

鹿児島大学農学部 ○寺本 行芳・下川 悅郎・地頭菌 隆
アジア航測(株) 田中 信(株) 萩原技研 稲元 崇裕

1. はじめに

本文では、桜島の裸地および緑化斜面において行った表面侵食による流出土砂量に関する調査および現地水理試験結果に基づいて、表面侵食による土砂流出過程、および植生が雨水および土砂流出に及ぼす影響について検討する。

2. 調査地および測定・試験方法

調査地は、引ノ平川流域内の八谷沢上流域である(図1)。火山活動により荒廃した八谷沢上流域の山腹斜面における侵食防止をはかるため、鹿児島森林管理署は2001年3月から航空緑化を実施した。この緑化によって、裸地化した山腹斜面はススキを中心とした草本の植物で覆われた。

表面侵食による流出土砂量を測定するための微小集水試験地を、八谷沢上流域の緑化斜面に2箇所(以下、1号試験地および2号試験地という)と、対照区として裸地斜面に1箇所(以下、3号試験地という)設けた(図1)。各試験地の地形および概要を図2および表1に示す。流出土砂量の測定は一雨ごとに行い、測定した土砂は採取して持ち帰り、比重・密度・粒度の諸土質試験を行った。流出土砂量の測定と同時に降下火山灰量および雨量の観測も実施している(図1)。

植生が土壤の浸透能および粗度に及ぼす影響を調べるために、八谷沢上流域において浸透能および粗度試験を実施した。

3. 表面侵食による流出土砂量と侵食速度

図3は、各試験地の表面侵食による流出土砂量、降下火山灰量および雨量を、2002年2月を起点にして経時的に累加させて示したものである。緑化斜面の流出土砂量は、裸地斜面のそれに比べ非常に小さな値となっている。2002年2月から2003年2月までの1年間における年比流出土砂量で比較すると、緑化斜面は裸地斜面の約2%で、植生は表面侵食による土砂流出を大幅に抑制している。各試験地の侵食速度は1号試験地0.09mm/year、2号試験地0.11mm/year、3号試験地3.26mm/yearであり、緑化斜面は裸地斜面に比べ小さくなっている。

流出土砂量の測定を行った期間内の最大60分間雨量と流出土砂の中央粒径の関係を図4に示す。3号試験地における流出土砂の中央粒径は期間雨量に依存して増大しているが、1号および2号試験地における流出土砂の中央粒径は期間雨量に依存せず增加の割合は小さい。雨量強度が同程度の場合、1号および2号試験地における流出土砂の中央粒径は、3号試験地の半分程度となっている。

4. 植生が水土流出過程に及ぼす影響

図5に、植物体の被覆率とみかけの浸透能の関係を示す。ここでいうみかけの浸透能とは、土壤の浸透能と植物体による雨水遮断量をあわせた値である。みかけの浸透能は植物体の被覆率が増加するにつれて大きくなっている。両者の回帰式より、3号試験地と同じ被覆率0%および1号および2号試験地と同じ被覆率100%における浸透能をそれぞれ求めると70mm/hrおよび130mm/hrとなり、約1.8倍の違いがみられる。この理由として、植物体の被覆率の増加に伴う雨水遮断量の増大と、根系の発達に伴う土壤の空隙率の増加が考えられる。

図6に、植物体の被覆率とマニングの粗度係数の関係を示す。マニングの粗度係数は、みかけの浸透能と同様、植物体の被覆率が増加するにつれて大きくなっている。両者の回帰式より3号試験地と同じ被覆率0%および1号および2号試験地と同じ被覆率100%におけるマニングの粗度係数をそれぞれ求めると $0.05\text{sec}/\text{m}^{1/3}$ および $0.45\text{sec}/\text{m}^{1/3}$ となり、大きな違いがみられる。

5. 表面侵食による水土流出過程の検討

試験地における表面侵食による水土流出過程を次のようにモデル化した。このモデルでは、試験地の斜面に降った雨のうち、初期損失雨量と浸透能値を超えたものがホートン型地表流(表面流)となり、それが流下過程で表面を侵食しながらリルに集まることによって水土流出が起こる、と仮定する。流出モデルとして、kinematic wave法を用いる。この流出モデルでは、表面侵食による水土流出過程を損失雨量(初期損失雨量と浸透能値をあわせた量)、マニングの粗度係数および流出発生域面積の3パラメータを使ってあらわす。

損失雨量とマニングの粗度係数は、現地調査結果に基づいて決定する。表面流による流出土砂の濃度および流出発生域面積はkinematic wave法とMeyer-Peter・Müller式を用いて、実測流出土砂量から逆算する。計算条件を表2に示す。

図7は、期間雨量と流出発生域面積率(計算値)の関係を各試験地ごとに示したものである。縦軸の流出発生域面積率(計算値)とは、流出発生域面積(計算値)を集水面積で割ったものを表している。この図は、期間雨量の増加に伴い流出発生域、すなわち流出に寄与する場が拡大することを表現している。流出発生域の雨量に対する依存性は、裸斜面の方が高い。ちなみに、測定期間中の雨量が170mmと最大であった時の流出発生域面積率(計算値)は、裸地斜面で約75%、緑化斜面で約30%となっている。

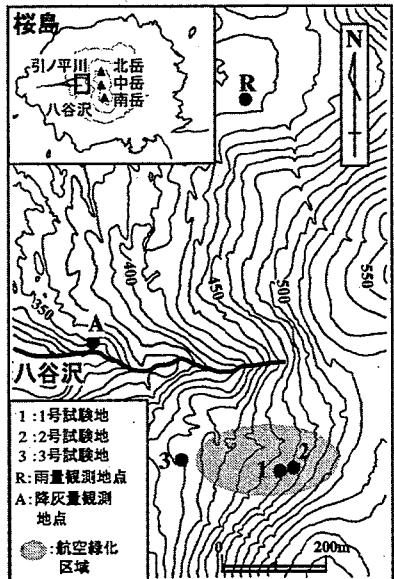


図1 試験地

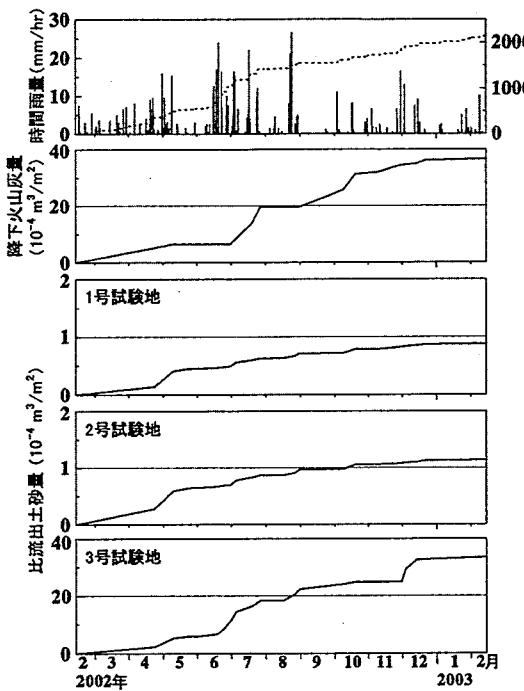


図3 表面侵食による流出土砂量、
降下火山灰量および雨量の経時変化

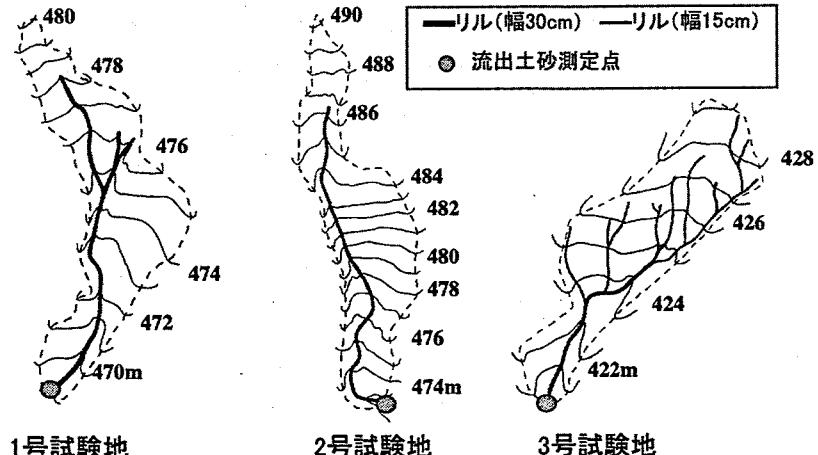


図2 各試験地の地形

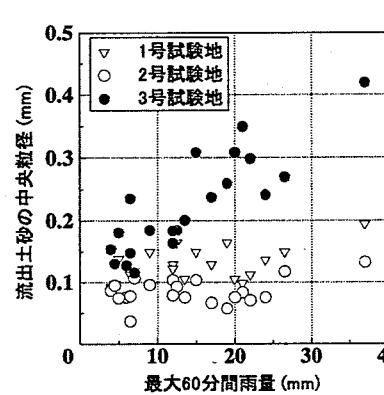


図4 最大60分間雨量と流出土砂
の中央粒径の関係

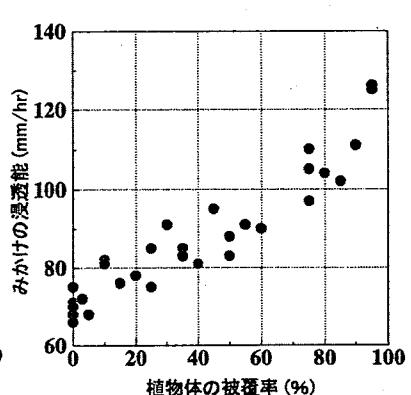


図5 植物体の被覆率と
みかけの浸透能の関係

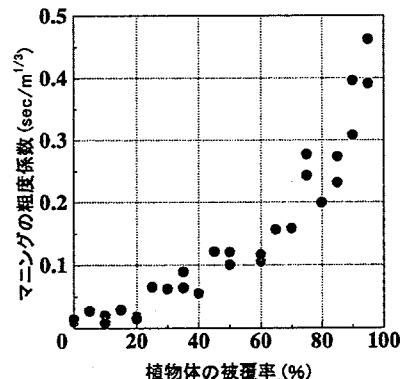


図6 植物体の被覆率と
マニングの粗度係数の関係

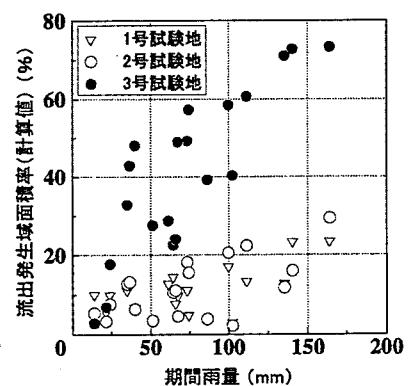


図7 期間雨量と流出発生域
面積率(計算値)の関係

表1 試験地の概要

	1号試験地	2号試験地	3号試験地
標高 (m)	469	473	421
集水面積 (m^2)	141	170	182
斜面長 (m)	34.5	40.0	32.0
斜面の平均傾斜 ($^\circ$)	21.9	25.7	14.9
リルの面積 (m^2)	14	12	20
植生の被覆率 (%)	100	100	0
植物体の地被量 (kg/m^2)	1.1	1.1	0
最大草丈 (m)	1.2	1.2	0
最大根系長 (m)	0.2	0.2	0

(注)植生調査は2002/7/21に実施

表2 計算条件

	1号試験地	2号試験地	3号試験地
損失雨量 (mm)	11.0	11.0	6.0
マニングの粗度係数 n ($sec/m^{1/3}$)	0.45	0.45	0.03
流出発生域面積 (m^2)	51	63	172
斜面の平均勾配	0.37	0.43	0.26
斜面長 (m)	34.5	40.0	32.0
K	0.52	0.49	0.11
P	0.6	0.6	0.6

(注)「流出発生域面積」は初期値を与えたもので、最適化している。