

## 土砂災害を起こす豪雨の予報について

## A PREDICTION OF THE HEAVY RAINFALL PRODUCING THE SLOPE FAILURE, USING 10 MINUTE RAINFALL DATA BASE

塩月善晴\*・大原資生\*\*・山本哲朗\*\*\*

By Yoshiharu SHIOTSUKI, Sukeo ŌHARA and Tetsuro YAMAMOTO

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 min 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 two heavy rain cases (Nagasaki, 1982 and Yamaguchi, 1985) show the heavy rain can be detected several ten minutes before its real beginning.

*Keywords*: heavy rainfall, slope failure, Talbot type max. rainfall intensity curve

## 1. 緒 言

梅雨末期の豪雨による土砂災害は、毎年のようにわが国のどこかで発生している。それぞれについての災害報告がそのたびに報告され、数多くの示唆を与えている。しかし、どの程度の降雨があれば、どのくらいの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は至っていない。災害の発生には豪雨の型、地形、土質等数多くの要因が複雑にからまっているからである。

通常、豪雨の発生から、洪水、崖くずれの発生までは若干の時間があり、降雨の実況監視、実況通報のみでも防災的予報としては大きい価値があると認識されている。

著者達は、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発生の予知の方法について検討を行ってきた。

最近、塩月<sup>1),2)</sup>は極値雨量強度曲線 ( $R_T$  曲線という) から、その降雨をもたらした雨滴粒度分布 ( $N_0$  分布という) を再現する方法を得、実測例のほとんどない豪雨の  $N_0$  分布を明らかにした。

\* 正会員 理博 山口大学工業短期大学部教授 土木工学科 (〒755 山口県宇部市常盤台)

\*\* 正会員 工博 山口大学教授 土木工学科 (同上)

\*\*\* 正会員 工博 山口大学工業短期大学部助教授 土木工学科 (同上)

著者らは、過去の豪雨についてこの方法を試み、豪雨特性の解析作業の中で、 $R_T$  曲線により豪雨特性の判定が可能であることを見出した。本論文では、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豪雨を判定する方法を説明し、この方法がどの程度土砂災害の発生の予知に役立つかを、過去の事例にこの方法を適用して検討した。その結果、この方法が豪雨による災害の発生の短時間予知の手段となることがわかったので、報告する。

2.  $R_T$  曲線に現われた豪雨の特性(1)  $R_T$  曲線

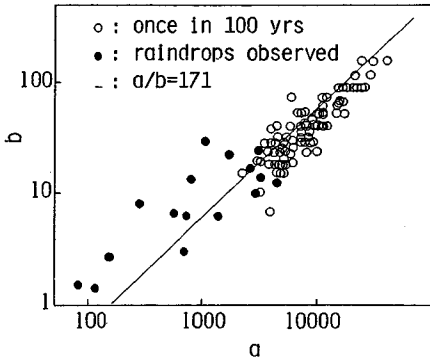
極値雨量強度曲線の概念は古く、式そのものは約100年前に Talbot<sup>3)</sup> が1891年に式(1)を提案して以来、いくつかの型のものが提案されている。

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

ここで  $R_T$ : 雨量強度 (mm/h),  $T$ : 降雨継続時間 (min),  $a, b$ : 降雨特性によって決まる定数である。

水文学では降雨による流域からの洪水流量決定に流出到達時間内の降雨量が必要である。

したがって、降雨継続時間に対する雨量強度の統計的取り扱いに精力が注がれ、降雨の性格についての極値雨量強度曲線のもつ気象学的取り扱いはあまりなされていなかった。パラメーター ( $a, b$ ) のもつ気象学的考察に



図一 本邦各地の100年確率降雨の(a, b)値の分布

については文献<sup>2)</sup>で詳しく述べている。

図一は塩月<sup>2)</sup>が  $R_T$  曲線から雨滴粒度分布を再現するのに用いたもので、実際に雨滴観測の行われたときの降雨と、岩井・石黒<sup>4)</sup>らの確率雨量の研究による、本邦各地での100年確率の降雨についての  $R_T$  曲線のパラメーター分布(10分, 20分, …60分, …などの降雨継続時間ごとに統計処理して、おのおのの100年に1回出現する極値  $R_T$  を求め、これらを並べて  $a, b$  を決定する)である。横軸  $a$  値, 縦軸  $b$  値はそれぞれ  $R_T$  曲線として, Talbot型を採用したときのパラメーター  $a, b$  である。図中の右上りの斜線は、雨滴観測に用いられた厚さ0.1mmのろ紙を使用した際、雨滴痕が露出時間1秒でろ紙全体を覆ってしまう(被覆率100%)ときの  $a, b$  の関係を示す  $a/b=171^{2),5)}$  の線である。すなわち、この斜線の右の領域では露出時間1秒では、もはや雨滴痕を判別し難く、ろ紙による雨滴観測が不可能となるほどの強い雨の領域である。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。一方、観測でこの線の右側にきたものはいずれも梅雨期の雷雨か、集中豪雨のものである。

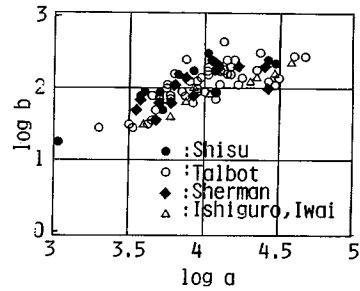
以上、 $R_T$  曲線として Talbot型を用いたが、簡単な型で、その適合度がよいことが、その理由である。 $R_T$  曲線には Talbot型以外に次のような提案式がある。

$$R_T = KT^{-n} \quad (\text{Sherman}^6, 1905) \dots\dots\dots (2)$$

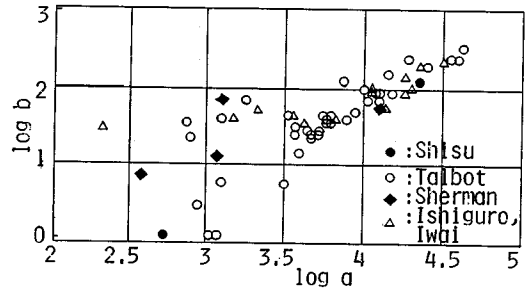
$$R_T = a/(\sqrt{T} \pm b) \quad (\text{岩井} \cdot \text{石黒}^4, 1970) \dots\dots\dots (3)$$

$$R_T = \exp|KT^{-n}| \quad (\text{塩月}^1, 1981) \dots\dots\dots (4)$$

図一(a), (b)は昭和57年長崎豪雨および昭和42年西九州豪雨の際、各雨量観測地点で、どの型の  $R_T$  曲線の適合度が最もよいかを判定した結果である。●, ○, ◆, △は、それぞれの式が最適であったことを示し、すべてを Talbot型とした場合のパラメーターの位置にプロットしている。適合度の判定は採用した  $R_T$  曲線から計算される極値雨量強度と実際のそれとの相対誤差の大きさで行った。実際には4式とも10%以内の相対誤差



図一(a) 長崎豪雨における種々の  $R_T$  曲線を Talbot型としたパラメーター分布



図一(b) 西九州豪雨における種々の  $R_T$  曲線の適合度の判定結果と Talbot型としたパラメーター分布

内に入っているが、このうち相対誤差が最小となった回帰式を最適  $R_T$  曲線とした。

図一からわかるように、両豪雨とも Talbot型は広範囲で最適を示しており、西九州豪雨では62地点中40地点、長崎豪雨では115地点中49地点で Talbot型が最適であった。

以上述べたことから、本論では  $R_T$  曲線による解析では  $R_T$  曲線の型として Talbot型を採用する。

(2)  $R_T$  曲線の計算法

前節では、本来の極値雨量強度曲線の意義に従って一雨の中に出現した最大10分雨量強度出現時を時系列の中心点とする降雨継続時間  $T$  に対する最大20分、最大30分…最大60分雨量強度の回帰線あてはめによって Talbot型 ( $a, b$ ) 値の豪雨時の特性をみた。しかし、これでは一雨が終了しなければ ( $a, b$ ) 値が得られないので、 $R_T$  曲線による豪雨の予知にはならない。そこで、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調べてみた。その振舞に特性が見出せれば、豪雨予知に役立つ。

これまで述べた Talbot型 (式(1)) の ( $a, b$ ) 値は最小2乗法の原理と手順に従って、次に示す式(5)、式(6)を用いて60分間内の10分間雨量6個より10

表-1 10分間雨量

時刻	10分間雨量 (mm)
13:00~13:10	1
13:10~13:20	2
13:20~13:30	2
13:30~13:40	1 (I)
13:40~13:50	5 (II)
13:50~14:00	10 (III)
14:00~14:10	6 (IV)
14:10~14:20	4 (V)
14:20~14:30	3 (VI)
14:30~14:40	3
14:40~14:50	2
14:50~15:00	3

分ごとに計算した。

$$a = \frac{[It][I^2] - [I^2t][I]}{N[I^2] - [I][I]} \dots\dots\dots (5)$$

$$b = \frac{[I][It] - N[I^2t]}{N[I^2] - [I][I]} \dots\dots\dots (6)$$

ここで I : 雨量強度 (mm/h), t : 降雨継続時間 (min), N : 資料数, [ ] : それぞれの総和である。

次に (a, b) 値の計算例として、表-1 の (I)~(VI) のローマ数字をつけている 1 時間内の 10 分間雨量 6 個を用いて示す。

この 6 個の中の最大 10 分間雨量は (III) の 10 mm, 次に最大 20 分間雨量は (III)+(IV) で 16 mm, 最大 30 分間雨量は (II)+(III)+(IV) で 21 mm となり、以下同様に計算する。

雨量強度は 1 時間に換算した値であるから 10 分雨量強度は、 $10 \times (60/10) = 60$  mm/h となり、20 分雨量強度は  $16 \times (60/20) = 48$  mm/h で、その他の結果は表-2 のようになる。

(a, b) 値を式 (5), (6) で計算すると  $a = 2937.3$ ,  $b = 39.5$  を得る。

(3) 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

図-3 は長崎豪雨, 西九州豪雨, 昭和 58 年山口県豪雨時で,  $R_{10}, R_{20}, R_{30}$  (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

表-2 (a, b) 値の計算表

降雨継続時間 t (分)	最大 t 分間雨量 (mm)	雨量強度 I (mm/h)	I <sup>2</sup>	I × t	I <sup>2</sup> × t
10	10	60	3600	600	36000
20	16	48	2304	960	46080
30	21	42	1764	1260	52920
40	25	37.5	1460	1500	26250
50	28	33.6	1128	1680	56448
60	29	29	841	1740	50460
総計		250.1	11044	7740	298158

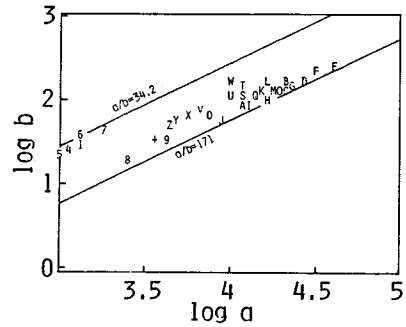


図-3(a) 長崎海洋気象台 (長崎豪雨) の (a, b) 値の 10 分ごとの動き

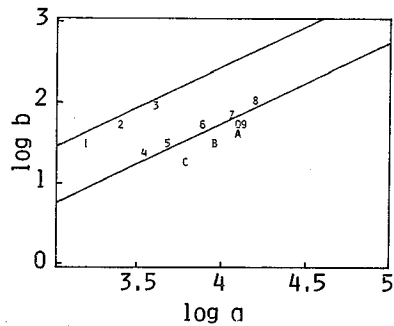


図-3(b) 佐賀県有田ダム (西九州豪雨) の (a, b) 値の 10 分ごとの動き

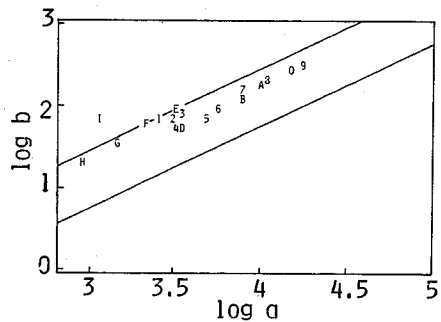


図-3(c) 山口県菊川町 (山口県豪雨) の (a, b) 値の 10 分ごとの動き

みたものである。

(a) 図は長崎海洋気象台 (長崎豪雨), (b) 図は佐賀県有田ダム (西九州豪雨), (c) 図は山口県菊川町 (山口県豪雨) のもので、図中の数およびアルファベットの 10 分間ごとの時刻の順序 (数字 0 が 10 を示し、その次から A, B... が続く) を示し、右上がりの斜線 (下線) は前述のものである (上線  $a/b = 34.2$  は後述)。

長崎では時刻の経過とともに斜線に近づき、有田ダムでは同様に斜線上を動いた後、その右側に入っている。また、菊川では、斜線に近づくほどの雨量強度はなかつ

表—3 越智による集中豪雨の分類

階級	最大3時間雨量	最大1時間雨量	条件
A	250mm <	110mm <	両方の条件を満たすこと
B	200mm <	90mm <	
C	150mm <	70mm <	
D	100mm <	50mm <	
E	70mm <	30mm <	
F	50mm <	20mm <	

たが、斜線に平行に動いているのがわかる。

ここでは全部の例を示さないが、3つの豪雨時の各地点とも同様な傾向を示した。

斜線にのるか、あるいは平行となるかは、要するに  $a/b$  = 一定であることを示している。

### 3. 豪雨の検知と判定

表—3は越智<sup>7)</sup>の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時間雨量の最大値で示されている。

こ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まれである。したがって A~F 階級の決定は最大3時間雨量の条件でよいことがわかった。

図—4はこれらの3時間雨量強度  $R_{100}$  の条件 (F, D, A 階級) の線と、ろ紙上で1秒間露出で被覆率が100%となる  $a/b = 171$  の線、5秒間露出で100%となる  $a/b = 34.2$  となる線、さらに強雨の目安としてよく用いられる10分間雨量強度  $R_{10}$  が30 mm/h の線を描いて豪雨の目安を与えたものである。

具体的には  $R_{100}$  の条件をF階級線を用いて説明する。表—3から3時間雨量が50mmより大きいことが条件であるので、Talbot式の降雨継続時間を  $T = 180$  としたときの雨量強度が  $50/3$  (mm/h) とすると  $a/(b+180) = 50/3$  を満たす  $(a, b)$  値がF階級線となる。

越智<sup>7)</sup>によれば、F階級でも崖くずれは生じ、死者、

行方不明が出ている。本論では、緒言で述べたように、少なくとも死者を出さない豪雨予知を目的としているので、降雨活動が活発化するに伴い、 $(a, b)$  値がともに小さい領域から大きい領域に移行する過程がいつの時点で図—4のF階級に入るかが問題となる。後述のように、長崎豪雨では、F階級に入った時点で崖くずれによる死者が出ている。したがって、F階級に入ったことを検知するだけでは防災的予知とはならない。防災的予報を行うためにはFより前の階級の  $(a, b)$  値の領域を設定する必要がある。図—4のように、5秒間露出の線と  $R_{10} = a/(10+b) = 30$  mm/h の線はほぼ一致しているが、本論では各地点の  $(a, b)$  分布の動きをみて、予報 (警報) の出せる前段階を表—3の階級分類に基づいてG階級と名づけ、5秒線 ( $a/b = 34.2$ )、 $a > 1000$  (文献2に示すように、 $a$  が1000以下ではしゅう雨や雷雨などで降雨時間が短いものとなる)、F階級線で囲まれる領域を設定した。そして、 $(a, b)$  値がこのG領域に入ったときに豪雨警報を出した場合、どの程度適中するかについて注目し、2つの豪雨例について調べた。

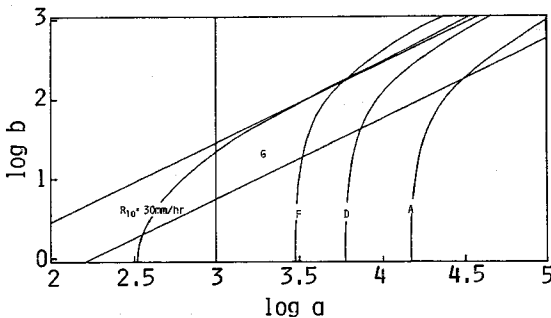
#### (1) 昭和57年長崎豪雨

長崎豪雨についての概況、ならびに気象学的調査についてはすでに報告<sup>8)</sup>されているので、本論では省略する。

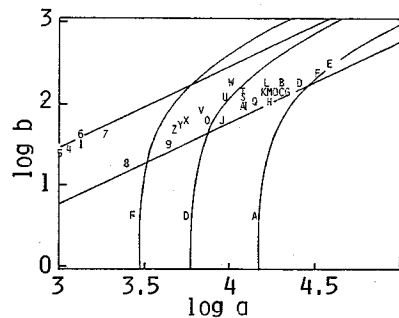
図—5(a)は、図—3(a)と図—4を重ねた長崎海洋気象台のものである。ただし、時刻は初めの18時を記号1で表わし、以下の時刻は、2, 3, …, 0はこれから10分後、20分後、…90分後、Aは100分後、Bは110分後となり以下アルファベット順になっている。

図—5(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分にはF階級に入って以後A階級までに入った。図—5(b)は同じ長崎市内の長崎九州電力、図—5(c)は隣接の諫早市のものである。(b)図ではG領域に入ってから20分後に、(c)図では60分後にF階級に入っている。

長崎豪雨では19時50分に崖くずれによる最初の死者が発生した。前述の方式をとれば長崎海洋気象台では80分前に、長崎九電では20分前にG階級に入っており



図—4 豪雨の目安となる線



図—5(a) 長崎海洋気象台 (長崎豪雨)



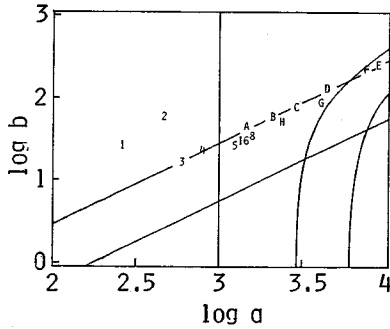


図-7(a) 油谷 ('85年6月22日) (山口県豪雨)

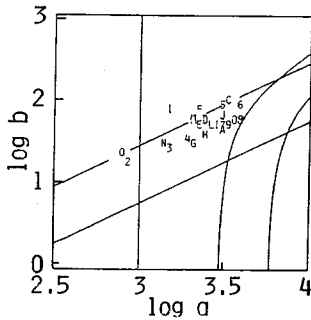


図-7(b) 油谷 ('85年6月27日) (山口県豪雨)

領域に入りながらもF階級へ入らなかった69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階級へ移行しても平均56.4分を要しており、また移行しない場合は、警報待機時間は平均68.1分となった。ともに約1時間警戒警報が鳴りつづくことになるが、生命尊重的立場からみれば、それほど長い時間とは思われない。

4. 山口県豪雨における急傾斜地の崩壊

前述のように、昭和60年山口県豪雨は長雨型豪雨であったが、県内各地で道路、砂防、河川関係などの災害が多数発生した<sup>9)</sup>。これらの災害の原因は降雨によるものと十分に考えられる。そこで、前述までのTalbot型

表-6(a) G→F移行時のG領域滞留時分頻度分布

滞留時分(分)	件数
10	0
20	5
30	2
40	1
50	0
60	0
70	1
80	3
90	2
100	0
平均滞留時分	56分

表-6(b) F階級に移行しなかったG領域滞留時分頻度分布

滞留時分(分)	件数
10	3
20	6
30	4
40	1
50	11
60	10
70	12
80	4
90	3
100	4
110	3
120	0
130	5
140	2
150	1
平均滞留時分	68分

の(a, b)値の動きが急傾斜地崩壊の検知、予知の指標となるかどうかをみるため、急傾斜地崩壊の発生時刻とその周辺の(a, b)値の動きの関係をみてみた。

解析は雨量計が設置されている場所から7km以内で発生した急傾斜地崩壊の地点について行った。7km以内とした理由の1つは場所の違いによる雨量特性の変化の影響をできるだけ少なくするためであり、もう1つは7km以内とすると、崩壊地点を多く含むことができ、多くの崩壊地点での解析が可能となるからである。

山口県豪雨では、(a, b)値がG領域にとどまるだけでF領域に入らない場合と、F階級に入った場合があったので、別々にみてることにする。

(1) G領域のみに滞留した場合

図-8はこの場合の代表例として挙げる本郷村(山口県玖珂郡)での急傾斜地崩壊が生じた時刻周辺の10分

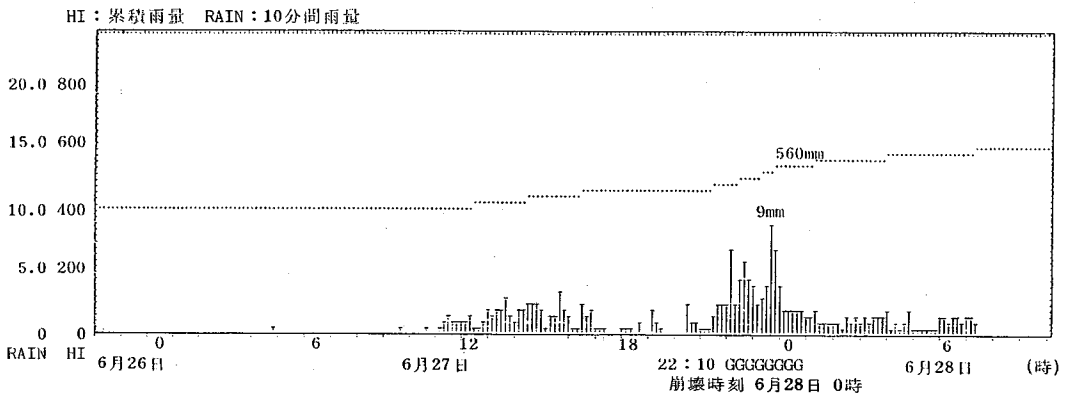


図-8 累積雨量と10分間雨量 本郷(山口県豪雨)

表-7 豪雨判定が出なかった急傾斜地崩壊地点

市町村名	崩壊地	発生月日時	G領域滞留時間(分)	累積雨量(mm)	発生時間(hour)	流出土砂量(m³)	勾配(度)	被害状況
磐谷町	橋本	6/23, 18	150	280	5	15000	30	なし
#	菅戸家	7/ 6, 6	60	1000	1	400	40	全壊1戸
#	菅戸家	7/ 8, 6	60	1000	1	50	65	なし
豊田町	矢田	6/25, 10	20	400	0	113	45	なし
三穂町	生島	6/24, 1	140	280	12	200	35	全壊1戸
美和町	湯の浦	6/28, 0	160	560	1	100	35	なし
#	二つ野	6/28, 0	160	560	1	260	45	なし
#	駄塚	6/25, 8	30	280	1	200	45	なし
岩手市	田原	6/23, 23	140	180	7	25	57	なし
#	荒瀬	6/23, 23	140	180	7	160	62	一部破損1戸
#	赤谷	6/23, 23	140	180	7	3	61	なし
#	F	6/23, 23	140	180	7	60	57	なし
#	下市	6/23, 23	140	180	7	2	60	なし
#	美名給津	6/23, 17	30	340	11	15	65	なし
#	黒野	6/28, 2	80	480	2	3	60	なし
#	黒野	6/25, 10	30	300	3	100	62	なし
防府市	向島	7/ 3, 9	120	520	1	20	60	なし
#	向島	7/ 3, 9	120	520	1	3	75	なし
栄和町	西郷	6/25, 17	70	200	4	30	35	半壊1戸
#	本浦	6/28, 9	80	300	9	5	60	一部破損1戸
#	本浦	6/28, 9	80	300	9	3	60	一部破損1戸
小野田市	江の内	6/25, 14	60	380	2	-	34	なし
#	田の尻	6/25, 14	60	380	2	250	40	なし
下松市	八口	6/25, 10	40	200	3	2	70	なし
#	久保	6/25, 11	40	220	4	20	70	自壊一部
#	後谷	6/26, 14	40	240	7	30	70	半壊一部
#	後谷	6/25, 15	40	240	9	100	70	一部破損1戸
#	昭和	6/28, 5	60	340	5	1	70	なし
大島町	小松	6/28, 8	50	360	7	210	45	なし
下関市	黒門	7/ 3, 5	60	600	0	200	60	なし

表-8 豪雨判定が出た急傾斜地崩壊地点

市町村名	崩壊地	発生月日時	G領域滞留時間(分)	累積雨量(mm)	発生時間(hour)	流出土砂量(m³)	勾配(度)	被害状況
磐谷町	柳井	6/23, 18	170	240	5	100	30	なし
豊田町	一の瀬	6/23, 18	110	240	2	35	30	一部破損1戸
美和町	柳瀬	6/23, 16	120	200	1	30	40	半壊2戸
#	四馬沖	6/23, 16	120	200	1	30	40	なし
防府市	末田	6/23, 16	80	120	0	3	75	倉庫一部
#	本村	6/23, 13	90	120	0	20	70	なし
豊北町	寺河	6/24, 17	100	360	0	120	75	なし
#	藤	6/24, 17	100	360	0	50	60	なし
#	和久	6/24, 18	100	380	0	3	60	なし
#	小瀬戸	6/24, 17	100	360	0	100	75	なし
#	美野	6/24, 19	100	400	1	70	60	なし
#	藤原	6/24, 20	100	420	2	-	40	なし
#	河原	6/24, 18	100	380	0	0	70	なし
美祿市	河内	6/23, 22	160	300	8	250	70	全壊1戸
#	笠加	6/23, 14	180	180	0	200	60	全壊2戸 半壊2戸 一部1戸
#	平野田	6/23, 19	180	340	5	50	80	一部破損1戸
#	河原	6/23, 14	180	180	0	400	60	一部破損1戸
山陰町	西下津	6/23, 18	80	180	2	1	60	なし
下松市	生野原	6/23, 5	70	100	0	5	45	なし
下関市	木村木町	6/23, 18	120	200	3	10	40	なし
#	長崎橋町	6/23, 16	120	160	1	4	40	なし
#	貫船町	6/23, 15	120	140	0	8	45	なし
#	春日町	6/23, 18	120	200	3	8	60	なし
#	本町	6/23, 19	120	220	4	27	50	一部破損2戸

間雨量と雨の降り始め(6月21日)からの累積雨量を示した図である。そして、時刻の下に過去60分間の10分間雨量6個より決定した(a, b)値からの豪雨の判定(A~G階級)を示した。

本郷ではG領域に160分滞留しているだけでF階級には入らなかったが、このG領域滞留の後に急傾斜地の崩壊が発生している。本郷村では、3時間後に発生している。このように、G領域だけに(a, b)値が滞留して急傾斜地の崩壊が発生した場合をまとめて表-7に示した。この場合のG領域滞留時間の平均は90分であり、さらに9時間以内に崩壊が発生しているものが28例であった。また表-7から、すべての急傾斜地の崩壊は、累積雨量が180mm以上となっていることがわかる。累積雨量が400mm未満の地点は21例あり、これらはG領域に入ってから崩壊までの時間の平均は5.8時間、累

積雨量が400mm以上の地点は9例あり、そのうち崩壊までの時間は1時間が6例で最も多く、他は2時間が2例、0時間が1例であった。

以上のことからG領域のみに滞留した場合でもそのときの累積雨量が180mm以上であれば急傾斜地の崩壊が多く生じており、特に累積雨量が400mm以上になると、崩壊までの時間的余裕がなくなるようである。

(2) F階級以上に入った場合

F階級以上に入るような雨の場合の急傾斜地の崩壊をまとめたものを表-8に示す。

この場合のG領域の滞留時間はF階級以上に入っている時間も含めており、連続してG領域以上に滞留している時間である。

図-9にこの場合の代表例の美祿市での累積雨量と10分間雨量を示しているが、表-8と一緒にみると、急傾斜地の崩壊は累積雨量に関係なくF階級に入ると発生していることがわかる。

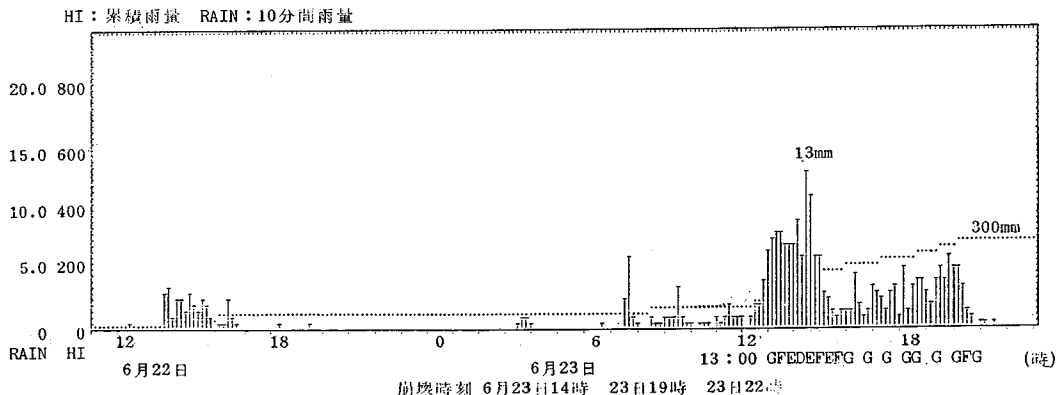


図-9 累積雨量と10分間雨量 美祿(山口県豪雨)

表—9 F階級に入ってから  
崩壊発生までの時間

崩壊までの時間 (時間)	件数
0	6
1	7
2	3
3	3
4	1
5	1
平均	40分

表—9にF階級に入ってから崩壊が起こるまでの時間を示したが、これより崩壊までの遅れ時間は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。

## 5. 結 語

昭和57年長崎豪雨災害の報告<sup>8)</sup>によれば、7月23日16時50分に長崎海洋気象台より大雨洪水警報が出されたにもかかわらず、この情報が有効に生かされなかったと指摘している。情報の時空間的内容は、“長崎地方では今夕から明朝にかけて時々…”であり、市民感情からいえば、“自分のところは多分大丈夫だろう”の内容であつたに違いない。

崖くずれは19時50分に発生し、死者が出た。

このような豪雨による地盤災害の発生を短時間に予報するために、Talbot型の極値雨量曲線( $R_T$ 曲線)を用いる方法を提案した。これを前述の長崎豪雨と昭和60年山口県豪雨の発災時の豪雨に適用し、この方法による崖くずれ発生の予測の可能性を検討した。

典型的な集中豪雨の長崎豪雨については、この方法によれば18時に警報を出すことが可能であり、崖くずれ発生を110分前に予報し、死者を出さずにすんだかもし

れないとの結果を得た。

また、長雨型の山口県豪雨でも、累積雨量が180 mm以上、400 mm以上といった付加条件はあるが、この方法の有効性は認められた。

本論文を作製するにあたり、山口県はじめ多くの行政機関から多くの資料を提供していただいた。また、計算には学生 池川洋二郎君の助力を得た。深く謝意を表す。

また、この研究には昭和60年度自然災害特別研究費の一部を支出したことを付記する。

## 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，第28巻，第5号，pp.291~299，1981.
- 2) 塩月善晴：複数雨滴集団モデルによる極値雨量強度曲線からの雨滴粒度分布の再現，天気，第32巻，第10号，pp.553~563，1985.
- 3) Talbot, A.N. : Rate of maximum rainfall, Technograph No.5, Univ. of Illinois, 1891. (岩井重久・石黒政儀：応用水文統計学，森北出版，pp.370，1970. に依る).
- 4) 岩井重久・石黒政儀：応用水文統計学，森北出版，pp.370，1970.
- 5) Shiotsuki, Y. : An estimation of dropsize distribution in severe rainfall, Journal of Meteorological Society of Japan, Vol. 54, pp.259~263, 1976.
- 6) Sherman, O.W. : Maximum rates of rainfall at Boston, Trans. ASCE, Vol.58, 1907. (岩井重久・石黒政儀：応用水文統計学，森北出版，pp.370，1970. に依る).
- 7) 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，第117号，pp.153~162，1973.
- 8) 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，pp.145，1982.
- 9) 自然災害科学総合研究班：昭和60年6月山口県西部地区の豪雨災害の調査研究，pp.47~61，1986.

(1986.4.24・受付)