

赤土流出対策の計画洪水量

(株)沖橋エンジニアリング

大塚 祐治

1. はじめに

赤土流出対策の計画洪水量は、「土地改良事業等における赤土等流出防止対策設計指針」(平成7年10月)(以下'設計指針'と称す)に記載されています。ところが、この洪水量の基となっている雨量資料は1978年以前のものであり、本年(2010年)から考えると、30年以上前のデータであり、かなり古いと言えます。赤土対策の考え方は平成7年当時を'正'として、この基本となるデータだけは毎年ないしは数年おきに更新していくのが、この設計指針を利用する者の基本姿勢だと思います。

本書は、上記の考えに基づいてアメダスによる観測が開始された1977年以降の雨量資料(2009年までの33年間の雨量資料)を用いて、設計指針に記載されている計画洪水量の見直しを行ったものです。その結果、次のような状況が把握できました。詳細は次頁以降に添付しました。なお、資料に付けてあります表番号は、設計指針に付いている番号と同じとしました。また、設計指針に記載されている値と併記することにより、その差が解るようにしました(青字が設計指針の値で、赤字が見直した値です)。

1) 設計指針を踏襲し、降雨資料を更新した場合(表 - 7より)

名護は、3割程度、洪水量が小さくなります。

那覇・与那国島は、名護とは逆に1割程度、洪水量が大きくなります。

宮古島は、1～5%程度、洪水量が小さくなります。

南大東島は、1～5%程度、洪水量が大きくなります。

久米島・石垣島は、到達時間により1～5%程度、洪水量が大きくなったり小さくなったりします。

2) 上記1)に「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説計画「排水」平成18年3月(以下'設計基準'と称す)」の考え方を加えた場合の洪水量(ただし、洪水到達時間算定の流域面積の採り方に仮定条件があります)

(3項考察の10年確率別ピーク洪水量表より)

名護は、24%程度、洪水量が小さくなります。

那覇は、10%程度、大きくなります。

久米島は、3%程度、洪水量が小さくなります。

宮古島は、5～10%程度、洪水量が小さくなります。

石垣島は、5%程度、洪水量が小さくなります。

与那国島は、7～10%程度、洪水量が大きくなります。

南大東島は、2%程度、洪水量が大きくなります。

2. 検討結果

表 - 4 . 洪水到達時間と確率降雨強度式

区分	最適式	確率年	資料年数別係数			
		T年	a	b又はn	a	b又はn
名護	$r = \frac{a}{t + b}$	資料年数	1967 ~ 1978	1977 ~ 2009		
		2	494	0.83	423	0.82
		5	698	1.41	557	1.42
		10	835	1.74	647	1.77
		30	1,061	2.29	782	2.23
		100	1,311	2.77	926	2.64
那覇	$r = \frac{a}{t + b}$	資料年数	1953 ~ 1978	1977 ~ 2009		
		2	470	1.04	569	1.66
		5	629	1.64	761	2.23
		10	741	2.06	912	2.71
		30	896	2.54	1,187	3.68
		100	1,065	3.03	1,528	4.74
久米島	$r = \frac{a}{t + b}$	資料年数	1959 ~ 1978	1977 ~ 2009		
		2	5,399	38	5,568	36
		5	6,786	39	7,313	42
		10	7,561	38	8,442	45
		30	8,524	37	10,241	50
		100	9,261	34	12,331	53
宮古島	$r = \frac{a}{t^n}$	資料年数	1947 ~ 1978	1977 ~ 2009		
		2	288	0.39	293	0.40
		5	329	0.37	300	0.35
		10	353	0.36	310	0.33
		30	389	0.34	316	0.30
		100	423	0.33	316	0.27
石垣島	$r = \frac{a}{t^n}$	資料年数	1948 ~ 1978	1977 ~ 2009		
		2	298	0.41	291	0.38
		5	346	0.38	307	0.34
		10	376	0.37	317	0.32
		30	421	0.36	336	0.30
		100	470	0.35	366	0.29
与那国島	$r = \frac{a}{t + b}$	資料年数	1959 ~ 1978	1977 ~ 2009		
		2	5,389	39	7,362	47
		5	7,737	45	9,628	53
		10	8,849	47	10,937	55
		30	10,528	50	12,850	58
		100	12,122	51	14,847	61
南大東島	$r = \frac{a}{t + b}$	資料年数	1959 ~ 1978	1977 ~ 2009		
		2	4,487	33	4,418	34
		5	5,829	36	6,400	40
		10	6,640	36	7,883	44
		30	7,765	37	10,384	50
		100	8,770	36	13,260	55

表 - 5 . 洪水到達時間内10年確率降雨強度

区分	最適式	降雨強度 (mm/hr)						資料年数
		10分	20分	30分	40分	50分	60分	
名護	$r = 835 / (t^{1/2} + 1.74)$	170	134	116	104	95	88	1967 ~ 1978
	$r = 647 / (t^{1/2} + 1.77)$	131	104	89	80	73	68	1977 ~ 2009
那覇	$r = 741 / (t^{1/2} + 2.06)$	142	113	98	88	81	76	1953 ~ 1978
	$r = 912 / (t^{1/2} + 2.71)$	155	127	111	101	93	87	1977 ~ 2009
久米島	$r = 7561 / (t + 38)$	158	130	111	97	86	77	1959 ~ 1978
	$r = 8442 / (t + 45)$	153	130	113	99	89	80	1977 ~ 2009
宮古島	$r = 353 / t^{0.36}$	154	120	104	94	86	81	1947 ~ 1978
	$r = 310 / t^{0.33}$	145	115	101	92	85	80	1977 ~ 2009
石垣島	$r = 376 / t^{0.37}$	160	124	107	96	88	83	1948 ~ 1978
	$r = 317 / t^{0.32}$	152	122	107	97	91	86	1977 ~ 2009
与那国島	$r = 8849 / (t + 47)$	155	132	115	102	91	83	1959 ~ 1978
	$r = 10937 / (t + 55)$	168	146	129	115	104	95	1977 ~ 2009
南大東島	$r = 6640 / (t + 36)$	144	119	101	87	77	69	1959 ~ 1978
	$r = 7883 / (t + 44)$	146	123	107	94	84	76	1977 ~ 2009

表 - 7 . 地域・土壌別単位面積計画洪水量

区分	到達時間 分	降雨強度 mm/hr	1 ha 当り 計画洪水量 (m3/s)							
			国頭マージ		ジャーガル		島尻マージ		島尻マージ+ジャーガル	
			f	q	f	q	f	q	f	q
名護	10	170	0.54	0.255		0.27	0.128	0.31	0.146	
		131		0.197			0.098		0.113	
	20	134	0.52	0.194		0.26	0.097	0.30	0.112	
		104		0.150			0.075		0.087	
	30	116	0.51	0.164		0.25	0.081	0.30	0.097	
		89		0.126			0.062		0.074	
	40	104	0.51	0.147		0.25	0.072	0.30	0.087	
		80		0.113			0.056		0.067	
	50	95	0.51	0.135		0.25	0.066	0.30	0.079	
		73		0.103			0.051		0.061	
	60	88	0.51	0.125		0.25	0.061	0.30	0.073	
		68		0.096			0.047		0.057	
上段の数値は1967～1978による。下段は1977～2009による。										
那覇	10	142	0.52	0.205	0.65	0.256	0.26	0.103	0.30	0.118
		155		0.224		0.280		0.112		0.129
	20	113	0.51	0.160	0.64	0.201	0.25	0.078	0.30	0.094
		127		0.180		0.226		0.088		0.106
	30	98	0.50	0.136	0.63	0.172	0.25	0.068	0.30	0.082
		111		0.154		0.194		0.077		0.093
	40	88	0.50	0.122	0.62	0.152	0.25	0.061	0.30	0.073
		101		0.140		0.174		0.070		0.084
	50	81	0.49	0.110	0.61	0.137	0.24	0.054	0.29	0.065
		93		0.127		0.158		0.062		0.075
	60	76	0.49	0.103	0.61	0.129	0.24	0.051	0.29	0.061
		87		0.118		0.147		0.058		0.070
上段の数値は1953～1978による。下段は1977～2009による。										

表 - 7 . 地域・土壌別単位面積計画洪水量

区分	到達 時間	降雨 強度	1 ha 当り 計 画 洪 水 量 (m3/s)							
			国頭マージ		ジャーガル		島尻マージ		島尻マージ+ジャーガル	
			f	q	f	q	f	q	f	q
久米島	10	158	0.53	0.233		0.26	0.114			
		153		0.225			0.111			
	20	130	0.52	0.188		0.26	0.094			
		130		0.188			0.094			
	30	111	0.51	0.157		0.25	0.077			
		113		0.160			0.078			
	40	97	0.50	0.135		0.25	0.067			
		99		0.138			0.069			
	50	86	0.50	0.119		0.25	0.060			
		89		0.124			0.062			
	60	77	0.49	0.105		0.24	0.051			
		80		0.109			0.053			
上段の数値は1959～1978による。下段は1977～2009による。										
宮古島	10	154		0.66	0.282	0.26	0.111	0.30	0.128	
		145			0.266		0.105		0.121	
	20	120		0.64	0.213	0.25	0.083	0.30	0.100	
		115			0.204		0.080		0.096	
	30	104		0.63	0.182	0.25	0.072	0.30	0.087	
		101			0.177		0.070		0.084	
	40	94		0.62	0.162	0.25	0.065	0.30	0.078	
		92			0.158		0.064		0.077	
	50	86		0.62	0.148	0.25	0.060	0.30	0.072	
		85			0.146		0.059		0.071	
	60	81		0.61	0.137	0.24	0.054	0.29	0.065	
		80			0.136		0.053		0.064	
上段の数値は1947～1978による。下段は1977～2009による。										
石垣島	10	160	0.53	0.236	0.66	0.293	0.26	0.116	0.30	0.133
		152		0.224		0.279		0.110		0.127
	20	124	0.51	0.176	0.64	0.220	0.25	0.086	0.30	0.103
		122		0.173		0.217		0.085		0.102
	30	107	0.51	0.152	0.63	0.187	0.25	0.074	0.30	0.089
		107		0.152		0.187		0.074		0.089
	40	96	0.50	0.133	0.63	0.168	0.25	0.067	0.30	0.080
		97		0.135		0.170		0.067		0.081
	50	88	0.50	0.122	0.62	0.152	0.25	0.061	0.29	0.071
		91		0.126		0.157		0.063		0.073
	60	83	0.49	0.113	0.61	0.141	0.24	0.055	0.29	0.067
		86		0.117		0.146		0.057		0.069
上段の数値は1948～1978による。下段は1977～2009による。										

表 - 7 . 地域・土壌別単位面積計画洪水量

区分	到達時間 分	降雨強度 mm/hr	1 ha 当り 計 画 洪 水 量 (m3/s)							
			国頭マーシ		ジャーガル		島尻マーシ		島尻マーシ+ジャーガル	
			f	q	f	q	f	q	f	q
与那国	10	155	0.53	0.228		0.26	0.112			
		168		0.247			0.121			
	20	132	0.51	0.187		0.26	0.095			
		146		0.207			0.105			
	30	115	0.50	0.160		0.25	0.080			
		129		0.179			0.090			
	40	102	0.50	0.142		0.25	0.071			
		115		0.160			0.080			
	50	91	0.50	0.126		0.25	0.063			
		104		0.144			0.072			
	60	83	0.49	0.113		0.24	0.055			
		95		0.129			0.063			
上段の数値は1959～1978による。下段は1977～2009による。										
南大東	10	144			0.26	0.104				
		146				0.105				
	20	119			0.25	0.083				
		123				0.085				
	30	101			0.25	0.070				
		107				0.074				
	40	87			0.25	0.060				
		94				0.065				
	50	77			0.24	0.051				
		84				0.056				
	60	69			0.24	0.046				
		76				0.051				
上段の数値は1959～1978による。下段は1977～2009による。										

3. 考察

洪水到達時間は、同じ流域面積であっても地形の形状に異なるものです。すなわち、細長い地形と幅広い地形では、細長い地形の方が洪水到達時間が長くなるはずですが、

ここでは、現在採用している到達時間と流域面積の関係(設計指針)、これの問題点及び修正案について考察するものであります。

1) 現在採用している到達時間と流域面積の関係

現在採用している到達時間と流域面積の関係は、設計指針にある表 - 6 の関係です。これを下記に添付します。

表 - 6 から解るように洪水到達時間別に降雨強度、流域面積が決定されています。

表 - 6 . 洪水到達時間別流域面積の範囲

区分	到達時間	降雨強度	流域面積の範囲	区分	到達時間	降雨強度	流域面積の範囲
名護	min	mm/hr	ha	那覇	min	mm/hr	ha
	10	170	0 ~ 14		10	142	0 ~ 9
	20	134	14 ~ 65		20	113	9 ~ 40
	30	116	65 ~ 160		30	98	40 ~ 100
	40	104	160 ~ 280		40	88	100 ~ 190
	50	95	280 ~ 450		50	81	190 ~ 300
	60	88	450 ~ 640		60	76	300 ~ 440
久米島	10	158	0 ~ 12	宮古島	10	154	0 ~ 11
	20	130	12 ~ 60		20	120	11 ~ 50
	30	111	60 ~ 140		30	104	50 ~ 120
	40	97	140 ~ 240		40	94	120 ~ 220
	50	86	240 ~ 350		50	86	220 ~ 350
	60	77	350 ~ 460		60	81	350 ~ 520
石垣島	10	161	0 ~ 13	与那国島	10	155	0 ~ 11
	20	124	13 ~ 50		20	132	11 ~ 60
	30	107	50 ~ 130		30	115	60 ~ 150
	40	96	130 ~ 230		40	102	150 ~ 270
	50	88	230 ~ 370		50	91	270 ~ 400
	60	83	370 ~ 550		60	83	400 ~ 550
南大東島	10	144	0 ~ 10				
	20	119	10 ~ 50				
	30	101	50 ~ 110				
	40	87	110 ~ 180				
	50	77	180 ~ 260				
	60	69	260 ~ 350				

2) 問題点

表 - 6 には次のような問題点が隠れています。

到達時間が10分単位となっているが、任意の到達時間にすべきでないか。
任意の到達時間が決定されることにより、任意の降雨強度が算定されるものです。
洪水量算定では、まず、流域面積が決まることにより到達時間と降雨強度が決まる
ものです。また、流域の形状(細長い形状か幅広い形状)によっても到達時間や降雨
強度が異なるはずですが。図 - 1 (細長い流域)と図 - 2 (幅広い流域)では同じ流域面
積であっても洪水到達時間は、当然図 - 1の方が長くなることは解ります。表 - 6
には、これらが考慮されていません。

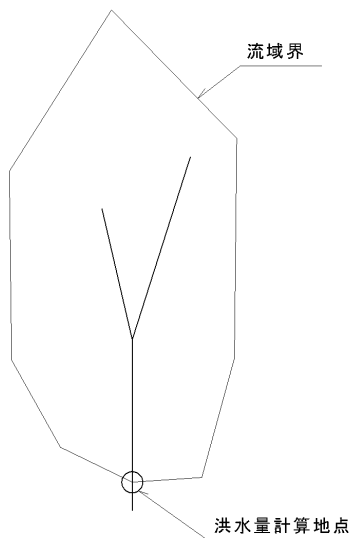


図 - 1 . 細長い流域

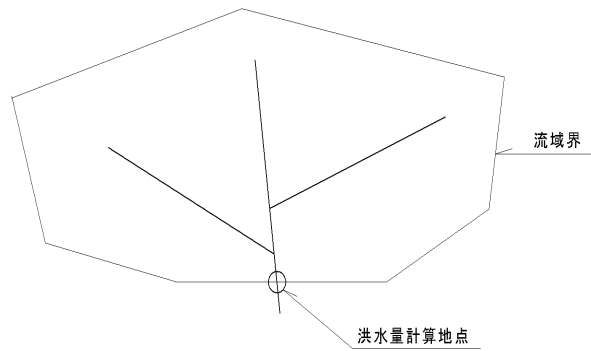


図 - 2 . 幅広い流域

3) 修正案

設計基準 p205以降では、流出係数・到達時間・流域面積・ピーク洪水量の関係を次の式で求めています。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \times re \times A$$

$$re = f \times r$$

$$tp = C \times A_1^{0.22} \times re^{-0.35}$$

Q_p ; ピーク洪水量(m³/s) re ; 洪水到達時間内平均有効降雨強度(mm/hr)

A ; 流域面積(km²) f ; 流出率 r ; 降雨強度(mm/hr)

tp ; 洪水到達時間(min) C ; 土地利用係数 A_1 ; 到達時間算定の流域面積(km²)

本提案においては、次のように考えます。

流出率 f は、表 - 7 の値とします。

降雨強度式 r は、表 - 5 の最適式とします。

土地利用係数 C は、下表より $C = 90$ を採用します。

表-9.4 土地利用係数 (C) の値^{2)~4)}

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

流域面積 A と A_1 関係は、現地の状況により異なるが、本書では畑だけの流出(幅広い地形からの流出)と想定して、次のように設定します。この係数(0.5)を大きく採ると(最大1.0)、細長い流域になり到達時間は大きくなります。結果として設計洪水量は小さくなります。

$$A_1 = 0.5 \times A$$

計算例（名護、流域面積 A = 160haの場合）

流出率 f は、表 - 7 の値とします。 f = 0.51

降雨強度式 r は、表 - 5 の最適式とします。

$$r = \frac{647}{t + 1.77}$$

流域面積 A₁ は、0.8km²となります。

$$\begin{aligned} A_1 &= 0.5 \times A \\ &= 0.5 \times 160 \\ &= 80 \quad \text{ha} \\ &= 0.8 \quad \text{km}^2 \end{aligned}$$

洪水到達時間 t_p は次式で表されます。

$$\begin{aligned} t_p &= C \times A_1^{0.22} \times r e^{-0.35} \\ &= 90 \times 0.8^{0.22} \times \left(0.51 \times \frac{647}{t + 1.77} \right)^{-0.35} \\ &= 108.5 \times \left(\frac{647}{t + 1.77} \right)^{-0.35} \end{aligned}$$

t_p = t となる値を試算して求めます。これより t_p = 21.6分が得られます。
この値が到達時間となります。

降雨強度 r は、r = 100.8mm/hr となります。

$$\begin{aligned} r &= \frac{647}{21.6 + 1.77} \\ &= 100.8 \quad \text{mm/hr} \end{aligned}$$

洪水到達時間時間内有効降雨強度 re は、re = 51.4mm/hr となります。

$$\begin{aligned} re &= f \times r \\ &= 0.51 \times 100.8 \\ &= 51.4 \quad \text{mm/hr} \end{aligned}$$

ピーク洪水量 Q は、Q = 22.8m³/s となります。

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{1}{3.6} \times re \times A \\ &= \frac{1}{3.6} \times 51.4 \times 1.6 \\ &= 22.8 \quad \text{m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

考慮事項

本検討は、流域を畑のみとして算定したものであり、これより上流に自然流域を持つ場合は、これを考慮して洪水量を算定する必要があります。

10年確率流域面積別ピーク洪水量表 その1

区分	土壌	流域面積ha		流出 係数f	降雨強度式 r	洪水到達 時間tp	降雨強 度 r	有効降雨 強度re	ピーク洪水量 Q p	
		A	A ₁						本検討	設計指針
名 護	国 頭 マ ー ジ	14.0	7.0	0.54	647 t + 1.77	11.5	125.4	67.7	2.63	3.44
		65.0	32.5	0.52		17.1	109.6	57.0	10.29	13.76
		160.0	80.0	0.51		21.6	100.8	51.4	22.84	30.27
		280.0	140.0	0.51		24.9	95.7	48.8	37.96	50.20
		450.0	225.0	0.51		28.0	91.6	46.7	58.38	76.50
		640.0	320.0	0.51		30.6	88.6	45.2	80.36	104.31
	島 尻 マ ー ジ	14.0	7.0	0.27	647 t + 1.77	15.1	114.4	30.9	1.20	1.57
		65.0	32.5	0.26		22.5	99.3	25.8	4.66	6.05
		160.0	80.0	0.25		28.7	90.8	22.7	10.09	13.29
		280.0	140.0	0.25		33.1	86.0	21.5	16.72	21.90
		450.0	225.0	0.25		37.4	82.0	20.5	25.63	33.45
		640.0	320.0	0.25		40.9	79.2	19.8	35.20	45.73
	島 尻 マ ー ジ + ジャ ー ガル	14.0	7.0	0.31	647 t + 1.77	14.3	116.5	36.1	1.40	1.84
		65.0	32.5	0.30		21.3	101.3	30.4	5.49	7.15
		160.0	80.0	0.30		26.7	93.3	28.0	12.44	16.31
		280.0	140.0	0.30		30.8	88.4	26.5	20.61	26.94
		450.0	225.0	0.30		34.7	84.5	25.4	31.75	41.54
		640.0	320.0	0.30		38.0	81.5	24.5	43.56	56.96
那 覇	国 頭 マ ー ジ	9.0	4.5	0.52	912 t + 2.71	9.8	156.2	81.2	2.03	1.85
		40.0	20.0	0.51		14.2	140.8	71.8	7.98	7.44
		100.0	50.0	0.50		17.9	131.4	65.7	18.25	16.50
		190.0	95.0	0.50		20.9	125.2	62.6	33.04	29.99
		300.0	150.0	0.49		23.6	120.5	59.0	49.17	45.41
		440.0	220.0	0.49		26	116.8	57.2	69.91	62.30

10年確率流域面積別ピーク洪水量表 その2

区分	土壌	流域面積ha		流出係数f	降雨強度式 r	洪水到達時間tp	降雨強度 r	有効降雨強度 re	ピーク洪水量 Q p			
		A	A ₁						本検討	設計指針		
那覇	ジャール	9.0	4.5	0.65	912	9.0	159.7	103.8	2.60	2.35		
		40.0	20.0	0.64		12.9	144.7	92.6	10.29	9.60		
		100.0	50.0	0.63		16.3	135.2	85.2	23.67	22.14		
		190.0	95.0	0.62		t + 2.71	19.2	128.6	79.7	42.06	39.03	
		300.0	150.0	0.61		21.7	123.8	75.5	62.92	58.82		
		440.0	220.0	0.61		23.8	120.2	73.3	89.59	83.59		
	島尻	マジ	9.0	4.5	0.26	912	12.8	145.0	37.7	0.94	0.86	
			40.0	20.0	0.25		18.7	129.6	32.4	3.60	3.25	
			100.0	50.0	0.25		23.4	120.8	30.2	8.39	7.46	
			190.0	95.0	0.25		t + 2.71	27.5	114.7	28.7	15.15	13.40
			300.0	150.0	0.24		31.3	109.8	26.4	22.00	20.13	
			440.0	220.0	0.24		34.5	106.2	25.5	31.17	28.53	
	島尻	マジ	9.0	4.5	0.30	912	12.1	147.4	44.2	1.11	1.02	
			40.0	20.0	0.30		17.4	132.5	39.8	4.42	4.01	
			100.0	50.0	0.30		21.8	123.6	37.1	10.31	9.18	
			190.0	95.0	0.30		t + 2.71	25.6	117.4	35.2	18.58	16.58
			300.0	150.0	0.29		29.1	112.5	32.6	27.17	24.92	
			440.0	220.0	0.29		32.0	109.0	31.6	38.62	35.29	
久米島	国頭	12.0	6.0	0.53	8,442	10.4	152.4	80.8	2.69	2.77		
		60.0	30.0	0.52		15.4	139.8	72.7	12.12	12.52		
		140.0	70.0	0.51		19.1	131.7	67.2	26.13	26.89		
		240.0	120.0	0.50		t + 45	22.0	126.0	63.0	42.00	43.63	
		350.0	175.0	0.50		24.1	122.2	61.1	59.40	61.35		
		450.0	225.0	0.49		25.9	119.1	58.4	73.00	76.37		

10年確率流域面積別ピーク洪水量表 その3

区分	土壌	流域面積ha		流出係数f	降雨強度式 r	洪水到達時間tp	降雨強度 r	有効降雨強度re	ピーク洪水量 Q p		
		A	A ₁						本検討	設計指針	
久米島	島尻	12.0	6.0	0.26	8,442 $t + 45$	13.6	144.1	37.5	1.25	1.28	
		60.0	30.0	0.26		20.2	129.5	33.7	5.62	5.62	
		140.0	70.0	0.25		25.3	120.1	30.0	11.67	11.90	
		240.0	120.0	0.25		29.0	114.1	28.5	19.00	18.89	
		350.0	175.0	0.25		32.0	109.6	27.4	26.64	26.25	
		450.0	225.0	0.24		34.7	105.9	25.4	31.75	32.54	
宮古	ジャール	11.0	5.5	0.66	$\frac{310}{t^{0.33}}$	9.6	147.0	97.0	2.96	3.13	
		50.0	25.0	0.64		14.2	129.2	82.7	11.49	12.65	
		120.0	60.0	0.63		17.7	120.1	75.7	25.23	27.46	
		220.0	110.0	0.62		20.7	114.0	70.7	43.21	46.38	
		350.0	175.0	0.62		23.2	109.8	68.1	66.21	71.08	
		520.0	260.0	0.61		25.8	106.1	64.7	93.46	101.41	
	島尻	ジャール	11.0	5.5	0.26	$\frac{310}{t^{0.33}}$	13.9	130.1	33.8	1.03	1.10
			50.0	25.0	0.25		20.5	114.4	28.6	3.97	4.12
			120.0	60.0	0.25		25.5	106.5	26.6	8.87	9.23
			220.0	110.0	0.25		29.7	101.2	25.3	15.46	15.91
			350.0	175.0	0.25		33.3	97.5	24.4	23.72	24.39
			520.0	260.0	0.24		37.3	93.9	22.5	32.50	34.78
島	ジャール	11.0	5.5	0.30	$\frac{310}{t^{0.33}}$	13.1	132.6	39.8	1.22	1.31	
		50.0	25.0	0.30		19.1	117.1	35.1	4.88	5.13	
		120.0	60.0	0.30		23.7	109.1	32.7	10.90	11.42	
		220.0	110.0	0.30		27.6	103.7	31.1	19.01	19.83	
		350.0	175.0	0.30		31.0	99.8	29.9	29.07	30.14	
		520.0	260.0	0.29		34.6	96.3	27.9	40.30	43.09	

10年確率流域面積別ピーク洪水量表 その4

区分	土壌	流域面積ha		流出係数f	降雨強度式 r	洪水到達時間tp	降雨強度 r	有効降雨強度 re	ピーク洪水量 Q p	
		A	A ₁						本検討	設計指針
石垣島	国頭マージ	13.0	6.5	0.53	$\frac{317}{t^{0.32}}$	10.7	148.5	78.7	2.84	3.01
		50.0	25.0	0.51		15.2	132.7	67.7	9.40	10.24
		130.0	65.0	0.51		19.2	123.1	62.8	22.68	23.50
		230.0	115.0	0.50		22.3	117.4	58.7	37.50	39.21
		370.0	185.0	0.50		25.1	113.0	56.5	58.07	60.59
		550.0	275.0	0.49		27.9	109.3	53.6	81.89	86.37
	ジャール	13.0	6.5	0.66	$\frac{317}{t^{0.32}}$	9.8	152.7	100.8	3.64	3.83
		50.0	25.0	0.64		13.9	136.6	87.4	12.14	13.23
		130.0	65.0	0.63		17.7	126.4	79.6	28.74	30.78
		230.0	115.0	0.63		20.4	120.8	76.1	48.62	50.30
		370.0	185.0	0.62		23.1	116.1	72.0	74.00	77.61
		550.0	275.0	0.61		25.6	112.3	68.5	104.65	110.84
	島尻マージ	13.0	6.5	0.26	$\frac{317}{t^{0.32}}$	9.8	152.7	39.7	1.43	1.52
		50.0	25.0	0.25		13.9	136.6	34.2	4.75	5.22
		130.0	65.0	0.25		17.7	126.4	31.6	11.41	12.08
		230.0	115.0	0.25		20.4	120.8	30.2	19.29	19.67
		370.0	185.0	0.25		23.1	116.1	29.0	29.81	30.44
		550.0	275.0	0.24		25.6	112.3	27.0	41.25	43.60
島尻マージ+ジャール	13.0	6.5	0.30	$\frac{317}{t^{0.32}}$	9.8	152.7	45.8	1.65	1.74	
	50.0	25.0	0.30		13.9	136.6	41.0	5.69	6.07	
	130.0	65.0	0.30		17.7	126.4	37.9	13.69	14.29	
	230.0	115.0	0.30		20.4	120.8	36.2	23.13	23.56	
	370.0	185.0	0.29		23.1	116.1	33.7	34.64	36.50	
	550.0	275.0	0.29		25.6	112.3	32.6	49.81	52.34	

10年確率流域面積別ピーク洪水量表 その5

区分	土壌	流域面積ha		流出係数f	降雨強度式 r	洪水到達時間tp	降雨強度 r	有効降雨強度re	ピーク洪水量 Q p	
		A	A ₁						本検討	設計指針
与那国島	国頭マージ	11.0	5.5	0.53	10,937 t + 55	9.9	168.5	89.3	2.73	2.51
		60.0	30.0	0.51		14.9	156.5	79.8	13.30	12.47
		150.0	75.0	0.50		18.7	148.4	74.2	30.92	28.85
		270.0	135.0	0.50		21.6	142.8	71.4	53.55	49.32
		400.0	200.0	0.50		23.8	138.8	69.4	77.11	70.70
		550.0	275.0	0.49		25.9	135.2	66.2	101.14	94.09
	島尻マージ	11.0	5.5	0.26	10,937 t + 55	12.9	161.1	41.9	1.28	1.18
		60.0	30.0	0.26		19.3	147.2	38.3	6.38	5.77
		150.0	75.0	0.25		24.5	137.6	34.4	14.33	13.24
		270.0	135.0	0.25		28.3	131.3	32.8	24.60	22.29
		400.0	200.0	0.25		31.3	126.7	31.7	35.22	31.53
		550.0	275.0	0.24		34.5	122.2	29.3	44.76	41.77
南大東島	島尻マージ	10.0	5.0	0.26	7,883 t + 44	12.6	139.3	36.2	1.01	0.99
		50.0	25.0	0.25		18.7	125.7	31.4	4.36	4.29
		110.0	55.0	0.25		22.7	118.2	29.6	9.04	8.74
		180.0	90.0	0.25		25.6	113.3	28.3	14.15	13.63
		260.0	130.0	0.24		28.5	108.7	26.1	18.85	18.71
		350.0	175.0	0.24		30.7	105.5	25.3	24.60	24.26

4. 基礎資料

1) 確率計算結果

時間雨量確率計算結果表 単位 ; mm/hr

区分	確率年							
	2	5	10	20	30	50	100	200
名護	49.4	60.8	68.0	74.7	78.4	83.1	89.2	95.3
那覇	60.5	76.3	87.2	97.7	103.9	111.7	122.4	133.4
久米島	58.0	71.7	80.4	88.5	93.1	98.7	106.3	113.8
宮古島	57.0	71.5	80.3	88.1	92.5	97.7	104.6	111.3
石垣島	61.5	76.3	85.4	93.5	98.4	104.1	111.7	119.0
与那国島	68.8	85.2	95.1	104.0	108.9	114.9	122.7	130.3
南大東島	47.0	64.0	75.8	87.5	94.4	103.1	115.3	127.7

10分間雨量確率計算結果表 単位 ; mm/10分

区分	確率年							
	2	5	10	20	30	50	100	200
名護	17.7	20.3	21.9	23.4	24.2	25.2	26.6	27.8
那覇	19.7	23.5	25.8	27.9	29.0	30.4	32.2	34.0
久米島	20.1	23.5	25.6	27.4	28.4	29.6	31.2	32.7
宮古島	19.4	22.4	24.1	25.6	26.3	27.3	28.4	29.5
石垣島	20.2	23.4	25.4	27.2	28.2	29.4	31.1	32.7
与那国島	21.4	25.6	28.1	30.3	31.5	32.9	34.8	36.6
南大東島	16.7	21.3	24.3	27.3	29.0	31.1	34.0	37.0

2) 短時間特性係数 (名護10年確率の場合)

$$10^{10} = \frac{6 \times R_{10}^{10}}{R_{10}^1} = \frac{6 \times 21.9}{68.0} = 1.93$$

10年確率時間雨量 $R_{10}^1 = 68.0$ mm/hr 名護

10年確率10分間雨量 $R_{10}^{10} = 21.9$ mm/hr 名護

3) 短時間特性係数式

久野・石黒式 (名護10年確率の場合)

$$10^t = \frac{a}{t + b} \quad \text{久野・石黒式}$$

係数 (a、b) の把握

$$b = \frac{60 - 10^{10} \times 10}{10^{10} - 1} = \frac{60 - 1.93 \times 10}{1.93 - 1} = 1.77$$

$$a = 60 + b = 60 + 1.77 = 9.52$$

$$10^t = \frac{9.52}{t + 1.77}$$

シャーマン式（宮古島10年確率の場合）

$$I_{10}^{10} = \frac{6 \times R_{10}^{10}}{R_{10}^1} = \frac{6 \times 24.1}{80.3} = 1.80$$

$$I_{10}^t = \frac{a}{t^n} \quad \text{シャーマン式}$$

係数（a、n）の把握

$$n = \frac{\text{Log } I_{10}^{10}}{\text{Log}60 - \text{Log}10} = \frac{\text{Log } 1.80}{\text{Log}60 - \text{Log}10} = 0.33$$

$$a = 60^n = 60^{0.33} = 3.86$$

$$I_{10}^t = \frac{3.86}{t^{0.33}}$$

タルボット式（久米島10年確率の場合）

$$I_{10}^{10} = \frac{6 \times R_{10}^{10}}{R_{10}^1} = \frac{6 \times 25.6}{80.4} = 1.91$$

$$I_{10}^t = \frac{a}{t + b} \quad \text{タルボット式}$$

係数（a、b）の把握

$$b = \frac{60 - I_{10}^{10} \times 10}{I_{10}^{10} - 1} = \frac{60 - 1.91 \times 10}{1.91 - 1} = 44.95$$

$$a = 60 + b = 60 + 44.95 = 104.95$$

$$I_{10}^t = \frac{104.95}{t + 44.95}$$

4) 降雨強度式

降雨強度式は短時間特性係数式に1時間雨量を乗じて求める。

名護10年確率の場合

$$\begin{aligned} I_{10}^t &= I_{10}^t \times R_{10}^1 \\ &= \frac{9.52}{t + 1.77} \times 68.0 \\ &= \frac{647}{t + 1.77} \end{aligned}$$

名護の確率年別降雨強度式

確率年	雨量 mm		特性係数 N^{10}	係数	
	時間	10分		分子	b
N					
2	49.4	17.7	2.15	423	0.82
5	60.8	20.3	2.00	557	1.42
10	68.0	21.9	1.93	647	1.77
20	74.7	23.4	1.88	732	2.05
30	78.4	24.2	1.85	782	2.23
50	83.1	25.2	1.82	846	2.43
100	89.2	26.6	1.79	926	2.64
200	95.3	27.7	1.74	1027	3.03

那覇の確率年別降雨強度式

確率年	雨量 mm		特性係数 N^{10}	係数	
	時間	10分		分子	b
N					
2	60.5	19.7	1.95	569	1.66
5	76.3	23.5	1.85	761	2.23
10	87.2	25.8	1.78	912	2.71
20	97.7	27.9	1.71	1078	3.29
30	103.9	29.0	1.67	1187	3.68
50	111.7	30.4	1.63	1324	4.11
100	122.4	32.2	1.58	1528	4.74
200	133.4	34.0	1.53	1766	5.49

久米島の確率年別降雨強度式

確率年	雨量 mm		特性係数 N^{10}	係数	
	時間	10分		分子	b
N					
2	58.0	20.1	2.08	5568	36
5	71.7	23.5	1.97	7313	42
10	80.4	25.6	1.91	8442	45
20	88.5	27.4	1.86	9558	48
30	93.1	28.4	1.83	10241	50
50	98.7	29.6	1.8	11153	53
100	106.3	31.2	1.76	12331	56
200	113.8	32.7	1.72	13542	59

宮古島の確率年別降雨強度式

確率年	雨量 mm		特性係数 N^{10}	係数	
	時間	10分		分子	n
N					
2	57	19.4	2.04	293	0.40
5	71.5	22.4	1.88	300	0.35
10	80.3	24.1	1.80	310	0.33
20	88.1	25.6	1.74	313	0.31
30	92.5	26.3	1.71	316	0.30
50	97.7	27.3	1.68	320	0.29
100	104.6	28.4	1.63	316	0.27
200	111.3	29.5	1.59	323	0.26

石垣島の確率年別降雨強度式

確率年	雨量 mm		特性係数 N^{10}	係数	
	時間	10分		分子	n
N					
2	61.5	20.2	1.97	291	0.38
5	76.3	23.4	1.84	307	0.34
10	85.4	25.4	1.78	317	0.32
20	93.8	27.2	1.74	334	0.31
30	98.4	28.2	1.72	336	0.30
50	104.1	29.4	1.69	341	0.29
100	111.7	31.1	1.67	366	0.29
200	119.0	32.7	1.65	374	0.28

与那国島の確率年別降雨強度式

確率年	雨量 mm		特性係数 N^{10}	係数	
	時間	10分		分子	b
N					
2	68.8	21.4	1.87	7362	47
5	85.2	25.6	1.80	9628	53
10	95.1	28.1	1.77	10937	55
20	104.0	30.3	1.75	12168	57
30	108.9	31.5	1.74	12850	58
50	114.9	32.9	1.72	13673	59
100	122.7	34.8	1.7	14847	61
200	130.3	36.6	1.69	15897	62

南大東島の確率年別降雨強度式

確率年	雨量 mm		特性係数 N^{10}	係数	
	時間	10分		分子	b
N					
2	47.0	16.7	2.13	4418	34
5	64.0	21.3	2.00	6400	40
10	75.8	24.3	1.92	7883	44
20	87.5	27.3	1.87	9363	47
30	94.4	29.0	1.84	10384	50
50	103.1	31.1	1.81	11547	52
100	115.3	34.0	1.77	13260	55
200	127.7	37.0	1.74	15069	58