

## 融雪型火山泥流の発生機構に関する研究 —粒径の異なる火山噴出物と雪との混合による融雪及び火砕流サージの影響—

三重大学大学院 生物資源学研究科 ○中里友輔, 堤大三

### 【はじめに】

火山噴火による噴出物は、噴石や火砕流の様に、一般的に流下速度が速く規模が大きいため甚大な被害を及ぼす。さらに積雪地域では、高温の噴出物が積雪を溶かし、土砂を巻き込みながら流下する場合があります。融雪型火山泥流と呼ばれる現象が起こる。融雪型火山泥流の発生機構を解明するため、これまで種々の研究が行われてきたが、従来の研究では、主に高温の噴出物を雪の上ののせて融雪の挙動を観察する実験が行われてきた。しかし実際に火山噴火が起こる場合は、噴出物が積雪層を貫通したり、火砕流と積雪が混ざり合って流下することから、雪の上に高温土砂を設置する条件は現実的ではないとの指摘があった。当研究室では雪と高温土砂との接触条件を変えた実験を行い、火砕物が雪の上に静置された条件と比較して、火砕物と雪が混合した状態では融雪速度が大きくなることが示され、噴出物の粒径が小さくなるにつれて一定量の噴出物からの熱供給速度が大きくなることが数値モデルの結果から示された。本研究では、先行研究で示された数値モデルの妥当性を検証するため、土砂の粒径を変えて融雪実験を行い、数値モデルによる再現計算を実施した。また土砂や熱水だけでなく、火砕流サージが発生し融雪に寄与するとの指摘されており、熱風による融雪実験を実施し、火砕サージによる融雪泥流発生の危険度についても検討した。



図-1 火砕物と雪が混合することで激しく融雪が進んでいる様子

### 【噴出物による融雪】

箱形の実験容器に雪を充填し、加熱土砂 (500°C) を供給することで融雪の挙動を観察する実験を行った。土砂の条件として等しい重量で2種類の粒径を使用した。先行研究 (本居ら 2019) で行われた加熱土砂の上から雪を供給する接触条件を採用し、積雪内部に貫通する噴出物を再現した。実験はインターバルカメラで撮影し、雪の断面積の変化量を画像解析ソフトによって計測し、実験装置の厚みを掛け合わせることで減少した体積分を融雪量として推定した。

図-2, 3に、大粒径と小粒径の土砂を供給した場合の融雪水量変化の実験結果を、数値モデルによる計算結果と合わせて示す。数値モデルで予測された通り、実験結果からも、粒径が小さくなる場合熱伝導速度が大きくなることが確認された。計算結果と比べ実験結果が過小評価になっているのは、加熱土砂の上に供給された雪が溶け切ったことで、土砂間隙の融雪水がなくなったためだと考えられる。

図-4に、雪の上に既往の実験で得られた加熱土砂を静置した場合の融雪挙動と本研究で得られた加熱土砂と雪が混合した場合の融雪挙動との比較を示す。供給した土砂量が違うため、縦軸は高温土砂の

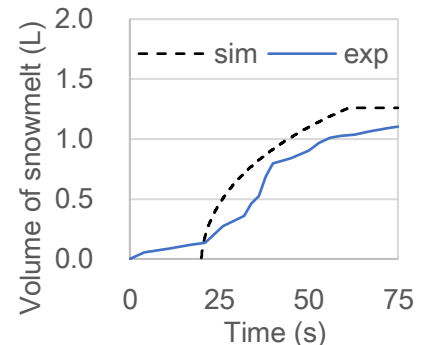


図-2 大粒径の加熱土砂による融雪量の変化 (実験と計算結果)

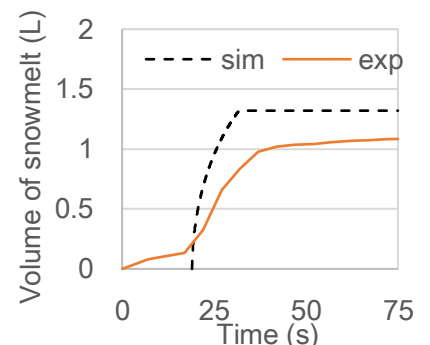


図-3 小径の加熱土砂による融雪量の変化 (実験と計算結果)

持つ熱量が全て融雪に寄与するとして算出した融雪可能量と、実際に融雪した量の比とした。土砂の持つ熱量で雪の上に静置される条件の融雪速度より土砂と雪が混合する条件の融雪速度が大きく、土砂と雪の混合によって融雪型火山泥流の危険度が高まることが示された。

### 【火砕流サージによる融雪】

火砕流は、火山からの高温の噴出物と空気とが混合した状態で流下する現象であるが、固体の噴出物が流下途中で停止し熱のみがさらに流下する現象がみられ、これを火砕流サージという。本研究では火砕流サージで発生する熱風を、木炭を燃焼させて発生する高温の燃焼ガスで再現し、風速を変えることで融雪速度への影響を調べる実験を行った。箱形の実験装置を使用し融雪の挙動を観察し、撮影した画像から体積の減少量を計測した。熱風の流量は  $1.0 \text{ m}^3/\text{min}$  である。実験装置の天板を上下に動かすことで熱風が通る断面積を変化させ、風速を  $0.9, 3.5, 6.9 \text{ m/s}$  の3通りに変化させた。風速と融雪速度の関係を図-5に示す。実験の結果、風速が速くなるにつれて融雪速度が大きくなる傾向が見られた。これは風速増加とともに熱風と雪との間の境界層が薄くなることで、温度勾配が大きくなり、より熱が伝わりやすくなったためである。

### 【加熱土砂による融雪と火砕流サージによる融雪の比較】

土砂と熱風による融雪速度の比較を行うため、土砂の持つ熱量と熱風により供給される熱量が等しくなる時間  $t_0$  を求め、それによって経過時間を標準化した際の融雪量を求めた。与える熱量が等しくなる時間は以下の式で求めた。

$$t_0 = \frac{W_s c_s T_s}{Q_w \rho_A c_A T_A} \dots (1)$$

ここで  $W_s$  : 土砂重量 [kg],  $c_s$  : 土砂の比熱 [J/kg/K],  $T_s$  : 土砂温度 [K]  $Q_w$  : 風量 [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],  $\rho_A$  : 空気密度 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],  $c_A$  : 空気比熱 [J/kg/K],  $T_A$  : 空気温度 [K] である。結果、 $t_0 = 154 \text{ s}$  となった。

$t_0$  で経過時間を標準化し、融雪水の体積を実験装置の断面積で除したものを、融雪水量変化として比較したものを図-6に示す。加熱土砂が熱風に対して融雪速度が格段に大きいことが分かった。これは熱伝導率が土砂の方が高いことが理由と考えられる。熱風実験の結果は、 $0.9 \sim 6.9 \text{ m/s}$  のものを示しているが、実際のサージは風速  $28 \text{ m/s}$  となる場合もあるため、実験結果から予測される風速  $28 \text{ m/s}$  の場合の融雪水量変化も図-6に合わせて示した。その場合でも、加熱土砂による融雪速度の方が圧倒的に大きいことが分かった。このことから火砕流サージによる融雪の影響は小さいものであると考える。

引用文献：本居絵子：融雪型火山泥流の発生機構に関する研究—粒子径の異なる火山噴出物と雪との混合による融雪—, 卒業論文, 三重大大学生物資源学部(2019)

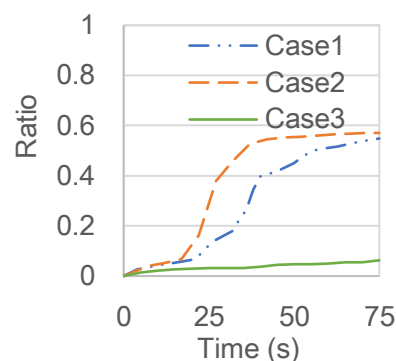


図-4 雪と砂礫の接触条件を変えた場合での融雪速度

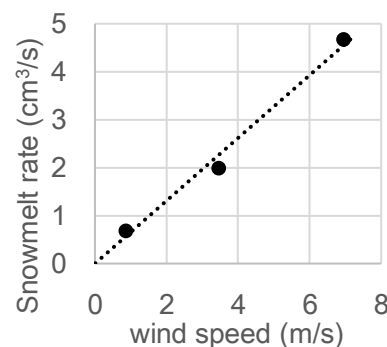


図-5 風速と融雪速度の関係

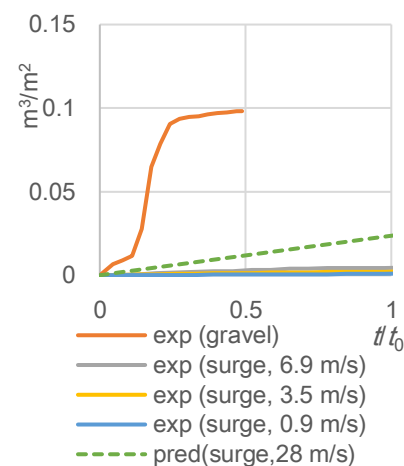


図-6 融雪速度の比較