

## 論文

# 桜島の引ノ平川流域と西道川流域における噴火活動の影響度の違いによる降灰の堆積状況および侵食速度の比較

寺本 行芳<sup>1)</sup>・下川 悦郎<sup>1)</sup>・地頭蘭 隆<sup>1)</sup>

1) 鹿児島大学農学部生物環境学科

## Effects of volcanic activity on volcanic ash deposition and erosion rate in the Hikinohira and Saido river basins in Mt.Sakurajima

TERAMOTO Yukiyo<sup>1)</sup>, SHIMOKAWA Etsuro<sup>1)</sup>, JITOUSONO Takashi<sup>1)</sup>

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17年5月10日 受理, Accepted May 10, 2005

### Summary

We investigated volcanic ash deposition and erosion rate in periods of heightened volcanic activity (1972-1992) and low activity (1993-2004), and examined changes caused by ebb and flow of volcanic activity at the Hikinohira and Saido river basins in Mt. Sakurajima. The results were as follows:

(1) The yearly depth of the volcanic ash layer during heightened volcanic activity (1972-1992) was 1.7 times greater than during low activity (1993-2004) at the Hikinohira river, and 2.8 times greater at the Saido river basin. Thickness of volcanic ash layer in the Hikinohira and Saido river basins tended to decrease with increasing distance from the Minamidake crater of Sakurajima volcano.

(2) The dry density of the volcanic ash layers in the Hikinohira and Saido river basins varied with ebb and flow of volcanic activity: the dry density of the volcanic ash layer during the period of heightened volcanic activity (1972-1992) was greater than in the period of low activity (1993-2004). The dry density of the volcanic ash layer in the Hikinohira and Saido river basins tended to decrease with increasing distance from the Minamidake crater.

(3) Though both river basins are the same distance from the Minamidake crater, the thickness and dry density of volcanic ash in the Hikinohira river basin were influenced by volcanic activity more than those of the Saido river basin during periods of both high volcanic activity (1972-1992) and low activity (1993-2004).

(4) In a comparison of high and low activity in the two river basins, where slope inclination was of the same degree, the yearly erosion rate in the Hikinohira river basin was influenced by volcanic activity more than that in the Saido river basin. The yearly erosion rates in both river basins were greater during heightened volcanic activity (1972-1992) than in the period of low activity (1993-2004).

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

キーワード : 桜島, 噴火活動, 火山灰, 侵食速度

### はじめに

桜島の噴火活動に伴って火山体とその周辺流域の水文・侵食環境は大きく変化しているが、その変化の程度は噴火の規模、噴火口からの距離、噴火の影響を受けている期間

などによって大きく異なる(下川・地頭蘭, 1987など)。桜島の山腹斜面では、噴火活動に伴う火山ガスや火山灰の影響を大きく受けているほど森林植生は破壊され荒廃している。その結果、土壌の浸透能の低下に伴う表面流の発生、

表面・リル・ガリー侵食による多量の土砂生産が行われている（下川・地頭菌，1987など）。一方，噴火活動の影響が小さなほど，その影響を大きく受けている山腹斜面に比べ森林植生および落葉層は回復しており，土壌の浸透能も大きく，侵食速度が小さくなっている（寺本ら，2005a，2005c）。

著者らは，桜島の噴火活動が活発化した1972年以降の活動の盛衰，および桜島南岳火口からの距離の違いによって，降下火山灰の堆積状況および侵食速度がどのように変化しているのかを明らかにするために，引ノ平川流域と西道川流域において現地調査を実施した。本論文では2流域で得られた調査結果について比較・検討する。

### 引ノ平川および西道川流域の概要

調査地は，桜島南岳の北西に位置する引ノ平川流域および北北西に位置する西道川流域である（図-1および写真-1）。

引ノ平川流域の地形は，標高300m以下はなだらかな丘陵斜面や台地，300~500mは丘陵地と急傾斜地が混在，500m以上は急傾斜の山地地形となっている。植生は，標高500~700mを境にしてそれ以下ではヒサカキなどの広葉樹を一部含むクロマツ林，それ以上ではクロマツやヒサカキなどの低木を散在的に含むススキ草地，山頂部付近では裸地となっている（写真-1）。同流域は西道川流域に比べ南岳火口からの距離が近く，噴火活動の影響を大きく受けて荒廃している（写真-1）。この結果，降雨時には多量の土砂生産・流出が行われている（寺本ら，2004，2005bなど）。引ノ平川上流域では，噴火活動により荒廃した山腹斜面における侵食防止をはかるため，鹿児島森林管理署が2001年3月から航空緑化を試験的に実施している（寺本ら，2003，2004）。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ている（写真-1）。地質は，表層から順に現在から1914年大正噴火以降現在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，土壌層からなる。引ノ平川流域における現地調査は，南岳火口から約1.9~2.8kmの範囲（標高約300~600mの範囲）で行った。

西道川流域の地形は，引ノ平川流域と同様に標高300m以下はなだらかな丘陵斜面や台地，300~500mは丘陵地と急傾斜地が混在，500m以上は急傾斜の山地地形となっている。植生は，標高500~700mを境にしてそれ以下ではクロマツの人工林を一部含む広葉樹林，それ以上では低木を散在的に含むススキ草地，山頂部付近では裸地となっている（写真-1）。地質は，表層から順に現在から1914年大正噴火以降現在までの噴火活動による降下火山灰の堆積層，

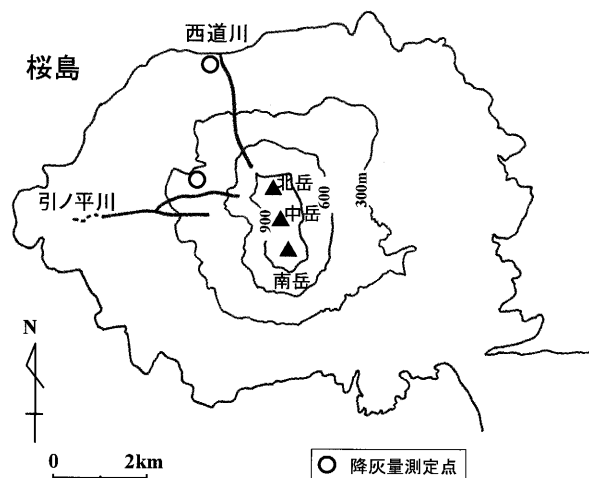


図-1 調査地  
Fig.1 Location of the study area.

### 引ノ平川流域



### 西道川流域



写真-1 調査地の状況  
Photo 1 Photographs of the study area.

土壌層，大正噴火による降下軽石層，土壌層，文明降下軽

石層からなる。西道川流域における現地調査は、南岳火口から約2.5~3.8kmの範囲（標高約200~550mの範囲）で行った。

また、引ノ平川流域の標高約370m地点（南岳火口から約2.9km）および西道川流域の標高約20m地点（南岳火口から約4.6km）では、鹿児島県消防防災課によって1978年から現在まで降灰量の測定が行われている（図-1〇印、鹿児島県消防防災課、1978~2004）。

**引ノ平川および西道川流域における降灰量の経年変化**

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、引ノ平川および西道川流域でそれぞれ測定された年降灰量の変化（図-1〇印、鹿児島県消防防災課、1978~2004）を示したものである。両流域ともに活動が活発であった1978~1992年における年降灰量は大きな値を示している。1985年には測定開始以来の最高値を記録している。1993年以降活動は穏やかになり、年降灰量は大きく減少している。ちなみに、噴火活動が活発な1978~1992年と、穏やかな期間の1993~2004年における年平均での降灰量をそれぞれ比較すると、引ノ平川流域では約7.5倍、西道川流域では約7.3倍の違いがある。

**引ノ平川および西道川流域における噴火活動の盛衰および影響度の違いによる火山灰の堆積状況と侵食速度の比較**

調査地における土壌断面の観察によると、噴火活動が活発化した1972年以降の降下火山灰層は、活動の盛衰を反映して活動が活発な期間（1972~1992年）と穏やかな期間（1993~2004年）の2つに区分でき、各層厚の測定が可能である。活動が穏やかな期間（1993~2004年）の火山灰層はやや腐植化が進んでいるため、活動が活発な期間（1972~1992年）のそれに比べ軟らかい。

図-3は、引ノ平川および西道川流域において噴火活動が活発な期間（1972~1992年）と穏やかな期間（1993~2004年）に降下堆積した火山灰層厚の測定値を、桜島南岳火口からの距離に対してプロットしたものである。火山灰層厚の測定は、測定地内への流入と測定地外への流出がほぼないとみなされる平坦面で行った。調査は引ノ平川流域10箇所、西道川流域20箇所を実施した。また、図-4は、引ノ平川および西道川流域において噴火活動が活発な期間（1972~1992年）と穏やかな期間（1993~2004年）に降下堆積した火山灰層の乾燥密度を、桜島南岳火口からの距離に対してそれぞれプロットしたものである。乾燥密度は、活動が活発な期間と、穏やかな期間の火山灰層からそれぞれ直径55mm×高さ60mmの鋼製円筒を用いて不攪乱試料を採取し求めたものである。試料は、両期間の火山灰層から場所を違ってそれぞれ3箇所採取し、3箇所の平均値を乾燥密度の値とした。なお、乾燥密度の測定試料の採取を行う際の

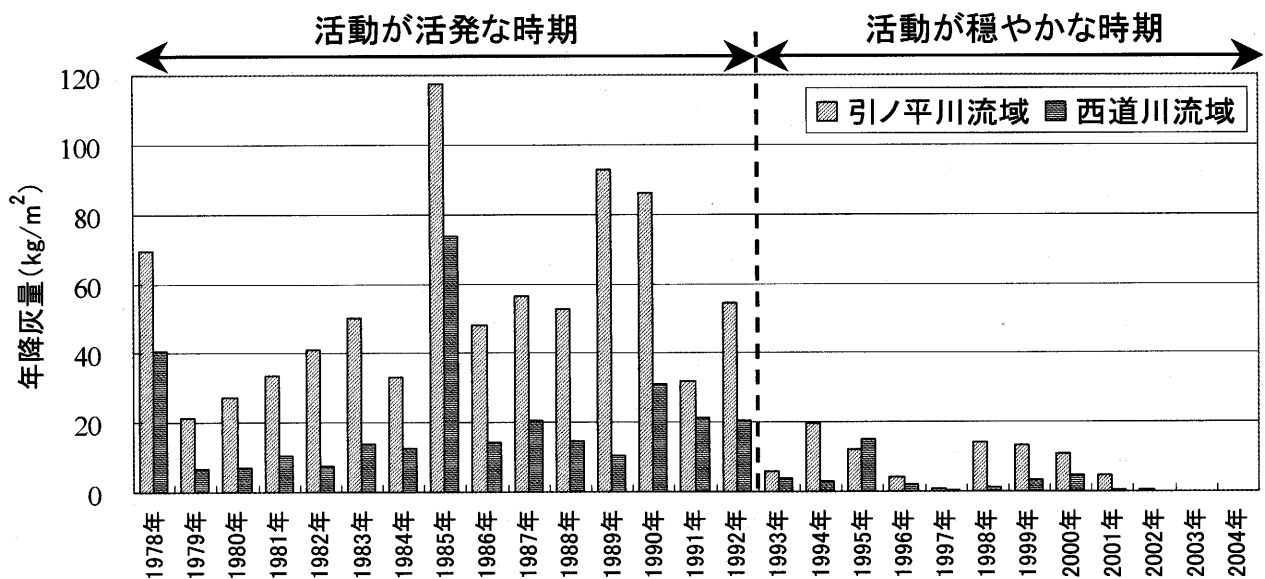


図-2 引ノ平川および西道川流域で測定された年降灰量の変化

Fig.2 Volumetric change of annual volcanic ash fall in the basins of the Hikinohira river and the Saido river.

土壌断面は、図-3において火山灰層厚の測定を行った断面である。さらに表-1には、図-3および図-4で得られた火山灰の堆積状況と火山灰層の乾燥密度に関する測定結果を整理して示している。

図-3によると、火山灰層厚は両流域ともに南岳火口から離れるにつれて小さくなる傾向にある。南岳火口から同じ距離で流域ごとにそれぞれ比較すると、活動が活発な期間における年平均での火山灰層厚の平均値は、穏やかな期間におけるその引ノ平川流域で約1.7倍、西道川流域で約2.8倍となる(表-1)。

Shimokawa and Taniguchi (1983) は、桜島北側斜面において、活動が活発な1972~1983年の間に降下堆積した平坦面における火山灰層厚の実測値を桜島南岳火口からの距離に対してプロットし、火山灰層厚は南岳火口から離れるにつれて小さくなることを示した。彼らの測定結果は、本研究で得られたそれと符合する。

図-4によると、火山灰層の乾燥密度は両流域ともに南岳火口からの距離が大きくなるにつれて小さくなる傾向にある。火山灰層の乾燥密度は両流域ともに噴火活動の盛衰の影響を受けて変化しており、活動が活発な期間における乾燥密度の方が大きくなっている(表-1)。

表-2は、引ノ平川および西道川流域において、南岳火口から同程度の距離で得られた火山灰の堆積状況と火山灰層の乾燥密度に関する測定結果を整理したものである。両流域における噴火活動が活発な期間および穏やかなその火山灰層厚ならびに火山灰層の乾燥密度は、活動の影響をより大きく受けている引ノ平川流域の方が大きい。

以上の結果より、両流域は南岳火口からの距離が同じでも噴火活動の影響度は異なり、引ノ平川流域の方が西道川流域よりもその影響を強く受けていることを示している。

次に、下川・地頭菌(1987)と同様に斜面に降下堆積した火山灰層の比較から表面侵食による侵食速度を推定した。そのため、調査地において傾斜の異なる斜面で、活動が活発な期間(1972~1992年)の21年間と、穏やかな期間(1993~2004年)の12年間に斜面に降下堆積した火山灰層厚を計測した。ただここでは活動が活発な期間の21年間と、穏やかな期間の12年間における調査地の火山灰の全堆積層厚は正確に求めることが不可能なため、引ノ平川流域では傾斜3度、西道川流域では傾斜4度の斜面における火山灰層厚をもってあてる。これらの勾配は両調査地における最小勾配であり、ほぼ平坦地とみなしてもよいため降灰の流出がほとんどないと考えられる。なお、土壌断面の調査は

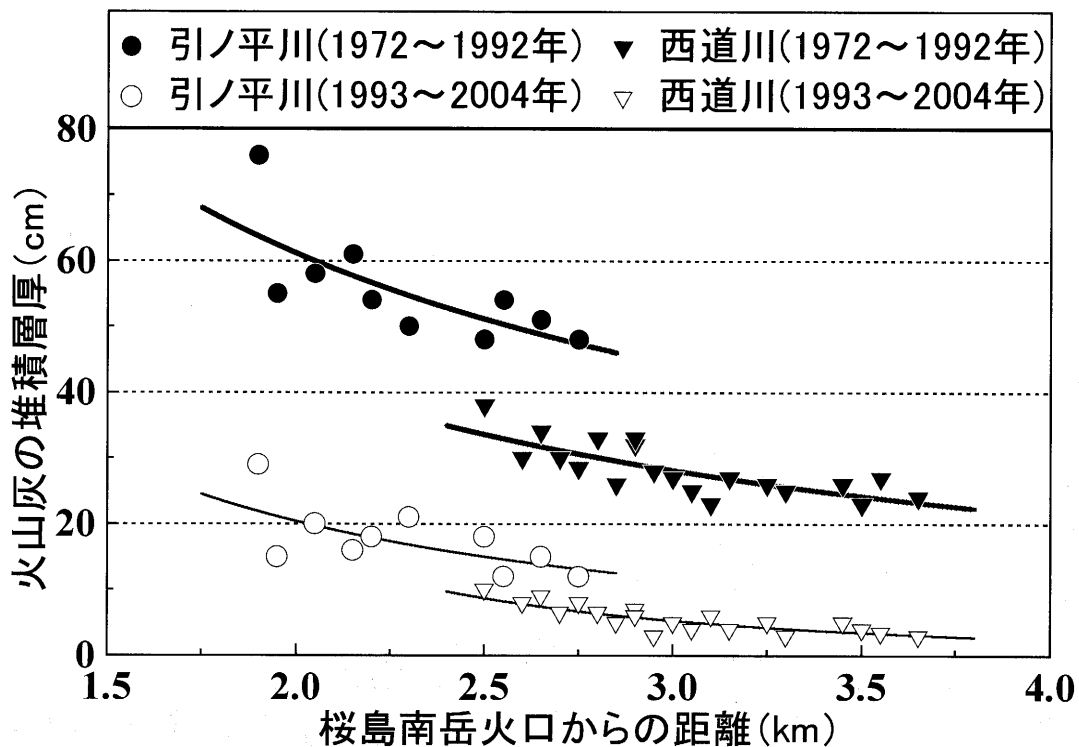


図-3 引ノ平川および西道川流域における桜島南岳火口からの距離に対する火山灰の堆積層厚

Fig.3 Changes in thickness of volcanic ash layer with distance from the Minamidake crater of Sakurajima volcano in the Hikinohira and Saido river basins.

両流域ともに南岳火口から約2.7km 地点で行い、引ノ平川流域では13箇所、西道川流域では10箇所を実施した。両流域における調査地点の様子を写真-2に示す。引ノ平川流域における調査地の植生は、低木のクロマツやヒサカキを散在的に含むススキ草地である。地表面は火山灰が露出し、リル・ガリーが多く発達している。落葉層はほとんどみられない。一方、西道川流域における調査地の植生は、上層は高木のタブノキ、スタジイなど、下層はヒサカキ、ネズ

ミモチなどから構成されている。引ノ平川流域の調査地に比べると、リル・ガリーの発達密度は少なく、地表面は軟らかい。落葉層は2～3cm程度である。

図-5(a)は、引ノ平川および西道川流域における噴火活動が活発な期間(1972～1992年)と穏やかな期間(1993～2004年)の火山灰層厚を、斜面の傾斜に対してそれぞれプロットしたものである。斜面の傾斜は、土壤断面を設けた地点の地表と、そこから斜面方向に水平長約1m

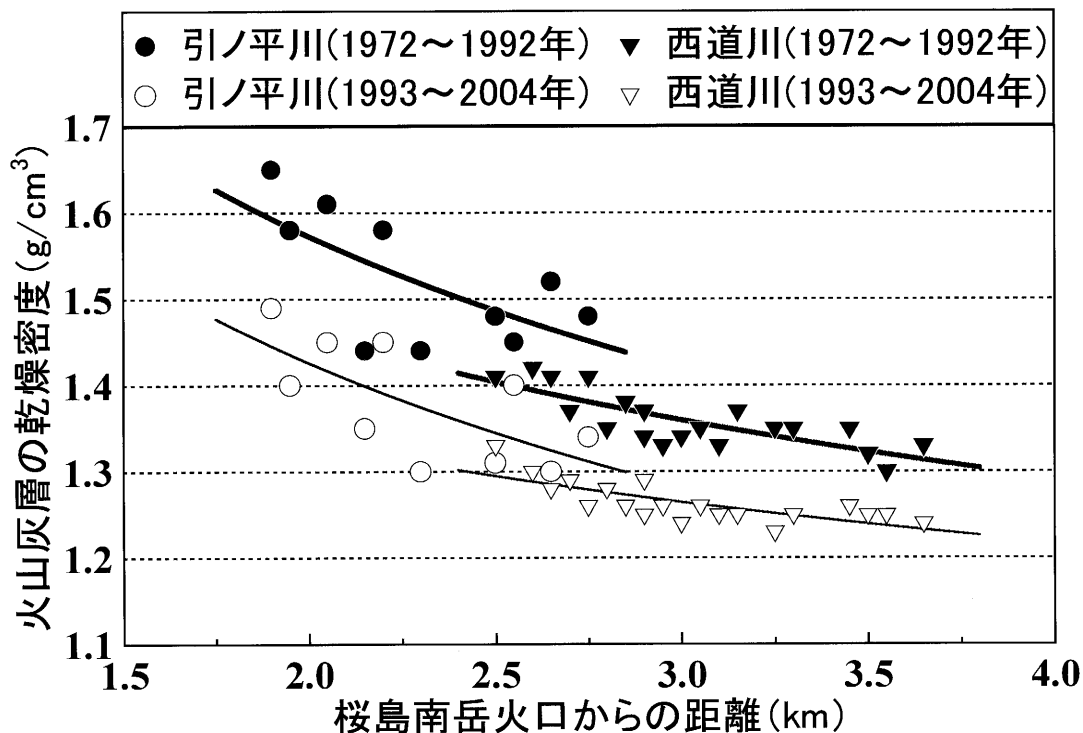


図-4 引ノ平川および西道川流域における桜島南岳火口からの距離に対する火山灰層の乾燥密度  
 Fig.4 Changes in dry density of volcanic ash with distance from the Minamidake crater of Sakurajima volcano in the Hikinohira and Saido river basins.

表-1 引ノ平川および西道川流域における降灰の堆積と火山灰層の乾燥密度  
 Table 1 Deposition of volcanic ash and its dry density in the Hikinohira and Saido river basins.

流域名	測定断面数	測定断面の南岳火口からの距離 (km)	火山灰の堆積期間	火山灰の堆積期間の噴火活動	火山灰の堆積層厚 (cm)	年平均での火山灰の堆積層厚 (cm/year)	火山灰層の乾燥密度 (g/cm³)
引ノ平川	10	1.90～2.75	21年(1972～1992年)	活発	48～76(平均 55.5)	2.3～3.6(平均 2.6)	1.44～1.65 (平均 1.52)
			12年(1993～2004年)	穏やか	12～29(平均 17.6)	1.0～2.4(平均 1.5)	1.30～1.49 (平均 1.38)
西道川	20	2.50～3.65	21年(1972～1992年)	活発	23～38(平均 28.3)	1.1～1.8(平均 1.4)	1.30～1.42 (平均 1.36)
			12年(1993～2004年)	穏やか	3～10(平均 5.6)	0.3～0.8(平均 0.5)	1.23～1.33 (平均 1.26)

表-2 引ノ平川および西道川流域において南岳から同程度の距離で測定された降灰の堆積と火山灰層の乾燥密度  
 Table 2 Deposition of volcanic ash and its dry density at the same distance from the Minamidake crater of Sakurajima volcano in the Hikinohira and Saido river basins.

流域名	測定断面数	測定断面の南岳火口からの距離 (km)	降灰の堆積期間	降灰の堆積期間の噴火活動	降灰の堆積層厚 (cm)	年平均での降灰の堆積層厚 (cm/year)	火山灰層の乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )
引ノ平川	4	2.50~2.75	21年(1972~1992年)	活発	48~54(平均 50.3)	2.3~2.6(平均 2.4)	1.45~1.52(平均 1.48)
			12年(1993~2004年)	穏やか	12~18(平均 14.3)	1.0~1.5(平均 1.2)	1.30~1.40(平均 1.34)
西道川	5		21年(1972~1992年)	活発	29~38(平均 32.1)	1.4~1.8(平均 1.5)	1.37~1.42(平均 1.40)
			12年(1993~2004年)	穏やか	7~10(平均 8.3)	0.5~0.8(平均 0.7)	1.26~1.33(平均 1.29)

### 引ノ平川流域



### 西道川流域



写真-2 桜島南岳火口から約2.7km地点における調査地内の様子

Photo 2 Study area at 2.7 km from the Minamidake crater of Sakurajima volcano.

地点の地表を結ぶ測線をクリノメーターで測定することにより求めた。引ノ平川流域における活動が活発な期間では火山灰層厚73cm、穏やかな期間では18cmを、西道川流域における活動が活発な期間では火山灰層厚48cm、穏やか

な期間では10cmをそれぞれ火山灰の全堆積層厚と仮定した。火山灰の全堆積層厚は、土壌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が、本研究では活動が活発な期間の21年間と、穏やかな期間の12年間における火山灰の全堆積層厚とある傾斜度における堆積層厚との差を、それぞれその傾斜度における総侵食深とする。これらの総侵食深を火山灰の堆積期間21年と12年でそれぞれ除すことにより、活動が活発な期間と穏やかなそれにおける年侵食速度を推定した。図によると、火山灰の堆積層厚は斜面の傾斜が緩くなるに伴い厚くなっている。同程度の傾斜に対する火山灰の堆積層厚を流域ごとに比較すると、噴火活動の影響をより大きく受けている引ノ平川流域の方が大きい。さらに、流域ごとに同じ斜面の傾斜に対する火山灰の堆積層厚の変化率を、活動が活発な期間と穏やかなそれで比較すると、活動が活発な期間における変化率の方が大きい。

図-5(b)は、引ノ平川および西道川流域における噴火活動が活発な期間(1972~1992年)と穏やかな期間(1993~2004年)の年侵食速度を、斜面の傾斜に対してそれぞれプロットしたものである。図によると、年侵食速度は斜面の傾斜が大きくなるにつれて大きくなっている。同程度の傾斜に対する年侵食速度を流域ごとに比較すると、噴火活動の影響をより大きく受けて荒廃している引ノ平川流域の方が大きい。さらに、流域ごとに同じ斜面の傾斜に対する年侵食速度の変化を、活発な期間と穏やかなそれで比較すると、活動が活発な期間の方が大きい。鹿児島地方気象台における年降水量で比較すると、噴火活動が活発な期間(1972~1992年)および穏やかな期間(1993~2004年)における年降水量の平均値はそれぞれ2188mm、2368mmであり(鹿児島地方気象台, 1972~2004), 両期間とも似たような値を示している。

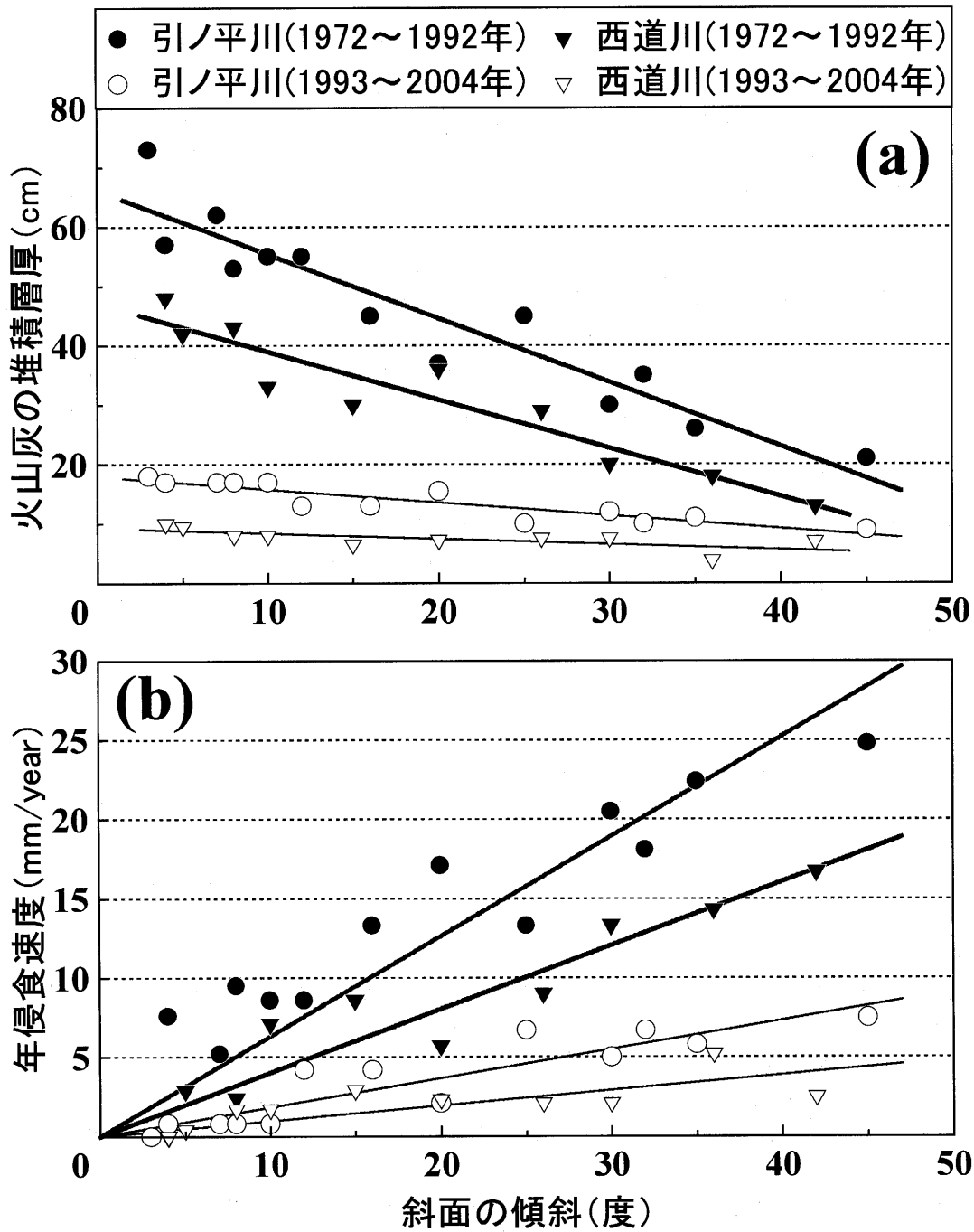


図5 引ノ平川および西道川流域における斜面の傾斜と火山灰の堆積層厚 (a) および年侵食速度(b)の関係

Fig.5 Relationships between slope inclination and thickness of volcanic ash layer (a) and annual erosion rate (b) in the Hikinohira and Saido river basins.

桜島の噴火活動が活発なほど、さらに活動の影響を大きく受けているほど森林植生は破壊され流域は荒廃している。火山噴火に伴う火山ガスと火山灰の放出は森林植生を破壊させる。細粒火山灰の地表面被覆は土壌の浸透能の低下を招き、表面流の発生による多量の土砂生産をもたらす(地頭蘭・下川, 1987, 1989; 寺本ら, 2005d など)。このため、噴火活動が活発になるほど、また活動の影響を大きく

受けた流域ほど火山灰の堆積層厚および侵食速度が大きくなると推測される。一方、噴火活動が穏やかになるほど、さらに活動の影響の受け方が小さな流域ほど森林植生は回復しており(寺本ら, 2005a, 2005c), 土壌の浸透能も回復しているため、表面流も発生しにくくなる(寺本ら, 2004)。このため、噴火活動が穏やかになるほど、また活動の影響の受け方が小さな流域ほど火山灰の堆積層厚および

び侵食速度が小さくなると推測される。

### 引用文献

鹿児島県消防防災課 (1978~2004) : 観測資料

鹿児島地方气象台 (1972~2004) : 観測資料

地頭菌隆・下川悦郎 (1989) : 火山灰に覆われた桜島山腹斜面における表面流出, 砂防学会誌 (新砂防), Vol.42 No. 3, p.18-23

地頭菌隆・下川悦郎 (1991) : 桜島における火山活動が土石流・泥流の発生や流出に及ぼす影響, 砂防学会誌 (新砂防), Vol.43 No. 6, p.9-15

Shimokawa E. and Taniguchi Y. (1983) : Sediment yield from hillside slope of active volcanoes. Proc. Symp. on Erosion Control in Volcanic Areas, Seattle, July 1982 : Public Works Research Institute, p.155-181

下川悦郎・地頭菌隆 (1987) : 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

寺本行芳・下川悦郎・地頭菌隆・福納直樹 (2003) : 桜島

における緑化植生が雨水および土砂流出に及ぼす影響, 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 第31号, p.15-20

寺本行芳・下川悦郎・田中信・地頭菌隆・稲元崇裕 (2004) : 桜島の荒廃斜面における表面侵食による土砂流出と植生の影響, 砂防学会誌 (新砂防), Vol.57 No. 1, p. 3-12

寺本行芳・下川悦郎・地頭菌隆 (2005a) : 桜島における噴火活動の違いが表面侵食による侵食速度に及ぼす影響, 砂防学会誌 (新砂防), Vol.57 No. 5, p.65-68

寺本行芳・下川悦郎・地頭菌隆 (2005b) : 桜島の荒廃斜面における表面流および土砂流出観測結果の検討, 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 第32号, p. 1-7

寺本行芳・下川悦郎・地頭菌隆 (2005c) : 桜島の噴火活動が植生の生長と侵食速度に及ぼす影響, 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 第32号, p. 9-15

寺本行芳・下川悦郎・地頭菌隆 (2005d) : 桜島の噴火活動の盛衰に伴う雨水・土砂流出量の変化, 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 第32号, p.17-22

### 抄 録

桜島の引ノ平川および西道川流域において、噴火活動が活発な期間 (1972~1992年) と穏やかな期間 (1993~2004年) における火山灰の堆積状況および侵食速度について調査し、活動の盛衰およびその影響の受け方の違いによるそれらの変化について比較・検討した。得られた結果は次の通りである。

(1) 流域ごとにみると、噴火活動が活発な期間 (1972~1992年) における年平均での火山灰層厚の平均値は、穏やかな期間 (1993~2004年) におけるその引ノ平川流域で約1.7倍、西道川流域で約2.8倍である。火山灰の堆積層厚は両流域ともに南岳火口から離れるにつれて小さくなる傾向にある。

(2) 火山灰層の乾燥密度は両流域ともに噴火活動の盛衰の影響を受けて変化しており、噴火活動が活発な期間 (1972~1992年) の乾燥密度は、穏やかな期間 (1993~2004年) のそれに比べ大きくなっている。火山灰層の乾燥密度は両流域ともに南岳火口からの距離が大きくなるにつれて小さくなる傾向にある。

(3) 噴火活動が活発な期間 (1972~1992年) と穏やかな期間 (1993~2004年) における火山灰層厚および火山灰層の乾燥密度は、南岳火口から同程度の距離で比較すると噴火活動の影響をより大きく受けている引ノ平川流域の方が大きくなっている。

(4) 同程度の傾斜に対する年侵食速度を各流域で期間ごとに比較すると、噴火活動の影響をより大きく受けて荒廃している引ノ平川流域の方が大きい。年侵食速度は両流域ともに噴火活動が活発な期間 (1972~1992年) の方が大きい。