

## 48 火山体の解体過程における ガリー侵食の役割について

九州大学農学部（現：建設省土研） 蒲原 潤一  
九州大学農学部 丸谷 知己・竹下 敬司

### 1. はじめに

形成された直後の成層火山では、山腹に谷地形は存在しない。山腹に谷地形が発達し、山体が開析谷によって下刻される段階へ移行するまでは、火山体解体の原動力はほとんどガリー侵食にあっていると考えられる。これまで、桜島におけるガリーの発達過程についての研究から、ガリーが形成されたのち短時間で合流することがすでに明らかにされている<sup>1)</sup>。このことから、ガリーが火山体解体過程の初期段階で果たす役割としては、莫大な侵食速度といった量的な性格と同時に、合流によって最初の排水系を確立・発達させることによってその後の火山体解体に及ぼす影響といった質的な性格が考えられる。

流路の合流は流域の争奪に他ならない。小面積の流域が大面積の一つの流域にまとまる結果、火山体斜面では、侵食速度が大きい場所と小さい場所とが山体周囲に交互に出現し、プラネッツ（残存三角面）が形成されることが認められている（図-1）<sup>2)</sup>。プラネッツ上にはさらに小さなプラネッツがタイムラグをもって複雑に発達するうえ、プラネッツはそれ自身が次の侵食ステージを提供する。侵食される地形自身が侵食力の大小をつくり出す仕組みは、地形とそれが規定する侵食力との相互作用にもとづいて説明されなければならない。

本研究の目的は、火山体解体過程において流域間の集水面積が偏ることを流域発達と定義した上で、流域発達の影響を分離・抽出し、その過程においてガリー侵食の役割について検討することである。本論では、まず円錐斜面を2つに分割するモデル（斜面分割モデル）を考え、このモデルから計算した侵食速度と実斜面での計測値とを比較した。

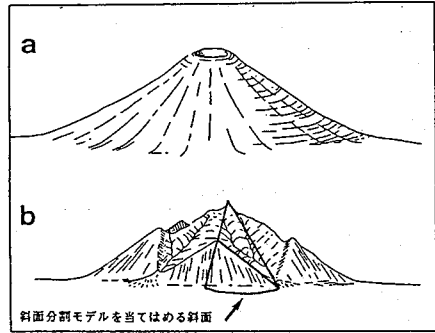


図-1 火山の侵食段階（クリフ・オリエルによる）

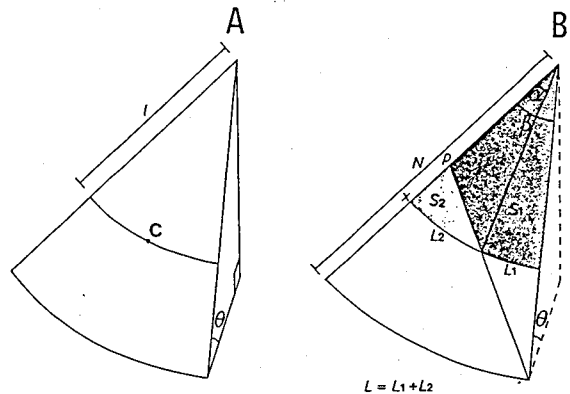


図-2 流域の発達にもなる水理条件の変化を検討する概念図（斜面分割モデル）

### 2. 斜面分割モデルによる侵食量の時間変化

円錐型をした成層火山の斜面上で上端から斜面長  $l$  だけ下方にある C 点の侵食量を  $E$  とする（図-2 A）。水谷<sup>3)</sup> は開析初期のステージにある成層火山斜面での侵食力を掃流力理論と種々の流砂公式とから検討した結果、限界傾斜角  $\theta$  を与えて①

式を導き、 $m$ は1.1~1.7の範囲であるとしている。

$$E = k l^m (\sin \theta - \sin \theta_c)^n \dots \textcircled{1}$$

そこで、この式をもとに侵食量の変化を時間ごと高度ごとに計算し、さらに流域の発達にともなって侵食量がどのように変化するかについて考察した。ただし、 $m=1.5$ ,  $k=0.01$ ,  $n=1.0$ ,  $\theta$ の初期値を $30^\circ$ ,  $\theta_c=15^\circ$ , 斜面上端高度を800mとして計算した。図-2Bのように流域を $S_1$ ,  $S_2$ に分割し潤辺を2つ考える場合( $L_1$ ,  $L_2$ )と、図-2Aのように斜面上全域に均等な水深で広がる薄層流を考える場合とでは径深が相違する。径深及びそれにもとづく侵食量は幾何学的条件によって決定される。すなわち、

$$E = k(L_1 R_1^m / L + L_2 R_2^m / L)(\sin \theta - \sin \theta_c)^n \dots \textcircled{2} \quad (\text{算出過程は図中に示す})$$

p点の高度を変化させた場合の斜面全体の侵食量を②式から計算した(図-3)。実際の山体斜面ではp点はプラネッツの上端部に相当していると考えられる。したがって時間の経過にともなってp点を斜面長方向に沿って下方へ移動させることによって流域が発達することを表現できる。図-3の結果は、流域の発達段階に対応して侵食速度が変化することを示している。

図-4は時間ごとの侵食量をp点の高度を一定(0m, 400m)として計算したものである。安息勾配を $15^\circ$ と考え、侵食された土砂は山裾に $15^\circ$ の傾斜で堆積するものとした。侵食量はステージ間の山体堆積の変化から計算しているので時間ごとの侵食速度を示していることになる。山裾における堆積域は、上流部での侵食量の増加にともなって上昇し山体脚部を支持することによって斜面後退速度を減少させる。さらに火山体の解体にともなって斜面長が減少するので流域発達の影響を考えなければ侵食速度は時間とともに変化率を減じながら減少していくと考えられる。図-4はこのことを示していると考えられる。図-3は時間の経過にともない流域が発達し、その結果侵食速度が変化することを示しているので、図-3および図-4の結果から流域発達の影響を考慮した火山体の侵食速度の変化を検討すると、概念的には図-5のような侵食速度の不連続な推移が考えられる。

次に、図-5に示した不連続な侵食速度の推移を

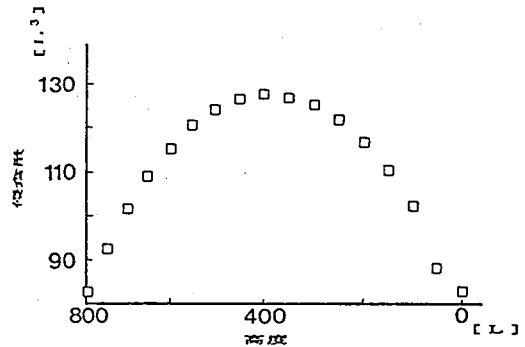


図-3 プラネッツ上端高度と侵食量(RUN1)計算値との比較

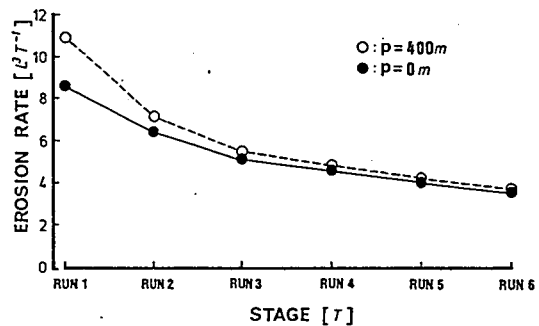


図-4 時間に対する侵食速度の推移

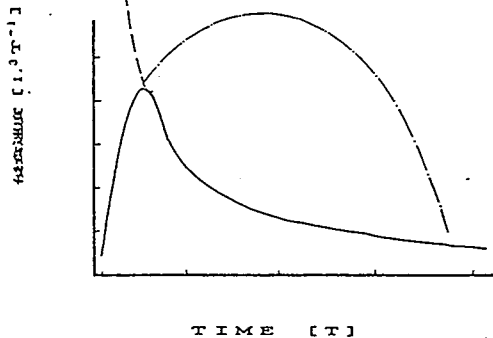


図-5 火山体解体過程における時間ごとの侵食速度の推移(概念図)

実測値と比較するために、阿蘇中央火口丘8流域についての山体形成からの経過時間と河道生産土砂量<sup>4)</sup>との関係を図-6に示す。図-7に対象斜面を示した。阿蘇カルデラ内の中央火口丘群は形成年代の異なる様々な山体からなっており、山体によって流域の発達段階と侵食速度とが相違する。山体形成年代は小野ら<sup>5)</sup>が与えた推定値から内挿した。河道生産土砂量は現在の山体侵食速度を表現していると考えられるので、図-6の結果は図-5に示した侵食速度の推移と整合している。

### 3. 侵食速度と流域の発達度との関係

流域の発達段階と侵食速度との関係を定量的に検討するために、流域の発達段階の指標として流域の発達度というもの定义了した。すなわち山体斜面上で集水域を決定し、同一等高線上で計測された各集水域面積の変動係数を流域の発達度とした。図-8に地形図から流域が判読できた阿蘇7流域における流域の発達度と高度との関係を示した。発達度は高度で100mごとに算出した。各山体の形成からの経過時間は図-6に示した。図-8より山体形成からの経過時間の長さに応じて発達度が増加することが認められ、流域の発達度が火山体解体過程を検討する指標として適当であると考えられた。

### 4. 流域の発達に及ぼすガリーの影響

開析谷の発達度とガリーの発達度を比較することによって流域の発達に及ぼすガリーの影響を検討した。図-9は桜島有村川流域内の山腹斜面におけるガリーと開析谷との発達度を高度ごとに比較したものである。ガリーは土地条件図<sup>6)</sup>を参考とし、開析谷は地形図上で判読した。開析谷はガリーによって発達し、ガリーも既存の開析谷に沿って発達すると考えられるため流域の発達に及ぼすガリーの役割を十分に分離できない。ここでは、地形図上に表現されるような大規模な開析谷は山体形成直後から発達したものとし、ガリー

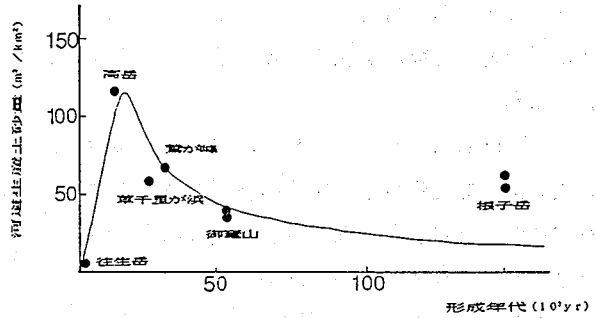


図-6 阿蘇対象流域における形成年代と河道生産土砂量との関係

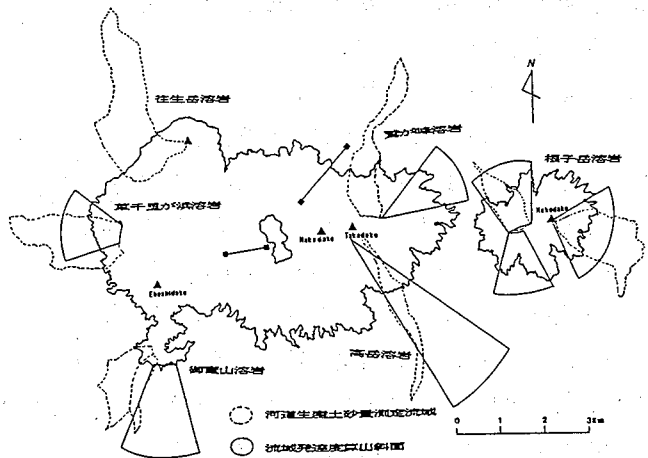


図-7 河道生産土砂量測定流域および流域発達度算山斜面の位置図

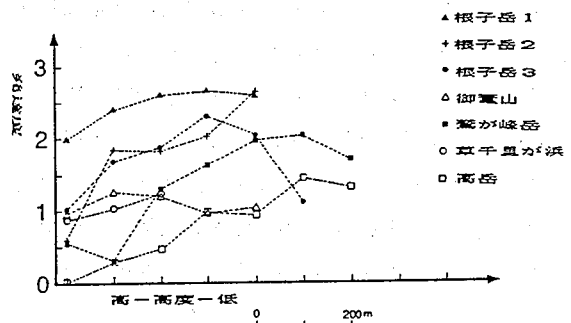


図-8 高度と流域の発達度との関係

一は最近の降灰の影響下で発生したものと考えた。図-9からガリーによる水系網のほうが、開析谷による水系網よりも流域の発達度が高いことがわかる。

## 5. まとめ

斜面分割モデルを用いることによって、侵食速度が最大となる火山体の解体プロセスが計算された。火山体の侵食速度が不連続に推移するという仮説のもとにこの計算結果を阿蘇山中央火口丘の8流域について実測値より求められた侵食速度と比較したところ、良好な整合性を得た。さらに、流域発達に及ぼすガリー侵食の影響を桜島有村川流域において検討した。既存の

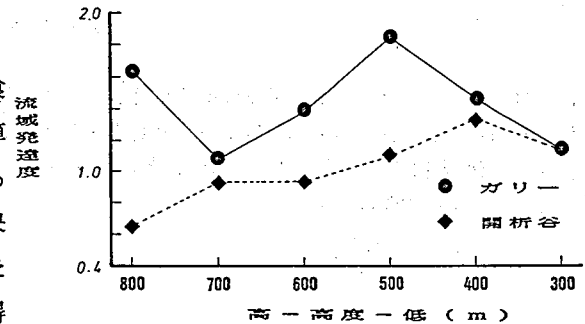


図-9 高度ごとの流域発達度

谷によって開析される排水系と新規のガリーによって開析される排水系について流域の発達度を計測したところ、ガリーが流域発達を促進させる効果がきわめて大きいことが明らかになった。

今後、斜面分割モデルをより現象と適合させるために以下の3点について検討する必要がある。

1. 斜面分割モデルでは、斜面の侵食が斜面上を流下する薄層流によって行われるとして侵食量を計算している。実際には、流路に規定される流れが、流路変動する場合に斜面が侵食されるのであり、この現象を確率的に考えることの妥当性については検討する必要がある。
2. 図-3及び4の結果を合成し、一つの概念として図-5に示す不連続な侵食速度の推移を考えた。時間および侵食速度のスケールについて検討したうえで、火山体の解体プロセスに対応する限界条件の有無について検討する必要がある。
3. 本論では、斜面上の排水系がプラネッツによって分割されることを前提として侵食量を計算した。プラネッツの変形に与える侵食の影響についても検討する必要がある。

## 参考文献

- (1) 蒲原潤一(1992): 火山体解体過程における谷の発達と侵食速度に関する研究, 九州大学農学部平成3年度修士論文
- (2) クリフ・オリエル(1991): 火山, 今古書院
- (3) 水谷武司(1970): 成層火山体の初期開析過程, 地理学評論
- (4) (財) 砂防・地すべりセンター(1991): 河道生産土砂量, 火山地域の土砂災害に関する研究会
- (5) 小野晃司(1985): 阿蘇火山地質図, 地質調査所
- (6) 国土地理院(1990): 1:15,000 火山土地条件図