モルタル製小型矩形流路における溶岩の流量と流動・堆積特性との関係に関する研究

群馬工業高等専門学校　学生会員　○今村　優之介　正会員　永野　博之
群馬工業高等専門学校専攻科　学生会員　茂木　陽平
八千代エンジニヤリング株式会社　非会員　西尾　陽介　非会員　佐藤　敏明

1. はじめに

溶岩流は家屋や森林等に甚大な被害をもたらすため災害対策が必要となる．溶岩流は山腹を広がりながら流下する場合のみならず，谷形状の河道を流下する場合もある．しかしながら，溶岩流の発生頻度の低さや高温流体を用いた実験が困難であるため，流れ場の違いによる溶岩流の挙動の違いを議論するには，いまだ知見が十分ではない．先行研究[1)]では谷形状を模擬した矩形断面流路を流下する溶岩流の流動・堆積特性について議論が行われている．しかし，そこでの流動実験では，溶岩の供給量が少ないため，実験環境が計測結果に影響を及ぼしていたことも考えられる．

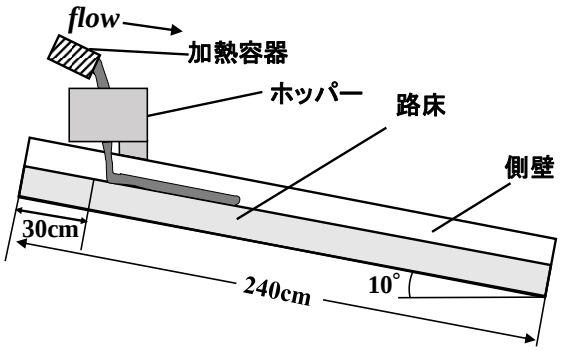
そこで，本研究では供給量を増やした溶岩流流動実験を行い，溶岩の流量による計測結果への影響の有無について検討した．

2. 実験概要

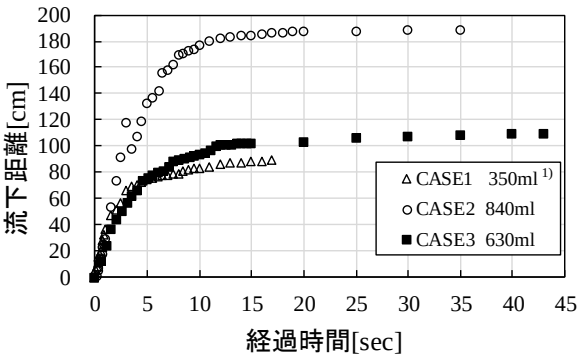
本研究の実験ケースを**表–1** に示す．CASE1 は，先行研究[1)]で実施された実験ケースとなる．溶岩は，先行研究[1)]と同様に川砂に重曹とホウ砂を混合した試料を，高温加熱して生成した．加熱前の各重量は，CASE1 では川砂 540g，重曹 270g，ホウ砂 540g とし，CASE2，3 では川砂 1,350g，重曹 675g，ホウ砂 1,350g とした．実験流路の模式図を**図–1** に示す．全ての実験ケースは矩形断面流路で実施され，流路勾配は 10°とした．流路はモルタルブロックを用いて形成した．流路の諸元は流路高 5cm，流路幅 5cm であり，流路延長は CASE1 では 160cm，CASE2，3 では 240cm である．CASE1，2 では流路の上流端から 30cm 地点に，加熱容器を手動で傾けて溶岩を供給し，溶岩流を発生させた．CASE3 では流路の上流端から 30cm 地点に溶岩流の流量を増加させることを目的としたモルタル製のホッパーを設置し，加熱容器からホッパーに溶岩を供給することで，溶岩流を発生させた．ホッパーの寸法は高さ 7cm，内径 15cm，足長 6.5cm，流出口の内径 3.8cm である．溶岩流の初期温度は，流路上方から赤外線サーモグラフィ（FLIR 製 CPA T-440，放射率 0.9）を用いて計測した．溶岩の流下状況は，流路上方に設置したビデオカメラで撮影した．実験終了後，固結した溶岩の体積，到達距離，堆積厚と堆積幅を計測した．

表–1　実験ケース

	勾配[°]	供給量[ml]	初期温度[°C]
CASE1[1)]	10	350	958
CASE2	10	840	1024
CASE3 (ホッパー使用)	10	630	926



図–1　実験流路の模式図



図–2　流下距離の時系列変化

3. 実験結果および考察

流路上方から撮影した動画を用いて，溶岩流の流下距離を判読した．本研究では両ケースともに，ある程度のまとまりとして流れた溶岩のフロント部を代表的な

キーワード　溶岩流，流動実験，流動特性，堆積特性

連絡先　〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580 群馬工業高等専門学校　TEL：027-254-9000　E-mail：hr-nagano@gunma-ct.ac.jp

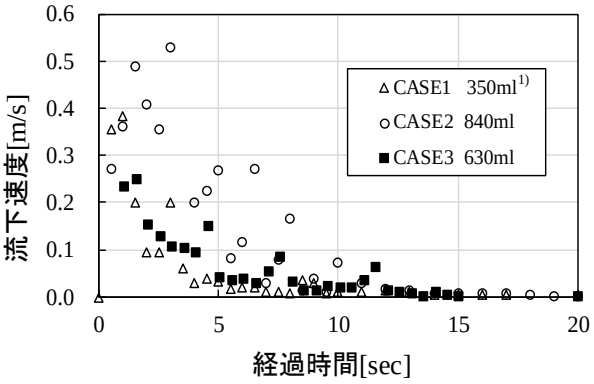
流下フロント部として採用し，流下距離を判読した．流下距離の時系列変化を**図–2** に流速の時系列変化を**図–3** に示す．溶岩流停止までの時間は，CASE1 では約 17 秒，CASE2 では約 35 秒，CASE3 では約 43 秒であった．CASE3 は，CASE1,2 に比べて流速が遅く，流動深が大きくなった．これは，CASE3 ではホッパーを用いたことで，手動による供給の影響を排除したためだと考えられる．また流動深が高くなったことで，表面積が小さくなり冷えにくくなったため停止までの時間が長くなったと考えられる．溶岩流の流動状況を規定するパラメータの 1 つである粘性係数は，温度の関数であるため，溶岩流の温度と粘性係数の関係を整理することは重要である．溶岩流の平均流速 v と粘性係数 μ の関係は式(1)のように示されている [2]．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．

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

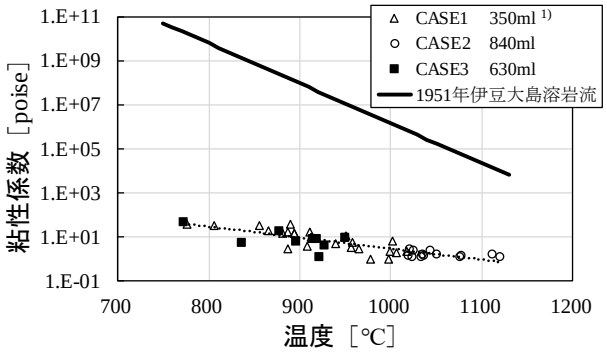
ここに，v：流下速度，ρ：溶岩の密度，θ：流路勾配，h：流動深である．本研究では，流動深の計測が困難であった箇所は流動深の代わりに平均堆積厚を用いて粘性係数を算出した．各ケースの粘性係数と流下フロント部温度の関係を**図–4** に示す．1951 年伊豆大島溶岩流の温度と粘性係数の関係 [3]を併せて示す．流下フロント部温度は，赤外線サーモグラフィにより撮影した温度データ付き動画から求めた．**図–4** より，推定した粘性係数は，3 ケースともに，同一線上にプロットされる．供給量を増加させても，粘性係数と温度の関係に大きな差が見られないことから，流路の継ぎ目は流動に大きな影響を及ぼすものではないと考えられる．堆積結果を**表–2** に示す．**図–5** に到達距離比（供給地点からの距離と到達距離の比）と堆積厚比（堆積厚と平均堆積厚の比）の関係を示す．CASE3 は CASE1,2 に比べ堆積厚比のばらつきが小さい．これは CASE1，2 では，溶岩の流下中に気泡が激しく発生し，それら気泡部の内側は溶岩で満たされないまま固結したが，CASE3 では気泡の発生が CASE1，2 ほどには激しくなく，その上溶岩が固結する前に主だった気泡が消失したためである．

4. おわりに

本研究では，先行研究 [1]よりも流量を増加した溶岩流実験を行い，流量と流動・堆積特性の関係について議論を行った．その結果，先行研究の結果は供給量を増やした実験と矛盾するものではないことが明らかとなった．



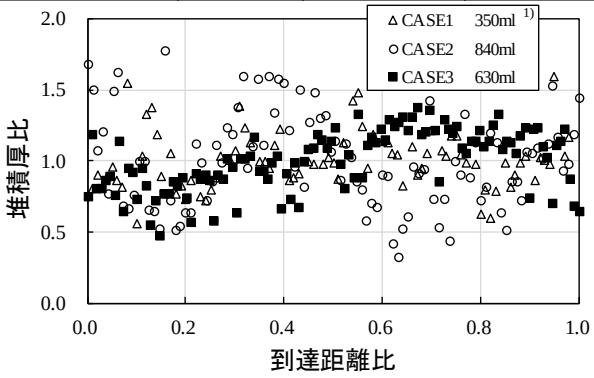
図–3 流速の時系列変化



図–4 粘性係数と流下フロント部温度との関係

表–2 堆積結果

	到達距離 [cm]	堆積幅 [cm]	堆積厚 [cm]
CASE1[1]	83.9	最大 W : 5.0 平均 $\overline{w}$: 4.7	最大 D : 1.0 平均 $\overline{d}$: 0.6
CASE2	189.2	最大 W : 5.0 平均 $\overline{w}$: 4.7	最大 D : 1.2 平均 $\overline{d}$: 0.7
CASE3 (ホッパー使用)	109.6	最大 W : 5.0 平均 $\overline{w}$: 4.97	最大 D : 1.4 平均 $\overline{d}$: 1.0



図–5 堆積厚比と到達距離比の関係

参考文献

1) 池本ら：モルタル製矩形断面流路を流下する溶岩流の流動・堆積特性に関する研究，第 49 回土木学会関東支部技術研究発表講演概要，II-9，2022.

2) 砂防・地すべり技術センター：砂防数値シミュレーションにおけるモデルの特性に関する研究，研究報告，第 1 号，pp.94-110，2000.

3) 石原ら：数値計算による 1986 年伊豆大島溶岩流の再現，火山，第 2 集，伊豆大島噴火特集号，pp.64-76，1988.