

九州大学農学部 ○蒲原 潤一 古賀 大  
丸谷 知己

### 1. はじめに

桜島では近年、特に昭和49年より火山活動が活発化し、火山噴出物（火碎物）の量が著しく増加している。火山噴出物のうち粒径の細かい火山灰は、降雨浸透を低下させ、その結果、斜面侵食とそれに伴う土石流などの土砂流出現象をもたらしている。この一連のプロセスを単純化すれば次のように考えられる。

- ①一回の噴火によって噴出した火山灰は、その時の風向、風速などの気象条件に応じて降下堆積する。一年を通じて、また季節によって風向、風速は大体定まっているので、噴出した火山灰は空中で淘汰され、確率的に一定の場所に一定の粒径の火山灰が堆積することになる。したがって、火口からの方向と距離とによって粒径と堆積層厚とが決定される。
- ②堆積した火山灰の粒径が細かい場合には、斜面表層の浸透能が低下する。
- ③浸透能の低下によって表面流が発生しやすくなる。表面流は、わずかな地表面の凹凸によって集中流を形づくり、その大きな洗掘力によってガリー侵食を生じる。
- ④ガリーは、降雨ごとに下刻、拡幅を繰り返しながら発達する。
- ⑤その際生産された土砂は土石流として下流にまで流出する。

本報では、このうち②の火山灰の粒径と浸透能低下との関係を現地での浸透能試験の結果から検討し、③のガリー発生と浸透能および斜面傾斜との関係を室内実験の結果から検討した。

### 2. 火山灰の粒径と浸透能低下との関係

桜島島内14箇所の細粒の火山灰層について冠水式現場浸透試験を実施した。試験箇所を図-1に示す。試験箇所は傾斜（10°～40°）、土地利用状況（草地、天然林、人工林、果樹園、畠地跡）等が一様ではないが、いずれも細粒の新しい火山灰が厚く堆積しており、浸透能が大きく変化したことが推察された。図2は浸透試験の方法である。（1）透明な円筒テスターを測定土層に押し込んだ後に800CCの水を注ぐ。（2）1分間当たりの水位低下量が一定値に達したときの値を測定土層の最終浸透強度Rf(mm/min)とする<sup>1)</sup>。図3に浸透試験の結果を示す。横軸に堆積した火山灰の質的特性を示す尺度として中央粒径値（φ尺度を用いMα=-log<sub>2</sub>D）、縦軸に最終浸透強度を示した。この結果から有村川流域の2地点を除けば、粒径が小さいほど浸透能が落ちることがわかる。浸透能の低下に影響を与える因子として、この他にも火山灰の堆積層厚

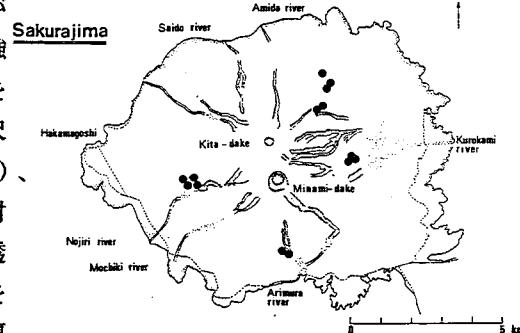


図-1 浸透試験箇所

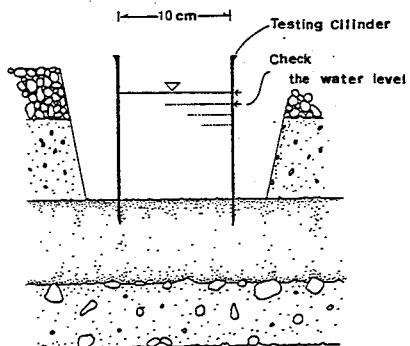


図-2 現場浸透試験の方法

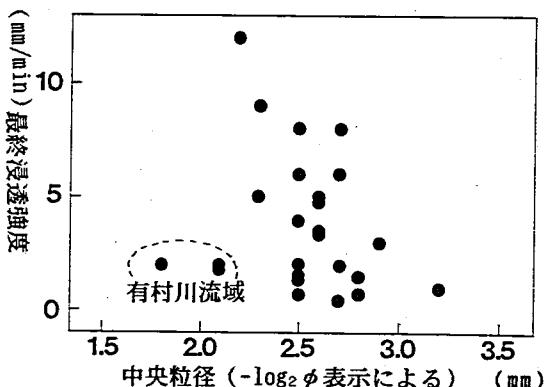


図-3 粒径と浸透能との関係

が考えられる。これについては、室内実験において、堆積させた降灰が10mmのときより30mmのときの方が表面流出が発生しやすくなること<sup>2)</sup>、堆積層厚62mm/yr以下、斜面傾斜24°～40°では、堆積層厚の増加にともなってガリー本数が増加すること<sup>3)</sup>が報告されている。これらのことから、堆積層厚の増加が浸透能の低下をもたらすことは明らかであるが、今後、相似則をふまえて定量的な関係をもとめる必要がある。

### 3. ガリー発生と浸透能および斜面傾斜との関係

表層の浸透能の低下は、表面流の発生をもたらすが、表面流が集中流となってガリー侵食をおこなう力は斜面傾斜に影響される。浸透能および斜面傾斜がガリー発生におよぼす影響を検討するために室内実験を行った。実験方法を図4に示す。縦80cm、横40cm、高さ2cmの水はけのよい矩型の実験装置に火山灰を敷く。傾斜を与え、雨滴衝撃による影響を少なくするため噴霧機によって約2mの高さから散水した。散水時間は4分30秒（時間雨量に換算して58mm/hr）とした。ガリー発生部位の上流端から斜面下方方向に15cm間隔で斜面直角方向のラインを設定し、そのライン上に現われたガリーの本数（40cm当たり）を計測した。ガリーの本数は、1度の実験につき数本のライン上で計測される。今回の解析でのガリー本数とは、この数本のラインについての平均値である。実験に使用した火山灰の粒径は、 $1.3 < \phi < 2.0$ 、 $2.0 < \phi < 3.2$ 、 $3.8 < \phi$ （単位はmmをφ尺度に換算した）の3パターンであり、あらかじめ冠水式浸透能試験で最終浸透能強度を測定したところ、それぞれ20.0mm/min、1.2mm/min、0.1mm/minであった。傾斜は20°、30°、40°の3パターンとし、合計9パターンについておこなった。その結果を図-5に示す。X軸に最終浸透能強度、Y軸に傾斜、Z軸にガリーの本数をとった。9パターンの実験結果から、1) 浸透能が20.0→1.2→0.1と低くなるほどガリーの本数が多くなり、2) 傾斜が20°→30°→40°と大きくなるほどガリーの本数が多くなる傾向がみられた。これは、水理学的には水深と傾斜とが増加することによって掃流力が大きくなるという理由で説明され、浸透能が低いことは、表面流の水深を大きくする一つの原因と考えられるからである。

#### 4. 降下堆積物の特性から土石流発生に至るまでの基礎的考察

本研究の最終的な目的は、火山灰などの降下堆積物の量的、質的特性から、上流部の土砂生産場でのガリー発達が、下流部の土砂流出に至るまでにどのようなプロセスを経ているのかを明らかにすることである。そのプロセスとして1章で①～⑤を提示した。今回は、このうち特に②と③について検討した。その因果関係をまとめて関数型で表わす。

①火山灰の粒径（P）と堆積層厚（D）は、火口からの方向（X<sub>1</sub>）、と距離（X<sub>2</sub>）とによって決定されることは、すでにいくつかの報告において述べられている。<sup>4) 5)</sup>

$$P = f_1(X_1, X_2), D = f_2(X_1, X_2)$$

②表土層の浸透能（I）は、火山灰の粒径と堆積層厚とに影響されることが現場浸透試験から明らかになった。浸透能が、粒径の増加とともに指数関数的に増加する項と、堆積層厚の増加とともに一定値に漸近しながら遞減してゆく項とを合成した式で表わせるとすると、以下の式をえる。

$$I = a e^{hp} + b e^{-kd} + c \quad (a, b, c, h, k \text{ は定数})$$

③初期のガリー一本数（G）は、表土層の浸透能とその地点の傾斜（θ）とによって影響されることが実験より明らかになった。ガリー一本数が、浸透能の増加とともに一時関数的に減少し、同時に、斜面傾斜の増加とともに一次関数的に増加する式で表わせるとすると、以下の式をえる。

$$G = -d I + e \theta + f \quad (d, e, f, \text{ は定数})$$

④、⑤については関数型を提示するには、分析が不十分であるが、以下の仮説をたてた。

④その後の山体侵食量（E）は、初期のガリー一本数に影響される。

$$E = i (G)$$

⑤土石流発生頻度（F）と山体侵食量とは、正の比例関係にあると考えられる。

$$F = g E \quad (g \text{ は定数})$$

①～⑤より、火山灰など降下堆積物の影響を強く受けている火山山麓斜面での土石流の発生頻度は、概念的に次のような関数式で示される。

$$F = m_1 i (m_2 e^{h f_1(X_1, X_2)} + m_3 e^{-k f_2(X_1, X_2)} + m_4 \theta + m_5) \\ (m_1, m_2, m_3, m_4, m_5 \text{ は定数})$$

この式より、下流で観測される土石流の頻度は、上流の土砂生産場における火口からの方向と距離及び斜面傾斜によって決定されることがわかる。しかし、この他にも山体侵食に影響を与える因子として、植生、地質などが考えられ、これらを上述の関数型に組み入れていくことは今後の課題である。これらの因子に対する研究として、植生の遷移におよぼす火山活動の影響を検討したものや<sup>6)</sup>、林相の違いによる浸透能や表面流出率を比較検討した<sup>7) 8)</sup>ものがある。

表土層が流出した後のガリーの下刻、拡幅は、表層から深さ数mまでの堆積層序などの地質条件に影響されていると考えられるので<sup>9)</sup>、現在その影響を現地調査し、分析している。

#### 5. まとめ

火山灰が浸透能の低下におよぼす影響と浸透能の低下がガリー発生におよぼす影響とを検討した。さらに、降下堆積物の特性から土石流発生に至るまでのプロセスについて考察した。その結果、上述

の関数式をえた。この式によると、堆積した火山灰の粒径・堆積層厚、火山碎屑物の堆積層序、植生などを火口からの方向と距離とによってパターン化すれば、将来にわたる山体侵食量が場所ごとに予測できることがわかる。このことは、砂防学的に、ハザードマップの作成に寄与するばかりでなく、地形学的にも、火山体の解体過程の研究に対して重要な知見となるであろう。この研究は、（財）砂防地すべりセンターの土砂災害研究基金によって行われた。

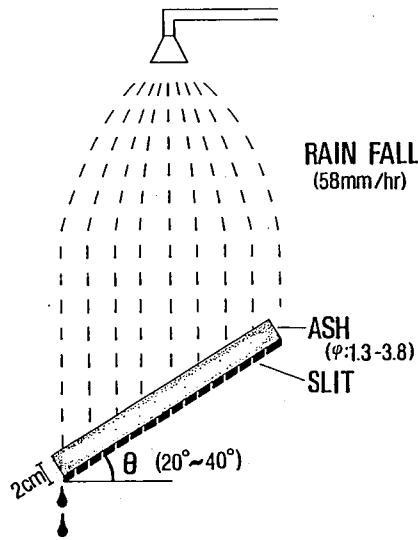


図-4 ガリー発生実験の方法

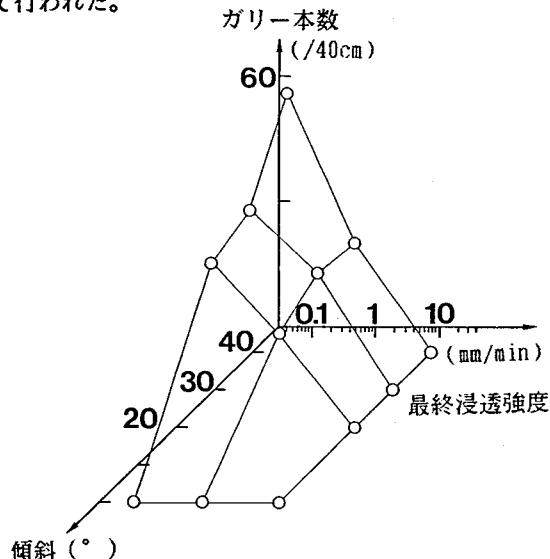


図-5 浸透能、傾斜とガリー本数との関係

### 引用文献

- 1)丸谷知己(1988)：土石流の発生に及ぼす浸透効果について，鹿児島国際火山会議論文集，624-627.
- 2)河原田禮次郎・長勝史(1985)：桜島降灰の表面流出限界降雨強度，桜島地域学術調査協議会調査研究報告第2集，174-176，
- 3)蒲原潤一・古賀大・森田紘一・長沢喬・丸谷知己(1990)：桜島における侵食の発達に及ぼす降下堆積物の影響について，日林九支論 44，印刷中。
- 4)加茂幸介・江頭庸夫・石原和弘・河原田禮次郎(1976)：桜島における降下火山灰の堆積について，昭和51年6月豪雨による鹿児島県の土砂および土石流災害に関する調査研究報告，文部省自然災害特別研究報告書（昭和51年度），77-86。
- 5)竹下敬司(1987)：山地土壤および谷斜面の形成と火山活動，文部省科研報告書，九州における土砂災害の消長と広域火山活動，3-25。
- 6)田川日出夫(1988)：桜島の遷移と植生，鹿児島国際火山会議論文集，756-759。
- 7)竹下敬司(1982)：桜島火山の降灰に伴なう土壤浸透能の変化と火山斜面の侵食，日林論93, 413-416。
- 8)下川悦郎・地頭菌隆(1987)：侵食速度と火山活動－桜島火山を中心にして－，文部省科研報告書，九州における土砂災害の消長と広域火山活動，27-50。