

氏名（本籍）	田方 智 （ 茨城県 ）
学位の種類	博 士（ 環境学 ）
学位記番号	博 甲 第 6954 号
学位授与年月日	平成26年 3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	三宅島における2000年噴火後の降雨流出特性

主査	筑波大学教授	工学博士	宮本 邦明
副査	筑波大学教授	博士(理学)	辻村 真貴
副査	筑波大学准教授	博士(農学)	奈佐原 顕郎
副査	筑波大学准教授	博士(農学)	堀田 紀文

## 論 文 の 要 旨

火山噴火に伴い大量の火砕物が堆積すると流域環境が一変する。流域の水文環境の変化は流域環境変化の中でもその他の環境変化の元ともなる最も重要なもののひとつである。水文環境の変化は流出率や土砂流出特性や地形の変化として現れ、一般に流出率が増加したり土石流が頻発したりすることが知られている。これまでも流出率や浸透能に関する調査は多くなされており、降灰に伴う浸透能の低下と流出率の増加が親和的であることから、一般には浸透能の低下が流出率の増加をもたらしていると理解されている。しかしながら、流出率を支配しているもうひとつの要因である降雨との関係について注意が払われておらず、結果として降雨流出過程として流出率を理解するまでには至っていない。三宅島は2000年に数回の噴火を繰り返し個々の噴火時の降灰の範囲とその後の土石流の発生溪流が良い対応を見せていることから降灰による水文環境の変化が生じていることが推定された。そこで本研究では、三宅島を対象に降灰斜面における降雨流出観測を行い、降雨流出過程について解析・考察している。

降雨流出観測は、観測流域を設定し、その流域にもたらされる降水量と流域の下流端における流量を計測することによりなされる。降雨流出過程を観測により評価するためには適切な観測流域の大きさと観測方法を定める必要がある。流域下流端における流量は流域に降った降水が下流端を出てゆくまでに要する時間（到達時間）内の平均降雨強度によりほぼ評価されることから、観測流域は降雨がこの時間内に空間的一様性を満たすような規模である必要があることを示し観測流域が満たすべき条件を明らかにし、三宅島の山腹斜面では観測流域面積として数百  $\text{m}^2$ 、到達時間として約10分であることを示した。観測流域として、火口からの距離と降灰（噴火）の時期、降灰厚、降灰の粒度分布を指標として、火口近くの西、南、東斜面と火口からはなれた東斜面の4カ所を設定した。

降雨流出過程の概要を把握するために1降雨ごとに総降水量と総流出高（総流量を流域面積で除したもの）の関係を求め、総降水量が10 mm程度と少ない場合、流出率に3オーダー程度のばらつきが見られるものの、総雨量が300~400 mmと大きくなると0.7以上の一定値をとることを明らかにした。加えて、噴火時、非噴火時の既往の水文観測結果との比較から、この傾向は必ずしも降灰後に特有のものではないことを明らかにした。また、観測流域ごとに見ると、総降水量が少ない領域での流出率のばらつき方に違いがあり、火口に近い東と南の2つの斜面ではばらつきが小さいのに対し、火口近くの西斜面と火口からはなれた東斜面ではばらつきが大きいことを示した。また、これらの傾向が火山灰の堆積の厚さや粒度分布と優位な関係にないことを指摘した。

総降水量と総流出高の差は損失雨量として定義される。したがって、降雨流出過程を理解するには、到達時間内の平均損失雨量強度の特性を知ることが重要である。到達時間内の損失雨量強度が一降雨の

間一定であるとして降雨ごとに損失雨量強度を求めた結果、4つの観測流域ともにその値の最大値と最小値の間に5倍程度の違いが見られ、火口に近い東、南斜面では損失降雨強度が約6 mm/hと小さく、西斜面では約18 mm/h、火口からはなれた東斜面では約25 mm/hと相対的に大きな値が得られた。損失降雨が鉛直浸透によってもたらされるとすると、透水係数で $2 \times 10^{-4} \sim 10^{-3}$  cm/sに相当し、通常の森林土壌に比べ小さい。

さらに、個々の流出を単位として損失雨量強度を求め、流出が生じなかった降雨イベントの最大降雨強度ならびに流出開始前の先行雨量に着目して解析を行った。その結果、どの観測流域においても、流出非発生降雨イベント毎の最大降雨強度の最大値と損失雨量強度の最小値がほぼ等しい値を取ること、先行降雨が大きいほど一定の最小値に近づくことが示された。これらは、損失雨量強度が不飽和浸透過程に従っていることを示唆するものである。そこで、不飽和浸透過程として先行降雨と損失雨量強度の関係を再整理した結果、特定の先行降雨時間が存在し、損失降雨強度は先行降雨時間前の湿潤状態、先行降雨量に依存することが明らかとなった。また、火口に近い東、南斜面では、常に飽和度が高く、西ならびに火口から離れた東斜面では降り始め時の飽和度に変動があることが明らかとなり、観測斜面毎の流出特性の違いが定量的に説明された。

本研究から、適切に観測流域を設定すると、降水量と流出量の観測から、降灰後の斜面水文環境の変化を評価し予測することが可能となることが示された。

## 審 査 の 要 旨

本研究は、火山噴火に伴う降灰後の斜面小流域の水文特性を明らかにすべく、2000年に一連の噴火を生じ、流域水文環境が激変した三宅島を対象として降雨流出観測を行ったものである。

これまで降灰後の水文環境を明らかにしようと多くの観測研究がなされてきたが、降雨流出過程として観測計画を立案し解析した事例はない。著者は降雨流出過程に関する論理的考察から観測計画を立て、観測データの解析から、損失雨量強度が重要な役割を果たしていること、また、損失雨量強度が不飽和浸透過程に従っていることを明らかにした。

本研究成果は、単に、三宅島における降灰後の降雨流出特性とそのメカニズムを明らかにしたにとどまらず、降灰後の水文特性を把握するための観測・解析法を示したものとして高く評価される。加えて、提案された手法は普遍性を有しており通常の斜面流域に対しても適用が可能であり、さらに現場に直接適用可能な実用性と完成度を有しており、社会的にも高い貢献度を有していると高く評価される。

平成26年1月31日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。