

現地観測に基づく降灰裸地斜面における表面流および侵食土砂の発生実態の把握

国立研究開発法人土木研究所 ○平岡 真合乃, 手塚 咲子 (現 日本工営株式会社), 山崎 祐介
林 真一郎 (現 国土交通省), 石井 靖雄

1. はじめに

火山噴火に伴う噴出物(以降、粒径2 mm以下のものを火山灰と呼ぶ)の降下が土石流等の土砂移動現象に与える影響を把握する上で、降雨時の斜面の水文環境に対する降下火山灰の影響の解明が不可欠である。火山灰の降下が水文・侵食過程に及ぼす影響を調べたこれまでの研究では、人為的に火山灰を散布した斜面での現地散水実験から、火山灰の堆積後、同程度の雨量に対する表面流や侵食土砂は増加するが、侵食が進めば減少する¹⁾ことが確認されている。しかしながら、噴火活動が長期化し、断続的に火山灰の降下が生じる場合の降下火山灰量の時間的な変化が、表面流や侵食土砂の流出に及ぼす影響は、よく分かっていない。

鹿児島市桜島では、噴火活動を間欠的に繰り返しており、1980～2000年の1年あたりの噴火回数に対する降下火山灰量は、0.6～6.2万トン²⁾とばらつきがあることが分かっている。これまでに、斜面の堆積火山灰の粒径が小さければ、対象領域の浸透能・浸透強度などの低下³⁾や表面流の発生しやすさが変化する³⁾という報告はあるものの、間欠的に降下する火山灰の量的な変化が水文・侵食過程に与える影響はほとんど明らかでない。

そこで本研究では、降下火山灰量に変化する期間を対象とした斜面の表面流および侵食土砂の発生実態から、降下火山灰量の変化が斜面の水文・侵食過程に与える影響を把握する。

2. 研究方法

2.1 研究対象地

本研究は、桜島の有村川流域(面積4.33km²、平均傾斜30°)を対象とした(図-1)。対象流域周辺の地質は、溶岩流と火砕物の互層である⁴⁾。1980～2019年の対象流域の平均年降下火山灰量は、1980年代が47kg/m²、1990年代が31kg/m²、2000年代が5kg/m²、2010年代が25kg/m²であった⁵⁾。最近10年間の傾向は、噴火回数は多いものの、降下火山灰量は1980年以降の最多期の半分程度となっている。

対象流域にはクロマツが生育しているが、裸地もしくは貧植生の斜面もある⁶⁾。アメダス鹿児島観測所における、2011～2018年の年平均気温および年降水量の平均値は、19℃、2649mmである。5～9月の月降水量は平均で352mmであり、年降水量の約66%を占める。桜島の山頂は標高1000mを超え、1970年代から2018年まで、冬期に山頂付近で降雪が確認されている。

2.2 現地観測

本研究では、火山灰の堆積した裸地斜面からの、降雨によ



図-1 南岳山頂火口および昭和火口、有村川流域、観測区画、降水および降下火山灰の観測点の位置図。太実線は流域界、細点線は主流路をそれぞれ表す。

る水および土砂の流出実態を把握するため、観測区画(幅: 約1.0m、斜面長: 約1.8m)を設け(図-2)、表面流および侵食土砂の観測を行った。観測区画は、南岳山頂火口及び昭和火口から約2km離れた、南西向き裸地斜面(傾斜12°)に設置した(図-1)。

観測区画で発生した表面流および侵食土砂を定量的に把握するため、斜面下方に貯留槽を設置した(図-2)。表面流は、貯留槽内の水位と荷重の変化から流出水量をイベント単位(降水量1mm以上、無降雨期間24時間以上)で算出し、各イベントにおける観測区画内の降水量に対する流出水量の割合を、表面流の流出率(以降、流出率と呼ぶ)とした。侵食土砂は、貯留槽内の火山灰を回収し、乾燥重量を期間日数で除し、平均日侵食土砂量とした。観測は2012年1月から2018年12月に行い、数か月に一度の頻度でデータ等を回収した。ただし、2015年1月から2016年10月中旬まで観測を中断していた。降水量および降下火山灰量は、大隅河川国道事務所による、図-1に示す観測点での計測値を使用した。

3. 結果および考察

3.1 観測期間の降水および降下火山灰の傾向

年降水量は1355～3492mmであった(図-3a)。月別降水量は6月(平均値および標準偏差: 688±291mm)と7月(358±207mm)が大きく、最大時間雨量は毎年6～9月の間で発生していた(52±18mm/h)。年降下火山灰量は6～58kg/m²の範囲で、平均値は30kg/m²であり、1990年代の降下量と同程度であった。月別降下火山灰量は、2015年6月以降著しく減少し(図-3b)、2012～2015年が3.7±1.3kg/m²、2016～2018年が1.3±1.2kg/m²であった。これらのことから、対象の7年間は、年降水量に多寡はあるものの、月別降水量や最大時間雨量の最大値の発生時期には大きな違いはなかった。一方、月別降下火山灰量は、2015年以前の方が2016年以降よりも平均で約3倍多かった。

3.2 少雨期・多雨期における降下火山灰、降水、表面流、侵食土砂の発生状況

図-4は、観測期間を多雨期(5～9月)と少雨期(10～4月)に分け、平均日降下火山灰量(Wf)、期間総降水量(P)、平均流出率(Q_{mean})、平均日侵食土砂量(Wd)を示したものである。以下では、全ての観測データが揃っている2012～2014年(以降、2014年以前と呼ぶ)、2017～2018年(以降、2017

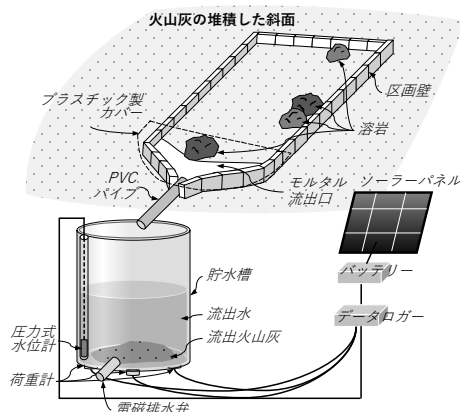


図-2 観測区画および表面流・侵食土砂観測システムの概要

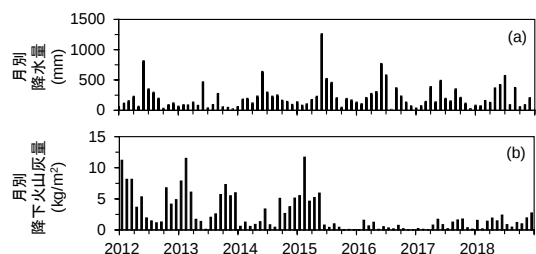


図-3 観測期間の (a) 月別降水量と (b) 月別降下火山灰量

年以降と呼ぶ)を対象として、比較・考察する。

Wf は、2014 年以前の方が 2017 年以降より多かった (図-4a)。前者は少雨期 ($0.19 \pm 0.08 \text{ kg/m}^2$) に多く、多雨期 ($0.07 \pm 0.003 \text{ kg/m}^2$) に少なかったことから、桜島周辺の夏期と冬期で異なる風向きの影響²⁾が考えられる。一方、2017 年以降の Wf は、少雨期と多雨期の間に、2014 年以前ほどの差がみられなかった。

P は、多寡はあるものの、いずれの年も少雨期と多雨期の大小関係は変わらなかった (図-4b)。図示はしていないが、降雨時に表面流が発生したイベントの割合は、各年の全観測イベントの 31~55%であり、2018 年が最多で、次いで 2014 年 (53%)、2012 年 (45%)、2013 年 (34%)、2017 年の順に多かった。

Q_{mean} は、2014 年以前 (0.04 ± 0.02) より 2017 年以降 (0.07 ± 0.06) の方が高かった (図-4c)。特に、2017 年以降の多雨期の Q_{mean} (0.11) は、少雨期 (0.02) の 5.4 倍高く、少雨期と多雨期の違いが小さかった 2014 年以前とは、傾向が異なっていた。

Wd は、2014 年以前が $0.18 \pm 0.16 \text{ kg/m}^2$ 、2017 年以降が $0.07 \pm 0.04 \text{ kg/m}^2$ であった (図-4d)。また、2014 年以前は少雨期 (0.04 kg/m^2) より多雨期 ($0.33 \pm 0.05 \text{ kg/m}^2$) の方が平均で 8 倍多いのに対して、2017 年以降は少雨期 (0.03 kg/m^2) と多雨期 (0.10 kg/m^2) の大小関係は変わらないものの、両者の差は 2014 年以前より小さかった。

降下火山灰量の違いによる降雨時の斜面での表面流および侵食土砂の流出状況を把握するため、Wf と Q_{mean} および Wd との関係調べたところ、少雨期と多雨期で傾向が異なっていた (図-5)。少雨期は、 Q_{mean} も Wd も、Wf の増加に対して増減はほとんどみられなかった。一方、多雨期は、Wf の増加に対して、 Q_{mean} は減少傾向 (図-5a)、Wd は増加傾向がみられた (図-5b)。すなわち、Wf が多い多雨期は、 Q_{mean} が比較的低く Wd が多い傾向を、少ない多雨期は、 Q_{mean} は高く Wd

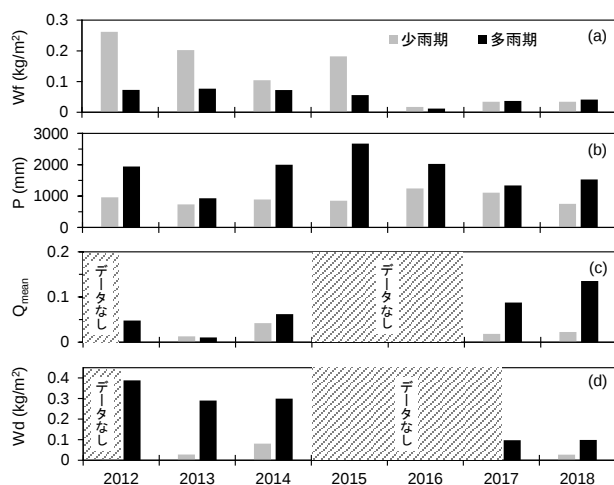


図-4 少雨期・多雨期における (a) 平均日降下火山灰量 Wf, (b) 期間総降水量 P, (c) 平均流出率 Q_{mean} , (d) 平均日侵食土砂量 Wd

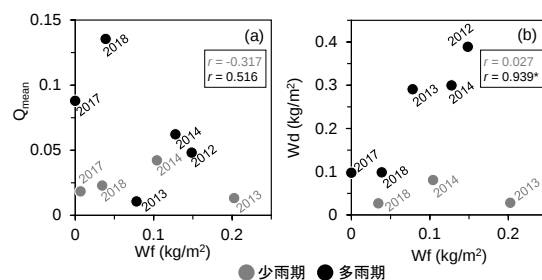


図-5 少雨期・多雨期における平均日降下火山灰量 Wf と (a) 平均流出率 Q_{mean} および (b) 平均日侵食土砂量 Wd との関係。r は相関係数、灰色表記が少雨期、黒色表記が多雨期を表す。

(* : $p < 0.05$)

は少ない傾向を示していた。

以上の結果から、観測区画から流出する表面流および侵食土砂は、少雨期より多雨期に多く、いずれも降水量の多い時期に多い傾向がみられた。しかしながら、表面流と侵食土砂は、降下火山灰の多寡に対して一様の傾向がみられたわけではなく、侵食土砂は降下火山灰が多くなると流出量が多くなる傾向がみられた。一方、表面流は降下火山灰量が少なくなると流出率が高くなる傾向がみられた。このことから、斜面から河道への侵食土砂量、すなわち流出火山灰量は、降雨時の表面流の流出率の高低だけでなく、降下火山灰の多寡によっても変化する可能性が大きいことが分かった。

4. おわりに

降下火山灰量の異なる 5 年間の、降灰裸地斜面における表面流および侵食土砂の観測結果から、降雨時に斜面で発生する表面流や侵食土砂の実態を把握し、降水量のみならず、降下火山灰量との関連がある可能性を明らかにした。今後、表面流および侵食土砂の発生状況と、降水諸量および降下火山灰量との関係を詳細に分析するとともに、表面流と侵食土砂の流出量の関係についても、さらに検討を進めていく。

謝辞

本研究で使用した降水量および降下火山灰量は、国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所より提供いただきました。また、現地観測データは、(国研) 土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チームの過去の在籍者によって取得されてきたものです。深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 寺本行芳, 下川悦郎, 地頭蘭隆 (2004) : テフラの粒径の違いが斜面の浸透能、粗度および土砂流出に及ぼす影響。鹿児島大学農学部演習林研究報告, Vol. 31, pp. 1-5
- 2) 中村政道 (2002) : 桜島の総降灰量の推移。験震時報, Vol. 65, pp. 135-143
- 3) 手塚咲子, 藤村直樹, 山崎祐介, 石井靖雄, 西井洋史 (2019) : 桜島有村川流域小斜面における表面流出観測と浸透特性の分析。第 68 回 2019 年度砂防学会研究発表会概要集, P-172
- 4) 福山博之 (1978) : 桜島火山の地質。地質学雑誌, Vol. 84, No. 6, pp. 309-316
- 5) 鹿児島県 : 桜島の降灰に関する情報 : <http://www.pref.kagoshima.jp/bosai/sonae/sakurajima/index.html>, 参照 2020-3-13
- 6) 国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所 (2007) : 桜島火山砂防調査研究成果集。110 p.