

戦-16 火山灰の浸透能低下と堆積厚が土砂流出に与える影響に関する研究

研究予算：運営費交付金（治水勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：土砂管理研究グループ（火山・土石流）

研究担当者：田村圭司、山越隆雄、武澤永純

【要旨】

平成19年度は、堆積厚の違いが土砂流出に与える影響を評価するため、火山灰が堆積した流域のガリー形成過程を考察すると共に、三宅島における山体侵食量を調査した。また、斜面における火山灰堆積厚が流域からの土砂流出に与える影響を評価するために、既存の水・土砂流出モデルに改良を加え、三宅島において得られている土砂流出データと計算結果を比較検討し、その再現性を確認した。

キーワード：火山灰、火山灰侵食、三宅島、ガリー侵食

1. はじめに

本研究は、噴火による火山灰の堆積状況が火山灰の堆積した流域からの土砂流出に与える影響を評価し、そのメカニズムを明らかにすることによって、噴火直後の火山における土砂流出予測の精度向上を図ることを目的としている。このように火山灰堆積厚に基づく土砂流出予測の精度が向上することにより、噴火後に火山灰の堆積厚分布を計測することにより、噴火後しばらくの間（多くの場合は数年間）、降雨によって頻発すると言われる土石流等の発生危険渓流を抽出することが可能になり、火山噴火後初動時の緊急対策立案等に大きく資するものと考えられる。

平成19年度は、堆積厚の違いが土砂流出に与える影響を評価するための基礎的資料を得るため、火山灰が堆積した流域のガリー形成過程を考察すると共に、三宅島における山体侵食量を調査した。また、斜面における火山灰堆積厚が流域からの土砂流出に与える影響を評価するために、既存の水・土砂流出モデルに改良を加え、三宅島において得られている土砂流出データと計算結果を比較検討し、その再現性を検討した。

2. 火山灰が堆積した流域におけるガリー形成特性と侵食量の調査

火山噴火に伴って火山灰や火砕流が堆積した流域では、噴火後の降雨により土石流や泥流が頻発するようになる。これは一般に、火山灰が地表面を覆うことにより噴火前に比べて地表の浸透能が減少し、降雨時に表面流が発生しやすくなるのが原因であるといわれる^{例え1)}。しか

し、噴火活動が終了すると、土石流の発生回数や流出土砂量は時間の経過に伴って減少し、やがて終息していくことが指摘されている²⁾。こうした火山地域からの長期的な土砂流出量を予測することは、土砂処理や施設配置の効果的な対策を講じるために非常に重要である。

火山地域からの経年的な土砂流出については過去の火山噴火事例を対象にいくつか研究がなされている^{例え2)～6)}。それらの傾向をまとめると、火山地域からの侵食土砂量は、傾向として、噴火終息後時間の経過とともに低下していくこと（その間降雨の大小によって土砂流出は変化する）、土砂流出は主にガリーによる侵食形態が主であること等が述べられている。つまり、火山斜面に形成されるガリーの発生箇所や要因、ガリーからの侵食土砂量を把握すれば、火山地域からの侵食土砂量を概ね推定することが可能になると考えられる。

よって2000年に噴火した三宅島を対象に、ガリー形成状況およびガリー侵食に起因した侵食土砂量を求めた。三宅島は山越らが空中写真からガリー判読を実施してガリー面積の経年的な推移を求めているが⁷⁾、対象エリアを火口周辺に限定しているため、今回三宅島島内全域に対象エリアを拡大した。また、別途計測された数値標高モデル（DEM）を用いて、ガリーの侵食深を求めて土砂量を推定し、三宅島における侵食土砂量を推定した。

2.1 検討内容

2000年噴火後の三宅島において、ガリー侵食の範囲を把握するために、空中写真判読を実施した。判読に用いた写真は以下の通りである。

- 2000年8月2日 (S=1/8,000)
- 2000年11月8日 (S=1/20,000)
- 2001年6月3日~6月4日 (S=1/10,000、1/8,000)

判読の範囲は三宅島全島とした。このうち 2000 年 8 月 2 日については、写真の撮影範囲の関係から三宅島の北部~東部および火口周辺の範囲のみ実施した。2000 年 11 月 8 日については火口から南東に向かって噴煙が流れていたため、噴煙で覆われた範囲については判読できなかった。

ガリーは研究分野や内容によって様々な定義がなされているが、その規模は大小様々であり、数cmの小さな溝もあれば⁸⁾、10m以上のものを指すこともある⁴⁾。よって、本研究では「解析に用いた空中写真で判読可能な溝状の地形」を対象とした。ガリーの上流端は判読により溝状地形が確認出来る箇所とし、ガリー下流端は、溝状地形が不明瞭になり確認できない箇所(植生があり侵食が確認できない、もしくは土砂堆積のみられる箇所)とした。

3時期の判読結果を図-1に示す。8月2日の判読結果は、写真の撮影範囲から北東部および火口周辺しか判読できなかったが、火口周辺について北東部以外にガリーの形成が確認できなかったこと、写真撮影の前の7月14日から15日にかけての噴火によって、島の北東部を中心に降灰があったため、北東部以外の場所はガリーは形成していないと推察した。その後2000年8月18日の噴火で全方位の斜面に火山灰が堆積し、その後の降雨により、全斜面でガリーが形成されるようになったことがわかる。噴火後、時間の経過に伴い既存のガリーの拡大・進展や、新しいガリーの発生が確認できる。

2.2 溪流毎のガリーの形成状況

三宅島における溪流毎のガリーの形成状況を調べるために、判読したガリーの形成箇所について、三宅島の溪流単位に区分を行った。対象とする溪流の箇所を図-2、溪流のリストを表-1に示す。対象溪流は源頭部が火口に接触している溪流および接触はしていないが、判読結果からガリーの形成が著しいと考えられる25溪流を選定した。判読対象流域とは写真の撮影範囲や噴煙の影響を受けずに、判読が行われた溪流を示している。

すべての溪流における3時期分のガリー面積を合計したものと、その期間内の累積総雨量(三宅島支庁および三宅坪田のデータ)を示したものを図-3に示す。これより、時間が経過することによりガリー面積は増加しているが、ガリー面積の増加傾向は、総雨量の増加傾向とは一致しておらず、雨以外の要因が影響していると考え

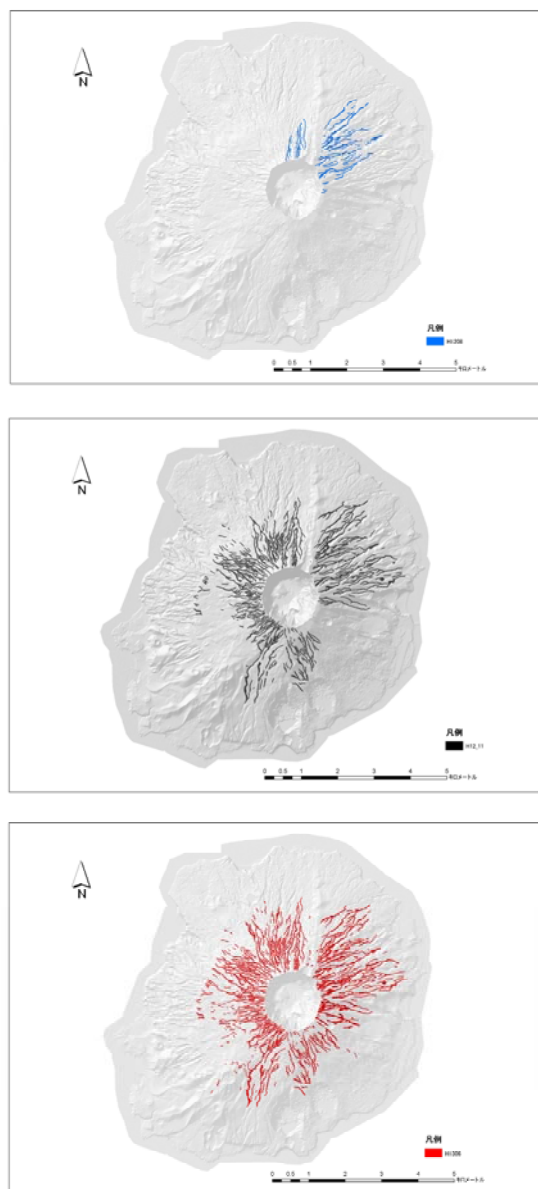


図-1 三宅島の時期毎のガリー形成状態の推移
(上: 2000年8月2日、中: 2000年11月8日、下: 2001年6月4日)

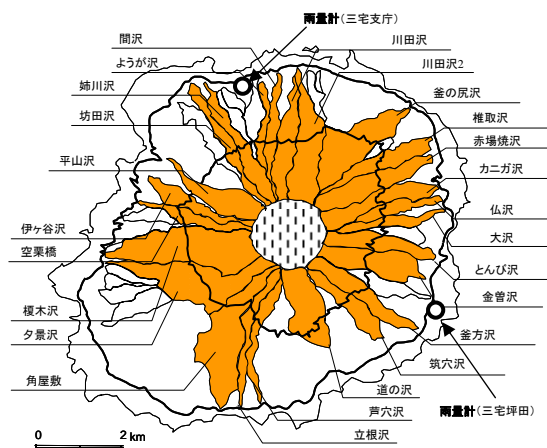


図-2 対象溪流の位置

表-1 対象流域の諸元

方位	溪流	流域面積 (km ²)	判読対象流域		
			H12.8	H12.11	H13.6
北	姉川沢	0.76		○	○
北	ようが沢	0.28		○	○
北	間沢	0.45		○	○
北	川田沢	0.83		○	○
北	川田沢2	1.32		○	○
北東	釜の尻沢	1.52	○	○	○
北東	椎取沢	0.71	○	○	○
北東	赤場焼沢	1.04	○	○	○
東	カニガ沢	0.88	○	○	○
東	仏沢	0.41		○	○
東	大沢	0.43		○	○
東	とんび沢	0.73		○	○
南東	金管沢	1.08			○
南東	釜方沢	0.86			○
南東	筑穴沢	0.64			○
南	道の沢	1.16		○	○
南	芦穴沢	0.52		○	○
南	立根沢	0.56		○	○
南西	角屋敷	1.85		○	○
南西	夕景沢	1.86		○	○
西	榎木沢	2.23		○	○
西	空栗橋	0.50		○	○
西	伊ヶ谷沢	0.54		○	○
北西	平山沢	0.98		○	○
北西	坊田沢	0.56		○	○

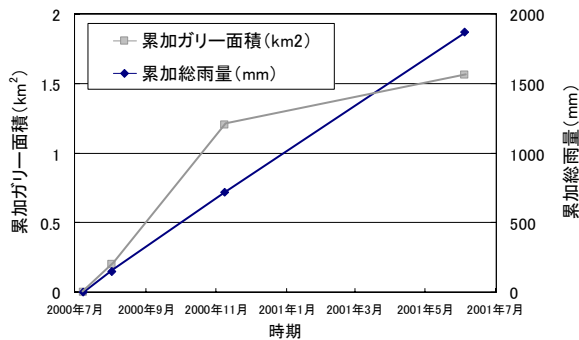


図-3 三宅島におけるガリー面積と総雨量との関係

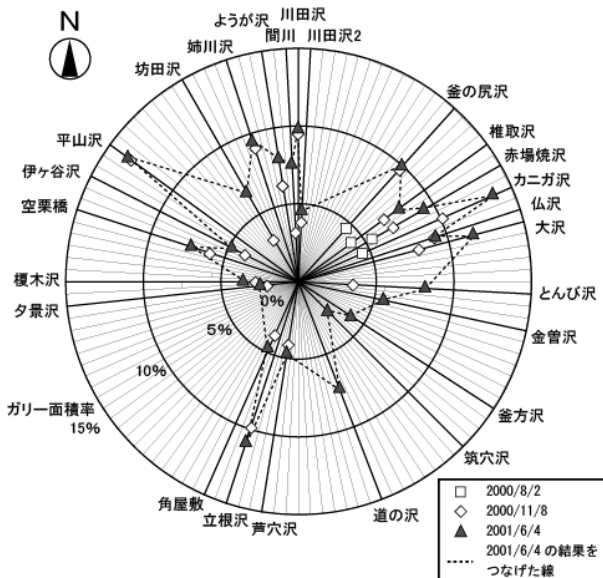


図-4 溪流ごとのガリー面積率の経時的変化

られる。なお、図-3 について過去に噴火口周辺において空中写真判読からガリー面積率と降雨量の関係を示した結果⁷⁾と比較すると、今回の判読結果も同様な傾向を示している。

各溪流で求めたガリー面積を、流域面積で除してガリー面積率とし、面積率の経時的な変化を示したものを図-4 に示す。この図は雄山の噴火口を中心にして三宅島を方位角 3° ごとに区分し、その方位に適合する溪流のガリー面積率をくもの巣グラフ上に示したものである。

しかし、溪流によって、各期間の土砂流出の傾向は大きく異なっていることがわかる。具体には、2001 年 6 月 3 日時点で三宅島北東部に位置する釜の尻沢、東部に位置するカニガ沢、大沢、南部に位置する立根沢、北西部に位置する平山沢でガリー面積率が 10% を超えており、他の溪流と比較して土砂流出が活発であったことが推察される。このうち、平山沢、立根沢、釜の尻沢については、2000 年 11 月 8 日から 2001 年 6 月 4 日までのガリー面積率の増加分が 1 ポイント未満である。これらについて、カニガ沢、大沢は 2000 年 8 月～11 月、2000 年 11 月～2001 年 6 月にかけて土砂流出は減少傾向ではあるものの新たなガリーの形成や既存のガリーの進展・拡大が比較的活発であると考えられ、平山沢、立根沢、釜の尻沢は 2000 年 8 月～11 月の間にガリーの形成がほとんど終息し、それ以降土砂流出が減少したことが考えられる。

一方、三宅島北部に位置する川田沢 2、南東部の筑穴沢、西部に位置する榎木沢・伊ヶ谷沢、南東部の夕景沢は 2001 年 6 月の段階で、ガリー面積率が 5% 未満であることがわかる。これらについては 2000 年 8 月～2001 年 6 月にかけて新たなガリーの形成や既存のガリーの進展・拡大が相対的に活発ではなかったものと考えられる。

これらを勘案すると、三宅島の溪流は噴火後もしばらくは土砂流出が継続する溪流と、ある時期をもって土砂流出がなくなる溪流、土砂流出がすぐに激減する溪流と大きく 3 つにわけられると考えられる。長期的に見ると噴火が終息すれば土石流発生回数や土砂流出量は次第に減少していくと考えられるが、その間は各溪流で必ずしも同じ傾向を持って減少していくとは限らないと考えられる。噴火後の火山地域における溪流ごとの土砂流出特性を把握できれば、噴火後の合理的な施設配置計画や緊急対策の優先順位を設定できると考えられる。

2.3 三宅島の侵食土砂量の調査

数値標高モデルを用いて、三宅島における 2000 年噴火以降の山体侵食量を調べた。具体には噴火から 1 年 2 ヶ月後 (2001 年 9 月) に東京都が取得した航空レーザー

測量によって作成した DEM データについて、元地形のデータとの差分を行い、三宅島におけるガリーからの侵食量を求めた。

なお、噴火直前の三宅島全島の DEM データがないため、今回は時期が古い昭和 58 年 (1983 年) に国土地理院が火山基本図から作成した DEM を用いた。なお、今回の検討については噴火した火山の隆起や沈降等に起因した地形変化の影響は勘案されていない。

2. 3. 1 三宅島のガリーから流出した降灰量

噴火した火山におけるガリー侵食量は、堆積した降灰量と地山からの侵食量の 2 つに起因する。

堆積した降灰量は、判読したガリーの面積において、大学合同観測班地質グループ・地質調査所が作成したアイソパック⁹⁾を重ね合わせて、ガリー内の降灰堆積量を計算した。その結果、ガリー面積は 1,686,240²m²、ガリー内の降灰堆積量は 656,690³m³であった。

2. 3. 2 三宅島のガリーから流出した地山の侵食量

侵食量を求めるには、前項で求めたガリー面積に、侵食深を乗じる必要がある。数値標高モデルを活用する場合、侵食深は 2 時期の DEM の差分値をもって求めることが一般的であるが、それには複数時期の DEM のそれぞれの位置が正確に重なっているか別途検証する必要がある。よって、今回は三宅島のガリーからの侵食土砂量の概算値を把握することを目的として、判読したガリーの範囲に重複するセルを抽出し、2 時期の変動量を求めて、侵食土砂量を試算した。また、ある特定のガリーについて、三宅島のガリーの侵食深を代表していると仮定して、縦断面図を作成し、侵食深を求めて精度の検証を行った。

DEM で表現される各セルについて、セルの中心点が空中写真判読によって示されたガリーと重複したセルをガリー内のセルと考えて、昭和 58 年と平成 13 年 9 月の間におけるガリー内のセルの変動高の頻度分布を求めたものを図-5 に示す。図より、横軸は差分量を求めた範囲となっており、正の値は堆積、負の値は侵食を表現している。これらについて、ガリーのセルにおける変動量の平均値を求めると-2.51mであった。

ここで、Tagata らは 2000 年 7 月から 2001 年 6 月にかけて三宅島カニガ沢上流域 (流域面積 0.39km²) におけるガリー侵食量を算出した結果、約 410,000m³ と算出している。一方、本検討でカニガ沢全流域 (流域面積 0.88km²) のガリー判読を行った結果、ガリー面積は 119,840m² であり、侵食深を乗じると 300,798m³ であり、対象流域面積が大きいにも関わらず 110,000m³ 程度少ない結果となっている。これは、ガリーの侵食深について、

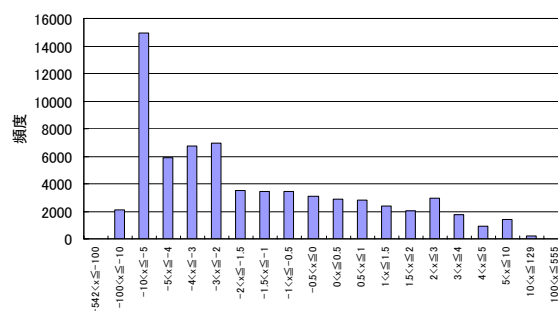


図-5 判読したガリーの箇所における DEM の差分値

表-2 計算結果

侵食深の定義	平均値
侵食深さ(m)	2.51
ガリー面積(m ²)	1,686,240
ガリー内の地山の侵食土砂量(m ³)	4,232,462
ガリー内の降灰堆積量(m ³)	656,690
ガリーからの侵食土砂量	4,889,152

全ガリーで平均した値を用いているためと考えられる。Tagata らによると、ガリー侵食深さは 2~15m としており、侵食深 2.51m をカニガ沢に適用することは、侵食量を過小評価している可能性が高い。

一方、山越らは三宅島雄山東側斜面に発生したガリーは太く疎に、西側斜面に発生したガリーには細く密に形成されていることを示している⁷⁾。また、雲仙岳赤松谷でガリー幅とガリー深さを調査した結果、正の相関関係が示されており²⁾、これらをふまえると、カニガ沢等が位置する東側斜面のガリーにおいて、平均した侵食深を適用することは侵食量を過小評価している可能性がある。しかし、西側斜面に多数分布する細いガリーに対しては侵食深がそれほど大きくないと考えられ、平均した侵食深を適用することは侵食量を過大評価している可能性がある。よって、全ガリーに平均化した侵食深を用いて三宅島全島でガリー侵食に起因した侵食土砂量を算出することで、東側・西側のガリー形成の違いによる侵食深のばらつきを相殺して、妥当な侵食土砂量を評価できる可能性があると考えた。

なお、侵食深についてより正確な値を算出するには、複数時期の DEM を精度良く重ね合わせることによって誤差を可能な限り棄却する必要があるが、それらについて

は今後検討する予定である。

2. 3. 3 三宅島のガリーから流出した侵食量

以上を元に、三宅島の山体から流出した土砂量を推定した結果を表-2 に示す。これより、2000 年の三宅島噴火後から 2001 年 9 月までの侵食土砂量を試算した結果、4,889,152 m³であったと考えられる。

今回はガリーの侵食深を一律に平均して求めたが、DEM そのものの精度の検証については実施していないため、今後は複数時期の DEM を合わせることによる誤差を可能な限り棄却して、個々のガリーの侵食深を求めて、より正確な侵食量を調べる予定である。

3. 火山灰堆積斜面における侵食過程を考慮した水・土砂流出モデルによる計算

新規火山灰堆積物でおおわれた流域における水・土砂流出モデルはすでに開発されており¹⁰、新規火山灰が堆積した流域における水の流出過程についてその適用性が確認されているところである¹²。しかし、土砂流出結果に対する検証はまだ十分になされていない。ここでは、水・土砂流出モデルの適用可能性を検証するため、2000 年に噴火した三宅島において噴火後に実施した土砂流出観測結果を用いて、同モデルの検証を行った。

3. 1 侵食過程を考慮した水・土砂流出モデルの概要

本モデルでは、非構造格子により構成された流域地形モデルを斜面部と河道部に分ける¹¹。さらに、火山灰の分布が水・土砂の流出に与える影響を明らかにするために、流域内を火山灰堆積斜面と非火山灰堆積斜面に2分類して計算を行うことが可能である。図-6 に本研究で用いた水・土砂流出モデルの概要を示す。

斜面部においては、山越ら（2006）の表面流発生モデ

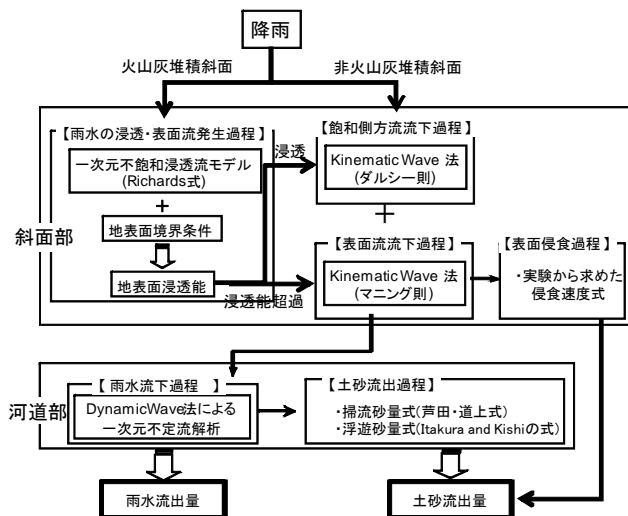


図-6 水・土砂流出計算のフロー

ル¹³により表面流発生過程を表現し、発生した表面流の流下はKinematic Wave法で追跡する。一旦浸透した雨水は一次元鉛直方向のRichardsの理論に従い、浸透していくものとし、基岩面まで達した浸透水は飽和側方流としてダルシー則に基づき流下するものとした。また、発生した表面流により表面侵食が生じるとし、表面侵食モデルには、当該流域を覆う火山灰の粒径が細かいことから、下記の粘着性材料の侵食速度(E)を与える式を用いることとした。なお、限界掃流力、 α 、 β は室内侵食実験を実施することによって決定した。

$$E = \alpha(\tau - \tau_c)^\beta \quad (1)$$

ここで、 τ ：掃流力、 $\alpha \cdot \beta$ ：定数である。ここでは室内実験の結果から、 $\alpha=0.001$ 、 $\beta=1.2$ 、 $\tau_c=0.023$ (m/s)とした。

河道部については、斜面部からの水を横流入として与え、一次元の不定流計算を行った。流砂量計算は、掃流砂が芦田・道上式、そして、浮遊砂は Itakura and Kishi の式によって与えた。

3. 2 斜面における土砂流出量の計算による再現性の検証

三宅島では、噴火から約2年が経過した時点から、その火山灰堆積斜面において地表流とそれにより流出する土砂量の観測を実施した¹⁴および¹⁵。この土砂流出結果と3.1節で述べた水・土砂流出モデルによる計算結果を比較した。

3. 2. 1 三宅島の土砂流出観測斜面における土砂流出観測結果

2000年に噴火し大量の火山灰が堆積した三宅島の斜面を対象とした(図-7)。対象斜面は、三宅島の東側に位置するカニガ沢の上流域に位置しており、噴火から数年が経過しても斜面上には火山灰が厚く堆積している。

対象とする土砂流出観測斜面は、集水面積 82m²、延長約 35m、平均幅約 2.5m、斜面平均勾配 28° の斜面である。この斜面において、2002年3月以降、2006年3月まで、雨量計、量水堰、そして沈砂池を設置し、雨量、表面流出水量の連続観測を実施するとともに、沈砂池に堆積した土砂量を数か月に1回の頻度で計測した。

この斜面における観測結果の内、流出土砂により沈砂池がオーバーフローせず、また、雨量、流量観測の欠測も少ない期間を3期間選び、検討対象期間とした(表-4)。

3. 2. 2 三宅島の土砂流出観測斜面における再現計算結果

この土砂流出観測斜面において、3.1節で述べた水・

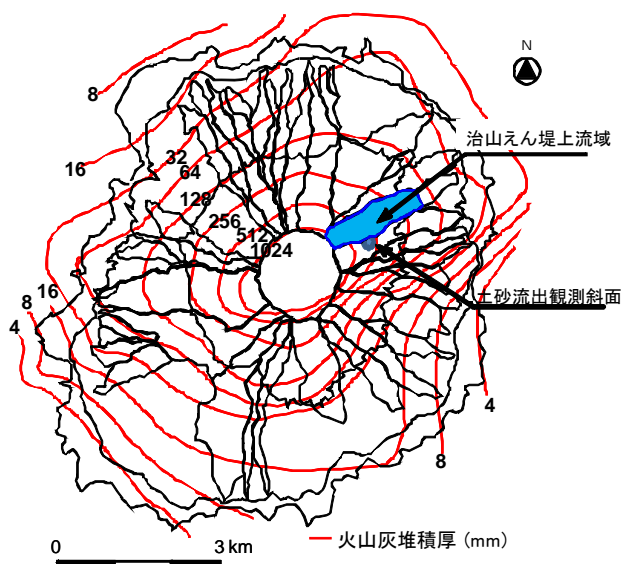


図-7 土砂流出観測地位置図

(図中の火山灰堆積厚層厚線図は東京大学地震研究所(2001)¹⁵⁾より移写)

表-3 検討対象観測期間内の観測斜面の流出土砂量

期間	期間総雨量 (mm)	総流出土砂量 (m ³)
期間①	2003.9.6 ~ 2003.12.15	0.55
期間②		
期間③		

土砂流出モデルの斜面部分のみによる計算を実施した。計算に用いたパラメータは、既往の検討事例¹⁰⁾と同じパラメータを用いた。この既往検討事例では、水の流出量については良い再現性が確認されている。今回もこのパラメータを用いることにより、表-3 に示した 3 期間ともほぼ良い再現性が確認された。

次に、水の流出計算と同時に、別途実験で求めた侵食速度式(式(1))によって流出イベント毎の土砂流出量を計算した。ここでは、流出土砂の粒径が細かいこと、極めて急勾配であることから、侵食された土砂のこの斜面内での再堆積は考慮しないこととした。その結果、期間①、②、③とも実際に観測された量よりも計算結果は過大となった。

室内実験時の水路勾配が2度であったが、実際の現地斜面の平均勾配は2.8度であり、現地斜面で発生する地表流による掃流力は室内実験条件よりもずっと大きかったはずである。したがって、室内実験に基づいたパラメータの適用可能範囲を超えていたことが理由の一つと考えられる。また、室内実験では現地の火山灰のみを現地

表-4 計算結果 ($\alpha=0.17 \times 10^4$ の場合)

	実測(観測)	計算結果
期間①	0.33m ³	0.21m ³
期間②	0.55m ³	1.38m ³
期間③ (調整に用いた 降雨)	0.40m ³	0.39m ³

と同じ密度で再充填して実験を行っているが、実際の斜面には、枯れ枝、枯れ木が数多く残存しており、それらが地表流の流速を落とすことにより、侵食量を抑制しているようにも見える。この点は今後の大きな課題である。

次に、式(1)のパラメータの内、 α のみを可変パラメータとし、表-3 に示す観測期間の内、期間③の流出土砂量に最も近い土砂流出量を計算できる最適な α を求めたところ、 α は 0.17×10^4 となった。このパラメータによって、他の観測期間①、②も再現したところ、表-4 の通りとなった。観測期間同士の土砂流出量の大小関係は再現できていると言えるが、各期間の実測土砂流出量を定量的によく再現しているとは言えない。ここでは、 α を調整して最適なパラメータを求めたが、今後は他のパラメータについても調整し、全観測期間を通じて適合性の高いパラメータの組み合わせを求める必要がある。また、現地で発生する降雨時の地表流が斜面に及ぼす掃流力に近い条件で室内実験を行うことにより、より適切にパラメータを決定できるかどうかを検討する必要がある。

3.3 流域における土砂流出量の計算による再現性の検証

3.2 節において土砂流出観測を実施したカニガ沢の北側に隣接する赤場暁沢(図-7 参照)に建設された不透過型の治山堰堤(2002年竣工、 $V=17000\text{m}^3$)は、竣工後ほぼ5ヶ月で満砂した。このことから、この期間の赤場暁沢における土砂流出量を推定することができる。ここでは、この土砂流出結果と3.1節で述べた水・土砂流出モデルを赤場暁沢の本治山えん堤上流域(流域面積 0.64km^2 平均勾配 16度)全体に適用した計算結果を比較した。

3.3.1 赤場暁沢の治山えん堤の堆砂状況について

上述した治山ダム(噴火後の平成12年度施工)の堆砂状況を、竣工後1~2ヶ月毎に計測した。表-5に、堆積状況調査の結果求められた治山えん堤の堆砂量の推移を示す

3.3.2 赤場暁沢の治山えん堤上流域における再現計

算結果

この赤場暁沢の治山えん堤上流域において、3.1 節で述べた水・土砂流出モデルによる計算を実施した。計算に用いたパラメータは、斜面部については、3.2 節で用いたものをそのまま用いた。なお、 α は、斜面からの土砂流出量によって最適化された 0.17×10^{-4} を用いた。また、河道部の計算については、赤場暁沢の南隣のカニガ沢で実施した粒度分布計測結果を用いた (図-8)。また、現地での流速観測結果等を参考として、河道の粗度を $0.03 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ と定めた。

図-7 に示したとおり、赤場暁沢の治山えん堤よりも上流側の範囲は、おおむね 128mm~256mmよりも厚い堆積厚の火山灰で覆われている。筆者らのこれまでの検討から、概ね 200mm以上の火山灰堆積厚を有する斜面の流出率はほぼ一様に高い値を示すことが、赤場暁沢の南隣の溪流における現地観測結果から明らかになっている¹⁷⁾。したがって、ここでは、全流域が火山灰によって覆われているとして計算を行った。

なお、このモデルでは、火山灰堆積状況の空間的な変化を反映させることが可能である。既往の計算事例¹⁷⁾では、火山灰の厚く堆積した流域と、堆積していない流域に二分した上で計算を実施し、良好な再現結果を得ている。しかし、この赤場暁沢の治山えん堤上流域は、ほとんど全てが厚く火山灰が堆積したエリアであるため (図-7 参照)、赤場暁沢における計算においては、全域を火山灰堆積斜面であるとして計算を行った。

以上のようにパラメータを決定し、赤場暁沢治山えん

表-5 赤場暁沢治山えん堤の堆砂状況

期間	期間堆砂量 (m ³)	累積堆砂量 (m ³)
期間1	2002/11/21 -	6,470
	2003/1/11	
期間2	2003/1/11 -	14,201
	2003/3/12	
期間3	2003/3/12 -	17,014
	2003/4/27	

堤上流域を対象にして水・土砂流出モデルによって計算した。表-6にその結果を示す。

この計算結果によると、計算による総流出土砂量の約 1/3が火山灰斜面の表面侵食に起因していることが分かる。通常、裸地斜面の表面侵食による土砂生産は、赤場暁沢のような急峻な山地溪流では主たる土砂生産源とはならないことが多いが、全斜面が裸地で、侵食速度の大きい火山灰堆積斜面においては、主たる土砂生産源の一つとなり得ることが分かる。ただし、ここでの検討対象期間は、第2章で検討したガリーが活発に伸展した時期ではなく、ガリー網がほぼ完成されていた時期に相当する。降雨のたびにガリーが進展する状況においては、やはりガリー侵食による土砂生産が卓越する¹⁰⁾。

一方、再現計算結果は、治山えん堤に堆積して行った土砂量の計測結果と比較してほぼ2倍の量となった。以下、この結果を考察する。

ここで用いたモデルでは、斜面からの流出土砂は、そのほとんどが細粒火山灰であると考えられることから、そのまま谷出口に到達すると仮定して計算を行っている。しかし、実際には、流下過程において沈降堆積する土砂もあると考えられるため、河道における横流入として現在は水しか考慮していないところを土砂の流入も考慮することによって、表-6 に示した計算によって求めた総流出土砂量はもう少し減少することが考えられる。また、

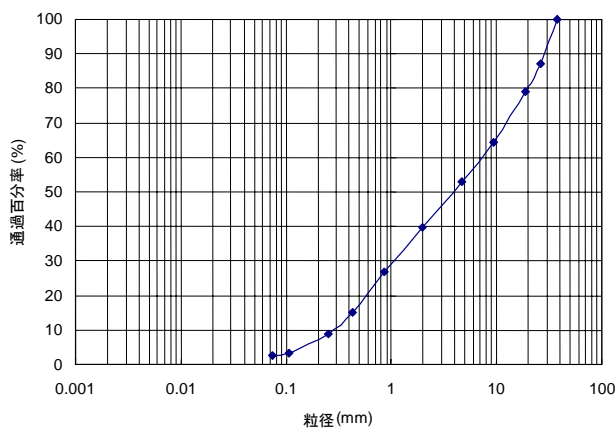


図-8 赤場暁沢に南隣する溪流の河床部における粒度分析結果

表-6 治山えん堤の堆砂状況と再現計算結果

期間	斜面侵食量 (計算)	河道流出土砂量 (計算)	総流出土砂量 (計算)	治山ダム堆積土砂量 (実測)
1	5,511	14,789	20,301	6,470
2	3,972	7,185	11,156	7,731
3	2,114	2,074	4,187	2,813
計	11,597 (32%)	24,048 (68%)	35,645 (100%)	17,014

赤場曉沢の河床には部分的に過去の溶岩流と思われる層が露出しており、この点についても全河道区間を移動床という仮定が当てはまらない点である。この点を改善すると、計算によって求められる河道流出土砂量はもう少し小さい値となることが考えられる。

以上を総合的に勘案すると、赤場曉沢において 2002 年 11 月～2003 年 4 月の間に進行した治山えん堤の堆砂過程は、さらに改良の余地は多いものの、図-6 に示す水・土砂流出モデルによって想定される現象の範囲内であったものと考えられる。

一方、今回検証対象とした土砂流出事例は、噴火から 2 年経過した時点のものであった。噴火後の土砂災害防止の観点からは、噴火直後の最初の降雨に対する土砂流出現象の再現性を確認したい。このような噴火直後の降雨に対する土砂流出現象についても本モデルの適用可能性を検証する必要がある。この点は今後の検討課題としたい。

4. まとめ

平成 19 年度は、火山灰が堆積した流域のガリー形成過程を考察すると共に、三宅島における山体侵食量を調査した。また、斜面における火山灰堆積厚が流域からの土砂流出に与える影響を評価するために、既存の水・土砂流出モデルに改良を加え、三宅島において得られている土砂流出データと計算結果を比較検討した。その結果を以下に示す。

1) 火山灰が堆積した流域におけるガリー形成特性と侵食量の調査

①三宅島の各流域における複数時期のガリーについて空中写真判読を行い、ガリー面積率を求めた。また、各流域におけるガリー面積率の経年変化の違いからガリー侵食の形成特性について考察した。

②数値標高データを用いて噴火後（2000 年 7 月）から 2001 年 9 月までのガリー侵食に起因した侵食土砂量を試算した。

2) 火山灰堆積斜面における侵食過程を考慮した水・土砂流出モデルによる計算結果について

①三宅島の一降灰斜面における土砂流出量を推定可能な侵食速度式を用いて、水・土砂流出モデルによって流域全体（0.64km²）からの土砂流出量を計算した結果、良好な再現結果が得られた。

今後は 2001 年 9 月以降の三宅島におけるガリーからの侵食土砂量を調査して、火山地域からの経年的な土砂流出特性をより長期的に評価するとともに、新規に堆積

した火山灰の堆積量の異なる流域のガリー形成過程を調査し、堆積厚の違いが土砂流出に与える影響について検討を実施する予定である。また、水・土砂流出モデルについては、噴火直後の降雨に対する土砂流出現象について、本モデルの適用可能性の検証を行う予定である。

謝辞

三宅島のガリー形成の調査に際しては国土地理院および東京都が作成した数値標高データを使わせて頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 池谷浩：雲仙・水無川の土石流発生機構について、砂防学会誌、Vol. 47、No. 2、pp. 15-21、1993
- 2) 寺本行芳・下川悦郎・地頭蘭隆：雲仙普賢岳水無川流域における土石流の流出過程の経年変化、砂防学会誌、Vol. 56、No. 3、pp. 3-11、2003
- 3) 安養寺信夫：活火山における侵食地形解析による土砂流出予測に関する研究、北海道大学演習林研究報告、61 (1)、pp. 11-71、2004
- 4) 下川悦郎・地頭蘭隆：火山灰の被覆が火山体の侵食速度に及ぼす影響—桜島火山を中心に—、地形第 8 巻第 4 号、pp. 269-286、1987
- 5) 池谷浩・米沢谷誠悦：有珠山山西山流域における土砂移動について、新砂防 113、pp. 22-27、1979
- 6) 水山高久・宮本邦明：火山噴火後の土砂流出と植生の回復、砂防学会誌、Vol. 47、No. 2、pp. 45-47、1987
- 7) 山越 隆雄・仲野 公章・渡 正昭・水山 高久・千葉 達朗：2000 年三宅島噴火後の雄山山腹斜面におけるガリー形成特性、砂防学会誌、Vol. 55、No. 5、pp. 40-48、2003
- 8) 鈴木隆介：建設技術者のための地形図読図入門 第 3 巻 段丘・丘陵・山地、古今書院、pp. 688-689、2000
- 9) 津久井雅志・川辺禎久・新堀賢志（2005）：三宅島火山地質図、産業技術総合研究所 地質調査総合センター、2005
- 10) Satoshi TAGATA, Takao YAMAKOSHI, Yasuhiro DOI, Katsuo SASAHARA, Haruo NISHIMOTO & Hiroshi NAGURA Post-eruption sediment budget of a small catchment on the Miyakejima volcano, Japan VIIth IAHS Scientific Assembly, 2005. 4, pp. 37-45, 2005
- 11) 山越隆雄・田方智・栗原淳一：火山活動の推移に伴う泥流発生規模の推定手法に関する研究、土木技術資料、Vol. 48、No. 9、pp. 60-65、2006
- 12) 田方智・山越隆雄・栗原淳一・笹原克夫・桜庭雅明・高橋

戦-16 火山灰の浸透能低下と堆積厚が土砂流出に与える影響に関する研究

- 秀・小野寺勝：新規細粒火山灰が堆積した流域における分布型流出解析モデルの検討、砂防学会誌、Vol. 60、No. 4、pp. 15-24、2007
- 13) 山越隆雄・笹原克夫・田方智・石田哲也・竹島秀大・若林栄一：新規細粒火山灰堆積地における地表流発生モデル、砂防学会誌、Vol. 59、No. 4、pp. 24-31、2006
- 14) 小山内信智・山越隆雄・土井康弘・若林栄一：2000年噴火後の三宅島における土砂流出に関する現地観測・調査結果(I)-平成14年度の観測・調査結果-、土木研究所資料、No. 3923、p. 92、2003
- 15) 寺田秀樹・栗原淳一・山越隆雄・田方智・西本晴男・小山内信智・笹原克夫・土井康弘・若林栄一：2000年噴火後の三宅島における土砂流出に関する現地観測・調査結果(II)-2003年度、2004年度の観測・調査結果-、土木研究所資料、No. 4013、p. 266、2006
- 16) 東京大学地震研究所：第90回火山噴火予知連絡会資料、2001
- 17) Takao Yamakoshi, Yasuhiro Doi, Nobutomo Osarai: Post-eruption hydrology and sediment discharge at the Miyakejima volcano, Japan, Zeit. Geomorphologie N.F., Suppl.-Vol. 140, pp. 55-72, 2005

RESEARCH ON THE DECLINE OF PERMEABILITY OF VOLCANIC ASH AND THE IMPACT OF THE DEPOSITION THICKNESS ON SEDIMENT RUNOFF

Abstract : In the FY.2007, for the purpose of clarifying the relationship between the thickness of the newly-deposited volcanic ash and sediment discharge caused by the post-eruption rain storms, gully erosion volume was quantitatively estimated in the upper reach of watersheds of the Miyakejima island where a large amount of ash fell in 2000 and the post-eruption sediment discharge caused lots of damages. In addition, the authors made revision of the existing model which is capable of calculating water-sediment discharge for the volcanically-disturbed watersheds and checked its reproducibility through comparing the calculation results with the sediment discharge data obtained in the Miyakejima island.

Key words : volcanic ash, erosion, the Miyakejima island, gully erosion

