

川内川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料（案）

令和 年 月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

1. 基本高水の検討	1
1-1 工事实施基本計画	1
1-2 河川整備基本方針	1
1-3 河川整備基本方針策定後の状況	2
1-4 流出計算モデルの確認	3
1-5 基本高水のピーク流量の設定	12
1-6 対象降雨の継続時間の設定	13
1-7 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定	23
1-8 主要降雨波形の設定	28
1-9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討	30
1-10 主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算	35
1-11 アンサンブル予測降雨波形による検討	41
1-12 既往洪水からの検討	56
1-13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定	57
2. 高水処理計画	59
3. 計画高水流量	60
4. 河道計画	61
5. 河川管理施設等の整備の状況	62

1. 基本高水の検討

1-1 工事実施基本計画

昭和 48 年（1973 年）に改定された川内川水系工事実施基本計画では、計画規模を昭和 40 年（1965 年）7 月洪水、昭和 47 年（1972 年）6 月洪水等の雨量及び流域の重要性を総合的に勘案して 1/100 と設定し、基準地点川内において基本高水のピーク流量を $9,000\text{m}^3/\text{s}$ と定め、洪水調節施設で $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、計画高水流量を $7,000\text{m}^3/\text{s}$ と定めている。

基準地点の基本高水のピーク流量は、大出水であった昭和 47 年（1972 年）6 月洪水を対象に対象降雨となるように引き伸ばし、貯留関数法により算定され、決定されている。

1-2 河川整備基本方針

平成 9 年（1997 年）の河川法改正を受け、下記に示す様々な手法による検討の結果について総合的に判断し、基準地点川内における基本高水のピーク流量を $9,000\text{m}^3/\text{s}$ 、洪水調節施設で $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、計画高水流量を $7,000\text{m}^3/\text{s}$ と定めた河川整備基本方針を平成 19 年（2007 年）8 月に策定した。

1-2-1 雨量確率評価による検証

対象降雨の継続時間は、洪水到達時間、短時間雨量と洪水ピーク流量の相関、降雨強度の強い降雨の継続時間等に着目し 12 時間を採用し、実績降雨の統計処理により、計画規模 1/100 の対象降雨量を $286\text{mm}/12\text{h}$ とした。過去の主要な洪水時の降雨波形を確率雨量まで引き延ばし貯留関数法での流出計算モデルにより流出量を算出した。

この結果、基本高水のピーク流量は、基準地点川内で $9,000\text{m}^3/\text{s}$ と算出した。

1-2-2 流量確率評価による検証

流量確率による検証の結果、1/100 規模の流量は、基準地点川内で $7,000\sim 9,200\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

1-2-3 既往洪水による検証

基準地点川内における既往最大となる流量は、平成 18 年（2006 年）7 月洪水の約 $8,400\text{m}^3/\text{s}$ となる。

1-3 河川整備基本方針策定後の状況

平成 19 年（2007 年）8 月に既定計画を策定以降、基本高水のピーク流量（基準地点川内 9,000m³/s）を上回る洪水は発生していない。

【基準地点川内】

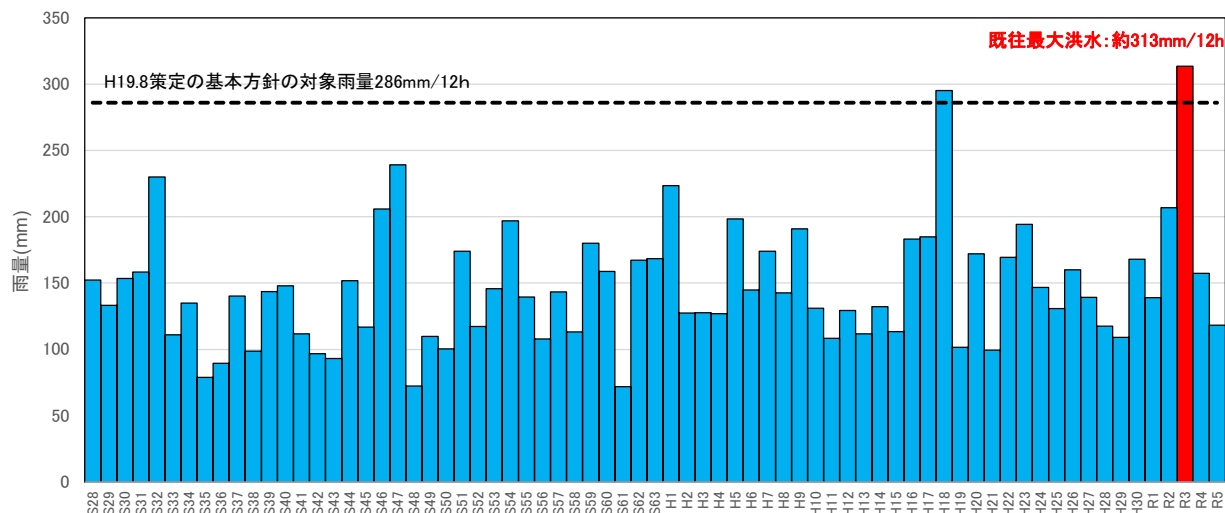


図 1-3-1 年最大降雨量（基準地点川内上流域平均雨量）

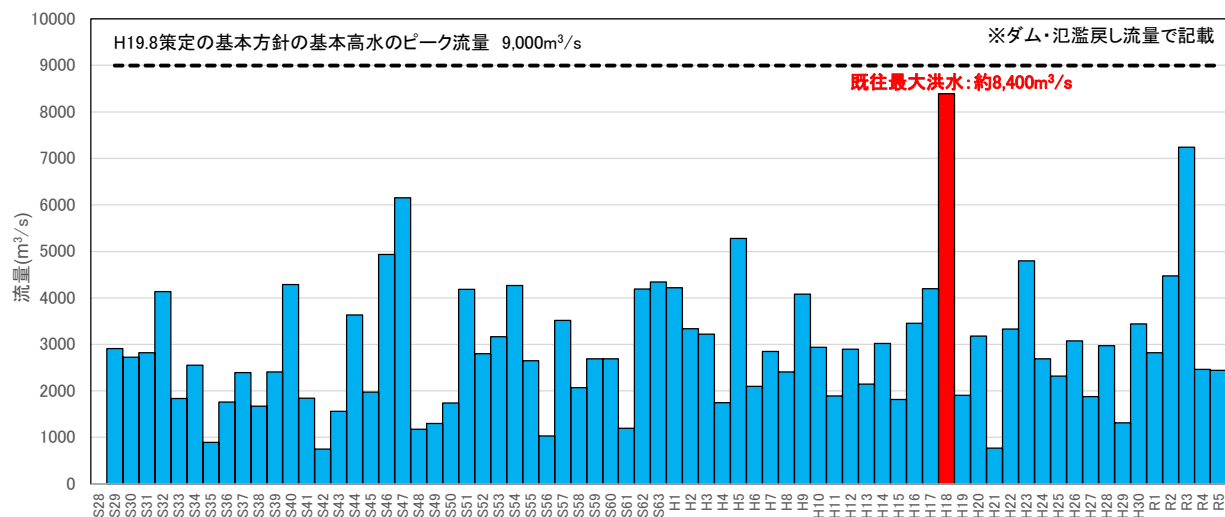


図 1-3-2 年最大流量（基準地点川内）

1-4 流出計算モデルの確認

降雨を流量ハイドログラフに変換するための流出計算モデル（貯留関数法）については、既定計画策定以降の流域の土地利用状況に大きな変化がないことから、近年洪水における再現性を確認し、既定計画に用いた流出計算モデルを使用する。なお、利水ダム位置で流域を新たに分割して流出計算モデルに反映させるとともに、近年洪水における再現性の確認は、基準地点川内観測所で行うものとした。

1-4-1 モデルの概要

貯留関数法の基礎式を次に示す。

$$\begin{aligned}\frac{ds}{dt} &= f(t) \cdot r(t) - q(t + Tl) \\ s(t) &= K \cdot q(t + Tl)^P \\ q(t) &= \frac{3.6 \cdot Q(t)}{A}\end{aligned}$$

また、流域からの流出量 $Q_{ca}(t)$ は、基底流量 $Q_b(t)$ を含めて次の式で与える。

$$Q_{ca}(t) = \frac{1}{3.6} \cdot A \cdot q(t) + Q_b(t)$$

ここで、

$s(t)$ ：貯留高(mm)、 $f(t)$ ：流入係数、 $r(t)$ ：流域平均降雨強度(mm/hr)
 $q(t)$ ：直接流出高(mm/hr)、 Tl ：遅滞時間(mm/hr)、 K ：定数、 P ：定数
 $Q(t)$ ：直接流出強度(m^3/s)、 A ：流域面積(km^2)、 f_1 ：一次流出率
 $Q_{ca}(t)$ ：流域からの流出量(m^3/s)、 $Q_b(t)$ ：基底流量(m^3/s)
を表す。

河道区間の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$\begin{aligned}s_l(t) &= K \cdot Q_l(t)^P - Tl \cdot Q_l(t) \\ \frac{ds_l(t)}{dt} &= I(t) - Q_l(t) \\ Q_l(t) &= Q(t + Tl)\end{aligned}$$

$s_l(t)$ ：みかけの河道貯留量($(m^3/s) \cdot hr$)
 Q_l ：遅滞時間を考慮した流出量(m^3/s)
 $Q(t)$ ：流出量(m^3/s)、 $I(t)$ ：流入量(m^3/s)、 Tl ：遅滞時間(hr)
 K ：定数、 P ：定数

1-4-2 流域及び河道分割

川内川水系における流域分割は、降雨の時空間分布を的確に反映させることを考え、既定計画における流出計算モデルにおいて、流域及び河道分割を 69 流域 21 河道としている。

なお、利水ダムの貯留による流量低減効果を適切に反映するため、細分化を行っている。

図 1-4-1 に流域分割図、図 1-4-2 に流出モデル模式図を示す。

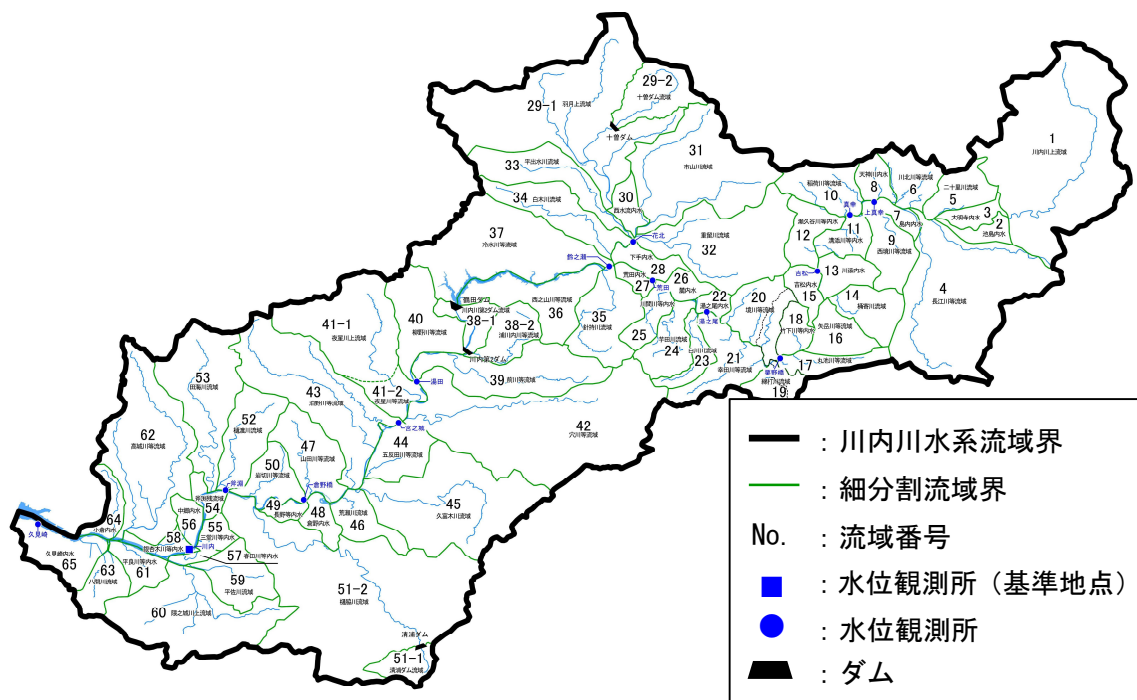


図 1-4-1 川内川水系流域分割図

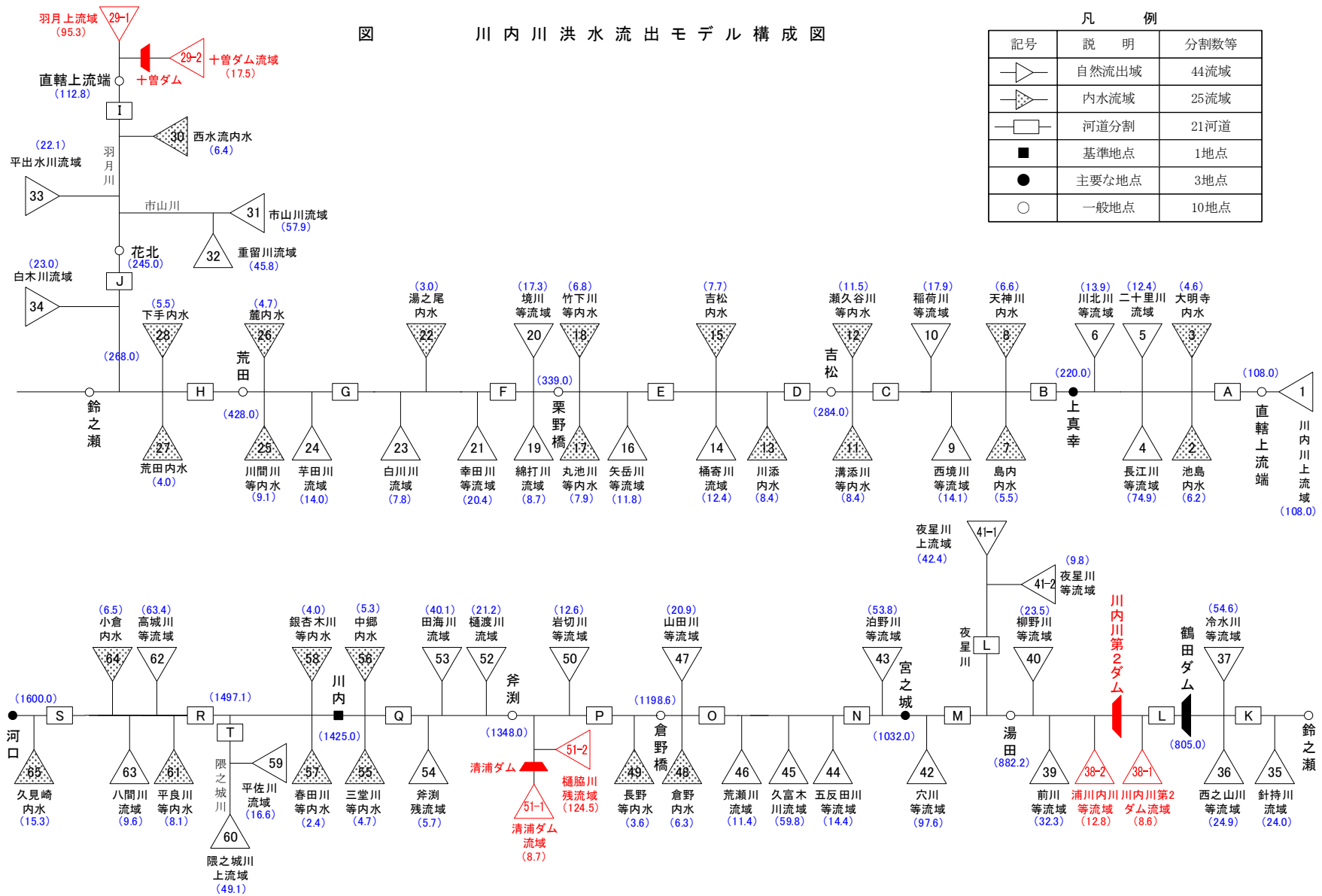


図 1-4-2 流出計算モデル模式図

表 1-4-1(1) 流域分割及び流域定数一覧

No	流域No	面積	遅れTL	K	P	f1	f2	飽和雨量		備考
								Rsa1	Rsa2	
1	川内上流	108.0	30	10.55	0.6	0.4	0.8	200	9999	
2	内池島	6.2	10	34.35	0.6	0.4	0.8	200	9999	
3	内大明時	4.6	10	15.84	0.6	0.4	0.8	200	9999	
4	長江川	74.9	30	19.21	0.6	0.4	0.8	200	9999	
5	二十里川	12.4	20	10.79	0.6	0.4	0.8	200	9999	
6	川北川	13.9	10	12.47	0.6	0.4	0.8	200	9999	
7	内島内	5.5	10	81.00	0.6	0.4	0.8	200	9999	
8	内天神川	6.6	10	13.20	0.6	0.4	0.8	200	9999	
9	西境川	14.1	20	16.35	0.6	0.4	0.8	200	9999	
10	稲荷川	17.9	20	21.90	0.6	0.4	0.8	200	9999	
11	内溝添川	8.4	10	53.55	0.6	0.4	0.8	200	9999	
12	内瀬久谷	11.5	10	25.20	0.6	0.4	0.8	200	9999	
13	内川添	8.4	20	20.99	0.6	0.4	0.8	200	9999	
14	樋寄川	12.4	20	14.45	0.6	0.4	0.8	200	9999	
15	内吉松	7.7	10	30.10	0.6	0.4	0.8	200	9999	
16	矢岳川	11.8	10	17.82	0.6	0.4	0.8	200	9999	
17	内丸池川	7.9	20	10.10	0.6	0.4	0.8	200	9999	
18	内竹下川	6.8	10	49.90	0.6	0.4	0.8	200	9999	
19	綿打川	8.7	10	70.73	0.6	0.4	0.8	200	9999	
20	境川	17.3	20	59.82	0.6	0.4	0.8	200	9999	
21	幸田川	20.4	20	52.67	0.6	0.4	0.8	200	9999	
22	内湯之尾	3.0	10	60.94	0.6	0.4	0.8	200	9999	
23	白川川	7.8	20	32.35	0.6	0.4	0.8	200	9999	
24	芋田川	14.0	30	39.50	0.6	0.4	0.8	200	9999	
25	内川間川	9.1	20	48.91	0.6	0.4	0.8	200	9999	
26	内麓	4.7	10	118.13	0.6	0.4	0.8	200	9999	
27	内荒田	4.0	10	124.52	0.6	0.4	0.8	200	9999	
28	内下手	5.5	10	124.90	0.6	0.4	0.8	200	9999	
29-1	羽月上流	95.3	20	21.44	0.6	0.4	0.8	50	150	
29-2	十曾ダム	17.5	20	21.44	0.6	0.4	0.8	50	150	
30	内西水流	6.4	10	25.59	0.6	0.4	0.8	50	150	
31	市山川	57.9	20	15.61	0.6	0.4	0.8	50	150	
32	重留川	45.8	20	12.86	0.6	0.4	0.8	50	150	
33	平出水川	22.1	10	9.72	0.6	0.4	0.8	50	150	
34	白木川	23.0	10	10.39	0.6	0.4	0.8	50	150	
35	針持川	24.0	40	40.00	0.6	0.4	0.8	200	9999	
36	西之山川	24.9	20	127.25	0.6	0.4	0.8	200	9999	
37	冷水川	54.6	30	60.00	0.6	0.4	0.8	200	9999	
38-1	川内川第2ダム	8.6	30	17.67	0.6	0.4	0.8	50	250	
38-2	浦川内川	12.8	30	17.67	0.6	0.4	0.8	50	250	
39	前川	32.3	40	22.02	0.6	0.4	0.8	50	250	
40	柳野川	23.5	20	19.84	0.6	0.4	0.8	50	250	
41-1	夜星川	42.4	30	13.50	0.6	0.4	0.8	50	250	
41-2	夜星川	9.8	10	22.60	0.6	0.4	0.8	50	250	
42	穴川	97.6	50	38.83	0.6	0.4	0.8	50	250	
43	泊野川	53.8	50	10.30	0.6	0.4	0.8	50	250	
44	五反田川	14.4	10	9.43	0.6	0.4	0.8	50	250	
45	久富木川	59.8	30	12.92	0.6	0.4	0.8	50	250	
46	荒瀬川	11.4	20	6.50	0.6	0.4	0.8	50	250	
47	山田川	20.9	20	8.48	0.6	0.4	0.8	50	250	
48	内倉野	6.3	10	14.64	0.6	0.4	0.8	50	250	

表 1-4-1 (2) 流域分割及び流域定数一覧

No	流域No	面積	遅れTL	K	P	f1	f2	飽和雨量		備考
								Rsa1	Rsa2	
49	内長野	3.6	10	8.00	0.6	0.4	0.8	50	250	
50	岩切川	12.6	10	9.75	0.6	0.4	0.8	50	250	
51-1	清浦ダム	124.5	60	28.82	0.6	0.4	0.8	50	250	
51-2	樋脇川	8.7	60	28.82	0.6	0.4	0.8	50	250	
52	樋渡川	21.2	20	5.79	0.6	0.4	0.8	50	250	
53	田海川	40.1	30	6.58	0.6	0.4	0.8	50	250	
54	斧淵残	5.7	10	3.26	0.6	0.4	0.8	50	250	
55	内三堂川	4.7	10	13.60	0.6	0.4	0.8	50	250	
56	内中郷	5.3	10	9.30	0.6	0.4	0.8	50	250	
57	内春田	2.4	10	6.50	0.6	0.4	0.8	50	250	
58	内銀杏木	4.0	10	4.70	0.6	0.4	0.8	50	250	
59	平佐川	16.6	10	17.69	0.6	0.4	0.8	50	250	
60	隈之城川	49.1	10	28.11	0.6	0.4	0.8	50	250	
61	内平良川	8.1	10	10.66	0.6	0.4	0.8	50	250	
62	高城川	63.4	60	12.99	0.6	0.4	0.8	50	250	
63	八間川	9.6	20	7.45	0.6	0.4	0.8	50	250	
64	内小倉	6.5	20	7.15	0.6	0.4	0.8	50	250	
65	内久見崎	15.3	10	15.91	0.6	0.4	0.8	50	250	

表 1-4-2 河道分割及び河道定数一覧

河道No	長さ	K	P	TL	Ku	Pu	gq	qi
A加久藤	11.3	1.206	0.714	20	1.2060	0.7140	99999.9	0.0
B真幸	3.0	0.515	0.776	10	0.5150	0.7760	99999.9	0.0
C京町	5.3	1.302	0.777	20	1.3020	0.7770	99999.9	0.0
D吉松	2.5	1.299	0.704	10	1.2990	0.7040	99999.9	0.0
E栗野	5.8	2.378	0.669	20	2.3780	0.6690	99999.9	0.0
F湯の尾	9.9	4.020	0.693	30	4.0200	0.6930	99999.9	0.0
G菱刈	2.6	1.863	0.629	10	1.8630	0.6290	99999.9	0.0
H荒田	3.2	2.581	0.630	40	2.5810	0.6300	99999.9	0.0
I羽月上	3.9	1.556	0.719	20	1.5560	0.7190	99999.9	0.0
J羽月下	3.2	5.042	0.579	10	5.0420	0.5790	99999.9	0.0
K鈴の瀬	2.9	6.564	0.548	10	6.5640	0.5480	99999.9	0.0
Lダム下	6.0	3.308	0.616	20	3.3080	0.6160	99999.9	0.0
Lダム下	4.3	-99.999	1.000	10	-99.9999	1.0000	99999.9	0.0
M湯田下	4.8	1.269	0.751	10	1.2690	0.7510	99999.9	0.0
N宮之城	5.7	3.399	0.632	30	3.3990	0.6320	99999.9	0.0
O倉野	4.5	5.260	0.647	20	5.2600	0.6470	99999.9	0.0
P斧渕	7.2	4.734	0.616	30	4.7340	0.6160	99999.9	0.0
Q川内	6.1	7.439	0.608	30	7.4390	0.6080	99999.9	0.0
T隈之城	1.0	-99.999	1.000	20	-99.9999	1.0000	99999.9	0.0
R宮里	6.0	-99.999	1.000	20	-99.9999	1.0000	99999.9	0.0
S久見崎	6.2	-99.999	1.000	10	-99.9999	1.0000	99999.9	0.0

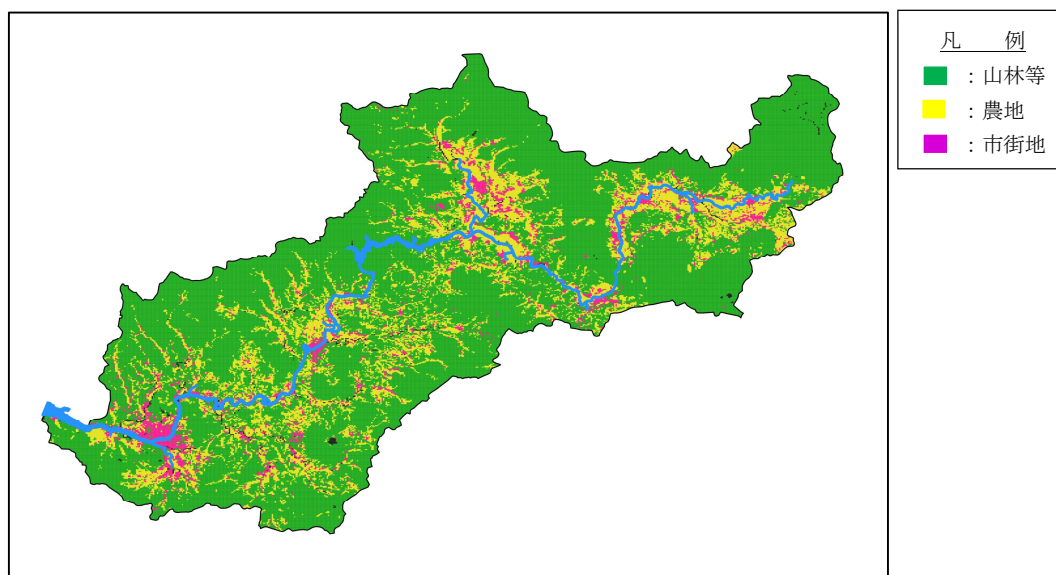
1-4-3 流域の状況

川内川流域の土地利用は、山林等が約 71%、農地が約 17%、市街地が約 7%となっている。土地利用状況の変化は表 1-4-3、図 1-4-3 に示すとおりであり、平成 19 年（2007 年）8 月の河川整備基本方針の策定当時と比較して、土地利用の大きな変化は見られない。

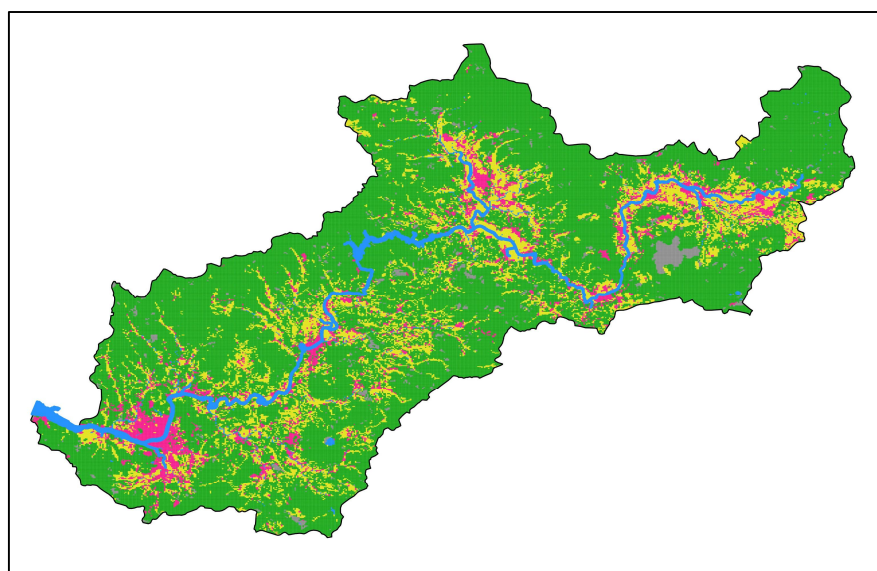
表 1-4-3 川内川流域の土地利用状況の変化

年	山林等	農地	市街地	河川	その他
平成 18 年	69%	19%	7%	2%	3%
令和 3 年	71%	17%	7%	2%	3%

平成 18 年(2006 年)



令和 3 年(2021 年)



※「国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ」より

図 1-4-3 土地利用状況の変化

1-4-4 流出計算モデルの近年洪水による確認

基本高水の検討にあたり、現行の基本方針策定以降に発生した洪水を含め、実績の雨量・流量データをもとに流出計算モデル（貯留関数法）の妥当性を確認した。

その際、主要な実績洪水を用いて再現計算を行い、流出計算モデルの再現性を確認した。洪水再現計算結果を図 1-4-4 に示す。

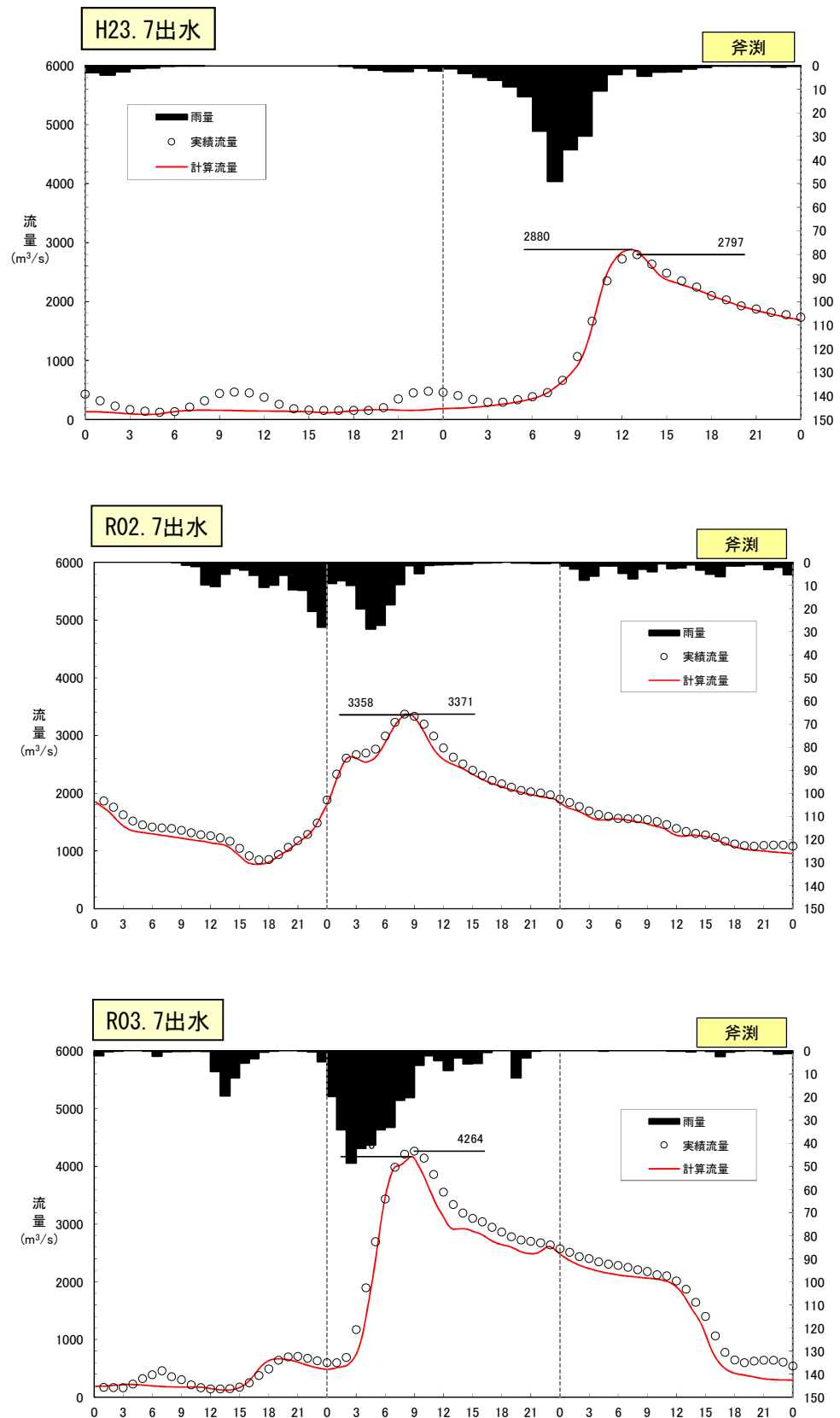


図 1-4-4 洪水検証図（斧淵地点）

1-5 基本高水のピーク流量の設定

1-5-1 基本高水のピーク流量の設定の考え方

基本高水のピーク流量は、前述した流出計算モデルを用いて、以下の項目について総合的に判断し設定する。

- (1) 既定計画の基本高水のピーク流量
- (2) 気候変動を考慮した時間雨量データによる確率からの検討
- (3) アンサンブル予測降雨波形を用いた検討
- (4) 既往洪水からの検討

1-5-2 計画規模の設定

既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないことから、計画規模は既定計画と同様の 1/100 を踏襲した。

1-6 対象降雨の継続時間の設定

1-6-1 対象降雨の降雨継続時間設定の考え方

川内川流域における対象降雨の降雨継続時間は、洪水到達時間、ピーク流量と短時間雨量との相関及び強い降雨強度の継続時間を整理し設定した。

1-6-2 洪水到達時間

洪水到達時間は、以下に示す(1)Kinematic Wave 法に基づく式及び(2)角屋の式を用いて算定することとした。

なお、対象洪水は、基準地点川内のダム・氾濫戻し流量の上位 10 洪水を対象とした。

(1) Kinematic Wave法による洪水到達時間

Kinematic Wave 法は矩形斜面上の表面流に Kinematic Wave 理論を適用して洪水到達時間を導く手法である。

(2) 角屋の式による洪水到達時間

角屋の式は Kinematic Wave 理論の洪水到達時間を表す式に、河道長と地形則を考慮した式である。

これらによると、概ね以下の様になる。

Kinematic Wave 法： 7～21 時間（平均 12.7 時間）

角屋の式： 6～10 時間（平均 8.2 時間）

(1)及び(2)の計算結果を表 1-6-1 に示し、洪水ごとの Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討結果を図 1-6-1 に示す。

表 1-6-1 洪水到達時間の算定結果（基準地点川内）

No.	洪水名	川内地点 ダム・氾濫戻し流量 (m ³ /s)	ピーク流量 ^{注1)}		Kinematic Wave法 算定結果(h)	角屋の式	
			流量 (m ³ /s)	時刻		平均有効 降雨強度	算定結果 (h)
1	S46.7.23	4,389	2,846	7/24 2:00	11	9.0	9.9
2	S46.8.5	4,932	3,965	8/6 0:00	21	14.9	8.3
3	S47.6.18	6,158	4,555	6/18 6:00	13	19.6	7.5
4	S63.7.18	4,342	2,758	7/18 11:00	9	9.5	9.7
5	H5.8.1	5,278	4,384	8/1 22:00	15	17.9	7.8
6	H18.7.22	8,389	6,485	7/22 15:00	7	31.4	6.4
7	H23.6.16	4,798	4,764	6/16 13:00	12	14.6	8.4
8	H23.7.6	4,504	5,512	7/6 13:00	13	19.4	7.6
9	R2.7.6	4,469	4,705	7/6 9:00	18	10.6	9.4
10	R3.7.10	7,240	7,463	7/10 9:00	8	29.7	6.5
最小値		—	—	— —	7	—	6.4
最大値		—	—	— —	21	—	9.9
平均値		—	—	— —	12.7	—	8.2

注1) ピーク流量は、斧淵地点ダム戻し流量を示す(斧淵実績流量にダムの洪水調節量を遅れ時間分考慮し加算)

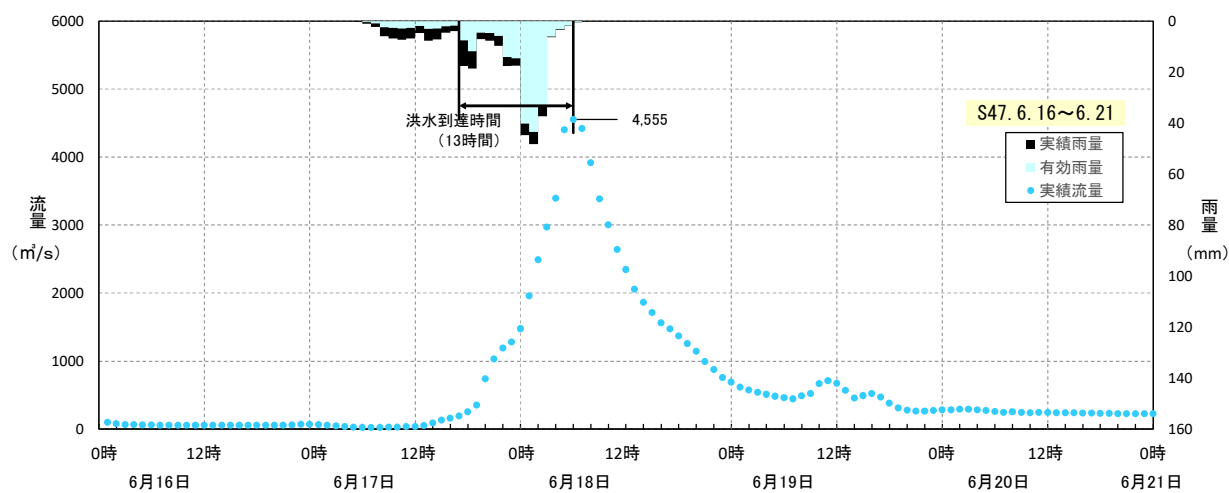
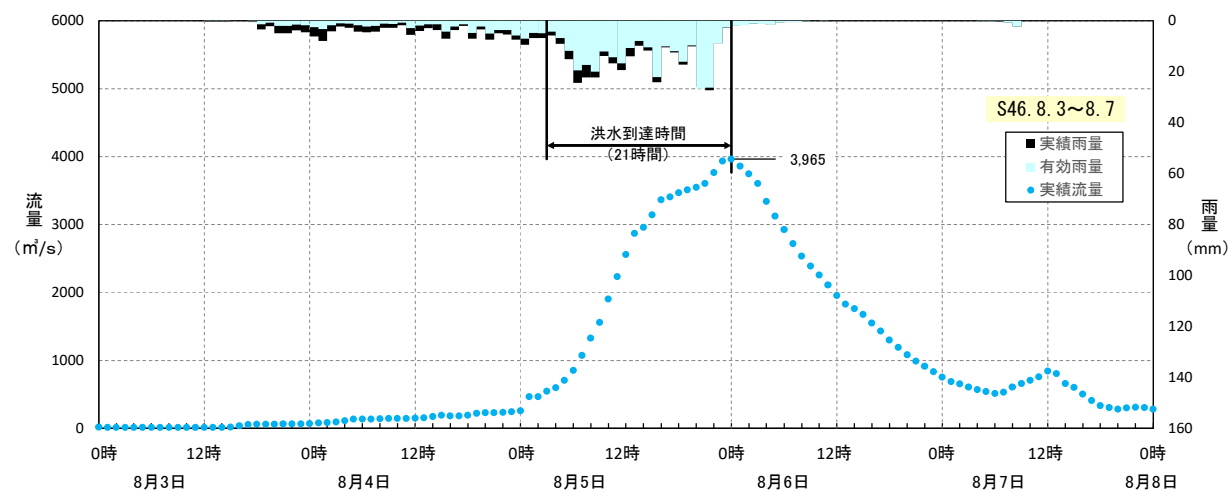
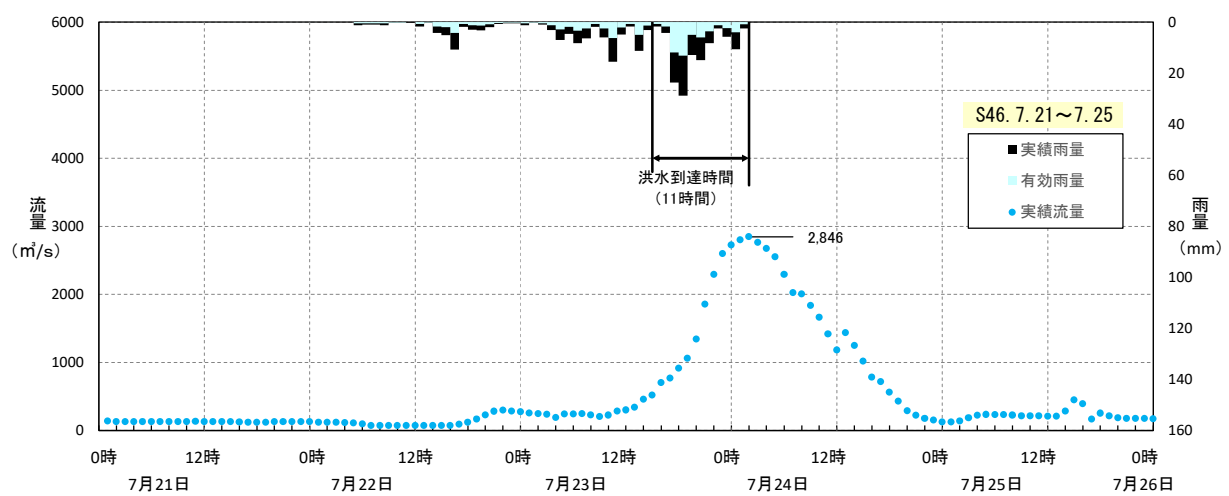


図 1-6-1(1) Kinematic Wave法による洪水到達時間 (基準地点川内)

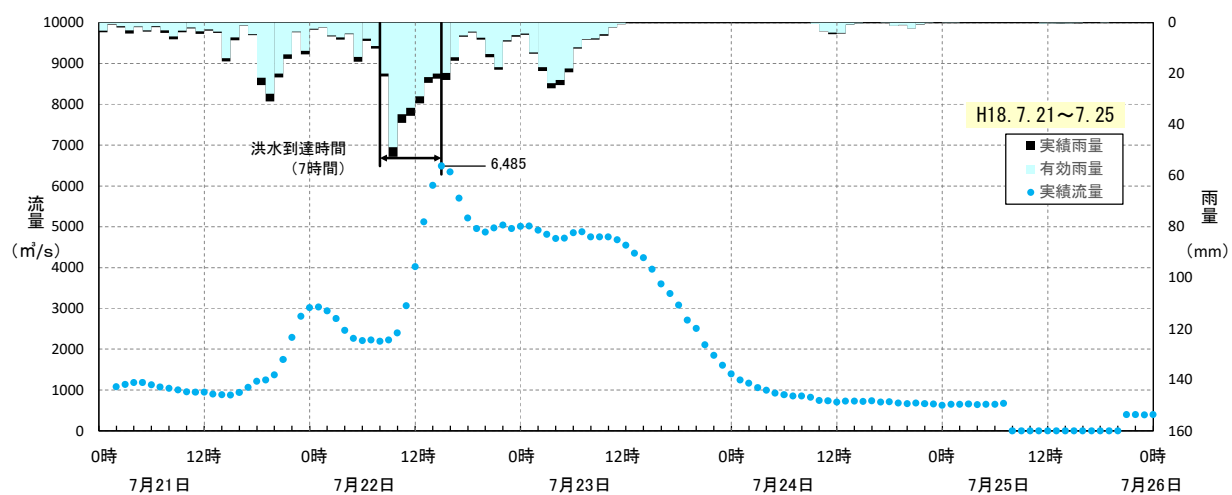
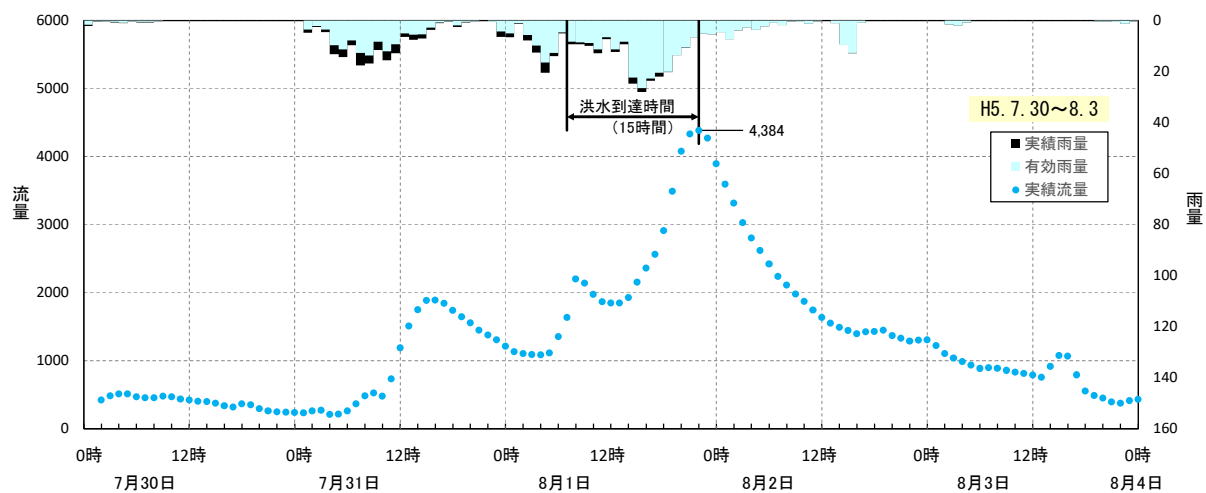
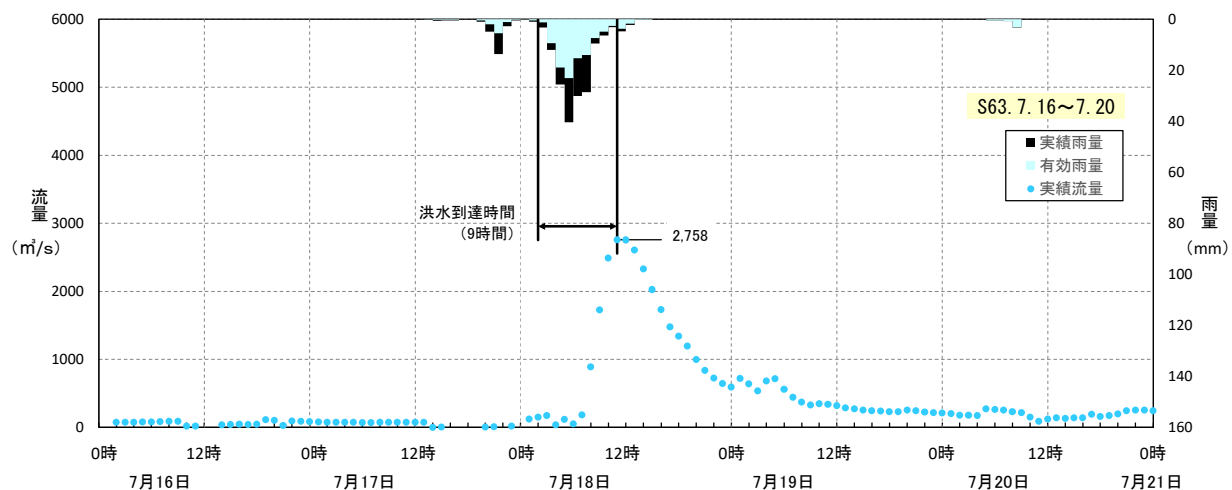


図 1-6-1 (2) Kinematic Wave法による洪水到達時間 (基準地点川内)

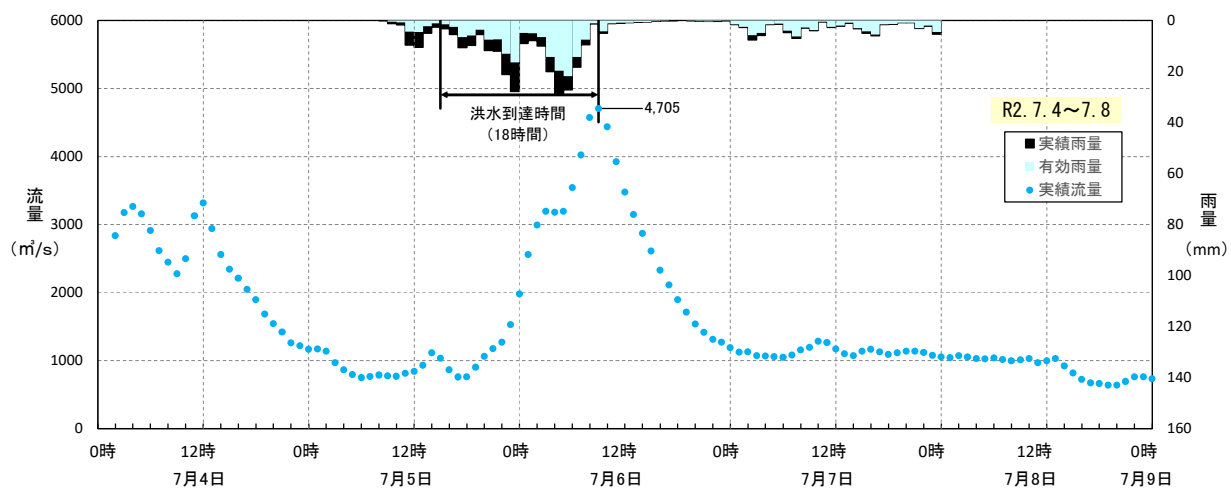
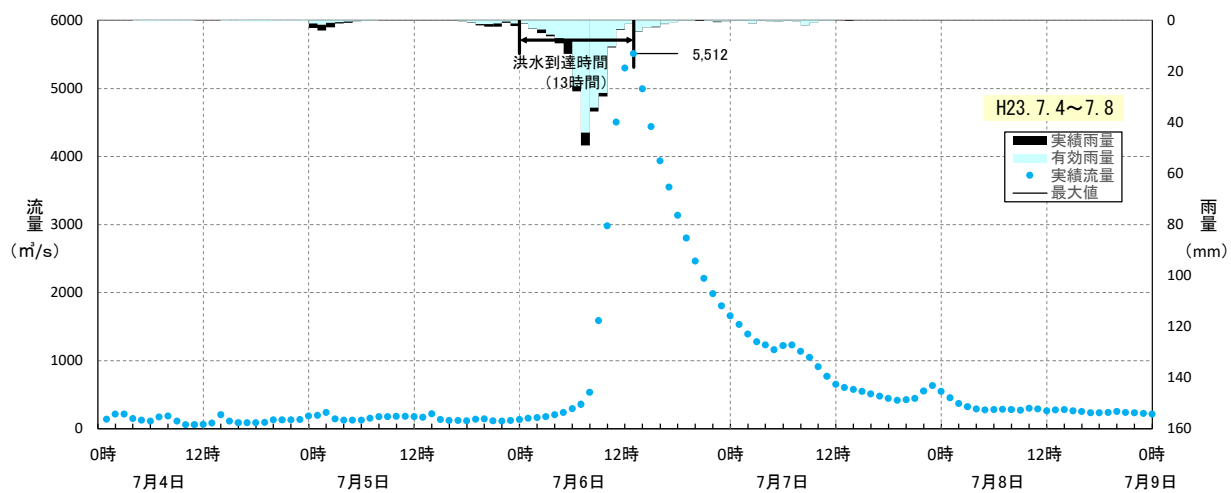
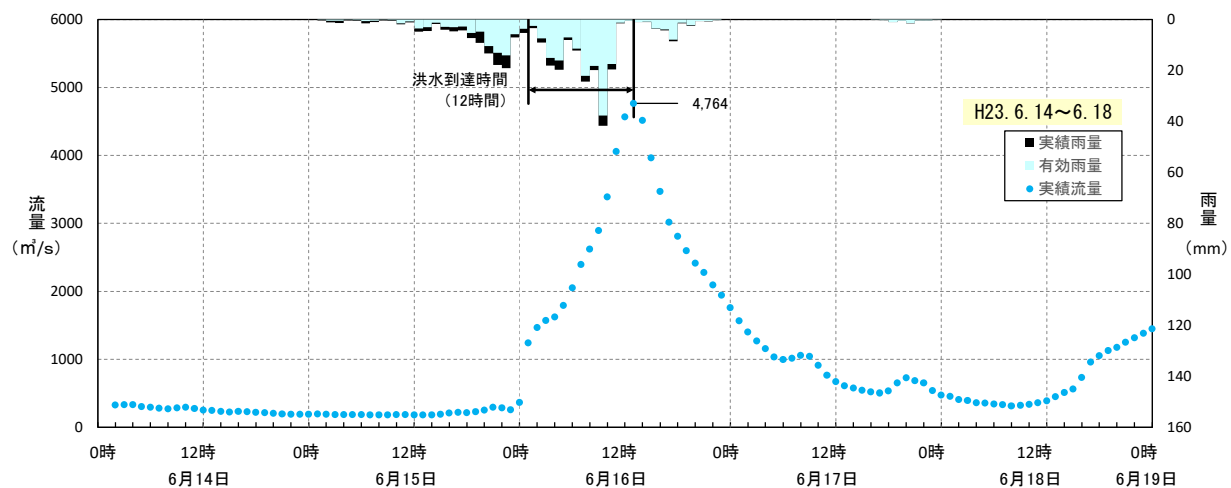


図 1-6-1 (3) Kinematic Wave法による洪水到達時間 (基準地点川内)

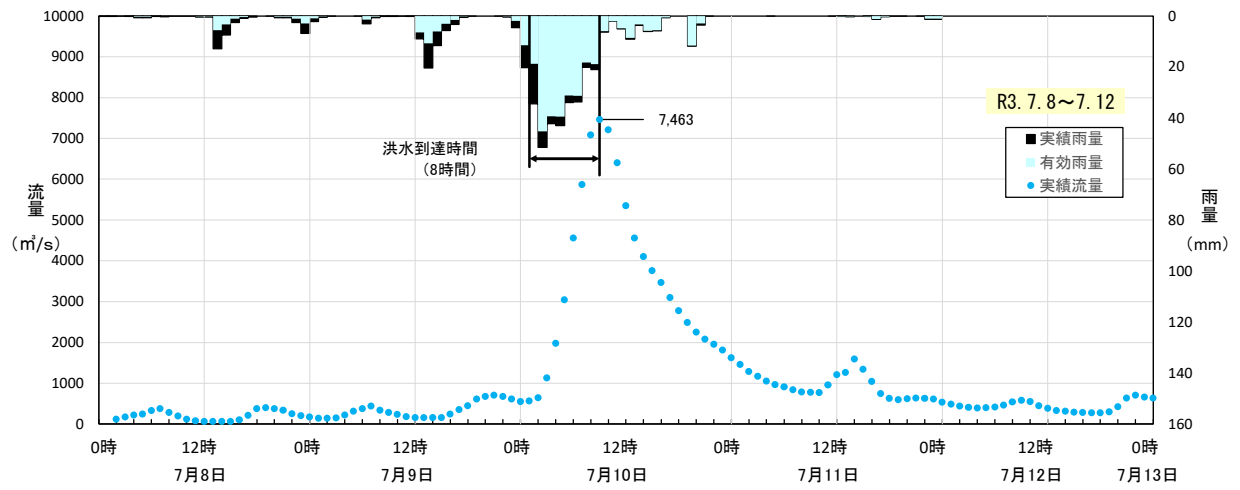
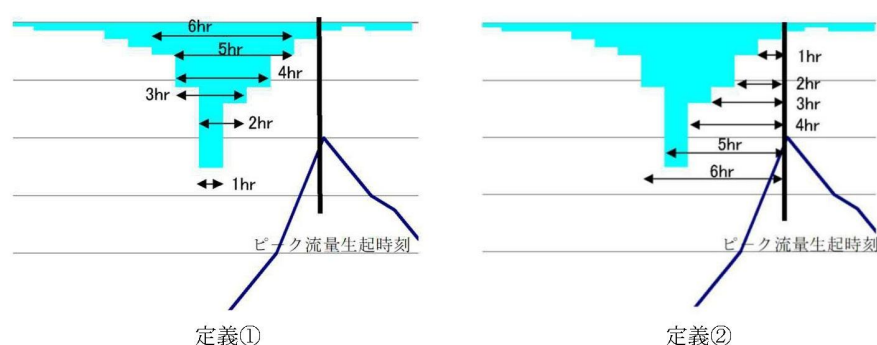


図 1-6-1 (4) Kinematic Wave法による洪水到達時間 (基準地点川内)

1-6-3 ピーク流量と短時間雨量の相関

昭和 28 年（1953 年）～令和 3 年（2021 年）までの 69 年間で基準地点川内上流域において年最大流量を記録した洪水を対象に、ピーク流量と短時間雨量（1、3、6、9、12、18、24、36、48 時間雨量）との相関関係を整理した。

その結果、基準地点川内では 6～18 時間でピーク流量と短時間雨量の相関が高くなっている。この検討結果を図 1-6-3 に示す。また、定義①によるピーク流量と流域平均時間雨量の相関図を図 1-6-4 に示し、定義②によるピーク流量と流域平均時間雨量の相関図を図 1-6-5 に示す。



定義①：ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

定義②：ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

図 1-6-2 ピーク流量と短時間雨量の相関の定義

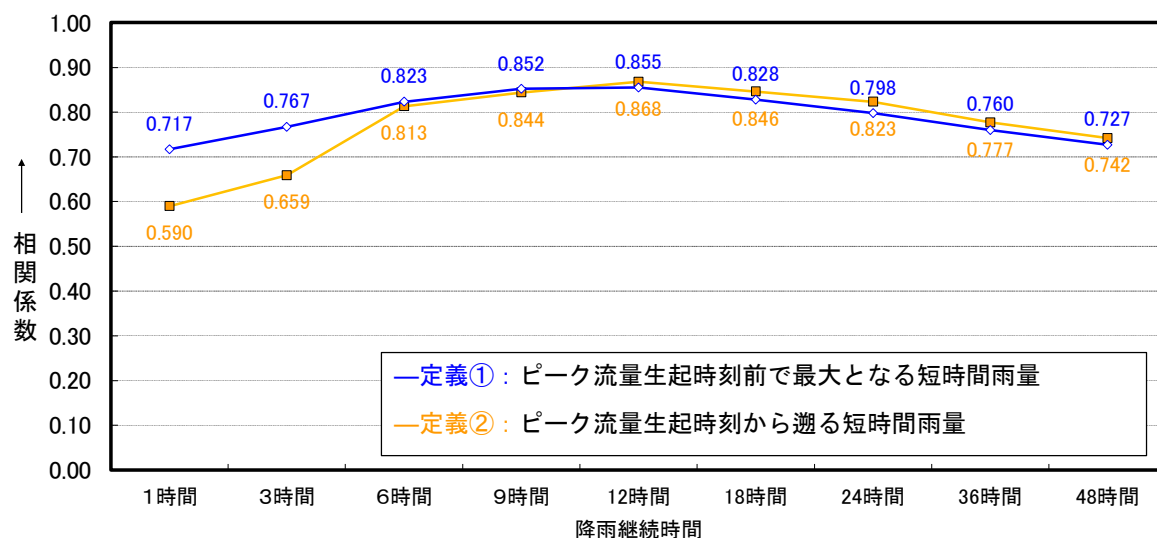


図 1-6-3 ピーク流量と相関の高い短時間雨量

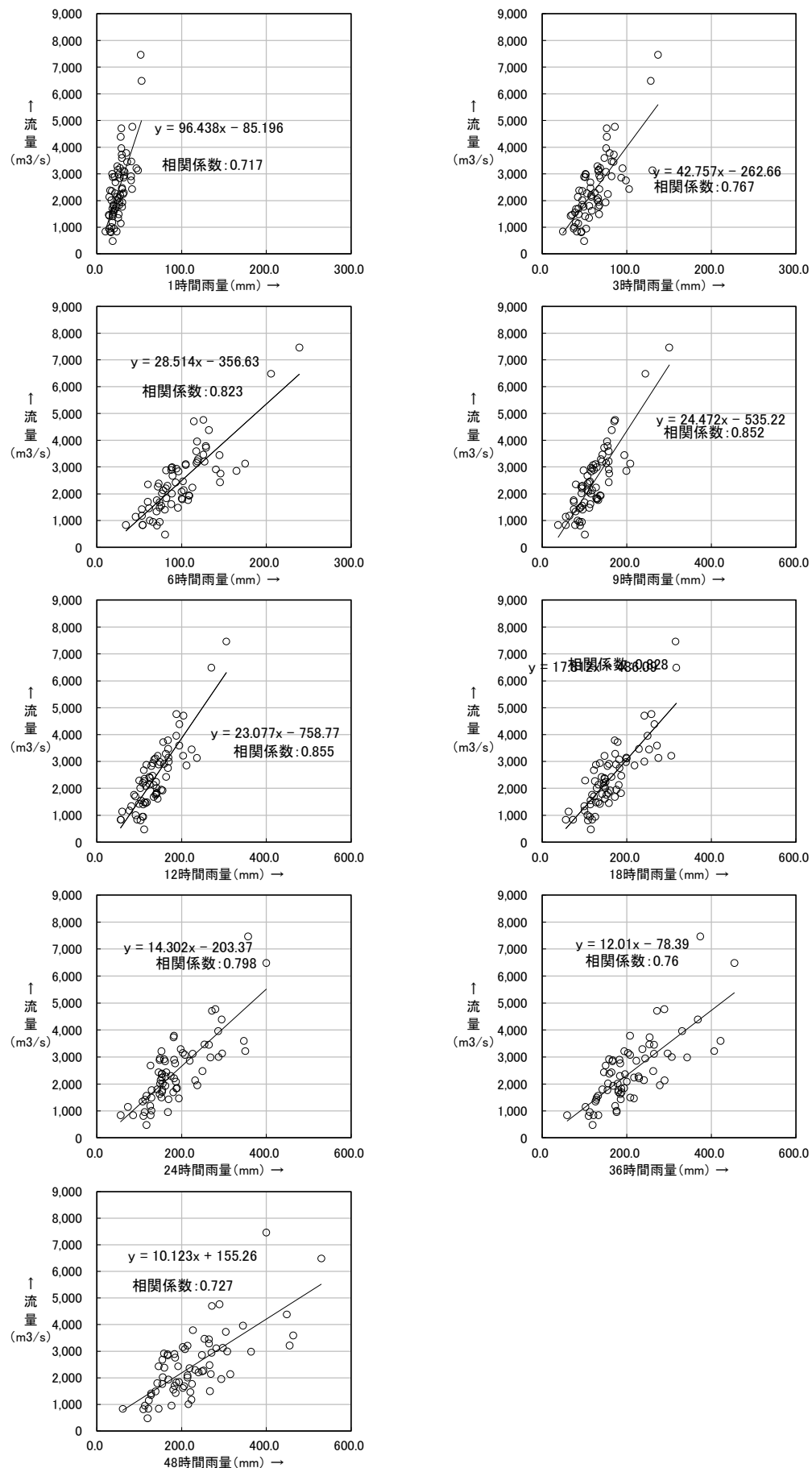


図 1-6-4 ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図

【定義①（ピーク流量生起前の最大短時間雨量）】

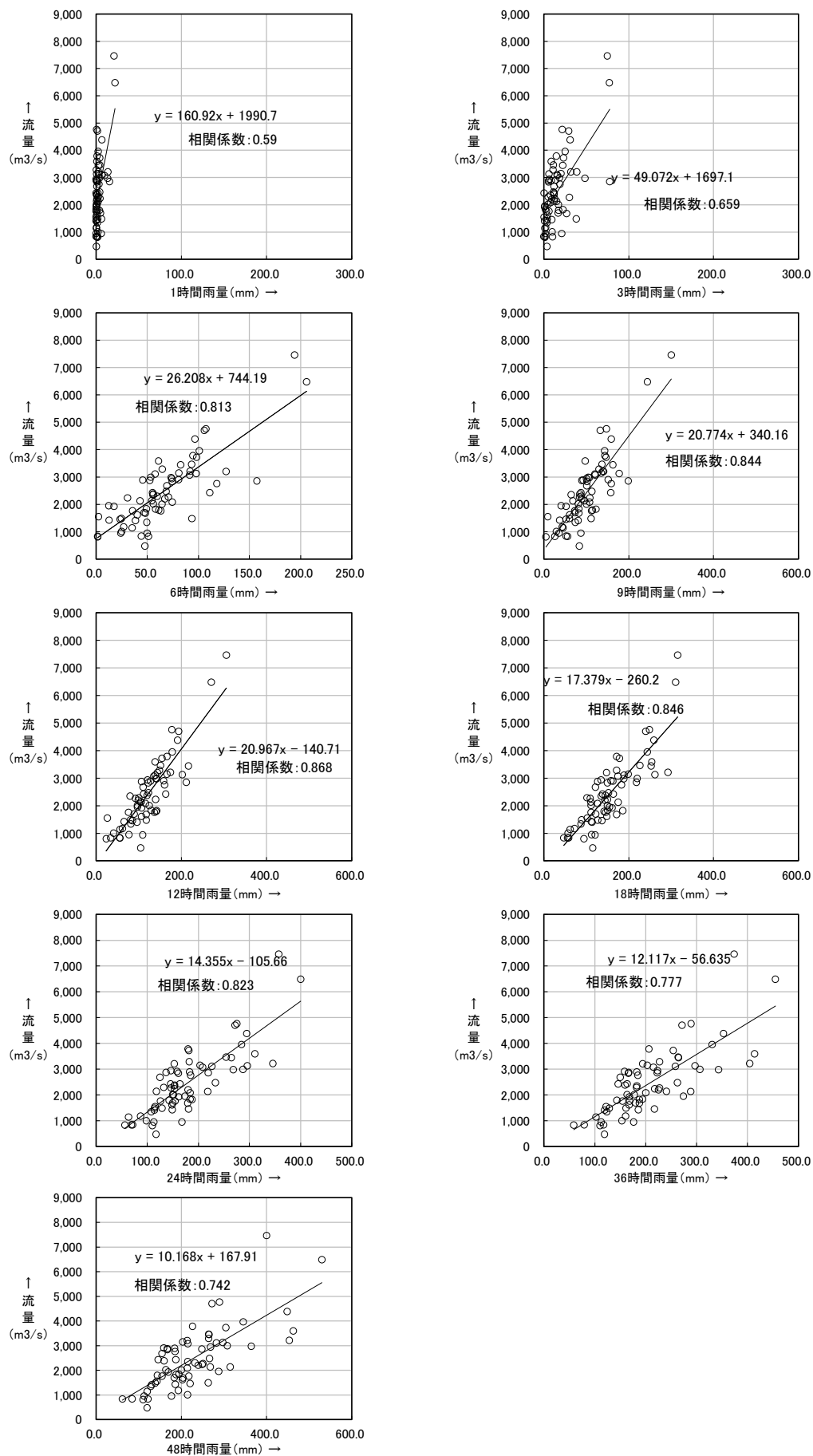


図 1-6-5 ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図

【定義②（ピーク流量時刻からさかのぼる短時間雨量）】

1-6-4 強い降雨強度の継続時間

既往の洪水をもたらした降雨について、強い降雨強度（5mm/h 及び 10mm/h）の継続時間を整理した。

対象洪水は、基準地点川内のダム氾濫戻し流量の上位 10 洪水とした。

主要洪水における降雨量 5mm/h 以上の継続時間の平均値は 13 時間、降雨量 10mm/h 以上の継続時間の平均値は 6 時間となり、洪水のピーク流量を形成している強い降雨強度の継続時間は、6～13 時間でカバー出来ることが分かる。

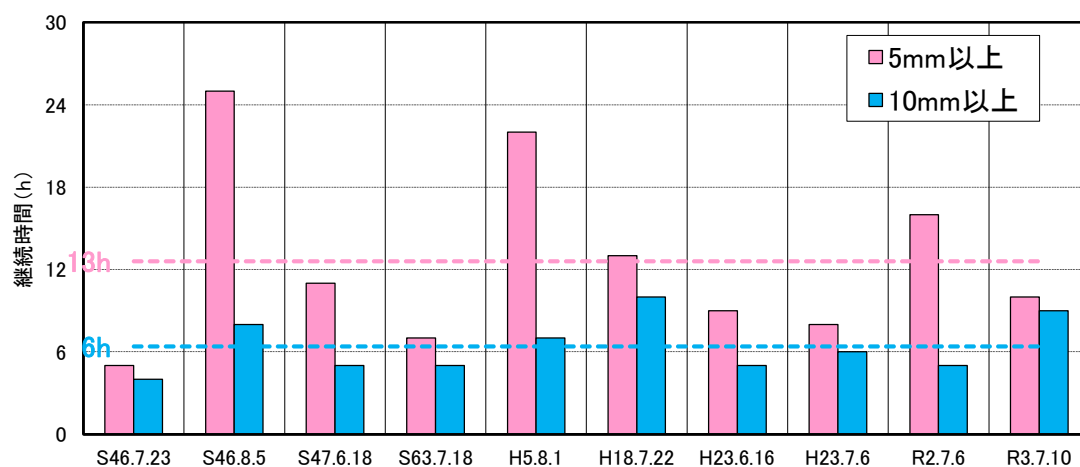


図 1-6-6 強い降雨強度の継続時間（斧淵上流域平均雨量）

1-6-5 対象降雨の降雨継続時間の設定

昭和 28 年（1953 年）から令和 3 年（2021 年）までの雨量資料（69 年間）を整理し、川内川の降雨特性、ピーク流量との相関から総合的に判断して、下記の理由により対象降雨の降雨継続時間は既定計画と同様の 12 時間を踏襲した。

【基準地点川内】

- 洪水到達時間の検討において、Kinematic Wave 法では 7～21 時間（平均 12.7 時間）、角屋式では 6～10 時間（平均 8.2 時間）となる。
- ピーク流量と相関の高い短時間雨量は、定義①、②ともに 12 時間において実績ピーク流量との相関が最も高い。
- 洪水のピーク流量を形成している強い降雨強度の継続時間は、5mm 以上で平均 13 時間、10mm 以上で平均 6 時間である。
- 上記より総合的に判断して 12 時間と設定する。

1-7 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定

1-7-1 対象降雨の降雨量の設定

対象降雨の継続時間は、Kinematic Wave 法及び角屋の式による洪水到達時間、短時間雨量と洪水ピーク流量との相関、強い降雨強度の継続時間等から総合的に判断した結果、既定計画の 12 時間を踏襲した。

対象降雨の降雨量は、降雨量変化倍率の算定に用いている過去実験の期間が平成 22 年(2010 年) までであることを踏まえ、既定計画からの雨量標本のデータ延伸は平成 22 年(2010 年) までにとどめ、平成 22 年(2010 年) までの雨量標本を用いて定常の水文統計解析により 1/100 確率雨量を算定し、これに降雨量変化倍率を乗じた値とする。

基準地点川内の 1/100 確率雨量は、昭和 28 年(1953 年) ～平成 22 年(2010 年) の 58 年間の各年最大 12 時間雨量を確率処理し、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルによる 283.6mm/12h と決定した。雨量確率計算結果を表 1-7-1、グラフを図 1-7-1 に示す。

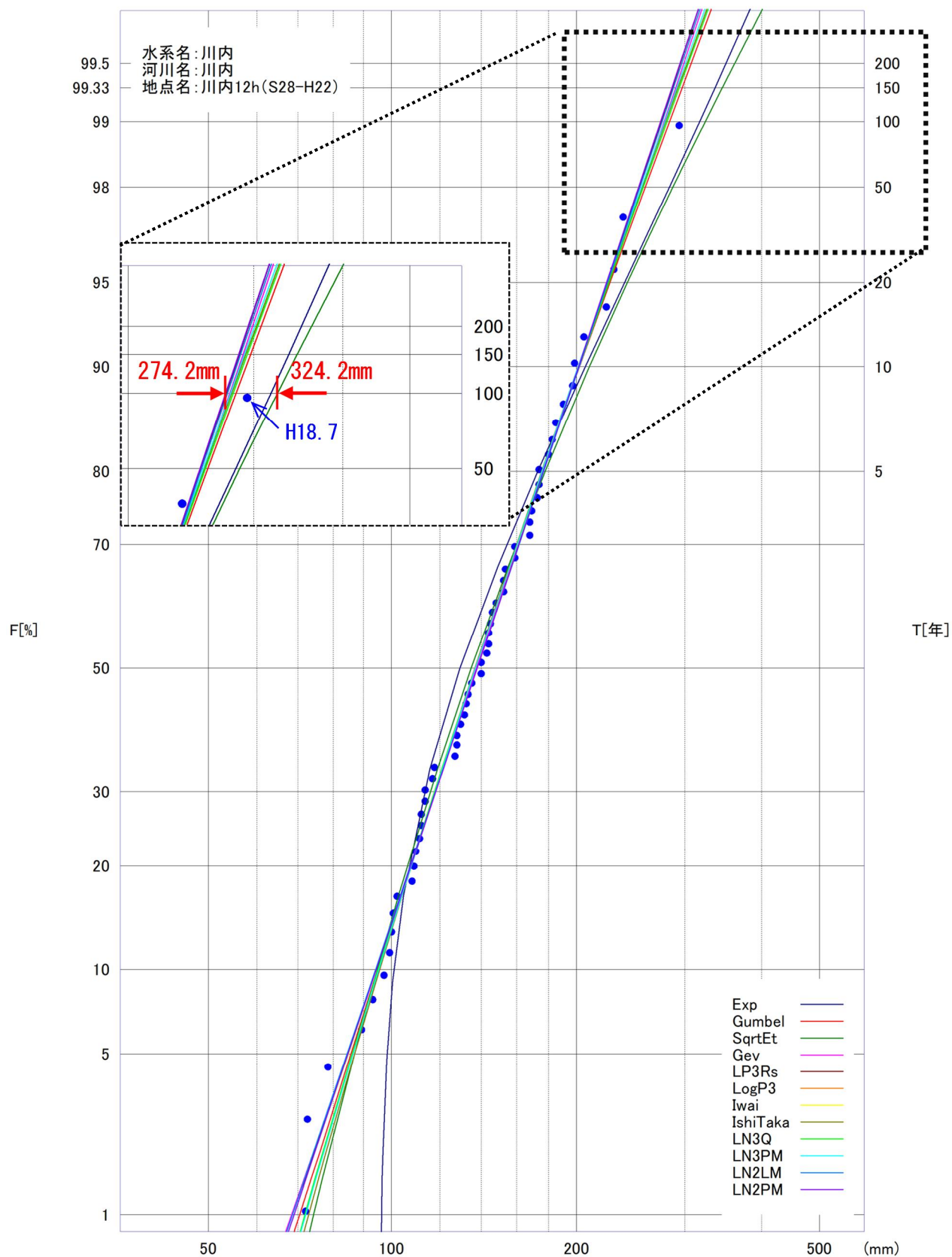
表 1-7-1 基準地点川内 12時間雨量 1/100確率計算結果

項 目		川内川 基準地点：川内 (A=1,425km ²)											
		一般化極値分布	グンベル分布	指数分布	平方根指数型 最大値分布	対数ピアソンⅢ型分布		対数正規分布					
		GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LP3RS	LogP3	岩井法 LNIwai	石原・高瀬法 Isitaka	クソノメ法 LN3(Q)	3母数積率法 LN3(PM)	2母数L積率法 LN2(LM)	2母数積率法 LN2(PM)
標本数				58 (S28~H22)									
最大値				295.1 (H18)									
確 率 規 模	1/2	137.2	136.5	129.0	134.6	—	—	137.7	136.6	136.7	136.8	137.7	137.7
	1/3	156.0	155.1	148.6	154.5	—	—	156.4	155.2	155.5	155.4	156.6	156.5
	1/5	176.6	175.9	173.2	178.0	—	—	176.7	175.6	176.2	175.9	177.0	176.7
	1/10	201.9	202.0	206.6	209.7	—	—	201.3	201.1	201.9	201.1	201.9	201.3
	1/20	225.8	227.0	240.0	242.4	—	—	224.1	225.2	226.2	225.0	225.0	224.1
	1/30	239.3	241.4	259.5	262.1	—	—	237.0	239.0	240.1	238.6	238.1	237.0
	1/50	255.9	259.4	284.1	287.8	—	—	253.0	256.3	257.5	255.6	254.2	252.9
	1/80	270.9	275.8	306.8	312.3	—	—	267.4	272.1	273.4	271.2	268.8	267.4
	1/100	278.0	283.6	317.5	324.2	—	—	274.2	279.6	280.9	278.5	275.7	274.2
	1/150	290.7	297.8	337.1	346.3	—	—	286.5	293.2	294.7	291.9	288.2	286.5
	1/200	299.5	307.8	350.9	362.4	—	—	295.2	303.0	304.4	301.4	297.0	295.2
	1/300	311.9	321.9	370.5	385.7	—	—	307.5	316.7	318.2	314.9	309.5	307.5
	1/400	320.6	332.0	384.3	402.6	—	—	316.2	326.5	328.1	324.4	318.3	316.1
	1/500	327.3	339.7	395.1	415.9	—	—	322.9	334.1	335.7	331.9	325.1	322.9
S L S C		0.017	0.015	0.044	0.028	—	—	0.017	0.020	0.019	0.019	0.017	0.017
S L S C H		0.031	0.026	0.054	0.050	—	—	0.028	0.025	0.024	0.025	0.027	0.028
相関係数(X)		0.997	0.997	0.978	0.993	—	—	0.996	0.997	0.997	0.997	0.996	0.996
相関係数(Y)		0.998	0.998	0.931	0.997	—	—	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
1 ／ 100 推 定 値	推 定 値	276.6	283.6	317.5	327.4	—	—	268.2	281.2	302.7	279.4	274.9	274.2
	推定誤差	32.4	19.6	23.3	24.2	—	—	24.8	32.7	37.3	32.0	21.2	20.7
	下限値	244.2	264.0	294.2	303.2	—	—	243.4	248.5	265.4	247.4	253.7	253.5
	上限値	309.0	303.2	340.8	351.6	—	—	293.0	313.9	340.0	311.4	296.1	294.9

注1) 推定値、推定誤差はjackknife法による。

注2) 印：適合度の良い手法群 (SLSC≤0.040の手法を抽出)

注3) 印：Jackknife推定誤差最小



※SLSC $\leq$ 0.04、Jackknife 推定誤差最小となる確率分布モデルを採用

図 1-7-1 雨量確率計算結果
(基準地点川内 12時間雨量 昭和28年(1953年)～平成22年(2010年))

表 1-7-2 年最大12時間雨量一覧

No.	西暦	和暦	川内地点雨量 (mm/12h)
1	1953年	昭和28年	152.3
2	1954年	昭和29年	133.3
3	1955年	昭和30年	153.6
4	1956年	昭和31年	158.2
5	1957年	昭和32年	230.0
6	1958年	昭和33年	111.1
7	1959年	昭和34年	134.9
8	1960年	昭和35年	78.7
9	1961年	昭和36年	89.4
10	1962年	昭和37年	140.1
11	1963年	昭和38年	98.7
12	1964年	昭和39年	143.7
13	1965年	昭和40年	148.0
14	1966年	昭和41年	111.6
15	1967年	昭和42年	96.7
16	1968年	昭和43年	93.2
17	1969年	昭和44年	151.8
18	1970年	昭和45年	116.7
19	1971年	昭和46年	205.9
20	1972年	昭和47年	239.1
21	1973年	昭和48年	72.5
22	1974年	昭和49年	109.6
23	1975年	昭和50年	100.4
24	1976年	昭和51年	173.9
25	1977年	昭和52年	117.2
26	1978年	昭和53年	145.7
27	1979年	昭和54年	196.7
28	1980年	昭和55年	139.5
29	1981年	昭和56年	107.8
30	1982年	昭和57年	143.3
31	1983年	昭和58年	113.2
32	1984年	昭和59年	180.1
33	1985年	昭和60年	158.8
34	1986年	昭和61年	72.0
35	1987年	昭和62年	167.2
36	1988年	昭和63年	168.3
37	1989年	平成元年	223.3
38	1990年	平成2年	127.3
39	1991年	平成3年	127.8
40	1992年	平成4年	127.0
41	1993年	平成5年	198.3
42	1994年	平成6年	144.7
43	1995年	平成7年	173.9
44	1996年	平成8年	142.5
45	1997年	平成9年	190.9
46	1998年	平成10年	131.0
47	1999年	平成11年	108.5
48	2000年	平成12年	129.4
49	2001年	平成13年	111.7
50	2002年	平成14年	132.2
51	2003年	平成15年	113.4
52	2004年	平成16年	183.0
53	2005年	平成17年	184.8
54	2006年	平成18年	295.1
55	2007年	平成19年	101.7
56	2008年	平成20年	172.0
57	2009年	平成21年	99.5
58	2010年	平成22年	169.5

表 1-7-3 1/100確率規模降雨量（基準地点川内）

項目	川内	備考
1/100 確率雨量 (S28～H22 標本)	283.6mm/12h	確率手法 $SLSC \leq 0.04$ Jackknife 推定誤差最小 (Gumbel 分布)
気候変動を 考慮した降雨量	312mm/12h	283.6mm/12h × 降雨量変化倍率 1.1

また、気候変動の影響を考慮した対象降雨の降雨量として、1/100 確率雨量 283.6mm/12h に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じた 312mm/12h に設定した。（表 1-7-3）

参考として、近年降雨の気候変動の影響等を確認するため、雨量標本に「非定常状態の検定：Mann-Kendall 検定等」を行った上で、非定常性が確認されない場合は最新年までデータを延伸し、非定常性が確認された場合は「非定常性が現れる前までのデータ延伸」ととどめ、定常の水文統計解析により確率雨量の算定等も併せて実施した。

1. Mann-Kendall 検定（定常/非定常性を確認）

昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）の雨量データに 1 年ずつ雨量データを追加し、令和 5 年（2023 年）までのデータを対象とした検定結果を確認。

⇒令和 5 年（2023 年）までデータを延伸した際に、非定常性は確認されなかった。

2. 近年降雨までデータ延伸を実施

非定常性が確認されなかったことから、最新年の令和 5 年（2023 年）まで雨量統計期間を延伸した場合の Gumbel 分布による確率雨量を算定。

⇒令和 5 年（2023 年）までの雨量データを用いた場合の基準地点川内 1/100 確率雨量は 290.0mm/12h となり、データ延伸による確率雨量に大きな差は確認されない。

1-8 主要降雨波形の設定

基本高水の検討対象洪水において、短時間に降雨が集中する洪水や降雨の範囲が著しく偏った洪水を一律拡大すると、引き伸ばし後の短時間雨量が非現実的な確率値となる場合がある。そのため、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、対象降雨としての妥当性評価により代表的な洪水に適さない洪水については検討対象から除外した上で対象降雨波形を設定する。

検討対象降雨の選定は、基準地点川内における「ダム氾濫戻し流量が氾濫注意水位相当流量以上」となり、「引き伸ばし率が2倍以下（1.1倍する前の確率雨量）」となる20洪水を選定した（図 1-8-1）。

選定した洪水を対象に、基準地点川内の1/100確率12時間雨量312mm（283.6mm×1.1）となるよう引き伸ばし降雨波形を作成し流出計算を行った結果、基準地点川内において約4,192m³/s～11,303m³/sとなる。（表 1-8-1）

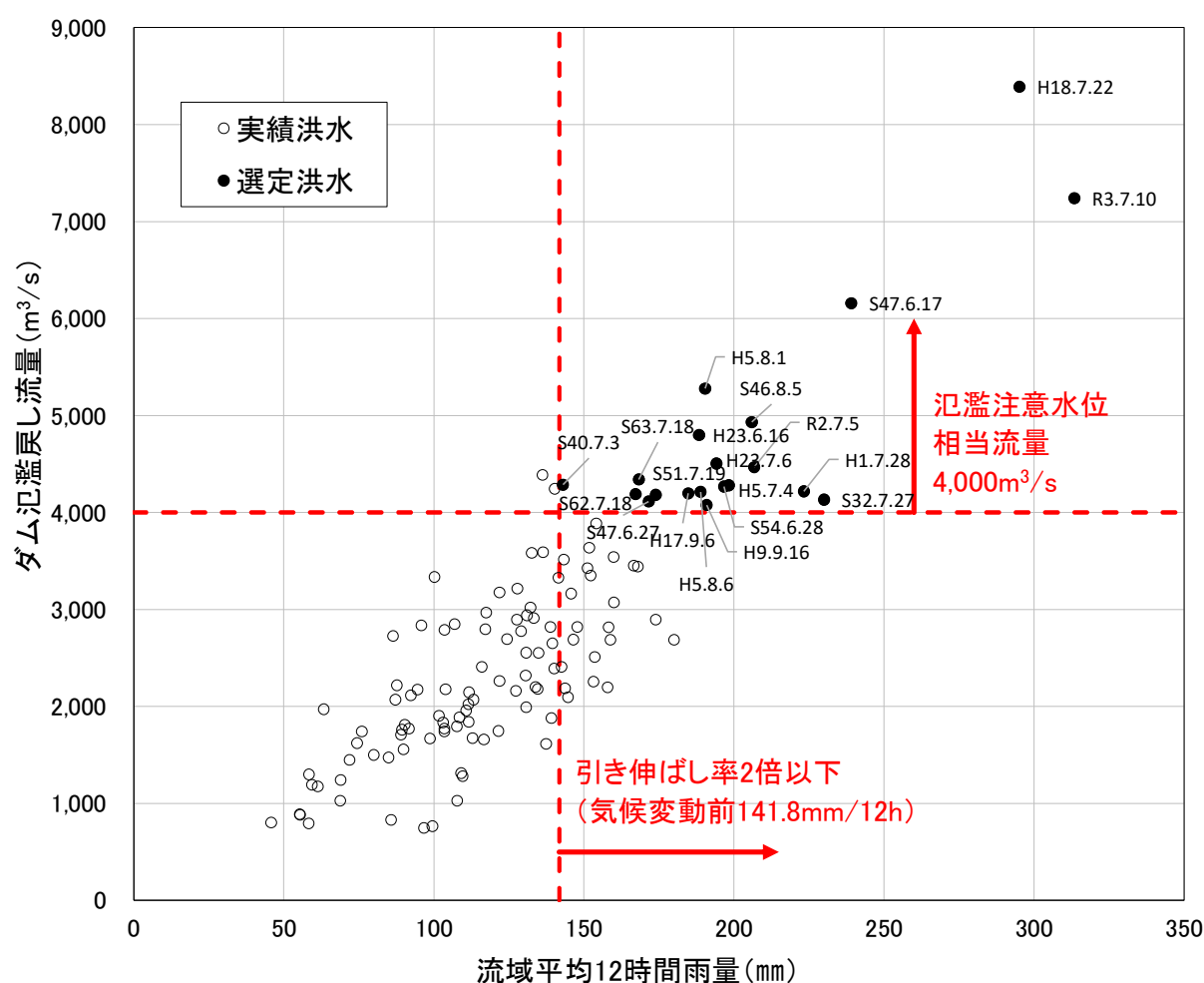


図 1-8-1 対象洪水の選定（基準地点川内）

表 1-8-1 選定洪水のピーク流量一覧（基準地点川内）

洪水名		実績12時間 雨量 (mm/12h)	降雨継続時間12時間	
			312.0mm/12h S28～H22標本(N=58)	
			拡大率	川内地点 ピーク流量 (mm)
1	S 32. 7. 27	230.0	1.357	5,947
2	S 40. 7. 3	143.0	2.182	9,859
3	S 46. 8. 5	205.9	1.515	7,012
4	S 47. 6. 18	239.1	1.305	8,846
5	S 47. 6. 27	170.5	1.830	8,517
6	S 51. 7. 19	173.9	1.794	7,704
7	S 54. 6. 28	196.7	1.586	7,544
8	S 62. 7. 18	167.2	1.866	7,926
9	S 63. 7. 18	168.3	1.854	11,303
10	H 1. 7. 28	223.3	1.397	6,804
11	H 5. 7. 4	198.3	1.573	5,663
12	H 5. 8. 1	190.4	1.639	9,386
13	H 5. 8. 6	188.9	1.652	7,469
14	H 9. 9. 16	190.9	1.634	6,804
15	H 17. 9. 6	184.8	1.688	7,333
16	H 18. 7. 22	295.1	1.057	8,707
17	H 23. 6. 16	188.4	1.656	4,192
18	H 23. 7. 6	194.2	1.607	8,212
19	R 2. 7. 6	206.8	1.509	7,735
20	R 3. 7. 10	313.4	0.996	7,574

1-9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

1-9-1 考え方

基本高水の検討対象洪水において、「短時間に降雨が集中する洪水」や「降雨の範囲が著しく偏った洪水」等を一律拡大すると、引き伸ばし後の短時間雨量が非現実的な確率値となる場合がある。そのため、実績降雨波形を対象降雨波形として採用するには、確率水文量への引き伸ばしによって異常な降雨になっていないか十分にチェックする必要がある。

従って、1-8 で選定した一次選定洪水について、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、対象降雨としての妥当性評価により代表的な洪水に適さない洪水については検討対象から除外した上で対象降雨波形を設定する。

1-9-2 棄却基準の設定

地域分布及び時間分布の異常な降雨として、1/500 以上の降雨をその判断基準とした。

なお、引き伸ばし後の降雨量は気候変動による降雨量の増大を考慮しない雨量（降雨量変化倍率を乗じる前の雨量）とする。

1-9-3 地域分布の評価

(1) 対象地域の設定

対象地域は、以下に示す4流域を選定した。

- ①：栗野上流域
- ②：栗野～鶴田ダム
- ③：鶴田ダム～宮之城
- ④：宮之城～川内

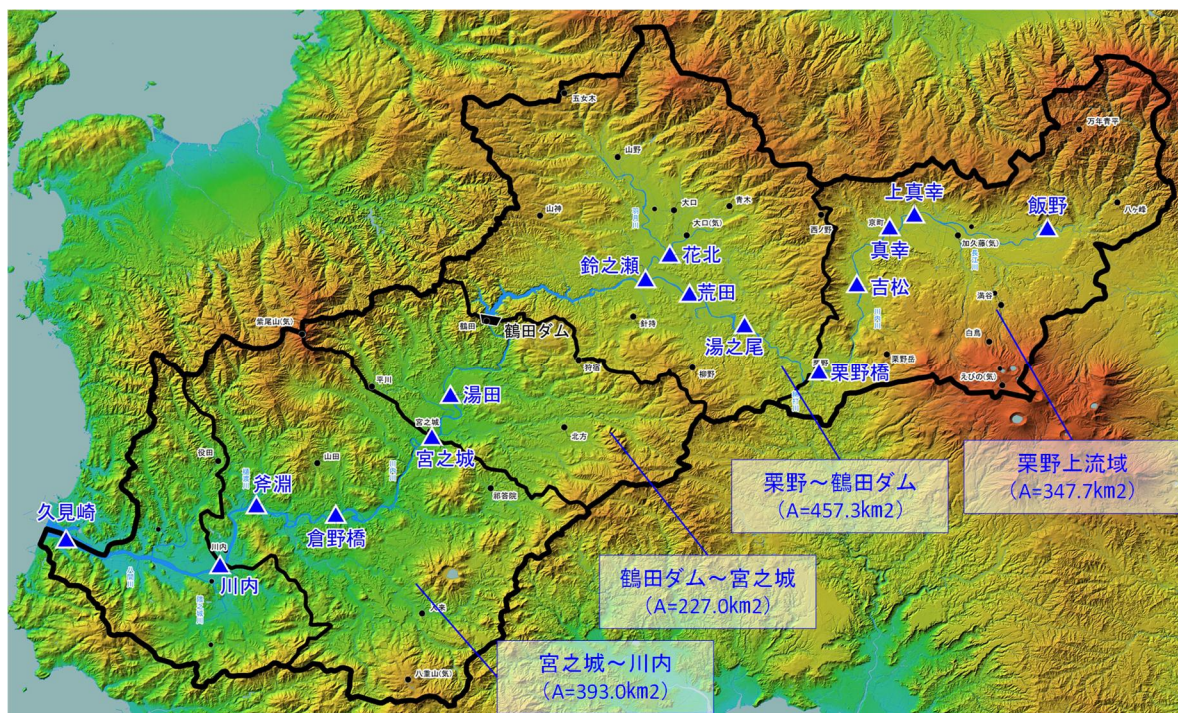


図 1-9-1 地域分布設定図

(2) 棄却基準値の選定

各選定地域における棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）の各流域の各年最大 12 時間雨量について確率計算を行い、各確率分布モデルの中で $SLSC \leq 0.04$ かつ Jackknife 推定誤差が最小となる確率分布モデルの 1/500 確率雨量を採用した。

(3) 地域分布の雨量評価

前項にて選定した地域について、拡大後雨量の異常性評価を確認した。

各地域の拡大後雨量及び棄却基準値は表 1-9-1 に示すとおりであり、4 洪水が棄却された。

表 1-9-1 地域分布による拡大後雨量の確率評価表

No.	洪水 年月日	実 績 雨 量					拡大率	拡大後雨量				クラス ター 番号	棄却 洪水
		川内 上流域	地域分布					地域分布					
		対象 降雨の継続 時間内雨量 (12時間) (mm)	栗野上流 域 (12時間) (mm)	栗野～ 鶴田ダム (12時間) (mm)	鶴田ダム ～ 宮之城 (12時間) (mm)	宮之城～ 川内 (12時間) (mm)		栗野上流 域 (12時間) (mm)	栗野～ 鶴田ダム (12時間) (mm)	鶴田ダム ～ 宮之城 (12時間) (mm)	宮之城～ 川内 (12時間) (mm)		
1	S32. 7. 27	230.0	243.0	178.6	237.0	284.8	1.233	299.6	220.2	292.2	351.2	5	
2	S40. 7. 3	143.0	142.4	137.6	144.0	150.0	1.983	282.4	272.9	285.6	297.5	1	
3	S46. 8. 5	205.9	198.1	162.4	227.0	257.9	1.377	272.8	223.6	312.6	355.1	5	
4	S47. 6. 18	239.1	197.7	226.2	262.7	278.3	1.186	234.5	268.3	311.6	330.1	1	
5	S47. 6. 27	170.5	188.1	186.7	176.7	136.6	1.663	312.8	310.5	293.9	227.2	3	
6	S51. 7. 19	173.9	155.2	168.7	183.0	192.1	1.631	253.1	275.1	298.5	313.3	1	
7	S54. 6. 28	196.7	220.6	189.6	188.5	189.1	1.442	318.1	273.4	271.8	272.7	2	
8	S62. 7. 18	167.2	145.4	148.9	219.8	178.2	1.696	246.6	252.5	372.8	302.2	1	
9	S63. 7. 18	168.3	96.6	216.5	235.8	136.6	1.685	162.8	364.8	397.3	230.2	4	×
10	H1. 7. 28	223.3	285.4	203.5	210.8	198.1	1.270	362.5	258.4	267.7	251.6	2	
11	H5. 7. 4	198.3	170.2	202.2	236.5	196.0	1.430	243.4	289.1	338.2	280.3	4	
12	H5. 8. 1	190.4	218.4	224.9	211.2	113.7	1.489	325.2	334.9	314.5	169.3	3	
13	H5. 8. 6	188.9	156.2	147.2	216.1	250.9	1.501	234.5	220.9	324.4	376.6	5	
14	H9. 9. 16	190.9	310.3	152.6	155.4	150.5	1.486	461.1	226.8	230.9	223.6	2	×
15	H17. 9. 6	184.8	275.9	150.8	185.4	142.8	1.535	423.5	231.5	284.6	219.2	2	×
16	H18. 7. 22	295.1	310.5	331.5	336.9	215.2	0.961	298.4	318.6	323.8	206.8	3	
17	H23. 6. 16	188.4	205.9	193.8	208.2	155.5	1.505	309.9	291.7	313.3	234.0	2	
18	H23. 7. 6	194.2	152.0	267.5	222.5	129.8	1.460	221.9	390.6	324.9	189.5	3	×
19	R2. 7. 6	206.8	194.4	216.3	228.5	193.5	1.371	266.5	296.5	313.3	265.3	4	
20	R3. 7. 10	313.4	279.4	379.4	373.9	231.6	0.905	252.9	343.4	338.4	209.6	3	×⇒○
棄却基準値 (1/500)		—	—	—	—	—	—	420.7	335.6	380.0	379.7		

※ : 拡大後雨量の確率評価が棄却基準値を超過する雨量

※ 令和3年7月波形は計画降雨量を超過する実績波形であることから、引き締め後の降雨量が地域分布で棄却に値するとしても棄却は行っていない。

1-9-4 時間分布の評価について

時間分布の検討では、洪水到達時間相当の短時間雨量にて過度に引き伸ばしがされていないか確認した。

(1) 対象時間の選定

- 対象降雨の降雨継続時間である 12 時間の 1/2 降雨継続時間の「6 時間」を短時間雨量として確認した。

表 1-9-2 対象時間の設定

基準地点	時間分布棄却基準（短時間雨量）として設定
川内	6 時間

(2) 棄却基準値の選定

対象時間における棄却基準値を設定する。確率雨量の算定は、昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）までの年最大雨量について確率計算を行い、各計算手法の中で $SLSC \leq 0.04$ かつ Jackknife 推定誤差が最小になる確率分布モデルの 1/500 確率雨量を採用した。

(3) 時間分布の雨量評価

前項にて設定した棄却基準値をもとに、著しい引き伸ばしとなっていないかを確認した。

各時間の拡大後雨量及び棄却基準値は表 1-9-3 に示すとおりであり、2 洪水が棄却された。

表 1-9-3 時間分布による拡大後雨量の確率評価表

No.	洪水 年月日	実 績 雨 量		対象 降雨の 降雨量 (12時間) (1/100) (mm)	拡大率	拡大後雨量	クラスター 番号	棄却 洪水
		川内上流域				時間分布		
		対象 降雨の 継続 時間 内雨量 (12時間) (mm)	6時間 雨量 (mm)			6時間 雨量 (mm)		
1	S32. 7. 27	230. 0	163. 5	283. 6	1. 233	201. 6	5	
2	S40. 7. 3	143. 0	114. 3		1. 983	226. 7	1	
3	S46. 8. 5	205. 9	121. 0		1. 377	166. 6	5	
4	S47. 6. 18	239. 1	177. 6		1. 186	210. 6	1	
5	S47. 6. 27	170. 5	162. 3		1. 663	269. 9	3	×
6	S51. 7. 19	173. 9	91. 2		1. 631	148. 7	1	
7	S54. 6. 28	196. 7	118. 9		1. 442	171. 5	2	
8	S62. 7. 18	167. 2	129. 3		1. 696	219. 3	1	
9	S63. 7. 18	168. 3	147. 1		1. 685	247. 9	4	×
10	H1. 7. 28	223. 3	144. 0		1. 270	182. 9	2	
11	H5. 7. 4	198. 3	137. 4		1. 430	196. 5	4	
12	H5. 8. 1	190. 4	128. 3		1. 489	191. 0	3	
13	H5. 8. 6	188. 9	99. 6		1. 501	149. 5	5	
14	H9. 9. 16	190. 9	133. 6		1. 486	198. 5	2	
15	H17. 9. 6	184. 8	117. 1		1. 535	179. 7	2	
16	H18. 7. 22	295. 1	205. 7		0. 961	197. 7	3	
17	H23. 6. 16	188. 4	126. 4		1. 505	190. 2	2	
18	H23. 7. 6	194. 2	163. 9		1. 460	239. 3	3	
19	R2. 7. 6	206. 8	114. 7		1. 371	157. 3	4	
20	R3. 7. 10	313. 4	238. 2		0. 905	215. 6	3	
棄却基準値※ (1/500)		—	—	—		245. 8		

：拡大後雨量の確率評価が棄却基準値を超過しているため棄却

※6h棄却基準値1/500の確率分布モデルは、グンベル分布（Gumbel）

1-10 主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算

主要洪水を対象に、12時間雨量に対して、1/100規模に1.1倍した降雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成した後、流出計算を行った結果、基準地点川内におけるピーク流量は4,192m³/s～9,859m³/sとなった。基準地点川内におけるピーク流量の一覧を表1-10-1、洪水ごとのハイドログラフを図1-10-1に示す。

表 1-10-1 ピーク流量一覧（基準地点川内）

洪水名					実績12時間 雨量 (mm/12h)	降雨継続時間12時間		棄却判定	
						312.0mm/12h S28～H22標本(N=58)			
						拡大率		川内地点 ピーク流量 (mm)	
1	S	32.	7.	27	230.0	1.357	5,947		
2	S	40.	7.	3	143.0	2.182	9,859		
3	S	46.	8.	5	205.9	1.515	7,012		
4	S	47.	6.	18	239.1	1.305	8,846		
5	S	47.	6.	27	170.5	1.830	8,517	×	
6	S	51.	7.	19	173.9	1.794	7,704		
7	S	54.	6.	28	196.7	1.586	7,544		
8	S	62.	7.	18	167.2	1.866	7,926		
9	S	63.	7.	18	168.3	1.854	11,303	×	×
10	H	1.	7.	28	223.3	1.397	6,804		
11	H	5.	7.	4	198.3	1.573	5,663		
12	H	5.	8.	1	190.4	1.639	9,386		
13	H	5.	8.	6	188.9	1.652	7,469		
14	H	9.	9.	16	190.9	1.634	6,804		×
15	H	17.	9.	6	184.8	1.688	7,333		×
16	H	18.	7.	22	295.1	1.057	8,707		
17	H	23.	6.	16	188.4	1.656	4,192		
18	H	23.	7.	6	194.2	1.607	8,212		×
19	R	2.	7.	6	206.8	1.509	7,735		
20	R	3.	7.	10	313.4	0.996	7,574		

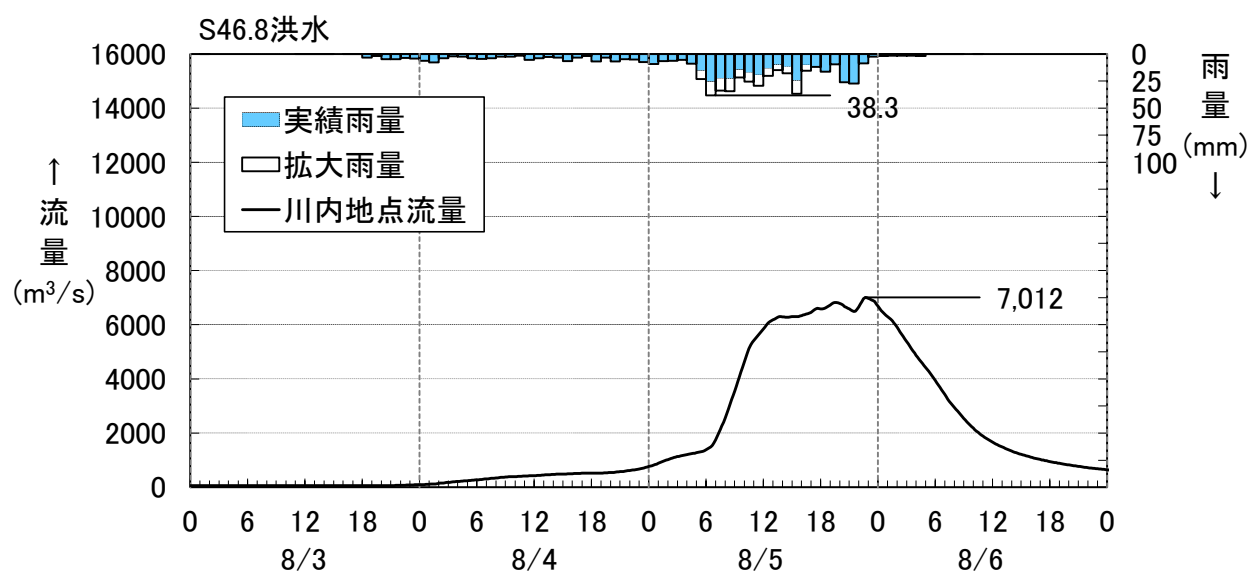
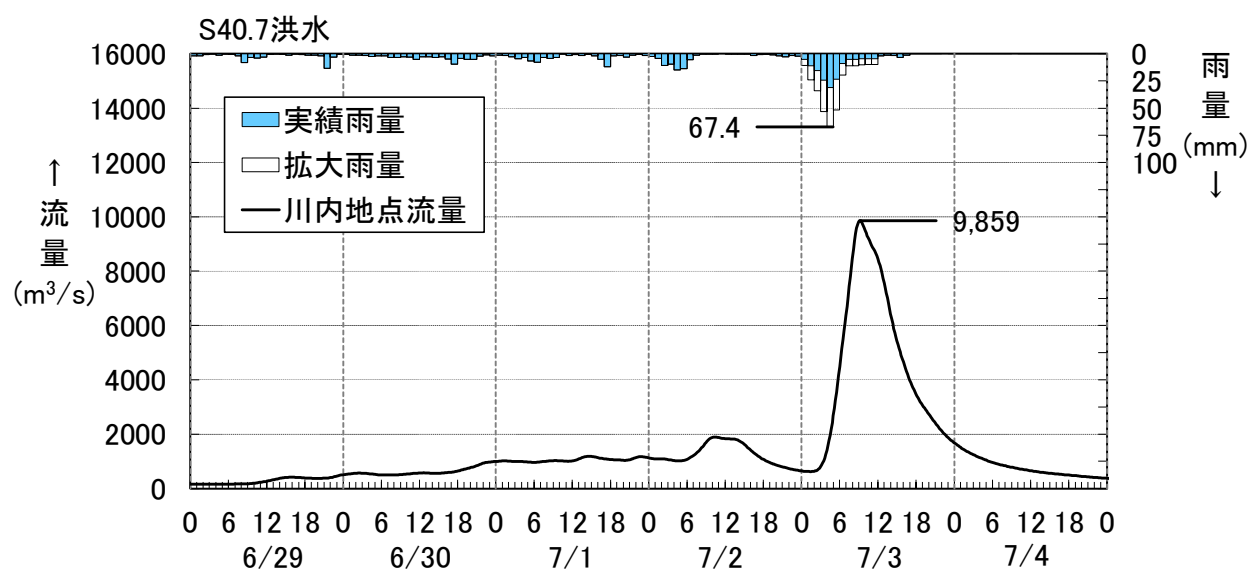
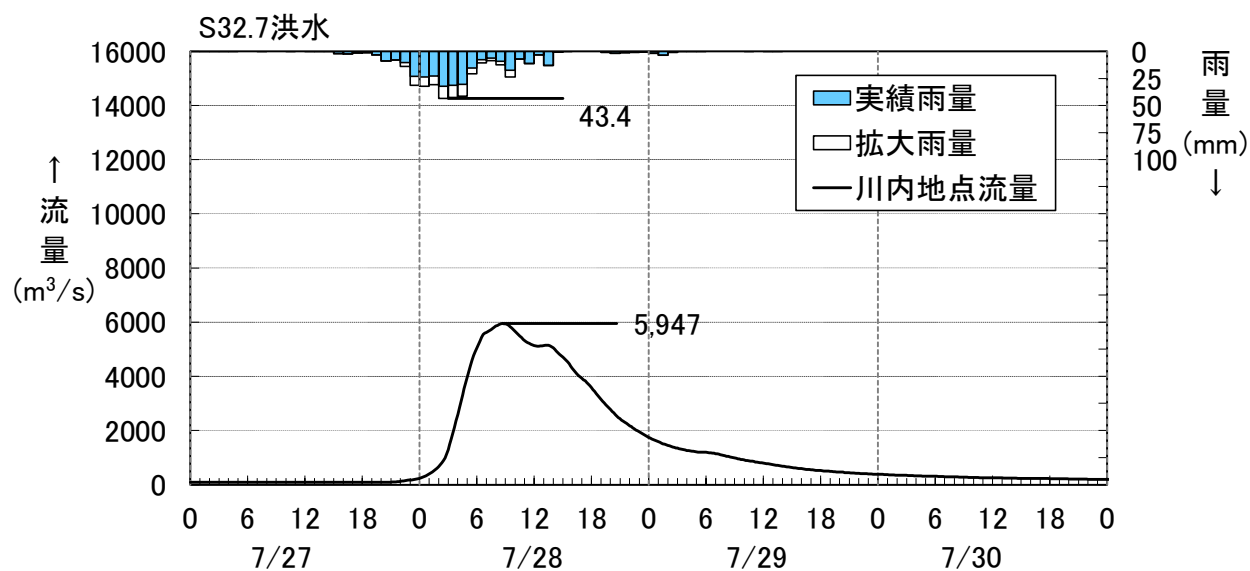


図 1-10-1(1) 主要降雨波形ハイドログラフ

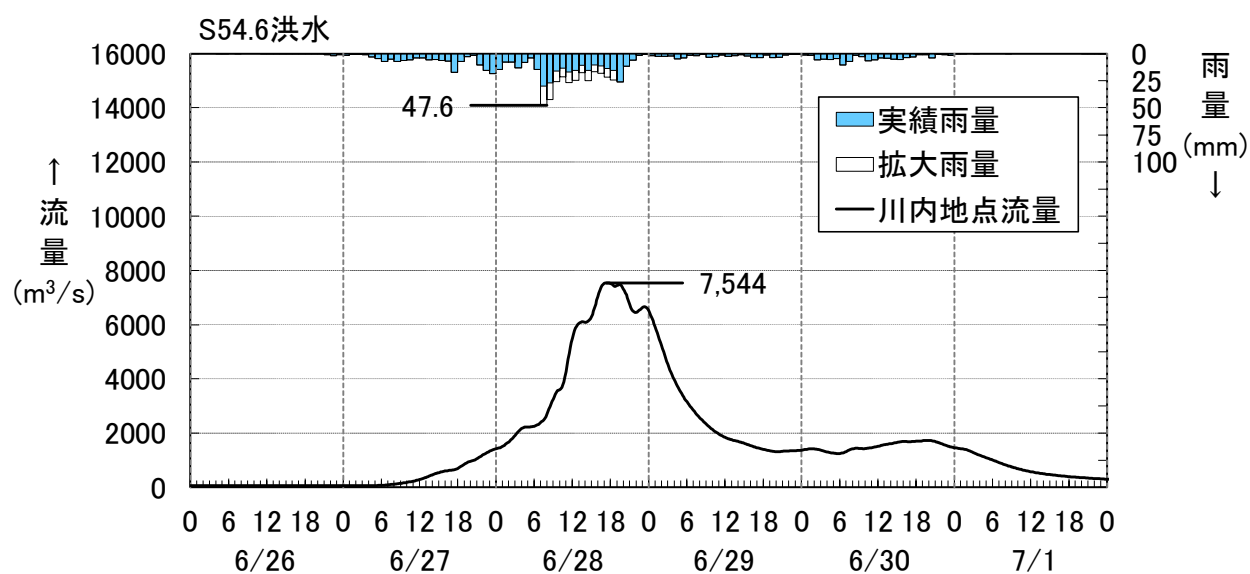
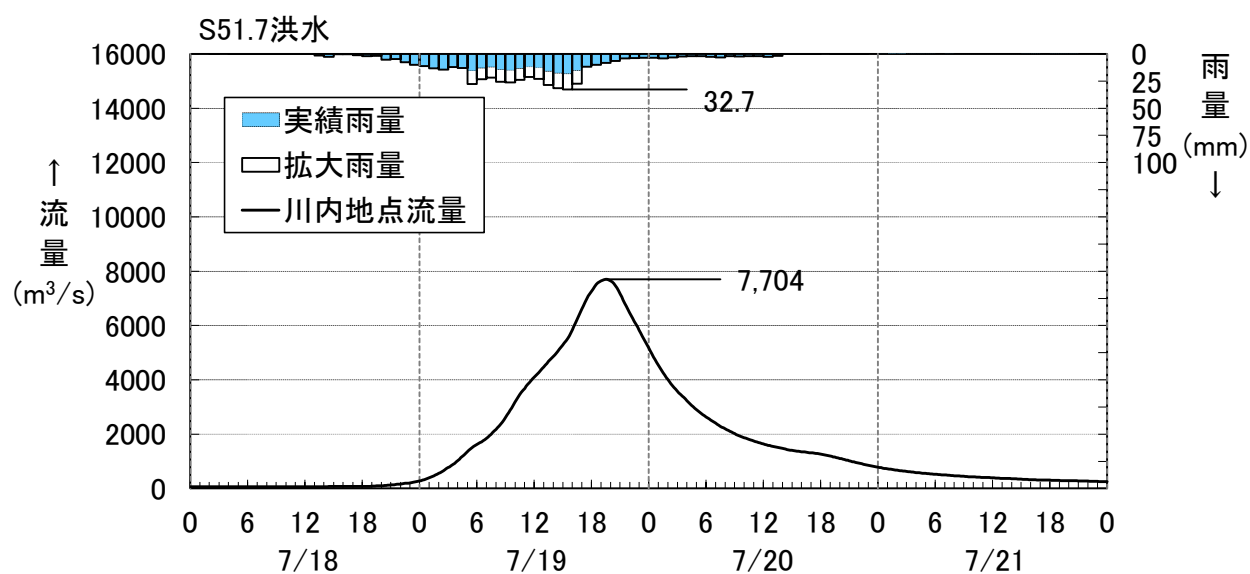
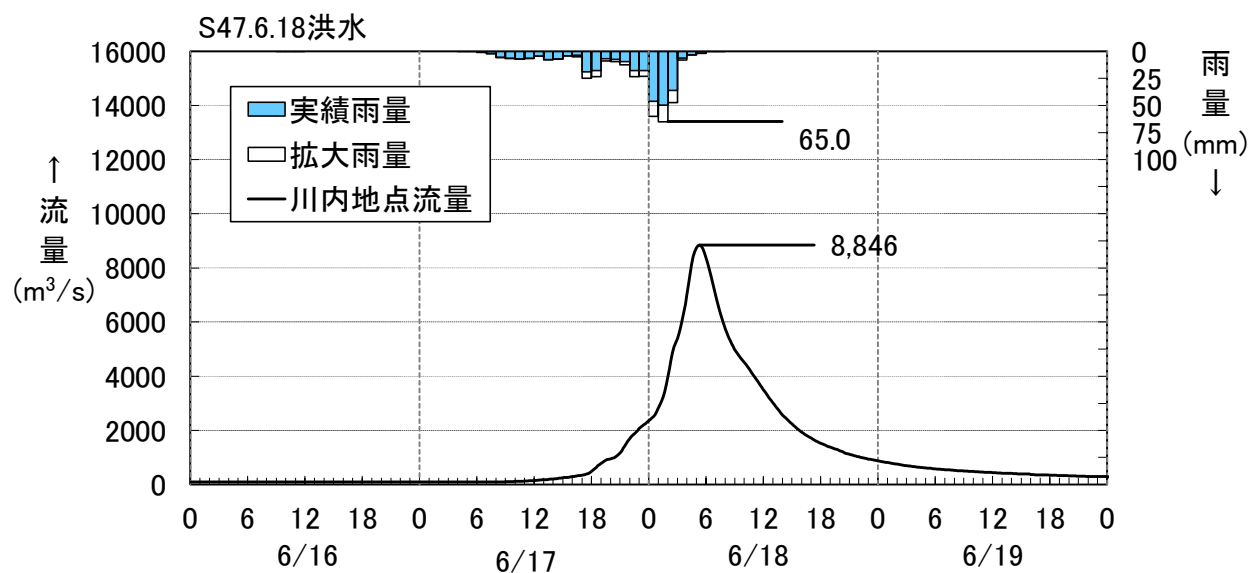


図 1-10-1 (2) 主要降雨波形ハイドログラフ

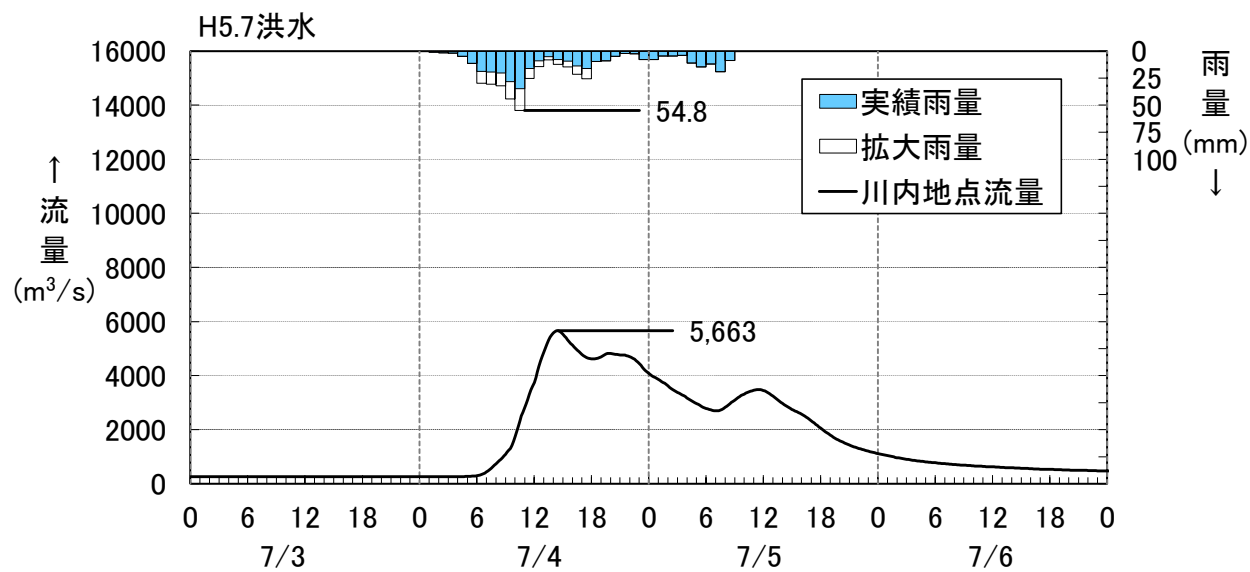
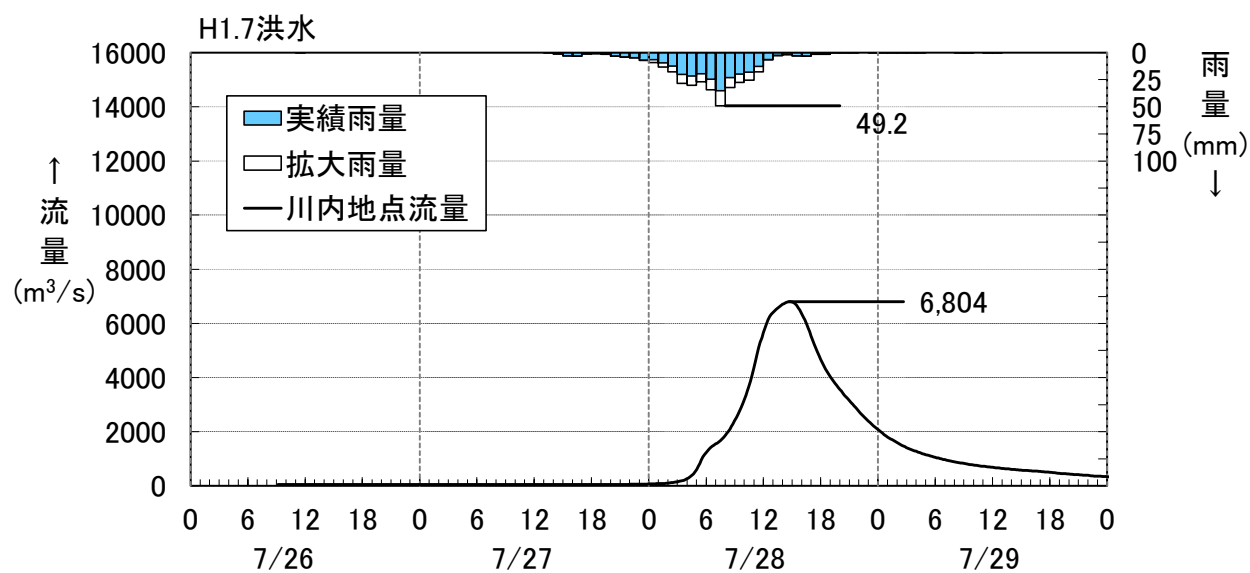
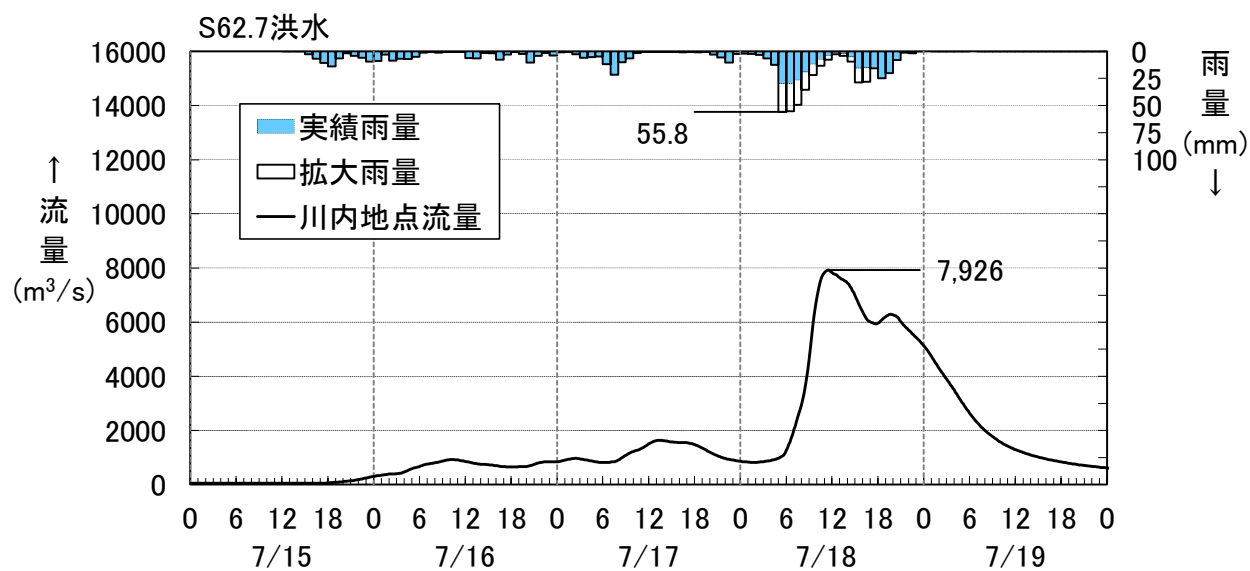


図 1-10-1(3) 主要降雨波形ハイドログラフ

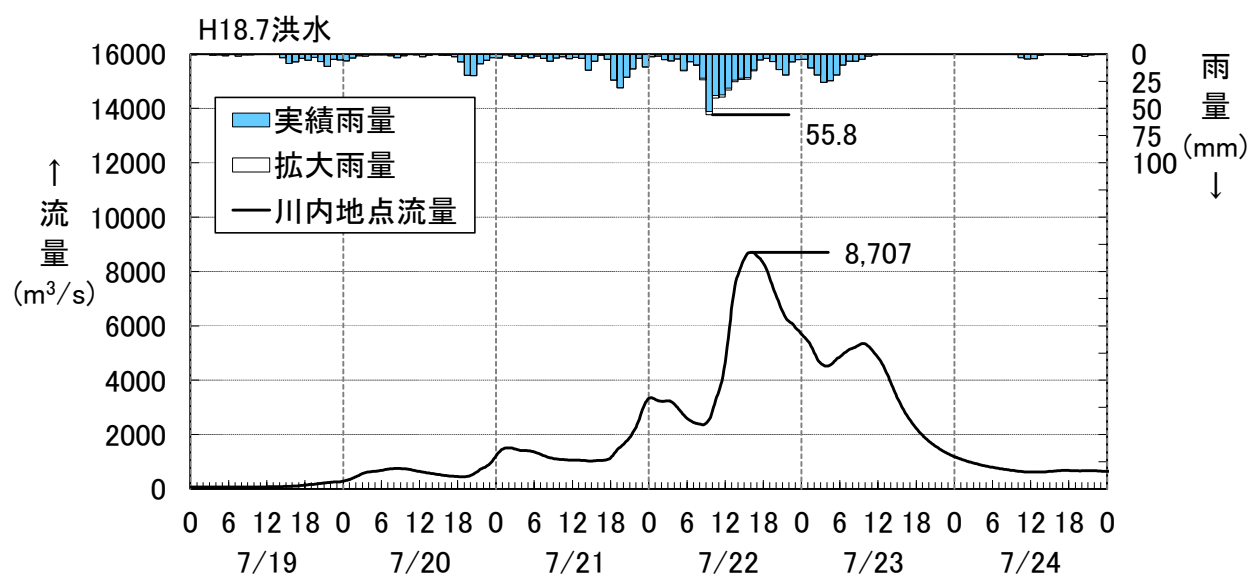
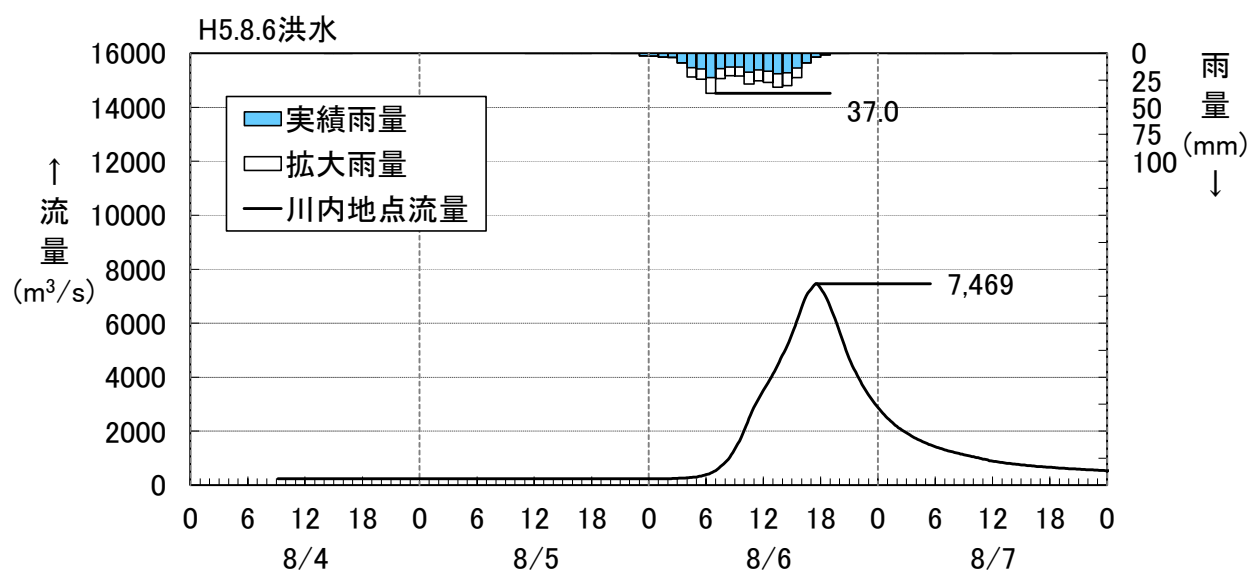
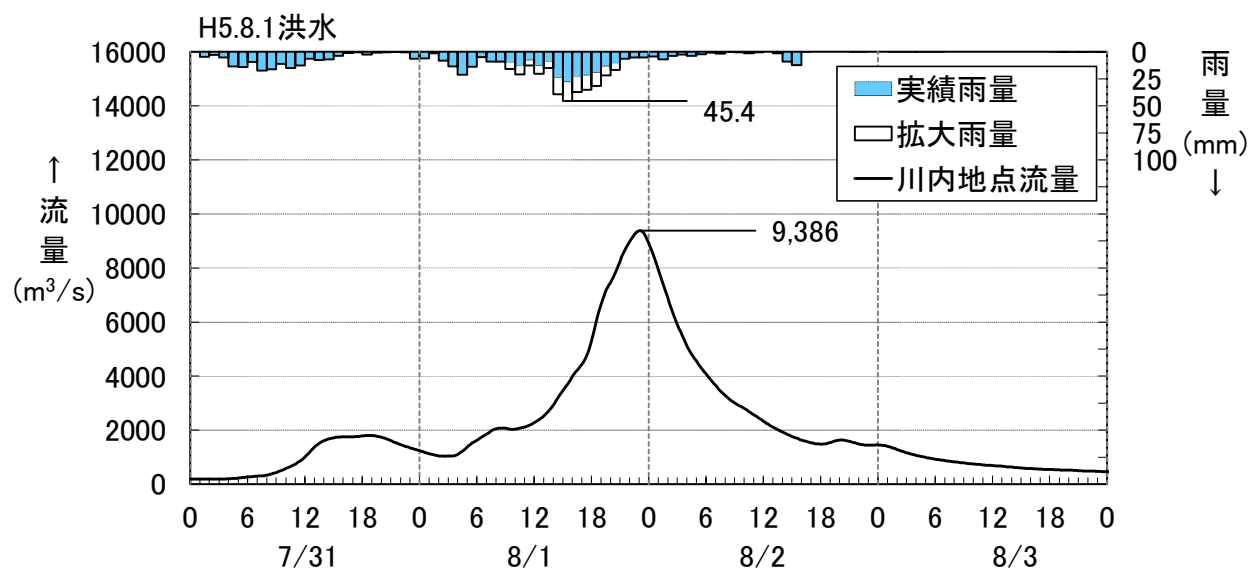


図 1-10-1(4) 主要降雨波形ハイドログラフ

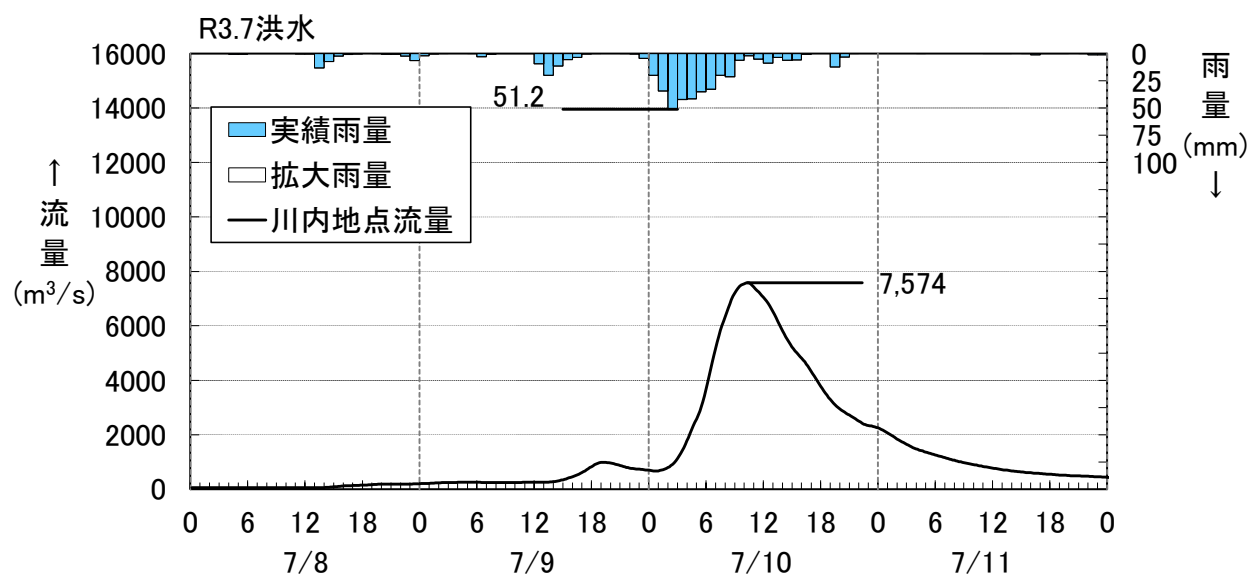
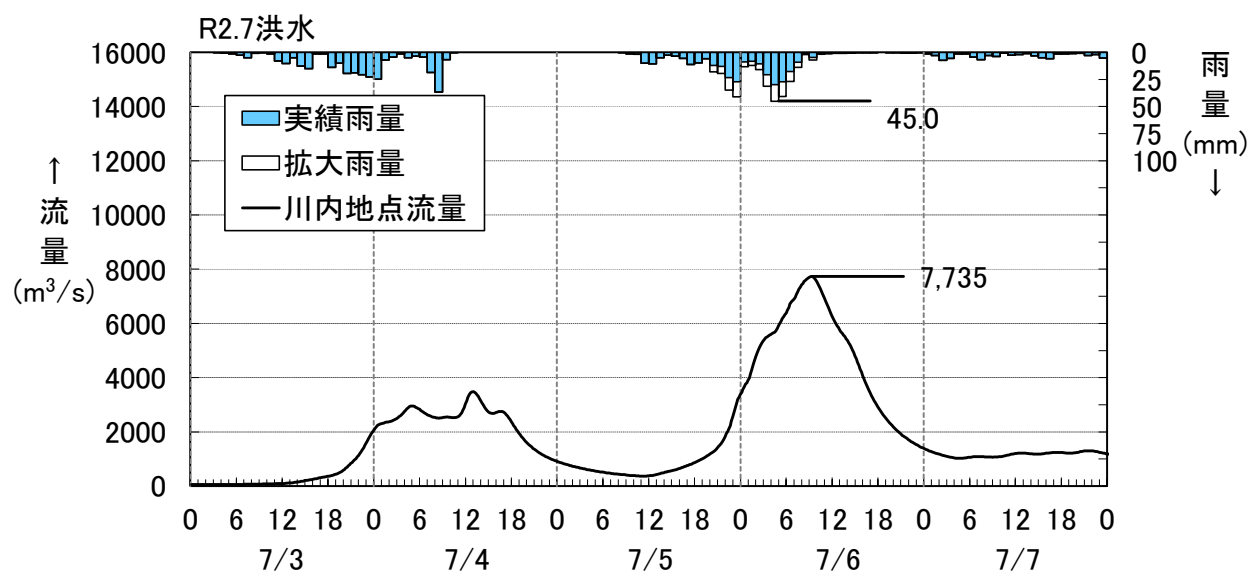
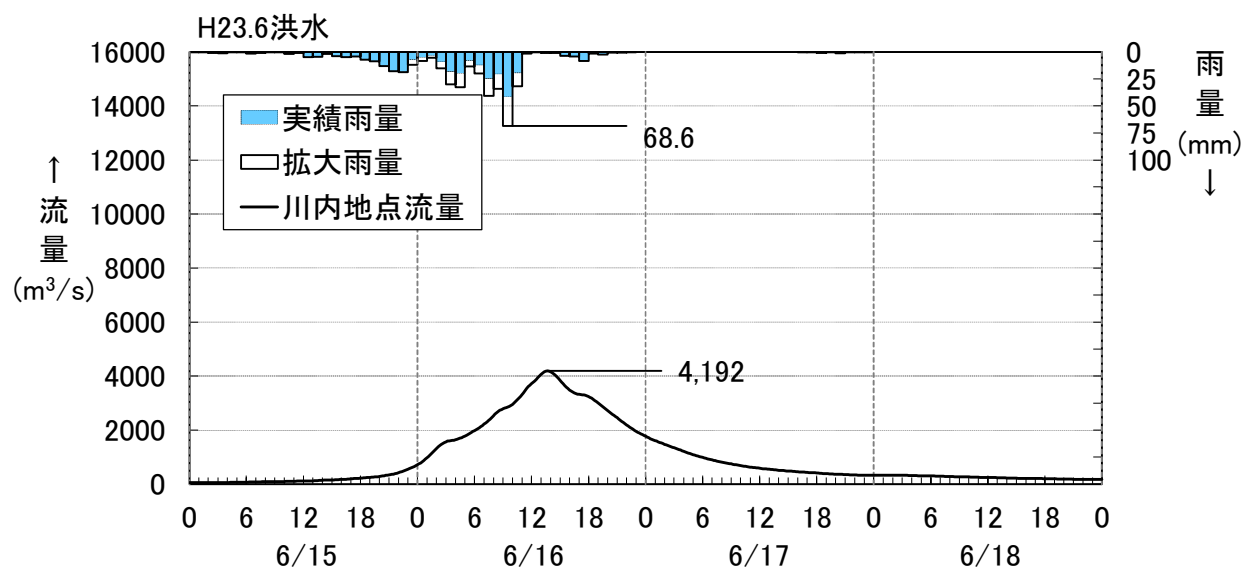


図 1-10-1(5) 主要降雨波形ハイドログラフ

1-11 アンサンブル予測降雨波形による検討

1-11-1 アンサンブル予測降雨波形による流出計算

4℃上昇のシナリオ RCP8.5 における近未来の気候（2℃上昇時：およそ 2040 年頃、世界平均の地上気温が産業革命当時と比べて 2℃上昇）を前提として、文部科学省「SI-CAT 気候変動適応技術社会実装プログラム※」において整備・公表された解像度 5km にダウンスケーリングされたアンサンブル実験により得られたアンサンブル将来予測降雨波形（以下、「d2PDF」）から求めた、現在気候（360 年分＝30 年×12 摂動）及び将来気候（360 年分＝30 年×6SST×2 摂動）の年最大流域平均雨量標本から計画対象降雨の降雨量 312mm/12h に近い（±10%）降雨波形を抽出した。抽出した 16 洪水は、中央集中や複数の降雨ピークがある波形等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した。

また、抽出した洪水の降雨波形を、気候変動を考慮した 1/100 確率規模の 12 時間雨量 312mm まで調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、川内地点のピーク流量は 5,533m³/s ～11,578m³/s の範囲となり、雨量データによる確率からの検討により算出された流量が数値の範囲に収まっていることを確認した。

※SI-CAT：気候変動適応技術社会実装プログラム（Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology）

日本全国の地方自治体等が行う気候変動対応策の検討・策定に汎用的に生かされるような信頼性の高い近未来の気候変動予測技術や気候変動影響に対する適応策の効果の評価を可能とする技術を開発するプログラム

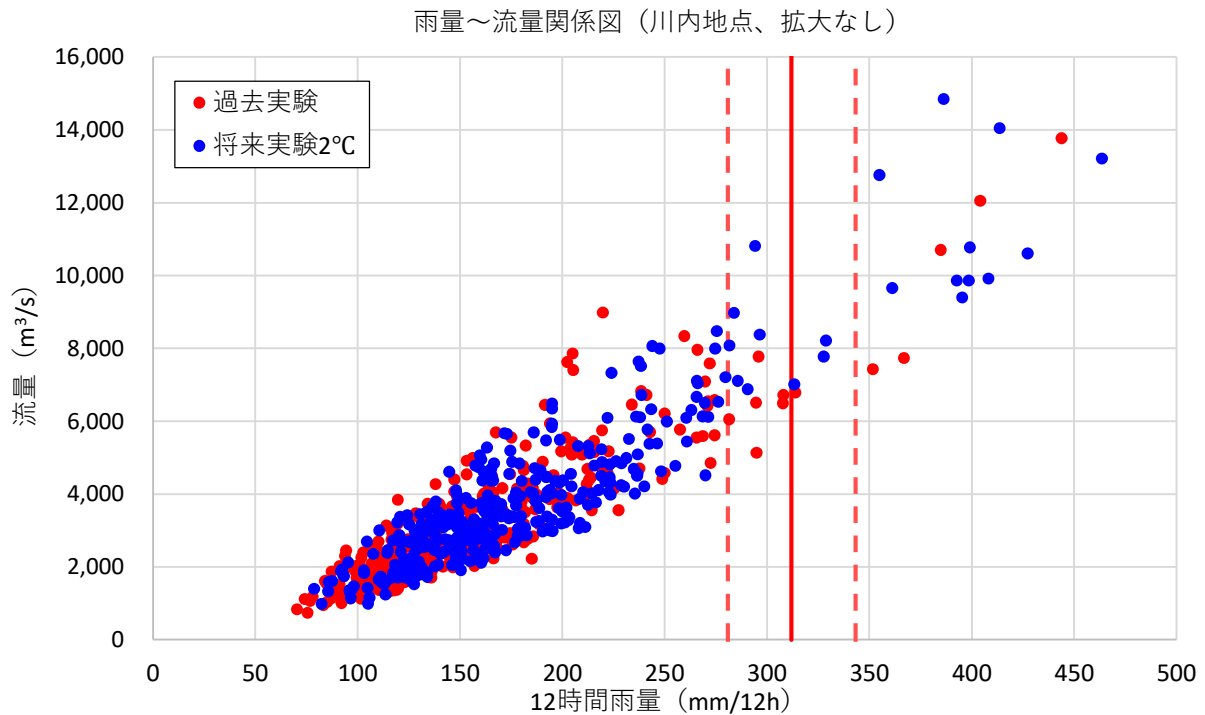


図 1-11-1 アンサンブル予測降雨波形からの抽出（基準地点川内）

- d2PDF（将来 360 年、現在 360 年）の年最大雨量標本を対象
- 著しい引き伸ばし等によって降雨波形をゆがめることがないよう、計画対象降雨（312mm/12h）の降雨量近傍±10%、（上図の赤点線内の降雨）の 16 洪水を抽出

表 1-11-1 アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（川内地点）

洪水名			川内地点 12時間雨量 (mm)	気候変動後 1/100雨量 (mm)	拡大率	川内地点 ピーク流量 (m³/s)
将来実験	HFB_2K_CC_m105	20680707	327.7	312.0	0.952	7,275
	HFB_2K_GF_m101	20650629	296.4		1.053	8,850
	HFB_2K_GF_m105	20630810	283.8		1.099	9,828
	HFB_2K_GF_m105	20820628	281.6		1.108	9,263
	HFB_2K_GF_m105	20890725	294.2		1.061	11,578
	HFB_2K_HA_m105	20720713	328.8		0.949	7,735
	HFB_2K_MI_m101	20750713	313.3		0.996	6,977
	HFB_2K_MI_m105	20800617	285.6		1.092	7,838
	HFB_2K_MP_m105	20710906	290.6		1.074	7,473
過去実験	HPB_m001	19830826	281.5	312.0	1.108	6,751
	HPB_m001	20070629	295.9		1.054	8,272
	HPB_m005	20070818	307.7		1.014	6,613
	HPB_m006	20010911	313.9		0.994	6,743
	HPB_m009	19850705	294.8		1.058	5,533
	HPB_m009	19920916	294.6		1.059	6,970
	HPB_m021	19810515	308.0		1.013	6,828

※拡大率：「12時間雨量」と「対象降雨量」との比率

■ : 川内地点ピーク流量の最大値
■ : 川内地点ピーク流量の最小値

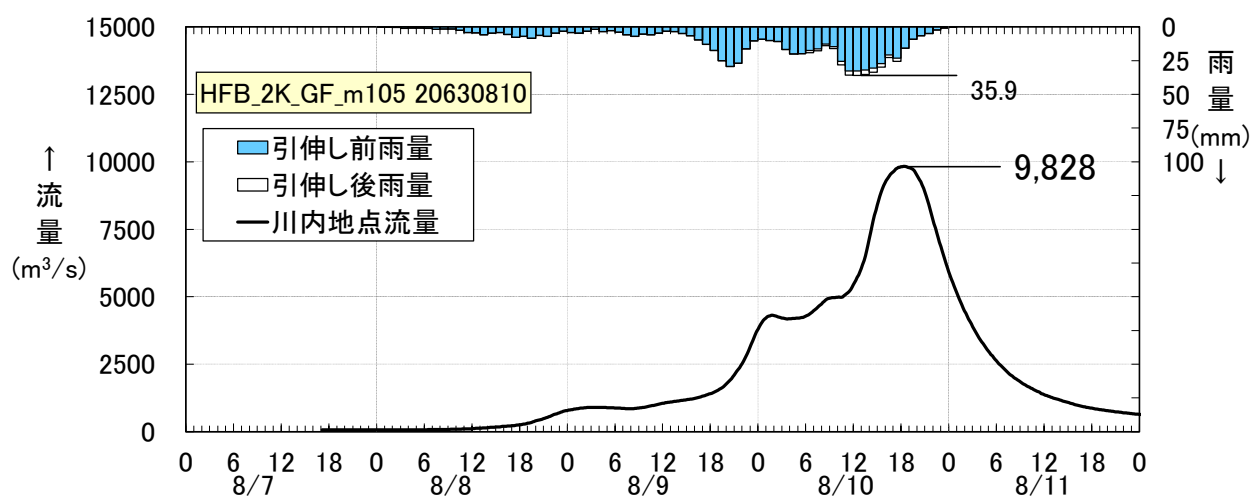
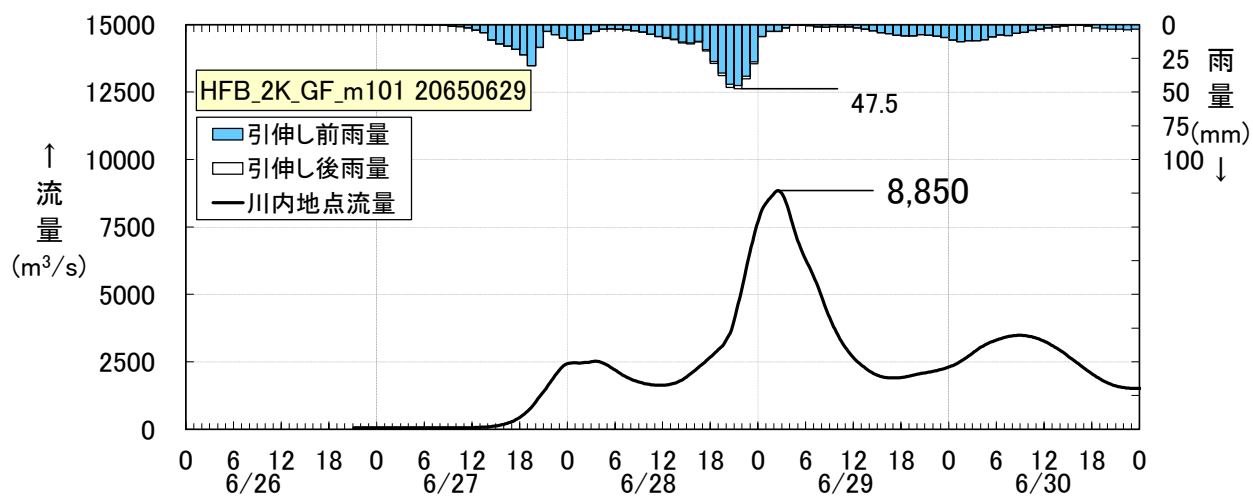
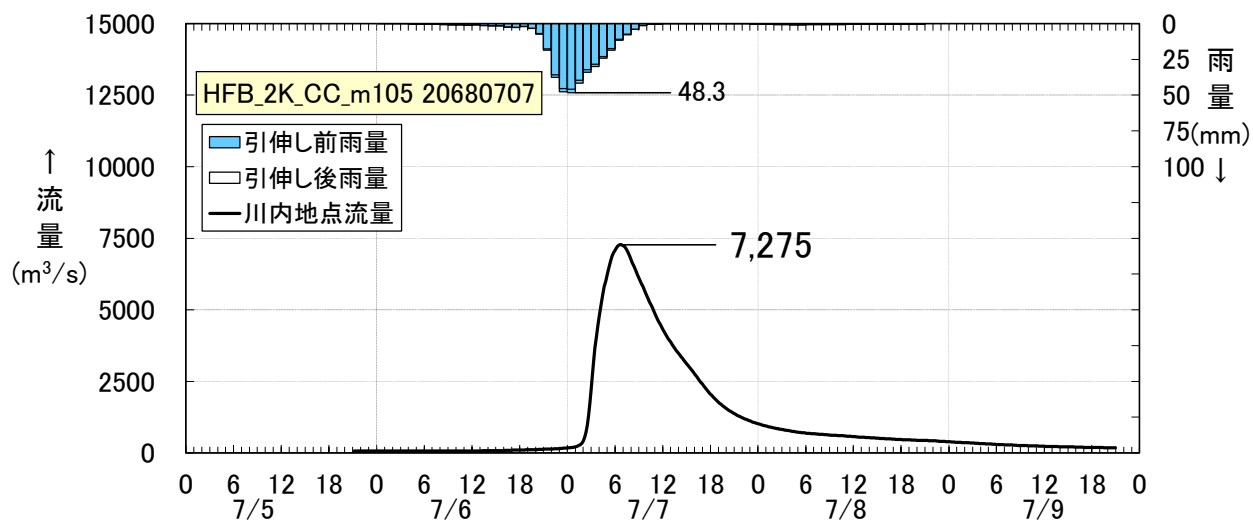


図 1-11-2(1) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (川内地点)

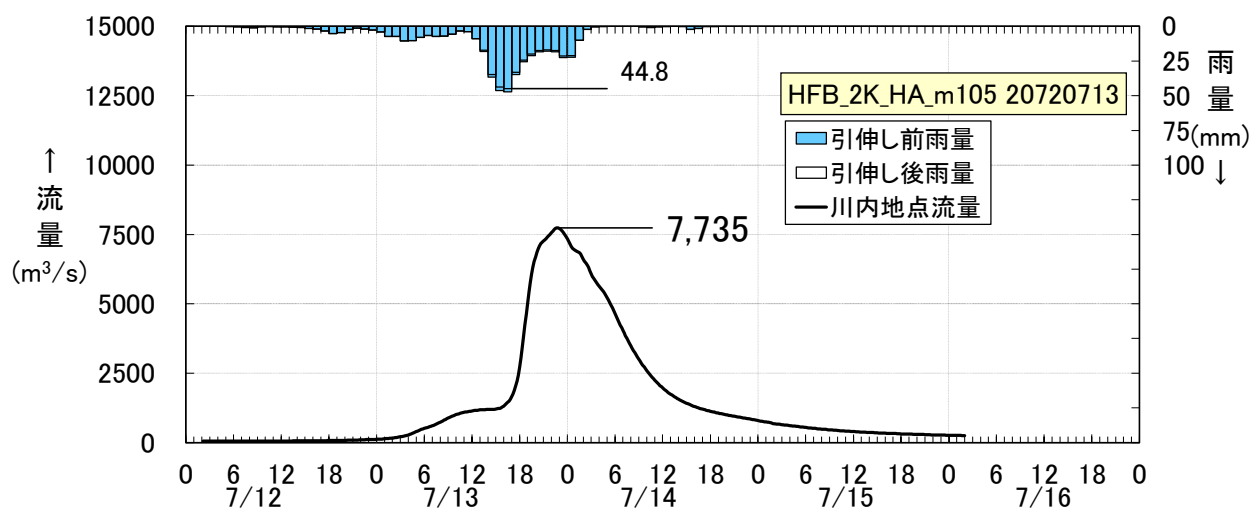
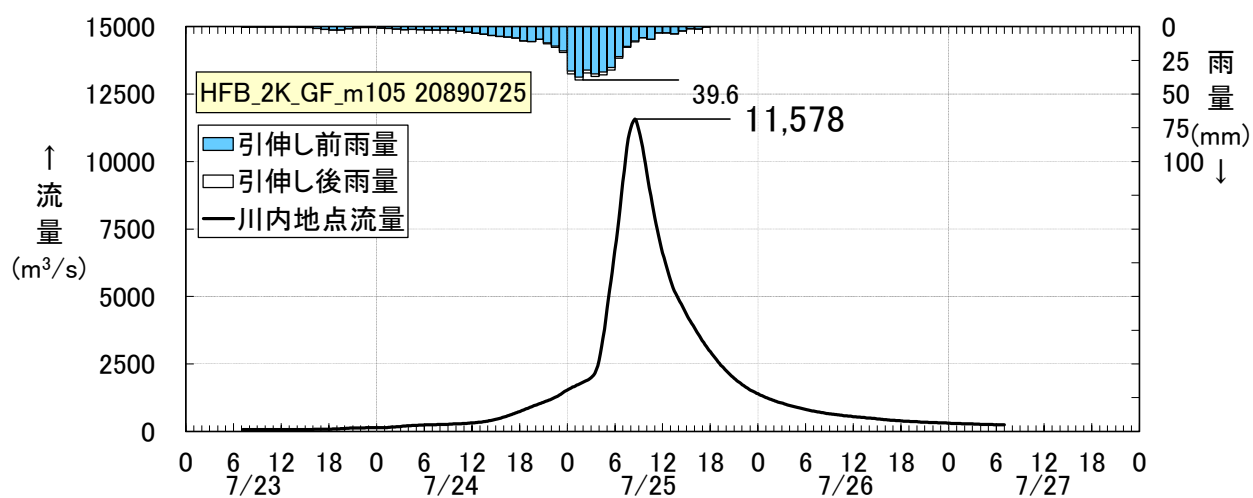
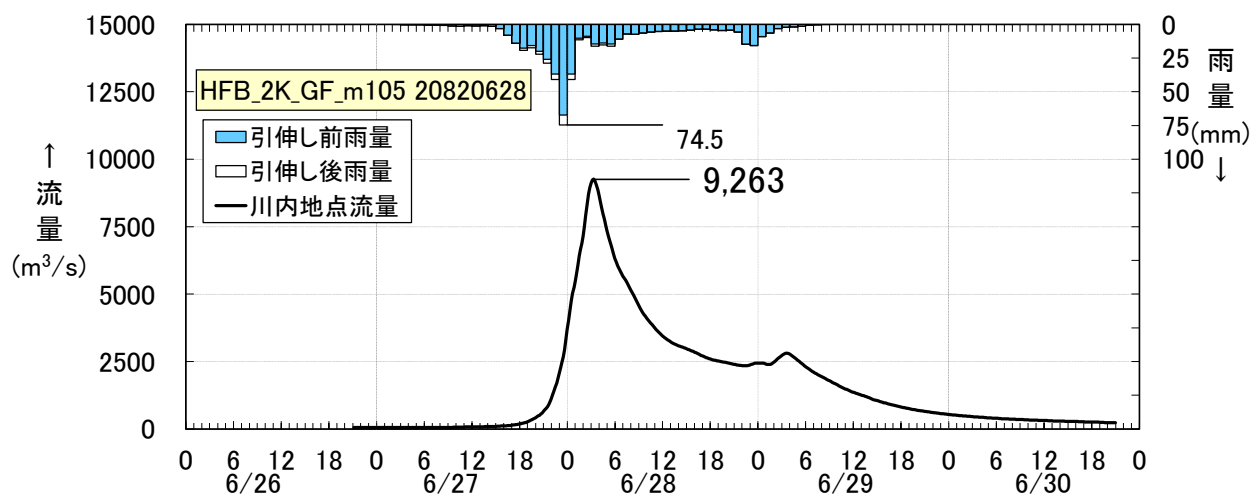


図 1-11-2 (2) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (川内地点)

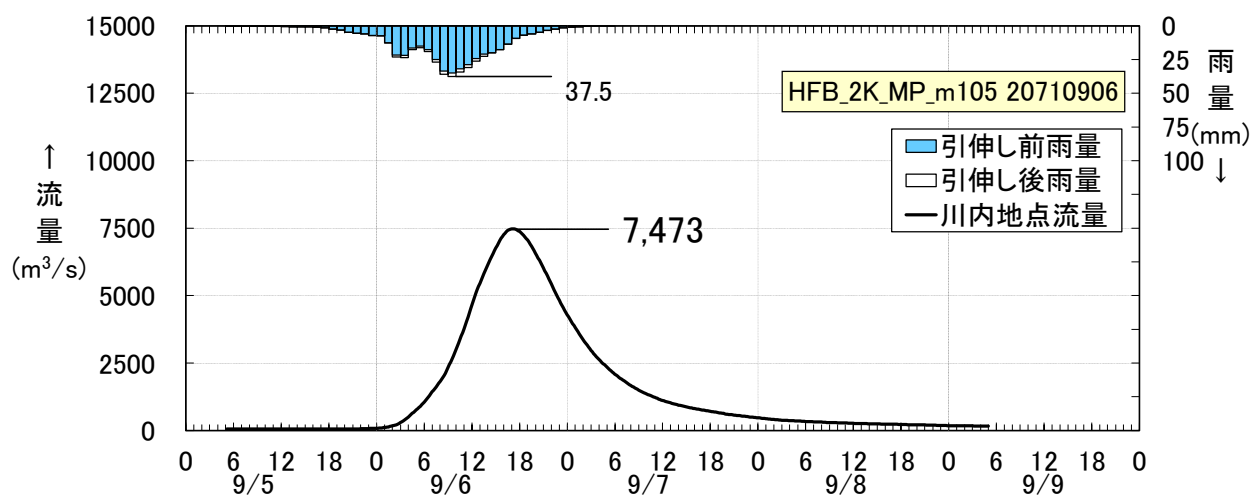
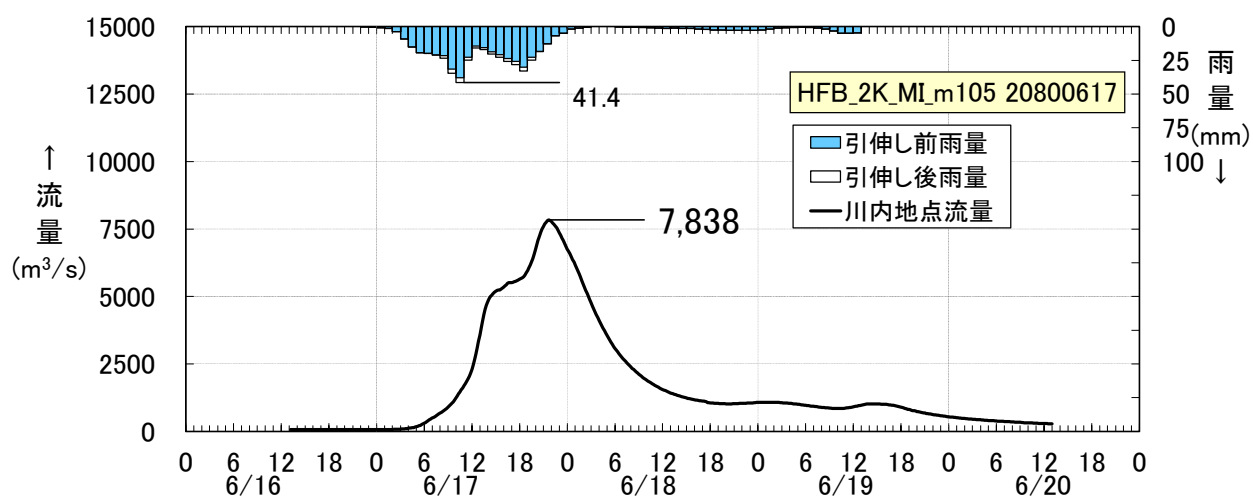
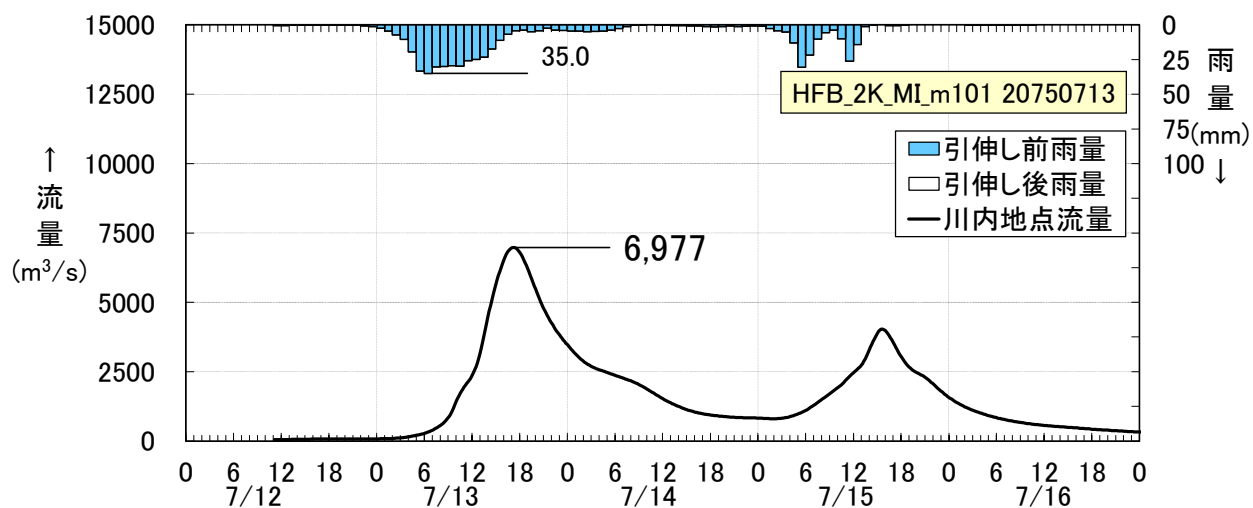


図 1-11-2 (3) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (川内地点)

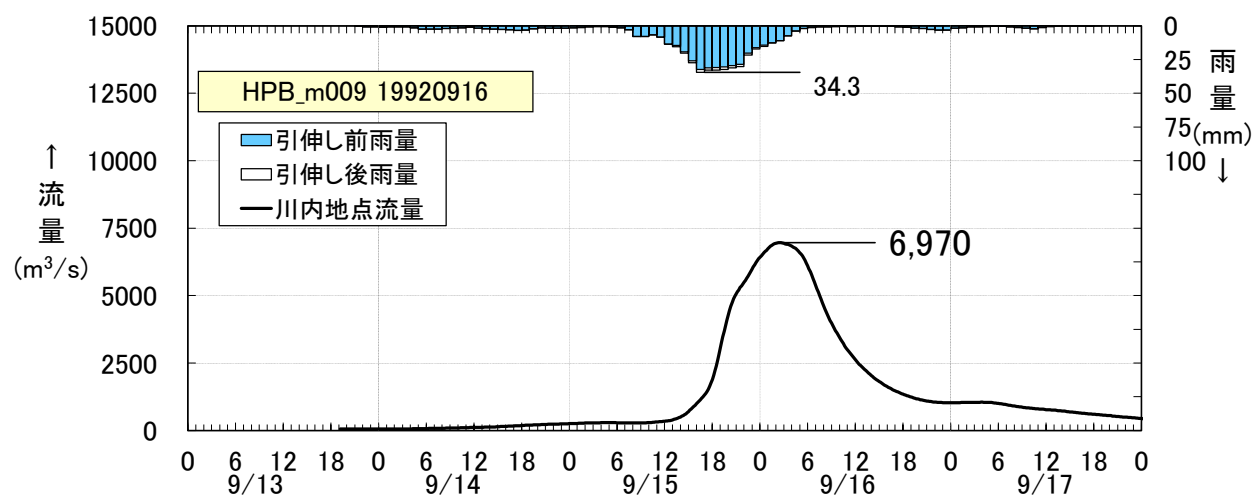
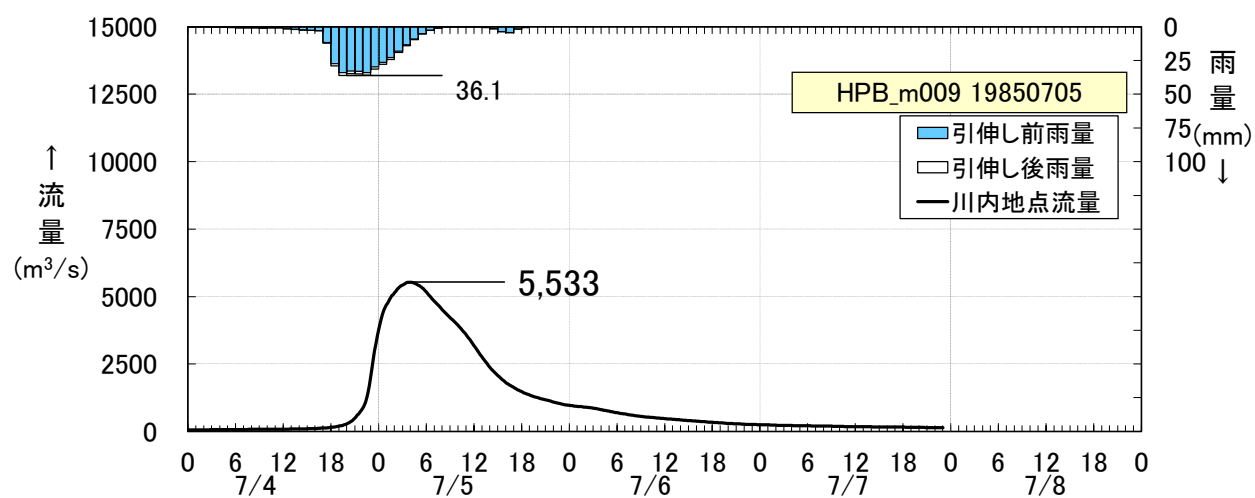
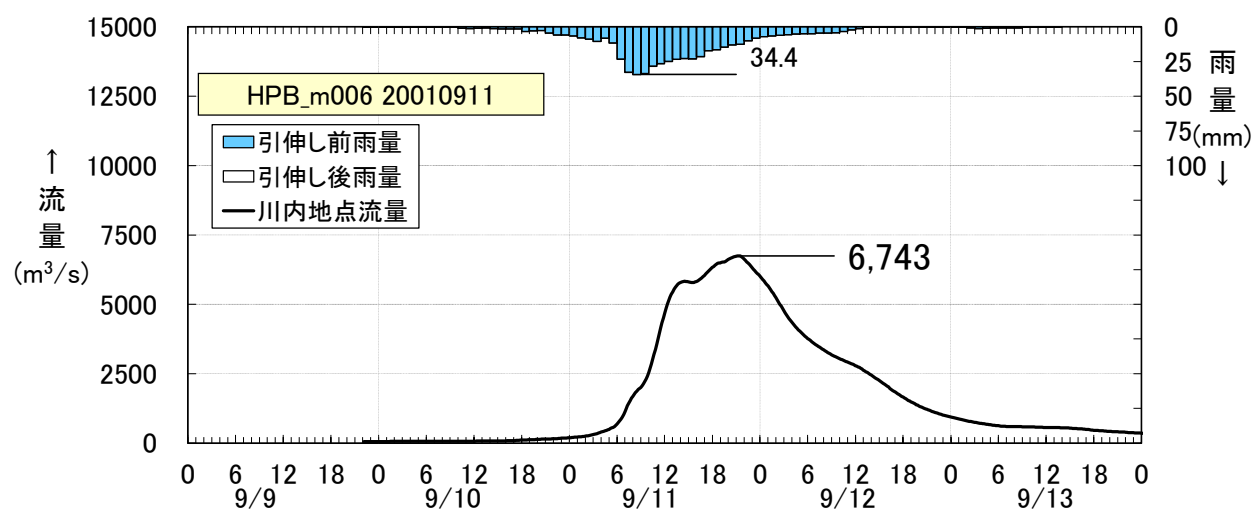


図 1-11-2 (5) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (川内地点)

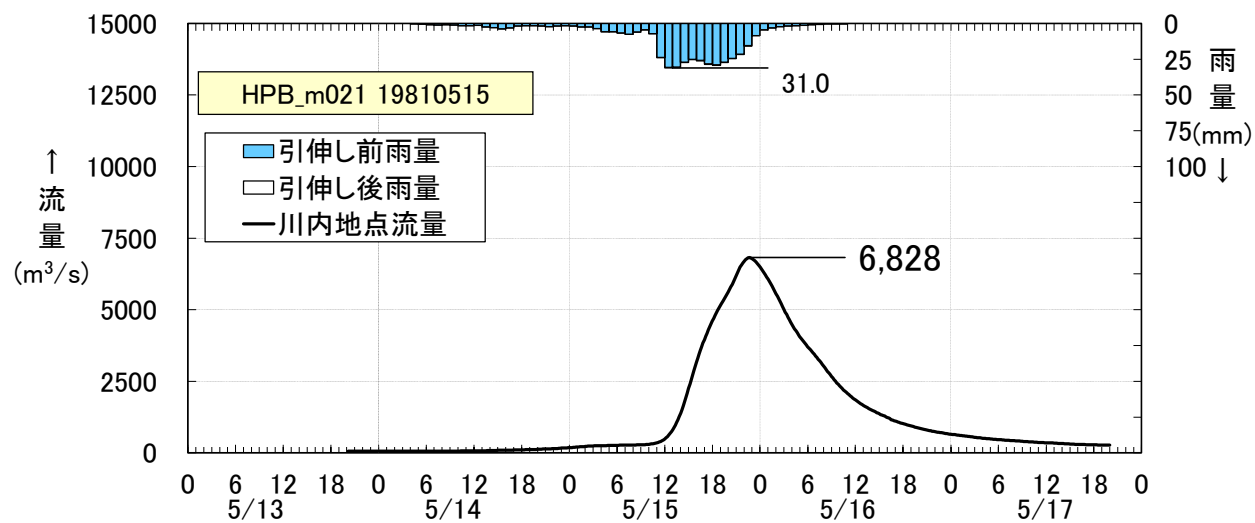


図 1-11-2 (6) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (川内地点)

1-11-2 棄却された実績引き伸ばし降雨における発生の可能性検討

気候変動による降雨パターンの変化（特に小流域集中度の変化）により、これまでの手法で棄却されていた実績引き伸ばし降雨波形の発生が十分予想される場合がある。このため、これまでの手法で棄却されていた実績引き伸ばし降雨波形を、当該水系におけるアンサンブル予測降雨波形による降雨パターンと照らし合わせる等により再検証を実施した。

その結果、基準地点川内で棄却した 5 洪水は、アンサンブル予測降雨から推定される時間分布、地域分布の雨量比（基準地点と小流域の比率）以下に収まらないため、生起し難いと判断した。

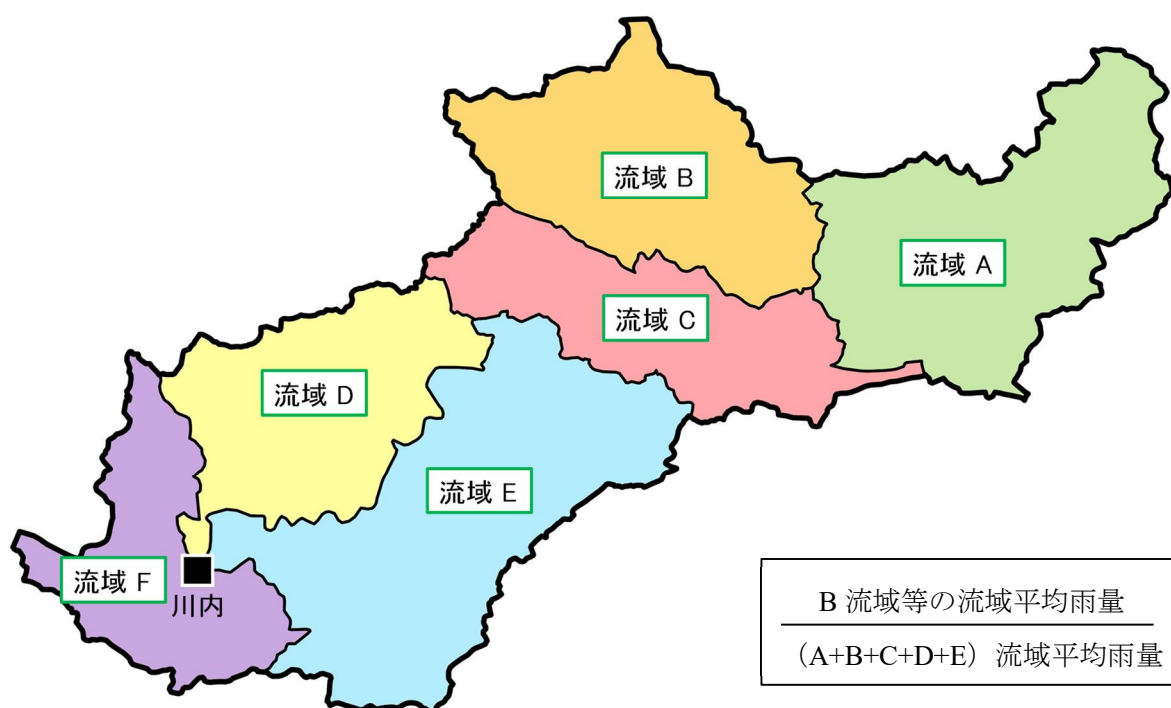


図 1-11-3 流域分布のチェック

(1) 地域分布のチェック

d2PDF（将来気候）から対象降雨の降雨量近傍のアンサンブル予測降雨波形（将来実験の9洪水）を抽出し、各波形について「基準地点上流域の流域平均雨量に対する小流域の流域平均雨量の比率」（小流域の流域平均雨量/基準地点上流域平均雨量）を求めた。小流域は、栗野上流域、羽月川流域、栗野～鶴田ダム流域（羽月川除く）、鶴田ダム下流右岸流域、鶴田ダム下流左岸流域、川内地点下流域を対象とした。

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を下回っている場合は、対象降雨波形に含めることを検討する。

棄却した5洪水のうち2洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

表 1-11-2 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）

d2PDFアンサンブル 洪水名		川内地点			栗野上流域 (A=324.3km ²)		羽月川流域 (A=268.0km ²)		栗野～鶴田ダム流域 (羽月川除く) (A=212.7km ²)		鶴田ダム下流 右岸流域 (A=229.6km ²)		鶴田ダム下流 左岸流域 (A=390.4km ²)		川内地点下流域 (A=175.0km ²)	
		予測雨量① (mm/12h)	予測雨量② (mm/12h)	②/①	予測雨量③ (mm/12h)	③/①	予測雨量④ (mm/12h)	④/①	予測雨量⑤ (mm/12h)	⑤/①	予測雨量⑥ (mm/12h)	⑥/①	予測雨量⑦ (mm/12h)	⑦/①		
HFB_2K_CC_m105	20680707	327.7	347.8	1.06	432.9	1.32	433.8	1.32	328.1	1.00	180.9	0.55	53.3	0.16		
HFB_2K_GF_m101	20650629	296.4	343.5	1.16	387.2	1.31	380.8	1.28	297.0	1.00	146.7	0.49	140.9	0.48		
HFB_2K_GF_m105	20630810	283.8	247.5	0.87	112.1	0.39	305.9	1.08	409.1	1.44	352.0	1.24	306.0	1.08		
HFB_2K_GF_m105	20820628	281.6	148.2	0.53	178.7	0.63	210.9	0.75	491.0	1.74	379.0	1.35	469.5	1.67		
HFB_2K_GF_m105	20890725	294.2	206.0	0.70	184.4	0.63	346.4	1.18	536.5	1.82	267.5	0.91	173.8	0.59		
HFB_2K_HA_m105	20720713	328.8	297.1	0.90	317.3	0.97	304.8	0.93	368.6	1.12	356.2	1.08	523.6	1.59		
HFB_2K_ML_m101	20750713	313.3	333.5	1.06	474.1	1.51	437.5	1.40	186.2	0.59	186.4	0.59	101.4	0.32		
HFB_2K_ML_m105	20800617	285.6	165.8	0.58	256.8	0.90	260.8	0.91	356.7	1.25	376.8	1.32	417.6	1.46		
HFB_2K_MP_m105	20710906	290.6	315.9	1.09	246.3	0.85	287.3	0.99	313.9	1.08	292.1	1.01	260.3	0.90		

■ :最大比率

表 1-11-3 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

棄却した洪水				川内地点			栗野上流域 (A=324.3km ²)		羽月川流域 (A=268.0km ²)		栗野～鶴田ダム流域 (羽月川除く) (A=212.7km ²)		鶴田ダム下流 右岸流域 (A=229.6km ²)		鶴田ダム下流 左岸流域 (A=390.4km ²)		川内地点下流域 (A=175.0km ²)	
No.	洪水年月日			実績雨量 (mm/12h)	計画雨量① (mm/12h)	拡大率	拡大後雨量 ② (mm/12h)	②／①	拡大後雨量 ③ (mm/12h)	③／①	拡大後雨量 ④ (mm/12h)	④／①	拡大後雨量 ⑤ (mm/12h)	⑤／①	拡大後雨量 ④ (mm/12h)	④／①	拡大後雨量 ⑤ (mm/12h)	⑤／①
5	S	47	6/27	170.5	312.0	1.830	343.5	1.10	355.6	1.14	325.4	1.04	335.6	1.08	242.3	0.78	197.4	0.63
9	S	63	7/18	168.3	312.0	1.854	172.4	0.55	396.5	1.27	393.0	1.26	453.4	1.45	242.9	0.78	133.1	0.43
14	H	9	9/16	190.9	312.0	1.634	523.2	1.68	242.0	0.78	261.8	0.84	200.5	0.64	277.4	0.89	240.1	0.77
15	H	17	9/6	184.8	312.0	1.688	476.8	1.53	219.8	0.70	305.2	0.98	233.0	0.75	287.9	0.92	274.2	0.88
18	H	23	7/6	194.2	312.0	1.607	243.1	0.78	437.0	1.40	402.0	1.29	365.5	1.17	203.1	0.65	139.5	0.45

■ :アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

(2) 時間分布のチェック

d2PDF（将来気候）から対象降雨の降雨量近傍のアンサンブル予測降雨波形（将来実験の9洪水）を抽出し、各波形について「対象降雨の継続時間内雨量に対する短時間雨量の比率」を求めた。

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を下回っている場合は、対象降雨波形に含めることを検討した。短時間雨量は、時間分布の評価で用いた6時間を対象とした。

棄却した5洪水のうち3洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

表 1-11-4 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）

d2PDFアンサンブル 洪水名		川内地点		
		予測雨量① (mm/12h)	予測雨量② (mm/6h)	②／①
HFB_2K_CC_m105	20680707	327.7	239.7	0.73
HFB_2K_GF_m101	20650629	296.4	219.2	0.74
HFB_2K_GF_m105	20630810	283.8	179.2	0.63
HFB_2K_GF_m105	20820628	281.6	202.1	0.72
HFB_2K_GF_m105	20890725	294.2	202.3	0.69
HFB_2K_HA_m105	20720713	328.8	211.2	0.64
HFB_2K_ML_m101	20750713	313.3	191.0	0.61
HFB_2K_ML_m105	20800617	285.6	154.8	0.54
HFB_2K_MP_m105	20710906	290.6	177.6	0.61

■ : 最大比率

表 1-11-5 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

棄却した洪水					川内地点				
No.	洪水年月日				実績雨量 (mm/12h)	計画雨量① (mm/12h)	拡大率	拡大後雨量 ② (mm/6h)	②／①
5	S	47	6	27	170.5	312.0	1.830	297.0	0.95
9	S	63	7	18	168.3	312.0	1.854	272.7	0.87
14	H	9	9	16	190.9	312.0	1.634	218.4	0.70
15	H	17	9	6	184.8	312.0	1.688	197.7	0.63
18	H	23	7	6	194.2	312.0	1.607	263.3	0.84

■ : アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

1-11-3 主要洪水群に不足する降雨パターンの確認

これまで、実際に生じた降雨波形のみを計画対象の降雨波形としてきたが、基本高水の設定に用いる計画対象の降雨波形群は、対象流域において大規模洪水を生起し得る様々なパターンの降雨波形等を含んでいる必要がある。

気候変動等による降雨特性の変化によって、追加すべき降雨波形が無いかを確認するため、アンサンブル将来予測降雨波形を用いて空間分布のクラスター分析を行い、将来発生頻度が高まるものの計画対象の実績降雨波形が含まれていないクラスターの確認を実施した。

波形パターンの解析にはクラスター分析を用いた。アンサンブル予測から得られた将来予測波形群 360 波形と過去実験波形 360 波形の計 720 波形を対象に、流域全体の総雨量に対する各流域の寄与率を算出し、ユークリッド距離を指標としてウォード法により 5 つのクラスターに分類した。

基準地点川内で選定された計画対象降雨波形について、クラスター分析を行った結果は表 1-11-6 に示すとおりである。

主要洪水にはクラスター1~5が含まれており起こりうる様々な波形を網羅できていることを確認した。

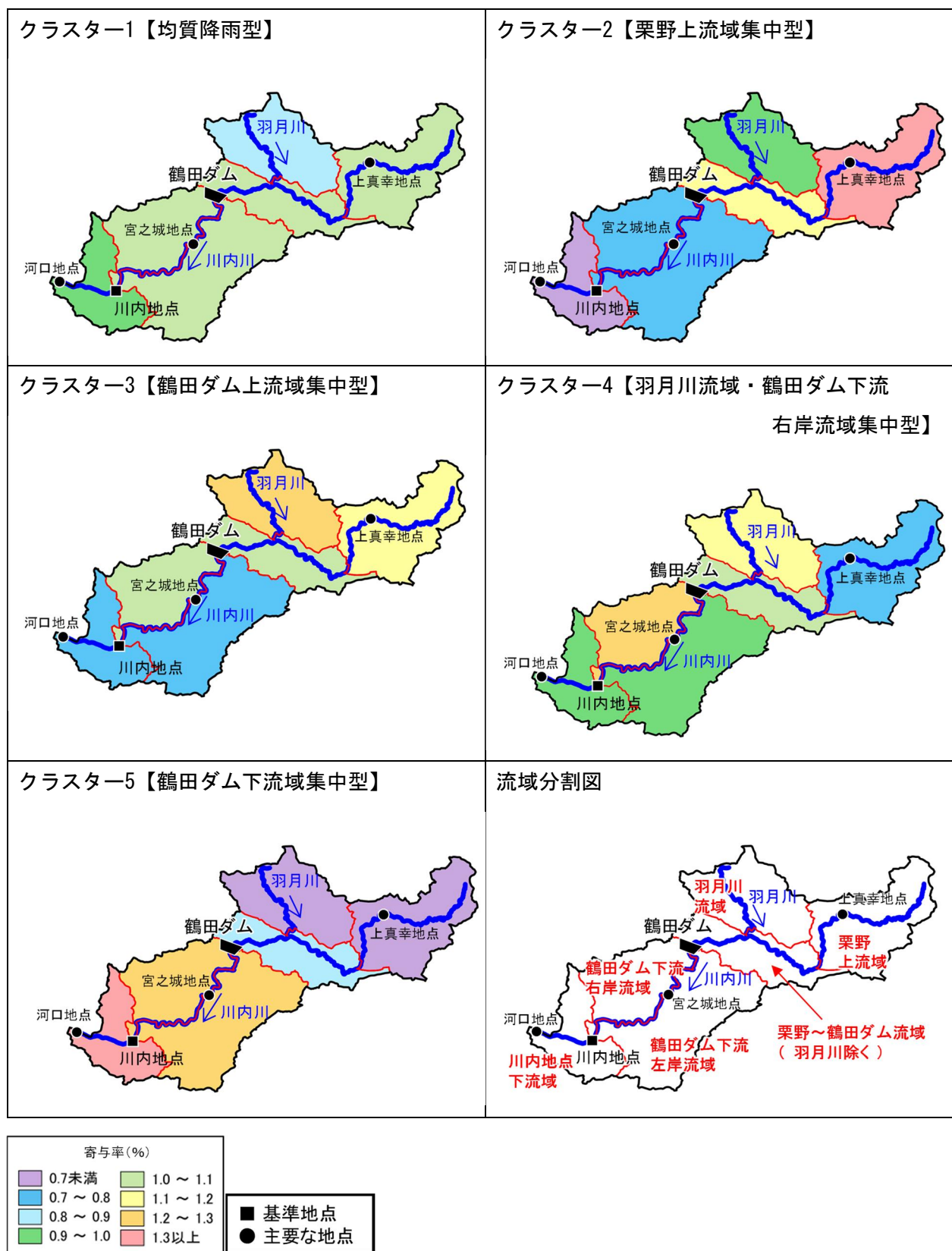
表 1-11-6 主要洪水のクラスター分析結果

洪水名					実績雨量 (mm/12h)	降雨継続時間12時間		棄却判定		クラスター 番号※
						312.0mm/12h S28～H22標本 (N=58)				
						拡大率	川内地点 ピーク流量 (mm)	時間 分布	地域 分布	
1	S	32.	7.	27	230.0	1.357	5,947			1
2	S	40.	7.	3	143.0	2.182	9,859			1
3	S	46.	8.	5	205.9	1.515	7,012			1
4	S	47.	6.	18	239.1	1.305	8,846			1
5	S	47.	6.	27	170.5	1.830	8,517	×		3
6	S	51.	7.	19	173.9	1.794	7,704			4
7	S	54.	6.	28	196.7	1.586	7,544			3
8	S	62.	7.	18	167.2	1.866	7,926			5
9	S	63.	7.	18	168.3	1.854	11,303	×	×	4
10	H	1.	7.	28	223.3	1.397	6,804			1
11	H	5.	7.	4	198.3	1.573	5,663			4
12	H	5.	8.	1	190.4	1.639	9,386			3
13	H	5.	8.	6	188.9	1.652	7,469			5
14	H	9.	9.	16	190.9	1.634	6,804		×	2
15	H	17.	9.	6	184.8	1.688	7,333		×	2
16	H	18.	7.	22	295.1	1.057	8,707			3
17	H	23.	6.	16	188.4	1.656	4,192			3
18	H	23.	7.	6	194.2	1.607	8,212		×	3
19	R	2.	7.	6	206.8	1.509	7,735			4
20	R	3.	7.	10	313.4	0.996	7,574			3

※1: 均質降雨型、2: 栗野上流域集中型、3: 鶴田ダム上流域集中型

4: 羽月川流域・鶴田ダム下流右岸流域集中型、5: 鶴田ダム下流域集中型

 : 棄却洪水



※寄与率＝各地域区分の流域平均 12 時間雨量÷全流域の流域平均 12 時間雨量

図 1-11-4 川内川流域における将来実験アンサンブル予測降雨のクラスター分析結果

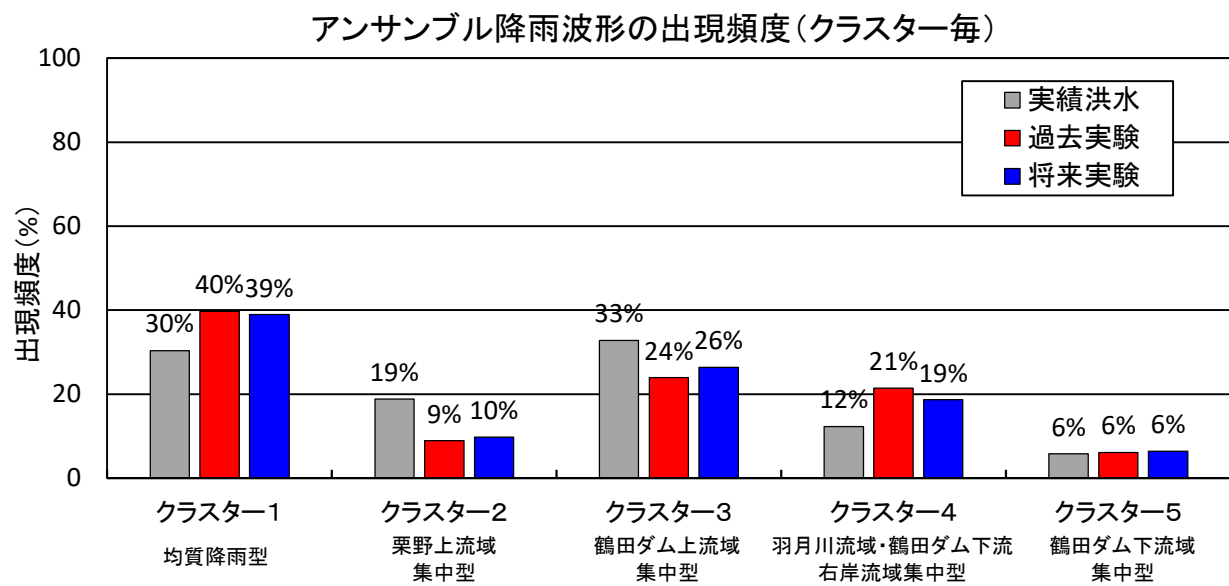


図 1-11-5 川内川流域におけるアンサンブル予測降雨の出現頻度

1-12 既往洪水からの検討

基準地点川内における既往最大となる平成 18 年（2006 年）7 月 6 日洪水では、図 1-12-1 に示すとおり、基準地点川内の流量は約 8,400 m^3/s （ダム戻し流量）と推定される。

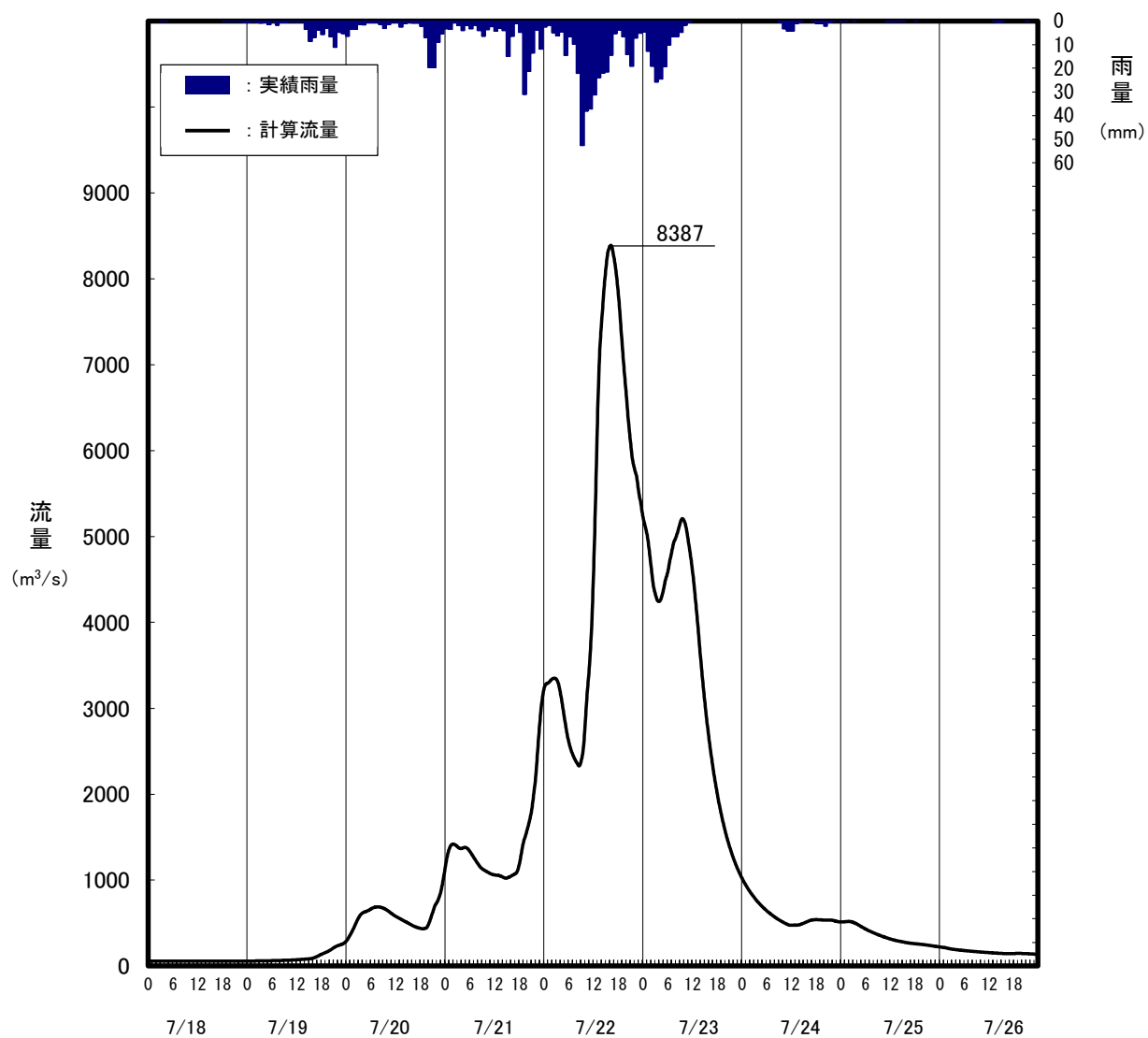
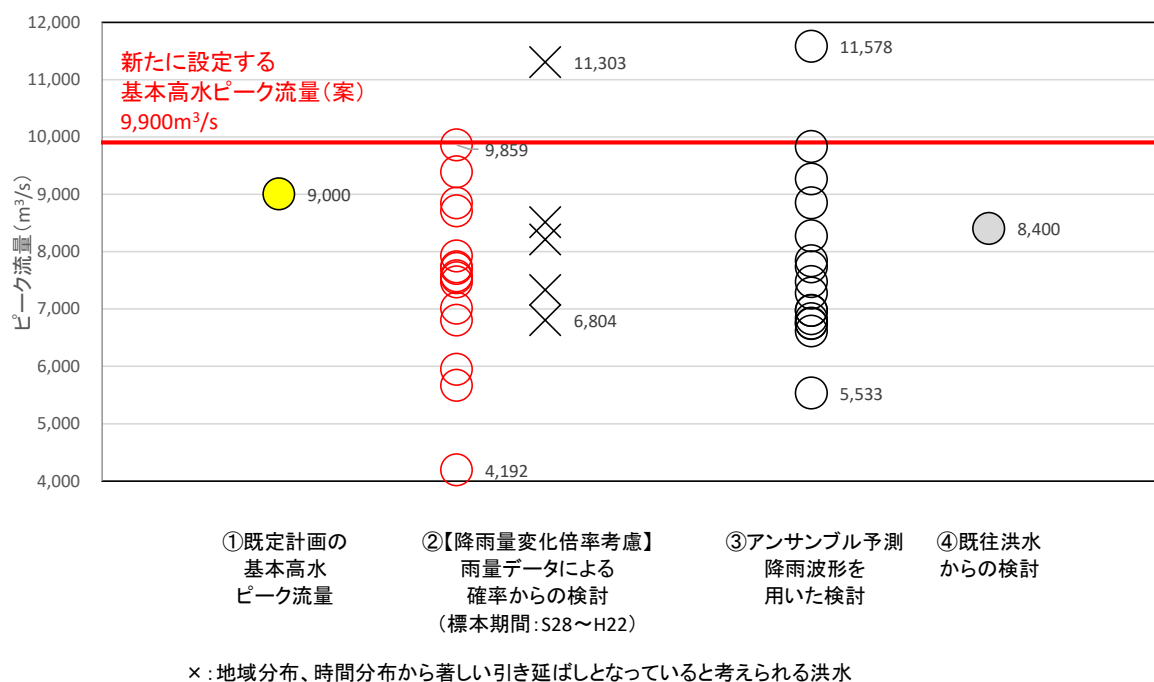


図 1-12-1 平成18年（2006年）7月洪水の推定結果（基準地点川内）

1-13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定

今後想定される気候変動の影響による水災害リスクの増大を考慮し、気候変動シナリオ RCP2.6 (2℃上昇相当) を想定した将来の降雨量の変化倍率 1.1 倍 (312mm/12h) を考慮して、以下のように様々な手法による検討結果を総合的に判断した結果、雨量データによる確率からの検討により算出された流量のうち短時間あるいは小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水を除き最大となる流量を基本高水のピーク流量として決定した。

その結果、計画規模 1/100 の川内川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点川内で 9,900m³/s と設定する。



【凡例】

②雨量データによる確率からの検討:

降雨量変化倍率(2℃上昇時の降雨量変化倍率 1.1 倍)を考慮した検討

×: 短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている降雨

●: 棄却された洪水(×)のうちアンサンブル予測降雨波形の時空間分布からみて生起し難い
とはいえないと判断された洪水(該当なし)

③アンサンブル予測降雨波形を用いた検討:

計画対象降雨の降雨量(312mm/12h)に近い 16 洪水を抽出

○: 気候変動予測モデルによる現在気候(1980 年～2011 年)及び将来気候
(2℃上昇)のアンサンブル降雨波形

④既往洪水からの検討 : H18.7 洪水のダム戻し流量

図 1-13-1 基本高水の設定に係る総合的判断 (基準地点川内)

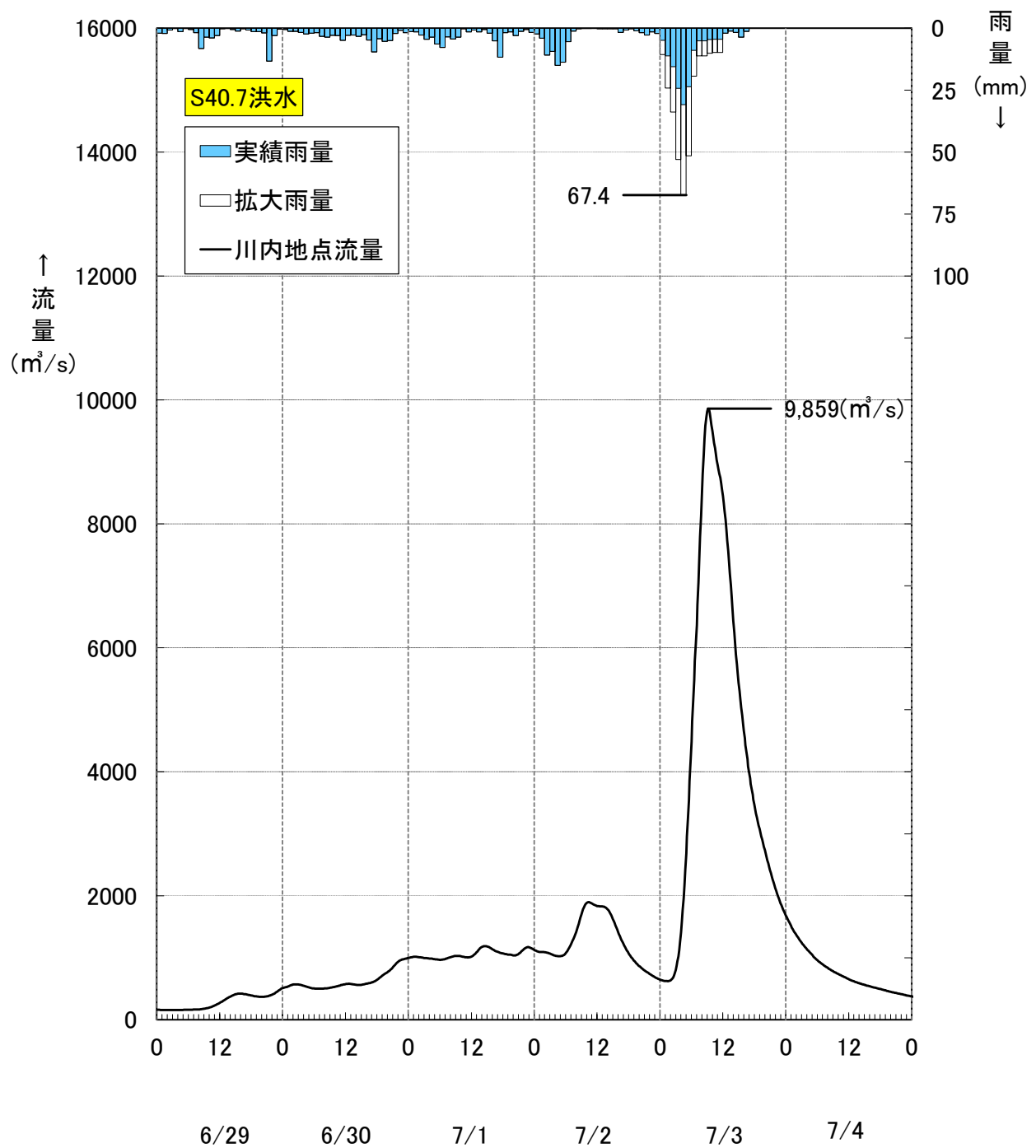


図 1-13-2 基本高水のピーク流量ハイドログラフ（昭和40年（1965年）7月洪水 基準地点川内）

2. 高水処理計画

川内川水系の既定高水処理計画は、基準地点川内における基本高水のピーク流量 $9,000\text{m}^3/\text{s}$ に対し、洪水処理施設により $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、 $7,000\text{m}^3/\text{s}$ を河道で処理する計画としている。

今回、気候変動による降雨量への影響を踏まえ、新たに基準地点川内における基本高水のピーク流量を見直した結果、既定計画 $9,000\text{m}^3/\text{s}$ を $9,900\text{m}^3/\text{s}$ に変更する計画とした。

また、河道と洪水調節施設等への配分の検討に用いる降雨波形は、計画規模の降雨量まで実績降雨を引き伸ばすことにより得られた主要降雨波形群を用いた。

基準地点川内では、従来実施してきた、薩摩川内市のまちづくりと連携した引堤事業を踏まえ、上下流と概ね同程度の川幅となるよう部分的に堤防法線の見直しや河道掘削を検討した結果、河道へ配分可能な流量は、 $7,500\text{m}^3/\text{s}$ である。また、新たな洪水調節施設機能の確保により、基準地点川内における基本高水のピーク流量 $9,900\text{m}^3/\text{s}$ を $7,500\text{m}^3/\text{s}$ まで低減可能である。

以上から、基準地点川内において気候変動を踏まえた基本高水のピーク流量 $9,900\text{m}^3/\text{s}$ 、このうち流域内の洪水調節施設等により $2,400\text{m}^3/\text{s}$ を調節して、河道への配分流量を $7,500\text{m}^3/\text{s}$ とする。

なお、新たな洪水調節施設については、その配置の可能性を概略検討し、可能性があるとの結果が得られているが、流域の地形や土地利用状況、流域治水の視点等も踏まえ、基準地点のみならず流域全体の治水安全度向上のため、具体的な施設計画等を今後検討していく。

3. 計画高水流量

川内川の計画高水流量は、基準地点川内において $7,500\text{m}^3/\text{s}$ とし、河道への配分流量は以下のとおりとする。

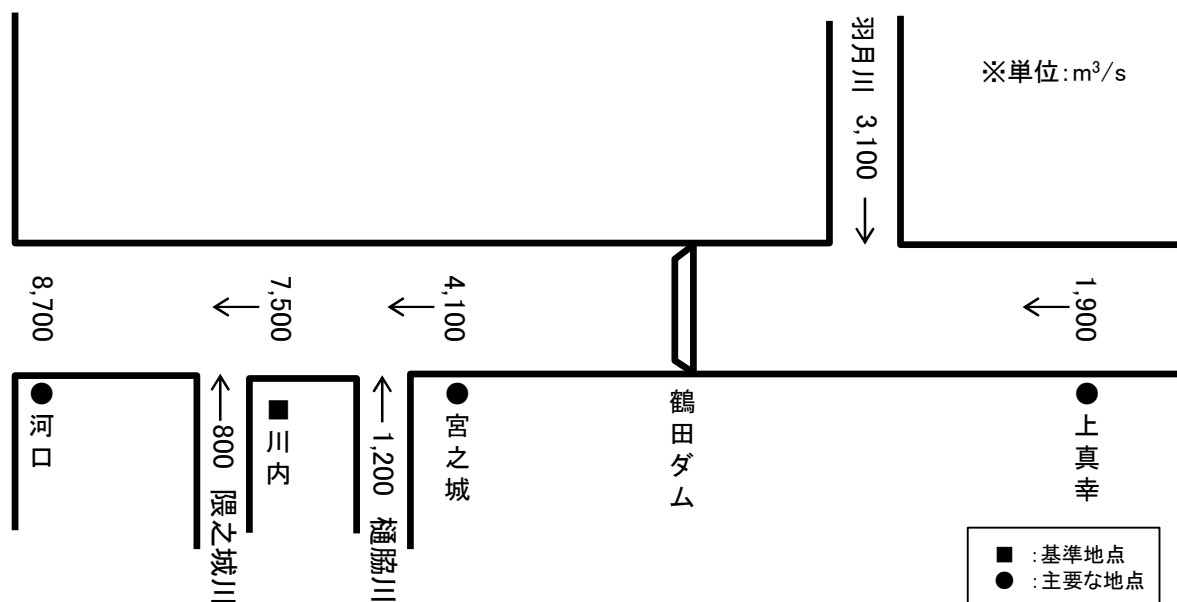


図 3-1 川内川計画高水流量図

4. 河道計画

河道計画は、以下の理由により現況の河道法線や縦断勾配を重視し、流下能力が不足する区間については、河川環境等を保全・創出しながら必要な河積（洪水を安全に流下させるための断面）を確保する。

- ① 直轄管理区間の堤防は全川の約 6 割が完成していること。
- ② 計画高水位を上げることは、堤防決壊時における被害を増大させることになるため、沿川の市街地の張り付き状況を考慮すると避けるべきであること。
- ③ 既定計画の計画高水位に基づいて、多数の橋梁や樋門等の構造物が完成していることや、計画高水位を上げて堤内地での内水被害の助長を避けるべきであること。

計画縦断図を図5-1~4に示すとともに、主要地点における計画高水位及び概ねの川幅を表4-1に示す。

表 4-1 主要な地点における計画高水位及び川幅一覧表

河川名	地点名	※ ¹ 河口又は合流点からの距離(km)	計画高水位(T.P.m)	川幅(m)
川内川	上真幸	104.6	223.69	140
	宮之城	37.7	27.97	150
	川内	12.1	7.22	300
	河口	0.0	※ ² 2.59	810

(注)T.P. : 東京湾平均海面

※¹ : 基点からの距離

※² : 計画高潮位

【参考】気候変動の影響検討（河口水位）

鹿児島県による気候変動を踏まえた「薩摩沿岸海岸保全基本計画」における条件との整合を図り、気候変動の影響により海面水位が 0.40m 上昇したとしても、計画高水流量を計画高水位以下で流下可能であることを確認した。

5. 河川管理施設等の整備の状況

(1) 堤防

堤防整備の現状（令和8年（2026年）3月末時点）は下表のとおりである。

表 5-1 堤防整備の現状

	延長 (Km)
完成堤防	116
暫定堤防	21
未施工区間	6
小計	143
堤防不要区間	77
合計	220

※延長は大臣管理区間の左右岸の計である。

(2) 洪水調節施設等

- | | | |
|-------|----------|---|
| ・完成施設 | ：鶴田ダム | (治水容量：98,000 千 m ³ (6/11～8/31)
：71,000 千 m ³ (9/1～9/30))
(洪水調節可能容量：0 千 m ³ (6/11～8/31)
：27,000 千 m ³ (9/1～9/30)) |
| | ：清浦ダム | (治水容量：0 千 m ³ 【薩摩川内市管理】
(洪水調節可能容量：855 千 m ³) |
| | ：川内川第二ダム | (治水容量：0 千 m ³) 【電源開発(株)】
(洪水調節可能容量：2,230 千 m ³) |
| | ：十曾ダム | (治水容量：0 千 m ³) 【十曾土地改良区】
(洪水調節可能容量：78 千 m ³) |

※洪水調節可能容量については、令和2年5月に締結した治水協定に基づく容量である

(3) 排水機場等

排水機場等の河川管理施設は下表のとおりである。

表 5-2 大臣管理区間の河川管理施設の状況

堰	床止め	排水機場	樋門樋管	陸閘門	水門	合計
2	5	12	195	0	6	220

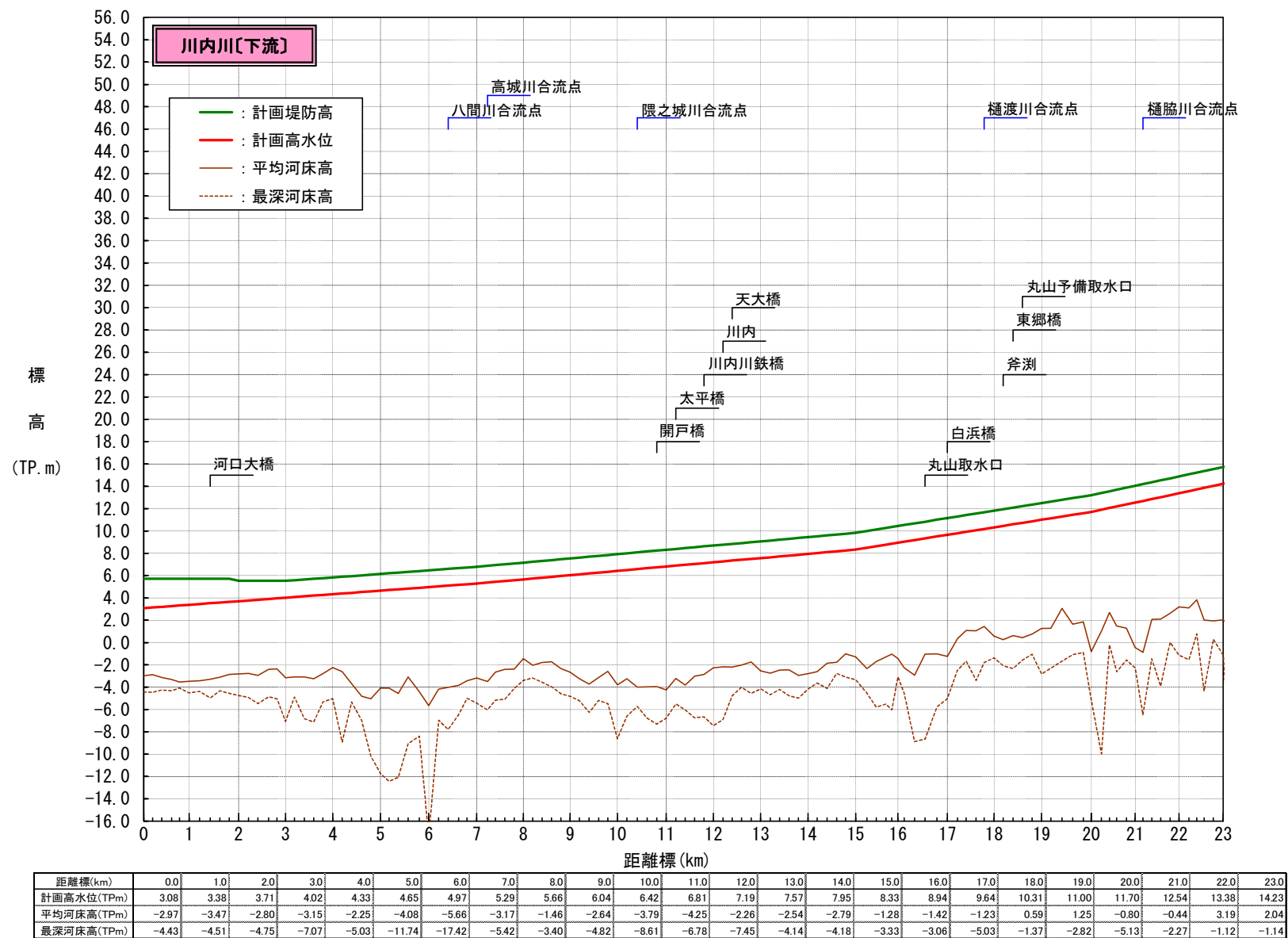
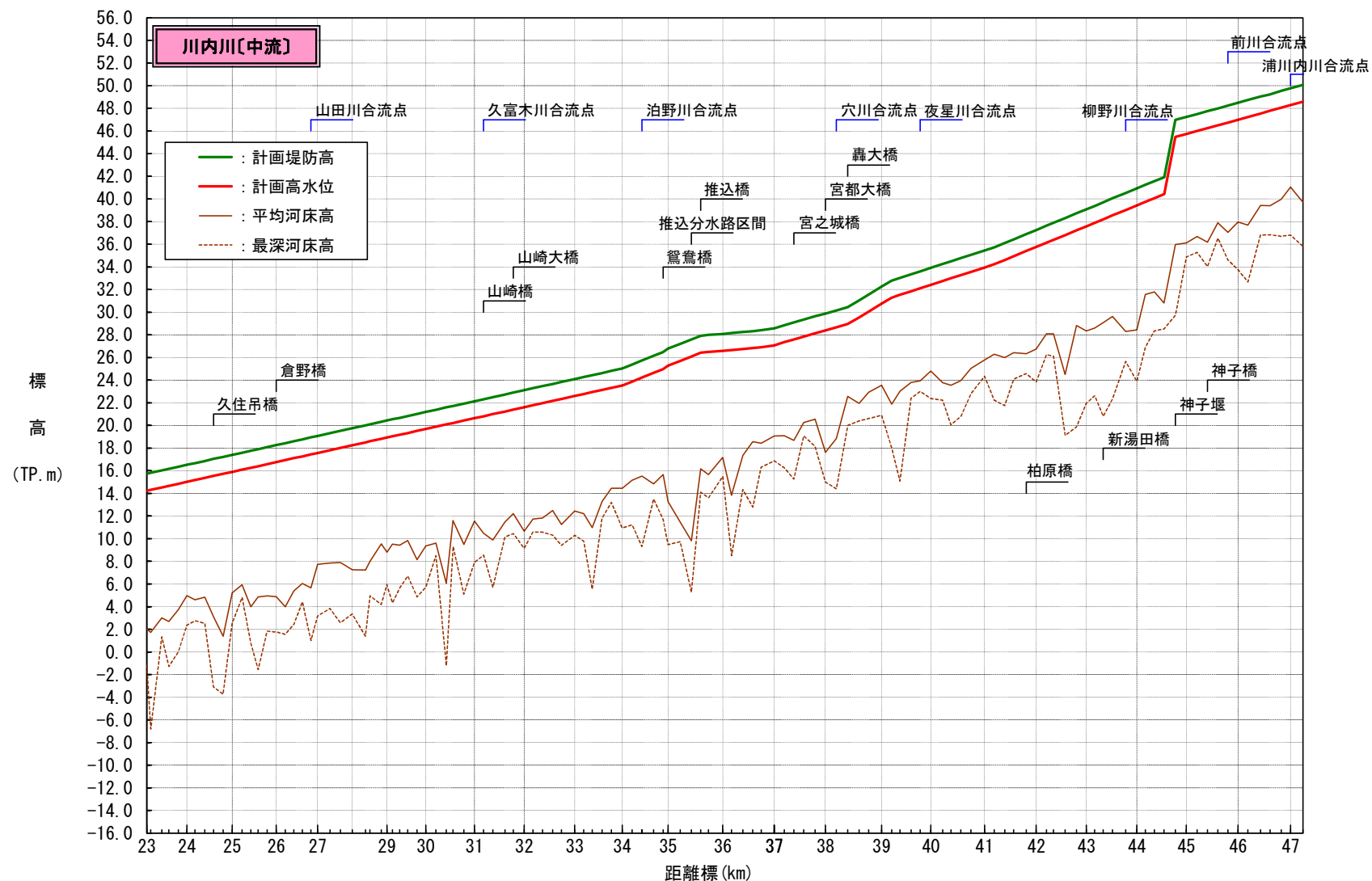


図 5-1 計画縦断図 (川内川下流)



距離標(km)	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	27.6	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0
計画高水位(TPm)	14.23	15.02	15.90	16.76	17.57	18.25	18.93	19.68	20.63	21.61	22.60	23.53	25.28	26.58	27.07	28.38	30.74	32.42	33.95	35.76	37.58	39.43	45.73	46.99	48.28
平均河床高(TPm)	2.04	4.96	5.23	4.87	7.72	7.27	8.81	9.37	11.55	10.65	12.45	14.45	13.27	17.18	19.06	17.63	23.54	24.80	25.79	26.73	28.34	28.44	36.10	37.96	41.05
最深河床高(TPm)	-1.14	2.37	2.52	1.76	3.17	3.36	5.94	5.71	7.91	9.15	10.29	10.93	9.47	15.50	16.88	15.00	20.91	22.38	24.35	23.84	21.94	23.89	34.87	33.75	36.80

図 5-2 計画縦断図（川内川中流）

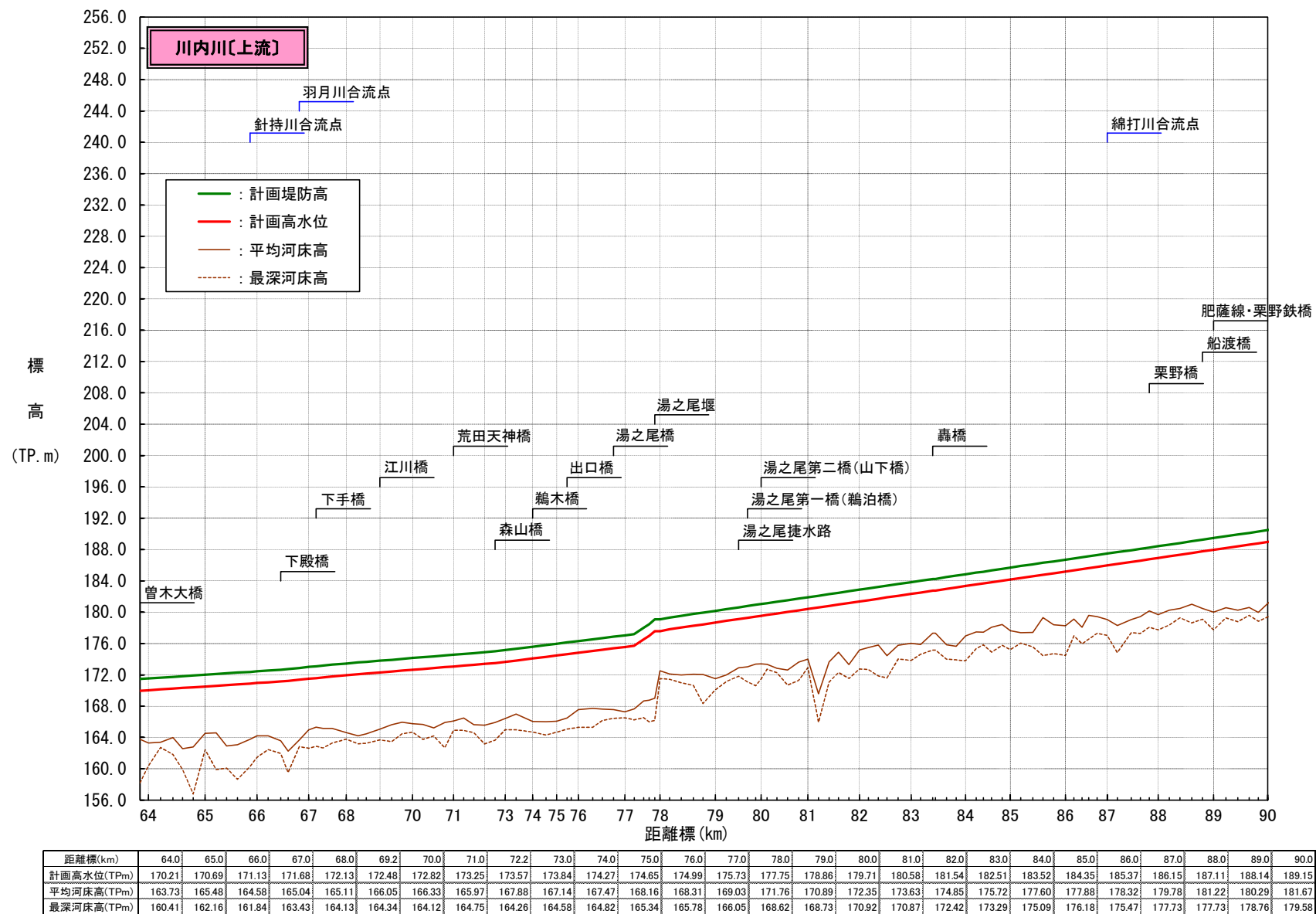
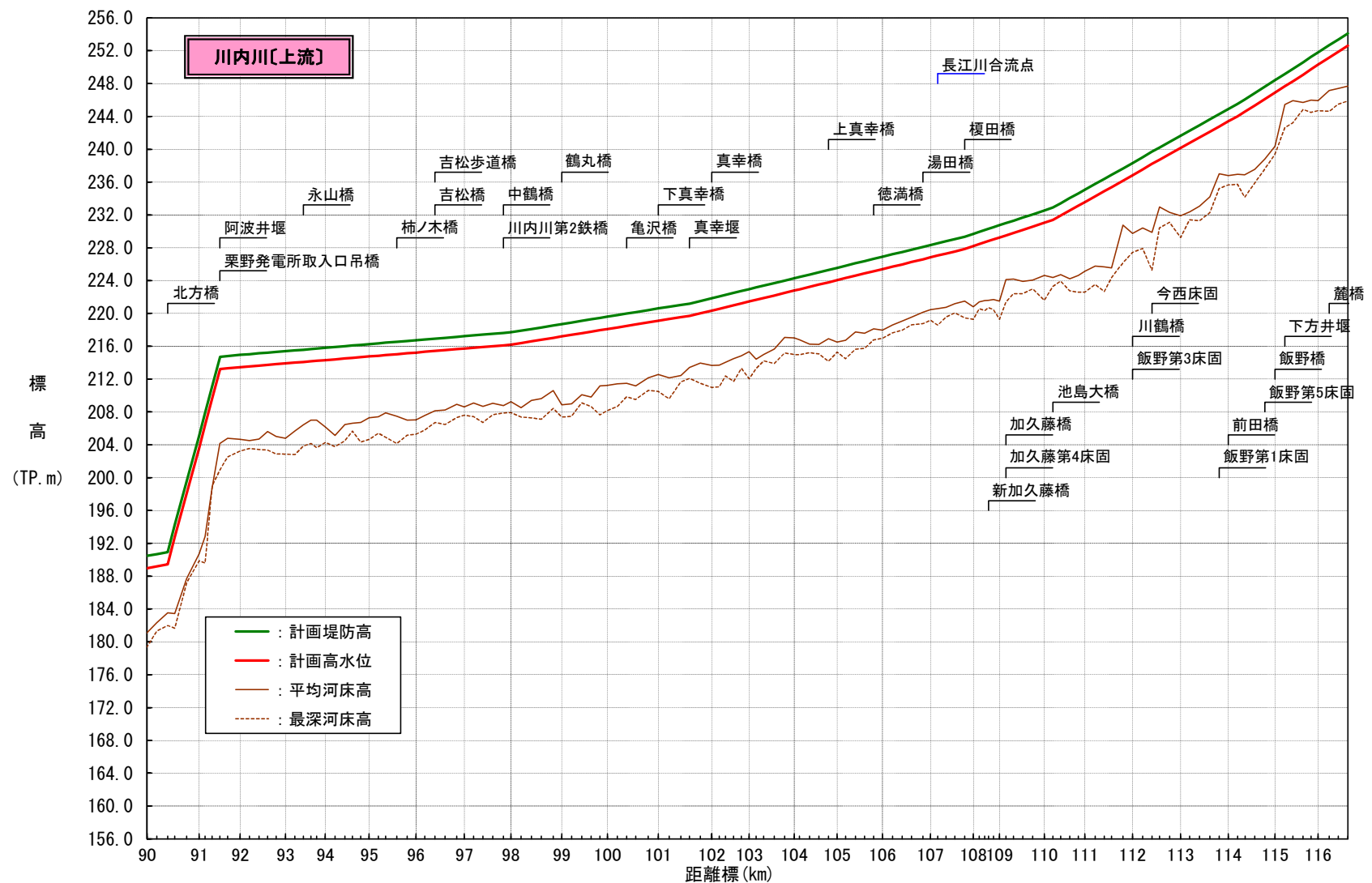


図 5-3 計画縦断図（川内川上流）



距離標(km)	90.0	91.0	92.0	93.0	94.0	95.0	96.0	97.0	98.0	99.0	100.0	101.0	102.0	103.0	104.0	105.0	106.0	107.0	108.0	109.0	110.0	111.0	112.0	113.0	114.0	115.0	116.0
計画高水位(TPm)	189.15	203.77	213.64	214.10	214.50	214.95	215.42	215.92	216.39	217.40	218.30	219.30	220.55	221.66	222.99	224.26	225.60	227.02	228.40	229.45	231.23	233.78	237.02	240.36	243.58	247.10	250.50
平均河床高(TPm)	181.67	194.18	205.50	208.87	208.01	208.50	208.44	210.14	209.77	209.93	210.91	213.21	213.99	215.28	217.39	218.83	218.81	221.33	220.90	222.52	224.61	225.69	230.52	234.01	237.02	241.78	246.41
最深河床高(TPm)	179.58	190.78	202.18	204.18	204.68	205.26	205.66	206.07	207.01	207.44	207.96	210.21	212.66	212.39	214.53	214.42	216.61	219.06	219.41	220.91	222.11	222.39	228.19	230.13	235.79	239.49	245.01

図 5-4 計画縦断図（川内川上流）