

五ヶ瀬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 10 月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

1. 基本高水の検討	1
2. 高水処理計画	117
3. 計画高水流量	118
4. 河道計画	119
5. 河川管理施設等の整備の状況	121

1. 基本高水の検討

1.1 工事実施基本計画

昭和 41 年(1966 年)7 月に策定された五ヶ瀬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 18 年(1943 年)9 月洪水の実績降雨である 475.3mm/日(昭和 18 年(1943 年)9 月 19 日延岡日雨量観測)を計画降雨量として設定し、基準地点「三輪」において基本高水のピーク流量を 6,000m³/s と定めている。基準地点の基本高水のピーク流量は、計画降雨を対象に、合理式により流出計算を行い、決定されている。

1.2 河川整備基本方針

工事実施基本計画を策定以降、基本高水のピーク流量(6,000m³/s)を上回るもしくは同等の洪水(平成 5 年(1993 年)8 月、平成 9 年(1997 年)9 月)が発生しており、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 16 年(2004 年)1 月に河川整備基本方針を策定した。

(1) 計画規模の設定

既定計画策定以降の流域内の発展、宮崎県北部の中核である延岡市を貫流している等、五ヶ瀬川水系における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)の状況を勘案して、計画規模を 1/100 に設定した。

(2) 基準地点の設定

水理・水文資料が十分整備されていること等から既定計画を踏襲し、三輪地点に設定する。

(3) 時間雨量データによる確率からの検討

1) 降雨継続時間の検討

一雨雨量の頻度分布及び近年の 2 洪水の降雨継続時間を概ね満足する 12 時間とする。

表 1-1 降雨継続時間の検討

検討項目	結果	備考
一雨雨量の頻度分布	12 時間	平均年最大流量以降の洪水における降雨継続時間による頻度分布
近年の 2 洪水の降雨継続時間	12 時間	近年の H5. 8、H9. 9 洪水の降雨継続時間

(4) 計画降雨量の検討

計画規模 1/100 の計画降雨継続時間（統計期間 S29～H13：48 ヶ年の流域平均最大降雨）における計画降雨量は、適合度の良い確率統計手法の平均値 352mm を採用する。

表 1-2 1/100 確率規模降雨量

	三輪	備考
1/100	352mm/12 時間	確率手法 SLSC0.04 以下の平均値

(5) ピーク流量の検討

計画降雨量に引き伸ばし後の降雨の時間分布及び地域分布による異常降雨を棄却して、計画対象降雨として 2 降雨パターン（昭和 57 年（1982 年）8 月、平成 9 年（1997 年）9 月）を対象に、流出モデル（貯留関数法）により算定した結果、基準地点三輪において 7,200m³/s（平成 9 年 9 月）が最大となった。

(6) 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、目標とする計画規模である 1/100 に対する確率流量値は、6,900m³/s～8,200m³/s であり、今回採用する基本高水のピーク流量 7,200m³/s が範囲内であることを確認した。

表 1-3 基準地点三輪における 1/100 確率流量算定結果

確率分布モデル	確率流量 (m ³ /s)
一般化極値分布	8,200
グンベル法	6,900
指数分布	8,000
平方根指数型最大値分布	8,000
対数ピアソンⅢ型分布	7,700
対数正規分布（石原・高瀬法）	7,200
対数正規分布（クオンタイル法）	7,400
3 母数対数正規分布（積率法）	7,100
2 母数対数正規分布（L 積率法）	8,000
2 母数対数正規分布（積率法）	8,000

(7) 既往最大洪水等による確認

平成5年(1993年)8月洪水について、平成11年(1999年)7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、三輪地点で $7,300\text{m}^3/\text{s}$ 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 $7,200\text{m}^3/\text{s}$ は、総合的に判断し妥当と判断された。

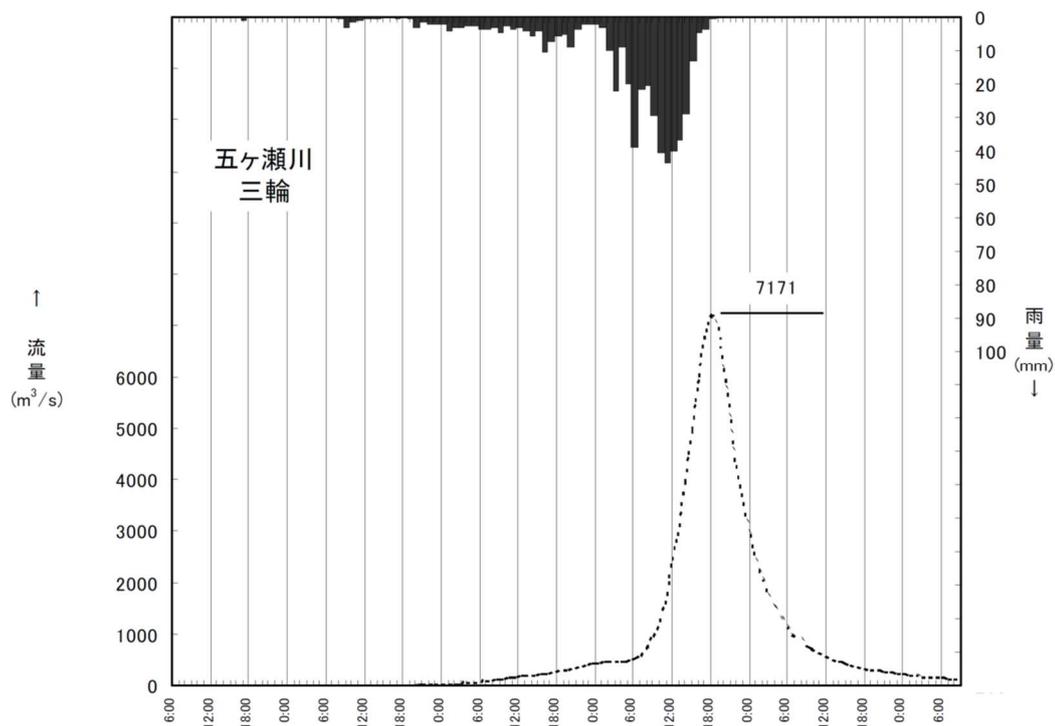


図 1-1 基本高水ハイドログラフ (平成9年9月型)

1.3 河川整備基本方針策定後の状況

平成16年(2004年)1月に河川整備基本方針(以降、既定計画という)を策定以降、平成17年(2005年)9月に、基本高水のピーク流量7,200m³/sを上回る洪水が発生している。

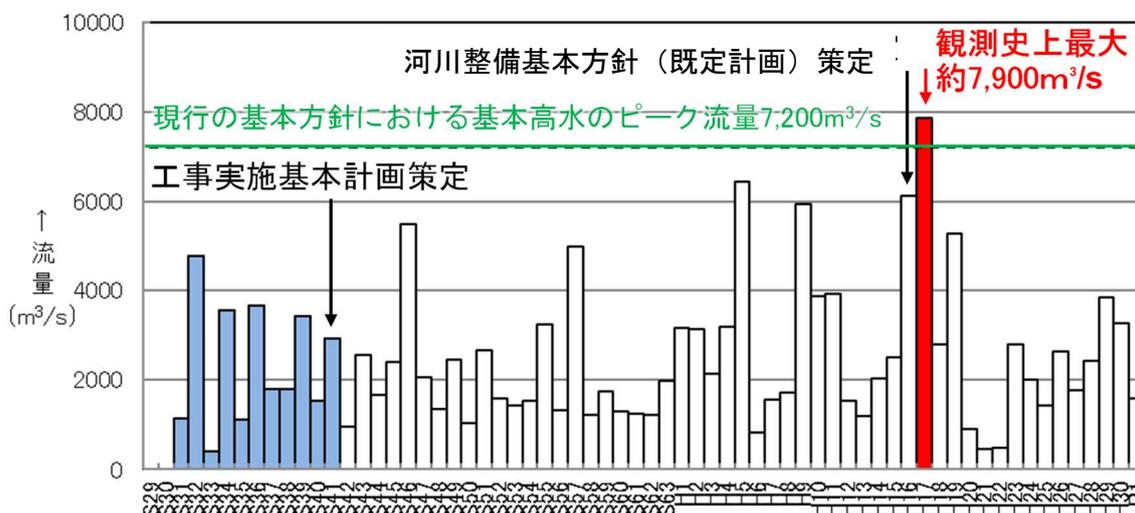


図1-2 年最大流量(基準地点三輪)

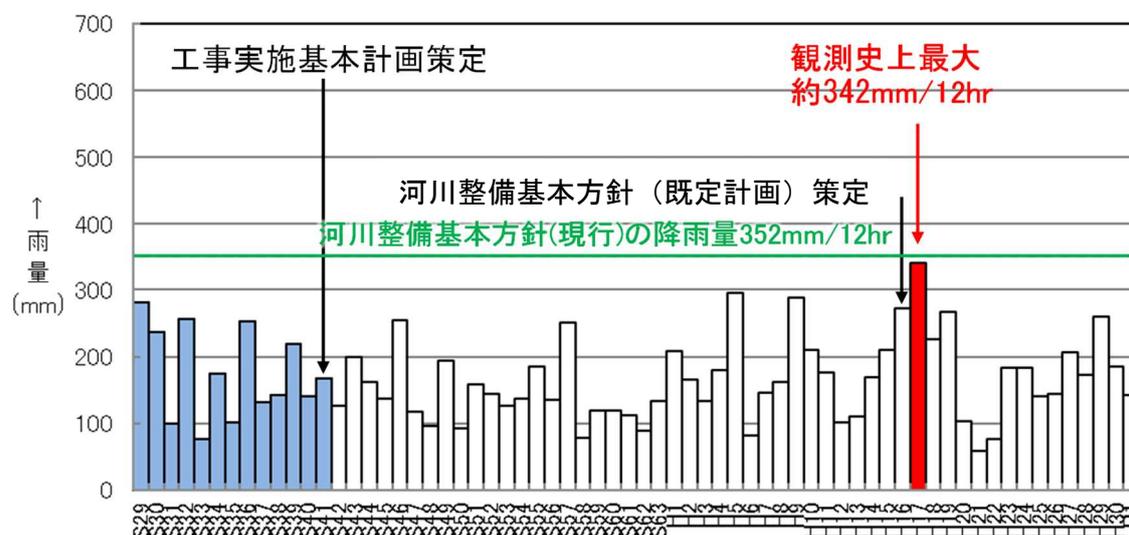


図1-3 年最大12時間雨量(基準地点三輪上流流域平均雨量)

1.4 基本高水の検討

気候変動による外力の増加に対応するため、

- (1) 気候変動を考慮した雨量データによる確率からの検討 (1.5~1.11)
- (2) アンサンブル予測降雨波形を用いた検討 (1.12)
- (3) 既往洪水からの検討 (1.13)

から総合的に判断し基本高水のピーク流量を設定する。(1.15)

1.5 気候変動を考慮した雨量データによる確率からの検討

(1) 計画規模の設定

既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないこと、既定計画策定後に発生した平成 17 年(2005 年)9 月洪水による被害状況を踏まえ、既定計画と同様に計画規模を 1/100 とした。

(2) 計画規模の降雨量の設定

降雨継続時間は、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計画対象降雨の降雨量とする。

昭和 29 年(1954 年)～平成 22 年(2010 年)までの 57 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 1/100 対象降雨の降雨量を基準地点三輪で 341mm と決定した。

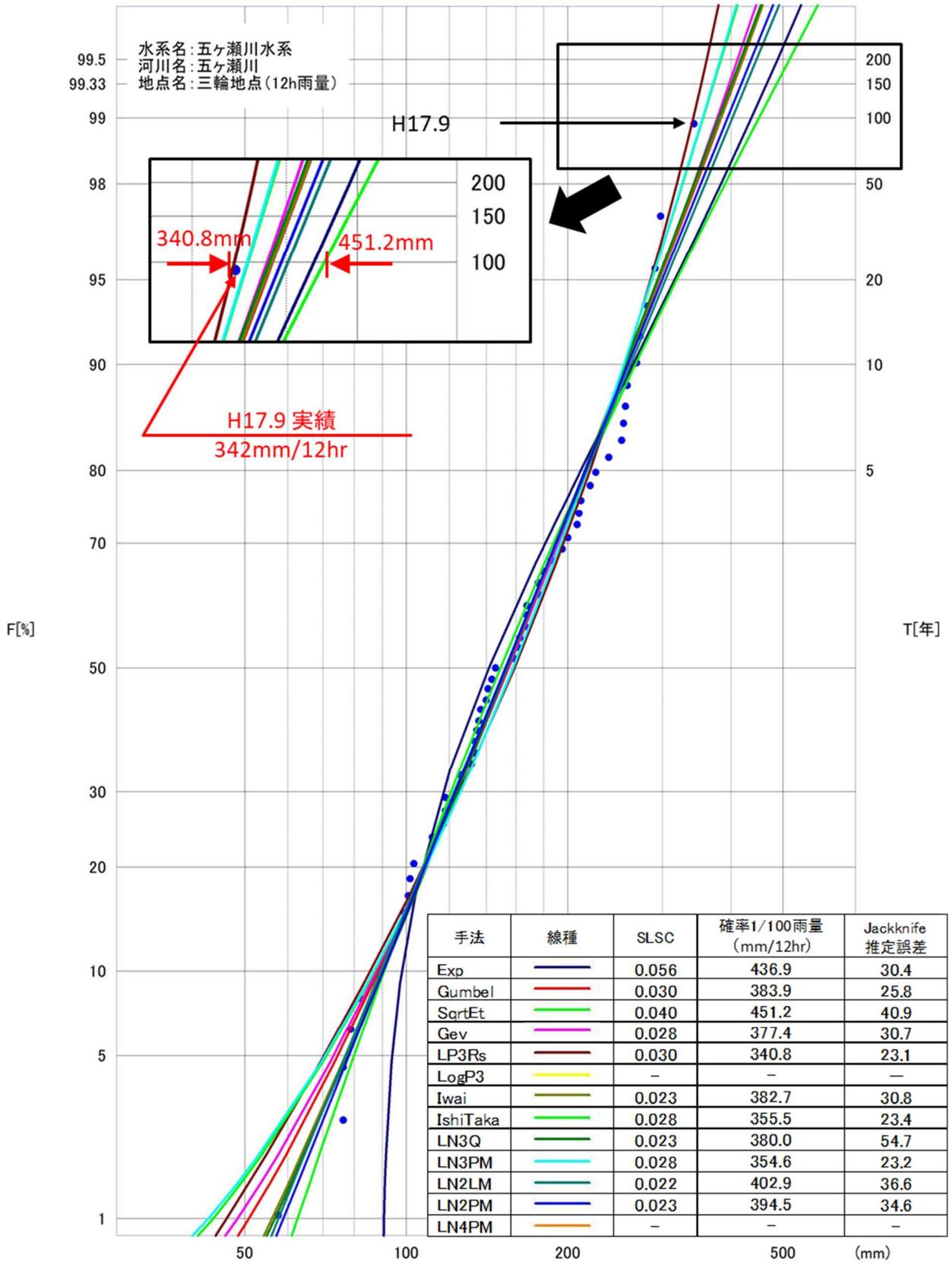


図 1-4 三輪地点における雨量確率評価 (昭和 29 年～平成 22 年 : 57 年間)

1.6 五ヶ瀬川流域の対象降雨の降雨継続時間の設定

1.6.1 対象降雨の降雨継続時間設定の考え方

五ヶ瀬川水系における対象降雨の降雨継続時間については、①洪水到達時間、②ピーク流量とピーク流量生起時刻から遡る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。

1.6.2 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。

(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・高樟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： $C=60\sim 90$

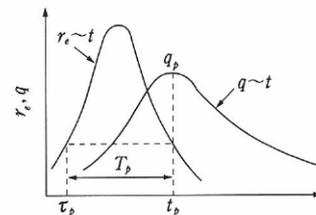


図 1-3.2 kinematic wave 法による T_p の定義

出典：土木学会；水理公式集, P. 36～P. 37

対象洪水は、過去洪水（昭和 29 年～令和元年）のうち、基準地点三輪において実績流量規模の上位 10 洪水とした。

その結果を以下に示す。これによると概ね以下のようなになる。

Kinematic Wave 法 8～16 時間（平均 11 時間）

角屋式 7～9 時間（平均 8 時間）

表 1.4 洪水到達時間の算定結果（三輪地点）

No.	降雨年月日	三輪地点ピーク流量		Kinematic Wave法 時差 (洪水到達時間)	角屋式	
		流量 ^{注1)} (m ³ /s)	時刻		仮想到達時間 平均 降雨強度	洪水到達 時間
1	S 32 . 9 . 7	4,781	9/7 5:00	9	18.0	8.0
2	S 46 . 8 . 30	5,500	8/30 7:00	10	21.9	7.4
3	S 57 . 8 . 27	5,000	8/27 6:00	10	19.1	7.8
4	H 5 . 8 . 10	6,441	8/10 5:00	9	15.3	8.4
5	H 5 . 9 . 3	4,268	9/3 23:00	8	14.6	8.6
6	H 9 . 9 . 16	5,953	9/16 16:00	14	24.5	7.2
7	H 16 . 8 . 28	6,116	8/30 14:00	9	14.4	8.6
8	H 17 . 9 . 4	7,858	9/6 13:00	16	26.6	7.0
9	H 19 . 7 . 12	4,435	7/14 18:00	16	14.5	8.6
10	H 19 . 8 . 1	5,287	8/2 21:00	11	15.6	8.4
平均値		-	- -	11	-	7.9

注1) ピーク流量は、実績値を示す。

注2) 対象洪水は、基準地点三輪における実績ピーク流量の上位10洪水とした。

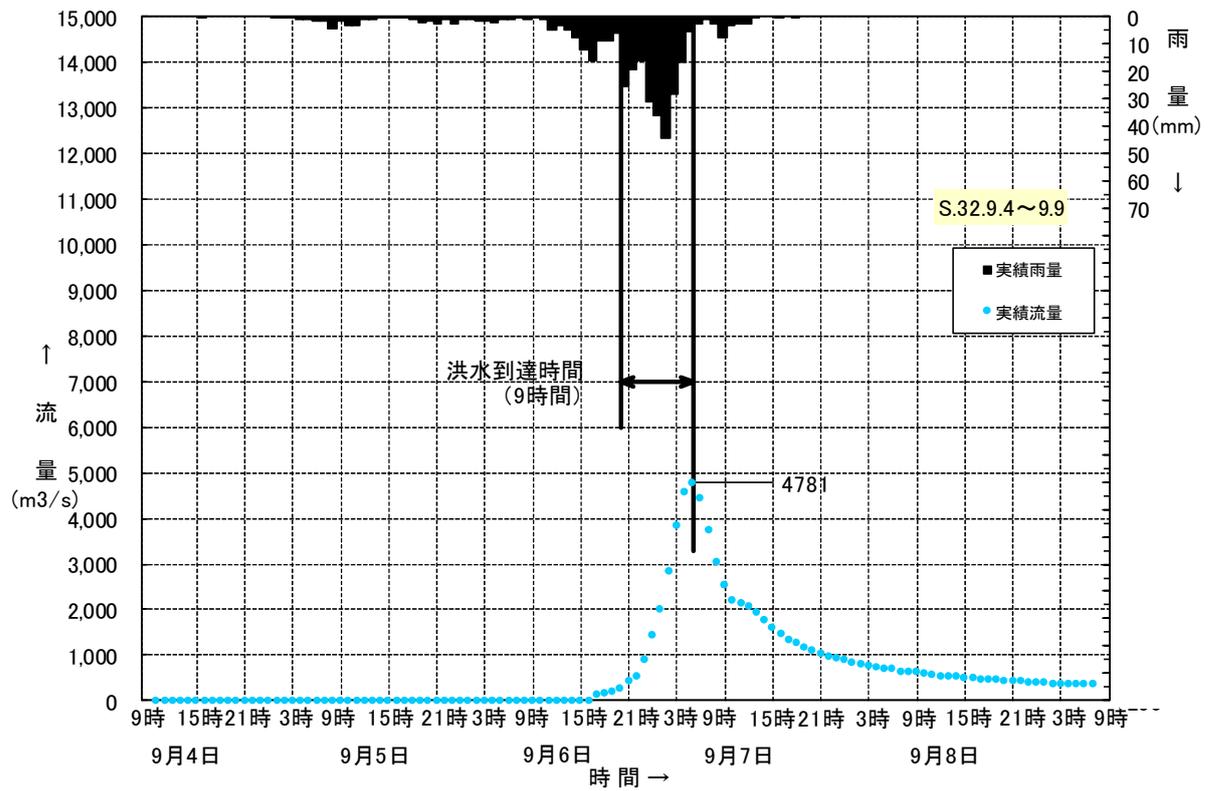


図 1.5(1) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (S32.9 洪水)

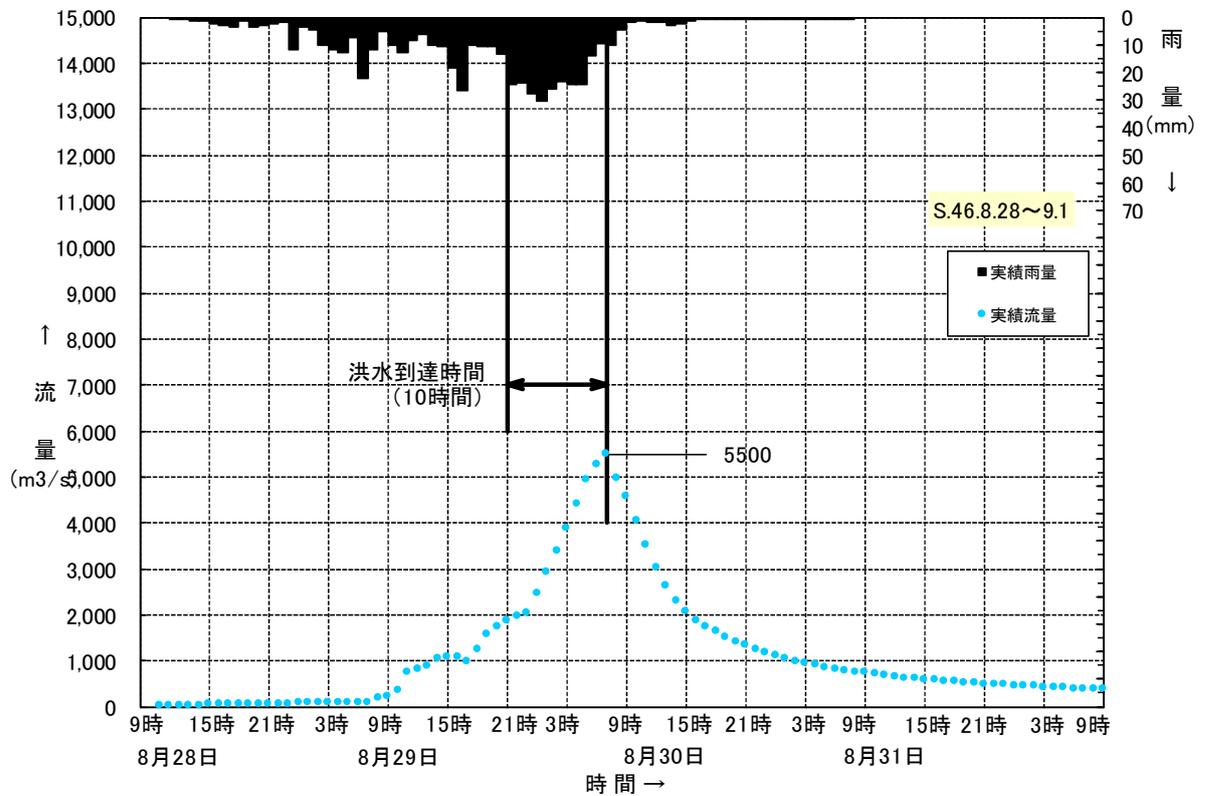


図 1.5(2) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (S46.8 洪水)

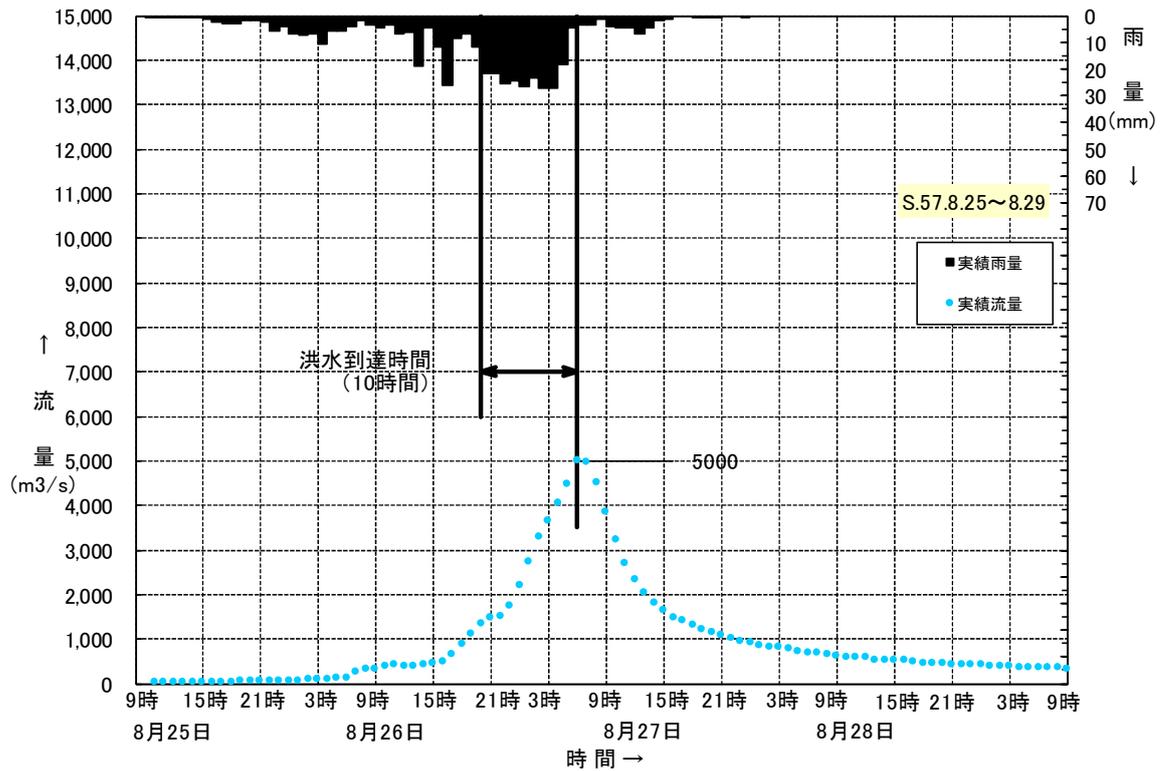


図 1.5(3) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (S57.8 洪水)

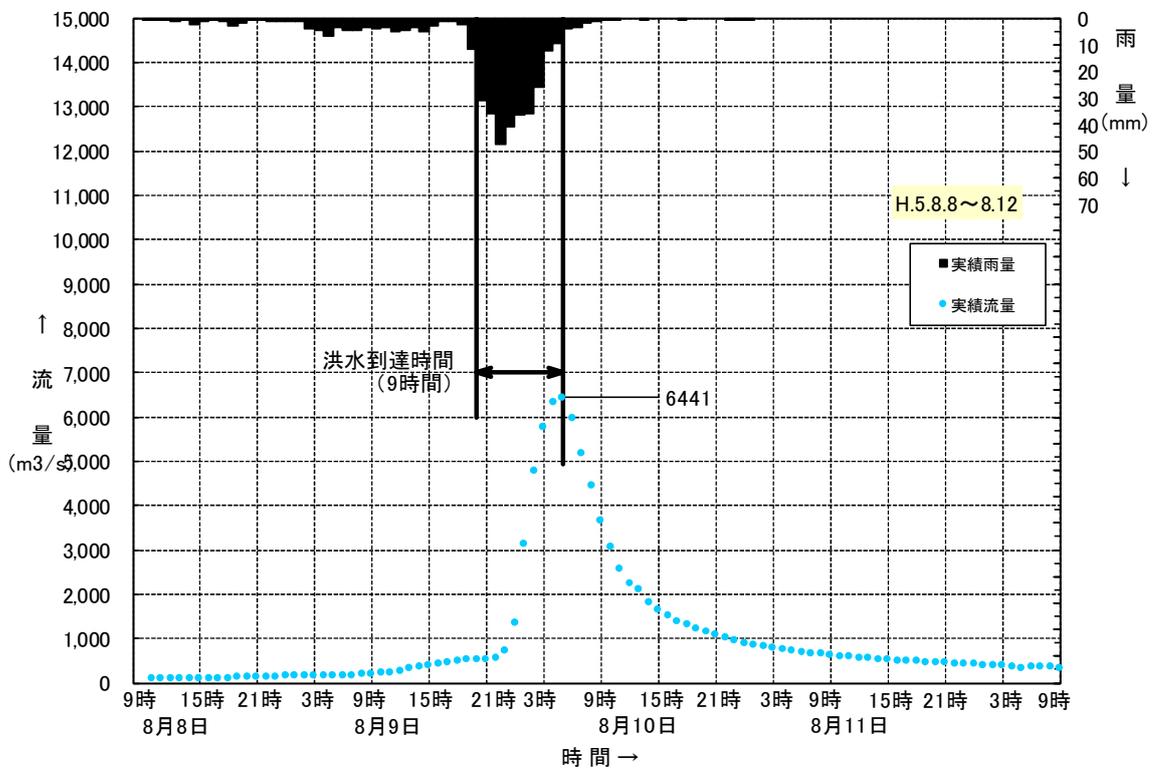


図 1.5(4) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (H5.8 洪水)

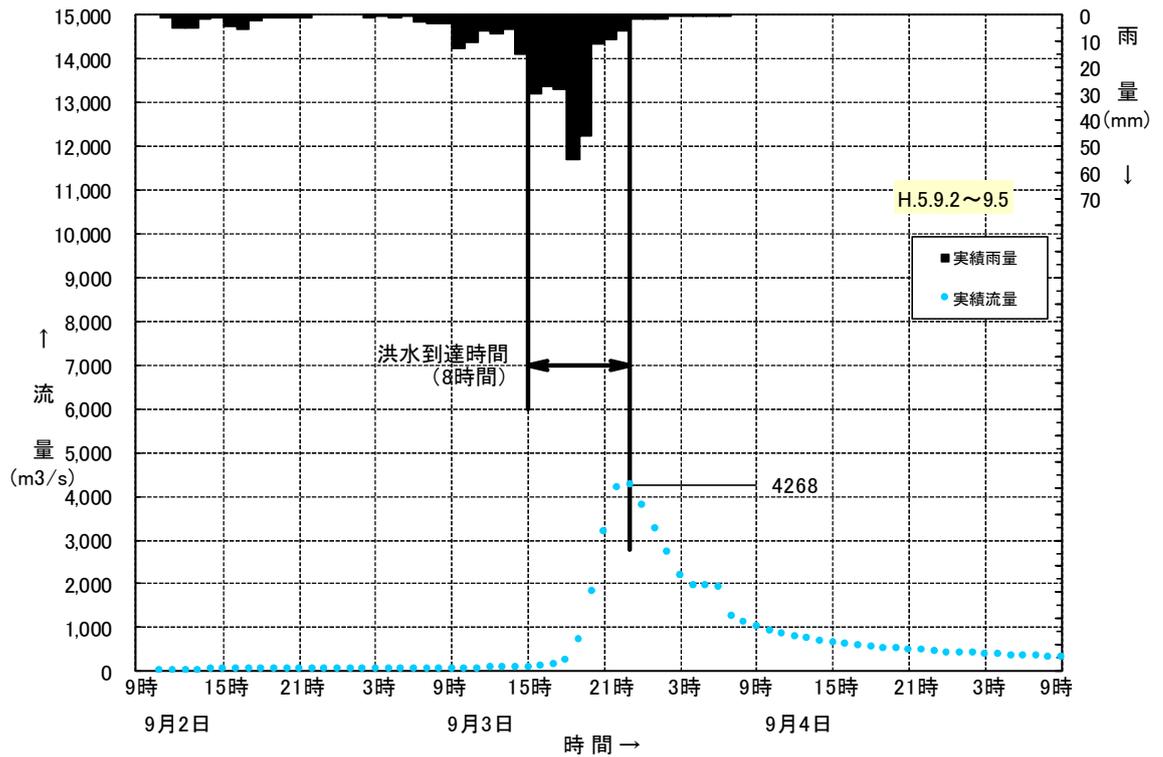


図 1.5(5) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (H5.9 洪水)

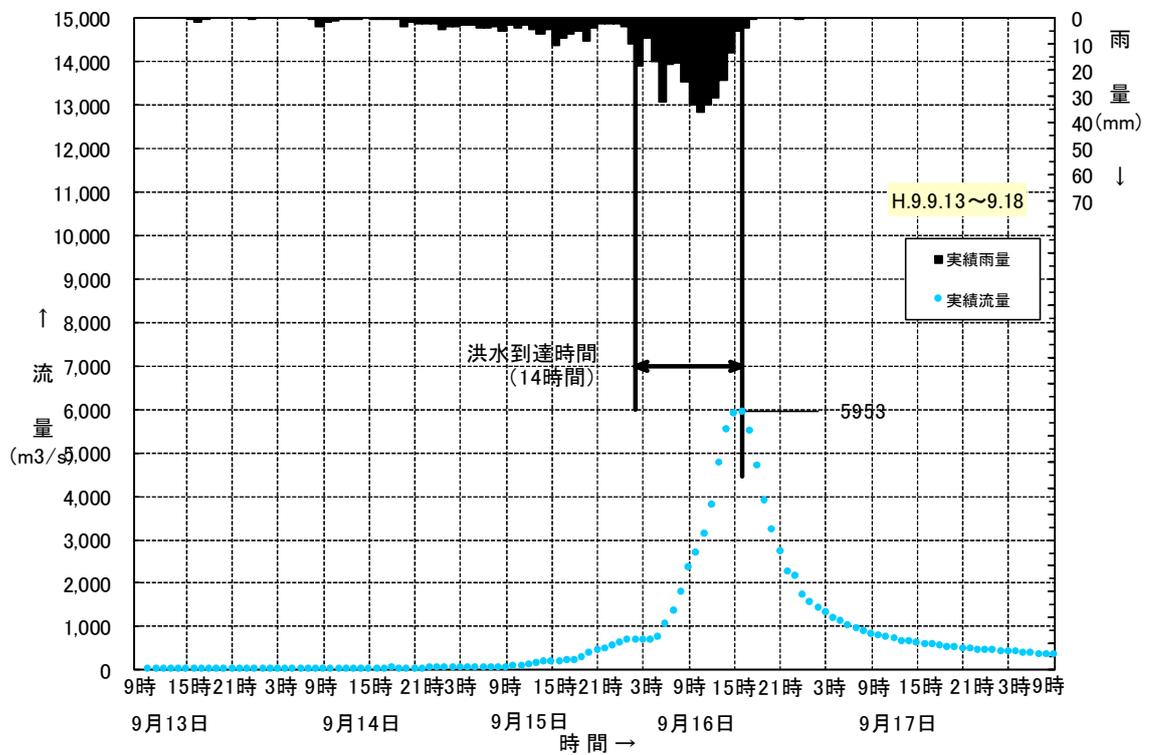


図 1.5(6) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (H9.9 洪水)

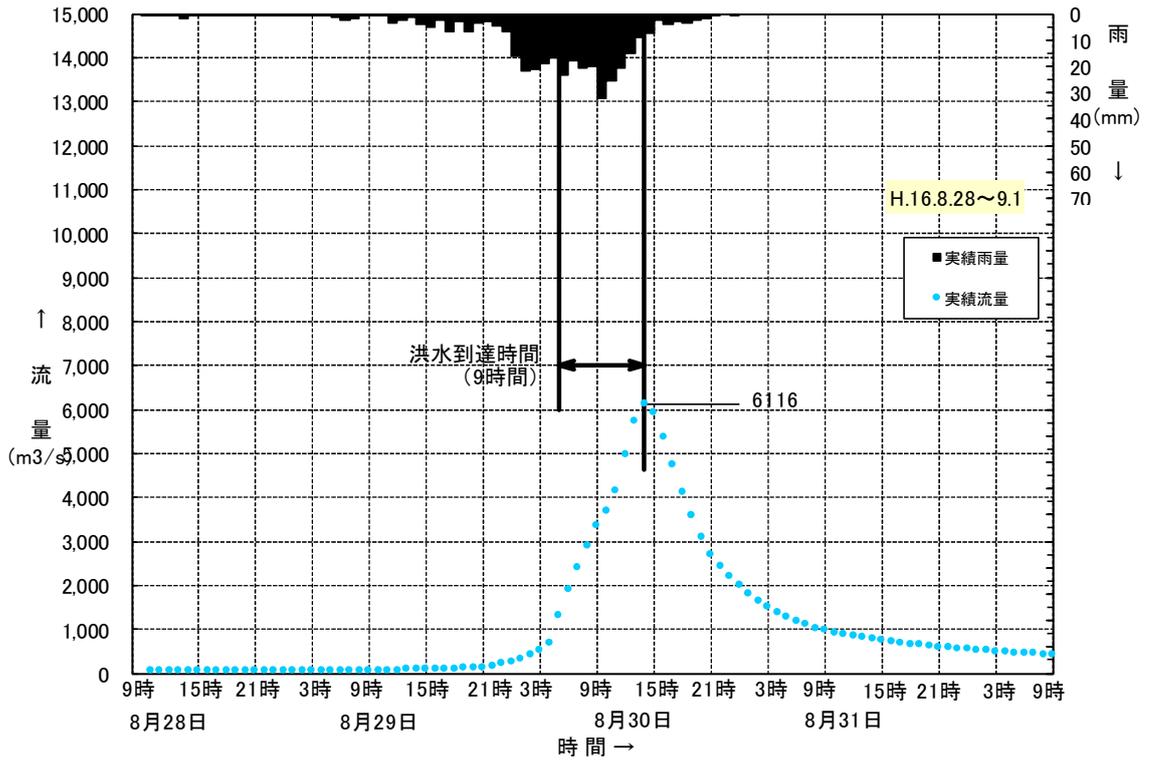


図 1.5(7) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (H16.8 洪水)

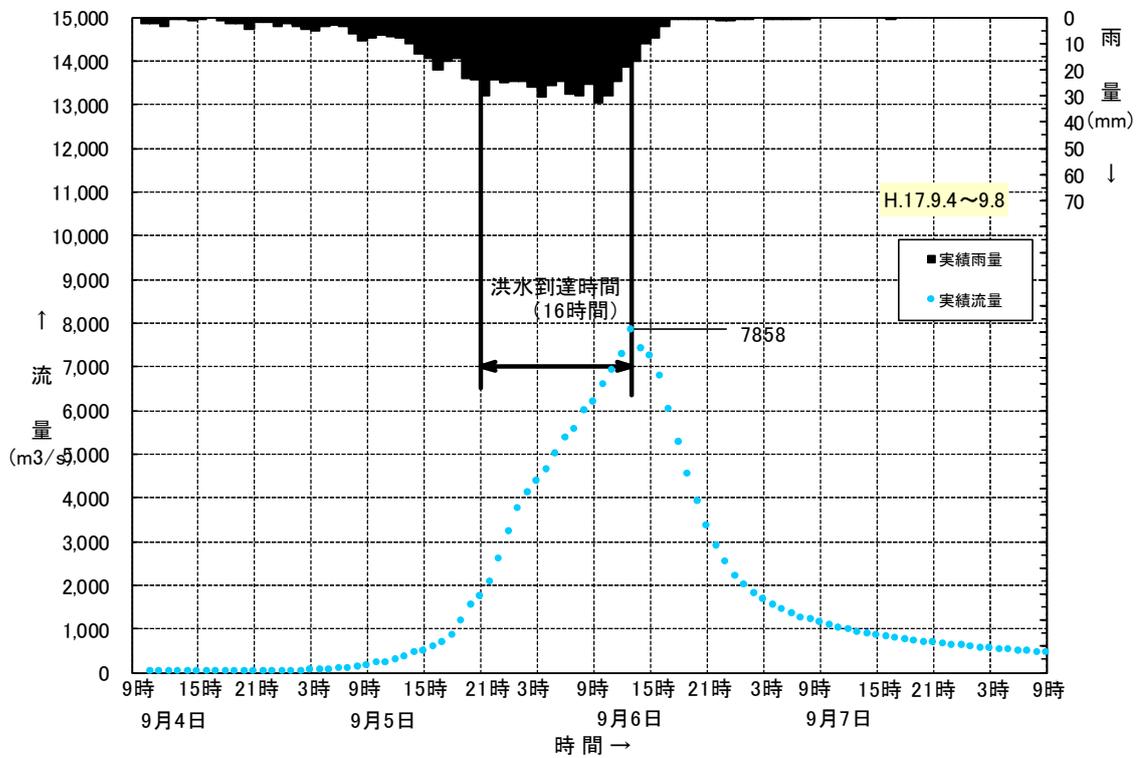


図 1.5(8) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (H17.9 洪水)

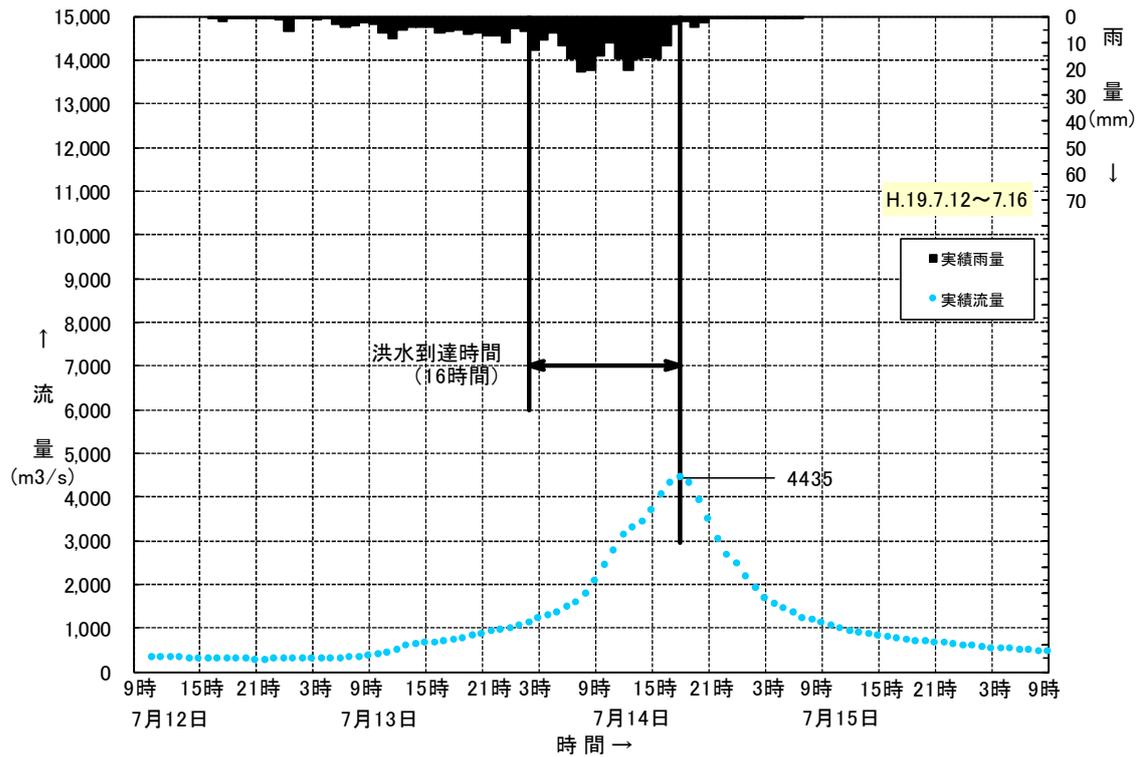


図 1.5(9) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (H19.7 洪水)

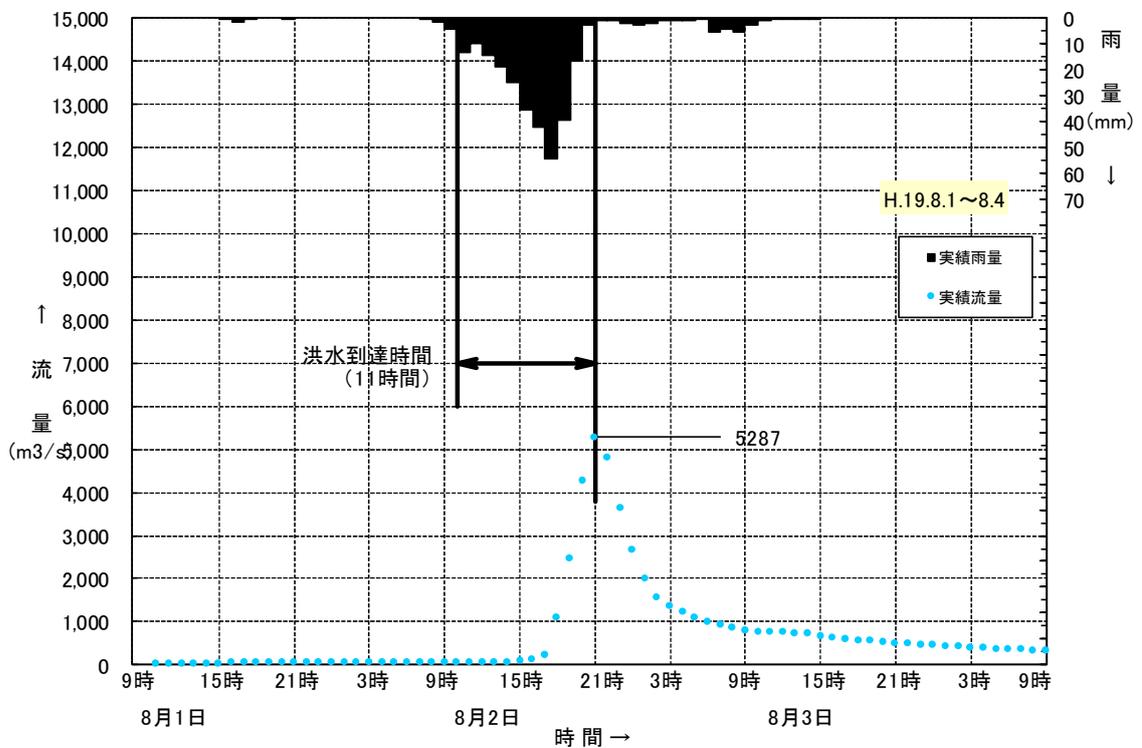


図 1.5(10) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討 (H19.8 洪水)

1.6.3 ピーク流量と雨量相関について

ここでは、昭和31年から令和元年までの64年間で基準地点三輪において年最大流量を記録した洪水を対象に、ピーク流量とピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量（1、3、6、9、12、15、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12時間雨量であることが示された。

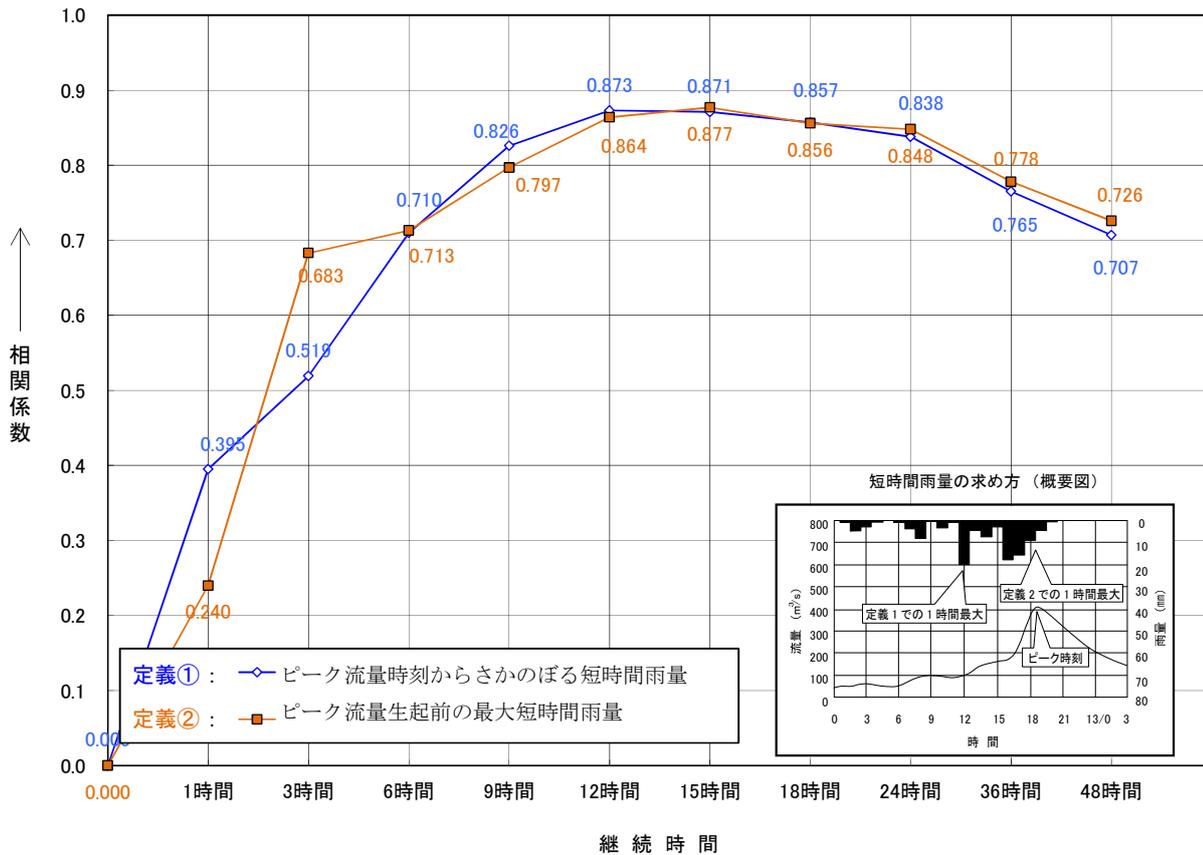


図 1.6 三輪地点ピーク流量と降雨継続時間の相関図
〔対象洪水：年最大流量発生洪水（S31年以降）〕

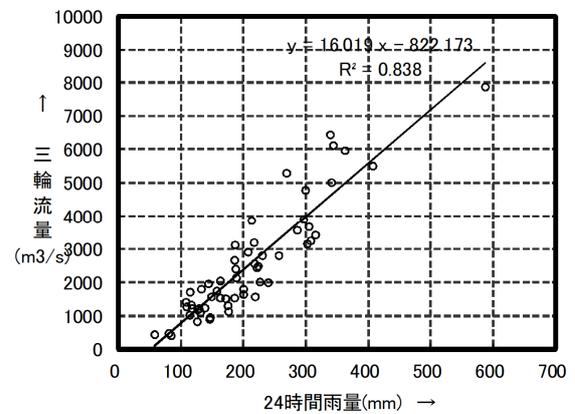
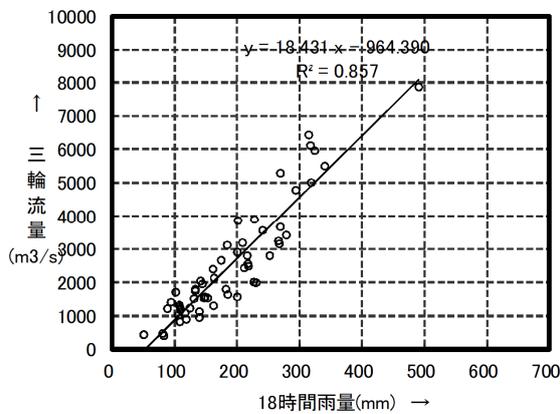
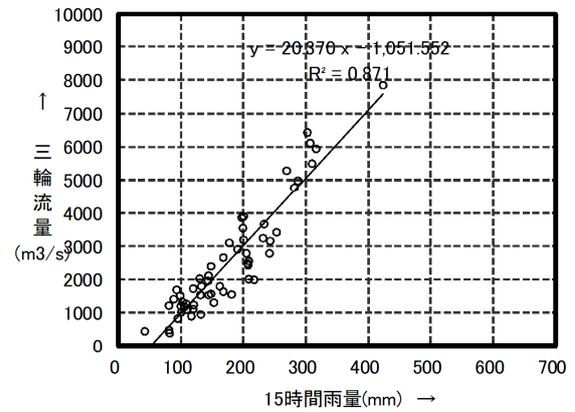
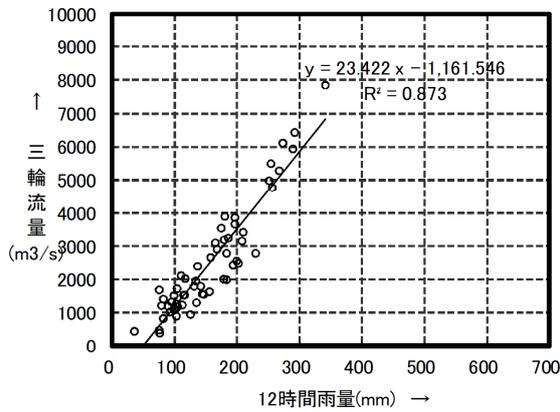
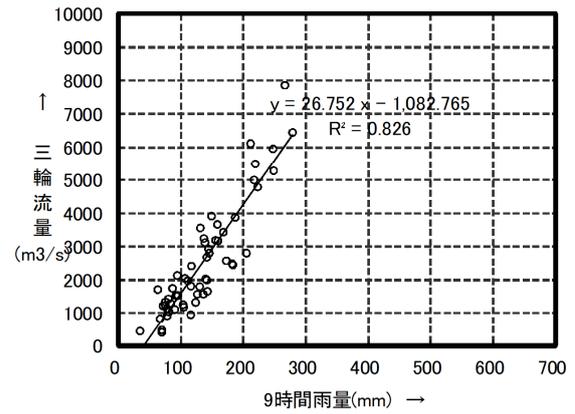
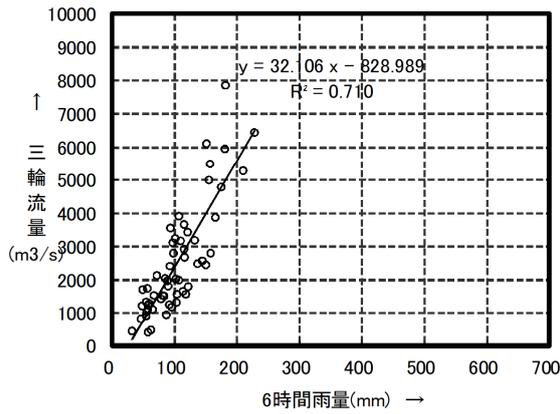
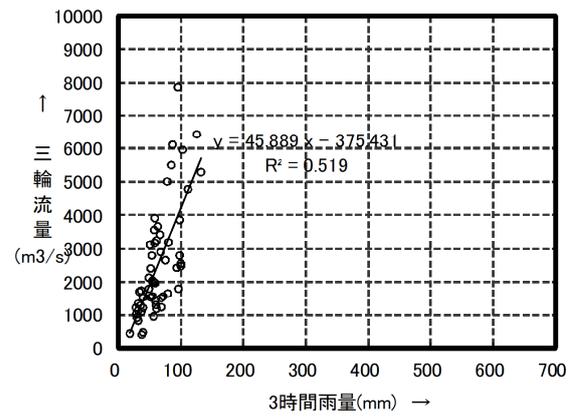
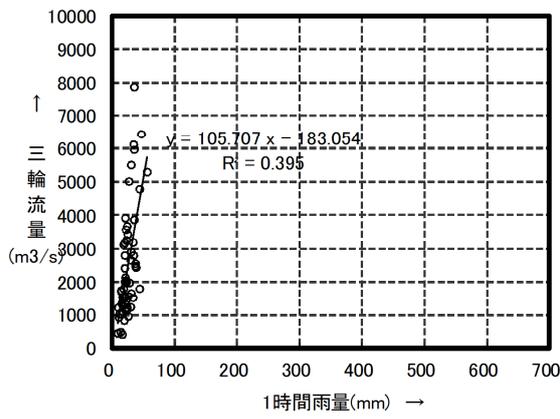


図 1.7(1) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図〔定義①〕

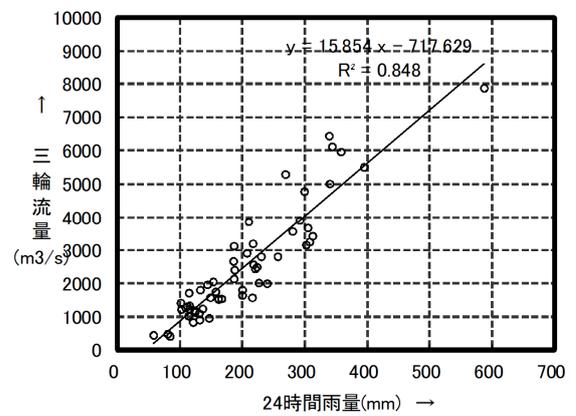
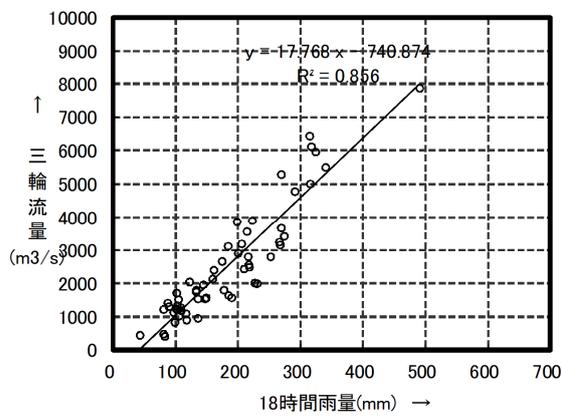
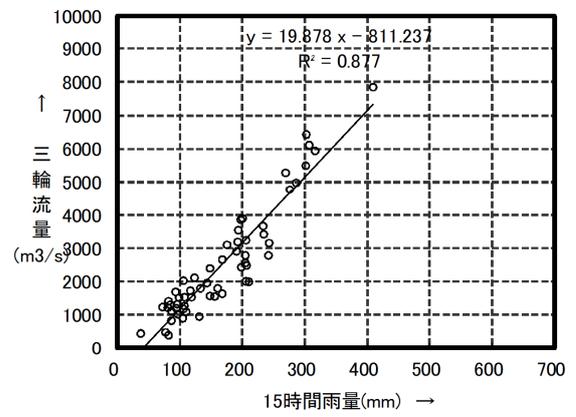
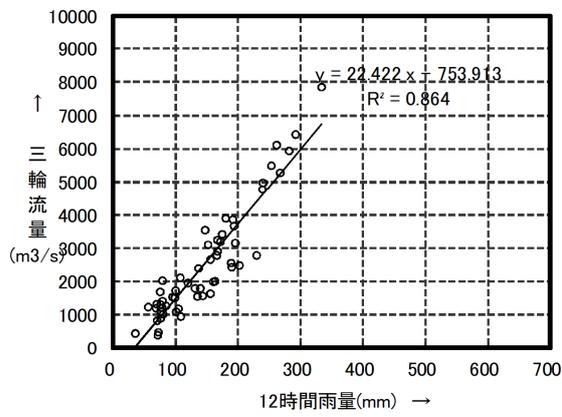
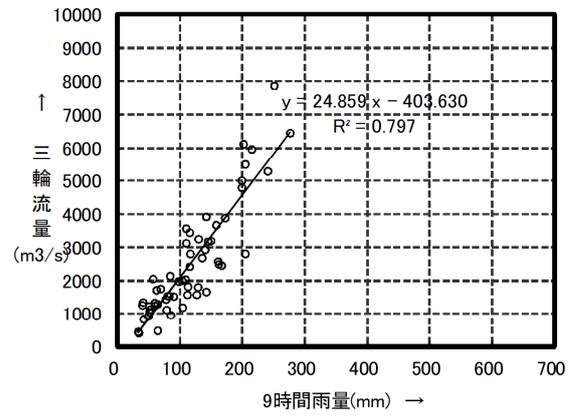
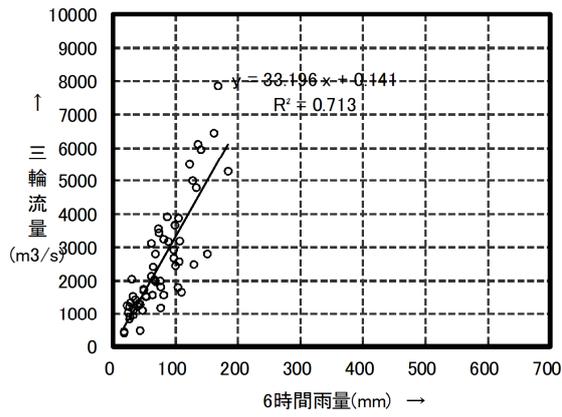
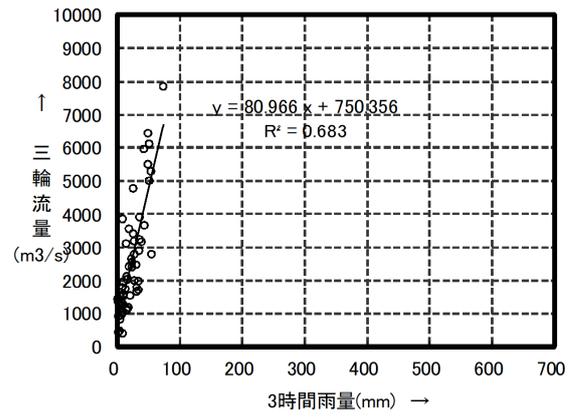
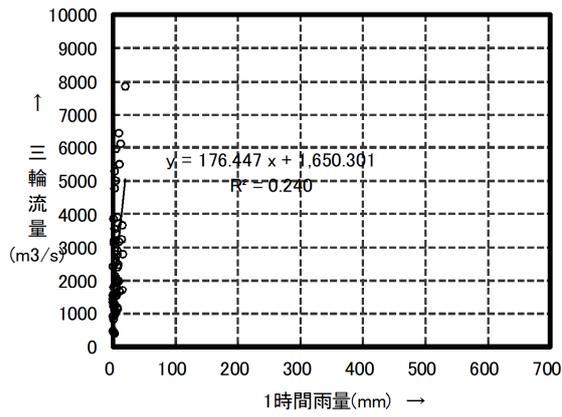


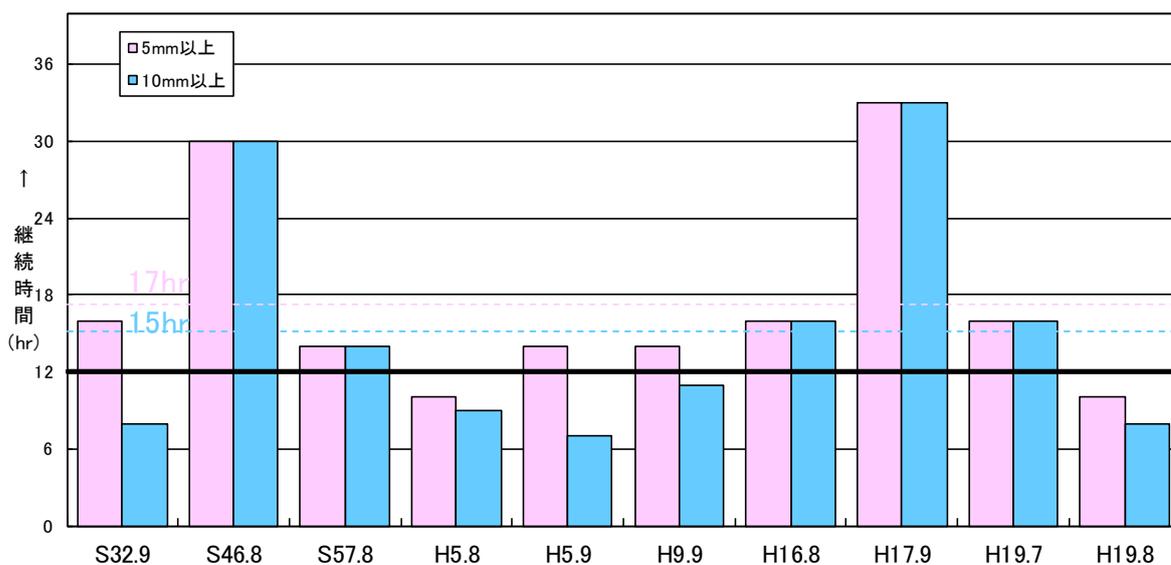
図 1.7(2) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図〔定義②〕

1.6.4 強い降雨強度の継続時間

ここでは強い降雨強度（5mm/hr 及び 10mm/hr）の継続時間を整理した。

対象洪水は、過去洪水（昭和 29 年～令和元年）のうち、基準地点三輪における実績ピーク流量の上位 10 洪水とした。

この結果、主要洪水における降雨量 5mm/hr の継続時間の平均値は 17 時間、降雨量 10mm/hr の継続時間の平均値は 15 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、15～17 時間でカバーできることがわかる。



注) 対象洪水は、三輪実績ピーク流量の上位10洪水による

図 1.8 強い降雨強度の継続時間（三輪上流流域平均雨量）

1.6.5 対象降雨の降雨継続時間の設定

時間雨量が観測され始めた昭和 29 年から令和元年までの雨量資料（66 年間）を整理し、五ヶ瀬川の降雨特性、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降雨継続時間は、12 時間と設定した。

- ・洪水到達時間の検討において、Kinematic Wave 法 8～16 時間（平均 11 時間）、角屋式 7～9 時間（平均 8 時間）となる。
- ・ピーク流量と相関の高い短時間雨量は 12 時間雨量である。
- ・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 15～17 時間である。
- ・上記結果を包絡できる時間として、計画降雨継続時間を 12 時間に設定。

また、気候変動の影響を考慮するため、1/100 降雨量の 341mm/12 時間に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じて得られた 375mm/12 時間を採用する。

表 1-6 1/100 確率規模降雨量

	三輪	備考
1/100 確率雨量 (S29-H22 標本)	341mm/12 時間	確率手法 SLSCO.04 以下 Jackknife 推定誤差最小値
気候変動を 考慮した降雨量	375mm/12 時間	341mm/12 時間×降雨量変化倍率 1.1

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を算定等も併せて実施した。

① Mann-Kendall 検定（定常／非定常性を確認）

昭和 29 年(1954 年)～平成 22 年(2010 年)および雨量データを一年ずつ追加し、令和元年(2019 年)までのデータを対象とした検定結果を確認したところ、非定常性は確認されなかった。

② 近年降雨までデータ延伸を実施

最新年（令和元年(2019 年)）まで時間雨量データを延伸し、水文解析に一般的に用いられる確率分布モデルによる 1/100 確率雨量から、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 1/100 確率雨量を算定した結果、基準地点三輪で 345mm/12hr となりデータ延伸による確率雨量に大きな差が無いことを確認した。

表 1-7 三輪地点 12 時間雨量 1/100 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点三輪			備考
		SLSC	確率1/100 12時間雨量 (mm)	Jackknife 推定誤差	
分布極値	一般化極値分布 Gev	0.028	377	30.7	
	グンベル分布 Gumbel	0.030	384	25.8	
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.040	451	40.9	
布マガ型分	対数ピアソンⅢ型分布(実数空間法) LP3Rs	0.030	341	23.1	採用
	対数ピアソンⅢ型分布(対数空間法) LogP3	—	—	—	
対数正規分布型	岩井法 Iwai	0.023	383	30.8	
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.028	356	23.4	
	対数正規分布3母数クオンタイル法 LN3Q	0.023	380	54.7	
	対数正規分布3母数(Slade II) LN3PM	0.028	355	23.2	
	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法) LN2LM	0.022	403	36.6	
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法) LN2PM	0.023	395	34.6	
	対数正規分布4母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—	—	

注: 時間雨量の統計範囲は昭和29年～平成22年
SLSC ≤ 0.040 の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

表 1-8 五ヶ瀬川水系 雨量確率計算結果（三輪地点：S29～H22年）
 （単位：mm）

項目	三輪地点 (12h雨量)											適合度の良い手法による平均値						
	毎 年 値											単純平均	小数点以下 切上げ					
	一般化極値分布	ガンベル分布	指数分布	平方根指数型 最大値分布	対数ピアソン III型分布	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 法)	対数正規分布 (オンタワ法)	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(LM))			2母数 対数正規分布 (LN2(PM))				
標本数	57											単純平均	小数点以下 切上げ					
最大値	341.6																	
1/2	154.7	153.9	142.2	149.4	158.6	153.8	157.6	153.8	157.6	153.8	157.8	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	154.5	155.0
1/3	184.0	183.0	172.7	179.5	188.8	182.9	186.5	182.9	186.5	182.9	186.8	182.6	182.6	182.6	181.9	181.9	183.9	184.0
1/5	216.2	215.4	211.2	215.9	219.7	215.3	217.0	215.3	217.0	215.3	217.2	216.8	216.8	216.8	215.2	215.2	216.3	217.0
確	256.2	256.2	263.4	265.7	254.6	255.8	253.1	254.7	253.1	254.7	253.1	254.7	253.1	253.1	257.5	257.5	256.7	257.0
1/20	293.9	295.3	315.6	317.8	284.3	294.5	285.9	293.0	285.9	293.0	285.6	303.2	303.2	303.2	298.7	298.7	295.2	296.0
1/30	315.4	317.8	346.2	349.7	300.0	316.8	304.1	315.0	304.1	315.0	303.7	328.0	328.0	328.0	322.6	322.6	317.3	318.0
1/50	342.0	346.0	384.7	391.5	318.2	344.8	326.3	342.6	326.3	342.6	325.7	359.6	359.6	359.6	352.9	352.9	345.0	345.0
1/80	366.1	371.7	420.1	431.6	333.8	370.5	346.2	367.9	346.2	367.9	345.4	388.9	388.9	388.9	381.0	381.0	370.3	371.0
1/100	377.4	383.9	436.9	451.2	340.8	382.7	355.5	380.0	355.5	380.0	354.6	402.9	402.9	402.9	394.5	394.5	382.4	383.0
1/150	397.8	406.0	467.4	487.8	353.0	405.0	372.2	402.0	372.2	402.0	371.1	428.6	428.6	428.6	419.1	419.1	404.3	405.0
1/200	412.2	421.7	489.1	514.6	361.2	420.9	384.0	417.6	384.0	417.6	382.6	447.1	447.1	447.1	436.8	436.8	419.9	420.0
1/400	446.4	459.4	541.3	581.6	379.9	459.5	411.9	455.7	411.9	455.7	410.1	492.4	492.4	492.4	480.0	480.0	457.7	458.0
1/500	457.3	471.6	558.1	604.0	385.6	472.1	420.8	468.1	420.8	468.1	418.9	507.2	507.2	507.2	494.2	494.2	470.0	470.0
S L S C	0.028	0.030	0.056	0.040	0.030	0.023	0.028	0.023	0.028	0.023	0.028	0.022	0.022	0.022	0.023	0.023		
S L S C H	0.055	0.057	0.086	0.079	0.052	0.054	0.052	0.055	0.052	0.055	0.052	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056		
相関係数(X)	0.991	0.989	0.963	0.973	0.993	0.989	0.992	0.989	0.992	0.989	0.992	0.986	0.986	0.986	0.987	0.987		
相関係数(Y)	0.997	0.997	0.966	0.997	0.995	0.997	0.995	0.997	0.995	0.997	0.995	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998		
推定誤差	30.7	25.8	30.4	40.9	23.1	30.8	23.4	54.7	23.4	54.7	23.2	36.6	36.6	36.6	34.6	34.6		

：精度の良い手法 (SLSC≦0.04)

：jackknife-推定誤差が最小となる手法

： W=1/100採用値

【 対数正規確率紙 】

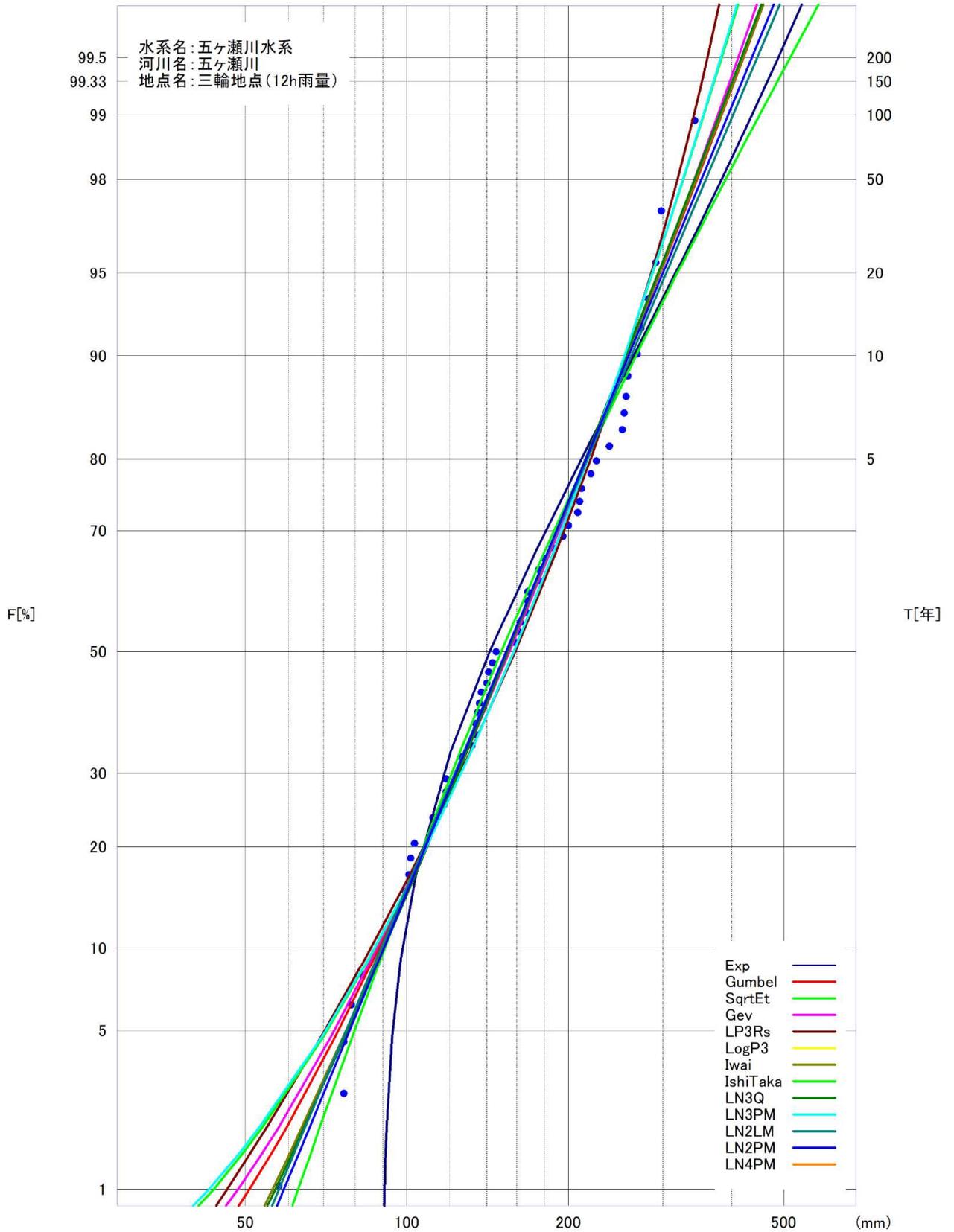


図 1.9 雨量確率計算結果（三輪地点、12 時間雨量、昭和 29 年～平成 22 年）

表 1-9 年最大 12 時間雨量一覽 (基準地点三輪)

No.	西曆	洪水年月日	12時間雨量(mm)	備 考
1	1954	S29年 9月 11日	280.6	
2	1955	S30年 9月 28日	237.4	
3	1956	S31年 9月 6日	98.7	
4	1957	S32年 9月 4日	256.2	
5	1958	S33年 4月 21日	76.1	
6	1959	S34年 8月 4日	174.9	
7	1960	S35年 8月 27日	100.9	
8	1961	S36年 10月 25日	252.1	
9	1962	S37年 8月 25日	131.7	
10	1963	S38年 8月 7日	141.4	
11	1964	S39年 9月 23日	219.4	
12	1965	S40年 8月 5日	140.9	
13	1966	S41年 9月 22日	167.7	
14	1967	S42年 6月 30日	125.6	
15	1968	S43年 9月 23日	199.0	
16	1969	S44年 8月 21日	161.1	
17	1970	S45年 8月 27日	137.2	
18	1971	S46年 8月 28日	254.4	
19	1972	S47年 7月 23日	116.8	
20	1973	S48年 7月 23日	95.6	
21	1974	S49年 9月 5日	194.0	
22	1975	S50年 6月 19日	92.5	
23	1976	S51年 9月 7日	158.2	
24	1977	S52年 8月 23日	144.1	
25	1978	S53年 7月 27日	125.5	
26	1979	S54年 10月 17日	136.2	
27	1980	S55年 9月 9日	185.7	
28	1981	S56年 7月 30日	135.2	
29	1982	S57年 8月 25日	251.4	
30	1983	S58年 7月 4日	78.8	
31	1984	S59年 8月 25日	118.3	
32	1985	S60年 8月 29日	118.3	
33	1986	S61年 8月 25日	111.9	
34	1987	S62年 10月 14日	89.6	
35	1988	S63年 5月 3日	133.8	
36	1989	H1年 7月 25日	207.8	
37	1990	H2年 6月 28日	165.5	
38	1991	H3年 8月 27日	134.1	
39	1992	H4年 8月 7日	179.2	
40	1993	H5年 8月 8日	295.7	
41	1994	H6年 8月 9日	82.3	
42	1995	H7年 9月 21日	146.4	
43	1996	H8年 7月 17日	162.2	
44	1997	H9年 9月 13日	289.0	
45	1998	H10年 10月 15日	210.1	
46	1999	H11年 7月 25日	176.0	
47	2000	H12年 9月 11日	101.4	
48	2001	H13年 6月 26日	110.7	
49	2002	H14年 7月 24日	168.0	
50	2003	H15年 8月 6日	209.4	
51	2004	H16年 8月 28日	272.4	
52	2005	H17年 9月 4日	341.6	
53	2006	H18年 8月 17日	225.3	
54	2007	H19年 8月 1日	266.8	
55	2008	H20年 6月 10日	103.4	
56	2009	H21年 11月 13日	57.8	
57	2010	H22年 6月 25日	76.1	
58	2011	H23年 9月 16日	182.4	
59	2012	H24年 9月 14日	182.6	
60	2013	H25年 10月 23日	140.6	
61	2014	H26年 10月 11日	144.1	
62	2015	H27年 8月 23日	207.1	
63	2016	H28年 9月 18日	171.9	
64	2017	H29年 9月 15日	259.3	
65	2018	H30年 9月 28日	196.7	
66	2019	R1年 8月 5日	97.9	

1.6.6 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に流出計算モデル（貯留関数法）を作成し、流域の過去の主要洪水における降雨分布特性により、モデルの定数（ k 、 p ）を同定した。

貯留関数法の基礎式は次に示す。

なお、五ヶ瀬川流域の土地利用状況としては、既定計画の策定当時と比較して、土地利用の大きな変化は見られないが、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するとともに、支川北川の霞堤は、関係機関等により保全がなされている現況を考慮し、地形条件として流出計算モデルに反映させた。

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、

$$\sum r(t) \leq R_0 \quad \text{の場合、} f(t) = 0.0$$

$$R_0 < \sum r(t) < R_0 + R_{sa} \quad \text{の場合、} f(t) = f1$$

$$\sum r(t) > R_0 + R_{sa} \quad \text{の場合、} f(t) = 1.0$$

$$\text{ここで、} R_{sa} = \frac{(R_{sum} - \frac{Q_{sum}}{1000 \cdot A})}{(1-f1)}$$

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 (m^3/s) , A : 流域面積 (km^2)

$\sum R(t)$: 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, $Q_{ca}(t)$: 流域からの流出量 (m^3/s)

Q_{bt} : 基底流量(m^3/s)

を表す。

河道区間の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

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

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

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

$S_1(t)$: みかけの河道貯留量((m^3/s) \cdot 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

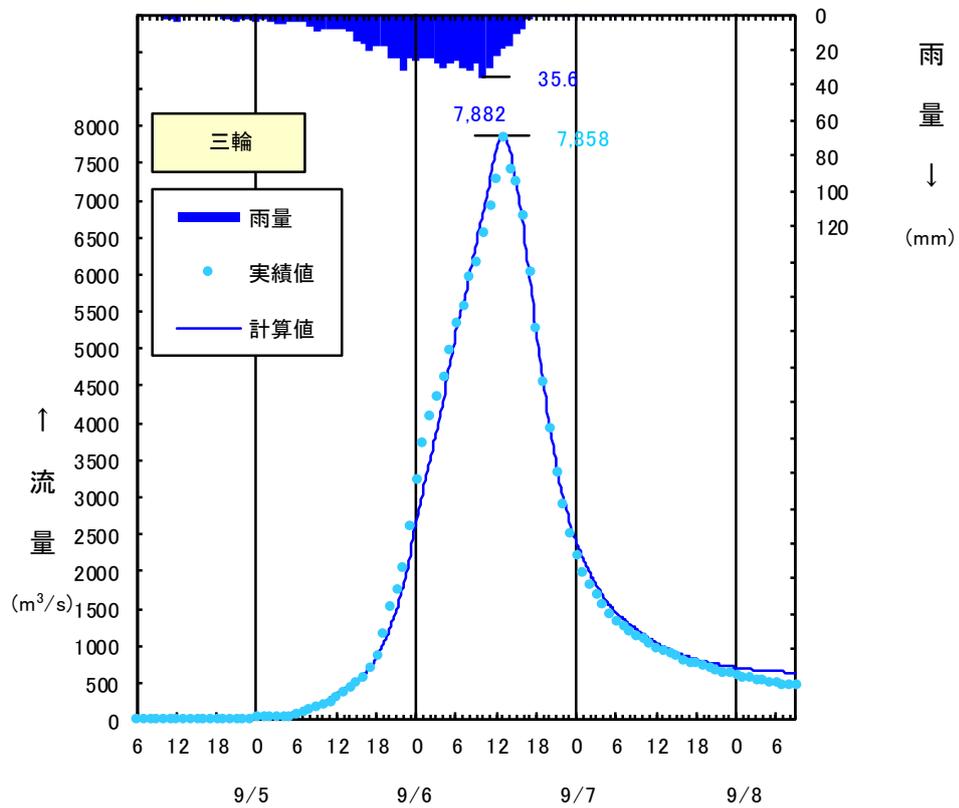


図 1-10 平成 17 年 9 月洪水再現計算結果 (三輪地点)

1.6.7 モデルの分割

構築した流出モデルの模式図を図 1.11 に示す。

流出モデルは、以下の考え方をもとに流域、河道の分割を行い、流域は 37 分割（図 1.12 参照）、河道は 24 分割とした。

- ・ 基準地点、主要地点、主要支川
- ・ 洪水調節施設
- ・ 内水地区、自然流出域
- ・ 降雨特性及び流出特性
- ・ 全体的な流域分割面積のバランス
- ・ 各流域の面積は流域での貯留関数適用性に無理の生じない流域面積である“100km²前後”
- ・ 河道は本川、支川での貯留量が大きい区間及び、上流部において河床勾配が大きく貯留量は小さいものの、河道延長による遅れが見込まれる区間

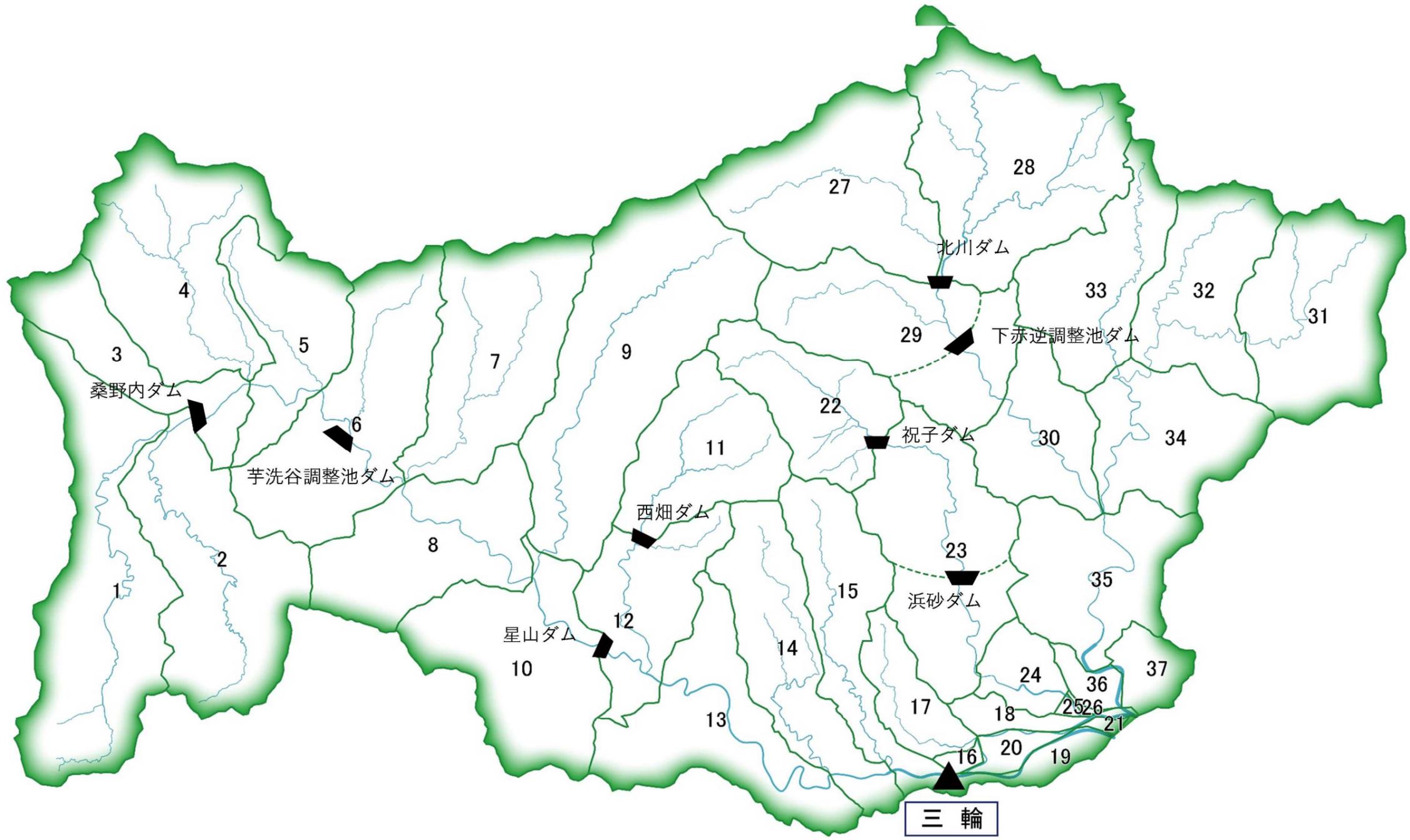


图 1.12 五ヶ瀬川流域分割図

表 1-10 モデル分割諸元表

河川名	流域 No	流 域 名	流域面積 (km ²)	基準地点・主要地点等	摘 要
五 ヶ 瀬 川	1	本 川 上 流 域	108.0		
	2	三ヶ所川流域	84.0	桑野内ダム上流域 (No. 1~No. 2) 192.0km ²	
	3	神働川等流域	39.2		
	4	川走川流域	84.5		
	5	河内川等流域	46.1	米糸地点上流域 (No. 1~No. 5) 361.8km ²	
	6	高千穂流域	81.7		
	7	岩戸川流域	74.9		
	8	秋元川等流域	64.1		
	9	日之影川流域	117.5		
	10	星山ダム残流域	72.7	星山ダム上流域 (No. 1~No. 10) 772.7km ²	
	11	西畑ダム流域	50.5		
	12	網瀬川等流域	45.5		
	13	北 方 流 域	68.9		
	14	曾木川流域	48.1		
	15	細見川等流域	58.4	三輪地点上流域 (No. 1~No. 15) 1044.1km ²	
	16	三輪下流左岸内水域	1.9		
	17	行 藤 川 流 域	21.8		
	18	五ヶ瀬川左岸内水域	7.7		
	19	大瀬川右岸内水域	9.0		
	20	延岡内水域	4.8		
	21	鷺島内水域	1.0	三輪地点下流残流域 (No. 16~No. 21) 46.2km ²	
祝 子 川	22	祝子ダム流域	50.1		
	23	祝子川中流域	74.1	佐野地点上流域 (No. 22~No. 23) 124.2km ²	
	24	祝子川下流域	12.5	祝子橋上流域 (No. 22~No. 24) 136.7km ²	
	25	祝子川右岸内水域	0.8		
	26	祝子川左岸内水域	0.3	祝子橋下流残流域 (No. 25~No. 26) 1.1km ²	
北 川	27	中 岳 川 流 域	77.8		
	28	市国川等流域	100.2	北川ダム流域 (No. 27~No. 28) 178.0km ²	
	29	桑原川等流域	77.8		
	30	屋形原等流域	41.6		
	31	小 川 上 流 域	56.8		
	32	小 川 中 流 域	55.4	松瀬地点上流域 (No. 31~No. 32) 112.2km ²	
	33	鑑 川 流 域	56.3		
	34	小 川 下 流 域	53.1	熊田地点上流域 (No. 27~No. 34) 519.0km ²	
	35	北 川 中 流 域	53.0	川島橋上流域 (No. 27~No. 35) 572.0km ²	
	36	北川下流右岸内水域	5.6		
	37	北川下流左岸内水域	14.3	川島橋下流残流域 (No. 36~No. 37) 19.9km ²	
—	全流域 (河口)	1820.0			

1.7 定数の設定

1.7.1 流域定数の設定

(1) f1、Rsa の設定

1) 定数設定の考え方

五ヶ瀬川流域における f1、Rsa の検討は、過去からの流量データが存在する基準地点：三輪地点で定数を設定することとした。三輪地点上流域内には、桑野内ダム等のダム上流域を含んでいるが、既往洪水においてダムにおける貯留はほとんど見られないため、三輪地点ではほぼ自然流況と考えられる。

なお、桑野内ダム、日之影、西畑ダム地点においても流量データは存在するが検討対象洪水については欠測データが多いため除外するものとした。

検討にあたっては、各洪水のハイドログラフから基底流出と表面流出の成分分離を行った。次に成分分離の結果から、各地点の総降雨量と総流出高の関係を整理し、f1、Rsa の設定を行った。

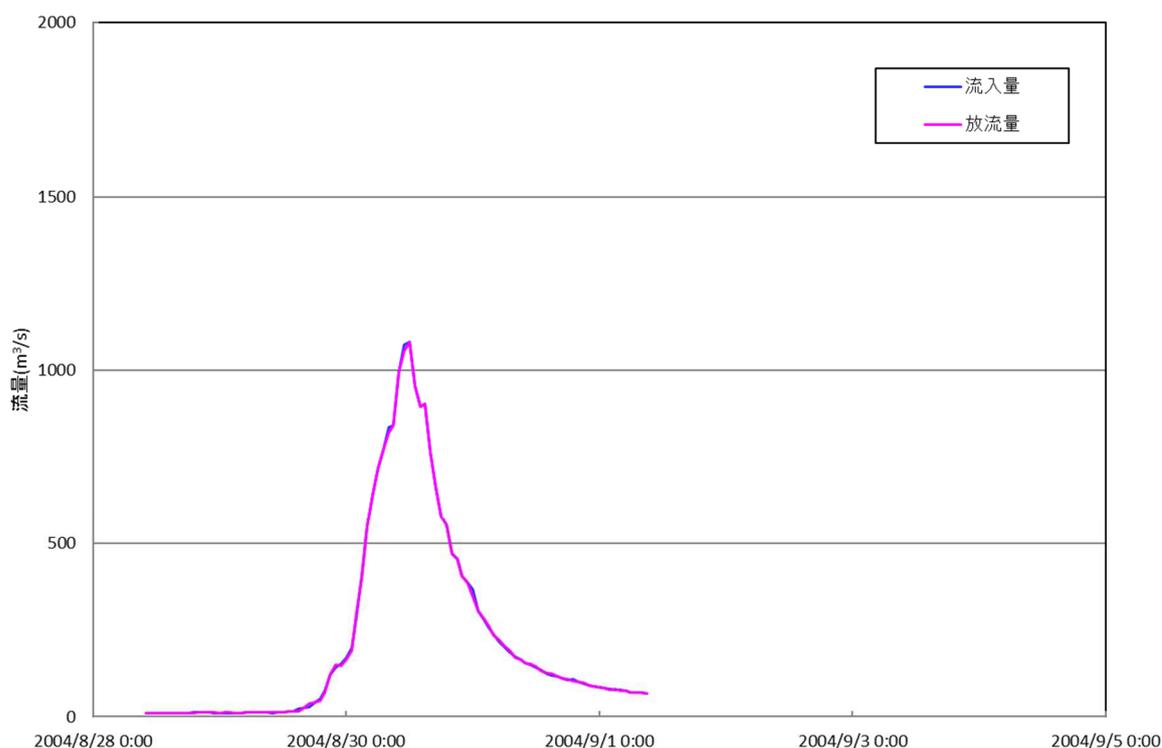


図 1.13 桑野内ダム流入量、放流量（平成 16 年 8 月洪水）

表 1-11 検討対象洪水における実績流量データ存在状況表

No	洪水名	実績流量データ存在状況 (○：データ有、▲：一部欠測、×：データ無)									
		三輪		桑野内ダム		日之影		西畑ダム		星山ダム	
		データ	ピーク 流量 (m ³ /s)	データ	ピーク 流量 (m ³ /s)	データ	ピーク 流量 (m ³ /s)	データ	ピーク 流量 (m ³ /s)	データ	ピーク 流量 (m ³ /s)
1	S32年9月7日	○	4781.0	○	721.5	×	0.0	×	0.0	×	0.0
2	S46年8月30日	○	5499.6	○	755.2	×	0.0	▲	618.0	○	3435.0
3	S57年8月27日	○	5000.1	○	963.6	○	1395.2	▲	592.9	○	2972.2
4	H5年8月10日	○	6441.2	○	949.0	○	1450.7	▲	633.3	○	4617.0
5	H5年9月3日	○	4268.1	○	948.8	○	839.7	▲	783.0	○	2570.0
6	H9年9月16日	○	5953.2	○	986.0	▲	1311.3	○	633.6	○	3868.7
7	H16年6月21日	○	1678.2	○	99.7	×	0.0	▲	353.6	○	804.5
8	H16年8月30日	○	6116.4	○	1081.7	×	0.0	○	607.0	▲	4001.0
9	H16年9月7日	○	3562.6	○	768.2	×	0.0	○	403.1	○	2661.8
10	H16年9月29日	○	2247.5	○	325.4	×	0.0	○	430.6	▲	1644.4
11	H16年10月20日	○	2482.4	○	440.1	×	0.0	○	331.7	○	1663.3
12	H17年9月6日	○	7858.1	○	1550.0	×	0.0	▲	703.5	○	6300.0
13	H18年8月18日	○	2794.7	▲	369.5	×	0.0	▲	467.5	○	1852.4
14	H19年7月12日	○	4434.6	▲	618.1	×	0.0	▲	493.9	○	2316.2
15	H19年8月1日	○	5287.1	▲	416.2	×	0.0	▲	961.9	○	3049.5
16	H20年6月12日	○	904.8	○	252.5	×	0.0	○	73.7	○	713.2
17	H20年9月29日	○	851.1	×	0.0	×	0.0	×	0.0	×	0.0
18	H21年7月22日	○	438.8	▲	23.5	×	0.0	▲	15.3	▲	419.6
19	H21年11月13日	○	311.4	×	0.0	×	0.0	▲	103.9	▲	105.4
20	H22年6月26日	○	474.2	○	75.6	×	0.0	▲	133.2	○	298.5
21	H23年6月20日	○	1725.2	▲	386.0	×	0.0	▲	118.7	○	1630.2
22	H23年9月20日	○	2795.7	▲	558.6	×	0.0	▲	415.2	▲	1693.5
23	H24年9月16日	○	1989.7	▲	408.6	×	0.0	▲	295.1	○	1485.5
24	H25年10月24日	○	0.0	▲	371.3	×	0.0	×	0.0	○	980.5

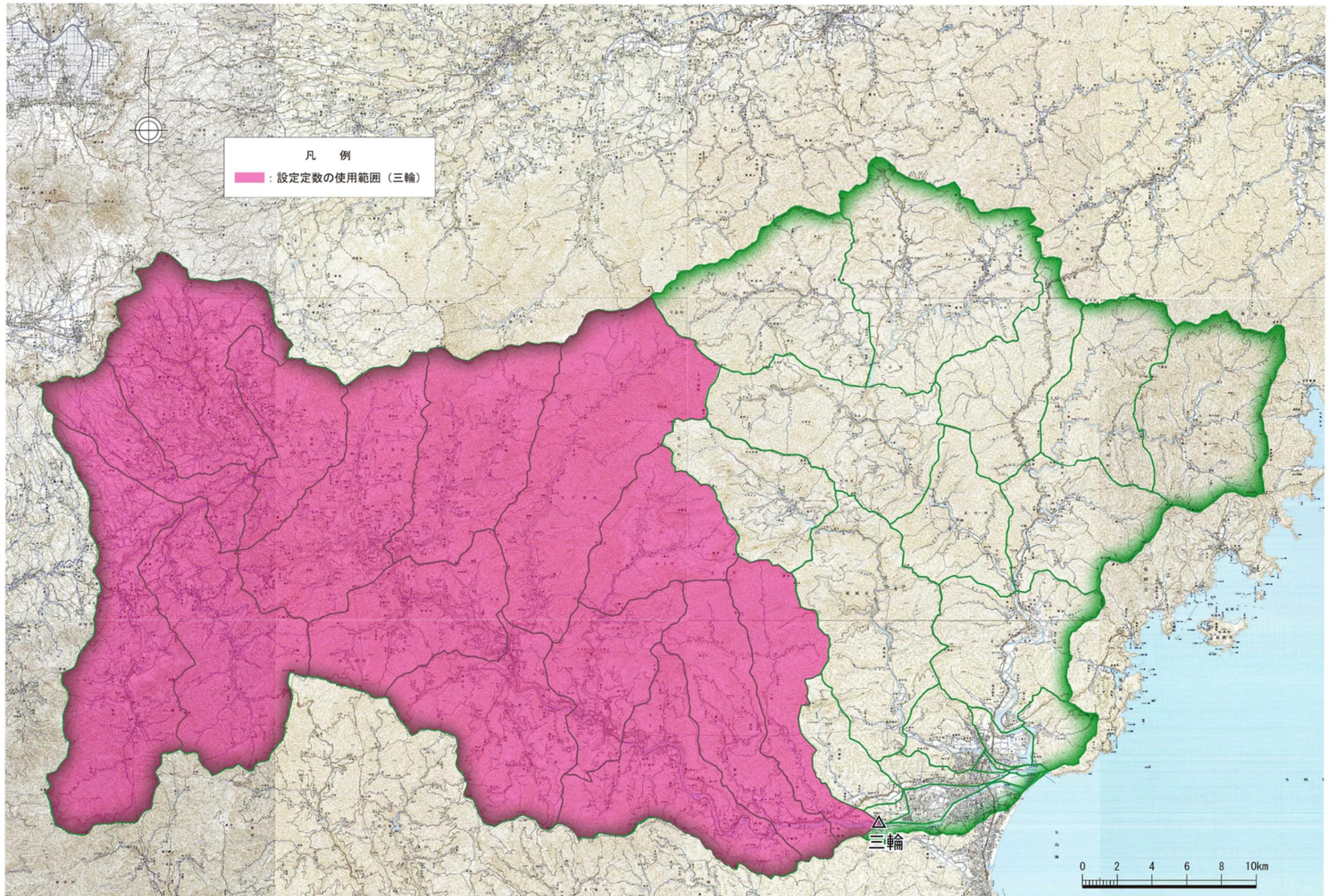


図 1.14 f1、Rsa 検討対象流域

2) 検討対象洪水の考え方

f1、Rsa の検討では、各洪水の総雨量-総流出の関係から、流出率が1となる雨量（飽和雨量）を求める必要がある。そのためには、総雨量-総流出の大きな洪水及び比較的小さな洪水を選定する必要があることから、以下の考え方により対象洪水を選定した。

①基準地点三輪における実績ピーク流量の上位10洪水

総雨量-総流出が大きいと思われる洪水

②近年10カ年において、主要地点（松山、三ツ瀬）のいずれかではん濫注意水位相当まで水位が到達した洪水もしくは年最大水位を記録した洪水

総雨量-総流出が比較的小さいと思われる洪水を含む洪水

以上の考え方により、①にて選定した10洪水に②の条件に該当する洪水を追加で10洪水を選定し、計20洪水を対象とした。（表1-12参照）

表 1-12 f1、Rsa の検討対象洪水一覧表

No	洪水名	対象洪水	
		三輪地点における 実績ピーク流量上位10洪水	近年10カ年において主要な地点 （松山、三ツ瀬）ではん濫注意水 位相当まで水位が到達した洪水も しくは年最大水位を記録した洪水
1	S32年9月7日	○	
2	S46年8月30日	○	
3	S57年8月27日	○	
4	H5年8月10日	○	
5	H5年9月3日	○	
6	H9年9月16日	○	
7	H16年8月28日	○	
8	H17年9月4日	○	
9	H19年7月12日	○	
10	H19年8月1日	○	
11	H22年6月26日		○
12	H23年9月20日		○
13	H24年9月17日		○
14	H25年10月24日		○
15	H26年10月13日		○
16	H27年8月25日		○
17	H28年9月20日		○
18	H29年9月17日		○
19	H30年9月30日		○
20	R1年8月6日		○
合計	-	10	10

3) 流出成分の分離

流域定数の設定を行う上で、実績流量のハイドログラフをもとに流出成分を分離し、流域定数解析等の洪水ごとに f1、Rsa 検討地点を対象に、ハイドログラフの低減部の指数低減性を利用する方法によって、直接流出成分と間接流出成分の分離を行い、各時刻の直接流出と基底流量を求めた（図 1.15 参照）。

一般に、ハイドログラフの低減部を片対数紙に描き、3本の直線で「表面流出成分」、「中間流出成分」、「地下水流出成分」を近似すると、洪水の終わりから1つ目の折れ点が中間流出の終了時点と考えられている。五ヶ瀬川では、流域の98%が自然地形（森林・水田等）であることから（図 1.16 参照）、表面流出成分のほかに、側方浸透流（中間流出成分）、地下水流出成分に別れて流出過程をとると想定される。従って、五ヶ瀬川ではピーク流量時点以降の流量変化を基本3本の直線で分離し、洪水の終わりから1つ目の折れ点を直接流出の終了点とした（平成17年9月洪水の成分分離結果を図 1.17 に整理）。

初期損失雨量の設定については、洪水の立ち上がり以前の洪水は初期損失雨量として取り扱い、総雨量に含めないものとして整理した。

各洪水で成分分離を行った結果を表 1-13 に示す。

f1等解析地点ごとに、流域定数解析洪水ごとに、直接流出開始以前の降雨を初期損失雨量(R0)と設定。各f1等解析地点における各流域定数解析洪水において、降り始めからR0分の雨量を控除して総降雨量を求める。

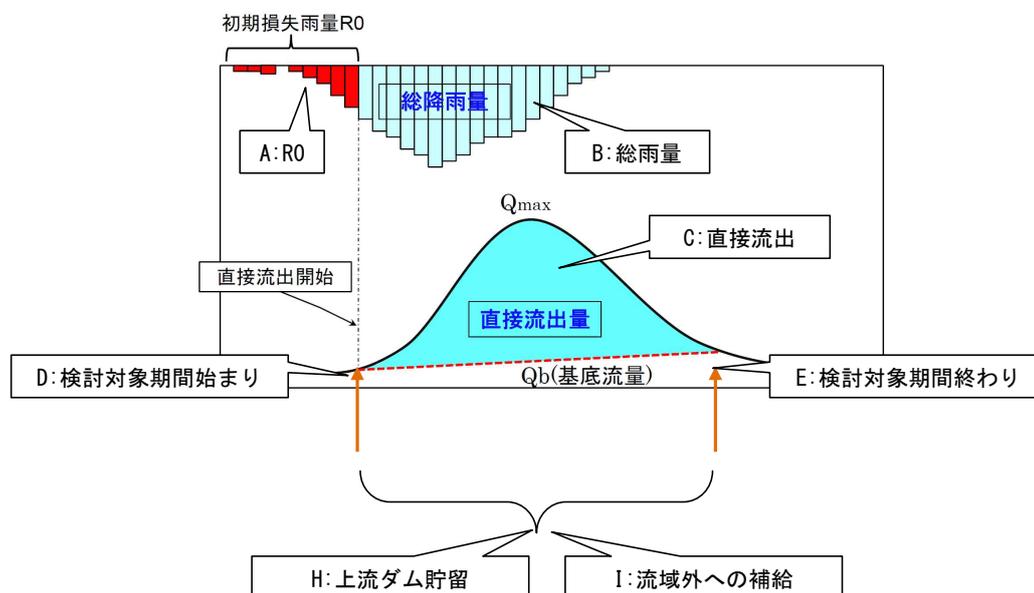


図 1.15 成分分離の概念図

凡例

- 森林
- 田
- その他の農用地
- 荒地
- 建物用地
- 道路
- 鉄道
- その他の用地
- 河川および湖沼
- 海浜
- 海水域
- ゴルフ場

※国土数値地図において、田・その他の農用地・ゴルフ場を水田・畑地等（黄色）、建物用地・幹線交通用地を宅地等市街地（赤色）、森林・荒地・その他の用地・河川地及び湖沼・海水域を山地等（緑色）として取り扱っている。

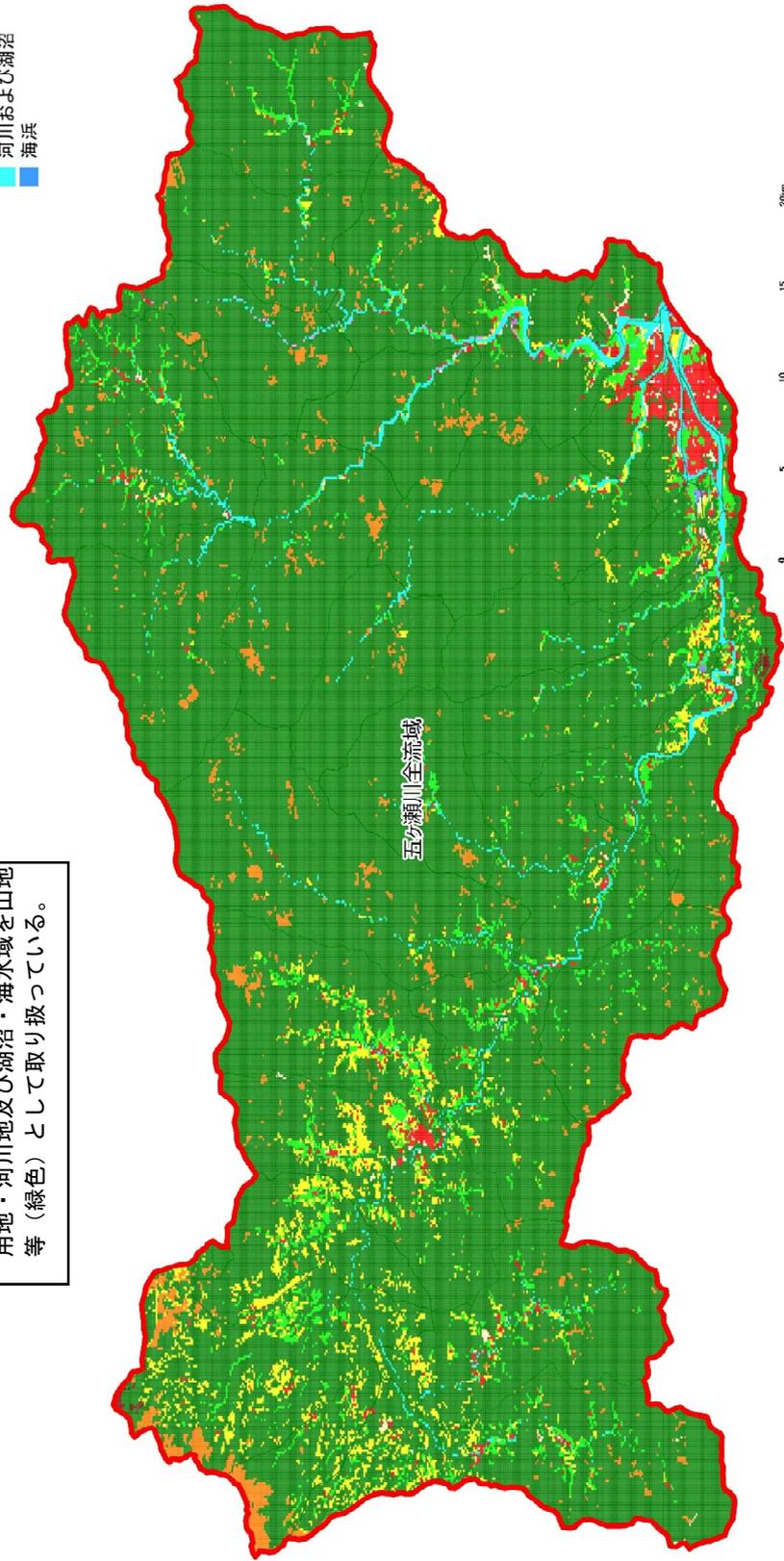


図 1.16 土地利用図（※国土数値情報 H28 より整理）

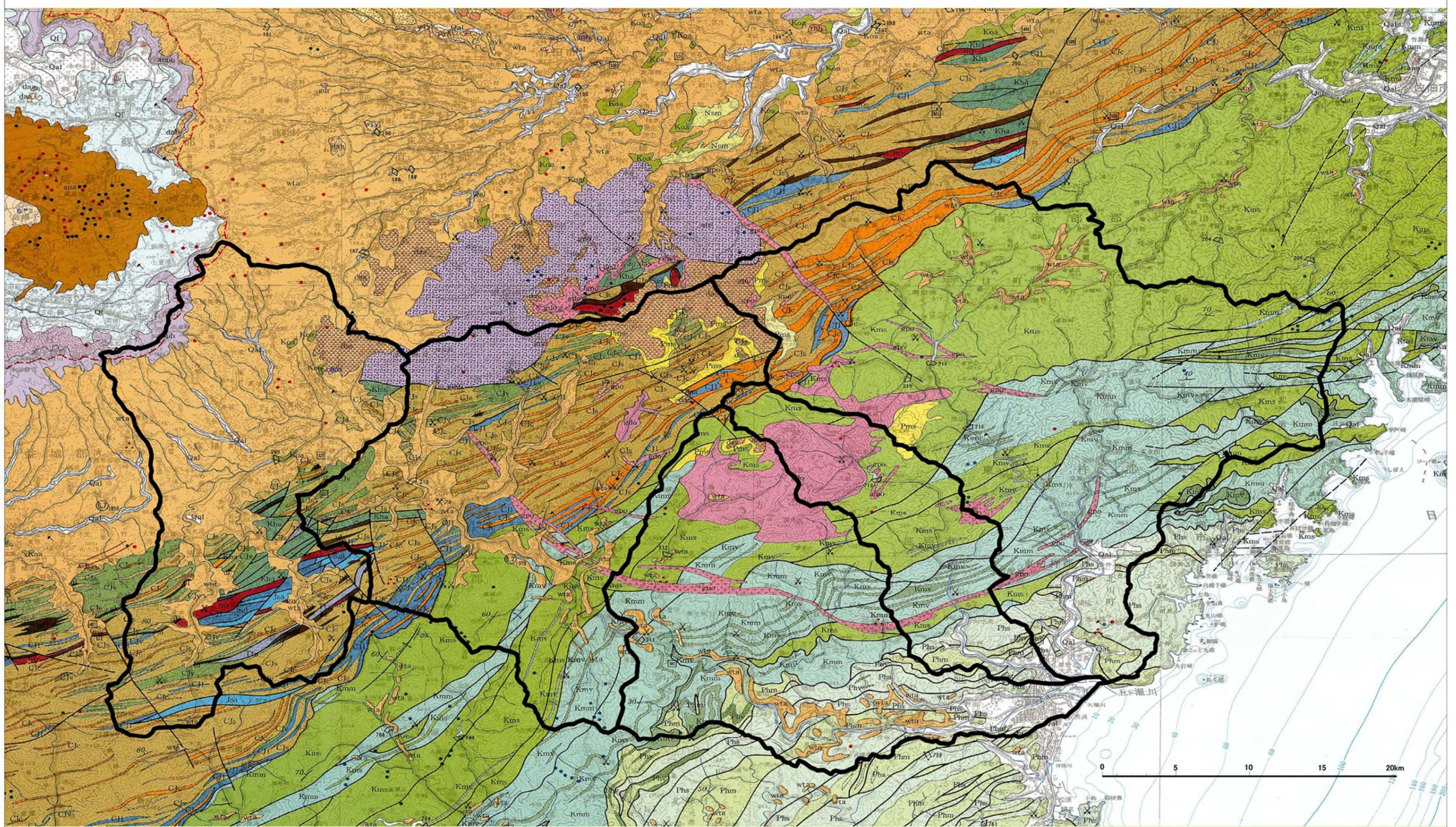


図 1.17(1) 五ヶ瀬川流域地質図

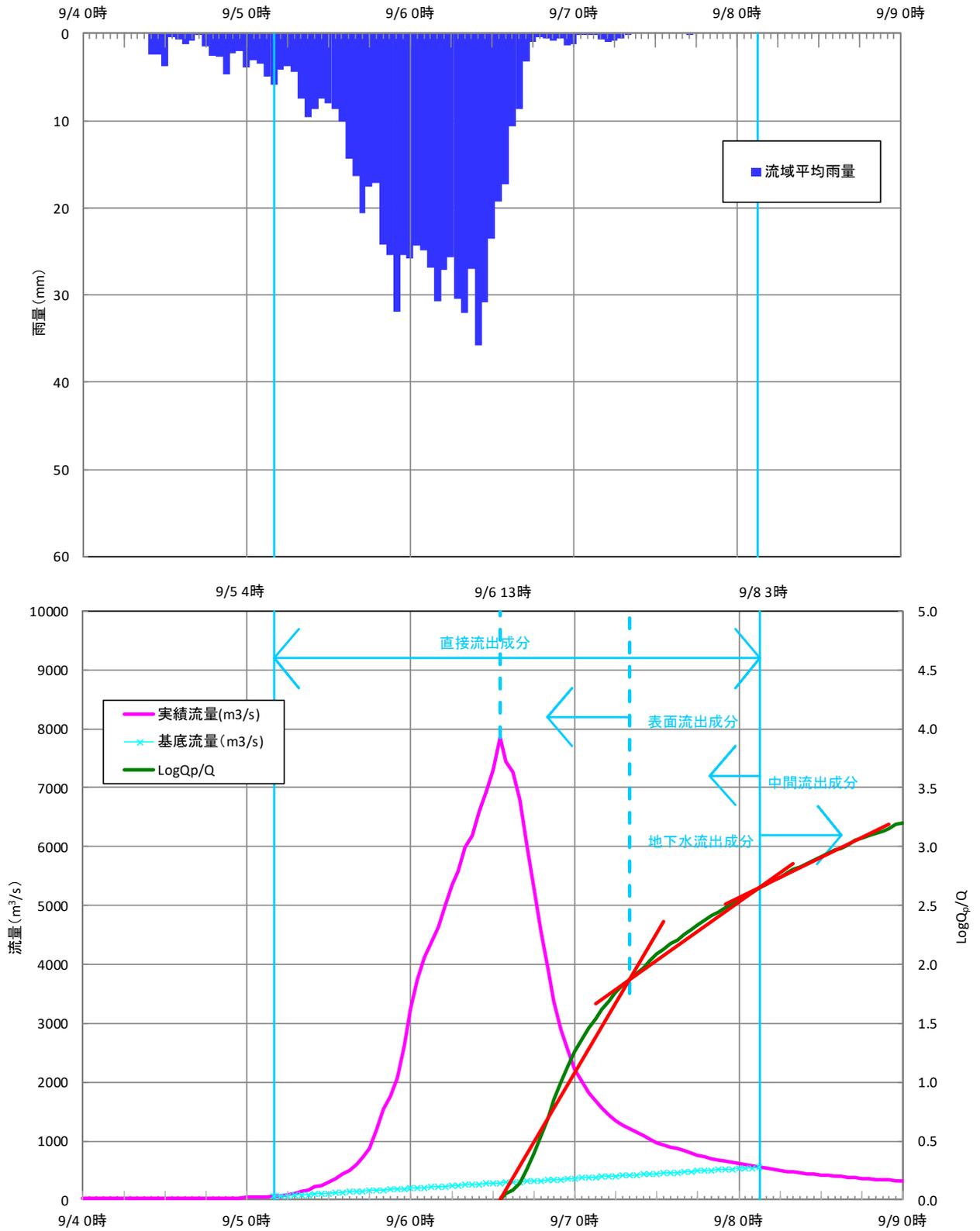


图 1.18 成分分離結果 (三輪地点 : H17.9 洪水)

表 1-13 総雨量～総流出高算定結果

洪水名	総雨量・総流出高	
	総雨量 (mm)	総流出高 (mm)
S32. 9. 7	296. 2	154. 2
S46. 8. 30	453. 7	259. 8
S57. 8. 27	401. 9	219. 1
H5. 8. 10	323. 0	189. 2
H5. 9. 3	188. 4	114. 9
H9. 9. 16	386. 7	221. 3
H16. 8. 30	354. 1	237. 5
H17. 9. 6	697. 7	512. 7
H19. 7. 14	373. 5	254. 4
H19. 8. 2	210. 6	93. 3
H22. 6. 26	81. 3	16. 5
H23. 9. 20	193. 1	116. 6
H24. 9. 17	215. 5	130. 3
H25. 10. 24	263. 5	82. 0
H26. 10. 13	217. 7	122. 6
H27. 8. 25	159. 1	53. 5
H28. 9. 20	187. 6	87. 7
H29. 9. 17	242. 1	120. 0
H30. 9. 30	176. 1	122. 3
R1. 8. 6	140. 0	41. 9

4) 計画 f1、Rsa の検討

流出率 f1 および飽和雨量 Rsa は次に述べる方法により算出を行った。

- ①1) にて設定した地点の成分分離の結果と流域平均雨量を用いて、総降雨量 R(mm) と総流出高 q(mm) をプロット。
- ②Rsa を仮定して、総雨量が Rsa より小さい点群について、その座標と原点を結ぶ直線の傾きの平均値 f1 としたときに、総雨量が Rsa より大きい点群について、総降雨量と総流出高の差の平均値が $Rsa \times (1-f1)$ となることを満足するよう、Rsa を変化させて平均的な Rsa を算出。
- ③累加雨量が飽和雨量を上回った後の流出率（飽和流出率）は、1 とする。

f1、Rsa 検討地点は 1) にて設定した三輪地点とした。

総降雨量 R(mm) と総流出高 q(mm) 関係図 (図 1.19) を基に設定した f1、Rsa は表 5.4.3 に示すとおりである。各洪水の再現にあたっては、f1 は本検討により得られた計画 f1 を使用し、Rsa は各洪水で検討した数値を採用する。

表 1-14 計画 f1、Rsa 設定結果

地点	一次損失雨量		二次損失雨量		備考
	f1	Rsa	f2	Rsa	
三輪	0.47	290	1.00	-	

Rsa	290
f1	0.47
$Rsa \cdot (f2-f1)$	154
総雨量と総流出高の差の平均値	155

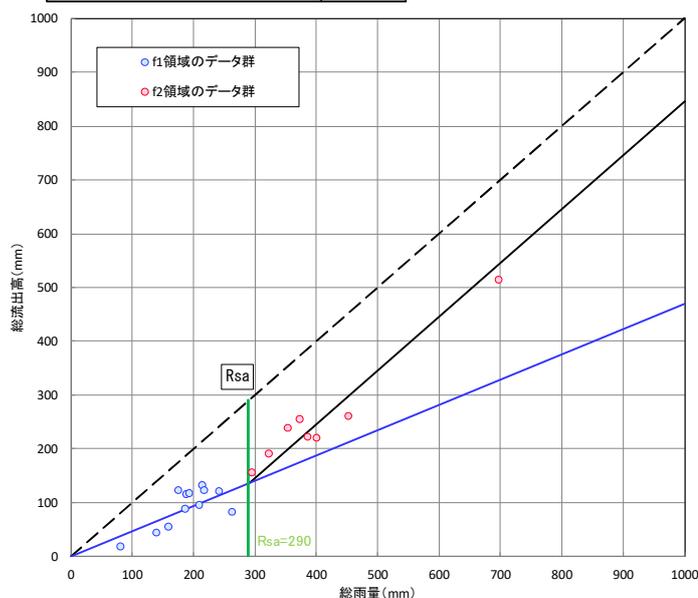


図 1.19 総雨量と総流出高の関係（三輪地点）

(2) K、P、TI の設定

1) 代表地点における K、P、TI の算出

流出計算に用いる K、P、TI の設定は、上流域の降雨量と当該地点での流出量の関係が把握可能な地点で行う必要がある。五ヶ瀬川において自然流況を把握可能な地点は三輪地点である。そこで、三輪地点において定数を設定し、流路延長や勾配などの地形特性を考慮した関係式から上流の定数設定を行った。



図 1.20 K、P、TL 検討対象地点

高水検討の定数設定においては計画規模相当のピーク流量を対象とすることから、K、P、T1 は過去洪水の中で基本高水のピーク流量規模相当の降雨量と流出量との関係から得ることが望ましい。一方で基準地点の基本高水のピーク流量等を決定するため、基準地点三輪における主要洪水の洪水特性を踏まえた設定をする必要があると考えられる。

そのため、前述の三輪地点において下記の洪水を対象に貯留高 s と流出高 q の関係を整理し、K、P、T1 を算出した。

【対象洪水について】

三輪地点における実績ピーク流量の上位 5 洪水を対象とした。

三輪地点における対象洪水を整理した結果は表 5.4.4 に示す通りであり、以下の理由から、K、P については、三輪地点において最大流量を記録した洪水の定数を用い、T1 については、対象洪水の平均値を用いることとした。

流域の斜面勾配や土地利用等に大きく起因する K、P は過去の実績洪水を基に概ね推定することができる。しかし、T1 は各小流域における流末での流出時間に影響するものであり、基準地点等のピーク流量はこれらの合流のタイミング (T1 の組合わせ) によって定まることから、一概に決定することは困難である。

表 1-15 K、P、T1 検討対象洪水一覧 (三輪地点)

No	洪水年月日	実績流量		備考
		ピーク流量 (m^3/s)	順位 ^{注)}	
1	S46. 8. 30	5500	5	
2	H 5. 8. 10	6441	2	
3	H 9. 9. 16	5953	4	
4	H16. 8. 30	6116	3	
5	H17. 9. 6	7858	1	

注) 選定対象洪水における、三輪地点ピーク流入量の大きい順に評価

K、P、T1 は代表地点の流量と流域平均雨量を用いて、貯留高-流出高関係図から解析を行うことで算出した。具体的には貯留高と流出高を両対数でプロットして貯留高-流出高関係図を作成し、T1 を少しずつ変化させ、最もループが小さくなる T1 を求めた。求めた T1 によって両対数でプロットした貯留高-流出高関係図を直線近似し、切片を K、傾きを P とした。

三輪地点において既往最大流量である平成 17 年 9 月出水に対して、貯留高-流出高関係図を整理したところ、図に示すように T1 別の貯留高-流出高関係図より最もループが小さくなる T1 は 240 分となった。その中で流域定数 P については、図の貯留高-流出高関係図から 0.56 となり、既往モデルの設定値 0.6 とほぼ一致した。このため、物理学的な観点や定数の頑健性等を考慮し、既往モデルの設定値 P=0.60 を採用することとした。

なお、K の値は貯留高-流出高関係図から、直線近似を用いて K=24.06 と設定した。

$$s_{(t)} = \sum_{T=0}^{T=t} r_{ave} \times f - \sum_{T=0}^{T=t} q$$

$$q = \frac{3.6}{A} (Q - Q_b)$$

s : 貯留高 (mm)

r_{ave} : 流域平均時間雨量 (mm/hr)

q : 1 時間の直接流出高 (mm/hr)

f : 直接流出開始後の累積降雨が R_{sa} に達するまでは f_1 、達した後は 1.0

Q : 実績流量 (m^3/s)

Q_b : 基底流量 (m^3/s)

A : 流域面積 (km^2)

代表地点において K、P、T1 を算出した結果を表 1-16、図 1.21 に示す。

表 1-16(1) K、P、T1 の設定結果

地点	定数設定結果			備考
	K	P	TL (分)	
三輪	24.06	0.60	220	

表 1-16(2) 流域定数 (K、P、TL) 設定結果 (三輪地点)

No	洪水年月日	実績流量		定数設定ケース別 対象洪水		流域定数			基準地点三輪における 実績流量規模順位	備考
		ピーク流量 (m^3/s)	順位 ^{注1)}	A	B	K	P	T1 (分)		
1	S46. 8. 30	5500	5		○	33. 32	0. 50	190	既往第5位	
2	H 5. 8. 10	6441	2		○	12. 77	0. 65	200	既往第2位	
3	H 9. 9. 16	5953	4		○	19. 82	0. 51	240	既往第4位	
4	H16. 8. 30	6116	3		○	19. 61	0. 57	230	既往第3位	
5	H17. 9. 6	7858	1	○	○	24. 06	0. 60	240	既往第1位	
ケースA：三輪地点実績ピーク流量最大洪水における流域定数						24. 06	0. 60	240	-	H17. 9. 6洪水
ケースB：対象全洪水の流域定数の平均値						21. 91	0. 57	220	-	

注1) 選定対象洪水における、三輪地点ピーク流量の大きい順に評価

今回検討における採用値

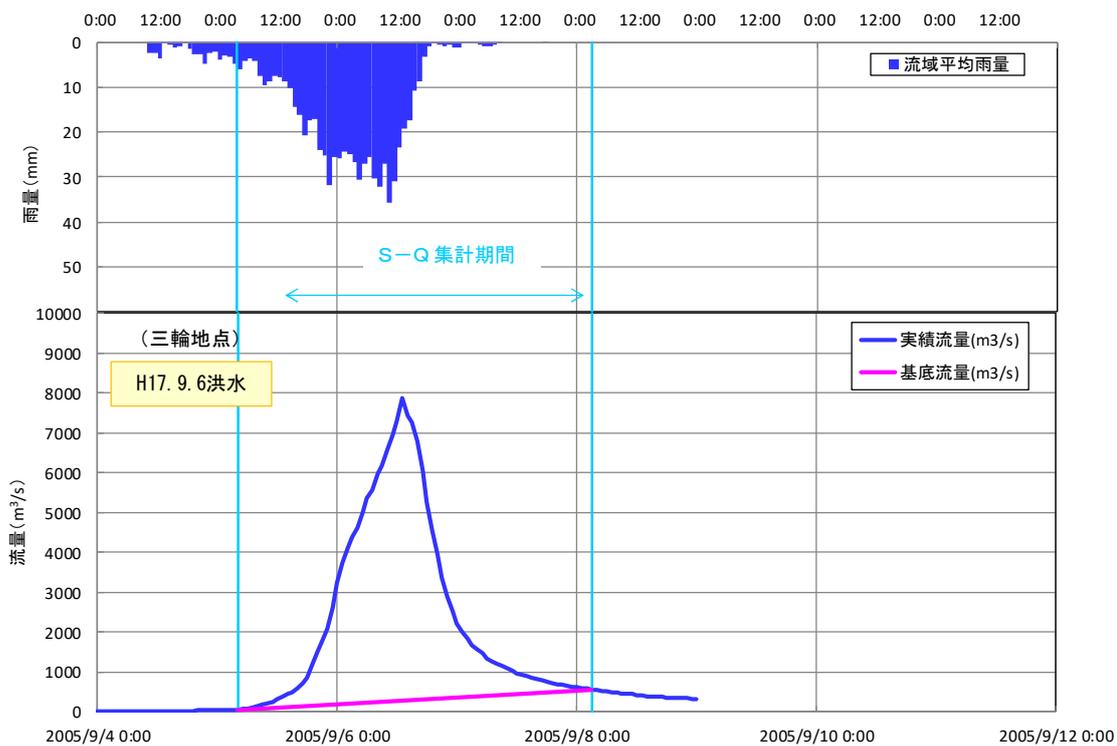


図 1.21 流域定数 K, P 設定洪水の実績波形図 (三輪地点)

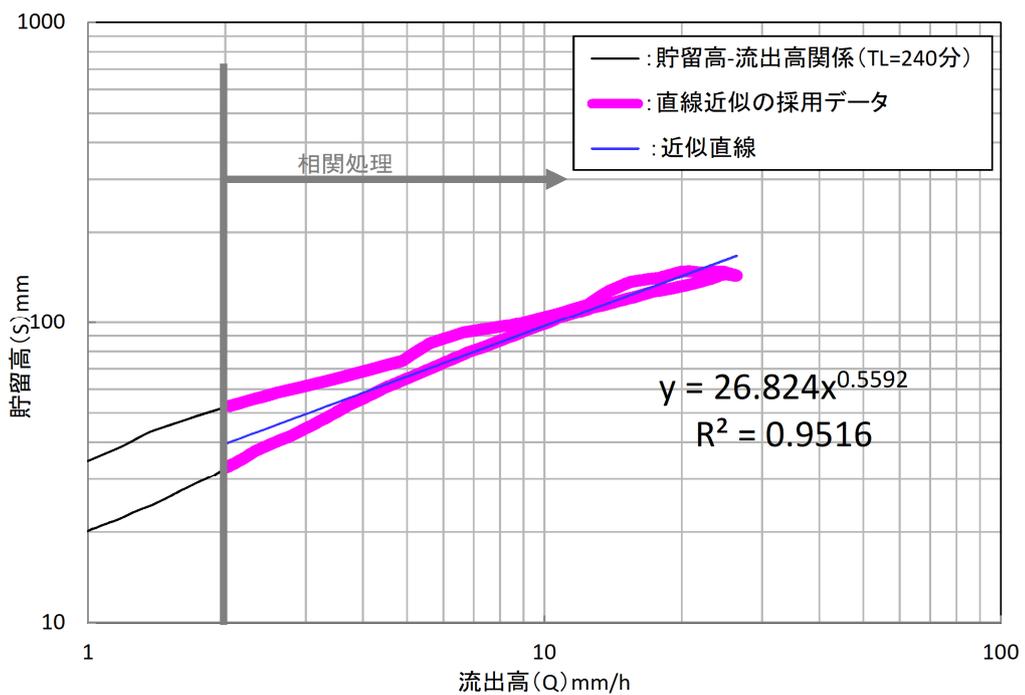
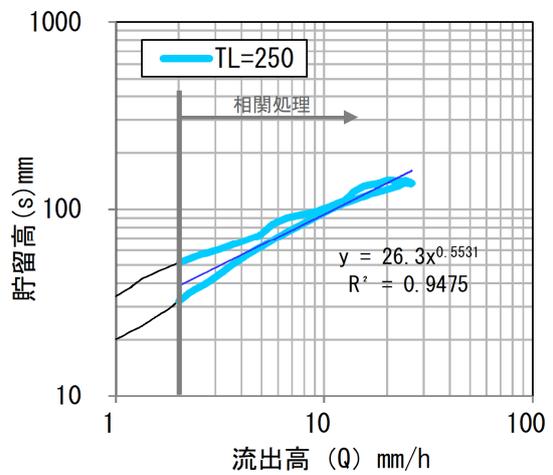
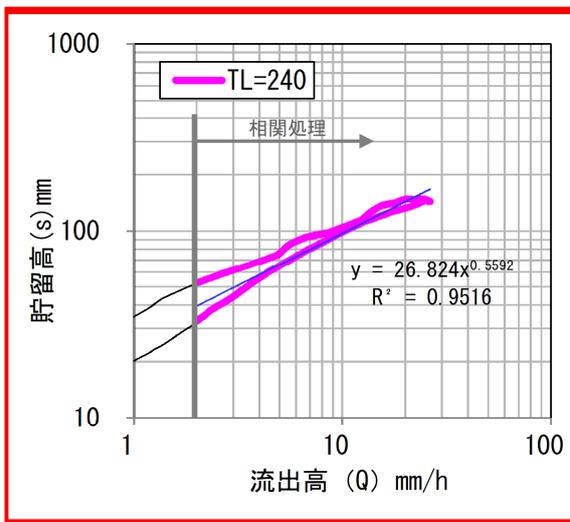
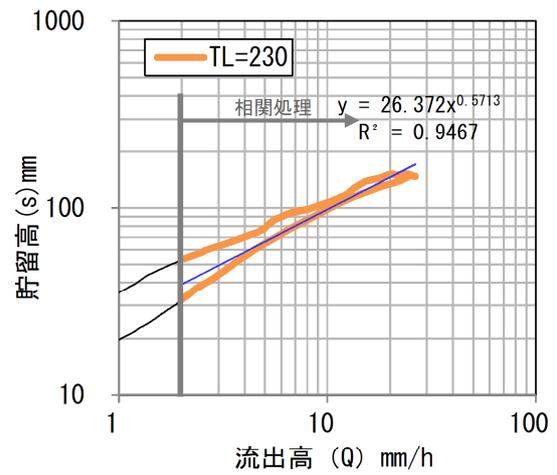
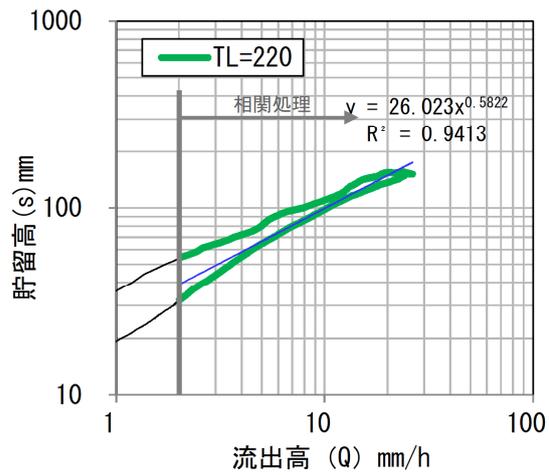


図 1.22(1) 流出高と貯留高の関係 (三輪：平成 17 年 9 月 6 日洪水)

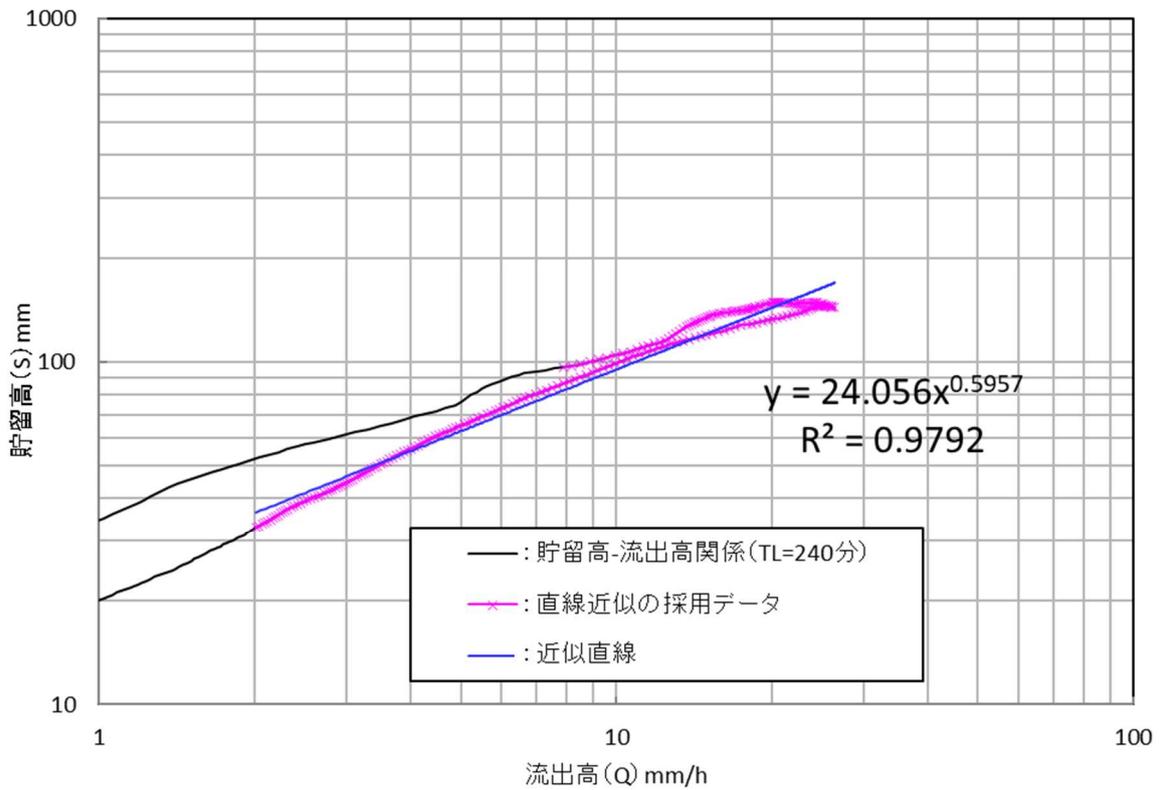


図 1.22 (2) 貯留高一流出高関係図 (三輪地点 H17.9 洪水)

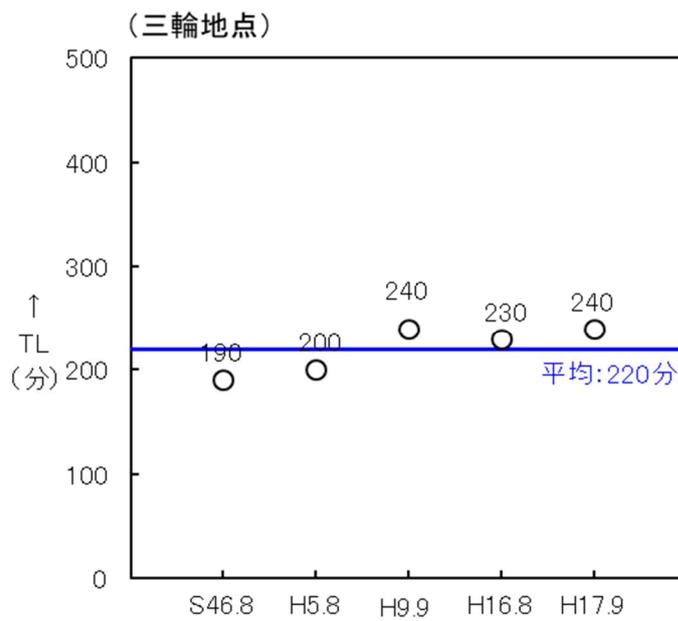


図 1.23 TL の設定状況 (各洪水と平均値の関係)

2) 各小流域における K、P、TI の設定

1)にて設定した代表地点流域では三輪地点における実績雨量と実績流量の関係から流域定数を設定した。上記以外の小流域の K、P 値を求める際には、以下の考え方をを用いることとした。

- ・ K 値はリザーブ定数を用いた経験式の考え方を利用する。
- ・ 代表地点より上流に位置する小流域は、代表地点のリザーブ式を用い、代表地点より下流に位置する小流域は、地質特性から最適なりザーブ式を選定して K 値を算定する。
- ・ P 値は、K 値算定に用いた代表地点の値を一様に採用する。

【リザーブの式】

$$K = \alpha \times C \times I^{-1/3} \times L^{1/3} \dots \text{式-1}$$

α : 定数 ※木村は、利根川流域などの事例から $\alpha=43.4$ を提案している

C : 流域粗度 (自然流域 0.12、都市流域 0.012)

I : 流域勾配

L : 流路長

表 1-17 代表地点における定数設定結果

地点	C	L (km)	I	K	α	P
三輪上流域	0.118	17.9	0.0177	24.06	20.38	0.60

【設定した式】

$$\text{三輪地点} : K = 20.38 \times C \times I^{-1/3} \times L^{1/3} \dots \text{式-2}$$

代表地点上流域の流域粗度、流域勾配、流路長は、以下の考え方にて設定した。

【流域粗度・・・表 1-18、図 1-25 参照】

- ・ 流域内の土地利用を整理し、係数（自然流域：0.12、都市流域：0.012）を乗じて算出
- ・ 土地利用状況は、国土数値情報土地利用細分メッシュ（平成 28 年度）より整理
- ・ 自然流域、都市流域の分類は以下のとおりとした
 自然流域・・・水面、山林、水田、原野・畑
 都市流域・・・建物用地、道路、鉄道

【流域勾配、流路長・・・図 1.27 参照】

- ・ 代表地点上流域における各小流域毎に流域上流端から末端までの延長（流路長）及び地盤高を計測（なお地盤高は、基盤地図情報の 10m メッシュ地盤高をもとに、河道付近の地盤高を計測）
- ・ 流域勾配は、計測した地盤高をもとに、図 1.24 の考え方にて平均的な勾配を算出
- ・ 上記作業を行い、流域面積比にて代表地点までの平均延長、平均勾配を算出（表 1-19 参照）

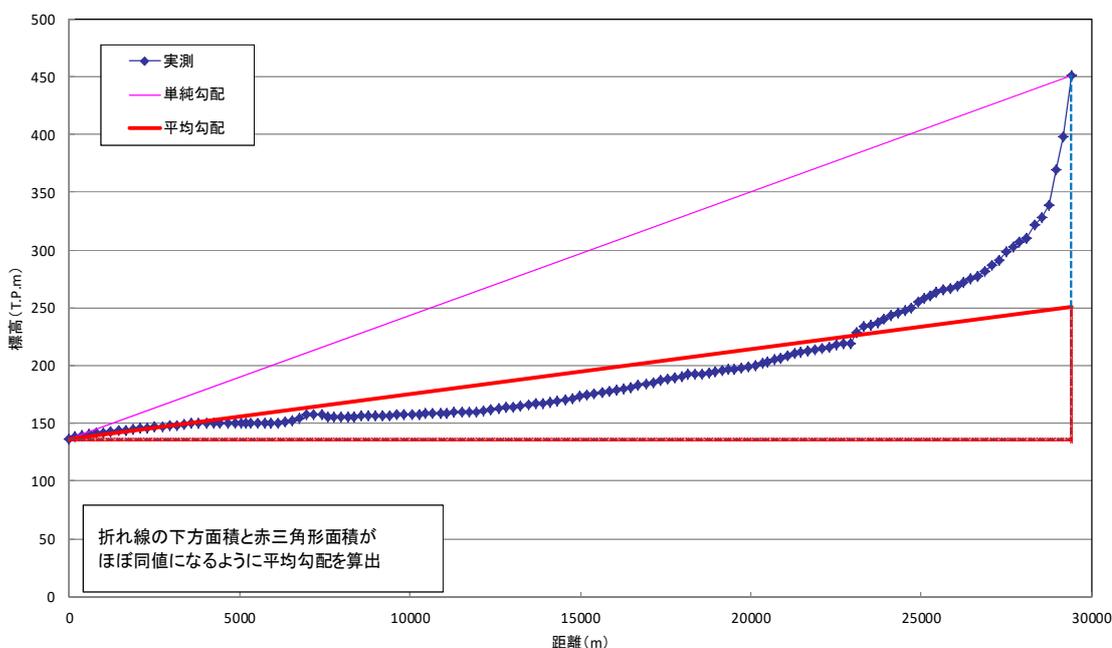


図 1-24 流域平均勾配の設定例

表 1-18 土地利用状況別面積及び流域粗度 C の算定結果

流域名	流域面積 (km ²)	水面	山林	水田	原野・畑	宅地市街地			流域粗度C
						建物用地	道路	鉄道	
						0.000	0.120	0.120	
三輪地点上流域	1044.1	11.0	891.6	42.2	88.2	11.3	0.1	0.1	0.118

※土地利用別面積は、国土数値情報土地利用細分メッシュ（平成28年度）より整理

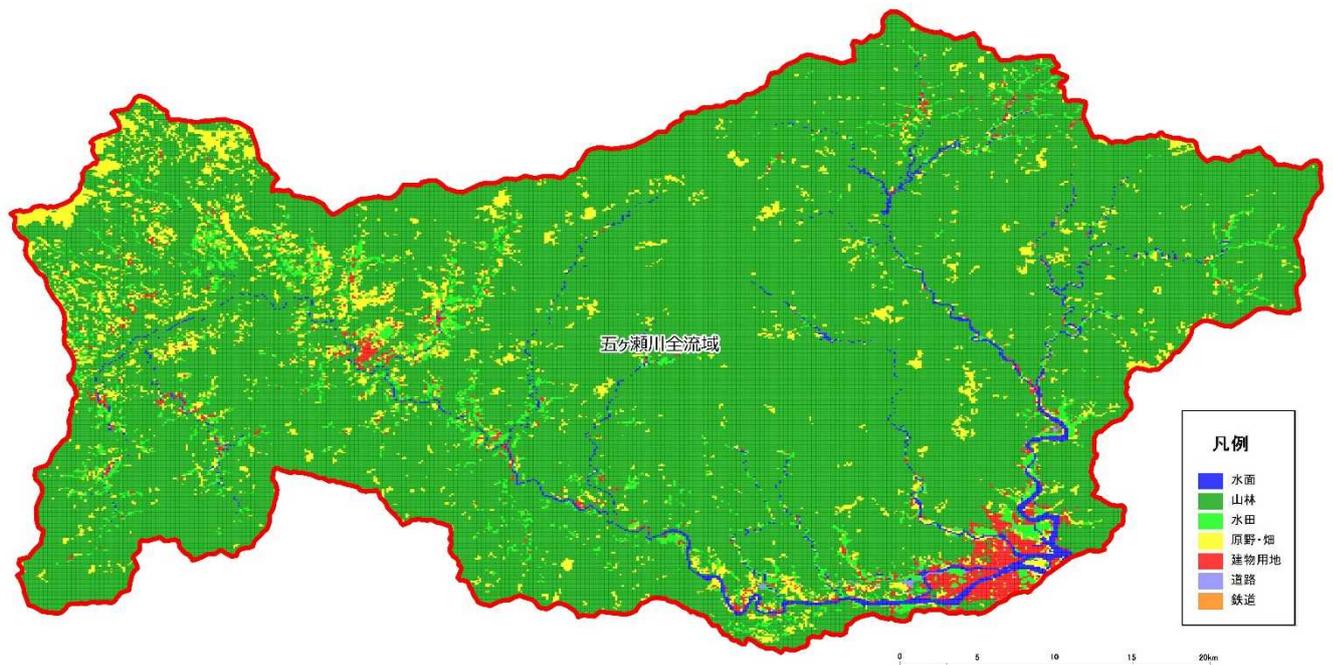


図 1.25 五ヶ瀬川流域土地利用図

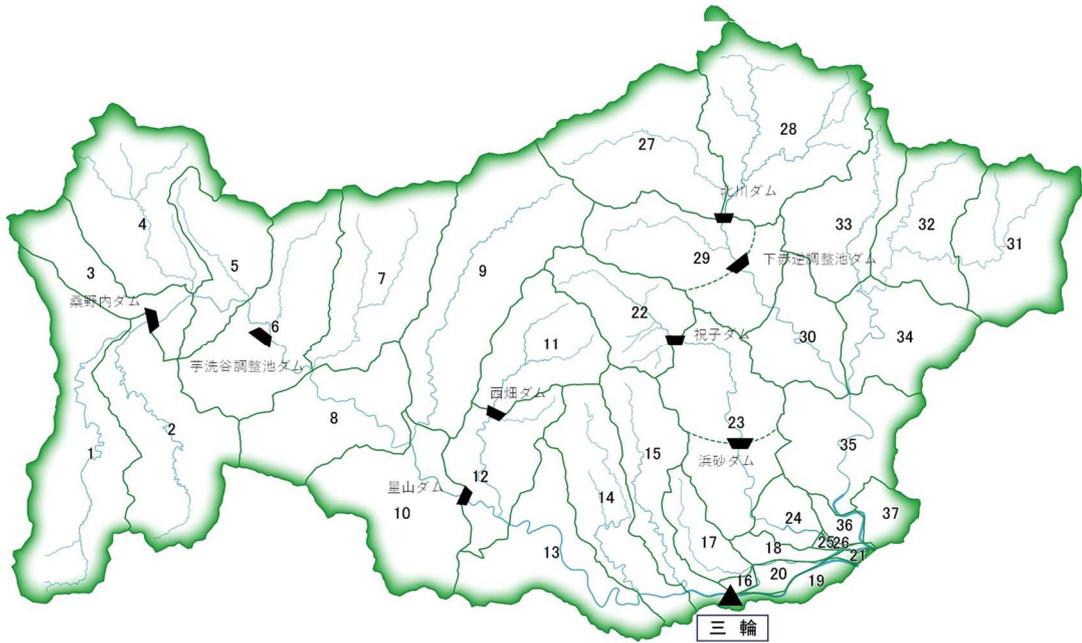


図 1.26 五ヶ瀬川流域分割図

単純平均		面積平均	
延長(m)	標高(T.P.m)	延長(m)	標高(T.P.m)
0	6	0	6
99657	1023	99657	529
勾配(1)=	0.010	勾配(1)=	0.0052
		勾配(1/l)=	191

⑤三輪上流域

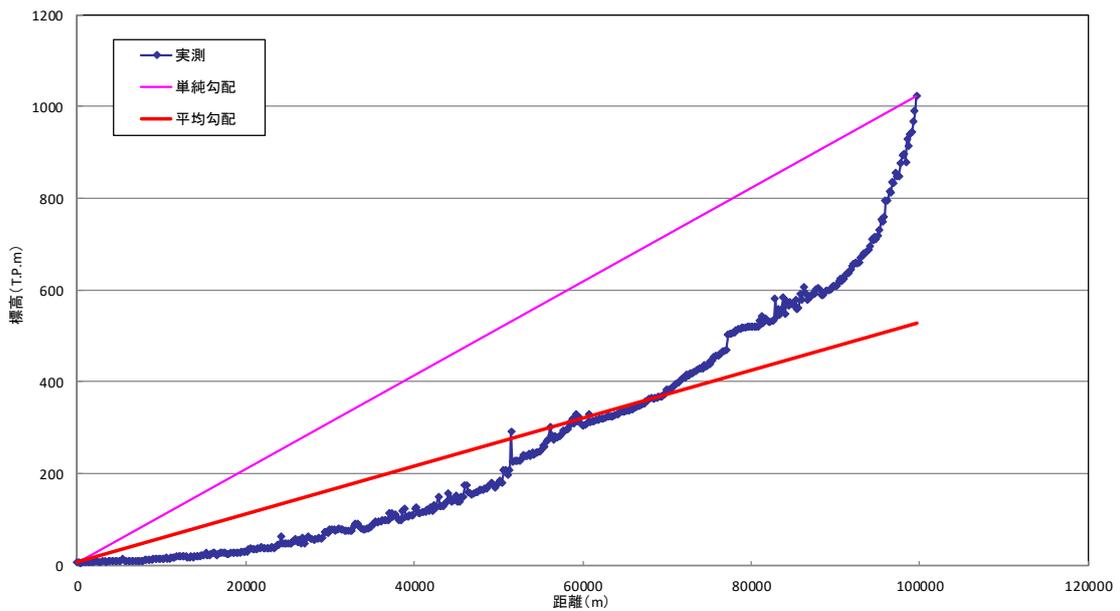


図 1.27 流路勾配、流路延長設定結果例（三輪上流域）

参:

表 1-19 河道延長、平均勾配算定結果 (各流域～三輪地点)

流域 No	流域名	流域面積 (km ²)		河道延長 (km)			平均勾配I		
		①面積A	②合計 (Σ①)	③延長 L	④L×A (③×①)	河道延長 (Σ④/②)	⑤勾配I	⑥I×A (⑤×①)	平均勾配 (Σ⑥/②)
1	本川上流域	108.0	1044.1	29.6	3199.7	17.9	0.0139	1.5026	0.0177
2	三ヶ所川流域	84.0		27.0	2271.2		0.0141	1.1836	
3	神働川等流域	39.2		16.5	646.4		0.0184	0.7231	
4	川走川流域	84.5		15.7	1329.5		0.0216	1.8254	
5	河内川等流域	46.1		5.1	234.8		0.0033	0.1540	
6	高千穂流域	81.7		9.6	782.8		0.0136	1.1070	
7	岩戸川流域	74.9		14.7	1102.7		0.0293	2.1946	
8	秋元川等流域	64.1		11.9	763.0		0.0057	0.3622	
9	日之影川流域	117.5		26.2	3080.4		0.0176	2.0727	
10	星山ダム残流域	72.7		6.7	483.6		0.0427	3.1059	
11	西畑ダム流域	50.5		11.1	558.1		0.0569	2.8732	
12	網瀬川等流域	45.5		11.6	528.9		0.0044	0.1996	
13	北方流域	68.9		17.5	1204.9		0.0019	0.1324	
14	曾木川流域	48.1		25.3	1214.9		0.0091	0.4377	
15	細見川等流域	58.4		22.9	1338.8		0.0111	0.6471	

設定した式及び各小流域の流域勾配 I 、流路長 L から K 値を算出する。なお、各流域に用いるリザーブ式は、三輪地点のリザーブ式とした。

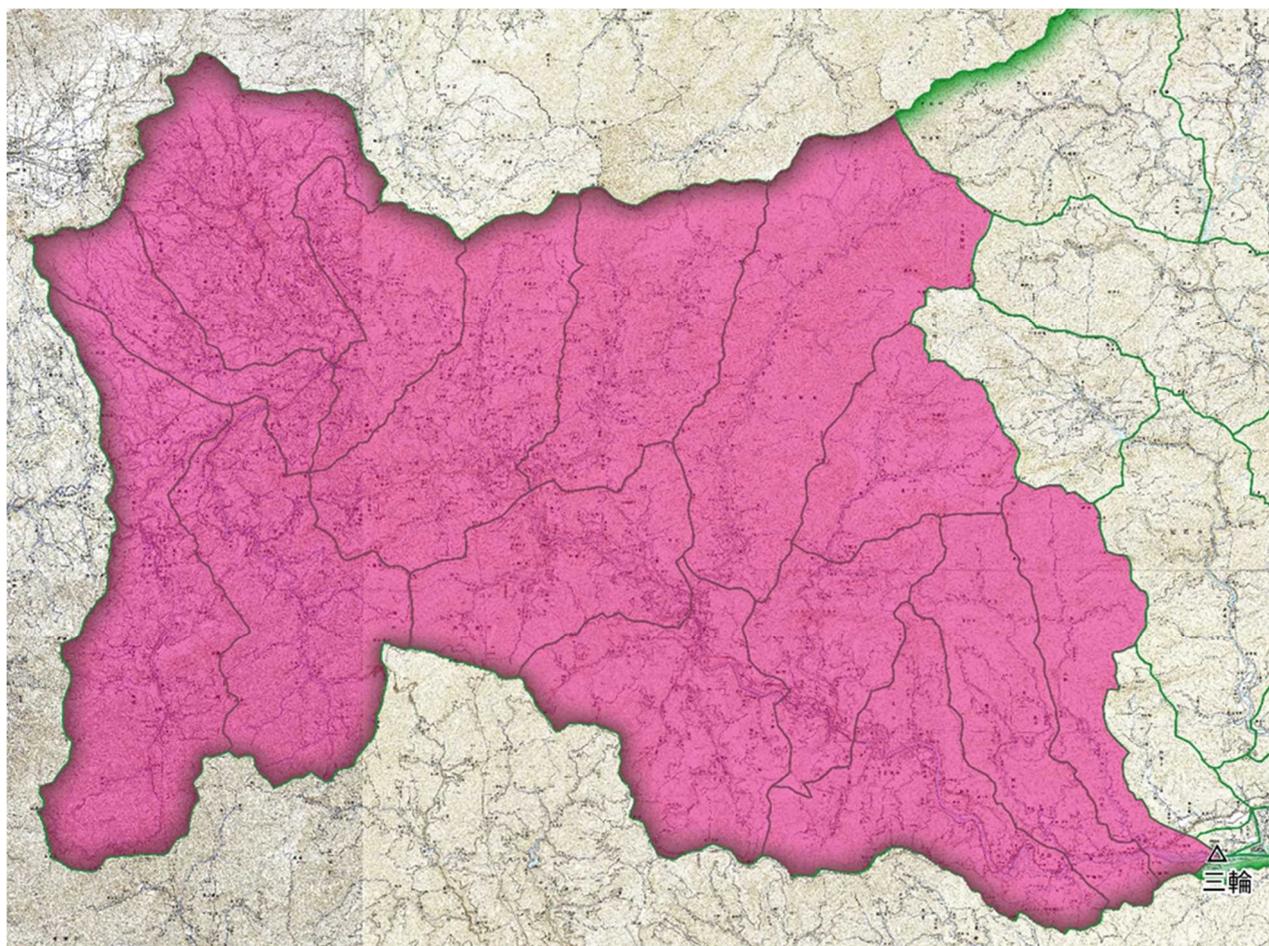


図 1.28 五ヶ瀬川水系流域比較分割図

また、流路勾配 I の算出方法の一例として、流域 1 における算出結果を図 1.30 に示す（その他の流域については、別添資料にて整理）。各流域の T1 は、代表地点にて設定された T1 をそれぞれの流域の流路長比により設定している。流域平均勾配の算出にあたっては、代表流域と同様に流路長経路の地形を調査し、平均的な勾配を算定することにより地形特性を反映することとした。

流域粗度については、代表流域同様に、流域内の土地利用状況を国土数値情報（H28）をもとに整理し、係数（自然流域：0.12、都市流域：0.012）を乗じて算出した。結果は表 1-20 に示すとおりである。

以上の検討から各小流域における K、P、T1 の値を表 5.4.10 に示す。

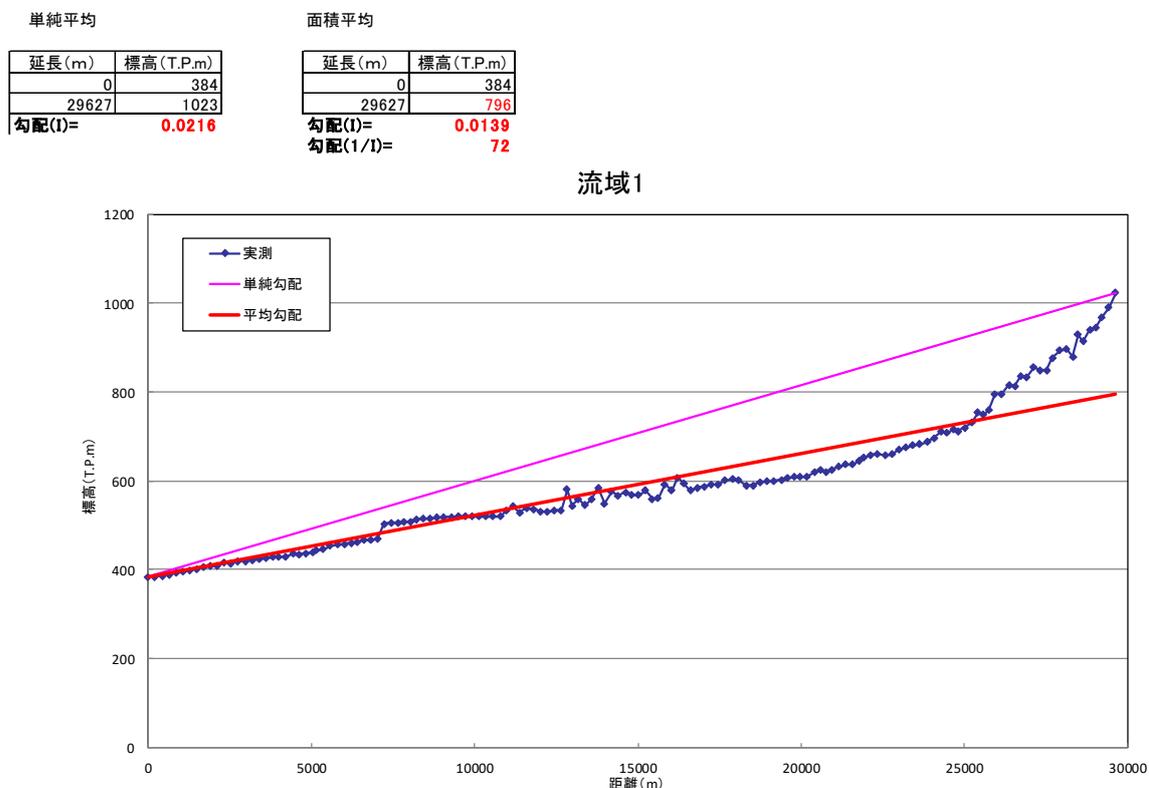


図 1.29 流域平均勾配の算定結果（流域 1）

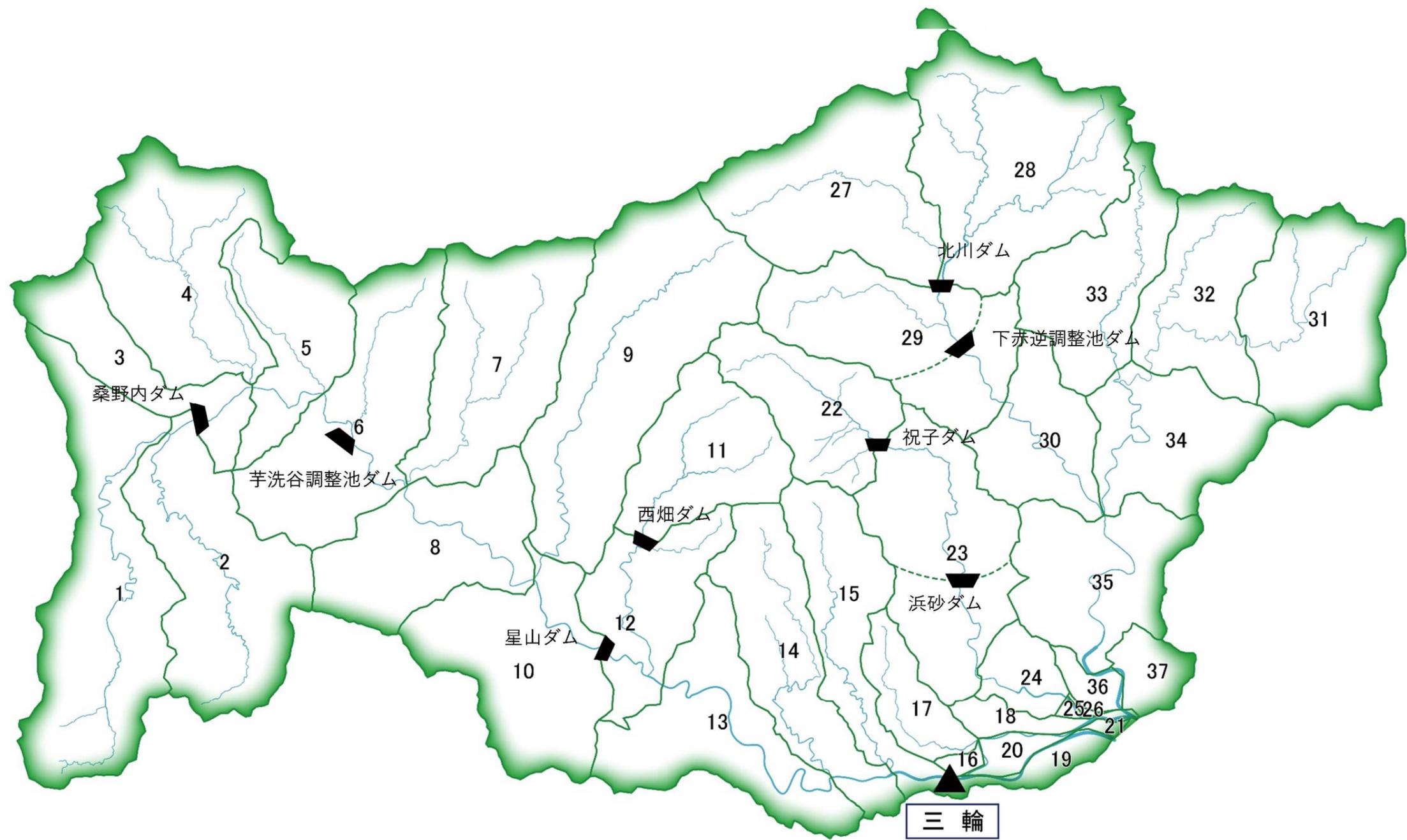


図 1.30 五ヶ瀬川流域分割図

表 1-20 土地利用状況別面積及び流域粗度 C の算定結果

流域 No	流域名	流域面積 (km ²)	水面	山林	水田	原野・畑	宅地市街地			流域粗度 C
							建物用地	道路	鉄道	
							0.000	0.120	0.120	
1	本川上流域	108.0	0.7	90.9	5.3	9.9	1.3	0.0	0.0	0.118
2	三ヶ所川流域	84.0	0.9	73.5	2.9	5.6	1.1	0.0	0.0	0.117
3	神働川等流域	39.2	0.1	28.9	1.2	8.5	0.4	0.0	0.0	0.119
4	川走川流域	84.5	0.1	62.5	3.8	17.6	0.6	0.0	0.0	0.119
5	河内川等流域	46.1	0.2	36.4	2.7	6.4	0.4	0.0	0.0	0.119
6	高千穂流域	81.7	0.4	64.5	4.3	9.8	2.6	0.0	0.0	0.116
7	岩戸川流域	74.9	0.2	60.7	5.0	7.8	1.2	0.0	0.0	0.118
8	秋元川等流域	64.1	0.6	54.6	4.2	3.9	0.8	0.0	0.0	0.117
9	日之影川流域	117.5	0.9	110.0	1.3	5.1	0.2	0.0	0.0	0.119
10	星山ダム残流域	72.7	0.0	68.1	2.1	2.5	0.0	0.0	0.0	0.120
11	西畑ダム流域	50.5	0.4	47.7	0.8	1.5	0.1	0.0	0.0	0.119
12	網瀬川等流域	45.5	1.5	41.1	1.6	1.1	0.6	0.0	0.0	0.116
13	北方流域	68.9	2.3	57.4	3.3	4.7	1.1	0.0	0.0	0.114
14	曾木川流域	48.1	1.2	42.2	1.8	2.5	0.5	0.1	0.0	0.116
15	細見川等流域	58.4	1.4	53.2	1.8	1.3	0.5	0.0	0.0	0.116

※土地利用別面積は、国土数値情報土地利用細分メッシュ（平成28年度）より整理

表 1-21 五ヶ瀬川流域における流域定数一覧表

流域 No	流域名	流域面積 A (km ²)	K	P	遅滞時間 T1 (分)	f1	f2	Rsa (mm)	流路長 L (km)	勾配 I
1	本川上流域	108.0	31.0	0.60	70	0.47	1.00	290	29.6	0.0139
2	三ヶ所川流域	84.0	29.8	0.60	60	0.47	1.00	290	27.0	0.0141
3	神働川等流域	39.2	23.3	0.60	40	0.47	1.00	290	16.5	0.0184
4	川走川流域	84.5	21.8	0.60	30	0.47	1.00	290	15.7	0.0216
5	河内川等流域	46.1	27.8	0.60	10	0.47	1.00	290	5.1	0.0033
6	高千穂流域	81.7	21.2	0.60	20	0.47	1.00	290	9.6	0.0136
7	岩戸川流域	74.9	19.2	0.60	30	0.47	1.00	290	14.7	0.0293
8	秋元川等流域	64.1	30.7	0.60	30	0.47	1.00	290	11.9	0.0057
9	日之影川流域	117.5	27.7	0.60	60	0.47	1.00	290	26.2	0.0176
10	星山ダム残流域	72.7	13.1	0.60	10	0.47	1.00	290	6.7	0.0427
11	西畑ダム流域	50.5	14.0	0.60	20	0.47	1.00	290	11.1	0.0569
12	網瀬川等流域	45.5	32.8	0.60	30	0.47	1.00	290	11.6	0.0044
13	北方流域	68.9	48.5	0.60	40	0.47	1.00	290	17.5	0.0019
14	曾木川流域	48.1	33.4	0.60	60	0.47	1.00	290	25.3	0.0091
15	細見川等流域	58.4	30.3	0.60	50	0.47	1.00	290	22.9	0.0111

1.7.2 河道定数の設定

河道定数 K、P は、五ヶ瀬川流域における小流域間に設定された A 河道～J 河道において、任意の流量 Q に対応する貯留量 S との関係から算出した。

ただし、五ヶ瀬川では山間部で急峻な河道を有する区間と、低平地で緩慢な勾配となる河道に大別される。特に山間部で川幅も狭い A 河道～H 河道については、貯留効果が小さいものと判断し、遅滞時間 T1 のみ設定した。一方、貯留効果が大きいと思われる区間においては、不等流計算によって河道の S-Q 関係を求め、K、P を設定した。

また、河道の遅滞時間 T1 は、定流の貯留関数と洪水流の貯留関数の関係から求めた。

表 1-22 対象河道一覧

河道 No.	河川名	河 道 区 間	河道延長 (km)	備考
A	五ヶ瀬川	桑野内ダム ～ 川走川合流点	3.3	TLのみ設定
B	〃	川走川合流点 ～ 河内川合流点	4.6	
C	〃	河内川合流点 ～ 岩戸川合流点	8.7	
D	〃	岩戸川合流点 ～ 日之影川合流点	10.6	
E	日之影川	日之影 ～ 五ヶ瀬川合流点	1.4	
F	五ヶ瀬川	日之影川合流点 ～ 星山ダム	6.4	
G	〃	星山ダム ～ 網の瀬川合流点	3.8	
H	網の瀬川	西畑ダム ～ 五ヶ瀬川合流点	9.3	
I	五ヶ瀬川	網の瀬川合流点 ～ 曾木川合流点	15.6	K, P及びTLを設定
J	〃	曾木川合流点 ～ 三輪	6.1	

(1) K、Pの設定

表 1-22 に示す河道 A~河道 J について、不等流計算により河道の S-Q 関係を求め、K、P を設定した。なお、対象河道は以下の 2 ケースとした。

① 検証用河道 (現況河道)

モデル検証用の定数として設定。

② 計画河道 (現河川整備基本方針河道)

基本高水のピーク流量等算定用の定数として設定。

各河道において不等流計算を実施し、S-Q 関係を整理した結果は表 1-23、図 1.32 に示すとおりであり、S-Q 関係から K、P を設定した結果は表 1-24 に示すとおりである。

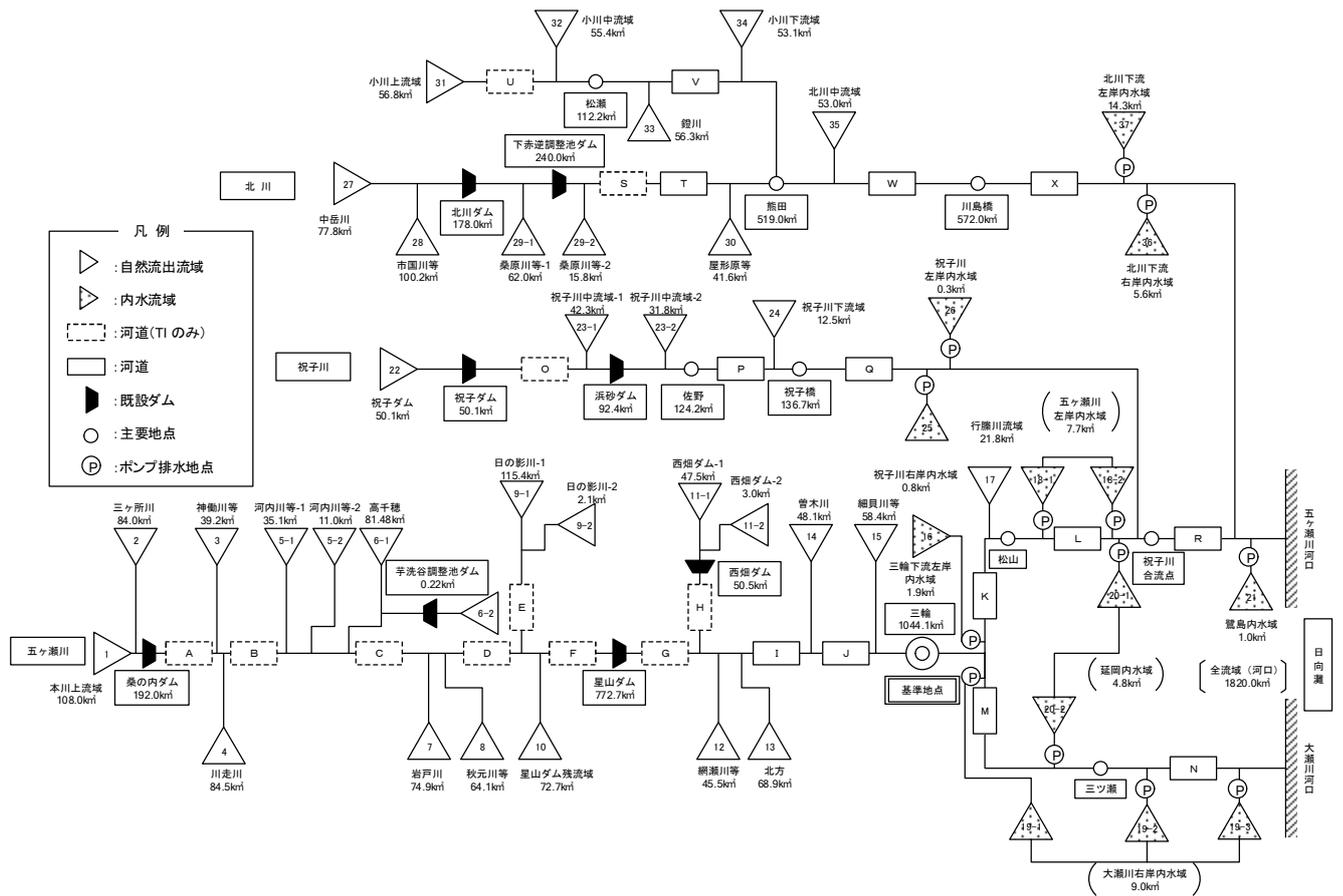


図 1.31 流出解析モデル図

表 1-23 S-Q 関係一覧表（五ヶ瀬川：現況河道＝計画河道）

河川名	河道 No	河道区間	①	②	③	④	⑤貯留量(m ³ /s)
			流量(m ³ /s)	貯留量(×10 ³ m ³)	遅れ時間(分)	見かけ貯留量(×10 ³ m ³) 【②-(①×③×60/10 ³)】	(見かけ貯留量/3600) 【④/3.6】
五ヶ瀬川	I	網の瀬川合流点 ～ 曾木川合流点	2,760	12,873	11.6	10,947	3,041
			4,140	16,938	10.5	14,324	3,979
			5,520	20,561	9.8	17,325	4,813
			6,900	23,919	9.2	20,109	5,586
			8,280	27,128	8.8	22,778	6,327
五ヶ瀬川	J	曾木川合流点 ～ 三輪	2,880	4,858	7.3	3,596	999
			4,320	6,136	6.6	4,423	1,229
			5,760	7,279	6.1	5,159	1,433
			7,200	8,336	5.8	5,840	1,622
			8,640	9,352	5.5	6,502	1,806

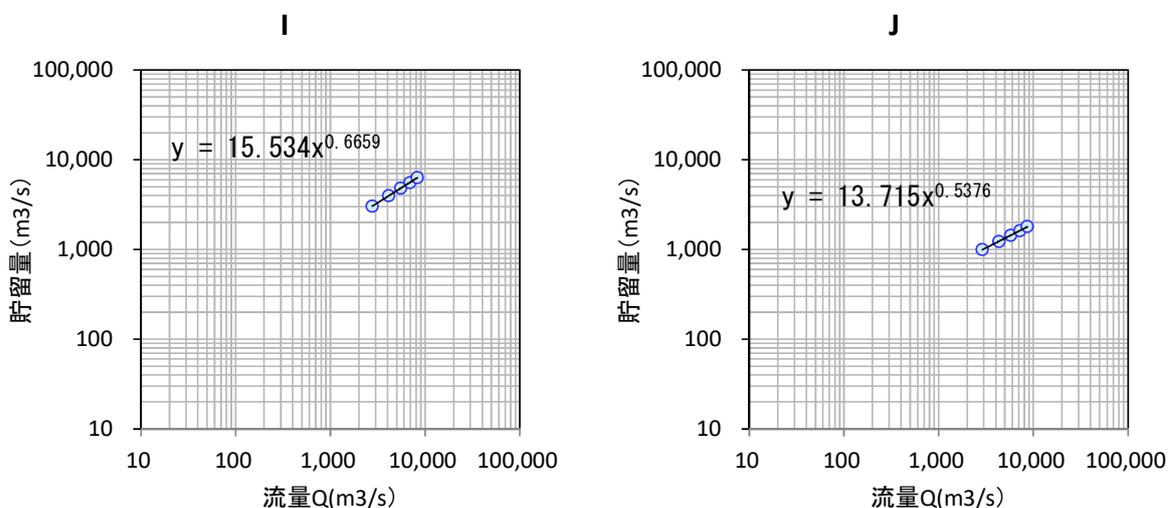


図 1.32 S-Q 関係図（五ヶ瀬川：現況河道＝計画河道）

表 1-24 河道定数 K, P 設定結果（現況河道＝計画河道）

河道 No.	河川名	河道区間	河道延長(km)	河道定数		備考
				K	P	
A	五ヶ瀬川	桑野内ダム ～ 川走川合流点	3.3	-	-	
B	五ヶ瀬川	川走川合流点 ～ 河内川合流点	4.6	-	-	
C	五ヶ瀬川	河内川合流点 ～ 岩戸川合流点	8.7	-	-	
D	五ヶ瀬川	岩戸川合流点 ～ 日之影川合流点	10.6	-	-	
E	日之影川	日之影 ～ 五ヶ瀬川合流点	1.4	-	-	
F	五ヶ瀬川	日之影川合流点 ～ 星山ダム	6.4	-	-	
G	五ヶ瀬川	星山ダム ～ 網の瀬川合流点	3.8	-	-	
H	網の瀬川	西畑ダム ～ 五ヶ瀬川合流点	9.3	-	-	
I	五ヶ瀬川	網の瀬川合流点 ～ 曾木川合流点	15.6	15.53	0.666	
J	五ヶ瀬川	曾木川合流点 ～ 三輪	6.1	13.72	0.538	

(2) 河道定数 T1 の設定

河道の遅滞時間 T1 は、定流の貯留関数と洪水流の貯留関数の関係から求めた。考え方は次のとおりである。(参考文献: 水文研究資料貯留関数法 工学博士 木村俊晃 河鍋書店)

木村俊晃工学博士によれば、河川の定流の貯留水量と流量から定流の貯留関数を次のように定めている。

$$\phi_s = K_s \cdot Q^{-0.4}$$

$$K_s = 0.185n^{0.6} \cdot L \cdot b^{0.4} \cdot I^{-0.3}$$

ここに、 Q : 流量 (m³/s)

n : 粗度係数 (m-sec 単位)

L : 流路延長 (km)

b : 河幅 (m) (河道の断面を長方形として仮定)

I : 勾配

一方で、定流の貯留関数 ϕ_s と、洪水流の貯留関数 ϕ の間には、次式の関係が近似的にあることを示している。

$$\phi_s = \phi + T_1 \quad \text{ここに、} T_1 \text{ : 河道の遅滞時間}$$

ここで、次のような仮定を行う。

仮定① : 洪水流の貯留関数 ϕ は、流量 Q の -0.5 乗に比例する。

$$\text{洪水時貯留関数 } \phi = K' \cdot Q^{-0.5}$$

仮定② : 定流の貯留関数 ϕ_s と洪水流の貯留関数 ϕ の関係は図 1.33 のとおりであり、 Q_{min} に対応する点で交わる。

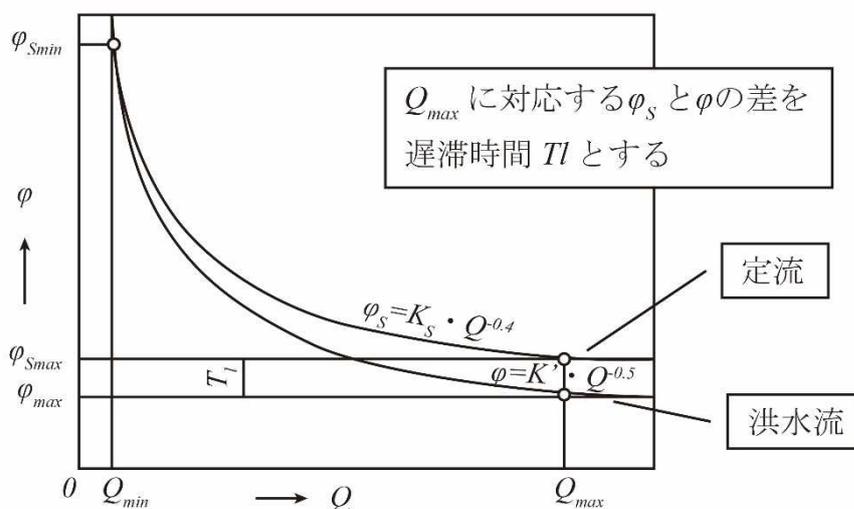


図 1.33 定流の貯留関数 ϕ_s と洪水流の貯留関数 ϕ の関係

木村は、遅滞時間について理論的な計算が出来ず、また、経験的な推定式も得られていないため、利根川、鬼怒川の洪水解析で下記の理由から前頁のような仮定を行う方法を採用した。

- ・ 経験的に貯留関数について求めた P に相当する指数は、0.4~0.5 (平均 0.45 程度) であることが判っているので、 ϕ は Q の -0.55 乗程度に比例するのが妥当。これを -0.5 乗と近似。
 - ・ Q_{min} を大きく変えても図 1.33 の関係は変わらない。
 - ・ Q_{max} を大きく変えても T1 の値はほとんど変わらない。
- 五ヶ瀬川における遅滞時間の推定も同様の手法を用いるものとした。

五ヶ瀬川では、 Q_{min} を三輪地点 (1,044.1km²) 平均低水程度 ($Q=23.5\text{m}^3/\text{s}$) とし、 Q_{max} を現計画高水流量の 1.2 倍流量 ($8,640\text{m}^3/\text{s}$) とした。

定流の貯留関数と洪水流の貯留関数が Q_{min} で交わることから、定流時をもとに洪水時の定数 K' ($\phi_s(Q_{min}) = \phi(Q_{min})$) を求めることが出来る。

K' を求めることが出来れば、 Q_{max} による貯留関数 ϕ を計算することができ、 Q_{max} による定流時の貯留関数 ϕ_s との差分を求めることにより、遅滞時間 T1 が算出することができる。

定流時の ϕ_s を求めるために K_s を構成する粗度係数 n 、流路長 L 、河幅 b を各河道モデルで設定を行った。河幅 b は、木村は河道を長方形として仮定しているが、五ヶ瀬川では I 河道~J 河道では不等流計算の河積 A /径深 R により各断面における河幅を求め、河道モデル区間での平均値を河道モデルの河幅とした。A 河道~H 河道では図面から計測した河幅を使用した。粗度係数 n は、現河川整備基本方針の低水路粗度を使用し、直轄区間より上流は直轄上流端の粗度係数を使用した。河道の遅滞時間 T1 を設定した結果を表 1-25 に示す。

遅れ時間 TL の設定結果

表 1-25

河川名	河道 No	河道区間	河道延長 (km)	平均勾配 (1/n)	平均川幅 (m)	粗度係数 ^(注1)	Q _{min} ^(注2) (m ³ /s)	Q _{max} ^(注3) (m ³ /s)	K _s	φ _s (min)	φ _s (max)	K'	φ _s (min)	φ _s (max)	遅れ時間 (分)	遅れ時間 ^(注4) (解析用) (分)	備考
五ヶ瀬川	A	桑野内ダム ~ 川走川合流点	3.3	180	20	0.035	4.3	1589	1.29	0.72	0.07	1.49	0.72	0.04	1.8	10	
"	B	川走川合流点 ~ 河内川合流点	4.6	160	30	0.035	7.1	2612	2.03	0.93	0.09	2.48	0.93	0.05	2.3	10	
"	C	河内川合流点 ~ 岩戸川合流点	8.7	75	20	0.035	10.0	3670	2.61	1.04	0.10	3.28	1.04	0.05	2.6	10	
"	D	岩戸川合流点 ~ 日之影川合流点	10.6	120	20	0.035	13.1	4820	3.66	1.31	0.12	4.73	1.31	0.07	3.3	10	遅れ時間の み考慮
日之影川	E	日之影 ~ 五ヶ瀬川合流点	1.4	110	30	0.035	2.6	972	0.55	0.38	0.04	0.61	0.38	0.02	0.9	10	
五ヶ瀬川	F	日之影川合流点 ~ 星山ダム	6.4	220	90	0.035	17.4	6394	4.83	1.54	0.15	6.43	1.54	0.08	3.9	10	
"	G	星山ダム ~ 網の瀬川合流点	3.8	360	40	0.035	17.4	6394	2.40	0.77	0.07	3.20	0.77	0.04	1.9	10	
網の瀬川	H	西畑ダム ~ 五ヶ瀬川合流点	9.3	40	50	0.035	1.1	418	3.33	3.16	0.30	3.37	3.16	0.16	8.0	10	
五ヶ瀬川	I	網の瀬川合流点 ~ 曾木川合流点	15.6	480	50	0.035	21.1	7759	11.77	3.48	0.33	15.96	3.48	0.18	8.8	10	河道滞留及 び遅れ時間 を考慮
"	J	曾木川合流点 ~ 三輪	6.1	630	140	0.035	22.2	8157	7.54	2.18	0.21	10.28	2.18	0.11	5.5	10	

注1) 粗度係数は、現河川整備基本方針における低水路粗度係数を使用。(直轄区間より上流は、直轄上流端の粗度係数を使用)

注2) 最少流量は、基準地点三輪 (A=1044.1km²) における平均低水流量23.5m³/s (H13~R1) を各河道上流の流域面積比で設定。

注3) 最大流量は、現河川整備基本方針の計画高水流量(7,200m³/s)×1.2流量(8,640m³/s)による。

注4) 解析に用いる遅れ時間は、木村の式にて算出した値を10分単位で四捨五入して使用。(ただし、最低値を10分とする)

1.7.3 支川定数の設定

支川の北川、祝子川についても本川と同様に、流域定数(①f1, Rsa、②K, P, T1)、河道定数(K, P)の設定を行った。検討対象地点は、自然流況が把握できる北川ダム地点、祝子ダム地点とし、流域定数①f1, Rsaの検討対象洪水については、実績ピーク流量の上位10洪水及び近10ヶ年の年最大流量洪水を対象として設定し、ダム下流地点についても同定数を採用した。また、流域定数②K, P, T1については、観測史上最大洪水(北川ダム=平成29年9月洪水、祝子ダム=平成19年8月洪水)をもとに設定し、各ダム下流域については各ダム地点のリザーブ式により設定した。

表 1-26(1)

土地利用状況別面積及び流域粗度Cの算定結果(北川)

流域No	流域名	流域面積(km ²)	水面	山林	水田	原野・畑	宅地市街地			流域粗度C
							建物用地	道路	鉄道	
							0.000	0.120	0.012	
27	中岳川流域	77.8	0.6	74.8	0.5	1.9	0.1	0.0	0.0	0.119
28	市国川等流域	100.2	1.8	89.1	4.3	3.7	1.4	0.0	0.0	0.116
29	桑原川等流域	77.8	0.8	72.4	0.5	4.0	0.1	0.0	0.0	0.119
30	屋形原等流域	41.6	1.2	38.3	0.2	1.5	0.3	0.0	0.0	0.115
31	小川上流域	56.8	0.3	53.3	1.8	1.2	0.3	0.0	0.0	0.119
32	小川中流域	55.4	0.7	51.3	0.4	2.9	0.1	0.0	0.0	0.118
33	鏡川流域	56.3	0.4	52.8	0.1	2.5	0.1	0.0	0.3	0.118
34	小川下流域	53.1	1.5	46.9	1.1	3.0	0.4	0.0	0.2	0.115
35	北川中流域	53.0	2.8	42.1	3.1	3.5	1.3	0.1	0.2	0.111
36	北川下流右岸内水域	5.6	0.9	0.5	1.6	0.7	2.0	0.0	0.0	0.066
37	北川下流左岸内水域	14.3	0.7	12.0	0.2	0.8	0.6	0.0	0.0	0.109

※土地利用別面積は、国土数値情報土地利用細分メッシュ(平成28年度)より整理

表 1-26(2)

土地利用状況別面積及び流域粗度Cの算定結果(祝子川)

流域No	流域名	流域面積(km ²)	水面	山林	水田	原野・畑	宅地市街地			流域粗度C
							建物用地	道路	鉄道	
							0.000	0.120	0.012	
22	祝子ダム流域	50.1	0.4	48.4	0.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.119
23	祝子川中流域	74.1	1.0	70.7	0.6	1.6	0.3	0.0	0.0	0.118
24	祝子川下流域	12.5	0.6	8.7	0.7	0.9	1.7	0.0	0.0	0.100
25	祝子川右岸内水域	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.018
26	祝子川左岸内水域	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.017

※土地利用別面積は、国土数値情報土地利用細分メッシュ(平成28年度)より整理

表 1-27(1)

北川流域における流域定数一覧表

流域 No	流域名	流域面積 A (km ²)	K	P	遅滞時間 T1 (分)	f1	f2	Rsa (mm)	流路長 L (km)	勾配 I
27	中岳川流域	77.8	16.1	0.60	40	0.44	1.00	240	17.1	0.0545
28	市国川等流域	100.2	16.0	0.60	40	0.44	1.00	240	15.2	0.0460
29	桑原川等流域	77.8	22.0	0.60	50	0.44	1.00	240	18.4	0.0229
30	屋形原等流域	41.6	48.3	0.60	30	0.44	1.00	240	10.2	0.0011
31	小川上流域	56.8	28.6	0.60	40	0.44	1.00	240	14.4	0.0082
32	小川中流域	55.4	27.5	0.60	40	0.44	1.00	240	15.5	0.0097
33	鏡川流域	56.3	24.6	0.60	40	0.44	1.00	240	15.1	0.0132
34	小川下流域	53.1	52.7	0.60	40	0.44	1.00	240	14.5	0.0012
35	北川中流域	53.0	50.1	0.60	30	0.44	1.00	240	13.5	0.0011
36	北川下流右岸内水域	5.6	14.2	0.60	10	0.44	1.00	240	2.3	0.0018
37	北川下流左岸内水域	14.3	22.5	0.60	10	0.44	1.00	240	3.9	0.0035

表 1-27(2)

祝子川流域における流域定数一覧表

流域 No	流域名	流域面積 A (km ²)	K	P	遅滞時間 T1 (分)	f1	f2	Rsa (mm)	流路長 L (km)	勾配 I
22	祝子ダム流域	50.1	11.2	0.60	20	0.54	1.00	340	11.3	0.1443
23	祝子川中流域	74.1	34.0	0.60	30	0.54	1.00	340	18.9	0.0084
24	祝子川下流域	12.5	10.6	0.60	10	0.54	1.00	340	6.2	0.0552
25	祝子川右岸内水域	0.8	1.8	0.60	10	0.54	1.00	340	6.2	0.0691
26	祝子川左岸内水域	0.3	1.7	0.60	10	0.54	1.00	340	6.2	0.0691

表 1-28(1)

河道定数K、P設定結果(北川)

河道	河川名	河道区間	河道延長	河道定数		備考
S	北川	北川ダム ~ 清蔵ヶ谷	7.0	-	-	
T	北川	清蔵ヶ谷 ~ 熊田	8.9	2.97	0.654	
U	小川	上塚 ~ 松瀬	8.2	-	-	
V	小川	松瀬 ~ 熊田	12.2	2.53	0.852	
W	北川	熊田 ~ 川島橋	10.4	20.00	0.634	
X	北川	川島橋 ~ 五ヶ瀬川合流点	4.2	0.00	0.000	

表 1-28(2)

河道定数K、P設定結果(祝子川)

河道	河川名	河道区間	河道延長	河道定数		備考
O	祝子川	祝子ダム ~ 佐野	17.1	-	-	
P	祝子川	佐野 ~ 祝子橋	4.5	2.36	0.701	
Q	祝子川	祝子橋 ~ 五ヶ瀬川合流点	1.4	17.88	0.334	

1.7.4 本川下流定数の設定

本川下流についても三輪上流域と同様に、流域定数（①f1, Rsa、②K, P, T1）、河道定数(K, P)の設定を行った。流域定数①f1, Rsa の検討対象洪水については、三輪地点と同定数を採用した。また、流域定数②K, P, T1 については、三輪地点のリザーブ式により設定した。

表 1-28(3)

土地利用状況別面積及び流域粗度Cの算定結果(五ヶ瀬川：三輪下流)

流域No	流域名	流域面積(km ²)	水面	山林	水田	原野・畑	宅地市街地			流域粗度C
							建物用地	道路	鉄道	
							0.000	0.120	0.120	
16	三輪下流左岸内水域	1.9	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.089
17	行藤川流域	21.8	0.1	17.6	1.8	1.2	0.7	0.3	0.0	0.115
18	五ヶ瀬川左岸内水域	7.7	1.6	3.5	0.4	0.6	1.8	0.0	0.0	0.073
19	大瀬川右岸内水域	9.0	1.1	2.6	1.2	0.6	3.6	0.0	0.0	0.062
20	延岡内水域	4.8	1.8	0.3	0.5	0.2	2.4	0.1	0.0	0.032
21	鷺島内水域	1.0	0.5	0.1	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.066

※土地利用別面積は、国土数値情報土地利用細分メッシュ（平成28年度）より整理

表 1-28(4)

五ヶ瀬川：三輪下流における流域定数一覧表

流域No	流域名	流域面積A(km ²)	K	P	遅滞時間T1(分)	f1	f2	Rsa(mm)	流路長L(km)	勾配I
16	三輪下流左岸内水域	1.9	9.9	0.60	10	0.47	1.00	290	2.9	0.0173
17	行藤川流域	21.8	20.2	0.60	30	0.47	1.00	290	11.3	0.0173
18	五ヶ瀬川左岸内水域	7.7	41.8	0.60	20	0.47	1.00	290	9.0	0.0004
19	大瀬川右岸内水域	9.0	33.8	0.60	20	0.47	1.00	290	7.6	0.0004
20	延岡内水域	4.8	17.1	0.60	20	0.47	1.00	290	7.6	0.0004
21	鷺島内水域	1.0	5.3	0.60	0	0.47	1.00	290	1.9	0.0303

表 1-28(5)

河道定数一覧表(五ヶ瀬川：三輪下流)

河道No.	河川名	河道区間	河道延長(km)	今回定数		
				K	P	T1(分)
K	五ヶ瀬川	三輪 ~ 松山	4.2	24.70	0.476	10
L	〃	松山 ~ 祝子川合流点	5.1	55.82	0.373	10
M	大瀬川	三輪 ~ 三ツ瀬	5.5	5.19	0.671	10
N	〃	三ツ瀬 ~ 河口	3.5	0.00	0.000	10

1.8 流出解析による実績再現結果

1.8.1 検証対象洪水

前節までに設定した定数及び、既往洪水時の雨量データを用い、再現計算を実施する。対象洪水は基準地点三輪における実績ピーク流量の上位5洪水とする。

表 1-29 検証対象洪水一覧

洪水年月日	基準地点三輪ピーク流量		備考
	ピーク流量 (m ³ /s)	順位	
S46. 8.30	5,500	5	
H 5. 8.10	6,441	2	
H 9. 9.16	5,953	4	
H16. 8.28	6,116	3	
H17. 9. 4	7,858	1	

1.8.2 流出解析に用いる定数

f1 は、前述にて整理した値を用いる。再現計算に用いる Rsa 及び基底流量 Qb の設定は、洪水毎に定めた。

各洪水の Rsa と Qb を表 1-30、表 1-31 に示す。

表 1-30 検証対象洪水の Rsa 設定一覧表

洪水年月日	Rsa (mm)
	三輪
S46. 8.30	300
H 5. 8.10	170
H 9. 9.16	220
H16. 8.28	0
H17. 9. 4	290

表 1-31 検証対象洪水の Qb 設定一覧表

洪水年月日	Qb (m ³ /s)
	三輪
S46. 8.30	100
H 5. 8.10	280
H 9. 9.16	130
H16. 8.28	120
H17. 9. 4	60

1.8.3 実績再現計算

前節までに設定した定数及び実績データを用いて、再現計算を実施した。なお、基底流量 Q_b については流出成分分離して求めた直接流出開始時点の流量と、直接流出終了時点の流量の平均値を用いるものとした。

再現計算結果は図 1.34 に示すとおりであり、基準地点三輪にてモデルの誤差を整理した結果は表 1-32 のとおりである。これより、誤差率は概ね 5%程度以内となっており、実績洪水のピーク流量及び波形を良好に再現できているものと考えられる。

洪水年月日	三輪地点ピーク流入量	
	ピーク流入量 (m^3/s)	順位
S46.8.30	5,500	5
H5.8.10	6,441	2
H9.9.16	5,953	4
H16.8.30	6,116	3
H17.9.6	7,858	1

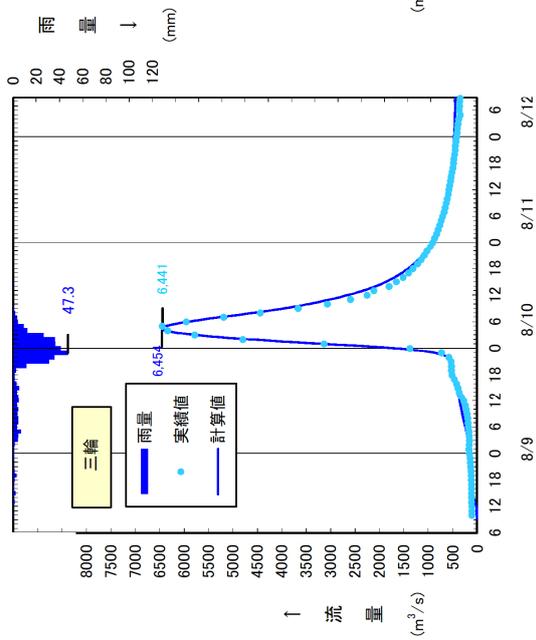


図 洪水検証結果(平成5年8月10日洪水)

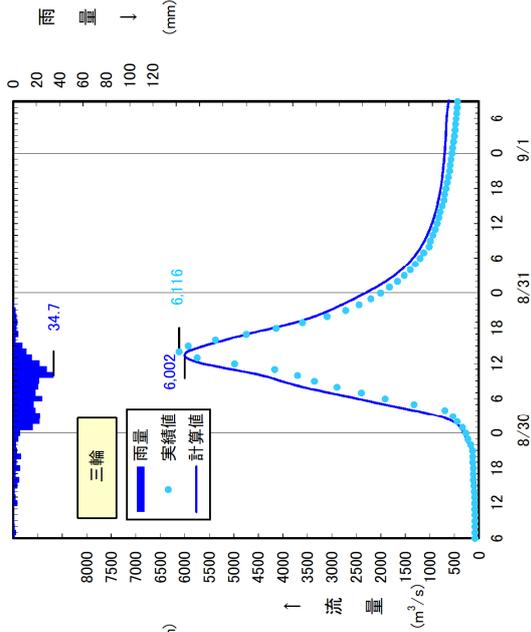


図 洪水検証結果(平成16年8月28日洪水)

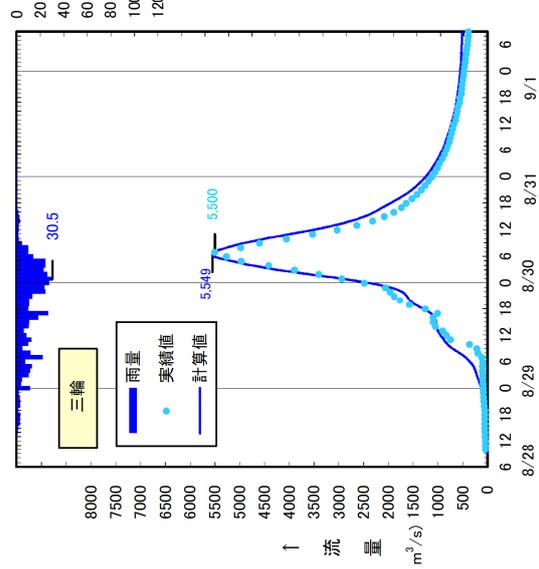


図 洪水検証結果(昭和46年8月30日洪水)

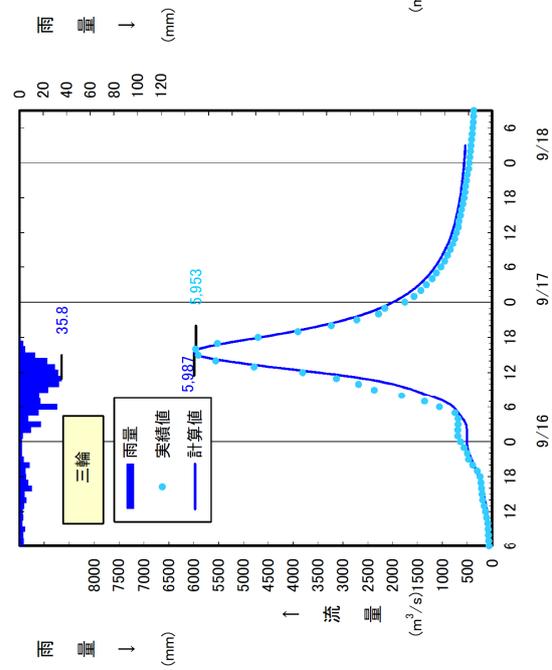


図 洪水検証結果(平成9年9月16日洪水)

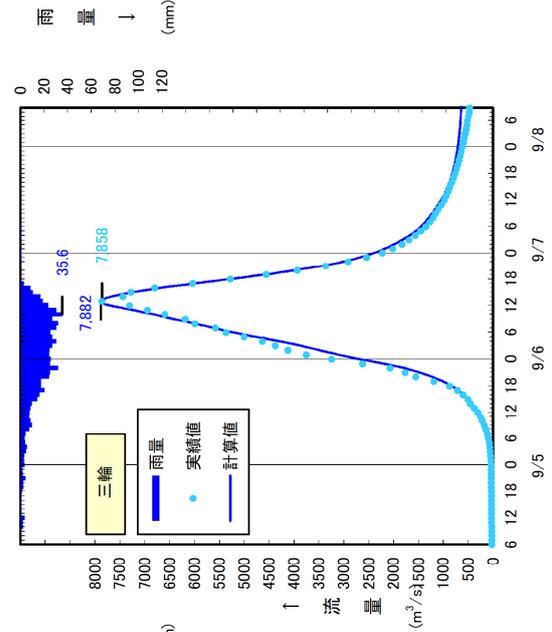


図 洪水検証結果(平成17年9月4日洪水)

図 1.34 洪水検証結果(五ヶ瀬川：三輪地点)

表 1-32

実績再現計算結果

洪水年月日	地点名	実績ピーク流量 (m ³ /s)	検証ピーク流量 (m ³ /s)	誤差率		
				ピーク流量 E _p	流出波形 E _w	流出ボリューム E _v
S46. 8. 30	三輪	5500	5549	0.009	0.013	0.074
H 5. 8. 10	三輪	6441	6454	0.002	0.056	0.053
H 9. 9. 16	三輪	5953	5987	0.006	0.033	-0.004
H16. 8. 28	三輪	6116	6002	-0.019	0.047	0.112
H17. 9. 4	三輪	7858	7882	0.003	0.016	0.004

(1) ピーク流量誤差 : E_p

$$E_p = \frac{Q_{CP} - Q_{OP}}{Q_{OP}}$$

(2) 流出波形の誤差 : E_w

$$E_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{C(i)} - Q_{O(i)}}{Q_{O(i)}} \right)^2$$

(3) 流出ボリューム誤差 : E_v

$$E_v = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{C(i)} - \sum_{i=1}^n Q_{O(i)}}{\sum_{i=1}^n Q_{O(i)}}$$

ここに、

E_p, E_w, E_v : 誤差率

Q_{OP} : 実績ピーク流量

Q_{CP} : 計算ピーク流量

Q_{O(i)} : i時の実績流量

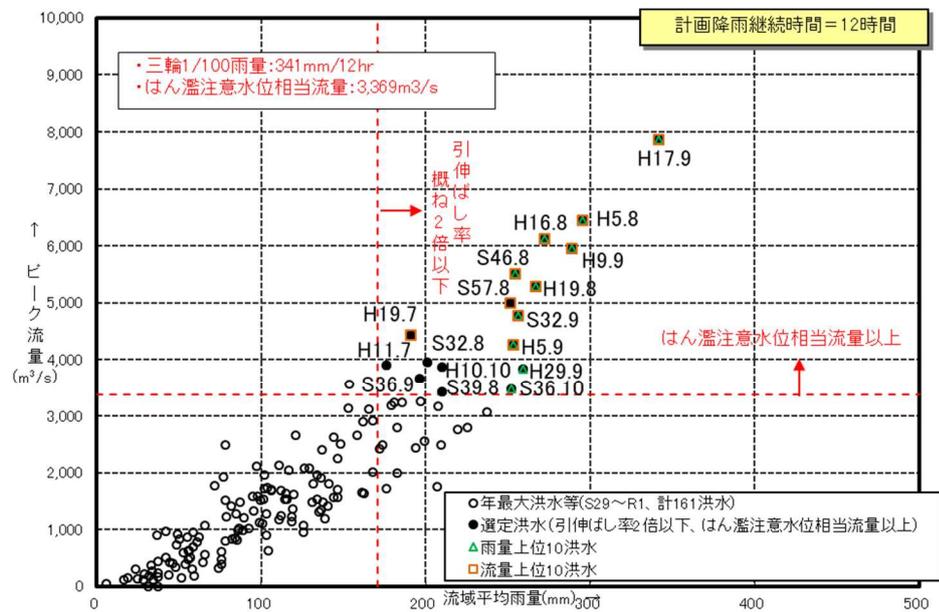
Q_{C(i)} : i時の計算流量

N : 計算時間数

1.9 主要降雨波形の選定

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、計画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計画降雨波形を設定する。

今回、計画対象洪水の選定にあたっては、基準地点三輪のピーク流量が氾濫注意水位相当流量以上、かつ基準地点上流域の降雨継続時間（12時間）内雨量の引き伸ばし率が2倍以下となる17洪水を選定した。



五ヶ瀬川三輪地点におけるピーク流量と流域平均雨量の関係

注1) ピーク流量は実績流量

注2) 流域平均雨量は計画降雨継続時間(12時間)内最大雨量

図 1.35 対象洪水の選定結果

棄却の判断基準としては、計画規模の降雨量までの引き伸ばしを行った結果、小流域あるいは短時間の降雨が著しい引き伸ばし（雨量確率 1/500 以下）となっている洪水を対象とした。

その結果、降雨が著しく偏った6洪水を棄却した。

表 1-33 時間分布の評価結果（三輪地点 6 時間）

No	洪水年月日	基準地点三輪 実績雨量 (mm)	基準地点 三輪 拡大率	拡大後雨量 (mm)	棄却 洪水
		6時間		6時間	
1	S32. 8. 20	111.9	1.694	189.6	
2	S32. 9. 7	174.8	1.331	232.7	
3	S36. 9. 15	115.3	1.734	200.0	
4	S36. 10. 25	140.7	1.353	190.3	
5	S39. 8. 24	120.6	1.624	195.8	
6	S46. 8. 30	156.4	1.340	209.6	
7	S57. 8. 27	154.5	1.356	209.6	
8	H 5. 8. 10	228.2	1.153	263.2	
9	H 5. 9. 3	200.9	1.345	270.2	
10	H 9. 9. 16	180.2	1.180	212.6	
11	H10. 10. 16	175.2	1.623	284.4	
12	H11. 7. 25	106.1	1.938	205.6	
13	H16. 8. 28	151.4	1.252	189.5	
14	H17. 9. 4	181.3	0.998	181.0	
15	H19. 7. 12	102.5	1.788	183.3	
16	H19. 8. 1	208.7	1.278	266.7	
17	H29. 9. 15	162.5	1.315	213.7	
棄却基準値 【1/500雨量】		-	-	312	-

※ : 拡大後雨量の確率評価が棄却基準値（1/500雨量）を超過しているため棄却
 ※1/500雨量は、①SLSC≤0.04以下かつ②Jackknife推定誤差が最小となる手法の値による

表 1-34 地域分布の評価結果（降雨継続時間 12 時間）

通し No	洪水年月日	実績雨量(mm)	計画降雨 継続時間 内雨量 (mm/12hr)	拡大率	拡大後雨量(mm)					棄却 洪水
		基準地点			流域					
		三輪 12時間			五ヶ瀬 上流 12時間	五ヶ瀬 中流 12時間	五ヶ瀬 下流 12時間	祝子川 12時間	北川 12時間	
1	S. 32. 8. 20	201.3	341	1.694	307.0	349.0	397.8	280.2	247.5	
2	S. 32. 9. 7	256.2		1.331	302.1	349.5	388.5	365.0	357.8	
3	S. 36. 9. 15	196.6		1.734	246.6	376.6	413.9	364.3	313.0	×
4	S. 36. 10. 26	252.1		1.353	247.7	344.9	486.7	427.5	418.3	×
5	S. 39. 8. 24	210.0		1.624	396.4	363.6	259.6	193.9	175.3	
6	S. 46. 8. 30	254.4		1.340	293.2	343.7	396.6	404.8	350.9	
7	S. 57. 8. 27	251.4		1.356	287.2	400.2	318.5	325.9	320.7	
8	H. 5. 8. 10	295.7		1.153	282.9	411.9	312.1	232.0	203.7	
9	H. 5. 9. 3	253.5		1.345	308.7	400.4	298.1	294.7	300.7	
10	H. 9. 9. 16	289.0		1.180	282.4	417.0	306.2	348.4	453.1	
11	H. 10. 10. 16	210.1		1.623	255.8	388.1	383.0	420.7	411.9	
12	H. 11. 7. 25	176.0		1.938	231.0	367.3	449.0	433.1	352.5	×
13	H. 16. 8. 28	272.4		1.252	293.8	367.8	354.4	313.0	278.9	
14	H. 17. 9. 4	341.6		0.998	294.1	365.5	372.6	329.2	319.4	
15	H. 19. 7. 12	190.7		1.788	218.9	344.5	486.2	465.8	416.8	×
16	H. 19. 8. 1	266.8		1.278	254.3	353.2	432.5	431.1	361.0	×
17	H. 29. 9. 15	259.3		1.315	302.6	337.0	394.0	457.8	465.0	×
棄却基準値 【1/500雨量】		404.3	-	433	521	412	448	532		

※ : 拡大後雨量の確率評価が棄却基準値（1/500雨量）を超過しているため棄却
 ※1/500雨量は、①SLSC≤0.04以下かつ②Jackknife推定誤差が最小となる手法の値による

1.10 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

1.10.1 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」等を一律拡大すると、引き伸ばし後の短時間雨量が非現実的な確率値となる場合がある。そのため、実績降雨波形を計画降雨波形として採用するには、確率水文量への引き伸ばしによって異常な降雨になっていないか十分にチェックする必要がある。

従って、一次選定降雨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、計画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計画降雨波形を設定する。

1.10.2 棄却基準の設定

今回、計画対象洪水の選定にあたっては、1次選定として①基準地点三輪のピーク流量がはん濫注意水位相当流量以上かつ②基準地点三輪上流域の計画降雨継続時間（12時間）内雨量の引き伸ばし率が2倍以下となる洪水を選定した。

その中で、計画雨量までの引き伸ばしを行った結果、時間分布及び地域分布の異常な降雨として、1/500以上の降雨をその判断基準とした。

その理由は以下のとおりである。

- ① 計画論において、基準点における計画規模を1/100として検討しており、洪水における地域的、時間的偏りはあるにしても、再現期間が500年以上は非現実的と言える。
- ② 五ヶ瀬川上流域、中流域、下流域の実績最大雨量での短時間の降雨量、確率評価を行うと最大でも1/300程度となったことから、1/500を異常値と考えても妥当と判断した。

1.10.3 地域分布の評価について

(1) 対象地域の選定

対象地域は、図 1.36 に示す通りであり、以下に示す 5 流域を選定した。

- ① 五ヶ瀬川上流域
- ② 五ヶ瀬川中流域
- ③ 五ヶ瀬川下流域
- ④ 祝子川流域
- ⑤ 北川流域

なお、これらの対象流域を選定した主な理由について以降に示す。

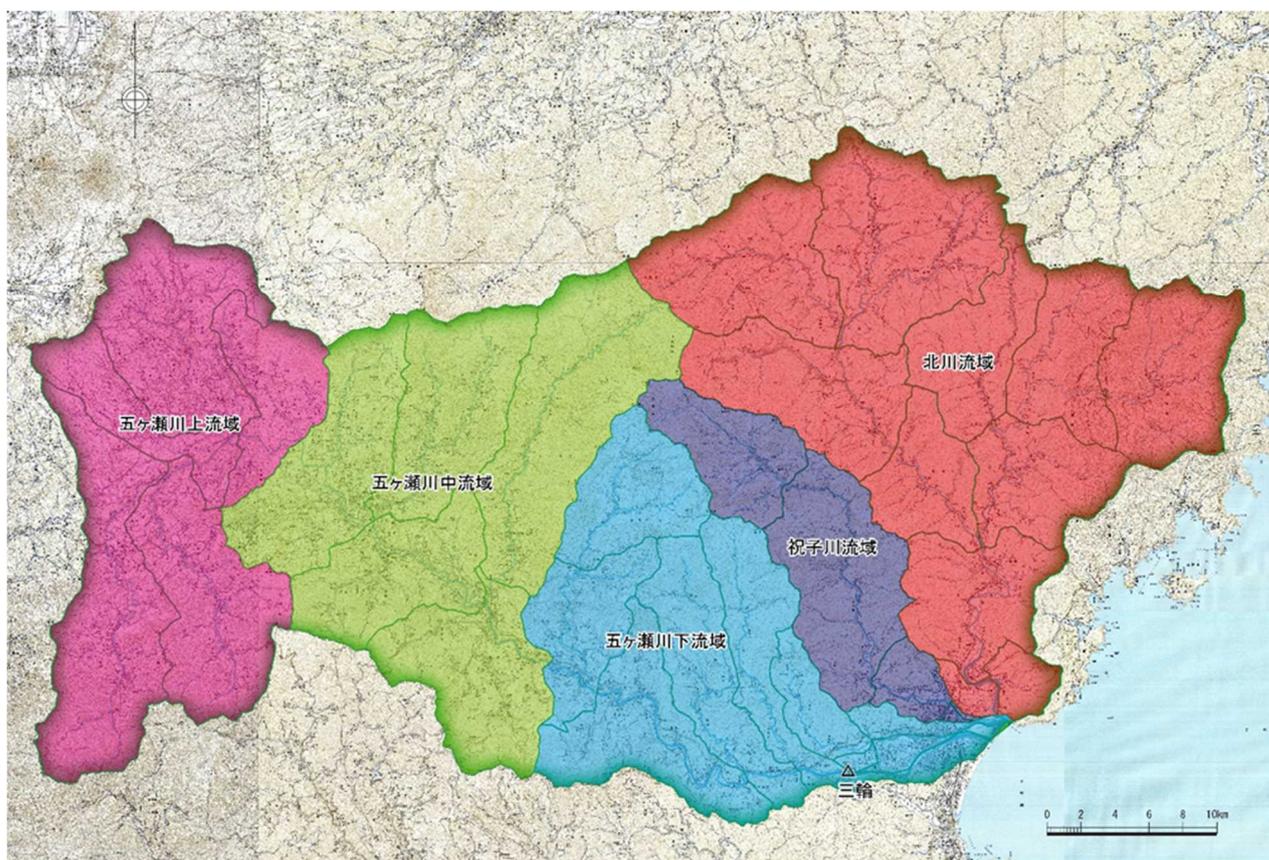


図 1.36 検討対象地域位置図

<対象流域の選定理由>

① 五ヶ瀬川上流域

- ・本川上流域に位置しており、(高千穂市街部も含む) 本川上流域のハイエトの確認用として選定

② 五ヶ瀬川中流域

- ・五ヶ瀬川水系の主要洪水における多雨地帯であり、本川中流域のハイエトの確認用として選定

③ 五ヶ瀬川下流域

- ・基準地点三輪上流域のうち、上記①、②を除く残流域のハイエトの確認用として選定

④ 祝子川流域

- ・基準地点三輪下流支川に位置しており、支川流域のハイエトの確認用として選定

⑤ 北川流域

- ・基準地点三輪下流支川に位置しており、支川流域のハイエトの確認用として選定

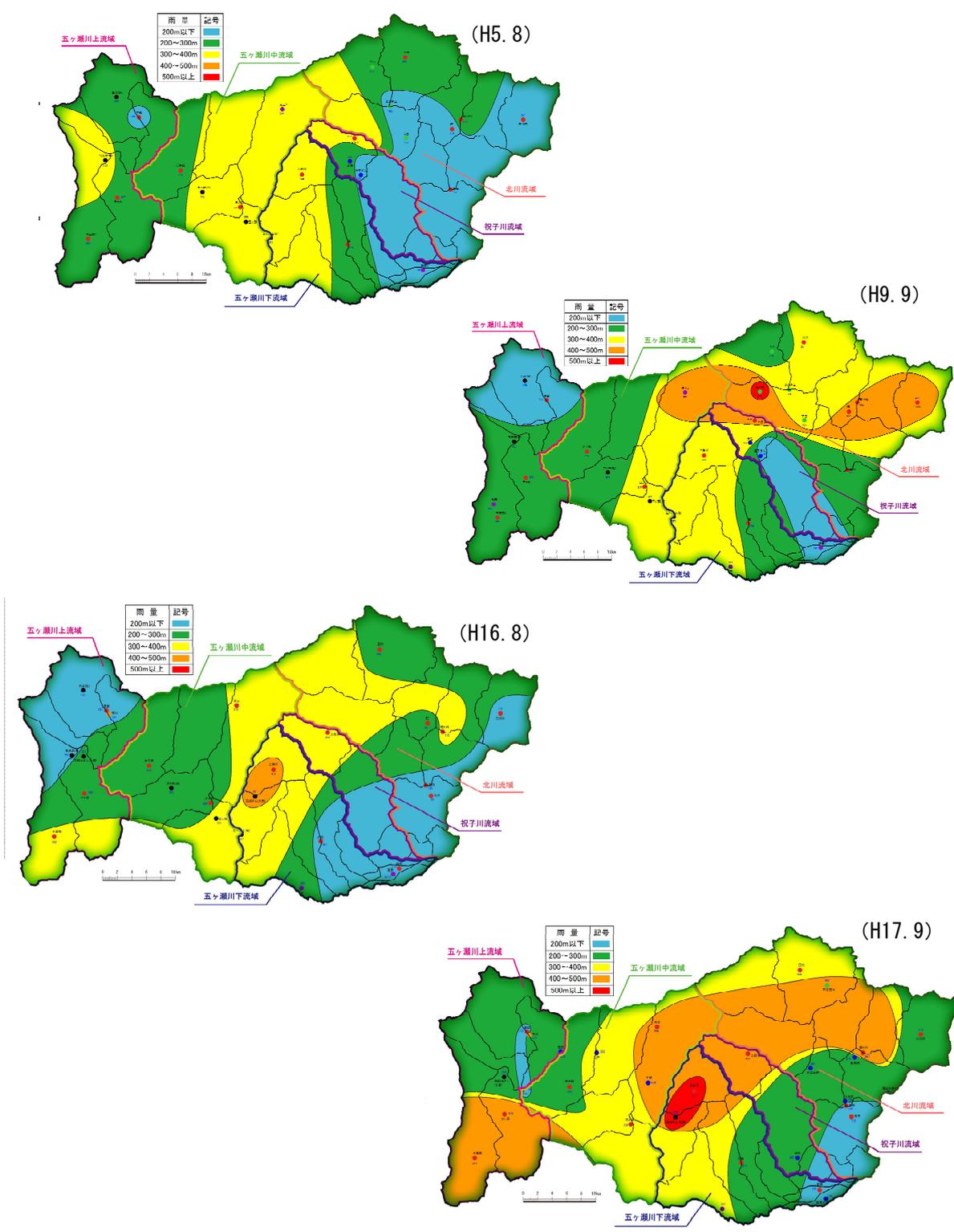


図 1.37 近年の主要洪水における五ヶ瀬川流域の等雨量線図

(2) 棄却基準値の選定

各選定地域における棄却基準値を設定する。S29～H22（57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、1/500雨量は以下の通りとなった。

表 1-35(1) 12 時間雨量 1/500 確率評価結果（五ヶ瀬川上流域）

確率分布	計算方法	五ヶ瀬川上流域			備考
		SLSC	確率1/500 12時間雨量 (mm)	確率1/500 Jackknife 推定誤差	
分布極値型	一般化極値分布 Gev	0.021	378	47.6	
	グンベル分布 Gumbel	0.029	433	29.5	採用
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.052	611	66.3	
布マガ型分	対数ピアソンⅢ型分布(実数空間法) LP3Rs	0.020	334	33.6	
	対数ピアソンⅢ型分布(対数空間法) LogP3	0.019	358	55.0	
対数正規分布型	岩井法 Iwai	0.020	397	34.4	
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.020	369	31.1	
	対数正規分布3母数クォンタイル法 LN3Q	0.020	368	35.6	
	対数正規分布3母数(Slade II) LN3PM	0.020	368	30.4	
	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法) LN2LM	—	—	—	
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法) LN2PM	—	—	—	
	対数正規分布4母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—	—	

注: 時間雨量の統計範囲は昭和29年～平成22年
SLSC ≤ 0.040 の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

表 1-35(2) 12 時間雨量 1/500 確率評価結果（五ヶ瀬川中流域）

確率分布	計算方法	五ヶ瀬川中流域			備考
		SLSC	確率1/500 12時間雨量 (mm)	確率1/500 Jackknife 推定誤差	
分布極値型	一般化極値分布 Gev	0.023	475	69.7	
	グンベル分布 Gumbel	0.025	521	38.6	採用
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.044	718	77.6	
布マガ型分	対数ピアソンⅢ型分布(実数空間法) LP3Rs	0.018	421	44.0	
	対数ピアソンⅢ型分布(対数空間法) LogP3	0.016	460	75.3	
対数正規分布型	岩井法 Iwai	0.019	518	68.8	
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.018	463	43.9	
	対数正規分布3母数クォンタイル法 LN3Q	0.020	455	49.2	
	対数正規分布3母数(Slade II) LN3PM	0.019	461	42.9	
	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法) LN2LM	—	—	—	
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法) LN2PM	—	—	—	
	対数正規分布4母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—	—	

注: 時間雨量の統計範囲は昭和29年～平成22年
SLSC ≤ 0.040 の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

表 1-35 (3) 12 時間雨量 1/500 確率評価結果 (五ヶ瀬川下流域)

確率分布	計算方法	五ヶ瀬川下流域			備考
		SLSC	確率1/500 12時間雨量 (mm)	確率1/500 Jackknife 推定誤差	
分布極値型	一般化極値分布 Gev	0.026	474	64.8	
	グンベル分布 Gumbel	0.027	491	37.5	
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.038	640	61.1	
布マガ型分	対数ピアソンⅢ型分布(実数空間法) LP3Rs	0.025	412	35.0	採用
	対数ピアソンⅢ型分布(対数空間法) LogP3	0.021	477	63.8	
対数正規分布型	岩井法 Iwai	0.022	504	61.0	
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.024	448	37.1	
	対数正規分布3母数クォンタイル法 LN3Q	0.024	448	36.0	
	対数正規分布3母数(Slade II) LN3PM	0.024	445	36.3	
	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法) LN2LM	0.022	531	59.2	
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法) LN2PM	0.023	521	55.1	
	対数正規分布4母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—	—	

注: 時間雨量の統計範囲は昭和29年～平成22年
SLSC ≤ 0.040 の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

表 1-35 (4) 12 時間雨量 1/500 確率評価結果 (祝子川流域)

確率分布	計算方法	祝子川流域			備考
		SLSC	確率1/500 12時間雨量 (mm)	確率1/500 Jackknife 推定誤差	
分布極値型	一般化極値分布 Gev	0.032	476	54.3	
	グンベル分布 Gumbel	0.035	526	34.9	
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.050	721	88.9	
布マガ型分	対数ピアソンⅢ型分布(実数空間法) LP3Rs	0.028	404	30.0	
	対数ピアソンⅢ型分布(対数空間法) LogP3	0.025	459	78.9	
対数正規分布型	岩井法 Iwai	0.026	522	45.2	
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.027	449	28.5	
	対数正規分布3母数クォンタイル法 LN3Q	0.028	444	62.4	
	対数正規分布3母数(Slade II) LN3PM	0.027	448	27.9	採用
	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法) LN2LM	—	—	—	
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法) LN2PM	—	—	—	
	対数正規分布4母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—	—	

注: 時間雨量の統計範囲は昭和29年～平成22年
SLSC ≤ 0.040 の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

表 1-35(5) 12 時間雨量 1/500 確率評価結果 (北川流域)

確率分布	計算方法	北川流域			備考
		SLSC	確率1/500 12時間雨量 (mm)	確率1/500 Jackknife 推定誤差	
分布極値型	一般化極値分布 Gev	0.034	543	82.6	
	グンベル分布 Gumbel	0.033	532	38.4	採用
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.040	652	65.6	
分布マガ型分	対数ピアソンⅢ型分布(実数空間法) LP3Rs	0.048	441	43.8	
	対数ピアソンⅢ型分布(対数空間法) LogP3	—	—	—	
対数正規分布型	岩井法 Iwai	0.035	564	82.4	
	石原・高瀬法 IshiTaka	—	—	—	
	対数正規分布3母数クォンタイル法 LN3Q	0.034	631	95.8	
	対数正規分布3母数(Slade II) LN3PM	—	—	—	
	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法) LN2LM	0.035	575	60.0	
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法) LN2PM	0.035	557	55.8	
	対数正規分布4母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—	—	

注: 時間雨量の統計範囲は昭和29年～平成22年
SLSC ≤ 0.040 の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

表 1.36(1) 五ヶ瀬川水系 雨量確率計算結果 (五ヶ瀬川上流域: 12時間雨量: S29年~H22年) (単位: mm)

項目	五ヶ瀬川上流域 (12h雨量) ~H22												適合度の良い手法による 平均値		
	毎 年 値														
	一般化極値分布 GEV	グンベル分布 Gumbel	指数分布 Exp	平方根指数型 最大値分布 SQRTET	対数ピアソン Ⅲ型分布 LP3 (Rs) LogP3		対数正規分布 (岩井法) LNIwai	対数正規分布 (石原・高瀬 法) IsiTaka	対数正規分布 (クオントイル法) LN3 (Q)	3母数 対数正規分布 (積率法) LN3 (PM)	2母数 対数正規分布 (L積率法) LN2 (LM)	2母数 対数正規分布 (積率法) LN2 (PM)	単純平均	小数点以下 切上げ	
標本数	57														
最大値	302.5														
確率	1/2	147.9	144.3	133.7	141.3	150.4	148.7	147.3	149.6	149.5	149.7	—	—	148.4	149.0
	1/3	174.9	170.8	161.5	171.9	178.0	176.2	174.0	175.8	175.5	176.0	—	—	175.2	176.0
	1/5	203.4	200.3	196.4	209.0	205.4	204.3	202.3	202.8	202.3	202.9	—	—	203.0	203.0
	1/10	236.9	237.3	243.9	260.2	235.2	236.2	236.2	233.9	233.1	233.9	—	—	235.3	236.0
	1/20	266.7	272.9	291.3	313.8	259.5	263.5	267.2	261.5	260.5	261.3	—	—	264.1	265.0
	1/30	283.0	293.3	319.1	346.7	271.8	277.9	284.5	276.6	275.4	276.3	—	—	279.9	280.0
	1/50	302.4	318.9	354.0	389.9	285.9	294.8	305.7	294.7	293.4	294.3	—	—	298.8	299.0
	1/80	319.3	342.2	386.2	431.5	297.5	309.3	324.8	310.7	309.4	310.3	—	—	315.4	316.0
	1/100	327.1	353.3	401.4	451.9	302.6	315.9	333.7	318.2	316.8	317.6	—	—	323.2	324.0
	1/150	340.7	373.4	429.2	489.9	311.4	327.3	349.8	331.4	330.0	330.8	—	—	336.9	337.0
模	1/200	350.0	387.7	448.9	517.7	317.3	335.1	361.1	340.7	339.2	339.9	—	—	346.4	347.0
	1/400	371.4	421.9	496.3	587.4	330.1	352.8	388.2	362.4	360.8	361.5	—	—	368.6	369.0
	1/500	378.0	433.0	511.6	610.7	333.9	358.2	396.8	369.3	367.7	368.3	—	—	375.7	376.0
S L S C	0.021	0.029	0.063	0.052	0.020	0.019	0.020	0.020	0.020	0.020	—	—			
S L S C H	0.039	0.055	0.089	0.100	0.036	0.030	0.038	0.036	0.038	0.036	—	—			
相関係数(X)	0.996	0.990	0.953	0.967	0.996	0.997	0.995	0.996	0.996	0.996	—	—			
相関係数(Y)	0.998	0.997	0.918	0.995	0.997	0.998	0.998	0.997	0.997	0.997	—	—			
推定誤差	47.6	29.5	36.5	66.3	33.6	55.0	34.4	31.1	35.6	30.4	—	—			

 : 精度の良い手法(SLSC≤0.04)
 : jackknife推定誤差が最小となる手法
 : W=1/500採用値

表 1.36(2) 五ヶ瀬川水系 雨量確率計算結果 (五ヶ瀬川中流域: 12時間雨量: S29年~H22年) (単位: mm)

項目	五ヶ瀬川中流域 (12h雨量) ~H22												適合度の良い手法による 平均値		
	毎 年 値														
	一般化極値分布 GEV	グンベル分布 Gumbel	指数分布 Exp	平方根指数型 最大値分布 SQRTET	対数ピアソン Ⅲ型分布 LP3 (Rs) LogP3		対数正規分布 (岩井法) LNIwai	対数正規分布 (石原・高瀬 法) IsiTaka	対数正規分布 (クオントイル法) LN3 (Q)	3母数 対数正規分布 (積率法) LN3 (PM)	2母数 対数正規分布 (L積率法) LN2 (LM)	2母数 対数正規分布 (積率法) LN2 (PM)	単純平均	小数点以下 切上げ	
標本数	57														
最大値	366.2														
確率	1/2	170.0	167.2	154.2	162.8	172.5	170.1	167.8	171.5	172.0	171.7	—	—	170.4	171.0
	1/3	202.9	199.6	188.2	198.9	206.4	203.6	200.8	203.8	203.8	204.0	—	—	203.1	204.0
	1/5	238.3	235.7	231.0	242.7	240.9	239.1	237.1	237.8	237.2	237.9	—	—	238.0	238.0
	1/10	280.9	281.1	289.2	303.0	279.6	280.8	282.2	277.9	276.4	277.9	—	—	279.6	280.0
	1/20	319.9	324.7	347.3	366.5	312.4	318.0	325.0	314.2	311.7	314.0	—	—	317.5	318.0
	1/30	341.5	349.7	381.3	405.4	329.4	338.3	349.5	334.4	331.3	334.0	—	—	338.5	339.0
	1/50	367.8	381.0	424.1	456.6	349.3	362.7	380.0	359.0	355.1	358.3	—	—	364.2	365.0
	1/80	391.1	409.7	463.5	505.8	366.0	384.1	407.9	381.0	376.3	380.1	—	—	387.0	388.0
	1/100	401.9	423.3	482.3	529.9	373.6	393.9	421.2	391.2	386.2	390.2	—	—	397.7	398.0
	模	1/150	421.1	447.9	516.3	575.0	386.6	411.3	445.3	409.7	404.0	408.4	—	—	416.8
1/200		434.4	465.4	540.4	608.0	395.4	423.4	462.5	422.6	416.4	421.2	—	—	430.2	431.0
1/400		465.5	507.4	598.5	690.7	415.1	451.3	504.0	453.4	445.9	451.5	—	—	461.8	462.0
1/500	475.2	520.9	617.2	718.4	421.0	460.1	517.5	463.2	455.3	461.2	—	—	471.8	472.0	
S L S C	0.023	0.025	0.057	0.044	0.018	0.016	0.019	0.018	0.020	0.019	—	—			
S L S C H	0.043	0.050	0.081	0.086	0.038	0.033	0.041	0.038	0.041	0.038	—	—			
相関係数(X)	0.995	0.992	0.962	0.973	0.996	0.996	0.993	0.995	0.995	0.995	—	—			
相関係数(Y)	0.998	0.998	0.938	0.996	0.998	0.999	0.998	0.998	0.998	0.998	—	—			
推定誤差	69.7	38.6	47.7	77.6	44.0	75.3	68.8	43.9	49.2	42.9	—	—			

 : 精度の良い手法(SLSC≤0.04)
 : jackknife推定誤差が最小となる手法
 : W=1/500採用値

表 1.36(3)

五ヶ瀬川水系

雨量確率計算結果

(五ヶ瀬川下流域：12時間雨量：S29年～H22年)

(単位：mm)

項目	五ヶ瀬川下流域 (12h雨量) ~H22												適合度の良い手法による 平均値		
	毎 年 値														
	一般化極値分布 GEV	グンベル分布 Gumbel	指数分布 Exp	平方根指数型 最大値分布 SQRTET	対数ピアソン III型分布 LP3 (Rs) LogP3		対数正規分布 (岩井法) LN1wai	対数正規分布 (石原・高瀬 法) IsiTaka	対数正規分布 (クオントイル法) LN3 (Q)	3母数 対数正規分布 (積率法) LN3 (PM)	2母数 対数正規分布 (L積率法) LN2 (LM)	2母数 対数正規分布 (積率法) LN2 (PM)	単純平均	小数点以下 切上げ	
標本数	57														
最大値	342.8														
確 率 規 模	1/2	160.8	159.8	147.6	155.2	163.9	160.1	159.1	162.9	162.6	163.1	158.2	158.2	160.9	161.0
	1/3	191.3	190.1	179.4	187.2	195.4	190.9	189.8	193.1	192.3	193.4	189.6	189.1	191.5	192.0
	1/5	224.9	223.9	219.5	225.9	228.0	224.8	224.1	225.3	224.2	225.5	225.4	224.1	225.0	226.0
	1/10	266.4	266.4	273.9	279.0	265.4	266.7	267.5	263.8	262.5	263.8	271.2	268.9	266.3	267.0
	1/20	305.5	307.1	328.3	334.5	297.8	306.0	309.3	299.2	297.9	298.9	316.0	312.5	305.0	306.0
	1/30	327.7	330.6	360.1	368.5	315.0	328.3	333.5	319.0	317.7	318.5	342.1	338.0	327.0	328.0
	1/50	355.1	359.9	400.2	413.1	335.3	356.0	363.9	343.2	342.0	342.5	375.3	370.2	354.3	355.0
	1/80	380.0	386.7	437.1	456.0	352.8	381.1	392.0	365.1	364.0	364.0	406.1	400.1	379.2	380.0
	1/100	391.7	399.4	454.6	477.0	360.7	392.9	405.4	375.3	374.3	374.2	420.9	414.4	390.9	391.0
	1/150	412.7	422.4	486.4	516.1	374.6	414.3	429.9	393.8	392.9	392.3	448.0	440.6	412.2	413.0
1/200	427.4	438.8	508.9	544.7	384.1	429.4	447.4	406.8	406.1	405.1	467.4	459.5	427.2	428.0	
1/400	462.5	478.1	563.3	616.4	405.7	465.7	490.1	437.8	437.5	435.6	515.2	505.6	463.4	464.0	
1/500	473.7	490.7	580.8	640.3	412.3	477.4	504.0	447.8	447.6	445.4	530.8	520.7	475.0	476.0	
S L S C	0.026	0.027	0.054	0.038	0.025	0.021	0.022	0.024	0.024	0.024	0.022	0.023			
S L S C H	0.048	0.049	0.076	0.072	0.050	0.041	0.043	0.046	0.047	0.046	0.045	0.044			
相関係数(X)	0.992	0.991	0.967	0.976	0.994	0.992	0.990	0.993	0.993	0.993	0.988	0.989			
相関係数(Y)	0.996	0.996	0.955	0.994	0.995	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996			
推定誤差	64.8	37.5	46.3	61.1	35.0	63.8	61.0	37.1	36.0	36.3	59.2	55.1			

：精度の良い手法(SLSC≤0.04)

：jackknife推定誤差が最小となる手法

：W=1/500採用値

表 1.36(4)

五ヶ瀬川水系

雨量確率計算結果

(祝子川流域：12時間雨量：S29年～H22年)

(単位：mm)

項目	祝子川流域 (12h雨量) ~H22												適合度の良い手法による 平均値		
	毎 年 値														
	一般化極値分布 GEV	グンベル分布 Gumbel	指数分布 Exp	平方根指数型 最大値分布 SQRTET	対数ピアソン III型分布 LP3 (Rs) LogP3		対数正規分布 (岩井法) LN1wai	対数正規分布 (石原・高瀬 法) IsiTaka	対数正規分布 (クオントイル法) LN3 (Q)	3母数 対数正規分布 (積率法) LN3 (PM)	2母数 対数正規分布 (L積率法) LN2 (LM)	2母数 対数正規分布 (積率法) LN2 (PM)	単純平均	小数点以下 切上げ	
標本数	57														
最大値	346.0														
確 率 規 模	1/2	174.7	171.7	158.7	167.5	178.8	175.1	172.4	177.8	178.1	178.0	—	—	175.8	176.0
	1/3	207.7	204.1	192.7	203.7	212.7	208.5	205.4	210.0	209.7	210.1	—	—	208.5	209.0
	1/5	243.1	240.3	235.6	247.4	246.4	243.6	241.7	243.1	242.2	243.2	—	—	243.0	243.0
	1/10	285.5	285.8	293.8	307.7	283.0	284.8	286.8	281.4	279.8	281.3	—	—	283.6	284.0
	1/20	324.1	329.3	352.0	371.0	312.9	321.2	329.5	315.4	313.1	315.2	—	—	320.1	321.0
	1/30	345.5	354.4	386.0	409.7	328.1	341.0	354.0	334.0	331.3	333.7	—	—	340.3	341.0
	1/50	371.4	385.8	428.9	460.6	345.4	364.7	384.5	356.5	353.3	356.0	—	—	364.7	365.0
	1/80	394.3	414.5	468.4	509.6	359.7	385.4	412.4	376.4	372.7	375.8	—	—	386.4	387.0
	1/100	404.9	428.1	487.1	533.6	366.0	395.0	425.6	385.6	381.7	384.9	—	—	396.5	397.0
	1/150	423.7	452.7	521.1	578.3	376.8	411.8	449.7	402.1	397.8	401.2	—	—	414.5	415.0
1/200	436.7	470.2	545.3	611.1	384.0	423.5	466.8	413.6	408.9	412.6	—	—	427.0	428.0	
1/400	466.9	512.2	603.5	693.2	399.8	450.4	508.2	440.7	435.3	439.4	—	—	456.6	457.0	
1/500	476.3	525.8	622.2	720.7	404.4	458.8	521.7	449.2	443.6	447.9	—	—	466.0	466.0	
S L S C	0.032	0.035	0.065	0.050	0.028	0.025	0.026	0.027	0.028	0.027	—	—			
S L S C H	0.061	0.069	0.098	0.099	0.049	0.047	0.057	0.053	0.055	0.053	—	—			
相関係数(X)	0.990	0.985	0.950	0.960	0.994	0.992	0.986	0.991	0.991	0.991	—	—			
相関係数(Y)	0.997	0.997	0.939	0.997	0.996	0.997	0.998	0.996	0.996	0.996	—	—			
推定誤差	54.3	34.9	42.9	88.9	30.0	78.9	45.2	28.5	62.4	27.9	—	—			

：精度の良い手法(SLSC≤0.04)

：jackknife推定誤差が最小となる手法

：W=1/500採用値

表 1.36(5)

五ヶ瀬川水系 雨量確率計算結果 (北川流域：12時間雨量：S29年～H22年)

(単位：mm)

項目	北川流域 (12h雨量)												適合度の良い手法による 平均値	
	毎 年 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		対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬 法)	対数正規分布 (オホタケ法)	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 (積率法)	単純平均	小数点以下 切上げ
	GEV	Gumbel	Exp	SQRTE	LP3 (Rs)	LogP3	LNIwai	IsiTaka	LN3 (Q)	LN3 (PM)	LN2 (LM)	LN2 (PM)		
標本数	57													
最大値	387.6													
確 率 規 模	1/2	167.6	168.2	154.8	162.1	172.8	—	166.0	—	162.5	—	166.4	165.6	166.0
	1/3	200.9	201.6	189.8	194.6	207.5	—	199.0	—	195.6	—	200.3	198.8	199.0
	1/5	238.2	238.8	233.9	233.8	243.4	—	236.7	—	235.3	—	239.1	237.0	237.0
	1/10	285.5	285.5	293.8	287.6	284.3	—	285.3	—	288.5	—	289.0	286.6	287.0
	1/20	331.3	330.4	353.6	343.8	319.4	—	332.9	—	342.9	—	338.0	335.9	336.0
	1/30	357.8	356.2	388.6	378.2	338.0	—	360.9	—	375.7	—	366.7	364.9	365.0
	1/50	391.2	388.4	432.8	423.2	359.7	—	396.4	—	418.2	—	403.1	402.0	403.0
	1/80	421.9	417.9	473.3	466.4	378.3	—	429.4	—	458.7	—	437.1	436.8	437.0
	1/100	436.5	431.9	492.6	487.6	386.7	—	445.3	—	478.4	—	453.4	453.5	454.0
	1/150	463.2	457.2	527.6	527.1	401.4	—	474.5	—	515.0	—	483.3	484.3	485.0
1/200	482.1	475.2	552.5	555.9	411.3	—	495.4	—	541.6	—	504.8	506.5	507.0	
1/400	528.0	518.5	612.3	628.1	433.8	—	547.0	—	608.3	—	557.7	561.1	562.0	
1/500	542.9	532.4	631.6	652.3	440.6	—	563.9	—	630.5	—	575.1	579.1	580.0	
S L S C	0.034	0.033	0.053	0.040	0.048	—	0.035	—	0.034	—	0.035	0.035		
S L S C H	0.058	0.056	0.085	0.077	0.059	—	0.066	—	0.074	—	0.063	0.066		
相関係数 (X)	0.986	0.986	0.967	0.973	0.989	—	0.984	—	0.977	—	0.984	0.985		
相関係数 (Y)	0.991	0.991	0.985	0.992	0.990	—	0.992	—	0.993	—	0.992	0.992		
推定誤差	82.6	38.4	47.0	65.6	43.8	—	82.4	—	95.8	—	60.0	55.8		

 : 精度の良い手法 (SLSC ≤ 0.04)
 : jackknife推定誤差が最小となる手法
 : W-1/500採用値

【 対数正規確率紙 】

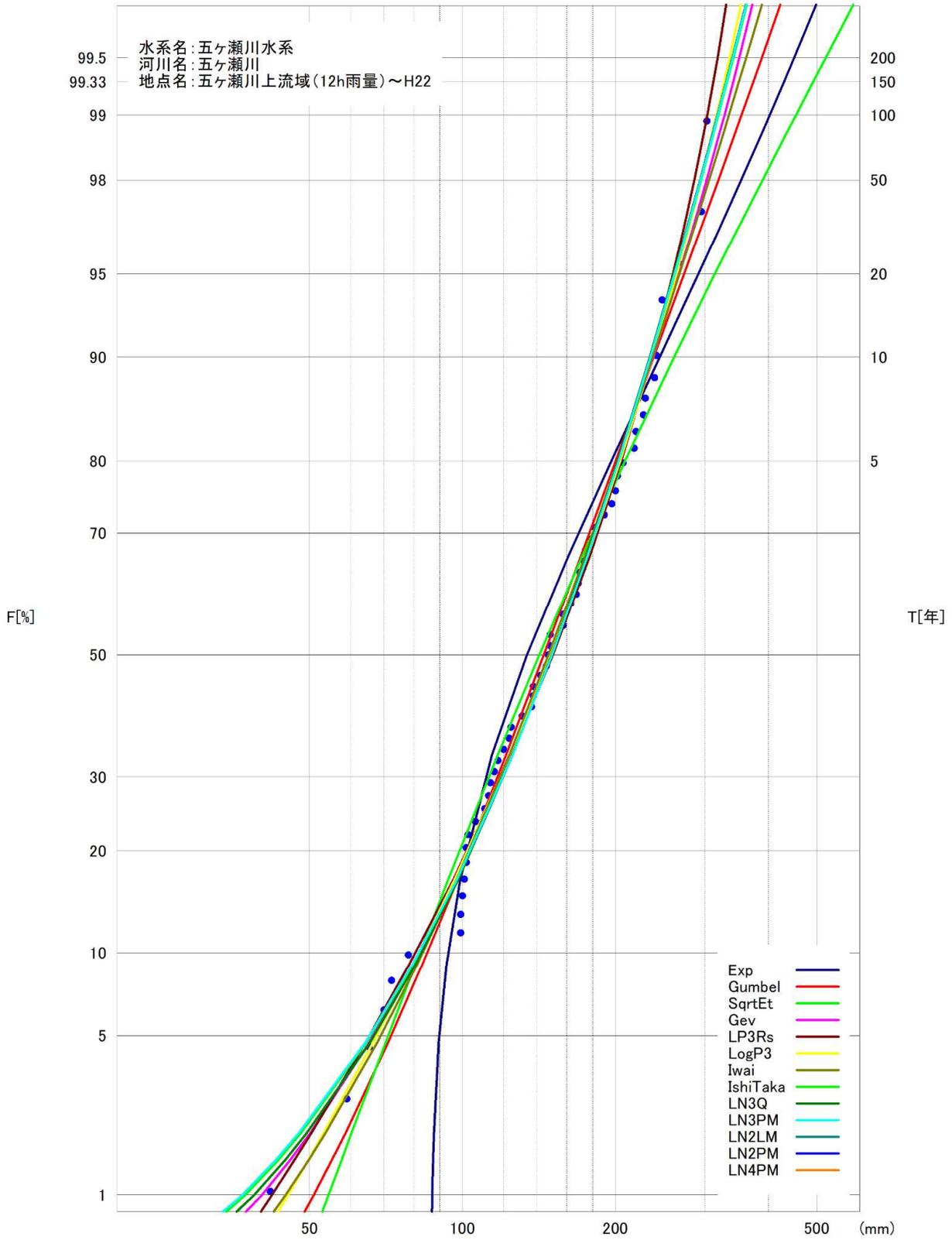


図 1.38(1) 雨量確率計算結果 (五ヶ瀬川上流域、12時間雨量、昭和29年~平成22年)

【対数正規確率紙】

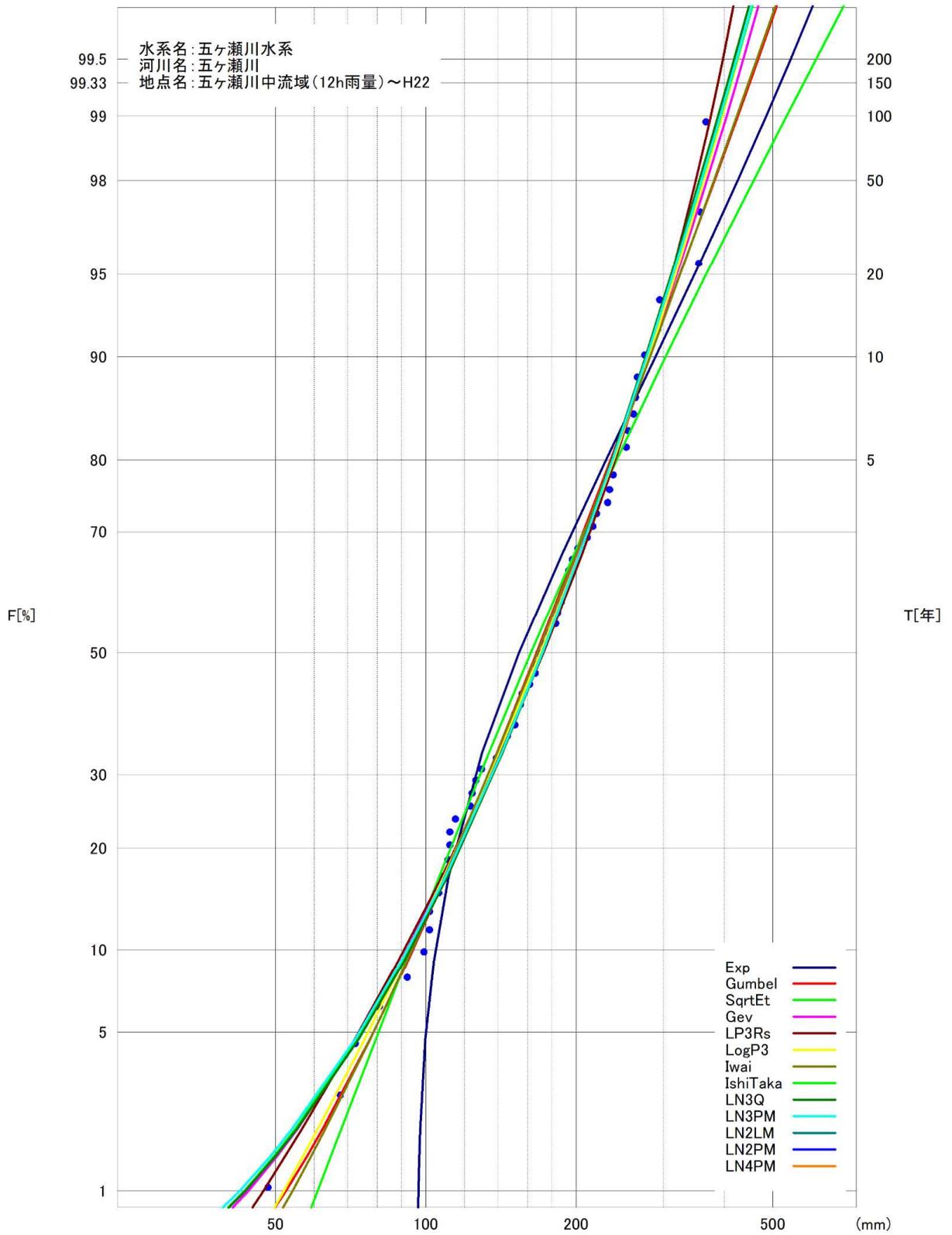


図 1.38(2) 雨量確率計算結果（五ヶ瀬川中流域、12時間雨量、昭和29年～平成22年）

【対数正規確率紙】

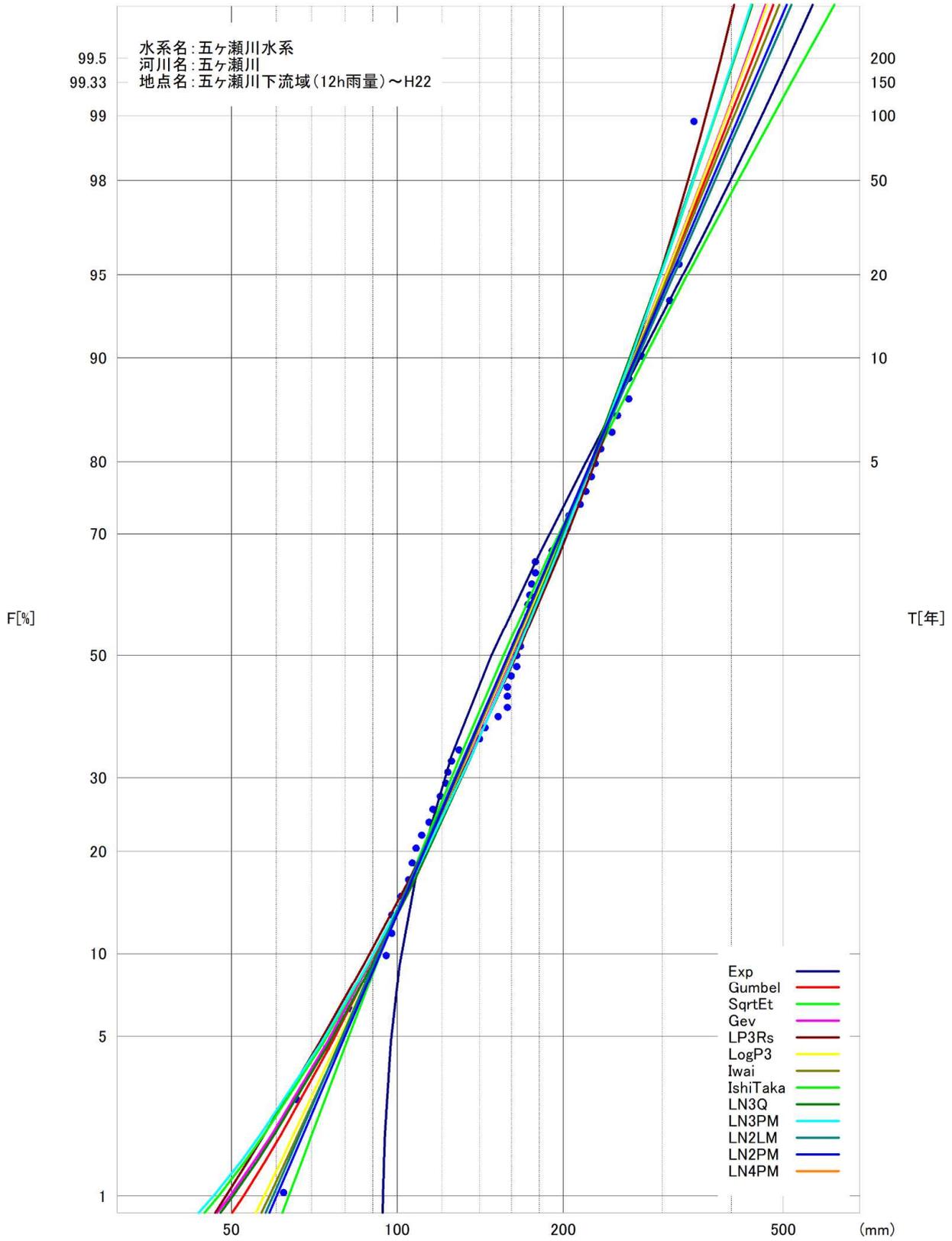


図 1.38(3) 雨量確率計算結果（五ヶ瀬川下流域、12時間雨量、昭和29年～平成22年）

【対数正規確率紙】

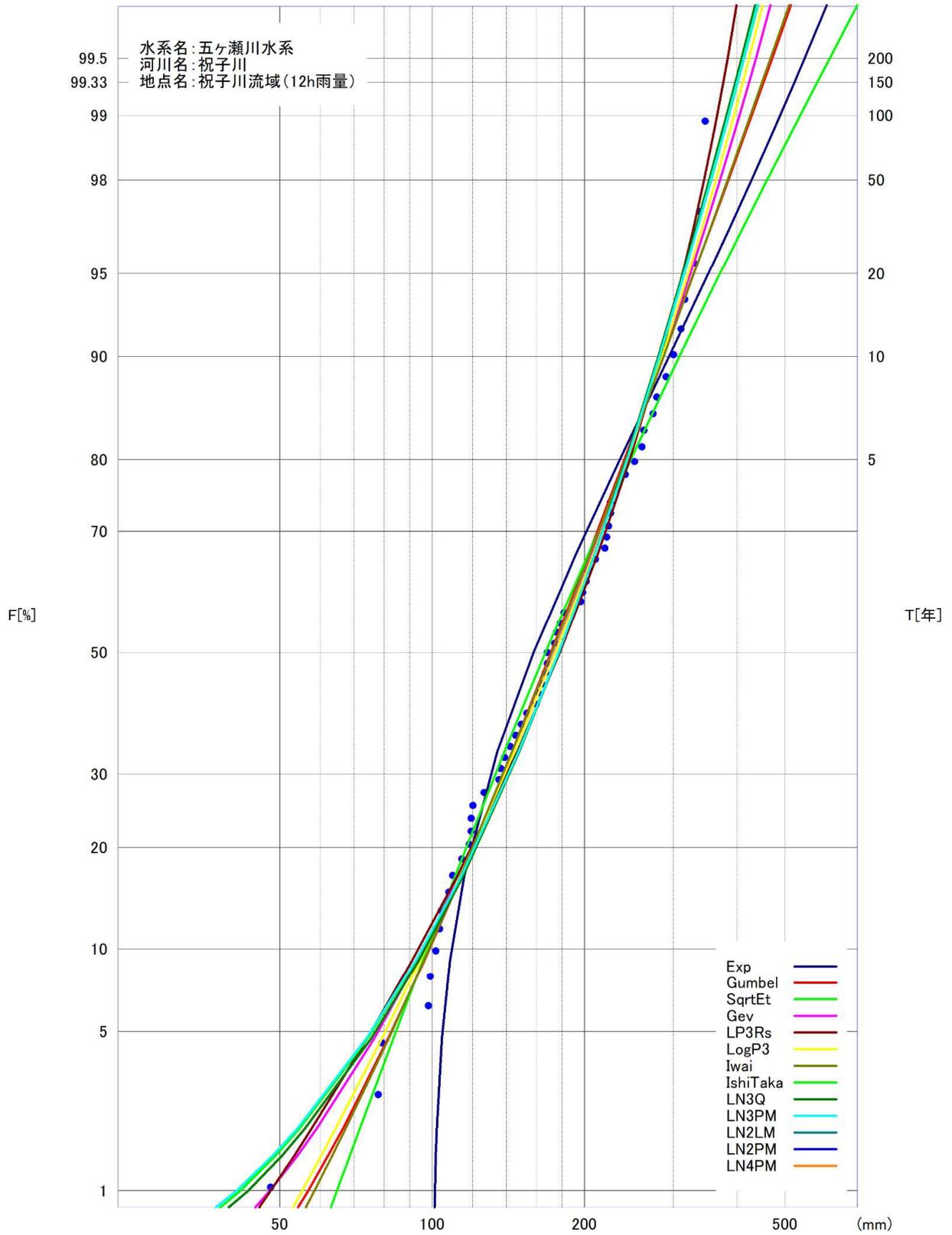


図 1.38(4) 雨量確率計算結果 (祝子川流域、12時間雨量、昭和29年～平成22年)

【対数正規確率紙】

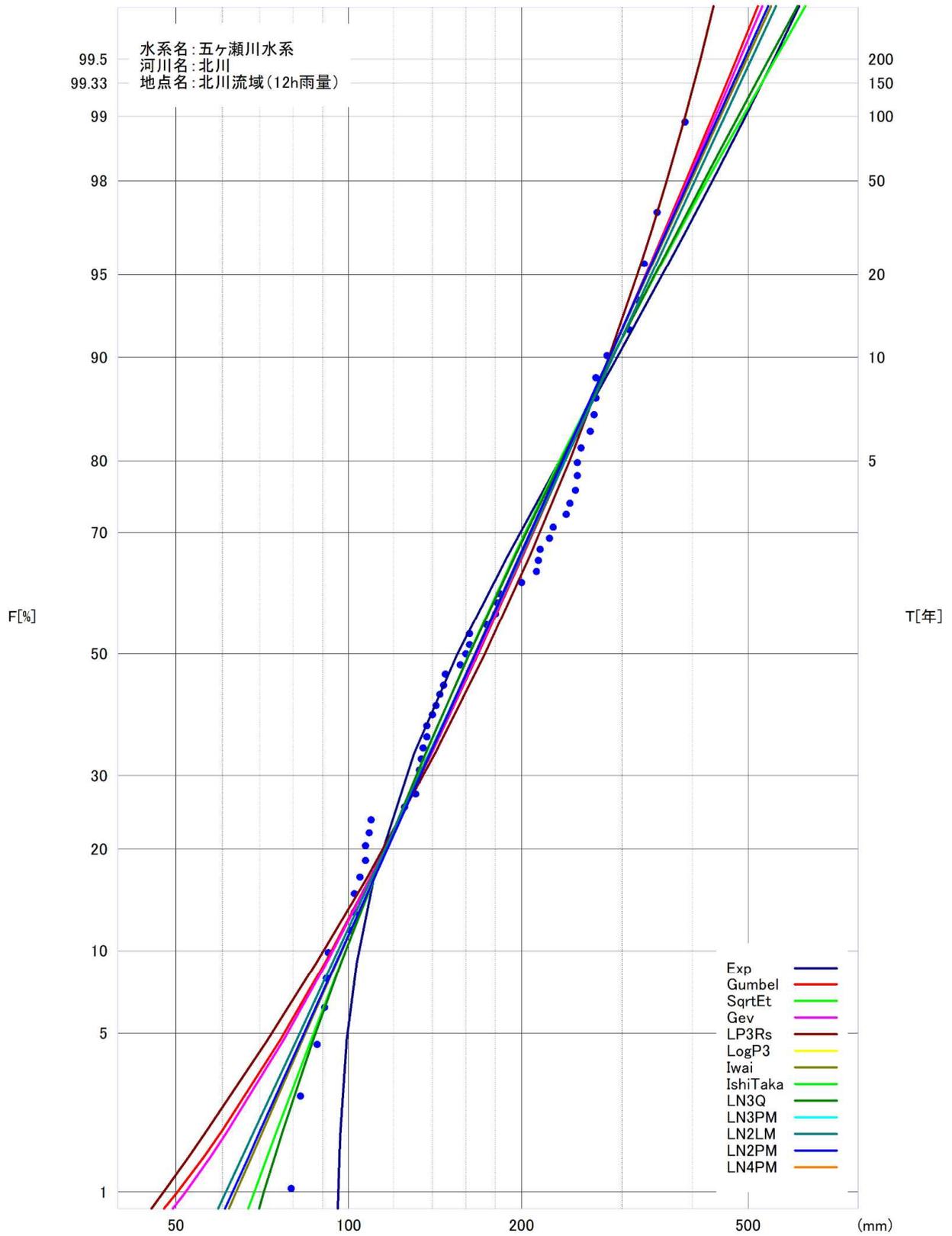


図 1.38(5) 雨量確率計算結果（北川流域、12時間雨量、昭和29年～平成22年）

表 1.37

年最大12時間雨量一覧

No.	西暦	年	12時間雨量(mm)				
			五ヶ瀬川上流域	五ヶ瀬川中流域	五ヶ瀬川下流域	祝子川流域	北川流域
1	1954	S29	302.5	265.1	309.2	346.0	345.3
2	1955	S30	265.8	202.7	203.2	203.5	215.6
3	1956	S31	78.2	99.0	123.3	114.4	137.1
4	1957	S32	227.0	267.2	277.3	274.2	268.8
5	1958	S33	101.3	72.3	74.2	101.9	133.3
6	1959	S34	142.1	216.2	164.2	174.5	180.9
7	1960	S35	72.3	111.9	125.2	138.6	140.4
8	1961	S36	189.8	254.9	341.4	316.0	309.2
9	1962	S37	120.5	187.6	158.1	119.8	133.2
10	1963	S38	99.5	182.4	143.7	222.6	270.4
11	1964	S39	244.1	253.5	224.7	225.0	250.3
12	1965	S40	179.6	123.6	104.6	119.1	135.1
13	1966	S41	157.6	174.2	166.3	198.9	263.3
14	1967	S42	148.9	115.3	108.1	103.8	91.2
15	1968	S43	219.4	194.7	177.7	224.9	212.4
16	1969	S44	124.2	169.7	176.8	179.5	156.7
17	1970	S45	148.4	161.9	197.1	164.9	141.9
18	1971	S46	228.5	261.1	276.5	311.4	270.8
19	1972	S47	113.7	151.2	88.3	118.6	109.2
20	1973	S48	115.0	102.3	119.7	136.6	92.0
21	1974	S49	201.7	196.7	164.6	176.3	183.1
22	1975	S50	110.0	91.9	65.4	78.2	82.0
23	1976	S51	166.7	176.9	116.0	126.7	104.5
24	1977	S52	146.4	155.4	227.1	261.3	226.9
25	1978	S53	102.1	146.1	121.9	146.4	100.6
26	1979	S54	122.9	142.8	160.6	197.2	242.6
27	1980	S55	174.2	221.3	158.3	240.8	214.8
28	1981	S56	117.5	150.7	140.1	160.1	137.0
29	1982	S57	217.8	295.1	218.7	252.2	249.9
30	1983	S58	98.6	67.7	97.6	135.7	131.9
31	1984	S59	138.1	111.7	114.1	142.8	102.3
32	1985	S60	146.9	129.7	97.5	104.4	79.1
33	1986	S61	101.5	108.5	129.1	98.1	101.9
34	1987	S62	70.2	111.1	82.5	120.3	125.3
35	1988	S63	206.8	124.6	157.3	167.7	162.4
36	1989	H 1	172.6	232.7	202.0	153.4	147.3
37	1990	H 2	169.4	165.5	167.6	221.3	239.2
38	1991	H 3	106.2	156.2	190.3	181.9	174.4
39	1992	H 4	163.2	212.2	152.1	150.3	163.0
40	1993	H 5	246.1	357.2	250.0	219.1	223.6
41	1994	H 6	65.3	106.6	62.2	79.8	90.5
42	1995	H 7	136.0	189.7	174.2	210.4	160.3
43	1996	H 8	168.9	165.7	171.3	162.2	130.6
44	1997	H 9	241.2	353.4	243.4	300.6	387.6
45	1998	H10	157.6	239.1	232.7	259.2	253.9
46	1999	H11	131.3	191.0	212.9	231.8	182.0
47	2000	H12	100.9	125.8	101.6	109.3	107.2
48	2001	H13	99.3	138.8	172.5	201.8	200.9
49	2002	H14	137.7	184.3	170.5	168.3	144.0
50	2003	H15	196.1	238.3	173.2	169.4	146.5
51	2004	H16	239.5	293.8	260.6	291.3	327.3
52	2005	H17	294.7	366.2	342.8	329.7	319.9
53	2006	H18	182.3	233.6	261.5	277.3	249.2
54	2007	H19	199.0	276.4	323.3	337.9	282.9
55	2008	H20	112.4	102.0	95.5	99.2	107.1
56	2009	H21	58.9	48.3	105.8	47.9	87.7
57	2010	H22	41.7	81.0	110.4	107.7	108.7
58	2011	H23	185.0	182.9	226.6	263.1	306.3
59	2012	H24	137.3	197.5	207.8	208.8	159.7
60	2013	H25	165.3	140.0	118.7	116.8	164.1
61	2014	H26	99.6	152.8	230.9	247.7	226.8
62	2015	H27	186.9	209.3	216.9	223.7	178
63	2016	H28	156.4	169.2	260.7	365.9	351.7
64	2017	H29	230.1	256.3	299.6	348.1	353.6
65	2018	H30	192.8	200.0	207.2	235.3	289.2
66	2019	R1	74.4	76.4	155.2	63.4	210.2

(3) 対象地域の雨量評価

前項にて選定した地域について、拡大後雨量の異常性評価を確認する。なお、対象の時間は基準地点三輪における 12 時間雨量が最大となる時間帯（降雨継続時間帯）とする。

各地域の拡大後雨量及び 1/500 雨量は表 1-38 に示すとおりであり、6 洪水が棄却となる。

表 1-38 地域分布の評価結果

通し No	洪水年月日	実績雨量(mm)		計画降雨 継続時間 内雨量 (mm/12hr)	拡大率	拡大後雨量(mm)					棄却 洪水
		基準地点				流域					
		三輪				五ヶ瀬 上流	五ヶ瀬 中流	五ヶ瀬 下流	祝子川	北川	
12時間		12時間	12時間	12時間	12時間	12時間					
1	S. 32. 8. 20	201.3		341	1.694	307.0	349.0	397.8	280.2	247.5	
2	S. 32. 9. 7	256.2			1.331	302.1	349.5	388.5	365.0	357.8	
3	S. 36. 9. 15	196.6			1.734	246.6	376.6	413.9	364.3	313.0	×
4	S. 36. 10. 26	252.1			1.353	247.7	344.9	486.7	427.5	418.3	×
5	S. 39. 8. 24	210.0			1.624	396.4	363.6	259.6	193.9	175.3	
6	S. 46. 8. 30	254.4			1.340	293.2	343.7	396.6	404.8	350.9	
7	S. 57. 8. 27	251.4			1.356	287.2	400.2	318.5	325.9	320.7	
8	H. 5. 8. 10	295.7			1.153	282.9	411.9	312.1	232.0	203.7	
9	H. 5. 9. 3	253.5			1.345	308.7	400.4	298.1	294.7	300.7	
10	H. 9. 9. 16	289.0			1.180	282.4	417.0	306.2	348.4	453.1	
11	H. 10. 10. 16	210.1			1.623	255.8	388.1	383.0	420.7	411.9	
12	H. 11. 7. 25	176.0			1.938	231.0	367.3	449.0	433.1	352.5	×
13	H. 16. 8. 28	272.4			1.252	293.8	367.8	354.4	313.0	278.9	
14	H. 17. 9. 4	341.6			0.998	294.1	365.5	372.6	329.2	319.4	
15	H. 19. 7. 12	190.7			1.788	218.9	344.5	486.2	465.8	416.8	×
16	H. 19. 8. 1	266.8			1.278	254.3	353.2	432.5	431.1	361.0	×
17	H. 29. 9. 15	259.3			1.315	302.6	337.0	394.0	457.8	465.0	×
棄却基準値 【1/500雨量】		404.3		-	433	521	412	448	532		

※ : 拡大後雨量の確率評価が棄却基準値（1/500雨量）を超過しているため棄却

※1/500雨量は、①SLSC \leq 0.04以下かつ②Jackknife推定誤差が最小となる手法の値による

1.10.4 時間分布の評価について

(1) 対象時間の選定

対象時間の考え方については、以下のとおりとした。

- ・ピーク流量と雨量の相関は洪水到達時間の最小値が7.9時間であることや、6時間以上で相関が高まることから、『6時間』を短時間雨量として確認した。
- ・また、対象降雨の降雨継続時間である12時間の1/2降雨継続時間も『6時間』となる。

(2) 棄却基準値の選定

各選定地域における棄却基準値を設定する。S29～H22（57年間）の年最大6時間雨量を用いて確率計算を行った結果、1/500雨量は以下の通りとなった。

表 1-39 6 時間雨量 1/500 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点三輪			備考
		SLSC	確率1/500 6時間雨量 (mm)	確率1/500 Jackknife 推定誤差	
分布極値	一般化極値分布 Gev	0.026	280	37.6	採用
	グンベル分布 Gumbel	0.031	312	21.2	
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.045	406	35.0	
布マガ型分	対数ピアソンⅢ型分布(実数空間法) LP3Rs	0.037	248	27.7	
	対数ピアソンⅢ型分布(対数空間法) LogP3	0.031	299	36.1	
対数正規分布型	岩井法 Iwai	0.030	303	34.2	
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.031	272	26.4	
	対数正規分布3母数クォンタイル法 LN3Q	0.032	324	60.3	
	対数正規分布3母数(Slade II) LN3PM	0.032	271	25.8	
	対数正規分布2母数(Slade I, L積率法) LN2LM	0.032	338	33.2	
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法) LN2PM	0.032	330	31.0	
	対数正規分布4母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—	—	

注: 時間雨量の統計範囲は昭和29年～平成22年
SLSC ≤ 0.040の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

表 1-40 五ヶ瀬川水系 雨量確率計算結果 (三輪地点: 6 時間雨量: S29 年～H22 年) (単位: mm)

項目	三輪地点 (6h雨量) ～H22												適合度の良い手法による 平均値		
	毎 年 値														
	一般化極値分布 GEV	グンベル分布 Gumbel	指数分布 Exp	平方根指数型 最大値分布 SQRTET	対数ピアソン Ⅲ型分布 LP3(Rs) LogP3		対数正規分布 (岩井法) LNIwai	対数正規分布 (石原・高瀬 法) IsiTaka	対数正規分布 (クォンタイル法) LN3(Q)	3母数 対数正規分布 (積率法) LN3(PM)	2母数 対数正規分布 (L積率法) LN2(LM)	2母数 対数正規分布 (積率法) LN2(PM)	単純平均	小数点以下 切上げ	
標本数	57														
最大値	228.2														
確 率 規 模	1/2	105.0	103.0	95.4	100.1	106.7	103.6	103.8	106.1	102.3	106.2	102.2	102.2	104.1	105.0
	1/3	124.5	122.2	115.4	120.4	126.6	123.1	123.0	125.1	121.7	125.3	122.2	121.8	123.6	124.0
	1/5	145.2	143.5	140.7	144.9	146.7	144.4	144.1	144.9	143.5	145.0	144.9	143.9	144.6	145.0
	1/10	170.1	170.3	175.0	178.4	169.0	170.5	170.0	168.0	171.2	168.0	174.0	172.1	170.3	171.0
	1/20	192.6	196.0	209.3	213.5	187.6	194.9	194.4	188.8	198.0	188.6	202.3	199.6	194.3	195.0
	1/30	205.0	210.7	229.4	235.0	197.2	208.7	208.3	200.2	213.5	200.0	218.8	215.5	207.8	208.0
	1/50	220.0	229.2	254.6	263.2	208.3	225.7	225.6	214.1	233.1	213.7	239.8	235.7	224.5	225.0
	1/80	233.2	246.1	277.9	290.2	217.7	241.0	241.3	226.4	251.3	226.0	259.2	254.4	239.7	240.0
	1/100	239.3	254.1	288.9	303.4	221.9	248.2	248.8	232.2	259.9	231.7	268.5	263.3	246.8	247.0
	1/150	250.1	268.7	309.0	328.1	229.1	261.2	262.3	242.5	275.8	241.8	285.5	279.7	259.7	260.0
1/200	257.5	279.0	323.2	346.1	234.0	270.4	272.0	249.6	287.1	248.9	297.8	291.4	268.8	269.0	
1/400	274.8	303.8	357.5	391.3	244.8	292.4	295.2	266.7	314.9	265.8	327.8	320.2	290.6	291.0	
1/500	280.2	311.7	368.6	406.4	248.1	299.4	302.7	272.1	324.0	271.1	337.6	329.6	297.7	298.0	
SLSC	0.026	0.031	0.060	0.045	0.037	0.031	0.030	0.031	0.032	0.032	0.032	0.032			
SLSCH	0.044	0.056	0.089	0.085	0.049	0.052	0.053	0.048	0.059	0.048	0.061	0.060			
相関係数(X)	0.992	0.988	0.958	0.970	0.993	0.990	0.990	0.992	0.986	0.992	0.985	0.985			
相関係数(Y)	0.995	0.995	0.959	0.992	0.994	0.995	0.995	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994			
推定誤差	37.6	21.2	26.1	35.0	27.7	36.1	34.2	26.4	60.3	25.8	33.2	31.0			

: 精度の良い手法 (SLSC ≤ 0.04)

: Jackknife推定誤差が最小となる手法

: W=1/500採用値

【対数正規確率紙】

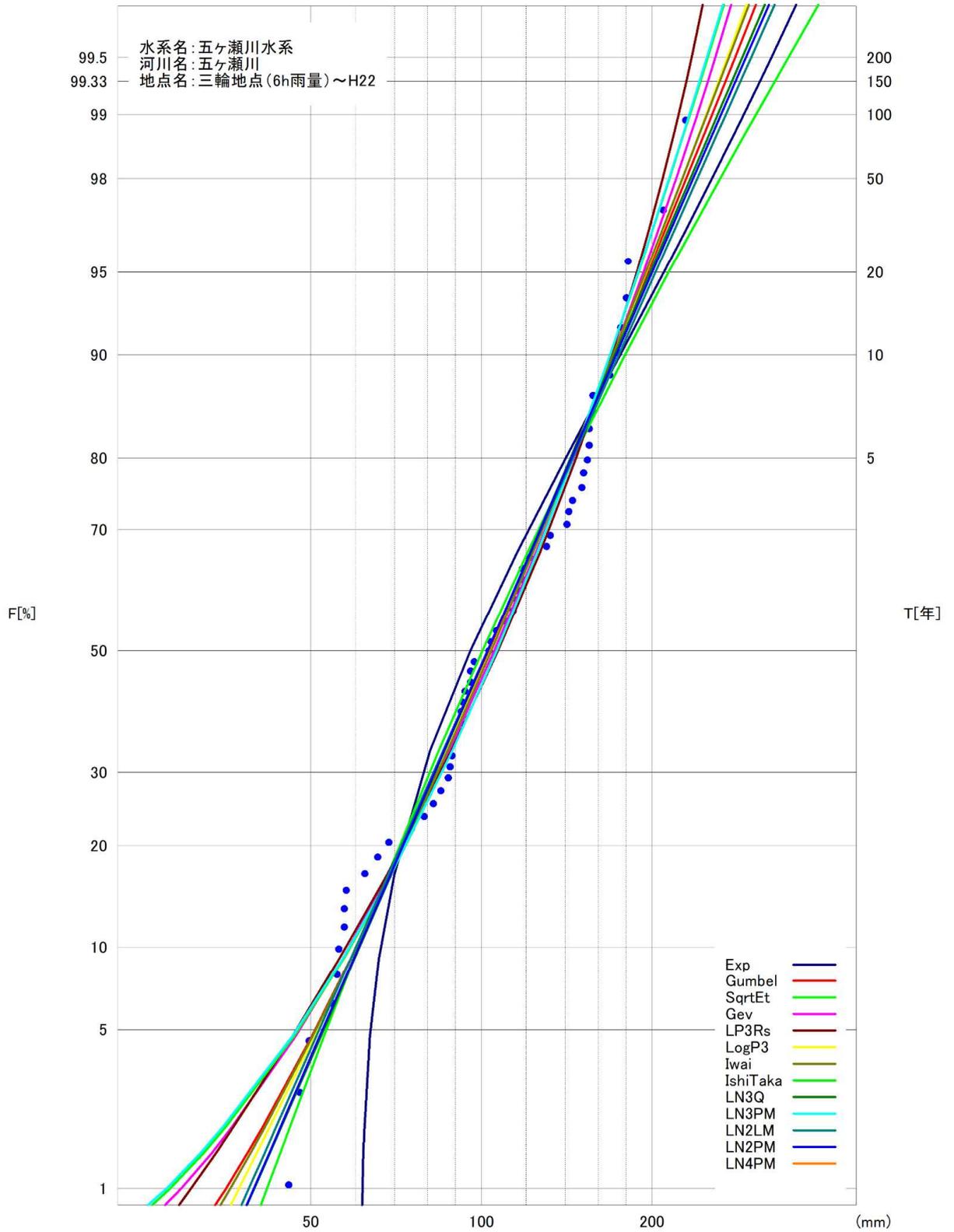


図 1.39 雨量確率計算結果（三輪地点、6時間雨量、昭和29年～平成22年）

表 1.41

年最大短時間雨量一覽

No.	西曆	年	基準地点三輪上流年最大雨量 (mm)	備考
			6時間雨量	
1	1954	S29	167.7	
2	1955	S30	153.9	
3	1956	S31	57.7	
4	1957	S32	174.8	
5	1958	S33	57.1	
6	1959	S34	93.3	
7	1960	S35	65.3	
8	1961	S36	140.7	
9	1962	S37	121.4	
10	1963	S38	89.5	
11	1964	S39	157.0	
12	1965	S40	88.3	
13	1966	S41	114.8	
14	1967	S42	87.1	
15	1968	S43	144.2	
16	1969	S44	113.3	
17	1970	S45	92.2	
18	1971	S46	156.4	
19	1972	S47	84.9	
20	1973	S48	54.6	
21	1974	S49	150.4	
22	1975	S50	55.8	
23	1976	S51	116.2	
24	1977	S52	118.0	
25	1978	S53	79.1	
26	1979	S54	81.9	
27	1980	S55	117.4	
28	1981	S56	102.6	
29	1982	S57	154.5	
30	1983	S58	57.4	
31	1984	S59	74.9	
32	1985	S60	95.6	
33	1986	S61	91.9	
34	1987	S62	47.8	
35	1988	S63	88.8	
36	1989	H 1	129.9	
37	1990	H 2	96.7	
38	1991	H 3	87.6	
39	1992	H 4	131.9	
40	1993	H 5	228.2	
41	1994	H 6	45.7	
42	1995	H 7	103.4	
43	1996	H 8	109.9	
44	1997	H 9	180.2	
45	1998	H10	175.2	
46	1999	H11	106.1	
47	2000	H12	68.3	
48	2001	H13	92.9	
49	2002	H14	95.6	
50	2003	H15	141.8	
51	2004	H16	151.4	
52	2005	H17	181.3	
53	2006	H18	153.4	
54	2007	H19	208.7	
55	2008	H20	55.4	
56	2009	H21	49.6	
57	2010	H22	62.0	
58	2011	H23	98.7	
59	2012	H24	106.8	
60	2013	H25	81.5	
61	2014	H26	98.3	
62	2015	H27	134.9	
63	2016	H28	109.4	
64	2017	H29	162.5	
65	2018	H30	124.7	
66	2019	R1	79.0	

(3) 時間分布の雨量評価

前項にて選定した短時間について、拡大後雨量の異常性評価を確認する。

各時間の拡大後雨量及び 1/500 雨量は表 1-42 に示すとおりであり、棄却洪水無しとなる。

表 1-42 時間分布の評価結果

No	洪水年月日	基準地点三輪 実績雨量 (mm)	基準地点 三輪 拡大率	拡大後雨量 (mm)	棄却 洪水
		6時間		6時間	
1	S32. 8. 20	111. 9	1. 694	189. 6	
2	S32. 9. 7	174. 8	1. 331	232. 7	
3	S36. 9. 15	115. 3	1. 734	200. 0	
4	S36. 10. 25	140. 7	1. 353	190. 3	
5	S39. 8. 24	120. 6	1. 624	195. 8	
6	S46. 8. 30	156. 4	1. 340	209. 6	
7	S57. 8. 27	154. 5	1. 356	209. 6	
8	H 5. 8. 10	228. 2	1. 153	263. 2	
9	H 5. 9. 3	200. 9	1. 345	270. 2	
10	H 9. 9. 16	180. 2	1. 180	212. 6	
11	H10. 10. 16	175. 2	1. 623	284. 4	
12	H11. 7. 25	106. 1	1. 938	205. 6	
13	H16. 8. 28	151. 4	1. 252	189. 5	
14	H17. 9. 4	181. 3	0. 998	181. 0	
15	H19. 7. 12	102. 5	1. 788	183. 3	
16	H19. 8. 1	208. 7	1. 278	266. 7	
17	H29. 9. 15	162. 5	1. 315	213. 7	
棄却基準値 【1/500雨量】		-	-	312	-

※ : 拡大後雨量の確率評価が棄却基準値 (1/500雨量) を超過しているため棄却

※1/500雨量は、①SLSC \leq 0. 04以下かつ②Jackknife推定誤差が最小となる手法の値による

1.11 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、1/100 規模（1.1 倍）12 時間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三輪において 6,100m³/s～8,700m³/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 1-43 ピーク流量一覧（三輪地点）

No.	洪水年月日				基準地点三輪上流域			基準地点三輪 基本高水の ピーク流量 (m ³ /s)
					実績雨量 (mm/12hr)	拡大率	計画規模の降雨量 ×1.1倍 (mm/12hr)	
1	S.	32	8	20	201.3	1.863	375	7,200
2	S.	32	9	7	256.2	1.464	375	7,200
3	S.	36	9	15	196.6	1.908	375	7,800
4	S.	36	10	26	252.1	1.488	375	6,200
5	S.	39	8	24	210.0	1.786	375	6,700
6	S.	46	8	30	254.4	1.474	375	8,700
7	S.	57	8	27	251.4	1.492	375	7,900
8	H.	5	8	10	295.7	1.269	375	6,800
9	H.	5	9	3	253.5	1.48	375	7,200
10	H.	9	9	16	289.0	1.298	375	8,100
11	H.	10	10	16	210.1	1.785	375	7,000
12	H.	11	7	25	176.0	2.131	375	7,500
13	H.	16	8	28	272.4	1.377	375	6,400
14	H.	17	9	4	341.6	1.098	375	8,700
15	H.	19	7	12	190.7	1.967	375	7,100
16	H.	19	8	1	266.8	1.406	375	6,100
17	H.	29	9	15	259.3	1.447	375	6,300

※100m³/s の端数については、切り上げるものとした。

※上記の表の拡大率は、気候変動対応後の 375mm に対する引伸しであるため、2 倍以上となっている。

※グレー着色：短時間雨量あるいは小流域が著しい引き伸ばしとなっている洪水

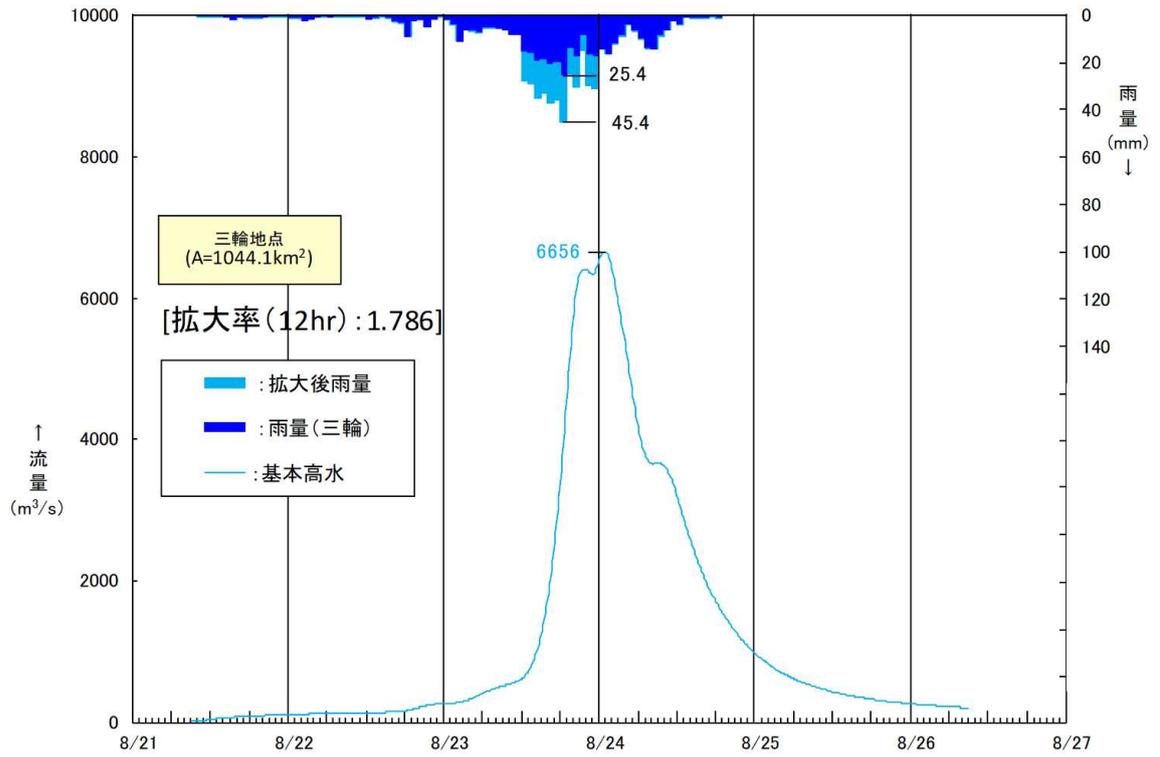


图 1.40(1) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 昭和 39 年 8 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

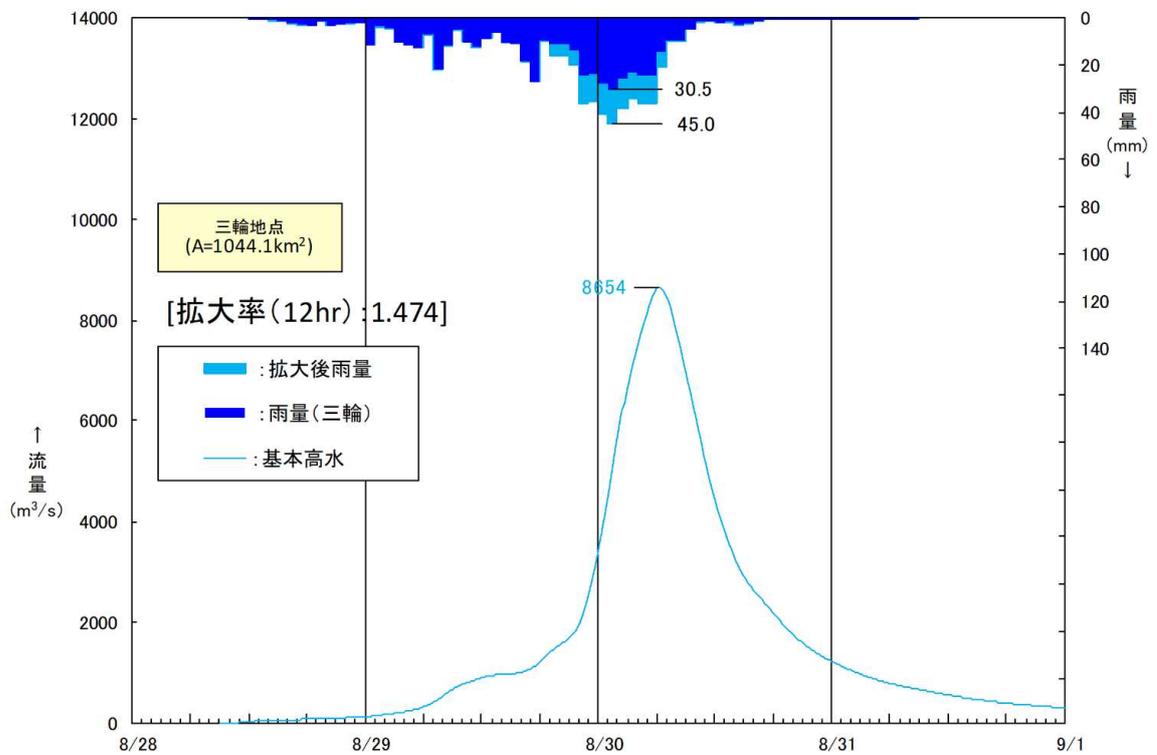


图 1.40(2) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 昭和 46 年 8 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

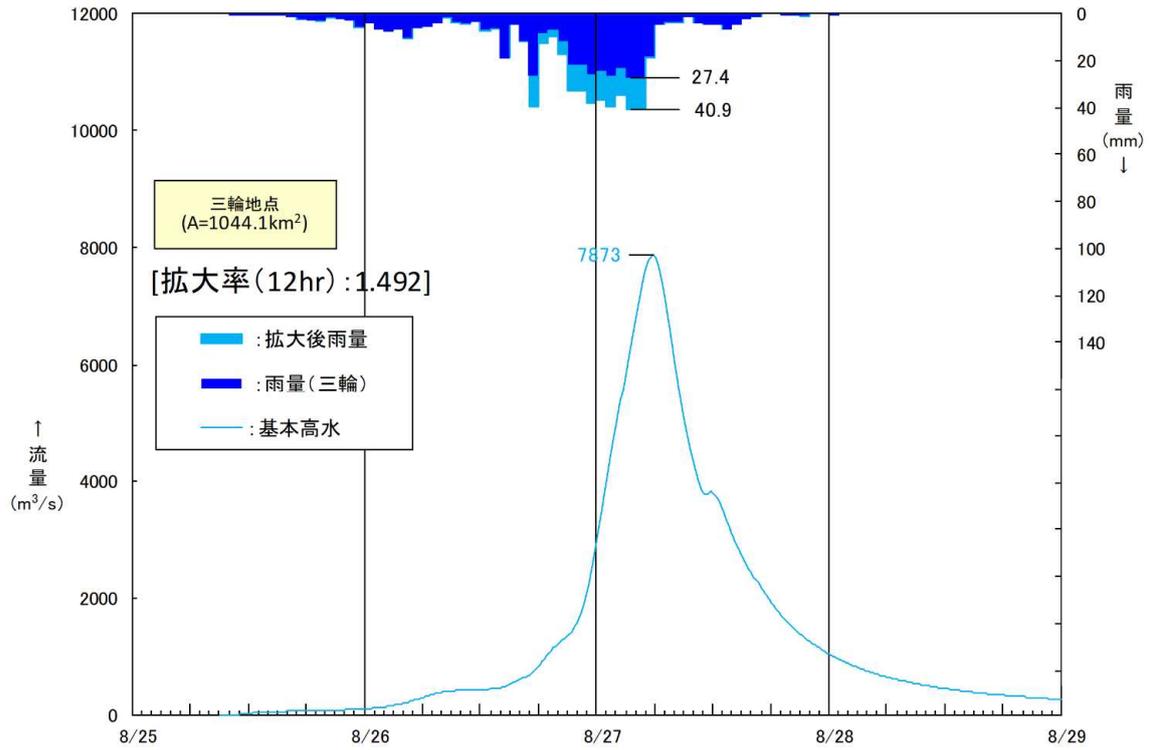


図 1.40(3) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 昭和 57 年 8 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

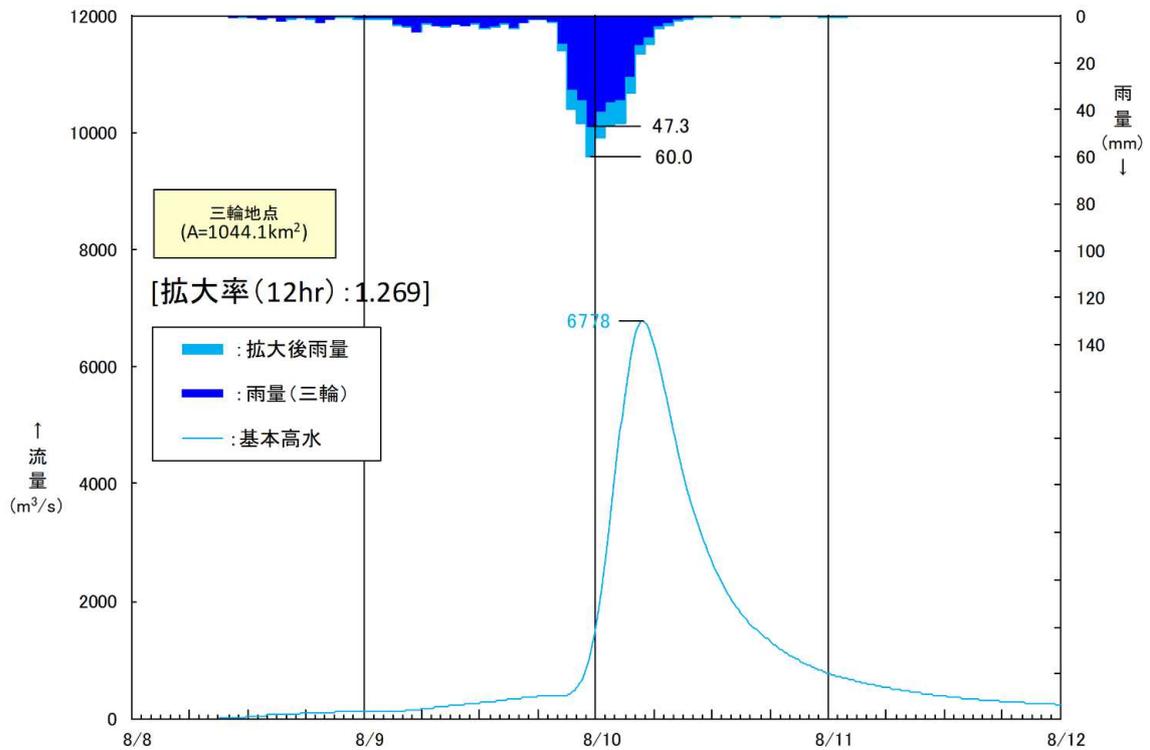


図 1.40(4) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成 5 年 8 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

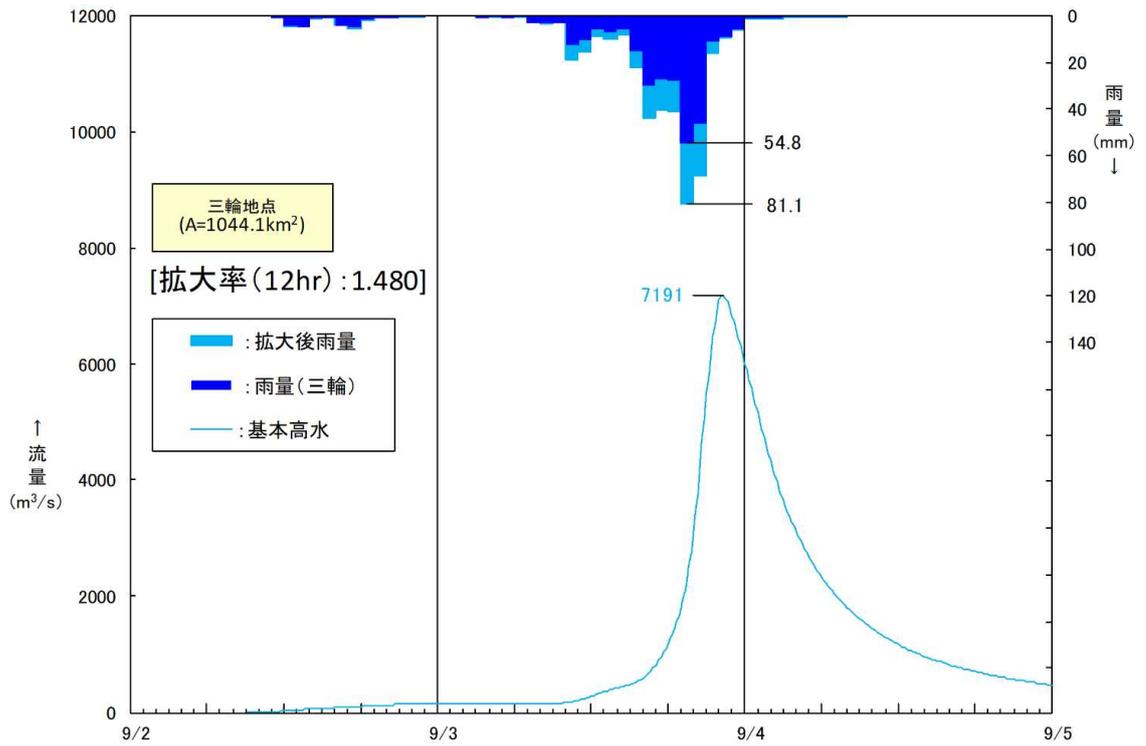


図 1.40(5) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成 5 年 9 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

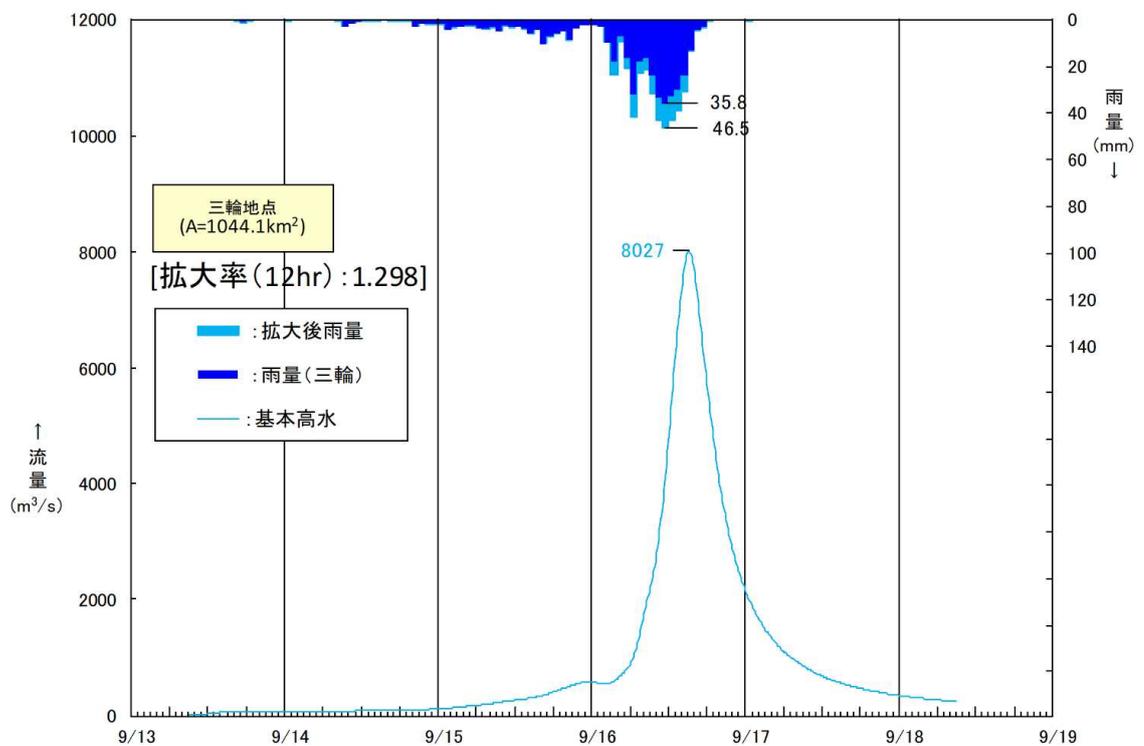


図 1.40(6) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成年 9 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

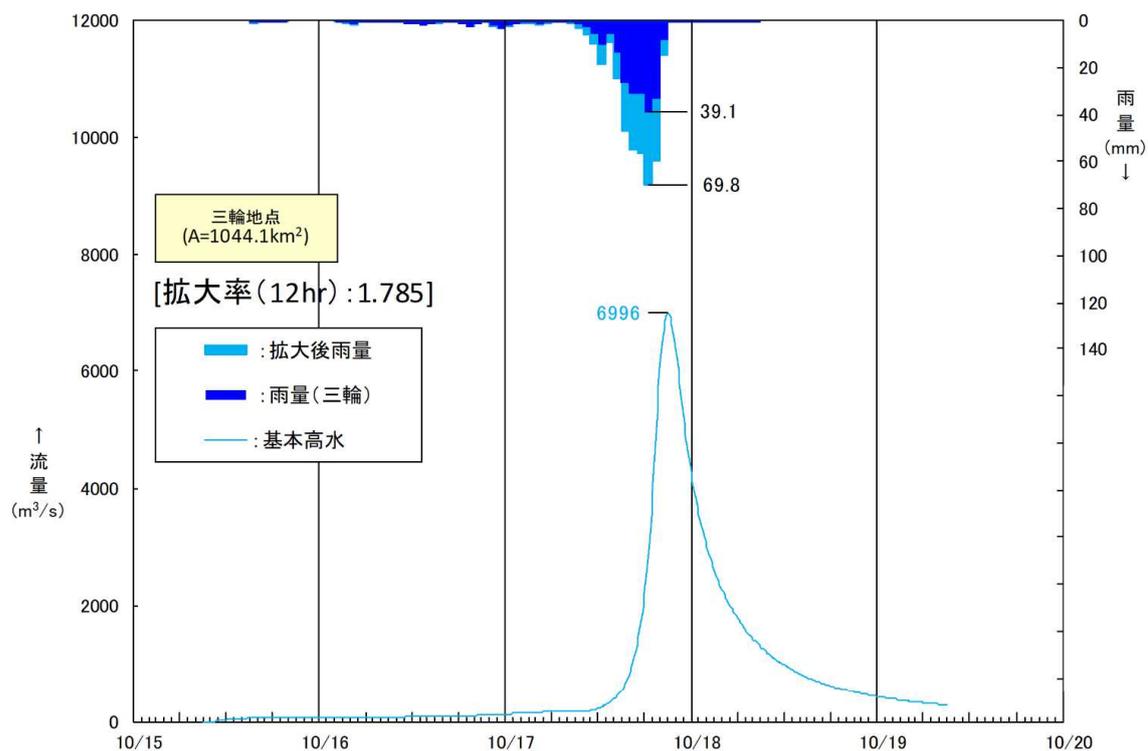


図 1.40(7) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成 10 年 10 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

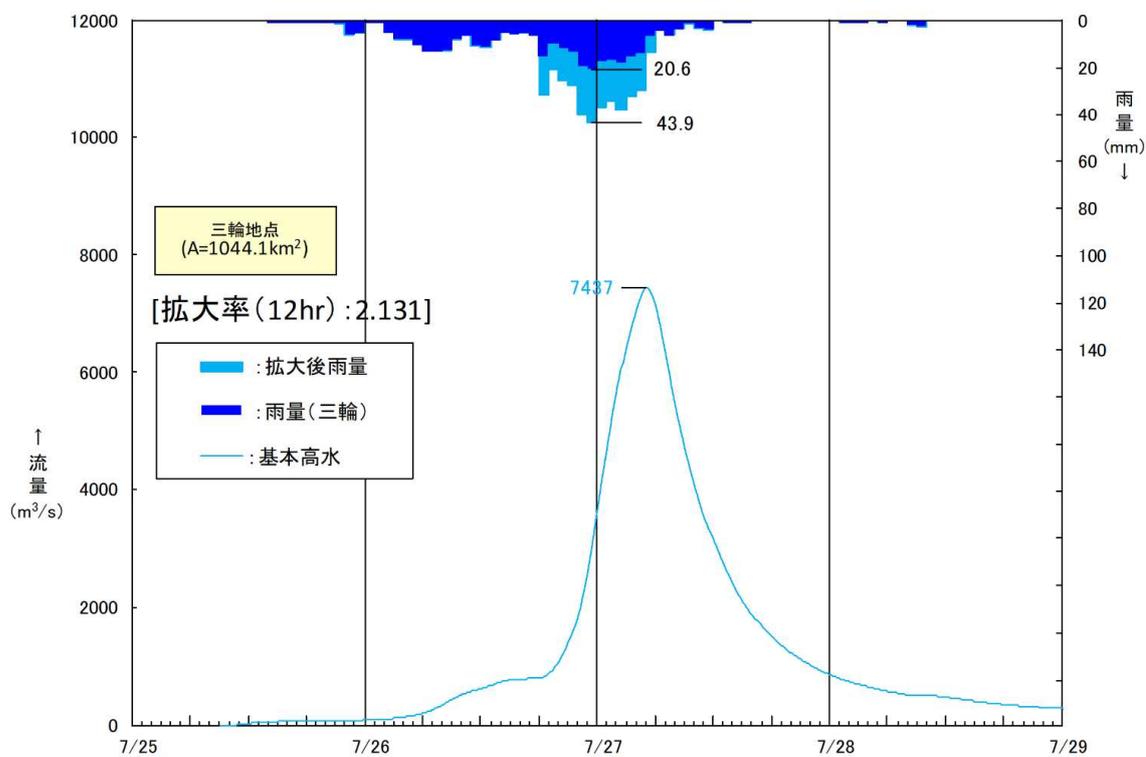


図 1.40(8) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成 11 年 7 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

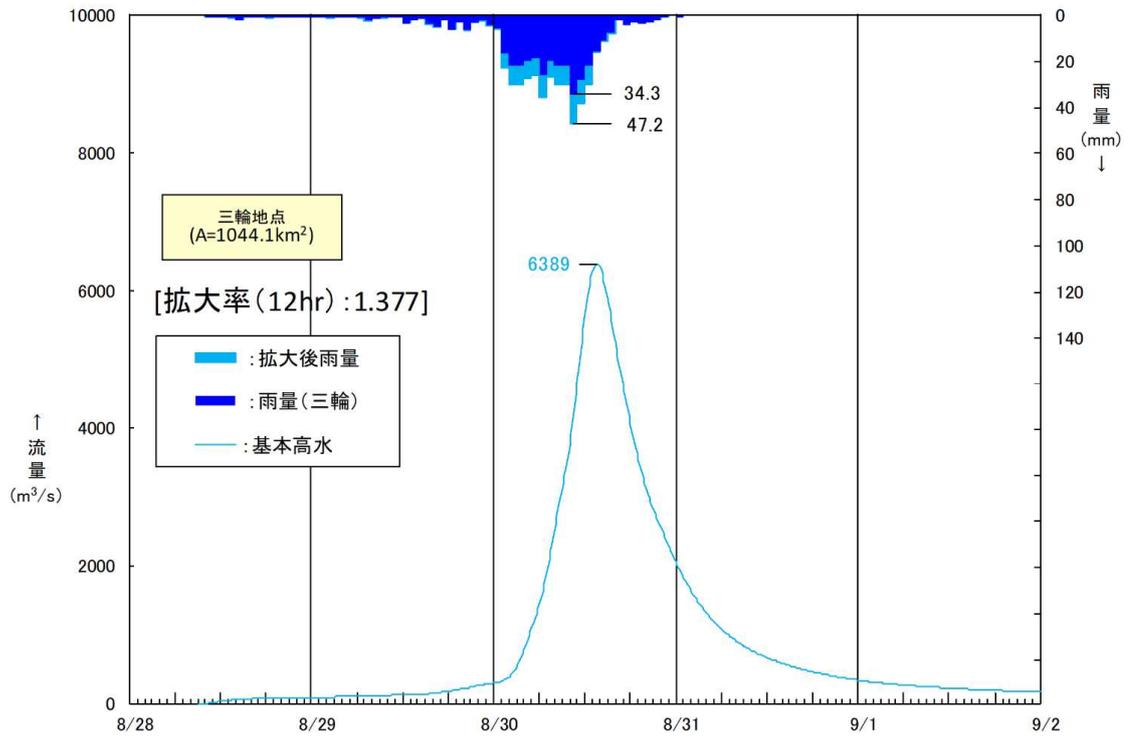


図 1.40(9) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成 16 年 8 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

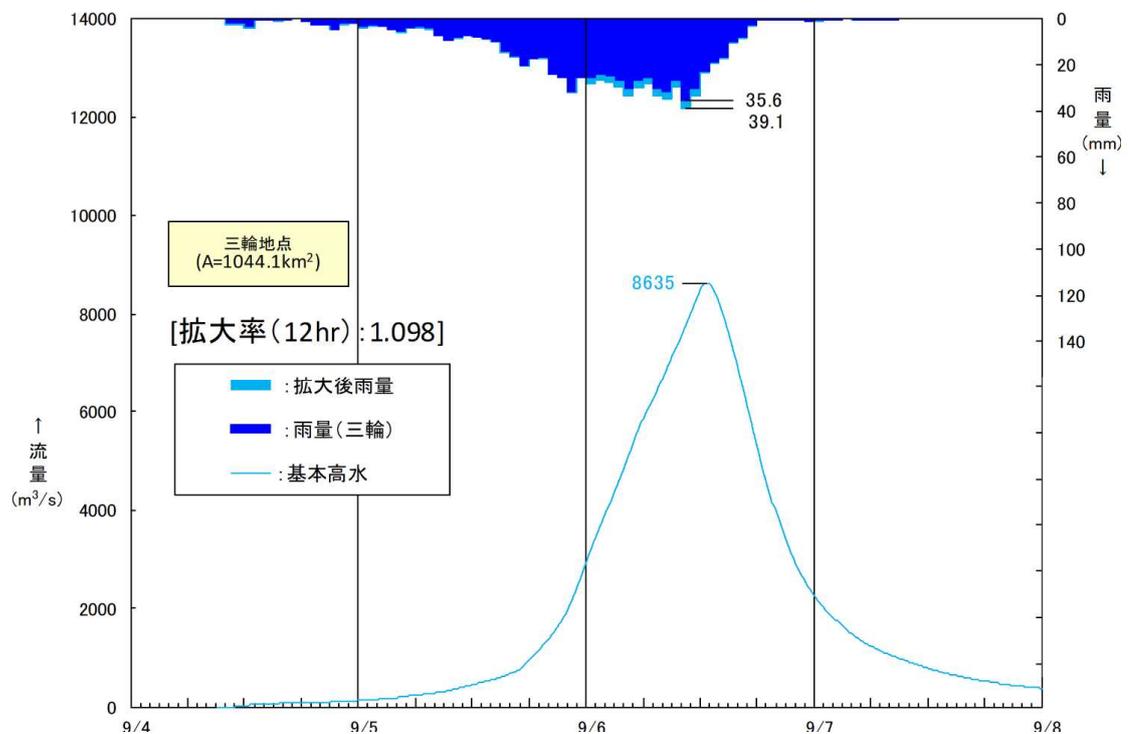


図 1.40(10) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成 17 年 9 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

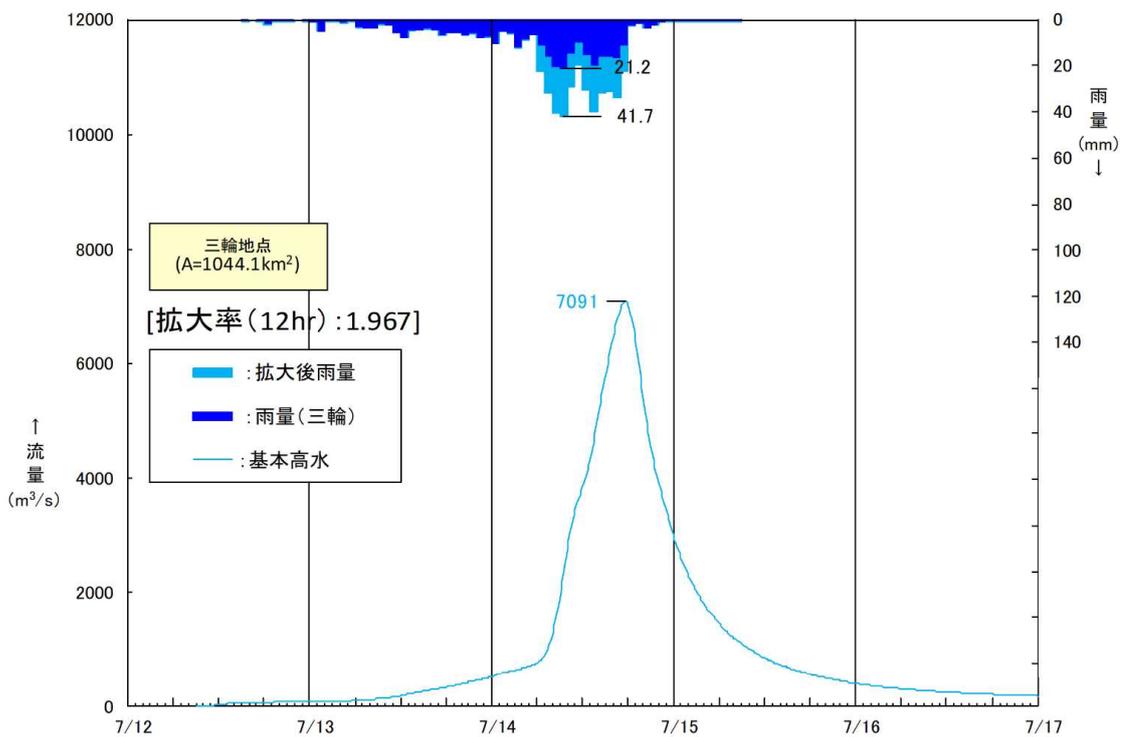


図 1.40(11) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成 19 年 7 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

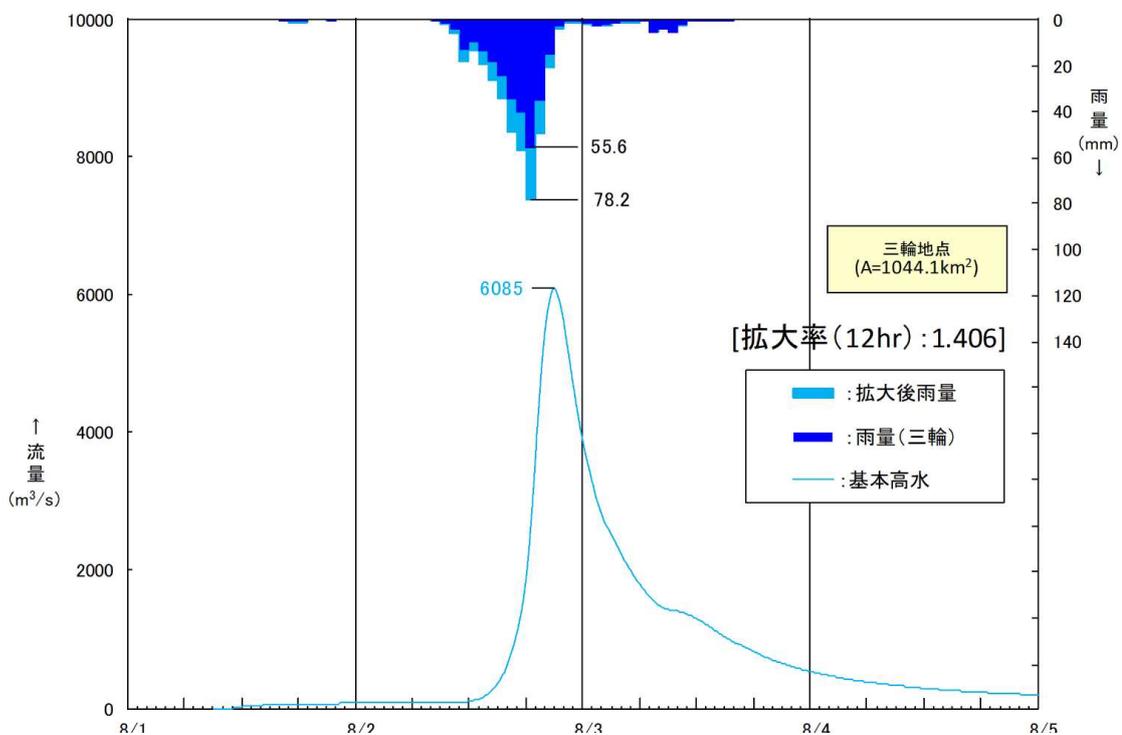


図 1.40(12) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成 19 年 8 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

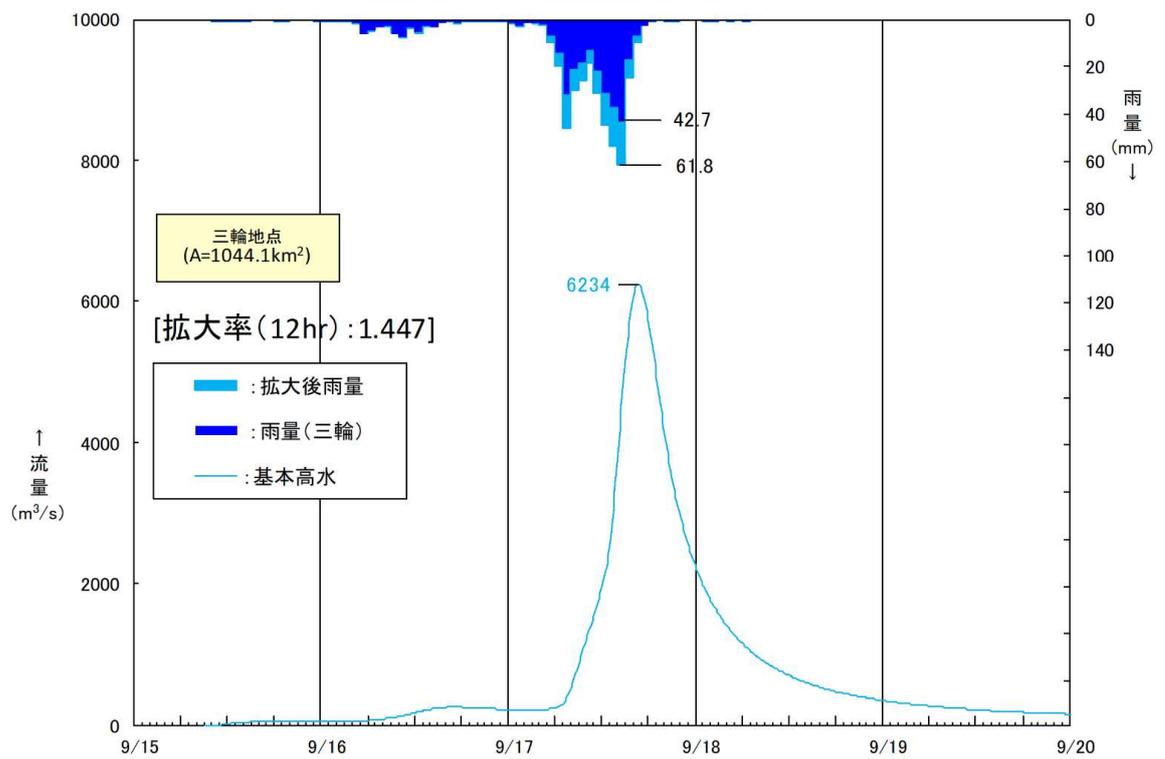


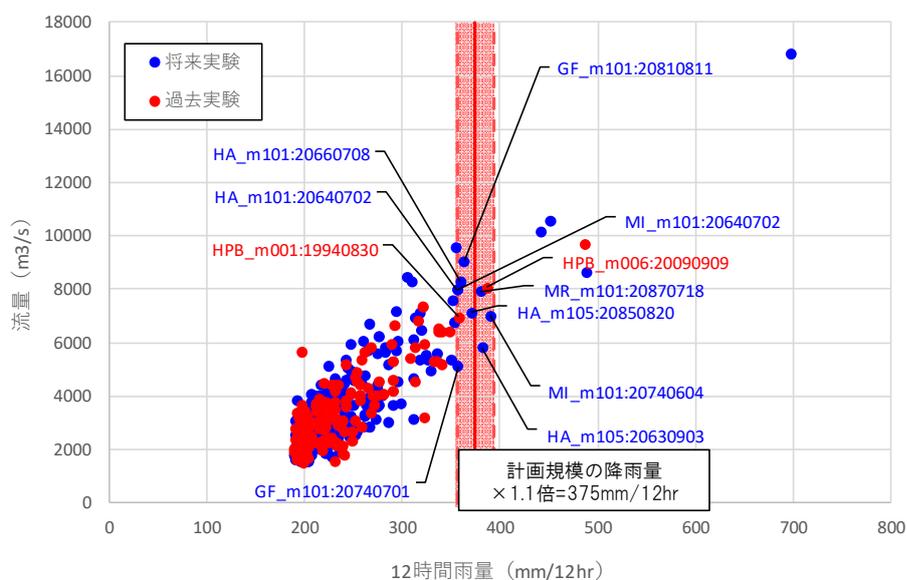
図 1.40(13) 基本高水ハイドロ(五ヶ瀬川:三輪 平成 29 年 9 月洪水 本川 W=1/100 降雨量変化倍率 1.1 倍後)

1.12 アンサンブル予測降雨波形による検討

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 2,040 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計画対象降雨の降雨量 375mm/12hr に近い 10 洪水を抽出した。抽出した 10 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考慮した 1/100 確率規模の 12 時間雨量 375mm まで調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、約 5,600m³/s から 9,500m³/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。



- d2PDF(将来 360 年、現在 360 年)の年最大雨量標本 (360 年) を流出計算
- 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に、計画対象降雨の降雨量近傍の洪水を抽出
- 気候変動を考慮した計画降雨の 1/2 を上回る降雨 (年最大) を対象。
(過去実験：126 洪水、将来実験：147 洪水)

図 1.41 アンサンブル予測降雨波形からの抽出

※ 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

表 1-44 アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（三輪地点）

洪水名	三輪地点 12時間雨量 (mm)	気候変動後 1/100雨量 (mm)	拡大率	三輪地点 ピーク流量 (m^3/s)
将来実験				
GF_m101:20740701	357.6	375	1.049	5,700
GF_m101:20810811	363.3		1.032	9,500
HA_m101:20640702	356.8		1.051	8,500
HA_m101:20660708	359.5		1.043	8,800
HA_m105:20630903	381.9		0.982	5,600
HA_m105:20850820	370.5		1.012	7,300
ML_m101:20740604	390.3		0.961	6,600
MR_m101:20870718	380.5		0.986	7,800
過去実験				
HPB_m001:19940830	358.0	375	1.048	7,300
HPB_m006:20090909	386.8	375	0.970	7,600

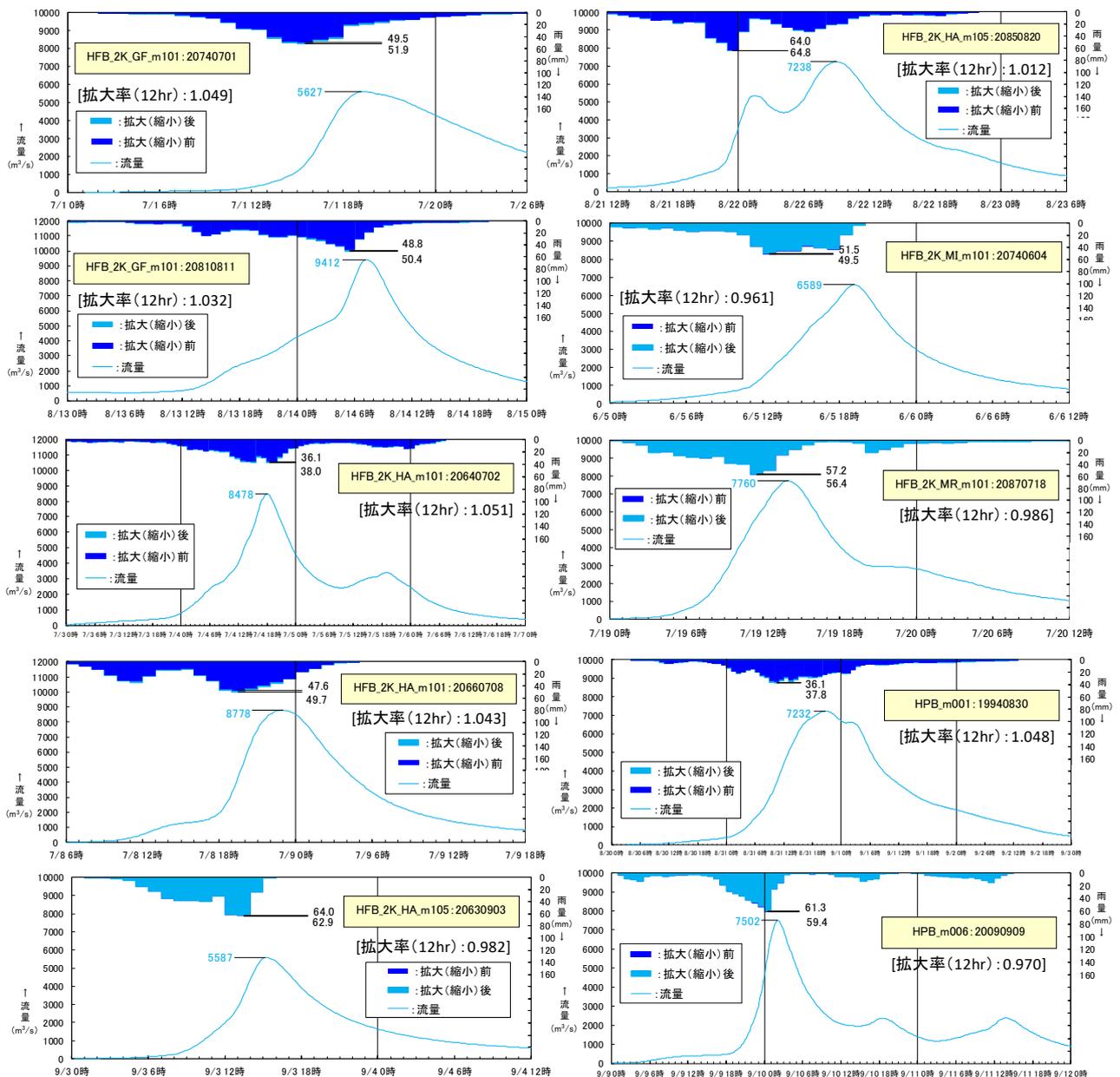


図 1.42 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ

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6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、5洪水を棄却とせず、参考波形として活用。



図 1.43 空間分布のチェック

① 空間分布のチェック

d2PDF（将来気候）から計画規模の降雨量近傍（10 洪水程度）のアンサンブル降雨波形を抽出し、各波形について、継続時間内の小流域の流域平均雨量／基準地点流域平均雨量を求める（各小流域の基準地点流域全体に対する雨量の比率）。

【表 1-45】

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め【表 1-46】、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と大きく逸脱していないことを確認した。

表 1-45 雨量の比率（アンサンブル将来予測降雨波形）

洪水				三輪上流域平均			五ヶ瀬川上流域 (361.8km ²)			五ヶ瀬川中流域 (410.9km ²)			五ヶ瀬川下流域 (271.4km ²)			祝子川流域 (137.8km ²)		北川流域 (591.9km ²)	
項目	d2PDF アンサンブル	年	月 日	予測雨量 (mm/12hr)	予測雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	予測雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	予測雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	予測雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	予測雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	予測雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	予測雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	
将来 実験	GF_m101	2074	7 1	357.6	231.1	0.65	430.9	1.20	424.7	1.19	426.4	1.19	426.4	1.19	316.0	0.88			
	GF_m101	2081	8 11	363.3	227.9	0.63	340.4	0.94	593.2	1.63	893.6	2.46	767.0	2.11					
	HA_m101	2064	7 2	356.8	596.3	1.67	244.3	0.68	333.3	0.93	425.5	1.19	296.3	0.83					
	HA_m101	2066	7 8	359.5	122.0	0.34	527.1	1.47	539.6	1.50	382.3	1.06	269.1	0.75					
	HA_m105	2063	9 3	381.9	414.3	1.08	351.2	0.92	387.4	1.01	459.9	1.20	326.6	0.86					
	HA_m105	2085	8 20	370.5	217.7	0.59	456.6	1.23	506.8	1.37	596.6	1.61	493.9	1.33					
	MI_m101	2074	6 4	390.3	273.2	0.70	422.4	1.08	500.9	1.28	650.0	1.67	617.0	1.58					
	MR_m101	2087	7 18	380.5	46.8	0.12	313.2	0.82	950.5	2.50	1014.2	2.67	651.3	1.71					

：最大比率

予測降雨波形	五ヶ瀬川上流域	五ヶ瀬川中流域	五ヶ瀬川下流域	祝子川流域	北川流域
最大	1.67	1.47	2.50	2.67	2.11

表 1-46 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

洪水年月日	三輪上流域平均			五ヶ瀬川上流域 (361.8km ²)		五ヶ瀬川中流域 (410.9km ²)		五ヶ瀬川下流域 (271.4km ²)		祝子川流域 (137.8km ²)		北川流域 (591.9km ²)	
	実績雨量 (mm/12hr)	計画雨量 (mm/12hr)	拡大率	拡大後雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	拡大後雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	拡大後雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	拡大後雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率	拡大後雨量 (mm/12hr)	三輪雨量に対する比率
S: 36: 9: 15	196.6	375	1.908	271	0.72	414	1.10	455	1.21	401	1.07	344	0.92
S: 36: 10: 26	252.1	375	1.488	270	0.72	379	1.01	535	1.43	470	1.25	460	1.23
H: 11: 7: 25	176.0	375	2.131	254	0.68	404	1.08	494	1.32	477	1.27	388	1.03
H: 19: 7: 12	190.7	375	1.967	241	0.64	379	1.01	535	1.43	512	1.37	459	1.22
H: 19: 8: 1	266.8	375	1.406	280	0.75	389	1.04	476	1.27	474	1.26	397	1.06
H: 29: 9: 15	259.3	375	1.447	333	0.89	371	0.99	434	1.16	504	1.34	512	1.36

：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

② 時間分布のチェック

d2PDF（将来気候）から計画規模の降雨量近傍（10 洪水程度）のアンサンブル降雨波形を抽出し、各波形について、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（短時間雨量と継続時間雨量との比率）。【表 1-47】

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め【表 1-48】、1 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と大きく逸脱していることを確認した。

表 1-47 雨量の比率（アンサンブル将来予測降雨波形）

洪水					三輪上流域平均		
項目	d2PDF アンサンブル	年	月	日	①12時間 予測 雨量 (mm/12hr)	②6時間 予測 雨量 (mm/6hr)	比率 ②/①
将来 実験	GF_m101	2074	7	1	357.6	250.0	0.70
	GF_m101	2081	8	11	363.3	219.6	0.60
	HA_m101	2064	7	2	356.8	197.7	0.55
	HA_m101	2066	7	8	359.5	242.6	0.67
	HA_m105	2063	9	3	381.9	276.2	0.72
	HA_m105	2085	8	20	370.5	224.2	0.61
	MI_m101	2074	6	4	390.3	270.0	0.69
	MR_m101	2087	7	18	380.5	245.4	0.64

0.72 : 最大比率

表 1-48 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

洪水年月日				三輪上流域平均				
				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
S	36	9	15	196.6	375	1.908	220	0.59
S	36	10	26	252.1	375	1.488	209	0.56
H	11	7	25	176.0	375	2.131	226	0.60
H	19	7	12	190.7	375	1.967	202	0.54
H	19	8	1	266.8	375	1.406	293	0.78
H	29	9	15	259.3	375	1.447	235	0.63

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

0.78 : 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計画対象の降雨波形群は、対象流域において大規模洪水を生起し得る様々なパターンの降雨波形等を含んでいる必要がある。

これまでは、実際に生じた降雨波形のみを計画対象の降雨波形としてきたが、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。

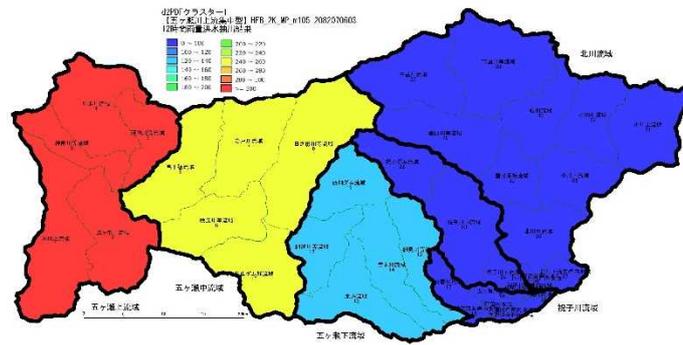
このため、アンサンブル将来予測降雨波形を用いて降雨寄与率の分析を行い、将来発生頻度が高まるものの計画対象の実績降雨波形が含まれていないパターンの確認を実施。

その結果、主要洪水を評価したところ、五ヶ瀬川中流型、北川流域型のみであるとされた。主要洪水に含まれない五ヶ瀬川上流型に該当する降雨波形を将来実験アンサンブル予測から1洪水を抽出した。

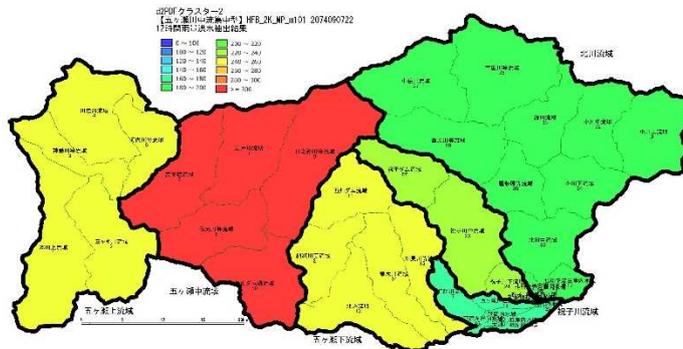
表 1-49 寄与率分析とピーク流量一覧（三輪地点）

洪水年月日	基準地点三輪上流域		拡大率	基準地点三輪 基本高水の ピーク流量 (m ³ /s)	パターン 番号
	実績雨量 (mm/12hr)	計画雨量 (mm/12hr)			
主要洪水群					
S32.8.20	201.3	375	1.863	7,200	2
S32.9.7	256.2		1.464	7,200	3
S39.8.24	210.0		1.786	6,700	2
S46.8.30	254.4		1.474	8,700	3
S57.8.27	251.4		1.492	7,900	3
H5.8.10	295.7		1.269	6,800	2
H5.9.3	253.5		1.480	7,200	3
H9.9.16	289.0		1.298	8,100	3
H10.10.16	210.1		1.785	7,000	3
H16.8.28	272.4		1.377	6,400	3
H17.9.4	341.6		1.098	8,700	3
棄却洪水の内、将来降雨として起こりうると想定される降雨波形					
S36.9.15	196.6	375	1.908	7,800	3
S36.10.26	252.1		1.488	6,200	3
H11.7.25	176.0		2.131	7,500	3
H19.7.12	190.7		1.967	7,100	3
H29.9.15	259.3		1.447	6,300	3
降雨寄与率の分析により主要洪水群に不足する降雨波形					
HA_m101:20640702	356.8	375	1.051	8,500	1

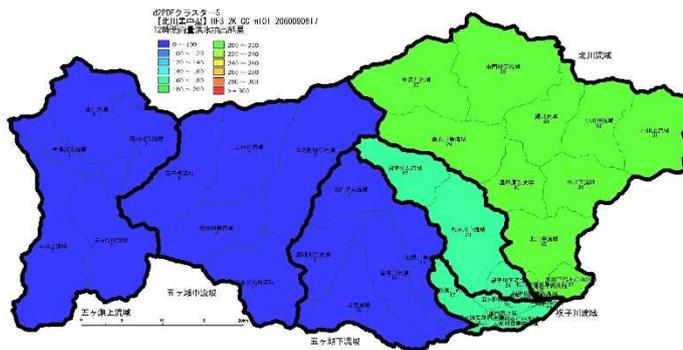
※「主要降雨波形」にない降雨パターン【1】を示しており、アンサンブル予測降雨波形群から抽出された降雨波形は「アンサンブル将来予測降雨波形データから抽出した10洪水」に含まれる。



【1. 五ヶ瀬川上流集中型】



【2. 五ヶ瀬川中流集中型】



【3. 北川集中型】

図 1.44 アンサンブル予測降雨による分布パターン例

1.13 既往洪水からの検討

近年に甚大な被害をもたらした平成17年(2005年)9月の台風14号では、基準地点三輪の実績流量(ダム・氾濫なし流量)は約7,900 m^3/s と推定される。

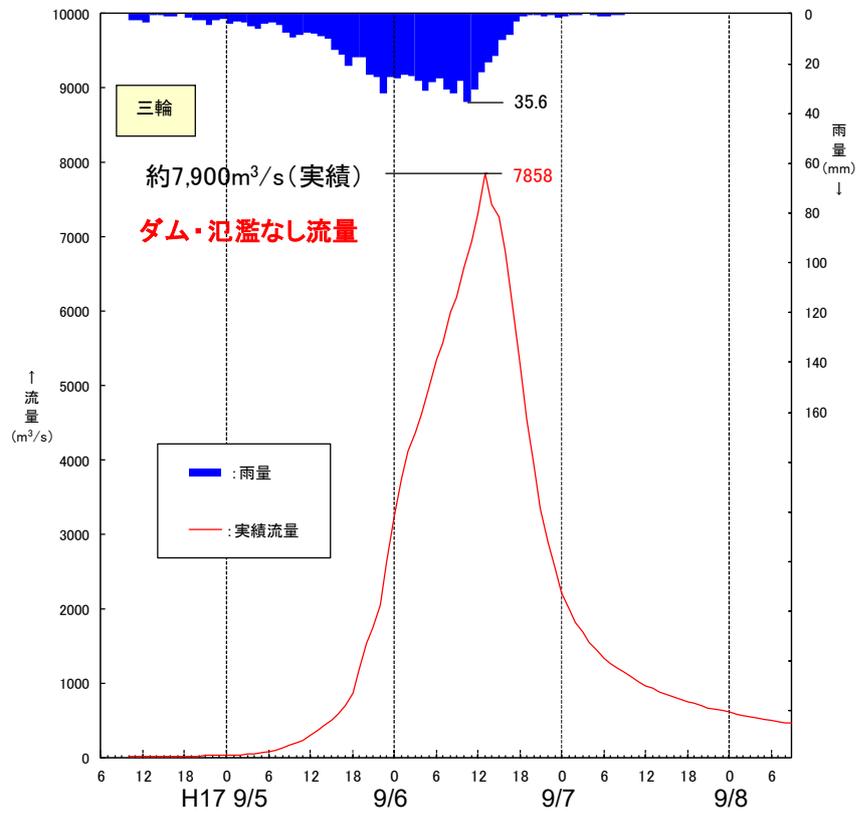


図 1.45 平成17年9月実績洪水結果(基準地点三輪)

1.14 【参考】流量データによる確率からの検討

参考として、既定計画の考え方と同様に、流量データを確率統計処理することにより、1/100の確率流量値を算定した。

その結果、昭和31年（1956年）～平成22年（2010年）までの55年間の年最大実績流量を確率処理した結果、計画の目標とする規模である1/100に対する確率流量値は、7,600m³/s～10,000m³/sであり、既定計画で定めた基本高水のピーク流量7,200m³/sは確率流量値の範囲から外れていることを確認した。

表 1-50 基準地点三輪における1/100 確率流量算定結果

確 率 分 布 モ デ ル	確率流量(m ³ /s)	SLSC
一 般 化 極 値 分 布	9,400	0.028
グ ン ベ ル 分 布	7,800	0.035
指 数 分 布	9,100	0.028
平方根指数型最大値分布	9,200	0.026
対数ピアソンⅢ型分布<LP3(Rs)>	7,600	0.039
対数ピアソンⅢ型分布<LogP3>	8,900	0.026
対数正規分布（岩井法）	9,700	0.027
対数正規分布（クオンタイル法）	9,100	0.026
2母数対数正規分布（L積率法）	10,000	0.028
2母数対数正規分布（積率法）	9,800	0.028

表 1-51

三輪地点年最大実績流量

No.	西暦	洪水年月日	三輪地点流量 (m^3/s)	順位	備考
1	1956	S. 31 年 9月 9日	1,120	56	
2	1957	S. 32 年 9月 7日	4,781	8	
3	1958	S. 33 年 4月 23日	396	64	
4	1959	S. 34 年 8月 8日	3,557	13	
5	1960	S. 35 年 8月 28日	1,098	57	
6	1961	S. 36 年 9月 16日	3,664	12	
7	1962	S. 37 年 8月 26日	1,798	36	
8	1963	S. 38 年 8月 9日	1,799	35	
9	1964	S. 39 年 8月 24日	3,426	14	
10	1965	S. 40 年 7月 1日	1,515	46	
11	1966	S. 41 年 9月 24日	2,910	20	
12	1967	S. 42 年 7月 1日	949	59	
13	1968	S. 43 年 9月 25日	2,559	25	
14	1969	S. 44 年 8月 22日	1,646	40	
15	1970	S. 45 年 8月 30日	2,404	29	
16	1971	S. 46 年 8月 30日	5,500	5	
17	1972	S. 47 年 7月 26日	2,036	31	
18	1973	S. 48 年 7月 26日	1,329	49	
19	1974	S. 49 年 9月 9日	2,434	27	
20	1975	S. 50 年 6月 26日	1,026	58	
21	1976	S. 51 年 9月 13日	2,663	23	
22	1977	S. 52 年 8月 24日	1,568	42	
23	1978	S. 53 年 8月 3日	1,416	47	
24	1979	S. 54 年 9月 4日	1,533	44	
25	1980	S. 55 年 9月 11日	3,243	16	
26	1981	S. 56 年 8月 1日	1,308	50	
27	1982	S. 57 年 8月 27日	5,000	7	
28	1983	S. 58 年 7月 5日	1,217	53	
29	1984	S. 59 年 8月 21日	1,737	38	
30	1985	S. 60 年 6月 26日	1,275	51	
31	1986	S. 61 年 8月 28日	1,236	52	
32	1987	S. 62 年 10月 16日	1,209	54	
33	1988	S. 63 年 5月 4日	1,965	34	
34	1989	H. 1 年 7月 28日	3,164	18	
35	1990	H. 2 年 7月 2日	3,115	19	
36	1991	H. 3 年 9月 27日	2,128	30	
37	1992	H. 4 年 8月 8日	3,187	17	
38	1993	H. 5 年 8月 10日	6,441	2	
39	1994	H. 6 年 8月 13日	824	61	
40	1995	H. 7 年 9月 24日	1,562	43	
41	1996	H. 8 年 8月 14日	1,704	39	
42	1997	H. 9 年 9月 16日	5,953	4	
43	1998	H. 10 年 10月 17日	3,863	10	
44	1999	H. 11 年 7月 27日	3,903	9	
45	2000	H. 12 年 9月 14日	1,533	44	
46	2001	H. 13 年 6月 29日	1,181	55	
47	2002	H. 14 年 7月 26日	2,013	32	
48	2003	H. 15 年 8月 8日	2,484	26	
49	2004	H. 16 年 8月 30日	6,116	3	
50	2005	H. 17 年 9月 6日	7,858	1	
51	2006	H. 18 年 8月 18日	2,795	22	
52	2007	H. 19 年 8月 2日	5,287	6	
53	2008	H. 20 年 6月 12日	905	60	
54	2009	H. 21 年 7月 22日	439	63	
55	2010	H. 22 年 6月 26日	474	62	
56	2011	H. 23 年 9月 17日	2,796	21	
57	2012	H. 24 年 9月 16日	1,990	33	
58	2013	H. 25 年 10月 24日	1,409	48	
59	2014	H. 26 年 10月 13日	2,626	24	
60	2015	H. 27 年 8月 25日	1,756	37	
61	2016	H. 28 年 9月 20日	2,422	28	
62	2017	H. 29 年 9月 17日	3,836	11	
63	2018	H. 30 年 9月 30日	3,261	15	
64	2019	R. 1 年 8月 5日	1,587	41	暫定流量

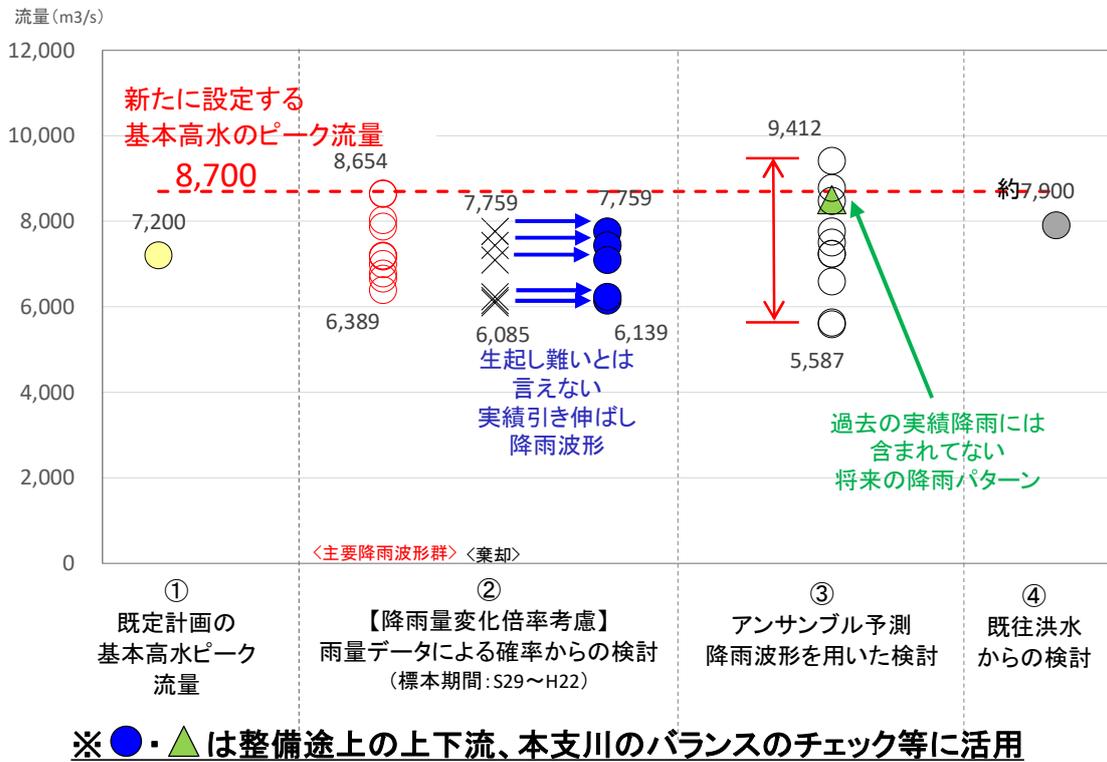
表 1-52 五ヶ瀬川水系 流量確率計算結果 (三輪地点 : 流量 : S31年~H22年) (単位 : m³/s)

項目	三輪地点 (流量)												適合度の良い手法による平均値	
	毎 年 値												単純平均	小数点以下切上げ
	一般化極値分布	ガンベル分布	指数分布	平方根指数型最大値分布	対数ピアソンⅢ型分布	対数正規分布 (岩井法)	対数正規分布 (石原・高瀬法)	対数正規分布 (クワンタイル法)	3母数対数正規分布 (積率法)	2母数対数正規分布 (積率法)	2母数対数正規分布 (積率法)	2母数対数正規分布 (積率法)		
GEV	Gumbel	Exp	SQRTET	LP3 (Rs)	LogP3	LN1wai	IsiTaka	LN3 (Q)	LN3 (PM)	LN2 (LM)	LN2 (PM)	単純平均	小数点以下切上げ	
標本数	55													
最大値	7,858													
1/2	2,072	2,239	1,959	2,057	2,168	2,079	2,036	—	2,070	—	2,030	2,030	2,074	2,074
1/3	2,717	2,938	2,692	2,713	2,921	2,768	2,721	—	2,739	—	2,723	2,717	2,765	2,765
1/5	3,511	3,716	3,614	3,531	3,766	3,608	3,586	—	3,562	—	3,603	3,588	3,609	3,609
1/10	4,637	4,694	4,866	4,686	4,790	4,751	4,817	—	4,703	—	4,862	4,831	4,764	4,764
1/20	5,870	5,632	6,119	5,924	5,709	5,923	6,146	—	5,903	—	6,227	6,178	5,963	5,964
1/30	6,654	6,171	6,851	6,694	6,206	6,628	6,976	—	6,640	—	7,083	7,020	6,692	6,693
1/50	7,720	6,846	7,774	7,714	6,794	7,539	8,082	—	7,611	—	8,228	8,146	7,645	7,646
1/80	8,787	7,463	8,623	8,705	7,301	8,401	9,163	—	8,548	—	9,350	9,248	8,559	8,559
1/100	9,324	7,755	9,026	9,192	7,531	8,818	9,699	—	9,009	—	9,907	9,795	9,006	9,006
1/150	10,356	8,286	9,758	10,108	7,931	9,590	10,712	—	9,872	—	10,961	10,830	9,840	9,841
1/200	11,134	8,662	10,278	10,780	8,203	10,149	11,461	—	10,507	—	11,743	11,596	10,451	10,452
1/400	13,181	9,567	11,530	12,479	8,817	11,533	13,378	—	12,113	—	13,746	13,559	11,990	11,991
1/500	13,895	9,858	11,933	13,050	9,003	11,990	14,030	—	12,654	—	14,429	14,228	12,507	12,507
S L S C	0.028	0.035	0.028	0.026	0.039	0.026	0.027	—	0.026	—	0.028	0.028		
S L S C H	0.050	0.055	0.043	0.047	0.056	0.041	0.042	—	0.043	—	0.042	0.042		
相関係数(X)	0.986	0.986	0.991	0.988	0.992	0.991	0.986	—	0.989	—	0.985	0.986		
相関係数(Y)	0.995	0.988	0.987	0.996	0.992	0.996	0.996	—	0.996	—	0.997	0.997		
推定誤差	1271	858	1017	1140	826	1452	1264	—	1582	—	1667	1576		

: 精度の良い手法 (SLSC ≤ 0.04) : jackknife推定誤差が最小となる手法

1.15 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定

気候変動を考慮した雨量データによる確率からの検討、アンサンブル予測降雨波形を用いた検討、既往洪水からの検討から総合的に判断した結果、計画規模 1/100 の流量は 8,700m³/s 程度であり、五ヶ瀬川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点三輪において 8,700m³/s と設定する。



【凡例】

- ② 雨量データによる確率からの検討：降雨量変化倍率（2℃上昇時の降雨量の変化倍率 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将来生起し難いとは言えないと判断された洪水
- ③ アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：計画対象降雨の降雨量（375mm/12h）近傍の 10 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
 - ▲：過去の実績降雨（主要降雨波形群）には含まれていない、将来増加すると想定される降雨パターン

図 1.46 基本高水の設定に係る総合的判断

なお、水防法に基づく想定し得る最大規模の降雨量は 752mm/24h（三輪地点上流流域平均雨量）であり、三輪基準地点流量は 15,800m³/s（平成 5 年 8 月波形の引き伸ばしによるもの）となっている。

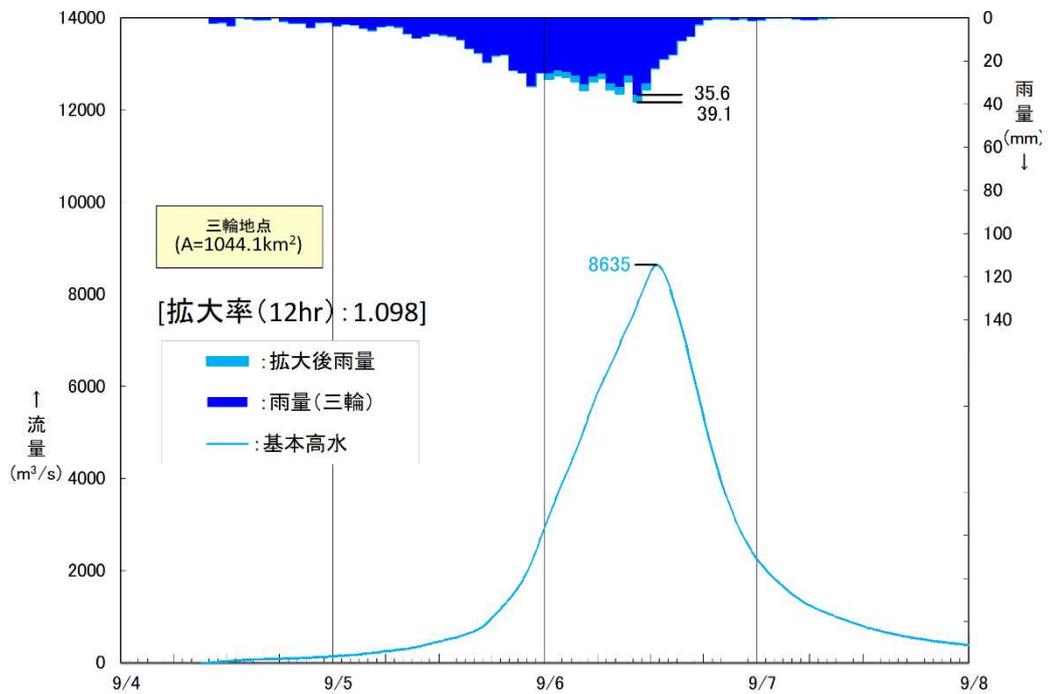
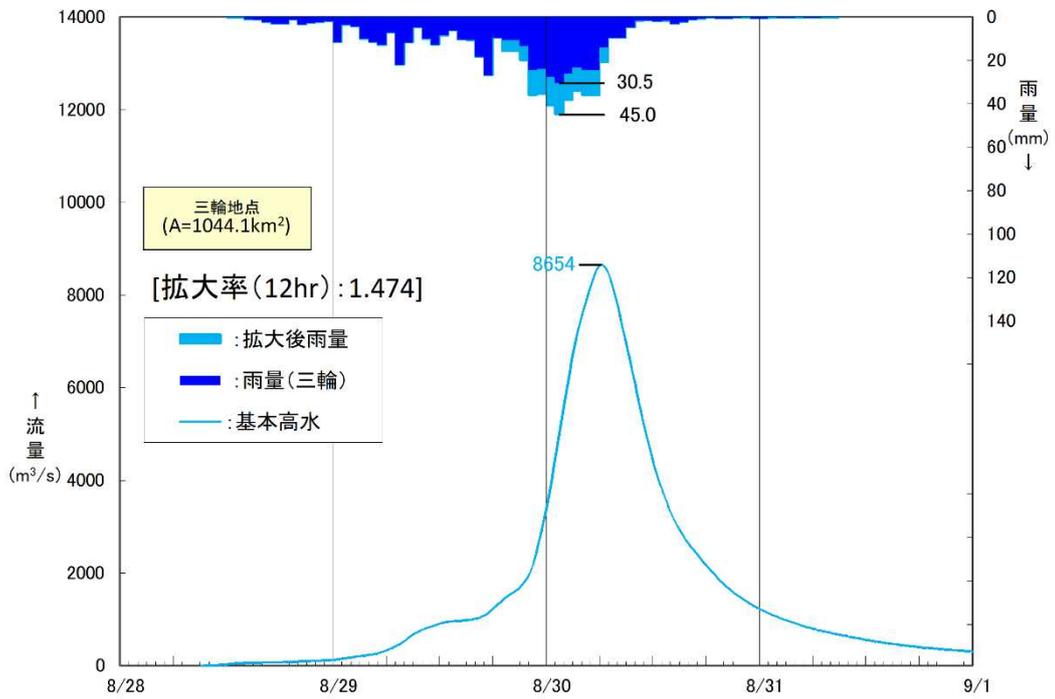


図 1.47 基本高水のハイドログラフ
(昭和 46 年 8 月洪水 : 上) (平成 17 年 9 月洪水 : 下)

表 1-53 主要降雨波形群

洪水名	実績雨量 (mm/12h)	三輪 ピーク流量 (m ³ /s)	洪水名	実績雨量 (mm/12h)	三輪 ピーク流量 (m ³ /s)
S32.8	201.3	7,200	H9.9	289	8,100
S32.9	256.2	7,200	H10.10	210.1	7,000
S36.9	196.6	7,800	H11.7	176	7,500
S36.10	252.1	6,200	H16.8	272.4	6,400
S39.8	210	6,700	H17.9	341.6	8,700
S46.8	254.4	8,700	H19.7	190.7	7,100
S57.8	251.4	7,900	H19.8	266.8	6,100
H5.8	295.7	6,800	H29.9	259.3	6,300
H5.9	253.5	7,200			

2. 高水処理計画

五ヶ瀬川の既定高水処理計画は、基準地点三輪における基本高水のピーク流量 $7,200\text{m}^3/\text{s}$ を河道で処理する計画としている。

今回、平成 17 年 9 月洪水等を踏まえ、新たに基準地点三輪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 $7,200\text{m}^3/\text{s}$ を $8,700\text{m}^3/\text{s}$ 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、計画規模の降雨量まで実績降雨を引き伸ばすことにより得られた主要降雨波形群を用いた。

五ヶ瀬川については、現在実施している引堤に際して、史跡の保全や社会的制約を踏まえて引堤幅を決定しており、現行の基本方針以上の河道断面を確保する場合、引堤に伴い五ヶ瀬川鉄道橋（JR）等の架替や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、大瀬川においても、昭和 30～40 年代に大規模な引堤を行った改修の経緯があり、背後地は住居、商業施設、工場等により地域が発展しており、沿川の土地利用状況を踏まえると、更なる引堤は、五ヶ瀬川と同様、地域に与える社会的影響が大きい。

五ヶ瀬川及び大瀬川では、アユの産卵場が河道内に点在することから、激特事業においても河川環境の保全を図りつつ、河道掘削等の河川整備を行ってきたところであり、現行の基本方針 $7,200\text{m}^3/\text{s}$ の河道達成のために、平水位以上の掘削の実施等、河川環境に十分に配慮し対策を行っていく。

$7,200\text{m}^3/\text{s}$ を上回る流下能力の確保のためには、河床を全面的に掘り下げる必要があり、アユの産卵場の消失や塩水遡上による取水への影響が大きい。

したがって、河道掘削による河川環境の改変や将来河道の維持等を考慮し、河道で処理可能な流量は基準地点三輪において $7,200\text{m}^3/\text{s}$ とし、流域内の洪水調節施設等により $1,500\text{m}^3/\text{s}$ を調節する。

なお、洪水調節施設等による調節流量については、流域の土地利用や雨水の貯留・保水遊水機能の今後の具体的取り組み状況を踏まえ、基準地点のみならず流域全体の治水安全度向上のため、具体的な施設配置等を今後検討していく。

これらを踏まえ、基準地点三輪の計画高水流量を $7,200\text{m}^3/\text{s}$ とする。

3. 計画高水流量

五ヶ瀬川の計画高水流量は、三輪地点において7,200m³/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。

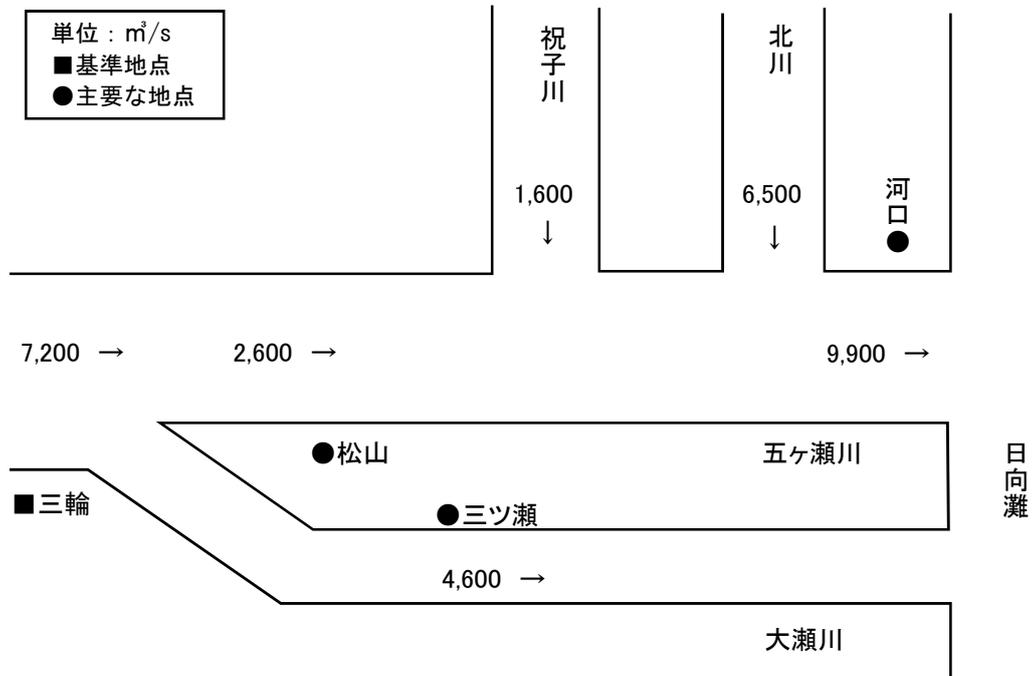


図 3-1 五ヶ瀬川計画高水流量図

表 3-1 主要洪水における主要な地点の洪水調節後の通過流量

洪水年月日	三輪上流域平均		三輪地点	大瀬川 (分派後)	五ヶ瀬川 (分派後)	祝子川河口	北川河口	五ヶ瀬川 河口
	実績雨量 (mm/12hr)	計画規模の 降雨量 (mm/12hr)						
S. 32. 8. 20	201	375	6,000	3,800	2,200	900	2,900	5,600
S. 32. 9. 7	256		5,900	3,800	2,100	1,400	4,700	7,700
S. 39. 8. 24	210		5,800	3,700	2,100	600	1,700	4,100
S. 46. 8. 30	254		7,100	4,600	2,600	1,400	5,100	8,900
S. 57. 8. 27	251		6,100	3,900	2,200	1,100	4,100	7,000
H. 5. 8. 10	296		5,800	3,700	2,100	400	1,300	3,700
H. 5. 9. 3	254		5,400	3,400	2,000	900	3,900	6,400
H. 9. 9. 16	289		6,200	4,000	2,300	1,300	6,500	9,900
H. 10. 10. 16	210		6,300	4,000	2,300	1,600	5,300	8,500
H. 16. 8. 28	272		5,100	3,300	1,900	900	2,800	5,200
H. 17. 9. 4	342		7,200	4,600	2,600	1,200	4,600	8,300

：最大値

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)
五ヶ瀬川	三輪	9.6	13.17	250
	松山	6.2	8.25	160
	河口	0.0	3.63	700
大瀬川	三ツ瀬	五ヶ瀬川合流点から 3.6	6.78	230

(注)T.P. : 東京湾中等潮位

※1 : 基点からの距離

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。五ヶ瀬川水系では、河道の流下能力評価の算定条件として、朔望平均満潮位や砂州高等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（RCP2.6（2℃上昇に相当）シナリオの平均値 43cm）した場合、北川や祝子川下流の一部の区間で HWL を超過する区間が発生することから、今後、対応策の検討が必要となる。

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

五ヶ瀬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2年3月末時点）は下表のとおりである。

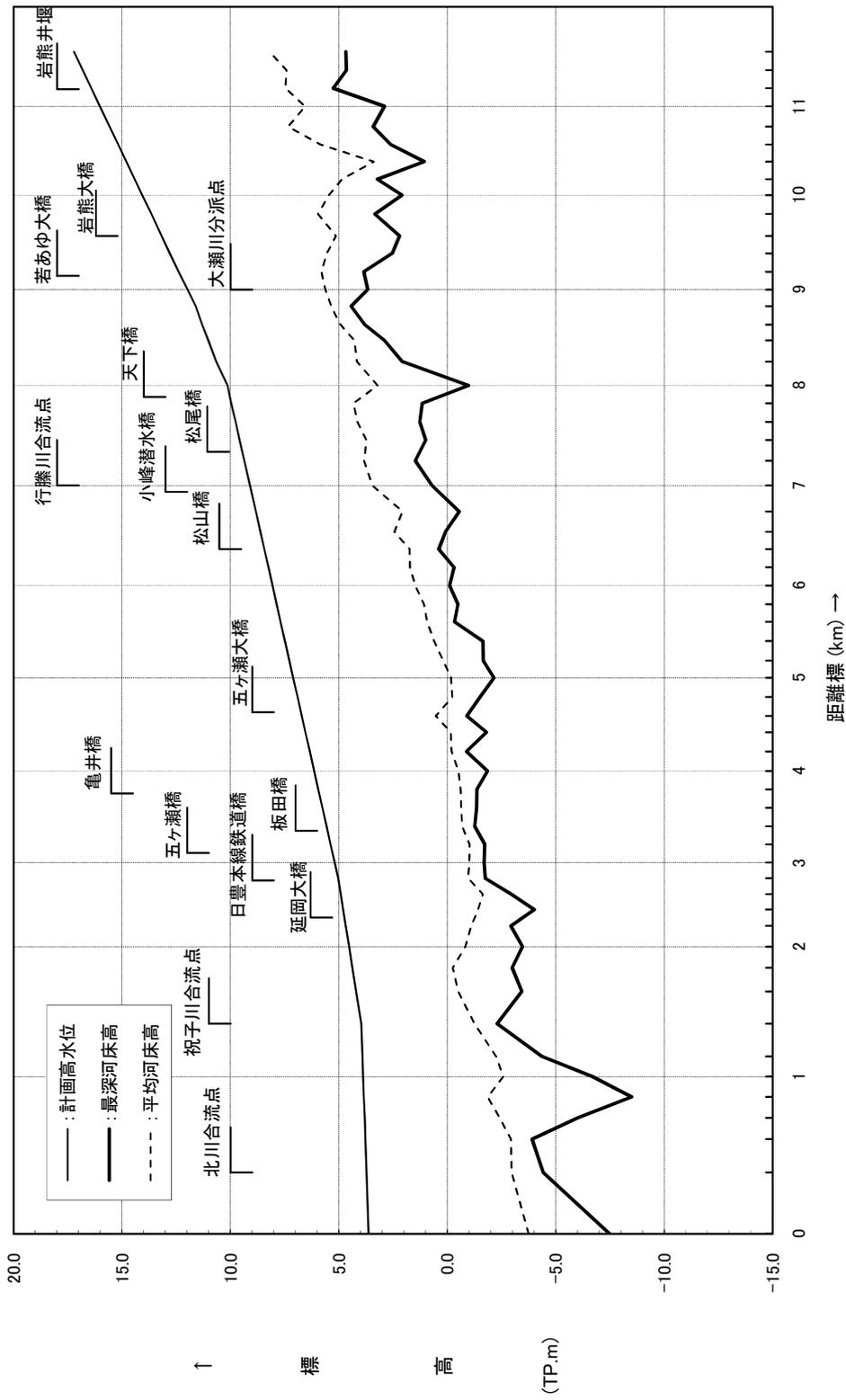
表 5-1 堤防整備の現状

水系名	計画堤防断面	今後整備が必要な区間
五ヶ瀬川	44.8km (98%)	1.1km (2%)

(2) 排水機場等

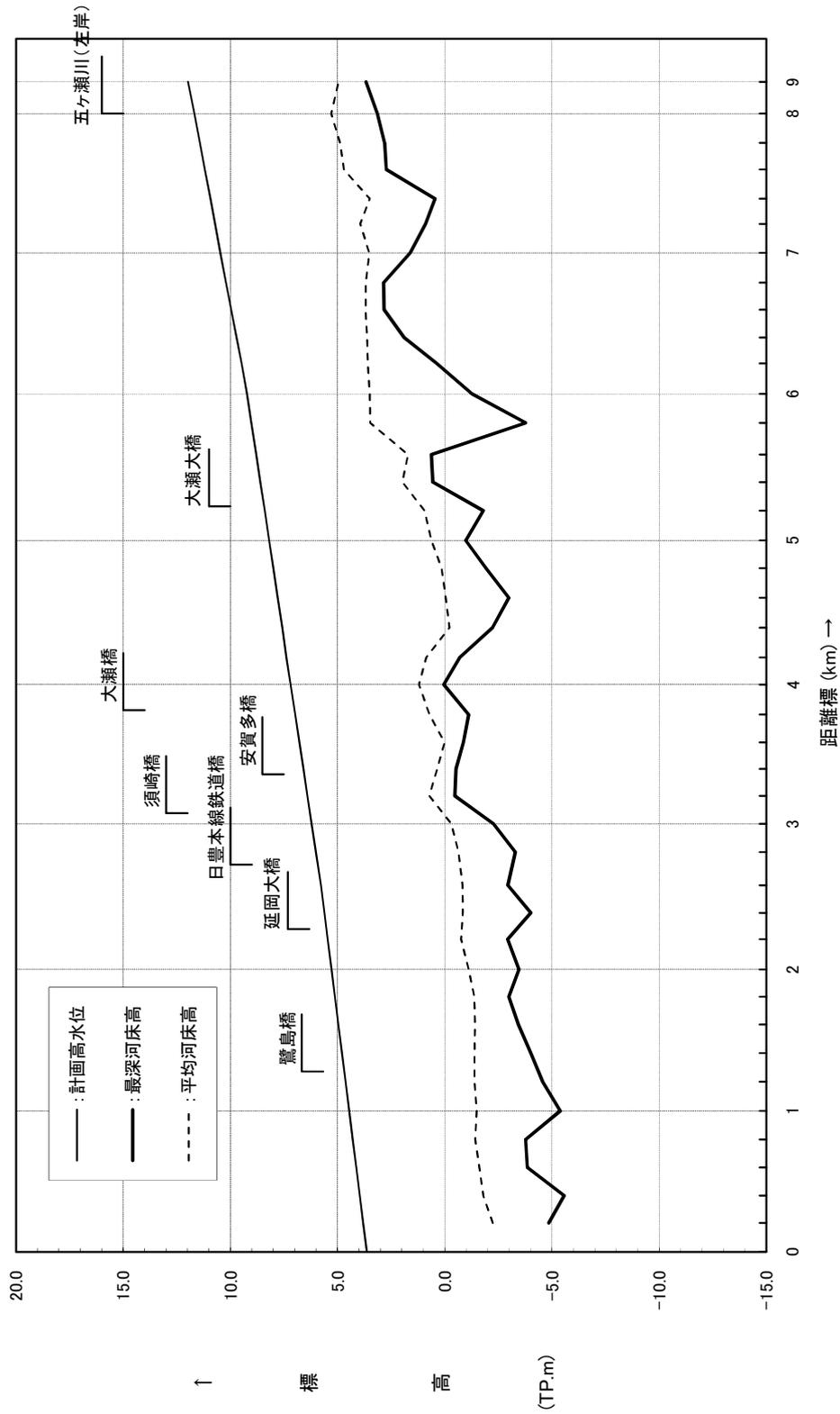
- ・河川管理施設 : 53m³/s
- ・許可工作物 : 20m³/s

※国管理区間の施設のみである。



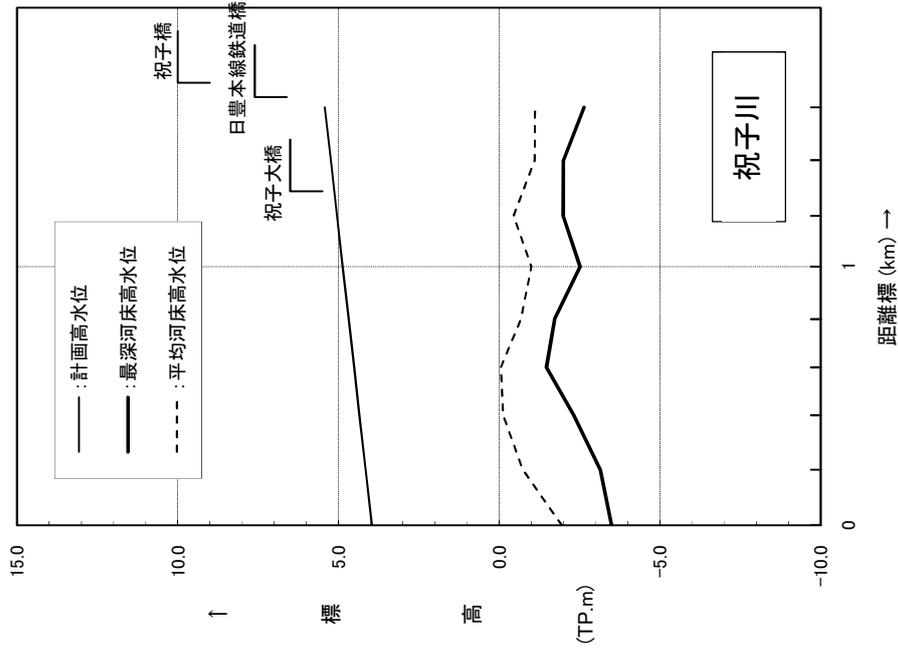
距離標 (km)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0
計画高水位 (T.P.m)	3.63	3.88	4.52	5.19	6.14	7.11	8.06	9.10	10.13	11.98	14.07	16.02
平均河床高 (T.P.m)	-3.75	-2.58	-0.83	-1.01	-0.51	-0.17	1.48	3.45	3.21	5.62	5.46	6.55
最深河床高 (T.P.m)	-7.49	-6.69	-3.47	-1.70	-1.86	-2.15	-0.11	0.70	-0.98	3.67	2.09	2.89

図 5-1 計画縦断面図 (五ヶ瀬川)

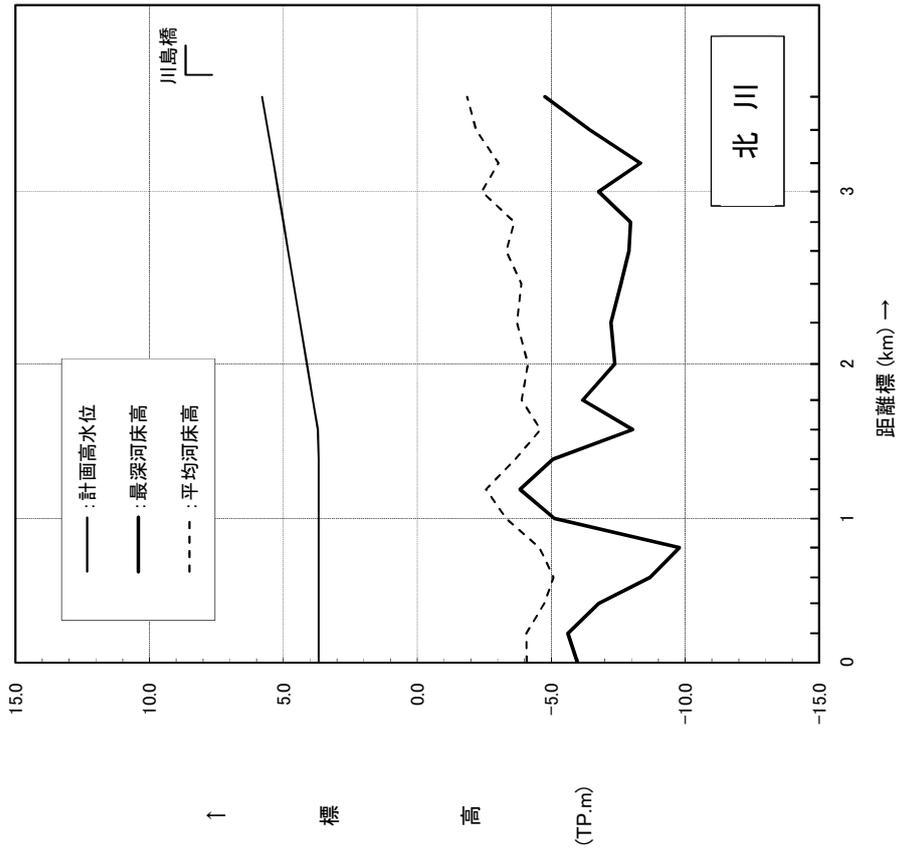


距離標 (km)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
計画高水位 (T.P.m)	3.63	4.45	5.28	6.21	7.19	8.19	9.22	10.46	11.68	11.98
平均河床高 (T.P.m)		-1.49	-1.12	-0.31	1.20	0.62	3.50	3.52	5.29	4.95
最深河床高 (T.P.m)		-5.39	-3.47	-2.27	0.04	-0.98	-1.27	1.61	3.15	3.67

図 5-2 計画縦断面図 (大瀬川)



距離標 (km)	0.0	1.0
計画高水位 (T.P.m)	3.96	4.87
平均河床高 (T.P.m)	-1.95	-1.00
最深河床高 (T.P.m)	-3.50	-2.52



距離標 (km)	0.0	1.0	2.0	3.0
計画高水位 (T.P.m)	3.68	3.68	4.12	5.19
平均河床高 (T.P.m)	-4.08	-3.32	-4.13	-2.41
最深河床高 (T.P.m)	-5.98	-5.13	-7.38	-6.77

図 5-3 計画縦断面図 (北川・祝子川)