

武庫川水系河川整備基本方針

流出抑制対策を講じない場合の
洪水のピーク流量に関する資料

平成 19 年 11 月

兵 庫 県

武庫川水系河川整備基本方針

流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量に関する資料

目 次

1. 計画規模の設定	1
1.1 ブロックの標準ランク	1
1.2 河川毎の想定氾濫区域内人口および資産による標準ランク	1
1.3 兵庫県内河川の計画規模の決定手順	2
2. 基準地点	3
2.1 基準地点	3
3. 計画降雨	4
3.1 降雨データ	4
3.2 計画降雨継続時間	6
3.3 計画降雨量	8
4. 流出計算モデル	10
4.1 流出計算モデルの作成	10
4.2 定数設定	13
5. 流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量	18
5.1 対象降雨の抽出	18
5.2 異常降雨の棄却	19
5.3 流出計算の実施	20
5.4 計画対象降雨の設定	23
5.5 流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量	25
6. 流量確率手法による検証	26
6.1 検討条件	26
6.2 検討結果	28

1. 計画規模の設定

武庫川流域は、兵庫県神戸市、尼崎市、西宮市、伊丹市、宝塚市、三田市、篠山市及び大阪府能勢町の2府県7市1町にまたがる、幹川流路延長65.7km、流域面積約500km²の二級河川である。仁川合流点付近から下流の築堤区間沿川は氾濫域で、流域にこの氾濫域を含めた「流域圏」の面積は約540km²に及ぶ。流域圏全体の人口は約100万人で、そのうち約60万人が氾濫域である阪神間の市街地に居住している。

兵庫県における計画規模の設定方法は以下のとおりであり、これにより武庫川の計画規模は1/100とする。

1.1 ブロックの標準ランク

兵庫県では、県下の地域特性を考慮して県域を6ブロックに分割し、単位面積当たりの人口及び資産によって、ブロックごとの計画規模を下表の通り設定している。これによると、武庫川流域圏はAランク(1/100)に該当する。

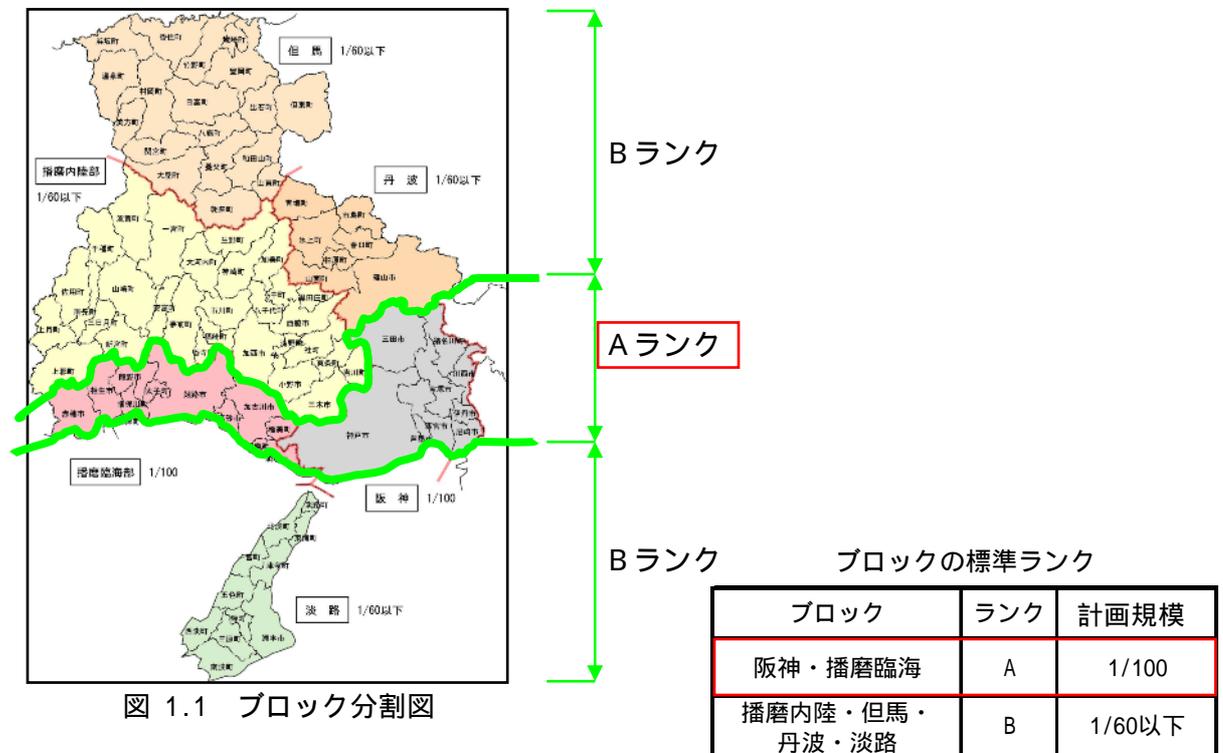


図 1.1 ブロック分割図

1.2 河川毎の想定氾濫区域内人口および資産による標準ランク

兵庫県では、想定氾濫区域内の人口と資産によって、計画規模を下表のとおり設定している。武庫川流域圏はaランク(計画規模1/100)に該当する。

表 1.1 河川毎の想定氾濫区域内人口および資産による標準ランク

ランク	a	b	c	d	武庫川
人口 (人)	20,000 以上	20,000 ~ 10,000	10,000 ~ 1,000	1,000 未滿	約60万人
資産 (億円)	5,000 以上	5,000 ~ 2,000	2,000 ~ 100	100 未滿	約6.7兆円
計画規模	1/100	1/100 ~ 1/80	1/80 ~ 1/50	1/50 ~ 1/30	1/100

1.3 兵庫県内河川の計画規模の決定手順

兵庫県内河川の計画規模は、以下の3つの観点から設定している。

当該河川が位置しているブロックの標準ランク

当該河川毎の想定氾濫区域内の人口・資産による標準ランク

河川が位置しているブロックと河川毎の標準ランクが異なり、一様に計画規模を設定できない場合は、当該河川の既往洪水の規模(短時間および計画降雨継続時間内降雨強度などにより評価)により総合的に勘案して設定する。

武庫川流域圏においては、ブロックのランク及び、想定氾濫区域内の人口・資産のランクの双方において1/100と判定され、計画規模を1/100と設定した。

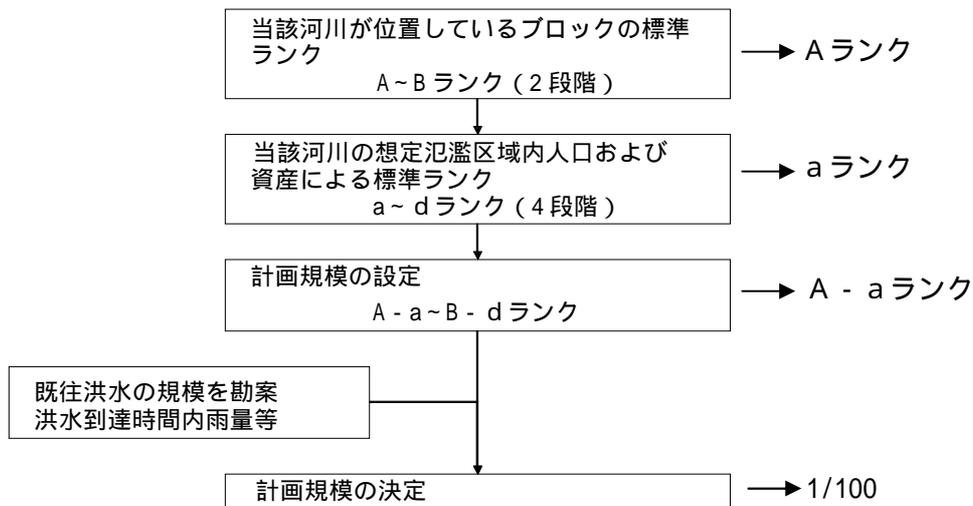


図 1.2 計画規模決定フローチャート

《参考》県内の他河川の事例

県内の市街地を流れる主な2級河川では、住吉川、新湊川などの表六甲河川及び、明石川、市川などの播磨臨海地域の河川において、計画規模を1/100と設定している。

表 1.2 兵庫県下の主要な都市河川の計画規模

水系名	河川名	流路延長 (km)	流域面積 (km ²)	計画規模
住吉川	住吉川	3.6	12.7	1/100
新湊川	新湊川	10.5	30.0	1/100
明石川	明石川	21.0	128.4	1/100
市川	市川	77.6	506.2	1/100

2. 基準地点

2.1 基準地点

人口・資産が集中している区域のほぼ上流に位置し、既往洪水の水位・流量データが蓄積されている「甲武橋」を、治水計画の基準地点とした。

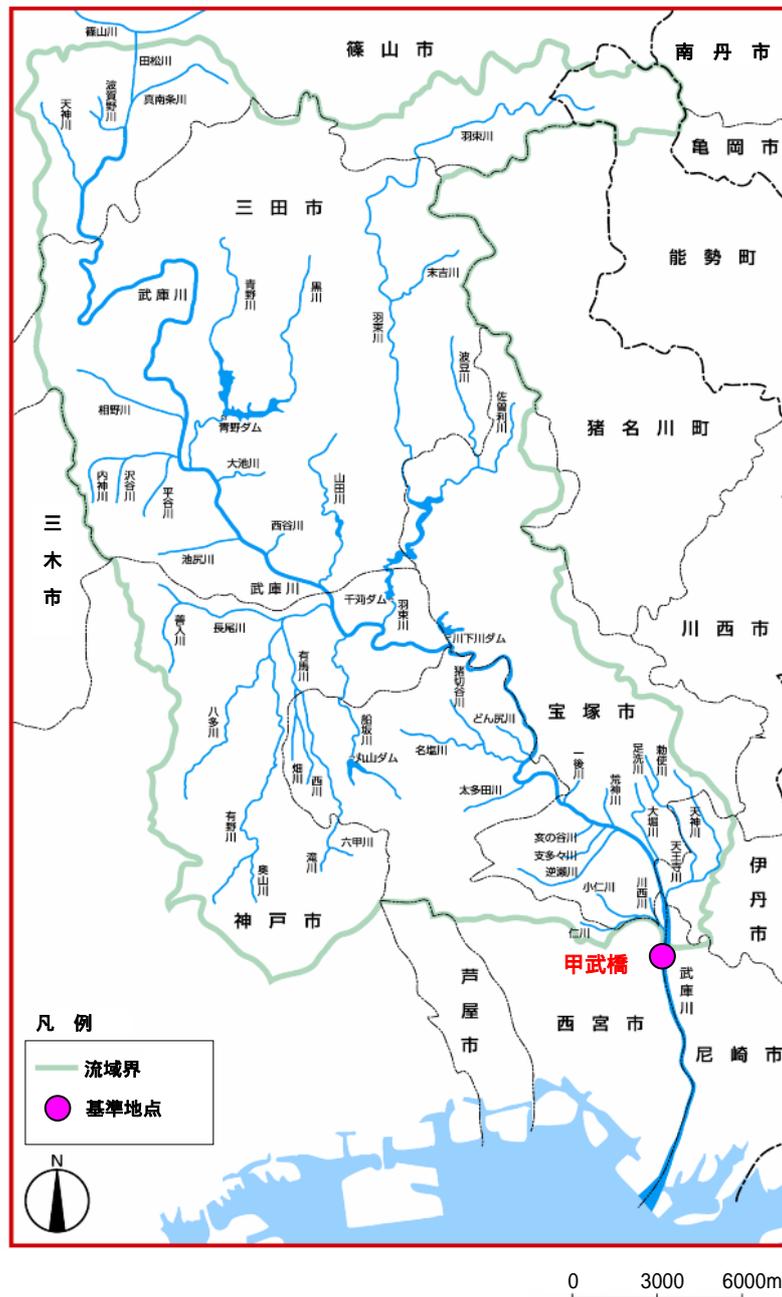


図 2.1 武庫川流域と基準点

3. 計画降雨

3.1 降雨データ

- ・雨量観測所については、流域内外の 26 観測所を対象とした。(図 3.1 参照)
- ・雨量確率解析には、資料が存在する昭和 31 年から平成 16 年の 49 年間の降雨データを使用した。(表 3.1 参照)
- ・雨量観測所の内、1箇所でも日雨量 60mm 以上を観測した降雨を抽出した(年最大値及び統計期間の上位洪水をもらさず抽出するため、最低年 3 降雨を抽出する日雨量として 60mm を設定した)
- ・一連降雨のうち、基準地点における洪水到達時間である 6 時間を越える無降雨期間(流域平均雨量 1mm 未満)がある場合は別降雨とみなした。また、流域平均雨量 1mm 以上となる降雨継続時間が 6 時間以上の降雨を抽出した(洪水到達時間の設定については後述)。
- ・これらの検討降雨について、ティーセン法により流域平均雨量を算定した。

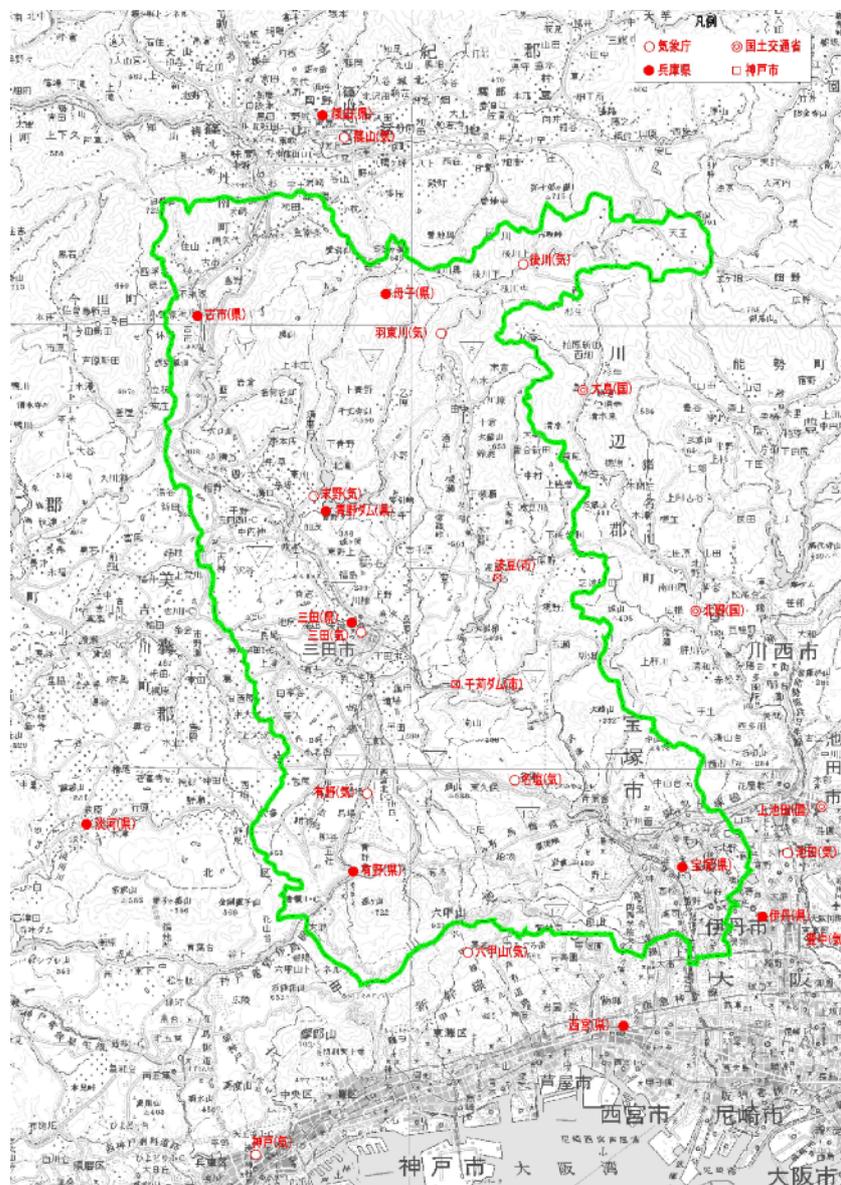


図 3.1 雨量観測所位置図

表 3.1 武庫川水系 武庫川 雨量観測状況

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
観測所名	三田	名塩	六甲山	神戸	豊中	有野	有野	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	千刈ダム	
所轄	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気	気
年	日	時	日	時	日	時	日	時	日	時	日	時	日	時	日	時	日	時	日	時	日	時	日	時	日	時	日
1956	S	31																									
1957	S	32																									
1958	S	33																									
1959	S	34																									
1960	S	35																									
1961	S	36																									
1962	S	37																									
1963	S	38																									
1964	S	39																									
1965	S	40																									
1966	S	41																									
1967	S	42																									
1968	S	43																									
1969	S	44																									
1970	S	45																									
1971	S	46																									
1972	S	47																									
1973	S	48																									
1974	S	49																									
1975	S	50																									
1976	S	51																									
1977	S	52																									
1978	S	53																									
1979	S	54																									
1980	S	55																									
1981	S	56																									
1982	S	57																									
1983	S	58																									
1984	S	59																									
1985	S	60																									
1986	S	61																									
1987	S	62																									
1988	S	63																									
1989	S	64																									
1990	H	2																									
1991	H	3																									
1992	H	4																									
1993	H	5																									
1994	H	6																									
1995	H	7																									
1996	H	8																									
1997	H	9																									
1998	H	10																									
1999	H	11																									
2000	H	12																									
2001	H	13																									
2002	H	14																									
2003	H	15																									
2004	H	16																									

:全期間存在
 :一部欠測
 :時間雨量の合計値を日雨量とする
 :時間雨量の合計値を日雨量とする(一部欠測)
 -:観測期間外
 x:欠測
 □:流域平均雨量作成対象期間外

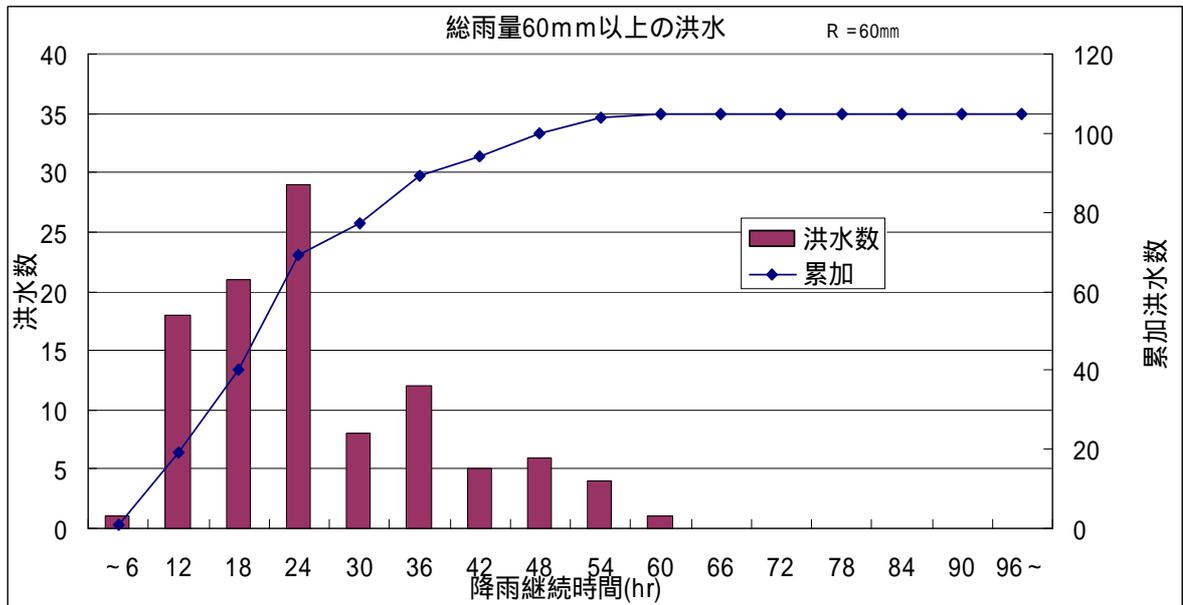
3.2 計画降雨継続時間

流域の降雨特性や、実績降雨の継続時間などを考慮して、計画降雨継続時間を 24 時間に設定した。

- ・検討洪水（総雨量 60mm 以上の降雨）においては、降雨継続時間が 18～24 時間の降雨の発生頻度が高い（図 3.2）。
- ・検討降雨のうち、総雨量が 100mm 以上かつ 6 時間雨量 60mm 以上の比較的規模の大きい降雨に着目すると、ほとんどの降雨で 24 時間雨量は総雨量の約 8 割以上を占めている（図 3.3）。
- ・過去の主要降雨（24 時間雨量の上位 5 降雨）については、24 時間雨量が降雨の主体部分を概ねカバーしている（図 3.4）。

24 時間雨量の上位 5 降雨

昭和 35 年 8 月 28 日
昭和 40 年 9 月 12 日
昭和 58 年 9 月 26 日
平成 11 年 6 月 23 日
平成 16 年 10 月 18 日



*60mm：対象洪水抽出の際の日雨量の基準値

図 3.2 総雨量 60 mm 以上の降雨の継続時間の頻度分布

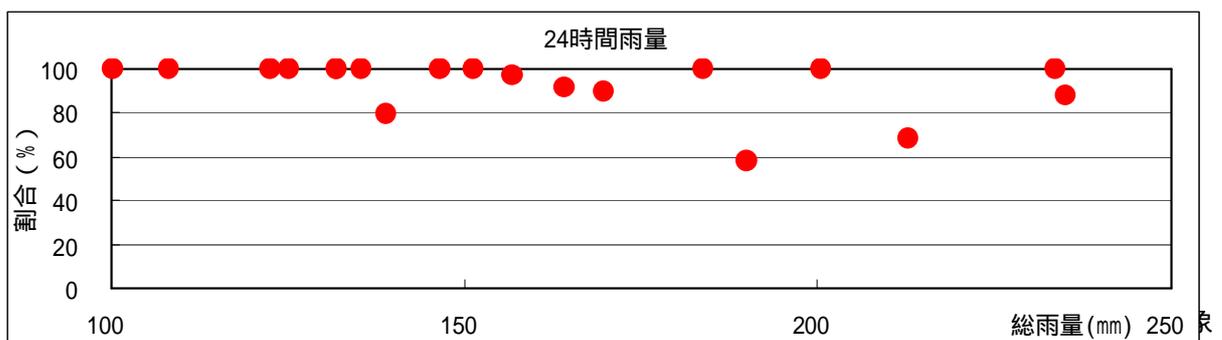


図 3.3 総雨量に占める 24 時間雨量の割合

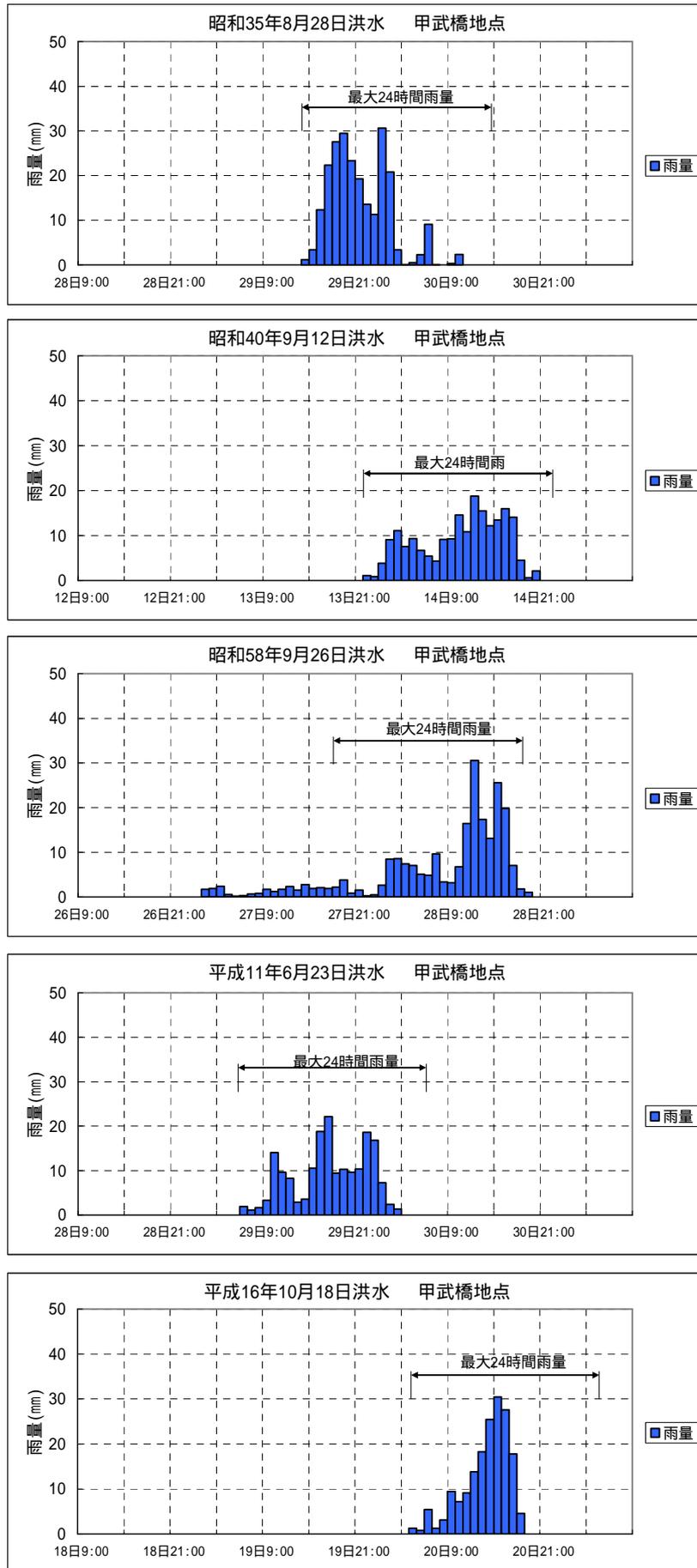


図 3.4 主要降雨（24時間雨量が大きい上位5降雨）のハイトグラフ

3.3 計画降雨量

統計期間は、時間雨量の資料が存在する昭和 31 年から平成 16 年の 49 年間とした。

1/100 確率規模の計画降雨量については、極値理論に基づく手法の中から適合度と安定性を考慮し、グンベル分布の 247 mm/24 時間を採用した。

表 3.2 極値理論に基づく確率計算結果 (24 時間雨量)

	Gumbel 分布	Sqrt-Et 分布	GEV 分布
1/100 確率雨量	247 mm	296 mm	251 mm
SLSC	0.022	0.033	0.022
Jack knife 推定誤差	20.8	31.9	30.7

黄色のハッチングが採用した手法である。

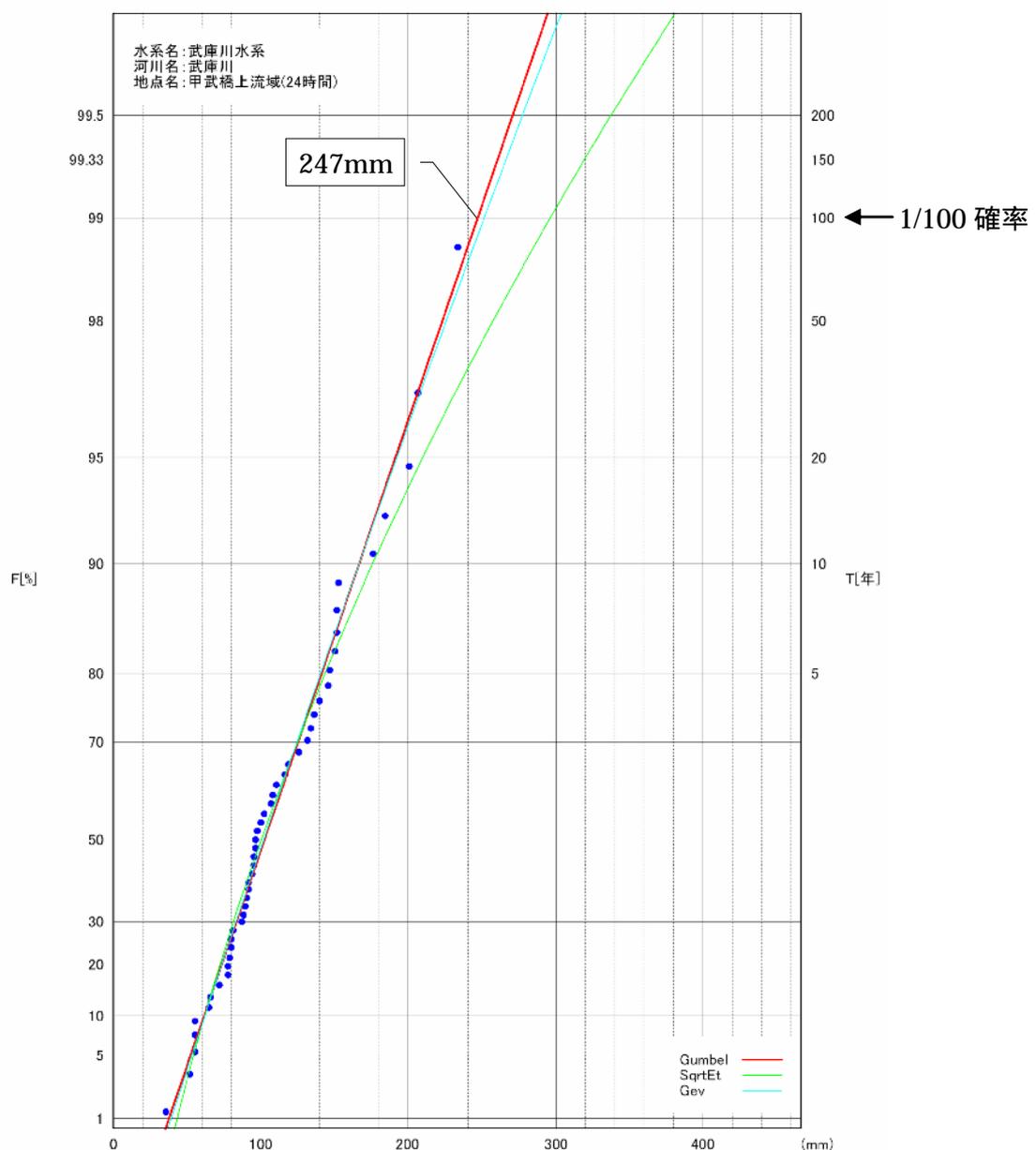


図 3.5 甲武橋上流 流域平均 24 時間雨量確率図

表 3.3 年最大 24 時間雨量一覽表 (S31 年 ~ H16 年)

年	24時間雨量							備考	
	生起日時						雨量 (mm)		
	月	日	時	~	月	日			時
S31	9	26	9	~	9	27	8	88.1	
S32	6	26	18	~	6	27	17	150.3	
S33	9	22	12	~	9	23	11	54.6	
S34	9	26	0	~	9	26	23	110.6	
S35	8	29	15	~	8	30	14	233.5	実績最大雨量
S36	6	25	15	~	6	26	14	145.1	
S37	6	9	10	~	6	10	9	146.7	
S38	8	10	22	~	8	11	21	72.1	
S39	9	25	4	~	9	26	3	79.5	
S40	9	13	23	~	9	14	22	200.4	
S41	9	18	3	~	9	19	2	119.0	
S42	7	9	3	~	7	10	2	151.2	
S43	8	29	10	~	8	30	9	77.8	
S44	6	25	13	~	6	26	12	131.9	
S45	6	15	14	~	6	16	13	90.1	
S46	8	30	9	~	8	31	8	106.9	
S47	7	12	7	~	7	13	6	151.7	
S48	10	13	5	~	10	14	4	89.4	
S49	4	8	5	~	4	9	4	80.6	
S50	8	22	13	~	8	23	12	96.1	
S51	9	9	19	~	9	10	18	107.7	
S52	11	16	13	~	11	17	12	90.9	
S53	6	16	1	~	6	17	0	94.9	
S54	9	30	15	~	10	1	14	96.1	
S55	11	21	14	~	11	22	13	54.8	
S56	10	8	7	~	10	9	6	64.2	
S57	8	1	6	~	8	2	5	125.2	
S58	9	27	19	~	9	28	18	206.4	
S59	6	8	2	~	6	9	1	91.5	
S60	6	25	0	~	6	25	23	94.0	
S61	5	19	12	~	5	20	11	55.4	
S62	5	13	12	~	5	14	11	87.1	
S63	6	2	20	~	6	3	19	139.8	
H1	9	2	21	~	9	3	20	135.6	
H2	9	19	7	~	9	20	6	94.7	
H3	10	30	17	~	10	31	16	77.2	
H4	6	23	8	~	6	24	7	80.0	
H5	7	4	16	~	7	5	15	99.7	
H6	4	12	11	~	4	13	10	51.2	
H7	5	11	15	~	5	12	14	152.9	
H8	8	27	12	~	8	28	11	97.5	
H9	9	16	23	~	9	17	22	78.7	
H10	10	17	3	~	10	18	2	133.6	
H11	6	29	7	~	6	30	6	183.7	
H12	9	11	6	~	9	12	5	115.7	
H13	6	19	16	~	6	20	15	65.5	
H14	10	6	19	~	10	7	18	35.6	
H15	8	14	8	~	8	15	7	102.4	
H16	10	20	5	~	10	21	4	175.5	

4. 流出計算モデル

4.1 流出計算モデルの作成

- ・土地利用の変化に対応しやすく、総合的な治水対策の検討に実績がある「準線形貯留型モデル」を採用した。
- ・支川合流位置、流量観測地点、分割流域の大きさ等を考慮して、流域を62分割した。

(図 4.1 及び図 4.2 参照)

- ・検証計算に用いた土地利用面積は、現況(平成12年当時の2.5万分の1地形図から読み取ったもの)とした。(表 4.1 参照) また、流域内の「ため池」や「防災調整池」を考慮した。

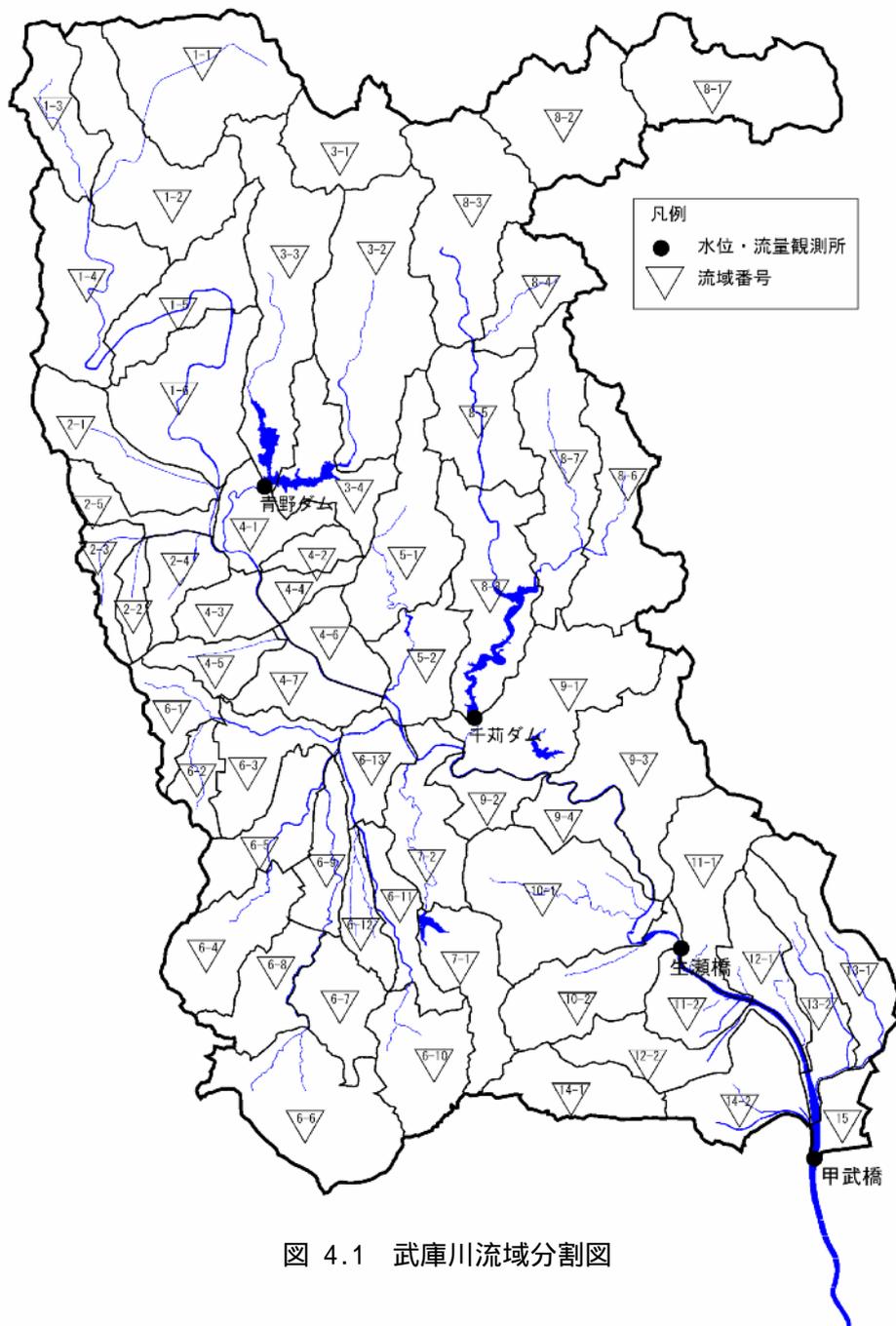


図 4.1 武庫川流域分割図

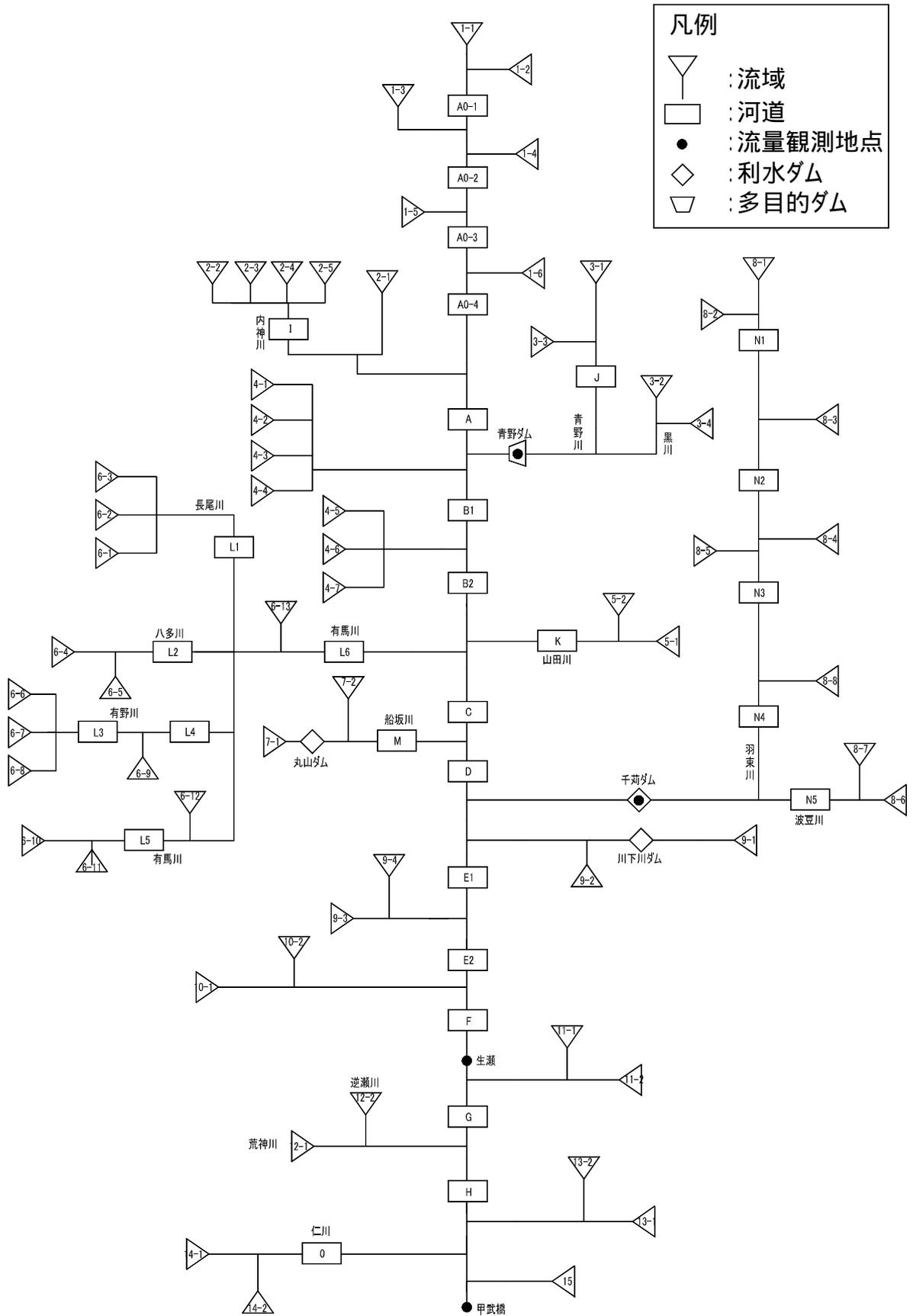


図 4.2 武庫川流域流出計算モデル図

表 4.1 土地利用別流域面積一覧表（現況土地利用）

流域	現況土地利用						
	市街地	畑	水田	ゴルフ場	池	山林	合計
1-1	0.38	0.08	4.40	0.00	0.00	10.55	15.41
1-2	0.20	0.04	1.04	0.96	0.00	11.03	13.26
1-3	0.23	0.12	0.88	0.00	0.00	5.34	6.57
1-4	0.24	0.03	2.34	0.00	0.00	10.07	12.67
1-5	0.15	0.00	1.12	0.00	0.00	7.21	8.48
1-6	1.31	0.32	4.93	0.00	0.00	7.04	13.61
小計	2.51	0.59	14.70	0.96	0.01	51.24	70.00
2-1	1.72	0.26	5.35	0.00	0.30	1.22	8.84
2-2	0.48	0.31	0.69	0.27	0.08	0.35	2.17
2-3	0.78	0.13	1.49	0.23	0.10	0.49	3.22
2-4	3.20	0.04	0.51	0.89	0.05	0.30	5.00
2-5	1.23	0.20	0.91	0.00	0.11	0.53	2.98
小計	7.40	0.94	8.94	1.39	0.64	2.89	22.20
3-1	0.25	0.77	1.19	0.00	0.01	5.54	7.77
3-2	0.35	0.06	1.66	0.00	0.07	17.32	19.46
3-3	0.38	0.05	1.63	0.00	0.75	13.88	16.70
3-4	0.28	0.07	0.90	0.00	0.54	6.08	7.87
小計	1.26	0.96	5.38	0.00	1.37	42.83	51.80
4-1	0.65	0.12	1.34	0.00	0.04	3.10	5.25
4-2	0.15	0.00	0.43	0.00	0.09	1.53	2.20
4-3	2.37	0.00	0.80	0.00	0.09	0.74	3.99
4-4	0.57	0.01	0.68	0.00	0.03	1.13	2.43
4-5	1.84	0.02	0.72	0.00	0.04	1.21	3.83
4-6	2.02	0.01	1.10	0.00	0.04	1.48	4.65
4-7	3.04	0.02	1.09	0.00	0.12	1.20	5.46
小計	10.64	0.17	6.15	0.00	0.45	10.39	27.80
5-1	0.54	0.32	2.03	1.01	0.04	7.65	11.59
5-2	0.14	0.05	0.75	0.80	0.03	4.75	6.51
小計	0.67	0.37	2.78	1.82	0.07	12.40	18.10
6-1	1.04	0.02	1.75	0.19	0.04	1.54	4.59
6-2	0.81	0.01	1.87	0.00	0.02	0.79	3.50
6-3	1.28	0.02	2.97	1.64	0.10	1.86	7.88
6-4	0.59	0.01	3.67	1.68	0.09	3.23	9.26
6-5	2.23	0.00	2.92	0.15	0.10	2.25	7.65
6-6	1.96	0.00	0.52	0.25	0.00	8.91	11.63
6-7	1.67	0.00	0.48	0.22	0.01	3.04	5.42
6-8	2.21	0.00	0.64	0.01	0.03	2.58	5.46
6-9	2.21	0.00	2.27	0.00	0.01	1.08	5.57
6-10	0.80	0.00	0.06	0.00	0.00	5.55	6.41
6-11	1.79	0.02	1.18	0.21	0.00	1.82	5.01
6-12	1.90	0.00	0.52	0.72	0.00	0.69	3.83
6-13	0.58	0.03	3.32	0.00	0.03	1.55	5.50
小計	19.08	0.11	22.15	5.07	0.43	34.87	81.70
7-1	0.20	0.05	0.35	0.86	0.20	5.92	7.57
7-2	0.39	0.01	0.39	0.76	0.01	6.56	8.13
小計	0.59	0.06	0.74	1.62	0.21	12.48	15.70
8-1	0.22	0.01	0.97	0.00	0.00	11.73	12.91
8-2	0.17	0.11	0.90	0.25	0.00	10.79	12.23
8-3	0.41	0.07	1.92	0.40	0.01	12.38	15.19
8-4	0.15	0.01	0.86	0.89	0.03	5.23	7.18
8-5	0.61	0.01	1.93	0.00	0.05	7.36	9.95
8-6	0.59	0.14	2.52	0.87	0.06	7.92	12.10
8-7	0.15	0.03	1.70	0.00	0.06	10.65	12.59
8-8	0.41	0.07	1.17	0.37	0.96	9.87	12.86
小計	2.71	0.46	11.97	2.77	1.17	75.94	95.00
9-1	0.55	0.24	1.01	0.10	0.22	12.79	14.91
9-2	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.09	3.65
9-3	0.15	0.19	0.28	0.84	0.00	11.56	13.02
9-4	0.04	0.00	0.00	1.34	0.00	3.24	4.62
小計	1.31	0.43	1.29	2.28	0.22	30.67	36.20
10-1	4.59	0.00	0.35	1.92	0.00	8.72	15.57
10-2	0.73	0.03	0.21	0.00	0.00	7.96	8.93
小計	5.32	0.03	0.56	1.92	0.00	16.67	24.50
11-1	1.35	0.00	0.08	1.51	0.01	6.69	9.63
11-2	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	4.27
小計	3.42	0.00	0.08	1.51	0.01	8.88	13.90
12-1	3.94	0.00	0.09	0.00	0.00	1.60	5.63
12-2	1.85	0.00	0.00	0.56	0.12	3.04	5.57
小計	5.79	0.00	0.09	0.56	0.12	4.64	11.20
13-1	5.20	0.87	0.44	0.00	0.04	1.65	8.20
13-2	4.19	0.33	0.60	0.00	0.17	1.62	6.90
小計	9.39	1.20	1.04	0.00	0.21	3.27	15.10
14-1	0.26	0.00	0.21	0.54	0.00	5.08	6.08
14-2	6.20	0.02	0.12	0.55	0.00	0.83	7.72
小計	6.46	0.02	0.32	1.09	0.00	5.91	13.80
15	2.27	0.00	0.47	0.00	0.00	0.15	2.90
小計	2.27	0.00	0.47	0.00	0.00	0.15	2.90
合計	78.82	5.33	76.65	20.97	4.90	313.23	499.90

現況土地利用における地目別面積は、平成12年当時の2万5千分の1地形図から読み取ったものである。

4.2 定数設定

4.2.1 検証対象洪水

- ・検証地点は、流量データが存在する「青野ダム」、「千苅ダム」、「生瀬橋」、「甲武橋」の4地点とした。
- ・検証対象洪水は、流量規模が比較的大きい表 4.2 に示す 14 洪水とした。

表 4.2 定数解析対象洪水

対象 洪水No.	生起年月 日 年 月 日	検証対象			
		青野ダム	千苅ダム	生瀬橋	甲武橋
1	S 63 6 3				
2	H 1 9 3				
3	H 2 9 20				
4	H 5 7 5				
5	H 5 8 3				
6	H 5 8 15				
7	H 7 5 12				
8	H 8 8 28				
9	H 9 8 5				
10	H 10 9 22				
11	H 10 10 18				
12	H 11 6 30				
13	H 11 9 15				
14	H 16 10 20			-	

- ・青野ダムと千苅ダムでは、何れかの地点において流量が $50\text{m}^3/\text{s}$ を越える洪水を対象とした。
- ・生瀬橋と甲武橋地点では、甲武橋地点において流量が $1,000\text{m}^3/\text{s}$ を超える洪水を対象とした。
- ・H16.10 洪水における生瀬橋地点の実測水位、流量は欠測である。また、甲武橋地点における流量については、過去の H-Q 式からの推定値である。
- ・S63.6、H1.9、H2.9 洪水における千苅ダムの観測流量資料は存在しない。

4.2.2 定数設定

1) 定数の一次設定

定数の一次設定は以下のように行った。

角屋定数 C の一次設定値

- ・流域定数の一次設定値は、原則として「表 4.4 流域特性を表す定数 C の標準値」(水理公式集)を用いた。
- ・水田と池については、表 4.4 に規定されていないため、表 4.5 に示されている標準値 ($C = 1,000$) を用いた。

有効降雨モデル定数の一次設定値

- ・有効降雨モデル定数の一次設定値については、表 4.6 の標準値を参考にしつつ、原則として、水文データの蓄積があり、かつ、洪水調節の影響を受けない青野ダム地点の総雨量と流出高の関係(後述の図 5.1 参照)から設定した。

- ・ なお、市街地の一次流出率については、市街地が青野ダム流域には少ないため、標準値の中から平均的な数値を採用した。また、水田及び池の一次流出率については、その構造上、降雨初期における流出は生じないと考え、表 4.6 の標準値 ($f_1=0.0$) を用いた。

表 4.3 準線形貯留型モデルの土地利用別定数の一次設定値

	市街地	畑	水田	ゴルフ場	池	山林
一次流出率： f_1	0.80	0.30	0.0	0.30	0.0	0.30
飽和雨量： R_{sa} (mm)	55	300	50	300	50	150
飽和後流出率： f_{sa}	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
角屋定数： C	60	210	1000	190	1000	290

【参考 準線形貯留型モデルの標準値】

表 4.4 流域特性を表す定数 C の標準値

流域特性	定数 C	流域特性	定数 C
丘陵山林地	290	粗造成宅地	90 ~ 120
放牧地・ゴルフ場	190 ~ 210	市街地	60 ~ 90

(出典：水理公式集(平成 11 年版))

表 4.5 土地利用形態別の C 値の標準値

土地利用区分	土地利用形態	C
水田		1,000
山林		290
畑	丘陵、放牧地、公園、ゴルフ場、畑地	210
市街地	1° 区画割、道路整備ができるが、相当裸地面積が残る。排水路整備済み。	240
	2° 道路整備がかなり進む、下水道整備不十分。	200
	3° 舗装されるべき面積の 50%以上が舗装され、下水路整備もほぼ十分。	110
	4° 舗装されるべき面積の舗装完了、下水道整備完了。	50

(橋本他 土地利用を評価する流出モデル、土木技術資料、1977 による)

表 4.6 $f_1 \sim R_{sa} \sim f_{sa}$ の標準値

土地利用区分	f_1	R_{sa}	f_{sa}
水田	0.0	50.0	1.0
畑地	0.15	300.0	0.6
山林	0.25	150.0	1.0
市街地	1°	0.6	55.0
	2°	0.7	55.0
	3°	0.8	55.0
	4°	0.9	55.0

(橋本他 土地利用を評価する流出モデル、土木技術資料、1977 による)

2) 河道定数

貯留関数法による貯留量 S と流量 Q の関係を用いた河道モデルを採用した。本川については、流量規模毎の等流計算により貯留量と流量の関係を算定し、河道定数を設定した。支川については、Kinematic Wave 法による河道定数を設定した。遅滞時間については、佐久間の経験式を適用した。

表 4.7 河道定数一覧表

河道名	河道区間		K	P	T _L (h)
	上流側	下流側			
A0-1	武庫川上流区間		3.7	0.6	0.052
A0-2	天神川合流点	相野川合流点	3.1	0.739	0.135
A0-3	相野川合流点	相野川合流点	1.9	0.739	0.085
A0-4	相野川合流点	相野川合流点	3.1	0.739	0.136
A	相野川合流点	青野川合流点	0.9	0.764	0.046
B1	青野川合流点	池尻川合流点	2.2	0.720	0.074
B2	池尻川合流点	山田川合流点	1.8	0.698	0.055
C	山田川合流点	船坂川合流点	1.4	0.704	0.041
D	船坂川合流点	羽束川合流点	1.0	0.660	0.021
E1	羽束川合流点	川下川合流点	3.1	0.646	0.058
E2	川下川合流点	どん尻川合流点	5.7	0.646	0.104
F	どん尻川合流点	生瀬橋	1.7	0.685	0.031
G	生瀬橋	逆瀬川合流点	1.8	0.707	0.033
H	逆瀬川合流点	仁川合流点	3.1	0.725	0.063
I	内神川		1.3	0.6	0.019
J	青野川		4.7	0.6	0.031
K	山田川		3.2	0.6	0.042
L1	長尾川		2.0	0.6	0.030
L2	八多川		1.7	0.6	0.022
L3	有野川		2.1	0.6	0.020
L4			3.8	0.6	0.039
L5	有馬川		2.4	0.6	0.024
L6			3.6	0.6	0.033
M	船坂川		2.7	0.6	0.034
N1	羽束川		1.8	0.6	0.031
N2			5.3	0.6	0.063
N3			3.9	0.6	0.049
N5			1.7	0.6	0.021
N4	波豆川		3.4	0.6	0.044
O	仁川		2.8	0.6	0.030

3) 定数解析

前述の定数の1次設定値について、計算流量と実績流量の適合度が高くなるよう、定数の同定を以下の考え方で行った。

- ・地目面積が流域全体の面積に占める割合が大きい、山林(約63%)、市街地(約16%)、水田(約15%)のうち、流域によって流出形態が大きく異なると考えられる山林及び水田の定数Cをパラメータとして、表4.8の5ケースにより定数の同定を行った。他の地目については、一次設定値に固定した。
- ・飽和雨量については、洪水発生前の流域の湿潤状態によって変化する。ここでは、流域全体の面積に占める割合が最も高い山地の飽和雨量を、実績洪水の再現性が高くなるよう検証地点毎、洪水毎に設定した。他の地目の飽和雨量については、一次設定値に固定した。

また、1次流出率及び飽和流出率についても一次設定値とした。

- ・河道定数は一次設定値とした。
- ・表 4.8 に示すように、種々の山地の定数 C および水田の定数 C の組合せを設定し、最も適合度のよい定数を検討した。その結果、ケース 3 及びケース 4 において、ピーク流量、流量波形、流出ボリュームの誤差率が基準値を超えている洪水数が最も少なくなり、検証精度が良い結果となった。
- ・基準地点において流量観測が行われている洪水のうち、流量規模が最も大きい平成 11 年洪水について特に着目し、ケース 3 よりもケース 4 のほうがピーク流量の再現性が良いため、ケース 4 の定数を採用した（表 4.8）。
- ・この定数を用いて、平成 16 年 10 月洪水の検証計算を行ったところ、推定流量 2,900m³/s（甲武橋地点）は良好に再現できることを確認した。（図 4.4）
- ・以上の結果を踏まえて流域定数は、表 4.9 のとおり設定した。

表 4.8 定数の組合せによる誤差率が基準値を超えている洪水数の変化

ケース		1	2	3	4	5
山地の定数 C		250	270	290	290	290
水田の定数 C		1000	1000	1000	800	600
誤差率が基準値を越えている洪水数	流量波形の誤差	7	6	4	4	4
	流出ボリュームの誤差	14	14	14	14	14
	ピーク流量の誤差	2	1	1	1	2
平成11年6月洪水 甲武橋 実績ピーク (m ³ /s)		2101	2101	2101	2101	2101
平成11年6月洪水 甲武橋 計算ピーク (m ³ /s)		2050	2040	2030	2050	2070
実測値と計算値の差 - (m ³ /s)		51	61	71	51	31

誤差率の基準値 流量波形の誤差率 Eq < 0.03
 流出ボリュームの誤差率 Ev < ±0.20
 ピーク流量の誤差率 Ep < ±0.20

黄色のハッチングが採用したケースである。

4) 流出モデル定数

設定した最終モデル定数を以下に示す。

表 4.9 準線形貯留型モデルの流域定数

	市街地	畑	水田	ゴルフ場	池	山林
一次流出率：f ₁	0.80	0.30	0.00	0.30	0.00	0.30
飽和後流出率：f _{s a}	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
角屋定数：C（最終値）	60	210	800	190	800	290

：池については、水田と同じ値を適用

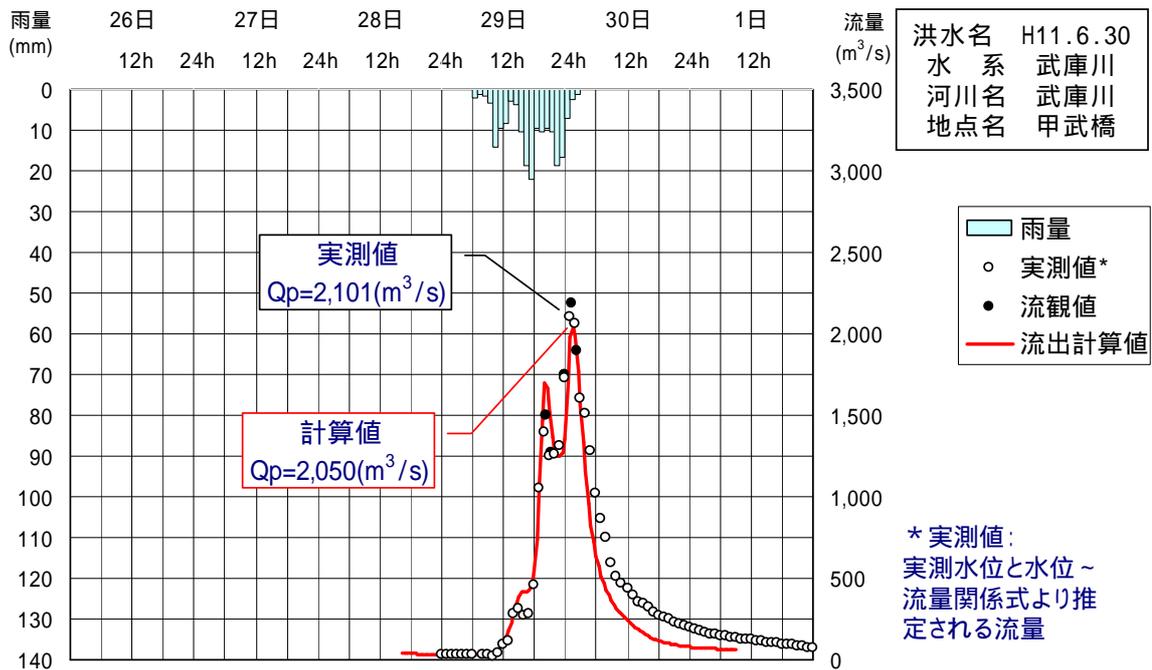


図 4.3 既往洪水の再現計算結果（平成 11 年 6 月洪水；甲武橋地点）

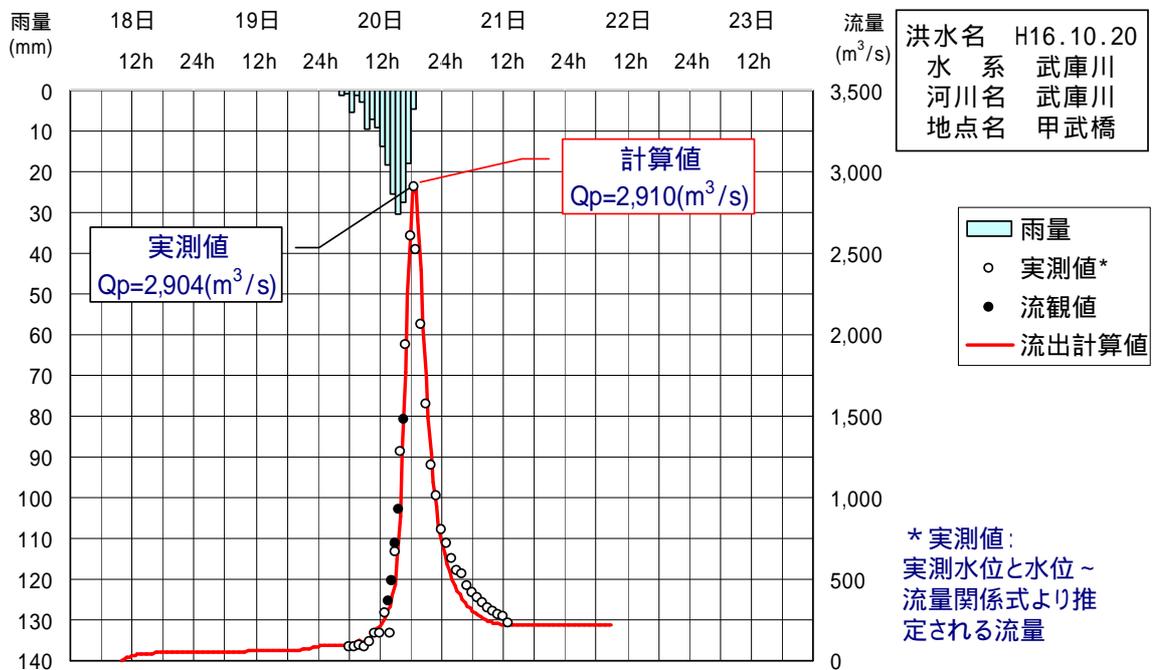


図 4.4 既往洪水の再現計算結果（平成 16 年 10 月洪水；甲武橋地点）

5. 流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量

5.1 対象降雨の抽出

3章で選定した検討降雨のうち、計画降雨量への引き伸ばし倍率が2.5倍以下となる34降雨を対象降雨として選定した(表5.1)。

表 5.1 対象降雨一覧

洪水名				降雨 継続 時間 (hr)	1/100計画降雨量(247mm/24時間)		
NO.	年	月	日		実績雨量 (mm/24時間)	引伸ばし倍率	
001	S	32	6	25	31	150.3	1.644
002	S	34	8	7	17	108.3	2.281
003	S	34	9	25	37	110.6	2.233
004	S	35	8	11	15	100.4	2.459
005	S	35	8	28	21	233.5	1.058
006	S	36	6	23	47	145.1	1.703
007	S	36	6	23	12	131.9	1.873
008	S	36	10	26	35	111.8	2.209
009	S	37	6	8	21	146.7	1.684
010	S	40	5	25	31	137.5	1.797
011	S	40	9	12	23	200.4	1.233
012	S	40	9	15	36	110.3	2.239
013	S	41	9	16	53	119.0	2.075
014	S	42	7	8	20	151.2	1.634
015	S	42	10	26	31	105.7	2.337
016	S	44	6	24	18	131.9	1.873
017	S	44	6	28	30	109.5	2.256
018	S	46	8	29	36	106.9	2.311
019	S	47	7	9	39	151.7	1.629
020	S	51	9	7	58	107.7	2.293
021	S	57	7	28	22	125.2	1.972
022	S	58	6	19	26	114.9	2.149
023	S	58	9	26	43	206.4	1.197
024	S	63	6	1	39	139.8	1.767
025	H	1	9	1	17	135.6	1.822
026	H	5	6	28	15	99.7	2.478
027	H	7	5	10	26	152.9	1.616
028	H	10	9	21	10	122.6	2.015
029	H	10	10	13	49	133.6	1.849
030	H	11	6	23	21	183.7	1.344
031	H	12	9	10	36	115.7	2.135
032	H	12	10	31	30	104.3	2.368
033	H	15	8	13	26	102.4	2.413
034	H	16	10	18	15	175.5	1.407

5.2 異常降雨の棄却

実績降雨を計画降雨量に引き伸ばした際、降雨の時間分布や地域分布において、計画上不適当と考えられる降雨を棄却するための基準を以下のとおり設定した。

時間雨量観測所数による棄却

S35年以前の降雨は時間雨量観測所が5箇所未満であり、流出量の算出精度が劣る可能性があるため、参考値とした（流域面積100km²につき1箇所以上を目安とした）。

時間分布による棄却

引き伸ばし後の短時間雨量（洪水到達時間の6時間と洪水到達時間の1/2である3時間）が1/400確率以上となる降雨を棄却した。

地域分布による棄却

降雨の地域的な偏りが著しく、実績降雨を引き伸ばした結果、地域的な降雨量が異常となる降雨を棄却した。

評価対象地域は流域を上流域と下流域の2流域（上流域は有馬川合流点よりも上流側及び千苅ダム上流域、下流域はそれ以外の流域）とし、各々の引き伸ばし後の流域平均24時間雨量が1/400確率以上となる降雨を棄却した。

（洪水到達時間）

洪水到達時間は、実績洪水の降雨と水位のピーク時差の関係から6～9時間程度である。洪水規模が大きくなると到達時間は短くなるため、洪水到達時間としては、最小の6時間を採用した。

（棄却基準1/400の考え方）

引伸ばし後の降雨の時間分布および地域分布の棄却を行う際の基準として、以下に示す理由から「1/400確率雨量」を用いた。

- ・小流域毎の流域平均雨量のうち、過去に発生した既往最大値の生起確率を棄却基準とした。
- ・流域内において、6時間雨量が最も大きい「古市観測所」を含む小流域の最大平均雨量（平成8年8月降雨）は、計画雨量の決定に用いたGumbel法で評価すると1/300～1/400確率の範囲となっている（表5.2参照）。
- ・生起確率1/400は、降雨の時間分布または地域分布として今後も流域内で起こりうるものと考え、棄却基準を1/400確率と設定した。

表 5.2 「古市観測所」を含む小流域の流域平均雨量

確率年	Gumbel法による確率雨量
1/300	190.0mm
1/400	196.6mm
既往最大6時間雨量 (平成8年8月降雨)	192.5mm

5.3 流出計算の実施

引き伸ばし後の雨量を、同定された流出計算モデルによって流量に変換した。その流量算定条件は表 5.3 の通りである。

表 5.3 流出計算による流量算定条件

降雨規模	1/100 確率
計画降雨	247mm/24 時間
流出抑制施設 ¹⁾	現況
流出計算モデル	準線形貯留型モデル
流域定数	定数解析結果を使用 土地利用毎の地目面積は将来土地利用 ²⁾ (表 5.5 参照)
河道定数	定数解析結果を使用

- 1) 現在、流域内に設置されているため池と防災調整池による洪水流出抑制効果を考慮する。
- 2) 現況地形図をベースとし、その内市街地については、平成 12 年国勢調査に基づいて設定された市街化区域(平成 22 年時点)が、全て市街化された状態を想定した。

計画損失高については、水文データの蓄積があり、かつ、洪水調節の影響を受けない青野ダム地点の総雨量と流出高の関係から、最小二乗法により 43mm と設定した(図 5.1 参照)。よって、地目別の計画飽和雨量は、流域全体の損失高が 43mm となるよう、定数解析において 1 次設定した地目別の飽和雨量(標準値)を一律補正して設定した(表 5.4)。

表 5.4 計画飽和雨量

地目	計画飽和雨量 Rsa(mm)
市街地	27
畑(ゴルフ場)	149
水田(池)	25
山林	74

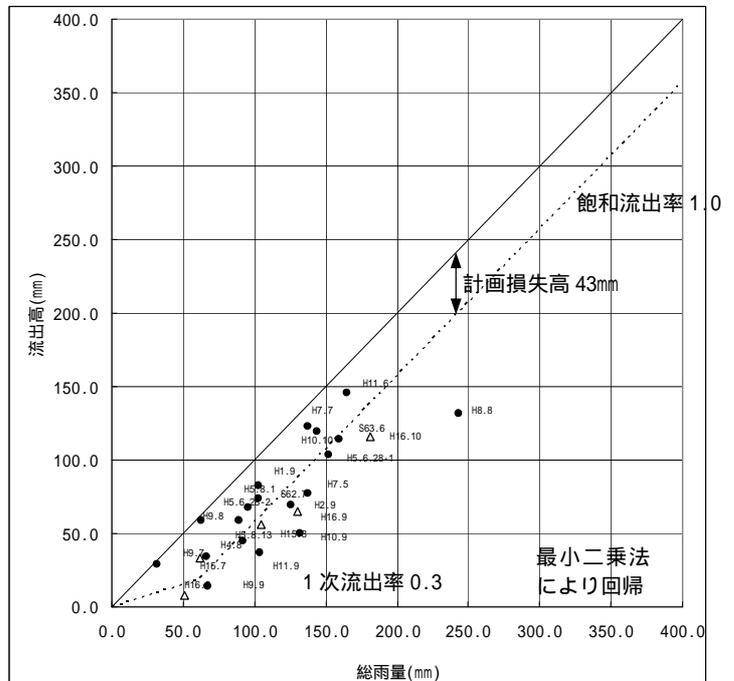


図 5.1 青野ダム地点における総雨量と流出高の関係

以上の条件によって算定された各洪水のピーク流量一覧表を表 5.6 に示す。

表 5.5 土地利用別流域面積一覧表（将来土地利用）

流域	将来土地利用						
	市街地	畑	水田	ゴルフ場	池	山林	合計
1-1	0.38	0.08	4.40	0.00	0.00	10.55	15.41
1-2	0.20	0.04	1.04	0.96	0.00	11.03	13.26
1-3	0.23	0.12	0.88	0.00	0.00	5.34	6.57
1-4	0.24	0.03	2.34	0.00	0.00	10.07	12.67
1-5	0.15	0.00	1.12	0.00	0.00	7.21	8.48
1-6	1.36	0.32	4.93	0.00	0.00	6.99	13.61
小計	2.56	0.59	14.70	0.96	0.01	51.19	70.00
2-1	1.86	0.26	5.26	0.00	0.28	1.19	8.84
2-2	0.55	0.31	0.69	0.27	0.05	0.30	2.17
2-3	0.93	0.13	1.48	0.23	0.05	0.40	3.22
2-4	3.44	0.04	0.51	0.89	0.02	0.09	5.00
2-5	1.72	0.20	0.82	0.00	0.02	0.22	2.98
小計	8.50	0.94	8.75	1.39	0.42	2.20	22.20
3-1	0.25	0.77	1.19	0.00	0.01	5.54	7.77
3-2	0.35	0.06	1.66	0.00	0.07	17.32	19.46
3-3	0.38	0.05	1.63	0.00	0.75	13.88	16.70
3-4	0.28	0.07	0.90	0.00	0.54	6.08	7.87
小計	1.26	0.96	5.38	0.00	1.37	42.83	51.80
4-1	0.78	0.12	1.32	0.00	0.04	2.99	5.25
4-2	0.15	0.00	0.43	0.00	0.09	1.53	2.20
4-3	2.56	0.00	0.80	0.00	0.06	0.58	3.99
4-4	0.59	0.01	0.68	0.00	0.03	1.12	2.43
4-5	2.20	0.02	0.68	0.00	0.02	0.91	3.83
4-6	2.10	0.00	1.07	0.00	0.04	1.43	4.65
4-7	3.99	0.00	0.86	0.00	0.02	0.59	5.46
小計	12.36	0.15	5.84	0.00	0.31	9.15	27.80
5-1	0.54	0.32	2.03	1.01	0.04	7.65	11.59
5-2	0.14	0.05	0.75	0.80	0.03	4.75	6.51
小計	0.67	0.37	2.78	1.82	0.07	12.40	18.10
6-1	1.18	0.02	1.75	0.19	0.04	1.41	4.59
6-2	0.92	0.01	1.87	0.00	0.02	0.69	3.50
6-3	1.56	0.02	2.95	1.60	0.09	1.67	7.88
6-4	0.93	0.01	3.67	1.68	0.09	2.88	9.26
6-5	3.92	0.00	2.05	0.15	0.04	1.49	7.65
6-6	2.81	0.00	0.05	0.25	0.00	8.52	11.63
6-7	2.63	0.00	0.00	0.22	0.00	2.57	5.42
6-8	3.07	0.00	0.12	0.01	0.02	2.25	5.46
6-9	3.36	0.00	1.66	0.00	0.01	0.54	5.57
6-10	1.31	0.00	0.04	0.00	0.00	5.06	6.41
6-11	3.04	0.01	0.40	0.21	0.00	1.36	5.01
6-12	2.81	0.00	0.01	0.72	0.00	0.29	3.83
6-13	0.58	0.03	3.32	0.00	0.03	1.55	5.50
小計	28.11	0.10	17.86	5.02	0.34	30.26	81.70
7-1	0.48	0.05	0.15	0.86	0.20	5.84	7.57
7-2	0.71	0.01	0.34	0.76	0.01	6.30	8.13
小計	1.19	0.06	0.49	1.62	0.21	12.14	15.70
8-1	0.22	0.01	0.97	0.00	0.00	11.73	12.91
8-2	0.17	0.11	0.90	0.25	0.00	10.79	12.23
8-3	0.41	0.07	1.92	0.40	0.01	12.38	15.19
8-4	0.15	0.01	0.86	0.89	0.03	5.23	7.18
8-5	0.61	0.01	1.93	0.00	0.05	7.36	9.95
8-6	0.59	0.14	2.52	0.87	0.06	7.92	12.10
8-7	0.15	0.03	1.70	0.00	0.06	10.65	12.59
8-8	0.41	0.07	1.17	0.37	0.96	9.87	12.86
小計	2.71	0.46	11.97	2.77	1.17	75.94	95.00
9-1	0.55	0.24	1.01	0.10	0.22	12.79	14.91
9-2	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.09	3.65
9-3	0.15	0.19	0.28	0.84	0.00	11.56	13.02
9-4	0.11	0.00	0.00	1.34	0.00	3.17	4.62
小計	1.38	0.43	1.29	2.28	0.22	30.60	36.20
10-1	6.61	0.00	0.11	1.92	0.00	6.93	15.57
10-2	0.86	0.03	0.21	0.00	0.00	7.83	8.93
小計	7.47	0.03	0.32	1.92	0.00	14.76	24.50
11-1	1.58	0.00	0.04	1.51	0.00	6.50	9.63
11-2	2.46	0.00	0.00	0.00	0.00	1.81	4.27
小計	4.04	0.00	0.04	1.51	0.00	8.31	13.90
12-1	4.35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	5.63
12-2	1.99	0.00	0.00	0.56	0.12	2.90	5.57
小計	6.34	0.00	0.00	0.56	0.12	4.18	11.20
13-1	7.16	0.00	0.00	0.00	0.01	1.03	8.20
13-2	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	6.90
小計	12.81	0.00	0.00	0.00	0.01	2.28	15.10
14-1	0.26	0.00	0.21	0.54	0.00	5.08	6.08
14-2	6.58	0.00	0.00	0.49	0.00	0.66	7.72
小計	6.84	0.00	0.21	1.02	0.00	5.74	13.80
15	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	2.90
小計	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	2.90
合計	99.02	4.09	69.62	20.85	4.24	302.08	499.90

将来土地利用における地目別面積は、現況地形図をベースとし、その内市街地については、平成12年国勢調査に基づいて設定された市街化区域（平成22年時点）が、全て市街化された状態を想定した。

表 5.6 引き伸ばし降雨による流出計算結果

洪水名	降雨継続時間(時間)			甲武橋地点24時間雨量		甲武橋地点 ピーク 流量 (m ³ /s)	時間分布による棄却 (1/400確率雨量)			地域分布による棄却 (1/400確率雨量)			時間雨量観測所 数による棄却	
				1/100 計画雨量	247mm		甲武橋地点 6時間雨量	甲武橋地点 3時間雨量	棄却 判定	上流域 24時間雨量	下流域 24時間雨量	棄却 判定	時間 雨量 観測 所数 (個所)	棄却 判定
				実績 雨量 (mm/24hr)	引伸し 倍率					273.0mm/24hr	343.9mm/24hr			
										引伸し後 雨量 (mm/24hr)	引伸し後 雨量 (mm/24hr)			
年	月	日	(mm/24hr)		(mm/6hr)	(mm/3hr)	(mm/24hr)	(mm/24hr)						
S 36	6	23	12	131.9	1.873	6,840	206.8	151.0	棄却	235.1	262.9		6	
H 10	9	21	10	122.6	2.015	6,200	213.0	167.0	棄却	251.4	241.3		21	
S 35	8	11	15	100.4	2.459	5,720	190.5	137.2	棄却	219.5	283.5		4	棄却
S 34	9	25	37	110.6	2.233	5,100	174.3	116.9		271.9	213.9		3	棄却
H 16	10	18	15	175.5	1.407	4,930	187.8	117.5	棄却	233.0	265.6		19	
H 5	6	28	15	99.7	2.478	4,720	184.9	108.5	棄却	206.3	301.1		20	
S 44	6	24	18	131.9	1.873	4,700	180.3	114.5	棄却	217.9	285.5		14	
S 37	6	8	21	146.7	1.684	4,010	145.9	89.8		257.3	233.3		7	
S 57	7	28	22	125.2	1.972	3,880	142.4	88.7		250.3	242.8		14	
S 36	6	23	47	145.1	1.703	3,850	162.0	89.4		194.2	316.9		6	
S 42	7	8	20	151.2	1.634	3,640	156.7	80.6		170.7	348.2	棄却	12	
S 58	9	26	43	206.4	1.197	3,580	147.1	77.1		208.1	298.6		14	
S 41	9	16	53	119.0	2.075	3,350	103.7	71.4		227.6	272.6		11	
H 10	10	13	49	133.6	1.849	3,310	102.8	93.0		231.2	267.8		21	
S 40	9	15	36	110.3	2.239	3,300	138.7	82.8		252.2	240.1		10	
S 34	8	7	17	108.3	2.281	3,220	153.6	86.6		266.1	221.7		3	棄却
H 11	6	23	21	183.7	1.344	3,100	108.4	69.1		225.2	276.0		21	
S 35	8	28	21	233.5	1.058	3,020	143.4	85.0		217.9	285.4		3	棄却
S 47	7	9	39	151.7	1.629	3,000	120.1	84.6		218.5	284.7		14	
H 1	9	1	17	135.6	1.822	2,970	126.3	66.1		219.2	283.9		18	
S 51	9	7	58	107.7	2.293	2,960	90.5	76.8		257.1	233.5		16	
S 63	6	1	39	139.8	1.767	2,890	105.8	70.7		228.8	271.1		14	
H 12	10	31	30	104.3	2.368	2,790	78.5	71.1		241.6	254.0		14	
H 15	8	13	26	102.4	2.413	2,740	133.3	92.1		227.1	273.1		21	
S 32	6	25	31	150.3	1.644	2,610	130.1	75.9		192.2	319.6		3	棄却
S 44	6	28	30	109.5	2.256	2,590	125.3	67.0		212.3	292.9		13	
S 40	9	12	23	200.4	1.233	2,470	110.9	57.2		251.5	241.1		10	
S 40	5	25	31	137.5	1.797	2,460	101.8	59.9		205.6	301.8		10	
S 36	10	26	35	111.8	2.209	2,450	91.8	61.7		249.1	244.1		8	
H 12	9	10	36	115.7	2.135	2,400	104.6	59.3		206.2	301.0		21	
H 7	5	10	26	152.9	1.616	2,340	110.3	66.2		220.5	282.1		21	
S 46	8	29	36	106.9	2.311	2,320	94.5	55.5		202.7	305.8		11	
S 42	10	26	31	105.7	2.337	2,210	95.1	53.1		254.0	237.7		13	
S 58	6	19	26	114.9	2.149	1,580	70.3	44.6		244.7	250.1		16	

注) 表における網掛けの降雨は、時間観測所数 5 箇所未満である S35 年以前の降雨、時間分布及び地域分布の棄却基準(1/400 確率)を超過する降雨であり、対象降雨から棄却した降雨である。

5.4 計画対象降雨の設定

5.4.1 流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量の下限值

前項での検討において、H16年10月型降雨が棄却されたが、この降雨は武庫川における観測史上最大の流量を発生させた降雨パターンであり、また引き伸ばし倍率も約1.4倍と比較的小さいことから、この規模の洪水が今後発生する可能性は否定できず、これを安易に棄却することは計画論上適切ではないと判断した。そこで、以下の考察を行い、流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量の下限值を検討した。

(1) 検討方法

23号台風の降雨パターンは、引き伸ばし後の6時間雨量が棄却基準176mm(1/400確率)を11.8mm超過している。このため、ハイトグラフが棄却基準を満足するまで引き伸ばし率を引き下げ、棄却基準に適合したハイトグラフを用いて流出計算を行った。

(2) 検討結果

棄却基準に適合するまで引き伸ばし倍率(確率規模は1/60)を低下させた場合における洪水のピーク流量は $4,510\text{m}^3/\text{s}$ となることから、流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量は $4,500\text{m}^3/\text{s}$ 以下にすべきではないと判断した。

表 5.7 棄却基準に適合した引き伸ばし倍率による流出計算結果

降雨パターン	引き伸ばし倍率	確率規模	計算流量 (m^3/s)	(参考) 1/100 引き伸ばしの計算流量(m^3/s)
H16年10月型	1.305	1/60	$4,510\text{m}^3/\text{s}$	$4,930\text{m}^3/\text{s}$ (1.407倍)

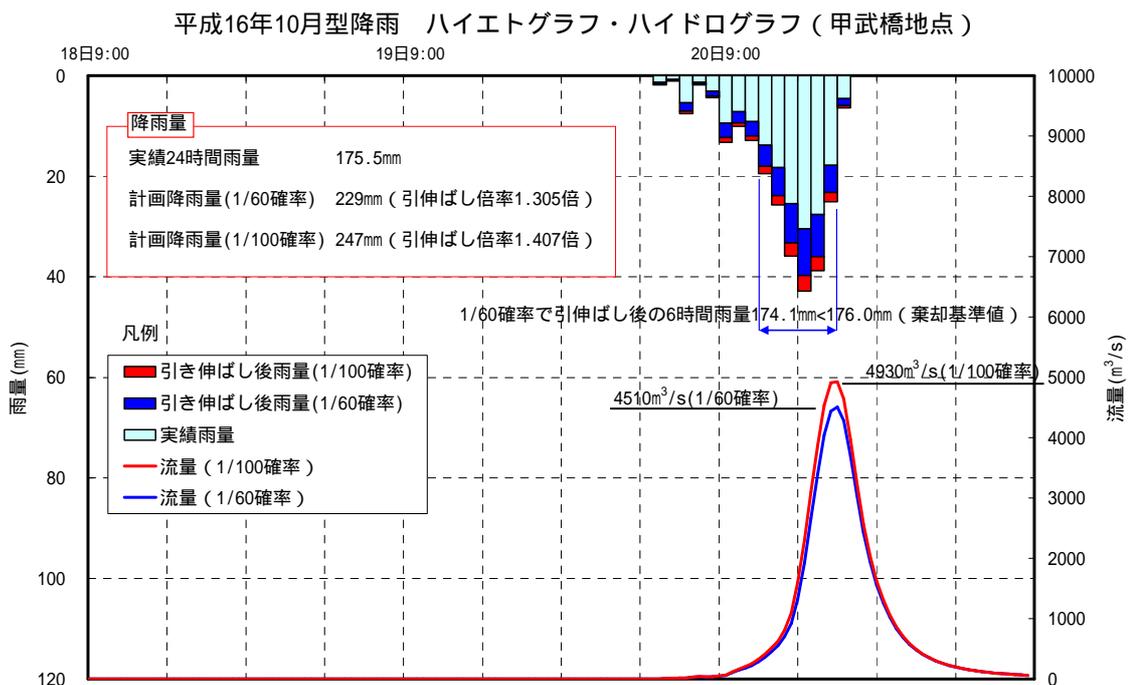


図 5.2 棄却基準に適合した引き伸ばし倍率による流出計算結果 (H16年10月型降雨)

5.4.2 モデル降雨の作成

前節の検討を踏まえ、平成16年10月型の降雨が棄却基準に適合するように時間分布に最小限の補正を加えて作成したモデル降雨を、対象降雨として採用した。

- 短時間降雨（3時間及び6時間）を棄却基準内に収まるように補正する。具体的には、短時間雨量（3時間および6時間）の棄却基準超過分を、その周囲の時間帯に割り振る。
- H16.10.18降雨の場合、6時間雨量において11.8mmが棄却基準値(176mm)を超過しているため、 $11.8 \div 6$ 時間 2mm/hr をその前後の6時間の雨量に加算し、24時間雨量が247mmとなるように補正する。

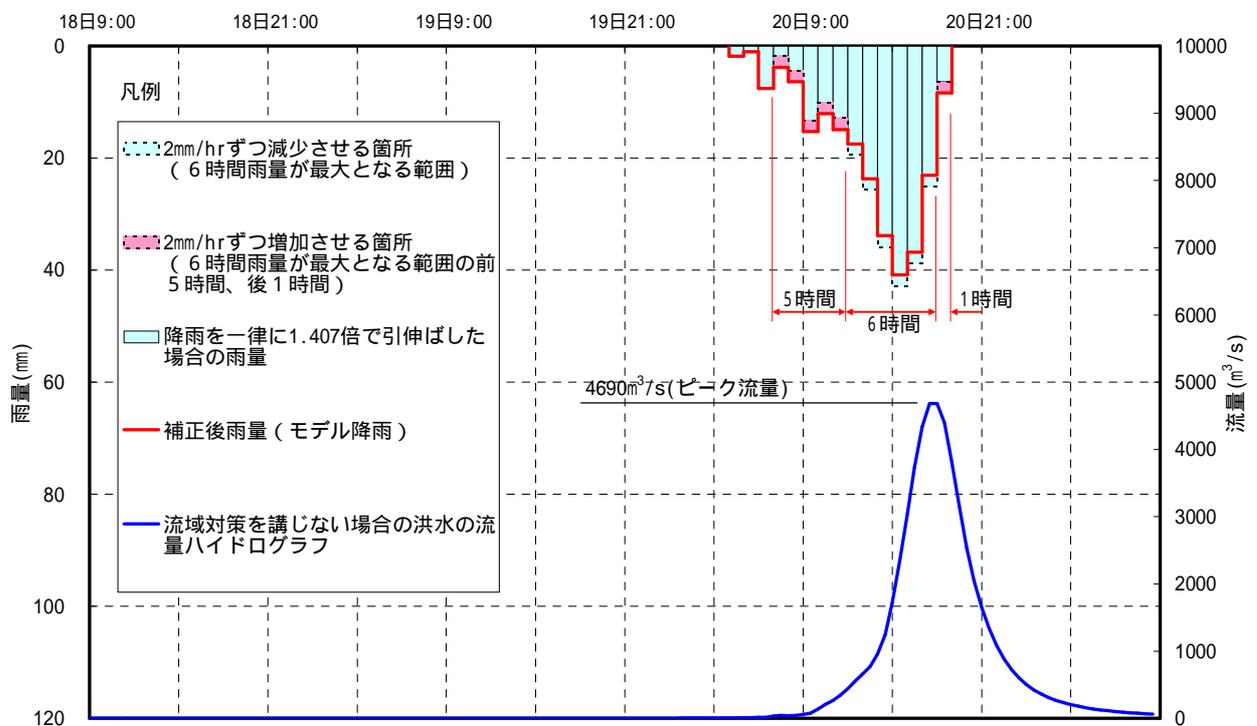


図 5.3 平成16年10月型のモデル降雨とハイドログラフ（甲武橋地点）

5.5 流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量

以上の検討により対象降雨のピーク流量一覧表（上位 10 洪水）を下表に示す。

表 5.8 ピーク流量の上位 10 洪水一覧（甲武橋地点）

降雨パターン	流域平均実績降雨量 (mm/24hr)	引伸ばし率	計算ピーク流量 (m ³ /s)
昭和 36 年 6 月	145.1	1.703	約 3,850
昭和 37 年 6 月	146.7	1.684	約 4,010
昭和 40 年 9 月	110.3	2.239	約 3,300
昭和 41 年 9 月	119.0	2.075	約 3,350
昭和 47 年 7 月	151.7	1.629	約 3,000
昭和 57 年 7 月	125.2	1.972	約 3,880
昭和 58 年 9 月	206.4	1.197	約 3,580
平成 10 年 10 月	133.6	1.849	約 3,310
平成 11 年 6 月	183.7	1.344	約 3,100
平成 16 年 10 月	175.5	1.407	約 4,690

対象洪水のうち、引伸ばし後のピーク流量が上位 10 位以内のものを示している
平成 16 年 10 月降雨は「5.4.2 モデル降雨の作成」において設定したモデル降雨である。
黄色の網掛けは最大流量となる降雨である。

以上より、流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量は、H16 年 10 月型の降雨パターンを採用し、甲武橋地点 4,690m³/s と設定した。

表 5.9 流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量（甲武橋地点）

河川	地点	超過確率	計画降雨量 (mm/24 時間)	流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク 流量 (m ³ /s)
武庫川	甲武橋	1/100	247	4,690

6. 流量確率手法による検証

実績降雨の引き伸ばしによって算出した「流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量」の妥当性を流量確率手法により検証する。

6.1 検討条件

武庫川においては流量観測データに乏しく、また実測値は青野ダム等による洪水調節の影響を受けていることから、実測データでの確率処理は困難であるため、流出モデルによる流量計算結果を確率処理することとした。

流出モデルによる流量算定条件は以下のとおりである。

- ・ 実績降雨の引き伸ばしによる洪水流量の算定と同様に、土地利用は将来土地利用とした。
- ・ 時間雨量が存在する昭和 31 年～平成 16 年の 49 ヶ年の実績雨量データから、流出量を算定した(表 6.1)。
- ・ 流出モデルにおける各洪水の損失高は、定数解析を実施した洪水については再現計算に用いた値を、その他の洪水については前期雨量(4 日間)と損失高との相関式から推定した。

(損失高の設定方法)

損失高は、流域の保水能力を表すものであり、これは降雨の降り始め時点における土壌の湿潤状態に大きく影響を受けるため、洪水によってその値は異なる。流量確率は、基本的には実績流量の年最大値等を用いて統計解析を行うものであるため(実績値に洪水調節や氾濫等の影響等が含まれる場合にはダム氾濫戻し流量)この流量を流出計算で推算する際には、実態に即した損失高を洪水ごとに設定することが望ましい。

そこで武庫川では、水文データの蓄積があり、かつ、洪水調節の影響を受けない青野ダム流域と千苅ダム流域において、前期雨量と実績損失高による相関式を作成し、前期雨量から青野ダム流域と千苅ダム流域のそれぞれについて、洪水毎の損失高を推定した。これ以外の流域については、青野ダム流域と千苅ダム流域で推定した損失高の平均値を設定した。

前期雨量としては、損失高との相関が最も高い(但し前期雨量が多くなると損失高が小さくなる傾向を持つものに限る)4 日雨量を採用した。

(洪水毎の損失高の推定方法)

青野ダム流域の損失高	損失高 $= -0.1410 \times {}_4R_{\text{青野ダム}} + 61.422$
千苅ダム流域の損失高	損失高 $= -0.2311 \times {}_4R_{\text{千苅ダム}} + 50.801$
	ここに、 ${}_4R_{\text{青野ダム}}$: 青野ダム流域における累加 4 日間の前期雨量(mm) ${}_4R_{\text{千苅ダム}}$: 千苅ダム流域における累加 4 日間の前期雨量(mm) (検証 Rsa があればそちらを採用)
その他の流域の損失高	損失高 = (青野損失高 × 青野 A + 千苅損失高 × 千苅 A) / (青野 A + 千苅 A)
	ここに、青野 Rsa: 青野ダム流域における相関式による推定損失高(mm) 千苅 Rsa: 千苅ダム流域における相関式による推定損失高(mm) (検証 Rsa があればそちらを採用) A: 流域面積(km ²)

表 6.1 流量確率標本值

每年最大值

年	Rsa=損失相關 + 再現	
	生起年月日	計算結果
S31	1956/9/25	824
S32	1957/6/26	1,148
S33	1958/9/22	341
S34	1959/9/25	1,826
S35	1960/8/29	2,802
S36	1961/6/27	3,506
S37	1962/6/9	2,074
S38	1963/8/10	428
S39	1964/9/25	1,541
S40	1965/9/13	1,980
S41	1966/9/16	1,305
S42	1967/7/9	1,998
S43	1968/8/29	1,474
S44	1969/6/25	1,521
S45	1970/6/14	832
S46	1971/8/30	743
S47	1972/7/12	1,719
S48	1973/10/13	755
S49	1974/9/9	698
S50	1975/7/3	961
S51	1976/9/8	1,053
S52	1977/11/16	468
S53	1978/6/16	1,240
S54	1979/9/30	1,426
S55	1980/11/21	369
S56	1981/8/20	431
S57	1982/8/1	1,501
S58	1983/9/27	2,953
S59	1984/6/8	562
S60	1985/6/24	557
S61	1986/7/20	517
S62	1987/6/9	563
S63	1988/6/2	1,212
S64	1989/9/2	1,279
H2	1990/9/19	1,218
H3	1991/9/30	691
H4	1992/8/18	1,049
H5	1993/7/4	1,641
H6	1994/4/12	275
H7	1995/5/11	966
H8	1996/8/27	1,090
H9	1997/9/16	907
H10	1998/9/22	1,541
H11	1999/6/29	2,006
H12	2000/11/1	866
H13	2001/10/9	374
H14	2002/10/6	202
H15	2003/8/14	554
H16	2004/10/20	3,094

非每年值 (上位49個)

No	Rsa=損失相關 + 再現	
	生起年月日	計算結果
1	1961/6/27	3,506
2	2004/10/20	3,094
3	1983/9/27	2,953
4	1960/8/29	2,802
5	1962/6/9	2,074
6	1961/6/24	2,048
7	1999/6/29	2,006
8	1967/7/9	1,998
9	1965/9/13	1,980
10	1959/9/25	1,826
11	1972/7/12	1,719
12	1993/7/4	1,641
13	1998/9/22	1,541
14	1964/9/25	1,541
15	1965/9/16	1,527
16	1969/6/25	1,521
17	1982/8/1	1,501
18	1968/8/29	1,474
19	1965/9/9	1,454
20	1979/9/30	1,426
21	1966/9/16	1,305
22	1989/9/2	1,279
23	1961/9/16	1,277
24	1998/10/16	1,264
25	1978/6/16	1,240
26	1990/9/19	1,218
27	1988/6/2	1,212
28	1965/5/26	1,192
29	1959/8/13	1,149
30	1957/6/26	1,148
31	1972/9/16	1,128
32	1960/8/30	1,118
33	1996/8/27	1,090
34	1959/8/12	1,086
35	1969/6/29	1,079
36	1960/8/12	1,073
37	1976/9/8	1,053
38	1992/8/18	1,049
39	1993/6/29	1,044
40	1972/6/7	1,022
41	1957/9/7	1,018
42	1995/5/11	966
43	1975/7/3	961
44	2004/9/29	956
45	1993/7/2	934
46	1997/9/16	907
47	2000/11/1	866
48	1975/8/22	853
49	1970/6/14	832

6.2 検討結果

確率計算結果を表 6.2 に示す。何れの手法も一定の適合度(SLSC 0.04)を満足しており、これらの 1/100 確率規模の流量は甲武橋地点において約 3,430~4,710m³/s と推測される。よって、流出抑制対策を講じない場合の洪水のピーク流量 4,690m³/s は、年超過確率 1/100 で発生するものであることを確認した。

表 6.2 確率計算結果 (甲武橋地点)

確率分布モデル		確率流量 (m ³ /sec)	SLSC
毎 年 値 (年 最 大 値)	指数分布	約 4,200	0.033
	ゲンベル分布	約 3,620	0.028
	平方根指数型最大値分布	約 4,430	0.026
	一般化極値分布	約 3,960	0.023
	対数ピアソン 3 型 (実数空間)	約 3,430	0.026
	対数ピアソン 3 型分布	約 3,990	0.018
	対数正規分布 (岩井法)	約 4,200	0.020
	対数正規分布 (石原・高瀬法)	約 3,730	0.024
	対数正規分布 (クンタイル法)	約 3,900	0.021
	対数正規分布 (積率法)	約 3,710	0.024
	2 母数対数正規分布 (L 積率法)	約 4,710	0.023
	2 母数対数正規分布 (積率法)	約 4,590	0.023
非 毎 年 値	指数分布	約 3,640	0.033
	一般化パレート分布	約 3,550	0.036
	GP 指数分布	約 3,680	0.032

【グンベル確率紙】

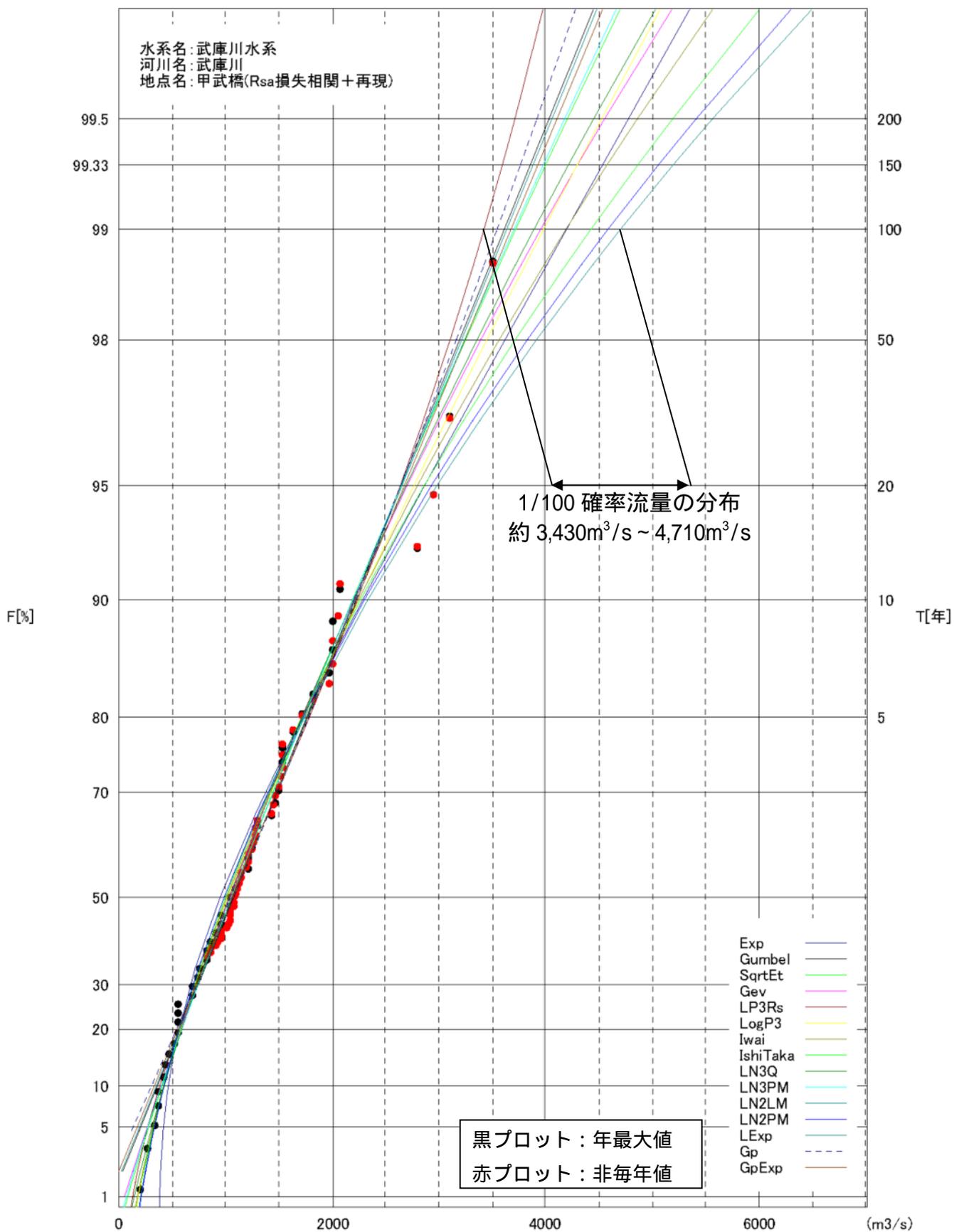


図 6.1 流量確率分布図 (将来土地利用)