

がけ崩れ災害実態について

昭和51年 2 月

建設省河川局砂防部傾斜地保全課
建設省土木研究所砂防部急傾斜地崩壊研究室

目 次

§ 1	は じ め に	1
§ 2	がけ崩れ災害実態調査の趣旨	1
§ 3	調査のあらまし	2
§ 4	がけ崩れの分布	5
§ 5	地質とがけ崩れ	14
§ 6	がけ崩れの型	19
§ 7	斜面の地形とがけ崩れ	38
§ 8	斜面の植生とがけ崩れ	54
§ 9	斜面方位とがけ崩れ	64
§ 10	斜面上方の状態とがけ崩れ	66
§ 11	がけ崩れの斜面上の位置	70
§ 12	集水面積について	78
§ 13	崩土の状態について	80
§ 14	斜面上の土地利用状況とがけ崩れ	83
§ 15	がけ崩れを起した斜面の規模	85
§ 16	がけ崩れの規模	97
§ 17	がけ崩れ周辺での再崩壊	146
§ 18	湧水とがけ崩れの関係	150
§ 19	地表水とがけ崩れの関係	157
§ 20	長大斜面について	160
§ 21	崩 壊 危 険 度	165
§ 22	被 害 規 模	179
§ 23	がけ崩れ発生時刻と災害規模	184
§ 24	災害原因と災害規模	188
§ 25	あ と が き	189

§ 1 は じ め に

昭和47年に、過去3年間の代表的なかけ崩れ災害についての調査が行なわれた。これは、かけ崩れ、およびそれによる災害についての概要を知るための初めての試みであったし、その結果はかけ崩れ対策推進のための貴重な資料として用いられて来たと思われる。

しかし、その後かけ崩れ対策の精力的な進展にもかかわらず、昭和47年、49年には激しいかけ崩れ災害に見舞われた。このような災害の資料の蓄積とその分析は、今後のかけ崩れ対策を効率的に進める上で極めて重要な情報を提供することになる。

今回報告するものは昭和47年から49年までの3年間のかけ崩れ災害について、さらに内容を充実させて調査を実施し、とりまとめたものである。

§ 2 かけ崩れ災害実態調査の趣旨

昭和47年に、かけ崩れ災害の実態を知るため、昭和44～46年の3ヶ年の代表的なかけ崩れについて種々の調査を行ない整理を行なった。その結果は土木研究所資料第772号“かけ崩れ災害実態調査

(中間集計)*1”として報告した。この時の調査は過去3年にわたるかけ崩れについての調査であるから、調査時点では現地の状況も変化している場合が多く、かなりの項目について粗い推定によるものが入っていたり、また、全国のかけ崩れの内代表的(大きな被害をともなったもの)なものを選んで行なっているのでデータとしてのある程度のかたよりがあることや、またデータ数が少ない等の理由で、かけ崩れの実態を充分とらえきれていないむきもあった。そこで47年からは、調査項目をさらに充実させて、毎年、発生するかけ崩れのはず全数を調査することを目標として、かけ崩れ災害実態調査を継続することになった。本報告は以来3ヶ年を経過し、データもかなりの数に達したので集計・整理を行なった結果をまとめたものである。前回の集計とも比較しながら、結果を述べていく。

*1 建設省河川局砂防部地すべり対策室、建設省土木研究所急傾斜地崩壊研究室：かけ崩れ災害実態調査(中間集計) 土木研究所資料第772号 昭和47年6月

§ 3 調査のあらまし

前回の集計分も合わせて、調査箇所数を示すと表-1, 2に示ようになる。

44～46年分の調査箇所は代表的なもののみ選んであり、47年48年については、特に47年のがけ崩れ発生件数が非常に多いので、それらの内、緊急急傾斜地崩壊対策事業に採択された箇所^{*2}およびそれ以外で資料のととのっている箇所を選んでいる。

49年についてはがけ崩れ発生件数が384の内災害報告の対象となるもの^{*3}全数について調査することとした。(実際には全数集められてはいない。)

各年で抽出方法に差があり、47, 48年の箇所は被害規模の大きなもののがかなり多く含まれていると思われたが、表-3に示すごとく全体としては、その傾向は見られなく、被害規模は抽出方法にはあまり関係ないようである。

調査項目は前回(昭和44～46年分)のものに地形的な要素を加えて表-4に示すような項目について行なった。

なお調査箇所の分布、集計表および調査実施様式と要領は別冊資料として作成した。

表 - 1 調 査 箇 所 数

	調査箇所数	がけ崩れ件数	選 択 方 法
昭 和 44 年	44	128	被害のあったがけ崩れ代表箇所
45	40	348	"
46	117	1,220	"
47	329	1,070	緊急急傾斜地崩壊対策事業採択箇所および他の崩壊箇所 で資料のととのっている箇所
48	50	63	"
49	222	384	災害報告の対象となるもの
計	802	3,213	

*2 保全対象人家戸数10戸以上で、斜面傾斜30°以上高さ10m以上の急傾斜地

*3 人家、人命、公共的建物に被害のあった崩壊

表 - 2 都道府県別調査箇所数

年	44	45	46	47	48	49	合 計
北 海 道			4	10	8	1	23
青 森 県	1	1	1			1	4
岩 手 県		1	1	2	2		6
宮 城 県			2			5	7
秋 田 県	1		1		1		3
山 形 県	2		3			2	7
福 島 県		2	7				7
茨 城 県					1	1	2
栃 木 県			1				3
群 馬 県						1	0
埼 玉 県			10				1
千 葉 県							10
東 京 都		5	1	16	11	53	0
奈 良 県	3	3		1	4	3	67
神 奈 川 県		1		1			14
新 潟 県		4	5	2		2	2
山 梨 県	4					3	13
富 山 県	3	1	2	9	1	5	7
石 川 県	1	4	1	5		1	21
岐 阜 県	2	2	2	5	1	26	12
静 岡 県	1	1	5	2		1	38
愛 知 県		1	8	4		9	10
福 岡 県			1	12	2	1	18
滋 賀 県	2		2	10		1	16
京 都 府		2		5			15
大 阪 府	3		1	1			7
兵 庫 県			5	2		20	5
奈 良 県		1	3	4			27
和 歌 山 県		3		3	1		8
鳥 取 県	3		2	3			7
島 根 県	1		7	10			3
岡 山 県	6	1		28		9	15
広 島 県				42		13	45
山 口 県		2	2	75	9	22	62
徳 島 県				4		10	108
香 川 県	3	2	1	2		2	16
愛 媛 県		1	6	3	1	5	4
高 知 県	1		3	9	4		8
福 岡 県				1			16
佐 賀 県			7	32	2	5	17
長 崎 県	1		5	6		1	1
熊 本 県		1	7	11	2	18	46
大 宮 県	4	1	3	3			13
鹿 児 島 県	2		8	4			39
沖 縄 県						1	11
合 計	44	40	117	329	50	222	14

表 - 3 抽出方法別、被害規模

	調査箇所数	保全対象人家戸数	被災家屋数	崩壊1箇所あたりの保全対象人家戸数	崩壊1箇所あたりの被災家屋数	抽出方法
47 年	329	6,255	644	19.0	1.96	緊急危険箇所調査
48	50	1,158	167	23.2	3.34	"
49	222	6,225	558	28.0	2.61	災害報告対象

表 - 4 調 査 項 目

調 査 項 目	分 類
1. 崩壊発生日時	N, NE, E, ES, S, SW, W, WN
2. 斜面の向き	
3. 斜面の型	1. 大きな尾根部 2. 山腹の小さな尾根部 3. 大きな谷部
a 水平断面型	4. 山腹の小さな谷部 5. 平衡な山腹 6. その他
b 垂直断面型	1. 凸型 2. 凹型 3. 直線型 4. 複合型 (S型)
4. 斜面上端の状態	5. 複合型 (逆S型) 6. その他
5. 斜面の利用状況	1. 尾根 2. 台地 3. 凹地 4. その他
6. 斜面の傾斜	1. 水路又は沢 2. 道路 3. 池沼 4. 家
7. 斜面の高さ	5. 田畑 6. 山林 7. その他
8. 地質	
a 表層	表層土の種類および取さ
b 基岩	1. 噴出岩類 2. 深成岩類 3. 火山砕屑物
9. 地被物の状態	4. 水成堆積岩類 5. 変成岩類 6. シラス 7. ローム
a 種類	8. その他 および岩石名
b 樹令	1. 裸地 2. 草地 3. 竹 4. 斜葉樹
c 密度	5. 広葉樹 6. 針広混交 7. その他
10. 崩壊型	上記 4, 5, 6 について
11. 崩壊の規模	a 10年未満 b 10~30年未満 c 30~50年未満
a 崩壊高	d 50年以上
b 崩壊巾	1. 疎 2. 中 3. 密
c 崩壊深	表-13 に示す 25 区分
d 崩壊斜面長	
e 崩壊土量	
f 崩土の到達距離	
12. 崩土の状態	1. 泥状 2. 土塊状 3. 砂状 4. 岩魁状
13. 崩壊頭部の位置	5. その他
14. 過去の崩壊の有無	1. 上部 2. 中部 3. 下部
15. 水の存否	付近および同一個所での崩壊および回数, 年
a 地表水	a 有 b 無
b 湧水	崩壊前, 崩壊後の有無
16. 崩壊の発生原因	
17. 降雨資料	a 崩壊発生時までの連続雨量 b 発生時の日雨量
18. 保全対象人家戸数	c 発生時までの 24 時間雨量 d 発生時までの最大時間雨量
19. 人的被害	e 平均年雨量 f 既往最大日雨量 g 既往最大時間雨量
20. 被災戸数	a 死者 b 負傷者
21. その他の被害	a 全壊 b 半壊 c 一部破損
22. 総点検との関連	S. 47. 総点検時の A, B, O ランク

§ 4 がけ崩れの分布

図-1に調査対象がけ崩れの分布、図-2に急傾斜地崩壊危険個所の分布、表-2に都道府県毎の調査箇所数を示した。急傾斜地崩壊対策事業の実施にさきがけて、建設省が昭和42年に行なった危険地調べ^{*6}では、全国で7,400余個所の危険地があったが、その際の危険地の分布の特徴を芥川氏^{*7}は次のように述べている。

1. 地理的特徴

Ⅰ) 危険区域の分布は人口密度と密接な関係がある

わが国の都市は、ほとんど沖積平野にあるし、都市では自然斜面を問題にすることが少ない。神戸、広島、横浜などは少数の例外である。都市部を除けば、一般に急傾斜地崩壊危険区域の分布は人口分布に似る傾向がある。これは危険区域の定義上、人家のない所には危険地が存在し得ないからである。

Ⅱ) 危険区域は海岸、川沿いに多い

危険区域のもう1つの大きい特徴は、それが海岸沿いに著しく多いことと、内陸ではほとんどが川沿いに（支川を含めて）分布することである。海岸沿いのものは、海ぎわの狭小な平地に、ひしめくように人家の立ちならんだ漁村がたくさんあるためである。佐渡、紀伊半島西岸、日向灘沿いなどが典型的な例で、漁場に近く、山地が海岸までせまった所である。地形学的には、溺れ谷地形が発達し、あるいは近い過去に海蝕崖の形成された所で、海蝕崖下に狭い沖積面や海岸段丘の生じた所である。多くは崖上にも古い海岸段丘面をもっている。

川沿いに危険区域が多いのは、山村の耕地が河成段丘を利用して発達し、人家は洪水をさけて山すそ、すなわち古い河蝕崖下に集まるためであり、また古い街道以後は道路が好んで川沿いにつくられ、しかもややもすれば川の氾濫をさけて新川の河蝕崖下を通過しているためである。その後は人家は道路沿いに集中し、危険を知らずに崖下の狭い土地も人家で埋められてしまうからである。

2. 地質的特徴

急傾斜地斜面の地質的な特徴は地形的な特徴を規制し、さらに両者が結びついて崩壊に影響を与える。それゆえ急傾斜地崩壊と地質との結びつきはかなり不鮮明である。それにもかかわらず、次のような特色が認められる。

Ⅰ) 花崗岩類

日本の花崗岩は、中生代前期またはそれ以前のもの、中生代末期のもの、中新世のものに大別される。傾家型花崗岩は第1のものの代表で、進入片麻岩を伴って、中央地溝帯の内側に幅広く分布する。他の二者にくらべて高変成度の岩を含み、粒子配列が顕著で密度が高く、多少風化しにくい。この種

* 4 昭和44～49年 802 箇所

* 5 昭和47年7月急傾斜地の崩壊等による災害危険個所の総点検。（以下、総点検と略して用いる）
保全対象人家戸数5戸以上、傾斜30度以上、高さ5m以上の斜面を対象。

* 6 昭和42年5月急傾斜地の実態調査、建設省砂防課

* 7 芥川真知：急傾斜地崩壊の特徴と対策の着眼点、土木技術資料11-5P、1969

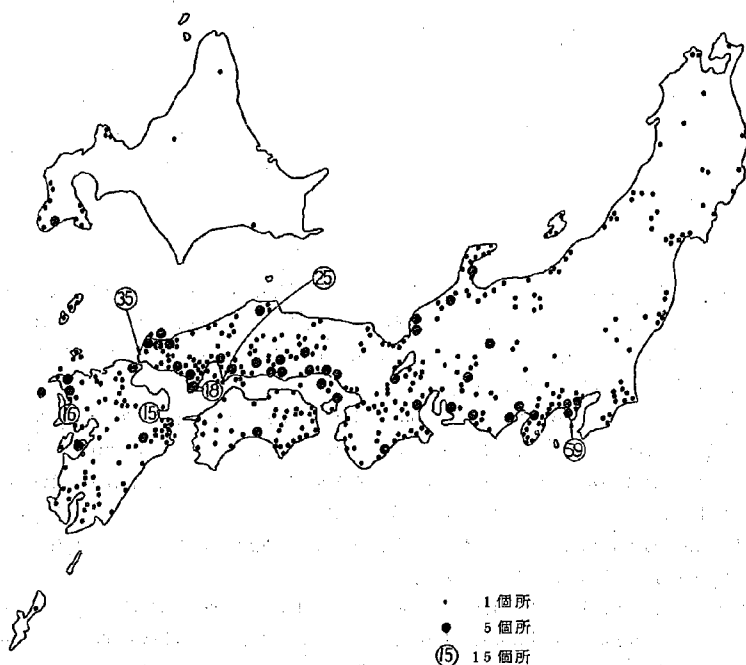


図-1 調査がけ崩れ分布図 (44～49年)

の花崗岩、侵入片麻岩などで特徴づけられた地帯を領家帯という。領家帯の岩石には節理が発達し、切断面は準平原面を形成するが細かい谷が多く、また谷が準平原面に深く刻みこんでいて、全般的にはかなり急峻な山容を示す。人口は谷に集中し、急傾斜地崩壊の危険地は谷に密集する。その分布密度は、他の岩にくらべて目立って高い。これに対し、中生代末の花崗岩は広島型とよばれ、密度がやや小さく、深層風化と準平原化で特徴づけられ、山容はなだらかである。そのため急傾斜地が少ないが、準平原面の末端である海岸近くだけは谷沿いや海岸沿いで浸蝕がげしく、急傾斜地危険区域が密集するようになる。

Ⅱ) 時代未詳中生層, 中生代末～古第三紀層

時代未詳の中生層は赤石山脈から紀伊半島中、南部、四国南部から宮崎、鹿児島の一部にと帯状に分布する。中生代末～古第三紀層はその南部に分布する。これらの地層は固結度が高く、多くは破碎も著しくない。風化に対しても浸蝕に対しても抵抗が大きいので、古い時期の風化生成物が山腹に留まっているような条件下では、山腹に崩壊土の小平坦面を残したり、小さい谷底平野をつくったりしているので人はそこに住む。急傾斜地に崩土があるので危険区域はかなり高密度に、かつむらなく存在する。しかし山容が急で生産性も高くないから、全般的に人口が稀薄だったり、浸蝕が風化を上回る

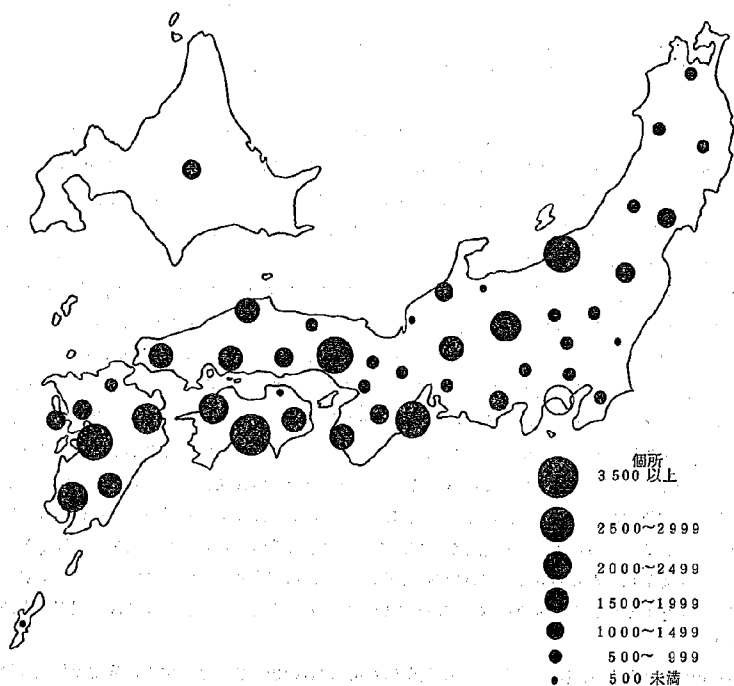


図-2 急傾斜地崩壊危険箇所
都道府県別分布図(47・総点検)

場合には人が住みつかず、危険区域もなくなる。

Ⅲ) シラス、熔結凝灰岩、第四紀火山

シラスの堆積面は水がないので人が住まない。谷底を流れあるいは谷壁の中、下部の狭みや不整合面に沿って湧出する水を求めて人が住みつくが、谷壁には長い垂直な絶壁ができていて、そこが崩壊の危険区域となる。阿蘇熔岩などの熔結凝灰岩もほぼ同様である。第四紀火山地帯では、それが溶岩・火山灰互層であっても、また火山泥流であっても、堆積面は土地がやせ用水も足りないため、また川沿いは河床の浸蝕がはげしすぎて谷底面の利用が困難なため集落は発達しない。山麓かなり先端になってから人が住み、危険区域が増加する。

Ⅳ) 第三紀層など

第三紀層またはそれ以前の噴出岩類は、それが軟質の凝灰岩を伴うか否かで浸蝕に対する抵抗が大きく変る。硬質の噴出岩類が広域にまとまって存在する場合は濃飛流紋岩のように高い準平原をつくり、比較的狭い谷がこれをおくるか谷底平野をつくらず、地味のやせている場合と、関東山地の第

三紀火山岩のように、浸蝕がはげしく地形が急で人の居住に適さない場合がある。

火砕岩を多く含む緑色凝灰岩地帯や第三紀の堆積層では、風化が比較的早く、地形もあまりけわしくないので人口も比較的多く、段丘の発達と相まって危険区域の分布が密になる場合がある。

V) 地質構造線

一般に崩壊は地質構造線とよばれる大規模の断層破砕帯中に密集する傾向があるといわれているが、急傾斜地崩壊に関する限り、中央構造線など少数の例外をのぞいて筆者の作業した1/2,000,000地図上ではこの傾向が認められない。その原因は、一つには地質構造線で崩壊の発生する斜面の規模、こう配がここであう“急傾斜地”のそれと異なるのかもしれないが、多分地図の縮尺と表現の能力の問題により多くの原因をもつであろう。」

昭和47年の総点検では危険地帯の個所数は8倍以上(60,756個所)に達しているので、分布の特徴は芥川氏の記述とは多少異なっているかも知れないが、大略においては、ほぼ正しいと見てよい。図-2は都道府県別の分布であるので、詳細な分布を知ることはできない。(詳細分布図は別冊資料編参照)危険地帯の分布は、上述のようにある程度特徴づけられるが、かけ崩れの発生分布になると、この他にかけ崩れ発生の原因となる気象条件の発生分布が影響するので、その特徴は不明瞭となる。図-1は昭和44~49年に発生したかけ崩れ3,200余個所の内、調査対象となった約1/4に相当する802個所についての分布を示したものである。このみでかけ崩れ発生分布は云々できない。危険地帯の分布が地質的な特徴よりも、むしろ社会的、人文地理的条件によって特徴づけられるように、かけ崩れ分布も、このような条件が累地となって、これに気象条件が加えられた特徴を示すこととなる。図-1は全国的にかなりちらばっているが、それでも、人口集中度の高い地域で、しかも集中豪雨、台風等の発生しやすい東海~西日本に集中していることが読みとれる。表-5には原因別調査個所数を示す。

地すべりの場合は運動土塊および基盤との境界条件が、地質の影響を受けやすく、分布の特徴は地質条件によって比較的説明しやすい(図-3・4・5*)。一方、かけ崩れの場合は後述するように地表下浅い部分での崩壊が多く、わずかな地形、地質(岩質、割れ目、境界、風化等)の変化、あるいは地表付近の土層構成や水理水文条件のわずかな変化等が影響し、大雑把な地質分毎の差異は見出しにくい。

*8 山田、渡、小橋：地すべり・斜面崩壊の実態と対策、山海堂 1971 P.15~17.

表-5-1 原因別調査個所数 (S.47)

47 年度	低気圧 による 雨 (2月)	春前 (3月 中旬)	春前 (3月 下旬)	低気圧 による 雨 (4月 中旬)	" 雨 (6月 中旬)	" 雨 (6月 下旬)	梅雨 (9月 末)	47.7 豪雨	台風 6号 (7月)	台風 7.9号 (9月)	台風 8号 (9月)	台風 集 (9月 中旬)	台風 集 (9月 下旬)	台風 20号 (9月)	台風 集 (9月 下旬)	台風 28号 (9月)
北海道					3			7								
青森											2					
岩手																
宮城																
秋田																
山形																
福島																
茨城																
栃木																
群馬																
埼玉																
千葉																
東京	2			2				4	6					2		
奈良								1								
新潟								2	1							
山梨																
長野								7								
富山					2			4								
石川								2	2	2				1		
岐阜		1														
静岡								2								
愛知									1					3		
三重								12								
福井								2						8		
滋賀								3						2		
京都														1		
大阪								4						2		
兵庫								1								
岡山					2											
広島								3								
山口					1			10								
徳島								21								
香川								39								
愛媛								51	1						5	
高知								2				2		2		
福岡								1						1		
佐賀								8								
長崎								1								
熊本								22								
大分								6		4				2		
宮崎								3								
鹿児島								3								
鹿儿岛								2								1
計	2	1	2	3	34	14	221	11	6	2	2	25	5	1		
							892									

表-5-2 原因別調査箇所数 (S.48)

48 年 度	低気圧に よる降雨 1~5月	集中豪雨 6月, 7月	台風6号 8月	8月豪雨	低気圧に よる集中豪雨 9.23~	そ の 他	計
北 海 道				1	5		6
青 森 県		1				1	2
宮 城 県						1	1
秋 田 県							
山 形 県							
福 沢 町		1					1
木 馬 玉							
群 馬 県							
千 葉 県	2					9	11
東 京 都							
神 奈 川 県							
新 山 梨 県							
山 梨 県							
富 山 県		1					1
石 川 県			1				1
岐 阜 県							
静 岡 県							
愛 知 県							
三 重 県						2	2
福 井 県							
滋 賀 県							
京 都 府							
大 阪 府							
兵 庫 県							
和 歌 山 県	1						1
鳥 取 県							
島 根 県							
岡 山 県	4	3			2		9
広 島 県							
山 口 県							
徳 島 県							
香 川 県							
愛 媛 県		1					1
高 知 県							
福 岡 県		4					4
佐 賀 県	2						2
長 崎 県			2				2
熊 本 県							
大 分 県							
宮 崎 県							
鹿 児 島 県							
計	9	11	3	1	7	13	44

表-5-3 原因別調査箇所数 (S.49)

49年度	低気圧による降(4月)	融雪	伊豆沖地盤(5月)	降雨(6月中旬)	台風降(7月初)	豪雨(7月末)	台風14号(8月)	台風16号(9月)	台風18号(9月)	その他	計
北海道	1										1
青森		1									1
岩手											
宮城						1					2
秋田		1									
山形											
福島					1						1
栃木								1			1
群馬											
千代田											
東京都					52					1	53
神奈川県											
新潟											
山梨	1									1	2
富山					2		1				3
石川					2					1	3
岐阜					1						1
静岡県			5		21						26
愛知					1						1
三重					6	3					9
福井	1					1					1
滋賀											1
京都											
大阪					19				1		20
兵庫県											
鳥取											
島根					9						9
岡山					13						13
広島					17				5		22
山口				2	5	1			1		10
徳島	1				2						2
香川											
愛媛											
高知					1				4		5
福岡											
佐賀											
長門											
熊本											
大分											
宮崎									18		18
鹿児島											
沖縄					1						1
計	4	2	5	2	153	6	1	1	29	3	206

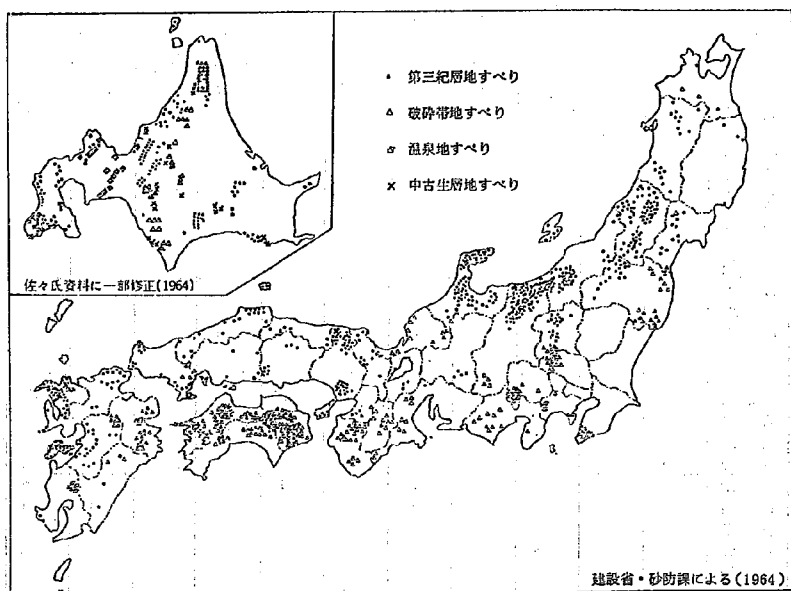


図-3 全国地すべり分布

(山田, 渡, 小橋: 地すべり・斜面崩壊の実態と対策 1971)

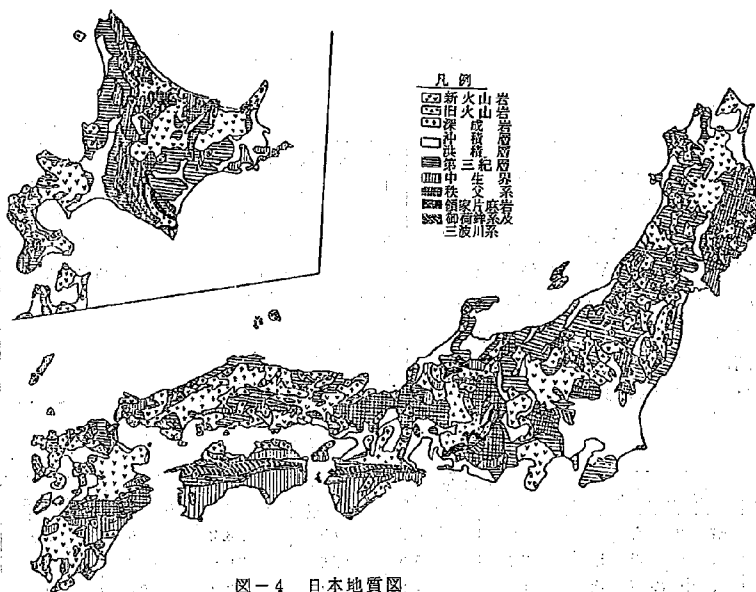


図-4 日本地質図

(山田，渡，小橋：地すべり・斜面崩壊の実態と対策 1971)

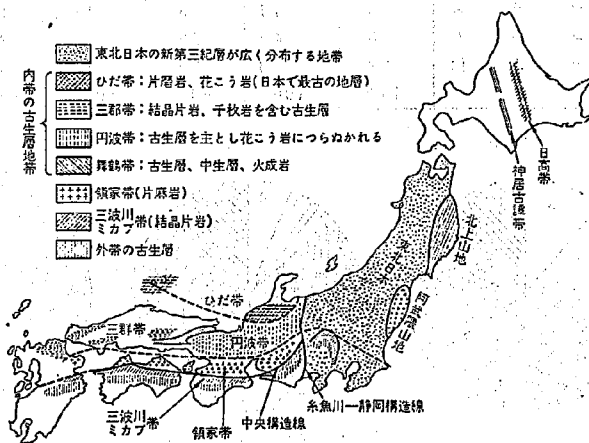


図-5 日本地質構造区分

(山田，渡，小橋：地すべり・斜面崩壊の実態と対策 1971)

§ 5 地質とがけ崩れ

がけ崩れの起った斜面の基岩を表-6のよう
に分類した。表-7、図-6にそれぞれの
地質区分毎のがけ崩れ発生数を示す。表-8
図-7*⁹は日本の地質区分毎の分布面積を
示したものであるが、これと表-7、図-6を
比較することによって地質区分毎の崩壊と起
りやすさの大雑把な目安が得られる。地質区
分毎に がけ崩れの地質区分別構成率/分布面
積率 を崩壊発生率としてあらわすと表-9の
ようになる。堆積岩類地域でのがけ崩れは約

表-6 地質区分

記号	地質区分	代表的な岩石
1	噴出岩類	安山岩、玄武岩、流紋岩等
2	深成岩類	花崗岩、閃緑岩、石英斑岩等
3	火山砕屑物	集塊岩、凝灰岩等
4	水成堆積岩類	頁岩、砂岩、粘板岩等
5	変成岩類	片岩、チャート等
6	シラス	
7	ローム	
8	その他	

表-7 地質別崩壊発生頻度

記号	地質区分	44～46年		47～49年		計	
		個数	構成率%	個数	構成率%	個数	構成率%
1	噴出岩類	16	8.3	79	13.2	95	11.9
2	深成岩類	32	16.5	186	30.9	218	27.4
3	火山砕屑物	18	9.3	64	10.7	82	10.3
4	水成堆積岩類	82	42.3	192	31.9	274	34.5
5	変成岩類	8	4.1	15	2.5	23	2.9
6	シラス	8	4.1	6	1.0	14	1.8
7	ローム	8	4.1	20	3.3	28	3.5
8	その他	22	11.3	39	6.5	61	7.7
計		194	100	601	100	795	100

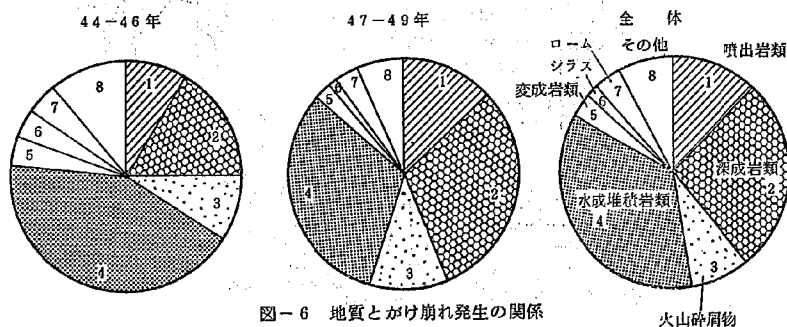


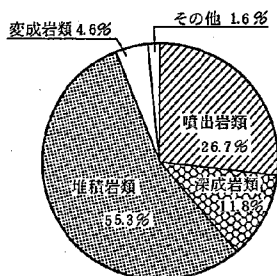
図-6 地質とがけ崩れ発生の関係

* 9 東京天文台編：理科年表 P. 地 90 1975 丸善 を修正したもの

表-8 日本列島における
各種岩石の分布面積率

地質区分	記号	分布面積率
噴出岩類	1	26.7%
深成岩類	2	11.8%
堆積岩類	3	55.3%
変成岩類	4	4.6%
その他	5	1.6%

(理科年表を修正)



(理科年表を修正)

図-7 日本列島における
各種岩石の分布面積率

半数近いが、分布面積自体が多い
ので発生率は相対的に低い。深成
岩類は分布面積が少なにもか
かわらず、がけ崩れは多く、発生率
はかなり高くなっている。たゞし、
これには、兵庫-岡山-広島-山
口に広がる広大な花崗岩地帯に集
中豪雨等の気象条件が集中したの
で、この地域でのがけ崩れが多か
った（全調査個所の約38%）と
いう理由も考えられる。噴出岩類、

変成岩類地域では比較的崩壊は起りにくいと考えられる。

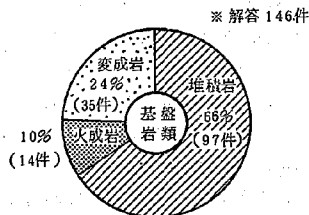
図-6の44~46年についての図は、この時の調査が、各都
道府県毎には均等に代表がけ崩れ個所を抽出したもので
あるので、47~49年調査結果とはかなり傾向が異なってい
る。

地質条件の影響を受けやすい地すべりについて同様の調
査結果^{*10}があるが、それによると146件の地すべりの内66
%が堆積岩類（主として第3紀層地すべりといわれるもの）
を基盤とする地すべりであり、次いで変成岩類（主として
破砕帯地すべりと呼ばれているもの）で24%、火成岩類が
10%となっている（図-8）。

がけ崩れの場合をこれと同
様の分け方にしてみると、堆積岩類46.9%、変成岩類2.5%、火成岩類44.1%となり、地すべりの
場合は明らかに異なる。先述の崩壊発生率と同様に地すべり発生率を求めてみると、地すべりの2

表-9 地質区分毎の崩壊発生率

記号	地質区分	A.がけ崩れ (47~49年)	B.分布面積	崩壊発生率 A/B
1	噴出岩類	13.2%	26.7%	0.49
2	深成岩類	30.9	11.8	2.62
3	火山砕屑物	15.0	55.3	0.85
4	水成堆積岩類	31.9		
5	変成岩類	2.5	4.6	0.54
	その他	6.5	1.6	



(土木研究所地すべり研究室)

図-8 地すべりの地質区分毎
の割合

*10 建設省土木研究所砂防部地すべり研究室：地すべりの実態統計（その1）土木研究所資料

大分布特徴である第3紀層地すべり、破碎帯地すべりの基盤岩である、それぞれ堆積岩類、変成岩類で1.19、5.22となり、明らかにがけ崩れとは傾向を異にする。

横田氏^{*11}は昭和22年より都道府県および建設省各地方建設局によって行なわれてきた崩壊調査の資料に基づいて、全国的な整理を行なっているが、それによると地質区分毎の崩壊発生程度は、各地質区分面積1km²あたりの崩壊箇所数で示すと、火成岩類で6.44、堆積岩類で4.49、変成岩類で6.94箇所/km²という結果を得ている(表-10)。最も崩壊発生個数の多いのが変成岩類であり、堆積岩類が最も少ない。がけ崩れの場合とも

かなり傾向が異なるが、理由の1つは山腹崩壊の規模は極めて大きく

(1箇所の崩壊土量で比較すると山腹崩壊の場合1,275m³/1箇所に對し、がけ崩れは336m³/1箇所) 地山の地質の影響をかなり受けやすいと考えられ、むしろがけ崩れより山腹崩壊の方が地質区分毎の崩壊発生難易を論じやすいとしてもよい。(山腹

崩壊1箇所あたりの平均面積は497m²であるのに対し、がけ崩れの場合、平均巾×平均斜面長から推定して約420m²となり、面積は大きな差はないにもかかわらず崩壊土量に約4倍の広さがあり、したがって山腹崩壊の崩壊厚さが、がけ崩れに比べかなり大きく、従って、地山を構成する基岩にまで及んだ崩壊がかなり多いと考えられる。)

以上の比較の際には調査実施の経過、調査対象の選択(例えば崩壊調査の場合、土砂災害の顕著な場合にかぎって実施されている場合が多く、土砂流出の軽微なものや被害の少ない場合は取り上げられない場合が多い)等に多少の違いがあることは常に考慮しておく必要がある。

がけ崩れの多くは、地山の上の表土、崩積土等の表層土^{*12}の崩壊である(56%)ことを考えると、その下の地山を構成する岩石の種類に関係することは少ないと考えることができる。ただし、表層土はその下の岩石の性質をある程度受けついでいるし、また一方基岩の性質、節理、割れ目等の状況、風化の程度、風化層の性質、変質、地層の変化等の微地質が大いに関係することは充分考えられ、地質あるいは岩石の違いによるがけ崩れ発生の難易を論ずるより、むしろ細かな地質の変化を見る方が実際的である。しかし、ここで報告するがけ崩れの実態調査では、調査の性格上これらの細かな地質の変化を調査項目としてとりあげるのはかなり困難であったため、これらについては触れることができない。

参考として、がけ崩れ事例の多い、山口、広島、岡山、大分、長崎、静岡の各県について、昭和47

表-10 山腹崩壊と地質

	当該地質1km ² あたりの崩壊数	崩壊1箇所 あたりの崩壊土量 m ³	崩壊1箇所 あたりの崩壊面積 m ²
火成岩類	6.44	951	531
堆積岩類	4.49	2,290	444
変成岩類	6.94	783	458
全 体	5.84	1,275	497

(横田氏^{*11} Table-2 を整理したもの)

*11 横田知昭：崩壊調査資料の地質別集計に基づき一考察、新砂防 57, 1965.7

*12 表層土という言葉は一般には使われていないが、ここでは地山の上の有機分を含む腐植質土、斜面上部から移動してきて堆積した崩積土や崖錐性堆積物、および基岩が強風化してほとんど土壌化したものをひっくるめて呼ぶこととする。

表-11 地質区分毎のかけ崩れの起りやすさ (例)

地質区分	山 口			広 島			岡 山			静 岡			大 分			長 崎		
	47総点検	47-49崩壊	起りやすさ	47総点検	47-49崩壊	起りやすさ	47総点検	47-49崩壊	起りやすさ	47総点検	47-49崩壊	起りやすさ	47総点検	47-49崩壊	起りやすさ	47総点検	47-49崩壊	起りやすさ
	個数	A%	B/A	個数	C%	D/C	個数	E%	F/E	個数	G%	H/G	個数	I%	J/I	個数	K%	L/K
噴出岩類 1	244	19.1	30/30.0	157	109	9.0	1	2.3	0.26	122	16.8	9	24.3	1.45	44/737.5	8	33.3	0.89
深成岩類 2	456	35.7	48/48.0	134	99.5	82.0	40	90.9	1.11	400	55.0	26	70.3	1.28	0	0	2	8.3
火山碎屑物 3	22	1.7	2/2.0	1.18	0	0	0	-	-	23	31.6	1	2.7	0.84	0	0	6	25.0
水成堆積岩類 4	371	29.0	19/19.0	0.66	110	9.1	3	6.8	0.76	127	17.5	0	0	0	822/524	8	33.3	0.53
変成岩類 5	186	14.5	1/1.0	0.07	0	0	0	0	-	55	7.6	1	2.7	0.36	0	0	0	0
計	1279		100		1214		44			727		37		1269		24		

上段 47 ~ 49 かけ崩れ数

下段 47 総点検 (地質表示のあるもの)

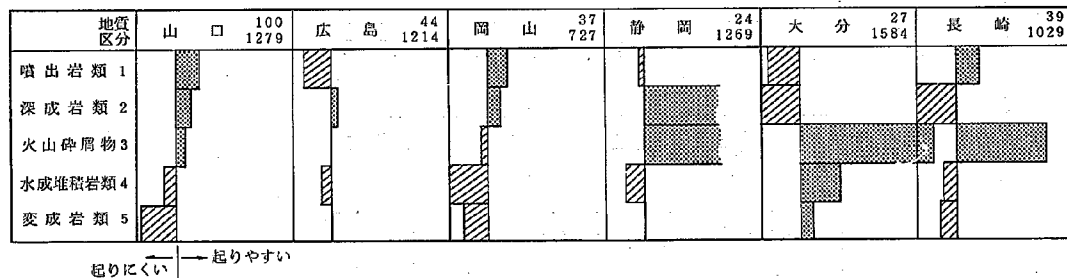


図-9 地質区分毎のかけ崩れの起りやすさ (例)

年総点検時の危険斜面の地質と、47～49年に起ったがけ崩れを比較して表-11、図-9に示す。地質区分毎の崩壊の起りやすさを 47～49年がけ崩れの地質区分毎構成率 / 47総点検危険斜面の地質区分毎構成率 で示した。総点検危険斜面とがけ崩れでは個所数の差が大きすぎることを、危険斜面が斜面の自然条件だけで得られたものでないこと、等の理由もあるが、各県を通じた一定傾向は見出しにくい。表-12に参考のために地質区分毎のがけ崩れ発生構成率を各年毎に示したが、これも同様に各年変化する。

表-12 各年毎、地質区分毎のがけ崩れ発生構成率

上段 個数
下段 構成率%

年 地質区分	44	45	46	47	48	49	計
噴出岩類	3	2	11	59	1	19	95
1	6.8	5.0	9.4	18.2	2.0	8.4	11.8
深成岩類	10	5	17	119	14	53	218
2	22.7	12.5	14.5	36.7	28.0	23.3	27.2
火山碎屑物	4	1	13	35	11	18	82
3	9.1	2.5	11.1	10.8	22.0	7.9	10.2
水成堆積岩類	10	21	50	76	14	102	273
4	22.7	52.5	42.7	23.5	28.0	44.9	34.0
変成岩類	0	2	6	9	0	6	23
5		5.0	5.2	2.8		2.7	2.9
シラス	3	0	6	5	0	1	15
6	6.8		5.2	1.5		0.4	1.9
ローム	1	2	4	6	8	6	27
7	2.3	5.0	3.4	1.9	16.0	2.7	3.4
その他	13	7	10	15	2	22	69
8	29.6	17.5	8.5	4.6	4.0	9.7	8.6
計	44	40	117	324	50	227	802

§ 6 かけ崩れの型

かけ崩れの型を表-13のように分類し、その特徴を調べた。なお各崩壊型の詳細な説明は別冊資料編に示す。

表-13 崩壊型の分類

1. 表土	(1) 崩落		1-(1)
	(2) 滑落		1-(2)
2. 崩積土	(1) 崩落		2-(1)
	(2) 滑落	a. 基盤との境界	2-(2)-a
		b. 崩積土中の滑落	2-(2)-b
3. 火山碎屑物	(1) 崩落	a. シラス・ローム等	3-(1)-a
		b. 風化した集塊岩、凝灰角礫岩等の崩壊	3-(1)-b
	(2) 滑落	シラス・ローム等	3-(2)
4. 段丘堆積物	(1) 崩落	a. ジルト層等の不透水層がある場合	4-(1)-a
		b. 礫を含むルーズな堆積物からの礫の抜き出し	4-(1)-b
	(2) 滑落		4-(2)
5. 強風化岩	(1) 崩落		5-(1)
	(2) 滑落	a. マサの滑落	5-(2)-a
		b. 温泉余土	5-(2)-b
6. 岩 (I)	(1) 崩落	a. 割れ目で囲まれたブロック崩壊	6-(1)-a
		b. 互層になっている時、下層が侵食に弱く、上層が残されているもの	6-(1)-b
		c. 同一地層でも下部が侵食に弱く上部が残っているもの	6-(1)-c
		d. 熔岩の節理による崩落	6-(1)-d
	(2) 滑落	a. 地層の境界面での滑落	6-(2)-a
		b. 断層、割れ目の組み合わせによる滑落	6-(2)-b
		c. 礫岩・集塊岩で礫と粘土、石灰岩、火山灰などの膠着部の境界沿いの滑落	6-(2)-c
7. 岩 (II)	(1) 崩落	a. 互層になっている時、侵食に強い層が残りが、それが崩落	7-(1)-a
		b. 第三紀層の頁岩の表面剥離による崩落	7-(1)-b
	(2) 滑落	a. 頁岩の層理面沿いの滑落	7-(2)-a
		b. 砂岩・頁岩の二層にまたがる滑落	7-(2)-b

崩壊型毎の頻度は表-14、図-10に示す。きわだった特徴は表土の滑落（1-(2)、強風化岩（ほとんどがマサ）の滑落（5-(2)-a）が著しく多いことである。47～49年災害が花崗岩を主体とする深成岩類地域でのものが、44～46年災害に比べて多かったため（47～49年では30.9%、44～46年では16.5%）強風化岩の崩壊が著しく増えている、その分、表土の滑落の割合が相対的に減少して

表-14 崩壊型毎のかけ崩れ発生頻度

記 号	崩 壊 型	(47~49年) 個 数	A (47~49年) 構成率%	B (44~46年) 前回調査 の構成率%
1-(1)	表土の崩落	31	5.6	2.6
1-(2)	表土の滑落	219	39.2	51.6
2-(1)	崩積土の崩落	9	1.6	0.5
2-(2)-a	崩積土の滑落 (基盤の境)	41	7.4	11.6
2-(2)-b	" (不連続面)	12	2.2	2.1
3-(1)-a	火山碎屑物の崩落 (シラス・ローム)	5	0.9	1.6
3-(1)-b	" (風化集塊岩・凝灰角礫岩)	10	1.8	1.1
3-(2)	火山碎屑物の滑落 (シラス・ローム)	12	2.1	3.7
4-(1)-a	段丘堆積物の崩落 (不透水層)	6	1.1	0.5
4-(1)-b	" (礫の抜け出し)	8	1.5	0.5
4-(2)	段丘堆積物の滑落	7	1.3	2.6
5-(1)	強風化岩の崩落	10	1.8	0
5-(2)-a	強風化岩の滑落 (マサ)	126	22.6	12.1
5-(2)-b	" (温泉余土)	11	2.0	0
6-(1)-a	岩Iの崩落 (ブロック状)	3	0.6	0.5
6-(1)-b	" (互層)	4	0.7	0
6-(1)-c	" (下部が弱い)	0	0	0.5
6-(1)-d	" (熔岩)	2	0.4	0
6-(2)-a	岩Iの滑落 (境界面)	8	1.5	1.1
6-(2)-b	" (断層・割れ目)	5	0.9	0.5
6-(2)-c	" (礫岩・集塊岩)	2	0.4	0.5
7-(1)-a	岩IIの崩落 (互層)	5	0.9	0
7-(1)-b	" (第3紀層)	16	2.2	4.7
7-(2)-a	岩IIの滑落 (頁岩・層理面)	7	1.3	1.1
7-(2)-b	" (砂岩・頁岩の互層)	0	0	0.5
計		559	100	100% (190)

いるが、44~46年調査と今回の47~49年調査を比べて、これ以外には大きな傾向の変化はない。表土の崩壊が極めて大きな比率を占めるのがかけ崩れの最も大きな特徴である。写真1~17には主な崩壊型の例を示す。

地質区分毎に見ると表-15、図-11のような結果が得られる。深成岩類、シラス、ローム等のように、これらに対応する崩壊型の区分 (深成岩類……5-(1)、5-(2)-a、シラス、ローム……3-(1)-a、3-(2)) がある地質については、当然これらの崩壊が多くなっている。これらの地質区分の所では表層の崩壊に比べ、それぞれの地山にまでおよぶ崩壊の比率が高くなっている。それ以外の地質の所では表土の滑落が圧倒的に多い。また、岩I、岩IIの区分を大雑把に定義すると岩Iが硬岩、岩IIが第三紀層のいわゆる軟岩になるが、第三紀層の砂岩、頁岩、泥岩等を主体とする水成堆積岩類地

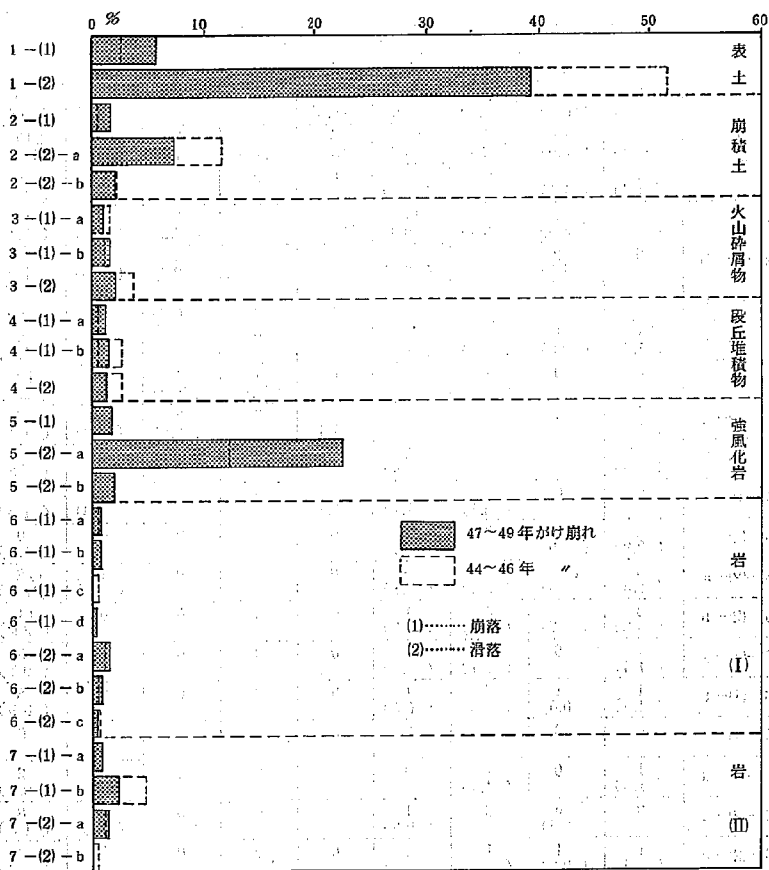


図-10 崩壊型毎のがけ崩れ発生頻度

表-15 地質別崩壊型式の頻度 (47~49年)

()内が構成率

	地 質 区 分								
崩 壊 型	1	2	3	4	5	6	7	8	計
1-(1)	5 (7.1)	17 (10.0)	2 (3.4)	3 (1.6)	2 (14.3)	0	0	1 (5.0)	30 (5.5)
1-(2)	40 (56.3)	24 (13.9)	29 (49.1)	102 (54.0)	6 (43.0)	1 (20.0)	5 (31.3)	10 (50.0)	217 (39.7)
2-(1)	1 (1.4)	2 (1.1)	0	5 (2.6)	0	0	0	0	8 (1.5)
2-(2)-a	6 (8.5)	6 (3.5)	3 (5.1)	17 (9.0)	2 (14.3)	0	1 (6.2)	4 (20.0)	39 (7.1)
2-(2)-b	0	2 (1.1)	3 (5.1)	4 (2.1)	0	0	2 (12.5)	1 (5.0)	12 (2.2)
3-(1)-a	0	0	0	0	1 (7.1)	3 (60.0)	1 (6.2)	0	5 (0.9)
3-(1)-b	1 (1.4)	1 (0.6)	5 (8.4)	2 (1.1)	0	0	0	0	9 (1.6)
3-(2)	0	0	1 (1.7)	6 (3.2)	0	1 (20.0)	4 (25.0)	0	12 (2.2)
4-(1)-a	1 (1.4)	0	0	0	1 (7.1)	0	3 (18.8)	1 (5.0)	6 (1.1)
4-(1)-b	2 (2.3)	0	0	5 (2.6)	0	0	0	0	7 (1.3)
4-(2)	0	0	3 (5.1)	2 (1.1)	1 (7.1)	0	0	1 (5.0)	7 (1.3)
5-(1)	2 (2.3)	5 (2.9)	0	2 (1.1)	0	0	0	0	9 (1.6)
5-(2)-a	6 (8.5)	104 (60.5)	2 (3.4)	9 (4.8)	0	0	0	1 (5.0)	122 (22.3)
5-(2)-b	3 (4.2)	3 (1.7)	4 (6.8)	1 (0.5)	0	0	0	0	11 (2.0)
6-(1)-a	1 (1.4)	0	1 (1.7)	1 (0.5)	0	0	0	0	3 (0.5)
6-(1)-b	1 (1.4)	1 (0.6)	2 (3.4)	1 (0.5)	0	0	0	0	5 (0.9)
6-(1)-c	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-(1)-d	1 (1.4)	0	1 (1.7)	0	0	0	0	0	2 (0.4)
6-(2)-a	0	6 (3.5)	0	1 (0.5)	0	0	0	1 (5.0)	8 (1.5)
6-(2)-b	1 (1.4)	1 (0.6)	1 (1.7)	1 (0.5)	0	0	0	0	4 (0.8)
6-(2)-c	0	0	1 (1.7)	1 (0.5)	0	0	0	0	2 (0.4)
7-(1)-a	0	0	0	4 (2.1)	1 (7.1)	0	0	0	5 (0.9)
7-(1)-b	0	0	0	16 (8.5)	0	0	0	0	16 (3.0)
7-(2)-a	0	0	1 (1.7)	6 (3.2)	0	0	0	0	7 (1.3)
7-(2)-b	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	71	172	59	189	14	5	16	20	546

域では、当然、岩山の崩壊が多くなっている。

25種に分類した崩壊型を、斜面を構成する土質毎にまとめると表-16のように7種になり、さらに、これをⅠ、表層土、Ⅱ、土状の地山、Ⅲ、岩状の地山にまとめることができる。

まず、7種類に分類した斜面構成土質別にみると表-17 図-12に示すように表土の崩壊が最も多く（44.8%）、次いで強風化岩の崩壊（26.4%）、崩積土の崩壊（11.2%）の順となっている。これらの3区分で82.4%を占め、火山砕屑物、段丘堆積物、岩(Ⅰ)、岩(Ⅲ)等の崩壊は極めて少ない。

表-18、図-13は、地質区分別に調べたものであるが、前述と同様、深成岩類やシラス、ローム等のようにそれに該当する斜面構成土質区分のあるものは、その崩壊が多くなっている。それ以外の地質区分では表土の崩壊が最も多い。

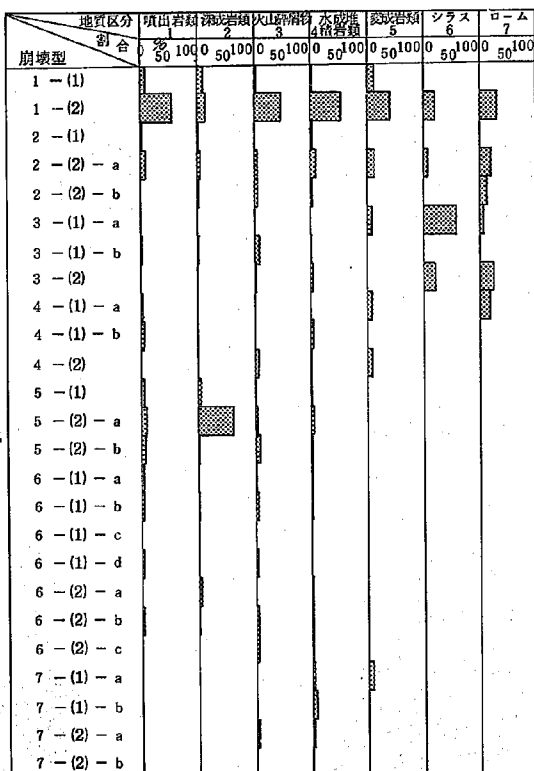


図-11 地質区分別崩壊型頻度（47-49年）

表-16 斜面構成土質別分類

記号	斜面構成土質
1. 表土	} 表層土 Ⅰ
2. 崩積土	
3. 火山砕屑物	} 地山（土状のもの）Ⅱ
4. 段丘堆積物	
5. 強風化岩	} 地山（岩状のもの）Ⅲ
6. 岩（Ⅰ）	
7. 岩（Ⅲ）	

岩石自身は風化せず硬いが
不連続面が発達した岩
第三紀層等の軟岩

表-17 斜面構成土質別崩壊発生頻度

記号	斜面構成土質	(47~49年) 個 数	(47~49年) A 構成率 %	(44~46年) B 前回調査 %
1.	表 土	250	(44.8)	54.2
2.	崩 積 土	62	(11.2)	14.2
3.	火山 碎 屑 物	27	(4.8)	6.3
4.	段 丘 堆 積 物	21	(3.9)	3.7
5.	強 風 化 岩	147	(26.4)	12.1
6.	岩 (Ⅰ)	24	(4.5)	3.2
7.	岩 (Ⅱ)	28	(4.4)	6.3
	計	559	100%	100% (190)

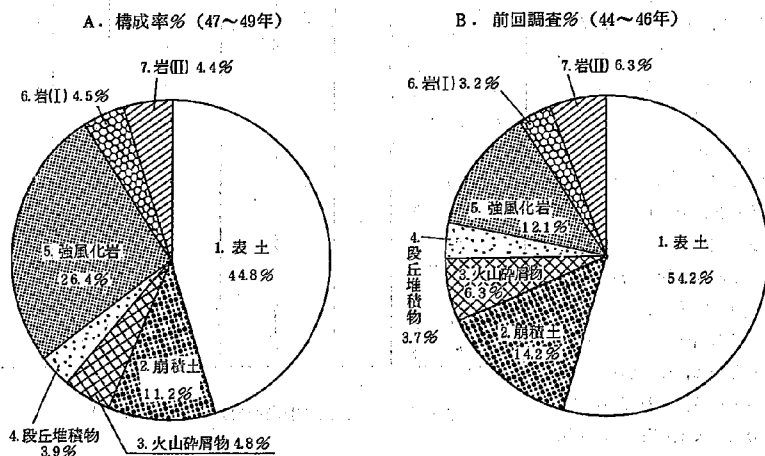


図-12 斜面構成土質別崩壊発生頻度

表土および崩積土をまとめた表層土の崩壊は56%を占め、地山にまで及ぶ崩壊を上回る（表-19、図-14）。もともと自然斜面では表層土の分布する斜面が多く、ほとんどの場合、斜面は表層土で被われている。従って、表層土の崩壊は全ての地質、全ての土質（上記の7分類を言う）の所で起り得るものであり、その割合が多いのは当然である。また、かけ崩れ自体が、斜面内地盤の強度、固結度、透水性、土質等の不連続な部分を境界として起りやすく、それらの不連続な部分を形成しやすい地山と表層土の境界がすべり面となって上層の表層土がすべり落ちるものが多いことも理由の1つとなる。しかし、地山自体の崩壊も上述のような理由にもかかわらず、かなり多いことは注目しなければならない。地山の崩壊の内でも強風化岩の崩壊を含む岩状の地山の崩壊が目立つ。（これを除くと土状の

表-18 地質区分毎、斜面構成土質別の崩壊発生頻度

(): 構成率

斜面構成土質	地 質 区 分								計
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1.表 土	45 (63.4)	41 (23.8)	31 (52.5)	105 (55.6)	8 (57.2)	1 (20)	5 (31.3)	11 (55.0)	247 (45.2)
2.崩積土	7 (9.9)	10 (5.8)	6 (10.2)	26 (13.8)	2 (14.3)	0	3 (18.7)	5 (25.0)	59 (10.8)
3.火山碎屑物	1 (1.4)	1 (0.6)	6 (10.2)	8 (4.2)	1 (7.1)	4 (80)	5 (31.3)	0	26 (4.8)
4.段丘堆積物	3 (4.2)	0	3 (5.0)	7 (3.7)	2 (14.3)	0	3 (18.7)	2 (10.0)	20 (3.7)
5.強風化岩	11 (15.5)	112 (65.1)	6 (10.2)	12 (6.3)	0	0	0	1 (5.0)	142 (26.0)
6.岩 (I)	4 (5.6)	8 (4.7)	6 (10.2)	6 (3.2)	0	0	0	1 (5.0)	25 (4.6)
7.岩 (II)	0	0	1 (1.7)	25 (13.2)	1 (7.1)	0	0	0	27 (4.9)
計	71	172	59	189	14	5	16	20	546

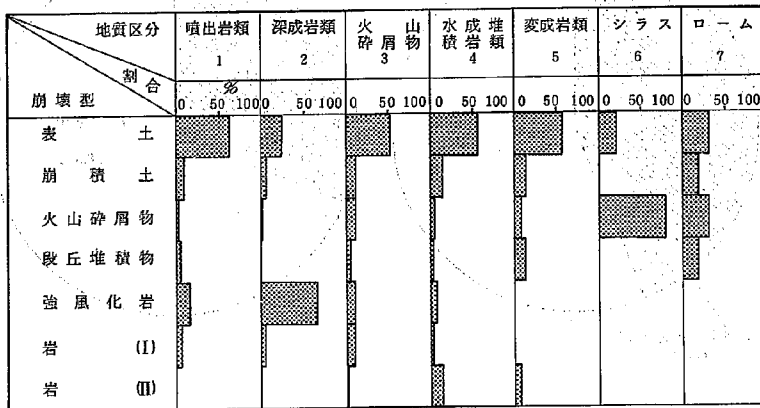


図-13 地質別、斜面構成土質別崩壊発生頻度

地山、岩状の地山の崩壊はほぼ同程度である。)

前回調査に比べ地山での崩壊、特に岩状の地山での崩壊がかなり増えている。

表-20、図-15は、これらの区分と地質区分毎の特徴を調べたもので、水成堆積岩類、火山碎屑物、噴出岩類、変成岩類では表層土の崩壊が圧倒的に多く、(62.7%~73.3%) シラス、ロームでは土状地山の崩壊が50%を越し、(50%~80%) 深成岩類では岩状の地山の崩壊が69.8% に達する。変成岩類は土状の地山の崩壊より、岩状の地山の崩壊が多く、水成堆積岩類、火山碎屑物、噴出岩類では土状の地山の崩壊が多くなる。シラス、ロームを火山碎屑物に入れ、深成岩類、噴出岩類をまとめると多少傾向は変わり、火山碎屑物では土状の地山の崩壊が岩状の地山の崩壊より多くなり(それぞれ

表-19 斜面構成土質別崩壊発生頻度

記号	斜面構成土質	個 数	(47~49年) A 構成率%	(44~46年) B 前回調査%
I	表 層 土	312	56.0	68.5
II	地 山 (土状のもの)	48	8.7	10.0
III	地 山 (岩状のもの)	199	35.3	21.5
	計	559	100 %	100 % (190)

A 構成率% (47~49年)

B 前回調査% (44~46年)

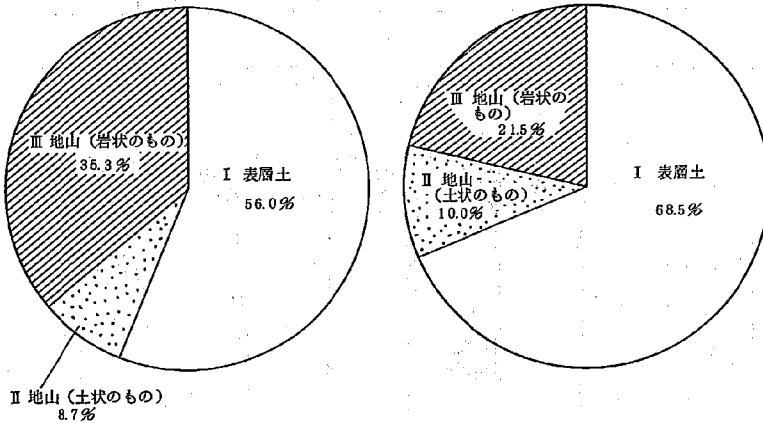


図-14 斜面構成土質別崩壊発生頻度

表-20 地質区分毎、斜面構成土質別の崩壊発生頻度

	地 質 区 分								計
	1	2	3	4	5	6	7	8	
I 表 層 土	52 (73.3)	51 (29.6)	37 (62.7)	131 (69.4)	10 (71.5)	1 (20)	8 (50.0)	16 (80.0)	306 (56.0)
II 地山(土状のもの)	4 (5.6)	1 (0.6)	9 (15.2)	15 (7.9)	3 (21.4)	4 (80)	8 (50.0)	2 (10.0)	46 (8.5)
III 地山(岩状のもの)	15 (21.1)	120 (69.8)	13 (22.1)	43 (22.7)	1 (7.1)	0	0	2 (10.0)	194 (35.5)
計	71	172	59	189	14	5	16	20	546

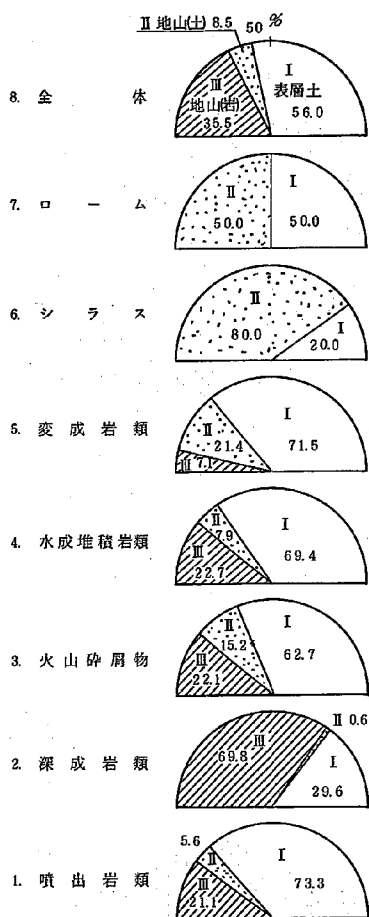


図-15 地質区分毎・斜面構成土質別の崩壊発生頻度

26.3%, 16.3%) また火成岩類では岩状の地山が50%を越す。

次に崩壊を運動形態によって崩落、滑落に分けてみる。(さらに、これに流動を加えるとなおよい) 崩壊は一般的にはオーバーハングしたブロックが落ちるもので、崩落面では引張り抵抗力は作用するが、この面に沿うせん断抵抗力はほとんど作用しない。一方、滑落はある面に沿って土塊が滑り落ちるもので、滑落面沿いにはすべりに抵抗するせん断抵抗力が働く(図-16)。この区分による崩壊発生頻度は表-21、図-17に示すごとく滑落が80%を越す。比較的急な斜面で崩壊を起すものの多い崩落型(図-18)の崩壊に対して、もともとそのような急斜面の比率が少ない(図-19)ことや、そのような不安定なオー

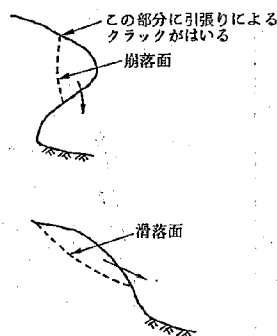
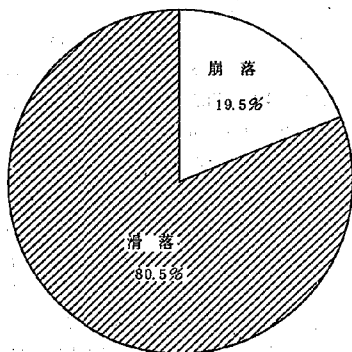


図-16 崩落・滑落模式図

表-21 崩落・滑落別の崩壊発生頻度

記号	斜面構成土質	個 数	(47~49年)	(44~46年)
			A 構成率%	B 前回調査%
(1)	崩 落	109	(19.5)	12.6
(2)	滑 落	450	(80.5)	87.4
		559	100 %	100 % (190)

A 構成率% (47~49年)



B 前回調査 (44~46年)

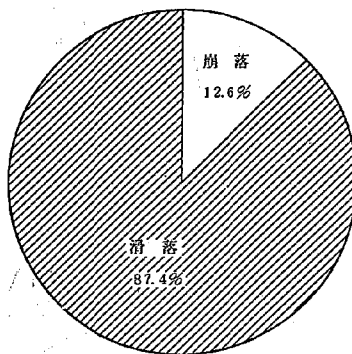


図-17 崩落・滑落別の崩壊発生頻度

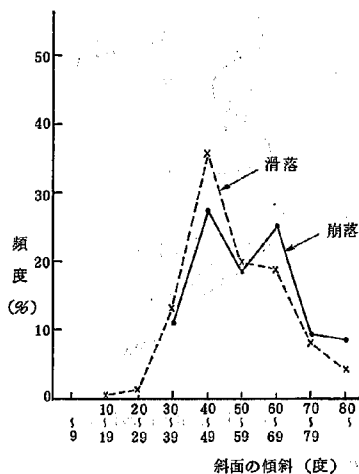


図-18 斜面傾斜と崩落・滑落

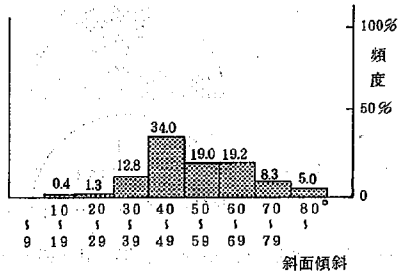


図-19 斜面の傾斜頻度

バーハング状の土塊はすでに落ちてしまっていて、不安定なまゝで残されている場合が少ない。等が理由であろう。

表-22. 図-20は地質区分毎の崩落、滑落の割合を見たもので、深成岩類地域では滑落が極めて

表-22 地質区分毎，崩壊様式別崩壊発生頻度

崩壊様式	地 質 区 分								全 数
	1	2	3	4	5	6	7	8	
崩 落	15 (21.1)	26 (15.1)	11 (18.6)	39 (20.6)	5 (35.7)	3 (60.0)	4 (25.0)	2 (10.0)	105 (19.2)
滑 落	56 (78.9)	146 (84.9)	48 (81.4)	150 (79.4)	9 (64.3)	2 (40.0)	12 (75.0)	18 (90.0)	441 (80.8)
計	71	172	59	189	14	5	16	20	546

多いのに対し，シラスでは崩落型が過半数を越す。変成岩類でも，他の地域に比べ崩落が多くなっている。ロームで崩落型があまり多くないのが多少意外である。

斜面構成土質毎に両者の比率を見ると表-23，図-21のようになり，表土，崩積土，強風化岩等では滑落が圧倒的に多い。火山碎屑物，段丘堆積物，岩等の斜面では崩落の比率が高くなる。これらの土質からなる斜面では通常の状態では直立に近い急な傾斜でも安定していることが多く，豪雨時に崩落を起しやすいオーバーハング状のブロックが斜面上端にある場合が多いからとも考えられるが，図-23で見る限りにおいては，斜面の傾斜は，これらの土質区分では他のものに比べ多少急な斜面での崩壊が多いが，そんなに差は認められない。

図-22は前回調査のものである。傾向にはあまり変化がない。

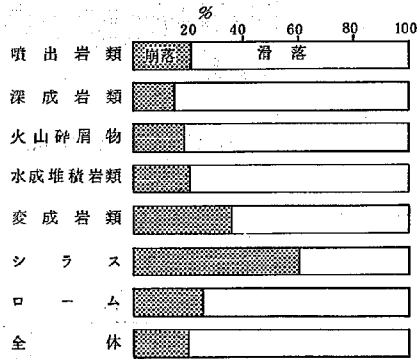


図-20 地質区分毎，崩落・滑落の割合

表-23 斜面構成土質別の崩壊様式 (47~49年)

斜面構成土質	個 数		構 成 率 %	
	崩 落	滑 落	崩 落	滑 落
1. 表 土	31	219	12.4	87.6
2. 崩積土	9	53	14.5	85.5
3. 火山碎屑物	15	12	55.6	44.4
4. 段丘堆積物	14	7	66.7	33.3
5. 強風化岩	10	137	6.8	93.2
6. 岩〔Ⅰ〕	9	15	37.5	62.5
7. 岩〔Ⅱ〕	21	7	75.0	25.0
	109	450	19.5	80.5

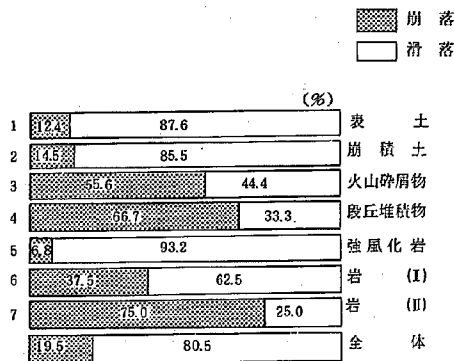


図-21 斜面構成土質別の崩壊様式 (47~49年)

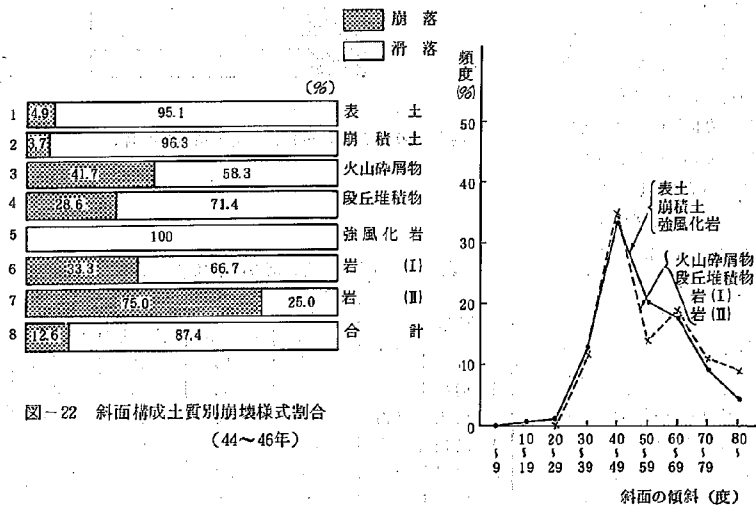


図-22 斜面構成土質別崩壊様式割合 (44~46年)

図-23 斜面傾斜と斜面構成土質

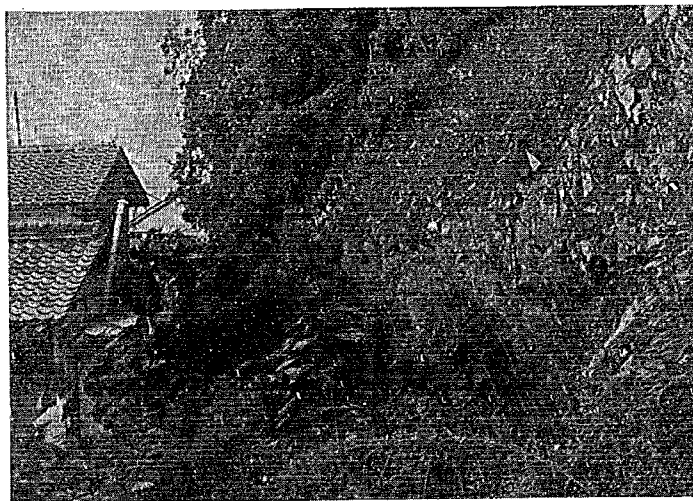


写真-1 表土の崩落 1-(1) (岡山)



写真-2 表土の滑落 1-(2) (千葉)

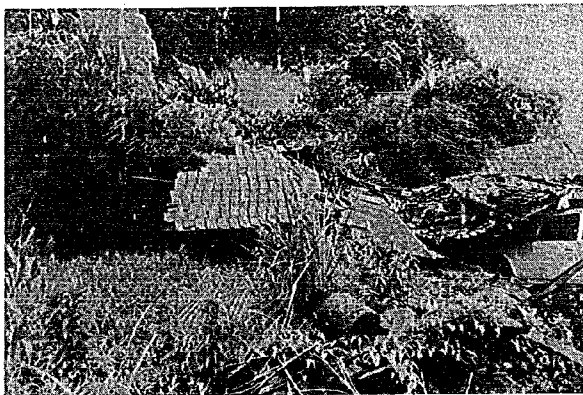


写真-3 崩積土の崩落 2-(1) (福岡)



写真-4 崩積土の滑落 (基盤との境界) 2-(2)-a (長崎)

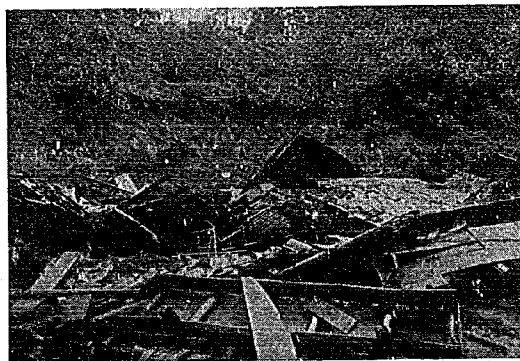


写真-5 崩積土の滑落（不連続面）2-(2)-b（岡山）



写真-6 火山碎屑物の崩落（シラス, ローム等）3-(1)-a（鹿児島）



写真-7 火山碎屑物の崩落（集塊岩，凝灰角礫岩等）
3-(1)-b （山梨）

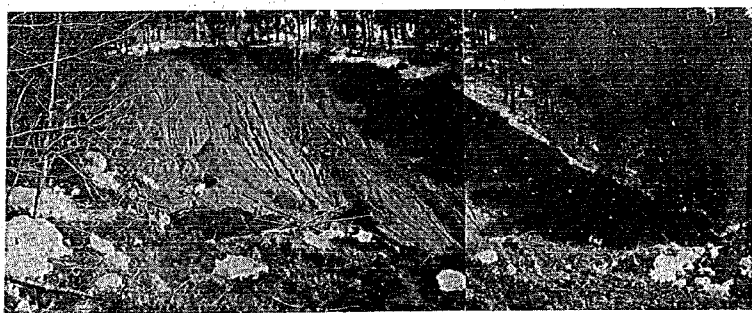


写真-8 火山碎屑物の滑落（シラス，ローム等） 3-(2) （青森）



写真-9 強風化岩の崩落 5-(1) (広島)



写真-10 強風化岩の滑落 (マサ)
5-(2)-a (兵庫)



写真-11 強風化岩の滑落 (温泉余土)
5-(2)-b (北海道)



写真-12 岩Iの崩落 (ブロック)
6-(1)-a (広島)

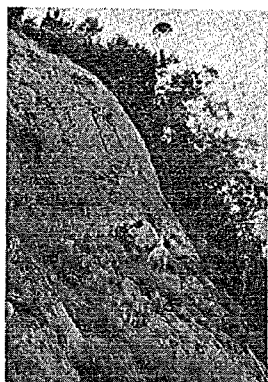


写真-13 岩(I)の崩落（互層下部が弱い）6-(1)-b（静岡）

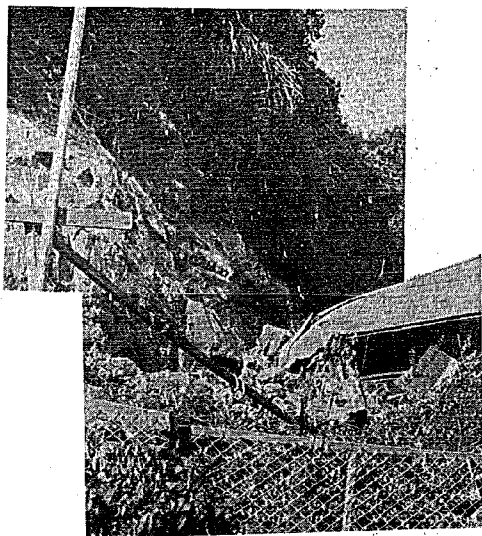


写真-14 岩(I)の滑落 6-(2)-b（神奈川）



写真-15 岩(II)の崩落（互層）7-(1)-a（千葉）

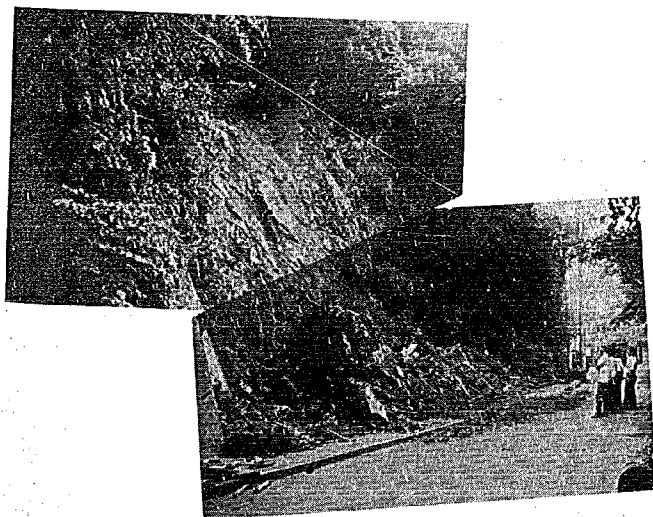


写真-16 岩Ⅲの崩落（頁岩の剥離）7-(1)-b（神奈川）



写真-17 岩Ⅲの滑落（頁岩の層理面沿い）7-(2)-a（徳島）

§ 7 斜面の地形とがけ崩れ

斜面の地形条件を表わすのに、今回の調査では、斜面の横断形、縦断形、斜面上方の状態、斜面の傾斜、高さ等を取り上げた。本章では斜面の縦・横断形について全般的な傾向を述べる。

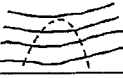
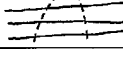
1) 斜面の横断形

斜面の横断形を表-24のように区分した。その結果は図-24に示す。約55%がほとんど等高線の出入りのない直線型斜面での崩壊であり、明瞭な尾根型、谷型斜面での崩壊はそれぞれ26%、19%に過ぎない。

谷型斜面での崩壊が最も少ないのは予想外であるが、直線型の斜面での崩壊は必ずしも斜面の横断形が全く等高線の出入りのない平滑な形状をしているという訳ではなく、小さな“ひだ”程度の沢状地形や、小さな凸き出たもの一要素するに地形の細かな変化一等が含まれているものと考えた方がよい。がけ崩れの発生しやすい地形

は、明瞭に尾根とか谷とかに判断できるような所より、むしろ一見して大きな変化のない斜面でのものが多いということに注目しなければならない。表-25は竹下氏¹³等が昭和28年の小倉周辺に多数発生した山腹崩壊についてまとめたものであり、表-26は富沢氏¹⁴が広島県内の山腹崩壊についてまとめたものであり、いずれも斜面の横断形が凹んだ谷状の所での崩壊発生数が多いという結果となっている。横断形は崩壊に密接な関係のある地表水、浸透水等の集散を左右するので重要な要因であり、当然このような所での崩壊が起りやすいことが予想される。事実、図-25、表-27に示すように、谷型斜面で起った崩壊は水を多量に含んだ泥状の崩土となるものが多く、地表水、浸透水の供給と集中が豊富であることを裏付けている。横断形が凹んだ谷型のところは、過去の侵食や崩壊の履歴を示すものであり、過去においても、現在においても、崩壊を起しやすい水の集中とか、崩壊しやすい土

表-24 斜面の横断形

記号	分 類		
1	大 き な 尾 根 部	尾 根 型	
2	山 腹 の 小 さ な 尾 根 部		
3	大 き な 谷 部	谷 型	
4	山 腹 の 小 さ な 谷 部		
5	直 線 型 斜 面		
6	そ の 他		

*13 竹下敬司、福島敏彦：山腹荒廃危険地の予測について——北九州の場合——第5回治山林道研究発表論文集 P.228 1965

*14 富沢哲郎：広島県の山地崩壊発生予測のための基礎調査報告(1)、治山 Vol.18, No.7 P.14 1973.10

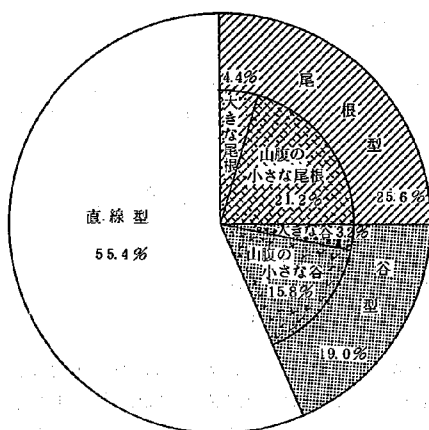


図-24 斜面の横断形状とかけ崩れ発生

表-25 斜面形分布と崩壊発生百分率
(竹下氏 北九州)

斜面形	凹	直	凸	全
斜面横断面形				
崩壊源面積	90	8	2	100
崩壊源個数	91	7	2	100
斜面横断面形				
崩壊源面積	68	24	8	100
崩壊源個数	69	23	8	100

表-26 平面地形と崩壊発生比
(富沢氏 広島県)

地形	凹	平	凸
崩壊発生比	4.24	0.49	0.13

崩壊発生比：崩壊個数割合／地形面積率

斜面横断面	泥 状			土 塊 状			砂 状			岩 塊 状		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100
谷型斜面												
尾根型 "												
直線型 "												

図-25 斜面の横断形と崩土の状態

表-27 斜面の横断形と崩土の状態

崩土の状態	斜面の横断形					全 数
	大尾根 1	小尾根 2	大谷 3	小谷 4	直線 5	
泥 状 1	12 (46.1)	58 (46.0)	12 (57.1)	51 (58.6)	167 (52.2)	300 (51.7)
土塊状 2	6 (23.1)	34 (27.0)	5 (23.8)	13 (14.9)	81 (25.3)	139 (24.0)
砂 状 3	1 (3.9)	23 (18.3)	3 (14.3)	12 (13.8)	43 (13.4)	82 (14.1)
岩塊状 4	3 (11.5)	9 (7.1)	0	11 (12.7)	26 (8.1)	49 (8.5)
その他 5	4 (15.4)	2 (1.6)	1 (4.8)	0	3 (1.0)	10 (1.7)
計	26	126	21	87	320	580

塊の存在等の条件があると考えられる。しかし、侵食活動の活発な明瞭な沢地形では崩壊を起しやすい土塊がすでに失われている場合が多く、かえって崩壊の起りにくい場合がある。(図-24で大きな谷部ではわずか3.2%) 土木研究所が昭和46年台風25号直後千葉県内で行なった地盤調査^{*15}の結果では図-26のように基盤の泥岩とその上の風化層との境界が凹んだ形になっている所で崩壊が多く起

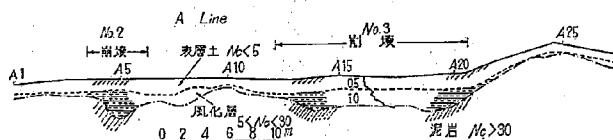


図-26 千葉県大原のがけ崩れ(土木研究所)

っている。この場合の地表面の形状は凹凸の変化がなく、必ずしも地表水を集めやすい地形ではなかった。この結果から見て、崩壊の発生には地表面の形状の他に地表面下の浸透水の集中の程度と、不安定な土塊(風化土層や、表土、崩積土等)の分布等が大きく影響することが分る。しかし、浸透水の集中しやすい基盤面地形や、不安定土塊の規模等は地表面地形の反映である場合も多く、斜面横断形が崩壊の起りやすさ判断の1つの大きな指標になることはまちがいない。比較的規模の小さながけ崩れの場合には、斜面全体の大まかな地形の特徴を知ることでも大事であるが、さらに細かな地形の変化や、これに影響されていると推定される地表面下の地盤を構成する土層の各種性質(透水性、強度、密度)の変化、境界層の分布と形、そこへ流れこむ地表水、浸透水等についての観察と調査が重要となる。

次に主な地質区分毎に見ると表-28、図-27のようになり、いずれの地質区分でも直線型斜面での崩壊が最も多く、次いで尾根型の斜面、谷型の斜面の順となる。しかし、個々の地質区分ごとに見ると多少の変化がある。深成岩類、水成堆積岩類、噴出岩類では傾向はほぼ類似しているが、火山碎屑物では谷型斜面での崩壊が少なく、尾根型斜面での崩壊が極めて多くなる。

表-28 地質区分毎、崩壊の起った斜面の横断形

()内は構成率

地 質 区 分	尾 根 型 斜 面	谷 型 斜 面	直 線 型 斜 面	計
1. 噴 出 岩 類	15 (19.7)	14 (18.4)	47 (61.9)	76
2. 深 成 岩 類	46 (25.4)	35 (19.3)	100 (55.3)	181
3. 火 山 碎 屑 物	26 (40.6)	8 (12.5)	30 (46.9)	64
4. 水 成 堆 積 岩 類	44 (23.0)	39 (20.4)	108 (56.6)	191
5. 変 成 岩 類	4 (26.7)	4 (26.7)	7 (46.6)	15
6. 計	135 (25.6)	100 (19.0)	292 (55.4)	527

*15 大久保誠, 服部泰英: 千葉県で発生したのがけ崩れの特徴について 新砂防86号 昭和48.1

代表的な崩壊型についてみると表-29、図-28のようになり崩壊型毎にかなり変化のあることがわかる。崩壊土の滑落（崩壊土中での滑落2-(2)-b）岩山の崩落（第三紀層の頁岩の表面剥離による崩落7-(1)-b）は他のものに比べ谷型斜面での崩壊が多い。2-(2)-bはこのため尾根型斜面でのものが少なくなっているが、7-(1)-bでは尾根型斜面でも多い。崩壊土の滑落（基盤との境界2-(2)-a）火山砕屑物の崩落（風化した集塊岩、凝灰角礫岩等の崩壊3-(1)-b）、強風化岩の崩落（5-(1)）、強風化岩の滑落（5-(2)-a、5-(2)-b）等は尾根型斜面での崩壊が他のものに比べ多い。

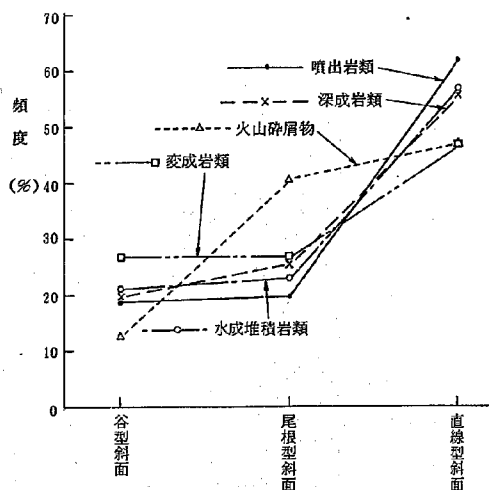


図-27 地質区分毎、崩壊の起った斜面の横断形

表-29 主な崩壊型毎の斜面横断形

((内は構成率%)

	谷型斜面	尾根型斜面	直線型斜面	全 体
1-(1)	7 (22.5)	6 (19.4)	18 (58.1)	31
1-(2)	40 (18.5)	48 (22.3)	128 (59.2)	216
2-(2)-a	4 (10.0)	14 (35.0)	22 (55.0)	40
2-(2)-b	5 (41.7)	1 (8.3)	6 (50.0)	12
3-(1)-b	2 (20.0)	3 (30.0)	5 (50.0)	10
3-(2)	2 (16.7)	1 (8.3)	9 (75.0)	12
5-(1)	1 (10.0)	3 (30.0)	6 (60.0)	10
5-(2)-a	26 (21.1)	34 (27.7)	63 (51.2)	123
5-(2)-b	2 (18.2)	4 (36.4)	5 (45.4)	11
7-(1)-b	5 (31.3)	4 (25.0)	7 (43.7)	16

表-30、図-29は斜面構成土質別に見たものでそれぞれの特徴が読みとれる。表土の崩壊が最も一般的な構成であると思われ、これに対して崩壊土や崖錐性堆積物からなる崩壊土は尾根状に凸型の形状をしている斜面での崩壊が多く確認され、またシラス、ローム、凝灰岩、集塊岩等から成る急斜面の多い火山砕屑物斜面で尾根型斜面での崩壊が多くなっている。段丘堆積物斜面では谷型、尾根型いず

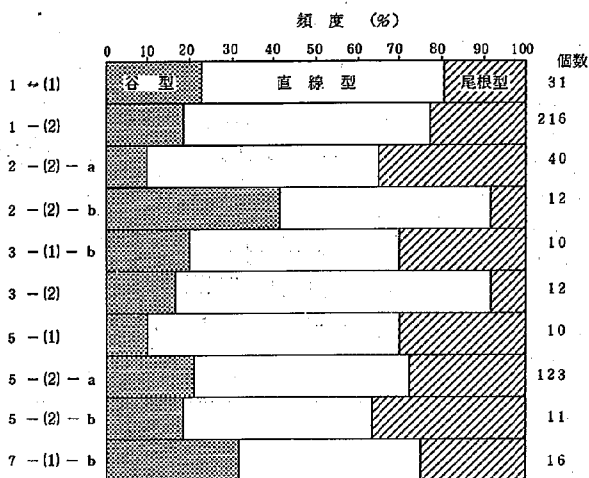


図-28 主な崩壊型毎の斜面横断形

表-30 斜面構成土質と斜面横断形

() 内は構成率%

	尾根型斜面	谷型斜面	直線型斜面	計
1. 表 土	54 (21.9)	47 (19.0)	146 (59.1)	247
2. 崩 積 土	18 (29.5)	12 (19.7)	31 (50.8)	61
3. 火 山 碎 屑 物	8 (29.6)	4 (14.8)	15 (55.6)	27
4. 段 丘 堆 積 物	4 (19.1)	2 (9.5)	15 (71.4)	21
5. 強 風 化 岩	41 (28.5)	29 (20.1)	74 (51.4)	144
6. 岩 (I)	10 (41.7)	2 (8.3)	12 (50.0)	24
7. 岩 (II)	6 (21.4)	8 (28.6)	14 (50.0)	28
計	141 (25.5)	104 (18.9)	307 (55.6)	552

れも少なく、変化の少ない直線型斜面での崩壊が一般的である。硬岩から成る岩I斜面では、節理や断層等の割れ目に支配されることが多く尾根型斜面で崩壊が卓越する。頁岩、砂岩等が成層したり互層になっている場合の多い岩II斜面では、地表水、浸透水の影響を受けやすい谷型斜面での崩壊が卓越する。

表-31、図-30は、斜面構成土質を、表層土、土状の地山、岩状の地山に区分したもので、表層土

崩壊は谷型斜面、尾根型斜面ともほぼ同程度であり、土状の地山斜面では谷型に比べ尾根型斜面での崩壊がほぼ2倍になり、岩状の地山斜面では谷型斜面での崩壊も多いが、それよりさらに尾根型斜面での崩壊が多く、直線型斜面での崩壊が比較的少なくなっている。

表-32、図-31は崩落、滑落に分けて見たもので、崩落型の崩壊は尾根型斜面で多いと予想されたが、両者ほとんど

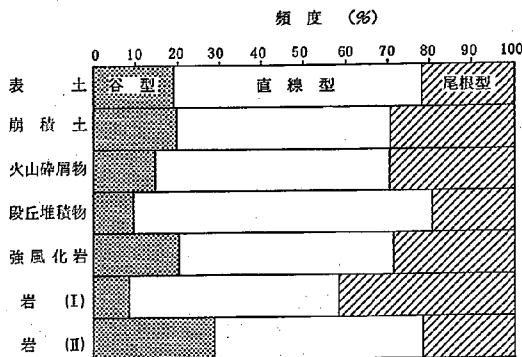


図-29 斜面構成土質と斜面横断形

表-31 斜面構成土質と斜面の横断形

	尾根型斜面			谷型斜面			直線型斜面	計
	大きな尾根	小さな尾根	計	大きな谷	小さな谷	計	斜面	
I 表層土	14 (4.6)	58 (18.8)	72 (23.4)	14 (4.6)	49 (15.9)	63 (20.5)	73 (56.1)	308
II 土状の地山	1 (2.1)	11 (22.9)	12 (25.0)	2 (4.2)	4 (8.3)	6 (12.5)	30 (62.5)	48
III 岩状の地山	9 (4.6)	48 (24.5)	57 (29.1)	4 (2.0)	34 (17.4)	38 (19.4)	101 (51.5)	196
計	24 (4.3)	117 (21.2)	141 (25.5)	20 (3.6)	87 (15.8)	107 (19.4)	304 (55.1)	552

ど差がない。図-32は斜面横断形毎に崩落型の崩壊がどの程度の割合を占めるか見たもので、尾根型斜面での割合が谷型斜面に比べて多少多くなっているのが分る。

2) 斜面の縦断形

斜面の縦断形を表-33のように区分した。その結果は図

-33に示す。約41%が凹凸のない直線型の斜面での崩壊であり、次いで上昇型(26.4%)、下降型(14.5%)となる。複合型のものは18%ある。直線型の斜面での崩壊が多いのは、調査時に元の斜面が残っていないために、明瞭に凸型又は凹型に判定できるもの以外は直線状に含まれるためである。表-25は竹下氏等⁴³⁾が小倉周辺の山腹崩壊についてまとめたものであり、表-34は富沢氏⁴⁴⁾が広島県

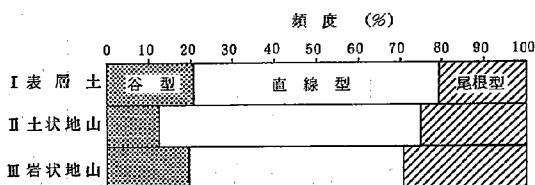


図-30 斜面構成土質と斜面横断形

表-32 崩壊の型と斜面横断形

	尾根型斜面			谷型斜面			直線型斜面	計
	大きな尾根	小さな尾根	計	大きな谷	小さな谷	計	斜面	
崩落	5 (4.6)	25 (22.9)	30 (27.5)	3 (2.8)	16 (14.7)	19 (17.5)	60 (55.0)	109
滑落	19 (4.3)	92 (20.8)	111 (25.1)	17 (3.8)	67 (15.1)	84 (18.9)	248 (56.0)	443
計	24 (4.4)	117 (21.2)	141 (25.6)	20 (3.6)	83 (15.0)	103 (18.6)	308 (55.8)	552

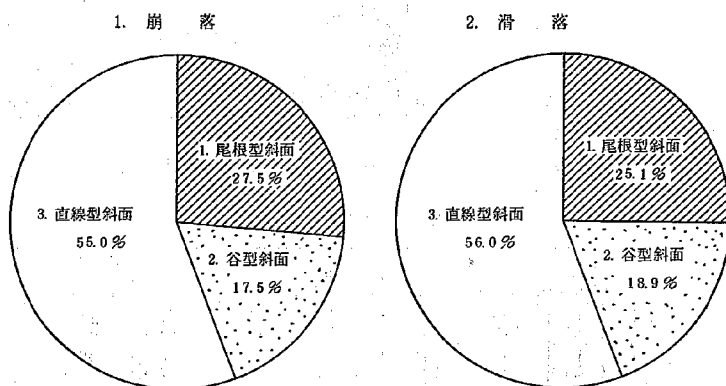


図-31 崩壊の型と斜面横断形

表-33 斜面の縦断形

記号	分類	
1	上昇型(凸型)	
2	下降型(凹型)	
3	直線型	
4	複合型(S型)	
5	"(逆S型)	
6	その他	

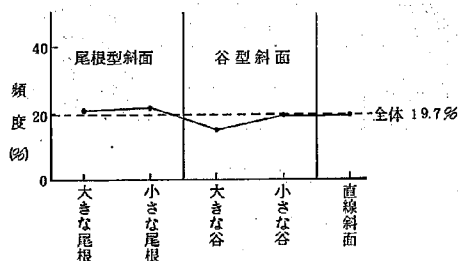


図-32 斜面横断形ごとの崩落型崩壊頻度

内の山腹崩壊についてまとめたものであり、両者の結果は全く異なった傾向を示している。竹下氏等の結果では凹型の下降斜面での崩壊が極めて多いのに対し、富沢氏の結果では凸型の上昇斜面での崩壊が多い。このような差があらわれる理由は分らないが、崩壊位置のちがいや、縦断形状を斜面のどの範囲で取っているかによるちがい等が考えられる。

複合型の斜面のS型と逆S型は、言い換えれば斜面上に傾斜変換線があるような斜面と定義できる。傾斜変換線の形成は斜面下方の侵食や崩壊の結果によるものであり、現在でも崩壊の起りやすい地形であるとされている。傾斜変換線は凸型傾斜変換線と

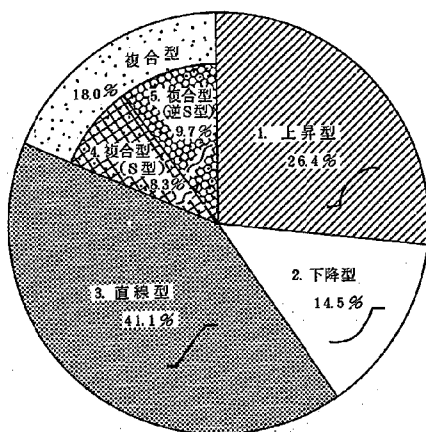


図-33 斜面の縦断形と崩壊発生 588件

表-34 崩壊斜面地形と崩壊数(富沢氏, 広島県)

形 状 分 布	凹		平		凸		計	
	個 数	百 分 率	個 数	百 分 率	個 数	百 分 率	個 数	百 分 率
縦面 全 県	21	20.4	32	31.1	50	48.5	103	100.0
断面 調 査 域	7	18.4	17	44.7	14	36.8	38	100.0

凹型傾斜変換線とに分けることができるが、本調査の区分では複合型S型が前者に複合型逆S型が後者に相当する。竹下氏^{*16}は山腹崩壊約2,600を集計した結果、その73.8%が何らかの形で凸型傾斜変換線をもつ斜面で起っているとしている。また同時に凹型傾斜変換線が存在が集計結果とは別に重要性をもつと言っているが、これは表流水が集まりやすい斜面凹部に形成されることが多く、また傾斜変換線より下部で傾斜が緩くなるため、その土層は表流水および浸透水を停滞させやすく、さらにその部分を構成する地盤は上方からの崩壊土や沢沿いに運ばれた土砂の堆積である場合が多いので、崩壊に対して不安定な状態であるという意味ではないかと思われる。

表-35、図-34に崩土の状態と縦断形の関係を示すが、複合斜面では崩土が多量に含水した泥状のものがかなり多くなり、逆に土塊状のものが少なくなっているのが分る。複合斜面の内でも特に逆S型傾斜変換線をもつ斜面ではこの傾向が著しく、地表水、浸透水の集中、滞留を起しやすい地形条件であることを説明できる。また、竹下氏^{*16}は表-36のように傾斜変換線付近のどの部分で崩壊が起っているかを調べている。凸型傾斜変換線の場合は、変換線付近を含めてその直下で起っているものが

*16 竹下敬司：北九州市門司、小倉地区における崩壊危険地の予測と予防治山，第8回治山研究発表会論文集 P.150, 1970

表-35 崩土の状態で斜面縦断形

崩土の状態で	斜面の縦断形状					全 数
	上昇 1	下降 2	直線 3	S 4	逆 S 5	
泥 状 1	63 (41.2)	39 (42.8)	131 (55.5)	28 (59.6)	37 (67.3)	298 (51.2)
土塊状 2	47 (30.7)	28 (30.8)	53 (22.5)	9 (19.1)	7 (12.7)	144 (24.7)
砂 状 3	26 (17.0)	14 (15.4)	29 (12.3)	7 (14.9)	7 (12.7)	83 (14.8)
岩塊状 4	14 (9.1)	9 (9.9)	21 (8.9)	2 (4.3)	3 (5.5)	49 (8.4)
その他 5	3 (2.0)	1 (1.1)	2 (0.8)	1 (2.1)	1 (1.8)	8 (1.4)
	153	91	236	47	55	582

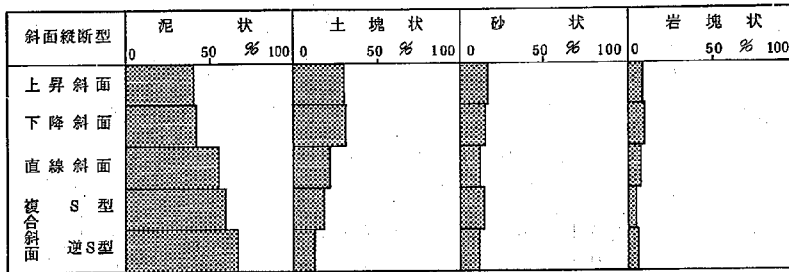


図-34 崩土の状態で斜面縦断形

表-36 傾斜変換線の形別崩壊発生数 100 分率 (竹下氏, 北九州)

凸型・傾斜変換線						凹形傾斜変換線			
					他				他
3.4	31.8	12.6	5.4	22.3	26.5	38.9	35.6	25.2	5.3
計 100.0%						計 100.0%			

約32%であり、次いで、傾斜変換線よりかなり上方で約22%となっている。一般に傾斜変換線をはさんで、その下方では上方に比べ崩壊を起しやすい土層が失われて、その規模が比較的小さい場合が多いが、傾斜が急であること、変換線付近での浸透水の吹き出し等の理由により、変換線より下方の土層は崩壊を起しやすいのではないかと考えられる。図-35は千葉県大原町の第三紀層斜面での風化土層、表層等の崩壊を起しやすい土層の厚さ分布の1例で、^{*17} 傾斜変換線より上方で厚く、下方でうすいの

分る。また凹型傾斜変換線の下では、図-35でも明らかなように崩壊を起しやすい土層は厚く分布し、かつ傾斜が緩くなるので浸透水や地表水を停滞させやすく、このような土層は崩壊を起しやすいと考えられるが、一方、変換線付近の浸透水の地表面への湧水等で、それより上方の斜面の不安定を招き崩壊を起しやすい条件となると考えられる。竹下氏の調査によっても凹型傾斜変換線と崩壊の位置関係は、ほとんどが変換線付近で起っている結果となっていて、中でも変換線の上方の崩壊が最も多くなっている。

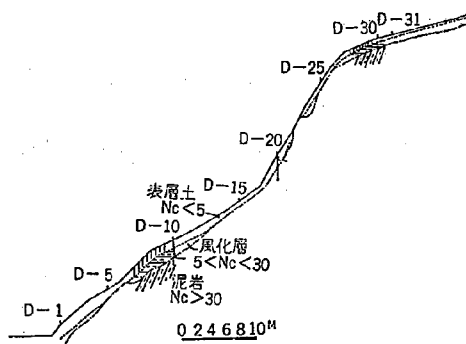


図-35 表層・風化土層の厚さ分布例
千葉県大原町（土木研究所）

本調査の結果では、これらの傾斜変換線をもつ複合型に分類される斜面での崩壊は18%に過ぎないが、これは1つには調査が全て崩壊後の現地観察にもとづいているため、崩壊斜面の崩壊前の形状は、周辺斜面からの推定によるしかないの得上昇斜面とS型、下降斜面と逆S型を明瞭に区分し得ないこと、2つには全崩壊斜面の63%は上部が平坦な台地斜面の崩壊であり、したがって斜面高さも限られたものが多く、複合型があらわれにくい単一傾斜の斜面が多いこと、等によると考えられる。ちなみに斜面上方に山腹が続くような斜面では、複合型斜面での崩壊が23%あるのに対し、上方が平坦になる台地斜面では16%程度となり（表-37、図-35）、かなりの差がある。また、山腹の続く斜面では凹型傾斜変換線をもつ斜面での崩壊が多く（複合型の内58%）、台地斜面では凸型傾斜変換線をもつ斜面での崩壊の方がわずかに多くなっている。（複合型の内53%）、斜面上方が凹地になっている斜面では、当然のことながら複合型の斜面での崩壊が36.4%とかなり多く、これらは全て凹型傾斜変換線をもつ斜面からなっている。

表-37 傾斜変換線をもつ斜面の割合

	全 数	複 合 型 斜 面 （ 傾 斜 変 換 線 を も つ 斜 面 ）						凸型：凹型
		S型 (凸型傾斜変換線)		逆S型 (凹型傾斜変換線)		合 計		
		個 数	割合	個 数	割合	個 数	割合	
山 腹 斜 面	189	18	9.5	25	13.2	43	22.8	1 : 1.39
台 地 斜 面	351	29	8.3	26	7.4	55	15.7	1 : 0.90
凹地のある斜面	11	0	0	4	36.4	4	36.4	——

*17 建設省土木研究所急傾斜地崩壊研究室：昭和46年9月6～7日秋雨前線ならびに台風25号による
かけ崩れ調査報告書、土木研究所資料第782号 昭和47.10.

次に主な地質区分毎に見ると表-38、図-37のようになり、いずれの地質区分でも直線型斜面での崩壊が最も多い。下降型斜面での崩壊はいずれの地質区分でもほぼ同程度であるが、上昇斜面の崩壊と複

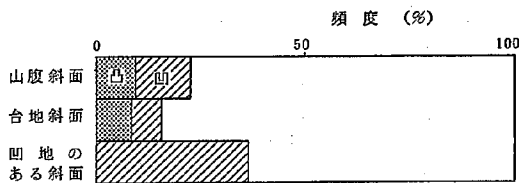


図-36 傾斜変換線をもつ斜面の割合

表-38 地質区分毎、崩壊の起った斜面の縦断形

	上昇型	下降型	直線型	複合型			計
				S型	逆S型	計	
1. 噴出岩類	30 (38.0)	12 (15.2)	32 (40.5)	2 (2.5)	3 (3.8)	5 (6.3)	79
2. 深成岩類	58 (31.3)	30 (16.2)	66 (35.7)	12 (6.5)	19 (10.3)	31 (16.8)	185
3. 火山砕屑物	17 (26.6)	9 (14.1)	30 (46.9)	4 (6.2)	4 (6.2)	8 (12.4)	64
4. 水成堆積岩類	37 (19.5)	26 (13.7)	85 (44.7)	20 (10.5)	22 (11.6)	42 (22.1)	190
5. 変成岩類	3 (20.0)	2 (13.3)	5 (33.4)	3 (20.0)	2 (3.3)	5 (33.3)	15
計	145 (27.2)	79 (14.8)	218 (40.9)	41 (7.7)	50 (9.4)	91 (17.1)	533

合型に変化がある。深成岩類噴出岩類、火山砕屑物等では上昇斜面での崩壊が相対的に多い。複合型斜面での崩壊は変成岩類できわだって多いのが特徴的である。また複合型斜面の中でS型、逆S型（それぞれ凸型、凹型の傾斜変換線をもつもの）の比率は図-38に示すようになり、変成岩類では凸型傾斜変換線をもつものがかなり多いが、それ以外では凹型傾斜変換線をもつものの方が多いのが特徴である。

表-39、図-39は主な崩壊型毎の特徴である。上昇斜面での崩壊が多いのは、表土の

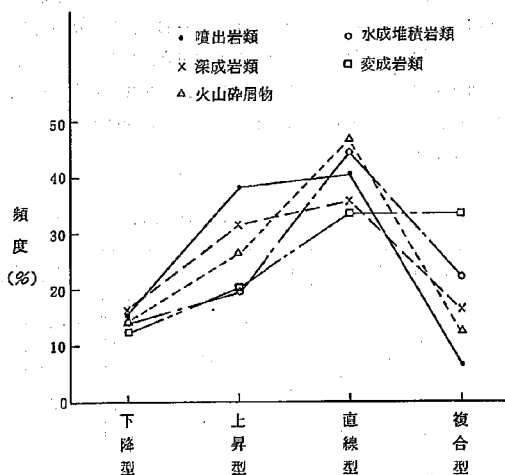


図-37 地質区分毎崩壊の起った斜面の縦断形

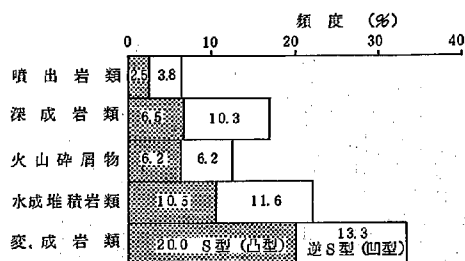


図-38 複合型斜面と地質区分

表-39 主な崩壊型毎の斜面縦断形

	上昇型斜面	下降型斜面	直線型斜面	複合型斜面	全 体
1-(1)	13 (43.3)	4 (13.3)	10 (33.3)	3 (11.1)	30
1-(2)	56 (25.7)	30 (13.8)	92 (42.2)	40 (18.3)	218
2-(2)-a	11 (27.5)	4 (10.0)	15 (37.5)	10 (12.5)	40
2-(2)-b		4 (33.3)	7 (58.3)	1 (8.4)	12
3-(1)-b	1 (10.0)	3 (30.0)	4 (40.0)	2 (20.0)	10
3-(2)	1 (8.3)	2 (16.7)	5 (41.7)	4 (33.3)	12
5-(1)	3 (30.0)	2 (20.0)	3 (30.0)	2 (20.0)	10
5-(2)-a	37 (29.1)	17 (13.4)	52 (40.9)	21 (16.6)	127
5-(2)-b	3 (27.3)	1 (9.1)	6 (54.5)	1 (9.1)	11
7-(1)-b	2 (12.5)	1 (6.3)	5 (31.2)	8 (50.0)	16

崩落 (1-(1)), 表土の滑落 (1-(2)), 崩積土の滑落 (基盤との境界, 2-(2)-a) 強風化岩の崩落, 滑落 (5-(1), 5-(2)-a, 5-(2)-b) 等である。下降斜面で崩壊が多いのは, 崩積土の滑落 (崩積土中の滑落 2-(2)-b), 火山碎屑物の崩落 (風化した集塊岩, 凝灰角礫岩等の崩壊 3-(1)-b) 強風化岩の崩落 (5-(1)) 等である。また複合型斜面での崩壊が多いのは火山碎屑物の滑落, 岩 (II) の崩落 (第三紀層の頁岩の表面剥離による崩落 7-(1)-b) 等である。

表-40, 図-40は斜面構成土質別に見たもので, それぞれの特徴が読みとれる。表土の崩壊が最も一般的な構成を示していると考えられるが, 斜面下方に分布する崩積土の崩壊では, 斜面の傾斜に変化があるため, 複合型と下降型が多くなり, 火山碎屑物の崩壊では, もともと急な斜面が多く, 斜面上方に風化層や表層を残している場合が多いため上昇型が極めて少なく, 複合型 (中でも凹型傾斜変換線をもつものが多い) が多くなっている。一様な斜面の続く場合の多い段丘堆積物の斜面では直線型斜面での崩壊が顕著であり, 強風化岩では上昇斜面での崩壊が目立つ。硬岩から成る岩 (II) の斜面では節理断層等の割れ目によってその崩壊が支配されることが多く, 斜面上方にも堅岩が残っている場

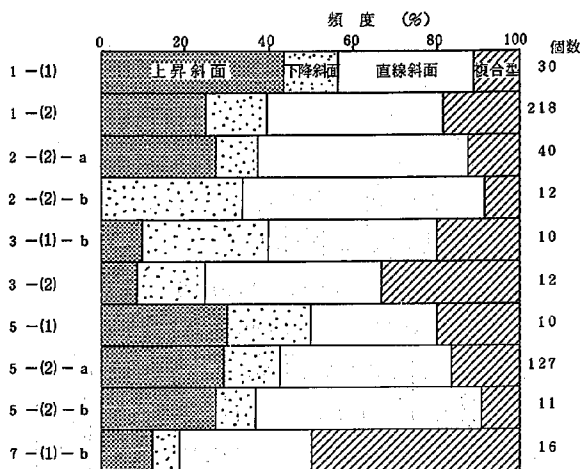


図-39 主な崩壊型毎の斜面縦断形

表-40 斜面構成土質毎斜面縦断形

	上昇型斜面	下降型斜面	直線型斜面	複合型斜面	計
1. 表 土	69 (27.8)	34 (13.7)	102 (41.1)	43 (17.4)	248
2. 崩 壊 土	14 (22.9)	10 (16.4)	25 (41.0)	12 (19.7)	61
3. 火山碎屑物	2 (7.4)	5 (18.5)	13 (48.2)	7 (25.9)	27
4. 段丘堆積物	4 (18.2)	4 (18.2)	12 (54.5)	2 (9.1)	22
5. 強風化岩	43 (29.1)	20 (13.5)	61 (41.2)	24 (16.2)	148
6. 岩 (I)	10 (43.5)	4 (17.4)	8 (34.8)	1 (4.3)	23
7. 岩 (II)	5 (17.8)	4 (14.3)	8 (28.6)	11 (39.3)	28
計	147 (26.4)	81 (14.5)	229 (41.1)	100 (18.0)	557

合が多いため上昇型斜面での崩壊が著しく多い。頁岩や砂岩が成層したり互層になっているものの多い岩Ⅲ斜面では、斜面傾斜に変化が多く、複合型、中でも凹型傾斜変換線をもつ斜面での崩壊がきわだって多い。

斜面構成土質を I.表層土、II.土状の地山、III.岩状の地山に分けてみると表-41、図-41のようになる。土状の地山斜面では上昇型斜面での崩壊が少なく、直線斜面での崩壊が多いが、表層土、岩状地山斜面では上昇型斜面での崩壊が多くなっている。

表-42、図-42は崩落、滑落別に見たもので、ほとんど変化はない。わずかに崩落型の崩壊が下降斜面で多く起り、滑落型の崩壊が複合斜面で多く起っている程度である。滑落型では凹型傾斜変換線

をもつ斜面での崩壊の方が多
いのに対し、崩落型では逆に
なっている。

図-43は斜面縦断形ごとに
崩落型崩壊の頻度を調べたも
のであるが、あまり変化は見
られない。しかし、凸型傾斜
変換線をもつ斜面では崩落型
崩壊が多少多くなり、凹型傾
斜変換線をもつ斜面では滑落
型崩壊が極めて多いことにな
る。

これまでの地質区分毎、崩

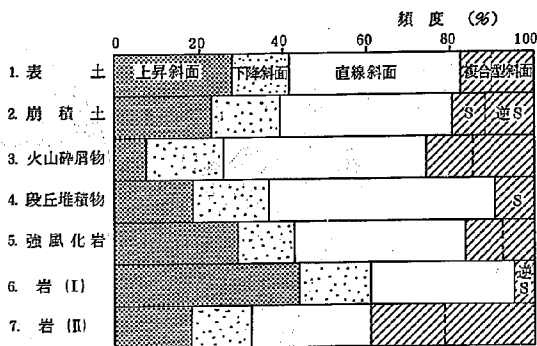


図-40 斜面構成土質毎斜面縦断形

表-41 斜面構成土質毎斜面縦断形

	上昇型	下降型	直線型	複合型	計
I・表層土	83 (26.9)	44 (14.2)	127 (41.1)	55 (17.8)	309
II・土状の地山	6 (12.4)	9 (18.8)	24 (50.0)	9 (18.8)	48
III・岩状の地山	58 (29.1)	28 (14.1)	77 (38.7)	36 (18.1)	199
計	147 (26.4)	81 (14.6)	228 (41.0)	100 (18.0)	556

壊区分又は斜面構成土質区
分毎の斜面縦断形の特徴を通
じて共通の特徴は、下降斜面
の割合が区分方法に関係な
しにあまり変化しないことで
ある。この理由は、下降斜面
がいずれの地質、土質の所で
も通常形成されやすい斜面形

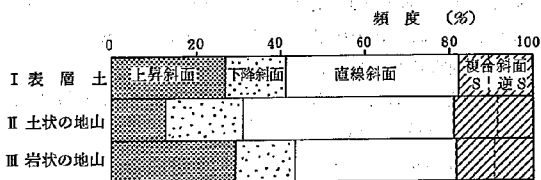


図-41 斜面構成土質と斜面縦断形

表-42 崩壊の型と斜面縦断形

	上昇型	下降型	直線型	複合型	計
崩落	28 (26.2)	18 (16.8)	43 (40.2)	18 (16.8)	107
滑落	119 (26.5)	63 (14.0)	185 (41.2)	82 (18.3)	449
計	147 (26.4)	81 (14.6)	228 (41.0)	100 (18.0)	556

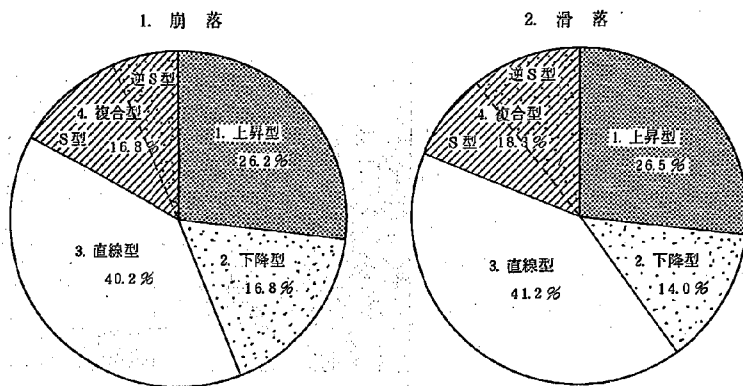


図-42 崩壊の型と斜面縦断形

であることによるためと考えられる。斜面上方での崩壊、下方での堆積が一般的なパターンであるとする、このような場合は下降斜面が形成されやすいが、斜面上方にまで堅岩があるような場合、上昇斜面が形成されやすい等、上昇斜面は地質、土質の影響を受けて、それぞれの特徴を残した斜面として形成されるからであると考えることができる。

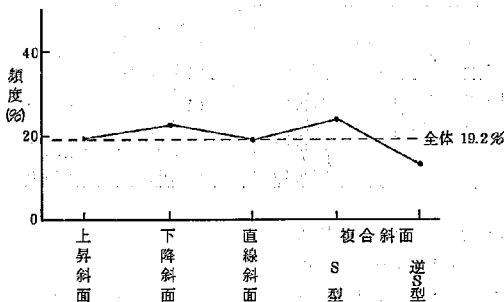


図-43 斜面縦断形ごとの崩落型崩壊頻度

3) 斜面の横断、縦断形

斜面の横断形、縦断形を組む

表-43 斜面形と崩壊の発生

全 数 518			斜 面 の 縦 断 形			
			1. 上昇型	2. 下降型	3. 直線型	4. 複合型
斜面の横断形	1. 尾根型		55 (10.5)	19 (3.7)	40 (7.7)	13 (2.5)
	2. 谷型		19 (3.7)	19 (3.7)	34 (6.6)	22 (4.2)
	3. 直線型		72 (13.9)	47 (9.1)	157 (30.3)	21 (4.1)

合わせて比較してみると表-43、図-44に示すように全体の30%が、横断型、縦断型ともに変化のない直線型の斜面で起っている。次いで横断形が直線型、縦断型が上昇型の斜面となり、さらに尾根型・上昇斜面、直線型・下降斜面、尾根型・直線斜面等の順となっている。表-44は竹下氏^{*16)}の、表-45は富沢氏^{*14)}の調査結果である。

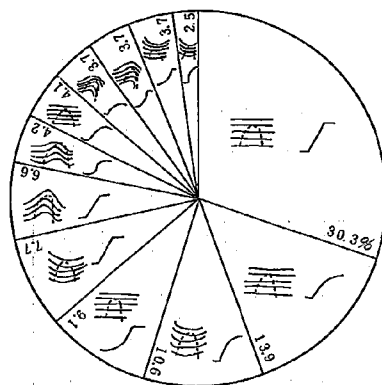


図-44 斜面形と崩壊発生

表-44 斜面形の分布と崩壊発生 100 分率 (竹下氏, 北九州)

縦断形 横断形	凹	直	凸	全	崩壊源面積	崩壊源箇所数
凹	18	4	6	28	68	69
直	12	8	11	31	24	23
凸	10	7	24	41	8	8
全	40	19	41	100	100	100
崩壊源面積	90	8	2	100		
崩壊源箇所数	91	7	2	100		

地区面積 : 4011 ha

崩壊源面積 : 24.1 ha (0.6 ha / 100 ha)

崩壊面積 : 62.3 ha (1.6 ha / 100 ha)

崩壊箇所数 : 1599 箇所 (40 箇所 / 100 ha)

表-45 斜面形と崩壊 (富沢氏, 広島県)

形 状	凹 凸	凹 平	凹 凹	平 凸	平 平	平 凹	凸 凸	凸 平	凸 凹
全 県	31	11	18	10	20	2	8	2	1
調 査 域	11	7	7	3	9	0	0	1	0

前に書いてあるのが横断形

後 " 縦断形

§ 8 斜面の植生とがけ崩れ

斜面上の植生を1.裸地 2.草地 3.竹 4.針葉樹 5.広葉樹 6.針広混交 7.その他に分けて調べた。その結果、表-46、図-45に示すような結果となった。図-46には前回調査の結果を示す。針広

表-46 斜面の植生と崩壊発生

	個 数	割合い%
1. 裸 地	41	7.7
2. 草 地	115	21.5
3. 竹	28	5.2
4. 針 葉 樹	65	12.1
5. 広 葉 樹	137	25.6
6. 針 広 混 交	131	24.5
7. そ の 他	18	3.4
計	535	100

混交、針葉樹、広葉樹、草地等での崩壊が多いが、これは植生区分毎のもともとの占有面積が不明で、であるのでこの結果だけでは、どのような植生の所で崩壊発生率が高いかは云々できない。

昭和46年9月台風25号の際の調査^{*17}では、植生を1.針葉樹の内スギ・ヒノキ、2.針葉樹の内クロマツ、3.広葉樹、4.スギ・ヒノキおよび広葉樹の混交に分けて対象地域全体のそれぞれの占有面積に対する崩壊発生個数（個/km²）で表示されたが、（表-47、図-47）それぞれ、99, 46, 70, 91となり、スギ、ヒノキの所での崩壊発生率が高くなっている。この地域ではスギ・ヒノキの占有面積が極めて大きいので“ある特定の地域での調査結果”として扱うべきではあるが、一般的傾向の判断材料にはなる。

難波氏^{*18}は、図-48のような結果を得ている。また飯塚氏^{*19}は、昭和28年7月の和歌山県花園村、

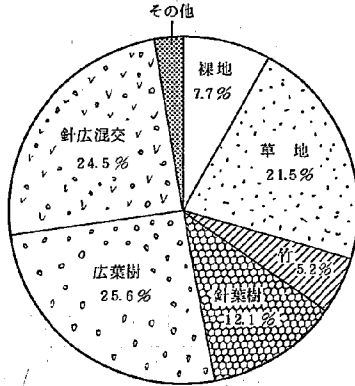


図-45 斜面の植生と崩壊発生

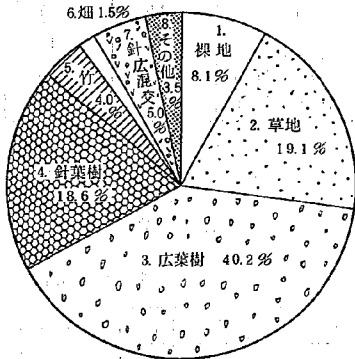


図-46 斜面の植生と崩壊発生
（前回調査44～46年）

*18 難波富士、秋谷孝一他：森林特性に関する研究、昭和47年7月豪雨災害に関する特別研究報告書 P.175 50.3

*19 飯塚肇：森林防災工学、P.9、森比出版 1964

表-47 植生と崩壊発生率（土木研究所，千葉・大原地区）

		A スギ・ヒノキ	B クロマツ	C 広葉樹	D A・C混交	計
粗	占有面積 km ²	0.118	0.016	0.062	0.029	0.225
	崩壊個数	14	7	18	0	39
	崩壊率個/km ²	119	100	290	0	173
中	占有面積 km ²	0.088	0.176	0.123	0.044	0.431
	崩壊個数	19	4	8	8	39
	崩壊率個/km ²	216	23	65	182	90
密	占有面積 km ²	0.461	0.393	0.390	0.322	1.566
	崩壊個数	33	16	14	28	91
	崩壊率個/km ²	73	41	36	87	58
計	占有面積 km ²	0.667	0.585	0.575	0.395	2.222
	崩壊個数	66	27	40	36	169
	崩壊率個/km ²	99	46	70	91	76

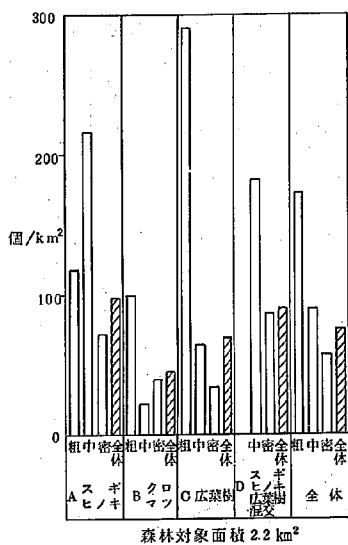


図-47 植生区分毎の崩壊発生率
（土木研究所，千葉・大原地区）

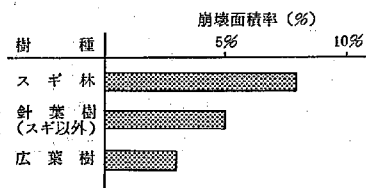


図-48 樹種と崩壊率との関係
（難波氏外；丹沢）

三重県上野島ヶ原の災害例から樹種別の崩壊発生率を調べて表-48のような結果を得ている。この2例を見ても地域が変われば，樹種毎の崩壊発生率は変わり，いずれの樹種が崩壊を起しやすいかは言えない。植生の根系の進入する付近の土層の特性や，水分事情等，植生以外の条件が加味されるからである。難波氏^{*20}は植生（主として森林）と崩壊の関係を次のように要約している。

植生が崩壊を防止すると考えられている根拠は，
①植生が地面被覆物となって表面浸食を防ぐため，
表面侵食の作用から引き起こされる崩壊を防止する，

*20 難波宣士：豪雨による山地崩壊と森林との関係，施工技術 Vol.15, No.11, P.96 NOV.1972

②植生の根系が土壌を緊縛し、風化表層土の強度を増加させるとともに、この層を下層の強固な地層に連絡させて崩壊を防止する、③植生の地上部(樹幹部)は一度崩落した土塊をささえるため、崩落土の破壊力により二次的に拡大していく崩壊の発生を防止すること、などがあげられる。逆に植生が崩

壊を促す効果は①植生土壌の透水性は良好のため土層が飽和状態になりやすく、崩壊の危険性を増す、②植生はその重量だけ土層にかかる荷重を増し、重心を上昇させて土層の平衡を破れ易くする、③風が強い場合は樹木をゆり動かし、地盤のゆるみや風倒によって崩壊を誘発する、等である。

森林が逆効果となる理由はいずれも決定的とはいいがたく、やはり森林は崩壊防止に役立つと言っている。表-49は林野庁が広汎な地域で行なった調査の結果で、^{*21}有林地に比べ無林地での崩壊発生率

表-48 樹種別崩壊率 (飯塚氏、和歌山・三重)

A. 花園村

樹種	スギ林	伐採跡地	ヒノキ林	雑木林	シュロ林
崩壊率%	4.57	4.00	2.94	1.14	20.40

B. 上野、湯力原地区

樹種	ヒノキ林	雑木林	スギ林	伐採跡地	アカマツ林
崩壊率%	7.00	5.31	4.85	3.45	0.14

表-49 有林地、無林地と崩壊

種別	占有面積 km ²	崩壊 箇所数	崩壊面積 ha	崩壊 土砂量 10 ³ m ³	占有面積 1 km ² 当たり		
					崩壊箇所数	崩壊面積 ha	崩壊土砂量 10 ³ m ³
有林地	1,270	10,400	1,564	28,925	8.11	1.23	22.8
無林地	121	2,216	289	3,618	18.14	2.38	29.9

(林野庁)

が高いことを示している。前述の飯塚氏の調査でも伐採跡地での崩壊発生率が高いことが分る。伐根が宿植した場合に地表付近の土層の浸透性が高まるとともに、伐根沿いの浸透水が地表下で水みちを形成しやすい等のために、伐採地が崩壊に対して不安定な材料になりやすい。また図-49 に見られるように伐根の抵抗力は年数経過と共に急激に減少し、10~20年経過後は立木の抵抗力をはるかに下回るので、根系の土壌緊縛効果はなくなり、すべりに対する抵抗も期待できなくなる。

本調査では草地での崩壊が21.5%、裸

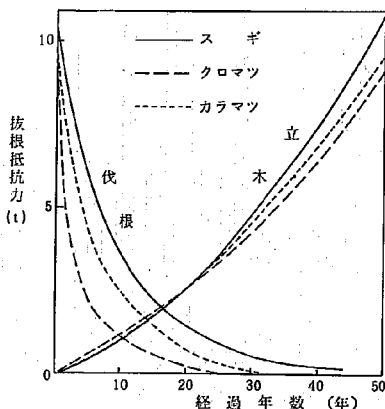


図-49 伐採ならびに植栽後の経過年数と抜根抵抗 (難波氏)

*21 林野庁治山課：荒廃危険地域の判定法——荒廃危険地域対策調査第一部——治山事業調査報告

地での崩壊が7.7%となっているが、これらの中には崩壊跡地および採掘地が含まれていると考えられるが、表-50、^{*22}表-51^{*23}の例のように同一崩壊個所の崩壊反復率は20%を越す値となっており

(期間の取り方が関係すると思われるが) 崩壊跡地がさらに崩壊を起す(崩壊の拡大も含めて)事例が多いことに注意を払う必要がある。

地質区分毎に植生と崩壊の関係を見ると表-52と図-50のように

表-50 崩壊個所集計表(小林基夫氏)

地域名	面積	崩壊個所数		重複箇所	重複度
		S.36(六甲) S.20(呉)	S.42		
呉	74 km ²	712	1971	83	6.2%
六甲西部	39	881	887	174	19.7
六甲中部	74	1544	1732	405	25.5
六甲東部	65	1088	971	242	23.5

表-51 住吉川流域における昭和36年、42年の再崩壊率(%)
(安仁屋政武氏)

年	全 体	西山谷	大月地蔵谷	五助谷	水晶谷	その他*
36	20.4	21.8	25.3	28.1	26.1	6.9
42	31.4	45.3	36.7	32.5	37.5	22.5

* 4つの主要支谷流域に属さない区域を「その他」としてある。

表-52 地質区分毎、植生と崩壊

地質区分	植 生 区 分							計
	裸 1	草 2	竹 3	針 4	広 5	針広 6	その他 7	
噴出岩類 1	4 (5.1) 0.646	12 (15.2) 0.652	5 (6.3) 1.167	11 (13.9) 0.653	23 (29.1) 1.470	23 (29.1) 1.249	1 (1.3)	79 (100)
深成岩類 2	13 (7.0) 0.886	47 (25.2) 1.082	12 (6.5) 1.204	37 (19.9) 1.221	12 (6.5) 0.328	54 (29.0) 1.245	11 (5.9)	186 (100)
火山砕屑物 3	4 (6.3) 0.797	16 (25.0) 1.119	0	7 (10.9) 0.669	15 (23.4) 1.182	19 (29.7) 1.275	3 (4.7)	64 (100)
水成堆積 岩類 4	18 (9.4) 1.190	38 (19.9) 0.854	9 (4.7) 0.870	10 (5.2) 0.319	83 (43.5) 2.197	31 (16.2) 0.695	2 (1.1)	191 (100)
変成岩類 5	2 (13.3) 1.684	2 (13.3) 0.571	2 (13.3) 2.463	0	4 (26.7) 1.348	4 (26.7) 1.146	1 (6.7)	15 (100)
合 計 %	41 (7.7)	115 (21.5)	28 (5.2)	65 (12.1)	137 (25.6)	131 (24.5)	18 (3.4)	535 (100)

上段 個数

中段 構成率

下段 発生率 = 中段の構成率(%) / 合計の構成率(%)

*22 小林基夫：豪雨による山地崩壊の反復性について——呉・六甲の事例——P.208 第5回災害科学総合シンポジウム論文集、1968

*23 安仁屋政武：昭和42年7月豪雨による六甲山地住吉川流域の山崩れと土石流、人文地理

なる。全般的な傾向としては、まず裸地での崩壊、草地での崩壊、針広混交での崩壊等はいずれの地質区分でも変化が比較的少なく、針葉樹、広葉樹での崩壊が地質区分毎に変化が大きいのが特徴である。針葉樹に比べ広葉樹での崩壊は深成岩類を除いて、かなり多い。各樹種毎の元々の占有面積が不明であるので発生率を考えることはできない。全個数の植生区分毎構成率に対する地質区分毎、植生区分毎の割合の値を全体に対する相対的な崩壊の起りやすさとして比較して見ると表-52の下段図-51に示すようになり、地質区分毎に差が見られる。噴出岩類では広葉樹、針広混交で崩壊が起りやすく、深成岩類では針広混交、針葉樹、草地、火山碎屑物でも同様、水成堆積岩類では広葉樹、裸地、変成岩類では針広混交、広葉樹、裸地でそれぞれ崩壊が起りやすくなっている。

上述と同様の方法で斜面構成土質毎に見ると、表-53、図-52のようになり、表土は草地、針葉樹、広葉樹で起りやすく、崩壊土は裸地、草地、広葉樹で、火山碎屑物は広葉樹で、段丘堆積物は裸地、広葉樹、針広混交で、強風化岩および岩Ⅰは裸地および針広混交で、岩Ⅱは裸地、広葉樹および針広混交でそれぞれ起りやすい。特に岩の斜面、強風化岩、段丘堆積物、崩壊土では表層が欠けたり、植生がない場合が多いため裸地斜面で

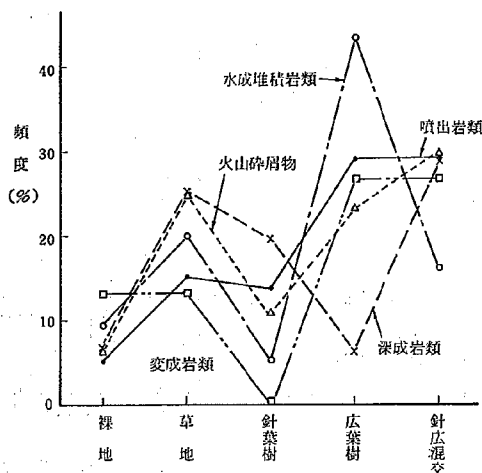


図-50 地質区分毎、植生と崩壊

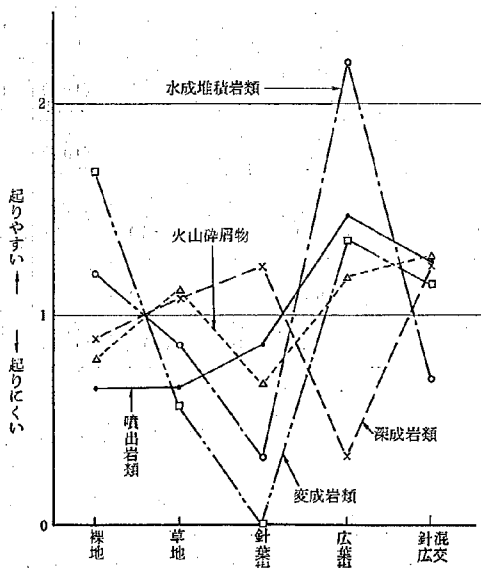


図-51 地質区分毎、植生と崩壊の起りやすさ

表-53 斜面構成土質別、植生と崩壊

	1. 裸地	2. 草地	3. 竹	4. 針葉樹	5. 広葉樹	6. 針広混交	計
	構成率A 個数発生率 A/G	B B/G	C C/G	D D/G	E E/G	F F/G	
1. 表土	9 3.8 0.46	67 27.9 1.16	12 5.0 0.89	55 22.9 1.34	57 23.8 1.16	40 16.7 0.68	240
2. 崩積土	8 13.3 1.60	18 30.0 1.25	4 6.7 1.20	3 5.0 0.29	16 26.7 1.30	11 18.3 0.75	60
3. 火山砕屑物	1 4.2 0.51	4 16.7 0.70	3 12.5 2.23	3 12.5 0.73	11 45.8 2.22	2 8.3 0.34	24
4. 段丘堆積物	2 9.5 1.14	5 23.8 0.99	0	2 9.5 0.56	5 23.8 1.16	7 33.3 1.36	21
5. 強風化岩	13 9.4 1.13	29 21.0 0.88	9 6.5 1.16	23 16.7 0.98	10 7.2 0.35	54 39.1 1.60	138
6. 岩 (I)	5 23.8 2.87	3 14.3 0.60	0	2 9.5 0.56	4 19.0 0.92	7 33.3 1.36	21
7. 岩 (II)	6 21.4 2.58	2 7.1 0.30	2 7.1 1.27	3 14.3 0.84	7 25.0 1.21	8 28.6 1.17	28
計 G	44 8.3	128 24.0	30 5.6	91 17.1	110 20.6	130 24.4	533

の崩壊の相対的な起りやすさが高くなる。草地、針葉樹では、ほゞいずれの土質区分の場合でも全般的に相対的な起りやすさは低い。

表-54、図-53は斜面構成土質を表層土、土状の地山、岩状の地山の3区分にし、上述と同じ方法で比較したもので、岩状の地山は裸地および針広混交で起りやすく、土状の地山ではこれに代って広葉樹で起りやすくなっている。表層土は裸地および針広混交では起りにくい。

表-55、図-54は崩落、滑落別に見たもので、崩落は裸地で良く起り、滑落は裸地では起りにくい。

次に植生の疎密度、樹令等について述べる。

この両者とも広葉樹、針葉樹、針広混交のみについて調べた。

表-56、図-55は疎密度を示す。疎密度は、疎・中・密の3段階に分けて調べたが、崩壊が最も多い

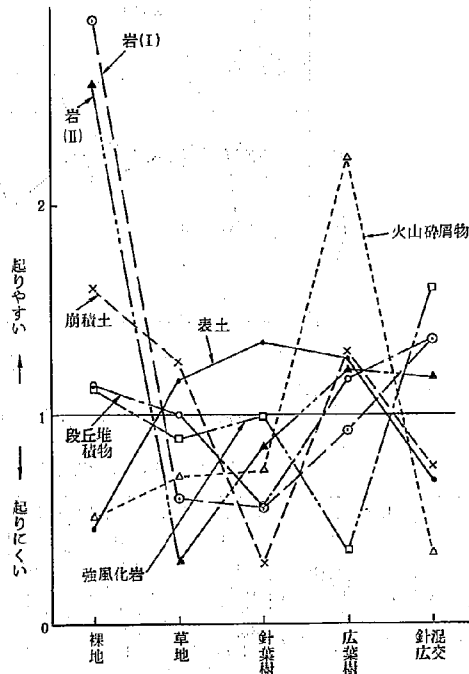


図-52 斜面構成土質別植生と崩壊発生

表-54 斜面構成土質別，植生と崩壊

	1. 裸地		2. 草地		3. 竹		4. 針葉樹		5. 広葉樹		6. 針広混交		計
	個数	構成率 A		B		C		D		E		F	
		A/G		B/G		C/G		D/G		E/G		F/G	
I 表層土	17	5.7 0.69	85	28.3 1.18	16	5.3 0.95	58	19.3 1.13	73	24.3 1.18	51	17.0 0.70	300
II 土状の地山	3	6.7 0.81	9	20.0 0.83	3	6.7 1.20	5	11.1 0.65	16	35.6 1.73	9	20.0 0.82	45
III 岩状の地山	24	12.8 1.54	34	18.1 0.75	11	5.9 1.05	28	14.9 0.87	21	11.2 0.54	70	37.2 1.52	188
計 G	44	8.3	128	24.0	30	5.6	91	17.1	110	20.6	130	24.4	533

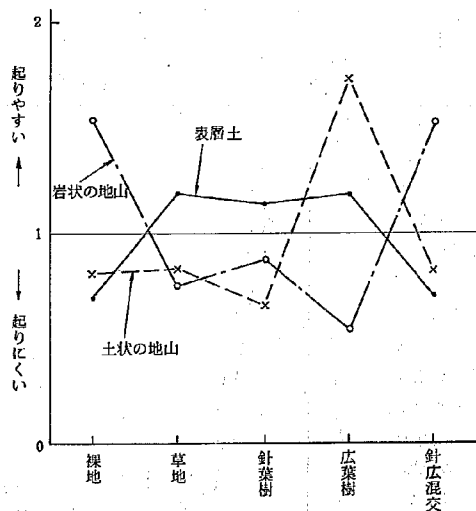


図-53 斜面構成土質別，植生と崩壊

表-55 崩落・滑落別，植生と崩壊

	1. 裸地		2. 草地		3. 竹		4. 針葉樹		5. 広葉樹		6. 針広混交		計
	個数	構成率 A		B		C		D		E		F	
		A/G		B/G		C/G		D/G		E/G		F/G	
崩落	20	45.5 2.24	21	16.4 0.81	3	10.0 0.49	14	15.4 0.76	23	20.9 1.03	27	20.8 1.02	108 ⁰ 20.3
滑落	24	54.5 0.68	107	83.6 1.05	27	90.0 1.13	77	84.6 1.06	87	79.1 0.99	103	79.1 0.99	425 79.7
計	44		128		30		91		110		130		533

のは“中”で次いで“密”になり、“疎”での崩壊は少ない。この結果は“発生率”を示していないとは言え、従来の“崩壊発生率は、植生の密度が高いほど低くなる”という一般的な説と相反している。樹種別に見ると特に広葉樹で密度の高い林地での崩壊が著しく多い結果となっている。

樹令毎に見ると表-57、図-56のようになり、ほとんどが30年未満の林地での崩壊である。針葉樹では10年未満の林地での崩壊は広葉樹に比べてかなり少ない。難波氏等の研究^{*24} ^{*25}によると山腹崩壊は一般に林令の若い林分に崩壊が多いことが判っている(表-58、図-57)。これらの研究は発生率で得られているが、一方、本調査の結果は、発生率ではなくて、それぞれの樹令あるいは疎密度をもつ植生の自然の占有分布状態を示しているのみかも知れないことに注意しておかねばならない。

難波氏は、さらに植生と崩壊の関係を考える上で、崩壊発生の条件に対しての植生の影響は、斜面の立地環境の反映としての重要な因子であり、樹種や、樹令、疎密度、施業方法、等の差異は重要な因子となり得る。しかし、崩壊現象の結果のみから、樹種別の崩壊のしやすさ等の速断はさけるべきで、植物全体として総合されなければならないと

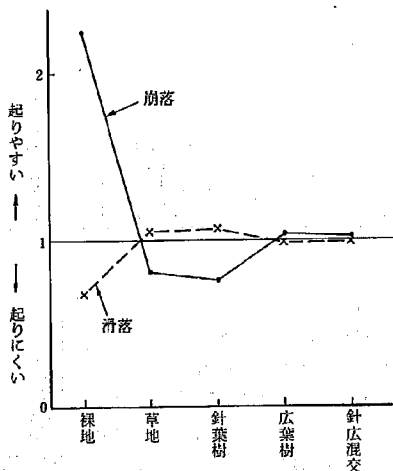


図-54 崩落・滑落別、植生と崩壊

表-56 植生の疎密度と崩壊

植生区分 \ 疎密度	1. 疎	2. 中	3. 密	計
4. 針葉樹	17 (23.6)	36 (50.0)	19 (26.4)	72
5. 広葉樹	32 (21.5)	38 (25.5)	79 (53.0)	149
6. 針広混交	41 (29.7)	72 (52.2)	25 (18.1)	138
計	90 (25.1)	146 (40.7)	123 (34.3)	359

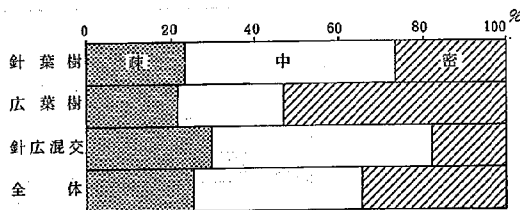


図-55 植生の疎密度と崩壊

*24 秋谷, 難波, 遼藤, 小林, 阿部: 六甲地区における森林と山地荒廃の関係について防災科学技術総合研究報告 24号 P.48 科学技術庁 45.5.

*25 難波宣士, 秋谷孝一他: 森林特性に関する研究 P.175 昭和47年7月 豪雨災害に関する特別研究報告書 1975 P.174

表-57 植生の樹令と崩壊

植生区分 \ 樹令	a. 10年未満	b. 10~30年未満	c. 30~50年未満	d. 50年以上	計
針葉樹	15 (23.8)	41 (65.1)	2 (3.2)	5 (7.9)	63
広葉樹	55 (37.7)	79 (54.1)	12 (8.2)	0	146
針広混交	65 (49.2)	56 (42.4)	11 (8.3)	0	132
全体	135 (39.6)	176 (51.6)	25 (7.3)	5 (1.5)	341

言っている。

表-59, 図-58は樹令と疎密度を組み合わせたものである。10~30年程度で“中”が最も多く、次いで10年未満, “疎”, 10~30年未満で“密”, 10年未満で“中”となる。樹種別では, 図-59のように針葉樹の場合は10~30年未満, “中”が極めて多く, 広葉樹の場合はこの他に10~30年未満, “密”および10年未満“中”がかなり多い。

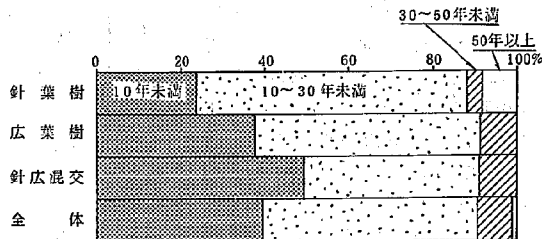


図-56 植生の樹令と崩壊

表-58 樹令と崩壊 (秋谷他, 六甲)

樹令別 (年)	面積 (ha)	崩壊地面積 (ha)	崩壊面積率 (%)
幼 (0~20)	254.15	9.94	3.9%
壮 (21~40)	904.05	25.98	2.9
老 (41~)	993.45	25.21	2.5
計	2,151.65	61.13	2.8

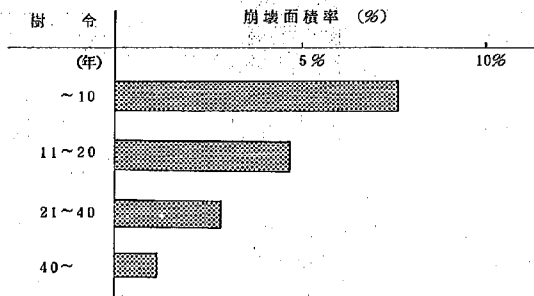


図-57 樹令と崩壊面積率の関係 (難波他: 丹沢)

表-59 植生の特性と崩壊

樹令		疎密度	1. 疎	2. 中	3. 密	計
a	10 年未満		72 (18.0)	54 (13.5)	19 (4.8)	145
b	10~30 年 "		30 (7.5)	128 (32.0)	67 (16.8)	225
c	30~50 年 "		3 (0.8)	14 (3.5)	8 (2.0)	25
d	50 年以上		1 (0.3)	2 (0.5)	2 (0.5)	5
計			106	198	96	400*

図は * に対するもの

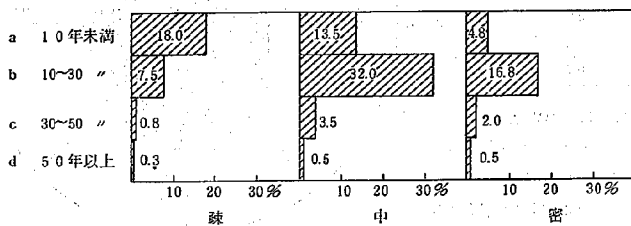


図-58 植生の特性と崩壊

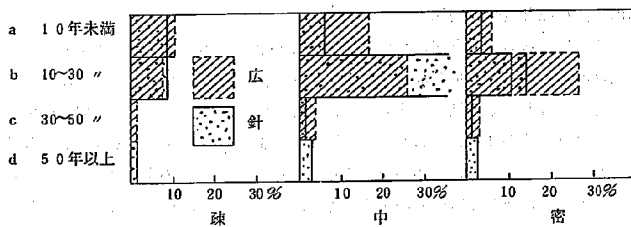


図-59 植生の特性と崩壊 (樹種別)

§ 9 斜面方位とがけ崩れ

斜面方位を8区分して崩壊との関係を調べたのが表-60、図-60である。SE～S～SWの斜面

表-60 斜面方位と崩壊

方 位	個 数	構 成 率
N	56	9.4%
NE	64	10.7
E	75	12.5
ES	78	13.1
S	124	20.8
SW	82	13.7
W	59	9.9
WE	59	9.9
計	597	

での崩壊がNE～N～HWよりも多い。斜面周辺の人家は日当りのよい南方向き斜面に建てられるものが多いので、被災をともなったがけ崩れについての本調査では当然、南方向きの斜面での崩壊が多くなっている。しかし、一般的に南側斜面での崩壊が多いという傾向はあり、これには、日照と植生の関係風化度の差異とそれによる不安定土層の形成度の差異等が関係するであろうと考えられる。

斜面方位が崩壊と関連があるとするなら、上述のように、方位による日照時間の差による斜面土層中の水の凍結・融解にもとづく基盤の風化のちがいととも、これにともなう不安定土塊の生成の差、植生の生育の差および樹種の違い、等の他に台風等による風の力による樹木のゆれとそれにとまう表層土の攪乱等が考えられる。昭和46年の台風25号による千葉県内がけ崩れの調査^{*17}では、図-61に示すように卓越した風向に面した斜面での崩壊発生率が多くなっている。また、昭和50年8月台風5号による高知のがけ崩れ災害では、強雨を伴った南よりの強風が長時間続いたことも一因となって、多くのがけ崩れが南よりの斜面に発生している。^{*26}

表-61、図-62はがけ崩れの原因を台風とそれ以外の集中豪雨に分けたものであるが、台風の場合は南～東斜面に崩壊が多く、集中豪雨の場合は南よりの斜面に多い。

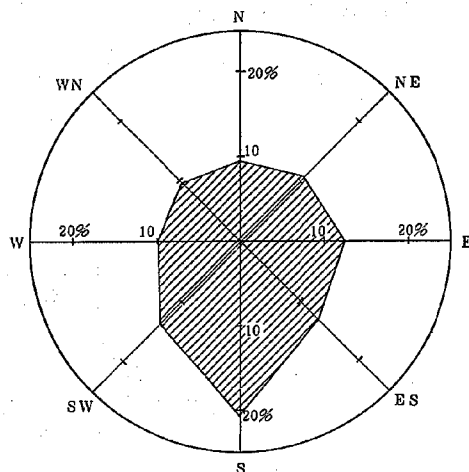


図-60 斜面方位と崩壊

*26 大久保、大田原、板垣、岡本、白石：台風5号、6号による高知・徳島の土砂災害、土木技術資料 18-1 P.42 1976

表-61 斜面方位と崩壊（原因別）

	N	NE	E	ES	S	SW	W	WN	計
合 風	19 (13.7)	16 (11.5)	24 (17.3)	17 (12.2)	27 (19.4)	13 (9.4)	11 (7.9)	12 (8.6)	139
台風以外	37 (8.0)	48 (10.4)	51 (11.1)	59 (12.8)	99 (21.5)	70 (15.2)	50 (10.9)	46 (10.9)	460

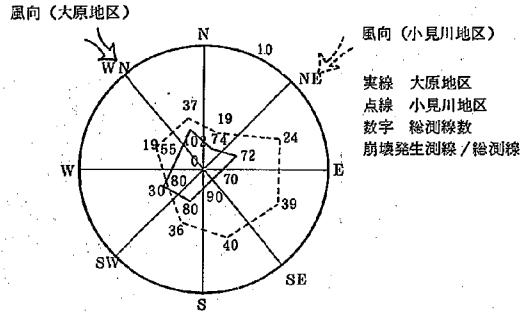


図-61 斜面方位と崩壊発生の関係
（土木研究所、千葉）

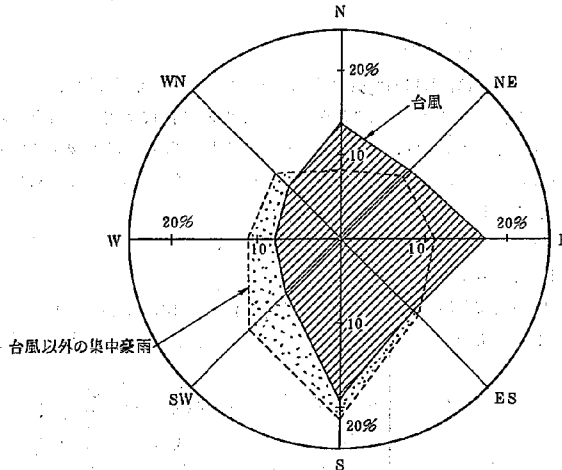


図-62 斜面方位と崩壊（原因別）

§ 10 斜面上方の状態とがけ崩れ

斜面上方の状態を、1.山腹が続くもの、2.台地状になるもの、3.凹地状になるもの、に3区分した。表-62、図-63がその結果で、台地状になっているものが63%ある。上端が台地状で斜面が有限とな

表-62 斜面上方の状態

	個 数	割合い%
1. 山腹斜面	189	33.8
2. 台地斜面	351	62.8
3. 凹 地 状	11	2.0
4. そ の 他	8	1.4
計	559	100

っているものががけ崩れを起す斜面の一般的なパターンと考えられ、このような斜面の場合は、斜面安定のための対策工事を考える上では、その範囲設定に問題は少ない。ただし、台地の斜面の場合は斜面の上下端に人家が密集している場合が多く、対策上設計の上では問題がある場合が多い。一方斜面上部が尾根になっている場合は、特に斜面長が長い、いわゆる長大斜面の場合には、崩壊対策範囲設定の上で問題が多く、対策上設計の上でも問題が多い。この為大斜面をかなり含むと考えられる上部に山腹が続く斜面が34%もあることは、範囲の設定や、設計上の問題、対策に要する費用、斜面頂上部での崩壊が下端に及ぼす影響、予想される被災規模とその範囲等、種々の点で検討すべき課題が多いことを示している。この長大斜面については後述する。

表-63、図-64は地質区分毎の特徴であるが、火山碎屑物、水成堆積岩類地域で、台地斜面での崩壊が他のものに比べて若干多くなっている。しかし、いずれの地質区分でも斜面が有限の台地状になっているものが56~66%となっている。

主な崩壊型別に、全個数のそれぞれの崩壊型毎の頻度に対する、主な崩壊型についての、1.山腹の続く斜面、2.台地斜面別の頻度の値を全体の傾向に対する相対的な起りやすさの程度として整理すると表-64、図-65のよう

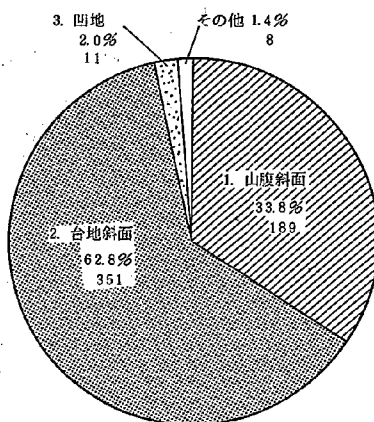


図-63 斜面上方の状態

表-63 地質区分毎、斜面上方の状態と崩壊発生
()内は構成率

	1. 山腹	2. 台地	計
1. 噴出岩類	31 (39.2)	45 (57.0)	79
2. 深成岩類	71 (38.2)	105 (56.5)	186
3. 火山碎屑物	20 (31.3)	39 (60.9)	64
4. 水成堆積岩類	60 (31.4)	126 (66.0)	191
5. 変成岩類	6 (40.0)	9 (60.0)	15

になる。表土の滑落（1-②）は、山腹の続く斜面、台地斜面いずれでも起りやすさにほとんど差がないが、崩積土の滑落（2-②-b）、火山砕屑物の滑落（3-②）等は差が極めて大で、台地斜面の方が起りやすい。表土の崩落（1-①）、岩山の崩落（7-①-b）等では山腹の続く斜面の方が起りやすい、等が分る。

斜面構成土質毎には表-65、図-66に示す。崩積土、火山砕屑物、段丘堆積物斜面では台地

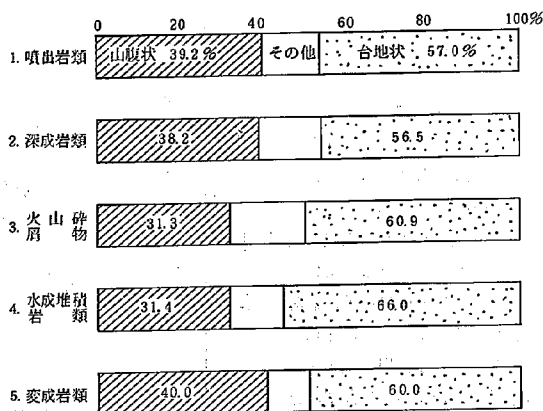


図-64 地質区分毎、斜面上方の状態と崩壊発生

表-64 斜面上方の状態毎、崩壊型別崩壊の発生しやすさ

	1. 山 腹		2. 台 地		発生しやすさ 1. 尾根 $\frac{A}{C}$	発生しやすさ 2. 台地 $\frac{B}{C}$	計	
	個 数	A %	個 数	B %			個 数	O %
1-(1)	13	6.9	17	4.8	1.255	0.873	31	5.5
1-(2)	72	38.1	139	39.6	0.972	1.010	219	39.2
2-(1)	3	1.6	6	1.7			9	1.6
2-(2)-a	10	5.3	28	8.0	0.726	1.096	41	7.3
2-(2)-b	2	1.1	10	2.8	0.524	1.333	12	2.1
3-(1)-a	2	1.1	3	0.9			5	0.9
3-(1)-b	4	2.1	6	1.7	1.167	0.944	10	1.8
3-(2)	1	0.5	11	3.1	0.238	1.476	12	2.1
4-(1)-a			6	1.7			6	1.1
4-(1)-b	4	2.1	4	1.1			8	1.4
4-(2)	1	0.5	6	1.7			7	1.3
5-(1)	4	2.1	6	1.7	1.167	0.944	10	1.8
5-(2)-a	47	24.9	73	20.8	1.107	0.924	126	22.5
5-(2)-b	3	1.6	7	2.0	0.800	1.000	11	2.0
6-(1)-a			3	0.9			3	0.5
6-(1)-b	1	0.5	3	0.9			4	0.7
6-(1)-c								
6-(1)-d	1	0.5	1	0.3			2	0.4
6-(2)-a	5	2.6	3	0.9			8	1.4
6-(2)-b	3	1.6	2	0.6			5	0.9
6-(2)-c	1	0.5	1	0.3			2	0.4
7-(1)-a	3	1.6	2	0.6			5	0.9
7-(1)-b	7	3.7	9	2.6	1.276	0.897	16	2.9
7-(2)-a	2	1.1	5	1.4			7	1.3
7-(2)-b								
計	189		351				559	

斜面の崩壊が極めて多くなり、岩(I)、岩(II)では山腹のつづく斜面での崩壊が多くなっている。

表-66、図-67は、斜面構成土質を、表層土、土状の地山、岩状の地山に分けたもので、岩状の地山斜面では山腹のつづく斜面での崩壊が多く、土状の地山斜面ではこの逆となっている。

表-67、図-68は崩落、滑落に分けたもので、ほとんど類似の傾向であるが、崩落型のものが若干山腹のつづく斜面での比率が高い。

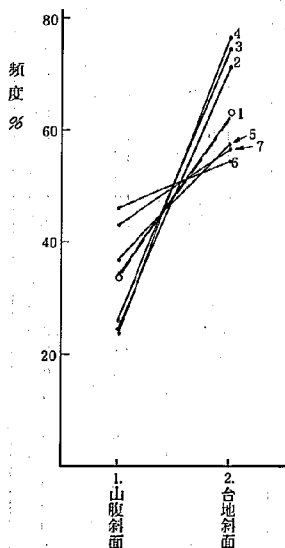


図-66 斜面構成土質毎、崩壊発生と斜面上方の状態

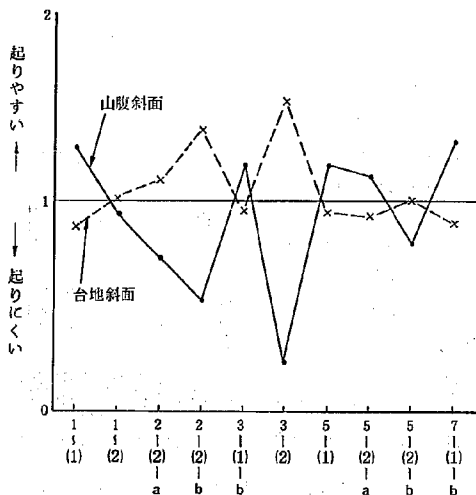


図-65 斜面上方の状態毎、主な崩壊型毎の崩壊の発生しやすさ

表-65 斜面構成土質毎、崩壊発生と斜面上方の状態

	1. 山腹のつづく斜面	2. 台地	計
1. 表層土	85 (34.0)	156 (62.4)	250
2. 崩積土	15 (24.2)	44 (71.0)	62
3. 火山碎屑物	7 (25.9)	20 (74.1)	27
4. 段丘堆積物	5 (23.8)	16 (76.2)	21
5. 強風化岩	54 (36.7)	86 (58.5)	147
6. 岩 (I)	11 (45.8)	13 (54.2)	24
7. 岩 (II)	12 (42.9)	16 (57.1)	28
計	189 (33.8)	351 (62.8)	559

表-66 斜面の構成土質毎、崩壊発生と斜面上方の状態

	1. 山腹斜面	2. 台地斜面	計
I. 表層土	90 (28.8)	200 (64.1)	312
II. 土状の地山	12 (25.0)	36 (75.0)	48
III. 岩状の地山	77 (38.7)	115 (57.8)	199
計	189 (33.8)	351 (62.8)	559

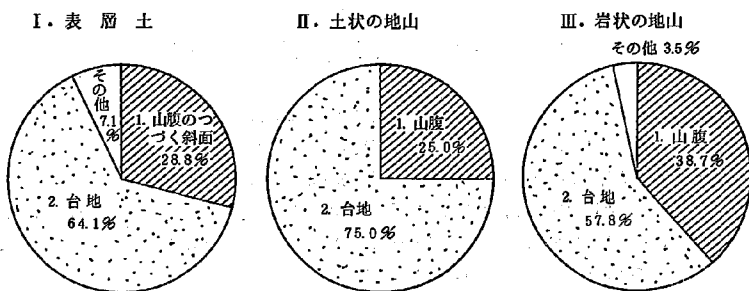


図-67 斜面の構成土質毎，崩壊発生と斜面上方の状態

表-67 崩壊の型毎，崩壊発生と斜面上方の状態

	1. 山腹斜面	2. 台地斜面	計
崩 落	42 (38.5)	66 (60.6)	109
滑 落	147 (32.7)	285 (63.3)	450
計	189 (33.8)	351 (62.8)	559

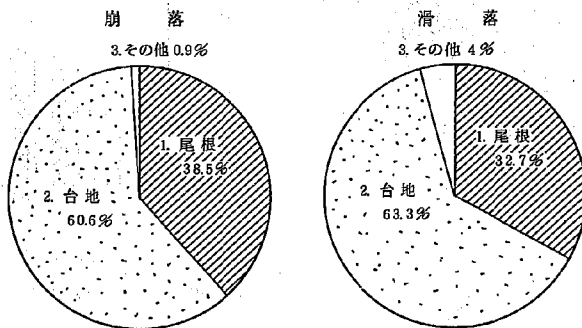


図-68 崩壊の型毎，崩壊発生と斜面上方の状態

§ 11 がけ崩れの斜面上の位置

がけ崩れの発生する斜面は、対策工を実施する立場から見ると有限の台地のような斜面や、半無限に山腹が続く斜面等がある。がけ崩れ発生が、斜面下端付近に限られ、下端から離れた上方部での崩壊の危険がなければ長大な斜面と言っても対策工は問題が少ない。しかし現実には下端より100 m も200 m も上方で起った崩壊は当然、下端人家に災害の驚異を与えている。図-69は、斜面を上、中、下部に分けて、どの部分での崩壊が多いかを調べたものである。斜面上部、中部での崩壊が90%を占め、下部で起っているものはごくわずかである。

また同様のことを 崩壊の高さ/斜面の高さ、で見ると図-70のように、斜面高と同じ高さで崩壊し

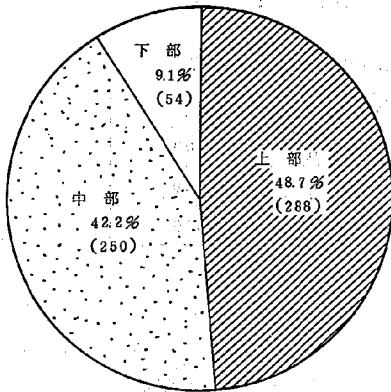


図-69 崩壊頭部の位置

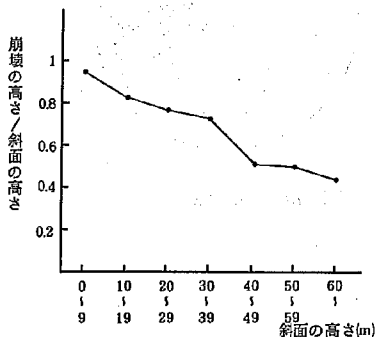


図-71 斜面の高さと崩壊高/斜面高

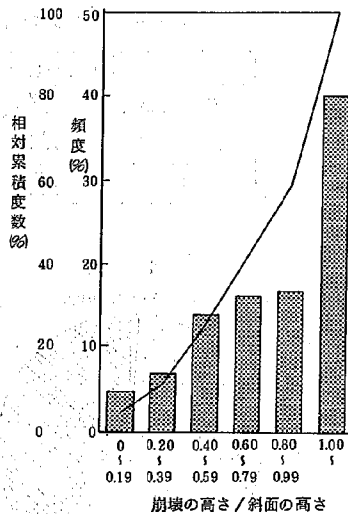


図-70 崩壊の高さ/斜面の高さ・頻度

ているものが40%あり、斜面高の半分の高さより上で起っているものは約74%ある。平均値が0.77となる。しかし崩壊位置も斜面の高さ規模によって変わることが予想されるが図-71のようは、斜面高が高い程、斜面高に対する崩壊の高さの比は小さくなっていく。

したがって斜面高の大きな長大斜面でも、崩壊

の位置は平均すると斜面中部程度がその頭部になるものが多くなってくるのが分る。

斜面の上方が山腹になるか合地になるかで、崩壊の相対的な位置が異なることが予想される。図-72、図-73は、それらを比べたものである。図-72からは、合地斜面での崩壊は斜面上部からのもの

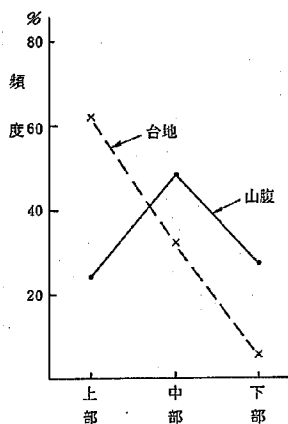


図-72 崩壊の位置と斜面上方の状態

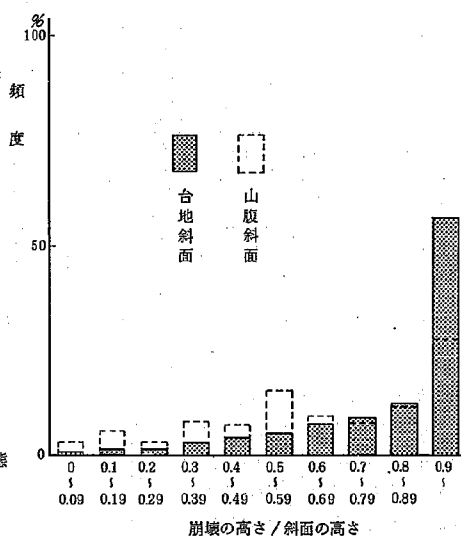


図-73 斜面上方の状況と崩壊の高さ/斜面の高さ

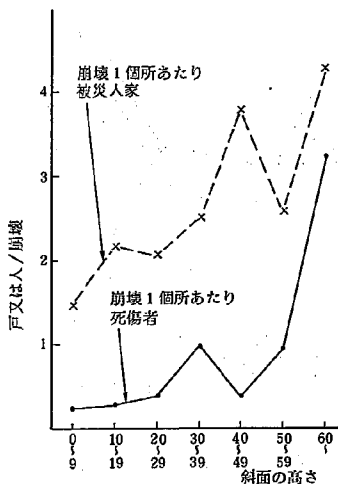


図-74 斜面の高さと被災規模

が極めて多く、山腹斜面のものは中部にピークがあるの分るし、図-73からは崩壊の高さ/斜面の高さ、が0.7倍以上は合地斜面が著しく多く、0.7倍以下では山腹斜面のものが多くになっているのが分る。崩壊発生の高さが高いほど被災規模が大きくなることが予想されるが(図-74)、本調査の対象となった崩壊がいずれも何らかの被害があった個所を選んでいることからすると、斜面上～中部の崩壊が多いことがうなづける。

次に地質区分毎に全体の値に対してどれだけ変化があるかを調べた相対的な発生率で比べてみると表-68、図-75のようになる。噴出岩類地域では斜面中部に頭をもつ崩壊が起りやすく、深成岩類では下部、火山砕屑物では中部、水成堆積岩類では上～中部、変成岩類では中～下部の崩壊が起りやすい。斜面上部での崩壊

表-68 地質区分毎，崩壊頭部の位置と崩壊発生

地質区分 \ 崩壊発生位置	上 部		中 部		下 部		計
	個数	構成率 A 発生率 A/A'	個数	B B/B'	個数	C C/C'	
1. 噴出岩類	36	46.7 0.96	35	45.5 1.08	6	7.8 0.86	77
2. 深成岩類	83	44.6 0.92	79	42.5 1.01	24	12.9 1.42	186
3. 火山碎屑物	29	44.6 0.92	32	49.2 1.17	4	6.2 0.68	65
4. 水成堆積岩類	93	50.3 1.03	78	42.1 1.0	14	7.6 0.84	185
5. 変成岩類	2	14.3 0.29	10	71.4 1.69	2	14.3 1.57	14
そ の 他	45	69.2 1.42	16	24.6 0.58	4	6.2 0.68	65
計	288	A' 48.7	250	B' 42.2	54	C' 9.1	592

は全体で約49%あるが，発生率で見るといずれの地質区分でも相対的に低い。斜面中部での崩壊発生率が相対的にいずれの地質区分でも高く，斜面下部のそれでは地質による差が著しい。

斜面の縦断形区分毎に見ると，上昇斜面および凹型傾斜変化点をもつ逆S型斜面では斜面中部より下方で崩壊が発生するものが多く，その他の斜面では斜面上部からの崩壊が多く，次いで中部からのものとなる（表-69，図-76）。逆S型斜面では，恐らく斜面中部付近にあると思われる凹型の傾斜変化点付近の緩傾斜部より下方で崩壊が発生しやすいためであると考えられる。上昇斜面では，複合型のうちS型と多少区別が付きにくい斜面であるが，斜面上，中，境界あたりにある傾斜変化点付近

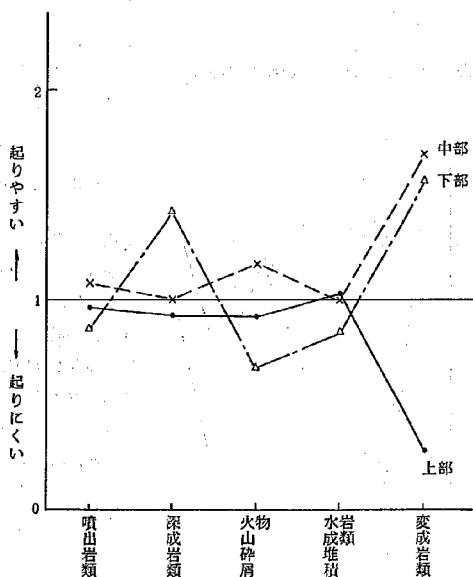


図-75 地質区分毎，崩壊頭部の位置と崩壊発生

表-69 斜面縦断形区分毎の崩壊位置

崩壊頭部の位置	斜面の縦断形					全 数
	上 昇	下 降	直 線	S	逆 S	
上 部	55 (35.7)	45 (50.6)	123 (53.3)	23 (48.9)	19 (33.9)	268 (46.0)
中 部	75 (48.7)	36 (40.4)	83 (35.9)	20 (42.6)	29 (51.8)	245 (42.0)
下 部	24 (15.6)	8 (9.0)	25 (10.8)	4 (8.5)	8 (14.3)	70 (12.0)
	154	89	231	47	56	583

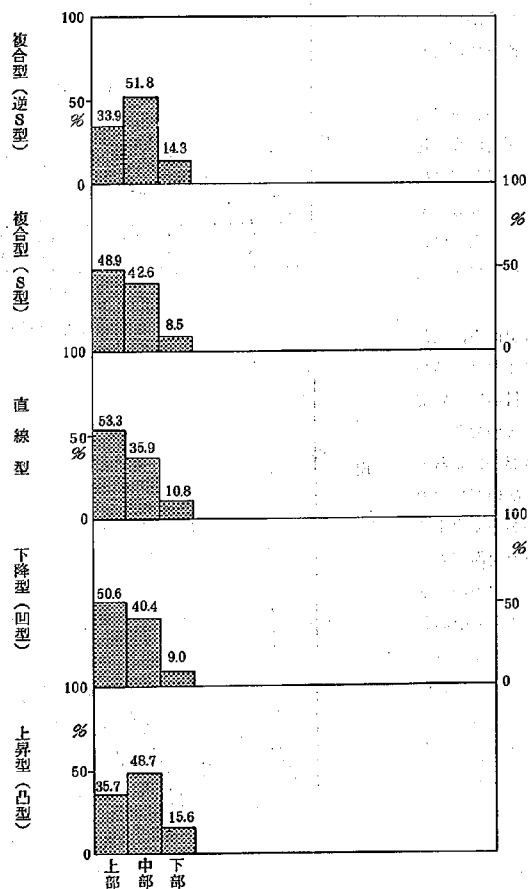


図-76 斜面縦断形区分毎の崩壊位置

より下方の急傾斜部で崩壊が起りやすいからであると考えることができる。下降斜面では斜面中部より上方の傾斜の急な部分での崩壊が起りやすい。また、斜面の傾斜が単一な直線状の斜面では、斜面上部からの崩壊が、他の斜面区分に比べて最も多く、以上の結果より、明らかに傾斜の変化が崩壊発生位置に影響があると言える。

図-77は、上昇斜面と下降斜面について崩壊高/斜面高の比を調べたもので、上昇斜面では一般にこの比が小さい部分にあるものが多く、下降斜面では、0.9以上のものが極めて多くなっている。

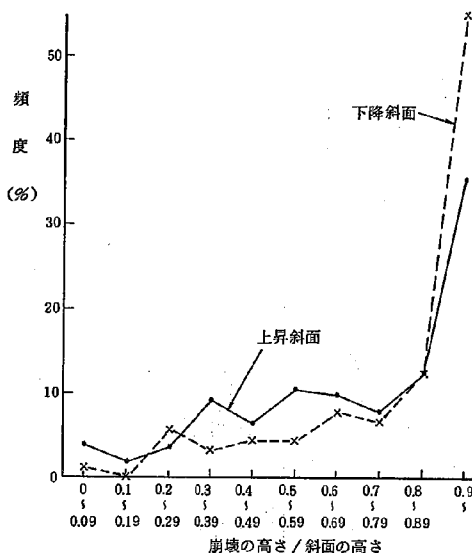


図-77 斜面縦断形と崩壊位置

図-78は、複合斜面を凸型傾斜変換線を持つ斜面および凹型傾斜変換線を持つ斜面について同様の整理をしたものである。

一方、斜面横断形別に見ると等高線の出入りのない直線型の斜面では斜面上部から発生する崩壊が多く、谷型の斜面での崩壊は、上部、中部の比率の差が少なく、尾根型では斜面中部からのものがはるかに多くなっている(図-79、表-70)。少なくとも尾根部で起る崩壊と谷部での崩壊とは崩壊頭部の位置に若干の差があり(図-80)、また表-71、図-81に示すように谷部での崩壊の方が、高い方に分布する割合が高く、平均値も尾根部での崩壊が15.9m

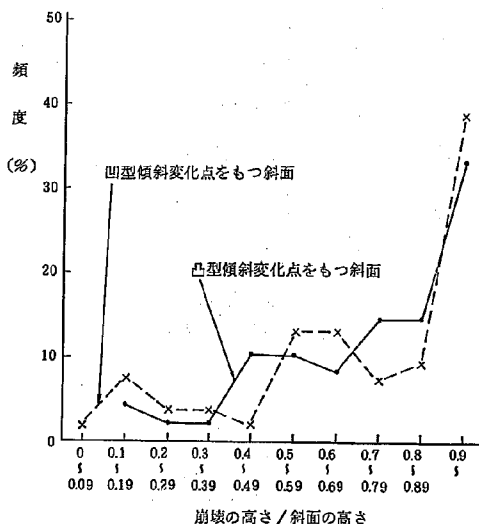


図-78 斜面縦断型と崩壊位置

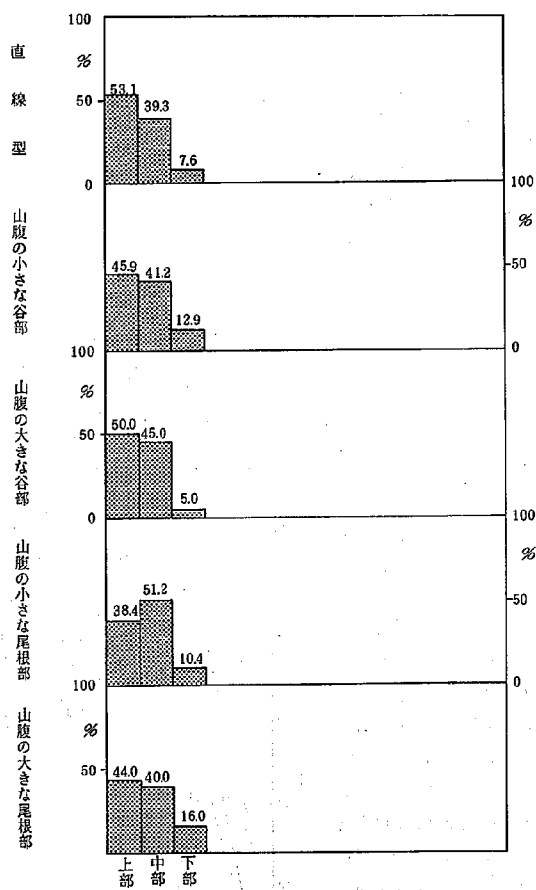


図-79 斜面横断形区分毎の崩壊位置

表-70 斜面横断形区分毎の崩壊位置

崩壊頭部の位置	斜面の横断形					全数
	大尾根	小尾根	大谷	小谷	直線	
上部	11 (44.0)	48 (38.4)	10 (50.0)	39 (45.9)	169 (53.1)	282 (48.5)
中部	10 (40.0)	64 (51.2)	9 (45.0)	35 (41.2)	125 (39.3)	245 (42.2)
下部	4 (16.0)	13 (10.4)	1 (5.0)	11 (12.9)	24 (7.6)	54 (9.3)
	25	125	20	85	318	581

表-71 斜面横断形毎の崩壊の高さ

崩壊の高さ	尾根型		谷型		直線型	
	個数	割合い%	個数	割合い%	個数	割合い%
～9	40	26.3	28	25.5	96	29.6
10～19	73	48.0	39	35.5	150	46.3
20～29	20	13.2	20	18.2	56	17.3
30～39	14	9.2	11	10.0	10	3.1
40～49	4	2.6	4	3.6	3	0.9
50～59	0	0	3	2.7	2	0.6
60～69	1	0.7	0	0	2	0.6
70～	0	0	5	4.5	5	1.6
計	152	100	110	100	324	100

であるのに対し、谷部でのそれは22mとかなりの差がある。しかも地表水地下水等を集めやすい谷部では崩土は多量に含水していると考えられる。これは表-72、図-82に示すように谷型斜面で崩土が泥状になるものが尾根部に比べてかなり多く、逆に含水の程度の低い土塊状に落ちるものの割合が低いことを見ても明らかである。したがって谷部での崩壊による崩土はかなりの距離に達するものと考えることができる。尾根部では平均11.7mであるのに対し谷部では16.4mにまで達し、谷型の斜面では崩土の到達距離が大きいものの割合が高くなっている(表-73、図-83)。したがって、災害の規模が比較的大きいのではないかと推定される。(災害の規模を被災個数でみると尾根型斜面では崩壊し個所あたり2.19戸であるのに対し、谷型斜面では2.28戸である。)

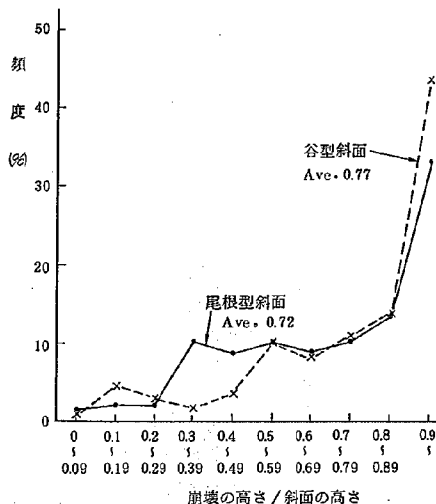


図-80 斜面横断形と崩壊の位置

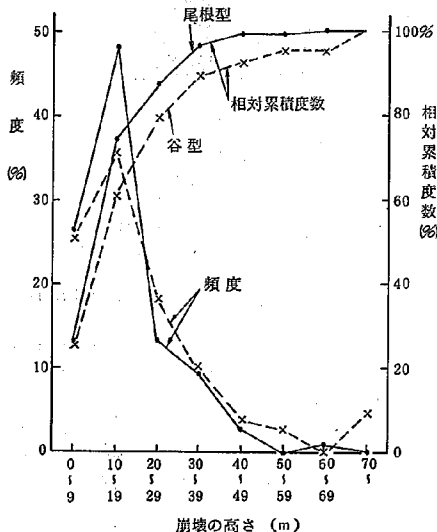


図-81 斜面横断形毎の崩壊の高さ

表-72 斜面横断形毎の崩土の状態

崩土の 状態	尾根型		谷型		直線型	
	個数	割合 い多	個数	割合 い多	個数	割合 い多
泥状	70	46.1	63	58.3	167	52.2
土塊状	40	26.3	18	16.7	81	25.3
砂状	24	15.8	15	13.9	43	13.4
岩塊状	12	7.9	11	10.2	26	8.1
その他	6	3.9	1	0.9	3	0.9
計	152	100	108	100	320	100

	泥状				土塊状			
	頻度				頻度			
	0	50	多	100	0	50	多	100
尾根型				46.1				26.3
谷型				58.3				16.7
直線型				52.2				25.3

図-82 斜面横断形毎の崩土の状態

表-73 斜面横断形毎の崩土到達距離

崩土の 到達距離	尾根型		谷型		直線型	
	個数	割合 い多	個数	割合 い多	個数	割合 い多
～9	87	57.2	65	58.0	215	66.4
10～19	44	28.9	25	22.3	67	20.7
20～29	11	7.2	9	8.0	25	7.7
30～39	4	2.7	7	6.3	5	1.5
40～49	4	2.7	2	1.8	4	1.2
50～	2	1.3	4	3.6	8	2.5
計	152	100	112	100	324	100

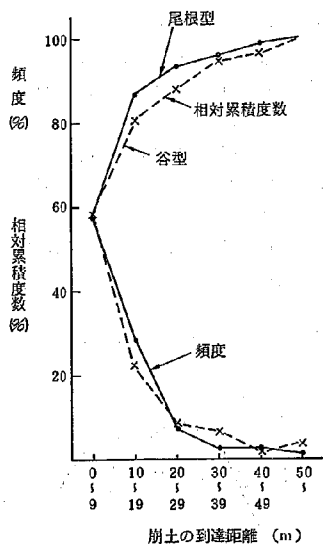


図-83 斜面横断形毎の崩土到達距離

§ 12 集水面積について

崩壊の発生はその部分で、背後地からの地表水、浸透水の供給の程度が大いに関係する。国土地理院の調査によると、集水面積が20㎡付近で崩壊との関係が最大となり、これより広くても狭くても崩壊発生率が低下することが判明している（図-84）。狭すぎると崩壊を発現させ得る集水性が十分でなく、広すぎると既に可動性物質が失なわれていることよとしてしている。同様に屋根までの水平距離、比高等の集水面積の規模の指標となるような因子についても崩壊との関係は良好であるということが判明している（図-85）。

すでに述べたように、本調査では90%を越す崩壊が斜面の上～中部に頭部をもつものになっているが、これは明らかに集水面積が大きければ大きい程、すなわち背後地からの集水が多ければ多いほど崩壊が起りやすいということにはならないことを示している。斜面の高さに対する崩壊の高さの比は0.77であり、斜面の高さに対して、頂部から3割弱の高さまでの部分が集水面積ということになる。図-71は斜面の高さ区分毎の崩壊高/斜面高の平均値を示している。

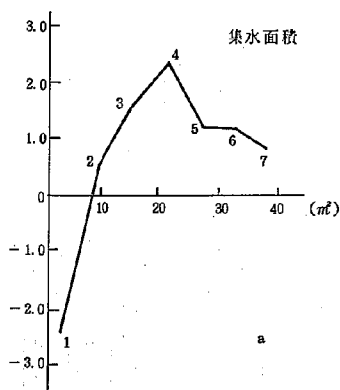


図-84 集水面積と崩壊（地理院）

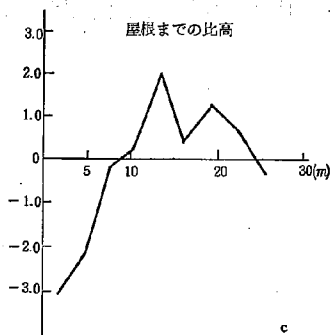
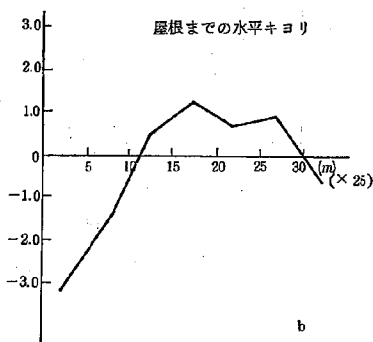


図-85 要因内重みとカテゴリー連続量との関係
(宮崎西都市西方丘陵の例)

斜面横断形別に見ると図-86のように集水性の良好な谷型斜面上部からの崩壊が多く、集水性の不良な屋根型斜面では、ある程度の水を集め得る集水面積を要するので斜面中部からの崩壊が多くなっている。

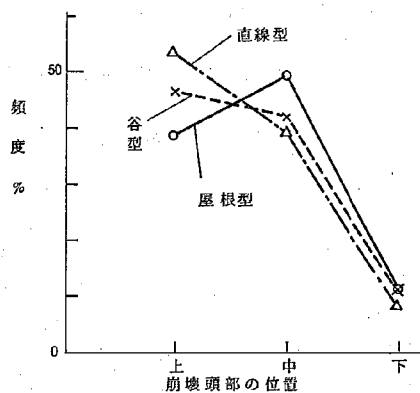


図-86 斜面横断形と崩壊の位置

§ 13 崩土の状態について

崩土の状態を1.泥状, 2.土塊状, 3.砂状, 4.岩塊状, 5.その他, に区分した。

図-87はその結果であるが, 全体の50%以上が水を多量に含んだ泥状のものである。表層土や土状の地山の崩壊が全体の65%を占めることからすると岩塊状以外の崩土が90%程度になっているのは符号する。

図-88は, 前回調査の結果である。区分方法に少し変化があるが, 泥状が最も多く次いで土塊状であるのには変りがない。

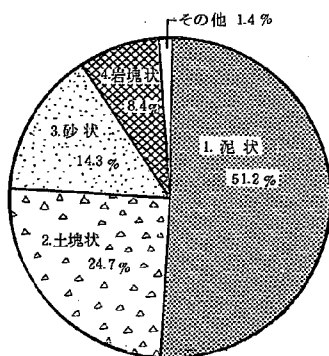


図-87 崩土の状態

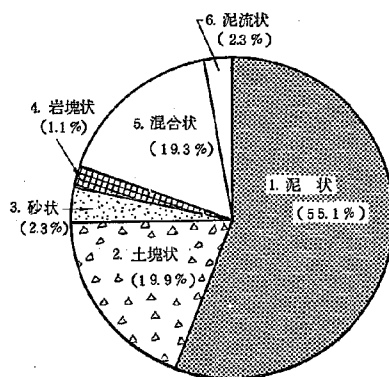


図-88 崩土の状態
(前回調査 44~46年)

地質区分別では表-74, 図-89に示すように多少の特徴が読みとれる。花崗岩の風化したマサがほとんどを占める深成岩類では砂状の崩土が多くなっていて岩塊状のものが少ない。噴出岩類では砂状になるものがなく, 変成岩類では岩塊状が多い。泥状がいずれの地質区分でも多いのは, 崩壊の多くが表層土の崩壊であるためである。

表-74 地質区分毎の崩土の状態

	1. 泥 状	2. 土塊状	3. 砂 状	4. 岩塊状	計
噴 出 岩 類	42(55.3)	26(34.2)	0	8(10.5)	76
深 成 岩 類	79(43.9)	36(20.0)	55(30.6)	10(5.6)	180
火山碎屑物	28(46.7)	20(33.3)	5(8.3)	7(11.7)	60
水成堆積岩類	110(68.5)	46(24.5)	12(6.4)	20(10.6)	188
変 成 岩 類	8(67.1)	2(14.3)	1(7.1)	3(21.5)	14
計	267	130	73	48	518

斜面構成土質別に見ると表-75, 図-90のようになり, 斜面を構成する土質が崩土の状態と非常に関連の深いことが分る。表土, 崩積土は泥状が極めて多く, 岩塊状が少ない。段丘堆積物は, 土塊状が著しく多く, 岩塊状がない。強風化岩は, マサが多いので, 砂状が多いのが特徴であり, 岩(I)岩(II)は当然, 岩塊状となる。岩(III)の軟岩の場合に土塊状となるものがかなり多いことから風化がかな

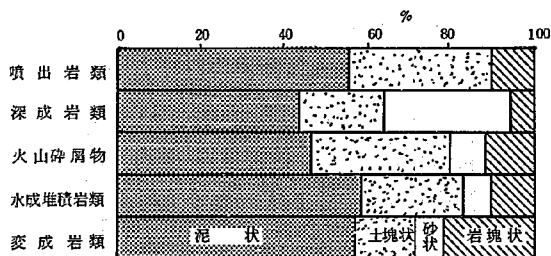


図-89 地質区分毎の崩土の状態

表-75 斜面構成土質と崩土の状態

斜面構成土質	崩土の状態				計
	泥状	土塊状	砂状	岩塊状	
表土	(61.4) 148	(23.7) 57	(9.5) 23	(5.4) 13	241
崩積土	(60.0) 36	(21.7) 13	(13.3) 8	(5.0) 3	60
火山砕屑物	(51.9) 14	(29.6) 8	(7.4) 2	(11.1) 3	27
段丘堆積物	(33.4) 7	(57.1) 12	(9.5) 2	0	21
強風化岩	(46.8) 66	(22.7) 32	(27.7) 39	(2.8) 4	141
岩 (I)	(26.1) 6	(13.0) 3	(4.4) 1	(56.5) 13	23
岩 (II)	(21.4) 6	(32.1) 9	(7.2) 2	(39.3) 11	28
計	(52.3) 283	(24.8) 134	(14.2) 77	(8.7) 47	541

り進んだ泥岩や頁岩の崩壊が多いと推定される。斜面構成土質を、表層土、土状地山、岩状地山に分けて整理すると特徴はさらにまとめることができる(図-91)。表層土は多量に含水した泥状が極めて多く、土状の地山での崩壊は土塊状が著しくなる。岩状の地山での崩壊は岩塊状が当然多いと予想されるが、強風化岩が含まれているため砂状のものが多くなっている。

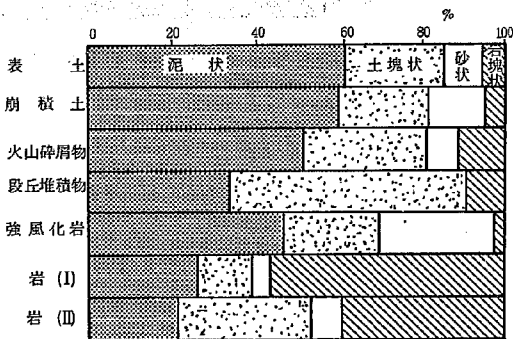


図-90 斜面構成土質と崩土の状態

崩落、滑落別に見ると表-76、図-92に示すよう崩落型の崩壊は土塊状、岩塊状のものが多く、崩落、滑落の崩壊様式は当然崩土の状態を左右する。

斜面の地形によっても地表水、浸透水の集水等の影響によって多少の影響を受けると思われるが、

斜面横断形別に見ると図-25のように集水性の良い谷型の斜面で泥状の崩壊が多くなっている。
斜面縦断形別に見ると図-34に示すように斜面の傾斜に変化のある複合斜面での崩壊は泥状のものが
多い。

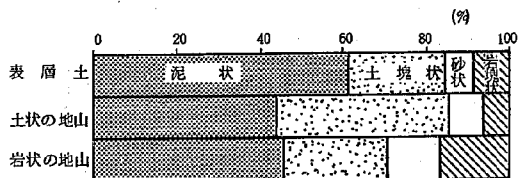


図-91 斜面構成土質と崩土の状態

表-76 崩落・滑落別の崩土の状態

崩壊様式	崩土の状態				計
	泥状	土塊状	砂状	岩塊状	
崩落	(35.0) 35	(25.0) 25	(14.0) 14	(26.0) 26	100
滑落	(56.2) 248	(24.7) 109	(14.3) 63	(4.8) 21	441
計	(52.3) 283	(24.8) 134	(14.2) 77	(8.7) 47	541

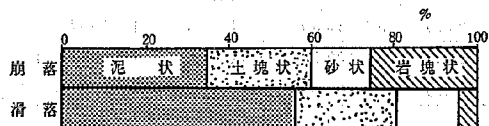


図-92 崩落・滑落別の崩土の状態

§ 14 斜面上の土地利用状況とがけ崩れ

斜面上の土地利用状況を、1.水路又は沢、2.道路、3.池沼、4.家、5.田畑、6.山林、7.その他、に区分して調べた。当初、以上の区分中、該当するものが複数でてくるものと予想されたが、ほとんどが1項目のみの表示であった。

それぞれの割合を示すと図-93に示すように山林が最も多く42%を占める。山林の一部は経営目的の植林施業地が含まれているので、斜面上の土地利用はかなり高度であると言える。山林を除いても人家がある斜面23%、田畑に使われているものの23%、道路6.5%等で50%を越すこととなり、斜面にはかなり人工が加わっていることがうかがえる。山林に区分される斜面のうち74%は山腹が続く斜面であり、それ以外の人工的な土地利用のなされている斜面では、山腹斜面はわずか8.2%であり台地斜面が87%を占める。台地斜面の内土地利用がされていない山林斜面は15.9%のみであり、山腹の続く斜面では86.8%は土地利用されていない(図-94)。以上のように

台地斜面と山腹斜面では明らかに土地利用形態が異なり、特に急傾斜地の一般的斜面パターンである台地斜面では、斜面高からくる長大斜面の問題が少ない代りに土地利用が密で、対策工の計画、施工上に問題が多い。

図-95に斜面横断形と土地利用、図-96に斜面縦断形と土地利用を示す。谷型、尾根型斜面ともに山林の占める割合が多い

が、直線型斜面は比較的土地利用されているものが多い。集水性の良好な谷型及び直線型斜面では田

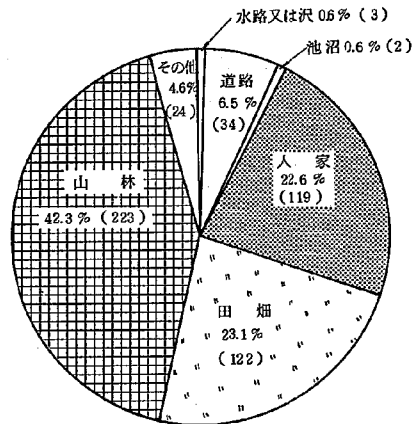


図-93 斜面上の土地利用状況

それ以外の人工的な土地利用のなされている斜面では、山腹斜面はわずか8.2%であり台地斜面が87%を占める。台地斜面の内土地利用がされていない山林斜面は15.9%のみであり、山腹の続く斜面では86.8%は土地利用されていない(図-94)。以上のように

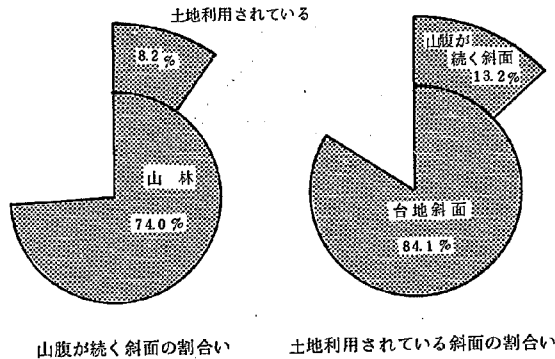


図-94 土地利用と斜面の状況

畑に使われているものが多い。

斜面縦断形別に見ると上昇斜面及びS型斜面では山林が多いが、下降斜面及び直線斜面では土地利用度が高い。

それぞれの土地利用形態と斜面の高さを比較すると図-97のように人家、田畑等の土地利用は斜面の比較的下方で行なわれ、山林等は当然、斜面上方にまで及んでいる。

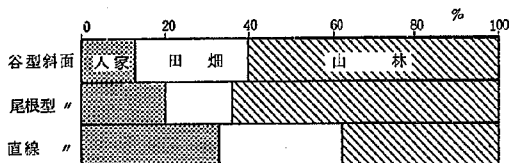


図-95 斜面横断形と土地利用

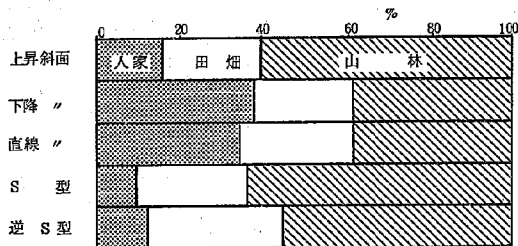


図-96 斜面縦断形と土地利用

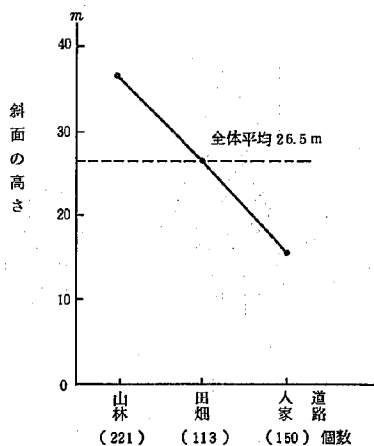


図-97 土地利用と斜面の高さ

§ 15 がけ崩れを起した斜面の規模

がけ崩れを起した斜面の規模を斜面の高さ、斜面傾斜および表土の厚さで見ると。

1) 斜面の高さ

斜面の高さの平均値は26.5mであり、最低2.5 mから最高300 mまでである。この頻度分布は、表-77、図-98に示す。最も頻度の高いのは10～20 mの斜面で、次いで20～30 m、10 m以下となる。以下、斜面の高さが高いほど頻度は少なくなっている。100 mを越える斜面は約5%含まれる。累積度数で見ると10 m以下が約15%、20 m以下が約51%、30 m以下が約74%、40 m以下が約83%、50 m以下が約88%となっている。

崩壊発生前の斜面に崩壊防止施設を行なうには、もちろん斜面傾斜その他の条件にもよるが、斜面高が20 m程度、せいぜい30 m程度までが、普通であり、これを越えるような斜面での崩壊防止施設の設置はかなりの困難を伴うことが予想される。30 mを越すような斜面は約25%あり

表-77 斜面の高さ

平均値 26.5m			
斜面の高さ(m)	個数	頻度(%)	相対累積度数(%)
0～9	91	15.4	15.4
10～19	213	36.0	51.4
20～29	135	22.8	74.2
30～39	54	9.1	83.3
40～49	28	4.8	88.1
50～59	19	3.2	91.3
60～69	9	1.5	92.8
70～79	9	1.5	94.3
80～89	2	0.4	94.7
90～99	3	0.5	95.2
100～	28	4.8	100.0
	591		

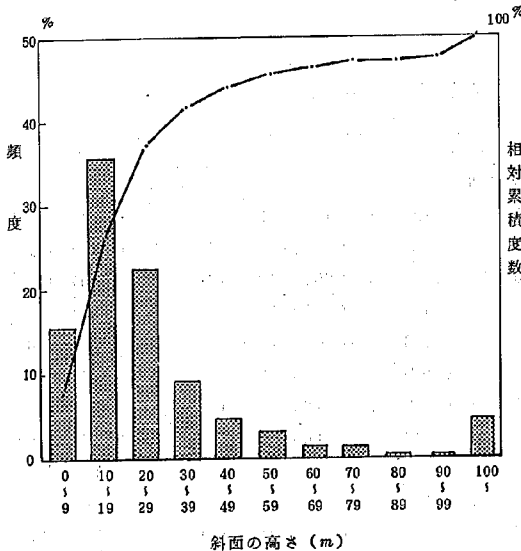


図-98 斜面の高さ頻度分布

20 mを越す斜面となると約59%近くに達し、崩壊対策工事に困難を伴う斜面が多いことが分る。

以上の結果は単に崩壊を起した斜面の高さの一般的な分布を示しているにすぎないとも考えられる。そこで斜面の高さ毎の崩壊発生率を推定するために、47年総点検時の自然斜面を一般的な急傾斜面と見なし、この斜面の高さ別の頻度に対する崩壊を起した斜面の区分別頻度の割合を発生率として試算してみた。図-99は崩壊データの比較的多い神奈川、山口両県の例であるが、斜面の高さが高いほど発生率は急激に低下し、片対数紙上でほぼ直線的な低下傾向を示しているのが分る。

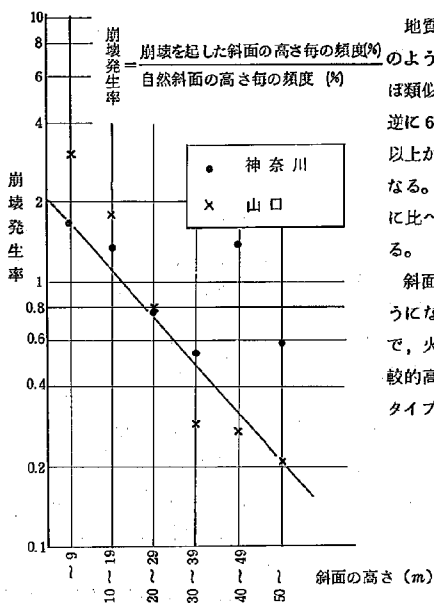


図-99 斜面の高さ毎の崩壊発生率

地質区分別に見ると表-78, 図-100, 図-101 のようになる。頻度分布を見ると, 変成岩類以外はほぼ類似の傾向を示す。変成岩類は10 m以下がなく, 逆に60 mを越す斜面が30%近くありしかも100 m以上が20% (他は大体5%) にも達し傾向が大変異なる。平均値も他に比べて極めて大きい。データ数が他に比べて著しく少ないことが影響していると考えられる。

斜面構成土質別にみると図-102~図-104 のようになる。段丘堆積物, 岩I, 岩IIの斜面の高さは大で, 火山砕屑物では小である。一方表層土の崩壊は比較的高く, 土状の地山斜面では低い。滑落に比べ崩落タイプの崩壊は高さの高い斜面に多く起る。

表-78 地質区分毎斜面の高さ

斜面の高さ(m)	地 質 区 分					計
	噴出岩類	深成岩類	火山砕屑物	水成堆積岩類	変成岩類	
~ 9	(21.5) 17	(17.6) 32	(6.5) 4	(12.1) 23		(14.4) 76
10 ~ 19	(39.2) 31	(33.5) 61	(37.1) 23	(35.8) 68	(28.6) 4	(35.5) 187
20 ~ 29	(20.3) 16	(22.0) 40	(20.9) 13	(25.2) 48	(28.6) 4	(23.0) 121
30 ~ 39	(7.6) 6	(9.3) 17	(11.3) 7	(9.5) 18	(14.3) 2	(9.5) 50
40 ~ 49	(2.5) 2	(4.4) 8	(6.5) 4	(6.3) 12		(4.9) 26
50 ~ 59	(1.3) 1	(4.9) 9	(9.7) 6	(1.6) 3		(3.6) 19
60 ~ 69	0	(1.1) 2	(3.2) 2	(1.6) 3	(7.1) 1	(1.5) 8
70 ~ 79	0	(1.7) 3	(3.2) 2	(1.6) 3		(1.5) 8
80 ~ 89	(1.3) 1	0		(0.5) 1		(0.4) 2
90 ~ 99	0	(1.1) 2	(1.6) 1			(0.6) 3
100 ~	(6.3) 5	(4.4) 8		(5.8) 11	(21.4) 3	(5.1) 27
	79	182	62	190	14	527

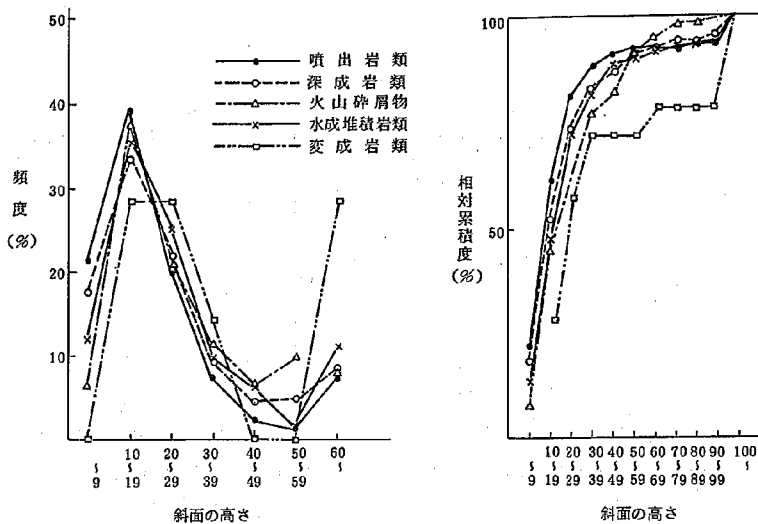


図-100 地質区分毎の斜面高さ分布

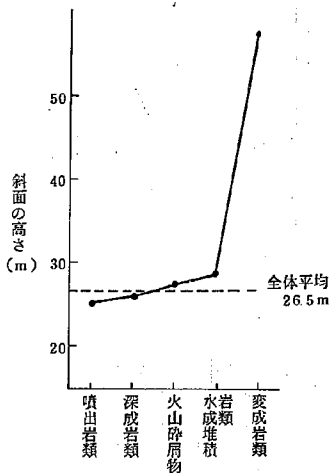


図-101 地質区分毎の斜面高さ(平均値)

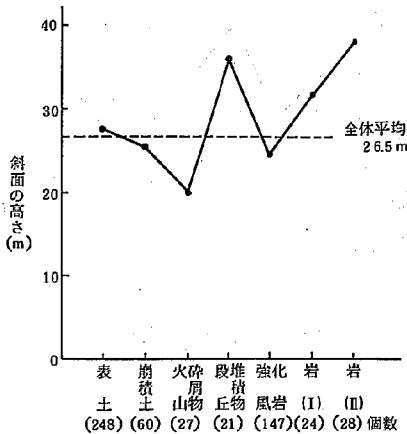


図-102 斜面構成土質と斜面の高さ(平均値)

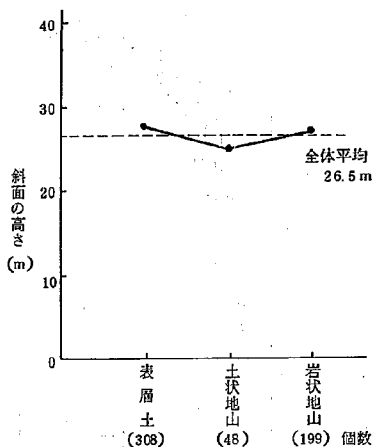


図-103 斜面構成土質と斜面の高さ
(平均値)

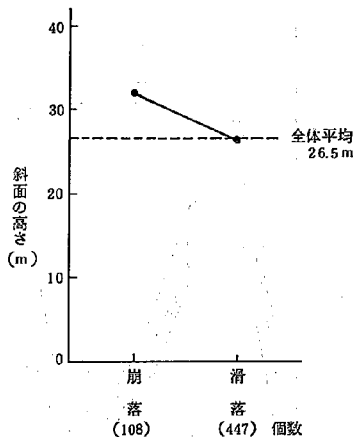


図-104 崩落・滑落と斜面の高さ
(平均値)

図-105 は、斜面横断形別別に平均値を比較したものである。屋根斜面に比べ谷斜面の方が斜面高は相対的に高いものが多い、屋根、谷、それぞれの中でも大きな屋根、大きな谷の斜面高は高い。等高線の出入りの少ない横断形にあまり変化のない直線型や、小さな屋根などの斜面高の平均は低い。

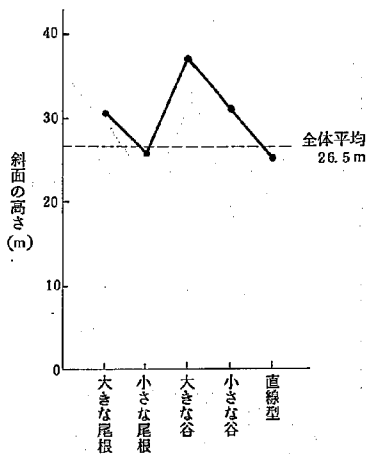


図-105 斜面横断形別の
斜面の高さ(平均値)

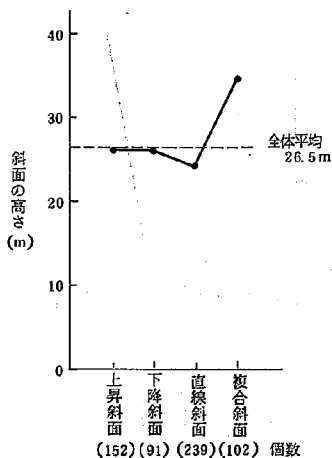


図-106 斜面縦断形別の斜面の
高さ(平均値)

図-106は、斜面縦断形区別に平均値を比較したものである。縦断形に変化の多い複合斜面では斜面高が高く、変化のない直線斜面では低くなっている。これは直線斜面の多くが、台地斜面から成り、複合斜面の多くは山腹斜面からなることによっている。図-107には、斜面上方の状態を山腹斜面と台地斜面に分けて斜面の高さ規模を比較したが、はるかに山腹斜面が高い。

図-108は、崩壊の位置ごとに斜面の高さの平均値を比べたもので、崩壊位置が低いものほどその斜面の高さは高いことがわかる。上、中、下の分け方は崩壊の高さの絶対値で分けたものではなく、その斜面での相対的な位置で分けたものである。斜面の高さに対する崩壊の高さの比 (h/H) で比較してみると図-109のように崩壊位置の低いものほど h/H の値は小さくなっていることで調査時の

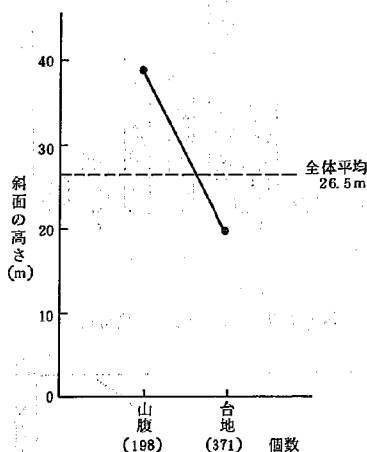


図-107 斜面上方の状態と斜面の高さ (平均値)

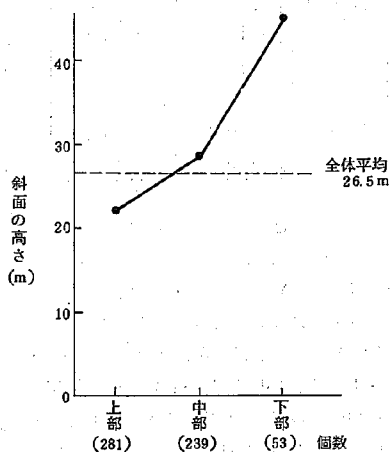


図-108 崩壊の位置と斜面の高さ (平均値)

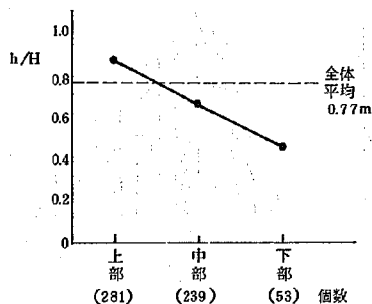


図-109 崩壊の位置と h/H (平均値)

意図と調査結果はほぼ合致していることが裏付けされている。斜面下部に崩壊頭部をもつものは一般に斜面高の大きいいわゆる長大斜面を多く含むこととなる。

2) 斜面の傾斜

斜面の傾斜の平均値は 5.12° であり、最低 17° から最高 90° まで分布する。この頻度分布は表-79、図-110に示す。最も頻度の高いのは $40 \sim 49^\circ$ であり、次いで $60 \sim 69^\circ$ 、 $50 \sim 59^\circ$ 、 $30 \sim 39^\circ$ となる。44～46年の調査の場合は図-111に示すような頻度分

表-79 斜面の傾斜

平均値 51.2°

斜面の傾斜 (度)	個 数	頻度(%)	相対累積 度数(%)
0 ~ 9	0	0	
10 ~ 19	2	0.4	0.4
20 ~ 29	8	1.3	1.7
30 ~ 39	77	12.8	14.5
40 ~ 49	204	34.0	48.5
50 ~ 59	114	19.0	67.5
60 ~ 69	115	19.2	86.7
70 ~ 79	50	8.3	95.0
80 ~	30	5.0	100
	600		

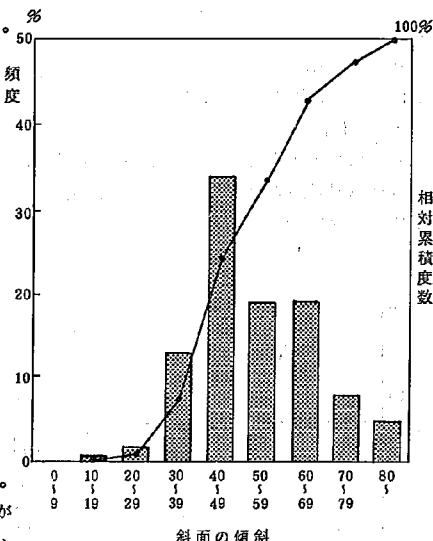


図-110 斜面の傾斜頻度分布

布を示し、今回のものとは傾向が多少異なる。今回の調査結果では30°~39°斜面での崩壊が著しく減って60°~69°斜面の崩壊が増えている。平均値にしても前回は46.1°に対して、今回は51.2°であり、急斜面での崩壊が多かったことになる。この理由は不明である。村野氏^{*28}が1965年の岐阜・福井の災害時の山地崩壊について調べた結果では45°~50°付近の斜面での崩壊発生率が高く、次いで35°~45°となっている(図-112)。この調査では傾斜角別占有単位面積あたりの崩壊数で示されているので発生率を表わしている。本調査の結果は、発生率ではなく、斜面の一般的な傾斜分布であるので直接には比較できない。

47年に行なった総点検時の自然斜面の傾斜別頻度に対する崩壊斜面の傾斜別頻度の比を発生率と考えて、崩壊データの多い神奈川、山口両県について試みに調べたものは図-113に示すようになった。この結果では、発生率は、傾斜の急な程高く、ほぼ片対数紙上で直線的に増加している。

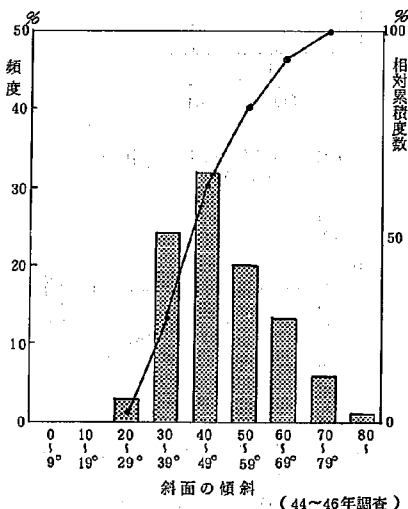


図-111 斜面の傾斜角度頻度分布

*28 村野義郎：福井・岐阜県境の山地崩壊に関する統計的研究，防災科学技術総合研究報告 15号 P. 30 1968.3

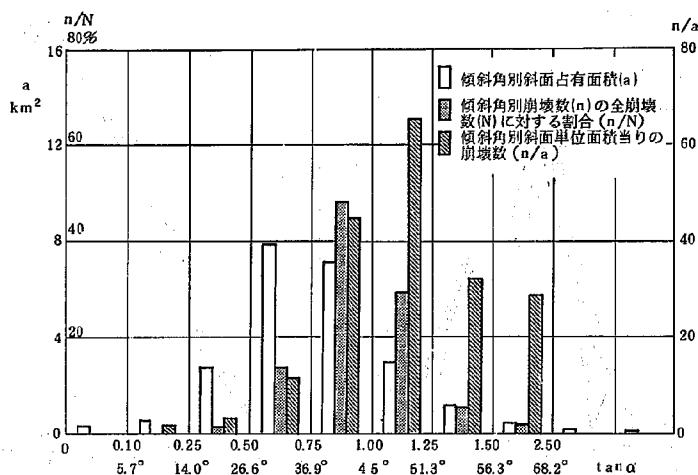


図-112 傾斜角別斜面面積および崩壊数
(村野, 岐阜, 福井)

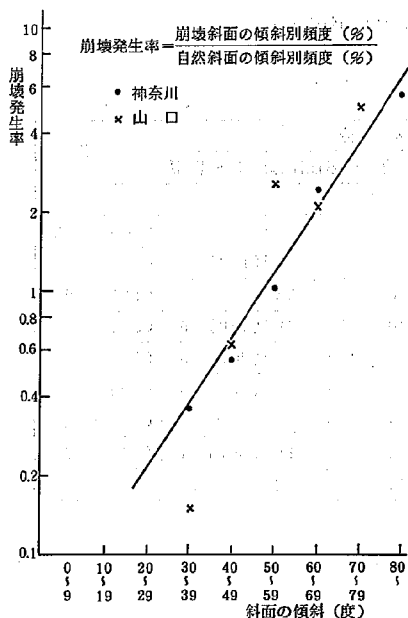


図-113 斜面傾斜別崩壊発生率

地質区分毎に調べると表-80, 図-114, 図-115 のように, 地質区分毎の多少の差が認められる。噴出岩類では傾斜の急なもの, 特に $70 \sim 79^\circ$ のものが目立ち, 火山砕屑物は $40 \sim 49^\circ$ が多い。変成岩類では, 30° 以下がかなり多い。地質区分毎の平均値は図-115 のようにほとんど変わらない。

斜面構成土質別にみると図-116~118 のようになる。岩(I)および火山砕屑物では比較的急な斜面での崩壊が多く, 崩積土, 強風化岩, 段丘堆積物では比較的緩な斜面での崩壊が多い。また, 表層土, 土状の地山, 岩状の地山での区分ではあまり差がない。滑落に比べ崩落は比較的急な斜面での崩壊が多い。

図-119 は, 斜面横断形区分毎の斜面の傾斜を示したもので, 屋根型の斜面は谷型の斜面に比べ傾斜は急である。大きな谷より小さな谷の方が傾斜は緩である。直線型の斜面は, 傾斜は比較的急である。

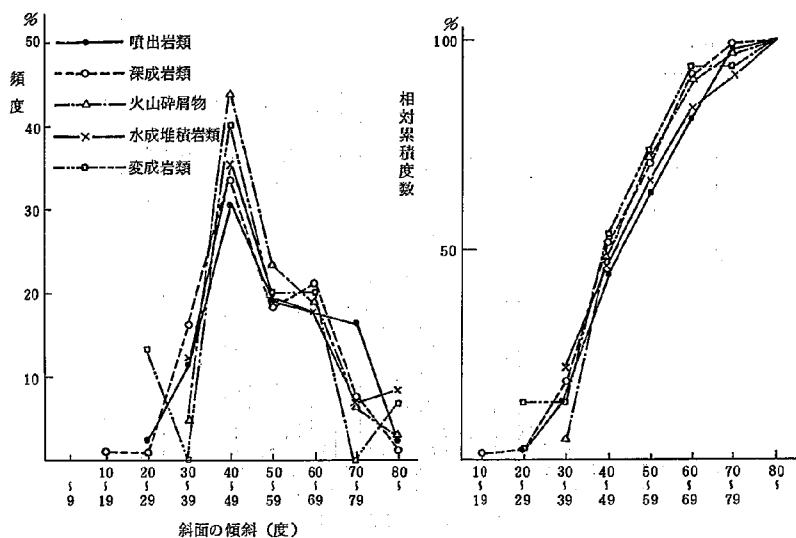


図-114 地質区分毎の斜面傾斜分布

表-80 地質区分毎斜面と傾斜

斜面の傾斜	地 質 区 分					計
	噴出岩類	深成岩類	火山碎屑物	水成堆積岩類	変成岩類	
～ 9°						
10～19		(1.1) 2				(0.4) 2
20～29	(2.5) 2	(1.1) 2			(13.3) 2	(1.1) 6
30～39	(11.4) 9	(16.2) 30	(4.7) 3	(12.0) 23		(12.2) 65
40～49	(30.4) 24	(33.5) 62	(43.7) 28	(35.4) 68	(40.0) 6	(35.1) 188
50～59	(19.0) 15	(18.4) 34	(23.4) 15	(19.3) 37	(20.0) 3	(19.4) 104
60～69	(17.7) 14	(21.1) 39	(18.8) 12	(17.7) 34	(20.0) 3	(19.1) 102
70～79	(16.5) 13	(7.5) 14	(6.3) 4	(7.3) 14		(8.4) 45
80～	(2.5) 2	(1.1) 2	(3.1) 2	(8.3) 16	(6.7) 1	(4.3) 23
	79	185	64	192	15	535

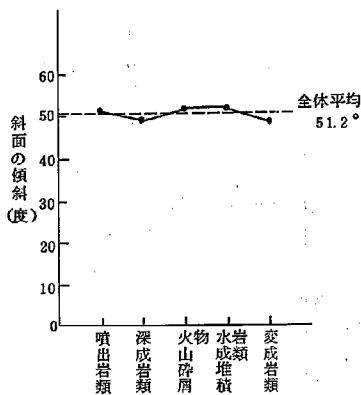


図-115 地質区分毎の斜面傾斜 (平均値)

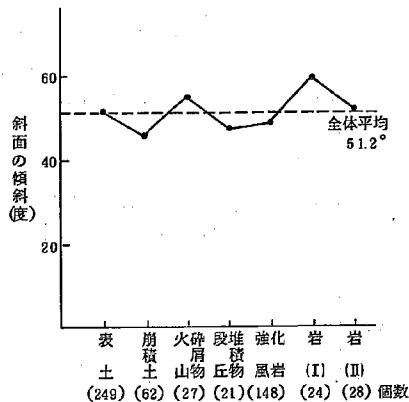


図-116 斜面構成土質と斜面傾斜 (平均値)

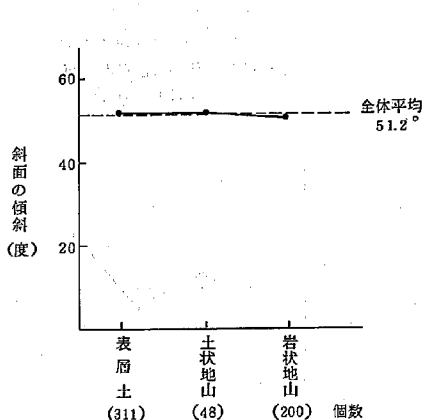


図-117 斜面構成土質と斜面傾斜 (平均値)

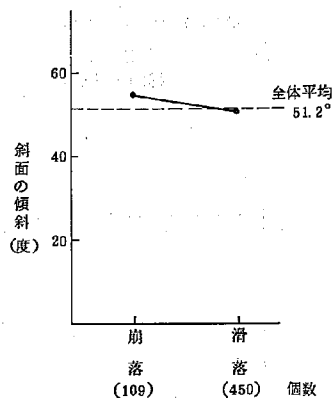


図-118 崩落・滑落と斜面傾斜 (平均値)

図-120 は、斜面縦断形区分毎の斜面の傾斜を示したもので、上昇斜面はわずかに下降斜面に比べ傾斜は急である。ここで言う傾斜は平均傾斜であるので実際には下降斜面でも上方は急である。一方上昇斜面は下方で急になっている。複合斜面は、斜面長が長いことや、斜面途中に傾斜変換線等の傾斜変化があるため斜面の平均傾斜は比較的緩やかである。

図-121 は、斜面上方の状態と斜面傾斜を比べたもので、台地斜面は山腹斜面よりわずかに傾斜は

急である。

崩土の状態は、斜面を構成する土質、斜面の集水性等を反映して変化するが、斜面傾斜も関係する。図-122は、この比較を行なったもので、岩塊状、土塊状等は急斜面で起る崩土の状態で、水を多量に含む泥状のものは比較的緩やかな斜面でも起っている。

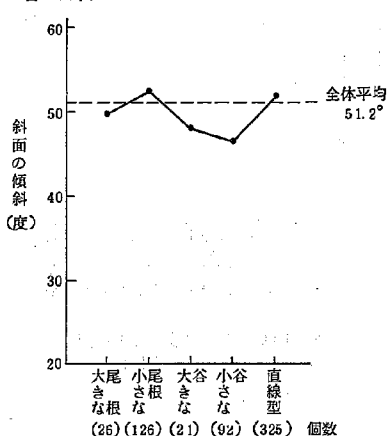


図-119 斜面横断面形と斜面傾斜 (平均値)

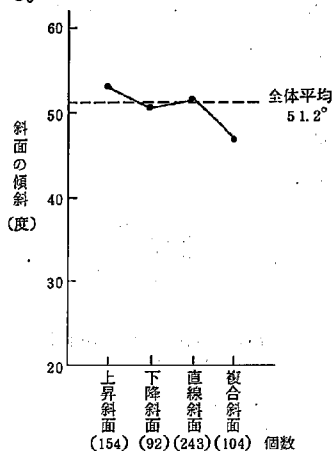


図-120 斜面縦断面形と斜面傾斜 (平均値)

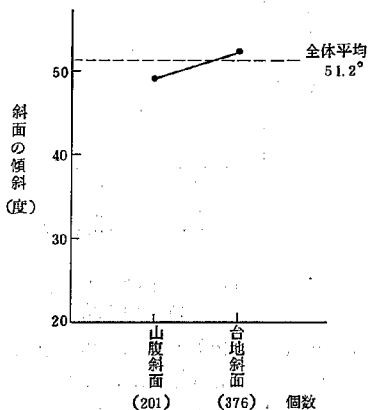


図-121 斜面上方の伏態と斜面傾斜 (平均値)

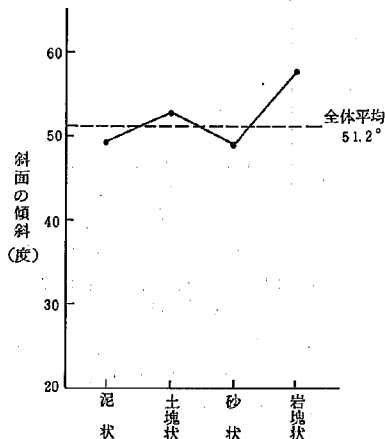


図-122 崩土の状態と傾斜傾斜 (平均値)

3) 表土の厚さ

表土の厚さの平均値は、1.66 m で、頻度分布は表-81, 図-123 に示す。最も頻度の高いのは1.0～1.4 m であり、次いで2.0～2.4 m, 1.5～1.9 m となる。この値は崩壊後の斜面からの推定であるので、精度は良くない。後述の崩壊の深さと比較すると、崩壊の深さの平均値が1.74 m であり、最頻値は1.0～1.4 m, 次いで1.5～1.9 m, 2.0～2.4 m となり、頻度分布の傾向は非常に似通っている。

表-82, 図-124 には表土の深さ / 崩壊の深さの頻度分布を示したものである。この値が1.0～1.5 すなわち、表土の厚さの0.7～1.0 倍程度の範囲が崩壊を起すものが最も多くこれだけで55.5%を占める。

しかし、表土の厚さよりも深い範囲に及ぶ崩壊は24.2%であり、表土の厚さ以内で起る崩壊が残りの75.8%となる。従ってがけ崩れのほとんどは、この結果だけから見ると、表土～表層土のみが崩壊するものであると言える。全体の平均値ではこの値が1.19, すなわち、表土の厚さの0.84 倍が崩壊の深さとなる。

表-81 表土の厚さ

平均値 1.66 m

表土の厚さ(m)	個 数	頻度%	相対累積度数%
0～0.4	10	1.8	1.8
0.5～0.9	66	12.0	13.8
1.0～1.4	169	30.8	44.6
1.5～1.9	102	18.6	63.2
2.0～2.4	107	19.5	82.7
2.5～2.9	13	2.4	85.1
3.0～3.4	53	9.7	94.8
3.5～3.9	6	1.1	95.9
4.0～4.4	13	2.4	98.3
4.5～	10	1.8	100.0
	549		

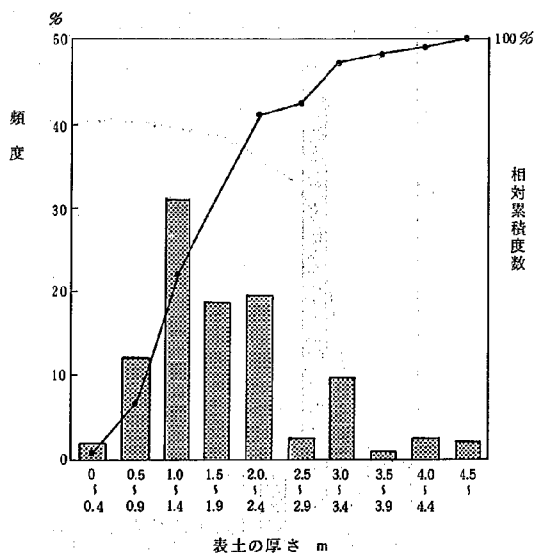


図-123 表土の厚さ頻度分布

表-82 表土の厚さ / 崩壊の深さ

平均値 1.19

表土の厚さ / 崩壊の深さ	個 数	頻 度 %	相 対 累 積 度 数 %
0 ~ 0.49	48	8.6	8.6
0.5 ~ 0.99	88	15.6	24.2
1.0 ~ 1.49	311	55.5	79.7
1.5 ~ 1.99	39	7.0	86.7
2.0 ~ 2.49	40	7.1	93.8
2.5 ~ 2.99	10	1.7	95.5
3.0 ~ 3.49	14	2.5	98.0
3.5 ~ 3.99	3	0.5	98.5
4.0 ~ 4.49	1	0.2	98.7
4.5 ~ 4.99	1	0.2	98.9
5.0 ~	6	1.1	100.0
計	559	100	

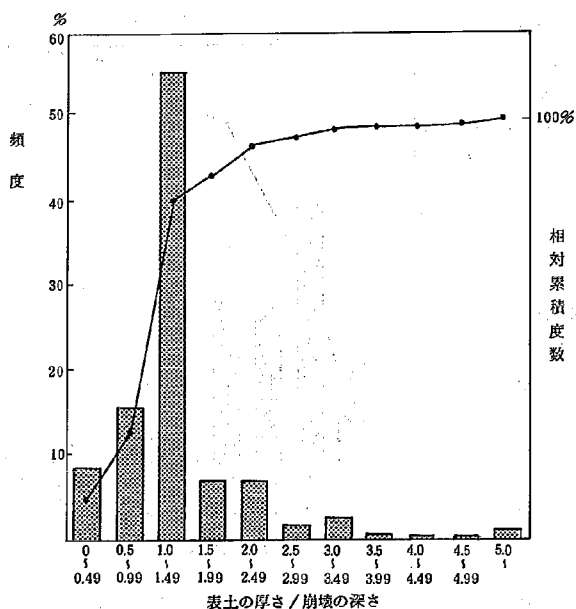


図-124 表土の厚さ / 崩壊の深さ頻度分布

§ 16. がけ崩れの規模

がけ崩れの規模については、次のような項目の調査を行なった。

- a. 崩壊の高さ (h)
- b. 崩壊の巾 (W)
- c. 崩壊の深さ (d)
- d. 崩壊土量 (V)
- e. 崩壊の斜面長 (L)
- f. 崩土の到達距離 (L)

1) 崩壊の規模 — 平均値および頻度分布

上記5項目および、その他に次の項目を計算して整理した。

- g. 崩壊の高さ / 斜面の高さ (h / H)
- h. 崩土の到達距離 / 斜面の高さ (L / H)
- i. 崩壊の形状 (崩壊の巾 / 崩壊の高さ) (W / h)

表-83には平均値の一覧表、表84～表92、図125～133には頻度分布を示す。

以下その特徴を箇条書きにする。

- ① 崩壊の高さは10～19 mが最も多く、次いで10 m以下で、20 mまでのものが73%を占める。40 m以下は95%である。前回調査に比べて高さの低いものが増えている。平均値は16.6 m。(前回は19.4 m)
- ② 崩壊の巾は、高さ同様10～19 mが最頻値で、次いで10 m以下。20 mまでのものが69.1%、40 m以下のものが90.8%である。前回調査に比べて巾の小さいものの割合が増えている。平均値は17.6 mである。(前回は17.1 m)
- ③ 崩壊の深さは1.0～1.4 mが最も多く、次いで1.5～1.9 m、2.0～2.4 mである。1.0～2.5 mで70%を占める。前回調査とはかなり傾向が異なり、1.5 m以下が多くなっている。

表-83 崩壊規模 平均値

	崩壊の高さ h m	崩壊の巾 W m	崩壊の深さ d m	崩壊土量 V m ³	崩土の 到達距離 L m	崩壊の斜面 長 ℓ m	崩壊の位置 h / H	崩土の範囲 L / H	崩壊の形状 W / h
平均値	16.6	17.6	1.60	335.6	120	23.9	0.77	0.52	1.47
個数	596	600	600	592	598	590	590	598	1 612
分散	249.3	250.2	4.67	58.1	6046	922.8	0.08	0.50	3.46
標準偏差	15.8	15.8	2.16	6176.2	246	30.4	0.29	0.71	1.86
変動係数	95.2%	90.1%	124.5%	1062.1%	20.5%	127.2%	37.2%	0.135%	1.27%
最小値 ～最大値	1.3～200	2～120	0.25～8	1～15,000	0.5～350	1.7～340	0.03～1	0.01～12.9	0.06～25.0

平均値は1.60 m (前回は2.1 m)

- ④ 崩壊土量は、100 m³以下が最も多く、47.1%を占め、土量が多いほど頻度は減じる。300 m³以下で78.5%を占める。1000 m³を越すような大規模な崩壊も7.8%ある。前回調査に比べ土量の小さいものが増えている。平均値は335.6 m³ (前回調査では684 m³)
- ⑤ 崩土の到達距離は、10 m以下が圧倒的に多く、62.4%を占める。距離の大きいほど頻度は減ずる。20 m以下で85.5%である。

表-84 崩壊の高さ

崩壊の高さ(m)	個数	頻度(%)	相対累積度数(%)
0~9	170	28.5	28.5
10~19	268	45.0	73.5
20~29	95	15.9	89.4
30~39	34	5.7	95.1
40~49	11	1.9	97.0
50~59	5	0.8	97.8
60~69	3	0.5	98.3
70~79	1	0.2	98.5
80~89	2	0.3	98.8
90~99	3	0.5	99.3
100~	4	0.7	100

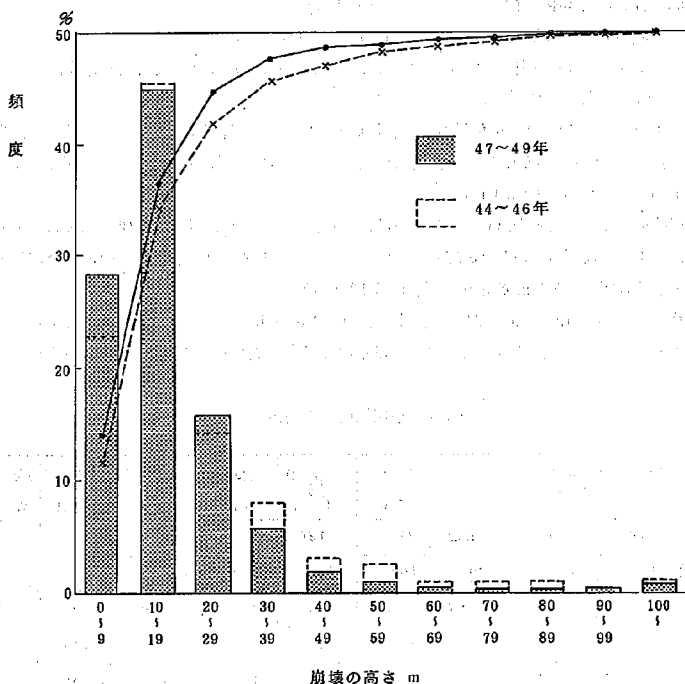


図-125 崩壊の高さ頻度分布

前回調査に比べ、10 m以下が多

くなっている。平均値は12 m

(前回調査では12.8 m) 斜面尻から20 mの範囲までは約86%が被災することとなる。後述するように、斜面尻からの勾配、人家等の崩土流下に対する障害、崩土の状態等によって変わるが、一応の目安と考えてもよい。

- ⑤ 崩土の到達距離 / 斜面の高さ、は0.2～0.39が最頻値で、次いで0.2以下である。0.6以下で72.5%を占める。前回調査では、斜面

表-85 崩壊の巾

崩壊の巾(m)	個数	頻度(%)	相対累積頻数(%)
0～9	190	31.6	31.6
10～19	225	37.5	69.1
20～29	96	16.0	85.1
30～39	34	5.7	90.8
40～49	16	2.7	93.5
50～59	15	2.5	96.0
60～69	11	1.8	97.8
70～79	6	1.0	98.8
80～89	3	0.5	99.3
90～99	1	0.2	99.5
100～109	2	0.3	99.8
110～	1	0.2	100

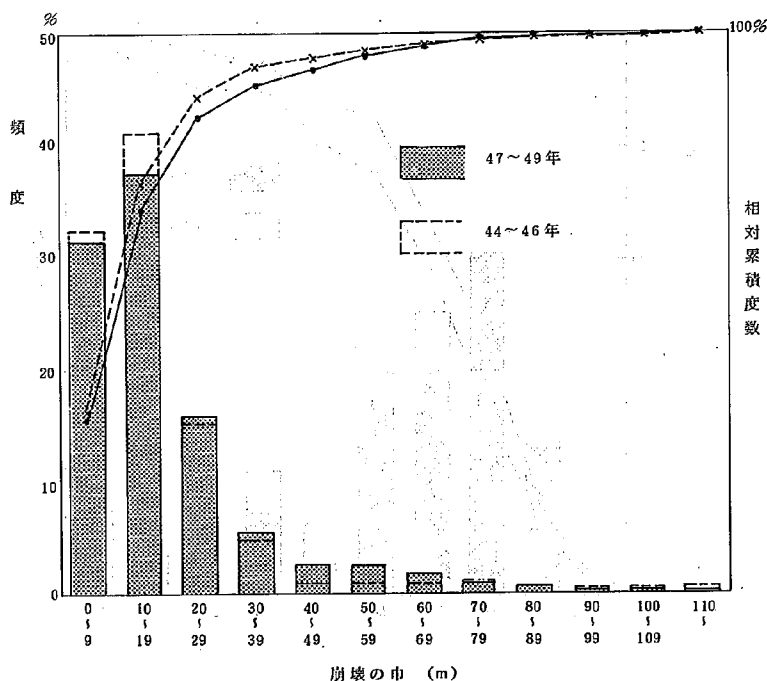


図-126 崩壊の巾頻度分布

の高さの代りに、崩壊の高さを用いていたので、傾向は当然異なっており、斜面の高さを用いた今回のものの方が小さい値の方に分布する。0.6までは72.5%であったが、0.6～1.4で21.7%ある。被災の恐れのある範囲は、斜面の高さの1.4倍までを考えれば、全体の94.2%が含まれることとなる。斜面の高さは、26.5/16.6で1.60である。したがって崩土の到達距離/斜面の高さになおすと、0.83となる。

表-86 崩壊の深さ

崩壊の深さ(m)	個 数	頻度(%)	相対累積度数(%)
0 ~ 0.4	9	1.5	1.5
0.5 ~ 0.9	82	13.6	15.1
1.0 ~ 1.4	182	30.3	45.4
1.5 ~ 1.9	120	20.0	65.4
2.0 ~ 2.4	120	20.0	85.4
2.5 ~ 2.9	16	2.7	88.1
3.0 ~ 3.4	44	7.3	95.4
3.5 ~ 3.9	10	1.7	97.1
4.0 ~ 4.4	13	2.2	99.3
4.5 ~	4	0.7	100

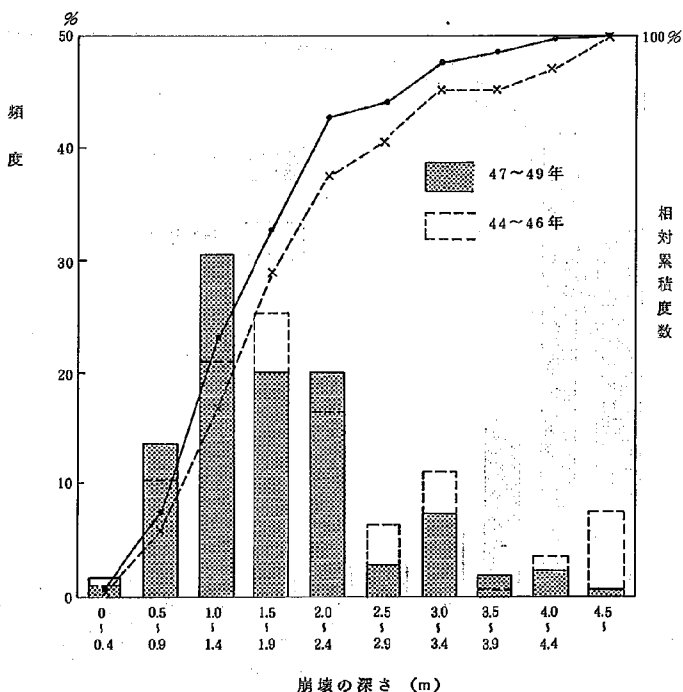


図-127 崩壊の深さ頻度分布

(前回調査では0.71……ただし崩壊の高さを用いている。)

- ⑦ 崩壊の高さ/斜面の高さは、1.0が最も多く40.4%を占める。すなわち斜面の頂上部から崩壊を起しているものが極めて多いことになっている。前述の“がけ崩れの斜面上の位置”のところでは、斜面を上、中、下に分けた場合の崩壊の位置は上部で起るものが48.7%中部が42.2%となり、下部では9.1%であった。ここでの区分と上、中、下をどのように適合させ

表-87 崩壊土量

崩壊土量(m ³)	個 数	頻 度(%)	相対累積度数(%)
0~99	279	47.1	47.1
100~199	122	20.6	67.7
200~299	64	10.8	78.5
300~399	32	5.4	83.9
400~499	16	2.7	86.6
500~599	13	2.2	88.8
600~699	10	1.7	90.5
700~799	3	0.5	91.0
800~899	3	0.5	91.5
900~999	4	0.7	92.2
1000~	46	7.8	100

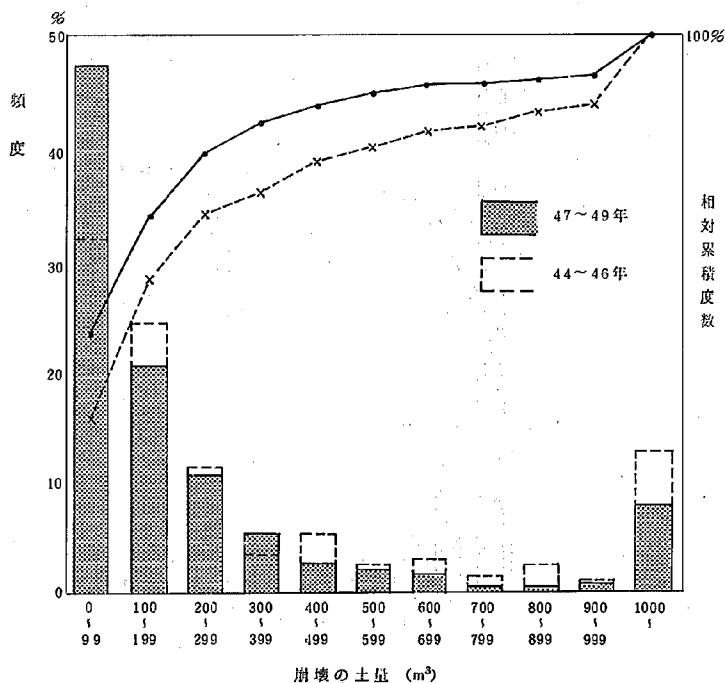


図-128 崩壊土量頻度分布

るべきかは不明であるが、崩壊の高さ/斜面の高さの値は、値の小さいものほど頻度は減っている。値が1.0になるものが圧倒的に多く、かつ斜面頂上部付近での崩壊が多いのは、斜面上方が台地状になっているものが多いためである。平均値は0.77である。

- ⑧ 崩壊の斜面長は10～19 m が最も多く、次いで20～29 m、10 m以下となる。30 m以下で79 %を占める。100 mを越すような長大な斜面は2 %ある。平均値は

表-88 崩土の到達距離

崩土の到達距離 (m)	個 数	頻度(%)	相対累積度数(%)
0～9	373	62.4	62.4
10～19	138	23.1	85.5
20～29	46	7.7	93.2
30～39	17	2.8	96.0
40～49	10	1.7	97.7
50～59	3	0.5	98.2
60～69	1	0.2	98.4
70～79	2	0.3	98.7
80～89	0	0	98.7
90～	8	1.3	100

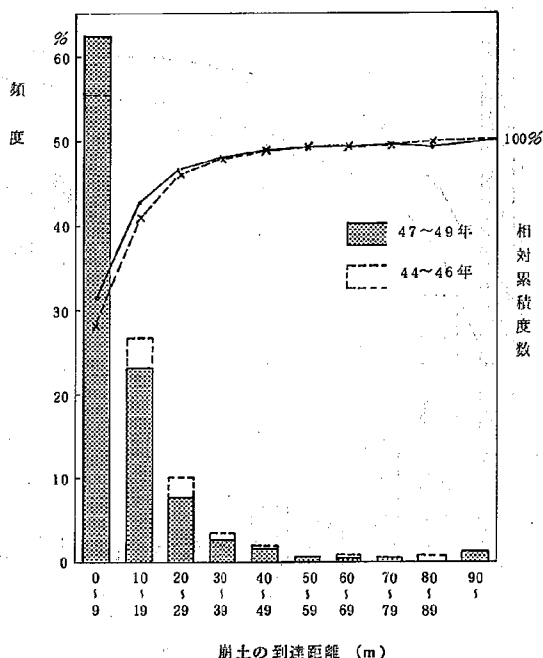


図-129 崩土の到達距離頻度分布

23.9 m。

- ⑨ 崩壊の形状は、崩壊の高さに対して巾が0.5～1.0倍のものが最も多いが、1.0倍以上のものも約50%あり、必ずしも山腹崩壊のように細長いものが極めて多いとはかぎらない。山腹崩壊の場合には崩壊とそれにとまう崩土の沢沿いの流下が大きいからであるが、がけ崩れの場合には下限に限られるからであろう。

なお、前回調査（44～46年）の各項目の平均値一覧表を表-93に示す。

表-89 崩土の到達距離 / 斜面の高さ

崩土の到達距離 斜面の高さ	個 数	頻度(%)	相対累積度数(%)
0 ～ 0.19	146	24.8	24.8
0.2 ～ 0.39	166	28.2	53.0
0.4 ～ 0.59	115	19.5	72.5
0.6 ～ 0.79	47	8.0	80.5
0.8 ～ 0.99	33	5.6	86.1
1.0 ～ 1.19	28	4.7	90.8
1.2 ～ 1.39	20	3.4	94.2
1.4 ～ 1.59	11	1.9	96.1
1.6 ～ 1.79	9	1.5	97.6
1.8 ～ 1.99	2	0.3	97.9
2.0 ～ 2.19	4	0.7	98.6
2.2 ～	8	1.4	100

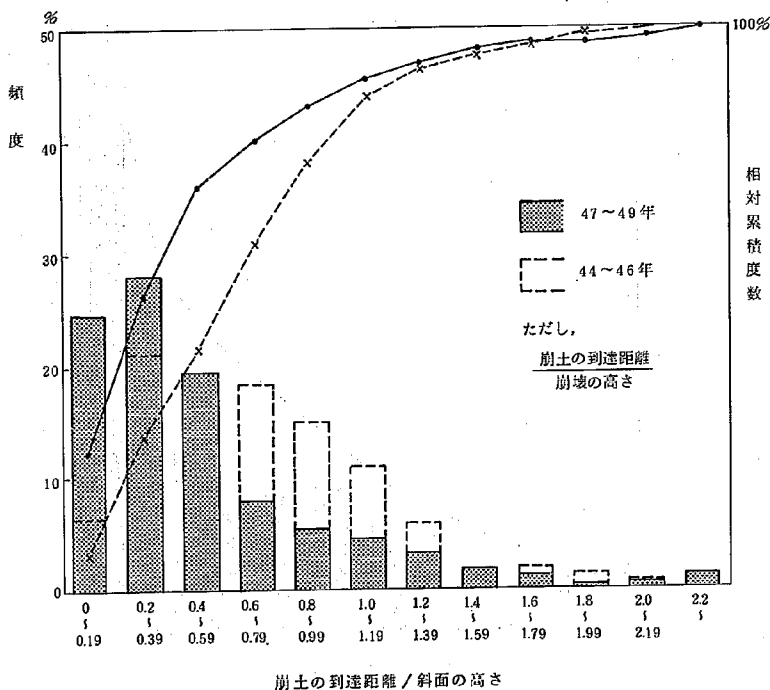


図-130 崩土の到達距離 / 斜面の高さ頻度分布

2) 地質区分毎の崩壊の規模

表-94, 図-134 は地質区分毎の崩壊規模を平均値で示した一覧表である。その特徴は以下の通り。

- ① 崩壊の高さについては変成岩類が比較的高いものが多く、火山砕屑物は低いものが多い。
- ② 崩壊の中は噴出岩類でわずかに高く、“その他”に極めて中の広い崩壊が含まれている。
- ③ 崩壊の深さは火山砕屑物、変成岩類が大で、噴出岩類、深成岩類はかなりうすいものが多い。

表-90 崩壊の高さ/斜面の高さ

崩壊の高さ 斜面の高さ	個 数	頻度(%)	相対累積度数(%)
0 ~ 0.09	10	1.7	1.7
0.1 ~ 0.19	18	3.1	4.8
0.2 ~ 0.29	14	2.4	7.2
0.3 ~ 0.39	29	4.9	12.1
0.4 ~ 0.49	30	5.1	17.2
0.5 ~ 0.59	52	8.8	26.0
0.6 ~ 0.69	47	8.0	34.0
0.7 ~ 0.79	50	8.5	42.5
0.8 ~ 0.89	70	11.8	54.3
0.9 ~	270	45.7	100

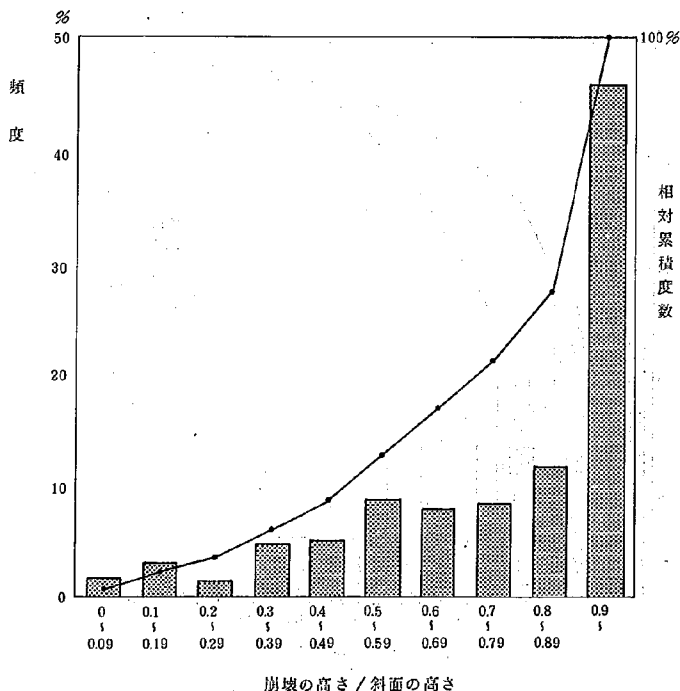


図-131 崩壊の高さ/斜面の高さ頻度分布

④ 崩壊土量は変成岩類および“その他”に小さいものが多い。

⑤ 崩土の到達距離は変成岩類，“その他”に大のものが多いが、それ以外は変化が少ない。

⑥ 崩壊の高さ/斜面の高さは、変成岩類で低い位置での崩壊が多く、それ以外の変化は少ない。

⑦ 崩土の到達距離/斜面の高さは、変成岩類で低い値を示し“その他”で大きく、それ以外の変化は少ない。

⑧ 全般的に見て、変成岩類、および

表-91 崩壊の斜面長

崩壊の斜面長 (m)	個 数	頻度(%)	相対累積度数(%)
0 ~ 9	108	18.3	18.3
10 ~ 19	239	40.5	58.8
20 ~ 29	119	20.2	79.0
30 ~ 39	57	9.7	88.7
40 ~ 49	23	3.9	92.6
50 ~ 59	16	2.7	95.3
60 ~ 69	8	1.4	96.7
70 ~ 79	4	0.7	97.4
80 ~ 89	3	0.5	97.9
90 ~ 99	1	0.2	98.1
100 ~	12	2.0	100.

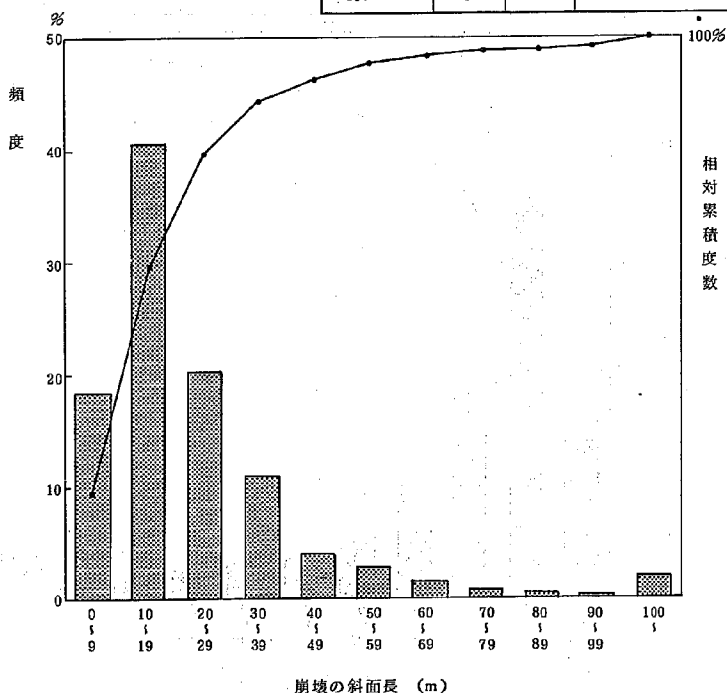


図-132 崩壊の斜面長頻度分布

その他（シラス、ローム、その他）
等が、他に比べ平均値の変化が激しい。

- ⑨ 噴出岩類、深成岩類は、比較的うすい崩壊であるが、崩壊土量はかなり多い。
- ⑩ 火山砕屑物は崩壊の高さ、中等の規模が比較的小さい一方、崩壊の深さは大である。
- ⑪ 水成堆積岩類は崩壊の深さが小のわりに崩壊土量が大きく、崩土はあまり遠くに達しない。

表-95 には前回調査のものを掲げておく。

表-92 崩壊の巾 / 崩壊の高さ

崩壊の巾 崩壊の高さ	個数	頻度(%)	相対累積度数(%)
0 ~ 0.49	97	15.8	15.8
0.5 ~ 0.99	213	34.9	50.7
1.0 ~ 1.49	119	19.5	70.2
1.5 ~ 1.99	62	10.1	80.3
2.0 ~ 2.49	35	5.7	86.0
2.5 ~ 2.99	22	3.6	89.6
3.0 ~ 3.49	19	3.1	92.7
3.5 ~ 3.99	12	2.0	94.7
4.0 ~ 4.49	7	1.1	95.8
4.5 ~ 4.99	2	0.3	96.1
5.0 ~	24	3.9	100

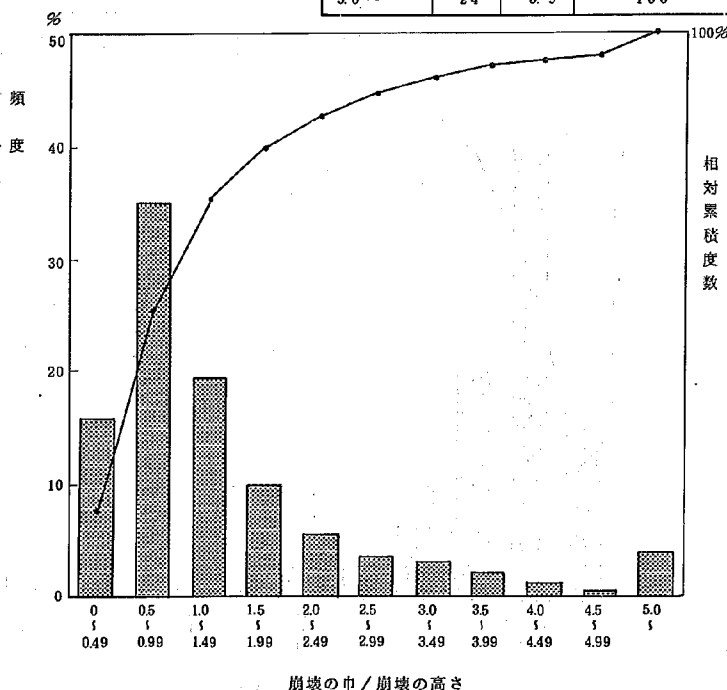


図-133 崩壊の巾 / 崩壊の高さ頻度分布

表-93 崩壊規模平均値 (前回調査44~46年)

	H _m	W _m	L _m	θ度	d _m	V _m	L/H
平均値	19.4	17.1	12.8	46.1	2.1	684	0.71
最大から5%の値	50	40	36	70	5.0	2000	1.50
" 10%	37	30	25	60	4.0	1200	1.25
" 20%	25	20	18	60	2.8	600	1.00
最小から5%の値	6.4	4.5	2.7	30	0.6	22	0.16
" 10%	8	5	3.5	30	0.8	30	0.25
" 20%	9	7	5	35	1.0	54	0.33
平均値以下の個数(例)	133(66.3)	145(71.8)	131(65.5)	113(57.3)	149(73.8)	165(82.0)	112(56)
" 以上 "	68(33.7)	55(28.2)	68(34.5)	85(42.7)	52(26.2)	36(18.0)	87(44)
全体の68% $\bar{x} \pm \sigma$	3.1~35.7	~37.2	0.1~25.5	32.1~60.1	0.98~3.6	0~2660	0.23~1.19
" 95% $\bar{x} \pm 2\sigma$	~51.9	~57.1	~38.3	180~742	~4.9	0~4667	~1.66
" 99.7% $\bar{x} \pm 3\sigma$	~68.2	~77.3	~50.9	40~882	~6.3	0~6675	~2.14
変異係数 $\sigma/\bar{x}$	0.84	1.17	1.00	0.30	0.57	3.07	0.67
個数	201	201	199	198	201	201	199
最小値~最大値	4~115	2~200	0.5~8.5	20~81	0.3~15	7~20000	0.08~2.61

表-94 地質区分毎の崩壊規模 (平均値)

	崩壊の高さ h _m	崩壊の巾 W _m	崩壊の深さ d _m	崩壊土量 V _m	崩土の到達 距離 L _m	h/H	L/H	個数*
1. 噴出岩類	17.2	18.2	1.45	340.0	12.8	0.78	0.50	78~79
2. 深成岩類	16.8	17.0	1.50	356.4	11.0	0.76	0.47	177~185
3. 火山碎屑物	15.9	16.3	1.89	315.3	13.1	0.70	0.53	51~64
4. 火成堆積岩類	17.0	16.8	1.59	353.1	9.7	0.78	0.46	189~192
5. 変成岩類	19.2	16.3	1.60	271.7	14.7	0.57	0.37	14~15
その他	14.3	19.8	1.90	255.9	20.9	0.81	0.79	63~65
全体	16.6	17.6	1.60	335.6	12.0	0.77	0.52	587~600

* それぞれの項目によって異なる。

表-95 地質区分毎の崩壊規模 (平均値) 前回調査(44~46年)

区分記号	地質区分	H _m	W _m	L _m	θ度	d _m	V _m	L/H	個数
1	酸性噴出岩類	19.3	12.4	12.7	47.7	1.2	265	0.50	6
2	中~塩基性 "	12.8	11.8	10.1	46.4	2.1	335	0.64	10
3	深成岩類	27.2	14.9	17.3	42.0	2.4	740	0.76	32
4	火山碎屑物	20.7	14.5	11.3	51.9	1.6	783	0.63	18
5	水成堆積岩類	17.9	19.6	10.2	45.8	2.0	713	0.66	82
6	変成岩類	13.9	10.5	6.2	46.3	1.3	240	0.61	8
7	シラス	22.8	22.5	32.4	55.0	3.6	1906	1.36	8
8	ローム	21.6	22.8	17.0	41.5	1.1	575	0.89	8
9	その他	16.3	13.3	11.7	*47.1	*2.3	223	0.68	22
	総平均値	19.4	17.1	12.8	46.1	2.1	684	0.71	

*は上の個数と合わない。

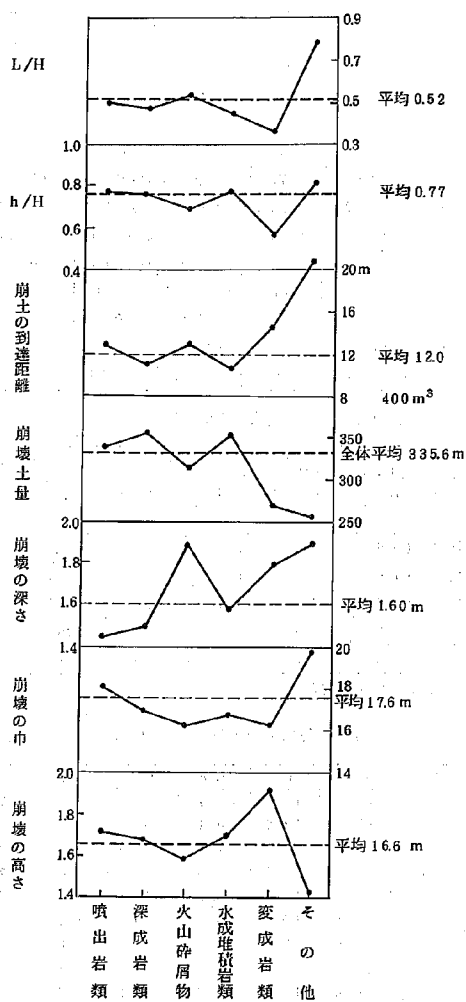


図 - 134 地質区分毎崩壊規模 (平均値)

次にそれぞれの規模についての地質区分毎の頻度分布を図-135~141に示す。それらの特徴は、以下の通り。

- ① 崩壊の高さについては、噴出岩類は比較的低いものの割合が高く、その他は10~20m程度のものがきわめて多い。
- ② 崩壊の中については火山碎屑物、変成岩類で規模の小さなものが多い。
- ③ 崩壊の深さについては、火山碎屑物、変成岩類で厚い方に多く分布している。
- ④ 崩壊土量は、水成堆積岩類、噴出岩類で100 m³以下のものの割合が高い。
- ⑤ 崩土の到達距離は、地質区分毎の差異はあまりない。
- ⑥ 崩壊の高さ/斜面の高さ、は、火山碎屑物で、比較的斜面の低い部分での崩壊が多く、水成堆積岩類では、ほとんど斜面の頂部から崩壊が起るものが多い。変成岩類では、斜面の0.7~0.8前後が崩壊発生位置となるものが多く、頂部からの崩壊は極めて少ない。
- ⑦ 崩土の到達距離/斜面の高さ、は、噴出岩類で0.2~0.4が最も多く、深成岩類、水成堆積岩類では0.6以下に集中し、この値の小さいものほど多く、火山碎屑物では、0.4~0.6が最も多い。

3) 斜面構成土質別崩壊の規模

表-96、図-142は斜面構成土質別の崩壊規模を平均値で示したものである。その特徴は以下の通り。

- ① 崩壊の高さは段丘堆積物、岩(I)、岩(II)で大で、火山碎屑物、強風化岩で小である。
- ② 崩壊の中は表土、崩積土以外は比較的に狭いものが多い。
- ③ 崩壊の深さは表土および強風化岩の崩壊はかなり浅く、逆に崩積土、段丘堆積物では極めて厚い。
- ④ 崩壊土量は火山碎屑物斜面で小で、段丘堆積物斜面では逆に多い。岩斜面での崩壊土量は概して少ない。
- ⑤ 崩土の到達距離は表土、強風化岩、岩(II)で小さいが、崩積土、段丘堆積物、岩(I)では大きくなっている。
- ⑥ 崩土の到達距離/斜面の高さは、崩積土、火山碎屑物、段丘堆積物で大きく、表土及び岩斜面では小さい。
- ⑦ 崩壊の高さ/斜面の高さは火山碎屑物で大きく、頂部付近からの崩壊が多く、その他は変化が少ない。

表-97には前回調査の結果をあげておく。

次にそれぞれの土質毎に崩壊の規模の頻度分布を図-143~149に示す。その特徴は以下の通り。

- ① 崩壊の高さは、一般に10~20mのものが最も多く、次いで10m以下となっている。段丘堆積物は、10~20mがきわだって多く10m以下、20~30mのものが相対的に少ない。段丘堆積物は、これに対して40m以上の高い崩壊が他の土質のものに比べて多い。(約15%、他は多くて10%程度)
- ② 崩壊の中は、一般に10~20mが最も多く、次いで10m以下となっているが、段丘堆積物では10m以下のものが最も多く、岩(II)では10m以下及び10~20mのものがほぼ同率

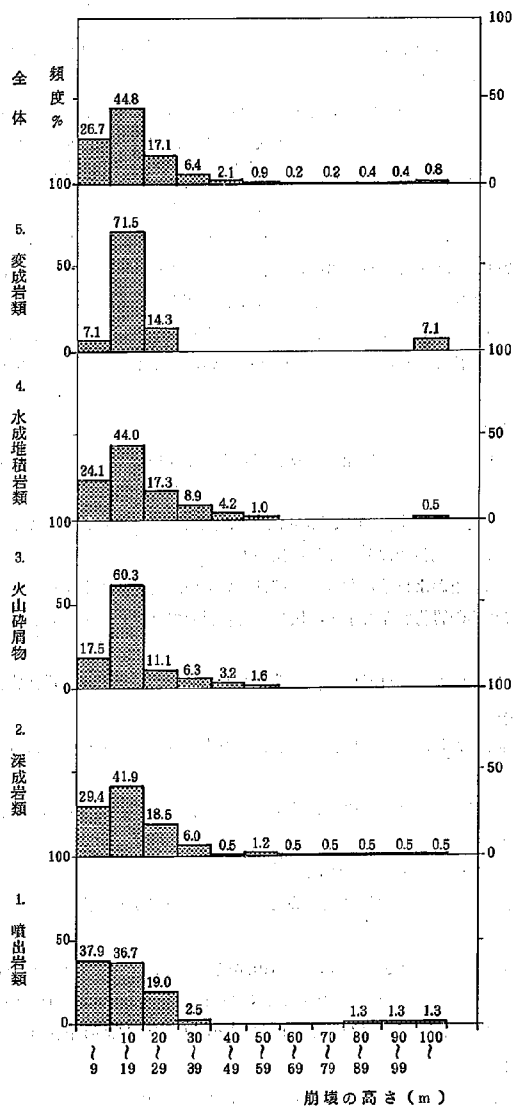


図-135 地質区分毎の崩壊の高さ頻度

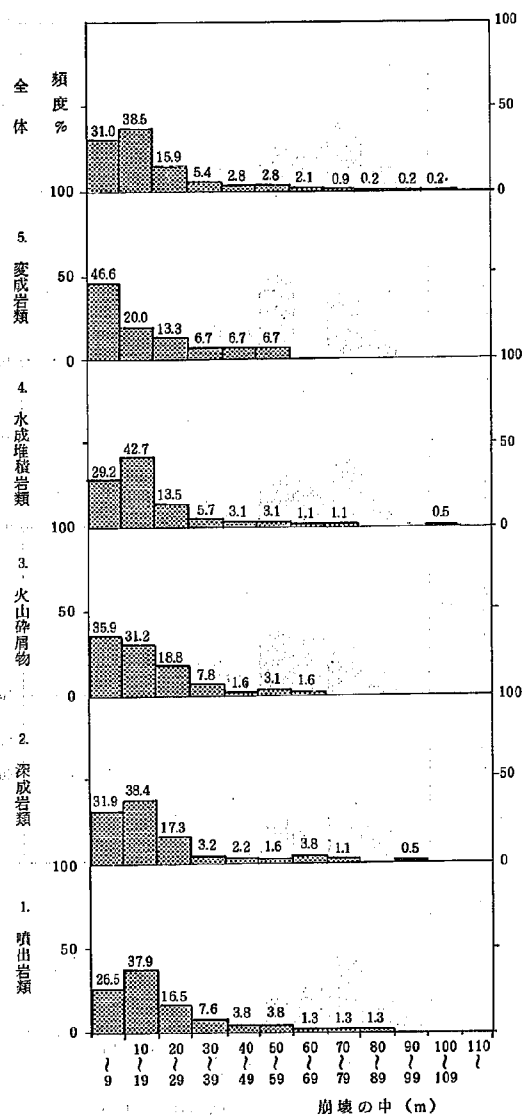


図-136 地質区分毎の崩壊の巾頻度

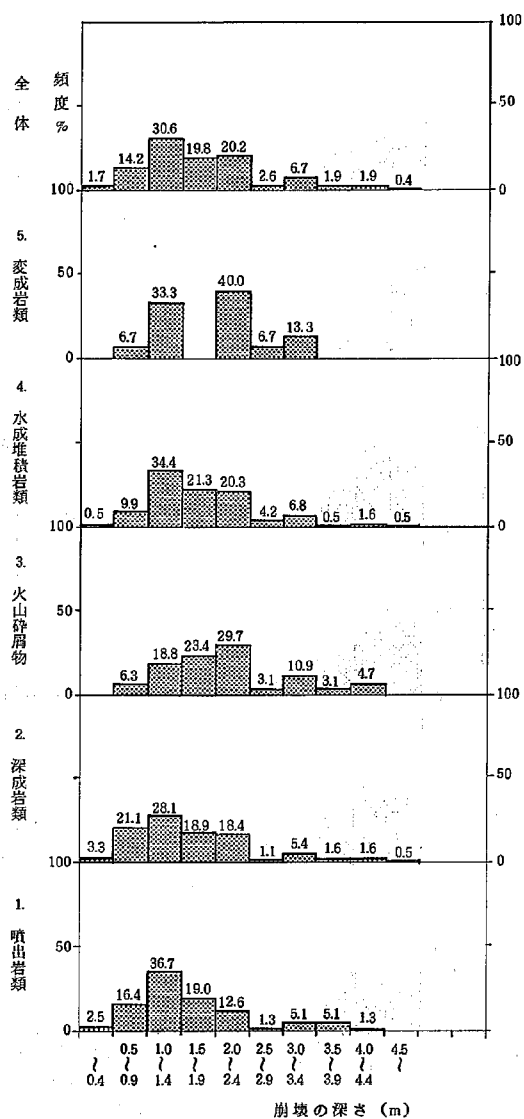


図-137 地質区分毎の崩壊の深さ頻度

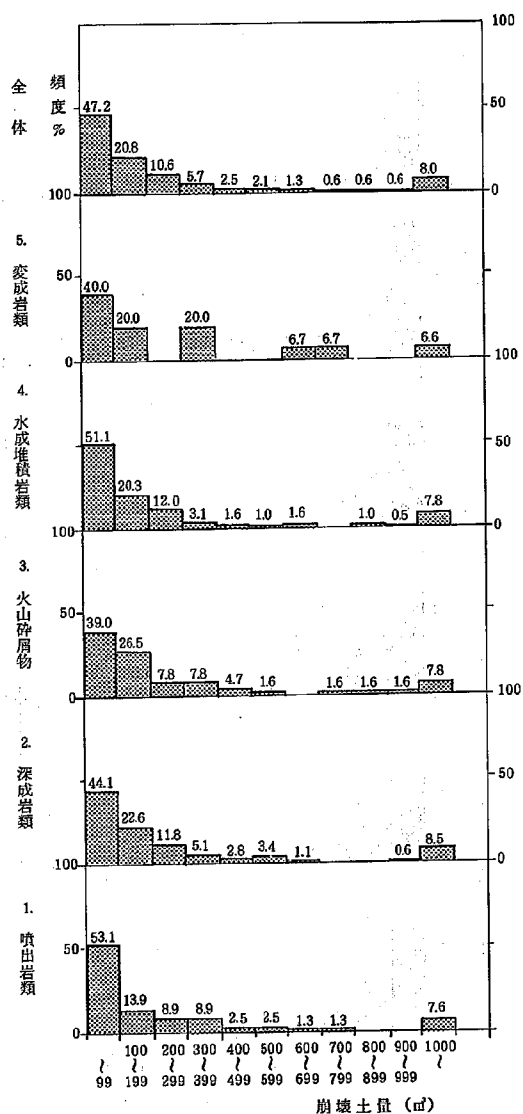


図-138 地質区分毎の崩壊土量頻度

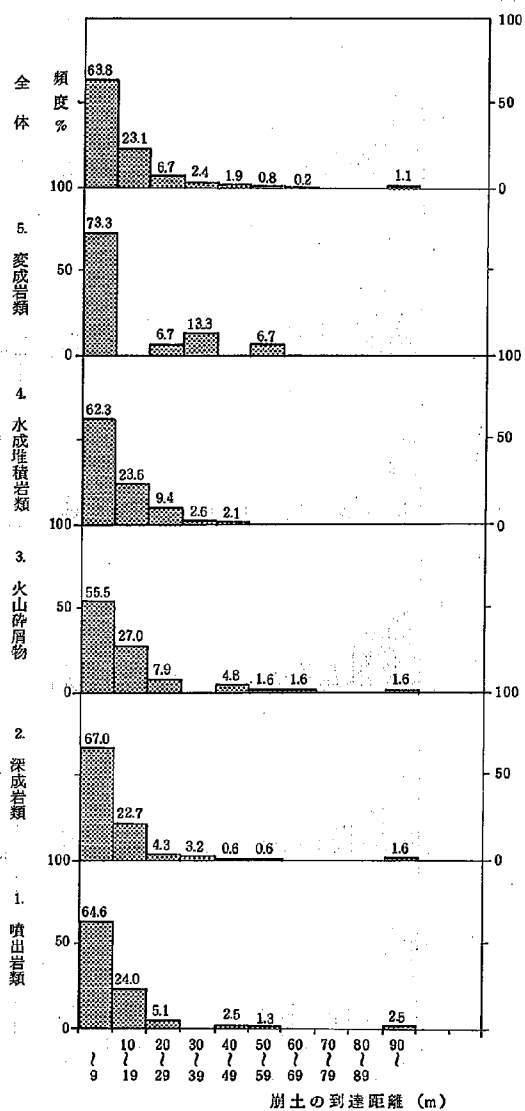


図-139 地質区分毎の崩土の到達距離頻度

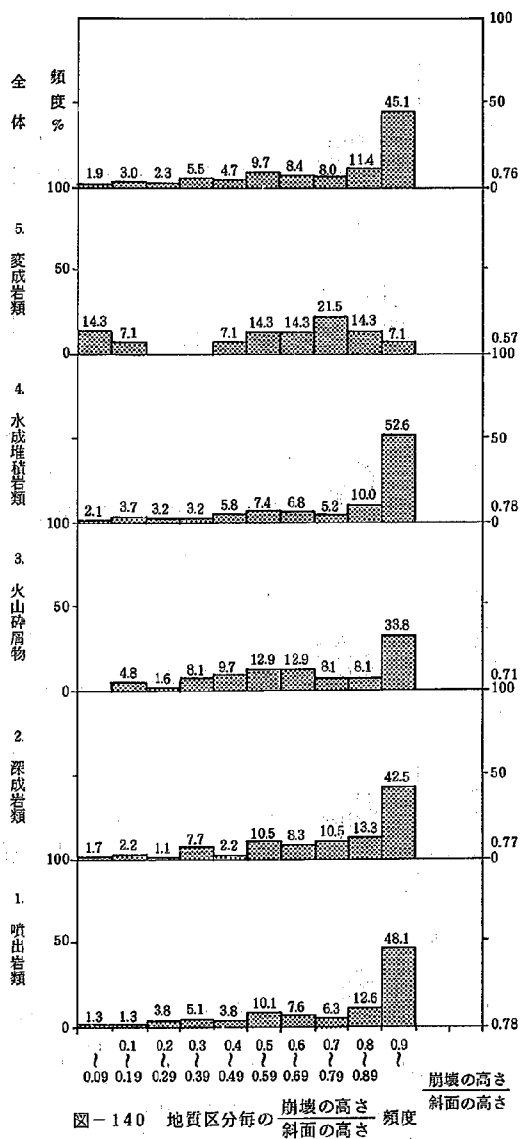


図-140 地質区分毎の 崩壊の高さ 頻度
斜面の高さ

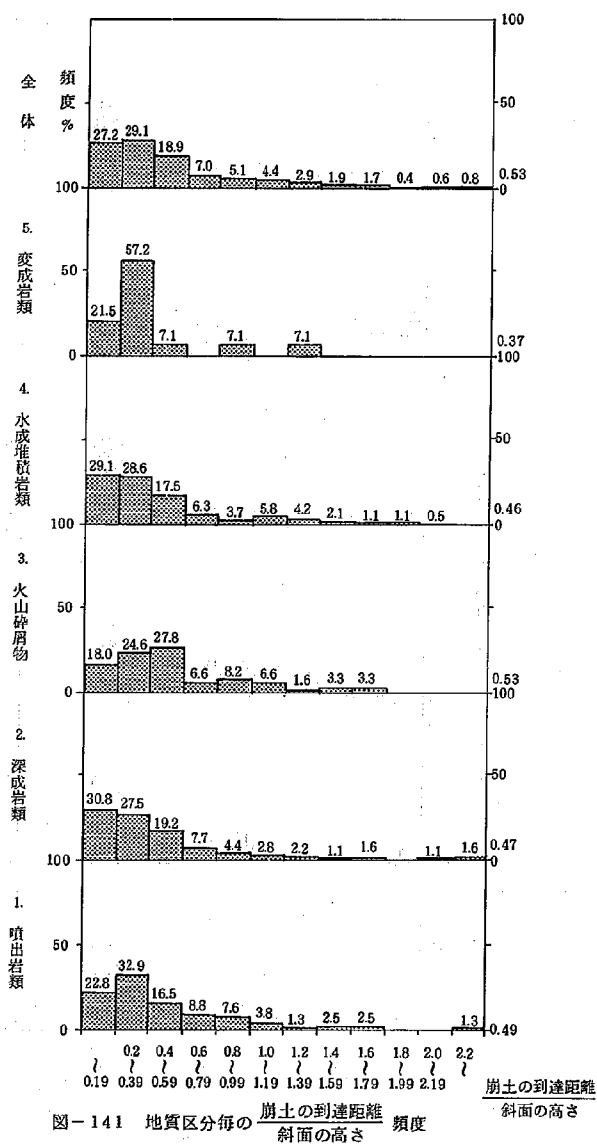


図-141 地質区分毎の 崩土の到達距離 頻度
斜面の高さ

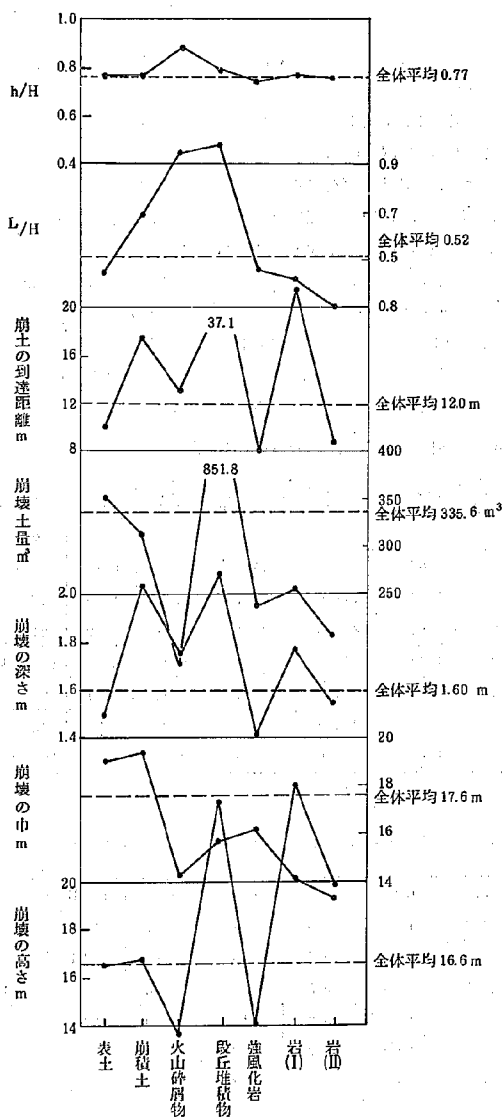


図-142 斜面構成土質と崩壊規模 (平均値)

であり、岩(I)では、10～20 m のものがかなり少なく、代って10 m 以下、20～30 m のものが多くなっている。表土、崩積土、強風化岩等は50 m 以上にもかなり分布する。(それぞれ、9.6 % 6.4 %, 6.2 %, その他は、0～3.7 %)

③ 崩壊の深さは、一般に1.0～2.5 m の範囲に多く分布し、中でも1.0～1.5 m のものが最も多い。岩(II)はこの1.0～1.5 m がきわめて多く、段丘堆積物は3.0～3.5 m のものが多い。火山碎屑物は0.5～1.0、1.0～1.5、1.5～2.0、2.0～2.5 m がほぼ同程度ある。岩(II)では1.0 m 以下がほとんどない。

④ 崩壊土量は、一般に100 m³ 以下のものがきわめて多く、土量が多くなるほど頻度は減っている。

崩積土は、100 m³ 以上がそれ程多くなく、火山碎屑物、岩(II)では、300 m³ までで約93 % を占め(他は大体66～81 %) 土量の大きいものが少ない。段丘堆積物は1000 m³ を越すような大崩壊が約24 % もある。崩積土についても15 % あり、規模の

大きな崩壊が多い。

- ⑥ 崩土の到達距離は、一般には10 m以下が最も多く、距離が大きくなるにつれ、頻度は減じている。段丘堆積物は10 m以下が約33%で他のもの(49~69%)に比べ少なく、距離の大きい方に多く分布する。90 m以上に達するものが、14.3% (他は0~4.2%)もあり、崩土はかなりの距離に達するものが多い。
- ⑦ 崩壊の高さ/斜面の高さは、ほとんどの区分で0.9以上のものが最も多い。しかし火山碎屑物および段丘堆積物、岩(I)においてその傾向が著しい。逆に岩(II)では、0.9以上が最も多いことには変りはないが、その割合は低く、0.9以下に散らばっている。
- ⑧ 崩土の到達距離/斜面の高さ、は一般には0.2~0.4のものが最も多く、次いで0.2以下、以下0.4~0.6、0.6~0.8……という順になる。表土の場合は0.2以下が最も多く、値の増加と共に頻度は減少していくが、崩積土の場合は0.4~0.6に最頻値があり、段丘堆積物は0.2以下がなく、1.4以上にかなり多く(38%)分布する。(他は大体0~10.2%) 岩(II)は全てが1.2以下で、岩(I)でも1.2を越すものは4.2%である。

表-96 全面構成土質と崩壊の規模(平均値)

	崩壊の高さ h m	崩壊の巾 W m	崩壊の深さ d m	崩壊土量 V m ³	崩土の到達 距離 L m	L/H	h/H	個 数
表 土	16.5	19.0	1.50	350.2	10.4	0.45	0.76	298~250
崩 積 土	16.8	19.4	2.04	313.0	17.5	0.69	0.77	59~62
火山碎屑物	13.6	14.3	1.75	178.6	13.1	0.95	0.88	27
段丘堆積物	23.3	15.7	2.08	851.8	37.1	0.98	0.79	21
強風化岩	14.0	16.2	1.41	236.8	8.0	0.46	0.74	141~148
岩 (I)	24.0	14.1	1.77	255.1	21.5	0.42	0.77	24
岩 (II)	19.5	13.3	1.54	209.9	8.7	0.30	0.76	28
全 体	16.6	17.6	1.60	335.6	12.0	0.52	0.77	587~600

表-97 斜面構成土質毎の崩壊規模(平均値) 前回調査(44~46)

記号	斜面構成土質	H m	W m	L m	θ 度	d m	V m ³	L/H	個 数
1	表 土	20.8	15.4	13.7	47.6	2.0	521	0.66	103
2	崩 積 土	17.5	20.8	10.3	38.9	2.1	414	0.77	27
3	火山碎屑物	15.0	15.7	16.1	50.8	2.5	1,216	0.92	12
4	段丘堆積物	17.2	22.0	13.1	46.9	2.2	1,669	0.79	7
5	強風化岩	21.4	16.5	13.1	44.7	1.9	733	0.72	23
6	岩 (I)	15.8	20.7	6.8	58.5	2.0	69	0.40	6
7	岩 (II)	20.2	29.3	18.9	42.5	2.3	978	1.19	12
	総 平 均	19.4	17.1	12.8	46.1	2.1	684	0.71	190

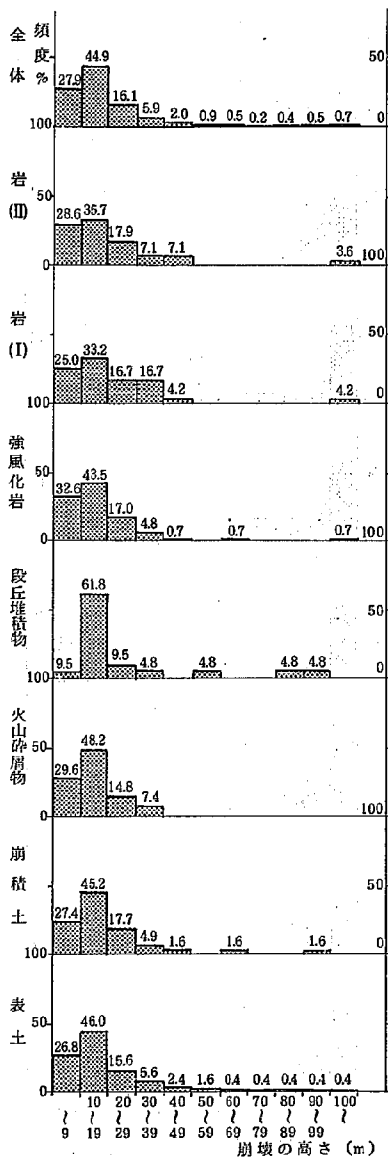


図-143 斜面構成土質別崩壊の高さ頻度

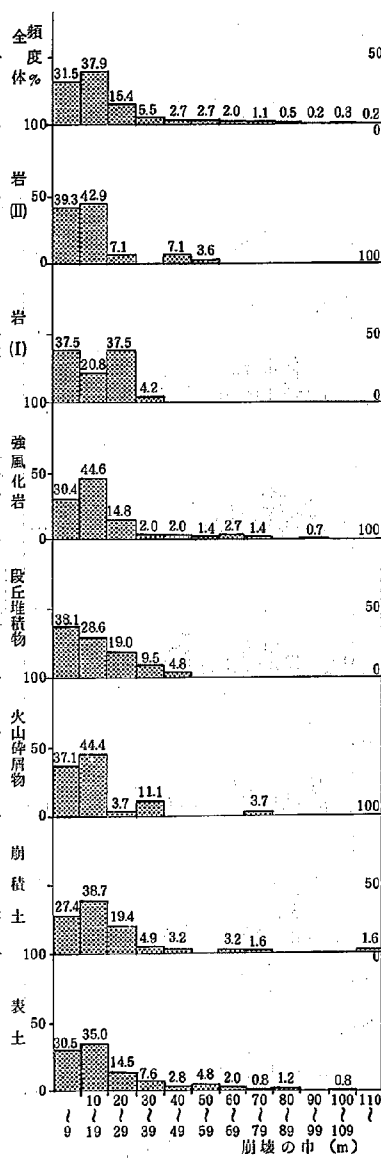


図-144 斜面構成土質別崩壊の巾頻度

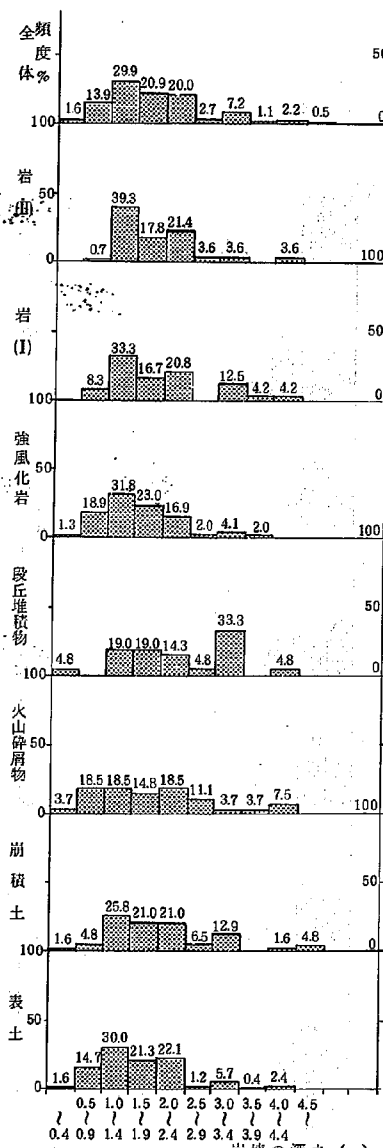


図-145 斜面構成土質別崩壊の深さ頻度

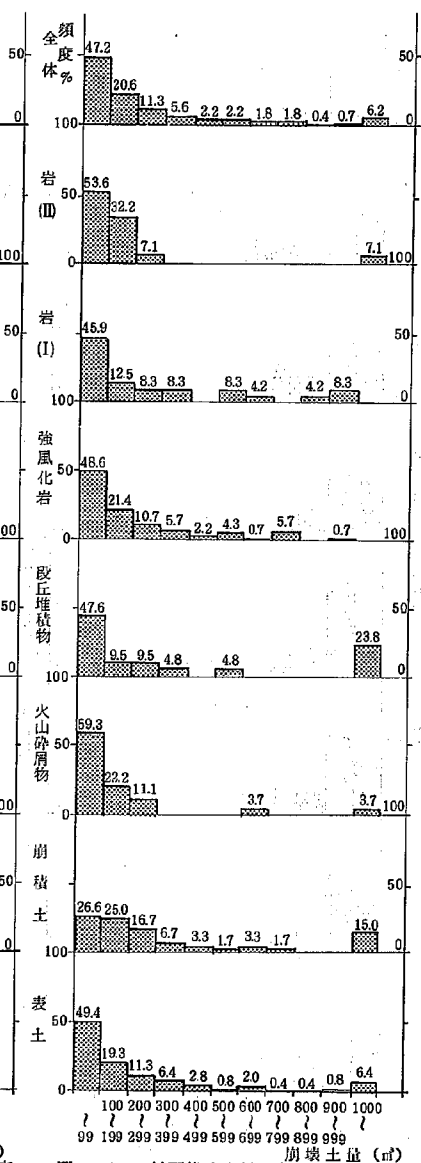


図-146 斜面構成土質別崩壊土量頻度

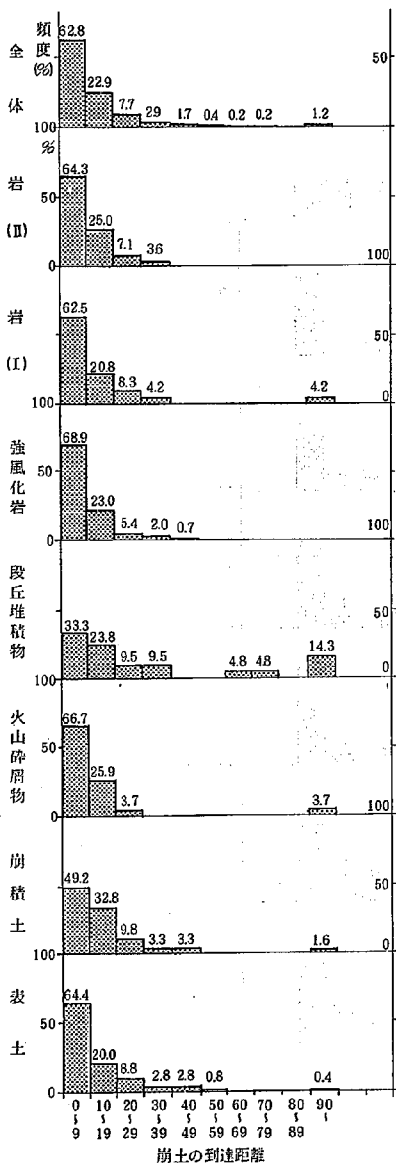


図-147 斜面構成土質別崩土の到達距離頻度

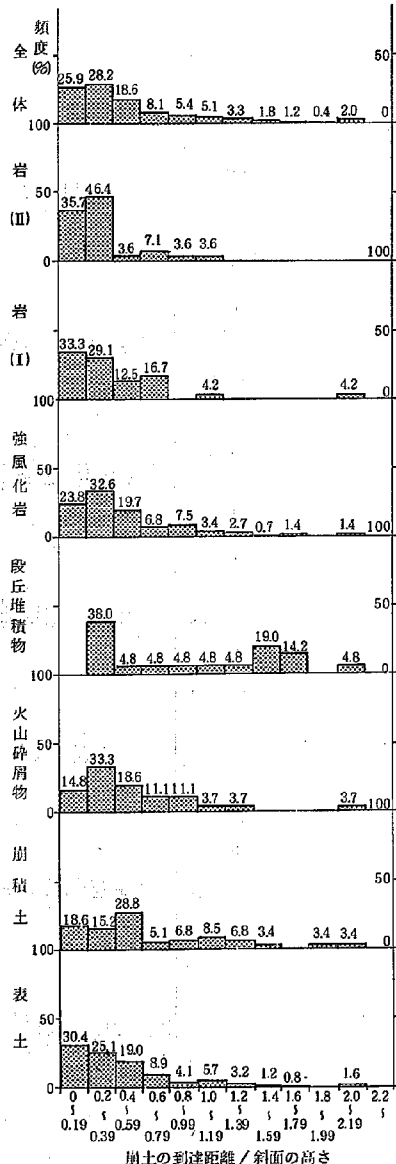


図-148 斜面構成土質別崩土の到達距離/斜面の高さ

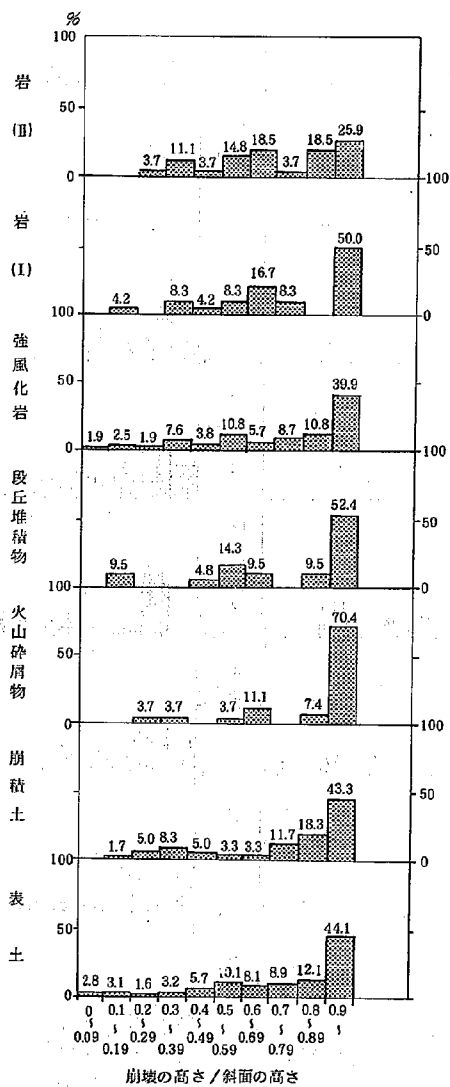


図-149 斜面構成土質別 $\frac{\text{崩壊の高さ}}{\text{斜面の高さ}}$

4) 崩落、滑落別の崩壊規模

表-98 図-150は、崩壊の型を崩落と滑落に分けた場合の崩壊規模の平均値を示したものである。その特徴は以下の通りである。

- ① 崩壊の高さは、崩落の方が大である。
- ② 崩壊の巾は滑落の方が大である。
- ③ 崩壊の深さは、崩落の方が大である。
- ④ 崩壊土量は崩落の方が大である。
- ⑤ 崩土の到達距離は崩落の方が大である。
- ⑥ しかし、崩土の到達距離 / 斜面の高さ、は滑落の方が大である。
- ⑦ 崩壊の高さ / 斜面の高さは滑落の方が大である。

表-99に前回調査の結果をあげておく。

次に崩落、滑落別に頻度分布を比較したものを図-151～157に示す。それらの特徴は以下の通りである。

- ① 崩壊の高さは、滑落の場合20 m以下が約75%であるのに対し、崩落の場合は約64%であり、崩落の方が高さの高い崩壊が多い。
- ② 崩壊の巾は、滑落の場合20 m以下が67.4%に対し崩落の場合は83%であり、滑落の方が巾の

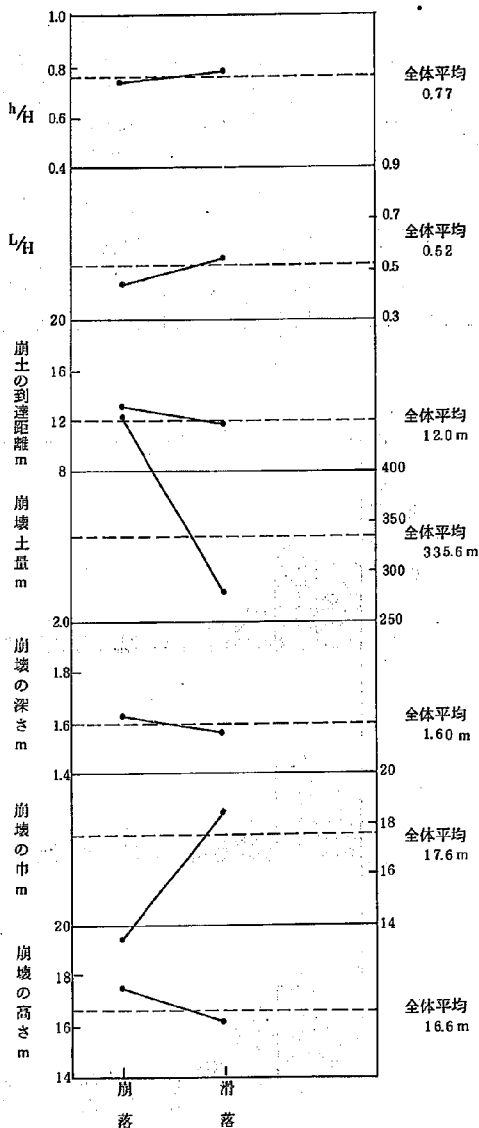


図-150 崩落・滑落と崩壊規模 (平均値)

表-98 崩落・滑落と崩壊の規模(平均値)

	崩壊の高さ h_m	崩壊の巾 W_m	崩壊の深さ d_m	崩壊土量 V_m	崩土の到達 距離 L_m	L/H	h/H	個 数
崩 落	17.5	13.5	1.63	457.3	13.1	0.44	0.74	108~109
滑 落	16.2	18.4	1.57	281.3	11.8	0.53	0.78	441~450
全 体	16.6	17.6	1.60	335.6	12.0	0.52	0.77	587~600

表-99 崩壊様式毎の崩壊規模平均値 前回調査(44~46年)

崩壊様式	H_m	W_m	L_m	θ 度	d_m	V_m	L/H	個 数
崩 落	15.7	13.6	12.6	49.8	1.7	787	0.68	24
滑 落	20.4	17.5	13.6	45.2	2.1	670	0.74	166
総平均	19.4	17.1	12.8	46.1	2.1	684	0.71	190

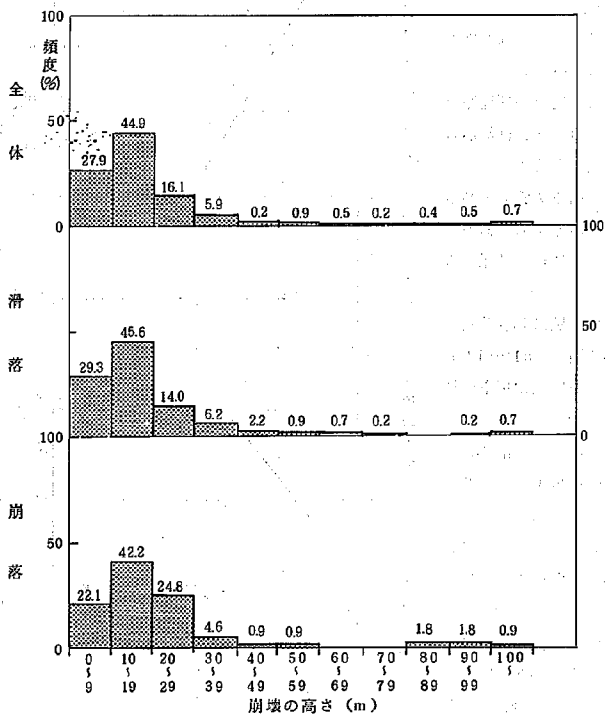


図-151 崩壊型と崩壊の高さ

広い崩壊が多い。

- ③ 崩壊の深さはほとんど差はないが、わずかに、2.5 mより深い崩壊が、崩落の方に多い。
(崩落：20.2%，滑落：12.1%)
- ④ 崩壊土量もほとんど差がないが、わずかに200 m³以下の崩壊が崩落の方に多い。
(崩落：73.1%，滑落：66.4%)
- ⑤ 崩土の到達距離は、滑落の方が小さいもののがわずかに多い。20 m以下では崩落が81.7%に対し、滑落は86.7%である。
- ⑥ 崩土の到達距離/斜面の高さは崩落の場合は、0.2～0.4が最も多くなっているが、滑落の場合は0.2～0.4，0.2以下が同率で最も多い。また0.4～0.6は滑落に多く、崩落に少ない。

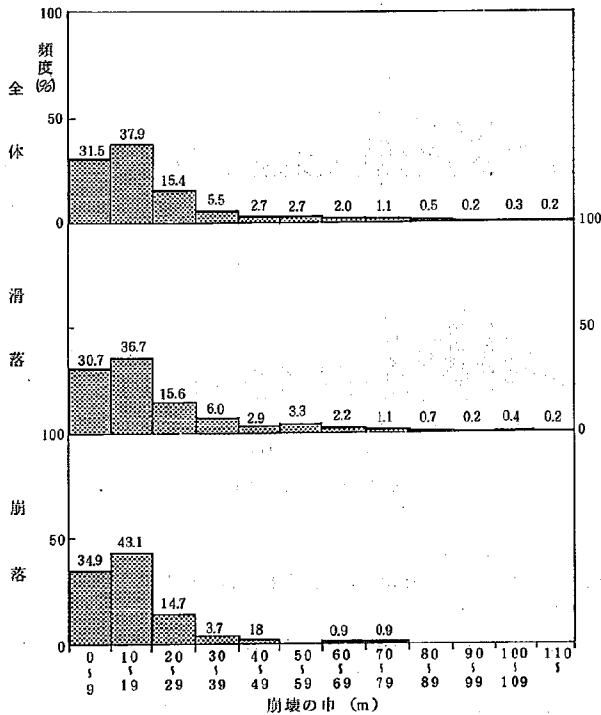


図-152 崩壊型と崩壊の中

- ⑦ 崩壊の高さ / 斜面の高さは、滑落の方が若干0.9以上のものが多いが、そのちがいは大したことない。

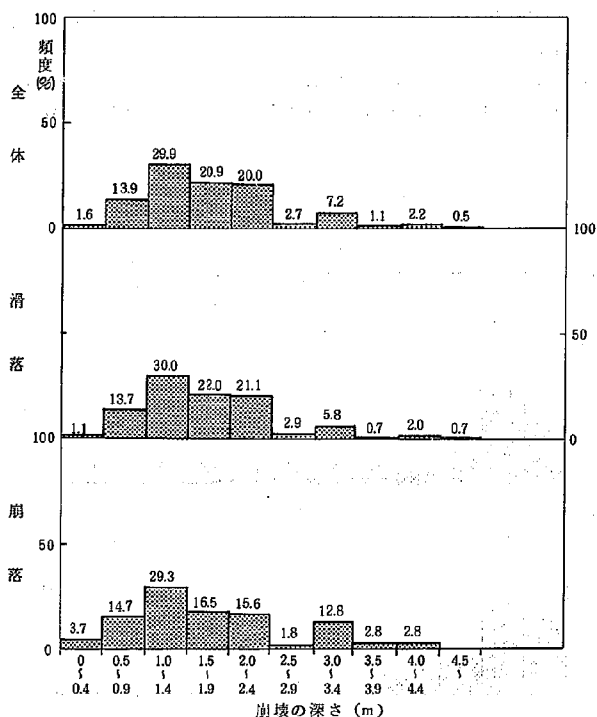


図-153 崩壊型と崩壊の深さ

5) 斜面の横断形状別の崩壊規模

表-100, 図-158 は斜面横断形状別の崩壊規模を平均値と比較したものである。その特徴は以下の通りである。

- ① 崩壊の高さは、大きな谷できわめて高く、小さな尾根および直線型で低い。横断形状の変化が大きなものほど高いようである。
- ② 崩壊の中は、大きな谷および直線型の斜面で大きく、小さな谷および尾根斜面では小さい。
- ③ 崩壊の深さは、大きな尾根および大きな谷で深く、横断形状の変化が少ないと浅くなる。

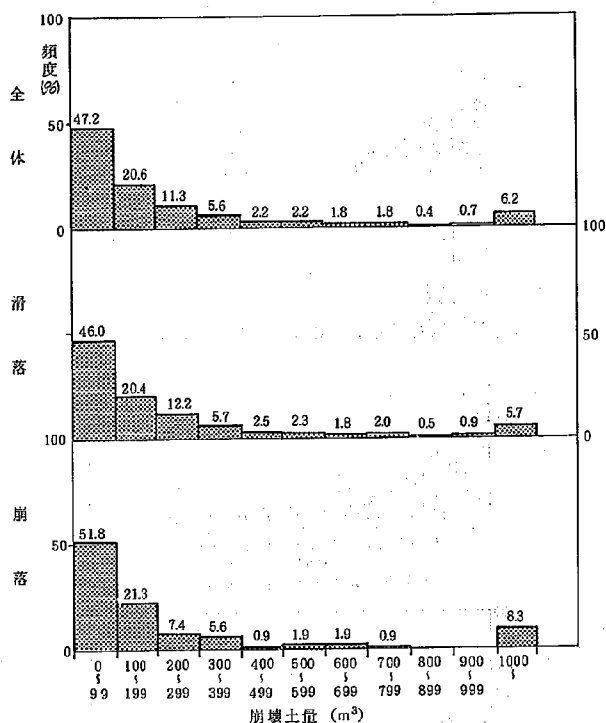


図-154 崩壊型と崩壊土量

- ④ 崩壊土量は、尾根部の崩壊で少なく、谷部での崩壊では多い。尾根、谷ともに形状の変化が大きいものは土量は多い。
- ⑤ 崩土の到達距離は、尾根部斜面より谷部斜面で大きく、横断形状の変化の大きいもの程、遠くに達する。
- ⑥ 崩壊の位置（崩壊の高さ / 斜面の高さ）は尾根型斜面よりも直線型斜面、それよりも谷型斜面の方が上方に位置する。
- ⑦ 崩土の到達距離 / 斜面の高さは、尾根型斜面より谷型斜面の方が大である。谷型斜面でも横断形状の変化が小さいものほど大になる。

次に斜面横断形態に崩壊の規模を頻度分布で比較したものを図-159～165に示す。それらの特徴は以下の通り。

- ① 崩壊の高さは一般に10～20 mのものが最も多い。

次いで10 m以下となるが、20 m以下のものの割合では尾根型斜面が、65.4 %，

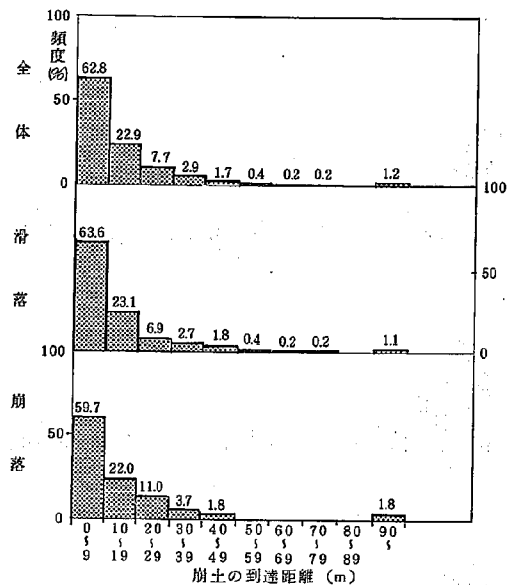


図-155 崩壊型と崩土の到達距離

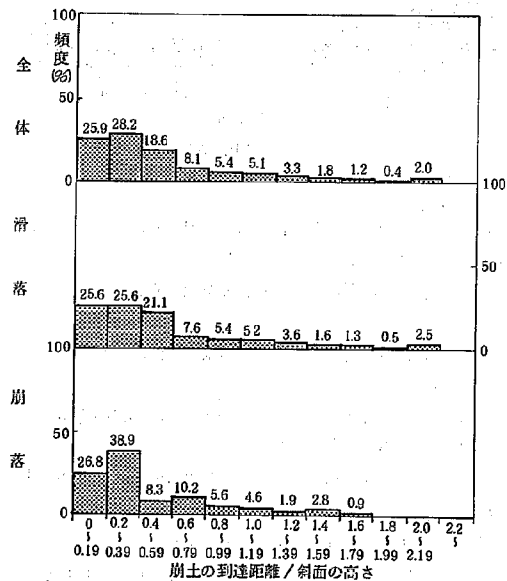


図-156 崩壊型と崩土の到達距離 / 斜面の高さ

76.2% (大きな尾根、小さな尾根) に対し、谷部斜面では、55%、63.3% (大きな谷、小さな谷) となり、谷部斜面の方が崩壊の高さの高いものが多い。

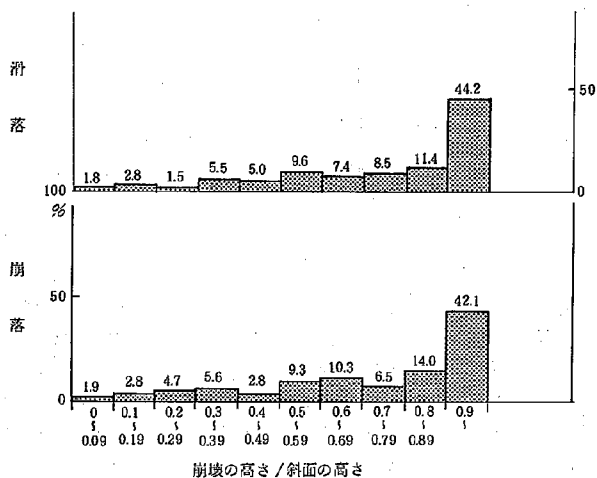


図-157 崩壊型と $\frac{\text{崩壊の高さ}}{\text{斜面の高さ}}$

表-100 斜面横断形状別の崩壊規模 (平均値)

	崩壊の高さ h m	崩壊の巾 W_m	崩壊の深さ d m	崩壊土量 V_{n1}	崩土の到達 距離 L m	h/H	L/H
大きな尾根	18.9	15.6	1.91	349.4	14.1	0.70	0.51
小さな尾根	15.1	16.3	1.69	154.8	9.8	0.70	0.44
大きな谷	27.7	18.5	1.90	462.5	16.3	0.83	0.53
小さな谷	17.5	15.3	1.56	421.3	15.6	0.76	0.57
直線型	15.6	18.4	1.54	284.5	11.8	0.78	0.54
全 体	16.6	17.6	1.60	335.6	12.0	0.77	0.52

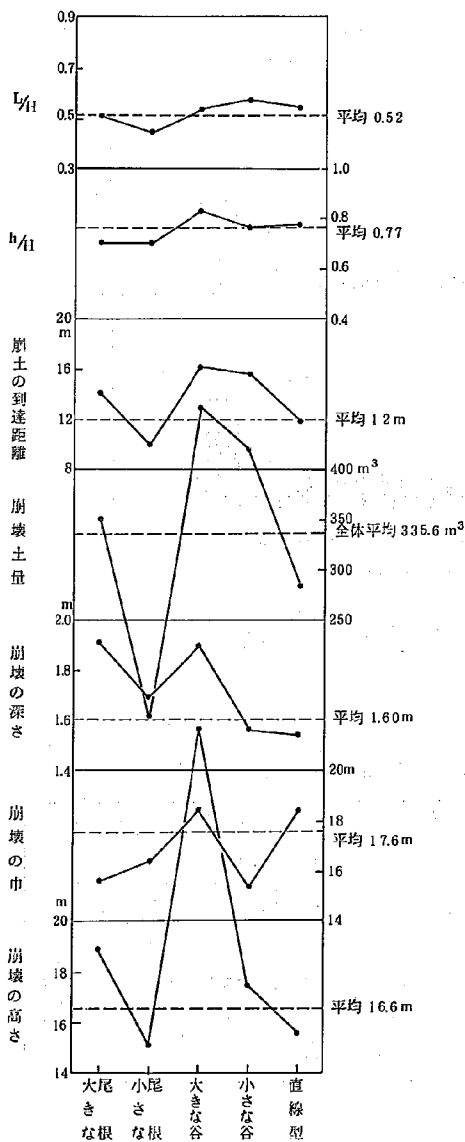


図-158 斜面横断形状別崩壊規模 (平均値)

- ② 崩壊の巾は一般に10~20 mのものが最も多く、次いで10 m以下となっているが、尾根部の中では小さな尾根、谷部の中では小さな谷の場合に10 m以下のものが相対的に多くなっている。
直線型斜面も同傾向で、横断形状の変化の小さいもの程、崩壊巾の小さいものが多くなっている。
- ③ 崩壊の深さは、全体では、1.0~1.4 mのものが最も多くなっているが尾根部、谷部ともそれぞれ形状の変化が激しい大きな尾根、大きな谷は、2.0~2.5 mのものが最も多く、ここまでは崩壊の深さの増大とともに頻度は増加傾向である。
小さな尾根部、小さな谷部、直線型斜面のように横断形状の変化の少ない斜面では、1.0~1.5 m、1.5~2.0 m、0.5~1.0 mの順で、崩壊の深さの小さいものの分布が大きい。
- ④ 崩壊土量は、一般には土量の大きいもののほど頻度は少なくなっており、横断形状毎の差は少ない。
- ⑤ 崩土の到達距離は、全体では距離の大きいもののほど頻度は小さくなっている。大きな谷部では20 m以下のものが66.6%であるが、大きな尾根部で77%、小さな尾根88.1%、小さな谷で83.5%直線型斜面で87.1%となり、大きな谷斜面では崩土がかなりの距離に達するものが多い。
- ⑥ 崩壊の高さ/斜面の高さは、ほとんどが0.9以上が最も多い。
直線型斜面ではこれが顕著で、頂

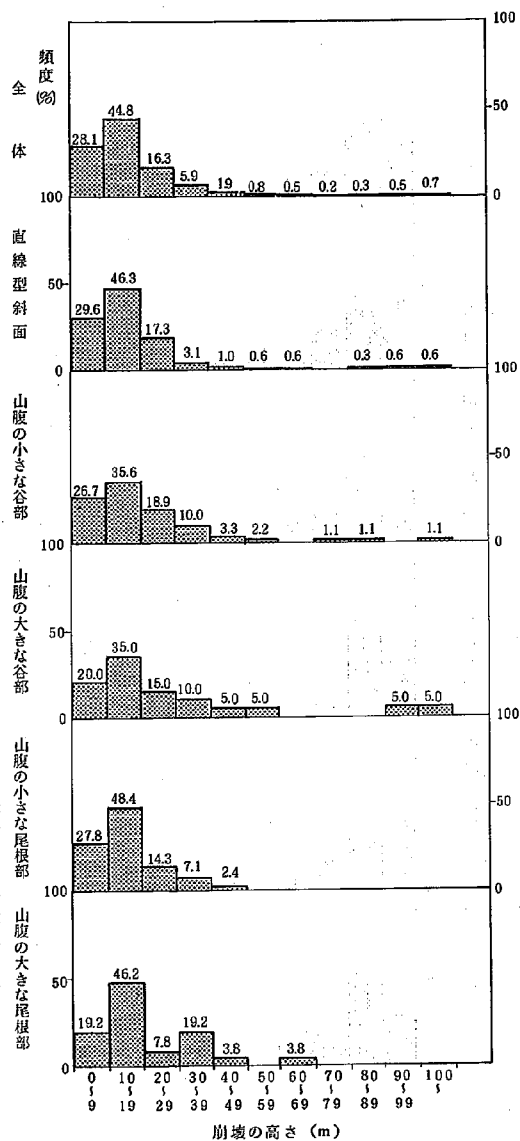


図-159 斜面横断形と崩壊の高さ

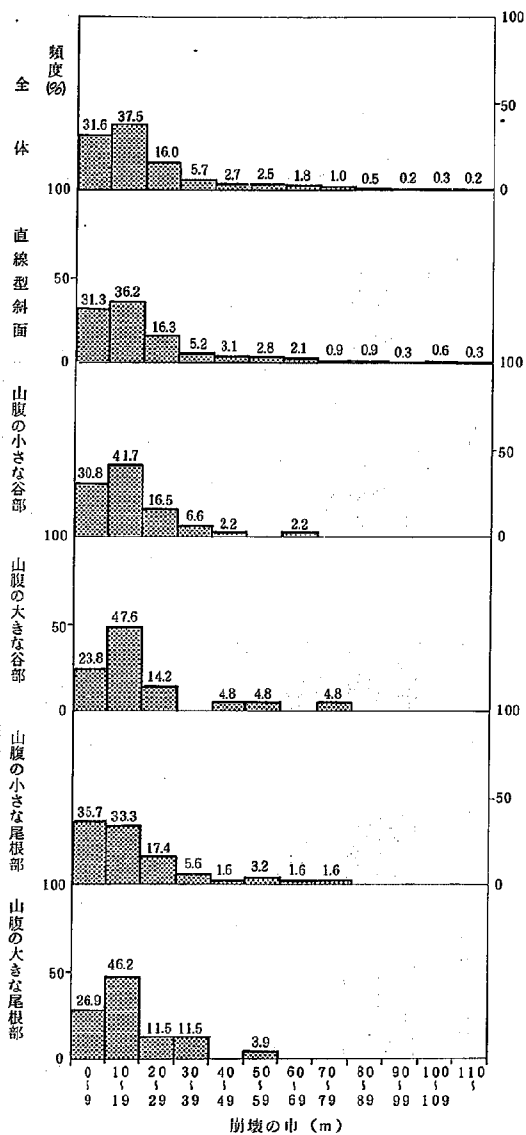


図-160 斜面横断形と崩壊の巾

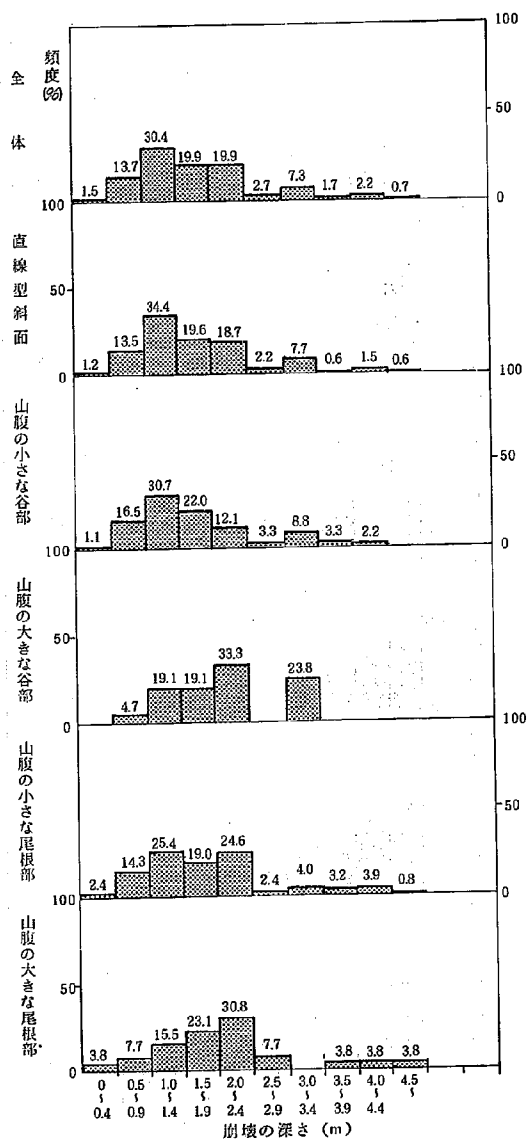


図-161 斜面横断形と崩壊の深さ

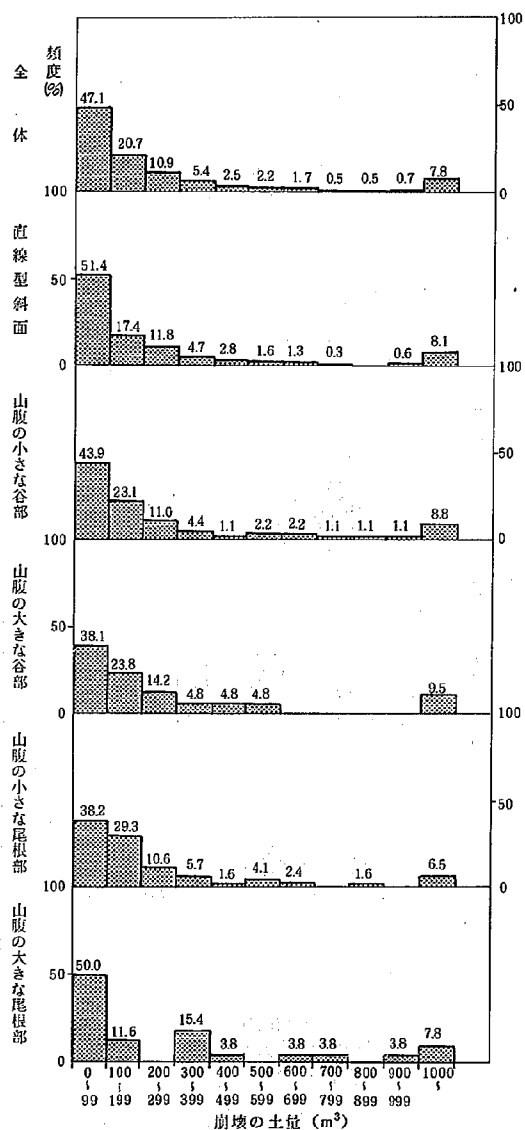


図-162 斜面横断形と崩壊土量

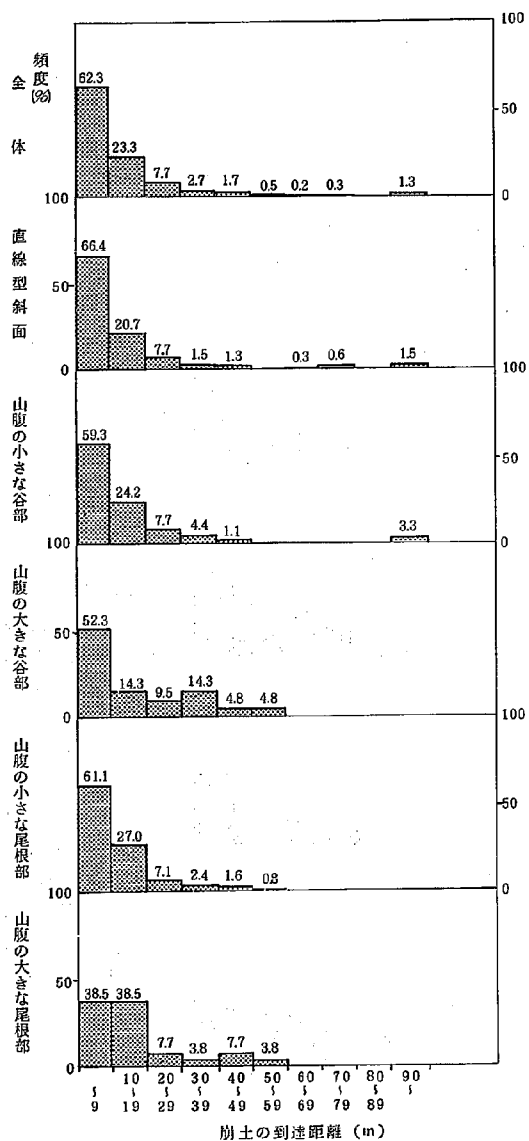


図-163 斜面横断形と崩土の到達距離

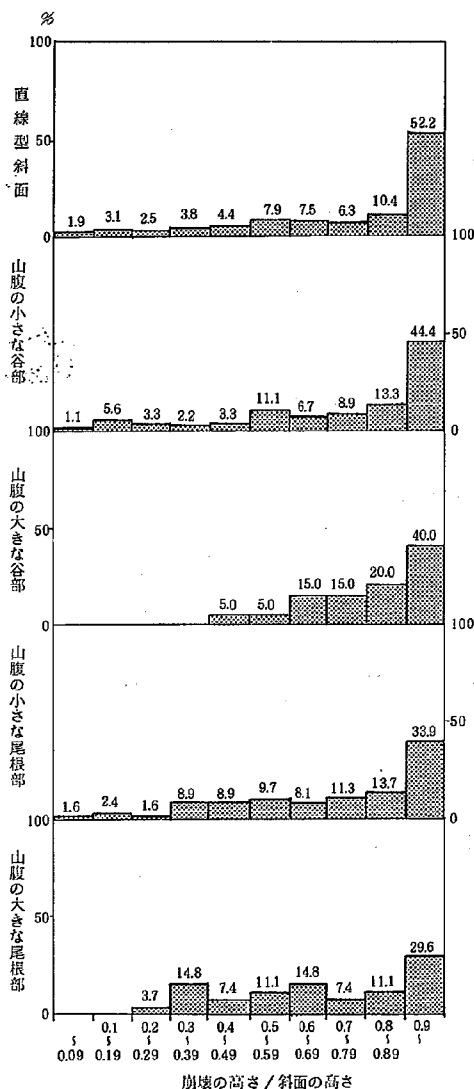


図-164 斜面横断形と崩壊の高さ / 斜面の高さ

部付近からの崩壊が多い。これに対して大きな尾根斜面では、これの割合が比較的少なく 0.9 ~ 0.3 の間に多い。大きな谷斜面では、0.4 以下の斜面下部での崩壊はない。

- ⑦ 崩土の到達距離 / 斜面の高さ は いずれの区分でも 0.6 以下がほとんどであり、ほぼ 67% ~ 79% を占める。谷部斜面より尾根部斜面の方が 0.4 以下の割合は多く、したがって崩土はあまり遠くには達しないものが多い。特に小さな谷では 0.4 以上のものが 33% あり、かつ 1.8 以上のものが 6.7% となり、他の区分に比べ、崩土が遠くまで及ぶものが多い。

5) 斜面縦断形状別の崩壊規模

表-101、図-166 は斜面縦断形状別に崩壊規模を平均値で示したものである。その特徴は以下の通りである。

- ① 崩壊の高さは上昇斜面はかなり低いものが多い、下降斜面および複合斜面はかなり高いものが多い。
- ② 崩壊の巾は下降斜面および複合斜面で大きく、上昇斜面、直線斜面で小さい。
- ③ 崩壊の深さは、上昇斜面で浅く、下降斜面、複合斜面で深い。
- ④ 崩壊土量は、複合斜面できわめて多く、直線斜面ではかなり少ない。
- ⑤ 崩土の到達距離は上昇斜面ではあまり遠くへ達せず、その他は相対的に遠くに達するものが多い。

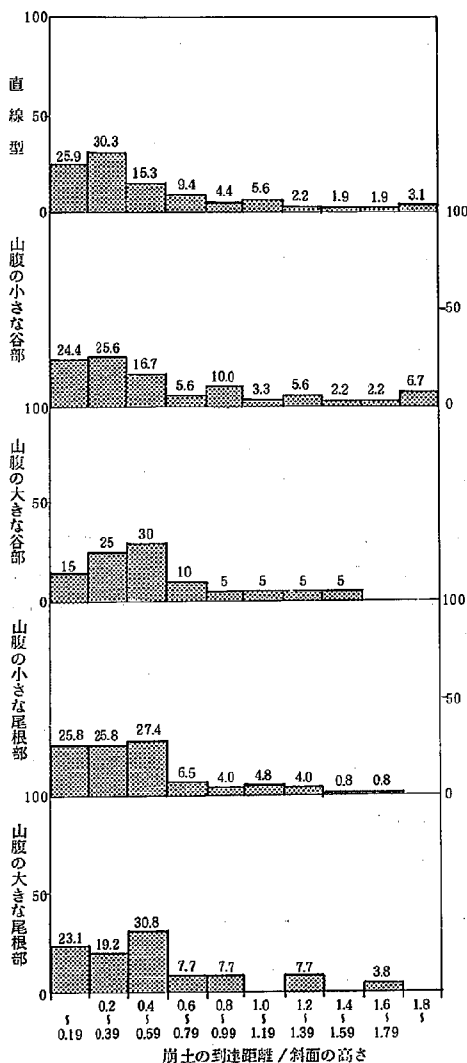


図-165 斜面横断形と
崩土の到達距離 / 斜面の高さ

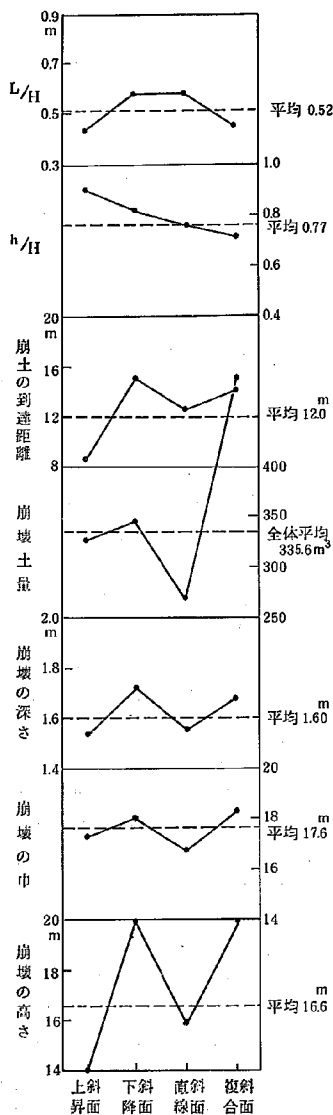


図-166 斜面縦断形状別崩壊規模
(平均値)

表-101 斜面縦断形状別の崩壊規模（平均値）

	崩壊の高さ h m	崩壊の中 W m	崩壊の深さ d m	崩壊土量 V m ³	崩土の到達 距離 L m	h / H	L / H
上昇斜面	13.7	17.3	1.54	329.8	8.7	0.90	0.44
下降斜面	20.0	18.0	1.72	345.1	15.2	0.82	0.58
直線斜面	15.9	16.8	1.56	296.5	12.6	0.76	0.59
複合斜面	19.9	18.3	1.68	489.9	14.1	0.72	0.46
全 体	16.6	17.6	1.60	335.6	12.0	0.77	0.52

- ⑥ 崩壊の位置（崩壊の高さ / 斜面の高さ）は上昇斜面，下降斜面，直線斜面，複合斜面という順で小さくなる。上昇斜面では斜面の高い位置で崩壊が起り，複合斜面では低い位置で起る。
- ⑦ 崩土の到達距離 / 斜面の高さ は上昇斜面，複合斜面で小さく，下降斜面，直線型斜面では斜面の高さに対してかなり遠くまで達するものが多い。

次に，斜面縦断形状別の崩壊規模を頻度分布で示したものが図167～173である。その特徴は以下の通りである。

- ① 崩壊の高さは一般に10～20mのものが最も多く，次いで10m以下であるが上昇型，下降型ともに10m以下，10～20mはほぼ同率で，直線型および複合型は10～20mに集中する。
- ② 崩壊の中は10～20mに最も多く，次いで10m以下であり，縦断形状別の差はあまりない。
- ③ 崩壊の深さは，1.0～1.5mが最も多く，24.5～33.3%を占め，1.0～1.5m，1.5～2.0m，2.0～2.5mを合わせると60.6～76.9%であり，上昇型および複合型（逆S）の場合に1m以下のものが多い（23.3%，18.2%その他は8.2%～12.4%）
- ④ 崩壊土量は，100 m³以下のものが最も多く，37%～53.6%であり，土量の大きいものほど頻度は小さくなる。
- ⑤ 崩土の到達距離は10m以下が最も多いが，上昇斜面，直線斜面に特にその傾向が著しい。下降斜面，複合型の逆S斜面等のように地表水，浸透水等の集まりやすい斜面では，崩土が10m以上に達するものが比較的多い。
- ⑥ 崩壊の高さ / 斜面の高さは，ほとんどの区分で0.9以上が最も多い。特に下降型，直線型でこれが顕著である。上昇型，複合型（S型）は，0.9以下0.3以上の斜面中部での崩壊に比較的集中している。複合型（逆S型）は斜面下部の崩壊も比較的多い。
- ⑦ 崩土の到達距離 / 斜面の高さは0.4以下に集中していて大体68%～84%を占める。各区分毎に傾向は多少異なる。上昇型の場合は0.2以下が最も多く，順次値の大きいものほど割合は減っており，崩土の到達範囲が比較的狭いことが分る。これに対して下降型，直線型は0.4以下はほぼ同率であり，68～70%で残りは0.4以上となり，上昇型に比べ，崩土は比較的遠くまで達するのがわかる。複合型のS型は上昇型同様0.4以上が極めて少なくなり16%程度となる。複合型（逆S型）は0.4以上は，24%で直線型，下降型にほぼ類似している。

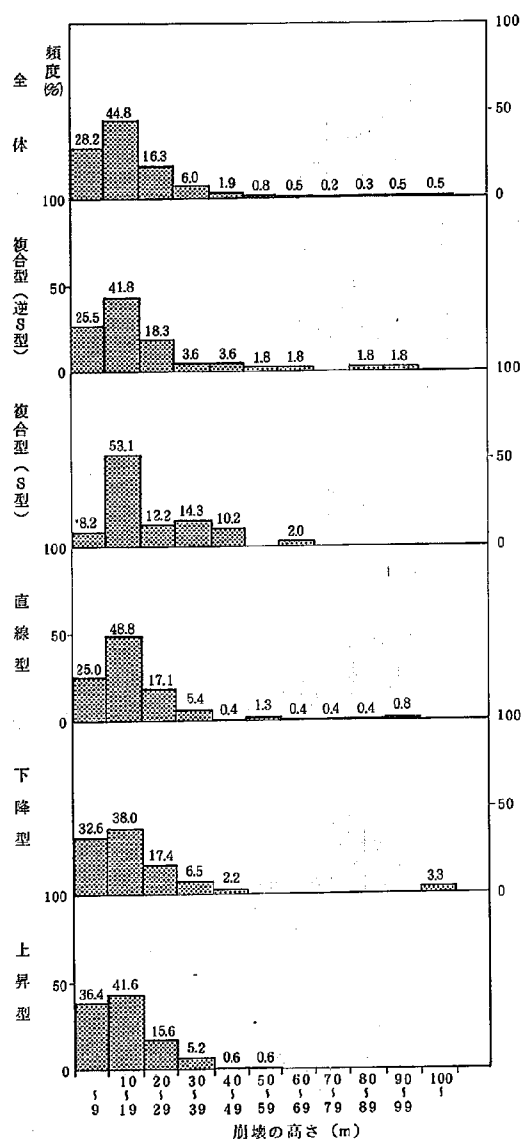


図-167 斜面縦断形と崩壊の高さ

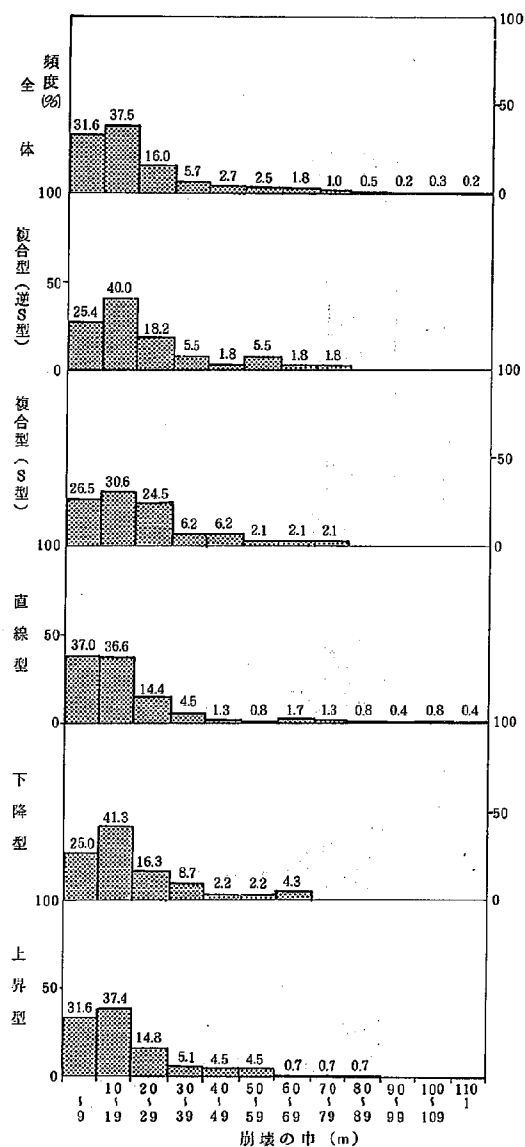


図-168 斜面縦断形と崩壊の巾

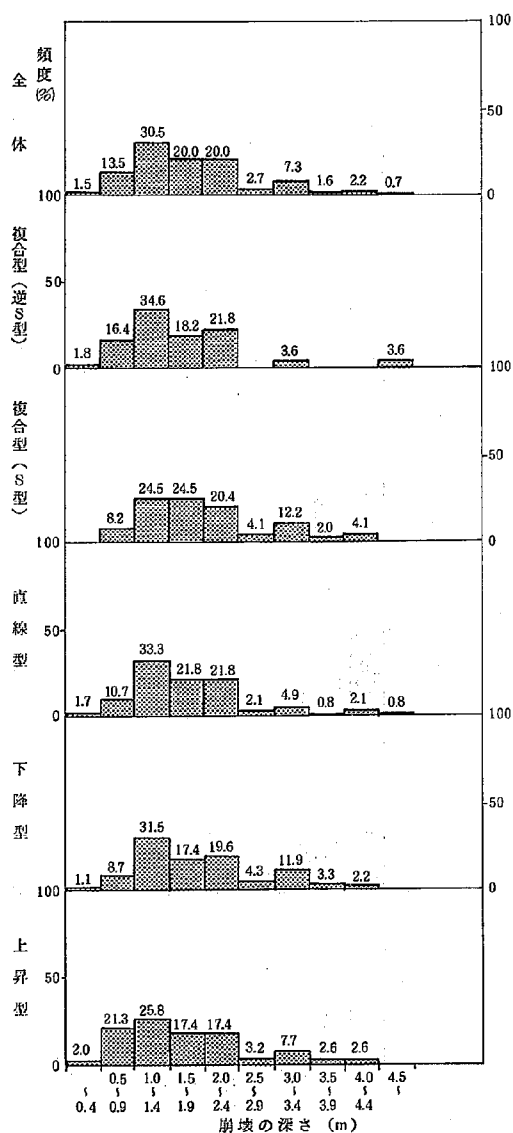


図-169 斜面縦断面形と崩壊の深さ

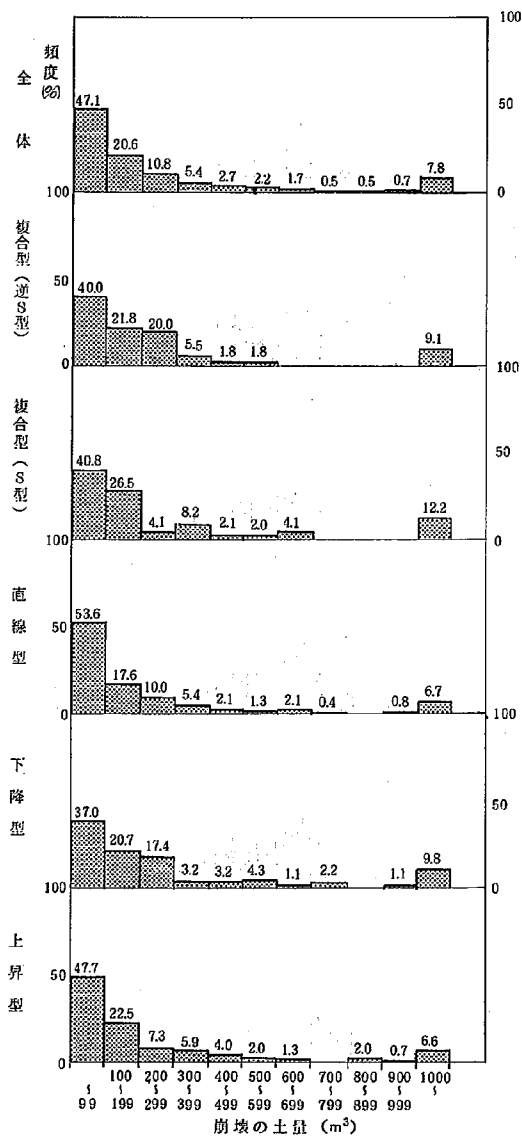


図-170 斜面縦断形と崩壊土量

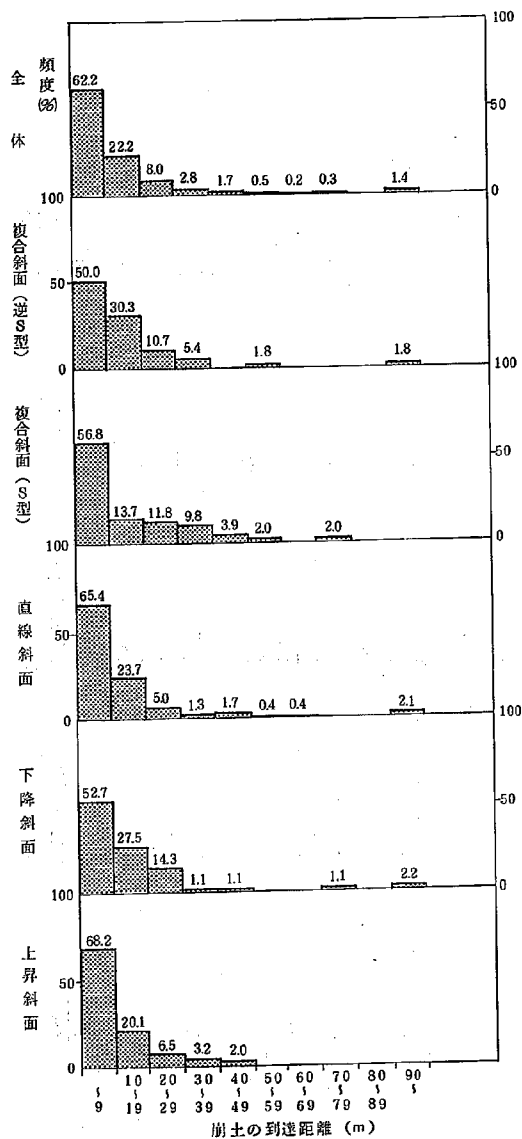


図-171 斜面縦断形と崩土の到達距離

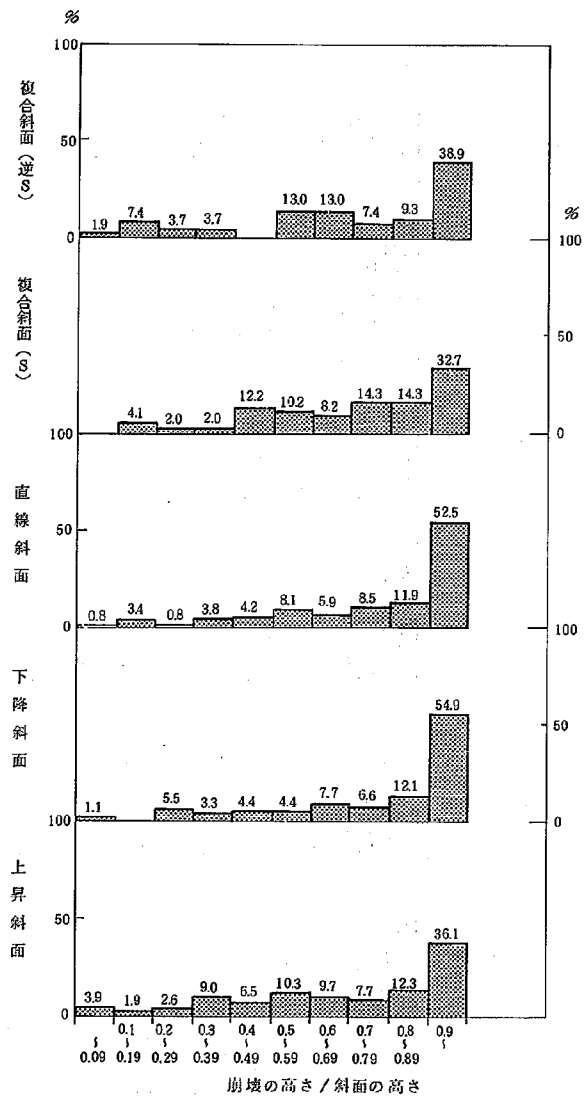


図-172 斜面縦断形と崩壊の高さ/斜面の高さ

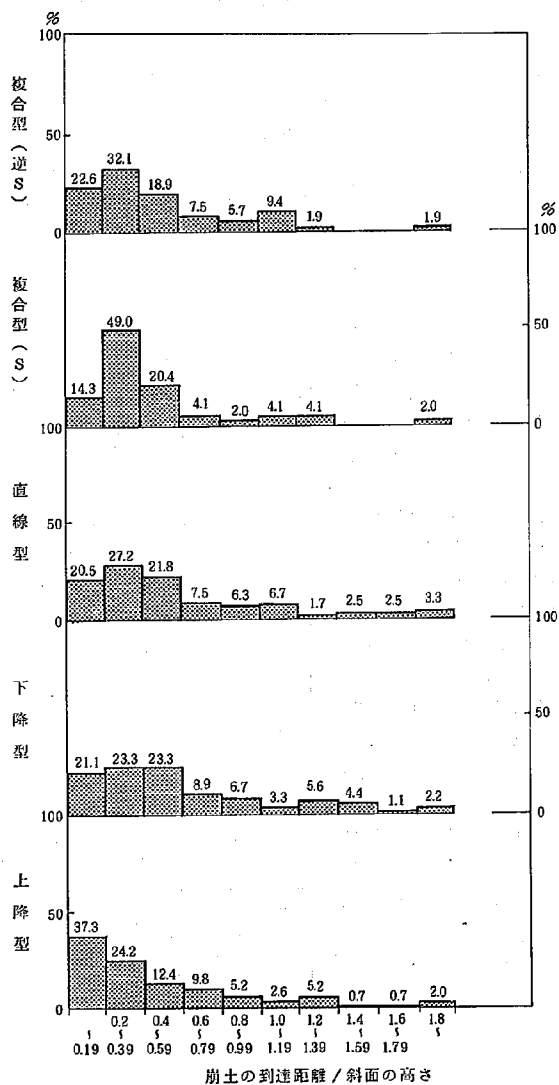


図-173 斜面縦断形と崩土の到達距離 / 斜面の高さ

§ 17 がけ崩れ周辺での再崩壊

一般に過去に崩壊が起っている周辺の斜面では、将来崩壊の危険性があると考えられている。しかし崩壊跡地での再崩壊は、かなりの年数をおかないと起りにくいという事例と考え方がある。(これを小出氏は^{*29}「免疫性」と呼んでいる)しかし、崩壊跡地の拡大と、それに隣接した地域での崩壊はむしろ過去の崩壊による斜面条件の変化等により、新しく崩壊(拡大も含めて)が起る可能性が高いとも言える。小林氏は^{*22}このような型の崩壊の再発を崩壊の「反復性」^{*30}と呼び、次式のように数量的表現を行ない、

$$\text{反復度 } R = \frac{W}{(A+B) \div 2}$$

A, B: 年次別崩壊箇所数

W: 崩壊地の反復発生箇所数

呉・六甲の例から表-102のような結果を得ている。表-102の反復度は当然地域的な変化と比較を行なったそれぞれの時点の気象条件、経過年数等により変化するであろうが、この例だけを見ても20%前後の反復度があることは注目に値する。

表-102 崩壊箇所集計表

地域名	面積 km ²	崩壊箇所数		重複箇所	重複度 %
		S 36年(六甲) S 42年(呉)	S 42年		
呉	74	712	1,971	83	6.2
六甲西部	39	881	887	174	19.7
六甲中部	74	1,544	1,731	405	26.5
六甲東部	65	1,088	971	242	23.5
		A	B	W	R

$$R = \frac{W}{(A+B) / 2}$$

また安仁屋氏^{*23}も六甲住吉川での昭和36年と42年の両災害を比較して、やはり小林氏と同じように20~30%の反復率があったとしている(表-103)。以上両氏の研究はいずれも花崗岩地域で行なわれた調査であり、花崗岩以外の地質の所で同様の傾向が見られるかどうかは不明であるが、崩壊危険地予測上過去の崩壊周辺の斜面を、将来の崩壊可能性が高い地域として扱う根拠ともなる。

表-103 住吉川流域における昭和36年、42年の再崩壊率(%)
(安仁屋政武 1968より)

年	全 体	西山谷	大月地獄谷	五助谷	水晶谷	その他 [*]
36	20.4	21.8	25.8	28.1	26.1	6.9
42	31.4	45.3	36.7	32.5	37.5	22.6

昭和47年に実施した総点検の結果の1例として神奈川県についてみると2019斜面の内50.4%が付近に過去の崩壊のある斜面である。一方47~49年の災害箇所80の内付近に過去の崩壊

* 4つの主要文谷流域に属さない区域を「その他」としてある。

* 29 小出 博: 山崩れ, 古今書院 1955

* 30 反復性という言葉が初めて使われたのは中村慶三郎: 地送りおよび山崩, 岩波書店 1949

があった所での崩壊は、わずか 21 % 余りであり（全国では 601 件の内 44.4 %）（図 - 174） 必ずしも崩壊地周辺が崩壊を再発しやすいという結果とはなっていない。前述と多少データの性質が異なるが、反復度を求めてみると約 3.1 % とかなり低い。

この理由の 1 つは、総点検の場合は斜面の中の取り方がかなり広く（一連の急傾斜地——おおむね一様な地形で構成されている急傾斜地の連続した区間をいい、河川等で区切られる場合は別の区域に分離する——を採用）、一方、災害の場合は、崩壊の周辺のみに限られているので、「付近の崩壊」というものの中に含まれる過去の崩壊が抽出される区域にかなりの広狭があること。2 つには、前述の小林氏や安仁屋氏等の研究は山腹崩壊を取り扱っており、崩壊後の斜面は人工的な修復等がほとんど全く行なわれていないが、がけ崩れの場合は、崩壊防止工事等の斜面安定対策が実施される崩壊が多いこと。等が考えられる。したがって実際には、やはり過去の崩壊地周辺の斜面は将来とも崩壊の危険性と考えておいた方がよいということが言えよう。

図 - 175、176、177 は比較的崩壊事例の多い長崎および大分、静岡各県の例である。長崎の場合は総点検時の危険斜面 1079 件中 48.4 % が周辺および同一個所に過去の崩壊を持つものであり、これに対して 47～49 年崩壊 49 件中 32.7 % が周辺および同一個所に過去の崩壊を有する。神奈川と同様、小林氏の方法で計算してみると（繰返えすが、データの性質が異なるので、意味が異なる。小林氏の場合は同一崩壊の 2 時期の崩壊反復を意味するが、ここでは総点検斜面と 47～49 年崩壊斜面は重複しない場合があり、また総点検斜面の大半は崩壊を起してない斜面である）6.0 % となる。同様に大分、静岡については、それぞれ 4.4 %、5.1 % となる。以上の数字を単純に小林氏等の結果と比較はできない。（総点検時の斜面数と崩壊斜面数とにかなりのひらきがあることにもよる）しかし 47～49 年崩壊の場合に、周辺および同一個所で過去の崩壊を有する斜面での崩壊は以上の 4 県の場合 21.3 %、32.7 %、71.0 %、37.5 % となり、崩壊のある周辺の斜面では、その崩壊の再崩壊、拡大を含め

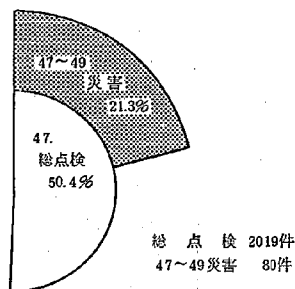


図 - 174 崩壊周辺の再崩壊率 神奈川県の例

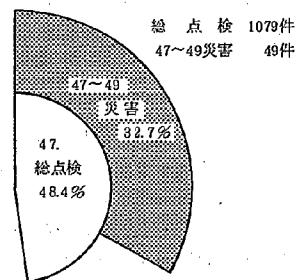


図 - 175 崩壊周辺の再崩壊率 長崎県の例

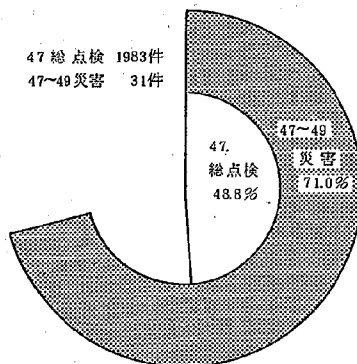


図 - 176 崩壊周辺の再崩壊率 大分県の例

て、崩壊が起りやすいと言える。特に大分の場合は、47～49年崩壊31件中の71%もが過去の崩壊周辺および同一個所で崩壊が起っている。

以上は比較的崩壊事例の多い4県について試みたものであるが、その他に岡山・広島・山口各県については、37.8%、20.4%、52.5%が、周辺又は同一個所で過去に崩壊を有する斜面での崩壊である（図-178）。

以上は、同一個所および周辺域の崩壊を含めて比較したものであるが、これを同一個所の再崩壊（拡大を含む）のみに限ると、以上の7県については、表-104に示すように6%～16%程度となる。厳密な意味では、この表の数字が崩壊の反復度、もしくは再崩壊率であり、小林氏等の行なった方法と対比できると思われる。周辺の崩壊を含めたものと比較すると、必ずしも同傾向でないことが判る。これは周辺の崩壊をどの程度の範囲まで取るかによる。

全国的に見ると、図-179のように過去の崩壊と同一個所での再崩壊率は13.8%あり、これに過去の崩壊の周辺での崩壊を含めると42.9%になる。

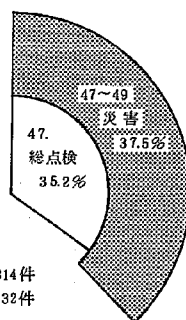
図-180は前回調査(44～46年)の結果で、24.5%が過去に崩壊のあった斜面での再崩壊になっている。この時の調査は、周辺を含まず、ほぼ同一個所の再崩壊（拡大を含む）が取り上げられている。過去の崩壊（過去10年間程度を考えている。）の回数も合わせて記されているが、多くは2回であるが、3回、以上のものも3.5%程度含まれている。

表-104 同一個所の過去の崩壊個所での再崩壊率

県 名	神奈川	静 岡	岡 山	広 島	山 口	大 分	長 崎
同一個所での再崩壊率%	10.1	6.3	8.1	9.3	16.0	9.7	13.2
47～49年 崩 壊 数*	79	32	37	54	94	31	38

*過去の崩壊記録のあるものの数字

46年9月の台風25号による災害の際に千葉県で行なったアンケート調査^{*17}（被災住民および危険地住民からの聞き取りによる）の結果では、被災住民658人（崩壊1個所あたり1人）中47.7%にあたる人が、過去に崩壊があったと回答している（図-181）。



47. 総点検 1314件
47～49災害 32件

図-177 崩壊周辺の再崩壊率
静岡県例

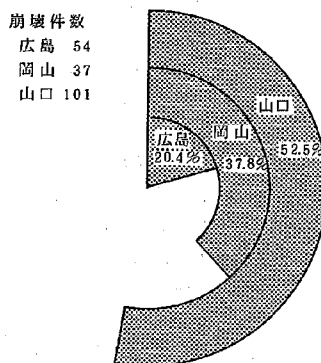


図-178 周辺に崩壊のある斜面での崩壊

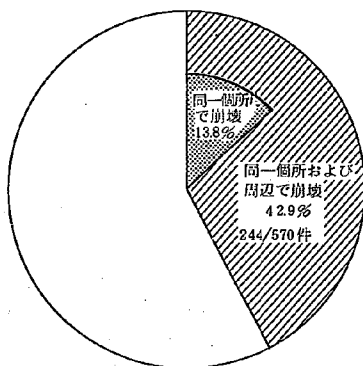


図-179 過去の崩壊と同一個所、又は周辺での崩壊：全国

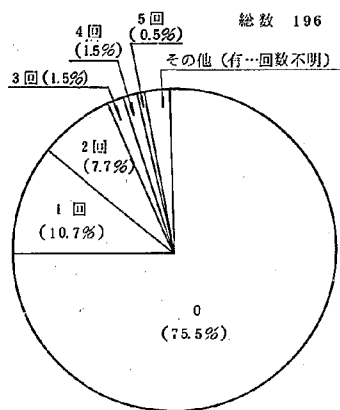
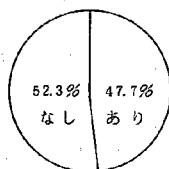


図-180 過去の崩壊の回数
(44～46年)



	回 答 No		合 計
	崩壊あり	崩壊なし	
個 数	314	344	658
構 成 率	47.7	52.3	

図-181 過去の崩壊周辺での再崩壊（千葉，土研）

以上のいくつかの例を総合してみると、同一個所での再崩壊は、その間の期間の取り方にもよるが10～20％程度はあることとなり、また、周辺域での崩壊をも含めるとかなり多くなり40～50％程度が考えられ、現在ある崩壊の周辺では将来崩壊が起りやすいと考えておかねばならない。

§ 18 湧水とがけ崩れの関係

がけ崩れ発生にとって地表面下の浸透水の挙動が重要なかわりがある。がけ崩れは、地すべりに比べて定常的に流れる地下水より、もっと表層付近を流れる中間的な水の流れの方が関係が深く、これらは降雨時のみに発生し、また、土層内の水みちを通じて流れることが多く実態は非常につかみにくい。斜面の簡単な現地踏査等によって、この浸透水に関する情報をつかむには、地層構成や、その透水性の差異、あるいは地形的な条件——たとえば沢型地形や平坦地等——、植生等の状況等がその判断材料となり得るが、最も手取り早い方法は、湧水位置と量、量の時間的変化を調べることであろう。しかし、これらの湧水に関するファクターと崩壊の関係を数的に求めたものはほとんどない。

47年の総点検時に斜面の湧水の有無を調べて、これを崩壊発生危険度の配点の対象としている。この場合、湧水有とする判断の元となっているのは、①常時湧水および地表水が流出している場合、②降雨時に湧水あるいは多量の地表水がでてくるもの、③がけの上に奥行10 m以上の平坦面がある場合、となっている。地表水が常時枯れない場合や、浸透水を停滞させやすい平坦面の存在等の間接的な条件で湧水の有無の判断を補足しているのは、浸透水の挙動を考慮に入れたかなり進んだ考え方と言える。

また、47～49年に起った崩壊についても同様に湧水、地表水の有無をそれぞれ常時、崩壊直後に分けて調べている。これらの両者の比較を行なってみるが、その結果を解釈する場合に注意すべきことは、①総点検の場合は、補足的な条件を加味して湧水の有無を判断しているが、崩壊についてはそれがなされていない。②両者とも調査時点によっては、湧水の有無が逆転する場合があること。等である。

神奈川、長崎、大分、静岡について調べた結果は図-182～185のようになり、神奈川の場合は元々ある自然斜面で、湧水有りと判断されたものが39.2%であるのに対し、実際に崩れた斜面では53.8%となり、この両者の比を崩壊発生率とすると $53.8 / 39.2 = 1.37$ （この値が1より小さいと湧水が崩壊に結びつきにくい、1より大きいと湧水が崩壊に結びつきやすい）となり、湧水の有りが

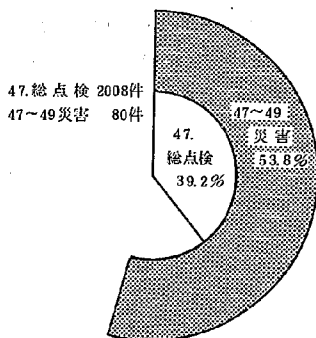


図-182 湧水と崩壊 神奈川の例
(常時地表水の見られるものを含む)

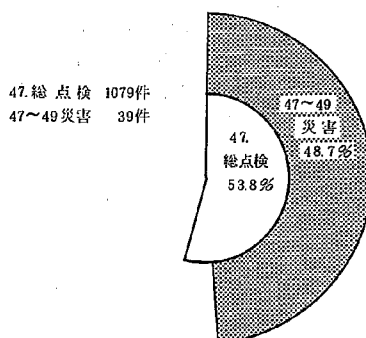


図-183 湧水と崩壊 長崎の例
(常時地表水の見られるものを含む)

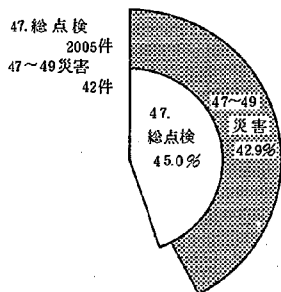


図-184 湧水と崩壊 大分の例
(常時地表水の見られるものを含む)

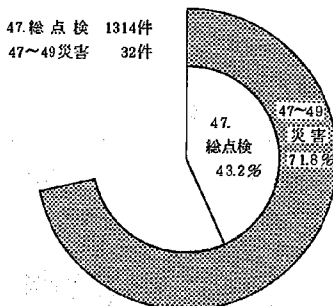


図-185 湧水と崩壊 静岡の例
(常時地表水の見られるものを含む)

崩壊に結びつきやすいと言える。しかし、長崎の場合は、逆になり、崩壊発生率は、0.91 となり、湧水のない斜面での崩壊の方が多いという、結果になっている。また、大分では0.95、静岡では1.66となる。

しかし、単純に見て、いずれの県でも43%~72%の崩壊が、湧水ありの斜面で起っていることを考えると、元の斜面での湧水の確認率が高いとしても、湧水ないしは常時地表水のある斜面での崩壊の起りやすさは高いと考えておくべきである。

斜面表面に湧水が見られる場合は、斜面内地盤の地質構成と境界面の状況、斜面の縦断形状、横断形状、斜面上方の状態、植生被覆の状況等によって特徴づけられる場合が多いと考えられる。

比較的成層構造をしているものが多く、したがってこの成層部が斜面をきる位置で上・下両層間の透水性のちがいによって浸透水が地表面に湧出する場合が多いと考えられる水成堆積岩類の場合には湧水が見られる斜面で崩壊を起しているものは41.4% (72/174)となり、全国のがけ崩れ553件の37.1%に対して湧水が

見られる斜面での崩壊が比較的多くなっている。また他の地質区分に比べても、水成堆積岩類地域での崩壊は湧水がある斜面でのものが比較的多くなっている(図-186 ぬりつぶした部分)。

湧水の他に、湧水が供給源の1部を占めると考えられる常時地表水

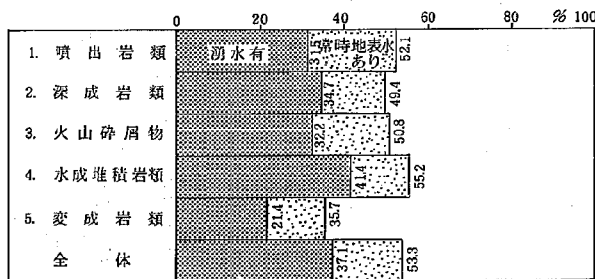


図-186 地質区分毎の湧水と崩壊の関係
湧水斜面での崩壊

の見られる斜面を含めると図の点々の部分のようになり、地質区分間の差が多少縮まるが、それでも永成堆積岩類地域では湧水が崩壊に結びつきやすいと考えられる。

地形的に見ると斜面の上端に地表水を滞留させやすい凹地のある場合や、斜面途中に平坦地ないしは傾斜が急激に緩くなるような所、あるいは斜面の横断形が凹んだような所には浸透水が集まりやすいと考えられる。調査では斜面上端を1.尾根状、2.台地状、3.凹地状に区分しているが、図-187に見られるように特に凹地のある地形での崩壊は、湧水のある斜面でのものが極めて多いことがわかる。

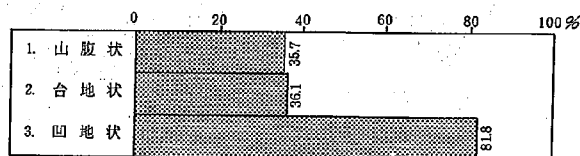


図-187 斜面上方の形状と湧水のある斜面での崩壊の割合

また斜面縦断形が凹型になったり、あるいは斜面傾斜が途中で変化するような場合、浸透水は滞留したり、地表面にあらわれやすい。図-188は斜面縦断形状毎に調べたものであるが、斜面途中に傾斜変化点をもつS型、逆S型での斜面での崩壊および凹型の斜面での崩壊は湧水のある斜面で起るものの割合が高いのが分る。特に、斜面途中に平坦面を有する凹型傾斜変化点をもつ斜面での比率が高い。斜面途中の平坦面は、崩積土、崖錐性堆積物等で構成される場合や、また基盤面の形状をあらわしている場合等が考えられるが、基盤面より上の土層は相対的に透水性の高い材料である場合が多く、浸透水が集まりやすい土層と考えられる。また傾斜が緩和されるので、浸透水は滞留すること

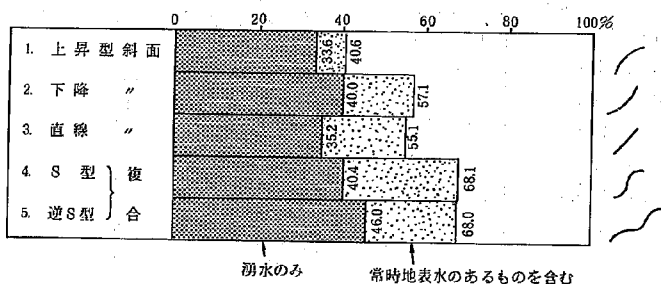


図-188 斜面の縦断形と湧水のある斜面での崩壊の割合

となり、このような平坦面は湿潤状態である場合が多い。凸型、直線型斜面よりも、凹型や傾斜変化点をもつような斜面では浸透水が比較的集まりやすく、崩壊を起しやすい条件が高いと考えておくべきである。

次に斜面の横断面形との関係を見ると図-189のごとくなり、地表水および浸透水を集めやすい況

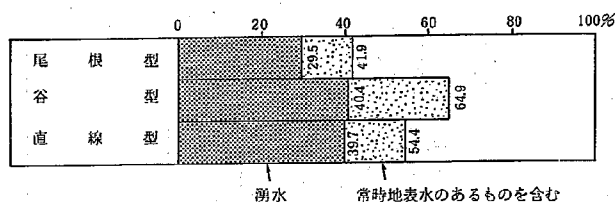


図-189 斜面横断面形と湧水のある斜面での崩壊の割合

状の斜面では湧水のある斜面での崩壊が多くなる。特に湧水の中に常時地表水のある斜面を含めると約65%が、湧水のある斜面で崩壊を起していることになり、沢状斜面では、崩壊の最も大きな要因となる地表水、浸透水を集めやすい地形であるので崩壊の危険性は高いと考えておかなければならない。等高線の出入りのない直線状の斜面でも湧水がある場合の崩壊は多いが、これは地表下基盤あるいは相対的に不透水性の層と、その上の表層等との境界面形状が必ずしも地表面地形と同一でないため、地表水を集めにくい場合でも、局所的に浸透水の集中しやすい部分があるためであり、これは常時の地表水を含めた場合の割合が54.4%とあまり多くならないことから推定できる。また、ここで直線状斜面と呼んでいるものの中には、小さな“ひだ”程度の地形の凹凸のある場合は含まれていると思われるので、多少の地表水、浸透水を集めるような小さな凹み、“ひだ”が随所にあるからである。実際の崩壊はこのようなわずかな“ひだ”や凹みに集まる浸透水は見逃せない重要なファクターとなるので、直線状の斜面でもわずかな地形変化、湧水場所等には特に注意する必要がある。尾根状の凸き出た斜面では湧水の有無が比較的崩壊に結びつきにくい。

植生が斜面を被覆している場合は斜面表層付近の土層は透水性が良好となり、土層は含水しやすくまた地表下に水がしみこみやすく、浸透水が豊富になると考えられる。また、根系を伝わって浸透する水は、根系付近の土粒子を洗い流し、水みちが形成されやすいと考えられている。このように植生のある斜面の根系の及ぶ表層付近では保水性が良く、また樹冠、落葉落枝等の液覆によって蒸発散を妨げる効果もあり、常に裸地に比べ湿潤状態にあり、浸透水、ひいては湧水が多いと考えられる。図-190を見ると裸地では湧水のある斜面での崩壊発生は比較的少ないのが分る。しかし常時地表水の見られる斜面では裸地と言っても崩壊は起りやすくなっている。これは裸地が崩壊跡地である場合が多く、過去の崩壊による基盤上あるいは非崩壊部より上層の含水しやすい表層が削れてしまっており透水性の比較的悪い層が浅くあるために浸透水が地表水になりやすいためと考えることもできる。針葉樹と広葉樹を比較すると著しい違いが見られる。これは針葉樹の大きな割合を占めるスギが水分の多い崩積土や崖錐性堆積物等の所に多いこと等によるとも考えられるが明らかではない。しかし針葉樹のある所では、湧水が確認できなくとも、表層付近の水分あるいは浸透水は比較的豊富であると

考えておいた方がよい。

草地についても裸地と同様のことが考えられ、湧水のある斜面での崩壊は、木本類の斜面に比べ相対的に少ない。草地は裸地に比べ、ごく表層付近の水分の保留状態は良く、また蒸発散量も少ない。

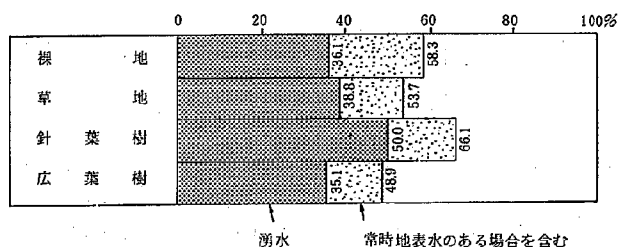


図-190 植生と湧水のある斜面での崩壊の割合

湧水のある斜面では地表付近の水分が比較的豊富であるので、このような斜面で崩壊が起れば、崩土はかなりの含水した泥流状になると考えることができる。図-191のように湧水および常時地表水のある斜面での崩壊の内泥流状になるものは約63%あるのに対し、湧水等の見られない斜面での崩壊による崩土で泥流状になるものは約45%となり、これを裏付けている。したがって当然湧水等

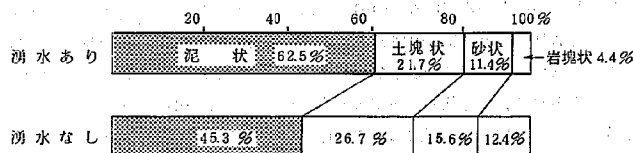


図-191 湧水ありの斜面では泥流状の崩土となるものが多い。

のある斜面での崩壊による崩土はかなりの距離にまで到達すると考えられる。しかし図-192に見られるようにその差は湧水ありの斜面での崩壊の崩土の方が遠くへ達するものの割合がわずかに多いだけで顕著ではない。

図-193は47～49年の全国の崩壊で湧水に関する記述のあるもの565件について調べたものである。35.6%が湧水が認められ、これに常時ある地表水を加えると55.8%の崩壊が、湧水のある斜面で起っている。

図-194は湧水の認められた崩壊201件の内、いつ認められるかを示したもので95.5%は崩壊後に湧水が認められている。51.7%は崩壊前から湧水は認められていて、崩壊前後を通じて湧水が認められるものは47.3%である。図-195は全崩壊に対する割合で、崩壊前に湧水の認められ

たもの18.2%、崩壊後に認められたもの33.6%、崩壊前後を通じて認められたもの16.6%となっている。

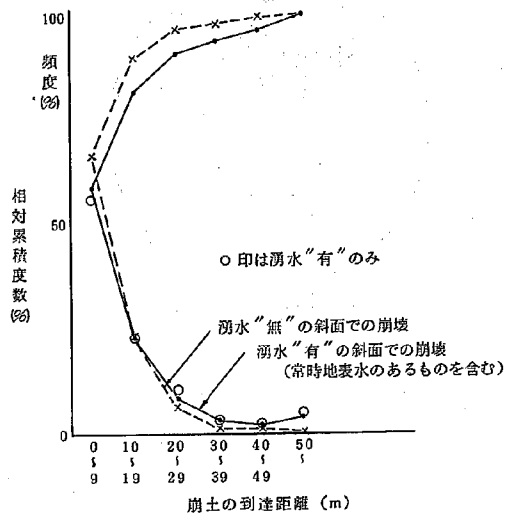


図-192 湧水の有無と崩土の到達距離

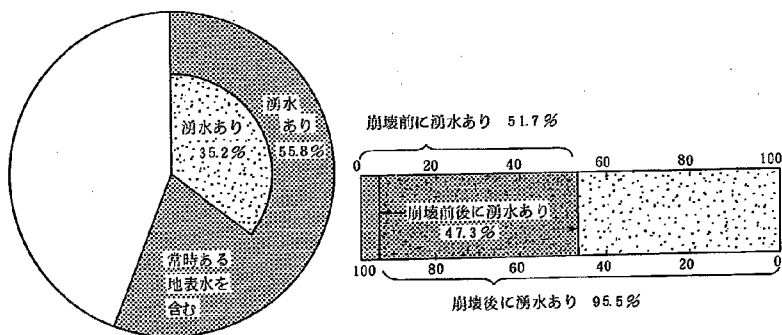


図-193 湧水と崩壊
(全国47～49年)

図-194 湧水と崩壊
湧水と認められるも201件の内
のその時期

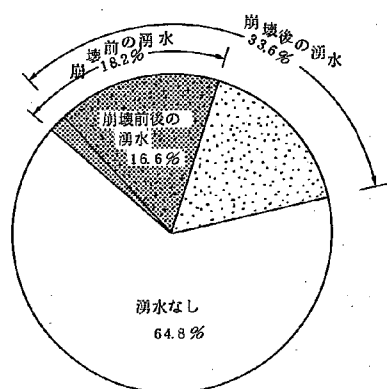


図-195 湧水と崩壊

§ 19. 地表水とがけ崩れの関係

前章でも述べたように湧水とか地表水が崩壊発生に関係が深いのは、崩壊の主たる原因が降雨であることからすると当然である。図-196は、地表水に関する記述のあった崩壊572件の内の地表水の有無を示したものである。572件中29.0%は、崩壊前から地表水が認められていたものであり、また34.3%は、崩壊後に地表水が認められたものである。そして23.8%は、崩壊前後を通じて地表水が認められるものである。これらを総合すると39.5%の崩壊が何らかの形で地表水のある斜面で起っていることとなる。

図-197は地質区分毎に見たものであり、火山砕屑物、水成堆積岩類斜面で、地表水のある斜面での崩壊が多く、変成岩類では極めて少ない。深成岩類でも比較的少ない。地質区分毎に傾向は変化するがその理由は類推しがたい。

斜面上部が山腹の続く斜面になっているか、あるいは台地状であるかによっても多少傾向に変化

があり(図-198)、台地斜面の方が地表水の認められた崩壊が多い。この両者に比べて上方に凹地を有する斜面では当然地表水の認められる崩壊が多くなっている。

斜面縦断形別に見ると図-199のように、複合型および直線型斜面で、地表水の認められる崩壊が多い。特に斜面途中に傾斜変換線を持つ複合型で多くなっている。

複合型のものは、斜面形状の変化が大きいので、地表付近の水が地表水となつてあらわれる場所や、浸透水

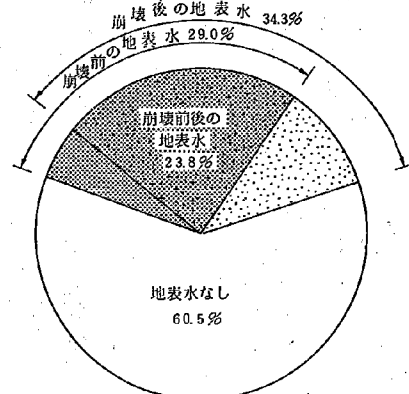


図-196 地表水と崩壊

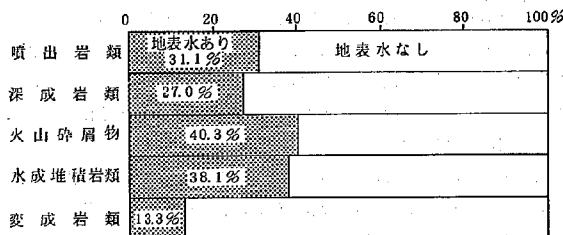


図-197 地質区分と地表水

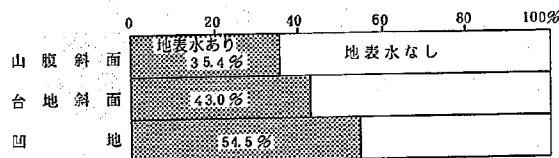


図-198 斜面上部の状況と地表水

となる場所が比較的多く見られると考えられる。前章の湧水のところでは、複合型の中でも特に凹型傾斜変換線を持つ逆S型では湧水が多く見られたが、地表水の場合、これとは逆に、凸型傾斜変換線をもつS型斜面の方がより多く見られる。上昇型の斜面では、地表水の集中性が不良で、地表水の見られた崩壊はかなり少なくなっている。

斜面横断形別に見ると図-200のように谷型の斜面で地表水の認められる崩壊が極めて多い。当然のことながら、谷型の凹んだ部分には地表水が集まりやす

いからである。直線型よりも尾根型斜面の方が地表水の認められる崩壊が若干多くなっているが、この理由は分らない。ただ、尾根型斜面では浸透性の良好な表層の規模が比較的小さいので、地表付近の水は、浸透水となる量よりも地表水となって斜面上にあらわれるものが多いからではないかと思われる。前章の湧水の場合(図-189)では尾根型斜面で湧水の認められるものがかなり少ないこともその説明の材料の1つになる。

植生区分別に見ると図-201のように、裸地、草地、針葉樹等で、地表水のある崩壊がわずかに多くなっている。裸地、草地の場合は、地表付近の落葉落枝等による被覆が少なく、また、透水性の良好な土層を欠いている場合が多いためであろう。

崩壊の状況は、地表水や湧水の量によって変化すると思われる(もちろん土層の性状、崩壊型等にもよる)。図-202を見ると、地表水の認められる斜面での崩壊は、水を多量に含んだ泥伏のものがわずかに多い。

図-191の湧水の場合と比

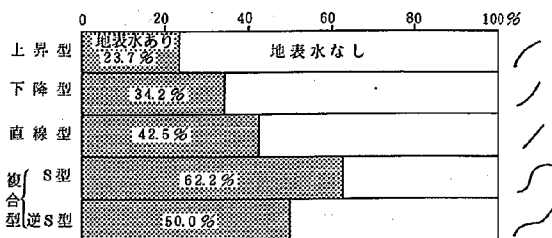


図-199 斜面横断形と地表水

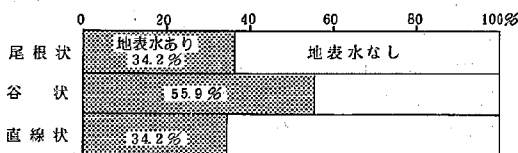


図-200 斜面横断形と地表水

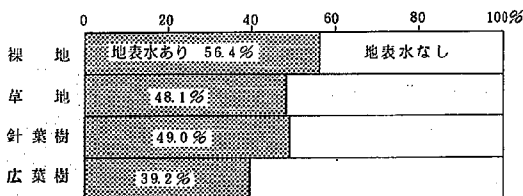


図-201 植生と地表水

べると多少その割合は
少なく、むしろ崩土の状態
は地表水の多少より湧水の
多少の方により多く左右さ
れるのではないかとされる。

したがって多量に水を含
んだ崩土は比較的遠くまで
達するが、図-203を見
るかぎりにおいては、地表
水ありとなしでは崩土の到
達範囲にはほとんど差がないことが分る。

表土および崩積土等の表層土は、透水性
が良好であると思われるが、図-204に
は、地表水、湧水それぞれが認められる崩
壊の内、表層土の崩壊を示したものである
が、地表水の場合に比べ湧水の認められる
崩壊の方が、表層土の崩壊が多くなってい
る。表層土の崩壊は、地表水となって斜面
上にあらわれるものより、浸透水となって
地中に浸みこみ、湧水となってあらわれる
ものによって影響を受ける場合が多いと考
えることができる。

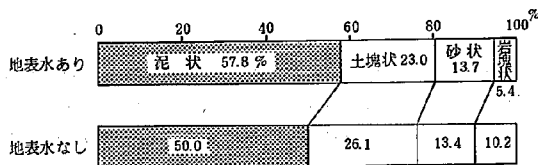


図-202 崩土の状態と地表水

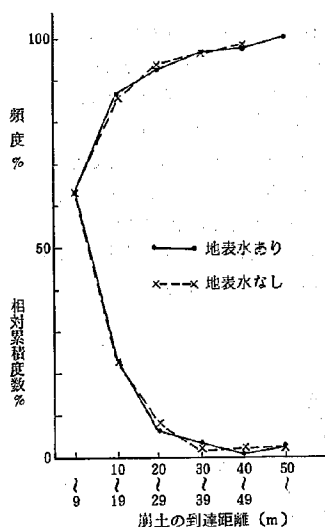


図-203 崩土の到達距離と地表水

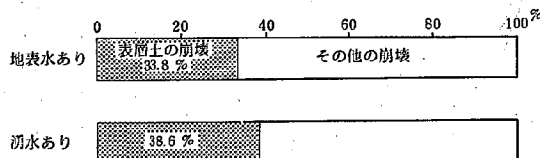


図-204 崩壊型と斜面付近の水

§ 20 長大斜面について

急傾斜地崩壊対策工事を行なう場合に、対象とする斜面（急傾斜地）の規模が工事の難易を左右する場合が多い。斜面が上方にかなり続き、しかもかなりの上方で崩壊の恐れのあるような場合に、下端の人家の保全を図るのは大変むづかしく、しかもかなりの経費を要する。急傾斜地崩壊対策事業の性格上、莫大な経費をかけることは許されないし、原因がかなり上方にあって、その斜面全体の安定化も技術的にかなり困難であることを考えると、このような長大な斜面は急傾斜地崩壊対策事業のみでは取り扱えない場合が多い。そこで、ここでは長大斜面、すなわち急傾斜地崩壊対策事業に入れるべき斜面の特性について述べる。

斜面上方が台地状になっていて斜面が有限のものと、山腹状に斜面がどこまでも続くものに分けてみると、台地斜面での崩壊は65.2%で、山腹状斜面の崩壊は34.8%である。このかぎりにおいては、かけ崩れの多くは高さが限られた台地末端斜面で起っていることにより、台地上の土地利用による制約を除けば対策工事の技術的な困難さはいく分まぬがれていることになる。

台地斜面、山腹状斜面毎の斜面の高さを見ると、台地斜面の平均高さが19.6mであるのに対し、山腹状斜面ではそのほぼ倍の39.0mである。一方、それぞれの斜面高さの頻度分布は図-205、表-105のように台地斜面の場合は30m以下に集中してこれより高い斜面は極めて少なくなる(14.8%)のに対して、山腹状斜面では30mより高い斜面は44%に達する。斜面の高さ30m程度までなら急傾斜地対策工事もさして困難ではないであろうから、問題は山腹状斜面で斜面高が30mを越えるようなものが非常に多いことである。

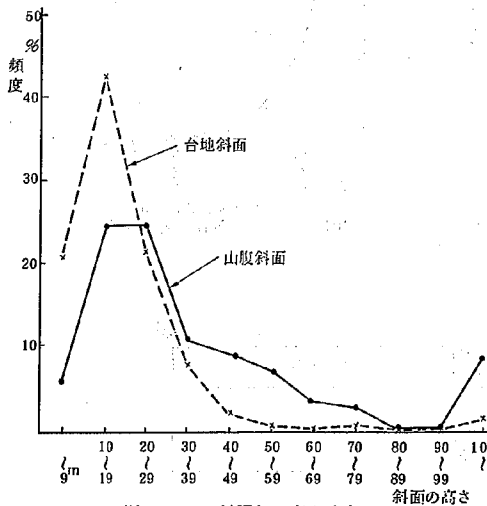


図-205 斜面毎の高さ分布

表-105 斜面毎の高さ分布

斜面高さ	山腹斜面		台地斜面	
	個数	頻度%	個数	頻度%
～9	12	6.2	78	20.9
10～19	48	24.9	159	42.6
20～29	48	24.9	81	21.7
30～39	21	10.9	30	8.1
40～49	18	9.3	9	2.4
50～59	14	7.3	3	0.8
60～69	7	3.6	2	0.5
70～79	6	3.1	3	0.8
80～89	1	0.5	1	0.3
90～99	1	0.5	1	0.3
100～	17	8.8	6	1.6
計	193	100	373	100

次に崩壊の高さについてみると、台地斜面の平均高さが14.9 mであるのに対し、山腹斜面では19.8 mとなり、山腹斜面での崩壊の規模がかなり大きい。表-106、図-206にそれぞれの頻度分布を示すが傾向はほぼ同じであるが、台地斜面の方が若干崩壊の高さの小さいものの頻度が高い。

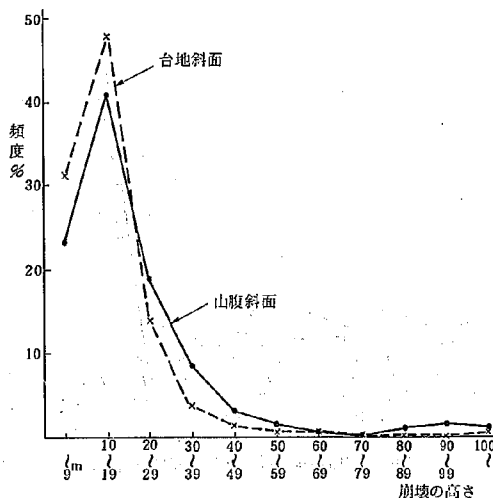


図-206 斜面毎の崩壊高さ分布

表-106 斜面毎の崩壊高さ分布

崩壊高さ	山腹斜面		台地斜面	
	個数	頻度%	個数	頻度%
～9m	47	23.4	117	31.3
10～19	82	40.8	179	47.9
20～29	38	18.9	52	13.9
30～39	17	8.4	14	3.7
40～49	6	3.0	5	1.4
50～59	3	1.5	2	0.5
60～69	1	0.5	2	0.5
70～79	0	0	1	0.3
80～89	2	1.0	0	0
90～99	3	1.5	0	0
100～	2	1.0	2	0.5
計	201	100	374	100

斜面のどの部分から崩壊が起っているかを見ると山腹状斜面では斜面の高さの0.64倍のところで起っているのに比べ、台地斜面は0.83倍のところで起っている。すなわち台地斜面ではその頂部付近が崩壊の頭部になるものが多いが、もともと斜面の高さがほとんど30 m以下であるので対策の上からは比較的扱いやすいと言える。しかし、山腹状斜面では0.64と値は低いが、斜面自体の高さが大のものが多いため対策の範囲の設定がむづかしい。(図-207～209)

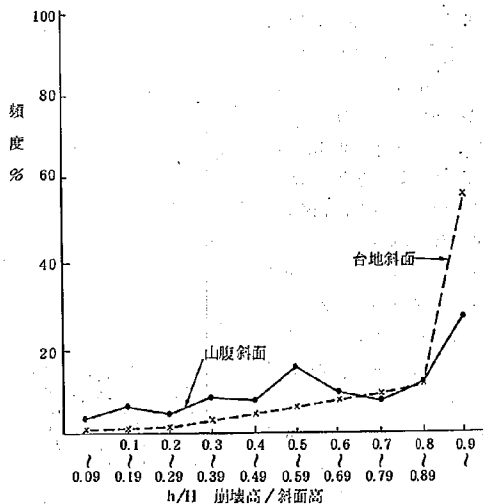


図207 斜面毎の崩壊高/斜面高分布

崩壊頭部の位置が斜面上部にあるものは全体の48.7%、中部から崩壊しているものは42.2%で、この両者で90.9%を占め斜面下部のみの崩壊は9.1%に過ぎない。一方台地斜面では図-210のように斜面頭部から崩れているものが多く、山腹状斜面では中部からの崩壊が多いのが分る。山腹状斜面では上部から崩れているものは2.4%あるが残りの76%は中～下部での崩壊であることを考えると、一連の山腹斜面でも頂部までの対策は必ずしも必要であるとは限らない。図-211を見ても分るように斜面高が高くなるほど斜面上部での崩壊が少なくなっていることを考えても、調査の段階で崩壊のおよぶ範囲を充分検討して工事の区域、工法の決定を行なうことが望ましい。

ここで斜面上、中、下の区分と、崩壊の高さ/斜面の高さの間の関係は、図-109に示すように平均値で比べると上部が0.88、中部が0.67、下部が0.46となっている。

斜面の高さ区分毎に崩壊土量を比べてみると図-212のようになる。図-212は、崩壊土量100㎡以上のもので、200㎡以上のもについて斜面区分毎の割合を示すが斜面高40m程度までは、崩壊土量は斜面高が高い程急な率で増加するが、

40mを越す斜面では、増加率

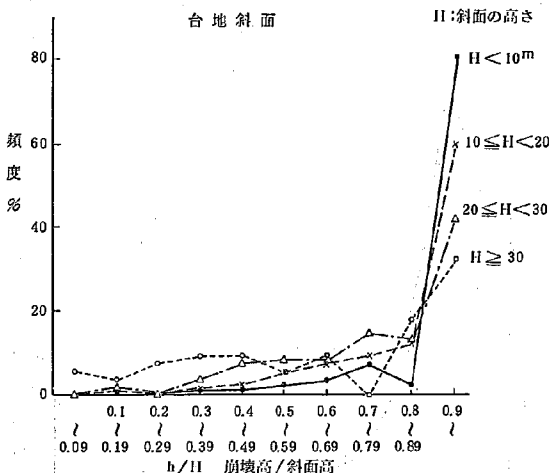


図-208 斜面の高さ毎の崩壊高/斜面高分布

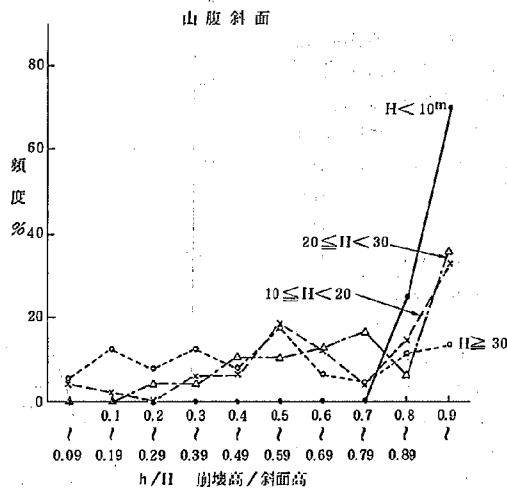


図-209 斜面の高さ毎の崩壊高/斜面高分布

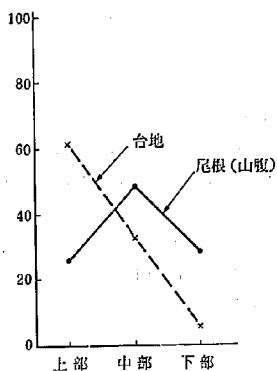


図-210 崩壊頭部の位置と斜面上方の状態

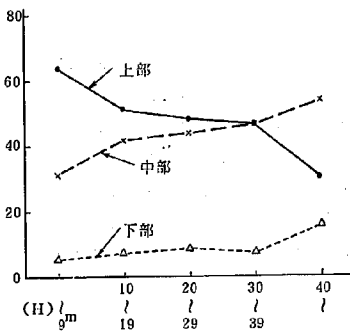


図-211 崩壊頭部の位置と斜面高(H)

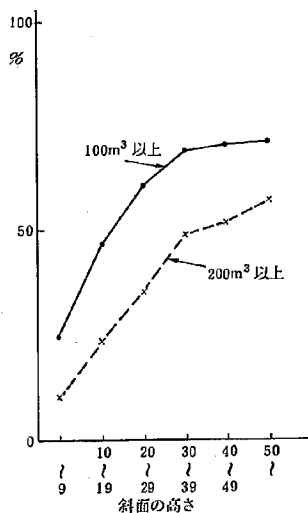


図-212 斜面高と崩壊土量

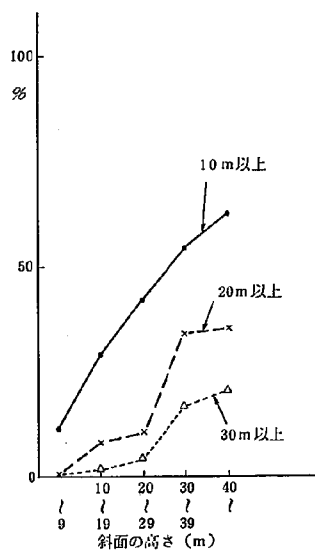


図-213 斜面高と崩土の流下距離

が低下するのが分る。すなわち、40 m程度を境界にそれより高い斜面では土量の大きな崩壊は多いが、高さによる変化が少なくなることを示している。

崩土の到達距離は図-213に示すように斜面高30 m程度までは20 m、30 m以上に達するものの増加率が低い、30 m以上になると急に20 m、30 m以上に達するものの比率が上る。しかし、その後は斜面高に対する変化率は少なくなっている。以上から見る限りにおいては、斜面の高さ30 m～40 m程度付近を境界にして、それより高い斜面と低い斜面では、被災規模の点からも取り扱いの困難さが変わってくると思われる。

土地利用形態を見ると、図-97のように斜面高の高い斜面では山林に利用されているものが多く、また山腹が続く斜面では山林が多く（図-94）、人家とか田畑に利用されている部分が少なく、従って人為的な行為による崩壊の起りやすさをいく分まぬがれている。

§ 21 崩 壊 危 険 度

昭和47年に建設省は表-107に示すような急傾斜地崩壊危険区域危険度判定基準によって全国の急傾斜崩壊危険区域60756個所について危険度をA, B, Cの3つのランクに分けた。ここでいうA, B, Cは全て危険斜面であるが、その内での危険度の程度を3段階に分けたもので、Cは危険度がないという訳ではない。A, B, Cは事業実施のプライオリティを決めるのに用いられる。その結果、それぞれのランクにあてはまるものの割り合いは表-108に示すようになっている。

表-107 急傾斜地崩壊危険区域危険度判定基準

要 因	点 数		備 考
	自然斜面	人工斜面	
高 さ 10m以上	7	7	がけ上に奥行10m以上の平坦面がある場合を含む。
傾 斜 度 10m未満	3	3	
45°以上	1	1	
45°未満	0	0	
オーバーハングの有無	3	3	
有	0	0	
無	1	1	
表 土 の 厚 さ a(0.5m以上)	0	0	
b(0.5m未満)	1	1	
湧 水 等 の 有 無	1	1	
有	0	0	人為的工事によって各要因による危険が消滅しているものはその要因がないものとして計算する。コンクリートで完全に保護している場合は0点とする。
無	0	0	
崩 壊 の 有 無	3	3	
有	0	0	
無	0	0	
急傾斜地崩壊防止工事の技術的基準	3	3	
満 足	3	3	計
不満足	0	0	
構造物等の異常の有無	3	3	
有	3	3	
無	0	0	

ラ ン ク	点 数	
	自 然	人 工
A	9点以上	15点以上
B	6点~8点	9点~14点
C	5点以下	8点以下

表-108 危険度別総括表

がけの区分	危険度・A 個所	危険度・B 個所	危険度・C 個所	完 成 個所	計 個所
自 然	33,413	19,029	3,127	179	55,748
人 工	1,192	2,329	1,486	1	5,008
計	34,605	21,358	4,613	180	60,756

危険度判定が実施されてからの49年の災害について、これらのがけ崩れがいずれのランクに分類されていたかを見ると表-109、図-214のようになった。47年のランク分け（総点検）ではAにランクされたものは57.1%で、以下、Bが35.3%、Cが7.6%であった。これに対し49年災害157件の内91.7%がAランクに分類された斜面でのがけ崩れである。表-110のように発生率で示してみるとAランクの斜面でのがけ崩れ発生率はBランク斜面に対して7.4倍、Cランク斜面に対して、18.9倍の高い倍率を示し、少なくとも表-107によって定めた危険度判定基準による判定で、かなりの程度まで斜面の危険度を判定できることが判る。

表-109 危険度と49年災害の比較

ランク	*1 危険度判定 (s.47.総点検)		49年災害	
	件数	百分率%	件数	百分率%
A	34,605	57.1%	144	91.7
B	21,358	35.3	12	7.6
C	4,613	7.6	1	0.7
計	60,576	100	157	100

*1 保全対象人家5戸以上の急傾斜地崩壊危険箇所

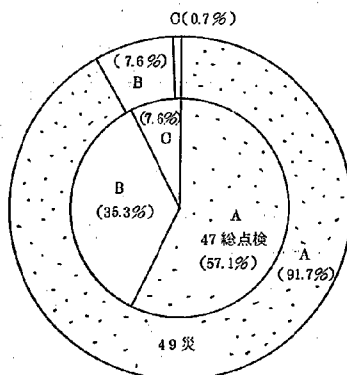


図-214 危険度と49年災害の比較

総点検の時に与えた点数について少し検討してみる。まず、斜面傾斜について調べてみると1例として長崎県の場合についてみる。長崎県の総点検時の傾斜表示のあるもの1070件に対し、44～49年の災害時のデータ46件である。傾斜区分毎の頻度グラフを図-215に示すが、自然斜面（保全対象人家5戸以上、傾斜30°以上、高さ5m以上という条件があるが）の頻度分

表-110 危険度と49年災害の比較

ランク	危険度判定 *1 R	49年災害 D	D/R×100 %	Cランクを1とした時のA Bの発生度合
A	34,605	144	0.416	18.9
B	21,358	12	0.056	2.5
C	4,613	1	0.022	1.0
計	60,576	157	—	—

*1 は保全対象人家5戸以上の急傾斜地崩壊危険箇所

布に対して、災害を起した斜面の分布の形は少し異なっているのが分る。40°～49°の斜面で崩壊は起りやすく、70°を越える場合も同様である。50°～70°の斜面では崩壊は起りにくい。しかし、これはデータ数にかなりの差があるためであるが、概して40°を越える斜面での崩壊危険度は高いと言ってもよい。次の例として山口県内花岡岩地域のみについて調べてみると図-216のようになり、自然斜面は30°～40°、40°～50°のものが極めて多いにもかかわらず、崩壊を起した斜面の傾斜は50°以上の斜面でその割合が増大する。すなわち30°～50°程度の斜面は元々極めて多いにもか

かわらず、崩壊の発生率は高くなく、 50° を越すような斜面で発生率は高くなり、この場合の崩壊危険斜面の傾斜は 50° 付近以上となる。自然斜面として扱ったデータは、山口県内花崗岩地域で、かつ、崩壊データの分布地域とはほぼ同一区域内の総点検による斜面201例、崩壊斜面のデータは44～49年の間の崩壊で花崗岩地域で起ったもの99例である。

図-217は神奈川の例であり、 50° 以上の斜面で崩壊の起りやすさが高い。

以上の3例から見ても一般的に崩壊の起りやすい斜面の傾斜は $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 以上となり、危険度ランク分けの時の傾斜を 45° で分けたことについては、全国をおしなべて見るとあながちまちがってはいると考えられる。

図-218には、崩壊斜面の傾斜別頻度の自然斜面（総点検斜面）の傾斜別頻度に対する割合を崩壊発生率と考えて、これを斜面の傾斜毎に示したもので、神奈川および山口両県について扱っている。この図からは斜面傾斜が急であるほど崩壊発生率が高く、その両者の関係は半対数紙上ではほぼ直線的に変化しているのが分る。ここで用いた崩壊発生率は、総点検の斜面を一般的な斜面として扱っているが、総点検では急傾斜地法で定義されているように 30° 以上の斜面

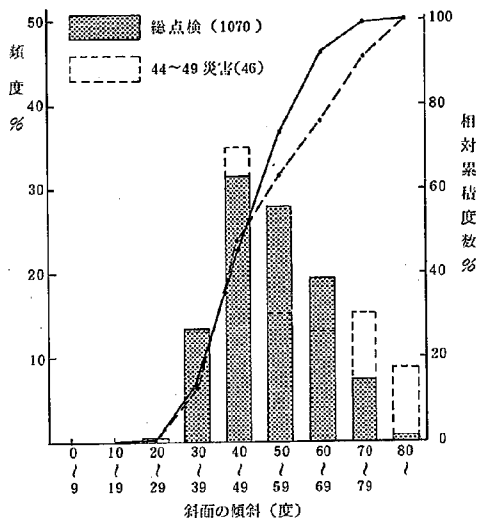


図-215 斜面の傾斜 長崎県の例

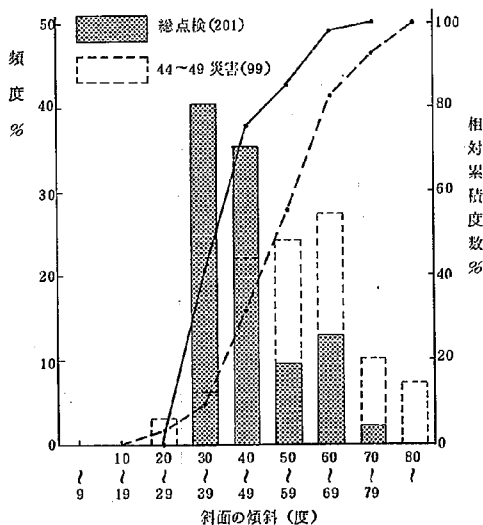


図-216 斜面の傾斜 山口県花崗岩の例

および高さ5 m以上の斜面の調査であり、それ以外の斜面は含まれていないこととなる。従って、必ずしも一般的に分布する斜面を示しているとは限らないが、がけ崩れ対策のための資料とする調査と割りきれば、ここで用いた崩壊発生率は充分意味があると思う。図-218の結果からは、斜面傾斜は急なほど崩壊発生危険度は高いということになる。ただし、一般的には、40°~50°の斜面が最も多く分布する。

次に斜面の高さについてみる。図-219は山口県内花崗岩地域で発生した崩壊99例とその区域内の自然斜面(総点検)200例を比べたものである。自然斜面では20~30 m、10~20 mの斜面が多いのに対して、崩壊を起した斜面の高さは20 m以下に集中している。斜面高が高い程崩壊が発生しやすいとは言えず、むしろ20 m以下の高さの斜面での発生率が高い。

図-220は同様に長崎県について調べたものであり、山口の場合とは多少量なり、10~30 m程度の斜面での崩壊発生率が高い。30 mを越すような斜面では、崩壊は起るがこの程度の斜面の實在の数に対して、その発生割合は一般に低く、発生頻度から見ると、30 m程度までの斜面が高い。

図-221は神奈川県の場合であ

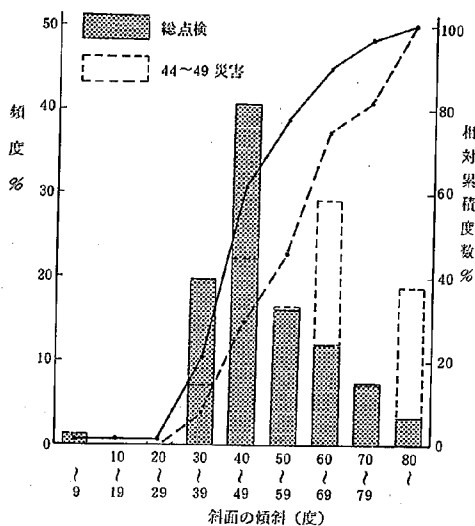


図-217 斜面の傾斜 神奈川県例

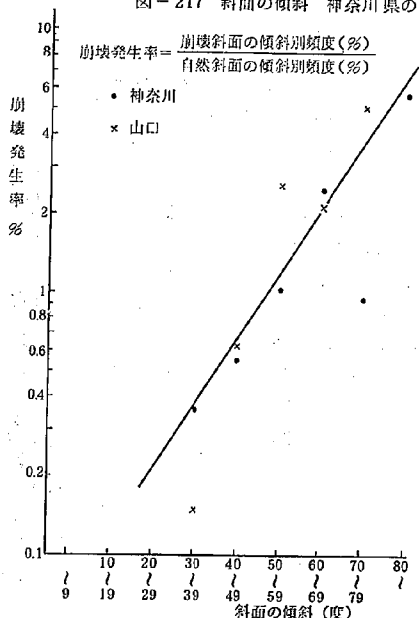


図-218 斜面傾斜別崩壊発生率

り、20 m以下の斜面で崩壊発生率が高い。20 m以上になると崩壊そのものも多いがそれ以上に自然斜面は一般的に多い。

図-222は、傾斜と同様に崩壊発生率で示したものであり、斜面の高さが高いほど崩壊発生率は低下し、半対数紙上ではほぼ直線的に変化する。ただしここでも前述のように5 m以下の高さの斜面は自然斜面(総点検)の場合含まれていないことに注意しておかねばならない。

総点検時の斜面の高さに対しては、10 m以上の斜面に対し7点、10 m未満斜面に3点が与えられている。以上の2例から見ると、10～20 m程度の斜面での崩壊発生率が常に高いことから、10 mを1つの区切りにしているのは納得できる。10 m未満でも発生率が高いことからすると10 m未満斜面にも得点を与えていることは妥当である。しかし、元来、斜面の高さ自体が崩壊を起しやすいかどうかの大きな要因となるとは考えがたく、(ただし、高さが崩壊の要因とはならなくても、起った結果では発生率と斜面の高さには一定の傾向がある。以上の例から見ると、大体30 m以上の斜面では必ずしも発生率は高くない)、むしろ、崩壊危険度の中の斜面の高さ10 m以上に対して7点もの点が与えられているのは、崩壊が起った場合の災害のおりやすきの規模が大きな比重を占めているからであると考えることができる。しかし、崩壊の起りやすさの得点と、

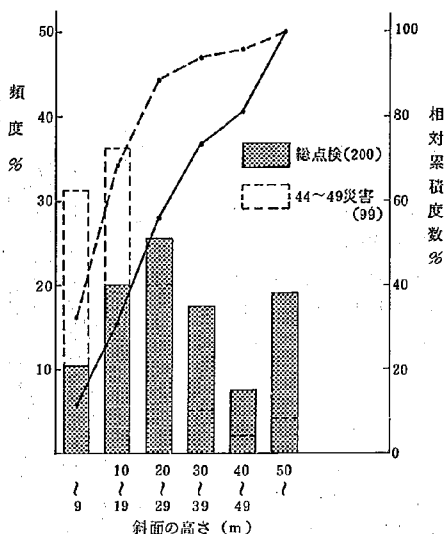


図-219 斜面の高さ 山口県花岡岩地域の例

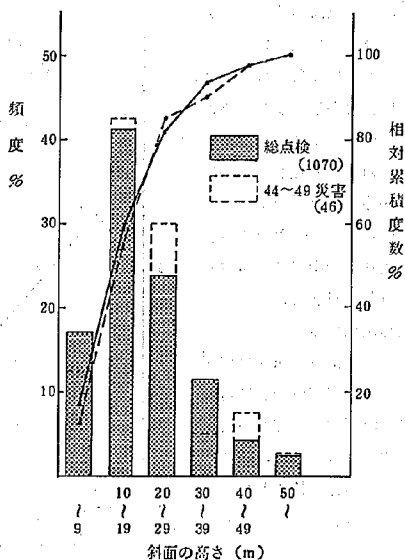


図-220 斜面の高さ 長崎県の例

災害の起りやすさの得点は、同一に扱うことに問題がありそうで、もしそう扱うとすれば、斜面下端の被災対象の規模や密度などの被災環境についての分類が必要となってくる。

そこで斜面の高さによって災害の発生の変化、崩土の流達キヨリ等について見てみる。図-223, 224 はそれぞれ斜面の高さ毎の崩壊1箇所あたりの被災家屋数(全壊, 半壊, 一部破損), および被災した死傷者数を示したものである。両図ともに被災規模は斜面の高さとともに指数函数的に大きくなり、斜面高の高いところでは、崩壊の発生率が一般的に高いとは言えないが、一たん崩壊すれば災害の規模は極めて激しいものになるという点に注目しなければならない。災害危険度を含めた崩壊危険区域判定基準に、斜面の高さに対する配点が高いのは、この点から見ると妥当である。

災害危険度を含めた崩壊危険区域判定基準の中では、崩壊発生率よりも、崩壊した場合の被災規模を重視する方が現実的である。その理由は、崩壊発生率が斜面の高い方が低いとは言え、実際には斜面が高くても崩壊している数はかなりあり、これらをひっくりめた全体としての統計的に整理された数字であるにすぎないからである。したがって個々の斜面にもどして危険度

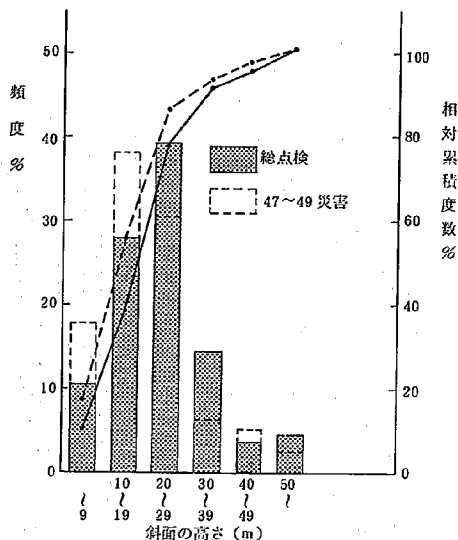


図-221 斜面の高さ 神奈川県例

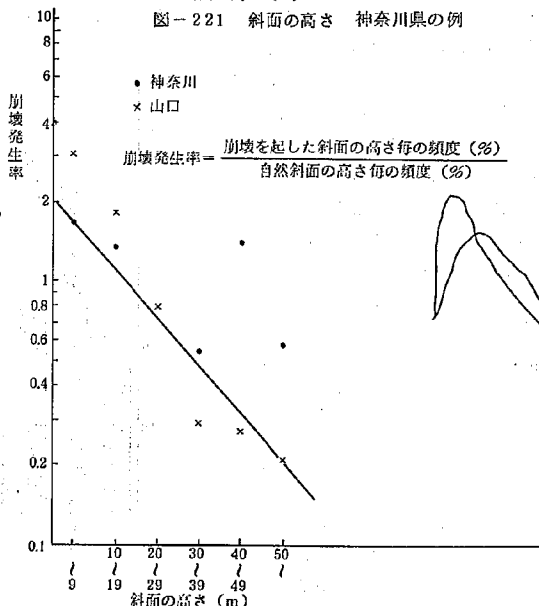


図-222 斜面の高さ毎の崩壊発生率

を判定する場合には当然、統計処理した数字ではかなりの危険をとまなうこととなる。一方被災規模の方は、斜面下端に人家があれば、崩壊によって必ず被災する。その被災規模は、崩土の運動に関する一般的な認識をもってしても、崩壊規模が大きいほど被災規模が大きくなると考えてさしつかえないからである。

次に斜面の傾斜区分毎に被災規模を調べると図-225、図-226のようになる。図-225の被災家屋数は30°まではかなり小さいが、30°~50°で極めて大きくなり、以下傾斜とともに低下していく。この結果からは30°以下の斜面では、崩壊しても家屋被災は軽微なものが多いと推定できる。また斜面が急なほど崩土の流下距離が短かくなって、被災範囲が限られてくるからではないかと思われる(図-227)。しかし、図-225は、30°~50°の斜面のみが、被災家屋数が極めて多いだけで、それ以外の傾斜の斜面では、被災規模は傾斜に無関係と読むこともできる。

図-226の人的被害規模の方は、明らかに斜面傾斜が急になるにつれて規模が小さくなっている。1つには前述の(図-227)ように崩土の流下距離が斜面の傾斜の増大とともに小さくなり、被災区域が狭まり、被災規模が小さくなるためであろう。崩土の流下距離が斜面傾斜とともに短くなるのは、斜面の傾斜と、斜面下端からの傾

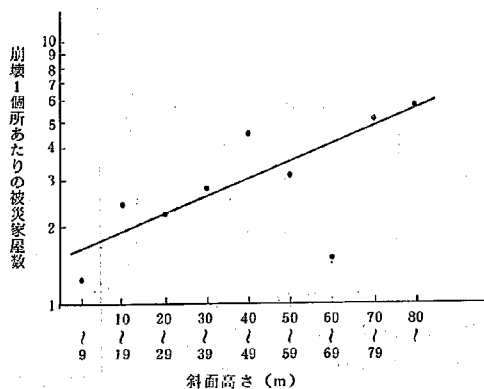


図-223 斜面の高さと崩壊1箇所あたりの被災家屋数

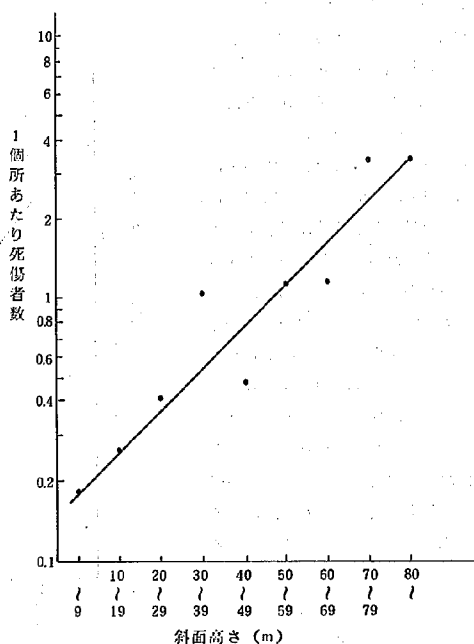


図-224 斜面の高さと崩壊1箇所あたりの死傷者数

斜の変化率が極めて大きいからであるとともに、崩壊型が異なることや、斜面表層付近の含水の程度のちがい等によると考えられる。図-228は50°以上と以下の斜面で崩土が多量に含水した泥状となるものの割合を示すが、50°以上の斜面でこの割合が比較的少ないことがわかる。

湧水および過去の崩壊についてはすでに述べたが、ここで崩壊危険度という点からまとめてみる。

まず、湧水については、全国的な崩壊については、常時ある地表水を含めて湧水の認められる斜面での崩壊は55.8%ある(図-193)。しかし、一般的な自然斜面(総点検斜面)との比較は次のような代表県についてしか行っていない。崩壊事例の比較的多い神奈川(80件)、長崎(39件)、大分(42件)、静岡(32件)の例では、総点検時に湧水ありと認められた斜面の割合に對する、崩壊斜面で湧水の認められた斜面の割合(湧水と崩壊の結びつきやすさ、1以上なら関係あり)はそれぞれ、1.37、0.91、0.95、1.66となり、必ずしも結びつきが大きいものばかりとは言いきれない。地表下へ浸透した水が崩壊の発生に大きなかわりがあるのはすでに一般に認められていることであるが、浸透水の有無やその程度を知る重要な指標である湧水についての結果が上述のように、あまり明瞭に崩壊との関係をあら

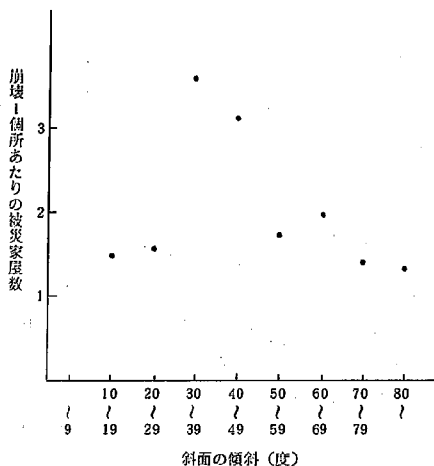


図-225 斜面傾斜と被災規模 (被災家屋)

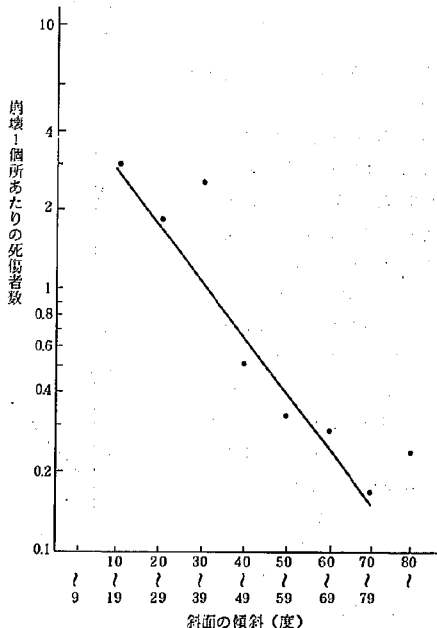


図-226 斜面傾斜と被災規模 (死傷者)

わしていない結果となっている。

これは、1つには湧水の確認の困難さに原因があり、にもかかわらず、全崩壊の約56%で湧水が確認されていることは評価してもよい。しかし、崩壊危険度の判定に湧水の有無を入れるのは、非常に有効であるが、実際に現地斜面で湧水を確認できたものは良いが、湧水があるにもかかわらず確認しがたい（例えば植生被覆等による）場合の見落しをいかにカバーするかが今後の課題であろう。

次に過去の周辺および同一個所での崩壊については、全崩壊570件中、約43%（図-179）の崩壊が、同一個所およびその周辺で過去に崩壊のあった斜面での崩壊である。総点検時と47～49年災害を湧水と同様の方法で神奈川（80件）、長崎（49件）、大分（31件）、静岡（32件）について調べると、それぞれ0.42、0.68、1.45、1.07となり、湧水同様、必ずしも全ての地域で過去の崩壊との結びつきが大きいものばかりとは言えない。同一個所での再崩壊もそうであるが、周辺に崩壊があるような斜面では、当然、崩壊を起しやすい条件を備えた斜面がその近辺にあるということで、崩壊危険度の中に判定の1つの基準として入れておくのは妥当である。

次に表土の厚さについて検討してみる。

総点検の際には表土の厚さを0.5m未満と以上に区分して、0.5m以上に1点、0.5m未満は0点としている。これは、急傾斜地の崩壊は“うすい表土の滑落”が圧倒的に多いことが元になって決められたものと考えられる。一般に腐植質の表土（強風化して完全に土壌化したものを含めて）は0.5m程度までの厚さで分布する場合が多いと考え

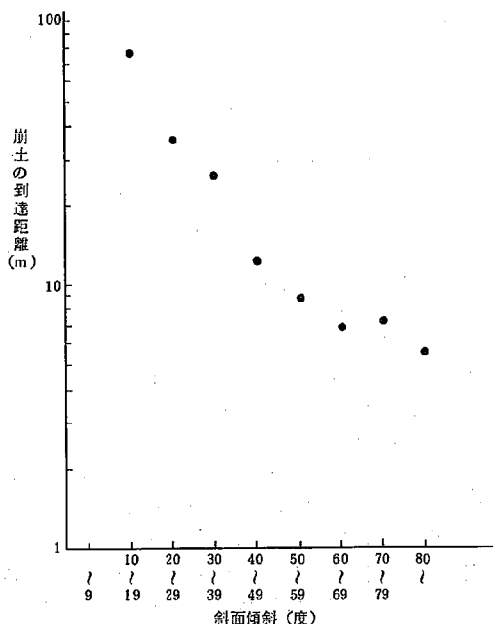


図-227 斜面傾斜毎の崩土の到達距離

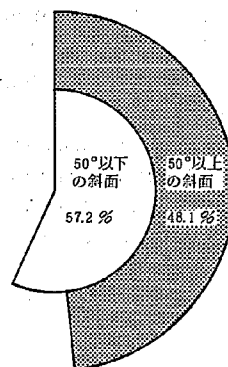


図-228 斜面傾斜と泥流状崩土の発生頻度

られ、うすい表土の崩壊はこの表土およびその下層の風化層の一部に及んだようなものとなる。実際の崩壊（全ての崩壊型を含む）はもう少し深い崩壊となり、その深さ区分毎の頻度は図-127のように、1～1.5 mの付近が最頻値となり、それより深い崩壊の方が多くなる。平均値は1.60 mである。そして0.5 m未満の崩壊となると、わずか1.5%で皆無に近い。しかし、表土の厚さを配点対象としたのは、崩壊発生後の被災程度が考慮に入っているためと考えられ、当然、崩壊の深さ、したがって崩れ易い表土の厚さが大きいほど、被災規模が大きくなるからである。表土自体の区分だけなら0.5 mで区切ってもおかしくはないが、崩壊の規模、被災の規模を考慮に入れるなら、もう少し区分水準を上げてよさそうである。神奈川、大分、静岡、長崎の総点検の集計では、表土の厚さ0.5 m以上のものが、それぞれ69.5%、83.8%、73.6%、61.9%であり、この例からだけでも全国的に見て大体60%を越すと推定される。

表土の厚さの全崩壊の平均値は1.66 mであり、崩壊の深さ同様、1～1.5 mの付近が最頻値となっている（図-123）。

表土の厚さ/崩壊の深さは、平均値で1.19、最頻値は1.0～1.5である（図-124）すなわち表土の厚さの1/1.19、0.84倍の所が崩壊の深さとなっている。また全体の75.8%が表土の厚さ以内に起る崩壊となる。

総点検の際の危険度ランク分けは前述のように、そんなに適合性の悪いものではないことがわかったが、これにもう少し具体的な根拠をもたせたものにするための検討を試みた。^{*31}

崩壊発生におよぼす要因は多く、これらが相互に影響し合って作用するが、ある斜面が崩壊するか、しないかをこれらの要因から数量的に判定する方法に数量化法が試みられている。

数量化法は、ある現象と、その現象を生ずる際に影響を与える諸要因との関係を数量的に表現する方法であり、具体的にここで取り扱うものについて説明すると、ある現象とは崩壊が起きたかどうかということで、これを「外的基準」と呼び、これは各要因と結びつけられるべきものである。各要因とは、崩壊発生に重要な影響を与えると考えられるもので、これを「アイテム」と呼ぶ。この各要因（アイテム）個々はさらにいくつかの区分に細分される。これらの、要因を細分したものを「カテゴリー」と呼ぶ。この外的基準（崩壊が起きたかどうか）がアイテム（要因）・カテゴリー（要因を細分したもの）とどのような関係にあるかを数量的に表現する方法である。

数量化理論には

- ① 外的基準が数量で与えられる場合……第一類
- ② 外的基準が分類で与えられる場合……第二類
- ③ 外的基準がない場合 ……………第三類

の3種類あるが、ここでは崩壊が起きた、起らなかったという2つの分類を外的基準とする第二類の方法が該当する。

数量化の概念としては、2つの相反する事象（ここでは崩壊、非崩壊）について、これらに関連する要因を選び、この2つの事象グループの相関比（グループ間の分散と全分散の比）を最大にするよ

* 31 大久保、坂垣、吉川：がけ崩れ、地すべり危険地予測のための数量化解析の適用、土木技術資料 Vol. 18, No 5, 1976（投稿中）

うに、すなわち両グループ（崩壊グループと非崩壊グループ）の差ができるだけ明瞭に分類できるように、要因（アイテム）および水準（カテゴリー）に点数を与え、これを各斜面について合計し、基準値（両グループの判別が最も高精度で得られることによって斜面毎の危険度を判定し、また両グループの判別をどの程度の精度で行なえるかを求めるものである）。

数量化法で計算した結果は上述のように斜面毎の危険度の判定、全体としての判定の精度の他に、要因間の影響度の比較、要因内の区分（カテゴリー）の崩壊への影響等についての判断もできるので、がけ崩れ危険地の予測への使用の可能性の検討の意味もこめて試算を試みた。

試算を行なったのは、崩壊データの多い山口県内についてであり、崩壊データとしては、47～49年の災害データ、非崩壊データとしては、47年総点検斜面の内、崩壊データ分布とほぼ同一地域の斜面を用いた。崩壊データは90件、非崩壊データは、山口県内総点検斜面2,637件の内ランダムに抽出した197件の斜面である。両データとも現地調査によるものであるが、崩壊データについては、崩壊後の調査によるので、データの精度に多少のちがいがあ

る。用いた要因は、崩壊に関連があると思われるもので、両グループ双方に共通に調査されている項目で表-111に示す要因である。

総点検の際の危険度ランク分けでは、この内地被物の状態、地質区分については配点対象となっていないので、この両者を除いた計算も行なった。また総点検の際には“オーバーハングの有無”が配点対象となっているが、災害実態調査では調査項目として含まれていないので要因としては取り上げていない。

昭和47年に建設省の実施した総点検について、ここで用いたデータについてみると表-112のようにランクAのものの発生はB、Cに比べて高くなっている。

オーバーハング（災害調査では含まれていない）を除いた5要因について数量化による計算を行なってみると崩壊、非崩壊の得点による頻度分布は図-229のようになり、適中率74.6%で、比較的良好な判別ができることとなる。要因のレンジを比較すると表-113のようになり、表土の厚さが崩壊に最も関係する要因となり、次いで傾斜、高さの順となる。数量化による判別をもとにして要因を配点するなら、このレンジの大小が要因間の配点比として使うことができる。また、各

表-111 要因、カテゴリー一覧表

1. 地被物の種類	(1) 裸地 (2) 草地 (3) 林地A(10年未満) (4) 林地B(10年以上) (5) その他(竹等)
2. 斜面の傾斜	(1) 30°～44.9° (2) 45°～59.9° (3) 60°～
3. 斜面の高さ	(1) ～19.9m (2) 20m～49.9m (3) 50m～
4. 湧水の有無	(1) 有 (2) 無
5. 崩壊の有無	(1) 有 (2) 無
6. 表土の厚さ	(1) 0.5m以下 (2) 0.5m以上
7. 地質	(1) 噴出岩類 (2) 深成岩類 (3) 水成堆積岩類 (4) 変成岩類

※注 斜面の傾斜は、斜面の上端から末端まで斜面の高さは末端から上端までの高さ、崩壊の有無とはその斜面も含めた付近の斜面の過去における崩壊の有無

要因毎のどの区分に点を多く与えるかはカテゴリーの得点の大小を比較すればよい。例えば斜面の傾斜についてはカテゴリー3の60°以上の斜面が崩壊発生に最も関係していて、次いで2の45°~60°となる。これをまとめて表現すれば表-114のようになり、ここで扱った区域の他の斜面、あるいは地質、地形、気象条件等が類似と判断される地域でこの数量化による結果をもとにして、崩壊発生危険度を判定するには、この表の該当する要因の該当する区分の得点を合計することによって、その斜面の危険度をあらわす点とすればよい。この合計点が、例えば総点検で区分したようにA、B、C、3段階のいずれに属するかは、A、B、C、の境界を設定しなければならないが、数量化解析の結果から出てくるものではなく、例えば対策事業実施のプライオリティを決めるための行政的判断で設定され得るものであろう。ただし、この合計点が、適中率74.6%で(すなわち25.4%の誤差をもって)、危険度の高いグループに属するか、危険度のあまり高くないグループに属するかの判定はできることになる。

以上はいくまでもある特定の地域での、既存のデータを用いての

解析であり、一般的に用いられるものではない。また崩壊が発生しやすいかどうかの判断基準を見つけるための試算でもある。実際に急傾斜地の危険地域区分には2つの意味があって、1つは、崩壊を起しやすい斜面の区分であり、もう1つは、崩壊が起った場合の被災規模による区分である。前者については、ここで試みたような斜面の自然要因のみによる数量化解析が、危険地のあらい一次予測と

表-112 総点検斜面およびけがれ崩壊発生斜面の危険度

	総点検による危険度判定R	47~49年災害 D	D/R×100 %	発生度の倍率	
				A/B	A/C B/C
A	79(39.7%)	65(74.7%)	0.823	5.84	2.16
B	99(49.7)	14(16.1)	0.141	1.00	0.37
C	21(10.6)	8(9.2)	0.381	—	1.00
計	199	87	—	—	—

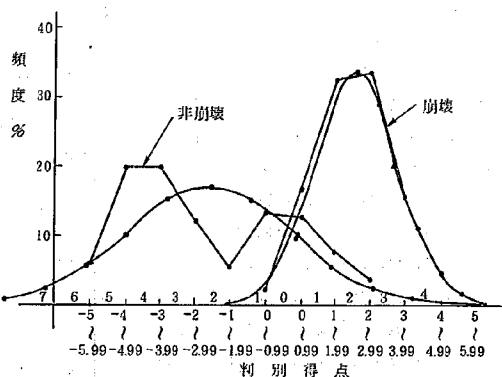


図-229 判別得点分布図

表-113 要因のレンジおよびカテゴリーの得点

カテゴリー 要因 (アイテム)	1	2	3	レンジ
斜面の傾斜	-1.00034	0.12233	1.17514	2.17548
斜面の高さ	0.83405	-0.64928	-1.52951	2.36356
湧 水	0.51426	0.34040		0.85461
周辺の崩壊	-0.00285	0.00187		0.00472
表土の厚さ	-2.69279	1.26599		3.95878

表-114 カテゴリーの得点

要因(項目) \ カテゴリー	1	2	3	4	5
1. 地 被 物	4.08683	3.87162	-2.15353	-1.53398	3.95772
2. 斜面傾斜	-1.01237	0.12386	1.18928		
3. 斜面高さ	0.77413	-0.60264	-1.41962		
4. 湧 水	0.37737	-0.24980			
5. 近辺の崩壊	-0.20795	0.13675			
6. 表土の厚さ	-2.76272	1.29886			
7. 地 質	0.41177	0.37565	-0.45605	-1.67430	

して通用可能である。ただしこの場合に、ここで試みた要因の取り方が妥当という訳ではない。後者の場合は前者と組み合わせて崩壊発生危険度とそこの災害発生危険度として表わされるべきものであろう。例えば図-230のように斜面の高さ毎の崩壊の発生しやすさは、斜面の低いものほど大であるが、被災規模はその逆になっている。図-231の崩壊の高さについても発生しやすさと被災規模は逆の傾向となる。総点検の際の斜面の高さに対する配点が高いのは、この被災規模を考慮したからであろう。

ここで扱った数量化解析は、既存のデータの利用を考えて行なったもので、新にデータを求める作業はしていない。したがって総点検斜面と崩壊斜面との対応が不明瞭であり、「外的基準」の分類が必ずしも明瞭ではない。

総点検の際には、これまで定性的に崩壊との結びつきが大きい要因を知る手段として湧水や、近辺の崩壊等が配点対象とされているが、特に湧水については調査時点での見落しが予想されるので取り扱いのむづかしい要因であろう。斜面への浸透水、地表水の流入量に關係する集水面積等を要因とするのも1つの手であろう。また、地質区分そのものは、崩壊発生にはあまり関係がないと言われるが、その質で区分すると、やはり重要な要因と考えなければならない。崩壊危険地予測の上では、急傾斜

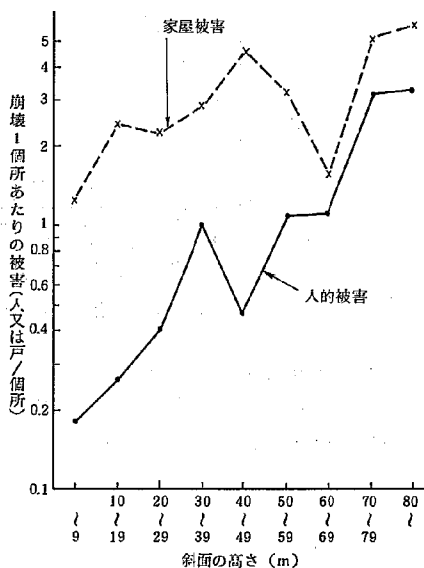


図-230 斜面の高さと被害規模

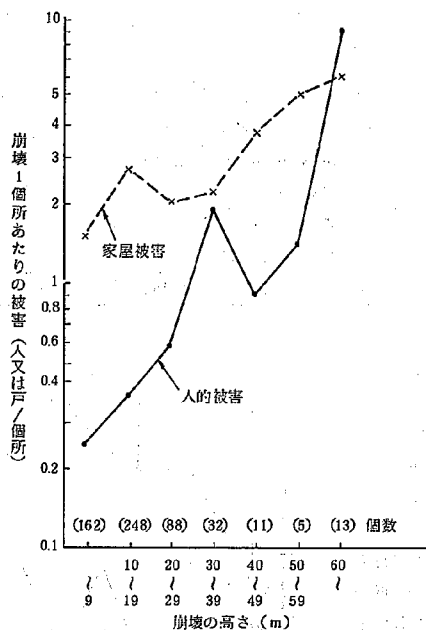


図-231 崩壊の高さと被害規模

対策という点から見れば、斜面周辺には被災対象がすでに存在するので、崩壊が発生しやすいかどうかの予測の他に、その周辺の被災対象の規模、重要度等を重要な要因として取り入れた危険度予測とその量的表現が望ましい。

§ 22 被害規模

被害については、1. 人的被害（死者、負傷者）、2. 家屋被害（全壊、半壊、一部破損）、3. その他の被害に分けて調べた。同時に当該崩壊斜面周辺の保全対象人家戸数についても調べた。

保全対象人家戸数は1崩壊あたり、22.5戸となる。

被害規模については表-115に示す。

表-115 被害総括表

	保全対象 人家戸数	人 的 被 害			家 屋 被 害			
		死 者	負 傷 者	合 計	全 壊	半 壊	一部破損	合 計
全 数 *1	(563) 12,659	(563) 159	(563) 232	(563) 391	(563) 372	(563) 318	(563) 635	(563) 1,325
人的被害、家屋被害別の それぞれの割合	—	% 40.7	% 59.3	—	% 28.1	% 24.0	% 47.9	—
崩壊1箇所あたりの数	22.5	0.282	0.412	0.694	0.661	0.565	1.128	2.353
保全対象人家1戸あたりの被害	—	0.013	0.018	0.031	0.029	0.023	0.050	0.105
被災家屋1戸あたりの 人的被害	—	0.120	0.175	0.295	—	—	—	—

*1 () 内は崩壊個数

人的被害の内約41%は死者・行方不明者であり、家屋被害の内約28%が全壊である。崩壊1箇所あたりの被害は、人的被害が0.69人/1箇所（死者・行方不明者は0.28人/1箇所）、負傷者は0.41人/1箇所）、家屋被害が2.35戸/1箇所（全壊0.66戸/1箇所、半壊0.57戸/1箇所、一部破損1.13戸/1箇所）となる。また保全対象人家1戸あたりの被害は、人的被害が0.031人/戸（死者・行方不明者0.013人/戸、負傷者0.018人/戸）、家屋被害が0.105戸/戸（全壊0.029戸/戸、半壊0.023戸/戸、一部破損0.050戸/戸）となる。被害家屋1戸あたりの人的被害は0.295人/戸（死者・行方不明者0.120人/戸、負傷者0.175人/戸）となる。被災した家屋1戸につき4人足らずに1人の割りで事故に合っていることとなり、平均1世帯1人程度の犠牲を出していることになる。警戒避難体制の確立によってのみでも、この人的被害はかなり減らすことが可能である。

次に、斜面および崩壊の規模と被害の程度を比較してみる。

まず斜面の高さと比べると、図-230のように斜面の高さ規模の増大とともに崩壊1箇所あたりの被災規模は急増する。特に人的被害の増加率が極めて高い。斜面高さと関連の深い崩壊の高さについては図-231のように斜面の高さとはほぼ同じ傾向である。図-232からも分るように崩壊の高さが高いほど、崩壊の位置が高いほど被災規模は増大する。

斜面の傾斜については図-233のように30°～40°で極めて被害規模が大で、以下、傾斜の増加とともに被害規模は急激に減少する。特に人的被害の場合は40°以上で極めて少ない。傾斜の大小は崩壊の型、崩土の含水の程度、等に関係があり、崩土の到達距離が、傾斜の増加とともに減少するから

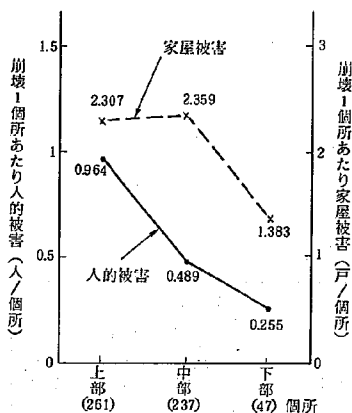


図-232 崩壊の位置と被害規模

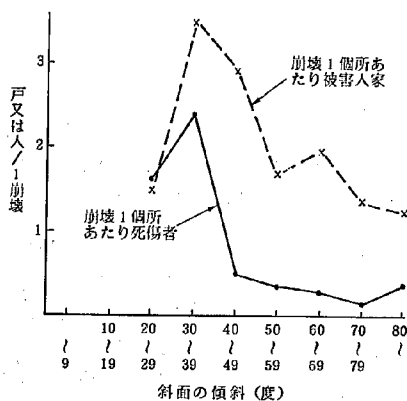


図-233 斜面傾斜と被害規模

でもあろう。

崩土の到達距離との関係は図-234に示すように、流下距離の増大とともに被害規模は増大する。崩土の流下距離は、斜面下端からの地盤の勾配や、崩土の流下の障害となる人家の配置や密集度によって変化するが、当然流下距離の大きいような崩壊は、被災範囲を拡げることとなる。斜面の高さに対する崩土の到達距離との関係を見ても図-235のようにこの値の大きい程、被災規模は大きくなっている。

斜面が山腹状か又は台地状かで、被災規模は異なる。図-236のように台地状の斜面では山腹状の斜面に比べ被災規模がかなり小さい。これは台地斜面の高さが山腹斜面に比べ相対的に低いものが多いことなどによると考えられる。山腹状斜面では山林に利用されているものも多く、逆に台地状斜面では人家、田畑等に利用されているものが多い。斜面高さが大で、崩壊位置の高い崩壊を多く含む山腹状斜面に多く分布す

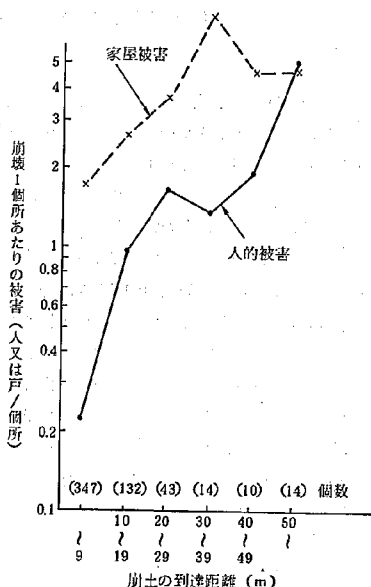


図-234 崩土の到達距離と被害規模

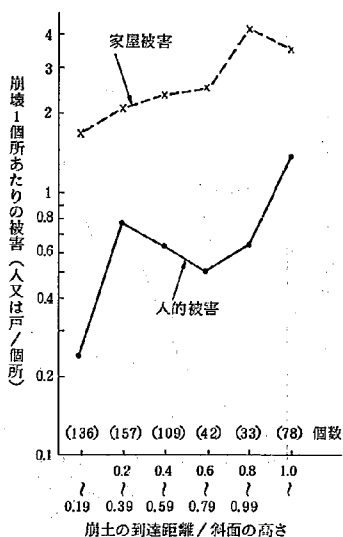


図-235 崩土の到達距離/斜面の高さと被災規模

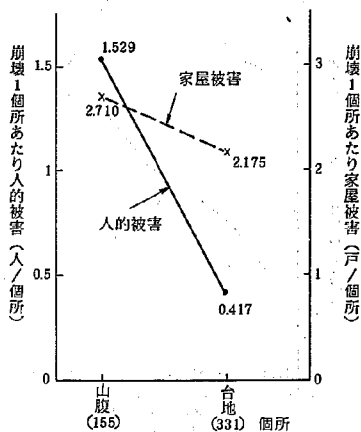


図-236 斜面上方の状態と被災規模

る山林での崩壊の被害規模は大きく、人家、田畑等は人為的な崩壊の起りやすさを持つが、斜面高、崩壊位置が比較的低いこともあって被害規模は相対的に低い (図-237)。

崩壊の巾については図-238のように人的被害については巾の大きなものほど被害規模は大きくなるが、家屋被害については、30~40mをピークにした形になっている。

家屋の配置が必ずしも一連の斜面全市にわたって一様になっているとは限らないためであろう。

崩壊の深さ、崩壊土量については図-239、図-240のようにその値の増大とともに被害の規模は大きくなる。

崩土が泥状になるものは、崩土の流下範囲も拡がり、土塊状、岩塊状のものに比べ、

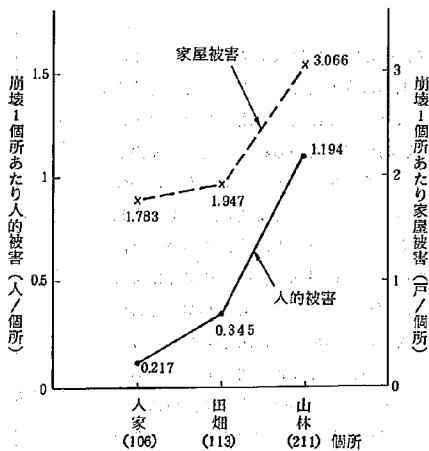


図-237 土地利用と被害規模

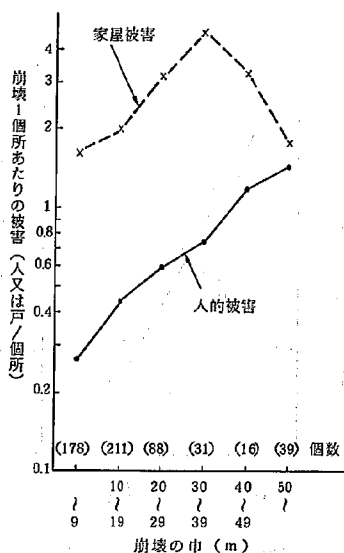


図-238 崩壊の巾と被害規模

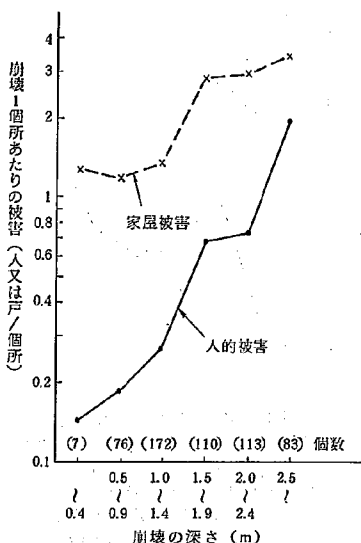


図-239 崩壊の深さと被害規模

わずかに被害規模は大である (図-241)。

以上のように当然のことながら、崩壊規模の大きなものほど被害規模が大きいという一般的傾向が認められる。斜面下に固定的に存在する家屋等の被害は、家屋の移転、斜面の安定化等によって被害減少を図らねばならない。一方、人的被害については、もちろん家屋の移転、斜面の安定化によって、被害をなくすることができるが、その他に警戒避難体制の整備によってもかなりの被害をくい止めることが可能であり、対策工事、家屋移転等が全国6万余箇所について瞬時に達成が有り得ないことを考えると、避難という方法が、その間の災害を減少させるのに極めて有効な手段であることがわかる。警戒避難体制作りとそのための崩壊危険地の適確な予測と崩壊発生危険時の予

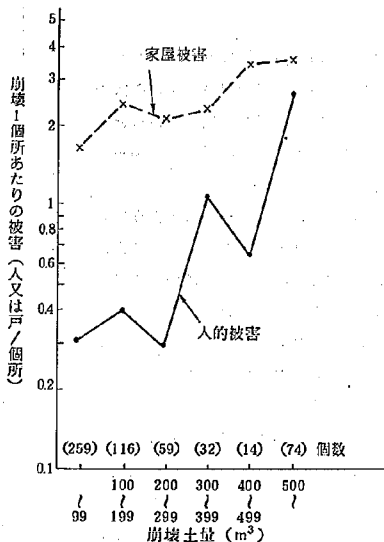


図-240 崩壊土量と被害規模

知システムの整備がきわめて重要な課題であるゆえんであろう。

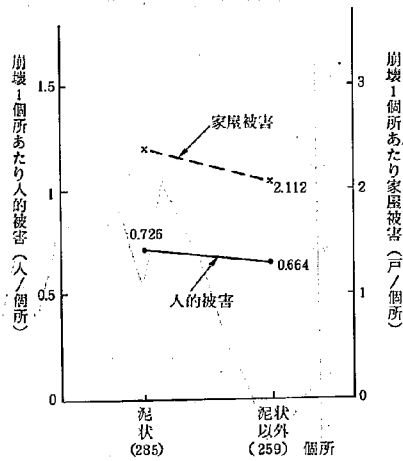


図-241 崩土の状態と被害規模

§ 23 がけ崩れ発生時刻と災害規模

昭和47年～49年のがけ崩れ527件について、その発生時刻を調べてみると図-242のようになった。深夜の10時過ぎから早朝にかけて発生頻度が高く、以降多少変化はあるが次第に減ってきて午後9時以降再び増加する。これを台風によるものと、その他の前線、低気圧、雷雨等による豪雨に分けてみると図-243のようになり、台風の場合が真夜中に集中し、豪雨は早朝に集中するという傾向になっている。これらの原因自体を調べることはかなりむづかしいが、がけ崩れ発生予測および警戒避難の上からはこの傾向は重要である。一般に雨によるがけ崩れ発生は夜間に集中し、がけ崩れ発生の予測とその伝達、避難等を夜間、特に深夜から早朝にかけて適格に実施できるように配慮した体制づくりが重要であることを物語っている。

次に572件の内人的被害をともなったがけ崩れ117件について、人的被

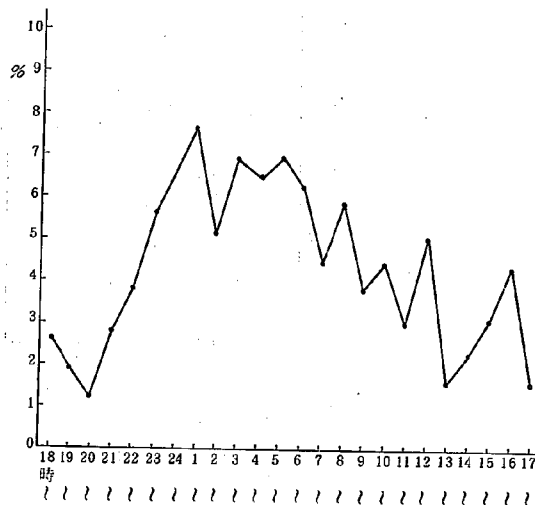


図-242 がけ崩れ発生時刻頻度

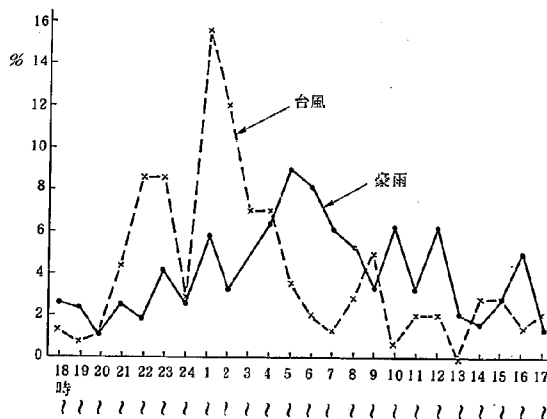
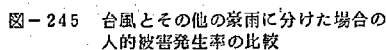
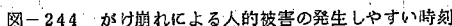


図-243 台風とその他の豪雨に付けた場合の がけ崩れ発生時刻頻度

次に図-244で行なった発生率を台風と豪雨に分けて比較してみると図-245のようになり、台風の場合は深夜～早朝に発生率が高く、豪雨の場合は早朝～朝へずれている。いずれも昼間は発生率が低い、特に台風の場合は12時～21時の間は発生率0となっている。けげ崩れ発生への予測が台風に比べて比較的むづかしいと考えられる豪雨の場合でも昼間は発生率が低くなり、警戒避難の警告が行き渡りやすく、これに対する住民の対応も比較的スムーズに行なわれていると考



えられる。台風の場合はさらに住民の感心が強いので、屋間の警戒避難はかなりの効率で行なわれていると解釈できる。表-116に以上の計算の総括表をあげておく。

水谷氏^{*32}も図-246のように崩壊災害の人命被害度(D/H)(住家全半壊1戸あたりの死者行方不明)という指標を作り、深夜の崩壊災害による被害度が極めて高い(D/H>0.26)ことを示し、避難の時刻による難易を説明している。

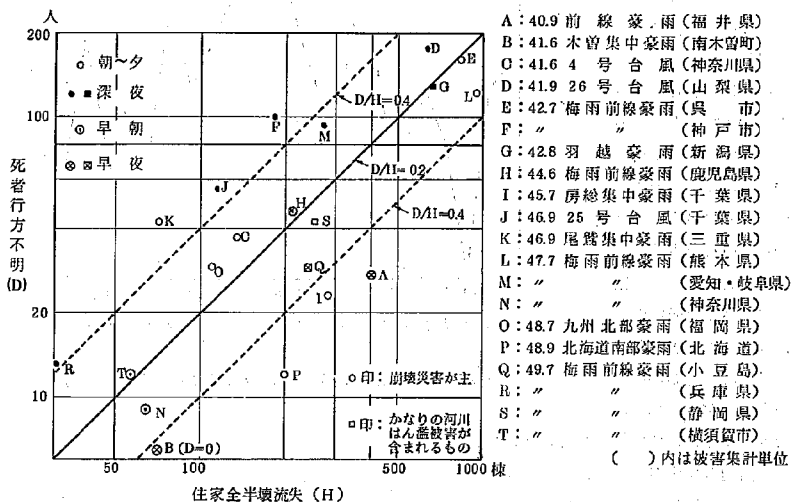


図-246 崩壊災害の人命被害度(D/H)(水谷氏)

*32 水谷武司: 災害発生時刻と人命被害度との関係——時刻差による避難の難易に関連して——
防災科学技術, No 27, P.13, 1975.3。

表-116 かけ崩れ発生時刻および人的災害発生総括表

時刻	全かけ崩れ		人的被害をともなった かけ崩れ		台風によるかけ崩れ				豪雨によるかけ崩れ				台風によるかけ崩れ 人的被害をともなったもの				豪雨によるかけ崩れ 人的被害をともなったもの				人的被害発生率		
	個数	頻度%	個数	頻度%	個数	頻度%	個数	頻度%	個数	頻度%	個数	頻度%	個数	頻度%	個数	頻度%	個数	頻度%	個数	頻度%	全崩 かけ	台 風	豪 雨
時	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	D/B	P/H	T/L
0~1	15	2.6	2	1.7	4	2.9			10	2.6			7	26.9			2	2.3			0.65		
1~2	44	7.7	13	11.1	22	15.7	43	30.7	22	5.8	44	11.6	4	15.4	11	42.3	6	6.8	9	10.2	1.44	1.38	0.88
2~3	30	5.2	5	4.3	17	12.1			12	3.2			0	0			1	1.1			0.83		
3~4	40	7.0	7	6.0	10	7.1			27	7.1			5	19.2			7	8.0			0.86		
4~5	37	6.5	9	7.7	10	7.1	25	17.9	24	6.3	85	22.4	2	7.7	7	26.9	4	4.5	22	25.0	1.18	1.50	1.12
5~6	40	7.0	13	11.1	5	3.6			34	9.0			0	0			11	12.5			1.59		
6~7	36	6.3	10	8.5	3	2.1			31	8.2			0	0			10	11.4			1.35		
7~8	25	4.4	7	6.0	2	1.4	9	6.4	23	6.1	74	19.5	1	3.8	1	3.8	7	8.0	23	26.1	1.36	0.59	1.34
8~9	34	5.9	8	6.8	4	2.9			20	5.3			0	0			6	6.8			1.15		
9~10	22	3.8	4	3.4	7	5.0			12	3.2			0	0			2	2.3			0.89		
10~11	26	4.5	7	6.0	1	0.7	11	7.9	24	6.3	48	12.7	1	3.8	1	3.8	7	8.0	10	11.4	1.33	0.76	0.90
11~12	17	3.0	2	1.7	3	2.1			12	3.2			0	0			1	1.1			0.57		
12~13	29	5.1	5	4.3	3	2.1			24	6.3			0	0			5	5.7			0.84		
13~14	9	1.6	1	0.9	0	0	7	5.0	8	2.1	38	10.0	0	0	0		1	1.1	9	10.2	0.56	0	1.02
14~15	13	2.3	3	2.6	4	2.9			6	1.6			0	0			3	3.4			1.13		
15~16	18	3.1	2	1.7	4	2.9			10	2.6			0	0			2	2.3			0.55		
16~17	25	4.4	3	2.6	2	1.4	9	6.4	19	5.0	34	9.0	0	0	0		3	3.4	6	6.8	0.59	0	0.76
17~18	9	1.6	1	0.9	3	2.1			5	1.3			0	0			1	1.1			0.56		
18~19	15	2.6	3	2.6	2	1.4			10	2.6			0	0			3	3.4			1.00		
19~20	11	1.9	2	1.7	1	0.7	6	4.3	9	2.4	23	6.1	0	0	0		2	2.3	5	5.7	0.89	0	0.93
20~21	7	1.2	0	0	3	2.1			4	1.1			0	0			0	0			0		
21~22	16	2.8	2	1.7	6	4.3			10	2.6			1	3.8			1	1.1			0.61		
22~23	22	3.8	4	3.4	12	8.6	30	21.4	7	1.8	33	8.7	2	7.7	6	23.1	2	2.3	4	4.5	0.89	1.08	0.52
23~24	32	5.6	4	3.4	12	8.6			16	4.2			3	11.5			1	1.1			0.61		
計	572		117		140		140		379		379		26		26		88		88				

§ 24 災害原因と災害規模

がけ崩れ災害の多くは台風、前線あるいは低気圧にともなう降雨により起る。自然現象としてのがけ崩れは多少の違いはあるにしても、これらの原因の違いにかかわらず（ここでは降雨についてのみ考えている）強雨、大雨等の規模によりその発生がかなり支配される。しかし災害の規模になると原因となる気象条件、発生時刻等に大いに関係があると思われる。表-117は昭和49年に発生したがけ崩れの内190件について、その時の気象条件を台風とその他の前線性あるいは低気圧にともなう降雨とに分けて災害の様相をまとめたものである。これは台風の場合はかなり前から進路の予報がされており、警戒避難等の準備が充分行なわれている場合が多く、また、がけ周辺の人々にも警戒避難にかなりの注意をよせているであろうと考えられ、一方、前線や低気圧等の場合は降雨の集中する地域や、その規模の予測をたてにくい場合が多く、警戒避難の準備と実施が円滑に行ないにくいと考えられる。という点に注目して分けたものである。

表のA欄は、がけ周辺の保全対象人家1戸あたりの全壊・半壊・一部破損人家戸数を示したもので台風による場合の方が多く、家屋等の被災の程度は台風の方がその規模は大きい。一方、保全対象人家1戸あたりの死者・行方不明者・負傷者等の数、および全壊・半壊・一部破損家屋1戸あたりの死者・行方不明者・負傷者の数は、台風の方が突発的な集中豪雨に比べかなり低率であることが分る。すなわち、台風によるがけ崩れは比較的大きな物的被害をひき起すわりに、人的被害が少ないことがわかる。これの主な理由は前述したように、台風の場合被災想定地域および時刻の予測がかなり前から行なわれ、したがって警戒避難が比較的スムーズに行なわれるからであると考えられる。これだけからも、がけ崩れによる人的被害の軽減を図る上で警戒避難がいかに重要であるかが分る。

昭和50年四国をおそった台風5号による高知県内の主ながけ崩れ49件について同様の計算をしてみると表の最下欄のようになる。^{*26} 台風5号が高知にがけ崩れを頻発させたのは正午過ぎから夕方にかけてであることに着目して比較してみると、台風5号の威力は49年全国の平均的な台風を上回っている（被災家屋数/保全対象人家戸数）にもかかわらず、人的被害の規模（人的被害/保全対象人家戸数、人的被害/被災家屋数）はこれをかなり下回るものであることが分る。災害発生が昼間であるか夜間であるかは警戒避難の円滑な実施を左右する重要な要因にあげることができる。

表-117 災害原因と災害規模

		保全対象人家1戸 あたりの被災家屋 数（全・半壊・一 部破損）	保全対象人家1戸 あたりの人的被害 （死者・行方不明 ・負傷者）	被災家屋1戸あた りの人的被害
49年全国	集中豪雨 (90件)	戸/戸	人/戸	人/戸
	台風 (100件)	0.070	0.027	0.385
		0.092	0.020	0.221
50年台風5号高知 (49件)		0.110	0.017	0.139

§ 25 あ と が き

災害発生後の最も多忙を極める頃に、かなり面倒な調査を実施していただいた各都道府県および土木事務所のかたがたの御努力にまず深甚の意を表したいと思います。調査結果は極めて貴重なものであるにもかかわらず、そのまとめが不十分で、調査を担当されたかたがたの労に充分報いらなかったことに対して、私達の非力さをおわびしたいと思います。整理のしかたや整理項目も本資料の内容以外にも種にあると思いますが、本資料が皆様の今後の急傾斜地崩壊対策のための貴重な資料となることを確信しています。

なお、調査項目の内、降雨関係の資料の整理は、改めて行ないたく思っています。

本資料に対する疑問、御助言、御意見をお待ちしています。

本資料をまとめるにあたって、調査実施を御指導された建設省傾斜地保全課長大工原潮氏はじめ課員の皆様、貴重な御助言をいただいた土木研究所砂防部長渡正亮氏および急傾斜地崩壊研究室の皆様、に感謝の意を表します。また、資料整理を分担していただいた井上敏子氏の御助力にも感謝します。

指 導	安 江 朝 光
文 責	大久保 駿
整 理	吉 川 正 徳
	山 口 あけみ