

土木研究所資料
昭和57年7月長崎豪雨
による土砂災害
調査報告書

昭和59年 3 月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

Copyright © 1984 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted,
nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

まえがき

昭和57年7月23日から24日にかけて、長崎県は近来まれにみる集中豪雨に襲われ、わずか一晚で299名の尊いいのちと、総額3000億円にものぼる莫大な資産を失う結果となった。

とくに、人的被害を原因別にみると、土石流、がけ崩れなどの土砂災害によるものがひじょうに多く、犠牲者の約70%を占めている。(残りの30%は主として洪水氾濫によるものである)

これらの被害状況の概要については、「土研資料第1958号 昭和57年7月長崎豪雨災害調査概要 昭和58年3月」で報告したとおりである。

本報告は、これに引き続いて、土石流及びがけ崩れによる災害について、現地調査を含むやや詳細な調査をおこなった結果をまとめたものである。

内容としては、広範囲にわたる災害の実態調査のほか、土砂災害の発生機構についてもいくつかの検討を加えた。

なお、地すべり災害については、別途「土研資料第1937号 昭和57年梅雨前線、台風による地すべり災害(長崎県、熊本県、奈良県)現地調査報告書 昭和58年3月」を参照していただきたい。

調査にあたっては、長崎県土木郡河川砂防課(現、砂防室)の諸氏にたいへんお世話になった。記して感謝の意を表わす。

昭和59年3月

土 木 研 究 所

砂 防 研 究 室	室 長	瀬 尾 克 美
	主任研究員	水 山 高 久
	研 究 員	万 膳 英 彦

急傾斜地崩壊研究室	室 長	土 井 功
	研 究 員	服 部 泰 治
	"	石 川 芳 治

昭和57年7月長崎豪雨による土砂災害調査報告書

目

次

まえがき

第1編 災害の概要	1
第1章 気象	1
1. 気象経過	1
(1) 昭和57年7月の気象	1
(2) 7月23日の気象	1
2. 降雨状況	2
(1) 観測体制	2
(2) 主な観測所の記録	2
① 長崎海洋気象台の記録	2
② 主な降雨記録の順位	2
(3) 雨量分布	3
(4) 降雨特性	3
3. 降雨量の推移と災害の発生	6
第2章 地形地質概説 → 土研資料1958号による	7
1. 地形概説	7
2. 地質概説	11
(1) 長崎変成岩類	11
(2) 古第三紀層	12
(3) 閃緑岩	12
(4) 変朽安山岩類	12
(5) 長崎火山岩類	12
(6) 角閃石安山岩類	13
第3章 災害の概要	15
1. 災害の特徴	15
2. 土砂災害の発生件数と被害	15
3. 土砂災害の分布	17
第2編 土石流災害	21
第1章 土石流発生状況調査	21

1. 調査の内容	21
(1) 調査手法	21
(2) 調査表の作成	21
(3) 見取図の作成	29
2. 土石流の特性	29
(1) 土石流の発生と流域特性	29
① 流域面積	29
② 流域平均勾配	31
③ 谷次数	32
④ 標高区分	34
⑤ 崩壊面積	36
⑥ 発生部の勾配	36
⑦ 崩壊部の勾配と地質	37
⑧ 流下部の平均勾配	38
⑨ 堆積区間	39
⑩ 最大屈曲角と分散角	41
⑪ 地質区分と形態	43
⑫ 植生	45
(2) 土石流の発生と降雨量	46
① 継続雨量と雨量強度	46
② 土砂災害の分布と降雨量	48
(3) 防災施設の効果	48
(4) 既往土石流調査の適合性	63
① 土石流危険溪流調査結果と土石流発生溪流	63
② 非適合溪流の要因分析	64
③ 危険度ランクの適合性	73
④ 土石流危険区域調査結果と土石流堆積区域	80
第2章 土石流動態調査	81
1. 調査の手順	81
2. 調査地域の概要	84
(1) 調査地域周辺の地形、地質、植生	84
(2) 土石流の分布と地形、地質	84
(3) 流域諸元と土地利用	85
(4) 降雨と被害状況	85

3. 土石流発生域調査	90
(1) 崩壊地諸元	90
(2) 土質調査	91
① 長龍寺地区	93
② 陣ノ内地区	93
③ 芒塚地区	93
(3) 簡易弾性波探査	94
4. 土石流流下域調査	95
(1) 地形調査	95
(2) 流下痕跡調査	95
① 土石流高	96
② 土石流流速	96
(3) 立木調査	96
5. 土石流堆積域調査	96
(1) 地形調査	96
(2) 堆積状況調査	96
(3) 流木調査	97
6. 被害状況調査	97
(1) 聞き込み調査	97
(2) 被害原因とその特徴	97
① 長龍寺地区	97
② 陣ノ内地区	98
③ 芒塚地区	99
(3) 災害状況の総括	99
7. 土石流発生機構の考察	101
(1) 土石流発生と崩壊	101
(2) 溪床条件	110
(3) 赤土石と白土石	110
8. 土石流氾濫堆積模型実験	110
(1) 実験概要	110
(2) 実験結果	110
① ラショナル式による流量を与えた場合	110
② ラショナル式の2倍の流量を与えた場合	111
③ 有効雨量から求められる流量を与えた場合	111

9. 土石流動態調査のまとめ	112
----------------------	-----

第3編 かけ崩れ災害	114
------------------	-----

第1章 かけ崩れ実態調査	114
--------------------	-----

1. かけ崩れの概況	114
------------------	-----

2. かけ崩れの要因	114
------------------	-----

(1) 降雨と崩壊	114
-----------------	-----

(2) 崩壊の分布	115
-----------------	-----

(3) 崩壊形態及び規模	115
--------------------	-----

3. 急傾斜地崩壊危険箇所総点検との関係	121
----------------------------	-----

4. かけ崩れ災害の特徴と問題点	122
------------------------	-----

第2章 北栄町，神の島のがけ崩れ地盤調査	122
----------------------------	-----

1. 調査目的	122
---------------	-----

2. 調査地概要	123
----------------	-----

3. 調査内容	123
---------------	-----

(1) ボーリング調査	129
-------------------	-----

(2) 孔内水平載荷試験	129
--------------------	-----

(3) 原位置透水試験	130
-------------------	-----

(4) 土質力学試験	130
------------------	-----

(5) 弾性波探査	130
-----------------	-----

(6) 土研式簡易貫入試験	131
---------------------	-----

(7) 崩壊地の地形	143
------------------	-----

(8) 崩壊地の地下水	143
-------------------	-----

4. 安定解析	144
---------------	-----

5. まとめ	145
--------------	-----

第1編 災 害 の 概 要

第1章 気 象

長崎県をはじめとする九州各県や山口県などに大災害をもたらした昭和57年7月の大雨（気象庁により「昭和57年7月豪雨」と命名された）は、長崎県西彼杵郡長与町で187mm（23日19時～20時）という日本気象庁観測史上最大の時間雨量を記録したことから明らかなように、まれにみる豪雨であった。

本章では、気象経過をたどるとともに、各観測所の降雨記録から、その特性をとりまとめる。

1. 気象経過

(1) 昭和57年7月の気象

長崎県地方は6月13日に梅雨入りしたものの、6月中は太平洋高気圧の勢力が弱く、梅雨前線が九州南海上に停滞していたために、記録的な少雨であった。長崎海洋気象台における6月の総降水量は66.0mmで、平年の5分の1程度にすぎなかった。このような状態は7月9日まで続いたが、黄海の低気圧が日本海を東進するのに伴って東西にのびる前線が九州北部にかかり、この前線の活動によって10日以降は断続的な降雨に見舞われていた。7月10日から26日までの日雨量は表1-1のとおりである。

表1-1 日雨量表(57.7.10～26)

月 日	日 雨 量 mm	累 加 雨 量 mm
7月10日	17.5	17.5
11日	131.5	149.0
12日	36.5	185.5
13日	47.5	233.0
14日	3.5	236.5
15日	0.5	237.0
16日	21.5	258.5
17日	31.5	290.0
18日	41.0	331.0
19日	8.0	339.0
20日	243.0	582.0
21日	0	582.0
22日	0	582.0
23日	448.0	1,030.0
24日	124.0	1,154.0
25日	1.5	1,155.5
26日	3.0	1,158.5

長崎海洋気象台

(2) 7月23日の気象

7月22日未明、揚子江下流域に1000mbの低気圧が発生して東に進み始めた。中心から東西にのびる梅雨前線は東シナ海を通過して奄美大島付近に達している。

この低気圧は、23日9時には済州島付近にあって、996mbに発達した。低気圧の東進に伴って梅雨前線もしだいに北上、23日21時の天気図によれば、低気圧の中心は朝鮮半島の南岸にあり、南東にのびる梅雨前線は長崎県南部を横断している（図1-1）。

その後、低気圧の動きはにおくなり、25日になってやっと瀬戸内海へぬけた。この間、長崎県付近に停滞していた梅雨前線に強い湿舌が流入して活動を助長した。

長崎県地方では、7月23日9時、対馬の西方海上に高さ7km以上の強い雨雲が現われ、東南東に動き始めた。15時には対馬付近、17時ごろには長崎県北部に達し、県北部から大雨が降

り始めている。この強い雨雲の区域はさらに南東に進み、19時ごろ県中部に達したが、その後24日朝までこの付近に停滞して大雨を降らせた。

2. 降雨状況

(1) 観測体制

長崎大学の調査によると、長崎県南部地方で、今回の豪雨を記録した雨量観測機関は、官民合せて約100ヶ所にものぼっている。観測方法はすべて転倒ます型自記雨量計によるものであるが、記録紙の種類は1日巻と1週間巻があり、前者は10分間雨量まで、後者は1時間雨量まで読み取り可能である。

(2) 主な観測所の記録

① 長崎海洋気象台の記録

長崎海洋気象台の観測による23日17時から10分間雨量及び累加雨量は図1-2のとおりである。

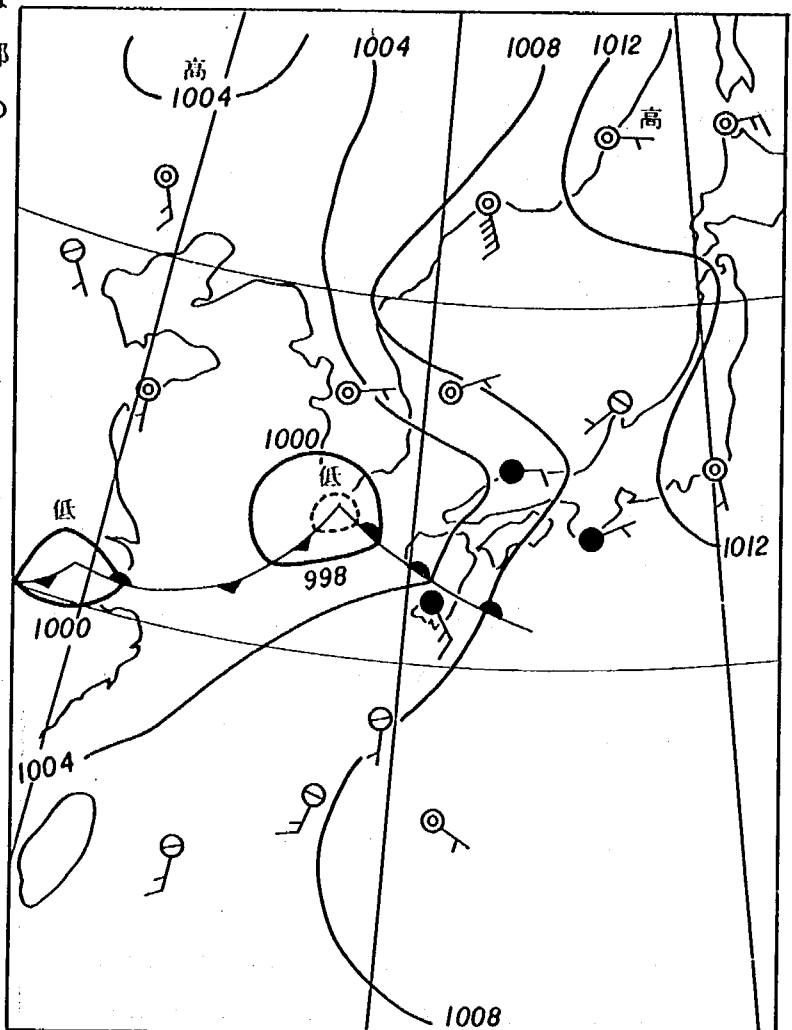


図1-1 天気図(昭和57年7月23日21時)

② 主な降雨記録のベストテンを示す。この中で長与町役場の最大1時間雨量は187mmは、日本の気象観測史上第1位の記録である。

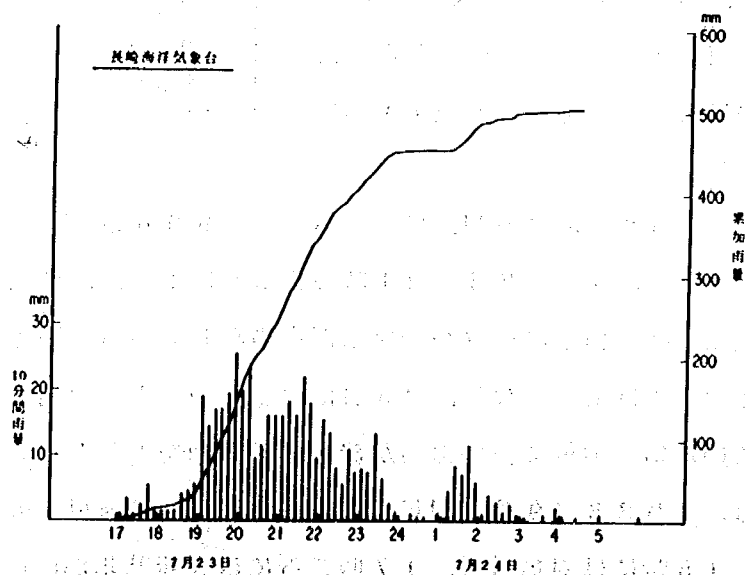


図1-2 10分間雨量と累加雨量

表 1-2 主な降雨記録

順位	最大 10 分 間					最大 30 分 間					最大 1 時 間				
	番号	機	関	降水量	始時	番号	機	関	降水量	始時	番号	機	関	降水量	始時
1	6	幸物分校		43.0	1820	6	幸物分校		110.0	1820	18	長与町役場		187.0	1900
2	19	長与駅		42.0	1920	19	長与駅		103.0	1920	6	幸物分校		182.5	1810
3	28	S S K		40.0	1940	11	神浦ダム		102.0	1820	19	長与駅		168.0	1910
4	11	神浦ダム		36.0	1820	28	S S K		89.0	1940	11	神浦ダム		167.0	1820
5	66	飯盛町役場		32.0	2020	67	飯盛消防		83.0	2000	20	竹中土木		162.0	1900
6	67	飯盛消防		32.0	2020	22	多良見消防		79.5	1930	32	長崎土建		161.0	1900
7	22	多良見消防		30.5	1950	66	飯盛町役場		77.0	2000	10	外海町役場		156.0	1800
8	63	総合農林試		30.0	1950	63	総合農林試		75.0	1940	26	バイパス		155.0	1900
9	3	大島町役場		27.0	1830	40	長崎海洋		71.5	1950	28	S S K		155.0	1920
10	62	地域振興		26.5	1940	62	地域振興		68.0	1940	31	安藤建設		155.0	2000
						65	夫婦木		68.0	1950					
順位	最大 2 時 間					最大 3 時 間					23 日 17 時 - 24 時				
	番号	機	関	降水量		番号	機	関	降水量		番号	機	関	降水量	
1	11	神浦ダム		283.0		32	長崎土建		366.0		32	長崎土建		531.5	
2	30	西海興業		267.0		30	西海興業		364.0		28	S S K		525.5	
3	32	長崎土建		266.0		31	安藤建設		358.0		30	西海興業		512.0	
4	31	安藤建設		265.0		39	九電制御所		346.5		39	九電制御所		499.0	
5	28	S S K		262.0		10	外海町役場		345.0		38	建設省長崎		491.0	
6	67	飯盛消防		254.0		11	神浦ダム		342.5		19	長与駅		485.5	
7	6	幸物分校		252.0		38	建設省長崎		335.0		31	安藤建設		484.0	
8	20	竹中土木		252.0		28	S S K		333.0		25	日本国土		483.0	
9	19	長与駅		250.0		18	長与町役場		330.0		29	矢上団地		480.5	
10	63	総合農林試		249.0		29	矢上団地		330.0		20	竹中土木		479.0	
											12	長浦岳		545.0	

(3) 雨量分布

最大 1 時間雨量, 最大 3 時間雨量, 7 時間雨量 (23 日 17 時 ~ 24 時), 24 時間雨量 (23 日 9 時 ~ 24 日 9 時) の雨量分布は図 1-3 (a) ~ 図 1-3 (d) のとおりである。いずれも, 長崎市東部, 八郎川流域付近にピークがみられ, 長崎市周辺の雨量が極めて多いことがわかる。

(4) 降雨特性

57 年 7 月豪雨は, 気象現象としての特異性を示したばかりでなく, 今後の防災体制のあり方に関して貴重な資料となるものである。以下, その降雨特性をまとめてみる。

- 今日の豪雨の原因は, 温暖前線の停滞及び, この付近に流れ込む暖湿な気流と冷氣によって成層不安定となり, 対流活動が活発化したことにある。このような降雨機構は, 諫早豪雨 (昭和 32 年 7 月) によく類似している。
- 長崎の豪雨の特徴は, 短時間雨量の大きさにある。まず, 最大 1 時間雨量をみると前述のとおり, 長与町役場における 187mm を筆頭に 3 位までの記録がこれまでの日本での最大値, 167.2mm (徳島県福井) を上まわったほか, 今日の 10 位までの記録をとっていても, 過去の第 2 位の値を上まわっている。また長崎県内での既往最大値, 諫早豪雨のときの 144mm/h と比較しても文字どおり記録やぶりの豪雨であったことがわかる。

次に最大 3 時間雨量について調べてみると, 史上第 1 位の記録 (377mm: 西郷, 諫早豪雨) には及ばないが, 第二位を上まわる観測所が 5ヶ所もあることから考えて, 全体としては 3 時間雨量でも諫早豪雨をしのぐものであったといえよう。一方, 7 時間雨量については, 諫早豪雨の方が大きな値を示している。

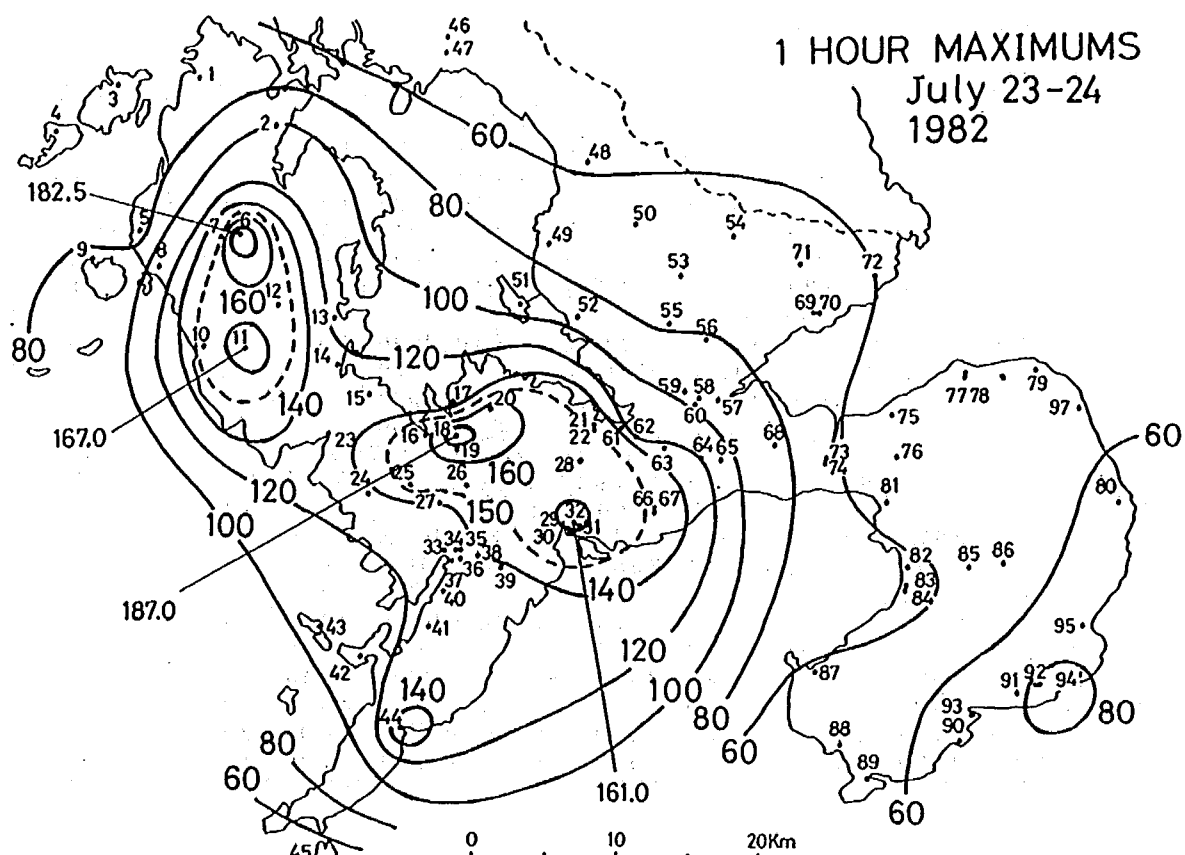


図 1 - 3 (a) 最大 1 時間降水量
(mm: 23 日 9 時から 24 日 9 時まで)

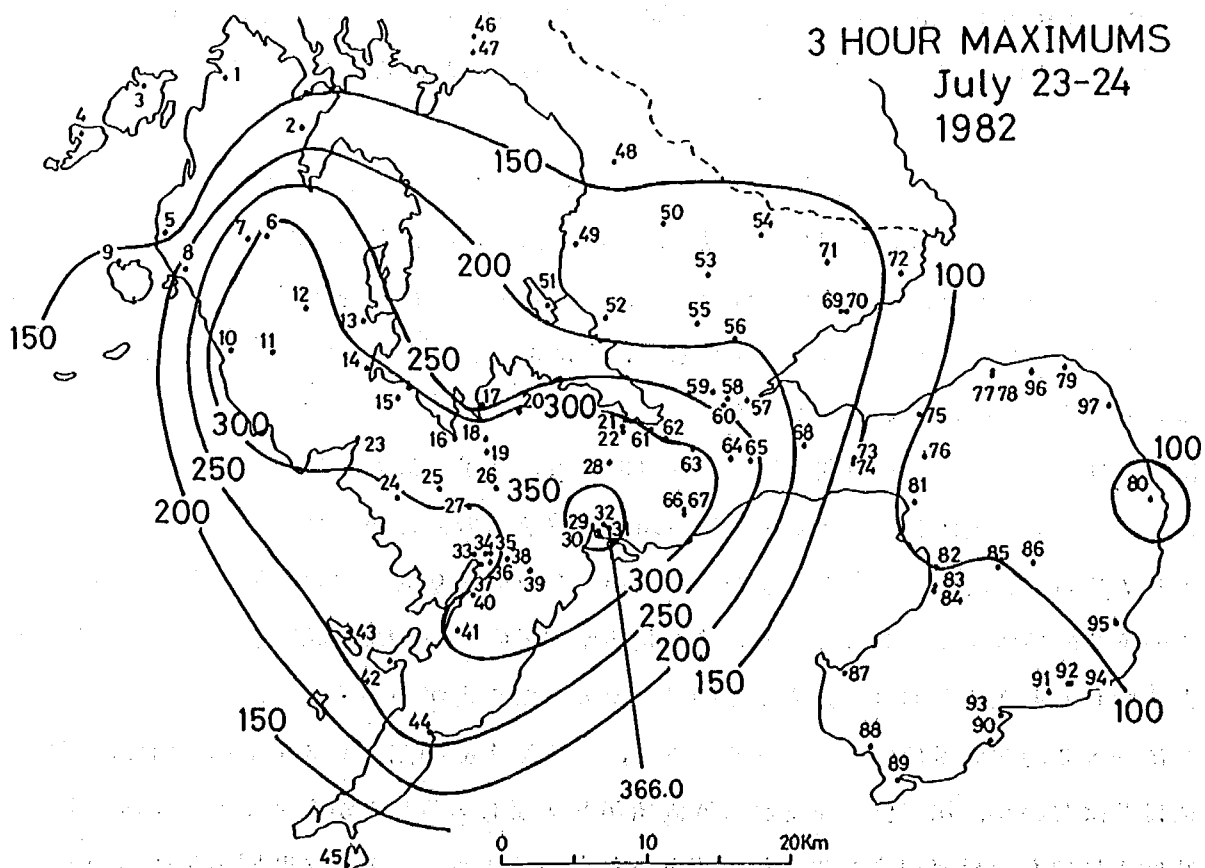


図 1 - 3 (b) 最大 3 時間降水量
(mm: 23 日 9 時から 24 日 9 時まで)

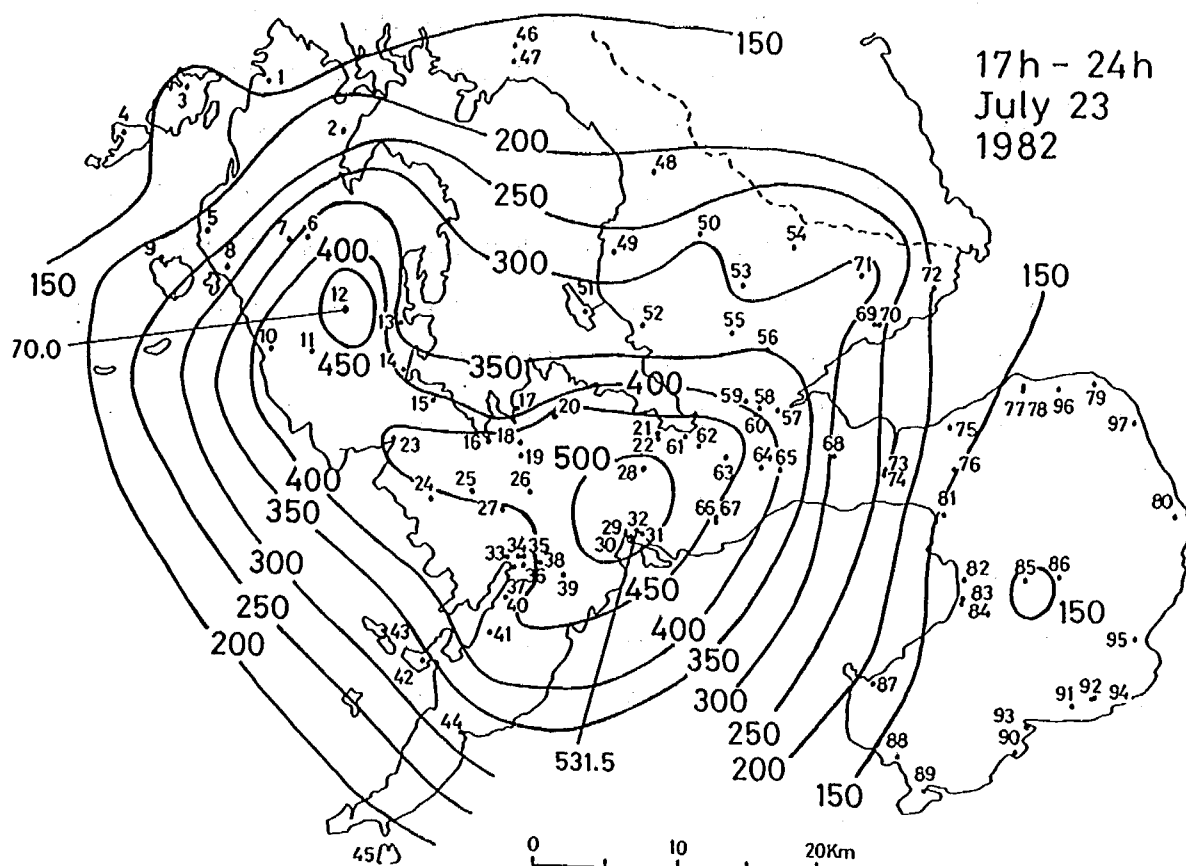


図 1 - 3 (c) 7時間降水量 (mm: 23日17時-24時)

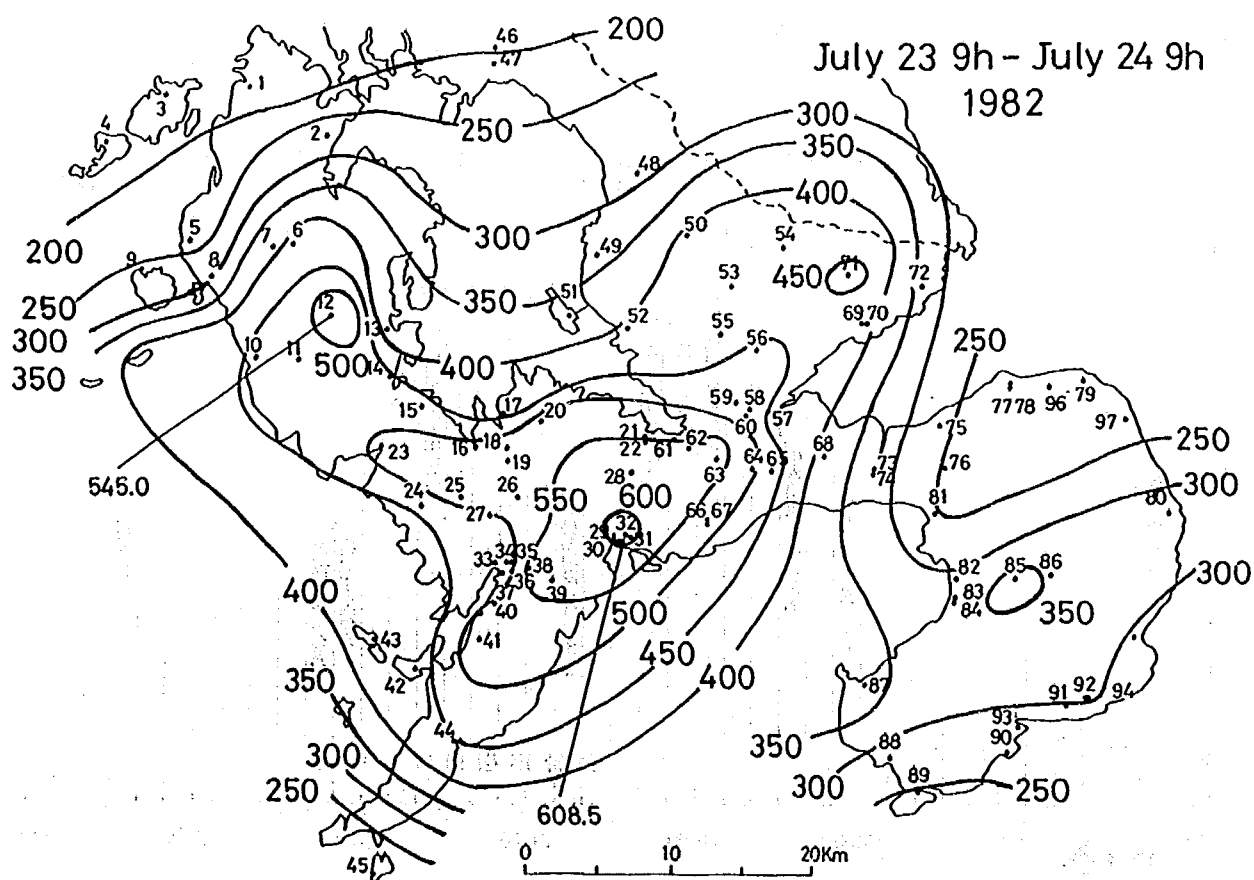


図 1 - 3 (d) 24時間降水量
(mm: 23日9時-24日9時)

- 強雨域の移動状況をみると、23日17時～18時には大島町に限られていたが、しだいに東南方向へ進み、大瀬戸町、長与町を経て20時～21時には飯盛町に達した。その後24時ごろまでは、東長崎地区にとどまり、24日に入って島原半島へ移った。
- 降雨量強度の大きさとともに、今回の豪雨の特徴の一つに雨量の立ち上がりの速さがある。すなわち図1-2に示すように、17時から19時までの2時間で40mm程度であった累加雨量が19時過ぎから一挙にふえはじめ、20時には150mm、21時には250mmというように、またたく間に300mmを突破した。このことは、災害を防止するための対応のむずかしさを認識させるとともに、降雨予測の必要性、警戒、避難体制のあり方を考える上で、貴重な示唆を与えている。

3. 降雨量の推移と災害の発生

各地の災害の誘因となった降雨についての検討は、それぞれの章の中で詳述するが、ここでは、これまで発表されている資料に基づいて、降雨量の推移と主な災害の発生状況を時間的に追ってみることにする。

図1-4は、長崎海洋気象台の降雨量推移と、主な災害の発生時刻を表わしたものである。これによると、まず、河川の氾濫による低地部での浸水が始まり、その後、かけ崩れ、土石流などの土砂災害が発生していることがわかる。30人以上の死者をだした川平地区の土砂災害の発生件数 y は雨量強度と同じような推移を示した。

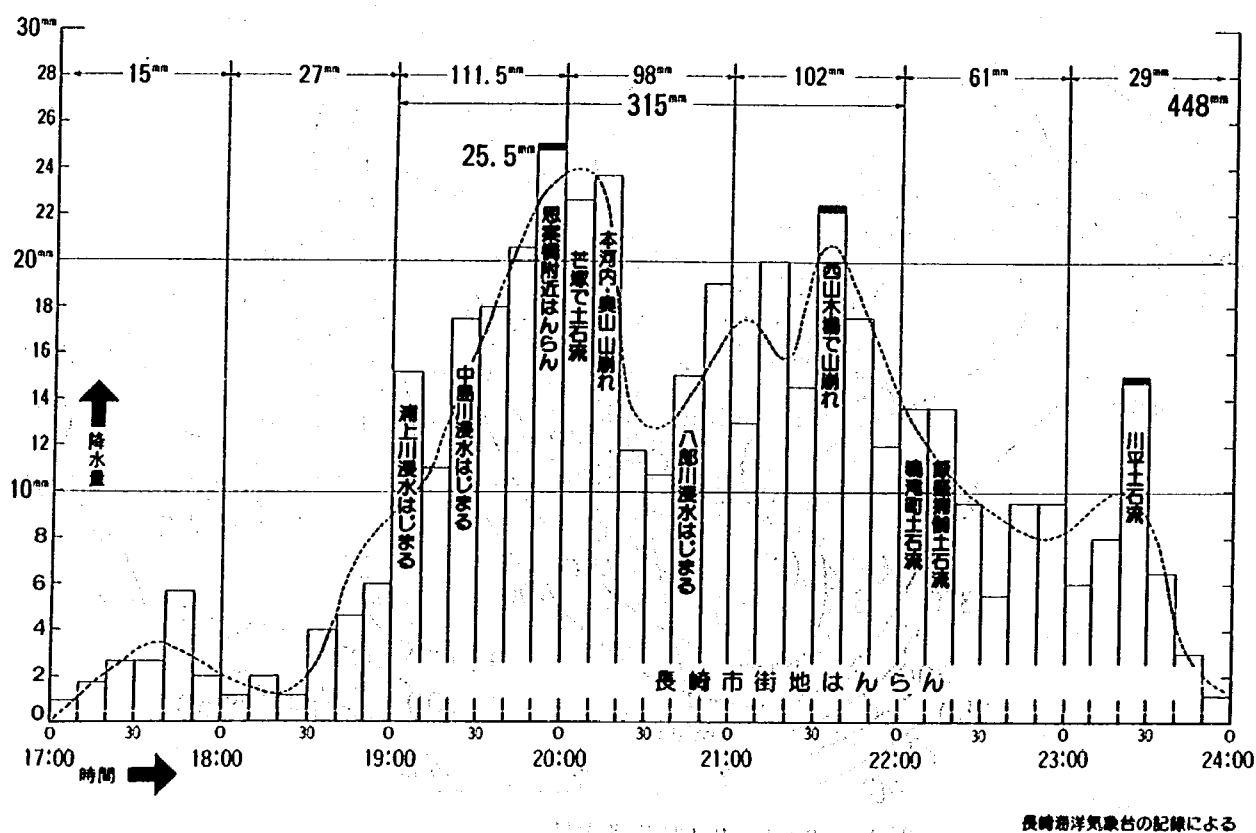


図1-4 降雨量の推移と災害の発生

第2章 地形地質概説

1. 地形概説

調査地域は丘陵地形をなし、平坦地は、谷あいを埋める狭小な沖積平野と中小規模の埋立て地にすぎない。

調査地域の地形を概観すると、ほぼ南北にのびる地溝状の低地帯を境に3つの地域に分けることができる(図1-5)。すなわち時津～浦上～長崎湾および喜々津～田中名に至る2つの低地帯がみられ、時津～浦上～長崎湾低地帯の西側の地域(西部地域とよぶ)は堂風岳～岩屋岳～稲佐山にかけての山が連なっている。この山塊の西縁は、西海～久保・京泊にかけての低地帯となっている。時津～浦上～長崎湾および喜々津～田中名の2つの低地帯にはさまれた地域(中部地域とよぶ)は、琴尾山～帆場山～英彦山～野母半島に連なる山塊をなし、喜々津～田中名より東側は井樋ノ尾岳、普賢岳、船石岳などからなる山塊を形成している。このような南北性の山塊の配列は、西彼杵半島及び野母半島にみられる長崎変成岩の褶曲軸の方向ともほぼ一致しており、西九州における大局的な地質構造に支配されたものであることをうかがわせる。

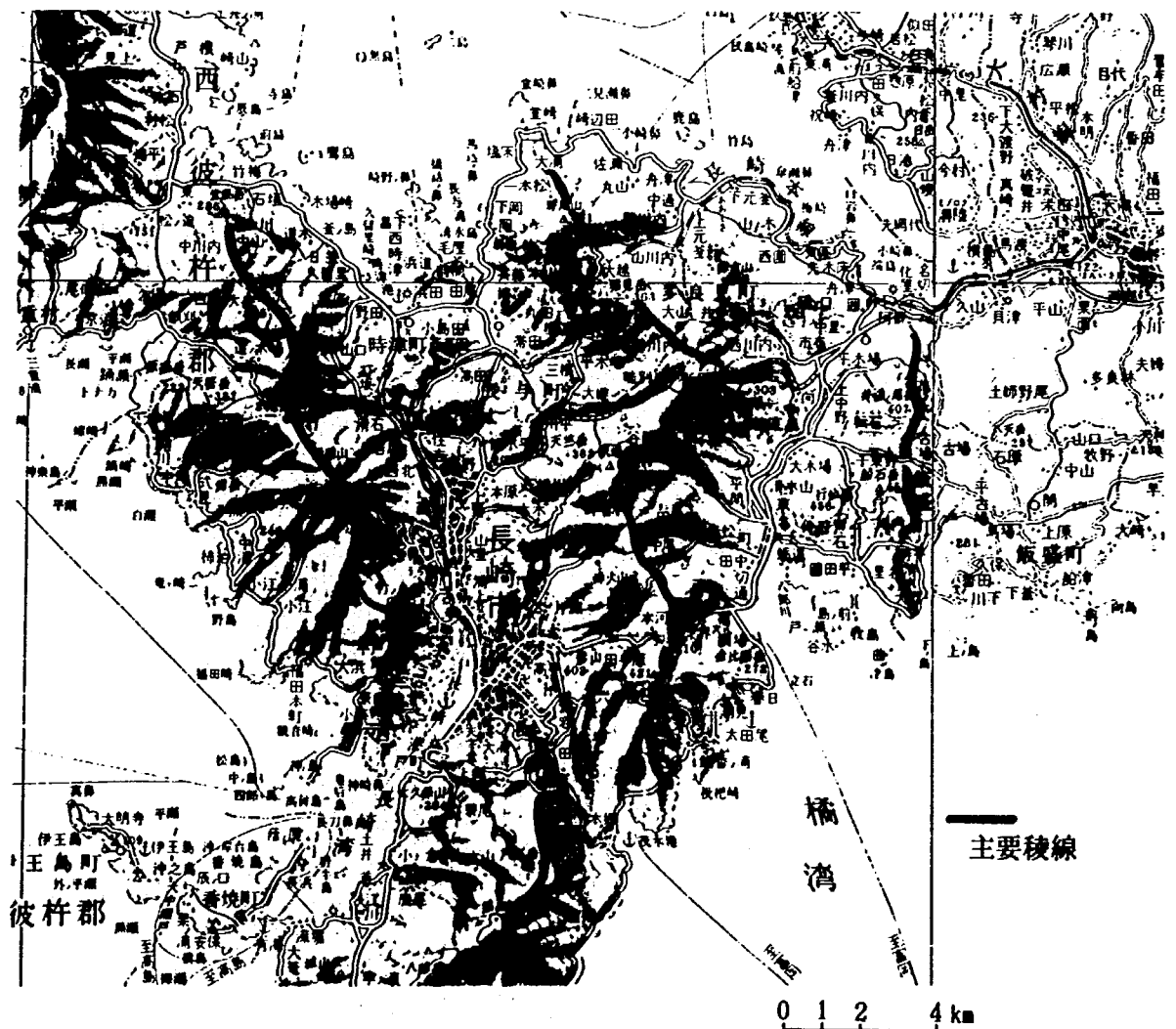
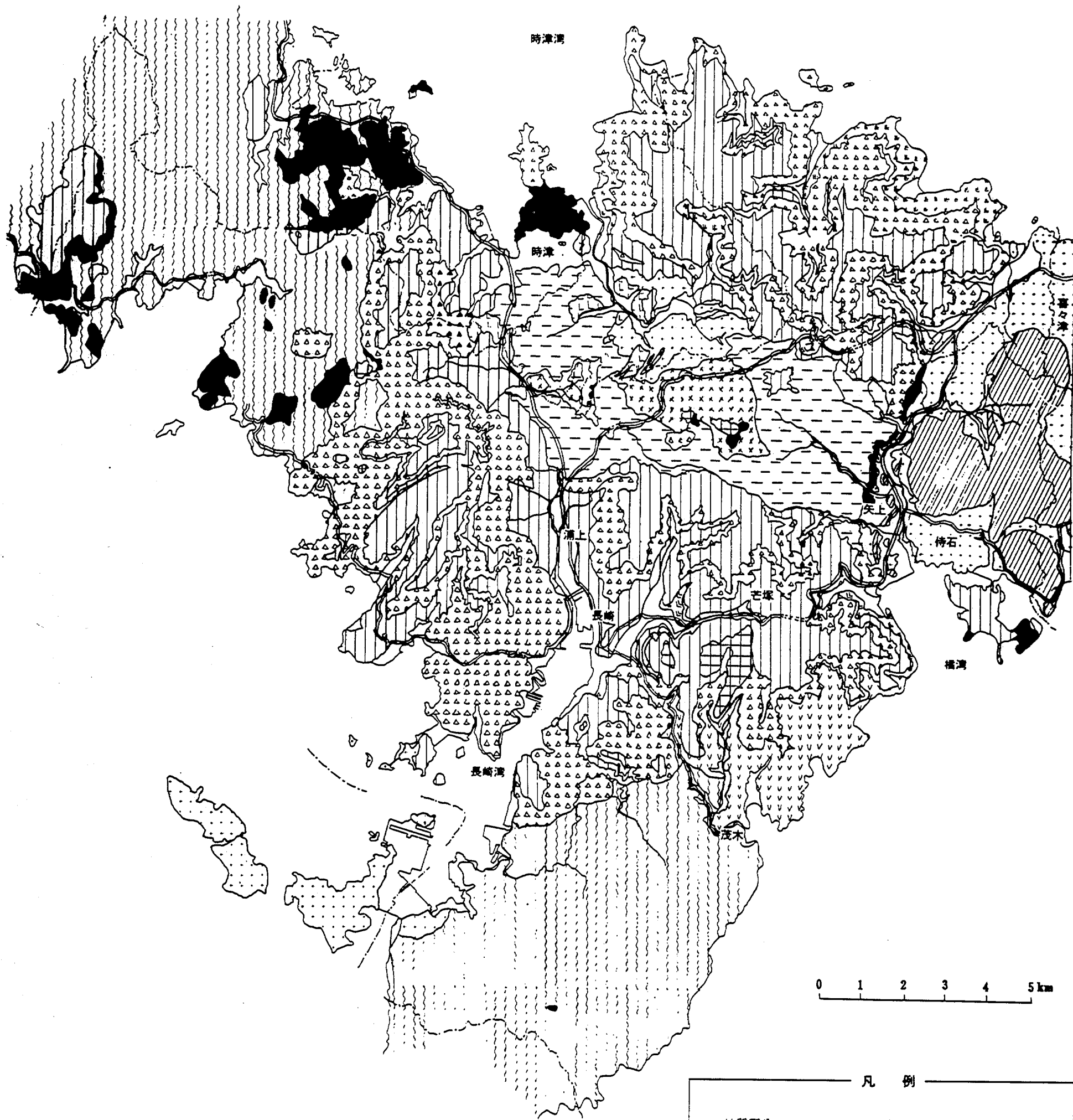


図1-5 長崎の地形概観



0 1 2 3 4 5 km

凡 例

地質区分	岩 種	
沖積層・埋立地	礫・砂・泥	
角閃石安山岩類	角閃石安山岩	
	無斑晶安山岩	
	複輝石安山岩	
長崎火山岩類	輝石安山岩質凝灰角礫岩	
	および凝灰岩	
	輝石角閃石安山岩	
	流紋岩質凝灰岩	
	流紋岩	
変朽安山岩類	流紋岩質火山角礫岩	
	変朽安山岩	
	玄武岩	
閃緑岩		
古第三紀層	泥岩・砂岩・礫岩	
長崎変成岩類	黒色片岩・緑色片岩・蛇紋岩	
	変ハンレイ岩	

図 1 - 6 長 崎 地 区 地 質 図

西部地域は、西彼杵半島の基盤岩である長崎変成岩類とこれを被覆する古第三紀層、変朽安山岩、長崎火山岩類に属する複輝石安山岩の溶岩、火山砕屑岩類などからなっている。変成岩地域は、一般になだらかな丘陵地をなし、山頂部は古い浸食面の名残りとして推測される平坦面が発達している。長崎火山岩類地域は、かつて、東西15 Km、南北20 Kmに達する雄大な成層火山を形成していたと考えられる“長崎火山”（鎌田ほか1982）の西半部に当たっている。現在は開析が進み、かつての成層火山の形状はほとんど残されておらず、複輝石安山岩の溶岩流によってできたとと思われる平坦面が小江原町などに残されているのみである。

中部地域の琴尾山、猪見岳を中心とする北部地区一帯は、長崎火山の北半分を形成しており、古第三紀層および変朽安山岩類を被覆して長崎火山岩類に属する複輝石安山岩の溶岩、同質の凝灰角礫岩類が北へ10°～20°のゆるやかな傾斜をなして分布している。川平町～現川町一帯は長崎火山岩類より古い古第三紀層、閃緑岩、変朽安山岩類などの地層や岩体が、高い標高をなして分布している。この地区は長崎火山岩類の分布状況からみると、長崎火山の活動の中心部に当たっていると推定されるところである。この地区の周囲では長崎火山岩類の下部の噴出物が、いずれも低い標高に分布しているので、長崎火山の活動当時この地区は、周囲を低地で囲まれた高標高地を形成していたものと考えられる。長崎火山岩類は侵食を受け、現在この地区にはほとんど残されていない。金比羅山、烽火山、英彦山から茂木北部一帯は、長崎火山の南半部に当り、長崎火山岩類が南へ10°～20°の緩傾斜をなして広く分布している。茂木南部～野母崎にかけては長崎変成岩類からなる山塊となっている。

東部地域は主として古第三紀層とこれを貫く角閃石安山岩類からなっている。角閃石安山岩類は溶岩円頂丘および岩脈としてみられるもので、井樋ノ尾岳、行仙岳、普賢岳などのドーム状の山体を形成し、他の地区とは異なった様相の地形をなしている。

2. 地質概説

調査地域の地質図を図1～6に示す。本図は土地分類基本調査「長崎」（1973）および5万分の1地質図幅「大村」（1966）をもとに今回の調査結果を加え作成したものである。

調査地域には大別すると概ね古い方から次のような地層が分布している。

(1)長崎変成岩類、(2)古第三紀層、(3)閃緑岩、(4)変朽安山岩類、(5)長崎火山岩類、(6)角閃石安山岩類

(1)長崎変成岩類

古第三紀層、長崎火山岩類などの基盤をなす長崎変成岩類は、調査地域で広く分布する地層としては最も古いものである。長崎変成岩類は西彼杵および野母半島の主部をなし、一般に黒色片岩、砂質片岩、緑色片岩などの結晶片岩類から成り、一部蛇紋岩、変斑れい岩などを伴う。概ね南北方向の褶曲軸をもったゆるやかな褶曲をなしており、20°～30°程度の傾斜を示している。これらの地層の岩質は、緑泥石、絹雲母、滑石、ロウ石などの板状～柱状の鉱物が特定の平面に

沿って配列し、いわゆる片理構造を示すため、地表における応力解放や風化によって岩盤が緩みやすく、また鉱物も風化・変質によって粘土化しやすいことなどから、深層に達する風化帯、著しく劣化した断層、古い地すべり面などの弱層がみられる。

(2)古第三紀層

古第三紀層は、東部地域から中部地域北部にかけて分布する。主に砂岩、泥岩、礫岩およびこれらの互層よりなり、新しい時代の火成岩類に貫入・被覆されている。砂岩は、比較的硬いが亀裂が発達し、岩盤の緩みを生じやすい。泥岩はかなり軟質で微小な亀裂が多く細片化している。砂岩に比較すると泥岩はきわめて風化が早く、表層部ではクリープゾーンをなし著しく軟質化していることが多い。泥岩と他の地層が互層状に分布する場合、泥岩の軟質化の影響を受け泥岩以外の地層も緩んでいることが多い。古第三紀層の一部は閃緑岩および角閃石安山岩類の貫入を受けホルンフェルス化し断層、褶曲を被っている。

(3)閃緑岩

閃緑岩は、川平一帯に分布し川平閃緑岩とよばれているもので古第三紀層に貫入関係をもって分布している（鎌田ほか1982）本岩は数10cm間隔の柱状節理が密に発達している。風化すると赤褐色を呈し、タマネギ状構造がみられ、強風化したものはマサ状となり泥質化している。

(4)変朽安山岩類

変朽安山岩は、初生的な熱水変質を受けているものの未風化岩は極めて硬い岩質を示す。表層部では風化が進み、緑灰色を呈し粘土化していることが多い。一部で同質の凝灰角礫岩類をはさんでいる。変朽安山岩に伴って玄武岩、流紋岩および同質の火山角礫岩などがみられるが、ここではこれらを一括して変朽安山岩類に含めた。玄武岩は変朽安山岩類の下部および上部にみられるもので、所々に小規模な溶岩流として点在している。玄武岩のほとんどは著しく風化が進み粘土化し赤褐色や赤紫色を呈している。

(5)長崎火山岩類

長崎火山岩類は、複輝石安山岩溶岩および同質凝灰角礫岩類を主とし、他に無斑晶安山岩、輝石角閃石安山岩を伴っている。また長崎火山の活動に先立って流紋岩質凝灰岩、シルト層の堆積がみられ、これらの地層は茂木北部一帯に広く分布している。ここではこれらの地層も一括して長崎火山岩類に含めている。

複輝石安山岩は、単斜輝石および斜方輝石の斑晶を特徴的に含むもので、斑晶としてはこの他に斜長石の単柱状の結晶を多く含んでいる。この噴出物の性質は、中九州に広く分布する第四紀下部更新世の豊肥火山岩類の噴出物に類するものである。通常の溶岩流の産出形態を示すものは、流理構造が発達し板状節理がみられることが多く、新鮮な岩石においては極めて硬い岩質である。しかしながら自破砕状のものは岩塊あるいは礫状の岩片と孔質の基質からなっており、通常の溶岩流に比較するとかなりルーズである。輝石安山岩質凝灰角礫岩類は、複輝石安山岩溶岩と同じ岩質の火山碎屑物で、比較的固結が進んでいる。

無斑晶安山岩は細かい流理構造の発達した灰色の溶岩流をなして産出する。帆場山、天笠山、英彦山付近に分布し、新鮮なものは極めて硬く急崖をなしていることがある。

輝石角閃石安山岩は、界町、鳴滝付近にみられるもので、長崎火山岩類のうち最も古い噴出物に属するものと考えられる。本岩は黒色の角閃石の斑晶を特徴的に含み、全体的に粗粒で灰白色を呈し軽微な流理構造がみられる。界町付近では、よく固結した同質の凝灰角礫岩を伴っている。

これらの火山噴出物は風化が進むと褐色、灰色、紫色など様々な色相を呈し粘土鉱物化し軟質となる。なかでも風化が著しい岩は、孔質の自破砕溶岩、凝灰角礫岩、および高標高部の地層全般である。通常の溶岩流で中低標高のものは一般に新鮮で硬い岩質を示し骨材として採石されていることがある。

(6)角閃石安山岩類

角閃石安山岩類は、中部地域東縁から東部地域にかけて古第三紀層を貫入あるいは被覆する岩脈ないし溶岩円頂丘状の岩体としてみられる。溶岩円頂丘としてみられるものは、一般に数10cm間隔のおおまかな節理がみられ、灰白色を呈し角閃石及び斜長石の斑晶を少量含み全体的に細粒の岩質である。岩脈状のものは、南北系の分布を示すものが多く、数cm～数10cm間隔のおおまかな節理がみられ、灰白色を呈し角閃石及び斜長石の斑晶を少量含み全体的に細粒の岩質である。岩脈状のものは、南北系の分布を示すものが多く、数cm～数10cm間隔で著しい節理が発達していることが多い。岩質は、角閃石、斜長石、石英の斑晶を含みやや粗粒で灰色～暗灰色を呈す。溶岩円頂丘状のものは、風化を受けにくいものと思われ、複輝石安山岩類より風化層が浅く、風化岩もやや硬い岩質を示す。そのために、数10cm～1mに達する大小の岩塊からなる浮石、崖錐堆積物をなしてみられることが多い。岩脈状のものは、東町の国道34号線の斜面崩壊にみられるように、節理に富み風化が著しく赤褐色を呈し粘土化していることが多い。

- 被害の形態は洪水氾濫によるもの、土石流によるもの、がけ崩れによるもの、地すべりによるものなどさまざまであるが、とくに人的被害についてみると、土石流、がけ崩れ等の土砂災害による死者が圧倒的に多い。長崎県の調べによると、全死者数299名のうち土石流136名(46%)、がけ崩れ130名(43%)洪水・その他33名(11%)となっている。
- 長与町役場で時間雨量187mmを記録したことにも示されるように、雨量強度の大きな豪雨であり、長崎海洋気象台では、23日19時から20時の1時間に111.5mmの降雨が観察されたが、これは、170～200年確率に相当する。3時間雨量については、確率計算がされていないが、膨大な値になることが予想される。
- 洪水氾濫をおこした中島川、浦上川、八郎川はいずれも急勾配の小河川で、短時間のうちに出水し、一方が水の引くのはやかだった。中島川、浦上川はいわゆる都市河川であり、長崎災害は、市街中心部の洪水と市街地をとりまく山ろく部、山間部の土砂災害という二面性を有している。

表 1 - 3 長崎県・長崎市の被害

区 分			長 崎 県	長 崎 市	
			被 害 数 量	被害金額(千円)	
人的被害	死者	人	299	257	
	行方不明者	人	5	5	
	重傷者	人	16	13	
	軽傷者	人	789	741	
計			1,104	1,016	
家 屋	全 壊	棟	584	447	
		世 帯	605	463	
		人	1,843	1,323	
		棟	954	746	
	半 壊	世 帯	1,031	820	
		人	3,234	2,416	
		棟	1,111	335	
		世 帯	1,157	368	
	一 部 破 損	人	4,146	1,081	
		棟	17,909	14,704	
		世 帯	19,495	16,174	
		人	58,957	47,551	
	床 上 浸 水	棟	19,197	8,642	
		世 帯	20,360	9,506	
		人	66,297	27,947	
		棟	95	48	
集 住 家	そ の 他	3,021	1,621		
	計				
	田 畑	流出・埋没水	86,009	7,909,323	
	冠	1,333,13	159,802		
農 林	田 畑	流出・埋没水	43,185	3,779,864	
		冠	37.03	33,512	
		農地農業用施設	カ 所	18,687	55,585,791
		農 査 物	ト ン	4,789.16	315,3607
	畜 産 物	頭 羽	72,632	82,646	
		林地林産施設	カ 所	835	13,171,950
		林 産 物	ト ン	—	383,331
		計		842,598.26	8
	水 産	漁 船	雙	48	18,500
		一 般 船 舶	カ 所	46	48,405
漁 港		ト ン	41	913,500	
水産物・その他		ト ン	—	1,619,054	
土 木	道 路	カ 所	4,969	1,682,039.2	
		橋 梁	カ 所	116	280,698.6
		河 川	カ 所	4,190	35,711,206
		海 岸	カ 所	9	76,488
	砂 防 港	カ 所	7	16,884	
		防 港	カ 所	25	216,000
		計		55,647,956	
		商 工	通 信 施 設	件	851
	鉄 道 不 通		件	31	142,530
	商 工 被 害		件	9,440	95,969,915
計			96,334,245	213	
保 健	病 院 診 療 所 等	棟	228	3,445,332	
	水 道 施 設	カ 所	577	1,965,701	
	清 掃 施 設	カ 所	6	65,127	
	計		5,476,360	32	
学 校	公 立	件	85	1,367,017	
	私 立	件	45	465,600	
	そ の 他	件	2	31,652.8	
	計		214,914.1	535	
そ の 他	が け ぐ れ	カ 所	4,306	613,006.5	
	地 す べ り	カ 所	151	201,413.0	
	そ の 他	カ 所	—	17,588,504	
	計		25,732,699		
被 害 総 額			315,313,361	211,959,877	

○本災害で最も反省を求められたのは防災体制の不備であった。

気象情報に関する適確な判断，じん速な防災体制，警戒避難体制，地域住民への情報伝達等，早急に検討をせまられる問題点が数多く指摘された。

第3章 災害の概要

1. 災害の特徴

昭和57年7月豪雨がもたらした長崎県下の災害は莫大なものであった。長崎県は，諫早水害（昭和32年7月）をはじめとして，戦後の主なものをひろっていても23年，28年，30年，31年，42年とたびたび水害にみまわれ多数の死者をだしているが，今回の災害は，これまでのものと比べて，かなり様相の異なる災害であるといえよう。

以下，特徴的な点についてまとめてみる。

○本災害では，県南部を中心にひろい範囲で被害を受けたが，とくに長崎市内の被害が激甚をきわめた。表1-3に示すように，死者，行方不明者では県全体の約90%に当たる262名被害総害では，約70%が長崎市に集中している。

2. 土砂災害の発生件数と被害

長崎県の調査によると，次の11市町村内で発生した土砂災害は表1-4に示すとおり

調査対象市町村：長崎市，三和町，野母崎町，多良見町，長与町，時津町，青焼町，伊五島，飯盛町，諫早市，琴海町

ここで，土砂災害としたものは，何らかの形態で土砂の移動，流動が起ったものをすべてをさす。したがって，実際には人的，物的な被害をおよぼしていないような箇所も含まれている。なお，調査は災害後の航空写真を用いて行い，判読不可能なものについては現地で補足調査をしている。

表1-4 形態別発生箇所数

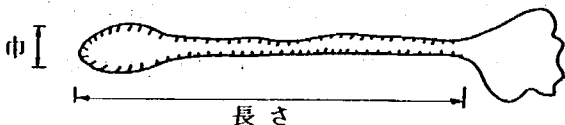
災害形態分類		箇所数
がけ崩れ		922
山腹崩壊	1000 m^3 以上	280
	1000 m^3 未満	7,540
地すべり		59
土石流		439
(合計)		(9,240)

また、土砂災害形態別の被害状況を表1-5に示す。(かけ崩れによる被害については中途集計である)

表1-5 形態別被害状況

	死 者 (名)	負 傷 者 (名)	家屋全壊 (個)	半 壊 (個)	一部石炭損 (個)
土 石 流	136	61	158	166	112
が け 崩 れ	(78)	(40)	(103)	(124)	(140)

なお、土砂災害の形態分類は原則として次のように定義した。

災 害 形 態	定 義
山 腹 崩 壊	人家等に直接被害をおよぼさないような、主として山腹で単独に発生した崩壊及び道路崩壊で、規模によって2つに分類する。 崩 壊 面 積 1000m^2以上 崩 壊 面 積 1000m^2未満
が け 崩 れ	崩壊地の上または下に人家があり直接、間接に被害をおよぼしたもの及びおよぼすおそれのあるもの 
土 石 流	崩壊の平均巾1に対して長さが10以上のもの 
地 す べ り	一般的な地すべり他の定義に基づく

3. 土砂災害の分布

図1-7は、形態別の土砂災害分布図である。

これによると、土石流の発生密度が最も高いのは、東長崎地区（八郎川流域）～戸石～飯盛にかけての地域である。次に高い所は浦上川上流、多良見町南西部、網場～飯香、浦～茂木～宮摺～干々にかけての橘湾に面する地域となっている。

また、がけ崩れの発生密度が高いのは、時津、長与、浦上川上流域及び八郎川流域、次いで小江原～滑石及び宿町、網場周辺である。土石流、がけ崩れとも多い地区は、東長崎の八郎川流域となっている。

一方、両者とも少ない地域は、長崎市北西部の三重地区、市の中部部、稻佐山周辺、さらに三和町の為石より以南及び野母崎町である。

このように災害分布に地域性があるのは、雨量分布の影響が大きいものと思われる。また、長与、時津地区では、がけ崩れの発生率に比べ土石流の発生率が小さいのは、この地区が丘陵性の地形をしており、山地に乏しいといった地形的特性によるものであろう。

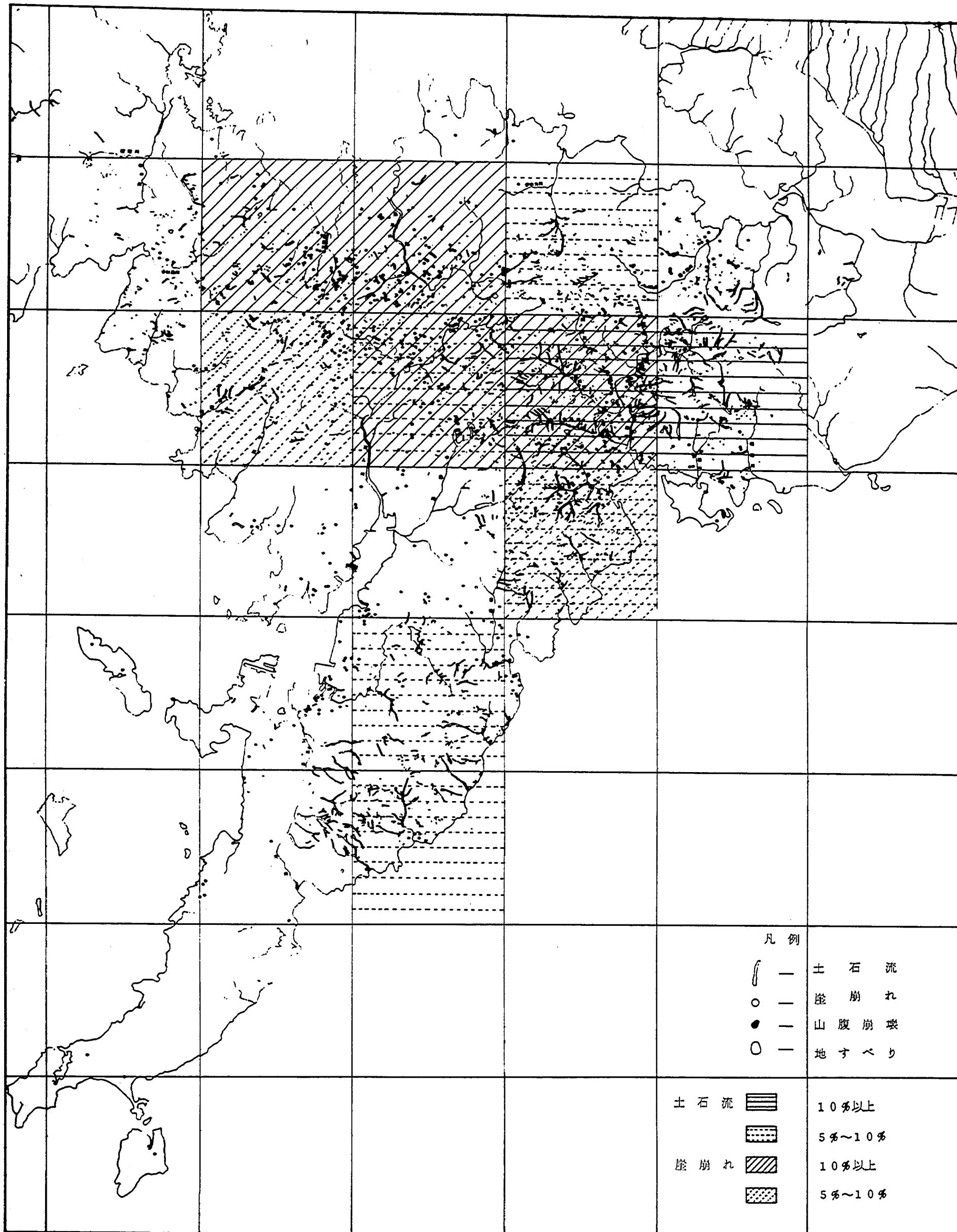


図1-7 土砂災害分布図

第 2 編 土 石 流 災 害

第 1 章 土石流発生状況調査

1. 調査の内容

(1) 調査手法

前述した調査範囲（11市町村）内に発生したすべての土石流について、主として航空写真を利用してその実態を把握し、調査表、見取図、分布図として整理した。

なお、航空写真で判読できない項目の調査や精度の向上を図るため、現地踏査、地形図判読をおこなって補足している。

(2) 調査表の作成

調査範囲で発生した土石流439溪流すべてについて流域諸元、土石流の形態、規模、被害状況等を調査し、表2-1に示す土石流調査表にとりまとめた。

調査表への記入要領及び調査方法は次のとおりである。

調査記入要領

1) 流域諸元

① 対象番号

災害分布状況図（1/50,000）に記入する対象番号と同一番号とする。

例 D-41-106

└── 各流域内での通し番号

└── 流域番号 注)-1

└── (Debris flow)

注)-1 流域番号と流域名の関係は表-1 (P7) 参考

② 溪流名

水系名、本川名、溪流名の順に記入する。溪流名がない場合は、字名を応用する。又、図-7に示す様に、抽出した溪流の流域面積が重複する場合は、溪流名に枝番号を追加し区別する。

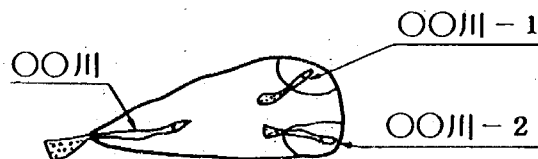


図-7

③ 地先名

字名まで記入する。

土 石 流 調 査 表

流域諸元	①対象番号	②溪流名 (水系) (川支川)	③地先名	④ 既往土石流危険溪流危険区域調査結果											
				④-1有無 S.52 有・無 S.55 有・無	④-2 溪流番号	④-3危険度ランク	④-4 保 全 対 象 人口 戸 人家 戸 耕地 ha	④-5危険区域面積 m ²							
流域状況	⑤溪流面積 Km ²	⑥地質	⑦地質構造	⑧植生	⑨ 流域地形					⑩土地利用状況	⑪既設砂防(治山施設)				
					⑨-1最高点 () m	⑨-2最低点 m	⑨-3流路長 m	⑨-4平均勾配 /	⑨-5谷次数						
災害状況	⑫発生時刻	⑬ 降 雨 ⑭ 最大洪水流量 ⑬-1 連続雨量 ⑬-2 最大時間雨量 ⑬-3 最大3時間雨量 ⑬-4 最大10分間雨量				⑮過去の災害	⑯ 砂防指定地保安林等の法指定								
						m ³ /S									
発生状況	⑰崩壊有無	⑱崩壊面積 m ²	⑲崩壊面の地質	⑳崩壊面の性状	㉑崩壊深 平均 m 最大 m	㉒元勾配 度	㉓崩壊土量 m ³	㉔流出土量 m ³	㉕残土量 m ³	㉖元植生	㉗形 状				
沈下状況	㉘流下長 m	㉙流下幅 平均 m 最大 m	㉚流下開始点標高 m	㉛溪床勾配 度	㉜平均洗掘深 m	㉝洗掘量 m ³	㉞最大屈曲角 度	㉟溪床堆積物状況比較		㊱溪床付近の植生					
堆積状況	㊲元地形 谷底平野 状地	㊳勾配 度	㊴前溪流幅 平均 m 最大 m	㊵最大堆積幅 左岸 m 右岸 m	㊶分散角度 度	㊷堆積長 m	㊸堆積深 m	㊹堆積面積 m ²							
	㊲-1氾濫開始 点元勾配 度	㊲-2末端付近元 勾配 度	㊲-3前勾配 度												
	㊲-4と㊲-5との 共通面積 m ²	㊲-6	㊲-7堆積土量 m ³	㊲-8流水堆積面積 m ²	㊲-9流水平均堆積厚 m	㊲-10流水層積 m ³									
被害状況	㊳ 人的被害		㊴ 建物被害			㊵ 道 路		㊶ 橋 梁		㊷ 鉄 道		㊸ 田 畑			
	㊳-1 死者 人	㊳-2 行方不明 人	㊳-3 負傷 人	㊴-1 全壊 戸	㊴-2 半壊 戸	㊴-3 一部 戸	㊵-1 流出 m	㊵-2 土砂堆積 m	㊶-1 流出 m	㊶-2 破損 m	㊷-1 流出 m	㊷-2 土砂堆積 m	㊸ ha		
	㊹砂防構造物		㊹ 交通遮断期間	㊹ 被害 額 (千円)			凡 例								
				㊹-1 一般	㊹-2 河川道路	㊹-3 農地治山	㊹-4 計	㊹ 現地確認による ㊹ 空中写真判読による ㊹ 地形図既読による ㊹ 既存資料(調査報告書等)による							
備考															

④ 既往土石流危険渓流危険区域調査結果

④-1. 有・無

昭和52年度、昭和55年度土石流危険渓流調査の対象となった渓流には、それぞれ有に○印、対象とならなかった渓流は無に○印を記入する。

④-2. 渓流番号

昭和52年度、昭和55年度土石流危険渓流調査の対象となった渓流には、それぞれ渓流番号を記入する。

④-3. 危険度ランク

昭和55年度調査の対象となった渓流についてはその危険度（A～C）を記入する。

④-4. 保全対象

昭和52年度または昭和55年度調査の対象となった渓流については保全対象を記入する。両年度に対象となった場合は、昭和55年度調査の結果を記入する。

④-5 危険区域面積

昭和55年度の対象となった渓流については、危険区域面積を記入する。

2) 流域状況

⑤ 渓流面積

土石流堆積開始点から上流の渓流面積を記入する。面積算出にはコンピューター自動読取機を用いる。

⑥ 地質

流域の基盤をなす地質名を記入する。2種類以上の地質からなるときは、分布面積の広いものを記入し、特に必要があるものは2位以下を（ ）書きで記入する。

記入は番号で行ない、地質名と番号の関係は下記に示す通り。

- | | |
|-------------------|-------------------|
| (1) 沖積層・埋立地 | (7) 変朽安山岩（プロピライト） |
| (2) 洪積層 | (8) 玄武岩質火山岩類 |
| (3) 流紋岩質火山岩類 | (9) 閃緑岩（川平閃緑岩） |
| (4) 角閃石安山岩（井樋ノ尾岳） | (10) 古第三紀層 |
| (5) 無班晶質安山岩（英彦山岳） | (11) 花崗岩 |
| (6) 輝石安山岩質火山岩類 | (12) 結晶片岩 |

（西彼杵変成岩類）

又、地質図は「土地分類基本調査図（1/50,000）；長崎県」を使用する。

⑦ 地質構造

流域内に顕著な断層や破碎帯など地質構造的に特記すべき事項があれば記入する。

⑧ 植生

流域内で卓越する植生を記入する他、土石流の発生に関連の深い崩壊がある場合には崩壊

地の元植生を()書きで記入する。種類は以下の分類に従う。

- 1) 裸 地
- 2) 竹 林
- 3) 針 葉 樹
- 4) 広 葉 樹
- 5) 畑

⑨ 流域地形

⑨-1. 最高点

土石流の発生した溪流の一次谷となった地点の標高を記入する。また流域内の最高標高を()書きで記入する。

方法は、災害分布状況図(1/5 0,000)より読み取る。

⑨-2. 最低点

土石流堆積開始点の標高を記入する。方法は災害分布状況図(1/5 0,000)より読み取る。

⑨-3. 流路長

土石流の発生した溪流の一次谷となった地点から土石流堆積開始点までの河道長(水平距離)を記入する。

一次谷がない場合は、流域内の最高点から土石流堆積開始点までの距離を()書きで記入する。災害分布状況図(1/5 0,000)を用い計測する。

⑨-4. 平均勾配^{注)}

土石流の発生した溪流の一次谷となった地点から土石流堆積開始点までの平均勾配を記入する。一次谷がない場合は、流域内の最高点から土石流堆積開始点までの平均勾配を()書きで記入する。

⑨-5. 谷次数

土石流堆積開始点より上流の谷次数を記入する。

⑩ 土地利用状況

土石流堆積開始点上流における種類別の土地利用状況を記入する。種類は⑧植生と同様とする。

⑪ 既設砂防(治山施設)

流域内に既設の砂防施設、治山施設がある場合にはその諸元(工種・規模・貯砂量・施工年度等)を記入する。

なお、下流の氾濫域内に流路工等がある場合にも同様に記入する。

⑫ 砂防指定地保安林等の法指定

砂防指定地、地すべり防止区域、保安林、都市計画区域、宅地造成規制区域等の法的指

定及び規制があれば記入する。

3) 災 害 状 況

⑬ 発生時刻

土石流の発生した日時を記入する。第二波、第三波が発生した場合にも同様に記入する。

⑭ 降 雨

⑭-1 連続雨量

土石流が発生した箇所近くの観測所（附図：降雨観測所及び降雨対象区域図参考）の資料より時間-累加雨量曲線図を作成し、土石流が発生した時刻までの累加雨量を記入する。

⑭-2 最大時間雨量

土石流が発生するまでの最大時間雨量を近くの観測所資料より記入する。又、発生時刻が不明のものは、発生降雨における最大時間雨量を記入する。

⑭-3 最大3時間雨量

土石流が発生するまでの最大3時間雨量を記入する。又、発生時刻が不明のものは発生降雨における最大3時間雨量を記入する。

⑭-4 最大10分間雨量

10分間雨量の資料がある場合はそれを用いる。ない場合は最大時間雨量と最大10分間雨量との相関を求め（ ）書きで記入する。

⑮ 最大洪水流量

最大洪水流量は近くの観測所の最大時間雨量をそのまま使用し算出する。

⑯ 過去の災害

今回の災害以前に土石流が発生した事実があれば、その概要（発生年月日、被害状況等）を記入する。

4) 発 生 状 況

⑰ 崩壊有無

土石流下物の生産源となった崩壊地の有無を記入する。（一次谷の起点より下流の溪床堆積物の移動のみによる土石流の場合には無とするが、一次谷の起点より上流の崩壊が関与した土石流については有とする。）

又、土石流下区間に直接流入し、土石流に関与すると考えられる崩壊についても、崩壊箇所・崩壊面積合計・崩壊土量合計を（ ）書きで記入する。

ただし、直接流入する崩壊であっても残土が多い場合には計上しない。

⑱ 崩壊面積

新規崩壊の場合はその面積を、拡大崩壊の場合には新たに拡大した部分の面積を記入し、最終的な面積を（ ）書きで記入する。

計測は、災害分布状況図よりコンピューター自動読取り機で行なう。

⑲ 崩壊面の地質

崩壊面附近の地質名を記入する。崩壊面を境にして地質が異なる場合には両方を区別して記入する。記入要領は⑥と同様とする。

⑳ 崩壊面の性状

崩壊面に特記すべき性状（湧水箇所、亀裂等）があれば記入する。

㉑ 崩壊深さ

新規崩壊の場合には、その平均的な深さと最大の深さを記入する。拡大崩壊の場合には、その平均的な深さと最大の深さを記入し、最終的な平均崩壊深さと最大崩壊深さを（ ）書きで記入する。

㉒ 元 勾 配^{注)}

崩壊前の平均的な勾配を記入する。

㉓ 崩壊土量

新規崩壊の場合には崩壊した全土量を記入する。

拡大崩壊の場合には新たに拡大した部分の崩壊土量を記入する。

（崩壊土量＝崩壊面積×平均崩壊深さ）

㉔ 流出土量

崩壊土量のうち溪床まで運ばれたと考えられる土量を記入する。

㉕ 残 土 量

崩壊土量のうち崩壊地周辺に堆積した土量を記入する。

（残土量＝崩壊土量－流出土量）

㉖ 元 植 生

崩壊前の植生を記入する。記入要領は⑧と同様とする。

㉗ 形 状

崩壊地の形状を記入する。

形状区分の種類を次に示す。

円形型	タ円形型	しゃもじ型	ひし型	逆三角形型	三角形型	四角形型	複合型
							

5) 流 下 状 況

②8 流下長^{注)}

土石流流下開始点から土石流堆積開始地点まで(流下区間)の河道長を記入する。

②9 流 下 幅

流下区間の平均河道巾と最大河道巾を記入する。

③0 流下開始点標高^{注)}

土石流流下開始点の標高を記入する。

③1 溪床勾配

流下区間の平均勾配を記入する。

③2 平均洗掘深さ

流下区間の平均洗掘深さを記入する。

③3 洗 掘 量

流下区間の最終的洗掘量を記入する。

(洗掘量=流下長×平均流下幅×平均洗掘深さ)

③4 最大屈曲角

流下区間の河道法線の最大屈曲角を記入する。

③5 溪床堆積物状況比較

土石流発生前後の流下区間溪床堆積物の状況に変化があれば記入する。

③6 溪床付近の植生

溪床付近(土石流の流下により影響をうけた範囲)の元の植生状況について記入する。記入要領は⑧と同様とする。

6) 堆積状況

③7 元 地 形

堆積地の元地形が扇状地か谷底平野かを記入する。

③8 勾 配^{注)}

③8-1. 氾濫開始点元勾配

土石流が氾濫を開始した地点の元溪床勾配を記入する。

③8-2. 末端付近元勾配

土石流堆積物末端付近の元溪床勾配を記入する。

③8-3. 前勾配

堆積前の元地形の平均的勾配を記入する。

③9 前溪流幅

土石流発生前の堆積地付近の平均的溪流幅と最大溪流幅を記入する。

④⑩ 最大堆積幅

堆積物の最大堆積幅を元の溪流法線を中心に左右別に記入する。

④⑪ 分散角度

堆積物の分散角を元の溪流法線を中心に左右別に記入する。

④⑫ 堆積長 注)

堆積物の堆積長を記入する。

④⑬ 堆積深さ

堆積物の平均堆積深さと最大堆積深さを記入する。

④⑭ 堆積面積

堆積物の堆積面積を記入する。

④⑮ ④ - 5 と④⑭との共通面積

既往土石流危険区域調査（昭和55年度）の対象溪流については，その危険区域と今回の土石流による堆積区域に共通する部分の面積を記入する。

④⑯ ④⑮／④⑭

今回の土石流による堆積区域面積に対する④⑮の共通部分の面積の割合を記入する。

④⑰ 堆積土量

堆積物の堆積土量を記入する。

（堆積土量＝平均堆積深さ×堆積面積）

④⑱ 流木堆積面積

堆積部に存在する流木の散乱面積を記入する。

④⑲ 流木平均堆積厚

堆積部に存在する流木の平均的な堆積厚を記入する。

④⑳ 流木層積

堆積部に存在する流木の層積を記入する。

（流木層積＝流木堆積面積×流木平均堆積厚）

7) 被害状況

⑤①～⑤②

県市町村等の資料に基づき被害状況を記入する。

8) 凡 例

各調査項目のそれぞれの調査方法の凡例を示す。

㊦……………現地確認による

㊧……………空中写真判読による

㊨……………地形図判読による

㊩……………既存資料（調査報告書等）による

上記の調査方法が重複する場合は記号も重複して記入する。

・注) 印のついた調査項目については、1/5,000災害分布状況図より縦断図をコンピュータ図化し、その断面図を用いてそれぞれの調査項目の計測を行なう。

(3) 見取り図の作成

調査表と対応させて、土石流の平面形、縦断形の概略図を見取り図として作成した。(図2-1)

2. 土石流の特性

(1) 土石流の発生と流域特性

① 流域面積

土石流発生溪流の流域面積(氾濫開始点より上流)と発生件数の関係を示したのが、表2-2, 図2-2である。

発生件数の最も多い流域面積は、0.01~0.05km²で約半数を占めている。また大半が0.5km²以下であり、1km²以上は0.9%にすぎない。

これは長崎の地形特徴を示すもので、小規模の山がいくつも連なり、大きな河川がなく、河川は短小で勾配が急であり、流域面積が小さいのが特徴である。

表2-2 流域面積と発生件数

流 域 面 積	発 生 件 数	比 率 (%)
0.001~0.005	25	5.7
0.005~0.01	55	12.6
0.01 ~ 0.05	211	48.3
0.05 ~ 0.1	66	15.1
0.1 ~ 0.5	72	16.5
0.5 ~ 1.0	4	0.9
1.0 以上	4	0.9

土石流見取り図

水系区分による統一番号

対象番号	溪流名	地先名
D-〇〇-〇	〇〇川	〇〇郡〇〇町〇〇

流域の範囲

流下長

堆積長

凡 例

 S S S 総点検による危険区域と
堆積区域の共通部分（共通面積）

 家屋の全壊
 " 半壊
 " 一部破損

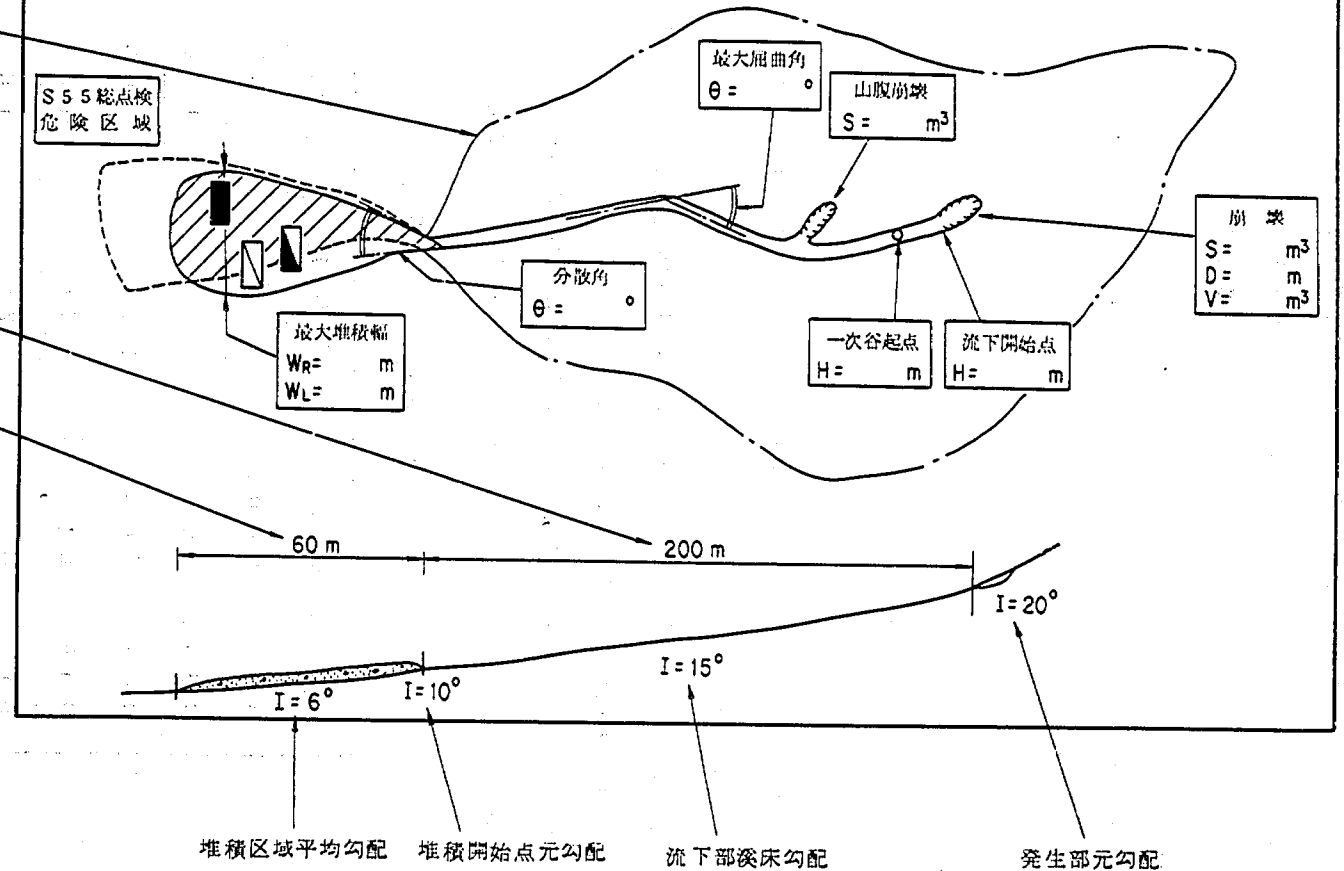


図 2 - 1 土石流見取り図（記入例）

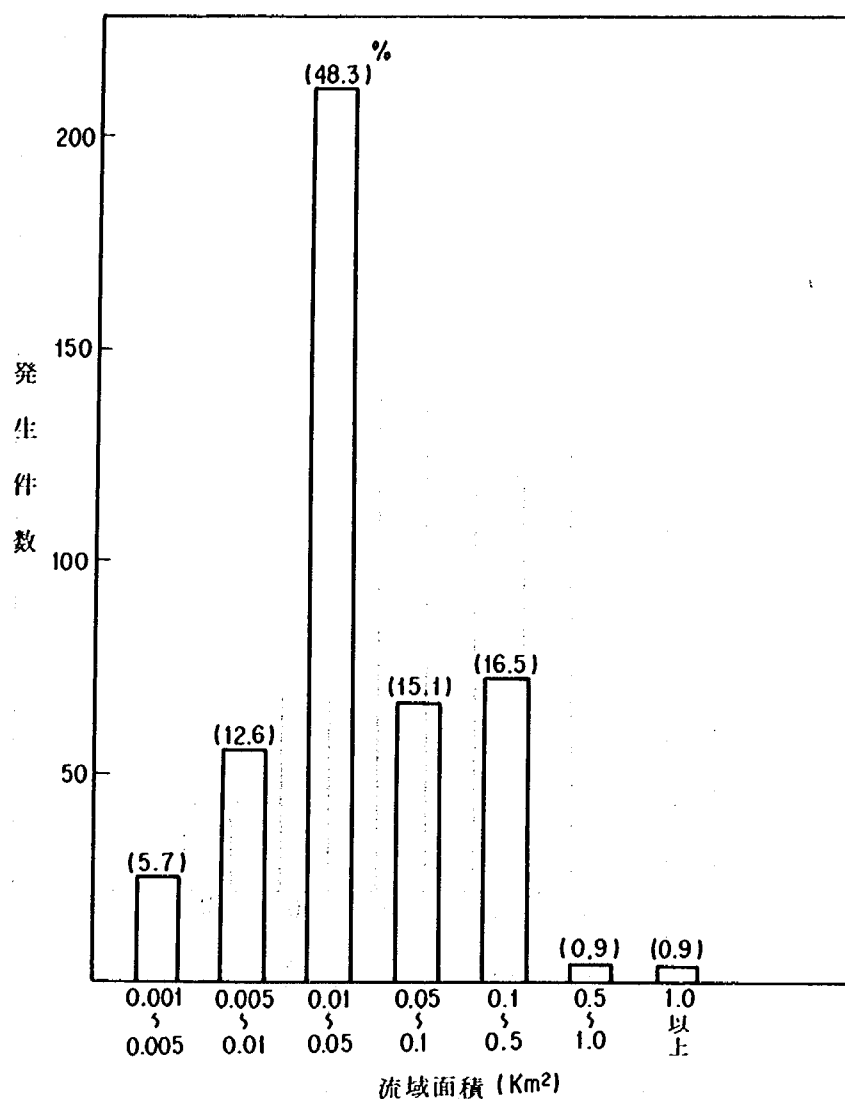


図 2 - 2 流域面積と発生件数

② 流域平均勾配

流域平均勾配を表 2 - 3, 図 2 - 3 に示す。流域平均勾配と土石流発生との関係はほとんど見られず, $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ と大きなバラツキがある。

表 2 - 3 流域平均勾配と発生件数

流域平均勾配	発生件数	発生率 (%)
10° 以上	10	2.3
$10^{\circ} < \theta \leq 15^{\circ}$	80	18.3
$15^{\circ} < \theta \leq 20^{\circ}$	98	22.4
$20^{\circ} < \theta \leq 25^{\circ}$	88	20.1
$25^{\circ} < \theta \leq 30^{\circ}$	105	24.0
$30^{\circ} < \theta \leq 35^{\circ}$	42	9.6
35° 以上	15	3.4

表 2 - 4 谷次数と発生件数

谷 次 数	発 生 件 数	発 生 率 (%)
0 次 谷	2 3 1	5 2.6
1 次 谷	1 4 1	3 2.1
2 次 谷	5 6	1 2.8
3 次 谷	9	2.1
4 次 谷	2	0.4

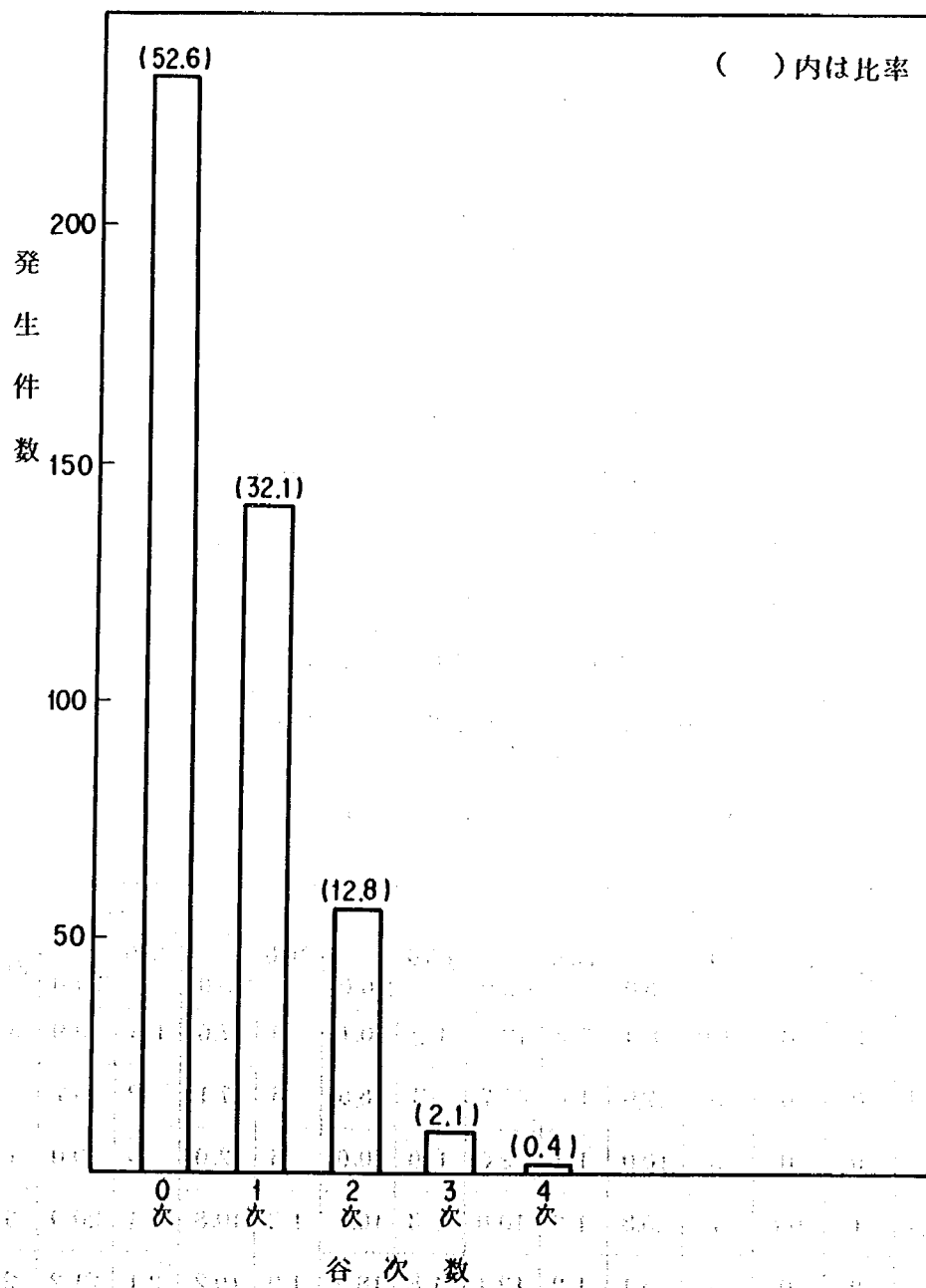


図 2 - 4 谷次数と発生件数

④ 標高区分

崩壊頂部の標高を50 m毎に土石流発生件数と地質別の発生率を示せば、表2-5、2-6、図2-5、2-6の様になり、標高300 m以上が最も多く、142箇所、発生率は全体の32.5%となっている。また50 m～300 mの間は多少バラツクものの、変化はみられない。

ただし、50 m以下は1箇所にすぎない。また地質別に分類してみれば、輝石安山岩類地域と結晶片岩類地域では40%以上が300 m以上で発生し、古第三紀層地域では100 m～150 mで40%以上の発生率を示している。（古第三紀層では山そのものが低いためと思われる。）角閃石安山岩地帯と変朽安山岩地帯では100 m～300 mまではほぼ同じ発生率とみなせる。特に角閃石安山岩地帯では、300 m～400 mの高い山があるにかかわらず、150 m以上ではほとんど変化がない。（結晶片岩及び輝石安山岩、角閃石安山岩の山頂の標高はほぼ同じである。）この事は、角閃石安山岩の山は溶岩円頂丘となっており、標高がかなり低い所でも山腹勾配が比較的急であるためと考えられる。

表2-5 標高区分と発生件数

標 高 (m)	発 生 件 数	
50 m 未満	1	0.2
50～100	35	8.0
100～150	77	17.6
150～200	57	13.0
200～250	57	13.0
250～300	68	15.6
300 以上	142	32.5

表2-6 標高区分と地質別発生率

地 質	標 高 (m)													
	50 未満		50 ～ 100		100 ～ 150		150 ～ 200		200 ～ 250		250 ～ 300		300 以上	
結 晶 片 岩	0	0	10	8.4	22	18.5	12	10.1	9	7.6	13	10.9	53	44.5
古 第 三 紀	0	0	8	22.9	16	45.7	3	8.6	6	17.1	2	5.7	0	0
変 朽 安 山 岩	0	0	5	10.0	11	22.0	10	20.0	6	12.0	5	10.0	13	26.0
輝 石 安 山 岩	1	0.8	7	5.8	12	10.0	13	10.8	13	10.8	24	20.0	50	41.7
角 閃 石 安 山 岩	0	0	5	5.1	12	12.1	18	18.2	19	19.2	21	21.2	24	24.2
そ の 他	0	—	0	—	4	—	0	—	3	—	2	—	2	—

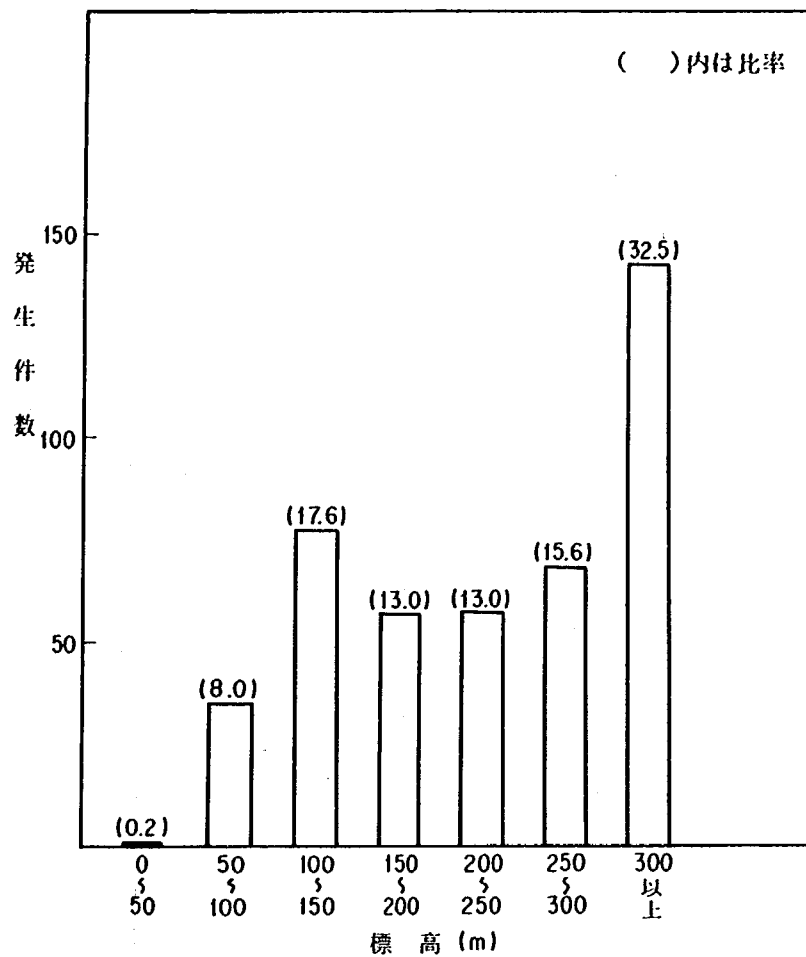


図 2 - 5 標高区分と発生件数

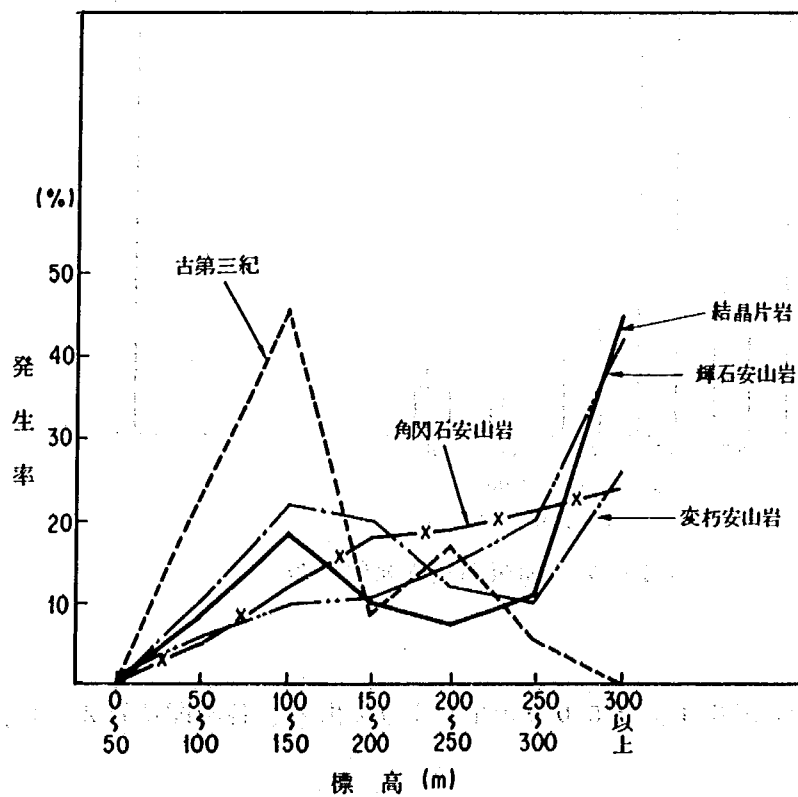


図 2 - 6 標高区分と地質別発生率

⑤ 崩壊面積

土石流に影響を与えた崩壊部の崩壊面積と発生状況について示したのが表 2-7, 図 2-7 である。

発生率の最も多い崩壊面積は $100\text{ m}^2 \sim 500\text{ m}^2$ で全体の約 60% を占めている。また $1,000\text{ m}^2$ 以上の崩壊面積は 10% である。

表 2-7 崩壊面積と発生件数

崩 壊 面 積	発 生 件 数	比 率
100 m^2 以下	75 (箇所)	17.2 (%)
100 $\sim \leq 500$	262	59.4
500 $\sim \leq 1,000$	59	13.4
1,000 $\sim \leq 1,500$	15	3.9
1,500 以上	26	6.1

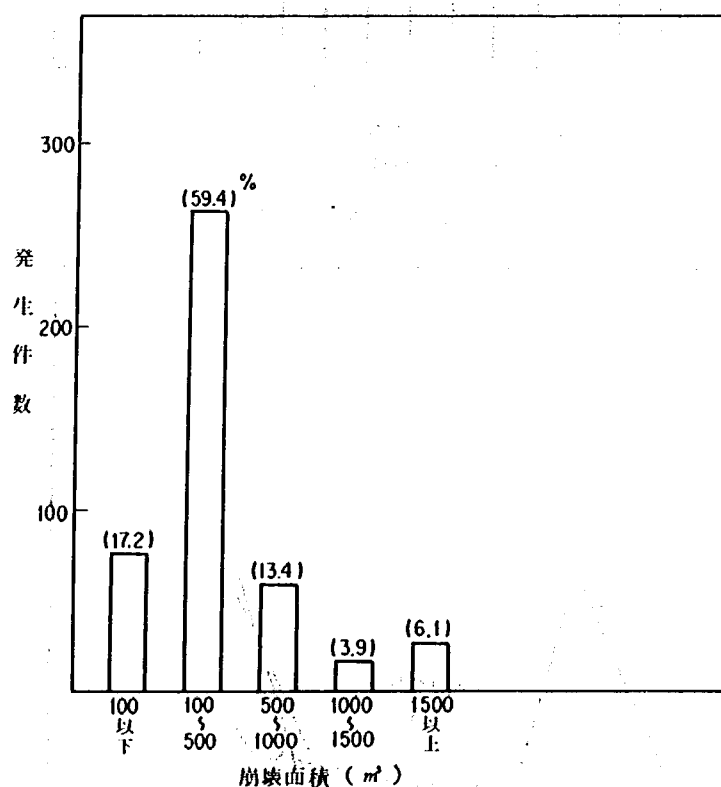


図 2-7 崩壊面積と発生件数

⑥ 発生部の勾配

土石流発生部の元勾配を $1/2.500$ の地形より抽出し, 各勾配に表 2-8, 図 2-8 に整理した。

発生率の高い勾配は $30^\circ \sim 35^\circ$ で全体の 30% を示している。また $25^\circ \sim 40^\circ$ までの範囲で

は 80 % の発生率を示している。また 10° 以下の発生はない。

表 2 - 8 発生部の勾配と発生件数

勾 配	発 生 件 数	発 生 率 (%)	平 均
$10^{\circ} \leq \theta < 15^{\circ}$	2	0.5	31.4 $^{\circ}$
$15^{\circ} \leq \theta < 20^{\circ}$	11	2.5	
$20^{\circ} \leq \theta < 25^{\circ}$	37	8.5	
$25^{\circ} \leq \theta < 30^{\circ}$	111	25.6	
$30^{\circ} \leq \theta < 35^{\circ}$	130	30.0	
$35^{\circ} \leq \theta < 40^{\circ}$	105	24.2	
$40^{\circ} \leq \theta < 45^{\circ}$	31	7.2	
45 $^{\circ}$ 以上	6	1.4	

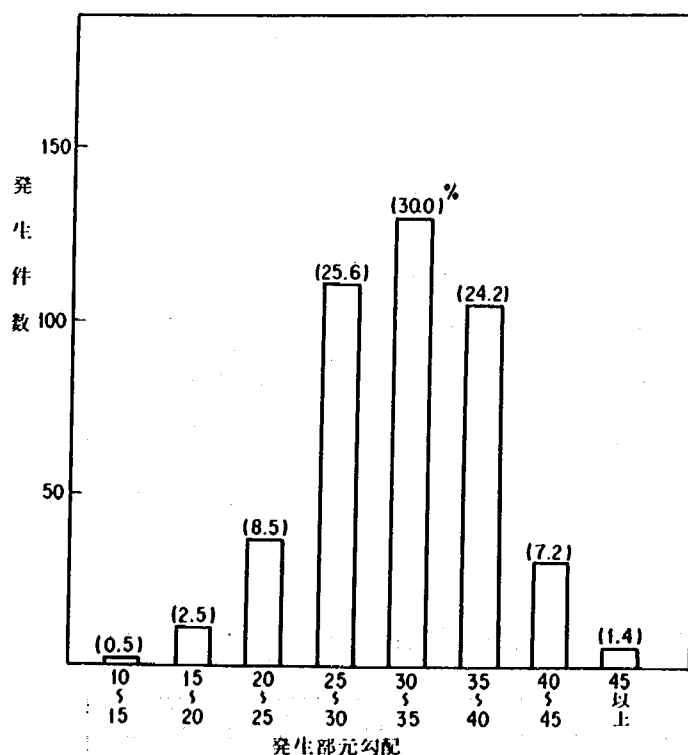


図 2 - 8 発生部の勾配と発生件数

⑦ 崩壊部の勾配

崩壊部の勾配と地質別発生率を比較したのが図 2 - 9 であり、この図より輝石安山岩質火山岩類と古第三紀層では $30^{\circ} \sim 35^{\circ}$ が最も多くなっているが角閃石安山岩と結晶片岩類では $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$ まであまり変わらない。また、変朽安山岩では $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ が最も多くなっている。

しかしながら、地質別に分類したが、 $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の範囲で崩壊が多く発生している事がいえる。

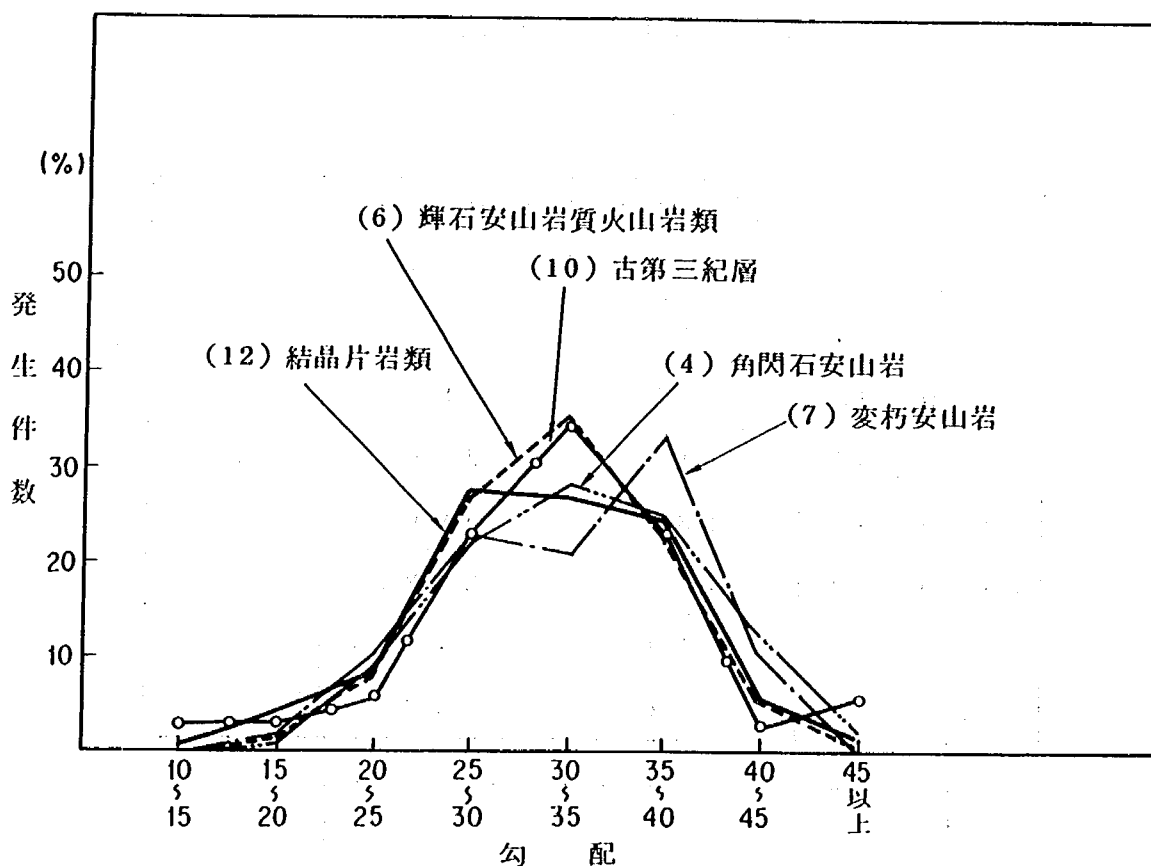


図 2 - 9 崩壊部の勾配と地質別発生率

⑧ 流下部平均勾配

土石流の流下部の平均勾配と発生との関係を表 2 - 9 , 図 2 - 10 に示す。

土石流の流下部平均勾配は、最も高いのが $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ で、ついで $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ となっており、 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ の間では全体の約 60% を占めている。また、 10° 以下でも流下している所がある。一般的には、溪床勾配 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ が流下区間となっているが、長崎の場合はそれより勾配が急で、 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ が平均的な流下部勾配と考えられる。この事は、長崎の地形的特徴を表わしているものと思われる。

表 2 - 9 流下部平均勾配と発生件数

流下部平均勾配	発 生 件 数	発 生 率 (%)
10° 以下	7	1.6
$10^{\circ} \sim 15^{\circ}$	61	13.4
$15^{\circ} \sim 20^{\circ}$	111	25.3
$20^{\circ} \sim 25^{\circ}$	143	32.6
$25 \sim 30^{\circ}$	69	15.8
30° 以上	47	10.7

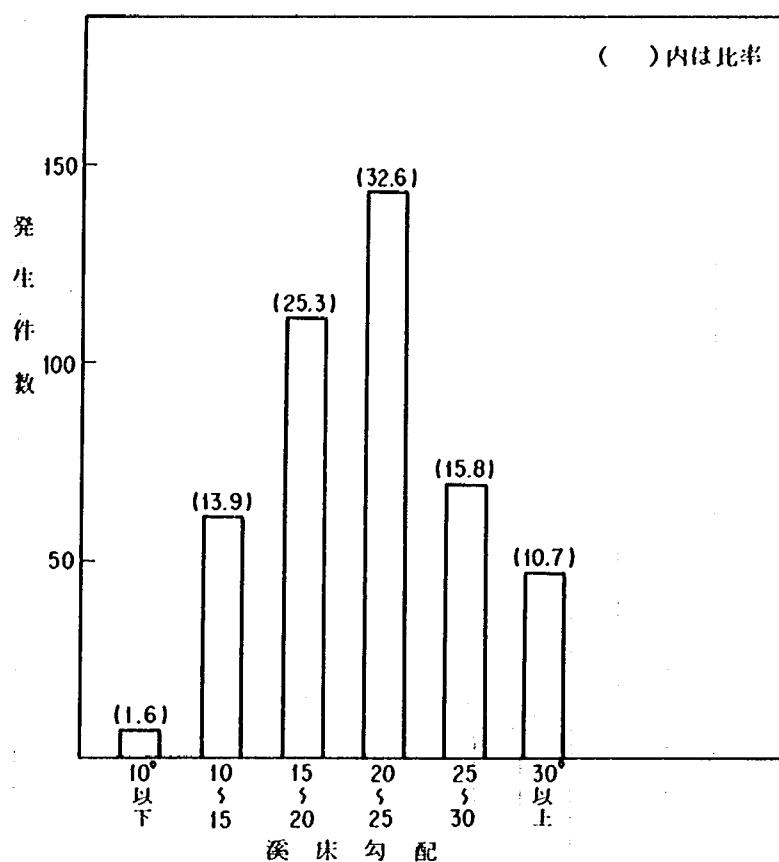


図 2 - 10 流下部平均勾配と発生件数

⑨ 堆積区間

土石流発生溪流における堆積区間の元平均勾配を地形図より抽出し、表 2 - 10、図 2 - 11 に示す。また、氾濫開始点勾配は表 2 - 11、図 2 - 12 に示す。

これより、 $3^{\circ} \sim 10^{\circ}$ の範囲が最も多く、半数を占めている。次いで $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 、 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の順となっている。また、 $3^{\circ} \sim 15^{\circ}$ までの範囲では約 75 % の比率となっている。一般的に土石流の堆積区間は、 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ までとなっており、長崎の場合でもよく一致している。また、勾配が 15° 以上でも堆積しているのは、崩壊土量、流域面積、土石の形状、溪流内の植生等に影響されているものと思われる。この事は、氾濫開始点の勾配のバラツキが大きいことからもうかがえる。

表 2 - 10 堆積区間の平均勾配と発生件数

平均勾配	発生件数	発生率 (%)
$\theta \leq 3$	16	4.2
$3 < \theta \leq 10^{\circ}$	188	49.6
$10^{\circ} < \theta \leq 15^{\circ}$	98	25.9
$15^{\circ} < \theta \leq 20^{\circ}$	51	13.5
20° 以上	26	6.9

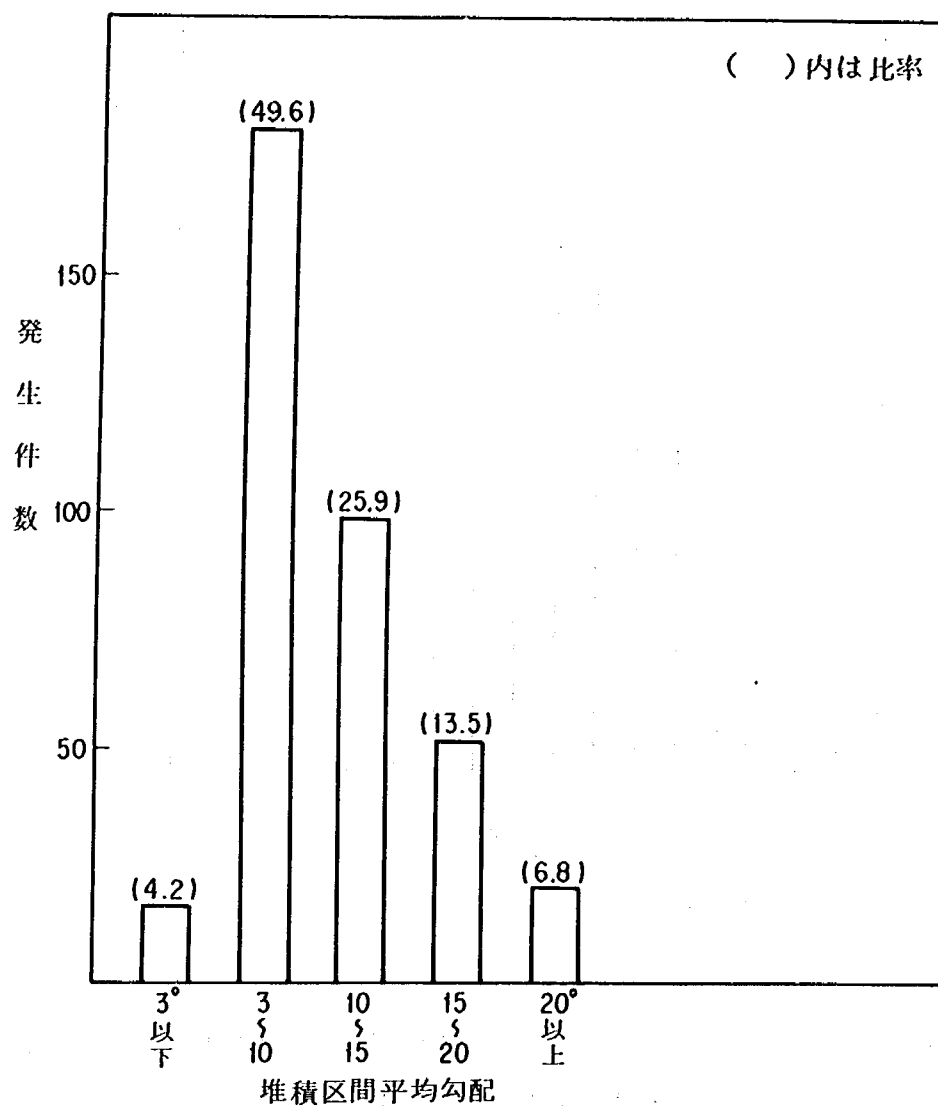


図 2 - 1 1 堆積区間の平均勾配と発生件数

地 2 - 1 1 氾濫開始点の勾配と発生件数

勾 配	発 生 件 数	比 率
$0 \leq 3^\circ$	9	2.3
$3^\circ < \theta \leq 10^\circ$	121	31.8
$10^\circ < \theta \leq 15^\circ$	119	31.3
$15^\circ < \theta \leq 20^\circ$	72	18.9
$20^\circ < \theta$	59	15.5

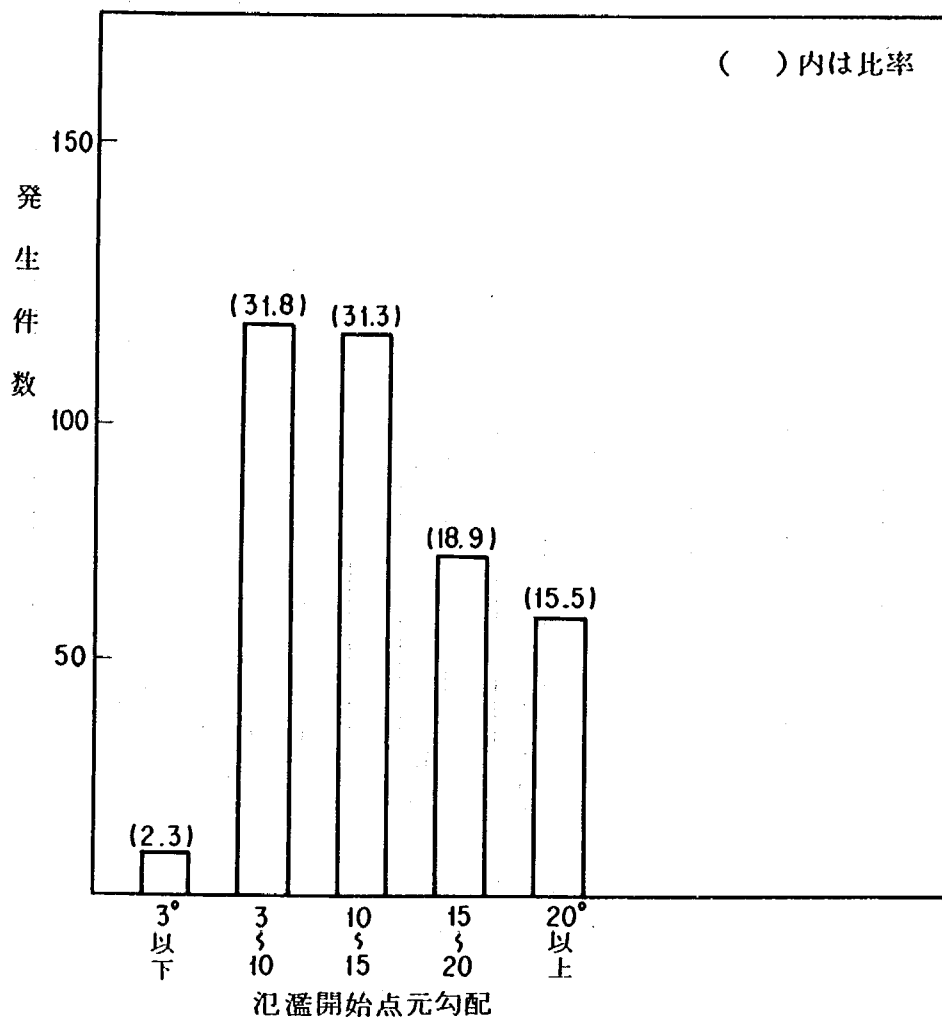


図 2 - 1 2 氾濫開始点の勾配と発生件数

⑩ 最大屈曲角及び分散角

最大屈曲角及び分散角について示したものが図 2 - 1 3, 2 - 1 4 である。

最大屈曲角は $0 \sim 70^\circ$ と全般にバラツキ, $20^\circ \sim 30^\circ$ の範囲がやや多い。

分散角度は全体で 10° 付近が多く, 角度が増すに従い少なくなっている。また谷底平野と扇状地を比較すれば谷底平野では, 10° 前後が多いが, 扇状地では $10^\circ \sim 40^\circ$ までほぼ変わらない。

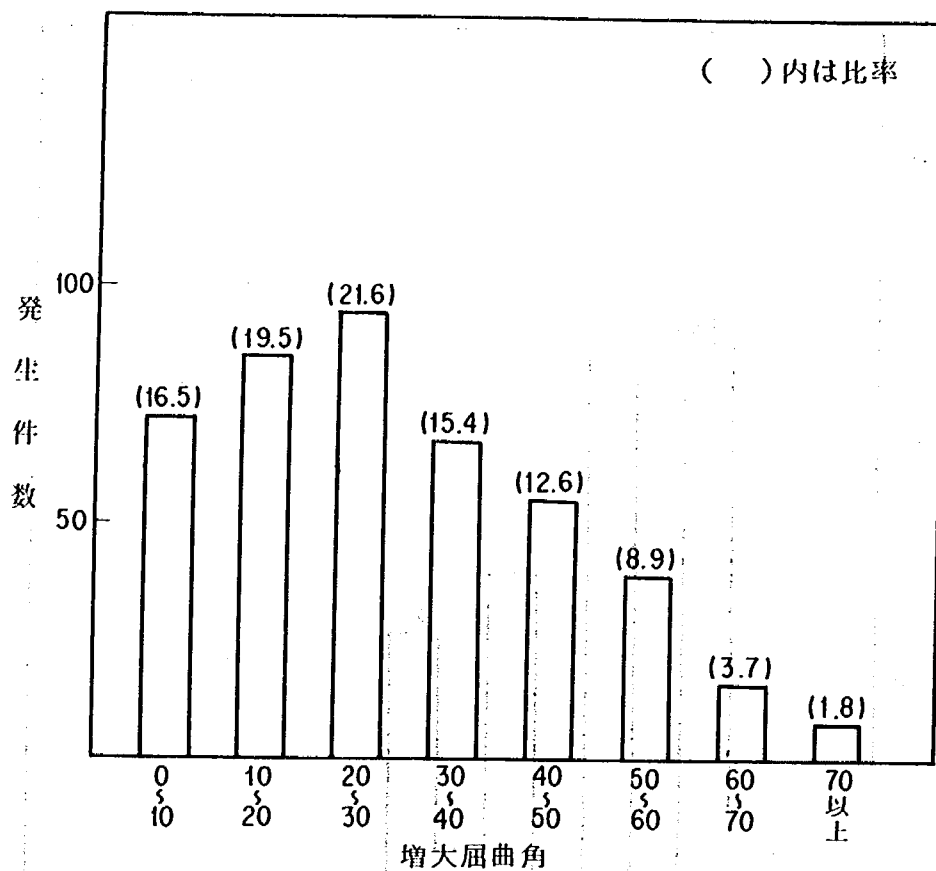


図 2 - 1 3 最大屈曲角と発生件数

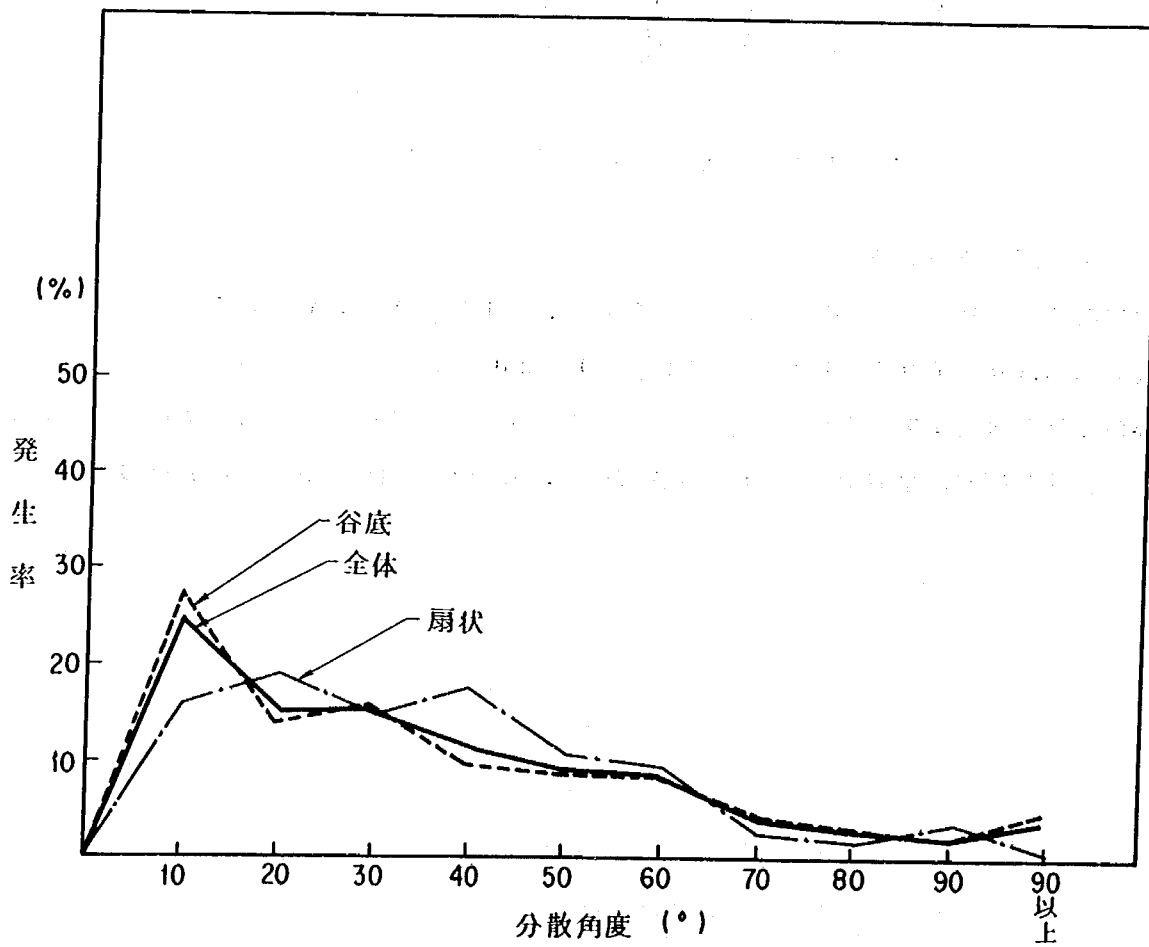


図 2 - 1 4 分散角と発生率

⑪ 地質区分

土石流発生率と地質の関係を表 2-12, 2-13, 2-14, 図 2-15 に示した。

表 2-12 地質別の土石流発生件数

地 質 名	番号	発生溪流流域	崩壊面	発生件数に対する比率 (崩壊部)
角 閃 石 安 山 岩	(4)	8 3	8 1	1 8.5 (%)
無 班 質 安 山 岩	(5)	3	3	0.7
輝石安山岩質火山岩類	(6)	1 4 3	1 4 0	3 1.7
変朽安山岩 (プロピライト)	(7)	5 2	5 1	1 1.6
玄武岩質火山岩類	(8)	6	5	1.1
閃 緑 岩	(9)	7	4	0.9
古 第 三 紀 層	(10)	3 8	3 5	8.0
結 晶 片 岩 類	(12)	1 2 0	1 1 8	2 6.9
火 山 円 礫 岩		1	1	0.2

表 2-13 調査範囲内での地質分布面積

地 質 名	地質分布面積 (km ²)	分 布 率 (%)
角 閃 石 安 山 岩	2 0.7 0	3.1
輝石・無班晶質安山岩	4 6 8.8 5	7 0.8
変 朽 安 山 岩	2 4.7 7	3.7
玄 武 岩	1 1.4 5	1.7
閃 緑 岩	5.2 9	0.8
古 第 三 紀 層	3 4.7 4	5.2
結 晶 片 岩 類	1 2 4.2 2*(96.0 2)	(1 4.5)
花 崗 岩	0.2 1*(0.1 6)	(0.0 2)

* () は降雨量を考慮し、為石以南を除いた面積

表 2 - 1 4 単位地質面積当りの発生件数（崩壊面）

地 質 名	発生件数（個／1 km ² ）	比 率（％）
角 閃 石 安 山 岩	3.9	40.2
輝石・無斑晶質安山岩	0.3	3.1
変 朽 安 山 岩	2.1	21.6
玄 武 岩	0.4	4.1
閃 緑 岩	0.8	8.2
古 第 三 紀 層	1.0	10.3
結 晶 片 岩 類	1.2	12.4

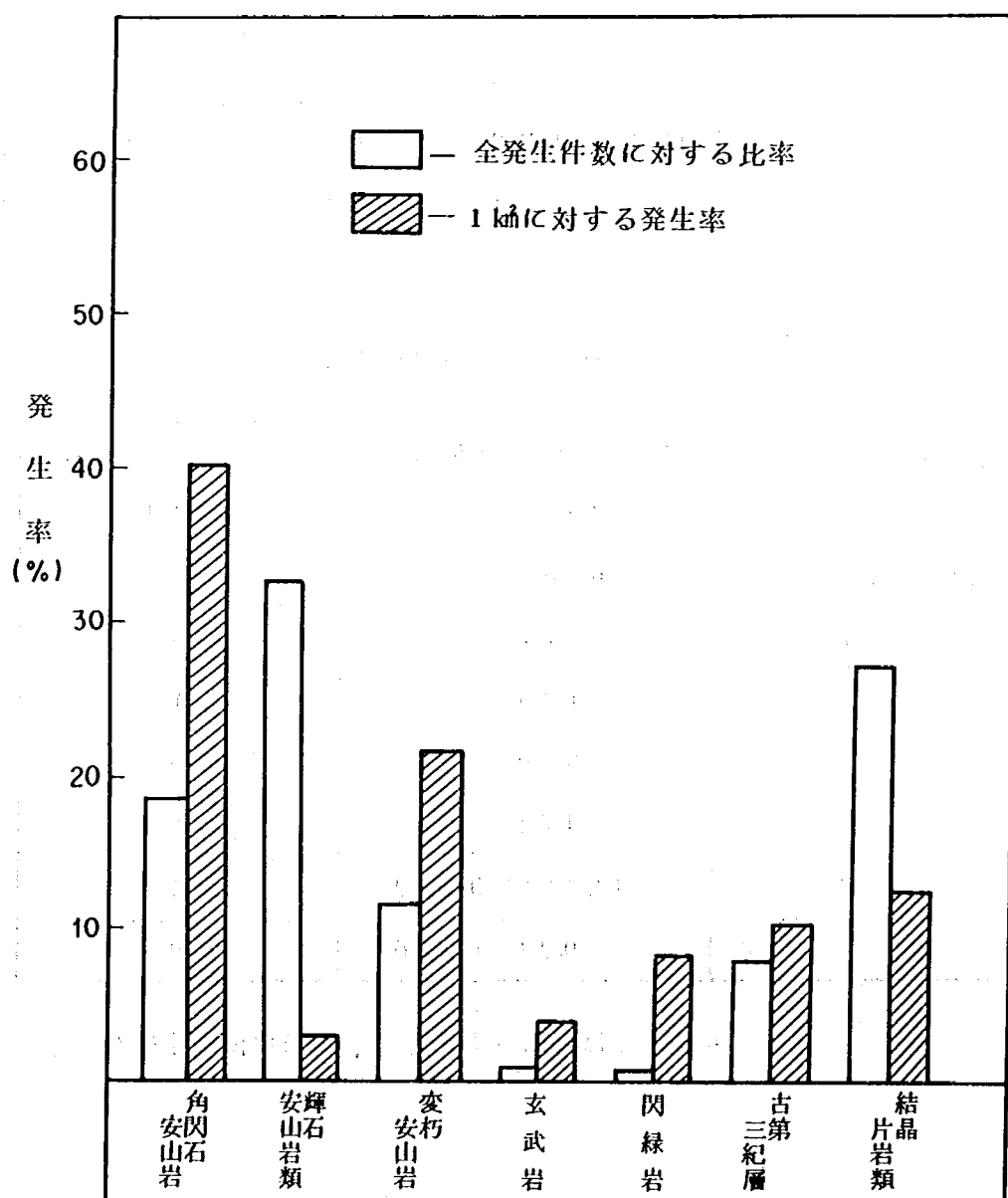


図 2 - 1 5 地質区分と発生率

地質別の土石流発生件数は、輝石安山岩類（長崎火山岩類）が143件と最も多く、全体の32.4%となっており、次いで結晶片岩類が118件で全体の26.9%を占め、次が角閃石安山岩、変朽安山岩の順となっている。長崎火山岩類と結晶片岩類とで全体の60%の発生率となっている。この事は、分布面積が長崎火山岩類が全体の70%を占め、次に結晶片岩類で約15%を占めているため、発生件数も多くなった事が考えられる。

次に単位面積当たり（1km²）の発生率をみれば、角閃石安山岩が最も多く、約40%を占め、次に変朽安山岩で約22%、結晶片岩類が約12%の発生率となっている。

したがって、降雨分布等色々問題はあるが、土石流が発生しやすい地質は角閃石安山岩で、次に変朽安山岩、結晶片岩が考えられる。また、輝石安山岩類は発生率が低い地質と思われる。

発生率が高い角閃石安山岩は、輝石安山岩に比べ岩類が軟かく、亀裂からの風化作用が行なわれた際に玉ねぎ状風化となり、円礫になりやすい事と、それに併なう巨礫の生産が多い事が考えられる。また、粘性が強く鐘状火山となっているため、山腹斜面の勾配が急である事があげられる。

変朽安山岩は熱水変質を受け、岩質が脆くなっており、深層風化が進んでいるため、発生率が高いものと思われる。

結晶片岩類は片理が発達し、岩盤が分離しやすい事と、地層の傾斜にも影響しているものと考えられる。

⑫ 植 生

土石流発生溪流の崩壊部と流下部の植生を示したのが、表2-15、図2-16である。

これより、崩壊部及び流下部共広葉樹林が約半数を占め、次いで針葉樹林の順となっている。

また、畑地が発生部で6.8%占めるのは、長崎がかなり上流まで畑が開けているためであり、流下部でその他の部分もかなり畑地が含まれる。

表 2 - 1 5 植生と発生件数

植 生	頭 部 崩 壊 部		流 下 部	
	発生件数	比 率	発生件数	比 率
広 葉 樹 林	2 4 5	5 5.8	2 0 8	4 7.4
針 葉 樹 林	1 3 8	3 4.1	9 4	2 1.4
畑 地	3 0	6.8	4 4	1 0.0
裸 地	2 4	5.2	1 8	4.1
混 交	3	0.7	7 6	1 7.1

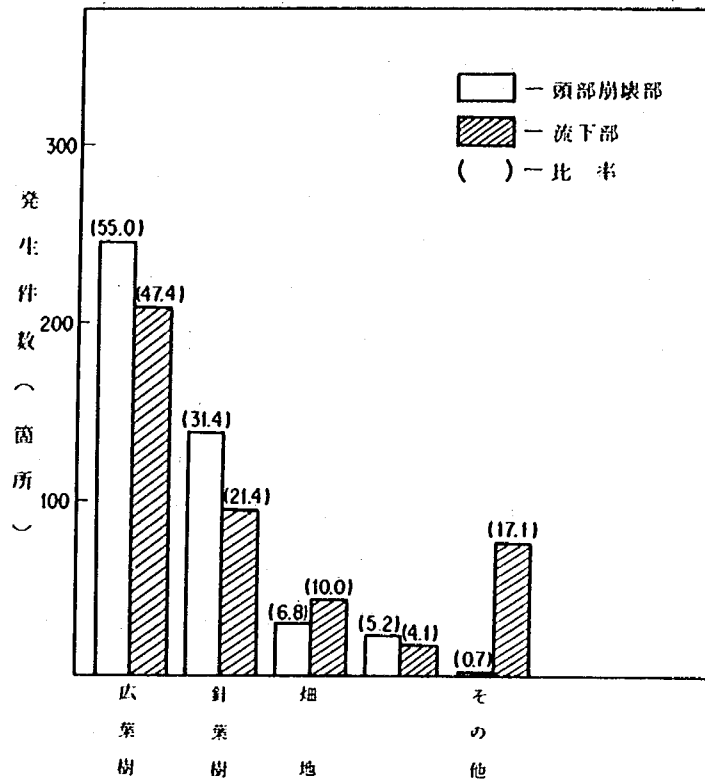


図 2 - 1 6 植生と発生件数

(2) 土石流発生と降雨量

① 継続雨量と雨量強度

土石流発生と降雨量との関係を土石流発生までの継続雨量－発生時の時間雨量，発生降雨における最大時間雨量，発生時の10分間雨量の関係を示したのが図2-17，図2-18，図2-19である。

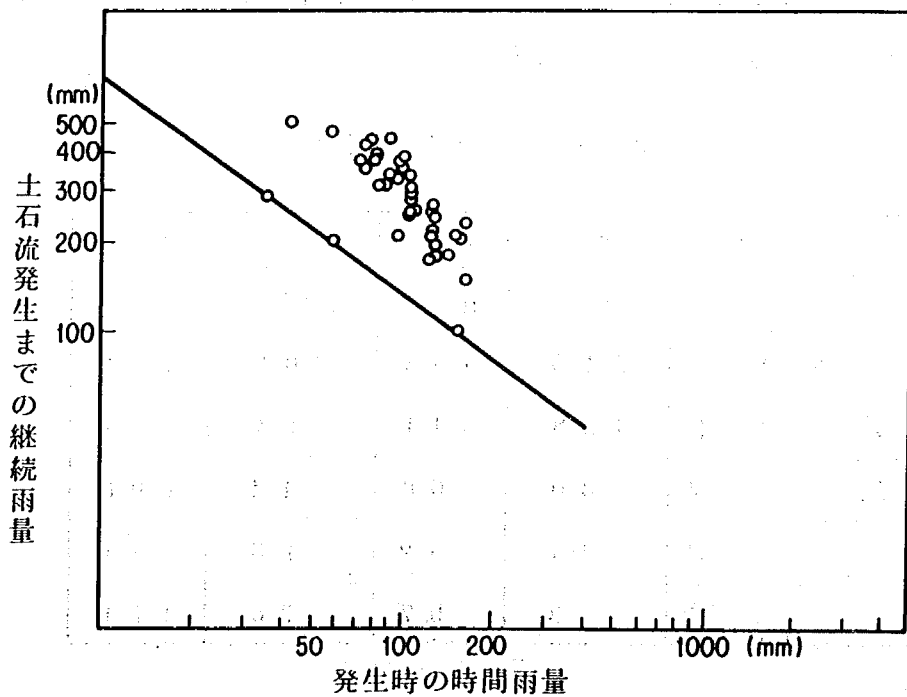


図 2 - 1 7 継続雨量と時間雨量

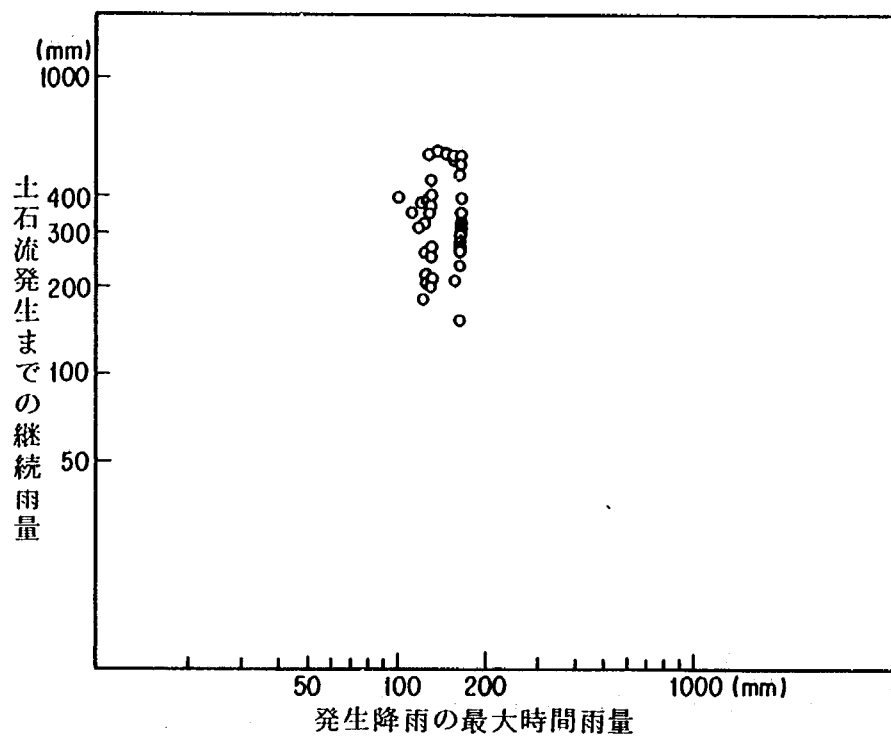


図 2 - 1 8 継続雨量と時間雨量

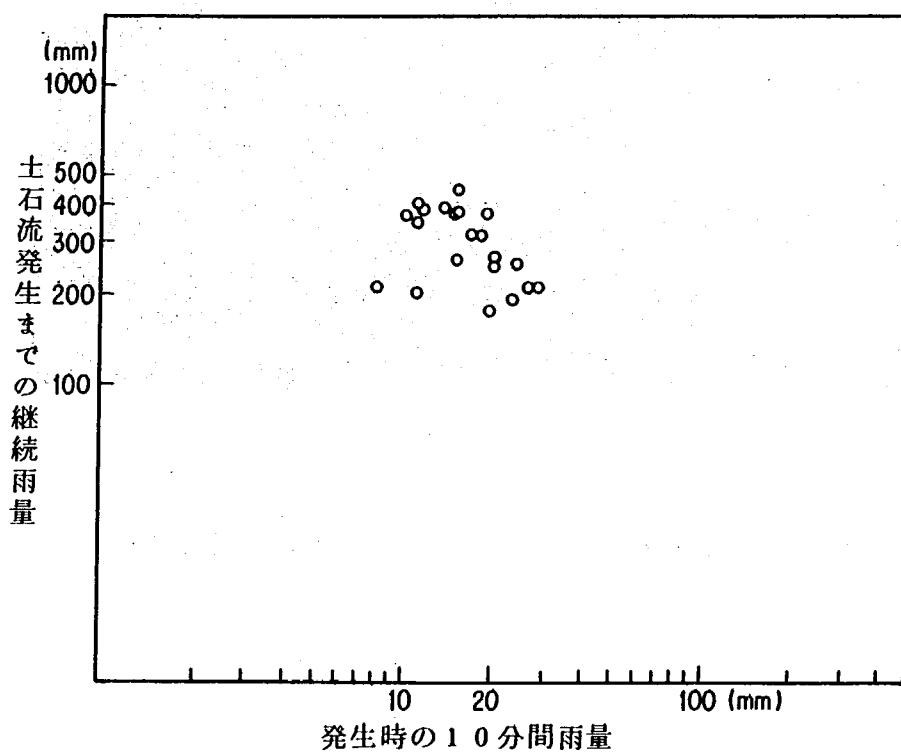


図 2 - 1 9 継続雨量と10分間雨量

② 雨量分布と災害の発生

図 2 - 2 0 , 2 - 2 1 , 2 - 2 2 は雨量分布と土砂災害の発生分布との関係が明瞭である。

(3) 防災施設の効果

今回の調査範囲に於いて、発生した土石流に対し効果の認められた砂防及び治山ダムの設置されている溪流は井樋ノ尾川(口)、筒水川(ハ)、潮見川、牧野川(口)の4溪流である。これ以外にも調査範囲内に於いていくつかの砂防ダム及び治山ダムが設けられていたが、いずれも土石流が未発生であったり、発生しても土石流がダムまで到達しなかったものである。

次に上記4溪流の各々について述べる。

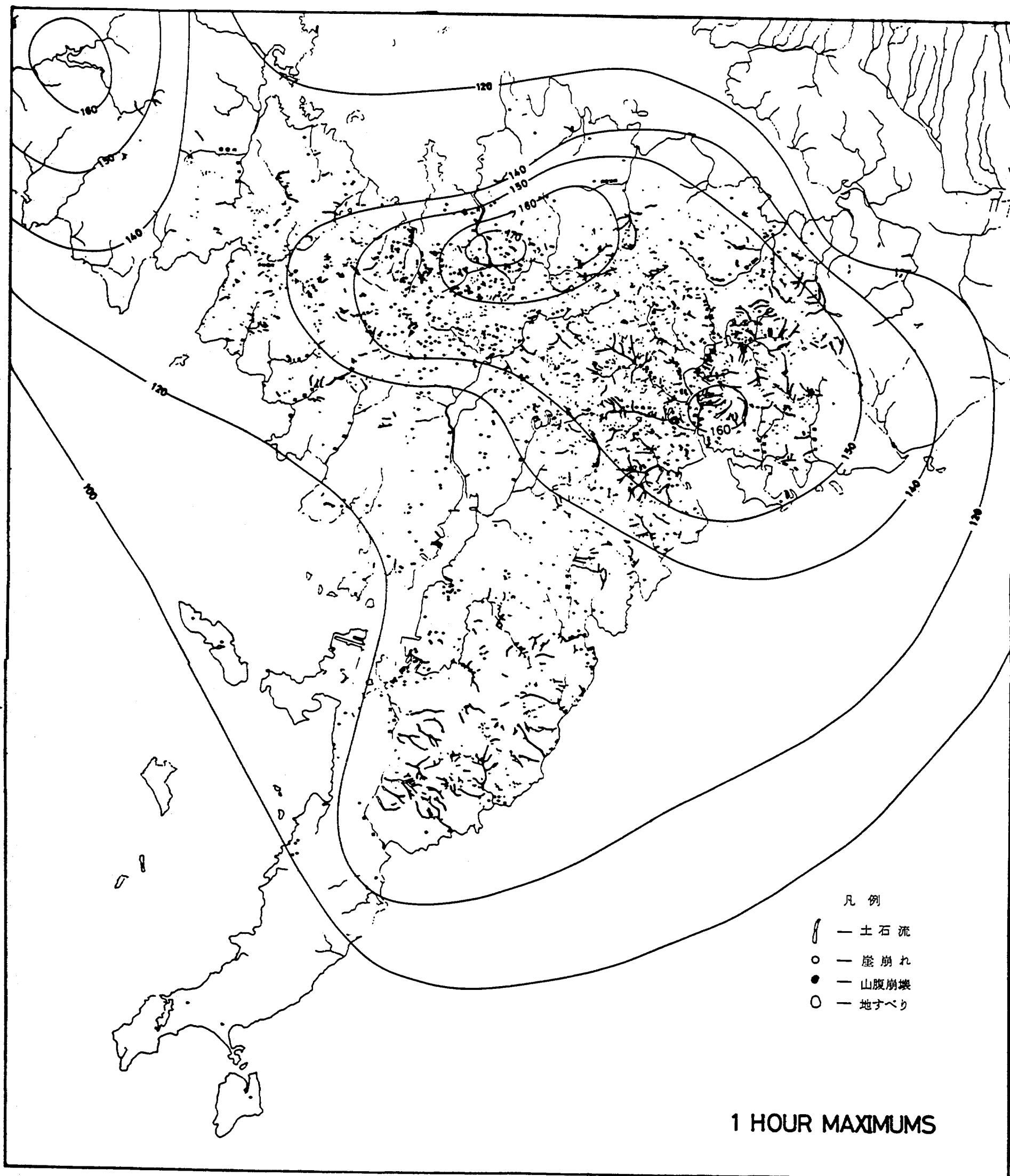
・井樋ノ尾川(口)、井樋ノ尾川(口) - 1

本溪流に於いてはダムの上流側と下流側で別々の土石流が発生している。上流側で発生した土石流は600m流下した後、砂防ダム(H=12.0m)ではほぼ完全に停止している。(写真2-1及び図2-23参照)



写真2-1 溪流名：井樋ノ尾川(口)

砂防ダムで停止した土石流堆積物及び流木。転石、玉石は角閃石安山岩。



- 凡 例
- 土石流
 - — 崖崩れ
 - — 山腹崩壊
 - — 地すべり

図 2 - 2 0 最大 1 時間雨量分布と災害の発生

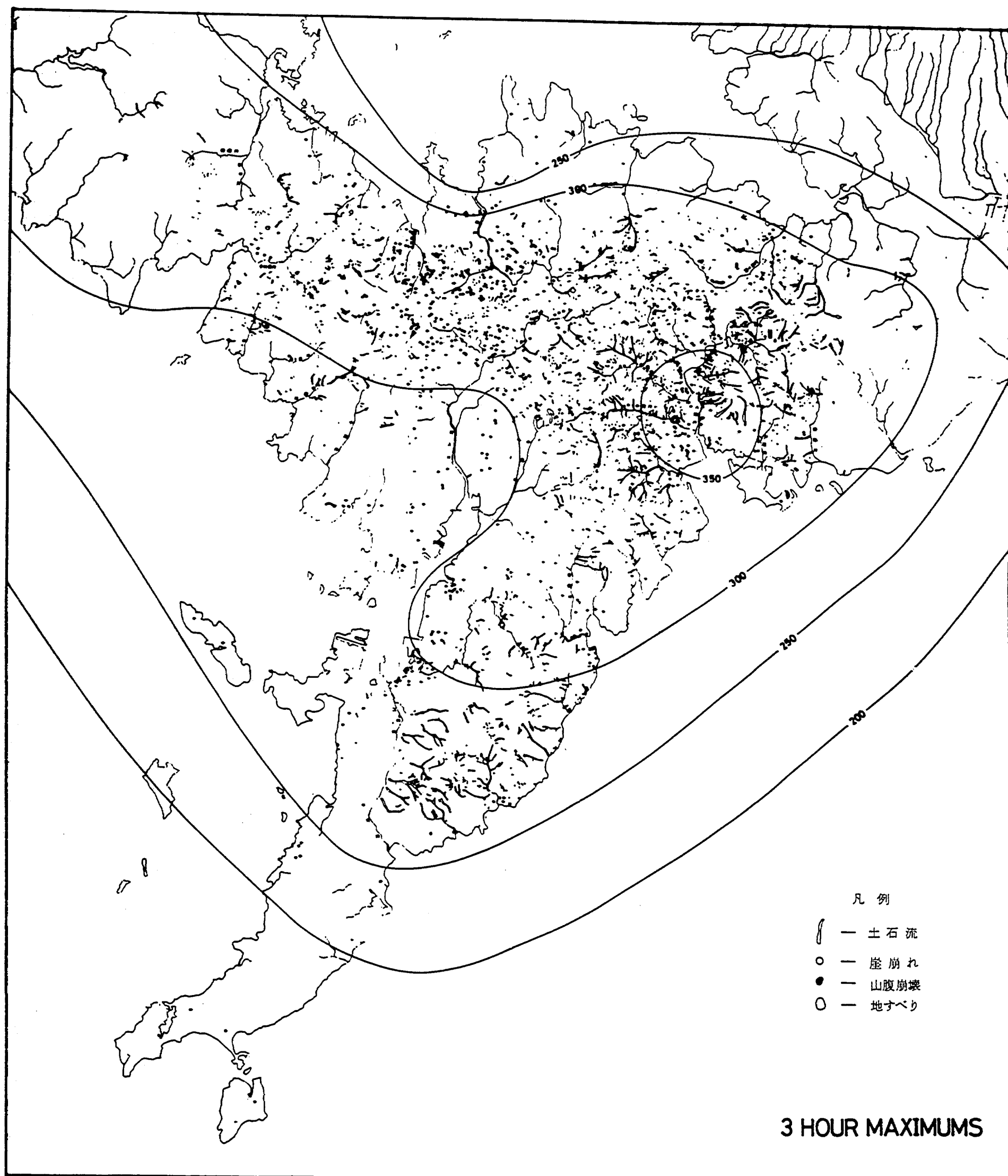


図 2 - 2 1 最大時間雨量分布と災害の発生

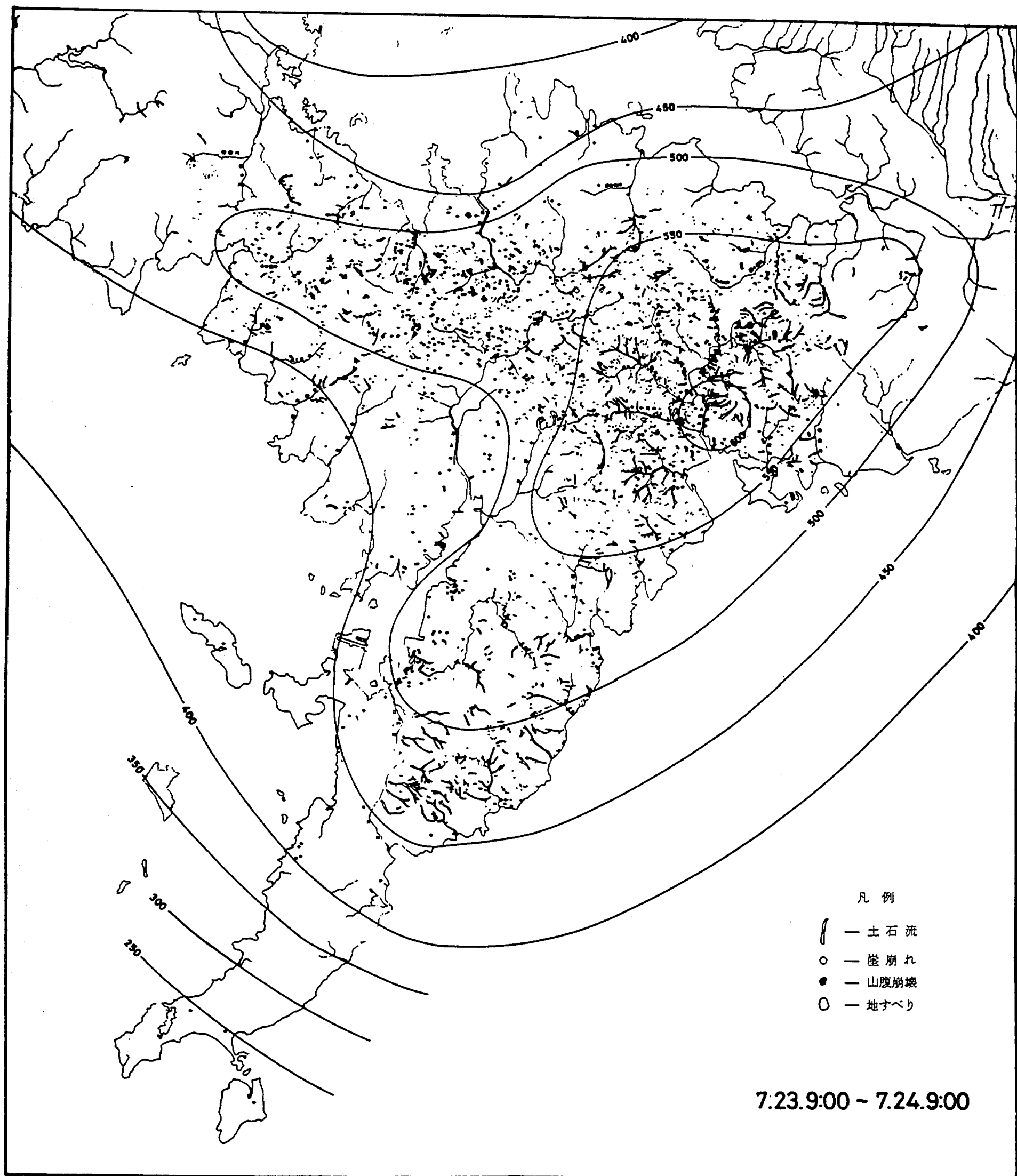


図 2 - 2 2 24 時間雨量分布と災害の発生

一方、ダムの下流で発生した土石流は、それを受け止める物が無く、また適切な流路が無かった為、谷出口で氾濫し、土砂等細粒分も含めた堆積区域長は1,000m以上にも及んでいる。(写真2-2 参照)



写真2-2 溪流名：井樋ノ尾川(口)-1

谷出口の氾濫開始点(堆積開始点)付近

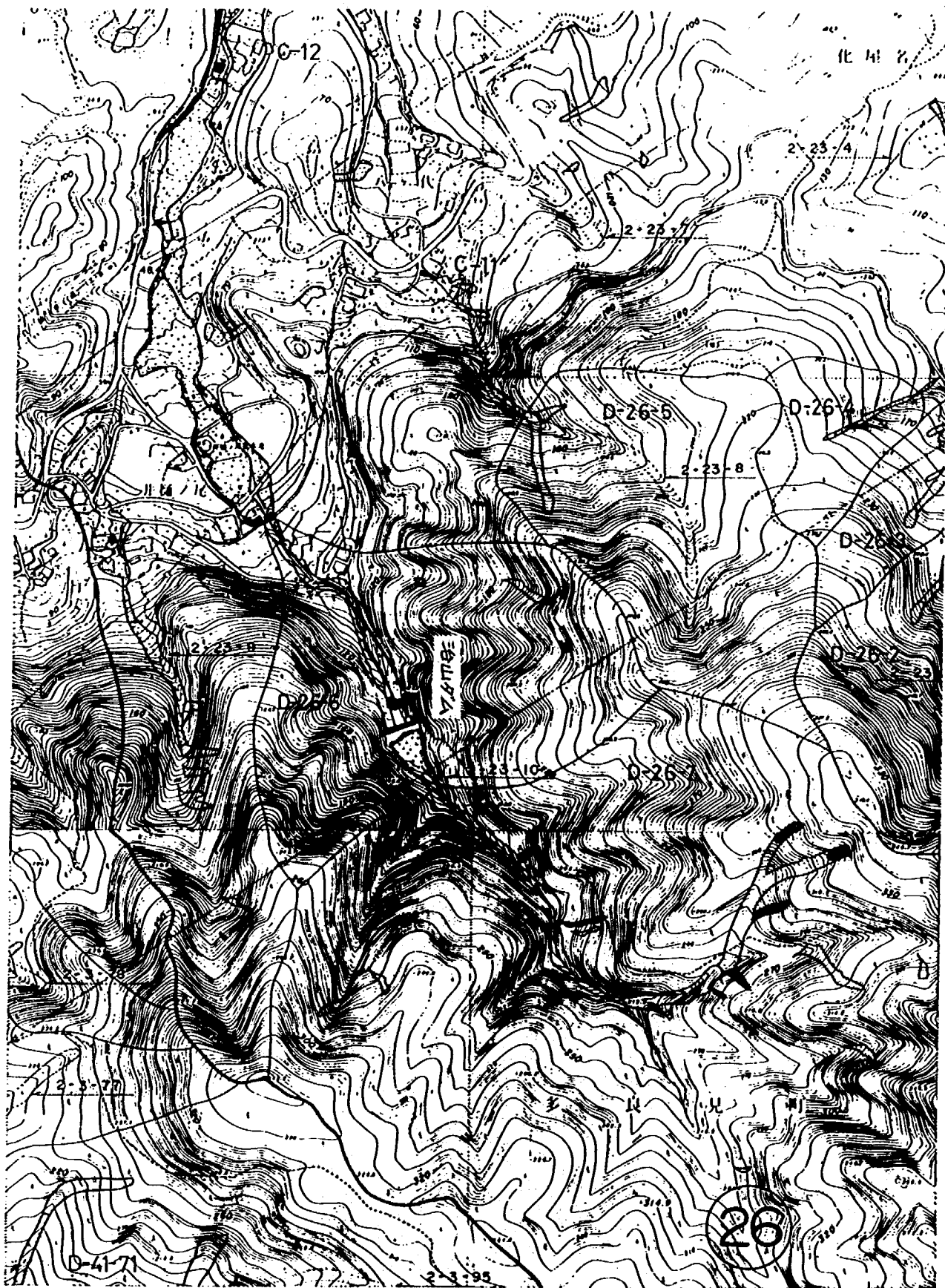


図2-23 井樋ノ尾川

・筒水平川（ハ）

この溪流には治山ダムが3基設置されていたが、発生部の崩壊の規模が大きく、各ダムの貯砂能力（ $H=8.0\text{ m}$ 、 6.5 m 、 5.5 m ）をはるかに越えた土砂が流出し、3基の内、中間のダムを破壊し、下流側のダム袖部分を破損させて下流の住宅地を襲い、34人の死亡者を出した。これらの治山ダムがあった為に被害が大きくなったのではないかと一部の声があったが、袖部を破損しながらも持ちこたえたダムに多量の土砂が堆積している事実を見れば、これらのダムが無ければ被害は更に大きくなったのではないかと考えられる。（写真2-3、図2-24参照）

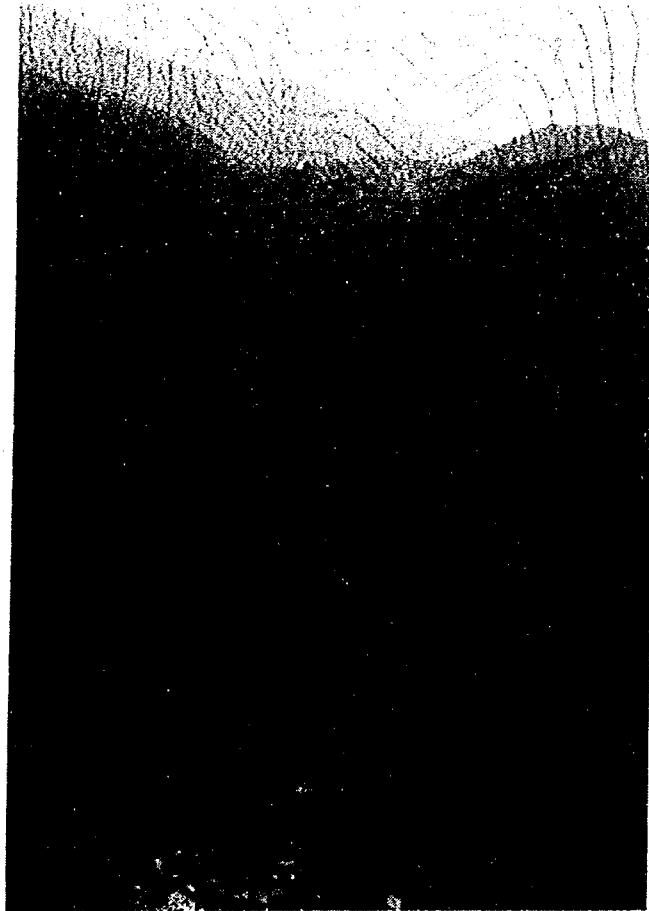


写真2-3 溪流名：筒水平川（ハ）

・潮見川

本溪流では昭和47年5月にも土石流が発生し、人家数軒が全壊する等の被害を受けた為、治山ダム1基と谷止工6基が設置されていたが、今回（57. 7. 23）発生した土石流はこの治山ダムではほぼ完全に停止しており、被害はわずかにダムを越えた水によって人家一戸が一部を破損した程度にとどまっている。（写真2-3、2-4、図2-25照）



写真 2 - 3 溪流名：潮 見 川
土砂堆積状況



写真 2 - 4 溪流名：潮見川
全景，中央部が満砂状態
の治山ダム

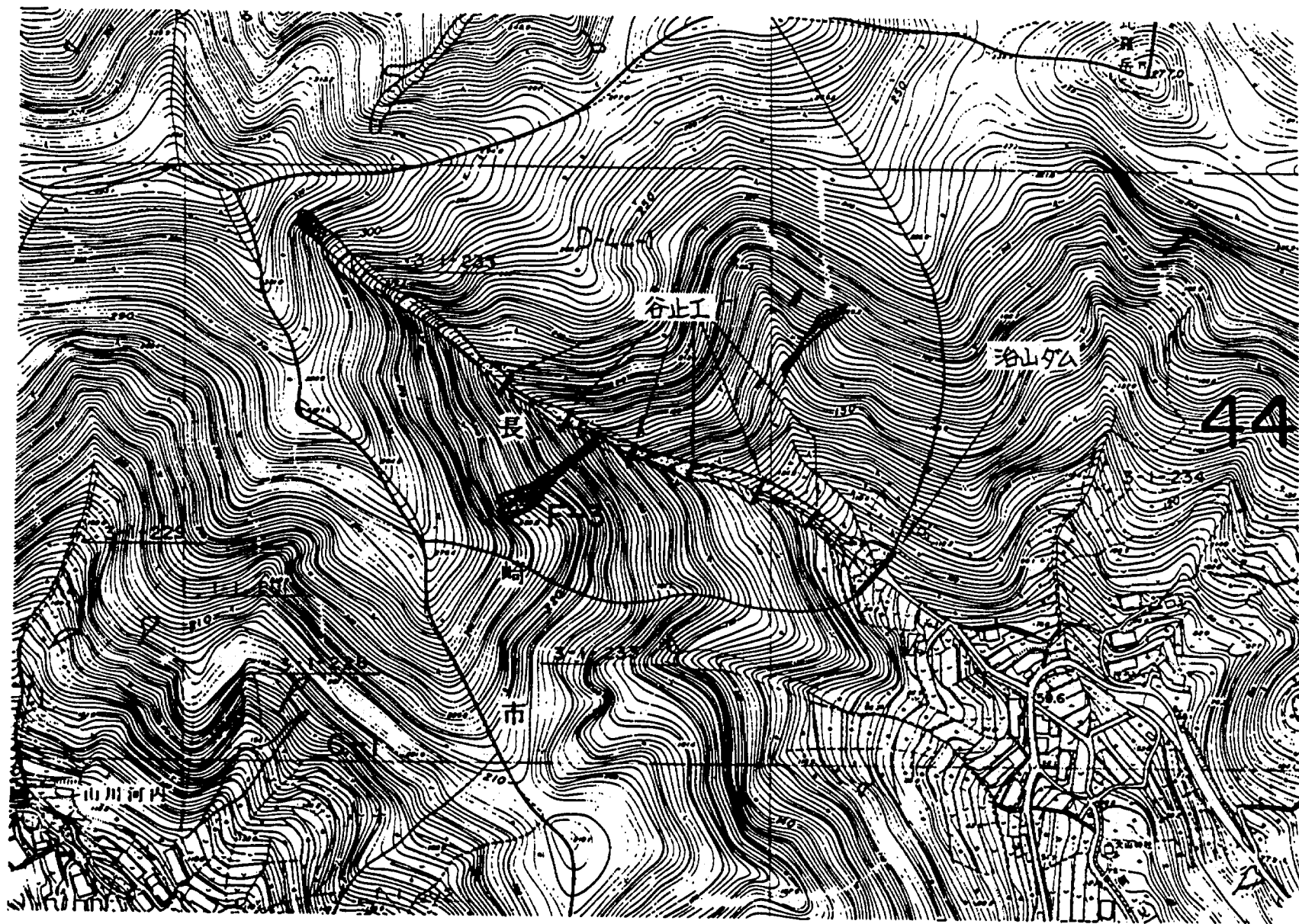


図 2 - 2 5 潮 見 川

・牧野川（口）

本溪流には治山ダムが設置されており，また土石流の規模も比較的小さく，ダムの能力の範囲内であったため，ダム下流への土砂の流出は見られなかった。但し，流出土砂の為，ダムは満砂に近い状態にある。（写真2-5，図2-26参照）

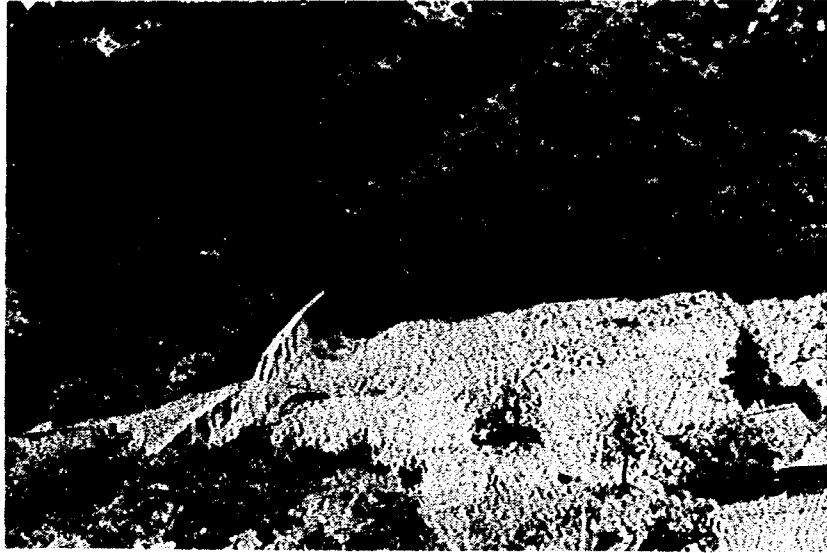


写真2-5 溪流名：牧野川（口）

堆 積 状 況

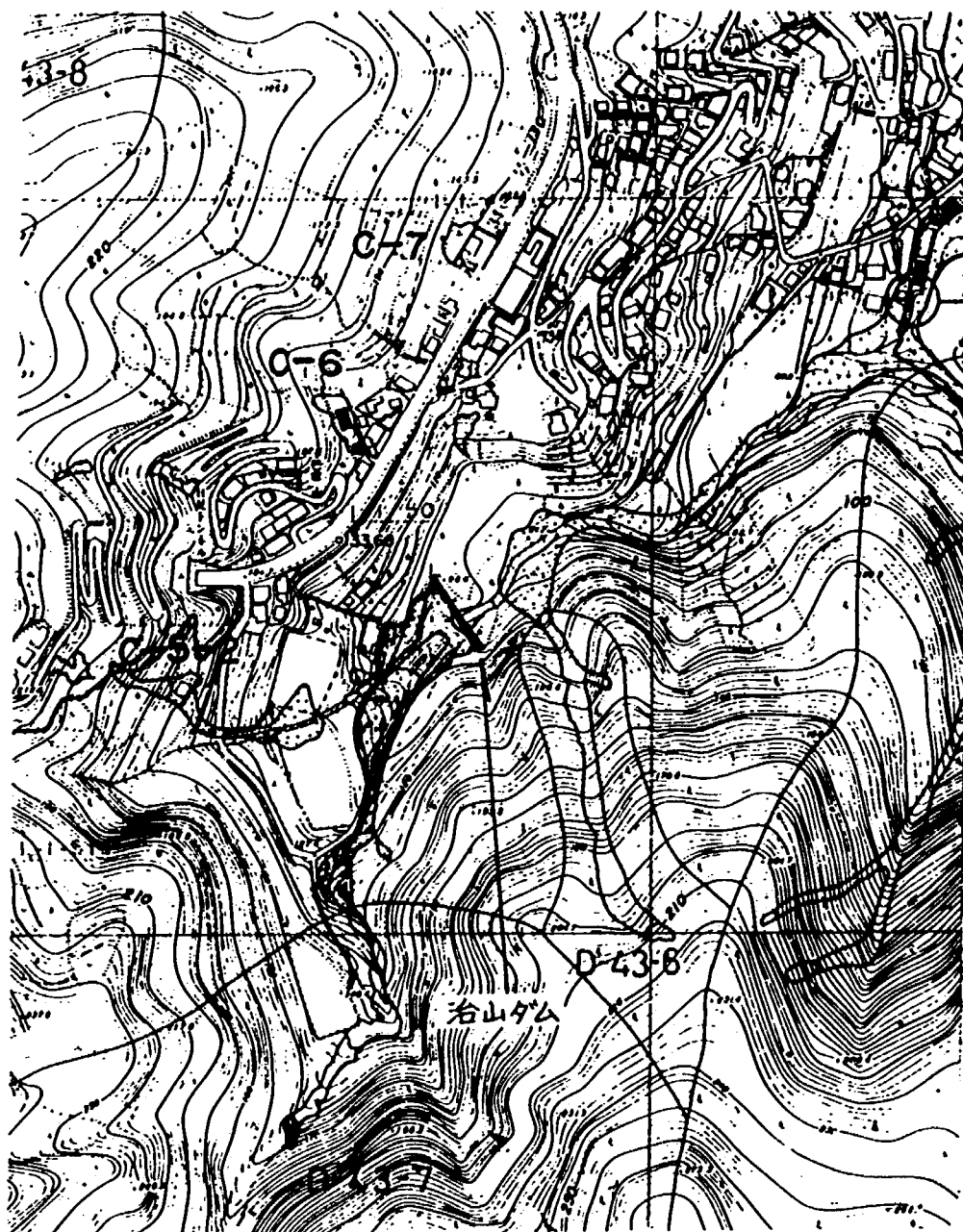


図2-26 牧野川(口)

(4) 既往土石流の適合性

① 土石流危険渓流調査結果と土石流発生渓流

図 2 - 2 7 は、本調査範囲内に於ける発生土石流と S 5 5 土石流危険渓流数との関係を示している。

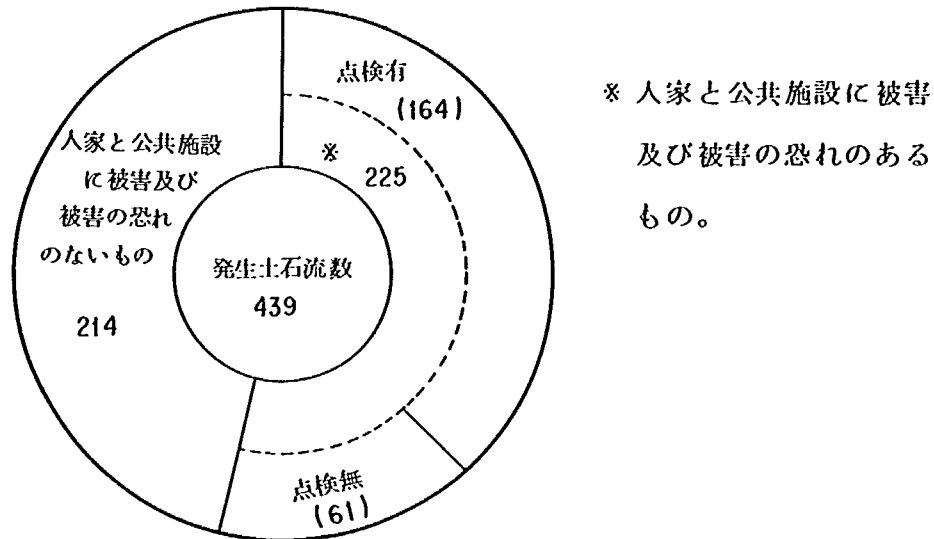


図 2 - 2 7 発生渓流と点検渓流

ここで、S 5 5 土石流危険渓流の適合性は発生土石流のうち、人家と公共施設に被害及び被害の恐れのあるもの 2 2 5 渓流に対する S 5 5 点検の有無の割合で表わすことができ、

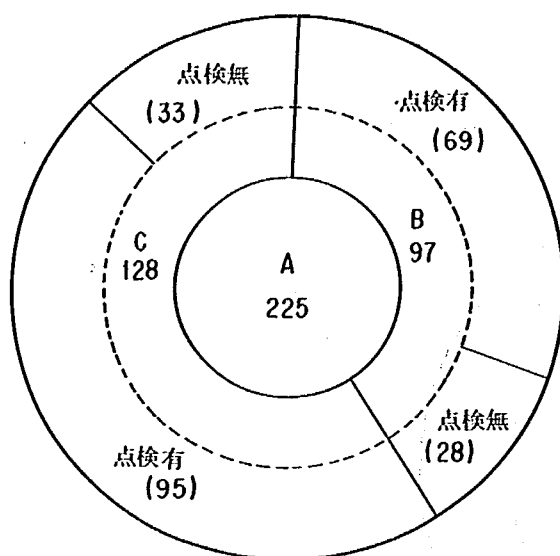
$$\text{適 合} \cdots \cdots \frac{164}{225} = 0.73 (73\%)$$

$$\text{非適合} \cdots \cdots \frac{61}{225} = 0.27 (27\%)$$

となる。

つまり人家と公共施設に被害及び被害の恐れのある発生土石流数に対して、約 2 7 % に当る 6 1 渓流が S 5 5 点検から外れていた事になる。

図 2 - 2 8 は、人家と公共施設に被害及び被害の恐れのある 2 2 5 渓流について、被害のあったものと被害の恐れのあるものに分け、S 5 5 点検との関係を示したものである。



A：発生土石流のうち，人家と公共施設に被害及び被害の恐れのあるもの。

B：Aのうち被害の恐れのあるもの。

C：Aのうち被害の恐れのあるもの。

図 2 - 2 8 被害状況と点検溪流

被害のあったもの B に対し，S 5 5 点検有は 7 1 %，被害の恐れのあるもの C に対し，S 5 5 点検有は 7 4 % である。

いずれも，全体の A に対する点検の適合率 7 3 % とほぼ同様である。

S 5 5 点検の溪流における土石流の発生率は，被害の大小と関係がなかったことになる。

次に発生土石流のうち，人家と公共施設に被害及び被害の恐れのある 2 2 5 溪流で，点検もれとなった 6 1 溪流について検討を行なう。

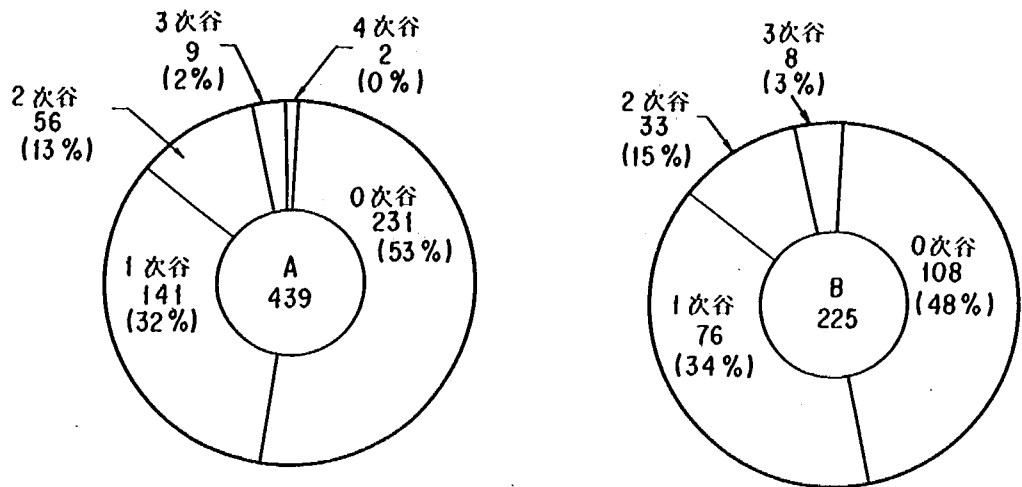
② 非適合溪流の要因分析

② - 1. 一次谷の考え方

溪流を抽出する際，谷型地形の判定は重要な要因であり，次頁に S 5 5 点検のときの国の調査要領と長崎県の調査方法を示している。

長崎県では，地形及び住宅の立地条件を考慮し，谷地形の判定を次頁に示すように拡大解釈し危険溪流の抽出を行なっていたが，今回の発生土石流の谷次数をみると，さらに予想を上回る数の土石流が 0 次谷いわゆる通常谷地形とみなさない山腹で発生したことになる。

図 2 - 2 9 は，発生土石流と谷次数（1 / 5, 0 0 0 地形図で判定）の関係を示したものである。



ここで A : 調査範囲内の全発生土石流
B : Aのうち人家と公共施設に被害及び被害のあった土石流

図 2-29 発生溪流と谷次数 (a)

被害の有無に関係なく、発生土石流のほぼ半分は 0 次谷で占められている。

次に、人家と公共施設に被害及び被害のあった土石流 225 の中で、S55 点検の有無のそれぞれの溪流における谷次数の割合を図 2-30 に示す。

2.2 調査概要

2-2-1 土石流危険溪流調査

土石流が発生する危険性を調査するもので、現在の段階で最も土石流発生に関係していると考えられている要因のうち発生誘因と考えられる降雨を除いて、いわゆる素因としての危険性について調査を実施するものである。

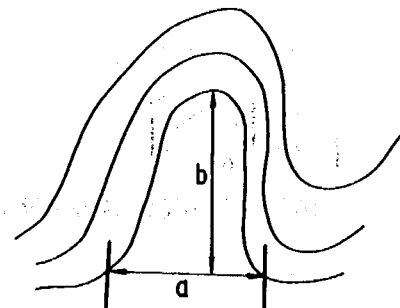
2-2-1 1. 調査対象溪流

(1) 調査対象は人家 5 戸以上 (5 戸以下でも官公署、学校、病院、駅、旅館、発電所等のある場合を含む) に流入する溪流とする。

(2) 溪流とは、具体的には、1/25,000 地形図 (国土地理院発行、未発行の区域については 1/50,000 地形図による)

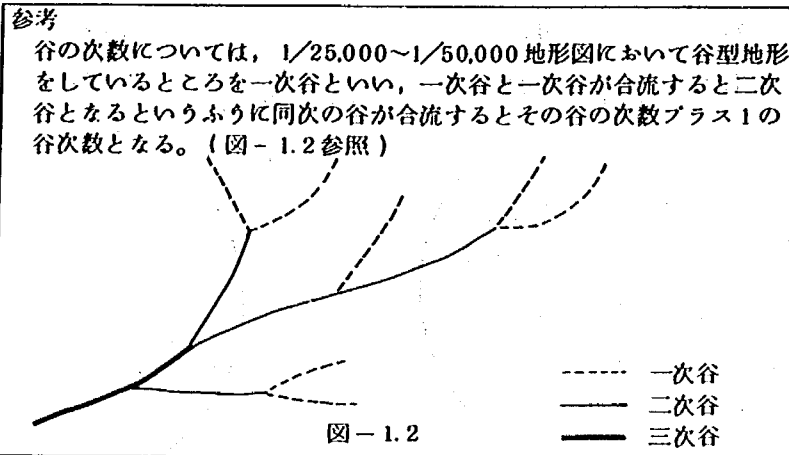
で谷型の地形をしているところとする。

即ち、一次谷を形成している地形を起点とし、溪床勾配が 3° ($1/20$) までを終点とする溪流をいい、当然一次谷だけの溪流も含むものとする。



$a < b$ になった地点を一次谷と呼ぶ。

一次谷の判定方法



2-2 調査方法

2-2-1 土石流危険溪流調査

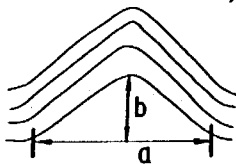
2-2-1.1 調査対象溪流

- (1) 調査対象は、人家と人家の無い場合でも公共施設（建築物のみとし、鉄道、道路等は除外した。）に流入する溪流とした。

調査対象戸数数は、5戸以上を基準にスタートしたが、空中写真、地形図等の判読では、人家5戸前後の判断が困難な事、さらに、人命尊重を第一に考え、昭和54年度後半から、調査対象戸数を1戸以上とし、本県の行政姿勢として総括表等に計上した。

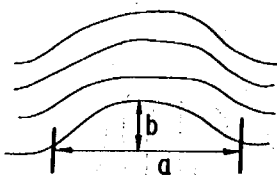
- (2) 溪流の定義は、国の要領を基本に考え、使用地形図は、1/25,000を主体（詳細内分は、第1章1-7に明示した。）とし、谷形地形の判断に空中写真による観察を加え、国の定義より多少幅広く抽出した。

例1.



$a < b$ となった地形でも、等高線の曲りが、鋭く連続する場合は、一次谷とみなした。

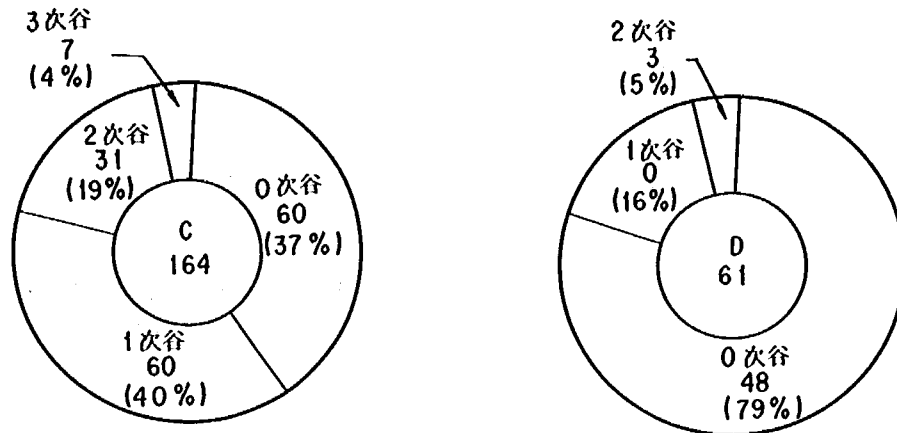
例2.



$a > b$ でも、地形図、空中写真で明らかに河川が形成されている場合は、谷地形とみなした。

注) 尚 a は、谷の両側の等高線の変曲点間の距離をとった。

また、河床勾配、谷の次数等の考えは、国の要領に従った。



ここで C ; BのうちS 5 5 点検有の土石流

D : BのうちS 5 5 点検無の土石流

図 2 - 3 0 発生溪流と谷次数 (b)

図 2 - 3 0 より, S 5 5 点検無の 6 1 溪流中 4 8 溪流が 0 次谷であり, 点検無の約 8 0 % を占めている。

図 2 - 3 1 は, S 5 5 点検に無く 0 次谷で発生した土石流の代表例で, 死者 2 4 名をだした鳴滝川である。

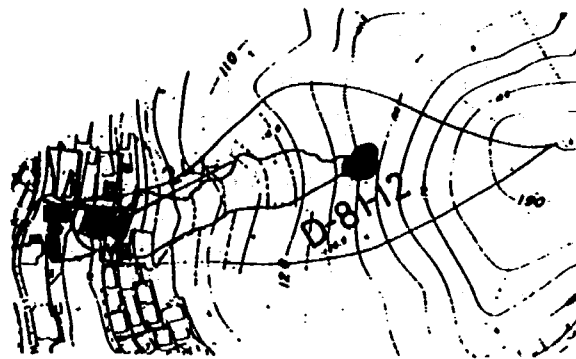


図 2 - 3 1 鳴 滝 川

長崎県では図 2 - 3 1 のような地形を示し, 然も人家の密集している箇所が非常に多い。

今後, 土石流危険溪流調査を進めていく上で谷形地形の解釈は大きな課題である。

②-2 その他の要因分析

谷次数が 1 次以上で S 5 5 点検もれとなった土石流は 1 3 溪流で, そのうち被害のあったものが 4 溪流, 被害の恐れのあるものが 9 溪流である。

表 2 - 1 6 にそれぞれの点検もれの要因を分析する。

表 2 - 1 6 非適合溪流の要因分析

	溪 流 番 号	要 因
被害のあったもの	D - 4 1 - 3 3	※要因なし
	D - 4 1 - 8 7	氾濫開始点と人家までの距離が長い。(実際に人家に被害を与えたのは下流側で発生した土石流と思われる。)
	D - 8 3 - 3	※要因なし
	D - 4 1 - 8 4	宅地地盤高まで氾濫土砂が届かないと判断した。(人家の被害は一部破損程度)
被害の恐れのあるもの	D - 1 4 - 9	人家まで氾濫土砂は届かないと判断した。
	D - 3 9 - 5	〃
	D - 4 1 - 2 8	〃
	D - 4 1 - 3 6	〃
	D - 4 1 - 6 1	宅地地盤高まで氾濫土砂は届かないと判断した。
	D - 4 1 - 7 3	※要因なし
	D - 4 1 - 9 2	
	D - 4 8 - 1 3	
	D - 8 3 - 1 0	人家まで氾濫土砂は届かないと判断した。

※要因なしの溪流は抽出時点で見落したものである。

次にそれぞれの平面図を添付する。

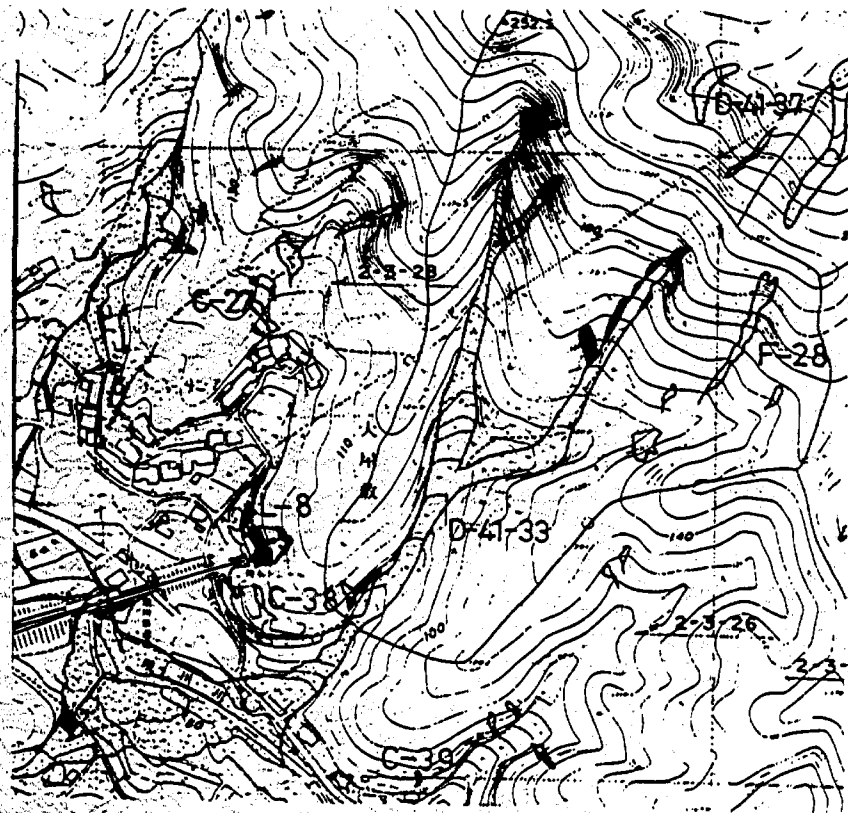


图 2-32(a) D-41-33

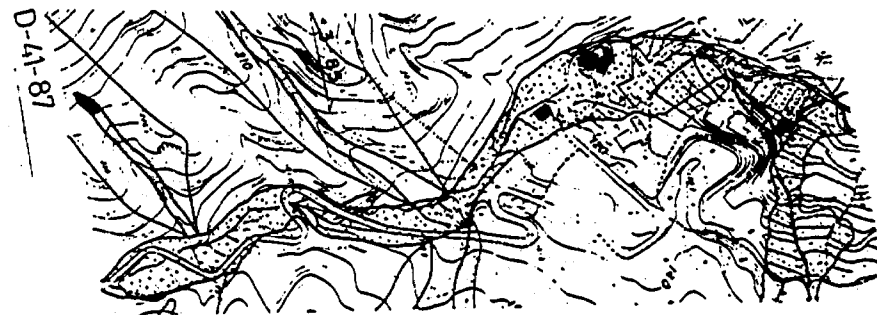


图 2-32(b) D-41-87

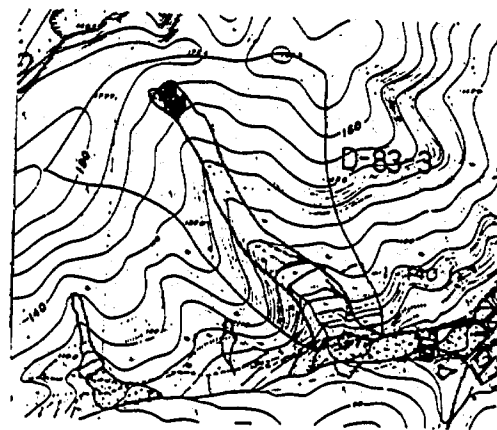


图 2-32(c) D-83-3

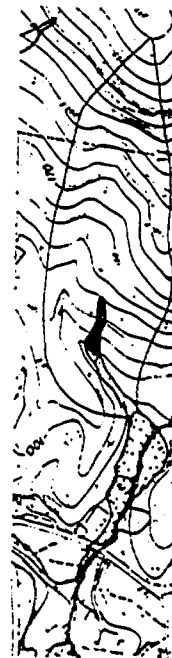


图 2-32(d) D-41-84

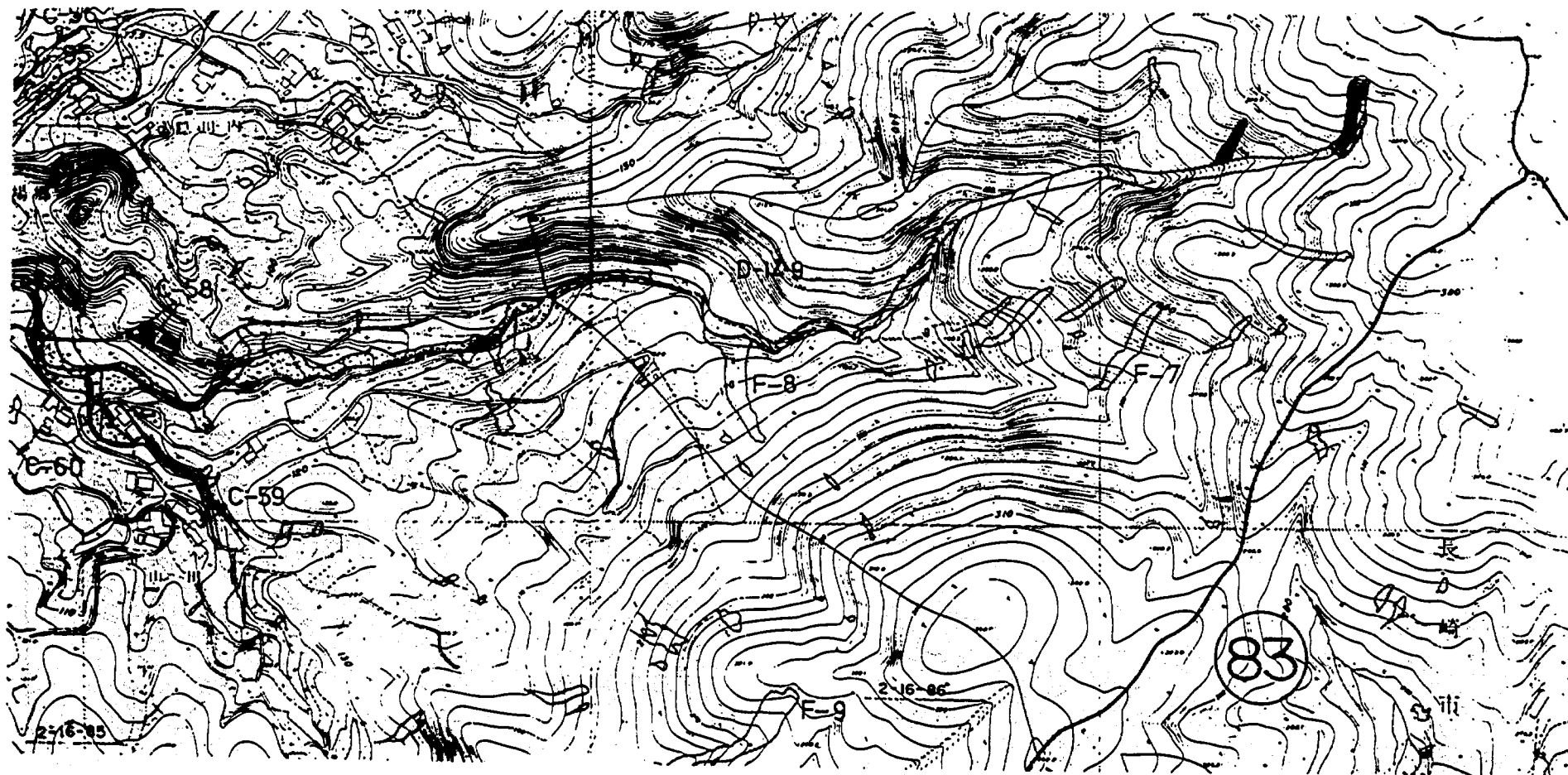


图 2-32(e) D-14-9

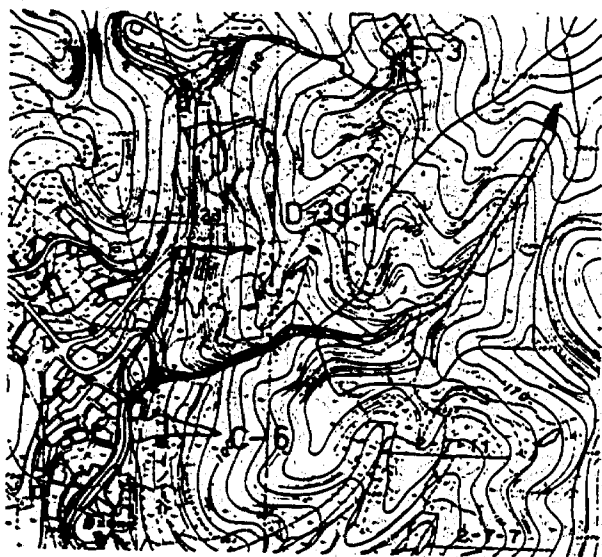


图 2-32 (f) D-39-5



图 2-32 (g) D-41-28

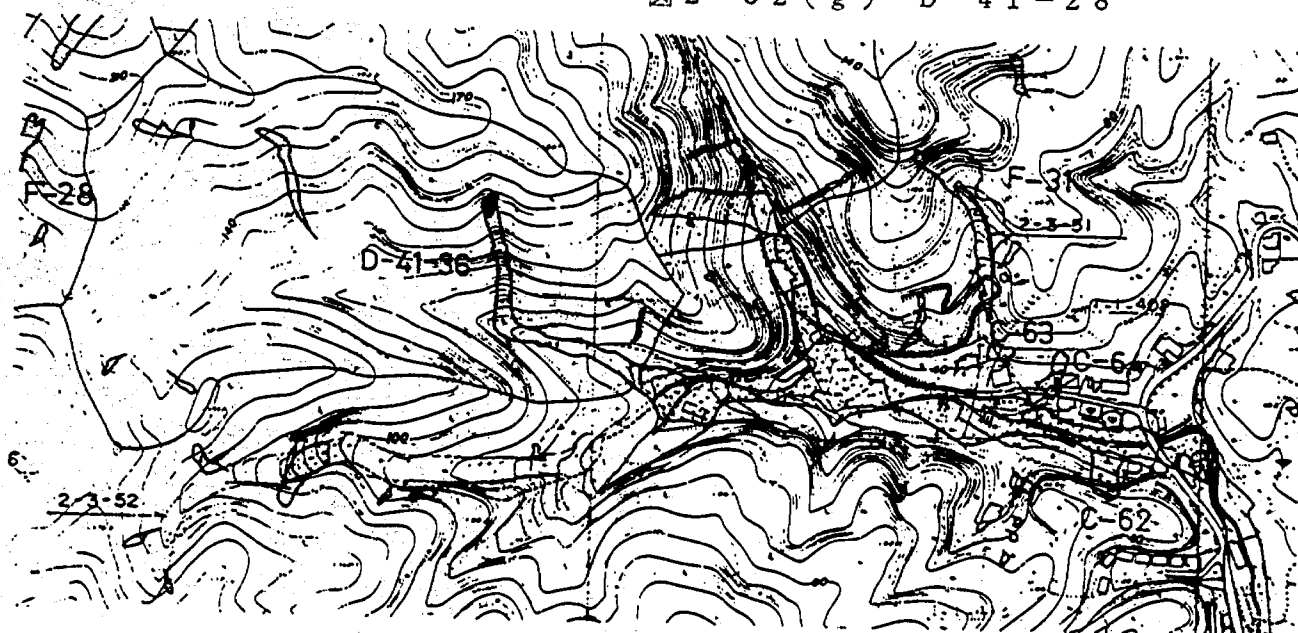


图 2-32 (h) D-41-36

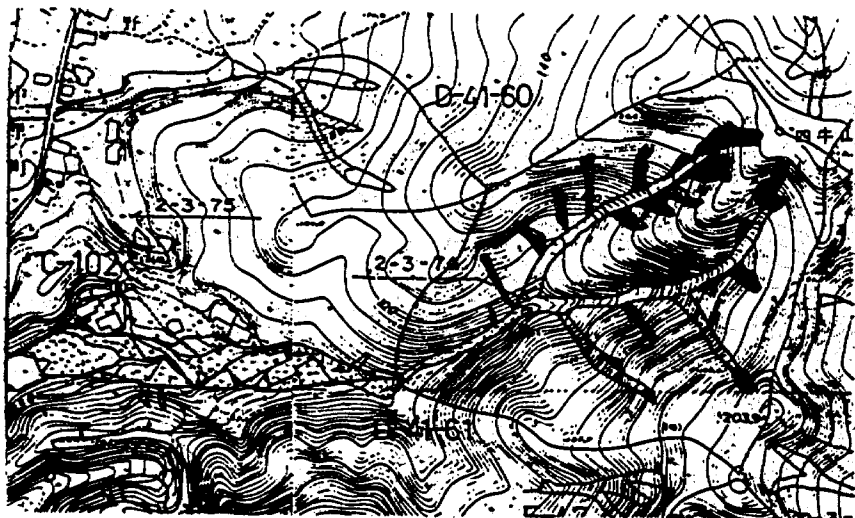


图 2-32 (i) D-41-61



图 2-32 (j) D-41-73



图 2-32 (k) D-41-92

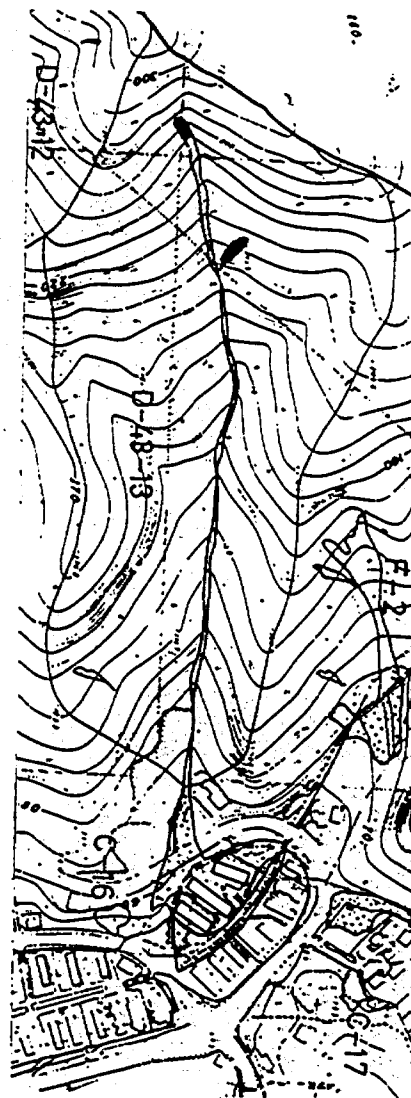


图 2-32 (l) D-43-13

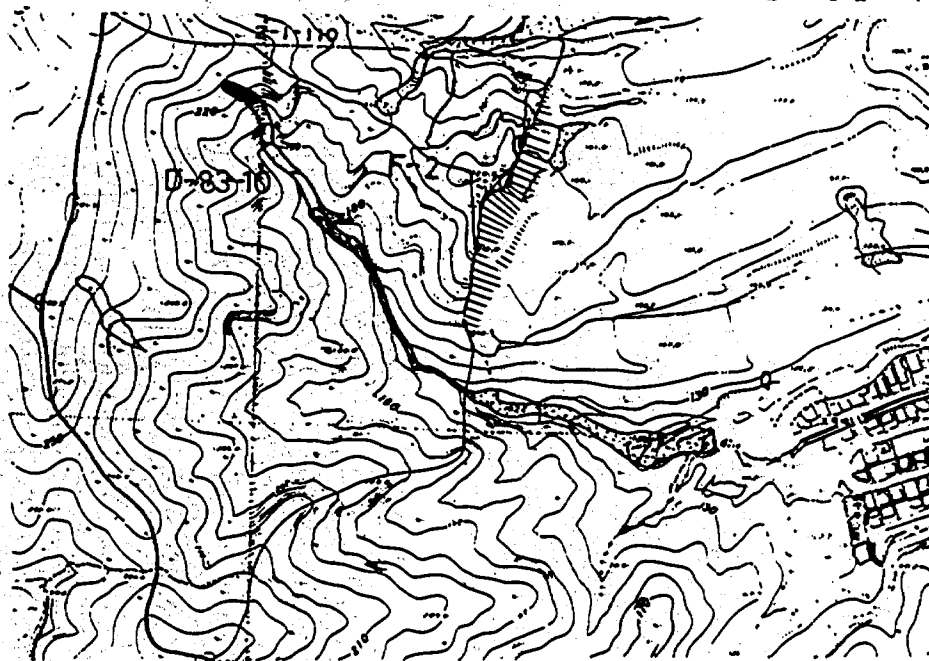


图 2-32 (m) D-83-10

③ 危険度ランクの適合性

S 5 5 土石流危険渓流調査において、本調査の範囲に含まれる市町村で抽出された危険渓流の危険度ランクは表 2 - 1 7 に示す割合であった。

表 2 - 1 7 市町村別危険度ランク

市 町 村 名	A	B	C	D	計
長 崎 市	171 (30)	384 (67)	8 (1)	13 (2)	576
香 焼 町	3 (20)	12 (80)	0 (0)	0 (0)	15
野 母 崎 町	7 (12)	50 (85)	0 (0)	2 (3)	59
三 和 町	9 (29)	19 (61)	0 (0)	3 (10)	31
多 良 見 町	47 (57)	36 (43)	0 (0)	0 (0)	83
長 与 町	20 (15)	106 (80)	0 (0)	6 (5)	132
時 津 町	36 (49)	30 (41)	0 (0)	7 (10)	73
琴 海 町	6 (13)	39 (83)	0 (0)	2 (4)	47
伊 王 島 町	0 (0)	3 (100)	0 (0)	0 (0)	3
諫 早 市	47 (59)	31 (39)	1 (1)	1 (1)	80
飯 盛 町	9 (25)	26 (70)	0 (0)	2 (5)	27
	355 (31)	736 (65)	9 (1)	36 (3)	1,136

注) ()内は%

次に、発生渓流のうち S 5 5 点検有の 1 6 4 渓流に対する危険度ランクの割合を図 2 - 3 3 に示す。

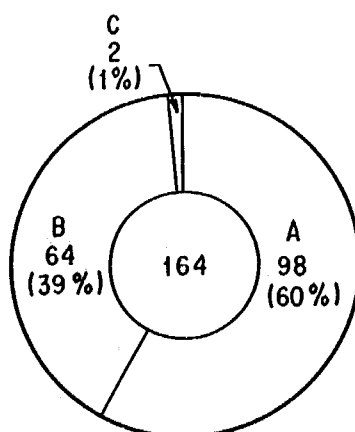


図 2 - 3 3 点検渓流の危険度ランク

危険度ランクC, DはもともとA, Bに比べて非常に少なかったため, 危険度ランクの適合性を考察するに至らない。

然しながら, A, Bランクに関してはもともとBランクがAランクの約2倍以上存在していたのに対し, 今回土石流が発生した溪流では, Aランクが98%, Bランクが64%となり逆転している。

従って, Aランクの方がBランクよりも発生率が高いといえる。

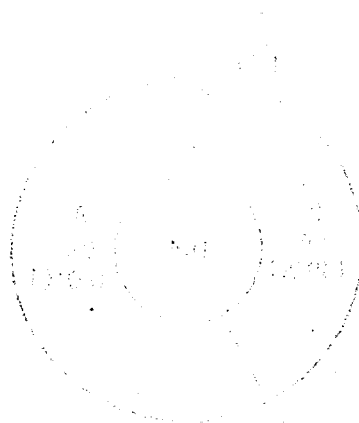


図 1 危険度ランクの分布 (単位: 個数)

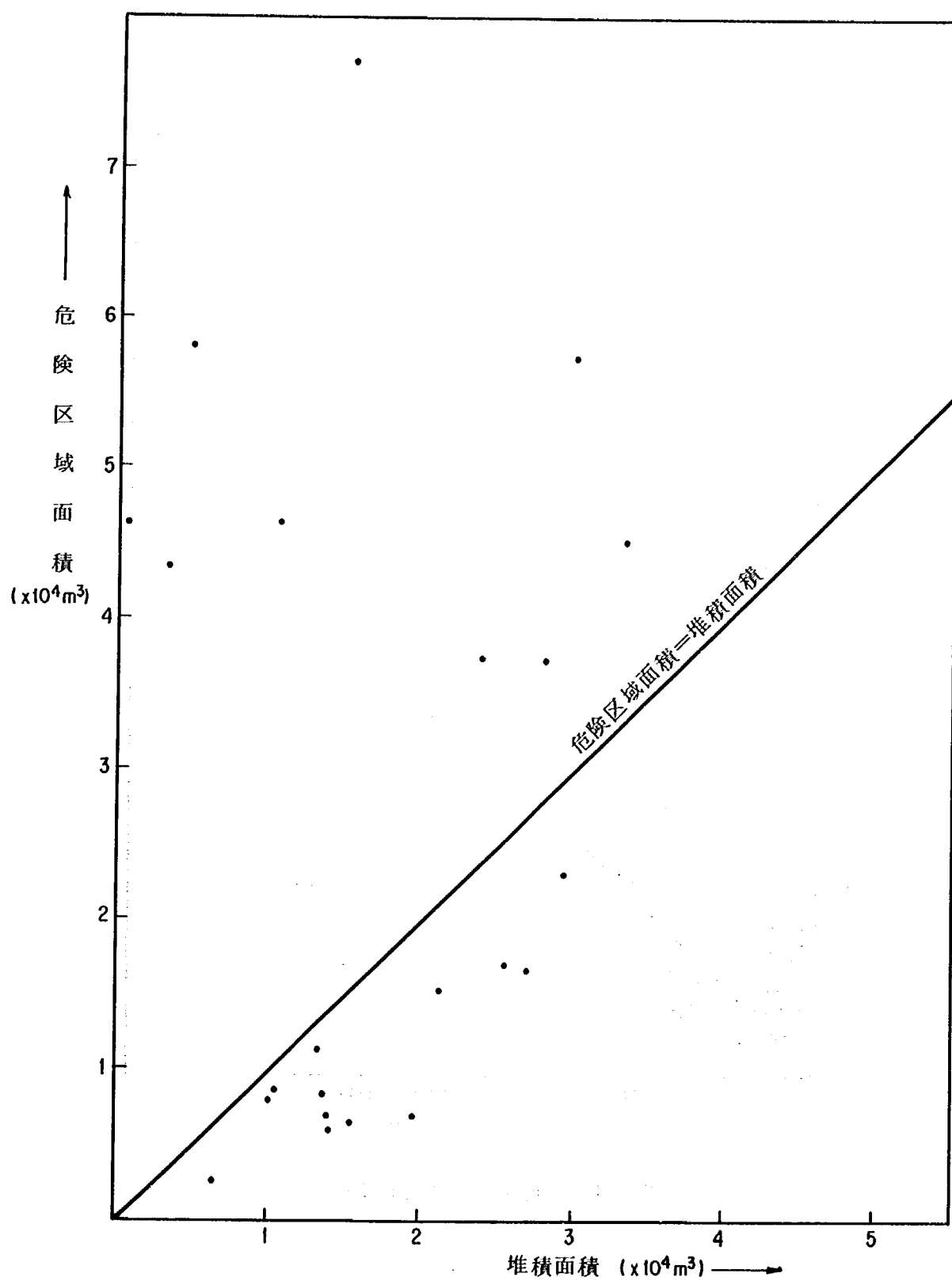


図 2 - 3 4 危険区域面積と堆積面積

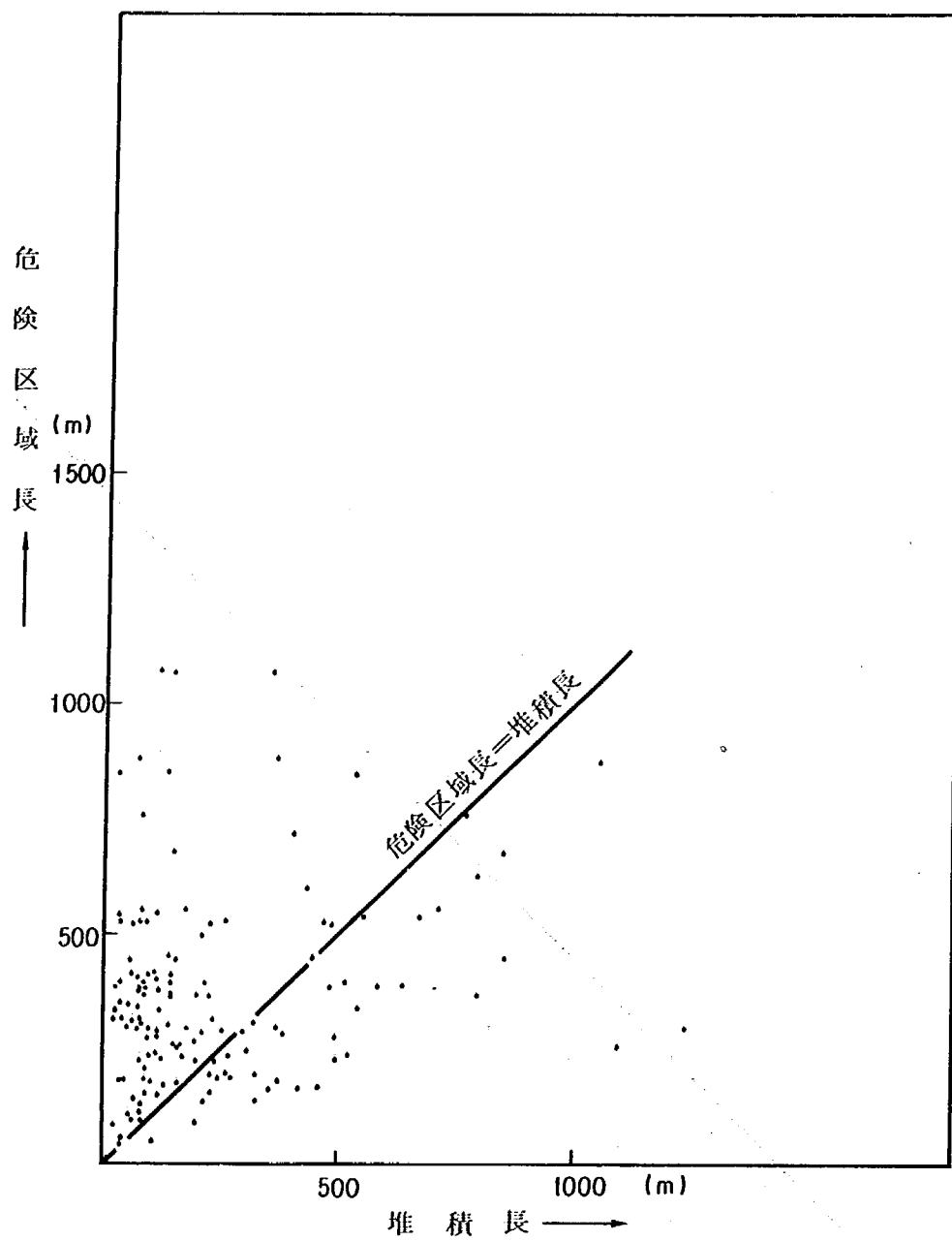


図 2 - 3 5 危険区域長と堆積長

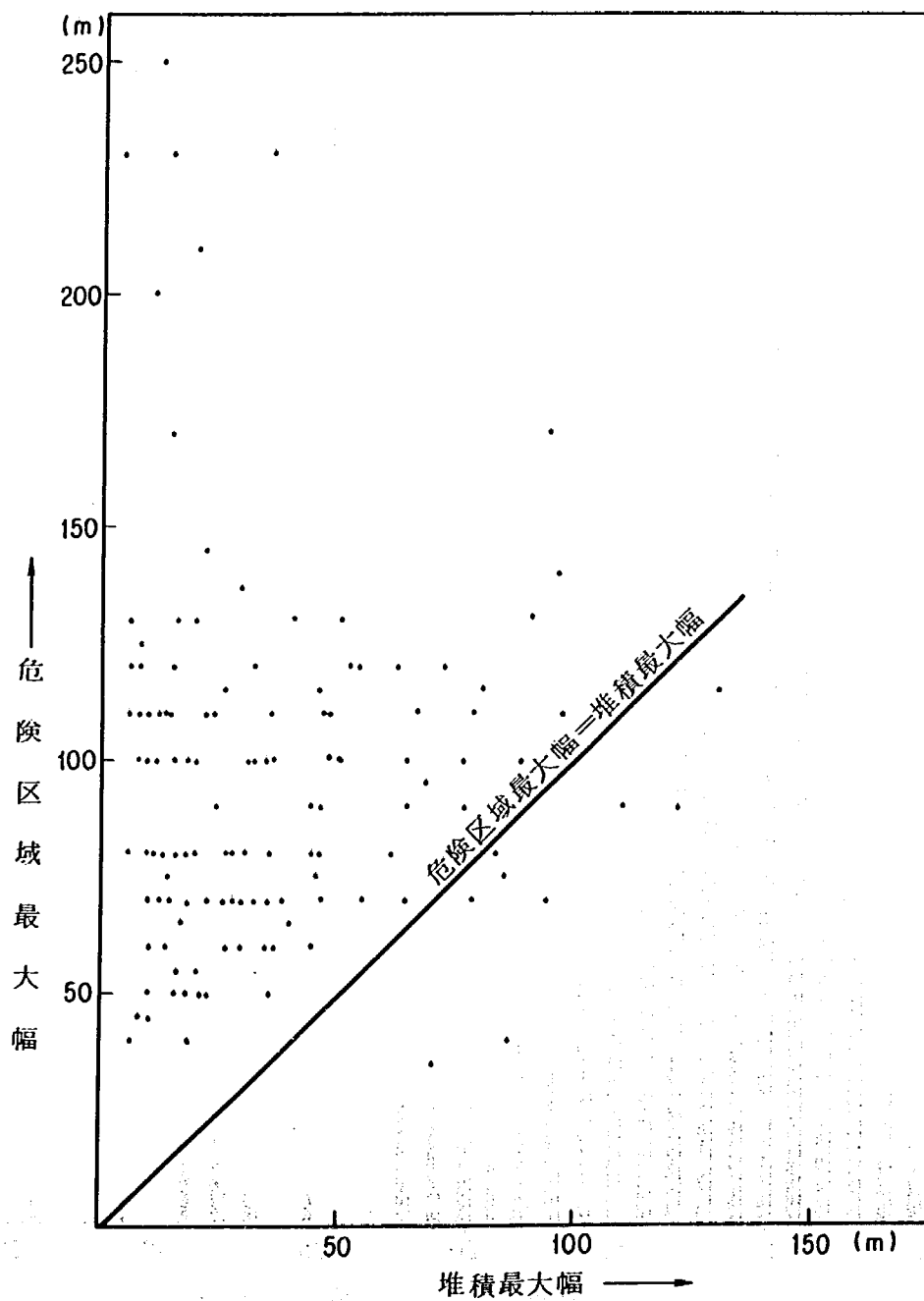


図 2 - 3 6 危険区域最大幅と堆積最大幅

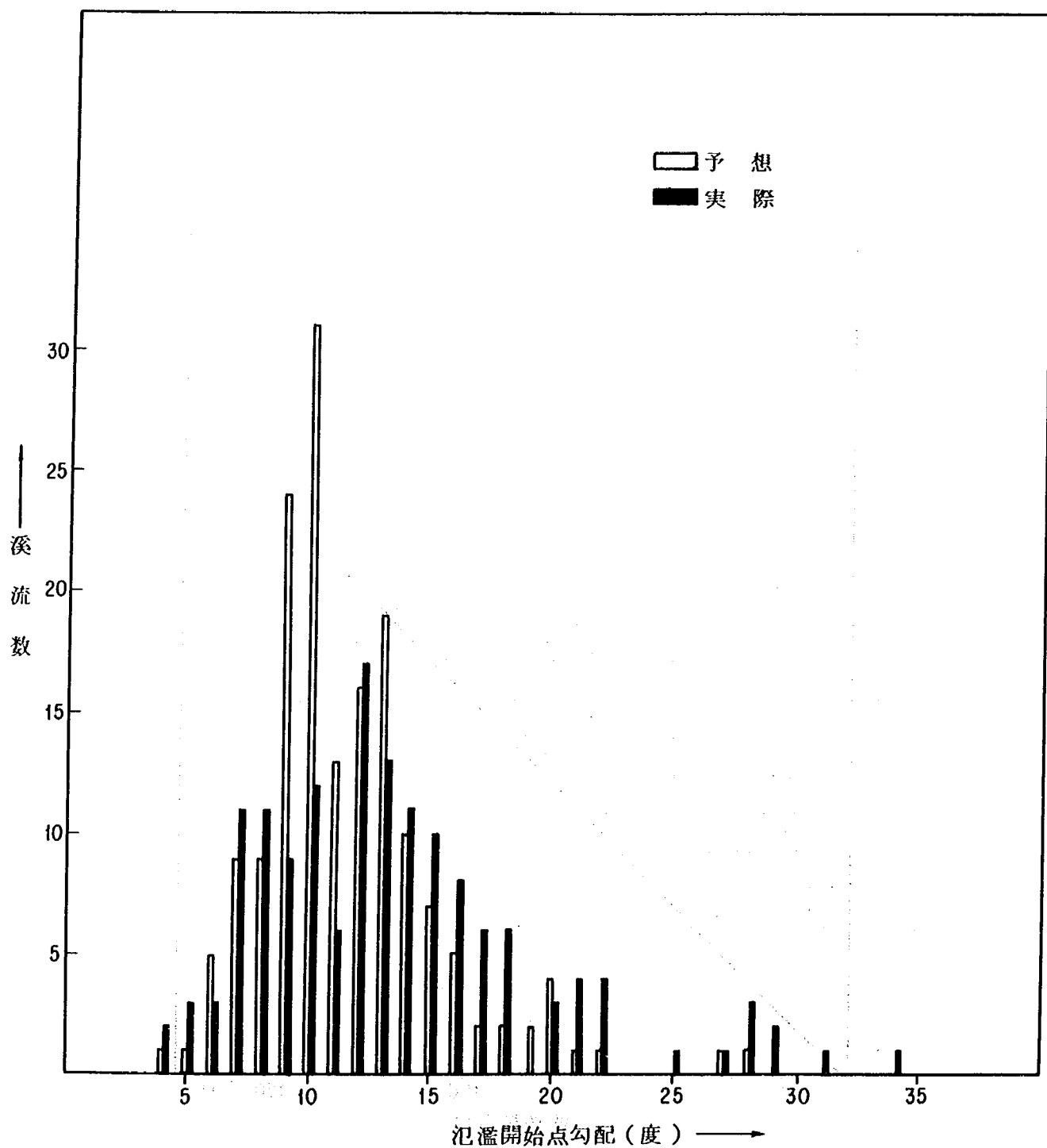


図 2 - 3 7 氾濫開始点勾配と溪流数

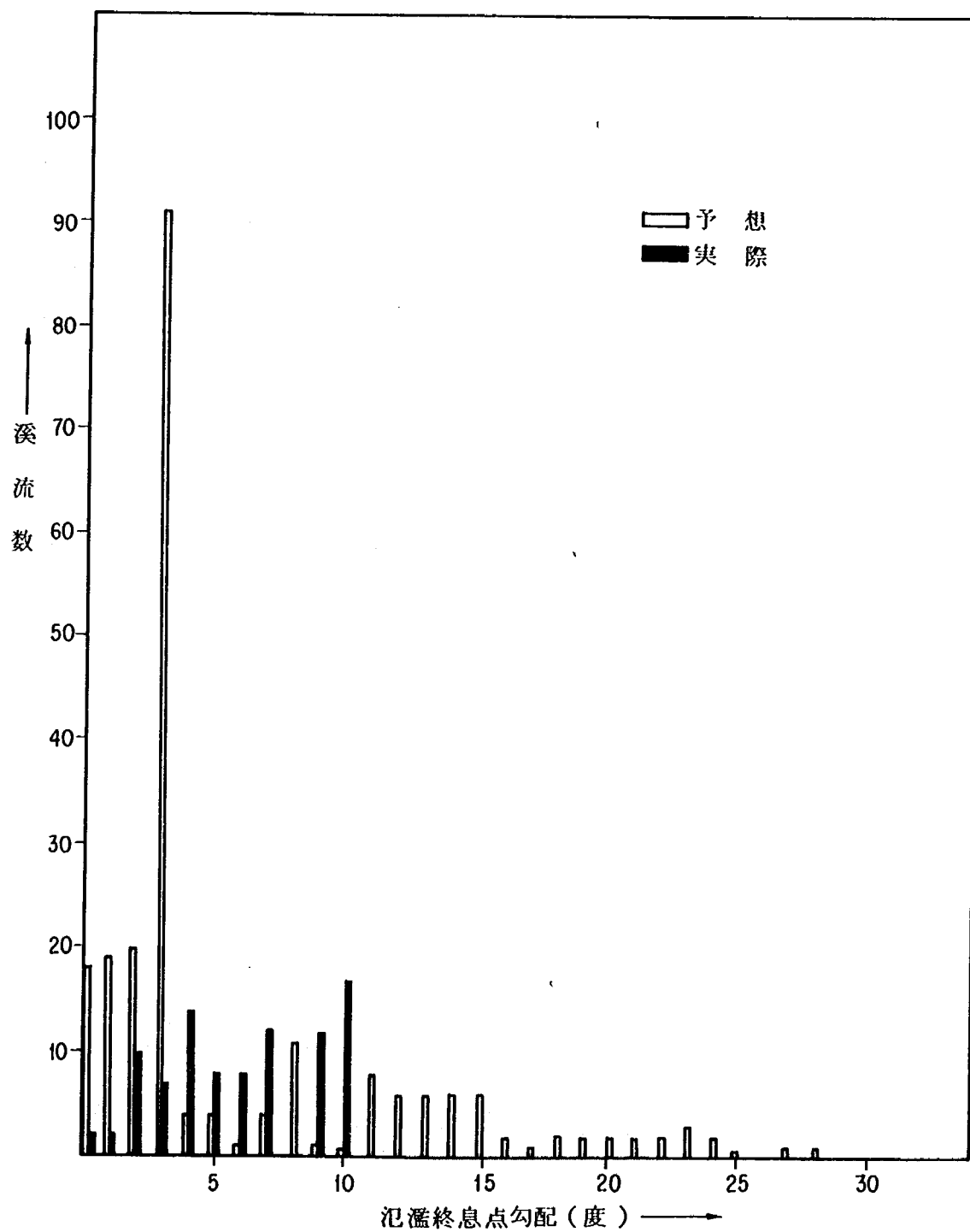


図 2 - 3 8 汜濫終息点勾配と溪流数

④ 土石流危険区域調査結果と土石流堆積区域

危険区域（予想）と堆積区域（実績）の適合性は、発生土石流の程度すなわち降雨量等の条件により流出される土砂量に変化が生ずる為、その適合性を論ずるのは困難であるが、少なくとも予想された危険区域を堆積区域が越えない事が条件であろう。

図 2-34, 2-35, 2-36 は、危険区域と堆積区域の面積、長さ、最大幅の関係を示したものである。

これらの図より、堆積区域は危険区域内で大半が止まっており、ほぼ適合したといえる。

ただし、面積と最大幅に比較して堆積長が危険区域を越えるものが多く分布している。これは、大半が土石流となった所であり、然も何本かの土石流が合流して氾濫区域の終息点よりそれぞれの土石流の氾濫開始点までの距離を計測したため、実際より長い堆積長となっている場合が多い事も原因の 1 つであろう。

図 2-37, 2-38 は、予想と実際の氾濫開始点勾配と氾濫終息点勾配の関係をそれぞれ示したものである。

氾濫開始点はほぼ予想と实际が類似した傾向にあり、 10° 前後が最頻値である。

それに比べ、氾濫終息点勾配の実際の値には非常にバラツキがみられるが、これは堆積部は特に地形条件に影響される事（特に今回発生した土石流の堆積部は複雑な谷地形をなしている所が多く、又、合流したものも数多くみられるためである。

第2章 土石流動態調査

土石流の発生、流下、堆積機構とそれに伴う被害特性を詳細に把握するために図2-39に示す3地区において現地踏査、土質試験、簡易弾性波探査、空中写真測量、聞き込み調査をおこなった。調査を実施したのは次の3地区である。

- ① 長龍寺地区（長崎市東町樋口）
- ② 陣ノ内地区（長崎市上戸石町陣ノ内）
- ③ 芒塚地区（長崎市芒塚町）

地区の選定は、典型的な土石流が発生し、しかも、比較的大きな被害がでた溪流を抽出している。したがって、長崎豪雨に伴って発生した土石流を代表するものと考えてもさしつかえないと思われる。

1. 調査の手順

調査の手順は図2-40に示すとおりである。



図2-39 調査位置図

凡 例

○ は成果を示す

□ は現地調査を示す

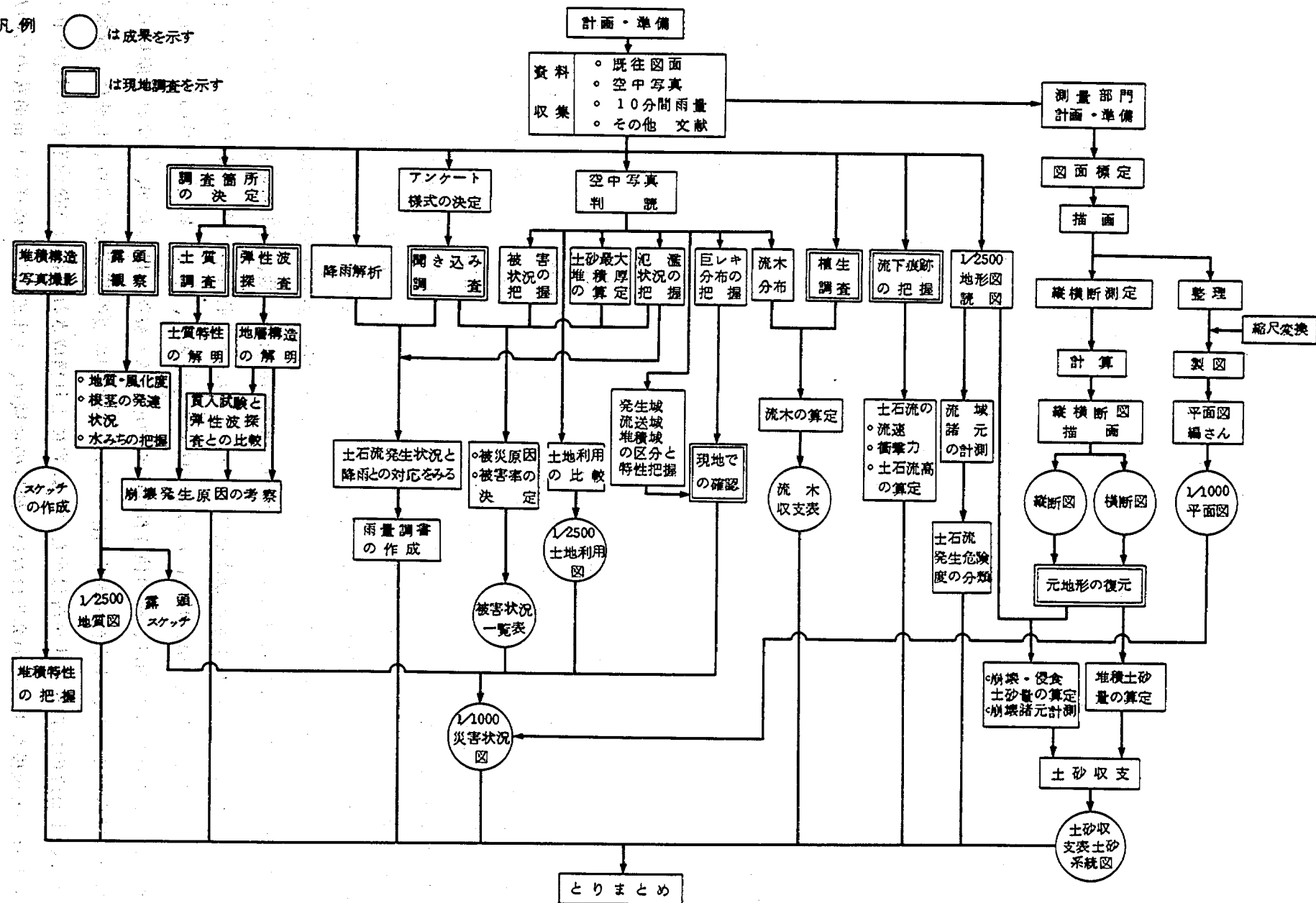


図 2 - 4 0 調査の手順

2. 調査地域の概要

(1) 調査地域周辺の地形、地質、植生

本調査対象域の分布する東長崎地区は、長龍寺、陣ノ内地区が含まれる①普賢岳地区、八郎川の対岸に当る②現川川の流域、長崎市街から国道34号線に沿う区域で③芒塚地区を含む地域の3区分、さらには八郎川に沿う小起伏の山地の4つの地形に分けることができる。地形区を特徴づけるものは水系の発達度合、山体の規模（起伏量の差異）などである。普賢岳地区は起伏量が400mに達し、常に水流のある溪流の密度が高くなる。現川地域は起伏量200～300mと小さく、谷の発達が悪い。芒塚～長崎地区は起伏量が大きい割に谷の発達度は悪い。その中で、対象地区の芒塚は比較的明瞭な谷の形成が見られる。八郎川沿いの地区は、山地が低く、水系の発達は良くない。

各地形区は、地質分布と相似性がある。普賢岳地区は、井樋の尾火山岩類の角閃石安山岩、現川川流域は変朽安山岩、芒塚～長崎地区は長崎安山岩類としてまとめられる輝石（角閃石）安山岩溶岩と凝灰角礫岩から成る。八郎川沿いは第三紀の堆積岩類から成り、各種火山岩の基盤を構成している。

対象地域の植生は、マテバシイ萌芽林、シイ・カン萌芽林、スギ・ヒノキ植林地とに大別される。現地において、アカガシ、ネズミモチ、アオキ、シイモチ、スタジイ、ヒサカキ、ヤブツバキ等が確認された。

(2) 土石流の分布と地形、地質

東長崎地区の土石流発生状況の特徴を要約すると、普賢岳地区では、崩壊の発生と同時に土石流化し、泥流型の土石流として谷出口に到達したことが多い。又溪床土砂が砂礫型土石流となり谷口から下流に流下堆積した例も他地域に比べて多い。現川川の流域では、崩壊に伴う泥流型土石流は見られたが、溪床に堆積した物質が少なく、又崖錐状の堆積物は細粒なため、砂礫型土石流の発生はない。芒塚～長崎地区は、斜面崩壊が主であり、土石流の発生は少なかった。芒塚地区はこの地形区では数少ない土石流発生溪流である。この原因は地質構造にある。溶岩と凝灰岩との互層であるが、両者の崩壊に対する性質は非常に異なる。凝灰岩（角礫岩）は風化を受け易く、又粘土化が速い。そのため、崩壊を起し易い岩盤となる。溶岩は風化が深部まで侵入するのは容易ではない、ち密な岩石である。両岩の間には岩石の強度の他、地下水の透水性なども異なるため、岩石境界付近に地下水の湧水点ができる。このような特性のため、今回の災害で最も被害の大きかった奥山地区や鳴滝地区はこの地質区分の中に入り、とくに凝灰質部分の厚いところに見られる。長崎安山岩類は、その他滑石地区や中尾地区で被害を出したが、いずれも崩壊により特徴づけられており、土石流の発生数は少ない。八郎川周辺の第三紀砂岩頁岩地域は、流域が小さく、土石流の条件を満たす溪流は少ない。頁岩により構成される溪流の溪床堆積物は細片化されており、大規模な土石流の発生はない。砂岩の地域は、溪床堆積物の礫径も1m前後のものが含まれ、数は少ないが土石流を起している例がある。

(3) 流域諸元と土地利用

調査対象地区の流域諸元及び土地利用状況をまとめると表2-18のとおりである。(図2-41参照)

表2-18 流域諸元表

		流 域 諸 元							土地利用状況(災害前)
		集水面積 (km ²)	流路長 (km)	頂高点 標高 (m)	最低点 標高 (m)	比高 (m)	平均勾配 (%)	計測正間点	
長 龍 寺	1の沢	0.123	0.57	134	7	127	126	最下流	被害を受けた17世帯中10世帯が第二次世界大戦以前からの集落である。溪流出口付近の沖積堆は古くから畑地としていたが、最近では果樹園としての利用が進められていた。なお、上流域では順次針葉樹への樹種転換が行われている。
	2の沢	0.039	0.23	123	7	127	126	1の沢合流点	
	3の沢	0.007	0.10	92	48	75	178	4の沢合流点	
	4の沢	0.040	0.24	87	52	40	222	1の沢合流点	
	5の沢	0.026	0.20	67	19	68	114	4の沢合流点	
	全体	0.251	1.60	134	24	43	124	1の沢で代表	
陣ノ内		0.115	1.00		40	210	119	最下流	第二次世界大戦前から3世帯が開こんのため入っており、水田、畑地として利用されていた。最近では扇頂部付近は果樹園、扇中は畑地、扇端は水田が多い。
			0.22	250	162	88	223	赤土石氾濫点	
			0.34		132	120	19.7	白土石氾濫点	
芒 塚	1の沢	0.081	0.95	229	27	202	120		下流域は戦前からの住宅地であるが、国道34号線上流へ宅地化、畑地化が進むのが昭和30年代後半からである。災害前の土地利用は、2の沢、3の沢に果樹園が多く、1の沢には存在しない。国道より下流の谷底平野には集落が密中し、その周辺に果樹園が広がっていた。
	2の沢	0.210	0.09	266	81	185	15.1	最下流	
	3の沢	0.113	0.62	183	73	110	14.5	1の沢合流点	
	4の沢	0.170	0.53	219	68	158	15.8	4の沢合流点	
	全体	0.587	2.60	266	27	239	11.1	1の沢合流点	

(4) 降雨と被害状況

調査対象流域の降雨と被害発生状況を表2-19に示す。

雨量資料はすべてS. S. K東長崎I. C 工事現場観測所のデータを用いた。



図2-41 調査流域図

表2-19 降雨と被害状況

地区名	降雨状況	降雨推移と災害発生状況	記事
長 龍 寺	土石流発生 1982年7月23日	20時30分	19時30分ごろ、水が水路にあふれ、 164家屋の裏手から、167家屋と1610 家屋の間の道路上を流れた。このとき 1610家屋庭先で1人が流され死亡し ている。また、被災地域は洗掘を受け て深いガリーができた。20時ごろ再 び水位が急上昇し、20時10分ごろ 1611、1612の2軒の家屋が流され た。土石流は20時30分ごろ発生し ている。これは、ほぼ雨量強度のピー クに対応している。(図2-42)
	総雨量 と期間	587.5mm 23日17時10分 ～24日9時	
	最大時間雨 量と期間	128.0mm 23日19時 ～20時	
	発生までの連 続雨量と期間	265.0mm 23日17時10分 ～20時30分	
	発生時の時間 雨量と期間	124.0mm 23日20時 ～21時	
	発生時の10分間 雨量と期間	20.0mm 23日20時20分 ～20時30分	
	有効雨量	501mm	
	有効時間 と期間	6時間 23日18時 ～24日0時	
	有効雨量 強度	83.5mm/	
	備考		
陣 ノ 内	土石流発生 1982年7月23日	22時40分	19時30分ごろから家屋への侵水が 始まり、20時ごろに細礫を含む出水が あった。この後も流水の勢いは減えず 家屋の浸水・流失がおこっているが、16 1家屋では1度目の出水後、家の中の 土砂を排土しており、土石流発生まで の間に増減水があったものと思われる。 土石流は22時40分ごろ発生し、164 165、166、167の各家屋が流失全壊した。 土石流の発生時刻は降雨のピーク(20 時ごろ)と比較すると約2時間30分 おくれているが、これは5回の豪雨で 長崎県各地に発生した土石流の中では 発生時刻の遅いものである。(図2-42 参照)
	総雨量 と期間	587.5mm 23日17時10分 ～24日9時	
	最大時間雨 量と期間	128.0mm 23日19時 ～20時	
	発生までの連 続雨量と期間	451.5mm 23日17時10分 ～22時40分	
	発生時の時間 雨量と期間	75.0mm 23日22時 ～23時	
	発生時の10分間 雨量と期間	9.0mm 23日22時30分 ～22時40分	
	有効雨量	501mm	
	有効時間 と期間	6時間 23日18時 ～24日0時	
	有効雨量 強度	83.5mm/	
	備考	20時ごろ出水	
芒 塚	土石流発生 1982年7月23日	(1の沢) 20時5分	1の沢においては19時30分ごろ出水 して家屋2軒(1621、1622)が流出 し、続いて20時05分ごろには土石流 が発生した。一方地すべりは20時10 分ごろに発生し、ほぼ同時刻に2の沢か らの土砂が国道に達している。3の沢か らの土砂は20時10分以降に流出した が、正確な時刻は不明である。国道の道 床の崩れは20時～21時にかけて少し ずつ発達してゆき、最終的には土石流状 になって家屋を襲った。(図2-42参 照)
	総雨量 と期間	587.5mm 23日17時10分 ～24日9時	
	最大時間雨 量と期間	128.0mm 23日19時 ～20時	
	発生までの連 続雨量と期間	193.5mm 23日17時10分 ～20時	
	発生時の時間 雨量と期間	128.0mm 23日19時 ～20時	
	発生時の10分間 雨量と期間	26.0mm 23日20時0分 ～20時10分	
	有効雨量	501mm	
	有効時間 と期間	6時間 23日18時 ～24日0時	
	有効雨量 強度	83.5mm/	
	備考		

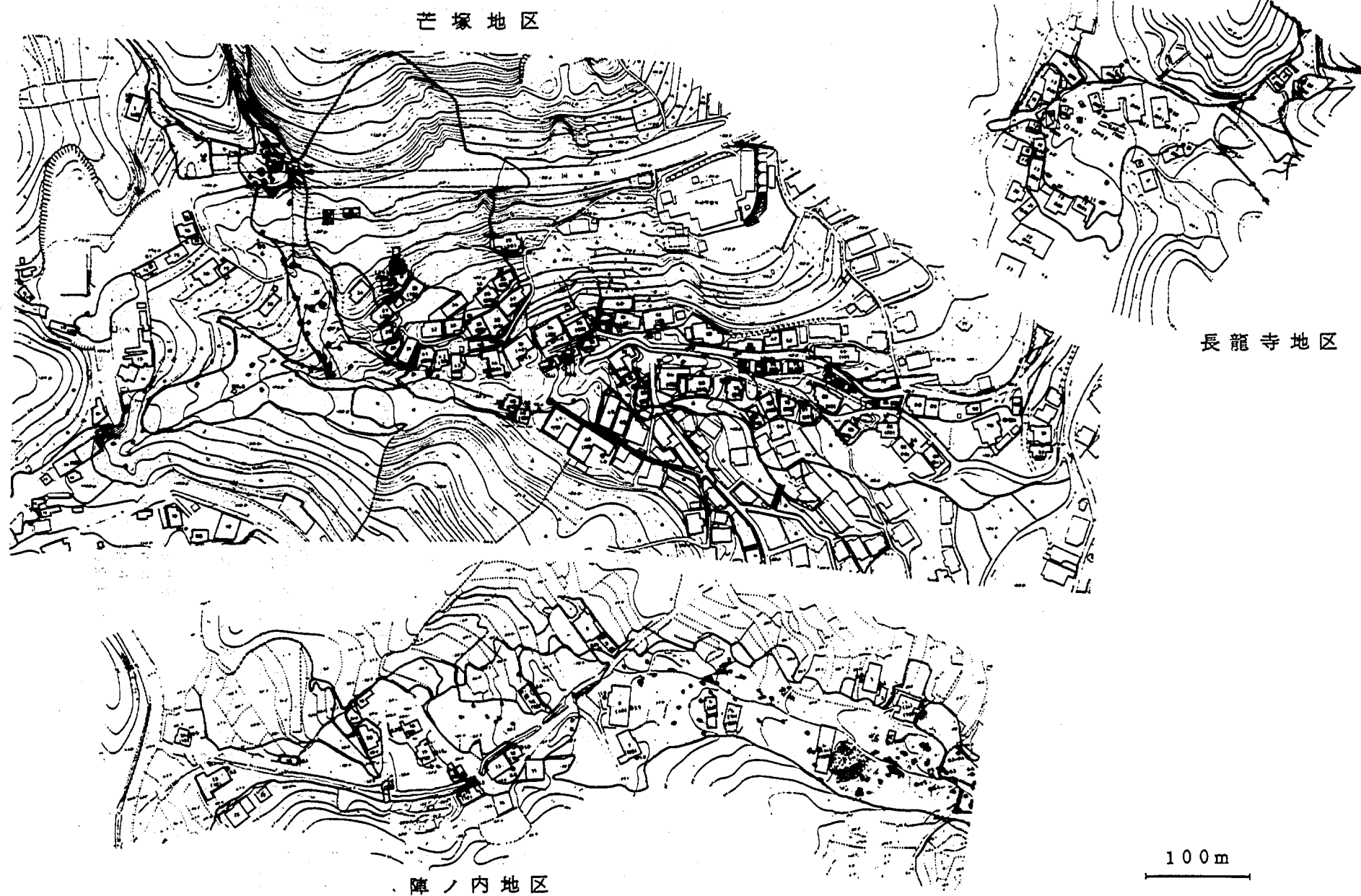


图 2-42 土石流堆積区域拡大図

3. 土石流発生域調査

(1) 崩壊地諸元

各地区の崩壊地について、元地形、地質、元植生、崩壊諸元を空中写真、現地踏査等により把握した。調査結果を表2-20にまとめる。

表2-20 崩壊地諸元表

地区名	崩壊地No	崩壊発生条件							崩壊地諸元								
		元地形		基岩地質 (風化度)	断層 有無	表層 土壌	元植生	発達程度	崩壊源			流送部			残土量	流出土 砂量	勾配 (比高)
		勾配	起伏						面積	深さ	土質	面積	侵食深	土質			
長龍寺	1-1	29	11	角砂石安山岩 (Ⅱa)	有	0.3	広葉樹 20年 8m	0.5	108	1.0	108	1473	0.4	589	0	697	11 (4)
	1-2	41	33	" (Ⅱb)	無	0.3	12cm 6本	0.3	120	1.1	132	1934	0.5	967	0	1099	30 (22)
	2-1	38	4	" (Ⅱc)	無	0.3	広葉樹 15年 6m 8cm 8本	0.3	28	0.5	14	50	0.2	10	0	24	31 (3)
	3-1	36	6	" (不明)	無	0.3	広葉樹 15年 6m 7cm 10本	0.3	68	0.9	61	553	0.6	332	0	393	29 (4.4)
	4-1	38	7	" (Ⅱ)	無	0.4	広葉樹 20年 8m 10cm 7本	0.2	60	0.7	42	365	0.4	146	0	188	21 (35)
	4-3	40	3	" (Ⅱ)	無	0.4	スギ 20年 8m 15cm 6本	0.4	144	0.5	72	245	0.03	8	0	80	27 (1.7)
	4-6	46	6	" (Ⅱ~Ⅱa)	無	0.3	広葉樹、スギ 15年 6m 8cm 10本	0.3	250	0.5	125	520	0.2	104	0	229	30 (35)
	5-1	32	6	" (Ⅱb~Ⅱc)	無	0.3	広葉樹、スギ	0.3	160	0.7	112	350	0.3	105	21	196	28 (5.4)
陣内	1-1	31	21	" (不明)	無	0.4	スギ 20年 10m 15cm 5本	0.4	296	1.3	385	274 2507	0.7 0.4	192 1003	75	1505	22 (14)
芒塚	1-1	33	22	淡色灰角礫岩 (Ⅱb)	無	0.4	広葉樹 15年 8m 10cm 7本	0.4	168	1.3	218	99	1.0	99	78	697	30 (19)
	1-2	36	15	" (Ⅱb)	有	0.4		60	1.0	60	470	0.6	282	0	342	29 (12)	
	1-3	37	25	" (Ⅱb)	無	0.3		112	1.5	168	566	0.5	283	0	451	23 (14)	
	2-1	29	22	安山岩 (不明)	無	0.25	スギ 20年 8m 15cm 5本	0.25	324	0.8	259	2000	0.1	200	0	459	19 (14)
	3-1	32	28	" (Ⅱ)	有	0.3	スギ 25年 10m 20cm 4本	0.3	284	1.0	284	672	0.25	168	0	452	29 (10)
	4-1	35	26	" (Ⅱb)	無	0.3	ヒノキ、スギ 20年 8m 15cm 6本	0.3	71	0.8	57	904	0.4	362	0	419	26 (18)
	4-2	30	24	" (Ⅱb)	無	0.5	広葉樹、ヒノキ、 タケ 20年 8m 15cm 6本	0.5	525	1.0	525	1043	0.3	313	0	838	27 (21)

* 基岩地質の風化度は大八木の分類による * 別紙参照

* 元植生

20年 → 樹令 (年)

8m → 樹高 (m)

6本 → 立木密度 (本/25m²)

12cm → 胸高直径 (cm)

(2) 土質調査

崩壊地及び崩壊地に隣接する非崩壊斜面において、現場単位体積重量試験（砂置換法）、粒度試験（JIS A 1204）、現場透水試験（オーガー法）、土研式簡易貫入試験をおこなった。調査位置は、長龍寺地区2ヶ所（崩壊1-2、非崩壊斜面）、陣ノ内地区1ヶ所（崩壊1-1）、芒塚地区2ヶ所（崩壊4-2、非崩壊斜面）の5ヶ所である。（図2-41参照）

土質調査の結果を表2-21に示す。なお、調査測点A、B、Cは次のように定めた。

A：崩壊地源頭部の上部斜面において、表土、風化土層を対象とする。

B：表土、風化土層の下部にある層で、風化土層から風化岩への漸移層を対象とする。

C：崩壊地内の残土を対象とする。

表2-21 土質調査の結果

			弾性波 探 査	貫入試験に よる貫入深 (m)	オーガー の 深 さ (cm)	透 水 係 数 (cm/sec)	単 位 体 積 重 量		
							湿 潤 (kg/cm ³)	乾 燥 (kg/cm ³)	含 水 比
長 龍 寺	崩 壊	A	0.6	1.57 (p-4)	50	2.31×10	1.255	0.895	40.2
		B	0.5	0.77 (p-2)	80	3.11×10	1.268	0.975	30.1
		C	0.8	1.07 (p-1)	—	—	—	—	—
	非 崩 壊	A	0.7	1.01 (p-1)	60	2.99×10	—	—	—
		B	0.7	1.02 (p-7)	50	2.16×10	2.300	1.768	30.1
		C	0.5	0.81 (p-6)	65	1.02×10	1.079	1.227	30.5
陣 ノ 内	崩 壊	A	2.5	0.37 (p-5)	90	3.37×10	1.562	1.032	51.4
		B	1.7	1.91 (p-2)	75	4.29×10	1.285	0.814	58.1
		B'	1.6	1.10 (p-11 p-7~10)	45	9.65×10	—	—	—
		C	0.7	0.00 (p-1)	65	1.02×10	1.643	1.145	43.5
芒 塚	崩 壊	A	2.0	1.22 (p-1)	55	1.05×10	1.115	0.741	50.4
		B	1.4	1.76 (p-5)	120	2.21×10	1.458	1.004	45.2
		C	1.7	0.56 (p-4)	100	2.49×10	1.522	1.063	43.3
	非 崩 壊	A	2.1	1.67 (p-2)	90	1.74×10	1.600	1.095	46.2
		B	2.7	1.77 (p-5)	80	9.92×10	—	—	—
		C	2.8	3.22 (p-1)	100	5.56×18	—	—	—

表2-21 土質調査の結果

			土粒子の 比重 (g/cm^3)	土の粒度試験						地形条件 勾配
				最大粒体 (mm)	60 ϕ 粒体 (mm)	30 ϕ 粒体 (mm)	10 ϕ 粒体 (mm)	均等係数	曲平係数	
長 龍 寺	崩壊	A	2.611	4.76	0.072	0.011	0.0012	60.0	1.4	37°
		B	2.583	9.52	0.250	0.024	0.0026	96.2	0.9	
		C	—	—	—	—	—	—	—	
	非崩壊	A	—	—	—	—	—	—	—	38°
		B	2.616	4.76	0.029	0.0037	—	—	—	
		C	2.617	4.76	0.092	0.0097	—	—	—	
陣 ノ 内	崩壊	A	2.615	4.76	0.67	0.010	0.0019	352.6	0.08	34°
		B	2.614	9.52	0.105	0.015	0.0022	47.7	1.0	
		B'	—	—	—	—	—	—	—	
		C	2.638	9.52	0.12	0.011	0.0011	109.1	0.9	
芒 塚	崩壊	A	2.580	4.76	0.14	0.016	0.0015	93.3	1.2	32°
		B	2.679	4.76	0.062	0.0034	—	—	—	
		C	2.626	9.52	0.055	0.030	—	—	—	
	非崩壊	A	2.592	19.10	0.076	0.0067	—	—	—	33°
		B	—	—	—	—	—	—	—	
		C	—	—	—	—	—	—	—	

*) 別紙

大八木の分類

Ⅰ 帯

本帯の岩石は褐色を帯びているほかは原岩の組織、組成鉱物に著しい変化のない風化岩である。これは、ハンマーの打撃に対してはかたく、ハンマーが岩石中にめり込むことはない、しかし未風化岩に比較してかなり割れやすい。本帯は未風化帯に接し、一般的にその上にあり、しばしば未風化岩の玉石をもつ。

Ⅱ 帯

本帯の岩石はかっ色ないし灰かっ色を呈するかたい「まさ」である。これは肉眼では黒雲母、角せん石がかなり風化したように見える。しかし、原岩の組織はほとんど乱されていない。本帯の岩

石は約1 m上から自重でおろしたハンマーが1~2 cmしかはいらぬかたさを持ち、さらに強い打撃に対して、直径1 cm以下の小れを、砂粒状に散乱するのみで粘ちょう性に欠けている。このため塊状試料の採集が困難である。この場合、やや大きな粒子は、先にのべた石英、斜長石、カリ長石からなる灰白色集合部であって、黒雲母、角せん石などからなる灰黒部によって0.5~1 cmの網目状に区切られた部分である。

Ⅲ 帯

本帯の岩石かっ色、黄かっ色ないし灰かっ色を呈し、著しく風化して軟弱、かつ多小粘ちょう性をもつ「まさ」である。これは、肉眼的規模では、原岩の組織はあまり乱されていない。約1 m上から自重でおろしたハンマーは、本岩中に数cm以上はいり、あるいは露頭の表面を容易にくずしてしまう。本帯は粘ちょう性があるために携状試料を取りやすい。本帯に属するものは、Ⅱ帯に近い性質のものから表土層に近い性質のものまでであるので、以下のように本帯は三つに区分される場合がある。

Ⅲ a 帯 これはⅡ帯に近い性質をもつ部分であり、一般にⅡ帯の直上に位置する。

Ⅲ b 帯 これはⅡ帯の代表的な部分であって、上のⅡ帯の記載は主としてⅢ b 帯を表わしている。

Ⅲ c 帯 これは表土層に近い性質をもち、非常にやわらかい部分である。

土質調査の結果から、各地区ごとに次のような点が考察される。

① 長龍寺地区

○ 崩壊における透水係数は、測点Aの方が測点Bより大きく、透水性がよい。これは、単位体積重量すなわち締固めの差異によるものと思われる。

○ 崩壊斜面と非崩壊斜面とを比較すると、透水係数に差異は認められない。粒度については、粒度分布は類似しているが、非崩壊斜面の方が細粒分が多い。単位体積重量は非崩壊斜面の方が大きく、締固められている。

○ 崩壊斜面では、風化土層と風化岩への漸移層との透水性の差が比較的明瞭である。

② 陣ノ内地区

○ 透水係数は残土の測点Oがやや大きい、その他の測点では 10^{-4} (cm/sec)のオーダーである。

○ 粒度についても測点間で明瞭な差異はない。

○ 単位体積重量については、B点の値がA点の値よりも小さくなっているが、これはB点の堀削深が浅かったために、比較的締固められていない部分を測定したことによるものと考えられる。

○ 測点Oは崩土ではなく、表土風化層が滑落したあとの下位風化層であると思われる。

③ 芒塚地区

○ 崩壊斜面の透水係数はA点が最も大きい。粒度分布は測点B、Oがほぼ同じで、測点A

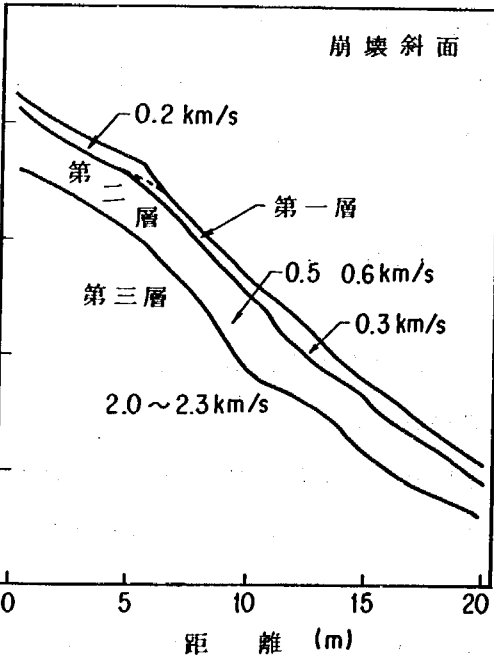
はB、C に比べて細粒分が少ない。単位体積重量はA点が小さく、B、C 点で大きくなっているが、長龍寺、陣ノ内地区と比べて全体的に値が大きいのはシルト、細粒分の割合が多いためであろう。

○ 崩壊斜面と非崩壊斜面とを比較してみると、透水係数、粒度分布にはあまり差がみられないが、単位体積重量は非崩壊斜面の方が大きな値を示している。

(3) 簡易弾性波探査

土質調査と同じ斜面において、重合法（スタッキング法）による簡易弾性波探査を行い地質構造を調べた。結果を表2-22に示す。

表2-22 地 質 構 造

	地 質 断 面 図	説 明
長 龍 寺		○ 第一層は、表土、風化土層を含む部分で、弾性波速度は0.3 km/sec程度である。礫の含有量によって0.2~0.5 km/secの幅があるが、風化土層が卓越する層は0.3 km/secとみなすことができる。厚さは0.6~1.0 mでこの部分が崩壊している。 ○ 第二層は、風化土層の漸移層で、礫の含有量が多くなり、固結状態がややよくなっている。速度は0.6 km/secまでを考え、層厚は2.5~3.0 mである。 ○ 第三層は、キレットの入った基岩層と推定され、速度は2.0~2.3 km/secで上記二層と明らかな差がある。局部的に速度の遅くなる帯状部分があり、岩質が脆弱化しているものと考えられる。

	地質断面図	説 明
陣 ノ 内		○ 第一層 (0.3 ~ 0.4 km/sec) は厚さが 1.5 ~ 2.5 m であるが、0.3 km/sec 層は 2.0 m 程度までと推定される。 ○ 第二層 (0.6 km/sec) の厚さは 2.0 ~ 5.5 m であり、それ以下は第三層 (1.6 ~ 2.0 km/sec) に区分される。
塚 芒		○ 第一層 (0.3 km/sec) は、0.5 ~ 2.5 m の厚さを持つ。 ○ 第二層 (0.4 ~ 0.5 km/sec) の厚さは 4.0 ~ 5.5 m に達し、表面からの最大深は 3 m 程度になる。これは崩壊が旧地すべり斜面の中に発生しているためと思われる。

4. 土石流流下域調査

(1) 地形調査

地形図、空中写真、現地踏査から溪床部の元地形を推定し、現地形との比較により溪床及び側方斜面からの生産土砂量を算定した。(図 2-43、2-44、2-45)

(2) 流下痕跡調査

① 土石流高

表 2 - 2 3 土 石 流 高

溪岸沿いの立木に残された擦痕から土石流高を推定した。表 2 - 2 3 に各地点の土石流高をまとめる。

② 土石流流速

湾曲部における左右岸の水位差から次式により土石流流速を算定した。

$$V = \frac{\Delta H \cdot g r \frac{1}{2}}{\alpha \cdot b}$$

ただし

V : 土石流流速

ΔH : 左右岸の最大水位差

g : 重力加速度

r : 湾曲部の曲率半径

α : 係数

b : 流下幅

表 2 - 2 3 土 石 流 流 速

場 所	勾配工 (°)	α	曲率半径 r (m)	流下幅 b (m)	水位差 ΔH (m)	流 速 V (m/s)
芒塚 1 の沢 EL. 187 m	21	13	130	7	4	7.48
芒塚 1 の沢 EL. 170 m	21	13	120	7	5	8.04
陣ノ内 EL. 180 m	20	12	170	7	4	8.91
陣ノ内 EL. 168 m	15	10	200	7	4	10.60

(3) 立木調査

空中写真、現地踏査等から、流出した立木の本数、材積を算定し、流木収支を調べた。(図 2 - 4 3、2 - 4 4、2 - 4 5)

5. 土石流堆積域調査

(1) 地形調査

地形図、空中写真、現地踏査から堆積部の元地形を推定し、現地形との比較により堆積土砂量を算定した。

(2) 堆積状況調査

各地区の土石流堆積物は、流木を多量に含み、細粒分と巨礫とで構成され中間径の礫が少ないものと、流木を含まず、多量の大礫からなるものの二種類に分けることができる。空中写真で見ると、前者は赤茶色に、後者は白色に見えるので、ここでは便宜的にそれぞれ「赤土石」「白土石」と名づける。赤土石は、主として崩壊地及び溪床の表土を、白土石は溪床堆積物の礫を供給源としている。

長龍寺、芒塚の2地区は、赤土石、白土石の分布があまり明瞭には表われていないが、陣ノ内地区でははっきりと区別できる。

(3) 流木調査

空中写真から流木の停止位置、停止状態、本数を判読し、材積を算出した。また、流下部の立木調査と合せて、流域全体の流木収支について検討を加えた。(図2-43、2-44、2-45)

6. 被害状況調査

(1) 聞き込み調査

各調査対象地区の住民に対して、表2-25に示すアンケート用紙をもとに聞き込み調査を行い、土石流発生当時の状況を把握した。

(2) 被災原因とその特徴

各地区の被災状況を原因別に集計し、被災の特徴を調査した。

① 長龍寺地区の特徴は次のとおりである。

表2-25 聞き込み調査(アンケート用紙)

陣ノ内・長龍寺・芒塚地区

昭和58年3月 日

- | | |
|--------------|---|
| 1. 回答者の属性 | 1) 氏名 _____ (図 中 N1 の家屋の住民) |
| | 2) 年齢・性別 _____ 歳 男・女 |
| | 3) 職業 a. 農林業 b. 会社員 c. 自営業 |
| | d. 学生 e. 主婦 f. その他 |
| 2. 前兆現象 | 4) 災害発生の前ぶれが <u>有った</u> , <u>無かった</u> , <u>不明</u> |
| | 5) どんな現象があったか (4)で「有」と答えた場合) |
| | a. 異様な音や振動を聞いた。 b. 嫌な臭いがした。 |
| | c. 流水の色が変わった。 d. 急激な増水・減水があった。 |
| | e. その他 () |
| 3. 土石流発生時の状況 | 6) 発生時刻(1982年7月23日 午後) |
| | (1) 音・振動が聞こえた時刻 _____ 時 _____ 分頃・不明 |
| | (2) 家屋が浸水しはじめた時刻 _____ 時 _____ 分頃・不明 |
| | (3) 土砂等が家屋を襲った時刻 _____ 時 _____ 分頃・不明 |
| | (4) 補足() |
| | 7) 土石流は何回かに分れて来たか。 _____ 回・不明 |
| | 8) 浸水・土石流の継続時間 _____ 分・不明 |
| | 9) 巨レキ等の変化はあったか。 _____ ・不明 |

4. 被害状況 10) 家屋の構造 $\begin{pmatrix} \text{非木造} \\ \text{木造} \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} \text{2階建} \\ \text{平家} \\ \text{その他} \end{pmatrix}$ 建築年数

11) 被害状況

- a. 災害を免れた。(床下浸水・浸水無)
 b. 床上浸水 c. 家屋が流出した。
 d. 土石流により家が一部破壊、半壊、全壊した。

12) 堆砂状況 $\left(\begin{array}{l} \\ \end{array} \right)$

13) 補足 $\left(\begin{array}{l} \\ \end{array} \right)$

5. その他補足 _____

表2-26 原因別被災状況(長龍寺地区)

- a. 土石流の直撃を受けたにもかかわらず、死者、全壊家屋数が少ない。
 b. 流水による被害が大きい。

被災原因 被害区分	土石流	山腹崩壊	流水	八郎川の氾濫	合計
死者(人)	1	0	1	0	2
全壊(戸)	3	0	4	0	7
半壊(戸)	10	1	0	2	13
一部破損(戸)	0	0	0	2	2
床上浸水(戸)	0	0	1	0	1
合計(戸)	13	1	5	4	23

表2-27 原因別被災状況

② 陣ノ内地区

(陣ノ内地区)

陣の内地区の特徴は次のとおりである。

- a. 土石流災害が甚しいが、ほとんどは赤土石により被害を受けている。
 b. 被害を受けた家屋の分布からみて、土石流は比較的限られた幅の中を集中的に流れたことが推測できる。

被災原因 被害区分	土石流	流水	合計
死者(人)	13	2	15
全壊(戸)	9	0	9
半壊(戸)	2	0	2
一部破損(戸)	5	0	5
床上浸水(戸)	0	2	2
床下浸水(戸)	0	7	7
合計(戸)	16	9	25

③ 芒塚地区

芒塚地区の特徴は次のとおりである。

- a. 旧流路に沿って家屋が並び、その流路を通して土石流が流下したため、特に流路沿いの家屋の被害が大きい。
- b. 土石流は、溪床勾配の変化点で停止し、それより下流へは多量の細粒物の流出がみられる。

表2-28 原因別被災状況（芒塚地区）

被災原因 被害区分	土石流	山腹崩壊	地すべり	流水	他溪流の 土砂害	道床の 崩壊	合計
死者(人)	7	0	3	5	0	0	15
全壊(戸)	14	0	2	2	0	1	19
半壊(戸)	26	2	5	0	1	0	34
一部破壊(戸)	7	1	3	0	0	0	11
合計(戸)	47	3	10	2	1	1	64

(3) 災害状況の総括

各地区の土石流災害状況を表2-29にとりまとめる。また、図2-43、2-44、2-45に総括図を、図2-46に土砂収支図を示す。

表2-29 災害状況総括表

地区	土石流状況	土砂収支	流木収支
長龍寺	○ 1の沢から5の沢までの各溪流の源頭部に崩壊が発生している。 ○ 崩壊発生地点は稜線の直下部の斜面勾配の変換部（$30^{\circ} \rightarrow 40^{\circ}$）付近に多い。 ○ 崩土は斜面上に停止することなく溪床に到達し、そのまま土石流になって流下したと思われる。	○ 全流域からの流出土砂量は7000m^3で、そのうち6240m^3が谷出口付近に堆積し、760m^3が本川へ流入した。 ○ 最も流出土砂量が多いのは1の沢の4030m^3で全体の約60%を占める。そのうち1300m^3は崩壊源と斜面からの流出で、残りの2730m^3が溪床堆積物によるものである。	○ 流木の生産が多かったのは1の沢、3の沢、4の沢で合計1,300本が流出した。主な堆積地は谷出口と土石流堆積域の先端付近である。

地区	土石流状況	土砂収支	流木収支
陣内ノ	○ 崩壊は2ヶ所あり、いずれも急斜面（約40°）から緩斜面（約30°）へ移行する地点で発生した。 ○ 崩壊は、表土と風化土層が主で、斜面上の樹木を倒しながら流下し、残土は少ない。 ○ 溪床部の侵食深は比較的小さく、最大2m程度である。 ○ 土石流堆積物の分布は、赤土石と白土石に明瞭に区別できる。 ○ 赤土石と白土石の発生には時間的な差があり、まず赤土石が浅谷地形いっぱいに堆積した後、中央部付近にガリーが形成され、このガリーを埋めるように白土石が堆積したものと推定される。	○ 流出土砂量の内訳は、溪流より流出したもの2000m³、谷出口付近の旧堆積物の侵食によるもの6300m³の合計8300m³と推定される。このうち7450m³が堆積し、残り850m³が本川へ流出した。 ○ 赤土石は溪流より2000m³、谷出口付近の侵食により3900m³合計5900m³が流出、そのうち5050m³が堆積し残り850m³が本川へ流出した。 ○ 白土石は溪流及び谷出口付近の侵食により1500m³が流出、そのうち1400m³は直下流に堆積した。	○ 生産された流木（ほとんどがスギ人工林）は約1000本で谷出口左岸の赤土石堆積域周辺に広く分布する。白土石堆積域には存在しない。
芒塚	○ 1の沢から4の沢までの各溪流の源頭部に崩壊が発生している。 ○ 1の沢は崩土が停止することなく、下流の斜面、溪床の樹木を倒しながら土量を増加させて流下した。 ○ 2の沢は源頭部に比較的大きな崩壊をおこしている	○ 全流域からの流出土砂量は31700m³、総堆積土砂量は23800m³である。 ○ 流出土砂の供給源は1の沢から5600m³、4の沢の道床から13000m³で他からの土砂量は少ない。 ○ 1の沢では崩壊によるもの1400m³溪床堆積物によ	○ 1の沢では広葉樹、スギ合わせて850本が流下した。 ○ 2の沢では370本が流下したが途中の天然ダムなどの影響ですべて溪流内に堆積している。 ○ 3の沢では110本、4の沢では410本が流出した。

地区	土石流状況	土砂収支	流木収支
芒塚	が、大部分崩壊が斜面上に残り溪床に供給されなかったこと、中流部に天然ダムを形成して溪床土砂が流下しなかったことから土石流の発生はみられなかった。 ○ 3の沢は崩壊が小規模で、溪床堆積土砂量が少ないため、土石流が谷出口まで到達していない。 ○ 4の沢は土石流が国道まで到達しているが、道床の崩れと混り合って堆積形状がみだされている。	るもの4200 m³の流出土砂量があったが、2、3、4の沢では溪床からの土砂量はきわめて少ない。	

7. 土石流発生機構の考察

(1) 土石流発生と崩壊

本調査の対象となった溪流の源頭部付近にはすべて崩壊が発生している。しかし、崩壊がおきても土石流となっていない溪流（長龍寺5の沢、芒塚2の沢、3の沢）もあり、崩壊発生が土石流発生の十分条件にはなっていない。

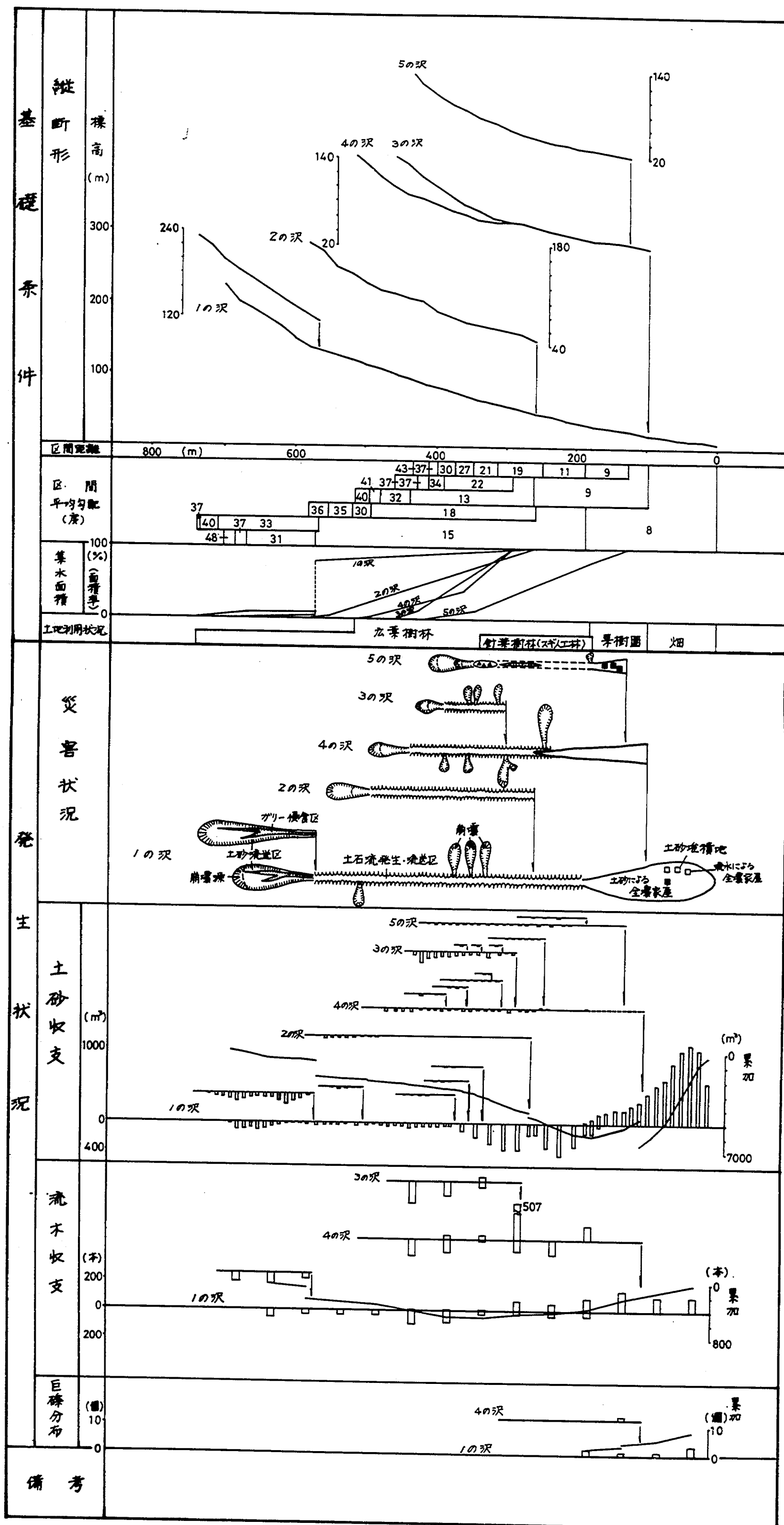


図 2 - 4 3 災害状況総括図 (長龍寺地区)

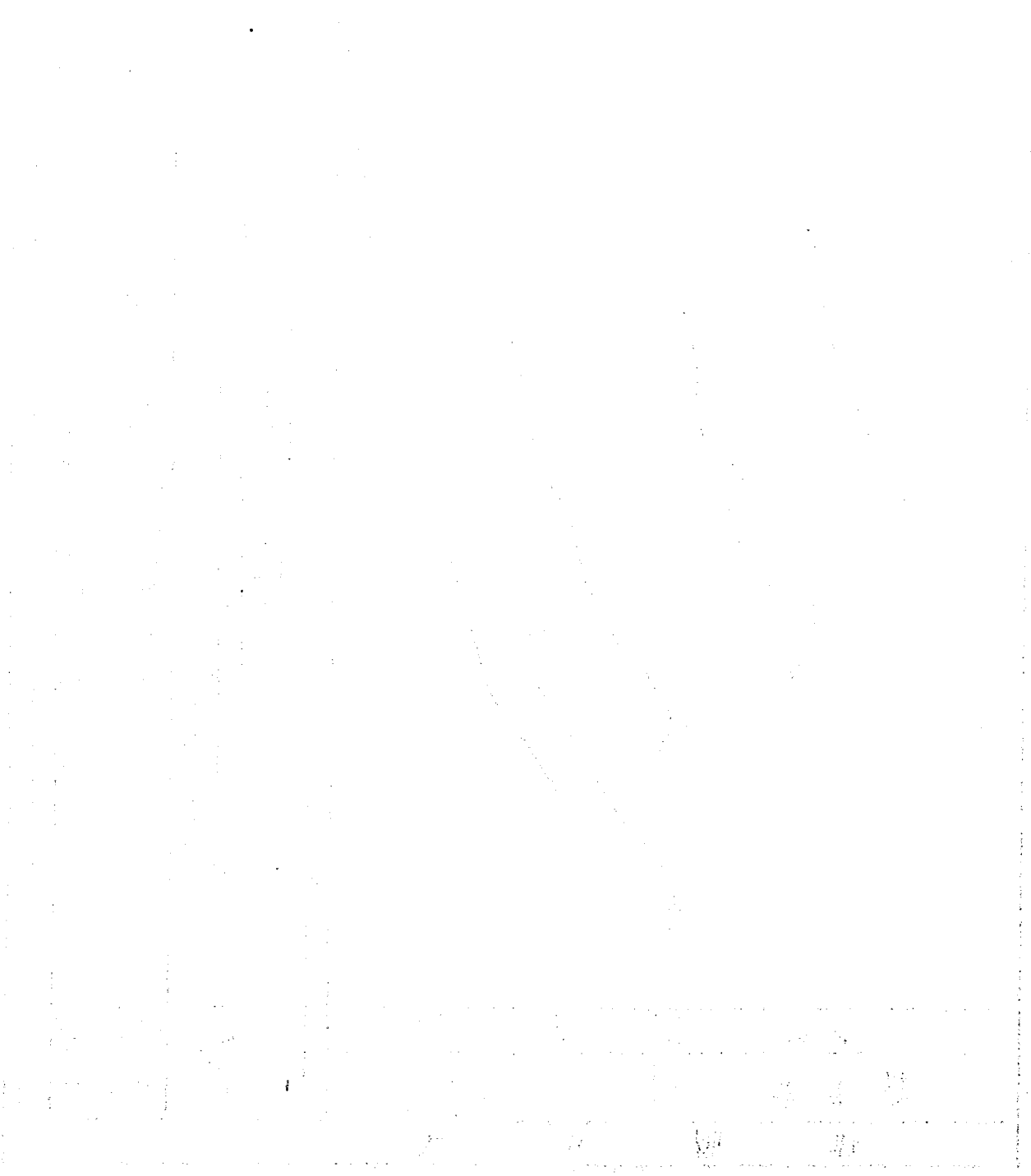
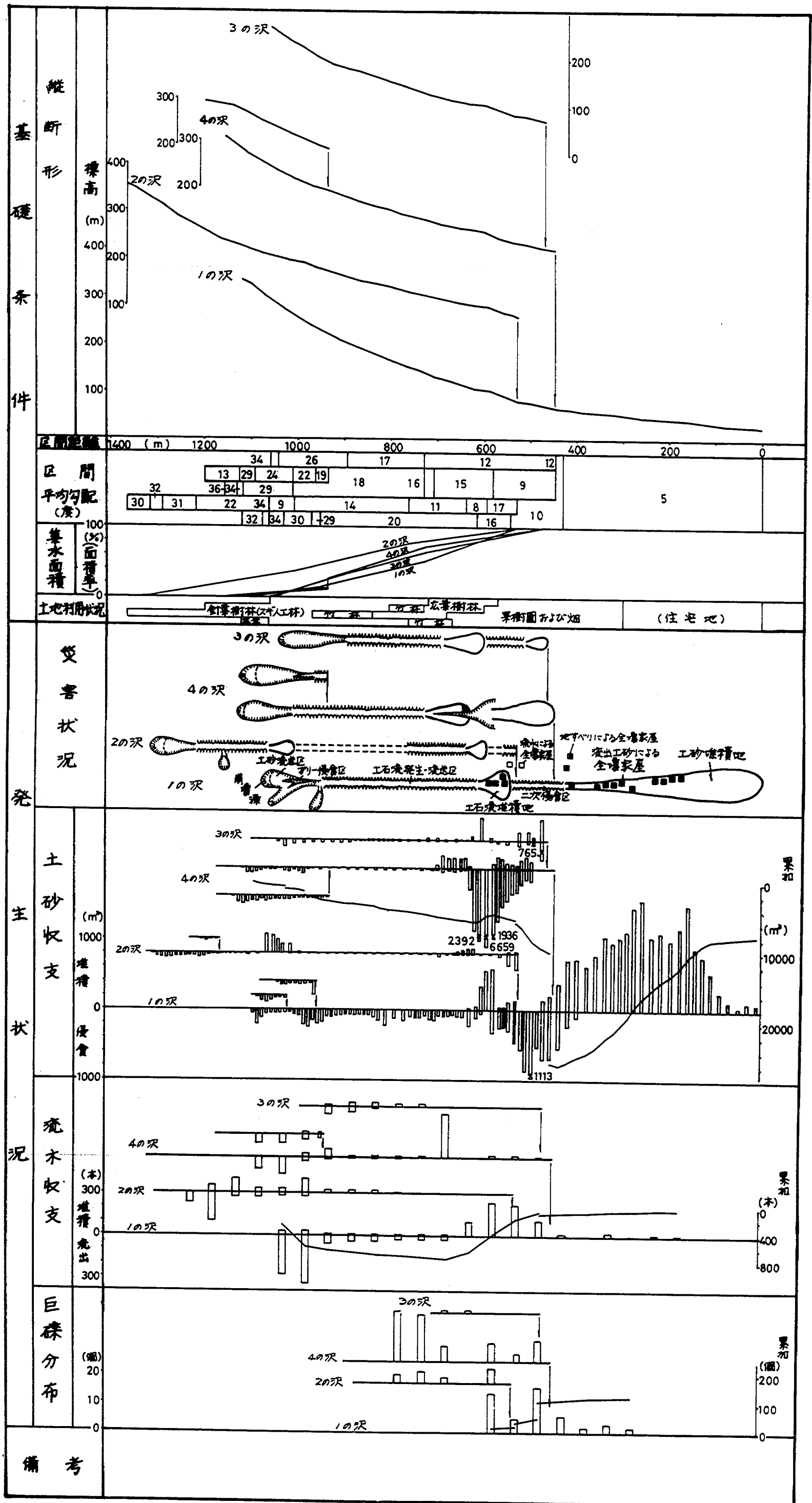
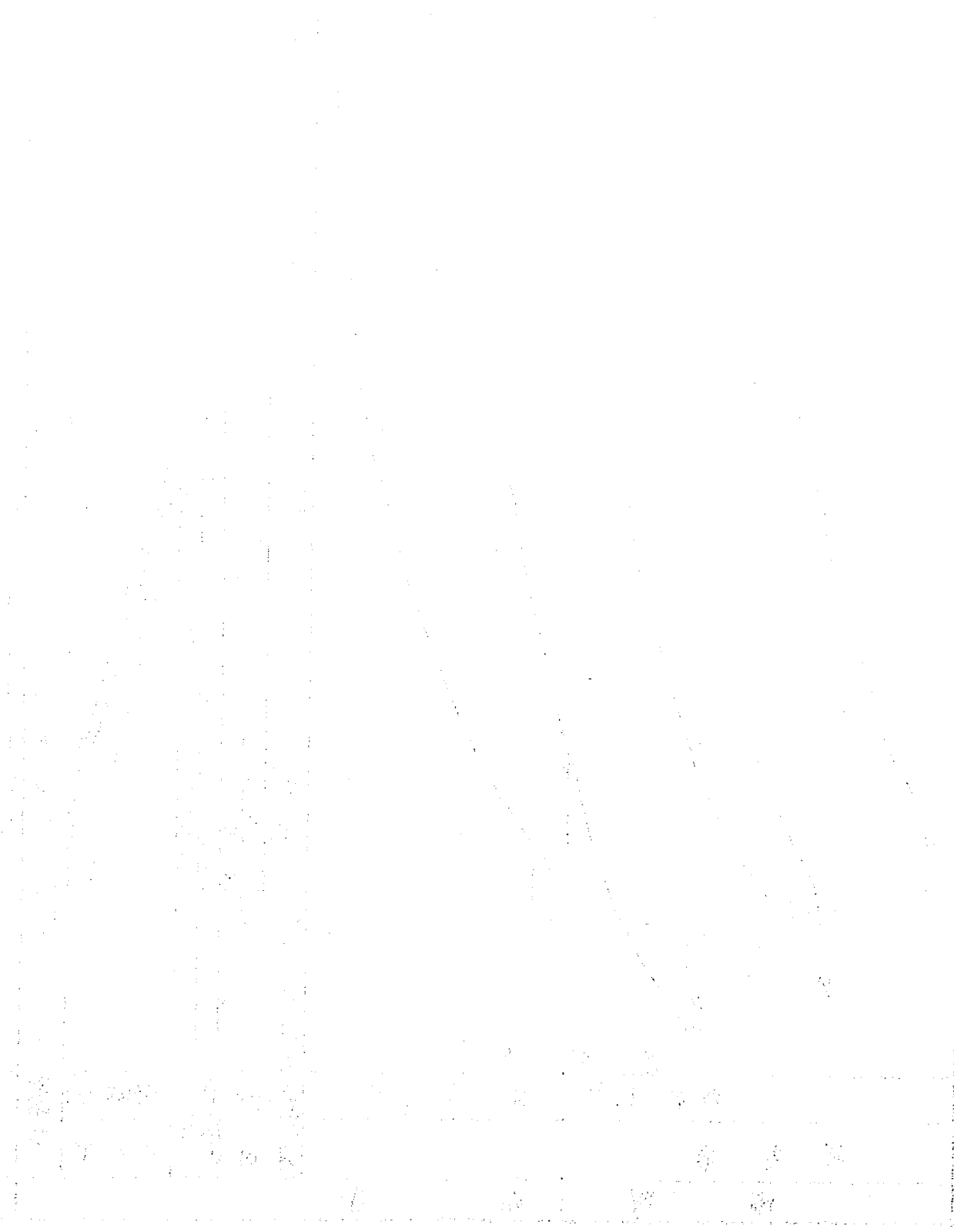


図 2 - 4 4 災害状況総括図 (陣ノ内地区)





長龍寺地区

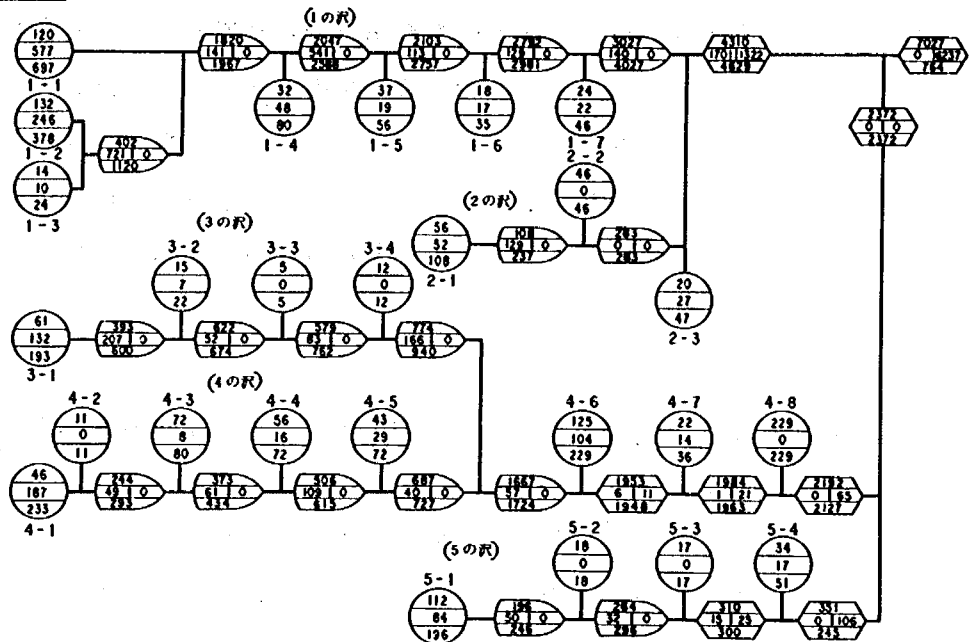
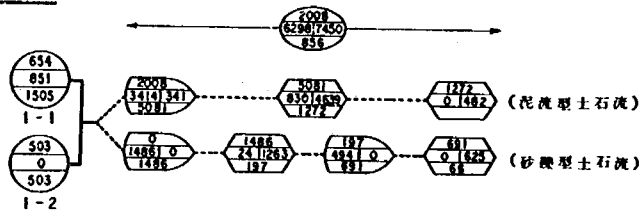


図 10 2 土砂収支

陣ノ内地区



芒塚地区

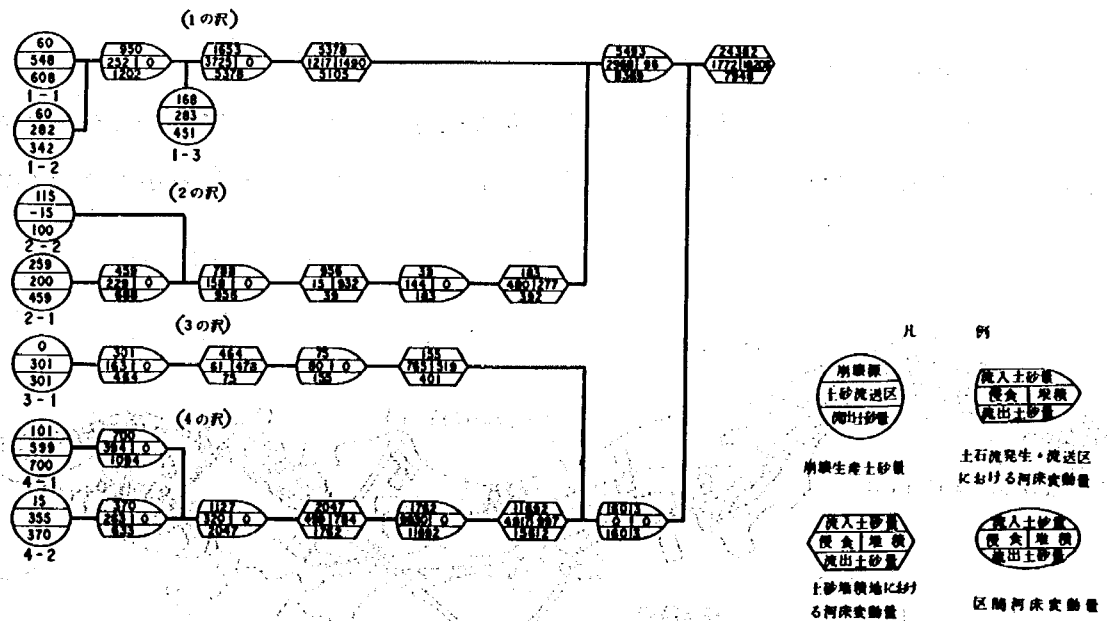


図 2 - 4 6 土 砂 収 支 図

(2) 溪床条件

土石流の発生に関与する溪床条件は、勾配と溪床堆積物の多寡である。このうち勾配については、ほとんどの溪流が 15° 以上の勾配をもち、土石流発生の可能性があった。一方溪床堆積物については、砂礫型土石流の発生した溪流（長龍寺1の沢、陣の内、芒塚1の沢、4の沢）をみると、いずれも $1.5 \sim 2.0$ m の溪床侵食深を示している。このことから、今回の場合には、土石流の発生条件として、 1.5 m 以上の堆積深をもった溪床堆積物が存在する必要性があったものと推察される。

(3) 赤土石と白土石

今回発生した土石流は、崩壊に起因する土砂が斜面を流下し、表土を巻き込みつつ流出するタイプ（赤土石）と溪床堆積物を主体とするタイプ（白土石）の二種類に分けることができる。この二つのタイプの流れは、同一溪流でも若干の時間差をもって発生している。すなわち、まず初めに表土が流出したあと旧溪床堆積物が表面に表われ、それらが白土石となって流下したことが考えられる。流木は主に主に赤土石に伴って発生している。

既住の土石流危険溪流調査では、赤土石に関する調査が十分には行われていないので、今後どのように評価していくのかを検討する必要がある。

8. 土石流氾濫堆積模型実験

(1) 実験概要

陣の内地区扇状地部の $1/60$ の模型を作製し、今回の流出土砂量にみあう量 ($V_s = 556 \ell$) を土石流発生水路から流して氾濫堆積状況を観測した。

(2) 実験結果

① ラショナル式による流量を与えた場合

ラショナル式によりピーク流量を求め、模型値に換算して $Q = 167.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ を流すと、流出土砂のほとんどが谷出口付近に堆積した（図2-47）。これは浸透流量が大きいためと考えられる。

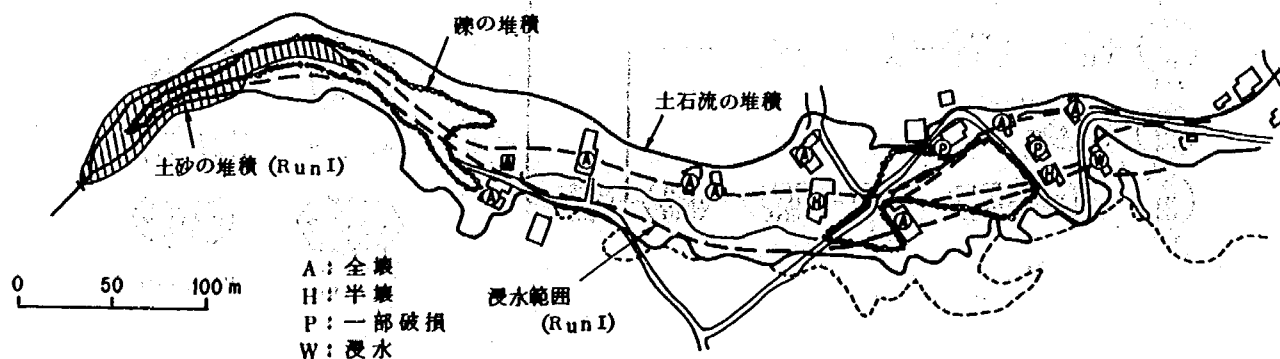


図2-47 土石流氾濫堆積状況 ($Q = 167.5 \text{ m}^3/\text{sec}$)

② ラショナル式の2倍の流量を与えた場合

浸透流量を考慮して、a)の2倍の流量を流すと谷出口付近に一度堆積した土砂が再び侵食されて右岸側に堆積物が残った(図2-48)。これは、実際の堆積状況(図2-49)によく一致している。

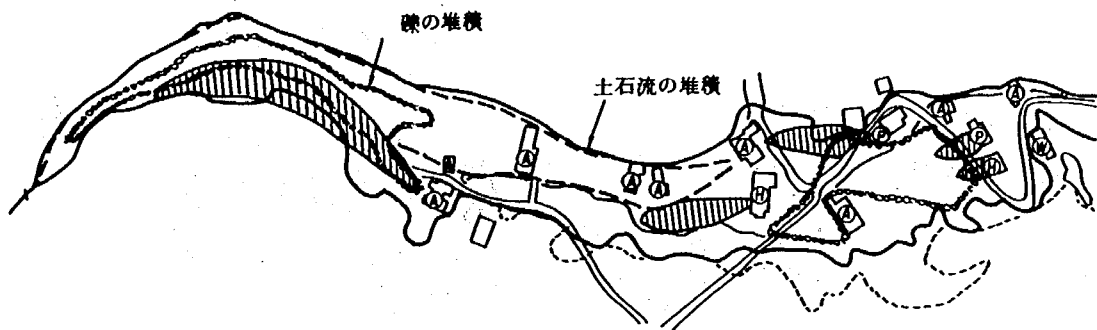


図2-48 土石流氾濫堆積状況 ($Q = 335 \text{ cc/sec}$)

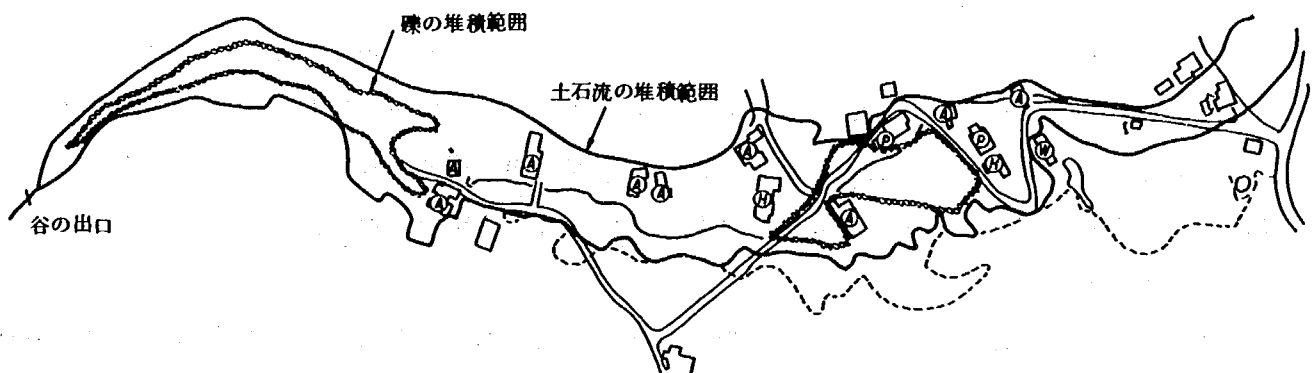


図2-49 土石流氾濫堆積状況 (現地)

③ 有効雨量から求められる流量を与えた場合

土石流発生時に、流域に貯留されていた雨水が放出されると考え、流出率を7.0%と仮定して有効雨量を分離し(図2-50)、約10分間で放出されるものとした。実験結果は図2-51に示すとおり実際の堆積形状とよく類似しており、これはランダムウォークモデルによる計算結果(図2-51)の堆積傾向ともよく一致している。

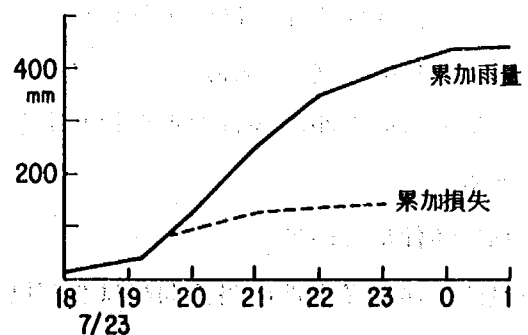


図2-50 有効雨量の分離

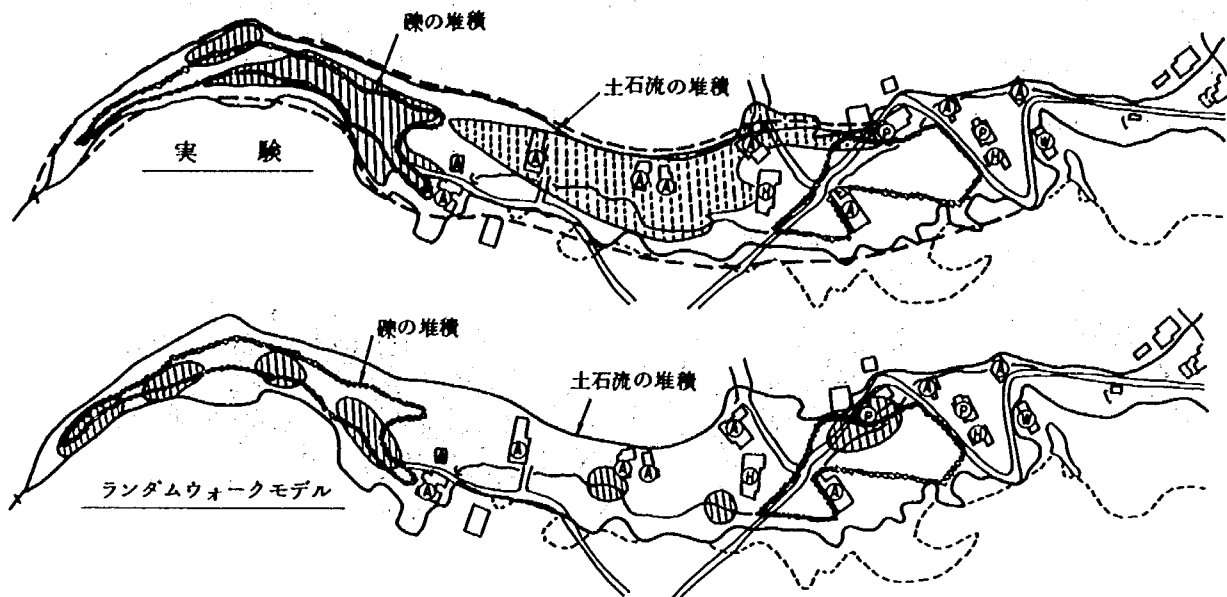


図 2-51 土石流氾濫堆積状況とランダムウォークモデルとの比較

○ 土石流発生時刻について

降雨強度のピークは23日20時ごろである。長龍寺、芒塚の二地区では、この前後に出水、土石流の発生をみたが、陣ノ内地区では22時40分ごろ土石流が発生しており、他の地区と比較しても発生時刻のおそい土石流に属する。その原因は明らかにできなかったが、溪流途中で土砂の停止・堆積（いわゆるダムアップ）があった可能性も否定できない。

○ 崩壊と土石流について

調査対象溪流の中には、上流部で斜面崩壊が起きても土石流として発達しなかったもの、あるいは途中でせきとめられて下流まで達しなかったものがある。しかしながら、土石流が発生した溪流の源頭部にはすべて斜面崩壊がみられ、流木の供給源にもなっていることは注目される。

○ 土質条件について

崩壊部の土質調査及び弾性波探査の結果によると、崩壊深は場所により0.5～1.5 mとばらつきがあるが、弾性波速度はいずれも0.3～0.4 km/secの表土及び風化土層に属する。透水係数は $10^{-2} \sim 10^{-4}$ (cm/sec) のオーダーで、崩壊土層と下部層との間には比較的明瞭な差がある。また、崩壊斜面と非崩壊斜面とを比較すると、一般的に崩壊斜面の方が単位体積重量が小さい傾向がある。

○ 地形条件について

一般的に崩壊発生部の斜面勾配は20°以上といわれているが、今回の崩壊地はほとんど30°以上となっている。また、堆積開始点も約10°で、過去土石流が発生した箇所での平均的な値であるといえる。

○ 溪床堆積物について

大規模な土石流が発生した溪流は、溪床堆積物の厚さが1.5～2.0 mで、他の溪流と比較すると厚くなっている。このことから、溪床堆積深が土石流の規模に影響を与えていることが考えられる。

○ 土石流流速について

湾曲部の水位差から推定した土石流流速は、8～10 m/sec程度である。

○ 流木量について

各地区の流木量は、それぞれ、長龍寺約1300本、陣ノ内約1000本、芒塚約1400本と多く、これら流木の影響で被害が大きくなったことも十分に考えられる。今後、流木対策も含めた土石流対策計画を策定する必要がある。

○ 被災原因について

被災原因は、土石流の直撃によるものが多いが、その他に流水による被害も考えられる。

○ 土石流発生機構について

今回発生した土石流は、崩壊に起因する土砂が斜面を流下し、表土を巻き込みつつ流出するタイプ（赤土石）と溪床堆積物を主体とするタイプ（白土石）の二種類に分けることができる。この二つのタイプの流れは、同一溪流でも若干の時間差をもって発生している。

○ 前兆現象について

一般的に土石流が発生する前にはなんらかの異常現象がおけるといわれているが、聞き込み調査によると、

- 雷・飛行機編隊のような音を聞いた。
- 急激な増水、減水があった。
- 流れの色が変わった。
- 動物（犬等）が異常な行動をした。

というような報告があり、土石流発生を予知する上で留意する必要がある。

○ 模型実験について

実験によると、ピーク流量時には土石流は谷出口付近に堆積し、ほとんど下流へは氾濫しないという結果になったが、ピークの2倍の流量を与えると、谷出口で堆積した土砂が再侵食されて下流へ到達している。これは、踏査等から明らかになった現地における現象とよく類似している。このように、流量を調整することによって、実際の堆積範囲が模型実験で再現できる。また、ランダムウォークモデルによる計算でも、土砂の堆積範囲をかなり正確に再現することができる。微地形の影響を強く受ける土石流の堆積については、このような手法によって危険区域を推定することも可能であると思われる。

第 3 編 がけくずれ災害

第 1 章 がけ崩れ実態調査

1. がけ崩れの概況

今回のがけ崩れ災害（急傾斜地の崩壊による災害，すなわち人家等に被害を与えたもの）は，7月20日の200mmを超す先行降雨によりゆるんでいた斜面の地盤が，7月23日夜半に時間雨量100mmを超す降雨が3時間も続いたことにより発生したものと考えられる。

長崎市及びその周辺域のがけ崩れを見ると，旧長崎市街のある浦上低地を除いた山腹斜面（特に斜面下部）に平均的に分布しており，地質の差異（中央部は火成岩，東側は堆積岩と貫入火成岩，南部および西側の変成岩）との関係はあまり認められない。ここで南部および西側でがけ崩れの発生が少ないのは，主に降雨量および人家の数が少ないためであると考えられる。また長崎市街の中心地の浦上低地でがけ崩れが発生していないのは，がけ（急傾斜地）そのものがほとんどないためであり，反面この地域では洪水や浸水の被害を受けており，長崎市およびその周辺では豪雨による自然災害（がけ崩れ，土石流，洪水，地すべり等）に対して，全く安全な地域はかなり狭い範囲しかないことがわかる。

長崎市内でのがけ崩れは旧市街地周辺の丘陵地や山腹斜面下部を宅地開発した新興住宅地で多発しており，長崎市北部の滑石町・北栄町・昭和町，南部の戸町・小ヶ倉町，さらに東部の芒塚町・矢上町・東町などで多数の死者，負傷者を出した。

2. がけ崩れの要因

2-1 降雨と崩壊

図3-1では時間別のがけ崩れの発生件数の推移を時間雨量の推移と比較しているが，この図よりがけ崩れ発生件数のピークは降雨量のピークとほぼ一致していることがわかる。すなわ

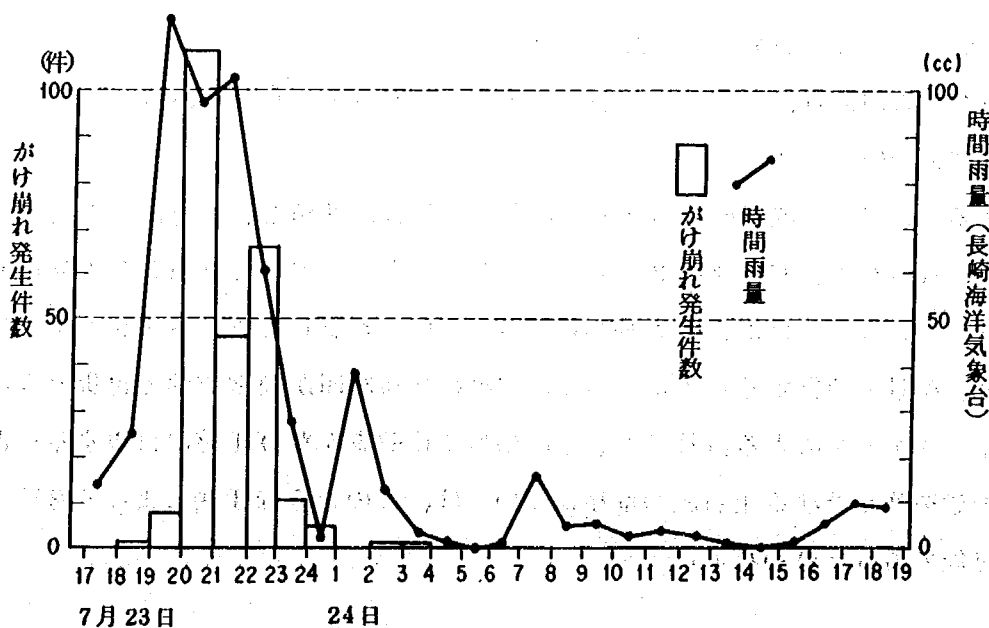


図 3-1 がけ崩れ災害発生時間別分布図

ち時間雨量は23日18～19時の27mmから19～20時の115mmに急激に増加しており、これと約1時間遅れてがけ崩れ発生件数も急増している。またこの傾向は土石流や河川の氾濫にも共通しており、23日20～23時にかけて、長崎市およびその周辺の地域はがけ崩れ、土石流、洪水によって混乱した状態となった。

同様に崩壊の多数発生した八郎川流域の時間雨量と崩壊との関係を示したのが図3-2である。この図からも降雨のピーク時付近に崩壊が集中していることがわかる。

24時間雨量分布、最大時間雨量分布を図3-3³、4に示す。これを見ると、顕著な被害を生じた長崎市とその周辺域に短時間に大量の降雨があったことがわかる。

2-2 崩壊の分布

長崎市及び周辺域を5km²のメッシュに区切り、それぞれの地域に発生した崩壊を全崩壊数で除し、各地域毎の崩壊分布を示したのが図3-5である。がけ崩れの発生率の高い地域は、時津、長与、浦上川上流域及び東長崎地区（八郎川流域周辺）、次いで小江原～滑石、宿町、網場周辺である。

災害分布に地域性があるのは、雨量分布に関係しており、図-5

と雨量図（図3-3³、4）とを比較すると強雨域と崩壊分布は良く一致している。

2-3 崩壊形態及び規模

がけ崩れの崩壊形態としては、表土層を伴う崖錐性堆積物の滑落で、崩壊土層の厚さも薄く、規模としては比較的小さなものが多かったが、がけ下に人家が密集していたために崩壊規模の割に人的、物的被害が多かった。また大規模なものには鳴滝町、奥山地区、赤松地区の山腹斜面崩壊があったが、これらは斜面のごく薄い表土層を伴う崖錐性堆積物がなかば流動的に斜面下部に移動したもので、土石流とがけ崩れの中間的な崩壊・流下・堆積形態を示していた。今回の災害では、このような従来の典型的な土石流やがけ崩れの概念では捉え難い斜面崩壊が比較的多く、また規模が大きく被害も大きかったことから、今後この種の崩壊に対する研究およ

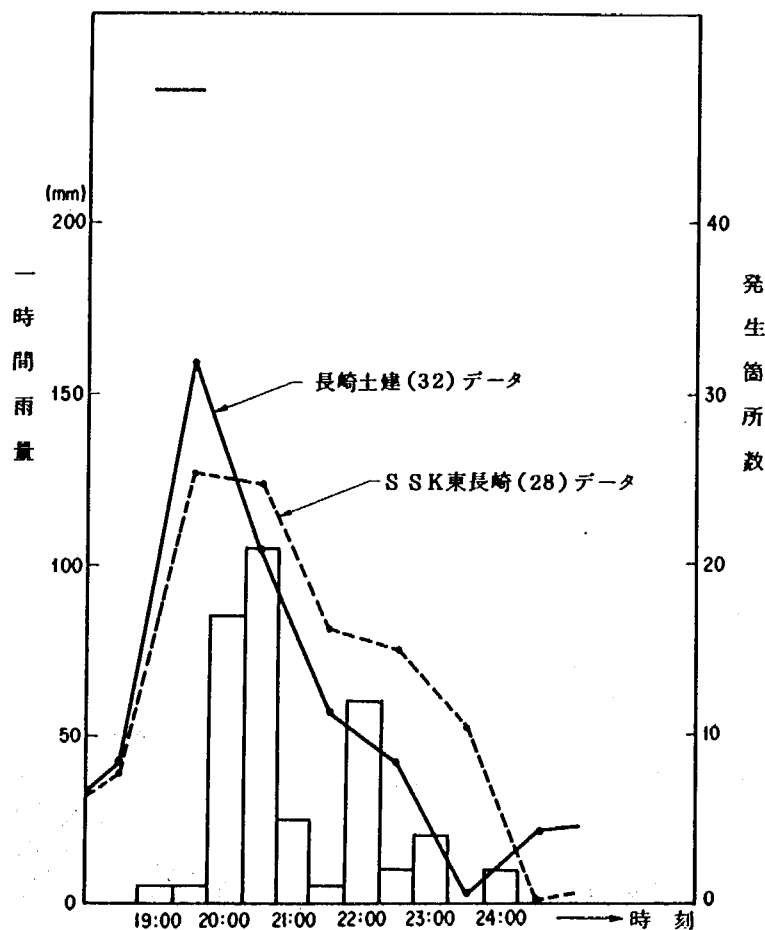


図3-2 時間雨量と崩壊発生箇所数
(八郎川流域)

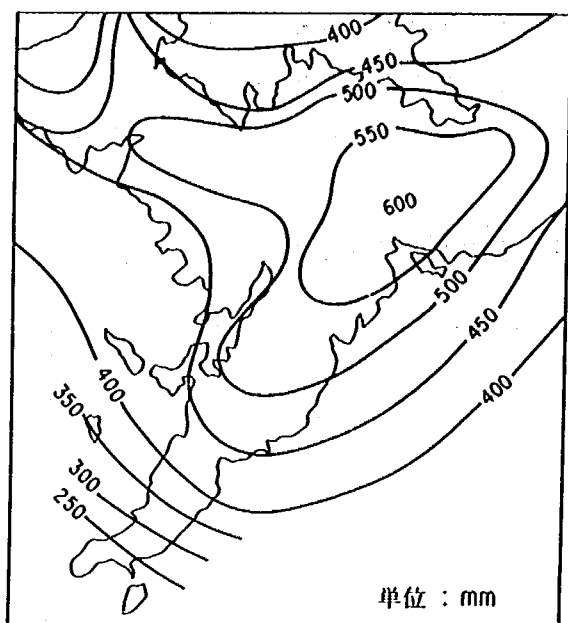


図 3-3 24時間雨量
(7.23.9:00-7.24.9:00)

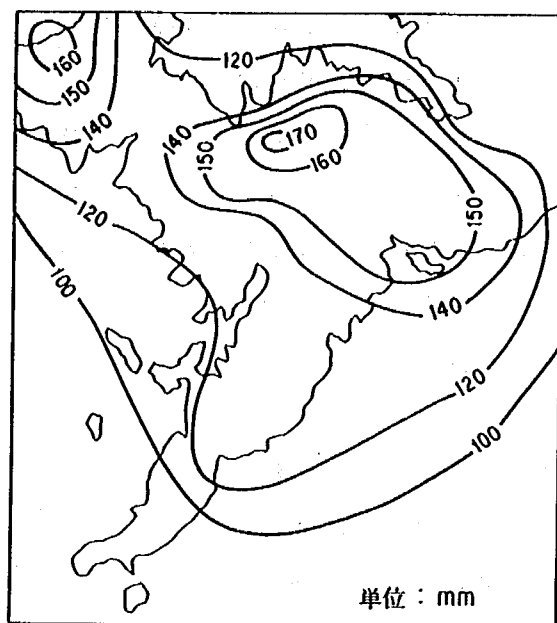


図 3-4 最大時間雨量

び対策工の検討が必要となる
ことが痛感される。

次に崩壊の規模と地形、地
質との関連を、多数の崩壊が
発生した八郎川流域について
みる。対象となったがけ崩
れは全部で143箇所であ
る。

(1) 斜面の高さ

図3-6に崩壊の発生した
斜面の高さ頻度分布を示す。

これを見ると崩壊のおよそ
70%が高さ30m未満の
斜面に発生している。一方、
昭和50～52年に全国で
崩壊したがけ崩れ(以下、
既往崩壊例と呼ぶ)797
箇所について見てみると、
同様に斜面高30m以下の

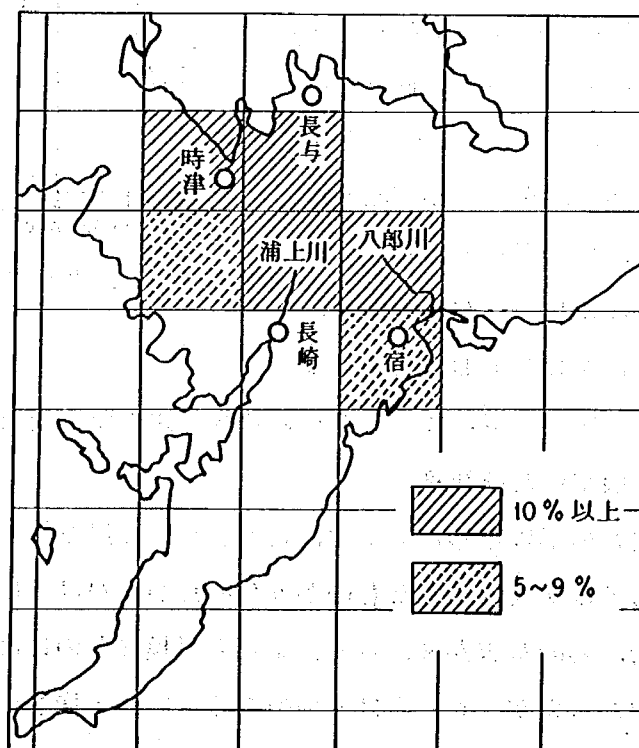


図 3-5 各地域の崩壊発生率
(全崩壊数に対する割合)

的低い斜面に多かったことがわかる。

表 3-1 斜面の高さ (m)

(2) 斜面の角度

斜面の角度の平均は 34° となっている。既往の崩壊例 783 例をみると平均は 45.5° であり、今回の災害では傾斜の緩い斜面での崩壊が多かったようである。また、最頻値も今災害では $30^{\circ} \sim 39^{\circ}$ に 45.4% が集中しており、全国平均の $40^{\circ} \sim 49^{\circ}$ (36.2%) に比べ傾斜の低い斜面に多くの崩壊が発生していることがわかる。このことは従来、比較的崩壊の発生が少ないと思われていた斜面でも、今回のような記録的な豪雨にあえば崩壊のおそれは高くなるということである。

	個 数	頻 度 (%)	累 種 度 数
0 ~ 9	29	20.3	20.3
10 ~ 19	40	27.9	48.2
20 ~ 29	31	21.7	69.9
30 ~ 39	21	14.7	84.6
40 ~ 49	10	7.0	91.6
50 ~ 59	5	3.5	95.1
60 ~ 69	3	2.1	97.2
70 ~ 79	0	0	97.2
80 ~ 89	0	0	97.2
90 ~ 99	1	0.7	97.9
100 ~	3	2.1	100.0
計	143		

(3) 斜面の型

斜面の地形を表わすのに、今回の調査では斜面の横断形と縦断形をとりあげた。

① 斜面の横断形を図 3-8

のように 5 つに区分した。これを見ると 49.6% が直線型斜面で発生しており、次いで、山腹の小さな谷部の 30.1% である。一般に降雨による崩壊は谷地形を呈するところに多いと言われているが、既往の崩壊例についても直線型の斜面に多く、今回の災害でも明瞭に尾根あるいは谷と判断されるところよりも、一見して変化のない斜面や、

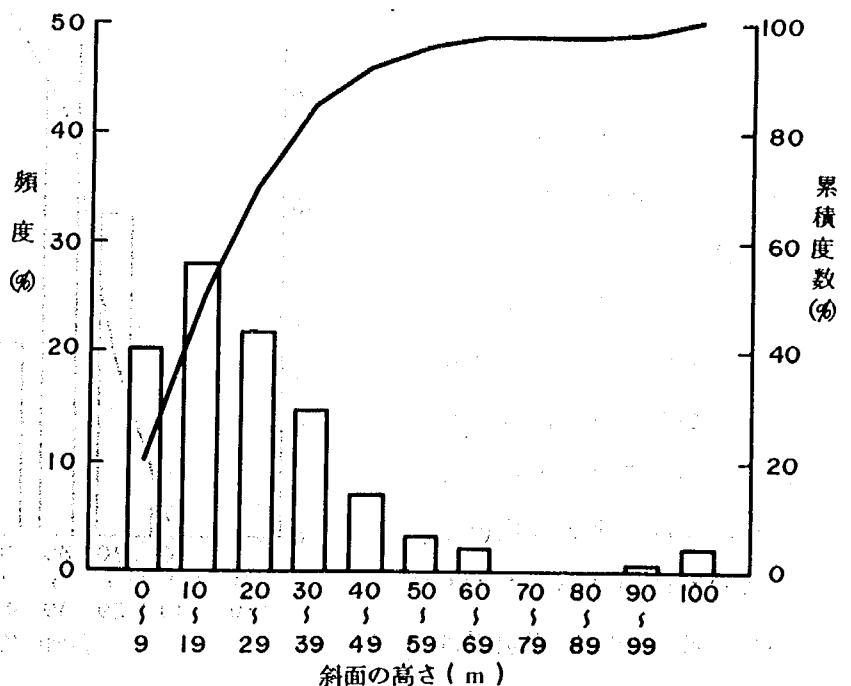


図 3-6 斜面の高さ頻度分布図

山腹にわずかに「ひだ」程度に存在する微地形のところに崩壊の多くが発生していると考えられる。

② 斜面の縦断形

斜面の縦断形を図3-9のように5つに区分した。これを見ると崩壊例の42.6%が直線型の斜面に発生しており、次いで凸型斜面の24.5%である。既往の崩壊例でも直線型斜面、凸型斜面に崩壊が多く、両方で全体の7割を占めている。

横断形、縦断形それぞれの関係を図3-10に示す。これを見ると、横断形、縦断形とも直線型の斜面の崩壊が21.7%と最も多く、次いで山腹の小さな谷部で、直線型の縦断形をもつ斜面の順になっている。

(4) 崩壊土量

崩壊土量の頻度分布を示したのが図3-11である。これによると100m³未満の崩壊が全体の30.8%，500m³未満の崩壊は72%となっている。既往の崩壊796例を見ると100m³未満が53.5%，500m³未満が87.2%となっており、今回の災害は規模の大きなものが多かったことが伺える。一方、崩壊深は全体として浅いものが多いことから、短時間に大量の降雨がもたらされた結果、表層部が広い範囲で滑落した

表3-2 斜面の角度(度)

(平均34.9)

	個 数	頻 度	累積度数
0～9	0	0	0
10～19	4	2.8	2.8
20～29	42	29.4	32.2
30～39	65	45.4	77.6
40～49	25	17.5	95.1
50～59	6	4.2	99.3
60～69	1	0.7	100.0
70～79	0	0	100.0
80～	0	0	100.0
計	143		

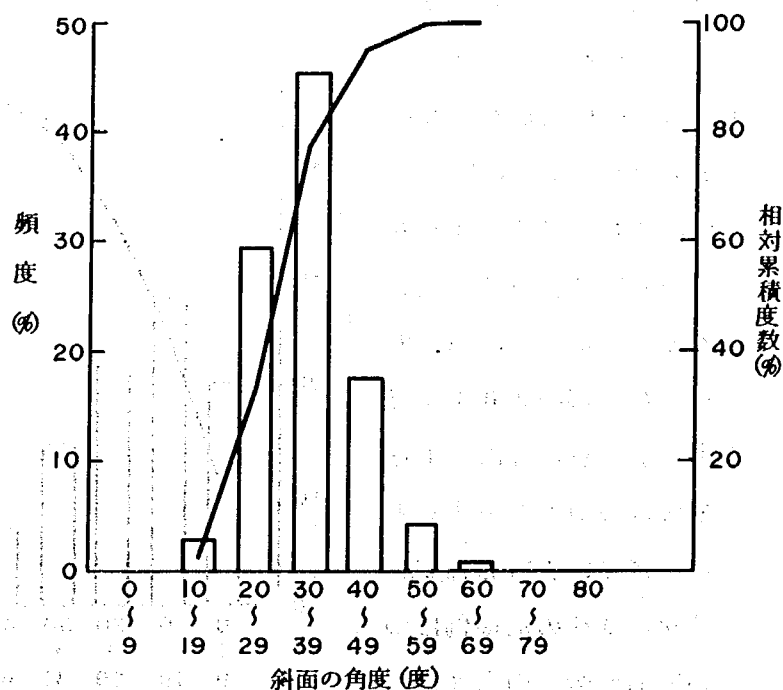


図3-7 斜面の角度頻度分布図

斜面の型（横断型）

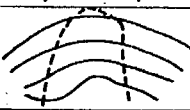
記号	分	類	個 数	頻度(%)	
1	大 き な 尾 根 部	屋 根 型		0	0
2	山腹の小さな尾根部			1 8	1 2.6
3	大 き な 谷 部	谷 型		1 1	7.7
4	山腹の小さな谷部			4 3	3 0.1
5	直 線 型 斜 面			7 1	4 9.6
	計			1 4 3	1 0 0.0

図3-8 斜面の横断形

斜面の型（縦断型）

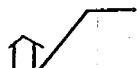
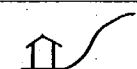
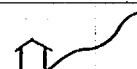
記号	分	類	個 数	頻度(%)
1	上昇型（凸型）		35	24.5
2	下降型（凹型）		22	15.4
3	直線型		61	42.6
4	複合型（S型）		20	14.0
5	"（逆S型）		5	3.5
	計		143	100.0

図3-9 斜面の縦断形

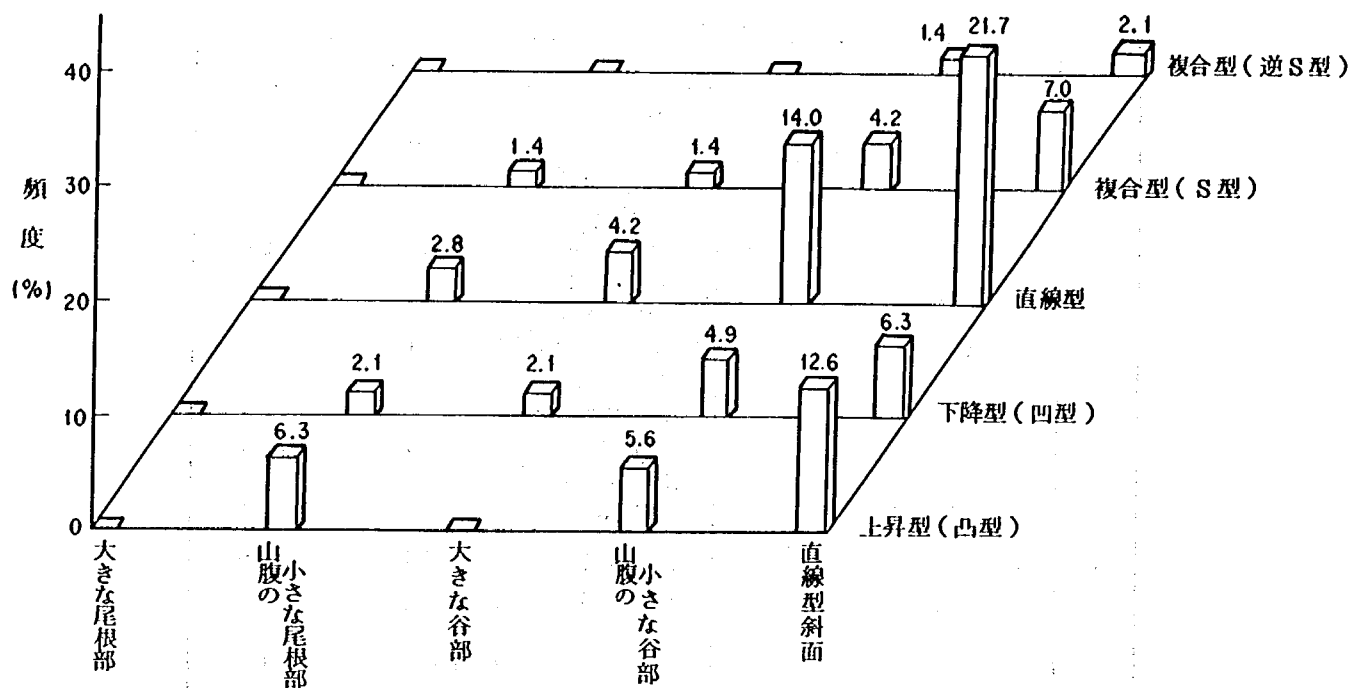


図 3-10 斜面の縦・横断形

表 3-3 崩壊土量 (m^3)

	個 数	頻 度
0 ~ 99	44	30.8
100 ~ 499	59	41.2
500 ~ 999	21	14.7
1000 ~ 1999	5	3.5
2000 ~ 2999	4	2.8
3000 ~ 3999	4	2.8
4000 ~ 4999	1	0.7
5000 ~	5	3.5
計	143	100.0

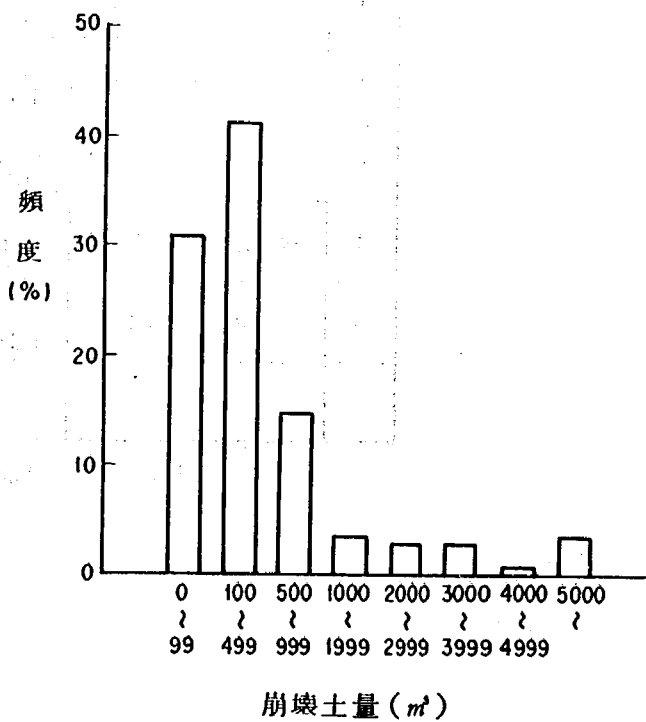


図 3-11 崩壊土量頻度分布図

ものと思われる。

(5) 崩土の到達距離

崩土の到達距離と斜面の高さとの関係を図3-12に示す。到達距離50m以上の崩壊はおよそ2割となっており、8割は50m未満で停止している。一方、崩土の到達距離／斜面高の関係では、1.0未満（崩土の到達距離<斜面高）が39.2%，2.0未満で73.4%，2.0以上が26.6%となっている。既往の崩壊例をみると1.0未満で72.7%，2.0未満で93.6%と、ほとんどの崩壊が斜面高の2倍以下の到達距離で停止していることを考えると、今回

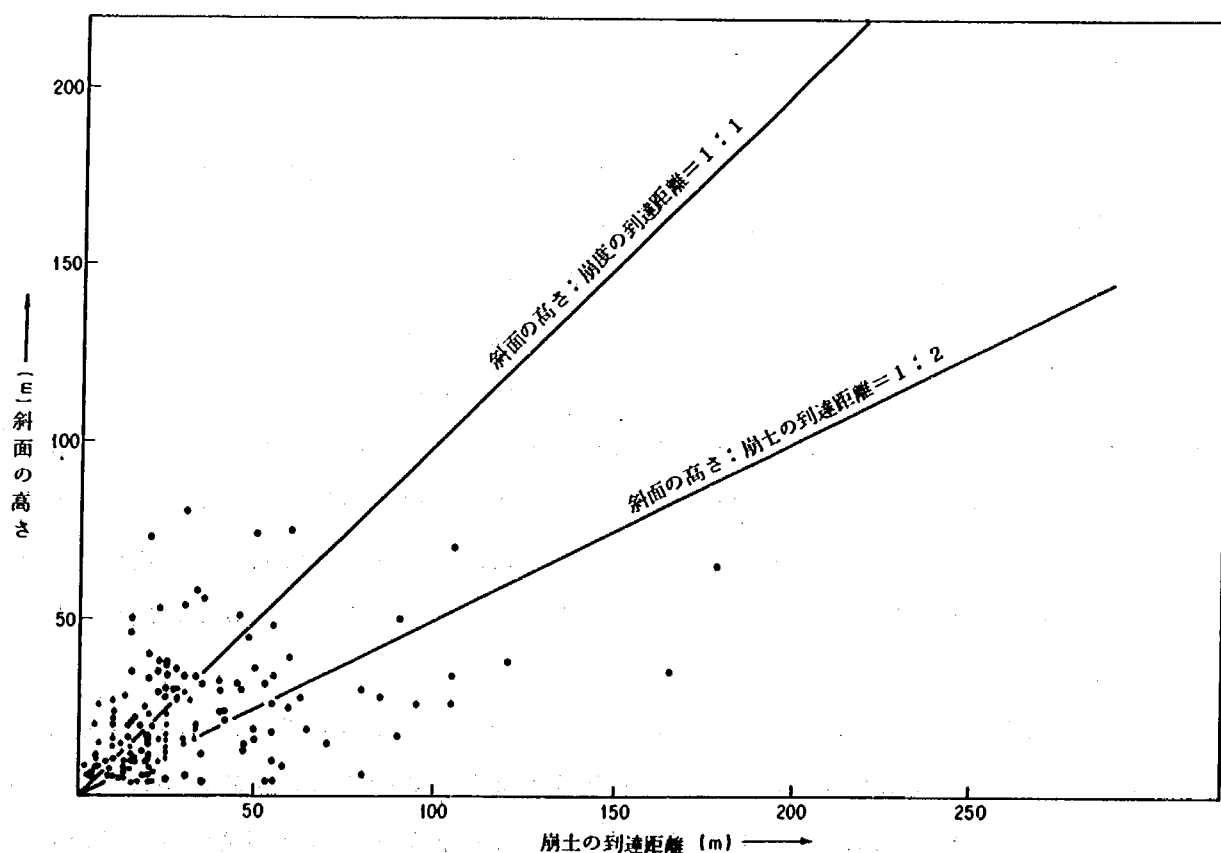


図3-12 斜面の高さと崩土の到達距離

の崩壊が非常に流下しやすい（例えば水を多く含んでいた等の）状態にあったものと思われる。また、このことは今後の危険区域設定に若干の問題を残していると思われる。

3. 急傾斜地崩壊危険箇所総点検との関係

建設省が昭和57年に全国を対象に実施した「急傾斜地崩壊危険箇所の総点検」で、長崎県は5564箇所の危険箇所がリストアップされている。今回の崩壊例992箇所を見てみると、総点検に挙げられている危険箇所での崩壊は407箇所である。したがってその補捉率はおよ

そ 44%となる。また、今回の災害では総点検の採択基準に満たない、角度 30°未満の斜面の崩壊が全体の約 40%を占めている。これは今回の豪雨が既成の概念をはるかに越えるものであったことはもちろんであるが、今後の点検の見直しを含めた危検区域の設定に問題を残している。

4. がけ崩れ災害の特徴と問題点

今回の豪雨によるがけ崩れ災害の特徴を整理してみると、

- ① まれにみる強雨、多雨
- ② 住民の避難の遅れ
- ③ 危険な山裾・斜面下部の都市化、宅地化
- ④ 多いがけ崩れによる死者数、家屋の損害
- ⑤ 逃げ場の少ない地形

という項目にもとめられる。

今回の大災害の直接の原因は、時間雨量 100 mm を超す異常に強い降雨が 3 時間も連続したことにあるが、それによる人的被害を大きくしたのは、豪雨の予報・警報がスムーズに住民の自主的避難に結びつかなかった点である。午後 4 時 40 分には大雨洪水警報が長崎海洋気象台から発令されたが、それから 3 時間後には長崎市内は河川の氾濫、土石流、がけ崩れの発生により大混乱となり、夜間であつ強雨の最中でもあり、もはや避難は困難となっていた。

現段階では大雨の予測を早期にかつ正確に行うことは困難であり、このような予報、警報の不完全さを補うには、住民の自主的な早期の警戒・避難が肝要であり、また避難訓練等を日頃より実行しておくことが大切である。またこれとともに、危険ながけに対しては崩壊防止工事を行ったり、危険な地域に家を建てないこと、また危険な地域から住宅を安全な所へ移転する等の対策が望まれる。

今回の長崎市内の災害では、土砂害（がけ崩れ、土石流）による死者、行方不明者が全体の死者、行方不明者の約 73%を占め、最大の被害を与えた。このように土砂害が自然災害のなかで大きな割合を占める傾向は近年特に顕著であり、土砂害対策の推進が切望されている。

また、全国の地方中核都市に共通な問題として、人口の急激な増加と旧市街地周辺の急速な宅地化があり、長崎のように周囲が山や丘陵に囲まれ、安全な宅地が容易に得られない地域では、しっかりとした都市計画・地域計画を行い、土砂害を防ぐ対応が必要と考えられる。

第 2 章 北栄町、神の島の崖崩れ地盤調査

1. 調査目的

昭和 57 年 7 月の長崎豪雨において、がけ崩れの発生した急傾斜地斜面 2ヶ所（長崎市北栄町および神の島）において調査ボーリング等種々の地盤調査を行ない、斜面地盤の工学的性質を明らかにし、がけ崩れ発生機構を解明する資料を得ることを目的とした。

2. 調査地概要

調査地のうち北栄町は、国鉄長崎駅の北北西 6.5 Kmの浦上川水系大井手川の右岸で、岩見山の北斜面上に位置する。この周辺の地質は、ほとんど新生代新第三紀長崎火山岩類に分類される安山岩および安山岩凝灰角礫岩で、調査地にはこのうち風化の著しい安山岩凝灰角礫岩が分布している。

一方、神の島は、長崎駅西南約 5.5 Kmに位置し、調査地はこの島の南斜面に当たる。この付近に分布する地質は、北栄町と同様に長崎火山岩類に分類される安山岩凝灰角礫岩で、急斜面を形成している。なお、神ノ島西側には新生代古第三紀香焼層に分類される礫岩層が断層で接し分布している。

3. 調査内容

調査内容はサウンディング、ボーリング、弾性波探査孔内水平載荷試験、土質力学試験を表 3-4 の数量で実施した。調査位置は 5 m 間隔の測線を設定し図 3-13、図 3-14 の通り実施した。

表 3-4 調 査 内 容

調 査 項 目	細 目	北 栄 町	神 の 島	計
サウンディング	土研式簡易貫入試験 (TW-35)	124.24m	151.32m	275.56m
	標準貫入試験	21回	47回	68回
ボーリング	φ66%	3ヶ所 (15m)	6ヶ所 (30m)	9ヶ所 (45m)
土質力学試験	ブロックサンプリング	3ヶ所	3ヶ所	6ヶ所
	含水量試験	3試料	3試料	6試料
	単位体積重量試験	〃	〃	〃
	土粒子の比重試験	〃	〃	〃
	液性限界試験	〃	〃	〃
	塑性限界試験	〃	〃	〃
	粒度試験	〃	〃	〃
	三軸圧縮試験(UU)	〃	〃	〃
	室内透水試験	〃	〃	〃
弾性波探査	弾性波探査 (スタッキング法)	0.28Km	0.28Km	0.56Km
孔内水平載荷試験	エラストメーター100	9回	9回	18回
原位置透水試料	注入法(深さ1m)	3ヶ所	3ヶ所	6ヶ所

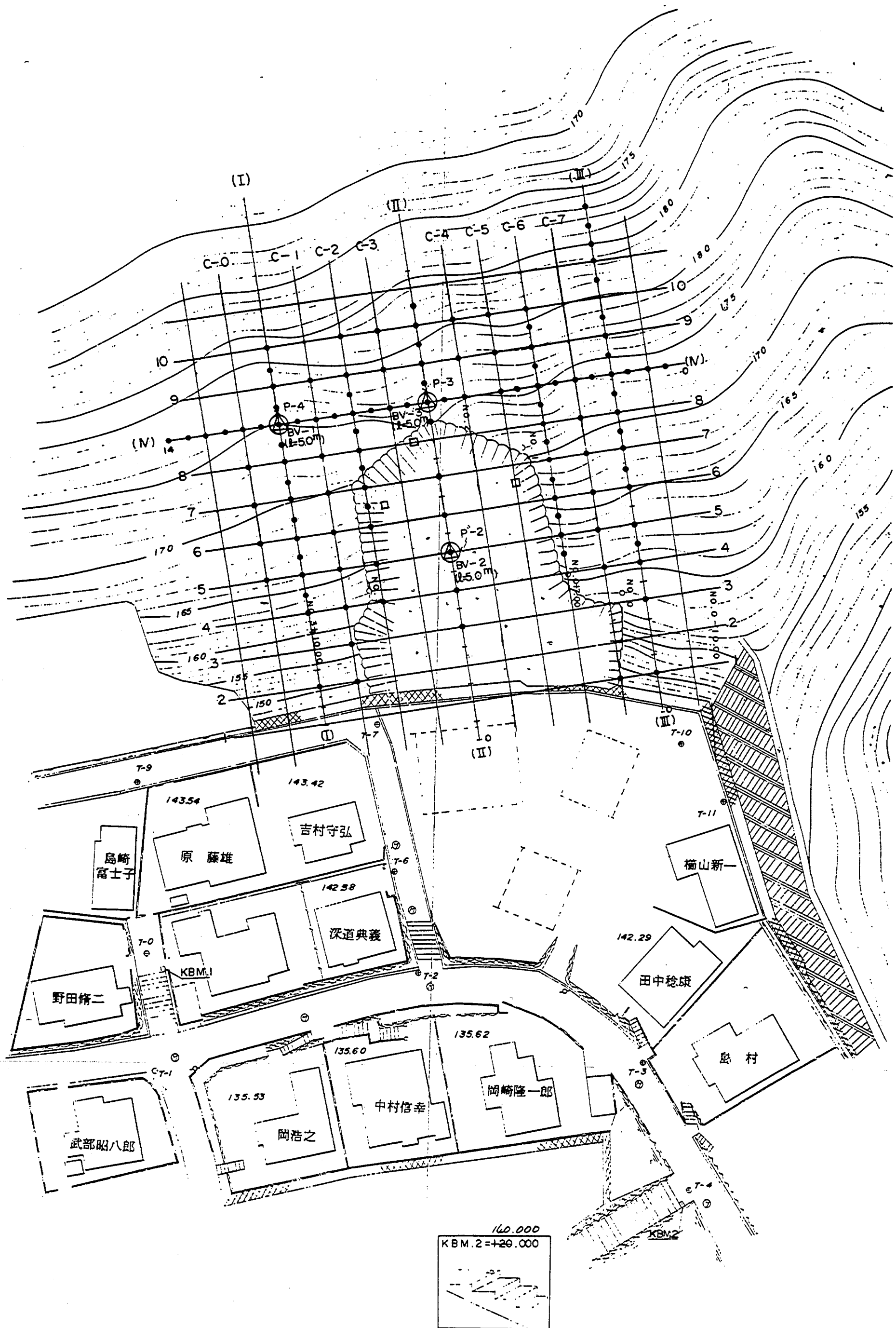


图 3-13 北米町調査位置図



図 3-14 神の島調査位置図

3-1 ポーリング調査

(1) 北 栄 町

北栄町では崩壊地内で1箇所(Bv-2)、崩壊地上方の未崩壊地で2箇所(Bv-1, 3)のポーリング調査を実施した。

この結果によると、当地の地表部には礫や植物根を混入する表土が薄く分布している。この以深に安山岩凝灰角礫岩が分布するが、全体的に風化が著しい。標準貫入試験から得られるN値は、Bv-3の風化部については深度3mまで12~27の値を示すが、これ以外では、すべて50以上である。

崩壊層はこの風化層の崩壊と考えられる。

(2) 神 の 島

神の島地区においては崩壊地内に3箇所(Bv-3, 4, 6)、未崩壊地内で3箇所(Bv-1, 2, 5)のポーリング調査を実施した。

この結果によると、当地区に分布する表土層は最大でも1m程度であり、全体的に薄い。この表土の下位に風化の著しい凝灰岩および安山岩凝灰角礫岩が分布するが、岩組織を明瞭に残しており、N値もほとんど50以上を示している。なお、崩壊地内で実施したBv-3では、風化凝灰岩において3~6という低いN値が得られているが、これはBv-3に近接して防空壕が存在しており、これによる弛みに起因しているものと思われる。

3-2 孔内水平載荷試験

孔内水平載荷試験は、原位置における地盤の強度定数(降伏圧, 変形係数)を求める目的で実施した。測定器としては、エラストメーター100(OYO製)を用いた。

調査結果は表3-5に一覧表として示した。これによると、今回の試験対象となった安山岩

表 3-5 孔内水平載荷試験

孔	地 質 名	深 度 (GL-m)	横方向K値 K (Kg/cm)	変形係数 E (Kg/cm)	N 値
北1-1	安山岩凝灰角礫岩	2.0	73.5	341.1	50
2	"	3.0	416.7	1841.7	50
3	"	4.0	1538.5	6655.0	50
北2-1	"	2.0	468.8	2193.1	50
2	"	3.0	597.0	2743.2	50
3	"	4.0	588.2	2630.4	50
北3-1	"	2.0	45.0	236.3	10
2	"	3.0	487.8	2159.6	50
3	"	4.0	252.1	1147.9	50
神3-1	"	2.0	535.7	2339.9	-
2	"	3.0	526.3	2339.9	50
3	"	4.0	555.6	2426.9	50
神5-1	"	2.0	578.9	2596.4	50
2	"	3.0	275.5	1253.5	50
3	"	4.0	535.7	2409.6	50
神6-1	"	2.0	441.2	1979.8	50
2	"	3.0	500.0	2228.9	50
3	"	4.0	652.2	2916.6	50

凝灰角礫岩の変形係数は $236 \sim 6655 \text{ Kg/cm}$ の範囲で平均 $2000 \sim 3000 \text{ Kg/cm}$ の値を示している。棒状の新鮮なコアー状態を示している北栄町 (Bv-1, GL-40m) では 6600 Kg/cm の値である。

なお、N値E値との関係は $K > 300 \text{ kg/cm}^2$ で $N \geq 50$ となっている。

3-3 原位置透水試験

原位置透水試験は、アメリカ開拓局で広く用いられているオーガー孔を利用する方法を採用し、北栄町で3箇所、神の島で3箇所の合計6箇所を実施した。

試験結果は表3-6のとおりで $K = 10^{-4} \sim 10^{-5}$ であり、北栄町のk値が神の島にくらべて小さく、k値は比較的小さい値である。

表3-6 原位置透水試験

坑	透水係数 $k (\text{cm/sec})$
北P-1	7.90×10^{-5}
2	1.72×10^{-4}
3	9.46×10^{-5}
神P-1	2.91×10^{-4}
2	1.50×10^{-4}
3	1.12×10^{-4}

3-4 土質力学試験

各試験の結果は表3-7のとおりである。これによると北栄町に分布する安山岩凝灰角礫岩と神の島に分布するものとは、同じ様な強風化部であっても単位体積重量 ($1.27 \sim 1.54 \text{ t/m}^3$)、飽和度 ($34.4 \sim 88.2\%$)、自然含水比 ($18.8 \sim 56.3\%$) と明確な差異が認められ神の島が小さい値を示す。また飽和状態で行った三軸圧縮試験 (非排水非圧密条件) から得られた粘着力 $C (\text{t/m}^2)$ は、北栄町で $0.6 \text{ t/m}^2 \sim 2.2 \text{ t/m}^2$ の

表3-7 土質試験

試料番号		(北) 坑-1	(北) 坑-2	(北) 坑-3	(神) 坑-1	(神) 坑-2	(神) 坑-3
三軸圧縮試験	試験条件	UU (水浸)	UU (水浸)	UU (水浸)	UU (水浸)	UU (水浸)	UU (水浸)
	粘着力 C 兆	0.22	0.12	0.06	0.02	0.04	0.04
	せん断抵抗角 ϕ°	$0^\circ 00'$	$3^\circ 00'$	$4^\circ 40'$	$2^\circ 30'$	$1^\circ 20'$	$0^\circ 00'$
透水係数 $k \text{ cm/sec}$		3.41×10^{-6}	3.79×10^{-5}	881×10^{-5}	282×10^{-4}	2.35×10^{-5}	3.12×10^{-5}

値を示すのに対して神の島では $0.2 \sim 0.4 \text{ t/m}^2$ と小さな値であり、せん断抵抗角 ϕ が $0 \sim 4^\circ$ で非常に小さい値を示しているのが特色である。

また透水係数は、北栄町の試料では $8.81 \times 10^{-5} \sim 3.41 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ 、神の島のものでは $2.82 \times 10^{-4} \sim 2.35 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ の値を示している。この値は原位置透水試験から得られた透水係数よりもほぼ1オーダー小さな値である。

3-5 弾性波探査

北栄町、神の島において各4測線を設定しこの内、1測線は斜面の横断方向にして探査を実

施した。

各測線別のP波速度と岩盤状況は、ボーリング調査結果から第1, 第2, 第3速度層に分類して表3-8を作成したが、表層部の風化層の判断は非常に難かしく、弾性波の利用方法に一考を要するものと思われる。

表3-8 弾性波速度と地山状況の関係

	速度層および弾性波速度(P波) (Km/s)	記 事
北栄町地区	第1速度層(0.3~0.5) 第2速度層(0.6~1.0) 第3速度層(2.0~2.1)	第1速度層は表土および岩まで風化した土化した凝灰角岩よりなると考えられる。第2速度層は、著しく風化し固結度が小さく脆弱な凝灰角岩よりなると考えられるが、部分的には、土化した箇所や強風化岩が含まれるであろう。第3速度層は比較的新鮮な凝灰角岩が主体をなすと考えられる。部分的には地下水面下に位置する脆弱な岩盤も含まれるであろう。
神の島地区	第1速度層(0.3~0.4) 第2速度層(0.8~1.0) 第3速度層(1.5~1.6)	第1速度層・第2速度層の地山状況は北栄町地区における性状と同等と考えられる。第3速度層の速度値は1.5~1.6 Km/sであり、北栄町地区における速度値と比較して小さな値を示しており、強風化し、割れ目の発達する凝灰角岩が主体をなすと考えられる。

3-6 斜面調査用簡易貫入試験

斜面調査用簡易貫入試験機による試験は、斜面表層地盤内の密度、締り具合、堅さ等の変化を連続的に測定し、基盤面の分布、地盤内強度の不連続性、透水性の境界位置、地盤構成等を推定する目的で行なわれる。

斜面調査用簡易貫入試験から得られるNc値の深度分布は、地質状況によってことなるが地層の分布状態を表土→強風化岩→弱風化岩として区分することにした。地表部に緩いあるいは軟かい地層が分布し、その下位にNc値の大きな弱風化岩が存在する場合である。この地表部に分布する地層は表土層層厚が薄いため、ほとんどが風化の著しい安山岩凝灰角礫岩である。ところが、この層は角礫(安山岩)部とマトリックスの火山灰部とでは強度が違うため、強風化岩の中でもマトリックス部分と角礫部ではNc値に大きな差があるものと考えられる。また貫入試験機の先端ローンの径が2.5cmと小さいため、角礫が小さい場合はこれを突抜けて一旦大きくなったNcが再び小さくなることが予想されるが、角礫が大きな場合には $Nc > 50$ となり、その深度で貫入不能の状態となる。当地に分布する地質が安山岩凝灰角礫であるため、礫の有無に

よって N_c 値に大きな差が現われてくる。また礫の大きさによっても $N_c < 50$ の層厚が違ってくるため、弱風化層の深度を間違えて判定する場合も考えられる。

地質的には北栄町、神の島両地区とも長崎火山岩類に分類される安山岩凝灰角礫岩である。一般に凝灰角礫岩は堆積岩に比して風化されにくく、急傾斜を有する山体を形成する場合が数多く見られる。しかし風化が進行すれば脆弱な状態となり、崩壊や落石の危険度が大きくなる。

崩壊が発生する場合、その崩壊面となるのは一般に崩壊土層と岩盤の境界部および風化岩と未風化岩との境である。本調査では岩盤の風化状況を把握する目的で、崩壊地内および周辺地域で数多くの斜面調査用簡易貫入試験を実施した。しかし試験の対象となった地質が前述のように安山岩凝灰角礫岩であったため、角礫（安山岩）部とマトリックスとでは風化状況に差異が見られることから、貫入抵抗値にばらつきが多く風化帯との明確な境界を把握することはできなかった。そこで、概略の傾向は把握できたものとして次のような図を作成した。

a) $N_c < 50$ 層厚区分図

b) $N_c < 20$ 層厚区分図（ $N_c = 20$ 最深部を基準として）

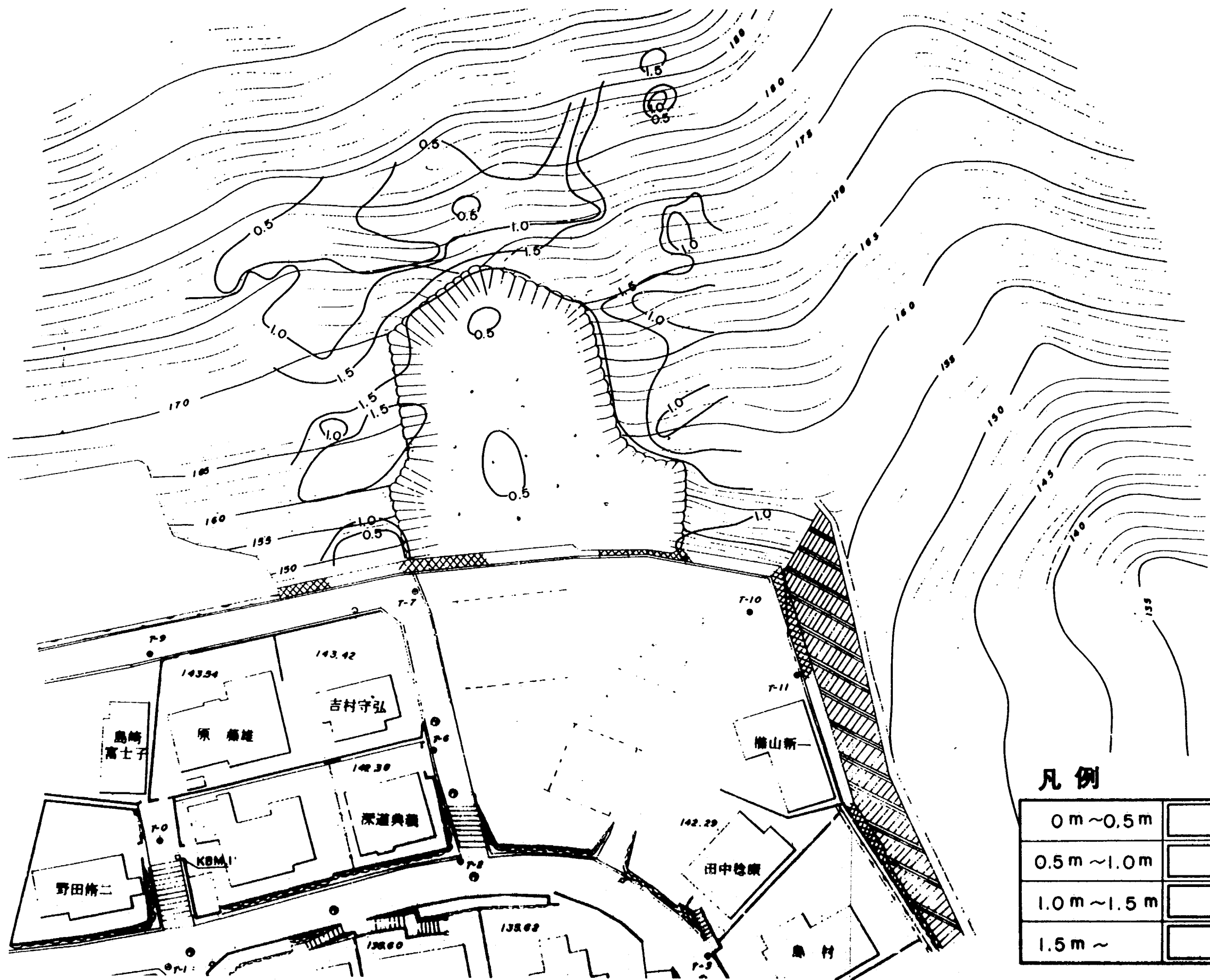
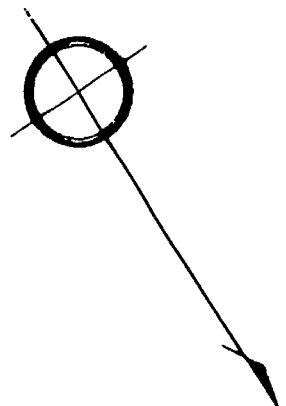
a) は $N_c > 50$ を未風化岩と見立てて作成したもので、表土層と風化岩のトータル層厚の分布を示したことになる。

図 3-15 は、北栄町における $N_c < 50$ 層厚区分図である。これによると、崩壊地周縁部に 1.5 m 以上の層厚を有する範囲が見られる。これから判断すると崩壊地内にもこの様な風化帯が厚く分布していたものと思われる。

図 3-16 は、北栄町における $N_c < 20$ 層厚分布図である。これは、 $N_c = 20$ の最深部を基準として作成したものであるが、これによると $N_c < 20$ の層厚が 1.50 m を越える範囲は、 $N_c = 50$ を境界にした場合よりも狭くなり、崩壊地右上方及び左の一部に存在するのみである。これらの図から判断すると N_c 値が低い層が厚く分布する範囲が、異常な降雨によって崩壊し、現在の斜面には $N_c < 20$ の地層が 1.0 m 以下の層厚で分布する部分が崩壊せず残っているとの判断が下せる。

また測線ごとに $N_c = 20$ 、 $N_c = 50$ の地層の境界線を入れて検討してみると、北栄町の崩壊直上部の横断測線図 3-17（N ライン）上のⅡライン付近（崩壊の中心線）は $N_c = 20$ 、 $N_c = 50$ の線が凹上になり、地中の谷部を形成していることから雨水が集水されて流下する地下水層になっている。Ⅱラインの縦断方向の崩壊面の上部に 1～2 m の強風層が乗っていることから、崩壊した面は 2～3 m の強風化層があり、それが一気に崩壊したものと推定される。

神の島についても、北栄町と同様の図を作成した。当地の風化層は全体的に薄く、 $N_c < 50$ の層が 1 m 以上で分布する範囲は、斜面勾配の比較的緩い屋根地形を呈する箇所に限定される。 N_c 値の基準を $N_c = 20$ にすると、緩い地層は更に薄くなり、崩壊地周辺では極めて限られた範囲となる。しかし、緩い地層が崩壊地周辺に分布するような傾向は見られない。

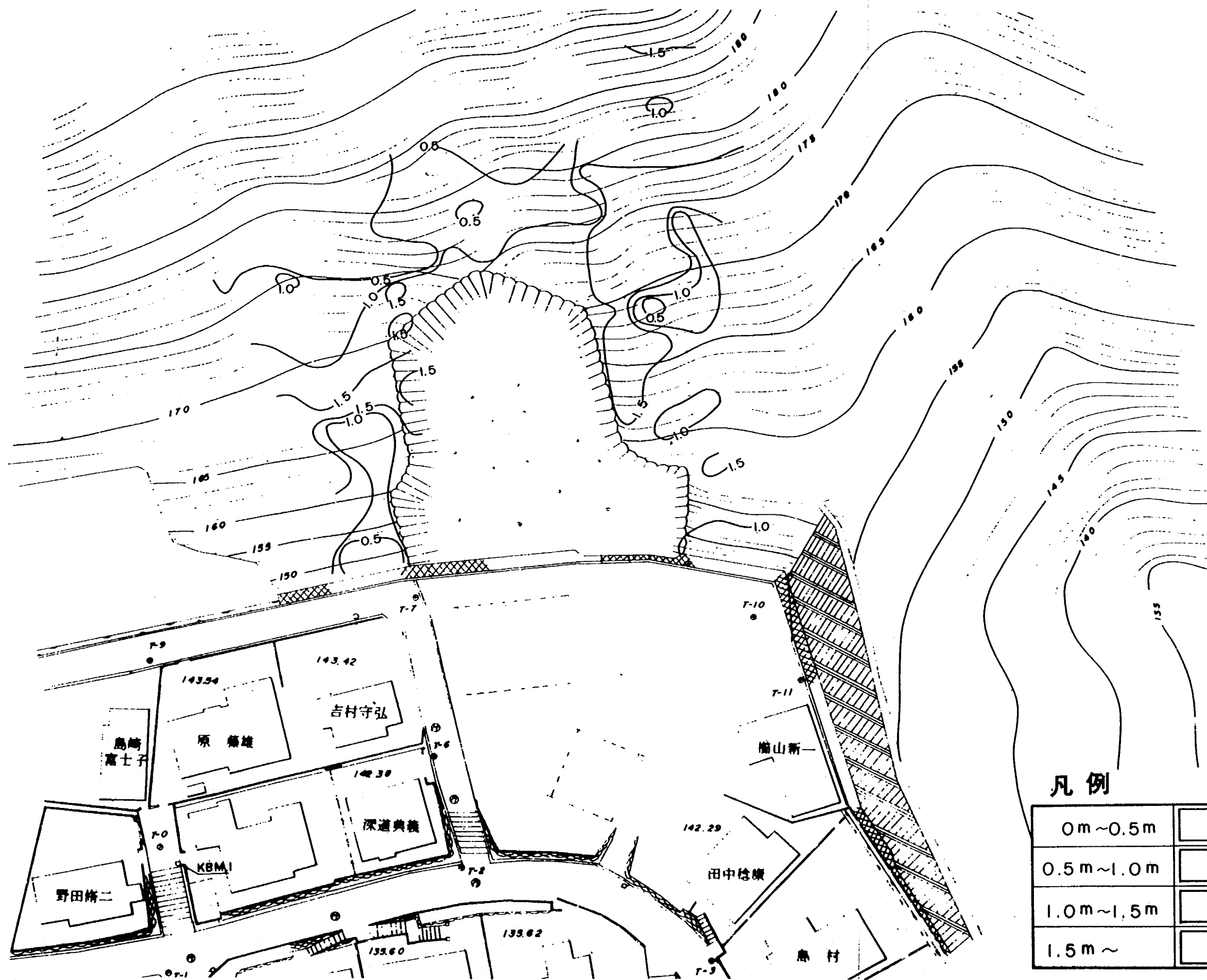
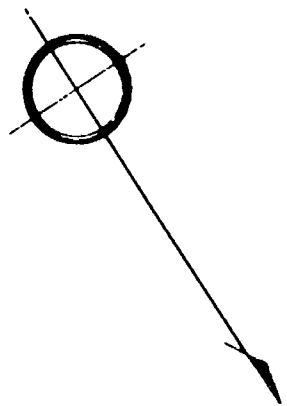


KBM=142.362

凡例

0 m ~ 0.5 m	☐
0.5 m ~ 1.0 m	☐
1.0 m ~ 1.5 m	☐
1.5 m ~	☐

図 3-15 $N_c < 50$ 層厚区分図



KBM=142.362

図3-16 $N_c < 20$ 層厚区分図

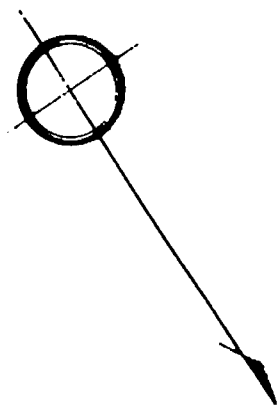
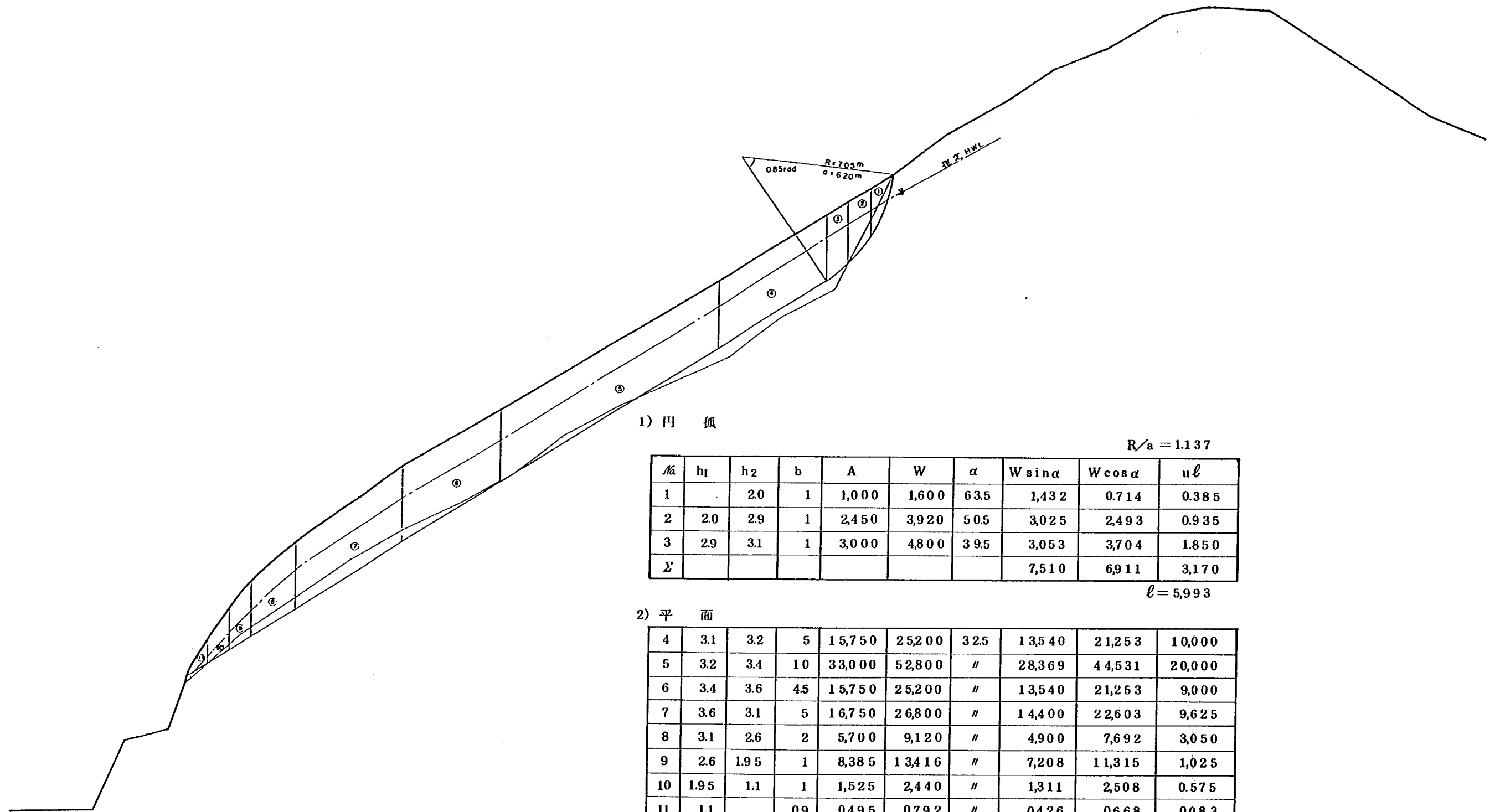


図3-18 斜面勾配区分図(北栄町)



1) 円 弧

$$R/a = 1.137$$

区	h ₁	h ₂	b	A	W	α	W sin α	W cos α	u _l
1		2.0	1	1,000	1,600	63.5	1,432	0.714	0.385
2	2.0	2.9	1	2,450	3,920	50.5	3,025	2,493	0.935
3	2.9	3.1	1	3,000	4,800	39.5	3,053	3,704	1.850
Σ							7,510	6,911	3,170

$$l = 5.993$$

2) 平 面

4	3.1	3.2	5	15,750	25,200	32.5	13,540	21,253	10,000
5	3.2	3.4	10	33,000	52,800	"	28,369	44,531	20,000
6	3.4	3.6	45	15,750	25,200	"	13,540	21,253	9,000
7	3.6	3.1	5	16,750	26,800	"	14,400	22,603	9,625
8	3.1	2.6	2	5,700	9,120	"	4,900	7,692	3,050
9	2.6	1.95	1	8,385	13,416	"	7,208	11,315	1,025
10	1.95	1.1	1	1,525	2,440	"	1,311	2,508	0.575
11	1.1		0.9	0,495	0,792	"	0,426	0,668	0.083
Σ							83,694	131,823	53,358

$$l = 34.95$$

(1) HWL時の安全率を1.0としてC, φを逆算する。

$$F_s = \frac{R/a (\Sigma (W_1 \cos \alpha - u l_1) \tan \phi + \Sigma c l_1) + \Sigma (W_2 \cos \alpha - u l_2) + \Sigma c l_2}{R/a \Sigma W_1 \sin \alpha + \Sigma W_2 \sin \alpha}$$

$$= \frac{82,719 \tan \phi + 41,764 C}{9,223} = 1.0$$

$$C = 0 \text{ のとき } \tan \phi = 1.115 (\phi = 48.1^\circ)$$

$$\phi = 0 \text{ のとき } C = 2.21 \text{ t/m}^2$$

(2) HWL時の安全率 (C = 1.2 t/m², tan φ = 0.052)

$$F_s = \frac{R/a \{ \Sigma (W \cos \alpha - u l) \tan \phi + \Sigma c l_1 \} + \Sigma (W_2 \cos \alpha - u l_2) + \Sigma c l_2}{R/a \Sigma W_1 \sin \alpha + \Sigma W_2 \sin \alpha}$$

$$= \frac{1.137 (6,911 - 3,170) \times 0.052 + 12 \times 5.993 + (131,823 - 53,358) \times 0.052 + 12 \times 34.95}{1.137 \times 7,510 + 83,694}$$

$$= 0.59$$

(3) 水位が崩壊内に存在しない場合

$$F_s = 0.72$$

図3-19 長崎災害急傾斜地調査 北栄町Ⅱライン 安定解析結果図 縮尺1:100

3-7 崩壊地の地形

地形的条件は、崩壊危険箇所の重力の斜面方向分力や、斜面の雨水に関する集水能力等に差をもたらす、斜面の安定度に重大な影響を与える。

北栄町の崩壊箇所は、東西方向に延びる屋根の北斜面に当り、約 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の傾斜を有する斜面であるが、この斜面の下方は住宅地建設のために掘削されており、 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ の傾斜を有している。崩壊前の地形を推定すると、崩壊源は緩やかな尾根状を呈しているが、そのすぐ下方では谷地形を呈しているようである。図 3-18 には北栄町崩壊地の斜面勾配区分図を示した。これによると、崩壊の上方はほぼ $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の勾配であるが、崩壊地中央部の両側に $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の緩い勾配の範囲が見られる。またこれより下方になると 40° 以上の急斜面を形成している。一方崩壊源の直上には微地形として 30° 以下の緩い傾斜を有する範囲が分布していることが判かる。これらの地形的条件、すなわち北栄町の崩壊源は遷急線直下に当り、また他地域に比較して全体的に集水能力の比較的大きな沢地形を呈していることから、遷急線と凹地に関係していると考えられる。

一方、神の島の崩壊地は、北から南に延びる枝尾根の南端に位置している。神の島崩壊地の斜面勾配区分図を作成したが、これによると、当地の自然斜面勾配は全体に 30° 以上と急である。神の島の崩壊地のうち東側の大きな崩壊（以後神の島崩壊Ⅰとする）については、標高 35 m より上方が崩壊源であり、それより下方が送流部と見られることから、崩壊は 40° 以上の斜面で発生していることが判かる。また崩壊源上方から 30° 以内と傾斜が緩くなることから、遷急線に関係した崩壊である。地形的には沢地形を呈しており神の島崩壊Ⅰは北栄町と同様に遷急線と凹地に関係していると判断される。

神の島崩壊地のうち西側の小さな崩壊（以後神の島崩壊Ⅱとする）については、上、下2段の崩壊に分けられるが、下方は防空壕による陥没の影響の可能性が大きいので、上部崩壊についてのみ吟味してみる。この崩壊地の崩壊源付近の斜面勾配は 40° 以上を示しており、その上方は畑地となっているため、遷急線に関係した崩壊前の地形を推定すると沢地形を呈しており、地形的条件としては、2つの崩壊地（3崩壊箇所）とも遷急線と凹地形に関係した崩壊であることが判かる。

3-8 崩壊地の地下水

今回の調査で行った現場透水試験の結果によると、両地区に分布する表土層および強風化岩層の透水係数はほぼ $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$ のオーダーであり、比較的小さい値である。また表土層および強風化岩層の試料を対象にした室内透水試験結果によると、透水係数は $10^{-4} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ の値を示している。このように透水試験の結果ではかなり小さい透水係数が得られた。

ところが、現地踏査の結果では北栄町の滑落崖から常時少量の湧水が見られるし、崩壊地内（Bv-2付近）にもパイピング跡と見られる空隙が存在する。またボーリング Bv-3 では GL- 3.0 m 付近で 20 l/min の漏水が記録され、この水が前述の滑落崖から噴出するのが確

認されたことから考えると、地質自体は透水性に乏しいものの、水みちの存在によって局部的に透水性に富んだ箇所が存在することが予想される。

神の島についても、神の島崩壊ⅡのBv-4付近から常時少量の湧水が認められた。また崩壊ⅠでもBv-6の上方に常に水の滲んだ部分が存在することから北栄町と同様に、局部的に水みちによって透水性の良好な箇所があるものと考えられる。

4. 安定解析

北栄町、神の島の両地区の崩壊地について、崩壊前の地形を推定し安定計算を行った。

4-1 北栄町（Ⅱライン）

北栄町の崩壊は、3～4mの層厚を有するもので、崩壊延長38m、最大巾35m、崩壊土砂約2200m³の規模を有している。崩壊面の形状から図3-19のように、滑落崖付近を円弧すべり、その他を平面すべりとする円弧・平面の複合すべりとした。H.W.L時の安全率を1.0として逆算したC・φは次のようになる。

$$C = 0 \text{ のとき } \tan \phi = 1.115 \quad (\phi = 48.1^\circ)$$

$$\phi = 0 \text{ のとき } C = 2.21 \text{ t/m}^2$$

この結果を図3-20に、C～φ関係図として示した。また同図には飽和状態で実施した三軸圧縮試験（UU条件）から得られた値を併記した。これによると、北Ⅲの試験結果から得られた粘着力Cはφ=0として逆算した値と一致しているものの、他2試料についてはC・φとも小さな値を示している。これは三軸圧縮試験に供した試料が崩壊地内の地表面付近から採取したものであり、崩壊時に乱れている可能性もあり、また試料を水沈させて飽和状態で行なっているため、この様な結果となったものと考えられる。なお三軸圧縮試験から得られたC・φの値を、平均したC=1.2 t/m²、φ=3°（tan φ=0.052）を用いて安全率を算出すると、H.W.L時でFs=0.59、崩壊土塊内に水が存在しない（u_l=0）場合でもFs=0.72という結果となる。

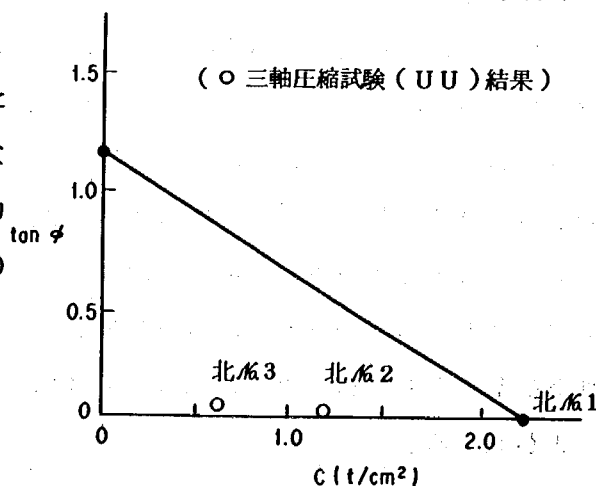


図3-20 C～φ関係図（北栄町）

4-2 神の島（Ⅱライン）

神の島Ⅱラインの崩壊規模は最大深さ2m、崩壊延長18m、最大巾10m、崩壊土砂100m³程度の小さいものである。

神の島Ⅱラインは、上下2段の崩壊が存在するが、下部崩壊については防空壕に起因する陥没の可能性が大きいため、上部崩壊について円弧すべりとして、C・φを逆算した。この結果によると、H.W.L時の安全率は次のようになる。

$$C = 0 \text{ のとき } \tan \phi = 1.371 \quad (\phi = 53.9^\circ)$$

$$\phi = 0 \text{ のとき } C = 1.04 \text{ t/m}^2$$

この結果を図 3-21 に、三軸圧縮試験 (UU 条件) 結果と併記して示した。これによると C 、 ϕ とともに逆算によって求めた値のほうがはるかに大きな値を示している。この理由としては、崩壊地内で試料が採取できないため、崩壊地上方で表土層を対象としてサンプリングを実施し、しかも水沈飽和させた状態で試験に供したため、このような差が生じたものと思われる。

なお、神の島の崩壊について三軸圧縮試験から得られた C 、 ϕ (平均値 $C = 0.35 \text{ t/m}^2$, $\tan \phi = 0.023$ とする) を用いて安全率を求めると次のようになる。

神の島Ⅱライン H.W.L. のとき $F_s = 0.35$

$u \ell = 0$ のとき $F_s = 0.36$

いずれにしても、逆算した C 、 ϕ が三軸圧縮試験から得られた値よりも大きい、もともとの地盤強度が異常な降雨によって局部的に急激な強度低下を示したことは容易に想像される。

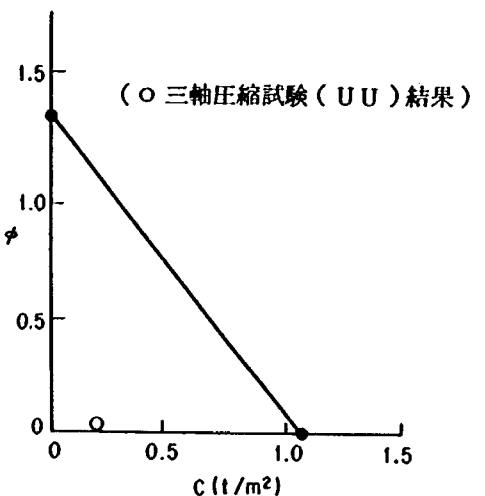


図 3-21 $C \sim \phi$ 関係図
(神の島Ⅱライン)

4-3 神の島 (Ⅲライン)

なお、神の島Ⅲラインの崩壊規模は、最大層厚 4 m 、崩壊延長 25 m 、崩壊巾 10 m 、崩壊土砂 (送流部も含めて) 600 m^3 程度である。

神の島Ⅲラインについては標高 35 m より下方はわずか数 10 cm の土砂が流出されたのみと予想されるため、この部分を崩壊土砂の送流部とし、これより上部についてのみ円弧すべりとして安定解析を行なった。計算結果によると、H.W.L. 時の逆算 C 、 ϕ は次のようになる。

$C = 0$ のとき $\tan \phi = 1.675$ ($\phi = 59.2^\circ$)

$\phi = 0$ のとき $C = 2.21 \text{ t/m}^2$

この結果を三軸圧縮試験から得られた C 、 ϕ と併記して、図 3-22 に示した。これによる神の島Ⅱラインと同様に、三軸圧縮試験から得られた C 、 ϕ が逆算したものに較べてかなり小さな値を示している。これはⅢラインと同じく試料を崩壊地外の表土層としているためと考えられる。

なお、神の島の崩壊について三軸圧縮試験から得られた C 、 ϕ (平均値 $C = 0.35 \text{ t/m}^2$, $\tan \phi = 0.023$ とする) を用いて安全率を求めると次のようになる。

神の島Ⅲライン H.W.L. のとき $F_s = 0.17$

$u \ell = 0$ のとき $F_s = 0.18$

これらの結果は神の島Ⅱラインの崩壊現象と同様と考えられる。

5. ま と め

本調査は昭和 57 年 7 月の長崎豪雨によって発生した数多くの災害のうち、新生代新第三紀

長崎火山岩類に分類される安山岩、凝灰角礫岩が分布する市内北栄町および神の島の2箇所の崩壊地で実施された。調査内容は調査ボーリング、孔内水平載荷試験等種々のもので、かけ崩れ発生機構を解明する資料を得ることを目的とした。

調査結果によると、両地区とも表土層が薄く、それ以深に風化の著しい安山岩凝灰角礫岩が分布しており、標準貫入試験から得られるN値はほとんどが50以上である。また孔内水平載荷試験から得られる変形係数もほぼ2000～3000 Kg/cmの値を示している。透水試験結果から得られる透水係数は $10^{-4} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ と小さな値を示している。この様に透水性が小さく、風化が著しいものの強度がある程度高いとなれば崩壊の可能性が小さいことにな

るが、現地を精査すると崩壊面に湧水の跡が見られるし、風化岩であっても水浸飽和させると三軸圧縮試験(UU)から得られる粘着力は北栄町では 1.2 t/m^2 程度、神の島では 0.35 t/m^2 程度となる。従って昭和57年7月の記録的豪雨によって強風化岩の強度が著しく低下し崩壊に至ったものと推定される。また北栄町で実施したBv-1, 3ではボーリング掘進中に毎分20ℓ程度の漏水が記録されたことから、降雨時には局部的に水位が急激に上昇する部分が出現することも十分に考えられる。

また、解析として崩壊の原因を地形条件、地質条件、地下水条件について吟味した。まず、地形条件では両地区とも遷急線の直下より崩壊をきたしており、また自然斜面勾配も $30 \sim 50^\circ$ と安山岩凝灰角礫岩層の崩壊事例と同一の傾向にある。従って地形的には両地区とも、崩壊の危険性を内在していたものと判断される。地質条件としては斜面調査用簡易貫入試験結果から得られたNc値のうち、 $Nc = 20$ および $Nc = 50$ を境界として表土層、風化層の層厚分布図を作成した。これによると、北栄町では $Nc < 20$ の層が1.0 m以上分布する範囲で崩壊が発生している傾向が窺えるが、神の島については明確な相関は見出せなかった。

地下水条件としては、斜面に対する水の作用のうち、重量として加わり斜面を不安定な状態に至らしめる作用と、局部的な良透水層による中間水圧の上昇による作用とが、崩壊に繋がったものと判断した。

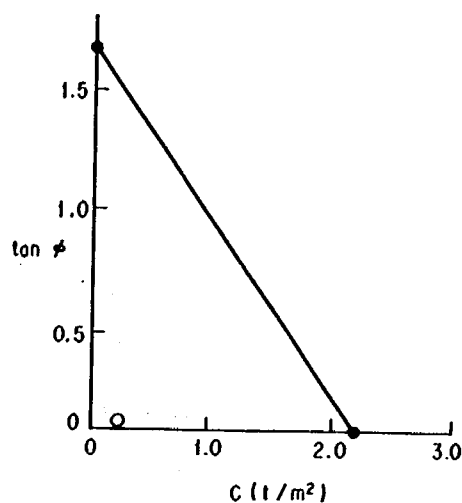


図3-22 C～ ϕ 関係図
(神の島Ⅲライン)

昭和57年7月長崎豪雨による
土砂災害調査報告書

ISSN 0386-5878
土研資料第2107号
昭和59年3月(1984年)

キーワード： 土砂災害，土砂流，かけ崩れ

要旨

昭和57年7月23日に発生した長崎県地方の
土砂災害について解析した結果をとりまとめたも
のである。



郵便はがき

305-□□

40円切手
をはいて
下さい。

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

砂防研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 2107 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

⑩

