

火山泥流に寄与する融雪水量推定のための実験的研究 —熱水混じりの高温土砂が積雪に供給される場合—

北海道大学大学院農学院 ○鈴木 貴大、山田 孝、笠井 美青

1. 目的

融雪型火山泥流の規模は、一般には、絶乾状態の高温火砕物の持つ全ての熱エネルギーが融雪に寄与するとして検討されている。既往研究においてもそのような考え方をもとに、例えば融雪型火山泥流が発生しやすくなる条件（伊藤ら, 2012）や、ガラスカラムと高温土砂を用いた単位面積当たりの融雪速度及び浸透速度（村重ら, 2015）、高温土砂が積雪層に供給された際の水蒸気発生を考慮した融雪水量（泉山ら, 2016）などが調べられた。

一方で、近年、1926年十勝岳における泥流では、熱水や熱水混じりの土砂による融雪だった可能性が報告されている（Uesawa, 2014）。しかし、熱水や熱水混じりの土砂によって発生する融雪水の量やハイドログラフについての研究は報告されていない。そこで本研究では「熱水」や「熱水混じりの高温土砂」が融雪を引き起こすと考え、流路模型実験により融雪水量のハイドログラフの特徴を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

本研究では、実験流路にて流路末端から流出したすべての水を「融雪水」と定義する。まず、土砂及び水の温度、水量をパラメータとして熱エネルギー収支のみを考えた融雪水量式を以下に示す。

$$Q = Q_h / q + W_w \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_h = C_w \times T_w \times W_w \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_h = C_s \times T_s' \times W_s + C_w \times T_w' \times W_w' \dots\dots\dots (3)$$

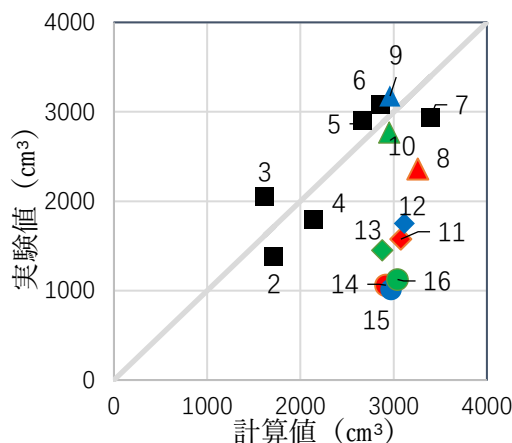


図-1 融雪水量の実験値と計算値
(図中の数字は実験ケースを示す)

表-1 流路実験ケース

	土砂濃度	土砂温度(°C)	水温(°C)		土砂濃度	土砂温度(°C)	水温(°C)
ケース1	土砂のみ	300.0		ケース9	0.3	214.3	87.3
ケース2	土砂濃度0 (熱水のみ供給)		1.0	ケース10	0.3	100.7	87.3
ケース3	土砂濃度0 (熱水のみ供給)		11.7	ケース11	0.2	307.1	91.1
ケース4	土砂濃度0 (熱水のみ供給)		30.2	ケース12	0.2	209.5	88.5
ケース5	土砂濃度0 (熱水のみ供給)		50.0	ケース13	0.2	105.0	88.0
ケース6	土砂濃度0 (熱水のみ供給)		71.1	ケース14	0.1	302.2	90.3
ケース7	土砂濃度0 (熱水のみ供給)		90.4	ケース15	0.1	206.7	87.0
ケース8	0.3	304.3	87.3	ケース16	0.1	108.7	92.1

備考：ケース1は高温土砂を積雪層表面に載せた

ここで、 Q ：融雪水量、 Q_h ：融雪に用いられる熱エネルギー、 q ：氷の融解熱、 W_w ：供給水量、 C_w ：水の比熱、 T_w ：水の温度、 W_w ：水の質量、 C_s ：土砂の比熱、 T_s' ：土砂と水の混合後の土砂の温度、 T_w' ：土砂と水の混合後の水の温度、 W_s ：土砂の質量、 W_w' ：土砂と水を混合後の水蒸気量を差し引いた水の質量。

次に、実際に発生する融雪水量に対する計算値の妥当性を検討するために、流路模型実験を行い、融雪水量（実験値）と比較した。流路（長さ：2.0m、幅：0.1m）の勾配は1926年大正泥流の発生・発達勾配（南里, 2009）を想定して18.5°とした。積雪層としてザラメ雪（約0.4～0.5g/cm³）を4cm厚で敷き、熱水と土砂を与えた。供給物の条件は表-1のとおりである。各ケースにおいて、流路末端で融雪水を連続的に複数の箱に採取し、実験で発生したすべての融雪水量を計測し、融雪水ハイドログラフを作成した。

また、ケース 8～16 において、供給時に高温土砂と熱水が混合される際に水蒸気が発生すると考えられるので、 T_s' 、 T_w' 、 W_w' については土砂と水の混合実験を行い求めた。各パラメータは流路模型実験時の各ケースに合わせて設定し、混合後の土砂及び水の温度の測定と、失われる水の質量の測定を同時に行った。

3. 結果と考察

(1) (2) (3) 式により得られた計算値と流路実験による実験値との比較を図-1 に示す。熱水のみを与えたとき(表-1 のケース 2～7)、計算値と実験値は近似しており、(2) 式で融雪水量を説明することが可能であることがわかった。また、熱水の温度を上げると融雪水量は増加する傾向があり、図-2 からピーク流量も同様の傾向がある。供給された熱水は積雪層内へ浸透して流出する流れに、積雪面付近を溶かしながら表面流状態で流下する流れが加わるため、融雪水量及びピーク流量は大きくなるものと考えられる。融雪水量は、水温度 50℃以上の時、供給水量の約 2.5 倍になった。

高温の土砂(絶乾状態)のみを積雪層に与えたとき(ケース 1)は、表面流が発生することなく土砂・積雪面境界から鉛直浸透を経て側方流として流出し、融雪水量は最大値であるケース 9 (3175.9 cm³) の 10 分の 1 となり、その時間的な変化は小さい。

次に熱水混じりの土砂を与えたとき(ケース 8～16)、土砂濃度が 0.3 のときは実験値と計算値は近似する(図-1)。ケース 11～16 において実験値が計算値を大幅に下回る原因は、供給物の流下が流路の片側に偏ってしまったことだと思われる。そこで、ケース 8～10 のハイドログラフのみを図-3 に示す。流出初期に現れるピーク流量は、ケース 10 (708.9 cm³/s) においては図-2 のケース 6 (537.5 cm³/s) に比べ、約 1.3 倍の値をとる。これは表面流における熱水による融雪に加えて、運搬され積雪層上に堆積した土砂の熱エネルギーによる融雪が起きているからだと考えられる。また、図-3 においてケース 8～10 におけるピーク流量の大きさにあまり差がみられないのは、土砂と水の混合実験の結果、混合前土砂温度によらず、土砂と水を混合すると 80℃前後まで温度が低下してしまうからだと考えられる。

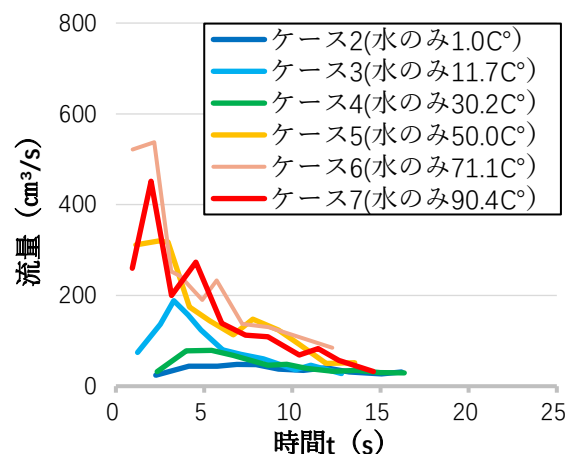


図-2 ケース 2～7 における融雪水ハイドログラフ

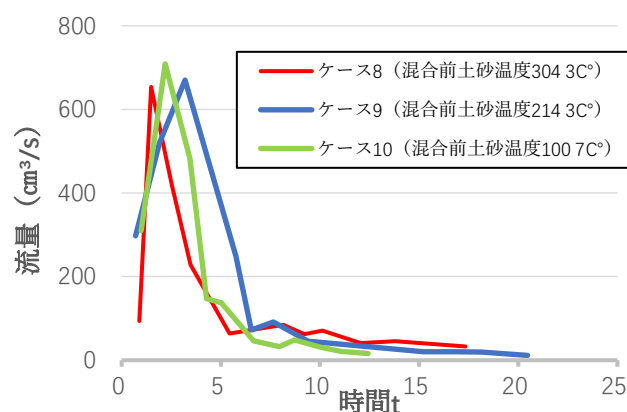


図-3 ケース 8～10 における融雪水ハイドログラフ

参考文献

- Uesawa, S. (2014). A study of Taisho lahar generated by the 1926 eruption of Tokachidake Volcano, central Hokkaido, Japan, and implications for the generation of cohesive lahars. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 270, 23-34.
- 泉山寛明, 堤大三, 野池耕平, 藤村直樹, 水野秀明 (2016). 蒸発熱を考慮した火砕物による融雪量推定に関する研究. 砂防学会誌, Vol.69, No.4, 10-15.
- 伊藤英之, 吉田真理夫, 長山孝彦, 脇山勘治, 原田憲邦, 南里智之 (2012). 融雪型火山泥流の発生プロセスに関する実験的研究. 砂防学会誌 Vol.65, 47-53.
- 村重慧輝, 堤大三, 宮田秀介, 藤田正治, 酒井英男, 上石勲 (2015). 火山泥流発生機構解明のための高温砂礫による融雪に関する実験的研究. 砂防学会誌, Vol.67, 3-10.
- 南里智之 (2009). 現地情報解析による火山泥流の流下・氾濫特性に関する研究. 北海道大学大学院農学院 博士論文. 132p