

九州北部の洪水比流量の地域特性に関する研究

戸原 義男・加藤 治・長 裕幸
(土地改良学教室)

昭和59年5月12日 受理

A Study on the Characteristics of Probable Areal Rainfall and Probable Maximum Specific Discharge of Flood Peak in Northern Kyushu

Yoshio TOHARA, Osamu KATO and Hiroyuki CHO
(Laboratory of Irrigation and Drainage Engineering)

Received May 12, 1984

Summary

In this paper we reported a part of the serial research on the probable areal rainfall and the specific discharge of flood peak in the northern part of Kyushu. In this district the largest rainfall intensity in a year often occurred in the last period of rainy season from June to July and the maximum rainfall intensity was measured at the basin of Isahaya-wan.

The probable areal rainfall intensity was analysed based on the one hour rainfall data for 25 years recorded by the raingauges arranged on the basin. By this analysis we were able to get the results that the maximum measured values of areal rainfall intensity for short time (1 ~ 3 hours) and long time (6 ~ 24 hours) were nearly equal to the probable values of rainfall expected once in 50 years and 100 years, respectively.

And we analysed the rainfall depth-area-duration characteristic (DAD) by making use of the areal rainfall expected once in 100 years and the rainfall depth-duration characteristic and depth-area one, and considered the probable maximum specific discharge curve of flood peak occurring once in 100 years in this basin.

The curve enveloped wholly every largest flood peak specific discharge having observed on rivers and dams in northern part of Kyushu. The difference between this curve and Creager's one is small on a large scale basin ($>50\text{km}^2$), but on a small basin ($10\sim50\text{km}^2$) the specific discharge values estimated by this curve is 11 ~ 26 per-cent less than by Creager's.

As a result, this curve expressed correctly the characteristics of areal rainfall in this district and a more suitable design value of flood peak discharge was possible to be estimated.

1. 緒 言

著者らは洪水比流量の特性が洪水到達時間内における降雨の時空間的分布特性、すなわち DAD 特性と等価であるという合理式の成立を前提にして既往最大級の降雨を抽出し、九州北部流域での DD 特性、DA 特性を検討してきた^{3),4)}。その結果から洪水比流量曲線を求め、既往最大級の比流量観測値を包絡する洪水比流量曲線を求めた。これまでの解析で考えられる問題点は、最大級の降雨を抽出する場合、当然地点最大級の時間雨量に着目して降雨強度のランク付

けを行うため、果たして広い面積の面積雨量として最大級の降雨が対象データに入っていたかどうか、次に、広い面積に関する面積雨量の生起確率はどうかの点である。これらを解決するため継続して降雨資料の収集を行い、九州北部地域の確率面積雨量を求めた。さらに、その結果から洪水比流量曲線を検討した。この研究で行った主な点は次のとおりである。

- (1) 集積した膨大なデータの整理および能率的な処理手法、確率面積雨量解析のアルゴリズム
- (2) 九州北部地域の確率面積雨量と洪水比流量特性

2. データと解析のアルゴリズム

(1) 時間雨量の収集と整理

西九州地域（佐賀県、長崎県）における毎時降雨観測所（自記雨量観測所）の資料を収集し、表－1に示す型式で磁気テープMTに収録した。データの整理法は観測所No(4桁)、観測所名、観測所ごとの収録したデータ個数、降雨の発生年月日、降り始めの日時および1降雨のデータ数等を記入し、以下、降雨データを記入する。データの選択はまず年最大雨量を調べ、1位から5位までの降雨が入るよう1年間最低5個、場合によっては6個以上収録しておく。また、1雨の連続時間は流域内での雨域の移動を考慮して72時間とする。表－2はMTのデータを出力したときの様式である。

表－1 MTに収録した時間雨量の1例

2106 TAKEO		DOBOKUJIMUSYO		141									
S 030	415	11360											
1.4	1.0	1.2	0.8	4.6	3.5	3.1	4.3	2.0	4.0	0.3	2.9		
5.0	3.8	0.4	0	0	0	0	0.6	0.2	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0.2	0.2	0	0	3.6	1.0	0.1	0	0	0	0	0		
0	0.8	0	0	0	0	0.8	5.7	9.1	17.1	16.0	1.5		
S 030	618	2 221											
0.1	0	0	0	0.1	0.9	2.7	0	0	3.2	2.3	2.8		
4.7	10.5	10.4	2.9	0	12.5	1.1	2.2	3.2					
S 030	7 6	1 469											
0	0.3	0.4	0	0	0.1	0	0	1.3	0.1	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.8	1.6		
0.6	0.7	0	0.1	0	0	0	0	0	0.4	0	0.1		
2.1	4.4	3.6	6.4	0.1	1.9	7.8	0.5	6.6	16.0	20.2	22.5		
18.6	21.0	14.0	8.0	2.5	1.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.6	0.4		
0.3	0.4	0.8	1.0	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2					
S 030	9 5	21138											
0.0	0.1	0	0.9	4.4	7.0	5.0	2.5	1.8	0.1	0	0		
0	0	0	0.1	0	0	0.1	2.8	4.2	6.3	3.4	1.5		
0.8	0.2	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.1		
0	1.3												
S 030	929	21633											
2.2	1.3	0.4	0.9	0.6	0.2	1.9	2.2	0.6	0.3	0.2	0.8		
3.8	8.9	2.8	11.1	12.8	6.8	7.7	1.0	0.6	0	0	0		
0	0	1.3	0.2	0	0	0	0	0.6					

表－２ 時間雨量の出力型式

カンソクシヨ		カンソクシヨノイチ (トウケイ) (ホクイ)									
NO. 2106	TAKEO DOBOKUJIMUSYO	0.	0.	0	0.	0.	0				
ネンガツヒ	シ ハイ	フリハジメ	データ	ニチウリヨウ(MM/DAY)	ジカンウリヨウ	パターン	サイヨウ	カンソクジヨ			
	メンセキ		コスウ	(1)	(2)	(3)					
(キジュンコウウ)											
S.30. 4.15	0.0KM3	1 ニチ	13HR	60	*****	0.0	0.0	NO. 2106	TAKEO DOBOKUJIMUSYO		
(1 ニチ)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		1.4	1.0	1.2	0.8	4.6	3.5	3.1	4.3	2.0	0.3
(2 ニチ)		5.0	3.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(3 ニチ)		0.2	0.2	0.0	0.0	3.6	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5.7	9.1	16.0
(キジュンコウウ)											
S.30. 6.18	0.0KM3	2 ニチ	2 HR	21	*****	0.0	0.0	NO. 2106	TAKEO DOBOKUJIMUSYO		
(1 ニチ)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(2 ニチ)		0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	2.7	0.0	3.2
		2.8	4.7	10.5	19.4	2.9	0.0	12.5	1.1	2.2	0.0
(3 ニチ)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(キジュンコウウ)											
S.30. 7. 6	0.0KM3	1 ニチ	4 HR	69	*****	0.0	0.0	NO. 2206	TAKEO DOBOKUJIMUSYO		
(1 ニチ)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0
		0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
(2 ニチ)		0.0	0.8	1.6	0.6	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
		0.4	0.0	0.1	2.1	4.4	3.6	6.4	0.1	1.9	7.8
(3 ニチ)		16.0	20.2	22.5	18.6	21.0	14.0	8.0	2.5	1.3	0.2
		0.2	0.6	0.4	0.3	0.4	0.8	1.0	0.5	0.5	0.4
(キジュンコウウ)											
S.30. 9. 5	0.0KM3	2 ニチ	11HR	38	*****	0.0	0.0	NO. 2106	TAKEO DOBOKUJIMUSYO		
(1 ニチ)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(2 ニチ)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
		0.0	0.9	4.4	7.0	5.0	2.5	1.8	0.1	0.0	0.0
(3 ニチ)		0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	2.8	4.2	6.3	3.4	1.5
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
(キジュンコウウ)											
S.30. 9.29	0.0KM3	2 ニチ	16HR	33	*****	0.0	0.0	NO. 2106	TAKEO DOBOKUJIMUSYO		
(1 ニチ)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
(2 ニチ)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	2.2	1.3	0.4	0.9	0.6	0.2	1.9
(3 ニチ)		0.3	0.2	0.8	3.8	8.9	2.8	11.1	12.8	6.8	7.7
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0

DA解析では降雨の同時性が必要となるので、予め基準観測点間の相関をとり、相関の高い雨域を定め、DAに採用する観測点のグループ分けをしておく。また、データの選択収集に際して、少なくとも同じグループにおける降雨の生起月日は同一のものを選択しておく必要がある。

(2) 降雨域の選定

1 河川への流出が目的であれば、その河川の流域を選定すればよいが、低平地水田地帯のよ

表-4 降雨強度

NO. 2106 TAKEO DOBOKUJIMUSYO							
	R1	R2	R3	R6	R12	R24	
ネンガツヒ	MM/HR(MM/1HR)	MM/HR(MM/2HR)	MM/HR(MM/3HR)	MM/HR(MM/6HR)	MM/HR(MM/12HR)	MM/HR(MM/24HR)	R6NS
S. 30. 4. 15	17.1(17.1)	16.6(33.1)	14.1(42.2)	8.4(50.2)	4.3(51.0)	2.3(56.1)	67
S. 30. 6. 18	12.5(12.5)	10.4(20.9)	8.5(25.6)	6.8(41.0)	4.6(55.8)	2.5(59.6)	38
S. 30. 7. 6	22.5(22.5)	21.3(42.7)	20.7(62.1)	18.7(112.3)	11.6(139.6)	6.6(159.2)	49
S. 30. 9. 5	7.0(7.0)	6.0(12.0)	5.5(16.4)	3.6(21.6)	1.8(21.8)	1.7(41.1)	38
S. 30. 9. 29	12.8(12.8)	11.9(23.9)	10.2(30.7)	8.3(50.1)	4.8(58.0)	2.8(67.1)	53
S. 31. 6. 16	23.8(23.8)	12.0(24.0)	8.1(24.4)	7.0(42.1)	5.2(62.3)	3.0(72.0)	39
S. 31. 7. 2	17.9(7.9)	15.1(30.2)	13.7(41.2)	7.4(44.6)	4.7(55.9)	3.1(74.8)	50
S. 31. 8. 16	34.4(34.4)	31.9(63.8)	23.9(71.6)	14.8(88.8)	11.3(135.3)	6.9(164.6)	49
S. 31. 8. 27	91.8(91.8)	85.1(170.2)	69.1(207.3)	38.7(232.2)	20.5(246.0)	10.8(260.4)	37
S. 31. 9. 19	15.2(15.2)	8.6(17.2)	6.3(18.8)	4.1(24.7)	2.2(27.0)	1.1(27.0)	64
S. 32. 6. 5	34.0(34.0)	30.4(60.9)	29.6(88.7)	22.2(133.1)	14.9(178.7)	7.8(186.7)	36
S. 32. 7. 2	22.6(22.6)	20.2(40.4)	14.8(44.3)	12.6(75.7)	8.6(103.6)	6.1(146.4)	39
S. 32. 7. 25	39.0(39.0)	31.0(62.0)	26.1(78.2)	13.2(79.3)	6.6(79.3)	3.3(79.3)	32
S. 32. 8. 3	27.4(27.4)	15.0(30.0)	10.6(31.7)	5.6(33.4)	3.6(42.9)	2.1(51.1)	38
S. 32. 9. 6	2.5(2.5)	1.9(3.8)	1.5(4.4)	1.3(8.1)	0.9(11.0)	0.8(20.3)	18
S. 33. 3. 25	10.5(10.5)	8.8(17.6)	6.6(19.8)	4.5(27.3)	3.3(39.5)	2.5(60.4)	51
S. 33. 4. 22	19.4(19.4)	15.5(31.0)	12.1(36.4)	7.5(45.2)	6.1(73.6)	3.9(94.1)	41
S. 33. 8. 1	6.5(6.5)	4.8(9.6)	4.9(14.7)	3.3(19.7)	1.6(19.7)	1.0(25.2)	67
S. 33. 8. 13	17.0(17.0)	9.5(19.0)	8.2(24.6)	6.0(35.9)	4.6(55.4)	2.7(65.4)	59
S. 33. 8. 29	16.8(16.8)	12.1(24.2)	10.2(30.6)	7.8(46.8)	4.5(53.7)	2.9(69.4)	55
S. 34. 5. 5	5.0(5.0)	4.2(8.4)	3.7(11.1)	3.0(17.8)	2.5(29.9)	1.4(34.2)	38
S. 34. 7. 7	28.5(28.5)	14.9(29.9)	11.9(35.8)	8.2(49.3)	4.0(53.7)	3.8(92.2)	38
S. 34. 7. 13	20.3(20.3)	18.3(36.7)	16.7(50.2)	14.2(85.0)	13.2(158.7)	10.0(241.1)	51
S. 34. 7. 14	20.3(20.3)	18.3(36.7)	16.7(50.2)	14.2(85.0)	13.2(158.7)	10.0(241.1)	27
S. 34. 7. 15	20.3(20.3)	18.3(36.7)	16.7(50.2)	14.2(85.0)	13.2(158.7)	10.0(240.2)	3
S. 35. 6. 21	28.6(28.6)	26.8(53.1)	25.5(76.5)	15.7(94.1)	10.2(122.5)	8.0(192.1)	34
S. 35. 9. 6	23.8(23.8)	19.9(39.8)	17.3(51.8)	9.9(59.2)	7.7(92.1)	4.3(102.2)	52
S. 35. 9. 11	14.4(14.4)	10.8(21.7)	8.9(26.7)	8.5(51.3)	7.2(86.1)	4.1(99.0)	26
S. 35. 9. 12	14.4(14.4)	10.8(21.7)	8.9(26.7)	8.5(51.3)	7.2(86.1)	4.1(99.0)	2
S. 35. 9. 19	26.3(26.3)	24.7(49.4)	21.8(65.4)	16.2(97.0)	8.8(105.6)	7.8(188.0)	26
S. 36. 6. 8	8.4(8.4)	6.6(13.2)	4.9(14.6)	3.0(17.8)	2.3(27.4)	1.2(28.9)	31
S. 36. 8. 19	78.4(78.4)	55.7(111.4)	54.1(162.4)	31.6(189.8)	17.4(209.1)	8.8(210.9)	44
S. 36. 9. 14	18.6(18.6)	13.3(26.5)	10.8(32.5)	7.8(46.8)	7.0(84.6)	4.8(116.0)	41
S. 36. 9. 23	1.3(1.3)	0.9(1.8)	0.7(2.0)	0.4(2.6)	0.3(3.4)	0.2(3.7)	40
S. 36. 10. 26	13.9(13.9)	12.3(24.6)	11.0(33.1)	8.5(50.8)	4.9(59.0)	3.4(81.0)	35
S. 37. 6. 24	30.0(30.0)	27.5(55.0)	24.3(73.0)	19.3(116.0)	10.9(130.5)	5.5(132.5)	50
S. 37. 7. 5	42.5(42.5)	37.0(74.0)	33.2(99.5)	20.0(120.2)	11.5(138.2)	6.0(145.2)	48
S. 37. 7. 7	56.0(56.0)	54.0(108.0)	45.7(137.0)	30.0(180.0)	17.7(212.8)	9.1(218.8)	50
S. 37. 9. 12	6.5(6.5)	6.3(13.5)	6.2(18.5)	4.6(27.5)	2.3(27.5)	1.6(37.5)	29
S. 37. 10. 10	39.0(39.0)	32.0(64.0)	26.3(79.0)	13.4(80.3)	7.6(91.8)	4.5(109.0)	55

(3) DD解析のアルゴリズム

MTより降雨域に含まれる観測所Naを抽出し、N時間降雨強度を次の手法で自動的に求める。まず、データの最初からN個のデータを加え合わせ、N時間雨量を求める。次に、1つ移動して第2番目のデータからN個加え合わせて同様にN時間雨量を求める。この操作を自動的に進めて72-N番目のN時間雨量まで求め、それらの最大値を探し、最後にNで割ってN時間降雨強度を求める。この際、採用した降雨強度の時間帯も同時に記憶させておく。これは後で述べるDA解析で必要だからである。降雨強度式(DD式)として、シャーマン型 $I = a/t^c$ を用いる。今回の目的は面積雨量DAの特性を調べることにあるから、各面積雨量に対するDD式を求めることとし、DA解析の後で定数の同定を行う。計算結果の1例を表-4に示す。左欄

から発生年月日、降雨強度(雨量)を R1～R24 まで順に配列し、右端の欄は採用した時間帯のインデックスである。印字の都合で R6NS, つまり、6 時間降雨強度のインデックスのみ記したが R6NS=67 は R6 に採用したデータは最初から数えて 67 番目 (67 時間あるいは第 3 日の 19 時) から 6 時間のデータの和と平均であることを意味している。R1～R24 について観測所ごとに年最大値を求め、それぞれに対応した年月日および時刻を記憶させておく。

(4) 面積雨量強度 (DA) 解析のアルゴリズム

R1 (1 時間降雨強度) から順に次の操作を行う。

- ① R1 について域内における年最大値を求め、その発生時刻を用いて域内におけるその雨の同時刻の降雨強度を求める。
- ② 求めた値を大きい値から順に配列し、同時に観測所 No およびティーセン分割による支配面積も順に配列しておく。
- ③ DA について $DA_i = \sum R1 \cdot A_i / \sum A_i$ を自動的に算定し、面積降雨強度および支配面積を求める。

R2～R24 についても①～③の操作を繰り返して求める。計算結果をプロッターに出力させ、DA 曲線群 (図-8～9) を求める。DA 曲線群は年によって当然観測所の配列が異なるので、同一面積に関する DA は不明である。よって、DA 曲線群からラグランジェの不等間隔分点法により、2 次式補関を行い、所定の面積に対する DA を求める。ティーセン分割による諫早湾地域の全面積が 512 km² (分割方法により、かなりの差異が生じること、目的に応じた分割方法をとることにより、それぞれ差異が生じるが、512 km² は単純な幾何学分割による面積である。) また、各支配面積の大きさはそれぞれ 10～60 km² である。また、佐世保地域では全面積 946 km²、各支配面積はそれぞれ 95～178 km² である。従って、諫早湾地域では DA の面積区分を 50, 100, …と 50 km² 単位とし、佐世保地域では 100, 200, …と 100 km² 単位とした。

以上までの作業を電子計算機で自動的に行い、求めた DA について各時間、各面積ごとに対数確率紙上にプロットし、確率分布の傾向および分布形状を調べる (図-2～5 参照)。分布形状を判断した上で次の計算を続行する。

(5) 確率計算

確率は 1/10, 1/20, 1/30, 1/50, 1/100, 1/200 (年) と定め、岩井法により各面積降雨強度ごとに確率計算を行う。得られた結果について各確率面積降雨強度の DD 解析、つまり、シャーマン式

$$I = a / t^c \quad \dots\dots (2-1)$$

の a, c を最小 2 乗法で同定する。

地点降雨強度 (P₀) について別に各観測年ごとの地点最大値を探し、確率値を求め、P₀ とする。

DA 曲線式として

$$\frac{P}{P_0} = \exp(-\alpha A^\beta) \quad \dots\dots (2-2)$$

を用い、α, β を最小 2 乗法で同定する。この段階では P / P₀ が滑らかな曲線かどうかを眺めながらマイコンを用いて手作業で行った方がよい。

各降雨強度ごとに求めた α について α が継続時間と一定の関係 (α～t が滑らかな曲線かどうか) があるかどうかを調べる。関係があると判断できれば、

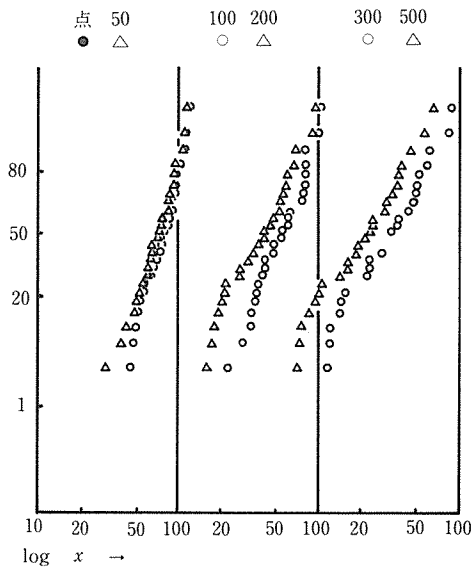


図-2 対数確率紙上における面積雨量分布
(トーマスプロット)
諫早湾地区 1時間強度

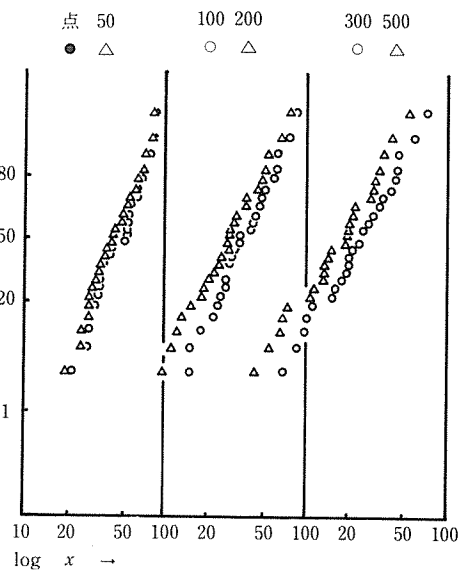


図-3 対数確率紙上における面積雨量分布
(トーマスプロット)
諫早湾地区 3時間強度

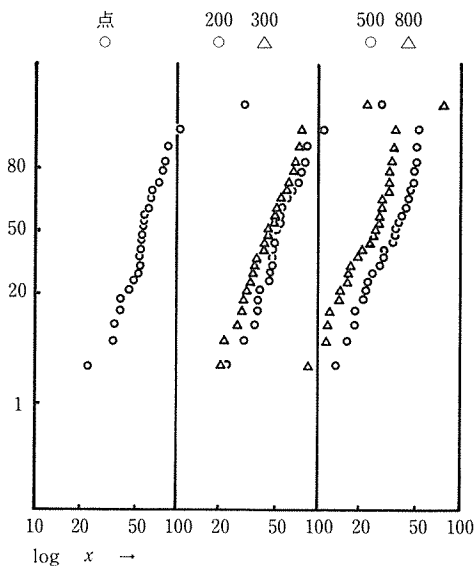


図-4 対数確率紙上における面積雨量分布
(トーマスプロット)
佐世保地区 1時間強度

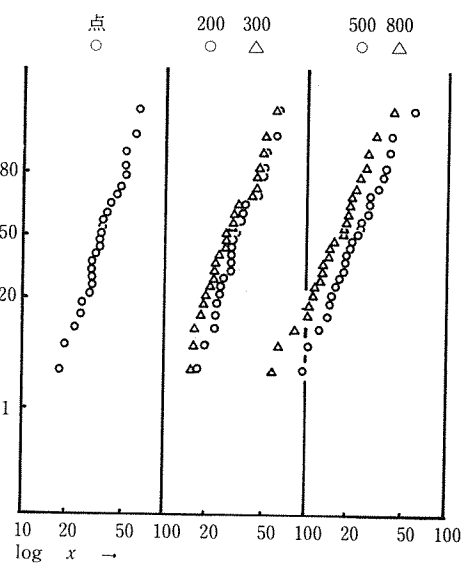


図-5 対数確率紙上における面積雨量分布
(トーマスプロット)
佐世保地区 3時間強度

表-6 佐世保地区降雨ランク

年月	面積	200	300	400	500	600	800	
1時間降雨強度								
42. 7		128.5	122.5	114.6	107.1	94.9	76.5	1
34. 7		83.6	76.7	63.8	51.6	43.5	32.5	2
40. 8		(101.1)	75.2	59.0	48.5	42.0	32.6	3
1/100確率		135.6	114.6	97.1	82.4	72.6	58.2	
1/50 確率		121.0	103.2	88.1	75.8	66.8	53.3	
3時間降雨強度								
42. 7		61.8	61.4	60.7	58.7	51.9	41.5	1
57. 7		51.9	49.8	45.0	40.5	36.7	31.2	2
39. 4		45.8	45.3	44.1	39.7	35.0	27.6	3
(47. 7)		63.8	51.3	41.4	34.7	29.2	22.2	点最大
1/100確率		78.8	74.6	68.3	61.0	53.7	43.6	
1/50 確率		70.8	66.4	60.6	54.3	48.0	39.1	
6時間降雨強度								
42. 7		38.3	36.5	35.5	34.4	31.0	26.3	1
57. 7		34.1	33.0	32.0	31.2	30.4	29.0	2
37. 7		34.5	31.3	28.9	26.3	23.8	19.2	3
1/100確率		46.1	43.7	42.4	39.7	36.4	30.9	
1/50 確率		42.7	40.0	38.3	35.8	33.0	28.1	
12時間降雨強度								
34. 7		31.2	28.6	25.0	21.9	19.3	15.5	1
42. 7		22.3	20.8	20.0	19.0	17.4	14.9	2
55. 8		20.9	20.0	19.1	18.1	17.2	15.9	3
1/100確率		34.6	30.3	28.7	27.2	25.1	22.7	
1/50 確率		31.0	27.5	26.0	24.6	22.8	20.6	
24時間降雨強度								
34. 7		17.5	16.0	14.7	13.5	12.6	11.3	
55. 8		15.9	15.3	14.7	14.0	13.3	12.1	
57. 7		12.4	11.9	11.6	11.2	10.9	10.5	
1/100確率		20.6	18.1	(18.6)	17.5	16.7	15.1	
1/50 確率		18.5	16.4	16.3	15.6	14.9	13.5	

表-5 諫早湾地区降雨ランク

年月	面積	50	100	150	200	300	500	順位
1時間降雨強度								
57. 7		150.0	109.5	102.2	97.2	89.0	66.3	1
36. 8		108.9	100.6	95.3	92.0	84.2	56.3	2
56. 9		94.5	82.3	76.1	70.9	59.1	36.9	3
(37. 7)		118.7	82.6	67.8	60.1	50.4	37.2	点最大
1/100確率		139.3	134.7	133.9	128.4	119.3	89.4	
1/50 確率		129.6	121.4	118.0	112.0	102.1	75.4	
3時間降雨強度								
57. 7		87.0	85.2	80.3	76.9	71.6	53.3	1
36. 8		81.1	75.6	70.5	66.5	58.5	40.9	2
37. 7		73.0	61.9	54.6	50.1	44.0	35.6	3
1/100確率		111.0	100.9	97.7	93.1	86.8	67.8	
1/50 確率		98.9	89.8	85.8	81.3	75.0	58.0	
6時間降雨強度								
57. 7		62.4	60.1	58.3	56.9	54.0	40.8	1
36. 8		46.6	46.0	43.3	40.8	36.5	26.5	2
51. 8		(51.9)	45.9	42.6	38.5	30.9	23.4	(3)
1/100確率		74.1	69.2	66.7	62.8	55.6	42.1	
1/50 確率		66.1	61.0	58.3	54.8	48.7	37.1	
12時間降雨強度								
57. 7		42.9	40.2	39.2	38.5	37.2	29.4	1
37. 7		29.2	28.5	27.3	26.1	23.6	19.1	2
36. 8		23.9	23.4	22.1	20.7	18.6	13.8	3
1/100確率		45.6	39.3	37.5	36.8	32.9	25.5	
1/50 確率		40.6	35.4	33.5	32.6	29.2	22.9	
24時間降雨強度								
51. 8		20.3	17.8	16.0	14.6	12.4	9.4	
37. 7		14.7	14.4	13.8	13.4	12.1	9.9	
56. 6		15.8	14.6	13.5	12.7	11.3	9.8	
(39.8)		21.4	15.8	12.2	10.2	8.0	5.8	点最大
1/100確率		26.3	20.1	17.9	16.9	15.0	12.5	
1/50 確率		27.3	18.6	16.6	15.7	13.9	11.6	

$$\alpha = a't^b \quad \cdots \cdots (2-3)$$

とおき、 a' 、 b' を同定する。 $\alpha \sim t$ の関係がランダムであれば、平均値 $\bar{\alpha}$ を求める。この解析では諫早湾地域、佐世保地域とも α がランダムであったので平均値 $\bar{\alpha}$ を用いた。

(6) 洪水比流量曲線

洪水到達時間 t_p は、角屋・福島の様

$$t_p = C_p A^{0.22} r_e^{-0.35} (\text{min}) \quad \cdots \cdots (2-4)$$

を用いる。ただし、 C_p については松浦川で検討した結果、山林地域で273を得たが、角屋・福島の示した $C_p=290$ を採用しておく。DA曲線式ここでは

$$\frac{P}{P_0} = \exp(-\bar{\alpha} A^{\bar{\beta}})$$

で与えたので、洪水比流量曲線式を次式で与える。

$$q = K A^{-\gamma} \exp(-\delta A^{\beta}) \quad \cdots \cdots (2-5)$$

ただし、 $K = (a / C_p)^{\eta} / 3.6$ 、 $\eta = 1 / (1 - 0.35c)$ 、 $\gamma = 0.22c\eta$ 、 $\delta = \alpha\eta$

3. 面積雨量の特性

各時間降雨強度に関するDA特性は図-8、9に示すとおりであるが、面積雨量について上位3位までの観測値と1/100年および1/50年確率値を整理すると、表-5、6のとおりである。

- ① 諫早湾地域では、地点雨量については特に異常な値は見当たらない。従って、最大観測値(25年間、S32.7 諫早災害の値を除く)は1/50年確率値程度である。
- ② しかし、面積雨量については、諫早湾地域と佐世保地域とでは傾向が異なる。佐世保地域では1位の降雨(S42.7)と2位(S34.7)以下の降雨との開きが大きい。特に1時間降雨強度では、400km²以上の面積雨量強度で1位と2位との比が2倍程度となっている。図

Jul. 9. 09^h - Jul. 10. 09^h 1967

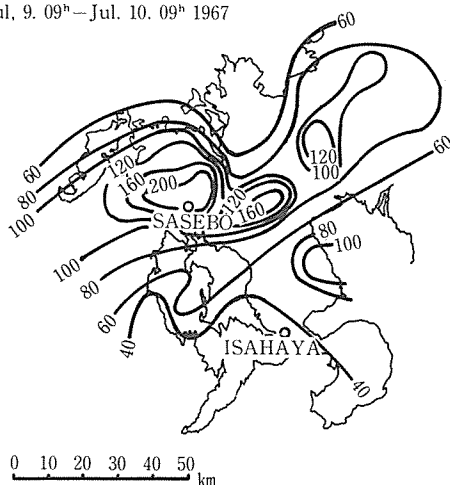


図-6 昭和42年7月 災害時の日雨量分布³⁾
(9時日界)(単位mm)

Jul. 9. 13^h - 14^h 1967

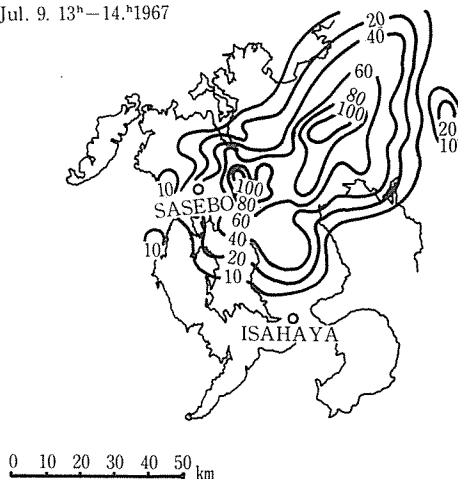


図-7 昭和42年7月 災害時の13~14時雨量
分布(単位mm)

— 4, 5 から明らかなように, 2 位以下の観測値は対数正規の分布傾向を示している. S 42. 7 災害の降雨は図- 6, 7 から判断されるごとく継続時間としては比較的短時間であるが, 強度の大きい雨が非常に広域にわたって分布したことを示し, この地域では発生当時, 中小河川が広域にわたってはんらんし, 災害を発生したことが結果を示している. S 42. 7 の降雨も継続時間が 3 時間, 6 時間と長くなれば, 異常な降雨ではなく, 2 位以下の面積雨量との差はなくなる. つまり, 長時間の面積降雨強度は異常値とはいえない. 仮にこの地域に 500~800km²の流域を持つような大河川が存在したとすれば, その河川は小さい流域の支流河川では至る所はんらんしたであろうが, 洪水到達時間の長い本川下流では, さして災害が発生していなかったであろうと想像される.

諫早湾地域では, むしろ長時間降雨に異常な観測値がみられる. 6 時間~12 時間の面積降雨強度をみると 1 位と 2 位との観測値の差が大きい. この地域では S 57. 7 の降雨は広い面積雨量としてみれば 6~12 時間雨量は異常な値といえよう. ただし, S 57. 7 豪雨は短時間降雨が長崎を中心とした地域に集中し, 諫早湾地域では異常な降雨は観測されていない.

- ③ 洪水比流量と面積降雨強度との関係から面積雨量を考察する. 1~3 時間降雨強度は比較的狭い流域面積の河川の洪水比流量特性を, また, 6~24 時間降雨強度は流域面積の大きい河川の洪水比流量特性を支配するであろう. このような観点でみれば, 諫早湾地域の 12 時間面積降雨強度を除けば, 1/100 年確率の面積降雨特性を用いて DAD 解析を行い, 比流量曲線を作れば両地域の計画洪水比流量が推定できるものと判断できる.

確率計算で求めた面積降雨強度曲線は, 1 雨ごとのそれとは異なり, 発生年月日とは無関係に各面積 (発生観測場所とも無関係) ごとに, ほぼ最大値を包絡した形, あるいは, さらに滑らかにした形となるので,

表- 7 洪水比流量式の諸定数

地 域	確 率	K	γ	δ	β
諫早湾地域	1/50 年	51.0	0.21	0.0006	1.0
	1/100 年	56.0	0.21	0.0006	1.0
佐世保地域	1/700 年	44.0	0.17	0.0023	0.78
	1/200 年	49.0	0.17	0.0023	0.78

D A 解析:

$$\frac{P}{P_0} = \exp(-\alpha A^\beta)$$

..... (2-2)

で α , β を同定した場合, β が 1 に近づき, α が極めて小さくなる傾向にある. $\bar{\alpha}$ が小さいということは, 小面積では P/P_0 が 1

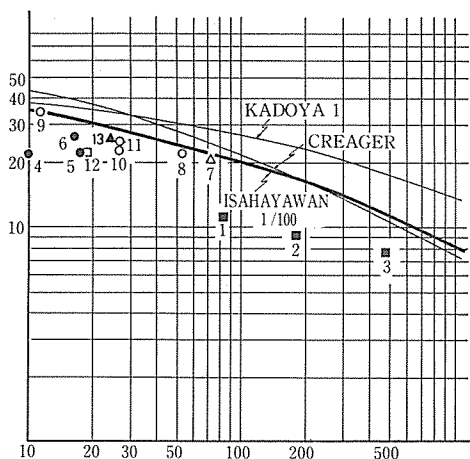


図-10 諫早湾地域の洪水比流量曲線

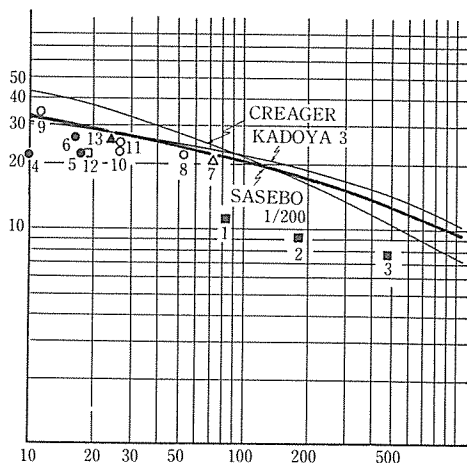


図-11 佐世保地粉の洪水比流量曲線

表-8 九州北部流域の既往観測最大比流量

	水系河川名	対象地点名	(km ²) 集水面積	観測機関	(m ³ /S/km ²) 比流量	生起年月日	流量の推定法	県名
1 ■	矢部川	日向神ダム	84.3	福岡県	11.2	S28. 6. 25	実測	福岡県
2 ■	筑後川	下釜ダム	185.0	建設省	9.2	S28. 6. 26	実測	大分県
3 ■	筑後川	松原ダム	491.0	建設省	7.7	S28. 6. 26	流量比換算	大分県
4 ●	山田川	菟塚橋	9.3	九州農政局	21.7	S32. 7. 25		長崎県
5 ●	境川	昭栄橋	17.3	九州農政局	22.2	S32. 7. 25		長崎県
6 ●	神浦川	神浦ダム	16.5	長崎県	26.1	S32. 7. 26	痕跡	長崎県
7 △	嘉瀬川	川上頭首工	72.9	九州電力	20.6	S38. 6. 30	放流記録	佐賀県
8 ○	相浦川	小川内川合流点	52.4	長崎県	22.9	S42. 7. 9	水位より推定	長崎県
9 ○	日宇川	日宇駅裏	11.3	長崎県	34.5	S42. 7. 9	水位より推定	長崎県
10 ○	福江川	中野橋	26.7	長崎県	22.8	S42. 7. 9	水位より推定	長崎県
11 ○	小森川	鷹巣川合流点	27.0	長崎県	24.8	S42. 7. 9	水位より推定	長崎県
12 □	群川	萱瀬ダム	18.9	長崎県	23.9	S51. 9. 12	堰水位	長崎県
13 ▲	八郎川	八郎橋	24.2		25.6	S57. 7. 23	単位図より推定	長崎県

に近いということである。各降雨ごとに α , β を求め、平均値をとれば、

$$\text{諫早湾地域} \quad \overline{\alpha} = 0.0005, \quad \overline{\beta} = 1.0$$

$$\text{佐世保地域} \quad \overline{\alpha} = 0.0018, \quad \overline{\beta} = 0.78$$

4. 洪水比流量解析とその特性

2. (6)で述べた洪水比流量曲線を用い、(2-5)式の諸定数をDDおよびDA解析結果より同定すれば表-7のとおりである。

諫早湾地域の比流量曲線(1/100年)を図-10に、佐世保地域の比流量曲線(1/200年)を図-11にそれぞれ示す。諫早湾地域では1/100年確率面積雨量で求めた比流量は100km²を越える大流域ではクリーガー曲線値とほぼ一致するが、10~50km²の小流域では26~11%小さい値を与える。なお、図-10, 11に示した観測値は過去、九州北部に発生した大水害、特にS28年筑後川、S32年諫早水害、S42年佐世保水害を中心に観測、あるいは推定された値(表-8)である。諫早湾地域は北部九州では過去時間雨量、面積雨量ともに、特に大きい値が観測された地域である。この地域で求めた1/100年確率洪水比流量曲線は、北部九州で過去に発生した大水害の観測、推定値をすべて包絡している。クリーガー曲線

$$q = 56A^{(A^{-0.05}-1)} \quad \dots\dots (2-7)$$

は、小流域10~50km²でさらに11~26%大きい値を与える。つまり、“100年に一度発生すると予想される洪水量の20%増の値”とも推定される。

佐世保地域では過去S42. 7に短時間の面積雨量としては異常な値が観測されている。しかし、2位以下の降雨はいずれも諫早湾地域に比較して小さい。1/100年確率面積雨量より求めた洪水比流量曲線が過去の観測値(9○, 日宇川, 11.3km², 34.5m³/s・km²)を包絡しないので、降雨確率を1/200年に拡張して比流量曲線を作った。なお、佐世保地域の1/200年確率雨量は諫早湾地域の1/100年確率値より、やや小さい値となっている。なお、図-10, 11にKADOYA 1, KADOYA 3と示した曲線は、角屋教授¹⁾が示した比流量曲線で地域係数を次のように与えた時の値である。

$$q = 49A^{-0.06} \exp(-0.04A^{0.45}) \quad \dots\dots (\text{KADOYA 1})$$

$$q = 40A^{-0.06} \exp(-0.04A^{0.45})$$

..... (KADOYA 3)

5. 考 察

確率面積降雨から諫早湾地域、佐世保地域の洪水比流量曲線を求め、図-10, 11に示した。面積の下限を10km²に止めた。その理由は、極端な小面積1 km²の流域を考えれば、比流量曲線は式の形からみて定数Kの値に収束する。KADOYA 1では49m³/s・km²に、クリーガー、諫早湾地域では56m³/s・km²になる。しかし、若干問題点があると考え、その理由は、小流域ではP/P₀=1、つまり、

点雨量も面積雨量もほぼ等しい。よって、洪水濁水比流量の特性は主としてDD特性、 $r_t = a/t^c$ の定数aとcに支配される。図-12は諫早湾地域における降雨の時間—強度特性を実線で、最小2乗法でa、cを同定した計算値を破線でそれぞれ示した。1時間降雨強度では破線が実線をかかなり上まわっている。このことは、洪水比流量曲線が小流域で大きい値を与えるかも知れないことを暗示している。1時間雨量と60分雨量では30mm程度の差異が観測されている。このことを考慮してもなお、破線は実線を上まわる。合理式で考える洪水比流量は洪水到達時間内の平均面積降雨強度であるから、

P/P₀≈1と仮定して、

$$t_p = 290A^{0.22} r_e^{-0.35} / 60$$

と諫早湾地域の1/100年確率DD特性

$$r_e = a / t_p^c$$

および実際の時間強度特性より、図解法で各流域面積に対する比流量 $q = r_e / 3.6$ を求めると図-13のとおりである。直線と点線との交点が洪水比流量曲線の示す値を、曲線と点線との交点が小流域で予測される比流量値を示すことになろう。

A=1km²について直線との交点は $r=200$ mm/hr、 $q=200/3.6 \approx 56$ で確かにK=56と一致する。一方、曲線との交点から求めると、 $r=148$ 、 $q=148/3.6=41$ 、つまり、73%位の値が得られる。

佐世保地域の1/200年確率DD特性

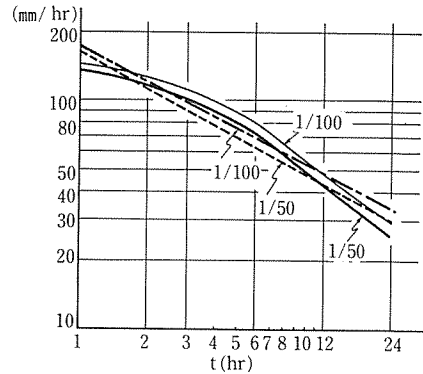


図-12 諫早湾地域のDD特性

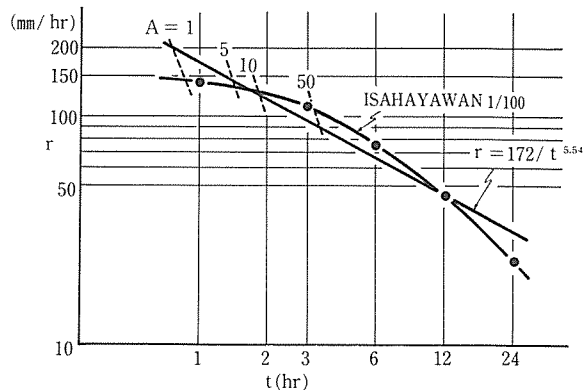


図-13 図解法による小流域の比流量 (諫早湾地域)

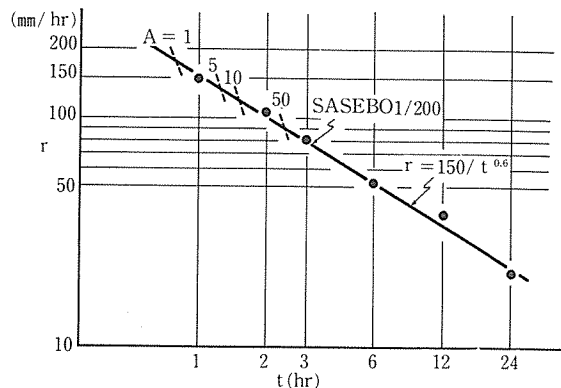


図-14 図解法による小流域の比流量 (佐世保地域)

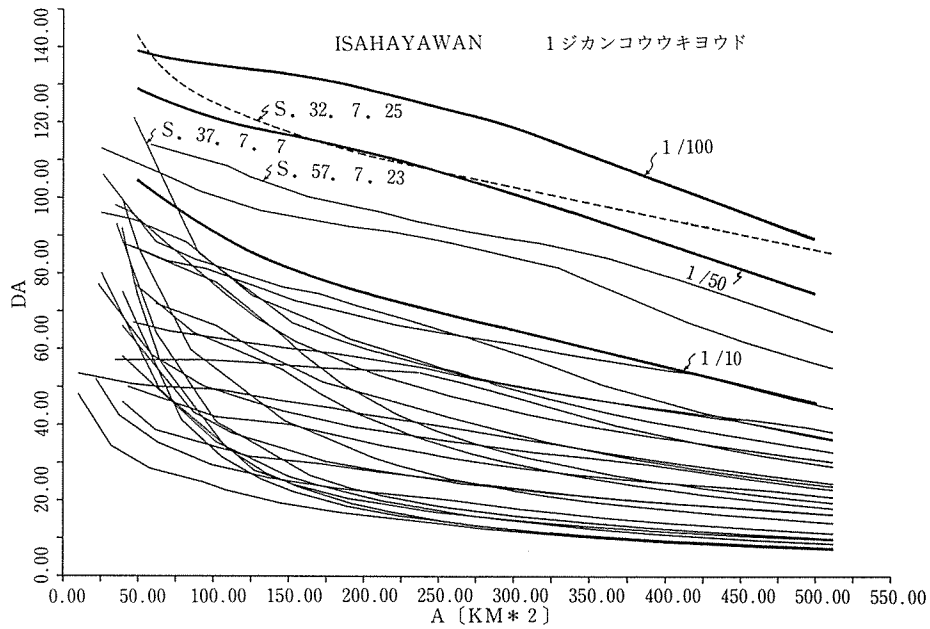


図-8-1 諫早湾地域の面積降雨強度（1時間降雨強度）

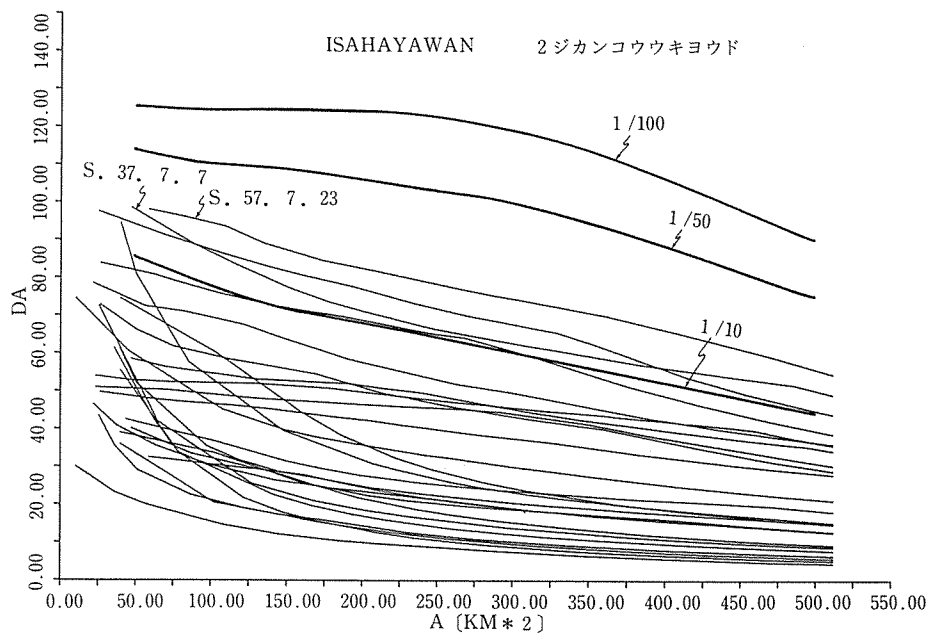


図-8-2 諫早湾地域の面積降雨強度（2時間降雨強度）

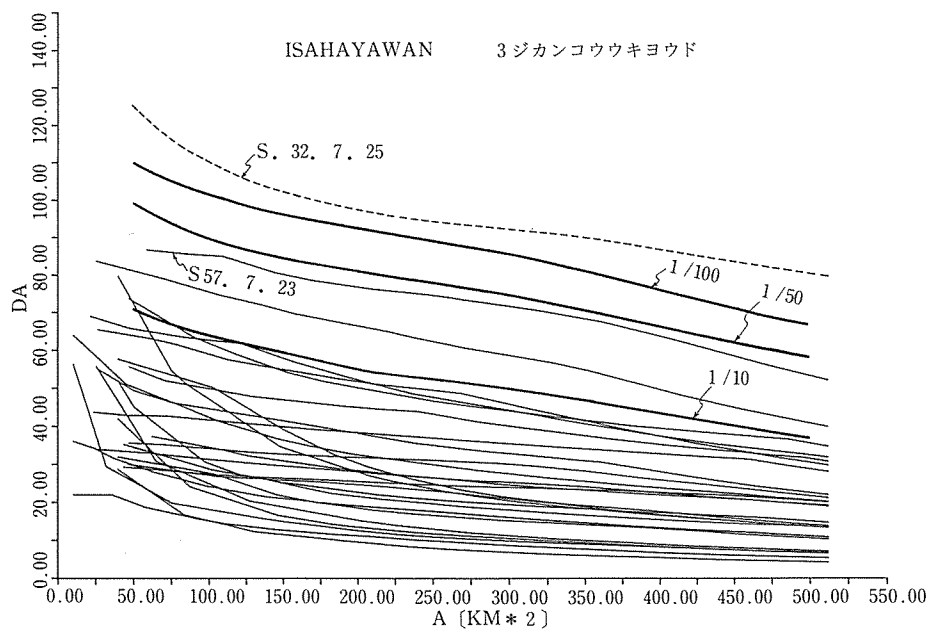


図-8-3 諫早湾地域の面積降雨強度 (3 時間降雨強度)

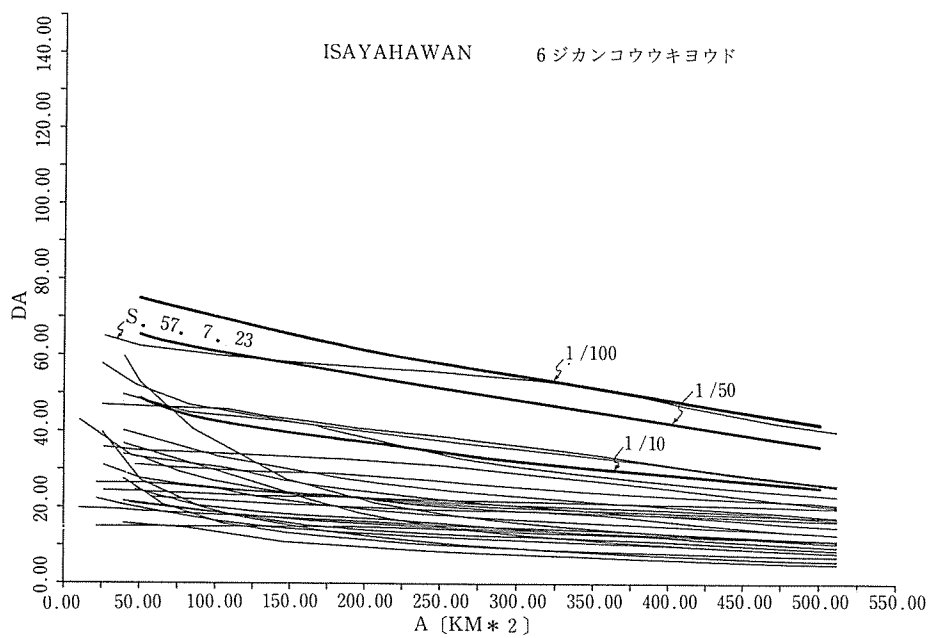


図-8-4 諫早湾地域の面積降雨強度 (6 時間降雨強度)

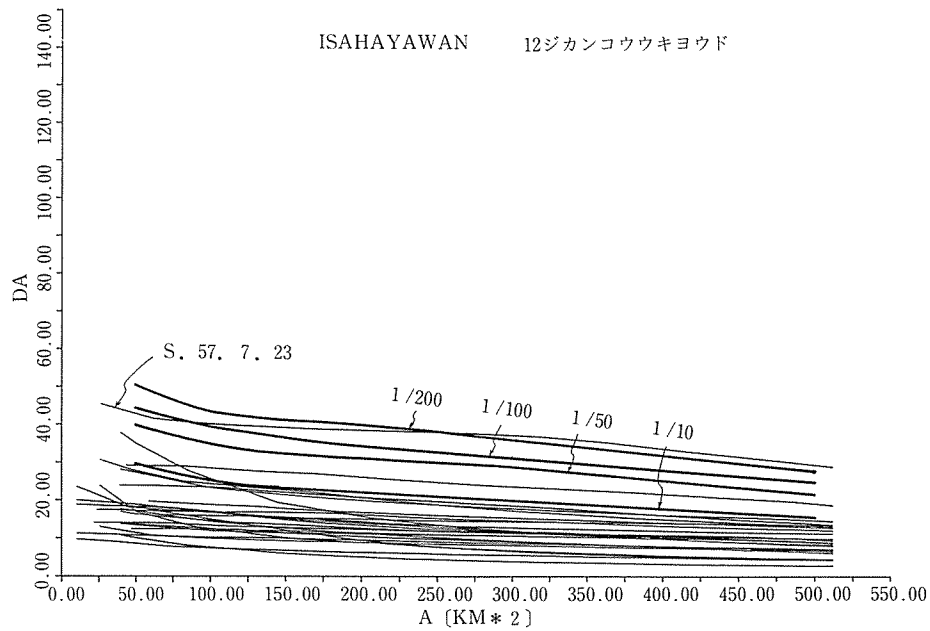


図-8-5 諫早湾地域の面積降雨強度 (12時間降雨強度)

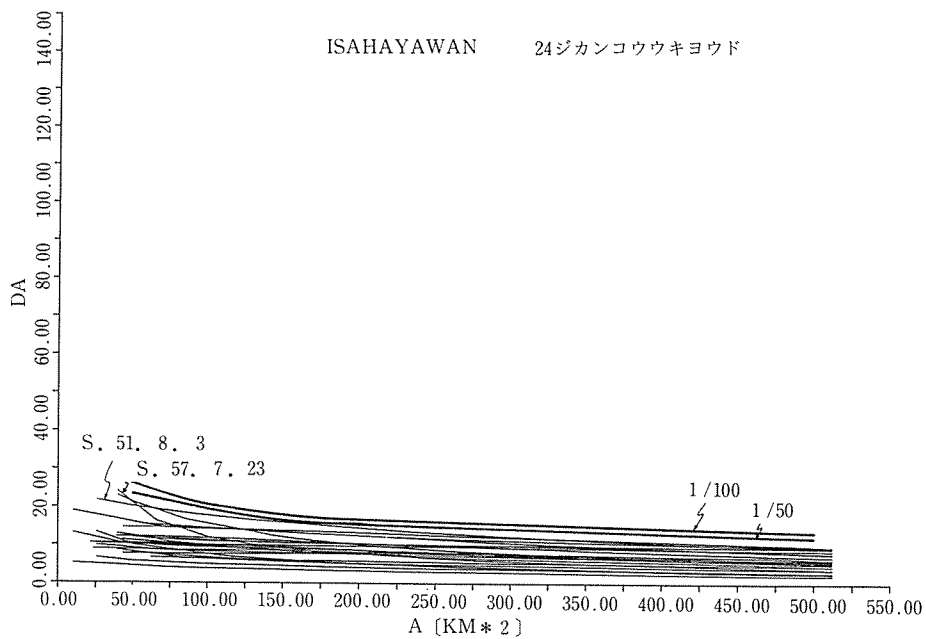


図-8-6 諫早湾地域の面積降雨強度 (24時間降雨強度)

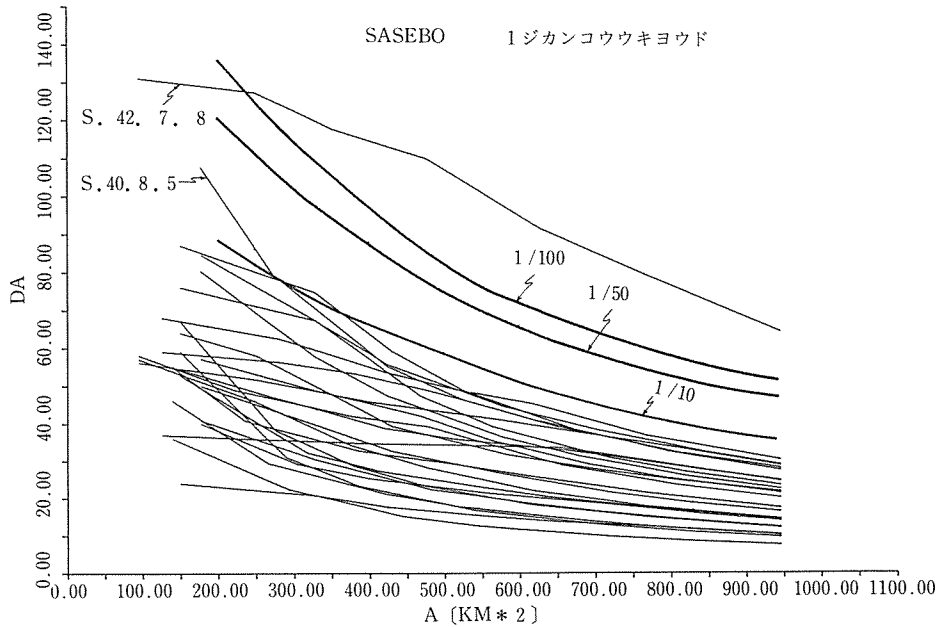


図-9-1 佐世保地域の面積降雨強度 (1時間降雨強度)

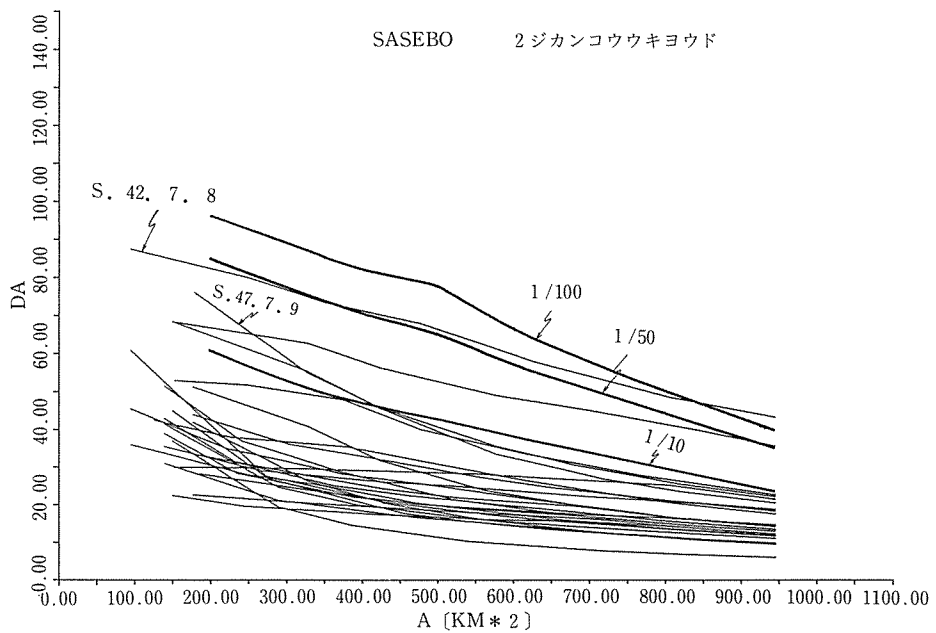


図-9-2 佐世保地域の面積降雨強度 (2時間降雨強度)

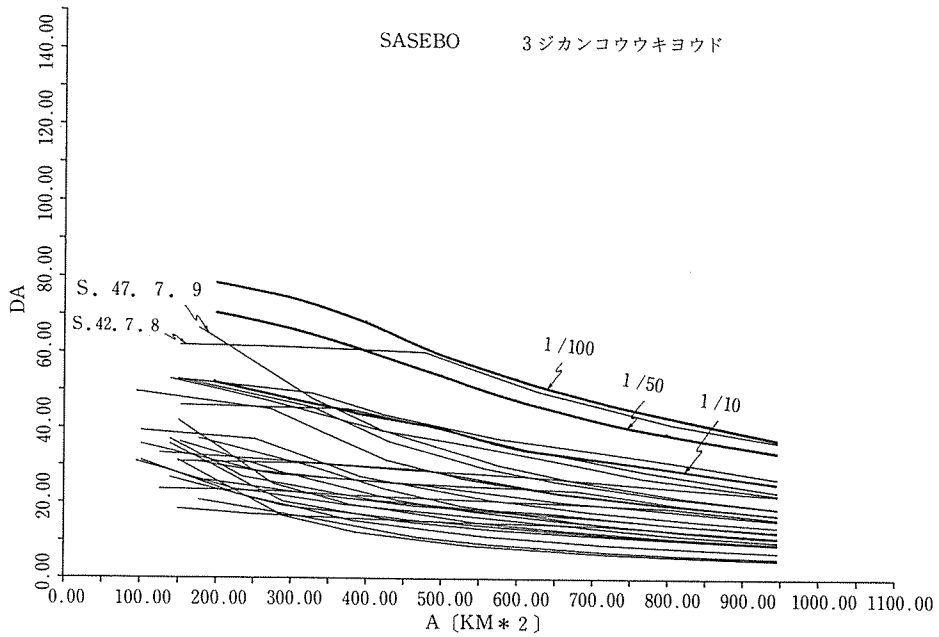


図-9-3 佐世保地域の面積降雨強度（3時間降雨強度）

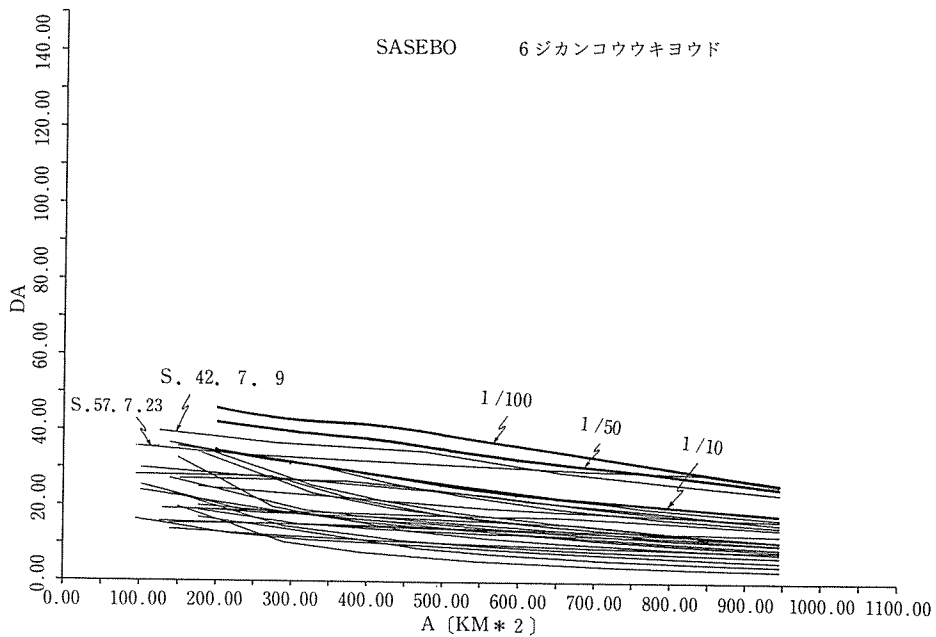


図-9-4 佐世保地域の面積降雨強度（6時間降雨強度）

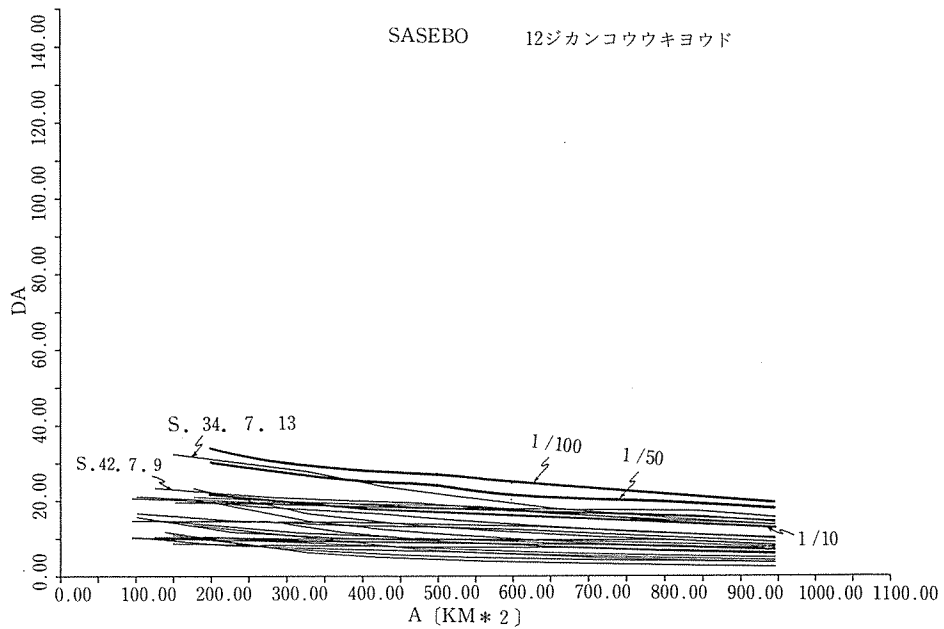


図-9-5 佐世保地域の面積降雨強度 (12時間降雨強度)

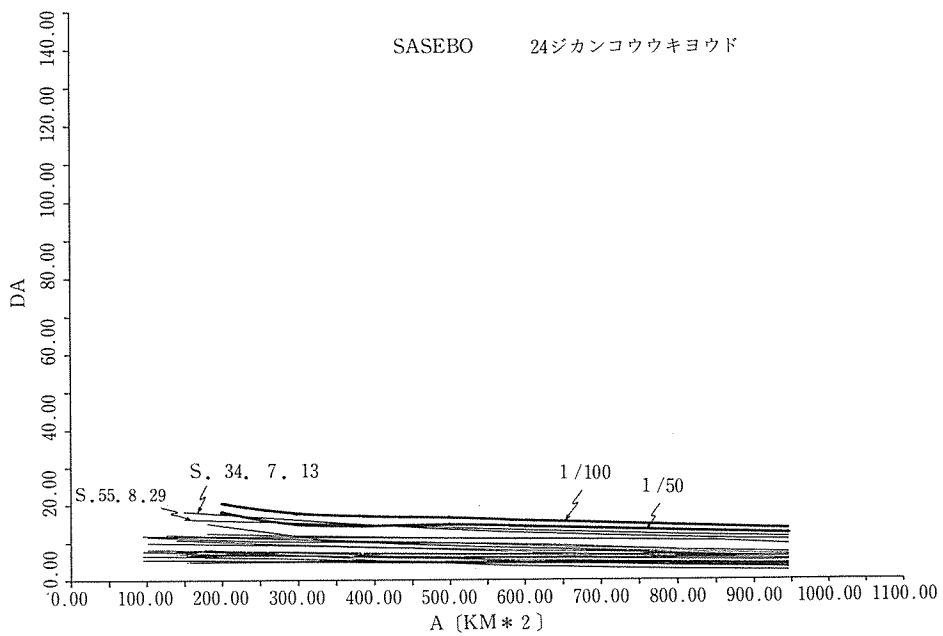


図-9-6 佐世保地域の面積降雨強度 (24時間降雨強度)

についても同様な検討を行ってみた。図-14に示すごとく、 $r_e = a / t^c$ の同定がうまくいった例であり、かなり小面積まで洪水比流量曲線が妥当な値を示すものと推定される。しかし、さらに短時間10～30分の降雨強度が直線上に乗る保障はない。いずれにしても、極端な小面積では $P / P_0 \approx 1$ であるから点雨量のDD値と洪水到達時間より合理式で求めるのが妥当であろう。

以上、確率面積雨量を求め、それから合理的な洪水比流量曲線を求めた結果、ティーセン分割面積の範囲内では過去の洪水比流量を包絡する妥当な値が得られた。

謝 辞

本研究は文部省科学研究費（総合研究）の援助による研究成果の一部であり、京都大学角屋睦教授始め洪水濁水比流量研究グループの諸氏から終始熱心な御指導をいただいた。さらに、九州農政局諫早湾地域調査事務所から多くの貴重な資料の提供を受け、解析に際しては佐賀大学電子計算機センターを長時間利用させていただいた。記して心から感謝の意を表する次第である。

摘 要

この論文は九州北部地域における確率面積雨量および洪水比流量について行った一連の研究である。この地域では年最大降雨強度は梅雨末期頃発生する。また、既往最大値は諫早湾流域で観測されている。同流域の各観測所における25年間の時間雨量データを用いて確率面積降雨強度を解析し、次の結果を得た。比較的短時間（1～3時間）および長時間（6～24時間）の観測最大面積降雨強度はそれぞれ1/50年確率値および1/100年確率値程度である。この流域における1/100年確率面積雨量およびそのDD、DA特性からDAD解析を行い、洪水比流量曲線を求めた。この曲線は九州北部地域における既往洪水の観測最大比流量をすべて包絡した。また、クリーガー曲線と比較すると、大流域（50km²以上）では、ほぼ一致するが、小流域（10～50km²）では11～26%小さい値を示した。提案した比流量曲線は面積雨量の地域特性をよく表現しており、この曲線を用いてより適切な設計洪水流量が算定できると考える。

参 考 文 献

- 1) 研究代表者・角屋睦（1979）ダム、頭首工の安全設計資料としての洪水比流量に関する研究、文部省試験研究費報告
- 2) 坂上務（1969）昭和42年7月豪雨による災害の総合的実態的研究、文部省自然災害特定研究費、災害科学九州地区班研究報告
- 3) 戸原義男、瀬口昌洋（1979）九州北部流域の洪水比流量に関する研究、佐大農彙報47：31～52
- 4) 戸原義男、加藤治、長裕幸（1981）西九州の中小河川における洪水極値の研究、佐大農彙報51：11～28