

桜島における土石流の流出補正係数の推定

九州大学大学院生物資源環境科学府 ○井関十也

九州大学大学院生物資源環境科学府 江藤稚佳子

九州大学大学院農学研究院 水野秀明

1. はじめに

令和4年に全国で発生した土砂災害は795件に上り、うち198件が土石流等によるものである(国土交通省, 2023)。この数十年で、土砂災害およびその誘因となる大雨の年間発生件数はいずれも増加傾向にあることが報告されており(気象庁, 2023)、土石流によって流出する土砂量を精度よく予測することは、わが国の防災・減災分野における喫緊の課題であると言える。

土石流によって運搬された土砂量のデータは、航空レーザー測量に代表されるLiDARを用いた地形測量技術を活用して蓄積されつつある。地形測量技術を用いた研究例としては、雲仙普賢岳における噴火終息後の土石流発生メカニズム解明を目的とした平川ら(2018)の研究や、鹿児島市桜島における地形変化と降水量・降灰量との関連性を考察した手塚ら(2021)の研究などがある。しかしながら災害発生以前に流出土砂量を推定するための係数である、土石流の流出補正係数(国土技術政策総合研究所砂防研究室, 2016)の実態を明らかにした研究はほとんどない。

そこで本研究では、火山活動の影響を受けて土石流が頻発する傾向にある、鹿児島市桜島の3流域(黒神川、有村川、野尻川)を対象として、土石流の流出補正係数の実態を明らかにすることを目的とする(図-1)。

2. 解析手法

本研究の対象期間は2016年10月20日から2020年10月28日までのおおよそ4年間である。これは航空レーザー測量データの計測日に基づくものであり、雨量データについても同様の期間解析を行った。雨量はレーダーアメダス解析雨量を用いて期間内の累加雨量を算出し、流出補正係数の推定の際の降水量として利用した。航空レーザー測量データのサイズは1m×1m、レーダーアメダス解析雨量データの単位はmm/m²である。

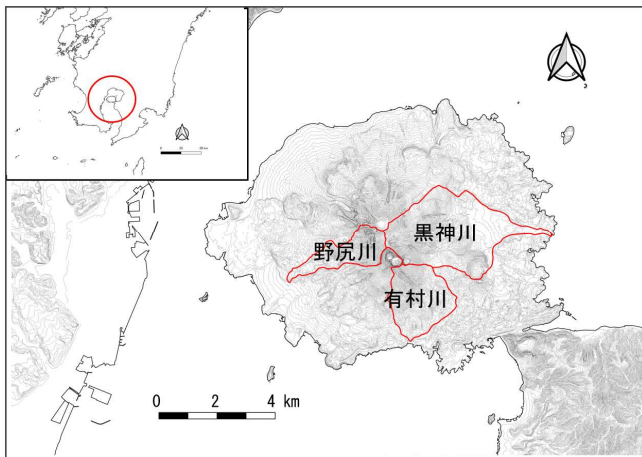


図-1 桜島と対象流域

2.1. 流出土砂量

初めに、2016年度の等高線より各流域内に水系網を作成するとともに、さらに小流域に分割した。次に2020年度の標高から2016年度の標高を差し引いた値に1メッシュあたりの面積である1m²を乗じることで、メッシュ毎の侵食量・堆積量を算出した。計算上、侵食量は負の値、堆積量は正の値で示し、流出土砂量は小流域毎の侵食量と堆積量の和として計算した。解析対象範囲は、黒神川流域で黒神川1号堰堤より上流域(第一、第二、第三黒神川流域の計3流域)、有村川流域で流域全体、野尻川流域で野尻川8号堰堤より上流域とした。

2.2. 対象期間内の流出補正係数の推定

降水量を V_W (m³)、土砂量を V_{SMax} (m³)、堆積土砂の容積濃度を C_* 、土石流の平衡濃度を C_d とすると、降水量 V_W の水が土石流の平衡濃度で運搬できる土砂量(運搬可能土砂量) V_{SMax} は

$$V_{SMax} = \frac{C_d}{C_*(1-C_d)} V_W \quad \dots (1)$$

と書ける。

流出補正率の実測値 k は、2020年度に計測した標高データから2016年度に計測した標高データを差し引いて求めた流出量を $V_{SMeasure}$ (m³)とすると、

$$k = \frac{V_{SMeasure}}{V_{SMax}} \quad \dots (2)$$

となる。

算出した流出補正率の実測値 k は、国土技術政策総合研究所砂防研究室(2016)に示されている計算式である

$$k = 0.05(\log_e A - 2.0)^2 + 0.05 \quad \dots (3)$$

のグラフ中にプロットした。 A は流域面積(km²)である。また、土石流の平衡濃度 C_d の値は0.3と0.6の2パターンを検証した。

3. 解析結果および考察

対象期間中の各流域における累加雨量は、黒神川流域で11790~15199mm、有村川流域で11557~13892mm、野尻川流域で12549~13784mmの範囲であった。

3.1. 流出土砂量

2016年から2020年までのおおよそ4年間で、空隙を含め、第一黒神川流域では合計1,043.14×10³m³の土砂が、第二黒神川流域では合計319.21×10³m³の土砂が、第三黒神川流域では合計66.35×10³m³の土砂がそれぞれ流出したと推定された。黒神川流域全体では1,428.70×10³m³の土砂が流出していた。土砂の流出は第一黒神川流域の本川右岸側から特に多く見られ、右岸側全体では879.27×10³m³の土砂が流出していた(図-2)。

有村川流域では2016年から2020年までのおおよそ4年間で、合計794.35×10³m³の土砂が流出したと推定された。

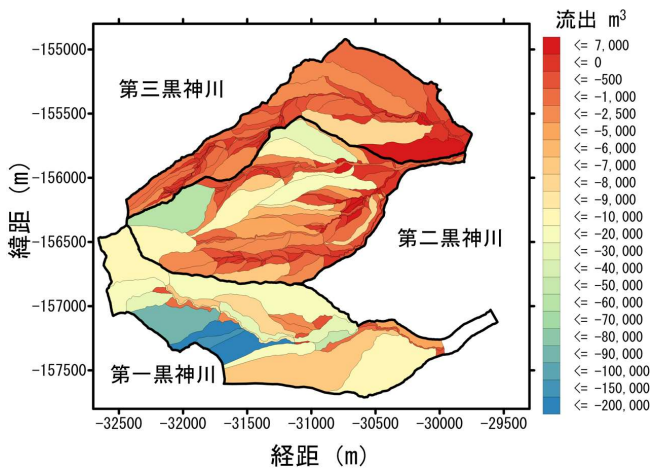


図-2 黒神川流域における流出土砂量

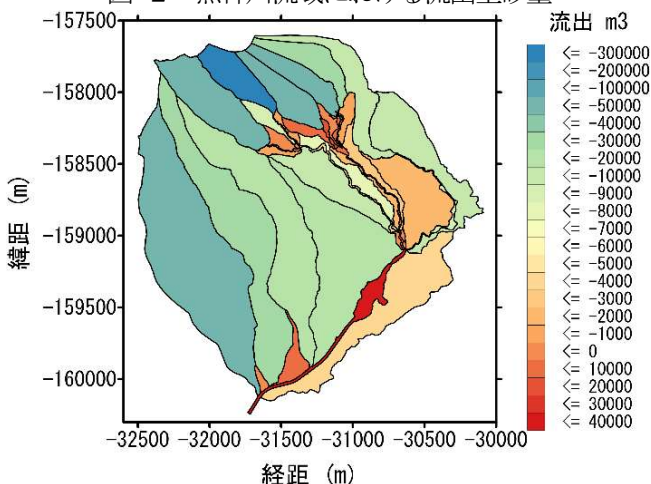


図-3 有村川流域における流出土砂量

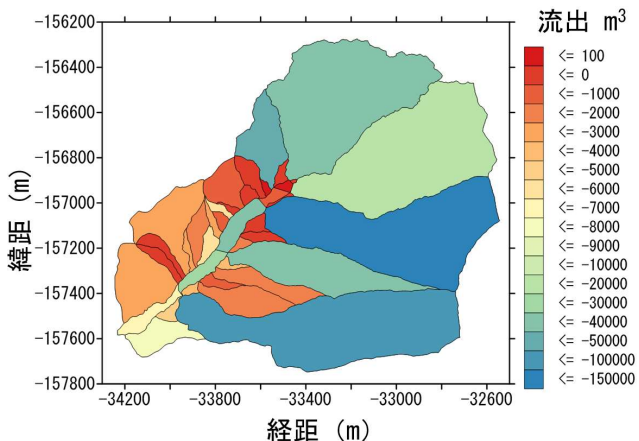


図-4 野尻川流域における流出土砂量

特に本川上流部右岸側からの土砂流出が多く、この小流域からの流出量は $645.51 \times 10^3 \text{ m}^3$ と流域全体の8割強を占めていた(図-3)。

野尻川流域では2016年から2020年までのおおよそ4年間で、合計 $879.93 \times 10^3 \text{ m}^3$ の土砂が流出したと推定された。土砂の流出は本川左岸側からが多く、左岸側斜面からの流出土砂量は、合計 $656.00 \times 10^3 \text{ m}^3$ であった(図-4)。

3.2. 対象期間内の流出補正係数の推定

図-5より、第二黒神川流域、第三黒神川流域、有村川流域、野尻川流域では土砂濃度 C_d の値に関わらず、補正係数の実測値 k の値は式(3)の計算値の0.2から0.4倍未満

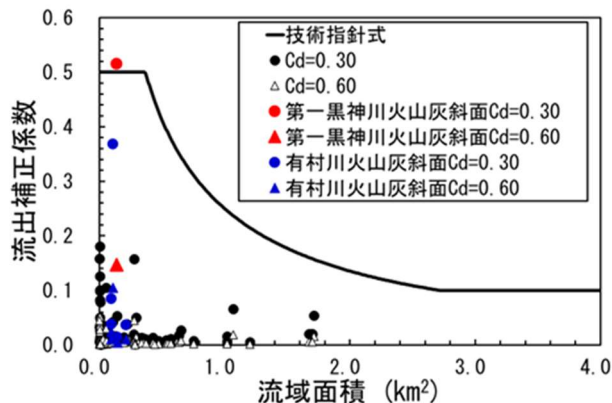


図-5 2016年から2020年の流出補正係数

に小さくなっていたことが分かる。その一方で、第一黒神川流域の一部小流域では、 $C_d=0.3$ のとき、 k の値が式の最大値0.5を上回る結果 ($k=0.52$) となった。

これらの小流域は上流部にある昭和火口から噴出した火山灰で斜面が覆われており、他の小流域と比べ移動可能な土砂が多く存在していた可能性が考えられる。

4. おわりに

本研究では、火山活動の影響を受けて土石流が頻発する傾向にある、鹿児島市桜島の3流域(黒神川、有村川、野尻川)を対象として、土石流の流出補正係数の実態を明らかにすることを目的とした。

その結果、流出土砂量と運搬可能土砂量から求めた流出補正係数の実測値を従来の計算値と比較すると、多くの実測値が式の値の0.4倍未満に小さくなる一方で、斜面に火山灰の堆積が見られた一部の小流域では、流出補正係数の実測値が計算値を上回る場合があることが分かった。今後は地形条件をより詳細に踏まえて流域分割をさらに細かく行い、流出補正係数の推定を再度行う考えである。

本研究は令和3年度河川砂防技術研究開発公募地域課題分野(砂防)の研究成果の一部である。本研究を進めるにあたり、国土交通省大隅河川国道事務所より航空レーザー測量データをご提供いただきました。記して関係各位に深く感謝申し上げます。

引用文献

平川泰之・岡野和行・植野利康・堤大三・宮田秀介・里深好文(2018):雲仙岳の噴火後20年を経過した火砕流堆積斜面における土石流発生場の地形・地質特性,砂防学会誌,Vol.71, No.3, p12-20

気象庁(2023):

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html

国土技術政策総合研究所(2016):

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0904.htm>

国土交通省(2023):

<https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r4dosha/r4doshasaitop.html>

手塚咲子・林真一郎・石井靖雄(2021):2010年から2018年の航空レーザー測量データに基づく桜島・有村川流域における斜面等の侵食量・堆積量の推移と降灰量,土石流の発生との関係,砂防学会誌,Vol.74, No.4, p32-41