

## 融雪型火山泥流発生機構への熱水関与についての実験的検討

信州大学大学院 ○山岸希々実, 堤大三, 福山泰治郎

京都大学防災研究所 高山翔揮

## 1. はじめに

融雪型火山泥流は、火山噴火に伴い積雪に供給される噴出物の熱によって積雪が解け、大量の融雪水が供給されて発生すると考えられているが、事例が少なく発生機構は十分に解明されていない。我々の研究グループは固体の火山噴出物に着目し、高温砂礫と積雪間の熱伝導、融雪水の浸透、積雪層や堆積物層の不安定化等の物理プロセスを、それぞれの現象に着目した実験やシミュレーションにより検討し、泥流発生機構の解明を試みてきた。一方で、火山噴火時に山体から供給される熱水が泥流発生に関与している可能性も指摘されている。そこで本研究では、未検討であった熱水サージに焦点を当てた実験を行った。実験では、熱水から供給される熱量等の泥流発生条件、発生時の流下挙動、温度変化の推移等を解析し、熱水サージの融雪型火山泥流発生機構への影響を検討した。

## 2. 実験方法

実験は京都大学防災研究所附属火山防災研究センター穂高砂防観測所で行った。長さ 1.8 m, 幅 0.10 m, 高さ 0.29 m の水路の路床にまず土砂を均一に敷いた。この時使用した土砂は、礫と砂を混合したものである。粒形 7.0 mm 前後を礫とし、粒形 2.0 mm 未満を砂とした。その上に自然雪を充填し積雪層を準備し、水路を 30°に傾け上流部から熱水を供給した。融雪挙動と浸透挙動、泥流化の様子を水路左岸側の側面からデジタルビデオカメラで記録した。水路内底面の上流部、中流部、下流部の 3 地点に熱電対を取り付け温度変化を計測した。実験条件を表-1 に示す。条件の異なる 8 Case の実験を実施した。実験スケールで泥流化する場合の必要総水量の条件を検討するため、熱水供給量を変化させた。熱水供給時の温度は実験開始直前まで沸騰した状態で保温していたため、100 °Cとする。また、加熱土砂のみを加える Case 7 と加熱土砂 + 熱水を加える Case 8 を行い、実際の融雪型火山泥流の再現を通して熱水サージの影響を観察した。0°Cの水を流す Case 6 も行い、供給水の温度条件の比較も行った。

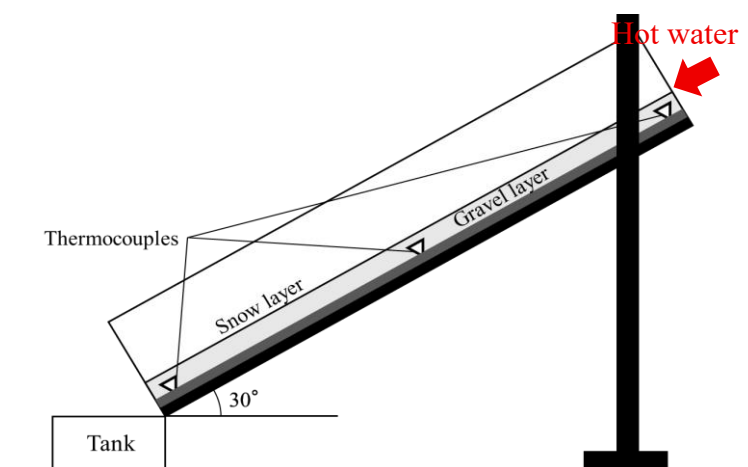


図-1. 水路模式図

## 3. 結果

本実験において、泥流化は水路下流まで流れきることと定義とする。

供給量の違いによる泥流化の結果を述べる。実験は表-1 で示す通り 0.50 L~2.92 L の 6 パターンの供給量で実験を行った。Case 1 の熱水 0.50 L と Case 2 の熱水 0.58 L の時、泥流は発生せず路床に敷いた土砂と積雪層は水路内途中で停止した。熱水 0.71 L 以上供給した Case 3~6 の時に泥流が発生した。

表-1. 実験条件

Case	Slope angle [ degree ]	Gravel mass [ kg ]	Sand mass [ kg ]	Snow mass [ kg ]	Water mass [ kg ]	Water temperature [ °C ]	Heated gravel mass (700°C)
Case 1	30	1.65	1.65	1.10	0.50	100	—
Case 2	30	1.65	1.65	1.10	0.58	100	—
Case 3	30	1.65	1.65	1.10	0.71	100	—
Case 4	30	1.65	1.65	1.10	0.88	100	—
Case 5	30	1.65	1.65	1.10	1.02	100	—
Case 6	30	1.65	1.65	1.10	2.92	0	—
Case 7	30	1.65	1.65	1.10	—	—	0.70
Case 8	30	1.65	1.65	1.10	0.50	100	0.70

Case 6 では熱水を供給した場合と比較を行うために泥流化が起こるまで供給し続け、水 2.92 L の時に泥流化した。この時、熱水を供給し泥流化した Case 3~5 に比べ融雪が遅く流下挙動の反応も遅かったことから、供給水の温度による挙動の違いが見られた。

加熱土砂の有無の結果を述べる。加熱土砂のみを供給した Case 7 は、水蒸気を伴う激しい融雪が起こったが供給地点にとどまり泥流化はしなかった。この時、融雪水は観測できるほど生成されなかった。加熱土砂と熱水 0.50 L を供給した Case 8 では、加熱土砂による積雪層の激しい融雪と共に、下層の土砂層を巻き込みながら高速に流下した。

水路内 3 ヶ所に設置した熱電対の温度データを図-2 に示す。この図は Case 5 の結果であるが、他の Case も同様な挙動を示し、熱水が積雪層を解かしながら下層の土砂を巻き込み流下していくため、上流部、中流部、下流部の順に時間差が生まれた。中流部が反応した直後に下流部が反応したのは、水路内で中流部から下流部への移動が速かったためである。また、最高温度が約 70℃と供給時の 100℃よりも低かったのは、供給した熱水と融雪水が混ざり流下したためと考えられる。

#### 4. 考察

水路実験の規模で泥流が発生した場合と発生しなかった場合の定量化を図るため、Case 1~6 に着目し、以下に示す熱収支式を用いて熱量、融雪水量を求め、最終的に総雨量に換算した。

$$E = mc(T_w - T_0) \dots\dots\dots (1)$$

$$V_m = E / (\Delta H_f \cdot \rho) \dots\dots\dots (2)$$

$$r = (V_0 + V_m) / A \cdot 10 \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 $E$  [J] : 熱水によって供給される熱量、 $m$  [g] : 供給量、 $c$  [J/(K · g)] : 水の比熱、 $T_w$  [K] : 供給時の熱水の温度、 $T_0$  [K] : 水の温度、 $V_m$  [cm<sup>3</sup>] : 融雪水量、 $\Delta H_f$  [J/g] : 融解潜熱、 $\rho$  [g/cm<sup>3</sup>] : 水の密度、 $V_0$  [cm<sup>3</sup>] : 供給水、 $r$  [mm] : 換算総雨量、 $A$  [cm<sup>2</sup>] : 水路投影面積である。

計算結果を表-2 に示す。Case 1 と Case 2 は泥流が発生せず、Case 3 以降は泥流が発生した。このことから、本実験の水路規模では Case 2 と Case 3 の間に泥流化の境目があると考えられる。熱水を供給した Case 3 と水を供給した Case 6 を比較すると、融雪という過程において温度は重要であり、熱水によって熱量が与えられ泥流化を促進することが分かった。また、計算には含めなかったが Case 7 と Case 8 の比較から、加熱土砂の熱による融雪だけでは泥流化が起こりにくいことから、融雪型火山泥流の発生には熱水の供給が重要な役割を果たす可能性が示された。

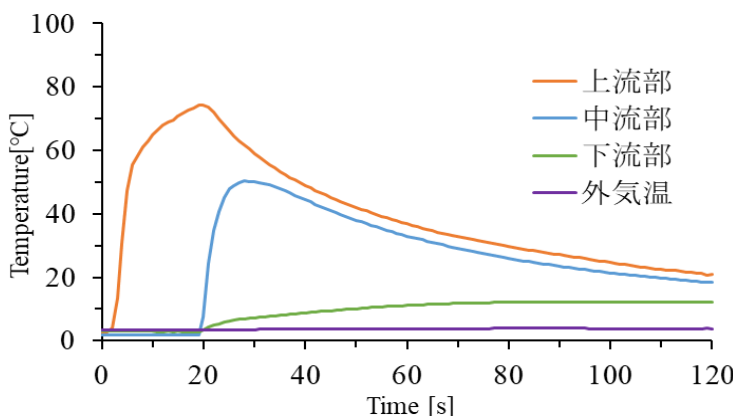


図-2. 温度変化の推移 (ケース 5)

表-2. 計算結果

Case	$V_0$	$V_m$	$V_0 + V_m$	$r$
	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	mm
Case 1	0.50	0.49	0.99	7.14
Case 2	0.58	0.71	1.29	8.28
Case 3	0.71	0.87	1.58	10.14
Case 4	0.88	1.08	1.96	12.57
Case 5	1.02	1.25	2.27	14.57
Case 6	2.92	0.00	2.92	18.73

#### 参考文献

上澤真平 (2008) : 北海道十勝岳火山 1926 年噴火大正泥流堆積物層序の再検討と古地磁気特性, 火山, Vol.53, No.6, p.171-191