

名護の降雨傾向

株式会社 沖橋エンジニアリング

2011(平成23)年4月4日改訂

1. はじめに

名護市は沖縄本島北部12市町村で唯一の市であり、北部の中心都市として位置付けられています。気象変動は都市活動に少なからず影響を与えるもので、名護のアメダスによる気象観測は1977(昭和52)年から行われています(北緯26度35.6分、東経127度57.9分、標高6.1m)。

本書は、名護の降雨傾向を把握するために過去の集中豪雨(時間雨量40mm以上、3時間雨量70mm以上)を抽出し、発生数・発生パターン・月別年別発生頻度・ピーク時間雨量・継続時間などを整理しました。さらに那覇及び名護周辺観測所との同時に観測した日にちを整理しました。その結果、以下のような状況を把握しました。詳細は次頁以降に添付します。

- - 名護の集中豪雨の特徴 - -

集中豪雨の発生件数は沖縄本島では最も少ない55回でした(金武と同じ回数)。

集中豪雨は4月から10月に多く発生し、8月が最も多い10回を記録しています。近年10年では、6月から10月に18回(全体で24回)を記録しています。

雨が降り出して止むまでの間(以下'1降雨'と称す)の総雨量が300mmを越えた雨は、4回発生しています。このうち3回は平成10年以降に発生しています。

1降雨のピークが2回発生している雨が有ります。那覇には6降雨有りましたが、名護にも2降雨有ります。

降雨継続時間の長い雨は、ピーク時間雨量は大きくなりませんが総雨量が多くなります。

一方、ピーク時間雨量の大きい雨は、継続時間が短い雨が多いようです。これは、沖縄県全体にも言える傾向です。

要注意降雨(時間雨量60mm以上、総雨量200mm以上)は、那覇の8降雨に対し、名護にも2降雨有りました(沖縄本島全体(周辺離島を含む)では32降雨有りました)。

集中豪雨のピークは雨の降り出しからすると中盤から後半にあります(平均で後方6割)。那覇と名護が同時に集中豪雨となれば、総雨量が多くなります(総雨量が100mmに達しなかったのは1回だけで、9回は総雨量が200mmを越えるような大雨となっています(那覇)。名護も総雨量の上位10降雨のうち6降雨が、この状況で発生しています。これより「那覇と名護が集中豪雨になると被害が発生するような大雨となる」と言えます。

2. 雨量資料

2-1. 集中豪雨(大雨)の判定

雨量資料として沖縄気象台名護観測所のデータを用いました。日々の時間雨量が整理されているのは1977年(昭和52年)からであるので、雨量資料の取扱いも1977年からにしました。よって、資料の年数は34年間(1977~2010)となります。

集中豪雨は、「時間雨量が多い」ということが常識です。その判断基準として(大雨注意報が発令された降雨と判断して)、次のような降雨資料を収集しました。

時間雨量 40 mm以上

3時間連続雨量 70 mm以上

上記の判断基準で雨量を整理して表-1に添付し、過去の降雨状況を把握しました(名護の資料総数は55個になりました)。なお、1降雨の総量は、時間雨量0.0mmから0.0mmになるまでの合計雨量としました。また、降雨継続時間は、有効な雨の継続時間として時間雨量5.0mm以上の継続時間としました。ただし、5.0mm以下が1時間の場合は継続していると判断しました。

表一1(1) 集 中 豪 雨 (名 確) その1

No	生起年	No	月	日	時																								計	大雨判定 時間3時間 以上	ピーク時 間雨量	継続 時間	降 雨 パターン
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
1	1978	S.53							0.0	1.0	2.0	1.0	1.0	3.0	4.0	3.0	6.0	11.0	21.0	43.0	32.0	5.0	0.0				135.0	○	43.0	6	1		
2	1978	S.53							0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	4.0	3.0	8.0	4.0	10.0	58.0	24.0	16.0	19.0	15.0	6.0	1.0	0.0	172.0	○	56.0	9	1		
3	1979	S.54															0.0	43.0	12.0	0.0	6.0	2.0	0.0				63.0	○	43.0	4	2		
4	1980	S.55																									77.0	○	37.0	3	2		
5	1982	S.57																									232.0	○	37.0	17	1		
6	1983	S.58																									172.0	○	47.0	4	2		
7																											133.0	○	40.0	11	1		
8	1984	S.59																										362.0	○	47.0	14	1	
9																											109.0	○	30.0	5	2		
10																											73.0	○	40.0	2	2		
11	1985	S.60																									43.0	○	43.0	1	2		
12																											128.0	○	66.0	4	2		
13																											132.0	○	32.0	8	1		
14	1987	S.62																									76.0	○	53.0	3	2		
15	1988	S.63																									168.0	○	42.0	8	1		
16																											122.0	○	36.0	7	1		
17	1989	H.1																									119.5	○	44.5	6	1		
18																											107.5	○	43.0	3	2		
19	1990	H.2																									65.0	○	40.5	2	2		
20	1991	H.3																									60.5	○	43.5	2	2		
21	1995	H.7																									154.5	○	41.5	10	1		
22																											80.3	○	45.5	4	2		
23																											65.0	○	52.5	2	2		
24	1997	H.9																									279.5	○	44.0	19	1		
25																											83.0	○	35.0	4	2		
26																											120.5	○	56.5	8	1		
27	1998	H.10																									289.0	○	65.0	8	3		
28																											82.5	○	58.0	3	2		
29	1999	H.11																									299.5	○	36.0	15	1		

降雨パターン...1:総継続降、2:短時間集中降、3:要注意降
大雨判定...時間雨量40mm以上、3時間総雨量70mm以上

2 - 2 . 降雨パターン

1) 降雨継続時間別降雨

表 - 1の降雨を降雨継続時間別に整理して、表 - 2 に添付します。降雨継続時間は、時間雨量 5 mm未満の雨が 2 時間連続した場合は、降雨が連続していないと判断しました。なお、1つの連続した降雨で 5 mm以上の連続した降雨が 2 つ以上ある場合は、ピーク時間雨量の大きい方の継続時間を採用しました。

降雨継続時間 3、4 時間が最も多くなっています（ともに 7 降雨）。

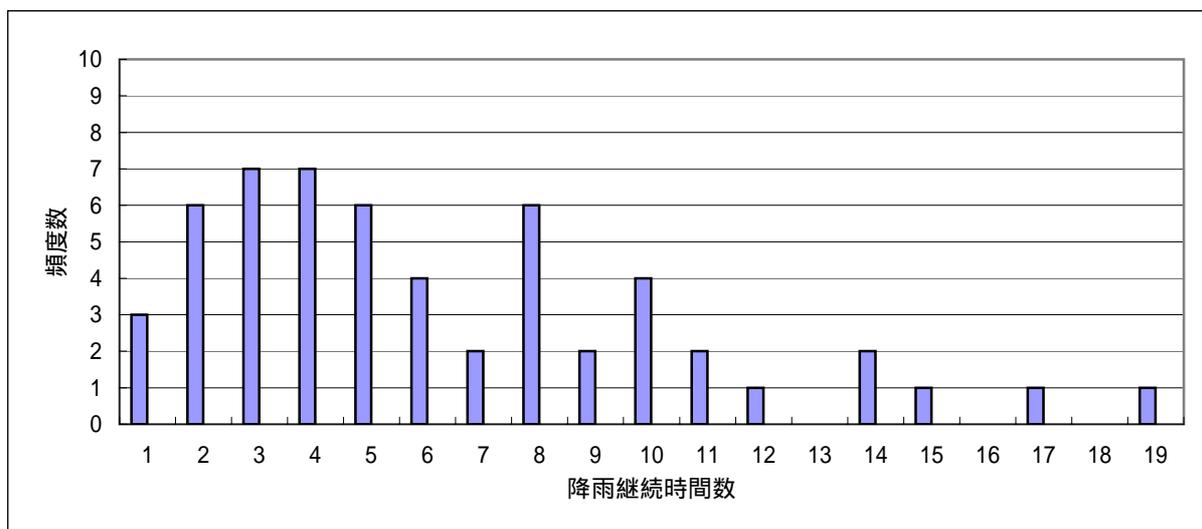
5 時間までに全体の半分以上(29降雨)が含まれます。また、10時間までに47降雨が含まれます。

11時間を超えた雨は、No. 7 (135mm)・No. 54(140mm)以外はすべて総雨量150mm以上の雨となります（表 - 1、表 - 8 参照）。

表 - 2 . 降雨継続時間別分布表

降雨継続時間	降 雨 番 号	(表 - 1 の番号)	個数	計
1	11、39、52		3	29
2	10、19、20、23、37、44		6	
3	4、14、18、28、34、42、45		7	
4	3、6、12、22、25、35、46		7	
5	9、36、38、50、53、55		6	
6	1、17、48、49		4	26
7	16、47		2	
8	13、15、26、27、32、43		6	
9	2、30		2	
10	21、31、33、51		4	
11	7、54		2	
12	41		1	
14	8、40		2	
15	29		1	
17	5		1	
19	24		1	
計			55	55

赤字Noは、要注意降雨(時間雨量60mm以上かつ総雨量200mm以上)



2) 時間雨量の大きい雨の継続時間

時間雨量が大きい雨が長く続いた場合に洪水被害が発生します。ここでは、時間雨量の大きい雨(ピーク時間雨量50mm程度以上)で、総雨量も大きい雨(総雨量150mm程度以上)の降雨継続時間と累計雨量状況を把握して見ました。結果を表-3に添付します。

総雨量の約八割(75.3%)が、5時間以内に降っています(No. 8、31、40は例外)。

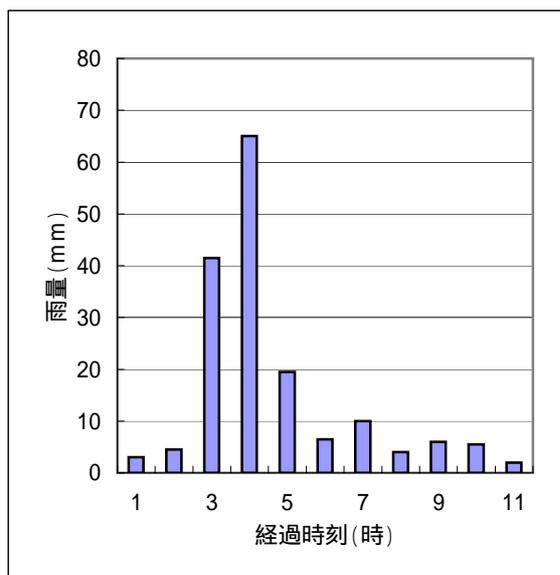
総雨量の約半分(52.7%)は、2時間以内で降っています。

これより名護の降雨は、1日の降雨量のほとんどが5時間以内に降っていることが解ります。逆に言えば時間雨量の大きい雨(強い雨)が数時間(2~5時間)続くこととなりますので、注意が必要となります(例外も有ります)。

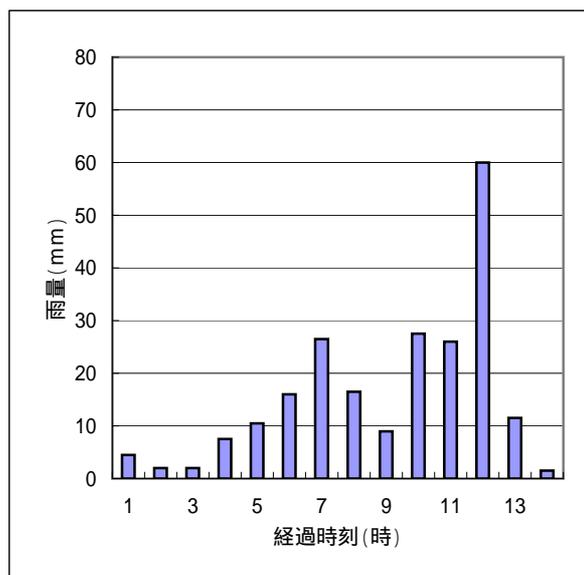
表-3.連続雨量の大きい降雨

No	生起年	月	日	1時間雨量	2時間連続雨量	3時間連続雨量	4時間連続雨量	5時間連続雨量	総雨量	5時間以内の%	降雨継続時間	
2	1978	S.53	8	15	58.0	82.0	98.0	117.0	132.0	160.0	82.5	9
6	1983	S.58	8	26	47.0	73.0	97.0	102.0	106.0	106.0	100.0	4
8	1984	S.59	8	19	47.0	79.0	102.0	114.0	137.0	253.0	54.2	14
26	1998	H.10	7	16	56.5	81.0	96.5	101.5	102.0	102.0	100.0	4
27	1998	H.10	10	4	65.0	106.5	126.0	132.5	142.5	158.0	90.2	8
31	2000	H.12	11	9	55.0	69.5	76.0	86.0	94.5	155.5	60.8	10
38	2004	H.16	7	4	59.5	85.5	90.5	93.5	102.0	102.0	100.0	5
40	2004	H.16	9	5	48.5	59.5	69.0	75.0	81.0	166.5	48.6	14
50	2007	H.19	7	13	46.0	84.5	99.5	108.0	116.0	116.0	100.0	5
51	2007	H.19	8	11	60.0	86.0	113.5	122.5	139.0	211.0	65.9	9
55	2010	H.22	7	1	51.0	69.0	104.5	122.0	135.5	135.5	100.0	5
平均					54.3	80.7	96.8	105.2	115.2	153.0	75.3	8.2
総雨量に対する%					35.5	52.7	63.3	68.8	75.3			

赤字Noは、要注意降雨(時間雨量60mm以上かつ総雨量200mm以上)



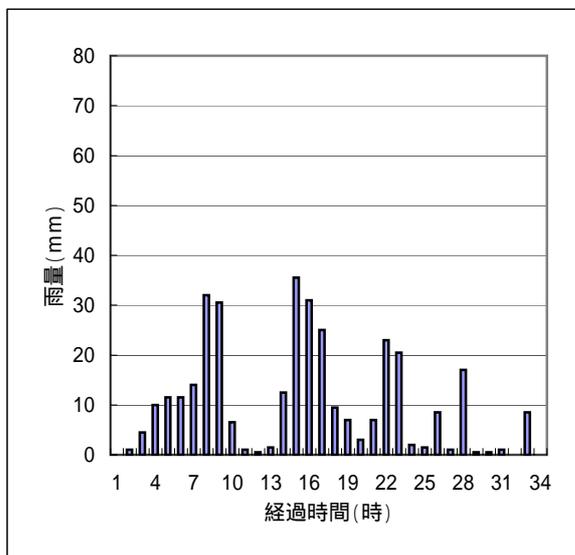
(1998年10月降雨)



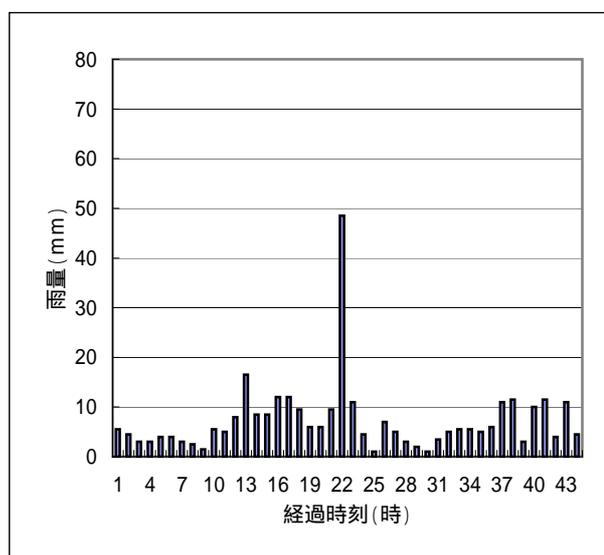
(2007年8月降雨)

3) 降雨継続

表 - 2 より 6 時間を越える降雨が 26 降雨あります。継続時間が長いことより、この降雨を「継続降雨」と称することにしました(図 - 1 参照)。この雨はピーク時間雨量は 40mm 程度ですが、降雨総雨量が多くなるのが特徴です。



(2002年9月降雨)

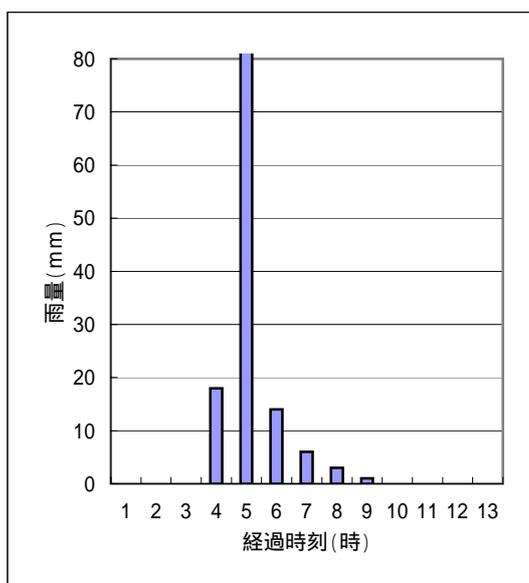


(2004年9月降雨)

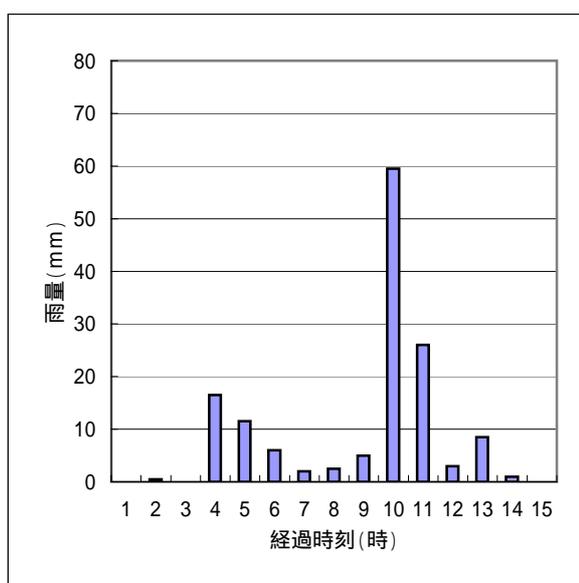
図 - 1 . 継続降雨

4) 短時間集中降雨

表 - 2 より 5 時間以内の降雨が 29 降雨あります。継続時間が短いことより、この降雨を「短時間集中降雨」と称することにしました(図 - 2 参照)。この雨は継続時間は短いですが、ピーク時間雨量が大きい降雨が多くなります。



(1985年8月降雨)



(2004年7月降雨)

図 - 2 . 短時間集中降雨

5) 要注意降雨

雨には前述の継続降雨と短時間集中降雨の両方の特徴を持ち合わせる降雨があります。雨の降り方としては最も危険な降雨になります。本島南部では那覇に集中(8降雨)しています。本島北部では本部の4降雨が最も多くなっており、名護にも2降雨あります。

(表 - 4、図 - 3 参照)

要注意降雨の定義

ピーク時間雨量60mm以上、総雨量200mm以上。

表 - 4. 沖縄本島の要注意降雨発生状況一覧表

No.	観測所	発生年	月	日	ピーク時間雨量 (mm)	総雨量 (mm)	降雨継続時間 (時間)
1	伊是名	1985 S.60	2	25	79.0	247.0 (252.0)	8 (15)
2		1998 H.10	7	16	90.0	220.0 (220.0)	9 (11)
3	奥	2000 H.12	7	28	72.0	354.0 (583.0)	12 (12)
4		2000 H.12	11	9	60.0	249.0 (252.0)	13 (17)
5		2007 H.19	11	8	60.0	141.0 (200.0)	3 (13)
6	国頭	1980 S.55	9	24	139.0	309.0 (311.0)	5 (7)
7		1985 S.60	8	13	66.0	407.0 (409.0)	19 (22)
8		1995 H.7	6	29	77.0	298.0 (314.0)	10 (15)
9	本部	1995 H.7	6	29	71.0	238.0 (239.0)	8 (11)
10		1999 H.11	8	1	60.0	141.0 (285.0)	4 (34)
11		2005 H.17	6	16	60.0	92.0 (208.0)	3 (35)
12		2007 H.19	7	13	63.0	226.0 (261.0)	11 (26)
13	名護	1998 H.10	10	4	65.0	226.0 (289.0)	11 (45)
14		2007 H.19	8	10	60.0	152.5 (318.0)	8 (47)
15	金武	1985 S.60	8	13	75.0	225.0 (238.0)	11 (18)
16		2000 H.12	11	9	70.0	206.0 (209.0)	14 (18)
17		2006 H.18	8	6	66.0	206.0 (226.0)	8 (20)
18	胡屋	1985 S.60	8	13	86.0	193.0 (202.0)	11 (20)
19		2001 H.13	9	7	101.0	287.0 (413.0)	11 (38)
20	那覇	1985 S.60	8	13	98.0	209.0 (218.0)	9 (14)
21		1992 H.4	10	11	87.0	200.5 (206.0)	4 (9)
22		1998 H.10	7	17	74.0	236.0 (236.5)	6 (9)
23		1998 H.10	10	4	73.5	160.0 (398.5)	9 (43)
24		1999 H.11	9	22	74.0	466.5 (514.0)	20 (37)
24		2000 H.12	11	9	71.5	172.5 (210.5)	8 (19)
25		2005 H.17	6	16	64.5	192.0 (403.5)	10 (49)
26		2007 H.19	8	10	75.0	467.5 (496.5)	30 (54)
27	系数	1999 H.11	9	22	74.0	323.0 (380.5)	14 (30)
28		2007 H.19	9	9	84.0	199.0 (212.0)	10 (17)
29		2007 H.19	12	21	78.0	222.0 (233.0)	7 (13)
30	渡嘉敷	1997 H.9	8	6	83.0	502.0 (514.0)	21 (31)
31		2000 H.12	11	9	62.0	216.0 (221.0)	13 (17)
32	久米島	1998 H.10	10	4	95.0	333.5 (345.0)	11 (19)

赤字は、他の観測所と同時に発生した日にちです。

()内数値は、0.0mmから0.0mmまでの数値。

* 系数は、欠測を那覇のデータとした場合ものです。

全32降雨のうち那覇に8降雨(25%)が集中しています。次に多いのは本部の4降雨です。要注意降雨は平成10年以降に集中しています(全体の23降雨(63%))。

同時に発生したのは7降雨(1985年8月、1995年6月、1998年8月、1998年10月、2000年11月、2005年6月、2007年8月)だけです。1箇所に集中する方が多いと言えます。

降雨継続時間は、24時間以内が殆んどです。

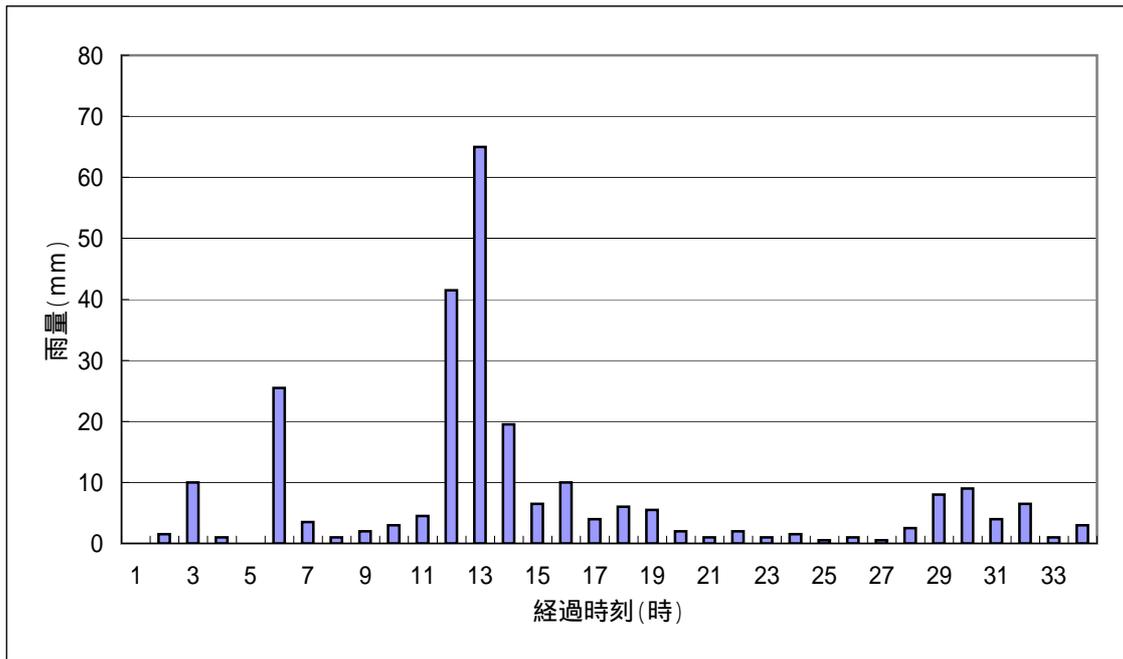


圖 - 3 (1) 要注意降雨(1998年10月降雨)

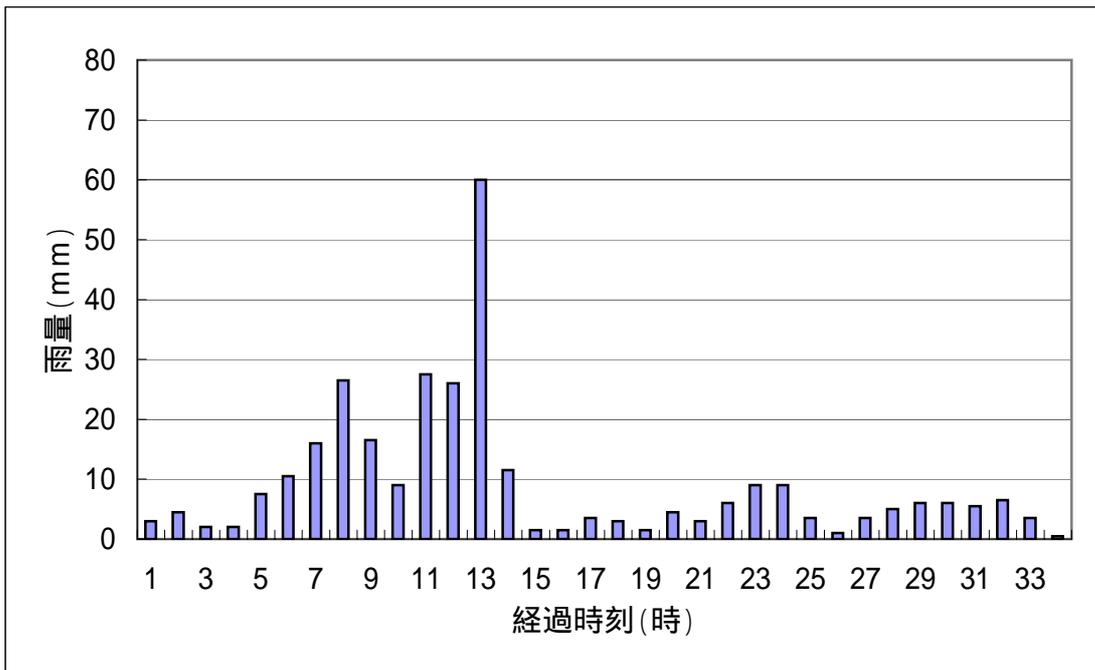


圖 - 3 (2) 要注意降雨(2007年8月降雨)

6) 2山降雨

沖縄の集中豪雨の特徴として「2山降雨」があります。これは、集中豪雨と判定した雨(時間雨量40mm以上ないしは3時間雨量70mm)があった後に、再度集中豪雨が発生する降雨パターンのことです。いわゆるピークが2回発生する降雨パターンのことです。これは、沖縄本島全体では20降雨あり、那覇が特に多く発生しています(那覇6降雨、渡嘉敷3降雨、名護・久米島に各2降雨、奥・国頭・本部・東・読谷・糸数に各1降雨)。

このパターンの降雨は、総雨量が大きく、継続時間が長いことが特徴ですので、このような降雨にも注意が必要となります(表 - 5、図 - 4 参照)。

表 - 5. 2山降雨一覧表

No	観測所	生起年	月	日	総雨量	ピーク時間雨量	降雨時刻		継続時間	ピーク時刻	始りからの時刻	ピーク到達割合	
							始り	終り					
1	伊是名	1987	S.62	6	18	157.0	44.0	11	26	16	14	4	0.25
							41.0				22	12	0.75
2	奥	2000	H.12	7	28	583.0	40.0	6	59	54	32	27	0.50
							72.0				49	44	0.81
3	国頭	1982	S.57	9	23	320.0	27.0	6	31	26	14	9	0.35
							48.0				24	19	0.73
4	本部	2002	H.14	9	4	373.5	32.0	13	46	34	21	9	0.26
							47.0				27	15	0.44
5	名護	1988	S.63	5	1	168.0	42.0	11	27	17	13	3	0.18
							41.0				25	15	0.88
6	名護	2002	H.14	9	4	339.0	32.0	13	46	34	20	8	0.24
							35.5				27	15	0.44
7	東	1998	H.10	7	16	179.0	47.0	14	23	10	15	2	0.20
							40.0				20	7	0.70
8	読谷	2002	H.14	9	4	342.0	41.0	14	51	38	21	8	0.21
							47.0				47	34	0.89
9	那覇	1982	S.57	9	22	284.0	53.0	19	53	35	35	17	0.49
							43.0				42	24	0.69
10	那覇	1998	H.10	7	16	236.5	57.5	22	28	7	23	2	0.29
							66.5				26	5	0.71
11	那覇	1998	H.10	10	4	398.5	46.0	9	49	41	22	14	0.34
							73.5				33	25	0.61
12	那覇	2002	H.14	9	4	382.0	53.5	15	48	34	21	7	0.21
							47.5				31	17	0.50
13	那覇	2007	H.19	8	10	496.5	75.0	7	58	52	35	29	0.56
							53.5				44	38	0.73
14	那覇	2009	H.21	6	14	185.5	41.0	21	34	14	23	3	0.21
							52.0				28	8	0.57
15	糸数	2007	H.19	8	10	430.0	28.0	15	59	45	31	17	0.38
							53.5				44	30	0.67
16	渡嘉敷	1998	H.10	10	4	512.0	47.0	10	49	40	21	12	0.30
							58.0				30	21	0.53
17	渡嘉敷	2001	H.13	9	11	441.0	41.0	7	60	54	22	16	0.30
							43.0				52	46	0.85
18	渡嘉敷	2007	H.19	8	10	374.0	37.0	10	57	48	29	20	0.42
							37.0				45	36	0.75
19	久米島	1998	H.10	10	4	345.0	95.0	20	38	19	28	9	0.47
							35.0				35	16	0.84
20	久米島	2007	H.19	8	10	300.0	39.5	7	58	52	25	19	0.37
							40.0				48	42	0.81

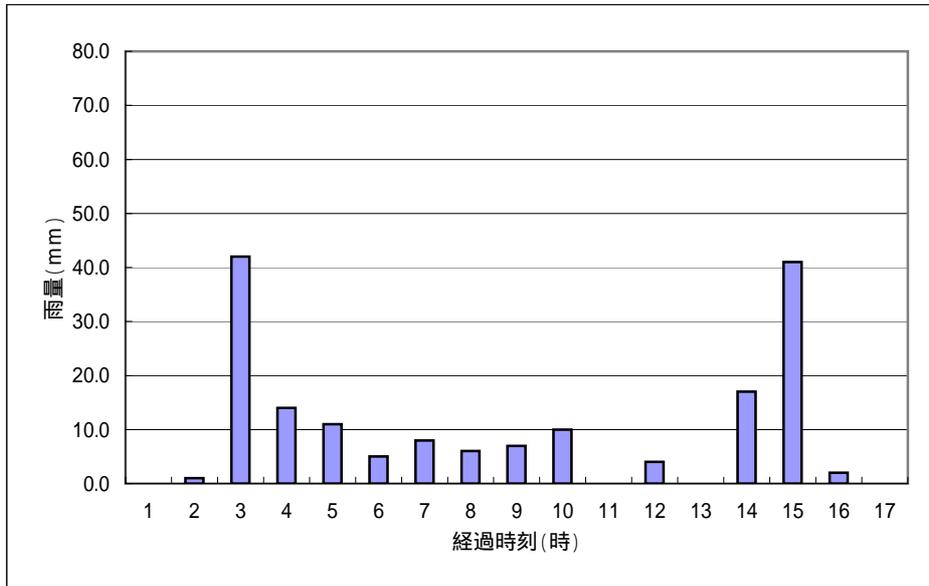


圖 - 4 (1) 2山降雨(1988年5月降雨)

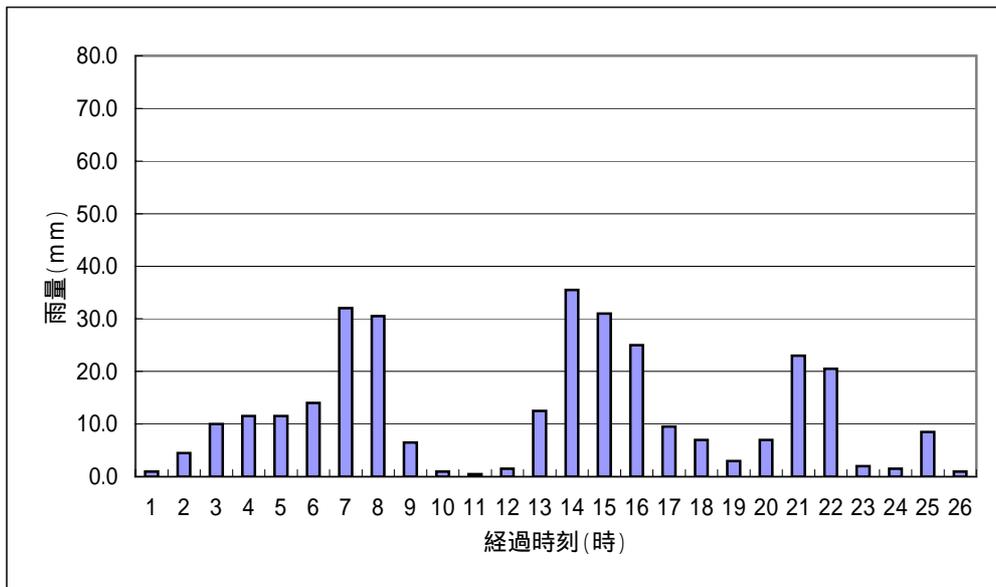


圖 - 4 (2) 2山降雨(2002年9月降雨)

2 - 3 . 発生頻度

1) 年間発生状況

表 - 1 を発生年月別に整理したものを、表 - 6 に添付します。

大雨の発生は、多くても年 6 回(平成16年)です。また、月 2 回発生したのは 5 ヶ月有りますが、殆どが月 1 回です。

近年34年間の平均発生回数は年1.62回であるのに対し、近年10年間では年2.40回となり発生頻度が高くなっています。また、近年は、変動が大きくなっています(年 0 ~ 6 回)。

平成 2 年までは 5 月から 8 月に集中していますが、平成 7 年以降は 6 月から 9 月に集中しています。

8 月(10回)の発生回数が最も多くなっていますが、近年は 7 月(5 回)が多くなっています。また、 6 月・ 9 月(各 4 回)も多くなっています。

表-6. 集中豪雨発生回数

年数	生 起 年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
1	1977 S.52													0
2	1978 S.53					1			1					2
3	1979 S.54								1					1
4	1980 S.55											1		1
5	1981 S.56													0
6	1982 S.57									1				1
7	1983 S.58								1					1
8	1984 S.59				1				1					2
9	1985 S.60		1			1		1	2					5
10	1986 S.61													0
11	1987 S.62						1							1
12	1988 S.63					1	1							2
13	1989 H.1					1								1
14	1990 H.2					2								2
15	1991 H.3				1									1
16	1992 H.4													0
17	1993 H.5													0
18	1994 H.6													0
19	1995 H.7			1					1					2
20	1996 H.8													0
21	1997 H.9					1			1					2
22	1998 H.10				1			1			1			3
23	1999 H.11							1		1				2
24	2000 H.12							1				1		2
25	2001 H.13													0
26	2002 H.14							1		2	1			4
27	2003 H.15													0
28	2004 H.16				1		1	2		1	1			6
29	2005 H.17													0
30	2006 H.18						1		1	1		1	1	5
31	2007 H.19			1			2	1	1					5
32	2008 H.20													0
33	2009 H.21				1						1			2
34	2010 H.22					1		1						2
	計	0	1	2	5	8	6	9	10	6	4	3	1	55
	月別発生率%	0.0	1.8	3.6	9.1	14.5	10.9	16.4	18.2	10.9	7.3	5.5	1.8	
	年別発回数	0	0.03	0.06	0.15	0.24	0.18	0.26	0.29	0.18	0.12	0.09	0.03	1.62
	発生頻度(年おき)	0	34	17	7	4	6	4	3	6	9	11	34	
	近年10年計	0	0	1	2	1	4	5	2	4	3	1	1	24
	月別発生率%	0.0	0.0	4.2	8.3	4.2	16.7	20.8	8.3	16.7	12.5	4.2	4.2	
	年別発回数	0.0	0	0.10	0.20	0.10	0.40	0.50	0.20	0.40	0.30	0.10	0.10	2.40
	発生頻度(年おき)	0	0	10	5	0	3	2	5	3	3	10	10	

2) . 月別発生状況

表 - 6 を月単位に整理したものが表 - 7 です。これより次の傾向が読み取れます。

集中豪雨の発生回数は34年間のうち55回（1年に1.62回）です。

集中豪雨の発生は8月が多い（10回）。

4月から9月までに多く、全体の80%（44回）が発生しています（夏場に多く発生）。

全体の61.8%（34回）は、総雨量が100mm以上となります（5～9月に25回発生）。

全体の16.4%（9回）は、総雨量が200mm以上となります（9月には4回発生）。

全体の7.3%（4回）は、総雨量が300mm以上となります（8月と9月に各2回発生）。

発生確率計算表 総月数 408 月

発生頻度	発生月数	確率 %
月1回以上	50	12.3
月2回以上	5	1.2
月3回以上	0	0.0

発生月で2回以上発生確率 月数 50 月

発生頻度	発生月数	確率 %
月2回以上	5	10.0
月3回以上	0	0.0

表 - 7 . 集中豪雨月別発生回数表

月	月別回数		発生割合 (%)	発生率 (総雨量別月別)								
				100mm以上		200mm以上		300mm以上				
				回数	(%)	回数	(%)	回数	(%)			
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1	-	1.8	1	-	100.0	-	-	-	-	-	-
3	2	(1)	3.6	2	(1)	100.0	-	-	-	-	-	-
4	5	(2)	9.1	1	-	20.0	-	-	-	-	-	-
5	8	(1)	14.5	4	(1)	50.0	-	-	-	-	-	-
6	6	(4)	10.9	4	(2)	66.7	-	-	-	-	-	-
7	9	(5)	16.4	5	(4)	55.6	1	(1)	11.1	-	-	-
8	10	(2)	18.2	8	(2)	80.0	3	(1)	30.0	2	(1)	20.0
9	6	(4)	10.9	4	(2)	66.7	4	(2)	66.7	2	(2)	33.3
10	4	(3)	7.3	3	(2)	75.0	1	-	25.0	-	-	-
11	3	(1)	5.5	2	(1)	66.7	-	-	-	-	-	-
12	1	(1)	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
計	55	(24)	100.0	34	(15)	61.8	9	(4)	16.4	4	(3)	7.3

()内数値は、近年10年間の値です。

2 - 4 . 1 降雨の総量とピーク時間雨量及び継続時間

表 - 1 の資料を 1 降雨総量の多い順に整理したものを表 - 8 に添付します。表 - 8 にはピーク時間雨量と継続時間についても整理しました。これより次の傾向が読み取れます。

総雨量の多い雨10個のうち、時間雨量のピーク値が大きいのは3個だけです。ピーク時間雨量の大きい雨が、必ずしも総雨量も大きくなるとは言えません。

総雨量の多い雨は、降雨継続時間が長い(継続時間上位10位までのうち6降雨が総雨量でも上位10位以内となり、残る4降雨の総量も多くなります(135mm以上))。これより、「総雨量の多い雨は、継続時間の長い雨で発生する」と言えます。

表-8. 集中豪雨の総量とピーク時間雨量及び継続時間状況表

総雨量の多い順		ピーク時間雨量		降雨継続時間		降雨No.
多い順	1降雨の雨量	時間雨量	多い順	時間	多い順	
1	362.0	47.0	19	14	4	8
2	339.0	35.5	52	10	11	33
3	325.0	48.5	16	14	5	40
4	318.0	60.0	3	10	12	51
5	299.5	36.0	50	15	3	29
6	289.0	65.0	2	6	18	27
7	279.5	44.0	28	19	1	24
8	232.0	37.0	47	17	2	5
9	226.0	46.0	24	5	30	50
10	182.0	55.0	8	10	10	31
11	175.0	40.5	41	12	6	41
12	172.0	58.0	5	9	13	2
13	172.0	47.0	18	4	34	6
14	168.0	42.0	37	8	16	15
15	168.0	44.5	27	8	20	43
16	154.5	41.5	38	10	9	21
17	148.0	51.0	12	5	32	55
18	145.5	37.5	45	8	19	32
19	144.5	36.5	48	9	14	30
20	142.0	59.5	4	5	29	38
21	141.0	48.0	17	6	25	48
22	140.0	40.5	42	11	8	54
23	135.0	43.0	31	6	23	1
24	135.0	40.0	43	11	7	7
25	132.0	32.0	54	8	15	13
26	128.0	66.0	1	4	35	12
27	122.5	42.5	35	4	38	35
28	122.0	36.0	49	7	21	16
29	120.5	56.5	7	8	17	26
30	120.5	36.0	51	7	22	47
31	119.5	44.5	26	6	24	17
32	116.5	42.5	36	3	46	45
33	110.0	50.5	13	2	51	37
34	109.0	30.0	55	5	27	9
35	107.5	43.0	34	3	42	18
36	99.0	46.5	21	3	45	42
37	97.5	44.0	29	5	28	36
38	97.0	41.0	39	5	31	53
39	95.5	55.0	9	6	26	49
40	83.0	35.0	53	4	37	25
41	83.0	46.5	22	4	39	46
42	82.5	58.0	6	3	43	28
43	81.5	49.5	14	2	52	44
44	80.5	45.5	25	4	36	22
45	77.0	37.0	46	3	40	4
46	76.0	53.0	10	3	41	14
47	76.0	49.5	15	1	55	52
48	73.0	40.0	44	2	47	10
49	66.5	43.5	30	2	49	20
50	65.0	40.5	40	2	48	19
51	65.0	52.5	11	2	50	23
52	63.0	43.0	32	4	33	3
53	58.0	46.0	23	3	44	34
54	55.0	46.5	20	1	54	39
55	43.0	43.0	33	1	53	11
平均	142.1	45.8		6.4		

2 - 5 . 集中豪雨のピーク位置

時間単位の降雨分布図(ハイトグラフ)を作成する場合、ピークの位置がどこにくるかは貯留を考える解析では重要な問題となります。この位置により、降雨分布図の呼び方も変わります(前方山形・中央山形・後方山形)。防災ダム計画では、後方山形(ピーク位置 $r = 0.8$)が採用されてきました。

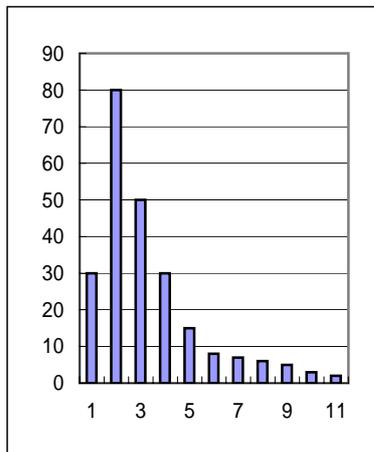
ここでは、表 - 1 に添付した集中豪雨がどの分布に当るかを把握します。表 - 1 のすべての降雨の平均をもとめたものが表 - 10です。これは、下記式で求めたピーク位置で、これによるとピークの位置は $r = 0.62$ (後方山形)となります。

$$\text{ピーク位置} = \frac{\text{雨の降りだしからの時間数}}{\text{降雨継続時間}}$$

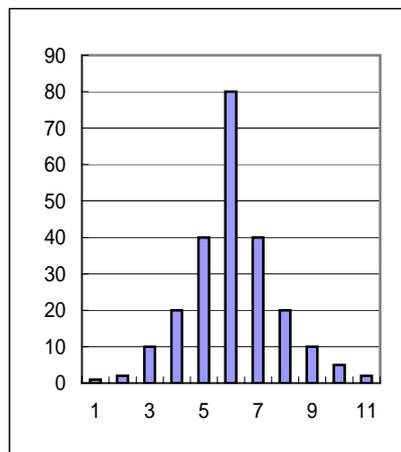
表 - 10のうちピーク時間雨量の大きい雨に絞って整理すると、表 - 9 のようになります。表 - 9 は、時間雨量の上位10個の平均を求めたものです。これでも $r = 0.60$ となりますが、前方にピークがある2降雨を除くと、 $r = 0.75$ (後方山形)となります。これより名護の集中豪雨は後半にピークが発生すると言えます。

表 - 9.ピーク到達割合算定表 名護(ピークが大きい雨量)

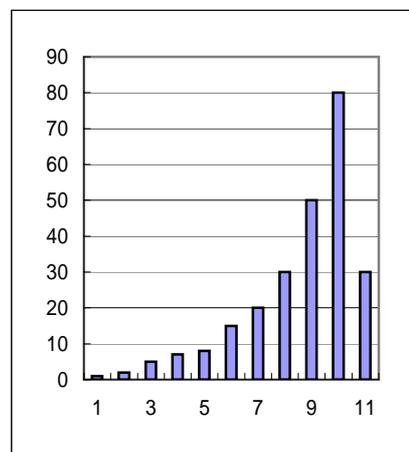
No	生起年	月	日	総雨量	ピーク時間雨量	降雨時刻		継続時間	ピーク時刻	始りからの時間数	ピーク到達割合	ピークの位置	
						始り	終り						
2	1978	S.53	8	15	172.0	58.0	3	19	17	13	11	0.65	中央
12	1985	S.60	8	14	130.0	86.0	12	19	8	13	2	0.25	前方
14	1987	S.62	6	24	74.0	53.0	12	15	4	13	2	0.50	中央
26	1998	H.10	7	16	120.5	56.5	15	24	10	23	9	0.90	後方
27			10	4	289.0	65.0	6	48	43	17	12	0.28	前方
28	1999	H.11	7	6	82.5	58.0	16	18	3	17	2	0.67	後方
31	2000	H.12	11	9	182.0	55.0	6	20	15	19	14	0.93	後方
38	2004	H.16	7	4	142.0	59.5	15	27	13	23	9	0.69	後方
49	2007	H.19	6	18	95.5	55.0	9	16	8	13	5	0.63	中央
51			8	10	318.0	60.0	17	61	45	37	21	0.47	中央
平均				160.6	60.6			16.60			0.60		
平均				No.12とN.27を除く平均							0.75		



前方山型



中央山型



後方山型

表-10. ビーク位置算定表 名題

No	生起年	月日	総雨量	ビーク時間雨量	降雨時刻		継続時間	ビーク時刻	始まりからの時間数	ビーク位置
					始まり	終り				
1	1978 S. 53	5 14	118.0	43.0	13	18	6	16	4	0.67
2		8 15	160.0	58.0	10	18	9	13	4	0.44
3	1979 S. 54	8 8	61.0	43.0	11	14	4	11	1	0.25
4	1980 S. 55	11 5	71.0	37.0	20	22	3	20	1	0.33
5	1982 S. 57	9 23	228.0	37.0	10	26	17	12	3	0.18
6	1983 S. 58	8 26	102.0	47.0	11	14	4	12	2	0.50
7	1984 S. 59	4 9	132.0	40.0	1	11	11	10	10	0.91
8		8 19	251.0	47.0	15	28	14	19	5	0.36
9		2 4	109.0	30.0	17	21	5	19	3	0.60
10		5 24	65.0	40.0	18	19	2	18	1	0.50
11	1985 S. 60	7 25	43.0	43.0	13	13	1	13	1	1.00
12		8 14	124.0	86.0	12	15	4	13	2	0.50
13		8 15	120.0	32.0	9	16	8	10	2	0.25
14	1987 S. 62	6 24	73.0	53.0	12	14	3	13	2	0.67
15	1988 S. 63	5 1	103.0	42.0	13	20	8	13	1	0.13
16		6 15	120.0	36.0	15	21	7	16	2	0.29
17	1989 H. 1	5 18	118.5	44.5	13	18	6	16	4	0.67
18	1990 H. 2	5 12	71.5	43.0	13	15	3	15	3	1.00
19		5 24	55.0	40.5	4	5	2	5	2	1.00
20	1991 H. 3	4 28	58.5	43.5	9	10	2	9	1	0.50
21	1995 H. 7	3 30	138.0	41.5	10	19	10	10	1	0.10
22		8 21	78.0	45.5	14	17	4	14	1	0.25
23	1997 H. 9	5 17	58.0	52.5	4	5	2	5	2	1.00
24		8 7	267.0	44.0	4	22	19	16	13	0.68
25		4 11	83.0	35.0	15	18	4	17	3	0.75
26	1998 H. 10	7 16	120.0	56.5	15	22	8	21	7	0.88
27		10 4	158.0	65.0	16	23	8	17	2	0.25
28	1999 H. 11	7 6	82.5	58.0	16	18	3	17	2	0.67
平均										
			115.7	45.6			6.38			0.62

No	生起年	月日	総雨量	ビーク時間雨量	降雨時刻		継続時間	ビーク時刻	始まりからの時間数	ビーク位置
					始まり	終り				
29	1999 H. 11	9 22	279.5	36.0	21	35	15	32	12	0.80
30	2000 H. 12	7 30	137.5	36.5	15	23	9	16	2	0.22
31		11 9	155.5	55.0	11	20	10	19	9	0.90
32		7 14	136.0	37.5	22	29	8	26	5	0.63
33	2002 H. 14	9 5	174.0	35.5	2	11	10	3	2	0.20
34		9 7	58.0	46.0	5	7	3	6	2	0.67
35		10 24	90.5	42.5	8	11	4	10	3	0.75
36		4 23	95.5	44.0	5	9	5	6	2	0.40
37		6 10	56.0	50.5	12	13	2	13	2	1.00
38		7 4	102.0	59.5	22	26	5	23	2	0.40
39	2004 H. 16	7 6	46.5	46.5	13	13	1	13	1	1.00
40		9 5	165.5	48.5	6	19	14	18	13	0.93
41		10 7	166.5	40.5	22	33	12	32	11	0.92
42		6 5	58.5	46.5	6	8	3	7	2	0.67
43		8 6	162.0	44.5	8	15	8	11	4	0.50
44	2006 H. 18	9 3	81.5	49.5	15	16	2	15	1	0.50
45		11 22	113.0	42.5	14	16	3	15	2	0.67
46		12 7	80.5	46.5	13	16	4	15	3	0.75
47		3 24	115.5	36.0	23	29	7	28	6	0.86
48		6 17	82.5	48.0	11	16	6	13	3	0.50
49	2007 H. 19	6 18	94.0	55.0	11	16	6	13	3	0.50
50		7 13	116.0	46.0	10	14	5	13	4	0.80
51		8 11	211.0	60.0	5	14	10	13	9	0.90
52	2009 H. 21	4 21	49.5	49.5	1	1	1	1	1	1.00
53		10 23	93.0	41.0	21	25	5	23	3	0.60
54	2010 H. 22	5 29	139.5	41.0	10	20	11	16	7	0.64
55		7 1	135.5	41.0	17	21	5	20	4	0.80
平均										
			115.7	45.6			6.38			0.62

2-6. 総雨量

一般的に被害をもたらす降雨は「時間雨量が多いだけでなく続けて降る雨」と考えられます。また、集中豪雨が発生した月は、「その月の総雨量も多いはずである」との観点から月合計雨量についても整理し、表-11、図-5に添付します。

1) . 月合計と年合計雨量

月合計雨量（34年間の平均）が200mmを越えた月は5月・6月・8月・9月の4ヶ月です。近年10年で見ると6月と9月の増加が目立ちます。

月合計雨量が500mmを越えた月は8ヶ月有ります。このうち6回は平成6年以降で発生しています。

年合計雨量34年間の平均(2058mm)と近年10年の平均(2003mm)に変動がありません。

「雨が多い年」を年間雨量が平均より多い年とするならば、少ない年と多い年は連続していることが解ります。

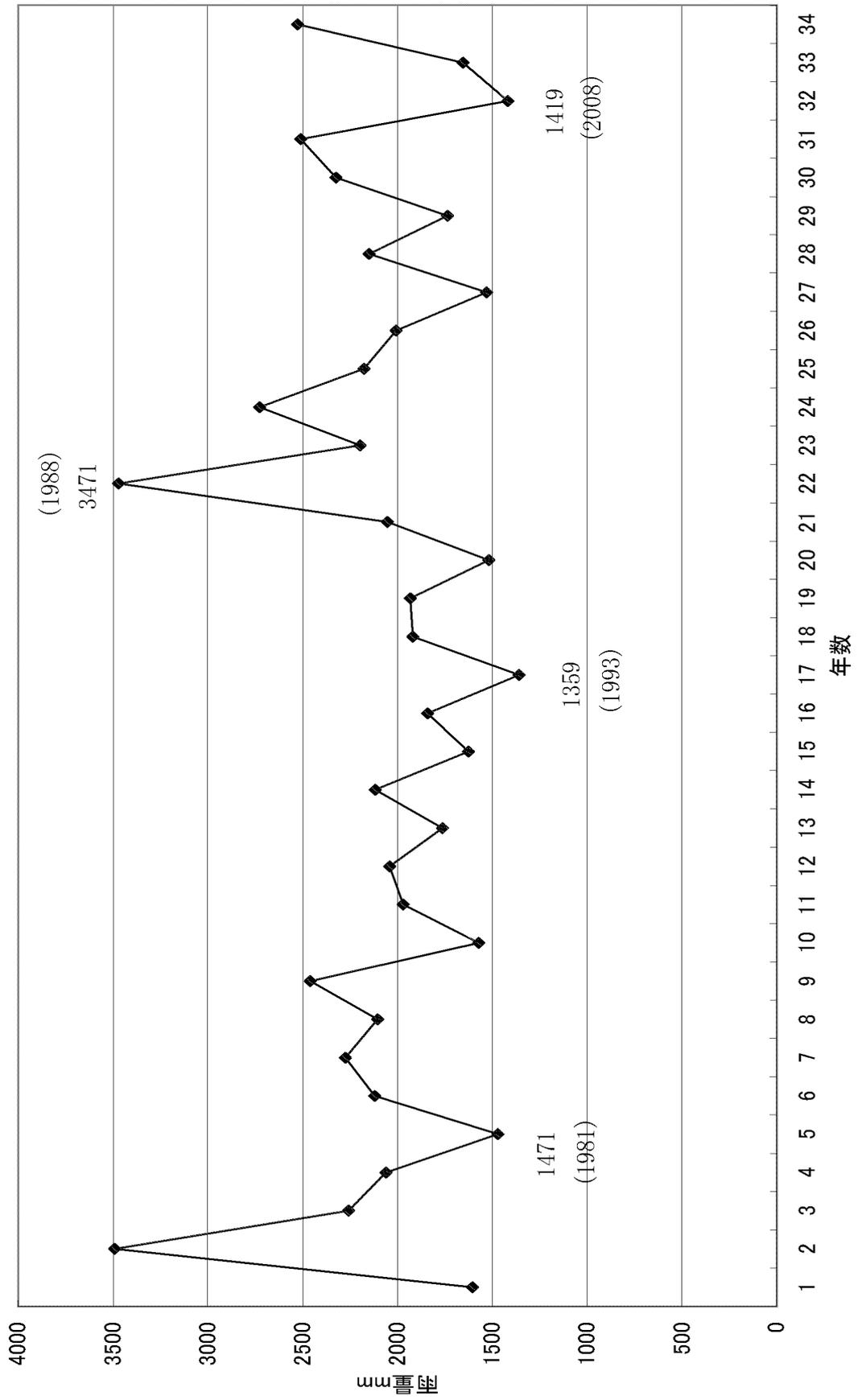
平成3年から9年までの7年間・・・少ない年

平成10年から13年までの4年間・・・多い年

表-11. 月別降水量 (mm)

年数	生起年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
1	1977 S.52	180.5	79.5	78.5	61.0	104.5	228.5	168.0	65.0	228.5	32.5	191.5	186.0	1604.0
2	1978 S.53	108.0	127.0	275.5	281.5	418.0	336.0	308.0	821.5	342.0	289.0	48.0	136.0	3490.5
3	1979 S.54	105.5	153.5	215.0	204.5	235.0	223.0	61.5	298.0	238.0	256.5	216.5	50.5	2257.5
4	1980 S.55	142.5	104.5	155.0	427.5	162.0	8.0	164.0	124.0	258.5	167.0	298.5	49.5	2061.0
5	1981 S.56	66.5	125.0	181.0	104.5	211.0	77.5	164.0	107.0	83.5	159.5	124.5	67.0	1471.0
6	1982 S.57	104.5	134.0	99.0	119.5	227.5	220.0	72.0	216.5	280.0	192.5	244.0	211.0	2120.5
7	1983 S.58	135.0	217.0	382.5	202.0	279.5	288.0	136.5	254.0	224.5	51.0	15.0	90.0	2275.0
8	1984 S.59	165.0	70.5	191.5	290.5	103.5	149.0	192.5	466.5	133.5	126.5	139.5	76.5	2105.0
9	1985 S.60	94.0	378.0	127.5	204.5	193.0	300.0	137.5	581.0	133.0	43.0	69.0	198.5	2459.0
10	1986 S.61	110.0	119.5	175.5	187.5	138.0	150.0	25.0	243.0	164.5	49.0	191.0	18.0	1571.0
11	1987 S.62	192.0	57.5	81.5	105.5	344.5	467.0	52.5	172.0	115.0	121.0	187.5	74.0	1970.0
12	1988 S.63	212.5	142.5	183.5	213.0	393.0	334.5	6.0	277.5	78.0	141.5	57.5	1.5	2041.0
13	1989 H.1	152.0	14.5	66.0	196.0	366.0	140.5	133.0	324.0	196.5	5.0	110.5	59.0	1763.0
14	1990 H.2	126.5	208.5	67.0	247.0	270.5	238.0	85.0	145.5	282.5	257.5	146.5	42.5	2117.0
15	1991 H.3	96.5	158.0	157.0	220.0	30.0	54.0	234.5	90.5	331.5	161.0	50.5	43.0	1626.5
16	1992 H.4	135.5	209.0	207.0	226.0	97.0	194.5	65.0	375.5	59.5	63.0	114.0	95.5	1841.5
17	1993 H.5	150.5	89.5	66.0	99.0	190.0	127.0	135.0	60.5	183.0	148.0	73.5	36.5	1358.5
18	1994 H.6	96.5	100.5	201.5	43.5	575.0	134.5	139.5	149.5	44.0	240.5	104.0	89.0	1918.0
19	1995 H.7	60.5	83.0	359.0	34.0	155.0	332.0	81.0	212.0	276.5	179.0	136.0	24.0	1932.0
20	1996 H.8	38.5	114.5	155.0	207.5	231.0	84.0	41.0	269.0	209.0	59.5	55.0	55.0	1519.0
21	1997 H.9	115.5	67.0	99.5	187.0	186.5	286.0	50.0	579.5	52.0	93.5	205.0	131.0	2052.5
22	1998 H.10	225.5	452.0	116.5	330.5	251.5	385.0	353.5	106.0	355.0	497.0	251.0	147.0	3470.5
23	1999 H.11	84.5	29.0	257.5	221.0	149.5	88.0	306.0	290.5	480.5	28.0	60.5	202.0	2197.0
24	2000 H.12	98.0	126.0	105.0	336.0	84.0	146.0	542.0	355.0	375.0	90.0	285.5	184.0	2726.5
25	2001 H.13	126.5	68.0	114.0	115.5	459.5	170.5	127.5	256.5	600.5	28.0	14.5	95.5	2176.5
26	2002 H.14	58.5	51.5	129.0	184.0	140.0	205.5	257.0	62.0	426.0	270.0	28.5	195.0	2007.0
27	2003 H.15	62.0	45.0	70.5	114.5	115.0	232.5	83.0	225.0	186.5	253.5	124.5	18.0	1530.0
28	2004 H.16	68.0	97.5	89.0	125.5	182.5	305.5	259.5	134.0	428.0	320.5	40.0	99.0	2149.0
29	2005 H.17	74.0	166.5	137.5	84.5	177.0	638.5	9.5	59.5	64.0	127.5	96.0	102.0	1736.5
30	2006 H.18	159.5	66.5	201.0	132.5	251.0	342.0	65.0	289.0	296.5	43.0	286.0	192.5	2324.5
31	2007 H.19	129.0	45.0	231.5	254.5	144.5	520.5	283.0	487.0	133.5	45.0	134.0	103.0	2510.5
32	2008 H.20	96.5	112.0	108.5	77.0	101.5	85.0	63.0	221.0	241.5	125.5	154.0	33.0	1418.5
33	2009 H.21	33.0	30.5	193.0	109.0	155.5	427.0	62.5	148.5	12.0	287.0	94.5	101.0	1653.5
34	2010 H.22	74.5	212.0	38.5	172.0	470.5	199.5	377.5	289.0	180.0	315.5	95.5	103.0	2527.5
平均雨量		114.0	125.1	156.3	179.9	223.3	238.8	154.1	257.5	226.3	154.9	130.6	97.3	2058.3
近年10年計		88.2	89.5	131.3	136.9	219.7	312.7	158.8	217.2	256.9	181.6	106.8	104.2	2003.4

图一5. 年雨量变动图



2) . 月合計と豪雨の関係

月別雨量(表 - 11)と集中豪雨(表 - 8)の関係を整理したものを表 - 12に添付します。これより次の傾向を読み取ることができます。

月合計雨量が400mmを越えた月は過去34年間のうち20ヶ月あります。上位20ヶ月のうち集中豪雨が発生したのは13ヶ月(65%)です。大雨のあった月に、月合計雨量が多いと言える確率は65%です(那覇は70%)。

月2回発生した月も3ヶ月有ります。那覇は4ヶ月です。

降雨量の多い上位20ヶ月の月平均・1降雨の平均・ピーク時間雨量の平均のすべてで那覇を下回る結果となりました。

表 - 12. 月総雨量と集中豪雨との関係

月合計雨量				大雨注意報			ピーク時間雨量	
多い順	生起年	月	月合計雨量	降雨No.	1降雨の雨量	多い順	時間雨量	多い順
1	1978 S.53	8	821.5	2	172.0	12	58.0	5
2	2005 H.17	6	638.5	-	-	-	-	-
3	2001 H.13	9	600.5	-	-	-	-	-
4	1985 H.60	8	581.0	12	128.0	24	86.0	1
				13	132.0	23	32.0	52
5	1997 H.9	8	579.5	24	279.5	7	44.0	27
6	1994 H.6	5	575.0	-	-	-	-	-
7	2000 H.12	7	542.0	30	144.5	18	36.5	46
8	2007 H.19	6	520.5	48	141.0	20	48.0	16
				49	95.5	37	55.0	9
9	1998 H.10	10	497.0	27	289.0	6	65.0	2
10	2007 H.19	8	487.0	51	318.0	4	60.0	3
11	1999 H.11	9	480.5	29	299.5	5	36.0	48
12	2010 H.22	5	470.5	54	140.0	22	40.5	42
13	1987 S.62	6	467.0	14	76.0	44	53.0	10
14	1984 S.59	8	466.5	8	362.0	1	47.0	18
15	2001 H.13	5	459.5	-	-	-	-	-
16	1998 H.10	2	452.0	-	-	-	-	-
17	2004 H.16	9	428.0	40	325.0	3	48.5	15
18	1980 S.55	4	427.5	-	-	-	-	-
19	2009 H.21	6	427.0	-	-	-	-	-
20	2002 H.14	9	426.0	33	339.0	2	35.5	50
				34	58.0	51	46.0	22
平均			517.4		206.2		49.4	

月降雨量上位20ヶ月平均の那覇と名護の比較表

観測所	月降雨量の平均	1降雨量の平均	ピーク時間雨量の平均
那覇	554.4	239.2	56.2
名護	517.4	206.2	49.4

3. 名護と周辺観測所との違い

1) . 集中豪雨の発生日 (名護と那覇)

名護と那覇の集中豪雨が発生した日にちを表 - 13に添付します。これより次のことを読み取ることができます。

発生件数は那覇72回に対し、名護が55回で、那覇の方が17回多い。

回数は那覇の方が多いが、年総雨量はともに2000mm以上です(表 - 11参照)。このことは、一回の降雨総量は那覇の方が多いが、降った日数は名護が多いこととなります。

同時に発生したのは、僅かに12回だけです。

表-13. 集中豪雨の発生日

年数	発生年	那 覇		名 護		一致する回数
		回数	発 生 日	回数	発 生 日	
1	1977 S.52	1	6月6日	0	-	0
2	1978 S.53	3	3月4日、3月9日、4月5日	2	5月14日、8月15日	0
3	1979 S.54	3	6月11日、8月22日、11月2日	1	8月8日	0
4	1980 S.55	0	-	1	11月5日	0
5	1981 S.56	3	3月12日、3月14日、4月19日	0	-	0
6	1982 S.57	2	6月2日、9月23日	1	9月23日	1
7	1983 S.58	3	3月12日、3月28日、7月13日	1	8月26日	0
8	1984 S.59	1	8月19日	2	4月9日、8月19日	1
9	1985 S.60	1	8月13日	5	2月4日、5月24日、7月25日、8月14日、8月15日	0
10	1986 S.61	2	9月23日、9月24日	0	-	0
11	1987 S.62	4	5月21日、6月6日、6月21日、8月9日	1	6月24日	0
12	1988 S.63	2	4月17日、5月1日	2	5月1日、6月15日	1
13	1989 H.1	2	6月22日、8月25日	1	5月18日	0
14	1990 H.2	1	5月10日	2	5月12日、5月24日	0
15	1991 H.3	2	7月27日、9月12日	1	4月28日	0
16	1992 H.4	2	2月15日、10月11日	0	-	0
17	1993 H.5	1	7月26日	0	-	0
18	1994 H.6	1	5月28日	0	-	0
19	1995 H.7	2	9月29日、11月7日	2	3月30日、8月21日	0
20	1996 H.8	1	5月28日	0	-	0
21	1997 H.9	1	4月14日	2	5月17日、8月7日	0
22	1998 H.10	5	2月18日、6月5日、7月16日、10月4日、10月26日	3	4月11日、7月16日、10月4日	2
23	1999 H.11	1	9月23日	2	7月6日、9月23日	1
24	2000 H.12	3	8月1日、11月9日、12月13日	2	7月30日、11月9日	1
25	2001 H.13	6	4月17日、5月14日、8月13日、9月25日、9月11日、9月26日	0	-	0
26	2002 H.14	3	6月15日、7月14日、9月5日	4	7月14日、9月5日、9月7日、10月24日	2
27	2003 H.15	1	8月6日	0	-	0
28	2004 H.16	2	6月10日、7月9日	6	4月23日、6月10日、7月4日、7月6日、9月5日、10月8日	1
29	2005 H.17	1	6月15日	0	-	0
30	2006 H.18	3	4月11日、5月31日、9月3日	5	6月5日、8月6日、9月3日、11月22日、12月7日	1
31	2007 H.19	3	4月18日、8月11日、12月21日	5	3月25日、6月17日、6月18日、7月13日、8月11日	1
32	2008 H.20	3	3月30日、7月13日、10月10日	0	-	0
33	2009 H.21	1	6月14日	2	4月21日、10月23日	0
34	2010 H.22	2	2月15日、11月13日	2	5月29日、7月1日	0
計		72		55		12

2) . 名護と那覇が同時に集中豪雨となった場合の状況

名護と那覇が同時に集中豪雨になった場合の状況表を表 - 14に添付します。これより次のことを読み取ることができます。

同時に発生すれば、総雨量が多くなります(平成18年を除く)。言い換えるならば、那覇と名護に同時に集中豪雨が発生すると、被害を及ぼすような大雨になります。

全体12回のうち9回は近年13年(平成10年以降)に発生しています。

総雨量は那覇の方が多い(S59,S63,H18を除く)。

ピーク時の時間雨量は、那覇の方が多い(S59,H16,H18を除く)。

継続時間も那覇(平均13.1時間)の方が長い(名護(平均10.2時間))。ただし、那覇の2007年降雨を除けば、ほぼ同じ継続時間です。

表 - 14 . 同時に発生した場合の降雨状況表

件数 No.	発生年		月日	那 覇				名 護			
				総雨量		時間雨量	継続時間	総雨量		時間雨量	継続時間
				雨量	順位			雨量	順位		
1	1982	S.57	9月23日	284.0	7	53.0	15	232.0	8	37.0	17
2	1984	S.59	8月19日	254.0	8	41.0	14	362.0	1	47.0	14
3	1988	S.63	5月1日	146.0	27	51.0	7	168.0	14	42.0	8
4	1998	H.10	7月16日	236.5	9	74.0	6	120.5	29	56.5	8
5	1998	H.10	10月4日	398.5	4	73.5	9	289.0	6	65.0	8
6	1999	H.11	9月22日	514.0	1	74.0	20	299.5	4	36.0	15
7	2000	H.12	11月9日	210.5	14	71.5	8	182.0	10	55.0	8
8	2002	H.14	7月14日	192.5	17	40.0	8	145.5	18	37.5	8
9	2002	H.14	9月4日	382.0	5	53.5	9	339.0	2	35.5	10
10	2004	H.16	6月9日	214.5	13	48.5	7	110.0	33	50.5	2
11	2006	H.18	9月3日	56.0	67	41.0	2	81.5	43	49.5	2
12	2007	H.19	8月10日	496.5	2	75.0	30	318.0	4	60.0	10
平	均		1	282.1	14.5	58.0	11.3	220.6	14.3	47.6	9.2
平	均		2	332.3	7.0	62.7	13.1	250.2	10.8	49.2	10.2

* 平均1は、全12件の平均値

平均2は、那覇の総雨量が200mm以上となった資料9個の平均値(青字を除く平均)

3) . 集中豪雨の発生日 (名護と周辺観測所)

名護・伊是名・奥・国頭・本部・東・金武の各観測所の集中豪雨の日にちを抽出し、表-16に添付します。これを同時に観測した回数で整理して表-15に添付します。

発生件数は、国頭、奥、本部、伊是名、東、名護、金武の順となります。

名護と同じ日に発生した回数は国頭(22回)が最も多い。次いで東(20回)です。

集中豪雨の総雨量・ピーク時間雨量・降雨継続時間の上位10位と同時に発生した個数など総合的に数値を計上すると国頭37個、東35個、本部25個、奥16個、金武16個、伊是名15個となり(表-15(6)参照)、名護の集中豪雨は国頭・東との相関が高く、これ以外との相関は低いと判断できます。また、東の観測年数29年(これ以外は34年)及び年平均降水量(名護2044mm、東2086mm、国頭2921mm)などを考慮すれば、名護は国頭よりも東と降雨相関があると判断できます。

表 - 15(1) . 集中豪雨の回数 (資料年数34年)

観測所名	名護	国頭	奥	本部	東	金武	伊是名
発生回数	55	98	67	67	56	55	57
年平均	1.62	2.88	1.97	1.97	1.93	1.62	1.68

東の観測年数は29年

表 - 15(2) . 同時に発生した回数

観測所名	名護	国頭	奥	本部	東	金武	伊是名
名護	-	22	11	16	20	11	10
国頭	22	-	29	29	22	11	11
奥	11	29	-	14	10	8	5
本部	16	29	14	-	19	7	11
東	20	21	9	19	-	12	7
金武	11	11	8	7	12	-	5
伊是名	10	11	5	11	7	5	-

表 - 15(3) . 名護の集中豪雨の総雨量上位10降雨と同時に発生した観測所

名護集中豪雨総雨量			国頭	奥	本部	東	金武	伊是名
順位	総雨量	発生日						
1	362.0	1984 8月19日		-	-	-	-	-
2	339.0	2002 9月4日	-				-	-
3	325.0	2004 9月4日	-	-	-		-	-
4	318.0	2007 8月10日	-	-				-
5	299.5	1999 9月22日			-	-	-	-
6	289.0	1998 10月4日		-	-		-	-
7	279.5	1997 8月7日	-	-	-	-	-	
8	232.0	1982 9月23日		-			-	-
9	226.0	2007 7月13日		-			-	
10	182.0	2000 11月9日			-			-
個 数			6	3	4	7	2	2

表 - 15(4) . 名護の集中豪雨のピーク時間雨量上位10降雨と同時に発生した観測所

名護集中豪雨ピーク時間雨量				国 頭	奥	本 部	東	金 武	伊 是 名
順位	時間雨量	発生年月日							
1	86.0	1985	8月14日	-	-	-	-	-	-
2	65.0	1998	10月4日		-	-		-	-
3	60.0	2007	8月10日	-	-				-
4	59.5	2004	7月4日		-	-		-	-
5	58.0	1978	8月15日		-		-	-	-
6	58.0	1999	7月6日	-	-	-	-	-	-
7	56.5	1998	7月16日					-	
8	55.0	2000	11月9日			-			-
9	55.0	2007	6月18日	-	-	-	-	-	-
10	53.0	1987	6月24日	-	-	-	-	-	-
個 数				5	2	3	5	2	1

表 - 15(5) . 名護の集中豪雨の降雨継続時間上位10降雨と同時に発生した観測所

名護集中豪雨降雨継続時間				国 頭	奥	本 部	東	金 武	伊 是 名
順位	継続時間	発生年月日							
1	19	1997	8月7日	-	-	-	-	-	
2	17	1982	9月23日		-			-	-
3	15	1999	9月22日			-	-	-	-
4	14	1984	8月18日		-	-	-	-	-
5	14	2004	9月4日	-	-	-		-	-
6	12	1999	7月6日	-	-	-	-	-	-
7	11	1984	4月8日	-	-	-	-	-	-
8	11	2010	5月29日	-	-		-	-	
9	10	2007	6月18日	-	-	-	-	-	-
10	10	2000	11月9日			-			-
個 数				4	2	2	3	1	2

表 - 15(6) . 名護の集中豪雨の上位10降雨と同時に発生した個数計

項 目	国 頭	奥	本 部	東	金 武	伊 是 名
総 雨 量	6	3	4	7	2	2
ピーク時間雨量	5	2	3	5	2	1
降雨継続時間	4	2	2	3	1	2
計	15	7	9	15	5	5
同時に発生した個数	22	11	16	20	11	10
合 計	37	18	25	35	16	15

表-16. 重中差間の発生日

年数	発生日	名	差	重	本	重	差	重	差	重	差	重	差	重	差
1	1877	H32	0	-	-	0	9/28	1	15/18	4	3/14, 6/21, 8/25	2	6/25, 8/28		
2	1876	H33	2	5/14, 6/15	0/13, 18/18, 18/18	2	10/13, 10/14	3	6/8, 6/26, 6/28	5	3/9, 5/3, 6/27	4	7/29, 8/11, 8/21, 10/13		
3	1879	H34	1	8/8	4/16, 4/8	1	3/23	0	-	2	8/26, 11/7	3	1/29, 2/10, 3/7		
4	1880	H35	4	11/3	7/7, 9/3, 9/24, 11/3	1	8/9	2	8/24, 11/3	1	10/27	1	2/3		
5	1881	H36	3	-	10/20	0	-	0	3/18	1	7/12	0	-		
6	1882	H37	1	9/23	5/28, 5/23, 10/27, 10/5	3	5/1, 6/3, 10/5	1	6/23	2	9/23, 10/27	0	-		
7	1883	H38	1	6/20	3/4, 3/16, 4/22, 6/20, 6/26	2	8/26, 10/22	4	3/4, 3/16, 4/22, 6/28	1	4/20	2	3/4, 5/24		
8	1884	H39	2	4/8, 6/18	6/12, 6/18	0	-	1	7/24	0	-	2	3/15, 6/5		
9	1885	H40	5	2/4, 5/24, 7/25, 8/14, 8/15	5/24, 5/27, 6/12, 6/28, 10/27	2	6/2, 8/12	2	5/27, 7/18	2	5/27, 8/12	1	2/3		
10	1886	H41	0	-	7/18, 6/29	1	11/16	1	11/16	0	-	1	2/18		
11	1887	H42	1	8/24	3/22, 6/5	0	-	0	10/5	1	5/28	1	6/18		
12	1888	H43	2	6/1, 6/18	8/2	1	6/2	0	-	1	3/7	3	3/7, 6/20, 6/2		
13	1889	H44	1	5/18	5/16	2	5/18, 6/25	3	5/18, 7/6, 8/23	3	5/18, 7/24, 8/18	2	4/7		
14	1890	H45	2	9/12, 9/24	2/21, 6/19	1	8/12	2	9/24	2	8/12, 9/24	1	4/30		
15	1891	H46	1	4/28	2/6, 2/18, 4/28	2	4/7, 4/11	3	2/6, 2/18, 4/28	2	2/12, 4/28	0	6/18		
16	1892	H47	0	-	3/31, 5/15	2	3/16, 4/27	3	3/28, 3/31, 4/8	1	4/8	2	2/15, 9/20		
17	1893	H48	0	-	1/28, 7/28	1	5/27	0	-	3	9/27, 7/16, 7/30	1	4/30		
18	1894	H49	0	-	5/2, 5/24, 6/21, 10/18	2	4/23, 5/2, 5/31	4	5/2, 5/24, 5/31, 10/18	2	5/31, 7/30	1	4/28		
19	1895	H50	2	3/26, 6/21	6/28, 8/22, 11/8	2	6/22, 11/8	3	2/18, 4/28, 7/23, 8/28, 10/7	3	3/26, 6/28, 11/23	1	4/28		
20	1896	H51	0	-	8/12	1	5/1, 10/12, 6/27	0	-	0	-	0	-		
21	1897	H52	2	6/12, 8/7	3/17, 6/8, 10/7, 11/28	0	-	2	8/12, 8/18, 11/28	0	-	2	3/18, 8/7, 11/28		
22	1898	H53	0	4/1, 7/18, 10/4	1/14, 2/14, 2/18, 6/11, 6/14, 6/15, 7/10, 7/20, 8/23, 10/4, 10/28	6	1/14, 4/28, 6/10, 7/18, 9/8, 11/4	6	2/14, 4/14, 6/11, 6/18, 7/18, 8/1	1	10/28	4	8/11, 6/18, 7/18, 11/7		
23	1899	H54	2	7/8, 9/22	3/12, 4/12, 6/28, 8/8, 9/22	2	6/22, 12/1	1	6/1	1	4/22	1	7/21		
24	2000	H55	2	7/10, 11/9	4/4, 7/26, 7/30, 8/12, 11/9	5	6/16, 7/29, 7/30, 8/12, 11/9	4	8/12, 7/30, 8/12, 9/12	3	4/4, 7/31, 11/9	3	6/12, 7/29, 7/30		
25	2001	H56	0	-	10/22	0	-	0	-	1	8/27	0	-		
26	2002	H57	6	7/14, 8/4, 8/7, 10/24	1/28, 7/14, 10/24, 10/31	4	9/4, 10/24, 10/31	3	7/14, 9/4, 10/31	2	5/11, 9/4	2	6/10, 7/14		
27	2003	H58	0	-	6/7	1	9/25, 10/9	0	-	0	-	1	5/14		
28	2004	H59	6	4/28, 6/16, 7/6, 7/8, 8/6, 10/7	6/19, 7/4, 7/5	1	6/10	1	10/7	2	1/4, 8/4	0	-		
29	2005	H60	0	-	-	3	3/28, 5/16, 11/13	2	3/28, 8/18	2	8/18, 11/18	3	3/28, 6/12, 11/18		
30	2006	H61	5	6/8, 6/8, 6/13, 11/22, 10/7	4/11, 6/18, 11/22, 10/7	4	4/11, 11/22	1	10/18	6	6/18, 11/18, 11/22, 10/7	5	4/10, 5/1, 6/8, 11/22, 10/7		
31	2007	H62	3	3/24, 6/17, 8/18, 7/13, 8/30	4/24, 6/17, 7/13	3	4/24, 6/17, 11/5	3	4/24, 6/17, 7/13, 7/18, 8/12	3	3/24, 7/13, 8/12	2	6/10, 7/13		
32	2008	H63	0	-	5/18, 11/6	4	5/18, 8/26, 10/7, 10/18	2	5/18, 8/28	0	-	1	8/18		
33	2009	H64	2	4/10, 10/23	-	2	6/12, 10/12, 10/4, 10/5	1	6/25	2	6/12, 10/23	2	4/12, 10/23		
34	2010	H65	2	5/29, 7/1	5/7, 10/20	2	5/7, 10/23	3	5/7, 5/29, 7/18, 8/18, 6/31	2	6/28, 10/18	2	5/29, 7/1, 7/29, 10/18		
計			58			67		67		58		57			

観測所別7月以降に重中差間が発生した所数

観測所名	名	差	重	本	重	差	重	差	重	差	重	差	重	差	重	差
有線	22	11	08	20	11	10	35									
無線	22	29	29	22	11	11	06									
島	11	29	16	10	8	5	67									
本郡	19	29	14	19	7	11	67									
支郡	20	21	9	09	12	7	66									
合計	11	11	6	7	12	5	55									
伊原町	13	11	5	11	7	5	57									

4) . 名護と東が同時に集中豪雨となった場合の状況

名護と東が同時に集中豪雨になった場合の状況表を表 - 17に添付します。これより次のことを読み取ることができます。

同時に発生すれば、総雨量が多くなります(20降雨中17降雨が100mm以上となります)。言い換えるならば、「名護と東が同時に集中豪雨になると、被害を及ぼすような大雨になる」と言えます。

全体20回のうち12回は平成10年以降に発生しています。

総雨量は、若干、名護の方が多(平均で名護174.4mm、東168.4mm)。

ピーク時の時間雨量も、若干、名護の方が多(平均で名護46.0mm、東41.9mm)。

継続時間は、東の方が若干長い(平均で名護7.2時間、東9.0時間)。

表 - 17. 同時に発生した場合の降雨状況表

件数 No.	発生年	月日	名 護				東				
			総雨量		時間雨量	継続時間	総雨量		時間雨量	継続時間	
			雨量	順位			雨量	順位			
1	1982	S.57	9月23日	232.0	8	37.0	17	179.0	15	31.0	18
2	1983	S.58	8月26日	172.0	13	47.0	4	198.0	11	43.0	11
3	1985	S.60	2月4日	109.0	34	30.0	5	103.0	31	32.0	5
4	1988	S.63	5月1日	168.0	14	42.0	8	189.0	13	54.0	10
5	1989	H.01	5月18日	119.5	31	44.5	6	131.0	24	43.0	5
6	1990	H.02	5月12日	107.5	35	43.0	3	88.0	36	50.0	3
7	1991	H.03	4月28日	66.5	49	43.5	2	81.0	41	39.0	3
8	1995	H.07	3月30日	154.5	16	41.5	10	127.0	26	43.0	11
9	1998	H.10	7月16日	120.5	29	56.5	8	179.0	16	47.0	7
10	1998	H.10	10月4日	289.0	6	65.0	8	199.0	10	49.0	8
11	2000	H.12	11月9日	182.0	10	55.0	10	234.0	5	51.0	14
12	2002	H.14	9月4日	339.0	2	35.5	10	284.0	3	32.0	8
13	2004	H.16	7月4日	142.0	20	59.5	5	143.0	21	38.0	6
14	2004	H.16	9月4日	325.0	3	48.5	14	337.0	1	31.0	29
15	2006	H.18	11月22日	116.5	32	42.5	3	112.0	30	58.0	4
16	2006	H.18	12月7日	83.0	41	46.5	4	66.0	47	42.0	3
17	2007	H.19	3月24日	120.5	30	36.0	7	146.0	20	43.0	7
18	2007	H.19	7月13日	226.0	9	46.0	5	234.0	6	36.0	15
19	2007	H.19	8月10日	318.0	4	60.0	10	264.0	4	40.0	9
20	2009	H.21	10月23日	97.0	38	41.0	5	73.0	45	35.0	3
平	均		1	174.4		46.0	7.2	168.4		41.9	9.0
平	均		2	190.6		46.4	7.8	185.1		42.4	10.0

* 平均1は、全20件の平均値

平均2は、名護の総雨量100mm以下を除く17資料の平均(青字を除く平均)

5) . 那覇と名護の確率雨量

那覇と名護の確率雨量計算を行い、以下に添付します。表 - 18は近年34年間の資料より算定したもので、表 - 19はこれより以前の資料(測候所のデータとして信頼がおけると判断した資料)より把握したものです。これより次のことを読み取ることができます。

表 - 19の値(長期の資料より算定した結果)では、那覇と名護には大差がありません。近年34年間(表 - 18)では、那覇の値が大きくなり名護は逆に小さくなっています。これより、近年那覇の降雨量が多くなり、逆に名護が少なくなっていることが伺えます。観測期間の違いにより確率値が異なるのは、既往最大値の違いが大きな原因であると言えます。すなわち、確率計算では資料収集年数によって確率値が異なることに注意する必要があります(表 - 20参照)。

表 - 18. 那覇と名護の確率雨量計算結果表

確率年	日雨量		時間雨量		10分間雨量	
	那覇	名護	那覇	名護	那覇	名護
既往最大	427.5	274.5	110.5	90.5	29.5	25.5
200	441.8	342.0	131.9	94.4	33.8	27.6
100	403.5	317.2	121.2	88.6	32.0	26.4
50	365.4	291.9	110.6	82.7	30.2	25.1
30	337.4	272.8	103.0	78.2	28.8	24.1
20	315.0	257.3	96.9	74.6	27.7	23.3
10	276.1	229.6	86.6	68.1	25.7	21.9

資料は、1977(S.52)から2010(H.22)までの34年間によるものです。

表 - 19. 那覇と名護の確率雨量計算結果表

確率年	日雨量		時間雨量		10分間雨量	
	那覇	名護	那覇	名護	那覇	名護
既往最大	468.9	458.0	110.5	108.5	29.5	30.0
200	442.6	430.3	122.2	116.8	31.9	32.4
100	403.3	388.4	113.7	107.0	30.4	30.4
50	364.3	347.3	105.2	97.5	28.7	28.4
30	335.7	317.6	98.8	90.5	27.5	27.0
20	312.8	294.1	93.6	85.0	26.5	25.8
10	273.3	254.0	84.5	75.6	24.6	23.7

那覇資料は、1953(S.28)から2010(H.22)までの58年間によるものです。

名護資料は、1967(S.42)から2010(H.22)までの44年間によるものです。

表 - 20. 資料の既往最大値

資料	那 覇				名 護			
	全資料 1953~2009		近年の資料 1977~2008		全資料 1967~2008		近年の資料 1977~2008	
	雨量	発生日	雨量	発生日	雨量	発生日	雨量	発生日
日雨量	468.9	S34.10.16	427.5	H19.8.11	458.0	S44.10.7	274.5	H9.8.7
時間雨量	110.5	H10.7.7	110.5	H10.7.7	108.5	S44.10.7	90.5	S60.8.14
10分間雨量	29.5	S54.6.11	29.5	S54.6.11	30.0	S51.8.20	25.5	H19.8.11

4 . ハイエトグラフ(雨量分付図)

貯留効果を期待した防災計画(防災ダムや洪水調節池など)では、ハイエトグラフは重要な要素となります。本項においては、文献による分布図の作り方と名護の降雨特徴を考慮した分布図について紹介します。

4 - 1 . 文献による雨量分布図

近年では雨量分布図の作成方法を記載した文献が見られないようです。よって、昭和の時代に私が経験した降雨分布図の作り方を紹介します。これは、「応用水文統計学」(現在廃版)に説明されていたもので、20年前の防災ダム計画では通常に採用されていたものです。また、当時の大きな台風(枕崎台風や伊勢湾台風など)の降雨分布(後方八割、 $r = 0.8$)を考慮したもので、防災ダムの計画降雨とも呼ばれていたものです。

作成するための基準雨量は確率計算の日雨量と時間雨量であり、以下に名護の50年確率の雨量分布図の作り方について説明します。

1) 長時間降雨強度式

日雨量 (名護の50年確率)

$$R_{50}^{24} = 291.9 \text{ mm/日 表 - 18より}$$

1時間雨量 (名護の50年確率)

$$R_{50}^1 = 82.7 \text{ mm/hr 表 - 18より}$$

特性係数値

$${}_{50}^1 = \frac{24 \times R_{50}^1}{R_{50}^{24}} = \frac{24 \times 82.7}{291.9} = 6.80$$

特性係数式

$${}_{50}^t = \frac{a}{t + b} \quad (\text{タルボット式に限定、シャーマン式と石黒式は適用外})$$

a, b : 係数 t : 時間

係数 a, b は、 $t = 1$ のとき ${}_{50}^1 = 6.80$ $t = 24$ のとき ${}_{50}^{24} = 1.0$ より求める。

$${}_{50}^t = \frac{a}{1 + b} = 6.80 \implies a = 6.80 + 6.80 \times b \quad (1)$$

$${}_{50}^t = \frac{a}{24 + b} = 1.00 \implies a = 24 + b \quad (2)$$

(1)、(2)式より

$$6.80 + 6.80 \times b = 24 + b$$

$$b = \frac{24 - 6.80}{6.80 - 1} = 2.97$$

(2)式より

$$a = 24 + b = 24 + 2.97 = 26.97$$

以上より特性係数式 ${}_{50}^t$ は次のとおりとなります。

$${}_{50}^t = \frac{26.97}{t + 2.97}$$

長時間降雨強度式 I_{50}^t

$$\begin{aligned} I_{50}^t &= {}_{50}^t \times R_{50}^{24} \\ &= \frac{26.97}{t + 2.97} \times 291.9 \\ &= \frac{7,872.5}{t + 2.97} \end{aligned}$$

2) ピーク前の降雨強度式

$$I = a \times b \times r^2 \times \left(\frac{1}{t_1 + b \times r} - \frac{1}{t_2 + b \times r} \right)$$

a, b : 長時間降雨強度式の係数

$$a = 7,872.5 \quad b = 2.97$$

r : ピーク時の位置 (後方8割の場合 $r = 0.8$)

t_1 : 降雨強度を求める時の初めの時刻

t_2 : 降雨強度を求める時の終わりの時刻

$$a \cdot b \cdot r^2 = 7,872.5 \times 2.97 \times 0.8^2 = 14,964.0$$

$$b \cdot r = 2.97 \times 0.8 = 2.38$$

$$I = 14,964.0 \times \left(\frac{1}{t_1 + 2.38} - \frac{1}{t_2 + 2.38} \right)$$

$t_1 = 0, t_2 = 0.8$ の場合

$$I = 14,964.0 \times \left(\frac{1}{0 + 2.38} - \frac{1}{0.8 + 2.38} \right) = 1,581.7 \quad (\text{mm/24hr})$$

$$\text{時間雨量 } r = 1,581.7 / 24 = 65.9 \text{ mm/hr}$$

$t_1 = 0.8, t_2 = 1.8$ の場合

$$I = 14,964.0 \times \left(\frac{1}{0.8 + 2.38} - \frac{1}{1.8 + 2.38} \right) = 1,125.8 \quad (\text{mm/24hr})$$

$$\text{時間雨量 } r = 1,125.8 / 24 = 46.9 \text{ mm/hr}$$

3) ピーク後の降雨強度式

$$I = a \times b \times (1 - r)^2 \times \left(\frac{1}{t_1 + b \times (1 - r)} - \frac{1}{t_2 + b \times (1 - r)} \right)$$

係数はピーク前に同じ。ただし、 t_1, t_2 は次のとおりとなる。

t_1 : 降雨強度を求める時の初めの時刻 0, 0.2, 1.2, 2.2, 3.2, 4.2

t_2 : 降雨強度を求める時の終わりの時刻 0.2, 1.2, 2.2, 3.2, 4.2, 5.2

$$a \cdot b \cdot (1 - r)^2 = 7,872.5 \times 2.97 \times 0.2^2 = 935.3$$

$$b \cdot (1 - r) = 2.97 \times 0.2 = 0.59$$

$$I = 935.3 \times \left(\frac{1}{t_1 + 0.59} - \frac{1}{t_2 + 0.59} \right)$$

$t_1 = 0, t_2 = 0.2$ の場合

$$I = 935.3 \times \left(\frac{1}{0 + 0.59} - \frac{1}{0.2 + 0.59} \right) = 401.3 \quad (\text{mm/24hr})$$

$$\text{時間雨量 } r = 401.3 / 24 = 16.8 \text{ mm/hr}$$

ピーク前の時間雨量65.9(mm/hr)を加えて、82.7(mm/hr)となります。

これは、確率計算結果の200年確率の時間雨量値と一致するものであり、本法の算定が妥当であることの証明となります。

$t_1 = 0.2, t_2 = 1.2$ の場合

$$I = 935.3 \times \left(\frac{1}{0.2 + 0.59} - \frac{1}{1.2 + 0.59} \right) = 661.4 \quad (\text{mm/24hr})$$

$$\text{時間雨量 } r = 661.4 / 24 = 27.6 \text{ mm/hr}$$

以下、同様な算定で降雨分布を作成します(表 - 21参照)。表 - 21から解るように時間雨量82.7mmと日雨量291.9mmが一致していることがポイントになります。

表 -21 ハイエットグラフの作成表

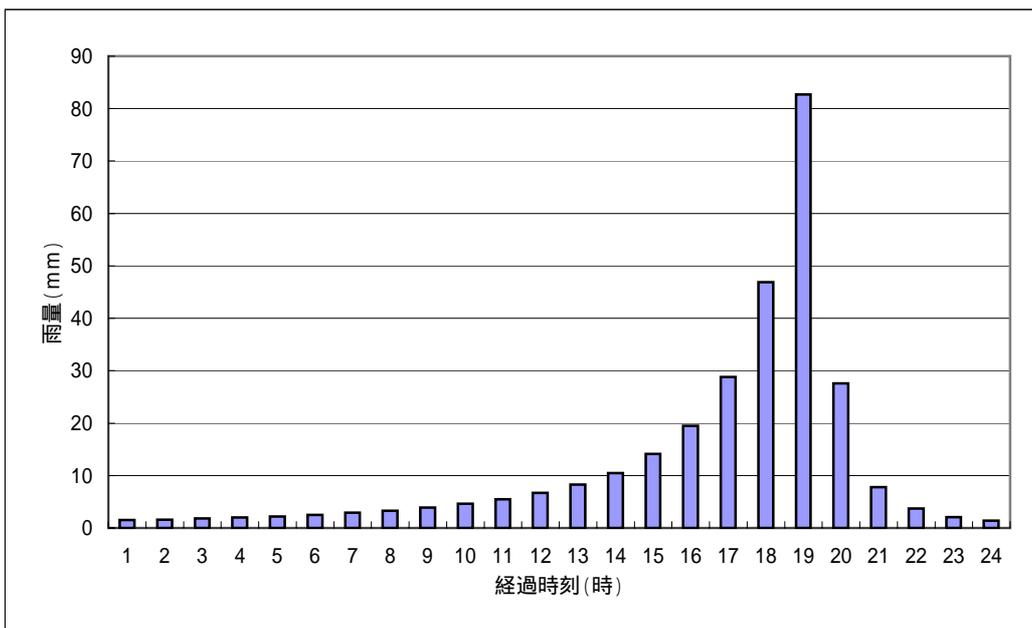
時刻	ピーク前の時間		ピーク後の時間		降雨強度 (mm/24hr)	時間雨量 (mm/hr)	
	t ₁	～ t ₂	t ₁	～ t ₂			
1	17.8	～ 18.8			35.01	1.5	
2	16.8	～ 17.8			38.66	1.6	
3	15.8	～ 16.8			42.91	1.8	
4	14.8	～ 15.8			47.91	2.0	
5	13.8	～ 14.8			53.83	2.2	
6	12.8	～ 13.8			60.93	2.5	
7	11.8	～ 12.8			69.52	2.9	
8	10.8	～ 11.8			80.07	3.3	
9	9.8	～ 10.8			93.21	3.9	
10	8.8	～ 9.8			109.89	4.6	
11	7.8	～ 8.8			131.48	5.5	
12	6.8	～ 7.8			160.12	6.7	
13	5.8	～ 6.8			199.27	8.3	
14	4.8	～ 5.8			254.78	10.5	
15	3.8	～ 4.8			337.24	14.1	
16	2.8	～ 3.8			467.44	19.5	
17	1.8	～ 2.8			691.10	28.8	
18	0.8	～ 1.8			1125.76	46.9	
19	0	～ 0.8			1581.73	82.7	*
			0	～ 0.2	401.33		
20			0.2	～ 1.2	661.41	27.6	
21			1.2	～ 2.2	187.28	7.8	
22			2.2	～ 3.2	88.45	3.7	
23			3.2	～ 4.2	51.52	2.1	
24			4.2	～ 5.2	33.72	1.4	
計						291.9	*

降雨強度

ピーク前 $14,964.0 \times (1/(t_1 + 2.38) - 1/(t_2 + 2.38))$

ピーク後 $935.3 \times (1/(t_1 + 0.59) - 1/(t_2 + 0.59))$

時間雨量 降雨強度 / 24



4 - 2 . 実測雨量の割増し

この方法は、観測されている日雨量分布の割増しを行う方法で、簡単に作成することができます。以下に例題を示しながら作成します。

実測雨量

実測雨量として、名護の1998年10月4～5日にかけての雨量を採用します(任意に採用できますが、割増し率が2倍以上は避けてください)。

表 - 22(1) . 実測雨量(1998年10月降雨)

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
雨量	1.5	10.0	1.0	0.0	25.5	3.5	1.0	2.0	3.0	4.5	41.5	65.0	
時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	計
雨量	19.5	6.5	10.0	4.0	6.0	5.5	2.0	1.0	2.0	1.0	1.5	0.5	218.0

時間雨量の割増し

50年確率の時間雨量が82.7mmであることより、上表のピーク値を65.0mmを82.7mmにします。時間雨量の割増しは1.27となります。

$$\text{時間雨量の割増し率} = \frac{82.7}{65.0} = 1.27$$

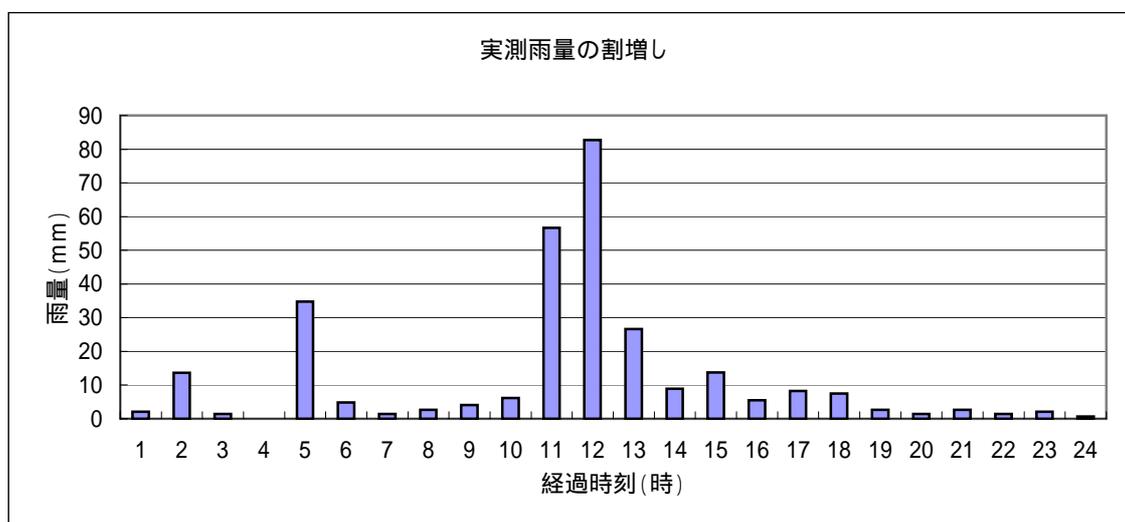
ピーク時間雨量以外の割増し

ピーク時間以外は、日雨量からピーク値を除いた量で割増し率を決定して雨量分布図を作成します。表-22(1)のピークを除く値を1.37倍し、結果を表 - 22(2)に添付します。

$$\text{ピーク時以外の割増し率} = \frac{291.9 - 82.7}{218.0 - 65.0} = 1.37$$

表 - 22(2) . 実測雨量の割増し(1998年10月降雨)

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
雨量	2.1	13.6	1.4	0	34.8	4.8	1.4	2.7	4.1	6.2	56.7	82.7	
時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	計
雨量	26.6	8.9	13.7	5.5	8.2	7.5	2.7	1.4	2.7	1.4	2.1	0.7	291.9



4 - 3 . 名護の降雨特徴型

名護の降雨特徴を本書の第2項で述べました。これを生かした雨量分布図を作成します。これは、これまでの雨量分布図の作成にはない方法ですが、名護の降雨特性を考えると重要な方法と思います。

1) 名護の降雨特徴(表 - 3 及び表 - 9 参照)

- 2 時間連続雨量・・・日雨量の52.7%(表 - 3 より)
- 3 時間連続雨量・・・日雨量の63.3%(表 - 3 より)
- 4 時間連続雨量・・・日雨量の68.8%(表 - 3 より)
- 5 時間連続雨量・・・日雨量の75.3%(表 - 3 より)
- ピーク的位置・・・日雨量全体の0.75の位置(表 - 9 より)

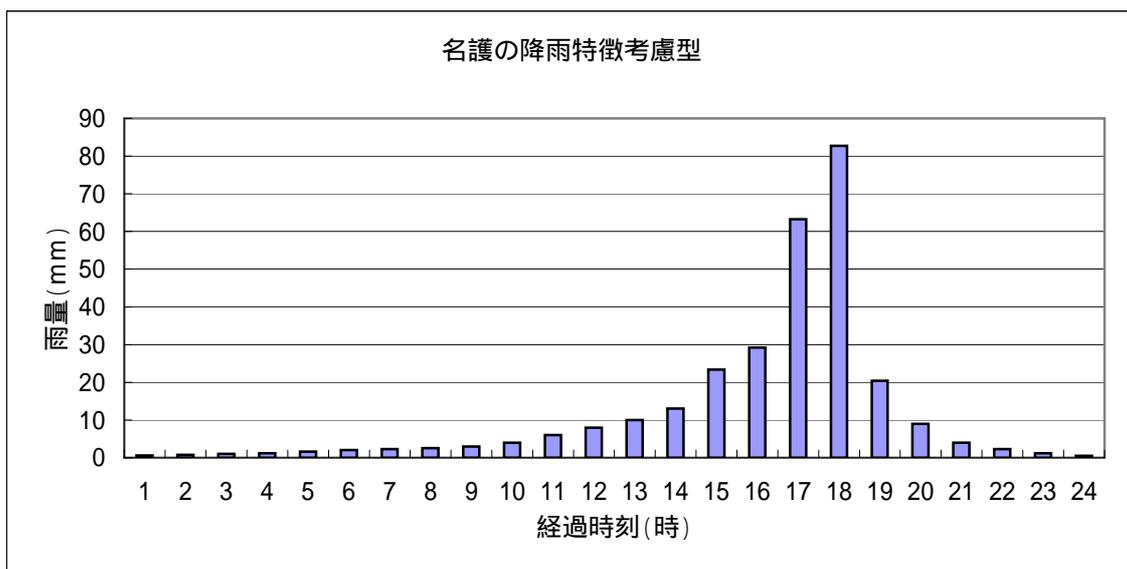
2) 雨量分布図の作成

上記を考慮して雨量分布図を作成します。

ピーク時間雨量・・・50年確率	82.7	mm	
24時間雨量(日雨量)・・・50年確率	291.9	mm	
2 時間連続雨量・・・全体の50%	146.0	mm	
ピーク前1時間の雨量	146.0	- 82.7 = 63.3	mm
3 時間連続雨量・・・全体の60%	175.1	mm	
ピーク前2時間の雨量	175.1	- 146.0 = 29.2	mm
4 時間連続雨量・・・全体の68%	198.5	mm	
ピーク前3時間の雨量	198.5	- 175.1 = 23.4	mm
5 時間連続雨量・・・全体の75%	218.9	mm	
ピーク後1時間の雨量	218.9	- 198.5 = 20.4	mm
ピークの時刻(全体の7.5割)	24 × 0.75 =	18	時

ハイトグラフ

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
雨量	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	6.0	8.0	
時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	計
雨量	10.0	13.0	23.4	29.2	63.3	82.7	20.4	9.0	4.0	2.3	1.2	0.5	291.9



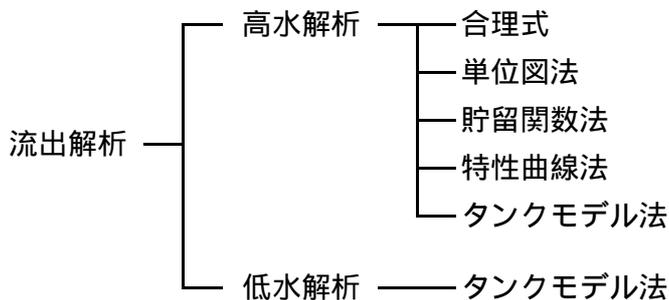
5. 流出解析

「流出解析」と称すると難しい解析のように思えますが、「雨量を流量に変換する解析法」と読み替えると簡単に聞こえると思えます。ここでは、流出解析法を簡単に説明して、その1例を添付します。

1) 流出解析の概説

流出解析には高水解析と低水解析が有り、洪水を対象にしたものが高水解析であり1時間から数日までの流出量を求めるのに対し、日単位の流量を比較的長期にわたって取り扱うものが低水解析となります。また、高水解析は、いくつかの手法があるのに対し(下記に示す区分参照)、低水解析はタンクモデル法のみとなります。

流出解析の区分



2) 合理式

合理式は、洪水のピーク値を求める方法であるのに対し、他の高水解析は流量分布図(ハイドログラフ)求める方法です。合理式は、河川や水路の設計洪水量としてよく用いられています。この計算例を下記に添付します。

$$Q = \frac{1}{3.6} \times r_e \times A \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Q : ピーク洪水量 r_e : 洪水到達時間内有効降雨強度

A : 流域面積 例として 10.0 km²の場合で計算例を示します。

$$r_e = f_p \times r$$

r : 降雨強度 (mm/hr) f_p : ピーク流出係数

$$t_p = C \times A_1^{0.22} \times r_e^{-0.35}$$

t_p : 洪水到達時間(分or時) C : 土地利用係数

A_1 : 支線を除く流域面積(km²) 全面積の70%として $A_1 = 7.0 \text{ km}^2$ (計算例)

ピーク流出係数

地形の状況	f_p
急峻な山地	0.75 ~ 0.90
三紀層山地	0.70 ~ 0.80
起伏のある土地及び樹林地	0.50 ~ 0.75
平な耕地	0.45 ~ 0.60
かんがい中の水田	0.70 ~ 0.80
山地河川	0.75 ~ 0.85
平地小河川	0.45 ~ 0.75
流域のなかば以上が平地である大河川	0.50 ~ 0.75
路面及び法面	0.70 ~ 1.00
市街	0.60 ~ 0.90
森林地帯	0.20 ~ 0.40

土地利用係数

土地利用の状態	土地利用係数(C)	
自然山地	250 ~ 350	290
放牧地	190 ~ 210	200
ゴルフ場	130 ~ 150	140
粗造成宅地(水路道路整備)	90 ~ 120	100
開畑地(数ha程度の小面積)	50 ~ 130	90
運動場		80
市街地	60 ~ 90	70

2 - 1) ピーク流出係数と土地利用係数

洪水算定では、荷重平均を行い係数を求めます。以下に計算例を添付します。

現況	面積 A ₁ (km ²)	f _p	C	A ₁ × f _p	C × f _p
市街地	4.00	0.75	70	3.00	280.0
畑地	1.00	0.53	90	0.53	90.0
森林	2.00	0.30	290	0.60	580.0
計	7.00			4.13	950.0
平均値		0.59	135.7		

2 - 2) 降雨強度式の誘導

時間雨量

$$R_{50}^{60} = 82.7 \quad \text{mm/hr} \quad \text{表 - 18より}$$

10分間雨量

$$R_{50}^{10} = 25.1 \quad \text{mm/10分} \quad \text{表 - 18より}$$

10分間雨量の1時間降雨強度

$$\begin{aligned} I_{50}^{60} &= R_{50}^{60} \times (60/10) \\ &= 25.1 \times 6 \\ &= 150.6 \quad \text{mm/hr} \end{aligned}$$

短時間特性係数值

$$C_{50}^{60} = \frac{I_{50}^{10}}{R_{50}^{60}} = \frac{150.6}{82.7} = 1.82$$

短時間特性係数式

$$C_{50}^t = \frac{a}{t + b}$$

$$C_{50}^{10} = \frac{a}{10 + b} = 1.82 \quad \Rightarrow \quad a = 1.82 \times 10 + 1.82 \times b \quad (1)$$

$$C_{50}^{60} = \frac{a}{60 + b} = 1.00 \quad \Rightarrow \quad a = 60 + b \quad (2)$$

(1), (2) 式より

$$1.82 \times 10 + 1.82 \times b = 60 + b$$

$$b = \frac{60 - 1.82 \times 10}{1.82 - 1.00} = 2.42$$

(2) 式より

$$a = 60 + 2.42 = 10.17$$

以上より短時間特性係数式は次のとおりとなります。

$$C_{50}^t = \frac{10.17}{t + 2.42}$$

降雨強度式

$$I_{50}^t = C_{50}^t \times R_{50}^{60} = \frac{10.17}{t + 2.42} \times 82.7 = \frac{840.8}{t + 2.42}$$

2 - 3) 洪水到達時間

洪水到達時間は次の式で求められることとなります。

$$t_p = 135.7 \times 7.00^{0.22} \times \left(0.59 \times \frac{840.8}{t + 2.42} \right)^{-0.35}$$

$$= 250.4 \times \left(\frac{840.8}{t + 2.42} \right)^{-0.35}$$

$t_p = t$ として、洪水到達時間を求めます。その結果 $t_p = 52.5$ 分を得ます。

2 - 4) 降雨量度

$$r_e = 0.59 \times \frac{840.8}{52.5 + 2.42} = 51.3 \text{ (mm/hr)}$$

2 - 5) ピーク洪水量

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 51.3 \times 10.0 = 142.5 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

3) 単位図法

高水解析のうち合理式以外は、流量分布図(ハイドログラフ)を求めるための解析手法です。この計算例を最も簡単な単位図で示します。

3 - 1) 単位図の概説

単位図法は雨量 1mm に対する流出量(時間分布)を算定して、実際の雨量を乗じて流量を算定するものです。

- - - 中安の総合単位図法 - - -

$$Q_{\max} = 0.2778 \times \frac{A \times R_0}{0.3 \times T_1 + T_{0.3}} \times f$$

R_0 : 単位雨量 (1mm とする) , A : 流域面積 **10.0** km²

Q_{\max} : ピーク流出量 (m³/s)

T_1 : ピーク到達時間 (合理式の値 **52.5** 分 (**0.875** hr) とする)

$T_{0.3}$: Q_{\max} が $0.3Q_{\max}$ になる時間

f : 流出率 (合理式で算定した値 $f =$ **0.59**)

$$Q_{\max} = 0.2778 \times \frac{10.0 \times 1.0}{0.3 \times 0.875 + T_{0.3}} \times 0.59$$

$$= \frac{1.639}{0.263 + T_{0.3}}$$

上昇曲線

$$Q_a = Q_{\max} \times \left[\frac{t}{T_1} \right]^{2.4}$$

t : 上昇時はピーク値のみであるので、 $t = T_1 =$ **0.875** となる。

減水曲線 $Q_d = 0.3Q_{max}$ の場合

$$Q_d = Q_{max} \times 0.3 \left[\frac{t - T_1}{T_{0.3}} \right] \dots \dots$$

$0.3Q_{max} < Q_d < 0.3^2Q_{max}$ の場合

$$Q_d = 0.3 \times Q_{max} \times 0.3 \left[\frac{t - \left[\frac{T_1 + T_{0.3}}{1.5} \right]}{T_{0.3}} \right] \dots \dots$$

$0.3^2Q_{max} < Q_d$ の場合

$$Q_d = 0.3^2 \times Q_{max} \times 0.3 \left[\frac{t - \left[\frac{T_1 + 2.5 \times T_{0.3}}{3} \right]}{T_{0.3}} \right] \dots$$

以上より、 Q_{max} は $T_{0.3}$ が決まれば求まることとなります。ここでは、 $T_{0.3}$ を任意の値を代入して、洪水波形のピークの値が設計洪水量 $Q = 142.5 \text{ m}^3/\text{s}$ に一致するような $T_{0.3}$ を求めます。算定は表 - 24で行い、その結果 $T_{0.3} = 0.9807 \text{ hr}$ となります。なお、この計算に用いる雨量分布図は 4 - 3 項でもとめたものとし、単位雨量 1.0mm に対する流出量を以下に示します。

3 - 2) 単位雨量 $R_0 = 1.0\text{mm}$ に対する時間毎の流出量
ピーク流出量

$$Q_{max} = \frac{1.639}{0.263 + 0.9807} = 1.3178 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

到達時間が 1 時間以内 ($t = 0.875 \text{ hr}$) であるので、このピーク流出量を初期 ($t = 1 \text{ 時}$) の流出量とします。

$t = 2 \text{ 時}$ の流出量 ($t = 1.875 \text{ hr}$ として算定)

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_{max} \times 0.3 \left[\frac{t - T_1}{T_{0.3}} \right] \\ &= 1.3178 \times 0.3 \left[\frac{1.875 - 0.875}{0.9807} \right] \\ &= 0.3861 \end{aligned}$$

$$0.3 \times Q_{max} = 0.3 \times 1.3178 = 0.3953$$

$Q_d = 0.3Q_{max}$ となるので、減水曲線 で算定します

$$\begin{aligned} Q_d &= 0.3 \times Q_{max} \times 0.3 \left[\frac{t - \left[\frac{T_1 + T_{0.3}}{1.5} \right]}{T_{0.3}} \right] \\ &= 0.3 \times 1.3178 \times 0.3 \left[\frac{1.875 - \left[\frac{0.875 + 0.9807}{1.5} \right]}{0.9807} \right] \\ &= 0.3891 \end{aligned}$$

t = 3時の流出量(t = 2.875 hrとして算定)

$$Q_d = 0.3 \times Q_{\max} \times 0.3 \left[\frac{t}{1.5} \times \frac{(T_1 + T_{0.3})}{T_{0.3}} \right]$$

$$= 0.3 \times 1.3178 \times 0.3 \left[\frac{2.875}{1.5} \times \frac{(0.875 + 0.9807)}{0.9807} \right]$$

$$= 0.1717$$

$$0.3^2 \times Q_{\max} = 0.09 \times 1.3178 = 0.1186$$

$Q_d = 0.3^2 Q_{\max}$ となるので、減水曲線式の算定で問題ありません。

t = 4時の流出量(t = 3.875 hrとして算定)

$$Q_d = 0.3 \times Q_{\max} \times 0.3 \left[\frac{t}{1.5} \times \frac{(T_1 + T_{0.3})}{T_{0.3}} \right]$$

$$= 0.3 \times 1.3178 \times 0.3 \left[\frac{3.875}{1.5} \times \frac{(0.875 + 0.9807)}{0.9807} \right]$$

$$= 0.0757$$

$$0.3^2 \times Q_{\max} = 0.09 \times 1.3178 = 0.1186$$

$Q_d < 0.3^2 Q_{\max}$ となるので、減水曲線式で算定します。

$$Q_d = 0.3^2 \times Q_{\max} \times 0.3 \left[\frac{t}{3} \times \frac{(T_1 + 2.5 \times T_{0.3})}{T_{0.3}} \right]$$

$$= 0.3^2 \times 1.3178 \times 0.3 \left[\frac{3.875}{3} \times \frac{(0.875 + 2.5 \times 0.9807)}{0.9807} \right]$$

$$= 0.0948$$

t = 5時の流出量(t = 4.875 hrとして算定)

$$\begin{aligned}
 Q_d &= 0.3^2 \times Q_{\max} \times 0.3 \left[\frac{t}{3} \times \frac{(T_1 + 2.5 \times T_{0.3})}{T_{0.3}} \right] \\
 &= 0.3^2 \times 1.3178 \times 0.3 \left[\frac{4.875}{3} \times \frac{(0.875 + 2.5 \times 0.9807)}{0.9807} \right] \\
 &= 0.0629
 \end{aligned}$$

以下同様にして、t = 6 ~ 16時の単位流出量を算定し、結果を下表に添付します。

単位雨量 R₀ = 1.0mmより時間毎の流出量

時間 t (時)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
流出量 (m ³ /s)	1.31784	0.38916	0.17166	0.09477	0.06294	0.04180	0.02777	0.01844	0.01225
時間 t (時)	10	11	12	13	14	15	16		
流出量 (m ³ /s)	0.00813	0.00540	0.00359	0.00238	0.00158	0.00105	0.00070		

上表の値に計画降雨(4-3項の降雨)を乗じて流出量を求めます。雨量が2mmの場合、上記の値が2倍となります。また、時間雨量の時刻が1時間ずれた場合は、1時間ずらして算定し、それぞれの時刻における流出量を合計して毎正時の流出量とします。結果を表 - 23に示し、詳細計算は、表 - 24に添付します。

表 - 23 . 計算結果 (時間雨量と計算流量)

時刻	時間雨量	計算流量	時刻	時間雨量	計算流量
	mm	m ³ /s		mm	m ³ /s
1	0.6	0.79	14	13.0	23.50
2	0.8	1.29	15	23.4	39.04
3	1.0	1.73	16	29.2	51.73
4	1.2	2.16	17	63.3	101.24
5	1.6	2.86	18	82.7	142.50
6	2.0	3.63	19	20.4	75.32
7	2.3	4.31	20	9.0	43.55
8	2.5	4.84	21	4.0	26.46
9	3.0	5.71	22	2.3	17.48
10	4.0	7.35	23	1.2	11.55
11	6.0	10.53	24	0.5	7.47
12	8.0	14.22	25		4.57
13	10.0	18.13	26		2.97

表-24. ハイドログラフ(単位図法による計算書)

時刻(hr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
時間雨量(mm)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	6.0	8.0	10.0	13.0	23.4	28.2	63.3	82.7	20.4	9.0	4.0	2.3	1.2	0.5
計算時刻(時)																								
1	0.7907																							
2	0.2335	1.0543																						
3	0.1030	0.3113	1.3178																					
4	0.0569	0.1373	0.3892	1.5814																				
5	0.0378	0.0798	0.1717	0.4670	2.1085																			
6	0.0251	0.0504	0.0948	0.2060	0.6227	2.6357																		
7	0.0167	0.0334	0.0629	0.1137	0.2747	0.7783	3.0310																	
8	0.0111	0.0222	0.0418	0.0755	0.1516	0.3433	0.8951	3.2946																
9	0.0073	0.0148	0.0278	0.0502	0.1007	0.1895	0.3948	0.9729	3.9535															
10	0.0049	0.0098	0.0184	0.0333	0.0669	0.1259	0.2180	0.4292	1.1675	5.2714														
11	0.0032	0.0065	0.0122	0.0221	0.0444	0.0836	0.1448	0.2369	0.5150	1.5566	7.9071													
12	0.0022	0.0043	0.0081	0.0147	0.0285	0.0555	0.0962	0.1574	0.2843	0.6867	2.3349	10.5427												
13	0.0014	0.0029	0.0054	0.0098	0.0196	0.0389	0.0639	0.1045	0.1888	0.3791	1.0300	3.1133	13.1784											
14	0.0009	0.0019	0.0036	0.0065	0.0130	0.0245	0.0424	0.0694	0.1254	0.2518	0.5886	1.3733	3.8916	17.1319										
15	0.0006	0.0013	0.0024	0.0043	0.0086	0.0163	0.0282	0.0461	0.0833	0.1672	0.3777	0.7582	1.7166	5.0590	30.774									
16	0.0004	0.0008	0.0016	0.0029	0.0057	0.0108	0.0187	0.0306	0.0553	0.1111	0.2508	0.5035	0.9477	2.2316	9.0876	38.4678								
17	0.0003	0.0006	0.0011	0.0019	0.0038	0.0072	0.0124	0.0203	0.0367	0.0738	0.1866	0.3344	0.6294	1.2320	4.0087	11.3595	83.354							
18	0.0004	0.0007	0.0013	0.0025	0.0048	0.0092	0.0144	0.0244	0.0490	0.1106	0.2221	0.4180	0.8183	2.2131	5.0109	24.6142	108.988							
19		0.0005	0.0008	0.0014	0.0027	0.0051	0.0094	0.0175	0.0349	0.0735	0.1475	0.2777	0.5435	1.4698	2.7663	10.8577	32.1833	26.9275						
20			0.0006	0.0011	0.0021	0.0042	0.0083	0.0162	0.0325	0.0650	0.1300	0.2600	0.5200	1.0400	2.0800	4.1600	8.3200	16.6400	33.2800					
21				0.0007	0.0014	0.0028	0.0056	0.0112	0.0224	0.0448	0.0896	0.1792	0.3584	0.7168	1.4336	2.8672	5.7344	11.4688	22.9376	45.8752				
22					0.0009	0.0018	0.0036	0.0072	0.0144	0.0288	0.0576	0.1152	0.2304	0.4608	0.9216	1.8432	3.6864	7.3728	14.7456	29.4912				
23						0.0009	0.0018	0.0036	0.0072	0.0144	0.0288	0.0576	0.1152	0.2304	0.4608	0.9216	1.8432	3.6864	7.3728	14.7456	29.4912			
24							0.0011	0.0022	0.0044	0.0088	0.0176	0.0352	0.0704	0.1408	0.2816	0.5632	1.1264	2.2528	4.5056	9.0112	18.0224			
25								0.0014	0.0028	0.0056	0.0112	0.0224	0.0448	0.0896	0.1792	0.3584	0.7168	1.4336	2.8672	5.7344	11.4688			
26									0.0019	0.0038	0.0076	0.0152	0.0304	0.0608	0.1216	0.2432	0.4864	0.9728	1.9456	3.8912	7.7824			
27										0.0028	0.0056	0.0112	0.0224	0.0448	0.0896	0.1792	0.3584	0.7168	1.4336	2.8672	5.7344			
28											0.0037	0.0074	0.0148	0.0296	0.0592	0.1184	0.2368	0.4736	0.9472	1.8944	3.7888			
29												0.0046	0.0092	0.0184	0.0368	0.0736	0.1472	0.2944	0.5888	1.1776	2.3552			
30													0.0060	0.0120	0.0240	0.0480	0.0960	0.1920	0.3840	0.7680	1.5360			
31														0.0108	0.0216	0.0432	0.0864	0.1728	0.3456	0.6912	1.3824			
32															0.0135	0.0270	0.0540	0.1080	0.2160	0.4320	0.8640			
33																0.0283	0.0566	0.1132	0.2264	0.4528	0.9056			
34																	0.0384	0.0768	0.1536	0.3072	0.6144			
35																		0.0095	0.0190	0.0380	0.0760			
36																			0.0042	0.0084	0.0168			
37																				0.0019	0.0038			
38																					0.0011	0.0022		
																						0.0006	0.0012	
																							0.0002	
																								ピーク値 39.04

時間 t (時)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
単位図法による単位流出量 (10.0km ² , RO=1.0 mm による流出量) (m ³ /s)	1.31784	0.38916	0.17166	0.09477	0.06294	0.04180	0.02777	0.01844	0.01225	0.00813	0.00540	0.00359	0.00238	0.00158	0.00105	0.00070	0.00046
流出量 Q (m ³ /s)																	

ピーク到達時間 T_r = 0.875 (hr)
 ピークが3割流量になる期間 T_{0.3} = 0.981 (hr)

流量變動圖

