著しい洪水被害をもたらした降雨の特徴

著者	青木 祐久
雑誌名	国立防災科学技術センター 研究報告
巻	20
ページ	1-16
発行年	1978-11
URL	http://doi.org/10.24732/nied.00000775

556.12:551.577.6:614.8

著しい洪水災害をもたらした降雨の特徴

青　木　佑　久*

国立防災科学技術センター

Some Criteria of Occurrence of Serious Rainfall Disasters

By

Sukehisa Aoki

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

In this paper, some criteria of occurrence of serious flood disasters and damages from the viewpoint of rainfall analyses have been studied.

Considering the hourly data of heavy rainfalls which were observed at 123 stations during serious flood periods for the past 40 years, the maximum rainfall intensities in 60 minutes and in 6 hours including the peak periods, as well as the hours of rainfall lapses and amounts of rainfall accumulation until the peak times have been investigated and analyzed. (Table 1)

Such criteria (necessary conditions) for occurrence of serious flood disasters and damages are:

i) the rainfall intensities during a certain period should be higher than the critical intensities which decrease with a lapse of rainfall (Fig. 1 and Fig. 2), and,

ii) an antecedent accumulation of rainfall should be more than 100 mm(Fig. 3).

Based on the observed data mentioned above, the characteristics of heavy rainfalls which caused big debris flow or landslide disasters in the past are presented, and in addition, the tendency that a disaster occurs when an antecedent average rainfall lasts for more than half a day and heavy rainfall follows it with an intensity higher than about 40 mm/hr for several hours is discussed. (Fig. 4)

1. はじめに

洪水災害は流域に降った降雨によって引き起され，その被害は，当該降雨量の多寡・強弱のほか，洪水流出特性，ダム・堤防等の河川管理施設の効能，被災地の地形・地質の性状もしくは土地利用状況，地域住民の水防態勢などの諸要因に従って増加または減少する．この報告は，洪水災害（被害）の要因を探る第一歩として，わが国でいままでに発生した大洪水を選び，これらの降雨資料をもとに，洪水災害（内外水氾濫のほか，降雨時の土石流・斜面崩壊等の災害を含む．以下同じ．）をもたらした降雨についてその種々の特性(総降雨量，短時間雨量，降雨ピーク時までの経過時間および累加雨量）について調査し，これらの降雨特性と洪水災害発生との関係について考察を試みたものである．

考察の結果，大洪水災害をもたらした降雨は，累加雨量がある限界以上で，かつ，相当時

* 第1研究部風水害防災研究室

間にわたって流域降雨の強度が一定の限界強度値（降雨の継続時間の増加に伴って減少する値）以上であることを見出した．

2. 調査方法

2.1 概　　要

災害の規模と被害の規模とは必ずしも一義的な関係ではない．同程度の洪水が発生したとしても，終戦直後の国土が疲弊していたときと，現在のように治水事業が進捗中のときとではその被害程度は大きく異なるであろうし，また，同規模の氾濫があったとしても，その区域における人口・産業の集中度（土地利用状況）等によって洪水被害の規模に大きな差が生ずる．個人的にも，日常生活のなかで動物的感覚をもって災害に備えている人達と，自分の居住地が災害時の危険区域（水害常襲地帯など）にあることさえ知らずにいて被害を受け，のちに裁判で解決しようとする人達とでは被害の認識度に大きな差がある．

本調査では，このような差異があるにもかかわらず，災害記録等に従い「被害が顕著であった」戦前戦後の32洪水を選び出し，これらの洪水災害（被害）をもたらした各種要因のうちとくに洪水時の流域降雨に着目して，それぞれの降雨量（時間雨量）観測資料を包括的に解析することによって，著しい洪水災害を発生させる降雨の特徴を見出そうとした．

検討の対象として選んだ洪水は，建設省河川局防災課監修：「わが国の災害誌 1965」，「わが国の災害誌（続）1976」および同課監修：「災害便覧 1977」に掲載されている「過去の主な災害記録」の洪水のうち，十分な降雨量資料が収集できなかったものおよび災害が比較的軽微であったと認められるものを除外した30洪水（表1：No.1～21，22～30），ならびに，これらと同程度の災害と認められ十分な資料が得られている2洪水（表1：No.21′，21″）である．これらの洪水はすべて災害（被害）が顕著であった洪水について選び出したものであり，その他多数の中小洪水については敷衍（ふえん）した検討が必要である．

さらに，上記32洪水のうち若干のものについて，流域内で発生した土石流・斜面崩壊等の記録を得ることができたので，併せて，降雨量と土石流・斜面崩壊等との関係について事例検討を試みた．

2.2 調査対象降雨観測所

調査対象に選んだ降雨観測所は，原則として，

① 災害の範囲が広域にわたる洪水では都道府県の主要都市にある気象庁または建設省所管の代表的な観測所，

② 災害の範囲が一地方の洪水ではその地方の中心地域にある気象庁，建設省または当該都道府県所管の代表的な観測所，

③ 災害の範囲が局所的な洪水ではその付近にある建設省，当該都道府県または電力会社等所管の代表的な観測所，

とした．ただし，山岳にある観測所はすべて対象から除外した．

これらの観測所における降雨量（時間雨量）資料は，気象庁の資料については主として(財)日本気象協会を通じて収集した．建設省，都道府県もしくは電力会社等の資料については，前記「わが国の災害誌 1965」，「わが国の災害誌（続）1976」に所載の記事のほか，建設省各地方建設局がまとめた資料集もしくは報告書または国立防災科学技術センターの主要災害調査報告から必要該当部分を転写して収集した．

調査対象として収集できた降雨観測所名は表1の通りであり，累計で123観測所になる．

2.3 降雨量資料の整理方法

洪水災害には各種の態様がある．大河川の氾濫，中小河川の氾濫，複合した内水氾濫，山地における土石流・斜面崩壊などさまざまな形態で地域に被害をもたらす．一地方域において，これらの災害が同時に発生するとは限らず，災害の種類によって，短時間の強雨によって発生するもの，長時間の多雨によって発生するもの，あるいは両者の複合によって発生するものがある．しかしながら，本調査においては，これら各種災害を包括的に処理することとし，収集した降雨量資料を次のように整理した．

① いずれの災害も，その発生する時刻は一連降雨のピーク時（2回以上の同程度ピークがある降雨では最後のピーク時）に対応した直前直後に最も発生しやすい，と仮定して，各降雨観測所ごとに，一連の総降雨量のほか，ピーク時の60分雨量および6時間雨量（短時間雨量）ならびに一連の降雨の降り始めから当該ピーク時までの経過時間とその間の累加雨量（長時間雨量）をとりまとめた．（表1の各欄）

② 無降雨（またはほとんど降雨がない）時間が常識的に半日～1日以上継続した場合にはこれを別々の2洪水として扱い（前後2洪水ともに災害が発生している場合には，表1において，同一観測所を2段書きしてある），無降雨継続時間がそれ以下の場合には一連の降雨として扱った．「総降雨量」は一連の降雨量の合計値である．

③ 「降雨ピーク時の60分雨量」は一連の降雨継続時間中任意60分間雨量の最大値で，任意60分間雨量の最大値の資料が収集できなかった場合には毎正時間雨量の最大値である．

④ 「降雨ピーク時の6時間雨量」は上記③の60分雨量を含む前後6時間（正時）雨量の最大値である．

⑤ 「降雨ピーク時までの経過時間」および「降雨ピーク時までの累加雨量」は前記②に述べた一連降雨の降り始めから降雨ピーク時（正時）までの経過時間および累加雨量である．したがって，いわゆる先行降雨に係わる時間および雨量は含まれていない．

3. 大洪水災害をもたらした降雨の特徴

3.1 短時間雨量（降雨強度）

短時間雨量が大きい降雨（強度が強い降雨）は中小河川の氾濫災害をもたらし，土石流・斜面崩壊等を促す．

表1(1)　既往主要洪水時に観測された降雨量一覧表
Table 1(1)　A list of heavy rainfalls which caused serious flood disasters and demages since 1938 in Japan.

洪水番号	洪水名	生起年月(昭和)	洪水の特徴	降雨観測所名	総降雨量	降雨ピーク時の		降雨ピーク時までの	
						60分雨量	6時間雨量	経過時間	累加雨量
					mm	mm/60min	mm/6hrs	hrs	mm
1	六甲山災害	13.7	水害(前線)	神戸(兵庫)	461.8	60.8	192.9	57	407
2	枕崎台風	20.9	風水害(台風)	宮崎(宮崎)	243.6	56.5	119.9	(17)	114
				大分(大分)	274.3	30.5	108.1	23	146
				広島(広島)	218.7	57.1	105.7	41	214
				松江(島根)	294.7	22.5	94.5	29	217
				津山(岡山)	(272.5)	57.6	155.8	34	147
3	カスリーン台風	22.9	水害(台風)	本庄(埼玉)	403.8	54.5	176.6	24	243
				水戸(茨城)	306.2	96.0	223.5	(38)	(264)
				秩父(埼玉)	611.0	78.0	236.6	31	522
				熊谷(〃)	338.0	50.2	171.0	31	222
				藤岡(群馬)	425.6	30.4	131.4	25	267
				前橋(〃)	393.2	56.5	167.0	32	354
				渋川(〃)	347.0	47.2	168.9	29	300
				宇都宮(栃木)	261.7	48.1	138.9	35	150
4	アイオン台風	23.9	風水害(台風)	仙台(宮城)	356.7	94.3	255.0	14	200
				中宮祠(栃木)	526.1	46.6	206.1	19	334
5	デラ台風	24.6	風水害(台風)	宮崎(宮崎)	421.4	34.4	117.4	70	368
				屋久島(鹿児島)	676.6	72.5	253.0	85	496
6	キティ台風	24.8	風水害(台風・高潮)	足尾(栃木)	444.7	44.8	166.5	21	317
				中宮祠(〃)	609.7	56.1	229.0	(23)	460
7	ジェーン台風	25.9	風水害(台風)	徳島(徳島)	246.9	86.9	193.9	9	167
8	ルース台風	26.10	風水害(台風)	宮崎(宮崎)	503.0	87.0	258.7	18	211
				屋久島(鹿児島)	638.8	49.8	176.8	49	564
				大分(大分)	303.7	23.0	102.2	35	287
				福岡(福岡)	240.6	21.4	74.2	33	187
				防府(山口)	239.9	65.2	97.4	35	225
9	西日本水害	28.6	水害(前線)	福岡(福岡)	657.0	74.5	177.1	(18)	161
				熊本(熊本)	640.9	57.8	224.5	37	347
				佐賀(佐賀)	613.4	69.6	189.0	26	346
10	南近畿水害	28.7	水害(前線)	猿谷(奈良)	528.1	71.0	274.2	18	231
				南部(和歌山)	364.6	69.0	168.2	30	282
11	台風13号	28.9	風水害(台風)	尾鷲(三重)	335.6	60.0	156.7	39	285
				上野(〃)	219.9	25.9	121.1	36	211
				名古屋(愛知)	178.1	65.6	117.4	44	170
				京都(京都)	156.8	18.4		31	
				大阪(大阪)	176.1	32.1		34	

表 1(2) 既往主要洪水時に観測された降雨量一覧表
Table 1(2) (continued)

洪水番号	洪水名	生起年月(昭和)	洪水の特徴	降雨観測所名	総降雨量	降雨ピーク時の		降雨ピーク時までの	
						60分雨量	6時間雨量	経過時間	累加雨量
					mm	mm/60min	mm/6hrs	hrs	mm
12	諫早水害	32.7	水害(前線)	大村(長崎)	785.0	128.5	391.5	17	571
				諫早(〃)	587.0	76.0	298.0	(11)	437
				西郷中学校(〃)	1109.2	144.0	647.0	15	882
13	狩野川台風	33.9	風水害(台風)	湯ヶ島(静岡)	739.3	120.0	437.5	36	671
				伊東(〃)	353.1	79.0	233.4	36	316
				大仁(〃)	274.0	54.0	164.0	32	246
				東京(東京)	430.4	68.5	244.5	27	293
14	台風7号	34.8	風水害(台風)	甲府(山梨)	194.7	19.0	62.0	39	150
				船津(〃)	322.0	39.0	125.0	46	320
				上九一色(〃)	325.0	51.0	147.0	45	322
				軽井沢(長野)	287.5	34.4	144.7	45	274
15	伊勢湾台風	34.9	風水害(台風・高潮)	名古屋(愛知)	232.2	20.9	62.5	38	211
				岐阜(岐阜)	207.7	31.0	78.2	41	186
				津(三重)	285.0	34.0	106.0	(44)	249
16	梅雨前線豪雨	36.6	水害(前線)	飯田(長野)	565.0	40.0	134.0	43	286
				美和非持(〃)	387.6	26.0	78.5	34	114
17	山陰北陸豪雨	39.7	水害(前線)	富山(富山)	258.6	48.4	118.9	24	114
				金沢(石川)	282.7	35.3	126.6	25	116
				山雲塩治(島根)	421.0	75.0	134.9	(15)	245
18	台風23·24·25号(西谷村災害など)	40.9	風水害(前線・台風)	鳥取(鳥取)	183.4	35.7	95.9	29	131
				徳島(徳島)	194.4	37.4	97.2	32	163
					777.9	52.1	151.2	20	247
				高知(高知)	495.1	46.0	165.3	31	244
				西谷本戸(福井)	1003.0	90.0	443.0	12	310
19	台風24·26号(足和田村災害など)	41.9	風水害(台風)	船津(山梨)	295.3	82.8	153.0	17	211
				上九一色(〃)	300.0	90.0	159.0	17	187
20	42年7月豪雨	42.7	水害(前線)	佐世保(長崎)	356.3	125.1	204.9	34	320
				呉(広島)	323.1	74.7	133.7	38	280
				神戸(兵庫)	371.7	75.8	250.9	40	179
21	羽越水害(下越豪雨)	42.8	水害(前線)	胎内第1発電所(新潟)	644.5	73.5	269.5	18	330
				胎内第1ダム(〃)	748.0	90.0	276.5	21	501
				小国(山形)	600.0	70.0	228.0	21	458
21′	飛騨川災害	43.8	風水害(台風・前線)	三川小学校(岐阜)	348.5	76.0	247.0	13	181
				上麻生発電所(〃)	382.1	98.0	324.6	15	260

表1(3)　既往主要洪水時に観測された降雨量一覧表
Table 1(3)　(continued)

洪水番号	洪水名	生起年月(昭和)	洪水の特徴	降雨観測所名	総降雨量	降雨ピーク時の 60分雨量	降雨ピーク時の 6時間雨量	降雨ピーク時までの 経過時間	降雨ピーク時までの 累加雨量
					mm	mm/60min	mm/6 hrs	hrs	mm
21″	南九州水害	44.6～7	水害(前線)	川内(鹿児島)	490.0	45.0	143.0	24	261
				都城(宮崎)	381.0	50.5	140.0	23	208
				えびの(〃)	857.0	59.0	173.0	28	455
				鹿児島(鹿児島)	372.5	63.5	144.0	27	221
				川内(〃)	385.8	23.2	92.9	83	374
				えびの(宮崎)	967.0	53.0	174.0	31	332
22	豪雨，台風7号	44.8	水害(台風・前線)	富山(富山)	165.5	30.5	70.0	33	106
				高瀬第3(長野)	521.0	35.0	131.0	62	305
				昭和喰丸(福島)	184.0	48.5	151.5	28	129
23	房総水害	45.7	水害(前線)	大多喜(千葉)	340.0	116.0	313.0	9	160
				上総中野(〃)	396.5	113.5	350.0	10	207
24	梅雨前線・台風13号	46.6～7	水害(前線・台風)	狩川(山形)	285.0	70.0	230.0	11	181
				藤島(〃)	255.0	73.0	219.0	11	168
				阿久根(鹿児島)	623.5	106.0	285.5	30	362
				牛深(熊本)	356.0	55.0	141.0	23	218
				長崎(長崎)	390.5	42.0	148.0	20	194
25	台風23・25・26号秋雨前線	46.8～9	風水害(台風・前線)	都城(宮崎)	608.5	29.5	112.0	39	403
				宿毛(高知)	344.0	30.5	67.5	42	164
				浜松(静岡)	331.5	66.0	185.0	25	226
				津(三重)	303.0	45.0	168.0	(19)	217
				勝浦(千葉)	558.0	122.0	293.5	38	527
				高山(岐阜)	267.5	40.0	109.0	31	98
26	47年7月豪雨	47.7	水害(前線)	浜田(島根)	674.5	25.5	105.0	48	426
				津山(岡山)	479.0	34.0	111.0	54	316
				小原(愛知)	294.5	77.0	238.5	(19)	257
				加計(広島)	374.0	39.0	157.0	(52)	274
				天坪(高知)	843.0	95.5	418.0	22	609
				松島(熊本)	386.0	110.0	208.0	75	337
				藤琴(秋田)	719.0	31.0	147.0	(36)	436
				明智(岐阜)	327.0	60.0	184.0	19	195
27	低気圧寒冷前線台風20号	47.9	風水害(前線・台風)	高知(高知)	543.5	91.5	225.0	44	394
				館山(千葉)	336.0	74.5	240.5	30	238
				秩父(埼玉)	336.0	59.0	155.0	73	332
				徳島(徳島)	500.5	83.0	165.0	54	457
				舞鶴(京都)	253.5	40.0		(21)	
				四日市(三重)	230.5	26.5		(61)	
				広尾(北海道)	279.5	31.0		(42)	

表1(4) 既往主要洪水時に観測された降雨量一覧表
Table 1(4) (continued)

洪水番号	洪水名	生起年月(昭和)	洪水の特徴	降雨観測所名	総降雨量	降雨ピーク時の60分雨量	降雨ピーク時の6時間雨量	降雨ピーク時までで経過時間	降雨ピーク時までで累加雨量
					mm	mm/60min	mm/6hrs	hrs	mm
28	梅雨前線(七夕洪水)	49.7	風水害(台風・前線)	津(三重)	361.5	68.0	233.0	15	106
				静岡(静岡)	615.5	84.5	368.0	17	466
				清水(〃)	420.5	73.0	331.0	16	375
29	豪雨・台風2・5・6号	50.7～8	風水害(台風)	金沢(石川)	176.5	51.5	82.5	21	145
				真室川主寝坂(山形)	328.0	71.0	253.0	17	314
				越知(高知)	981.0	116.0	366.5	25	396
				徳島(徳島)	209.5	30.0	103.5	48	171
				森(北海道)	234.0	26.0	94.0	28	160
30	台風17号(長良川水害など)	51.9	風水害(台風・前線)	岐阜(岐阜)	848.0	92.5 30.5	228.0 99.5	31 105	198 700
				姫路(兵庫)	633.5	45.5	134.0	34	282
				鳥取(鳥取)	441.0	40.0	59.0	73	346
				高松(香川)	525.5	28.0	83.0	91	407
				小豆島内海(〃)	1400.0	95.0	265.0	81	985
				松山(愛媛)	375.5	22.0	64.5	61	128
				徳島(徳島)	822.0	52.5	210.5	94	624

注) ◦洪水の特徴は理科年表昭和53年版による.
◦( )内は資料不完全につき，記事，報告などからの推定値.
◦各欄数値の算定法は本文の通り.
◦同一観測所の2段書きは，本文の趣旨により，1洪水を前後に2分割したものである.

表1の「降雨ピーク時の60分雨量」を縦軸に，「降雨ピーク時までの経過時間」を横軸にとって描いた図を図1に示す．同じく「降雨ピーク時の6時間雨量」を縦軸にとって描いた図を図2に示す．

この両図から見て，表1に載せた規模の大洪水では，その降雨ピーク時の短時間雨量がある包絡線（両図中の点線）よりつねに上方にあることが認められる．

両図中の下限曲線（包絡線）は，洪水流出現象の面から次のように理解できる(青木佑久，1972)．

洪水時には降雨強度が浸透能を上回った部分のみで表面流出が発生する．流域内の浸透能は各点ごとに千差万別であるが，各点の浸透能は降雨の累加継続に伴って時間とともに減少してゆく．したがって，降雨が累加継続してその経過時間が長くなるほど，降雨強度が強いほど降雨強度が浸透能を上回る部分の面積（表面流出発生域）が拡大し，それだけ表面流出量が増大する．さらに，降雨の降り始めからの経過時間が長くなるに従い，これに中間流出（降雨時に地表に浸透した雨水が洪水中に浸透流出してくる流出成分）量が漸増加算される

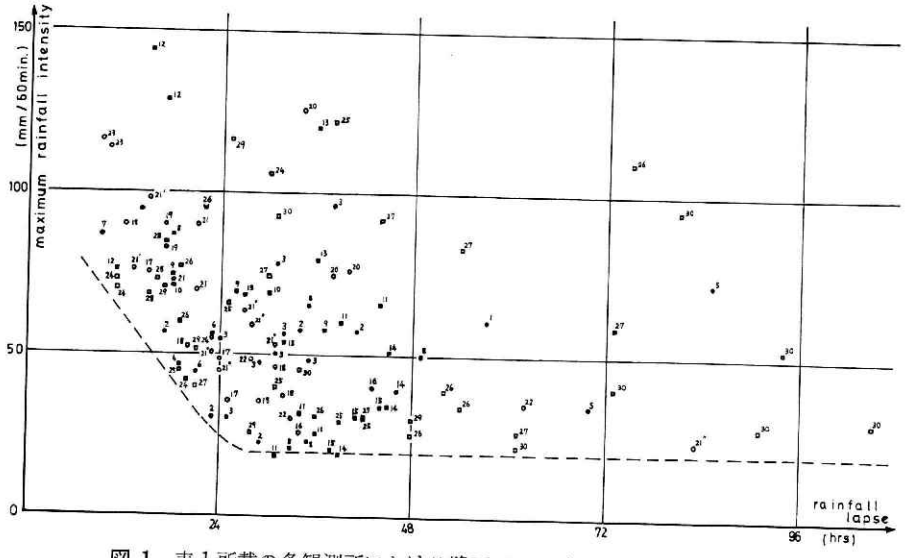


図 1　表1所載の各観測所における降雨ピーク時の60分雨量とピーク時までの経過時間との関係（添数字は同表中の洪水番号）

Fig. 1　Relation between the maximum rainfall intensities in 60 minutes including their peak periods and the houres of rainfall lapses until their peak times. (legend…●:before 1950, ■:1951～60, ○:1961～1970, □:after 1971)

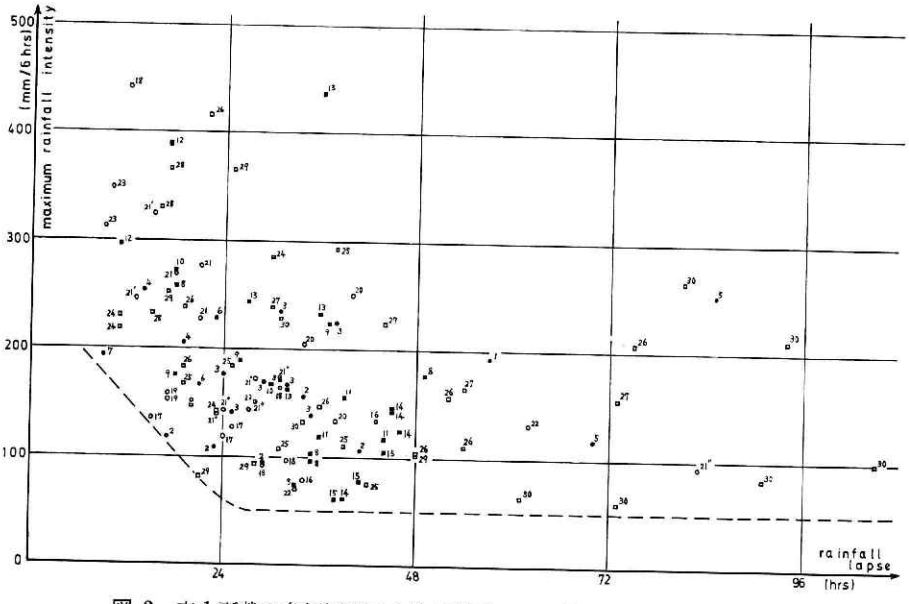


図 2　表1所載の各観測所における降雨ピーク時の6時間雨量とピーク時までの経過時間との関係（添数字は同表中の洪水番号；縦座標の500 mm/6hrs 以上は記入を省略）

Fig. 2　Relation between the maximum rainfall intensities in 6 hours including their peak periods and the hours of rainfall lapses until their peak times. (legend…●:before 1950, ■:1951～60, ○:1961～1970, □:after 1971)

から，合せて洪水流出量が増大し，大洪水をもたらすこととなる．両図中の下限曲線は，おおむね，大洪水時の各経過時間ごとに中小洪水の場合よりも表面流出発生域が拡大する縁部分（点）における浸透能曲線に相応するものと考えられる．洪水の規模が小さい場合には，大洪水の場合に比べて流域内の浸透能の小さい部分のみで表面流出が発生するのだから，この場合の下限曲線は，両図中の曲線よりも下方に移るはずである．

以上の考察から，大洪水災害が発生するための短時間雨量の必要条件は，おおまかに，

① 降雨ピーク時の60分雨量 r_1 が図1の下限曲線（包絡線）より大きいこと，すなわち，

$$\begin{cases} r_1 > 100 - 3.2T & (\text{mm}) \quad (T < 25\ \text{hrs}) \\ r_1 > 20 & (\ 〃\ ) \quad (T \geqq 25\ \text{hrs}) \end{cases}$$

（T：降雨ピーク時までの経過時間（hrs））

② 降雨ピーク時の6時間雨量 r_6 が図の下限曲線（包絡線）より大きいこと，すなわち，

$$\begin{cases} r_6 > 250 - 8.0T & (\text{mm}) \quad (T < 25\ \text{hrs}) \\ r_6 > 50 & (\ 〃\ ) \quad (T \geqq 25\ \text{hrs}) \end{cases}$$

のいずれかであると推定できる．

〔参考〕 上記条件式において，それぞれの右辺が（②の右辺）/（①の右辺）$=2.5 \fallingdotseq \sqrt{6} = \sqrt{(6\text{時間})/(60\text{分})}$ となっている．もしこれが Sherman 型の降雨強度曲線（$n=0.5$ とする）に従いうると仮定すれば，①～②の条件式を合わせて，短時間雨量について，おおまかに，

降雨ピーク時の N 時間雨量 r_N が次の条件式を満たすこと，すなわち，

$$\begin{cases} r_N > 100\sqrt{N} - 3.2\sqrt{N}\ T & (\text{mm}) \quad (T < 25\ \text{hrs}) \\ r_N > 20\sqrt{N} & (\ 〃\ ) \quad (T \geqq 25\ \text{hrs}) \end{cases}$$

と表わすことが可能になる．

上記の各条件式は，大洪水災害が発生するための短時間雨量の必要条件であって，十分条件ではない．各条件式を満たす降雨量があっても，治水事業や砂防事業などが進捗して対策が進んでいる地域では，洪水災害が少なく，十分条件から遠のいているからである．

3.2 長時間雨量（累加雨量）

長時間雨量が大きい降雨（多雨量の降雨）は大河川の出水氾濫およびこれに付随する低平地の内水氾濫災害をもたらし，土石流・斜面崩壊等を促す．

表1の「降雨ピーク時までの累加雨量」を横軸に，図1の縦軸と同じ値（降雨ピーク時の60分雨量）を縦軸にとって描いた図を図3に示す．

この図から見て，表1に載せた規模の大洪水では，その降雨ピーク時までの累加雨量が100mmの包絡線（図中の点線）よりつねに右方にあることが認められる．同図中の最左下方にある点（降雨量が比較的弱く少ない地点），例えば，昭和36年6月梅雨前線豪雨（⑯）の美和非持観測所（長野県上伊那郡長谷村）付近においても，数多くの斜面崩壊や家屋等の損壊

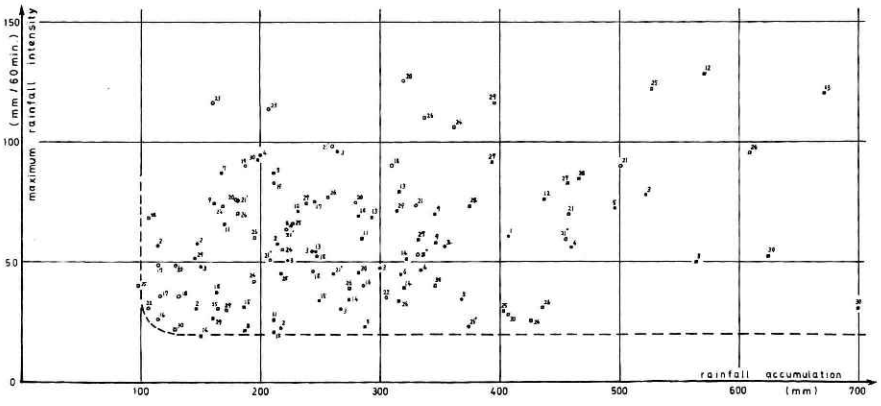


図 3　表1所載の各観測所における降雨ピーク時までの累加雨量とピーク時の60分雨量との関係（添数字は同表中の洪水番号；横座標の 700 mm 以上は記入を省略）

Fig 3　Relation between the amounts of rainfall accumulations until their peak times and the maximum rainfall intensities including their peak periods. (legend…●:before 1950, ■:1951～60, ○:1961～1970, □:after 1971)

などの被害が見られ，また，昭和44年8月の豪雨・台風7号(㉒)の富山市周辺においても，神通川支川，小矢部川支川など各所において堤防の損壊等の被害が発生している．数多くの洪水流出解析の経験によって(先行降雨の有無・多寡等によって差はあるが)，流域平均降雨量（累加雨量）がおおむね50～150mmを超えると洪水流出量が急増し始める（俗に「有効降雨の比率が増加する」,「飽和雨量に達する」などと言う）ことが確められていることなどを考慮すれば，全国的に見て，大洪水災害が発生するための長時間雨量の必要条件は，累加雨量が100mmを超えること，と考えて差支えないものと思われる．この条件は，短時間雨量の場合と同様に，必要条件であって十分条件ではない．

1洪水時の総降雨量がその地点における年降水量のおおむね 1/10 を超えると洪水災害が発生すると言われている．今回の調査では，この点について明らかではないが，表1に載せた規模の大洪水では，その「総降雨量」が，おおむね，年降水量の10%以上であることが認められる．ただし，人口・産業が集中し土地の改変が著しい都市等の中小河川においてはこれらに係わる別の注意が必要であろう．

むしろ，今後の洪水期間中の災害予測等のためには，（災害は総降雨量が降り終ってから発生するものではないから）「総降雨量」ではなく，災害の種類と地域ごとに，災害の規模とその発生時刻直前の短時間雨量，発生時刻までの降雨継続時間，「累加雨量」等との関係について定量的に検討把握しておく必要がある．

3.3　とくに著しかった洪水災害

表1に掲げた123観測所のなかから降雨ピーク時の「60分雨量」，同じく「6時間雨量」，「降雨ピーク時までの累加雨量」の各項目ごとにそれぞれ大きい順に第1位から第5位までに入る観測所（所在市町村）をとり出すと（( ) 内は第5位までに入る項目の略称），

⑫諫早水害：諫早市（60分，6時間，累加）

⑬狩野川台風：天城湯ヶ島町（60分，6時間，累加）

⑱台風23・24号：西谷村（6時間）

⑳S.42.7 豪雨：佐世保市（60分）

㉓房総水害：大多喜町（60分）

㉕秋雨前線・台風25号：勝浦市（60分）

㉖S.47.7 豪雨：土佐山田町（6時間）

㉘七夕洪水：静岡市（6時間）

㉚台風17号：岐阜市（累加），小豆島（累加），徳島市（累加）

となる．上記の地点は，60分雨量：111mm 以上，6時間雨量：368mm 以上，累加雨量：624mm 以上を観測した市町村である．

これらから見て，諫早水害(⑫)と狩野川台風(⑬)が戦後の超大洪水であったことがうかがえる．40年9月の福井県大野郡西谷村（昭年45年に大野市に合併）における集中豪雨（⑱，図4（A）参照）では，多発した土石流のため全村が壊滅状態となった．42年7月豪雨(⑳)の佐世保市では，相浦川，佐世保川等の氾濫，堤防の欠壊により，全市にわたって商店街や住宅街が濁流に押し流され多数の家屋が倒壊，流失した．45年7月の房総水害(㉓)では夷隅川，養老川，小櫃川が増水し各所で欠壊，氾濫による水害が発生した．翌年9月の秋雨前線・台風25号(㉕)では同じ房総半島において勝浦市のほか下総台地，九十九里沿岸を中心に主として斜面崩壊等の激しい土砂災害が発生した．47年7月豪雨(㉖)の高知県香美郡土佐山田町では大規模な山崩れが発生して，多数の死者と家屋倒壊の被害が生じた．49年7月の七夕洪水(㉘)では静岡県下で巴川が麻機低地（静岡市）から下流（清水市街地）にかけて大氾濫し，堤防の欠壊，山沿いの土砂崩れが多発して大災害となった．51年9月の台風17号(㉚)では，岐阜県下で長良川が100時間余に及ぶ長時間降雨により右岸堤が破堤・氾濫し，また，香川県小豆島（図4（E）参照）で全島にわたって山崩れ，土石流等が発生して同島未曽有の大被害を受けた．

上述の記録によって，とくに著しかった洪水災害と地点降雨量との関係を対照して見ると次のことが言える．

① 河川の欠壊・氾濫等による災害（水害）……当然のことながら，中小河川の大災害は短時間雨量が大きい場合であり，大河川の大災害（内水氾濫を含む）は長時間雨量が大きい場合である．

② 土石流・斜面崩壊等による災害（土砂災害）……短時間雨量が大きい場合もあり，長時間雨量が大きい場合もある．

土石流・斜面崩壊等による災害は，河川の欠壊等による災害に比べて，予測等の時間的余裕が少なく突如として発生することが多いので，一般に，悲惨な人身被害をもたらす．土石

流・斜面崩壊等の災害の発生と降雨との関係について，次節にて，若干の事例検討を試みたい．

4. 土石流・斜面崩壊等の発生と降雨との関係

4.1 災害の実例

土石流・斜面崩壊等による大災害の実例を次に記す．

(A) 西谷村災害

昭和40年9月，四国から日本海へ進んだ台風23号は福井県にも大きな爪跡を残した（9～10日）が，さらに同月14日からの前線活動による集中豪雨に，奥越地方とくに山崩れを伴った西谷村中島地区（九頭竜川支川真名川上流）は壊滅状態になった．とくに14日夜半，同村鎌谷に発生した土砂流出は村の中心であった中島地区を襲い，また，増水した濁流が同地区へ逆流したため，村の全戸数の2/3の家屋が全壊もしくは流失した．あらかじめ部落でまとまって高台へ避難していたため，犠牲者は1名であった．災害後，全村民が離村し，廃村となった（大石道夫，1966ほか）．

(B) 足和田村災害

昭和41年9月，御前崎から三陸沖へ進んだ台風26号は24日夜半，山梨県南部で猛威をふるい，短時間強雨をもたらした．21日以来，秋雨前線と台風24号による先行降雨で地盤が緩んでいた悪条件が重なったため，足和田村，上九一色村，芦川村などにおいて御坂山系の山腹に大崩壊を惹起し，土石流が山津波の形となって河川を襲った．とくに足和田村根場・西湖の両部落では，土石流が西湖北岸の山脚部小扇状地を貫流する小河川沿いに流下して多数の家屋倒壊，死者を出した．災害が夜半に突然発生したため，痛ましい大惨事となった．

(C) 飛騨川バス転落

昭和43年8月17日夜半，名古屋の「奥様ジャーナル」社と名鉄観光が企画した「乗鞍雲上パーティー」の団体客を乗せた15台のバスが名古屋から国道41号線経由で乗鞍山頂に向い，道路不通のため名古屋に戻る途中であったが，そのうち6台が白川町河岐地先の同国道で前後の土砂崩れのため動けずに停車中の所へ大規模な土石流が発生し，うち2台のバスが増水中の飛騨川へ押し流され，一瞬にして104名の生命を奪った．17日昼に岐阜地方気象台から出されていた大雨洪水注意報と雷雨注意報は，雨の小止みに伴って夕方に解除され，出発したバスは山間部にてカーラジオの感度は悪く，夜になって発表された大雨警報，洪水注意報等の気象情報も聞けぬままに集中豪雨の中へ進んで行ったのである．この事故の国家賠償請求裁判において，気象予報のあり方，道路管理の瑕疵(かし)等について論議されたが，名古屋地裁は「人災6割，天災4割」の判決を下した(名古屋高裁で原告側が全面勝訴)．

(D) 真室川町大滝駅急行転覆

昭和50年8月6日，山形県最上郡真室川町を中心に集中豪雨が発生し，同町大滝の国鉄奥

表 2 大災害をもたらした土石流・斜面崩壊等発生時の降雨量の例
Table 2 Heavy rainfalls which caused big debris flow or landslide disasters.

	発生年月日時分	発生場所	表1番号	近隣の降雨観測所名	災害発生直前の 60分雨量 mm/60min	災害発生直前の 360分雨量 mm/360min	災害発生までの 降雨継続時間 hrs	災害発生までの 累加雨量 mm
A	40.9.14.23.すぎ	福井県大野郡西谷村鎌谷	18	西谷本戸	78	385	14	465
	40.9.15.09.30.	〃 〃 下向山			46	240	24	865
B	41.9.25.01.25.	山梨県南都留郡足和田村根場・西湖	19	上九一色	62	107	15	134*
C	43.8.18.02.11.	岐阜県加茂郡白川町河岐(国道41号)	21′	三川小学校上麻生発電所(平均)	50	226	16	296
D	50.8. 6.12.20.	山形県最上郡真室川町大滝駅北側	29	釜淵林業試験場主寝坂(平均)	50	193	16	241
E	51.9.11.23.30.	香川県小豆郡池田町谷尻	30	池田蒲野	43	206	52	642

注) 表中の「降雨継続時間」及び「累加雨量」には，断続した先行降雨の時間及び雨量は含まれていない．上九一色においては，134mm（＊印）に先行して，秋雨前線・台風24号による73mm（9月21日～24日10時）が観測されている．

羽本線大滝駅北側の小さな沢から土石流が押し出され，この土石流が沢の直下にあった家屋2戸を全壊したうえ，同駅に臨時停車していた上野発青森行下り急行「津軽2号」を直撃し，12両編成のうち5号車（寝台車）を横転させ，さらに6号車を脱線させて，乗客ら2名が死亡した(主要災害調査第8号より抜粋)．

（E） 小豆島谷尻の土石流

昭和51年9月，長良川の破堤をもたらした台風17号は，瀬戸内地方一帯にも記録的な豪雨を見舞い，とくに香川県小豆島では8日午後より断続的に降り始め，13日午後降り止むまでに総降雨量が年平均降水量を超す1400mmに達し，小豆島全島が山崩れ，土石流等の土砂災害によって同島未曽有の損害を被り，約18,700人の被災者を出した(主要災害調査第13号より抜粋)．

4.2 土石流・斜面崩壊等を発生させた降雨の特徴

上述の5事例は，既往の数多くの土石流・斜面崩壊等のなかから，その発生時刻が明確であって，近隣の降雨観測所の時間雨量資料が収集できたものについて作為無く選んだものである．この5例について災害発生年月日時分および災害発生直前の「60分雨量」，同じく「360分雨量」(両者とも，毎正時または毎正10分雨量を分単位に比例内分して求めた雨量値)，災害発生までの「降雨継続時間」および「累加雨量」を一覧表にして表2に示す．またこの5事例について，近隣の観測所における災害発生前後の一連の時間雨量分布を図にして（先行降雨分は省略）図4に示す．図中の下向き矢印は前述の各災害の発生時刻を表わす．

表2および図4から見て，それぞれに共通した次のような現象が認められる．

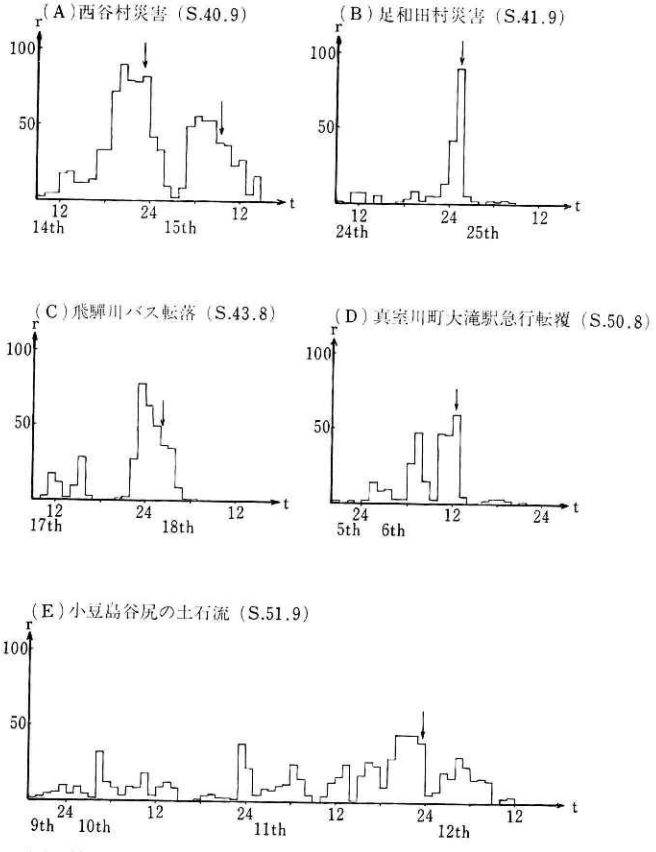


図 4　大災害をもたらした土石流・斜面崩壊等発生時の時間雨量分布の例
（表2所載の観測所における観測値；下向き矢印は発生時刻を示す）

Fig. 4　Heavy rainfalls which caused big debris flow or landslide disasters. Downward arrows show the time of their occurrences.

① 災害はいずれも先行降雨を除いた降雨が12時間以上継続した後に発生している．

② 災害はいずれも強度が 40mm/hr 以上の降雨が 4 ～ 5 時間以上降り続いた直後に発生している（足和田村災害を除く）．

足和田村災害については，同村内に降雨観測所がないので西隣の上九一色村の時間雨量資料によらざるをえないが，台風26号による災害は足和田村の方が上九一色村に比べて格段の大災害である（「わが国の災害誌（続）1976」，昭和41年9月26日付け朝日新聞の報道による）こと，9月24日22～23時頃の雨量レーダーのエコー（東京電力田端系統給電指令所（東京都北区），木下武雄 (1967) に載る）を見ると足和田村の方が上九一村よりも降雨量が多いと想定されること，などから判断して，この時刻前後の足和田村における降雨量は表2所載および図4 (B)の「上九一色」地点の降雨量よりも格段に多かったと推定される．

土石流・斜面崩壊等の発生機構については，すでに多くの研究が続けられているので，ここで素人の拙論を加えるつもりはないが，上記①②については次のように理解してみたい．

①について：降り始め頃の降雨はほとんど全量が浸透すると考えられるから，地表から浸透した雨水は風化・堆積層の含水率を増加させつつ，おおむね半日以上かかって崩壊面まで浸透降下するのであろう．浸透降下した浸透水は，引き続く大降雨がなければ，渓床に沿う水道(みずみち)地下水となって浸透流出することとなる．

②について：山地においては，かなり強い降雨であっても，谷の下端付近を除いて，その大部分が浸透すると考えられる（岡本芳美，1978）から，上記①によって湿つた風化・堆積層は，引き続き浸透した40mm/hr程度以上の強雨水によって数時間以内に飽和またはこれに準ずる状態に達して剪断強度が著しく減少することとなり，水を含んだ層の自重と剪断強度との平衡状態が破れた点でその瞬間に斜面崩壊が始まり，多くの場合これが土石流の引き金となると考えられる．小規模の土石流・斜面崩壊等は，いうまでもなく，これ以下の時間と降雨量にて発生するであろう．

上述の推論は，あくまで5事例について降雨の面から見た仮説にすぎない．土石流・斜面崩壊等の発生は，いうまでもなく，地域的に地形的に地質的に千差万別であろうから，これらの諸要素と直接の原因である降雨との関係について今後の研究発展を期待したい．

5. おわりに

本稿の2および3の部分は，筆者が昭和47年9月に建設省「土木研究所報告」に載せた研究報告「山地流域における洪水流出の追跡」の「6. 著しい洪水災害をもたらした降雨の特徴」の内容に，新たに収集したその後の降雨量資料を加えて，全資料に基づいて考察を追加したものである．考察の結果に若干の差異があるのをお許しいただきたい．

降雨特性と洪水災害発生との関係について考察するためには，これらを単に包括的に検討するのみでは不十分であって，災害の種類と地域ごとに，地形・地質等の諸要素をも加えて，それぞれの災害の発生機構について検討を深める必要があろう．この調査報告は，個々の災害の発生原因について言及しないまま，数少ない資料にて不確かな考察を試みた部分が多いので，諸賢の御指摘をいただければ幸いである．

降雨量（時間雨量）資料を収集するに当たって，(財)日本気象協会の内藤晴夫，高木広道の両氏に御尽力をいただき，また，建設省各地方建設局の担当者の方々に御協力をいただいた．深く感謝する次第である．

参考文献

1) 青木佑久（1972）：山地流域における洪水流出の追跡，土木研究所報告，**143**，27-58.
2) 建設省河川局防災課（1965）：わが国の災害誌1965，(社)全国防災協会.
3) 建設省河川局防災課（1976）：わが国の災害誌（続）1976，(社)全国防災協会.
4) 建設省河川局防災課（1977）：災害便覧1977，(社)全国防災協会.
5) 木下武雄（1967）：台風26号による足和田村付近の雨量をレーダー雨量計によって調べた結果について，土木技術資料，Vol. **9**, No. 4, 4-8.

6) 大石道夫（1966）：福井・岐阜県境の山地災害について，防災科学技術，No. **3**, 16–19.
7) 岡本芳美（1978）：日本列島の山林地流域における降雨の流出現象の総合的研究，土木学会論文報告集，No. **280**（予定）.
8) 大八木規夫・寺島治男・森脇　寛（1977）：1976年台風17号による兵庫県一宮町福知抜山地すべりおよび香川県小豆島の災害調査報告．国立防災科学技術センター主要災害調査，No. **13**, 13–20.
9) 斎藤錬一・奥田節夫・斎藤亮平（1973）：集中豪雨――新しい災害と防災――，日本放送出版協会.
10) 寺島治男・東浦将夫・阿部　修（1975）：昭和50年８月６日青森県岩木町百沢地区および山形県北部に発生した集中豪雨災害現地調査報告．国立防災科学技術センター主要災害調査，No. **8**, 21–44.

（1978年６月８日原稿受理）