

紀の川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料（案）

令和 年 月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

1. 基本高水の検討.....	2
1.1 工事実施基本計画	2
1.2 河川整備基本方針	3
1.3 河川整備基本方針策定後の状況	4
1.4 流出解析モデルの確認.....	5
1.5 基本高水のピーク流量の設定	16
1.6 対象降雨の継続時間の設定.....	16
1.7 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定.....	29
1.8 主要降雨波形の設定.....	34
1.9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討.....	36
1.10 主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算.....	39
1.11 アンサンブル予測降雨による検討	44
1.12 既往洪水からの検討	52
1.13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定.....	53
2. 高水処理計画	55
3. 計画高水流量	56
4. 河道計画	57
5. 河川管理施設等の整備の状況	60

1. 基本高水の検討

1.1 工事实施基本計画

昭和 28 年（1953 年）及び昭和 34 年（1959 年）の大出水により、昭和 35 年（1960 年）に橋本地点の基本高水ピーク流量を $8,400\text{m}^3/\text{s}$ とする紀の川修正総体計画を策定したのち、昭和 40 年（1965 年）4 月に一級河川の指定を受け、従前の計画を踏襲した工事实施基本計画を策定した。

その後、昭和 40 年（1965 年）、昭和 47 年（1972 年）と大出水が相次いで発生したこと、流域における産業の発展、人口及び資産の増大、土地利用の高度化が著しく、治水の安全度を高める必要が増大したことから、昭和 49 年（1974 年）3 月に基準地点船戸における基本高水のピーク流量を $16,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、上流ダム群により $4,000\text{m}^3/\text{s}$ を洪水調節して、計画高水流量を $12,000\text{m}^3/\text{s}$ とする工事实施基本計画を策定した。

① 計画規模の設定

既往洪水による被害状況や流域における社会的・経済的な重要性等を総合的に勘案して、紀の川本川の貴志川合流点より下流は 1/150、貴志川合流点より上流区間及び支川は 1/100 と設定した。

② 対象降雨量の設定

対象降雨継続時間は、実績降雨の継続時間等を考慮して、2 日を採用した。

明治 12 年（1879 年）～昭和 45 年（1970 年）の年最大流域平均 2 日雨量を確率処理した 1/150 確率規模の降雨量から対象降雨量を船戸地点で $440\text{mm}/2$ 日と決定した。

③ 流出モデルの設定

降雨をハイドログラフに変換するための流出計算モデル（貯留関数法）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、モデルの定数を同定した。

④ 主要洪水における計画雨量への引き伸ばしと流出計算

流域の過去の主要洪水における降雨波形を対象降雨量まで引き伸ばし、同定された流出モデルにより流出量を算定した。

⑤ 基本高水のピーク流量の決定

基本高水のピーク流量は、上記流出計算結果から、基準地点において計算ピーク流量が最大となる昭和 47 年（1972 年）9 月降雨パターンを採用し、基準地点船戸における基本高水のピーク流量を $16,000\text{m}^3/\text{s}$ と決定した。

1.2 河川整備基本方針

平成 9 年（1997 年）の河川法改正を受け、下記に示す手法により紀の川水系工事実施基本計画で策定された基本高水のピーク流量を検証した結果、基本方針においても、基準地点船戸の基本高水のピーク流量を $16,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、平成 17 年（2005 年）11 月に紀の川水系河川整備基本方針を策定した。

(1) 年最大流量と年最大雨量の経年変化

工事実施基本計画を改訂した昭和 49 年（1974 年）以降、計画を変更するような大きな洪水は発生していない。明治 12 年（1879 年）～平成 15 年（2003 年）の 125 年間を対象とした 1/150 規模の 2 日雨量を検証した結果、船戸地点で $370\text{mm}\sim 469\text{mm}/2$ 日となり、工事実施基本計画の計画 2 日雨量である $440\text{mm}/2$ 日が範囲内であることを確認した。

(2) 1/150 規模引き伸ばし雨量を用いた流出計算による検討

主要な実績降雨群について、計画雨量に引き伸ばした雨量を用いて基本高水のピーク流量を算定した結果、基準地点船戸で昭和 47 年（1972 年）9 月洪水が $16,000\text{m}^3/\text{s}$ で最大となったため、工事実施基本計画のピーク流量とほぼ同値であることを確認した。

(3) 流量確率による検証

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証した。

流量確率の検討の結果、基準地点船戸における 1/150 確率規模の流量は、 $13,200\text{m}^3/\text{s}\sim 16,900\text{m}^3/\text{s}$ と推定された。

(4) 既往洪水からの検証

過去 150 年にさかのぼって大規模な浸水被害の記録がある洪水として、明治 22 年（1889 年）8 月洪水を選定した。当時の築堤状況、堤内地状況等を考慮して船戸地点における複数のピーク流量のハイドログラフを用いた氾濫再現計算を実施した結果、基準地点船戸におけるピーク流量は $16,000\text{m}^3/\text{s}$ 相当であったと推定された。

1.3 河川整備基本方針策定後の状況

平成 17 年（2005 年）11 月に河川整備基本方針（以降、「既定計画」という。）を策定以降、計画降雨量（船戸上流域 440mm/2 日）を超える降雨は発生しているが、基本高水のピーク流量（基準地点船戸 16,000m³/s）を上回る洪水は発生していない。

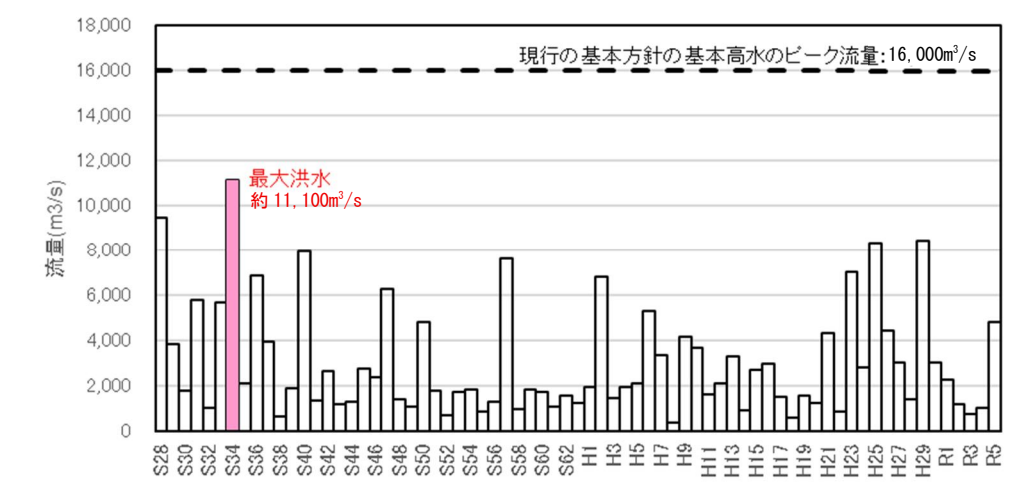


図 1.1 年最大流量（ダム氾濫戻し流量）（基準地点船戸）

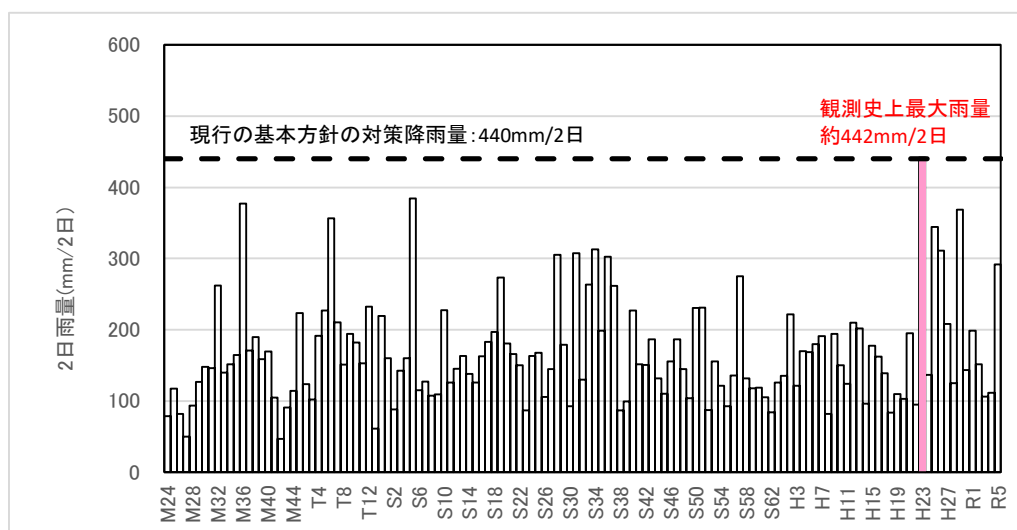


図 1.2 年最大流域平均 2 日雨量（基準地点船戸上流域）

1.4 流出解析モデルの確認

降雨をハイドログラフに変換するための流出解析モデル（貯留関数法）については、既定計画策定以降の流域の土地利用状況に大きな変化がないこと、近年洪水における再現性が確認されたことから、既定計画に用いた流出解析モデルを使用するものとした。

1.4.1 モデルの概要

貯留関数法の基礎式は次のとおりである。

【流域の基礎式】

流域を流出域と浸透域に区分した以下の基礎式を用いる。

$$\frac{ds_1}{dt} = r_{e1}(t - T_{L1}) - q_1(t), \quad \frac{ds_2}{dt} = r_{e2}(t - T_{L2}) - q_2(t)$$

$$s_1 = k_1 q_1^{p_1}, \quad s_2 = k_2 q_2^{p_2}$$

$$q(t) = \frac{1}{A} (A_1 q_1(t) + A_2 q_2(t)) = f_1 q_1(t) + (1 - f_1) q_2(t)$$

ただし、

$$r_{e1}(t) = r(t)$$

$$\sum r(t) \leq R_{sa} \quad \text{の場合、} r_{e2}(t) = 0$$

$$\sum r(t) > R_{sa} \quad \text{の場合、} r_{e2}(t) = r(t)$$

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

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

ここで、

$s_1(t), s_2(t)$: 貯留高(mm)*¹、 $r_{e1}(t), r_{e2}(t), r(t)$: 流域平均降雨強度(mm/h)*¹

$q_1(t), q_2(t), q(t)$: 直接流出高(mm/h)*¹、 T_{L1}, T_{L2} : 遅滞時間(h)*¹、

k_1, k_2 : 定数*¹*²、 p_1, p_2 : 定数*¹*²、

A_1, A_2, A : 流域面積($A=A_1+A_2$) (km²)*¹、 f_1 : 一次流出率($=A_1/A$)、

$\sum r(t)$: 降雨の降り始めから当該時刻までの流域平均降雨強度の和(mm)、

R_{sa} : 飽和雨量(mm)、 $Q(t)$: 流域からの流出量(m³/s)、 $Q_b(t)$: 基底流量(m³/s)

*¹ : 下付き添え字 1,2 は、それぞれ流出域,浸透域の値を表す

*² : 本検討では流出域と浸透域で同じ値とした

【河道の基礎式】

$$S_l(t) = K \cdot Q_l(t)^p - Tl \cdot Q_l(t)$$

$$\frac{dS_l(t)}{dt} = I(t) - Q_l(t)$$

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

$S_l(t)$: 見かけの貯留量($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{h}$)、 $Q_l(t)$: 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(h)、

K : 定数、 p : 定数

1.4.2 流域及び河道分割

紀の川水系における流域分割は、支川の合流状況、主要な地点（水位観測所）、地形状況等を考慮し、既定計画における流出解析モデルにおいて、流域は 30 分割、河道は 15 分割としている。流域分割図を図 1.3、流出解析モデル模式図を図 1.4、流域・河道モデル分割諸元を表 1.1、表 1.2 に示す。

高水処理計画の検討においては、利水ダムや新規洪水調節施設候補による流量低減効果を反映するため、必要に応じて流域の細分化を行う。

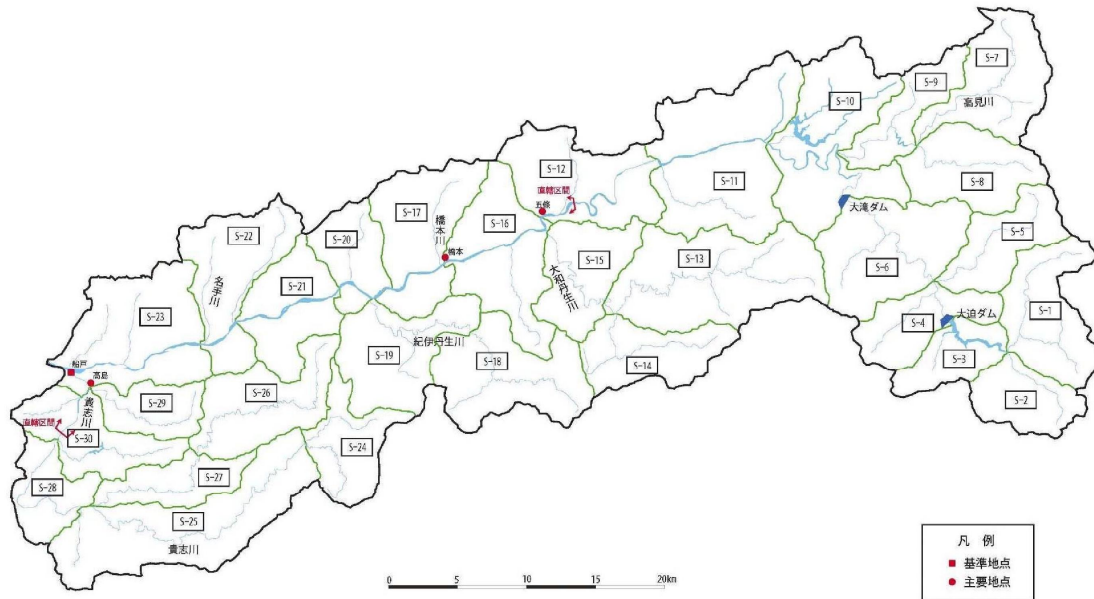


図 1.3 流域分割図

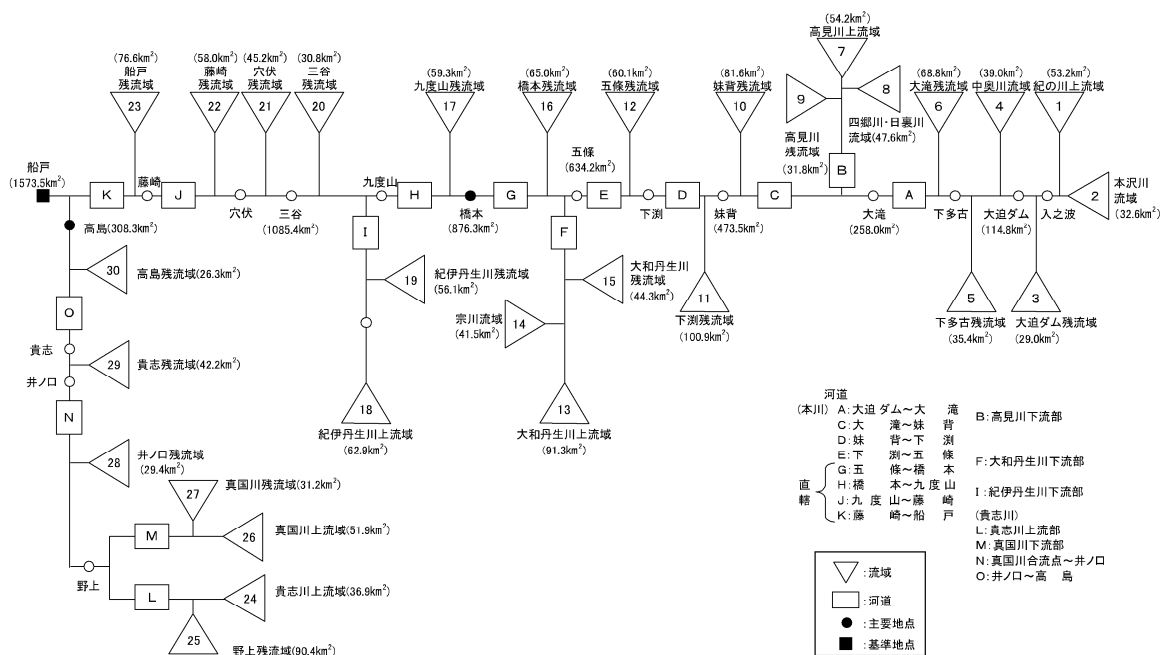


図 1.4 流出解析モデル模式図

表 1.1 流域モデル分割諸元

流域番号	流域面積(km ²)	摘要	流域番号	流域面積(km ²)	摘要
1	53.2	紀の川上流域	16	65.0	橋本残流域
2	32.6	本沢川流域	17	59.3	九度山残流域
3	29.0	大迫ダム残流域	18	62.9	紀伊丹生川上流域
4	39.0	中奥川流域	19	56.1	紀伊丹生川残流域
5	35.4	下多古残流域	20	30.8	三谷残流域
6	68.8	大滝残流域	21	45.2	穴伏残流域
7	54.2	高見川上流域	22	58.0	藤崎残流域
8	47.6	四郷川・日裏川流域	23	76.6	船戸残流域
9	31.8	高見川残流域	24	36.9	貴志川上流域
10	81.6	妹背残流域	25	90.4	野上残流域
11	100.9	下湊残流域	26	51.9	真国川上流域
12	60.1	五條残流域	27	31.2	真国川残流域
13	91.3	大和丹生川上流域	28	29.4	井ノ口残流域
14	41.5	宗川流域	29	42.2	貴志残流域
15	44.3	大和丹生川残流域	30	26.3	高島残流域
			合計	1573.5	船戸上流域

表 1.2 河道モデル分割諸元

河道記号	河道延長(km)	摘要
A	17.2	大迫ダム～大滝ダム
B	11.2	高見川
C	18.5	大滝ダム～妹背
D	9.1	妹背～下渚
E	14.0	下渚～五條
F	12.8	大和丹生川
G	9.5	五條～橋本
H	6.1	橋本～九度山
I	13.7	紀伊丹生川
J	14.3	九度山～藤崎
K	10.2	藤崎～船戸
L	32.0	貴志川上流
M	14.2	真国川
N	14.3	真国川合流点～井ノ口
O	5.4	井ノ口～高島

1.4.3 流出解析による実績再現結果

既定計画では、主要 15 洪水の再現検証により、流域定数・河道定数を同定している。

既定計画策定以降の主要洪水である平成 21 年（2009 年）10 月洪水、平成 23 年（2011 年）9 月洪水、平成 25 年（2013 年）9 月、平成 26 年（2014 年）8 月洪水、平成 29 年（2017 年）10 月洪水、平成 30 年（2018 年）10 月洪水の再現検証により、基準地点船戸観測所でモデル定数の妥当性を確認したため、モデルの変更を行わない。

なお、計画モデル定数のうち、飽和雨量（ R_{sa} ）及び基底流量（ Q_b ）については、近年洪水の状況を踏まえ、必要に応じて見直しを行った。

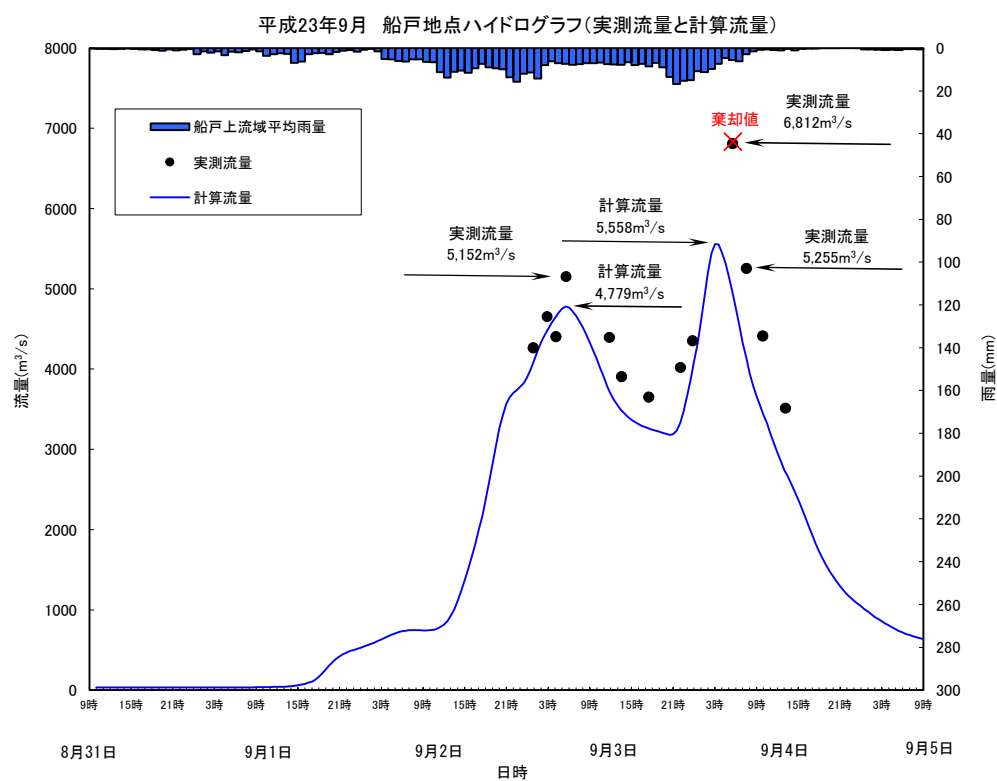
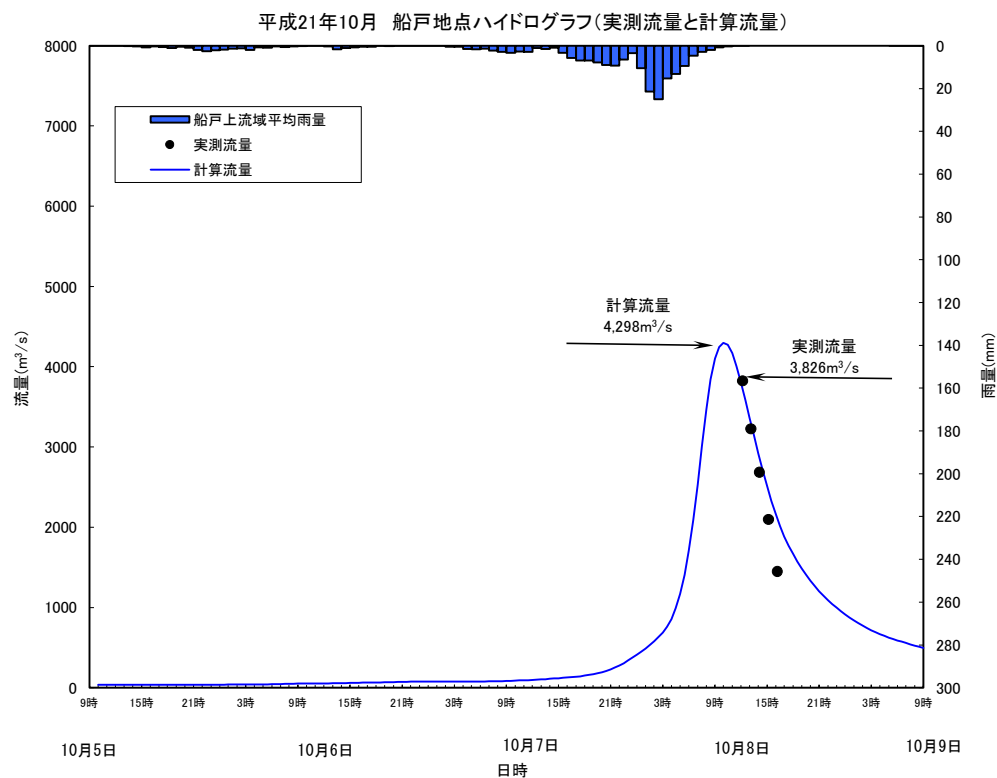


図 1.5(1) H16 以降洪水の再現検証 流量ハイドログラフ

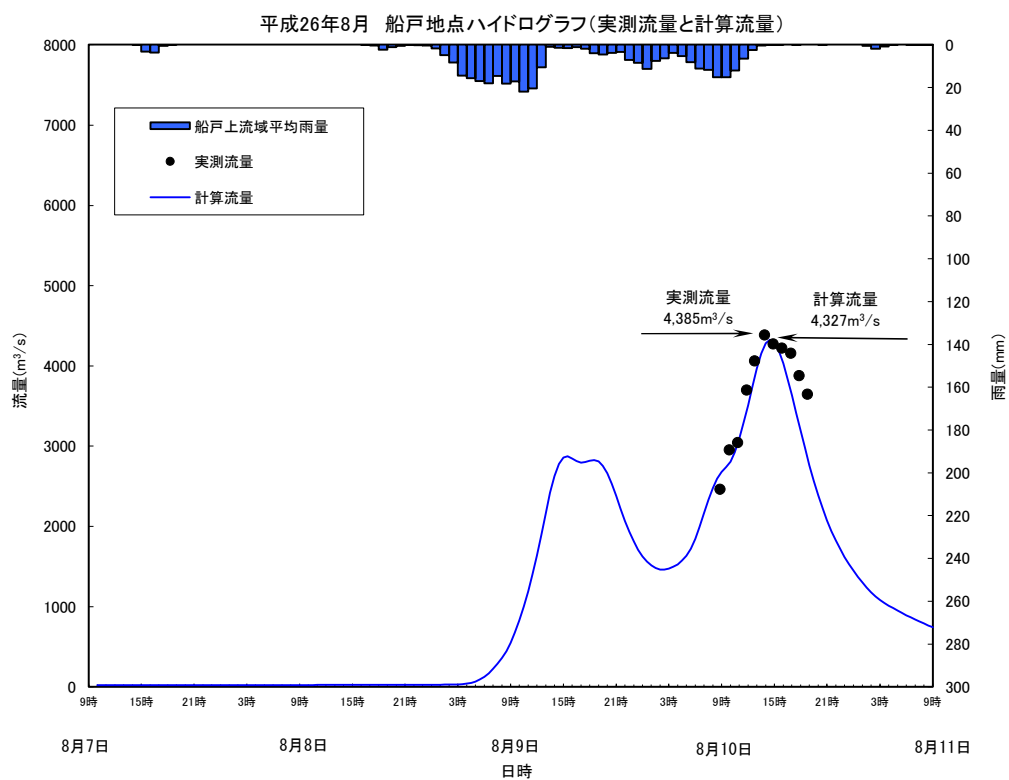
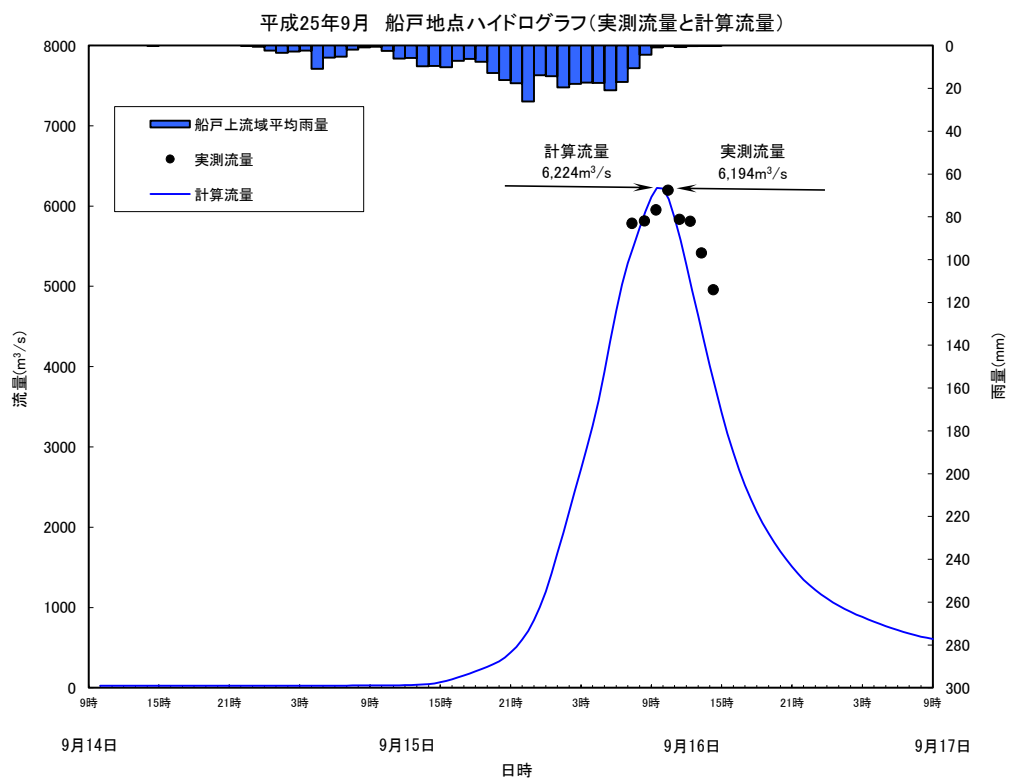


図 1.5(2) H16 以降洪水の再現検証 流量ハイドログラフ

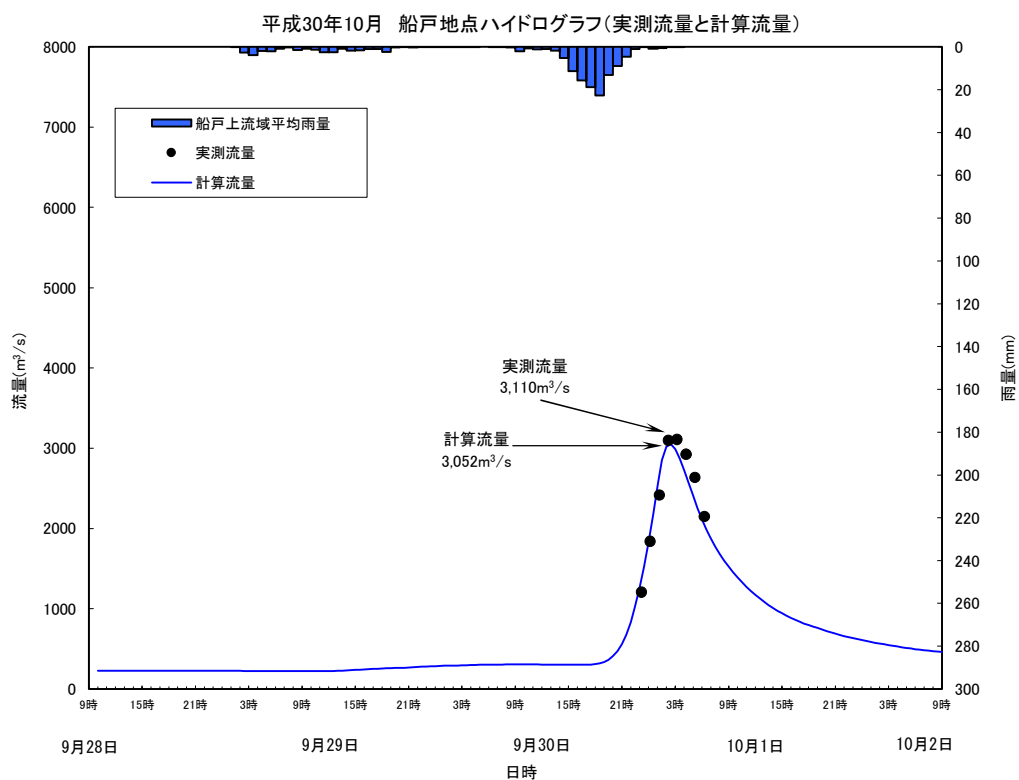
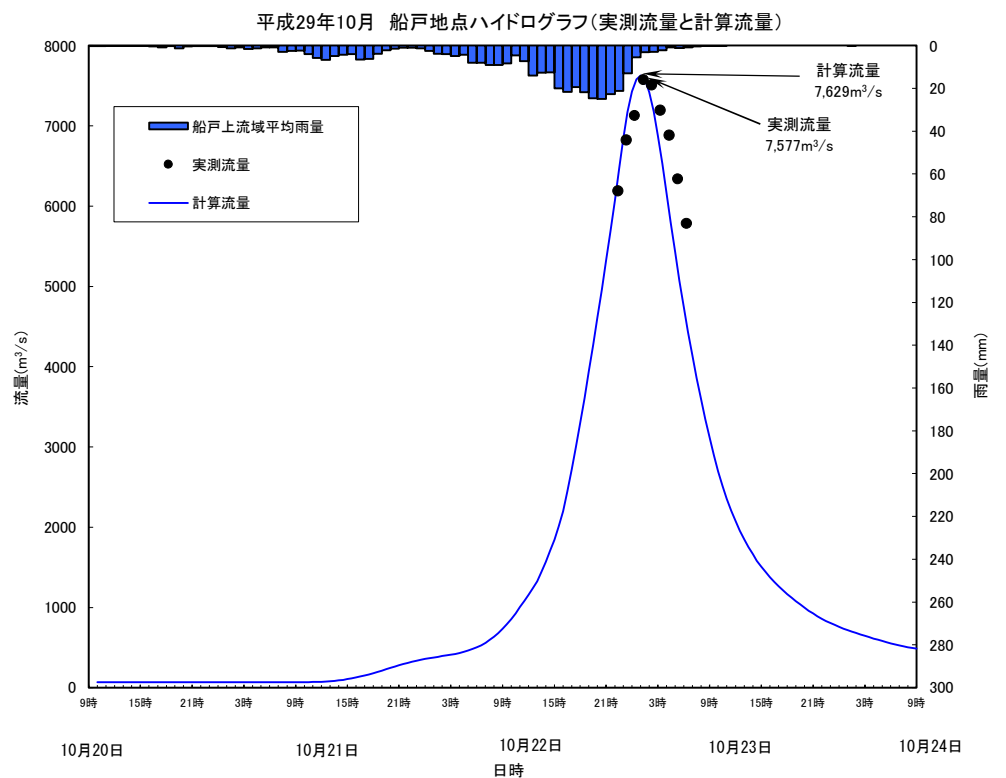


図 1.5(3) H16 以降洪水の再現検証 流量ハイドログラフ

表 1.3 既定計画における定数解析結果と今回の定数検証結果

No.	洪水名	ピーク流量(m³/s)		
		実績		計算
		HQ換算	観測	
1	S28. 9. 26	7, 211	7, 748	7, 815
2	S31. 9. 27	4, 144	—	4, 414
3	S33. 8. 26	3, 816	3, 830	3, 992
4	S34. 9. 27	6, 293	5, 872	6, 455
5	S36. 9. 16	3, 440	3, 430	3, 819
6	S36. 10. 28	3, 982	—	4, 477
7	S40. 9. 18	5, 197	5, 395	5, 177
8	S47. 9. 17	5, 876	5, 779	6, 025
9	S50. 8. 23	4, 619	4, 559	4, 804
10	S57. 8. 2	5, 810	—	7, 429
11	S57. 8. 3	3, 200	—	3, 170
12	H2. 9. 20	6, 379	6, 414	6, 547
13	H6. 9. 30	5, 430	4, 805	5, 075
14	H7. 7. 4	3, 414	3, 394	3, 437
15	H9. 7. 26	4, 078	—	4, 080
16	H21. 10. 8	4, 344	—	4, 298
17	H23. 9. 5	5, 140	(6, 812)	5, 558
18	H25. 9. 16	5, 472	6, 194	6, 224
19	H26. 8. 9	3, 472	4, 385	4, 327
20	H29. 10. 23	6, 062	7, 577	7, 629
21	H30. 10. 1	3, 070	3, 110	3, 052

注 1) No.1～15 で定数を同定。今回 No.16～21 で定数の妥当性を確認。

注 2) 「—」 はピークが観測できていない洪水

注 3) 括弧内数値は異常値と判断された値

表 1.4 流域定数一覧（計画モデル）

流域No.	流域名	流域面積 (km ²)	K	P	Tl (hr)	f ₁	Qb (m ³ /s)	Rsa (mm)
1	紀の川上流域	53.2	48	0.333	1.20	0.5	2.4	110
2	本沢川流域	32.6	32	0.333	0.72	0.5	1.5	110
3	大迫ダム残流域	29.0	38	0.333	0.48	0.5	1.3	110
4	中奥川流域	39.0	38	0.333	1.80	0.5	1.8	110
5	下多古残流域	35.4	26	0.333	1.20	0.5	1.6	110
6	大滝残流域	68.8	28	0.333	1.05	0.5	3.1	110
7	高見川上流域	54.2	53	0.333	1.51	0.5	2.5	110
8	四郷川・日裏川流域	47.6	30	0.333	0.96	0.5	2.2	110
9	高見川残流域	31.8	37	0.333	0.80	0.5	1.4	110
10	妹背残流域	81.6	43	0.333	1.20	0.5	3.7	110
11	下淵残流域	100.9	56	0.333	0.15	0.5	4.6	110
12	五條残流域	60.1	39	0.333	0.13	0.5	2.7	110
13	大和丹生川上流域	91.3	54	0.333	1.49	0.5	4.1	110
14	宗川流域	41.5	37	0.333	0.90	0.5	1.9	110
15	大和丹生川残流域	44.3	44	0.333	1.00	0.5	2.0	110
16	橋本残流域	65.0	35	0.333	1.10	0.5	2.9	110
17	九度山残流域	59.3	30	0.333	0.80	0.5	2.7	110
18	紀伊丹生川上流域	62.9	42	0.333	1.18	0.5	2.8	110
19	紀伊丹生川残流域	56.1	43	0.333	1.20	0.5	2.5	110
20	三谷残流域	30.8	24	0.333	0.56	0.5	1.4	110
21	穴伏残流域	45.2	25	0.333	0.48	0.5	2.0	110
22	藤崎残流域	58.0	31	0.333	0.88	0.5	2.6	110
23	船戸残流域	76.6	30	0.333	0.70	0.5	3.5	110
24	貴志川上流域	36.9	30	0.333	1.50	0.5	1.7	110
25	野上残流域	90.4	32	0.333	2.38	0.5	4.1	110
26	真国川上流域	51.9	47	0.333	1.14	0.5	2.3	110
27	真国川残流域	31.2	33	0.333	0.36	0.5	1.4	110
28	井ノ口残流域	29.4	32	0.333	0.30	0.5	1.3	110
29	貴志残流域	42.2	37	0.333	0.75	0.5	1.9	110
30	高島残流域	26.3	34	0.333	0.80	0.5	1.2	110

表 1.5 河道定数一覧（計画モデル）

河道区分	区間	延長 (km)	計画		
			K	P	Tl
A	大迫ダム～大滝ダム	17.2	12.5	0.69	0.17
B	高見川	11.2	9.9	0.65	0.09
C	大滝ダム～妹背	18.5	15.6	0.69	0.60
D	妹背～下淵	9.1	9.5	0.68	0.39
E	下淵～五條	14.0	14.7	0.67	0.63
F	大和丹生川	12.8	6.9	0.72	0.36
G	五條～橋本	9.5	8.4	0.71	0.48
H	橋本～九度山	6.1	7.9	0.67	0.30
I	紀伊丹生川	13.7	8.3	0.68	0.30
J	九度山～藤崎	14.3	16.0	0.69	0.72
K	藤崎～船戸	10.2	9.2	0.73	0.51
L	貴志川上流部	32.0	17.1	0.65	0.26
M	真国川	14.2	8.1	0.64	0.10
N	真国川合流点～井ノ口	14.3	8.6	0.69	0.20
O	貴志川直轄区間	5.4	5.2	0.69	0.10

1.5 基本高水のピーク流量の設定

1.5.1 基本高水のピーク流量設定の考え方

基本高水のピーク流量の設定については、前述した流出解析モデルを用いて、以下の項目について総合的に判断し設定した。

- ① 現行基本方針における基本高水のピーク流量
- ② 気候変動を考慮した時間雨量データによる確率からの検討
- ③ アンサンブル予測降雨波形を用いた検討
- ④ 既往洪水からの検討

1.5.2 計画規模の設定

既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないことから、計画規模は既定計画の紀の川本川の貴志川合流点より下流は 1/150、貴志川合流点より上流及び支川区間は 1/100 を踏襲するものとした。

1.6 対象降雨の継続時間の設定

1.6.1 対象降雨の継続時間設定の考え方

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

1.6.2 洪水到達時間

洪水到達時間は、以下に示す(1) Kinematic Wave 法に基づく式及び(2) 角屋の式を用いて算定した。対象洪水は、時間雨量データが観測され始めた昭和 28 年 (1953 年) から令和 3 年 (2021 年) までに生起した洪水で、基準地点船戸における年最大流量 (ダム・氾濫戻し流量) の大きい主要 10 洪水とした。

(1) Kinematic Wave 法による洪水の到達時間

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

(2) 角屋の式による洪水の到達時間

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

(1)及び(2)の計算結果を表 1.6 に示し、洪水ごとの Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討結果を図 1.6 に示す。

- ・ Kinematic Wave 法に基づく算定結果では 12～29 時間であり、平均で 21 時間となる。
- ・ 角屋の式では、9.9～12.1 時間であり平均で 10.6 時間となる。

表 1.6 洪水到達時間の算定結果（船戸地点）

No.	洪水名	ピーク時刻	KinematicWave法	角屋式	
			算定結果 (hr)	平均有効降雨 強度 r_e	算定結果 (hr)
1	S34. 09. 27	9/27 0:00	26	11.3	10.5
2	H29. 10. 23	10/23 2:00	25	12.3	10.1
3	S28. 09. 26	9/25 21:00	24	11.8	10.3
4	H25. 09. 16	9/16 9:00	22	13.1	9.9
5	S57. 08. 02	8/2 3:00	18	10.9	10.6
6	S47. 09. 17	9/17 2:00	19	9.0	11.3
7	S36. 09. 16	9/16 18:00	29	7.5	12.1
8	S40. 09. 18	9/18 1:00	18	10.0	10.9
9	H02. 09. 20	9/20 3:00	17	10.8	10.6
10	S33. 08. 26	8/26 0:00	12	12.4	10.1
最大		---	29	---	12.1
最小		---	12	---	9.9
平均		---	21	---	10.6

注) 角屋の式に用いる平均有効降雨強度は、KinematicWave 法による到達時間内の平均有効降雨強度を使用

注) 角屋の式に用いる定数は、C=290（丘陵山林域）、A=1573.5km²（船戸地点上流域）とした

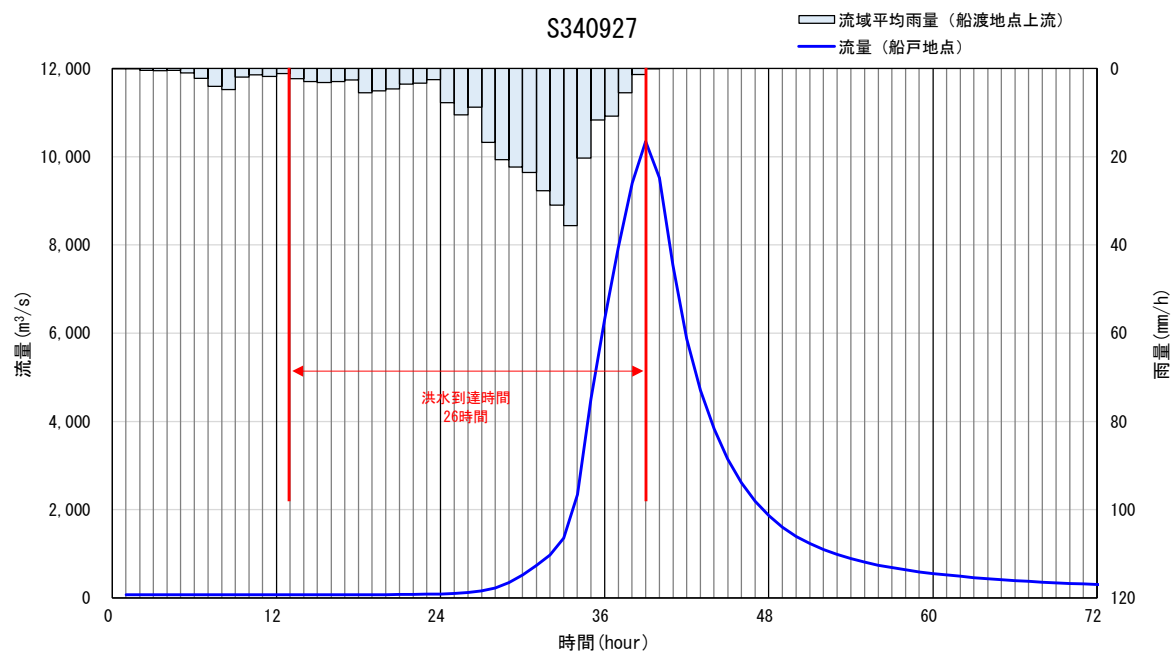


図 1.6(1) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・S34.9.27 洪水）

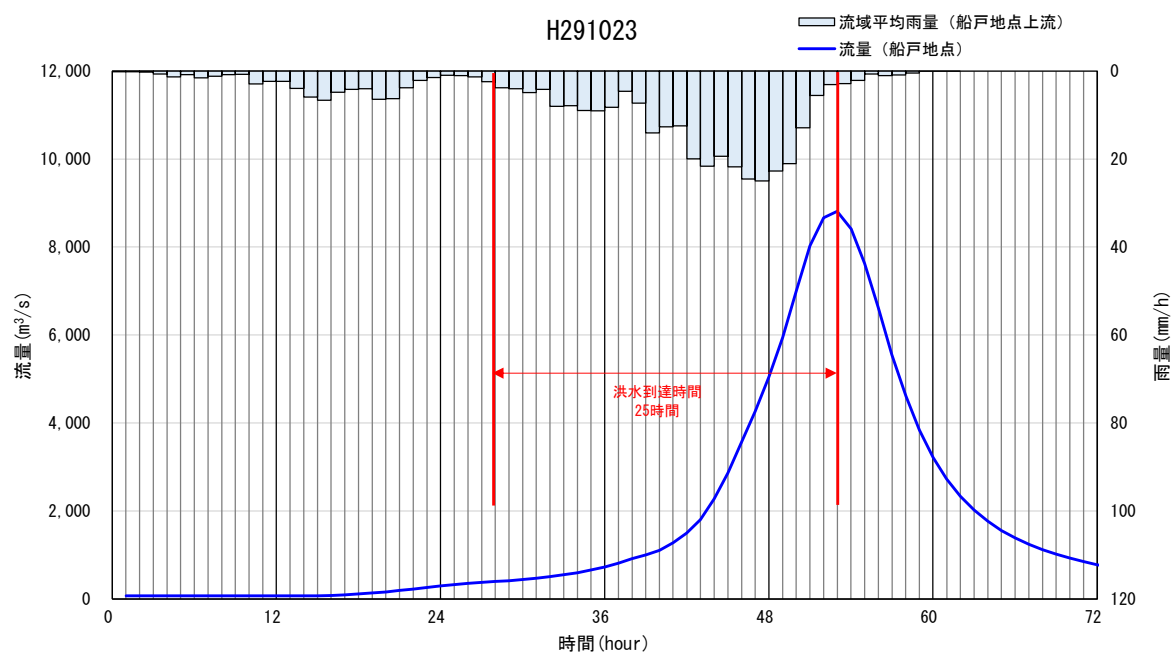


図 1.6(2) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・H29.10.23 洪水）

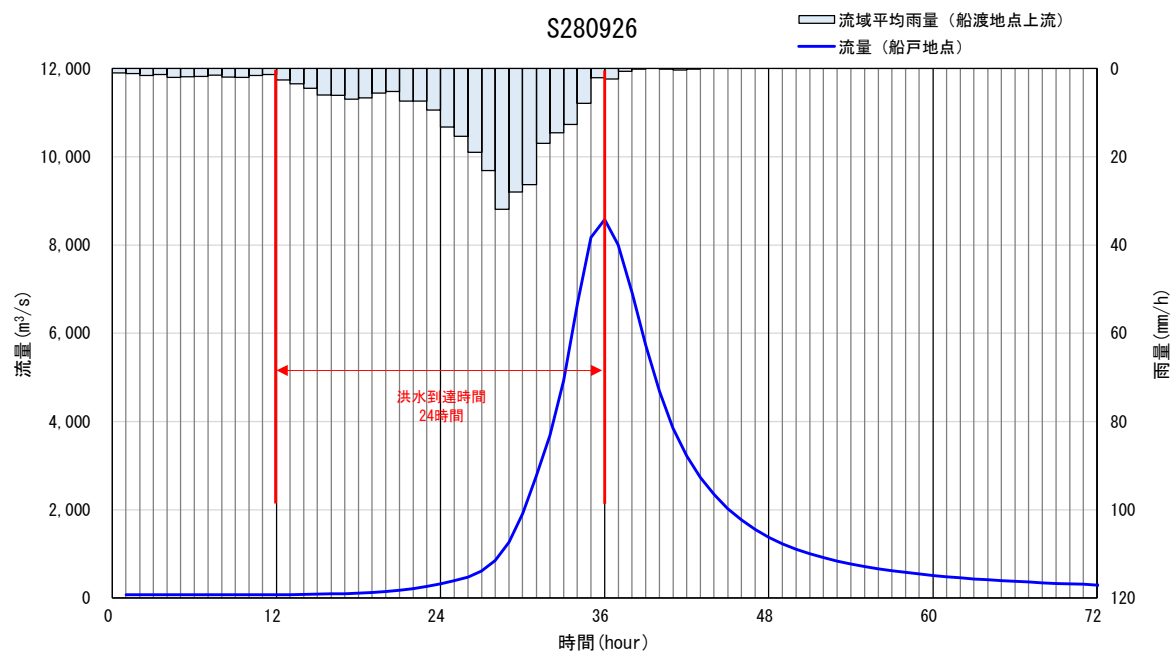


図 1.6(3) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・S28.9.26 洪水）

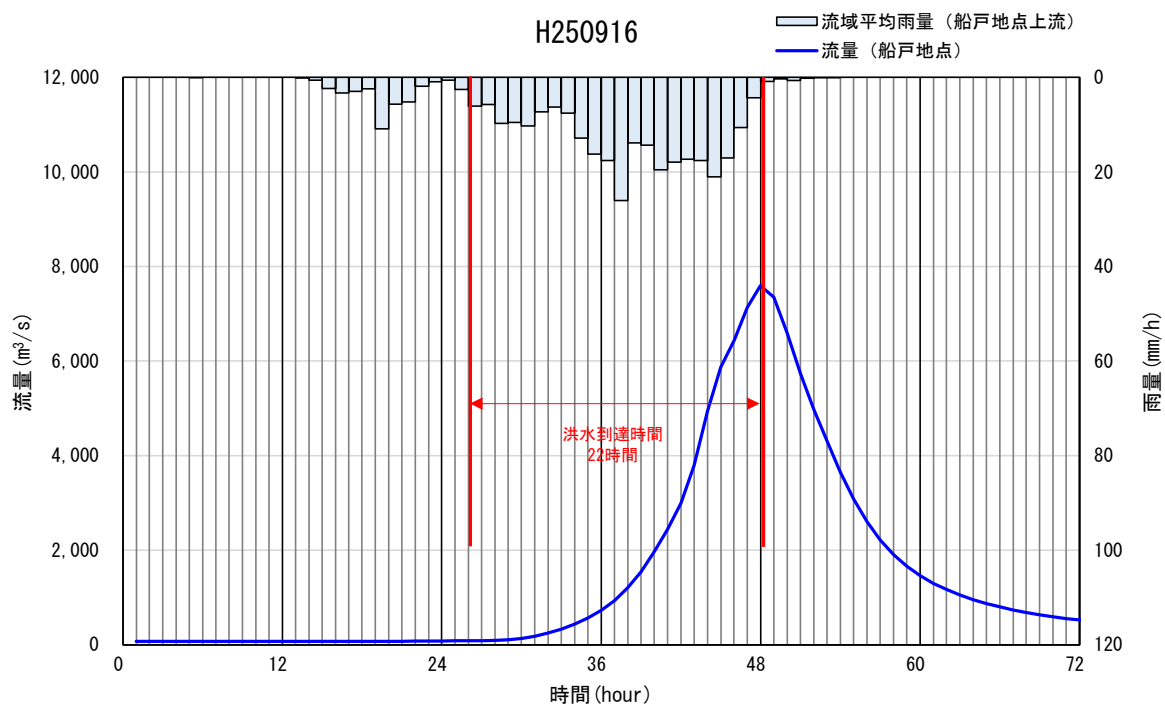


図 1.6(4) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・H25.9.16 洪水）

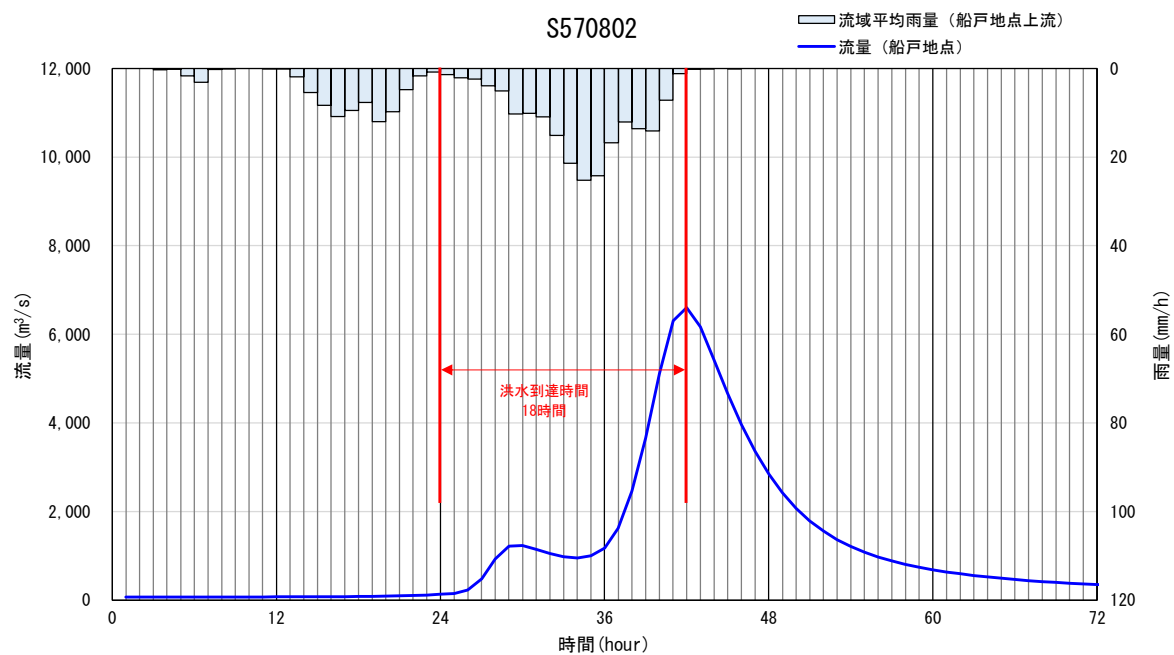


図 1.6(5) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・S57.8.2 洪水）

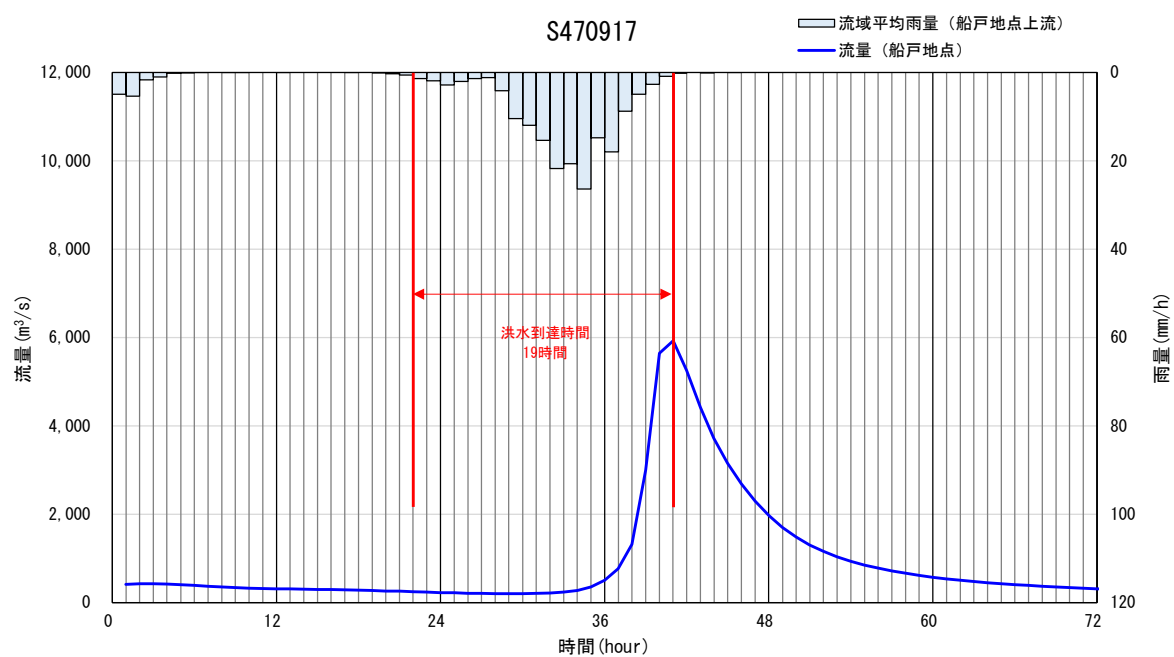


図 1.6(6) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・S47.9.17 洪水）

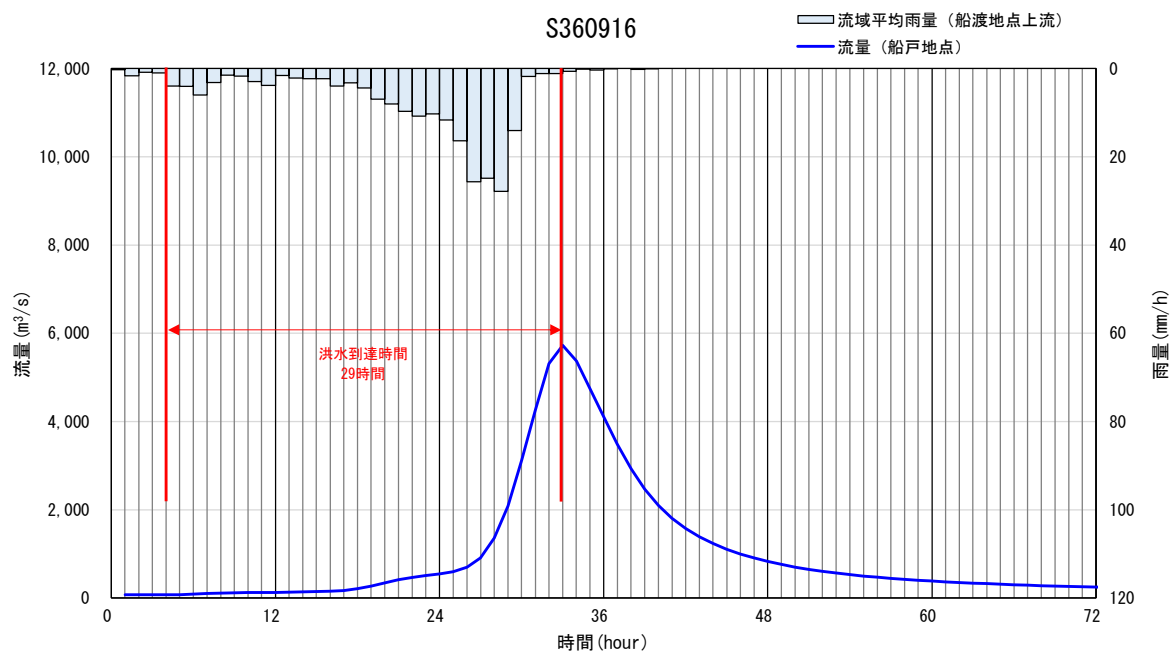


図 1.6(7) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・S36.9.16 洪水）

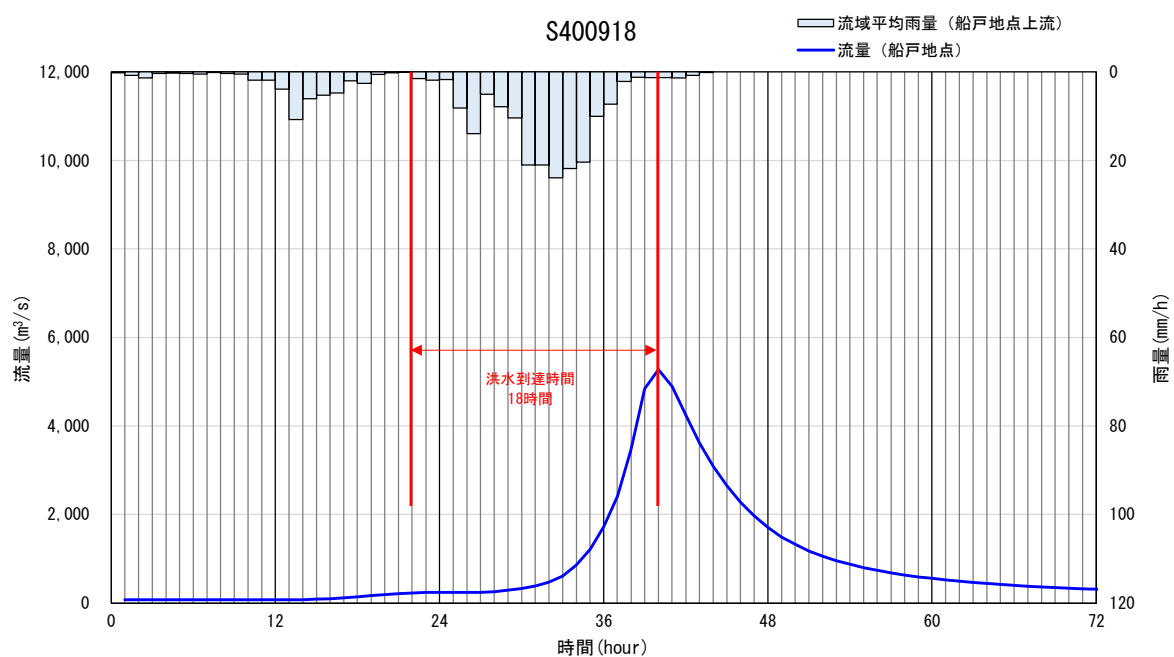


図 1.6(8) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・S40.9.18 洪水）

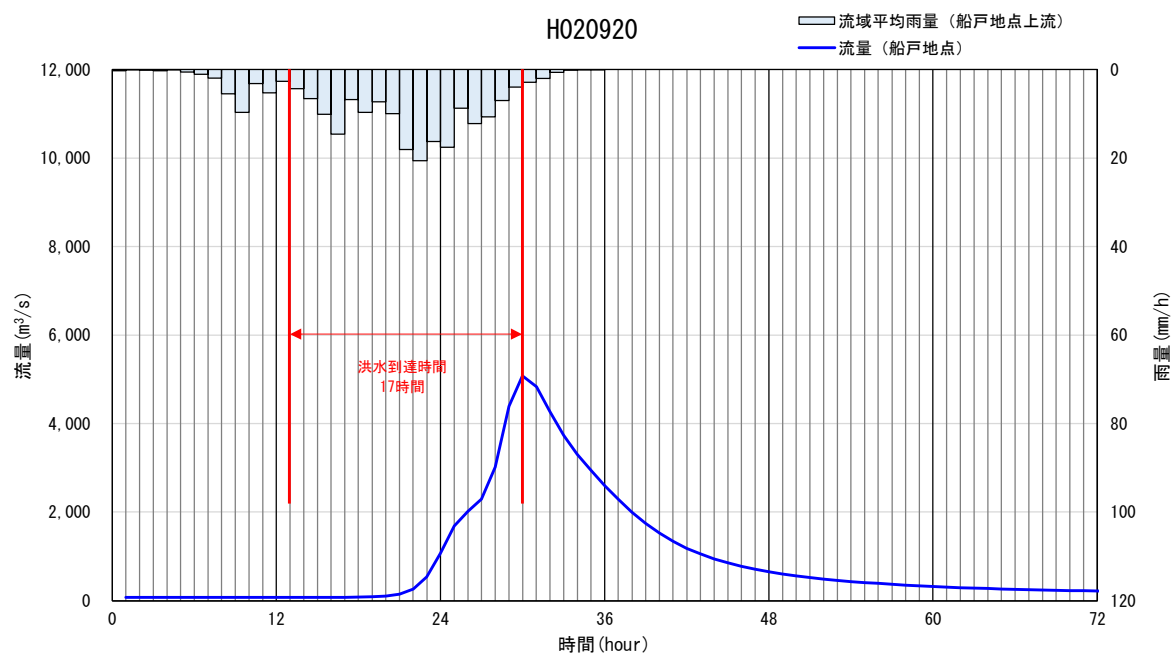


図 1.6(9) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・H2.9.20 洪水）

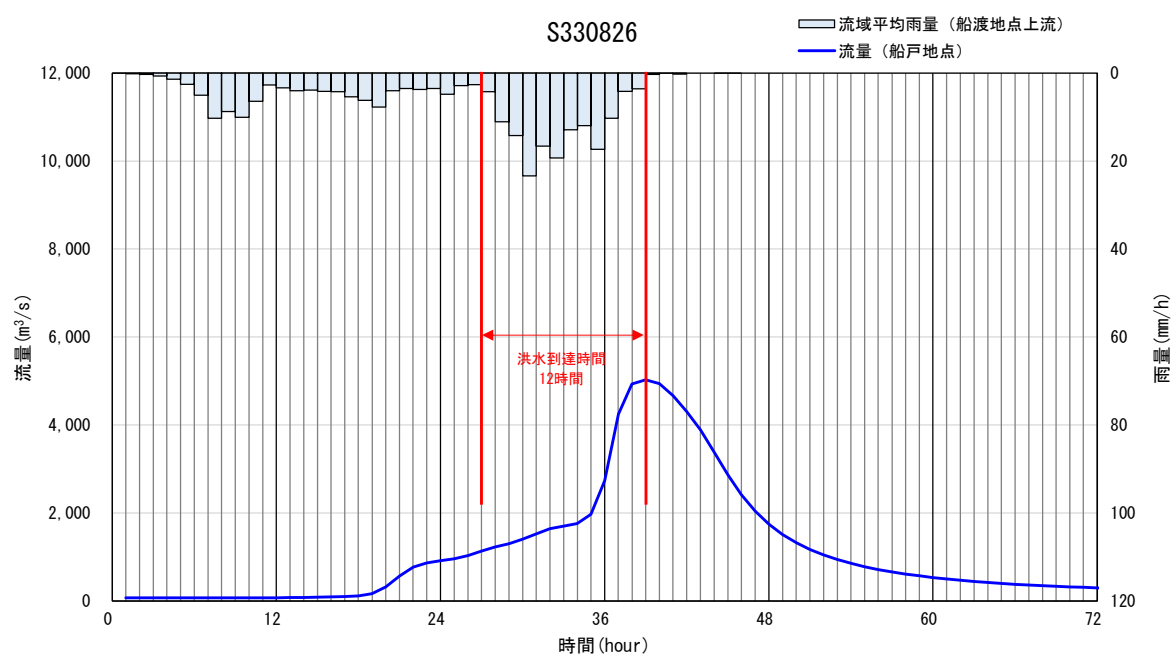


図 1.6(10) Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討（船戸・S33.8.26 洪水）

1.6.3 ピーク流量と短時間雨量の相関

時間雨量データが観測され始めた昭和 28 年（1953 年）～令和 3 年（2021 年）の期間で、基準地点船戸において年最大流量（ダム・氾濫戻し流量）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間から遡る短時間雨量との相関関係、ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量との相関関係（図 1.7）について整理した。なお、短時間雨量については、1～3、6、9、12、15、18、24 時間雨量を対象とした。

ピーク流量と雨量の相関係数を図 1.8 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の関係を図 1.9 に、ピーク流量とピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量の関係を図 1.10 に示す。

ピーク流量との相関が高いのは、概ね 9 時間以上となった。

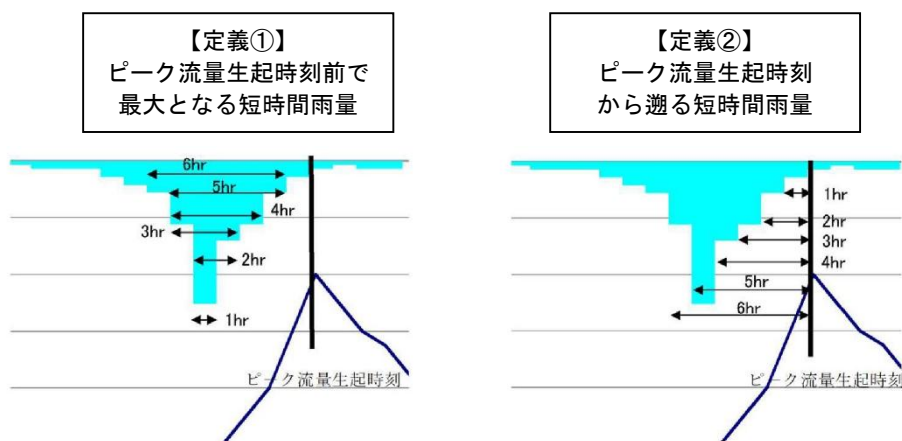


図 1.7 ピーク流量と雨量相関の定義

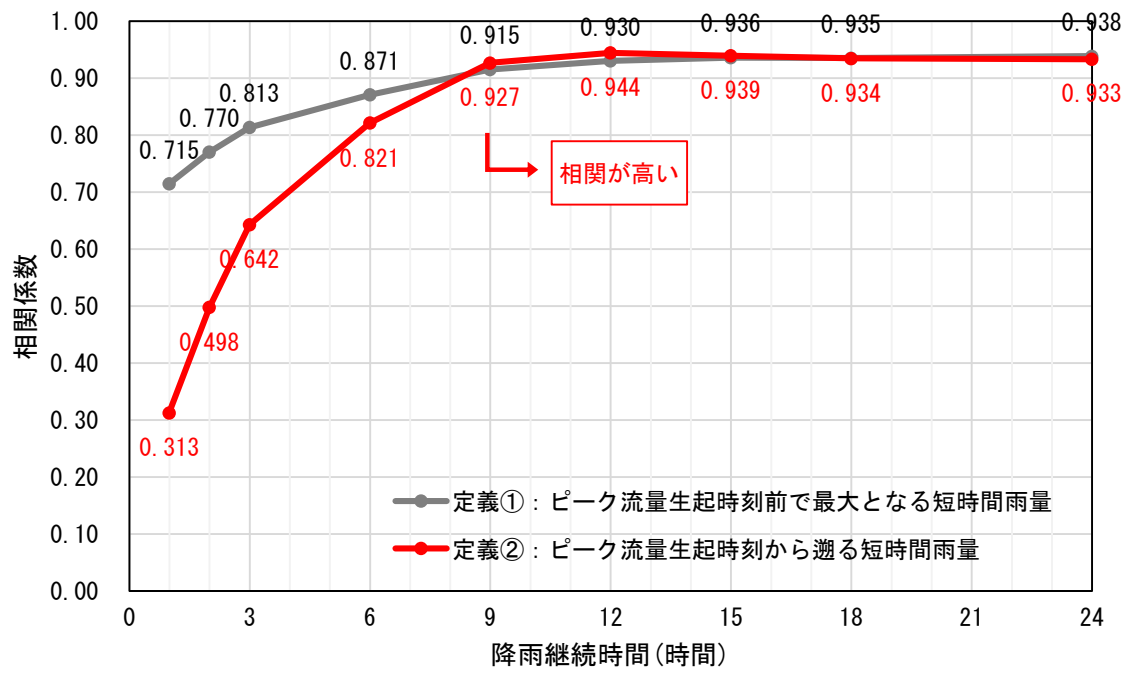


図 1.8 ピーク流量と雨量の相関係数

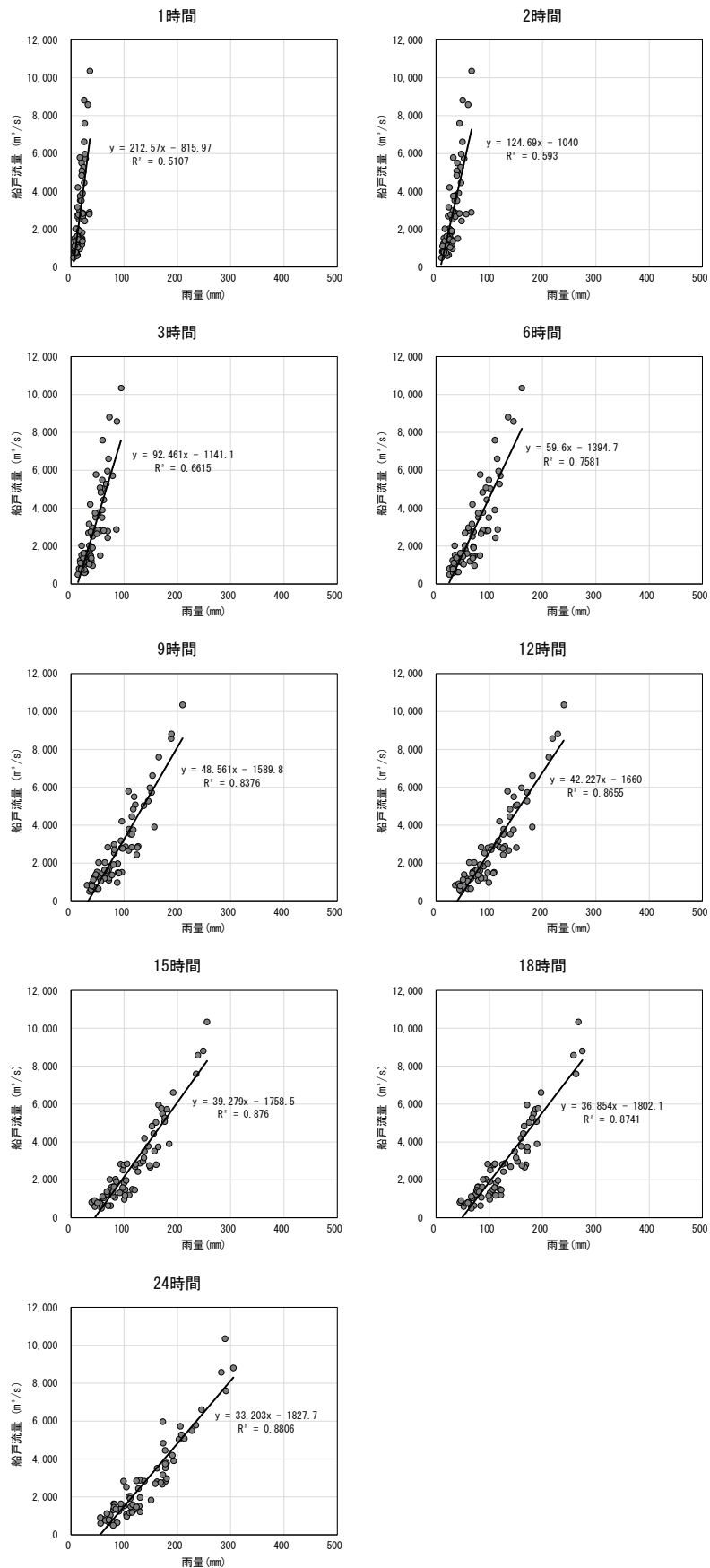


図 1.9 定義①：ピーク流量とピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量の関係

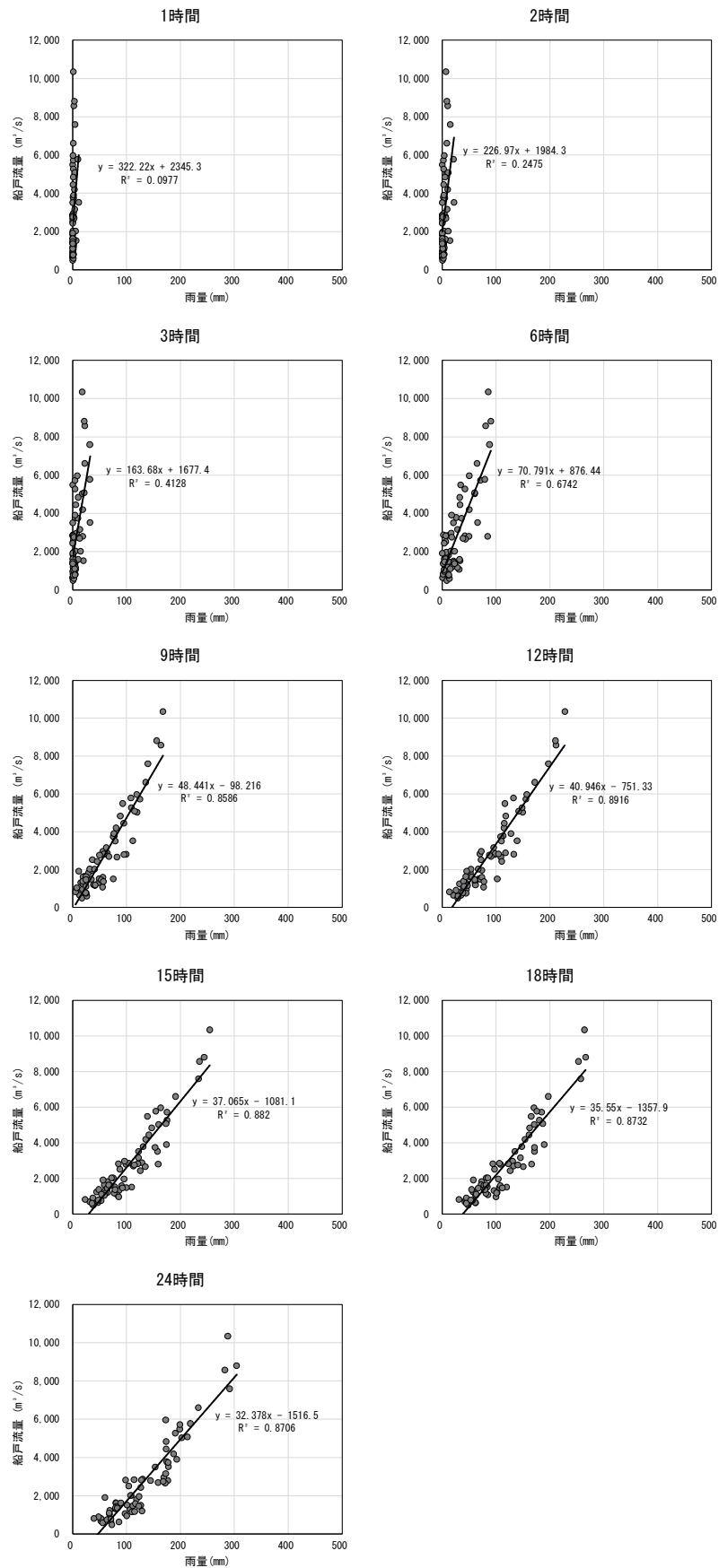


図 1.10 定義②：ピーク流量とピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量の関係

1.6.4 強い降雨強度の継続時間

強い降雨強度（5mm/h 及び 10mm/h）の継続時間を整理した。

対象洪水は、時間雨量データが観測され始めた昭和 28 年（1953 年）～令和 3 年（2021 年）に生じた洪水で、基準地点船戸における年最大流量（ダム・氾濫戻し流量）の大きい主要 10 洪水とした。

主要 10 洪水における降雨量 5mm/h 以上の継続時間の平均値は 13.5 時間、降雨量 10mm/h 以上の継続時間の平均値は 9.2 時間であった。

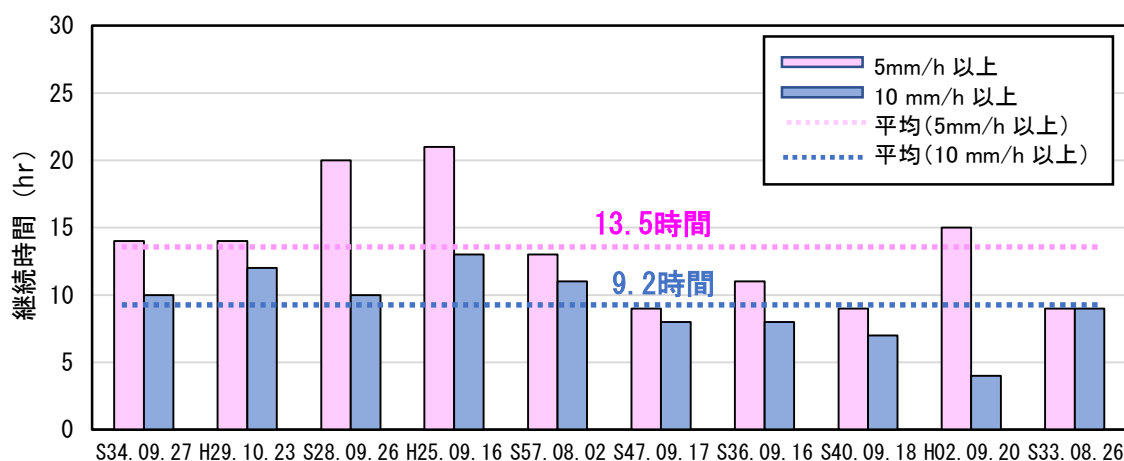


図 1.11 船戸地点における主要 10 洪水の 5mm/h・10mm/h 継続時間

1.6.5 対象降雨の降雨継続時間の設定

時間雨量データが観測され始めた昭和 28 年（1953 年）～令和 3 年（2021 年）の雨量資料を整理し、紀の川の降雨特性、ピーク流量との相関を勘案して、下記理由により船戸地点における対象降雨の降雨継続時間を 18 時間と設定した。

- ・ 洪水到達時間の検討において、Kinematic Wave 法：12～29 時間（平均 21 時間）、角屋の式：9.9～12.1 時間（平均 10.6 時間）となる。
- ・ ピーク流量と相関の高い雨量は概ね 9 時間以上である。
- ・ 主要洪水における強度の強い降雨継続時間は、5mm/h 以上：9～21 時間（平均 13.5 時間）、10mm/h 以上：4～13 時間（平均 9.2 時間）であり、概ね 18 時間でカバーできる。
- ・ 上記結果から総合的に判断して 18 時間と設定する。

1.7 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定

1.7.1 対象降雨の降雨量の設定

対象降雨の継続時間は、Kinematic Wave 法及び角屋の式等による洪水到達時間、短時間雨量と洪水ピーク流量の相関、降雨強度の強い降雨の継続時間から総合的に判断した結果、既定計画の 2 日から、18 時間に変更した。

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平成 22 年（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平成 22 年（2010 年）までにとどめ、平成 22 年（2010 年）までの雨量標本（表 1.9）を用い、定常の水文統計解析により確率雨量を算定し、これに降雨変化倍率を乗じた値を計画対象降雨の降雨量とした。

昭和 28 年（1953 年）から平成 22 年（2010 年）までの年最大 18 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た 1/150 対象降雨の降雨量を基準地点船戸で 292.9mm/18h と決定した。確率統計解析結果を表 1.8 及び図 1.12 に示す。

また、気候変動の影響を考慮した対象降雨の降雨量として、基準地点船戸の 1/150 降雨量 292.9mm/18h に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じて得られた 323mm/18h を設定した。

表 1.7 対象降雨の降雨量の設定（船戸地点）

項目	船戸	備考
1/150 確率雨量 (S28～H22 年標本)	292.9mm/18h	SLSC $\leq$ 0.04 であり JackKnife 推定誤差が最小となる確率手法
気候変動を 考慮した降雨量	323mm/18h	292.9mm/18h $\times$ 降雨量変化倍率 1.1

表 1.8 基準地点船戸上流域平均年最大 18 時間雨量 確率統計解析結果

水系名	紀の川
河川名	紀の川
地点名	船戸, 18hr
データ件数	58
α	0.4

指標	Exp	Gumbel	SartEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM
X-COR(99%)	0.969	0.989	0.980	0.989	0.989	—	0.989	0.989	0.989	0.989	0.988	0.988
P-COR(99%)	0.958	0.995	0.995	0.994	0.994	—	0.994	0.994	0.994	0.994	0.995	0.995
SLSC(99%)	0.052	0.031	0.037	0.031	0.028	—	0.026	0.027	0.027	0.027	0.025	0.026
対数尤度	-288.3	-301.5	-301.8	-301.5	-301.5	—	-301.4	-301.4	-301.4	-301.5	-301.3	-301.3
pAIC	580.6	607.0	607.7	609.1	609.1	—	608.7	608.9	608.7	609.0	606.6	606.5
X-COR(50%)	0.962	0.967	0.961	0.968	0.969	—	0.968	0.968	0.968	0.969	0.967	0.967
P-COR(50%)	0.971	0.969	0.970	0.970	0.971	—	0.969	0.969	0.969	0.970	0.970	0.970
SLSC(50%)	0.078	0.060	0.073	0.060	0.067	—	0.064	0.065	0.065	0.065	0.063	0.063
適合度判定 (SLSC $\leq$ 0.04の場合○)	×	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○
JackKnife推定誤差	Exp	Gumbel	SartEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM
2	5.4	5.8	5.7	7.0	6.5	—	7.0	6.7	8.0	6.7	5.8	5.8
3	6.6	7.1	7.3	8.3	7.8	—	8.0	7.8	8.9	7.8	7.1	7.0
5	8.7	8.9	9.7	9.5	9.3	—	9.1	9.2	9.4	9.2	9.1	9.0
10	12.0	11.5	13.6	11.6	11.8	—	11.2	11.6	10.5	11.6	12.3	12.1
20	15.5	14.1	18.1	15.3	15.1	—	14.0	15.1	14.1	15.0	15.9	15.5
30	17.6	15.6	20.9	18.4	17.5	—	16.1	17.6	17.4	17.5	18.2	17.8
50	20.3	17.6	24.7	23.4	21.0	—	19.1	21.2	22.8	21.0	21.2	20.7
80	22.8	19.4	28.4	29.0	24.7	—	22.3	25.0	28.7	24.6	24.2	23.5
100	24.0	20.2	30.2	31.9	26.5	—	23.9	26.9	31.8	26.5	25.7	24.9
150	26.1	21.8	33.7	37.8	30.1	—	27.0	30.6	37.8	30.0	28.4	27.6
200	27.7	22.9	36.3	42.4	32.8	—	29.4	33.4	42.4	32.7	30.4	29.5
400	31.4	25.6	42.8	54.7	39.9	—	35.6	40.7	54.6	39.6	35.5	34.3
安定性判定 (確率年150で誤差最小○)	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
確率水水量	Exp	Gumbel	SartEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM
2	107.2	115.5	112.5	115.6	117.2	—	115.9	116.2	115.9	116.4	115.0	115.0
3	128.7	136.0	133.7	136.2	138.2	—	136.4	136.6	136.2	136.9	135.9	135.6
5	155.8	158.8	159.2	159.0	160.6	—	158.8	158.9	158.4	159.2	159.4	158.7
10	192.6	187.5	194.0	187.5	187.2	—	186.6	186.3	185.9	186.4	189.1	187.8
20	229.3	215.0	230.2	214.7	211.3	—	213.0	212.0	211.9	211.8	217.7	215.7
30	250.8	230.9	252.3	230.4	224.5	—	228.0	226.6	226.8	226.2	234.3	231.9
50	277.9	250.7	281.3	249.8	240.5	—	246.7	244.8	245.3	244.1	255.1	252.3
80	302.8	268.8	309.0	267.6	254.8	—	263.8	261.3	262.2	260.4	274.4	271.0
100	314.7	277.4	322.6	276.0	261.3	—	272.0	269.1	270.2	268.1	283.6	280.0
150	336.2	292.9	347.8	291.2	273.1	—	286.7	283.3	284.7	282.0	300.4	296.3
200	351.4	304.0	366.3	301.9	281.3	—	297.2	293.3	295.1	291.8	312.4	308.0
400	388.2	330.5	412.5	327.7	300.4	—	322.6	317.6	320.1	315.6	341.7	336.5

【対数正規確率紙】

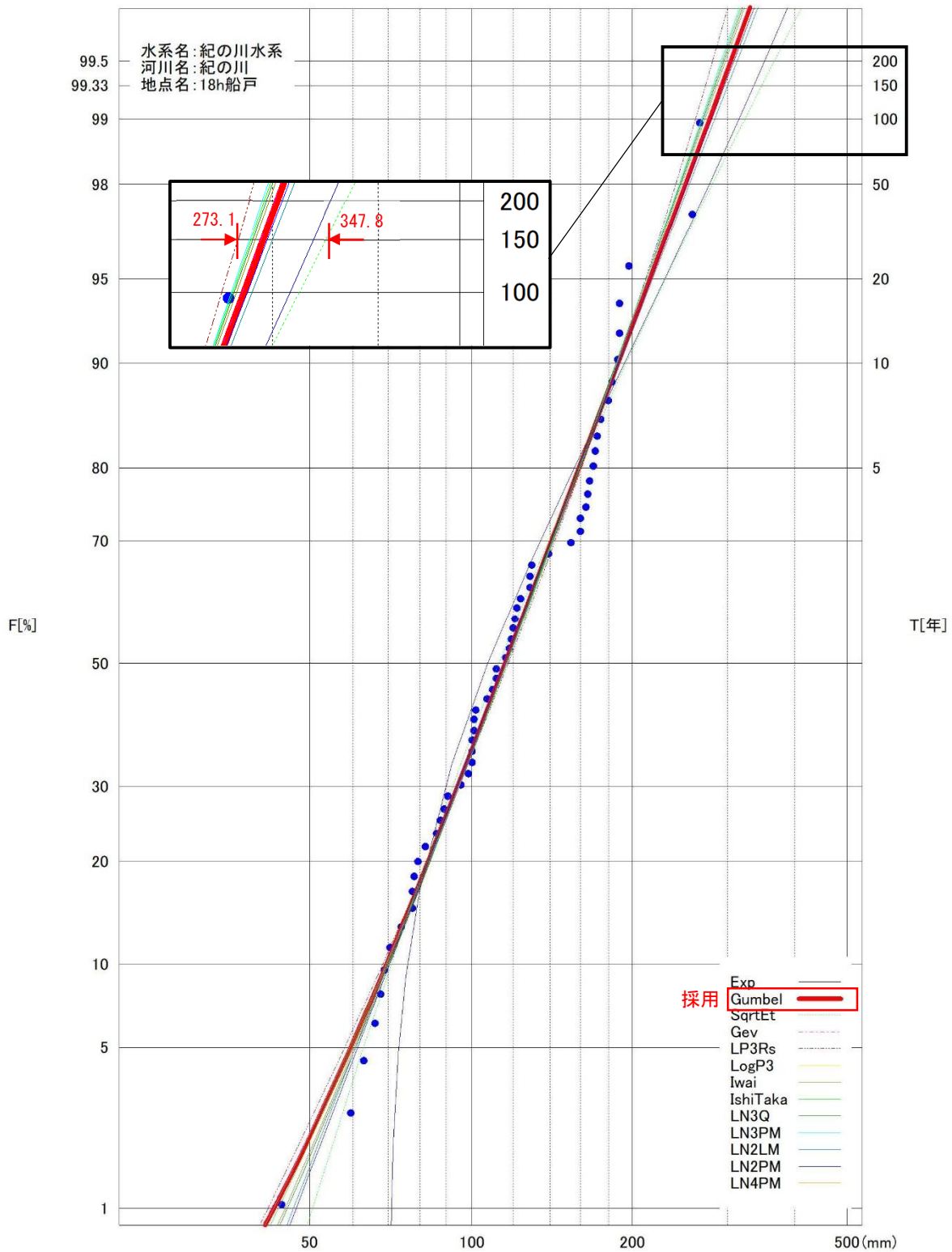


図 1.12 基準地点船戸上流域平均年最大 18 時間雨量 確率統計解析結果

表 1.9 船戸上流域年最大 18 時間雨量（昭和 28 年～平成 22 年）

船戸上流域			
年	18時間雨量 (mm)	年	18時間雨量 (mm)
S28	257.66	S57	196.75
S29	123.74	S58	95.78
S30	79.45	S59	106.52
S31	183.00	S60	101.97
S32	82.24	S61	100.25
S33	174.51	S62	77.60
S34	267.07	S63	98.56
S35	159.42	H1	128.30
S36	186.50	H2	187.99
S37	189.21	H3	111.26
S38	44.20	H4	88.84
S39	90.52	H5	100.51
S40	180.20	H6	165.14
S41	100.89	H7	118.49
S42	115.93	H8	65.95
S43	117.33	H9	171.16
S44	87.42	H10	109.94
S45	101.37	H11	111.64
S46	129.96	H12	152.73
S47	170.71	H13	165.99
S48	74.17	H14	67.59
S49	78.12	H15	139.76
S50	159.01	H16	128.77
S51	168.32	H17	77.90
S52	70.78	H18	68.98
S53	120.14	H19	86.14
S54	119.34	H20	100.27
S55	59.78	H21	163.45
S56	121.27	H22	63.18

【参考】近年降雨の気候変動の影響等の確認

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」と行ったうえで、非定常性が確認されない場合は、最新年までデータを延伸し、非定常性が確認された場合は「非定常性が現れるまでのデータ延伸」にともども、定常の水文統計解析により確率雨量の算定等を併せて実施した。

1. Mann-Kendall 検定（定常/非定常性を確認）

昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）の雨量データに 1 年ずつ雨量データを追加し、令和 3 年（2021 年）までのデータを対象として検定を行った。

⇒基準地点船戸において、非定常性は確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施した。

2. 近年降雨までデータ延伸を実施

非定常性が確認されなかったことから、最新年令和 3 年（2021 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 1/150 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 1/150 確率雨量を算定した。

⇒令和 3 年（2021 年）までの雨量データを用いた場合の基準地点船戸 1/150 確率雨量は 315.2mm/18h となり、データ延伸による確率雨量は、設定した対象降雨量を越えないことを確認した。

1.8 主要降雨波形の設定

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

検討対象洪水の選定は、基準地点船戸上流域において、ピーク流量生起時刻前後の降雨継続時間内雨量の引き伸ばし率が2倍以下（1.1倍する前の確率雨量）となり、かつ基準地点船戸における実績流量（ダム氾濫戻し）が上位10以内の洪水を選定した（図 1.13）。

選定した洪水を対象に、降雨波形を気候変動考慮後の1/150確率雨量323mm/18h（292.9mm/18h×1.1）となるように引き伸ばして流出解析を行った結果、基準地点船戸におけるピーク流量は8,492～16,070m³/sとなった（表 1.10）。

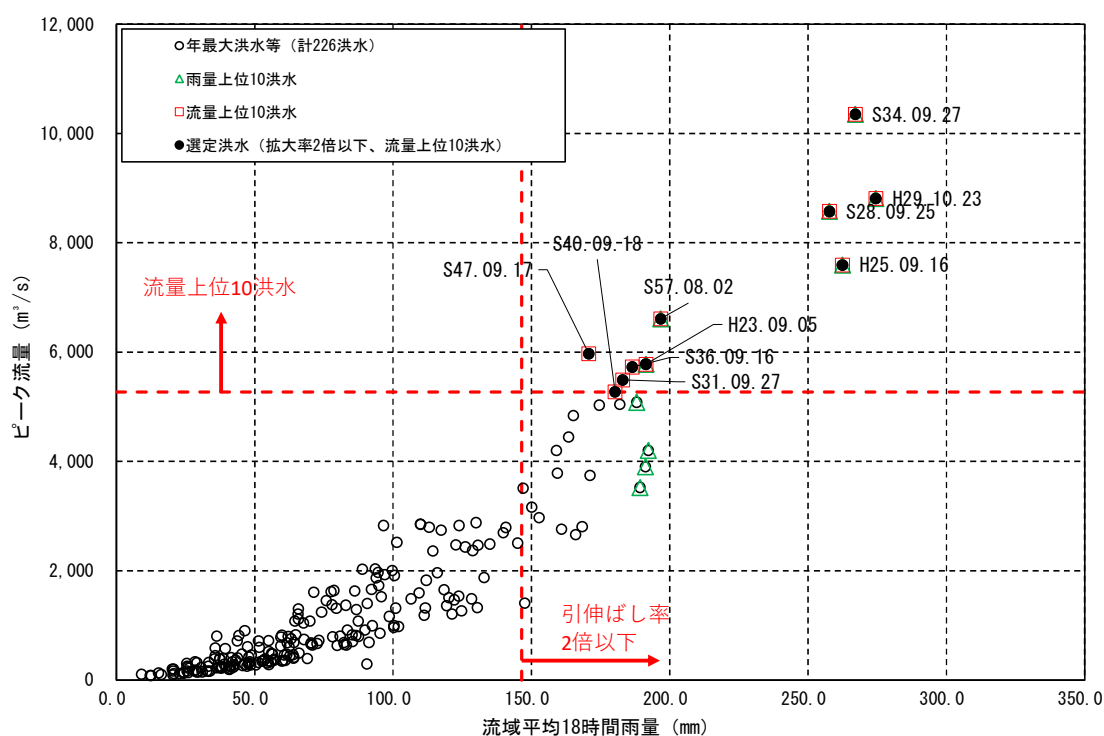


図 1.13 対象洪水の選定（基準地点船戸）

表 1.10 選定洪水のピーク流量一覧（基準地点船戸）

通しNo.	洪水	基準地点船戸上流域			基準地点船戸
		実績雨量 (mm/18h)	計画規模 降雨量×1.1倍 (mm/18h)	拡大率	基本高水 ピーク流量 (m^3/s)
1	S28. 09. 26	257. 7	323	1. 254	11, 648
2	S31. 09. 27	183. 0		1. 765	11, 640
3	S34. 09. 27	267. 1		1. 209	13, 132
4	S36. 09. 16	186. 5		1. 732	13, 771
5	S40. 09. 18	180. 2		1. 792	13, 353
6	S47. 09. 17	170. 7		1. 892	16, 070
7	S57. 08. 02	196. 8		1. 642	13, 162
8	H23. 09. 05	191. 4		1. 687	8, 492
9	H25. 09. 16	262. 5		1. 231	9, 974
10	H29. 10. 23	274. 5		1. 177	10, 661

1.9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

1.9.1 考え方

基本高水のピーク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、確率水文学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、前述「1.8」で選定した洪水について、引き伸ばし後の降雨の地域分布や時間分布を確認し、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した。

1.9.2 棄却基準の設定

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

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

1.9.3 地域分布の評価

(1) 対象地域の設定

対象地域は、以下に示す3流域を選定した。

A：本川上流域

B：橋本残流域

C：船戸残流域

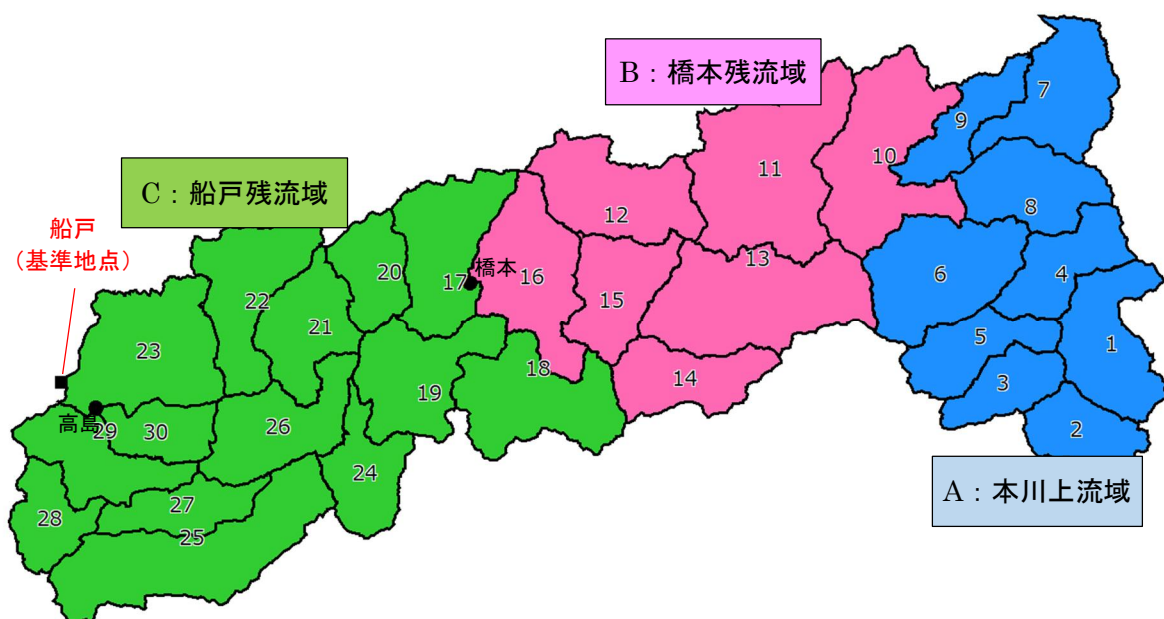


図 1.14 地域分布評価の検討対象地域区分

(2) 棄却基準値の設定

各選定地域における棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）までの各流域の年最大 18 時間雨量について確率計算を行い、各確率分布モデルの中で $SLSC \leq 0.04$ かつ JackKnife 推定誤差が最小となる確率分布モデルの 1/500 確率雨量を採用した。

(3) 地域分布の雨量評価

選定した地域について、拡大後雨量の異常性評価を行った。

各地域の拡大後雨量及び 1/500 雨量は以下に示すとおりであり、棄却される洪水は存在しない。

表 1.11 地域分布による拡大後降雨の確率評価結果（基準地点船戸）

通しNo.	洪水	実績雨量 基準地点 船戸 18時間	計画雨量 継続時間 内雨量 (mm/18h)	拡大率	拡大後雨量(mm)			棄却 判定
					地域分布			
					本川上流域	橋本残流域	船戸残流域	
					18時間	18時間	18時間	
1	S28. 9. 25	257. 7	292. 9 (Gumbel)	1. 137	400. 6	248. 9	268. 0	○
2	S31. 9. 27	183. 0		1. 601	376. 4	251. 6	276. 5	○
3	S34. 9. 27	267. 1		1. 097	614. 6	256. 0	140. 8	○
4	S36. 9. 16	186. 5		1. 571	406. 6	266. 5	248. 0	○
5	S40. 9. 18	180. 2		1. 625	429. 5	269. 8	236. 6	○
6	S47. 9. 17	170. 7		1. 716	477. 6	222. 5	238. 1	○
7	S57. 8. 2	196. 8		1. 489	451. 4	285. 0	214. 5	○
8	H23. 9. 5	191. 4		1. 530	602. 3	269. 1	186. 9	○
9	H25. 9. 16	262. 5		1. 116	375. 8	274. 1	264. 4	○
10	H29. 10. 23	274. 5		1. 067	364. 4	280. 4	261. 7	○
棄却基準値					659. 6 (Gumbel)	304. 2 (Gumbel)	297. 9 (Gumbel)	

1.9.4 時間分布の評価

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

(1) 対象時間の設定

対象時間は、対象降雨の継続時間の 1/2 と、角屋の式による洪水到達時間の平均値を踏まえて、9 時間と 11 時間を設定した。

(2) 棄却基準値の設定

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

(3) 時間分布の雨量評価

設定した棄却基準値をもとに、著しい引き伸ばしとなっていないかを確認した。

対象時間の拡大後雨量及び 1/500 雨量は表 1.12 のとおりであり、棄却される洪水は存在しない。

表 1.12 時間分布による拡大後降雨の確率評価結果

通しNo.	洪水	実績雨量 基準地点 船戸 18時間	計画雨量 継続時間 内雨量 (mm/18h)	拡大率	拡大後雨量(mm)		棄却 判定
					時間分布		
					船戸		
					9時間	11時間	
1	S28. 9. 25	257. 7	292. 9 (Gumbel)	1. 137	214. 3	239. 4	○
2	S31. 9. 27	183. 0		1. 601	190. 1	217. 2	○
3	S34. 9. 27	267. 1		1. 097	229. 9	251. 4	○
4	S36. 9. 16	186. 5		1. 571	237. 7	261. 3	○
5	S40. 9. 18	180. 2		1. 625	235. 9	265. 5	○
6	S47. 9. 17	170. 7		1. 716	254. 4	270. 0	○
7	S57. 8. 2	196. 8		1. 489	228. 1	258. 5	○
8	H23. 9. 5	191. 4		1. 530	157. 9	188. 8	○
9	H25. 9. 16	262. 5		1. 116	184. 2	221. 3	○
10	H29. 10. 23	274. 5		1. 067	201. 7	229. 8	○
棄却基準値					255. 0 (Gumbel)	284. 1 (Gumbel)	

1.10 主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算

主要洪水を対象に、18 時間雨量に対して、1/150 規模の 1.1 倍となるように引き伸ばし降雨波形を作成した後、流出計算を行った結果、基準地点船戸におけるピーク流量は、8,492～16,070m³/s となった。ピーク流量の一覧を表 1.13 に、洪水ごとのハイドログラフを図 1.15 に示す。なお、対象 10 洪水について、地域・時間分布による棄却は無かった。

表 1.13 ピーク流量一覧表（基準地点船戸）

通しNo.	洪水	基準地点船戸上流域			基準地点船戸	棄却	
		実績雨量 (mm/18h)	計画規模 降雨量×1.1倍 (mm/18h)	拡大率	基本高水 ピーク流量 (m ³ /s)	時間 分布	地域 分布
1	S28.09.26	257.7	323	1.254	11,648		
2	S31.09.27	183.0		1.765	11,640		
3	S34.09.27	267.1		1.209	13,132		
4	S36.09.16	186.5		1.732	13,771		
5	S40.09.18	180.2		1.792	13,353		
6	S47.09.17	170.7		1.892	16,070		
7	S57.08.02	196.8		1.642	13,162		
8	H23.09.05	191.4		1.687	8,492		
9	H25.09.16	262.5		1.231	9,974		
10	H29.10.23	274.5		1.177	10,661		

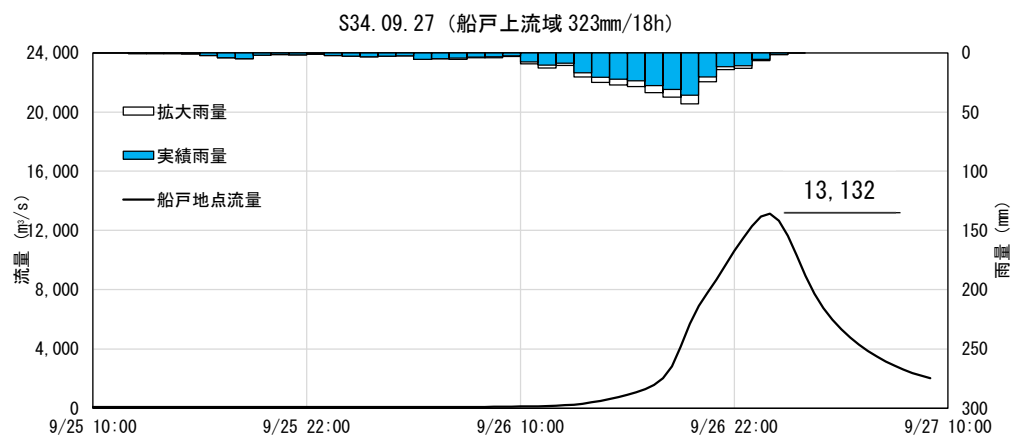
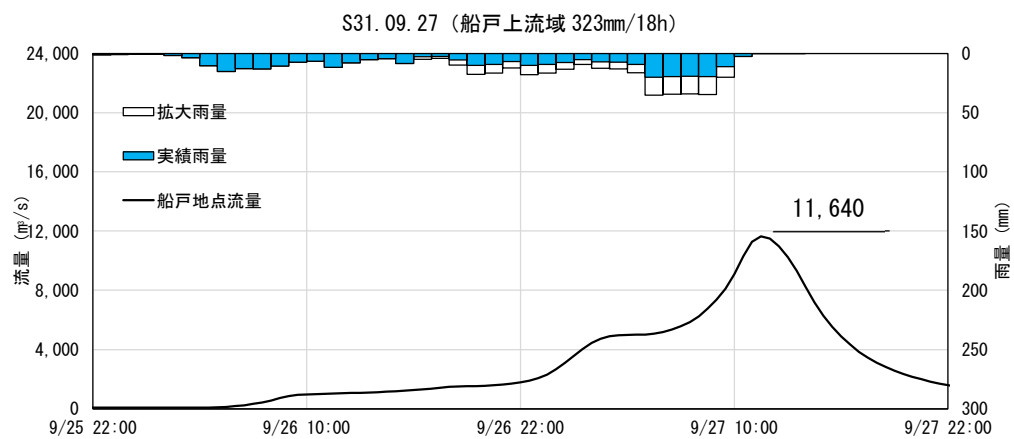
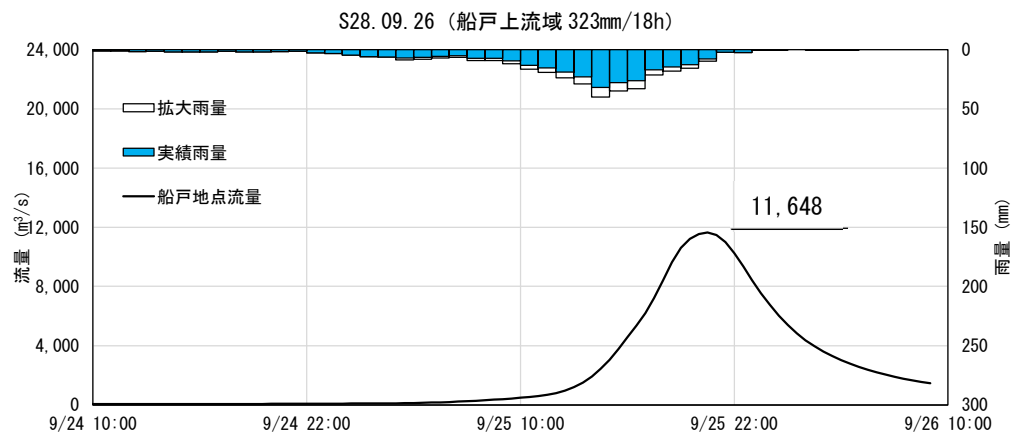


図 1.15(1) 主要洪水ハイドログラフ (船戸上流域 323mm/18h)

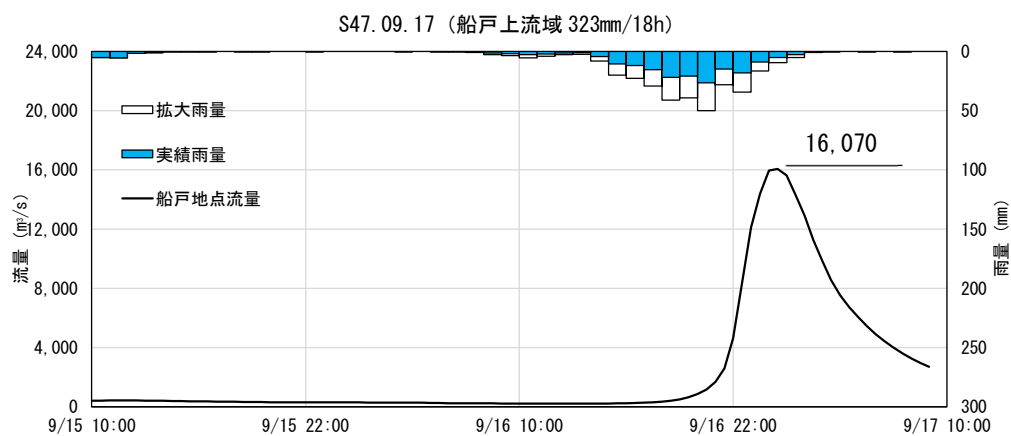
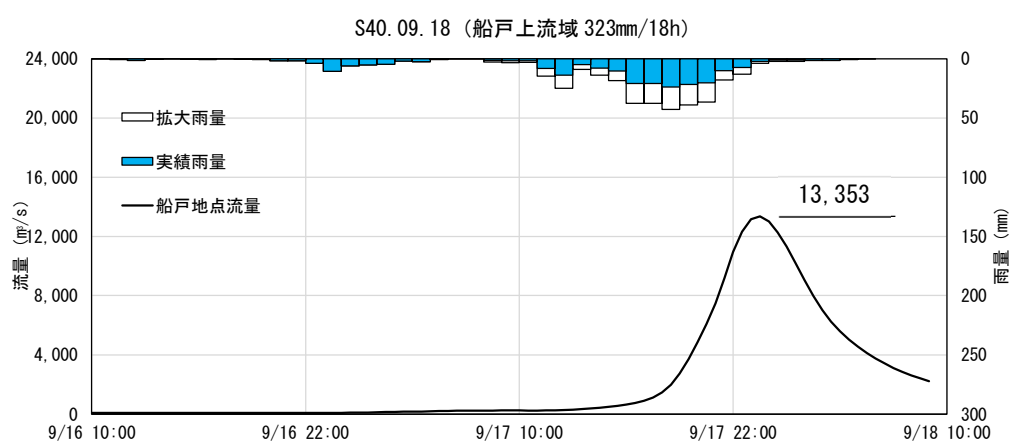
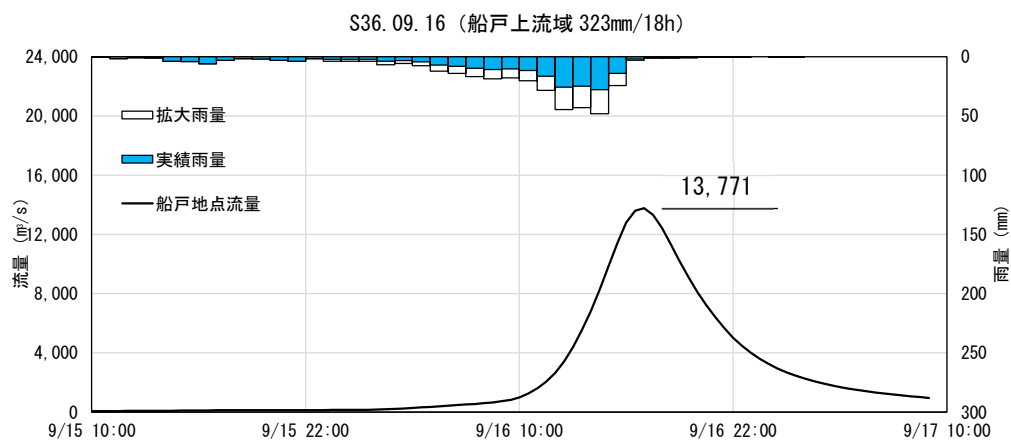


図 1.15(2) 主要洪水ハイドログラフ (船戸上流域 323mm/18h)

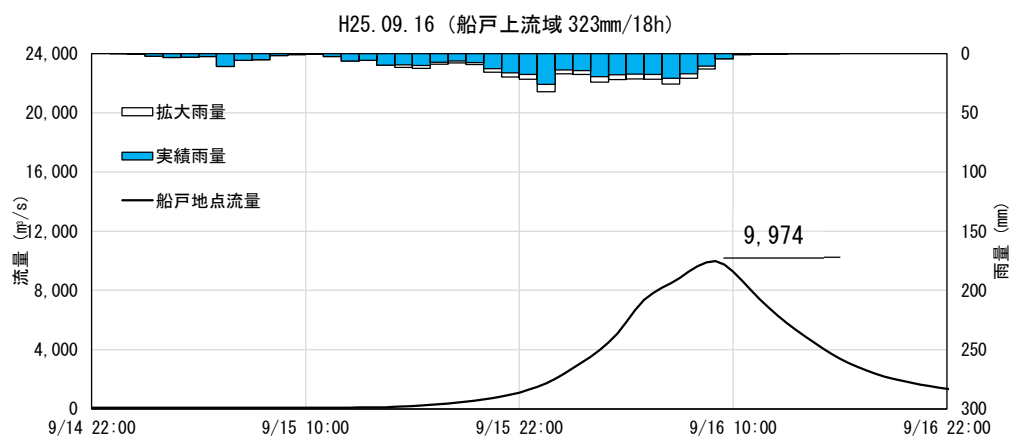
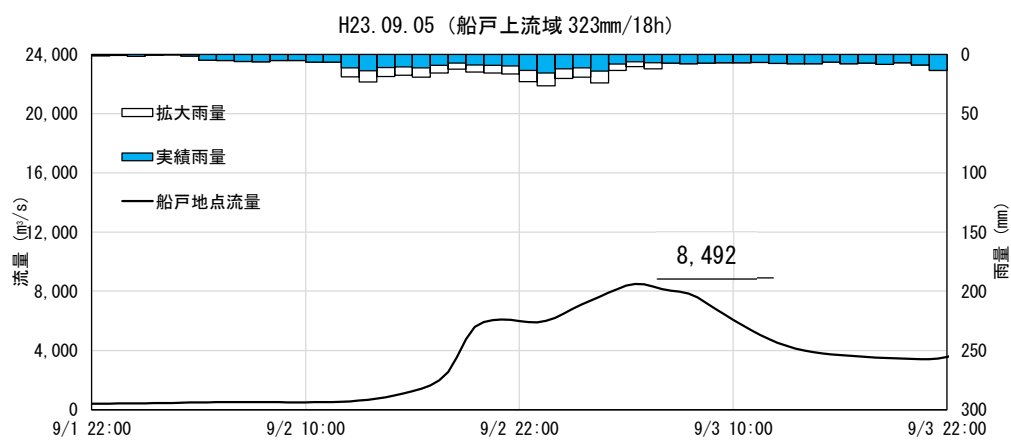
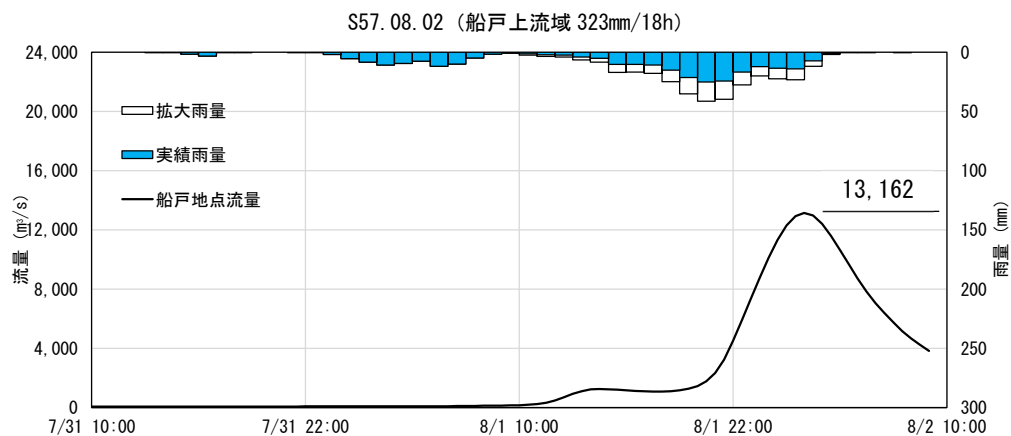


図 1.15(3) 主要洪水ハイドログラフ (船戸上流域 323mm/18h)

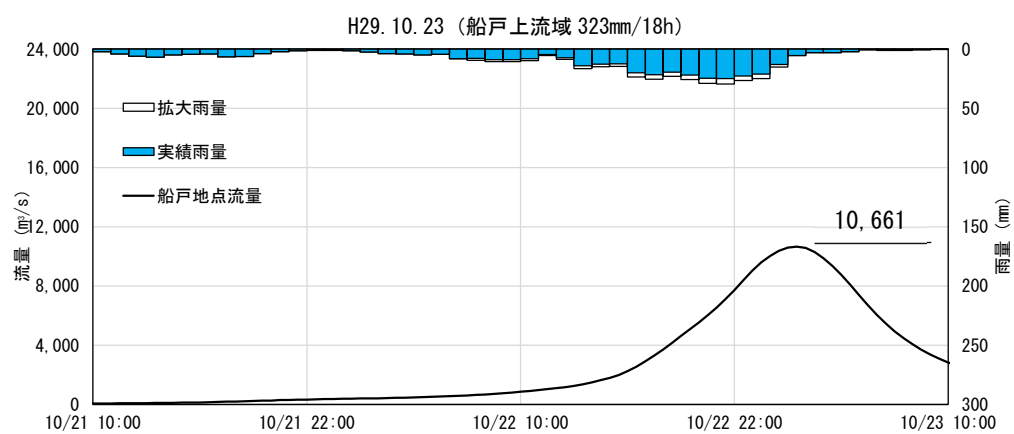


図 1.15(4) 主要洪水ハイドログラフ (船戸上流域 323mm/18h)

1.11 アンサンブル予測降雨による検討

1.11.1 アンサンブル予測降雨波形による流出計算

4℃上昇のシナリオ RCP8.5 における近未来の気候（2℃上昇時：およそ 2040 年頃、世界平均の地上気温が産業革命当時と比べて 2℃上昇）を前提として、文部科学省「SI-CAT 気候変動適応技術社会実装プログラム※」において整備・公表された解像度 5km にダウンスケーリングされたアンサンブル実験により得られたアンサンブル将来予測降雨波形（以下、d2PDF）から求めた、現在気候（360 年分＝30 年×12 摂動）及び将来気候（360 年分＝30 年×6SST×2 摂動）の年最大流域平均雨量標本から計画対象降雨の降雨量 323mm/18h の近傍 8 洪水を抽出したが、抽出した降雨波形には、流量規模が大きくなる可能性のある中央集中型の波形が選定されていなかったことから、中央集中型の 2 洪水を追加し 10 洪水により検討を行った。

抽出した洪水の降雨波形を、気候変動を考慮した 1/150 確率規模の 18 時間雨量 323mm まで調整し、流出解析モデルにより流出量を算出した結果、基準地点船戸では約 8,300m³/s から約 23,400m³/s の範囲となった。

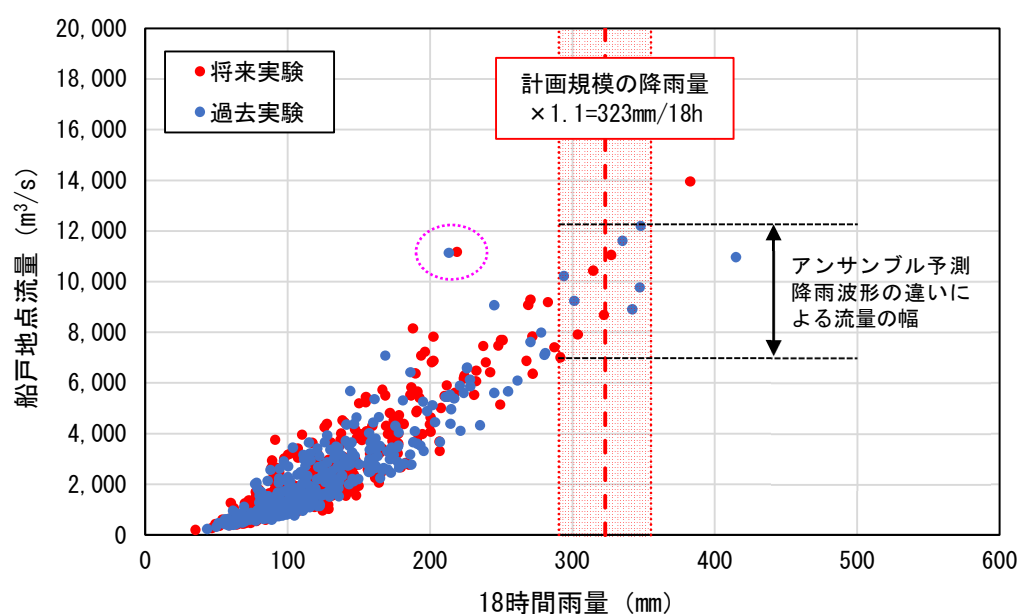


図 1.16 アンサンブル予測降雨波形による船戸上流域 18 時間雨量と船戸地点流量の関係

注 1) d2PDF(将来 360 年、現在 360 年)の年最大雨量標本（720 年）を流出計算

注 2) 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 1.14 アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧

洪水名		船戸地点 18時間雨量 (mm)	気候変動後 1/150雨量 (mm)	拡大率	船戸地点 ピーク流量 (m^3/s)
将来実験					
1	HFB_2K_CC_m101_2089	322. 3	323	1. 002	8, 715
2	HFB_2K_GF_m101_2080	314. 8		1. 026	10, 826
3	HFB_2K_HA_m101_2086	304. 0		1. 063	8, 525
4	HFB_2K_MP_m105_2074	219. 0		1. 475	23, 325
5	HFB_2K_MR_m101_2089	327. 3		0. 987	10, 869
過去実験					
1	HPB_m002_1997	335. 3	323	0. 963	11, 098
2	HPB_m003_1984	342. 2		0. 944	8, 219
3	HPB_m004_1988	347. 5		0. 930	8, 737
4	HPB_m007_1984	213. 3		1. 514	19, 398
5	HPB_m007_2000	301. 4		1. 072	10, 005

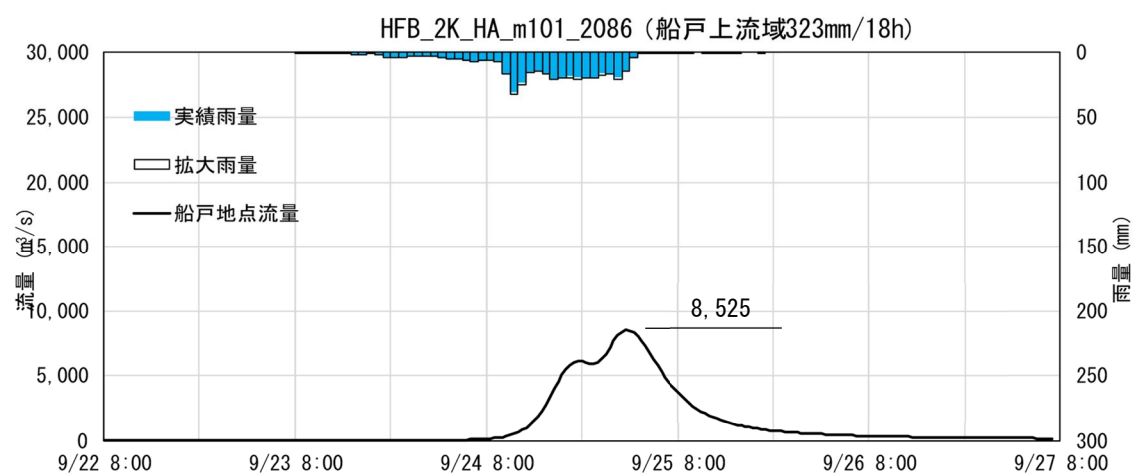
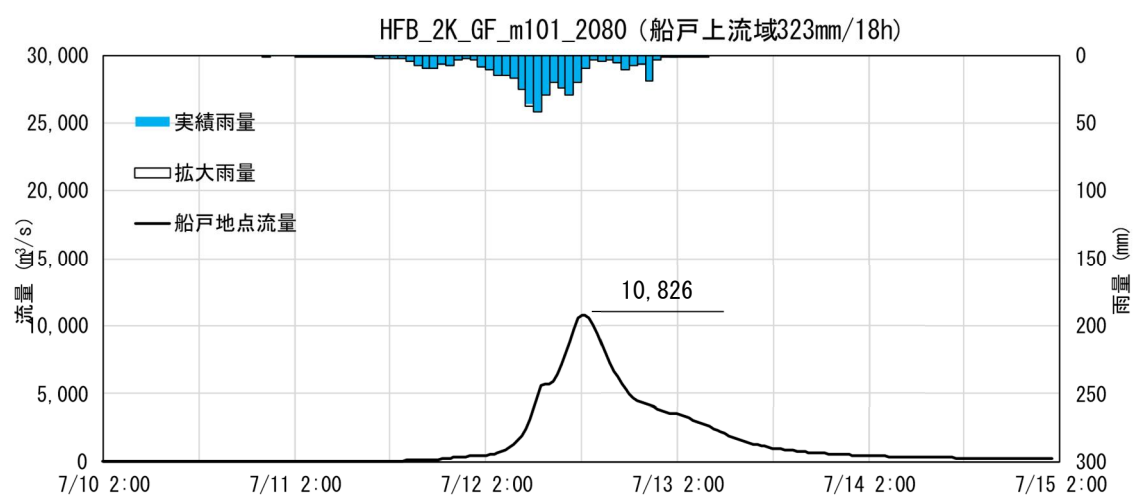
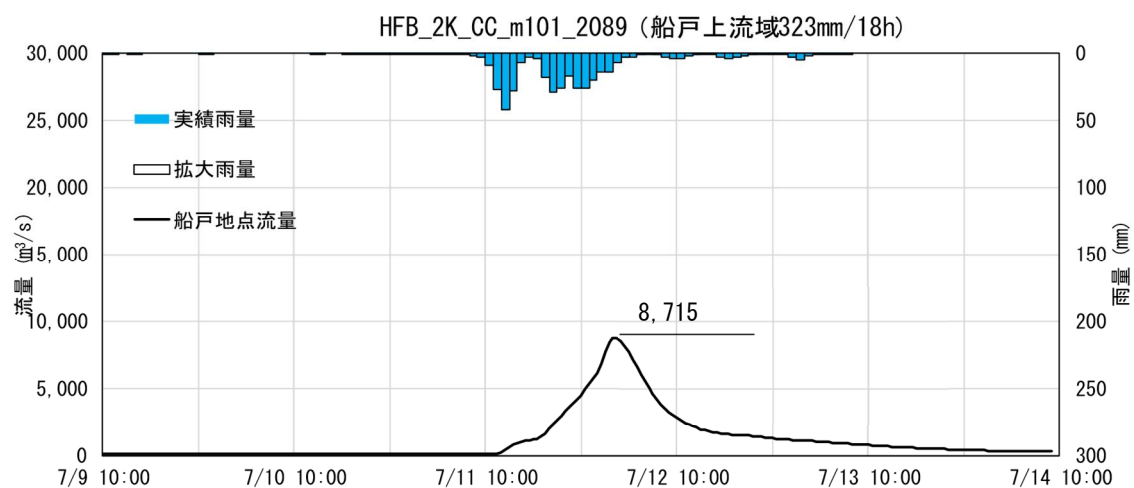
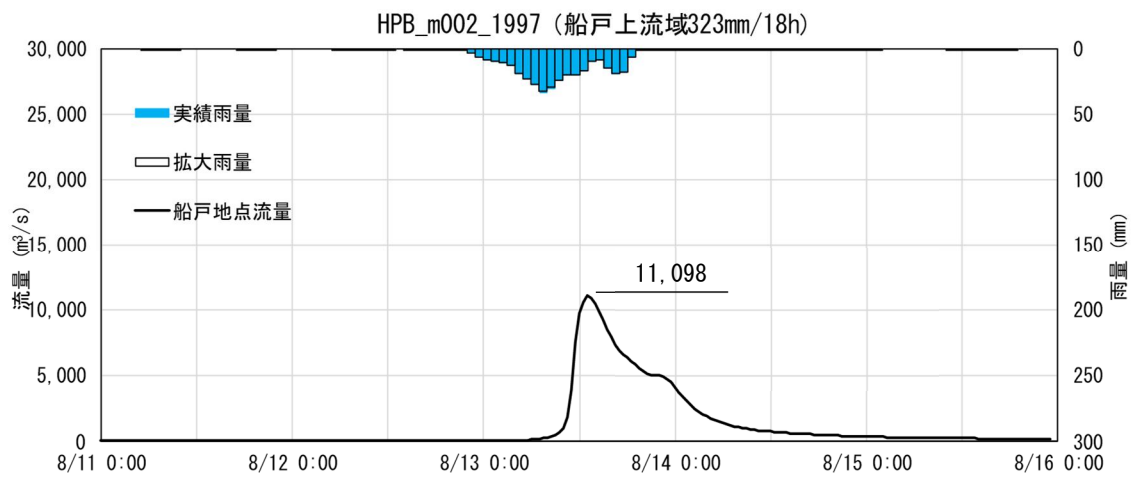
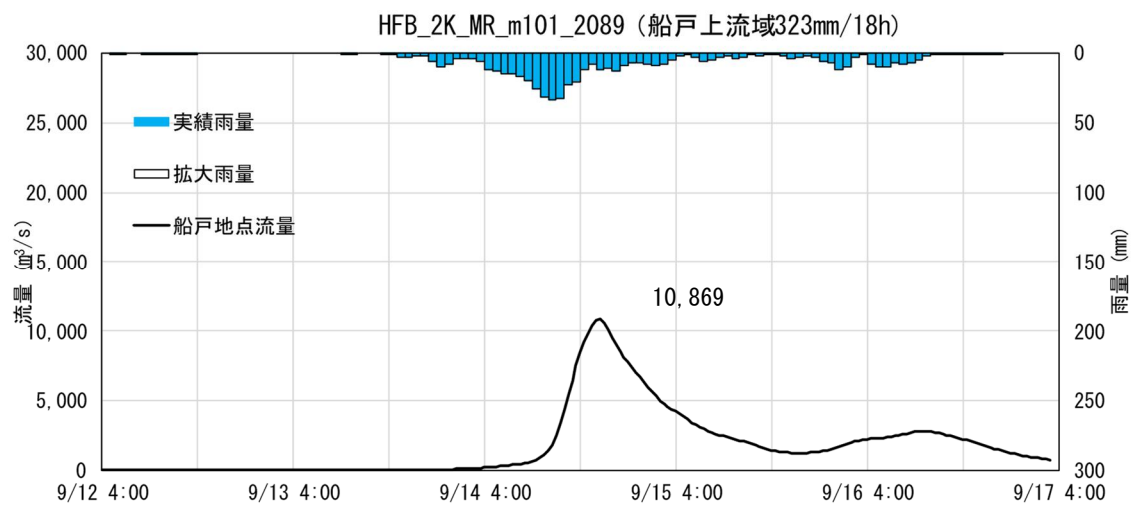
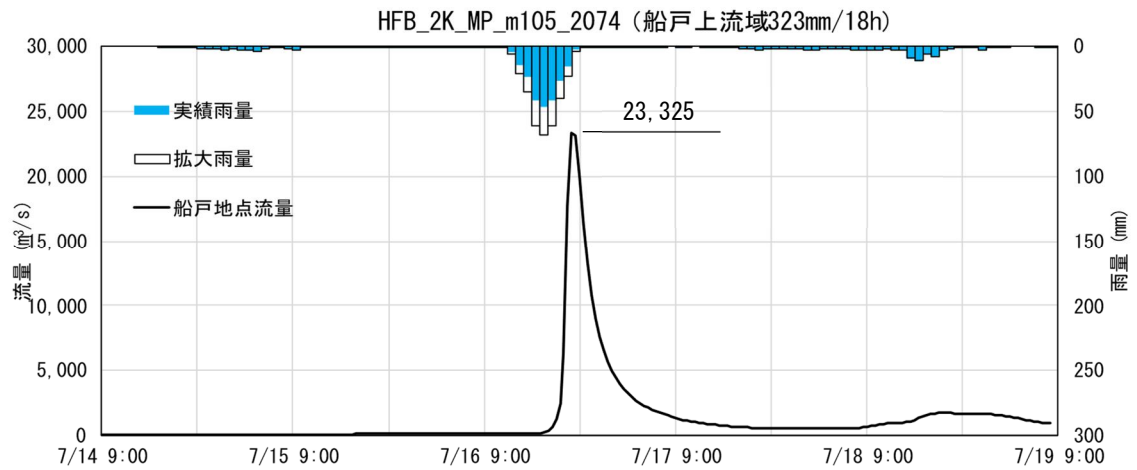
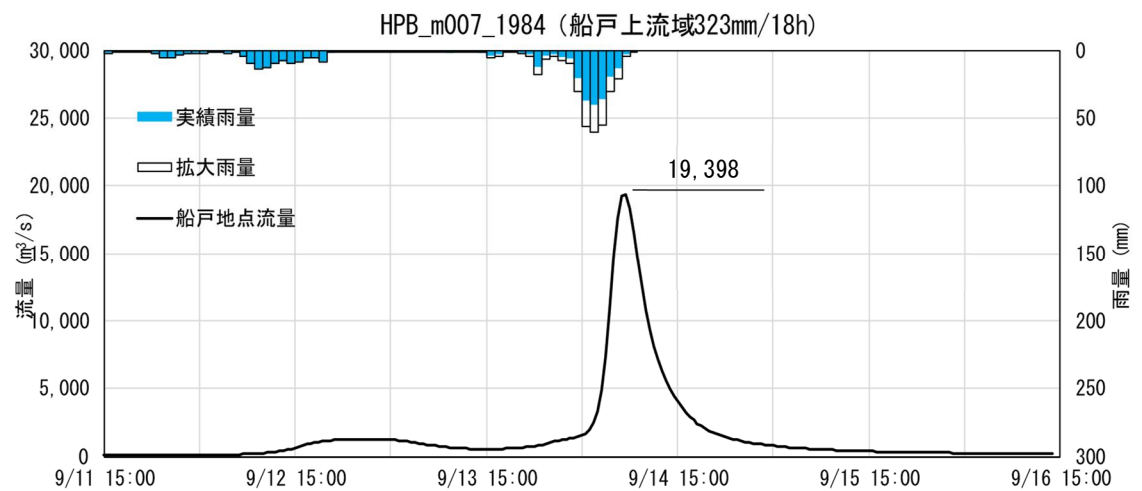
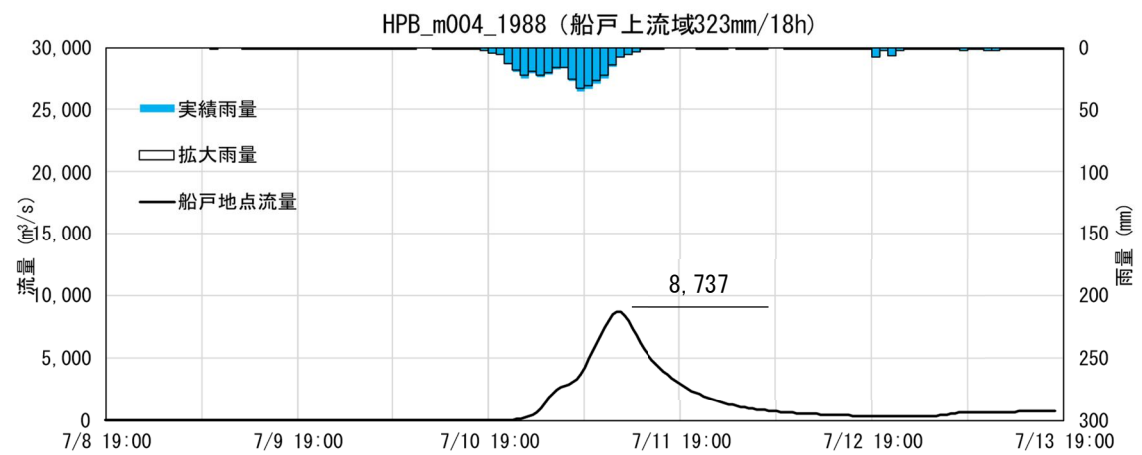
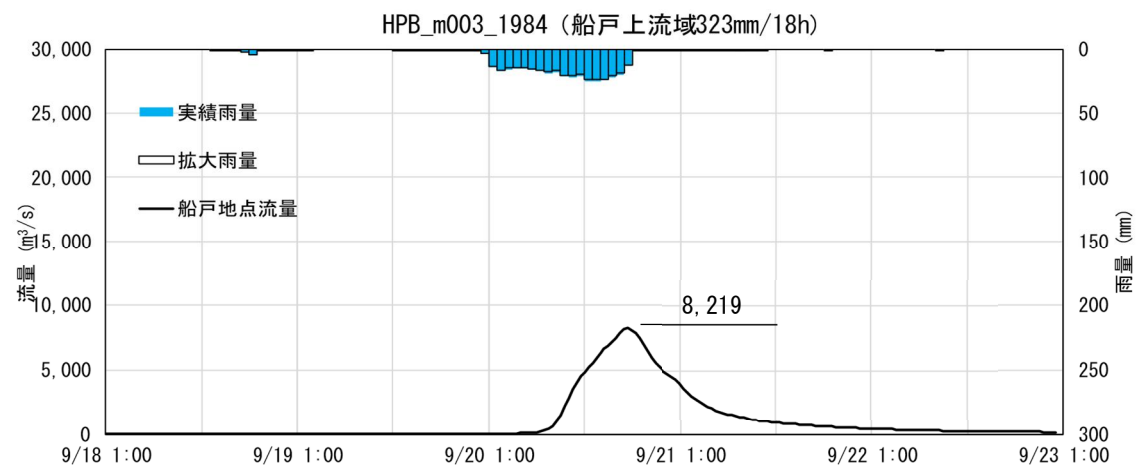


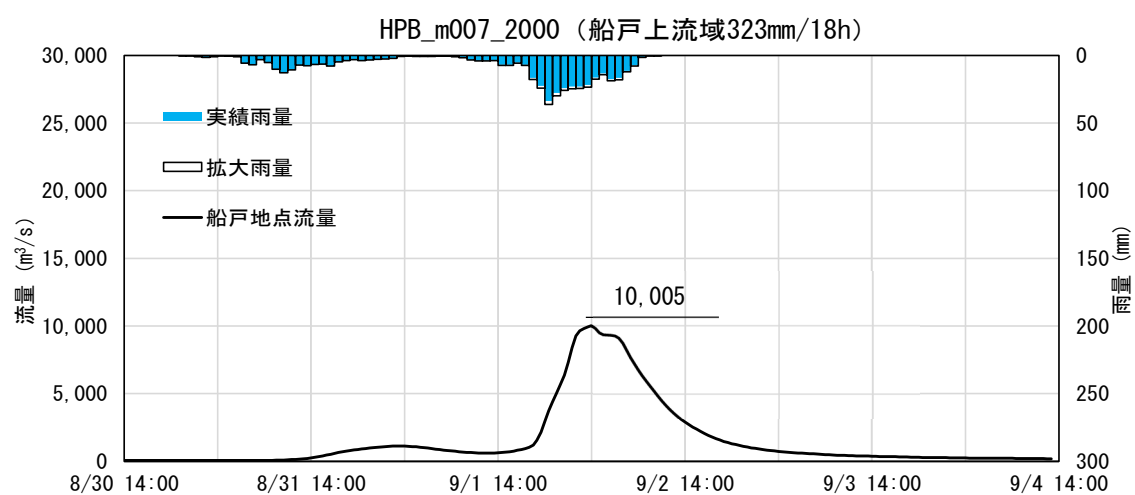
図 1.17(1) アンサンブル予測降雨による船戸地点ハイドログラフ (323mm/18h)



(2) アンサンブル予測降雨による船戸地点ハイドログラフ (323mm/18h)



(3) アンサンブル予測降雨による船戸地点ハイドログラフ (323mm/18h)



(4) アンサンブル予測降雨による船戸地点ハイドログラフ (323mm/18h)

1.11.2 棄却された実績引き伸ばし降雨における発生の可能性検討

気候変動による降雨パターンの変化（特に小流域集中度の変化）により、これまでの手法で棄却されていた実績引き伸ばし降雨波形の発生が十分予想される場合がある。このため、これまでの手法で棄却されていた実績引き伸ばし降雨波形を、紀の川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、再検証を実施することが望ましい。しかし、1.9 で示したように紀の川水系では、地域分布、空間分布どちらの評価においても棄却された洪水は存在しないため、棄却された実績引き伸ばし降雨波形における発生の可能性検討は必要ない。

1.11.3 主要洪水群に不足する降雨パターンの確認

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

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

波形パターンの解析にはクラスター分析を用いた。アンサンブル予測から得られた将来予測波形群 360 波形と過去実験波形 360 波形の計 720 波形を対象に、流域全体の総雨量に対する各流域の寄与率を算出し、ユークリッド距離を指標としてウォード法により 4 つのクラスターに分類した（図 1.18 参照）。

船戸地点で選定された計画対象降雨波形についてクラスター分析を行った結果、クラスター 2,3,4 と評価された（表 1.15 参照）。従って、アンサンブル将来予測から対象波形に含まれないクラスター1（下流域集中型）、クラスター2（均質降雨型）に該当する各 1 波形を抽出し、気候変動を考慮した年超過確率 1/150 規模の降雨量まで引き伸ばして、流出計算モデルにより流出量を算出し、基本高水のピーク流量の検討に用いる。

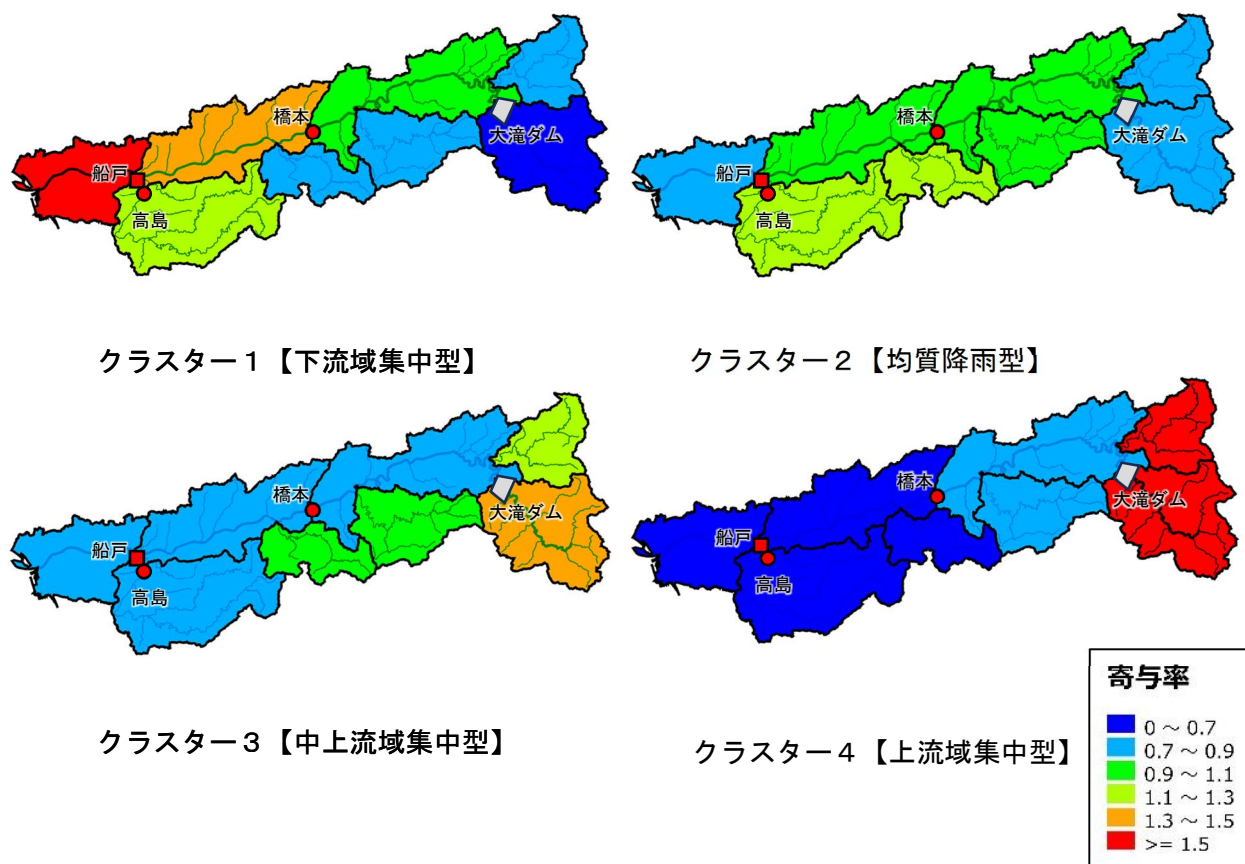


図 1.18 降雨パターンの分析結果

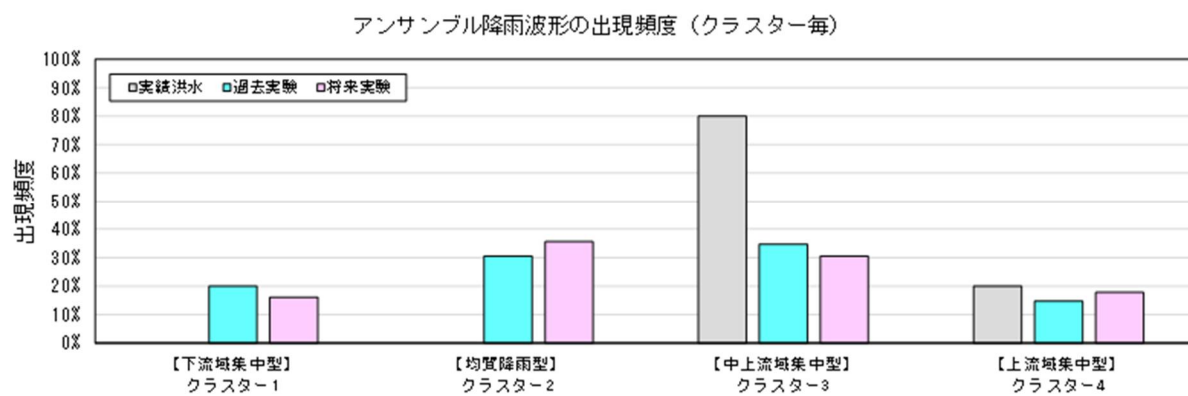


表 1.15 船戸地点主要洪水波形のクラスター分析による評価

洪水名	実績雨量 (mm/18h)	計画雨量 (mm/18h)	拡大率	基本高水 ピーク流量 (m ³ /s)	クラスター 番号
主要洪水群					
S280926	257.7	323	1.254	11,648	3
S310927	183.0		1.765	11,640	3
S340927	267.1		1.209	13,132	4
S360916	186.5		1.732	13,771	3
S400918	180.2		1.792	13,353	3
S470917	170.7		1.892	16,070	3
S570802	196.8		1.642	13,162	3
H230905	191.4		1.687	8,492	4
H250916	262.5		1.231	9,974	3
H291023	274.5		1.177	10,661	3

1.12 既往洪水からの検討

過去 150 年にさかのぼって大規模な浸水被害の記録がある洪水として、明治 22 年（1889 年）8 月洪水を選定した。当時の築堤状況、堤内地状況等を考慮して基準地点船戸における複数のピーク流量のハイドログラフを用いた氾濫再現計算を実施した結果、基準地点船戸におけるピーク流量は 16,000m³/s 相当であったと推定された。

1.13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定

今後想定される気候変動の影響による水災害リスクの増大を考慮し、気候変動シナリオ RCP2.6（2℃上昇相当）を想定した将来の降雨量変化倍率 1.1 倍を考慮して、以下のように様々な手法による検討結果を総合的に判断した結果、雨量データによる確率からの検討により算出された流量のうち最大となる流量を基本高水のピーク流量として決定した。

その結果、紀の川水系における基本高水のピーク流量は、図 1.20 に示すとおり基準地点船戸で 16,100m³/s と設定する。

基本高水のピーク流量決定波形のハイドログラフを図 1.21 に示す。

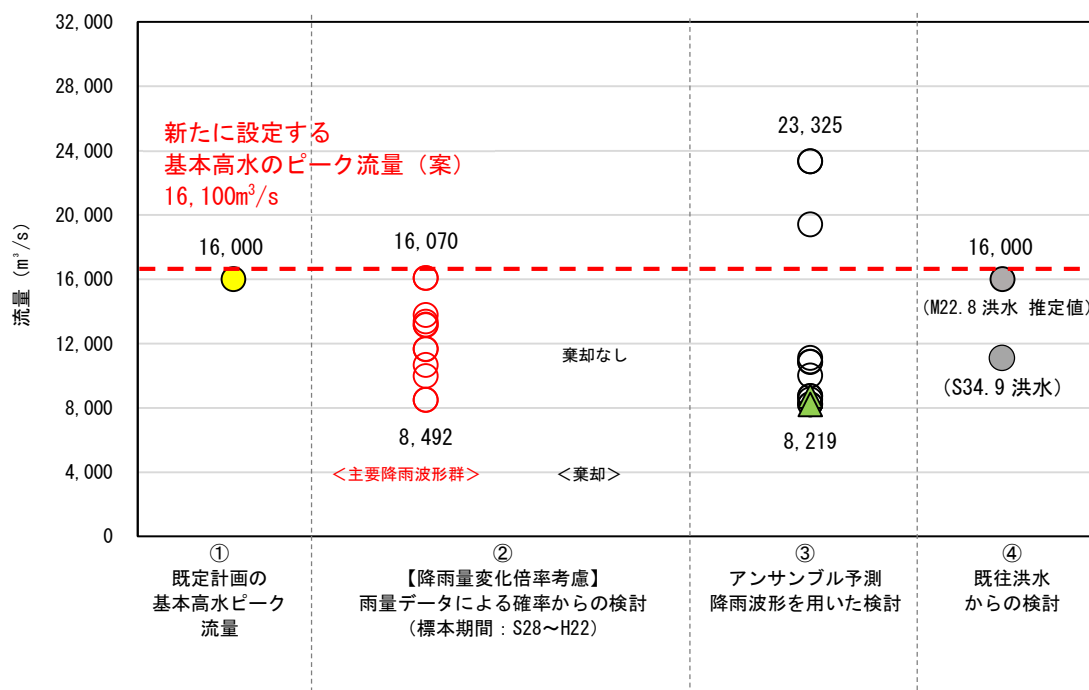


図 1.20 基本高水の設定に係る総合判断図（基準地点船戸）

注. ▲は整備途上の上下流、本支川のバランスのチェック等に活用

【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
- ③ アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：年最大流域平均雨量標本から 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降雨分布パターン
- ④ 既往洪水からの検討：既往最大洪水（明治 22 年 8 月）の船戸地点ピーク流量を、複数の流量ハイドログラフを用いた氾濫再現計算より推定

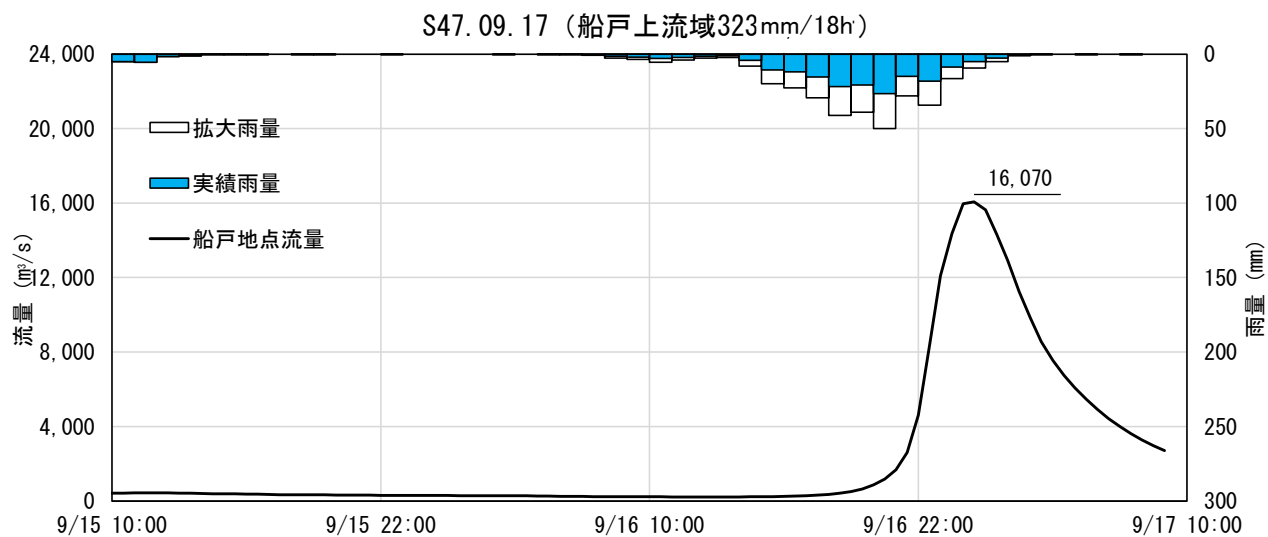


図 1.21 基本高水ピーク流量決定波形のハイドログラフ (昭和 47 年 9 月型)

2. 高水処理計画

紀の川の既定高水処理計画は、基準地点船戸における基本高水のピーク流量 $16,000\text{m}^3/\text{s}$ に対し洪水処理施設により $4,000\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、 $12,000\text{m}^3/\text{s}$ を河道で処理する計画としている。

今回、気候変動による降雨量への影響を踏まえ、新たに基準地点船戸では、基本高水のピーク流量を $16,100\text{m}^3/\text{s}$ に変更する計画とした。

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群を用いた。

紀の川下流では、左右岸ともに市街地が形成されており、川幅を拡幅するための引堤は地域社会への影響が大きく困難である。

これを踏まえ、基準地点船戸では、再堆積、生物、生息場に配慮し、周辺の構造物に影響を与えない範囲で $12,000\text{m}^3/\text{s}$ の流下可能な断面を確保する。

なお、既存ダムの事前放流については、降雨予測の不確実性など課題はあるが、事前放流により治水のための容量が確保されることを仮定して、過去の洪水パターンを用いて基準地点におけるピーク流量を試算した結果、洪水パターンによっては低減効果があることを確認している。河道への配分流量については、降雨予測技術向上による確実な容量確保、確保された容量を効率的に活用する操作ルールの変更等により洪水調節機能を強化できる可能性を踏まえ、これらの洪水調節効果を見込むこととする。

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

3. 計画高水流量

紀の川の計画高水流量は、基準地点船戸において $12,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、各主要な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た。各地点の計画高水流量は以下の通りとする。

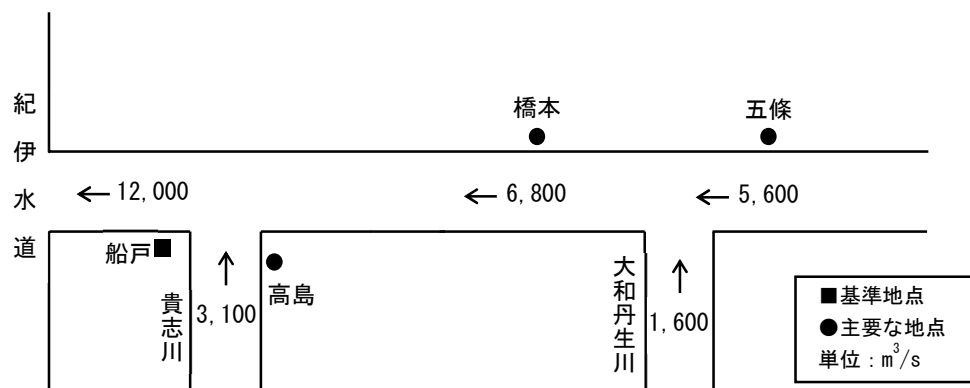


図 3.1 計画高水流量配分図

4. 河道計画

計画河道は、以下の理由により、現況の河道法線や縦断勾配を尊重し、流下能力が不足する区間については、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ほぼ全川にわたって概成（完成、暫定）していること。
- ②計画高水位を上げることは、破堤時における被害を増大させることになるため、沿川の市街地の張り付き状況を考慮すると避けるべきであること。
- ③既定計画の計画高水位に基づいて、多数の橋梁や樋門等の構造物が完成していることや堤内地での内水被害を助長させることを避けるべきであること。

計画縦断図を図 4.1、図 4.2 に示すとともに、主要な地点における計画高水位、及び概ねの川幅を表 4.1 に示す。

表 4.1 主要な地点における計画高水位及び川幅一覧表

河川名	地点名	河口又は合流点 からの距離 (km)	計画高水位 T. P. (m)	川 幅 (m)
紀の川	五條	59.6	101.30	180
	橋本	50.0	81.00	260
	船戸	16.4	21.10	420
	河口	-1.0	※ ¹ 3.11	680
貴志川	高島	合流点から 1.2	25.61	230

注) T.P. : 東京湾中等潮位

※ 1 : 計画高潮位

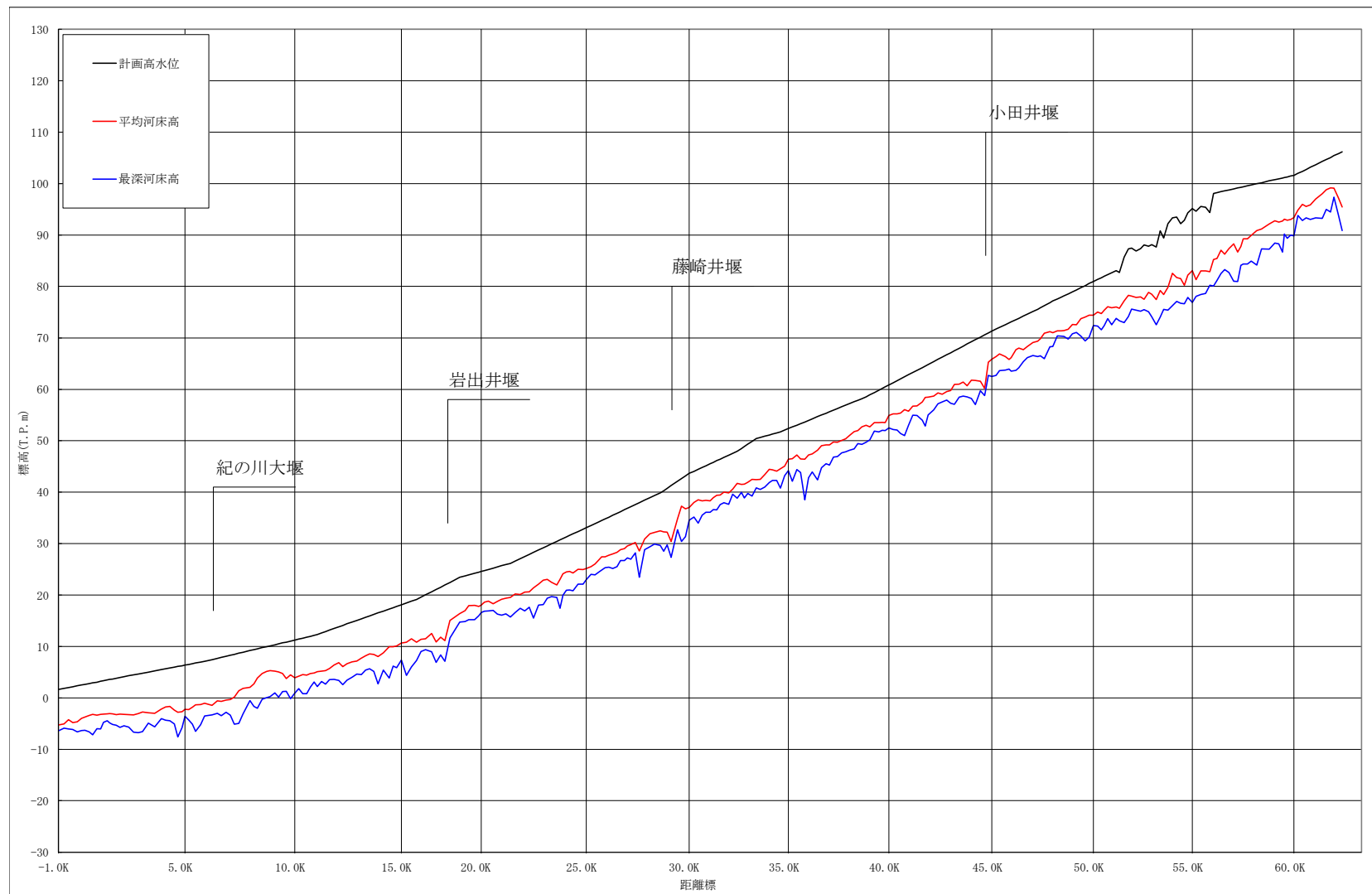


図 4.1 紀の川計画縦断面図

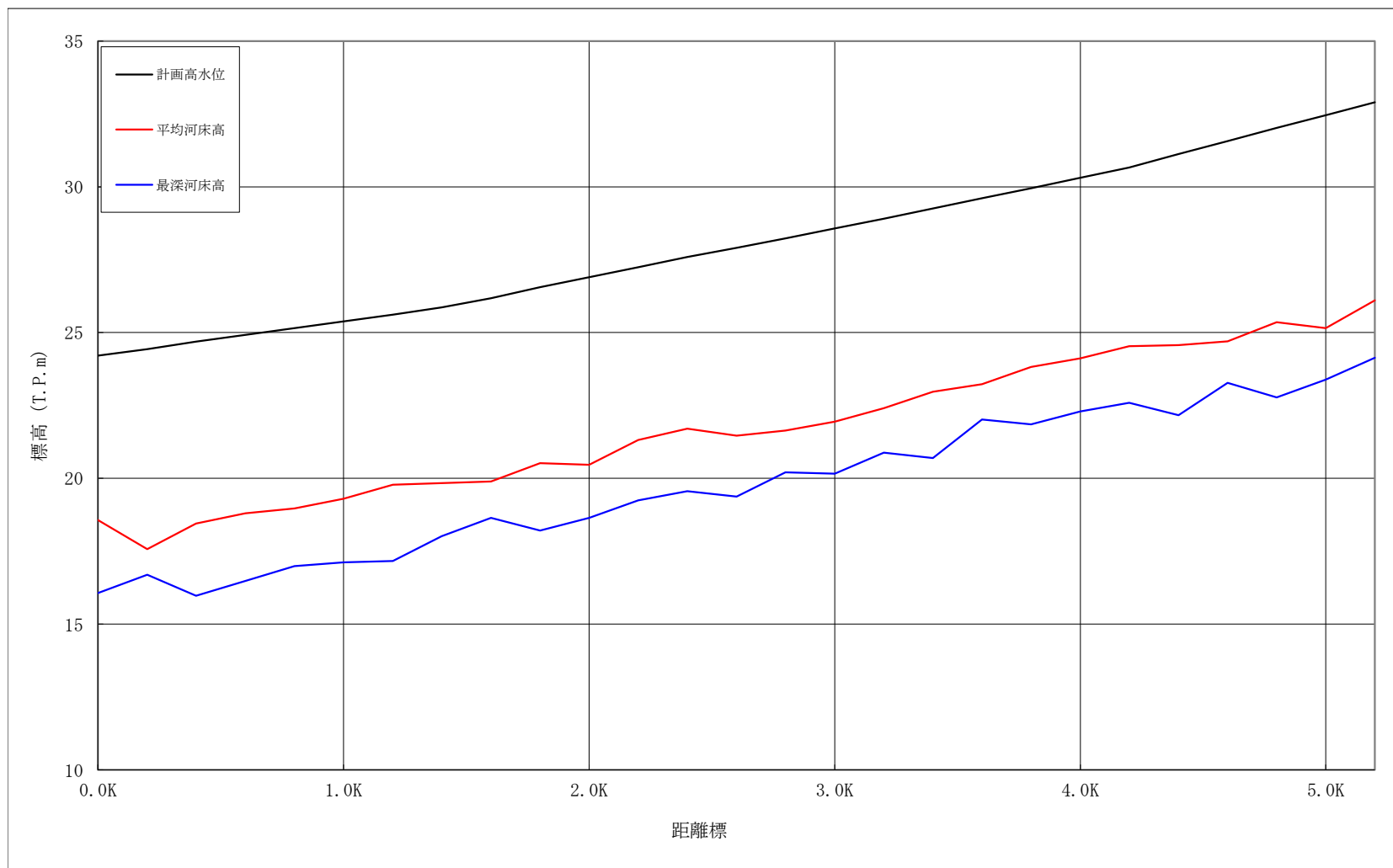


図 4.2 貴志川計画縦断図

5. 河川管理施設等の整備の状況

紀の川における河川管理施設等の整備状況は、以下のとおりである。

(1) 堤防

堤防整備の現状の現状（令和 7 年（2025 年）3 月末現在）は下表のとおりである。

表 5.1 堤防整備の現状

	延長 (km)
完成堤防	99.2
暫定堤防	5.0
未施工区間	5.8
堤防不必要区間	27.2
計	137.2

※延長は、直轄管理区間（ダム管理区間を除く）の左右岸の計である。

(2) 洪水調節施設等

- ・完成施設 : 大滝ダム (治水容量 : 61,000 千 m³)
(洪水調節可能容量 : 3,000 千 m³)
大迫ダム (洪水調節可能容量 : 5,590 千 m³)【近畿農政局管理】
津風呂ダム (洪水調節可能容量 : 6,030 千 m³)【近畿農政局管理】
一の木ダム (洪水調節可能容量 : 200 千 m³)【近畿農政局管理】
山田ダム (洪水調節可能容量 : 860 千 m³)【近畿農政局管理】

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

- ・整備完了時における洪水調節施設等による調節流量
【基準地点：船戸】4,100m³/s
- ・現況完成施設の治水容量及び洪水調節可能容量による調節流量
【基準地点：船戸】500m³/s（昭和36年9月波形）～3,800 m³/s（昭和47年9月波形）

(3) 排水機場等

河川管理施設：2m³/s

※直轄管理区間の施設のみである。