

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

昭 和 6 0 年 3 月

建設省土木研究所

砂防部砂防研究室

Copyright ©1985 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。

昭和60年7月

各位

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

訂正願ひ

去る昭和60年3月に発行した土木研究所資料第2215号『土石流の警戒・避難基準
雨量に関する研究』において、いくつかの印刷ミスがありました。

ここに正誤表をお送り致しますので、たいへんお手数ですが各位で訂正方よろしく願
ひ致します。

正誤表 1/2

15P 下から5行目

〔誤〕 時間雨量の平均値は77.4mmであり

〔正〕 時間雨量の平均値は91.9mmであり

15P 下から4行目

〔誤〕 実際より約36%も大きい。他地区については45~50%も大きい。

〔正〕 実際より約61%も大きい。他地区については98~115%も大きい。

15P 下から1行目

〔誤〕 それでも20~35%程度の差異がつきまとう。

〔正〕 それでも27~50%程度の差異がつきまとう。

17P 表2.9の下の方 任意の10分間雨量による～

〔誤〕	平 均		〔正〕	平 均	
	X	Y		X	Y
長崎	91.9	44.6	長崎	91.9	57.1
高知	89.3	45.1	高知	89.3	45.1

24P 『図2.8』の中の↓(変曲点A)の位置と変曲点Bの文字

(注) 発送時期によっては訂正済みの資料もあります。

〔誤〕

〔正〕

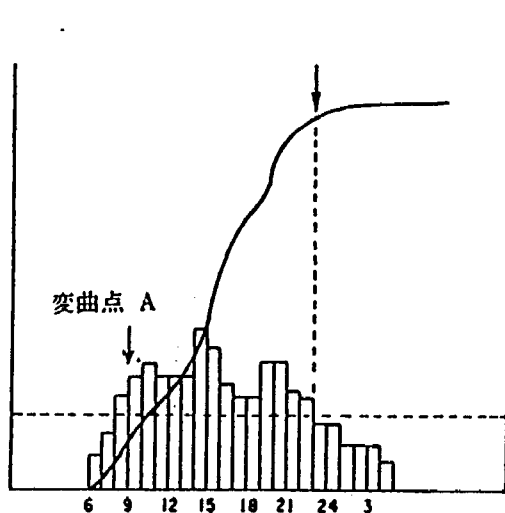


図 2.8 変曲点Aと変曲点B

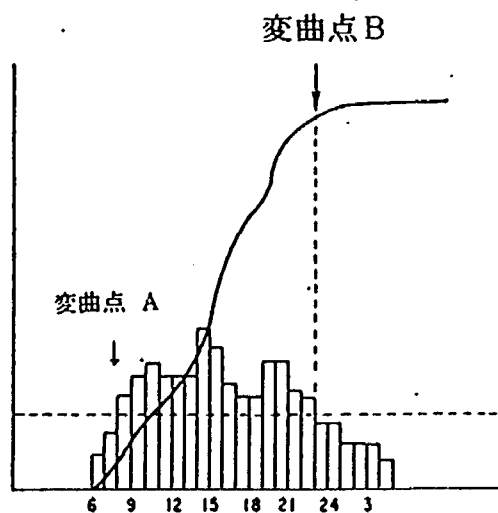


図 2.8 変曲点Aと変曲点B

正誤表 2/2

24P 上から12行目

【誤】 すると、9時が変曲点Aの時刻となる。

【正】 すると、8時が変曲点Aの時刻となる。

(注) 発送時期によっては訂正済みの資料もあります。

42P 上から2～4行目を次の文と入れ替えて下さい。

ここでは、半減期の異なる2つの残留雨量の組み合わせ、および10分、30分雨量と実効雨量の組み合わせについて有効性を検討した。有効性は、両者ともEL, WLの明確な設定手法がないことから適合率で判断した。

42P 上から7行目および8行目

【誤】 長いほどの的中率は良好であり、・・・組み合わせによる的中率は必ずしも

【正】 長いほど適合率は良好であり、・・・組み合わせによる適合率は必ずしも

53P 図3.5 左の2つの図の縦軸の記号

【誤】 1時間雨量 RH⊥

【正】 1時間雨量 RH1

55P 図3.6 左の2つの図の縦軸の記号

【誤】 1時間雨量 RH⊥

【正】 1時間雨量 RH1

57P 図3.7 縦軸の記号

【誤】 IE又はRH⊥

【正】 IE又はRH1

69P

【誤】 図4.7 スネーク曲線の上限包絡線をCLとする方法

【正】 図4.7 スネーク曲線の上限包絡線をCLとする方法

以上

土石流の警戒・避難基準雨量の設定に関する研究

砂防研究室 瀬尾 克美
原 義文
五代 均

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10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を組み合わ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。この結果次の知見が得られた。

①単一雨量指標

前期降雨を含めて1時間毎にある一定時間で半減させる残留雨量が有効であり、次いで連続雨量、実効雨量の有効性が高い。

②複数雨量指標

10分間雨量、30分間雨量、1時間雨量および有効雨量強度と実効雨量のそれぞれ2つを組み合わせた複数雨量指標の場合は、単一雨量雨指標に比較してさらに有効性が高いことが知れた。

キーワード：土石流、警戒避難、基準雨量、雨量指標

目 次

はじめに

§ 1 概 要	1
1.1 研究目的	1
1.2 調査対象地区	1
§ 2 警戒・避難のための雨量指標の検討	3
2.1 雨量指標に関する既応調査	3
2.2 検討対象雨量資料の整理	6
2.2.1 災害状況の把握	6
2.2.2 降雨分布の把握	9
2.2.3 代表観測所の選択条件	9
2.2.4 雨量観測所の選定	12
2.2.5 対象降雨の抽出	12
2.2.6 時間雨量資料の検討	13
2.3 雨量指標の定義	23
2.3.1 一連の降雨と前期降雨	23
2.3.2 変曲点と初期雨量	24
2.3.3 有効雨量と有効雨量強度	24
2.3.4 残留雨量	25
2.4 単一雨量指標の検討	26
2.4.1 検討対象指標	26
2.4.2 有効性検討のための適合率について	26
2.4.3 各単一雨量指標の検討	26
2.5 複数雨量指標の検討	31
2.5.1 検討対象雨量	31
2.5.2 有効性検討のための適合率・空振り率について	31
2.5.3 適合率による検討	31
2.5.4 空振り率による検討	32
2.5.5 一連の降雨における変曲点Aの再設定	32
2.6 その他の複数雨量指標の検討	42
2.6.1 残留雨量の組合せ	42

2.6.2	10分・30分雨量と実効雨量の組合せ	42
2.7	単一・複数雨量指標の比較	43
2.7.1	適合率による有効性の比較	43
2.7.2	降雨状況把握の難易度	43
2.7.3	雨量指標演算処理のプログラム化	43
§ 3	警戒・避難基準雨量の設定手法の検討	44
3.1	C.L 設定手法の検討	44
3.1.1	C.L 設定のための雨量指標	44
3.1.2	C.L の設定方法	44
3.2	W.L, E.L の設定手法の検討	45
3.2.1	A案におけるW.L, E.L の設定方法	45
3.2.2	B案におけるW.L, E.L の設定方法	46
3.3	各地区のC.L の比較	49
3.3.1	年平均雨量と地質による区分	49
3.3.2	年平均雨量と地質による比較結果	50
3.4	各設定定数	51
3.4.1	C.L の定数	51
3.4.2	W.L, E.L の定数	51
3.5	設定に関する留意事項	51
3.5.1	設定に必要な降雨資料数の検討	51
3.5.2	C.Lを設定し難いケース	62
3.5.3	B案におけるW.L, E.L 曲線の形態	62
§ 4	まとめと今後の課題	68
4.1	まとめ	68
4.2	今後の課題	69
4.3	運用上の問題点	71

は　じ　め　に

近年、全国各地で土石流や崖崩れ、地すべり等の土砂災害が頻発し、人命財産に多大な被害を与えている。

土砂災害による死者、行方不明者は自然災全体の2/3近くを占めており、防災事業の整備のほか警戒避難などの防災体制の強化が急がれている。特に一挙に多数の人命を奪うことの多い土石流について、これまでに全国の自治体や建設省では“土石流危険渓流および危険区域調査”を実施しており、土石流によって人命に大きな被害を与える恐れのある渓流が多数抽出された。このような渓流の土石流対策については、昭和57年8月の建設事務次官通達、同年9月の建設省砂防部長通達に基づき、

1. 土石流に対処するための砂防工事の推進
2. 土石流危険渓流の周知等
3. 警戒避難体制の確立
4. 住宅の移転の促進
5. 情報の収集・伝達・防災意識の普及

等の総合土石流対策が推進されている。

本研究は、総合土石流対策のうち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検討したものである。現在各地区で検討されている警戒・避難基準雨量設定作業に資することを望むものである。特に、長崎県、高知県、香川県、島根県、岐阜県、六甲砂防工事々務所、琵琶湖工事々務所、沼津工事々務所、富士川砂防工事々務所、利根川水系砂防工事々務所から貴重な資料を借用した。ここに感謝の意を表します。

建設省土木研究所砂防部砂防研究室

室　　長	瀬　尾　克　美
研　究　員	原　　　義　文
部外研究員	五　代　　　均

§ 1 概 要

1.1 研究目的

過去に発生した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、解析し、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確立することを目的とする。

1.2 調査対象地区

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10地区を調査対象地区として選定した。

これらの地区と年間降水量の関係を図1-1に示す。

<調査対象地区>

- ① 長崎県長崎市及びその周辺
- ② 高知県仁淀川流域
- ③ 香川県小豆島
- ④ 兵庫県表六甲
- ⑤ 島根県浜田市及びその周辺
- ⑥ 滋賀県信楽町
- ⑦ 岐阜県八幡地方
- ⑧ 静岡県伊豆地方
- ⑨ 山梨県釜無川流域
- ⑩ 群馬県榛名山周辺

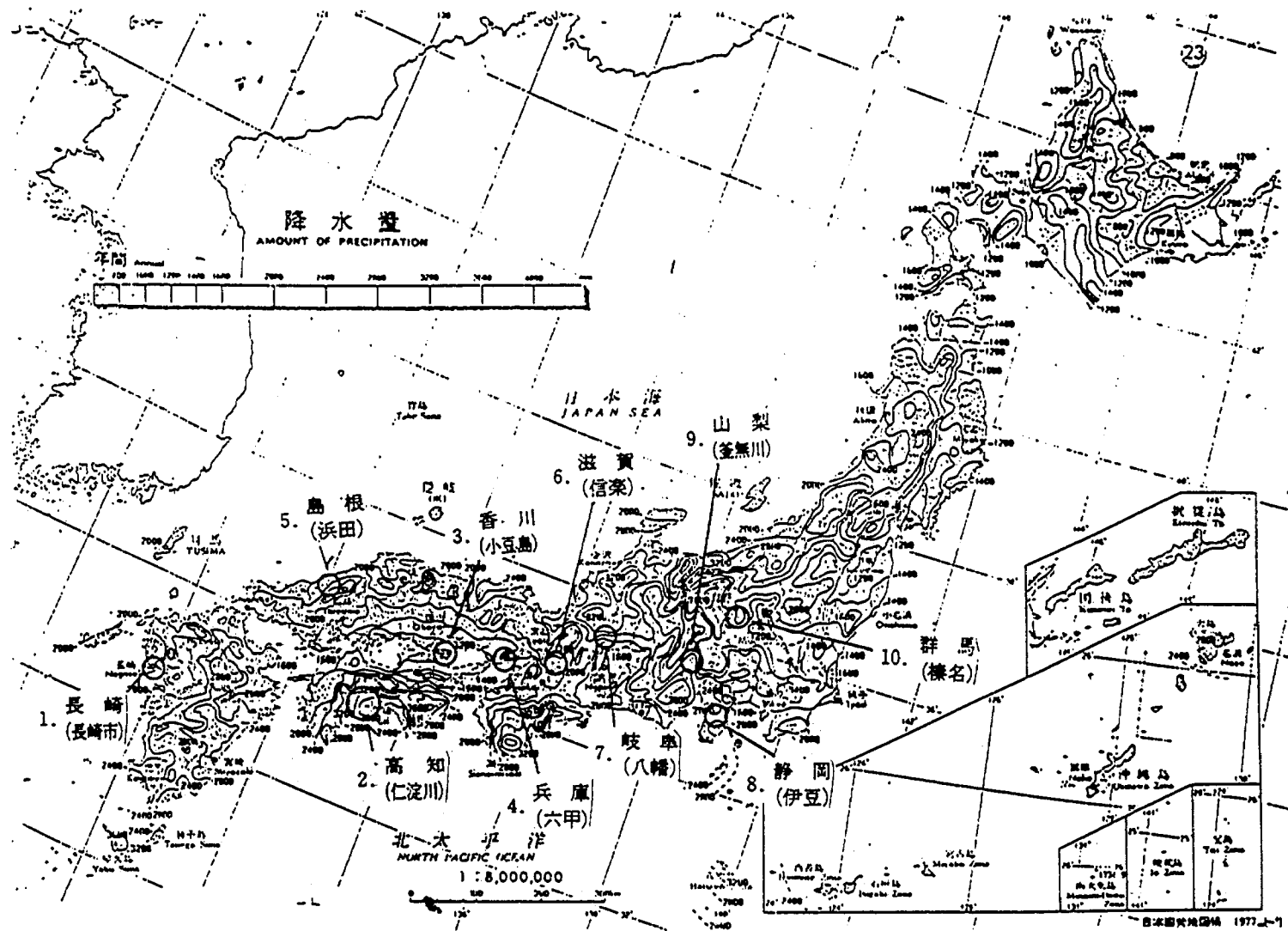


図 1-1 調査対象地区

§ 2 警戒・避難のための雨量指標の検討

2.1 雨量指標に関する既往調査

降雨に起因した土石流の発生予知に関する雨量指標の既往調査・研究は、大別して次のとおりである。

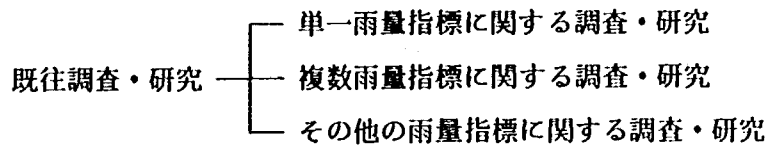


表2-1, 2-2および2-3に, それぞれの主な調査・研究内容を示す。

表2-1 単一雨量指標と土石流発生に関する主な調査・研究

調査・研究者 (発表年)	対象土石流	単 一 降 雨 指 標						文献
		10分間 雨 量	1時間 雨 量	3時間 雨 量	24時間 雨 量	日雨量	総雨量	
柴原, 島津, 吉村 (1968)	昭和48年8月 羽越災害		50mm以上	90mm以上				1)
建設省松本砂 防工事事務所 (1970)	焼岳	8mm以上						2)
国鉄 (山田氏ら) (1971)		警備発令の一例						3)
		第1種警備 1. 時雨量20mm を越したとき 但し普通の雨 では雨量30mm を越したとき 2. 全般に災害 発生必至とな ったとき (注) 大雨30mm/ h以上	第2種警備 1. 時雨量10mm を越したとき 2. 連続雨量50 mmを越したと き (注) 強雨10mm/ h以上	第3種警備 1. 気象通報が 発令されて雨 が降り始めた とき 2. 雨量20mmを 越しなお降り 続くとき 3. 驟雨性雨が あったとき				
芦田和男 (1977)			40~50mm				300~350mm	4)
塩島, 磯望, 松原, 山川, 米沢 (1978)	岐阜県高原川 流域						29mmから発生 29~200mm11%発生 200mm以上100%発生	5)
鈴木, 福島, 武居, 小橋 (1979)	六甲山系の災 害					190mm 以上	200mm以上	6)
青木佑久 (1980)	全国の過去の 災害						400mm以上	7)

表 2 - 2 複数雨量指標と土石流発生に関する主な調査・研究

調査研究者 (発表年)	対象土石流	採用指標	内 容	文献
瀬尾, 船崎 (1973)	昭和47年7月 災害	有効雨量と有効雨量 強度	・有効雨量 (RE) と有効雨量強度 ($I E$) ・縦軸に RE, 横軸に $I E$ をとると大規模災害は $y = \frac{6000}{20+x}$ の曲線より (x, y) の値が大なる領域で土石流が発生する。すなわち RE が大であれば $I E$ が小でも, $I E$ が大であれば RE が小でも土石流が発生することを確認した ・ $RE < 40 \text{ mm}$, $I E < 4 \text{ mm/h}$ 以下では土石流に発生しない ・ $RE-I E$ グラフ上でリアルタイムで雨量をプロットし, スネーク曲線を作成すると警戒・避難・予知に使用できる。 ・ $RE-I E$ のグラフの土石流発生を示す曲線 (危険曲線 C. L) は年降雨量の相違により, 地域によって異なる。	8) 9)
池 谷 (1974)	昭和47年7月 災害	降雨強度比(σ)と dt , σ と dM	・ $\sigma-dt$ のグラフを作成し土砂害発生時間と降雨の立上りの関係を検討する ・ $\sigma-dM$ のグラフより土砂害発生危険境界線を求める ・ 上記の2つより土砂害発生予測のための基準値設定の検討をする。 ・ 時間雨量が 50 mm を越す場合, 継続雨量が 200 mm 以下 $\sigma < 10$ の変化をした場合は土砂害の発生する危険がある。	10)
芦田, 高橋, 沢井	木津川上流の 災害	時間雨量と積算雨量	・ 土石流等の発生に必要な降雨条件として, ㊤ある降雨強度以上の継続雨量がある。㊦斜面の安定化に寄与するような土層 (A 層) が一挙に除去されるような激しい降雨強度がある。㊧ある程度以上の継続雨量の後, 急激な降雨があれば発生する。	11)

表2-3 その他土石流発生に関する主な調査・研究

調査・研究者 (発表年)	対象土石流	採用指標等	内 容	文献
芦田, 高橋, 沢井	木津川上流	土石流発生限界流量 (降雨強度)	・土石流発生限界を定義し, 実際に溪床に供給される流量がそれより大になれば土石流が発生するとした。	11)
鈴木, 福島, 武居, 小橋	六甲山系	タンクモデルのタンク水位	・先行降雨と短時間降雨をあらわす指標としてタンクモデルを使用した。 ・3段のタンクモデルを使用しているが, 1段めと2段目のタンクの水位が災害発生と密接な関係があるとわかった。 ・六甲山系(ハチス谷)のタンクモデルを小豆島と仁淀川に応用しても第1, 2段めのタンク水位が災害の発生とよい対応を示した。	12)
渡辺, 徳山, 中山, 二宮	仁淀川流域	ハイエトグラフの使用	・土石流発生限界雨量を設定し, この限界雨量に達する2時間前の雨量をハイエトグラフによって差し引きこの値を警戒避難基準雨量とする。	13)

参 考 文 献

- 1) 柴原, 島津, 吉村: 羽越豪雨による崩災の調査とその防災研究 文部省科学研究費研究報告 1968.3
- 2) 建設省松本砂防工事事務所: 焼岳・浦川における土石流調査関係資料集No.5, No.7, 1975.10, 1977.3
- 3) 山田, 渡, 小橋: 地すべり・斜面崩壊の実態と対策, 山海堂 1971
- 4) 芦田他: 小豆島の土砂災害について, 昭和51年9月台風17号による災害の調査・研究総合報告 S52年 京都大学
- 5) 塩原, 磯望, 松原, 山川, 米沢: 岐阜県高原川流域における土砂災害と降雨特性, S53年度日本地理学会予稿集 1978
- 6) 鈴木, 福島, 武居, 小橋: 土石流災害発生の危険雨量, 新砂防; No.110
- 7) 青木: 過去に土石流等の災害をもたらした降雨の特徴, 土木技術資料 22-2, 1980
- 8) 瀬尾, 船崎: 土砂害(主に土石流的被害)と降雨量について, 新砂防, No.88, 1973
- 9) 瀬尾, 横部: 土砂害(主に土石流的被害)と降雨量について(第二報), No.108, 1978
- 10) 池谷: 降雨量強度比による土砂害からの避難基準に関する一私乗, 新砂防, No.94, 1974
- 11) 芦田, 高橋, 沢井: 木津川上流域における土石流危険度評価に関する研究, 財・防災研究協会委託, 1978
- 12) 渡辺, 徳山, 中山, 二宮, 大人木: 土石流警戒避難基準雨量設定の一手法, 新砂防, No.110, 1979
- 13) 建設省砂防課: 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), 1984

2.2 検討対象雨量資料の整理

解析に必要な雨量データは次の手順により整理した。

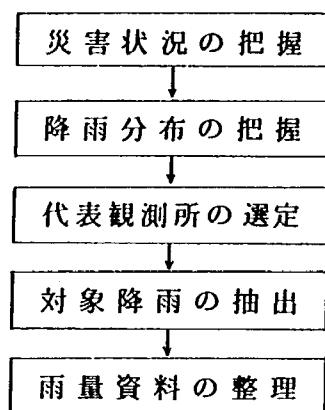


図2-1 雨量資料整理手順

2.2.1 災害状況の把握

各種資料・文献によって対象地区における既往の土砂災害について整理した。

ここで対象とする土砂災害は、形態別に区分すれば土石流や土砂流の溪流災害を対象としており、崖崩れや崩壊、落石等の斜面災害は対象外である。ただし、崖崩れや崩壊は土石流発生の前駆的現象と考えられ、土石流発生条件を検討する際の参考となると思われるので、土石流と崖崩れ・崩壊を区分して災害発生事例として扱うこととした。なお崖崩れ・崩壊についてはその規模によって大規模・広範（各地に発生）な崖崩れ・崩壊と小規模（概ね単発的）な崖崩れ・崩壊に区分した。

また、住民に対する警戒・避難基準雨量を検討するものであることから、対象とする災害は人家や人の集まる公共施設等に被害が及んだ事例又は及びそうになった事例に限定しており、農地や山林、河川・道路などの土木施設等に被害のあった事例は除外している。

各地区の既往災害の概要は次の通りである。

(1) 長崎（長崎市）

昭和57年7月23～25日の梅雨前線による集中豪雨による災害をとりあげた。23日20:15から22:30にかけて長崎市内各地に崖崩れや土石流が発生し、死者・行方不明者299人という大災害であった。

(2) 高知（仁淀川）

昭和50年8月16～17日の台風5号による大雨災害及び昭和51年9月8～13日の台風17号による大雨災害をとりあげた。

昭和50年災害では土佐市及び吾川郡の各地に崖崩れや土石流が発生し、土砂災害による被害だけでも死者25名、全半壊374戸にのぼり、“仁淀災害”と命名されるものであった。被害は8月17日13:00頃から17:00頃にかけて発生している。

昭和51年災害では高知市及びその周辺町村で土石流が発生している。土砂災害による被害は死者1名、家屋への被害18戸と50年災に比べると小さかった。被害は9月11日21:30、12日21:00、13日3:30及び6:25などに記録されている。

(3) 香川（小豆島）

小豆島における昭和49年7月4～7日の梅雨前線による集中豪雨、及び昭和51年9月8～13日の台風17号による大雨の災害をとりあげた。

昭和49年災害では被害は小豆島東半の内海町一帯に集中し、7月6日21:40から7日0:20にかけて各地に土石流や崖崩れが発生した。土砂災害による死者は29名、被害家屋は252戸にのぼる災害であった。

昭和51年災害は小豆島及び豊島の全域に及ぶ大規模なもので10日14:00頃から崖崩れが発生し始め11日3:00頃には崖崩れが本格的に各地で発生し始めた。11日6:00頃からは土石流が発生し、土石流や崖崩れが11日20:20頃まで続いた。11日23:30には地すべりも池田町谷尻で発生した（死者24名）。土砂災害による被害は死者49名、被害家屋170戸に及んだ。

(4) 兵庫（六甲）

昭和13年7月1～5日の梅雨前線による集中豪雨、及び昭和42年7月7～10日の集中豪雨による災害をとりあげた。

昭和13年災では神戸市表六甲一帯に崖崩れが発生し死者505名、被害のあった家屋130,192戸という大災害となった。（水害による被害を含む。なお土石流も発生したと思われる。）土砂災害の発生は7月4日7:20頃より始まり、途中4日16:00頃には一時落ちつき翌5日10:00頃から再び激化し12:30頃まで続いたと記録されている。

昭和42年災害では13年災害と同様に表六甲一帯に崖崩れや土石流が発生し、土砂災害による被害は死者62名、被害家屋746戸という大災害となった。7月9日16:00頃より崖崩れが発生し始め20:15から21:30にかけては土石流が各地で発生した。崖崩れ災害はなお23:00頃まで続いた。

なお、昭和36年6月24～27日（梅雨前線）及び同年9月14～16日（台風18号：第2室戸台風）の大雨によっても、神戸市にて死者それぞれ26名及び10名をだした災害となったが、災害形態が明確でなく崖崩れ災害が中心のようであるので災害事例からは除外した。

(5) 島根（浜田）

土石流災害事例として昭和47年7月9～15日の梅雨前線による大雨、昭和56年6月25日～7月4日の梅雨前線による大雨及び昭和58年7月20～23日の梅雨前線による大雨による災害をとりあげた。

昭和47年災害では島根県内各地に被害をもたらし、特に柿木地区では土石流によって死者5名をだしている。浜田市及びその周辺では崖崩れ・崩壊が各地で発生したが土石流は1箇所だけであり人的被害はなかった。7月10日3:30頃から崩壊が発生し始め翌11日18:00頃まで続いた。土石流は11日3:00に発生している。

昭和56年災害は江津市及び三隅町で土石流1箇所、崩壊2箇所の被害があったが災害規模は小さいといえる。土石流は6月27日2:00に発生した。小規模な崩壊が29日7:00及び4日6:00に発生している。

昭和58年災害は島根県全体で死者・行方不明者107人にのぼる大災害であった。浜田市周辺での土石流の発生は7月23日0:00頃から始まっており1:00頃から激化し11:00頃まで続いた。

なお、崖崩れ事例として昭和54年6月26日～7月2日の梅雨前線による大雨災害（7月1日0:00～4:00）、昭和54年9月4日の台風12号による大雨災害（4日9:00に推定）、昭和55年7月5～11日の梅雨前線による大雨災害（11日8:00）、昭和55年8月26～31日の前線性大雨災害（26日14:00～31日2:00）をとりあげた。さらに、参考として昭和55年9月11～12日の台風13号による地すべり（11日17:00～24:00）をとりあげた。

(6) 滋賀（信楽町）

昭和34年9月25～27日の伊勢湾台風による大雨、昭和47年7月9～13日の梅雨前線による集中豪雨及び昭和57年8月1～3日の台風10号による大雨による災害をとりあげた。

昭和34年災害では信楽町内で3箇所程土石流が発生したが人家には被害が及ばなかった。発生時刻が不明確なためピーク雨量時（26日20:00）に推定した。

昭和47年災害では信楽町内で全344箇所の崩壊が発生したが土石流による人家の被害はなく崩壊・崖崩れ事例としてとりあげた。

昭和57年災害では信楽町各地で崩壊・崖崩れが発生しており人家に被害を及ぼした土石流も数箇所で発生している。土石流の発生は2日2:00頃であった。

(7) 岐阜（八幡）

昭和56年7月12～13日の雷雨性の集中豪雨による土石流災害をとりあげた。被害は八幡町の比較的狭い地域に集中している。発生は12日21:00～22:35の間である。

(8) 静岡（伊豆）

昭和33年9月25～26日の狩野川台風による大雨、昭和57年7月31～8月2日の台風10号による大雨及び昭和57年9月10～12日の台風18号による大雨による災害をとりあげた。

昭和33年災害では死者1,094名、被害家屋19,754戸にのぼる大災害であった。災害は9月26日20:00頃発生した。

昭和57年7月の災害は湯ヶ島町柿木にて1ヶ所土石流が発生したもので小規模であった。発生は1日22:00であった。

昭和57年9月の災害は同年7月の発生箇所周辺の各溪流で土石流が発生したもので7月に較べて規模が大きい。発生は12日15:00であった。

(9) 山梨（釜無川）

昭和34年8月12～14日の台風5号による停滞前線の活動による大雨及び昭和57年7月31日～8月2日の台風10号による大雨による災害をとりあげた。

昭和34年災害では釜無川一帯に多数の土石流や土砂流が発生し洪水氾濫や崖崩れも頻発した。このため死者43名、被害家屋277戸という大災害となった。8月13日11:00頃から崩壊・崖崩れが発生し始め14日8:00には各地で土石流が発生した。

昭和57年災害では溪流からの土石流等による土砂流出が各地でみられたが人家に被害があったのは調査範囲内では2箇所であった。発生は1日23:50及び2日0:30であった。

なお、参考の崖崩れ事例として昭和41年9月22～25日の台風26号による韭崎市内の災害例（25日 2:00）をとりあげた。この時は西湖付近で大災害となったものである。

(10) 群馬（榛名）

昭和57年7月28日～8月1日の台風10号による大雨の災害をとりあげた。この時は群馬県下全域に崖崩れなどによって死者・行方不明者6名、全半壊275戸の被害が生じた。調査範囲内でも1日18:00に土石流が1箇所発生している他、崖崩れも殆んど同時に発生している。

なお、参考の崖崩れ事例として昭和56年8月21～23日の台風15号による大雨（22日15:00 崖崩れ発生）及び昭和57年9月8～12日の台風18号による大雨（12日17:00に崖崩れ発生）の災害をとりあげている。

2.2.2 降雨分布の把握

土砂災害を発生せしめた降雨域の広がりや災害分布域の関係について調査した結果を表2-4に示す。

1) 豪雨域の広がりの特徴

災害分布域は海域や県境による不明部分があるが、今回とりあげた比較的規模の大きな土砂災害の場合、面積は $35\text{ km}^2 \sim 1,700\text{ km}^2$ と幅広い範囲をとるが、一般的には $100 \sim 200\text{ km}^2$ の範囲のものが多くいようである。ただし、 50 km^2 前後と狭い範囲に集中する事例のあることは留意すべきである。

次に、このような災害分布をもたらした豪雨域の広がりも概ね長径 $20 \sim 100\text{ km}$ 、短径 $10 \sim 40\text{ km}$ 、面積 $70 \sim 2,750\text{ km}^2$ と幅広い範囲を有する。海域や調査範囲外における豪雨域の分布が不明であるため表2-4の豪雨域の面積は実際よりも多少小さく求められているので、一般的には 200 km^2 以上となることが多いと思われる。長径及び短径も概ね $20 \sim 30\text{ km}$ 以上及び 10 km 以上と思われる。

2.2.3 代表観測所の選択条件

災害発生域の内外に存在する各雨量観測所のうち、いずれの観測所を代表観測所として選択すべきかについて、時間的および空間的な観点から検討した。

1) 災害地点と雨量観測所の距離

降雨には地域差や時間のズレがあるから、災害発生に係る降雨は災害発生地点から水平もしくは垂直方向に離れれば離れるほど正確に把握することが難しくなる。

対象となる観測所における災害発生時の降雨資料を検討した結果、災害発生地点と観測所の距離が離れていることにより、観測所における降雨と災害発生地点の降雨が相当異なる場合があった。この一例として、山梨県釜無川における昭和34年及び57年の災害に対する日向山観測所（災害発生箇所に近い）と甲府地方気象台（災害発生箇所から遠い）における降雨量の比較を表2-5に示した。

表2-5で明らかなように、5時期の土石流発生箇所に対して日向山観測所は $2 \sim 6\text{ km}$ と近く、発生までの連続雨量は $308 \sim 330\text{ mm}$ 、発生時の1時間雨量は共に 54 mm と似かよっている。一方、甲府地方気象台では連続雨量は日向山の $40 \sim 60\%$ の $130 \sim 185\text{ mm}$ 、1時間雨量は日向山の強雨に対して $8 \sim 12\text{ mm}$ と極端に小さい。このように災害発生地点から 20 km 以上も離れた観測所では災害発生時の降雨状況の実態を把握することができない場合がある。

表2-4 災害分布域と豪雨域の広がり

地区名	災害発生期	災害発生域諸元			災害発生降雨域の諸元							備考
		面積 km ²	観測所と発生域との距離 km		雨 量 諸 元			豪雨域の広がり			形態概要	
			L ₄	L ₆	降雨種別	期 間	災害の発生した豪雨の下限値 mm	長径 km	短径 km	面積 km ²		
① 長崎	57 7.23	400	—	8	総雨量	57.7. 23~25 (3日)	470	30	10	480		大災害
② 高知	50 8.17	600	—	11	"	50.8. 16~19 (4日)	600	70	14	1,600		"
	51 9.8~13	550	—	13	"	51.9. 8~13 (6日)	1,000	55	25	2,250		"
③ 香川	49 7.6	50	—	2.5	最大24時間雨量	49.7. 5~7 (24時間)	250	15	5	67		"
	51 9.11	170	—	7	総雨量	51.9. 8~13 (6日)	400	28	16	170		"
④ 兵庫	13 7.4~5	190	0	7.5	"	13.7. 3~5 (3日)	400	30	10	190		"
	42 7.9	110	0	7.5	"	42.7. 8~9 (2日)	250	33	14	270		"
⑤ 島根	58 7.23	1,700	—	8	"	58.7. 20~23 (4日)	400	115	40	2,750		"
⑥ 滋賀	57 8.2	(220)	—	6	"	58.8. 1~2 (2日)	220	29	24	330		災害規模は小さい
⑦ 岐阜	56 7.12	190	1.5	9	"	56.7. 9~14 (6日)	250	40	28	850		雷雨性の豪雨
⑧ 静岡	57 9.12	35	4.5	5.5	"	57.9. 9~12 (4日)	500	21	11	210		災害規模は小さい
⑨ 山梨	57 8.11	設定困難	—	2.0	"	57.7.31 ~8.3 (4日)	270	80	30	1,600		土石流による被害は2溪流
平均		383	—	7.3			418	46	19	897		
最大		1,700	4.5	13			1,000	115	40	2,750		
最小		35	—	2.5			220	15	5	67		

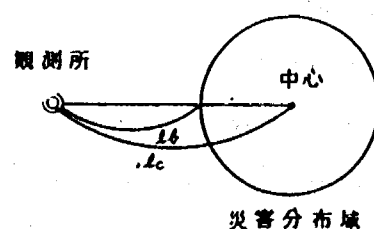
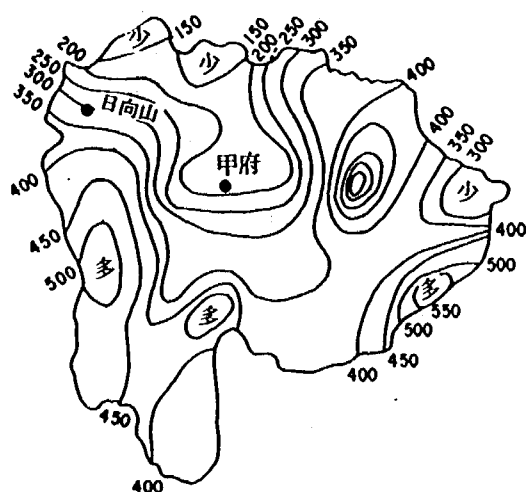
※ L₄ 及び L₆ の求め方

表 2 - 5 山梨県釜無川流域における昭和34年(台風5号)及び57年(台風10号)の災害時における日向山及び甲府の降雨量の比較

災害発生 年月日時	発 生 所	災 害 形 態	発生地点までの距離km		発生までの連続雨量mm		発生時の1時間雨量mm	
			日向山	甲 府	日向山	甲 府	日向山	甲 府
34年8月14日 8:00	白州町 武川村	土石流	2~3	20~30	308.0	185.2	54.0	12.8
57年8月1日 24:00	武川村 藪ノ湯	土石流	6	25	330.0	130.5	54.0	8.0

昭和34年8月12日~14日の総雨量(mm)



昭和57年7月31日~8月2日の総雨量(mm)

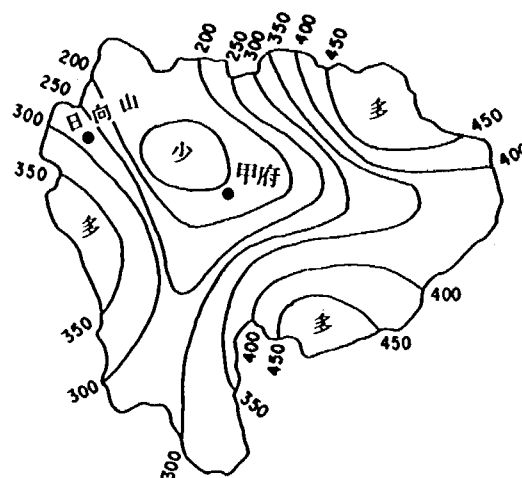


図 2 - 2 昭和34年および57年災害時の総雨量の分布

以上の検討結果をまとめると、

- (1) 豪雨域の範囲は比較的規模の大きな土石流災害事例の場合、短い部分(短径)で10km程度以上と思われる。
- (2) 雨量観測所と災害発生地点の距離の検討から、概ね数kmから10km以上離れると、降雨状況がかなり異なる場合が多い。

従って、災害地点と観測所の距離は、その地域の地形など降雨を支配する要因の違いによって異なるが、大旨5kmが目安となる。

2) 観測所の密度

比較的規模の大きな災害の場合、災害発生に係る降雨状況を地域内漏れなく把握しようとした場合の必要な観測所間の距離は少なくとも10km以内、できれば数km以内であることが望ましい。

2.2.4 雨量観測所の選定

2.2.3 項の諸条件および、雨量データが長期間にわたって整理されていることを条件として検討した結果、対象とした10地区における代表雨量観測所とその雨量資料の概要は表2-6に示すとおりである。

表2-6 使用した雨量観測所と降雨資料

地 区	雨 量 観 測 所	対 象 期 間	資 料 の 態 様		備 考
			時 間 雨 量	10分雨量	
1 長 崎 (長崎市)	長 崎 海 洋 気 象 台 (気象庁)	S50～57年 (8ヶ年)	月 表	自 記 紙 (1日巻)	
2 高 知 (仁淀川)	佐 川 観 測 所 (気象庁)	S30～57年 (28ヶ年)	S49年まで月表 S50年からアメ ダス日表	自 記 紙 (1日巻)	
3 香 川 (小豆島)	内 海 ダ ム 観 測 所 (香川県土庄土木)	S49～57年 (9ヶ年)	月 表	自 記 紙 (1日巻)	
4 兵 庫 (六 甲)	神 戸 海 洋 気 象 台 (気象庁)	S13年, S34～57年 (25ヶ年)	日 原 簿	自 記 紙 (1日巻)	
5 島 根 (浜 田)	浜 田 測 候 所 (気象庁)	S39～58年 (20ヶ年)	S49年まで月表 S50年から日原 簿		
6 滋 賀 (信 楽)	雲 井 観 測 所 (建設省琵琶湖工事)	S34年, S40～57年 (19ヶ年)	月 表		
7 岐 阜 (八 幡)	八 幡 観 測 所 (気象庁)	S31～57年 (27ヶ年)	月 表		
8 静 岡 (伊 豆)	湯 ケ 島 観 測 所 (建設省沼津工事)	S33, 34, 36, 40～ 57年(21ヶ年)	(月 表)		
9 山 梨 (釜無川)	日 向 山 観 測 所 (建設省富士川砂防工事)	S33～36, 41, 52～ 57年(11ヶ年)	月 表		
10 群 馬 (榛 名)	榛 名 観 測 所 (気象庁)	S42～57年 (16ヶ年)	月 表		

2.2.5 対象降雨の抽出

雨量解析を行うための対象降雨は、土石流が発生した降雨（以下発生降雨と言う）と土石流が発生しなかった降雨（以下非発生降雨と言う）に分類し、さらに次の抽出基準に従って対象降雨を抽出した。

抽出基準1：発生降雨のうち、土石流が発生した時間を含むひとまとまりの降雨とそれ以前の降雨。

抽出基準2：非発生の一ひとまとまりの降雨とそれ以前の降雨。

なお、抽出基準2のうち、ひとまとまりの降雨は、表2-7に示す抽出基準によっている。

表 2 - 7 非発生降雨抽出基準

地 区	抽 出 基 準
長 崎 高 知 香 川 兵 庫	① 各年最大の総雨量（又は日雨量） ② " 1 時間雨量 以上を含む降雨
島 根 岐 阜 山 梨 群 馬	① 総雨量 80mm 以上の降雨 ② 1 時間雨量 20mm/H 以上の降雨 以上を含む降雨
滋 賀	① 総雨量 60mm 以上の降雨 ② 1 時間雨量 20mm/H 以上の降雨 以上を含む降雨

2.2.6 時間雨量資料の検討

各雨量指標を算出する際に基礎となる時間雨量資料は、一般に毎正時の 1 時間雨量であることが多い。このため降雨分布や基準雨量の解析も正時によって整理された時間雨量によることになるが、実際の降雨開始時刻はランダムであり、雨量資料として、任意の開始時刻による雨量資料を用いた場合、毎正時の雨量資料と比較して、差異が大きくなることが考えられる。

このような場合、解析に毎正時の雨量資料を用いることに疑義が生じてくる。

ここでは、任意の時間雨量（1 時間、2 時間及び 3 時間雨量）として 10 分刻みの集計値とこれにオーバーラップする正時の時間雨量とを比較し、望ましい時間雨量資料の計測方法について検討を行った。

また、10 分間雨量や 30 分間雨量といった短期の降雨によって時間雨量換算を行い雨量強度とする場合があるが、その妥当性を検討するため実際の雨量（強度）との比較を行った。

上記の検討に用いた資料は、長崎、高知、香川及び兵庫の 4 地区の 10 分間雨量資料である。

1) 任意と正時の時間雨量の比較

検討に用いた降雨は、一連の降雨の中の最大 10 分雨量を含む正時の 1 時間雨量と、最大 10 分雨量とこれの発生した時間より前の 50 分間の降雨量の合計値として定義する任意の 1 時間雨量である。2 時間雨量及び 3 時間雨量は正時又は任意の 1 時間雨量の終りまでの 2 時間及び 3 時間雨量として定義する（図 2 - 3 参照）。

任意と正時の時間雨量の比較を行い両者の関係式や相関係数等を求め表 2 - 8 及び図 2 - 5 に示した。

表 2 - 8 及び図 2 - 5 より次のことが言える。

- (1) 時間が長いほど（1 時間より 2 時間、2 時間より 3 時間）、任意と正時との間の差は小さくなる。1 時間雨量についてみると差異が最大である長崎の場合でも、正時データの平均は 56.7mm、任意データの平均は 62.5mm であり、任意データは正時データの約 10% 増程度にとどまっている。また、

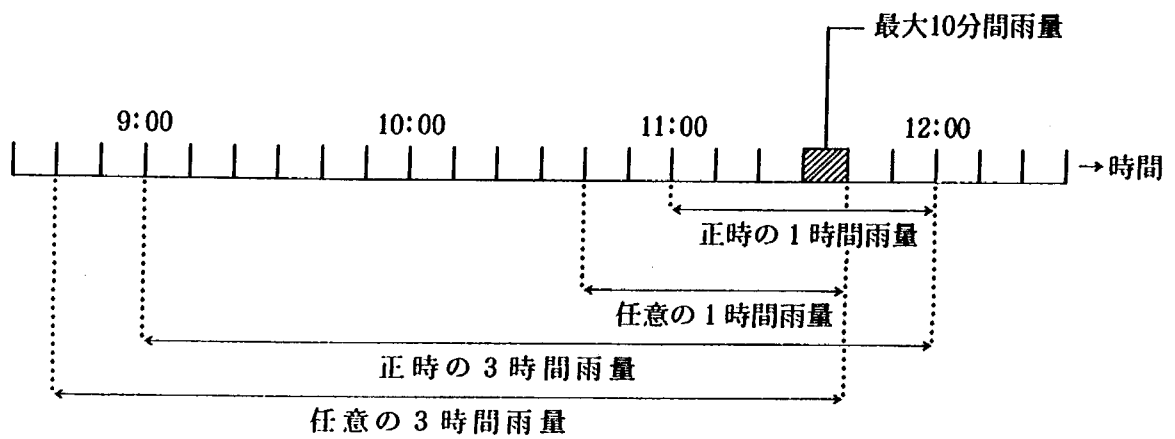


図2-3 任意と正時の時間雨量の定義

相関係数も0.9以上と極めて良好である。

- (2) 上記より、基準雨量等の検討において正時の時間雨量を用いても差しつかえないものと考えられる。
- (3) 正時の時間雨量は任意の時間雨量より小さい値を持つので、正時データによって設定された災害発生降雨条件は実際よりも（任意データによるよりも）小さめになり、基準雨量としては安全側に設定されと考えられる。

2) 換算雨量と降雨実態の比較

ここでは換算1時間雨量と実際の1時間雨量の比較を行った。検討に用いた降雨は次のとおりである（図2-4参照）。

① 換算1時間雨量

- (a) 一連の降雨の中の最大10分間雨量及び最大30分間雨量（任意の最大30分間雨量）を抽出する。

ただし、各年最大値とする。

- (b) 換算1時間雨量は次式で求める。

- (イ) 10分間雨量からの推定；

$$(\text{1時間雨量}) = (\text{最大10分間雨量}) \times 6$$

- (ロ) 30分間雨量からの推定；

$$(\text{1時間雨量}) = (\text{最大30分間雨量}) \times 2$$

② 実際の1時間雨量

換算雨量を10分間（30分間）雨量の終了時までのいわば過去の雨量として考えるか、又は、10分間（30分間）雨量の開始時から将来へ向っての予測を含んだ雨量として考えるかで、これと対比すべき実際の雨量の抽出方法がことなる。ここでは、換算雨量を「雨量強度一累加雨量」による災害発生降雨条件解に用いる場合を想定して（ある時点までの雨量強度として換算雨量を用いる場合）、実際の1時間雨量は10分間雨量又は30分間雨量の終了時から1時間前までの雨量とする。

対象地区の換算時間雨量と実際の時間雨量の比較を行い、関係式や相関係数等を求め表2-9及び図2-6に示した。

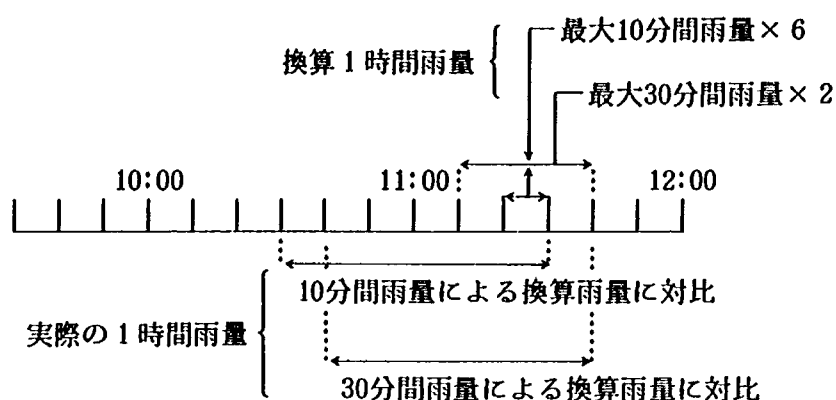


図 2 - 4 換算時間雨量と実際の時間雨量

表 2 - 9 及び図 2 - 6 より次のことが言える。

- (1) 換算時間雨量と実際の時間雨量の違いの最も小さい長崎の場合でも、10分間雨量による換算 1 時間雨量の平均値は 77.4mm でありこれに対して実際の 1 時間雨量の平均値 57.1mm となり、換算値は実際より約 36% も大きい。他地区については 45~50% も大きい。また、両者の相関係数は低いものもあり、補正係数を用いての補正も難しいものと考えられる。
- (2) 30分間雨量による換算雨量の場合は、10分間雨量による場合と比べて幾分差異は小さくなるが、それでも 20~35% 程度の差異がつかまとう。相関は比較的良いので補正計算を行う余地はある。

表 2.8 任意と正時の時間雨量の比較

地 区 名 n : サンプル数	正時の1時間雨量 (X) と10分間雨量による任意の1時間雨量 (Y)											
	平 均		最 大		最 小		両者の回帰式		両者の差の統計諸量			
	X	Y	X	Y	X	Y	a	r	平 均	分 散	標準偏差	変化係数
長 崎 n = 8	56.7	62.5	111.5	127.0	28.0	33.5	1.111	0.9972	5.81	23.12	4.81	82.73
高 知 n = 28	51.8	56.9	108.0	108.0	29.0	32.0	1.095	0.9448	5.15	35.48	5.96	115.74
兵 庫 n = 25	30.8	33.9	69.4	73.4	11.0	13.0	1.089	0.9667	3.06	11.31	3.36	109.91
香 川 n = 9	41.7	45.8	88.0	90.0	12.5	15.0	1.069	0.9881	4.17	14.72	3.84	92.09

地 区 名 n : サンプル数	正時の2時間雨量 (X) と10分間雨量による任意2時間雨量 (Y)											
	平 均		最 大		最 小		両者の回帰式		両者の差の統計諸量			
	X	Y	X	Y	X	Y	a	r	平 均	分 散	標準偏差	変化係数
長 崎 n = 8	90.8	92.9	213.5	214.0	41.0	41.5	1.021	0.9974	2.06	14.65	3.83	185.59
高 知 n = 28	83.9	85.8	194.0	195.5	43.0	43.0	1.022	0.9962	1.86	8.23	2.87	154.48
兵 庫 n = 25	49.3	51.3	126.8	126.8	17.0	23.5	1.039	0.9942	2.07	6.88	2.62	126.80
香 川 n = 9	65.5	69.5	129.0	136.0	21.0	22.5	1.061	0.9972	3.94	15.75	3.97	100.60

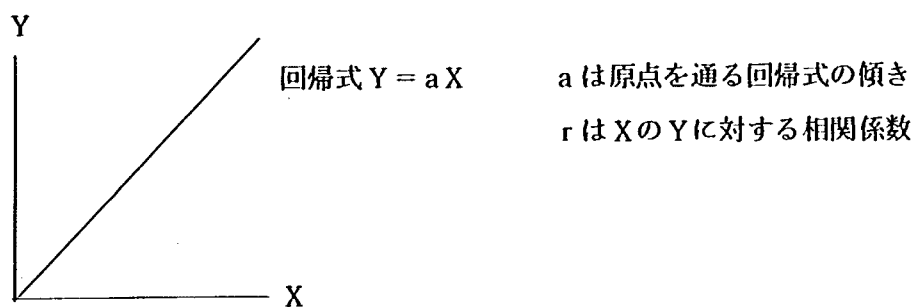
地 区 名 n : サンプル数	正時の3時間雨量 (X) と10分間雨量による任意の3時間 (Y)											
	平 均		最 大		最 小		両者の回帰式		両者の差の統計諸量			
	X	Y	X	Y	X	Y	a	r	平 均	分 散	標準偏差	変化係数
長 崎 n = 8	118.8	120.9	313.0	313.0	50.5	54.0	1.013	0.9988	2.19	14.06	3.75	171.40
高 知 n = 28	106.9	108.5	287.0	287.0	48.0	48.0	1.014	0.9991	1.54	4.32	2.08	134.99
兵 庫 n = 25	60.7	62.1	145.9	145.9	27.0	27.0	1.022	0.9969	1.45	5.86	2.42	167.15
香 川 n = 9	83.7	86.9	158.0	169.0	28.0	28.0	1.039	0.9988	3.11	12.49	3.53	113.59

表 2.9 換算時間雨量と実際の時間雨量の比較

地区名 n: サンプル数	任意の30分間雨量による換算1時間雨量(X)と実際の1時間雨量(Y)											
	平均		最大		最小		両者の回帰式		両者の差の統計諸量			
	X	Y	X	Y	X	Y	a	r	平均	分散	標準偏差	変化係数
長崎 n=8	79.0	62.3	149.0	127.0	43.0	33.5	0.812	0.9634	16.69	80.56	8.98	53.79
高知	68.1	51.1	113.0	111.5	41.0	20.5	0.766	0.9292	17.01	52.42	7.24	42.56
兵庫 n=25	45.7	30.5	90.2	58.6	19.0	10.0	0.666	0.8748	15.11	70.06	8.37	55.40
香川 n=9	56.4	41.4	100.0	86.0	23.0	12.5	0.769	0.9568	15.22	45.28	6.73	44.21

地区名 n: サンプル数	任意の10分間雨量による換算1時間雨量(X)と実際の1時間雨量(Y)											
	平均		最大		最小		両者の回帰式		両者の差の統計諸量			
	X	Y	X	Y	X	Y	a	r	平均	分散	標準偏差	変化係数
長崎 n=8	91.9	44.6	153.0	111.5	48.0	24.0	0.652	0.9124	34.75	185.12	13.61	39.15
高知	89.3	45.1	132.0	103.0	60.0	14.5	0.499	0.4971	44.28	414.05	20.35	45.97
兵庫 n=25	59.0	27.5	117.0	57.0	27.0	11.0	0.448	0.5734	31.53	277.82	16.67	52.87
香川 n=9	78.7	37.2	150.0	86.0	36.0	12.5	0.509	0.9245	41.5	194.67	13.95	33.62

(表 2.8 及び表 2.9 の説明)



$$\text{変化係数} = (\text{標準偏差} / \text{平均}) \times 100$$

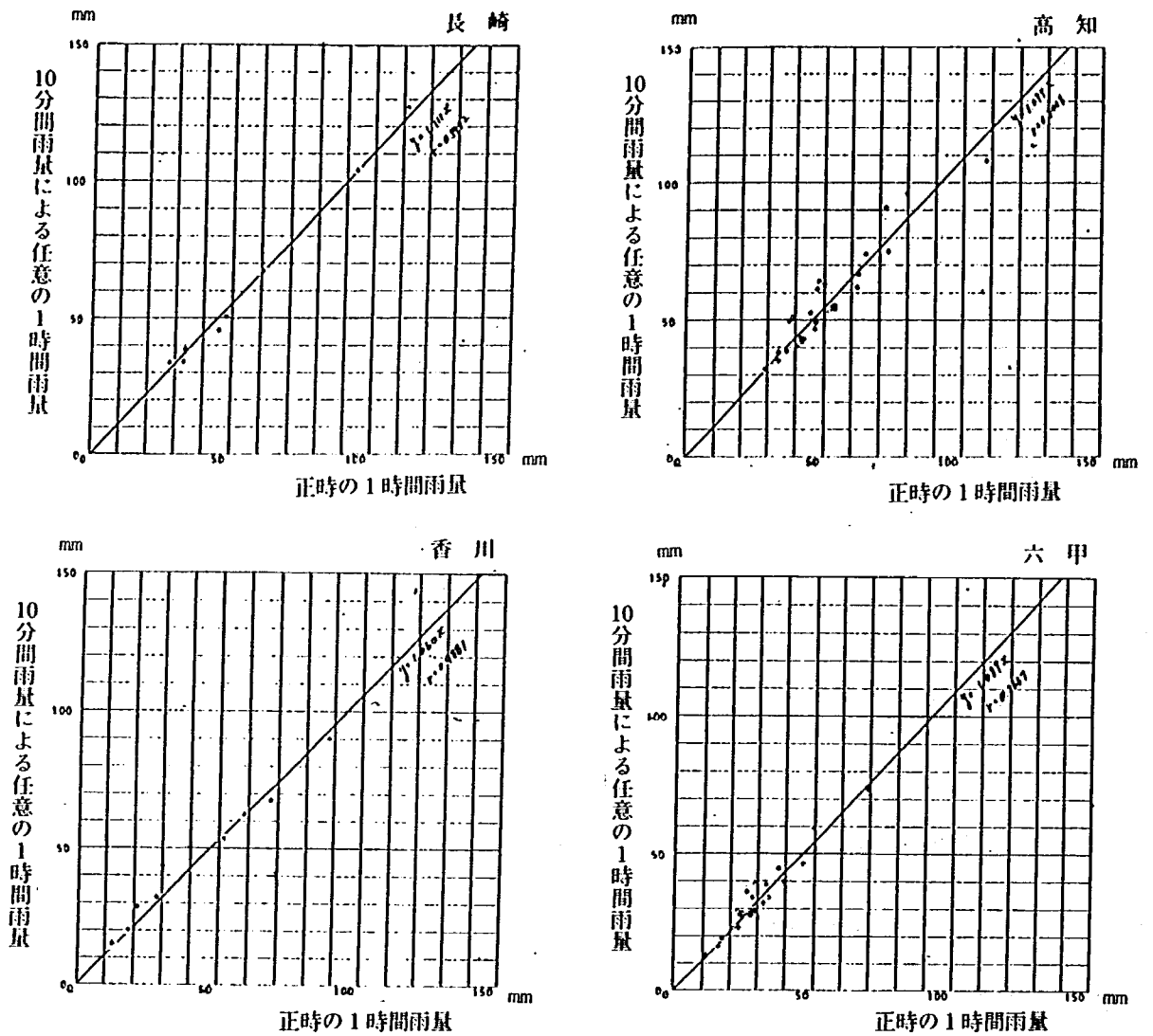


図 2.5(1) 任意と正時の時間雨量の比較（1時間雨量の場合）

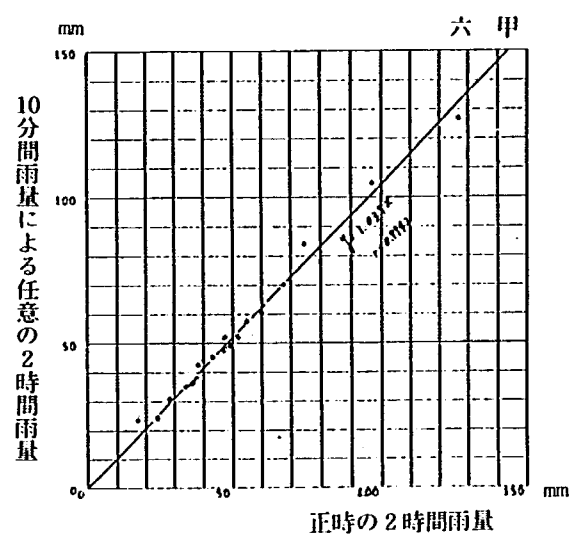
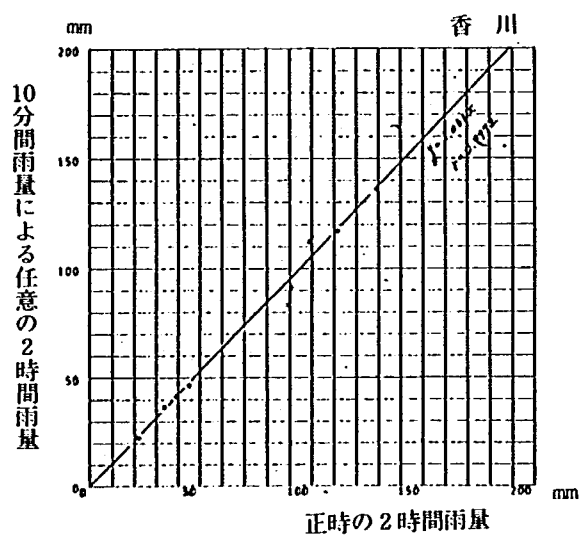
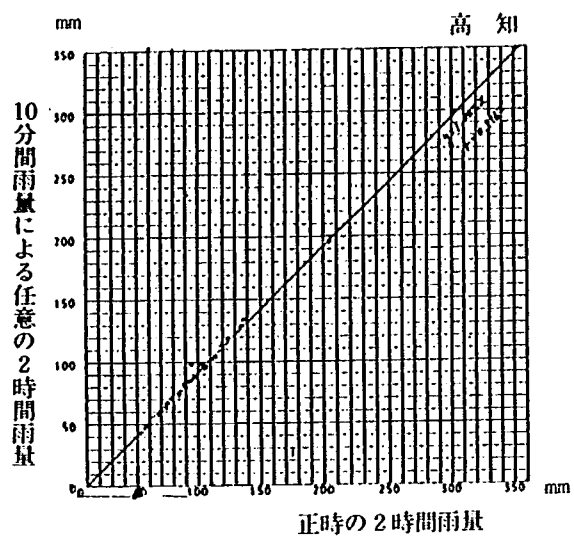
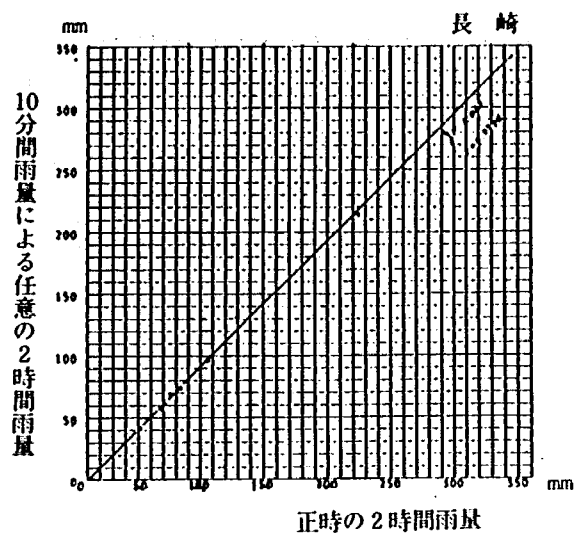


図 2.5 (2) 任意と正時の時間雨量の比較 (2 時間雨量の場合)

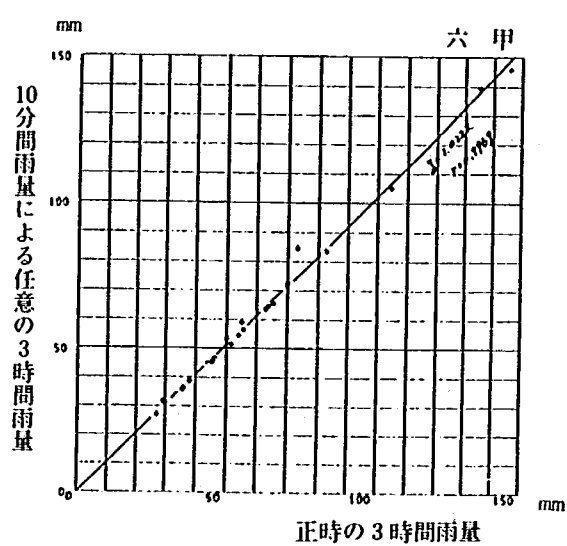
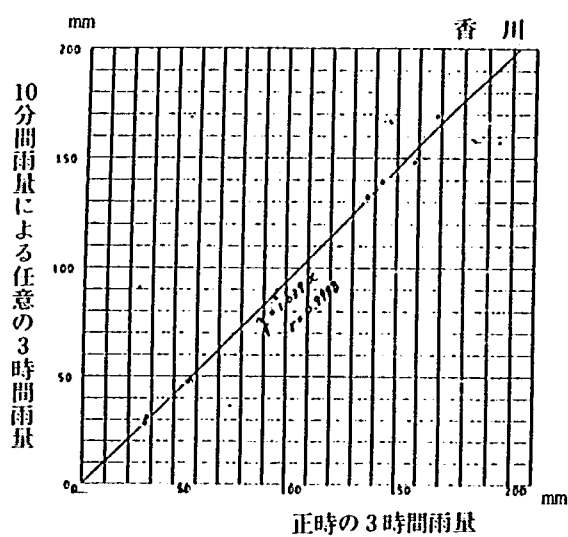
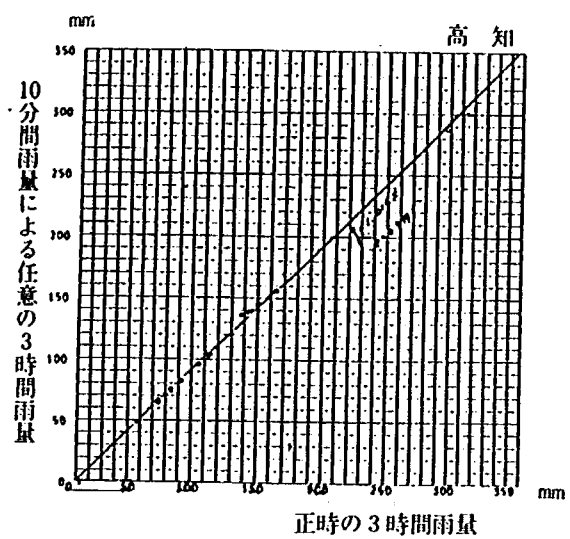
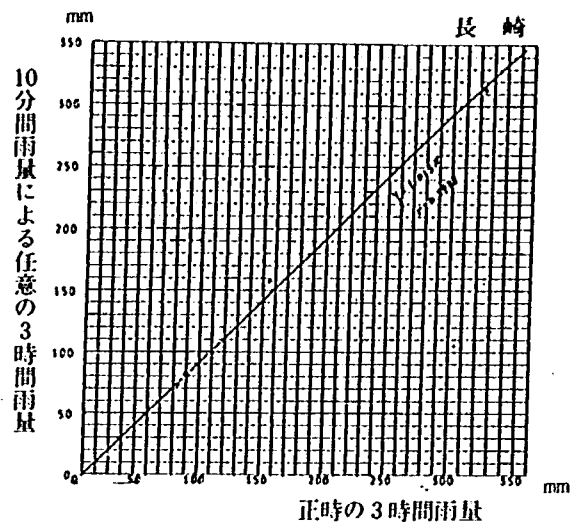


図 2.5 (3) 任意と正時の時間雨量の比較 (3 時間雨量の場合)

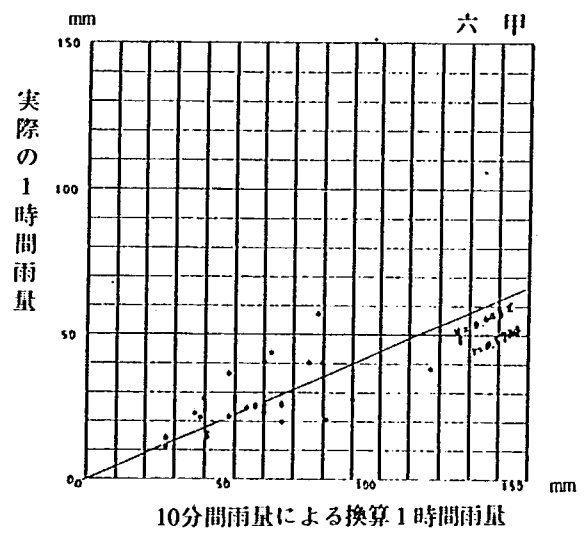
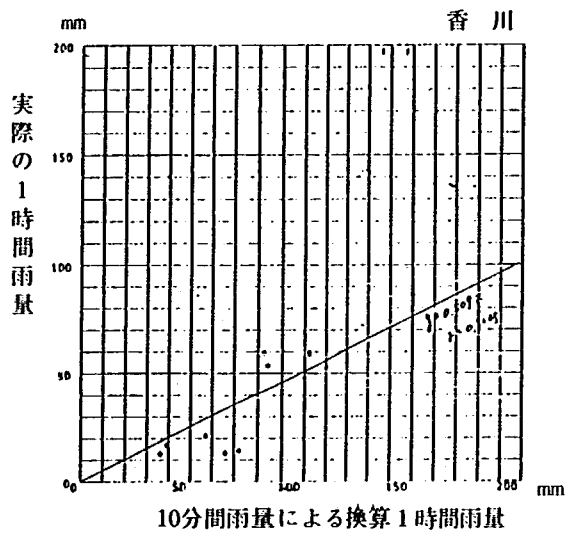
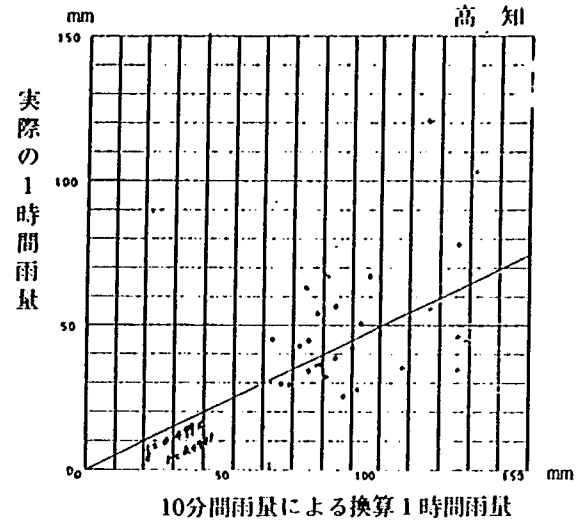
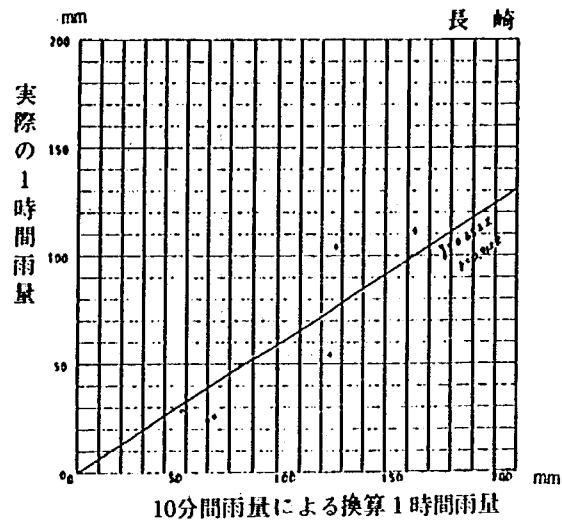


図 2.6 (1) 実際の 1 時間雨量と換算 1 時間雨量の比較 (10 分間雨量による換算の場合)

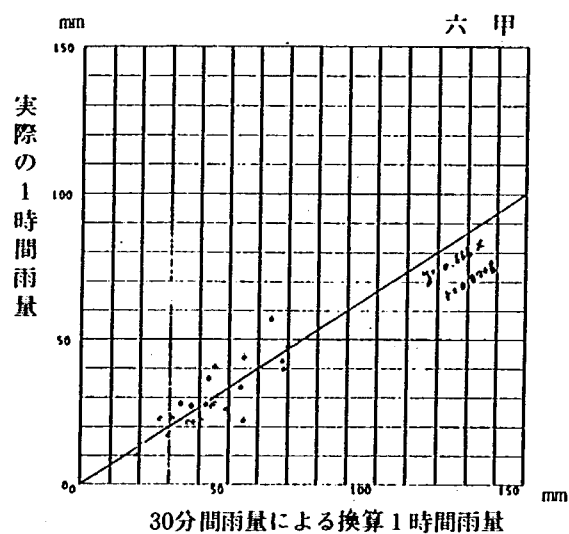
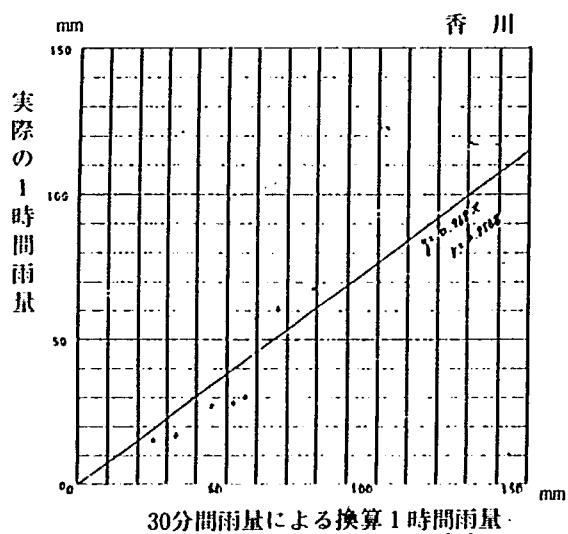
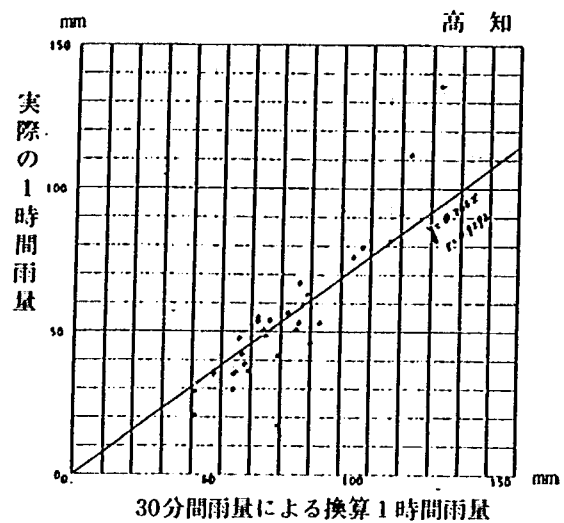
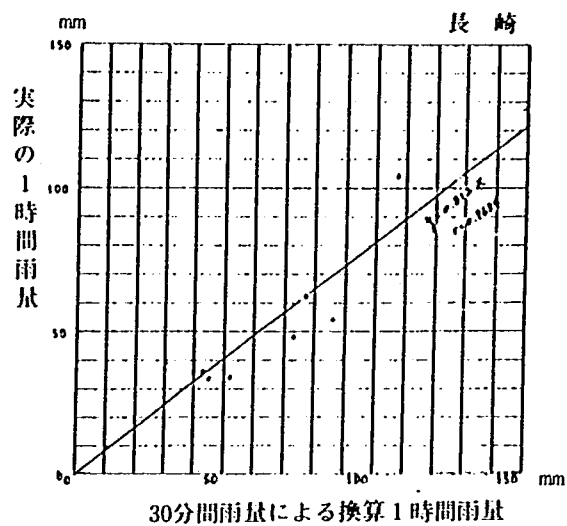


図 2.6 (2) 実際の 1 時間雨量と換算 1 時間雨量の比較 (30 分間雨量による換算の場合)

2.3 雨量指標の定義

2.3.1 一連の降雨と前期降雨

図 2.7 に定義図を示す。

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 0 mm 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_c ）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 0 mm である。

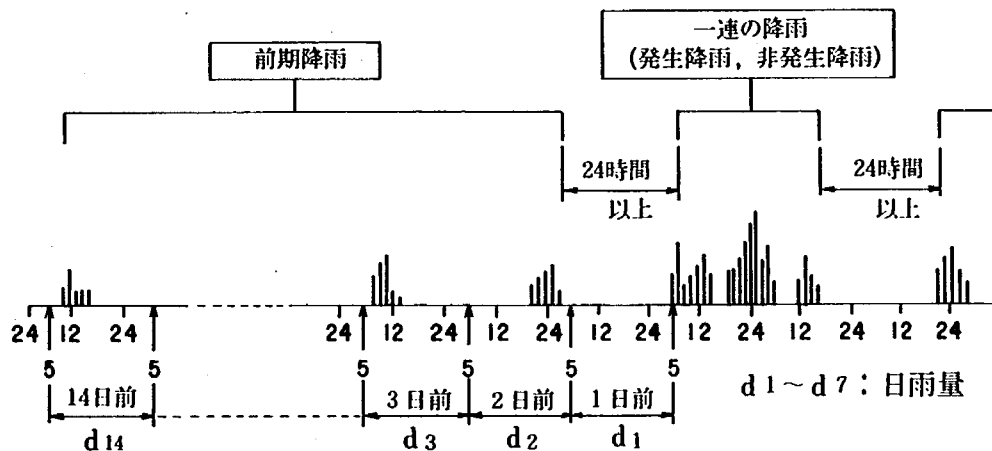


図 2.7 一連の降雨と前期降雨定義図

一般に、土石流の発生は発生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、 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（ R_{wA} ）と定義する。

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

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

$$\alpha_t = 0.5^{\frac{t}{T}} \quad \cdots \cdots (2)$$

t : t 日前

T : 半減期の日数

3) 実効雨量

$$\text{実効雨量 } R_{wn} = R_c + R_{wA} \quad \dots\dots\dots (3)$$

R_c : 一連続雨量

R_{wA} : 前期実効雨量

n : R_{wA} の算出時に使用した半減期 T の値

(例) R_{w1} : 半減期 $T = 1$ の場合の実効雨量

2.3.2 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2.8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、9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(R_i)と定義する。

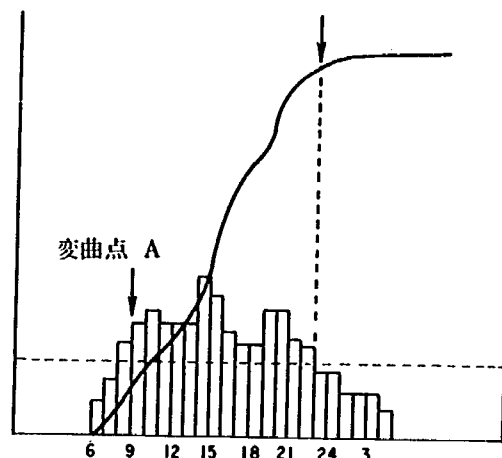


図 2.8 変曲点Aと変曲点B

2.3.3 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(R_E)と定義し、この時間帯を有効時間(T_E)と定義する。

$$\text{有効雨量 } R_E = (R_n - R_A) \quad \dots\dots\dots (4)$$

R_n : 一連の降雨のある時刻 n までの積算雨量

R_A : 変曲点Aの雨量($= R_i$)

$$\text{有効時間 } T_E = (T_n - T_A) \quad \dots\dots\dots (5)$$

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 R_E を有効時間 T_E で除した値を有効雨量強度(I_E)と定義する。

$$\text{有効雨量強度 } I_E = (R_E / T_E) \quad \dots\dots\dots (6)$$

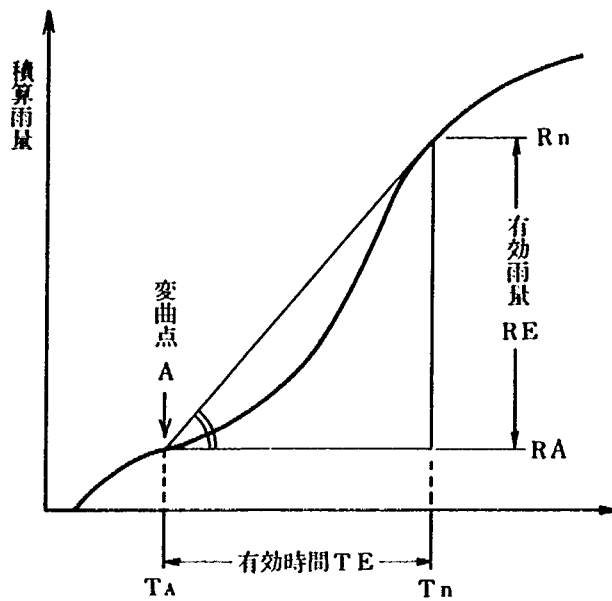


図 2.9 有効雨量，有効時間，有効雨量強度

2.3.4 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

$$\begin{array}{lcl}
 t_1 \text{ 時の残留雨量} & Z_1 = & RH_1 \\
 t_2 & " & Z_2 = RH_1 \times K + RH_2 \\
 t_3 & " & Z_3 = Z_2 \times K + RH_3 \\
 t_4 & " & Z_4 = Z_3 \times K + RH_4 \\
 & \vdots & \\
 t_n \text{ 時の残留雨量} & RZ = & Z_{n-1} \times K + RH_n
 \end{array} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$t_1 \sim t_n$: 時刻

$RH_1 \sim RH_n$: 毎時の 1 時間雨量 (mm)

K : 減少係数

$$K = 0.5^{\frac{1}{T}}$$

T : 半減期 (単位時間)

例 : 半減期 2 日の場合 $T = 48$

2.4 単一雨量指標の検討

2.4.1 検討対象指標

次の各雨量指標について検討した。

① 連続雨量及び実効雨量

(降雨中断時間24, 18, 12, 6, 3, 2及び1時間の各ケース)

② 有効雨量

③ 有効雨量強度

④ 平均雨量強度

⑤ 1, 2, 3時間雨量

⑥ 残留雨量

(半減期72, 48, 24, 12, 6, 3, 2及び1時間の各ケース)

⑦ 実効雨量

(半減期3日, 2日および1日の各ケース)

2.4.2 有効性検討のための適合率について

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2.10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、適合率が大きい程有効な単一雨量指標と言える。

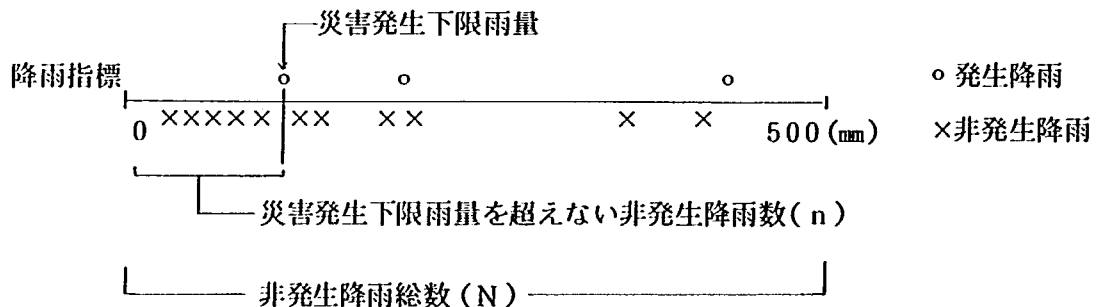


図 2.10 適合率の定義図

$$\text{適合率} = \frac{\text{災害発生下限雨量を超えない非発生降雨総数 (n)}}{\text{非発生降雨総数 (N)}} \dots\dots\dots (8)$$

2.4.3 各単一雨量指標の検討

図2.11に各単一降雨指標の適合率を示した。

図2.11より、連続雨量、実効雨量、半減期の長い残留雨量の方が、雨量強度的な指標である1～3時間雨量、有効雨量強度、平均雨量強度、半減期の短い残留雨量より適合率は良好である。また、この図より対象期間の長い方が、単一降雨指標としては良好な適合率を示す。

(1) 連続雨量、実効雨量に関する検討

連続雨量、実効雨量は適合率の平均値は 0.78～0.82 と他に比べて概して高い値を示す(図 2.11)。その中で数値の違いは少ないが、前期降雨を反映させた指標ほど適合率は良好である。

(2) 有効雨量に関する検討

有効雨量は変曲点 A から変曲点 B までの累加雨量で、一つのピークを有する降雨を抽出したものである。これの適合率は連続雨量、実効雨量に比べてやや劣るようである(図 2.11)。

したがって、(1)の結果と統合すると積算する時間が長いほど、適合率は向上すると考えられる。

(3) 雨量強度(1, 2, 3 時間雨量, 有効雨量強度, 平均雨量強度)に関する検討

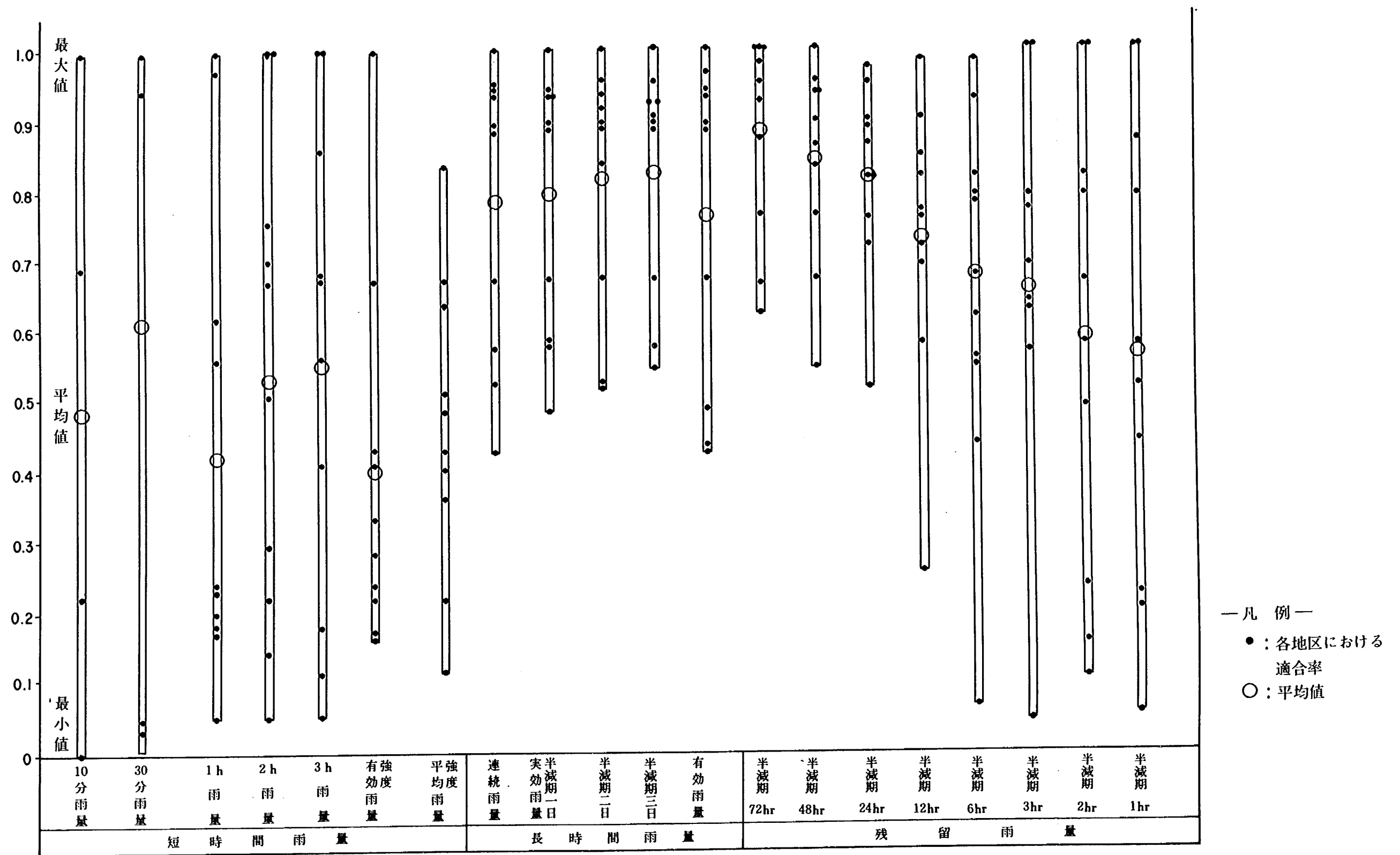
図 2.11 より、2 時間雨量、3 時間雨量の適合率が良好である。

しかし、良好なものでも適合率は 0.55 で、他の種類の単一降雨指標より低く、雨量強度単独では降雨指標とはなり難いと考えられる。

(4) 残留雨量に関する検討

図 2.11 より、残留雨量は半減期が長いほど良好な適合率を示す。特に半減期 72 H の残留雨量は単一降雨指標の中では最もよい適合率を示す。

しかし、雨量資料の制限で前期降雨は 2 週間前からの資料にとどまっており、72 時間半減に対する降雨資料としては不足をきたしている。今後、半減期 72 H の残留雨量の検討を深める為には、更に長期の前期降雨資料の収集が必要である。



2.11 単一雨量指標の適合率

2.5 複数雨量指標

2.5.1 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。

- ① 1時間雨量と実効雨量の組合せ……………以下A案という。
- ② 有効雨量強度と実効雨量の組合せ……………以下B案という。

2.5.2 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。

1) 適合率の定義

図2.12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、

$$\text{適合率} = \frac{n_1}{N} \times 100(\%) \quad \cdots \cdots (9)$$

の式で算出した。

2) 空振り率

(1) A案

図2.13に示すように、降雨の降り終りに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。

$$\text{空振り率} = n / N \times 100(\%) \quad \cdots \cdots (10)$$

(2) B案

図2.13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。

$$\text{空振り率} = n / N \times 100(\%) \quad \cdots \cdots (11)$$

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。

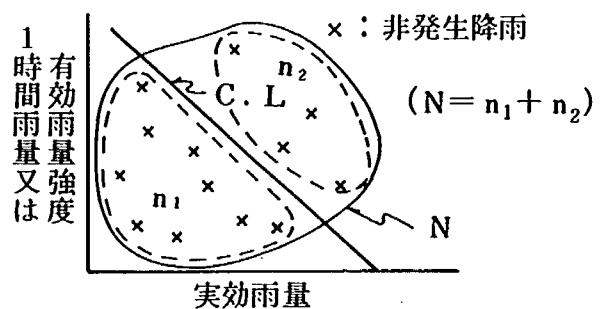


図2.12 適合率

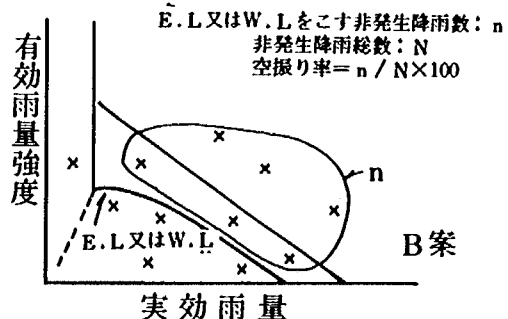
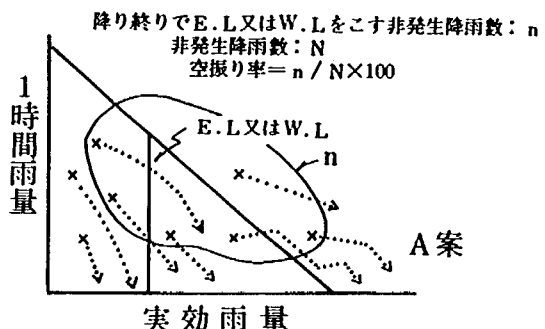


図2.13 空振り率

2.5.3 適合率による検討

図2.14に適合率を示す。

A案、B案とも雨量指標の差は殆どない。A案と

B案を比較すると、A案の方がやや適合率が高い。

ここで注意が必要なのは、ここで算出した適合率は、図上のプロットにより算出したものであり、一連の降雨に対して各時間の降雨データがC.Lを超えているかどうかのチェックは行なっていない為、実際より過大な値となっているものと考えられる。

2.5.4 空振り率による検討

図 2.14に空振り率を示す。

図 2.14よりA案、B案を比べるとB案の空振り率の方が小さく、B案の方が優れている。

また、横軸の雨量指標である連続雨量、実効雨量を比べるとA案については、連続雨量、半減期1日、2日の間には大差がなく、半減期3日の実効雨量が良好な結果を示す。B案については、大きな差はみられないが、半減期2日～3日の実効雨量が良好である。

2.5.5 一連の降雨における変曲点Aの再設定

B案（有効雨量強度－実効雨量）の変曲点A、すなわち有効雨量の開始点は、一連の降雨において最初に時間雨量4mm以上となったその開始点としており、これ以降に途中に無降雨期間が出現しても有効雨量期間としている。本来、有効雨量は一連の降雨における強雨部分として定義されるものであり、有効雨量強度の土砂災害発生に対する寄与もそのような強雨の程度を示すものとして妥当性を理解できる。

したがって、有効雨量期間の途中に長い無降雨期間がある場合はそれまでの雨量を有効雨量から除外し、変曲点Aを再度設定し、再び強雨となった時点で新たに有効雨量（強度）の算定を始めることが望ましい。

このような観点から、ここでは降雨の変曲点Aを変化させた場合について得られる有効雨量を用いた場合のB案の有効性の検討を行った。累加雨量種別（横軸）は連続雨量（RC）とした。変曲点Aの設定は時間雨量4mm以上となったその開始点とすることには変わりはないが、変曲点A設定以後に無降雨期間が3時間以上続いた場合には再度設定し直し有効雨量（強度）を再計算することとした。

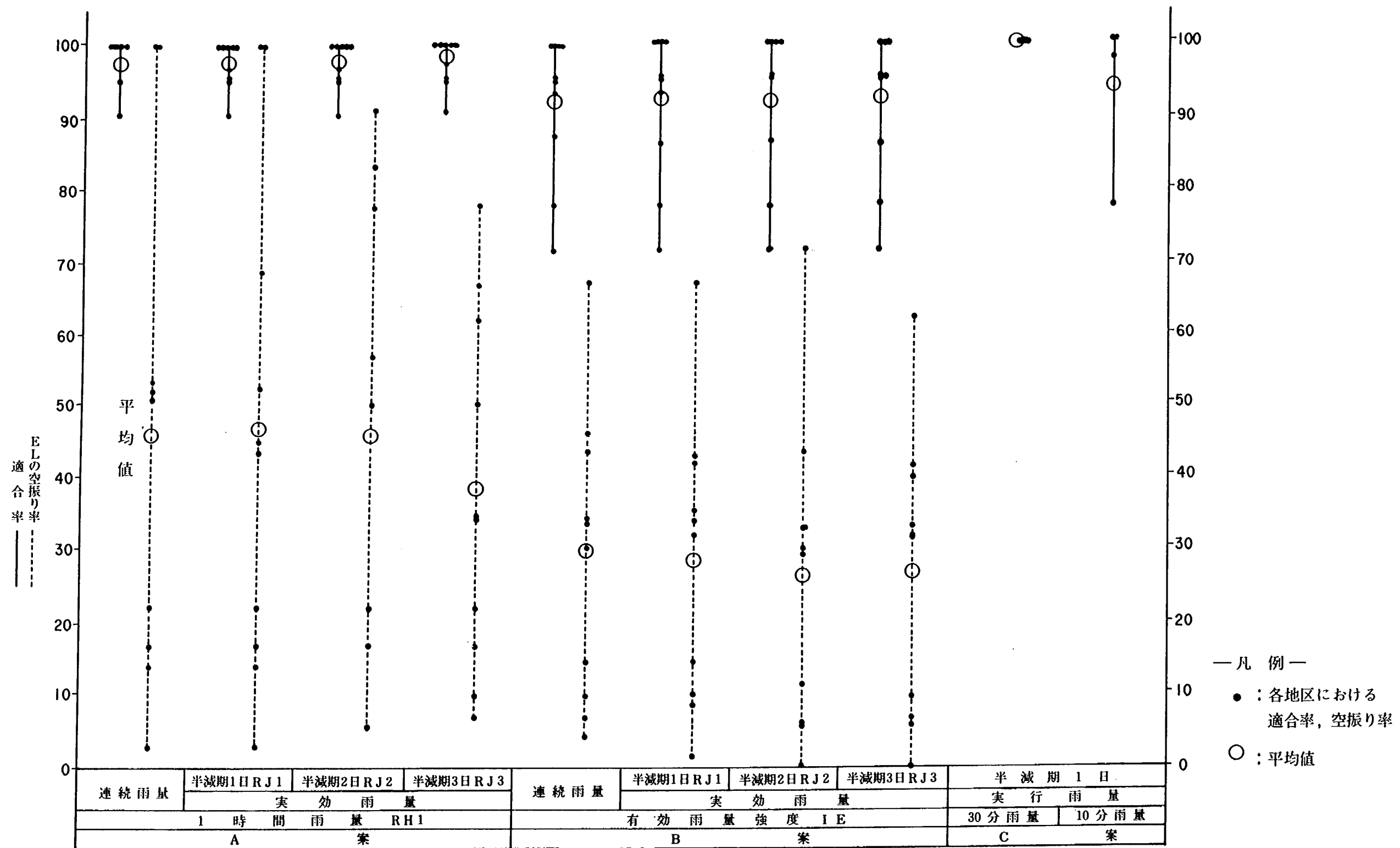
なお、上記の検討は長崎、高知、香川、兵庫及び群馬の5地区について行った。

検討結果は次のとおりである。

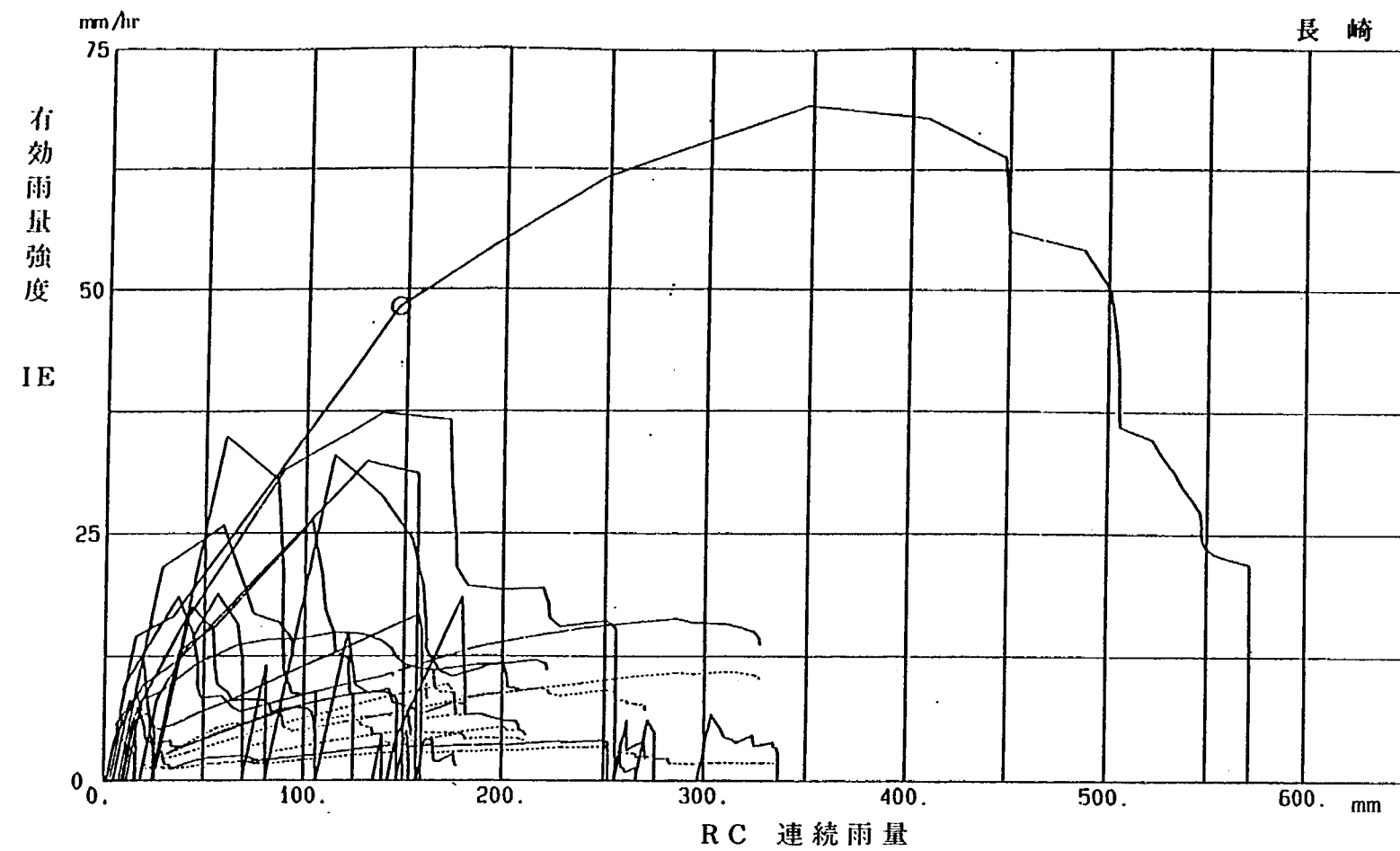
- (1) 表 2.10に変曲点Aを変えた場合と変えない場合のB案「有効雨量強度（IE）－連続雨量（RC）」によって得られたC.Lの「適合率」E.L及びW.Lの「空振り率」を求めて比較した。

表より、変曲点Aを変えた場合の方が5地区平均の適合率及び空振り率は良好となった。ただし、地区の数でみると、適合率については2地区で向上し、1地区で低下し、2地区で変化がなかった。すなわち、適合率については地区数でも変曲点Aを変えた方が良好となるケースが多い。しかし、空振り率についてはE.L及びW.L共に、変曲点Aを変えて良好となったのは2地区で残りの3地区は逆に低下した。

以上より、変曲点を変えて有効雨量強度を求めても、必ずしも土砂災害発生の説明力や基準雨量の有効性が向上するとは限らないことが示された。



2.14 複数雨量指標の適合率と空振り率



凡 例

- 変曲点を変えた場合 (降雨中断3時間以上の
場合、有効雨量強度を再計測する)
(降雨中断が3時間未満のため、再計測の必
要がないものも含む)
- 変曲点を変えない場合
- 災害発生時

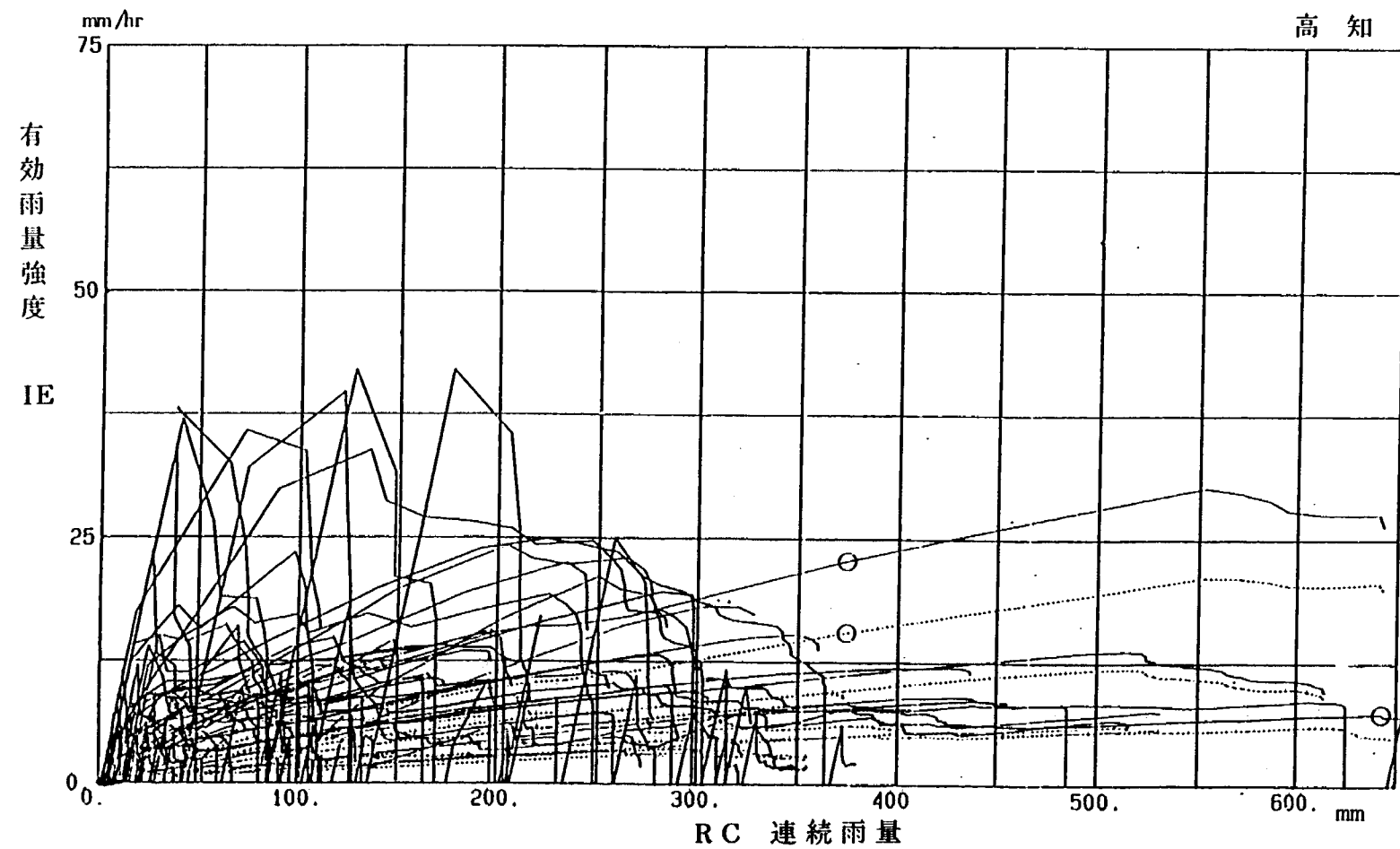


図 2.15 (その1) 変曲点を変えた場合と変えない場合のスネーク曲線の変化

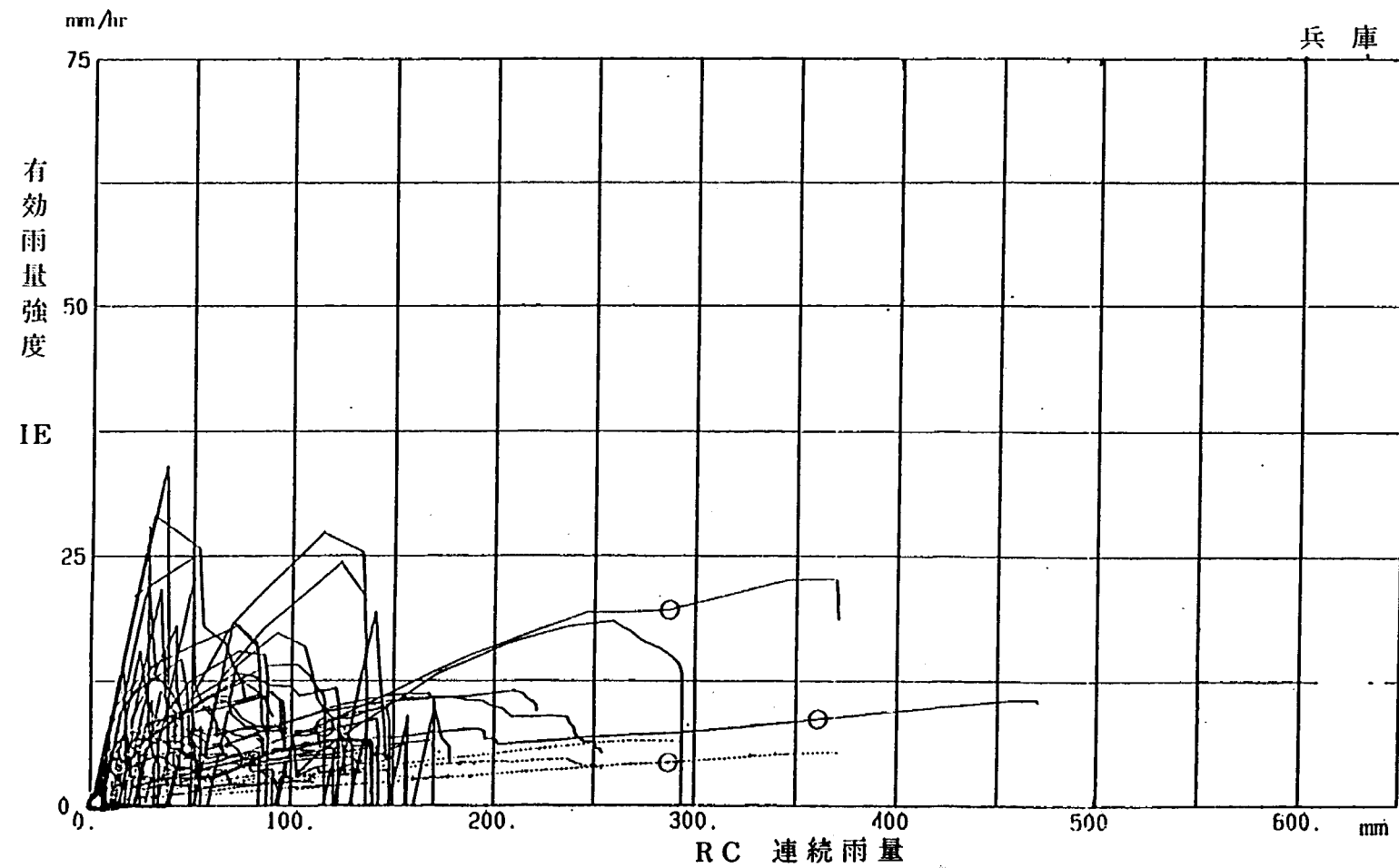
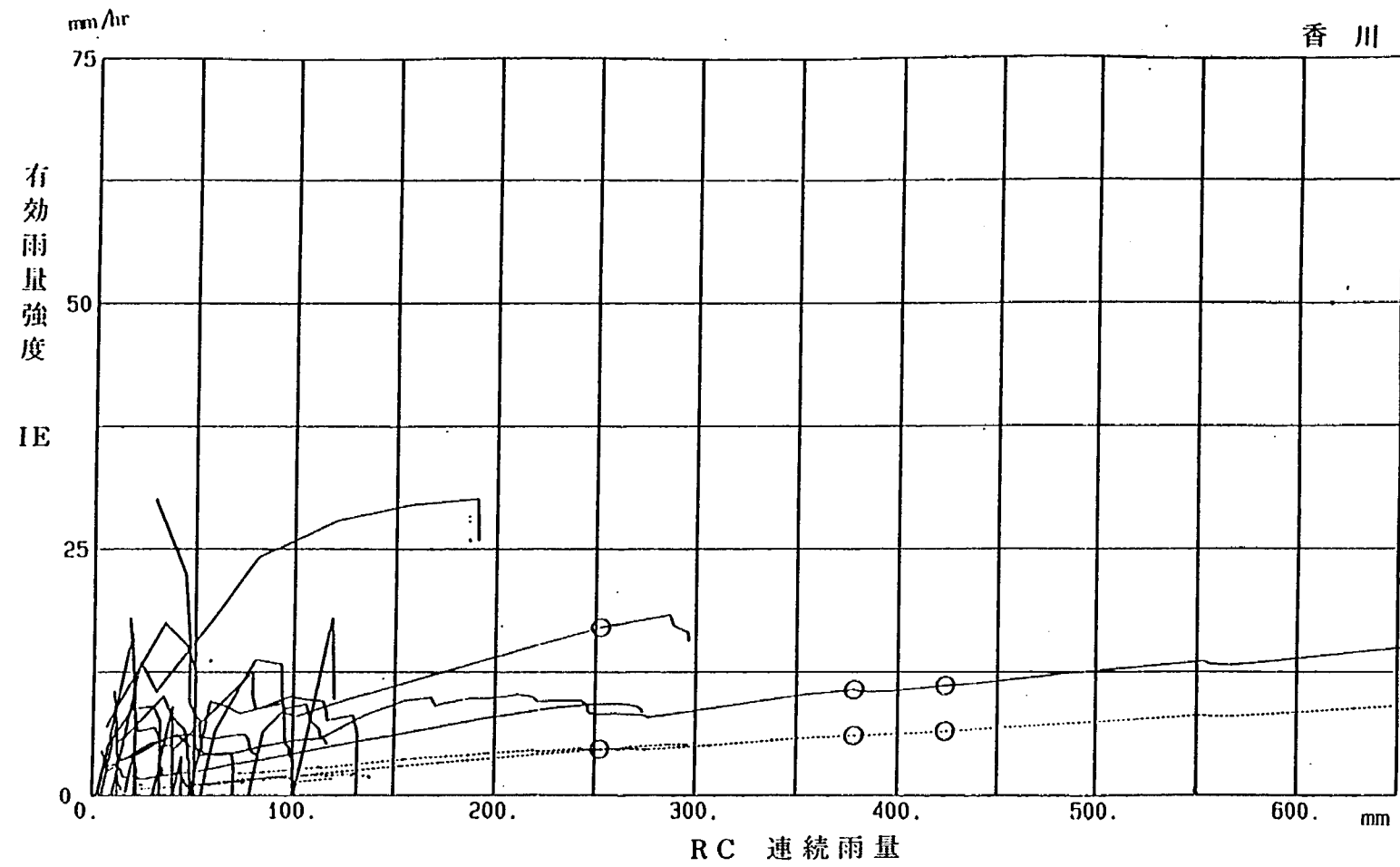


図 2.15 (その2) 変曲点を変えた場合と変えない場合のスネーク曲線の変化

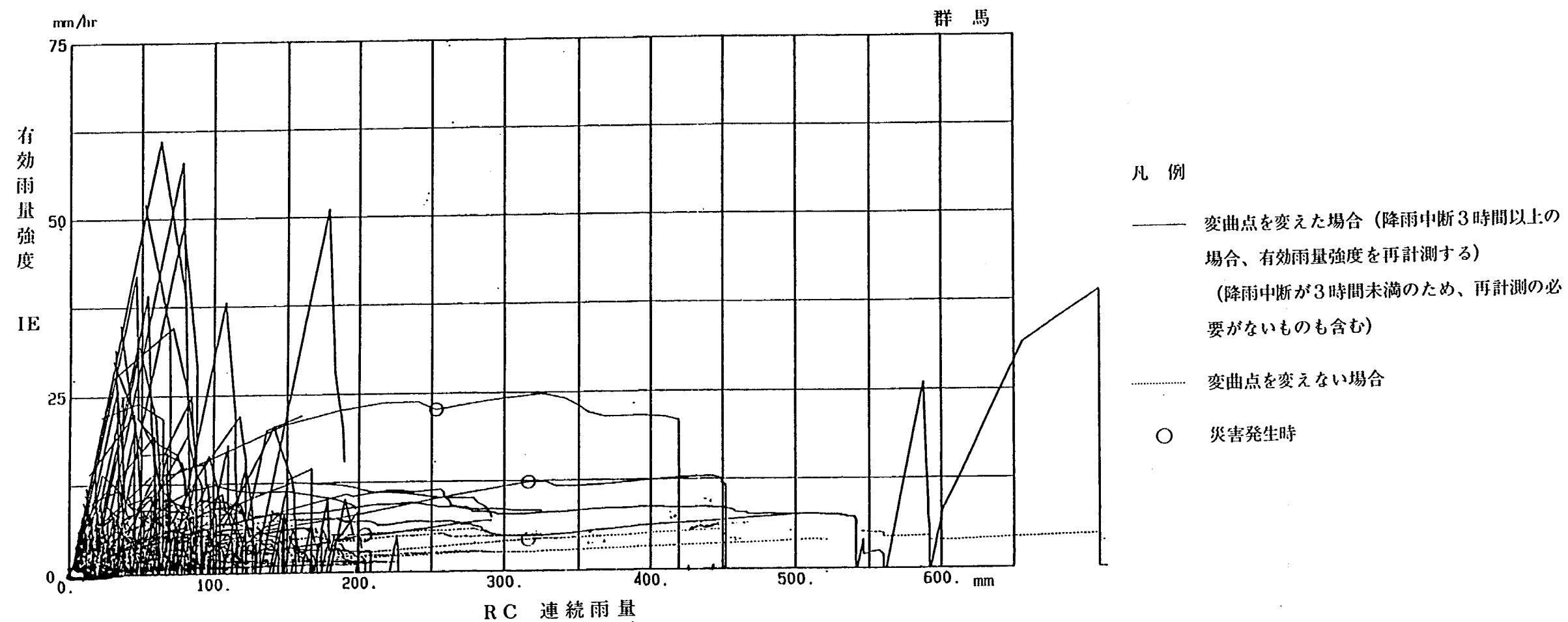


図 2.15 (その3) 変曲点を変えた場合と変えない場合のスネーク曲線の変化

表 2.10 適合率・空振り率の比較（B案，横軸：連続雨量）

地 区	変曲点をかえた場合（中断 3 時間）			変曲点をかえない場合（中断 24 時間）		
	適 合 率	E.L 空振り率	W.L 空振り率	適 合 率	E.L 空振り率	W.L 空振り率
長 崎	100.0	25.0	91.7	100.0	16.7	66.7
高 知	92.5	42.5	67.5	95.0	30.0	75.0
香 川	100.0	22.2	33.3	77.8	33.3	55.6
兵 庫	100.0	5.7	25.7	100.0	34.3	74.3
群 馬	95.2	11.1	19.1	93.7	9.5	15.9
平 均	97.5	21.3	47.5	93.3	24.8	57.5

(2) 図 2.15 に変曲点を変えた場合と変えない場合のスネーク曲線の変化を示した。

図より，変曲点 A が再設定されるため，当然のことではあるが，有効雨量強度が小さい降雨（ガラガラとした降雨）について，変曲点 A を再設定すると有効雨量強度は大きくなる。また，有効雨量強度の小さい大雨（ガラガラとした大雨）の末期に強雨が降って災害が発生するケースが多いが，変曲点を変化させない場合は豪雨末期に強雨があっても有効雨量強度は大きくならず有効雨量強度の面から災害発生を把握できないことが多い。変曲点を変化させると有効雨量強度は大きくなり，見かけ上の低い有効雨量強度で災害が発生するという事態は避けることができる。

なお，サンプルとした大雨のうち変曲点の再設定を行った降雨の比率は地区によって異なるが 25～50% 程度であり，高知や長崎のようにひと雨の連続雨量が大きい地区では比率が高い傾向が認められる。

(3) 上記(1)及び(2)から，変曲点 A を変えた場合と変えない場合において手法としての有効性に大差がないとすれば，ガラガラ降雨の最後の強雨の存在を捕捉し得るという点において，変曲点 A を変えて有効雨量強度を算定する手法の方が優れていると言えよう。

今後の課題として，変曲点 A の再設定の基準をいろいろ変えて有効性を検討する（無降雨又は基準未満の雨量の期間を各種検討する）ことが必要であり，また，変曲点 A を変えないで得られた E.L や C.L に対して適用する有効雨量強度として変曲点を変えて運用するなど考えられるが，この場合の空振り率等を検討することが必要である。

2.6 その他の複数雨量指標の検討

ここでは、残留雨量については2つの異った半減期を組み合わせてまた、10分、30分間雨量と実効雨量を組み合わせて有効性を検討した。検討は、残留雨量についてはE.L, W.Lの設定手法がないことより、また、後者も便宜的に適合率で実施した。

2.6.1 残留雨量の組合せ

表 2.11 に各降雨指標の組み合わせによる適合率を示した。表 2.11 より、長時間タイプの降雨指標の半減期が長いほどの中率は良好であり、短時間のタイプは、半減期 1 時間でも 2 時間でも差はみられない。また、A 案や B 案と比較すると、残留雨量の組み合わせによる的中率は必ずしも良好ではない。

2.6.2 10分、30分雨量と実効雨量の組み合わせ

長崎、高知、香川、兵庫の地区で、10分又は30分雨量と半減期1日の実効雨量の組み合わせによる方法で有効性の検討を行った。

有効性は適合率で判断した。算出した結果を表 2.12 に示した。表より、香川の「10 分雨量 - 半減期 1 日の実効雨量」のケースを除いてはほぼ 100% の適合率を示す。しかし、降雨強度指標を 1 時間雨量とした場合でも適合率が 100% のケースもあり、また資料数も少ないことなどを考えると 10 分間あるいは 30 分間といった短時間の降雨指標の方が大きな説明力があるとは、この資料だけでは言いきれない。

表 2.11 半減期の異なる残留雨量の組合せによる適合率の比較

	RW H 1												
	長 崎	高 知	香 川	兵 庫	島 根	滋 賀	岐 阜	静 岡	山 梨	群 馬	平 均	最 大	最 小
RWH 4 8	12/12 1.00	38/40 0.95	9/9 1.00	35/35 1.00	67/67 1.00	74/75 0.99	132/152 0.87	18/21 0.86	20/21 0.95	57/63 0.91	0.95	1.00	0.86
RWH 2 4	12/12 1.00	28/40 0.70	9/9 1.00	35/35 1.00	46/67 0.69	74/75 0.99	128/152 0.84	19/21 0.91	20/21 0.95	54/63 0.86	0.89	1.00	0.69
RWH 1 2	12/12 1.00	21/40 0.53	7/9 0.78	35/35 1.00	15/67 0.22	74/75 0.99	110/152 0.72	18/21 0.85	20/21 0.95	54/63 0.86	0.79	1.00	0.53

	RW H 2												
	長 崎	高 知	香 川	兵 庫	島 根	滋 賀	岐 阜	静 岡	山 梨	群 馬	平 均	最 大	最 小
RWH48	12/12 1.00	38/40 0.95	9/9 1.00	35/35 1.00	60/67 0.90	74/76 0.99	129/152 0.85	18/21 0.86	20/21 0.95	60/63 0.95	0.95	1.00	0.85
RWH24	12/12 1.00	28/40 0.70	9/9 1.00	35/35 1.00	40/67 0.60	75/76 1.00	123/152 0.81	18/21 0.86	20/21 0.95	57/63 0.91	0.88	1.00	0.70

凡 例

38/40	←	上段：C.L.を超えない非発生降雨サンプル数（図上で算定）
0.95		下段：非発生降雨サンプル総数

↑ 適合率

2.7 単一・複数雨量指標の比較

2.7.1 適合率による有効性の比較

各単一雨量指標の場合は、図 2.11 に示すように適合率のバラツキの範囲が 5～100% (0.05～1) であるのに対し、複数雨量指標の場合は、図 2.14 に示すように 72～100% となっている。単一雨量指標のうち、適合率が高い指標 (半減期 1～3 日の実効雨量および半減期 24～72 時間の残留雨量) に限って、適合率のバラツキ範囲を見ても、大旨 50～100% であり、これと複数雨量指標のバラツキを比較した場合も複数雨量指標の適合率が高く複数雨量指標が有効であると言える。

表 2.12 10分間及び30分間雨量と半減期 1 日の実効雨量 (RW1) の組合せによる適合率

地区名	10分間雨量 RM10	30分間雨量 RM30
長 崎	11/11 100.0	11/11 100.0
高 知	39/40 97.5	40/40 100.0
香 川	7/9 77.8	9/9 100.0
兵 庫	34/34 100.0	34/34 100.0

凡例：表 2.11 の凡例と同様

2.7.2 降雨状況把握の難易度

単一雨量指標は、時系列の指標として取扱うことが出来るため、直観的に理解しやすく、リアルタイムの降雨状況把握という点で優れているが、複数雨量指標の場合、この点に関しては、やや難しさを伴う。

2.7.3 雨量指標演算処理のプログラム化

演算処理および解析をパソコン等のプログラムにより実行させる場合、プログラムの開発については、複数雨量指標が単一雨量指標に比較してやや複雑である。

ここにパソコンとして PC8001MKII (NEC 製) を使用した解析システムの例を図 2.16 に示す。

複数雨量指標の場合、前期降雨の対象日数を 14 日、一連の降雨日数を最大 14 日間、雨量データを毎正時の時間雨量を用いたとき、ミニフロッピーのワーキングエリアを含め、64KB の RAM エリアがあれば、スネーク曲線図を描かせた解析が行なうことが出来る。

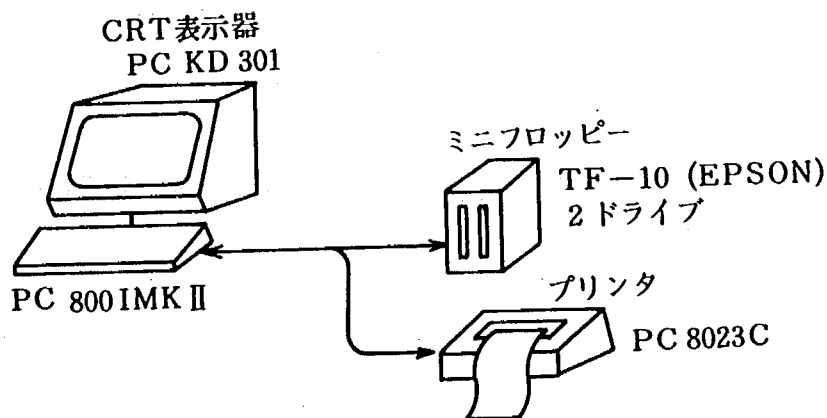


図 2.16 パソコンを使用した雨量解析システム

§ 3. 警戒・避難基準雨量の設定手法の検討

3.1 C. Lの設定手法の検討

ここでは、土砂害発生判定図上に1時間雨量と実効雨量（A案）によって定まる点をプロットする方法および有効雨量強度と実効雨量（B案）によってプロットしC. Lを設定する方法について検討する。

3.1.1 C. L設定のための雨量指標

A案およびB案の解析に使用した雨量指標を表3.1に示す。

表 3.1 C. L設定のための雨量指標

解析対象降雨 解析方法		発生降雨	非発生降雨
A案	雨量強度軸	発生時の1時間雨量	最大1時間雨量
	累加雨量軸	発生時の1時間前の実効雨量	最大1時間雨量が出現するまでの実効雨量
B案	雨量強度軸	発生時の有効雨量強度	変曲点Bまでの有効雨量強度
	累加雨量軸	発生までの実効雨量	変曲点Bまでの実効雨量

3.1.2 C. Lの設定方法

A案・B案いずれも、土砂災発生判定図上に、各雨量指標によって定まる点をプロットし、C. Lを求めるが、これには次の方法が考えられる。

(1) 災害発生下限ラインをC. Lとする方法

プロットされた災害時の各点のうち下限に位置する点を結ぶ直線をC. Lとする方法である。但し、このとき非発生降雨集団上限包路線との分離が大きい場合は“発生するかも知れない領域”が広く存在するので、災害発生下限ラインをC. Lとするのは危険である。

(2) 非発生降雨集団上限包路線をC. Lとする方法

災害事例が少ない場合は非発生降雨によってC. Lを設定せざるを得ない。この場合、発生事例が混在することもあることから、上限包路線よりやや内側（安全側）にC. Lを設定するなどの配慮も必要である。

以上の方法によって設定された直線によるC. Lは次式により、一般式として表わされる。

$$Y = -ax + b \quad \dots\dots\dots (12)$$

但し Y：雨量強度（1時間雨量又は有効雨量強度）

x：実効雨量

a：C. L直線の傾き

b：Y軸とC. Lの交点の値

これらの設定方法により、10地区を対象として設定したC・L方程式の各値を表3.2に示す。

尚、表中1日～3日半減とは実効雨量算出のための半減期を示す。

表3.2 全国各地の定数一覧表(10地区)

$$Y = -ax + b$$

対象地区	a			b			備 考
	1日半減	2日半減	3日半減	1日半減	2日半減	3日半減	
1. 長 崎 (長崎市)	0.120	0.121	0.109	69.2	78.3	78.7	
2. 高 知 (仁淀川)	0.096	0.105	0.126	52.0	56.2	65.4	
3. 香 川 (小豆島)	0.260	0.240	0.218	72.5	69.7	66.2	
4. 兵 庫 (六 甲)	0.126	0.116	0.121	41.1	40.4	41.0	
5. 島 根 (浜 田)	0.596	0.551	0.500	124.0	129.0	127.0	
6. 滋 賀 (信 楽)	0.115	0.118	0.118	37.5	38.2	36.5	
7. 岐 阜 (八 幡)	0.259	0.183	0.164	67.7	51.5	50.0	
8. 静 岡 (伊 豆)	0.102	0.101	0.097	40.8	41.6	41.8	
9. 山 梨 (釜無川)	0.130	0.132	0.134	48.5	51.5	54.2	
10. 群 馬 (榛 名)	0.254	0.201	0.200	86.5	75.0	79.0	
平 均 値	0.206	0.187	0.179	64.0	63.1	64.0	
最 大 値	0.596	0.551	0.500	124.0	129.0	127.0	
最 小 値	0.096	0.101	0.097	37.5	38.2	36.5	
標準偏差	0.145	0.129	0.113	25.2	25.8	25.5	

3.2 W・L, E・Lの設定手法の検討

3.1項で設定したC・Lに対し、警戒・避難体制を取るための基準値およびその設定手法について検討した。

スネーク曲線がC・Lと交わるとき、降雨状態が、土石流発生危険領域に入ったときとすると、警戒・避難行動の第1段階としての警戒領域を判別するために、警戒基準雨量を定めこれを示す基準線を警戒基準線(Warnig Line略してW・L)と定義する。

また、避難すべき領域を判別するために、避難基準雨量を定め、これを示す基準線を避難基準線(Evacuating Line略してE・L)と定義する。

尚、ここでは、C・Lに達する2時間前に警報の発令を、1時間前に避難の指示を行うことを前提に、その地区の既往最大2時間雨量および既往最大1時間雨量を用いてW・L, E・Lを設定する方法を検討した。

3.2.1 A案におけるW・L, E・Lの設定方法

(1) E・Lの設定

既往最大1時間雨量を R_{H1M} とする。

図3.1において、いま、ある降雨の実効雨量が R_2 を超えたものとする、その後もし R_{H1M} の1時間雨量があればC・Lの右上側、すなわち危険な領域に入ることになる。現段階では R_{H1M} がいつ発

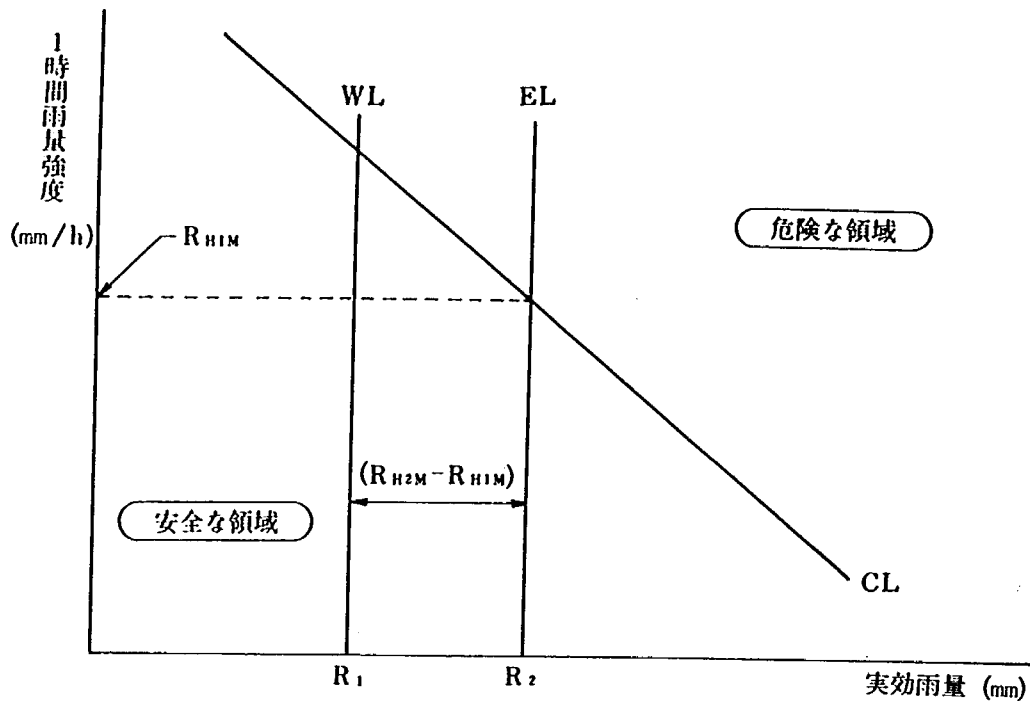


図 3.1 警戒基準線，避難基準線の設定

生するのかわからないから、 R_2 を境界として、実効雨量がそれより大きくなれば1時間後には危険な領域に入る恐れがあるものとする。

したがって、まず縦軸上に R_{H1M} をとり、その点を通り横軸に平行な直線を引く。次に、この直線とCLとの交点から横軸に向かって垂線を下し、これをELとする。

(2) W. L. の設定

既往最大2時間雨量を R_{H2M} とする。

ELに達する1時間前がWLであるから、ELを $(R_{H2M} - R_{H1M})$ だけ左へ（原点方向へ）平行移動した直線をWLとする。（図 3.1）

3.2.2 B案におけるW. L. , E. L. の設定方法

(1) E. L. の設定

図 3.2 において、CL上の任意の点をP (R_p , I_p) , 既往最大1時間雨量を R_{H1M} とする。

点Pに達する前1時間の雨量を R_{H1M} , その位置（座標）をP' ($R_{p'}$, $I_{p'}$) とすると、点P' はEL上の点である。

そこで、既知の点Pから未知の点P' を求める。

図 3.3 は、点P'を通り、点Pに達した一

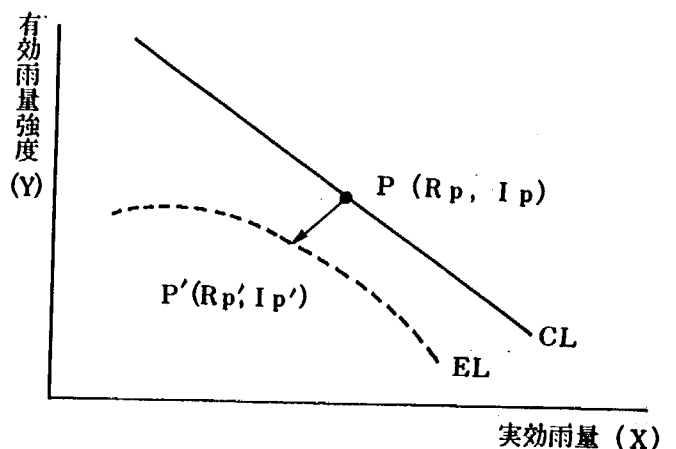


図 3.2 避難基準線の設定

連の降雨について、「積算雨量－時間」の関係を示したものである。

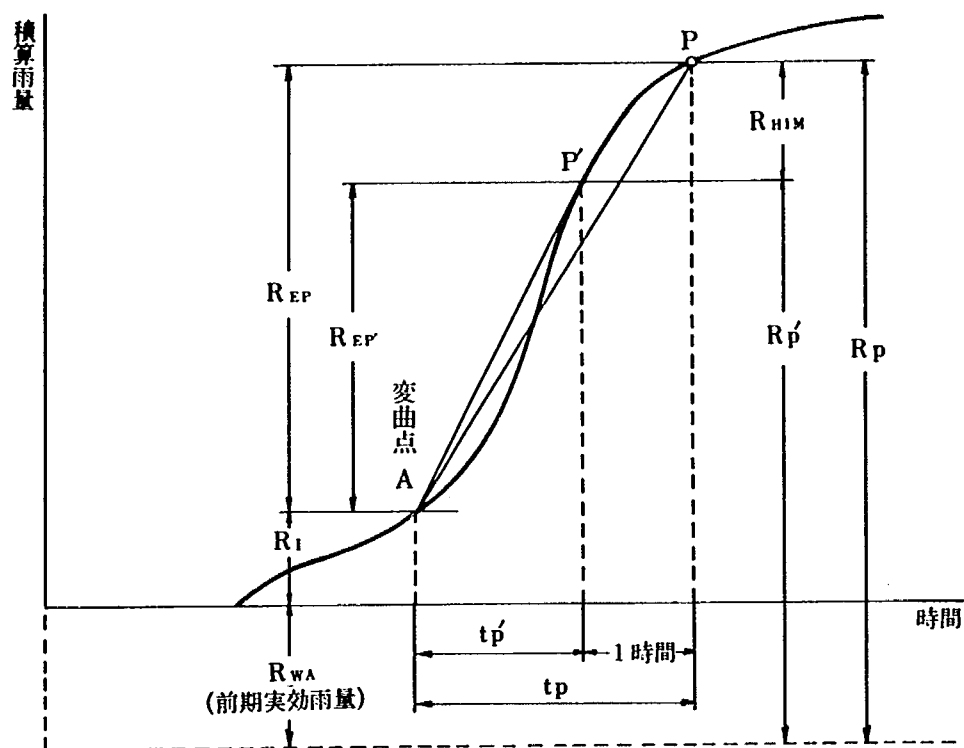


図 3.3 時間－積算雨量図

これより $R_{P'}$ は,

$$R_{P'} = R_P - R_{HIM} \quad \dots\dots\dots (13)$$

として求めることができる。

また $I_{P'}$ は

$$I_{P'} = \frac{R_{EP'}}{t_{P'}} = \frac{R_{EP} - R_{HIM}}{t_P - 1} \quad \dots\dots\dots (14)$$

となる。ここで,

$$I_P = \frac{R_{EP}}{t_P} \quad \dots\dots\dots (15)$$

であるから

$$t_P = \frac{R_{EP}}{I_P} = \frac{R_P - (R_{WA} + R_I)}{I_P} \quad \dots\dots\dots (16)$$

(14) 式に (16) 式を代入すると,

$$I_{P'} = \frac{R_P - (R_{WA} + R_I) - R_{HIM}}{\frac{R_P - (R_{WA} + R_I)}{I_P} - 1} \quad \dots\dots\dots (17)$$

となる。

ところで、一般的には R_{WA} , R_I の値は未知である場合が多く、しかも通常は R_P などに比べてかなり小さな値をとる。そこで

$$R_{WA} + R_I \div 0 \quad \dots\dots\dots (18)$$

とすると、(17) 式は近似的に

$$I_{P'} = \frac{R_P - R_{H1M}}{\frac{R_P}{I_P} - 1} = \frac{(R_P - R_{H1M}) I_P}{R_P - I_P} \quad \dots\dots\dots (19)$$

と表わされる。

すなわち、CL上の点P (R_P , I_P)に対して、1時間前の点P'($R_{P'}$, $I_{P'}$)は(13)式と(19)式によって求めることができる。

次に、ELの一般式を示す。

いま、直線CLの方程式を

$$Y = a X + b \quad \dots\dots\dots (20)$$

但し Y : 有効雨量強度 (mm/H)

X : 実効雨量 (mm)

a : CLの傾き係数

b : 定数

とすると、点P (R_P , I_P)は(20)式上の点であるから、

$$I_P = a \cdot R_P + b \quad \dots\dots\dots (21)$$

の関係がある。(13)式、(19)式、(21)式から R_P , I_P を消去すると、

$$I_{P'} = \frac{a (R_P)^2 + (b + a R_{H1M}) R_{P'}}{(1-a)R_{P'} + (1-a)R_{H1M} - b} \quad \dots\dots\dots (22)$$

すなわち(20)式で表わされるCLに対して、ELは

$$\text{避難基準線EL: } Y = \frac{a X^2 + (b + a R_{H1M}) X}{(1-a)X + (1-a)R_{H1M} - b} \quad \dots\dots\dots (23)$$

で示される。(図3.4)

また、WLは

$$\text{警戒基準線WL: } Y = \frac{a X^2 + (b + a \cdot R_{H2M}) X}{(1-2a)X + (1-2a)R_{H2M} - 2b} \quad \dots\dots\dots (24)$$

として示される。

(2) E. L, W. Lの曲線形

EL, WLは、図3.4に示すように、原点(0, 0)を通り、上に凸の曲線である。 R_u は、この値以下では土石流の発生に影響しないと考えられる実効雨量で、ここでは40mmと定める。

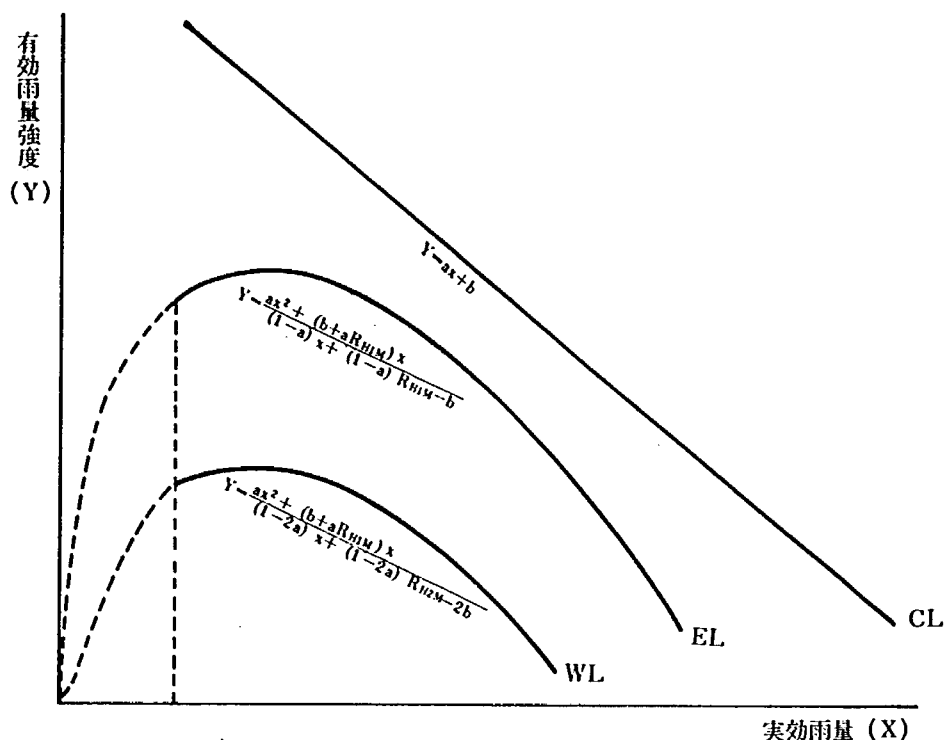


図3.4 避難基準線、警戒基準線の一般式

3.3 各地区のC. Lの比較

3.3.1 年平均雨量と地質による区分

対象10地区について、設定された災害発生危険基準線(C. L)を次のように比較・検討した。

各地区のC. Lは大きく異なる場合もあるし、遠く離れた地区にもかかわらず類似の傾向を示す場合もある。こうした各地区のC. Lの差異を検討するために、年平均雨量及び地質による区分を行った。

(1) 各地区の年平均雨量は、地区内又は近隣の気象庁所管観測データ(1951～1980年の30年間の平均年雨量)より得た。雨量のランク区分と対応する地区名は次のとおりである。

(年平均雨量区分)	(地区名)
1,000 ～ 1,200 mm	香川
1,200 ～ 1,400	兵庫
1,400 ～ 1,600	群馬
1,600 ～ 1,800	島根, 滋賀, 山梨
1,800 ～ 2,000	岐阜, 静岡
2,000 ～ 2,500	長崎
2,500 ～ 3,000	高知

(2) 次に、各地区の地質は卓越する地質区分によって次のように区分した。

(代表的な地質)	(地区名)
花崗岩類	香川, 兵庫, 滋賀, 山梨
火山岩類	長崎, 静岡, 群馬
古生層	岐阜
変成岩	島根
第三系(堆積岩)	高知

3.3.2 年平均雨量と地質による比較結果

図3.5及び3.6は上記の降雨条件及び地質条件区分によって、A案(1時間雨量-累加雨量)及びB案(有効雨量強度-累加雨量)による各地区のC・Lを比較したものである。なお、累加雨量種別についてはA案及びB案共、連続雨量(RC)及び半減期2日の実効雨量(RW2)の2種類について検討した。

図3.5及び3.6より次のことがわかる。

C・Lの傾きに着目して次の様な類似のグループに分けることができる。まずA案について示す。

(1) A案「1時間雨量-連続雨量」の場合

- ① C・Lの傾きが緩いグループ：高知, 山梨
- ② C・Lの傾きが大きいグループ：香川, 島根, 静岡
- ③ 両者の中間のグループ：長崎, 兵庫, 岐阜, 滋賀, 群馬

(2) A案「1時間雨量-実効雨量(半減期2日)」の場合

- ① C・Lの傾きが緩いグループ：高知, 山梨
- ② C・Lの傾きが大きいグループ：香川
- ③ 両者の中間グループ：長崎, 兵庫, 島根, 滋賀, 岐阜, 静岡

上記(1), (2)について年平均雨量をみると、最も年雨量の大きい高知のC・Lがグラフの外側に位置するなど、年雨量1,400mm以上の地区については年雨量が大きいとC・Lも大きいという大略の傾向が認められるが、年雨量の少ない香川(1,199mm)と兵庫(1,385mm)のC・Lが比較的大きいことがわかる。山梨(1,600~1,800mm)についても年雨量に比してC・Lがやや大きいと思われる。これらの3地区はいずれも花崗岩地域であり、降雨条件が類似の場合花崗岩地域のC・Lは他の地質に比べてやや大きいことを示していると思われる。逆に島根、岐阜などは年雨量に比してC・Lが小さい。地質をみると島根は変成岩であり岐阜は古生層である。事例が少なく即断はできないが、そのような地質地帯では比較的少ない降雨で災害が発生し易いという可能性がある。

地質区分毎にみると比較的事例の多い火山岩類については年雨量が少ないほどC・Lも小さいという傾向がみられ、またC・Lの傾きも類似している。花崗岩類についてはC・Lの傾きも様々であり、又、年雨量とC・Lの関係もわかりにくい。

B案について、C・Lの傾きによるグループ区分は次のとおりである。なお、累加雨量種別(連続雨量並びに半減期2日の実効雨量)による違いは見られない。

- ① C. Lの傾きが特に大きいグループ：島根
- ② C. Lの傾きが大きいグループ：香川，岐阜，群馬
- ③ C. Lの傾きが比較的緩いグループ：長崎，高知，兵庫，滋賀，静岡，山梨

上記について，年平均雨量をみると，年雨量が大きいとC. Lも大きいという傾向がA案の場合よりは幾分明瞭に認められる。ただし，A案と同様に香川と，A案ではむしろC. Lの小さかった群馬のC. Lが他に比して大きい。地質的には群馬は火山岩，香川は花崗岩であり，他の花崗岩や火山岩地帯にくらべてこれらのC. Lが特に大きい理由は年平均雨量の面からはわからない。

地質区分毎にみると花崗岩類は年平均雨量が比較的小さいことを考慮しても他の地質に比べてC. Lが小さい傾向が認められ，これはA案の場合と逆である。このことは花崗岩地域では1時間雨量といった短期の降雨強度に対する抵抗性は強いが，有効雨量強度に示されるように強い雨が長時間降ると災害になり易いことを示唆しているものと考えられる。同様に，高知の様な第三系の地域もA案の場合はC. Lが他に比べて極度に大きく，B案の場合は火山岩地域の長崎よりもC. Lが小さくなっており，花崗岩地域と同じ傾向を示している。逆に火山岩地域は1時間雨量強度に対する抵抗性は弱くC. Lは小さいが，有効雨量強度が大きくともなかなか災害が発生しないという傾向が認められる。

以上より，各地区のC. Lを比較した結果，年雨量が大きいとC. Lも大きいという大略の傾向が認められること，地質によってC. Lが大きい場合や小さい場合があること，この傾向はA案とB案で異なることがあり，地質によって災害発生に係る降雨指標の影響力が異なる可能性があることなどがわかった。

3.4 各設定定数

3.4.1 C. Lの定数 (a, b)

対象10地区におけるC. Lの定数 (a, b) は表3.2に示すとおりである。

3.4.2 W. L, E. Lの定数 (R_{H1M} , R_{H2M})

対象10地区における8～28年間の統計による既往最大1時間および2時間雨量は表3.3に示すとおりである。

3.5 設定に関する留意事項

3.5.1 設定に必要な降雨資料数の検討

土石流発生危険基準線 (C. L) を設定する際，降雨資料数によってC. Lの傾き，原点からの距離が異なるものと考えられる。資料数が多いほど，C. Lの信頼性は高まる。また，ある資料数を超えるとC. Lを決定するに必要な降雨が出現し，資料数を増やしてもC. Lはあまり変化せずに安定するものと考えられる。そこで，C. Lが安定する，すなわち信頼性のあるC. Lを得るに必要な資料数の検討を行った。

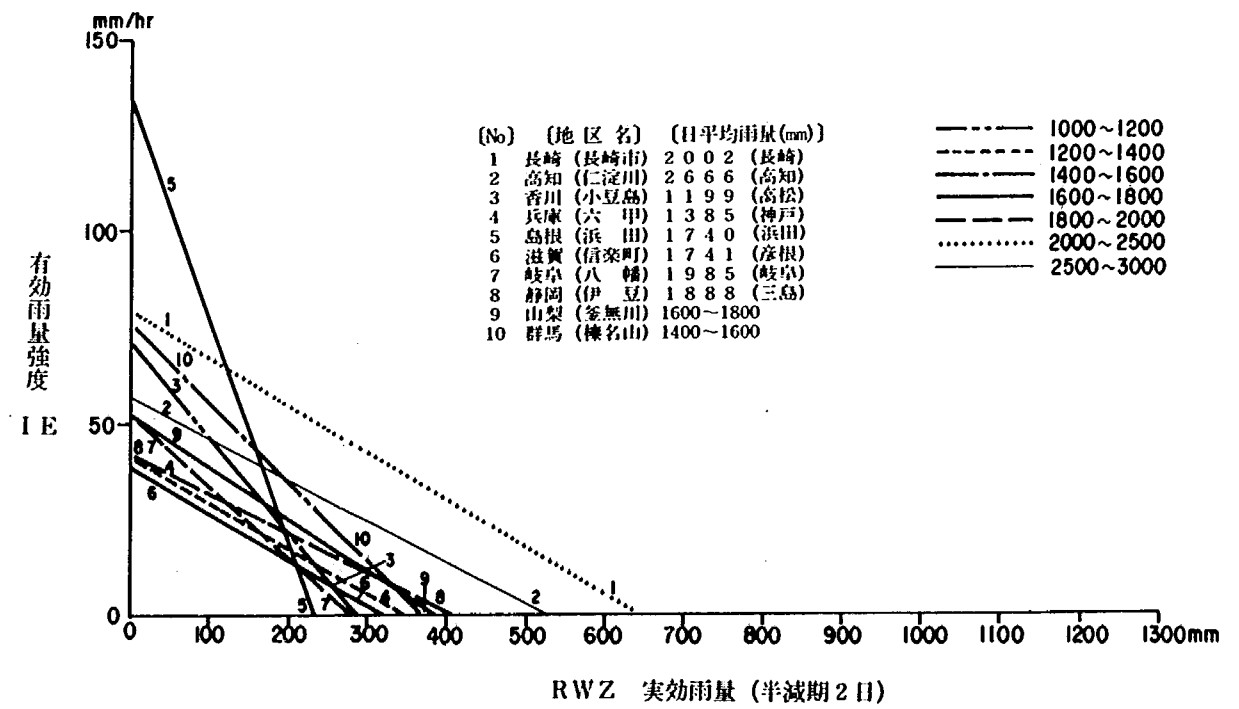
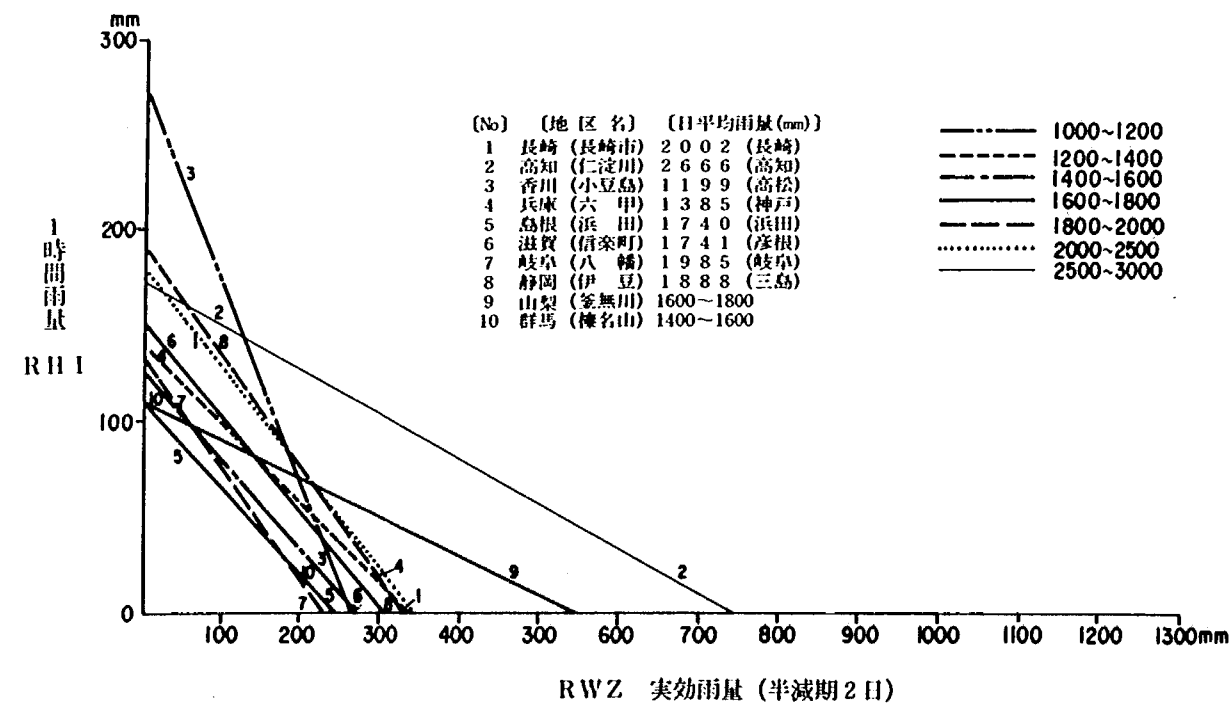
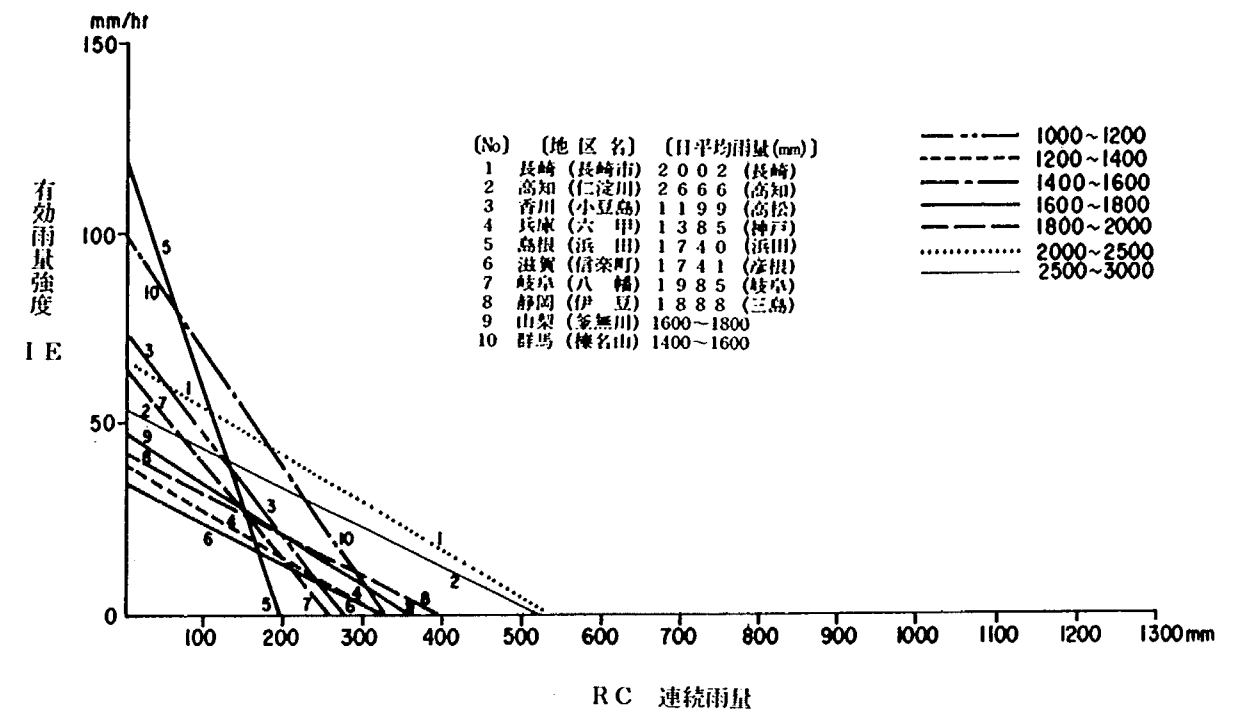
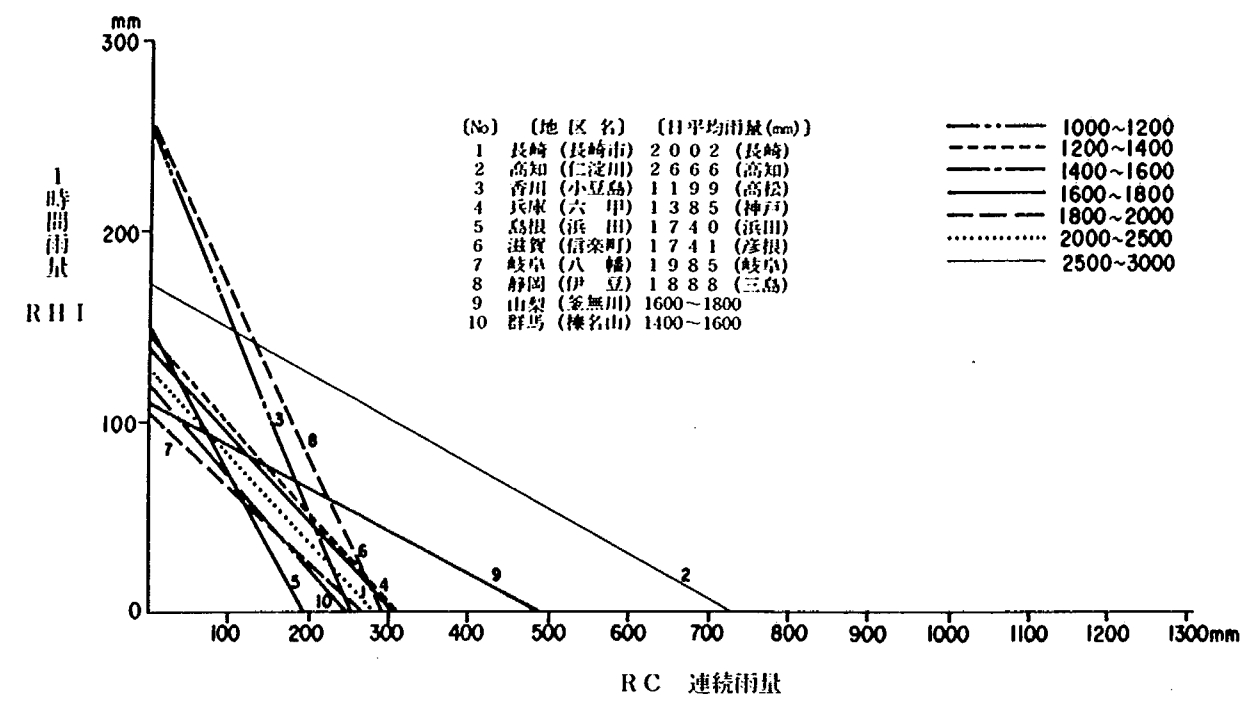


図 3.5

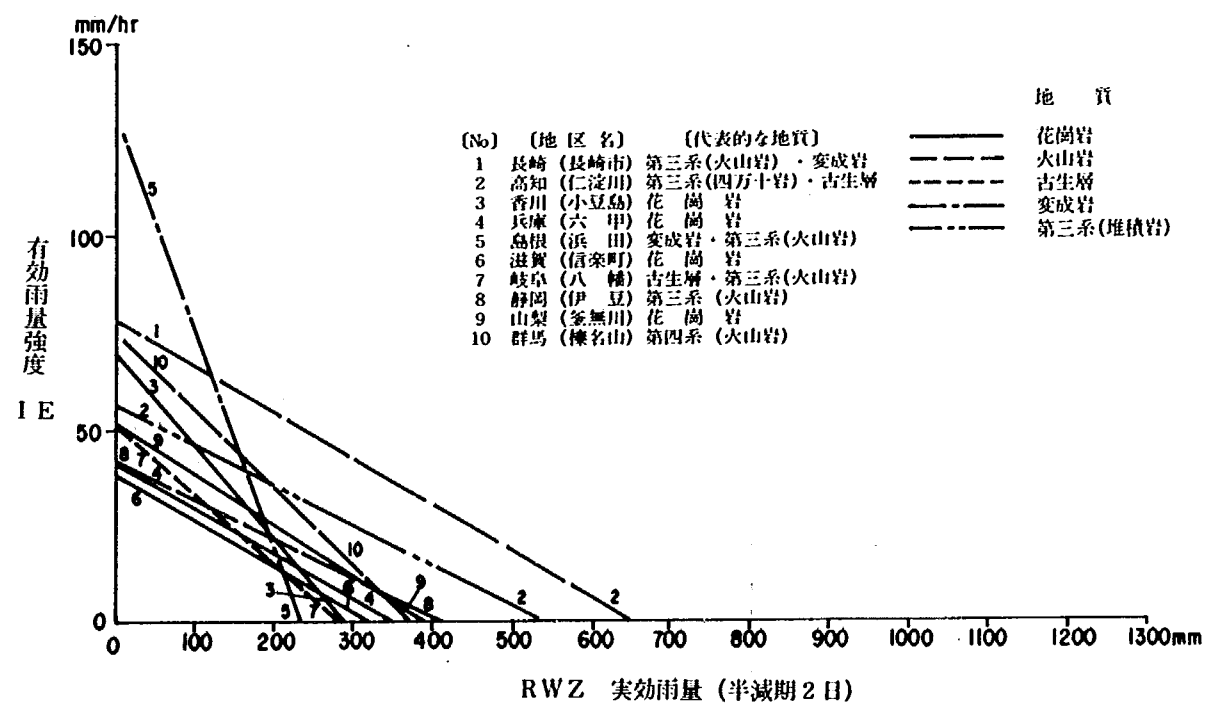
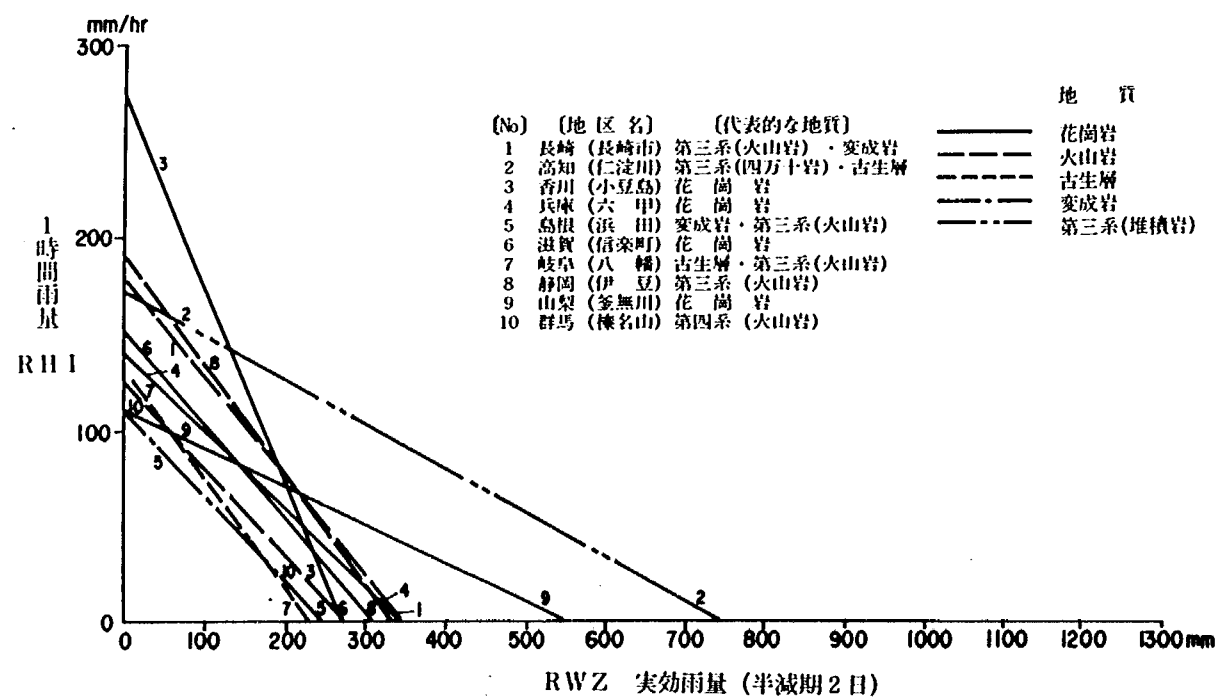
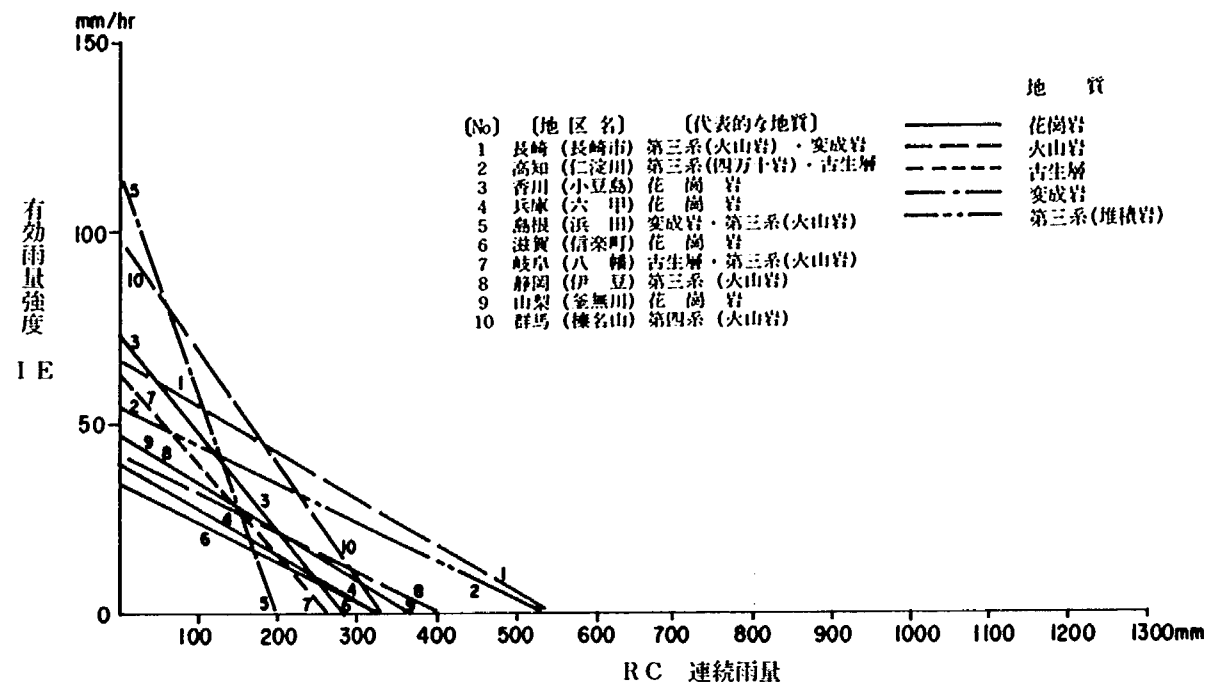
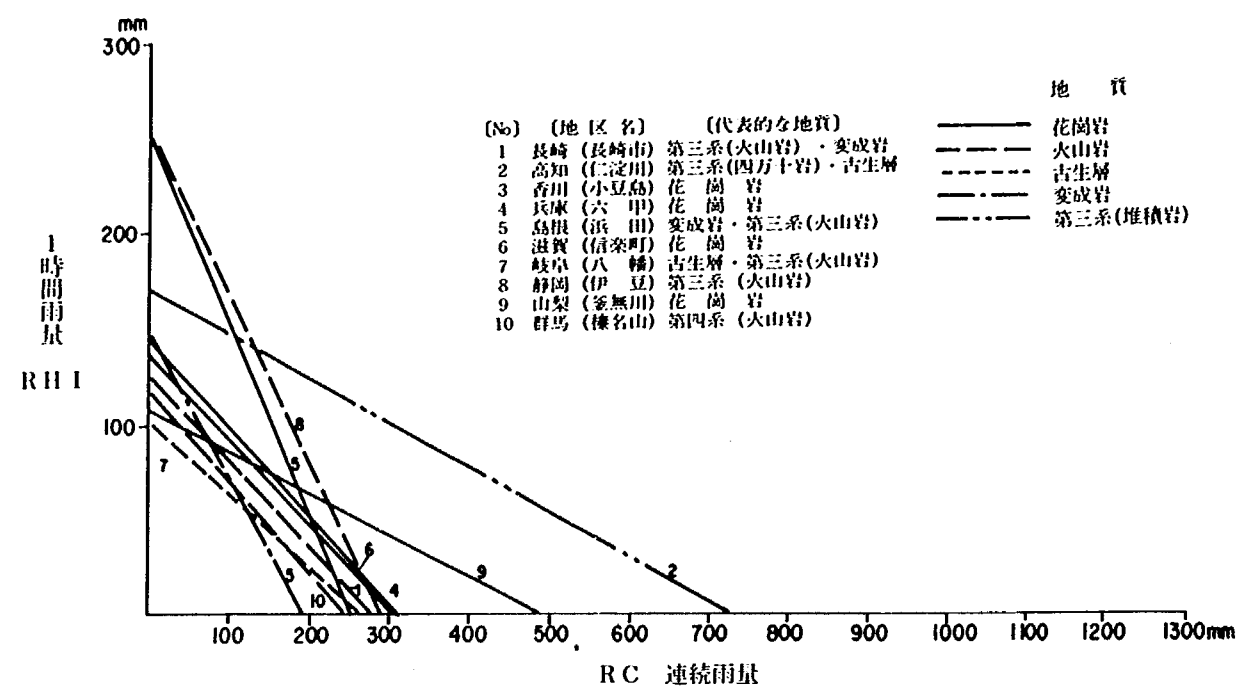


図 3.6

必要資料数の検討は、次のように行った。

- ① 非発生降雨について資料抽出期間を2年間隔で変化させRH1-RW3*及びIE-RW3のプロット図を作成する。
- ② ①で作成した図中に、C.Lの傾きを決定する際の有力な指標となる非発生降雨分布状況から定まる上限包路線を入れる。
- ③ ②で作成した包路線の傾きと原点からの距離を計測する。
- ④ 資料数-包路線の傾き，資料数-原点からの距離を図示する。

なお、ここで用いた降雨資料は、島根、滋賀、岐阜、群馬のものである。

計測結果を表3.4及び図3.8，3.9に示した。ここで、非発生降雨の包路線の傾きと距離を必要資料数の検討の指標としたのは、C.Lを設定する際、安全域を規定する非発生降雨集団上限包路線によってC.Lの基本型が決まること、非発生降雨集団上限包路線は、傾きと原点からの距離で表現しうると考えたことによる。

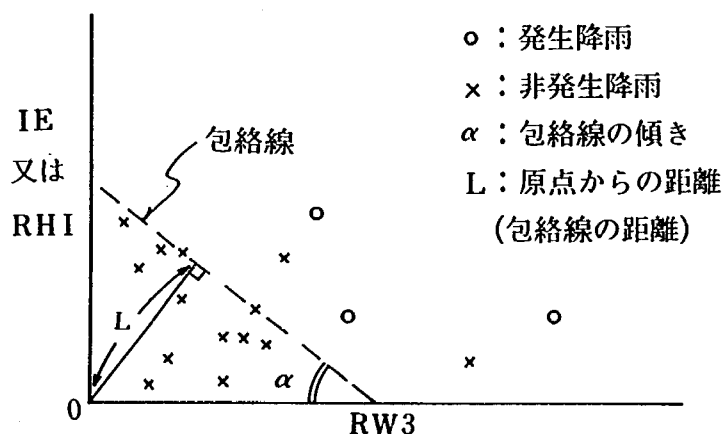


図3.7 非発生降雨の集団上限包路線の計測方法

なお、ここで使った資料数は、70降雨未満であり、70降雨以上の考察には適さないと考えられる。そこで、70降雨未満についての検討をここで行った。非発生降雨集団上限包路線の傾きの変化を見ると、降雨数30～50付近で大きな変曲点がある。したがって、降雨数50以下でC.Lを設定するのは危険であると考えられる。降雨数50以上ではやや安定するが、ケースによっては大きく変化する場合もある。包路線の原点からの距離も降雨数50以下では不安定であり、50以上の場合でも傾きと同様の傾向を示す。

したがって、資料は少なくとも50降雨以上が必要であることがわかった。年数については、抽出された年平均のサンプル数が地区によって異なるので一概には言えないが、年当りのサンプル降雨数が多い岐阜(5.6降雨/年)では約8年、他の3地区(島根、滋賀、群馬)では年当りのサンプル数は3.3～4.2降雨/年であり年数は13～14年であった。したがって、少なくとも14年以上が必要であると言える。

表 3.3 既往最大1時間、2時間、3時間及び30分間雨量

地 区	雨量観測所	対象降雨期間	対象 降雨数	既 往 最 大 値 (mm)			
				1時間雨量	2時間雨量	3時間雨量	30分間雨量
① 長 崎	長崎海洋気象台 (気 象 庁) H=27m	S 50~57年 (8ヶ年)	13	57年7月23日 19~20時 111.5	57年7月23日 19~21時 213.5	57年7月23日 19~22時 313.0	57年7月23日 19時30分~20時00分 61.0
② 高 知 (仁 淀 川)	佐川観測所 (気 象 庁)	S 30~57年 (28ヶ年)	42	50年8月17日 12~13時 108.0	50年8月17日 12~14時 194.0	50年8月17日 12~15時 287.0	50年8月17日 14時00分~14時30分 56.5
③ 香 川 (小 豆 島)	内 海 ダ ム (香川県土庄・土木)	S 49~57年 (9ヶ年)	11	51年9月11日 20~21時 88.0	51年9月11日 19~21時 129.0	50年8月23日 2~5時 148.0	51年9月11日 20時30分~21時00分 46.0
④ 兵 庫 (六 甲 申)	神戸海洋気象台 (気 象 庁) H=59m	S 13. S 34~57年 (25ヶ年)	37	42年7月9日 16~17時 69.4	42年7月9日 16~18時 126.8	42年7月9日 16~19時 145.9	42年7月9日 20時30分~21時00分 45.1
⑤ 島 根 (浜 田)	浜田測候所 (気 象 庁) H=20m	S 39~58年 (20ヶ年)	66	58年7月23日 0~2時 72.0	58年7月23日 0~2時 132.8	58年7月23日 0~3時 148.0	
⑥ 滋 賀 (信 楽)	雲井出張所 (建設省琵琶湖工事)	S 34. S 40~57年 (19ヶ年)	98	49年7月4日 16~17時 48.0	40年9月17日 19~21時 72.0	40年9月17日 18~21時 105.0	
⑦ 岐 阜 (八 幡)	八幡観測所 (気 象 庁)	S 31~57年 (27ヶ年)	153	33年9月17日 0~1時 90.0	35年8月13日 5~7時 101.0	35年8月13日 4~7時 150.0	
⑧ 静 岡 (伊 豆)	湯ヶ島観測所 (建設省沼津工事)	S 33. 34. 36. 40~57年 (21ヶ年)	24	34年8月14日 6~7時 84.0	34年9月26日 19~21時 160.0	34年9月25日 18~21時 204.5	
⑨ 山 梨 (釜 無 川)	日向山 (気 象 庁)	S 33~36. 41. 52~57年 (11ヶ年)	24	57年8月1日 24時及び 25時 54.0	57年8月1日 23時~ 2日1時 108.0	57年8月1日 22時~ 2日1時 132.0	
⑩ 群 馬 (榛 名)	榛名観測所 (気 象 庁) H=1100m	S 42~57年 (16ヶ年)	63	53年8月12日 19~20時 61.0	57年8月1日 16~18時 113.0	43年8月2日 19~22時 116.0	

表 3.4 非発生上限包絡線一覧表

島 根						滋 賀						岐 阜						群 馬					
さかのぼり 年 数	サンプル 個 数	包絡線の傾き RH1 RW3	包絡線の傾き IE RW3	包絡線の距離 RH1 RW3	包絡線の距離 IE RW3	さかのぼり 年 数	サンプル 個 数	包絡線の傾き RH1 RW3	包絡線の傾き IE RW3	包絡線の距離 RH1 RW3	包絡線の距離 IE RW3	さかのぼり 年 数	サンプル 個 数	包絡線の傾き RH1 RW3	包絡線の傾き IE RW3	包絡線の距離 RH1 RW3	包絡線の距離 IE RW3	さかのぼり 年 数	サンプル 個 数	包絡線の傾き RH1 RW3	包絡線の傾き IE RW3	包絡線の距離 RH1 RW3	包絡線の距離 IE RW3
2	7	0.76	0.96	3.6	4.3	2	14	—	0.14	—	2.1	2	13	0.74	1.06	5.3	8.1	2	11	0.96	1.38	6.5	6.9
4	15	0.72	1.04	3.5	4.4	4	17	0.64	0.64	3.1	3.7	4	30	0.98	0.76	8.4	7.5	4	19	0.94	1.36	6.5	7.0
6	23	1.00	1.06	3.8	4.5	6	22	0.38	0.66	2.8	3.8	6	38	2.54	1.10	9.9	7.4	6	28	0.96	1.66	6.5	8.0
8	30	1.16	1.40	4.8	4.8	8	30	0.90	0.74	4.1	5.1	8	59	2.60	0.72	9.9	7.4	8	33	0.94	1.70	6.5	8.0
10	36	1.14	1.08	4.8	5.2	10	40	0.88	1.16	5.9	6.9	10	72	2.60	1.00	9.9	8.0	10	40	1.30	1.68	7.1	8.0
12	43	1.16	1.02	4.8	5.3	12	48	0.62	0.50	5.7	6.2	12	88	2.70	1.08	9.9	8.1	12	46	1.30	0.96	7.2	8.9
14	50	1.16	1.44	4.8	5.3	14	56	0.62	0.50	5.6	6.1	14	101	2.42	0.72	10.0	8.2	14	53	1.30	0.96	7.2	8.9
16	52	1.18	1.40	4.8	4.8	16	65	0.70	0.52	5.9	6.2	16	109	2.40	0.70	10.0	8.0	16	63	1.42	0.90	7.1	8.8
18	58	1.18	1.46	4.8	4.8	18	75	1.34	0.50	8.1	6.1	18	123	2.40	0.70	10.0	8.0						
20	66	1.16	1.16	4.8	2.8							20	139	2.36	0.50	10.0	7.0						
												22	142	2.36	0.46	10.0	6.8						
												24	145	2.36	0.54	10.0	7.2						
												26	151	2.40	0.60	10.0	7.7						
												27	152	2.40	0.60	10.0	7.7						

- 傾きは、tanで示した。
- 距離の単位はcm。

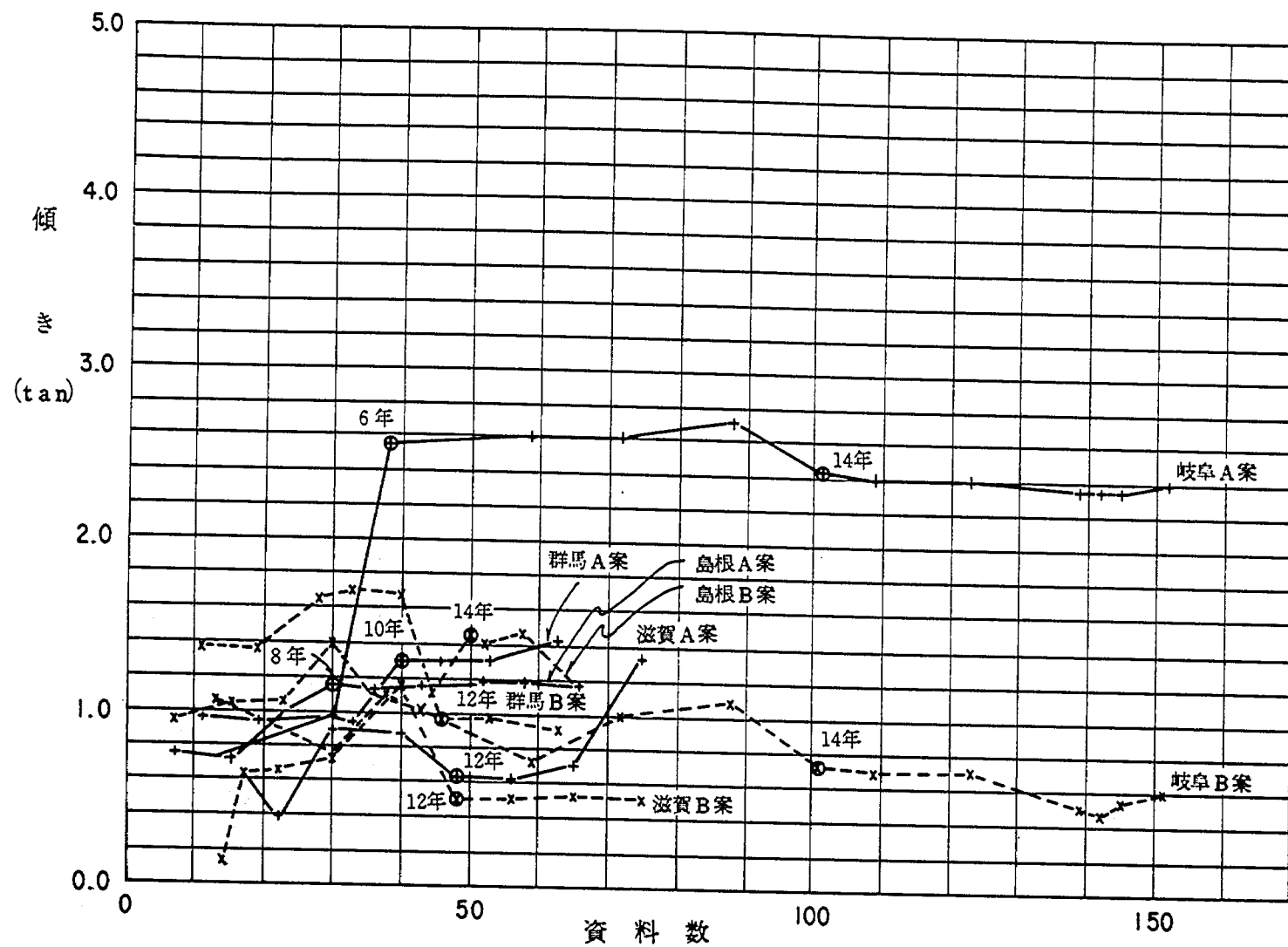


図 3.8 サンプル数と非発生降雨集団上限包路線の傾きの関係

+.....RH1-RW3* (A案)
 ×.....IE-RW3 (B案)
 ⊗.....傾きが安定するポイント

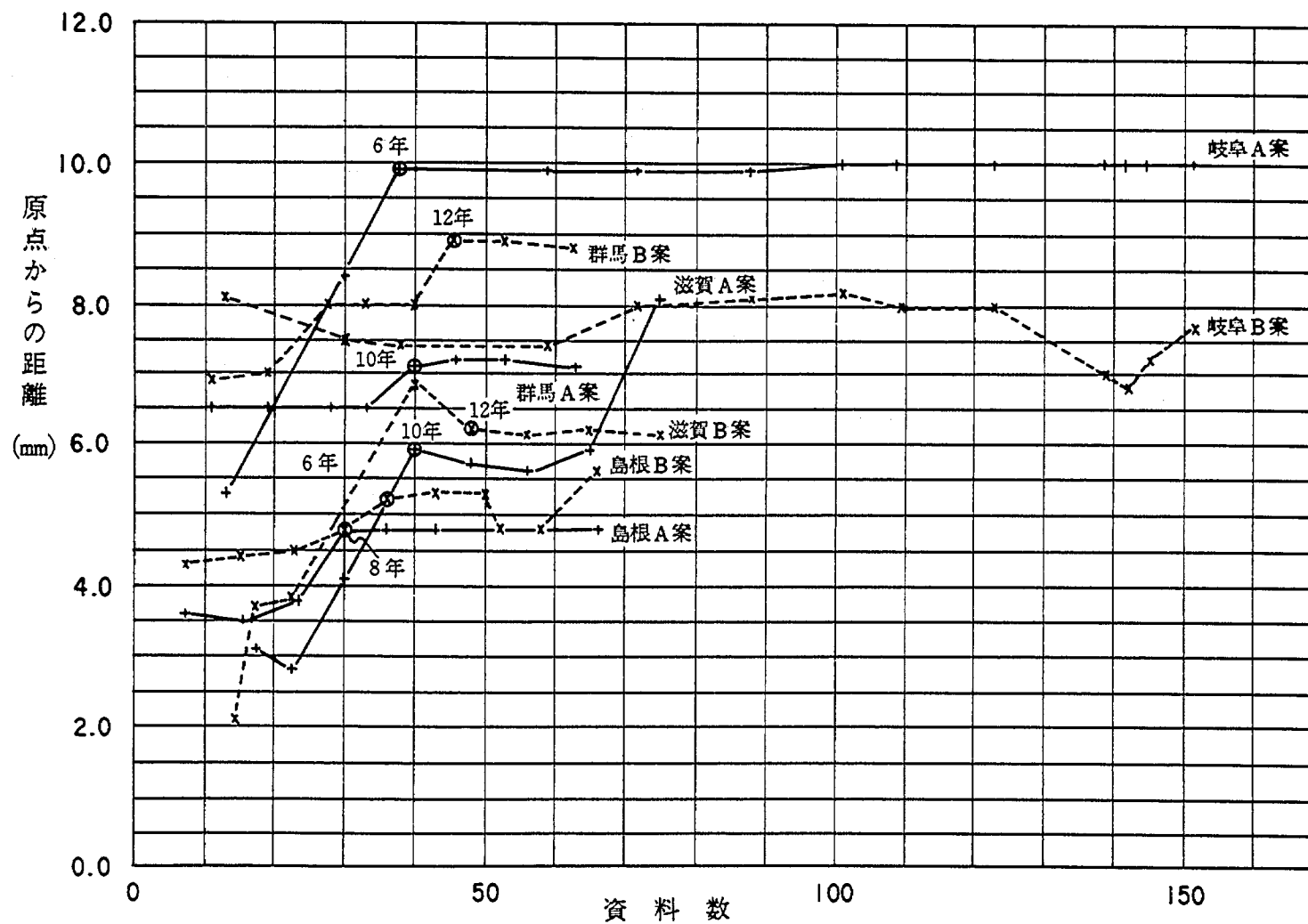


図 3.9 サンプル数と非発生降雨集団上限包路線の原点からの距離の関係

+.....RH1-RW3* (A 案)
 x.....IE-RW3 (B 案)
 ⊗.....距離が安定するポイント

3.5.2 C. L.を設定し難いケース

- ① 図3.10のケースの場合、C. L.を設定しうる幅はかなり広く、この範囲で決定的なC. L.を設定する根拠は乏しい。結局、C. L.をその幅の中で幾通りか決定し、その場合に得られるE. L.やW. L.による勧告の空振り回数を求め、実際に運用できるC. L.を当面の第1次案として採用し、今後の降雨によって検証し修正するという手続きが必要である。
- ② 災害事例もなく非発生事例も分散している場合。
周辺地域で得られたC. L.を参考に検討することになる。

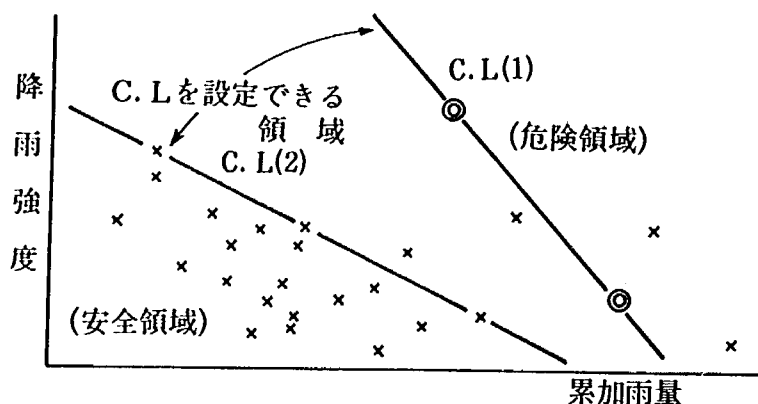


図3.10 C. L.の設定の幅(決定的なC. L.を決定し難いケース)

- ③ 崖崩れは少降雨でも発生し、降雨による予測を行い難い場合が多い。しかし、大雨になるほど崩壊也多発し、土石流も発生し始めることになる。したがって、崩壊事例もできるだけとりあげて、土石流のC. L.を検討することが望ましい。
- ④ 現状では簡便な為C. L.を直線型としているが、すべてのC. L.が直線型であるという保証はない。非発生降雨の分布状況によっては、図3.11に示したような凸型あるいは凹型の非発生降雨包路線も考えられ、これをもとにC. L.の出現も考えられる。

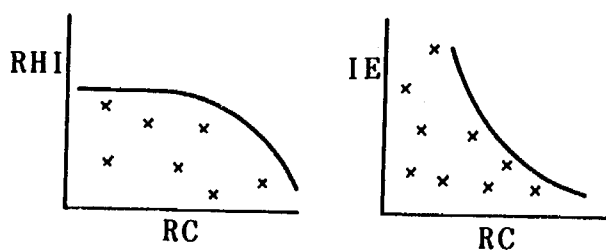


図3.11 非発生降雨包路線の形の例

今後、妥当なC. L.の形状を検討していくにあたっては、非発生降雨の分布状況を正しく把握することが必要であろう。現状では、一つの非発生降雨を一つのプロットで表現しているが、一降雨一つのプロットで非発生降雨を正しく図上で表現しているとは言い難い。今後は、スネーク曲線での非発生降雨の表現も含めて、なるべく多くの図上での非発生降雨の情報を表現し、降雨の分布状況を調べて、C. L.の形状を検討することが必要である。

3.5.3 B案におけるW. L., E. L.曲線の形態の問題

W. L., E. L.曲線の形態は通常3.2.2項(2)に示すように上に凸の曲線となるが、方程式が2次式と

1 次式により構成されているため C. L の定数 a , b と W. L, E. L の定数 R_{H1M} , R_{H2M} の値によっては, 上の凸の形態をとらないケースが起り得る。

ここでは, W. L, E. L 曲線のとり得る形態と, 常に上に凸になるための条件について検討した。

(1) W. L, E. L 曲線のとり得る形態

W. L, E. L を定める (24) 式および (23) 式は 2 次式であることから曲線は X-Y 座標の第 1 象限から第 4 象限までの全範囲について定義し得る。

しかし, ここで物理的に意味をもつものは, X, Y の値が共に正の値をとる第 1 象限のみであり, また C. L 直線の傾き係数 a についても正, 負いずれもとり得るがここでは負の値のみが意味をもつことから,

$$\left. \begin{array}{l} X \geq 0 \\ Y \geq 0 \\ a < 0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (25)$$

を定義する。

従って, 第 1 象限において (25) 式を満足する W. L, E. L の曲線は図 3.12 に示す形態を取り得ることになる。

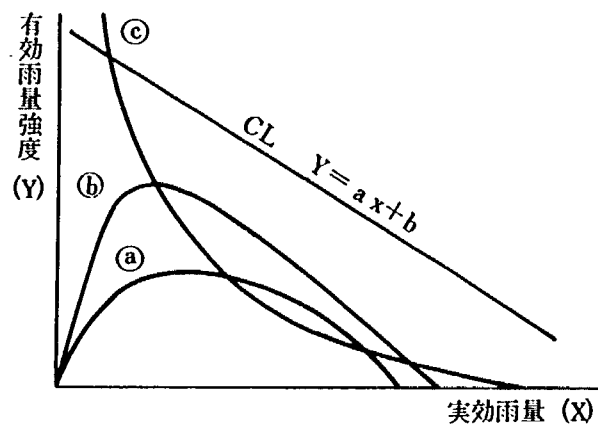


図 3.12 W. L, E. L の形態

図 3.12 に示す曲線 (a), (b) は上に凸であり, 問題ないが曲線 (c) の場合は X が原点に近づくに従って, +Y 軸が曲線 (c) の漸近線となり, 場合によっては, C. L と交差してしまう。

(2) 判別条件

図 3.12 に示す曲線 (c) のように原点付近で Y の値が不連続にならないためには次の条件を満足する必要がある。即ち, ここで E. L について検討すると, (23) 式を $a < 0$ として,

$$Y = \frac{-aX^2 + (b - a \cdot R_{H1M})X}{(1+a)X + (1+a)R_{H1M} - b} \dots\dots\dots (26)$$

について検討する。

(26) 式について, X のとり得る範囲を求める。ここで分子を零とすると,

$$\left. \begin{aligned} -aX^2 + (b - a \cdot R_{H1M})X &= 0 \\ X &= 0 \\ X &= \frac{b}{a} - R_{H1M} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (27)$$

が得られる。Xがこの範囲であれば、Yは $Y \geq 0$ であり、上に凸の2次曲線が得られる。

尚、 $X = \frac{b}{a} - R_{H1M}$ は、X軸上とE・Lの交点の座標である。(図3.13参照)

また、E・Lが不連続となるのは、(26)式の分母が

$$(1+a)X + (1+a)R_{H1M} - b \leq 0 \dots\dots\dots (28)$$

の場合であり、(28)式から

$$X \leq \frac{b}{(1+a)} - R_{H1M} \dots\dots\dots (29)$$

$$\therefore X = \frac{b}{(1+a)} - R_{H1M} \dots\dots\dots (30)$$

(30)式がX軸上の不連続点における漸近線となる。(図3.13参照) 従ってXが $\frac{b}{a} - R_{H1M} \geq X \geq 0$ の範囲でE・Lが不連続とならないためには(29)式から

$$X > \frac{b}{(1+a)} - R_{H1M} \dots\dots\dots (31)$$

となり、(31)式の右辺が負であれば良いから

$$0 > \frac{b}{(1+a)} - R_{H1M}$$

$$\therefore R_{H1M} > \frac{b}{(1+a)} \dots\dots\dots (32)$$

が得られる。

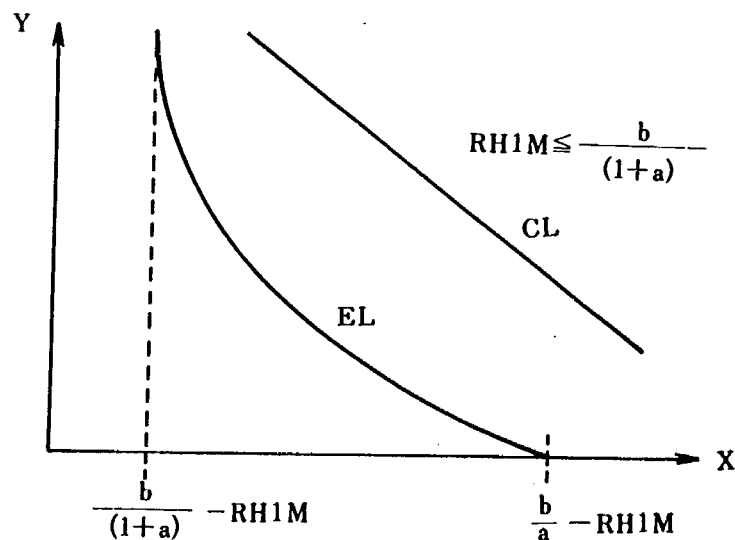


図3.13 E・Lが不連続となる例

従って、E. Lが不連続とならないための条件式として (31) 式が得られ、W. Lについても同様に、

$$R_{H2M} > \frac{2b}{(1+2a)} \dots\dots\dots (33)$$

が得られる。

図 3.14, 3.15に検討例を示す。

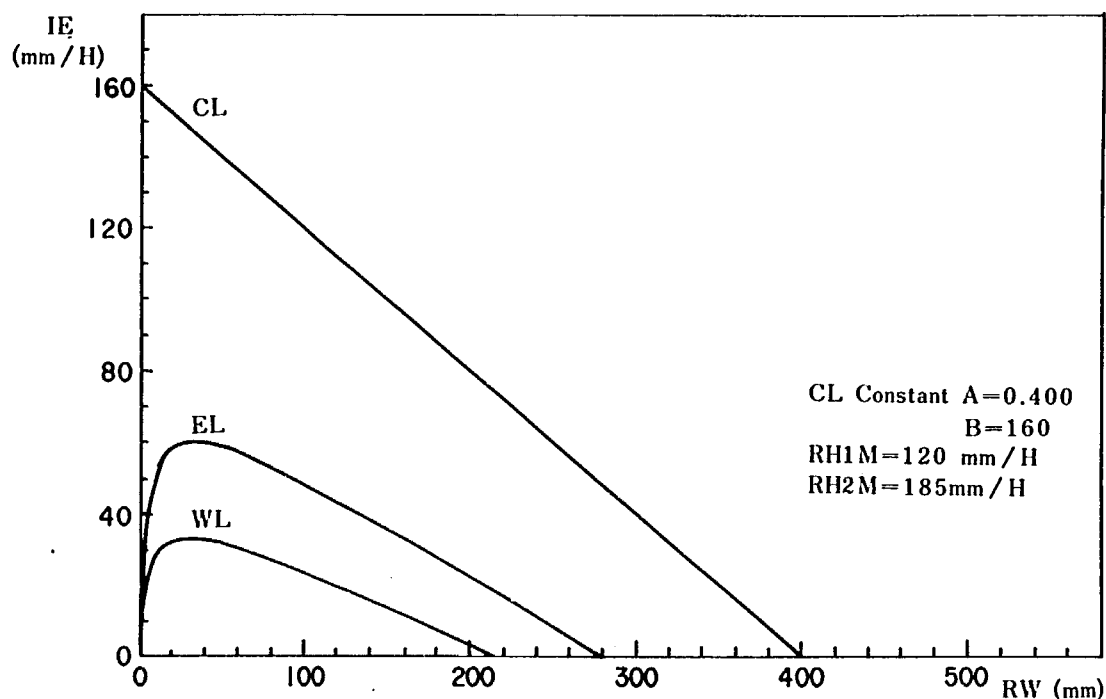


図 3.14 条件式を満足したW. L, E. L曲線

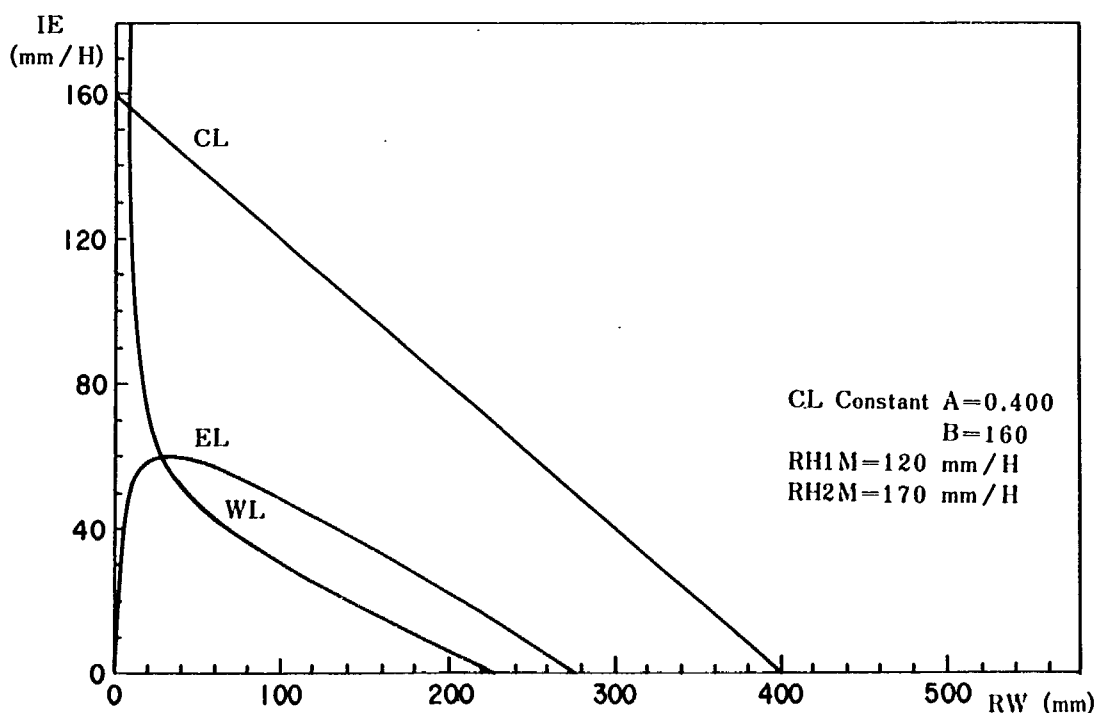


図 3.15 条件式をE. Lのみ満足したW. L, E. L曲線

図 3.14 は、 $a = -0.400$ 、 $b = 160$ とした場合、(32) 式および (33) 式によって定まる値をそれぞれ $R_{H1M} = 114 \text{ mm/H}$ 、 $R_{H2M} = 178 \text{ mm/H}$ とし、これに対して、それぞれ 120 mm/H 、 185 mm/H を与えた例である。

図 3.15 は、 $W.L$ のみ $R_{H2M} = 185 \text{ mm/H}$ のかわりに、 170 mm/H を与えた例である。

(32) および (33) 式を満足する各定数の相互関係を図 3.17 に示す。また、その概説図を図 3.16 に示す。

$W.L$ 、 $E.L$ 曲線が不連続とならないための下限値の軌跡を図中の斜線（下限線）によって示した。

下限線は、 a および b の交点 P と、これを通る既往最大 1 又は 2 時間雨量 R_{H1M} 、 R_{H2M} の直線として表わされる。従って、あらかじめ定められた a 、 b の値に対して、 $W.L$ および $E.L$ が不連続にならないための既往最大雨量は、この下限線を除くそれ以上の雨量として求められる。

〔例〕 図 3.15 の場合

与えられた a 、 b の値は

$$a = -0.400$$

$$b = 160$$

であるから、このとき $W.L$ が不連続にならないための下限線は次の概説図および図 3.17 から $R_{H2M} \doteq 178$ として求められる。

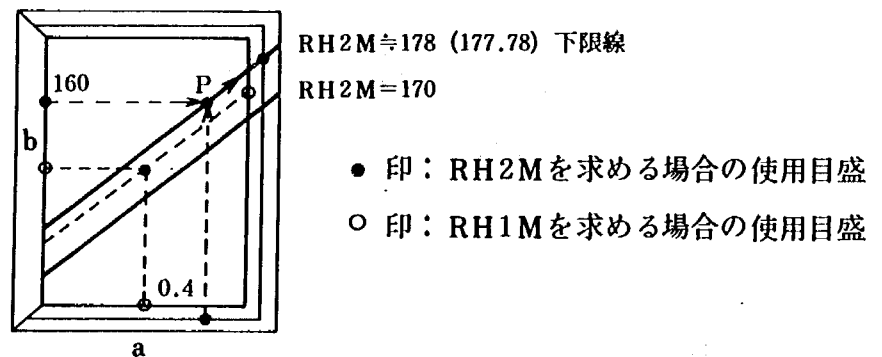


図 3.16 下限線概説図

ところが与えられた R_{H2M} は 170 mm/H であるため図 3.15 に示すように $W.L$ は不連続となる。従って、既往最大 2 時間雨量は $R_{H2M} > 178$ を満足する値でなければならない。

図 3.14 に示す $W.L$ は $R_{H2M} = 185$ として与えた例を示している。

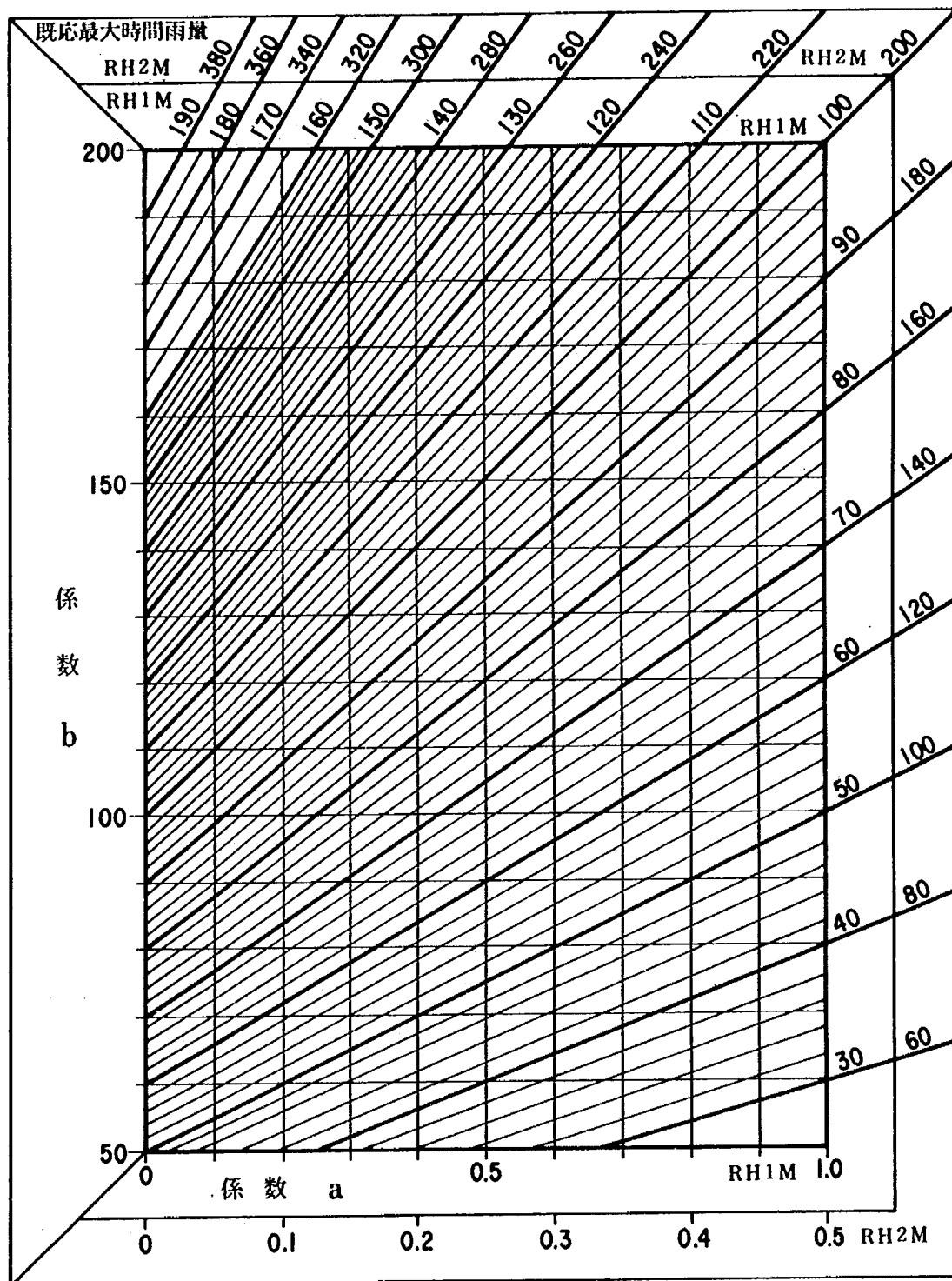


図 3.17 W・L, E・Lの連続・不連続判別図

§ 4. まとめと今後の課題

4.1 ま と め

4.1.1 代表観測所の選定について

災害発生地点と観測所の距離はその地域の地形など降雨を支配する要因によって異なるが、概ね 5 km が目安となる。

4.1.2 正時と任意時刻の時間雨量との関係

降雨解析に正時の雨量データを用いることの妥当性について、任意時刻による時間雨量との比較により検討した結果、時間が長い程（1 時間より 2 時間，2 時間より 3 時間）任意時刻と正時の雨量との差異は少なく、この差異が最も大きい長崎の場合でも、任意時刻の雨量は正時の雨量に比較して約 10 % 増程度であることが知れた。従って、基準雨量等の検討において正時の時間雨量を用いても不都合は無いと考えられる。

4.1.3 換算雨量と実際の降雨

換算雨量は実際の降雨に比較して大きく算出され、1 時間雨量を 30 分間雨量で換算した場合が 20 ～ 35 % 増であるのに対して、10 分間雨量を用いた場合は 45 ～ 50 % 増である。

4.1.4 単一雨量指標の有効性

検討の対象とした単一雨量指標の有効性は総じて低いが、残留雨量のうち、半減期が 24 時間以上のものについては、有効性が比較的高く評価できる。

4.1.5 複数雨量指標の有効性

A 案と B 案を比較した場合、各地域により差が大でありかつ適合率の観点からすれば、A 案の有効性が高く、空振り率の観点からすれば B 案の有効性が高い傾向があることから個々の地域によって A、B 両案を比較し、有効性を検討して採用案を決定することが望しい。

4.1.6 C・L 設定に必要な資料数

A 案、B 案ともに資料数は 50 以上必要であり、これを観測年数にすれば、概ね 10 年以上となる。

4.1.7 年平均雨量および地質と C・L の関係

年平均雨量が大きい場合、A 案および B 案ともに C・L の値も大きくなる傾向が認められる。

地質との関係は、A 案の場合、年平均雨量が類似していれば花崗岩地域の C・L は他の地質に比較してやや大きい傾向が認められる。

B 案の場合 A 案とは異なり、花崗岩地域の C・L は逆に小さい傾向がみられる。このことは花崗岩地域では 1 時間雨量等の短期の強い雨に対しては耐性をもつ（災害が発生しにくい）が大きい有効雨量強

度が長時間継続すると、耐性が低下することを示唆しているものと考える。

また、火山岩地域は花崗岩地域とは逆に、短期の強い雨に対して耐性が小さい傾向が認められる。従って地質条件も雨量指標を選択する際の有効な判断材料であると言える。

4.2 今後の課題

4.2.1 必要な観測所密度

- (1) 観測所密度の高い地域で災害時の降雨状況の比較を行い、豪雨域の分布と降雨量の変化（地域差・時間差）を検討することが望ましい。
- (2) 大災害ばかりでなく小災害時の豪雨域の分布を知る必要がある。豪雨による崩壊団地（多発域）で半径1～2km程度の事例も見受けられるので、小域の集中豪雨事例の把握も必要である。

4.2.2 対象降雨数

- (1) 資料期間として13～14年程度、降雨数で50降雨程度は最低必要であることが今回調査で示されたが、降雨抽出基準（RCで80mm以上）の変更とあわせて検討することが望ましい。

4.2.3 降雨量のプロットの方法

- (1) 有効雨量の変曲点Aについての現行基準4mmの妥当性の問題（2～10mm位で変化させて検討する。又はパターン認識によるA点がどのような時間雨量に対応するか等を検討する）。
- (2) 降雨中断があった場合の変曲点Aの再認定の検討（今回は3時間中断で検討したが各種について検討を行うことが必要である）。
- (3) A案の場合最大時間雨量（RH1）をプロットしているが、最大RH1の後の第2、第3のピーク雨量もプロットすることによって安全降雨圏が拡大する。

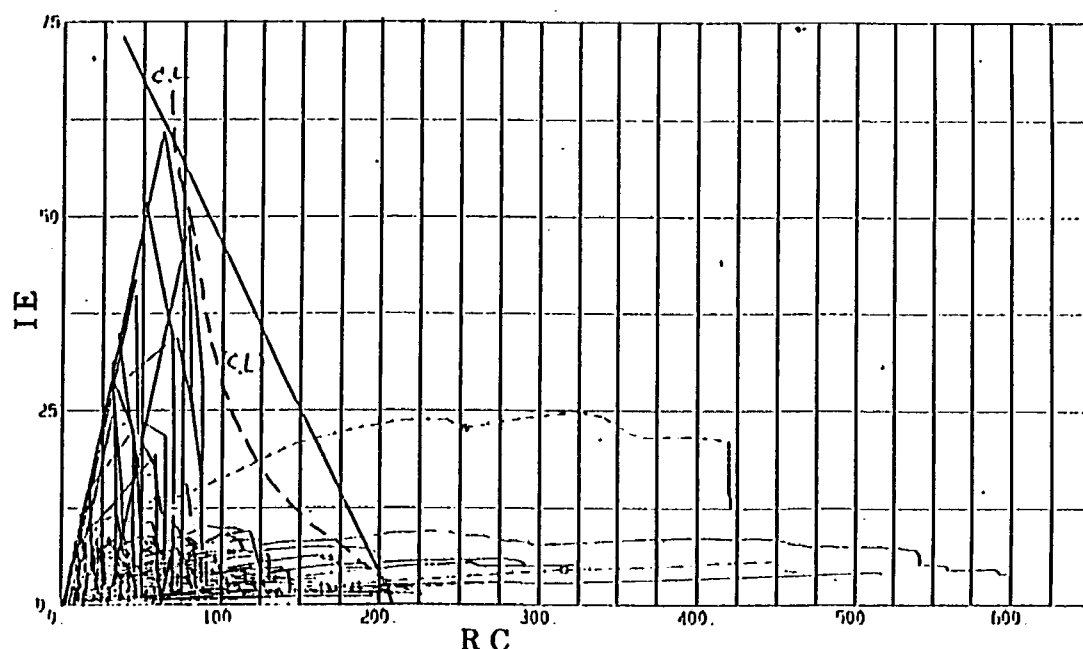


図4.1 スネーグ曲線の上限包絡線をC・Lとする方法

(4) A案, B案での安全領域の設定方法について検討する。

4.2.4 E・L, W・Lの設定

B案のE・L, W・Lの曲り落ち, 急上昇, 交差などの処理方法の検討。

4.2.5 手法の限界

A案, B案共に連続雨量・実効雨量に継続時間が反映されていない。従って, 降雨強度が小さくともある一定以上の累加雨量で危険であると判定されてしまう。また逆に, B案では長時間にわたって少降雨が断続的に降った後で, 強雨があっても有効雨量強度が増加しない。このようなケースで災害が発生する可能性があるので, この点をさらに検討する必要がある。

4.2.6 C・Lの設定への提言

最大値等のプロットではなく, むしろ全データのスネーク曲線図を描き, これによってC・Lを定める方が判断に誤りが無い(図4.1参照)。

4.2.7 手法のチェック

(1) A案・B案共降り終りの降雨でチェックする。

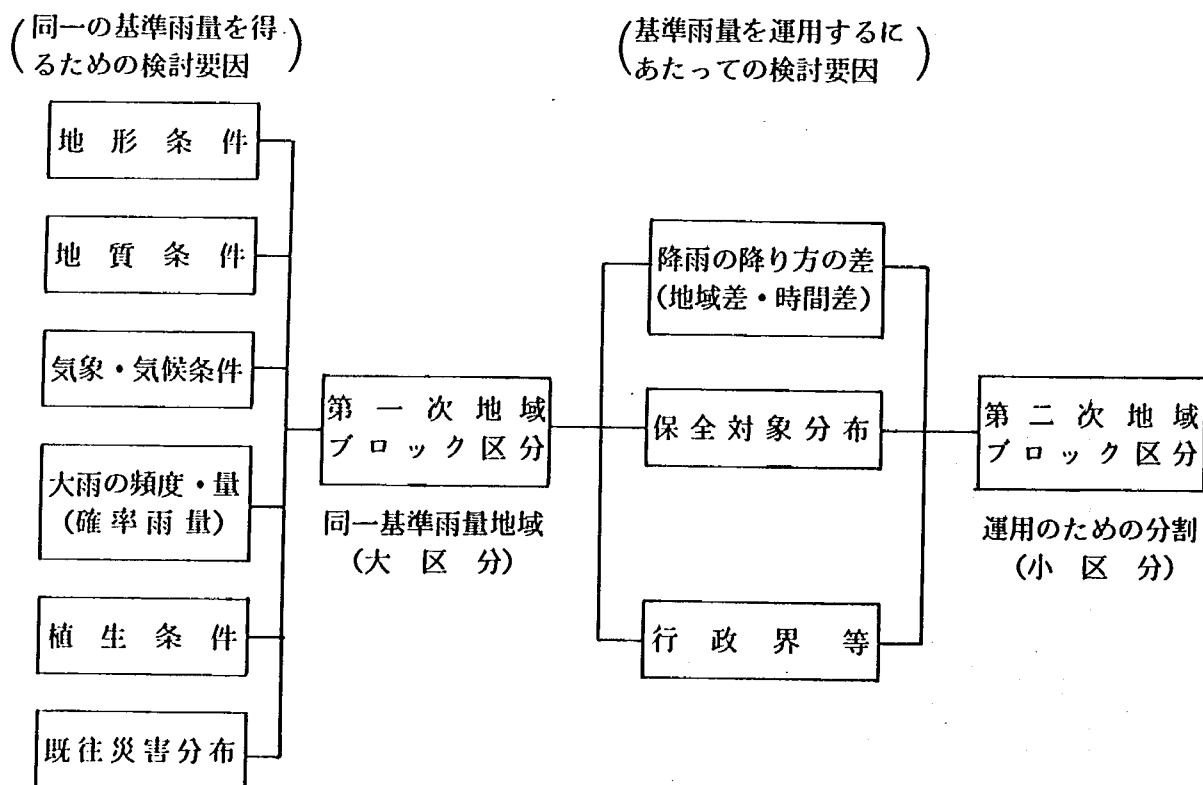


図4.2 地域ブロック区分の手順

- (2) A案・B案の空振り降雨の検討を気象別，地域別に行う。
- (3) 既往最大の全てのタイプの雨のとり得る範囲を検討する。

4.2.8 地域ブロック区分の手順

図 4.2 に示す手順にてブロックを区分けすることが考えられる。

4.3 運用上の問題

4.3.1 対象区域の追跡調査の必要性

植林の伐採や土地改変，風化の進行など流域変化があった場合，あるいは砂防設備が建設された場合土石流の発生条件が異なる。このための基準雨量の見直し手法の検討を行う必要がある。

4.3.2 W・L，E・L発報の妥当性の検討

E・L，W・Lの設定についてはがけ崩れ警戒・避難基準，気象台の出す大雨洪水注意報・警報，進路通行規制値等と整合性を検討することが望しい。

土石流の警戒・避難基準雨量の
設定に関する研究

ISSN0386-5878
土木研究所資料第2215号
昭和60年3月(1985)
瀬尾克美、原 義文、五代 均

キーワード：土石流、警戒避難、基準雨量、雨量指標

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10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を組み合わ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。この結果次の知見が得られた。

①単一雨量指標

前期降雨を含めて1時間毎にある一定時間で半減させる残留雨量が有効であり、次いで連続雨量、実効雨量の有効性が高い。

②複数雨量指標

10分間雨量、30分間雨量、1時間雨量および有効雨量強度と実効雨量のそれぞれ2つを組み合わせた複数雨量指標の場合は、単一雨量指標に比較してさらに有効性が高いことが知れた。

郵便はがき

305-□□

40円切手
をはいて
下さい

建設省土木研究所

砂防部砂防研究室

行

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

土研資料 2215号

配布先氏名

配付先住所

土木研究所資料第2215号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

