

閾値を用いた降雨指標と年間流出土砂量の対応について

雲仙・普賢岳水無川流域を事例として

株式会社オリエンタルコンサルタンツ ○矢渡岳・平川泰之・植弘隆

国土交通省九州地方整備局 長崎河川国道事務所 金井仁志^{※1}・寺本泰之^{※2}・伊藤慎・姫野徳人

^{※1} 現：国土交通省総合政策局公共事業企画調整課、^{※2} 現：九州地方整備局河川部

1. はじめに

雲仙・普賢岳（水無川）では、2020年6月1日より直轄砂防管理が開始された。砂防設備が適切な機能を果たすためにも、除石工事などによる設備機能の維持が必須である。今後、適切な除石計画を策定するためにも、年間流出土砂量を推定する必要がある。しかし、水無川流域では、噴火終息後から経年的に流出土砂量が減少していることが確認されている。流出土砂量の経年的な減少が、素因である火砕流堆積物の変化によるものなのか、誘因である降雨が土砂を流出させるに至らないからなのかは定かではない。

本稿では、誘因である降雨からのアプローチとして、土砂流出を規定する積算時間と閾値の最適値の検討を行い、その積算時間と閾値を用いて土砂流出寄与雨量を算出し、降雨量－流出土砂量の検討を行ったので報告する。

2. 研究方法

(1) 対象地・期間

対象地は雲仙普賢岳の水無川流域において流出土砂量が多い赤松谷本川（3.702 km²）と赤松谷支川（1.224 km²）とした。また、対象期間は土石流発生年と、流出土砂量が減少してきている近年の土砂流出状況を含む、2015年～2021年とした。

流出土砂量の算出は、航空レーザ測量の標高差分値から侵食量と堆積量を求め、その差を流出土砂量として算出した。

また、2022年5月末から11月初旬にかけて平成新山山頂付近に簡易雨量計を設置し、その観測値と解析雨量の相関解析から山頂雨量の推定を実施した。そこで、検討に用いる降雨データについては、過去の解析雨量から山頂雨量を推定し、その推定値を用いるものとした。

(2) 検討方針及び手法

赤松谷川は火砕流堆積物によって形成されており、莫大な移動可能土砂量が堆積しているが、近年、土砂流出が減少している理由として土砂を運搬できる水量が小さいことが考えられる。

平野（1994）によれば斜面内の浸透流下過程において、到達時間内の積算雨量がある値を超過すると表面流が発生する。これに従えば、表面流

によって運搬される土砂量、すなわち流出土砂量は、ある時間（ここでは τ ）内の積算雨量がある値（ここでは閾値C）を超えた期間の雨量に強く依存すると予想される。本研究では τ とCを仮定した場合の積算雨量 R_s を下記の手法で算出し、 R_s と実績流出土砂量の回帰分析を行った。

積算雨量 R_s の算出イメージを図1に示す。積算雨量 R_s は、図に示す赤ハッチと黄色ハッチの合計とした。算出においては、積算時間 τ と閾値Cを設定し、 τ 時間雨量が閾値Cを超過した期間の降雨が赤ハッチとなる。ここで、超過時のみの降雨では閾値超過に關与した初期水分を考慮できていないため、 τ 時間雨量が初めて閾値を超過した時間を含む、 τ 時間前の雨量も表面流に關係する雨量と考える（黄色ハッチ）。

上述の方法により算出した土砂流出に關係する雨量（赤＋黄色ハッチ）をLP計測間隔ごとに合計し、積算雨量 R_s を算出した。（1）で算出した流出土砂量と、算出した同一期間の積算雨量 R_s の相関をとり、 τ とCの検討を行った。具体的には、 τ は、1時間・2時間・3時間・6時間・9時間・12時間の6ケースとした。閾値Cに関しては、Cを大きくしすぎると $R_s=0$ の（Cを超えた雨が存在しない）年が多くなり、雨量と流出土砂量の關係を十分に検討できない。そこで、検討に用いる2015～2021年の7つのうち、 $R_s=0$ の年度を半分以下に留めるために、閾値Cの検討範囲を20～250mmとした。上述の範囲で τ とCを変化させ、それぞれの場合における積算雨量 R_s をLP計測間隔ごとに整理し、積算雨量 R_s と流出土砂量による回帰分析を実施し、相関係数が最も高くなる τ とCの組合せを選定した。

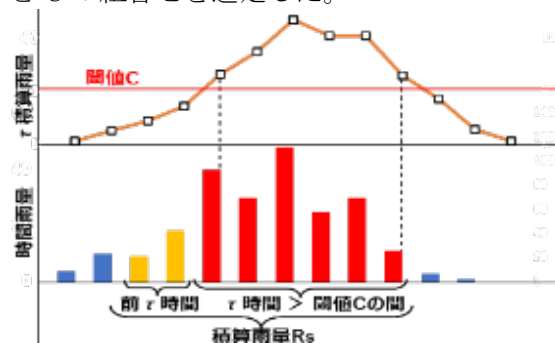


図1 積算雨量 R_s のイメージ（ $\tau=3$ 時間）

3. 結果と考察

赤松谷本川、支川のそれぞれの積算時間 τ と閾値 C の設定を行った結果、赤松谷支川は $\tau : 1$ 時間、閾値 $C : 51 \text{ mm}$ 、赤松谷本川は $\tau : 6$ 時間、閾値 $C : 216 \text{ mm}$ を用いて算出した各年度の積算雨量 R_s と流出土砂量の相関が高いことが確認された (図 2)。両者の τ の違いは、地形特性の違いによるものと考えられる。

また図 2 上段では、2015 年と 2016 年が突出して大きな値を示すことが確認される。両年は土石流発生年で、他は非発生年であり、土石流発生・非発生で積算雨量 R_s -流出土砂量の相関関係は異なることが考えられる。なお、赤松谷川本川では検討期間中に土石流発生は確認されていない。

各年の積算雨量 R_s と流出土砂量の推移を図 3 に示す。レーザ測定の計測間隔が 1 年毎ではないため、計測間隔とその期間内の土砂変動量から年平均流出土砂量を求めている。図に示されるように、土石流が確認されている 2015 年、16 年は積算雨量 R_s が大きく、以降の年度においては流出土砂量と積算雨量 R_s の両指標とも小さな値を示す。このことから、積算雨量 R_s と流出土砂量は良好な関係であることが示唆された。

4. おわりに

本稿では、水無川流域の支川ごとに積算時間 τ と閾値 C を用い積算雨量 R_s を算出し、年度ごとに降雨量-流出土砂量の相関関係を検討した。検討の結果、赤松谷支川は $\tau : 1$ 時間、閾値 $C : 51 \text{ mm}$ 、赤松谷本川は $\tau : 6$ 時間、閾値 $C : 216 \text{ mm}$ で最も降雨量-流出土砂量の相関がよいことが確認された。

水無川流域では土砂流出が減少傾向にあり、この要因が土砂流出の素因である火砕流堆積物の変化によるものなのか、誘因となる降雨が土砂流出の閾値へ達していないからなのかは定かではなかった。しかし、本稿で検証した積算雨量 R_s と流出土砂量の推移から、近年の水無川流域においては土砂流出をもたらすような降雨が少ないことが確認された。もちろん、土砂流出は素因・誘因が相互に作用し、決定されるものである。既往研究で確認されるように、水無川流域でも噴火終了後の活発な土砂流出、植生回復等による流出特性の変化による土砂流出の沈静化 (山越ら,1998)、さらには火砕流堆積物の細粒成分の先行した流亡により素因の変化も生じている (Christopher Gomez, et al.2021)。今後、これらの素因変化が流出土砂量にもたらす影響の検討が必要であるが、これらについては今後の課題としたい。

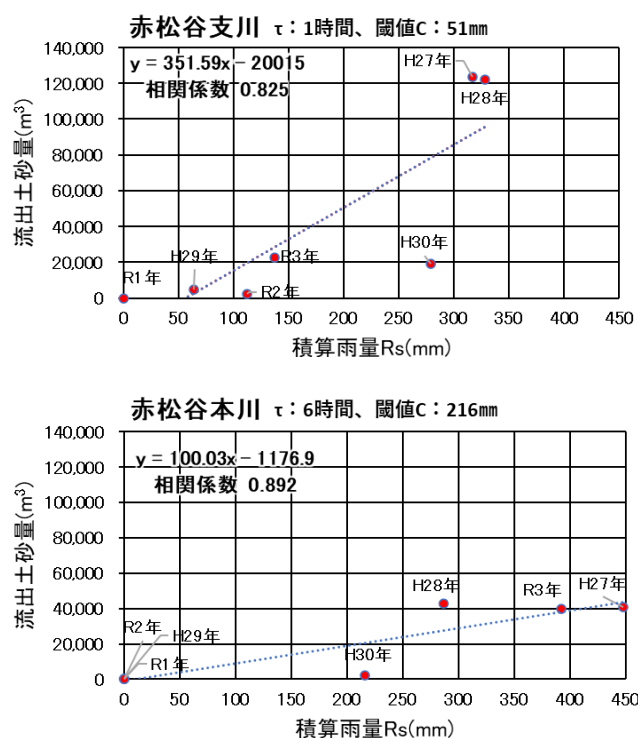


図 2 積算雨量 R_s と流出土砂量の相関式

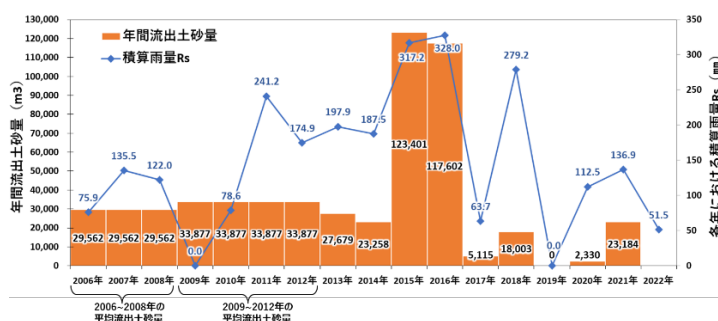


図 3 各年の積算雨量 R_s と流出土砂量
(赤松谷支川 $\tau : 1$ 時間, $C : 51 \text{ mm}$)

引用文献

- Christopher Gomez et al (2021) : Geosciences Vol.11, No.11, p.457
 平野 (1994) : 土木学会論文集, No.486, VI-22, pp.1~7
 山越ら (1998) : 砂防学会誌, Vol.51 No.3, p.3-10
 矢渡ら (2022) : 2022 年度砂防学会研究発表会概要集, R1-9.