

## 流出解析ワーキングチーム報告

### 1. 「流出モデル（斜面モデル）」の選定（第 16 回流域委員会， H 17. 4. 18）

「準線形貯留型モデル」を選定

なお，モデル選定の審議において，今後の流出解析・流出予測に際して留意する主な課題として

- (1) 準線形貯留型モデルによるハイドログラフ低減部の再現性
- (2) 有効雨量・損失雨量の設定方法
- (3) 特定の流出現象や地目への準線形貯留型モデル以外のモデルの適用の検討
- (4) 降雨・流量データ数や観測点数に関わる課題
- (5) 新たなデータや知見が得られた場合等の将来的なモデルの見直し（5～10 年後）

などが挙げられた。

### 2. 「流出解析（モデル定数の同定）」に関わる検討（第 4 回 WT， H 17. 4. 19）

- 2.1) 洪水および降雨の観測データ
- 2.2) 有効降雨量・損失雨量（一次流出率）の設定方法
- 2.3) モデル定数の数値の妥当性（地形特性・土地利用状況などのモデルへの導入）
- 2.4) 再現精度（同定および検証）

上記各項目の全般的な妥当性は，流出モデル選定の審議（第 16 回流域委員会）において，貯留関数法と準線形貯留型モデルの「再現性（同定および検証）の比較」によって既に検討済みと考えられる。そのうえで検討，確認した事項は以下のとおりである。

#### [ モデル定数 C ]

- ・ 水田・(池)以外の地目には，標準値（土木技術資料 1977）を採用。
- ・ 水田・(池)については，再現・同定の結果として， $C = 800$ （標準値 1000）を設定。

（まとめ）

- ・ 水田・(池)の C 値は地目別の既定値の範囲内にあると考えられる。この同定結果，すなわち  $C = 800 <$ （標準値 1000）は，武庫川流域での水田に関わる流出現象では，洪水到達時間が標準値より短い（20% 程度）ことを示すと考えられる。

#### [ 流出率 $f_1$ と $f_{sa}$ ]

- ・ 山林は， $f_1 = 0.3$ （標準値 0.25）
- ・ 畑地は， $f_1 = 0.3$ （標準値 0.15）， $f_{sa} = 1$ （標準値 0.6）

(まとめ)

- ・ 市街地以外の地目についての1次流出率  $f_1 = 0.3$  および飽和後流出率  $f_{sa} = 1$  は、基本的には、青野ダム、千苅ダム、生瀬橋、甲武橋の4地点における[総雨量]～[洪水流出高]の関係から設定されたものである。武庫川流域の山林面積が60%以上であること、解析に使用できる既存の降雨-流量観測データの質・量などから判断して、妥当な設定と考えられる。
- ・ 市街地についての一次流出率  $f_1 = 0.8$  は、標準値が  $f_1 = 0.6 \sim 0.9$  の平均値である。

[飽和雨量  $R_{sa}$ ]

- ・ 山林については、洪水前の湿潤状態(先行降雨量)が洪水流量・ハイドログラフに影響を与えるため、武庫川流域の山林面積が60%以上であることも考慮して、洪水ごとに同定。
- ・ その他の地目については、標準値(土木技術資料 1977)を採用。

(まとめ)

- ・ 山林についての飽和雨量の同定値は  $R_{sa} = 15 \sim 120$  mm(青野ダム),  $R_{sa} = 45 \sim 140$  mm(千苅ダム),  $R_{sa} = 30 \sim 100$  mm(生瀬橋・甲武橋)である。一方、流出率  $f_1$  と  $f_{sa}$  の設定に用いた4地点における[総雨量]～[洪水流出高]関係では、 $R_{sa} = 50$  mmとなっている。
- ・ 前者のバラツキと後者との整合性について、検討が必要と考える。
- ・ 飽和雨量の同定値  $R_{sa}$  は、洪水前の降雨による山林の湿潤状態を反映しており、山林の流出の初期条件であるので、洪水ごとに異なるのが通常である。
- ・  $R_{sa}$  の同定値が  $R_{sa} = 15 \sim 140$  mm の範囲にあるという結果は、基本高水に関わる流出予測において留意・考慮すべき事項である。

### 3. 「流出予測」に関わる検討(第5回WT, H 17. 4. 26)

(基本方針)

流出解析WTは、流域委員会において、流出予測結果に基づく基本高水等の審議・議論が論点を明確にして行えるよう、「予測流出量」を「予測のための設定条件(与条件)」によって整理、取りまとめる。したがって「与条件」は幅広く設定し、流域委員会でいろいろな視点からの審議・検討に備えられるようにする。すなわち、流出解析WTは、出来るだけ網羅的・包括的に「条件設定」を行うこととする。「条件設定」に関わる主な事項は

#### 3.1) 入力降雨(100年確率降雨)条件

- ・ 引伸し方法・引伸し倍率
- ・ 時間分布・地域分布の考え方(降雨観測点数など)・・・流域分割

#### 3.2) 土地利用条件とモデルへの導入(モデル定数などの設定)

- ・ 予測における土地利用状況(対策にかかわる土地利用条件の設定は除く)
- ・ モデル定数の設定値(1次流出率、飽和雨量等)

である。

また，予測結果の取りまとめについては

3.3) 流出予測結果は「入力降雨」条件によって作表する。(下記の作表例参照)

・ 入力降雨

(1) 引伸ばし倍率 2.0 以下の降雨・・・(カバー率の考え方)

(2) 引伸ばし倍率 2.0 以上を含む降雨 + 棄却基準(時間・地域分布)・・・(棄却判定の考え方)

(日雨量観測点数・時間雨量観測点数・観測地点など)

作表例(1)

入力降雨 (洪水) (年月日)	流出量 (ピーク流量)	引伸ばし倍率 (2.0 以下)	観測点数		備考 (時間雨量観測地点)
			日雨量	時間雨量	

作表例(2)

入力降雨 (洪水) (年月日)	流出量 (ピーク流量)	引伸ばし倍率 (2.0 以上を含む) (棄却基準適用済)	観測点数		備考 (時間雨量観測地点)
			日雨量	時間雨量	

(まとめ)

- ・ 引伸ばし方法については，(1) 100 確率降雨として 242 (mm/24h) を採用する，および (2) 無降雨時間が 6 時間 (洪水到達時間) 以上であれば別降雨とすることを確認。
- ・ 山林の飽和雨量  $R_{sa} = 50$  mm の設定と標準値 (土木技術資料 1977)  $R_{sa} = 150$  mm との整合性について検討が必要。
- ・ 山林の飽和雨量  $R_{sa} = 50$  mm の設定と，畑地の  $R_{sa} = 300$  mm および市街地の  $R_{sa} = 55$  mm の設定との整合性について検討が必要。
- ・ 畑地の  $R_{sa} = 300$  mm は，山林などの設定値に基づいて設定し直すことも考える必要がある。
- ・ 畑地面積が流域面積に占める割合は小さいので，設定変更は流量予測値にほとんど影響しない。(甲武橋地点で，(畑地面積) / (流域面積) =  $5.3 \text{ km}^2 / 500 \text{ km}^2$ )
- ・ 市街地の  $R_{sa} = 55$  mm については，市街地の一次流出率が  $f_1 = 0.8$  であることも合わせて考えれば，山林の飽和雨量  $R_{sa} = 50$  mm (一次流出率  $f_1 = 0.3$ ) と整合していると考えられる。
- ・ 山林の飽和雨量  $R_{sa} = 50$  mm の設定根拠である「青野ダム，千苅ダム，生瀬橋，甲武橋の 4 地点における [総雨量] ~ [洪水流出高] の関係」については， $R_{sa}$  の値を最小 2 乗法などによって計算すべきである。

# 引伸し対象降雨のピーク流量一覧

表(1) 降雨倍率 2.0 倍以下のピーク流量一覧  
(異常降雨波形棄却は行わない)

(計画降雨242mm/24hr【Gumbel】)

洪水名	24時間雨量(242mm)		甲武橋 ピーク 流量 (m³/s)	ピーク 流量 順位	カバー率 (%)	日 雨量 数	時 間 雨 量 数	備考(時間雨量観測所名)																									
	1/100計画雨量	242						気象庁										兵庫県					国交省		神戸市								
	生起時刻 日 時	実績 雨量 (mm)						引伸し 倍率	三田	名塩	六甲山	神戸	豊中	有野	末野	羽束川	後川	篠山	池田	有野	淡河	西宮	伊丹	宝塚	三田	母子	青野ダム	古市	篠山	大島	北野	上池田	波豆
年 月 日 日 時	年 月 日 日 時																																
S 36	6 23	6 27	2 12	27 2	131.9	1.835	6519	1	100	14	6	x	x	x		x	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x			
H 10	9 21	9 22	9 10	22 9	122.6	1.974	6051	2	95	21	21					x	x	x															
H 16	10 18	10 20	5 15	20 5	175.5	1.379	4669	3	89	19	19					x	x	x							x								
S 44	6 24	6 25	13 18	25 13	131.9	1.835	4538	4	84	20	14	x		x		x	x								x	x				x	x		
S 37	6 8	6 9	10 21	9 10	146.7	1.650	3765	5	79	15	7	x		x		x	x	x	x	x	x				x	x		x	x	x	x		
S 42	7 8	7 9	3 20	9 3	151.2	1.601	3726	6	74	18	12	x		x		x	x	x	x					x	x	x				x	x		
S 57	7 28	8 1	6 22	1 6	125.2	1.932	3650	7	68	17	14					x	x								x	x				x	x		
S 36	6 23	6 24	16 47	25 15	145.1	1.668	3626	8	63	14	6	x	x	x		x	x								x	x	x	x	x	x	x		
S 58	9 26	9 27	2 43	27 19	206.4	1.173	3381	9	58	17	14	x		x		x	x	x							x	x				x	x		
H 10	10 13	10 16	3 49	17 3	133.6	1.812	3077	10	53	21	21					x	x	x													x	x	
S 47	7 9	7 12	7 39	12 7	151.7	1.596	3023	11	47	19	14	x				x	x								x	x	x				x	x	
H 11	6 23	6 29	7 21	29 7	183.7	1.317	2919	12	42	21	21					x	x	x															
S 64	9 1	9 2	21 17	2 21	135.6	1.785	2844	13	37	21	18					x	x															x	x
S 35	8 28	8 29	15 21	29 15	233.5	1.036	2828	14	32	11	3	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
S 63	6 1	6 2	7 39	2 20	139.8	1.732	2693	15	26	17	14					x	x									x						x	x
S 32	6 25	6 26	17 31	26 18	150.3	1.611	2558	16	21	11	3	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
H 7	5 10	5 11	13 26	11 15	152.9	1.583	2325	17	16	21	21					x	x	x															
S 40	9 12	9 13	23 23	13 23	200.4	1.208	2319	18	11	18	10	x		x		x	x	x	x	x						x	x			x	x	x	x
S 40	5 25	5 26	8 31	26 9	137.5	1.761	2311	19	5	17	10	x		x		x	x	x	x	x						x	x	x			x	x	x

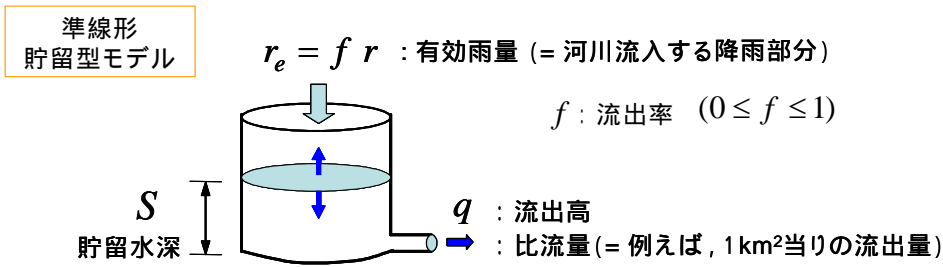
\* : 観測所雨量数は対象 26 雨量観測所中、降雨資料が存在する観測所数を示す。

表(2) 降雨倍率 2.5 倍以下のピーク流量一覧  
(異常降雨波形棄却後：棄却降雨は非表示)

(計画降雨242mm/24hr【Gumbel】)

洪水名						24時間雨量(242mm)				甲武橋 ピーク 流量 (m <sup>3</sup> /s)	日 雨量 数	時 間 雨 量 数	備考(時間雨量観測所名)																								
						1/100計画雨量		242					気象庁										兵庫県						国交省		神戸市						
年	月	日	月	日	時	降 雨 継 続 時 間	生 起 時 刻	実 績 雨 量 (mm)	引 伸 し 倍 率	三 田	名 塩	六 甲 山	神 戸	豊 中	有 野	末 野	羽 束 川	後 川	篠 山	池 田	有 野	淡 河	西 宮	伊 丹	宝 塚	三 田	母 子	青 野 ダ ム	古 市	篠 山	大 島	北 野	上 池 田	波 豆	千 苅 ダ ム		
S	34	9	25	9	25	11	37	25	24	110.6	2.188	4794	9	3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	37	6	8	6	9	10	21	9	10	146.7	1.650	3765	15	7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	42	7	8	7	9	3	20	9	3	151.2	1.601	3726	18	12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	57	7	28	8	1	6	22	1	6	125.2	1.932	3650	17	14				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	36	6	23	6	24	16	47	25	15	145.1	1.668	3626	14	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	58	9	26	9	27	2	43	27	19	206.4	1.173	3381	17	14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	40	9	15	9	16	10	36	16	10	110.3	2.193	3375	18	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	34	8	7	8	12	15	17	12	15	108.3	2.235	3156	11	3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	41	9	16	9	16	23	53	18	3	119.0	2.033	3088	18	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H	10	10	13	10	16	3	49	17	3	133.6	1.812	3077	21	21				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
S	47	7	9	7	12	7	39	12	7	151.7	1.596	3023	19	14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H	15	8	13	8	14	7	26	14	8	102.4	2.364	2993	21	21				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H	11	6	23	6	29	7	21	29	7	183.7	1.317	2919	21	21				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	64	9	1	9	2	21	17	2	21	135.6	1.785	2844	21	18				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	35	8	28	8	29	15	21	29	15	233.5	1.036	2828	11	3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	51	9	7	9	8	17	58	9	19	107.7	2.246	2786	22	16				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	63	6	1	6	2	7	39	2	20	139.8	1.732	2693	17	14				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H	12	10	31	11	1	8	30	1	13	104.3	2.320	2577	14	14				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	32	6	25	6	26	17	31	26	18	150.3	1.611	2558	11	3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	44	6	28	6	29	4	30	29	9	109.5	2.210	2471	19	13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	36	10	26	10	27	3	35	27	11	111.8	2.164	2405	16	8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H	12	9	10	9	11	6	36	11	6	115.7	2.092	2395	21	21				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H	7	5	10	5	11	13	26	11	15	152.9	1.583	2325	21	21				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	40	9	12	9	13	23	23	13	23	200.4	1.208	2319	18	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	40	5	25	5	26	8	31	26	9	137.5	1.761	2311	17	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	46	8	29	8	30	6	36	30	9	106.9	2.264	2194	17	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	42	10	26	10	27	2	31	27	7	105.7	2.290	2072	19	13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S	58	6	19	6	20	5	26	20	6	114.9	2.106	1496	19	16				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

\*：観測所雨量数は対象 26 雨量観測所中、降雨資料が存在する観測所数を示す。



流出高と貯留水深の関係

$$q = \frac{S}{K} \leftarrow K = T_\ell = \frac{T_c}{2} = C \frac{A^{0.22}}{r_e^{0.35}} \begin{cases} T_\ell = \text{遅れ時間 (min)} \\ T_c = \text{洪水到達時間 (min)} \\ A = \text{流域面積 (km}^2\text{)} \end{cases}$$

同定するモデル定数:  $C$ ,  $f$  地目別に(ある範囲で)既定

図 - 1 準線形貯留型モデル と モデル定数

### 斜面モデルの条件設定

表 - 1 最終同定値

		市街地	畑地	ゴルフ場	水田	(池)	山林
定数: $C$		60	210	190	800	800	290
流出率 $f$	一次	0.8	0.3	0.3	0	0	0.3
	飽和後	1	1	1	1	1	1

表 - 2 標準値 (土木技術資料 1977)

		市街地	畑地	(ゴルフ場)	水田	(池)	山林
定数: $C$		50 - 240	210		1000		290
流出率 $f$	一次	0.6 0.9	0.15		0		0.25
	飽和後	1	0.6		1		1

表 - 3 標準値 (水理公式集 1999)

		市街地	粗造成地	ゴルフ場・放牧地		丘陵 山林地
定数: $C$		60 - 90	90 - 120	190 - 210		290

## 有効降雨

表 - 4 山林の  $R_{sa}$  (飽和雨量) の算定値 (同定・再現における算定値)

No.	対象洪水 (同定・再現)	ハイドログラフ再現地点		
		青野ダム	千苅ダム	生瀬橋 甲武橋
1	S 63. 6. 1	100	100	100
2	H 1. 9. 1	60	45	45
3	H 10.10.13	120	140	75
4	H 11. 6.23	70	140	30
5	H 5. 6.28	60	60	
6	H 5. 8. 1	60	60	
7	H 5. 8.13	65	45	
8	H 7. 5.10	85	130	
9	H 8. 8.26	155	120	
10	H 9. 8. 4	15	45	
11	H 10. 9.21	115	125	
12	H 11. 9.14	85	95	
13	H 2. 9.16	85		
	H 16.10.20 (台風 23 号)	80	50	60

表 - 5 飽和雨量・1次流出率・飽和後流出率

		標準値 (土木技術資料 1977)			基本高水の算定		
		1次 流出率 $f_1$	飽和雨量 $R_{sa}$	飽和後 流出率 $f_{sa}$	1次 流出率 $f_1$	飽和雨量 $R_{sa}$	飽和後 流出率 $f_{sa}$
水田 (池)		0	50	1	0	50	1
畑地 (ゴルフ場)		0.15	300	0.6	0.3	300	1
山林		0.25	150	1	0.3	50	1
市街地	(1)	0.6	55	1	0.8	55	1
	(2)	0.7					
	(3)	0.8					
	(4)	0.9					

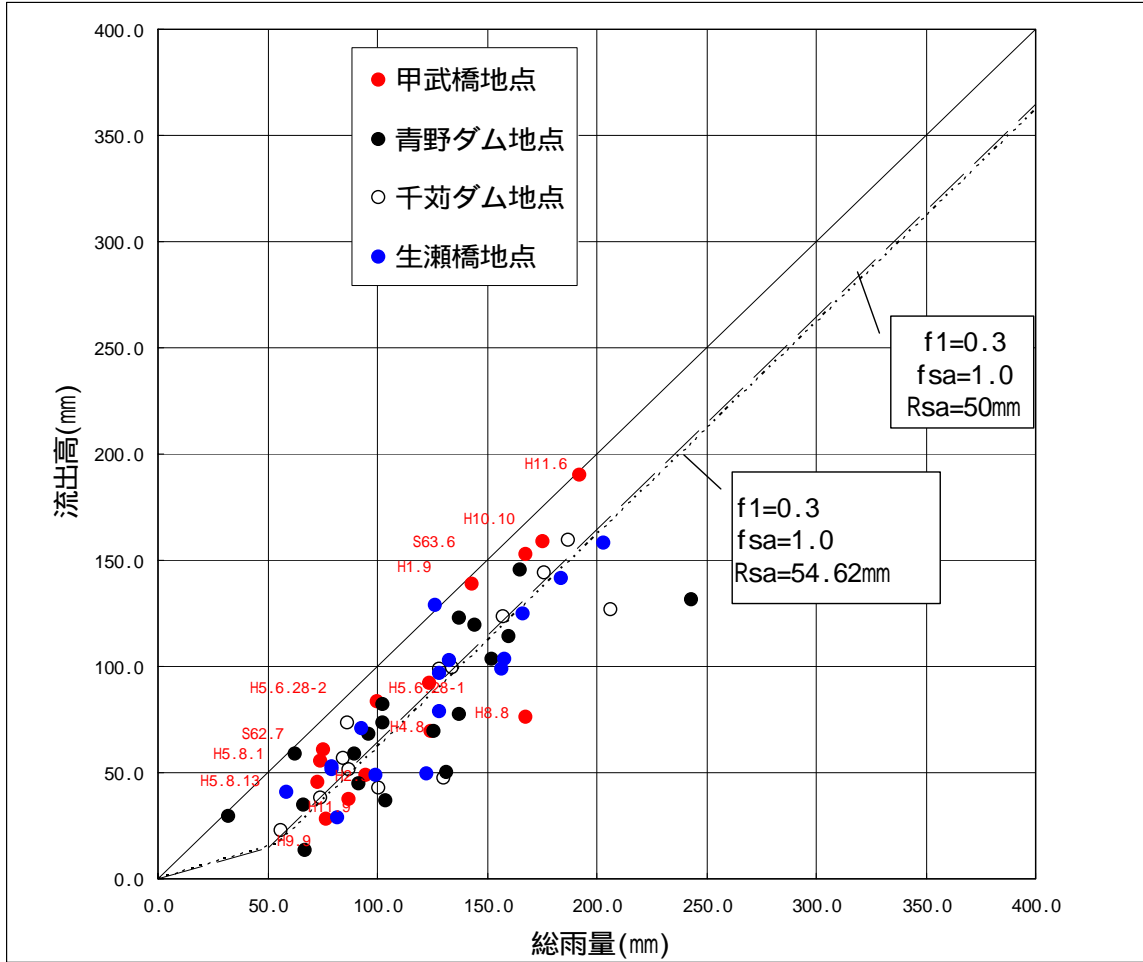


図 - 2 総雨量と流出高 (全地点)



## 基本高水の選定について

### 1. 流出予測に用いる入力降雨分布群（主として時間分布）の作成方法は

- a. 引伸ばし倍率に上限（例えば，2.0 など）を設けたうえで，100 年確率降雨量に相当するよう実績降雨を引伸ばして入力降雨分布群をつくる．  
（検討事項：引伸ばし倍率の上限値）
- b. とくに引伸ばし率に制約を加えず，100 年確率降雨量に相当するよう実績降雨を引伸ばして入力降雨分布群をつくる．そのうえで，これら降雨分布群のうちから，過去の実績降雨の時間分布や地域分布などに基づく判断基準（棄却基準）にしたがって，不適切と考えられる降雨分布を取り除く（棄却する）．  
（検討事項：棄却基準）

の 2 とおりである．

### 2. 基本高水の選定方法は

- [ a. の方法による降雨分布群を入力して得られた洪水流量群 ] から選定する場合，流量の上位から何位目の流量を選定するか，あるいは どの程度の規模の流量を選定するか，判断する．判断基準として，「カバー率」の考え方がある．
- [ b. の棄却を行った降雨分布群を入力して得られた洪水流量群 ] から選定する場合，普通，流量の最上位のものを基本高水として採用する．

の 2 とおりである．