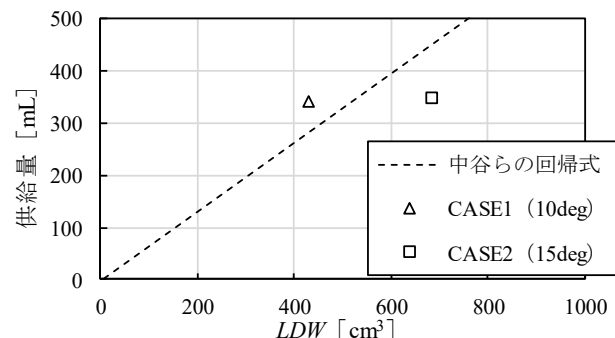


図-6 堆積形状から得られる供給量