

土 木 研 究 所 資 料

土石流の警戒・避難基準雨量の 設定に関する研究(III)

昭和63年3月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

Copyright © (1988) 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 General 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，複製は，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土石流の警戒・避難基準雨量の 設定に関する研究(III)

砂防研究室	室長	水山	高久
	前室長	矢澤	昭夫*
	主任研究員	石川	芳治
	前研究員	原	義文**

要 旨

過去に土石流が多く発生しかつ降雨記録が整備されている20地区を対象として土石流の発生と降雨量との関係について調査・解析した。本研究では、これらの調査・解析結果から、単一雨量指標およびこれらを組合せた複数雨量指標についてその有効性および妥当性の観点から検討し同時にこれらの雨量指標による警戒・避難基準雨量の設定手法について検討した。その結果「土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案)」に示されているA案(1時間雨量強度と実効雨量の組み合わせ)が最も有効であることがわかった。このA案について短時間降雨予測がある程度の精度で可能と仮定して検討した結果、空振り率を大幅に減少させることが可能であることが判明した。

また、昭和61年11月～12月に建設省および北海道開発局の砂防担当工事事務所および都道府県に対して土石流警戒・避難基準雨量の設定・運用についてアンケート調査を行い、その結果を整理・分析した。

キーワード：土石流，警戒避難，基準雨量，雨量指標，短時間降雨予測，アンケート

* 現・鹿児島県砂防課長，** 現・東北地建新庄工事事務所

**A Study on the Method for Determining the Critical Rainfall
for the Warning of and the Evacuation from Debris Flows**

Sabo Division, Sabo Department

Head of Division: Takahisa MIZUYAMA

Former Head of Division: Akio YAZAWA*

Senior Researcher: Yoshiharu ISHIKAWA

Former Researcher: Yoshihumi HARA**

Synopsis:

The relationship between the occurrence of debris flows and the rainfall amount was investigated and analysed on twenty subject areas with many debris flows occurred and a good record of the rainfall amount. This study examined the effectiveness and the appropriateness of the unit rainfall index and the multiple rainfall index, and discussed the method for determining the critical rainfall for warning and evacuation. The result showed that Proposal A (the combination of 1-hour rainfall intensity and the effective rainfall) as shown in the "Index for Determining the Rainfall Amount as an Indicator for Issuing the Warning of and the Evacuation from Debris-flow Disasters (Proposal)" is the most effective plan. Assuming that the short-term rainfall is predictable with a certain precision, the examination result revealed that Proposal A can sharply reduce the erring probability.

Questionnaire on the determination and usage of the critical rainfall for debris-flow warning and evacuation was carried out in the Sabo Work Offices of the Ministry of Construction, the Hokkaido Development Bureau as well as the prefectural governments from November to December 1986. The data was then studied and analysed.

**KEY WORDS: Debris flow, warning and evacuation, critical rainfall, rainfall index,
short-term rainfall forecast, questionnaire**

* The present Head of Sabo Department, Kagoshima Prefecture

**Present Office: Shinjyo Work Office, Tohoku Chiken

はじめに

現在我国には保全対象人家戸数が5戸以上のいわゆる土石流危険渓流は約70,434渓流もあり、毎年各地で土石流災害が生じ多数の生命と財産が失なわれているが、土石流対策施設の整備はいまだ十分ではなく、当面人命を守るためには事前に土石流の発生を予測し、あらかじめ安全な場所へ避難することが重要である。

このような土石流危険渓流の対策については、昭和57年8月及び9月に建設事務次官及び砂防部長によって地方建設局及び都道府県に対し「総合的な土石流対策の推進について」の通達が出された。通達では砂防工事の推進、土石流危険渓流の周知、警戒避難体制の確立、住宅移転の促進、情報の収集・伝達及び防災意識の普及等によって土石流災害の防止・被害の軽減に努めるよう求めている。

特に、警戒避難体制の確立にあたっては、昭和59年3月に総合土石流対策等技術検討会によって「土石流災害に関する警戒の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案)」が作成され、同年6月には砂防課長によって地方建設局及び都道府県に対し「土石流危険渓流周辺における警戒避難基準の設定について」の通達が出された。通達ではこの「指針(案)」によって関係市町村を指導し、危険渓流周辺の警戒避難体制の整備を図ることを求めている。これをうけて、現在各地方建設局の工事事務所、都道府県において警戒避難基準雨量の設定が行なわれている。また昭和59年度より全国各地で総合土石流対策モデル事業が実施されて警戒避難基準雨量の設定を始めとする警戒避難体制の整備が進められている。

本研究は、総合土石流対策のうちのソフトな対策としての警戒、避難体制確立に必要な雨量指標の検討およびこれによる警戒・避難基準雨量の設定手法について昭和57年度から昭和61年度の間検討したものである。そのうち前半の昭和57～60年度の検討結果はすでに土木研究所資料第2215号「土石流の警戒・避難基準雨量の設定に関する研究」及び土木研究所資料第2361号「土石流の警戒避難基準雨量の設定に関する研究(Ⅱ)」としてまとめている。本研究の成果が、現在各地で進められている警戒避難基準雨量設定作業に資することを望むものである。

本研究を実施するに当たって建設省の砂防関係事務所および都道府県の砂防担当課から貴重な資料を借用あるいは貸与された。ここに感謝の意を表します。

目 次

はじめに

1. 概 要

1.1 研 究 目 的	1
1.2 調査対象区域および使用した降雨資料	1

2. 警戒避難基準雨量の設定手法の検討

2.1 検 討 項 目	5
2.2 警戒避難基準雨量の設定に係る用語の定義	6
2.2.1 一連の降雨，一連続雨量，前期降雨，前期雨量，前期実効雨量，実効雨量	6
2.2.2 変曲点と初期雨量	7
2.2.3 有効雨量と有効雨量強度	7
2.2.4 残 留 雨 量	8
2.2.5 単一雨量指標，適合率および空振り率	9
2.2.6 複数雨量指標，適合率および空振り率	9
2.3 連続雨量の定義を変えた場合の効果	10
2.4 残留雨量の半減期を変えた場合の効果	13
2.5 1時間雨量と48，24，12時間雨量を組み合わせた場合の効果	16
2.6 1，2，3時間雨量と実効雨量を組み合わせた場合の効果	19
2.7 B案（「有効雨量強度－実効雨量」法）を用いる際の留意点	22
2.8 C.L.形状を変化させた場合の効果	26
2.9 時間雨量と残留雨量を組み合わせた場合の効果	27
2.10 雨量強度×積算雨量を用いた場合の効果	30
2.11 短時間降雨予測を導入した場合の効果	40
2.12 警戒避難状態の解除に関する検討	42

3. 全国基準雨量設定・運用アンケート調査

3.1 調査の概要と回答状況	44
3.2 調 査 結 果	45

4. まとめと今後の課題

4.1 ま と め	56
-----------------	----

4.2 今後の課題	59
-----------------	----

資 料 集

資料一 1 土石流警戒避難基準雨量に関するアンケート調査表	63
- 2 昭和57年, 58年の土砂災害の特性	69
- 3 降雨パターン分類	82

1 概 要

1.1 研究目的

わが国各地における過去の土砂災害と降雨量との関係について全国的視野から調査し、種々の雨量指標を有効性、妥当性の観点から検討して警戒・避難基準雨量の設定手法を調査することを目的とする。

1.2 調査対象地区および使用した降雨資料

全国各地から、年間降水量による降雨の地域特性および大規模土砂災害の発生状況を考慮して次の20地区を調査対象地区として選定した。ただし一部の調査・解析においては①～⑩の10地区のみを対象としている場合もある。

これらの対象地区と年間降水量の関係を図－1.1に示す。

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| ① 長崎県長崎市およびその周辺 | ⑪ 秋田県十和田地方（小坂町，鹿角市北部） |
| ② 高知県仁淀川流域 | ⑫ 栃木県稻荷川流域 |
| ③ 香川県小豆島 | ⑬ 神奈川県山北町 |
| ④ 兵庫県表六甲 | ⑭ 長野県諏訪市，岡谷市，下諏訪町 |
| ⑤ 島根県浜田市およびその周辺 | ⑮ “ 飯田地方 |
| ⑥ 滋賀県信楽町 | ⑯ 富山県小見地区 |
| ⑦ 岐阜県八幡地方 | ⑰ 三重県美杉村 |
| ⑧ 静岡県伊豆地方 | ⑱ 福岡県宗像地方 |
| ⑨ 山梨県釜無川流域 | ⑲ 熊本県天草上島 |
| ⑩ 群馬県榛名山周辺 | ⑳ 鹿児島県鹿児島市 |

本研究において、雨量指標の検討および警戒避難基準雨量の設定手法の検討に用いた上記20地区の降雨資料の概要を表－1.1に示す。

また全国の建設省砂防担当事務所および都道府県の砂防担当課について基準雨量に関するアンケート調査を実施してその資料も用いた。

图-1.1 调查对象地区

表-1.1 発生降雨及び非発生降雨総括表

地 区	雨量観測所	対象降雨期間	対 象 降雨数	非発生降雨の抽出基準	災 害 発 生 状 況						備 考
					整理№	発生降雨期間	発 生 日 時	発 生 場 所	土砂流出形態	観測所からの距離	
1. 長 崎 (長崎市)	長崎海洋気象台 (気象庁) H=27m	S50~57年 (8ヶ年)	13	各年第1位(最大)の ①総雨量(又は日雨量) ②1時間雨量 を含む降雨	13	57.7.23~25	23日 20:00	長崎市内各地	土石流・崩壊	≒0km	年平均雨量 2002mm
2. 高 知 (仁淀川)	佐川観測所 (気象庁)	S30~57年 (28ヶ年)	42	同 上	31	50.8.16~17	17日 13:00	土佐市及び吾川郡	各地に土石流	4~(24)	(高知) 2666
					32	51.9. 8~13	11日 22:00	高知市金谷川	土石流	16~20	
					32'		12日 21:00	高知市土佐山田村	土石流	16~20	
3. 香 川 (小豆島)	内海ダム (香川県 土庄土木)	S49~57年 (7ヶ年)	11	同 上	1	49.7. 4~ 7	6日 22:00	内海町一帯	各地区土石流	1~7	(高松) 1199
					(3)	51.9. 8~13	11日 3:00	土庄町瀧山	崩 壊	7	
					3'		11日 6:00	内海町岩々谷	土石流	4	
					3"		11日 14:00	土庄町大部、内海町竹生	土石流、山崩れ	4~5	
4. 兵 庫 (六 甲)	神戸海洋気象台 (気象庁) H=59m	S13年, S31~57年 (25ヶ年)	37	同 上	(1)	13.7. 1~ 5	4日 7:00	灘区、神戸区、兵庫区	(土石流)座崩れ	0	1385
					1'		5日 10:00	灘区、湊東区	(") "	0	
					15	42.7. 7~10	9日 20:00	表六甲一帯	各地に土石流	0	
5. 伊 豆 (浜 田)	浜田観測所 (気象庁) H=20m	S39~58年 (20ヶ年)	66	①総雨量80mm以上の降雨 ②時間雨量20mm以上を含む降雨 の全て〔調査要項通り〕	71	47.7. 9~15	11日 3:00	浜田市	土石流		1740
					23	55.8.26~31	30日 23:00	"	崩 壊		
					17	56.6.25~7.4	27日 2:00	江津市	土石流		
					2	58.7.20~23	22日 0:00	浜田市	" (初期)		
					2'		23日 1:00	"	土石流、崩壊		
						その他座崩れ 多し	47.7.10~11, 54.7.1 54.9.4, 55.7.11 55.8.26~28, 56.9.11	浜田、三隅、江津など	崩 壊		
6. 滋 賀 (信 楽)	雲井出張所 (建設省琵琶湖 工事)	S34年, S40~57年 (19ヶ年)	(98) 78	①総雨量60mm以上の降雨 ②時間雨量20mm以上を含む降雨 の全て	100	34.9.25~27	26日 20:00	信楽町宮町	土石流3例	1.5~2.5	(彦根) 1741
					(102)	47.7. 9~13	11日 7:00	信楽町各地	崩壊(344箇所)	-	
					(102)		12日 14:00				
					103	57.8. 1~ 3	2日 2:00	信楽町惣宿	土石流	3.7	
7. 岐 阜 (八 幡)	八幡観測所 (気象庁)	S31~57年 (27ヶ年)	153	①総雨量80mm以上の降雨 ②時間雨量20mm以上を含む降雨 の全て〔調査要項通り〕	142	56.7. 9~14	12日 21:00	八幡町各地	土石流	3.5~4.0	(岐阜) 1985
8. 静 岡 (伊 豆)	湯ヶ島観測所 (建設省 沼津工事)	S33,34,36, 40~57年	24	抽出基準不明(建設省にて抽出済)	1	33.9.25~26	26日 20:00				(三島) 1888
					23	57.7.31~8.2	1日 22:00	湯ヶ島町枯木	土石流	5.5	
					24	57.9.10~12	12日 15:00	中伊豆町中原戸	土石流	8	
9. 山 梨 (釜無川)	日向山 (建設省富士川 砂防工事)	S33~36,41, 52~57年 (11ヶ年)	24	①総雨量80mm以上の降雨 ②時間雨量20mm以上を含む降雨 の全て〔調査要項通り〕	(4)	34.8.12~14	13日 11:00	韮崎市下部他	崩 壊	10~15	S41年データは白州観測所を 使用
					4'		14日 3:00	白州町、武川村他	各地に土石流	2~3	
					(24)	41.9.22~25	25日 2:00	韮崎市内	崩 壊	10?	
					22	57.7.31~8.1	1日 24:00	飯ノ湯ホテル	土石流	6	
					58	57.7.28~8.1	1日 18:00	倉村田	土石流	8	
10. 群 馬 (榛 名)	榛名観測所 (気象庁) H=1100m	S42~57年 (16ヶ年)	63	同 上	(56)	56.8.21~23	22日 15:00	小野上村	崩 壊	7	(前橋) 1155
					(63)	57.9. 8~12	12日 17:00	榛名町	崩 壊	11	

() のものは災害事例からはずした。

表-1.2 発生降雨及び非発生降雨総括表

地区	雨量観測所	対象降雨期間	対象 降雨数	非発生降雨の抽出基準	災 害 発 生 状 況					備考
					整理№	発生降雨期間	発 生 日 時	発 生 場 所	土 砂 流 出 形 態	
11. 十和田	小 坂	S33~59年 (27)	58	①総雨量80mm以上の降雨 ②時間雨量20mm以上を含む 降雨の全て(調査要項通り)	19	41.8.12~13	13日 6:00 推定	鹿角群小坂町発荷	土石流出数件	家屋全半壊9戸
12. 稲荷川	白糸(建)	(18)	95	"	93	41.9.22~25	25日 3:00~3:30	稲荷川天狗沢	土石流	公井土木被害
					(94)	41.9.21~25	"	(他流域)		
					(94)'	"	25日 4:00	("#)		
					(95)	49.8.25~29	25日 21:00 推定	清滝("#)	泥水流出	
					(96)	"	26日 6:00 (5:30)	前種("#)	土石流	
					(97)	51.9. 8~14	13日 20:00	清滝("#)	土砂流	床下浸水2戸
13. 山 北	玄倉(気)	(26)	164	"	85	47.7. 9~13	12日 7:00	山北町	"	
14. 諏 訪	諏訪(気)	(29)	103	"	48	"	10日 21:00	諏訪市	"	
15. 飯 田	飯田(気)	(29)	121	"	101	58.9.27~28	28日 19:00	"	"	死者4, 負傷8, 全半壊34
					(5)	32.6.26~27	27日 20:00	役合村(ブロック外)	" , 崩壊多数	14000 m ³ , 全壊5, 半壊6
					(13)	34.9.24~27	26日 20:00	" ("#)	"	死者1, 負傷4, 全半壊20
					(17)	36.6.24~7.1	27日 13:00	泰阜村, 上郷村, 飯田市, 豊丘村	崩壊2件, 土石流18件	全壊12, 半壊53
					.17'	"	28日 4:00	飯田市	土石流	死者14, 負傷93, 全半壊80
					(106)	56.7.19~22	21日 16:00	豊丘村	" , 崩壊, 地すべり, 崖崩れ	
					(116)	58.9.23~28	28日 17:00	松川町	土石流	3168 m ³
					(116)'	"	" 18:00	泰阜村	" , 崩壊	4200 m ³
					(116)''	"	" 19:00 (18:30)	飯田市	土石流2件	
					"	"	" 20:00	"	土石流	35000 m ³ , 死者1, 負傷3
					"	"	" 21:00	松川町	"	1755 m ³
					"	"	" 22:00	"	"	
16. 小 見	小見(建)	(14)	93	"	91	40.9.15~18	18日 5:00	大山町亀谷(金島寺谷)	土石流	1 km
					(92)	44.8. 8~12	11日 2:00 (時間不明)	大山町奥野(牛首谷川)原(尊谷川)立山町筋津(筋津川)	土石流3件	3~6 km
17. 美 杉	美 杉	S45~49年 (15)	45	"	(1)	34.9.23~27	26日 4:00	美杉村, 竹原, 中野, 王子, 討谷	土石流	
					1'	"	" 20:00	" , 竹原, 羽黒, 持経	土石流3件	家屋被害有
					2	34.9.23~26	"	" , 広瀬, 北河杉大平, 上垣内	"	
					7	49.7. 4~7	7日 8:00	" , 下多気, 下之川	土石流5件	
					8	49.7.22~25	25日 6:00	" , 下多気六田, フタラン谷	土石流	
					(9)	54.10.18~19	19日 10:00	" , 下多気小田, カンノン谷	"	
					(11)	57.7.31~8.3	1日 20:00 (20:20)	" , 谷口	"	
					(11)	"	" 21:00	" , 下多気不動口, 世古	土石流2件	
					(12)	" 8.4	" 19:00 (18:50)	" , 竹原, 瀬木宮の下	土石流	
					(12)'	"	" 21:00	" , 小西, 奥出, 八知市場, 竹原	土石流5件	
					48	54.6.26~7.3	30日 7:00 (時刻不明)	玄海町各所	土石流2ヶ所	
					53	55.7. 5~14	11日 4:00	福岡町	土石流流出	
57	55.8.28~31	31日 11:00	福岡町各所, 宗像市役所, 玄海町各所	土石流7件, 崩壊						
19. 天草 上島	本 渡	S43~58年 (16)	113	"	78	47.6.29~7.7	6日 11:00	天草群	土石流	代表観測所, 雨量少
20. 鹿児島	鹿児島(気)	S44~59年 (16)	150	"	112	47.7. 1~7	" 10:00	"	"	雨量多し
					(3)	44.6.28~7.2	29日 18:00	鹿児島市	"	
					3'	"	30日 11:00	"	土石流2件	死者2
					(34)	47.4.19~20	20日 13:00	"	土石流	
					(81)	52.6.24	24日 11:00	"	土石流2件	死者9, 負傷2

2 警戒避難基準雨量の設定手法の検討

2.1 検討項目

昭和59年3月に総合土石流対策等技術検討会により、「土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案)」が作成され、昭和59年6月には建設省河川局砂防部砂防課長よりこの内容が全国の都道府県土木主管部長に通知され、建設省各地方建設局河川部長、北海道開発局建設部長、沖縄総合事務局建設部長にも都道府県の市町村に対する指導についての協力が依頼されている。

この「土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案)」(以下指針(案)とする)に基づいて、全国の都道府県や建設省の直轄砂防担当工事事務所等で土石流の警戒避難基準雨量の設定が順次なされてきており、実際に運用されてきている。このような過程において指針(案)の内容およびその運用についていくつかの補足説明および検討が必要とされてきている。ここでは指針(案)の内容の理解を含めるための検討および不足している事項について検討を行った。

指針(案)における基準雨量設定手法としては基本的には「1時間雨量強度と実効雨量」により土石流発生危険基準線(CL)を設定する「A案」と「有効雨量強度と実効雨量」をもとにCLを設定する「B案」が示されている。これらのA案、B案の設定方法に関しては主として次のような要望がなされてきた。

- (A) 空振り率を減少させて適合率を上げる手法に改良できないか
- (B) 雨量強度が小さく、24時間以上の降雨中断を持たない長雨に対しては容易にCLを超えるがこれに対処できないか
- (C) 避難の解除を適確に(安全かつできるだけ早く)行う手法はないか
- (D) A案、B案の選択基準は何か、また一般にどちらが良いのか
- (E) A案、B案を用いた場合の設定上および運用上の留意点は何か

以上のA～Eの要望あるいは疑問に答えるために本研究では以下の項目について検討を行った。

- ① 連続雨量の定義を変えた場合の効果(単一降雨指標)
 - 主として(B)に対する検討、(A)、(C)にも関連する
- ② 残留雨量の半減期を変えた場合の効果(単一降雨指標)
 - 主として(B)に対する検討、(A)、(C)にも関連する
- ③ 1時間雨量と48, 24, 12時間雨量の組み合わせの効果(複数降雨指標)
 - 主として(B)に対する検討、A案の改良
- ④ 1, 2, 3時間雨量と実効雨量の組み合わせの効果(複数降雨指標)
 - 主として(A)に対する検討、A案、B案の折衷案
- ⑥ B案(「有効雨量強度－実効雨量」法)を用いる際の留意点

- 主として(D), (E)に対する検討
- ⑥ C L形状を変化させた場合の効果
 - 主として(B)に対する検討, (A), (C)にも関連する
- ⑦ 時間雨量と残留雨量を組み合わせた場合の効果
 - 主として(B)に対する検討, (A), (C)にも関連する
- ⑧ 雨量強度×積算雨量を用いた場合の効果
 - 主として(A)に対する検討, (B), (C)にも関連する
- ⑨ 短時間降雨予測を導入した場合の効果
 - 主として(A), (C)に対する検討
- ⑩ 警戒避難状態の解除に関する検討
 - 主として(E)に対する検討

2.2 警戒避難基準雨量の設定に係る用語の定義

2.2.1 一連の降雨, 一連続雨量, 前期降雨, 前期雨量, 前期実効雨量, 実効雨量

図-2.1 にこれらの用語に関連した定義図を示す。

(1) 一連の降雨と一連続雨量

前後に24時間以上の無降雨(雨量0mmを含む)期間があるひとまとまりの降雨を一連の降雨といい, その雨量を一連続雨量(R_0)と定義する。

(2) 前期降雨と前期雨量, 前期実効雨量

一連の降雨の降り始め時刻から起算して, その2週間(336時間)前までの降雨を前期降雨と定義し, その雨量を前期雨量(R_A)と定義する。

前期降雨は, 一連の降雨の降り始め時刻から起算して24時間前までを1日前の降雨, 24時間前から48時間前までを2日前の降雨, 以下同様に14日前までの降雨を定める。ただし, 一連の降雨の定義から, 1日前の降雨量は常に0mmである。

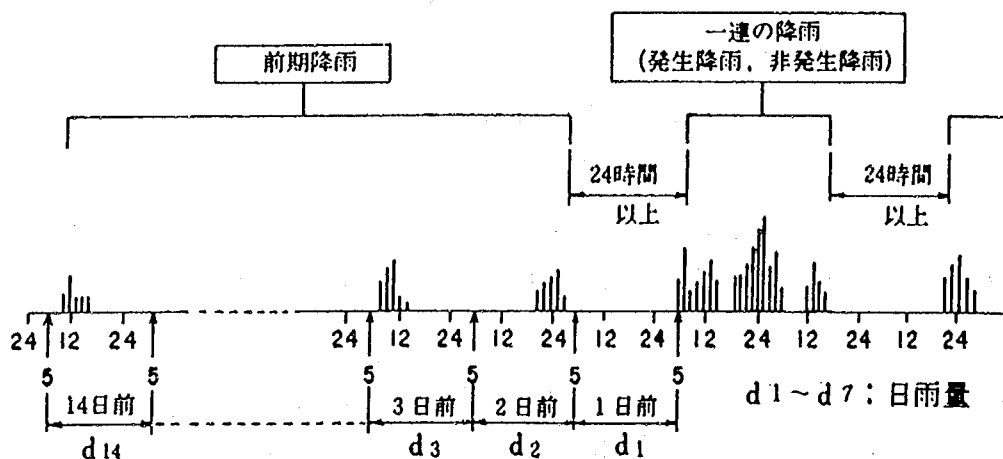


図-2.1 一連の降雨と前期降雨の定義

一般に、土石流の発生は発生時の降雨だけでなく前期降雨の影響も受けており、この影響の度合は、発生降雨との時間差が大きくなるほど減少するものと考え、発生または非発生降雨の1日前の24時間雨量についてはその雨量の α_1 倍（実際には1日前の24時間雨量は0）、2日前については α_2 倍というように、 t 日前の24時間雨量に係数 α_t をかけてその和を前期実効雨量(RW_A)と定義する。

$$RW_A = \alpha_1 d_1 + \alpha_2 d_2 + \cdots + \alpha_{14} d_{14} = \sum_{t=1}^{14} \alpha_t d_t \quad \cdots \cdots (2.1)$$

ここで α_t は減少係数であり、 t 日前の減衰係数は、次式により求められる。

$$\alpha_t = 0.5^{t/T} \quad \cdots \cdots (2.2)$$

t : t 日前

T : 半減期の日数

(3) 実効雨量

$$\text{実効雨量} \quad RW_n = R_c + RW_A \quad \cdots \cdots (2.3)$$

R_c : 一連続雨量

RW_A : 前期実効雨量

n : RW_A の算出時に使用した半減期 T の値

(例) RW_1 : 半減期 $T = 1$ の場合の実効雨量

2.2.2 変曲点と初期雨量

一連の降雨について、最初に1時間雨量4mm以上の降雨が降り始めた時点を変曲点Aと定義する。

たとえば、図-2.2に示すように、8時から9時までの1時間雨量が初めて4mm以上になったものとする、8時が変曲点Aの時刻となる。

また、変曲点Bとは、一連の降雨について、1時間雨量4mm以下の降雨が3時間以上継続し始めた時点を用いる。一連の降雨の降り始めから変曲点Aまでの積算雨量を、初期雨量(FR)と定義する。

2.2.3 有効雨量と有効雨量強度

一連の降雨の変曲点Aからある時点までの積算雨量を有効雨量(RE)と定義し、この時間帯を有効時間(T_E)と定義する。

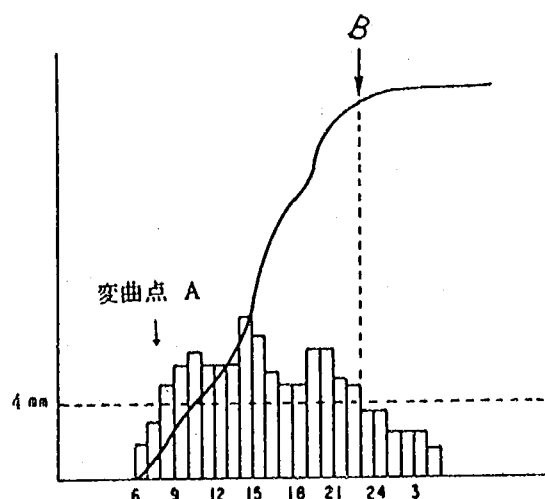


図-2.2 変曲点Aと変曲点B

$$\text{有効雨量} \quad RE = (R_n - RA)$$

$$\cdots \cdots (2.4)$$

R_n : 一連の降雨のある時刻 n までの積算雨量

RA : 変曲点Aまでの雨量 (= R_1)

有効時間 $TE = (T_n - T_A)$ (2.5)

T_n : 一連の降雨中の任意時刻

T_A : 変曲点Aの時刻

また、有効雨量 RE を有効時間 TE で除した値を有効雨量強度 (IE) と定義する (図 - 2.3)。

有効雨量強度 $IE = (RE / TE)$ (2.6)

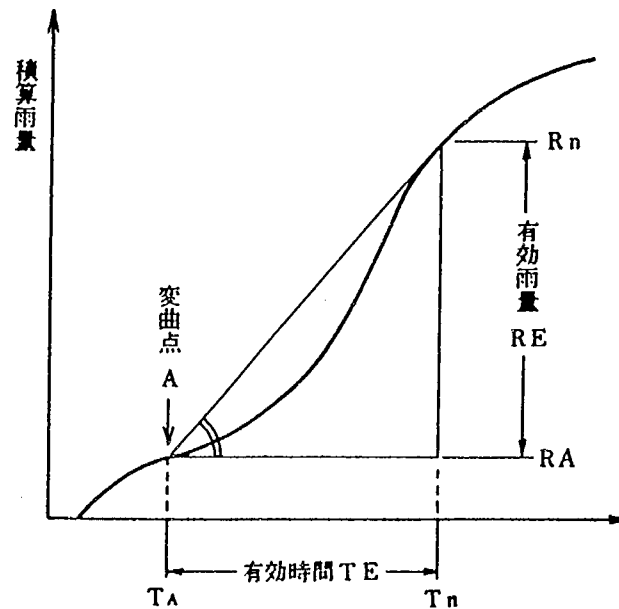


図 - 2.3 有効雨量, 有効時間, 有効雨量強度

2.2.4 残留雨量

ある任意時刻の1時間雨量に、その1時間前の1時間雨量に減少係数を乗じ、加算した雨量を残留雨量 (RZ) として定義する。

例 T_n 時における残留雨量 RZ

$$\begin{array}{ll}
 t_1 \text{ 時の残留雨量} & Z_1 = RH_1 \\
 t_2 & " \quad Z_2 = RH_1 \times K + RH_2 \\
 t_3 & " \quad Z_3 = Z_2 \times K + RH_3 \\
 t_4 & " \quad Z_4 = Z_3 \times K + RH_4 \\
 \vdots & \\
 t_n \text{ 時の残留雨量} & RZ = Z_{n-1} \times K + RH_n
 \end{array}
 \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$t_1 \sim t_n$: 時刻

$RH_1 \sim RH_n$: 毎時の1時間雨量 (mm)

K : 減少係数

$$K = 0.5^{1/T}$$

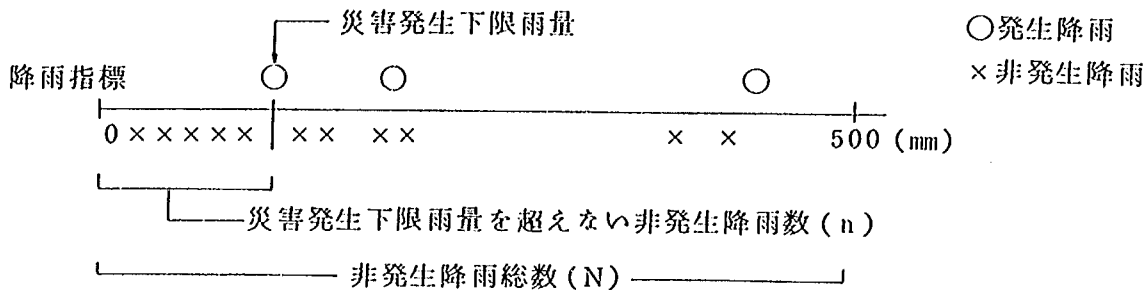
T：半減期（単位時間）

例：半減期 2 日の場合 $T = 48$

2.2.5 単一雨量指標，適合率および空振り率

単一雨量指標の指標としての有効性を検定する尺度として，適合率を定義し，これにより各雨量指標について検討する。

適合率とは，図－2.4 に示すように災害発生下限雨量を定め，これを基準として，発生および非発生降雨における各雨量指標の分布形態から判断するもので，適合率が大さい程有効な単一雨量指標と言える。



図－2.4 適合率の定義図

$$\text{適合率} = \frac{\text{災害発生下限雨量を超えない非発生降雨総数 (n)}}{\text{非発生降雨総数 (N)}} \dots\dots\dots (2.8)$$

また空振り率は以下のように定義する。

$$\text{空振り率} = \frac{\text{災害発生下限雨量を超えた非発生降雨総数 (N-n)}}{\text{非発生降雨総数 (N)}} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.2.6 複数雨量指標（A 案，B 案），適合率および空振り率

(1) 検討対象指標

2 つの雨量指標を組合せた複数雨量指標として次の指標を検討した。

- (a) 1 時間雨量と実効雨量の組合せ………以下 A 案という。
- (b) 有効雨量強度と実効雨量の組合せ………以下 B 案という。

有効性検討のための適合率・空振り率について

単一雨量指標の場合と同様に有効性を検定する尺度として適合率と，さらに空振り率を定義し，検討した。

(2) 適合率の定義

図－2.5 に示すように，図上にプロットされた非発生降雨総数を N 個，C.L より左側にプロットされた非発生降雨（図上では，安全な領域にあると考えられる降雨）数を n_1 とおくと，

$$\text{適合率} = \frac{n_1}{N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

の式で算出した。

(3) 空振り率

(a) A 案

図-2.6に示すように、降雨の降り終り時にE.L又はW.Lを超える非発生降雨数をn、非発生降雨総数をNとして、次式で算出した。

$$\text{空振り率} = n/N \times 100\% \quad \dots\dots (2.11)$$

(b) B 案

図-2.6に示すように、図上でE.L又はW.Lを超える非発生降雨数をnとして、次式で算出した。

$$\text{空振り率} = n/N \times 100\% \quad \dots\dots (2.12)$$

運用上、空振り率が低いほど無駄な警戒・避難体制をとる回数が減るため、実用的には空振り率の低い指標ほど有効と言える。

2.3 連続雨量の定義を変えた場合の効果

前に述べたように、雨量強度はさほど大きくはないが、24時間以上の降雨中断を持たずガラガラと降り続く長雨のような場合、実効雨量は単純な累加であるため、「A案」、「B案」とともに土石流が発生するような状態でないにもかかわらずW.L., E.L., C.L.を越えてしまうという不都合が生ずることがある。ここではまず、このような長雨について、非発生降雨の場合は各基準線を越えないよう、また発生降雨の場合も各基準線を越える時期が早すぎず適当になるようにすることを、連続雨量の定義をかえることによって検討した。

連続雨量を定義する降雨中断時間を次のように変更した場合、A案、B案の適合率、空振り率等にどのような効果があるか検討した。

降雨中断時間は、次の4種を対象とした。

- (1) 24時間以上(現在「指針」で用いられているもの)
- (2) 12時間以上
- (3) 6時間以上
- (4) 3時間以上

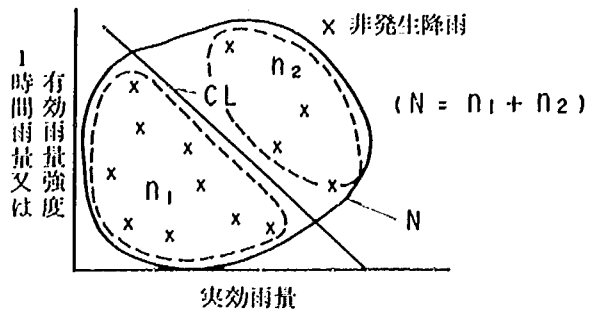


図-2.5 適合率

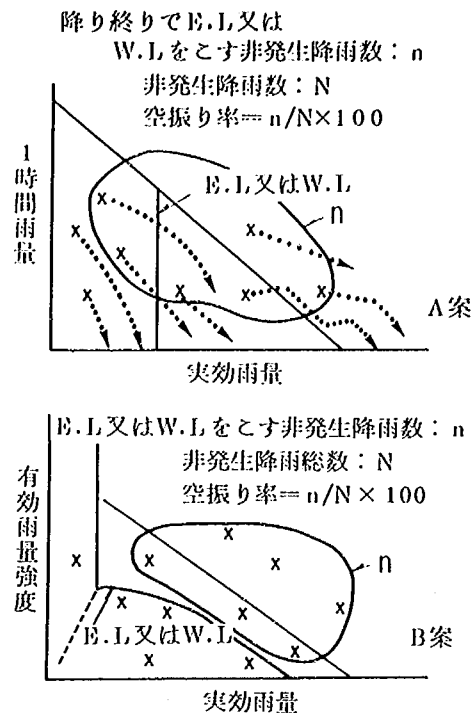


図-2.6 空振り率

対象地区は10地区とし、実効雨量の種別は前期実効雨量半減期1日の実効雨量(RW1)としてA案(1時間雨量-実効雨量)、B案(有効雨量強度-実効雨量)それぞれの場合について検討した。

それぞれの場合のC.L.適合率、E.L.、W.L.空振り率を、図-2.7に示した。結果をまとめると、次のようになる。

(1) A案について

A案のC.L.適合率は、1時間雨量の最大値の時点での判定(図上の適合率)であるためB案と比較はできないが、各地区、各中断時間で0.9前後以上のものが多く、比較的高率で安定している。ただし、島根においては中断時間12時間以下の場合極端に低いため、全地区の平均は中断時間24時間が一番高い。

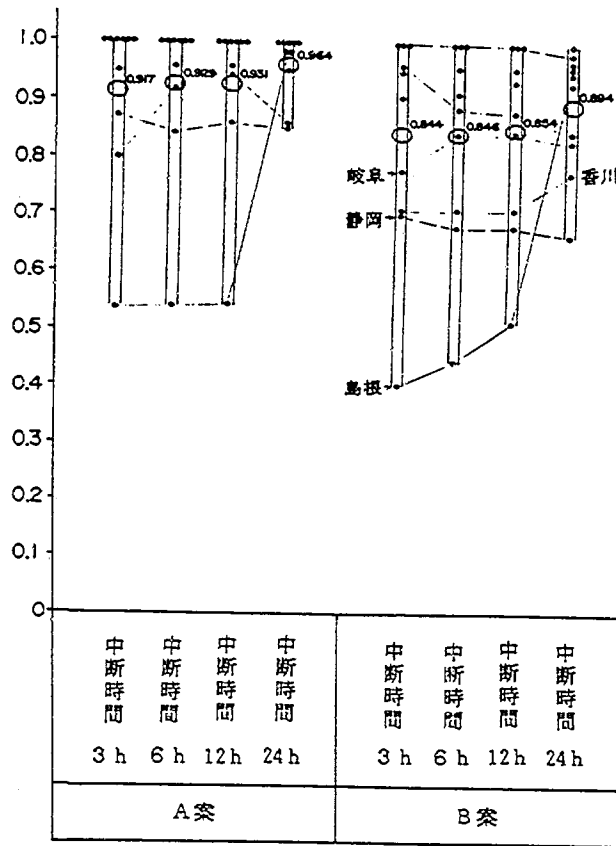
E.L.の空振り率は、静岡、高知においては中断時間が短くなる程低くなっているが、香川、兵庫において逆に中断時間が24時間で大幅に低くなっている。全地区を平均すると、中断時間が24時間が若干よいが、あまり変わらない。

W.L.の空振り率も同様であるが、中断時間が長い程空振り率が低くなる傾向がやや顕著である。

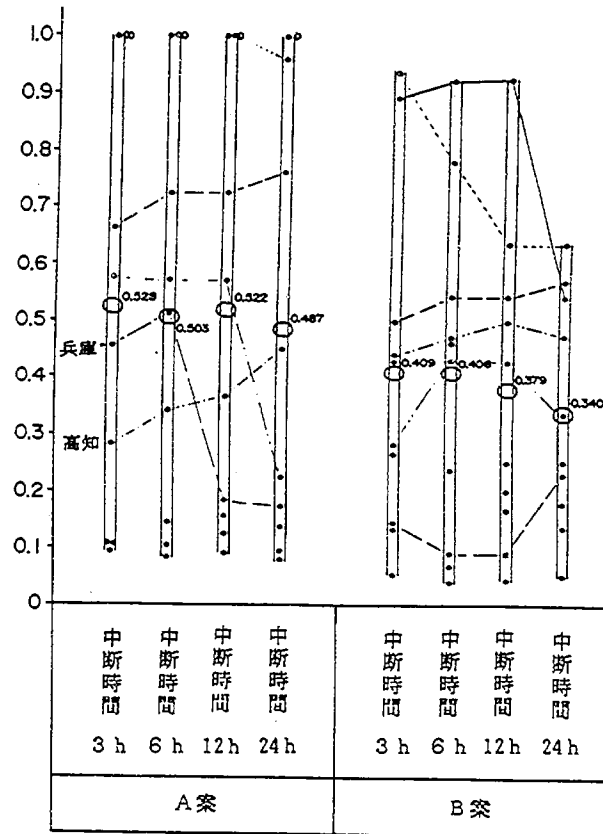
(2) B案について

全体の傾向はA案の場合と似ており、中断時間が長い方が適合率、空振り率ともよくなっている。A案と比較すると、E.L.の空振り率は1割程度小さく、W.L.の空振り率は若干小さい。E.L.、W.L.はA案は設定不能のものがややあるが、B案はW.L.の島根のみが設定不能である。

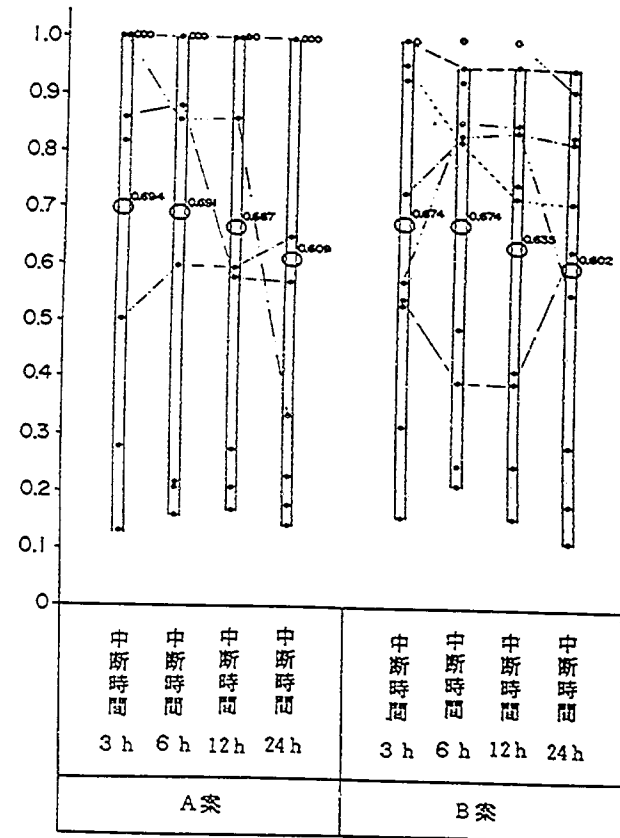
以上のようにA案、B案とも中断時間が24時間のものの方が適合率が良く空振り率も小さく連続雨量の定義としては良いと考えられる。



C. L. 適合率



E. L. 空振り率



W. L. 空振り率

○：設定不能

図-2.7 降雨中断時間を変えた場合の効果

2.4 残留雨量の半減期を変えた場合の効果

半減期の残留雨量を単指標としてC.L.を設定し、適合率を求め、残留雨量の有効性を検討した。

半減期：1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192, 216, 240時間

各半減期の場合のある時点におけるそれ以前の雨量への評価（重み）を図－2.8に示した。

例えば3日前の降雨に乗ずる係数は、

RZ 72では0.5, RZ 48では0.35, RZ 24では0.125, RZ 12では0.016であり, RZ 48以上では長時間の雨量をかなり評価しているが, RZ 12以下ではほとんど評価されず短時間の降雨のみを反映しているわけである。

各半減期の場合の10地区の適合率を図－2.11に示した。

全体的にみると、半減期72時間、96時間程度のものがよい。これは、短時間の半減期のものでは適合率の低かった島根、高知、岐阜などが、時間の増加に伴い急激に適合率が上がるためである。

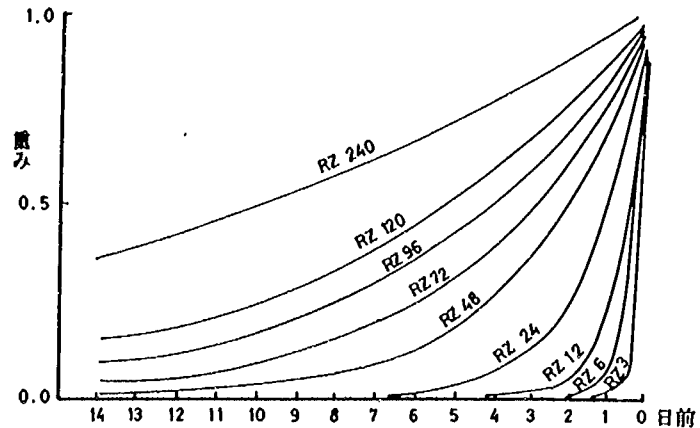
これは、C.L.となる災害の下限值に左右されている。各地区の災害発生の下限值は次に示すものである。

島根：降雨№2の1回目の発生

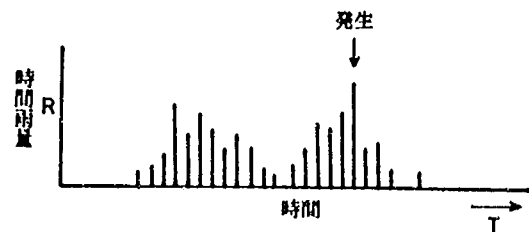
高知：降雨№32の2回目の発生

岐阜：降雨№142の発生

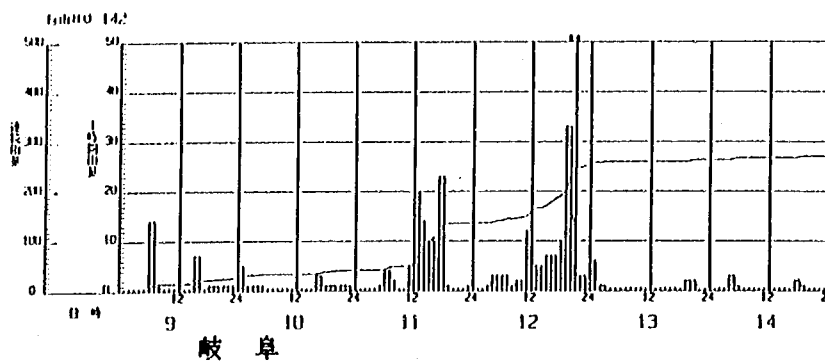
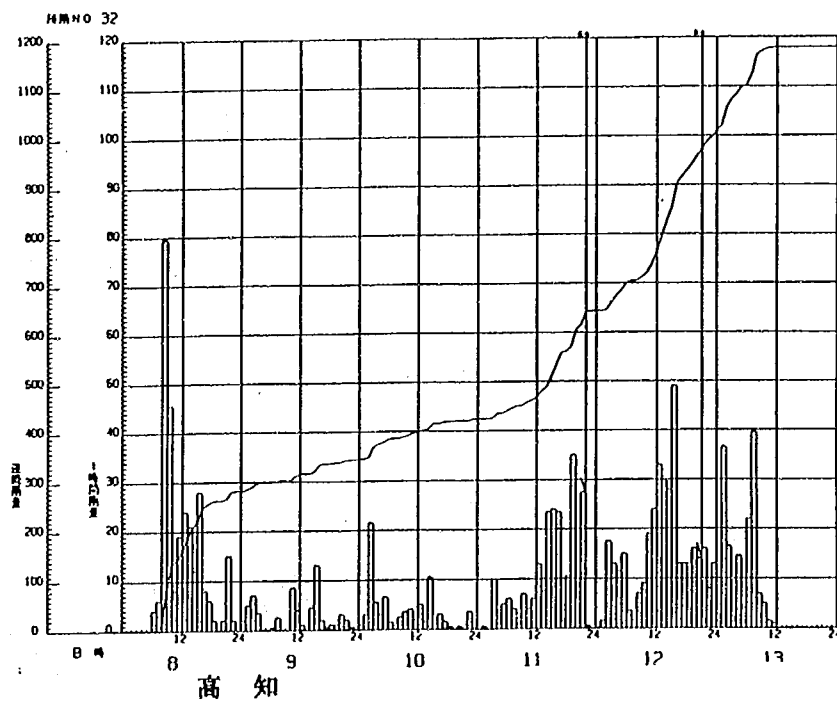
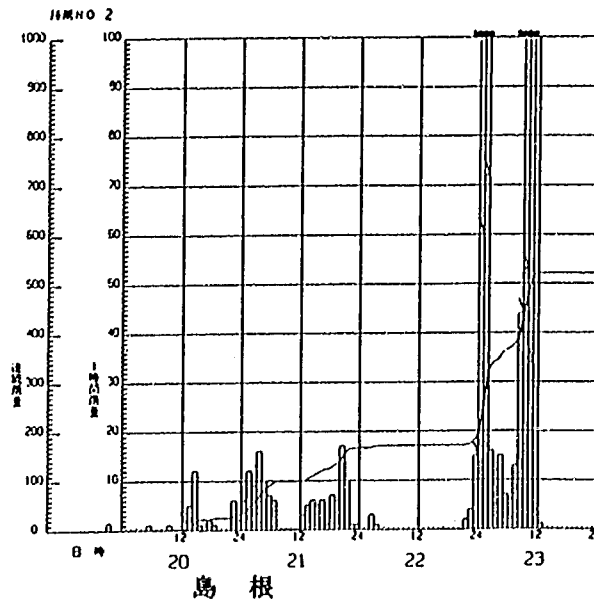
これらの事例では、図－2.10のように、2山以上の長期降雨の後半で土石流が発生しているため、半減期の短い指標では前半の雨量を反映しないが、長い指標では前半の雨量がかなり評価される。そのため、発生下限値が高くなり、非発生降雨との分離がよくなるわけである。



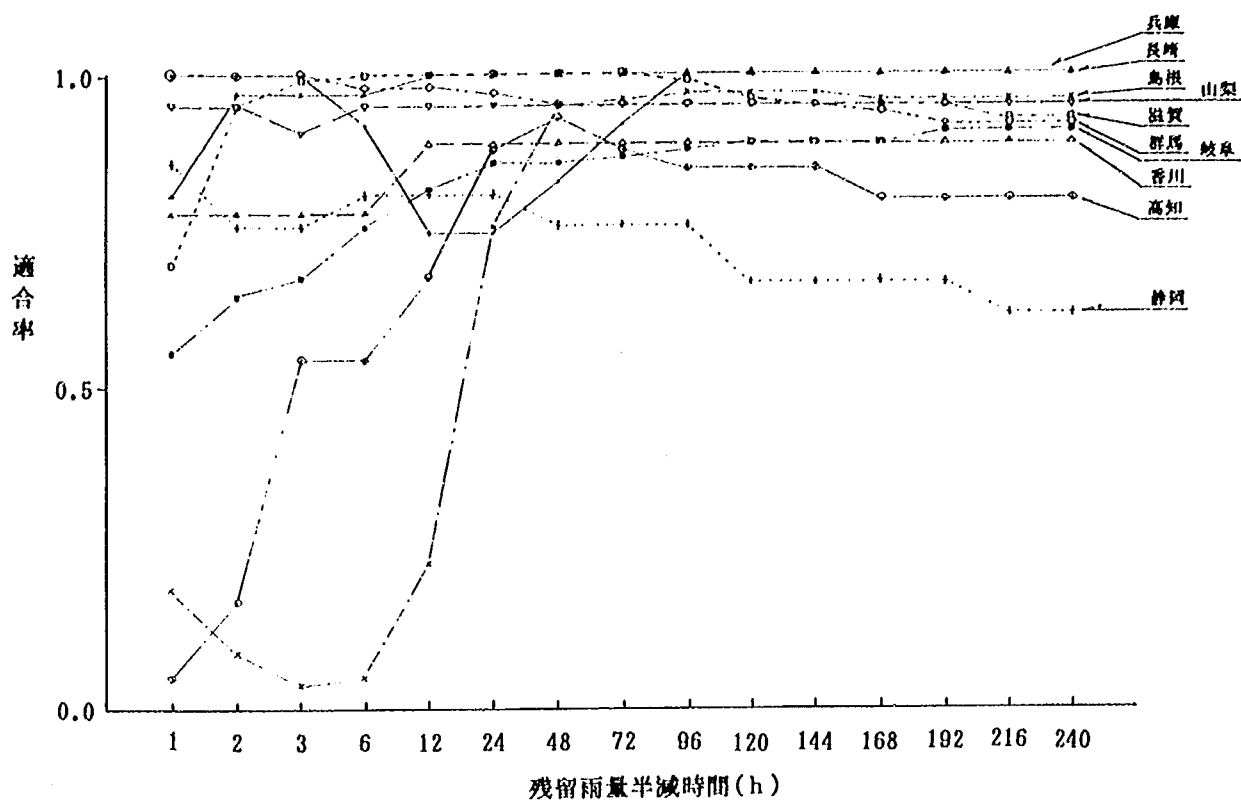
図－2.8 各半減期の場合の前雨量の重み（係数）



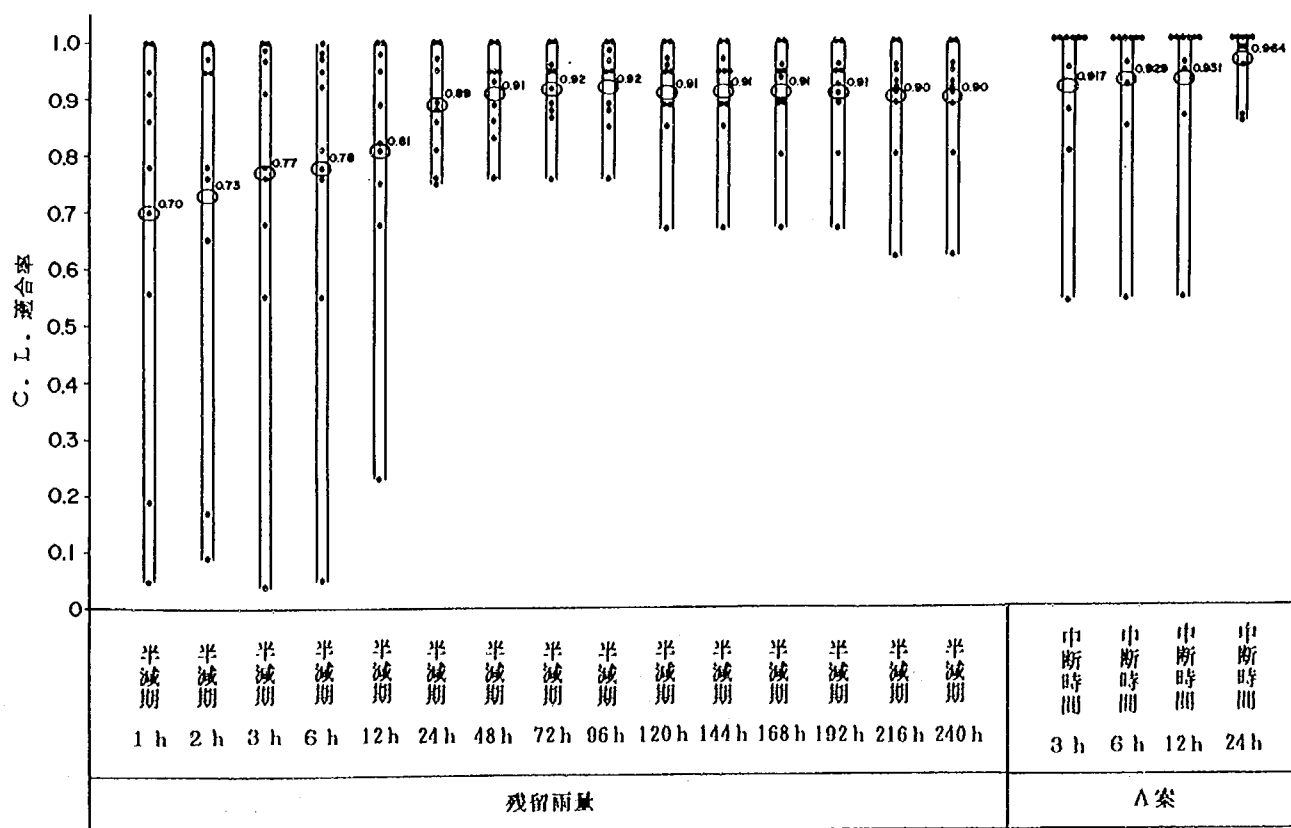
図－2.9 長時間雨量指標で発生時の値が大きくなる例



図－2.10 長時間雨量指標で発生時の値が大きくなる実例



図－2.11 残留雨量（単一指標）の適合率



図－2.12 残留雨量の半減期を変えた場合の効果

2.5 1時間雨量と48, 24, 12時間雨量を組み合わせた場合の効果

A案(1時間雨量(RH1)－実効雨量(RW1))の横軸の長時間雨量指標の定義を変えて, 48時間雨量(RH48), 24時間雨量(RH24), 12時間雨量(RH12)とした場合の3種の効果を検討した。

① 1時間雨量(RH1)－48時間雨量(RH48)

② " －24 " (RH24)

③ " －12 " (RH12)

結果を表－2.1, 図－2.13, 2.14に示した。①～③の中では, ①の48時間雨量が, 適合率, 空振り率ともに最もよい。また「1時間雨量－48時間雨量」よりもA案の「1時間雨量－実効雨量」の法が適合率, 空振り率ともに優れている。

表-2.1 A案の横軸を48, 24, 12時間雨量にした場合の効果

地区名	C. L. の適合率			E. L. の空振り率			W. L. の空振り率		
	RH48-RH1	RH24-RH1	RH12-RH1	RH48-RH1	RH24-RH1	RH12-RH1	RH48-RH1	RH24-RH1	RH12-RH1
1. 長 崎	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2. 高 知	0.750	0.550	0.550	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3. 香 川	1.000	1.000	1.000	0.778	0.444	0.333	1.000	0.778	0.778
4. 兵 庫	1.000	1.000	1.000	0.457	0.629	1.000	0.886	1.000	1.000
5. 島 根	0.986	0.068	0.095	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6. 滋 賀	1.000	1.000	1.000	0.066	0.237	0.171	0.105	0.434	0.316
7. 岐 阜	0.796	0.572	0.605	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8. 静 岡	0.857	0.905	0.810	1.000	0.952	1.000	1.000	1.000	1.000
9. 山 梨	1.000	1.000	1.000	0.045	0.227	0.227	0.182	0.318	0.545
10. 群 馬	1.000	1.000	1.000	0.095	0.079	0.048	0.159	0.111	0.175
11. 秋 田	0.842	0.895	0.772	0.965	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12. 栃 木	0.978	0.978	0.978	0.272	0.185	0.326	0.587	0.478	0.859
13. 神奈川	1.000	1.000	1.000	0.098	0.104	0.043	0.184	0.337	0.252
14. 長野 諏訪	0.876	0.924	0.990	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15. # 飯田	0.992	0.992	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16. 富 山	0.978	0.950	0.967	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17. 三 重	0.673	0.712	0.654	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
18. 福 岡	0.852	0.716	0.210	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
19. 熊 本	0.631	0.514	0.532	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20. 鹿児島	0.986	0.993	0.979	0.527	0.411	1.000	0.760	0.630	1.000
平 均	0.910	0.838	0.807	0.715	0.713	0.757	0.793	0.804	0.846
最 小	0.631	0.514	0.095	0.066	0.079	0.043	0.105	0.111	0.175
最 大	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

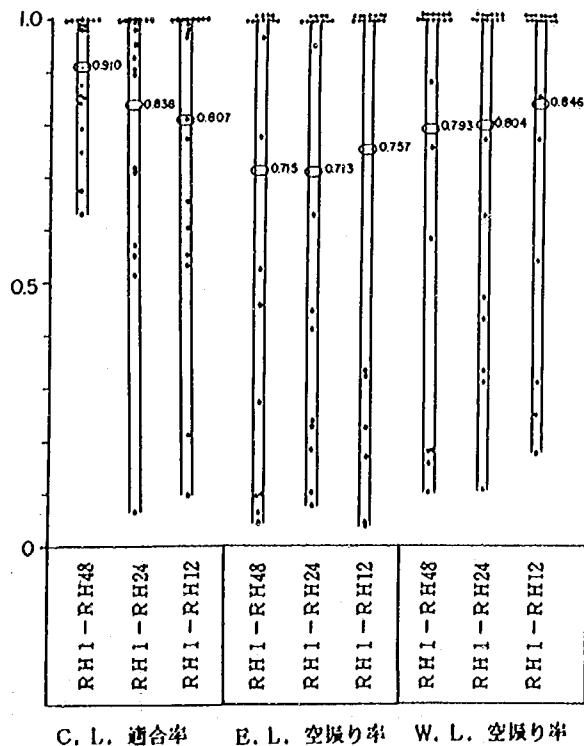


図-2.13 1時間雨量と48, 24, 12時間雨量を組み合せた場合

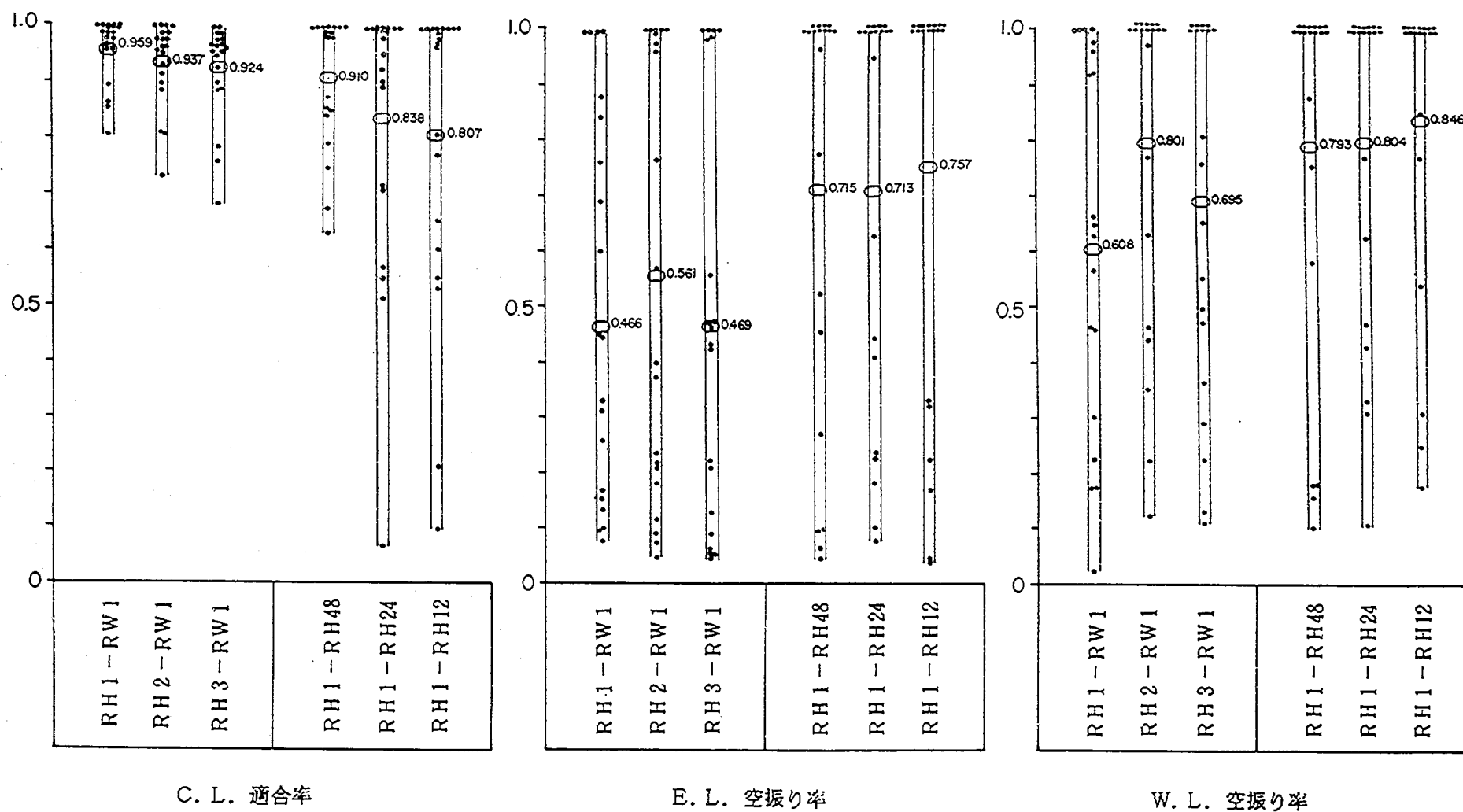


図-2.14 A案の縦軸・横軸を変えた場合の効果

2.6 1, 2, 3 時間雨量と実効雨量を組み合わせた場合の効果

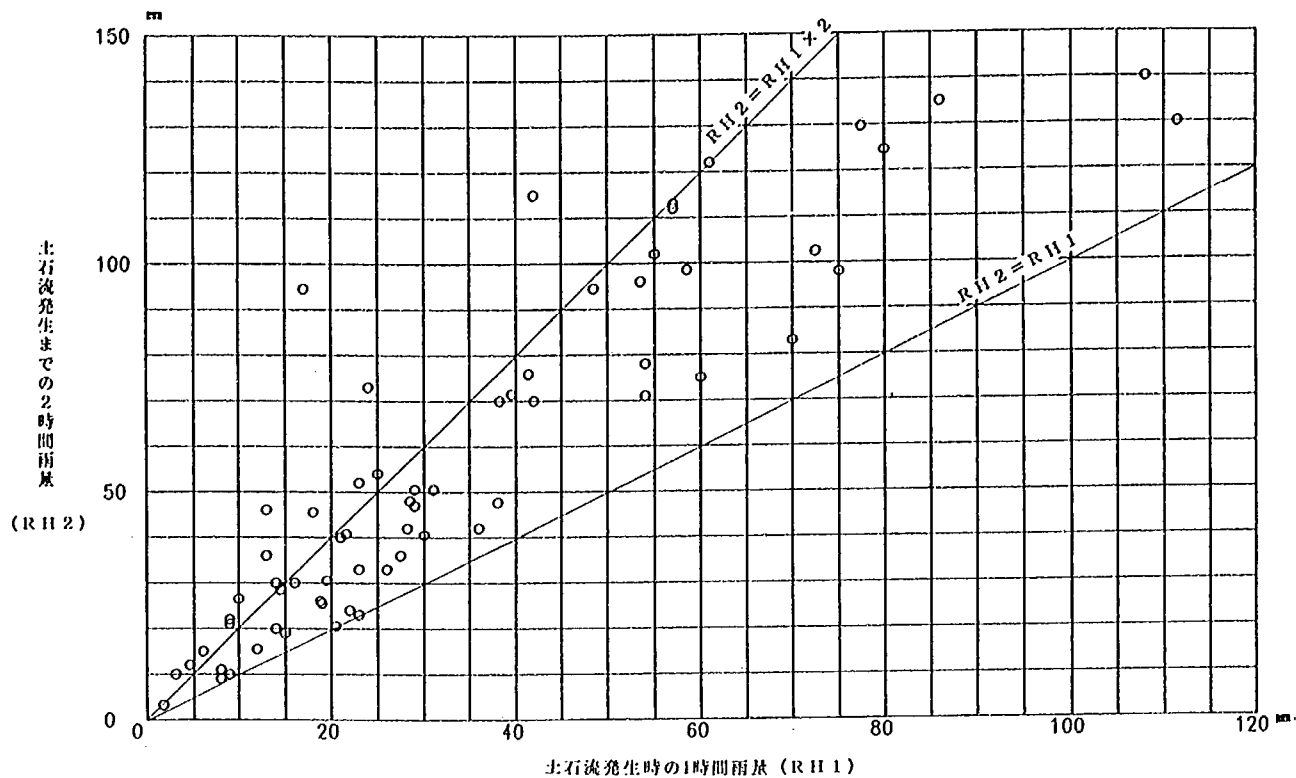
A 案 (1 時間雨量 (RH1) - 実効雨量 (RW1)) に, 2 時間雨量 (RH2), 3 時間雨量 (RH3) などの指標を組み合わせて, より適切な基準を定める手法を検討した。

土石流発生時の 1 時間雨量と 2 時間雨量, 3 時間雨量の関係を図 - 2.15, 2.16 に示した。1 時間雨量と 2, 3 時間雨量は一般に相関関係があるが, もし 1 時間雨量が小さいが, 2, 3 時間雨量が大きいものが存在すれば, 現在の A 案ではうまく表現できない土石流発生を非発生と分離することができる場合がある。

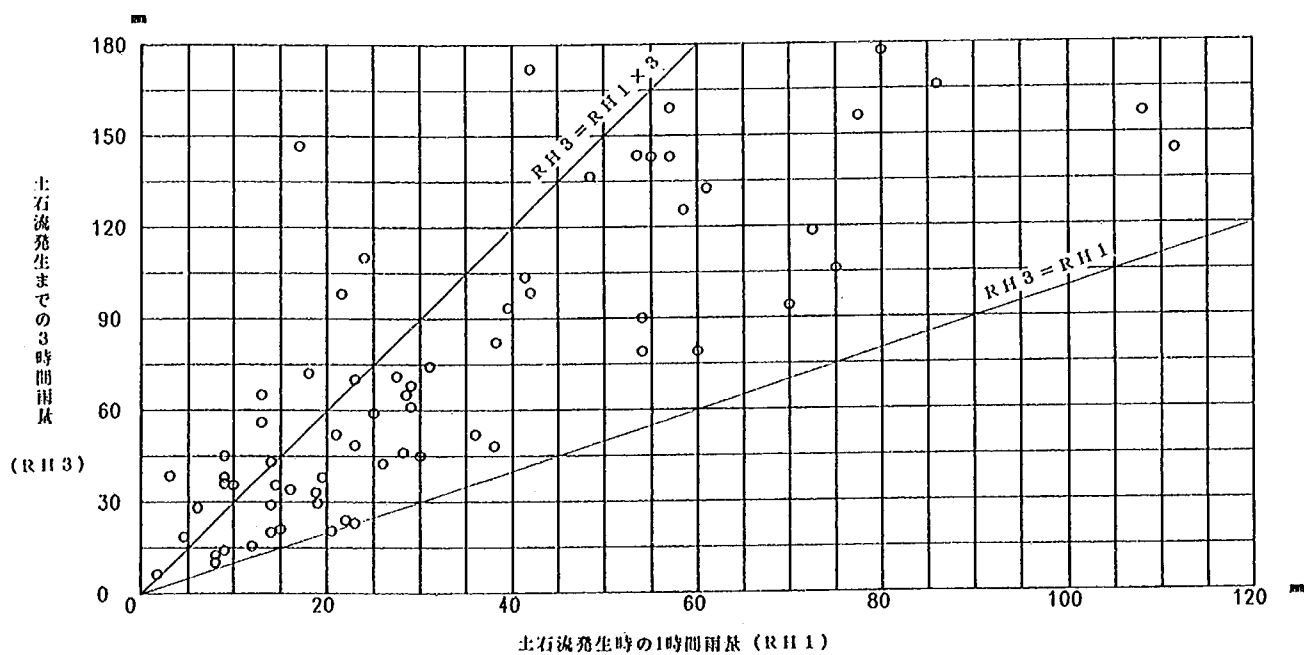
図を見ると, 1 時間雨量の小さい領域で比較的大きな 2 時間雨量, 3 時間雨量をもつものも見られるが, やはり 1 時間雨量の小さいものは 2 時間, 3 時間雨量も小さいものが多い。

実際に, 2 時間雨量, 3 時間雨量と実効雨量の関係図上で C. L. を設定した。結果を表 - 2.2 に示した。適合率を見ると, RH1 が一番よく, RH3 がよくない。空振り率を見ると, RH2 が一番悪く, RH1 と RH3 が比較的似ている。

全体的に見ると, 従来の A 案「1 時間雨量 - 実効雨量」が一番よいようである。



図－2.15 土石流発生時の1時間雨量と2時間雨量の関係



図－2.16 土石流発生時の1時間雨量と3時間雨量の関係

表- 2.2 A 案の縦軸を 2 時間雨量, 3 時間雨量にした場合の効果

地 区 名	C. L. の適合率			E. L. の空振り率			W. L. の空振り率		
	RW1-RH1	RW1-RH2	RW1-RH3	RW1-RH1	RW1-RH2	RW1-RH3	RW1-RH1	RW1-RH2	RW1-RH3
1. 長 崎	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	—	1.000	1.000
2. 高 知	1.000	0.975	0.950	0.450	0.375	0.475	0.650	1.000	1.000
3. 香 川	1.000	1.000	0.889	0.333	0.222	0.222	0.667	0.778	0.556
4. 兵 庫	1.000	1.000	1.000	0.171	0.400	0.057	0.571	1.000	0.657
5. 島 根	0.987	0.973	0.959	1.000	1.000	1.000	—	1.000	1.000
6. 滋 賀	1.000	1.000	0.974	0.079	0.118	0.053	0.028	0.224	0.132
7. 岐 阜	0.862	0.888	0.888	—	0.974	1.000	—	1.000	1.000
8. 静 岡	0.857	0.810	0.762	0.762	0.571	0.476	1.000	1.000	1.000
9. 山 梨	0.955	0.955	0.955	0.136	0.091	0.091	0.227	0.636	0.500
10. 群 馬	0.984	0.984	0.968	0.095	0.048	0.048	0.175	0.127	0.111
11. 秋 田	0.983	0.737	0.684	0.842	1.000	0.982	0.965	1.000	1.000
12. 栃 木	0.967	0.978	0.967	0.152	0.185	0.130	0.304	0.978	0.478
13. 神奈川	0.994	0.988	0.988	0.098	0.074	0.061	0.178	0.356	0.227
14. 長野 諏訪	0.895	0.933	0.990	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000
15. # 飯田	0.984	0.968	0.976	0.879	0.992	0.427	0.927	1.000	0.766
16. 富 山	0.978	0.901	0.901	0.604	1.000	0.989	0.923	1.000	1.000
17. 三 重	0.808	0.808	0.788	0.692	0.769	0.558	0.981	1.000	1.000
18. 福 岡	0.975	0.963	0.963	0.444	0.235	0.210	0.630	0.444	0.370
19. 熊 本	0.955	0.919	0.928	0.261	0.216	0.468	0.468	0.468	0.297
20. 鹿児島	0.993	0.959	0.959	0.315	0.959	0.432	0.465	1.000	0.815
平 均	0.959	0.937	0.924	0.466	0.561	0.469	0.608	0.801	0.695
最 小	0.862	0.737	0.684	0.000	0.074	0.048	0.000	0.224	0.132
最 大	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

—は設定不能(与 1.000)

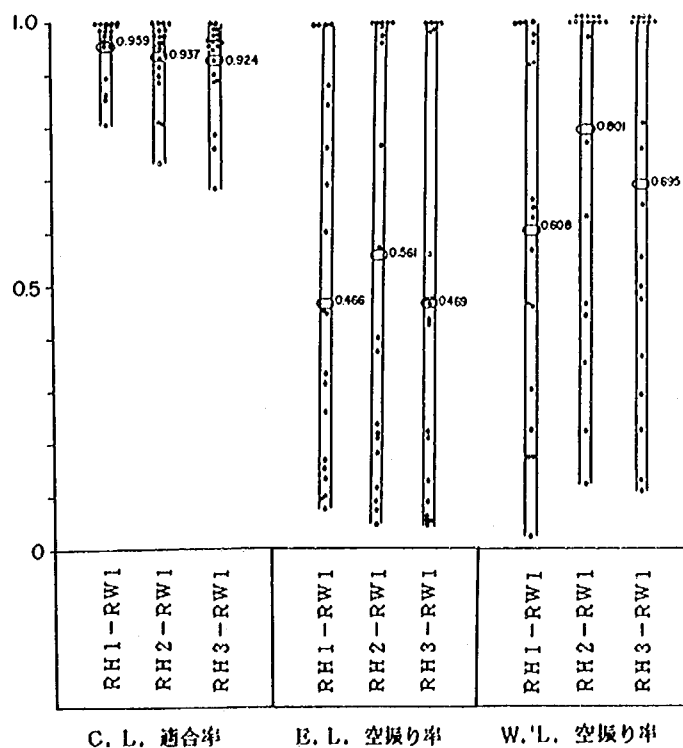
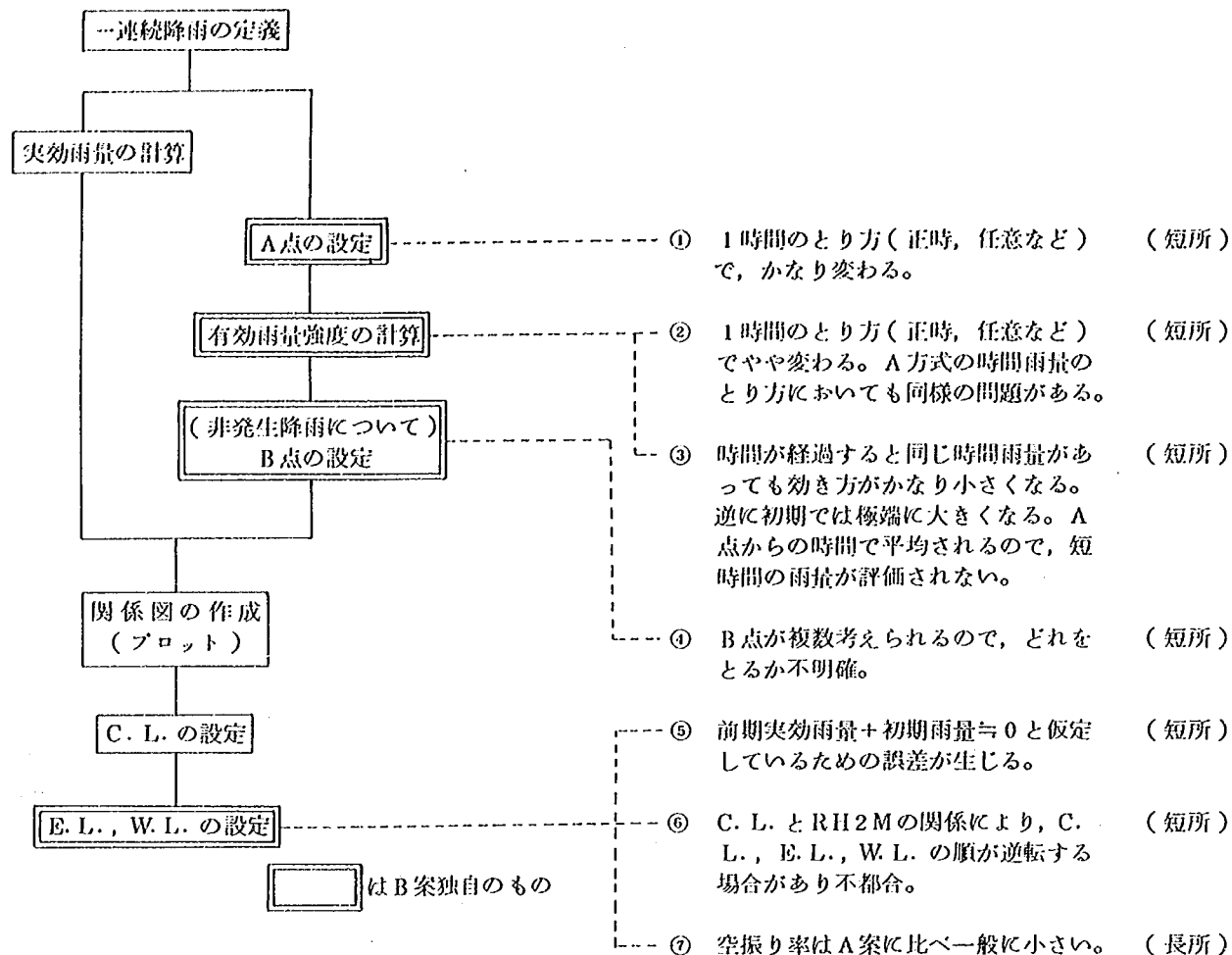


図- 2.17 1. 2. 3 時間雨量と実効雨量を組み合わせた場合の効果

2.7 B 案（「有効雨量強度－実効雨量」法）を用いる際の留意点

ここでは、B 案（「有効雨量強度－実効雨量」法）について、B 案の設定フローを示して A 案（「1 時間雨量－実効雨量」法）と比較してその長所と短所を検討する。



図－2.18 B 案のフローチャート（基準値の設定）

B 案の運用にあたっては、前記の事項が、主に次のような特徴的な降雨において問題となる。

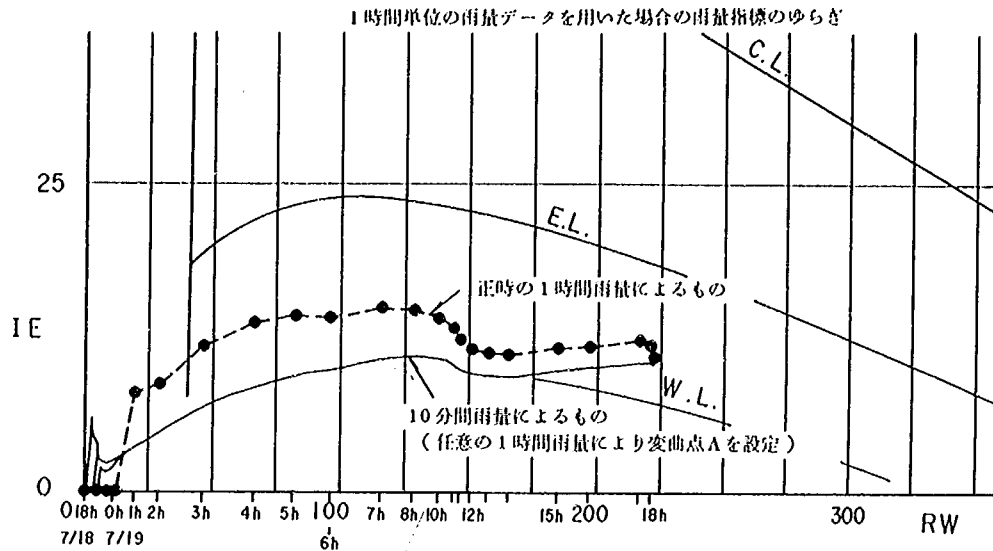
長 雨 : ③ { 発生：時間雨量があっても有効雨量強度が上がらない。
非発生：時間雨量が小さくても、C. L. を越えてしまう。
(A 案でも同様)

2 山以上の降雨：④ A 点，B 点が不明確

雷 雨 : ③ 非発生：降り始めの強度の降雨で，C. L. を越える。

各問題について、以下に具体的な例を示す。

① 変曲点Aが加わる場合

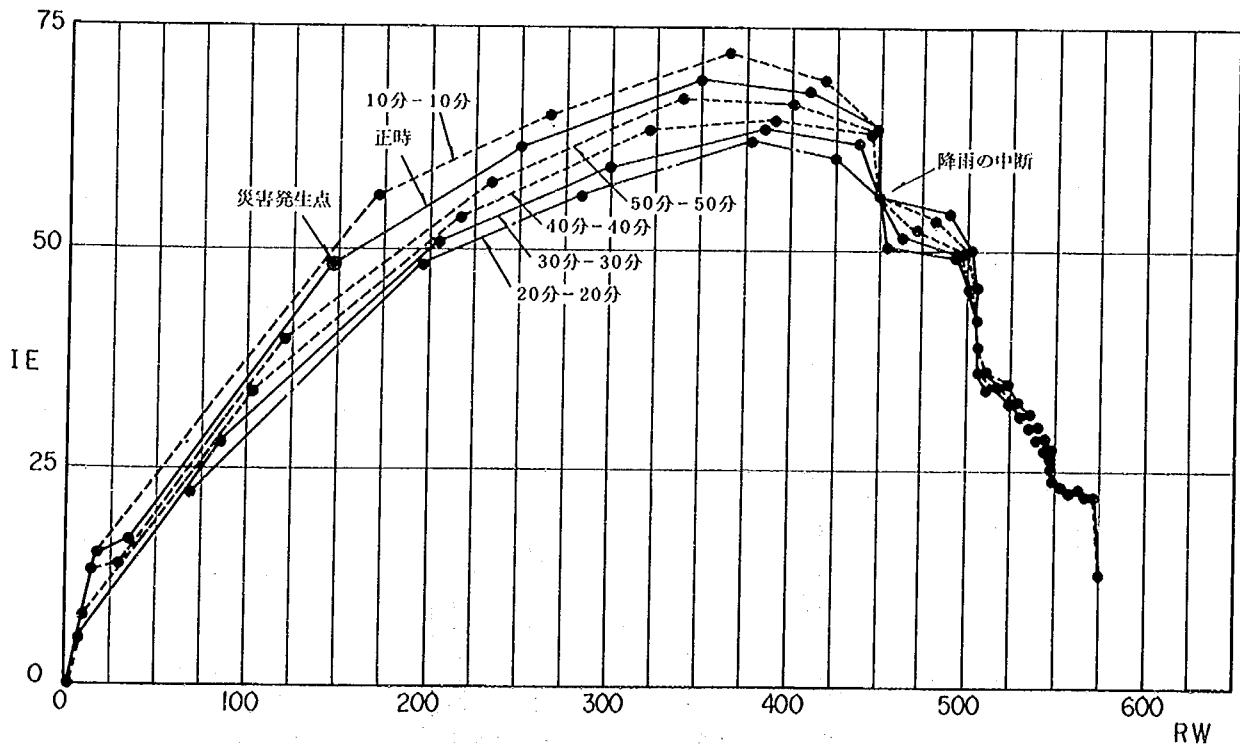


変曲点Aを、10分間雨量を用いて任意の1時間雨量により設定した場合と、正時の1時間雨量により設定した場合とは、その降雨が正時をまたがっている場合に変曲点Aの時点が異なることがある。

上図の例は、2時間20分～3時間20分の間で、時間雨量4mmを達成しており、10分間雨量を用いた1～5のケースではこの間に変曲点Aが設定されているが、正時の時間雨量では6～7時間の間に4mm/hを達成している。従って、正時の1時間雨量による変曲点Aの方が3時間遅く設定されており、そのためIEが大きくなる。

図-2.19

② 1時間のとり方の違いによる雨量指標値のゆらぎ



実際は⊙が災害発生点としてプロットされたが、正時のずれを考えると⊙の前後の数点の△の点も災害発生点としてプロットされる可能性があった。

図-2.20

③ 経過時間により、同じ雨量があっても評価が違ってくる。

→ 1. 降雨初期の強々度雨量は、大きく評価される。

2. 長時間後の雨量は、指標にあまり反映しない（2山の後者も）

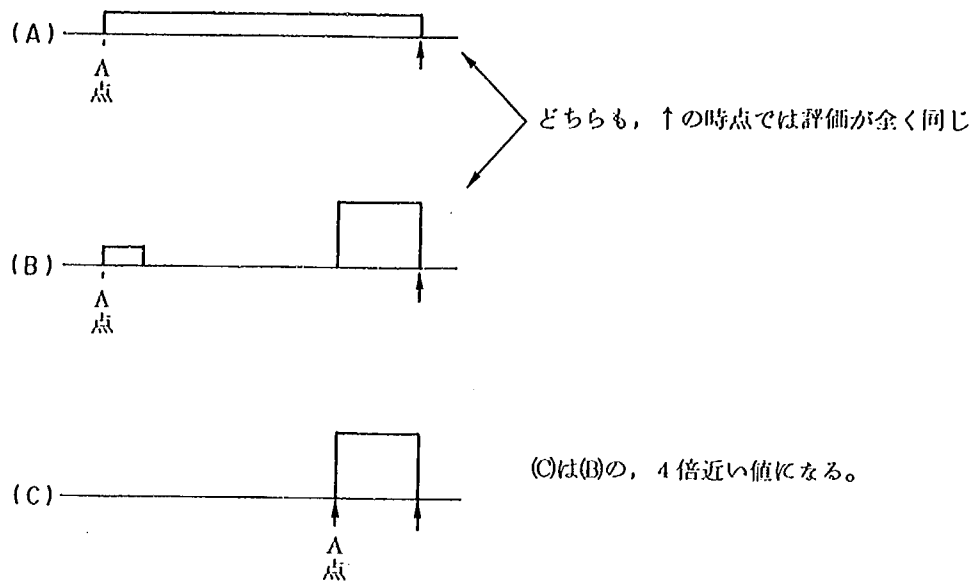


図-- 2.21

④について

図-2.22のように比較的短い小降雨状態が一雨中に何回か生じる場合には、B点がその度に設定されてどれを採用すべきか迷う場合が生ずる。

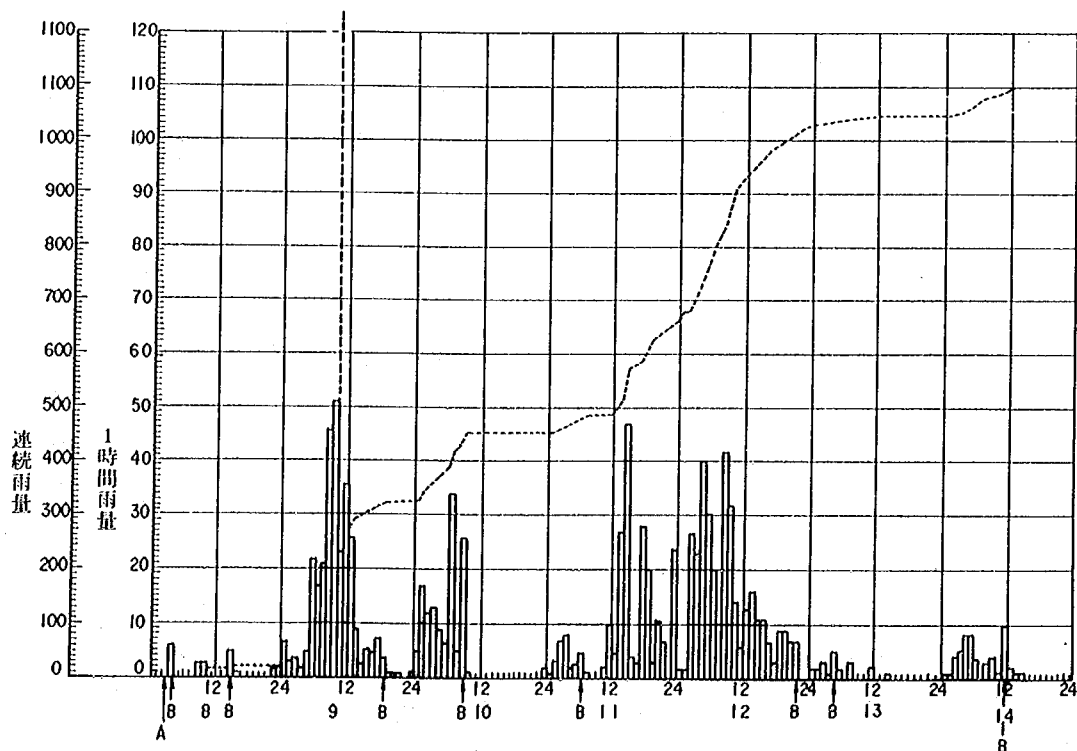
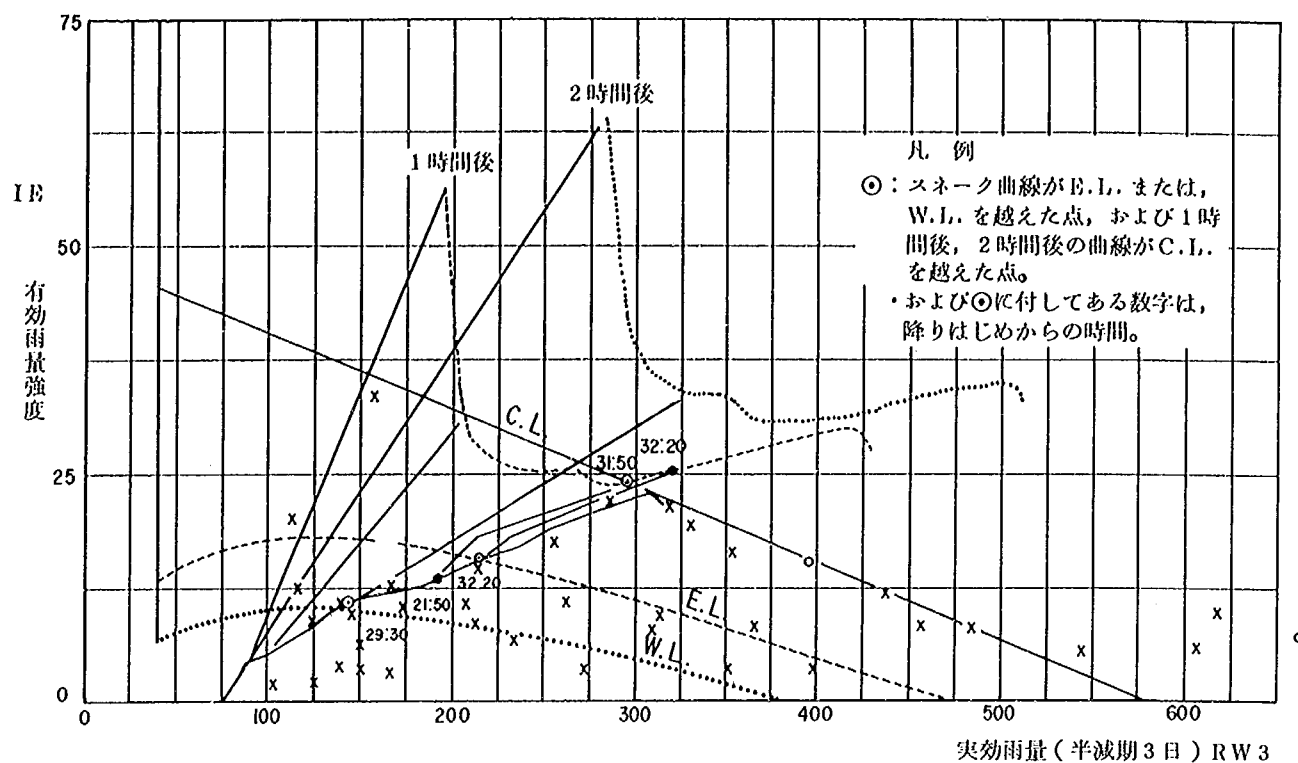


図- 2.22

⑥について (土研資料(II))

土木研究所資料第2361号「土石流の警戒避難基準雨量の設定に関する研究(II)」P31～34
参照



図一 2.23 昭和49年8月降雨に対する雨量判定図(半減期3日)

⑥について

土木研究所資料第2215号「土石流の警戒・避難基準雨量の設定に関する研究」P62～P67
参照

⑦について図一 2.28を参照

以上のように、B案（有効雨量強度－実効雨量）はA案に比較して短所が多いが、B案を使用しないとすると縦軸が1時間雨量のみの指標となり、B案で捕えようとした平均雨量強度のような指標が土石流発生に大きな影響を与える場合に対応できなくなる。そこで、有効雨量強度の代わりに2～3時間雨量といった指標を取入れた検討を前節で行ったが適合率は向上しなかった。

2.8 C. L. 形状を変化させた場合の効果

C. L. が発生降雨と非発生降雨をうまく分離しない場合がある。特にC. L. がX軸を切る付近では、雨量強度の小さい非発生降雨でもC. L. を越えてしまう。

4章で触れるように、降雨予測が用いられるようになると、図－2.6のような固定的なE. L., W. L. は不用となるので、C. L. は直線に限定されず、より適切な形状に設定することができる。たとえば図－2.24(b), (c)のような形が考えられる。

ここでは、実効雨量は大きい時間雨量の小さい領域について、空振りが少なくなるように、図－2.24(b)の形状をとることができるかを検討した。

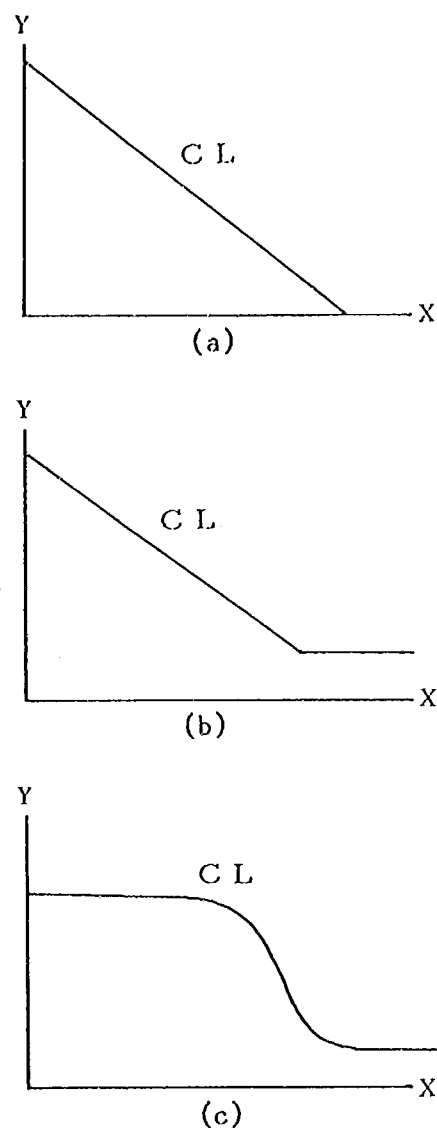
① 発生下限雨量の検討

まず、災害の下限を知るために表－2.3に20地区の全土石流の発生時の雨量をまとめ、時間雨量の小さいものについて、雨量データや災害データに問題がないかチェックした。熊本の№28の3 mm/hrのものについては発生地点と観測所が離れているデータがはいっていることが発見されたが、あとは資料不足もあり問題は確認できず、最低は富山の№91のRH1 4.5 mmである。図－2.25に土石流発生時の雨量をA案、B案の図上で示した。

また、全国のアナケートによる土石流事例についても、土石流発生時の時間雨量、有効雨量強度を抽出し全国でまとめて図－2.26, 27に示した。

これらの図表より、雨量の小さいところでも多くの土石流が発生しており、図－2.24(b), (c)のようなC L形状は一般的には引くことができない。しかし、これらのデータは土石流発生時の雨量を必ずしも正確に反映していない場合もあると考えられる。

図でもわかる通り、時間雨量の小さいところ、実効雨量の小さいところでも、多くの発生例の



図－2.24 C Lの形状

報告がある。これについて、本当にこのような降雨状況下で土石流が発生したと考えるべきかどうかであるが、一般的には次の様な理由があれば対象からはずすのが妥当である。

① 得られた降雨データが、土石流発生箇所の降雨状況を表わしていない。これは、雨量観測所と発生箇所が離れていることによるもので、雷雨性の集中豪雨などのように豪雨域が狭い場合に著しい。

② 土石流発生事例が不適である場合。これは、発生事例が、ここで対象としている人や家屋に被害をもたらした土石流ではなく、崖崩れや、被害をもたらさなかった土石流、規模の小さい土砂流出などである場合で、何を対象とした基準雨量を設定するのかを確認した後に各事例の吟味をする必要がある。

③ 他の人為的要因などがはたらいっている場合。人工的に、不安定な捨土や盛土が作られた場合や、斜面や溪流に不自然な給水がされたり、衝撃が与えられた場合などが考えられる。

④ 災害資料、降雨資料に間違いがあった場合や、処理上のミスがあった場合。

しかし、上記のような問題がなければ、実際にその雨量で発生したと考えざるを得ないので、C Lの設定に当ってその発生を考慮することが望まれる。

図-2.24の(b)のようなC. L.を設定した場合の効果(空振りの減少)は、20mm/hで下限ラインを引くと、66%、10mm/hでは、38%程度空振りが減少する。しかしながら、この場合には土石流発生降雨の捕捉率も低下する可能性が高く、対象地区の降雨特性を見極めてC L形状を変化させる必要がある。

2.9 時間雨量と残留雨量を組み合わせた場合の効果

次にあげる2指標の組合せ(以下C案と呼ぶ)によって土石流の発生、非発生の関係図を作成し、C. L.を設定し、適合率、E. L., W. L.の空振り率などを算定有効性を検討した。

X軸: 残留雨量(半減期12, 24, 48, 72時間)

Y軸: 1時間雨量, 3時間雨量, 5時間雨量

C案は、A案、B案のようにC. L.から逆算してE. L., W. L.が求められないため、E. L., W. L.の空振り率は、非発生降雨のスネーク曲線の各時点から次の1時間、2時間に既往最大1時間、2時間雨量が降ったとした場合にC. L.を越えるかどうかを計算して求めた。E. L., W. L.の空振り率をA案、B案とあわせて図-2.28に示した。

全体としてはX軸: 半減期72時間の残留雨量、Y軸: 1時間雨量が適合率が一番よい。

一般に、Y軸が同じ時間雨量では、X軸の残留雨量の半減期が長い程、適合率が高く空振り率は低い。またX軸の残留雨量の半減期が同じ場合は、Y軸の時間雨量が長い程適合率が低く、また空振り率も低くなっている。

A案、B案と比較すると、C. L.の適合率は比較的よいが、E. L., W. L.の空振り率はやや大きくあまりよくない。各地区個々に適合率、空振り率をA案、B案、C案について図-2.29に示

表-2.3 土石流発生時の雨量

県名	No	RH1	RW1	RW1*	TE	IE	土石流発生 降雨期	気象名	発生日時	発生場所	雨量観測所 との距離	土石流の形態・規模	被害・備考
1. 長崎	13	111.5	172.9	61.4	3	48.2	57.7.23~25	梅雨前線	23日 20:15~22:30	長崎市内各地	0km~	土石流・大規模崩壊各所	死者行方不明者 299 名
2. 高知	31	108.0	376.5	268.5	24	15.5	50.8.16~17	台風5号	17日 13:00~17:00	土佐市及び吾川郡	5~18km	各地	死者 25 名
	32	27.5	644.3	615.8	88	7.3	51.9. 8~13	台風17号	11日 21:30	高知市金谷川			
	32-2	14.0	975.3	961.3	111	8.8	"	"	12日 21:00	高知市土佐山田村		2ヶ所	
3. 香川	1	58.5	259.3	200.8	54	4.7	49.7. 4~ 7	梅雨前線	6日 21:40~7日 0:20	内海町一帯	1~7km	各地	
	3-1	30.0	423.9	393.9	64	6.5	51.9. 8~13	台風17号	11日 6:00	内海町岩ヶ谷	4km		
	3-2	61.0	689.9	628.9	72	9.5	"	"	11日 14:30	土庄町大郡	5km		
4. 兵庫	1	38.2	362.6	324.4	40	8.7	13.7. 1~ 5	梅雨前線	5日 10:00~12:30	灘区、淡東区			505 名死亡(水害含む)
	15	21.6	292.0	207.4	66	4.3	42.7. 7~10	集中豪雨	9日 20:15~21:30	背谷川、成徳寺川など		各地	625 名死亡(土砂害のみ)
5. 島根	2-1	15.0	203.2	188.2	59	3.2	58.7.20~23	梅雨前線	23日 0:00~	浜田市		土石流(災害発生初期)	
	2-2	60.0	263.2	203.2	60	4.1	"	"	23日 1:00~	浜田市三隅町、江津町			
	17	9.0	227.5	218.5	41	5.5	56.6.25~7.4	"	27日 2:00	江津市土庄川		V=12000m ³	
	23	16.0	239.6	223.6	58	3.8	55.8.26~31	前線	30日 22:30, 23:00	浜田市活和町ほか		崩壊(V=30, 10m ³)	
	71	23.0	259.6	236.6	36	7.1	47.7. 9~15	梅雨前線	11日 3:00	浜田市4ヶ所			
6. 滋賀	100	31.0	285.0	254.0	61	4.6	34.9.25~27	伊勢湾台風	26日 20:00	信楽町宮町、馬門町	1.5~2.5km		人家被害なし
	103	10.0	292.6	282.6	25	11.7	57.8. 1~ 3	台風10号	2日 2:00	信楽町勸旨	3.7km	各地	人家土砂埋没
7. 岐阜	142	13.0	250.4	237.4	87	2.8	56.7. 9~14	豪雨	12日 21:00~22:35	八幡町一帯	3~17km		
8. 静岡	1	80.0	472.1	392.1	14	32.0	33.9.25~26	"					
	23	53.5	283.1	229.6	23	12.2	57.7.31~8.2	台風10号					
9. 山梨	24	42.0	602.4	560.4	59	9.8	57.9.10~12	台風18号					
	4	54.0	315.7	261.7	41	7.5	34.8.12~14	台風5号	14日(8:00)ピーク	白州町、武川村他	2~3km	土石流、土砂流多数	
	22	54.0	336.6	282.6	23	14.1	57.7.31~8.1	台風10号	1日 23:50	数ヶ所のホテルの沢	6km		ホテル直撃
10. 群馬	58	57.0	323.3	266.3	70	4.4	57.8.28~8.1	台風18号	1日 18:00	金沢村権田	8km		死者行方不明者 6 名
11. 秋田	19	14.0	127.5	113.5	17	7.5	41.8.12~13	集中豪雨	8.12~13夜~朝(6:00)	鹿角郡小坂町 R103		土石流出数件	全半壊 9 戸
12. 栃木	93	75.0	319.5	244.5	72	4.3	41.9.24~25	台風26号	9.25, 3:00~3:30	極河川天狗沢			
13. 神奈川	85	86.0	376.1	290.1	30	11.0	47.7.12	梅雨前線	7.12, 7:00(17:00?)	山北町		土石流 5 件	
14. 長野(諏訪)	48	18.0	118.1	100.1	9	11.1	47.7. 9~17	"	7.10, 21:00	諏訪市		土石流 1 件	死者 4, 負傷 8, 全半壊 34
	101	9.0	193.9	184.9	33	5.3	58.9.27~10.3	台風10号	9.28, 19:00	"		14000m ³	全壊 5, 半壊 6
	17	25.0	444.2	419.2	71	6.1	36.6.23~30	梅雨前線					
	116-1	9.0	271.4	262.4	38	6.6	58.9.27~10.3	台風10号					
	116-2	6.0	277.4	271.4	39	6.6	"	"					
16. 富山	116-3	14.0	291.4	277.4	40	6.8	"	"					
	91	4.5	215.6	211.1	32	6.4	40.9.17~18	台風	9.18, 5:00	大山町亀谷	1km	1ヶ所	
17. 三重	92	70.0	307.6	237.6	78	3.8	44.8. 4~12	前線	8.10夜~11朝(9:00)ピーク	伊勢湾台風	3~6km	3ヶ所	
	1	41.4	438.3	396.9	65	6.6	34.9	"	9.26(20:00)ピーク	英杉村		3ヶ所	流出 1, 土砂流入 2
	2	21.0	478.5	457.5	70	6.8	34.9	"	9.26(20:00)ピーク	"		2ヶ所	
	7	28.5	176.1	147.6	68	2.5	49.7	台風8号	7.7(8:00)ピーク	"		5ヶ所	床上浸水 1~2, 土砂流入 2
18. 福岡	8	72.5	286.0	213.5	59	4.8	49.7	低気圧	7.25(6:00)ピーク	"		1ヶ所	半壊 1, 床上浸水 3, 床上浸水 4
	48	29.0	373.5	344.5	86	4.3	54.6	梅雨前線	不明(6:30~7:00ピーク)	玄海町		2ヶ所	人的被害なし
	53	14.5	315.4	300.9	131	2.3	55.7	"	10日夜(7.11, 4:00)	福岡町		土石流出	他に流入
19. 熊本	57	39.5	311.1	271.6	44	6.7	55.8	低気圧	(55.8.31?)	玄海町、宗像市、福岡町			7 件
	28	3.0	298.3	295.3	178	1.5	47.7	梅雨前線	7.6, 10:00~12:00	天草郡	3, 6, 9km	3 件	
	112	24.0	304.3	280.3	98	2.9	57.7	"	"	"			
20. 鹿児島	3	19.5	318.0	298.5	42	7.2	44.6.28~7.2	"	6.30, 1:00	鹿児島市		2 件	死者 1, その他 2
平均		36.6	336.2	299.6		8.1							

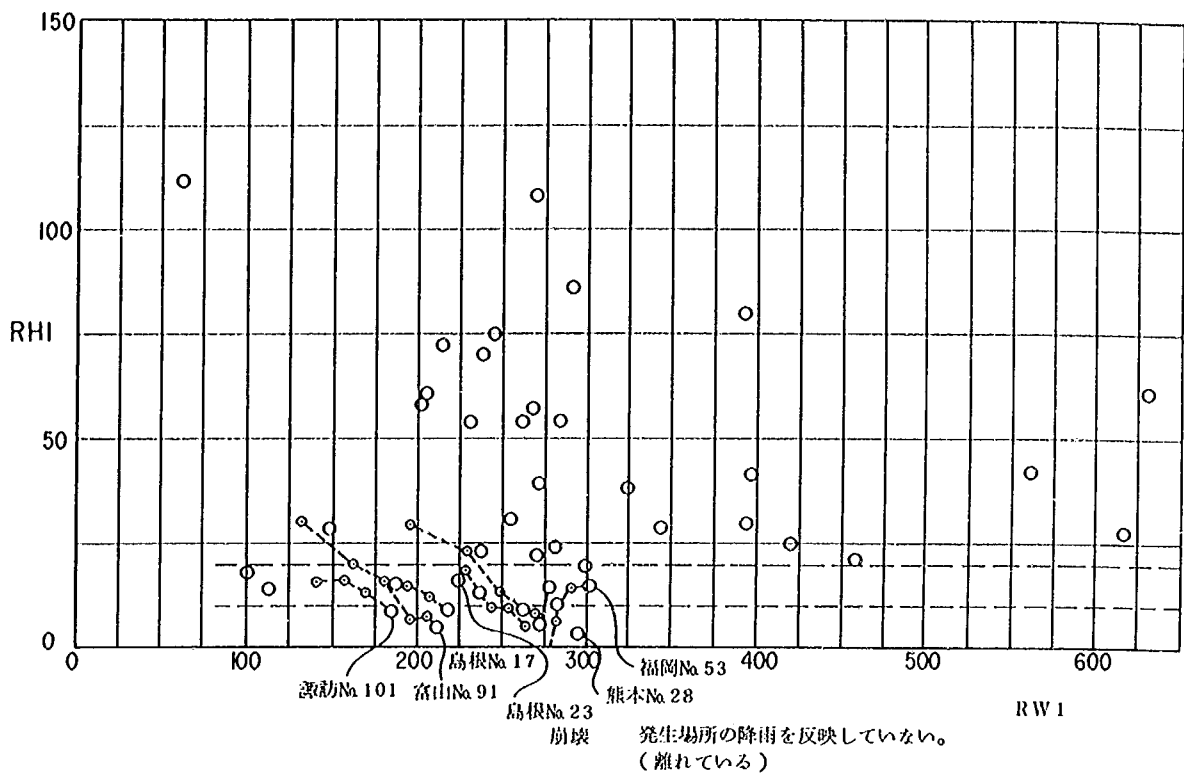


図-2.25 土石流発生時の雨量（A案，20地区）

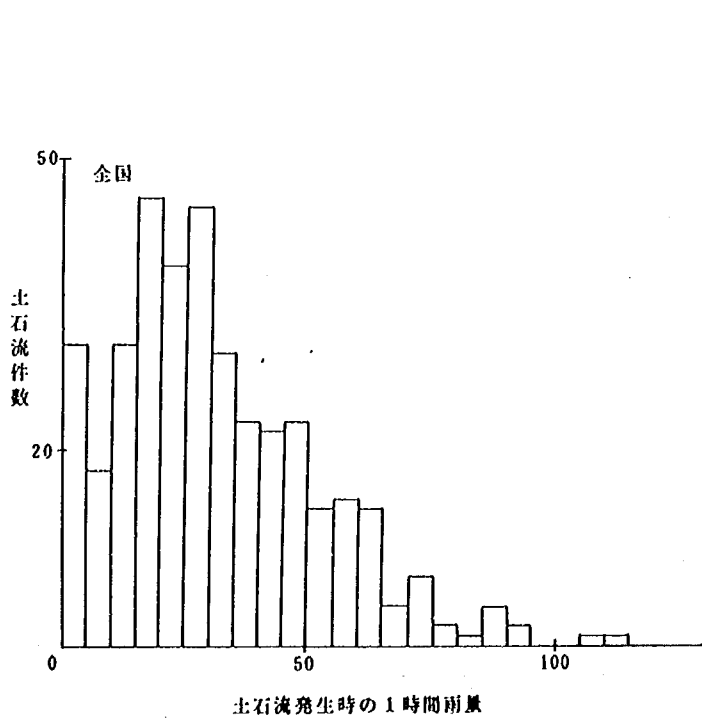


図-2.26 土石流発生時の1時間雨量

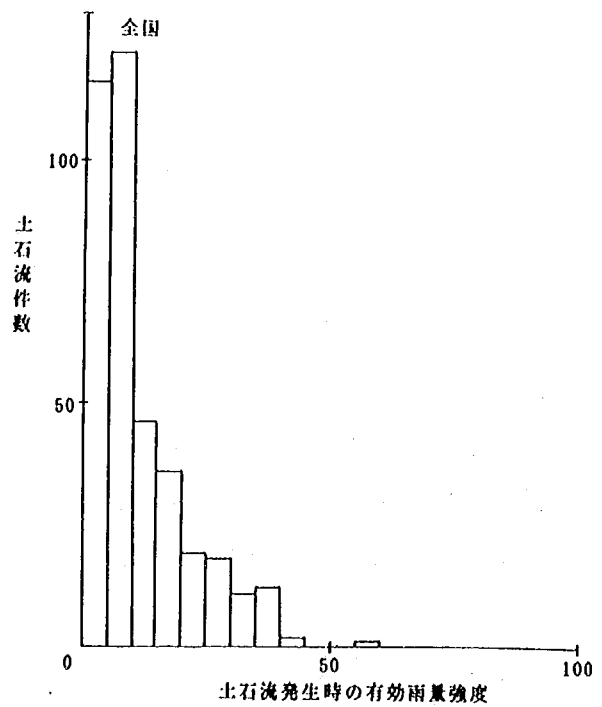


図-2.27 土石流発生時の有効雨量強度

した。これをみてもC案は、A、B案に比べC.L.は同程度もしくはやや良いが、E.L., W.L.の空振り率は良くないことがうかがえる。これは、C案の指標は残留雨量と短時間雨量であるため、最新の1時間、2時間雨量の値が全体に占める割合が実効雨量(A、B案)や有効雨量強度(B案)に比べ大きく、変動が大きくなってしまふことによると思われる。

C案は、X軸が残留雨量であるため、A案、B案のように一様に増加するだけでなく、降雨が止んだり弱くなると減少する性質をもっている。これは、原理的には実際とあっていると思われるし、警戒避難状態の解除にも適用できると思われるので、更に検討する価値はあると考えられる。

2.10 雨量強度×積算雨量を用いた場合の効果

「指針(案)」では雨量強度と積算雨量は独立したパラメータ(別々の指標)として扱い、両者の相互関係によって土砂災害発生基準値(C.L)を得ている。

土砂災害発生に説明し予測に用いる指標として雨量強度と積算雨量を同時に表現できる指標があると運用上便利であろう。

「指針(案)」でも示されているように、C.L.に関して雨量強度と積算雨量が小さい場合土砂災害発生には大きな雨量強度を要し、積算雨量が大きい場合小さい雨量強度でも土砂災害が発生するということである。

すなわち、土砂災害発生に要する降雨指標値を α とすると、

$$\alpha = (\text{雨量強度, IE}) \times (\text{積算雨量: R})$$

という関係が期待できる。

もちろん、降雨時間の長短も上記の α 値の大小に影響を与えている可能性が大きい。

したがって、 $IE \cdot R$ は時間(T)との関係で検討する必要がある。

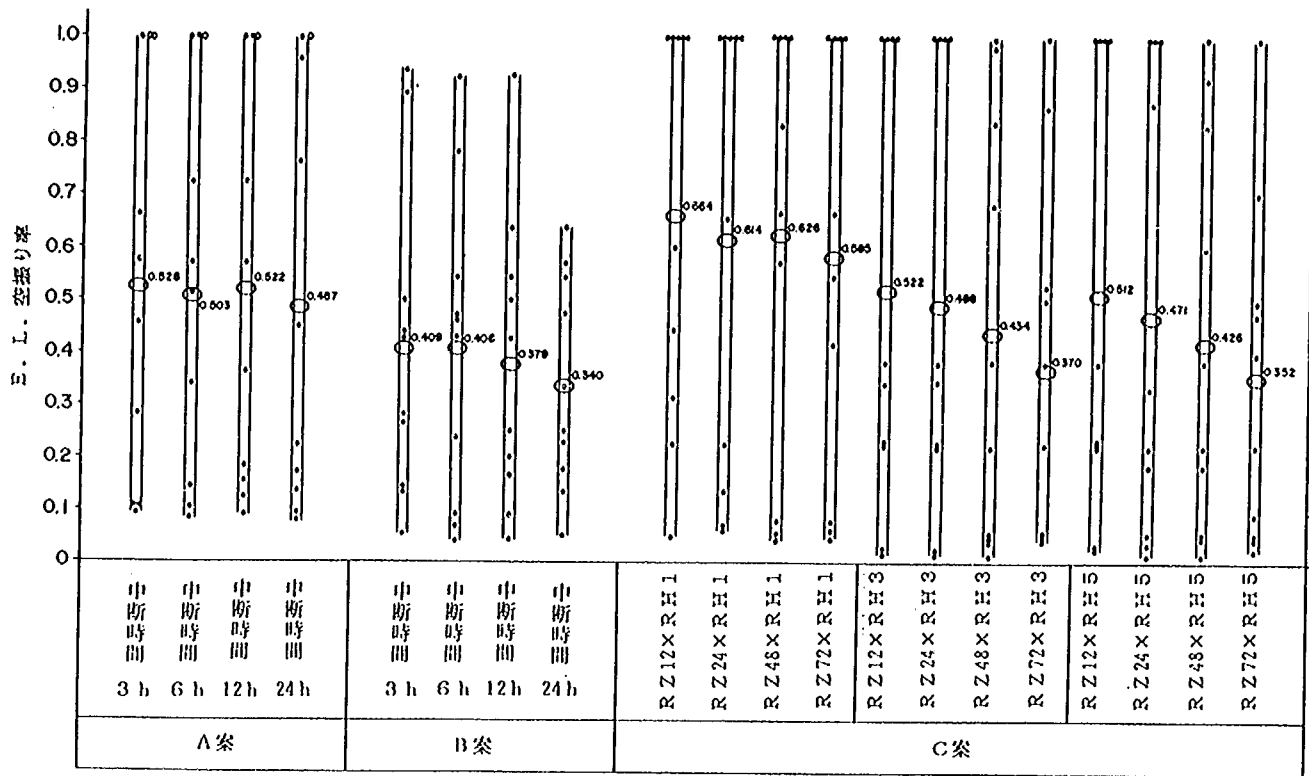
モデル地区10地区の毎時雨量データについて、土砂災害を雨量強度及び積算雨量の両面から総合的に説明する降雨指標として、とりあえず IE と R の積($IE \cdot R$)をとりあげ、降雨継続時間毎の変化を求めた。ここで IE としては1時間雨量($RH1$)及び有効雨量強度(IE)の2種を対象とした。また R としては前期雨量半減期2日の実効雨量を対象とした。すなわち、対象降雨指標は次の2種である。

① (1時間雨量) × (実効雨量) $RH1 \times RW2$

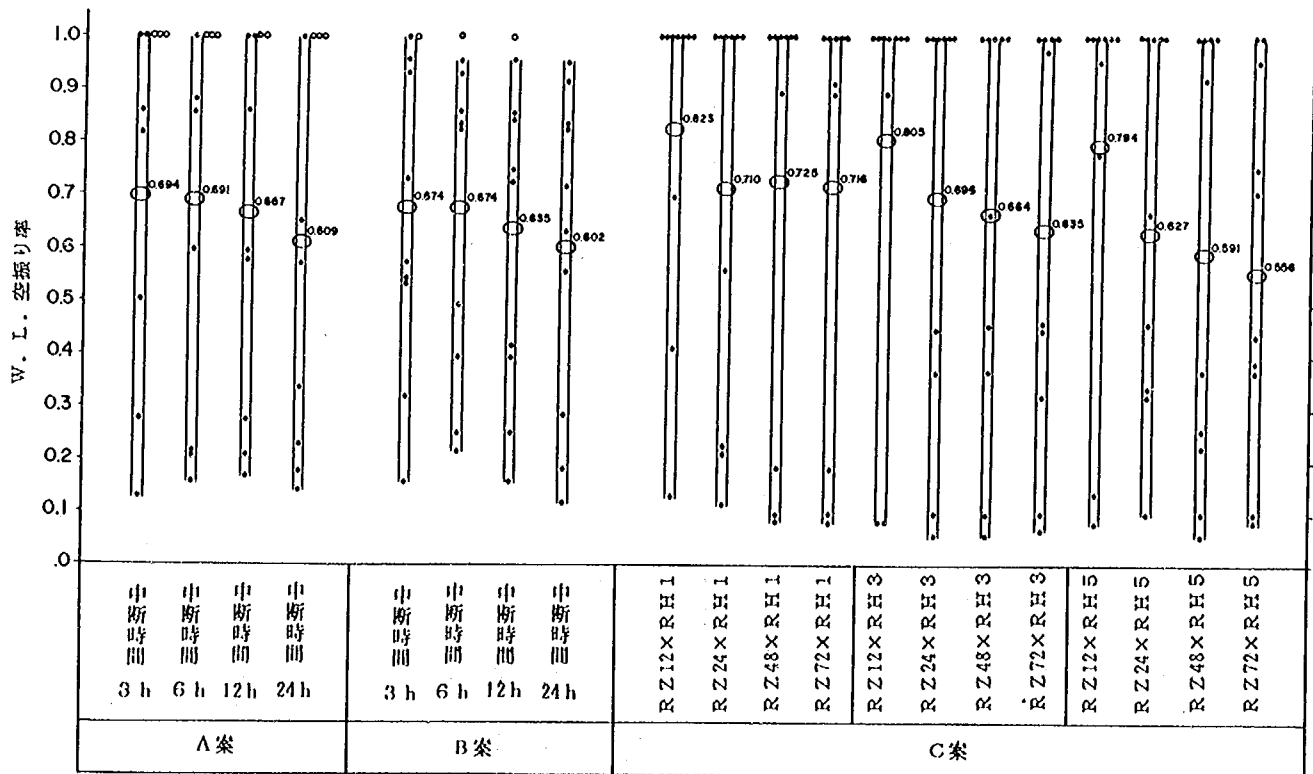
② (有効雨量強度) × (実効雨量) $IE \times RW2$

結果は $IE \cdot R - T$ の関係図($IE \cdot R - T$ 図)として図-2.31~2.38に示した。(土石流発生時の $IE \cdot R$ 値は○で示した。)

ここで、各地区の土石流発生の下限となる $IE \cdot R$ 値(C.L)及びそのC.Lの適合率(C.Lを超えない非発生降雨数÷非発生降雨総数)を求め表-2.4に示した。但し、C.Lは降雨継続時間を考慮していない。



図－2.28(1) 各手法のE.Lの空振り率



図－2.28(2) 各手法のW.Lの空振り率

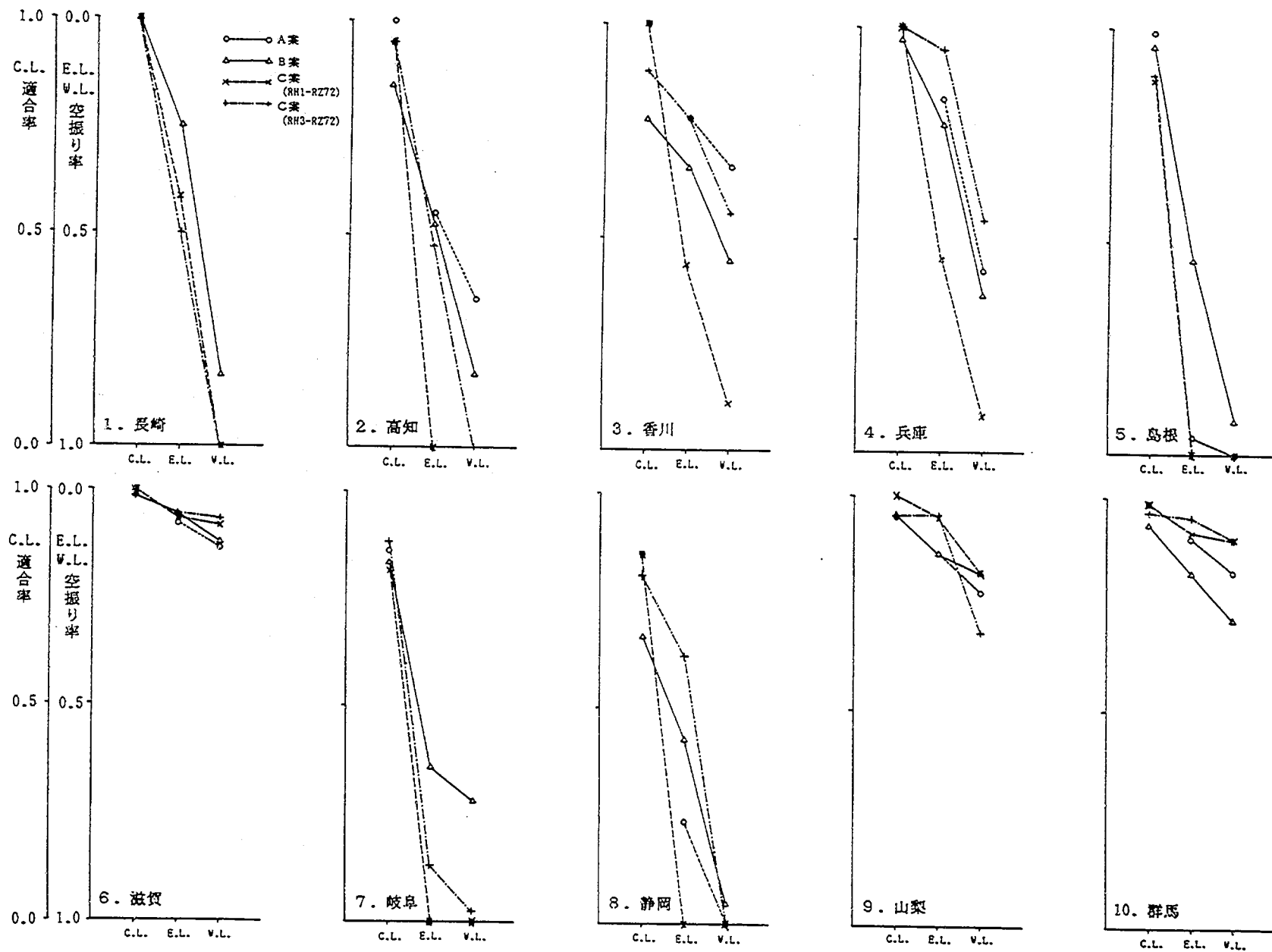


図-2.29 C.L. 適合率のA案, B案, C案での違い

表－2.4 土石流発生のIE・Rの基準値(C.L)と適合率

地 区	総 合 降 雨 指 標			
	(1時間雨量)×(実効雨量) RH1×RW2		(有効雨量強度)×(実効雨量) IE×RW2	
	C.L基準値	適 合 率 %	C.L基準値	適 合 率 %
1 長 崎	26,815	(12/12) 100.0	11,584	(12/12) 100.0
2 高 知	13,780	(33/40) 82.5	4,769	(34/60) 85.0
3 香 川	12,768	(8/9) 88.9	1,269	(7/9) 77.8
4 兵 庫	6,706	(34/35) 97.1	1,349	(26/35) 74.3
5 島 根	3,121	(55/62) 88.7	730	(39/62) 62.9
6 滋 賀	2,998	(68/75) 90.7	1,315	(69/75) 92.0
7 岐 阜	3,458	(106/152) 69.8	755	(99/152) 65.1
8 静 岡	15,643	(19/21) 90.5	3,578	(15/21) 71.4
9 山 梨	18,100	(21/21) 100.0	2,518	(20/21) 95.2
10 群 馬	19,898	(61/62) 98.4	1,526	(50/62) 80.6
平 均	12,328.7	90.7	2,939.3	80.4
最 大	19,898	100.0	11,584	100.0
最 小	3,121	69.8	730	65.1

表－2.4 から次のことが云える。

(1) RH1×RW2 について

① C.LのRH1×RW2値は平均12328.7であるが最大19898、最小3121と地区による幅が大きい。

② 適合率は平均90.7%、最大100%、最小69.8%であった。これを単指標であるRH1及びRW2の適合率と比較すると、RH1の場合平均42%、最大100%、最小5%、RW2の場合平均81%、最大100%、最小51%にくらべて明らかに適合率が良い。しかし、RH1とRW2によるA案の場合は、平均97.8%、最大100%、最小90.5%であり、RH1－RW2の関係図による方が土石流発生の説明力は大きい、ということになる。

(2) IE×RW2 について

① C.LのIE×RW2値は平均2939.3であるが最大11584、最小730と地区による差はRH1×RW2の場合よりもさらに大きい。

② 適合率は平均80.4%、最大100%、最小65.1%とRH1×RW2の場合に較べて低下している。また、RW2の単指標の場合(上述)に較べても特に良好とは云えない。IE単指標は平均40%、最大100%、最小17%とRH1の場合と大差がないから、IE×RW2はRH1×RW2の場合に較べて総合指標化した効果が現われていない、ということになる。このことは、RH1－RW2、IE－RW2の2つの降雨指標の関係図におけるC.L形状のあり方に差異があり、IE×RW2という両指標の単純な積という指標のとり方に不都合があることを示唆しているものと

考えられる。

(参 考)

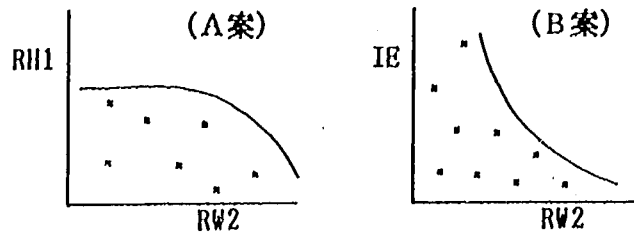


図-2.30 A案・B案におけるC.L(ここでは非発生降雨包絡線)

以上を総括すると次のとおりである。

(1) $RH1 \times RW2$ は $RH1$ や $RW2$ の単指標の場合に較べて明らかに適合率が良く、半減期72時間の残留雨量(適合率平均88%, 最大100%, 最小62%)を上廻り、1箇の雨量としては最も有効と思われる。

(2) $IE \times RW2$ は $RW2$ 単独に較べても特に良好とは云えない。もちろん $IE-RW2$ 関係図による適合率平均92%, 最大100%, 最小77.8%に較べると説明力はかなり低い。

(3) 今後、継続時間を考慮してC.Lを設定すれば適合率は更に向上することが考えられる*。また $IE \cdot R$ の式についても更に検討を要する。

* $IE \cdot R = f(t)$ でC.Lに関する $IE \cdot R$ と t は正比例関係にあることが考えられる。

(図-2.31~2.38ではこの傾向は認め難く反比例している例もある。)

次に $RH1 \cdot R$ 指標によるE.L, W.Lの設定方法を検討する。今、C.Lに達した $IE \cdot R$ 値を

$$RH1 \cdot R = \alpha \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

とする。ここで、E.Lの設定を考える。E.Lは α に達する少くとも1時間以前に発令するとし、この間の計画雨量を既往最大1時間雨量($RH1M$)とすると、災害発生1時間前の R' (累加雨量)は次式で示される。

$$R' = R - RH1M \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

ここで $R = \frac{\alpha}{RH1}$ でありかつこの時は $RH1 = RH1M$ としているわけであるから

$$R = \frac{\alpha}{RH1M} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

の状態である。

(2.14)式に(2.15)式を代入して

$$R' = \frac{\alpha - RH1M^2}{RH1M} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

が成り立つ。

すなわち、($RH1 \cdot R$)による方法では、累加雨量が上記(2.16)式を満たす R 値になった時点でE.

L.とすれば、次の1時間で既往最大値RH1Mがあった場合、RH1・R値は α に達して災害となる。

次に、IE・Rの場合を考える。

$$IE \cdot R = \alpha \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

とすると、1時間前の状況(β)は次式となる。($IE = \frac{RE}{TE}$)

$$\beta = \left(\frac{RE - RH1M}{TE - 1} \right) (R - RH1M) \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

ここで $RE=R$ とすると(2.17)式より

$$\frac{R^2}{TE} = \alpha \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

がなりたつから、(2.19)式より更に

$$R = \sqrt{\alpha \cdot TE} \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

(2.18)式は

$$\beta = (RE - RH1M)^2 / TE - 1 \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

(2.20)式を(2.21)式に代入して

$$\beta = \frac{\alpha TE - 2\sqrt{\alpha TE} RH1M + RH1M^2}{TE - 1} \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

すなわち、 β はある時点の降雨継続時間(有効時間)TEを観測しておけば(2.22)で与えられる式で示される値である。TEの替りにRを用いたければ $\frac{R^2}{TE} = \alpha$ より $TE = \frac{R^2}{\alpha}$ を(2.22)式に代入すればよい。

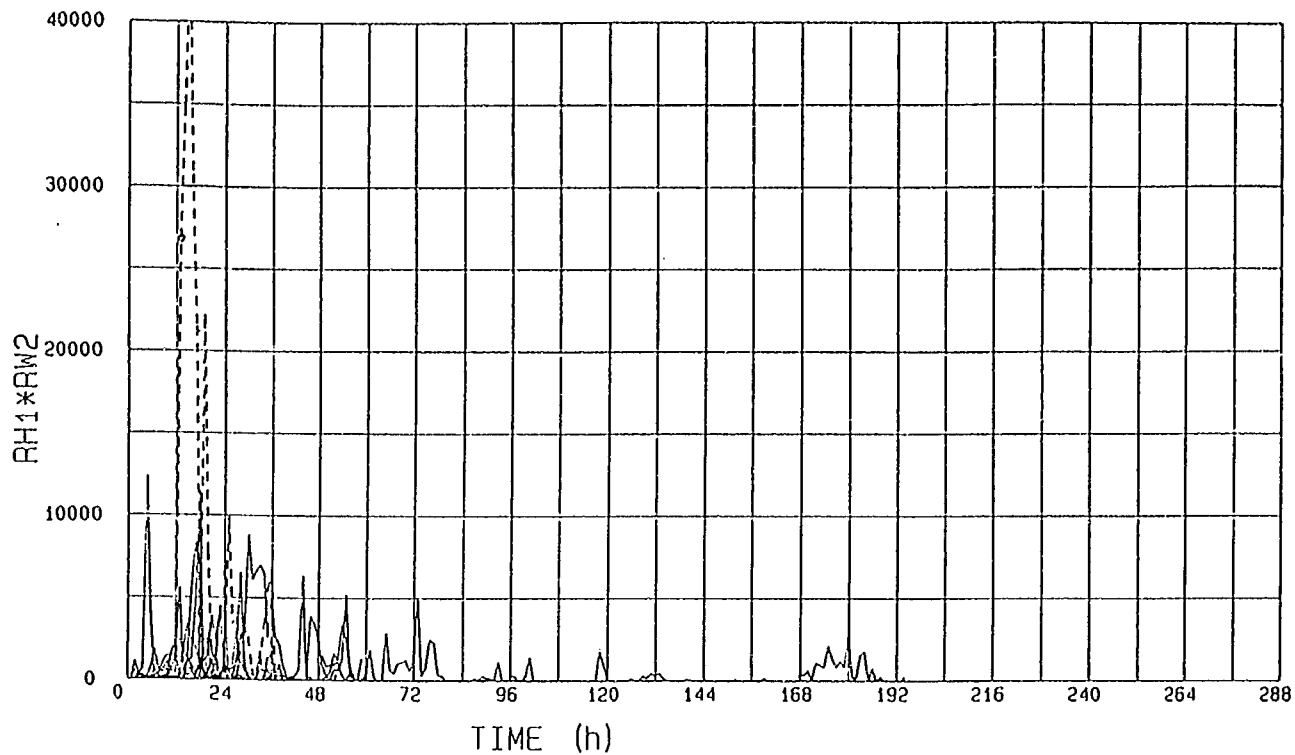


図-2.31 RH1・RW2 (長崎) のケース

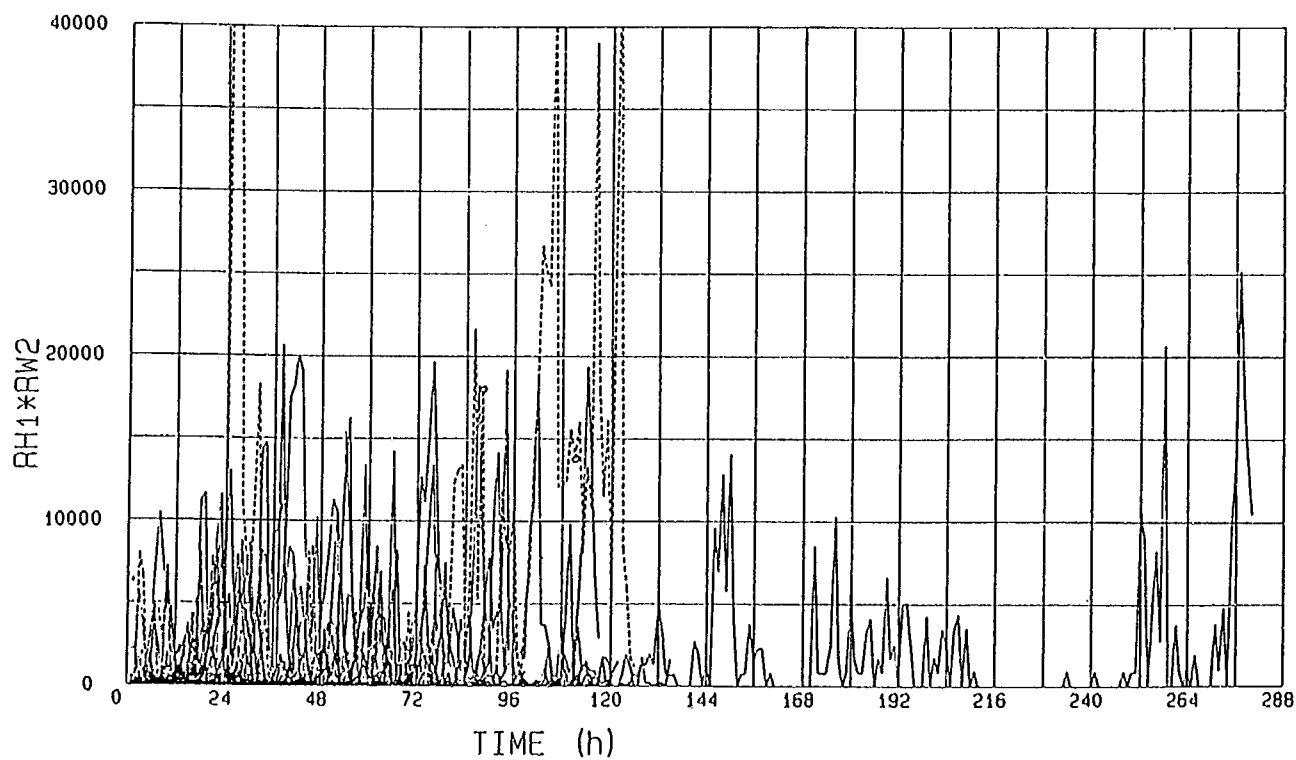


図-2.32 RH1・RW2 (高知) のケース

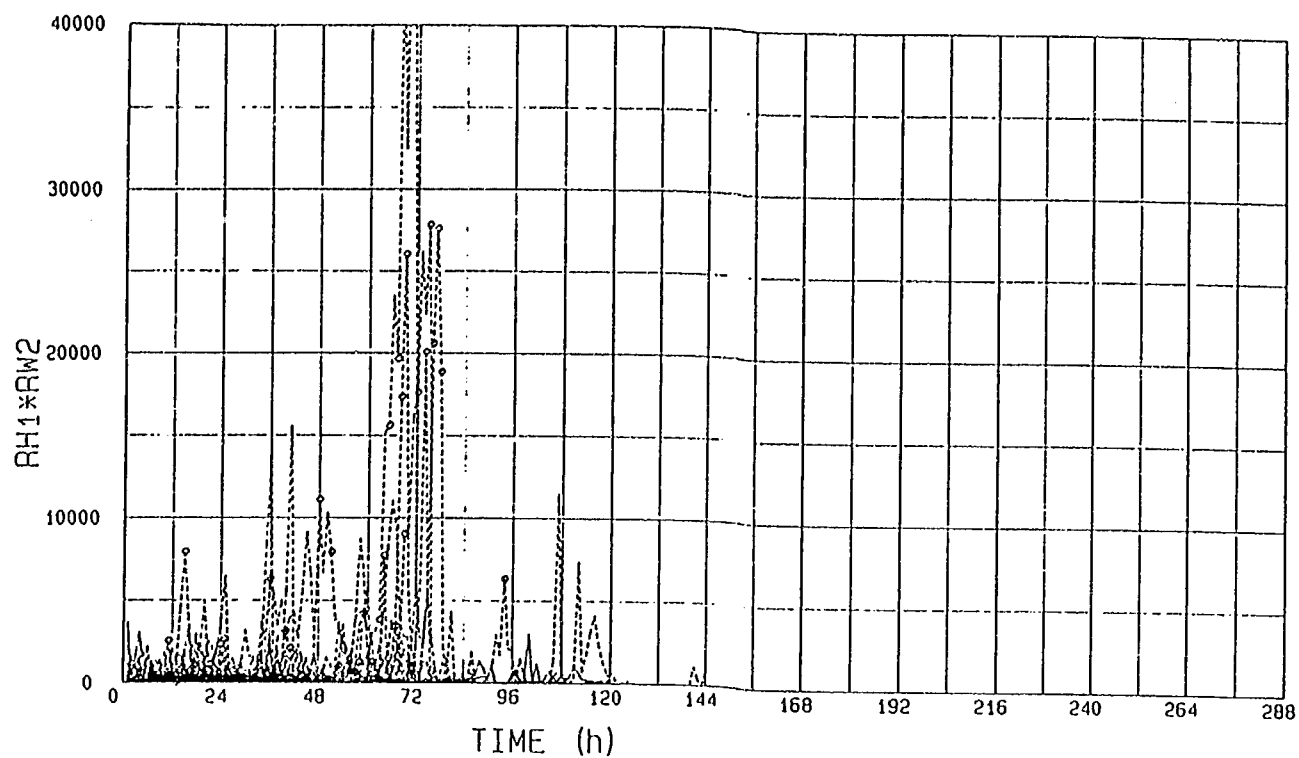


図-2.33 RH1・RW2（島根）のケース

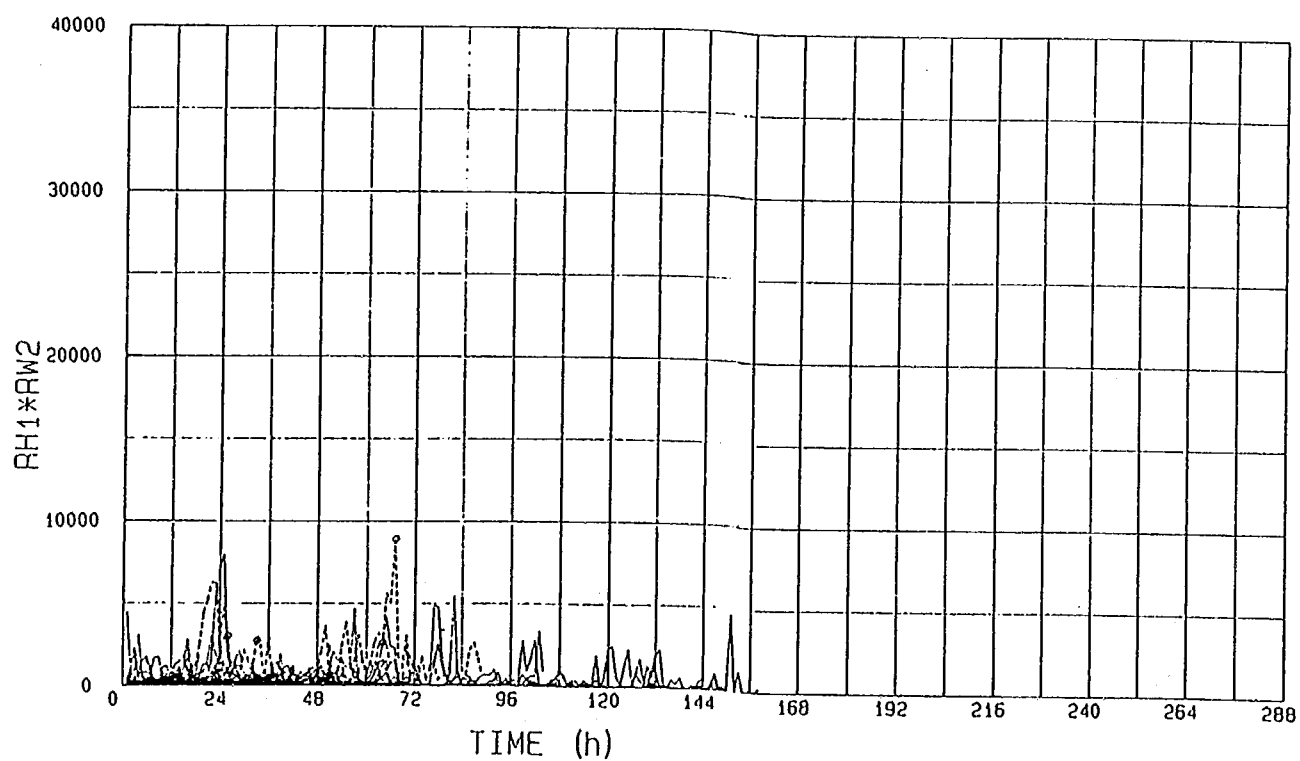


図-2.34 RH1・RW2（滋賀）のケース

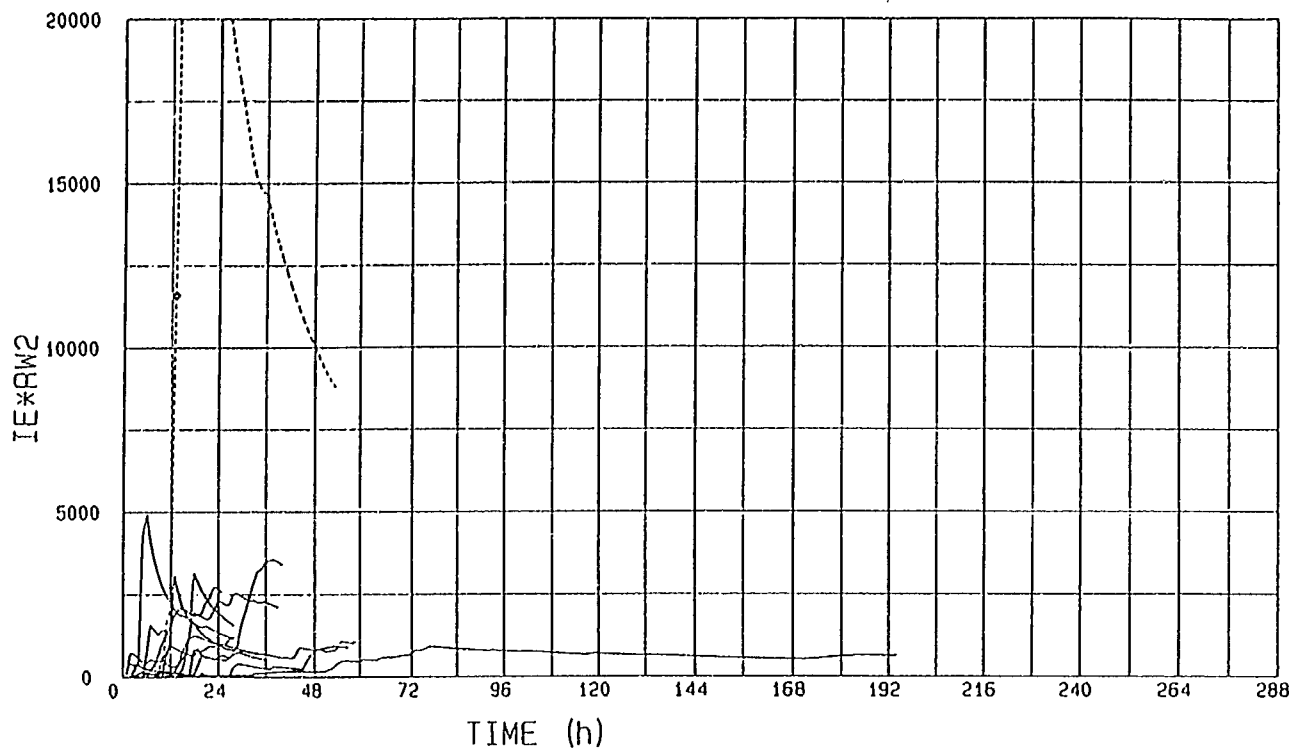


図-2.35 IE・RW2 (長崎) のケース

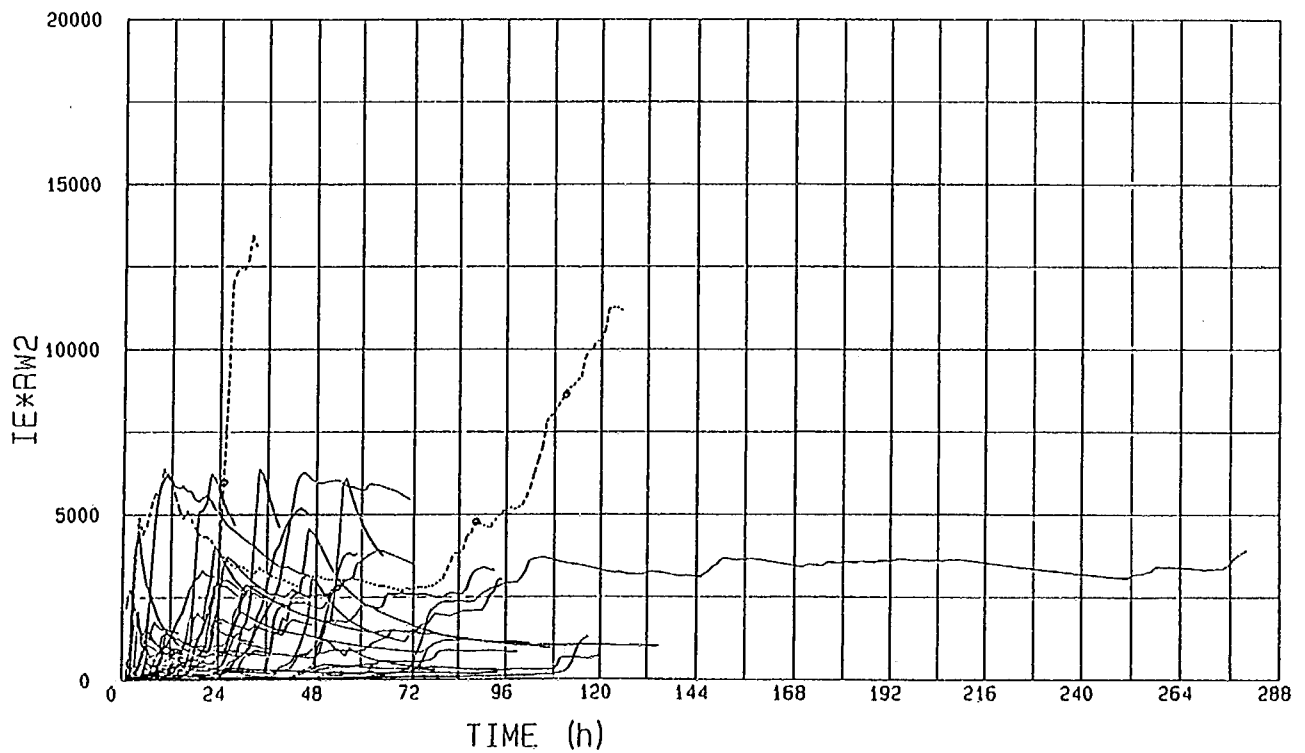


図-2.36 IE・RW2 (高知) のケース

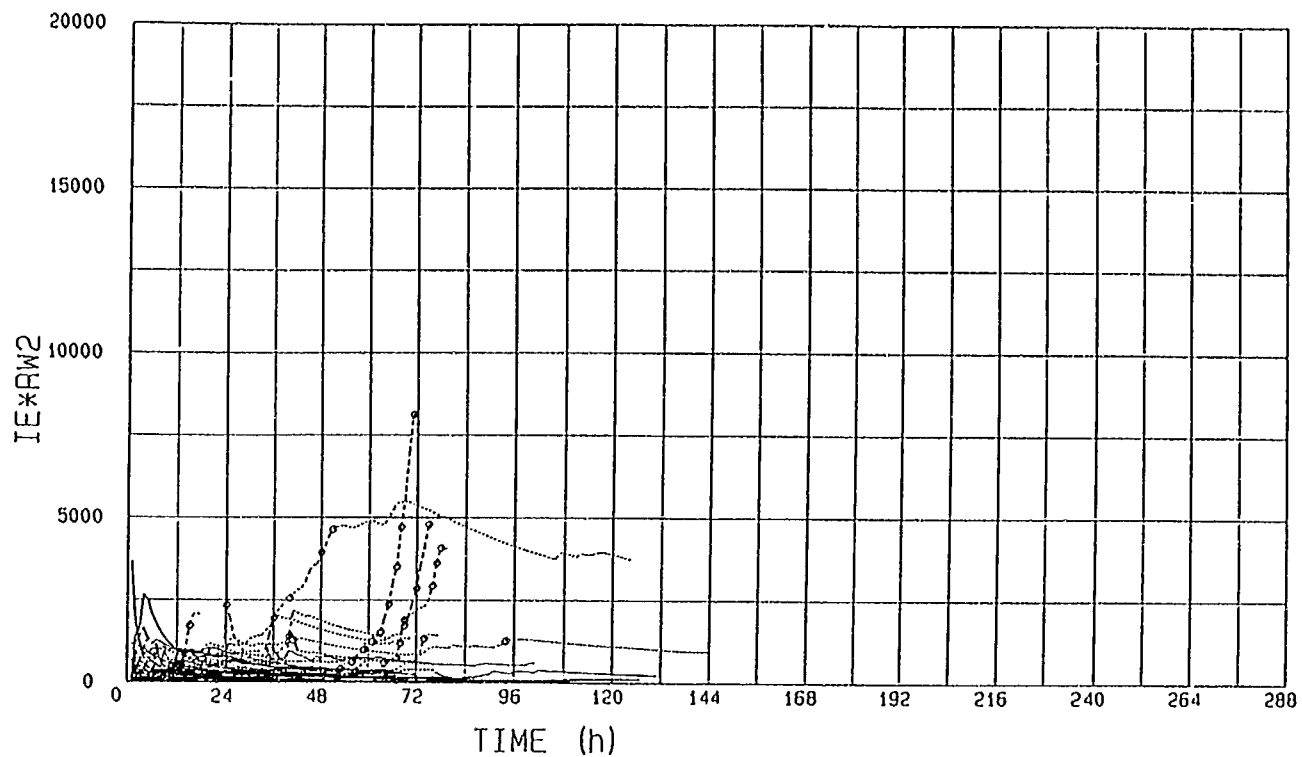


図-2.37 I E · RW2 (島根) のケース

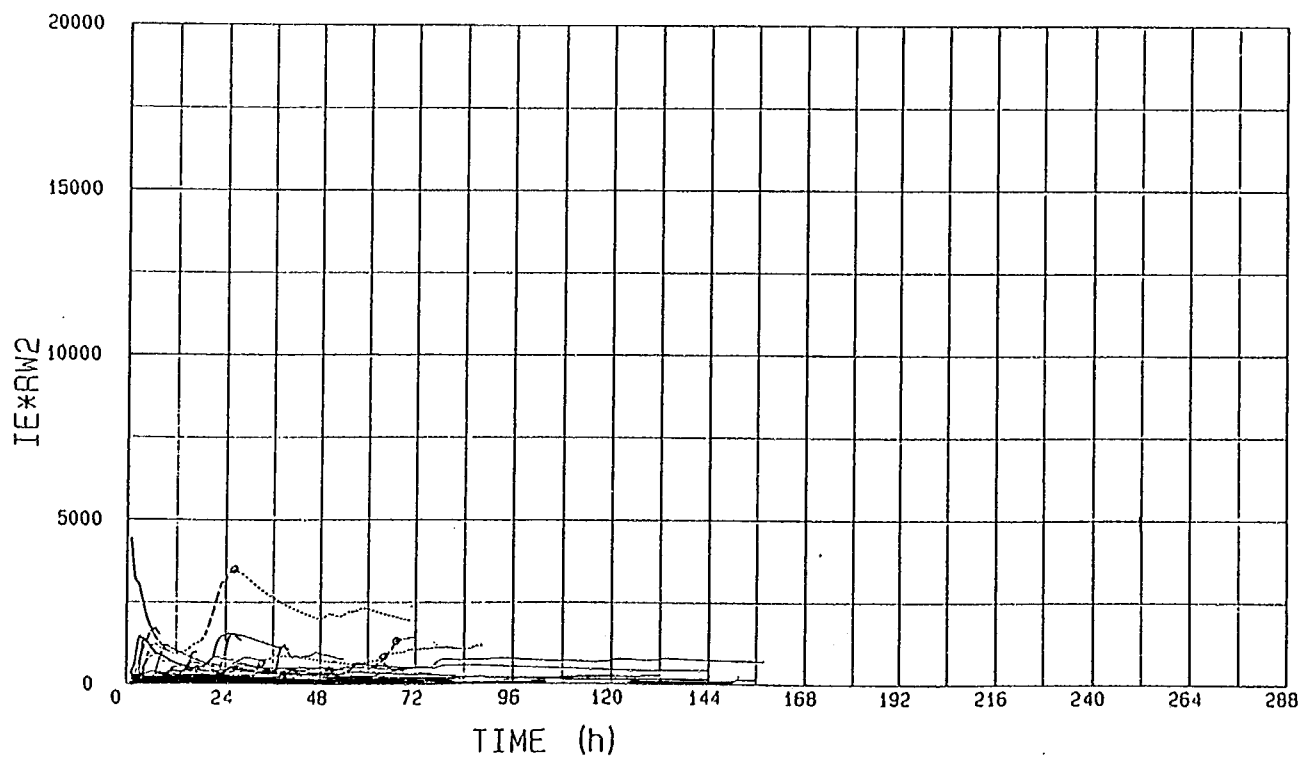


図-2.38 I E · RW2 (滋賀) のケース

2.11 短時間降雨予測を導入した場合の効果

指針(案)の基準雨量は、原則的には現在までの雨量のみを資料として警戒・避難をしなければいけない状況で用いられるよう考えられている。そのため、降雨指標の2次元図上で危険領域と安全領域を区分する境界線(C.L.)を設定し、そのC.L.に1時間後、2時間後に達するであろうと考えられる時点を、C.L.から既往最大1時間雨量、2時間雨量をさかのぼることによって見つけ出している。これは、一番安全側の基準値となるわけであるが、既往最大値と同等な降雨があることは滅多にないため、一般的な場合ではW.L., E.L.に達してからかなり時間がたってからC.L.に達するか、もしくはC.L.に達しないことが多い。言い換えると、かなり不必要な場合に警戒、避難勧告が発令されることとなり空振り率を上げている原因の1つでもある。現在は、運用段階において、W.L., E.L.に達しても降雨状況やその他の情報を参考にして発令するか否かを判断することで、この問題に対応している。しかし、近年の降雨予測技術の進歩により、昭和63年度からは気象庁により短時間の降雨予測が発表され実用化される見通しがある。そこで、短時間降雨予測が行われることを前提とした場合の基準雨量の活用の方法と効果について検討した。

短時間降雨予測が行われる場合、固定的なE.L., W.L.は不必要となり、図-2.39のように、現在までの実効雨量を横軸にとり、そこから今後1時間に降ると予測される雨量を縦軸方向にのばして、それがC.L.を越えるかどうかで1時間後の危険度を判断するわけである。

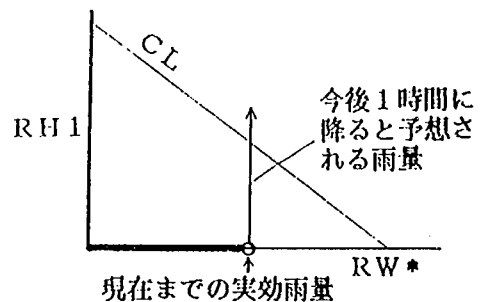


図-2.39 降雨予測の活用法

全国の20地区について、実際の時間雨量の2倍の値に仮定した予測雨量を用いて土石流の発生を判断した場合の空振り降雨数を表-2.5に示した。従来のE.L.,

C.L.を越えた空振り降雨数も表-2.5にあわせて示した。これを見ると、予測雨量を用いた場合の空振り数は、C.L.自体の空振り数の約2倍、E.L.の空振り数の約1/3であり、かなり有効であるといえる。

また、E.L.に達する時間と予測雨量がC.L.を越える時間の差を、図-2.40に示した。これを見ると、従来のE.L.の方が有効であった場合もいくらかみられるが、全体的には予測雨量を用いた場合の空振り時間の減少が著しく、かなり有効であることが見られる。

このように、降雨予測の精度がある程度保証されれば、かなり空振りが減少し、実用に適するものとなる。また、予測雨量を用いる場合には、2.8でも述べたように、C.L.の形状が限定されないため、より現実に適した形に設定することができる。

表-2.5 降雨予測を用いた場合の効果

地区	CL式			空振り(降雨)				空振り率(%)			空振り頻度(回/年)			
				非発生 降雨総数	EL	予測値 CL	CL	EL	予測値 CL	CL	全非発生	EL	予測値 CL	CL
①	$Y=-0.452 \cdot X+139.0$	EL= 60.8	RH1M=111.5	12	12	5	2	100	42	17	1.50	1.50	0.63	0.25
②	$Y=-0.374 \cdot X+208.0$	EL=267.4	RH1M=108.0	40	18	6	3	45	15	8	1.43	0.64	0.21	0.11
③	$Y=-0.386 \cdot X+136.0$	EL=124.4	RH1M= 88.0	9	3	1	0	33	11	0	1.29	0.43	0.14	0.00
④	$Y=-0.456 \cdot X+145.0$	EL=165.8	RH1M= 69.4	35	6	2	0	17	6	0	1.40	0.24	0.08	0.00
⑤	$Y=-0.359 \cdot X+ 82.5$	EL= 29.2	RH1M= 72.0	74	73	7	2	99	9	3	3.70	3.65	0.35	0.10
⑥	$Y=-0.336 \cdot X+105.0$	EL=169.6	RH1M= 48.0	76	6	5	2	8	7	3	4.00	0.32	0.26	0.11
⑦	$Y=-0.287 \cdot X+ 81.0$	EL=-31.4	RH1M= 90.0	152	152	55	29	100	36	19	5.63	5.63	2.04	1.07
⑧	$Y=-0.344 \cdot X+132.2$	EL=140.1	RH1M= 84.0	21	16	10	6	76	48	29	1.00	0.76	0.48	0.29
⑨	$Y=-0.497 \cdot X+184.0$	EL=261.6	RH1M= 54.0	22	3	1	1	14	5	5	2.00	0.27	0.09	0.09
⑩	$Y=-0.312 \cdot X+140.0$	EL=253.2	RH1M= 61.0	63	6	5	3	10	8	5	3.94	0.38	0.31	0.19
⑪	$Y=-0.472 \cdot X+ 67.5$	EL= 47.7	RH1M= 45.0	57	48	23	11	84	40	19	2.11	1.78	0.85	0.41
⑫	$Y=-0.321 \cdot X+153.4$	EL=194.4	RH1M= 91.0	92	14	7	4	15	8	4	5.11	0.78	0.39	0.22
⑬	$Y=-0.351 \cdot X+187.8$	EL=290.0	RH1M= 86.0	163	16	7	3	10	4	2	6.27	0.62	0.27	0.12
⑭	$Y=-0.380 \cdot X+ 56.0$	EL=-15.8	RH1M= 62.0	105	105	57	28	100	54	27	3.62	3.62	1.97	0.97
⑮	$Y=-0.333 \cdot X+ 96.4$	EL= 61.6	RH1M= 75.9	124	109	10	4	88	8	3	4.28	3.76	0.34	0.14
⑯	$Y=-0.561 \cdot X+122.9$	EL= 94.3	RH1M= 70.0	91	55	13	8	60	14	9	6.50	3.93	0.93	0.57
⑰	$Y=-0.428 \cdot X+ 91.6$	EL=100.7	RH1M= 48.5	52	36	20	14	69	38	27	3.47	2.40	1.33	0.93
⑱	$Y=-0.249 \cdot X+ 89.3$	EL=101.6	RH1M= 64.0	81	36	11	3	44	14	4	3.68	1.64	0.50	0.14
⑲	$Y=-0.332 \cdot X+101.0$	EL=147.6	RH1M= 52.0	111	29	21	9	26	19	8	6.94	1.81	1.31	0.56
⑳	$Y=-0.330 \cdot X+118.0$	EL=135.5	RH1M= 73.3	146	46	13	5	32	9	3	9.13	2.88	0.81	0.31
TOTAL・AVE				1526	789	279	137				3.85	1.85	0.66	0.33

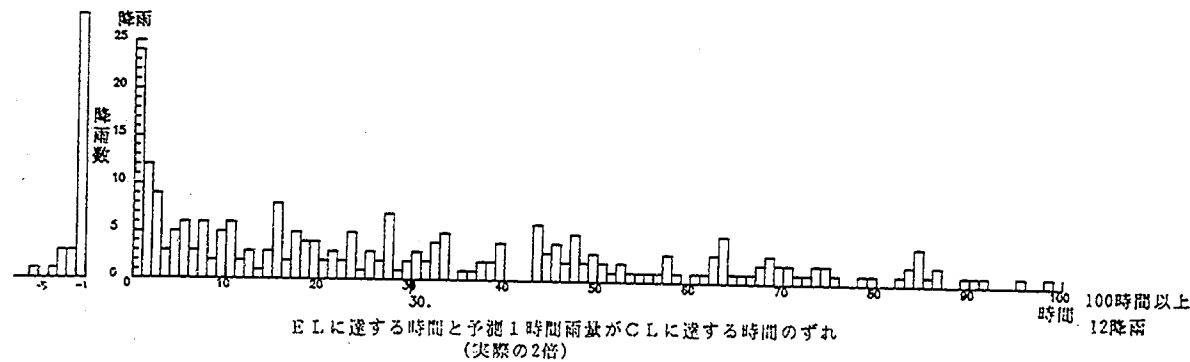


図-2.40 降雨予測を用いた場合の効果

2.12 警戒避難状態の解除に関する検討

警戒避難勧告を住民や防災担当者に発した後、何時どのような状態になったら警戒避難状況を解除するか、という問題がある。

解除は、災害の発生が続いたり、雨が激しく降っている状況の時に行うことはあり得ない。しかし、災害の発生が止み、降雨が止んだり弱く継続的になったりして、今後大雨の恐れがないと判断されれば、警戒避難状態の解除を行うことになる。

ここで、崩壊や地すべりなどの土砂災害は、大雨時に発生のきっかけを与えられても、すぐには土砂移動の臨界条件に達せず、徐々に変形や破壊が進んで、雨が止んで安全になったと思われる頃に発生することがある。このような実態を鑑みると、降雨に限らずどのような指標にもとづいて解除を発令するべきが、実地的な解除の指標の必要が感ぜられる。

警戒避難状況の解除のタイミングは警報の解除と避難勧告（命令）の解除では多少異なることが考えられる。警報の解除は災害発生状態や降雨状態（災害や降雨が止んでからどの位時間が経過したか）、降雨の予測などにもとづいて発令し、避難勧告解除は、これにもとづいて、更にパトロールなどによって現地の河川や溪流の状況（増水がおさまったか）や道路、危険箇所の安全確認を行った後、発令するべきものと考えられる。

以下では、気象台の行う大雨注意報、警報の解除と災害発生の関係を検討し、土砂災害が“最後に”発生してからどの位経ってから大雨注意報、警報の解除が行われたか（若しくは解除の後に災害が発生してしまったか）を検討した。

対象とした災害事例は昭和59年度調査で整理した全国各地（18府県）の昭和57年及び昭和58年に発生した「土石流災害」についてである。なお、島根県と長崎県については「崩壊災害」についても検討した。

上記の各地区毎災害降雨毎に、“最後”の災害発生から大雨注意報、警報の解除までの時間を求め表-2.6に示す。災害例は土石流28降雨、崩壊2降雨である。

結果は次のようにまとめることができる。

(1) 注意報、警報の発令（もちろん解除も）を行う前に発生してしまった災害例がある（和歌山県 57.8.6.の土石流）。また、注意報は発令されたが警報の発令（解除）がなかった災害例も2例ある（和歌山県 57.7.19.および宮崎県 57.7.12.の土石流）。

(2) 土石流に対する警報の解除は、発令のあった25降雨についてみると、解除までの時間は平均9時間47分であった。崩壊については、2地区2降雨の平均は11時間15分であった。

解除までの時間が短いものは次の通りである。

① 静岡県 57.9.12.の土石流（1時間10分）

② 宮崎県 57.8.13.の土石流（0分）

(3) 注意報に対する解除は、土石流の場合、警報から注意報に切替えた後注意報の解除を行っ

た16降雨の平均20時間58分と明らかに警報解除に較べると長い。崩壊は島根の1例だけで、17時間45分であった。

これは、警報から注意報へ切替えるような降雨は、長雨タイプで、強雨があっても、未だ断続的に降雨（強い雨）が続くことを示しているものと推察される。

表－2.6 大雨注意報・警報解除と災害発生の関係

府県名	災害発生期		最後の災害発生から大雨注意報・警報解除までの時間		備 考
			警 報	注 意 報	
福島県	57. 8. 2	土石流	6:45	76:20	台風10号
群馬県	57. 8. 1	"	13:00	(13:00)	"
山梨県	57. 8. 2	"	4:00	(4:00)	"
	58. 8. 16	"	40:30	50:20	台風5号
富山県	57. 6. 27	"	4:20	10:10	梅雨前線
静岡県	57. 9. 12	"	1:10	3:45	台風18号
	57. 8. 1	"	5:35	7:50	台風10号
	57. 8. 3	"	3:50	(3:50)	"
	58. 5. 16	"	5:00	10:30	
長野県	58. 9. 28	"	25:10	(21:10)	台風10号
	57. 8. 2	"	2:40	7:40	台風10号
愛知県	57. 9. 28	"	7:55	(7:55)	台風19号
京都府	58. 9. 28	"	8:15	(8:15)	台風10号
三重県	57. 8. 1	"	6:00	12:00	台風10号
	57. 8. 3	"	7:40	(7:40)	"
大阪府	57. 8. 1	"	4:30	8:00	"
和歌山県	57. 7. 19	"	発令されていない	3:50	梅雨前線
	57. 8. 6	"	—	—	注意報警報発表以前に発生
	57. 7. 25	"	8:00	16:00	梅雨前線
兵庫県	58. 9. 28	"	8:20	(8:20)	台風10号
山口県	58. 7. 23	"	2:15	(2:15)	梅雨前線
徳島県	57. 8. 27	"	8:50	14:50	台風13号
	58. 9. 28	"	16:10	19:00	台風10号
熊本県	57. 7. 12	"	13:25	63:30	梅雨前線
宮崎県	57. 7. 12	"	発令されていない	(2:30)	"
	57. 8. 13	"	0	12:30	台風11号
島根県	58. 7. 23	"	11:00	19:15	梅雨前線
		崩壊	9:30	17:45	"
長崎県	57. 7. 23	土石流	30:00	(30:00)	"
		崩壊	13:00	(13:00)	"
平 均		土石流	N=25 9:47	N=27 16:36 N=16 20:58	上段は全数 下段は()の
			N=2 11:15	N=2 15:23 N=1 17:45	ものを除いた 場合。
		崩壊			

()内は警報解除後に注意報への切替えなし。
解除までの時間は±15分の誤差を有する。

3. 全国基準雨量設定・運用アンケート調査

3.1 調査の概要と回答状況

昭和61年11月～12月に建設省河川局砂防部および土木研究所砂防部は全国の建設省砂防担当工事事務所および都道府県に対して土石流警戒避難基準雨量の設定および運用状況についてアンケート調査を行った。調査概要、回答状況は以下のとおりである。

調査名：土石流警戒避難基準雨量に関するアンケート調査

調査機関：建設省河川局砂防部

建設省土木研究所砂防研究室

調査期間：昭和61年11月21日～12月25日

調査対象：①全国都道府県 47

②建設省の全国の地方建設局および北海道開発庁34事務所

調査内容：調査表を巻末資料－1として付した。調査項目と提出する表、図は次の通りである。

〔1〕土石流警戒避難基準雨量の設定について

〔2〕ブロック区分と代表観測所

ブロック区分と代表観測所一覧表

“ “ 位置図

〔3〕災害事例（ブロックごとに作成）

既往土砂災害一覧表

災害箇所位置図

〔4〕警戒避難基準雨量について（ブロックごとに作成）

基準雨量整理表

「時間雨量－実効雨量（A案）」関係図

「有効雨量強度－実効雨量（B案）」関係図

発生降雨整理表

〔5〕運用状況

運用状況

運用状況(2)運用実績

〔6〕基準雨量に対する意見、疑問点など

回答を得られたものは、都道府県47、建設省地方建設局および北海道開発庁の30事務所であった。なお一部に回答内容が不十分なものがあった。

得られた回答をもとに以下の項目について整理した。

① 基準雨量の設定状況

② ブロック区分

- ③ 代表観測所
- ④ 降雨資料
- ⑤ 基準雨量の設定されている土石流危険渓流数
- ⑥ 既往最大雨量のとり方
- ⑦ C. L. の設定方法
- ⑧ 警戒避難基準雨量 (E. L.) の分布
- ⑨ 避難基準への到達頻度と空振り頻度
- ⑩ C. L. と地域性
- ⑪ 基準雨量の運用状況
- ⑫ 基準雨量の運用方法
- ⑬ 運用実績
- ⑭ 基準雨量に関する意見
- ⑮ 気象庁の注意報及び警報との関係

3.2 調査結果

(1) 基準雨量の設定状況

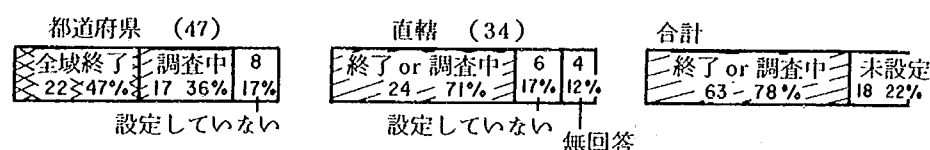


図-3.1 基準雨量の設定状況

(未設定8県, 6事務所)

(2) ブロック区分

○ 県内を数ブロック～10数ブロックに区分する場合が多い。(300～400 km²/1ブロック)

1ブロック1市町村又は1ブロック3～4市町村が多い。

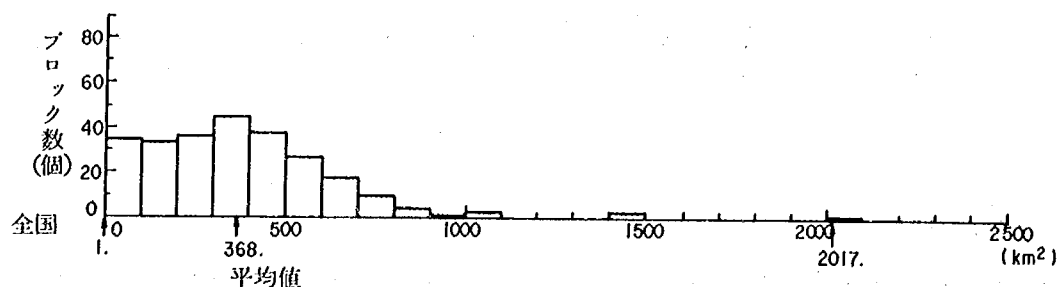


図-3.2 ブロック面積の分布状況

ブロックは必ずしも小さい方が良いという訳でなく、土石流に対して同じような素因（地質、地形等）を持つ地域が適確に反映されていれば良い。

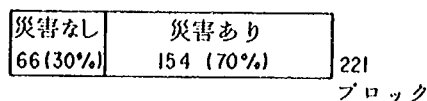
(3) 代表観測所

ほとんどの場合、1ブロック内に1代表観測所となっているができれば1ブロック内のいくつかの観測所のデータを基に基準雨量を定めた方が良い。特に土石流発生データについては、発生地点に最も近い雨量データを採用すべきである。

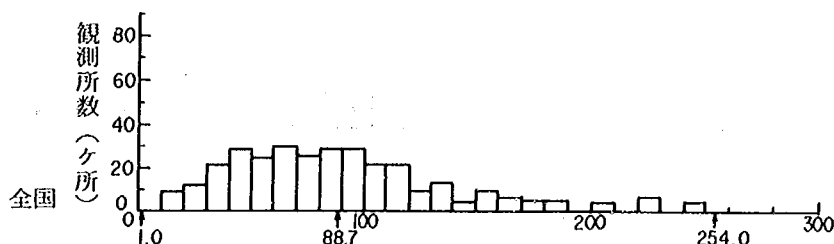
(4) 降雨資料

- 観測所の観測年は平均20年であるが、10年以下のものも若干存在する。
- 土石流発生降雨のあるところは、全体の70%それ以外は非発生降雨のみである。
- 非発生降雨数は平均90降雨であるが、50降雨以下のものも2割以上ある。

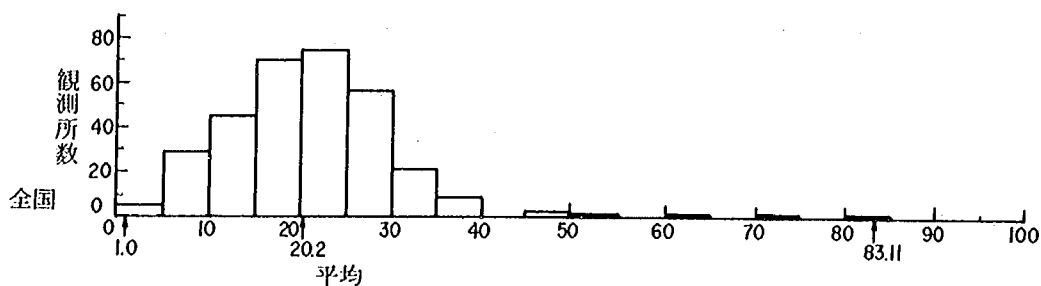
基準雨量を設定するには、50降雨程度は必要であり、降雨資料の少ない観測所については、基準雨量の精度に問題がある。他の類似地域のデータ等と比較し妥当性の検討が必要である。



図－3.3 災害データの有無



図－3.4 一観測所当りの非発生降雨数(降雨)



図－3.5 代表観測所観測年数(年)

(5) 土石流危険溪流

- 全国70,434の危険溪流のうち約半分の33,766溪流について基準雨量が設定されている。1ブロック当り平均116溪流となっている。

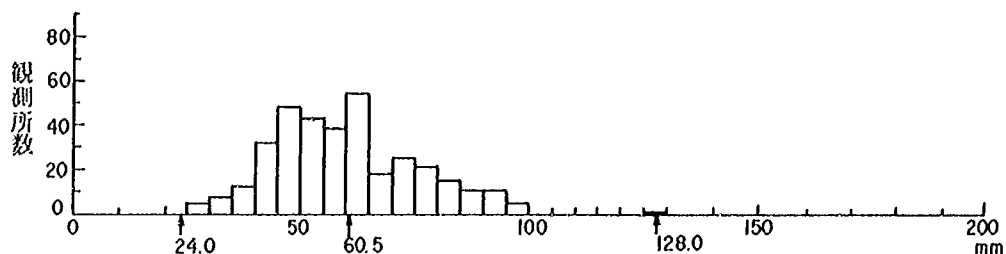
(6) 既往最大雨量

○ 県のうち 2/3 は既往最大，他は 10 年，50 年等の確率雨量

直轄では 5/6 が既往最大，1/6（2 事務所）が 10 年確率を使用している。

○ RH_{1M} は全国平均約 60 mm/hr

○ 地方別では，九州及び島根県，三重県で高い値となっている。



図－ 3. 6 既往最大 1 時間雨量

短時間降雨予測が実用化されない限り，今後の 1 時間雨量は既往最大 1 時間雨量を使用せざるを得ない。雷雨性の特異な降雨を除くことができるが，確率雨量を安易に使用するのはいさしくない。

(7) C. L. の設定

○ 全体の 3 割のブロックが土石流の発生のない状態で設定している。

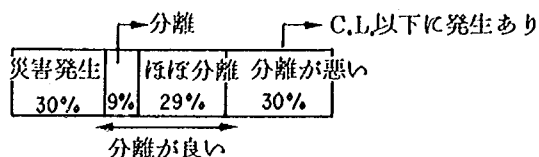
○ C. L. 設定の根拠は，発生のない場合，非発生降雨の上限で設定しており，発生のある場合，3/4 が発生の下限値，1/4 が非発生の上限値で設定している。

○ 発生と非発生の分離については全体の 30% が，C. L. の下に発生例が残っている分離の悪い例である。

災害なし 66 (30%)	災害あり 154 (70%)
------------------	-------------------

221
ブロック

図－ 3. 7 災害データの有無



図－ 3. 8 発生と非発生の分離

C.L. 設定の根拠		○…発生（土石流） ×…非発生	
発生あり	非発生上限より上	3	発生下限 79
	非発生上限より下	76	
	発生下限より下 非発生上限より上	2	非発生（集団） 上限以上 26
	非発生上限	7	
	非発生集団上限	17	
	非発生中に引く （安全側）	3	C.L.より下 に不明の 発生あり 38
	発生集団下限	22	
	非発生上限	4	
	非発生上限	12	
発生なし	非発生上限より上	1	その他（1 位と 2 位の間 3 位等） 9
	非発生上限	21	
	非発生集団上限	32	
	その他（1 位と 2 位の間 3 位等）	9	崩壊例を用いている 8
その他	崩壊例を用いている	8	
	他地区の C.L. を流用	4	
合計		221	

図－ 3. 9 C. L. 設定の根拠

- A案のC. L.の傾きが-1.0以下のものが1割程度あり、不適当である。(図-3.11参照)
- C. L.の下に発生例が残る場合は、発生例の規模が非常に小さい等の理由が必要である。
- A案の場合C. L.の傾きが-1.0以下になると警戒、避難の判断をする際に、1時間の雨量強度が評価されないことになり、不適切である。このような場合には、C. L.の傾きを再検討するか、実効雨量のみで判断する等他の雨量指標での検討が必要である。

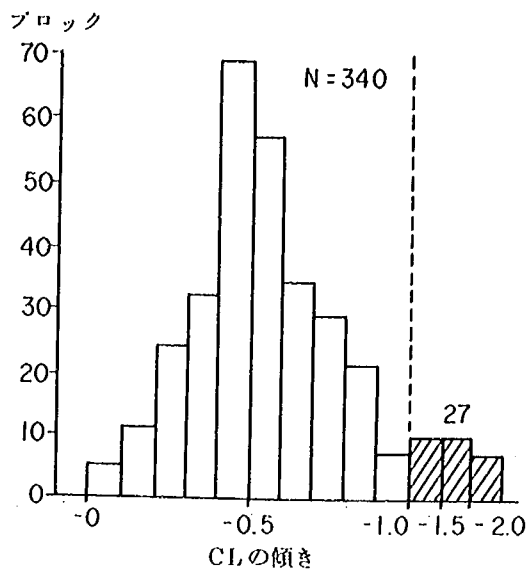


図-3.10 C. L.の傾きの頻度

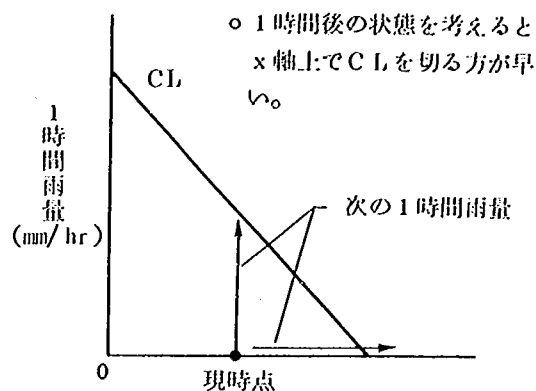


図-3.11 実効雨量 (mm)

(8) 避難基準雨量 (EL)

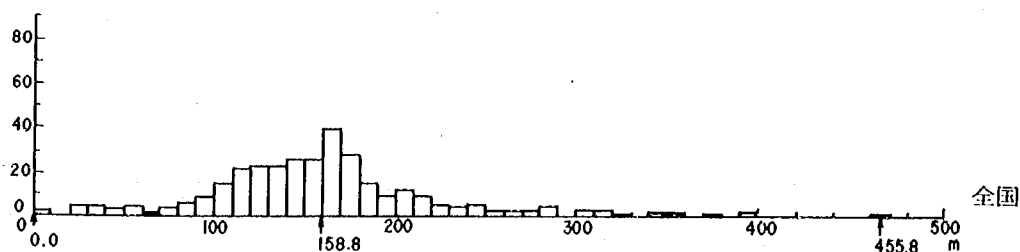


図-3.12 E. L.の基準値

- 全国平均値は約160mmで、100mm～200mmに全体の2/3が含まれている。
- 基準値は九州で高く、過半数が200mm以上となっている。東北、北陸で小さい値となっている。

(9) E. L. の発生頻度と空振り頻度

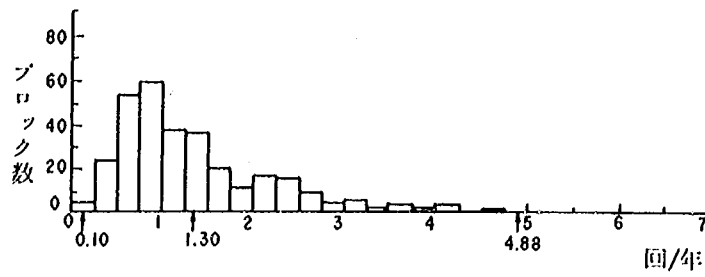


図-3.13 E. L. の発生頻度

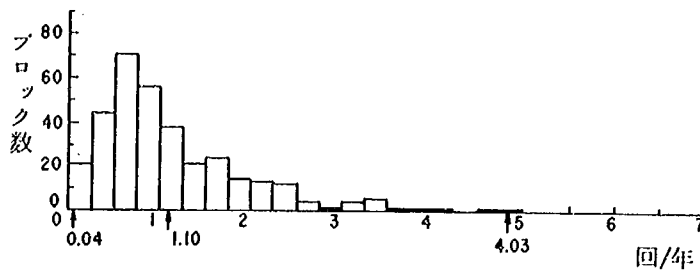


図-3.14 E L の空振り頻度

◦ 避難基準の発生頻度は 0.9 回/年を最頻値として平均 1.3 回/年で、8 割が 2 回/年以内となっている。

◦ 空振り頻度は平均 1.1 回/年となっている。

(10) C. L. と地域性

◦ 特に地域性は認められない。

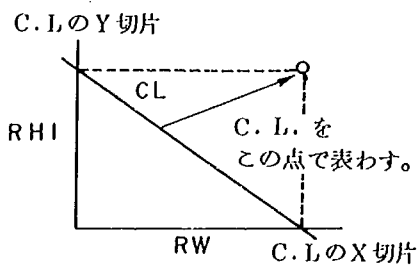


図-3.15 C. L. の表現法

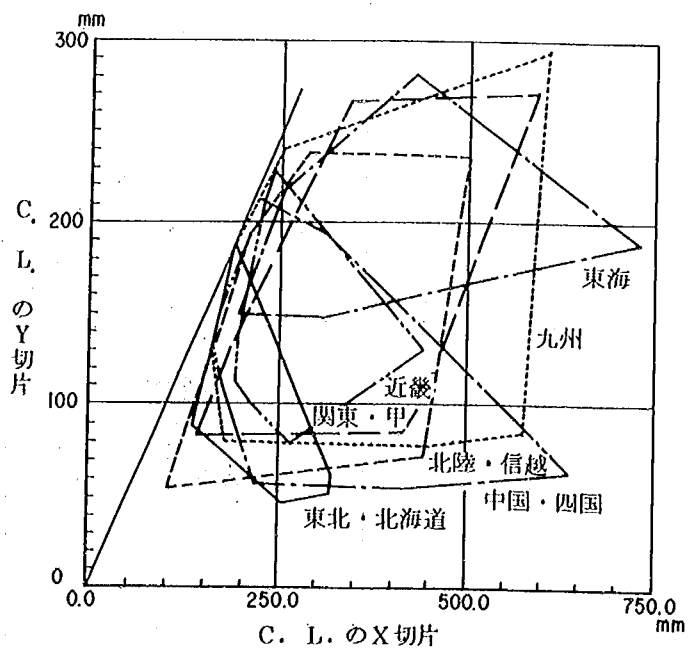


図-3.16 C. L. の地方別の分布範囲

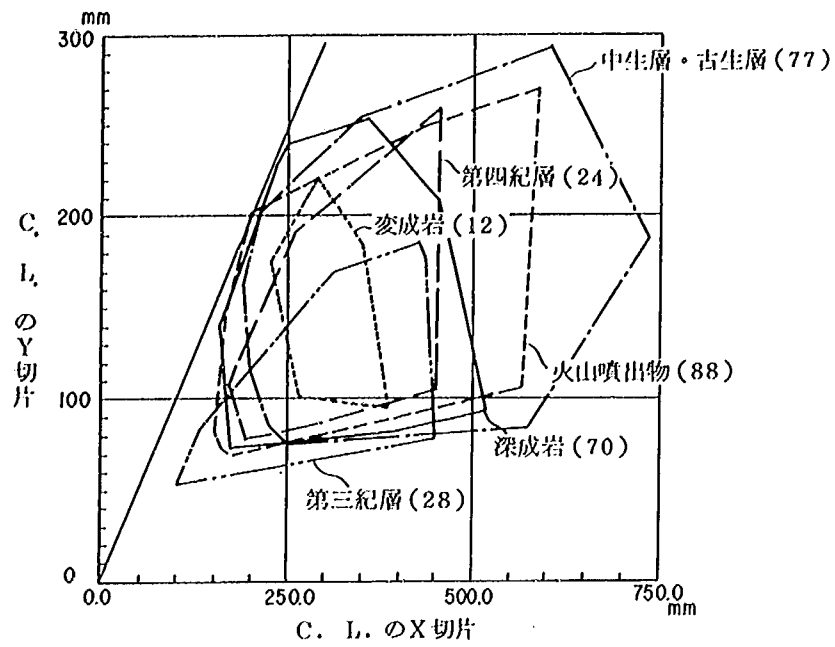


図-3.17 C. L. の地質別の分布範囲

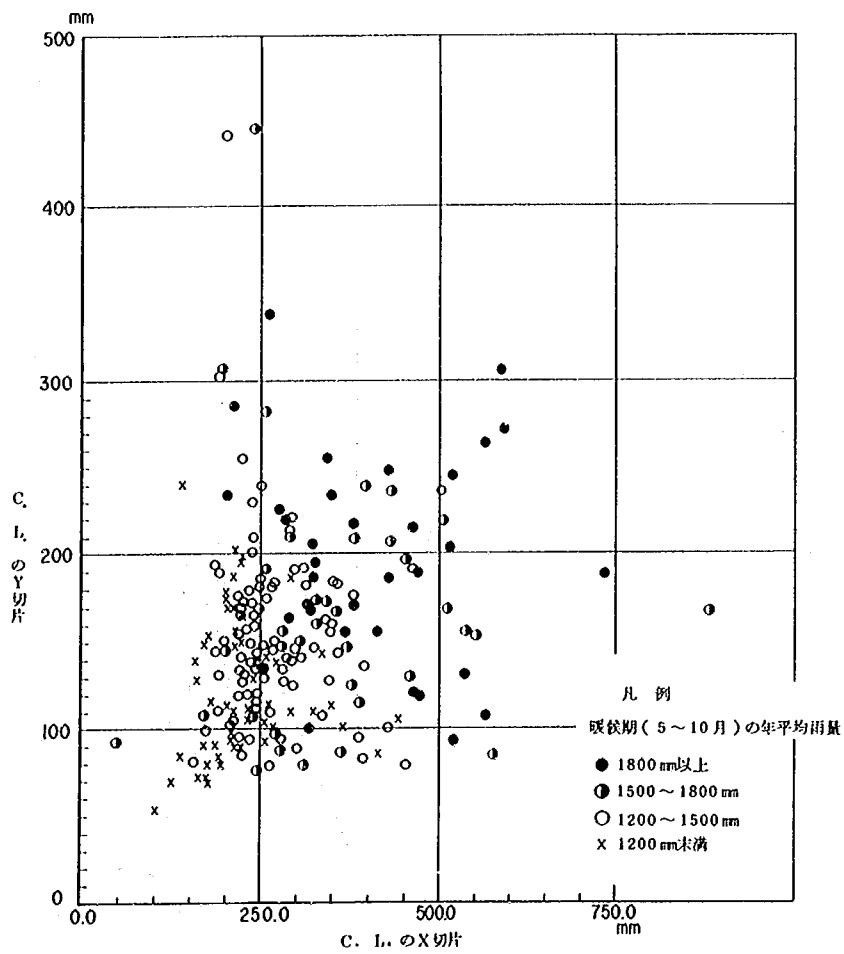


図-3.18 降雨量とC. L. の関係

○地域別にみると、九州、東海、関東のC.I.は原点から離れた位置にも分布している。北海道、東北の分布は原点に近いところにあるが、サンプル数が少ないため一概には言えない。

○地質別の分布には明確な傾向は読み取れない。

○暖候期の年平均雨量とC.I.の関係をみると、平常の降雨が大きい程C.I.が原点から離れる傾向にあることが読み取れる。

(ii) 基準雨量の運用の有無

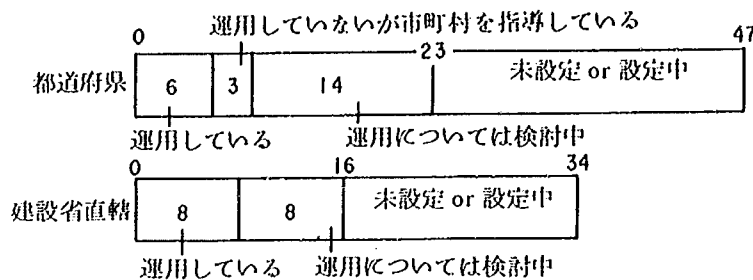


図-3.19 基準雨量の運用状況

運用している県、事務所

設定した基準雨量を現在運用しているところは、滋賀県、和歌山県、島根県、香川県、長崎県、大分県の6県と、日光砂防、松本砂防、多治見、沼津、六甲砂防、倉吉、大隅の7工事事務所、石狩川開発建設部である。このうち、日光砂防、松本砂防、多治見、六甲砂防、大隅、石狩川開発建設部は、総合土石流対策モデル地区に指定されている（富士砂防はモデル地区となっているが、まだ運用に至っていない）。運用状況については、次項に示す。

市町村を指導しているが、まだ運用されていない

宮城県、広島県、愛媛県の3県。

広島県では、市町村に対する指導として、次のようなことを行っている。

「基準雨量に関する利用の手引書」を作成し、印刷して市町村に配布している。

A方式、B方式用の整理表用紙、記入図（スネーク曲線作成用）を作成し、市町村に配布している。

今後の雨量予測を加味した基準雨量の運用について検討している。

設定はしたが運用については検討中である県、事務所

14府県と、8工事事務所。

「運用については検討中である」ことの理由は明記されていないが、次のようなことが考えられる。

- 運用に向けて準備している途中である。
- 設定した基準雨量を，総合土石流対策推進連絡会などで協議中である。
- 基準雨量を設定したが，運用に適さないような値なので見直し中である。
- 基準値が低すぎ，発令回数が多くなりすぎる。
- 有効雨量強度（B案）や実効雨量は計算が難しいので，単純な方法で検討しなおす。
- 土石流発生予警報装置や雨量計の整備ができていない。

(12) 基準雨量の運用方法

表－3.1 基準雨量の運用方法

		県	直轄	計
運用方法	自動警報	2	2	4
	役所に集中	3	6	9
	不明	1		1
	合計	6	8	14
警示 戒へ 避の 難活 指用	そのまま発令している	2	1	3
	気象状況等で判断	2	5	7
	消防等に連絡のみ		1	1
	不明	2	1	3
	合計	6	8	14

(13) 運用実績

W. L. を越えるのは，年 1～4 回程度，E. L. を越えるのは年 1 回弱から 2 回程度のところが多い。土石流が発生したのは，運用後に島根県と桜島のみである。

島根県では，のべ 5 件すべてが E. L. を越えてから発生している。しかし桜島は，発生が 2 年半でのべ 184 件と多く，W. L. に達しない降雨でも土石流がしばしば発生している。

(14) 基準雨量に関する問題点

① C.L., E.L., W.L. の設定について

ブロック区分

ブロック区分の手法，大きさの目安等が確立されていないので，とまどうところがある。また，降雨や土石流事例の資料が少ないため，ブロックが広くなり，同一ブロックでも降雨，地形，地質等に差が出てしまう。

(コメント)

できるだけ多くの雨量観測所のデータを整理し，C. L. を設定する。次いで，地形，地質と C. L. を考慮し，ブロック区分を行うのが基本である。観測所のない地域では，隣接地域の C. L. 値等を参考にして，仮に設定し，今後のデータ収集に努める。

C.L. の設定

土石流発生事例がない、または少ない場合が多く見られ、C.L. の設定が適確にできず、精度にも疑問が生ずる。

E.L., W.L. の設定

既往最大1時間雨量(RH1M)、2時間雨量(RH2M)が大きいため基準雨量が低くなりすぎる場合がある。このような場合、確率雨量を用いてもよいのかどうか。

また、RH1M、RH2M の地区間の差が大きく、隣接地域と基準値が整合しない場合がある。

RH2M-RH1M が小さく、発生1時間前に避難、2時間前に警戒という主旨に合わない場合がある。

予想発令、空振り頻度

C.L. を安全側にすると、空振り頻度が高くなり、住民が信頼しなくなる。

その他

基準雨量の設定に、砂防施設の効果の評価、融雪出水の評価をどのように行うか、また、警戒避難体制の解除基準について、検討する必要がある。また隣接ブロックとの整合をどのように考えたらよいのか。

B案について、2山以上の降雨での変曲点A、Bの定め方が不明確である。

現実的に考えて、長雨では長時間危険領域にあるわけであるが、そのような長時間、警戒避難体制に対応できるのかという指摘もあった。長雨では、経験上発生するはずがないような降雨でも基準雨量に達する場合があるので、長雨に関わる問題を検討しなくてはならない。

(コメント)

土石流発生事例がない場合、C.L.は非発生集団の上限に設定される。他の類似地域と比較して、説明が付かない場合は、修正を行う。

安易に確率雨量を用いるのは適当でなく、突出した既往最大雨量について、特殊事例として取り除いて扱えるかの検討を行うべきである。

既往最大値の地域較差については、隣接地域と比較して説明できるか検討を行い、必要ならば、隣接地の既往最大値を採用する。

早い機会に短時間降雨予測の導入を図る。

(コメント)

○避難基準が気象庁の大雨警報の基準に比べ、著しく低い場合には、理由を考慮したうえで、隣接類似地域の基準値を使用することも考える。

○現段階では、砂防施設の効果の程度を決めるには詳細な検討が必要であり、詳細な検討を行わない溪流については、施設評価を0として取り扱う。

○融雪出水については、地域特性に応じた詳細な調査を行う。

○解除は、原則として降雨が24時間以上中断した時点とするが、気象情報及び周辺の状況を参考に解除の判断を行う。

○B案の前提は1山の降雨であり、これ以上の場合はB案は基準雨量に適さない。

○長雨対応としては、①連続雨量の定義変更、②C.L.形状の変更、③残留雨量の導入についての検討が考えられる。

②運用について

市町村対応

県、事務所等と市町村の関係が明確でなく、対応にとまどっているところが見られる。

ハード面では、市町村での観測所の整備、河川情報センターの端末導入等に予算的に早急に対応できないという声もある。

運用システム

指標値の算出に計算を必要とするので、一般への周知が困難で、また判断を装置等に依存しなければならない。また、システム（時間雨量観測→指標値計算）としては、①観測と計算を連動して行う予警報装置（集中型、ローカル型）、②観測と計算を別々に行う（観測としてはテレメータ雨量計、自記または簡易雨量計などとNTT回線、計算としてはパソコン、手計算など）が考えられるが、それぞれ予算面、即応性、安全性などで得失があるので、それを整理する必要があるだろう。

警戒・避難体制の実行

被害区域の設定が難しい。また避難場所等の検討も必要である。

避難命令の発令にあたって、基準雨量の他に降雨状況やその他の情報をあわせて判断する場合、発令のタイミングが難しい。

その他

指摘の多かったものは、土石流の基準雨量と崖崩れ、地すべりの基準雨量の整合、言い換えると、土石流・崖崩れ・地すべりを含めた土砂害全般を対象にした基準雨量の必要性

○各県協議会で検討する。

○強化手法検討会で検討済

○基準雨量は当面、警戒避難を行うための有力な情報の一つとして取り扱う。

（強化手法検討会）

○今後の課題

である。同時に、建設省でも、河川、道路、都市と、また農林水産省との総合的な取組みの必要性もあげられている。

⑤ 気象庁の注意報及び警報との関係

○気象庁の注意報、警報は、土石流災害発生より、相当早い時点で発令されている場合が多く、その発令頻度も高い。土石流に対する警戒・避難の体制をとる場合、気象庁の注意報、気象庁の警報、基準雨量の避難基準という順に発令され、これらの情報に応じて、行動を行うことが望しいと考えられる。そこで、昭和57年、58年に起きた土石流及び崩壊の発生時刻と、注意報、警報の発令された時間差の分布を図-3.20に示した。注意報、警報の発令前に、土石流の発生した例はほとんどない。また、今回アンケートの結果、E.L.の基準値と、注意報、警報の関係は表-3.2に示すとおりである。

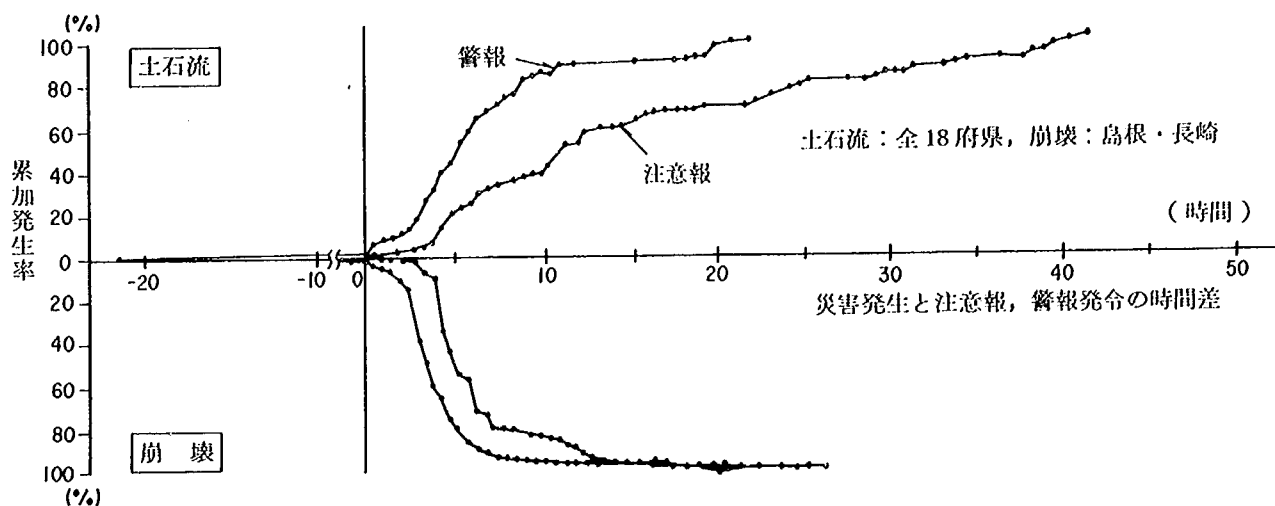


図-3.20 大雨注意報、警報の発令と災害発生の時間差

表-3.2 気象庁の注意報・警報との関係

土石流 基準雨量	気象庁 基準値	大雨注意報 より小さい	大雨注意報 と警報の間	大雨警報 より大きい	計
E.L.		59(17%)	181(52%)	107(31%)	347

4. まとめと今後の課題

4.1 ま と め

4.1.1 警戒避難基準雨量の設定手法

「土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案)」(昭和59年6月, 建設省河川局砂防部砂防課)において示されている基準雨量設定手法である「A案」と「B案」について以下の目標を持って調査・研究を実施した。

- (A) 空振り率を下げて適合率を上げる基準雨量設定手法の追求
- (B) 雨量強度が小さく, 24時間以上の降雨中断を持たない長雨に対しても適確に土石流の発生, 非発生が分離できる手法の追求
- (C) 避難の解除を安全かつできるだけ早い時期に行なえる手法の追求
- (D) A案, B案の選択基準の明確化
- (E) A案, B案を用いた場合の基準雨量設定上および運用上の留意点

調査・研究の結果は以下のとおりである。

(1) 連続雨量の定義を変えた場合の効果

(B)の項目である長雨の場合に土石流が発生しない降雨をC. L.に達させないようにうまく分離し適合率を上げることを主目的として, 一連続雨量の降雨中断時間の定義を現在指針(案)で用いられている24時間よりも短い12, 6, 3時間で行ってその場合のC. L.の適合率, W. L., E. L.の空振り率を調査した結果, A案, B案とも適合率がやや落ち, 空振り率がやや上昇した。従って降雨中断時間を短かくして一連続雨量を求める方法は, (A), (B)の項目に対して改善とらないと考えられる。

(2) 残留雨量の半減期を変えた場合の効果

(A)および(B)の項目を目的として, 半減期を1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 196, 216, 240時間として残留雨量を降雨指標とした場合の適合率を調査した結果, 一般的には半減期を長くした程適合率が上昇することがわかった。また半減期24時間以上では適合率に大差がないことから, 現在の指針(案)の前期実効雨量の半減期の定義である24時間は実用上妥当であると考えられる。

(3) 1時間雨量と48, 24, 12時間雨量を組み合わせた場合の効果

(B)の項目の土石流の発生しない長雨をうまく分離することを目的として, A案の「t時間雨量－実効雨量」法の実効雨量の代わりに, 一般的にはより短期間の降雨となる48, 24, 12時間雨量を用いて, 適合率, 空振り率を調査した。この結果長時間の雨量をとる程適合率, 空振り率が良くなるが, いづれの場合も現在のA案によるほうが適合率, 空振り率とも良いことが判明した。

(4) 1, 2, 3時間雨量と実効雨量を組み合わせた場合の効果

(A)の項目の適合率の改善を目的として, A案, B案の「短時間雨量強度－実効雨量」法の短時

間雨量強度の代わりに、2, 3時間雨量を用いて、適合率、空振り率を調査した。この結果1時間雨量を用いた場合が適合率、空振り率ともに最も良く、現在のA案の短時間雨量として1時間雨量をとる方法が妥当であると判断される。

(5) B案(「有効雨量強度－実効雨量」法)を用いる際の留意点

指針(案)に示されているA案、B案の基準値の設定法を比較するとともに、特にその設定方法および運用において注意を要すると考えられるB案について留意点を検討した。一般にB案はA案に比較して空振り率が低いという長所があるが、有効雨量強度の定義およびE. L., W. L.の設定に関してあいまいさや誤差が生じ易いという欠点があり運用に当っては十分な注意が必要である。全般的にはB案よりもA案の方が優れていると考えられる。

(6) C. L.形状を変化させた場合の効果

(A), (B)の項目、特に(B)の長雨に対処する方法として、C. L.の形状を変えて、実効雨量が大きくても短時間雨量強度が小さい領域についてはC. L.を越えないように設定できないかの検討を行った。この結果、過去の土石流発生雨量のデータより、実効雨量が大きい場合には、20mm/hrあるいは10mm/hrといった小さな短時間雨量でも土石流がかなりの数発生しており、この領域を除く形でC. L.を設定することは一般に好ましくないと考えられる。

(7) 時間雨量と残留雨量を組み合わせた場合の効果

(A), (B), (C)の項目を目的として、指針(案)のA案、B案で用いられている短時間雨量強度の代わりに1, 3, 5時間雨量を、また実効雨量の代わりに半減期を12, 24, 48, 72時間としたときの残留雨量強度を用いて、おのこの適合率、空振り率を調査した。この結果「1時間雨量－半減期 72時間の残留雨量」の組み合わせの場合の適合率が最も良く、空振り率では「5時間雨量－半減期 72時間の残留雨量」の組み合わせが最も優れていることが判明したが、全般的には指針(案)のA案、B案と比較して適合率がやや高くなり、E. L., W. L.の空振り率ではやや大きくなった。実用上は適合率、空振り率ともほとんど差がないと考えられるので、場合によっては、指針(案)のA案、B案に代って、「時間雨量－残留雨量」法を用いることも良いと考えられる。

(8) 雨量強度×積算雨量を用いた場合の効果

(A), (B), (C)の項目を目的として、指針(案)で用いられているA案、B案とは異なったよりよい基準雨量設定手法として、雨量強度(1時間雨量あるいは有効雨量強度×積算雨量(実効雨量))を降雨指標値として用いた場合の適合率と空振り率を求めた。この結果、平均適合率は「1時間雨量×実効雨量」で約90%、「有効雨量強度×実効雨量」で約80%と比較的良かったが、指針(案)のA案の約97%には及ばなかった。しかしながら指針(案)のB案の平均適合率約90%と比較すると特に「1時間雨量×実効雨量」法はほぼ同じ位で、場合によってはこの手法を用いることができる可能性があると考えられる。

(9) 短時間降雨予測を導入した場合の効果

(A), (C)の項目を目的として、指針(案)のA案において原則的にE. L.およびW. L.を設定する

際には既往最大の1時間雨量および2時間雨量を用いることとしているが、これらの代わりに1時間後の短時間降雨予測が実際の時間雨量の2倍の範囲内で可能と仮定してE Lを設定した場合の空振り数を調査した。この結果、既往最大1時間雨量を用いた場合と比較して、E Lでの空振り数は約1/3に減少した。従って、短時間降雨予測の精度がある程度保証されれば、空振り数の減少には十分に有効であると考えられる。

⑩ 警戒避難状態の解除に関する検討

(四)の項目を目的として、気象台の行う大雨注意報、警報の解除時刻と土砂災害の最後の発生時刻の差を調査した。この結果一部には土石流の発生時にも警報の発令(解除)がなかった場合もあったが、平均的には土石流の最後の発生後から約10時間で警報の解除がなされていた。また短いものではほぼ同時(時間差0分)という例もあった。このことより、気象台の大雨警報の解除が警戒避難状態の解除の一つの目安となることが明らかとなった。

4.1.2 全国基準雨量設定・運用アンケート調査

土石流警戒・避難基準雨量の設定および運用に関して、全国の地方建設局および北海道開発庁の砂防担当事務所および都道府県に対して昭和61年11月～12月に実施したアンケート調査の結果を以下にまとめる。なお回答を得られたものは47都道府県と30事務所の計77である。

(1) 基準雨量の設定状況：終了及び調査中－78%

未 設 定 －22%

(2) ブロック区分：1都道府県当り数－10数ブロックに区分されている場合が多い。

1ブロック当り300～400km²が多い。

(3) 代表観測所：大多数は1ブロック内に1代表観測所をとっている。

(4) 降雨資料：観測年は平均20年、降雨資料数は平均90降雨である。

(5) 基準雨量が設定されている土石流危険渓流数：全国70,343渓流のうち、約半分の33,766渓流で設定されている。

(6) 既往最大雨量：全体の約2/3は既往最大雨量を、他は10年、50年確率雨量を用いている。採用しているRH_{1M}は全国平均で約60mm/hrである。

(7) C. L.の設定：全ブロックの3割が土石流発生降雨資料なしで設定している。A案で設定しているものでC. L.の傾きが－1.0以下のものが1割程度あり、不適當である。

(8) 避難基準雨量：全国平均で約160mm、100mm～200mmに全体の2/3が含まれる。

基準値は九州で高く過半数が200mm以上となっている。

(9) 避難基準の発生頻度と空振り頻度：避難基準の発生頻度は0.9回/年を最頻値として平均1.3回/年であり、8割が2回/年以内となっている。空振り頻度は平均1.1回/年である。

(10) C. L.と地域性：特に地域性は認められなかった。

- (1) 基準雨量の運用状況：
- | | |
|-------------------------|------|
| 運用中…………… | 17 % |
| 運用していないが市町村を指導している…………… | 4 % |
| 運用については検討中…………… | 27 % |
| 未設定が設定中…………… | 52 % |

(2) 基準雨量の運用方法：警報：避難指示への運用方法は次のとおりである。

- | | |
|-------------------|------|
| そのまま発令している…………… | 22 % |
| 気象状況等で判断している…………… | 50 % |
| 消防等に連絡している…………… | 7 % |
| 不 明…………… | 21 % |

(3) 運用実績：W.Lを越えるのは年1～4回程度，E.Lを越えるのは年1回弱から2回程度のところが多い。土石流が発生したのは島根県と桜島のみである。

(4) 気象台の注意報及び警報との関係：

土石流の発生と気象台による注意報・警報の発令との時間的ずれをアンケート調査結果を基に調べた結果，気象台の注意報，警報の発令前に土石流が発生した例はほとんどなかった。また設定された土石流基準雨量のE.L.値と気象台の注意報，警報の発令基準値を比較した結果，E.L.値が大雨注意報よりも小さいものが17%，大雨注意報と警報の間にあるものが52%，大雨警報よりも大きいものが31%であった。

4.2.3 総 括

- 土石流警戒避難基準雨量の設定方式としては現在の指針(案)のA案「一時間雨量強度－実効雨量」法が最も適合率が良く，空振り率も他の方法に比較して少なく，適切な方法である。
- 指針(案)のA案において，ある程度確かな短時間降雨予測が可能となれば，警戒・避難発令の空振り率を大幅に減少させることが可能である。

4.2 今後の課題

(1) 短時間降雨予測結果の利用法の検討

本研究の結果から，短時間降雨予測を用いることにより警戒・避難発令の空振り率を減少させることが可能であることが明らかとなった。昭和63年度からは気象庁が短時間降雨予測業務を開始する予定であるが，その発表内容の詳細については現状では不明であるので具体的な検討が本研究ではできなかった。今後は，気象庁の発表する短時間降雨予測の発表内容，精度を検討して，土石流警戒避難基準雨量の設定，運用に有効に利用する手法を検討する必要がある。

(2) 警戒避難体制の解除の方法の検討

警戒・避難体制に入るための基準雨量の設定手法はこれまでに積極的に行なわれてきたが，解除方法については十分に検討がなされてきていない。今後は解除の方法(基準)についても検討を行う必要がある。この際，短時間降雨予測の利用，(小型)レーダ雨量計の利用についても検

討する必要がある。

(3) 総合土砂災害対策としての警戒・避難基準雨量の検討

本研究では土石流災害についてのみ警戒避難基準雨量の設定手法を検討したが、一般には同一地域内に土石流危険渓流のみならず、急傾斜地崩壊危険区域、地すべり危険区域等が混在する例が多く、これらの土砂災害に対する警戒・避難基準雨量との整合性を検討する必要がある。

資料集

資料－１ 土石流警戒避難基準雨量に関するアンケート調査表

土石流警戒避難基準雨量調査要領

都道府県 _____ 課 _____

〔担当者所属： _____〕

〔担当者氏名： _____〕

〔１〕 土石流警戒避難基準雨量の設定について

基準雨量を設定していますか。設定していれば、以下の〔２〕～〔６〕について解答願います。

また、設定していない場合には〔６〕の意見、質問等について御記入願います。

〔２〕 ブロック区分と代表観測所

基準雨量を設定するときに対象地域をブロック区分した場合、そのブロックの名称、代表観測所などを表－１.１に記入し、ブロック区分および代表観測所位置図を付す（付図－１とする）。

溪流単位で設定した場合も同様にまとめる。

〔３〕 災害事例

使用した災害事例の発生年月日、災害形態、規模、被害状況、解析に適用した雨量観測所などを、ブロック毎に表－１.２の形でまとめる。また、災害箇所位置図を付す（付図－２とする）。

〔４〕 警戒避難基準雨量について次の①～③をブロック毎に行う。

① 設定して基準雨量を表－１.３にまとめる。

② 発生、非発生降雨およびCL, EL, WLを「雨量強度－時間雨量関係図」に示したものを、次の２ケースについて付す（付図－３とする）。

i) 「土石流災害に関する警戒の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案)」(以下「指針」という)のp 3の図－２。

ii) 「指針(案)」のp 別－１の別図－１

③ 「指針(案)」の様式－１，p 別－１２の様式－２の「発生降雨整理表」を付す。

〔５〕 運用状況

設定した基準雨量をどのように活用しているか、表－１.４，表－１.５に記入する。

〔６〕 基準雨量に対する意見、疑問点など

土石流警戒避難基準雨量の設定および運用などについての意見、疑問点等あれば以下に記す。

表- 1.1 ブロック区分と代表観測所一覧表

番号	ブロック名 (代表面積)	代 表 市 町 村	代 表 観 測 所 名

表－1.2 既往土砂災害一覧表（個表）

ブロック№：

ブロック名：

建設事務所名：

建設事務所 / 市町村名：

/ 災害形態・土石流・崖崩れ・地すべり

災害番号	災害発生 降 雨 期	気象台	災害日 害生時	発生場所 地先名 溪流名	災 害 の 状 況		被 害 状 況										備 考	引 用 資 料
					災 害	災害規模	人		家 屋			公共土木 施設（道 路・河川）	農 地 農業施設	林 道	そ の 他			
					形 態	（流出土砂量）	死	傷	全	半	損					その他		

死：死者・行方不明者，傷：負傷者，全：全壊，半：半壊，損：一部破損

表- 1.3 基準雨量整理表（ブロックまたは溪流毎に作成する）

①ブロック（または溪流）名：No _____

②対象市町村：

③代表観測所：_____（管轄：_____）

観測期間：_____年～_____年（_____年間）

既往最大1時間雨量：_____mm

既往最大2時間雨量：_____mm

確率雨量（算出していない場合は省略しても可）

確率年 雨量	100 年 mm	50 年 mm	20 年 mm	10 年 mm
1 時間 雨 量				
2 時間 雨 量				
日 雨 量				

④地形・地質の特徴（例：断層が多い，マサ土である，その他…）

⑤既往土砂害：（昭和_____年～_____年の間に）

土石流_____件（_____降雨）

崖崩れ_____件（_____降雨）

地すべり_____件（_____降雨）

特に顕著な災害：

⑥土石流危険溪流数：_____溪流

⑦基準雨量設定に用いた計画雨量と降雨数

計画1時間雨量（ R_{H1M} ）：_____mm（根拠：_____）

計画2時間雨量（ R_{H2M} ）：_____mm（根拠：_____）

発生降雨数：_____

非発生降雨数：_____

非発生降雨の抽出基準：

(1)時間雨量20mm以上または連続雨量80mm以上（Yes / No）

→ No の場合その基準：（_____）

(2)全年について抽出（Yes / No）

→ No の場合，抽出期間：（_____）

⑧ 次の 2 つの場合での基準雨量の値

(1) A 方式

(2) B 方式

	(1) X 軸： Y 軸： R ₁₁₁	(2) X 軸： Y 軸：
C. L. 式	$Y = X +$	$Y = X +$
E. L. 式	$X =$ mm	
避難指示頻度	回/年	回/年
" 空振り頻度	回/年	回/年
W. L. 式	$X =$ mm	
警報発令頻度	回/年	回/年
" 空振り頻度	回/年	回/年

表－ 1.4 運 用 状 況

①調査した基準雨量を設定し、運用しているか。

1. 設定し、市町村を指導して運用している（一部ででも）
2. 設定し、市町村を指導しているが、まだ運用されていない。
3. 設定し、直営で試験的に運用している。
4. 設定はしたが、運用については検討中である。
5. まだ設定していない。
6. その他

②運用している場合、運用状況を表－ 5 に記入する。

③運用している場合、警戒の発令、避難の指示等にどのように利用しているか。

例：そのまま発令している、気象警報とあわせて判断している etc.

④運用上の問題点

資料－2 昭和57年、58年の土砂災害の特性

2.1 対象とした災害資料

本解析に使用した災害資料は、都道府県の砂防担当課より収集した「災害報告」、「被害状況調査」、「雨量状況調査」等の資料である。

解析の対象とする災害形態、発生時期及び発生地域は次のとおりである。

(1) 災害形態

①土石流、②がけ崩れ、③地すべりの3区分によっている。

(2) 発生時期

昭和57年度及び58年度に発生した災害を対象とする。

(3) 対象地域及び災害件数

表－2.1に示すとおりである。

土石流は18府県225件、崖崩れは15府県838件、地すべりは9県、34件である。

特に昭和57年度は長崎災害（7月23日）による土石流49件、崖崩れ555件、58年は島根災害（7月23日）による土石流65件、崖崩れ114件が大規模であり、この2災害だけで今回の解析対象災害事例のうち土石流は50.7%、崖崩れは79.8%と大多数を占めている。

2.2 資料整理

原資料より“流域状況”、“土砂礫等の流出状況”、“被害状況”、及び“降雨状況”等を抽出し、これをまとめた。

対象災害の時間雨量資料を整理し、降雨強度や累加雨量等の降雨指標を計算し整理した。

更に、対象災害について当時の気象台の大雨、洪水注意報・警報の発令時期等の資料を収集し、個々の災害の発生時刻との差異を計算し整理した。この場合、注意報・警報は発令・更新・切替・解除等が何度も繰り返されることがあるため、災害発生気象に対して最初に発令された注意報・警報と最終的に発令された注意報・警報の2種に対して時間差を求めた。ただし、ここで対象とした災害形態は土石流及び島根県（58年7月23日）及び長崎県（57年7月23～24日）*の崖崩れ災害についてである。

2.3 土砂害の発生状況と降雨等の要因との関係の検討

対象とした土砂害の発生件数と月日を府県毎に表－2.1にまとめた。

I. ① 一連の降雨による土石流、崖崩れの発生分布

長崎災、島根災について地区毎にX軸に時間を取り、Y軸を時間雨量と土石流、崖壊の

* 7月11～21日の崖崩れ災害は対象外とした。

発生頻度として、図－2.2～2.4に示した。図中、折線が時間雨量、棒グラフがその地区の全土石流件数（または崩壊）に対するその30分間の土石流（または崩壊）の割合である。長崎の地区割りとは図－2.1に示した。

一般に、崩壊の方が土石流より小降雨でも発生し、従って土石流よりも早く発生しはじめ遅くまで発生が続く。その中でも降雨強度の大きい時に発生頻度が高い。それに比べ、土石流は強雨時に時間的に集中して発生している。

② 土砂災害規模と降雨量の関係

災害規模データと連続雨量データの両方がそろっているものについて、その両者の関係を検討した。地区を島根県、長崎県、島根県＋長崎県、全国18府県の4ケースにとって、それぞれのケースで資料数が1/3ずつになるように災害規模を3ランク（大規模、中規模、小規模）に分けた。発生までの連続雨量と発生頻度の関係を、規模を区分して、図－2.5～2.12に示した。

全体にあまり傾向はみられないが、土石流の堆積土砂量の規模でみると、長崎では降雨初期の土石流頻度の一番高い連続雨量150～200mmのところと、300～350mmのところで大規模な土石流が目立ち、島根では土石流のピーク直後の400～450mmのところで大規模のものが半分以上を占める。氾濫面積の規模でみると、島根県では土石流ピークの350mmまでは大規模なものはほとんどなく、ピークの350～450mmでは半分占める。しかし、全国を合計した場合、また崩壊の場合などは、ほぼ傾向はみられない。

II 注意報・警報の発令と土砂災害発生との関係

土石流、崩壊事例について、気象台の大雨注意報・警報の発令から災害発生までの時間を調べ、発生件数の累積％を、図－2.13～2.16に示した。注意報・警報は解除、再発令されることがあるので、最初の発令時刻を基準としたものを、図－2.13と2.16に示し、他は発生直前の発令時刻を基準とした。

長崎災と島根災では、長崎の方が発令と発生との時間差が短く、警報発令後数時間内に、90％以上の土石流・崩壊が発生している。最初のもものと直前のもものは、長崎、島根ではあまり違わないが、全県でみると（図－2.16）、倍以上異なる。一般には長雨等もあり、解除の問題の重要性がうかがえる。

また、全県の災害発生直前の場合をみると、注意報発令と土石流発生との時間差は、警報との時間差の倍程度である。土石流発生50％のところをみると、警報の時間差は約5時間、注意報は約11時間、100％では、それぞれ22時間、42時間である。

表- 2.1 昭和57・58年災害資料の数量

府 県 名	土 石 流 (18府県)				崖 崩 れ (15府県)				地 す べ り (9県)				備 考
	57年	58年	合 計	観測所名	57年	58年	合 計	観測所名	57年	58年	合 計	観測所名	
1.福島県	1(8/7)	-	1	1	1(7/21) 1(8/2) 15(9/12~13)	1(2/18)	18		1(4/17)		1		
2.群馬県	1(8/7)	-	1	1	-	-	-						
3.山梨県	7(8/2)	2(8/16)	9	4	4(8/1~2)	2(8/16~17)	6			1(9/29)	1		
4.長野県	5(8/2)	9(9/28)	14	10	-	1(5/16) 3(9/28)	4		1(8/2)	9(9/28~29)	5		
5.富山県	2(6/27)	-	2	1	1(6/27)	1(7/27) 1(9/28)	3						
6.静岡県	6(8/1~3) 15(9/12)	1(5/16)	22	12	-	-	-		6(6/1)		6		
7.愛知県	-	1(9/28)	1	1	6(8/2~3) 2(9/12)		8	1	2(8/3)		2		
8.三重県	18(8/1)	-	18	3	15(8/1~3)	-	15						
9.京都府	-	6(9/28)	6	2	5(8/2~3)	-	5						
10.大阪府	4(8/1)	-	4	1	-	-	-						
11.兵庫県	-	7(9/28)	7	2	-	2(9/28)	2						
12.和歌山県	1(7/19) 1(8/16) 1(9/25)	-	3	3	1(3/5), 3(8/3) 3(9/12), 1(7/20) 2(7/25), 1(8/9)	1(4/11), 2(6/21) 1(7/5), 1(9/28)	16						
13.島根県	-	65(7/23)	65	11	-	114(7/23) 但し1例時刻不明	114						
14.山口県	-	8(7/23)	8	2	1(7/13) 1(7/24)	8(7/21~23) 1(9/28)	11			1(7/23)	1		
15.徳島県	1(8/27)	5(9/28)	6	2	1(6/10) 1(7/25)	2(9/28)	4			5(9/28)	5		
16.長崎県	49(7/23)	-	49	3	25(7/11~21) 530(7/23~24)	-	555						
17.熊本県	5(7/12)	-	5	1	26(7/11~13)	28(7/24~25)	54		9(7/12~13, 7/24~25, 9/29)	1(5/4)	10		
18.宮崎県	1(7/12) 3(8/13)	-	4	4	1(1/4), 1(5/31) 3(7/24~25), 8(8/13) 5(9/26~27)	1(3/18) 2(4/27) 2(9/27~28)	23						
19.秋田県									1(8/30)	2(5/26)	3		
合 計	121	104	225	64	664	174	838		20	14	34		

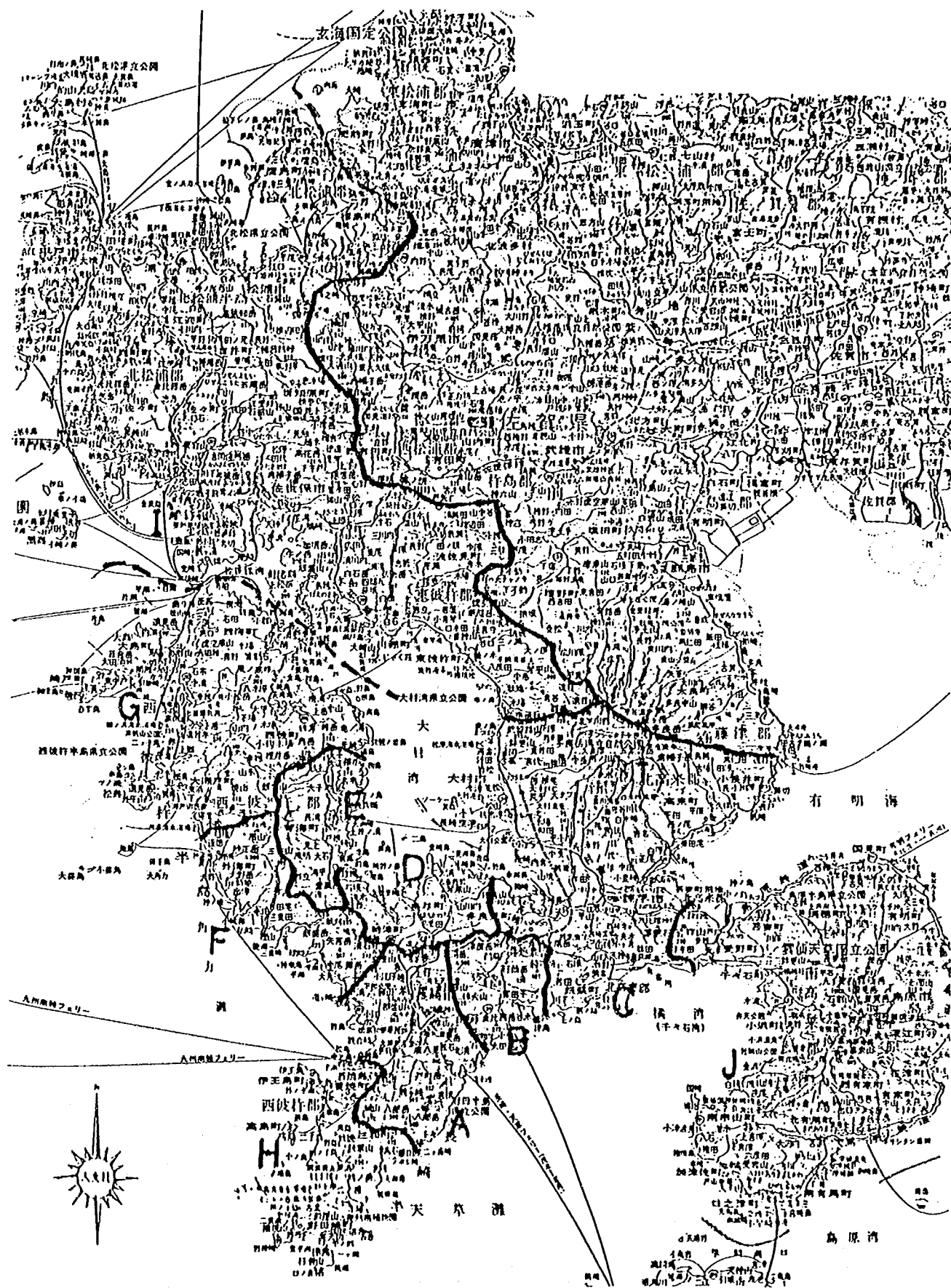


図- 2.1 長崎県 57年災害ブロック細分図

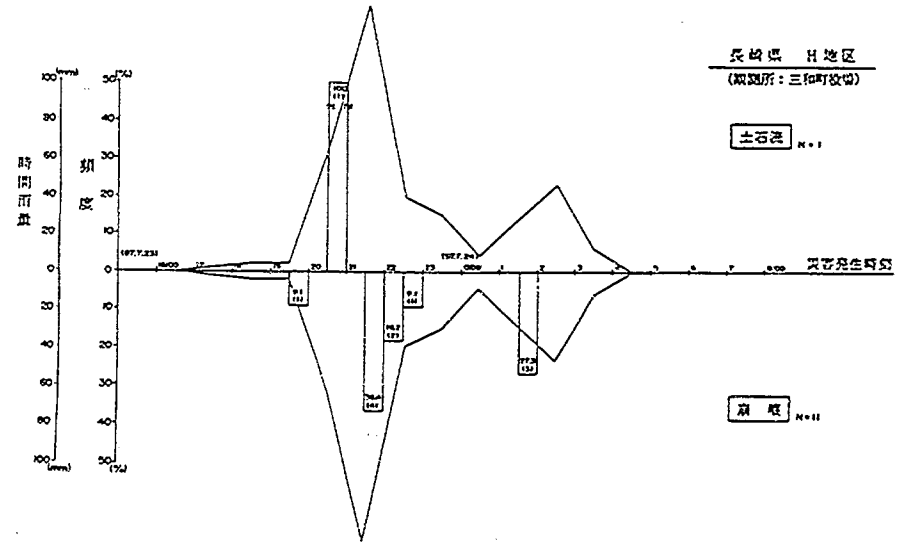
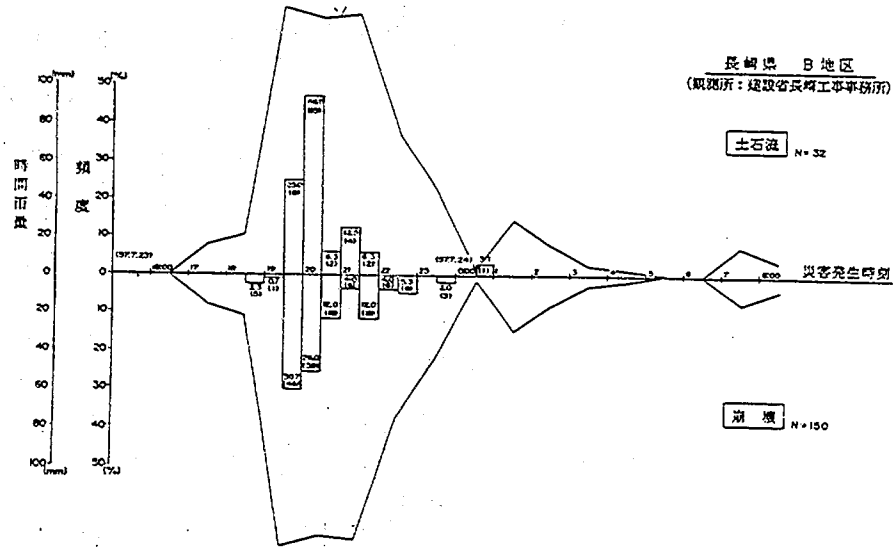
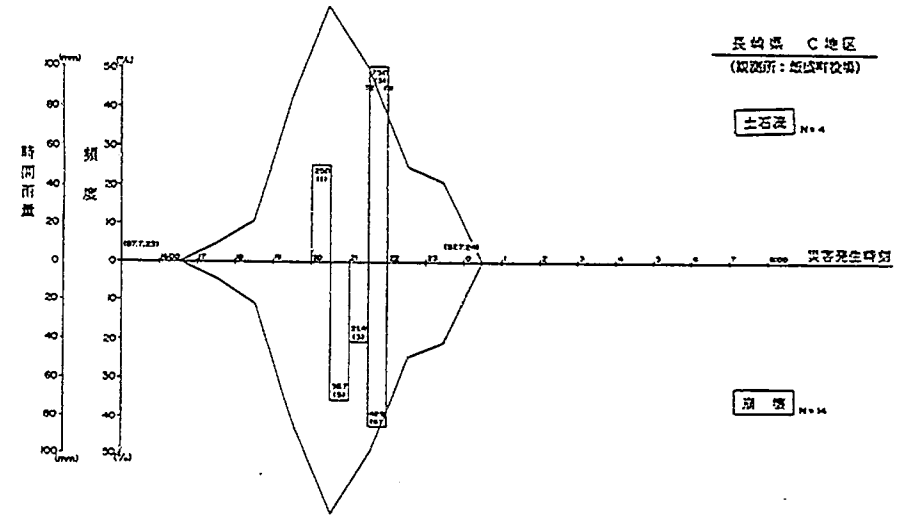
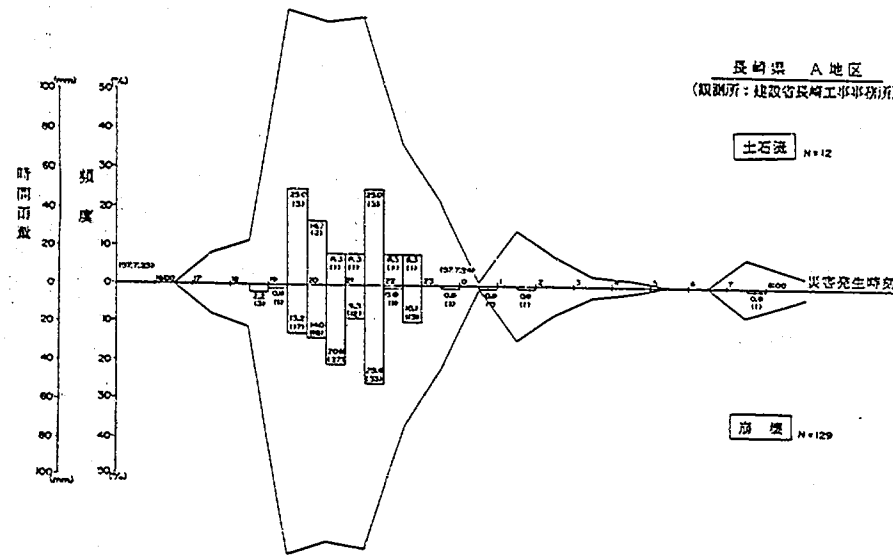


図-2.2 長崎災での雨量と土砂害発生状況

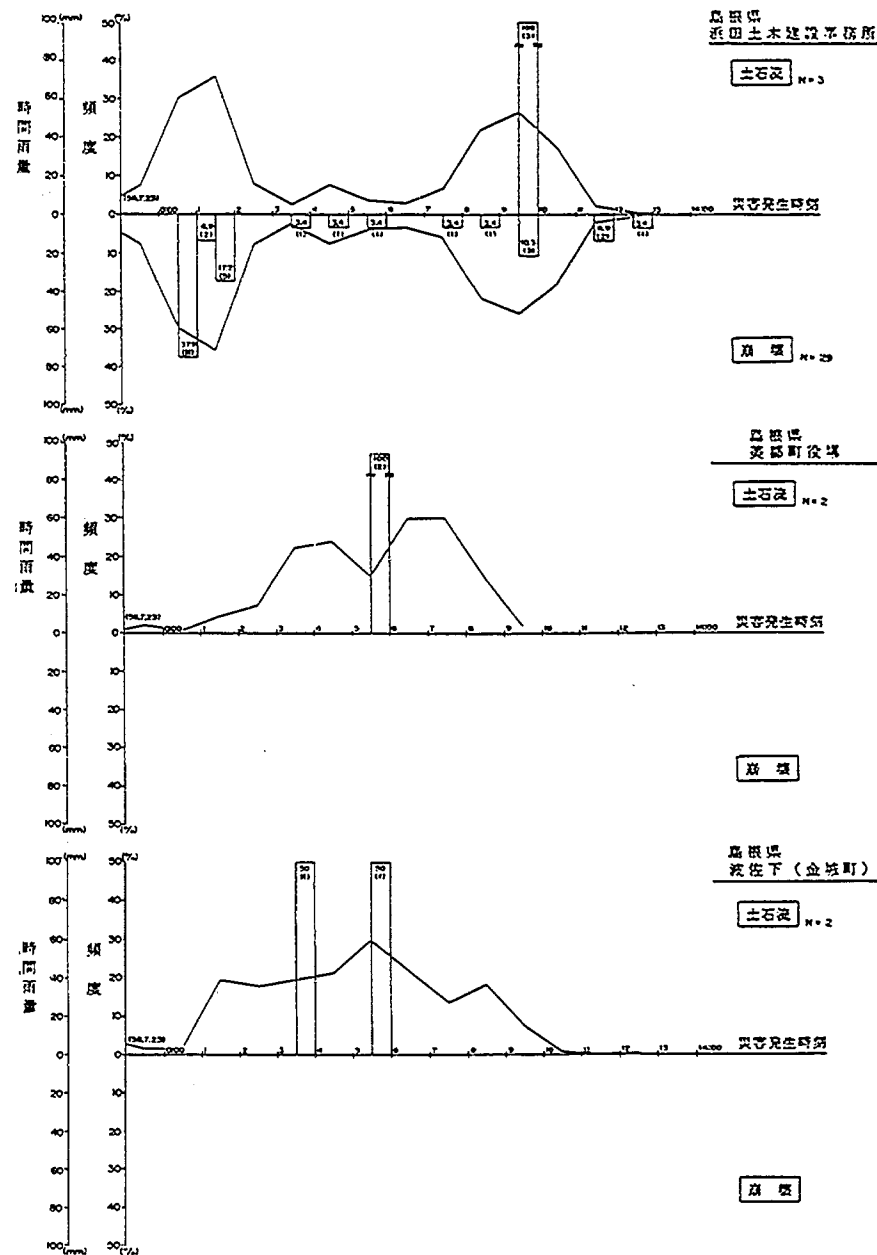


図-2.3 島根県での雨量と土砂災害発生状況

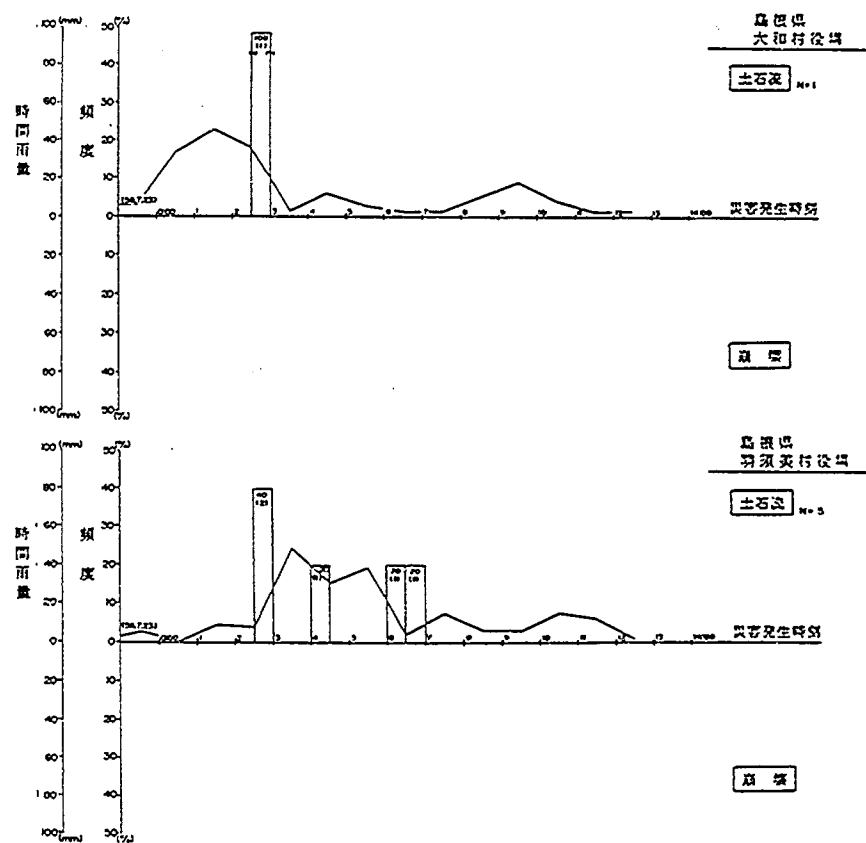
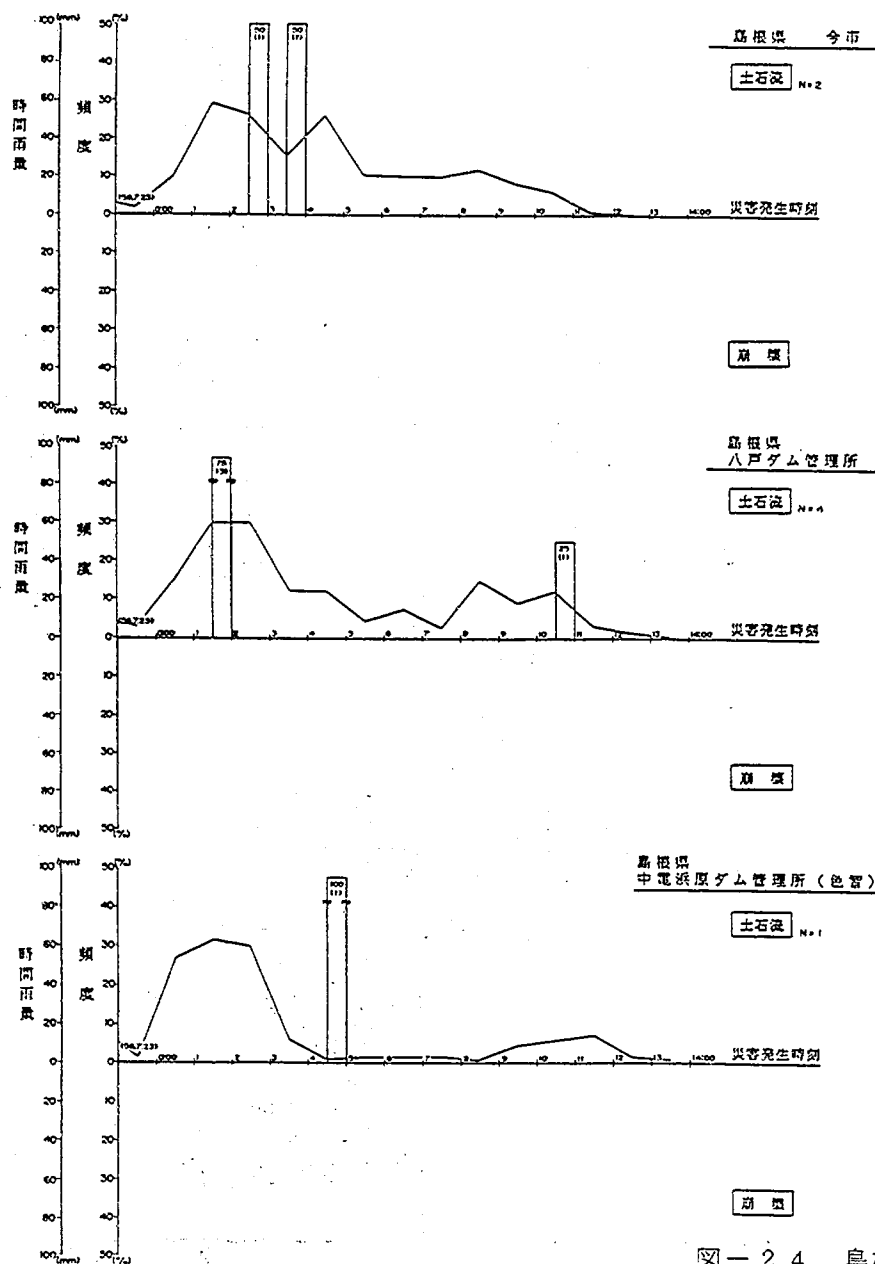


図-2.4 島根県での雨量と土石流発生状況

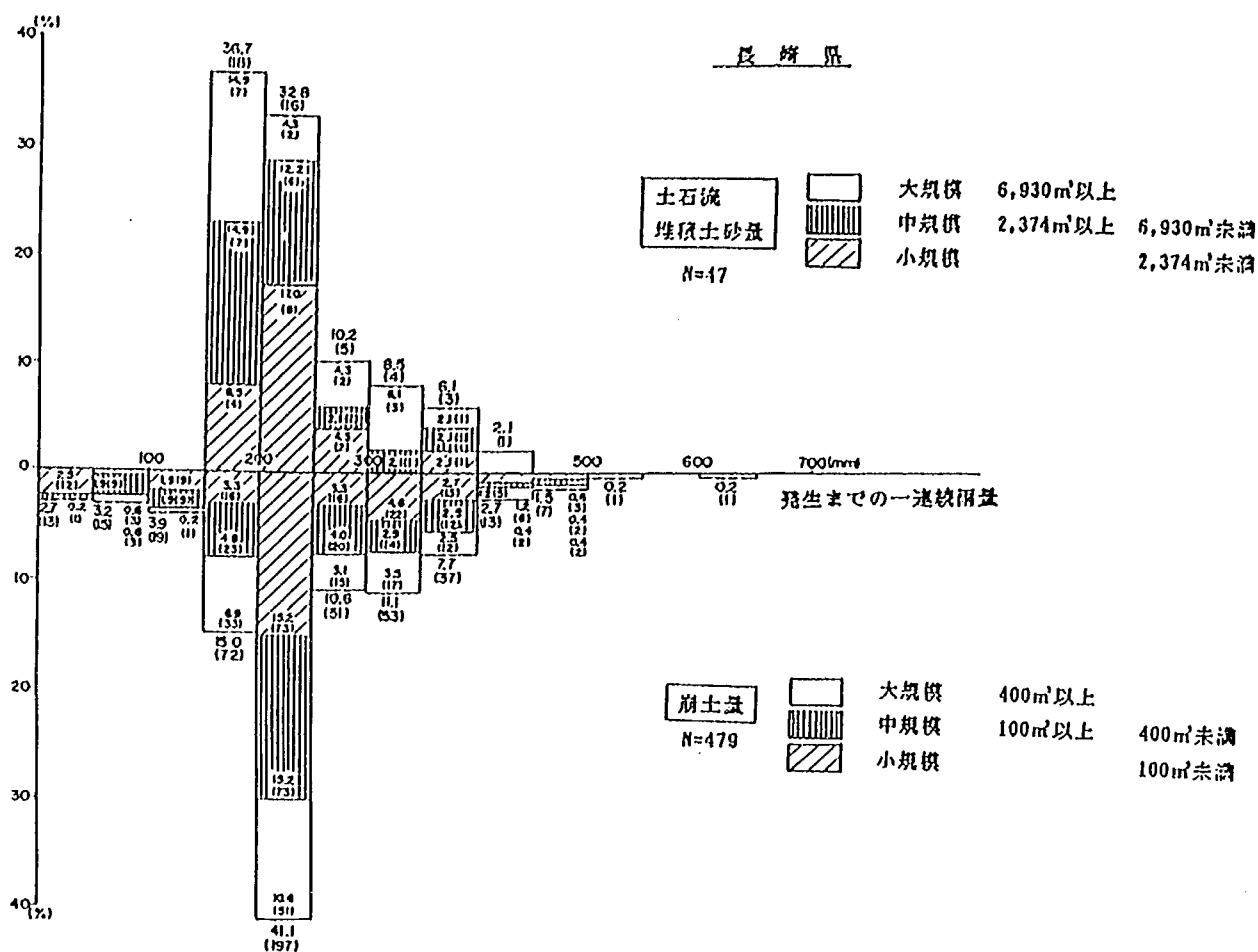


図-2.5 土石流及び崩壊発生件数と連続雨量との関係
(土石流堆積土砂量及び崩土量規模別)

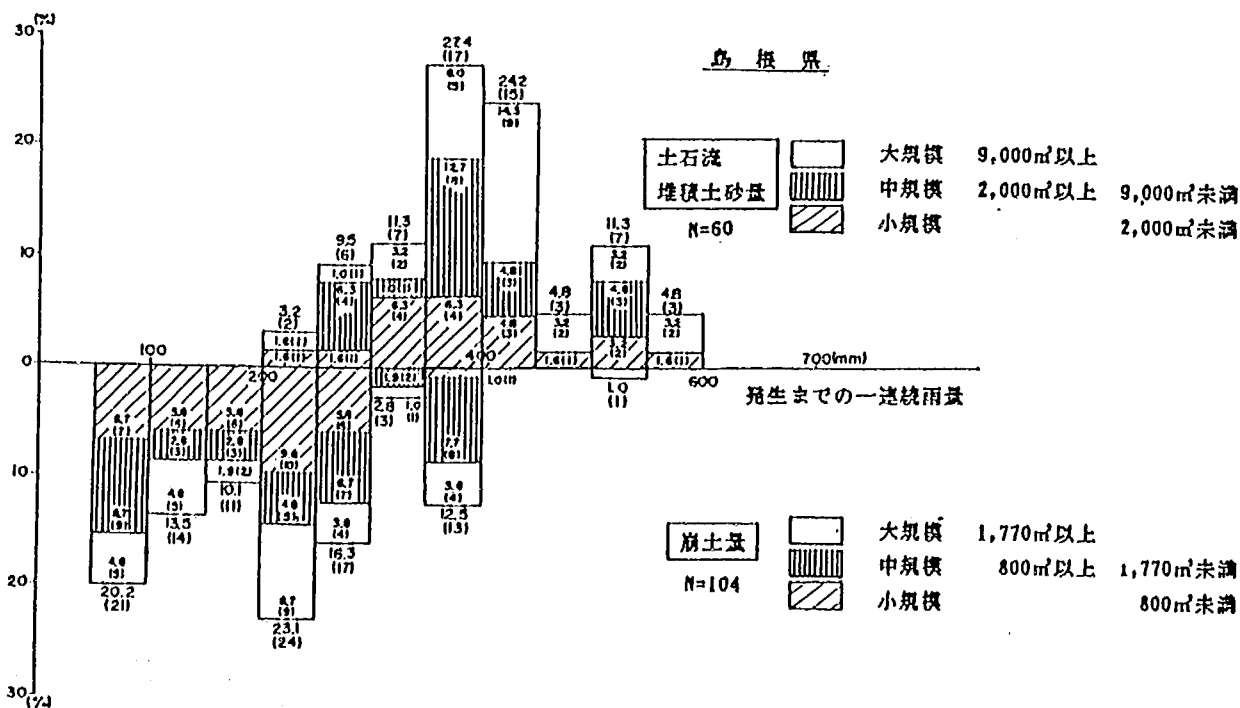


図-2.6 土石流及び崩壊発生件数と連続雨量との関係
(土石流堆積土砂量及び崩土量規模別)

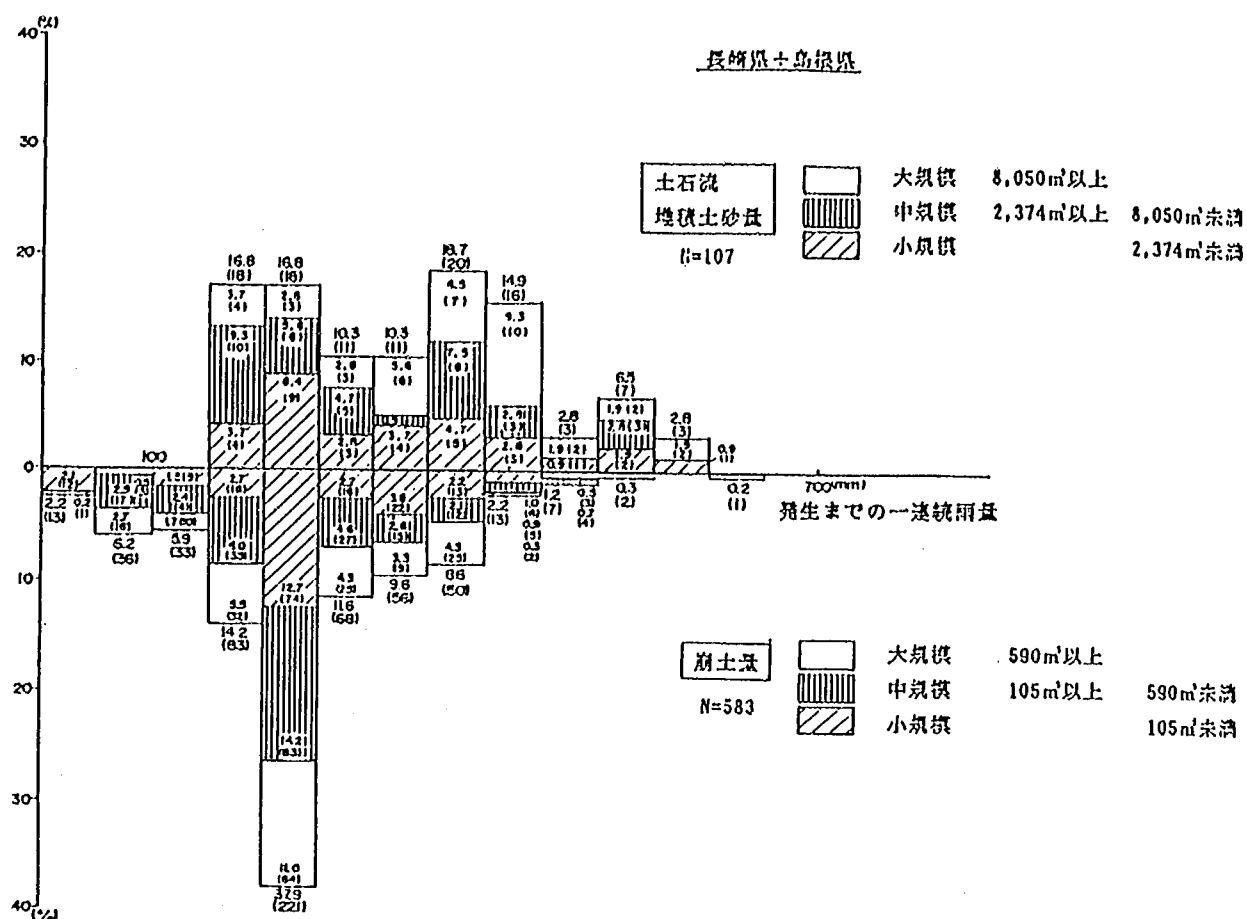


図-2.7 土石流及び崩壊発生件数と連続雨量との関係
(土石流堆積土砂量及び崩土量規模別)

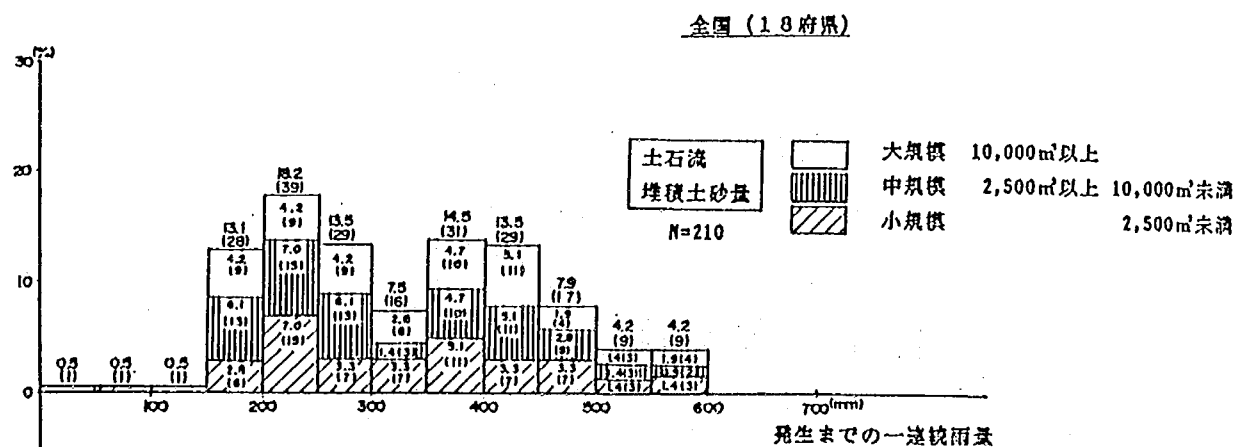
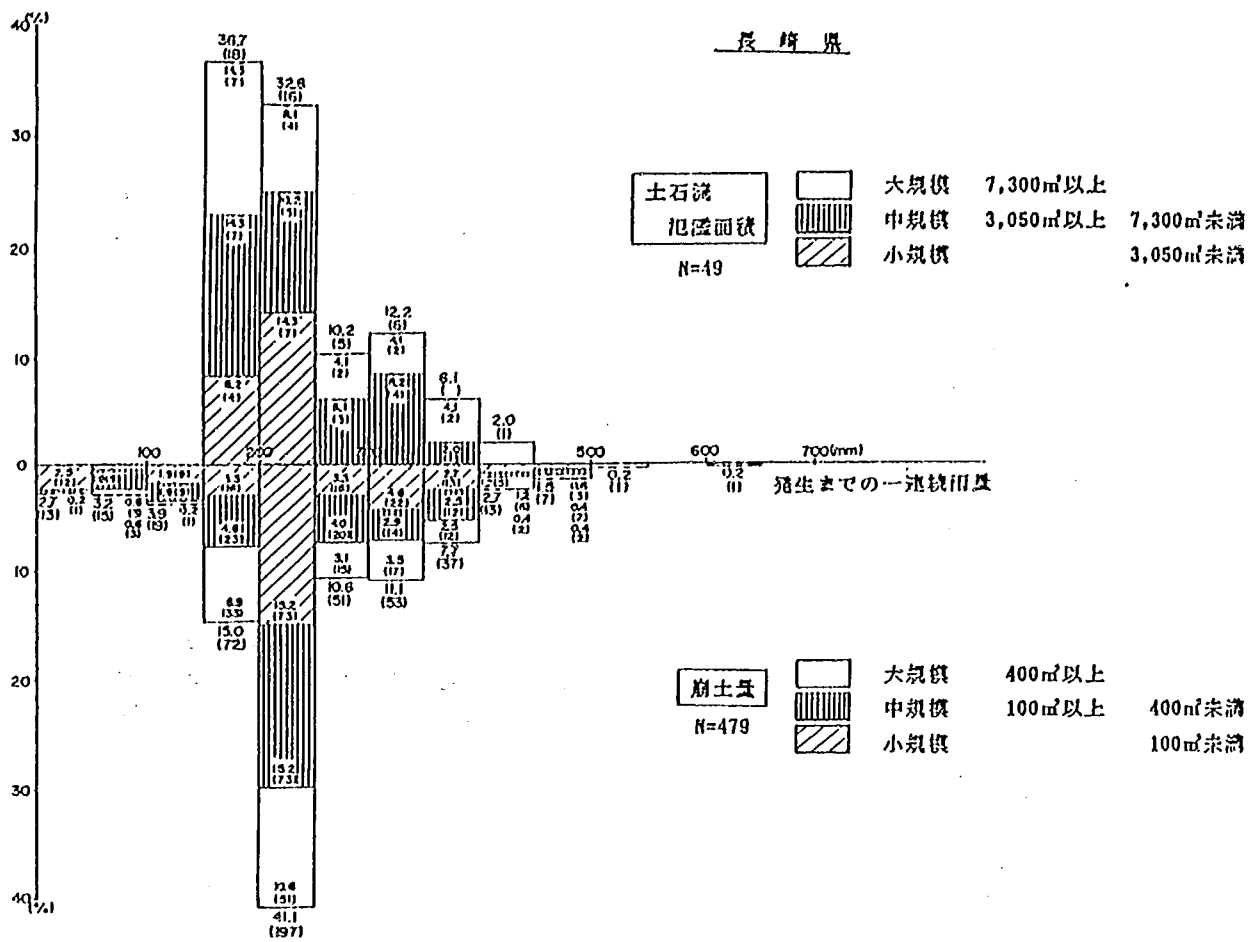
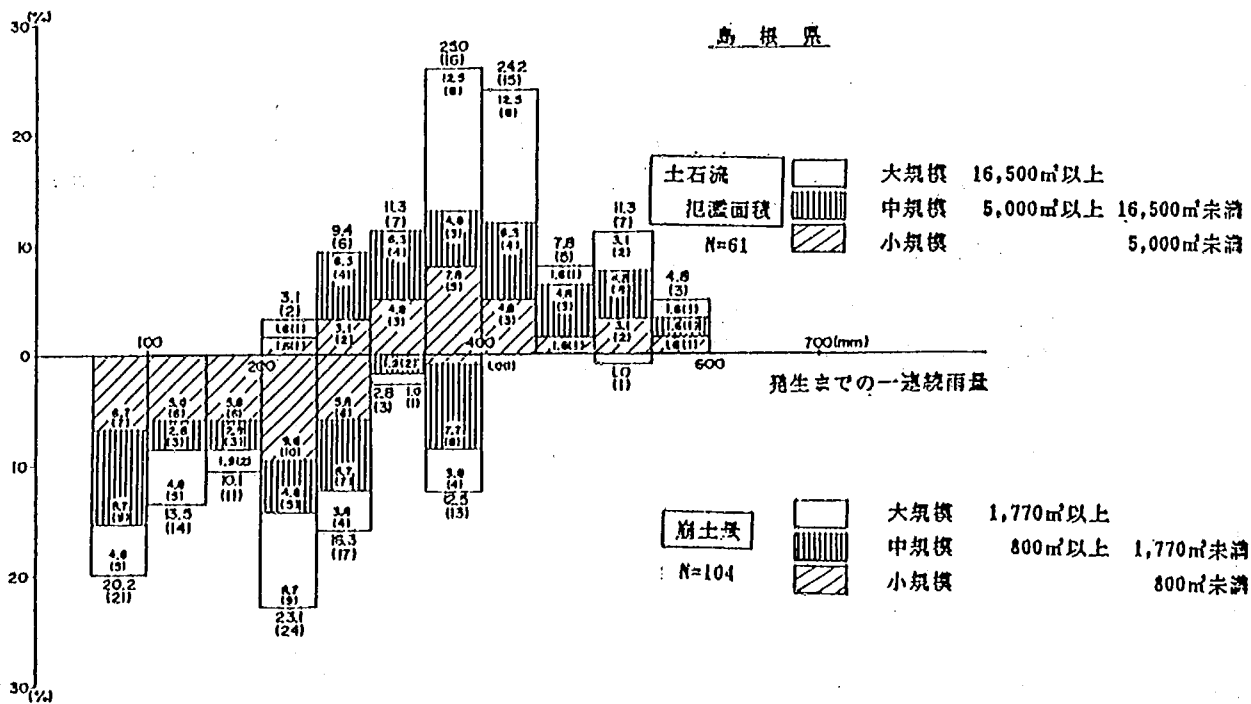


図-2.8 土石流及び崩壊発生件数と連続雨量との関係
(土石流堆積土砂量規模別)



図－2.9 土石流及び崩壊発生件数と連続雨量との関係
(土石流泥濘面積及び崩土量規模別)



図－2.10 土石流及び崩壊発生件数と連続雨量との関係
(土石流泥濘面積及び崩土量規模別)

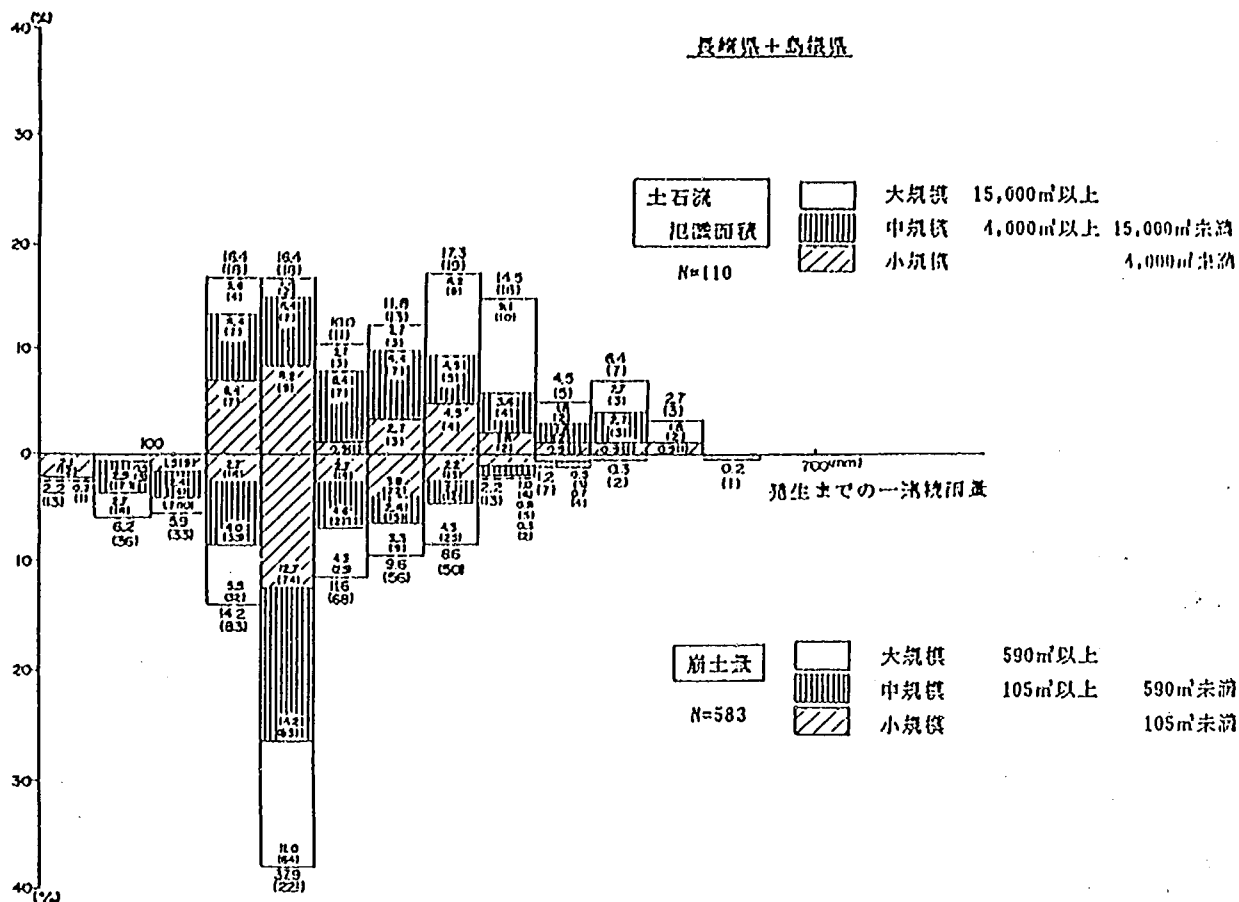


図-2.11 土石流及び崩壊発生件数と連続雨量との関係
(土石流氾濫面積及び崩土量規模別)

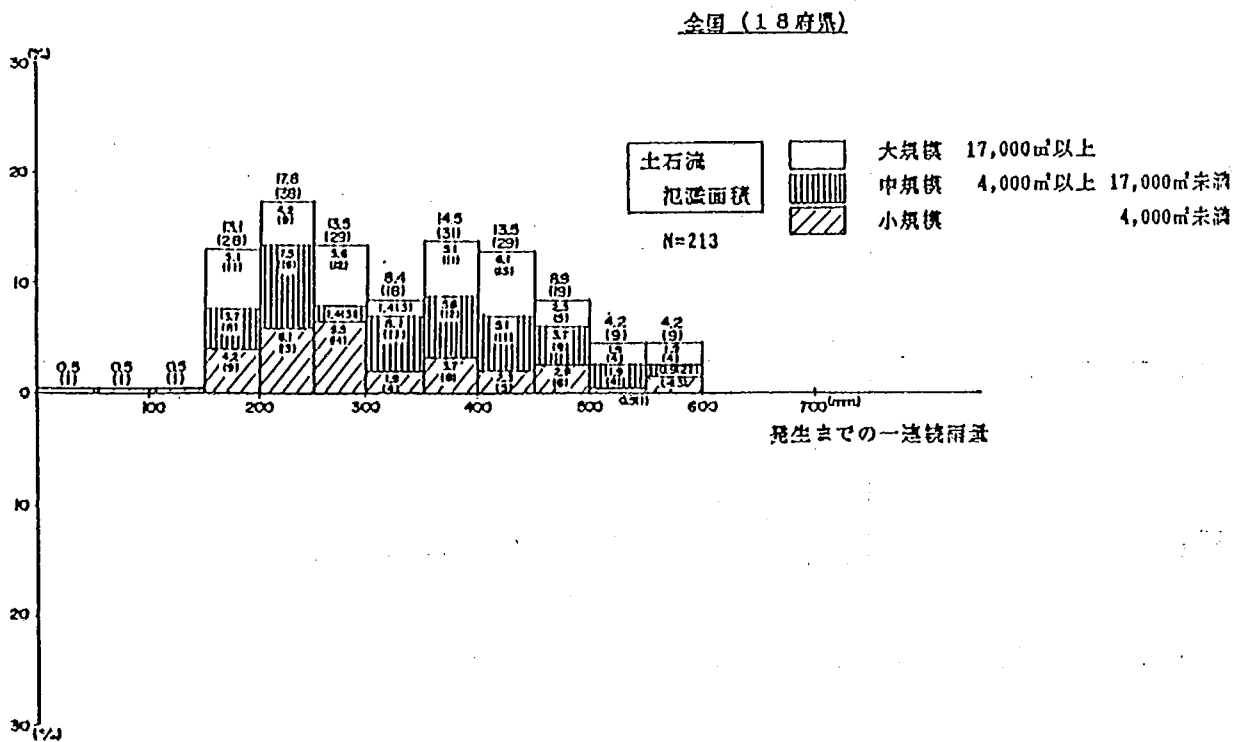


図-2.12 土石流及び崩壊発生件数と連続雨量との関係
(土石流氾濫面積規模別)

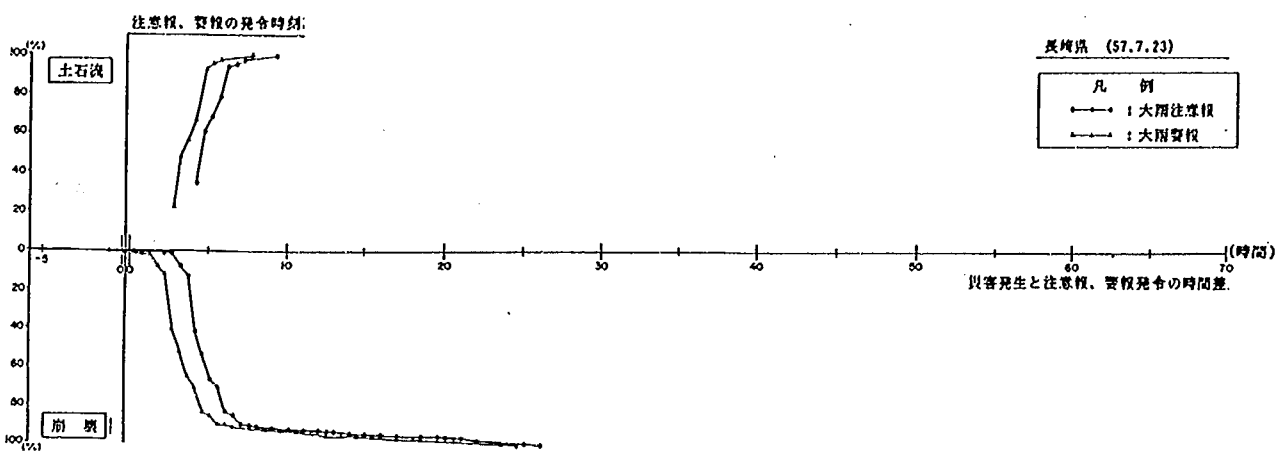
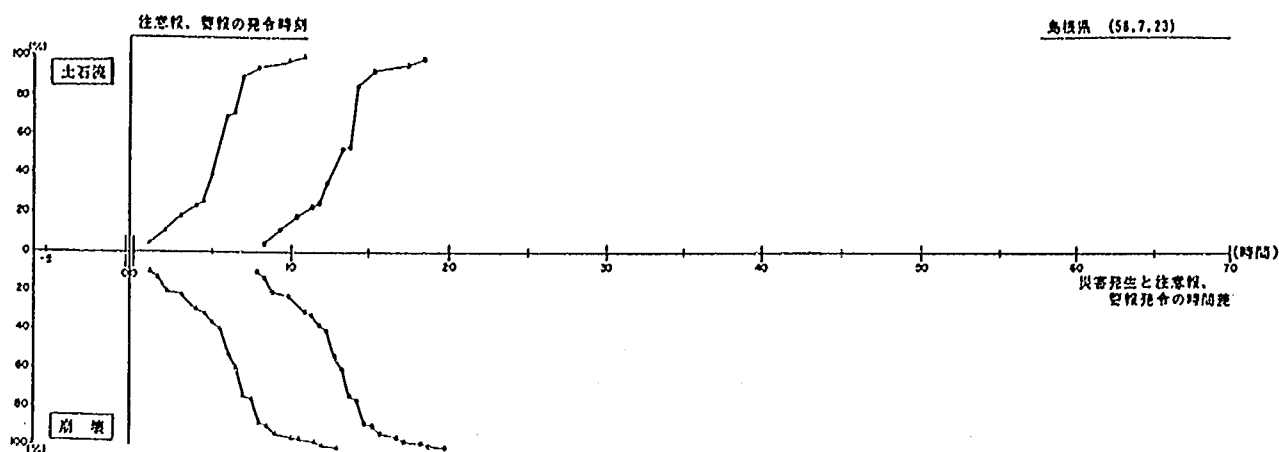


図-2.13 大雨注意報，警報の発令と災害発生の時間差〔最初の発令を基準としたもの〕

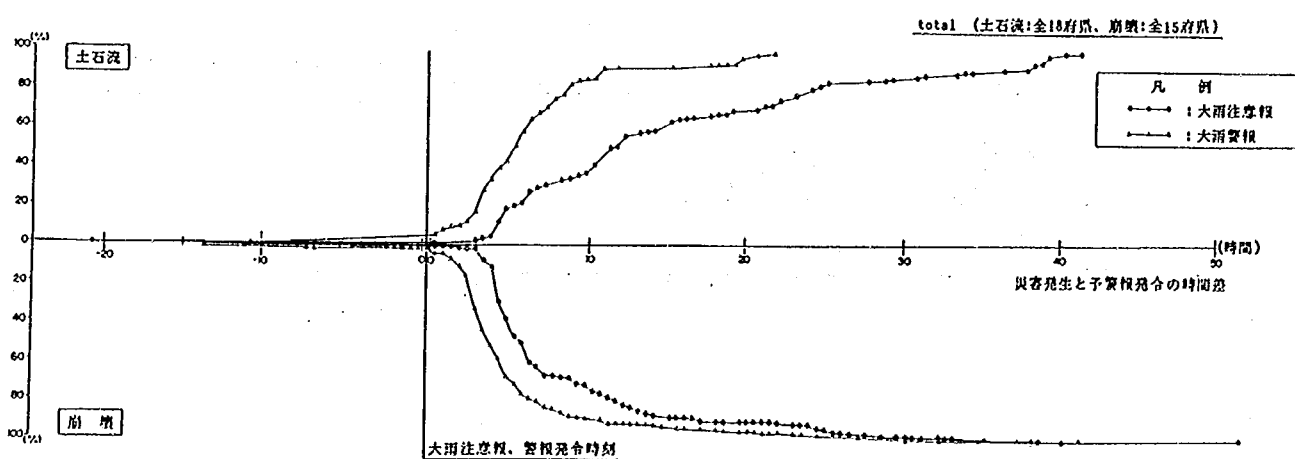


図-2.14 大雨注意報，警報の発令と災害発生の時間差〔災害発生直前の発令〕

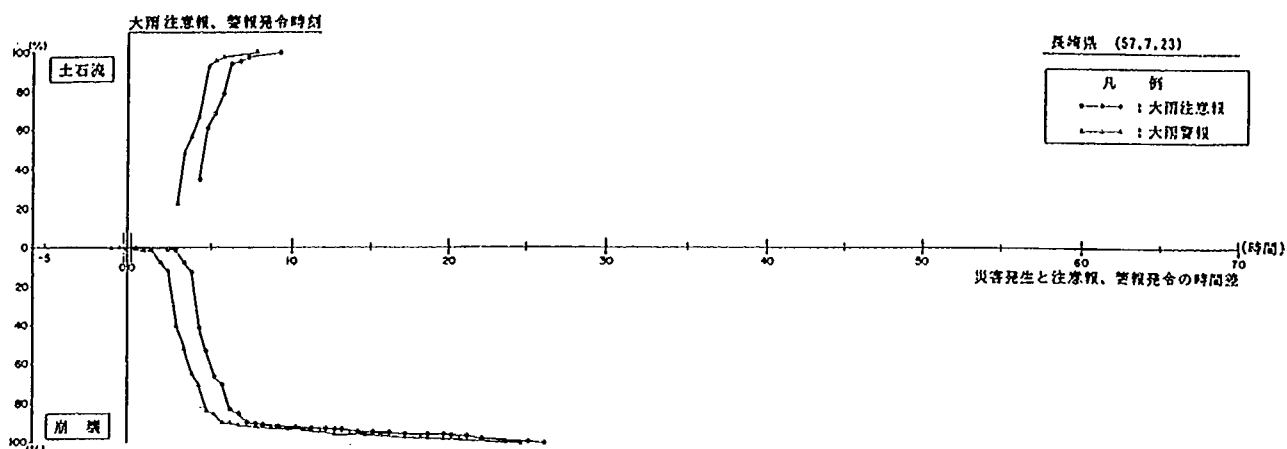
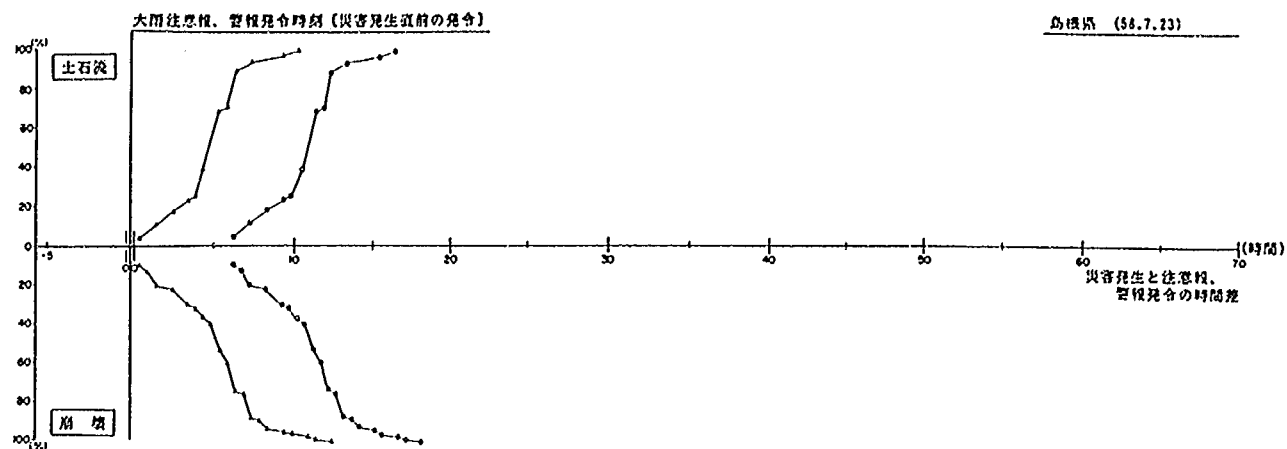


図-2.15 大雨注意報、警報の発令と災害発生の時間差〔災害発生直前の発令〕

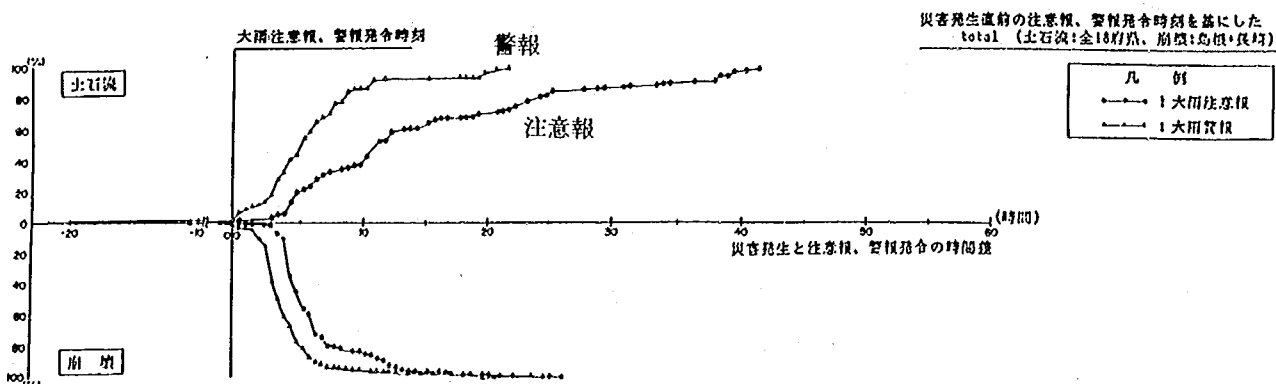
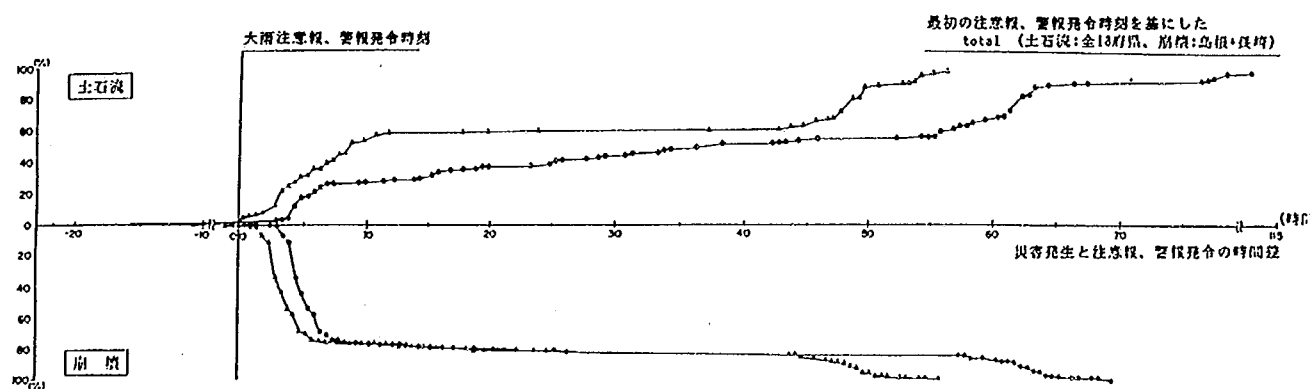


図-2.16 大雨注意報、警報の発令と災害発生の時間差
〔最初の発令を基準とした場合と災害発生直前の発令を基準とした場合の比較〕

資料-3 降雨パターン分類

土石流災害を発生する降雨に気象別（台風，雷雨，低気圧等）に降雨の特徴があったり，地区毎に降雨パターンがある程度一定していればそれらの結果を使うことにより警戒避難の判断をより適確に行えることが考えられる。ここではそのような降雨パターンをどの程度用いることができるか判断する資料とし降雨パターン分類を行ってみた。

まず，10地区の対象降雨について時間雨量及び累加雨量曲線図を作成した。

これらの資料にもとづいて，地域別・気象原因別の降雨パターンを分類し，特に災害に結びつく降雨パターンの分類を行った。

表-3.1には，各地区の対象降雨の気象原因別構成を示した。これらは以下の4つの地区に分類できる。

(1) 台風による降雨が過半を占める地区

高知（仁淀川），香川（小豆島）

(2) 台風より低気圧・前線による降雨がやや多い地区

静岡（伊豆），山梨（釜無川）

(3) 低気圧，前線による降雨が主である地区

島根（浜田），岐阜（八幡），滋賀（信楽），兵庫（六甲），長崎（長崎市），群馬（榛名）

(4) 雷雨による降雨が比較的多い地区（15%～22%）

群馬（榛名），長崎（長崎市）

また，10地区の災害発生降雨22例について作成した時間雨量及び累加雨量曲線図を用いて図-3.1，3.2に示すような4つの降雨パターンを設定して区分を行った。結果は次の通りである。

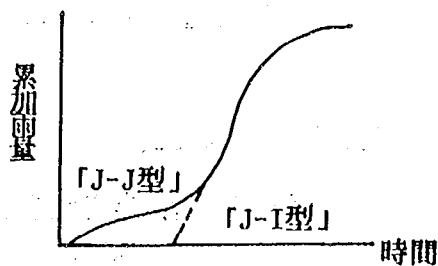


図-3.1 「J型」の降雨パターン

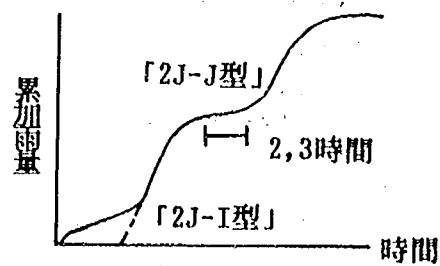


図-3.2 「2J型」の降雨パターン

< J型 >

（J-I型）① 長崎 57年7月23日〔梅雨〕

（初期雨量 $P_R \approx 0$ ）

表- 3.1 (I) 対象降雨の気象原因(地区別)

1. 長 崎

地区名	観測所名	観測期間	区別	気 象 原 因												合計
				台風	台風+前線	台風+低気圧	低気圧	低気圧+前線	梅雨前線	その他の停滞前線	寒冷前線	雷雨+前線	雷雨+低気圧	雷雨	その他・不明	
長崎市	長崎海洋気象台(気象庁)	S. 50. 6.17 ~ S. 57. 7.25	頻度	4			2		5					2		13
			(回) %	31			15		39					15		100
			頻度	4			7							2		13
			(回) %	31			54							15		100

2. 高 知

地区名	観測所名	観測期間	区別	気 象 原 因												合計
				台風	台風+前線	台風+低気圧	低気圧	低気圧+前線	梅雨前線	その他の停滞前線	寒冷前線	雷雨+前線	雷雨+低気圧	雷雨	その他・不明	
仁淀川	佐川(気象庁)	S. 30. 7.12 ~ S. 57. 9.25	頻度	20	2		9	2	2	2	1	1		3		42
			(回) %	48	5		21	5	5	5	2	2		7		100
			頻度	22			17							3		42
			(回) %	52			41							7		100

3. 香 川

地区名	観測所名	観測期間	区別	気 象 原 因												合計
				台風	台風+前線	台風+低気圧	低気圧	低気圧+前線	梅雨前線	その他の停滞前線	寒冷前線	雷雨+前線	雷雨+低気圧	雷雨	その他・不明	
小豆島	内海ダム(香川県土木)	S. 49. 7.4 ~ S. 57. 8.2	頻度	4	3				1	1	1	1				11
			(回) %	37	27				9	9	9	9				100
			頻度	7			4									11
			(回) %	64			36									100

4. 兵 庫

地区名	観測所名	観測期間	区別	気 象 原 因												合計
				台風	台風+前線	台風+低気圧	低気圧	低気圧+前線	梅雨前線	その他の停滞前線	寒冷前線	雷雨+前線	雷雨+低気圧	雷雨	その他・不明	
六甲	神戸海洋気象台(気象庁)	S. 13. 7.1 ~ S. 57. 8.2	頻度	6	8		5	14	1	1	1	1				37
			(回) %	16	21		13	38	3	3	3	3				100
			頻度	14			23									37
			(回) %	38			62									100

5. 島 根

地区名	観測所名	観測期間	区別	気 象 原 因												合計
				台風	台風+前線	台風+低気圧	低気圧	低気圧+前線	梅雨前線	その他の停滞前線	寒冷前線	雷雨+前線	雷雨+低気圧	雷雨	その他・不明	
浜田	浜田測候所(気象庁)	S. 39. 4.5 ~ S. 58. 9.28	頻度	8	4		12	18	15	8	6	1	3	1	1	77
			(回) %	10	5		16	24	20	10	8	1	4	1	1	100
			頻度	12			63							1	1	77
			(回) %	16			82							1	1	100

表- 3. 1 (2) 対象降雨の気象原因 (地区別)

6. 滋 賀

地区名	観測所名	観測期間	区別		気 象 原 因											合 計	
					台 風	台風+ 前線	台風+ 低気圧	低気圧	低気圧+ 前線	梅雨 前線	その他の 停滞前線	寒冷 前線	雷雨+ 前線	雷雨+ 低気圧	雷 雨		その他 ・不明
信 楽	箕井出張所 (建設省琵琶湖工事)	S.40.7.18 ～ S.57.8.3	頻 度		11	6	1	25	11	12	8	1			3		78
			(回)	%	14	8	1	32	14	16	10	1			4		100
			頻 度		18					57					3		78
			(回)	%	23					73					4		100

7. 岐 阜

地区名	観測所名	観測期間	区別	気 象 原 因											合計	
				台 風	台風+ 前線	台風+ 低気圧	低気圧	低気圧+ 前線	梅雨 前線	その他の 停滞前線	寒冷 前線	雷雨+ 前線	雷雨+ 低気圧	雷 雨		その他 ・不明
八 幡	八幡所 (気象 庁)	S. 31. 8. 27 ～ S. 57. 11. 30	頻 度	16	11		37	14	30	22	11	8	2	2		153
			(回) %	11	7		24	9	20	15	7	5	1	1		100
			頻 度	27			126							2		153
			(回) %	18			81							1		100

8. 静 岡

地区名	観測所名	観測期間	区別		気 象 原 因											合 計
					台 風	台風+ 前線	台風+ 低気圧	低気圧	低気圧+ 前線	梅雨 前線	その他の 停滞前線	寒 冷 前線	雷雨+ 前線	雷雨+ 低気圧	雷 雨	
伊豆	湯ヶ島 (建設省沼津工事)	S. 34. 9. 25 ～ S. 57. 9. 12	頻 度		7	4		3	5	3	1	1				24
			(回)	%	29	17		13	20	13	4	4				100
			頻 度		11			13								24
			(回)	%	46			54								100

9. 山 梨

地区 区名	観測 所名	観測 期 間	区 間 別 間	気 象 原 因												合 計
				台 風	台風+ 前線	台風+ 低気圧	低気圧	低気圧 +前線	梅雨 前線	その他 停滞前線	寒冷 前線	雷雨+ 前線	雷雨+ 低気圧	雷 雨	その他 ・不明	
釜 無 川	日向山 (建設 省 富士川 砂防)	S. 33. 9. 16 ～ S. 57 9. 13	頻 度	9	2		2	5	3	2	1				24	
			(回) %	38	8		8	21	13	8	4				100	
			頻 度	11			13									24
			(回) %	46			54									100

10. 群 馬

地区名	観測所名	観測期間	区別		気 象 原 因											合 計	
					台 風	台風+ 前線	台風+ 低気圧	低気圧	低気圧+ 前線	梅雨 前線	その他の 停滞前線	寒冷 前線	雷雨+ 前線	雷雨+ 低気圧	雷 雨		その他 ・不明
榛 名	榛 名 (気象 庁)	S. 42. 7. 2 ~ S. 57. 9. 25	頻 度		14	4		4	7	8	9	4			14		64
			(回)	%	22	6		6	11	13	14	6			22		100
			頻 度		18			32							14		64
			(回)	%	28			50							22		100

- ② 島根 47年7月9～12日〔低気圧+前線〕
(長雨タイプだがFR≒0)

(J-J型) ① 高知 50年8月17日〔台風〕

- ② 香川 49年7月6日〔低気圧+前線〕

- ③ 滋賀 57年8月1日〔台風〕

- ④ 静岡 33年9月25～26日〔台風〕

- ⑤ " 57年8月1～2日〔台風〕

- ⑥ 山梨 57年8月1～2日〔台風〕

- ⑦ " 41年9月23～25日〔台風〕

- ⑧ 群馬 57年7月29日～8月2日〔台風〕
(長雨タイプ)

<2J型>

- (2J-I型) ① 高知 51年9月8～13日〔台風〕
(長雨タイプだがFR≒0)

- ② 香川 51年9月8～12日〔台風〕
(長雨タイプだがFR≒0)

- ③ 島根 56年6月25～29日〔梅雨〕
(長雨タイプだがFR≒0)

- ④ 滋賀 47年7月9～13日〔低気圧+前線〕
(長雨タイプだがFR≒0)

- ⑤ 山梨 34年8月12～14日〔台風〕
(FR≒0)

- (2J-J型) ① 兵庫 13年7月1～5日〔低気圧+前線〕
(長雨タイプ)

- ② " 42年7月7～9日〔低気圧+前線〕
(長雨タイプ)

- ③ 島根 58年7月20～23日〔梅雨〕
(長雨タイプ)

- ④ " 55年8月28～31日〔低気圧+前線〕
(長雨タイプ)

- ⑤ 滋賀 34年9月24～26日〔台風〕

- ⑥ 岐阜 56年7月9～12日〔梅雨〕
(長雨タイプ)

- ⑦ 静岡 57年9月10～12日〔台風〕

次に降雨パターン，気象原因及び降雨期間（長雨か否か）によって分類すると表－ 3.2 の通りとなる。

表－ 3.2 10地区災害発生降雨(22例)の降雨パターン，気象原因及び降雨期間別分類

降 雨 パ タ ー ン		気象原因	降雨期間	降雨数	備 考
J 型	J-I (FR≒0)	前線性	並 雨	1	長崎
			長 雨	1	島根
	J-J (FR=40mm以上)	台 風	並 雨	6	高知, 滋賀, 静岡, 山梨
			長 雨	1	群馬
		前線性	並 雨	1	香川
2J型	2J-I (FR≒0)	台 風	並 雨	1	山梨
			長 雨	2	高知, 香川
		前線性	長 雨	2	島根, 滋賀
	2J-J (FR=40mm以上)	台 風	並 雨	2	滋賀, 静岡
		前線性	並 雨	1	兵庫
			長 雨	4	兵庫, 島根, 岐阜
合 計				22	

表－ 3.2 より土石流災害発生降雨について次のパターン別の特徴があることがわかる。

- (1) J型と2J型は大体1/2づつある。
- (2) J型は台風が主(70%)で梅雨等前線性は少ない(30%)。
2J型は台風，梅雨，低気圧+前線など気象原因は様々である。
- (3) J型は短期型(3日以内の並雨)が多く(70%)，2J型は長期型(4日以上)の長雨)が多い(67%)。
- (4) 初期雨量(FR)の少ないタイプ(短時間のうちに累加雨量が40mm以上になる)はJ型の場合より2J型の方が多い(J型の場合20%だが2J型では42%)。全体としては約3分の1ほどある。

土石流の警戒・避難基準雨量の
設定に関する研究(Ⅲ)

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2548号
昭和63年3月 (1988年)
砂防研究室
水山 高久 矢澤 昭夫
石川 芳治 原 義文

要 旨

本研究では、単一雨量指標およびこれらを組合せた複数雨量指標による警戒・避難基準雨量の設定手法について検討した。その結果「土石流災害に関する警報の発令と避難の指示のための降雨量設定指針(案)」に示されているA案が最も有効であることがわかった。このA案について短時間降雨予測がある程度の精度で可能と仮定して検討した結果、空振り率を大幅に減少させることが可能であることが判明した。

また、昭和61年11月～12月に土石流警戒・避難基準雨量の設定・運用についてアンケート調査を行い、その結果を整理・分析した。

キーワード：土石流、警戒避難、
アンケート



基準雨量、雨量指標、短時間降雨予測