

昭和61年7月10日鹿児島市集中豪雨による
しらす斜面の崩壊の特徴について

木村秀雄・樽木孝利・武村朝邦

Characteristics of Collapse of Shirasu Slope
Caused by the Concentrated Heavy Rains
in Kagoshima City on July 10th 1986

Hideo KIMURA, Takatoshi TARUKI and Tomokuni TAKEMURA

Abstract

The concentrated heavy rains at the end of the rainy season hit Kagoshima City on July 10th 1986. Because of about 100 or more disasters such as collapse of slope, river flood, etc., some places in the City suffered tremendous damage.

Authors investigated in detail 45 collapse spots of a large scale in the period from just after the disaster occurrence to the end of August. Then, they clarified actual features of slope collapse. These features were compared with characteristics of disasters by the concentrated heavy rains in the past. Then, the characteristics of slope collapse by this heavy rains are as follows:

- (1) The amount of continuous rainfall up to the occurrence time of slope collapse in this disaster is 200~220 mm within 6 hours. In comparing with the past concentrated heavy rains on 200 mm within about 40 hours, it was the concentrated heavy rains for extreme short time.
- (2) It is said that collapse of Shirasu slope will occur in case the amount of continuous rainfall reaches roughly 200 mm. In this disaster, the amount of continuous rainfall was also more than 200 mm at 80% or more of slope collapse places.
- (3) The crossing shape of a collapse slope is valley-type slope or linear type slope. Both are 90% or more of the whole. Moreover, form of collapse was practically surface sliding.
- (4) This collapse occurred most frequently on the slope that the average inclination was 40~59 degree. In comparing with the average inclination (30~39 degree) of the past collapse, it is clear that the inclination of this collapse slope is steeper than the past.
- (5) The amount of the collapse place that depth of collapse is less than 1 m is 90% or more of the whole and this collapse depth is generally shallower than the past collapse depth.

It is obvious that the surface sliding in the Shirasu slope is easy to occur by the concentrated heavy rains for short time. Through this survey, it became clear the difference of scale and feature of the collapse depended on not only the amount of the rainfall but also the geological characteristics of material composing a slope and the humidity of surface layer by preceding rainfall.

1 まえがき

昭和61年7月10日に鹿児島市を襲った梅雨末期の集中豪雨は、表一に示すように、約100箇所及び斜面崩壊や河川の氾濫などをもたらし、市内各地には甚大な被害が発生した。その中でも、斜面崩壊に伴う土砂の流出による被害は、家屋の全半壊94戸、死者18名、負傷者15名にも及ぶものであった。

今回の集中豪雨は、梅雨末期に特有の“湿舌現象”が引金となって急速に発達した積乱雲によるものであり、当日、鹿児島市上空で発達した積乱雲は高さ11kmに達し、しかも長時間停滞していた。そして、最大時間雨量が75mmという鹿児島地方気象台の観測史上では4番目

表一 昭和61年7月10日集中豪雨による被害状況
(鹿児島県総務部消防防災課資料)

Table 1 Disasters due to heavy rainfall in
10th July, 1986

人的被害	死	18人
	重傷	5人
	軽傷	10人
家屋被害	全壊	66棟
	半壊	28棟
	一部破損	90棟
	床上浸水	263棟
非住家	床下浸水	694棟
	全壊	29棟
	半壊	4棟
土木関係被害	一部破損	17棟
	河川	22箇所
	急傾斜地	43箇所
	県道	5箇所
	市町村道	18箇所
	海岸	1箇所
山林関係被害	公園ほか	43箇所
	港湾	1箇所
農業関係被害	林地崩壊	54箇所
	施設	1箇所
	農作物	12.1トン
	水田	4.8ha
	頭首工	2箇所
文教関係被害	水路	32箇所
	道路	33箇所
文教関係被害	学校	6校
	文化財	2件

被害総額 : 6,344,061,000円

の局部的で異常な集中豪雨となった。とくに、鹿児島県土木部河川課における観測では、15時30分から16時30分の間に102mmの時間雨量を記録している。

鹿児島県下における最近の豪雨災害としては、昭和44年6月の鹿児島市原良町ほかの災害(死者50名)、昭和47年6月・7月の県本土全域の災害(死者2名)、昭和48年8月の県本土全域の災害(死者45名)および昭和51年6月の鹿児島市宇宿町ほかの災害(死者31名)と鹿児島市奄ヶ水の災害(死者9名)が挙げられるが、いずれも斜面崩壊による災害が主体となっている。

筆者らは、災害発生直後から8月末までの間に、斜面崩壊の実態および特徴を明らかにするために、比較的規模の大きい45箇所の斜面崩壊地の状況についての詳細な調査を行った。さらに、鹿児島県土木部(1970)、春山ほか(1972, 1977)および永井ほか(1976)による過去の豪雨による斜面崩壊に関する資料との比較を行い、今回の斜面崩壊の特徴を検討した。

2 鹿児島市付近の地形・地質の概要

2.1 地形の概要

鹿児島市は錦江湾の西岸に位置し、その市街地はほぼ南北方向に延びる沖積平地にある。この市街地を取り囲むようにして、しらすで構成されている標高80~100mの台地が広がり、また、ところによっては台地から連なる丘陵地が分布している。このような地形の形成についてはつぎのように考えられている。すなわち、当初においては、しらすが標高100~150mの平坦面かあるいは極めて緩い傾斜面をなして堆積していたものが、河川によって主として北西—南東方向に樹枝状に開析され、幅が約1km、長さが2~3kmの狭長な台地ややせ尾根となったものである。

これらのしらす台地における宅地開発は著しく、その一部に残っている比較的広い平坦面は大きな住宅団地となっている。しかしながら、これらの台地の縁辺にある急傾斜をなす長大斜面は、道路部や既往の災害の復旧箇所を除いては自然斜面のままであり、その大部分は平均45°あるいはそれ以上の急傾斜となっている。これらの自然斜面は、しらすの地肌が見られる急崖部を除いて、おおむね樹高10~15m、樹齢10~30年程度の広葉樹を主体とした自然林で覆われている。

2.2 地質の概要

鹿児島市付近の地質は、時代未詳の四万十累層群を基盤岩とし、これを覆って第三紀鮮新世~更新世初期の火

碎流堆積層と海成堆積層によって構成されている。四万十累層群より上位の地質については、早坂ほか(1971)によれば、最下部層から三船流紋岩、照国軽石流、花倉層、荒田軽石流、吉野軽石流、城山層、竜尾層、長井田軽石流、坂元軽石流などに区分されている(表-2参照)。とくに、しらす台地部における地質構成は、図-1の模

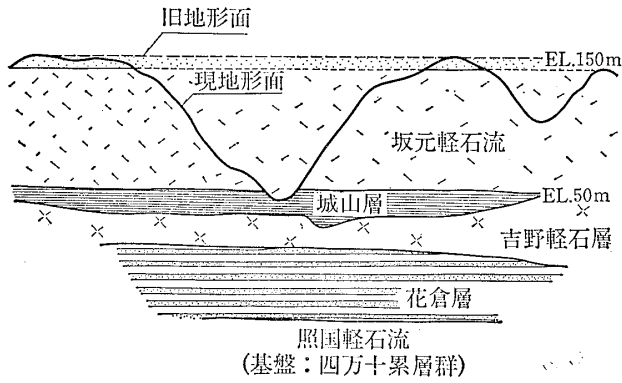
式断面図に示すような分布となっており、台地は最上位の坂元軽石流によって形成されている。

鹿児島市周辺の地質分布は、図-2に示す通りで、市街地となっている沖積地を除いては、ほとんどすべてのところにしらすが分布し、しらすの上位には新期の火山噴出物である降下軽石層や火山灰層などが分布する。

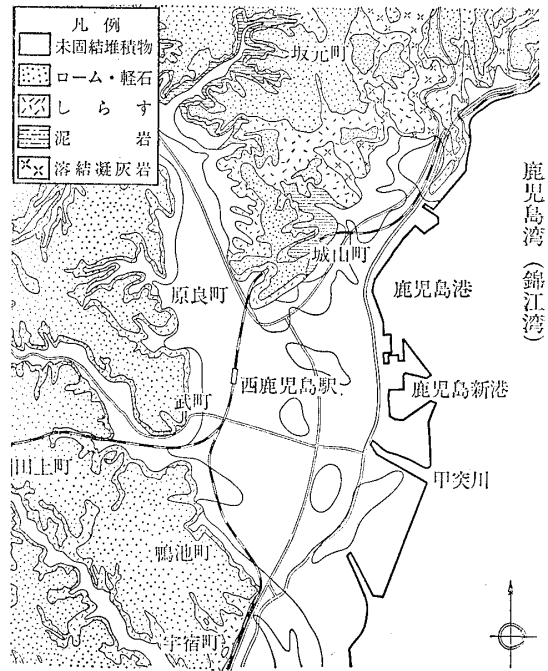
表-2 鹿児島市地域の地表と地下とにおける層序の比較(早坂ほか, 1971)
Table 2 Comparison between the surface and subsurface stratigraphic sequences in the Kagosima City area (Hayasaka et al, 1971)

時代 (Age)	地下地質 (Subsurface)	地表地質 (Surface)
現世 (Holocene)	新期火山灰・および軽石層 (Younger Volcanic Ash and Pumice Bed)	
	未固結砂礫層 (Unconsolidated Sand and Gravel)	
更新世 (Pleistocene)	ボーリング試料では、 識別不可能な為、一括して取扱う。 (Undifferentiated)	坂元軽石流 (Sakamoto Pumice Flow)
		長井田軽石流 (Nagaida Pumice Flow)
		竜尾層 (Tatuo Formation)
	城山層 (Shiroyama Formation)	城山層 (Shiroyama Formation)
	吉野軽石流 (Yoshino Pumice Flow)	吉野軽石流 (Yoshino Pumice Flow)
	荒田軽石流 (Arata Pumice Flow)	
鮮新世後期~更新世初期 (Late Plio.~Early Pleist.)	花倉層 (Kekura Formation)	花倉層 (Kekura Formation)
		牟礼ヶ岡安山岩 (Muregaoka Andesite)
	照国軽石流 (Terukuni Pumice Flow)	三船流紋岩 (Mifune Rhyolite)
	基盤岩 (Basement Rocks)	

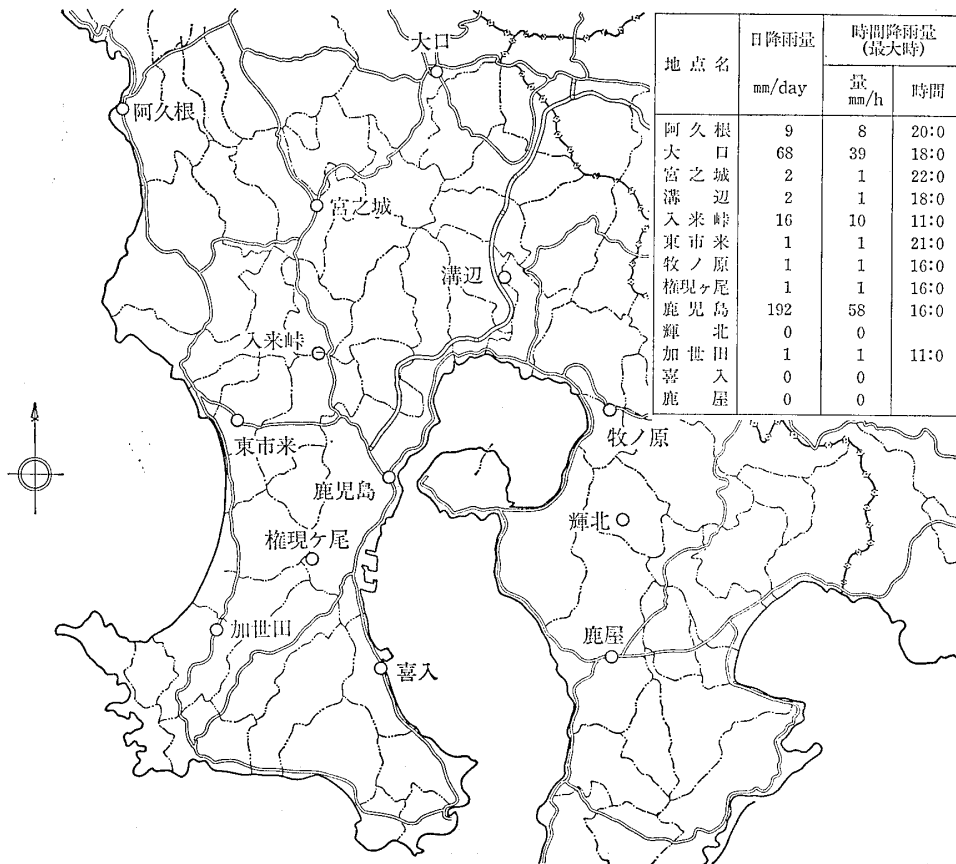
市街地を取り巻いて台地を形成している坂元軽石流、いわゆる“しらす”は、鹿児島市北部においては溶結凝灰岩の上位に分布しており、その下限は標高60m付近にあって、層厚は40~50mとなっている。この下限の標高は南部に移るにしたがって低くなり、市の中心部付近においては標高20m以下にあり、しらすの層厚は70m以上となっている。



図一1 しらす台地地質構成模式断面図
Fig.1 Schematic geological section of the Sirasu plateau



図一2 鹿児島市周辺地質図 (鹿児島県地域開発地域土地分類基本調査, 1972)
Fig. 2 Geological map of Kagoshima City area



図一3 鹿児島県各地の昭和61年7月10日の日降雨量 (鹿児島地方気象台の記録による)
Fig. 3 Regional precipitations (per day) in different stations of Kagoshima Prefecture in 10th July, 1986

しらすは軽石片および安山岩片などを多く含み、新鮮部は良く固結して硬くなっているが、表面から数mの深さまでは風化によって黄灰色を呈し軟質となっている。とくに、表面部20~30cmはほとんど土壌化している。

なお、今回の豪雨による崩壊斜面においては、降下軽石層、火山灰層、二次しらすなどの露頭はほとんど見られなかったが、崩壊個所の復旧工事に伴って斜面の上方まで掘削されたところでは、旧谷地形を埋める形で分布しているのが観察された。

3 昭和61年7月10日鹿児島市集中豪雨の特徴

鹿児島地方気象台の記録によると、7月10日の鹿児島県各地の日降水量は、図-3に示すように、県北部の大口市においては68mmと比較的大きい値を示しているが、鹿児島市を取り囲むように位置している11の観測点においては0~数mm程度の日降水量である。したがって、鹿児島市における日降水量192mmと比較するとき、今回の豪雨が鹿児島市に集中した局所的なものであったことがうかがえる。

また、鹿児島市内の降水量については、鹿児島地方気象台の記録のほかに、鹿児島県土木部河川課によって収集された鹿児島市内を中心とした学校や工事現場などの関係機関の49の観測点における降雨記録がある。これらの記録によれば、鹿児島地方気象台における最大時間雨量は75mm(7月10日15時10分~16時10分)、鹿児島県土

木部河川課においては102mm(15時30分~16時30分)であり、鹿児島市武岡付近の土木工事現場の雨量計においても100mmと109mm(15時10分~16時10分)の時間雨量を記録している。これに対して、鹿児島地方気象台から約10kmほど南に位置する下福元町における日降水量はわずかに1mmであった。なお、表-3に示すように、今回の豪雨による鹿児島地方気象台における最大時間雨量75mmは、鹿児島地方気象台の観測史上(明治16年観測開始)4番目の記録である。

また、鹿児島県土木部河川課および武之台における降雨記録(ハイトグラフ)を図-4に示す。これらの記録によれば、10時頃から降り始めた雨は12時頃から次第に激しくなり、14時~17時にかけて最も激しいものとな

表-3 既往集中豪雨の降水量の比較
(鹿児島地方気象台資料による)

Table3 Comparison of precipitation of the heavy rainfall

順位	発生日	最大時間雨量
1	昭和16年7月11日	89.4mm
2	大正2年10月2日	77.6mm
3	昭和31年7月4日	75.3mm
4	昭和61年7月10日	75.0mm
5	昭和14年6月21日	70.3mm

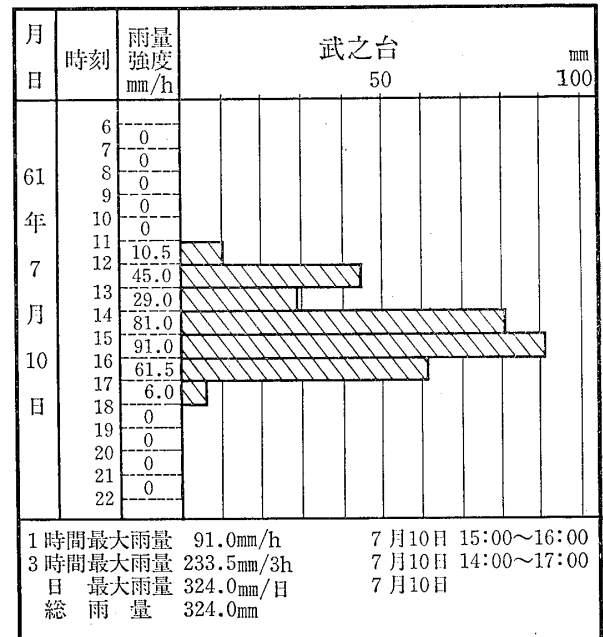
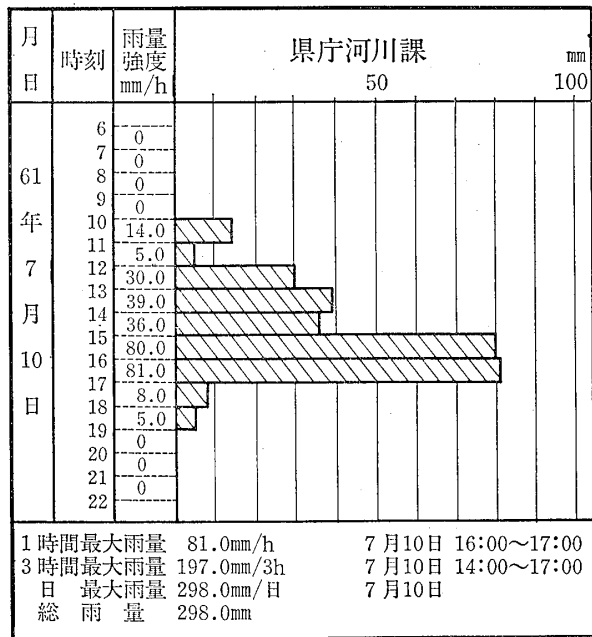


図-4 降雨記録(ハイトグラフ) (鹿児島県土木部資料)
 Fig. 4 Examples of rain fall records in Kagoshima City area



図-5 等雨量線図 (鹿児島県土木部資料に一部加筆)
Fig.5 Contour map of precipitation

っている。

これらの記録に基づいて等雨量線図を描くと、図-5に示すようになり、鹿児島市内であっても、武二丁目から城山町付近を中心とした極めて狭い範囲に限られた局所的な集中豪雨であったということが出来る。この中心地域における連続雨量*は300mm以上であり、とくに、11時~17時の6時間の雨量は200~220mmであって、極めて短時間に集中した豪雨でもあったのである。

図-6は、鹿児島地方气象台、西鹿児島駅および鹿児島県土木部河川課において観測された降雨状況を示したものである。また、降雨状況と斜面崩壊の発生時刻との対比を図-7に示す。

4 崩壊形態の特性

斜面崩壊の調査に当っては、建設省土木研究所急傾斜地崩壊研究室(1979)のしらす地帯の自然斜面の崩壊実

*連続雨量：降雨時間中に24時間以上の中断を持たない降り始めからの総雨量。

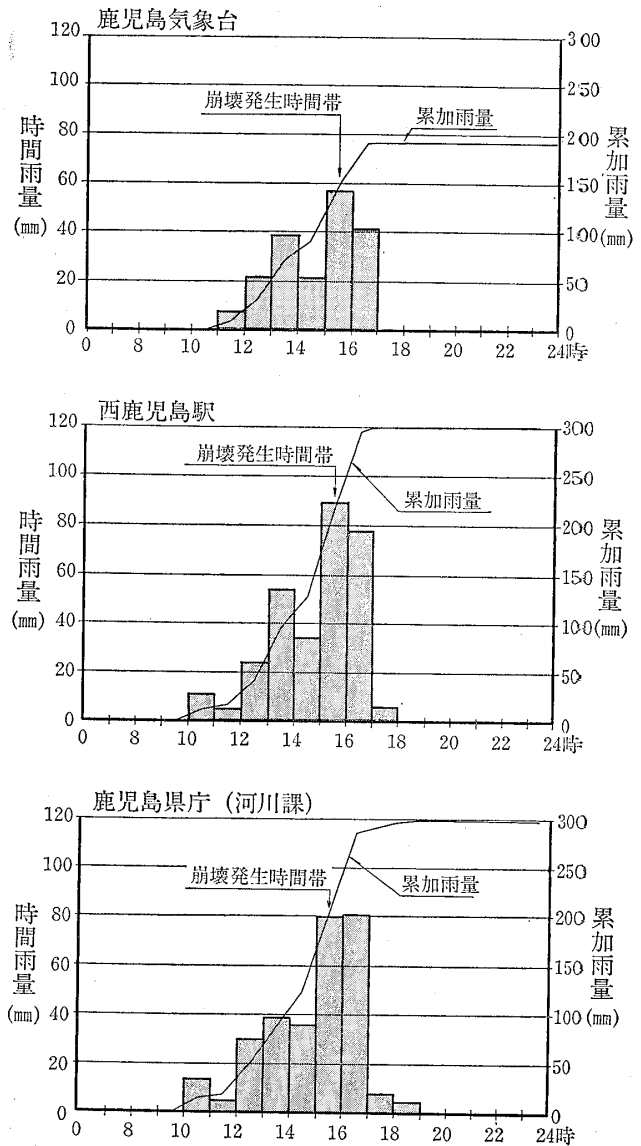
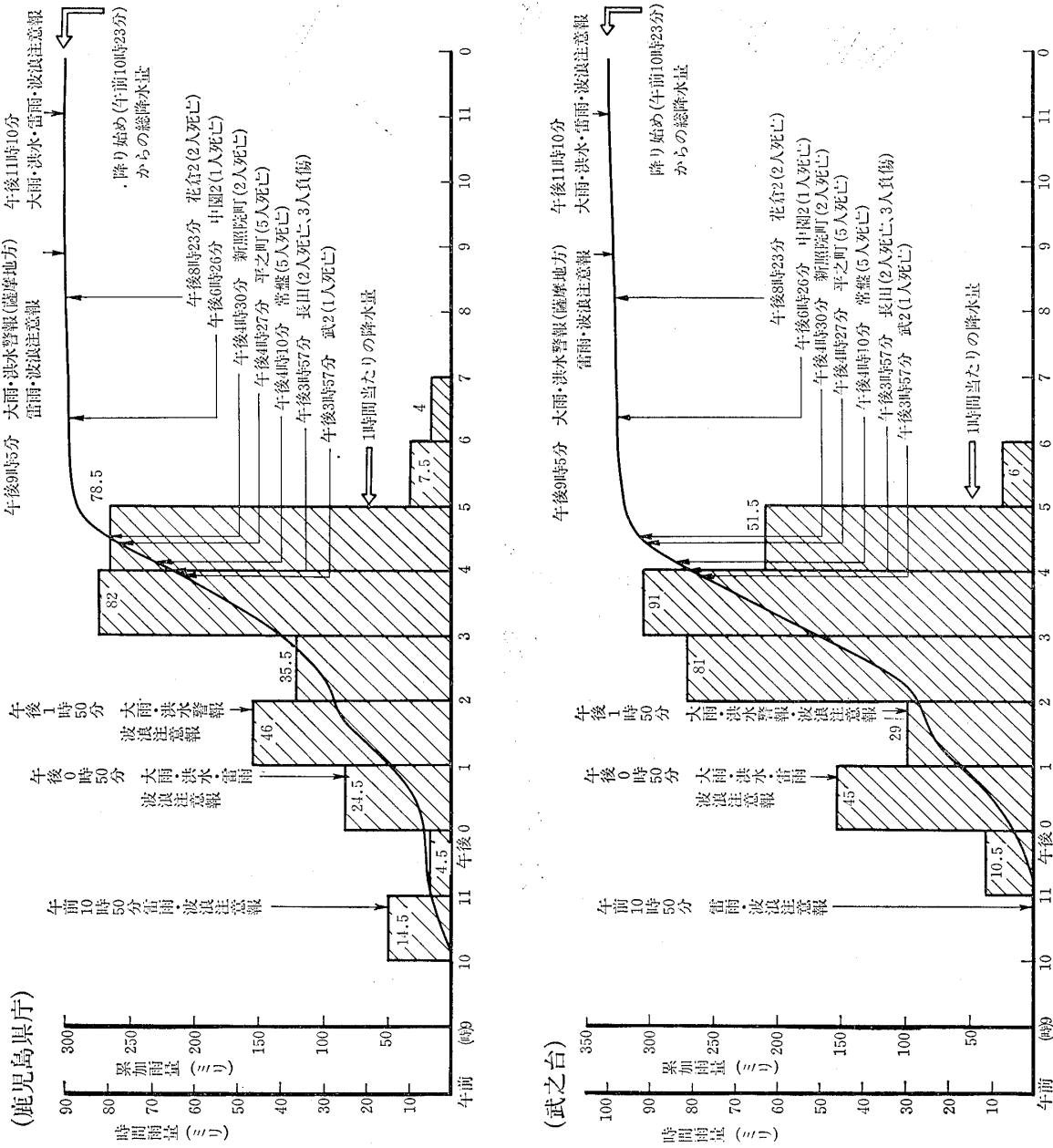


図-6 時間雨量変動図 (鹿児島県土木部資料)
Fig.6 Precipitation per hour at each time

態の調査例にならって斜面崩壊の調査表を作成し、これに基づいて調査を行った。

一般的には、一斜面の範囲は保全対象物を基準にして決めていることが多いが、今回の調査では、一斜面において調査対象とする範囲は、図-8に示すように、崩壊地を含む一集水範囲として、その面積を計算した。さらに、図-9に示すように、崩壊部分よりも上方において斜面の勾配が20°以下になる遷急点を上限とし、それより下方を原斜面として調査の対象とした。調査対象斜面における原斜面の高さ、原斜面の平均傾斜角、崩壊地の高さ、崩壊部の最大傾斜角および崩土の到達距離の取り方は、図-9に示す通りである。

また、斜面の横断形は、一般的に、尾根型、谷型および直線型に分けられるが、ここでは、尾根型および谷型



図一7 雨量変動と被害発生状況 (鹿児島県土木部砂防課, 1987)
Fig. 7 Relationship between the amount of precipitation and the occurrence of disasters

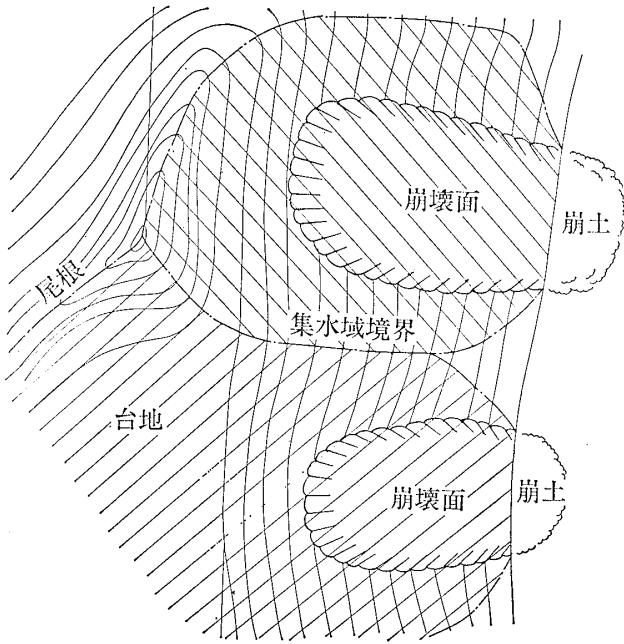


図-8 調査範囲模式平面図
Fig. 8 Survey area and the definition of terms (plan)

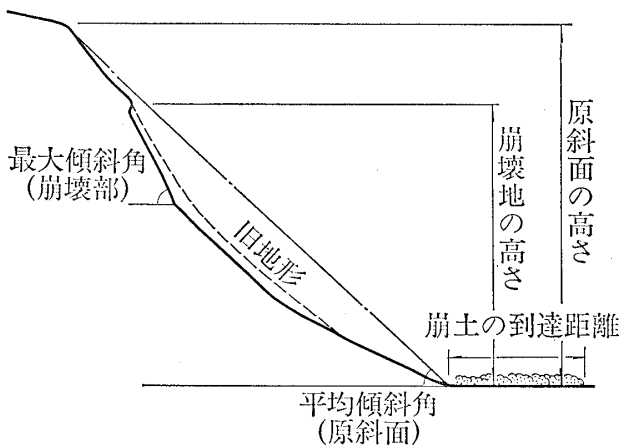


図-9 調査範囲模式断面図
Fig. 9 Survey area and the definition of terms (vertical section)

をその規模によって2つに区分し、図-10に示すような5区分とした。一方、斜面の縦断形は、図-11に示すように、上昇型、下降型、直線型および複合型の4区分とした。

4・1 7月10日の豪雨によるしらす斜面の崩壊形態

今回の集中豪雨によって発生した斜面崩壊は、大小合わせて100個以上に達するが、これらのうち代表的な45個所の斜面について実態調査を実施した。これらの斜面の中には、昭和60年8月の13号台風によって崩壊した個所が再度崩壊したところもあった。これらの再崩壊個所を除いて、崩壊斜面の状況を模式的に示すと図-12の

分		類
大きな尾根部	尾根型	
山腹の小さな尾根部		
大きな谷部	谷型	
山腹の小さな谷部		
直線型斜面		

図-10 斜面の横断形分類 (土木研究所, 1979)
Fig. 10 Horizontal topographic patterns of the slope

分		類
上昇型 (凸型)		
下降型 (凹型)		
直線型		
複合型		

図-11 斜面の縦断形分類 (土木研究所, 1979)
Fig. 11 Vertical topographic patterns of the slope

ようになり、その形態はつぎのように要約することができる。

- ① 自然斜面の崩壊である。
- ② 大部分の崩壊は、原斜面頂部付近の急斜面に発生し、遷緩点よりも下方の斜面においては、上方から

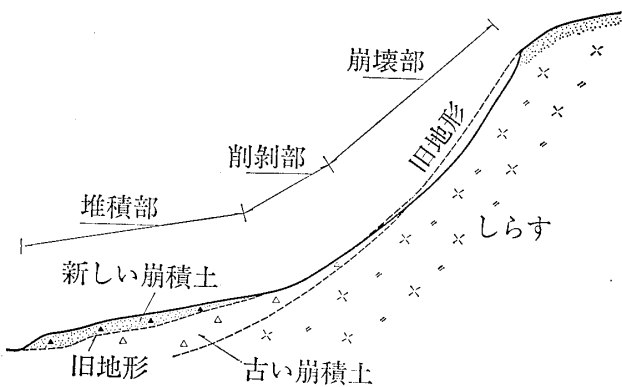


図-12 崩壊地模式断面図
Fig. 12 Schematic vertical section of the collapsed slope and the definition of terms

- ③ 表層が削剝されている部分よりも下方の緩斜面には崩壊した土砂が堆積している。
- ④ ほとんどの崩壊は表層が滑落したもので、崩壊面には灰色～灰白色のしらすの地肌がむきだしとなっている。
- ⑤ 崩壊の深さはほとんど1 m以下であり、樹根の先端深度とほぼ一致している。
- ⑥ 崩壊個所の原斜面には樹齢10～30年の広葉樹が密生している。

崩壊の直接的原因(誘因)が、最大時間雨量が75 mm(鹿児島地方気象台における観測)という集中豪雨にあったことはもちろんであるが、このほかに、表土や崩積土の分布状況、しらすの風化状況、植生状況、原斜面上方の表流水や地下水の状況などが複雑にからみあっている。

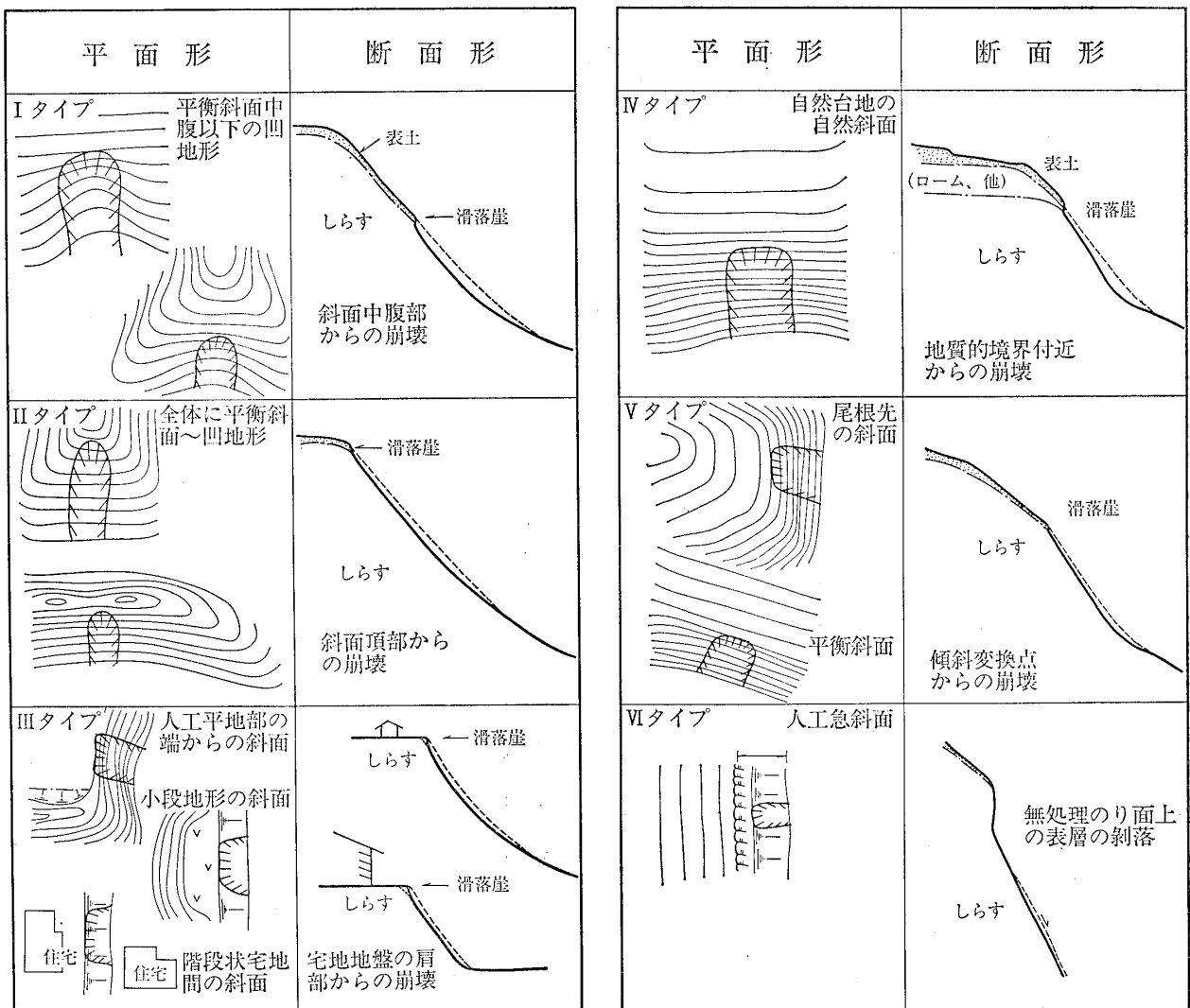


図-13 崩壊斜面の形態による分類
Fig. 13 Topographic patterns of the collapsed slope

るものと考えられるが、崩壊が発生した斜面の地形的特徴に基づいて崩壊形態を分類すると、図-13に示すような6つのタイプに分けることができる。すなわち、

Iタイプ：原斜面の中腹部の地形の変換点付近に発生した崩壊で、原斜面の縦断形は、直線型ないし下降型（緩い凹地形）を示している。

IIタイプ：原斜面の頂部あるいは上部に発生した崩壊で、原斜面の縦断形は、直線型ないし緩い凹地形を示している。また、崩壊地の横断形は、わずかに谷型（凹地形）を示すものが比較的多い。

IIIタイプ：人工的に造成された台地の肩部に発生した崩壊であるが、階段状をしている旧畑地などの斜面肩部、あるいは階段状に造成された宅地の間の斜面肩部に発生した崩壊は、その規模が小さい。

IVタイプ：台地の縁辺斜面上部からの崩壊で、台地上部に分布している降下軽石層や火山灰（ローム）層の下部境界よりやや下方に滑落崖が生じているのが特徴的である。

Vタイプ：原斜面の傾斜変換点（遷急点）付近より下方に発生した崩壊で、原斜面の縦断形は直線型ないし緩い下降型（緩い凹地形）である。地形的にはIタイプあるいはIVタイプに似ているが、崩壊の深さは、これらのタイプに比較して浅くなっている。

VIタイプ：人工斜面の表面土すなわち切土のり面の土砂や、草根などによって緩んだ表面部の土砂が滑落したもので、その規模は小さい。

である。調査を実施した45の崩壊地を上記の6タイプに分けると、

- Iタイプ——— 6個所
- IIタイプ——— 13個所
- IIIタイプ——— 10個所
- IVタイプ——— 6個所
- Vタイプ——— 9個所
- VIタイプ——— 1個所

となっている。

4・2 崩壊斜面の地形的特徴

調査を実施した45の崩壊地における崩壊斜面の地形的特徴を各要素について示すと、つぎのようになる。

a) 原斜面の横断形

崩壊地の原斜面の横断形についての頻度分布は、図-14に示すとおりで、直線型斜面が40%、小さな

谷型が31%、大きな谷型が22%となっており、これらに比べて尾根型は極めて少なかった。なお、現地踏査において認められた斜面の状況から判断すると、直線型斜面においても、斜面の小さな凹凸地形が崩壊に関与しているようである。

b) 原斜面の縦断形

図-15は原斜面の縦断形についての頻度分布を示したものである。この図によれば、直線型が極めて多く、58%を占めており、ついで下降型（凹型）および複合型が18%を示している。とくに、規模の小さい崩壊はほとんど直線型斜面に発生している。

c) 原斜面の平均傾斜角と崩壊部の最大傾斜角

原斜面の平均傾斜角は、最大が65°、最小が30°で図-16に示すように、40~49°の範囲のものが44%と半数近くを占めている。一方、崩壊部の最大傾斜角の頻度分布は図-17に示す通りで、その平均値は66°で、60°以上を示す個所が80%以上となっている。これは崩壊によって原斜面上部に生じた滑落崖

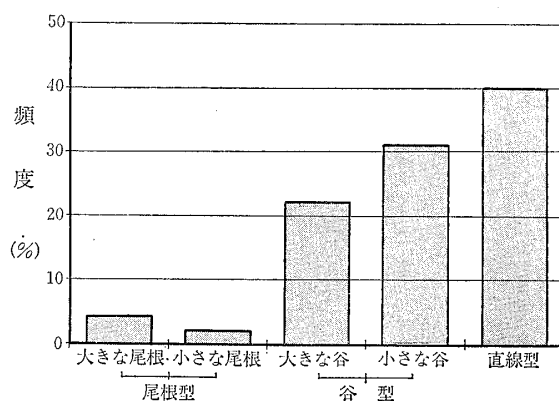


図-14 原斜面の横断形の頻度分布図

Fig. 14 Frequency distribution of the horizontal topographic pattern of the slope

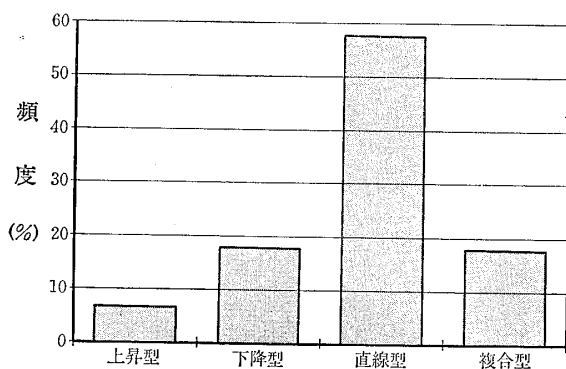


図-15 原斜面の縦断形の頻度分布図

Fig. 15 Frequency distribution of the vertical topographic pattern of the slope

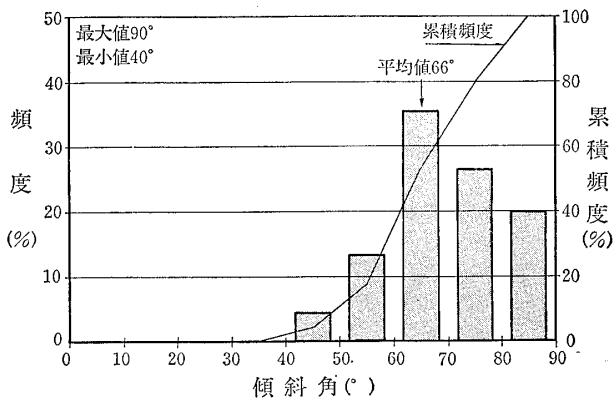


図-16 原斜面の平均傾斜角の頻度分布図
Fig.16 Frequency distribution of the average angle of the slope

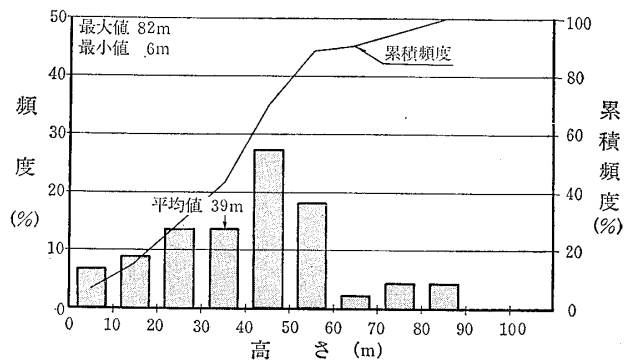


図-19 崩壊高さの頻度分布図
Fig.19 Frequency distribution of the height of the collapsed slope

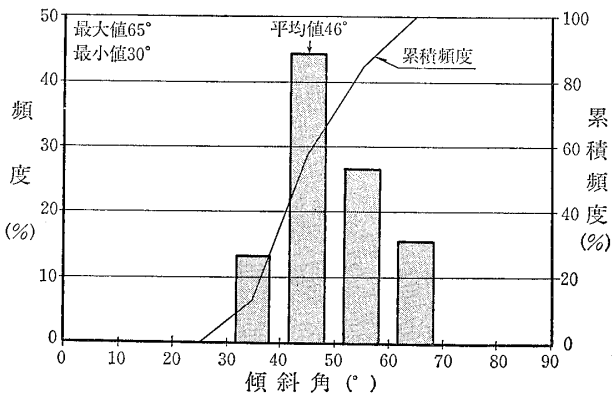


図-17 崩壊部の最大傾斜角の頻度分布図
Fig.17 Frequency distribution of the maximum angle of the collapsed slope

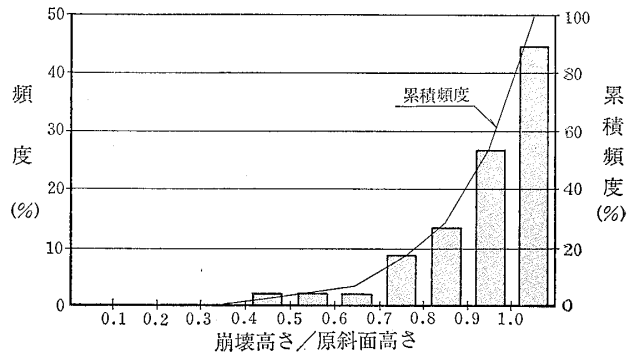


図-20 崩壊高さ/原斜面高さの頻度分布図
Fig.20 Frequency distribution of ratio of the height of collapsed slope to the height of original slope

状況から求められる自然斜面の向き傾向と同じであり、とくに崩壊斜面だけに特徴的な傾向とは認められない。

4・3 崩壊の規模

崩壊地の高さ、崩壊部の長さ、幅、深さ、崩壊土量などについての特徴は、つぎの通りである。

a) 崩壊地の高さ

崩壊地の高さは、最大が82m、最小が6mであるが、その頻度分布は、図-19に示す通りで、60m以上のものは10%程度（5箇所）で比較的少ない。大部分は60m以下であって、そのうち、40~59mの範囲のものが約半数を占めている。なお、崩壊地の高さが原斜面の高さに対して占める割合は図-20に示す通りで、70%以下のものは3箇所のみで、ほとんど70%以上の値を示し、約半数の斜面は原斜面全体が崩壊したものとなっている。

b) 崩壊部の長さおよび幅

崩壊部の長さは、最大が85m、最小が4mで、そ

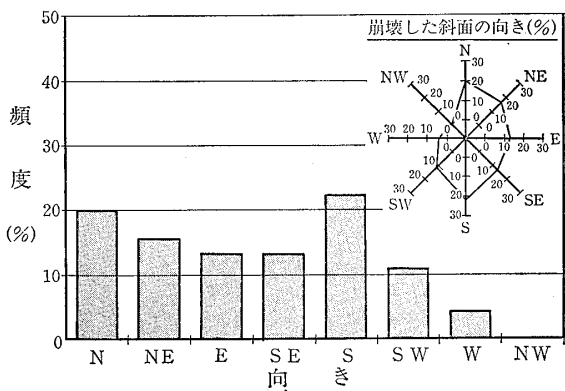


図-18 崩壊斜面の向きの頻度分布図
Fig.18 Frequency distribution of the direction of the collapsed slope

を含むためであろう。

d) 崩壊斜面の向き

崩壊した斜面の向きの頻度分布は、図-18に示す通りである。この傾向は、調査地域の侵食谷の発達

の頻度分布は、図一21に示す通りで、10~19mの範囲のものが約30%を占めているが、平均は約30mとなっている。崩壊部の幅は、最大が70m、最小が4mであるが、図一22に示すように、大部分は5~35mの範囲に平均的に分布する様態を示している。

c) 崩壊の深さ

各崩壊の周辺部において観察される崩壊土の厚さから推定される平均的な崩壊深さは、図一23に示すように、3個所において1mと推定された以外はすべて1m以下で、平均0.5mとなっている。

また、各崩壊地における最大崩壊深さは、図一24に示すように2個所において3mを示す以外は2.5m以下で、平均1mとなっている。

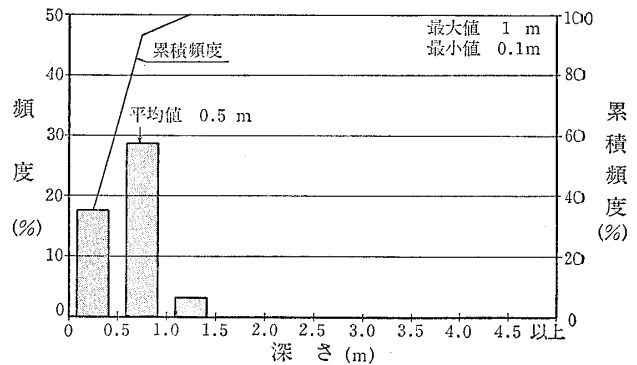
d) 崩壊土量

崩壊土量は、最大が2940m³、最小が7.2m³であって、その範囲は極めて広がっているが、図一25に示すように、この最大の2940m³と次の1240m³の2件を除くと、すべて1000m³以下で、その平均値は250m³である。さらに、これら42件のうちの30件

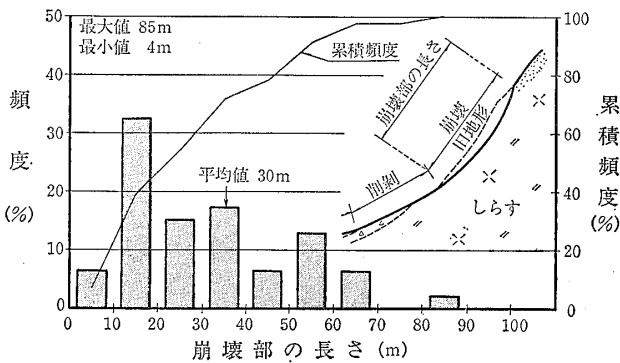
(約70%)は300m³以下のものである。

e) 崩土の到達距離

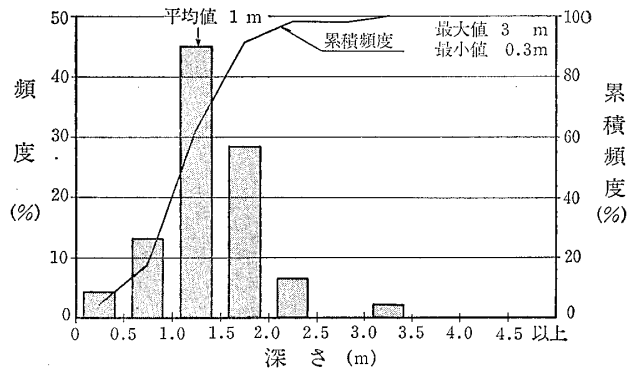
民家などによってその流動が阻止されたものや、沢沿いに流失したものを除くと、崩土の到達距離は比較的短く、図一26に示すように、全体の90%以上が25m以内に納まっている。また、図一27に示す崩



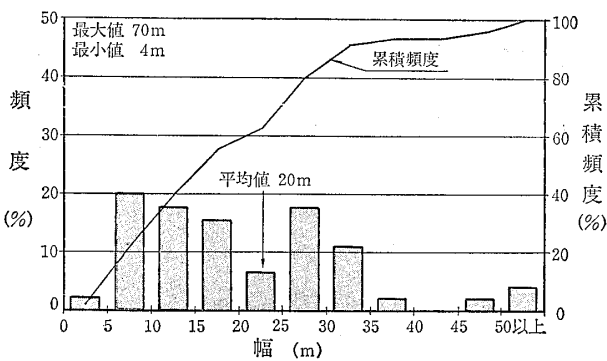
図一23 平均崩壊深さの頻度分布図
Fig.23 Frequency distribution of the average depth of collapse



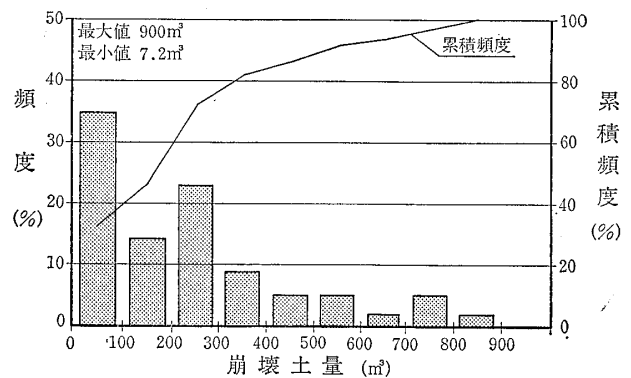
図一21 崩壊長さの頻度分布図
Fig.21 Frequency distribution of the actual length of the collapsed slope



図一24 最大崩壊深さの頻度分布図
Fig.24 Frequency distribution of the maximum depth of collapse



図一22 崩壊幅の頻度分布図
Fig.22 Frequency distribution of the width of the collapsed slope



図一25 崩壊土量の頻度分布図
Fig.25 Frequency distribution of the debris volume

土到達距離／崩壊地高さの頻度分布を見ると、最大3.0、最小0.1で、平均は0.6となっており、崩壊地

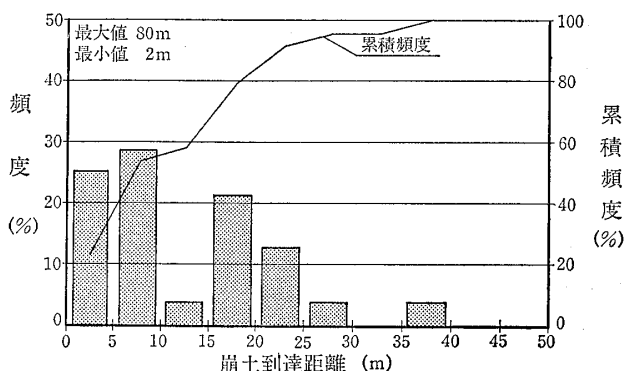


図-26 崩土到達距離の頻度分布図
Fig. 26 Frequency distribution of the run-out distance of the debris

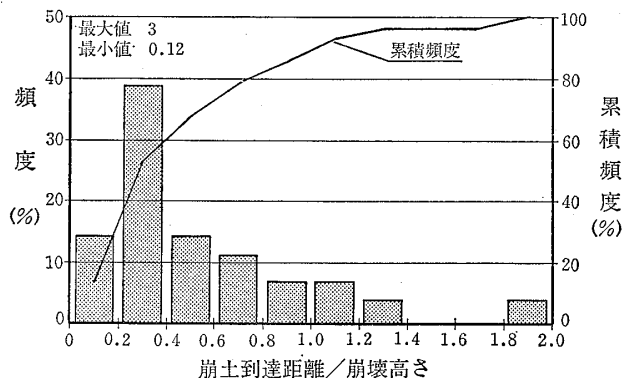


図-27 崩土到達距離／崩壊高さの頻度分布図
Fig. 27 Frequency distribution of ratio of the run-out distance of debris to the height of collapsed slope

高さに比べて崩土の到達距離は概して短いということが出来るが、しらすの中に多量に含まれている軽石は表流水によってかなり遠方まで運ばれている。以上に述べた崩壊の規模に関する各項目の最大値および平均値を示すと、表-4のようになる。

5 崩壊個所の土質特性

一般的に、しらす斜面の表面は表土あるいは崩積土で覆われており、その下部のしらすは、深部にゆくにしたがって徐々に風化の程度が小さくなっている。崩壊の発生としらすの風化程度との関係を考察するために、崩壊箇所やその周辺において、土研式簡易貫入試験 (N_c 値) および山中式土壤硬度計による硬度測定 (指標硬度) を実施した。

表-4 崩壊の規模一覧
Table 4 Magnitude of elements of the collapse

項目	最大値	平均
崩壊地高さ	82m	40m
崩壊部長さ	85m	30m
崩壊部幅	70m	20m
崩壊部深さ	3.2m	0.5m
崩壊土量	2940m ³	250m ³
崩土到達距離／崩壊高さ	3.0	0.6

表-5 地山しらすの硬さによる判別分類 (鹿児島県シラス対策研究会, 1976)
Table 5 Classification due to the hardness of usual Sirasu

分類	しらす				溶結凝灰岩
	極軟質	軟質	中硬質	硬質	
指標硬度 (mm)	20 以下	20~25	25~30	30~33	33以上

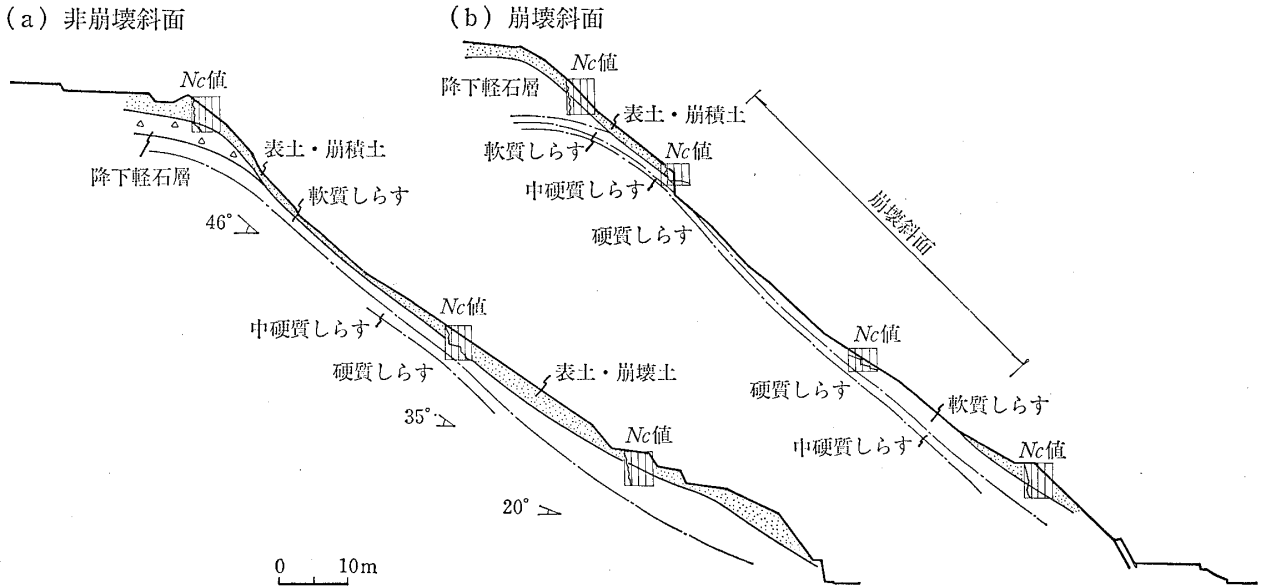
表-6 地山しらすの判別分類表 (鹿児島県シラス対策研究会, 1976)
Table 6 Classification of usual Sirasu

分類	軟しらす	中硬質しらす	硬質しらす
指標硬度 (mm)	20 以下	20~25	25~30
土研式貫入試験値 N_c (回)	8 以下	8 ~20	20~50
			50~88

鹿児島県シラス対策研究会（1976）によれば，山中式土壌硬度計による指標硬度については，表—5に示すように，33mm以上のものを溶結凝灰岩とし，33mm以下のものをしらすとし，その硬度に応じて4段階に分類している。また，土研式簡易貫入試験による N_c 値と指標硬度との間には表—6のような関係があるとしてい

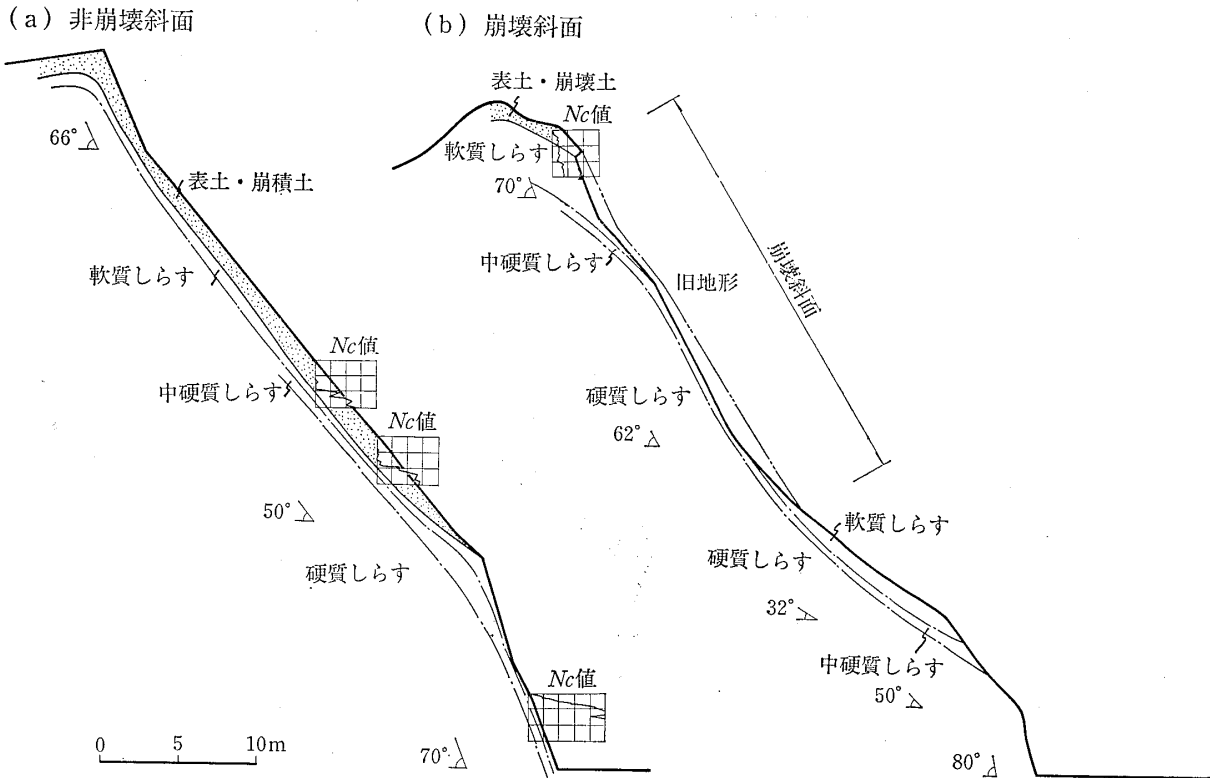
る。

これらの分類基準に基づいて測定された指標硬度および N_c 値を整理すると，たとえば，図—28および図—29に示すような地質断面が得られる。これらの断面は，比較的緩傾斜の斜面と急傾斜の斜面において，崩壊した斜面と崩壊しなかった斜面のそれぞれについて示したもの



図—28 しらす斜面（緩傾斜）断面図

Fig. 28 Example of the vertical section of the gentle slope of Sirasu



図—29 しらす斜面（急傾斜）断面図

Fig. 29 Example of the vertical section of the steep slope of Sirasu

である。図に示すように、いずれの場合も斜面には厚さ0.5~1mの表土・崩積土が分布しており、その下位には軟質しらす、中硬質しらす、硬質しらすの順にしらすが分布し、深度とともに徐々に硬質のしらすに移り変わっている。

ほとんどの表土や崩積土の N_c 値は5程度であり、ところによっては10以上の値を示すこともあるが、いずれの場合も、深さとともにその値が増加する傾向は認められない。今回の調査の結果によれば、この表土・崩積土としらすとの境界は、図-30に示すように、 N_c 値が増加傾向に変化する点から読み取ることが可能であり、崩壊部周辺斜面の上部~中腹部においては比較的明瞭に想定することができた。しかしながら、斜面の下部においては崩積土が厚いことに加えて、しらすの風化が著しく、 N_c 値の変化は漸増傾向にあるとはいえずかであり、崩積土としらすとの境界を明確に想定することは困難であった。なお、崩壊部の露頭観察の結果によれば、この N_c 値から求めた境界は、樹根の先端深度とほぼ一致していることがわかった。

また、台地上には、降下軽石層、火山灰層、二次しらすなどが分布しているが、これらの層の N_c 値は表土・崩積土と同じ程度に小さい値を示している。

尾根型地形をなす斜面には降下軽石層などの分布は見られないが、しらすの上部においてはかなりの深度まで風化が進み、しらすの表層部数mの間の N_c 値は小さい値を示している。崩壊は、表土・崩積土やしらすの強風化部と軟質しらすとの境界付近で発生しており、その深

さは0.5~1m程度である。ただし、急傾斜の斜面における崩壊の深さは緩傾斜の斜面におけるよりは浅いというものの、崩壊は中硬質しらす部にまで及んでいる。

図-31は、崩壊した斜面と崩壊しなかった斜面において実施した土研式簡易貫入試験によって得られた N_c 値と鉛直深度との関係を斜面の傾斜角別に示したものである。この図に示すように、斜面の傾斜の違いにかかわらず、鉛直深度がおよそ1m以下のところでは、 N_c 値が5以下の部分はほとんど崩壊している(領域A)。鉛直深度がおよそ1mより大きくなると、 N_c 値が5以下であっても崩壊せずに斜面に残っている場合もあり、反対に N_c 値が5以上であっても崩壊している場合もあり、鉛直深度と N_c 値の関係が明瞭でない領域(領域B)が見られる。ここに、A領域における最大深度を崩壊鉛直深さとすれば、傾斜60~69°の斜面では1.0m、傾斜50~59°の斜面では1.4m、傾斜40~49°の斜面では1.2m、傾斜30~39°の斜面では1.5mである。これらを崩壊厚さで表すと、それぞれ、0.45m、0.60m、0.75m、0.85mとなる。一方、B領域における最大深度を最大崩壊鉛直深さとすれば、それぞれの斜面において、2.0m、3.2m、1.9m、1.7mであり、最大崩壊厚さで表すと、0.85m、1.85m、1.50m、1.40mとなる。これらの結果から、しらす斜面における最大崩壊厚さは、斜面の上部で、かつ、傾斜が50~59°をなす斜面部分が最も深く、斜面の下部に移る(傾斜が小さくなる)に従って次第に浅くなっていること、また、斜面の最上部の滑落崖付近の最も急傾斜となっている部分では、崩壊厚さが最も小さくなって

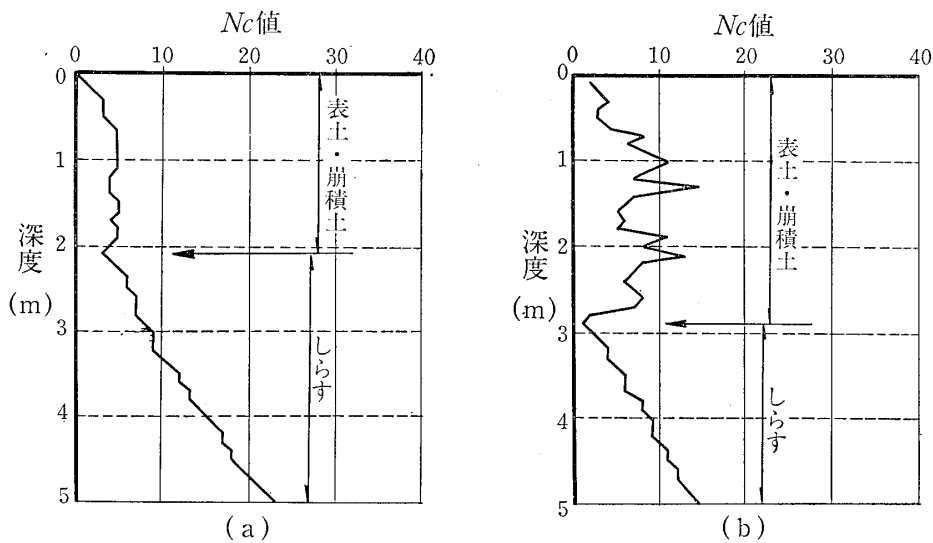


図-30 土研式簡易貫入試験による深度と N_c 値との関係

Fig. 30 Relationship between the depth and N_c value from penetration test

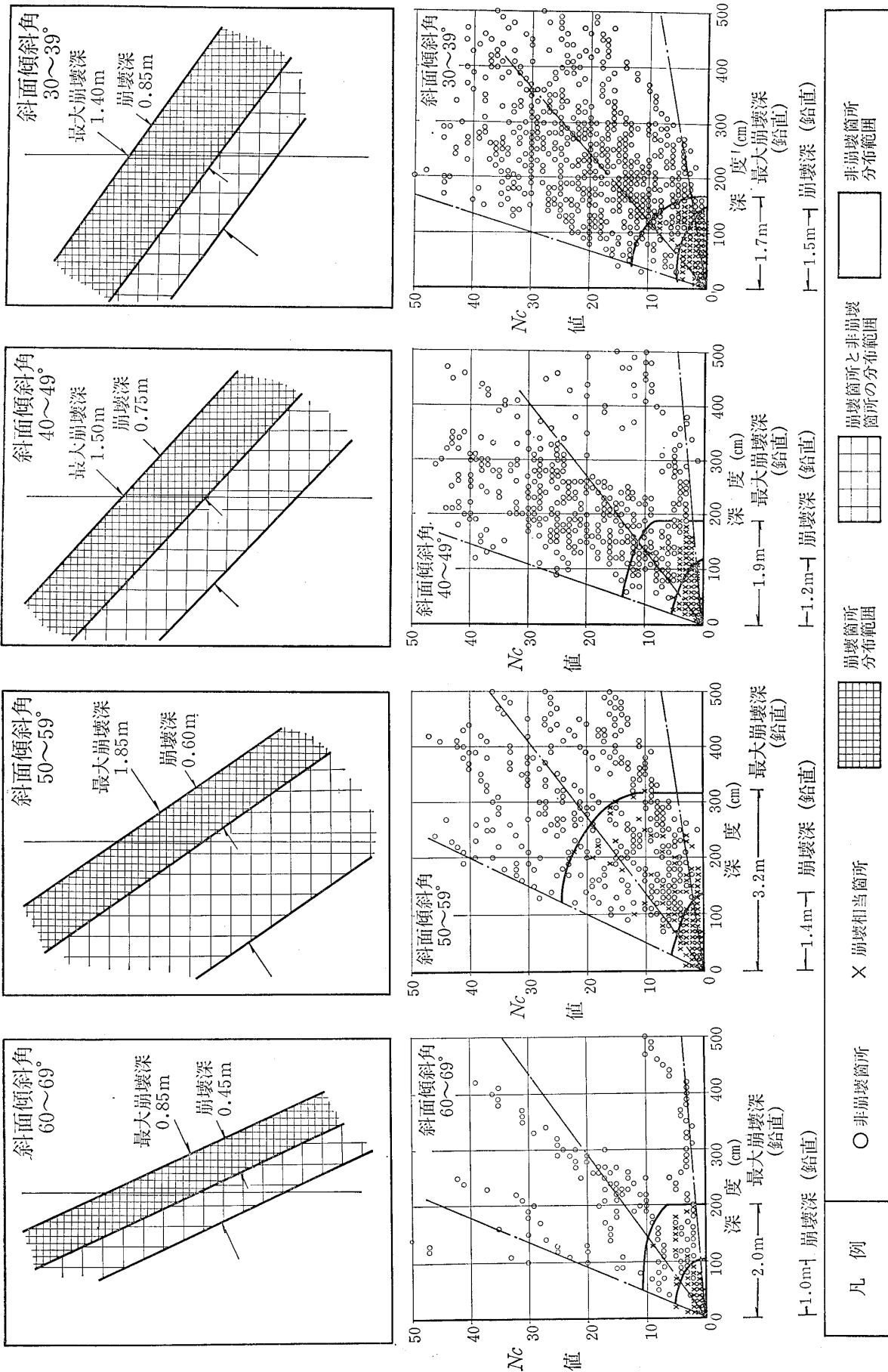


図-31 斜面の傾斜角と崩壊深さとの関係
Fig. 31 Relationship between the angle of slope and the depth of collapse

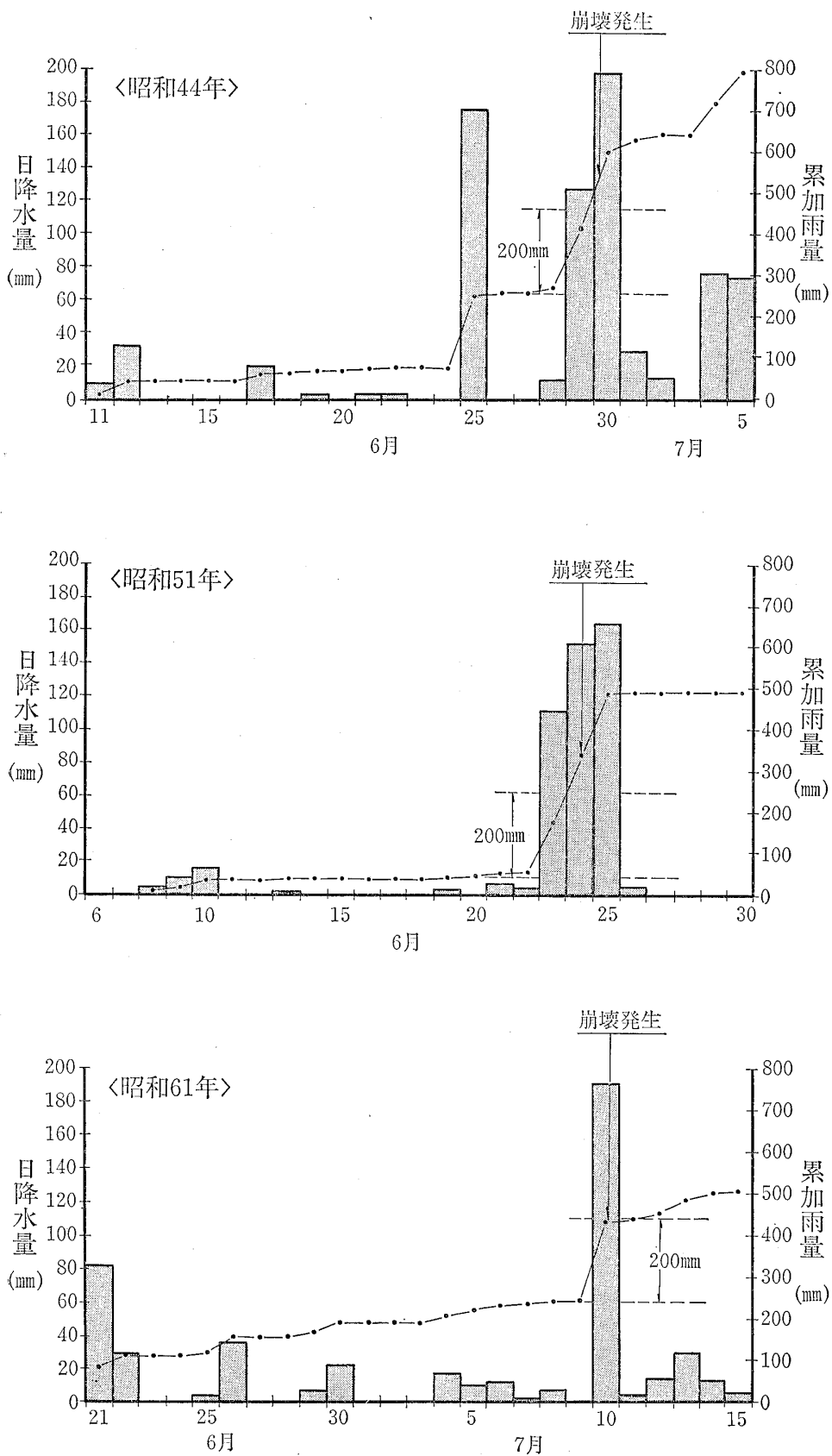


図-32 崩壊発生時の降雨状況の比較(鹿児島地方気象台資料による)

Fig. 32 Comparison of the rainfall pattern when collapse of slope occurred

いることがうかがえる。

6 昭和61年7月10日の斜面崩壊と過去の斜面崩壊との比較

鹿児島県下において、これまでに豪雨によって発生したしらす斜面の崩壊などの被害については、発生直後にその実態調査が実施され、その結果が報告されている。これらの豪雨のうち、昭和44年6・7月の豪雨、昭和47年6・7月の豪雨および昭和51年6月の豪雨による斜面崩壊については、それぞれ、鹿児島県土木部(1970)、春山ほか(1972)および永井ほか(1976)によって詳細な報告がなされている。

これらの豪雨災害時の雨の降り方と今回の雨の降り方に著しい差異があることから、しらす斜面の崩壊に及ぼす影響が異なることが考えられる。今回の調査と上記の3つの調査とでは、調査内容に精粗の違いは若干あるけれども、しらす斜面の崩壊に関して今回の調査結果との比較を行った。

6・1 崩壊発生時の降雨状況

昭和44年および昭和51年の集中豪雨時の降雨形態と昭和61年の集中豪雨時の降雨形態を比較するために、それぞれの豪雨による災害発生時の降雨状況を比較して示す

と図-32のようになる。昭和46年の場合は、降雨範囲が広く、また、崩壊箇所も広い範囲に分布しており、これに対して雨量観測地点数が少なく、崩壊箇所の降雨状況を反映したデータが得られていない。

図-32から明らかなように、過去の降雨状況に比べると、今回の場合は短時間に多量の降雨があったことがうかがえる。さらに、崩壊発生時までの連続雨量で比較すると、昭和44年の豪雨の場合の災害発生までの連続雨量は39時間で約240mm(6月28日17時からの降雨)、また、昭和51年の豪雨の場合には41時間で約220mm(6月22日

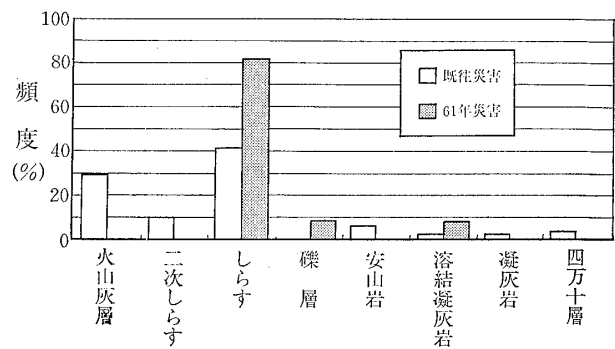


図-33 崩壊斜面の地質の頻度分布の比較
Fig. 33 Comparison of frequency distribution of geology appeared on collapsed slope

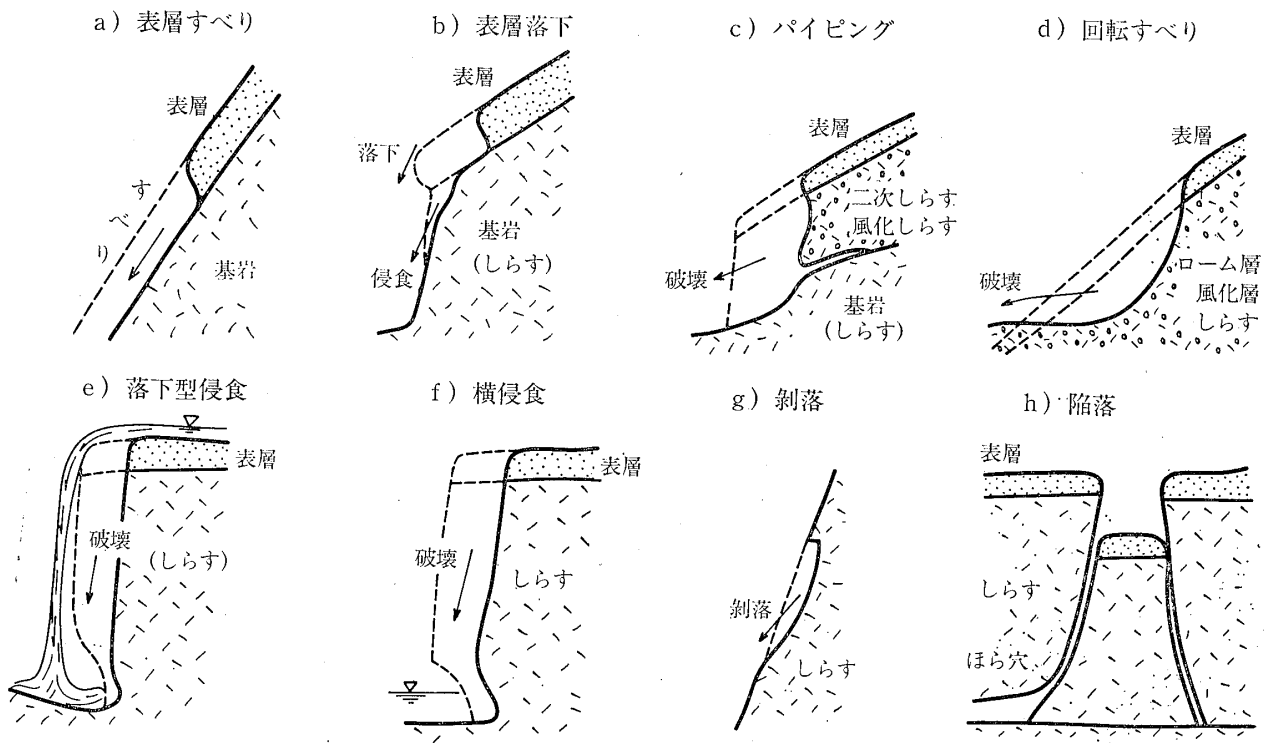
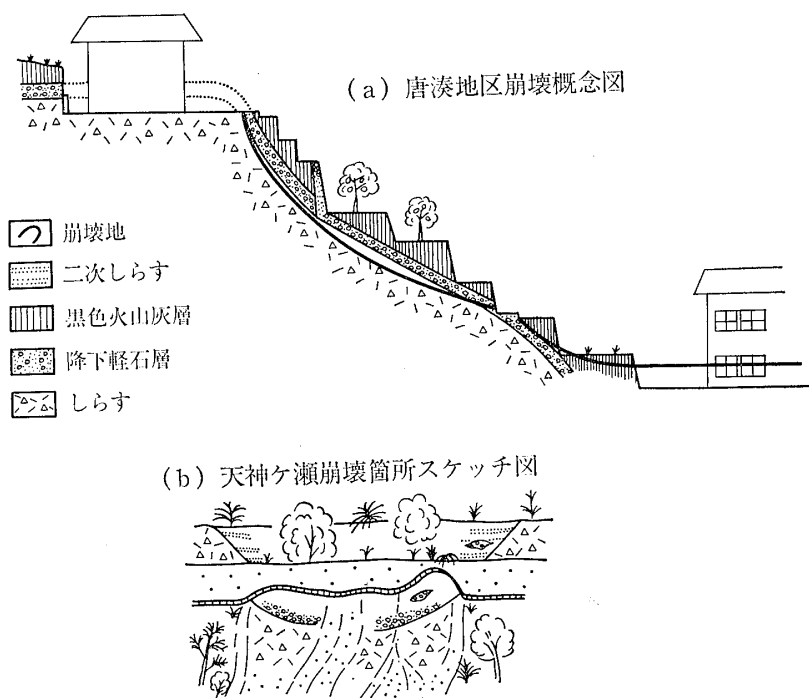


図-34 しらす地帯の崩壊形態(春山, 1974)
Fig. 34 Standard pattern of the collapse of slope in Sirasu area (Haruyama, 1974)



図一35 斜面の崩壊概念図 (岩松, 1976)

Fig. 35 Schematic geological section of the collapsed slope in Sirasu area (Iwamatsu, 1976)

21時からの降雨)の降雨量となっている。これらに対して、今回(昭和61年7月10日)の集中豪雨においては、鹿児島市中心部において、連続雨量(11時から17時までの6時間)200~220mmを記録している。

以上のように、崩壊発生までの連続雨量は、いずれの場合も200mm強で同じ程度であるが、今回の降雨時間は過去のものに比べて7分の1であり、きわめて短時間であるという特徴を示している。

6・2 崩壊斜面の地質・地形の比較

a) 崩壊面の地質

図一33は、崩壊面の地質を比較したものである。今回の崩壊斜面の地質は、大部分(約80%)がしらすであり、また、礫層および溶結凝灰岩がそれぞれ約10%を占めているが、火山灰層および二次しらすのところでは発生していない。これに対して、既往の崩壊斜面の地質は、しらすが40%程度、火山灰層が約30%、二次しらすが約10%となっている。

b) 崩壊の形態

春山(1974)は、南九州のしらす分布域における豪雨による斜面崩壊について、その崩壊形態に基づいて、図一34に示すように、表層すべり、表層落下、パイピング、回転すべり、落下型浸食、横浸食、剝落および陥落に分類している。また、岩松(1976)は、鹿児島市における比較的最近の豪雨による斜面

の崩壊例から、台地周辺部における大規模な斜面崩壊は、しらす自体の崩壊によるものではなく、降下軽石層より上位の部分が滑落した表層すべりであると指摘している(図一35参照)。

しかしながら、岩松が降下軽石層を下底とする二次しらす、火山灰などの表層堆積物が崩壊したとしている地域とほとんど同じ地域について対比してみると、今回の集中豪雨による斜面崩壊においては、一部にパイピングに起因するもの、あるいは回転すべり(円孤すべり)と考えられる個所もあるが、ほとんどの場合が春山の表層すべりに相当するものであった。これは、今回の崩壊のほとんどが急斜面において発生しており、このような急斜面には降下軽石層や火山灰層などが分布していないためと考えられる。

c) 崩壊斜面の横断形および平均傾斜

図一36は、斜面の横断形の頻度を比較したものである。この図によれば、いずれの場合も谷型斜面および直線型斜面において多く発生しており、しかもそれぞれの発生頻度はほとんど等しく、差異は認められない。

一方、斜面の平均傾斜の頻度については、図一37に示すようになる。今回の崩壊頻度は、40~59°の平均傾斜のところでもっとも多く(44%)発生しており、これよりも平均傾斜が大きいところでは、既

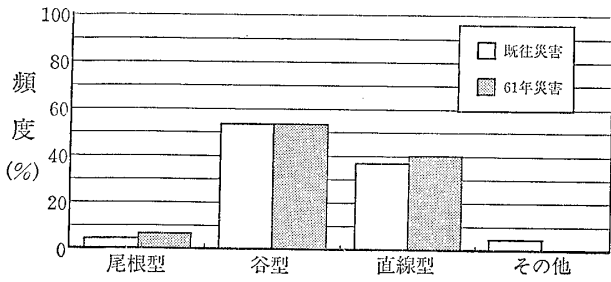


図-36 崩壊斜面の横断形の頻度分布の比較
Fig. 36 Comparison of frequency distribution of the horizontal topographic pattern of the collapsed slope

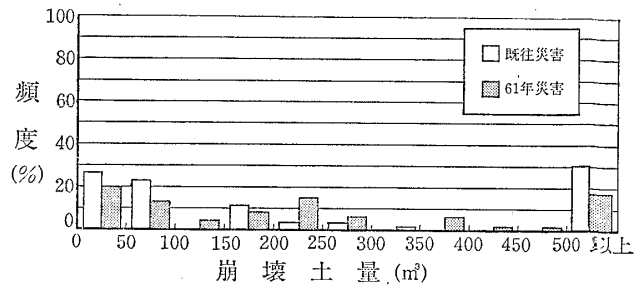


図-38 崩壊土量の頻度分布の比較
Fig. 38 Comparison of frequency distribution of the debris volume

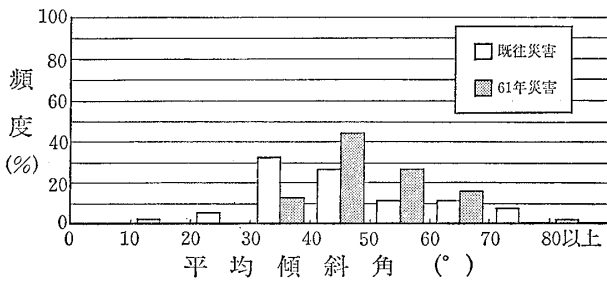


図-37 崩壊斜面の平均傾斜角の頻度分布の比較
Fig. 37 Comparison of frequency distribution of the average angle of the collapsed slope

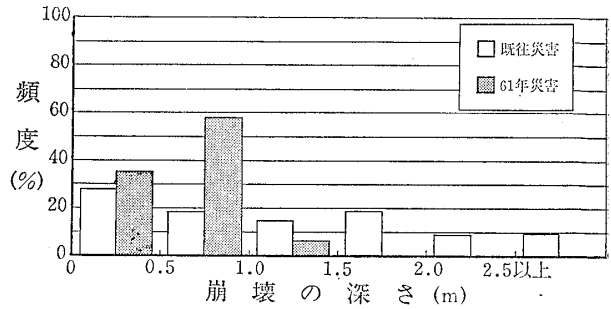


図-39 平均崩壊深さの頻度分布の比較
Fig. 39 Comparison of frequency distribution of the average depth of collapse

往の場合よりも頻度が大きくなっている。これに対して、既往の崩壊では、30~39°の平均傾斜のところが最大で、今回の場合よりも大きくなっている。

これは、崩壊面の地質において述べたように、既往の崩壊が比較的緩傾斜のところ分布する火山灰層や二次しらすにおいても多く発生しているのに対して、今回の場合には全く発生していないことによるものと考えられる。

6・3 崩壊の規模

図-38は崩壊土量の頻度を比較したものである。この図によれば、500m³以上の土量を示すものが、今回の場合に約20%、既往の場合は約30%となっている。また、土量が100m³以下のものは、今回の場合は約35%を示しているが、既往の場合にはおよそ50%となっている。したがって、100~500m³のものは、今回の場合は約45%、既往の場合には約20%となる。このように、既往の場合に比べて今回の場合には中程度の崩壊土量のものが多いといえる。

一方、崩壊の深さについては、図-39に示すように、今回の場合はすべて1.5m以下であり、そのうち1m以下のものが90%を占めている。これに対して、既往の場合には、0~3mの範囲に比較的均等に分布しており

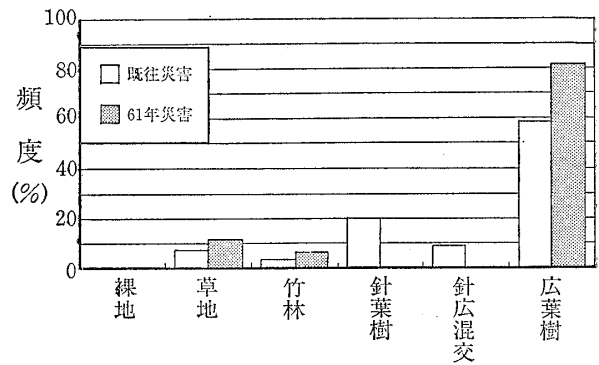


図-40 崩壊地の植生の頻度分布の比較
Fig. 40 Comparison of frequency distribution of the vegetation in collapsed slope

1m以下のものは50%程度である。

以上のように、崩壊の深さについては明かな相違があり、今回の場合の方が比較的浅いといえる。

6・4 崩壊地の植生

図-40は、崩壊地の植生の頻度を比較したものである。

今回の場合はほとんどが広葉樹で覆われた斜面に崩壊が発生しているが、既往の場合には広葉樹のほか針葉

樹や針葉樹と広葉樹の混植の斜面にも崩壊が発生している。しかしながら、既往の崩壊を今回の降雨域と同じ範囲の鹿児島市付近のデータだけでみると、針葉樹で覆われた急傾斜の斜面は崩壊を起こしていない。

5 あとがき

昭和61年7月10日に鹿児島市を襲った集中豪雨によって発生した斜面崩壊の実態調査結果の概要を述べるとともに、過去に発生した集中豪雨による斜面崩壊との対比を行った。過去の集中豪雨が、連続雨量が約200mmに達するまでの時間がおよそ40時間であったのに対して、今回の豪雨においては、6時間ほどの間に約200mmに達しており、極めて特異な降雨状況であったといえる。

今回の斜面崩壊を既往の斜面崩壊と比較すると、既往のものよりも急斜面個所における崩壊の割合が多い。これは、同じ連続雨量であっても短時間における降雨の場合には、斜面がある傾斜角以下の場合には崩壊しにくいことを示しているといえる。すべての個所においてしらす自体の崩壊であり、また、その規模は中程度のものの発生割合が比較的多い。しかしながら、現地調査結果を整理しながら特に感じられたことは、崩壊斜面の形状や崩壊の規模・形態などが連続雨量やその降り方に関係があるとはいえ、斜面を構成している地質特性や特に先行降雨による表層地質の浸潤状況なども大きく関与し、崩壊を降雨量からのみ論じることは困難であるということであった。

参 考 文 献

- 岩松 暉(1976)：シラス災害の一型式 鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学) No.9
- 鹿児島県企画部開発課(1973)：鹿児島県地域開発地域土地分類基本調査(鹿児島)
- 鹿児島県シラス対策研究会(1976)：シラス地帯における土工設計施工指針と運用
- 鹿児島県土木部(1970)：シラス災害地帯調
- 鹿児島県土木部河川課(1986)：昭和61年7月10日集中豪雨災害調査報告書(1)
- 鹿児島県土木部砂防課(1987)：シラス崖災害
- 建設省土木研究所急傾斜地崩壊研究室(1979)：自然斜面の崩壊とその対策に関する調査研究報告(その1) 土木研究所資料 第1475号
- 永井利正, 春山元寿, 下川悦郎(1976)：昭和51年6月豪雨によるがけ崩れと降雨量の関係 第13回自然災害科学総合シンポジウム
- 早坂祥三, 大木公彦(1971)：鹿児島市地域のボーリング資料にもとづく地質学的考察 鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学) No.4
- 春山元寿(1974)：豪雨による南九州の斜面崩壊 自然災害資料解析1
- 春山元寿, 下川悦郎(1972)：鹿児島県における昭和47年6・7月豪雨による斜面崩壊の実態と対策 鹿児島県林務部編
- 春山元寿, 下川悦郎(1977)：昭和51年6月豪雨によるがけ崩れと降雨量について 昭和51年6月豪雨による鹿児島県の土砂および土石流災害に関する調査研究報告 文部省自然災害特別研究(昭和51年度)

