

1-1 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（一般勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：火山・土石流チーム

研究担当者：田村 圭司、山越 隆雄、
武澤 永純

【要旨】

近年、降灰を伴う火山噴火が相次いでいる。火山噴火により降灰があると、雨水等が浸透しにくくなり、泥流や土石流が発生しやすくなる。噴火後の降雨による土石流への早急な対応が必要となっている。短期的には、降灰直後の降雨で発生する土石流の発生危険度の緊急的な把握が必要であり、中・長期的には、噴火後数年間にわたる土砂流出対策のための土砂流出量の推定等が必要とされている。

本研究では、短期的に土石流の発生危険度を評価するために必要な要素技術、すなわち、降灰量のリアルタイム計測が可能な自動降灰量計、火山灰の透水性の推定手法、降灰分布の即時評価手法、そして、火山灰の空間分布を反映した土石流ハイドログラフ推定モデルを開発した。その結果、予めこれらの手法を適用できるよう準備をすることにより、降灰後ただちに土石流の発生危険度を迅速かつ客観的に評価できるシステムを提案した。

また、火山噴火後の中・長期的な土砂流出については、経時的に得られている定量的データが少ないことから、2000年に噴火した三宅島における土砂生産量を航空LPデータによって把握することにより、流域内の平均降灰深と土砂流出量の相関関係を求めた。また、降灰斜面の侵食を考慮した水・土砂流出計算モデルを開発し、その適用可能性を現地実測データとの比較を通して検証した。以上、中・長期的土砂流出に関する検討の結果、降灰後の流域からの土砂流出量を予測するための実用的な知見とモデルを提示した。

キーワード：火山灰、土石流、自動降灰量計、透水係数、降灰分布

1. はじめに

近年、降灰を伴う火山噴火が相次いでいる。火山噴火により降灰があると、雨水等が浸透しにくくなり、泥流や土石流が発生しやすくなる。噴火後の降雨による土石流への早急な対応が必要となっている。短期的には、降灰直後の降雨で発生する土石流の発生危険度の緊急的な把握が必要であり、中・長期的には、噴火後数年間にわたる土砂流出対策のための土砂流出量の推定等が必要とされている。

本課題は、火山噴火後の火山砂防計画の立案、実施に資する技術を開発するために、①降灰後の土砂流出量の中・長期的な推定手法の検討を行うと共に、②降灰後の土石流発生危険度の緊急把握技術の検討を行うものである。

2. 降灰後の土砂流出量の中・長期的な推定手法の検討

2.1 火山灰堆積斜面における侵食過程を考慮した水・土砂流出モデルの検証（長期的な土砂流出量の推定手法）

新規火山灰堆積物で覆われた流域における水・土砂流

出モデルはその基礎となる部分が開発されており¹⁾、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²⁾。しかし、土砂流出結果に対する検証はまだ十分にされていない。また、既存のモデル¹⁾では、斜面侵食量は無視することとしていたが、ここでは、斜面侵食によって生産された土砂量も計算し、評価することとした。モデルの検証には、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た。

2.1.1 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¹⁾。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-1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）の表面流発生モデル³⁾により表面流発生過程を表現し、発生した表面流の流下過程はKinematic Wave法で追跡する。一旦浸透した

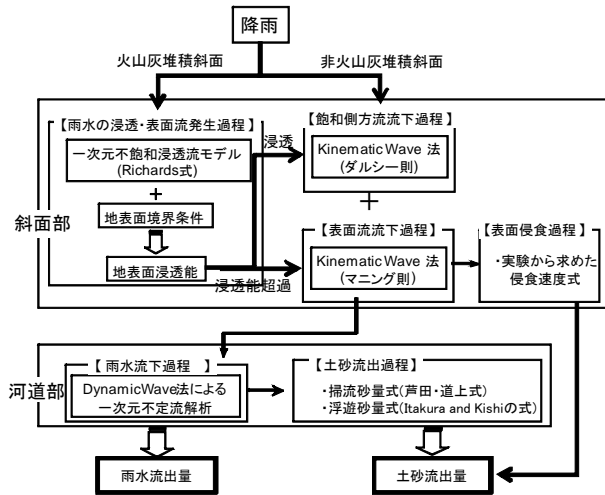


図-1 水・土砂流出計算のフロー

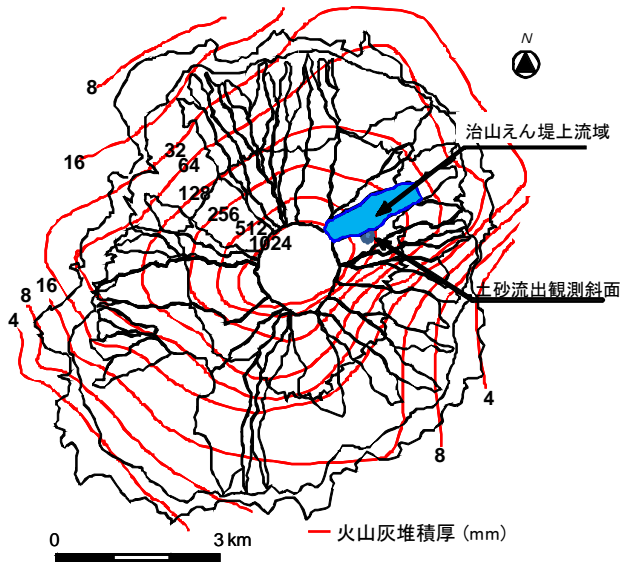


図-2 土砂流出観測地等位置図

(図中の火山灰堆積厚厚線図は東京大学地震研究所 (2001)⁴⁾より移写)

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、三宅島の火山灰堆積斜面からの土砂流出計測結果から逆に推定した。

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

ここで、 τ ：掃流力、 $\alpha \cdot \beta$ ：定数である。ここでは逆推定の結果から、 $\alpha=0.17 \times 10^{-4}$ 、 $\beta=1.2$ 、 τ_c

表-1 計算で用いたパラメータ一覧

		パラメータ	単位	数値
斜面部	鉛直浸透	初期水分飽和率		0.65
		浸透層の厚さ	cm	50
		地山の厚さ	cm	1000
		飽和透水係数	cm/s	0.00015
		飽和体積含水率		0.491
		残留体積含水率		0.281
	地表流下	van-Genuchten α		0.18351
		van-Genuchten n		1.6
		斜面粗度係数	$m^{-1/3} \cdot s$	0.1
		限界摩擦速度	m/s	0.023
表面侵食	α		0.000017	
	β		1.2	
河道部	河道流下	河道幅	m	5
		河道粗度係数	$m^{-1/3} \cdot s$	0.022
	河床変動	河床材料の間隙率		0.4
		河床交換層	m	0.5
		10%粒径	mm	0.001
		50%粒径	mm	0.05
90%粒径	mm	1		
代表粒径数		6		

=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。

2.1.2 再現性の検証結果

三宅島東部の赤場暁沢 (図-2 参照) に建設された不透過型の治山堰堤 (2002 年竣工、 $V=17000m^3$) 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 2.1.1 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。

計算に用いたパラメータは、基本的に隣接するカニガ沢流域内で実際に現地観測、室内実験によって得られた値をそのまま用いた。表-1 にパラメータの一覧を示す。

図-2 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現地観測結果から、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⁵⁾。したがって、ここでは、全流域が火山灰によって覆われて、図-1 における「火山灰堆積斜面」として計算を行った。表-2 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。三宅島においても、噴火直後の数ヶ月間程度の間は、降雨のたびにガリーが進展する状況で、そのような場合にはガリー侵食による土砂生産が

表-2 治山えん堤の堆砂状況と再現計算結果

単位 (m³)

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

支配的になることがわかっている⁶⁾。しかし、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から、長期的な土砂生産、流出源としては、無視できない要素であると言える。

しかし、ここで検証したモデルは、噴火後の数ヶ月間から1年程度の間(本報告ではこの期間を「中期的」と呼ぶこととする)に劇的に進行したと考えられるガリー侵食過程を組み込んだモデルではない。この期間の土砂生産・流出の再現性への本モデルの適用可能性は不明である。今後の検討課題としたい。

2.2 降灰後の火山からの土砂流出量と流域降灰量との関係 (中期的な土砂流出推定手法)

火山からの中期的な土砂流出については主にガリーによる侵食形態が主であることが指摘されているが^(例えば7)、ガリー侵食によって生産される土砂量や、ガリー侵食過程のモデル化は、まだ世界的にも研究途上であり、適用可能なモデルは未開発と言える。

そこで、本研究では、ガリー侵食の卓越する中期的な土砂流出の流出量を推定するための、基礎的だが、定量的、実用的な知見を得るため、2000年に噴火した三宅島を対象に、噴火前・噴火後に地形図および航空レーザー

測量で得られた数値標高モデル (DEM) を用いて、島内各溪流のガリー侵食による土砂量を算出するとともに、各溪流流域内の流域降灰量との相関関係を求めた。

2.2.1 解析条件

(1) 検討に用いるデータ

本研究で用いる噴火後の数値標高モデルを表-3に示す。は、国土地理院が2000年11月8日撮影の空中写真

表-3 使用する数値標高モデル (DEM)

作成元	DEM作成時期	取得・計測方法	メッシュサイズ
国土地理院	1984	1984年作成の5千分1火山基本図を元	10m
国土地理院	2000	2000年11月8日空中写真+2001年1月16日SAR画像(火口付近)	10m
東京都	2001	2001年6月実施の航空レーザー測量	5m

と2001年1月16日のSAR画像(雄山火口付近)から数値図化した1:5,000噴火地形図「三宅島」を基に作成したDEMと、2001年6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を用いた。

噴火直前の三宅島全島のDEMデータがないため、時期が古い1983年(昭和58年)に国土地理院が火山基

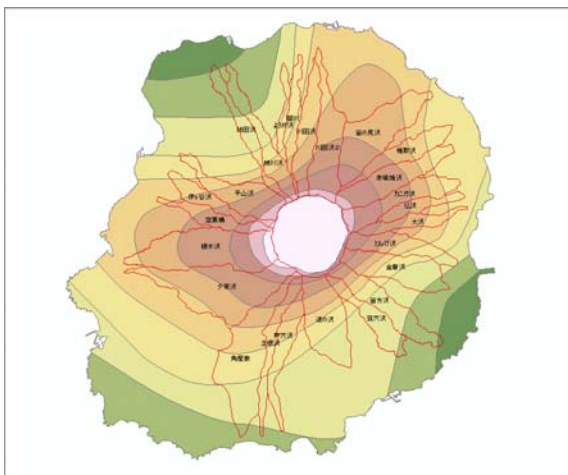


図-3 火山灰等層厚線図 (参考文献⁴⁾を元に作成)

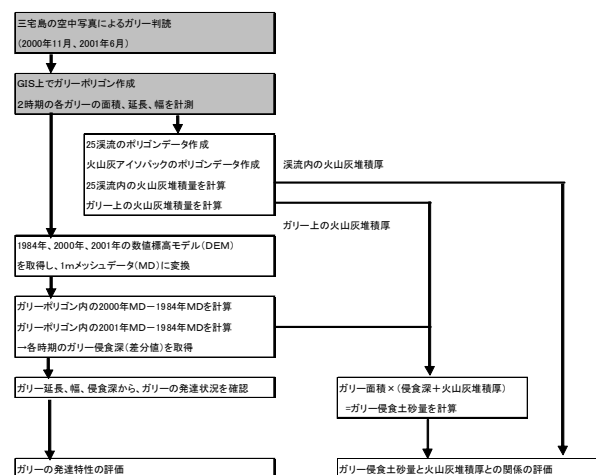


図-4 検討手順

本図から作成したDEMを噴火前の地形データとして用いた。

(2) 検討手順

検討手順 (図-4 参照) は以下のとおりである。本報では、②ガリー侵食土砂量と火山灰堆積厚との関係の評価について以下述べる。

- 1) 三宅島噴火後の写真を用いてガリー判読を行う
- 2) 判読結果からガリーポリゴンデータを作成する
- 3) 各溪流および火山灰アイソパックのポリゴンデータを作成し、25 溪流内の火山灰堆積量とガリー内の火山灰堆積量を計算する
- 4) 各時期のメッシュデータを重ね合わせ、2 時期のガリーポリゴン内の差分量 (2000 年-1983 年、2001 年-1983 年) を算出する。差分量が負を示した値を侵食深とする。
- 5) 3) のガリー上の火山灰堆積量と 4) から、ガリー侵食土砂量を計算する。ガリー侵食土砂量は、地山からの侵食量と火山灰堆積量 (火山灰からの侵食量) の和である。
- 6) 3) の 25 溪流内の火山灰堆積量と 4) のガリー侵食土砂量から、ガリー侵食土砂量と火山灰堆積厚との関係の評価する。

2.2.2 検討結果

一般に流域内に火山灰が堆積すれば土石流、つまり土砂流出が起りやすくなる。これは前述のとおり、浸透能が低い火山灰によって表面流が発生することに起因する。ここで、表面流によって火山灰が表面侵食を受けることを考えると、火山灰の堆積厚が薄ければ、表面侵食

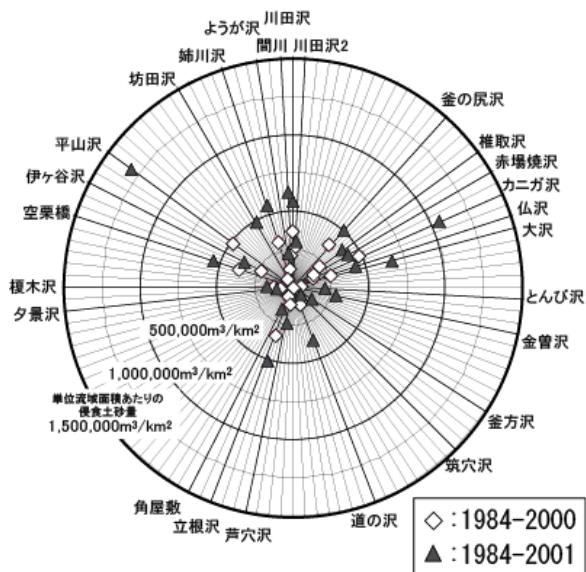


図-5 2000 年 11 月、2001 年 6 月における単位流域面積あたりのガリー侵食土砂量

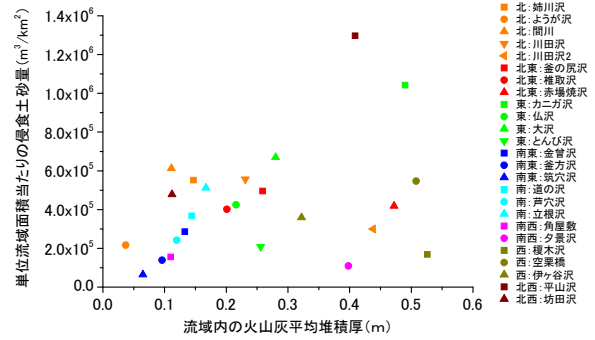


図-6 流域内の火山灰平均堆積厚に対する単位流域面積あたりの侵食土砂量の関係

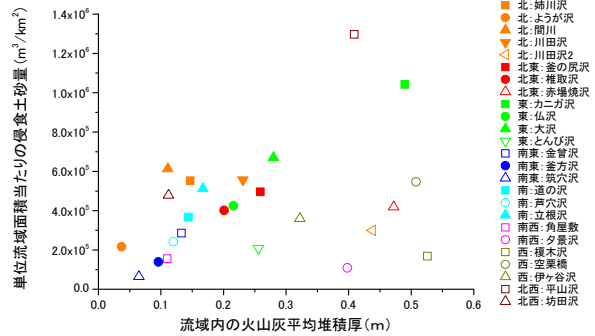


図-7 流域内の火山灰平均堆積厚に対する単位流域面積あたりの侵食土砂量の関係 (地形と地盤が異なる溪流は白抜きとした)

によって地山が露出し、流域内の浸透能が見かけ上回復することで土砂流出が発生しにくくなると考えられる⁸⁾。一方、火山灰が厚く堆積すれば、表面侵食によって地山が露出するには長い時間を要するため、その間は土砂流出が発生しやすくなる。つまり、火山灰堆積厚と土砂流出の中期的な経時変化の間には何らかの因果関係があると考えられる。

図-5 に 2000 年 11 月、2001 年 6 月における各溪流の単位流域面積あたりのガリー侵食土砂量を示す。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単位流域面積あたりのガリー侵食土砂量をくもの巣グラフ上に示したものである。溪流によって侵食土砂量に違いがあることがわかる。

よって、2.1 で作成した火山灰のアイソパックのポリゴンデータから各溪流内の火山灰堆積量を算出し、それを流域面積で除することで溪流内の火山灰平均堆積厚を算出し、単位流域面積あたりの 2001 年 6 月の総侵食土砂量との関係を図-6 に示す。図では、各溪流について三宅島の中央に位置する雄山を中心として 8 方位に区分し、それに適合する溪流を色分けしている。

しかし、図-6 からは、火山灰堆積厚と侵食土砂量には

明瞭な正の相関関係は見出せない。

ガリー侵食は、火山灰堆積厚だけで決まるわけではなく、地形、地質（土質）特性によって大きく異なる。そこで、図-7 の内で、過去の溶岩流上にある溪流、すなわち、溶岩層によって縦侵食が進みにくくなっている溪流や、中流部に緩勾配区間を持つ西～西南部の溪流を白抜きにして表示してみたところ、図-8 のとおり、正の相関関係が見られるようになった。このことより、噴火後の中期的な土砂流出を予測する際には、初期の火山灰堆積厚分布も考慮することで予測精度の向上が図れることが示唆される。

2.3 降灰後の土砂流出量の中・長期的な推定手法

噴火後の火山においては、その後数年間に集中的に土砂流出が起こることから、その中・長期的な土砂流出量を予測し、適切な規模の土砂処理計画に結びつける必要がある。

噴火直後の土石流の発生予測等については第3章に示すが、ここでは、噴火活動がほぼ終息し、下流への土砂流出対策を講じる時期における土砂流出推定手法の考え方を提案する。

(1) ガリー侵食発達期

噴火後数ヶ月～1年間程度の間、継続する。ここでは、そのような活発な山体侵食の進行している期間を「中期的」と形容している。降灰後の降雨によって降灰斜面に多数のリル・ガリーが形成される。この時期の主たる土砂生産源は、ガリー侵食である⁷⁾。ガリーは、元の地形で谷地形を呈する箇所⁶⁾に形成され、中期的な侵食過程が終わるまでに、ほぼ分水界近くまで発達する。しかし、ガリーの幅や深さについては、ケースバイケースである。たとえば、過去の溶岩流は、一般に高い耐侵食性を有しており、噴火後に発達するガリーによる縦侵食を強く規制する。そのため、溶岩流が浅い位置から出現するガリーでは、深さ方向へはガリーは発達し難くなる。このような溶岩流の出現する深さについても可能であれば考慮する必要がある。

今のところ、それをガリーの発達する規模を事前に予測する手法は開発されていない。しかし、火山体周辺の溪流からの土砂流出量を相対的に評価することは可能であると考えられる。その場合には、地形、地質だけでなく、降灰量も考慮に入れる必要があることは2.2節で示した。ただし、噴火後の土砂流出を時系列的に予測するためには、土砂流出状況をモニタリングし、その結果に基づいて見通しを立てることが必要となる。

(2) 微細土砂流出期

ガリーの発達を終息して、植生が回復したり、火山灰そのものが流失してしまったりすれば、土砂の流出が続くことは無いが、斜面上は火山灰で覆われて降雨の度に表面流が発生して侵食が発生すると、下流域には微細土砂が流出する可能性がある。

このような状況において、土砂流出の発生状況を推定する手法については、2.1節で示した通り火山灰堆積斜面の侵食を考慮した計算モデルによる手法が有効である。

ただし、モデルについては数多くのパラメータがあるため、これらは、現地計測、室内実験、そしてモニタリングを通じて決定する必要がある。これらの決定方法は今後の課題である。

3. 降灰後の土石流発生危険度の緊急把握技術の検討

日本には108の活火山が分布しており、1990年の雲仙普賢岳、2000年の有珠山や三宅島など、火山噴火による災害が頻発している。砂防えん堤等の整備率が低い現状において、火山噴火による溶岩流、火山泥流、土石流等の被害を皆無にすることは困難である。したがって、緊急対策を迅速かつ効果的に実施し、被害をできる限り軽減（減災）するためには、リアルタイムハザードマップに基づく被害想定区域の範囲、被害の内容、噴火後の二次的な土砂災害への警戒情報、そして発生が想定される土石流等の的確な規模の推定が重要である。そのような予測、推定を行うためには、噴火活動の推移に対応した調査・観測が必要である。ここでは火山噴火災害の内、噴火後の降雨によって二次的に発生する土石流に対して緊急的に対応する場合に有用な降灰計測手法、降灰範囲推定手法、そして、これらの手法と、本報2.1節で説明した水・土砂流出モデルとを一体的に運用することによる降灰後の土石流の発生危険度評価モデルについて述べる。

3.1 降灰計測手法

これまでは噴火後に現地調査を行い、火山灰堆積量等が計測されてきたが、噴火中の火山に人が接近する必要があるため危険を伴っていた。そこで、噴火中に極力人間が近づくことなく、火山灰の堆積質量・厚さをモニタリングする手法として、自動降灰量計を開発した。

(1) 自動降灰量計の概要

開発した自動降灰・降雨量計（特許出願：特願2008-084320）の測定原理は、ロードセルで得られた計測

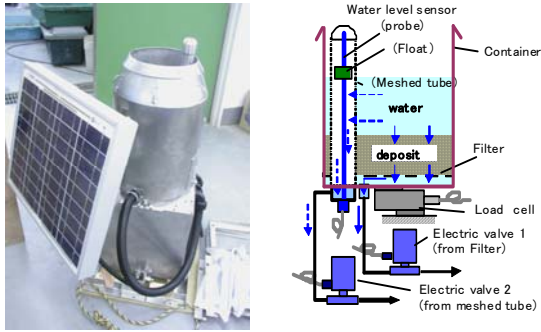


図-8 自動降灰量計の外観と構造

質量と水位計で得られた計測水位に基づき、火山灰堆積質量と堆積厚を計測するものである。火山灰と雨水の各々の質量は、火山灰の土粒子の真密度を用いて計算で求める。更に、過去に堆積した火山灰層のみかけ堆積密度(単位体積当質量)の値がわかれば、火山灰の質量を厚さに換算できる。たとえば、後述する試験を実施中の桜島では、粒子の真密度は 2.64 g/cm^3 、火山灰層のみかけ堆積密度 1.50 g/cm^3 としている。

自動降灰・降雨量計の装置構造としては、捕灰タンク(内径20cm、高さ30cmの円筒形)の下にそれを支持するロードセルがあり、そのタンク内にはフロート式の磁歪式水位センサが設置されている。これらが測定部にあたる。さらに、当装置の特徴としては、排水機構を備えており、容器底からの排水(火山灰層を通過)中の水位変化によって容器内に堆積した火山灰の透水係数を概ね測定でき、加えて火山灰層上部から排水を行って雨水のオーバーフローを回避することにより、降雨量計としての機能維持の役割を合わせ持つ(図-8)。

電源供給は、ソーラーパネルとバッテリーよりなされる。さらに、データ通信は、携帯電話によってなされ、定時

において通信可能である。

測定部の下部には、ステンレス製の収納箱(30cmの立方形)が設置され、その中にデータロガーやバッテリー、携帯電話などのデータ収録部や電源供給部、通信部等が収納される(図-8)。

収納箱の下部には、傾斜地においても、安定的かつ水平に設置できるように、梯子状の安定架台が設置されている。基礎フレームに水平を保つ機構を持ち、45度以下の斜面であれば設置が可能である。安定性は、梯子状の基礎フレーム(30cm程度のアンカー約10本で固定)上に土嚢を10~20袋(200~400kg)を載荷することで保たれる。

当装置では、本体や安定架台を含め全部材で総計60kg程度であり、タンク・収納箱・設置架台を分解して運搬が可能である。さらに、数人程度の人数で半日程度の作業で設置できるため、火山活動の前兆期のような緊急時にも対応が可能である。

(2) 検証結果

開発した装置において、野外実験を通じ、各測定装置の動作や安定性の確認と標準砂を用いた堆積質量、堆積厚の測定精度の検証を実施した(図-9)。測定精度検証においては、豊浦標準砂(土粒子密度 2.64 g/cm^3)をタンク上部より自由落下させ、検証するものとし、実験ケースとして、降灰深0.1mmに当たる重量(4.5g)の自由落下を計4回、降灰深0.5mmに当たる重量(22.5g)の自由落下を計3回、降灰深1mmに当たる重量(45g)の自由落下を計3回繰り返した。その結果、降灰深0.5mmにあたるケースにおいて、測定装置は検知し始め、降灰深1mmのケースで明瞭に検知することが確認された。さらに、本装置の特徴である排水機構についても正しく機能

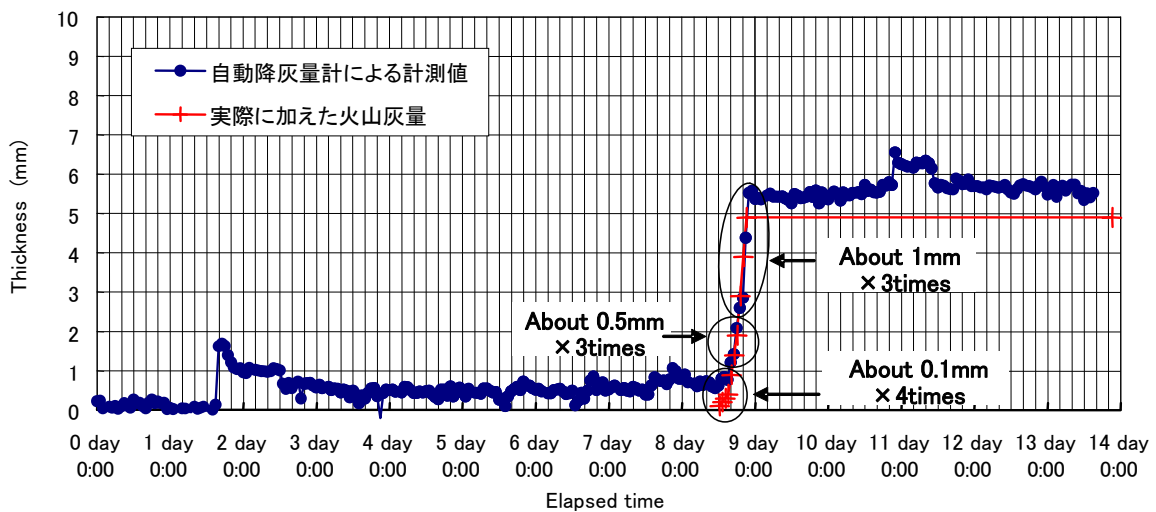


図-9 自動降灰量計の検証実験結果

することを確認した。

(3) 現地への適用

平成20年2月に桜島では、昭和火口で比較的大きな噴火があった。それを受け、国土交通省大隅河川国道事務所は、昭和火口からの噴火への監視体制を強化するため、本機を有村川に設置し、降灰量のリアルタイム監視を実施している(図-10)。



図-10 桜島有村川への自動降灰量計の設置状況

3.2 簡易な降灰分布推定手法

次に、簡易に火山灰の分布を推定する方法を検討した。桜島のように観測点が限られる火山や頻繁に噴火する火山では、噴火毎に分布の変わる噴火に対し多数の観測点で重量を計測し、分布を推定することは難しい場合もある。この点を解決するために、より少ない観測点に基づいて降灰分布、堆積量を推定する方法が必要となる。

(1) 簡易な降灰分布推定手法の概要

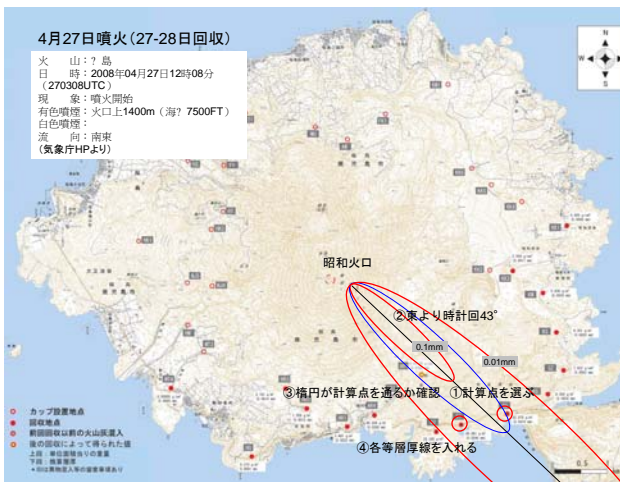


図-11 平成20年4月27日～28日の噴火の簡易降灰分布推定手法による再現結果

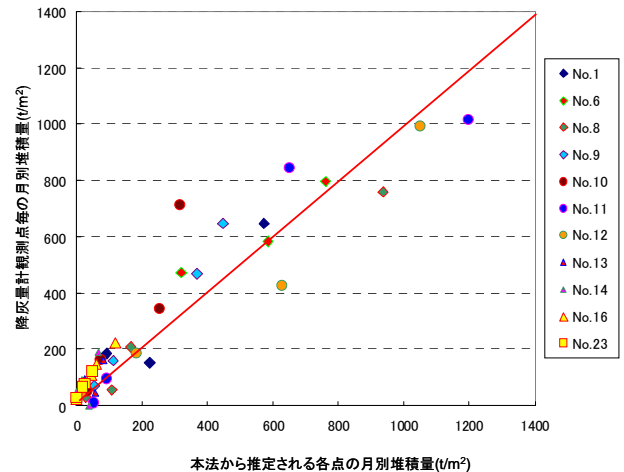


図-12 簡易な降灰範囲推定手法と従来の降灰量計による期間単位の計測事例の比較

ここで、我々は降灰分布の等層厚線は楕円に近似されると仮定し、各点から得られる楕円近似した等層厚線の長短軸半径を一定とした。この仮定と Hayakawa (1985)⁹⁾などが示すように面積 - 層厚が $T = \alpha S - a$ (T : 層厚, S : 面積) で表される関係から、火口位置を楕円の軸端点とし降灰分布に相当する軸が決められる場合、2 点の観測値から降灰分布楕円の長・短軸径を求めた。

(2) 簡易な降灰分布推定手法の検証

桜島昭和火口では、2008年2月3-7日に噴火した後、4月8日から噴火活動が活発化し、7月末まで噴火の多い時期と少ない時期を繰り返した。4月25日に、検証用のトラップを設置し、噴火毎に降灰量を計測した結果、2008年4月27日以降の噴火についてほぼ噴火毎に火山灰の堆積分布を推定することができた(図-11)。

国土交通省大隅河川国道事務所では、従来より、島内20箇所に設置した降灰量計(ただし、人が現地に行き、定期的に灰を回収しなければならない)のデータを取っている。そこで、本推定手法で推定される降灰量分布を積算した結果と、同じ期間内に降灰量計で計測された降灰量を比較した。その結果、概ね良い一致が見られた(図-12)。

(3) 現地への適用

桜島の平成20年2月噴火、浅間山の平成21年2月噴火の際に、本手法を用いて、降灰分布を推定し、国土交通省に提供した。

3.3 降灰後の土石流の発生危険度評価モデルとその活用イメージ

降灰後の土石流への対応は、降灰状況、下流の砂防施設の整備状況、氾濫した場合の被害想定等を考慮して、

進められる。噴火後には、短期間に膨大な量が流出することが多く、対策を実施する上で、優先順位をつけることが重要である。降灰後の土石流による被害の想定は、一般に氾濫シミュレーションによって行うが、降灰の影響が多く、渓流に及ぶ場合には、氾濫シミュレーションに時間を要することからシミュレーション実施の優先順位をつける必要がある。前節までで説明した降灰量計測と降灰分布推定を即時に実施し、降灰分布を求めた後に、その分布データを、予め作成しておく流域モデル上に重ね合わせる。また、事前にモデル降雨波形を想定しておき、2.1 節で用いた水・土砂流出モデルに入力して、土石流ハイドログラフを出力する。

こうして得られたハイドログラフは、溪流毎に、あらかじめ把握してある、砂防施設の整備状況、トラブルスポットの流下能力と比較して、氾濫の可能性の有無についても評価することが可能である。

4. おわりに

本研究では、短期的に土石流の発生危険度を評価するために必要な要素技術、すなわち、降灰量のリアルタイム計測が可能な自動降灰量計、火山灰の透水性の推定手法、降灰分布の即時評価手法、そして、火山灰の空間分布を反映した土石流ハイドログラフ推定モデルを開発した。その結果、予めこれらの手法を適用できるよう準備をすることにより、降灰後ただちに土石流の発生危険度を迅速かつ客観的に評価できるシステムを提案することができた。

また、火山噴火後の中・長期的な土砂流出については、経時的に得られている定量的データが少ないことから、2000 年に噴火した三宅島における土砂生産量を航空 LP データによって把握することにより、流域内の平均降灰深と土砂流出量の相関関係を求めた。また、降灰斜面の侵食を考慮した水・土砂流出計算モデルを開発し、その適用可能性を現地実測データとの比較を通して検証した。以上、中・長期的土砂流出に関する検討の結果、降灰後の流域からの土砂流出量を予測するための実用的な知見とモデルを提示した。

参考文献

- 1) 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.148、No. 9、pp. 60-65、2006
- 2) 田方智・山越隆雄・栗原淳一・笹原克夫・桜庭雅明・高橋 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

- 3) 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
- 4) 東京大学地震研究所：第 90 回火山噴火予知連絡会資料、2001
- 5) Takao Yamakoshi, Yasuhiro Doi, Nobutomo Osanai: Post-eruption hydrology and sediment discharge at the Miyakejima volcano, Japan, Zeit. Geomorphologie N. F., Suppl.-Vol. 140, pp. 55-72, 2005
- 6) 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
- 7) 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
- 8) 山越隆雄・水山高久・内田太郎・野村康裕・安養寺信夫・榎木敏仁：三宅島噴火後 1 年間の火山灰堆積斜面の浸透能と土砂流出の変化、砂防学会誌、Vol. 55、No. 2、pp. 36-42、2002
- 9) Hayakawa Y.: Pyroclastic geology of Towada volcano, Bull. E.R.I., Univ. Tokyo, 60, pp.507-592. 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

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

Abstract : For the purpose of developing prediction method of long-term and short-term sediment discharge from the volcanically disturbed watersheds through clarifying the relationship between the thickness of the newly-deposited volcanic ash and sediment discharge caused by the post-eruption rain storms, the Volcano and Debris Flow research Team has conducted research activities since F.Y. 2006. As a result, the following results have been obtained.

- 1) 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.
- 2) 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. The authors figured out time-dependent development characteristics of gullies in the Miyakejima Island and indicated that geographical conditions and erosion control properties of ground had significantly affected the gully formation characteristics and post-eruption sediment discharge.
- 3) The automatic tephra gauge has been developed and actually applied to the field site in the Sakurajima volcano.
- 4) The simple method to estimate tephra-isopachs from limited number of measurements of tephra thickness has been developed and tested in the case of the actual volcanic eruption of the Sakurajima volcano
- 5) The integrated method to assess the risk posed by post-eruption debris flows was proposed to enable work offices of MLIT to optimize its decision to conduct emergency works after the volcanic eruption.

Key words : volcanic ash, erosion, Sakurajima volcano, automatic tephra gauge