

P.20 桜島における2土石流河川の流出特性の比較

鹿児島大学農学部 ○地頭 蘭 隆・下川 悦郎・徳田 謙治・寺本 行芳

1. まえがき

桜島の上腹部は、火山活動に伴う火山灰や火山ガスにより森林植生が破壊され、荒廃が著しい。土壌浸透能の極端な低下により増大した表面流は山体を激しく侵食し、深く刻まれた渓流ではわずかな雨で土石流・泥流が頻繁に発生している。桜島における土石流・泥流の発生や流出特性は、流域の地質や荒廃状況などに関係して北岳山体と南岳山体でも異なっている。本研究は北岳山体と南岳山体に設置した試験流域の流出特性を比較検討したものである。

2. 試験流域および観測方法

試験流域は、北岳山体の西道川流域（面積1.43 km²）および南岳山体の有村川流域（面積2.46 km²）である（図1）。西道川流域の流域平均勾配は31.5度、有村川流域は29.0度である。地質は両流域とも溶岩、火山碎屑物、扇状地堆積物からなる。植生に関しては、西道川流域は標高500～700mを境にしてそれ以下の高度域ではクロマツ林と広葉樹林、それ以上は低木を散在状に含むススキ草地、さらに山頂付近は裸地となっている。有村川流域は標高400～500mを境にして、それ以下の高度域ではクロマツ林と広葉樹林、それ以上はススキ草地が少しみられ、あとは山頂まで裸地である。

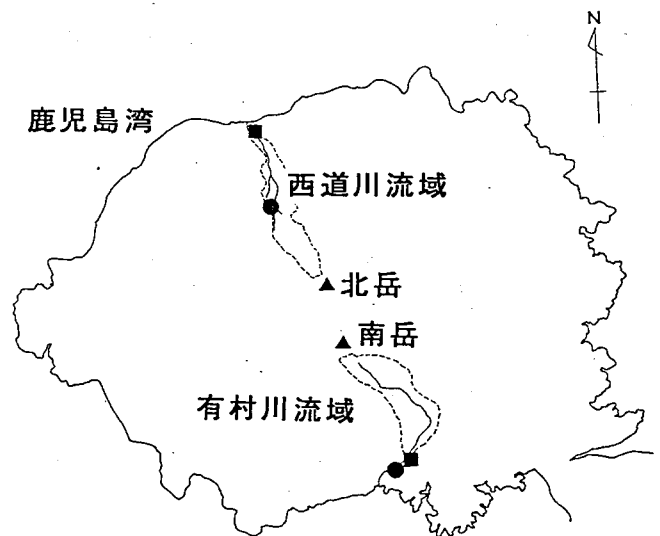


図1 試験流域の位置

両試験流域の最下流に超音波式水位計を設置して土石流・泥流の水位観測を行っている（図1，■印）。超音波式水位計は、送受波器から発射された超音波が水面で反射してくる時間を測定し水面を検出する非接触型の水位計であり、フロート式や水圧式等の水位計では観測が困難な土石や土砂を含む流れの水位観測も可能である。超音波式水位計による土石流・泥流の観測は、西道川1991年、有村川1993年に開始した。ここでは両河川の1993年および1994年の観測データを比較解析した。

雨量は、西道川流域では流域中腹部の標高350m地点、有村川では下流部の標高47m地点で観測している（図1，●印）。

3. ピーク流量と総流出量

図2は、西道川および有村川で1993～1994年に得られた土石流・泥流のハイドログラフを示したものである。西道川の土石流・泥流は有村川に比べて流出時間の長いものが多い。また有村川の土石流・泥流のピーク流量は西道川よりかなり大きくなっている。

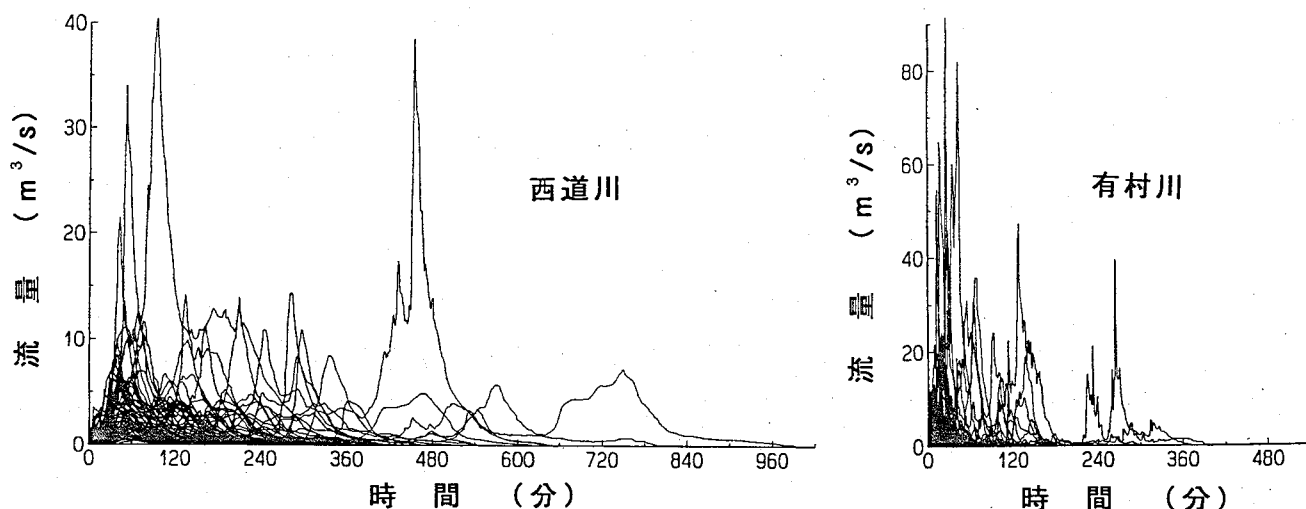


図2 土石流・泥流のハイドログラフ

図3は、土石流・泥流の総流出量 Q_T とピーク流量 Q_P の関係を西道川○印、有村川●印で示したものである。図中の実線は最小自乗法で求めたそれぞれの回帰曲線であり、次式で表された。

$$\text{西道川: } Q_T = 3632 \times Q_P^{1.09} \quad (r=0.84) \quad (1)$$

$$\text{有村川: } Q_T = 9341 \times Q_P^{0.957} \quad (r=0.80) \quad (2)$$

相関係数 r は両河川とも危険率 1 % で高度に有意であった。両河川とも Q_P が大きくなると Q_T も増大する傾向にあるが、両河川の間には違いがみられ、 Q_P が同程度の場合 Q_T は西道川で大きく、有村川で小さい。

土石流・泥流の総流出量 Q_T と流出終了までの一連続降雨の累加雨量 ΣR_T に集水面積 A を乗じた値 $A \cdot \Sigma R_T$ との比 F を土石流・泥流の流出率と呼ぶことにする。図4は、西道川および有村川の流出率 F とピーク流量 Q_P の関係を示したものである。両河川とも F は Q_P の増加に伴って増大している。 F は Q_P が同程度の場合有村川より西道川で大きくなっている。

両河川のピーク流量および総流出量と降雨の関係を比較した。その例としてピーク流量 Q_P と最大10分間雨量 R_{10P} の関係を図5に、総流出量 Q_T と累加雨量 ΣR_T の関係を図6に示す。有村川の Q_P は降雨条件が同程度でも西道川の Q_P より大きく、逆に有村川の Q_T は降雨条件が同程度でも西道川の Q_T より小さい。

以上のような西道川と有村川の短期流出特性の違いは流域の地表面の状態に関係している。すなわち、南岳の火山活動に伴い放出される火砕物は、火口に近いほど粒子の大きなものが降下堆積する。その結果、南岳に近い有村川流域に降下する火砕物は西道川より粒子が大きく、山腹斜面の浸透能も相対的によいものと考えられる。また、南岳山体に位置する有村川流域は火山活動により地表面温度が高いと考えられ、

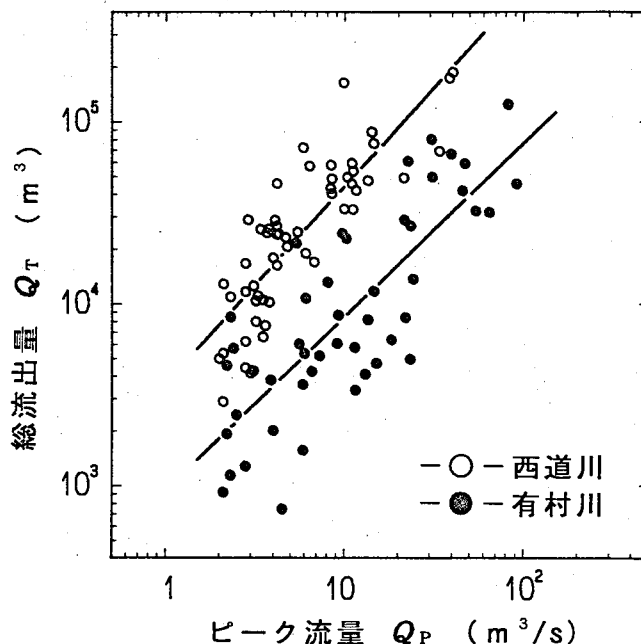


図3 総流出量 Q_T とピーク流量 Q_P の関係

地表からの蒸発もさかんに行われていると思われる。このようなことから西道川では流域の広い範囲で発生した表面流が土石流・泥流となって流下しているのに対し、有村川では溪流内あるいはその近くで発生した表面流が土石流・泥流となり流下していると推定される。

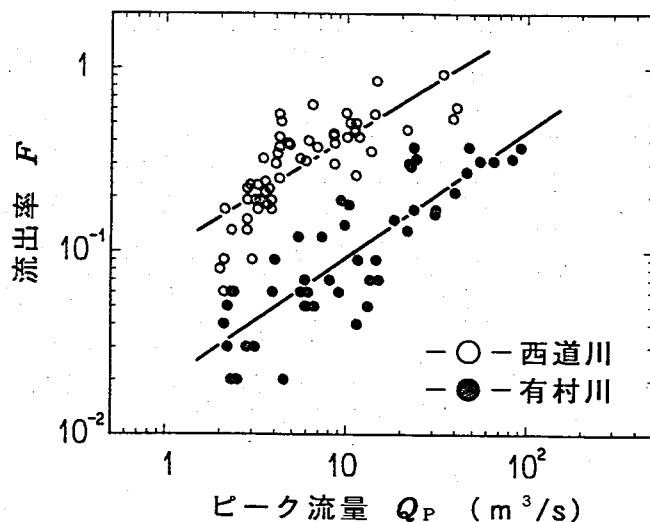


図4 流出率 F とピーク流量 Q_P の関係

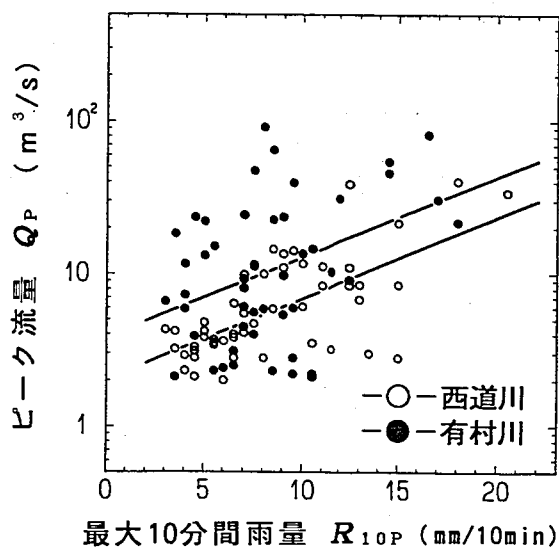


図5 ピーク流量 Q_P と最大10分間雨量 R_{10P} の関係

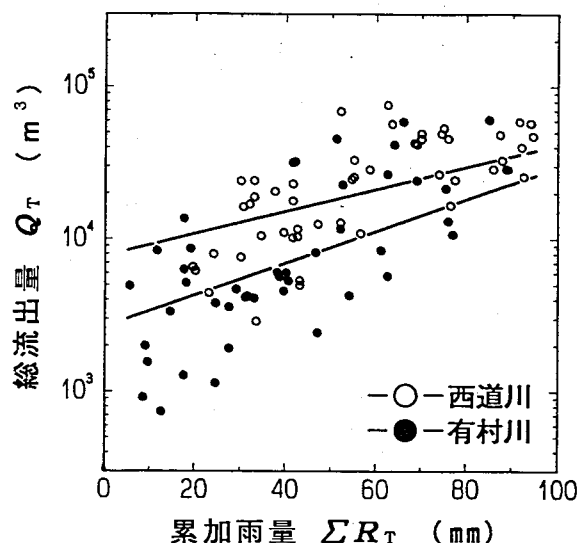


図6 総流出量 Q_T と累加雨量 ΣR_T の関係

4. 年間の流出量

超音波式水位計は、土石流だけでなく土石流に至らない小規模な出水も観測でき、流域からのすべての流出量を求めることが可能である。土石流・泥流による流出量は雨水流出成分と土砂流出成分から構成され、土石流・泥流の土砂濃度がわかれば土石流・泥流による流出土砂量を算出することができる。西道川下流の土石流観測地点において土石流スラリーのサンプルを採取、その土砂濃度を測定した。その結果、土石流・泥流の土砂濃度と流量の関係は次式で表された¹⁾。

$$C = 0.342 \times Q^{1.23} \quad (3)$$

ここで、 C は土石流・泥流の土砂濃度(%)、 Q は土石流・泥流の流量(m^3/s)である。超音波式水位計から得られた土石流・泥流の流量データから(3)式により土砂濃度を求め、土砂量を計算した(表1)。上述の方法により計算される土砂量は空隙を含まない土粒子のみの体積であり、実際は堆積した土砂は空隙

表1 土石流・泥流による流出土砂量

年	流域	年雨量 (mm)	流出量 (m^3)	流出土砂量 ① (m^3)	流出土砂量 ② (m^3)	比流出 土砂量 (m^3/km^2)
1993	西道川	4,465	1,798,989	65,536	104,858	73,300
	有村川	3,820	788,268	94,195	150,712	61,300
1994	西道川	1,921	305,812	7,053	11,285	7,900
	有村川	1,585	128,787	17,576	28,122	11,400

注) 流出土砂量①は空隙を含まない状態での体積。
流出土砂量②はダム等に堆積した場合(空隙を含んだ状態)での体積。
流出土砂量②=流出土砂量①×1.6

を含んでいる。土石流スラリー内の土粒子およびダムに堆積した土砂の単位体積重量を測定すると $2.6g/cm^3$ および $1.6g/cm^3$ である。したがって、土砂濃度から求められた土砂量を($2.6 \div 1.6$)倍(=約1.6倍)するとダム等に堆積した状態の土砂量になる。

表2 試験流域における水収支

年	流域	降水量 P (mm)	流出量 R (mm)	消失量 L (mm)	流出率 (%)
1993	西道川	4,465	1,212	3,253	27.1
	有村川	3,820	283	3,537	7.4
1994	西道川	1,921	209	1,712	10.9
	有村川	1,585	45	1,540	2.8

超音波式水位計の記録から算出された土石流・泥流による流出量の合計から土砂流出量を差し引いた残りは雨水流出量である。両流域の雨水流出量を求め、雨量と同じ単位に換算すると表2に示すとおりである。一般に、山地流域では一定期間について次の水収支式が成立する。

$$P = R + L + \Delta S \quad (4)$$

ここで、 P は降水量、 R は流出量、 L は消失量、 ΔS は貯留量の変化量である。1水年を対象期間にとれば $\Delta S \approx 0$ とみなせるため、(4)式は次のようになる。

$$P = R + L \quad (5)$$

1水年の降水量 P と流出量 R を実測すれば1水年の消失量 L が算出される。消失量 L には、蒸発量、蒸散量、深部浸透量などが含まれる。

両流域の1993年および1994年の降水量 P と流出量 R から消失量 L を計算すると表2に示すとおりである。さらに、表2には R/P で計算される年流出率も示している。西道川流域においては年降水量の70~90%が、有村川流域では90%以上が消失量となり、流域からの流出量にならなかったことになる。南九州における年蒸発散量は900~1000mmといわれていることから、桜島ではかなりの量の雨水が深部浸透量となっていると推定される。桜島火山では山腹斜面が火山灰に覆われ浸透能が極端に低下し表面流が発生しやすくなっているが、流出期間を長期にとれば、深部浸透し直接海に流出している雨水が多いことになる。この原因は、桜島火山が成層火山であることから軽石などの透水層と溶岩等の溶結した層の互層からなり地下部に空隙が多いこと、溶結層には急激な冷却に伴う割れ目が存在し、溪床の割れ目から多量の雨水が地下部へ流入していることなどが考えられる。

末筆ではあるが、超音波式水位計や雨量計の設置においては熊本営林局鹿児島営林署ならびに建設省大隅工事事務所のご協力を得た。ここに記して謝意を表します。

文献 1) 地頭蘭隆・徳田謙治・下川悦郎：桜島における土石流による流出土砂量，平成6年度砂防学会研究発表会概要集，397-400，1994。