

豪雨による地盤災害の発生の 予測手法に関する研究

大原 資生*・村田 秀一**・塩月 善晴***
松田 博*・山本 哲朗***・遠藤 明子*

A Prediction of the Heavy Rainfall Producing the Slope
Failure, Using 10 Minute Rainfall Data Base

Sukeo Ōhara, Hidekazu Murata, Yoshiharu Shiotsuki,
Hiroshi Matsuda, Tetsuro Yamamoto and Meiko Endo

Abstract

Ochi(1973) proposed the heavy rain classes according to their damages by use of the maximum 3 hour and 1 hour rainfall amounts in the rainfall. This means that the parameters of maximum rainfall intensity curve (R_T curve) can determine the class in which the present rain is. In this paper the parameters a , b of Talbot type R_T curve determined by the six 10 minute rainfall data within an hour are used to make diagnosis how the present rain ranks in the rain classes and if it will be a heavy rain. Analytical results in four heavy rain cases (Nagasaki, 1982, Yamaguchi, 1985, Northern District of Kyusyu, 1980 and Kagoshima, 1986) show the heavy rain can be detected several ten minutes before its real beginning.

1. 緒言

昭和60年6月21日から7月11日までの間、梅雨前線が山口県附近を中心に、ときには停滞し、ときには南下、北上を繰返し、集中豪雨も含めて約1000mmの累積雨量をもたらした。

この間の最大時間雨量は山口県西部を中心にして50mm、また最大日雨量は150mmとなった。このため、山口県全域にわたって公共土木施設関係だけでも河川、道路に伴う被害が5400箇所、急傾斜地崩壊、地すべりなどの砂防関係の被害が145箇所、金額にして約180億円となった。この他の農林関係の被害まで含めると被害総額は290億円に達した。

山口県はその地理的位置からこれまで何回となく豪雨による災害に見舞われており、昭和58年の山陰豪雨

災害の時もかなりの被害を生じた。今回は人的被害は死者4名、重軽傷5名の計9名であったが、時間の経過とともに災害箇所数が急激に増大していった。

本研究では、豪雨による地盤災害の発生を予測する方法を確立することを目的とするもので、10分間の雨量データベースを用いて Talbot の極値雨量強度曲線の特性値を求め、豪雨時の特性値の振舞から豪雨を予知し、ひいては地盤災害の発生の予知を試みた。この方法を既往の豪雨に適用した結果についてのべる。

2. 豪雨特性

昭和57年の長崎豪雨災害、昭和58年の山陰豪雨災害など梅雨末期の大雨によって毎年のように多くの崖くずれが発生し、多くの人命が失われている。

このような梅雨末期の豪雨による地盤災害の発生には豪雨の型、地形、土質等多くの要因が複雑にからまっており、現在ほどの程度の降雨があれば、どのくらい災害が生じるかについての明確な基準を策定するまでに至っていない。しかし、過去の災害発生の状況分

*山口大学工学部土木工学科

**山口大学工学部建設工学科

***山口大学工業短期大学部土木工学科

Table 1 Heavy rain classes according to their damages

Class	Max. rainfall in 3 hr.	Max. rainfall in 1 hr.
A	250mm<	110mm<
B	200mm<	90mm<
C	150mm<	70mm<
D	100mm<	50mm<
E	70mm<	30mm<
F	50mm<	20mm<

析から降雨量が災害発生の目安として第一に用いられていることも事実である。Table 1はその結果、提案されたもので、豪雨調査による崖くずれを対象とした集中豪雨の強さの分類である。ただし、この分類では強度ではなく、1時間、3時間の雨量で示してある。

著者らは、少なくとも死者を出さないという視点に立って、短時間内に豪雨の検知および災害の発生の予知の方法について検討を行ってきた。ここでは極値雨量強度曲線（以下 R_T 曲線と言う）を用いる方法について述べる。

(1) R_T 曲線に現れた豪雨 R_T 曲線の概念は古く、1891年に Talbot が(1)式を提案して以来いくつかの型のものが提案されている。

$$R_T = a / (T + b) \dots\dots\dots(1)$$

ここで R_T : 雨量強度 (mm/hr), T : 降雨継続時間 (min), a, b : 雨量特性によってきまる定数である。 R_T 曲線として(1)式を採用し、本邦各地での100年確率の降雨についてのパラメータ a, b 値の分布を示したのが Fig. 1 である。図中の実線は $a/b = 171$ の線で、この斜線の右の領域ではろ紙による雨滴観測が不可能と

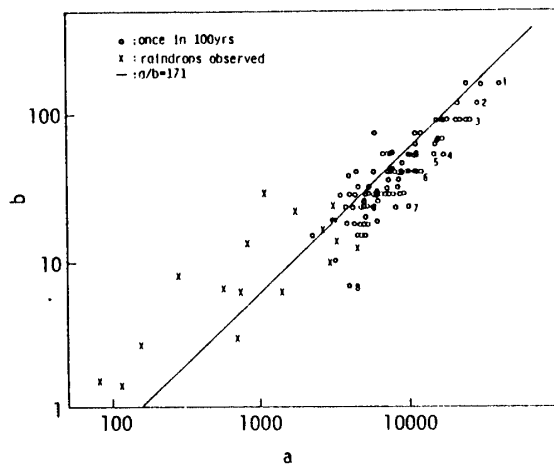


Fig.1 Parameters a-b distribution

なるほどの強い雨(雨滴観測に用いられた厚さ0.1mmのろ紙を用いたとき露出時間1秒で被覆率が100%となる雨)の領域であり、100年に1回の大雨では、そのほとんどがこの斜線の右側に分布することがわかる。これらはいずれも梅雨期の雷雨か、集中豪雨のものである。

(2) 10分間雨量データベースによる豪雨時の(a, b)分布の特徴 R_T 曲線を用いて豪雨の予知を行うのに、次の方法を考えた。すなわち現時点からさかのぼって、過去60分間内の10分雨量6個から(a, b)値を決定し、10分ごとに得られる(a, b)値の動きが豪雨時にどのように振舞うかをしらべてみた。その振舞に特性が見出せれば豪雨予知に役立つ。Fig. 2は長崎豪

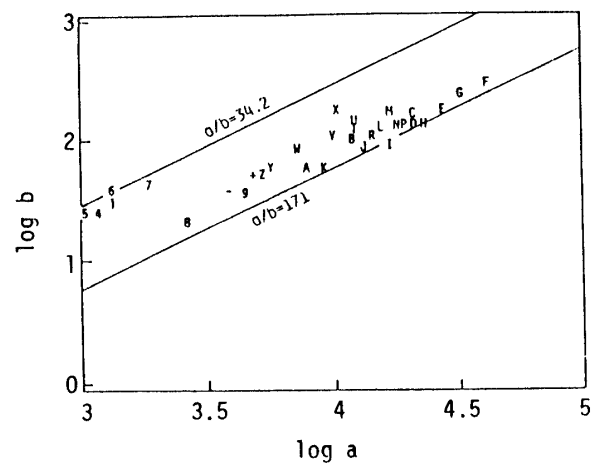
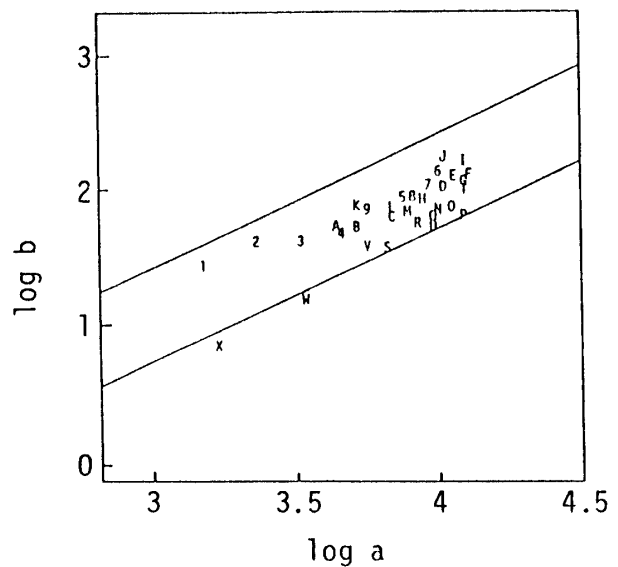


Fig.2 Parameters a-b distributions
(a) Nagasaki case (1982)



(b) Northern District of Chugoku

雨, 昭和58年山陰豪雨時で R_{10} , R_{60} , R_{180} (最大3時間雨量強度) などが最大であった地点での10分間ごとの(a, b)値の動きを見たものである. Fig. 4 (a)は長崎海洋気象台(長崎豪雨), Fig. 4 (b)は島根県益田観測所(山陰豪雨)のもので, 図中の数およびアルファベットは10分ごとの時刻の順序(数字1から9まで, その後はA, B, …が続く)を示し, 斜線は前述のものである. Fig. 4 (a), (b)ともに斜線に近づき, また斜線に平行に動いていることがわかる. このことは $a/b = \text{一定}$ の形で動くことを意味する. なお(a, b)値は最小自乗法の原理と手順にしたがって, 次に示す(2)式, (3)式を用いて60分間内の10分雨量6個より10分ごとに計算した.

$$a = \frac{([It] [I^2] - [I^2t] [I]) / (N [I^2] - [I] [I])}{\dots\dots\dots(2)}$$

$$b = \frac{([I] [It] - N [I^2t]) / (N [I^2] - [I] [I])}{\dots\dots\dots(3)}$$

ここで, I : 雨量強度 (mm/hr), t : 降雨継続時間 (min), N : 資料数, [] : 総和である.

3. 豪雨の検知と判定

Table 1 の分類条件を先に示した a-b 分布図に記入すると, 最大1時間雨量の条件が効くのは $b > 300$ の領域であり, 実際にはこのような雨はない. したがって A~F 階級は最大3時間雨量の条件でよいことがわかった. Fig. 3 はこれらの3時間雨量強度 R_{180} の条件 (F, D, A 階級) の線と, ろ紙上で1秒間および5秒間の露出で被覆率が100%となる $a/b = 171$ および $a/b = 34.2$ の線, さらに強雨の目安としてよく用いられる $R_{10} = 30\text{mm/hr}$ の線を描いて豪雨の目安を与えたものである. すなわちF階級に入ったところで崖くずれ等が発生することになるので, Fより前の階級として

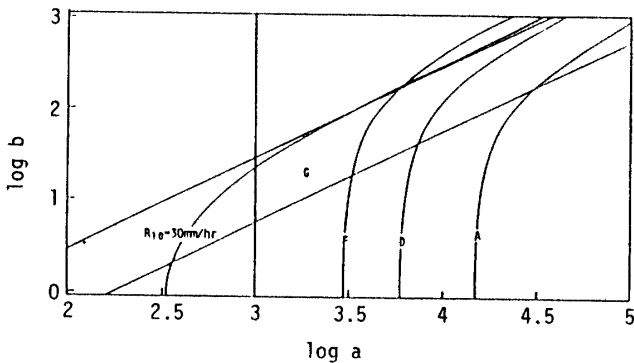


Fig. 3 Heavy rain classes of parameter a-b distribution

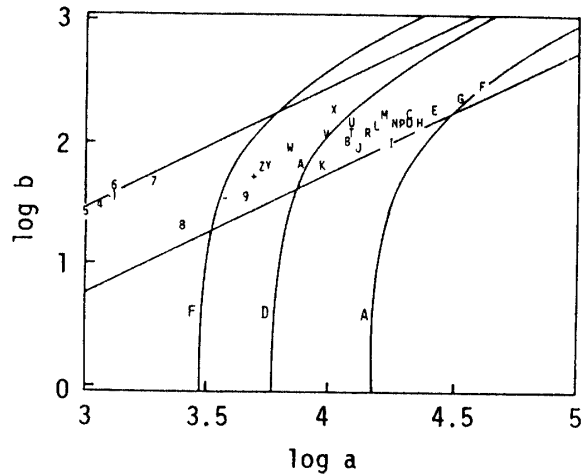
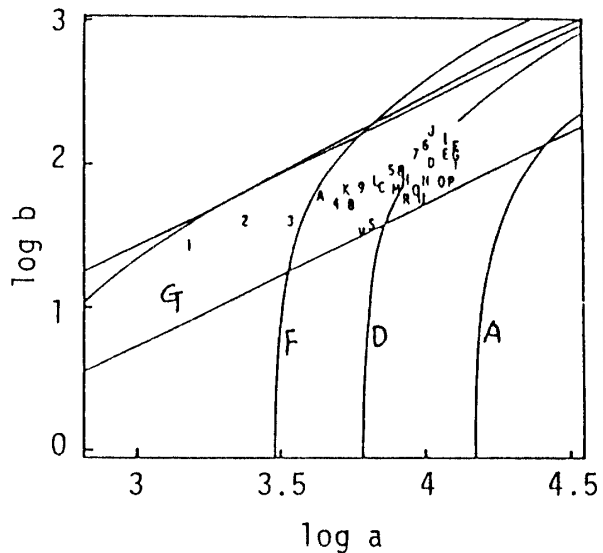


Fig. 4 Parameter a-b distributions (a) Nagasaki case (1982)



(b) Masuda case (1983)

5秒線 ($a/b = 34.2$), $a > 1000$, F階級線に囲まれるG領域を設定し, (a, b)値がこのG領域に入ったとき警報を出すことを考え, その適中率を検討した.

(1) 昭和57年長崎豪雨, 昭和58年山陰豪雨 Fig. 4 (a), (b)はFig. 2(a), (b)にFig. 3を重ねたものである.

Fig. 4 (a)は長崎豪雨のもので, 時刻18時を1で表し, 以下10分後ごとに2, 3, ……9, A, B…と表される. Fig. 4(a)からわかるように, 18時にG領域に入り, 80分後(記号9)の19時20分にF階級に入って以後A階級までに入った. 長崎豪雨では19時50分に崖くずれによる死者が出た. G領域に入ったときに警報を出すとすると, 災害発生の110分前に警報が出せたことになる.

Table 2 Time stayed in G rank (Nagasaki case)

Time(min.)	Number of cases
10	5
20	14
30	7
40	1
50	0
60	3
70	1
80	3
90	1
100	1
Mean(min.)	35

同様に, Fig. 4 (b)においても1時40分にGに入り, 2時10分にFに入っている. 崖くずれは4時に発生している. この場合も約2時間前に警報を出すことができた.

Table 2は長崎豪雨時の長崎県を中心とする雨量観測点36箇所でのG領域からF階級に入るまでのG領域滞留時分の頻度分布である. 滞留モードは20分であるが, 平均は35分であった. すなわち豪雨予報は35分前に出せることになる.

(2) 昭和60年山口県豪雨 長崎豪雨, 山陰豪雨では1~3時間の短時間雨量が極端に大きく, いわゆる集中豪雨であったが, 山口県豪雨では短時間雨量は長崎豪雨のその1/2~1/3となっている. Table 3は両者の比

Table 3 Comparisons of maximum rainfall amounts

Rainfall	Nagasaki	Yamaguchi
Max. rainfall in 10 min.	43.0	12.0
Max. rainfall in 1 hr.	161.0	63.0
Max. rainfall in 3 hr.	366.0	98.0
Max. rainfall in a day	608.5	328.0
Number of deaths	299	4

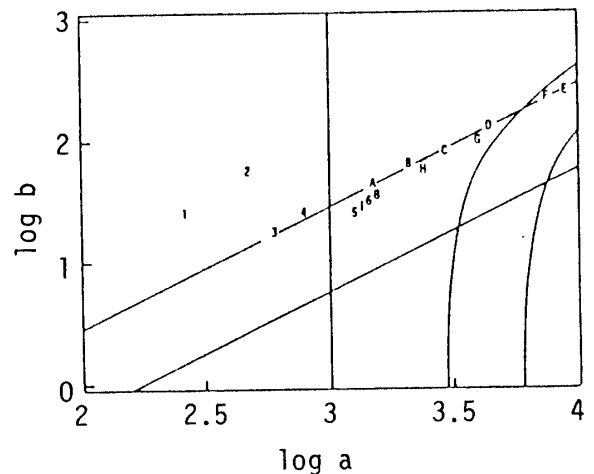


Fig.5 Parameter a-b distribution Yuya case

較である. 山口県豪雨は総雨量の大きい長雨型といえる. 比較的大きい短時間雨量があった油谷町での6月22日の降雨の10分間雨量ベースでの(a, b)値の動きを見てみた. Fig. 5がその結果である. この場合はかろうじて豪雨階級Fに入っている.

Table 4はTable 2と同じく山口県豪雨の際に山口県各地で(a, b)値がG領域からF階級に入ったものの14例のG領域滞留時間の頻度分布である. 長雨型を反映してF階級へ移動するのに平均56分を要している.

山口県豪雨ではG領域に入りながらF階級に移行し

Table 4 Time stayed in G rank (Yamaguchi case)

Time (min.)	Number of cases
10	0
20	5
30	2
40	1
50	0
60	0
70	1
80	3
90	2
100	0
Mean (min.)	56

Table 5 Difference in time between occurrence of landslide and enter in F rank

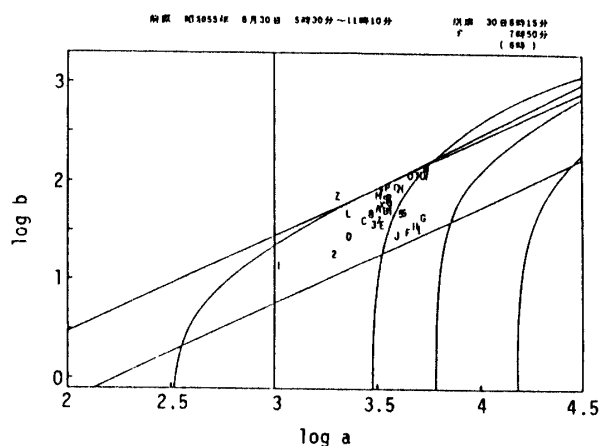
Difference in time (hr.)	Number of cases
0	6
1	7
2	3
3	3
4	1
5	1
Mean (min.)	40

なかった例が69もあり、それらのG領域滞留時分は平均68分となった。ともに約1時間警戒警報が鳴り続けることになるが、人命尊重の立場から見れば、それほど長い時間とはいえない。

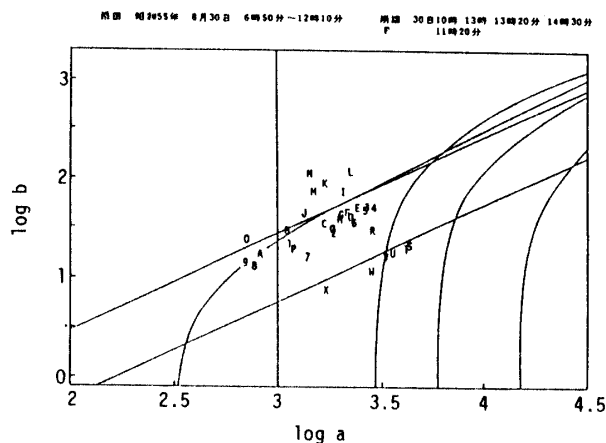
Table 5にF階級に入ってから崖くずれがおこるまでの時間を示したが、これより崩壊までのおくれ時間は0~2時間に集中しており、山口県豪雨の場合も長崎豪雨の場合と同じくF階級に入るとすぐに崖くずれの発生が多くなることがわかる。

(3) 昭和55年北部九州豪雨災害 昭和55年の夏は全国的に冷夏となり、8月に入っても不順な天候が続いた。

とくに、8月28日頃から台風12号の影響が出はじめ、29日~30日には九州北部に前線が停滞し、1時間雨量が30mm以上となった地点が50箇所以上にもほり、長



(b) Maebara case



(c) Soeda case

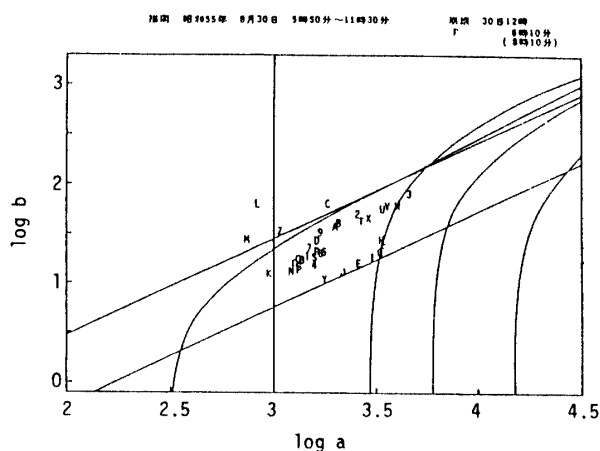


Fig.6 Parameter a-b distributions
(a) Fukuoka case

崎県北部および佐賀県では累積雨量が500mmに達した。この雨によって生じた崖くずれの予知が、著者らの方法を用いることにより可能であったかどうかをみるために、福岡市、前原町、添田町における10分間雨量記録を用いて解析を行ってみた。

その結果を Fig. 6 に示した。いずれもG領域からF階級に入り、崩壊をおこしている。

(4) 昭和61年鹿児島市局地豪雨災害 昭和61年7月10日の11時から17時までの間に鹿児島市を中心にして、最大時間雨量74.5mm/hr、累積雨量約200mmの豪雨があった。

このため、16時頃から市内各所に崖くずれが生じ、死者14名を数えるに至った。

地盤はシラス台地である。降雨はゲリラ的で数km離れた地点では降雨をみなかった例もある。鹿児島気象

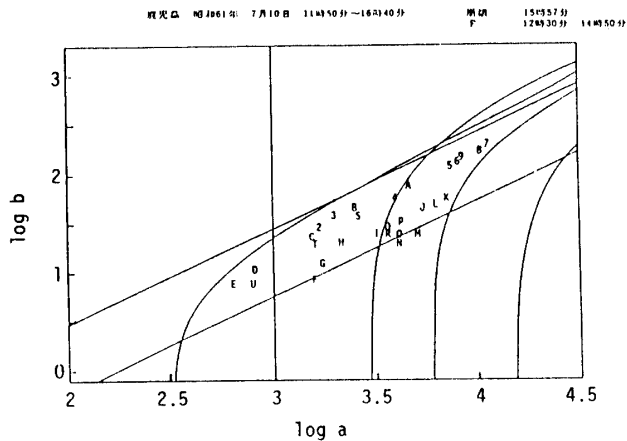


Fig.7 Parameter a-b distribution Kagoshima case

台（被害地のほぼ中心にある）の10分間雨量記録を用いて、この降雨を解析した結果を Fig. 7 に示す。11時50分にG領域に入り、12時30分にF階級に入ったが、その後14時10分に一旦F階級を出て、14時30分に再びF階級に入った。崩壊は15時57分に発生している。

以上の解析結果（長崎豪雨の分は前に詳述したので除く）をまとめたのが Table 6 である。

これらの解析結果ではF階級に入ったにもかかわらず崩壊が生じていない場合は2例であり他はすべて崩壊が生じている。降雨パターンのちがいなどによるものであろう。そして、G領域に入ってから崩壊発生までの時間は最小50分最大6時間10分となっており、平均するとほぼ3時間となった。

Table 6 Analytical results

Spot	Date	Getting time at G-class	Getting time at F-class	Collapse time
Fukuoka	'80 8:30	5:50	6:10 (8:10)	12:00
"	" 8:29	15:20	15:50	
Maebara	" 8:29		15:20	
"	" 8:30	5:30	7:50	8:15
Soeda	" 8:30	(6:50) 8:40	11:20	13:00 13:20 14:30
Hamada	'83 7:22	23:10	23:50	0:00 ~2:00
"	" 7:23	7:40	7:50	9:00
Masuda	" 7:23	1:40	2:10	4:00
Kagoshima	'86 7:10	11:50	12:30 14:30	15:57

4. 結論

著者らは Talbot の極値雨量強度曲線の a, b 値の振舞の豪雨時の特性を見出し、これによる豪雨の予測、ひいては豪雨による地盤災害の予知を行うことを考えた。

過去の豪雨についてこの方法を試みた結果その有効性がほぼ明らかになった。すなわち10分間雨量データベースでの過去1時間の雨量特性から地盤災害発生の短時間予知が可能となることがわかった。

なお、本研究をまとめるに当たっては、昭和60年度、61年度の自然災害特別研究費を支出したことおよび各地区の気象台などの資料を用いたことを付記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 塩月善晴：極値雨量強度曲線から推定した雨滴粒度分布，天気，28，5，291-299 (1981)
- 2) 大原資生他：昭和60年6月山口県西部地区の豪雨災害の調査研究，自然災害特別研究突発災害研究成果報告書 (1986)
- 3) 越智 彊：昭和47年7月豪雨の特徴と過去の集中豪雨との比較について，気象研究ノート，117，153-162 (1973)
- 4) 長崎大学学術調査団：昭和57年7月長崎豪雨による災害の調査報告書 (1982)
- 5) 角屋 睦他：昭和58年7月山陰豪雨災害の調査研究，自然災害特別研究報告書 (1984)
- 6) 坂上 務他：昭和55年8月九州および北海道南西部の豪雨に関する調査研究，自然災害特別研究報告書 (1981)

(昭和61年10月8日受理)