

宮古の降雨傾向

株式会社 沖橋エンジニアリング

2011(平成23)年3月29日改訂

1. はじめに

宮古島は、沖縄本島から南西へ約300km地点に位置し、面積は約159km²で沖縄本島・西表島・石垣島に次いで4番目に大きい島です。気象台の観測は1937(昭和12)から行われています(北緯24度47.6分、東経125度16.6分、標高39.9m)。

本書は、宮古島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・月別年度別発生頻度・ピーク時間雨量・継続時間などを整理しました。さらに周辺の観測所である城辺・伊良部・多良間と同時に観測した日にちを整理してみました(表-14)。資料の比較は、周辺観測所に合わせて1978年からにしました。

その結果、以下のような状況を把握することができました。詳細は次頁以降に添付します。

- 宮古の特徴と周辺観測所との違い -

発生件数は63回(年平均1.85回)ですが、近年10年では平均1.50回となり発生頻度は少なくなってきました。また、平成21、22年の発生は有りませんでした。

城辺(66回)と伊良部(45回)の中間の発生件数でした(58回、1977年を除く)。

他の観測所で多く発生している7月での集中豪雨が、宮古では昭和55年以降、約30年間発生していないことは以外な結果でした。

降雨パターンの多くは短時間集中降雨でした(全63降雨中、短時間集中降雨が47降雨、継続降雨が16降雨、そのうちの1降雨が要注意降雨)。要注意降雨とはピーク時間雨量60mm以上で総雨量200mm以上としました(宮古諸島全体では15降雨有りました)。

2山降雨(一連の連続した雨でピークが2回発生する降雨)が4降雨有りました(宮古諸島全体では8降雨有りました)。

周辺の観測所と同時に観測した回数が最も多いのは城辺(19回)ですが、宮古の33%しかありません。これは、宮古が集中豪雨になっても城辺は、そうならない確率の方が大きいことを意味しています。一方、同時に発生すると雨量の多い雨となっていますので、同時に発生しているかどうかには注意する必要があります。

2. 雨量資料

2-1. 集中豪雨(大雨)判定

雨量資料として沖縄気象台宮古観測所のデータを用いました。資料はアメダスのデータが揃う1977(昭和52)年から2010年(平成22年)までの34年間としました。

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に添付します。これを基に過去の降雨状況を把握しました(資料総数は、63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。

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、ピークが大きい方の継続時間を採用しました。

降雨継続時間 4 時間の個数が最も多くなりました(16降雨)。

5 時間までに全体の半分以上(47降雨)が含まれます。

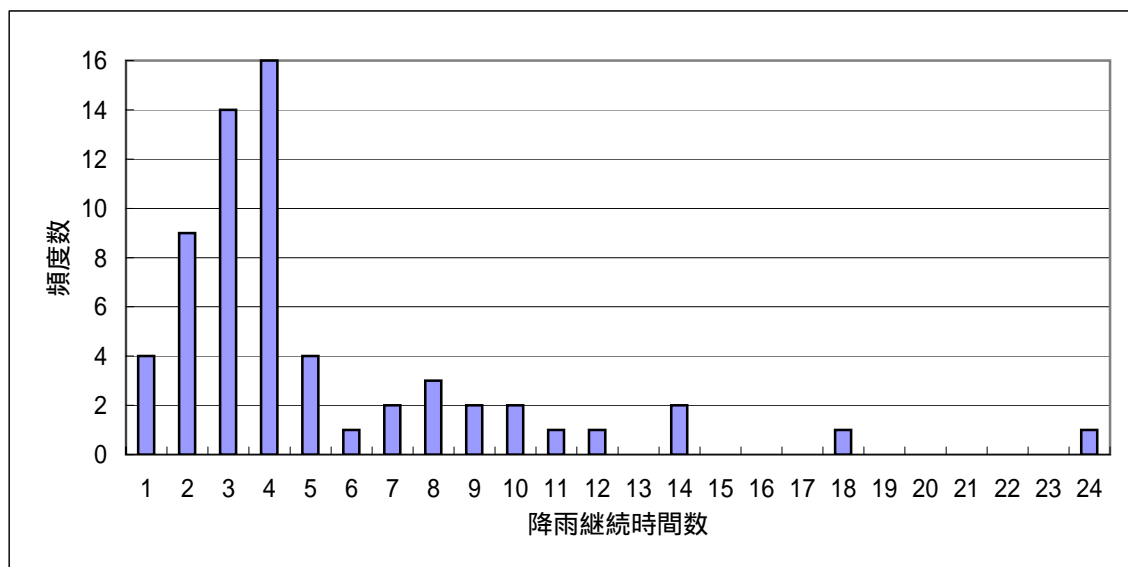
11時間を超えた 6 降雨はすべて総雨量200mm以上の雨となっています

(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	4、22、35、62		4	47
2	14、17、18、34、41、45、49、54、63		9	
3	3、8、10、13、20、29、32、33、39、40、42、50、51、58		14	
4	5、6、7、11、16、19、28、30、38、43、44、46、47、48、53、57		16	
5	2、15、26、36		4	
6	25		1	16
7	37、60		2	
8	1、9、23		3	
9	31、59		2	
10	12、61		2	
11	27		1	
12	24		1	
14	52、56		2	
18	55		1	
24	21		1	
計			63	63

赤字Noは、要注意降雨(時間雨量60mm以上、総雨量200mm以上)



2) 短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(76.9%)が、5時間以内に降っています(No.55は例外)。

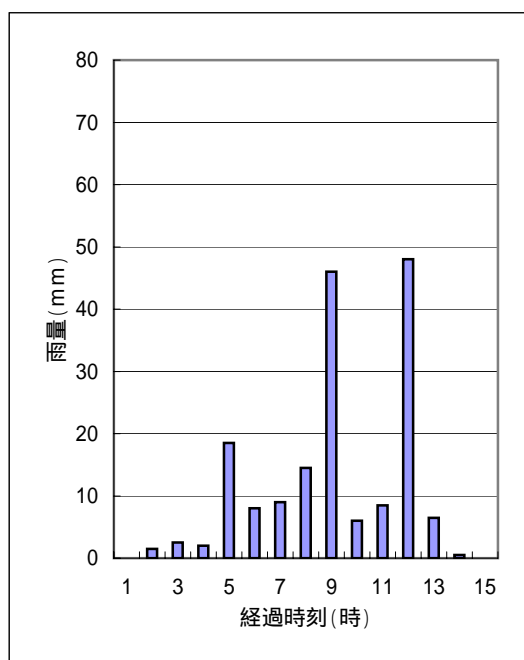
総雨量の約半分(54.6%)は、2時間以内で降っています。

これより宮古の降雨は、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。

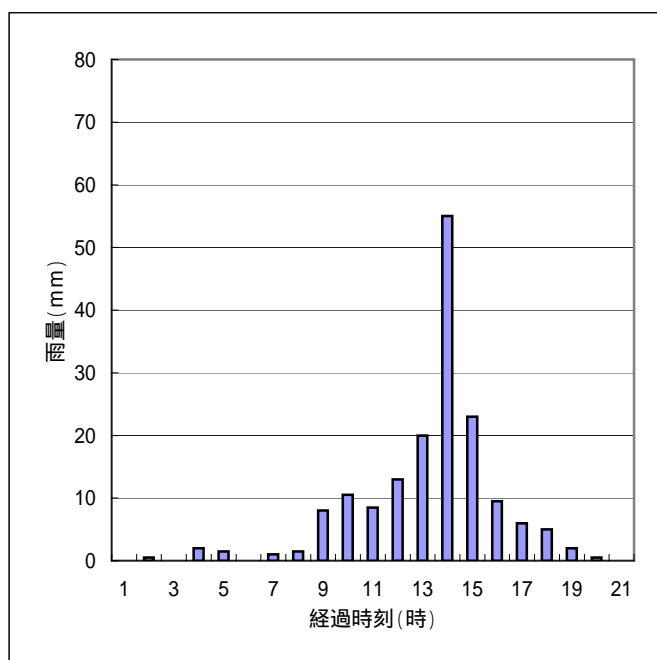
表-3.連続雨量の大きい降雨

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	
9	1979	S.54	6	15	50.0	92.0	106.0	136.0	147.0	203.0	72.4	8
23	1985	S.60	12	5	78.0	98.0	106.0	110.0	122.0	137.0	89.1	8
24	1986	S.61	11	1	76.0	117.0	138.0	153.0	168.0	219.0	76.7	12
29	1989	H.01	5	5	49.5	68.5	84.5	88.0	88.5	88.5	100.0	3
33	1991	H.03	8	31	78.0	118.0	129.0	130.0	131.0	131.0	100.0	3
41	1996	H.08	5	31	79.5	123.0	126.5	126.5	127.5	127.5	100.0	2
50	2001	H.13	8	3	56.5	106.5	137.0	141.0	141.5	141.5	100.0	3
55	2003	H.15	9	10	54.5	55.0	66.0	88.5	115.0	299.0	38.5	18
59	2007	H.19	8	11	48.0	56.5	62.5	108.5	123.0	165.0	74.5	9
61	2008	H.20	6	6	55.0	78.0	98.0	111.0	120.5	159.0	75.8	10
平均					62.5	91.3	105.4	119.3	128.4	167.1	76.9	7.3
総雨量に対する%					37.4	54.6	63.1	71.4	76.9			

赤字Noは、要注意降雨(時間雨量60mm以上、総雨量200mm以上)



(2007年8月降雨)

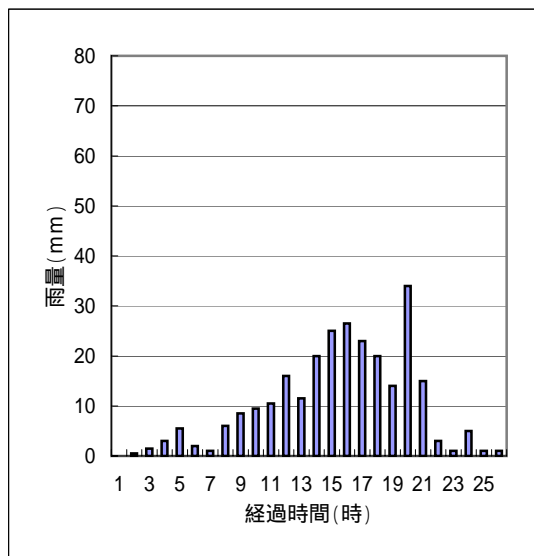


(2008年6月降雨)

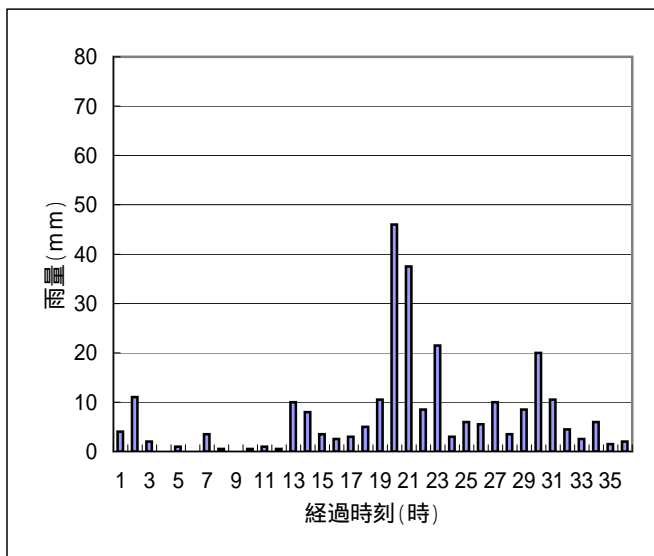
3) 継続降雨

降雨継続時間が長い降雨(時間雨量5.0mm以上の雨が6時間以上続く雨で、この間に5.0mm以下が2時間以上ある場合は含まない)。これを以下「継続降雨」と称します(図 - 1 参照)。

63降雨中16降雨がこのパターンです(表 - 2 参照)。この雨はピーク時間雨量は40mm程度ですが、降雨継続時間が長くなることが特徴となります。



(2002年9月降雨)

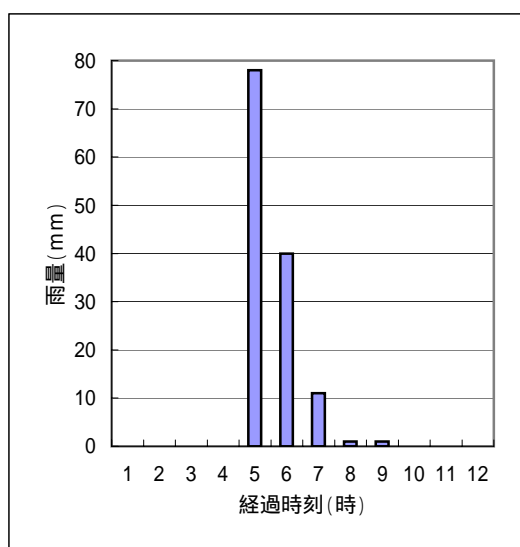


(2004年8月降雨)

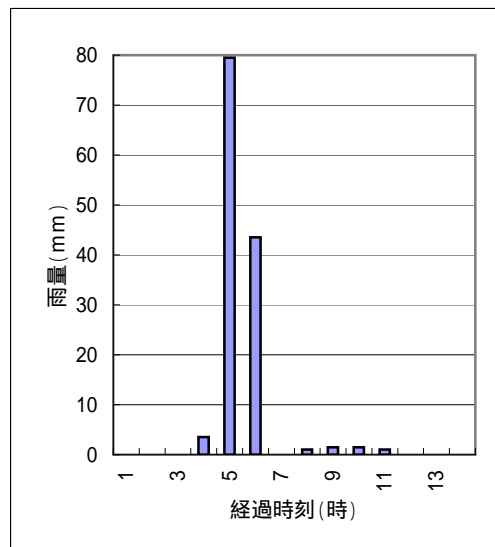
図 - 1 . 継続降雨

4) 短時間集中降雨

降雨継続時間の短い降雨(時間雨量5.0mm以上の継続時間が6時間未満の雨)。これを「短時間集中降雨」と称します(図 - 2 参照)。63降雨中47降雨(表 - 2 参照)がこのパターンであり、宮古は、このパターンが多いことが解ります。この雨は、ピーク時間雨量が大きくなるのが特徴となります。



(1991年8月降雨)



(1996年5月降雨)

図 - 2 . 短時間集中降雨

5) 要注意降雨

雨量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。宮古諸島には下記の条件に当てはまるものが15降雨有り、宮古にも1降雨有ります(表 - 4 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. 宮古島諸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	宮古	1986 S.61	10	31	76.0	274.0	12
2	城辺	1985 S.60	8	15	67.0	422.0	18
3		1986 S.61	10	31	81.0	218.0	4
4		1988 S.63	4	28	89.0	355.0	11
5		1993 H.05	9	1	73.0	393.0	12
6		1985 S.60	12	5	68.0	309.0	3
7	伊良部	1988 S.63	4	28	88.0	221.0	5
8		2003 H.15	9	10	66.0	382.0	15
9	多良間	1985 S.60	8	15	73.0	481.0	13
10		1986 S.61	5	13	92.0	246.0	6
11		1987 S.62	6	17	91.0	354.0	7
11		1988 S.63	4	28	152.0	540.0	6
12		1992 H.04	6	10	80.0	286.0	13
13		1996 H.08	5	27	109.0	206.0	5
14		2009 H.21	10	23	132.5	374.0	14
15		2010 H.22	11	18	132.5	444.0	11

赤字は、他の観測所と同時に発生した日にちです。

降雨継続時間は、時間雨量5.0mm以上の継続時間です。

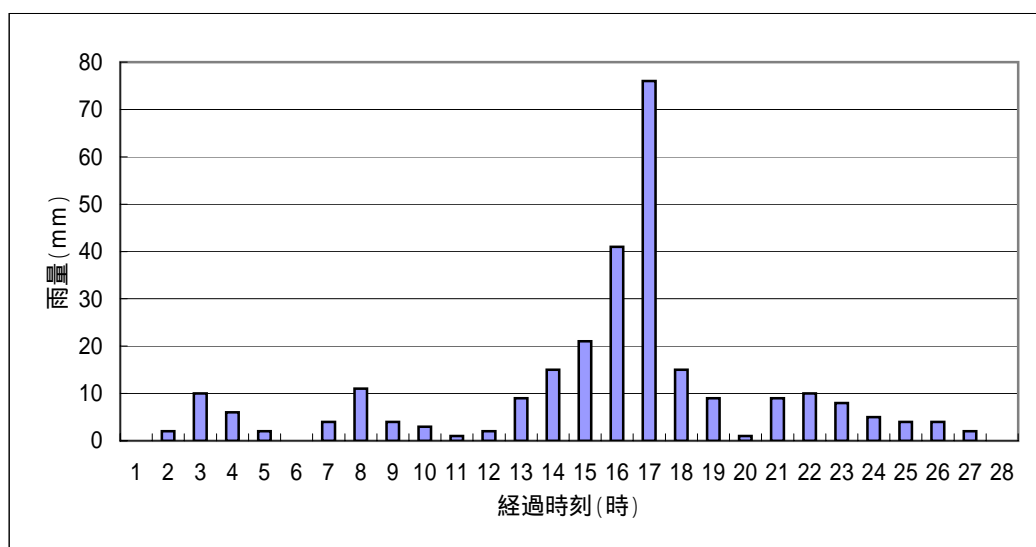


図 - 3 要注意降雨(1986年10月降雨)

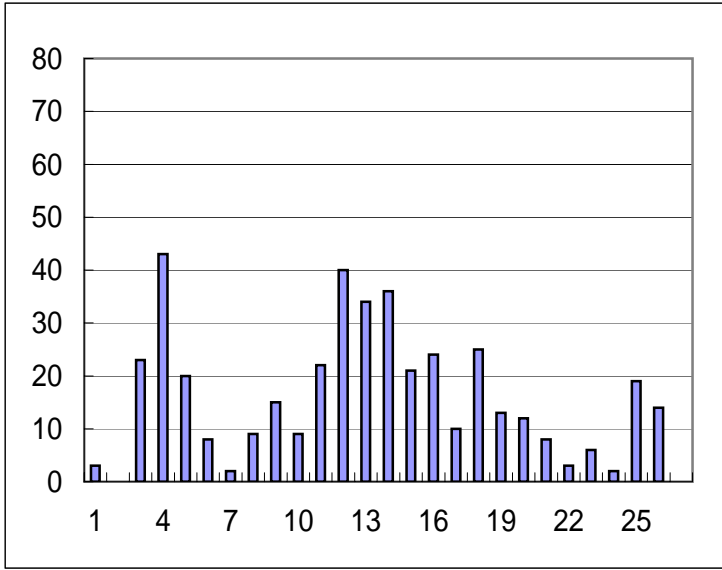
6) 2山降雨

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。宮古諸島には、このパターンが8降雨有り、そのうちの4降雨が宮古に有ります(表-5、図-4参照、2003年は3山とも言えます)。沖縄本島では那覇が特に多く発生しています。

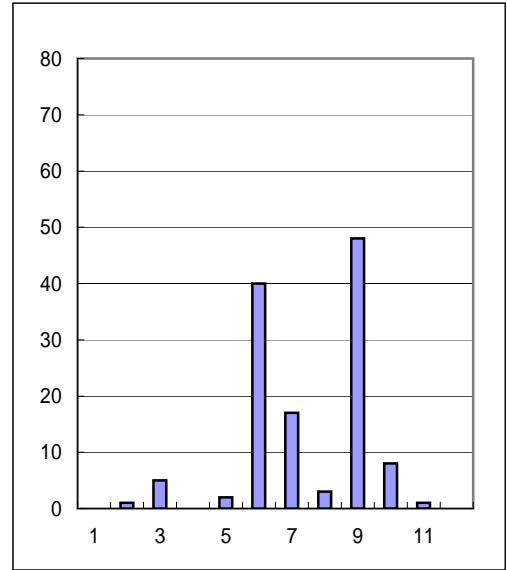
表-5.2山降雨一覧表

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	宮古	1985	S.60	8	15	431.0	43.0	13	46	34	20	8	0.24
							40.0				28	16	0.47
2		1987	S.62	8	29	125.0	40.0	22	33	12	27	6	0.50
							48.0				30	9	0.75
3		2003	H.15	9	10	448.5	33.0	13	44	32	18	6	0.19
							54.5				30	18	0.56
							47.5				36	24	0.75
4		2007	H.19	8	10	171.5	46.0	17	31	15	25	9	0.60
	48.0						28				12	0.80	
5	城辺	1985	S.60	8	15	422.0	67.0	17	46	30	21	5	0.17
							67.0				42	26	0.87
6		1988	S.63	4	28	355.0	89.0	5	25	21	14	10	0.48
							35.0				20	16	0.76
7		2003	H.15	9	10	437.0	44.0	12	64	53	17	6	0.11
							54.5				30	19	0.36
							47.5				36	25	0.47
8		伊良部	1985	S.60	12	5	309.0	68.0	13	36	24	18	6
	39.0							28				16	0.67

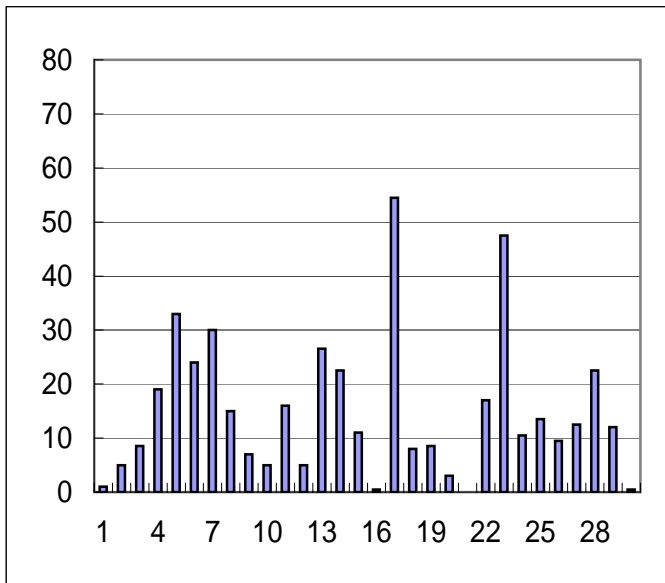
多良間には2山降雨がありません



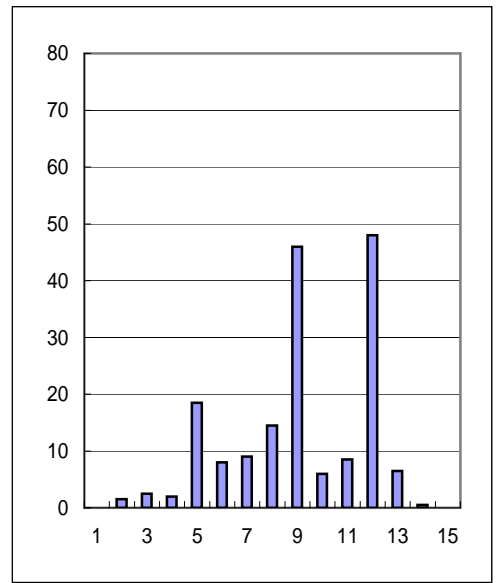
1985年8月降雨



1987年8月降雨



2003年9月降雨



2007年8月降雨

図 - 4 . 宮古の2山降雨(ピークが2回ある降雨)

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。

34年間の発生回数は63回(年平均1.85回)です。近年10年では15回(年平均1.50回)となり発生頻度は若干下がっています。平成21、22年の発生がありません。

集中豪雨の年発生回数の多い年は、昭和52・60年(5回)が有り、発生しなっか年も5年間あります。そのうちの2年は平成21・22年です。

表-6. 大雨注意報発令回数 宮古

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						1		1		2	1		5
2	1978 S.53				1			1						2
3	1979 S.54				1		1				2			4
4	1980 S.55				1			1						2
5	1981 S.56									1				1
6	1982 S.57					2								2
7	1983 S.58			1		1								2
8	1984 S.59													0
9	1985 S.60		2						1			1	1	5
10	1986 S.61										1		1	2
11	1987 S.62								1					1
12	1988 S.63				1				1					2
13	1989 H.1					1				1				2
14	1990 H.2								1					1
15	1991 H.3					1			1		1			3
16	1992 H.4			1	1		1							3
17	1993 H.5			1										1
18	1994 H.6													0
19	1995 H.7						1		1					2
20	1996 H.8					2	1							3
21	1997 H.9											1		1
22	1998 H.10													0
23	1999 H.11					1								1
24	2000 H.12				1				1				1	3
25	2001 H.13					1			1					2
26	2002 H.14			1						1	1	1		4
27	2003 H.15									1				1
28	2004 H.16								1					1
29	2005 H.17													0
30	2006 H.18			1										1
31	2007 H.19						1		1	1				3
32	2008 H.20						1		1		1			3
33	2009 H.21													0
34	2010 H.22													0
計		0	2	5	6	9	7	2	12	5	8	4	3	63
月別発生率%		0.0	3.2	7.9	9.5	14.3	11.1	3.2	19	7.9	12.7	6.3	4.8	100
年別発回数		0	0.06	0.15	0.18	0.26	0.21	0.06	0.35	0.15	0.24	0.12	0.09	1.85
発生頻度(年おき)		0	17	7	6	4	5	17	3	7	4	9	11	
近年10年計		0	0	2	0	1	2	0	4	3	2	1	0	15
月別発生率%		0.0	0.0	13.3	0.0	6.7	13.3	0.0	26.7	20.0	13.3	6.7	0.0	100
年別発回数		0.0	0	0.2	0	0.1	0.2	0	0.4	0.3	0.2	0.1	0	1.50
発生頻度(年おき)		0	0	5	-	10	5	-	3	3	5	10	-	

2) . 月別発生状況

表 - 6 を発生月別、かつ、総雨量別に整理し、表 - 7 に添付します。

1月を除く各月に発生履歴が有ります。

月別発生回数の多いのは8月で、近年もこの傾向は続いています。一方、7月の発生が少なく、昭和55年以降発生していません。

全体の47% (27回) は、総雨量が100mm以上となります (5 ~ 9月に19回発生)。

全体の12% (7回) は、総雨量が200mm以上となります (8月と9月には2回発生)。

全体の3% (2回) は、総雨量が300mm以上となります。発生月は8月と9月で、ともに400mmを越える大雨となっている。

月1回発生する確率は14.2%で、4 ~ 9月はその確率が高くなります。月2回以上発生する確率は低い(1.2%、一度発生した月で2回以上発生する確率は8.6%)。

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	58	14.2
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 58 月

発生頻度	発生月数	確率 %
月2回以上	5	8.6
月3回以上	0	0.0

表 - 7 . 大雨注意報発令回数表

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	2	-	3.2	1	-	50.0	-	-	-	-	-	-
3	5	(2)	7.9	2	(1)	40.0	-	-	-	-	-	-
4	6	-	9.5	2	-	33.3	1	-	-	-	-	-
5	9	(1)	14.3	4	(1)	44.4	-	-	-	-	-	-
6	7	(2)	11.1	4	(1)	57.1	1	-	14.3	-	-	-
7	2	-	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	12	(4)	19.0	8	(3)	66.7	2	(1)	16.7	1	-	8.3
9	5	(3)	7.9	3	(3)	60.0	2	(2)	40.0	1	(1)	20.0
10	8	(2)	12.7	1	-	12.5	1	-	12.5	-	-	-
11	4	(1)	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	3	-	4.8	2	-	66.7	-	-	-	-	-	-
計	63	(15)	100.0	27	(9)	42.9	7	(3)	11.1	2	(1)	3.2

2 - 4 . 1 降雨の総量とピーク時間雨量及び継続時間

表 - 1 の資料を雨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と降雨継続時間も上位10位以内となる降雨が1降雨だけです。ピーク時間雨量が大きい雨が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降雨のうち7降雨が総雨量の上位10位以内となり、残る3ケースも総雨量の上位に位置します)。これより、継続時間が長い雨は、総雨量が多くなると言えます。

表-8. 大雨注意発表時降雨の総量とピーク時間雨量及び継続時間の状況表

総雨量の多い順			ピーク時間雨量			降雨継続時間			総雨量の多い順			ピーク時間雨量			降雨継続時間				
多い順	降雨No.	1降雨の雨量	時間雨量	多い順	時間	多い順	多い順	降雨No.	1降雨の雨量	時間雨量	多い順	時間	多い順	降雨No.	1降雨の雨量	時間雨量	多い順	時間	多い順
1	55	443.5	54.5	14	13	2	33	46	99.0	40.0	46	4	32						
2	21	431.0	43.0	32	24	1	34	51	98.5	60.0	8	3	49						
3	27	284.0	41.0	40	11	6	35	53	96.0	31.0	61	4	35						
4	56	273.5	46.0	25	14	4	36	13	93.0	38.0	50	3	40						
5	24	274.0	76.0	4	12	5	37	28	91.0	37.0	51	4	27						
6	52	263.5	34.0	59	14	3	38	32	88.5	35.0	58	3	43						
7	9	205.0	50.0	17	8	12	39	58	88.5	36.0	55	3	50						
8	29	176.0	49.5	18	3	42	40	6	88.0	38.0	49	4	22						
9	37	173.5	24.5	63	7	14	41	45	88.0	64.5	5	2	56						
10	59	171.5	48.0	21	9	10	42	39	87.5	37.0	52	3	45						
11	61	167.5	55.0	13	10	8	43	5	87.0	40.0	42	4	21						
12	60	150.5	45.5	26	7	15	44	10	87.0	48.0	19	3	39						
13	43	149.5	44.0	30	4	30	45	16	86.0	35.0	16	4	25						
14	23	149.0	78.0	2	8	13	46	36	85.5	40.5	41	5	20						
15	31	147.5	30.5	62	9	9	47	44	84.5	55.5	11	4	31						
16	12	146.0	43.0	31	10	7	48	11	84.0	40.0	43	4	24						
17	50	142.0	56.5	10	3	48	49	40	81.5	57.5	9	3	46						
18	38	134.5	51.5	15	4	29	50	42	81.0	37.0	53	3	47						
19	41	131.5	79.5	1	2	55	51	7	80.0	51.0	16	4	23						
20	33	131.0	78.0	3	3	44	52	48	79.5	63.5	7	4	34						
21	1	129.0	35.0	56	8	11	53	3	78.0	45.0	27	3	37						
22	26	125.0	48.0	20	5	19	54	17	73.0	42.0	37	2	52						
23	47	117.5	47.5	22	4	33	55	20	66.0	46.0	24	3	41						
24	2	115.0	64.0	6	5	17	56	14	65.0	42.0	36	2	51						
25	18	113.0	36.0	54	2	53	57	34	60.0	42.5	34	2	54						
26	19	113.0	40.0	44	4	26	58	54	59.0	40.0	47	2	58						
27	25	108.0	55.0	12	6	16	59	63	57.5	43.0	33	2	59						
28	57	107.0	41.5	39	4	36	60	4	53.0	42.0	35	1	60						
29	49	105.5	42.0	38	2	57	61	22	52.0	45.0	28	1	61						
30	8	103.0	32.0	60	3	38	62	35	42.0	40.0	45	1	62						
31	15	99.0	47.0	23	5	18	63	62	40.5	40.0	48	1	63						
32	30	99.0	45.0	29	4	28	平均		125.2	46.2		5.1							

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(前方山形・中央山形・後方山形)が変わります。防災ダム計画では、後方山形(ピーク位置 $r = 0.8$)が採用されています。

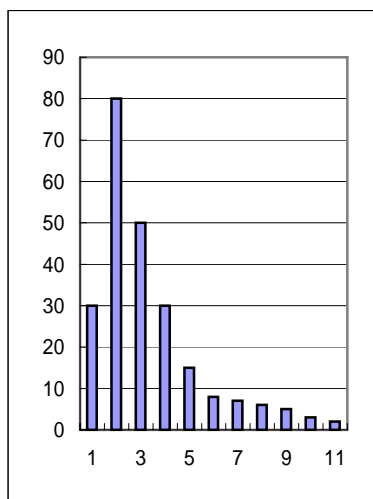
ここでは、表 - 1 に添付した集中豪雨がどの分布に当たるかを把握します。表 - 1 のすべての降雨の平均をもとめたものが表 - 10です。これは、下記式で求めたピーク位置で、これによるとピークの位置は $r = 0.66$ (中央から後方)となります。

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

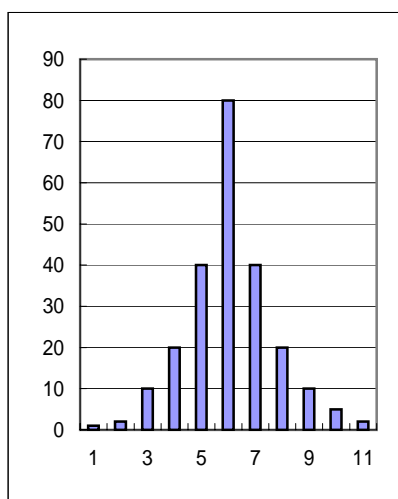
表 - 10のうちピーク時間雨量の大きい雨に絞って整理すると、表 - 9 のようになります。表 - 9 は、時間雨量の上位10個の平均を求めたものです。それでも $r = 0.65$ となり、やや後方の値を示します。これら2つの表より、宮古の集中豪雨は中央部から後半にピークがあることが解ります。

表 - 9.ピーク位置算定表 宮古(ピークが大きい雨量)

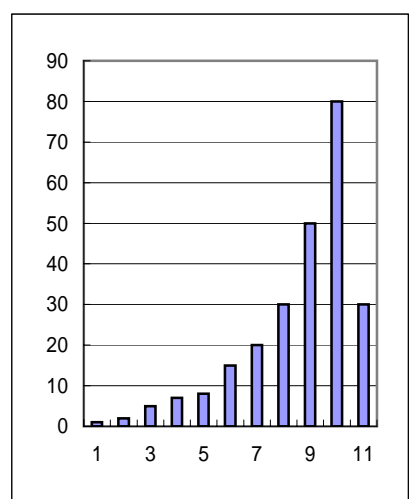
No	生起年			総雨量	ピーク時間雨量	降雨時刻		継続時間	ピーク時刻	始りからの時間数	ピーク到達割合	ピーク位置
	月	日	始り			終り						
2	1977	S.52	8 23	108.0	64.0	10	14	5	10	1	0.20	前方
23	1985	S.60	12 5	137.0	78.0	19	26	8	26	8	1.00	後方
24	1986	S.61	11 1	221.0	76.0	6	17	12	10	5	0.42	中央
33	1991	H.3	8 31	129.0	78.0	12	14	3	12	1	0.33	前方
40	1995	H.7	8 2	79.0	57.5	15	17	3	17	3	1.00	後方
41	1996	H.8	5 31	123.0	79.5	5	6	2	5	1	0.50	中央
45	1999	H.11	5 10	82.5	64.5	2	3	2	3	2	1.00	後方
48	2000	H.12	12 19	79.5	63.5	5	8	4	7	3	0.75	後方
50	2001	H.13	8 3	137.0	56.5	5	7	3	6	2	0.67	後方
51	2002	H.14	3 14	90.0	60.0	15	17	3	16	2	0.67	後方
平均				118.6	67.8			4.50			0.65	



前方山型



中央山型



後方山型

表-10. ピーク位置算定表 宮古

No	生起年	月	日	総雨量	ピーク雨量	降雨時刻		継続時間	ピーク時刻	始まりからの時間数	ピーク位置
						始まり	終り				
1		6	25	117.0	35.0	18	25	8	24	7	0.88
2		8	23	108.0	64.0	10	14	5	10	1	0.20
3	1977 S.52	10	4	78.0	45.0	14	16	3	15	2	0.67
4		10	8	42.0	42.0	13	13	1	13	1	1.00
5		11	15	87.0	40.0	24	34	11	26	3	0.27
6	1978 S.53	4	24	87.0	38.0	18	21	4	20	3	0.75
7		7	30	77.0	51.0	9	12	4	11	3	0.75
8		4	19	71.0	32.0	7	9	3	8	2	0.67
9	1979 S.54	6	15	203.0	50.0	4	11	8	9	6	0.75
10		10	28	82.0	48.0	7	9	3	8	2	0.67
11		10	31	75.0	40.0	10	13	4	10	1	0.25
12	1980 S.55	4	19	134.0	43.0	24	33	10	28	5	0.50
13		7	3	86.0	38.0	4	6	3	5	2	0.67
14	1981 S.56	9	12	64.0	42.0	16	17	2	16	1	0.50
15	1982 S.57	5	3	78.0	47.0	2	6	5	4	3	0.60
16		5	31	82.0	35.0	11	14	4	13	3	0.75
17	1983 S.58	3	11	60.0	42.0	23	24	2	23	1	0.50
18		5	24	68.0	36.0	10	11	2	10	1	0.50
19		2	8	91.0	40.0	7	10	4	9	3	0.75
20		2	15	66.0	46.0	21	23	3	21	1	0.33
21	1985 S.60	8	15	418.0	43.0	19	42	24	20	2	0.08
22		11	24	45.0	45.0	6	6	1	6	1	1.00
23		12	5	137.0	78.0	19	26	8	26	8	1.00
24	1986 S.61	11	1	221.0	76.0	6	17	12	10	5	0.42
25		12	13	101.0	55.0	8	13	6	13	6	1.00
26	1987 S.62	8	30	116.0	48.0	3	7	5	6	4	0.80
27	1988 S.63	4	28	284.0	41.0	9	19	11	18	10	0.91
28		8	13	86.0	37.0	13	16	4	14	2	0.50
29	1989 H.1	5	5	84.5	49.5	8	10	3	9	2	0.67
30		9	18	78.5	45.0	2	5	4	2	1	0.25
31	1990 H.2	8	29	137.5	30.5	18	26	9	23	6	0.67
32	1991 H.3	5	7	81.5	35.0	8	10	3	9	2	0.67
平均				109.8	46.2			5.21			0.66

No	生起年	月	日	総雨量	ピーク雨量	降雨時刻		継続時間	ピーク時刻	始まりからの時間数	ピーク位置
						始まり	終り				
33		8	31	129.0	78.0	12	14	3	12	1	0.33
34	1991 H.3	10	29	56.0	42.5	5	6	2	6	2	1.00
35		3	8	40.0	40.0	21	21	1	21	1	1.00
36	1992 H.4	4	18	80.5	40.5	24	26	3	24	1	0.33
37		6	10	109.5	24.5	16	22	7	16	1	0.14
38	1993 H.5	3	15	122.0	51.5	8	11	4	9	2	0.50
39	1995 H.7	6	28	83.5	37.0	22	24	3	23	2	0.67
40		8	2	79.0	57.5	15	17	3	17	3	1.00
41		5	31	123.0	79.5	5	6	2	5	1	0.50
42	1996 H.8	5	31	74.5	37.0	17	19	3	19	3	1.00
43		6	1	126.5	44.0	20	23	4	21	2	0.50
44	1997 H.9	11	16	78.5	55.5	22	25	4	23	2	0.50
45	1999 H.11	5	10	82.5	64.5	2	3	2	3	2	1.00
46		4	19	97.5	40.0	12	15	4	12	1	0.25
47	2000 H.12	8	28	93.5	47.5	22	25	4	24	3	0.75
48		12	19	79.5	63.5	5	8	4	7	3	0.75
49		5	20	66.5	42.0	11	12	2	12	2	1.00
50	2001 H.13	8	3	137.0	56.5	5	7	3	6	2	0.67
51		3	14	90.0	60.0	15	17	3	16	2	0.67
52		9	5	240.5	34.0	7	20	14	19	13	0.93
53	2002 H.14	10	24	96.0	31.0	2	5	4	3	2	0.50
54		11	30	50.0	40.0	8	9	2	8	1	0.50
55	2003 H.15	9	10	299.0	54.5	15	32	18	30	16	0.89
56	2004 H.16	8	23	197.0	46.0	22	35	14	24	3	0.21
57	2006 H.18	3	8	94.5	41.5	22	25	4	24	3	0.75
58		6	11	79.0	36.0	17	19	3	18	2	0.67
59	2007 H.19	8	10	165.0	48.0	21	29	9	28	8	0.89
60		9	9	146.5	45.5	16	22	7	21	6	0.86
61		6	6	158.5	55.0	21	30	10	26	6	0.60
62	2008 H.20	8	9	40.0	40.0	14	14	1	14	1	1.00
63		10	16	55.5	43.0	9	10	2	10	2	1.00
平均				109.8	46.2			5.21			0.66

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。表 - 1 の降雨記録のうち、「総雨量の多い雨が洪水被害をもたらした」と言えます。

また、洪水被害をもたらした月は、「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ました(表 - 11、図 - 5 参照)。

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・8月・9月の3ヶ月です。近年10年では5月(200mm以下)が減少し、6月(200mm越え)と9月が増加しています。

月合計雨量が500mmを越えた月が10ヶ月有ります(石垣11ヶ月)が、400mmを越えたのは14ヶ月だけです(石垣31ヶ月)。

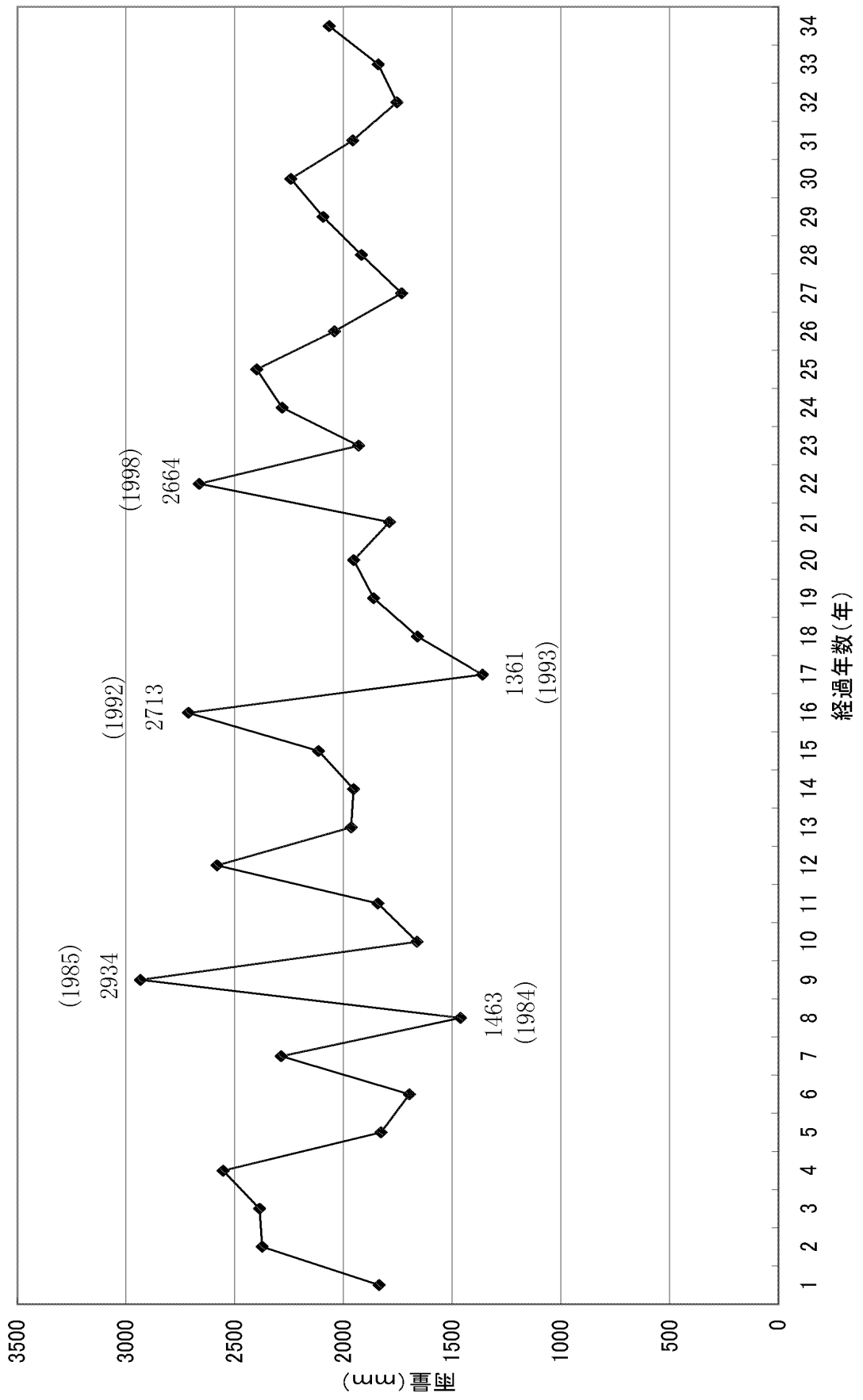
年合計雨量(34年間の平均)は2051mmで、近年10年平均でも2005mmであり、大きな変動はないようです。

「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判ります。石垣は10年毎に少ない年が有りますが、宮古も1993年までは、この傾向が有りましたが、近年の降雨状況では無くなっているように思われます。

表-11. 月別降水量(宮古) (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	212.5	78.5	26.0	21.0	32.5	294.0	188.5	146.0	101.5	304.0	230.0	201.0	1835.5
2	1978 S.53	93.5	51.5	208.5	288.5	226.0	172.0	217.5	279.5	421.0	255.5	55.5	105.5	2374.5
3	1979 S.54	208.5	116.5	141.5	206.0	247.5	364.5	61.0	584.0	26.5	288.0	93.5	49.0	2386.5
4	1980 S.55	144.0	237.5	227.5	558.0	233.5	38.5	133.0	94.5	273.0	356.5	148.0	109.5	2553.5
5	1981 S.56	59.5	101.0	122.0	233.0	223.0	105.0	255.5	257.5	188.0	60.0	160.5	62.0	1827.0
6	1982 S.57	122.0	183.0	33.5	173.0	235.5	216.5	56.5	165.5	107.0	111.0	139.5	154.5	1697.5
7	1983 S.58	244.5	272.0	355.0	106.0	376.5	42.5	23.0	344.0	250.5	147.0	65.0	59.5	2285.5
8	1984 S.59	185.5	50.0	70.0	210.5	249.0	45.5	52.5	248.5	65.5	87.0	152.5	46.5	1463.0
9	1985 S.60	81.0	530.0	45.5	230.5	59.5	116.0	245.0	751.0	226.5	136.5	174.0	338.5	2934.0
10	1986 S.61	63.5	183.5	104.5	32.0	246.0	85.5	97.5	79.5	134.5	86.0	396.5	153.5	1662.5
11	1987 S.62	156.5	85.0	108.5	32.0	149.0	302.0	174.5	270.5	40.5	97.0	263.5	163.0	1842.0
12	1988 S.63	257.5	161.5	220.0	619.5	323.0	41.0	58.0	258.0	231.0	308.5	93.0	10.0	2581.0
13	1989 H.1	127.0	25.5	48.5	189.0	370.5	104.0	152.5	263.0	235.0	25.0	179.5	245.5	1965.0
14	1990 H.2	218.0	197.0	68.5	150.0	185.5	249.5	72.0	326.0	206.0	109.0	70.0	103.0	1954.5
15	1991 H.3	101.5	108.5	188.0	65.5	132.5	137.0	132.0	245.0	560.0	344.0	70.0	31.0	2115.0
16	1992 H.4	221.0	257.0	295.5	275.5	271.0	379.0	30.0	346.5	233.0	144.5	44.0	216.5	2713.5
17	1993 H.5	117.5	46.5	168.0	128.5	134.0	83.0	67.5	66.0	278.5	69.0	127.0	76.0	1361.5
18	1994 H.6	78.0	156.5	177.5	57.5	170.5	152.5	55.5	345.5	58.5	238.5	45.5	123.5	1659.5
19	1995 H.7	106.5	76.5	213.0	50.5	295.5	303.5	147.5	264.5	169.5	93.0	77.0	64.0	1861.0
20	1996 H.8	119.0	88.0	49.5	150.0	524.5	178.5	164.5	68.5	306.0	110.0	142.0	52.0	1952.5
21	1997 H.9	231.0	125.0	107.5	167.5	110.5	231.0	90.0	328.0	86.5	95.5	129.0	87.0	1788.5
22	1998 H.10	133.5	190.0	86.0	195.0	473.0	282.0	11.5	154.5	298.0	354.0	160.0	326.5	2664.0
23	1999 H.11	87.0	7.0	169.0	96.5	189.5	66.5	280.5	268.0	385.0	82.0	77.0	223.5	1931.5
24	2000 H.12	108.5	169.5	105.5	316.5	54.5	168.0	195.0	298.0	111.0	248.0	281.5	226.5	2282.5
25	2001 H.13	172.0	172.5	112.5	191.0	529.0	121.5	90.0	189.5	463.0	226.0	40.0	92.5	2399.5
26	2002 H.14	33.5	53.0	248.5	42.0	88.0	56.5	374.5	60.0	361.0	309.0	108.5	306.0	2041.5
27	2003 H.15	141.0	47.5	79.5	61.5	35.0	275.0	8.0	108.0	511.5	125.0	310.5	31.0	1733.5
28	2004 H.16	78.5	129.5	51.0	117.5	80.0	216.5	33.0	689.5	237.5	106.5	42.0	156.5	1918.0
29	2005 H.17	103.0	209.5	106.5	122.5	202.5	370.0	157.0	452.5	119.5	50.0	85.5	115.5	2094.0
30	2006 H.18	110.0	181.0	304.0	148.5	210.5	342.5	260.5	85.0	279.5	8.5	188.0	124.0	2242.0
31	2007 H.19	114.0	102.0	136.0	79.0	75.0	261.0	28.0	283.5	378.5	107.5	254.5	139.0	1958.0
32	2008 H.20	117.0	161.0	177.5	170.5	89.5	280.5	130.0	142.0	174.5	143.0	149.0	40.0	1754.5
33	2009 H.21	107.5	78.5	131.0	206.0	52.5	225.0	197.5	197.5	47.5	377.0	152.0	68.5	1840.5
34	2010 H.22	129.5	92.0	51.0	191.5	134.5	127.5	284.0	319.0	156.5	289.0	230.0	62.0	2066.5
平均雨量		134.8	138.9	139.3	173.0	205.0	189.2	133.0	264.1	227.1	173.3	145.1	128.3	2051.2
近年10年計		110.6	122.7	139.8	133.0	145.7	227.6	156.3	252.7	272.9	174.2	156.1	113.5	2004.8

图一5. 年間雨量變動图



2) . 月合計と豪雨の関係

月別雨量(表 - 11の上位20個の降雨)と豪雨(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14ヶ月です(那覇24ヶ月、石垣31ヶ月)。上位20ヶ月のうち、豪雨(大雨注意報発令)が発生している月は12ヶ月(60%)です(那覇は70%、石垣85%)。

複数回発生は1ヶ月だけです(石垣7ヶ月、那覇4ヶ月)。

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	1985 S.60	8	751.0	17	431.0	2	43.0	33
2	2004 H.16	8	689.5	51	278.5	4	46.0	39
3	1988 S.63	4	619.5	68	284.0	19	41.0	2
4	1979 S.54	8	584.0	-	-	-	-	-
5	1991 H.03	9	560.0	-	-	-	-	-
6	1980 S.55	4	558.0	10	146.0	16	43.0	66
7	1985 S.60	2	530.0	15	113.0	63	40.0	58
				16	66.0	64	46.0	27
8	2001 H.13	6	529.0	45	142.0	15	56.5	25
9	1996 H.08	5	524.5	37	131.5	36	79.5	17
10	2003 H.15	9	511.5	50	448.5	1	54.5	14
11	1998 H.10	5	473.0	-	-	-	-	-
12	2001 H.13	9	463.0	-	-	-	-	-
13	2005 H.17	8	452.5	-	-	-	-	-
14	1978 S.53	9	421.0	-	-	-	-	-
15	1986 S.61	11	396.5	20	274.0	31	76.0	37
16	1992 H.04	6	379.0	33	173.5	-	24.5	-
17	2007 H.19	9	378.5	55	150.5	49	45.5	55
18	2009 H.21	10	377.0	-	-	-	-	-
19	2002 H.14	7	374.5	-	-	-	-	-
20	1989 H.01	5	370.5	25	176.0	58	49.5	42
平均			497.1		216.5		49.6	

月降雨量上位20ヶ月平均の比較表

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
名護	517.4	206.2	49.4
那覇	554.4	239.2	56.2
宮古	497.1	216.5	49.6
石垣	569.8	179.1	57.0

3. 宮古地方と周辺地区との違い

1) . 集中豪雨の発生日

宮古・城辺・伊良部・多良間の各観測所の資料で集中豪雨の日にちを抽出し、表 - 14に添付します。これを同時に観測した回数で整理して表 - 13に添付します。

発生件数は、城辺、多良間、宮古、伊良部の順となります。

宮古と同じ日に発生した回数は城辺(19回)が最も多くなっています。

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城辺33個、伊良部29個となり(表-13(6)参照)、宮古の集中豪雨は城辺・伊良部との関係があり、多良間(18個)との関係は薄いと判断できます。

表 - 13(1) . 集中豪雨の回数 (資料年数33年)

観測所名	宮古	城辺	伊良部	多良間
発生回数	58	68	45	66
年平均	1.76	2.06	1.36	2.00

表 - 13(2) . 同時に発生した回数

観測所名	宮古	城辺	伊良部	多良間
宮古		19	15	8
城辺	19		11	12
伊良部	15	11		11
多良間	8	12	11	

表 - 13(3) . 宮古の集中豪雨総雨量上位10降雨と同時に発生した観測所

宮古集中豪雨総雨量				城 辺	伊 良 部	多 良 間
順位	総雨量	発生年月日				
1	448.5	2003	9月11日			-
2	431.0	1985	8月16日			
3	284.0	1988	4月28日			
4	278.5	2004	8月24日	-		-
5	274.0	1986	11月1日		-	
6	263.5	2002	9月5日	-	-	-
7	205.0	1979	6月15日	-	-	-
8	176.0	1989	5月5日	-	-	-
9	173.5	1992	6月10日	-	-	
10	171.5	2007	8月11日			
個数				5	5	5

表 - 13(4) . 宮古の集中豪雨ピーク時間雨量上位10降雨と同時に発生した観測所

宮古ピーク時間雨量				城 辺	伊 良 部	多 良 間
順位	時間雨量	発 生 年 月 日				
1	79.5	1996	5月31日			
2	78.0	1985	12月6日	-		-
3	78.0	1991	8月31日	-	-	-
4	76.0	1986	11月1日		-	
5	64.5	1999	5月9日	-	-	-
6	63.5	2000	12月19日	-		-
7	60.0	2002	3月14日	-	-	-
8	57.5	1995	8月2日	-	-	-
9	56.5	2001	8月3日	-		-
10	55.5	1997	11月16日		-	-
個 数				3	4	2

表 - 13(5) . 宮古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

宮古降雨継続時間				城 辺	伊 良 部	多 良 間
順位	継続時間	発 生 年 月 日				
1	47	2004	8月24日	-		-
2	34	1985	8月16日			
3	32	2003	9月11日			-
4	28	1986	11月1日		-	
5	27	2002	9月5日	-	-	-
6	22	1988	4月28日			
7	22	1989	5月4日	-	-	-
8	22	2000	8月28日	-	-	-
9	21	1990	8月29日		-	-
10	21	2008	6月7日			-
個 数				6	5	3

表 - 13(6) . 宮古の集中豪雨の上位10降雨と同時に発生した個数計

項 目	城 辺	伊 良 部	多 良 間
総 雨 量	5	5	5
ピ ー ク 時 間 雨 量	3	4	2
降 雨 継 続 時 間	6	5	3
計	14	14	10
同 時 に 発 生 し た 個 数	19	15	8
合 計	33	29	18

表-14. 集中豪雨の発生日

年 数	発 生 年	城 辺		伊 良 部		宮 吉		多 良 間	
		回 数	日	回 数	日	回 数	日		
1	1978 S.53	1	5/27	2	10/28, 10/31	2	4/24, 7/30	4	4/29, 5/13, 8/21, 9/13
2	1979 S.54	2	8/28, 8/29	0	-	4	4/19, 6/15, 10/28, 10/31	1	5/11
3	1980 S.55	3	4/20, 11/12, 11/28	4	4/20, 6/2, 7/3, 10/12	2	4/20, 7/3	3	4/20, 4/30, 10/24
4	1981 S.56	3	5/11, 7/14, 9/3	1	8/31	1	9/12	1	9/9
5	1982 S.57	1	5/31	7/1	7/1	2	5/2, 5/31	2	6/29, 12/4
6	1983 S.58	3	1/24, 3/20, 8/25	4	2/20, 3/11, 3/20, 8/26	2	3/11, 5/24	3	2/20, 4/4, 8/26
7	1984 S.59	1	4/18	0	-	0	-	3	4/18, 7/30, 10/9
8	1985 S.60	2	8/16, 11/24	2	8/16, 12/5	5	2/8, 2/15, 8/16, 11/24, 12/5	2	7/19, 8/16
9	1986 S.61	2	11/1, 12/13	2	5/21, 12/13	2	11/1, 12/13	4	5/13, 5/21, 9/22, 11/1
10	1987 S.62	1	8/30	1	8/30	1	8/30	3	6/2, 6/17, 8/30
11	1988 S.63	4	4/18, 4/28, 5/2, 8/14	1	4/28	2	4/28, 8/13	3	4/18, 4/28, 4/28
12	1989 H.1	2	6/12, 6/19	0	-	2	5/4, 9/17	3	4/18, 5/24, 8/25
13	1990 H.2	5	3/31, 5/16, 6/9, 8/29, 9/7	0	-	1	8/29	1	10/31
14	1991 H.3	2	3/30, 9/20	1	10/30	3	5/7, 8/31, 10/29	0	-
15	1992 H.4	3	2/18, 4/10, 4/19	1	3/28	3	3/8, 4/19, 6/10	1	6/10
16	1993 H.5	2	6/7, 9/2	0	-	1	3/15	1	9/23
17	1994 H.6	0	-	0	-	0	-	2	4/23, 9/12
18	1995 H.7	1	8/24	2	5/14, 9/29	2	6/28, 8/2	1	11/6
19	1996 H.8	5	5/28, 5/31, 5/31, 6/1, 8/27	2	5/31, 9/2	3	5/31, 5/31, 6/1	2	5/27, 5/31
20	1997 H.9	1	11/16	1	5/3	1	11/16	2	8/18, 10/1
21	1998 H.10	2	10/24, 11/1	1	4/13	0	-	1	4/13
22	1999 H.11	3	4/22, 7/7, 8/12	0	-	1	5/9	4	3/20, 7/12, 8/12, 12/1
23	2000 H.12	2	4/19, 11/6	2	7/9, 12/19	3	4/19, 7/3, 8/28, 12/19	2	6/12, 10/25
24	2001 H.13	1	4/3	3	2/23, 6/14, 8/3	2	5/20, 8/3	1	5/22
25	2002 H.14	1	12/19	2	10/10, 10/25	4	3/14, 9/5, 10/23, 11/30	4	7/31, 9/25, 10/10, 12/7
26	2003 H.15	2	9/11, 10/7	1	9/11	1	9/11	0	-
27	2004 H.16	0	-	1	8/24	1	8/24	1	6/3
28	2005 H.17	1	6/2	1	6/13	0	-	0	-
29	2006 H.18	1	12/7	1	6/18	1	3/8	1	6/11
30	2007 H.19	3	2/22, 8/11, 9/9	2	8/11, 11/8	3	6/11, 8/11, 9/9	2	8/11, 11/8
31	2008 H.20	2	3/23, 6/7	2	6/7, 8/14	3	6/7, 8/9, 10/16	2	3/23, 9/16
32	2009 H.21	3	4/21, 6/12, 6/16	1	6/16	0	-	3	4/21, 6/12, 10/23
33	2010 H.22	3	4/2, 8/28, 10/4	3	6/11, 7/24, 9/4	0	-	3	5/14, 10/15, 10/22
計		68		45		58		68	

日にちが一致する回数

観測所名	城 辺	伊 良 部	宮 吉	多 良 間
城 辺	11	19	12	12
伊 良 部	11	15	11	11
宮 吉	19	15	8	8
多 良 間	12	11	8	8

2) . 宮古と城辺が同時に大雨となった場合の状況

宮古と城辺が同時に大雨なった場合の状況表を表 - 15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。

同時に発生した場合、総雨量の上位のものが多く、平均でも170mm程度となっています。

同時に集中豪雨が発生すれば、総雨量が多くなると言えます。

総雨量は、平均でほぼ同じです(宮古169.6mm、城辺170.2mm)。

ピーク時間雨量は、平均で若干城辺が多い(宮古48.2mm、城辺53.4mm)。

継続時間は、平均で若干宮古が長い(宮古7.8時間、城辺6.4時間)。

表 - 15. 同時に発生した場合の降雨状況表

件数 No.	発生年	月日	城 辺				宮 古			
			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	1980 S.55	4月20日	170.0	10	40.0	9	146.0	16	43.0	10
2	1982 S.57	5月31日	88.0	38	43.0	4	86.0	45	35.0	4
3	1985 S.60	8月16日	422.0	2	67.0	18	431.0	2	43.0	24
4	1985 S.60	11月24日	59.0	60	43.0	2	52.0	61	45.0	1
5	1986 S.61	11月1日	218.0	5	81.0	4	274.0	5	76.0	12
6	1986 S.61	12月13日	156.0	12	82.0	2	108.0	27	55.0	6
7	1987 S.62	8月30日	125.0	18	41.0	5	125.0	22	48.0	5
8	1988 S.63	4月28日	355.0	4	89.0	11	284.0	3	41.0	11
9	1990 H.2	8月29日	142.0	14	36.0	8	147.5	15	30.5	9
10	1992 H.4	4月19日	110.0	22	67.0	5	85.5	46	40.5	5
11	1996 H.8	5月31日	97.0	31	47.0	4	131.5	19	79.5	2
12	1996 H.8	5月31日	69.0	49	43.0	3	81.0	50	37.0	3
13	1996 H.8	6月1日	193.0	7	59.0	7	149.5	13	44.0	4
14	1997 H.9	11月16日	91.0	35	44.0	3	84.5	47	55.5	4
15	2000 H.12	4月19日	83.0	43	31.0	4	99.0	33	40.0	4
16	2003 H.15	9月11日	437.0	1	54.5	8	448.5	1	54.5	18
17	2007 H.19	8月11日	129.0	17	46.0	8	171.5	10	48.0	9
18	2007 H.19	9月9日	91.0	36	47.0	5	150.5	12	45.5	7
19	2008 H.20	6月7日	198.0	6	53.5	11	167.5	11	55.0	10
平 均			170.2		53.4	6.4	169.6		48.2	7.8

3) . 確率雨量計算

各観測所の確率雨量計算結果を表 - 16に添付します。

34年間の資料で確率雨量の値は、長期の資料よりも小さくなります。既往最大値が小さくなっていることが原因しています(表 - 16(1)より)。

宮古・城辺・伊良部の値は同程度ですが、多良間の値は大きくなります。これより、多良間の雨は、3カ所(宮古・城辺・伊良部)とは別の降雨状況と考えるのが妥当です。

表 - 16(1) . 宮古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	
	長 期	34 年 間	長 期	34 年 間	長 期	34 年 間
既往最大	401.9	322.0	138.0	95.5	33.0	27.5
200	422.5	421.2	124.0	112.9	33.2	30.6
100	381.1	376.4	115.2	105.7	31.6	29.2
50	340.6	333.5	106.2	98.3	29.8	27.8
30	311.3	303.1	99.6	92.8	28.5	26.7
20	289.3	279.6	94.2	88.2	27.4	25.8
10	249.1	240.4	84.6	80.0	25.5	24.2

長期は、1949(S.24)から2010(H.22)までの62年間によるものです。

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

表 - 16(2) 日雨量の確率雨量計算結果表

確 率 年	宮 古	城 辺	伊 良 部	多 良 間	
既往最大	322.0	355.0	304.0	629.0	
200	421.2	395.0	346.0	780.5	
100	376.4	351.3	311.8	651.4	
50	333.5	310.2	278.8	536.8	
30	303.1	281.4	255.3	461.3	
20	279.6	259.3	236.9	406.1	
10	240.4	223	205.9	321.0	

城辺・伊良部・多良間は、1978(S.53)から2010(H.22)までの33年間によるものです。

表 - 16(3) 時間雨量の確率雨量計算結果表

確 率 年	宮 古	城 辺	伊 良 部	多 良 間	
既往最大	95.5	89.0	88.0	152.0	
200	112.9	99.5	107.7	214.5	
100	105.7	93.7	98.8	186.0	
50	98.3	87.7	90.0	159.6	
30	92.8	83.2	83.7	141.5	
20	88.2	79.4	78.6	127.7	
10	80.0	72.6	69.9	105.5	

城辺・伊良部・多良間は、1978(S.53)から2010(H.22)までの33年間によるものです。

表 - 16(4) 10分間雨量の確率雨量計算結果表

確 率 年	宮 古	城 辺	伊 良 部	多 良 間	
既往最大	27.5				
200	30.6	27.0	29.2	58.1	
100	29.2	25.9	27.3	51.4	
50	27.8	24.8	25.5	45.1	
30	26.7	23.9	24.1	40.7	
20	25.8	23.2	23.0	37.4	
10	24.2	22.0	21.1	31.9	

城辺・伊良部・多良間の10分間雨量は、宮古の特性係数より求めたものです。

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宮古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、以下に宮古の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 (宮古の50年確率)

$$R_{50}^{24} = 333.5 \text{ mm/日}$$

1時間雨量 (宮古の50年確率)

$$R_{50}^1 = 98.3 \text{ mm/hr}$$

特性係数値

$${}_{50}^1 = \frac{24 \times R_{50}^1}{R_{50}^{24}} = \frac{24 \times 98.3}{333.5} = 7.07$$

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 ${}_{50}^1 = 7.07$ $t = 24$ のとき ${}_{50}^{24} = 1.0$ より求める。

$${}_{50}^t = \frac{a}{1 + b} = 7.07 \quad \Longrightarrow \quad a = 7.07 + 7.07 \times b \quad (1)$$

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

(1)、(2)式より

$$7.07 + 7.07 \times b = 24 + b$$

$$b = \frac{24 - 7.07}{7.07 - 1} = 2.79$$

(2)式より

$$a = 24 + b = 24 + 2.79 = 26.79$$

以上より特性係数式 ${}_{50}^t$ は次のとおりとなる。

$${}_{50}^t = \frac{26.79}{t + 2.79}$$

長時間降雨強度式 I_{50}^t

$$\begin{aligned} I_{50}^t &= {}_{50}^t \times R_{50}^{24} \\ &= \frac{26.79}{t + 2.79} \times 333.5 \\ &= \frac{8,934.5}{t + 2.79} \end{aligned}$$

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

$$a = 8,934.5 \quad b = 2.79$$

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

$$a \cdot b \cdot r^2 = 8,934.5 \times 2.79 \times 0.8^2 = 15,953.4$$

$$b \cdot r = 2.79 \times 0.8 = 2.23$$

$$I = 15,953.4 \times \left(\frac{1}{t_1 + 2.23} - \frac{1}{t_2 + 2.23} \right)$$

$t_1 = 0, t_2 = 0.8$ の場合

$$I = 15,953.4 \times \left(\frac{1}{0 + 2.23} - \frac{1}{0.8 + 2.23} \right) = 1,888.8 \quad (\text{mm/24hr})$$

$$\text{時間雨量 } r = 1,888.8 / 24 = 78.7 \text{ mm/hr}$$

$t_1 = 0.8, t_2 = 1.8$ の場合

$$I = 15,953.4 \times \left(\frac{1}{0.8 + 2.23} - \frac{1}{1.8 + 2.23} \right) = 1,306.5 \quad (\text{mm/24hr})$$

$$\text{時間雨量 } r = 1,306.5 / 24 = 54.4 \text{ mm/hr}$$

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

$$a \cdot b \cdot (1 - r)^2 = 8,934.5 \times 2.79 \times 0.2^2 = 997.1$$

$$b \cdot (1 - r) = 2.79 \times 0.2 = 0.56$$

$$I = 997.1 \times \left(\frac{1}{t_1 + 0.56} - \frac{1}{t_2 + 0.56} \right)$$

$t_1 = 0, t_2 = 0.2$ の場合

$$I = 997.1 \times \left(\frac{1}{0 + 0.56} - \frac{1}{0.2 + 0.56} \right) = 468.6 \quad (\text{mm/24hr})$$

$$\text{時間雨量 } r = 468.6 / 24 = 19.6 \text{ mm/hr}$$

ピーク前の時間雨量78.7(mm/hr)を加えて、98.3(mm/hr)となります。

これは、確率計算結果の50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

$$I = 997.1 \times \left(\frac{1}{0.2 + 0.56} - \frac{1}{1.2 + 0.56} \right) = 745.4 \quad (\text{mm/24hr})$$

$$\text{時間雨量 } r = 745.4 / 24 = 31.1 \text{ mm/hr}$$

以下、同様な算定で降雨分布を作成します(表 - 17参照)。表 - 17から解るように時間雨量98.3mmと日雨量333.5mmが一致していることがポイントになります。

表 -17 ハイエトグラフの作成表

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			37.87	1.6
2	16.8	~ 17.8			41.85	1.7
3	15.8	~ 16.8			46.50	1.9
4	14.8	~ 15.8			51.96	2.2
5	13.8	~ 14.8			58.44	2.4
6	12.8	~ 13.8			66.22	2.8
7	11.8	~ 12.8			75.65	3.2
8	10.8	~ 11.8			87.27	3.6
9	9.8	~ 10.8			101.78	4.2
10	8.8	~ 9.8			120.23	5.0
11	7.8	~ 8.8			144.20	6.0
12	6.8	~ 7.8			176.14	7.3
13	5.8	~ 6.8			220.01	9.2
14	4.8	~ 5.8			282.61	11.8
15	3.8	~ 4.8			376.34	15.7
16	2.8	~ 3.8			525.98	21.9
17	1.8	~ 2.8			787.01	32.8
18	0.8	~ 1.8			1306.49	54.4
19	0	~ 0.8			1888.84	98.3
			0	~ 0.2	468.56	
20			0.2	~ 1.2	745.44	31.1
21			1.2	~ 2.2	205.27	8.6
22			2.2	~ 3.2	96.08	4.0
23			3.2	~ 4.2	55.71	2.3
24			4.2	~ 5.2	36.37	1.5
計						333.5

*

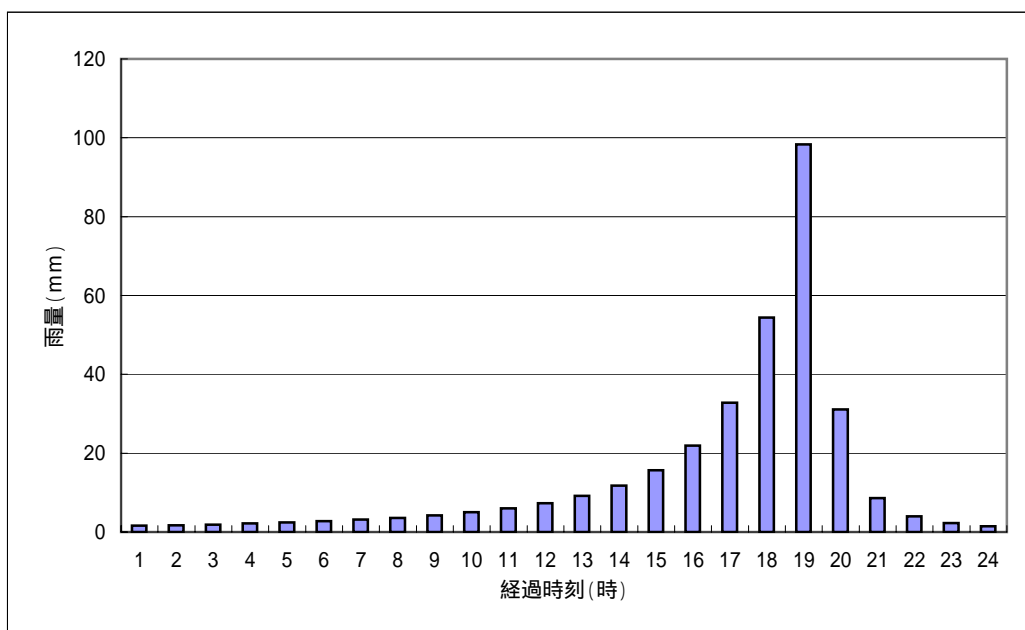
*

降雨強度

ピーク前 $15,953.4 \times (1/(t_1 + 2.23) - 1/(t_2 + 2.23))$

ピーク後 $997.1 \times (1/(t_1 + 0.56) - 1/(t_2 + 0.56))$

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、宮古の1986年10月31日から11月1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 - 18(1) . 実測雨量(1984年4月降雨)

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
雨量	2.0	10.0	6.0	2.0	0.0	4.0	11.0	4.0	3.0	1.0	2.0	9.0	
時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	計
雨量	15.0	21.0	41.0	76.0	15.0	9.0	1.0	9.0	10.0	8.0	5.0	4.0	268.0

時間雨量の割増し

50年確率の時間雨量が98.3mmであることより、上表のピーク値を76.0mmを98.3mmにします。時間雨量の割増しは1.29となります。

$$\text{時間雨量の割増し率} = \frac{98.3}{76.0} = 1.29$$

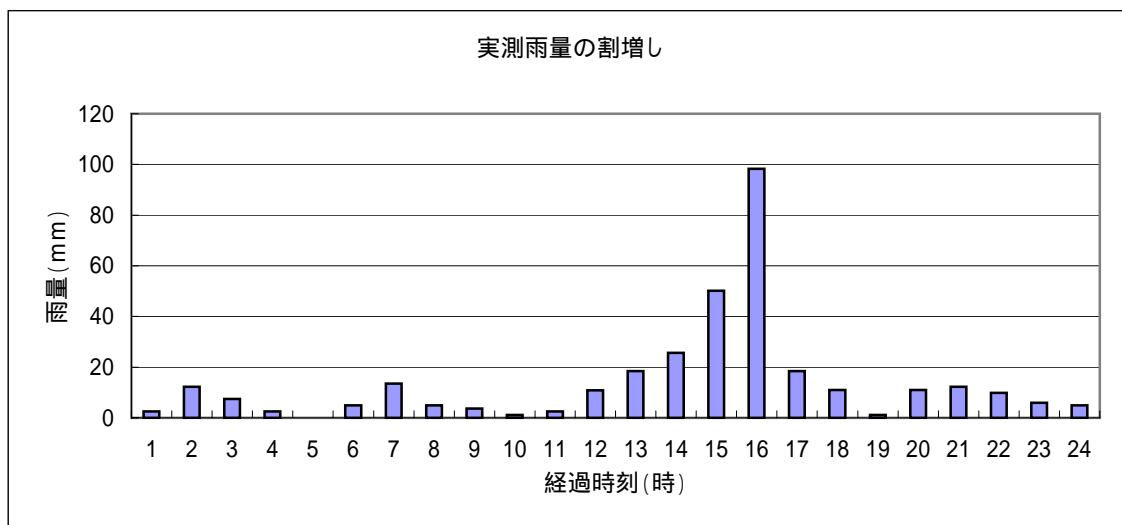
ピーク時間雨量以外の割増し

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-18(1)のピークを除く値を1.23倍し、結果を表 - 18(2)に添付します。

$$\text{ピーク時以外の割増し率} = \frac{333.5 - 98.3}{268.0 - 76.0} = 1.23$$

表 - 18(2) . 実測雨量の割増し(1984年4月降雨)

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
雨量	2.5	12.3	7.4	2.5	0.0	4.9	13.5	4.9	3.7	1.2	2.5	10.9	
時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	計
雨量	18.4	25.7	50.2	98.3	18.4	11.0	1.2	11.0	12.3	9.8	6.0	4.9	333.5



4 - 3 . 宮古の降雨特徴型

宮古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、宮古の降雨特性を考えると意味のある方法と思います。宮古は、一日の雨の殆んどが5時間で降っているのが特徴です。

1) 石垣の降雨特徴(表 - 3 及び表 - 9 参照)

- 2時間連続雨量・・・日雨量の54.6%(表 - 3 より)
- 3時間連続雨量・・・日雨量の63.1%(表 - 3 より)
- 4時間連続雨量・・・日雨量の71.4%(表 - 3 より)
- 5時間連続雨量・・・日雨量の76.9%(表 - 3 より)
- ピーク的位置・・・日雨量全体の0.65の位置(表 - 9 より)

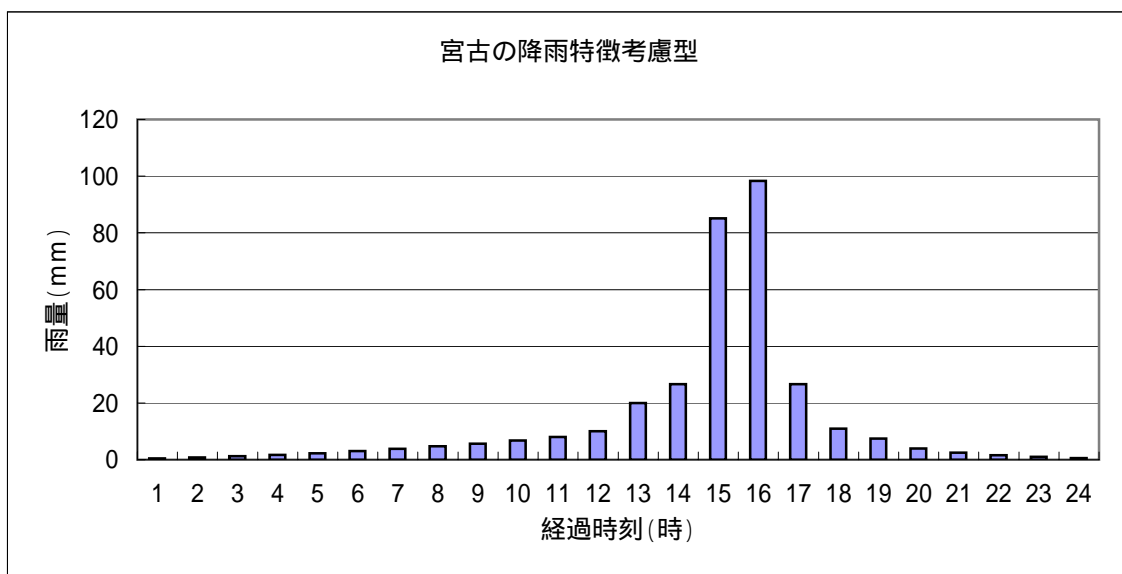
2) 雨量分布図の作成

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	98.3	mm
24時間雨量(日雨量)・・・50年確率	333.5	mm
2時間連続雨量・・・全体の55%	183.4	mm
ピーク前1時間の雨量	183.4	- 98.3 = 85.1 mm
3時間連続雨量・・・全体の63%	210.1	mm
ピーク前2時間の雨量	210.1	- 183.4 = 26.7 mm
4時間連続雨量・・・全体の71%	236.8	mm
ピーク後1時間の雨量	236.8	- 210.1 = 26.7 mm
5時間連続雨量・・・全体の77%	256.8	mm
ピーク前3時間の雨量	256.8	- 236.8 = 20.0 mm
ピークの時刻(全体の6割)	24 × 0.65 =	16 時

ハイトグラフ

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
雨量	0.5	0.8	1.2	1.7	2.3	3.0	3.8	4.7	5.7	6.8	8.0	10.0	
時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	計
雨量	20.0	26.7	85.1	98.3	26.7	11.0	7.5	4.0	2.5	1.6	1.0	0.6	333.5



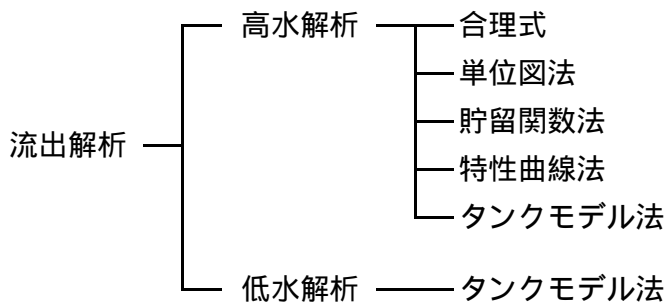
5. 流出解析

「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、上記の他の高水解析が流量分布図(ハイドログラフ)求める方法であるので、性質が異なります。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 × fp	C × fp
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

$$R_{50}^{60} = 98.3 \quad \text{mm/hr} \quad \text{表 - 16(3)より}$$

10分間雨量

$$R_{50}^{10} = 27.8 \quad \text{mm/10分} \quad \text{表 - 16(4)より}$$

10分間雨量の1時間降雨強度

$$\begin{aligned} I_{50}^{60} &= R_{50}^{60} \times (60/10) \\ &= 27.8 \times 6 \\ &= 166.8 \quad \text{mm/hr} \end{aligned}$$

短時間特性係数值

$$C_{50}^{60} = \frac{I_{50}^{10}}{R_{50}^{60}} = \frac{166.8}{98.3} = 1.70$$

短時間特性係数式

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

$$C_{50}^{10} = \frac{a}{10 + b} = 1.70 \quad \Rightarrow \quad a = 1.70 \times 10 + 1.70 \times b \quad (1)$$

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

(1), (2) 式より

$$1.70 \times 10 + 1.70 \times b = 60 + b$$

$$b = \frac{60 - 1.70 \times 10}{1.70 - 1.00} = 3.42$$

(2) 式より

$$a = 60 + 3.42 = 11.16$$

以上より短時間特性係数式は次のとおりとなります。

$$C_{50}^t = \frac{11.16}{t + 3.42}$$

降雨強度式

$$I_{50}^t = C_{50}^t \times R_{50}^{60} = \frac{11.16}{t + 3.42} \times 98.3 = \frac{1097.2}{t + 3.42}$$

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になります。

$$t_p = 135.7 \times 7.00^{0.22} \times \left(0.59 \times \frac{1097.2}{t + 3.42} \right)^{-0.35}$$
$$= 250.4 \times \left(\frac{1097.2}{t + 3.42} \right)^{-0.35}$$

$t_p = t$ として、洪水到達時間を求める。その結果 $t_p = 49.1$ 分を得ます。

2 - 4) 降雨量度

$$r_e = 0.59 \times \frac{1097.2}{49.1 + 3.42} = 62.1 \text{ (mm/hr)}$$

2 - 5) ピーク洪水量

$$Q = \frac{1}{3.6} \times 62.1 \times 10.0 = 172.5 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

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 **49.1** 分(**0.818** 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**)

$$Q_{\max} = 0.2778 \times \frac{10.0 \times 1.0}{0.3 \times 0.818 + T_{0.3}} \times 0.59$$
$$= \frac{1.639}{0.245 + T_{0.3}}$$

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、 $t = T_1 =$ **0.818** となります。

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が出来ます。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 $Q = 172.5 \text{ m}^3/\text{s}$ に一致するような $T_{0.3}$ を求めます。算定は表 - 20で行い、その結果 $T_{0.3} = 1.049 \text{ hr}$ を得ます。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 $R_o = 1.0\text{mm}$ に対する時間毎の流出量
ピーク流出量

$$Q_{max} = \frac{1.639}{0.245 + 1.049} = 1.2666 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

到達時間が1時間以内 ($t = 0.818 \text{ hr}$) 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 ($t = 1.818 \text{ hr}$ として算定)

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_{max} \times 0.3 \left[\frac{t - T_1}{T_{0.3}} \right] \\ &= 1.2666 \times 0.3 \left[\frac{1.818 - 0.818}{1.049} \right] \\ &= 0.4020 \end{aligned}$$

$$0.3 \times Q_{max} = 0.3 \times 1.2666 = 0.3800$$

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

t = 3時の流出量(t = 2.818 hrとして算定)

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

$$= 1.2666 \times 0.3 \left[\frac{2.818 - 0.818}{1.049} \right]$$

$$= 0.1276$$

$$0.3 \times Q_{max} = 0.3 \times 1.2666 = 0.3800$$

Qd 0.3Q_{max}となるので、減水曲線 で算定します。

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

$$= 0.3 \times 1.2666 \times 0.3 \left[\frac{2.818 - (0.818 + 1.049)}{1.5 \times 1.049} \right]$$

$$= 0.1835$$

t = 4時の流出量(t = 3.818 hrとして算定)

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

$$= 0.3 \times 1.2666 \times 0.3 \left[\frac{3.818 - (0.818 + 1.049)}{1.5 \times 1.049} \right]$$

$$= 0.0854$$

$$0.3^2 \times Q_{max} = 0.09 \times 1.2666 = 0.114$$

Qd 0.3²Q_{max}となるので、減水曲線 式で算定します。

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

$$= 0.3^2 \times 1.2666 \times 0.3 \left[\frac{3.818 - (0.818 + 2.5 \times 1.049)}{3 \times 1.049} \right]$$

$$= 0.0987$$

t = 5時の流出量(t = 4.818 hrとして算定)

$$Q_d = 0.3^2 \times 1.2666 \times 0.3 \left[\frac{4.818 - (0.818 + 2.5 \times 1.049)}{3 \times 1.049} \right]$$

$$= 0.0673$$

以下同様にして、t = 6 ~ 16時の単位流出量を算定する。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

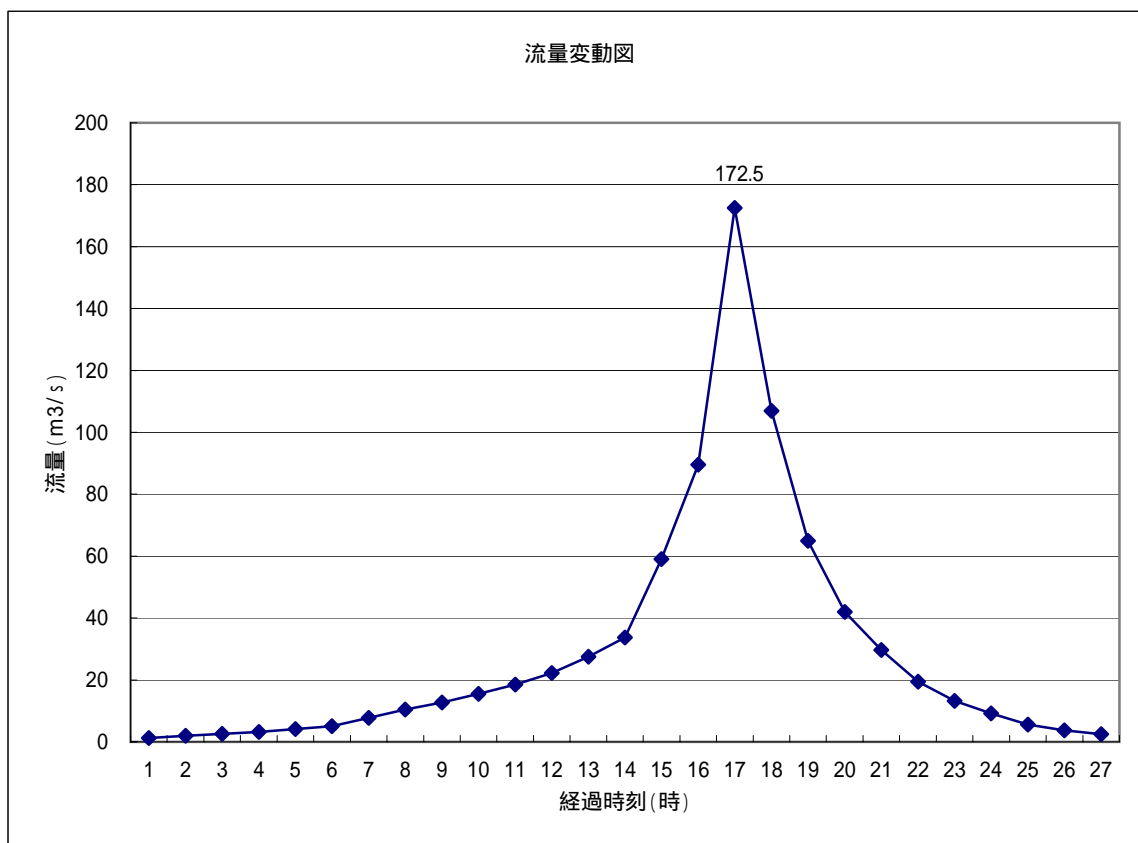
時間 t (時)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
流出量(m ³ /s)	1.26662	0.40197	0.18355	0.09867	0.06730	0.04591	0.03131	0.02136	0.01457
時間 t (時)	10	11	12	13	14	15	16		
流出量(m ³ /s)	0.00994	0.00678	0.00462	0.00315	0.00215	0.00147	0.00100		

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-19に示し、詳細計算は、表-20に添付します。

表 - 19 . 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	0.5	1.27	14	26.7	33.67
2	0.8	1.92	15	85.1	59.06
3	1.2	2.57	16	98.3	89.51
4	1.7	3.20	17	26.7	172.50
5	2.3	4.10	18	11.0	106.95
6	3.0	5.08	19	7.5	64.90
7	3.8	7.74	20	4.0	42.03
8	4.7	10.44	21	2.5	29.69
9	5.7	12.72	22	1.6	19.41
10	6.8	15.55	23	1.0	13.20
11	8.0	18.55	24	0.6	9.19
12	10.0	22.28	25		5.60
13	20.0	27.52	26		3.69

*



表一20 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	流出量	
時刻雨量(mm)	1.0	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	4.6	8.0	7.0	8.5	10.0	12.0	15.0	18.3	36.5	53.8	110.6	36.5	16.0	9.0	8.0	2.5	1.5	1.0		
計算時刻(時)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	流出量	
1	1.2686																								1.27	
2	0.4020	1.5199																							1.92	
3	0.1835	0.4824	1.8959																						2.57	
4	0.0987	0.2203	0.6030	2.7299																					3.20	
5	0.0673	0.1184	0.2753	0.7235	2.8122																				4.10	
6	0.0459	0.0608	0.1480	0.3204	0.9245	3.5485																			5.06	
7	0.0313	0.0551	0.1010	0.1778	0.4222	1.1255	5.8265																		7.74	
8	0.0214	0.0376	0.0889	0.1211	0.2269	0.5138	1.8401	7.5937																	10.44	
9	0.0146	0.0259	0.0470	0.0828	0.1548	0.2793	0.8443	2.4118	8.8663																12.72	
10	0.0098	0.0175	0.0320	0.0584	0.1056	0.1884	0.4539	1.1012	2.8138	10.7882															15.55	
11	0.0048	0.0119	0.0219	0.0384	0.0720	0.1285	0.3066	0.5920	1.2648	3.4187	12.6687														16.55	
12	0.0046	0.0081	0.0146	0.0262	0.0481	0.0877	0.2112	0.4038	0.6007	1.5892	4.0197	15.1884													22.28	
13	0.0022	0.0065	0.0162	0.0179	0.0325	0.0598	0.1440	0.2754	0.4711	0.8381	1.6555	4.8236	18.9991												27.52	
14	0.0022	0.0038	0.0080	0.0122	0.0229	0.0498	0.0862	0.1978	0.3213	0.5771	0.8607	2.2926	4.0293	23.1781											33.67	
15	0.0015	0.0029	0.0047	0.0082	0.0156	0.0278	0.0670	0.1281	0.2192	0.3962	0.6720	1.1840	2.7537	7.3540	46.237										49.08	
16	0.0010	0.0019	0.0032	0.0057	0.0106	0.0196	0.0457	0.0874	0.1485	0.2842	0.4501	0.8076	1.4006	3.2488	14.6718	68.1442									86.51	
17	0.0007	0.0012	0.0022	0.0038	0.0073	0.0129	0.0312	0.0538	0.1020	0.1815	0.3131	0.5509	1.0093	1.9256	6.6993	21.8258	140.038								172.50	
18	0.0009	0.0015	0.0029	0.0049	0.0098	0.0183	0.0373	0.0690	0.1238	0.2128	0.3757	0.6808	1.2316	2.3116	8.8740	44.4677	46.2316	20.2838							108.90	
19	0.0010	0.0018	0.0034	0.0060	0.0116	0.0211	0.0416	0.0744	0.1284	0.2245	0.3963	0.6937	1.2463	2.4563	5.3862	29.2033	14.8718	20.2838							64.90	
20	0.0012	0.0023	0.0041	0.0076	0.0141	0.0269	0.0513	0.0918	0.1584	0.2716	0.4504	0.7730	1.3755	2.6207	5.9124	6.8895	6.4315	11.2696							42.03	
21	0.0016	0.0030	0.0056	0.0108	0.0204	0.0388	0.0718	0.1281	0.2213	0.3869	0.6482	1.1822	2.1883	3.9369	1.4829	2.4887	7.4434	3.6013	2.9388	3.6177	7.9937				26.69	
22	0.0019	0.0046	0.0098	0.0193	0.0388	0.0768	0.1483	0.2868	0.5103	0.8813	1.491	2.6866	0.7798	1.8846	3.0771	2.4663	1.7811	2.4663	1.7811	1.6019	2.4116	3.1666				16.41
23	0.0023	0.0051	0.0103	0.0206	0.0412	0.0824	0.1648	0.3296	0.6592	1.3184	2.6368	5.2736	1.0418	2.4631	1.8755	1.0788	0.8880	1.1013	1.0049	1.8860						12.20
24	0.0028	0.0061	0.0122	0.0244	0.0488	0.0976	0.1952	0.3904	0.7808	1.5616	3.1232	6.2464	1.2400	3.0627	2.3622	1.4299	0.7345	0.6007	0.9350	0.9350	0.4569	0.4569	0.4569	0.4569	0.4569	9.19
25	0.0035	0.0079	0.0158	0.0316	0.0632	0.1264	0.2528	0.5056	1.0112	2.0224	4.0448	8.0896	1.4846	3.8446	3.5346	1.6113	0.7796	0.5010	0.4131	0.4036	0.2467	0.2467	0.2467	0.2467	0.2467	3.69
26	0.0044	0.0097	0.0194	0.0388	0.0776	0.1552	0.3104	0.6208	1.2416	2.4832	4.9664	9.9328	1.8846	4.7474	4.5346	2.0224	0.9350	0.6007	0.4569	0.4569	0.2467	0.2467	0.2467	0.2467	0.2467	2.46
27	0.0054	0.0117	0.0234	0.0468	0.0936	0.1872	0.3744	0.7488	1.4976	2.9952	5.9904	11.9808	2.4631	6.1613	5.8446	2.4116	1.148	0.7345	0.6007	0.4569	0.4569	0.2467	0.2467	0.2467	0.2467	1.69
28	0.0066	0.0141	0.0282	0.0564	0.1128	0.2256	0.4512	0.9024	1.8048	3.6096	7.2192	14.4384	3.2464	8.0896	7.6846	3.0771	1.4829	0.9350	0.6007	0.4569	0.4569	0.2467	0.2467	0.2467	0.2467	1.15
29	0.0080	0.0176	0.0352	0.0704	0.1408	0.2816	0.5632	1.1264	2.2528	4.5056	9.0112	18.0224	4.2464	10.6113	10.0846	4.0448	1.8846	1.148	0.7345	0.6007	0.4569	0.4569	0.2467	0.2467	0.2467	0.76
30	0.0096	0.0201	0.0402	0.0804	0.1608	0.3216	0.6432	1.2864	2.5728	5.1456	10.2912	20.5824	5.6446	14.1613	13.4446	5.4569	2.4116	1.4829	0.9350	0.6007	0.4569	0.4569	0.2467	0.2467	0.2467	0.52
31	0.0114	0.0241	0.0482	0.0964	0.1928	0.3856	0.7712	1.5424	3.0848	6.1696	12.3392	24.6784	7.6846	19.2113	18.2446	7.3540	3.6013	2.1883	1.4829	0.9350	0.6007	0.4569	0.4569	0.2467	0.2467	0.34
32	0.0134	0.0291	0.0582	0.1164	0.2328	0.4656	0.9312	1.8624	3.7248	7.4496	14.8992	29.7984	10.4113	26.3113	25.0846	8.0896	4.0448	2.4631	1.6019	1.0049	0.8880	0.8880	0.8880	0.8880	0.8880	0.21
33	0.0156	0.0331	0.0662	0.1324	0.2648	0.5296	1.0592	2.1184	4.2368	8.4736	16.9472	33.8944	13.8446	35.1613	33.6846	8.8446	4.569	2.8138	1.8846	1.148	0.7345	0.6007	0.4569	0.4569	0.4569	0.06
34	0.0180	0.0384	0.0768	0.1536	0.3072	0.6144	1.2288	2.4576	4.9152	9.8304	19.6608	39.3216	18.6846	47.3613	45.4446	9.9328	5.0569	3.2464	2.0224	1.3184	0.8880	0.8880	0.8880	0.8880	0.8880	0.04
35	0.0206	0.0432	0.0864	0.1728	0.3456	0.6912	1.3824	2.7648	5.5296	11.0592	22.1184	44.2368	20.5824	51.6113	49.4446	11.0592	5.6446	3.6013	2.1883	1.4829	0.9350	0.6007	0.4569	0.4569	0.4569	0.02
36	0.0234	0.0491	0.0982	0.1964	0.3928	0.7856	1.5712	3.1424	6.2848	12.5696	25.1392	50.2784	22.5728	56.4113	54.4446	12.264	6.1613	3.9369	2.4631	1.6019	1.0049	0.8880	0.8880	0.8880	0.8880	0.01
37	0.0264	0.0551	0.1102	0.2204	0.4408	0.8816	1.7632	3.5264	7.0528	14.1056	28.2112	56.4224	24.6446	61.6113	59.4446	13.4446	6.6846	4.0448	2.4631	1.6019	1.0049	0.8880	0.8880	0.8880	0.8880	0.01
38	0.0296	0.0619	0.1238	0.2476	0.4952	0.9904	1.9808	3.9616	7.9232	15.8464	31.6928	63.3856	26.3113	66.4113	62.4446	14.6718	7.264	4.569	2.8138	1.8846	1.148	0.7345	0.6007	0.4569	0.4569	0.01

単位図法による単位流出量 (10.0km² R0=1.0 mm による流出量) (m³/s)

流出量 Q (m ³ /s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	流出量
流出量 Q (m ³ /s)	1.29862	0.40197	0.18255	0.06081	0.04730	0.04591	0.03121	0.02126	0.01467	0.00884	0.00678	0.00462	0.00315	0.00215	0.00147	0.00100	0.00068								

ピーク到達時刻 $T_p = 0.618$ (hr)
 ピーク流量 $T_{pQ} = 1.049$ (hr)