

数値計算による融雪型火山泥流の災害シナリオ検討

宇都宮大学農学部 ○酒井 佑一
 (一財) 砂防・地すべり技術センター 志水 宏行
 東京大学大学院農学生命科学研究科 堀田 紀文

1. はじめに

積雪期の噴火では、融雪型火山泥流の発生が懸念される。積雪層が高温の火山噴出物などにより融かされて大量の融雪水が発生することで、堆積物を巻き込みながら泥流に発達するからである。融雪型火山泥流の災害事例として詳細な記録が残っているものは、1926年の北海道・十勝岳、1985年のコロンビア・ネバドデルルイス山で発生した泥流があり、いずれも広範囲で甚大な被害を引き起こしている。一方、積雪期の噴火で災害につながるような融雪型火山泥流が発生しなかった例もあり、その発生・発達過程は不明な点が多い。融雪型火山泥流の発生頻度は少なく、現地観測での検討は難しいため、なるべく素過程を反映した物理モデルによる検討が重要である。

そこで本研究では、融雪型火山泥流について素過程を反映した物理モデルによる数値計算手法を新たに提案し、シナリオ検討をもとに泥流の発達に関する感度分析を行う。

2. 融雪型火山泥流の計算手法

新たに開発した融雪型火山泥流の計算手法は、噴火による火山噴出物(火砕流など)についての計算、融雪計算、泥流計算の3つの計算過程からなる。本研究では、過去にも発生事例がある火砕流に起因した融雪型火山泥流を対象とする。その際、対象火山の地形データと、噴火条件や積雪条件の設定が必要となる。まず、火砕流計算については、火砕流の浅水流モデル¹⁾を用いて、想定噴火条件をもとに火砕流堆積物の厚さの空間分布を求める。次に、融雪計算では想定積雪条件をもとに、地形データ上の各セルにおいて積雪層と火砕流堆積物の熱交換から融雪水量を計算する(本研究では熱平衡を仮定した計算手法²⁾を用いる)。そして、各セルの融雪水と火砕流堆積物はすぐさま混合して泥流を形成すると仮定し、各セルで初期泥流の流動深と土砂濃度を求める(昨年度の発表³⁾からこの部分に変更になっていることに注意)。最後に、泥流計算では土石流の2次元浅水流モデル⁴⁾を使用する。この際、泥流計算の初期条件として、融雪計算による初期泥流の流動深・土砂濃度分布を速度0で与える。初期泥流は、侵食・堆積を伴いながら流下することになる(侵食できる河床堆積物の厚さは侵食可能深として与えられる)。

3. 浅間山における融雪型火山泥流の発達に関する感度分析

上述の計算手法を用いて、融雪型火山泥流の発達に関する感度分析を行った。ここでは、冬季に積雪があり、過去に融雪型火山泥流の発生が報告されている浅間山を対象とした。地形データには国土地理院・基盤地図情報の数値標高モデル(10 m メッシュ)を用いて、浅間山の火口を中心とした東西南北方向に15 kmの正方形領域を計算対象とした(図1の領域)。噴火規模は、中規模噴火として噴出率 2×10^8 kg/sで継続時間200秒と想定した。これをもとに火砕流計算を行い、最終的に形成される堆積物の層厚分布を求めた(図1;計算の詳細は昨年度の発表³⁾参照)。

本研究では、火砕流堆積物の分布は固定して、積雪深分布と侵食可能深が泥流の発達に与える影響について感度分析を行った。積雪深分布は、標高に応じた線形変化を仮定し、平年値を浅間山山頂付近の標高2500 mで積雪深が1 m、山麓の標高500 mで積雪深が0 mとなるように与えたものと、その積雪深分布を全体で単純に2倍にしたものの2種類用意した。また、侵食可能深は一律0 mとしたも

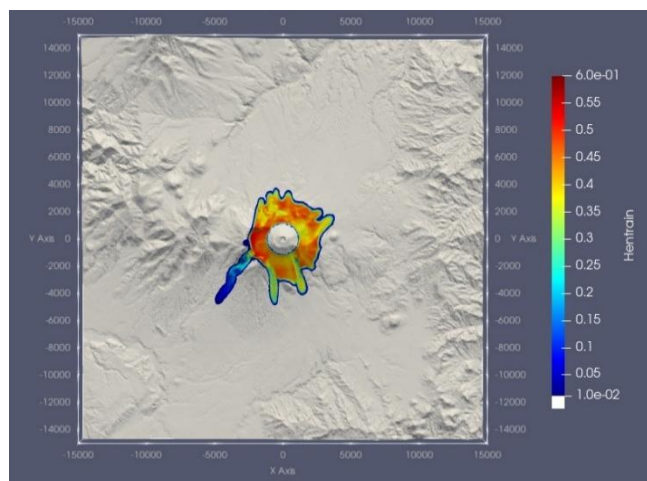


図1 火砕流計算による堆積物の最終層厚分布

のと、一律 2 m としたものの 2 種類用意した。つまり、積雪深分布 2 種類、侵食可能深 2 種類の計 4 ケースで計算を行った。なお、泥流計算における代表粒径は本研究では 0.3 m とした。

まず、融雪計算の結果、積雪深が平年値かその 2 倍かで、初期泥流の流動深と土砂濃度は異なった（図 2）。流動深の違いは、積雪深が多いほど融雪水量が多くなることに対応した。土砂濃度については、火砕流堆積物の分布が同じため、融雪水量が多いほど土砂濃度が低くなった。

泥流計算は融雪計算の結果を初期条件として行った（図 3）。泥流発生 600 秒後の流動深分布を見ると、積雪深が大きいほど流動深が全体的に大きく発達した泥流になった。これは、積雪深が大きい方が初期泥流の流動深も大きいことに対応するだけではなく、積雪深が大きい方が初期泥流の土砂濃度は全体的に低いため、同じ地形（河床勾配）に対して堆積が発生しにくいからである。一方、同じ積雪深では侵食可能深が大きいほど発達した泥流となった。これは、初期泥流の土砂濃度が河床勾配に対応する平衡濃度より低い場合、河床堆積物を侵食して発達するためである。このことは、積雪深が平年値のとき（初期泥流の土砂濃度が高い）の侵食可能深の違いよりも、積雪深が 2 倍のとき（初期泥流の土砂濃度が低い）の侵食可能深の違いの方が泥流発達に大きな違いが現れていることに対応する。つまり、泥流が発生後に河床堆積物を侵食して発達するかどうかは、火砕流堆積物量と融雪水量の比率によって決まる初期泥流の土砂濃度が大きな影響を与える可能性がある。

以上のように、積雪深や侵食可能深の違いに応じて泥流の発達に違いが現れることが分かった。このことは、同規模の火山噴火に対しても、融雪型火山泥流が大規模化して下流まで到達する場合と、それほど発達しないで堆積する場合があることを示唆する。今後は、本研究で提案した数値計算手法をもとに、これら諸条件の影響を包括的に検討することで、融雪型火山泥流の発達に与える条件について解明したい。なお、本研究は国土交通省河川砂防技術研究開発公募と砂防学会公募研究会の助成を受けて実施された。

参考文献：1) Shimizu, H.A. & Koyaguchi, T. (2024), JpGU Meeting 2024, MIS15-P01. 2) 宮本邦明ら (1989), 第 33 回水理講演会論文集, pp.361-366. 3) 酒井佑一ら (2025), 砂防学会研究発表会, R7-19. 4) 江頭進治ら (2004), 日本流体力学数値流体力学部門 Web 会誌, 12(2), pp.33-43.

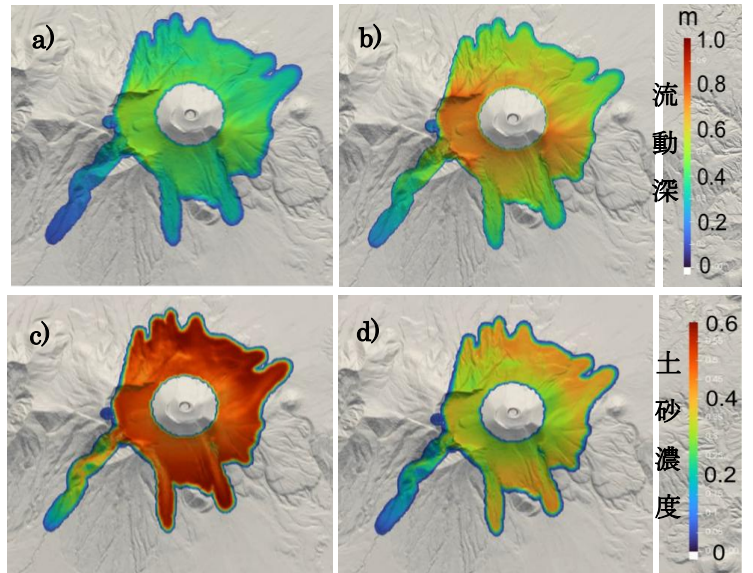


図 2 融雪計算による初期泥流の流動深（積雪深 a: 平年、b: 2 倍）と土砂濃度（積雪深 c: 平年、d: 2 倍）

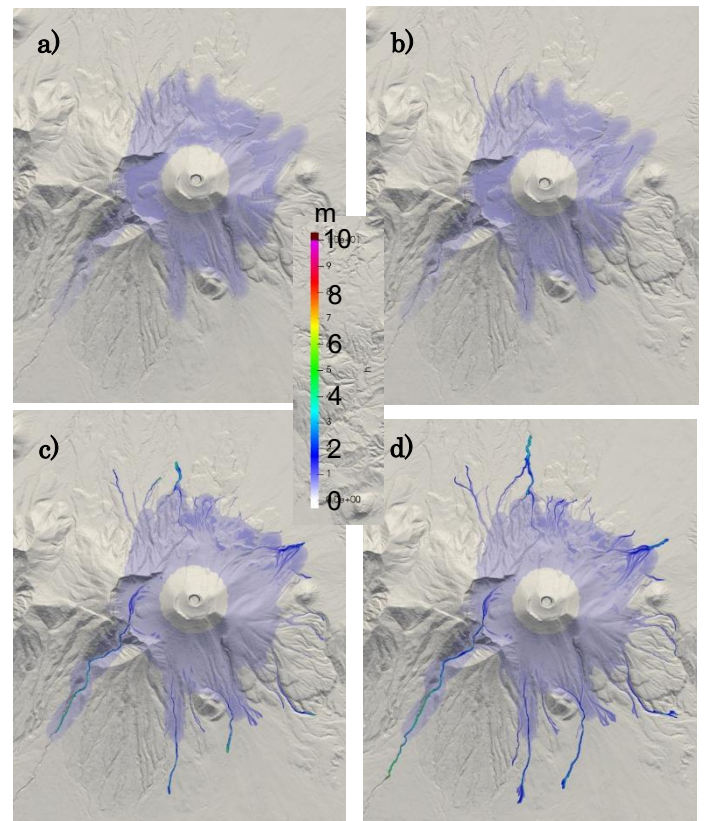


図 3 発生 600 秒後の泥流の流動深：それぞれの計算条件は積雪深・侵食可能深の順に a) 平年・0 m, b) 平年・2 m, c) 2 倍・0 m, d) 2 倍・2 m