

球磨川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料

令和 3 年 12 月

国土交通省水管理・国土保全局

【令和4年3月 31 日】 P64 に「表 1-19 の2」を追加しました。

目 次

1. 基本高水の検討.....	1
2. 高水処理計画.....	120
3. 計画高水流量.....	121
4. 河道計画.....	122
5. 河川管理施設等の整備の状況.....	124

1. 基本高水の検討

1.1 工事実施基本計画

昭和 41 年（1966 年）4 月に策定された球磨川水系工事実施基本計画における計画規模は、当時の既往最大洪水であった昭和 40 年（1965 年）7 月洪水の雨量及び流域の重要性を総合的に勘案して 1/80 と設定し、基準地点「人吉」、「萩原」において、基本高水のピーク流量をそれぞれ $7,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $9,000\text{m}^3/\text{s}$ と定め、洪水調節施設で $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、計画高水流量を $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7,000\text{m}^3/\text{s}$ 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 40 年 7 月洪水を対象に計画降雨（人吉：440 mm/2 日、萩原：380 mm/2 日）となるように引き延ばし、単位図法により流出計算を行い、決定している。

1.2 河川整備基本方針

平成 9 年の河川法改正を受け、下記に示す様々な手法により基本高水のピーク流量を検討し、平成 19 年（2007 年）5 月に河川整備基本方針を策定した。

(1) 基準地点の設定

治水計画上の基準地点は、既往洪水における降雨の分布状況を考慮して、上流、下流の 2 地点設定した。上流は、既定計画を踏襲して人吉地点とし、下流は、水文水理資料が十分整備され、八代市街部の直上流に位置する横石地点に設定した。

(2) 河川の整備の目標となる洪水の規模の設定

流域の重要度及び流域規模（想定氾濫区域内面積、人口、資産額等）の状況や上下流バランスを勘案して、河川の整備の目標となる洪水の規模を人吉地点で $W=1/80$ 、横石地点で $W=1/100$ に設定した。

(3) 時間雨量データによる確率からの検討

1) 対象降雨の継続時間の検討

Kinematic Wave 法及び角屋式等による洪水到達時間、短時間雨量とピーク流量の相関、強い降雨強度の継続時間を総合的に判断し、12 時間とした。

表 1-1 対象降雨の継続時間の検討

検討項目	結果		備考
	人吉	横石	
洪水到達時間	8～11 時間	10～14 時間	主要洪水の到達時間
時間雨量とピーク流量の相関	12 時間	12 時間	洪水到達時間程度の時間雨量の中で洪水のピーク流量との相関が最も高い
強い降雨強度の継続時間	12 時間以内	12 時間以内	過去の大洪水では、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の多くは 12 時間以内

2) 対象降雨の降雨量の検討

河川の整備の目標となる洪水の規模（人吉：1/80、横石：1/100）における対象降雨の継続時間（統計期間 S28～H17:53 ヶ年の流域平均最大降雨）における対象降雨の降雨量は、適合度の良い確率統計手法の平均値 262mm（人吉）、261mm（横石）を採用した。

表 1-2 河川の整備の目標となる洪水の規模の降雨量

基準地点	規模	対象降雨の降雨量	備考
人吉	1/80	262mm/12 時間	SLSC0.04 以下となる確率手法の平均値
横石	1/100	261mm/12 時間	〃

3) ピーク流量の検討

対象降雨の降雨量まで引き伸ばした降雨に対し、時間分布による異常降雨を棄却して、対象降雨波形群（人吉：10 降雨、横石：14 降雨）を貯留関数法により算定した結果、基準地点人吉において 7,000m³/s（昭和 47 年（1972 年）7 月）、基準地点横石において 9,900m³/s（昭和 47 年 7 月）が最大であった。

(4) 流量データによる確率からの検討

相当年数の流量データが蓄積されたこと等から、流量データを確率統計処理することにより、基本高水のピーク流量を検討した。

その結果、河川の整備の目標となる洪水の規模(人吉:1/80、横石:1/100)に対する確率流量値は、人吉: $6,000\text{m}^3/\text{s} \sim 7,200\text{m}^3/\text{s}$ 、横石: $8,700\text{m}^3/\text{s} \sim 10,700\text{m}^3/\text{s}$ であった。

表 1-3 基準地点人吉、横石における確率流量算定結果

確 率 分 布 モ デ ル	確率流量 (m^3/s)	
	人吉 (1/80)	横石 (1/100)
一 般 化 極 値 分 布 G E V	6,500	9,400
グ ン ベ ル 法 Gumbel	6,100	9,000
平 方 根 指 数 型 最 大 値 分 布 SQRTET	7,200	10,700
対 数 ピ ア ソ ン III 型 分 布 LogP3	6,600	9,500
対 数 正 規 分 布 (岩 井 法) LNIwai	6,600	9,600
対 数 正 規 分 布 (石 原 ・ 高 瀬 法) IshiTaka	6,000	8,700
対 数 正 規 分 布 (ク ォ ン タ イ ル 法) LN3(Q)	6,200	9,000
3 母 数 対 数 正 規 分 布 (積 率 法) LN3(PM)	6,000	8,700
2 母 数 対 数 正 規 分 布 (L 積 率 法) LN2(LM)	6,900	10,100
2 母 数 対 数 正 規 分 布 (積 率 法) LN2(PM)	6,800	9,800

(5) 既往最大洪水等による確認

昭和 40 年（1965 年）7 月洪水について、昭和 47 年（1972 年）6 月洪水、平成 9 年（1997 年）9 月洪水と同程度に流域全体が湿潤状態であったと想定して流量を算出した結果、人吉地点で約 $6,700\text{m}^3/\text{s}$ 、横石地点で約 $9,500\text{m}^3/\text{s}$ となることを確認した。

この結果、様々な手法により検討された基本高水のピーク流量 人吉： $7,000\text{m}^3/\text{s}$ 、横石： $9,900\text{m}^3/\text{s}$ は、総合的に判断し妥当とした。

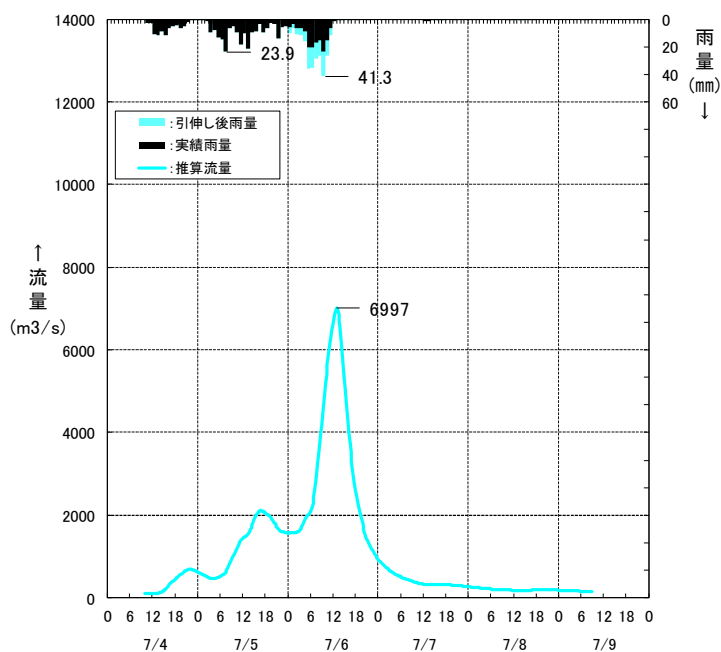


図 1-1(1) 基本高水ハイドログラフ（人吉：昭和 47 年 7 月型）

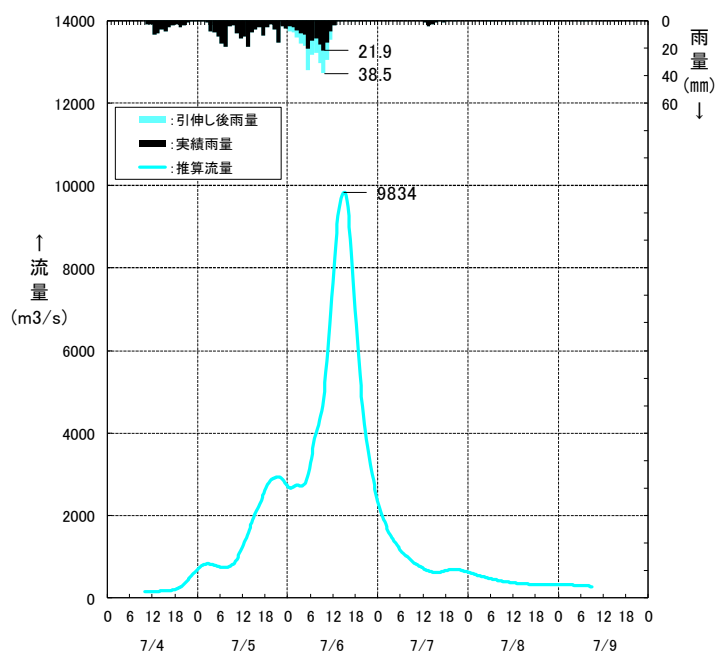


図 1-1(2) 基本高水ハイドログラフ（横石：昭和 47 年 7 月型）

1.3 河川整備基本方針策定後の状況

平成 19 年（2007 年）5 月に河川整備基本方針（以降、既定計画という）を策定以降、令和 2 年 7 月に、基本高水のピーク流量 人吉：7,000 m^3/s 、横石：9,900 m^3/s 、対象降雨の降雨量 262mm/12hr（人吉）、261mm/12hr（横石）を上回る洪水が発生した。

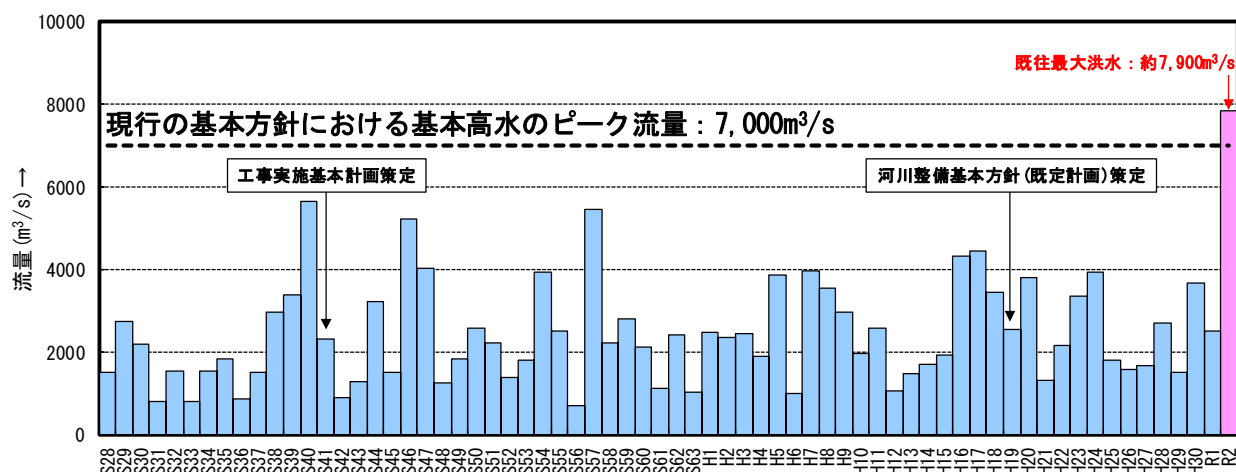


図 1-2(1) 年最大流量（基準地点人吉）

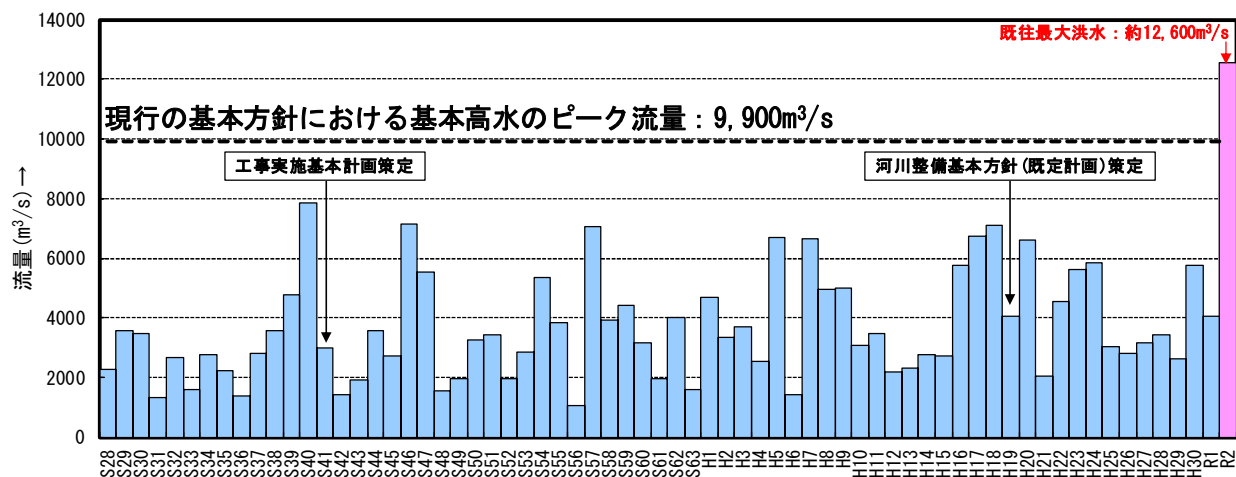


図 1-2(2) 年最大流量（基準地点横石）

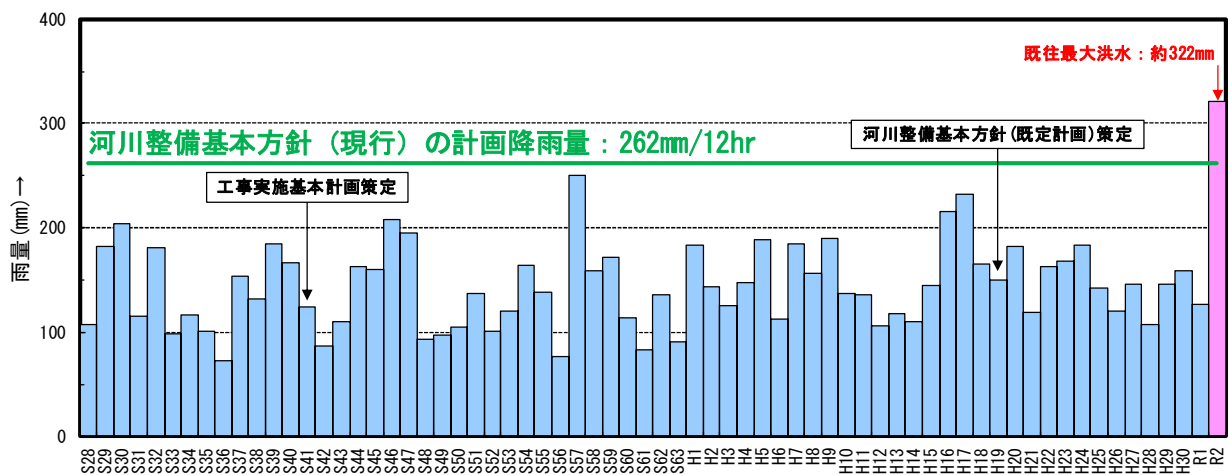


図 1-3(1) 年最大 12 時間雨量（基準地点人吉上流流域平均雨量）

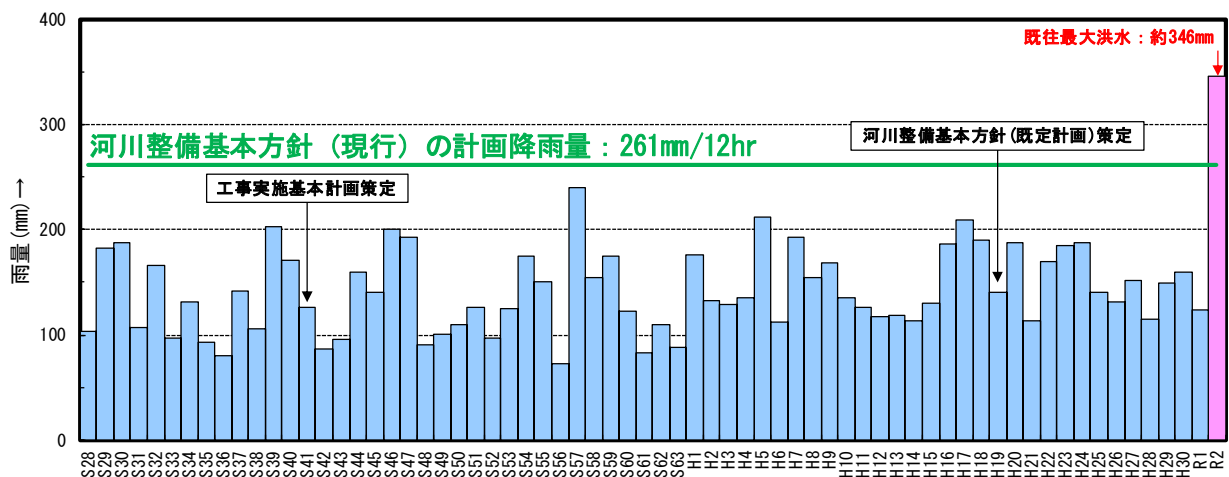


図 1-3(2) 年最大 12 時間雨量（基準地点横石上流流域平均雨量）

1.4 基本高水の検討

既定計画策定後の洪水の発生や、気候変動の影響が既に顕在化していること、今後も気候変動による降雨量の増加が想定されることを踏まえ、

- (1) 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
- (2) アンサンブル予測降雨波形を用いた検討
- (3) 既往洪水からの検討

について検討を実施し、総合的に判断した上で基本高水のピーク流量を設定する。

1.5 球磨川流域の対象降雨の継続時間の設定

1.5.1 対象降雨の継続時間設定の考え方

球磨川流域における対象降雨の継続時間については、①洪水到達時間、②ピーク流量と短時間雨量との相関関係及び③強い降雨強度の継続時間を整理し、設定した。

1.5.2 洪水到達時間

洪水到達時間は、以下に示す①Kinematic 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、洪水到達時間を求める観点から、過去洪水（昭和 28 年～令和 2 年）のうち、洪水立ち上がりからピークまでが一山波形となっており、かつ基準地点：人吉、横石において実績ピーク流量の上位 10 洪水とした。

(a) 洪水到達時間

1) kinematic wave 法に基づく式

$$T_p = t_p - \tau_p = K_1 L^p / r_e^{1-p} \quad \dots\dots\dots (1-3.4)$$

$$r_e(\tau_p) = r_e(t_p) \quad \dots\dots\dots (1-3.5)$$

ここに、 T_p ：洪水到達時間、 τ_p ：ピーク流量を発生する特性曲線の上流端での出発時刻、 t_p ：その特性曲線の下流端への到達時刻、 L ：斜面長、 r_e ： $\tau_p \sim t_p$ 間の平均有効降雨強度、 K_1 、 p ：斜面の勾配を θ とし、Manning の抵抗則を用いるとき、 $K_1 = n^{3/5} (\sin \theta)^{-3/10}$ 、 $p = 3/5$ 。

$$T_p = CA^{0.22} r_e^{-0.35} \quad \dots\dots\dots (1-3.6)$$

ここに、 T_p ：洪水到達時間 (min)、 A ：流域面積 (km^2)、 r_e ：平均有効降雨強度 (mm/h)、 C ：流域特性を表わす係数。

【解 説】 式 (1-3.4) と (1-3.5) は石原・高棹⁴⁾が矩形斜面上の表面流に kinematic wave 理論を適用して導いた関係である。この理論では、到達時間は「斜面上流端の雨水の擾乱が下流端に伝播する時間」と定義される。式 (1-3.5) の条件から、実測のハイドログラフとハイエトグラフを用いて図 1-3.2 のように洪水到達時間が求められる。

角屋⁵⁾は、式 (1-3.4) に河道長と流域面積の関係に関する地形則を導入することにより式 (1-3.6) を導いた。この式は、洪水規模による到達時間の変化を表現している点の特徴である。また、流域特性を表わす係数 C を次のように提示している。

丘陵山林地流域： $C=290$	粗造成宅地： $C=90 \sim 120$
放牧地・ゴルフ場： $C=190 \sim 210$	市街化地域： $C=60 \sim 90$

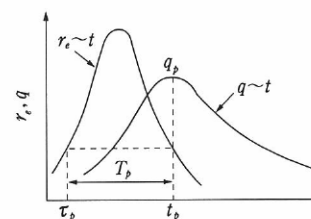


図 1-3.2 kinematic wave 法による T_p の定義

出典：土木学会；水理公式集, P. 36～P. 37

その結果を以下に示す。

基準 地点	Kinematic Wave 法	角屋式	備考
人吉	約 11 時間	約 8 時間	
横石	約 12 時間	約 9 時間	

表 1-4(1) 洪水到達時間の算定結果（人吉地点）

No.	降雨年月日 ピーク流量生起時	ピーク流量 ^{注1)}		Kinematic Wave法 時差 (洪水到達時間) (hr)	角屋式	
		流 量 (m ³ /s)	時刻		仮想到達時間 平均降雨強度 (mm/hr)	洪水 到達 時間 (hr)
1	S40.7.3	5,067	7/3 6:00	10	15.6	7.9
2	S46.8.5	4,725	8/5 23:00	8	14.5	8.1
3	S47.7.6	3,928	7/6 12:00	8	12.2	8.6
4	S54.7.17	3,543	7/17 14:00	8	14.3	8.2
5	S57.7.25	5,372	7/25 7:00	15	15.3	8.0
6	H7.7.4	3,884	7/4 0:00	4	13.1	8.4
7	H8.7.3	3,546	7/3 18:00	10	9.1	9.5
8	H16.8.30	3,976	8/30 17:00	10	14.9	8.0
9	H17.9.6	4,271	9/6 18:00	25	12.2	8.6
10	R2.7.4 ^{注2)}	7,330	7/4 10:00	13	25.2	6.7
平 均 値		—	— —	11	—	8.2

注1) ピーク流量は、実績値を示す

注2) R2.7洪水のピーク流量は貯留関数による推算値

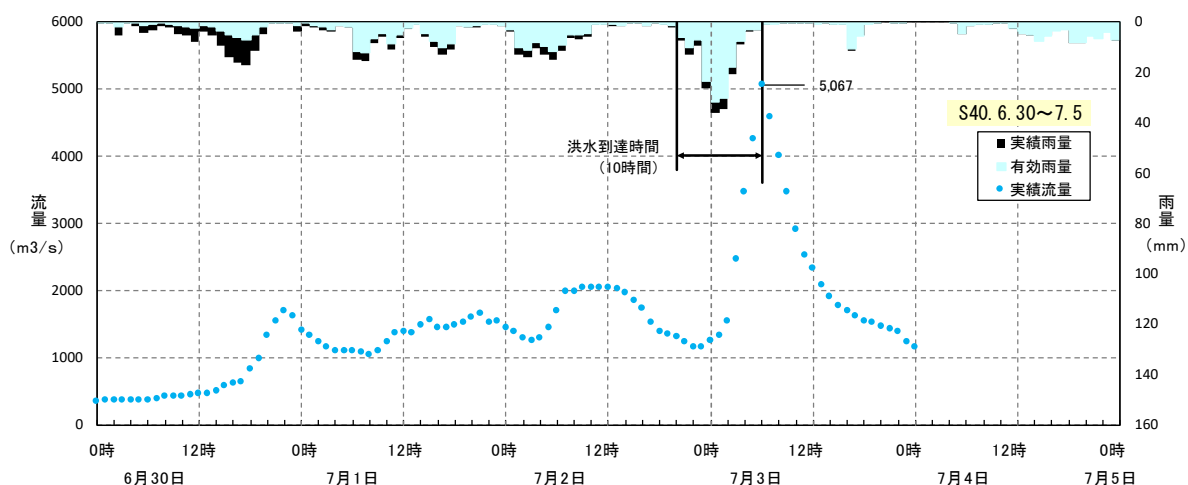
表 1-4(2) 洪水到達時間の算定結果（横石地点）

No.	降雨年月日 ピーク流量生起時	ピーク流量 ^{注1)}		Kinematic Wave法 時差 (洪水到達時間) (hr)	角屋式	
		流 量 (m ³ /s)	時刻		仮想到達時間 平均降雨強度 (mm/hr)	洪水 到達 時間 (hr)
1	S40.7.3	7,000	7/3 9:00	14	12.2	9.6
2	S46.8.5	6,771	8/5 23:00	14	13.3	9.3
3	S57.7.25	6,953	7/25 4:00	9	16.2	8.7
4	H7.7.4	6,604	7/4 1:00	14	13.3	9.3
5	H16.8.30	5,477	8/30 18:00	8	12.3	9.6
6	H17.9.6	6,993	9/6 16:00	15	14.8	9.0
7	H23.6.11	5,578	6/11 19:00	9	13.2	9.3
8	H24.7.12	5,505	7/12 16:00	10	13.9	9.2
9	H30.7.7	5,631	7/7 11:00	14	9.2	10.6
10	R2.7.4 ^{注2)}	11,934	7/4 12:00	17	20.7	8.0
平 均 値		-	-	12	-	9.2

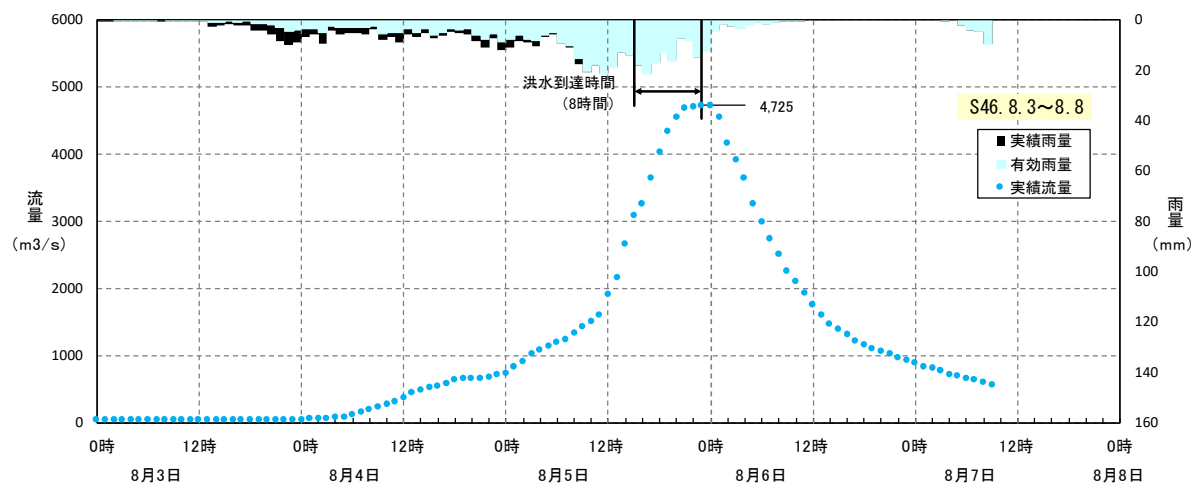
注1) ピーク流量は、実績値を示す

注2) R2.7洪水のピーク流量は貯留関数による推算値

昭和40年7月3日



昭和46年8月5日



昭和47年7月6日

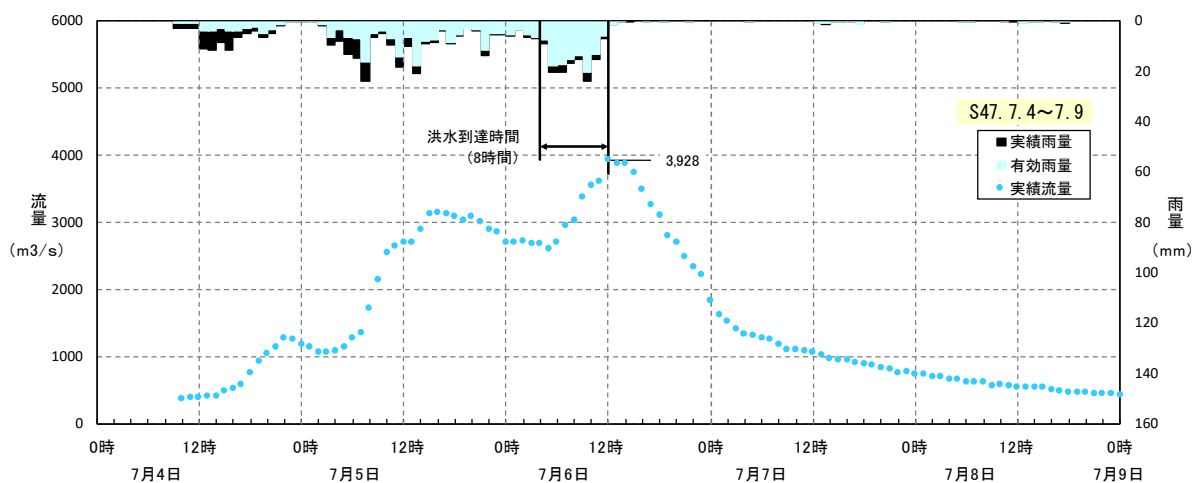


図 1-4(1) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (人吉)

流量 (m³/s)

雨量 (mm)

■ 実績雨量
■ 有効雨量
● 実績流量

洪水到達時間 (8時間)

S54. 7.15~7.20

3,543

0時 12時 0時 12時 0時 12時 0時 12時 0時

7月15日 7月16日 7月17日 7月18日 7月19日 7月20日

流量 (m³/s)

雨量 (mm)

実績雨量

有効雨量

実績流量

H7.7.2~7.7

洪水到達時間 (4時間)

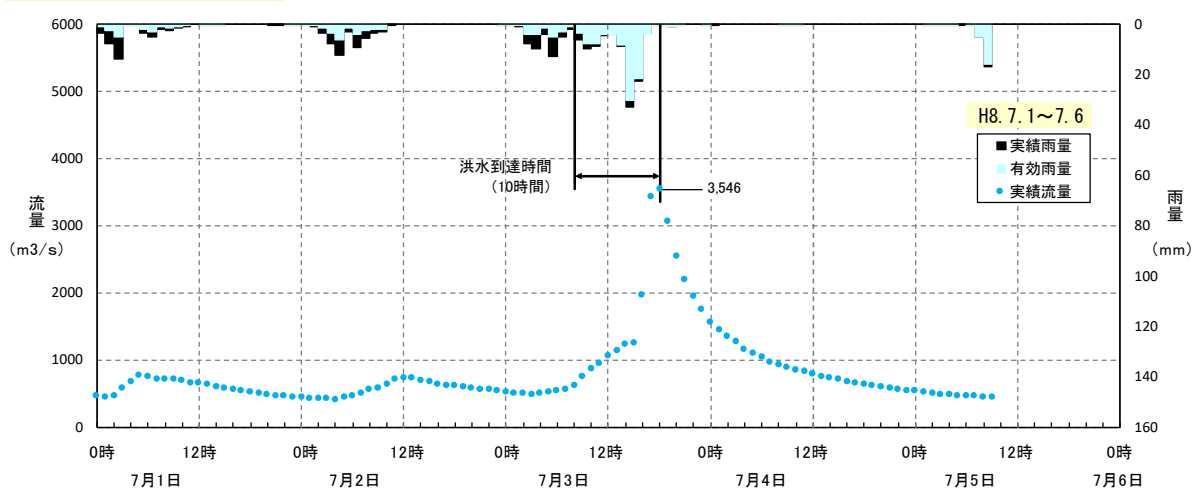
3,884

0時 12時 0時 12時 0時 12時 0時 12時 0時

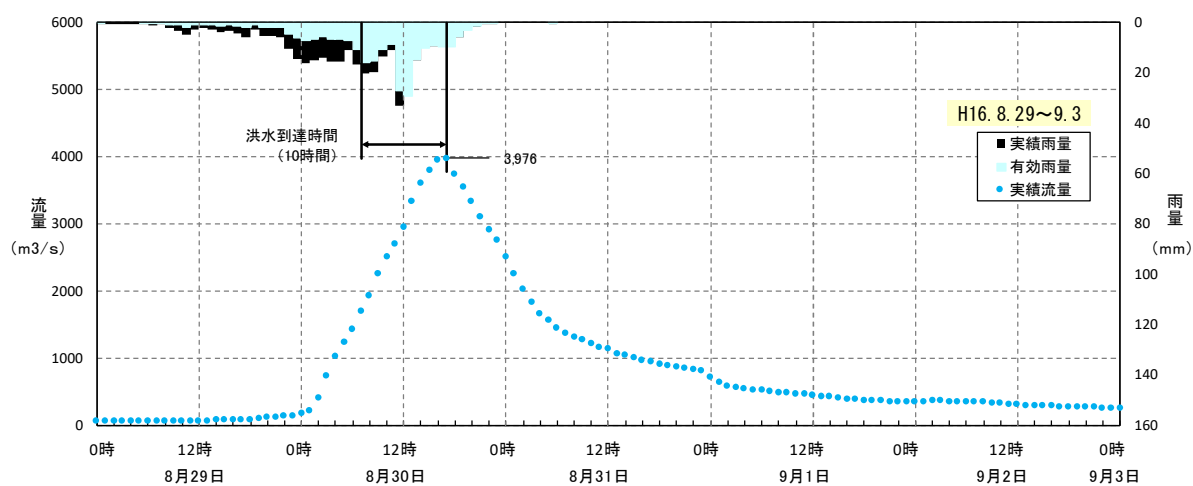
7月2日 7月3日 7月4日 7月5日 7月6日 7月7日

12

平成8年7月3日



平成16年8月30日



平成17年9月6日

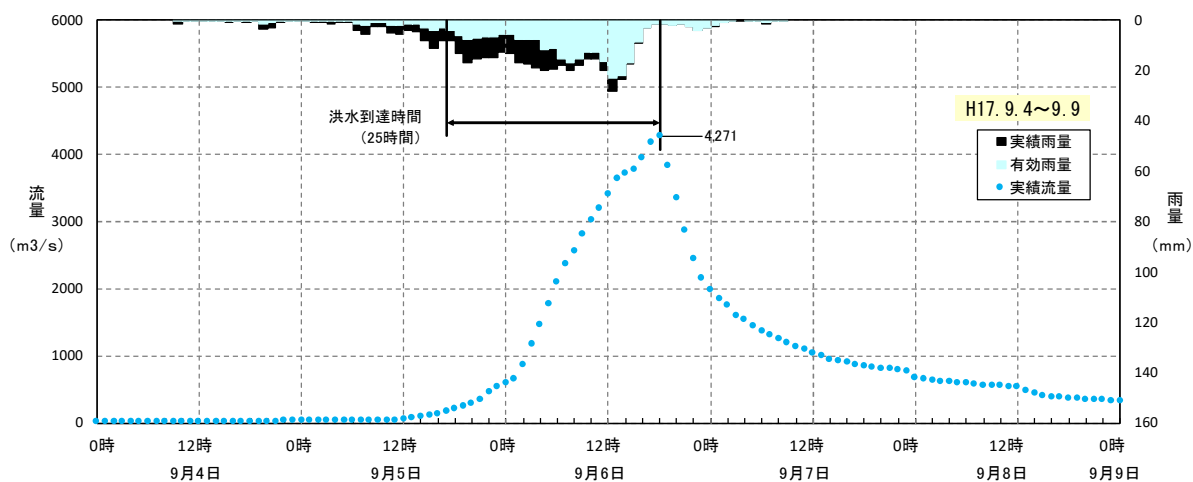


図 1-4(3) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (人吉)

令和2年7月4日

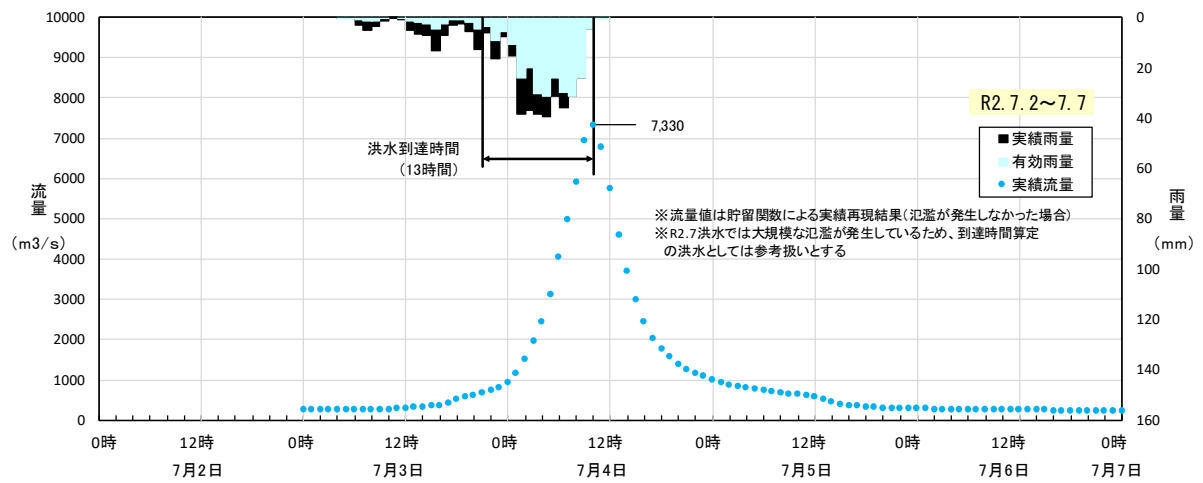
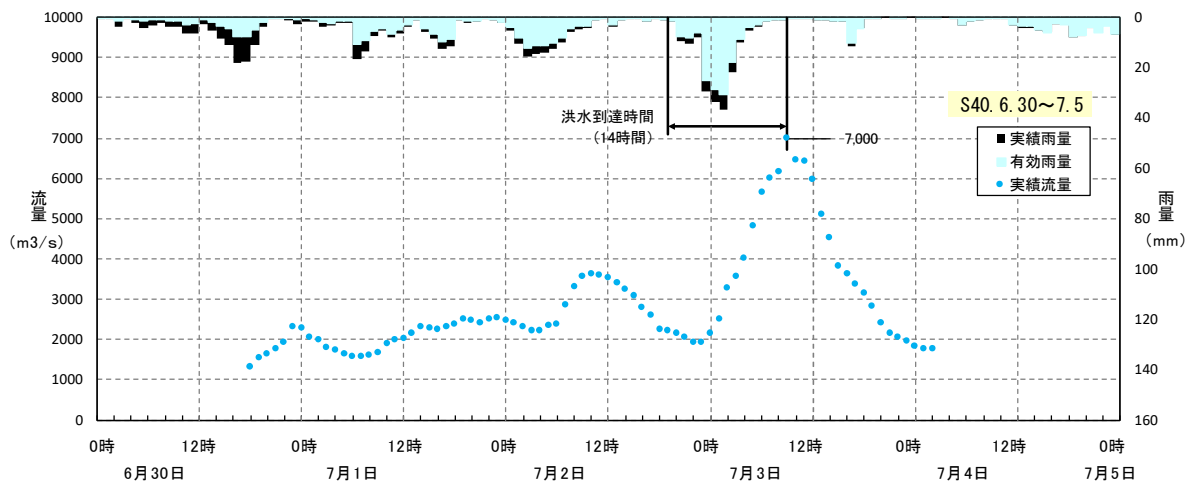
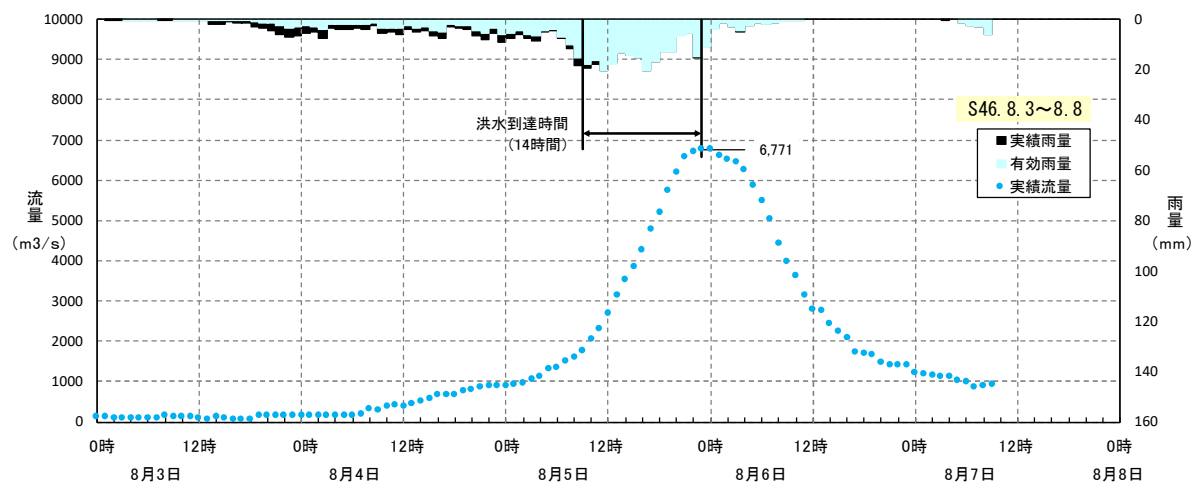


図 1-4(4) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (人吉)

昭和40年7月3日



昭和46年8月5日



昭和57年7月25日

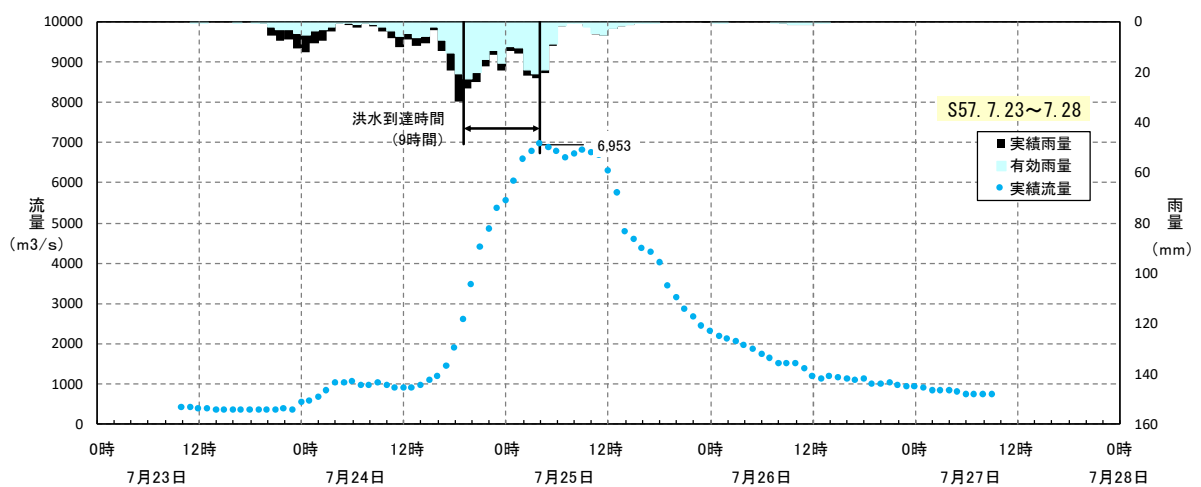
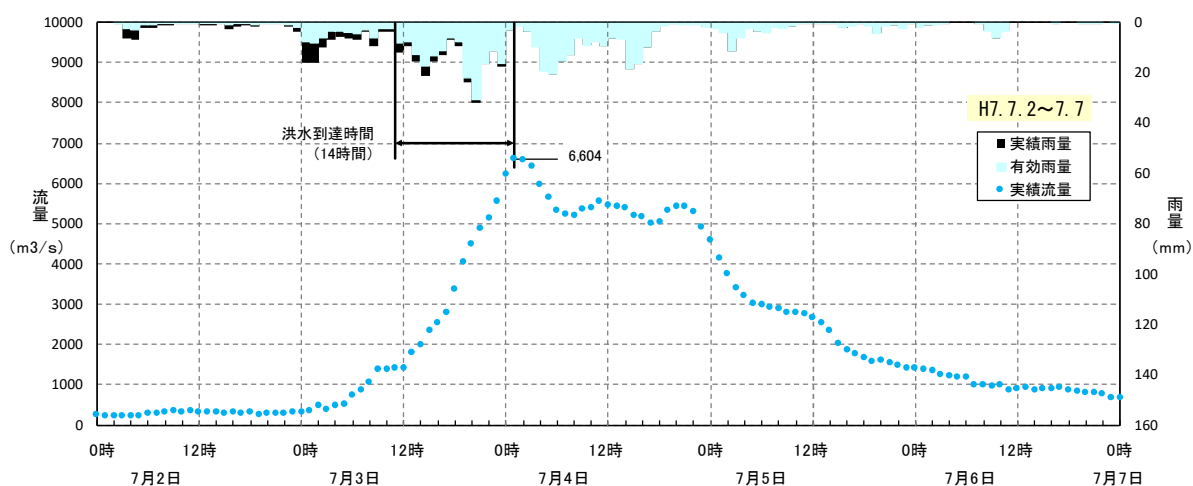
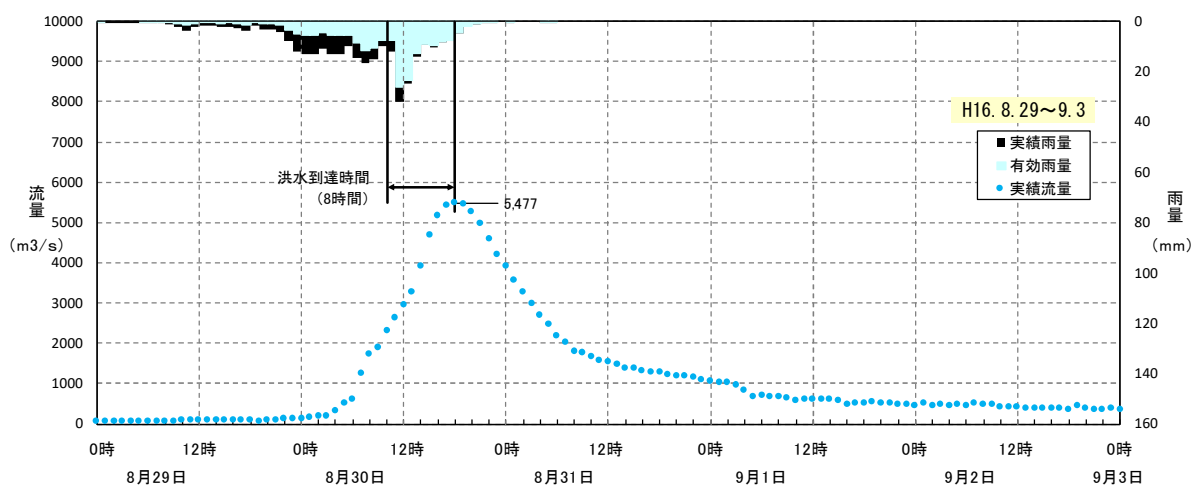


図 1-5(1) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (横石)

平成7年7月4日



平成16年8月30日



平成17年9月6日

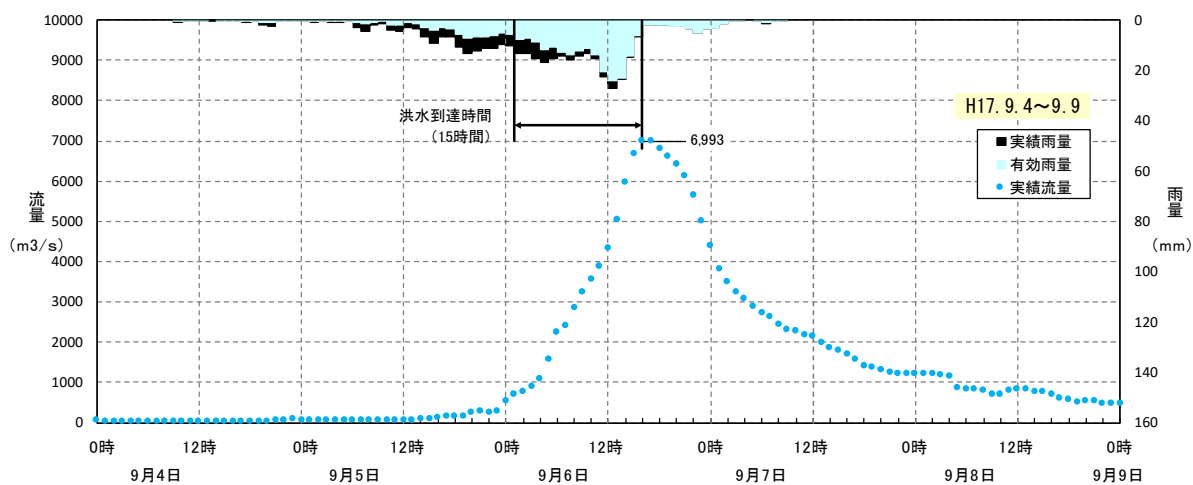
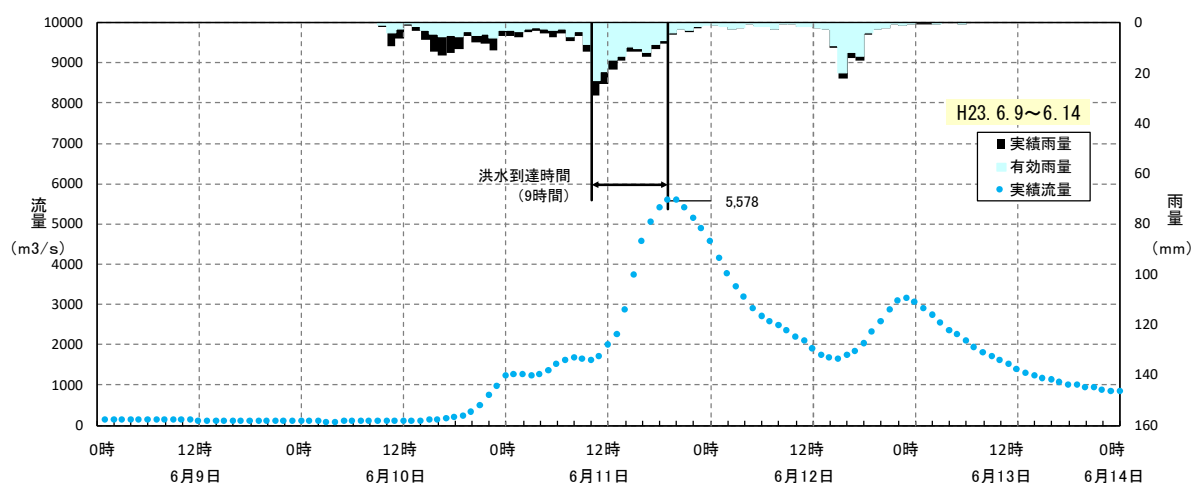
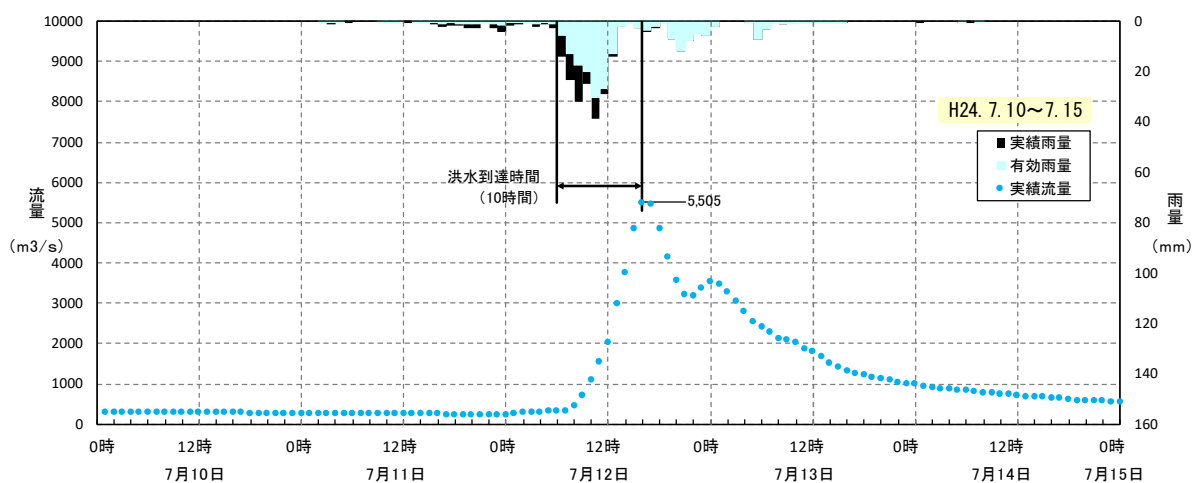


図 1-5(2) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (横石)

平成23年6月11日



平成24年7月12日



平成30年7月7日

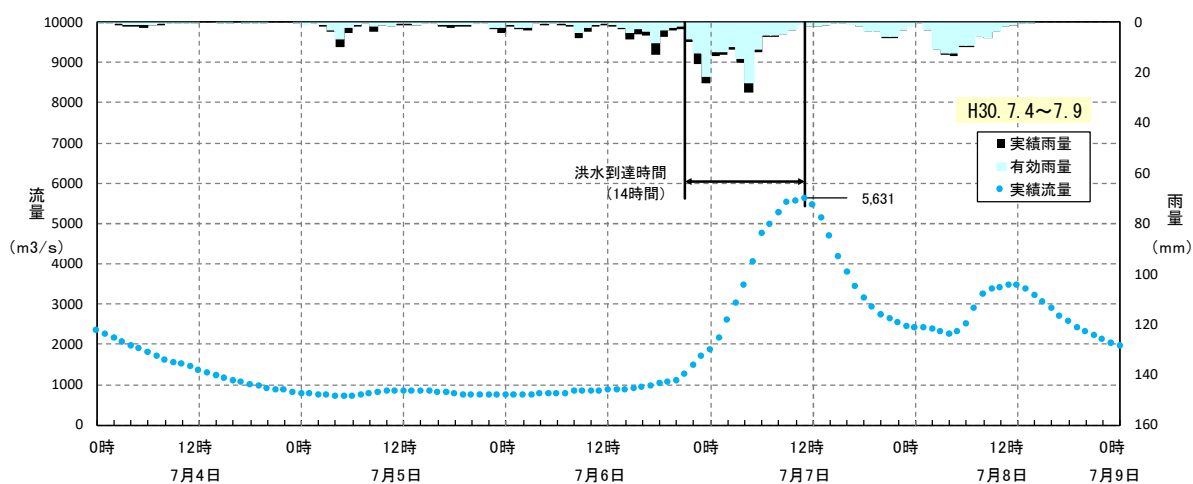


図 1-5(3) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (横石)

令和2年7月4日

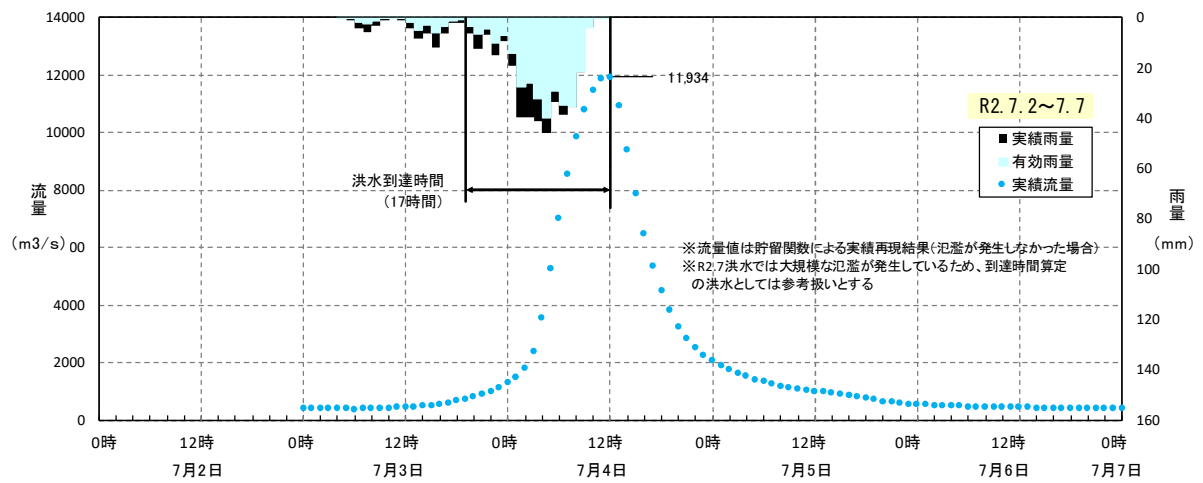


図 1-5(4) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (横石)

1.5.3 ピーク流量と短時間雨量の相関

ここでは、昭和28年から令和2年までの68年間で基準地点：人吉、横石において氾濫等戻し流量が年最大となる洪水を対象に、ピーク流量と短時間雨量（1、3、6、9、12、18、24、36、48時間雨量）との相関関係の整理を行った。

その結果、ピーク流量との相関性が高い短時間降雨は人吉、横石地点とも9～12時間雨量であった。

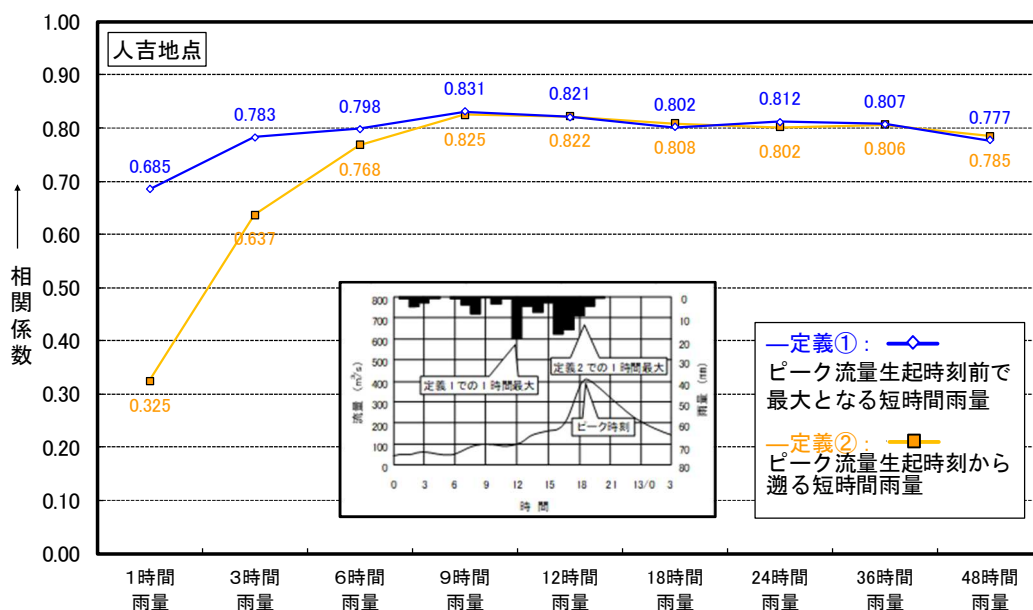


図 1-6(1) 人吉地点ピーク流量と降雨継続時間の相関図

〔対象洪水：年最大流量（氾濫等戻し流量）発生洪水（S28年以降）〕

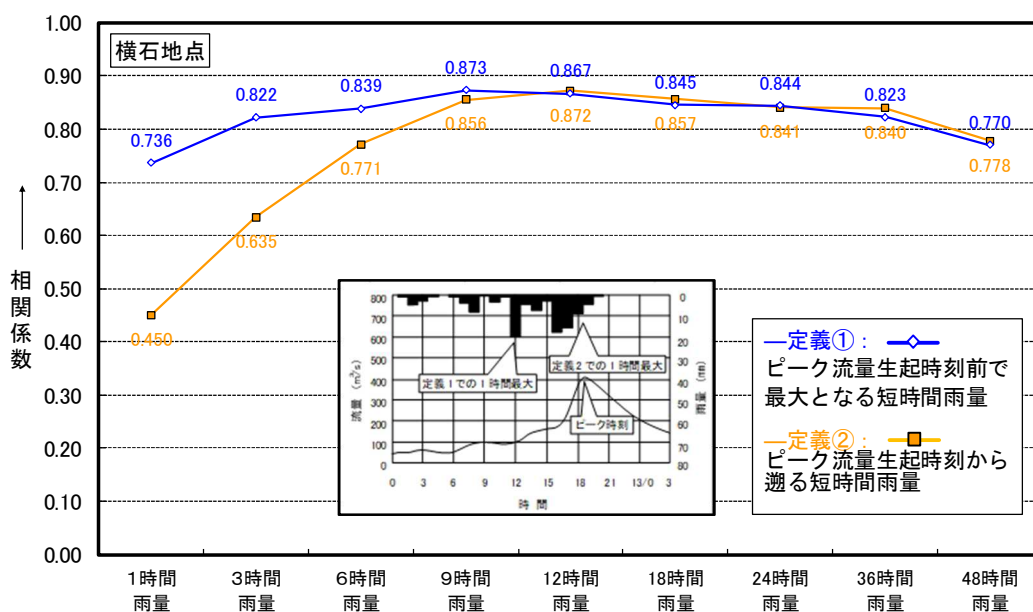


図 1-6(2) 横石地点ピーク流量と降雨継続時間の相関図

〔対象洪水：年最大流量（氾濫等戻し流量）発生洪水（S28年以降）〕

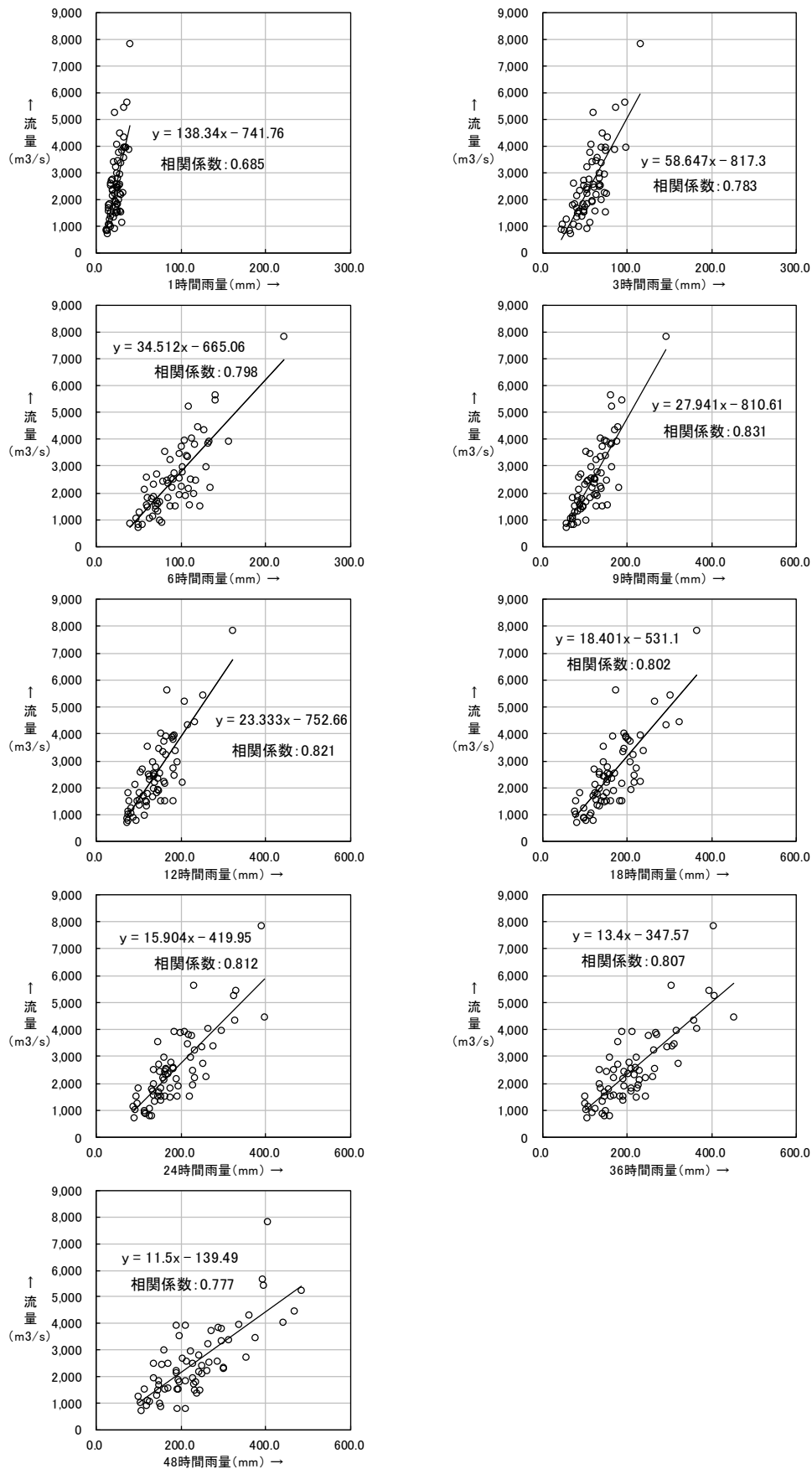


図 1-7(1) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図（人吉：定義①）

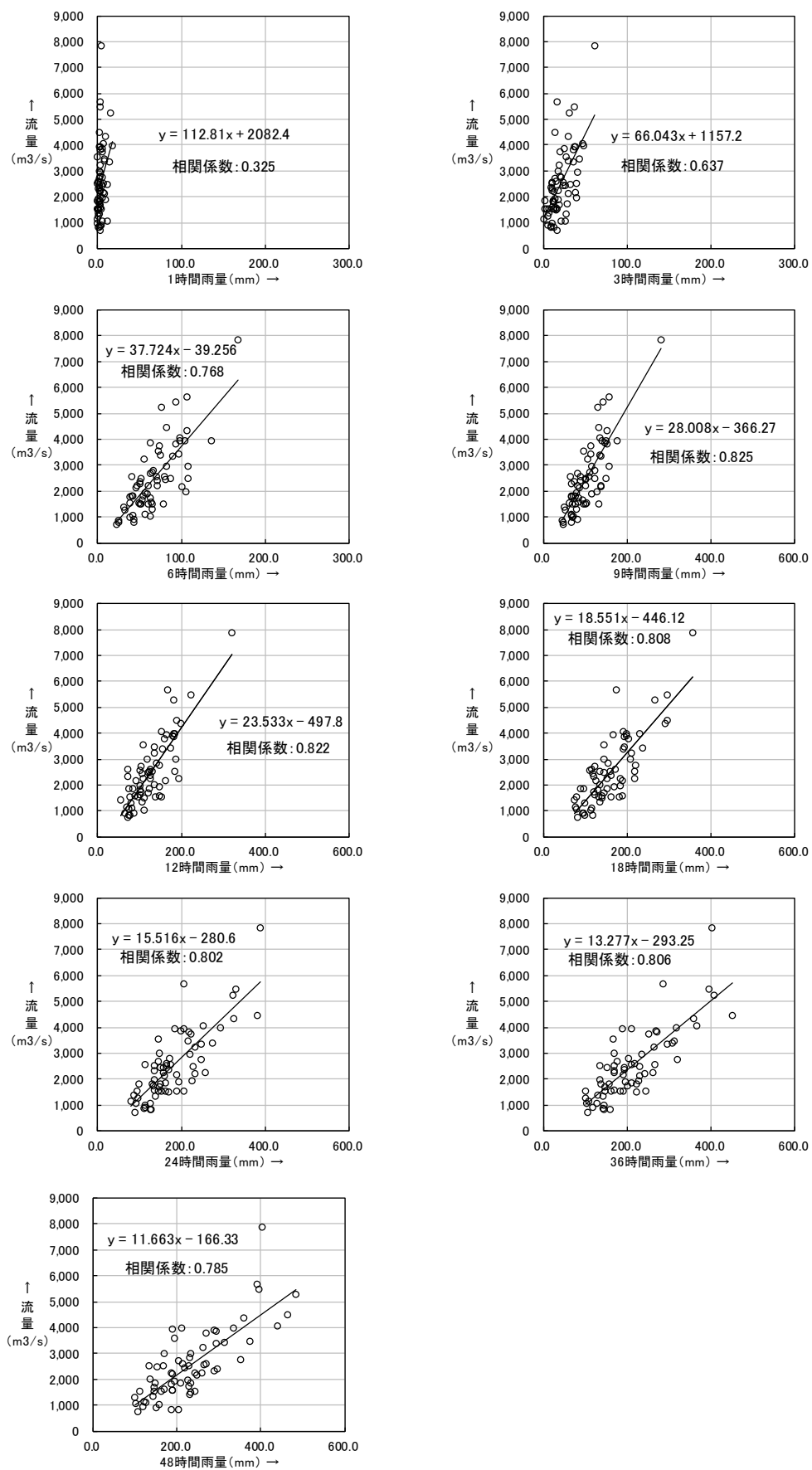


図 1-7(2) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図（人吉：定義②）

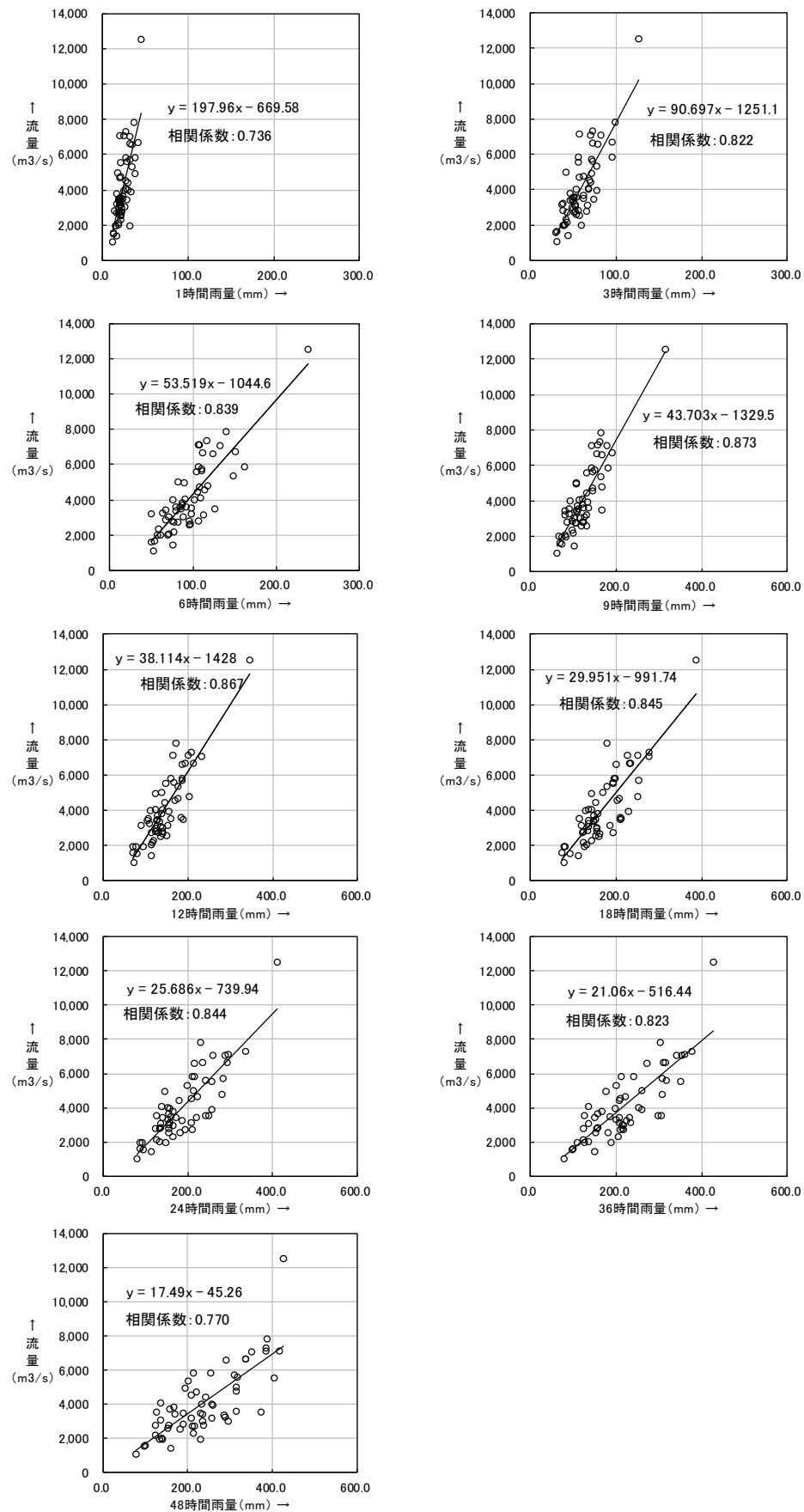


図 1-8(1) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図（横石：定義①）

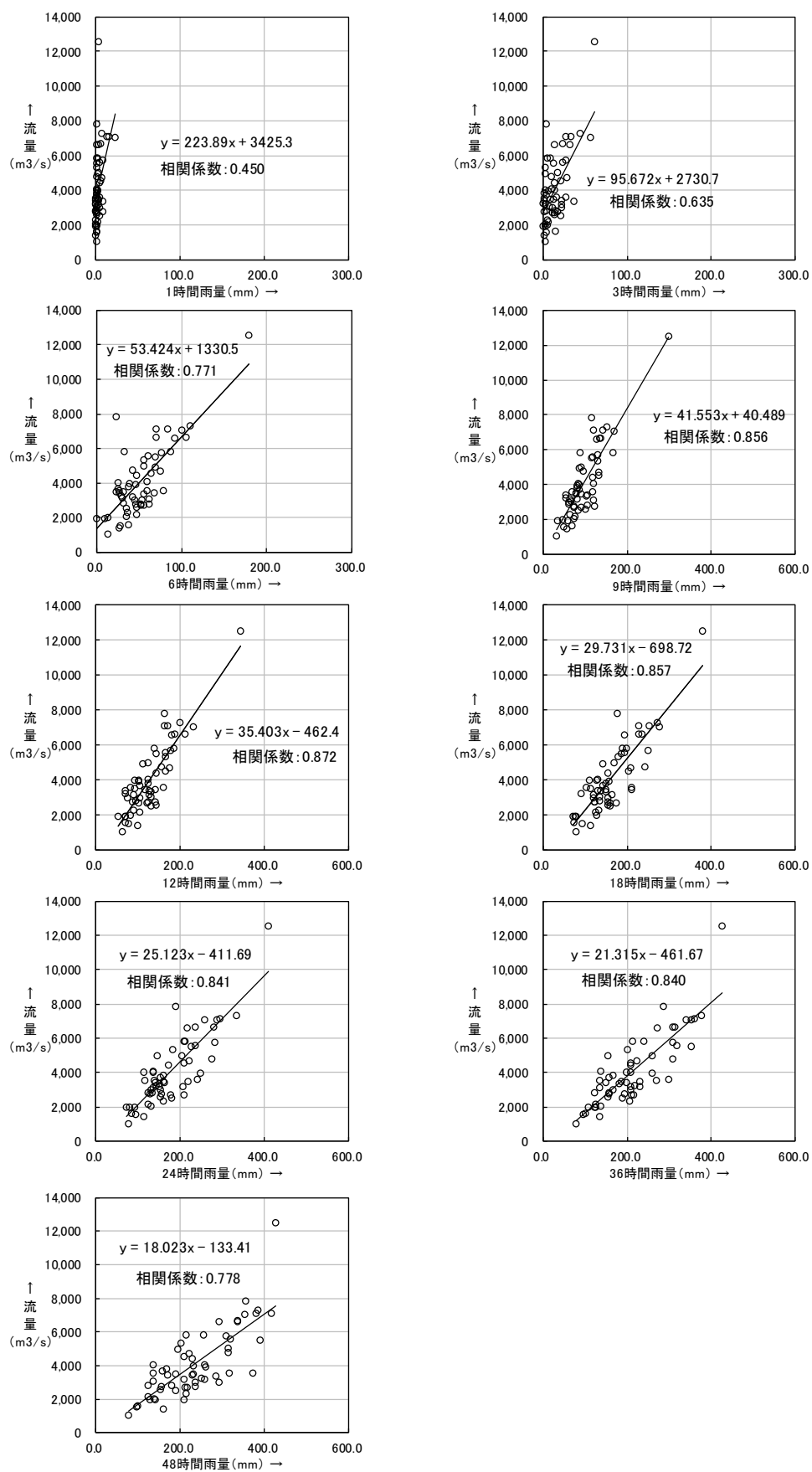


図 1-8(2) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図（横石：定義②）

1.5.4 強い降雨強度の継続時間

1.5.2 洪水到達時間の算定に用いた洪水を対象に、強い降雨強度（5 mm/hr 及び 10 mm/hr）の継続時間を整理した。

その結果、基準地点：人吉、横石において、主要洪水における降雨量 5 mm/hr の継続時間の平均値は 15 時間、降雨量 10 mm/hr の継続時間の平均値は 10 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、10～15 時間でカバーできることがわかる。

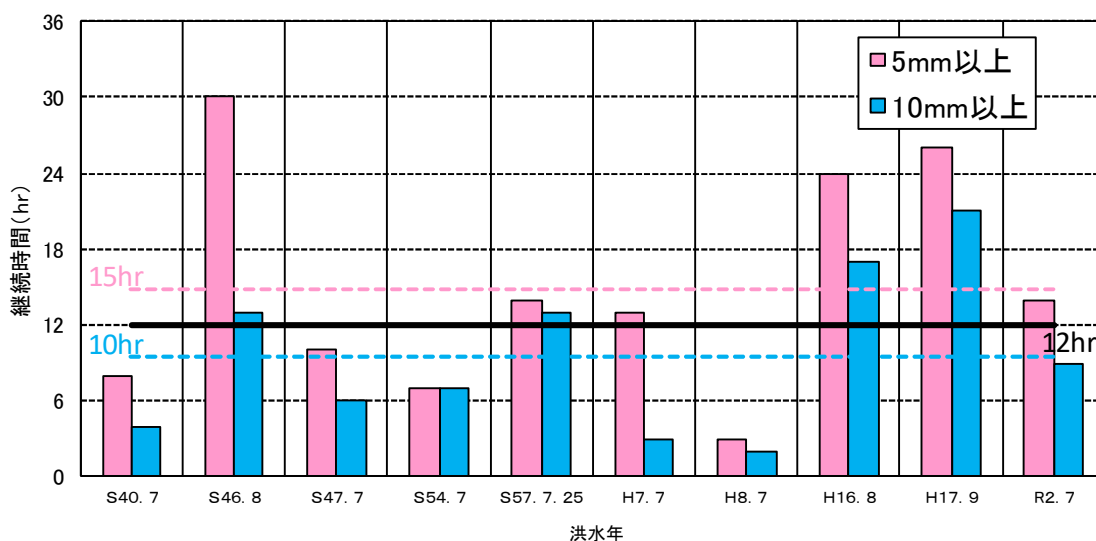


図 1-9 (1) 強い降雨強度の継続時間（人吉上流流域平均時間雨量）

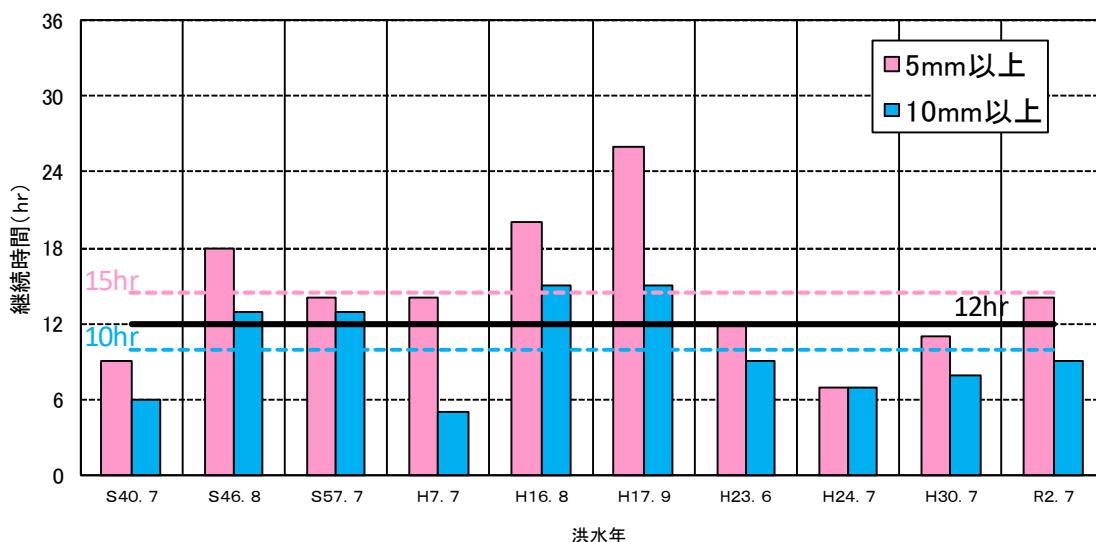


図 1-9 (2) 強い降雨強度の継続時間（横石上流流域平均時間雨量）

1.5.5 対象降雨の継続時間の設定

時間雨量が観測され始めた昭和 28 年（1953 年）から令和 2 年（2020 年）までの雨量資料（68 年間）を整理し、球磨川の降雨特性、ピーク流量との相関を勘案して、下記理由により対象降雨の継続時間は、既定計画と同じ人吉地点 12 時間、横石地点 12 時間と設定した。

〔 洪水到達時間検討結果 〕

kinematic wave 法及び角屋の式による洪水到達時間は以下のとおりとなる。

主要10洪水における洪水到達時間設定結果

単位：時間

人吉：8～11 時間
横石：9～12 時間

地点名	洪水到達時間		
	Kinematic Wave法	角屋の式	結果
人吉	4～25 【11】	7～10 【8】	8～11
横石	8～17 【12】	8～11 【9】	9～12

※【数字】は平均値

なお、対象降雨の継続時間は、洪水のピーク流量に大きく影響されることから、①時間雨量とピーク流量との相関、②大きな洪水が発生したときの強い降雨強度の継続時間の検討結果を用い、設定した対象降雨の継続時間に問題のないことを確認した。

〔 ① 時間雨量とピーク流量の相関 〕

洪水到達時間程度の時間雨量中で洪水のピーク流量との相関は、9～12 時間程度で最も高まる。

〔 ② 大きな洪水が発生したときの強い降雨強度の継続時間 〕

過去の大洪水では、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の多くは、12 時間以内である。

1.5.6 対象降雨の降雨量の設定

対象降雨の降雨量は、実績降雨データから得られた確率雨量に過去の再現計算と将来の予測の比(降雨量変化倍率)である 1.1 を乗じて得られた人吉:298mm/12 時間、横石:301mm/12 時間を採用する。

表 1-5 対象降雨の降雨量

基準地点	規模	人吉	備考
人吉	1/80	271mm/12 時間	・人吉地点上流域は横石地点上流域の半分以上を占めており、両地点上流域の年最大流域平均 12 時間雨量の相関性が高いことから、両地点とも同じ確率分布モデルを用いる。 ・SLSC や Jackknife 推定誤差に加え AIC の指標から、総合的に勘案してグンベル分布を採用 ・気候変動は、河川の整備の目標となる洪水の規模相応の降雨量に変化倍率 1.1 倍を乗じて算定
	1/80 (気候変動)	298mm/12 時間	
横石	1/100	274mm/12 時間	
	1/100 (気候変動)	301mm/12 時間	

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。

<人吉地点>

① Mann-Kendall 検定 (定常/非定常性を確認)

S28～H22 および雨量データを一年ずつ追加し、R2 までのデータを対象とした検定結果を確認

⇒非定常性は確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施

② 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(令和2年)まで雨量統計期間を延伸した場合のグンベル分布による確率雨量を算定

⇒令和2年までの雨量データを用いた場合の超過確率 1/80 確率雨量は 278mm/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。

<横石地点>

① Mann-Kendall 検定（定常／非定常性を確認）

S28～H22 および雨量データを一年ずつ追加し、R2 までのデータを対象とした検定結果を確認

⇒非定常性が確認されたため、非定常性が現れる前（平成 23 年）までデータ延伸を実施

② データ延伸を実施

非定常性が確認されたことから、非定常性が現れる前までの平成 23 年まで雨量統計期間を延伸した場合のグンベル分布による確率雨量を算定

⇒平成 23 年までの雨量データを用いた場合の超過確率 1/100 確率雨量は 275mm/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。

表 1-6(1) 人吉地点 12 時間雨量 1/80 確率評価結果

確率 分布	計算方法	基準地点 人吉				備考
		SLSC	1/80降雨量 (mm/12hr)	JackKnife 推定誤差	pAIC	
分 布 型	ゲンベル手法	0.031	271.1	13.7	596.0	採用
	一般化極値 (GEV) 分布	0.018	249.8	18.2	596.9	
	平方根指数型最大値 (SQRT-ET) 分布	0.046	310.3	20.9	598.2	
布 マ ガ 型 分 ン	指数分布	0.065	301.1	16.0	565.7	
	対数ピアソンⅢ型分布 (対数空間法)	-	-	-	-	
	対数ピアソンⅢ型分布 (実数空間法)	0.023	242.5	15.1	596.7	
対 数 正 規 分 布	岩井法	0.021	254.8	18.3	596.9	
	石原・高瀬法	0.022	247.5	14.8	597.3	
	クォンタイル法	0.021	257.0	17.5	596.9	
	3 母数積率法	0.022	247.2	14.6	597.3	
	2 母数積率法	0.022	263.3	15.5	595.1	
	2 母数L積率法	0.022	267.0	15.9	595.0	
気候変動考慮		-	298.2	-	-	

注) 時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成22年

表 1-6(2) 横石地点 12 時間雨量 1/100 確率評価結果

確率 分布	計算方法	基準地点 横石				備考
		SLSC	1/100降雨量 (mm/12hr)	JackKnife 推定誤差	pAIC	
分 布 型	ゲンベル手法	0.040	273.7	13.1	593.1	採用
	一般化極値 (GEV) 分布	0.031	251.8	15.8	594.6	
	平方根指数型最大値 (SQRT-ET) 分布	0.050	310.9	21.5	594.6	
	指数分布	0.071	306.1	15.4	564.0	
布 マ ガ 型 分 ン	対数ピアソンⅢ型分布 (対数空間法)	-	-	-	-	
	対数ピアソンⅢ型分布 (実数空間法)	0.032	240.0	12.6	594.4	
対 数 正 規 分 布	岩井法	0.029	255.1	14.3	594.5	
	石原・高瀬法	0.031	246.1	12.3	595.2	
	クォンタイル法	0.029	264.3	25.0	594.3	
	3 母数積率法	0.031	245.8	12.2	595.3	
	2 母数積率法	0.028	263.9	15.3	592.5	
	2 母数L積率法	0.028	268.6	15.9	592.4	
気候変動考慮		-	301.1	-	-	

注) 時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成22年

表 1-7(1) 球磨川水系 雨量確率計算結果（人吉地点：S28～H22 年）

項 目		球磨川：人吉地点												採用値
		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 (対数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 法)	対数正規分布 (ノントナル法)	3母数 対数正規分布 (種率法)	2母数 対数正規分布 (L種率法)	2母数 対数正規分布 (種率法)	
標本数		GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LogP3	LP3Rs	LNlwai	IsiTaka	LN3(Q)	LN3(PM)	LN2(LM)	LN2(PM)	
確 率 年	1/2	139.7	136.3	129.0	134.6	—	140.8	138.9	140.2	138.4	140.3	137.7	137.7	
	1/3	158.2	154.3	148.0	154.2	—	159.1	156.9	158.1	156.3	158.1	156.4	156.0	
	1/5	177.2	174.4	171.8	177.5	—	177.2	175.8	176.2	175.4	176.3	176.6	175.6	
	1/10	199.0	199.6	204.1	208.9	—	197.3	198.0	197.0	198.0	197.0	201.1	199.5	
	1/20	217.9	223.9	236.4	241.2	—	214.3	218.1	215.2	218.7	215.1	223.9	221.6	
	1/30	228.0	237.8	255.3	260.7	—	223.2	229.2	225.1	230.2	225.0	236.7	234.1	
	1/50	239.8	255.2	279.2	286.1	—	233.6	242.7	237.0	244.3	236.8	252.6	249.4	
	1/80	249.8	271.1	301.1	310.3	—	242.5	254.8	247.5	257.0	247.2	267.0	263.3	
	1/100	254.4	278.7	311.5	322.1	—	246.5	260.4	252.3	262.9	252.0	273.8	269.9	
	1/200	267.6	302.1	343.8	359.9	—	258.3	277.6	266.9	281.1	266.5	294.8	290.1	
S L S C H	1/300	274.7	315.8	362.7	382.9	—	264.7	287.5	275.2	291.6	274.7	307.0	301.8	
	1/400	279.6	325.5	376.1	399.6	—	269.1	294.5	281.0	299.0	280.4	315.6	310.2	
	1/500	283.2	333.0	386.6	412.8	—	272.4	299.8	285.4	304.7	284.8	322.3	316.6	
	S L S C	0.0180	0.0310	0.0650	0.0460	—	0.0230	0.0210	0.0220	0.0210	0.0220	0.0220	0.0220	
	S L S C H	0.0320	0.0610	0.0970	0.0920	—	0.0350	0.0430	0.0370	0.0470	0.0370	0.0530	0.0520	
Jackknife推定値 (1/80)	249.00	271.10	301.10	313.00	—	246.90	257.40	247.40	261.50	247.10	266.60	263.40		
Jackknife推定誤差 (1/80)	18.20	13.70	16.00	20.90	—	15.10	18.30	14.80	17.50	14.60	15.90	15.50		
相関係数(X)	0.996	0.988	0.949	0.972	—	0.996	0.995	0.995	0.995	0.994	0.995	0.992	0.993	
相関係数(Y)	0.996	0.995	0.939	0.993	—	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	
決定手法	○													

表 1-7(2) 球磨川水系 雨量確率計算結果（横石地点：S28～H22 年）

項 目		球磨川：横石地点										採用値	
		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 (対数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 法)	対数正規分布 (クボタ法)	3母数 対数正規分布 (頻率法)	2母数 対数正規分布 (L頻率法)	2母数 対数正規分布 (頻率法)
標本数		GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LogP3	LP3ts	LNlwai	IsiTaka	LN3(Q)	LN3(PM)	LN2(LM)	LN2(PM)
		58											
確 率 年	1/2	136.4	133.4	126.3	131.6	—	138.2	136.1	137.6	134.6	137.7	134.8	134.8
	1/3	151.2	151.2	144.9	150.4	—	156.1	153.7	155.1	152.3	155.2	153.2	152.7
	1/5	173.5	171.0	168.4	172.8	—	173.9	172.2	172.8	171.5	172.8	173.0	171.9
	1/10	195.3	195.9	200.3	202.8	—	193.3	193.9	192.9	194.9	192.9	197.1	195.2
	1/20	214.4	219.7	232.1	233.6	—	209.6	213.6	210.5	216.6	210.5	219.5	216.8
	1/30	224.6	233.4	250.7	252.3	—	218.1	224.5	220.0	228.8	219.9	232.1	229.0
	1/50	236.7	250.6	274.2	276.6	—	227.9	237.7	231.4	244.0	231.3	247.7	244.0
	1/80	247.1	266.3	295.8	299.7	—	236.2	249.6	241.4	257.8	241.2	261.9	257.5
	1/100	251.8	273.7	306.1	310.9	—	240.0	255.1	246.1	264.3	245.8	268.6	263.9
	1/200	265.5	296.8	337.9	347.0	—	250.9	271.9	259.9	284.3	259.6	289.2	283.6
	1/300	273.0	310.3	356.5	368.9	—	256.9	281.6	267.8	295.9	267.4	301.1	295.1
	1/400	278.1	319.8	369.7	384.8	—	260.9	288.4	273.2	304.2	272.8	309.6	303.2
	1/500	281.9	327.2	380.0	397.4	—	263.9	293.6	277.4	310.6	276.9	316.2	309.5
	S L S C	0.0310	0.0400	0.0710	0.0500	—	0.0320	0.0290	0.0310	0.0290	0.0310	0.0280	0.0280
	S L S C H	0.0600	0.0810	0.1090	0.1000	—	0.0650	0.0690	0.0650	0.0740	0.0650	0.0720	0.0730
Jackknife推定値 (1/100)		250.80	273.70	306.10	313.30	—	244.40	255.80	245.50	269.00	245.20	268.10	263.90
Jackknife推定誤差(1/100)		15.80	13.10	15.40	21.50	—	12.60	14.30	12.30	25.00	12.20	15.90	15.30
相関係数(X)		0.990	0.980	0.940	0.962	—	0.991	0.989	0.990	0.985	0.990	0.985	0.986
相関係数(Y)		0.994	0.995	0.954	0.994	—	0.993	0.994	0.993	0.995	0.993	0.995	0.995
決定手法			○										

SLSC≦0.04を満たす手法

決定手法

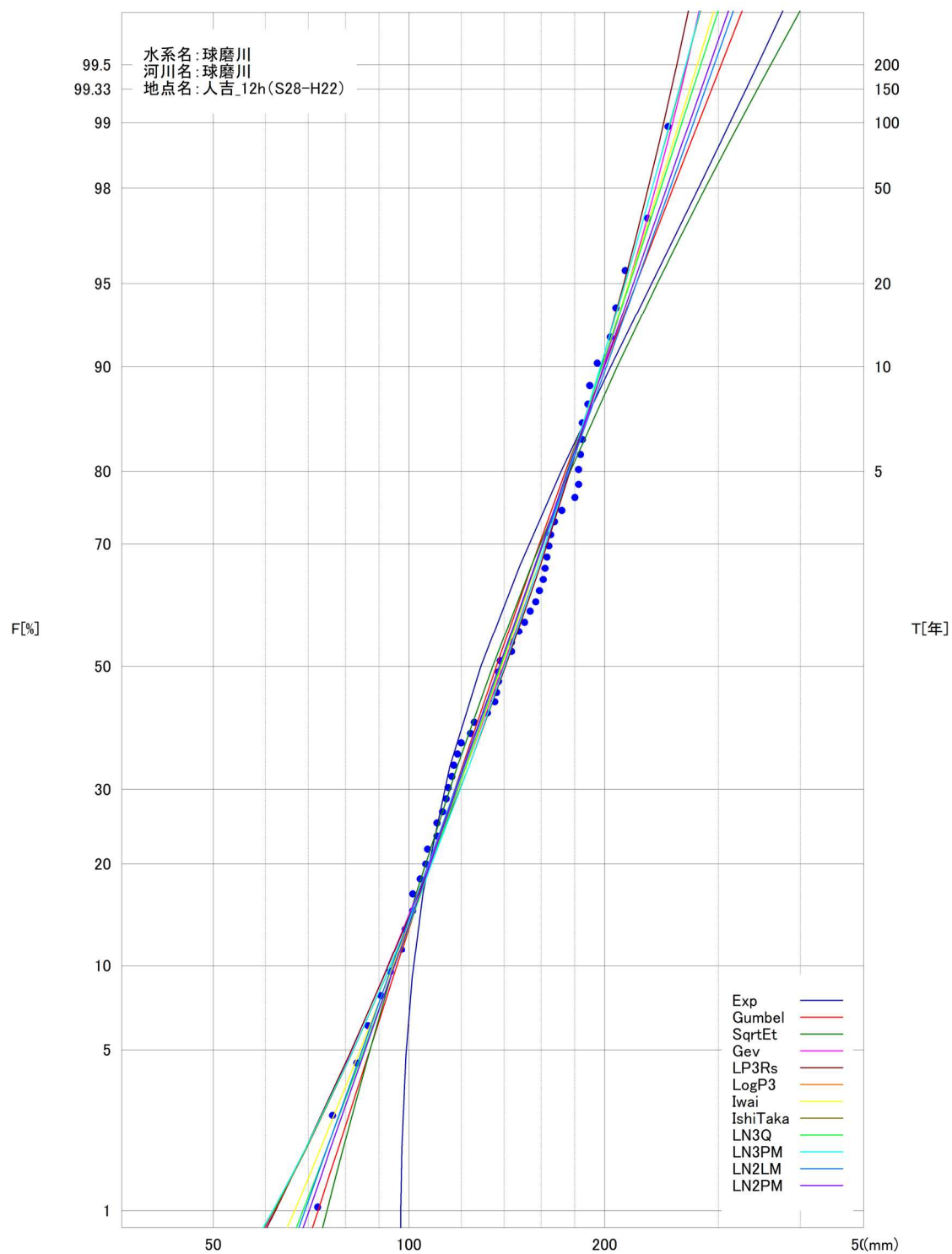


図 1-10(1) 雨量確率計算結果(人吉地点、12 時間雨量、昭和 28 年～平成 22 年)

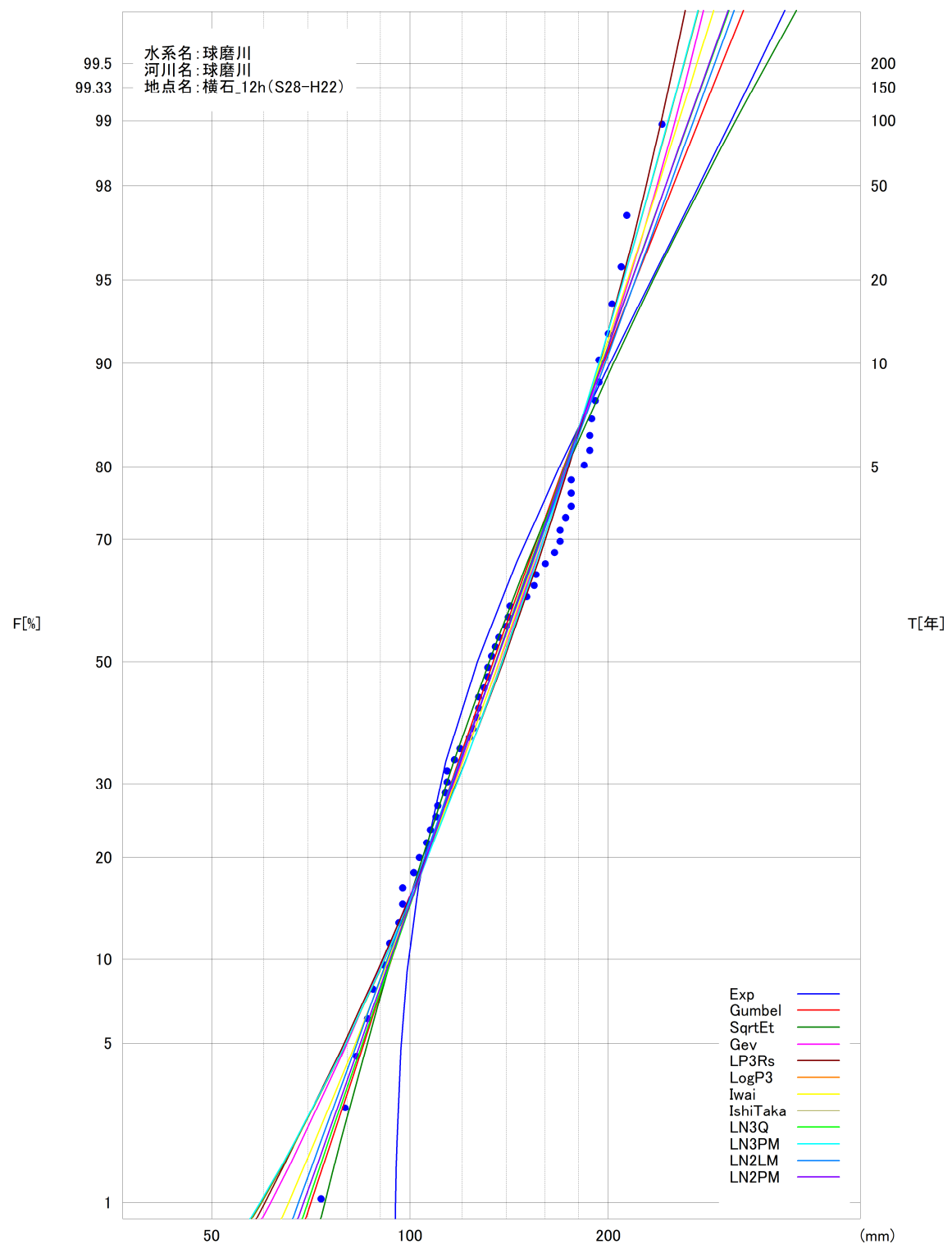


図 1-10(2) 雨量確率計算結果(横石地点、12 時間雨量、昭和 28 年～平成 22 年)

表 1-8(1) 人吉上流年最大 12 時間雨量

洪水開始年月			最大12時間雨量	備考
年	月	日		
28	6	4	106.9	
29	8	16	182.2	
30	9	28	203.5	
31	8	15	114.9	
32	7	25	180.4	
33	6	10	99.0	
34	7	13	116.6	
35	6	20	101.1	
36	7	29	72.4	
37	8	9	153.3	
38	8	16	132.0	
39	8	22	185.2	
40	6	28	167.1	
41	7	7	124.5	
42	3	25	86.3	
43	9	23	110.3	
44	6	28	163.5	
45	8	13	160.9	
46	8	2	208.3	
47	6	11	194.6	
48	7	24	93.7	
49	9	7	97.2	
50	6	19	104.4	
51	9	9	136.9	
52	6	15	101.3	
53	6	21	120.7	
54	7	14	163.6	
55	6	17	138.4	
56	7	30	76.2	
57	7	23	250.4	
58	7	14	158.8	
59	8	25	172.3	
60	7	8	114.4	
61	6	24	83.2	
62	7	15	135.5	
63	5	3	90.7	
1	7	27	183.9	
2	6	28	143.9	
3	6	9	126.0	
4	8	7	147.3	
5	9	1	188.5	
6	6	11	112.3	
7	6	30	184.7	
8	8	13	156.7	
9	9	15	190.4	
10	6	12	137.5	
11	9	21	136.1	
12	6	2	105.9	
13	6	18	117.6	
14	6	28	110.7	
15	8	6	144.3	
16	8	28	215.2	
17	9	4	232.9	
18	7	18	165.7	
19	7	2	150.6	
20	6	19	182.3	
21	7	23	119.0	
22	5	21	162.5	

表 1-8(2) 横石上流年最大 12 時間雨量

洪水開始年月			最大12時間雨量	備考
年	月	日		
28	7	8	103.2	
29	8	16	183.1	
30	9	28	188.0	
31	8	15	107.5	
32	7	25	165.7	
33	6	10	97.0	
34	7	13	131.0	
35	6	20	92.7	
36	7	29	79.7	
37	8	9	141.3	
38	8	16	105.7	
39	8	22	202.3	
40	6	28	171.6	
41	7	7	126.5	
42	3	25	86.1	
43	9	23	95.7	
44	6	28	160.0	
45	8	13	140.7	
46	8	2	200.1	
47	6	11	193.0	
48	7	24	91.1	
49	9	7	101.3	
50	6	19	109.6	
51	9	9	126.0	
52	6	27	97.0	
53	6	21	124.5	
54	7	14	175.3	
55	7	26	150.5	
56	7	30	73.2	
57	7	23	240.5	
58	7	14	154.5	
59	8	25	175.4	
60	5	13	122.6	
61	6	24	82.9	
62	7	15	110.2	
63	6	1	87.6	
1	7	27	175.8	
2	6	28	132.3	
3	6	9	129.0	
4	8	7	135.8	
5	7	30	212.4	
6	6	11	112.7	
7	6	30	192.7	
8	8	13	153.9	
9	9	15	168.6	
10	6	12	134.7	
11	9	21	126.8	
12	6	2	116.8	
13	6	18	118.5	
14	6	28	113.3	
15	8	6	130.7	
16	8	28	186.9	
17	9	4	208.8	
18	7	18	190.6	
19	7	2	139.9	
20	6	19	187.1	
21	7	23	113.9	
22	5	21	169.1	

1.6 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) 河川の整備の目標となる洪水の規模の設定

既定計画策定時と流域の重要度に大きな変化がないことから、既定計画と同様に人吉：1/80、横石：1/100 とした。

(2) 対象降雨の降雨量の設定

対象降雨の継続時間は、Kinematic Wave 法及び角屋式等による洪水の到達時間、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。

なお、降雨量変化倍率の算定に用いている過去実験の期間が 2010 年までであることを踏まえ、既定計画から雨量標本のデータ延伸を一律に 2010 年までにとどめ、2010 年までの雨量標本を用い、定常の水文統計解析により確率雨量を算定し、これに降雨量変化倍率を乗じた値を対象降雨の降雨量とする。

昭和 28 年（1853 年）～平成 22 年（2010 年）までの 58 年間の年最大 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を用いて対象降雨の降雨量を基準地点人吉で 271mm、基準地点横石で 274mm と決定した。

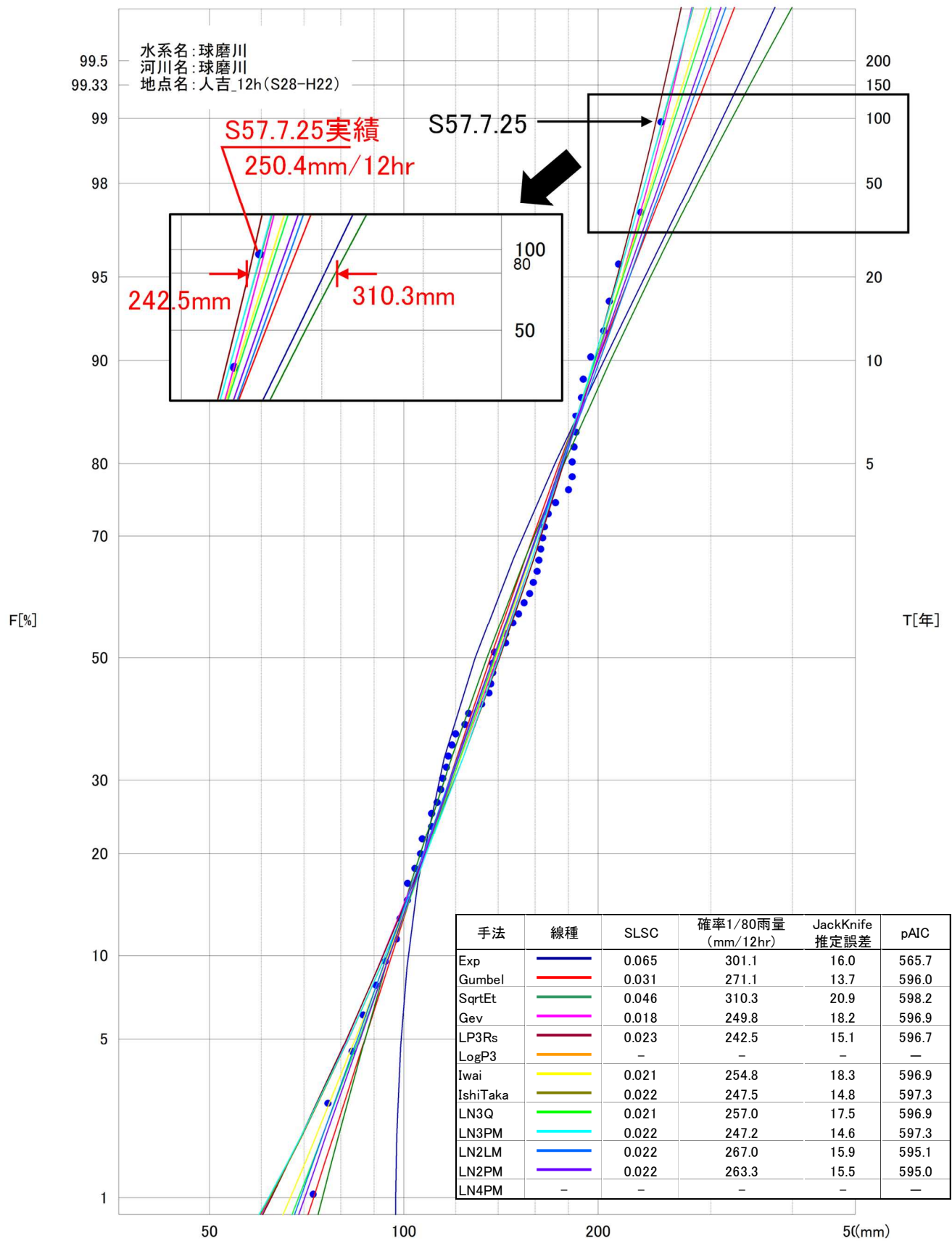


図 1-11 (1) 人吉地点における雨量確率評価 (昭和 28 年～平成 22 年 : 58 年間)

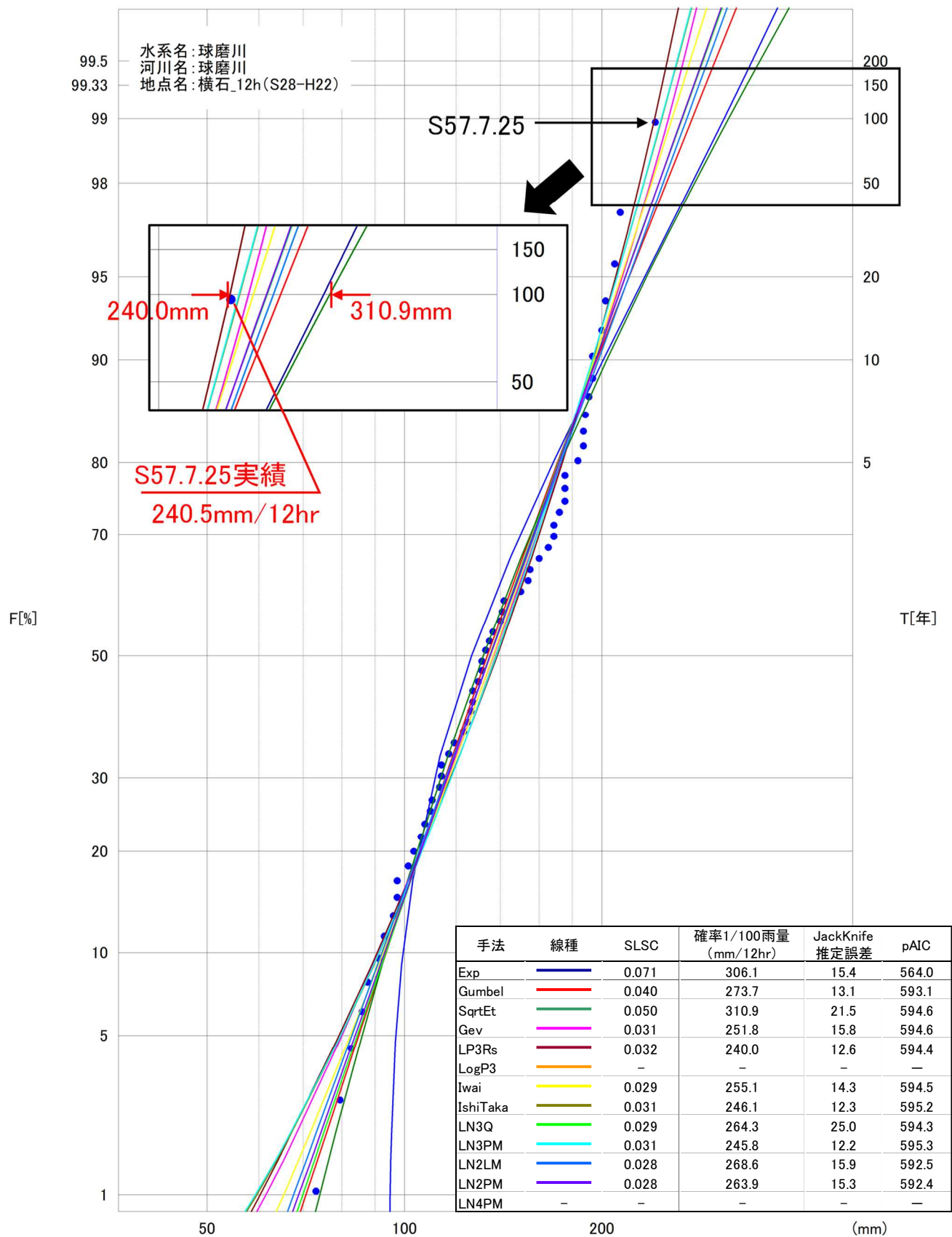


図 1-11(2) 横石地点における雨量確率評価 (昭和 28 年～平成 22 年 : 58 年間)

1.7 流出計算モデルの設定

降雨を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、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ものとし、利水ダム貯留による流量低減効果を適切に反映するため、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た。

貯留関数法の基礎式を次に示す。

流域の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$\frac{ds}{dt} = f(t) \cdot r(t) - q(t + Tl)$$

$$s(t) = K \cdot q(t + Tl)^P$$

$$q(t) = \frac{3.6 \cdot Q(t)}{A}$$

ただし、

$$r(t) \leq R_{sa1} \quad \text{の場合、} f = f_1$$

$$R_{sa1} < r(t) < R_{sa2} \quad \text{の場合、} f = f_2$$

$$r(t) > R_{sa2} \quad \text{の場合、} f = 1.0$$

$$\text{ここで、} R_{sa} = \frac{I \cdot R_{sum} - \frac{Q_{sum}}{1000 \cdot A} I}{f - f_1}$$

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/h)

$q(t)$: 直接流出高 (mm/h), Tl : 遅滞時間 (mm/hr), K : 定数, P : 定数

$Q(t)$: 直接流出強度 (m³/s), A : 流域面積 (km²)

$\sum R(t)$: 降雨の降り始めから該当時刻までの流出平均降雨強度の和

R_0 : 初期損失雨量 (mm), R_{sa} : 飽和雨量(mm), R_{sum} : 総降雨量 (mm)

Q_{sum} : 総直接流出量, f_1 : 一次流出率, f_2 : 二次流出率,

$Q_{ca}(t)$: 流域からの流出量 (m³/s), Q_{bt} : 基底流量(m³/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。

$$S_1(t) = K \cdot Q_1(t)^P - Tl \cdot Q_1(t) \quad \dots \text{式 A}$$

$$\frac{dS_1(t)}{dt} = I(t) - Q_1(t)$$

$$Q_1(t) = Q(t + Tl)$$

$S_1(t)$: みかけの河道貯留量((m^3/s)・hr), Q_t : 遅滞時間 Tl 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 、 P : 河道による定数

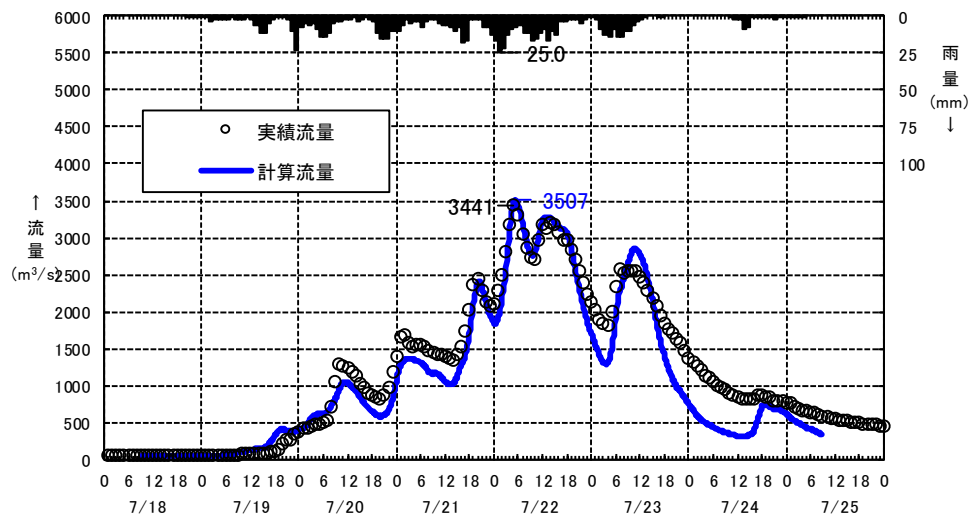


図 1-12(1) 平成 18 年 7 月洪水再現計算結果 (人吉地点)

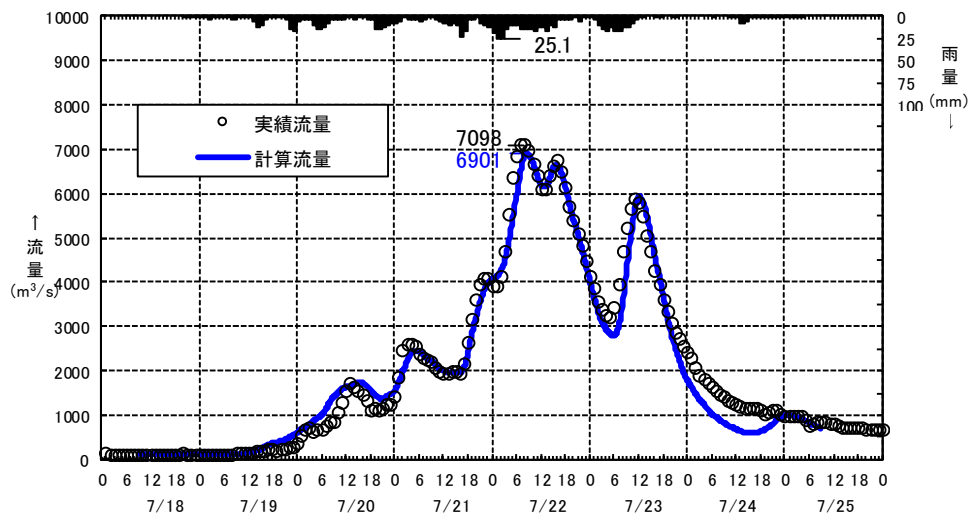


図 1-12(2) 平成 18 年 7 月洪水再現計算結果 (横石地点)

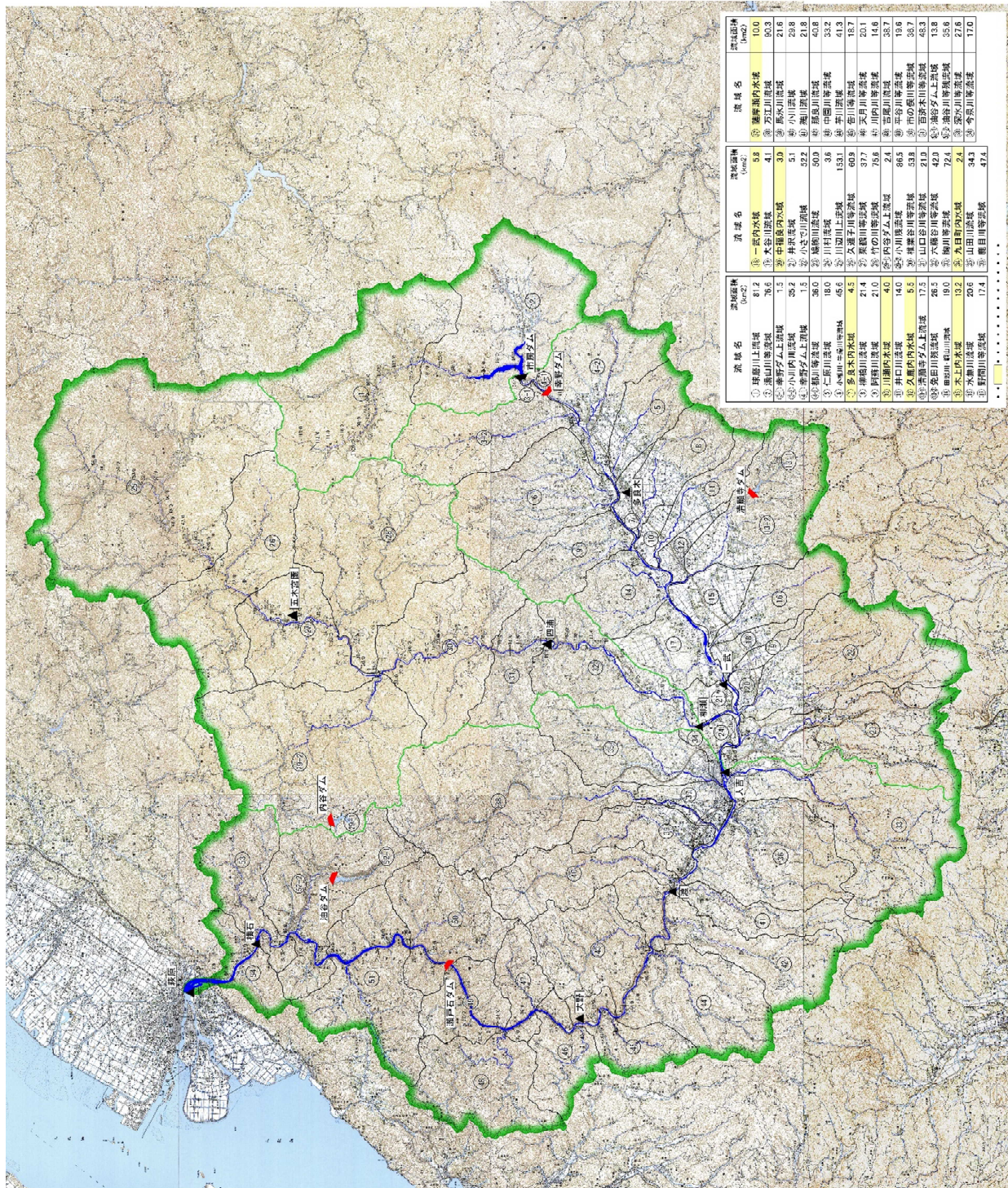


図 1-13 球磨川流域分割図

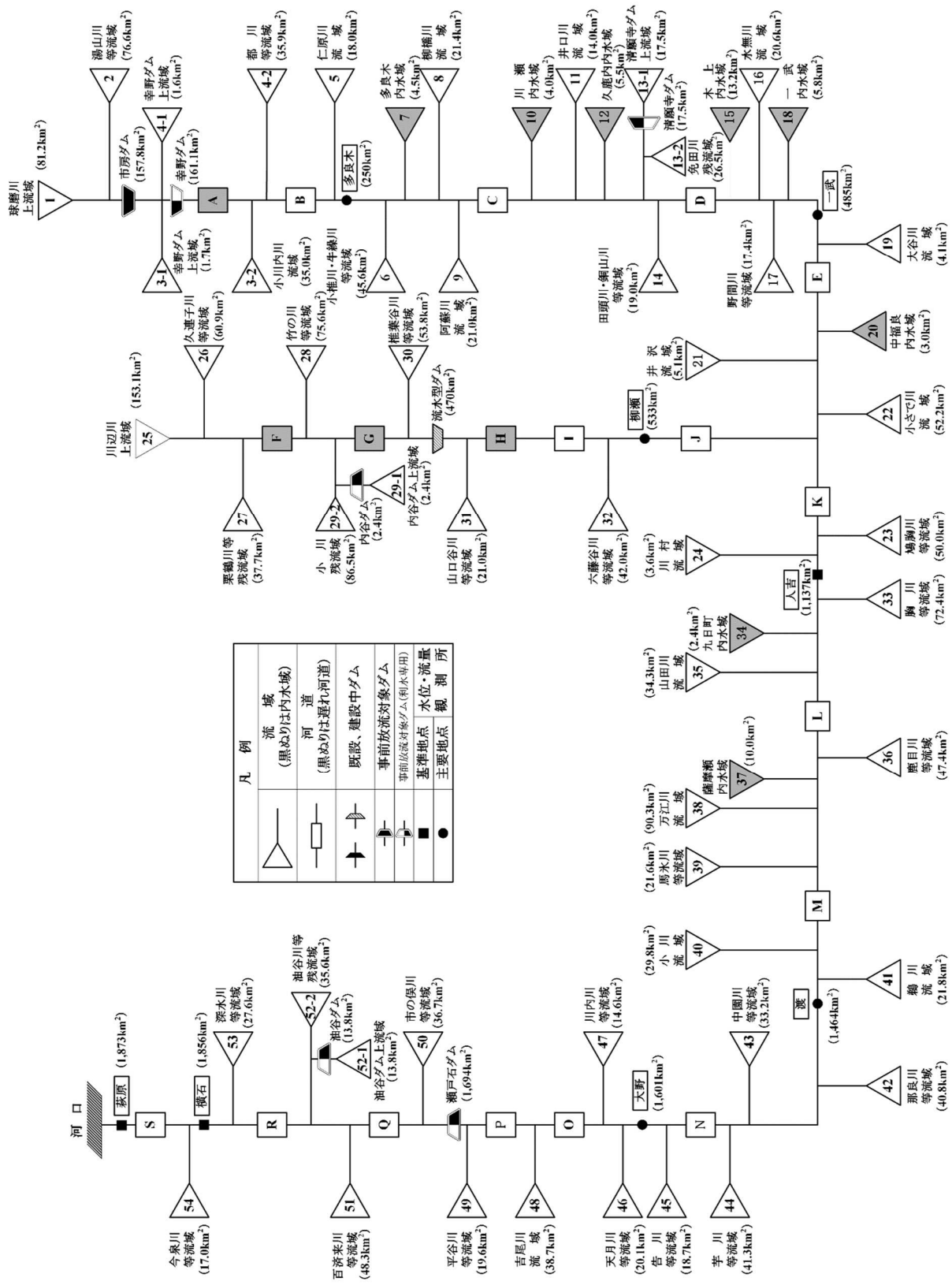


図 1-14 流出解析モデル図

表 1-9(1) 流域分割一覧表

流域分割			主要地点等	流域面積(km ²)		摘要
大分割	No.	小分割		分割流域	地点上流	
本川上流域	1	球磨川上流域		81.2		
	2	湯山川等流域	市房ダム	76.6	157.8	既設ダム
	3-1	幸野ダム上流域		1.7		
	4-1	幸野ダム上流域		1.6		利水ダム(幸野ダム)
	3-2	小川内川流域		35.0		
	4-2	都川等流域		35.9		
	5	仁原川等流域	多良木	18.0		
	6	小椎、牛操川等流域		45.6		
	7	多良木内水域		4.5		
	8	柳橋川流域		21.4		
	9	阿蘇川流域		21.0		
	10	川瀬内水域		4.0		
	11	井口川流域		14.0		
	12	久鹿内水域		5.5		
	13-1	清願寺ダム上流域		17.5		利水ダム(清願寺ダム)
	13-2	免田川残流域		26.5		
	14	田頭、銅山川等流域		19.0		
	15	木上内水域		13.2		
	16	水無川流域		20.6		
	17	野間川等流域		17.4		
	18	一武内水域	一武	5.8	485.0	
	19	大谷川流域		4.1		
	20	中福良内水域		3.0		
	21	井沢流域		5.1		
	22	小さで川流域		52.2		
	23	鳩胸川等流域		50.0		
	24	川村流域	人吉	3.6	604.0 (1,137.0)	基準地点
川辺川流域	25	川辺川上流域		153.1		
	26	久連子川等流域		60.9		
	27	栗鶴川残流域		37.7		

表 1-9(2) 流域分割一覧表

流域分割		主要地点等	流域面積(km ²)		摘要
大分割	No. 小分割		分割流域	地点上流	
川 辺 川 流 域	28	竹の川等流域		75.6	
	29-1	内谷ダム上流域		2.4	利水ダム(内谷ダム)
	29-2	小川残流域		86.5	
	30	椎葉谷川等流域		53.8	
	31	山口谷川等流域		21.0	
	32	六篠谷川等流域	柳瀬	42.0	533.0
	33	胸川等流域		72.4	
	34	九日町内水域		2.4	
	35	山田川流域		34.3	
	36	鹿目川等流域		47.4	
	37	薩摩瀬内水域		10.0	
	38	万江川流域		90.3	
	39	馬氷川等流域		21.6	
	40	小川流域		29.8	
	41	鵜川流域	渡	21.8	1,467.0
本 川 下 流 域	42	那良川等流域		40.8	
	43	中園川等流域		33.2	
	44	芋川等流域		41.3	
	45	告川等流域	大野	18.7	1,601.0
	46	天月川等流域		20.1	
	47	川内川等流域		14.6	
	48	吉尾川流域		38.7	
	49	平谷川等流域		19.6	利水ダム(瀬戸石ダム)
	50	市ノ俣川等流域		36.7	
	51	百済木川等流域		48.3	
	52-1	油谷ダム上流域		13.8	利水ダム(油谷ダム)
	52-2	油谷川等残流域		35.6	
	53	深水川等流域	横石	27.6	1,856.0
	54	今泉川等流域	萩原	17.0	1,873.0

表 1-10 河道分割一覧表

河川名	記号	区 間	延 長 (km)	備 考
本 川	A	市 房 ダ ム ～ 小 川 内 川 合 流 点	2.4	
	B	小 川 内 川 合 流 点 ～ 多 良 木	5.1	
	C	多 良 木 ～ 免 田 川 合 流 点	7.7	
	D	免 田 川 合 流 点 ～ 一 武	7.5	
	E	一 武 ～ 川 辺 川 合 流 点	1.9	
	K	川 辺 川 合 流 点 ～ 人 吉	4.6	
	L	人 吉 ～ 万 江 川 合 流 点	4.5	
	M	万 江 川 合 流 点 ～ 渡	5.2	
	N	渡 ～ 大 野	12.9	
	O	大 野 ～ 吉 尾 川 合 流 点	5.7	
	P	吉 尾 川 合 流 点 ～ 瀬 戸 石 ダ ム	5.5	
	Q	瀬 戸 石 ダ ム ～ 荒 瀬 ダ ム	9.0	
	R	荒 瀬 ダ ム ～ 横 石	7.2	
	S	横 石 ～ 萩 原	6.2	
川 辺 川	F	五木ダム建設予定地～小川内川合流点	13.0	
	G	小川内川合流点～川辺川ダム建設予定地	7.0	
	H	川 辺 川 ダ ム 建 設 予 定 地 ～ 四 浦	3.6	
	I	四 浦 ～ 柳 瀬	13.4	
	J	柳 瀬 ～ 本 川 合 流 点	2.2	

表 1-11

流域定数一覧表

流 域 名	流域面積 (km ²)	貯 留 関 数 S=KQ ^P			遅滞時間 (分) Tl
		K	P		
1 球 磨 川 上 流 域	81.2	12.5	0.6		30
2 湯 山 川 等 流 域	76.6	21.4	0.6		15
3-1 幸 野 ダム 上 流 域	1.7	8.2	0.6		30
3-2 小 川 内 川 流 域	35.0	8.2	0.6		30
4-1 幸 野 ダム 上 流 域	1.6	11.6	0.6		45
4-2 都 川 等 流 域	35.9	11.6	0.6		45
5 仁 原 川 流 域	18.0	15.5	0.6		15
6 小 椎 川・牛 繰 川 等 流 域	45.6	14.9	0.6		30
7 多 良 木 内 水 域	4.5	27.3	0.6		15
8 柳 橋 川 流 域	21.4	10.3	0.6		15
9 阿 蘇 川 流 域	21.0	10.0	0.6		15
10 川 瀬 内 水 域	4.0	8.0	0.6		15
11 井 口 川 流 域	14.0	5.0	0.6		15
12 久 鹿 内 内 水 域	5.5	26.1	0.6		15
13-1 清 願 寺 ダム 上 流 域	17.5	12.6	0.6		45
13-2 免 田 川 残 流 域	26.5	12.6	0.6		45
14 田 頭 川・銅 山 川 流 域	19.0	16.3	0.6		15
15 木 上 内 水 域	13.2	16.7	0.6		15
16 水 無 川 流 域	20.6	9.8	0.6		30
17 野 間 川 等 流 域	17.4	13.7	0.6		15
18 一 武 内 水 域	5.8	26.5	0.6		15
19 大 谷 川 流 域	4.1	3.2	0.6		15
20 中 福 良 内 水 域	3.0	9.0	0.6		15
21 井 沢 流 域	5.1	9.2	0.6		15
22 小 さ で 川 流 域	52.2	20.1	0.6		45
23 鳩 胸 川 流 域	50.0	20.7	0.6		45
24 川 村 流 域	3.6	26.9	0.6		15
25 川 辺 川 上 流 域	153.1	21.5	0.6		30
26 久 連 子 川 等 流 域	60.9	23.8	0.6		15
27 栗 鶴 川 等 流 域	37.7	14.7	0.6		15

流 域 名	流域面積 (km ²)	貯 留 関 数 S=KQ ^P			遅滞時間 (分) Tl
		K	P		
28 竹 の 川 等 流 域	75.6	16.3	0.6		15
29-1 内 谷 ダム 上 流 域	2.4	15.5	0.6		30
29-2 小 川 残 流 域	86.5	15.5	0.6		30
30 椎 葉 谷 川 等 流 域	53.8	14.0	0.6		30
31 山 口 谷 川 等 流 域	21.0	14.2	0.6		15
32 六 藤 谷 川 等 流 域	42.0	11.3	0.6		15
33 胸 川 等 流 域	72.4	20.9	0.6		45
34 九 日 町 内 水 域	2.4	24.4	0.6		15
35 山 田 川 流 域	34.3	21.0	0.6		15
36 鹿 目 川 等 流 域	47.4	26.2	0.6		30
37 薩 摩 瀬 内 水 域	10.0	45.2	0.6		15
38 万 江 川 流 域	90.3	11.8	0.6		45
39 馬 米 川 流 域	21.6	19.8	0.6		15
40 小 川 流 域	29.8	10.2	0.6		15
41 鶴 川 流 域	21.8	16.3	0.6		15
42 那 良 川 流 域	40.8	24.5	0.6		15
43 中 國 川 等 流 域	33.2	18.4	0.6		15
44 芋 川 流 域	41.3	20.3	0.6		30
45 告 川 等 流 域	18.7	19.7	0.6		15
46 天 月 川 等 流 域	20.1	20.5	0.6		15
47 川 内 川 等 流 域	14.6	15.3	0.6		15
48 吉 尾 川 流 域	38.7	21.5	0.6		15
49 平 谷 川 等 流 域	19.6	17.5	0.6		15
50 市 の 俣 川 等 流 域	36.7	23.1	0.6		15
51 百 済 木 川 等 流 域	48.3	24.8	0.6		30
52-1 油 谷 ダム 上 流 域	13.8	21.9	0.6		30
52-2 油 谷 川 等 残 流 域	35.6	21.9	0.6		30
53 深 水 川 等 流 域	27.6	19.2	0.6		15
54 今 泉 川 等 流 域	17.0	22.3	0.6		15

表 1-12

河道定数一覧表

河川名	記号	区 間	延長 (km)	現 況 河 道				計 画 河 道			
				Tl (分)	K	P	備考	Tl (分)	K	P	備考
本 川	A	市房ダム～小川内川合流点	2.4	10	—	—		10	—	—	
	B	小川内川合流点～多良木	4.2	10	2.28	0.731		10	4.19	0.645	
	C	多良木～免田川合流点	8.6	20	7.71	0.664		20	10.17	0.611	
	D	免田川合流点～一武	7.6	20	8.83	0.670		20	8.51	0.673	
	E	一武～川辺川合流点	2.8	10	3.41	0.642		10	4.96	0.590	
	K	川辺川合流点～人吉	4.0	10	3.59	0.670		10	4.29	0.660	
	L	人吉～万江川合流点	4.4	10	6.24	0.632		10	6.88	0.621	
	M	万江川合流点～渡	4.8	10	3.07	0.738		10	2.93	0.748	
	N	渡～大野	12.8	20	12.30	0.683		20	12.74	0.678	
	O	大野～吉尾川合流点	5.6	10	8.08	0.640		10	8.31	0.634	
	P	吉尾川合流点～瀬戸石ダム	5.7	10	6.08	0.672		10	5.78	0.679	
	Q	瀬戸石ダム～荒瀬ダム	9.1	10	13.29	0.633		10	13.74	0.627	
	R	荒瀬ダム～横石	6.8	10	13.57	0.600		10	11.27	0.622	
川 辺 川	S	横石～萩原	6.4	10	13.01	0.646		10	15.68	0.623	
	F	五木ダム～小川内川合流点	13.0	30	—	—		30	—	—	
	G	小川内川合流点～川辺川ダム	7.0	20	—	—		0	—	—	
	H	川辺川ダム～四浦	3.6	20	—	—		20	—	—	
	I	四浦～柳瀬	12.8	20	4.36 12.82	0.791 0.636	1,000	20	4.36 12.82	0.791 0.636	1,000
	J	柳瀬～本川合流点	2.6	10	2.99	0.643		10	3.08	0.639	

注) 備考の数値は河道の氾濫開始流量(m³/s)

1.8 主要降雨波形の選定

1.8.1 対象降雨の選定

基本高水流量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として設定する。

検討対象洪水の選定にあたっては、基準地点人吉において、対象降雨の継続時間（12 時間）内雨量の大きい上位 10 洪水に加えて氾濫等戻し流量が計画高水流量である $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上となる 13 洪水とした。横石は、人吉地点の対象降雨に加え、人吉地点と横石地点の流量の相関関係を比較し、横石地点の流量が大きい 4 洪水を加えた 17 洪水を選定した。

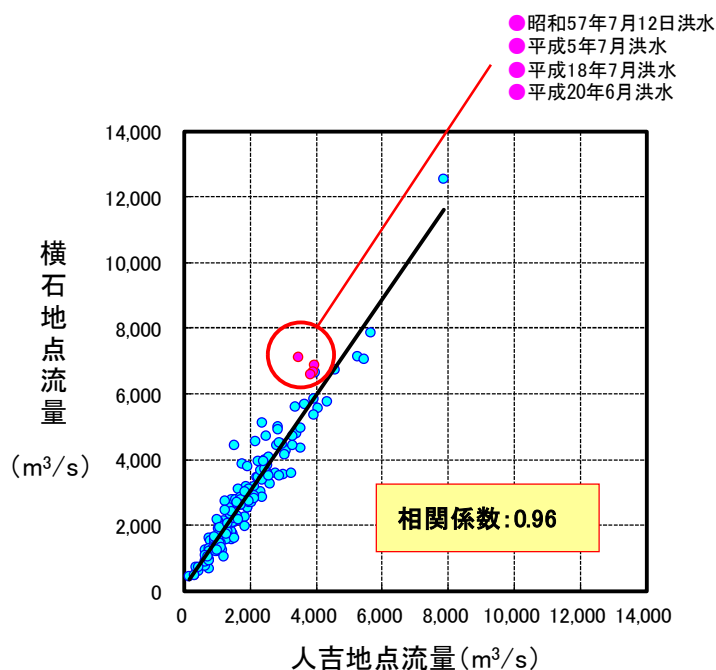


図 1-15 人吉、横石地点における洪水生起の特性相関図

表 1-13(1) 対象降雨の選定結果（人吉）

対象洪水		氾濫等戻し流量 m^3/s		雨量(12時間雨量) mm	
No	洪水期間				
1	S30.9.28～9.30	49	2,220	6	203.5
2	S39.8.22～8.25	18	3,396	10	185.2
3	S40.6.28～7. 6	2	5,657	21	167.1
4	S46.8. 2～8. 6	4	5,250	5	208.3
5	S47.6.11～6.13	16	3,526	7	194.6
6	S47.7. 4～7. 8	7	4,059	36	151.6
7	S57.7.23～7.26	3	5,460	2	250.4
8	H 5.9. 1～9. 4	20	3,305	9	188.5
9	H 7.6.30～7. 6	8	3,964	11	184.7
10	H 9.9.15～9.18	26	2,964	8	190.4
11	H16.8.28～8.30	6	4,341	4	215.2
12	H17.9. 4～9. 6	5	4,475	3	232.9
13	R 2.7. 2～7. 4	1	7,892	1	321.8

注1) 対象洪水は、人吉地点において12時間雨量の大きい上位10洪水と氾濫等戻し流量が
 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上の13洪水とした。(H7は既定計画の対象洪水であり、氾濫等戻し流量が
約 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ であるため対象降雨として選定)

注2) 各項目の左数字は順位を示す

注3) は、各項目で対象となる洪水を示す

表 1-13(2)

対象降雨の選定結果（横石）

対象洪水		氾濫等戻し流量 m^3/s		雨量(12時間雨量) mm	
No	洪水期間				
1	S30.9.28～9.30	48	3,476	11	188.0
2	S39.8.22～8.25	21	4,779	5	202.3
3	S40.6.28～7. 6	2	7,844	21	171.6
4	S46.8. 2～8. 6	3	7,125	6	200.1
5	S47.6.11～6.13	30	4,335	7	193.0
6	S47.7. 4～7. 8	15	5,544	39	148.3
7	S57.7.10～7.15	6	6,898	16	181.7
8	S57.7.23～7.26	5	7,068	2	240.5
9	H 5.7.26～8. 2	8	6,685	3	212.4
10	H 5.9. 1～9. 4	27	4,443	17	176.7
11	H 7.6.30～7. 6	9	6,658	8	192.7
12	H 9.9.15～9.18	26	4,456	23	168.6
13	H16.8.28～8.30	12	5,741	13	186.9
14	H17.9. 4～9. 6	7	6,730	4	208.8
15	H18.7.18～7.23	4	7,115	9	190.6
16	H20.6.19～6.22	10	6,606	12	187.1
17	R 2.7. 2～7. 4	1	12,518	1	345.5

注1) 対象洪水は、人吉地点対象の13洪水に横石地点の流量が大きい4洪水を追加した17洪水とした

注2) 各項目の左数字は順位を示す

注3) は、上位10洪水を示す

1.8.2 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

(1) 考え方

基本高水流量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、実績降雨波形を対象降雨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、抽出した主要洪水波形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として設定する。

(2) 棄却基準の設定

引き伸ばし後の降雨に対する棄却基準としては、実績最大降雨又は 1/500 降雨量のいずれか大きい方とする。

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。

(3) 地域分布の評価について

1) 対象地域の選定

地域分布の評価を行う対象地域は、図 1-16 に示すとおりであり、以下に示す理由から次の 3 流域を選定する。

- ①本川上流域（人吉、横石対象）
- ②川辺川流域（人吉、横石対象）
- ③本川下流域（横石のみ対象）

<対象流域の選定理由>

- 基準地点人吉地点上流において、本川とほぼ同一の面積を有する川辺川が合流する。
- 人吉～横石間は、中流の山間狭窄部が位置し、既往洪水においても中流部の降雨が大きい洪水も存在することから、下流域も評価の対象とする。
- 過去の洪水においても概ね上記分割流域での降雨パターンが確認できる。

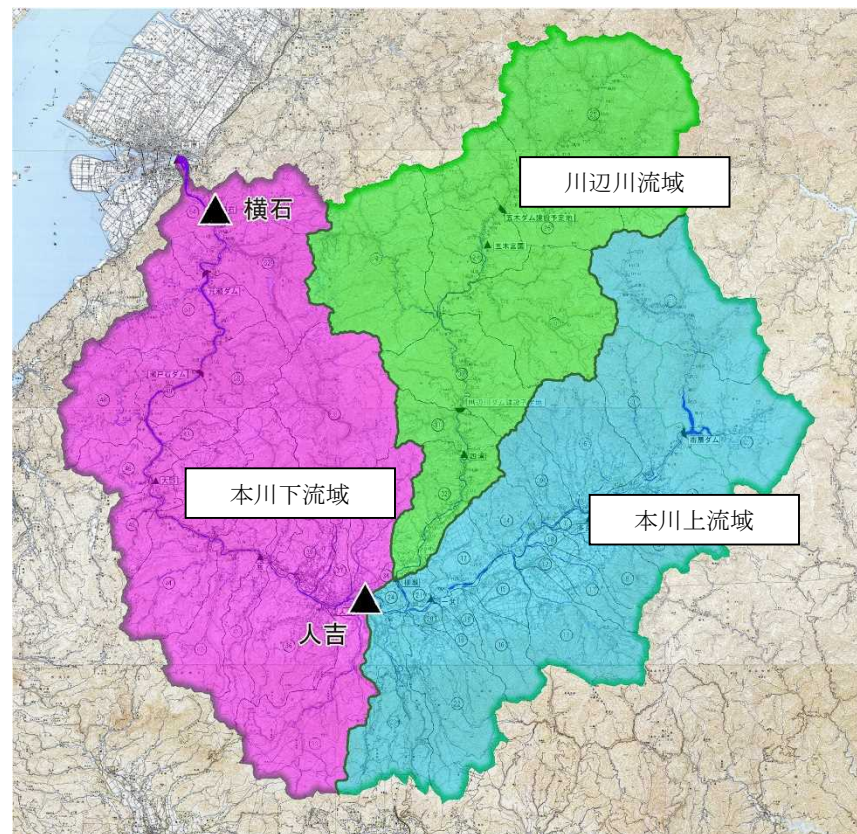


図 1-16 検討対象地域位置図

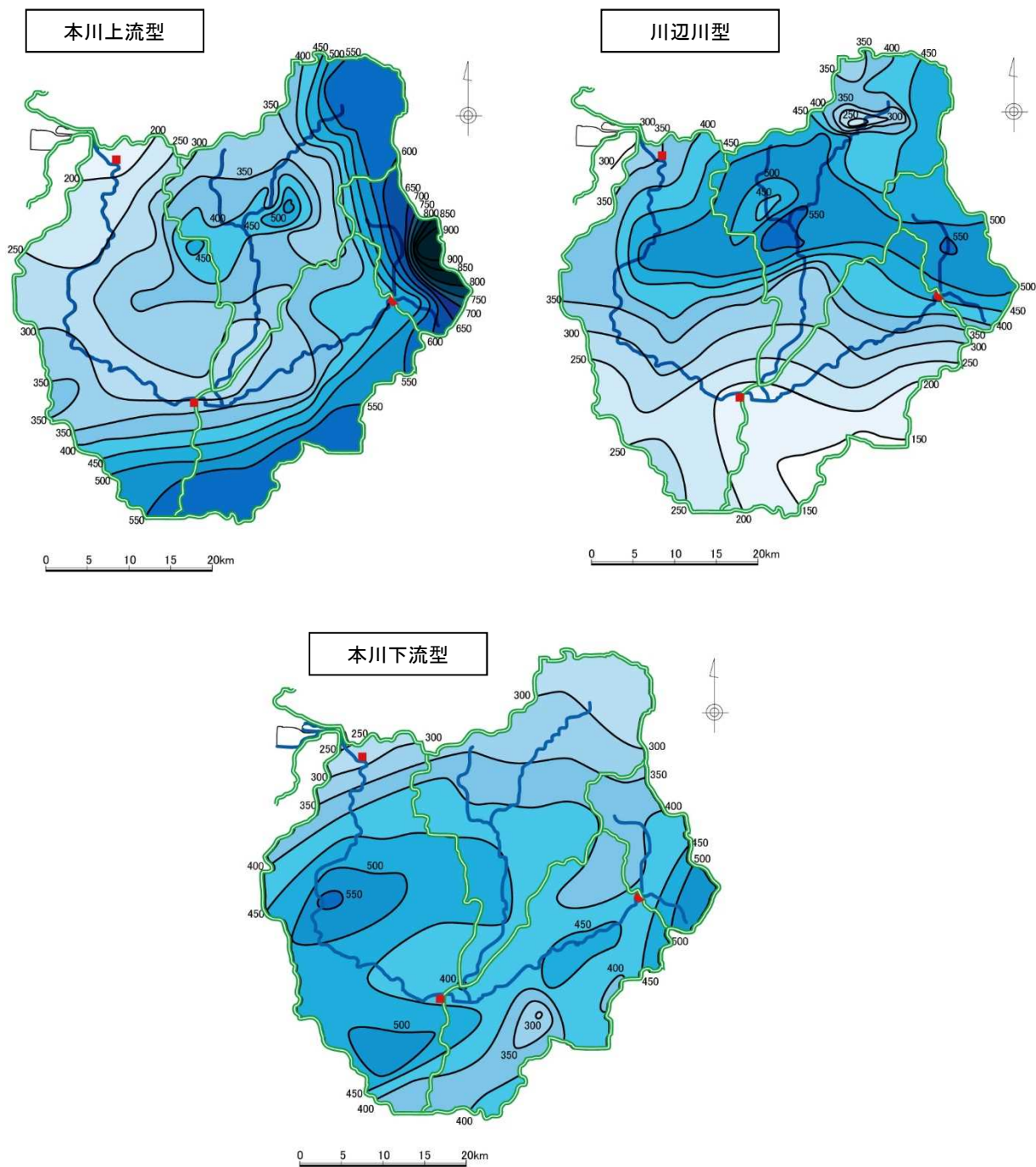


図 1-17 球磨川流域における降雨分布

2) 棄却基準値の設定

各選定地域における棄却基準値を設定する。昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）の 58 年間の年最大 12 時間雨量を用いて確率計算を行った結果、棄却基準値は下表に示す。

表 1-14 棄却基準選定結果（単位：mm/12hr）

地点	流域	棄却基準			備考
		1/500規模	実績最大	棄却値	
		①	②	①②の いずれか 大きい値	
人吉	本川上流域	293.3	343.9	343.9	
	川辺川流域	352.4	297.0	352.4	
横石	本川上流域	293.3	343.9	343.9	
	川辺川流域	352.4	297.0	352.4	
	本川下流域	339.3	378.4	378.4	

表 1-15(1) 12 時間雨量 1/500 確率評価結果（本川上流域）

確率分布	計算方法	本川上流域			備考
		SLSC	確率雨量 (mm/12hr)	JackKnife 推定誤差	
分布極値型	グンベル手法	0.034	348.5	20.4	
	一般化極値（GEV）分布	0.030	318.2	29.9	
	平方根指数型最大値（SQRT-ET）分布	0.042	415.6	32.1	
	指数分布	0.063	404.8	25.2	
布マガ型分 対数正規分布	対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法）	-	-	-	
	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）	0.030	293.3	16.2	採用
	岩井法	0.024	330.9	23.3	
	石原・高瀬法	0.027	305.8	16.8	
	クォンタイル法	0.025	323.6	26.5	
	3 母数積率法	0.027	305.0	16.5	
	2 母数積率法	0.024	327.5	23.3	
	2 母数L積率法	0.024	334.6	25.2	

注）時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成22年

①SLSC≤0.04を満たし、かつ②Jackknife推定誤差が最小になる手法を採用

表 1-15(2) 12 時間雨量 1/500 確率評価結果（川辺川流域）

確率分布	計算方法	川辺川流域			備考
		SLSC	確率雨量 (mm/12hr)	JackKnife 推定誤差	
分布極値型	グンベル手法	0.030	352.4	21.0	採用
	一般化極値（GEV）分布	0.022	305.6	38.4	
	平方根指数型最大値（SQRT-ET）分布	0.044	440.3	36.5	
	指数分布	0.063	410.9	25.9	
布マガ型分 対数正規分布	対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法）	-	-	-	
	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）	0.026	290.5	31.3	
	岩井法	0.023	320.2	29.2	
	石原・高瀬法	0.024	306.0	29.3	
	クォンタイル法	0.024	335.2	49.8	
	3 母数積率法	0.024	305.2	28.7	
	2 母数積率法	0.024	340.7	26.1	
	2 母数L積率法	0.023	347.2	27.1	

注）時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成22年

①SLSC≤0.04を満たし、かつ②Jackknife推定誤差が最小になる手法を採用

表 1-15(3) 12 時間雨量 1/500 確率評価結果（本川下流域）

確率 分布	計算方法	本川下流域			備考
		SLSC	確率雨量 (mm/12hr)	JackKnife 推定誤差	
分極 布値 型	ゲンベル手法	0.027	339.3	22.0	採用
	一般化極値（GEV）分布	0.026	329.8	44.0	
	平方根指数型最大値（SQRT-ET）分布	0.034	398.6	34.3	
	指数分布	0.053	395.5	27.0	
布マ ガ 型 分 ン 対 数 正 規 分 布	対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法）	—	—	—	
	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）	0.032	298.3	27.2	
	岩井法	0.025	334.6	41.0	
	石原・高瀬法	0.029	310.6	27.4	
	クォンタイル法	0.026	334.3	60.2	
	3 母数積率法	0.029	309.2	26.7	
	2 母数積率法	0.027	320.4	25.3	
	2 母数L積率法	0.027	327.0	26.8	

注）時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成22年

①SLSC $\leq$ 0.04を満たし、かつ②Jackknife推定誤差が最小になる手法を採用

表 1-16(1)

雨量確率計算結果（本川上流域：S28年～H22年）

項 目		球磨川：本川上流域										(単位:mm)			
		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 (対数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 注)	対数正規分布 (ノオタリ法)	3母数 対数正規分布 (種率法)			2母数 対数正規分布 (L種率法)	2母数 対数正規分布 (種率法)
標本数		GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LogP3	LP3Rs	LNIwai	IsiTaka	LN3(Q)	LN3(PM)	LN2(LM)	LN2(PM)	採用値	
		58													
確 率 年	1/2	143.4	141.6	134.0	139.5	—	145.6	142.9	144.9	143.2	145.0	143.1	143.1		145.6
	1/3	162.7	160.5	153.8	159.1	—	164.7	161.8	163.7	161.9	163.8	162.5	162.0		164.7
	1/5	183.4	181.7	178.9	182.4	—	184.1	182.2	183.1	181.9	183.2	183.4	182.3		184.1
	1/10	208.0	208.2	212.9	213.6	—	206.1	207.1	205.7	206.1	205.7	208.9	206.9		206.1
	1/20	230.5	233.7	246.9	245.7	—	225.0	230.3	225.8	228.4	225.7	232.5	229.7		225.0
	1/30	242.9	248.4	266.8	265.1	—	235.1	243.5	236.9	241.0	236.7	245.9	242.5		235.1
	1/50	257.8	266.7	291.9	290.3	—	247.1	259.7	250.3	256.4	250.0	262.3	258.4		247.1
	1/80	271.1	283.4	314.9	314.3	—	257.4	274.4	262.2	270.4	261.8	277.3	272.7		257.4
	1/100	277.2	291.4	325.9	325.9	—	262.1	281.3	267.7	276.9	267.2	284.3	279.4		262.1
	1/200	295.5	316.0	359.9	363.3	—	276.1	302.7	284.4	297.1	283.8	306.1	300.2		276.1
	1/300	305.7	330.4	379.8	386.1	—	283.9	315.2	294.0	308.9	293.3	318.7	312.3		283.9
	1/400	312.8	340.6	393.9	402.6	—	289.3	324.1	300.7	317.2	299.9	327.7	320.9		289.3
	1/500	318.2	348.5	404.8	415.6	—	293.3	330.9	305.8	323.6	305.0	334.6	327.5		293.3
	S L S C	0.0300	0.0340	0.0630	0.0420	—	0.0300	0.0240	0.0270	0.0250	0.0270	0.0240	0.0240		
	S L S C H	0.0580	0.0660	0.0950	0.0830	—	0.0480	0.0500	0.0500	0.0510	0.0500	0.0490	0.0500		
Jackknife推定値 (1/500)	315.80	348.50	404.80	418.90	—	299.10	319.80	303.00	331.20	302.10	333.70	327.40			
Jackknife推定誤差 (1/500)	29.90	20.40	25.20	32.10	—	16.20	23.30	16.80	26.50	16.50	25.20	23.30			
相関係数(X)	0.991	0.986	0.953	0.971	—	0.993	0.990	0.992	0.990	0.990	0.992	0.990	0.990		
相関係数(Y)	0.998	0.998	0.960	0.996	—	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998		
決定手法		○													

表 1-16(2)

雨量確率計算結果（川辺川流域：S28年～H22年）

項 目		球磨川：川辺川流域												採用値
		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 (対数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 注)	対数正規分布 (ノオタリ法)	3母数 対数正規分布 (種率法)	2母数 対数正規分布 (L種率法)	2母数 対数正規分布 (種率法)	
		GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LogP3	LP3Rs	LN1wai	IsiTaka	LN3(Q)	LN3(PM)	LN2(LM)	LN2(PM)	
標本数		58												
確 率 年	1/2	140.5	137.5	129.6	135.3	—	141.9	140.0	141.2	138.7	141.3	138.5	138.5	137.5
	1/3	160.7	157.2	150.2	156.6	—	161.9	159.6	160.7	158.4	160.8	158.9	158.5	157.2
	1/5	181.7	179.1	176.3	181.9	—	182.1	180.4	180.9	179.8	180.9	181.2	180.2	179.1
	1/10	206.2	206.7	211.6	216.1	—	204.6	205.1	204.1	205.8	204.1	208.5	206.8	206.7
	1/20	227.8	233.2	246.9	251.4	—	223.8	227.5	224.8	230.1	224.6	234.2	231.7	233.2
	1/30	239.4	248.4	267.6	272.8	—	233.9	240.0	236.1	243.8	235.9	248.8	245.8	248.4
	1/50	253.2	267.4	293.6	300.7	—	245.8	255.2	249.7	260.7	249.4	266.8	263.3	267.4
	1/80	265.1	284.8	317.5	327.3	—	256.0	268.9	261.8	276.1	261.4	283.3	279.2	284.8
	1/100	270.5	293.1	328.9	340.3	—	260.6	275.3	267.4	283.3	267.0	291.1	286.7	293.1
	1/200	286.5	318.7	364.2	381.9	—	274.1	294.9	284.3	305.7	283.8	315.2	309.9	318.7
	1/300	295.2	333.6	384.9	407.3	—	281.6	306.2	294.0	318.8	293.3	329.4	323.5	333.6
	1/400	301.1	344.2	399.6	425.8	—	286.7	314.1	300.8	328.1	300.0	339.4	333.2	344.2
	1/500	305.6	352.4	410.9	440.3	—	290.5	320.2	306.0	335.2	305.2	347.2	340.7	352.4
	S L S C	0.0220	0.0300	0.0630	0.0440	—	0.0260	0.0230	0.0240	0.0240	0.0240	0.0230	0.0240	
	S L S C H	0.0380	0.0600	0.0950	0.0890	—	0.0410	0.0480	0.0430	0.0560	0.0420	0.0570	0.0570	
Jackknife推定値(1/500)	301.20	352.40	410.90	445.30	—	300.10	332.60	304.50	360.10	303.80	346.10	340.60		
Jackknife推定誤差(1/500)	38.40	21.00	25.90	36.50	—	31.30	29.20	29.30	49.80	28.70	27.10	26.10		
相関係数(X)	0.994	0.989	0.953	0.973	—	0.995	0.994	0.994	0.994	0.992	0.994	0.991	0.992	
相関係数(Y)	0.996	0.994	0.945	0.994	—	0.996	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	
決定手法	○													

SLSC≦0.04を満たす手法

決定手法

表 1-16(3)

雨量確率計算結果（本川下流域：S28年～H22年）

項 目		球磨川：本川下流域															(単位:mm)	
		対数ピアソンⅢ型分布 (実数空間法)					対数正規分布 (石原・高瀬法)					2母数 対数正規分布 (積率法)						
		LP3Rs	LNITwai	IsiTakata	LN3(Q)	LN3(PM)	LN2(LM)	LN2(PM)	LN2(PM)	LN2(PM)	LN2(PM)	LN2(PM)	LN2(PM)	LN2(PM)	LN2(PM)	LN2(PM)		
標本数		58																採用値
確率年	1/2	133.7	133.2	125.6	130.8	—	136.0	133.4	135.2	133.3	135.4	134.4	134.4	133.2	133.2	133.2	133.2	
	1/3	152.7	152.1	145.4	149.8	—	155.1	152.2	154.0	151.9	154.2	153.5	153.1	152.1	152.1	152.1	152.1	
	1/5	173.7	173.1	170.4	172.3	—	175.0	173.0	173.9	172.6	174.1	174.3	173.3	173.1	173.1	173.1	173.1	
	1/10	199.6	199.6	204.3	202.5	—	198.2	198.8	197.8	198.3	197.8	199.7	197.9	197.9	197.9	197.9	199.6	
	1/20	224.1	225.0	238.2	233.6	—	218.8	223.4	219.5	222.8	219.4	223.4	220.8	225.0	225.0	225.0	225.0	
	1/30	238.0	239.6	258.0	252.4	—	230.0	237.5	231.7	236.9	231.4	236.8	233.8	239.6	239.6	239.6	239.6	
	1/50	255.2	257.8	282.9	276.8	—	243.5	255.1	246.6	254.5	246.1	253.5	249.8	257.8	257.8	257.8	257.8	
	1/80	270.8	274.5	305.9	300.1	—	255.4	271.2	260.0	270.6	259.4	268.6	264.4	274.5	274.5	274.5	274.5	
	1/100	278.1	282.4	316.8	311.4	—	260.9	278.9	266.3	278.3	265.6	275.7	271.2	282.4	282.4	282.4	282.4	
	1/200	300.6	307.0	350.7	347.8	—	277.5	302.7	285.5	302.2	284.5	297.8	292.4	307.0	307.0	307.0	307.0	
	1/300	313.6	321.3	370.5	369.9	—	286.8	316.8	296.7	316.3	295.5	310.7	304.8	321.3	321.3	321.3	321.3	
	1/400	322.8	331.4	384.6	385.9	—	293.3	326.8	304.5	326.4	303.2	319.9	313.6	331.4	331.4	331.4	331.4	
	1/500	329.8	339.3	395.5	398.6	—	298.3	334.6	310.6	334.3	309.2	327.0	320.4	339.3	339.3	339.3	339.3	
S L S C		0.0260	0.0270	0.0530	0.0340	—	0.0320	0.0250	0.0290	0.0260	0.0290	0.0270	0.0270	0.0270	0.0270	0.0270	0.0270	
S L S C H		0.0460	0.0490	0.0820	0.0680	—	0.0440	0.0490	0.0450	0.0500	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	
JackKnife推定値 (1/500)		325.20	339.30	395.50	402.00	—	305.10	373.20	307.50	312.10	306.00	325.80	320.10	320.10	320.10	320.10	320.10	
JackKnife推定誤差 (1/500)		44.00	22.00	27.00	34.30	—	27.20	41.00	27.40	60.20	26.70	26.80	25.30	25.30	25.30	25.30	25.30	
相関係数(X)		0.992	0.991	0.967	0.981	—	0.993	0.992	0.993	0.992	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	
相関係数(Y)		0.996	0.996	0.970	0.996	—	0.994	0.996	0.995	0.996	0.995	0.996	0.995	0.996	0.996	0.996	0.996	
決定手法		○																

SLSC ≤ 0.04を満たす手法

決定手法

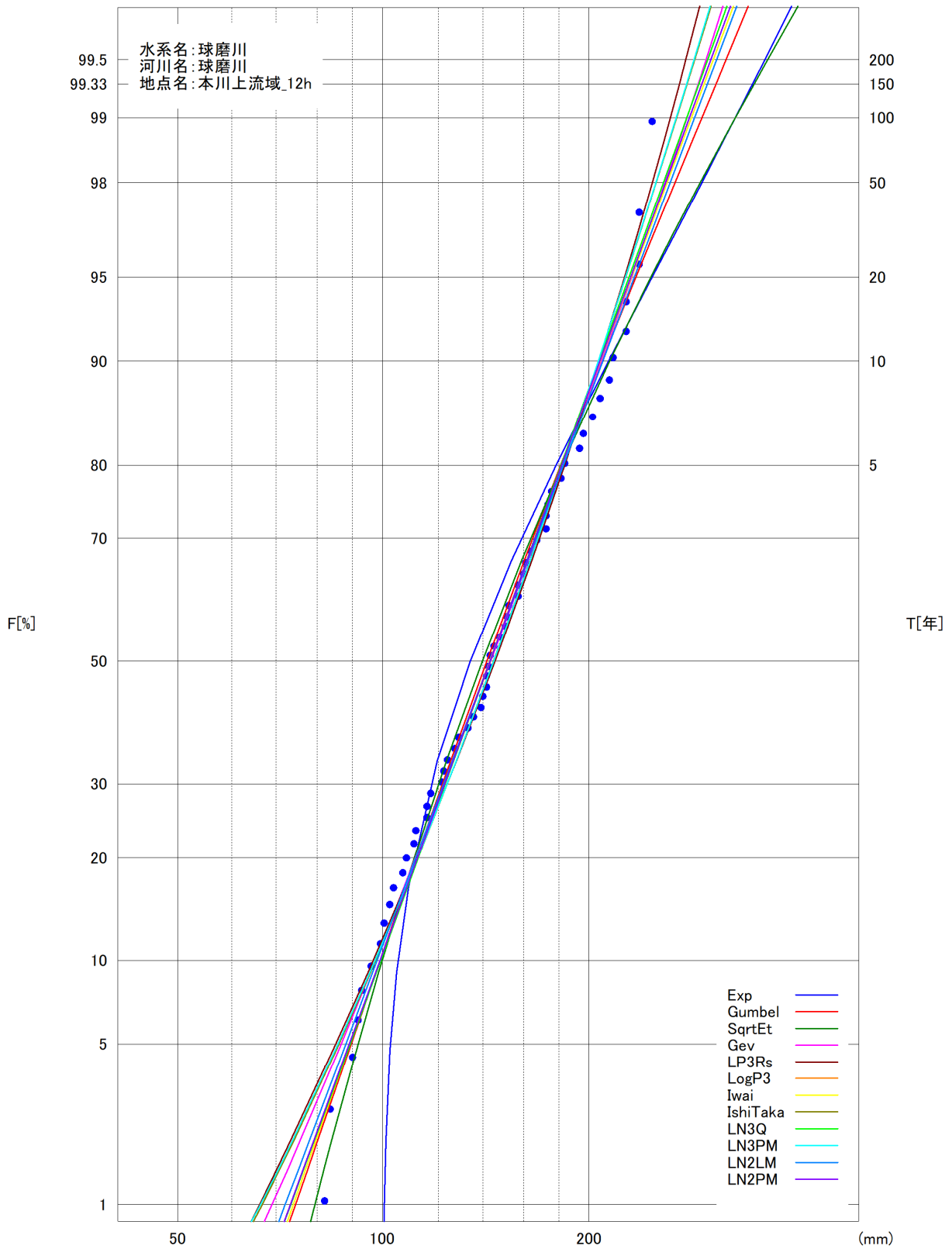


図 1-18(1) 雨量確率計算結果
(本川上流域、12 時間雨量：昭和 28 年～平成 22 年)

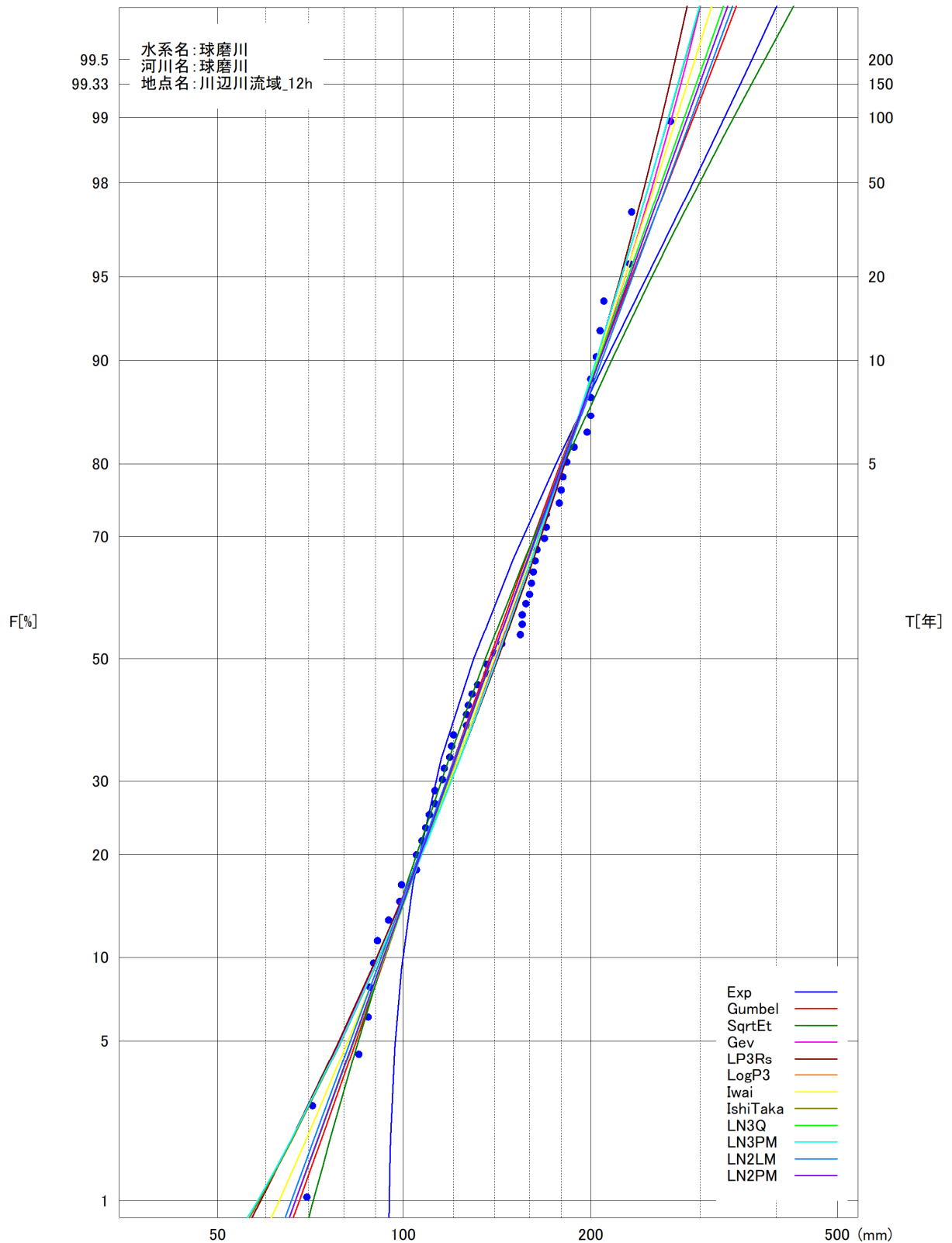


図 1-18(2) 雨量確率計算結果
(川辺川流域、12 時間雨量：昭和 28 年～平成 22 年)

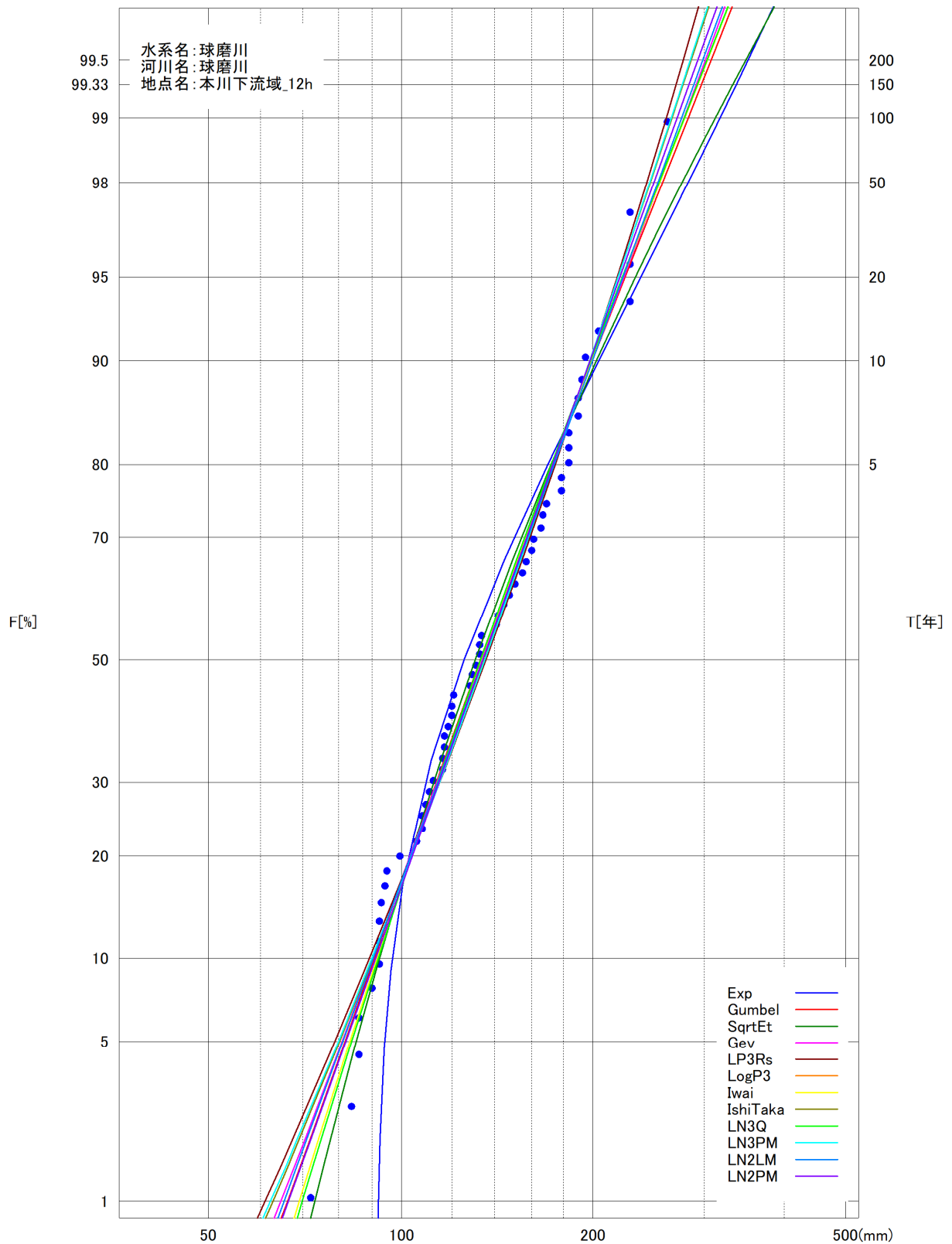


図 1-18(3) 雨量確率計算結果
 (本川下流域、12 時間雨量：昭和 28 年～平成 22 年)

表 1-17 年最大 12 時間雨量一覧

No.	西暦	年	12時間雨量 (mm)			備考
			本川上流域	川辺川流域	本川下流域	
1	1953	S28	141.3	84.6	116.7	
2	1954	S29	157.2	231.5	183.9	
3	1955	S30	226.0	183.1	165.8	
4	1956	S31	93.2	159.5	99.8	
5	1957	S32	157.8	207.4	160.3	
6	1958	S33	103.5	104.6	93.0	
7	1959	S34	145.1	88.3	151.0	
8	1960	S35	111.6	110.0	92.4	
9	1961	S36	91.8	87.7	95.1	
10	1962	S37	141.8	169.6	132.8	
11	1963	S38	110.8	155.7	92.2	
12	1964	S39	176.0	204.0	228.3	
13	1965	S40	167.2	179.9	178.5	
14	1966	S41	128.6	126.2	129.2	
15	1967	S42	83.8	89.2	85.9	
16	1968	S43	117.0	104.9	89.8	
17	1969	S44	164.4	163.9	157.2	
18	1970	S45	143.0	180.9	108.2	
19	1971	S46	207.2	209.6	190.0	
20	1972	S47	213.4	178.6	189.2	
21	1973	S48	96.2	90.8	94.1	
22	1974	S49	100.2	108.8	108.2	
23	1975	S50	90.1	120.6	119.8	
24	1976	S51	147.4	127.0	109.1	
25	1977	S52	99.2	111.9	92.7	
26	1978	S53	133.1	106.8	131.2	
27	1979	S54	172.6	154.2	195.1	
28	1980	S55	140.0	157.3	183.9	
29	1981	S56	82.1	69.5	72.2	
30	1982	S57	236.6	270.4	228.5	
31	1983	S58	173.4	144.0	145.5	
32	1984	S59	184.0	163.0	184.1	
33	1985	S60	127.2	115.7	141.4	
34	1986	S61	102.0	71.3	83.4	
35	1987	S62	151.6	119.4	116.5	
36	1988	S63	108.3	126.0	85.8	
37	1989	S64	226.1	136.5	166.9	
38	1990	H2	135.0	154.8	115.9	
39	1991	H3	122.4	136.1	133.2	
40	1992	H4	150.7	160.1	116.7	
41	1993	H5	201.6	200.1	261.7	
42	1994	H6	123.7	99.4	112.3	
43	1995	H7	181.8	187.7	204.7	
44	1996	H8	152.3	197.4	148.2	
45	1997	H9	215.9	161.3	161.1	
46	1998	H10	160.0	116.4	128.7	
47	1999	H11	142.6	128.8	110.7	
48	2000	H12	115.9	94.6	133.5	
49	2001	H13	116.1	118.2	119.9	
50	2002	H14	121.6	98.4	118.6	
51	2003	H15	172.5	112.3	121.0	
52	2004	H16	236.2	199.9	155.0	
53	2005	H17	246.8	233.8	169.3	
54	2006	H18	196.0	131.6	228.5	
55	2007	H19	106.8	200.1	141.9	
56	2008	H20	193.6	169.6	192.7	
57	2009	H21	139.1	139.5	105.6	
58	2010	H22	161.1	168.9	178.5	
-	2011	H23	165.4	170.5	211.9	
-	2012	H24	142.7	229.6	199.0	
-	2013	H25	135.7	148.7	138.6	
-	2014	H26	132.6	115.4	146.2	
-	2015	H27	149.3	166.6	159.2	確率雨量標本の対象外
-	2016	H28	110.4	141.5	134.2	
-	2017	H29	149.7	140.7	154.0	
-	2018	H30	182.6	181.5	159.1	
-	2019	R1	171.9	103.9	118.6	
-	2020	R2	343.9	297.0	378.4	

3) 地域分布の雨量評価

前項にて選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する。対象降雨の引き伸ばし後雨量と棄却基準雨量の関係は下表に示すとおりであり、横石地点において1洪水が棄却となる。

表 1-18(1) 地域分布の評価結果（人吉地点：12 時間）

No.	洪水 年月日	実 績 雨 量			対象 降雨の 降雨量 (12時間) (1/80) (mm)	拡大率	拡大後雨量		棄却 洪水
		人吉 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)	本川 上流域 (12時間) (mm)			川辺川 流域 (12時間) (mm)	本川 上流域 (12時間) (mm)	
1	S30. 9. 30	203. 5	222. 2	183. 1	271. 1	1. 337	297. 1	244. 9	
2	S39. 8. 24	185. 2	167. 5	202. 2		1. 469	246. 1	296. 9	
3	S40. 7. 3	167. 1	167. 2	167. 0		1. 628	271. 9	271. 9	
4	S46. 8. 5	208. 3	207. 2	209. 0		1. 306	270. 7	273. 0	
5	S47. 6. 12	194. 6	208. 8	178. 6		1. 398	291. 9	249. 6	
6	S47. 7. 6	151. 6	137. 7	167. 1		1. 794	247. 0	299. 7	
7	S57. 7. 25	250. 4	232. 7	270. 4		1. 086	252. 8	293. 5	
8	H 5. 9. 3	188. 5	183. 3	193. 9		1. 443	264. 6	279. 7	
9	H 7. 7. 4	184. 7	181. 8	187. 7		1. 473	267. 9	276. 5	
10	H 9. 9. 16	190. 4	215. 9	161. 3		1. 429	308. 5	230. 5	
11	H16. 8. 30	215. 2	236. 2	191. 4		1. 264	298. 6	241. 9	
12	H17. 9. 4	232. 9	231. 9	233. 8		1. 168	270. 8	273. 3	
13	R 2. 7. 4	321. 8	343. 9	297. 0		0. 845	290. 4	250. 8	
棄却基準値		－	－	－	－		343. 9	352. 4	

※棄却基準値は、実績最大降雨又は1/500雨量のいずれか大きい方とする
 ：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

表 1-18(2) 地域分布の評価結果（横石地点：12 時間）

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			棄却 洪水
		横石 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)	本川 上流域 (12時間) (mm)	川辺川 流域 (12時間) (mm)			本川 下流域 (12時間) (mm)	本川 上流域 (12時間) (mm)	川辺川 流域 (12時間) (mm)	
1	S30. 9. 30	188. 0	226. 0	178. 8	163. 1	273. 7	1. 457	329. 3	260. 5	237. 7	
2	S39. 8. 24	202. 3	167. 5	202. 2	227. 8		1. 354	226. 8	273. 7	308. 4	
3	S40. 7. 3	171. 6	167. 2	167. 0	178. 4		1. 597	267. 1	266. 8	284. 8	
4	S46. 8. 5	200. 1	207. 2	209. 0	184. 7		1. 369	283. 7	286. 1	253. 0	
5	S47. 6. 12	193. 0	208. 8	178. 6	189. 0		1. 420	296. 7	253. 7	268. 2	
6	S47. 7. 6	148. 3	137. 7	167. 1	145. 3		1. 848	254. 4	308. 7	268. 6	
7	S57. 7. 12	181. 7	136. 3	224. 1	187. 7		1. 508	205. 7	337. 9	283. 0	
8	S57. 7. 25	240. 5	232. 7	270. 4	227. 7		1. 139	265. 0	308. 1	259. 3	
9	H 5. 8. 1	212. 4	201. 6	154. 4	261. 7		1. 290	260. 0	199. 1	337. 6	
10	H 5. 9. 3	176. 7	183. 3	193. 9	155. 8		1. 551	284. 2	300. 8	241. 8	
11	H 7. 7. 4	192. 7	181. 8	187. 7	204. 7		1. 422	258. 5	267. 0	291. 0	
12	H 9. 9. 16	168. 6	215. 9	161. 3	133. 7		1. 625	350. 8	262. 4	217. 3	×
13	H16. 8. 30	186. 9	231. 1	196. 7	141. 9		1. 466	338. 9	288. 4	207. 8	
14	H17. 9. 4	208. 8	231. 9	233. 8	169. 3		1. 312	304. 3	306. 8	222. 1	
15	H18. 7. 18	190. 6	196. 0	131. 6	228. 5		1. 438	281. 8	189. 3	328. 7	
16	H20. 6. 19	187. 1	193. 6	169. 6	192. 7		1. 464	283. 3	248. 3	282. 1	
17	R 2. 7. 4	345. 5	343. 9	297. 0	378. 4		0. 793	272. 6	235. 7	300. 1	
棄却基準値		—	—	—	—	—		343. 9	352. 4	378. 4	

※棄却基準値は、実績最大降雨又は1/500雨量のいずれか大きい方とする
 ：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

(4) 時間分布の評価について

1) 対象時間の選定

時間分布の評価は、基準地点：人吉、横石において、ピーク流量と雨量の相関が 3～6 時間にかけて高まること、対象降雨の継続時間の 1/2 程度の時間として、『5 時間』、『6 時間』を確認した。

2) 棄却基準値の設定

対象時間における棄却基準値を設定する。基準地点：人吉、横石について昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）の 58 年間の年最大時間雨量を用いて確率計算を行った結果、棄却基準値は下表に示す。

表 1-19 棄却基準選定結果（単位：mm）

区分	流域	時間	棄却基準			備考
			1/500規模	実績最大	棄却値	
			①	②	①②のいずれか大きい値	
時間分布	人吉上流域	6時間	177.3	221.1	221.1	対象降雨の継続時間の1/2
		5時間	183.5	184.8	184.8	洪水到達時間約8～11時間のおよそ1/2
	横石上流域	6時間	184.7	238.1	238.1	対象降雨の継続時間の1/2
		5時間	185.4	199.3	199.3	洪水到達時間約9～12時間のおよそ1/2

表 1-19 の 2 ピーク流量と短時間雨量の相関

	人吉地点		横石地点	
	定義①	定義②	定義①	定義②
6 時間雨量	0.798	0.768	0.839	0.771
5 時間雨量	0.786	0.747	0.825	0.730
4 時間雨量	0.790	0.701	0.821	0.687
3 時間雨量	0.783	0.637	0.822	0.635

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

表 1-20(1) 人吉 5 時間雨量 1/500 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点 人吉			備考
		SLSC	確率雨量 (mm/12hr)	JackKnife 推定誤差	
分布極値型	グンベル手法	0.034	183.5	10.0	採用
	一般化極値 (GEV) 分布	0.018	155.2	15.4	
	平方根指数型最大値 (SQRT-ET) 分布	0.056	239.9	15.4	
布マガ型分	指数分布	0.070	211.9	12.4	
	対数ピアソンⅢ型分布 (対数空間法)	0.024	152.1	19.9	
	対数ピアソンⅢ型分布 (実数空間法)	0.025	148.1	11.3	
対数正規分布	岩井法	0.022	162.5	12.7	
	石原・高瀬法	0.020	154.8	10.3	
	クォンタイル法	0.022	148.8	23.0	
	3 母数積率法	0.020	154.6	10.1	
	2 母数積率法	—	—	—	
	2 母数L積率法	—	—	—	

注) 時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成22年

①SLSC≤0.04を満たし、かつ②Jackknife推定誤差が最小になる手法を採用

表 1-20(2) 人吉 6 時間雨量 1/500 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点 人吉			備考
		SLSC	確率雨量 (mm/12hr)	JackKnife 推定誤差	
分布極値型	グンベル手法	0.037	209.4	11.3	
	一般化極値 (GEV) 分布	0.026	181.8	17.3	
	平方根指数型最大値 (SQRT-ET) 分布	0.054	267.5	25.2	
布マガ型分	指数分布	0.070	242.2	13.9	
	対数ピアソンⅢ型分布 (対数空間法)	0.027	179.4	21.0	
	対数ピアソンⅢ型分布 (実数空間法)	0.028	169.9	11.3	
対数正規分布	岩井法	0.026	189.2	21.3	
	石原・高瀬法	0.025	177.6	10.4	
	クォンタイル法	0.026	173.9	30.5	
	3 母数積率法	0.025	177.3	10.2	
	2 母数積率法	0.030	198.2	14.9	
	2 母数L積率法	0.029	200.1	14.5	

注) 時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成22年

①SLSC≤0.04を満たし、かつ②Jackknife推定誤差が最小になる手法を採用

表 1-21 (1) 横石 5 時間雨量 1/500 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点 横石			備考
		SLSC	確率雨量 (mm/12hr)	JackKnife 推定誤差	
分布極値型	グンベル手法	0.034	185.4	10.5	採用
	一般化極値 (GEV) 分布	0.026	159.0	17.9	
	平方根指数型最大値 (SQRT-ET) 分布	0.048	230.4	8.5	
布マガ型分	指数分布	0.067	214.5	13.0	
	対数ピアソンⅢ型分布 (対数空間法)	0.020	164.6	15.8	
	対数ピアソンⅢ型分布 (実数空間法)	0.022	154.2	11.5	
対数正規分布	岩井法	0.021	166.7	17.0	
	石原・高瀬法	0.022	160.4	11.3	
	クォンタイル法	0.023	159.3	14.2	
	3 母数積率法	0.022	160.1	11.0	
	2 母数積率法	0.023	174.7	12.2	
	2 母数L積率法	0.022	176.9	12.7	

注) 時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成22年

①SLSC $\leq$ 0.04を満たし、かつ②Jackknife推定誤差が最小になる手法を採用

表 1-21 (2) 横石 6 時間雨量 1/500 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点 横石			備考
		SLSC	確率雨量 (mm/12hr)	JackKnife 推定誤差	
分布極値型	グンベル手法	0.034	209.7	10.5	
	一般化極値 (GEV) 分布	0.029	190.7	17.9	
	平方根指数型最大値 (SQRT-ET) 分布	0.044	254.6	8.5	
布マガ型分	指数分布	0.064	242.8	13.0	
	対数ピアソンⅢ型分布 (対数空間法)	-	-	-	
	対数ピアソンⅢ型分布 (実数空間法)	0.026	178.6	11.5	
対数正規分布	岩井法	0.024	195.8	17.0	採用
	石原・高瀬法	0.026	185.2	11.3	
	クォンタイル法	0.025	186.5	14.2	
	3 母数積率法	0.026	184.7	11.0	
	2 母数積率法	0.024	196.5	12.2	
	2 母数L積率法	0.023	199.1	12.7	

注) 時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成22年

①SLSC $\leq$ 0.04を満たし、かつ②Jackknife推定誤差が最小になる手法を採用

表 1-22(1)

雨量確率計算結果（人吉上流域：5 時間雨量：S28 年～H22 年）

項 目		球磨川：人吉地点												採用値
		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 (対数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (算数空間法)	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 法)	対数正規分布 (ノオタリ法)	3母数 対数正規分布 (種率法)	2母数 対数正規分布 (L種率法)	2母数 対数正規分布 (種率法)	
		GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LogP3	LP3Rs	LN1wai	IsiTak	LN3 (Q)	LN3 (PM)	LN2 (LM)	LN2 (PM)	
標本数		58												
確 率 年	1/2	81.0	79.1	75.2	78.7	81.6	81.9	80.9	81.6	82.2	81.6	—	—	79.1
	1/3	90.9	88.7	85.3	90.1	91.2	91.6	90.5	91.1	91.5	91.1	—	—	88.7
	1/5	100.9	99.3	97.9	103.6	100.8	101.0	100.4	100.5	100.6	100.5	—	—	99.3
	1/10	112.3	112.7	115.1	121.8	111.5	111.4	111.9	111.2	110.5	111.2	—	—	112.7
	1/20	122.1	125.6	132.2	140.5	120.6	119.9	122.1	120.4	118.9	120.4	—	—	125.6
	1/30	127.3	133.0	142.3	151.8	125.3	124.3	127.7	125.4	123.4	125.3	—	—	133.0
	1/50	133.3	142.2	154.9	166.5	130.9	129.5	134.5	131.3	128.6	131.2	—	—	142.2
	1/80	138.5	150.7	166.6	180.6	135.7	133.8	140.5	136.4	133.1	136.3	—	—	150.7
	1/100	140.8	154.7	172.1	187.4	137.9	135.8	143.3	138.8	135.2	138.7	—	—	154.7
	1/200	147.4	167.1	189.3	209.3	144.3	141.4	151.7	145.9	141.3	145.8	—	—	167.1
	1/300	151.0	174.4	199.3	222.6	147.9	144.5	156.5	149.9	144.6	149.8	—	—	174.4
	1/400	153.4	179.5	206.4	232.2	150.3	146.6	159.9	152.7	147.0	152.5	—	—	179.5
	1/500	155.2	183.5	211.9	239.9	152.1	148.1	162.5	154.8	148.8	154.6	—	—	183.5
S L S C		0.0180	0.0340	0.0700	0.0560	0.0240	0.0250	0.0220	0.0200	0.0220	0.0200	—	—	/
S L S C H		0.0310	0.0630	0.0980	0.1090	0.0260	0.0270	0.0330	0.0280	0.0340	0.0280	—	—	
Jackknife推定値 (1/500)		153.40	183.50	211.90	226.90	149.60	151.50	158.70	153.90	129.90	153.80	—	—	
Jackknife推定誤差 (1/500)		15.40	10.00	12.40	15.40	19.90	11.30	12.70	10.30	23.00	10.10	—	—	
相関係数(X)		0.997	0.986	0.942	0.967	0.997	0.996	0.996	0.996	0.995	0.996	—	—	
相関係数(Y)		0.998	0.997	0.868	0.996	0.998	0.998	0.998	0.998	0.997	0.998	—	—	/
決定手法		○												

S L S C ≤ 0.04 を満たす手法

決定手法

表 1-22 (2)

雨量確率計算結果（人吉上流域：6 時間雨量：S28 年～H22 年）

項 目		球磨川：人吉地点												採用値
		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 (対数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 法)	対数正規分布 (ノントラ法)	3母数 対数正規分布 (種率法)	2母数 対数正規分布 (L種率法)	2母数 対数正規分布 (種率法)	
標準数		GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LogP3	LP3Rs	LNlwai	IsiTaka	LN3 (Q)	LN3 (PM)	LN2 (LM)	LN2 (PM)	
		58												
確 率 年	1/2	90.7	88.9	84.4	88.2	91.1	91.9	90.5	91.6	91.9	91.6	89.9	89.9	91.6
	1/3	102.0	99.9	96.0	100.9	102.3	103.1	101.6	102.5	102.7	102.5	101.3	101.2	102.5
	1/5	113.8	112.2	110.6	116.0	113.6	114.1	113.3	113.5	113.4	113.5	113.6	113.3	113.5
	1/10	127.4	127.7	130.4	136.2	126.5	126.1	126.9	125.9	125.4	125.9	128.4	127.8	125.9
	1/20	139.3	142.5	150.2	157.1	137.7	136.2	139.2	136.8	135.7	136.7	142.0	141.2	136.7
	1/30	145.7	151.1	161.8	169.7	143.8	141.4	146.0	142.6	141.3	142.5	149.7	148.8	142.5
	1/50	153.3	161.7	176.4	186.0	151.0	147.5	154.3	149.6	147.8	149.5	159.1	158.0	149.5
	1/80	159.8	171.5	189.9	201.6	157.2	152.7	161.7	155.7	153.6	155.6	167.7	166.4	155.6
	1/100	162.8	176.1	196.2	209.2	160.1	155.0	165.1	158.5	156.2	158.4	171.7	170.3	158.4
	1/200	171.4	190.5	216.0	233.5	168.7	161.8	175.6	167.0	164.1	166.8	184.0	182.4	166.8
	1/300	176.2	198.8	227.6	248.3	173.5	165.5	181.7	171.7	168.5	171.5	191.2	189.4	171.5
	1/400	179.4	204.8	235.8	259.1	176.8	168.0	185.9	175.1	171.6	174.8	196.2	194.3	174.8
	1/500	181.8	209.4	242.2	267.5	179.4	169.9	189.2	177.6	173.9	177.3	200.1	198.2	177.3
	S L S C		0.0260	0.0370	0.0700	0.0540	0.0270	0.0280	0.0260	0.0250	0.0260	0.0250	0.0290	0.0300
	S L S C H		0.0490	0.0710	0.1030	0.1050	0.0400	0.0380	0.0470	0.0420	0.0440	0.0420	0.0530	0.0520
Jackknife推定値 (1/500)		179.70	209.40	242.20	266.60	176.90	173.60	184.30	176.30	149.70	176.10	199.60	198.30	
Jackknife推定誤差 (1/500)		17.30	11.30	13.90	25.20	21.00	11.30	21.30	10.40	30.50	10.20	14.50	14.90	
相関係数(X)		0.994	0.983	0.942	0.965	0.994	0.994	0.992	0.993	0.993	0.993	0.989	0.990	
相関係数(Y)		0.998	0.997	0.892	0.997	0.997	0.996	0.997	0.997	0.996	0.997	0.998	0.998	
決定手法											○			

SLSC≤0.04を満たす手法

決定手法

表 1-23(1) 雨量確率計算結果（横石上流域：5 時間雨量：S28 年～H22 年）

項 目		球磨川：横石地点												採用値
		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 (対数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 法)	対数正規分布 (クオタイル法)	3母数 対数正規分布 (積率法)	2母数 対数正規分布 (L積率法)	2母数 対数正規分布 (LN2(PM))	
標本数		GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LogP3	LP3Rs	LN1wai	IsiTak	LN3(Q)	LN3(PM)	LN2(LM)	LN2(PM)	
確 率 年	1/2	80.6	78.8	74.9	78.0	80.4	81.2	80.3	80.9	80.9	80.9	79.7	79.7	
	1/3	90.6	88.6	85.1	88.9	90.2	91.1	90.1	90.6	90.5	90.6	89.8	89.7	
	1/5	101.0	99.5	98.0	101.7	100.5	101.0	100.3	100.5	100.3	100.5	100.7	100.3	
	1/10	112.8	113.1	115.6	119.0	112.4	112.0	112.3	111.8	111.5	111.8	113.7	113.1	
	1/20	123.1	126.3	133.1	136.7	123.0	121.4	123.1	121.8	121.4	121.8	125.7	124.8	
	1/30	128.6	133.8	143.3	147.4	128.8	126.3	129.1	127.3	126.7	127.2	132.5	131.4	
	1/50	135.1	143.3	156.3	161.3	135.8	132.1	136.3	133.8	133.1	133.7	140.8	139.5	
	1/80	140.6	151.9	168.1	174.5	142.0	137.1	142.8	139.5	138.8	139.4	148.3	146.9	
	1/100	143.1	156.0	173.8	181.0	144.9	139.4	145.8	142.2	141.4	142.0	151.8	150.3	
	1/200	150.4	168.7	191.3	201.6	153.6	146.1	154.9	150.2	149.3	150.0	162.7	160.9	
	1/300	154.3	176.1	201.5	214.1	158.5	149.7	160.2	154.8	153.8	154.5	169.0	167.0	
	1/400	157.0	181.3	208.8	223.2	162.0	152.3	163.9	157.9	156.9	157.6	173.5	171.3	
	1/500	159.0	185.4	214.5	230.4	164.6	154.2	166.7	160.4	159.3	160.1	176.9	174.7	
	S L S C	0.0260	0.0340	0.0670	0.0480	0.0200	0.0220	0.0210	0.0220	0.0230	0.0220	0.0220	0.0230	
	S L S C H	0.0500	0.0680	0.0990	0.0970	0.0520	0.0510	0.0530	0.0510	0.0520	0.0510	0.0580	0.0580	
Jackknife推定値 (1/500)	157.00	185.40	214.50	186.50	164.40	157.60	187.30	159.50	150.40	159.20	176.40	174.70		
Jackknife推定誤差 (1/500)	17.90	10.50	13.00	8.50	15.80	11.50	17.00	11.30	14.20	11.00	12.70	12.20		
相関係数(X)	0.994	0.986	0.946	0.970	0.993	0.994	0.983	0.994	0.994	0.994	0.991	0.991		
相関係数(Y)	0.996	0.995	0.921	0.994	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.995	0.996	0.996		
決定手法	○													

S L S C ≤ 0.04を満たす手法

決定手法

表 1-23(2)

雨量確率計算結果 (横石上流域：6 時間雨量：S28 年～H22 年)

項 目		球磨川：横石地点												採用値	
		(単位:mm)													
		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 (対数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 法)	対数正規分布 (ソフト法)	3母数 対数正規分布 (種率法)	2母数 対数正規分布 (L種率法)	2母数 対数正規分布 (種率法)		
標準数		GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LogP3	LP3Rs	LN1wai	IsiTaka	LN3(Q)	LN3(PM)	LN2(LM)	LN2(PM)		
確 率 年		58													
		1/2	89.5	88.3	83.8	87.3	—	90.7	89.4	90.3	90.1	90.3	89.3	89.3	90.3
		1/3	100.8	99.4	95.5	99.3	—	101.9	100.6	101.3	101.0	101.4	100.7	100.5	101.4
		1/5	112.9	111.8	110.2	113.4	—	113.3	112.5	112.8	112.4	112.8	112.9	112.5	112.8
		1/10	127.3	127.4	130.2	132.4	—	126.3	126.8	126.1	125.8	126.1	127.7	126.9	126.1
		1/20	140.3	142.4	150.1	151.9	—	137.5	140.0	138.0	137.9	137.9	141.3	140.2	137.9
		1/30	147.5	151.0	161.8	163.6	—	143.5	147.4	144.5	144.5	144.4	148.9	147.6	144.4
		1/50	156.1	161.7	176.5	178.8	—	150.7	156.5	152.4	152.6	152.2	158.3	156.8	152.2
		1/80	163.7	171.6	190.0	193.4	—	156.9	164.7	159.4	159.8	159.2	166.8	165.0	159.2
		1/100	167.2	176.2	196.5	200.4	—	159.7	168.6	162.7	163.1	162.4	170.8	168.9	162.4
		1/200	177.7	190.7	216.4	223.0	—	168.2	180.4	172.6	173.3	172.2	183.1	180.9	172.2
		1/300	183.6	199.1	228.1	236.8	—	172.9	187.3	178.2	179.2	177.8	190.2	187.8	177.8
		1/400	187.6	205.1	236.4	246.7	—	176.1	192.1	182.2	183.3	181.7	195.2	192.7	181.7
		1/500	190.7	209.7	242.8	254.6	—	178.6	195.8	185.2	186.5	184.7	199.1	196.5	184.7
		S L S C	0.0290	0.0340	0.0640	0.0440	—	0.0260	0.0240	0.0260	0.0250	0.0260	0.0230	0.0240	
S L S C H	0.0570	0.0670	0.0960	0.0880	—	0.0540	0.0570	0.0550	0.0570	0.0550	0.0560	0.0570			
Jackknife推定値 (1/500)	188.20	209.70	242.80	253.60	—	181.90	199.90	183.70	176.20	183.20	198.60	196.50			
Jackknife推定誤差 (1/500)	22.00	12.30	15.20	19.90	—	12.30	16.90	12.30	15.50	12.00	14.90	14.10			
相関係数(X)	0.991	0.986	0.952	0.972	—	0.992	0.991	0.992	0.992	0.992	0.990	0.990			
相関係数(Y)	0.994	0.995	0.932	0.995	—	0.993	0.994	0.993	0.994	0.993	0.995	0.994			
決定手法										○					

S L S C ≤ 0.04を満たす手法

決定手法

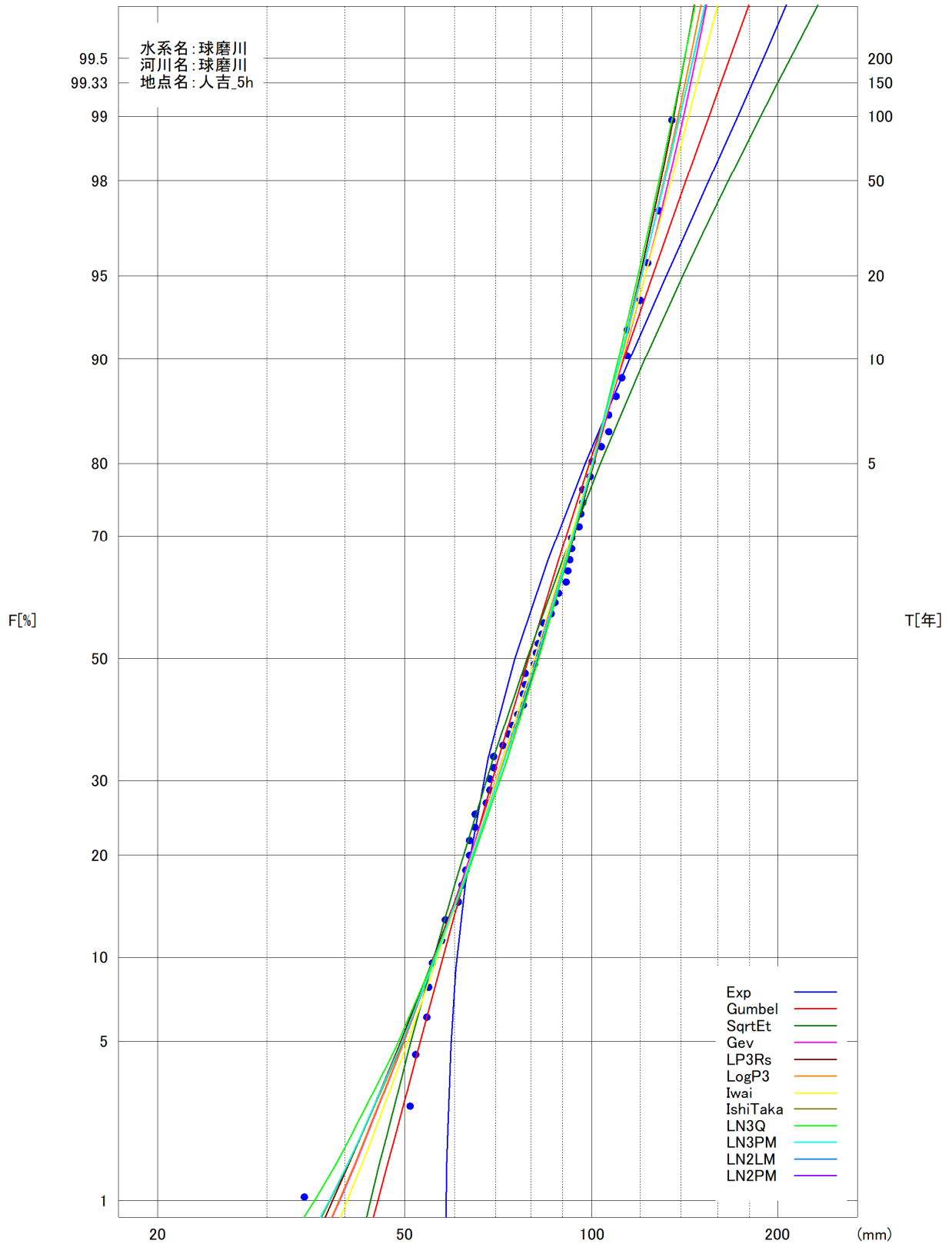


図 1-19(1) 雨量確率計算結果
(人吉地点、5 時間雨量：昭和 28 年～平成 22 年)

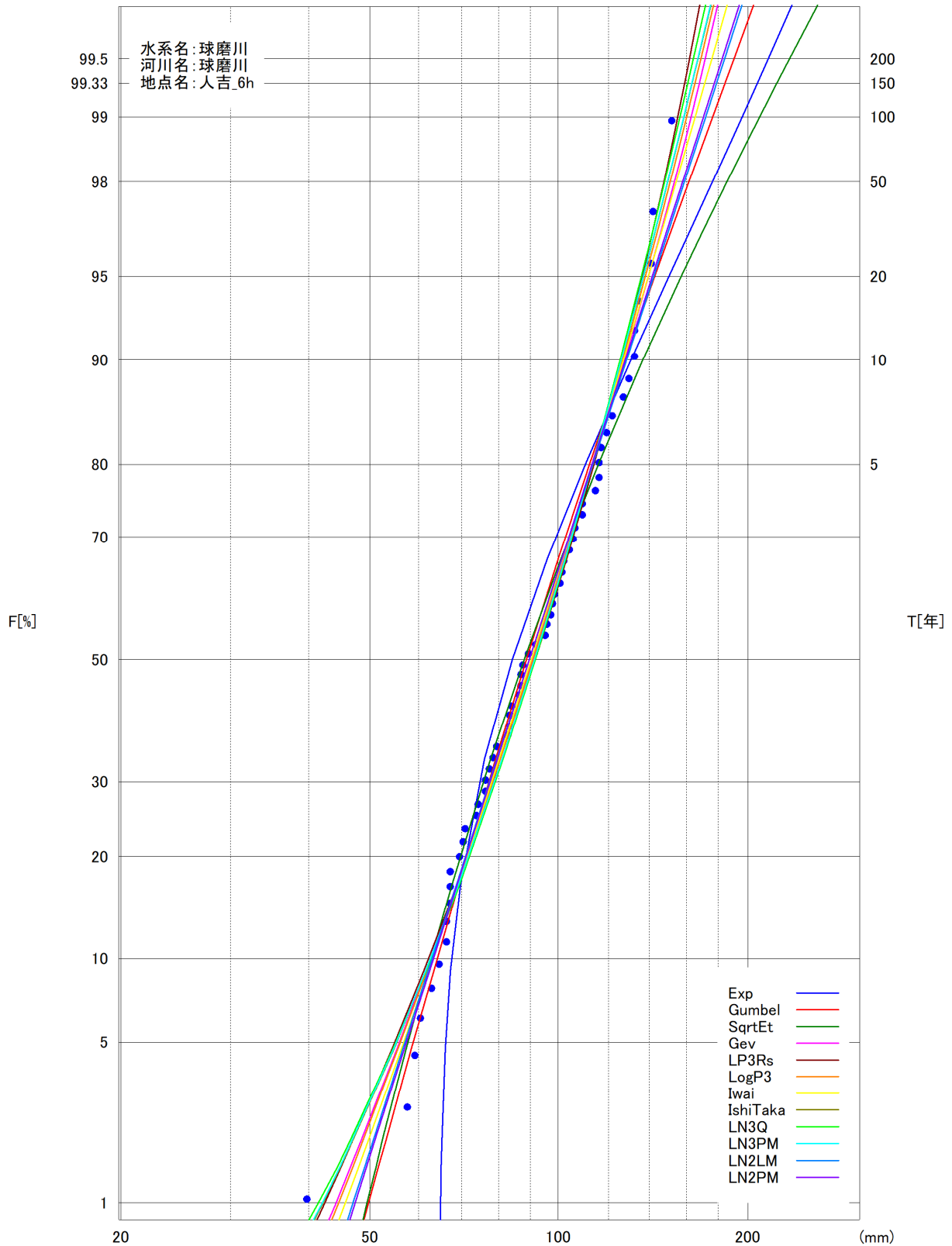


図 1-19(2) 雨量確率計算結果
 (人吉地点、6 時間雨量：昭和 28 年～平成 22 年)

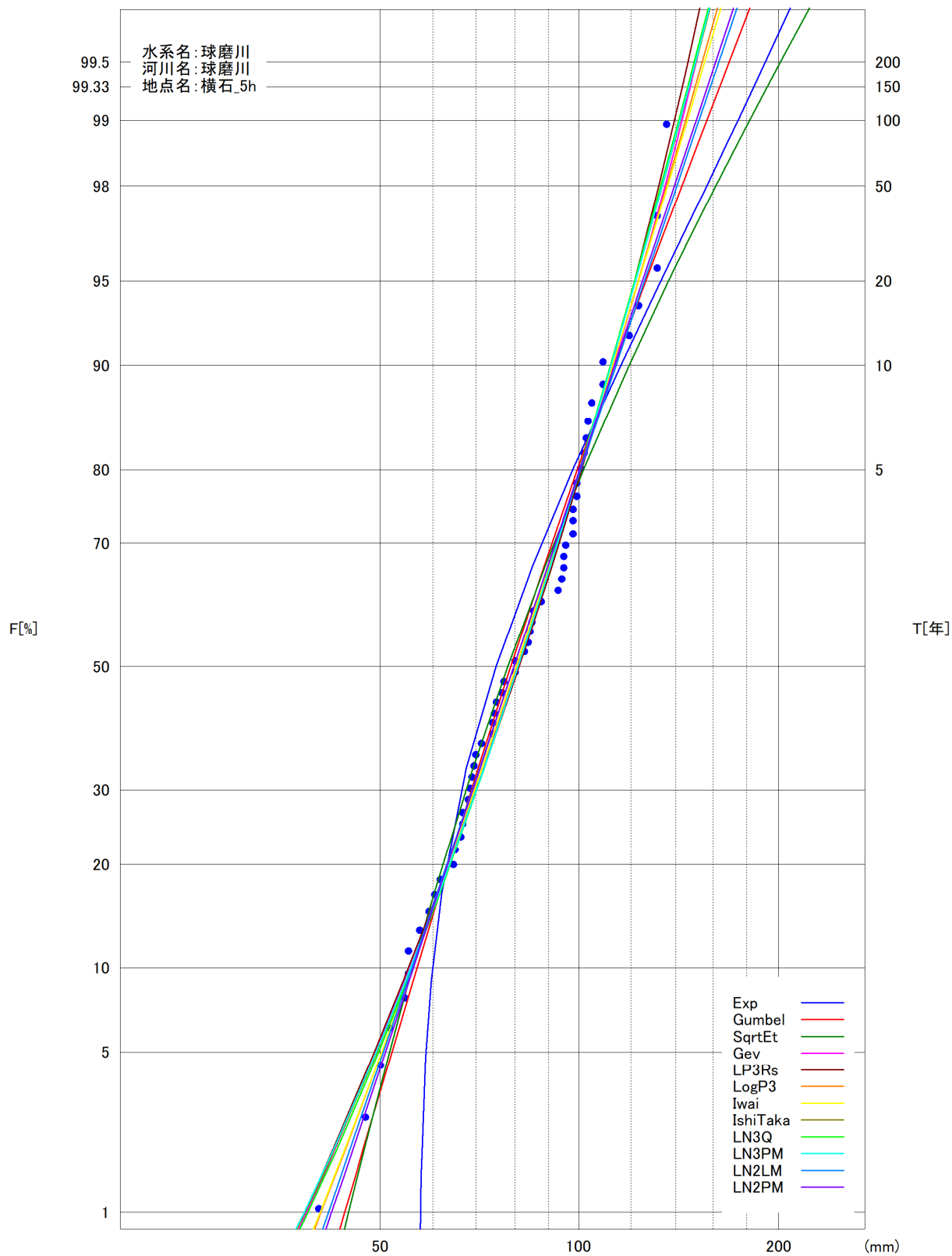


図 1-20(1) 雨量確率計算結果
 (横石地点、5 時間雨量：昭和 28 年～平成 22 年)

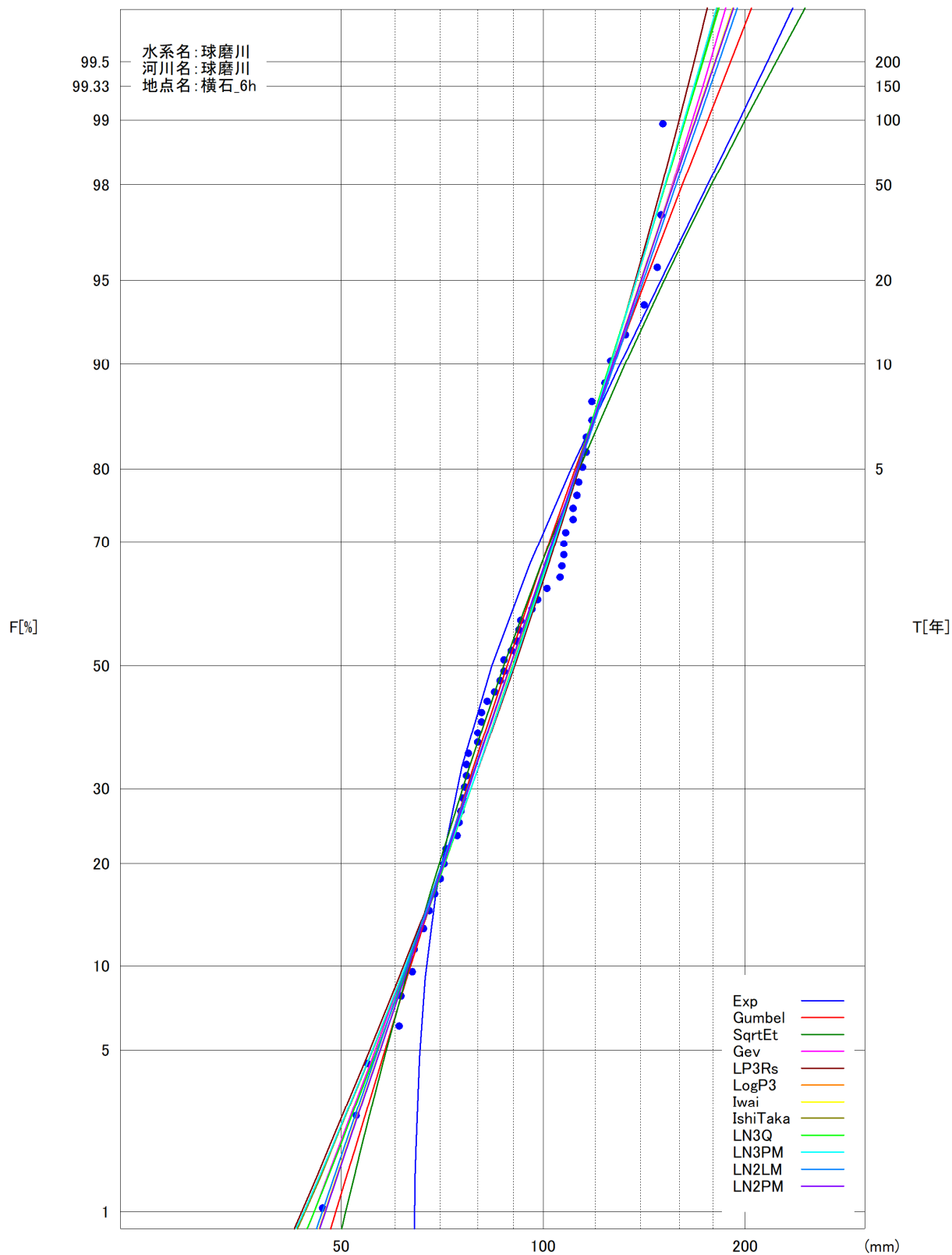


図 1-20(2) 雨量確率計算結果
 (横石地点、6 時間雨量：昭和 28 年～平成 22 年)

表 1-24 年最大短時間雨量（6 時間、5 時間）一覧

No.	西暦	年	人吉地点年最大雨量(mm)		横石地点年最大雨量(mm)		備考
			6時間	5時間	6時間	5時間	
1	1953	S28	70.6	67.6	80.6	76.9	
2	1954	S29	91.8	81.8	91.7	80.0	
3	1955	S30	134.2	114.5	126.0	108.5	
4	1956	S31	64.6	54.5	61.0	51.6	
5	1957	S32	116.2	106.5	118.5	108.6	
6	1958	S33	77.7	72.1	74.2	69.1	
7	1959	S34	79.5	73.5	81.0	74.2	
8	1960	S35	67.1	64.8	66.1	59.4	
9	1961	S36	39.8	34.5	46.6	40.5	
10	1962	S37	121.6	112.2	106.5	99.1	
11	1963	S38	101.2	95.5	79.6	74.9	
12	1964	S39	106.3	91.7	118.3	98.0	
13	1965	S40	141.1	128.5	141.6	131.7	
14	1966	S41	67.4	61.9	71.6	66.7	
15	1967	S42	76.7	68.8	76.3	68.5	
16	1968	S43	83.2	68.7	71.1	60.5	
17	1969	S44	87.1	77.4	84.4	74.7	
18	1970	S45	87.4	74.4	77.0	66.2	
19	1971	S46	109.0	96.1	107.1	93.9	
20	1972	S47	151.2	134.4	149.6	130.9	
21	1973	S48	67.0	57.3	64.2	54.4	
22	1974	S49	74.1	65.1	68.6	57.3	
23	1975	S50	58.9	51.1	63.7	55.3	
24	1976	S51	89.7	78.3	86.1	76.4	
25	1977	S52	76.4	69.3	76.6	69.7	
26	1978	S53	66.2	61.1	67.7	61.6	
27	1979	S54	132.6	109.8	148.1	122.7	
28	1980	S55	95.9	87.1	112.7	104.5	
29	1981	S56	57.6	52.1	52.6	47.5	
30	1982	S57	140.6	123.0	132.6	119.2	
31	1983	S58	100.6	93.1	101.4	95.1	
32	1984	S59	101.8	92.6	106.0	95.1	
33	1985	S60	86.4	77.7	92.5	83.9	
34	1986	S61	66.1	63.4	70.2	67.9	
35	1987	S62	78.9	69.5	75.5	69.5	
36	1988	S63	62.6	54.4	54.7	50.2	
37	1989	S64	116.7	100.2	107.4	92.7	
38	1990	H2	84.1	76.3	80.0	71.4	
39	1991	H3	83.7	78.4	87.3	82.5	
40	1992	H4	105.3	92.4	96.0	85.6	
41	1993	H5	131.9	120.2	151.5	135.3	
42	1994	H6	74.5	63.7	75.6	64.9	
43	1995	H7	103.9	97.1	111.1	101.8	
44	1996	H8	95.1	82.9	89.5	79.8	
45	1997	H9	129.6	114.0	116.0	102.7	
46	1998	H10	114.6	99.6	112.3	99.4	
47	1999	H11	98.4	85.9	98.1	87.8	
48	2000	H12	69.3	58.3	77.4	64.7	
49	2001	H13	60.4	55.4	61.2	55.2	
50	2002	H14	70.9	62.8	74.9	66.5	
51	2003	H15	97.6	83.7	82.3	74.2	
52	2004	H16	126.6	106.3	110.9	98.0	
53	2005	H17	119.5	103.9	116.2	103.1	
54	2006	H18	97.4	88.8	108.3	97.7	
55	2007	H19	88.0	81.1	91.2	84.5	
56	2008	H20	116.0	91.2	123.7	95.3	
57	2009	H21	83.5	81.3	87.4	85.1	
58	2010	H22	109.2	96.7	114.6	100.6	
—	2011	H23	113.7	97.5	127.4	107.7	
—	2012	H24	155.9	141.4	162.0	147.9	
—	2013	H25	84.3	78.0	88.1	81.7	
—	2014	H26	86.8	78.7	96.2	86.2	
—	2015	H27	124.3	107.0	123.1	106.9	確率雨量標本の対象外
—	2016	H28	86.8	80.0	98.6	90.0	
—	2017	H29	93.7	82.0	97.1	83.7	
—	2018	H30	106.4	96.4	106.4	89.0	
—	2019	R1	111.0	101.1	109.8	99.9	
—	2020	R2	221.1	184.8	238.1	199.3	

3) 時間分布の雨量評価

前項にて選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する。対象降雨の引き伸ばし後雨量と棄却基準雨量の関係は下表に示すとおりであり、人吉地点で2洪水、横石地点で1洪水が棄却となる。(横石地点は、地域分布の結果と併せて計2洪水が棄却の対象となる。)

表 1-25(1) 時間分布の評価結果 (人吉地点)

No.	洪水 年月日	実 績 雨 量			対象 降雨の 降雨量 (12時間) (1/80) (mm)	拡大率	拡大後雨量		棄却 洪水
		人吉上流域					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)	5時間 雨量 (mm)			6時間 雨量 (mm)	5時間 雨量 (mm)	
1	S30. 9. 30	203.5	134.2	114.5	271.1	1.337	179.4	153.1	
2	S39. 8. 24	185.2	106.3	91.7		1.469	156.0	134.6	
3	S40. 7. 3	167.1	140.6	127.3		1.628	228.9	207.2	
4	S46. 8. 5	208.3	109.0	96.1		1.306	142.3	125.5	×
5	S47. 6. 12	194.6	151.2	134.4		1.398	211.4	187.9	
6	S47. 7. 6	151.6	112.4	96.9		1.794	201.6	173.8	
7	S57. 7. 25	250.4	140.6	123.0		1.086	152.7	133.5	
8	H 5. 9. 3	188.5	130.4	114.8		1.443	188.1	165.6	
9	H 7. 7. 4	184.7	103.9	97.1		1.473	153.0	143.0	
10	H 9. 9. 16	190.4	129.6	114.0		1.429	185.2	162.9	
11	H16. 8. 30	215.2	126.6	106.3		1.264	160.1	134.4	
12	H17. 9. 4	232.9	119.5	103.9		1.168	139.6	121.4	
13	R 2. 7. 4	321.8	221.1	184.8		0.845	186.7	156.0	
棄却基準値		－	－	－	－		221.1	184.8	

※棄却基準値は、実績最大降雨又は1/500雨量のいずれか大きい方とする
228.9 : 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

表 1-25(2) 時間分布の評価結果 (横石地点)

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		棄却 洪水
		横石上流域					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)	5時間 雨量 (mm)			6時間 雨量 (mm)	5時間 雨量 (mm)	
1	S30. 9. 30	188	126.0	108.5	273.7	1.457	183.6	158.1	
2	S39. 8. 24	202.3	118.3	98.0		1.354	160.2	132.7	
3	S40. 7. 3	171.6	139.8	131.7		1.597	223.3	210.4	
4	S46. 8. 5	200.1	107.1	93.9		1.369	146.6	128.5	
5	S47. 6. 12	193.0	149.6	130.9		1.420	212.4	185.8	
6	S47. 7. 6	148.3	104.0	87.5		1.848	192.2	161.7	
7	S57. 7. 12	181.7	98.0	82.7		1.508	147.8	124.7	
8	S57. 7. 25	240.5	132.6	119.2		1.139	151.0	135.8	
9	H 5. 8. 1	212.4	151.5	135.3		1.290	195.4	174.5	
10	H 5. 9. 3	176.7	118.6	103.2		1.551	183.9	160.0	
11	H 7. 7. 4	192.7	111.1	101.8		1.422	158.0	144.8	
12	H 9. 9. 16	168.6	116.0	102.7		1.625	188.5	166.9	
13	H16. 8. 30	186.9	110.9	94.3		1.466	162.5	138.2	
14	H17. 9. 4	208.8	116.2	103.1		1.312	152.5	135.3	
15	H18. 7. 18	190.6	108.3	97.7		1.438	155.8	140.6	
16	H20. 6. 19	187.1	123.7	95.3		1.464	181.2	139.6	
17	R 2. 7. 4	345.5	238.1	199.3		0.793	188.9	158.1	
棄却基準値		—	—	—	—		238.1	199.3	

※棄却基準値は、実績最大降雨又は1/500雨量のいずれか大きい方とする
210.4 : 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

1.9 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、対象降雨の降雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成した後、流出計算を行うと基準地点人吉、横石において $4,700\text{m}^3/\text{s}$ ～ $8,200\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7,000\text{m}^3/\text{s}$ ～ $11,500\text{m}^3/\text{s}$ となる。

なお、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については参考値とした。

表 1-26(1) ピーク流量一覧（人吉地点）

No.	洪水年月日	基準地点人吉上流域			人吉地点 ピーク流量 (m^3/s)
		実績雨量 ($\text{mm}/12\text{hr}$)	拡大率	対象降雨の 降雨量 ($\text{mm}/12\text{hr}$)	
1	S30.9.30	203.5	1.465	298	4,900
2	S39.8.24	185.2	1.610	298	5,100
3	S40.7. 3	167.1	1.785	298	12,500
4	S46.8. 5	208.3	1.432	298	6,500
5	S47.6.12	194.6	1.532	298	4,700
6	S47.7. 6	151.6	1.967	298	8,200
7	S57.7.25	250.4	1.191	298	5,500
8	H 5.9. 3	188.5	1.582	298	4,700
9	H 7.7. 4	184.7	1.615	298	6,600
10	H 9.9.16	190.4	1.566	298	5,100
11	H16.8.30	215.2	1.386	298	5,500
12	H17.9. 4	232.9	1.280	298	6,200
13	R 2.7. 4	321.8	0.927	298	6,100

※ $100\text{m}^3/\text{s}$ の端数については、切り上げて記載。

※グレー着色：著しい引き伸ばしとなっている洪水

※R 2 洪水は実績雨量が対象降雨の降雨量を超えているため引き縮め。

表 1-26(2) ピーク流量一覧（横石地点）

No.	洪水年月日	基準地点横石上流域			横石地点 ピーク流量 (m^3/s)
		実績雨量 ($\text{mm}/12\text{hr}$)	拡大率	対象降雨の 降雨量 ($\text{mm}/12\text{hr}$)	
1	S30.9.30	188.0	1.602	301	7,800
2	S39.8.24	202.3	1.488	301	7,300
3	S40.7. 3	171.6	1.755	301	16,000
4	S46.8. 5	200.1	1.505	301	9,700
5	S47.6.12	193.0	1.560	301	7,000
6	S47.7. 6	148.3	2.030	301	11,500
7	S57.7.12	181.7	1.657	301	11,000
8	S57.7.25	240.5	1.252	301	7,800
9	H 5.8. 1	212.4	1.418	301	8,800
10	H 5.9. 3	176.7	1.704	301	8,100
11	H 7.7. 4	192.7	1.563	301	9,700
12	H 9.9.16	168.6	1.786	301	8,100
13	H16.8.30	186.9	1.611	301	9,100
14	H17.9. 4	208.8	1.442	301	9,300
15	H18.7.18	190.6	1.580	301	10,500
16	H20.6.19	187.1	1.609	301	9,300
17	R 2.7. 4	345.5	0.871	301	8,500

※100 m^3/s の端数については、切り上げて記載。

※グレー着色：著しい引き伸ばしとなっている洪水

※R 2 洪水は実績雨量が対象降雨の降雨量を超えているため引き縮め。

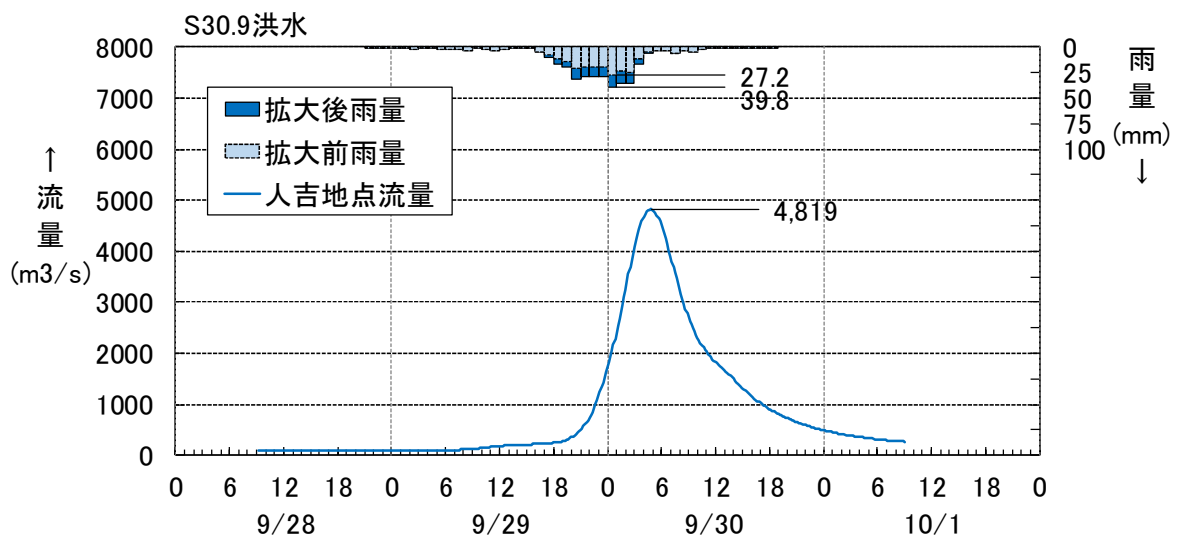


図 1-21(1) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：昭和 30 年 9 月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

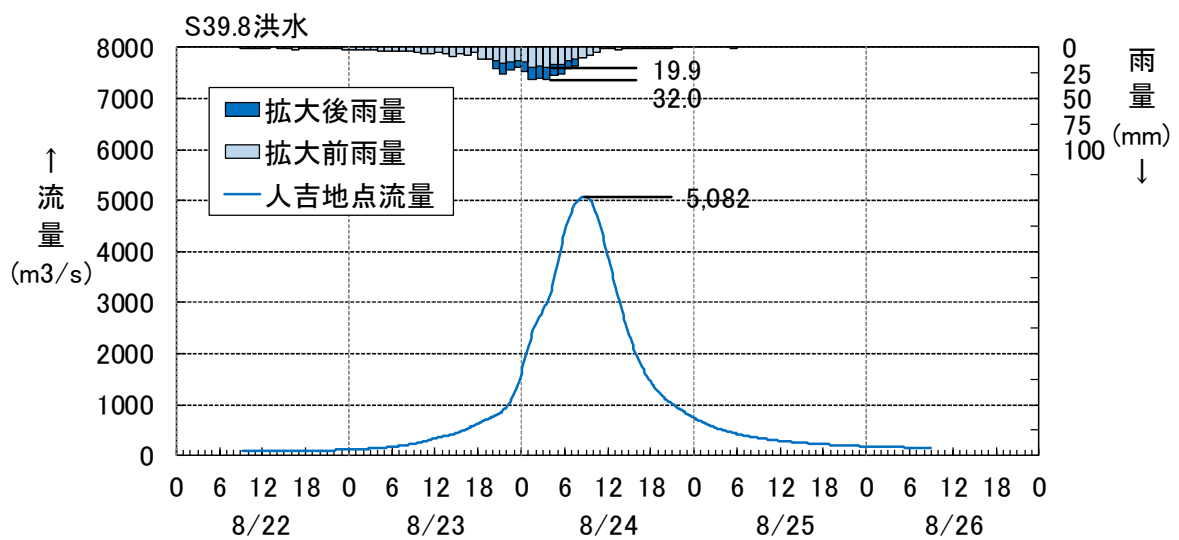


図 1-21(2) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：昭和 39 年 8 月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

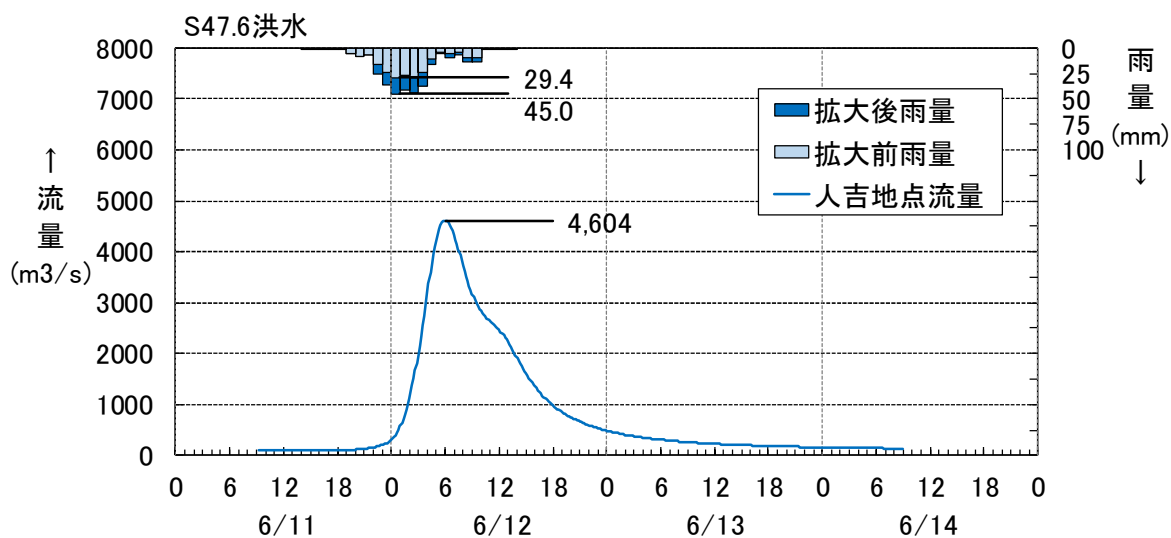


図 1-21 (5) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：昭和 47 年 6 月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

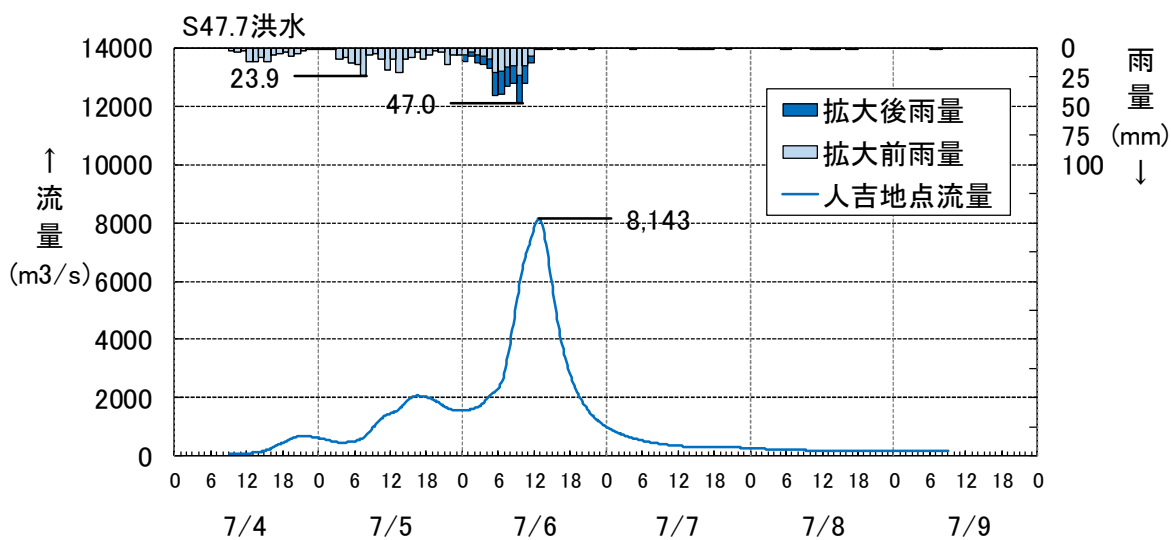


図 1-21 (6) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：昭和 47 年 7 月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

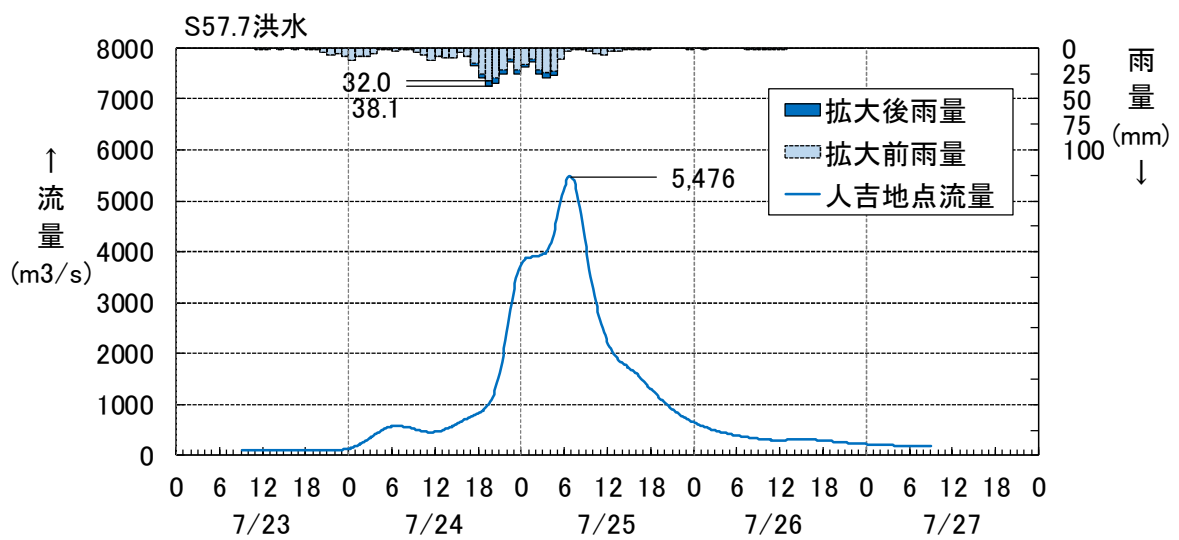


図 1-21(7) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：昭和 57 年 7 月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

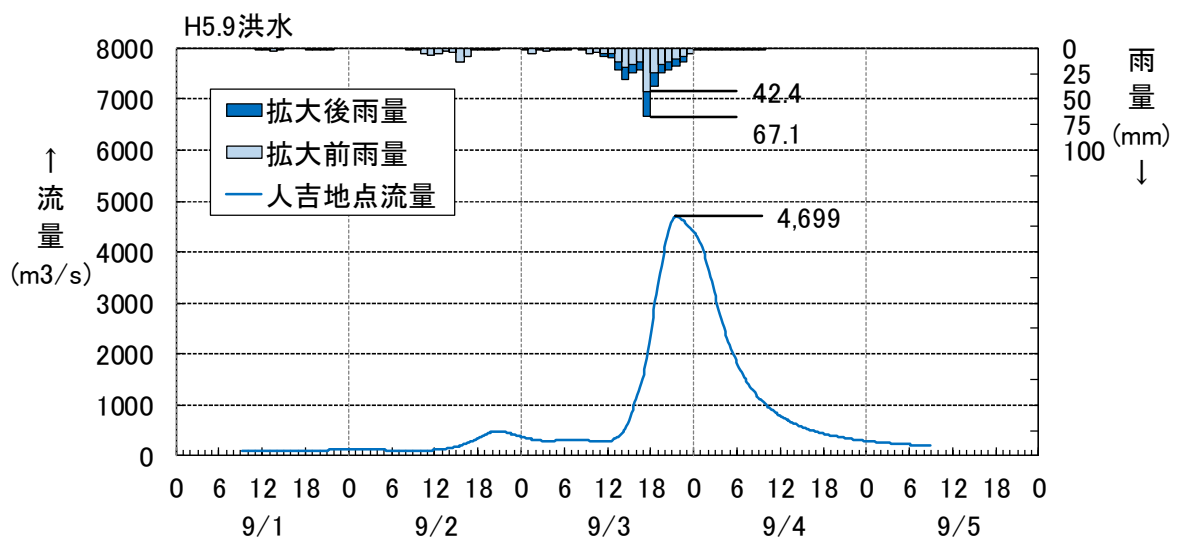


図 1-21(8) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：平成 5 年 9 月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

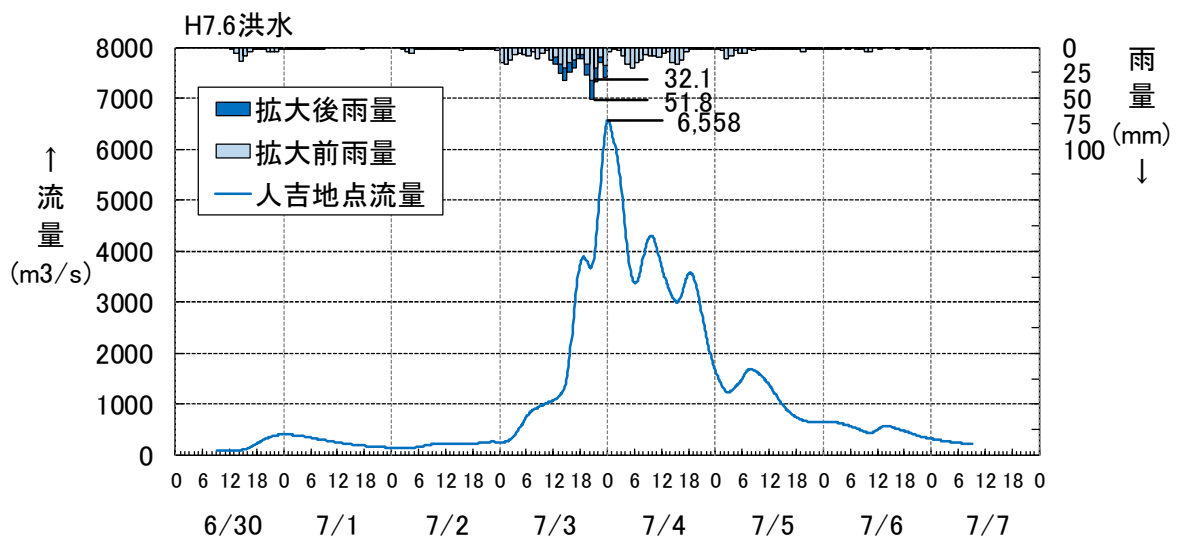


図 1-21(9) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：平成7年6月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

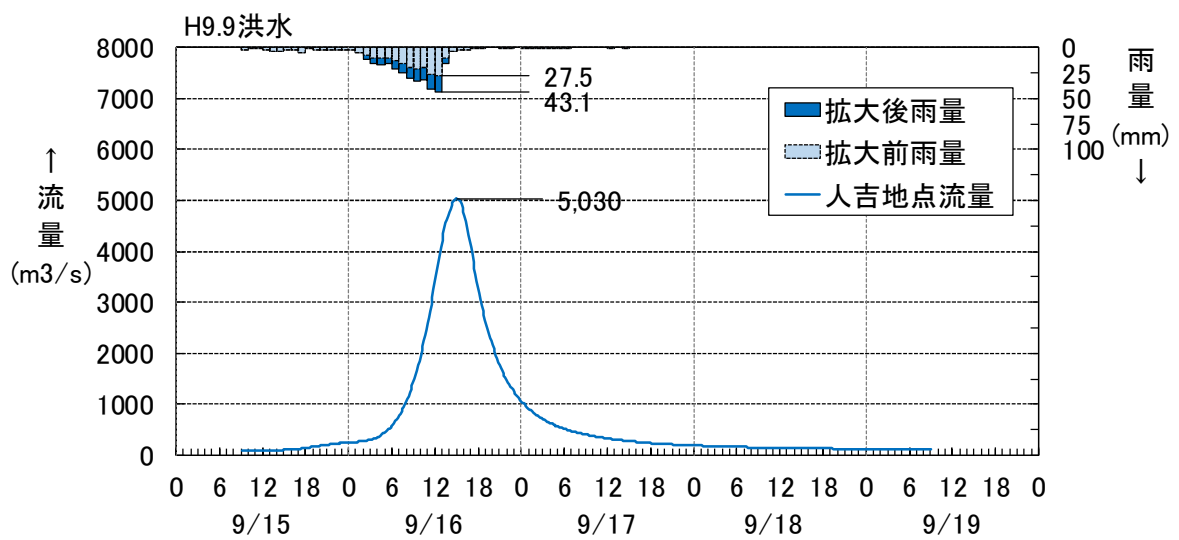


図 1-21(10) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：平成9年9月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

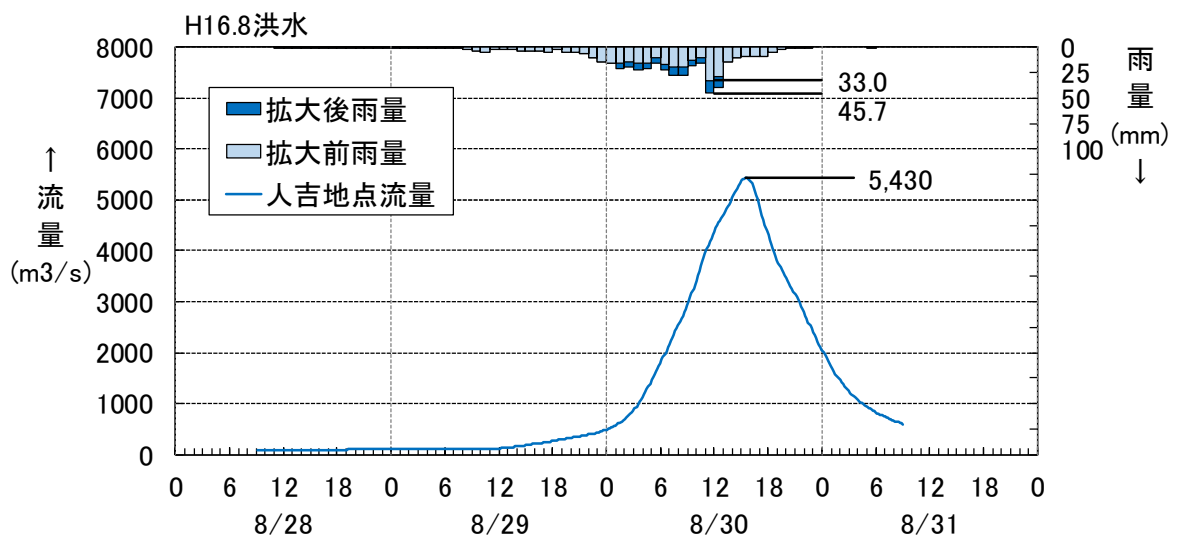


図 1-21(11) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：平成 16 年 8 月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

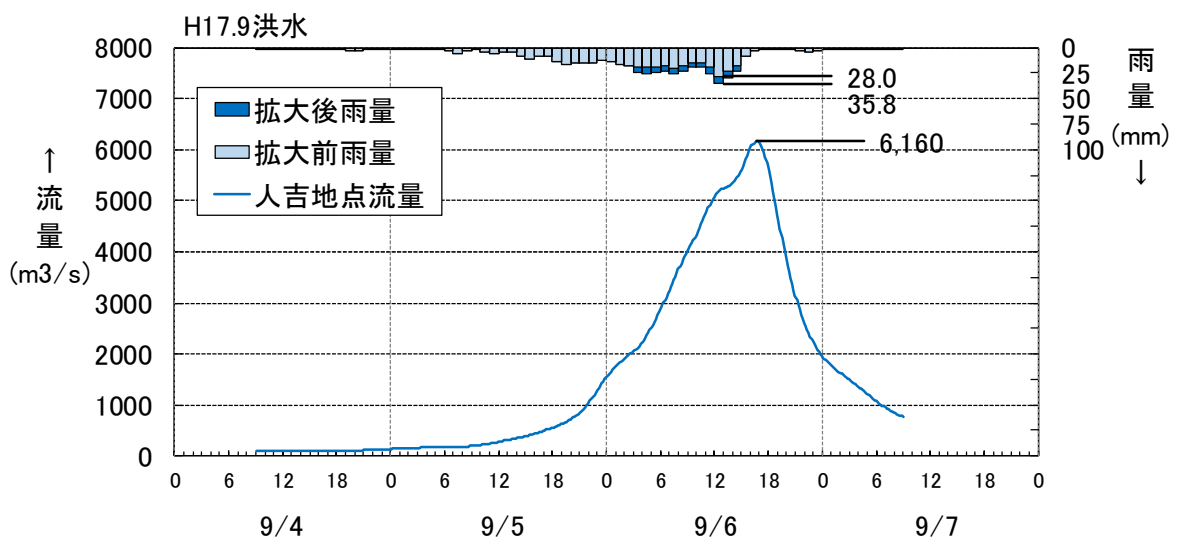


図 1-21(12) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：平成 17 年 9 月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

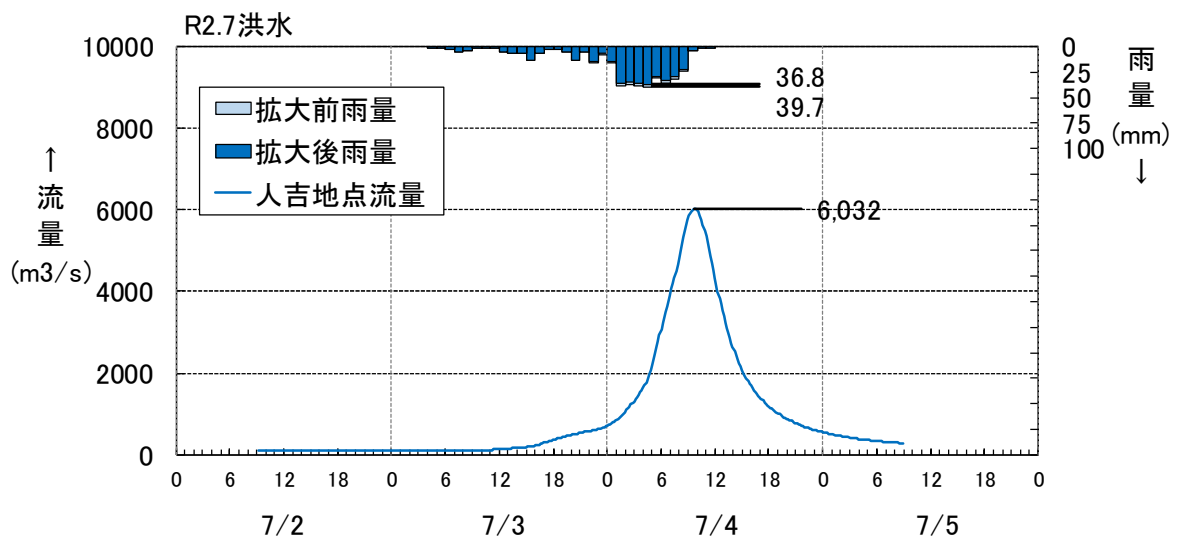


図 1-21(13) 基本高水ハイドログラフ
(人吉拡大：令和2年7月洪水 W=1/80 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

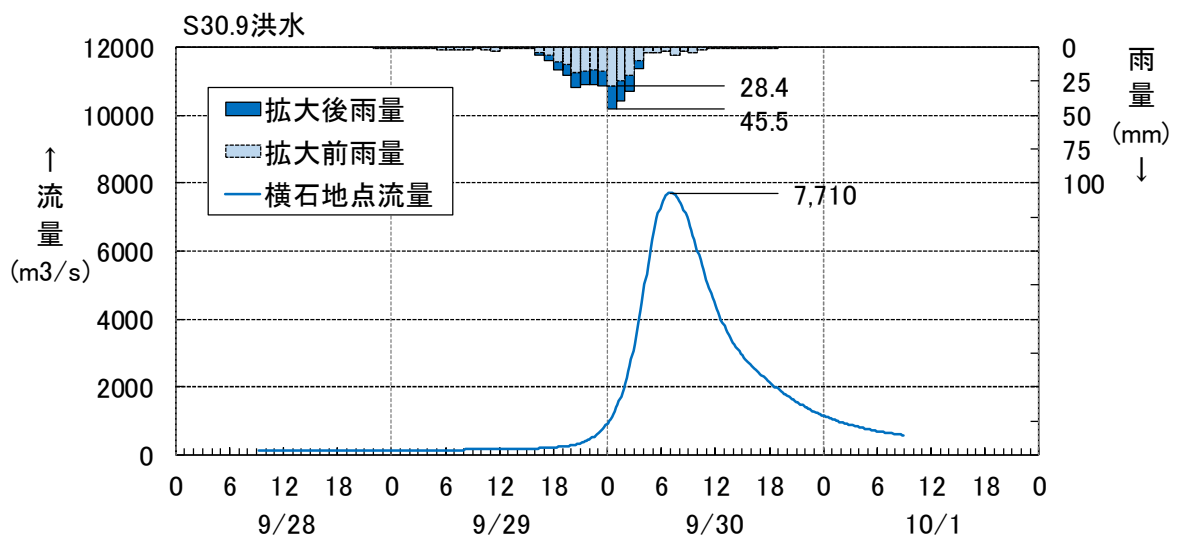


図 1-22(1) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：昭和 30 年 9 月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

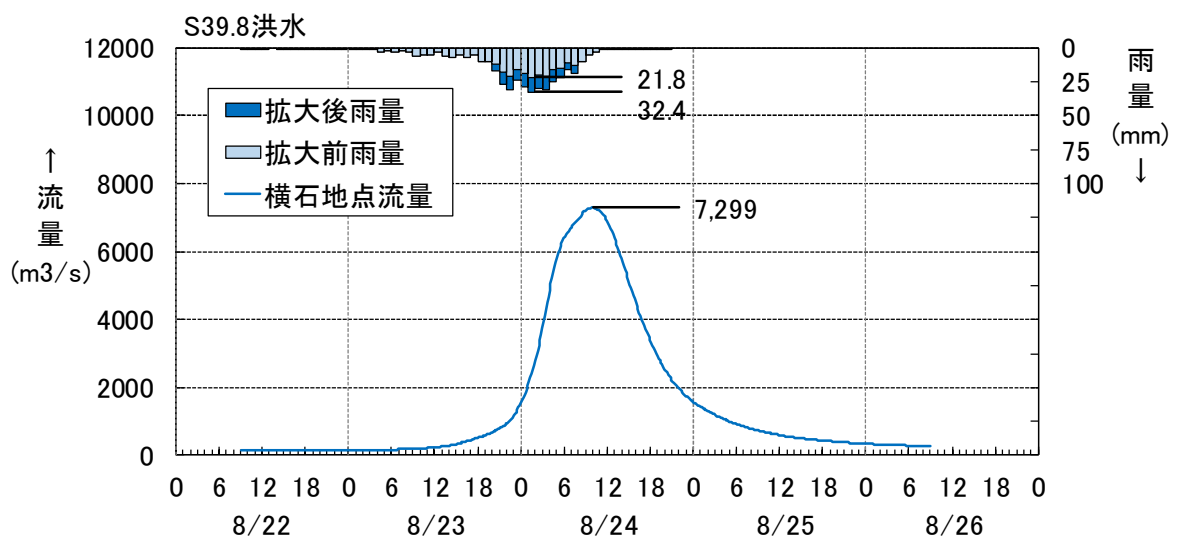


図 1-22(2) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：昭和 39 年 8 月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

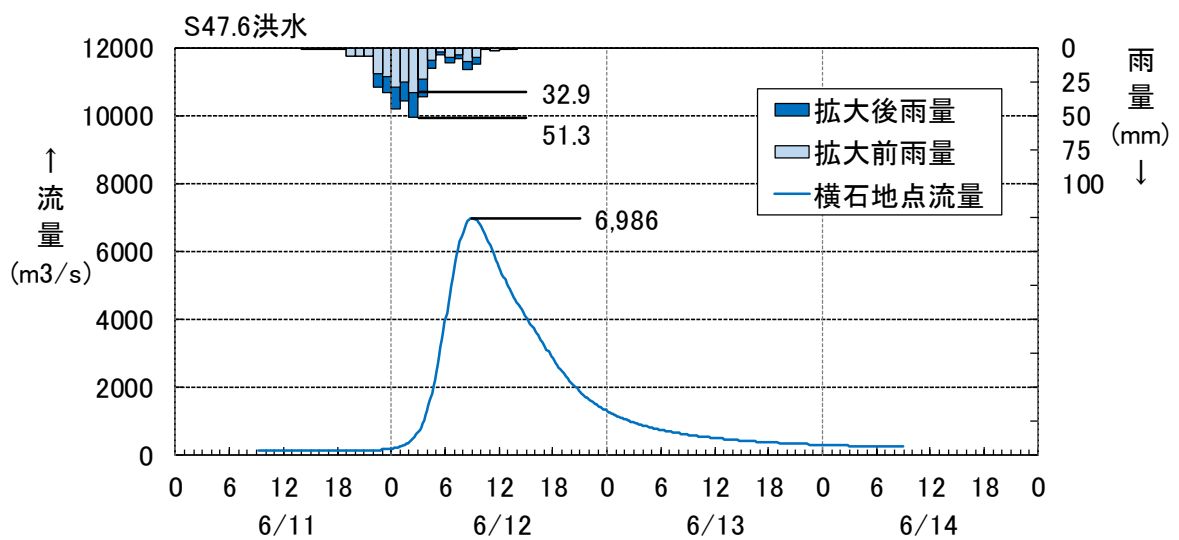


図 1-22(5) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：昭和 47 年 6 月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

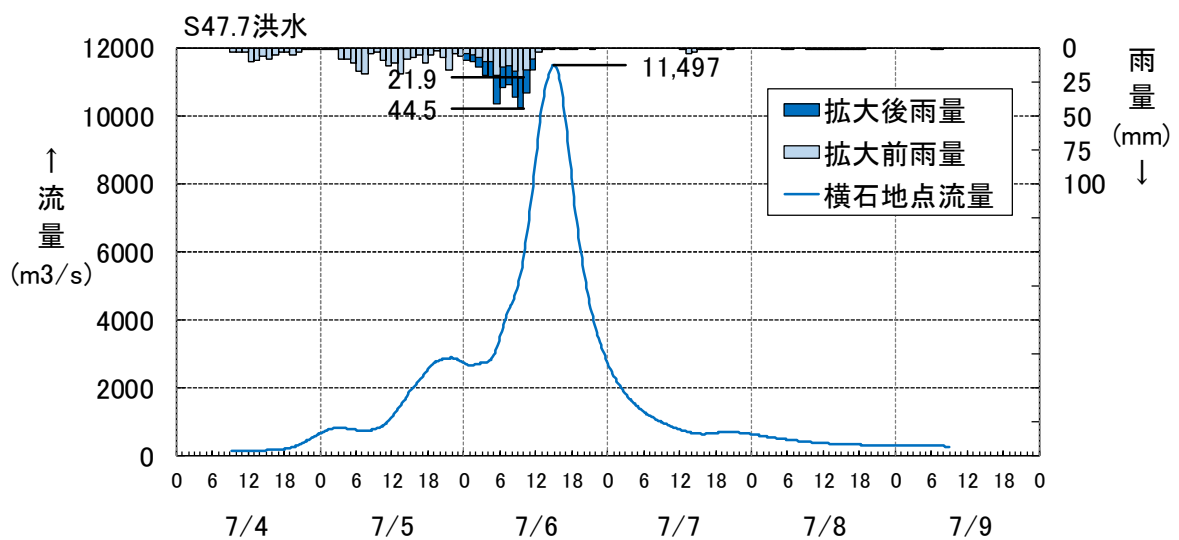


図 1-22(6) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：昭和 47 年 7 月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

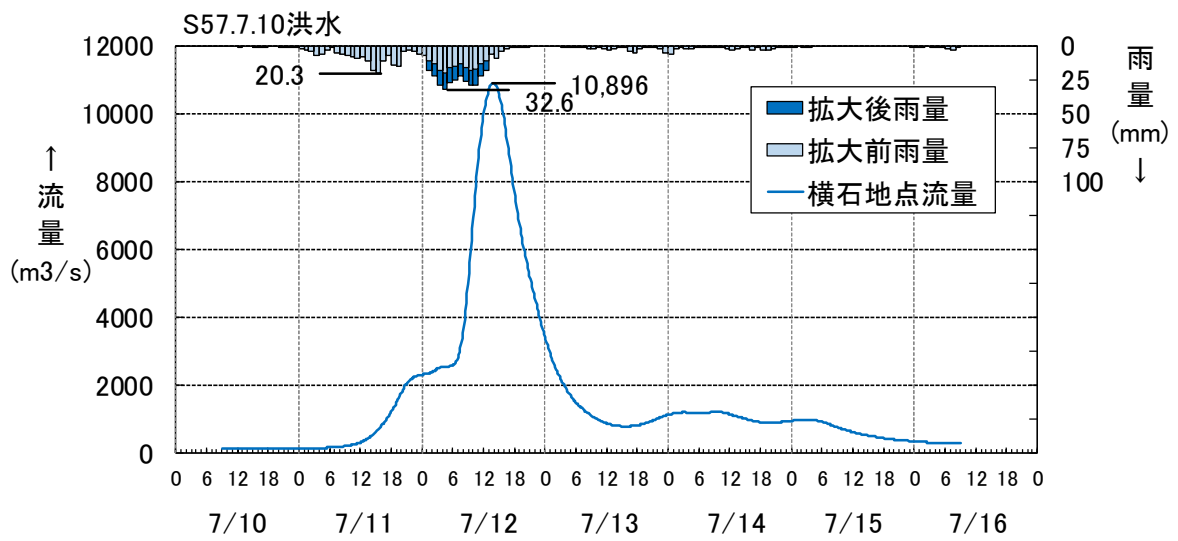


図 1-22(7) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：昭和 57 年 7 月 10 日洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

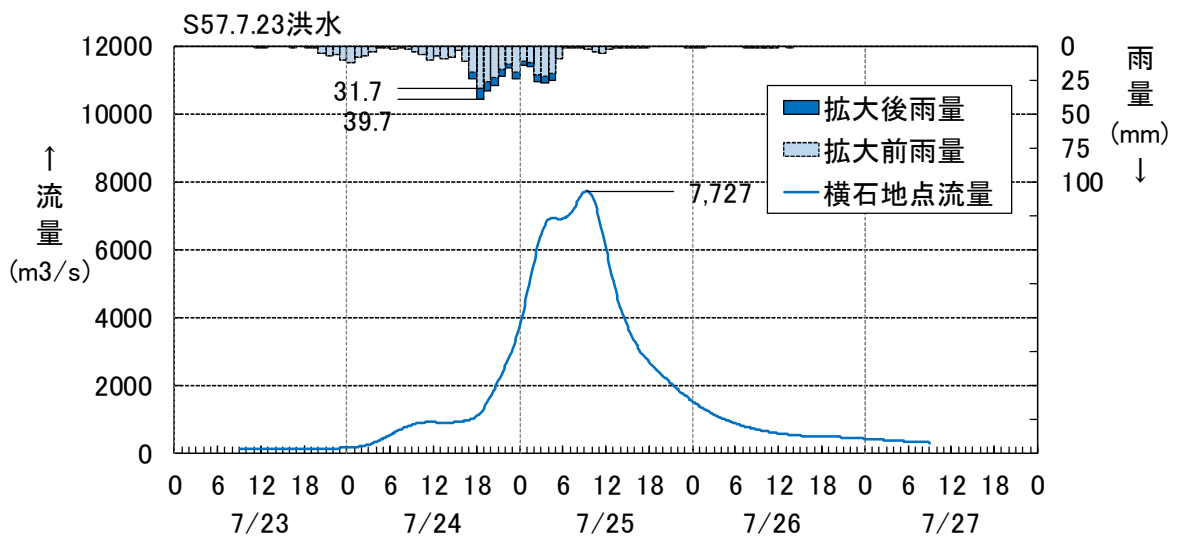


図 1-22(8) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：昭和 57 年 7 月 23 日洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

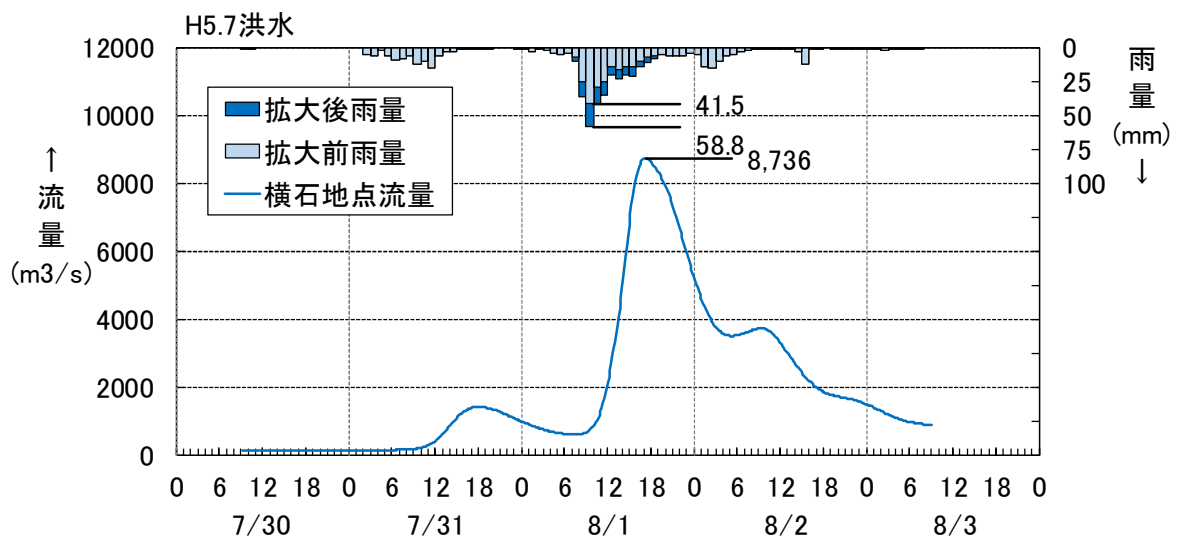


図 1-22(9) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：平成5年7月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

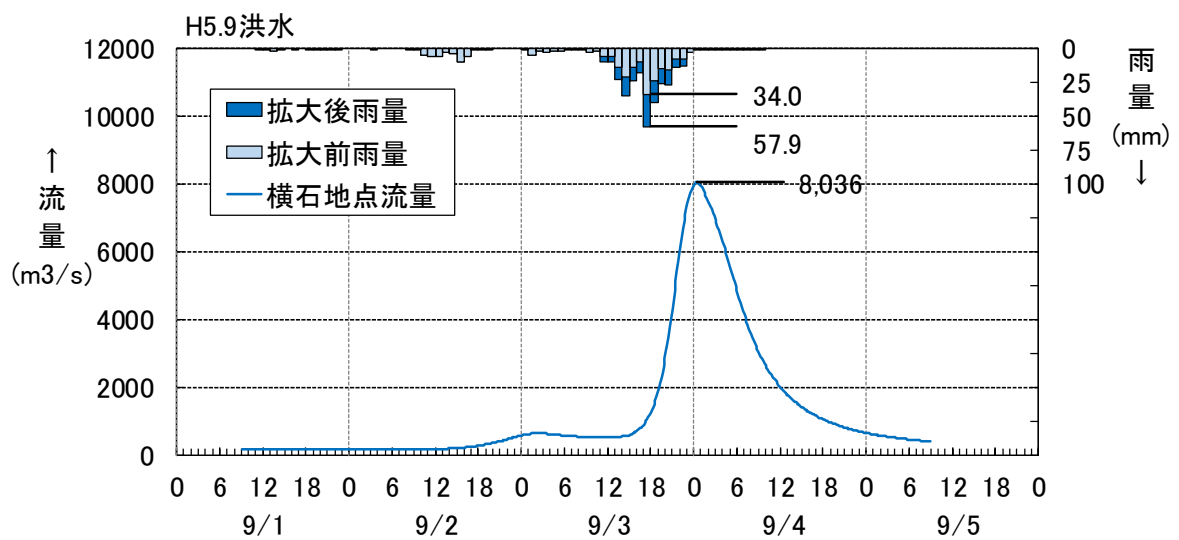


図 1-22(10) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：平成5年9月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

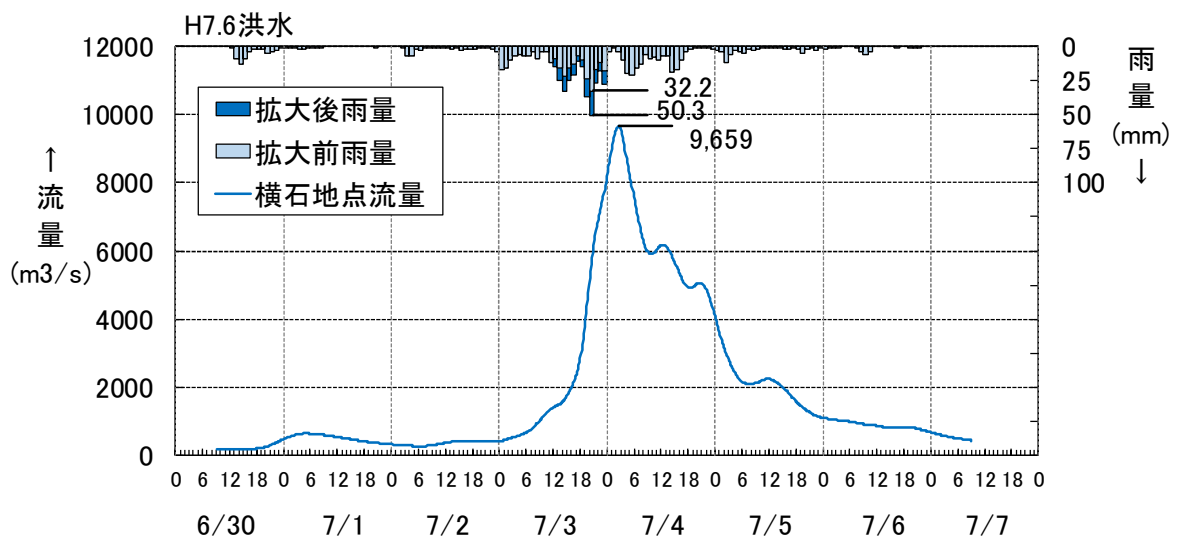


図 1-22(11) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：平成7年6月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

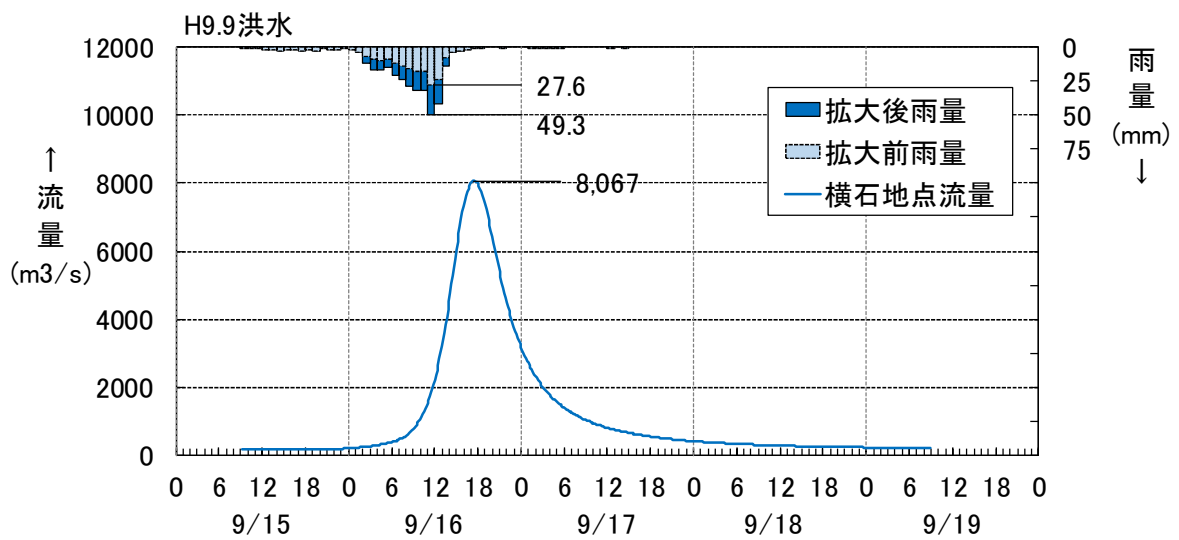


図 1-22(12) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：平成9年9月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

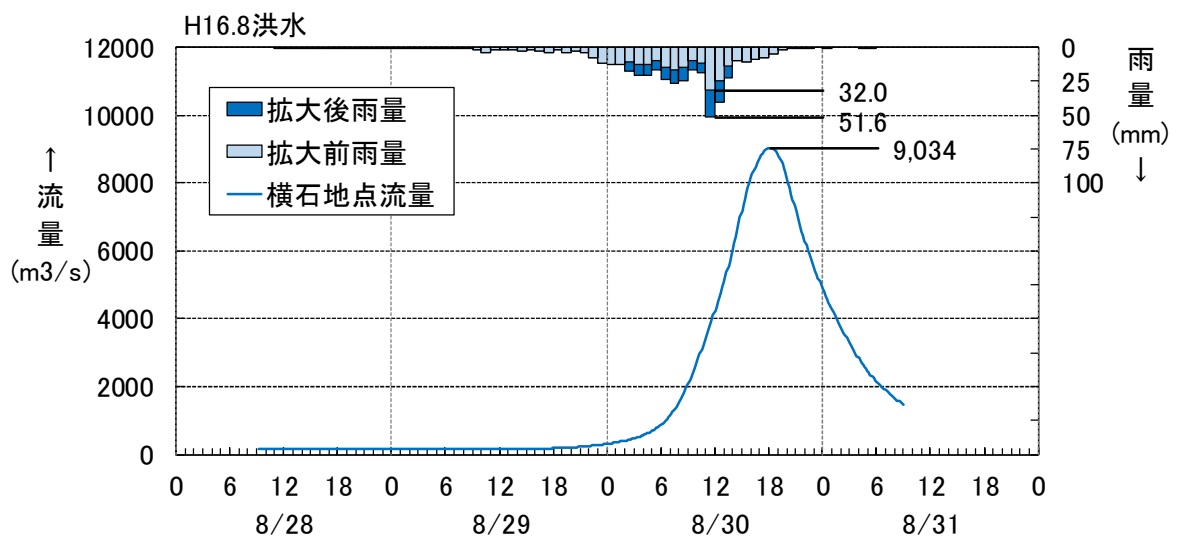


図 1-22(13) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：平成 16 年 8 月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

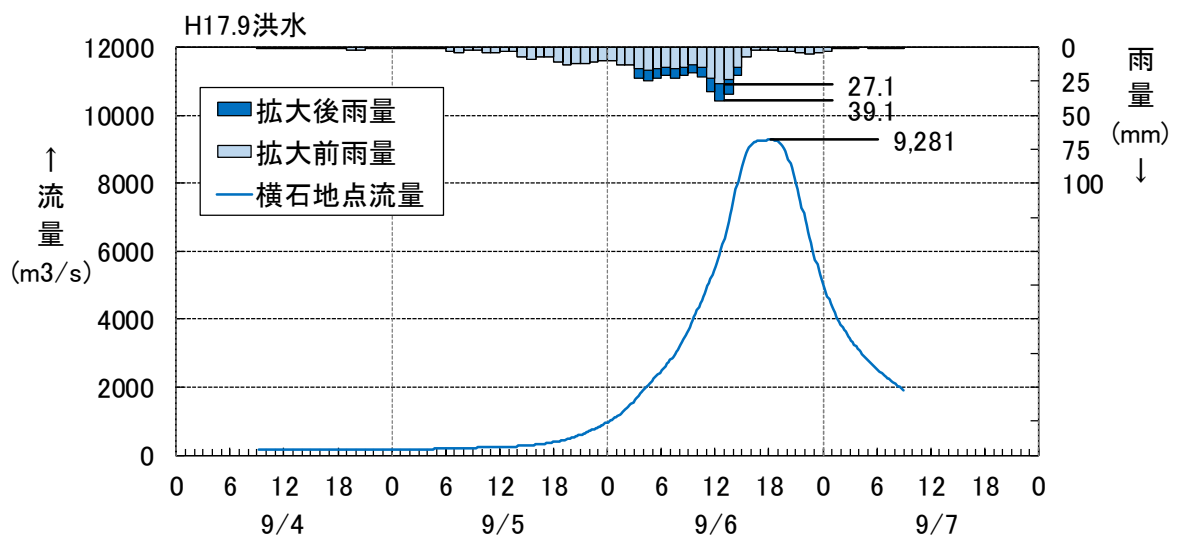


図 1-22(14) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：平成 17 年 9 月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

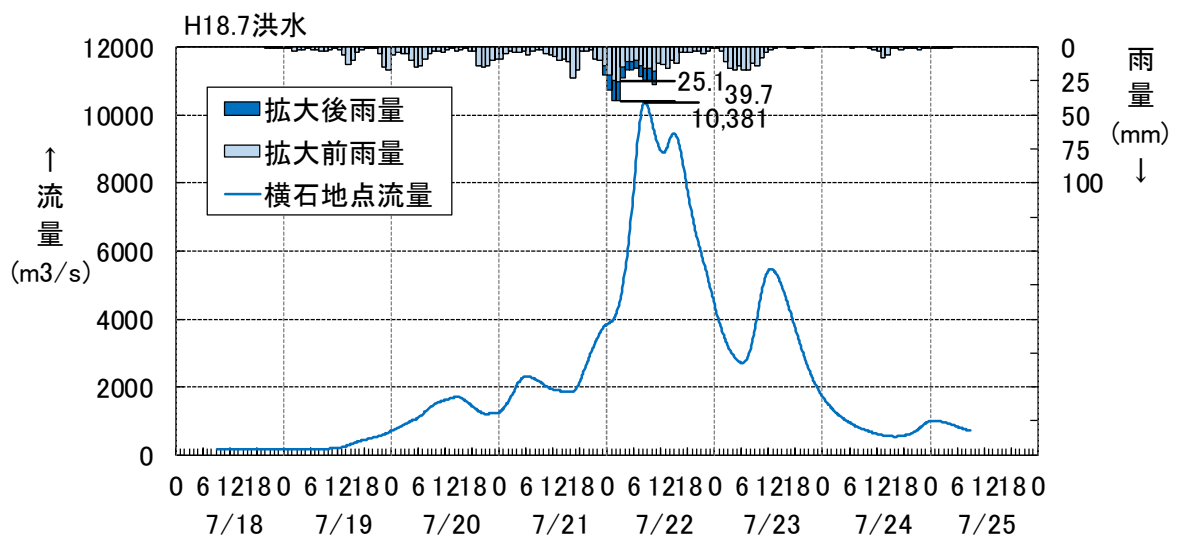


図 1-22(15) 基本高水ハイドログラフ
 (横石拡大：平成 18 年 7 月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

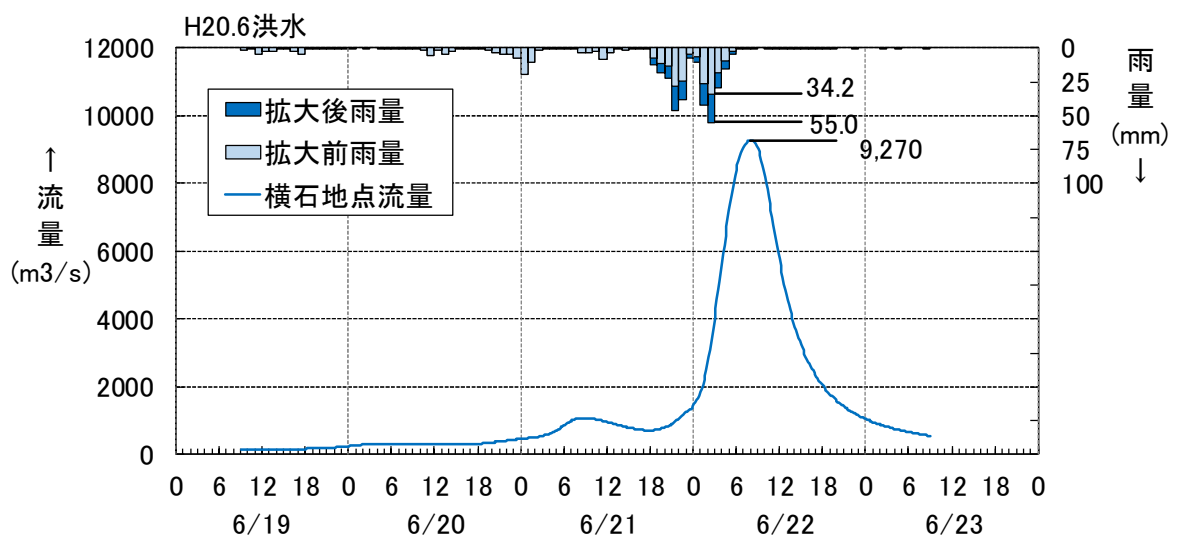


図 1-22(16) 基本高水ハイドログラフ
 (横石拡大：平成 20 年 6 月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

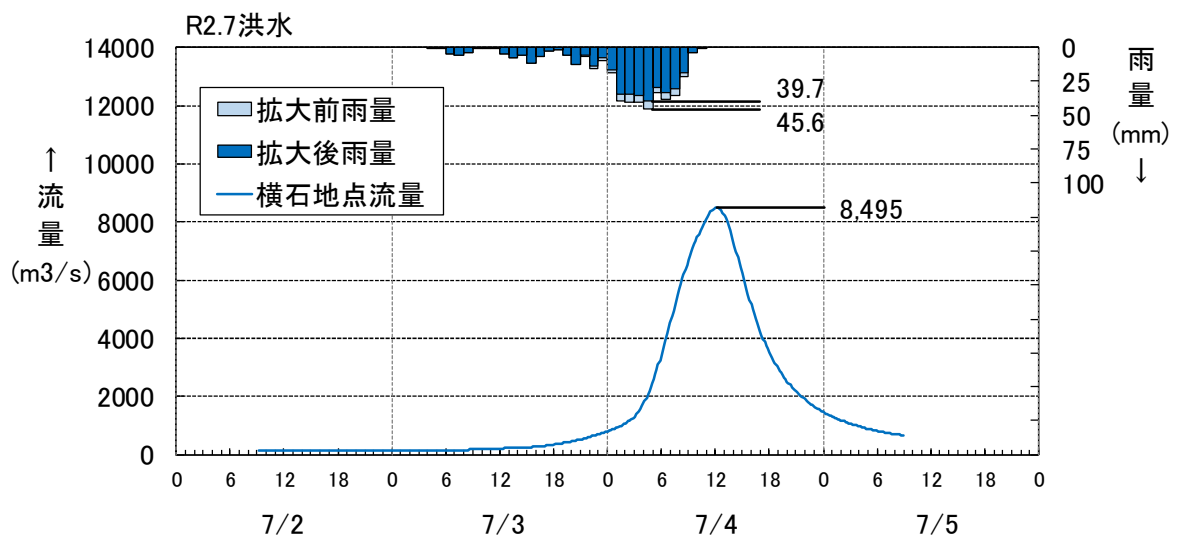


図 1-22(17) 基本高水ハイドログラフ
(横石拡大：令和2年7月洪水 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

1.10 アンサンブル予測降雨波形による検討

1.10.1 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、現在気候及び将来気候の年最大流域平均雨量標本から人吉地点・横石地点それぞれ対象降雨の降雨量(人吉 298mm/12hr、横石 301mm/12hr)に近い洪水(12 時間雨量が対象降雨の降雨量の±10%程度の雨量となる洪水:人吉地点 22 洪水、横石地点 20 洪水)を抽出した。抽出した洪水は、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対象降雨の降雨量に調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、人吉地点で $3,900\text{m}^3/\text{s} \sim 8,500\text{m}^3/\text{s}$ 、横石地点で $6,700\text{m}^3/\text{s} \sim 12,000\text{m}^3/\text{s}$ 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

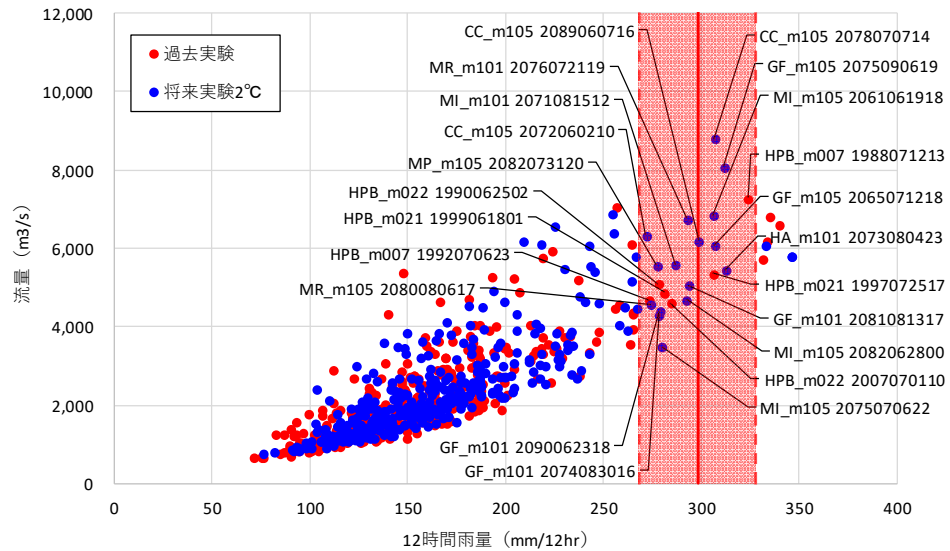


図 1-23(1) アンサンブル予測降雨波形からの抽出（人吉地点）

- d2PDF(将来 360 年、現在 360 年)の年最大雨量標本（360 年）を対象
- 著しい引き伸ばし等によって降雨波形を歪めることがないよう、計画対象降雨の降雨量近傍の洪水を抽出

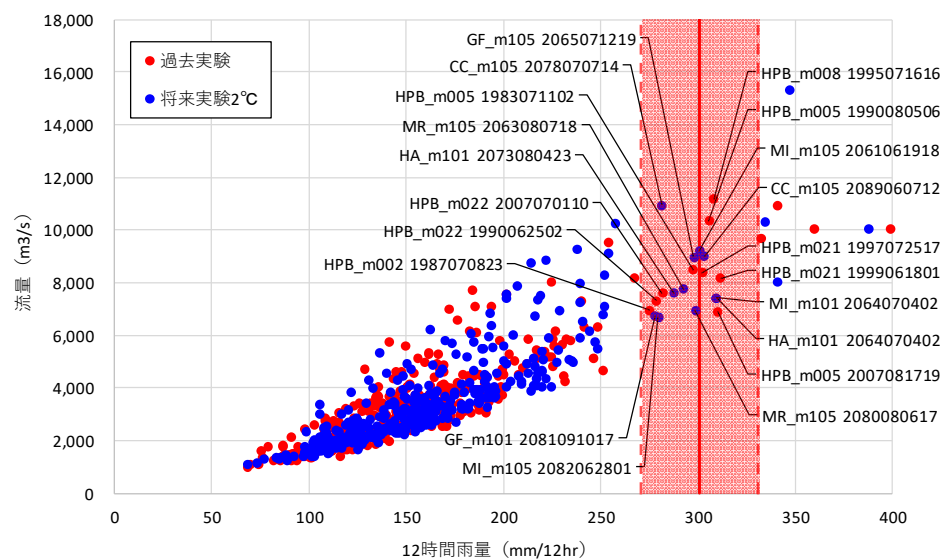


図 1-23(2) アンサンブル予測降雨波形からの抽出（横石地点）

- d2PDF(将来 360 年、現在 360 年)の年最大雨量標本（360 年）を対象
- 著しい引き伸ばし等によって降雨波形を歪めることがないよう、計画対象降雨の降雨量近傍の洪水を抽出

表 1-27(1) アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（人吉地点）

洪水名	人吉地点 12時間雨量 (mm)	気候変動後 1/80雨量 (mm)	拡大率	人吉地点 ピーク流量 (m3/s)
将来実験				
HFB_2K_CC_m105_2072060210	271.6	298	1.098	7,300
HFB_2K_CC_m105_2078070714	306.7		0.972	8,500
HFB_2K_CC_m105_2089060716	298.8		0.998	6,200
HFB_2K_GF_m101_2074083016	278.4		1.071	4,800
HFB_2K_GF_m101_2081081317	293.3		1.017	5,300
HFB_2K_GF_m101_2090062318	278.7		1.070	5,000
HFB_2K_GF_m105_2065071218	306.8		0.972	5,900
HFB_2K_GF_m105_2075090619	311.6		0.957	7,800
HFB_2K_HA_m101_2073080423	312.2		0.955	5,100
HFB_2K_MI_m101_2071081512	286.9		1.039	6,000
HFB_2K_MI_m105_2061061918	306.0		0.975	6,600
HFB_2K_MI_m105_2075070622	279.8		1.066	3,900
HFB_2K_MI_m105_2082062800	292.4		1.020	4,900
HFB_2K_MP_m105_2082073120	277.4		1.075	6,300
HFB_2K_MR_m101_2076072119	292.8		1.018	7,000
HFB_2K_MR_m105_2080080617	274.1	1.088	5,300	
過去実験				
HPB_m007_1988071213	323.9	298	0.921	6,500
HPB_m007_1992070623	273.3		1.091	5,000
HPB_m021_1997072517	305.9		0.975	5,200
HPB_m021_1999061801	281.0		1.061	5,300
HPB_m022_1990062502	278.1		1.072	5,700
HPB_m022_2007070110	284.2		1.049	5,000

表 1-27(2) アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（横石地点）

洪水名		横石地点 12時間雨量 (mm)	気候変動後 1/100雨量 (mm)	拡大率	横石地点 ピーク流量 (m3/s)
将来実験					
HFB_2K_CC_m105	2078.7.7	281.5	301	1.070	12,000
HFB_2K_CC_m105	2089.6.7	303.2		0.993	9,000
HFB_2K_GF_m101	2081.9.10	277.8		1.084	7,700
HFB_2K_GF_m105	2065.7.12	297.7		1.011	9,200
HFB_2K_HA_m101	2064.7.4	309.4		0.973	7,100
HFB_2K_HA_m101	2073.8.4	287.5		1.047	7,700
HFB_2K_MI_m101	2064.7.4	309.4		0.973	7,100
HFB_2K_MI_m105	2061.6.19	300.7		1.001	9,300
HFB_2K_MI_m105	2082.6.28	279.5		1.077	7,500
HFB_2K_MR_m105	2063.8.7	292.4		1.030	8,200
HFB_2K_MR_m105	2080.8.6	298.6	1.008	7,100	
過去実験					
HPB_m002	1987.7.8	275.0	301	1.095	7,900
HPB_m005	1983.7.11	297.6		1.012	8,600
HPB_m005	1990.8.5	305.6		0.985	10,500
HPB_m005	2007.8.17	310.1		0.971	6,700
HPB_m008	1995.7.16	307.9		0.978	11,000
HPB_m021	1997.7.25	302.0		0.997	8,400
HPB_m021	1999.6.18	311.6		0.966	7,900
HPB_m022	1990.6.25	278.5		1.081	8,200
HPB_m022	2007.7.1	281.6		1.069	8,300

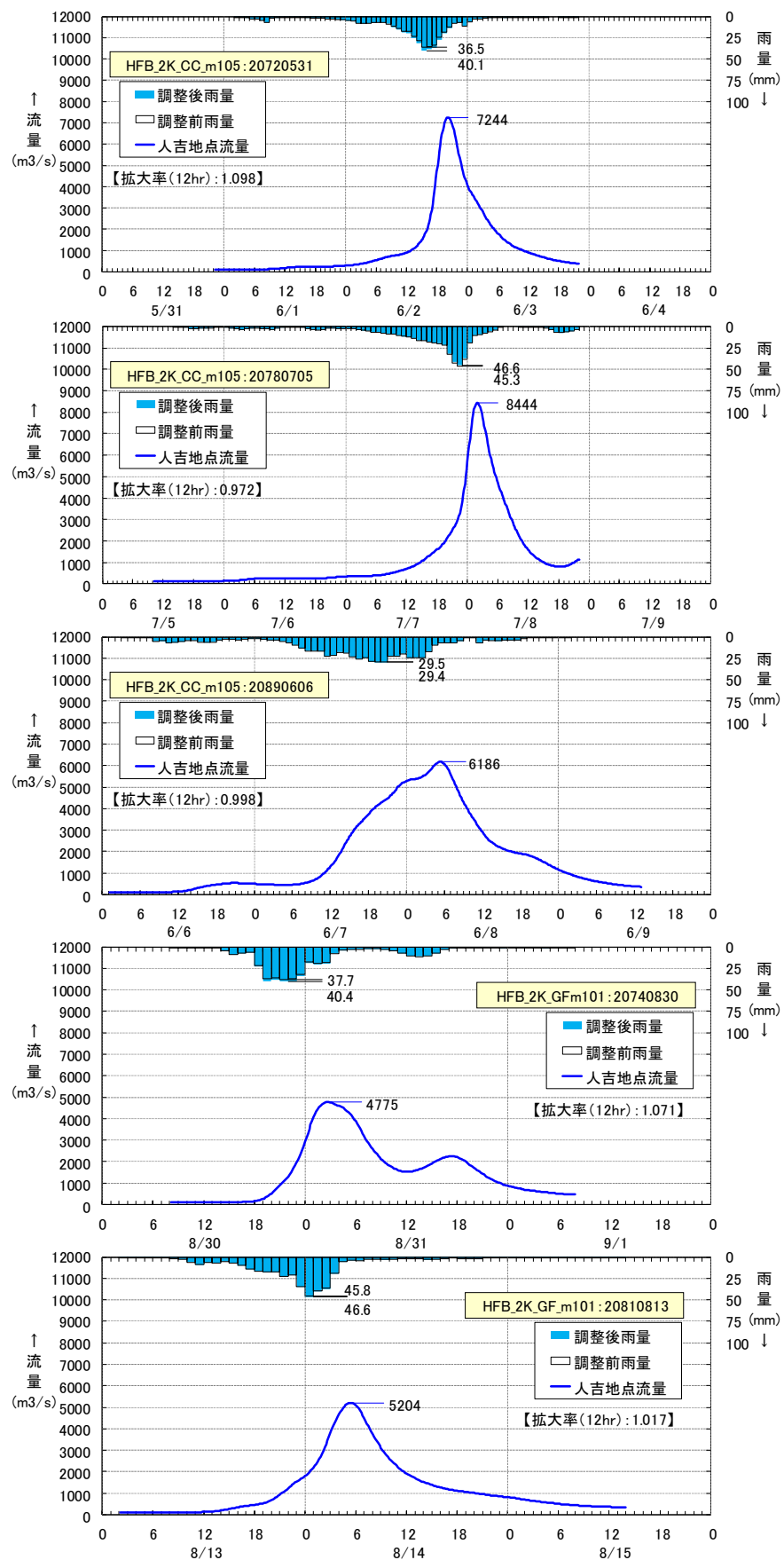


図 1-24(1) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ (人吉)

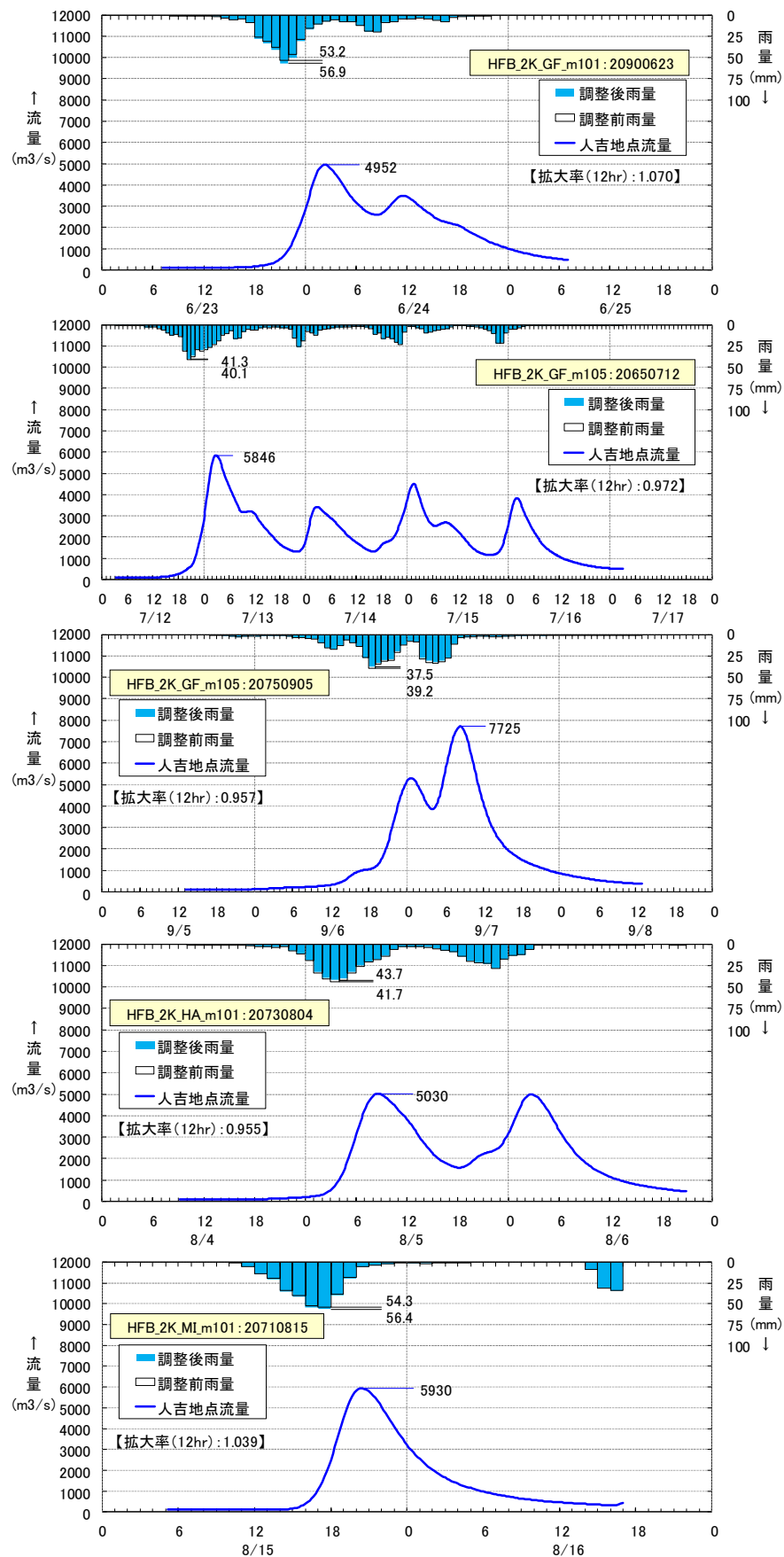


図 1-24(2) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ (人吉)

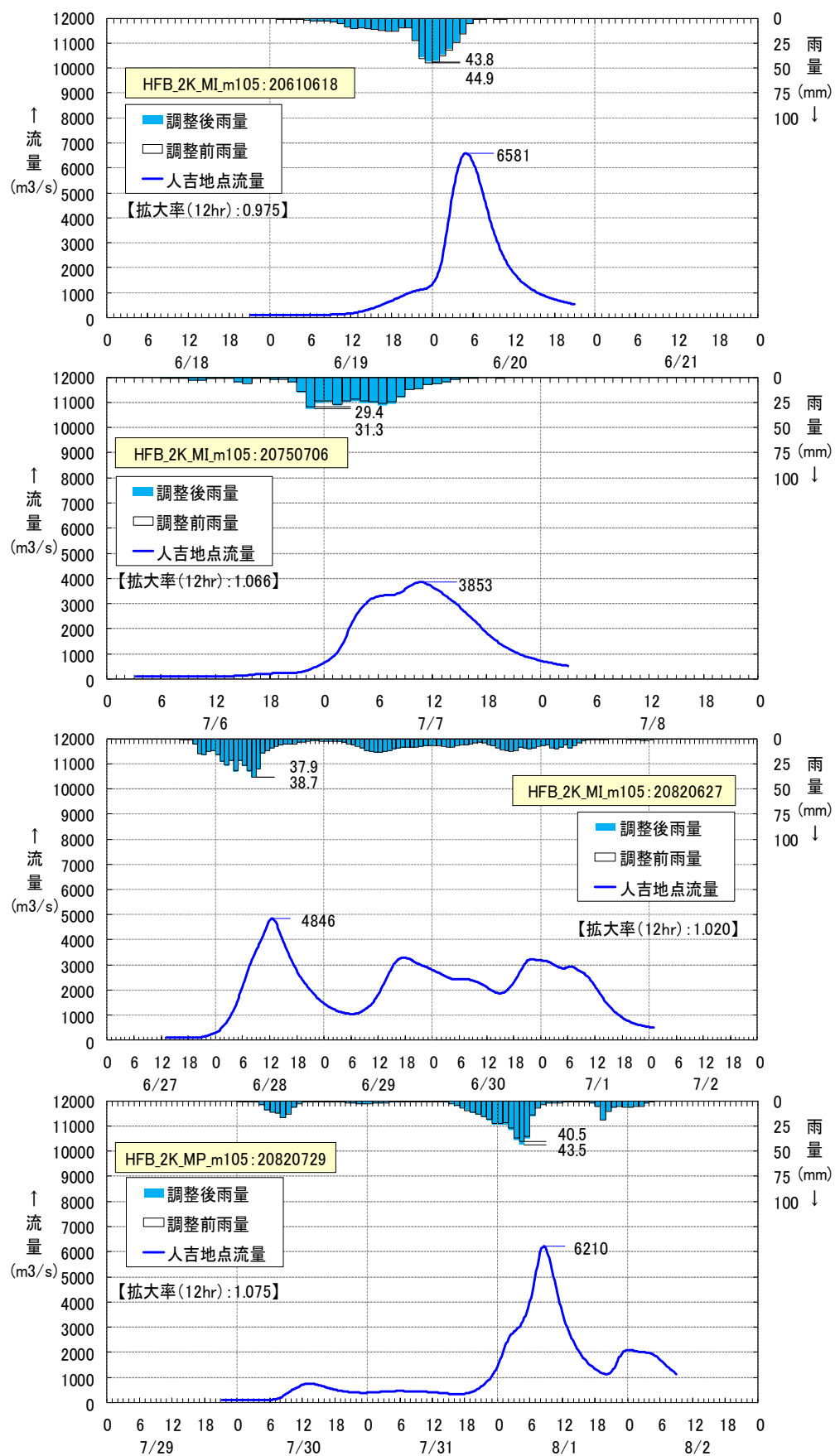


図 1-24(3) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ (人吉)

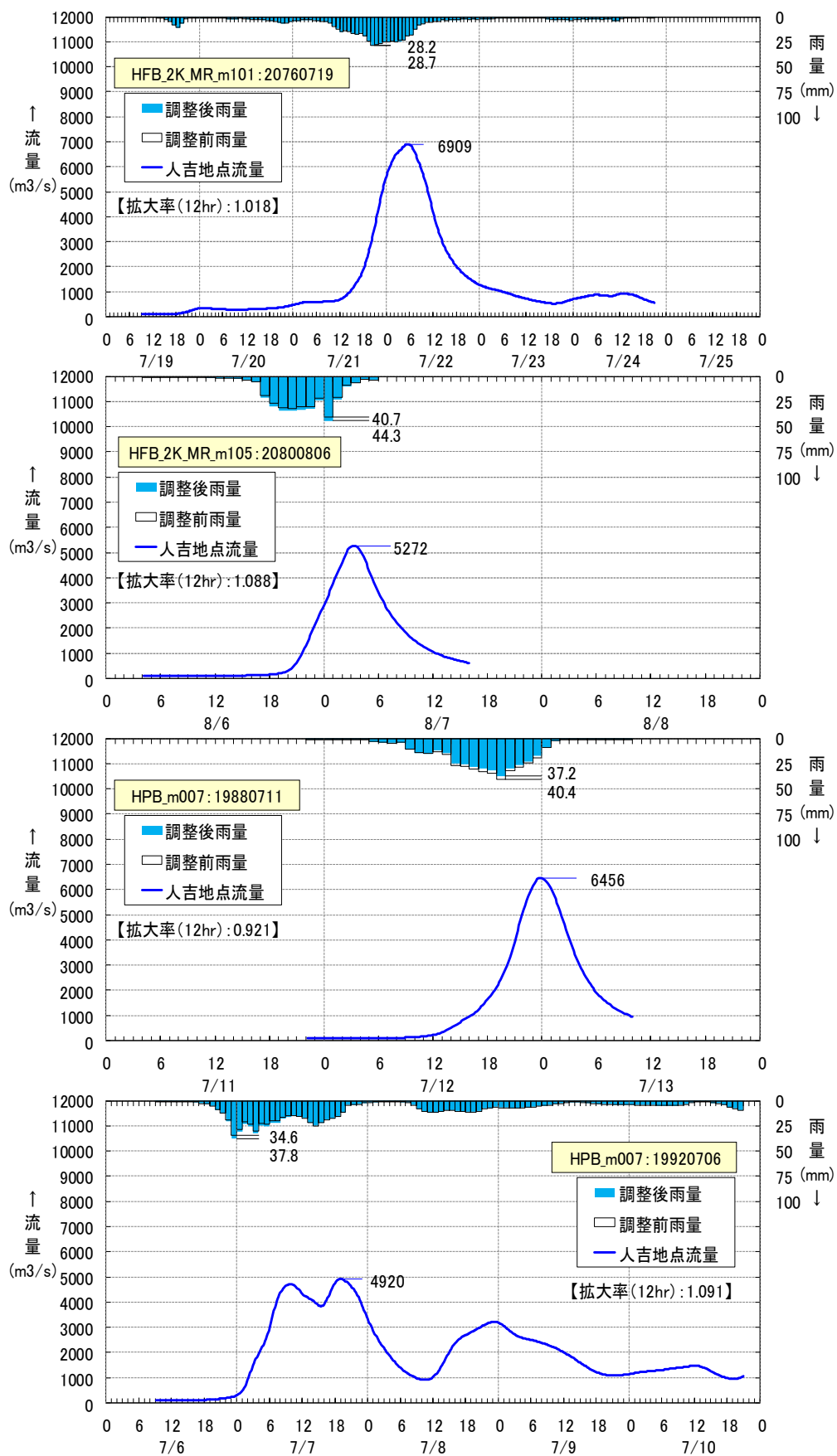


図 1-24(4) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ (人吉)

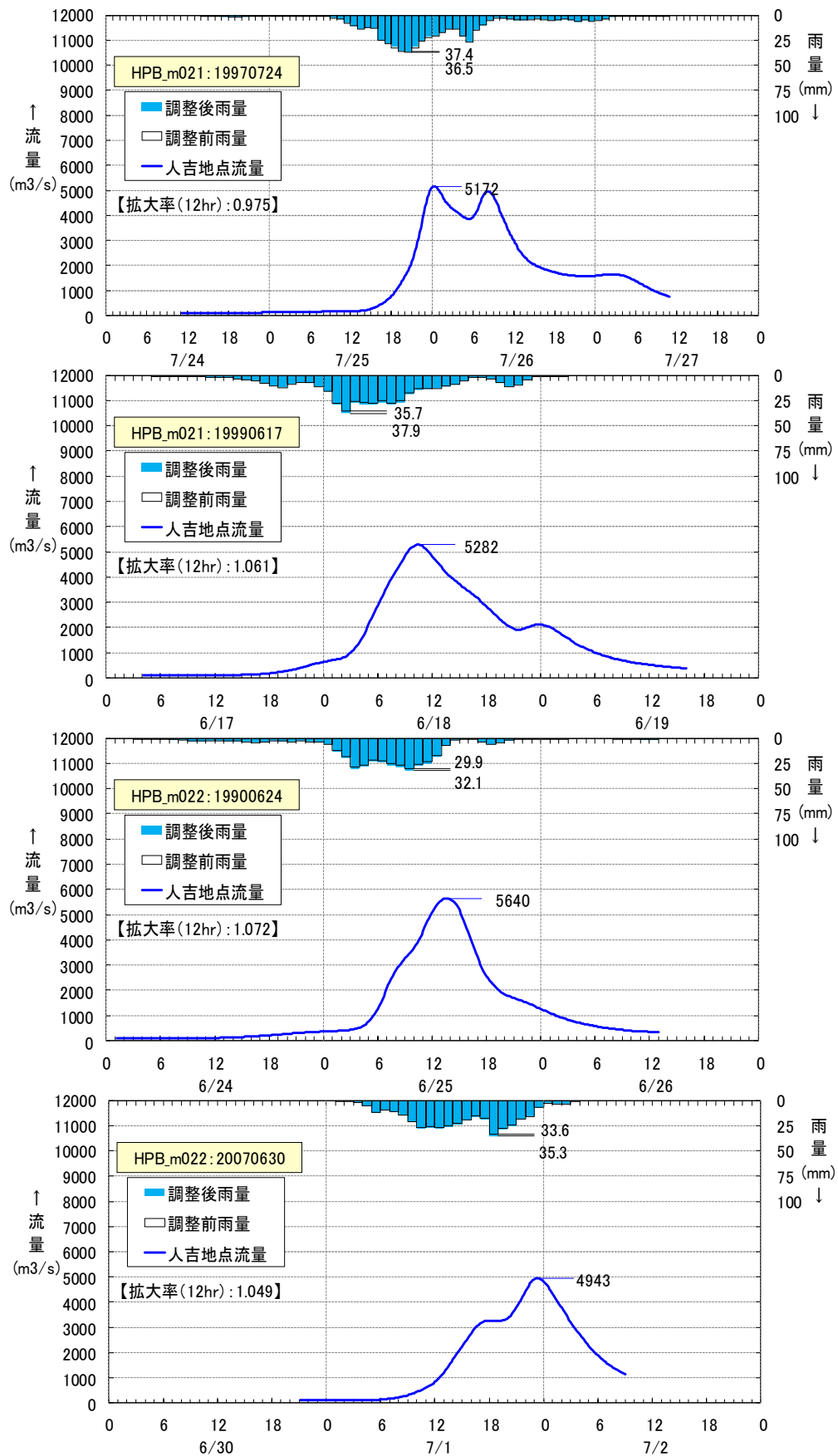


図 1-24(5) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ (人吉)

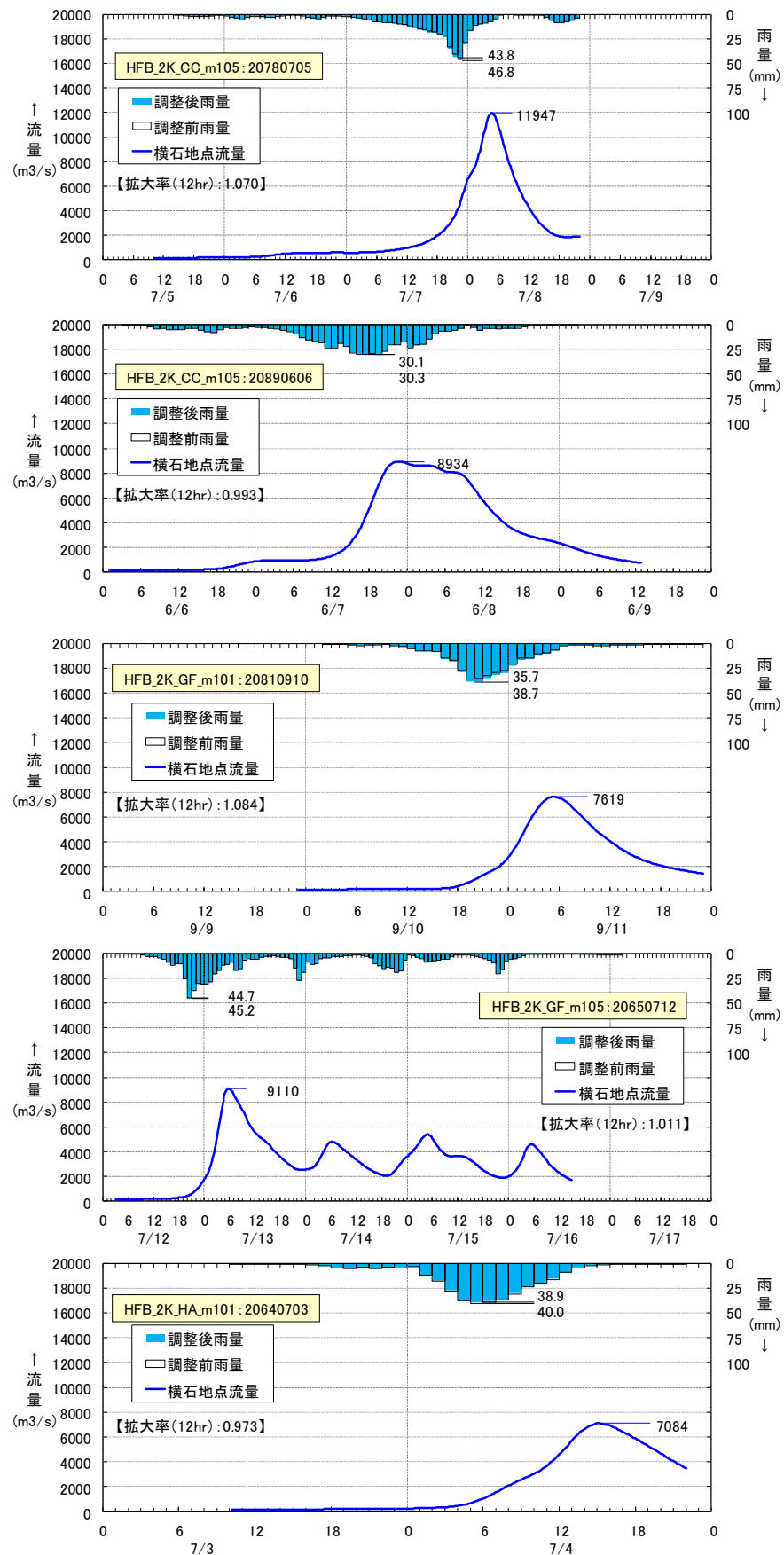


図 1-24(6) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ (横石)

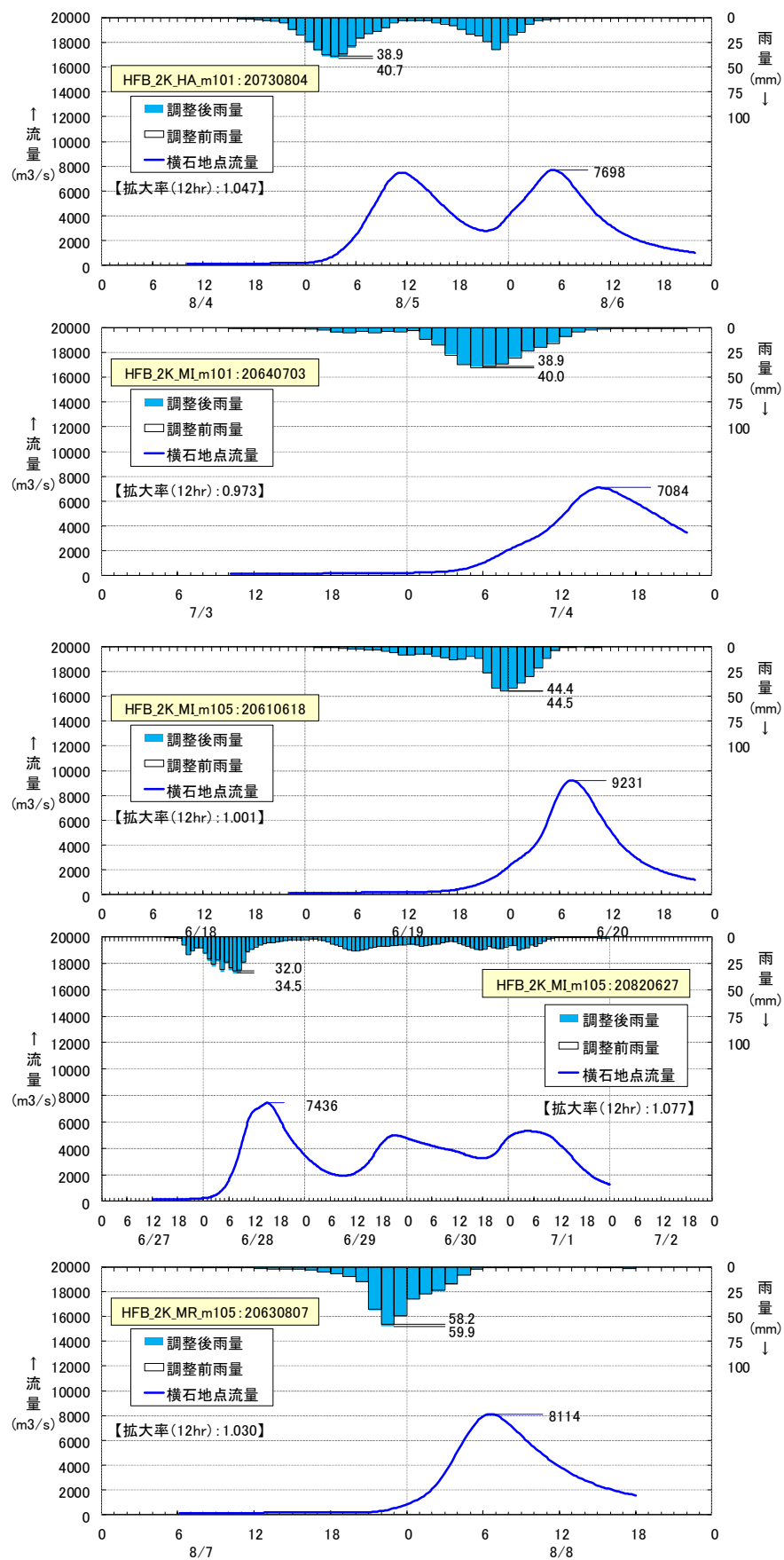


図 1-24(7) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ (横石)

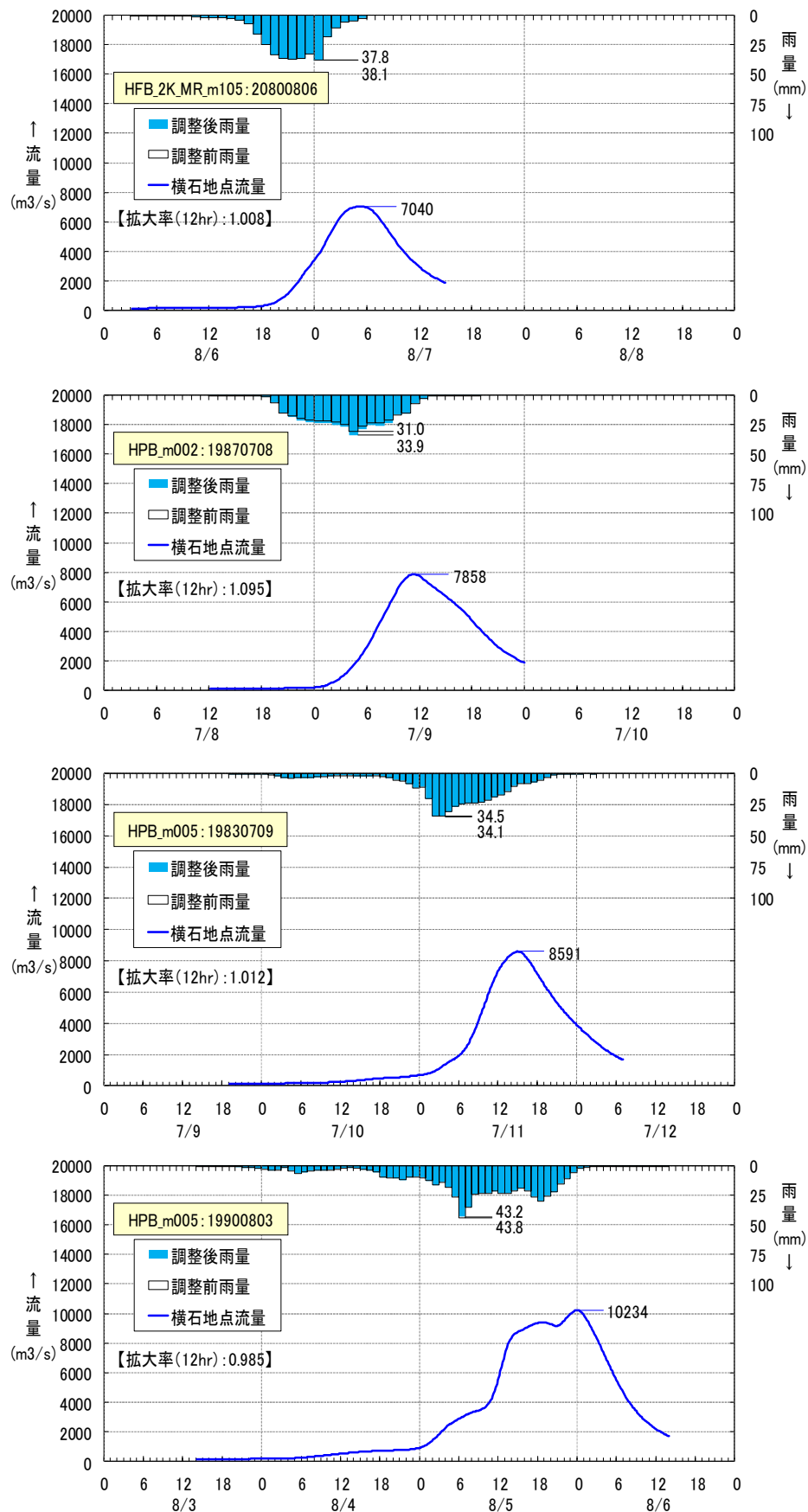


図 1-24 (8) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ (横石)

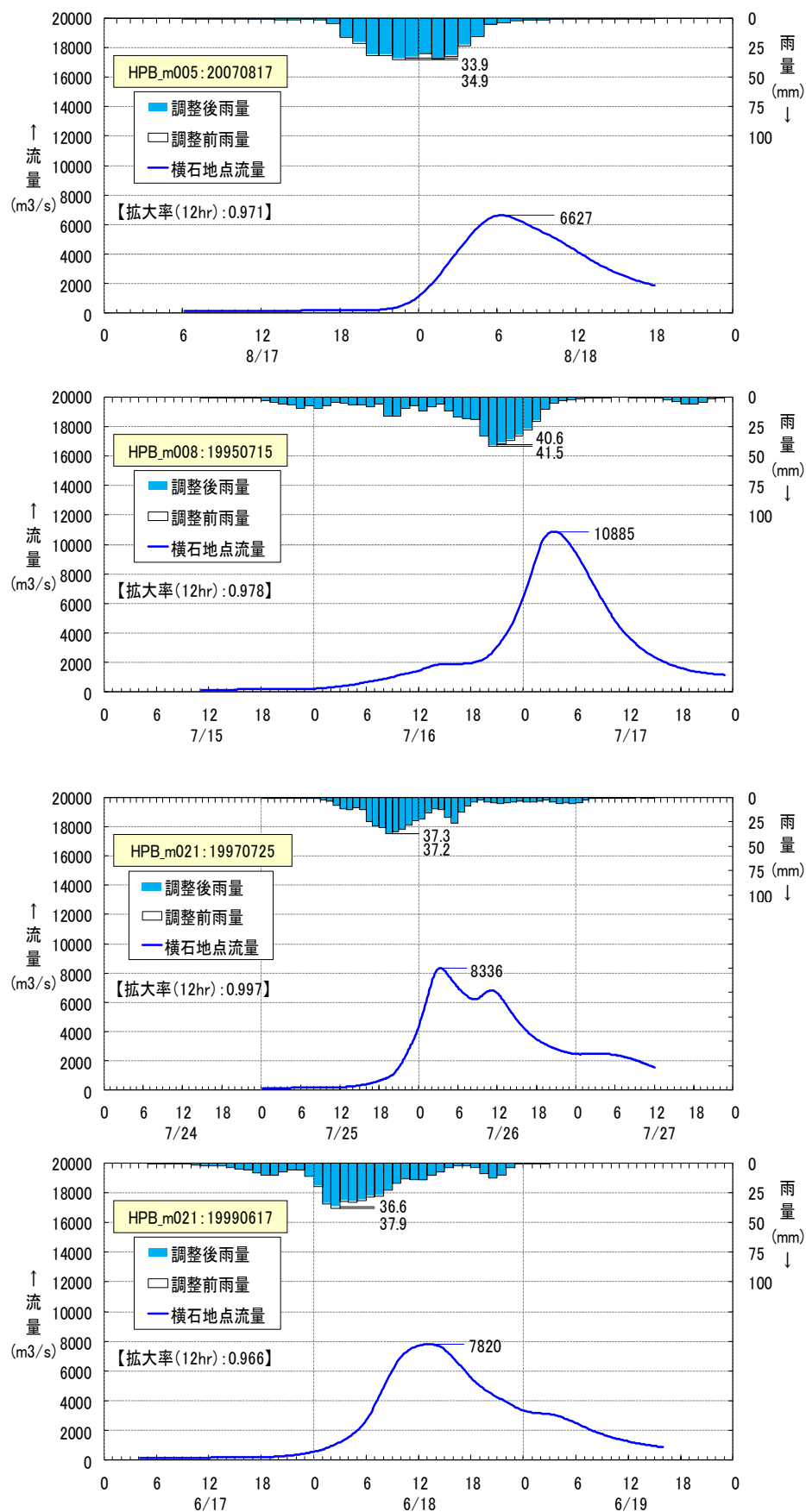


図 1-24 (9) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ (横石)

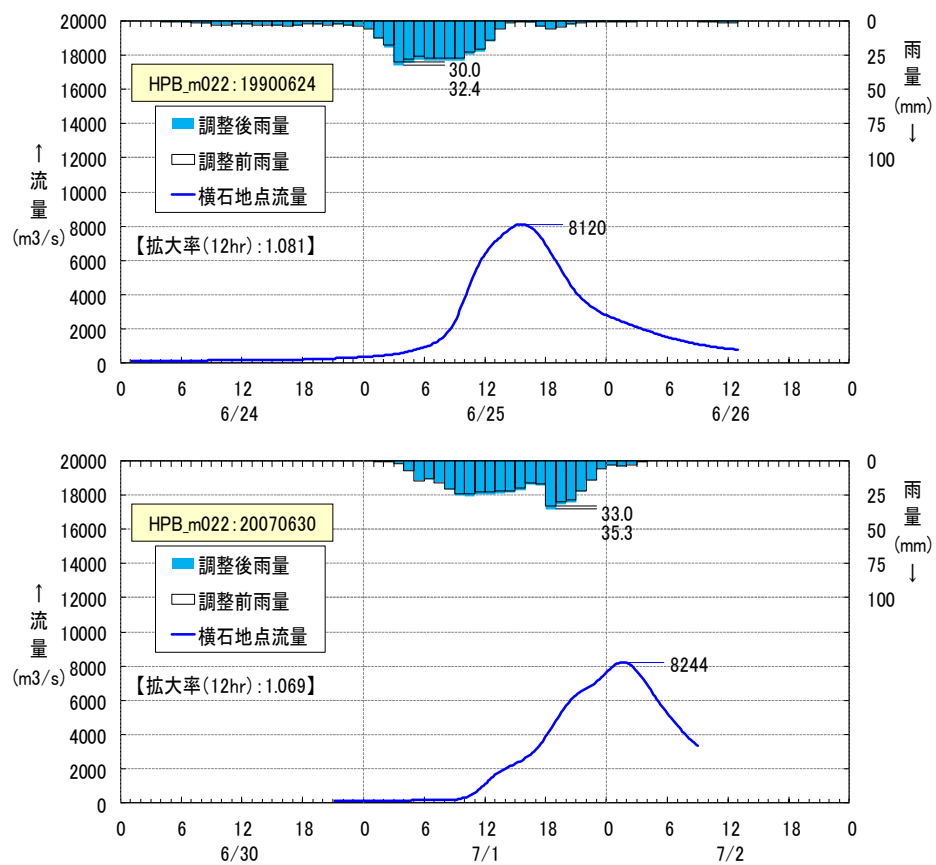


図 1-24(10) 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ（横石）

1.10.2 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する。

その結果、棄却した洪水（人吉：2 洪水、横石：2 洪水）のうち、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（基準地点流量と小流域の比率）以内に収まる洪水として、人吉地点対象洪水から棄却した1 洪水を、参考波形として活用する。

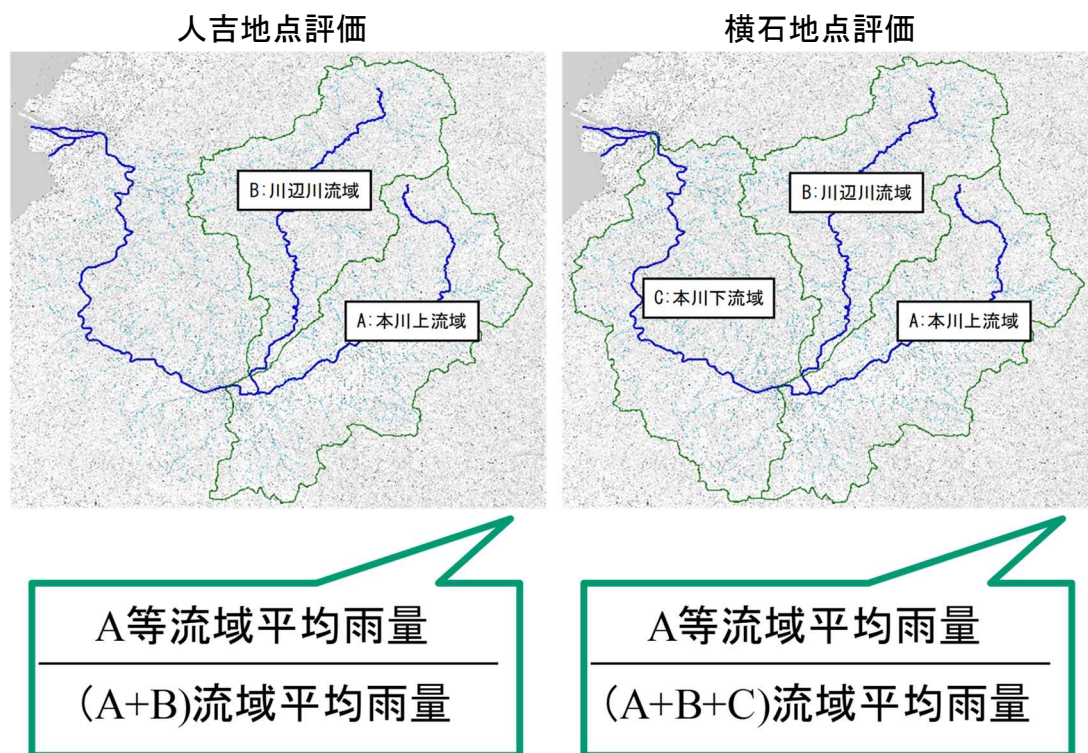


図 1-25 地域分布のチェック

(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に近い（12 時間雨量が対象降雨の降雨量の±10%程度となる降雨）のアンサンブル予測降雨波形を抽出し、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／基準地点上流域の流域平均雨量）を求める。（表 1-28）

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め（表 1-29）、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。

その結果、横石地点において 1 洪水（H9.9 洪水）の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っていることを確認した。

表 1-28(1) 雨量の比率（アンサンブル降雨波形）（人吉地点）

洪水				人吉上流域 (1,137km ²)	本川上流域 (604.0km ²)		川辺川流域 (533.0km ²)	
d2PDF アンサンブル	年	月	日	予測 雨量① (mm/12hr)	予測 雨量② (mm/12hr)	比率 ②/①	予測 雨量③ (mm/12hr)	比率 ③/①
CC_m105	2072	6	2	271.6	301.7	1.11	237.9	0.88
CC_m105	2078	7	7	306.7	246.2	0.80	375.3	1.22
CC_m105	2089	6	7	298.8	259.8	0.87	343.4	1.15
GF_m101	2074	8	30	278.4	369.7	1.33	174.7	0.63
GF_m101	2081	8	13	293.3	304.7	1.04	280.2	0.96
GF_m101	2090	6	23	278.7	234.3	0.84	328.9	1.18
GF_m105	2065	7	12	306.8	352.3	1.15	255.0	0.83
GF_m105	2075	9	6	311.6	117.8	0.38	531.5	1.71
HA_m101	2073	8	4	312.2	264.7	0.85	365.6	1.17
MI_m101	2071	8	15	286.9	310.5	1.08	260.4	0.91
MI_m105	2061	6	19	306.0	229.0	0.75	393.3	1.29
MI_m105	2075	7	6	279.8	256.5	0.92	306.4	1.10
MI_m105	2082	6	28	292.4	281.5	0.96	304.7	1.04
MP_m105	2082	7	31	277.4	265.6	0.96	291.3	1.05
MR_m101	2076	7	21	292.8	133.6	0.46	473.2	1.62
MR_m105	2080	8	6	274.1	205.9	0.75	351.9	1.28

：最大比率

表 1-28(2) 雨量の比率（アンサンブル降雨波形）（横石地点）

洪水				横石上流域 (1,856km2)	本川上流域 (604.0km2)		川辺川流域 (533.0km2)		本川下流域 (736.0km2)	
d2PDF アンサンブル	年	月	日	予測 雨量① (mm/12hr)	予測 雨量② (mm/12hr)	比率 ②/①	予測 雨量③ (mm/12hr)	比率 ③/①	予測 雨量④ (mm/12hr)	比率 ④/①
CC_m105	2078	7	7	281.5	246.2	0.87	375.3	1.33	242.5	0.86
CC_m105	2089	6	7	303.2	298.5	0.98	276.3	0.91	325.0	1.07
GF_m101	2081	9	10	277.8	219.4	0.79	310.0	1.12	301.8	1.09
GF_m105	2065	7	12	297.7	353.2	1.19	252.6	0.85	283.1	0.95
HA_m101	2064	7	4	309.4	307.2	0.99	389.9	1.26	249.0	0.80
HA_m101	2073	8	4	287.5	264.7	0.92	365.6	1.27	243.9	0.85
MI_m101	2064	7	4	309.4	307.2	0.99	389.9	1.26	249.0	0.80
MI_m105	2061	6	19	300.7	229.0	0.76	393.3	1.31	290.1	0.96
MI_m105	2082	6	28	279.5	281.2	1.01	304.4	1.09	260.0	0.93
MR_m105	2063	8	7	292.4	296.2	1.01	234.2	0.80	328.9	1.12
MR_m105	2080	8	6	298.6	205.9	0.69	351.9	1.18	336.4	1.13

：最大比率

表 1-29(1) 雨量の比率（棄却した引き延ばし降雨波形）（人吉地点）

棄却した 実績洪水	人吉上流域 (1,137km ²)			本川上流域 (604.0km ²)		川辺川流域 (533.0km ²)	
	実績雨量 (mm/12hr)	計画雨量 (mm/12hr)	拡大率	拡大後雨量 (mm/12hr)	人吉 雨量に対 する比率	拡大後雨量 (mm/12hr)	人吉 雨量に対 する比率
S40.7.3	167.1	298.2	1.785	298.4	1.00	298.1	1.00
S47.6.12	194.6	298.2	1.532	319.9	1.07	273.6	0.92

：棄却洪水：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水

表 1-29(2) 雨量の比率（棄却した引き延ばし降雨波形）（横石地点）

棄却した 実績洪水	横石上流域 (1,856km ²)			本川上流域 (604.0km ²)		川辺川流域 (533.0km ²)		本川下流域 (736.0km ²)	
	実績雨量 (mm/12hr)	計画雨量 (mm/12hr)	拡大率	拡大後雨量 (mm/12hr)	横石 雨量に対 する比率	拡大後雨量 (mm/12hr)	横石 雨量に対 する比率	拡大後雨量 (mm/12hr)	横石 雨量に対 する比率
S40.7.3	171.6	301.1	1.755	293.5	0.97	293.2	0.97	313.1	1.04
H 9.9.16	168.6	301.1	1.786	385.6	1.28	288.0	0.96	238.8	0.79

：棄却洪水：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水

：アンサンブル予測降雨波形と比較しても起こりえないと判断

(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に近い（12 時間雨量が対象降雨の降雨量の±10%程度となる降雨）アンサンブル予測降雨波形を抽出し、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」（短時間（例えば洪水到達時間やその 1/2 の時間）の流域平均雨量／継続時間内の流域平均雨量）を求める。（表 1-30）

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め（表 1-31）、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。

その結果、人吉地点、横石地点においてそれぞれ 1 洪水（人吉：S40.7 洪水、横石：S40.7 洪水）の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を上回っていることを確認した。

表 1-30(1) 雨量の比率（アンサンブル降雨波形）（人吉地点）

洪水				人吉上流域 平均		
d2PDF アンサンブル	年	月	日	12時間 予測 雨量① (mm/12hr)	6時間 予測 雨量② (mm/6hr)	比率 ②／①
CC_m105	2072	6	2	271.6	181.5	0.67
CC_m105	2078	7	7	306.7	202.6	0.66
CC_m105	2089	6	7	298.8	161.1	0.54
GF_m101	2074	8	30	278.4	201.4	0.72
GF_m101	2081	8	13	293.3	199.3	0.68
GF_m101	2090	6	23	278.7	223.6	0.80
GF_m105	2065	7	12	306.8	199.7	0.65
GF_m105	2075	9	6	311.6	182.5	0.59
HA_m101	2073	8	4	312.2	219.8	0.70
MI_m101	2071	8	15	286.9	239.0	0.83
MI_m105	2061	6	19	306.0	222.1	0.73
MI_m105	2075	7	6	279.8	148.2	0.53
MI_m105	2082	6	28	292.4	179.5	0.61
MP_m105	2082	7	31	277.4	183.6	0.66
MR_m101	2076	7	21	292.8	157.0	0.54
MR_m105	2080	8	6	274.1	185.9	0.68

：最大比率

表 1-30(2) 雨量の比率（アンサンブル降雨波形）（横石地点）

洪水				横石上流域平均		
d2PDF アンサンブル	年	月	日	12時間 予測 雨量① (mm/12hr)	6時間 予測 雨量② (mm/6hr)	比率 ②／①
CC_m105	2078	7	7	281.5	187.1	0.66
CC_m105	2089	6	7	303.2	175.1	0.58
GF_m101	2081	9	10	277.8	186.3	0.67
GF_m105	2065	7	12	297.7	201.3	0.68
HA_m101	2064	7	4	309.4	211.6	0.68
HA_m101	2073	8	4	287.5	197.3	0.69
MI_m101	2064	7	4	309.4	211.6	0.68
MI_m105	2061	6	19	300.7	221.0	0.73
MI_m105	2082	6	28	279.5	170.6	0.61
MR_m105	2063	8	7	292.4	231.7	0.79
MR_m105	2080	8	6	298.6	214.9	0.72

:最大比率

表 1-31(1) 雨量の比率（棄却した引き延ばし降雨波形）（人吉地点）

棄却した 実績洪水	人吉上流域平均				
	実績雨量 (mm/12hr)	①計画雨量 (mm/12hr)	拡大率	②計画雨量 拡大後 6時間雨量 (mm/6hr)	比率 ②／①
S40.7. 3	167.1	298.2	1.785	250.9	0.84
S47.6.12	194.6	298.2	1.532	231.5	0.78

：棄却洪水：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水

：アンサンブル予測降雨波形と比較しても起こりえないと判断

表 1-31(2) 雨量の比率（棄却した引き延ばし降雨波形）（横石地点）

棄却した 実績洪水	横石上流域平均				
	実績雨量 (mm/12hr)	①計画雨量 (mm/12hr)	拡大率	②計画雨量 拡大後 6時間雨量 (mm/6hr)	比率 ②／①
S40.7. 3	171.6	301.1	1.755	245.4	0.82
H 9.9.16	168.6	301.1	1.786	207.3	0.69

：棄却洪水：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水

：アンサンブル予測降雨波形と比較しても起こりえないと判断

(3) 主要洪水群に不足する降雨パターンの確認

基本高水の設定に用いる降雨波形群については、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。

これまでは、実際に生じた降雨波形のみを対象降雨としてきたが、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ないかを確認する必要がある。

球磨川全流域に対する降雨分布パターンを分析することを目的に、アンサンブル将来予測降雨波形を用いて本川上流域、川辺川流域、本川下流域それぞれの流域に対する降雨寄与率の分析を行い、将来発生頻度が高まるものの対象降雨の降雨波形群に含まれていないパターンの確認を実施した。

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 波形の対象に、寄与率を用いてクラスター分析を行い、5つのクラスターを作成した。

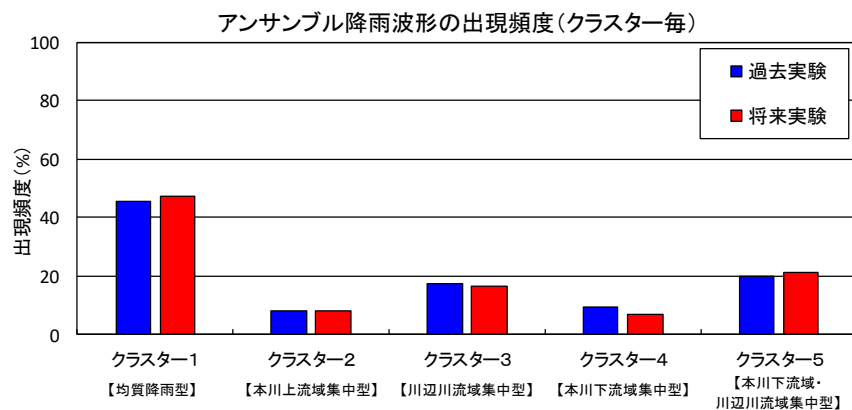
作成したクラスターを基に主要洪水を評価したところ、対象降雨の降雨波形群には作成した5クラスター全てが含まれており、将来起こりうる降雨分布パターンを網羅できていることが確認された。

なお、アンサンブル 720 波形のクラスター分割にはウォード法を用いており、対象降雨の降雨波形群の分類は、それぞれの波形と作成したクラスターの中央値とのユークリッド距離を算出し、最も距離が短いクラスターに分類することとした。

表 1-32 対象降雨の降雨波形群の寄与率クラスター分析結果

洪水年月日	クラスター番号	クラスター分類	対象波形	
			人吉地点	横石地点
S30.9.30	1	均質降雨型	○	○
S39.8.24	5	本川下流域・川辺川流域集中型	○	○
S40.7.3	1	均質降雨型	×	×
S46.8.5	1	均質降雨型	○	○
S47.6.12	1	均質降雨型	●	○
S47.7.6	5	本川下流域・川辺川流域集中型	○	○
S57.7.12	5	本川下流域・川辺川流域集中型	-	○
S57.7.25	3	川辺川流域集中型	○	○
H 5.8.1	4	本川下流域集中型	-	○
H 5.9.3	3	川辺川流域集中型	○	○
H 7.7.4	1	均質降雨型	○	○
H 9.9.16	2	本川上流域集中型	○	×
H16.8.30	2	本川上流域集中型	○	○
H17.9.4	1	均質降雨型	○	○
H18.7.18	4	本川下流域集中型	-	○
H20.6.19	1	均質降雨型	-	○
R 2.7.4	4	本川下流域集中型	○	○

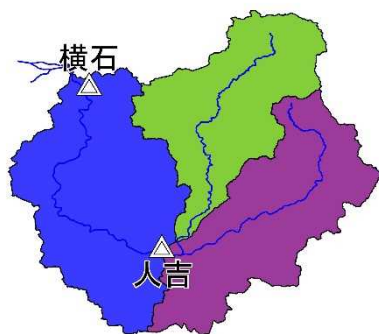
○:対象波形、●:参考波形、×:棄却波形、-:非選定



【クラスター1．均質降雨型】



【クラスター4．本川下流域集中型】



【クラスター2．本川上流域集中型】



【クラスター5．本川下流域・川辺川流域集中型】



【クラスター3．川辺川流域集中型】

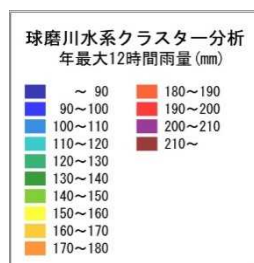


図 1-26 アンサンブル予測降雨によるクラスター分割

1.11 既往洪水からの検討

球磨川流域において多くの観測所で観測開始以降最高の水位を記録し、近年で最も甚大な被害をもたらした令和2年7月洪水では、基準地点人吉、横石の流量（ダム・氾濫なし流量）は約7,900m³/s、12,600m³/sと推定される。

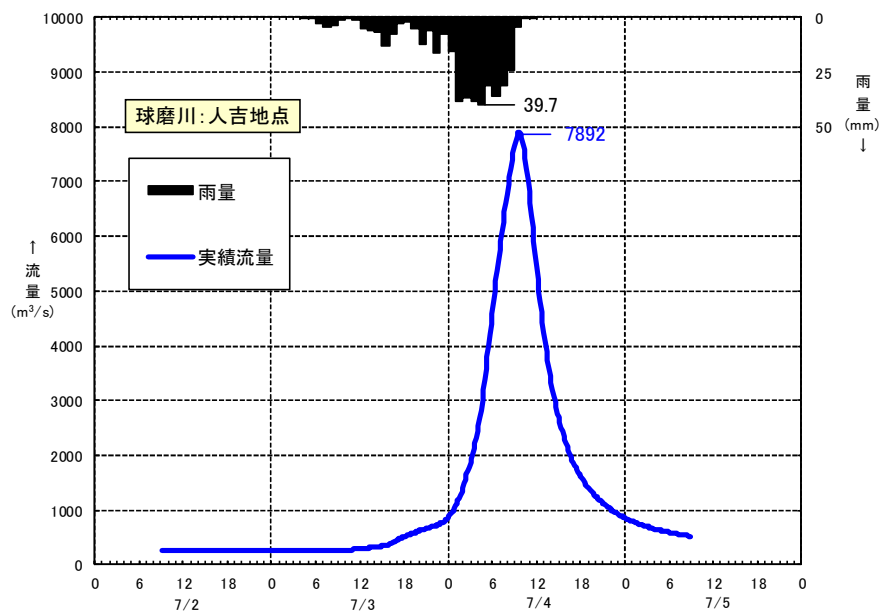


図 1-27 (1) 令和2年7月洪水の推定結果（基準地点人吉）

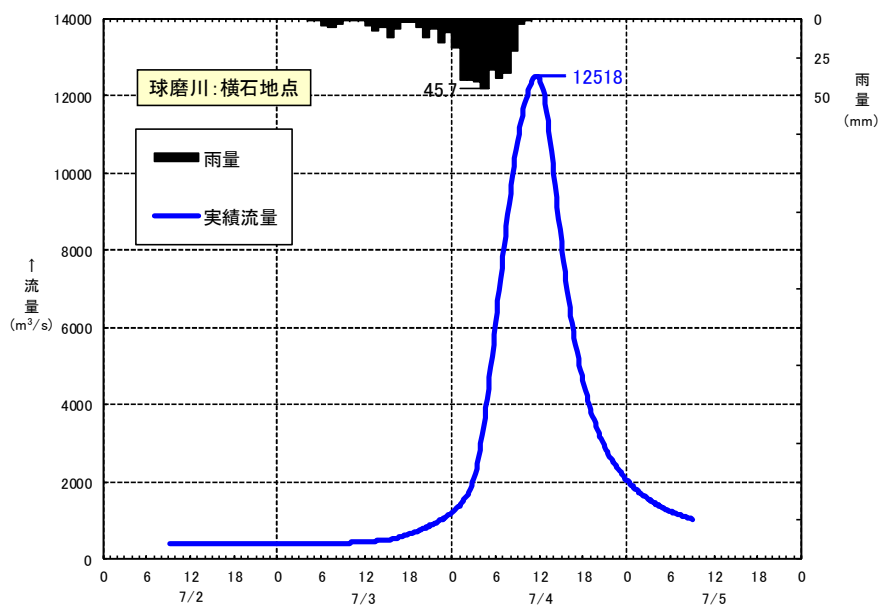


図 1-27 (2) 令和2年7月洪水の推定結果（基準地点横石）

表 1-33 令和 2 年 7 月洪水の流域平均時間雨量（人吉地点、横石地点）

時刻				人吉地点 (mm)	横石地点 (mm)	備 考
年	月	日	時			
2020	7	2	10	0.0	0.0	
2020	7	2	11	0.0	0.0	
2020	7	2	12	0.0	0.0	
2020	7	2	13	0.0	0.0	
2020	7	2	14	0.0	0.0	
2020	7	2	15	0.0	0.0	
2020	7	2	16	0.0	0.0	
2020	7	2	17	0.0	0.0	
2020	7	2	18	0.0	0.0	
2020	7	2	19	0.0	0.0	
2020	7	2	20	0.0	0.0	
2020	7	2	21	0.0	0.0	
2020	7	2	22	0.0	0.0	
2020	7	2	23	0.0	0.0	
2020	7	3	0	0.0	0.0	
2020	7	3	1	0.0	0.0	
2020	7	3	2	0.0	0.0	
2020	7	3	3	0.0	0.0	
2020	7	3	4	0.0	0.0	
2020	7	3	5	0.2	0.2	
2020	7	3	6	0.5	1.3	
2020	7	3	7	3.1	4.4	
2020	7	3	8	4.8	5.8	
2020	7	3	9	3.4	3.4	
2020	7	3	10	1.3	1.3	
2020	7	3	11	0.1	0.2	
2020	7	3	12	1.0	1.1	
2020	7	3	13	4.9	4.4	
2020	7	3	14	6.4	8.2	
2020	7	3	15	6.9	6.1	
2020	7	3	16	13.4	12.0	
2020	7	3	17	7.2	6.5	
2020	7	3	18	2.8	2.4	
2020	7	3	19	2.3	2.2	
2020	7	3	20	5.3	6.0	
2020	7	3	21	12.6	12.4	
2020	7	3	22	5.9	6.6	
2020	7	3	23	16.0	15.3	
2020	7	4	0	7.6	9.4	
2020	7	4	1	15.3	19.0	
2020	7	4	2	38.4	39.7	
2020	7	4	3	37.1	39.9	
2020	7	4	4	38.5	40.7	
2020	7	4	5	39.7	45.6	
2020	7	4	6	31.1	33.4	
2020	7	4	7	36.3	38.8	
2020	7	4	8	31.6	35.5	
2020	7	4	9	24.3	21.6	
2020	7	4	10	4.6	3.8	
2020	7	4	11	0.2	0.1	
2020	7	4	12	0.1	0.0	
2020	7	4	13	0.0	0.0	
2020	7	4	14	0.0	0.0	
2020	7	4	15	0.0	0.0	
2020	7	4	16	0.0	0.0	
2020	7	4	17	0.0	0.0	
2020	7	4	18	0.0	0.0	
2020	7	4	19	0.0	0.0	
2020	7	4	20	0.0	0.0	
2020	7	4	21	0.0	0.0	
2020	7	4	22	0.0	0.0	
2020	7	4	23	0.0	0.0	
2020	7	5	0	0.0	0.0	
2020	7	5	1	0.0	0.0	
2020	7	5	2	0.0	0.0	
2020	7	5	3	0.0	0.0	
2020	7	5	4	0.0	0.0	
2020	7	5	5	0.0	0.0	
2020	7	5	6	0.0	0.0	
2020	7	5	7	0.0	0.0	
2020	7	5	8	0.0	0.0	
2020	7	5	9	0.0	0.0	

1.12 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中流域あるいは短時間雨量が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、人吉地点で 8,200 m^3/s 、横石地点で 11,500 m^3/s となる。

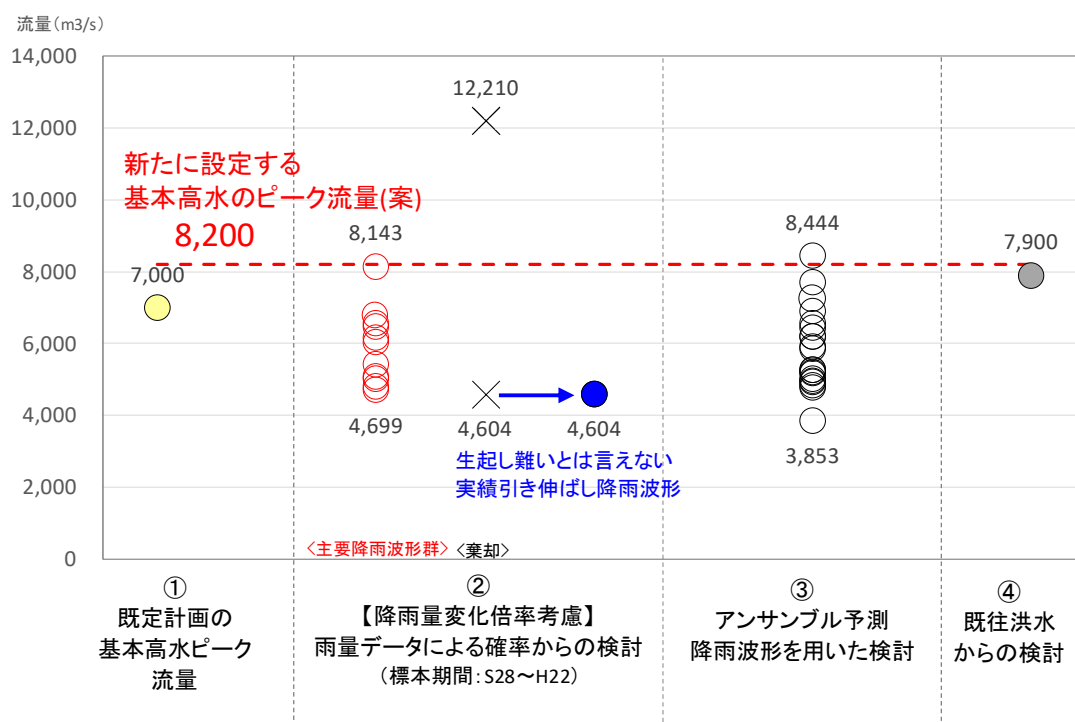


図 1-28 (1) 各手法による基本高水のピーク流量算定結果（基準地点人吉）

②雨量データによる確率からの検討：降雨量変化倍率（2℃上昇時の降雨量の変化倍率 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洪水

●：棄却された洪水（×）のうち、アンサンブル予測降雨波形（過去実験、将来予測）の時空間分布から見て生起し難いとは言えない実績引き伸ばし降雨波形

③アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：対象降雨の降雨量（298mm/12h）に近い 22 洪水を抽出

○：気候変動予測モデルによる現在気候（1980～2010 年）及び将来気候（2℃上昇）のアンサンブル降雨波形

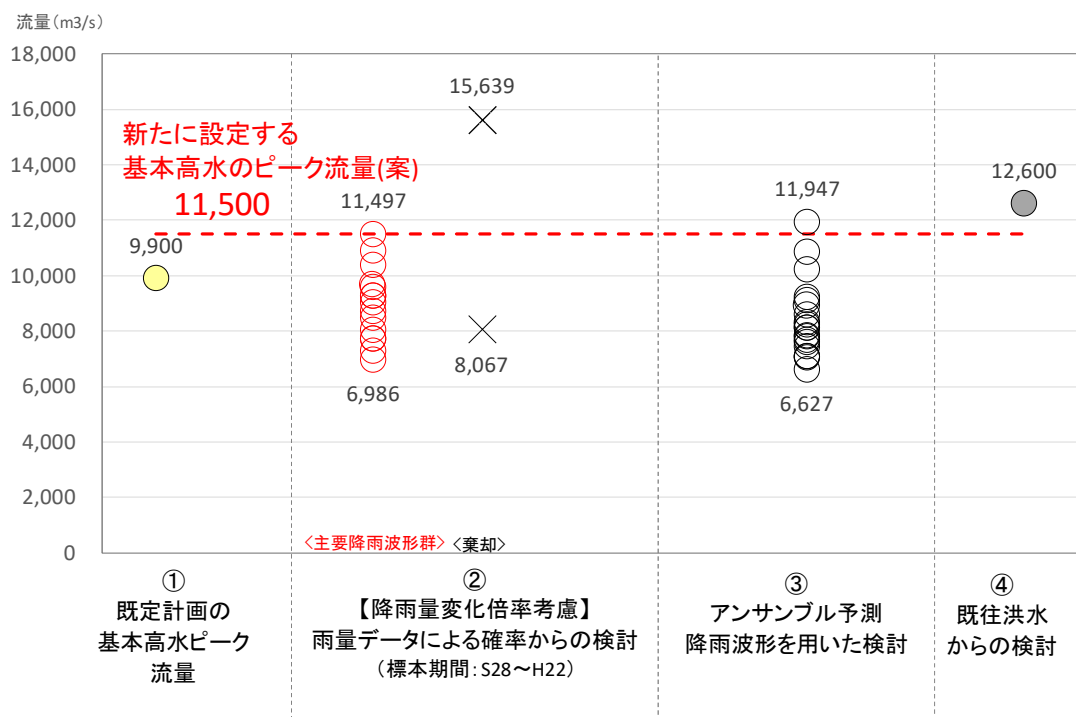


図 1-28 (2) 各手法による基本高水のピーク流量算定結果 (基準地点横石)

②雨量データによる確率からの検討：降雨量変化倍率（2℃上昇時の降雨量の変化倍率 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洪水

③アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：対象降雨の降雨量（301mm/12h）に近い 20 洪水を抽出

○：気候変動予測モデルによる現在気候（1980～2010 年）及び将来気候（2℃上昇）のアンサンブル降雨波形

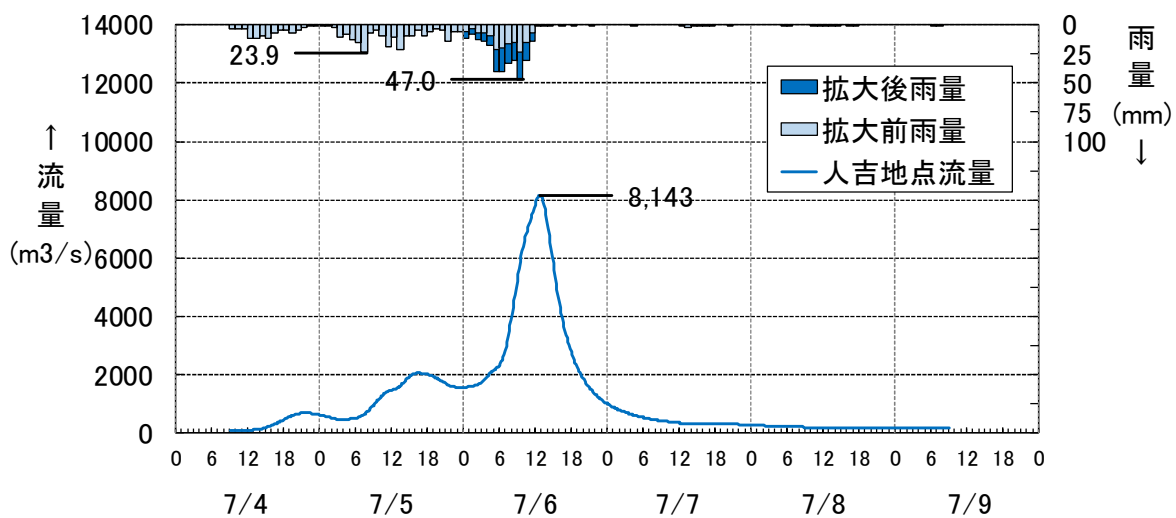


図 1-29 (1) 基本高水のピーク流量ハイドログラフ (昭和 47 年 7 月洪水 : 人吉)

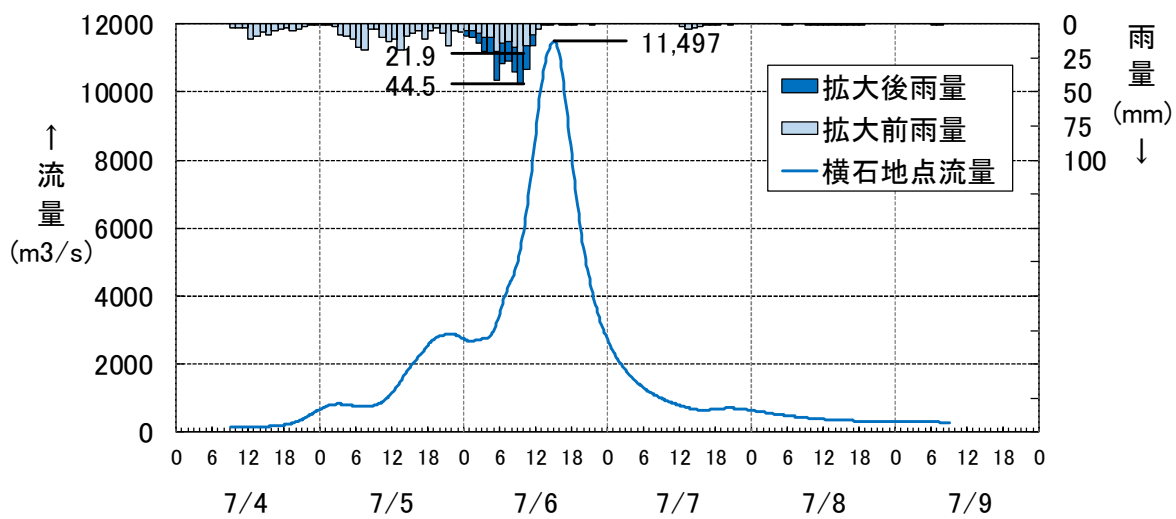


図 1-29 (2) 基本高水のピーク流量ハイドログラフ (昭和 47 年 7 月洪水 : 横石)

2. 高水処理計画

球磨川の既定高水処理計画は、基準地点人吉・横石における基本高水のピーク流量 $7,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $9,900\text{m}^3/\text{s}$ に対し、洪水処理施設により $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2,100\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7,800\text{m}^3/\text{s}$ を河道で処理する計画としている。

今回、令和2年7月洪水等を踏まえ、新たに基準地点人吉・横石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 $7,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $9,900\text{m}^3/\text{s}$ を $8,200\text{m}^3/\text{s}$ 、 $11,500\text{m}^3/\text{s}$ に変更する計画としている。

なお、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、対象降雨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。

人吉区間では人吉層（軟岩）が分布し、河床掘削により岩が露出するため、生態系等に与える影響が大きく、引堤については、左右岸の沿川に点在する多くの観光施設、史跡等、多数の家屋移転が必要となるなど、地域に与える社会的影響が大きい。

また、下流部は過去に低水路部の掘削を実施しているが、その後堆積し令和2年7月洪水では、再堆積していることを踏まえると、大規模掘削による河道の維持管理が必要となることから現実的に困難である。

このため、地域に与える社会的影響、河道掘削による河川環境の改変・将来河道の維持を考慮すると、河道で処理可能な流量は基準地点人吉・横石において $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $8,300\text{m}^3/\text{s}$ である。なお、高水処理計画上の洪水調節施設としては、既設ダムの有効活用を図るとともに、新たな流水型ダムの整備、遊水地群等により、人吉・横石地点において $4,200\text{m}^3/\text{s}$ 、 $3,200\text{m}^3/\text{s}$ の洪水調節が可能であることから、基準地点人吉・横石の計画高水流量を $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $8,300\text{m}^3/\text{s}$ とする。

3. 計画高水流量

球磨川の計画高水流量は、人吉・横石地点において $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $8,300\text{m}^3/\text{s}$ とし、各主要地点の計画高水流量は、主要洪水の降雨波形群を用いて得られる通過流量の最大値を示す値から設定している。各地点の計画高水流量は以下のとおりとする。

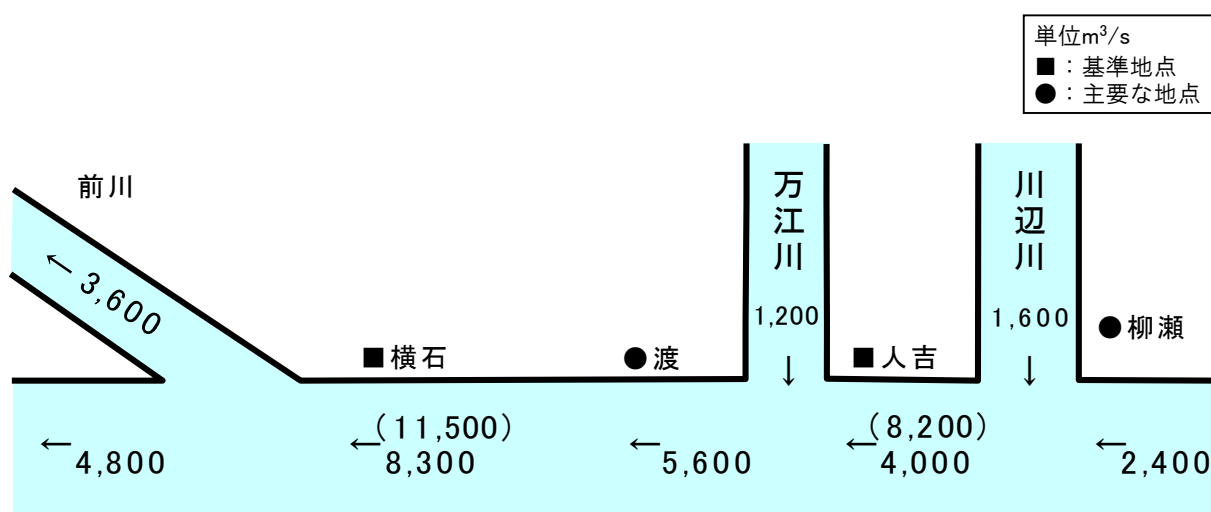


図 3-1 球磨川計画高水流量図

4. 河道計画

河道計画は、以下の理由により縦断勾配を尊重し、流下能力が不足する区間については、周辺の社会的影響や河川環境等に配慮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で概成していること。
- ② 計画高水位を上げることは、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。
- ④ 河道の安定を考慮した掘削高さの設定が重要であること。

計画縦断図を図 5-1 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概ねの川幅一覧表

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)
球磨川	一武	68.7	118.69	170
	人吉	62.2	105.68	140
	渡	52.6	94.54	140
	横石	12.8	18.89	180
	球磨川堰	6.0	7.78	320
	河口	0.0	3.56	1,130
前川	新前川堰	4.9	5.69	190
川辺川	柳瀬	合流点から 2.3	120.22	100

(注)T.P. : 東京湾中等潮位

※1 : 基点からの距離

※2 : 計画高潮位

仮に海面水位が上昇したとしても、手戻りのない河川整備の観点から、河道に配分した計画高水流量を河川整備により HWL 以下で流下可能かどうかを確認。球磨川水系では、河道の流下能力の算定条件として、朔望平均満潮位から河口の出発水位を設定している。

仮に、海面水位が上昇（2℃上昇シナリオの平均値 43cm）した場合においても計画高水位を超過する区間は発生しない。

また、計画高潮位については、気候変動により予測される平均海面水位上昇の上昇量等を適切に評価し、海岸保全基本計画との整合を図りながら、見直しを行う。

5. 河川管理施設等の整備の状況

球磨川水系における河川管理施設等の整備の現状は以下のとおりである。

(1) 堤防

堤防整備の現状（令和3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

水系名	計画堤防断面	今後整備が必要な区間
球磨川	78.4 km (76.1%)	24.6 km (23.9%)

(2) 排水機場等

- ・河川管理施設 : 7.0 m³/s
- ・許可工作物 : 37.598 m³/s

※国管理区間の施設のみである。

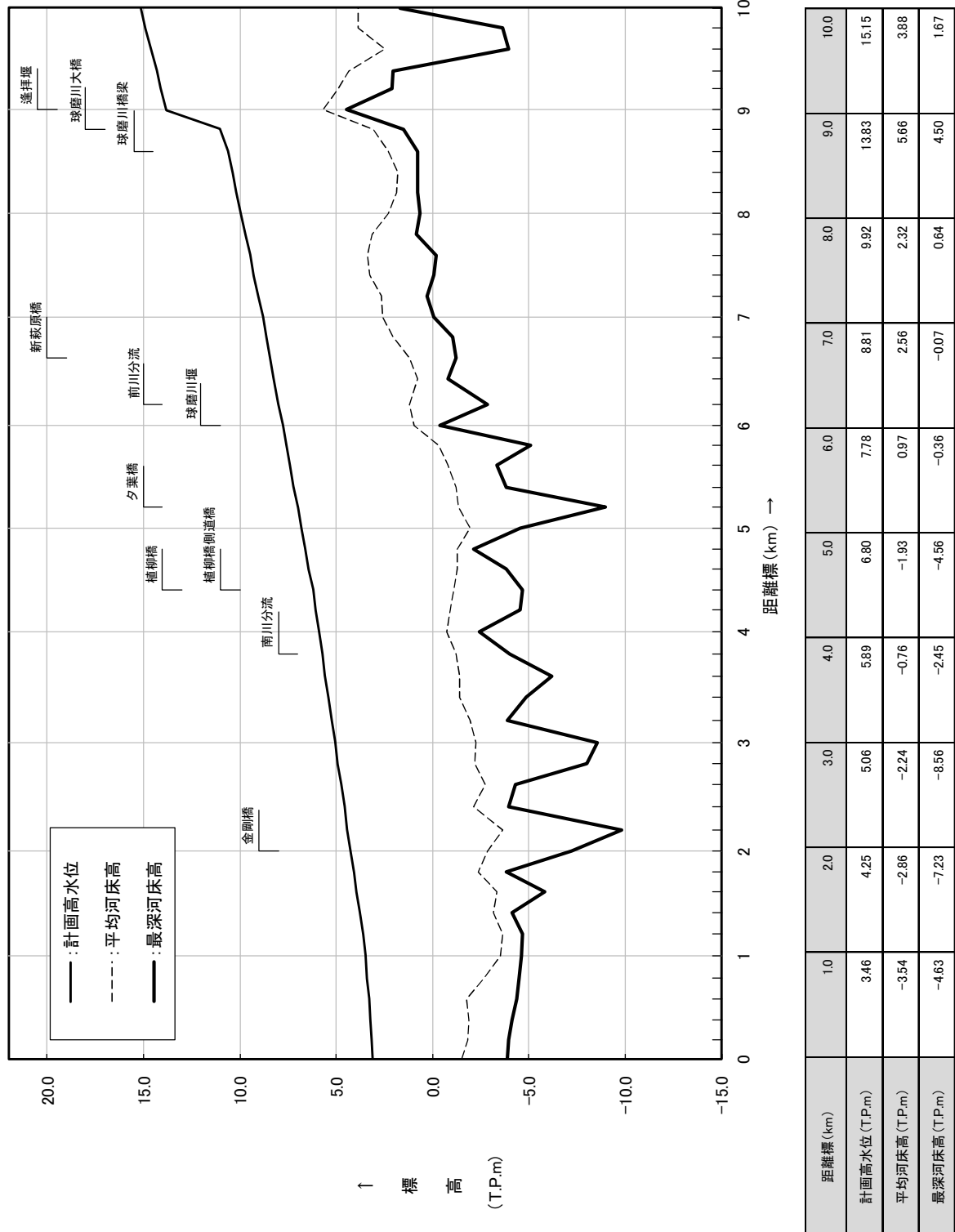
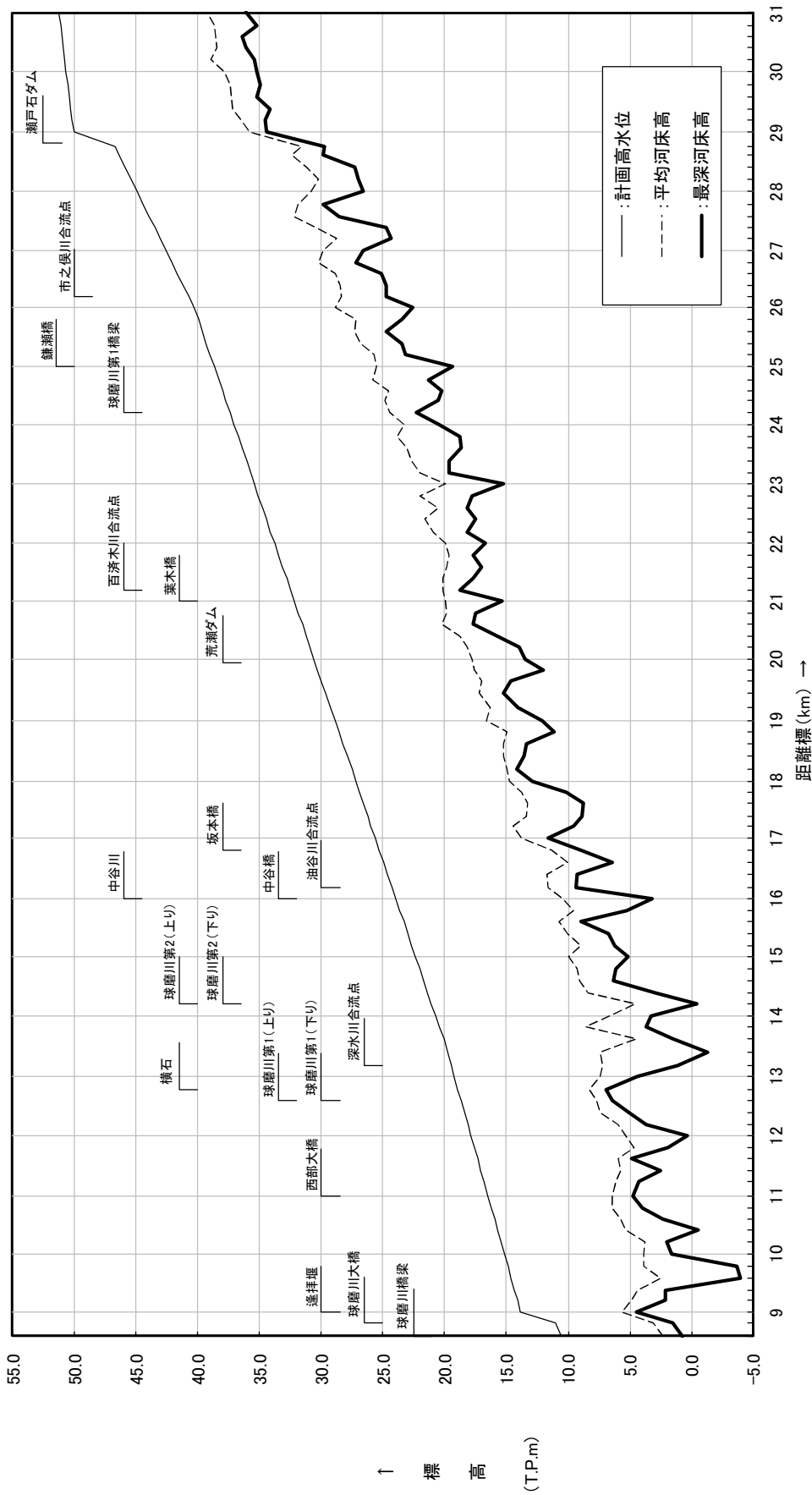


図 5-1 (1) 計画縦断面図 (球磨川)



距離標 (km)	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0
計画高水位 (T.P.m)	15.15	16.49	17.86	19.22	20.71	22.36	23.97	25.63	27.20	28.88	30.59	32.18	33.78	35.41	37.07	38.66	40.32	42.57	44.92	50.05	50.65	51.23
平均河床高 (T.P.m)	3.88	6.39	5.33	7.45	6.60	9.91	10.41	13.74	14.72	16.58	17.76	19.92	19.91	19.92	23.27	25.52	28.87	29.83	30.86	35.84	37.89	39.26
最深河床高 (T.P.m)	1.67	4.73	0.32	4.35	3.29	5.18	3.18	11.65	12.89	12.10	13.46	15.37	16.68	15.23	20.47	19.37	22.57	26.57	26.59	34.45	35.20	36.14

図 5-1 (2) 計画縦断面図 (球磨川)

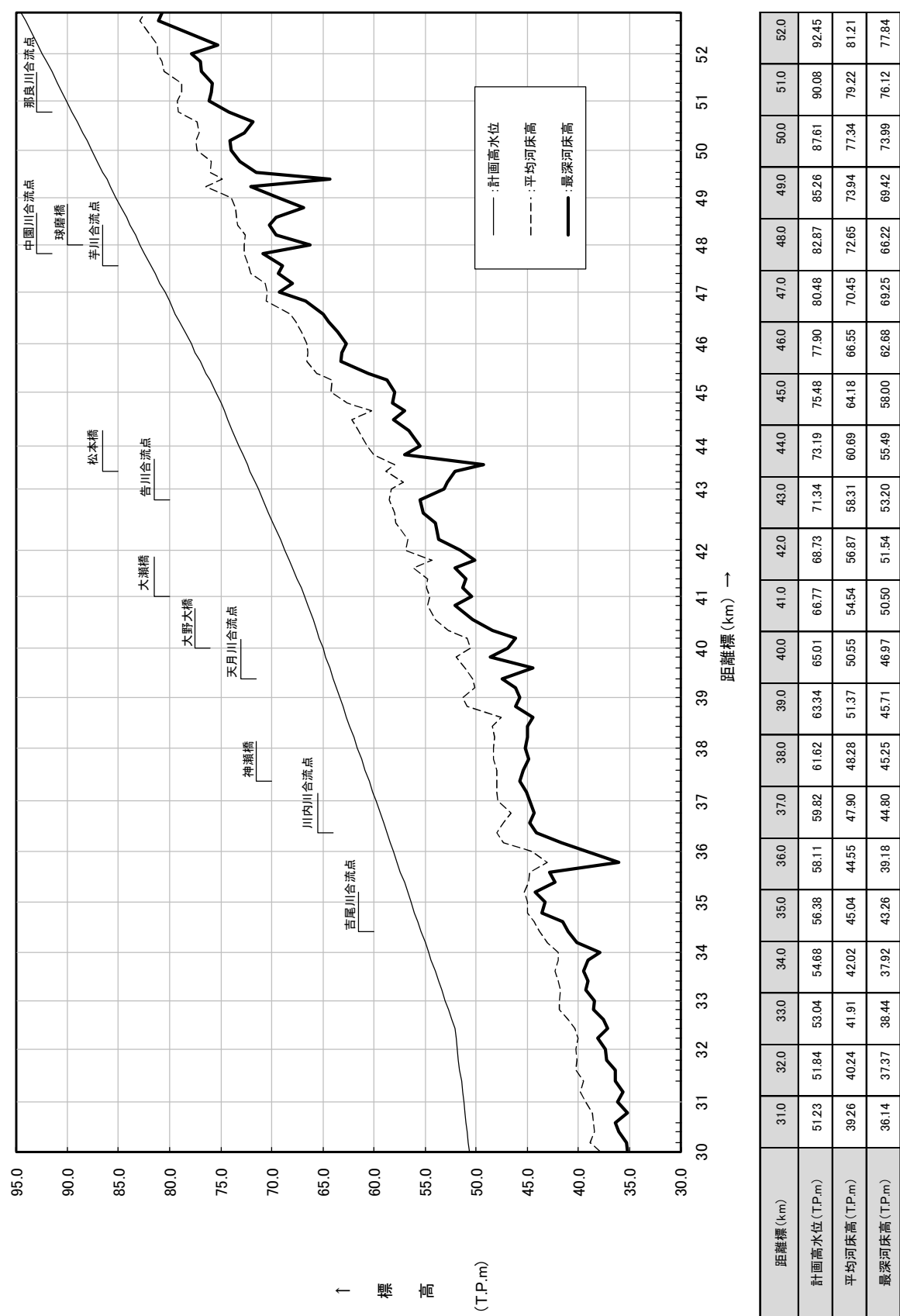


図 5-1 (3) 計画縦断面図 (球磨川)

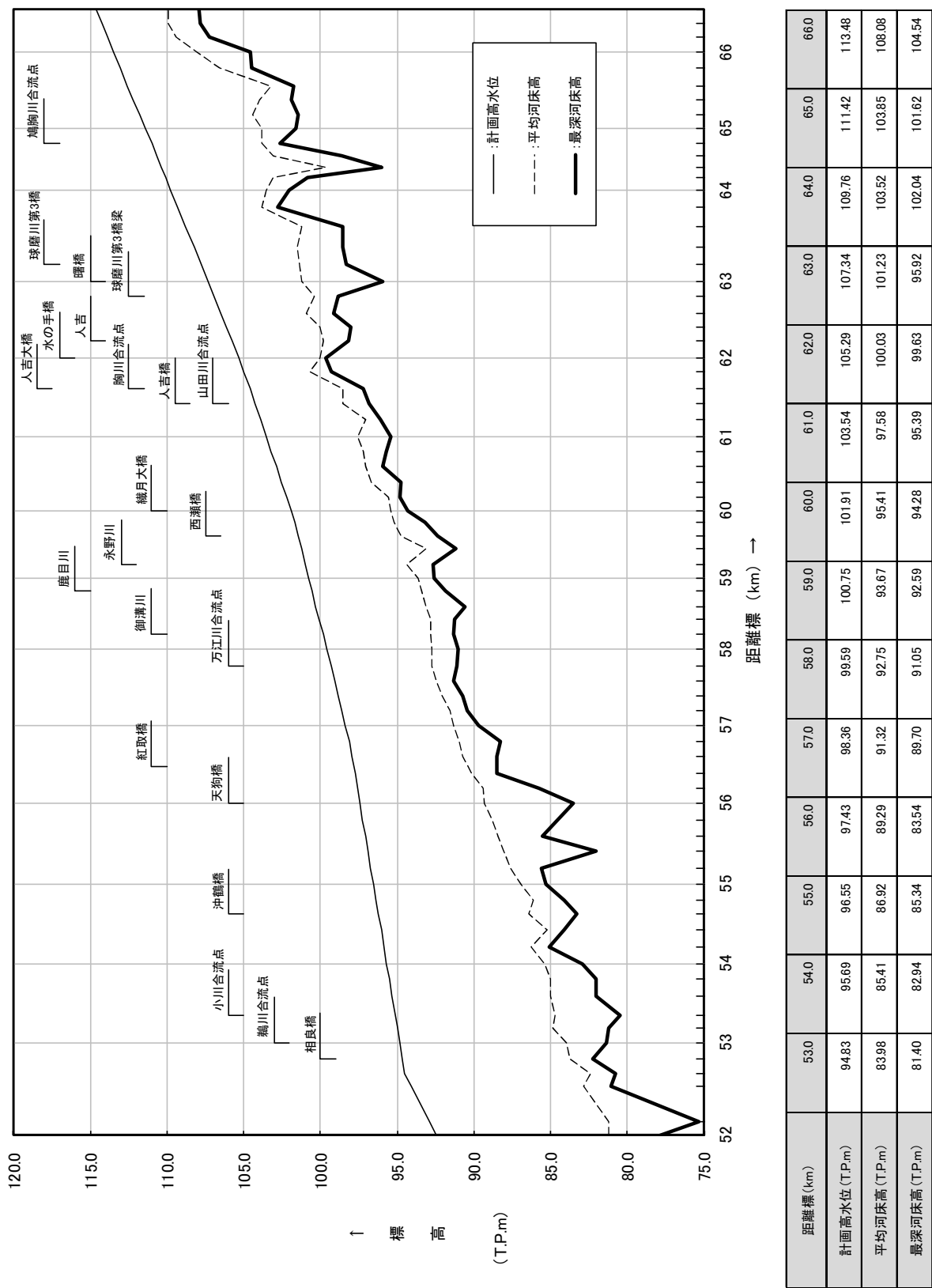
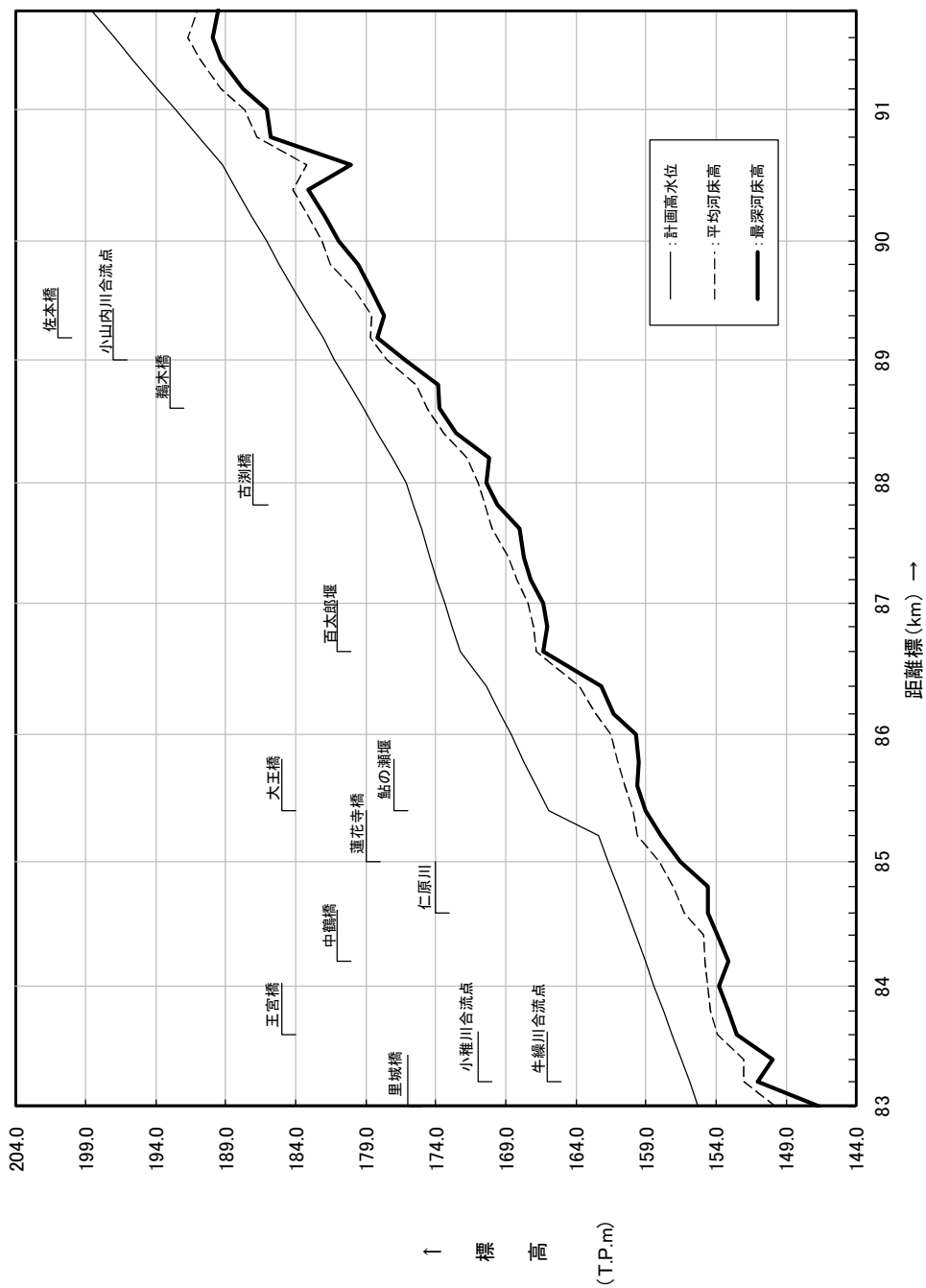


図 5-1 (4) 計画縦断面図 (球磨川)



図 5-1 (5) 計画縦断面図 (球磨川)



距離標 (km)	84.0	85.0	86.0	87.0	88.0	89.0	90.0	91.0
計画高水位 (T.P.m)	158.39	161.68	168.61	173.36	176.08	181.18	186.10	192.61
平均河床高 (T.P.m)	154.60	158.04	161.48	167.43	170.98	177.45	182.15	187.67
最深河床高 (T.P.m)	153.85	156.55	159.76	166.36	170.34	176.23	180.89	186.06

図 5-1 (6) 計画縦断面図 (球磨川)

