

桜島の噴火活動が植生の生長と侵食速度に及ぼす影響

寺本 行芳¹⁾・下川 悦郎¹⁾・地頭菌 隆¹⁾

1) 鹿児島大学農学部生物環境学科

Effects of volcanic activity on growth of vegetation and sheet erosion rate on Sakurajima volcano

TERAMOTO Yukiyo¹⁾, SHIMOKAWA Etsuro¹⁾ and JITOUSONO Takashi¹⁾

1) 鹿児島大学農学部生物環境学科

Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

平成16年9月8日 受理, Accepted Sep 8, 2004

Summary

We investigated the effects of volcanic activity on growth of vegetation, and erosion rate by sheet erosion on Sakurajima volcano, based on field experiments. The results were as follows:

(1) It became clear, based on the vegetation survey, that the number of tall trees became greater and the index of diversity increased with the decrease of the effect of volcanic activity on the experimental area.

(2) Vegetation and the leaf-fall layer were restored with the decrease of the effect of volcanic activity. Moreover, the erosion rate by sheet erosion diminished with the decrease of the effect of volcanic activity.

Key words: Sakurajima volcano, volcanic activity, vegetation, erosion rate

キーワード: 桜島, 噴火活動, 植生, 侵食速度

はじめに

桜島山腹の森林植生は、噴火活動による火山ガスや火山灰の影響を受けて破壊されている。森林植生の破壊は表面侵食による侵食速度の増加を招き（下川・地頭菌, 1987a など）、多量の土砂流出をもたらす（下川・地頭菌, 1987a, 1987b など）。

本論では、桜島で行った植生調査、土層断面調査および表面侵食による侵食速度に関する調査の結果に基づき、桜島の噴火活動が植生の生長と侵食速度に及ぼす影響について検討する。

調査地と方法

1 調査地の概要

調査地は、引ノ平川流域、アミダ川流域および西道川流域である（図-1）。引ノ平川流域に設けた試験地（以下、S1 試験地という）は、桜島南岳から北西約2 km に位置する（図-1 および写真-1(a)）。アミダ川流域に設けた

試験地（以下、S2 試験地という）は、桜島南岳から北北

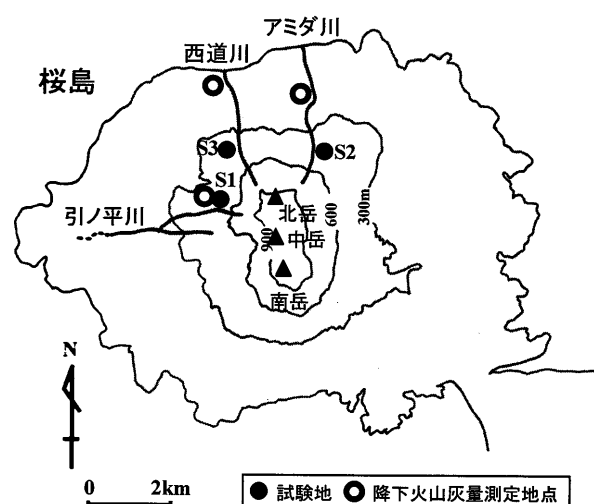


図-1 調査地

Fig.1 Location of the study area.



(a) 遠景



(a) 遠景



(b) 試験地内の様子



(b) 試験地内の様子

写真-1(a) S1 試験地の状況 (2004 年 1 月 21 日撮影)
Photo 1(a) Condition of the S1 experimental area (taken on January 21, 2004).

写真-1(b) S2 試験地の状況 (2004 年 1 月 21 日撮影)
Photo 1(b) Condition of the S2 experimental area (taken on January 21, 2004).

東約 2.9km に位置する (図-1 および写真-1(b))。西道川流域に設けた試験地 (以下、S3 試験地という) は、桜島南岳から北北西約 3 km に位置する (図-1 および写真-1(c))。S1 試験地におけるリルの発達密度は高く、S2 試験地および S3 試験地におけるリルの密度は低い。また、3 流域内では 1983 年から鹿児島県消防防災課によって降下火山灰量の測定が行われている (図-1)。

試験地の地質は、表層から順に現在から 1914 年大正噴火以降までの噴火活動による降下火山灰の堆積層、土壌層、大正噴火による降下軽石層、土壌層から成る。

2 方法

噴火活動の影響の違いが、植生の生長にどのような影響を及ぼすかについて明らかにするため、S1, S2 および S3 の 3 試験地に 10m × 10m の方形区をそれぞれ設定し、植生調査を実施した。方形区内の樹高 1 m 以上の樹木につい

ては樹種の同定、胸高直径および樹高の測定を、樹高 1 m 未満の樹木については樹種の同定のみを行った。植生調査は 2003 年 12 月に実施した。

植生調査と併せて、3 試験地における土層の断面、深さ方向の粒径、含水率、乾燥密度および土壌硬度の調査を行った。含水率はポータブル水分計 (東北電子産業株式会社製 トライムコモ) を用いて測定した。乾燥密度は、直径 55 mm × 高さ 60mm の鋼製円筒を人力で静的に押し込んで不攪乱試料を採取して求めた。土壌硬度は山中式土壌硬度計を用いて測定した。調査は 3 試験地とも植生調査と同じ日に実施した。

また、3 試験地において、斜面に降下堆積した火山灰層厚の比較から降雨による表面侵食速度を推定した (下川・地頭菌, 1987b)。そのため、傾斜の異なる斜面の火山灰層中に土層断面を設け、噴火活動が活発になった 1972 年から 2003 年までの 32 年間に斜面に降下堆積した火山灰層厚



(a) 遠景



(b) 試験地内の様子

写真-1(c) S3試験地の状況(2004年1月21日撮影)
Photo 1(c) Condition of the S3 experimental area (taken on January 21, 2004).

を計測した。1972年から2003年までの火山灰層は判別でき、その層厚の測定が可能であるが、層厚は土層断面を設けた上部斜面からの土砂移動の影響、年数の経過に伴う圧密の影響、斜面の傾斜の影響および土壌断面ごとの密度の違いなどによって変化すると考えられるため、正確に求めることは不可能である。32年間における火山灰の全堆積層厚は、侵食されずに相対的によく保存されていると考えられる斜面の火山灰層厚をもってあてる。

さらに、3試験地において散水式の浸透能試験を行った。斜面の浸透能は次のような簡易な方法で測定した(下川・地頭菌, 1987a)。
①仕切られた区画(斜面方向の水平長1m×幅0.5m)の全面に如雨露で真上から散水し、その水が地中に浸透しないで地上を流出した量をその下端で計測する。
②散水量(2,000cc, 時間雨量に換算して240mm)から流出量を差し引いて浸透水量を求める。
③浸透水量を浸透に要した(散水開始から流出終了までの)時間で割っ

て浸透能を求める。なお、散水は流出量がほぼ一定値になるまで3~4回繰り返して行い、最後の測定値を浸透能とした。浸透能試験と併せて、表層火山灰層の不攪乱試料を採取し、乾燥密度の測定を行った。不攪乱試料は、直径55mm×高さ60mmの鋼製円筒を人力で静的に地中に押し込んで採取したものである。試料は、3試験地内の異なる場所においてそれぞれ3箇所採取した。

調査地における降下火山灰量の推移

桜島における1955年以降の活動は、山頂から火山灰と火山ガスの放出を伴う中小規模の爆発となっているが、1972年以降活動に沈静化の傾向はみられない。

図-2は、引ノ平川流域、アミダ川流域および西道川流域内でそれぞれ測定された年降下火山灰量(鹿児島森林管理署・(財)林業土木コンサルタンツ, 2004)を、測定開始の1983年から経年的に示したものである。年降下火山灰量は1983年から1992年にかけて大きな値を示している。

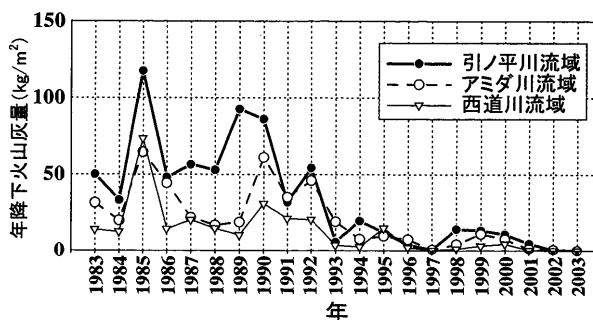


図-2 調査地内で測定された年降下火山灰量の推移
Fig.2 Changes in annual amount of volcanic ash fall at the study area.

1985年には3流域とも測定開始以来の最高値を記録し、引ノ平川流域の測定地点では約118kg/m²、アミダ川流域では約65kg/m²、西道川流域では約73kg/m²となっている。1993年以降、年降下火山灰量は大きく減少している。測定が開始された1983年から2003年までの降下火山灰量は、引ノ平川流域の測定地点では約709kg/m²、アミダ川流域では約429kg/m²、西道川流域では約266kg/m²となる。

噴火活動が植生の生長に及ぼす影響

土層断面の調査結果として、ここではS1試験地およびS3試験地において得られた結果をそれぞれ図-3(a)、図-3(b)に示す。3試験地の中で桜島南岳の最も近くに位置し、噴火活動の影響が最も大きなS1試験地の地表面は、その影響が最も小さなS3試験地のそれに比べて腐植層がほとんどみられず、地表の含水率も少ない。また、S1試

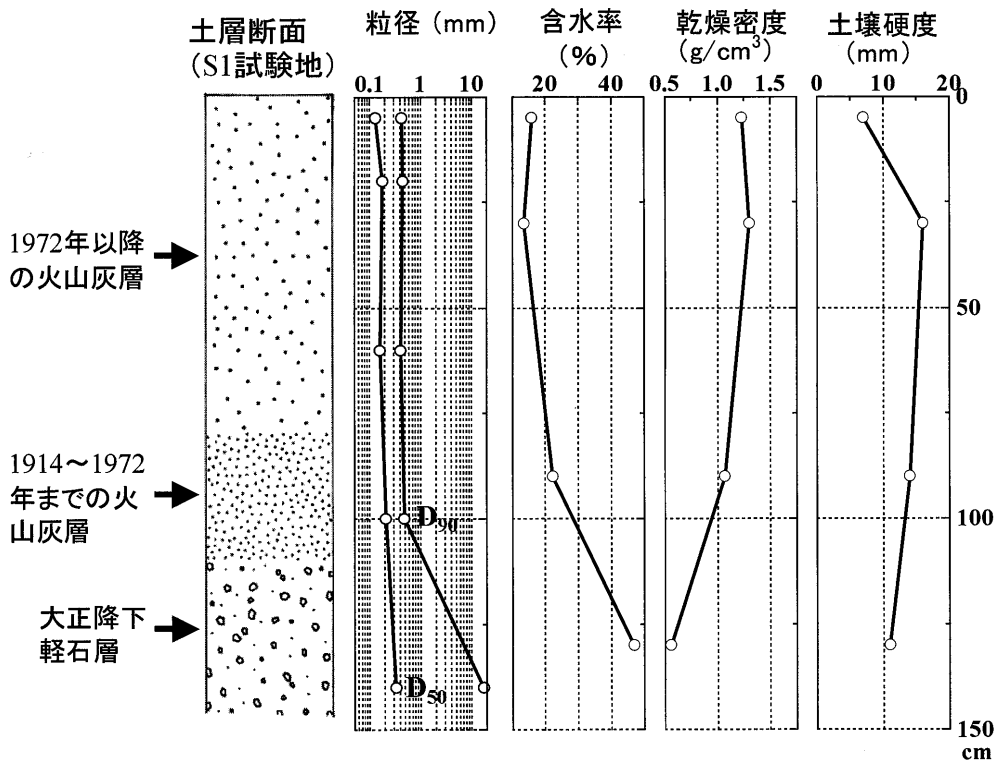


図-3(a) S1試験地の土層断面

Fig.3(a) Soil profile in the S1 experimental area.

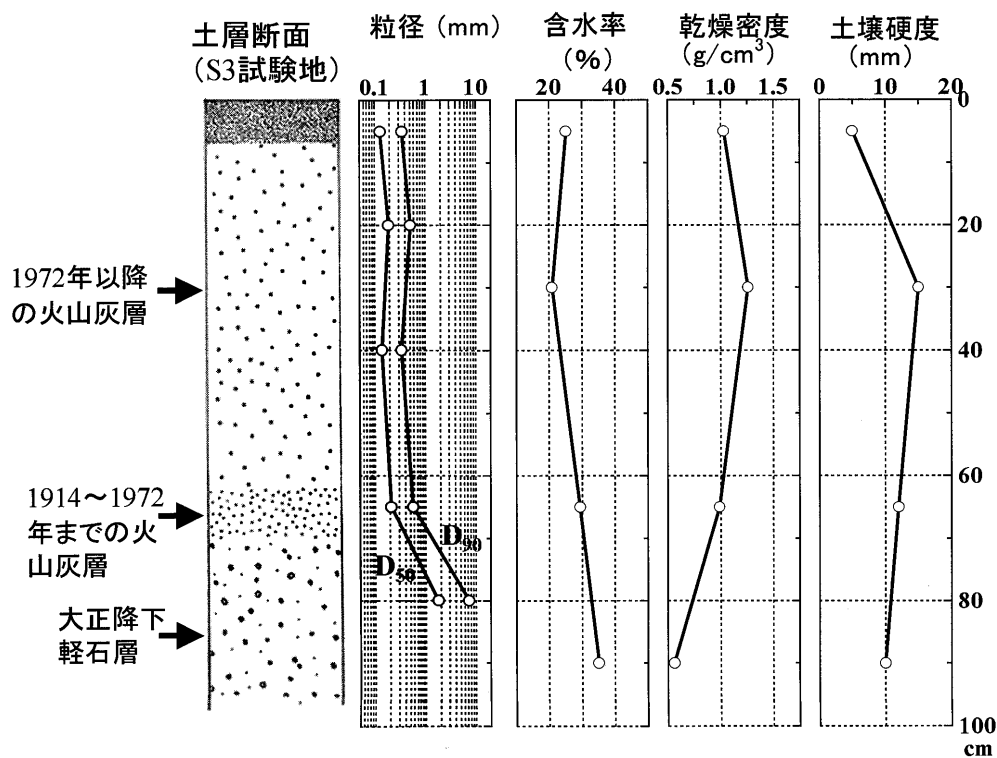


図-3(b) S3試験地の土層断面

Fig.3(b) Soil profile in the S3 experimental area.

験地における表層火山灰層の粒径、乾燥密度および土壌硬度は、S3 試験地におけるそれらに比べ大きな値を示す。

図-4 は、3 試験地の 10m×10m の方形区でそれぞれ得られた木本植生の樹高を、2 m ごとに区分して示したものである。3 試験地とも樹高 2 m 未満の木本植生が大部分を占める。噴火活動の影響が小さな試験地ほど樹高の大きな木本植生が侵入している。ちなみに S1 試験地における木本植生の最大樹高はヒサカキの 3 m、S2 試験地ではタブノキの 7.2m、S3 試験地ではマテバシイの 14.1m である。

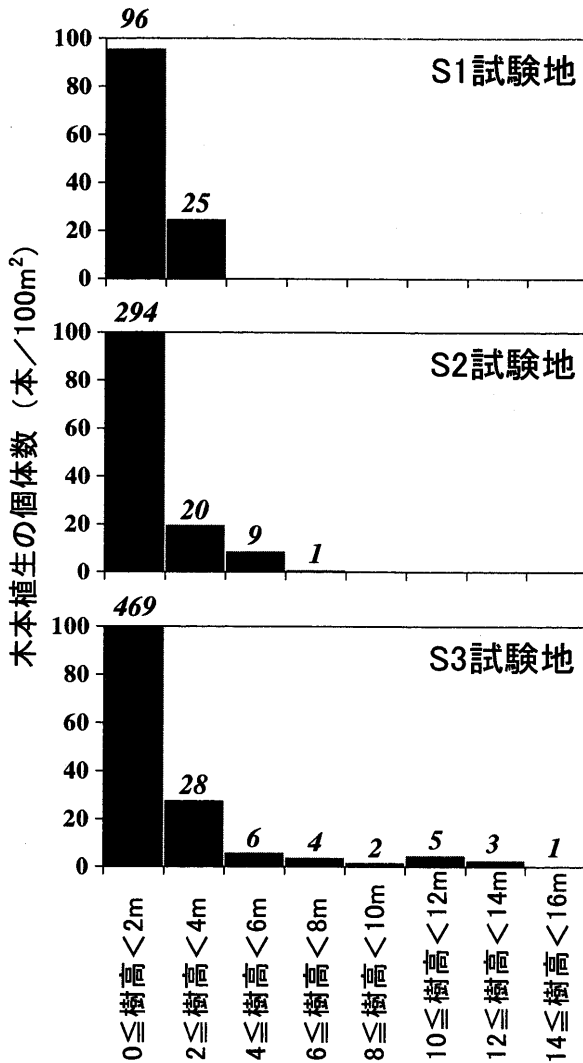


図-4 各試験地における樹高分布

Fig.4 Tree height distributions in each experimental area.

表-1 は、3 試験地における木本植生の樹種構成を示したものである。S1 試験地の主要構成樹種はヒサカキ、ネズミモチ、クロマツで、最大樹齢の樹種はクロマツ（樹齢 3 年）である。S2 試験地の主要構成樹種はタブノキ、ヒサカキ、クロキ、ハクサンボクで、最大樹齢の樹種はタブ

ノキ（樹齢 13 年）である。S3 試験地の主要構成樹種はマテバシイ、タブノキ、ネズミモチ、ヒサカキ、ハクサンボクで、最大樹齢の樹種はマテバシイ（樹齢 28 年）である。

表-2 は、3 試験地における木本植生の個体数、種数および Shannon-Wiener の多様度指数を示したものである。Shannon-Wiener の多様度指数は次式で与えられる（木元, 1997）。

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 H' : 多様度指数 (ビット)、 n_i : 種 i の個体数、 N : すべての種の個体総数である。木本植生の個体数は噴火活動の影響が小さくなるにつれて大きくなっている。木本植生の種数は 3 試験地では S2 試験地が最も大きい。Shannon-Wiener の多様度指数は S3 試験地が最大で、以下 S2 試験地、S1 試験地の順に小さくなっており、噴火活動の影響が最も小さな S3 試験地が森林の均等性が最も高い。

噴火活動が侵食速度に及ぼす影響

図-5 (a) は、3 試験地で得られた 1972~2003 年の火山灰層厚を、斜面の傾斜に対して試験地ごとにプロットしたものである。火山灰層厚は斜面の傾斜が緩くなるにしたがい厚くなっている。1972 年から 2003 年の 32 年間に於ける火山灰の全堆積層厚とある傾斜度における堆積厚との差が、その傾斜度における 32 年間の総侵食深を表す。この総侵食深を火山灰の堆積期間 32 年で除すことにより年侵食速度を算出した。S1 試験地では平坦面（傾斜 0 度）における火山灰の堆積層厚 86cm を、S2 試験地では傾斜 4 度における 56cm を、S3 試験地では傾斜 4 度における 62cm をそれぞれ 1972~2003 年の 32 年間に於ける火山灰の全堆積層厚とした。なお、S1 試験地における傾斜 0 度の面積は約 9m²（斜面方向の水平長約 3m×幅約 3m）、S2 試験地における傾斜 4 度の面積は約 10m²（斜面方向の水平長約 2m×幅約 5m）、S3 試験地における傾斜 4 度の面積は約 12m²（斜面方向の水平長約 3m×幅約 4m）である。

図-5 (b) は、1972~2003 年の年侵食速度を、斜面の傾斜に対して試験地ごとにプロットしたものである。斜面の傾斜が大きくなるにしたがい年侵食速度は大きくなっている。同程度の傾斜に対する年侵食速度は、噴火活動の影響が最も大きな S1 試験地が最大で、以下 S2 試験地、S3 試験地の順に小さくなっている。ちなみに、傾斜 20 度の斜面における年侵食速度を回帰直線から推定すると S1 試験地で 8.8mm/year、S2 試験地で 4.8mm/year、S3 試験地で 3.8mm/year となる。

表-3 は、3 試験地における浸透能と表層火山灰層の乾

表-1 各試験地における木本植生の樹種構成
Table 1 Composition of species of tree in each experimental area.

S1試験地			S2試験地			S3試験地		
樹種名	個体数 (/100m ²)	全個体数に 占める割合 (%)	樹種名	個体数 (/100m ²)	全個体数に 占める割合 (%)	樹種名	個体数 (/100m ²)	全個体数に 占める割合 (%)
ヒサカキ	88	72.7	タブノキ	145	44.8	マテバシイ	176	34.0
ネズミモチ	24	19.8	ヒサカキ	72	22.2	タブノキ	72	13.9
クロマツ	7	5.8	クロキ	40	12.3	ネズミモチ	72	13.9
マテバシイ	1	0.8	ハクサンボク	38	11.7	ヒサカキ	57	11.0
シャリンバイ	1	0.8	ヤブツバキ	12	3.7	ハクサンボク	53	10.2
			クロマツ	5	1.5	ヤブツバキ	42	8.1
			ネズミモチ	2	0.6	クロキ	23	4.4
			シャリンバイ	2	0.6	スダジイ	20	3.9
			アオキ	2	0.6	シロダモ	2	0.4
			ヤブニッケイ	2	0.6	ヤブニッケイ	1	0.2
			ゴヨウアケビ	2	0.6			
			イヌガシ	1	0.3			
			ミツバアケビ	1	0.3			
合計	121	100		324	100		518	100

表-2 各試験地における木本植生の個体数、種数および多様度指数

Table 2 Number of trees, species of tree, and index of diversity in each experimental area.

試験地	木本植生の 個体数 (/100 m ²)	木本植生の 種数 (/100 m ²)	Shannon-Wiener の 多様度指数 H' (ビット)
S1	121	5	1.15
S2	324	13	2.08
S3	518	10	2.73

乾燥密度を示したものである。浸透能は3試験地で比較すると、噴火活動の影響が最も大きなS1試験地で最も小さく、その影響が最も小さなS3試験地で最も大きくなっている。一方、表層火山灰層の乾燥密度はS3試験地で最も小さく、S1試験地で最も大きくなっている。以上の結果は、噴火活動の影響が小さな試験地ほど森林植生および落葉層が回復しているため、雨水が斜面に浸透しやすい状態にあることを示しており、年侵食速度の調査結果（(図-5(b))と符合する。

噴火活動の影響が小さな試験地ほど森林植生および落葉層が回復し、表層火山灰層の空隙が増加して浸透能が大きくなっている。この結果、表面流の発生条件が緩和され、表面侵食による侵食速度が小さくなったと考えられる。S1試験地、S2試験地およびS3試験地における落葉層はそれぞれ約1 cm、約4 cm、約8 cmであり、噴火活動の影響が小さなほど落葉層が回復している。

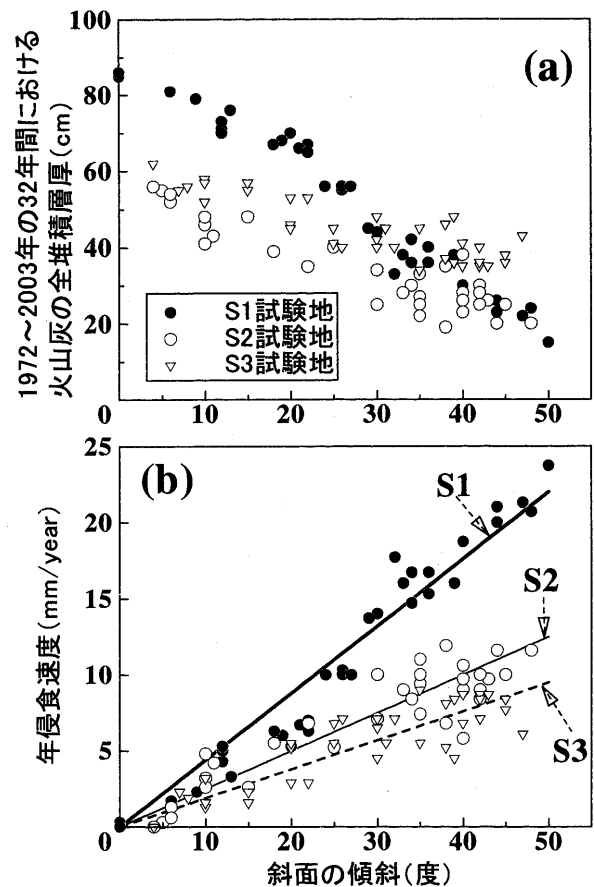


図-5 斜面の傾斜と1972~2003年の32年間における火山灰の全堆積層厚(a)、および年侵食速度(b)の関係

Fig.5 Relationship between slope inclination and thickness of tephra due to ash falls from 1972 to 2003 (a), and annual erosion rate (b).

表-3 各試験地における浸透能と表層火山灰層の乾燥密度
Table 3 Infiltration capacity, and dry density of the surface
volcanic ash layer in each experimental area.

試験地	斜面の傾斜(度)	浸透能(mm/hr)	表層火山灰層の乾燥密度(g/cm ³)
S1	21	68	1.40~1.46 (平均 1.43)
S2	22	110	1.33~1.38 (平均 1.35)
S3	20	142	1.26~1.30 (平均 1.28)

謝 辞

現地調査およびデータ整理の際には、当時鹿児島大学農学部砂防・水文学研究室の4年生であった相川智絵子さん、

宇都敬太君、福納直樹君、松下あゆみさん、藪内友紀さんにご協力頂いた。ここに記して心から謝意を表する。

引用文献

- 鹿児島森林管理署・(財)林業土木コンサルタンツ(2004):
山地保全計画調査報告書. 206pp.
木元新作(1997):多様度指数の計算方法とあてはめ. 森林科学, No.20, p.70-72
下川悦郎・地頭菌隆(1987a):桜島における表面侵食による土砂生産.砂防学会誌(新砂防), Vol.39 No.6, p.11-17
下川悦郎・地頭菌隆(1987b):火山灰の被覆が火山体の侵食速度に及ぼす影響-桜島火山を中心にして-. 地形, Vol.8 No.4, p.269-286

抄 録

桜島の噴火活動が植生の生長と侵食速度に及ぼす影響を、現地調査の結果に基づき検討した。得られた結果は次の通りである。

- (1) 植生調査の結果、噴火活動の影響が小さな試験地ほど樹高の大きな木本植生が侵入し、多様度指数が大きくなっていった。
- (2) 噴火活動の影響が小さな試験地ほど森林植生および落葉層が回復し、侵食速度が小さくなっていた。