

雲仙普賢岳における水文・侵食環境の変遷と土砂流出

寺本 行芳¹・下川 悦郎¹・地頭菌 隆¹

¹鹿児島大学農学部 (〒 890-0065 鹿児島市郡元 1-21-24)

1. はじめに

雲仙普賢岳の火山山体は1990年11月から1995年3月までの活発な火山活動によって火砕流本体堆積物、溶岩ドームの崖錐堆積物および火砕流熱雲に由来するサージ・降下火砕物で広く覆われた。これによって流域の水文・侵食環境は激変した。斜面では地表の浸透能が低下し、浸透能が降雨強度より小さくなったとき生じるホートン型地表流が発生した。表面流は固結度の小さい火砕流本体堆積物の表面に大小のガリーを刻みつけ、土石流の発生を促した。土石流は火砕流発生前の1991年3月から起りはじめ、同5月からは火砕流と並行して発生した。1993年は島原地方も例年にない豪雨に見舞われ、大規模な土石流が発生し火山山麓に甚大な被害をもたらした。しかし、1994年後半から火砕流の頻度・規模が小さくなり、さらに1995年3月に火山活動が終息したのちは、土石流の発生頻度および規模は経年的に減少しつつある。

ここでは、雲仙普賢岳の火山活動によって水文・侵食環境が大きく変化した水無川流域を対象にして、ガリー侵食の拡大過程と生産・流出土砂量の経年変化を把握し、併せて土石流の流出解析を行った。

2. 方法

調査対象域（以下赤松谷川流域という）は、溶岩ドームの生成および火砕流の発生に伴って地形変化を受けた水無川支川赤松谷川流域の大部分を占める（図-1）。この最下端の標高258m地点では、1995～2000年までビデオカメラによる土石流の動態観測を行った（図-1）。溪床の平均勾配は約7度である。標高258m地点における集水面積は1997年7月から現在まで3.91km²（図中の破線で囲まれた域を含む）であるが、観測開始時から1997年6月までは2.29km²（実線で囲まれた域）であった。1993年から1997年6月まで標高700m付近の谷が火砕流堆積物によって閉塞されていたためである。

侵食過程の把握と生産土砂量の算出には、1994年7月、1995年9月、1996年9月、1997年10月、1998年10月、1999年10月および2001年3月に撮影された7組の空中写真を用いた。これらの空中写真を実

体視してガリー侵食跡地と土石流流下跡を判読し、5000分の1縮尺の地形図に移写してそれらの分布図を作成した。空中写真で判読できるガリーの最小規模は幅3mである。3m未満のガリーについては、赤松谷川上流域に幅50m・長さ60mのプロットを3箇所設け、現地でガリーの位置、幅および深さを計測し、その分布図を作成した。それらの分布図からガリー侵食面積を測定し、生産土砂量を算出した。

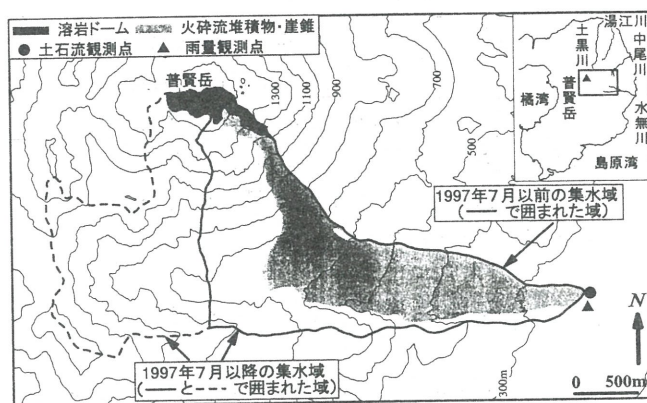


図-1 調査地

ガリー侵食による生産土砂量の算出方法は以下の通りである。①ガリーの横断形は逆台形とする。ガリー側壁の傾斜は現地観測に基づき70度とした。②分布図からガリーの幅を10～30m（3m未満のガリーについては5m）間隔で計測する。③ガリーの深さは、赤松谷川上流域の火砕流堆積物上で測定したガリーの幅と深さの関係式（図-2）から求める。④各ガリー横断面ごとの面積を計算し、2つの断面間の生産土砂量を平均断面法により算出する。⑤幅3m以上のすべてのガリーについて生産土砂量を計算し、それらを合計する。⑥写真で判読できない幅3m未満のガリー侵食については、現地測量によって作成したガリー分布図（図-3）からプロットの生産土砂量を算出し、これに面積比（流域面積/プロット面積）を乗じて流域の換算生産土砂量を求める。なお、生産土砂量は3プロットの平均値を用いる。⑦写真から算出した生産土砂量にこの換算土砂量を加えて流域の全生産土砂量とする。

流出土砂量は1995～2000年までに赤松谷川で得られた個々の土石流ハイドログラフに土砂濃度式¹⁾を適用して計算した。

1995～2000年までに赤松谷川で得られた個々の

土石流ハイドログラフに対して流出解析を行った。土石流の流出解析は, kinematic wave 法と土砂濃度式¹⁾によった。なお, 流出解析に用いるパラメータは, 等価粗度係数, 損失雨量, 最終浸透能および土石流発生に寄与した流出域の4つである。これら4つのパラメータ値の経年変化を明らかにすることによって土石流の流出過程の変遷を検討した。

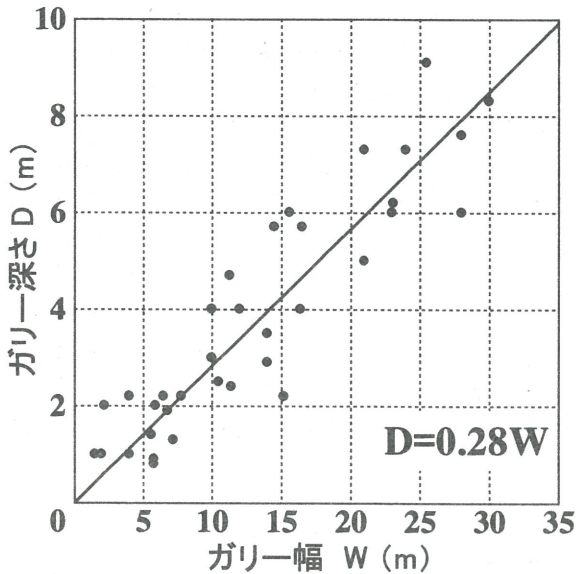


図-2 火砕流堆積物上に発達したガリーの幅と深さの関係

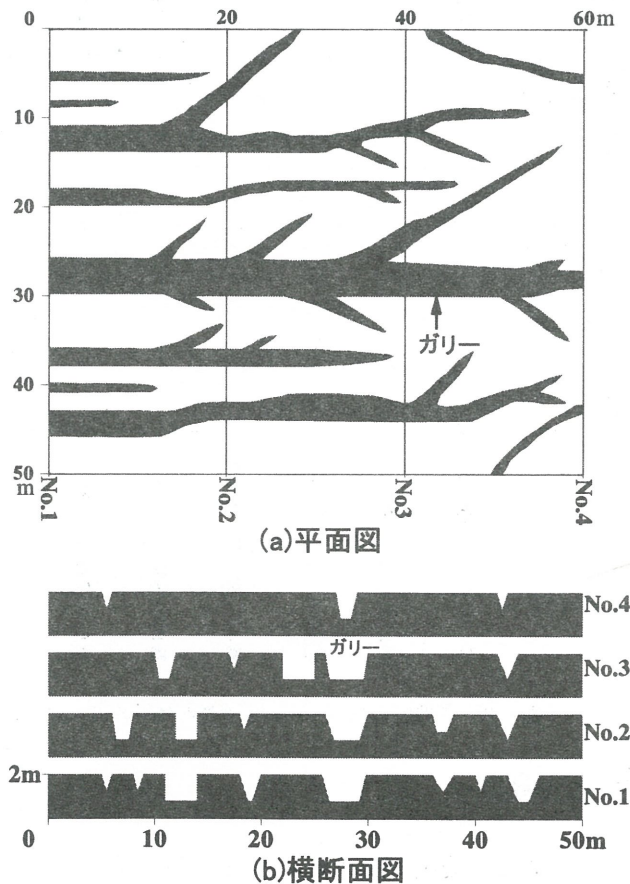


図-3 現地測量による赤松谷川上流域のガリー分布図

3. 侵食過程

ここでは1995年9月, 1997年10月および1999年10月撮影の空中写真から判読した赤松谷川流域におけるガリー侵食跡地および土石流流下跡の分布図を示す。

図-4 (a)は火山活動が終息した後の1995年9月における分布図である。河道部分に刻まれた幅の広い溝は土石流流下の痕跡である。図中には溶岩ドームおよび火砕流堆積物(崖錐堆積物も含む)の分布も併せて示している(図-4 (b)および(c)も同様)。流域内には1991~1993年に発生した土石流によって多数のガリーが刻まれている。1994年と1995年は少雨の年で, 土石流の発生も少なくその規模も小さい。そのため新たなガリーはほとんど発生していない。

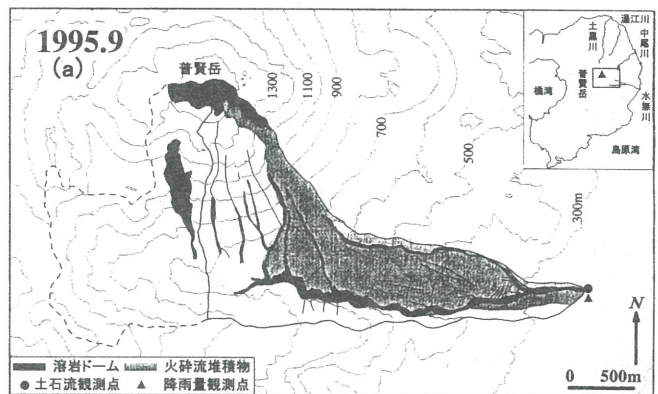


図-4 (a) ガリー侵食および土石流流下跡の分布図

図-4 (b)は1997年10月における分布図である。1996年と1997年は雨が多く, 規模の大きな土石流が多数発生している。このため火砕流堆積物上の斜面には規模の大きなガリーが多数刻まれ, 既存のガリーおよび河道も拡大している。また火砕流堆積物上における小規模なガリーの密度も一層増加している。1997年6月に発生した土石流によって標高700m付近の谷を閉塞していた火砕流堆積物が決壊し流域が拡大している。

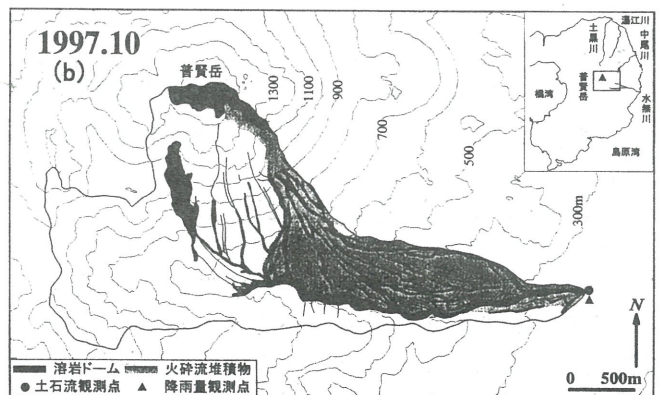
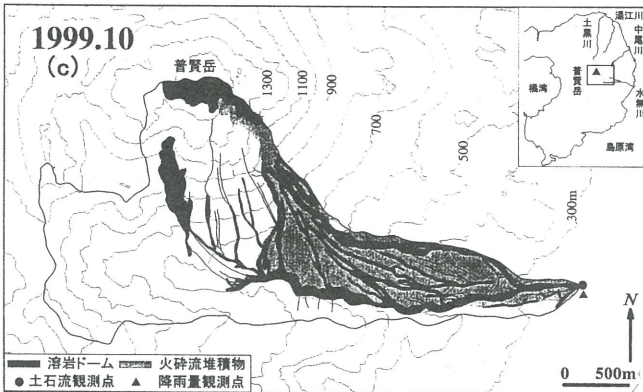


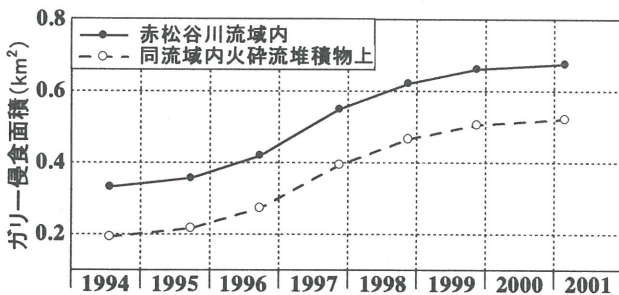
図-4 (b) ガリー侵食および土石流流下跡の分布図

図一4(c)は1999年10月における分布図である。1999年9月には赤松谷川流域の標高380m地点において規模の大きな石礫型の土石流が2回観測されている²⁾。土石流の流下に伴い赤松谷川支川のガリーは拡大している。この土石流は標高約900m付近のガリーの源頭部が発生源になっていると考えられる。1999年10月以降ガリーおよび河道の拡大はみられない。



図一4(c) ガリー侵食および土石流流下跡の分布図

図一5に、空中写真判読および現地調査の結果に基づいた赤松谷川流域および同流域内火砕流堆積物上におけるガリー侵食面積の経年変化を示す。赤松谷川流域および同流域内火砕流堆積物上のガリー侵食面積は経年的に増加しており、増加割合は多雨で規模の大きな土石流が発生した1996年9月から1997年10月の期間で最も大きくなっている。ガリー侵食面積の増加に伴いリル間地面積は減少している。赤松谷川流域のガリー侵食の大部分は火砕流堆積物上に発生している。



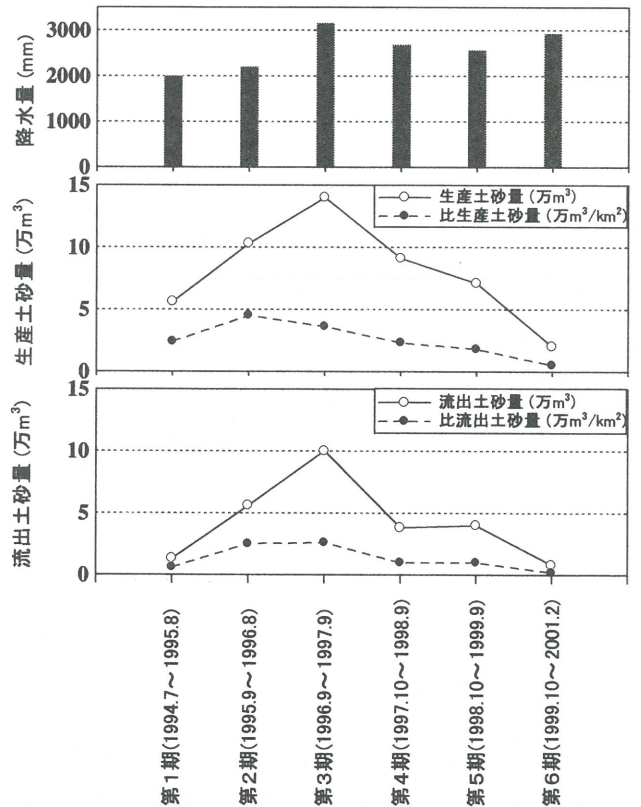
図一5 赤松谷川流域におけるガリー侵食面積の経年変化

4. 生産・流出土砂量の経年変化

図一6は、赤松谷川流域におけるガリー侵食による期間別の生産土砂量および比生産土砂量の時系列変化と、土石流による期間別の流出土砂量および比流出土砂量の時系列変化を期間別の雨量に並べて示したものである。期間の始まりと終わりは空中写真

の撮影時期に合わせているので、その長さは同じではなく12+5か月の範囲内にある。小雨であった第1期の比生産土砂量は約2.4万 m^3 を示している。第2期の比生産土砂量は約4.5万 m^3 と最大値を示し、これ以降は減少に転じている。第6期の比生産土砂量は第2期のその約14%と大幅に減少している。流出土砂量の経年変化も生産土砂量のそれと同様の傾向を示している。土砂のほぐれ率を1とすると第1期から第6期までの全生産土砂量のうち約53%が土石流による流出土砂量となっている。

赤松谷川本川における土石流観測点の上流側約1km区間を対象にして実施された河床変動調査³⁾に基づき、1995～2000年までにこの区間の河道に堆積した土砂量を推定した。それによると約6年間に河床が平均して3m程度上昇し、河道内には約13万 m^3 の土砂が堆積している。この土砂量は全生産土砂量の約27%を占め、土石流による流出土砂量と合計すると全生産土砂量の約80%となる。残りの約20%の土砂はさらに上流域の河道内に堆積したと考えられる。



図一6 期間別の生産・流出土砂量の経年変化

5. 流出解析

図一7に、流出解析で求めた4つのパラメーター値を使って計算した土石流のヒドログラフを実測

値と併せて表した1例を示す。両者は概ね一致しておりモデルの適合性は良好であるといえる。

図-8は、赤松谷川流域において1995～2000年までに得られた個々の土石流のハイドログラフに対して計算した4つのパラメーター値を、ピーク流量 Q_p をパラメーターにして経年的に表したものである。それによると1995～2000年の間に等価粗度係数、損失雨量および最終浸透能は経年的に増加し、土石流発生に寄与した流出域は経年的に減少している。また4つのパラメーター値の経年変化は土石流の規模（ピーク流量）によっても異なっている。なお1995年は小雨のため規模の大きな土石流は発生していない。以上のパラメーター値の変化は土石流が経年的に発生し難くなっていったことを示唆しており、赤松谷川流域における土石流の発生頻度、規模および流出率が経年的に減少し、発生の降雨条件も年ごとに大きくなっている結果と調和的である。

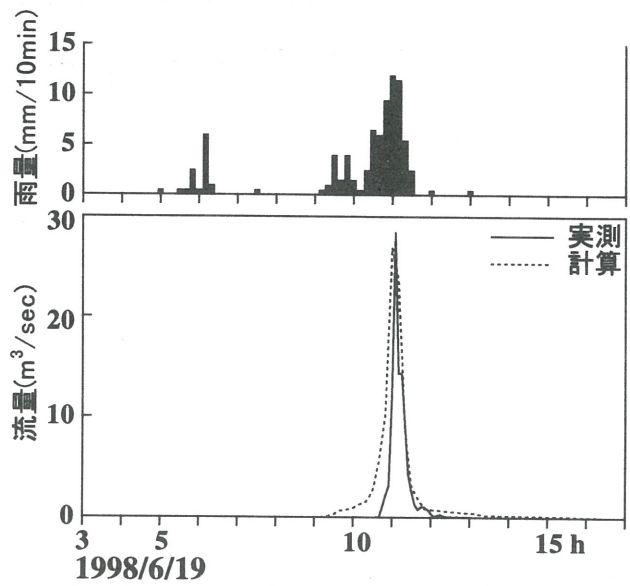


図-7 実測および計算による土石流のハイドログラフの比較

参考文献

- 1) 水山高久：土石流から掃流に変化する勾配での流砂量。新砂防，33(2)，28～32，1980
- 2) 寺本行芳・地頭菌隆・下川悦郎・古賀省三：雲仙普賢岳における土石流発生降雨条件と流出特性の経年変化。新砂防，54(5)，50～54，2002
- 3) 国土交通省雲仙復興工事事務所：平成12年度赤松谷川河床変動測量業務測量成果簿，2000

(2002. 6. 30 受付)

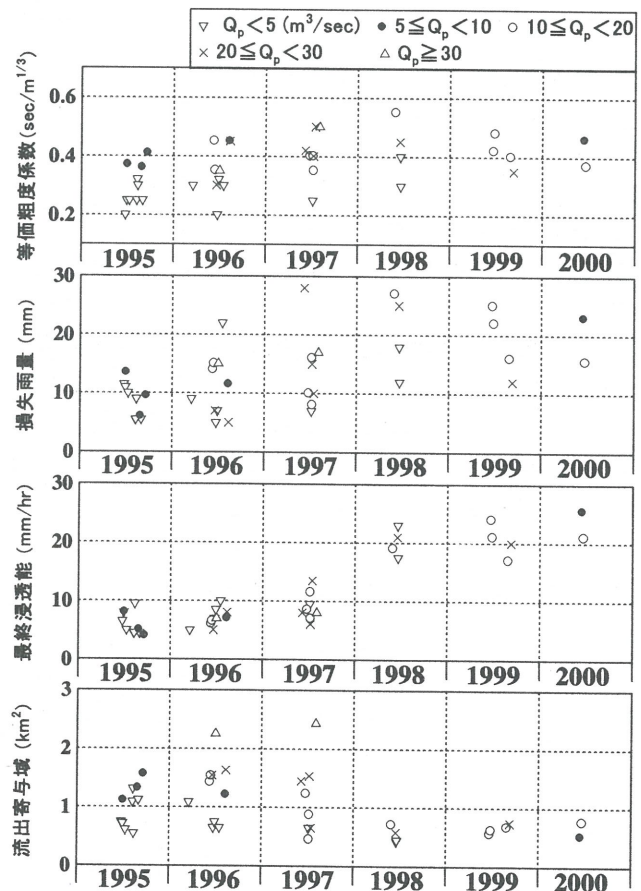


図-8 流出解析により求めたパラメーターの最適値の経年変化