

速報

雲仙普賢岳水無川水系のガリー侵食における雨量による土砂生産量と土砂堆積量の推定*1

鎌田政諒*2・近重朋晃*2

鎌田政諒, 近重朋晃: 雲仙普賢岳水無川水系のガリー侵食における雨量による土砂生産量と土砂堆積量の推定 九州森林研究 77: 203-205, 2024 長崎県の雲仙普賢岳の火山活動が沈静化した後も溶岩ドームの風化による岩盤崩落やガリー内における土石流が発生している。平成28年以来土石流は少なくなっているものの、近年大雨の頻度と強度が増加傾向にあることから、継続してモニタリングする必要がある。国土交通省雲仙復興事務所（現・雲仙砂防管理センター）がおこなった7ヶ年分の航空レーザ測量結果と気象庁の公開している雨量データを用いて、雨量から土砂生産量と土砂堆積量の推定をおこなう予測式の作成を試みた。その結果、土砂生産量では最大24時間雨量で、土砂堆積量では年降水量で作成した予測式が最も当てはまりがよかった。本報での予測式を用いることで、水無川水系のガリー侵食内部において雨量による土砂生産量と土砂堆積量の推定が可能となる。一方で、1年に1つの雨量データで予測をしているため、今後は先行雨量等との関係も考慮しつつ予測式の更新をする必要がある。

キーワード: 雲仙普賢岳, ガリー侵食, 航空レーザ測量, 三次元点群

I. はじめに

長崎県島原半島の中央に位置する雲仙普賢岳は、平成2年11月に噴火活動が始まり、火砕流や土石流によって麓の島原市や南島原市深江町に多大な被害をもたらした。噴火活動の沈静化後も溶岩ドームの風化による岩盤崩落や豪雨による土石流が発生している。溶岩ドームの麓にある水無川水系では炭酸水谷と極楽谷のガリー侵食が見られ、長崎県島原振興局（以下、振興局）と国土交通省雲仙復興事務所（以下、復興事務所）はガリー下流に大規模な治山ダム群や砂防ダム群を設置し土砂災害を防止している。これらのダム群に堆積する土砂の把握のため、航空写真や航空レーザを用いて継続的に土砂の生産量や堆積量の調査がおこなわれてきた（近重ら, 2008, 石坪ら, 2008, 小川ら, 2010）。また、振興局と林野庁九州森林管理局が繰り返しおこなった航空緑化工により、斜面が安定し土砂の供給を抑制していると考えられており（小川ら, 2002）、平成28年度の豪雨（連続雨量268 mm, 最大時間雨量97 mm）による土石流発生以降、連続雨量が1000 mmを超える大雨（令和2年7月, 1031 mm, 令和3年8月, 1487 mm）でも土石流は発生しにくくなっている。一方で、近年大雨の頻度と強度が増加傾向にあり（気象庁, 2023 a）短時間の降水量が多い場合、土石流が発生する可能性は否めない。このことから、地域住民の不安を払拭するためにも、継続してガリー内の土砂生産量および堆積量のモニタリングを行う必要があるが、大雨後にその都度航空レーザ測量をおこなうのは時間やコスト面を考えると困難である。よって、直接的に計測しない方法で土砂生産量や土砂堆積量を推定する方法が求められる。そこで本報では、平成28年から令和4年までの7ヶ年分の航空レーザ測量データを用いて、雨量による土砂生産量および土砂堆積量を推定する予測式の作成を試みた。

II. 材料と方法

1. 航空レーザデータの概要

平成28年から令和4年まで復興事務所が毎年11月におこなった航空レーザ測量より得た3次元点群データを用いた。なお3次元点群データは航空測量会社が加工したクラウドデータであり、点密度はいずれも1 mあたり4点以上のものを用いた。

2. 雨量データの取得

雨量データは気象庁のホームページ（気象庁, 2023 b）から観測地点「雲仙岳」より取得した（表-1）。検索期間は平成29年1月1日から令和4年12月31日で、各年の年降水量、最大1時間雨量、最大24時間雨量を取得した。また、最大1時間雨量の観測日の中で、連続する3時間で最も値が高くなる組み合わせを3時間雨量として各年で計算した。

表-1. 各年の雨量データ（観測地点: 雲仙岳）

年	年降水量 [mm]	最大1時間 雨量[mm]	最大3時間 雨量[mm]	最大24時間 雨量[mm]
平成29年	2728.0	57.5	94.5	118.5
平成30年	3032.5	72.0	133.0	142.0
令和元年	2593.0	44.0	75.5	86.5
令和2年	4127.5	85.5	101.5	141.0
令和3年	3722.5	81.5	148.0	415.5
令和4年	2550.0	50.5	114.5	225.5

3. 土砂生産量と土砂堆積量の計算

土砂生産量と土砂堆積量の計算は、TREND-POINT（福井コンピュータ社）のメッシュ土量計算機能を用いて、2時期（例えば平成29年の計算は、前年の平成28年と比較する）の3次元点群データの差分により計算した。なお、土砂生産量はガリー側面の変化量、土砂堆積量はガリー内部の堆積物の変化量とした。ガ

*1 Kamada, M., Chikashige, T.: The estimation of gravel production and amount of gravel sediment by means of rainfall in gully erosion at Mizunashi river basin of Mt. Unzenhugen.

*2 長崎県農林技術開発センター森林研究部門 Nagasaki Agri. & Forestry Tech. Dev. Center, Isahaya Nagasaki 854-0063, Japan

リー下部のダム群については、浚渫により土砂量が人為的に変化していることから計算の対象外とした。

4. 雨量と土砂生産量，土砂堆積量の関係式の計算

2, 3で得たデータをもとに，炭酸水谷と極楽谷のそれぞれの土砂生産量と土砂堆積量について，平成29年から令和4年までの各年の年降水量，最大1時間雨量，最大3時間雨量，最大24時間雨量との散布図を作成し，回帰により予測式を求めた。なお，土砂堆積量については各プロットの位置関係から線形のモデルは不適当と考えられたため，多項式回帰（2次，3次，4次）をおこない，AIC（赤池情報量基準）によりモデル選択をおこなった。

Ⅲ. 結果と考察

1. 土砂生産量

土砂生産量について，年降水量との関係を図-1に，最大1時間雨量との関係を図-2に，最大3時間雨量との関係を図-3に，最大24時間雨量との関係を図-4に示す。線形回帰した結果，炭酸水谷，極楽谷の両方で最大24時間雨量による予測式が最も適合しており，決定係数 R^2 の値はそれぞれ0.89, 0.92であった（小数点第三位を四捨五入）（図-4）。また，どの線形においても相関係数 R の値が0.88以上あり，強い正の相関が見られた。このことから，いずれの雨量データも水無川水系のガリー内部における土砂生産量の推定するのに適しており，特に最大24時間雨量を用いると良いと考えられる。

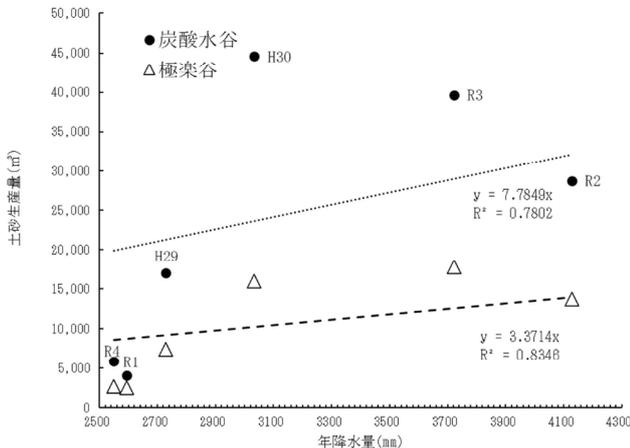


図-1. 土砂生産量と年降水量の関係

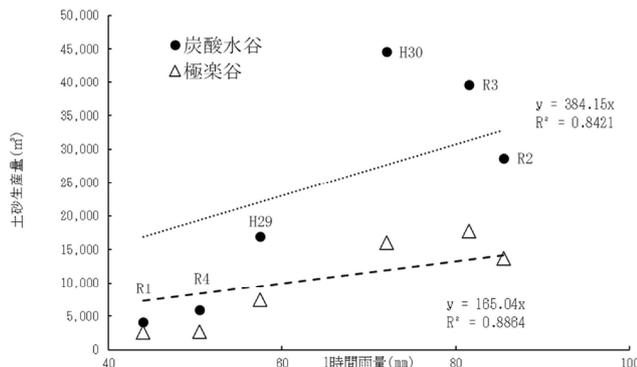


図-2. 土砂生産量と最大1時間雨量の関係

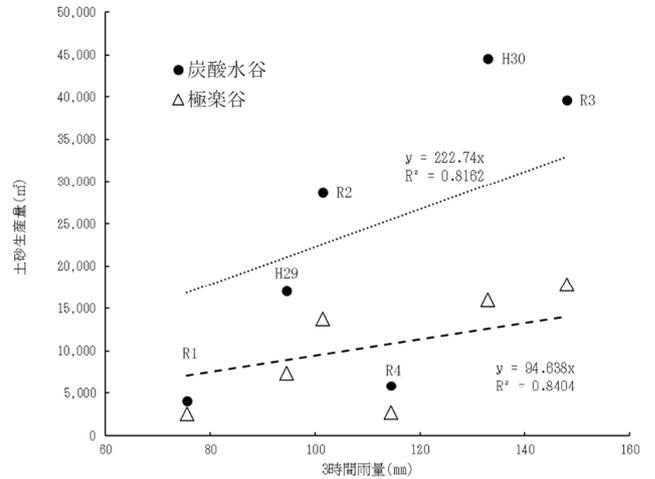


図-3. 土砂生産量と最大3時間雨量の関係

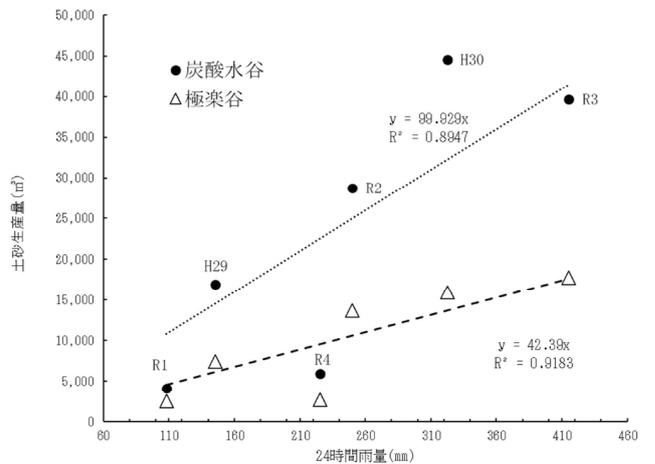


図-4. 土砂生産量と最大24時間雨量の関係

2. 土砂堆積量

土砂堆積量について，AICの値を比較すると，年間雨量と最大1時間雨量，最大24時間雨量では4次式が，最大3時間雨量については3次式が，炭酸水谷と極楽谷の両方で最も当てはまりがよいことがわかった（表-2）。決定係数 R^2 の値は，年間雨量で0.8以上，最大1時間雨量で0.75以上あることから，予測精度が高いと考えられる。一方で，3時間雨量，24時間雨量については，2~4次式の中で最も当てはまりが良い予測式においても，決定係数 R^2 の値はいずれも0.45以下と予測精度が低いと考えられた（図-7，図-8）。よって，水無川水系のガリー内部における土砂堆積量の推定には年降水量もしくは最大1時間雨量を用いるのが適していると考えられる。また，年降水量と最大1時

表-2. 各雨量データに対する予測式のAICの値

観測地	次数	AIC			
		年降水量	最大1時間雨量	最大3時間雨量	最大24時間雨量
炭酸水谷	2次式	129.57	129.30	128.72	130.82
	3次式	122.80	121.66	128.61	129.37
	4次式	120.02*	121.36	132.05	129.32
極楽谷	2次式	127.01	128.16	128.38	129.46
	3次式	116.02	122.01	127.87	128.92
	4次式	115.27	119.51	132.66	128.81

*各雨量データに対する予測式の中で最もAICの値の小さいものを太字で示している

間雨量について、炭酸水谷では3200 mmと70 mm、極楽谷では3228 mmと71 mmで土砂堆積量のピークを示し、それ以降は減少していることがわかる(図-5、図-6)。これは、一定の強度の雨量を超えると堆積から流出に代わり、土砂がガリー下部のダム群へと移動したためと考えられる。

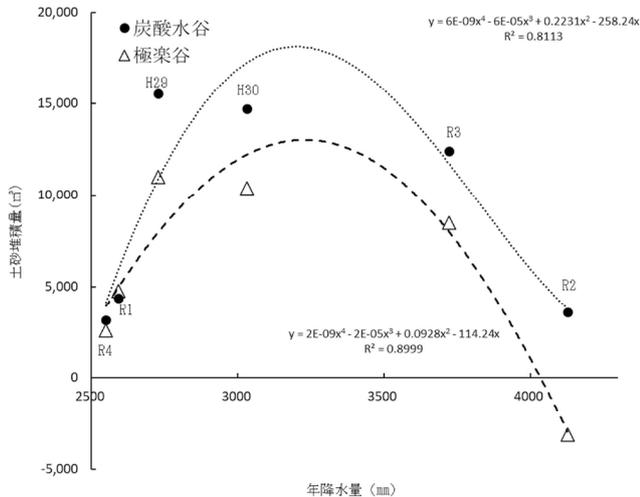


図-5. 土砂堆積量と年降水量の関係

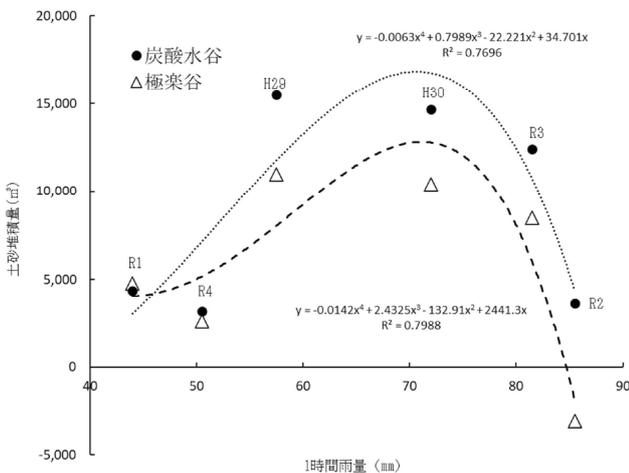


図-6. 土砂堆積量と最大1時間雨量の関係

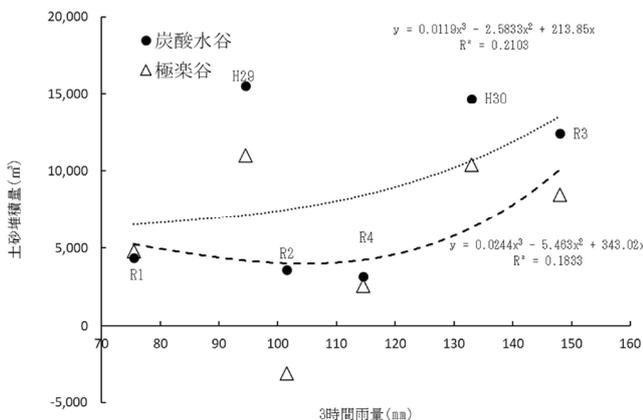


図-7. 土砂堆積量と最大3時間雨量の関係

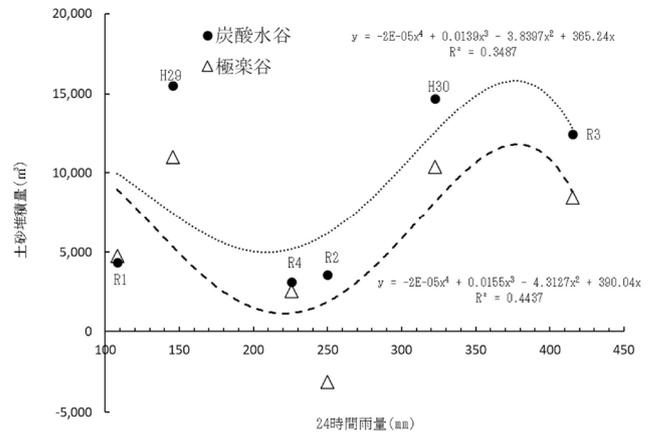


図-8. 土砂堆積量と最大24時間雨量の関係

IV. おわりに

本報では、雲仙・普賢岳の水無川水系において航空レーザ測量データをもとに土砂生産量と土砂堆積量を計算し、最大1時間雨量、最大3時間雨量、最大24時間雨量との関係式を求めた。その結果、土砂生産量では最大24時間雨量で、土砂堆積量では年降水量を用いることで最も当てはまりよく推定できた。一方で、降雨と土砂災害との関係について、先行降雨と最大時間雨量との関係で整理することが災害予測として有効である(村田, 2002)ことから、今後は先行雨量についても考慮し、さらに精度の高い予測式を作成することとしている。

V. 謝辞

本報を作成するにあたり、長崎河川国道事務所雲仙砂防管理センターから航空レーザデータを提供いただいた。記して心からの謝意を表す。

引用文献

- 近重朋晃ほか(2008) 第17回地理情報システム学会講演論文集, Vol. 17: 225 - 228
 石坪昭二ほか(2008) 砂防学会誌 vol. 61 No. 4: 46 - 51
 気象庁(2023 a) 気候変動監視レポート 2022: 65 p
 気象庁(2023 b) 気象庁ホームページ 過去の気象データ検索 URL: <https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php> (2023年11月6日利用)
 村田重之(2002) 第1回土砂災害に関するシンポジウム論文集: 17 - 20
 小川泰浩ほか(2002) 日本緑化工学会誌 28 (1), 255 - 258.
 小川泰浩ほか(2010) 水利科学 54 巻 5 号: 101 - 124 (2023年11月10日受付; 2024年1月17日受理)