

菊川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料

令和 7 年 1 2 月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

1. 基本高水の検討	1
1.1 工事実施基本計画	1
1.2 河川整備基本方針	1
1.3 河川整備基本方針策定後の状況	1
1.4 流出計算モデルの設定	3
1.5 基本高水のピーク流量の設定	14
1.6 対象降雨の継続時間の設定	14
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	31
1.8 主要降雨波形の設定	36
1.9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討	38
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	42
1.11 アンサンブル予測降雨波形による検討	45
1.12 既往洪水からの検討	60
1.13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定	61
2. 高水処理計画	63
3. 計画高水流量	63
4. 河道計画	64
4.1 （参考）気候変動の影響による河口出発水位の検討	64
5. 河川管理施設等の整備の状況	70

1. 基本高水の検討

1.1 工事実施基本計画

菊川は直轄事業として、昭和 8 年（1933 年）から基準地点国安における計画高水流量を $660\text{m}^3/\text{s}$ として改修を行ってきたが、昭和 27 年（1952 年）に昭和 13 年（1938 年）8 月洪水を鑑み基本高水のピーク流量を $1,000\text{m}^3/\text{s}$ とする工事実施基本計画を策定し、さらにその後の出水状況及び流域の開発状況を考慮して、昭和 49 年（1974 年）に基準地点国安における基本高水のピーク流量を $1,500\text{m}^3/\text{s}$ として改定した。

1.2 河川整備基本方針

平成 9 年（1997 年）の河川法の改正に基づき社会資本整備審議会河川分科会の審議を経て、平成 18 年（2006 年）に菊川水系河川整備基本方針が策定された。基本高水のピーク流量は、主要な地点加茂において $660\text{m}^3/\text{s}$ 、西方川、上小笠川、下小笠川及び牛淵川の支川からの流入量を合わせ、基準地点国安において $1,500\text{m}^3/\text{s}$ とし、その下流から河口までは同流量とした。

1.2.1 雨量確率評価による検証

工事実施基本計画を改定した昭和 49 年（1974 年）以降、計画を変更するような大きな洪水、降雨は発生していない。

1.2.2 流量確率評価による検証

流量確率による検証の結果、1/100 規模の流量は、基準地点国安で $1,121\sim 1,547\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

1.2.3 既往最大洪水による検証

洪水時に流域が湿潤状態にあることを仮定し、既往洪水の降雨パターンによる流出解析を実施した結果、基準地点国安では昭和 57 年（1982 年）9 月の実績洪水でピーク流量は約 $1,430\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

1.3 河川整備基本方針策定後の状況

平成 18 年（2006 年）の河川整備基本方針の策定以降、基本高水のピーク流量 $1,500\text{m}^3/\text{s}$ を上回る洪水は発生していないものの、近年、気候変動の影響と考えられる洪水が頻発している。令和元年（2019 年）10 月洪水（台風第 19 号）では、基準地点の国安上流域の流域平均雨量が観測史上最大となる $274\text{mm}/12\text{h}$ を記録し、支川の牛淵川では越水被害が発生した。また、令和 3 年（2021 年）7 月洪水では、菊川上流の加茂水位観測所で氾濫危険水位を超過、令和 4 年（2022 年）9 月洪水では、加茂水位観測所及び支川牛淵川の堂山、横地水位観測所で氾濫危険水位を超過し、内水被害が発生した。

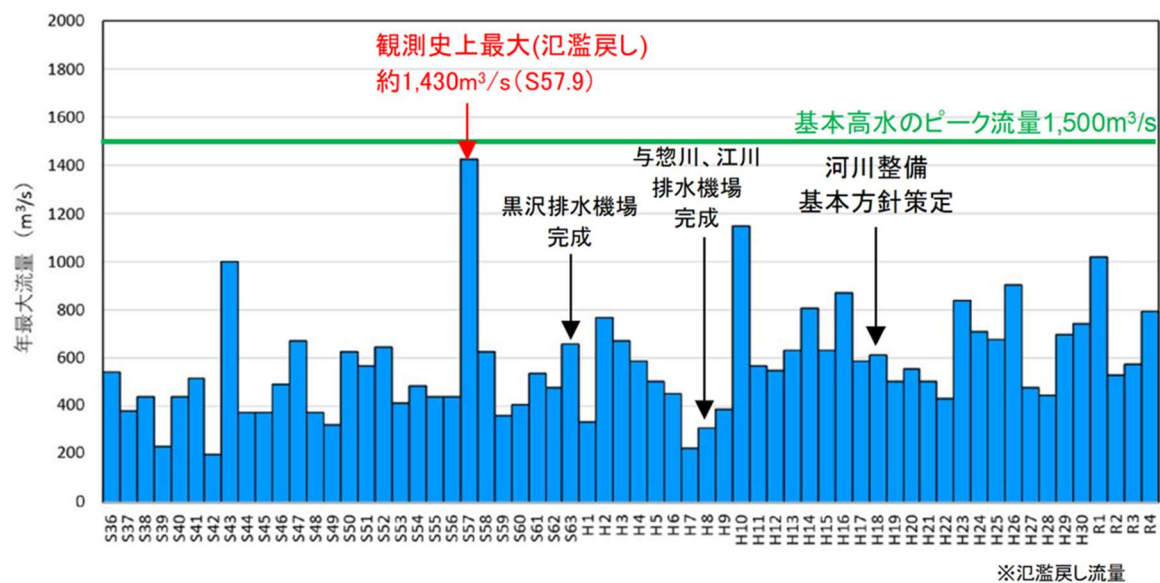


図 1.1 年最大流量（基準地点国安）

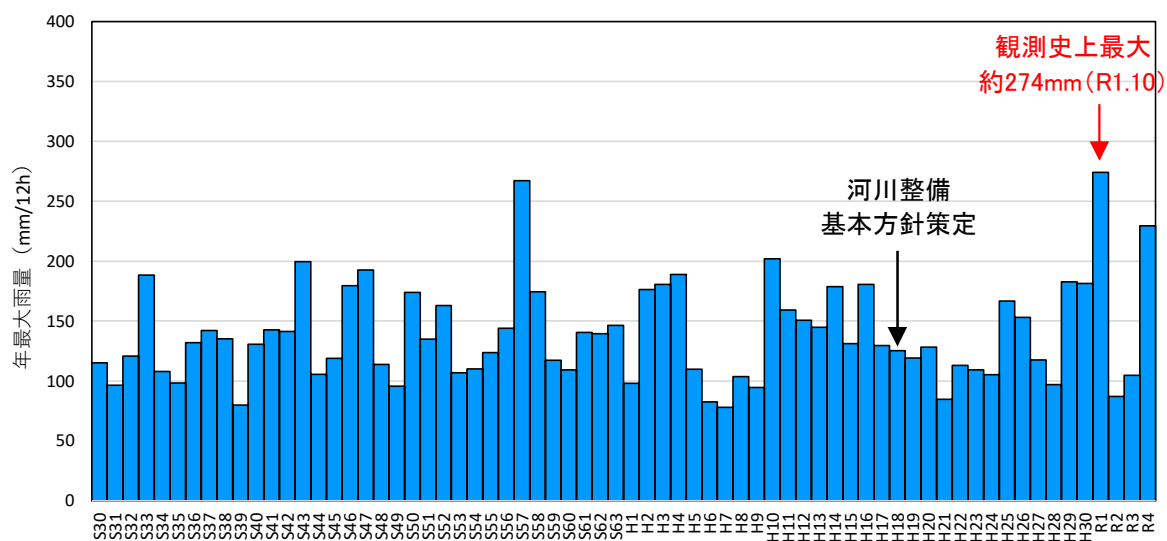


図 1.2 年最大 12h 雨量（基準地点国安上流域平均雨量）

1.4 流出計算モデルの設定

降雨をハイドログラフに変換するための流出計算モデル（貯留関数法）については、既定計画策定以降の流域の土地利用状況に大きな変化がないこと、近年洪水における再現性を確認し、既定計画に用いた流出計算モデルを使用するものとし、内水域では一池モデルを用いた内水計算結果を流出計算モデルに反映させた。

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】

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

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

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

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。

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

$s(t)$: 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 (h)、 K : 定数、 p : 定数、

$Q(t)$: 直接流出強度 (m³/s)、 A : 流域面積 (km²)、

$\Sigma R(t)$: 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)、

$R0$: 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 (m³)、 $f1$: 一次流出率、 $Q_{ca}(t)$: 流域からの流出量 (m³/s)、

$Q_b(t)$: 基底流量 (m³/s)

【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 (m³/s・h)、 $Q_l(t)$: 遅滞時間 Tl を考慮した流出量 (m³/s)、

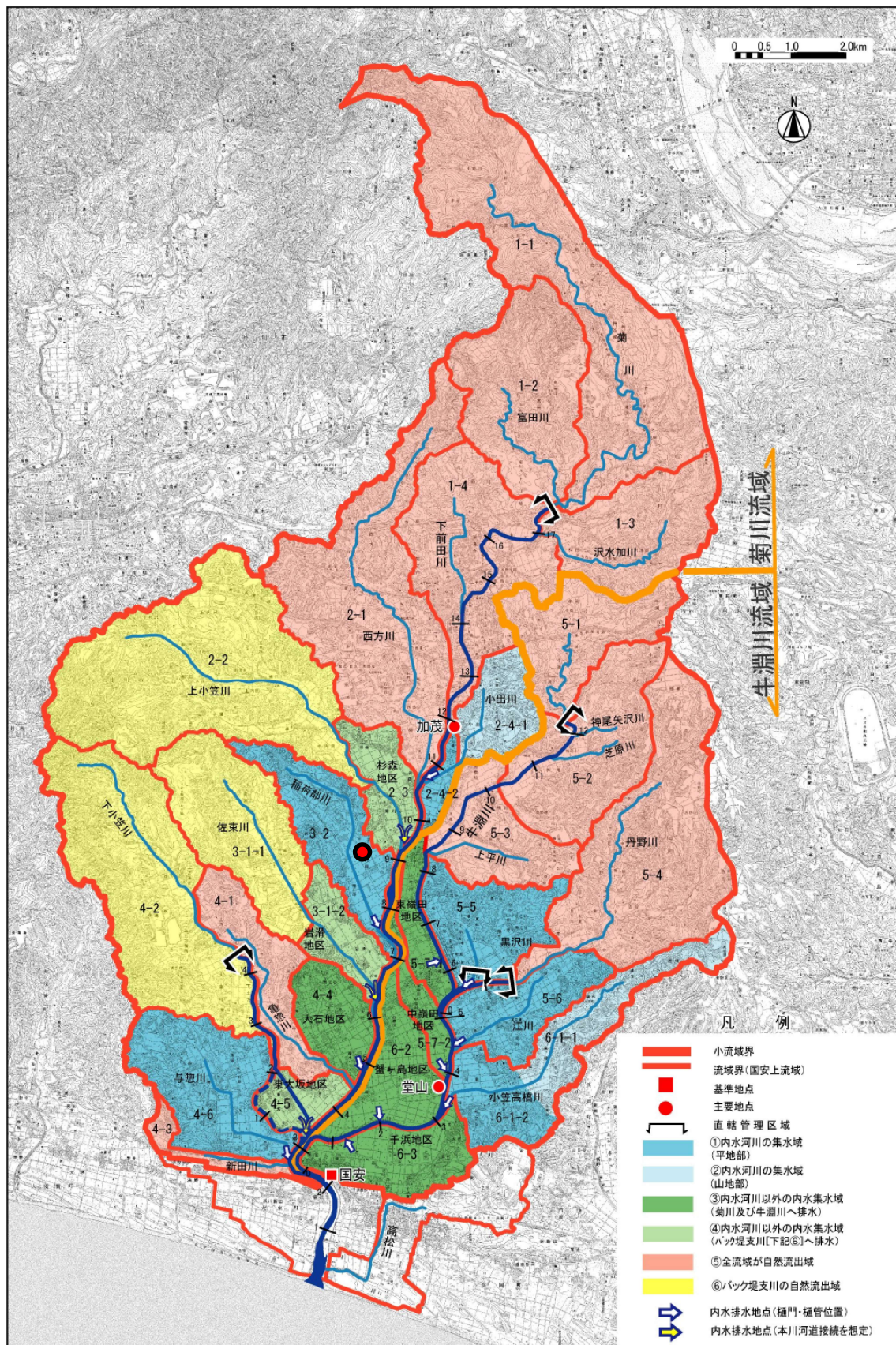
$Q(t)$: 流出量 (m³/s)、 $I(t)$: 流入量 (m³/s)、 Tl : 遅滞時間 (h)、

K : 定数、 p : 定数

1.4.2 流域及び河道分割

菊川水系における流域及び河道分割は、降雨の時空間分布を適確に反映させるため、既定計画における流出計算モデルをベースに、基準地点（国安）、主要な地点（加茂、堂山）、主要な支川及び内水集水域を考慮し、流域を 30 分割（自然流出域 14 分割、内水集水域 16 分割）、河道を 12 分割（本川 7 分割、牛淵川 5 分割）とした。

流域分割図を図 1.3、流出計算模式図を図 1.4 に示す。



【出典：菊川水系河川整備基本方針 高水計画 【高水流量検討資料】】

図 1.3 流域分割図（基準地点国安上流）

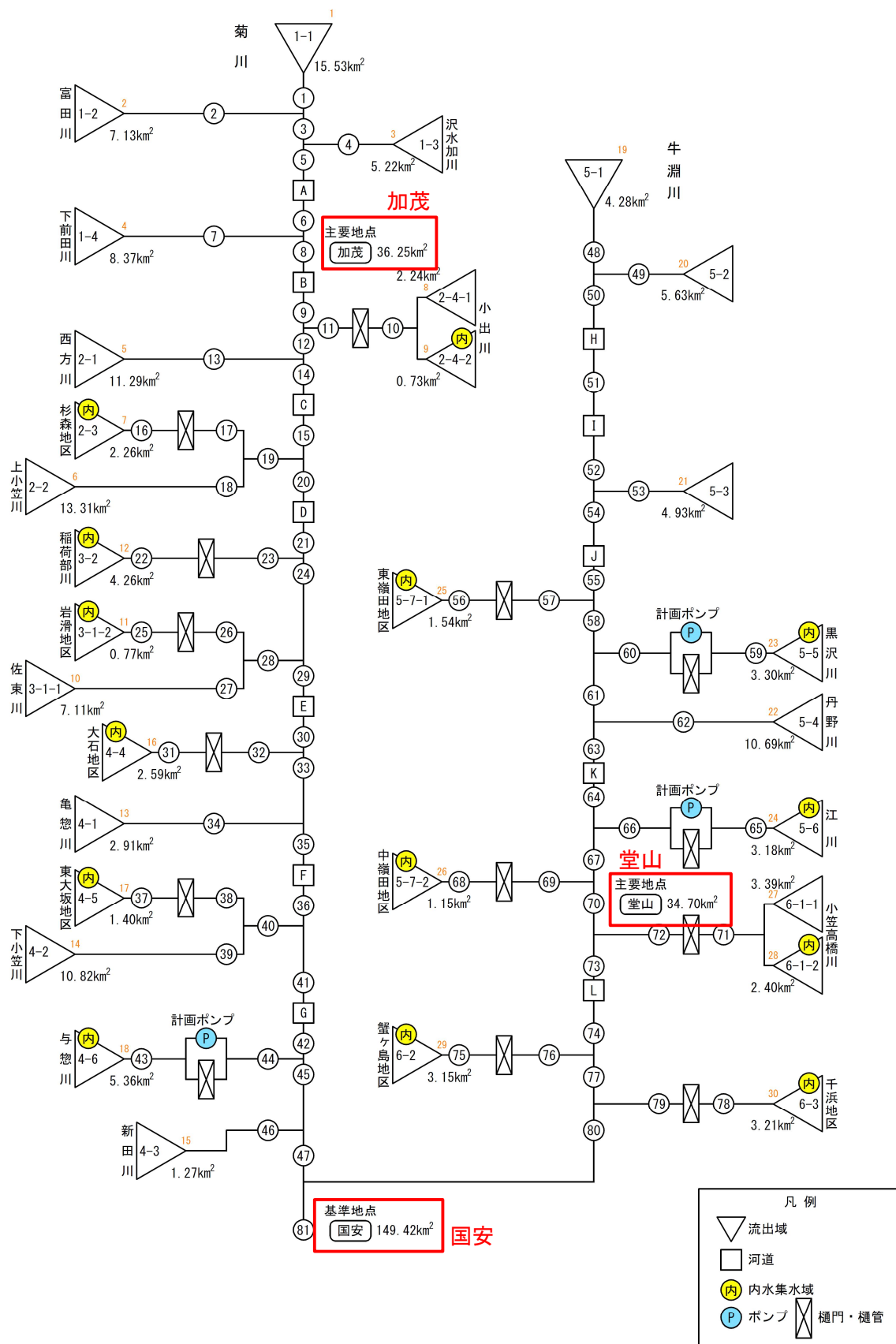


図 1.4 流出モデル図

1.4.3 流出計算による実績再現結果

既定計画において、定数解析を実施した上で流出モデルを確定させているため、本来は定数解析の必要は無いと考えられる。しかし、河川整備基本方針の変更に伴い、流域面積や流域平均雨量を見直したこと、対象洪水を令和4年（2022年）まで延伸した（既定計画は平成14年（2002年）まで）ことから、既定計画における初期定数をベースに新たに定数解析を実施し、以下の4洪水を対象洪水として流域定数の設定を行った。

加茂・堂山・国安の3地点における再現計算結果を図1.5、設定された流域定数を表1.1に示す。

▼対象洪水

- ・平成10年9月24日洪水 ; $1,150\text{m}^3/\text{s}$
- ・平成16年11月11日洪水 ; $871\text{m}^3/\text{s}$
- ・平成26年10月6日洪水 ; $904\text{m}^3/\text{s}$
- ・令和元年10月11日洪水 ; $1,017\text{m}^3/\text{s}$

河道定数については既定計画を踏襲し、計画河道断面を用いた不等流計算によるS～Q関係より設定した表1.2を用いた。

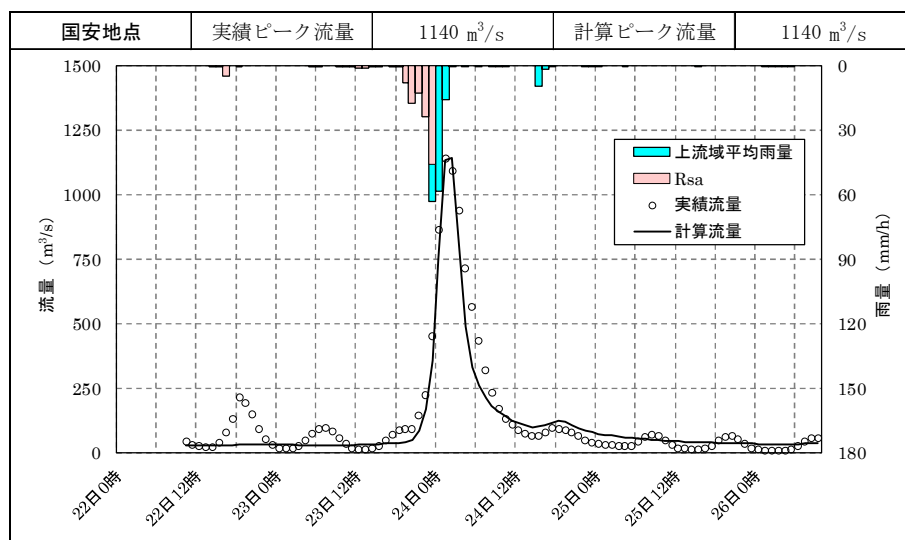
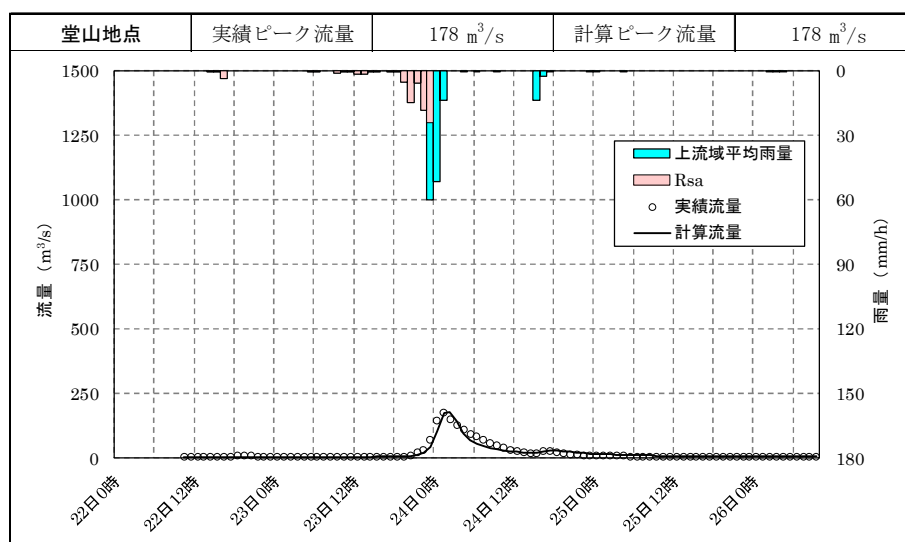
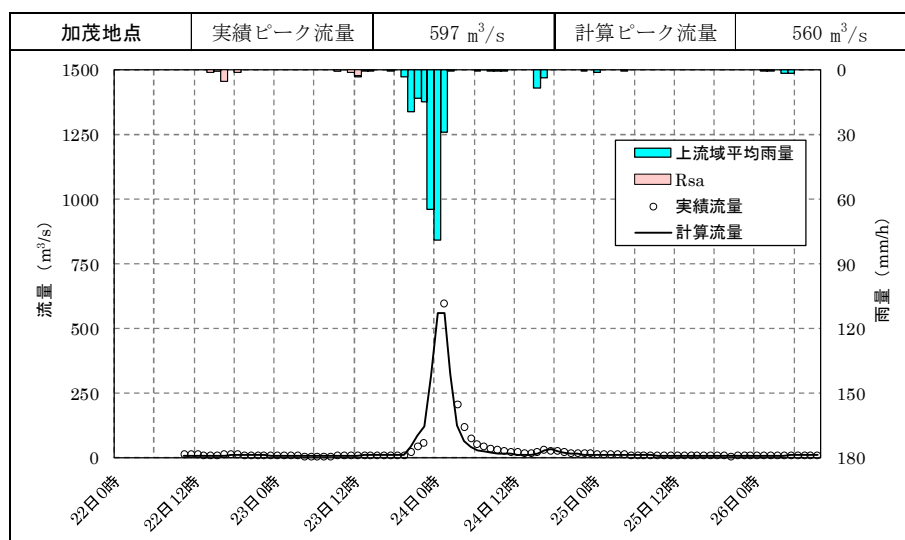


図 1.5 (1) 平成 10 年 9 月洪水再現結果

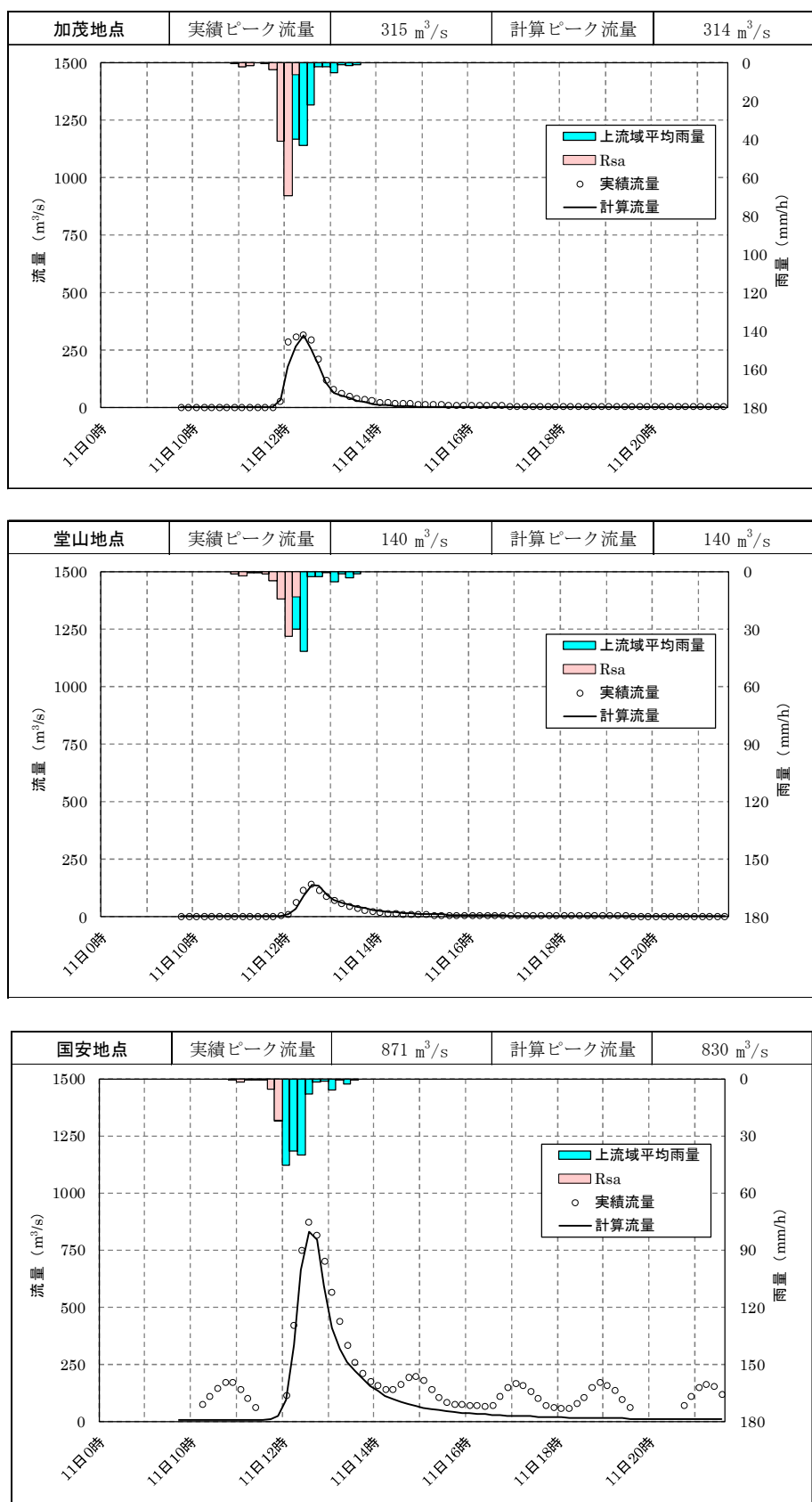


図 1.5 (2) 平成 16 年 11 月洪水再現結果

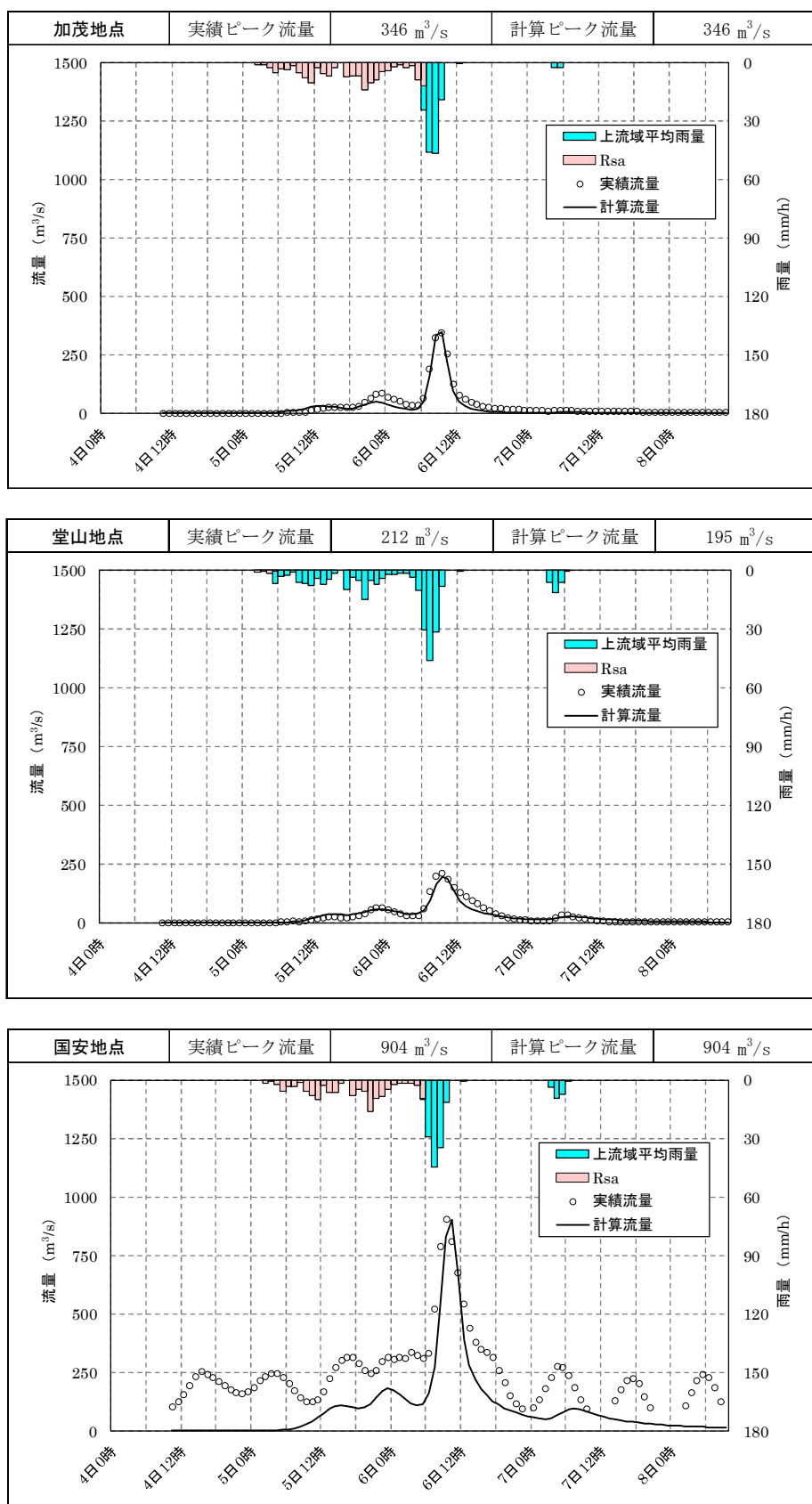


図 1.5 (3) 平成 26 年 10 月洪水再現結果

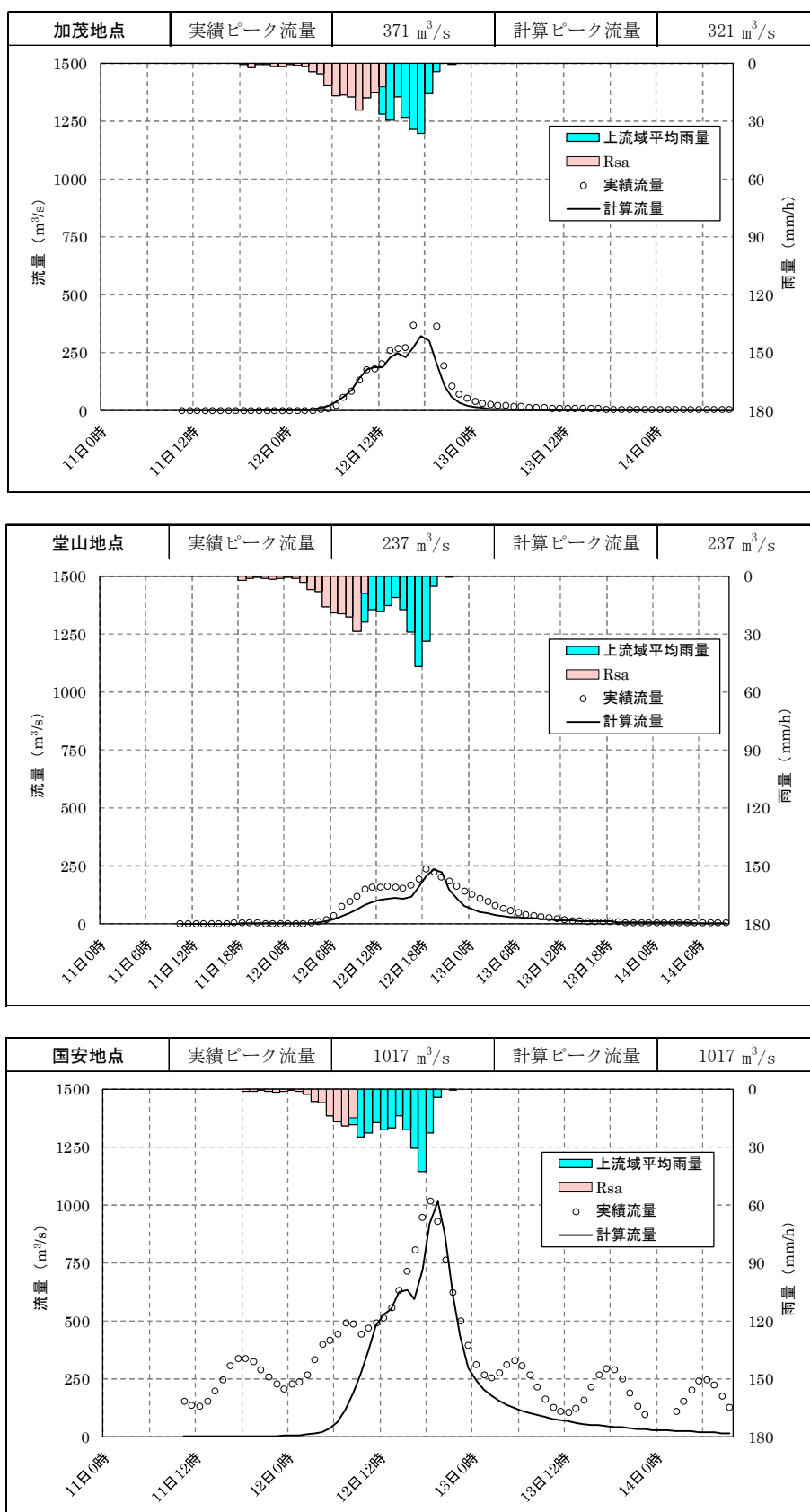


図 1.5 (4) 令和元年 10 月洪水再現結果

表 1.1 流域定数一覧表

流域	流域面積 A (km ²)	定数 K	定数 P	遅滞時間 Tl (h)	基底流量 Qb (m ³ /s)	一時流出率 f1	飽和雨量 Rsa (mm)
1-1 流域	15.53	6.33	0.600	0.93	1.39	0.50	100
1-2 流域	7.13	4.57	0.600	0.38	0.64	0.50	100
1-3 流域	5.22	4.93	0.600	0.35	0.47	0.50	100
1-4 流域	8.37	4.62	0.600	0.24	0.75	0.50	100
2-1 流域	11.29	16.16	0.600	0.64	1.01	0.50	100
2-2 流域	13.31	17.07	0.600	0.61	1.19	0.50	100
2-3 流域	2.26	14.82	1.000	0.10	0.20	0.50	100
2-4-1 流域	2.24	8.52	0.600	0.19	0.20	0.50	100
2-4-2 流域	0.73	14.82	1.000	0.05	0.07	0.50	100
3-1-1 流域	7.11	13.61	0.600	0.36	0.64	0.50	100
3-1-2 流域	0.77	14.82	1.000	0.16	0.07	0.50	100
3-2 流域	4.26	14.82	1.000	0.37	0.38	0.50	100
4-1 流域	2.91	12.67	0.600	0.35	0.26	0.50	100
4-2 流域	10.82	13.45	0.600	0.53	0.97	0.50	100
4-3 流域	1.27	14.82	1.000	0.24	0.11	0.50	100
4-4 流域	2.59	14.82	1.000	0.21	0.23	0.50	100
4-5 流域	1.40	14.82	1.000	0.09	0.13	0.50	100
4-6 流域	5.36	14.82	1.000	0.27	0.48	0.50	100
5-1 流域	4.28	9.44	0.600	0.33	0.20	0.50	100
5-2 流域	5.63	11.75	0.600	0.14	0.27	0.50	100
5-3 流域	4.93	10.38	0.600	0.22	0.23	0.50	100
5-4 流域	10.69	15.55	0.600	0.53	0.51	0.50	100
5-5 流域	3.30	15.05	1.000	0.18	0.16	0.50	100
5-6 流域	3.18	15.05	1.000	0.26	0.15	0.50	100
5-7-1 流域	1.54	15.05	1.000	0.20	0.07	0.50	100
5-7-2 流域	1.15	15.05	1.000	0.14	0.05	0.50	100
6-1-1 流域	3.39	11.70	0.600	0.37	0.16	0.50	100
6-1-2 流域	2.40	14.82	1.000	0.14	0.11	0.50	100
6-2 流域	3.15	14.82	1.000	0.38	0.15	0.50	100
6-3 流域	3.21	14.82	1.000	0.20	0.15	0.50	100

表 1.2 河道定数一覧表

河道	河道長 L (km)	河道勾配 I	定数 K	定数 P	遅滞時間 Tl (h)
河道1	5.69	1/300	2.34	0.731	0.07
河道2	1.38	1/400	0.64	0.729	0.02
河道3	1.41	1/400	0.77	0.720	0.02
河道4	3.43	1/890	1.77	0.776	0.08
河道5	1.37	1/1,150	0.79	0.744	0.03
河道6	1.40	1/1,800	2.72	0.614	0.04
河道7	1.08	1/1,800	1.55	0.612	0.03
河道8	2.13	1/150	0.76	0.700	0.02
河道9	2.00	1/440	0.68	0.779	0.03
河道10	3.00	1/740	1.22	0.783	0.06
河道11	2.00	1/1,700	1.26	0.730	0.06
河道12	3.20	1/2,800	2.60	0.708	0.12

1.5 基本高水のピーク流量の設定

1.5.1 基本高水のピーク流量の設定の考え方

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

- (1) 気候変動を考慮した時間雨量データによる確率からの検討
- (2) アンサンブル予測降雨波形を用いた流量
- (3) 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を踏襲し、基準地点国安で年超過確率 1/100 とした。

1.6 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

対象降雨の降雨継続時間は、①洪水到達時間、②ピーク流量と短時間雨量との相関、③強い降雨強度の継続時間を踏まえて設定した。

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した。

なお、対象洪水は、基準地点国安の実績流量※¹の上位 20 洪水※²とした。

※¹ 基準地点国安では流量観測を実施していないため、実績水位を国安地点の HQ 式を用いて換算した HQ 換算流量を実績流量とした。

※² 対象洪水は国安地点における実績流量上位 20 洪水を基本としたが、降雨量が少なくても潮位の影響により水位が高くなり、HQ 換算流量が大きくなる洪水が含まれていることが確認できたため、実績流量上位 30 洪水のうちピーク雨量が 30mm/h 以上となる洪水に加え、現行基本方針検討対象洪水を代表洪水とした。結果、21 洪水を対象洪水として選定した。

(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。

各手法で算出した基準地点国安における洪水到達時間を以下に示す。

Kinematic Wave 法	:	3.0～16.0 時間（平均 7.4 時間）
角屋の式	:	4.0～6.0 時間（平均 5.1 時間）

(1)、(2) の計算結果を表 1.3 に、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 にそれぞれ示す。

表 1.3 (1) 洪水到達時間の算定結果 (国安)

No	洪水発生 年月日	ピーク流量		kinematic wave法	角屋式		合理式
		流量	生起時刻	算定結果	降雨強度 (mm/h)	算定結果	時差(h)
1	S33.9.17	542	9/18 7:00	9	15.8	5.5	3
2	S47.7.14	669	7/15 19:00	16	13.7	5.8	2
3	S50.10.7	626	10/8 3:00	5	25.7	4.7	3
4	S52.5.15	647	5/15 14:00	12	13.6	5.8	2
5	S57.9.10	1,172	9/12 20:00	11	23.8	4.8	3
6	S58.8.15	626	8/17 4:00	5	22.6	4.9	2
7	S63.8.16	657	8/16 19:00	7	18.9	5.2	4
8	H2.6.9	685	6/10 0:00	7	17.6	5.3	4
9	H2.9.29	755	9/30 16:00	10	16.1	5.5	2
10	H3.9.13	671	9/14 2:00	5	28.4	4.5	3
11	H10.9.15	723	9/16 5:00	7	23.9	4.8	2
12	H10.9.23	1,140	9/24 1:00	4	40.4	4.0	2
13	H13.8.21	632	8/22 5:00	6	14.3	5.7	3
14	H14.7.9	804	7/10 15:00	10	16.7	5.4	2
15	H16.10.8	750	10/9 7:00	13	12.6	6.0	3
16	H16.11.11	871	11/12 3:00	5	30.8	4.4	3
17	H25.4.6	679	4/6 23:00	10	16.5	5.5	2
18	H26.10.5	904	10/6 9:00	4	29.9	4.4	2
19	H30.6.20	665	6/21 1:00	4	27.2	4.6	3
20	R1.10.11	1,017	10/12 18:00	3	32.0	4.3	1
21	R4.9.23	793	9/23 23:00	8	21.5	5.0	2
平均値				7.4	—	5.1	3
							6.0 = 時差の2倍

※国安地点における代表洪水

■:ピーク流量時の雨量が0.5mm以下は参考値

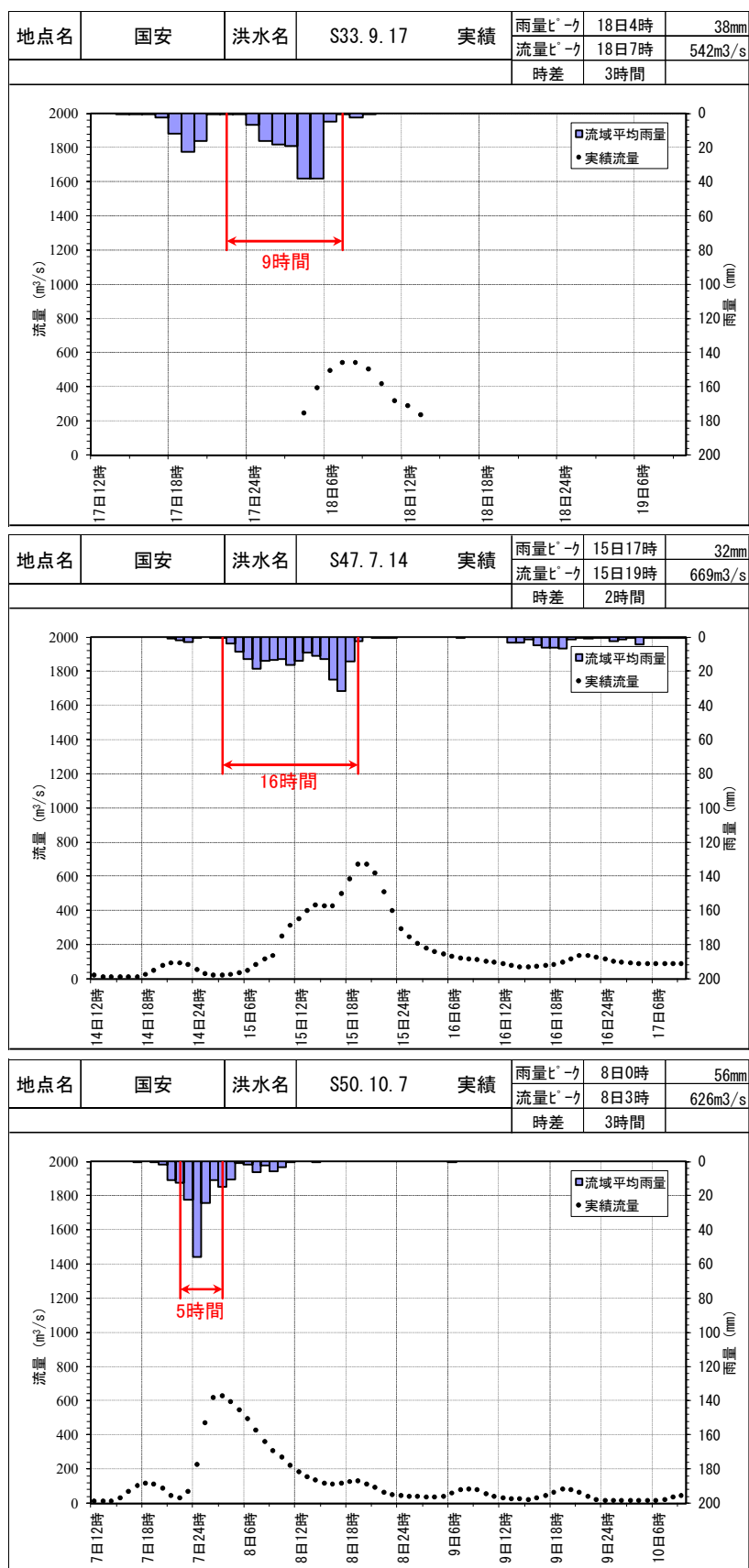


図 1.6 (1) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (国安)

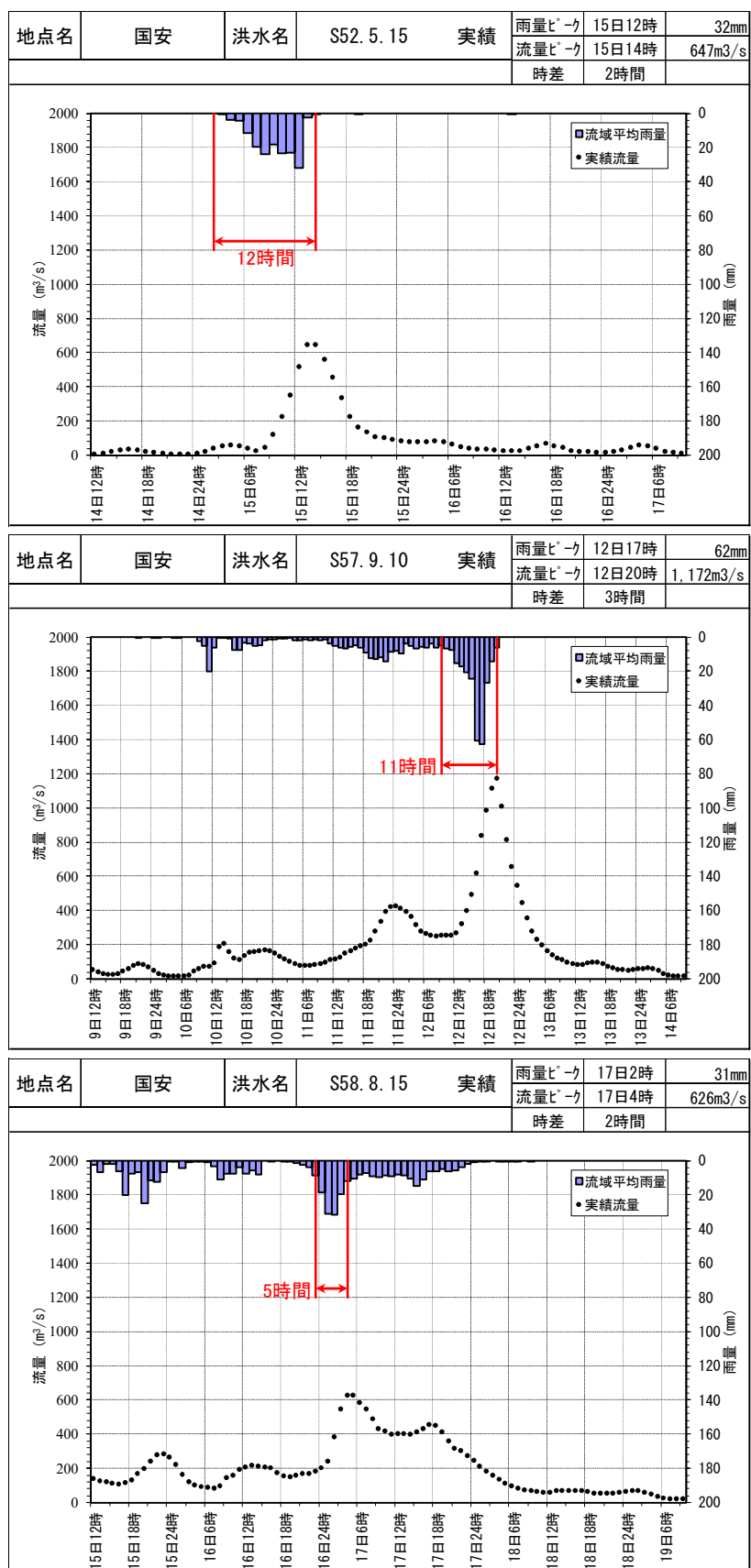


図 1.6 (2) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (国安)

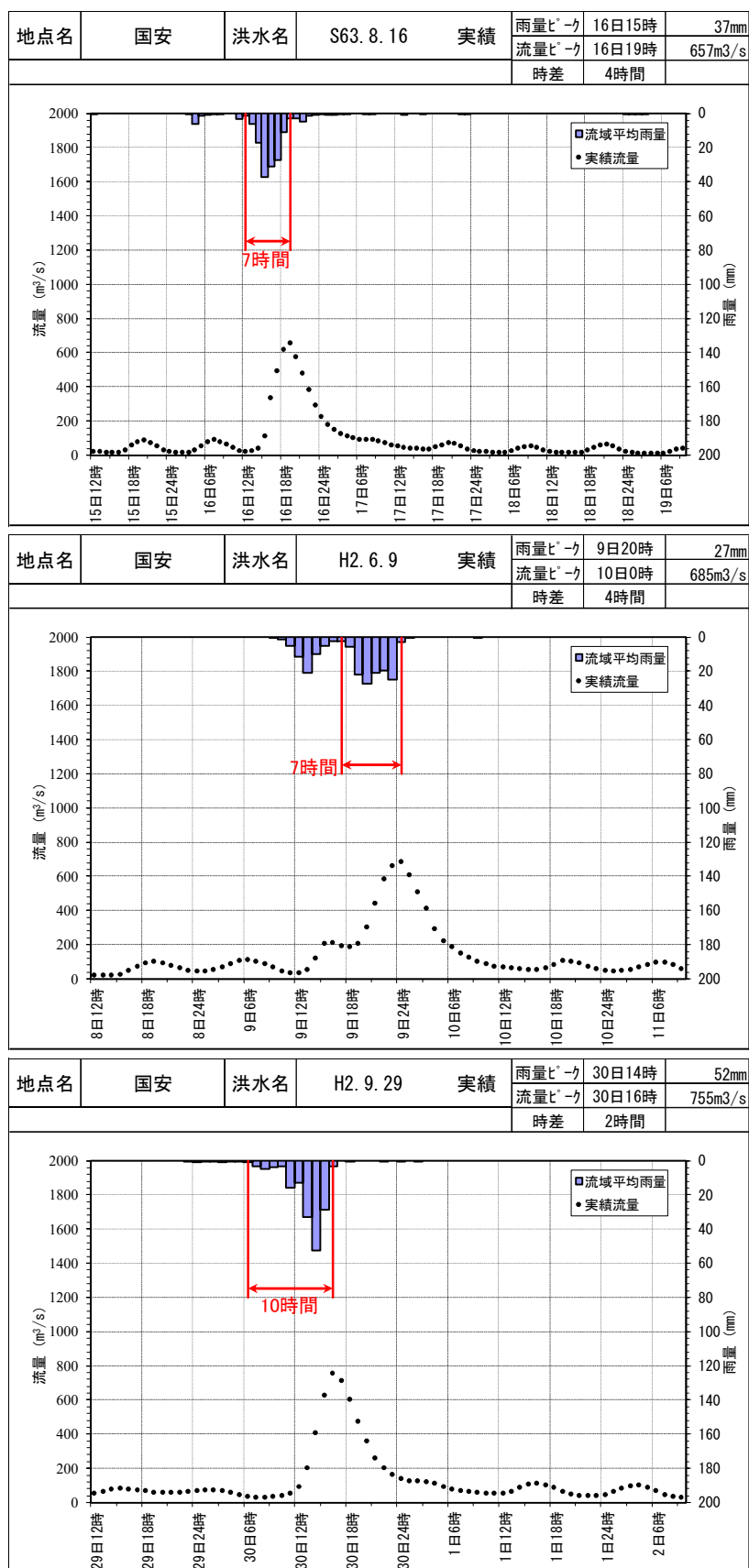


図 1.6 (3) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (国安)

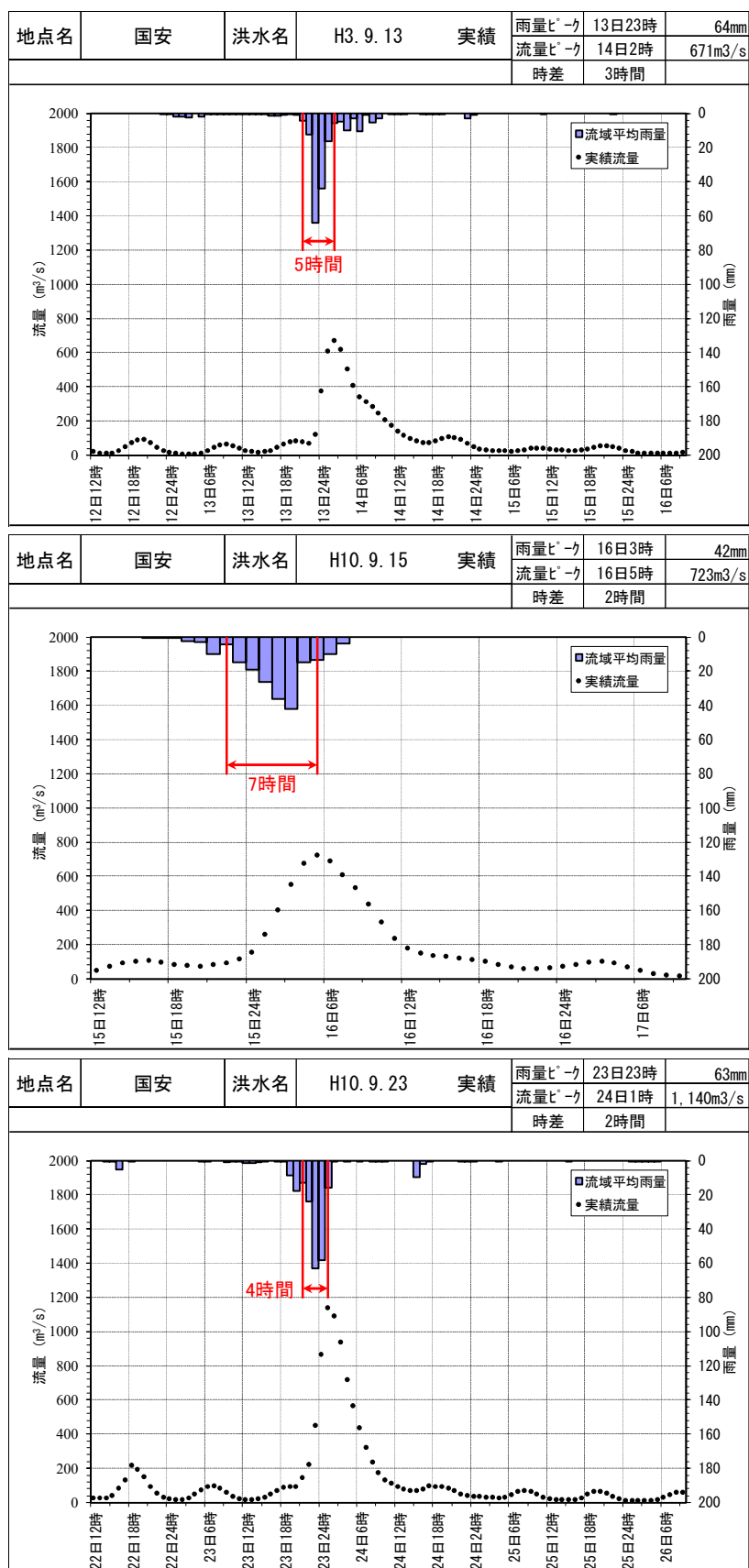


図 1.6 (4) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (国安)

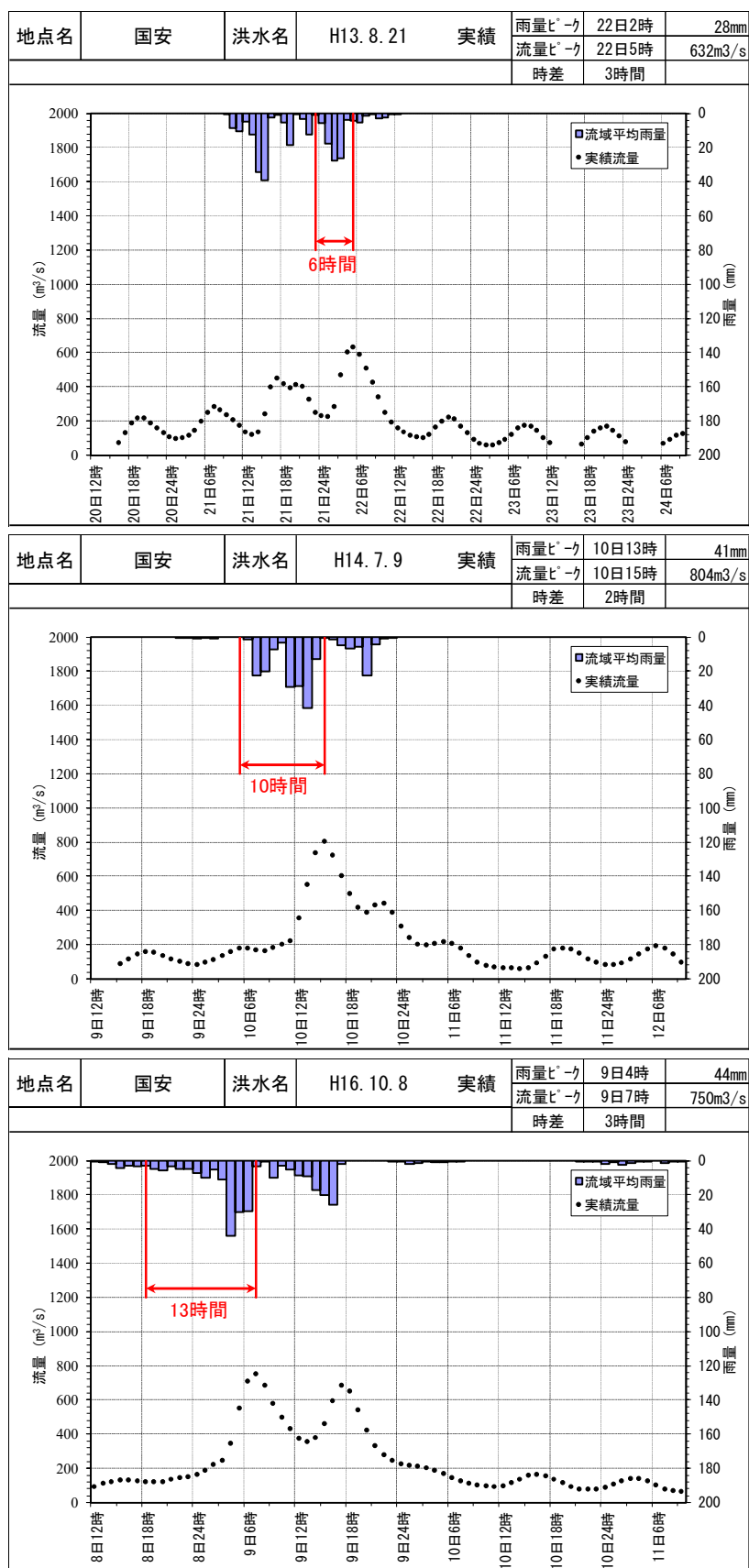


図 1.6 (5) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (国安)

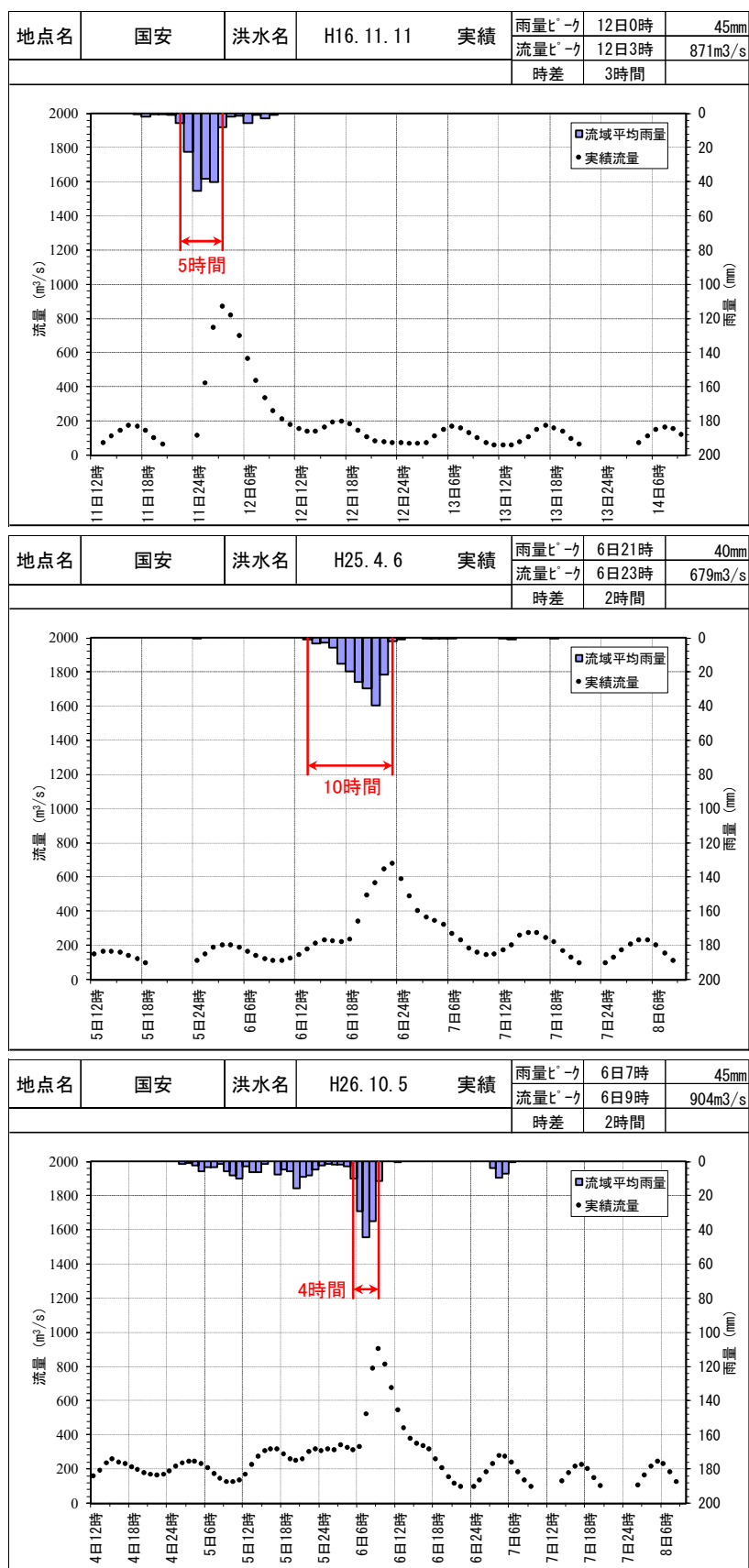


図 1.6 (6) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (国安)

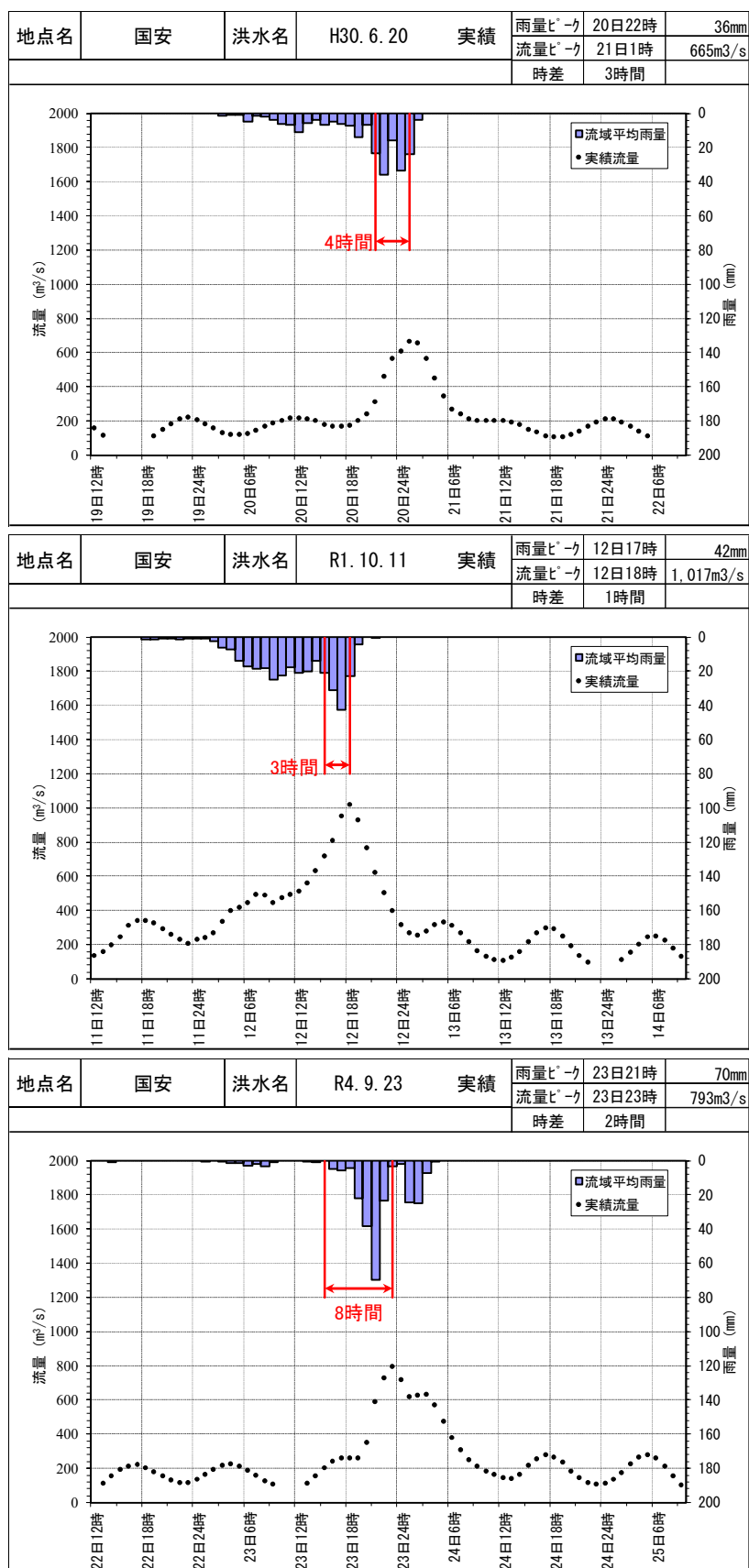


図 1.6 (7) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (国安)

1.6.3 ピーク流量と短時間雨量の相関

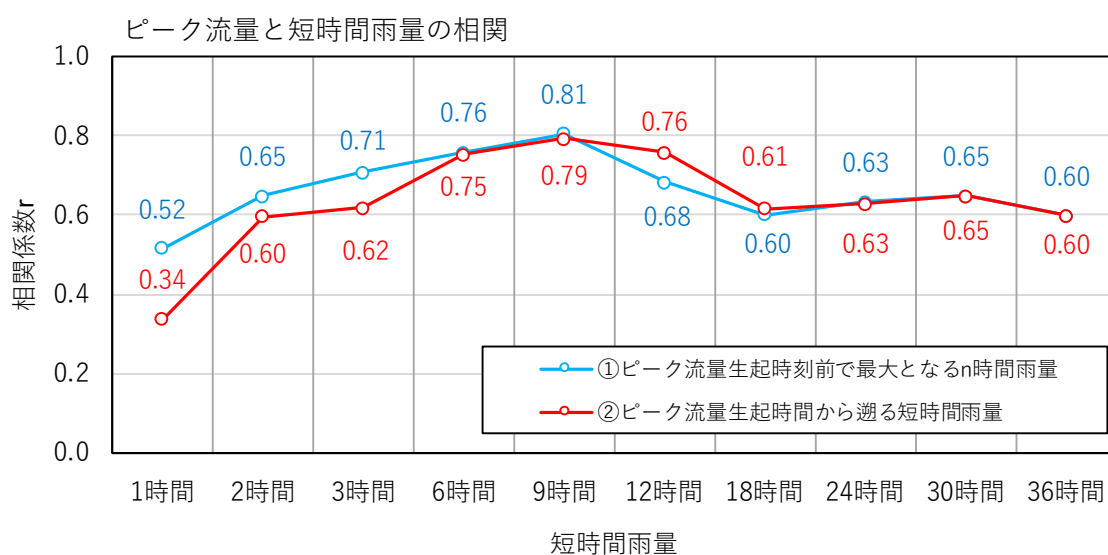
1.6.2 で選定した洪水を対象に、ピーク流量に支配的な短時間雨量を整理し、流量と雨量との相関関係を確認し、最も高い相関となる短時間を求めた。短時間雨量の求め方は以下の2種類とした。

定義①：ピーク流量生起時間前で、最大となる短時間雨量

定義②：ピーク流量生起時間から遡る短時間雨量

上記の考え方に基づき、ピーク流量と短時間雨量（1、2、3、6、9、12、18、24、30、36 時間雨量）との相関関係の整理を行った。

その結果、基準地点国安におけるピーク流量と短時間雨量の相関係数は定義①において 6～9 時間で 0.75 程度以上、定義②において 6～12 時間で 0.75 程度以上となっている。この結果を、図 1.7 に示す。また、定義①によるピーク流量と流域平均時間雨量の相関図を図 1.8 に示し、定義②によるピーク流量と流域平均時間雨量の相関図を図 1.9 に示す。



※国安地点における代表洪水

図 1.7 代表洪水におけるピーク流量と短時間雨量との相関（国安）

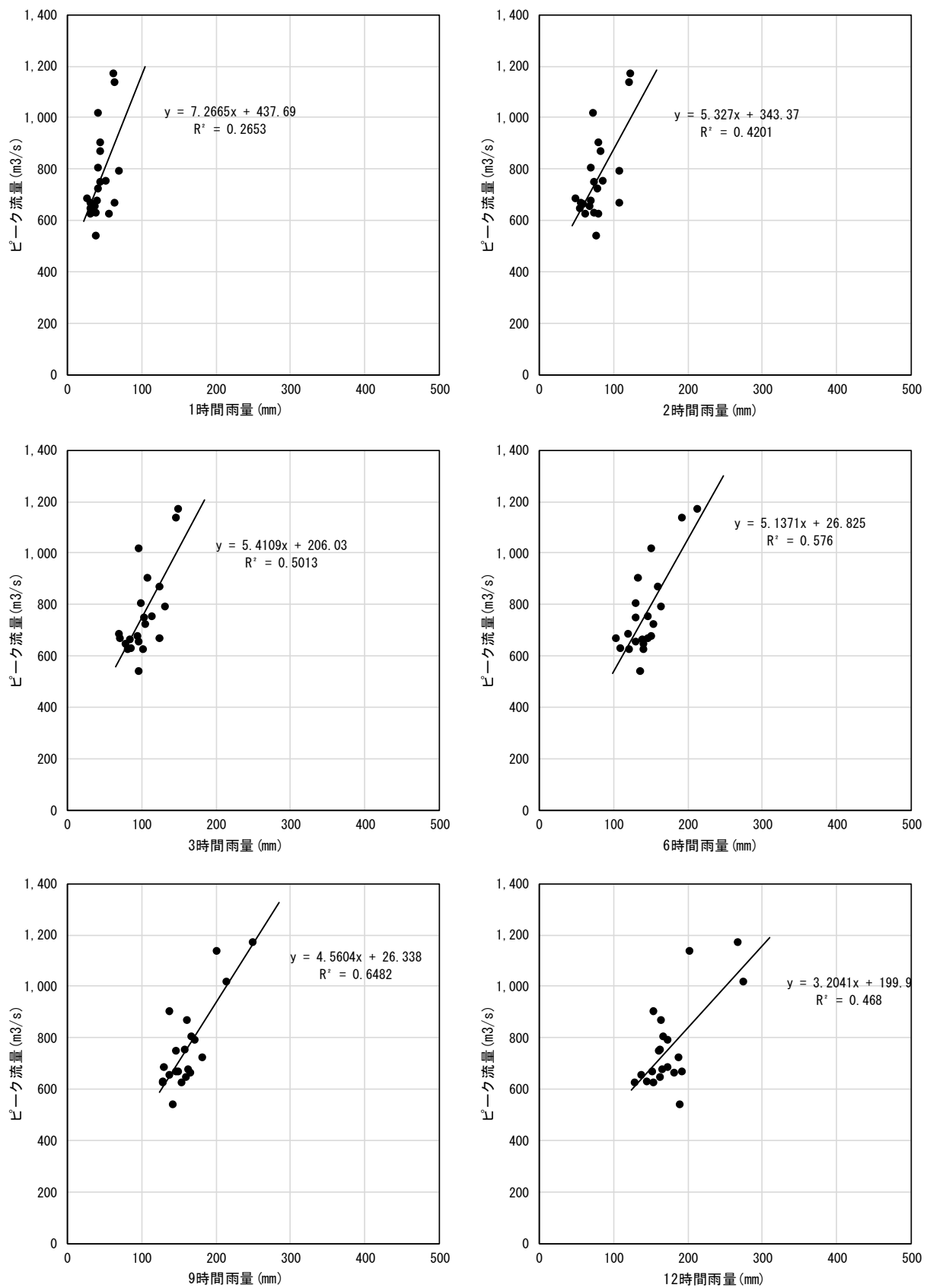


図 1.8 (1) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図【定義①】

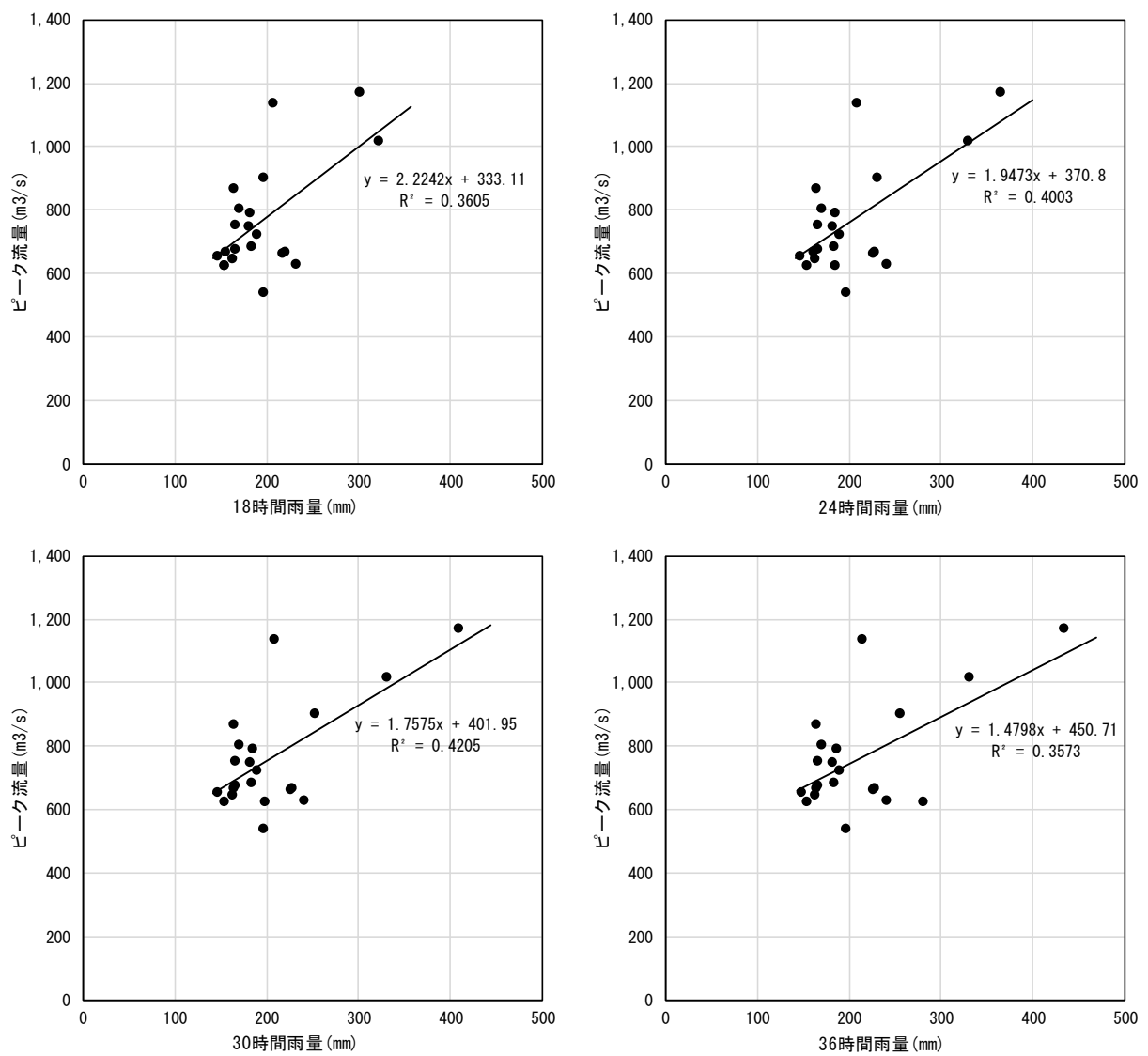


図 1.8 (2) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図【定義①】

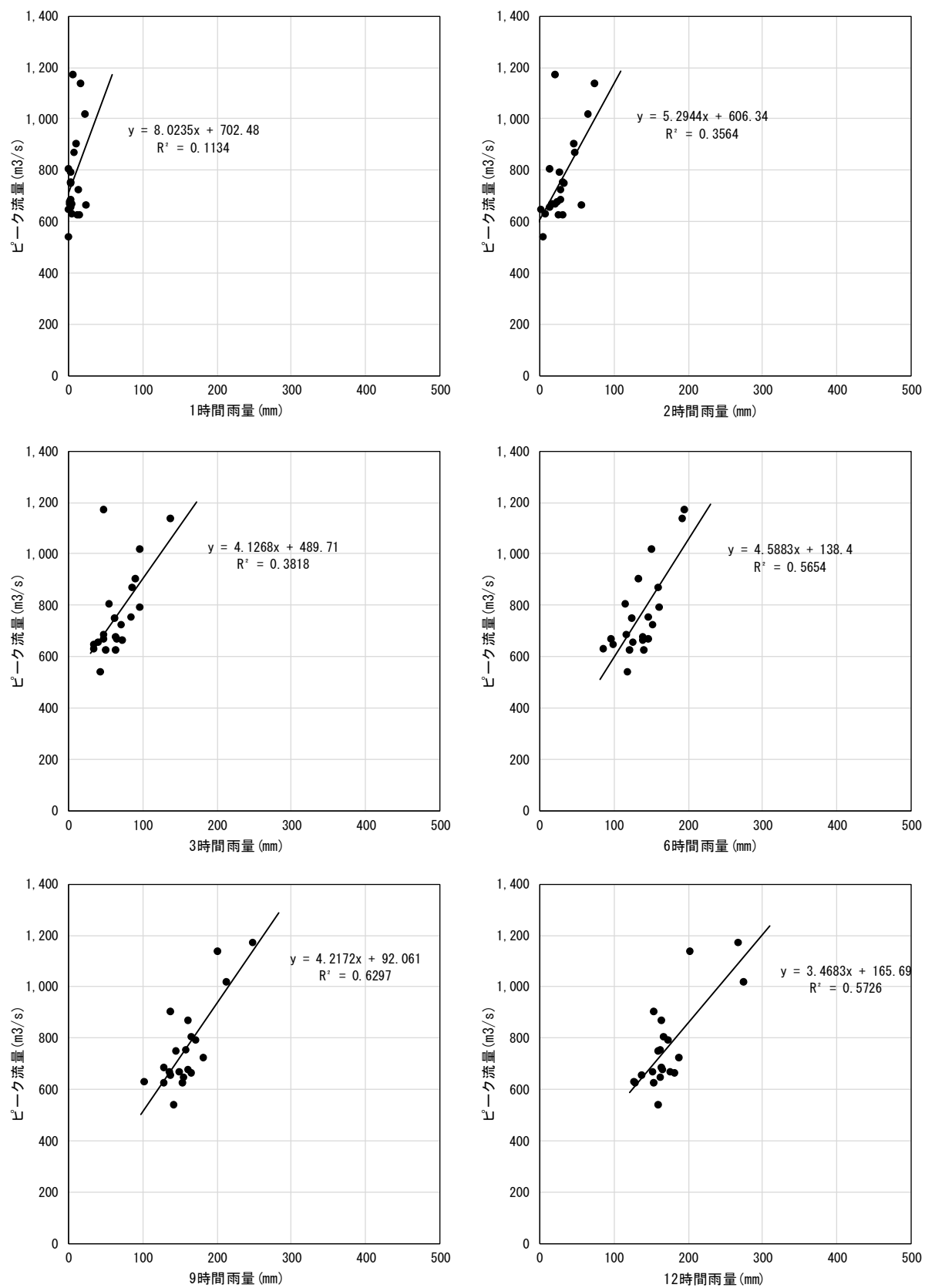


図 1.9 (1) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図【定義②】

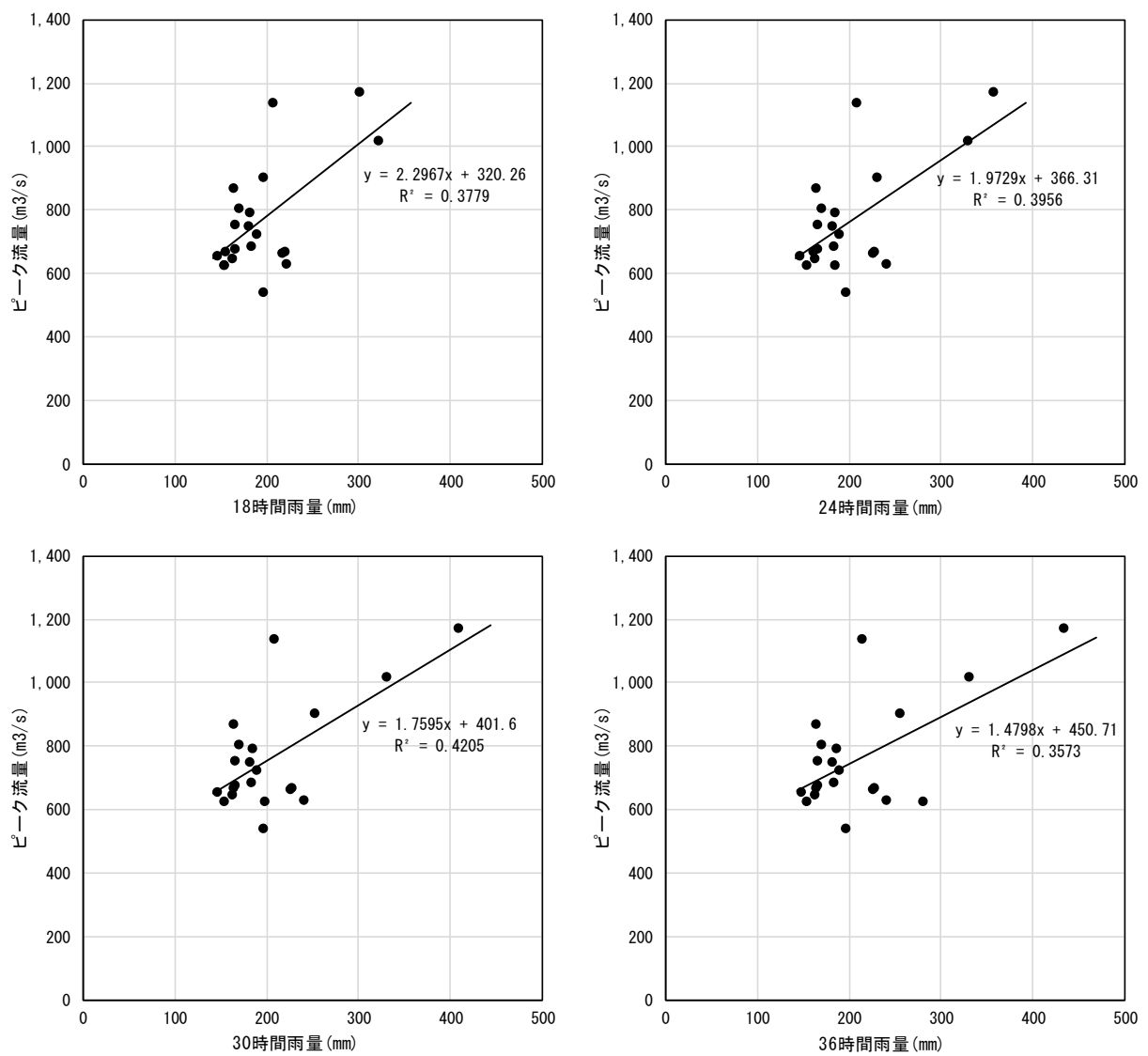


図 1.9 (2) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図【定義②】

1.6.4 強い降雨強度の継続時間

1.6.2 で選定した既往の洪水をもたらした降雨について、強い降雨強度（3mm/h 以上、5mm/h 以上及び 10mm/h 以上）の継続時間を整理した。

その結果、3mm/h 以上の平均値は 11 時間、5mm/h 以上の平均値は 9 時間、10mm/h 以上の平均値は 6 時間となり、洪水のピーク流量を形成している強い降雨強度の継続時間は 9 時間で 10mm/h 以上の降雨の 9 割、5mm/h 以上の降雨の 8 割をカバーできる。この結果を図 1.10 に示す。

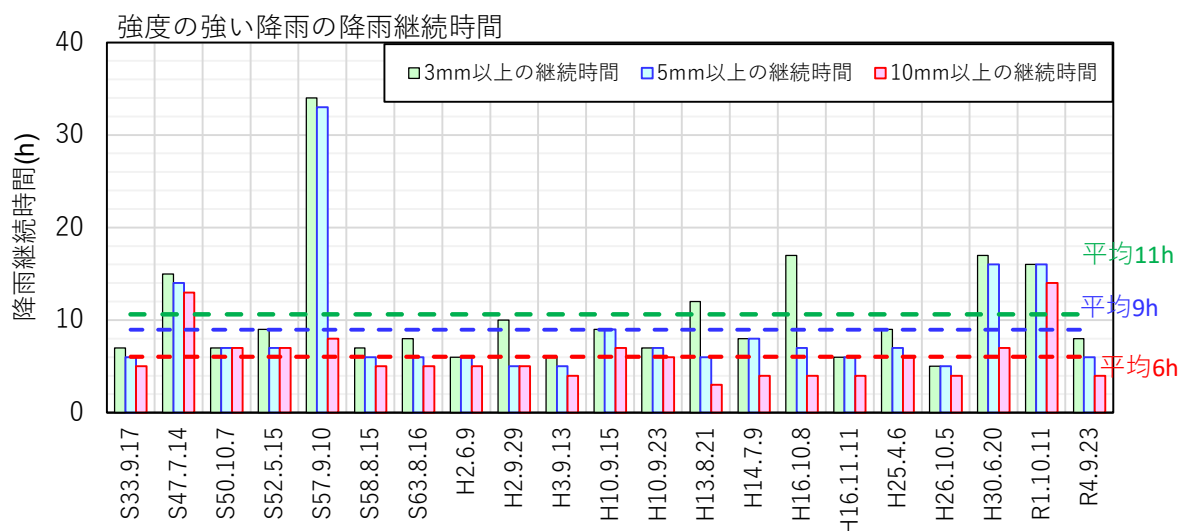


図 1.10 強い降雨強度の継続時間（国安地点）

1.6.5 対象降雨の降雨継続時間の設定

1.6.2 で選定した洪水を対象に、菊川の降雨特性、ピーク流量との相関関係から総合的に判断し、下記の理由により、基準地点国安における対象降雨の降雨継続時間は 9 時間と設定した。

【基準地点国安】

- ・ 洪水到達時間の検討において、Kinematic Wave 法では 3～16 時間（平均 7.4 時間）、角屋式では 4～6 時間（平均 5.1 時間）となる。
- ・ 特に 6 時間～12 時間の雨量において、ピーク流量と短時間雨量の相関が高くなっている。
- ・ 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 3mm/h 以上で平均 11 時間、5mm/h 以上で平均 9 時間、10mm/h 以上で平均 6 時間である。
- ・ ピーク流量に支配的な短時間雨量との関係、実績降雨における一雨降雨の継続時間などから、総合的に判断して 9 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

対象降雨の降雨継続時間は、Kinematic Wave 法及び角屋の式による洪水の到達時間、ピーク流量と短時間雨量の相関、強い降雨強度の継続時間等から総合的に判断した結果、既定計画の 12 時間から 9 時間に変更した。

対象降雨の降雨量は、降雨量変化倍率の算定に用いている過去実験の期間が平成 22 年（2010 年）までであることを踏まえ、既定計画からの雨量標本のデータ延伸は平成 22 年（2010 年）までとし、平成 22 年（2010 年）までの雨量標本（表 1.6）を用いて定常の水文統計解析により 1/100 確率雨量を算定し、これに降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じた値とする。

確率雨量は、水文解析に一般的に用いられている確率分布モデルにより、適合度の基準を満足する確率分布モデル（ $SLSC \leq 0.040$ ）かつ、Jackknife 推定誤差が最小となる確率水文量を採用した。ただし、Jackknife 推定誤差が最小値となる確率分布モデルが複数あるときは AIC 指標を考慮して確率水文量を設定した。

基準地点国安の 1/100 確率雨量は、昭和 30 年（1955 年）～平成 22 年（2010 年）の 56 年間の各年最大 9 時間雨量を確率処理し、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルにより 233.6mm/9h と決定した。

基準地点国安における雨量確率処理の結果を表 1.4、グラフを図 1.11 に示す。

表 1.4 基準地点国安 9 時間雨量 確率計算結果

		1955年（昭和30年）		～	2010年（平成22年）		:56年間	毎年値						
降雨量		Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	平均値
確率規模	1/2	112.9	118.8	117.3	119.4	—	119.1	—	118.3	118.0	118.5	120.2	120.2	118.9
	1/3	128.2	133.3	132.4	134.0	—	133.6	—	132.7	132.7	132.9	134.8	134.7	133.5
	1/5	147.4	149.5	150.1	150.1	—	149.7	—	148.8	149.5	149.0	150.5	150.2	149.7
	1/10	173.5	169.9	173.9	169.8	—	169.6	—	169.2	170.9	169.2	169.2	168.7	170.0
	1/20	199.5	189.4	198.1	188.4	—	188.7	—	188.8	191.6	188.7	186.4	185.7	189.5
	1/30	214.8	200.6	212.7	198.9	—	199.6	—	200.2	203.8	199.9	196.0	195.2	200.8
	1/50	234.0	214.7	231.7	211.8	—	213.4	—	214.5	219.1	214.0	207.8	206.9	214.9
	1/80	251.7	227.5	249.7	223.5	—	226.0	—	227.7	233.3	226.9	218.5	217.4	227.8
	1/100	260.1	233.6	258.4	229.0	—	232.1	—	234.0	240.1	233.1	223.5	222.3	234.0
	1/150	275.3	244.7	274.7	238.8	—	243.1	—	245.5	252.5	244.4	232.5	231.2	245.3
	1/200	286.1	252.5	286.4	245.7	—	250.9	—	253.7	261.5	252.4	238.9	237.5	253.3
	1/400	312.2	271.3	315.7	262.1	—	270.1	—	273.8	283.3	272.0	254.0	252.4	272.7
	1/500	320.6	277.4	325.4	267.3	—	276.4	—	280.4	290.5	278.4	258.9	257.2	279.1
	1/600	327.4	282.3	333.5	271.5	—	281.5	—	285.8	296.4	283.6	262.9	261.1	284.3
	1/800	338.2	290.1	346.3	278.1	—	289.7	—	294.3	305.8	292.0	269.1	267.3	292.5
	1/1000	346.6	296.2	356.5	283.2	—	296.1	—	301.0	313.1	298.5	274.0	272.0	299.0
1/0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1/0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
SLSC（99%）		0.045	0.024	0.027	0.027	—	0.022	—	0.027	0.025	0.025	0.024	0.025	—
pAIC		522.2	549.0	549.9	551.1	—	550.8	—	550.9	550.9	550.8	549.3	549.3	—
X-COR（99%）		0.976	0.993	0.992	0.993	—	0.993	—	0.993	0.993	0.993	0.991	0.991	—
P-COR（99%）		0.944	0.996	0.995	0.997	—	0.997	—	0.996	0.996	0.996	0.997	0.997	—
JackKnife推定値		260.1	233.6	260.2	227.7	—	231.8	—	236.8	260.1	234.9	222.9	222.4	—
JackKnife推定誤差		19.0	16.0	17.4	27.7	—	26.6	—	31.2	33.7	30.6	16.0	16.0	—
理論値（1/100）		-----	233.6	258.4	229.0	-----	232.1	-----	234.0	240.1	233.1	223.5	222.3	234.0

■ : 最大値、■ : 最小値

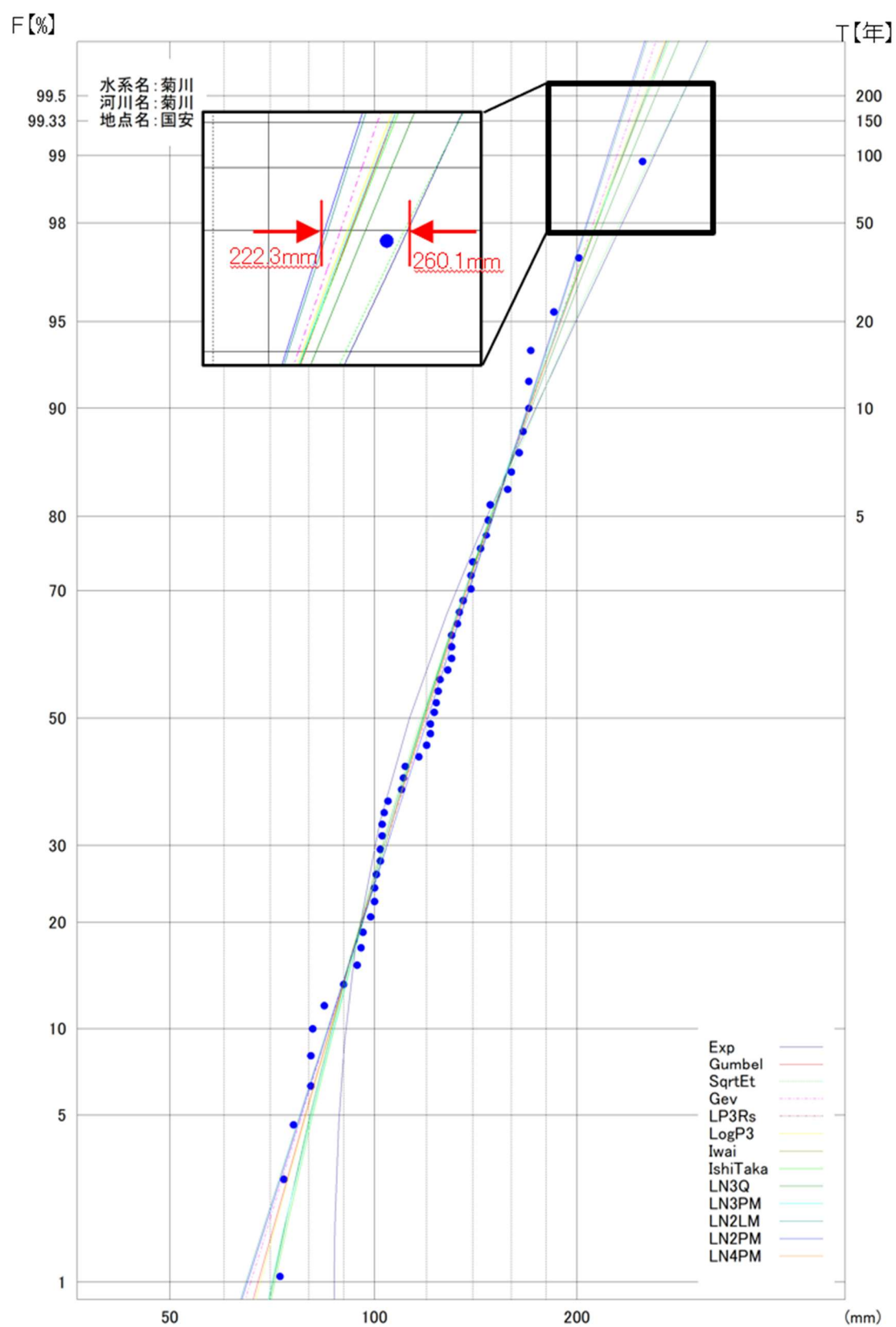


図 1.11 雨量確率計算結果

(基準地点国安 9 時間雨量 昭和 30 年～平成 22 年)

表 1.5 年最大 9 時間雨量一覧（国安地点）

NO	年	9時間雨量 (mm)	順位		NO	年	9時間雨量 (mm)	順位
1	S30	109.7	42		35	H1	94.6	59
2	S31	96.0	56		36	H2	157.4	15
3	S32	101.9	50		37	H3	170.1	8
4	S33	144.2	19		38	H4	170.3	7
5	S34	103.7	44		39	H5	104.7	43
6	S35	80.9	63		40	H6	75.8	66
7	S36	124.2	32		41	H7	72.7	68
8	S37	139.0	22		42	H8	100.4	52
9	S38	130.0	29		43	H9	90.3	60
10	S39	73.3	67		44	H10	201.2	4
11	S40	119.9	37		45	H11	135.5	24
12	S41	116.3	38		46	H12	139.4	21
13	S42	110.9	41		47	H13	128.6	30
14	S43	185.3	5		48	H14	166.2	10
15	S44	84.6	62		49	H15	122.7	34
16	S45	103.0	46		50	H16	169.2	9
17	S46	148.3	16		51	H17	121.6	35
18	S47	146.4	18		52	H18	121.1	36
19	S48	102.9	47		53	H19	95.7	58
20	S49	80.5	65		54	H20	125.3	31
21	S50	164.4	12		55	H21	80.8	64
22	S51	133.6	25		56	H22	102.3	48
23	S52	160.1	14					
24	S53	100.4	52					
25	S54	100.6	51					
26	S55	123.6	33					
27	S56	130.3	28					
28	S57	249.7	1					
29	S58	147.4	17					
30	S59	111.5	40					
31	S60	98.9	54					
32	S61	133.0	26					
33	S62	130.6	27					
34	S63	140.2	20					

表 1.6 1/100 確率規模降雨量（基準地点国安）

	国安	備考
1/100 確率雨量 (標本期間：S30～H22)	233.6mm/9h	確率手法 $SLSC \leq 0.04$ Jackknife 推定誤差最小及び AIC 指標
気候変動を 考慮した降雨量	257mm/9h	$233.6\text{mm/9h} \times \text{降雨量変化倍率} (=1.1)$

また、気候変動の影響を考慮した対象降雨の降雨量として、年超過確率 1/100 雨量の 233.6mm/9h に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じた 257mm/9h に設定した（表 1.6）。

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

(1) Mann-Kendall 検定（定常/非定常性を確認）

昭和 30 年（1955 年）～平成 22 年（2010 年）までの雨量データに 1 年ずつ雨量データを追加し、令和 4 年（2022 年）までのデータを対象とした検定結果を確認した。

⇒非定常性は確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施

(2) 標本期間の決定

非定常性が確認されなかったことから、最新年（令和 4 年（2022 年））まで時間雨量データを延伸し、水文解析に一般に用いられる確率分布モデルによる年超過確率 1/100 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年超過確率 1/100 を算定

⇒令和 4 年（2022 年）までの雨量データを用いた場合の基準地点国安における年超過確率 1/100 雨量は 244.4mm/9h となり、データ延伸による確率雨量に大きな差は確認されない。

1.8 主要降雨波形の設定

基本高水の検討対象洪水において、短時間に降雨が集中する洪水や降雨の範囲が著しく偏った洪水を一律拡大すると、引き伸ばし後の短時間雨量が非現実的な確率値となる場合がある。そのため、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、対象降雨としての妥当性を評価したうえで、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て対象降雨波形を設定する。

検討対象洪水の選定は、令和4年（2022年）までの各年複数洪水を抽出し、主要な地点加茂、堂山のピーク流量が避難判断水位相当流量^{*}以上、かつ基準地点国安のピーク流量生起時刻前後の9時間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）となる、14洪水を選定した（図1.12）。

選定した洪水を対象に、基準地点国安の1/100確率9時間雨量257mm（233.6mm×1.1）となるよう引き伸ばし降雨波形を作成し、流出計算を行った結果、基準地点国安において1,014～1,783m³/sとなる（表1.7）。

※基準地点国安は、潮位の影響を受けるため、流量観測を実施していない。

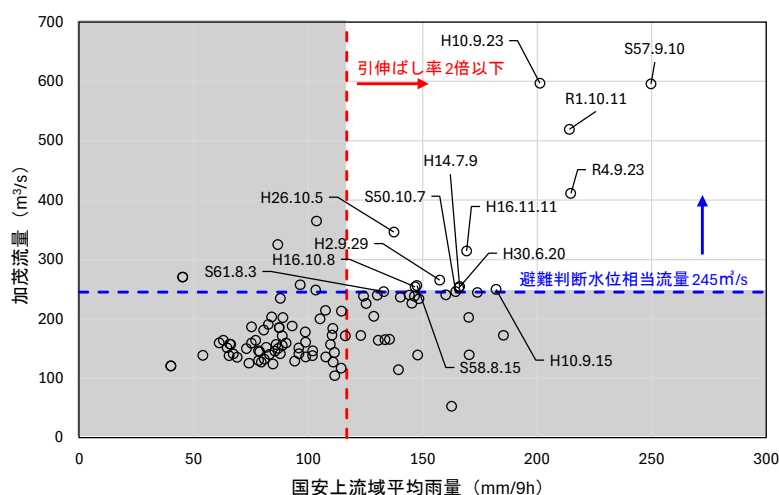


図 1.12 (1) 対象洪水の選定（加茂）

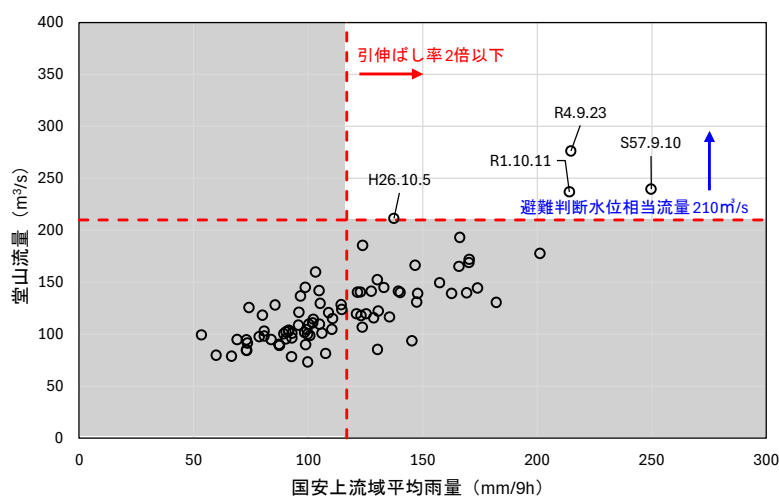


図 1.12 (2) 対象洪水の選定（堂山）

表 1.7 選定洪水のピーク流量一覧（基準地点国安）

NO	洪水名	国安地点平均			国安地点 ピーク流量 (m^3/s)	棄却理由
		継続時間内 降雨量 ($\text{mm}/9\text{h}$)	1/100確率 降雨量 $\times 1.1$ (mm)	拡大率		
1	S50. 10. 7	164. 4	257. 0	1. 5635	1, 080	
2	S57. 9. 10	249. 7	257. 0	1. 0294	1, 583	
3	S58. 8. 15	147. 4	257. 0	1. 7440	1, 305	
4	S61. 8. 3	133. 0	257. 0	1. 9317	1, 486	
5	H2. 9. 29	157. 4	257. 0	1. 6326	1, 417	
6	H10. 9. 15	182. 1	257. 0	1. 4111	1, 073	
7	H10. 9. 23	201. 2	257. 0	1. 2776	1, 482	
8	H14. 7. 9	166. 2	257. 0	1. 5465	1, 249	
9	H16. 10. 8	146. 7	257. 0	1. 7516	1, 333	
10	H16. 11. 11	169. 2	257. 0	1. 5189	1, 382	
11	H26. 10. 5	137. 4	257. 0	1. 8698	1, 783	
12	H30. 6. 20	165. 8	257. 0	1. 5498	1, 250	
13	R1. 10. 11	214. 1	257. 0	1. 2004	1, 206	
14	R4. 9. 23	214. 7	257. 0	1. 1972	1, 014	

※拡大率：「実績雨量（ $\text{mm}/9\text{h}$ ）」と「年超過確率 1/100 雨量（ $=257\text{mm}/9\text{h}$ ）」との比率

1.9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

1.9.1 考え方

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

従って、表 1.7 で選定した一次選定洪水について、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、対象降雨としての妥当性を評価したうえで、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、対象降雨波形を設定する。

1.9.2 棄却基準の設定

引き伸ばし後の降雨に対する棄却基準としては、1/500 以上の降雨量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) 対象地域の選定

対象地域は、図 1.13 に示す 3 流域を選定した。

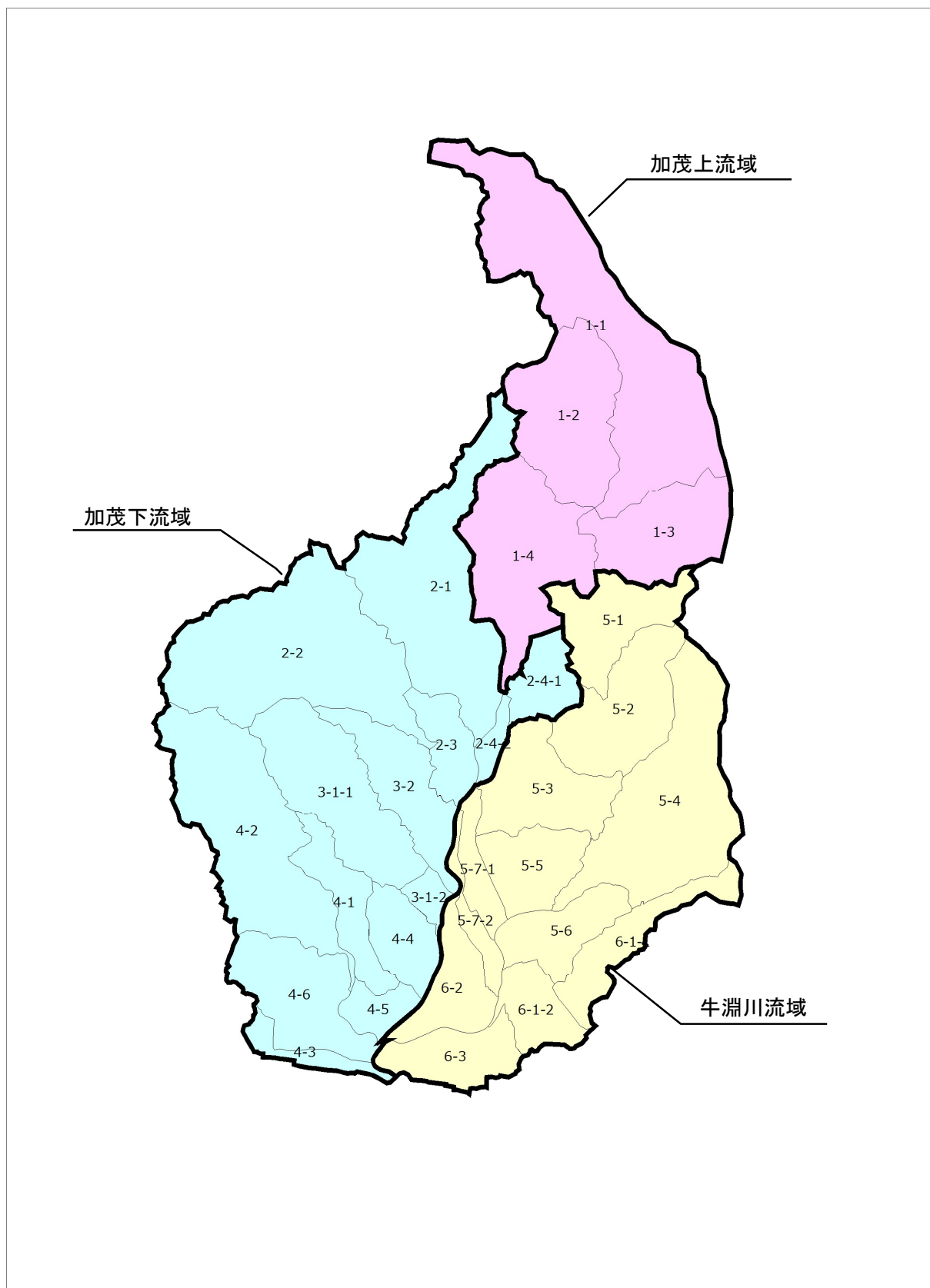


図 1.13 地域分布設定図

(2) 棄却基準値の選定

各選定地域における棄却基準値となる確率雨量を設定した。確率雨量は昭和 30 年（1955 年）から平成 22 年（2010 年）までの各流域の年最大 9 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を採用し、1/500 降雨量を棄却基準値とした。その結果を表 1.8 に示す。

表 1.8 棄却基準値（地域分布）

流域名	流域面積 (km ²)	棄却基準値 1/500 確率雨量 (mm/9h)
加茂上流域	36.25	318.9
加茂下流域	66.32	283.8
牛淵川流域	46.85	273.3

(3) 地域分布の雨量評価

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。地域分布による棄却は、一次選定した主要降雨波形群の基準地点国安上流域の引き伸ばし後雨量（降雨量変化倍率 1.1 倍する前の確率雨量：233.6mm/9h まで引き伸ばした降雨波形）に対して、上記で設定した対象流域の棄却基準値（1/500 確率雨量）を超過する洪水を棄却した。

棄却判定の結果、表 1.9 より一次選定対象 14 洪水中に棄却洪水は存在しない。

表 1.9 地域分布による拡大後降雨の確率評価表

NO	洪水 年月日	実績雨量 9h(mm)	1/100雨量へ の拡大率 【233.6mm】	引き伸ばし後の流域平均9h雨量(mm)			小流域棄却判定			棄却判定 結果
				加茂上流域	加茂下流域	牛淵川流域	加茂上流域	加茂下流域	牛淵川流域	
1	1975/10/7 (S50)	164.4	1.4212	272.5	233.9	203.8				○
2	1982/9/10 (S57)	249.7	0.9357	283.3	254.4	220.0				○
3	1983/8/15 (S58)	147.4	1.5851	284.1	226.4	204.7				○
4	1986/8/3 (S61)	133.0	1.7559	273.8	208.0	238.8				○
5	1990/9/29 (H2)	157.4	1.4839	239.7	233.9	231.7				○
6	1998/9/15 (H10)	182.1	1.2826	250.0	219.9	240.3				○
7	1998/9/23 (H10)	201.2	1.1613	259.6	254.4	184.0				○
8	2002/7/9 (H14)	166.2	1.4057	240.2	233.0	229.3				○
9	2004/10/8 (H16)	146.7	1.5921	218.9	243.2	231.4				○
10	2004/11/11 (H16)	169.2	1.3806	318.0	234.0	167.7				○
11	2014/10/5 (H26)	137.5	1.6995	260.7	225.7	223.9				○
12	2018/6/20 (H30)	165.8	1.4087	201.9	245.2	241.8				○
13	2019/10/11 (R1)	214.1	1.0911	250.1	228.2	233.2				○
14	2022/9/23 (R4)	214.7	1.0882	232.4	233.3	235.0				○
棄却基準値 【1/500雨量】				318.9	283.8	273.3				

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) 対象時間の選定

対象時間は、降雨継続時間の 1/2（4 時間）と、洪水到達時間（6 時間）から設定した。

(2) 棄却基準値の選定

対象時間における棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和 30 年（1955 年）～平成 22 年（2010 年）までの年最大雨量について確率計算を行い、年超過確率 1/500 降雨量を採用した。

表 1.10 棄却基準値（時間分布）

指標	時間	棄却基準値 1/500 確率雨量 (mm/9h)
洪水到達時間	6 時間	249.4
降雨継続時間 1/2	4 時間	210.3

(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。時間分布による棄却は、一次選定した主要降雨波形群の国安上流域引き伸ばし後雨量（降雨量変化倍率 1.1 倍する前の確率雨量：233.6mm/9h まで引き伸ばした降雨波形）に対して、上記で設定した時間分布の棄却基準値（1/500 確率雨量）を超過する洪水を棄却した。

棄却判定の結果、表 1.11 より一次選定対象 14 洪水中に棄却洪水は存在しない。

表 1.11 時間分布による拡大後降雨の確率評価表

NO	洪水 年月日	実績雨量 9h(mm)	1/100雨量へ の拡大率 【233.6mm】	1/100雨量へ の拡大率に よる棄却判 定	引き延ばし後の 短時間雨量		短時間雨量 棄却判定		棄却判定結果
					継続時間の 半分（4h）	洪水到達 時間	継続時間の 半分（4h）	洪水到達 時間	
1	1975/10/7 (S50)	164.4	1.4212		163.5	200.3			○
2	1982/9/10 (S57)	249.7	0.9357		174.4	212.5			○
3	1983/8/15 (S58)	147.4	1.5851		159.6	195.5			○
4	1986/8/3 (S61)	133.0	1.7559		167.1	210.3			○
5	1990/9/29 (H2)	157.4	1.4839		188.9	216.9			○
6	1998/9/15 (H10)	182.1	1.2826		159.4	197.8			○
7	1998/9/23 (H10)	201.2	1.1613		187.8	223.4			○
8	2002/7/9 (H14)	166.2	1.4057		157.4	181.9			○
9	2004/10/8 (H16)	146.7	1.5921		183.0	207.2			○
10	2004/11/11 (H16)	169.2	1.3806		201.6	220.7			○
11	2014/10/5 (H26)	137.5	1.6995		203.3	224.9			○
12	2018/6/20 (H30)	165.8	1.4087		153.0	195.5			○
13	2019/10/11 (R1)	214.1	1.0911		125.7	162.8			○
14	2022/9/23 (R4)	214.7	1.0882		167.1	177.2			○
棄却基準値 【1/500雨量】					210.3	249.4			

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、9時間雨量に対して、1/100 確率規模に 1.1 倍した降雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成した後、流出計算を行った。その結果、基準地点国安におけるピーク流量は 1,014 ~1,783m³/s となった。基準地点国安におけるピーク流量の一覧を表 1.12、洪水ごとのハイドログラフを図 1.14 に示す。

表 1.12 ピーク流量一覧（基準地点国安）

NO	洪水 年月日	実績雨量 9h(mm)	1/100雨量へ の拡大率 【233.6mm】	引き延ばし後の 短時間雨量		短時間雨量 棄却判定		引き延ばし後の流域平均9h雨量(mm)			小流域棄却判定			棄却判定 結果	基本高水ピーク流量国 安地点(m ³ /s)	
				継続時間の 半分 (4h)	洪水到達時間 (6h)	継続時間の 半分 (4h)	洪水到達時間 (6h)	加茂上流域	加茂下流域	牛淵川流域	加茂上流域	加茂下流域	牛淵川流域		1/100雨量	1/100雨量 × 1.1倍雨量
1	1975/10/7	(S50)	164.4	1.4212	163.5	200.3		272.5	233.9	203.8				○	946	1,080
2	1982/9/10	(S57)	249.7	1.0000	174.4	212.5		283.3	254.4	220.0				○	1,523	1,583
3	1983/8/15	(S58)	147.4	1.5852	159.6	195.5		284.1	226.4	204.7				○	1,173	1,305
4	1986/8/3	(S61)	133.0	1.7558	167.1	210.3		273.8	208.0	238.8				○	1,327	1,486
5	1990/9/29	(H2)	157.4	1.4839	188.9	216.9		239.7	233.9	231.7				○	1,232	1,417
6	1998/9/15	(H10)	182.1	1.2826	159.4	197.8		250.0	219.9	240.3				○	944	1,073
7	1998/9/23	(H10)	201.2	1.1612	187.8	223.4		259.6	254.4	184.0				○	1,311	1,482
8	2002/7/9	(H14)	166.2	1.4057	157.4	181.9		240.2	233.0	229.3				○	1,040	1,249
9	2004/10/8	(H16)	146.7	1.5922	183.0	207.2		218.9	243.2	231.4				○	1,173	1,333
10	2004/11/11	(H16)	169.2	1.3806	201.6	220.7		318.0	234.0	167.7				○	1,212	1,382
11	2014/10/5	(H26)	137.5	1.6995	203.3	224.9		260.7	225.7	223.9				○	1,630	1,783
12	2018/6/20	(H30)	165.8	1.4087	153.0	195.5		201.9	245.2	241.8				○	1,096	1,250
13	2019/10/11	(R1)	214.1	1.0911	125.7	162.8		250.1	228.2	233.2				○	1,093	1,206
14	2022/9/23	(R4)	214.7	1.0882	167.1	177.2		232.4	233.3	235.0				○	891	1,014
棄却基準値 【1/500雨量】					210.3	249.4		318.9	283.8	273.3						

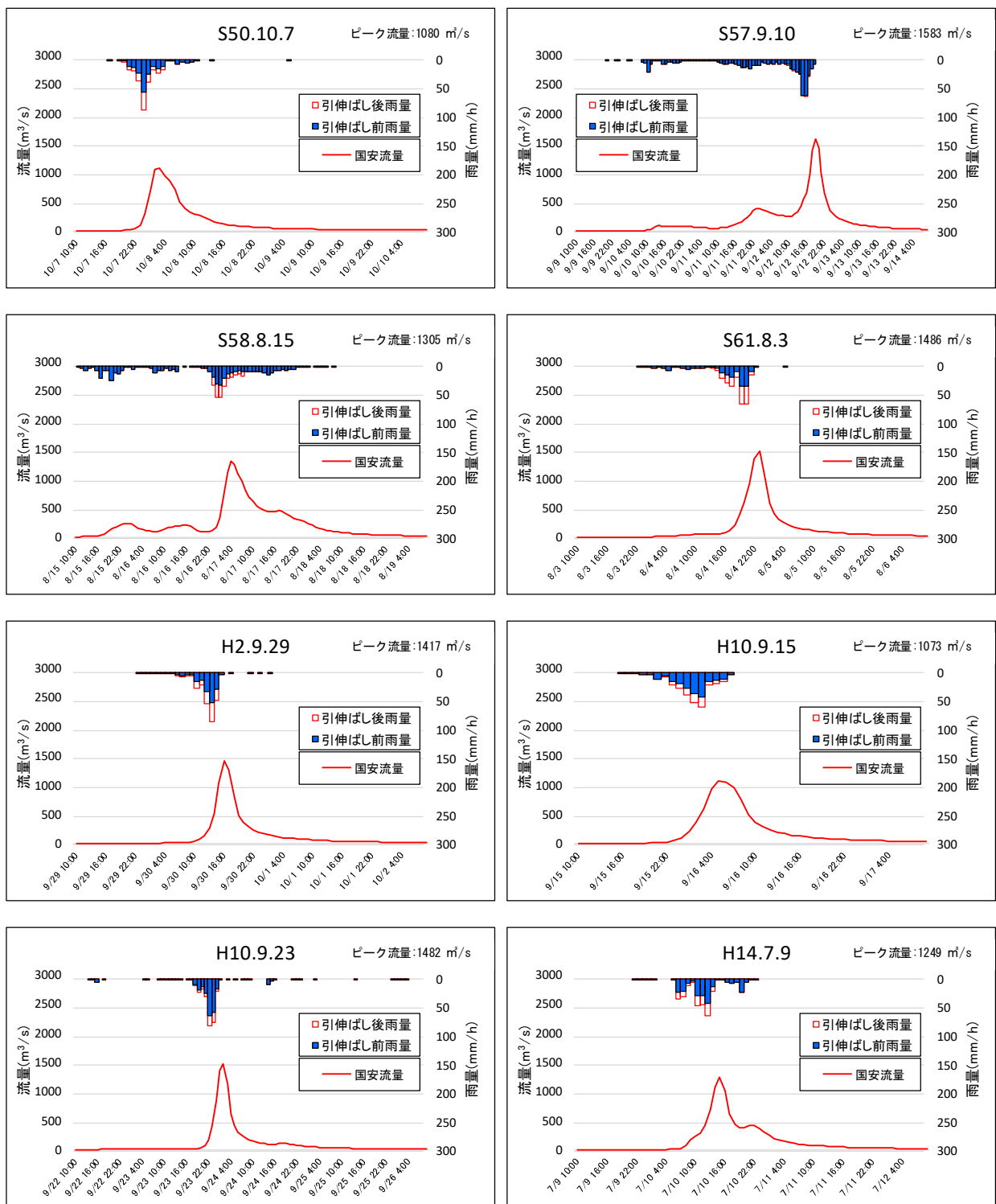


図 1.14 (1) 基本高水ハイドログラフ (基準地点国安)

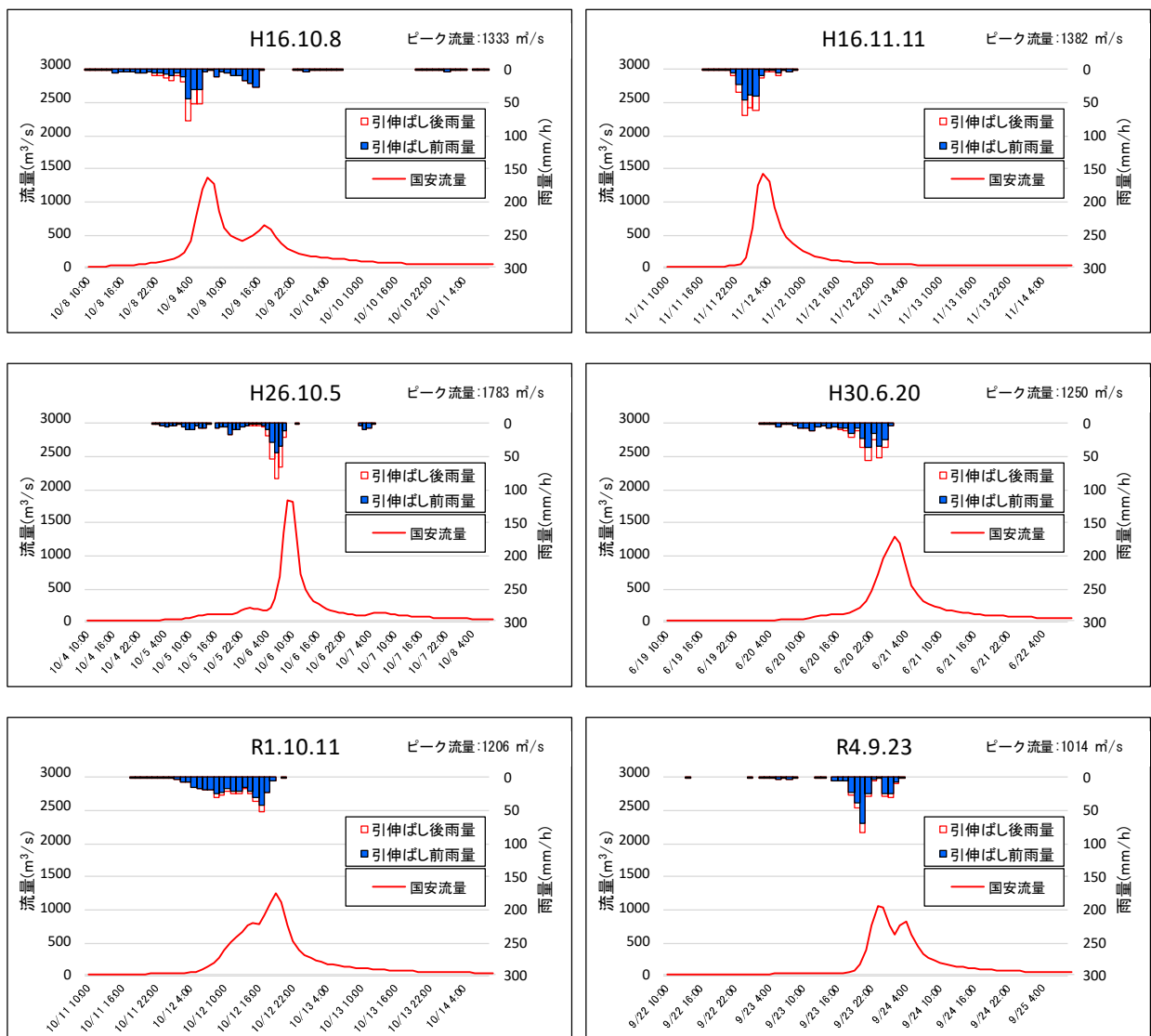


図 1.4 (2) 基本高水ハイドログラフ (基準地点国安)

1.11 アンサンブル予測降雨波形による検討

1.11.1 アンサンブル予測降雨波形による流出計算

4℃上昇のシナリオ RCP8.5 における近未来の気候（2℃上昇時：およそ令和 22 年（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 257mm/9h の近傍（±20%）74 洪水を抽出した。抽出した 74 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年超過確率 1/100 規模の 9 時間雨量 257mm に調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、約 828m³/s～2,207m³/s と推定される。

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

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

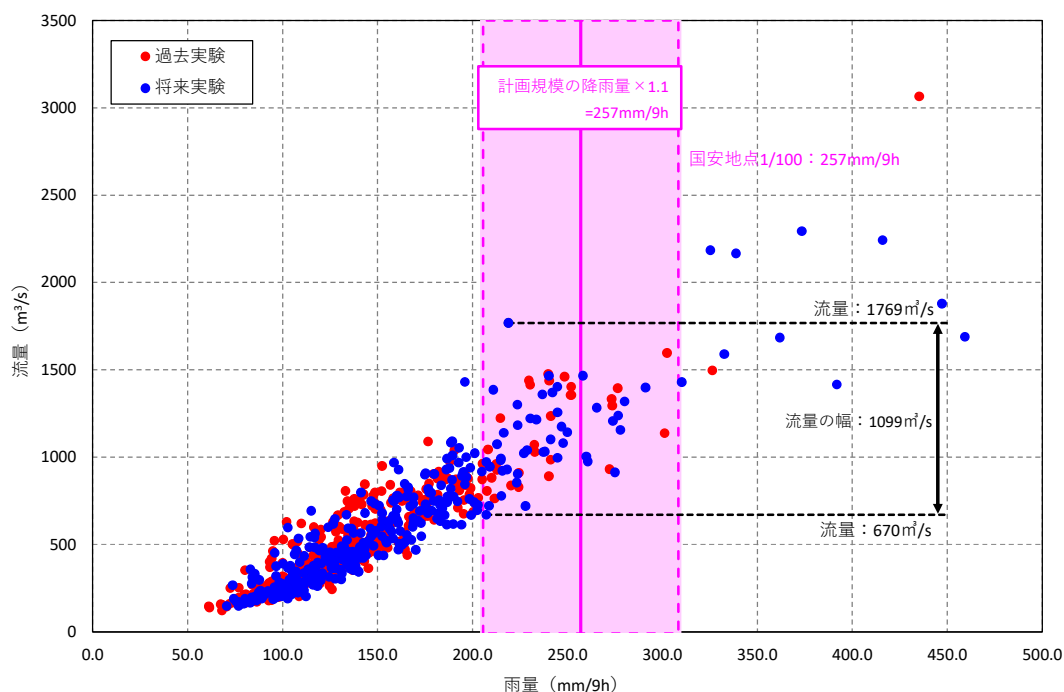


図 1.15 アンサンブル予測降雨波形からの抽出（基準地点国安）

- ・ d2PDF（将来 360 年、現在 360 年）の年最大雨量標本を流出計算
- ・ 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、計画対象降雨の降雨量近傍の洪水を抽出

表 1.13 アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（基準地点国安）

洪水名	国安地点 9時間雨量 (mm/9h)	拡大率	国安地点 流量 (m ³ /s)	洪水名	国安地点 9時間雨量 (mm/9h)	拡大率	国安地点 流量 (m ³ /s)
HPB_m001_1991	208.2	1.234	1,241	HFB_2K_CC_m101_2064	259.9	0.989	991
HPB_m001_2000	232.8	1.104	1,167	HFB_2K_CC_m101_2067	276.7	0.929	1,117
HPB_m001_2003	241.3	1.065	1,338	HFB_2K_CC_m101_2068	223.8	1.148	1,435
HPB_m001_2004	239.9	1.071	1,634	HFB_2K_CC_m101_2077	291.1	0.883	1,209
HPB_m001_2007	212.5	1.209	1,183	HFB_2K_CC_m101_2089	215.7	1.191	1,175
HPB_m002_1981	224.4	1.145	1,047	HFB_2K_CC_m105_2066	208.7	1.231	921
HPB_m003_1994	224.3	1.146	967	HFB_2K_CC_m105_2078	216.5	1.187	1,423
HPB_m003_2003	207.6	1.238	1,022	HFB_2K_CC_m105_2079	244.8	1.050	1,339
HPB_m004_1994	251.6	1.021	1,387	HFB_2K_CC_m105_2082	273.9	0.938	1,125
HPB_m004_2006	273.3	0.940	1,237	HFB_2K_CC_m105_2087	236.8	1.085	1,484
HPB_m005_1984	301.1	0.854	947	HFB_2K_GF_m101_2068	227.1	1.132	1,243
HPB_m005_1998	302.4	0.850	1,309	HFB_2K_GF_m101_2073	260.7	0.986	961
HPB_m006_1994	252.0	1.020	1,438	HFB_2K_GF_m101_2080	280.1	0.918	1,218
HPB_m007_1990	214.6	1.198	1,510	HFB_2K_GF_m101_2084	233.6	1.100	1,409
HPB_m007_1991	248.5	1.034	1,567	HFB_2K_GF_m105_2061	230.4	1.115	1,425
HPB_m007_1996	241.2	1.066	1,052	HFB_2K_GF_m105_2062	213.0	1.207	1,361
HPB_m007_2004	272.1	0.945	863	HFB_2K_GF_m105_2064	218.9	1.174	2,207
HPB_m008_1984	211.6	1.215	1,028	HFB_2K_GF_m105_2067	207.2	1.240	882
HPB_m008_1995	212.8	1.208	1,276	HFB_2K_GF_m105_2084	218.1	1.178	1,092
HPB_m009_1998	240.2	1.070	971	HFB_2K_HA_m101_2088	258.1	0.996	1,460
HPB_m010_1989	273.6	0.939	1,214	HFB_2K_HA_m105_2061	215.2	1.194	1,025
HPB_m010_2000	232.6	1.105	1,232	HFB_2K_HA_m105_2076	209.1	1.229	1,197
HPB_m010_2009	240.4	1.069	1,611	HFB_2K_HA_m105_2081	250.0	1.028	1,186
HPB_m021_2000	276.4	0.930	1,256	HFB_2K_HA_m105_2084	215.0	1.195	1,259
HPB_m022_1983	252.1	1.019	1,383	HFB_2K_HA_m105_2086	209.0	1.230	1,232
HPB_m022_1985	220.3	1.167	1,053	HFB_2K_MI_m101_2069	214.9	1.196	1,284
HPB_m022_1986	229.7	1.119	1,639	HFB_2K_MI_m101_2072	275.0	0.935	828
HPB_m022_1987	210.1	1.223	1,214	HFB_2K_MI_m101_2073	210.9	1.219	1,731
HPB_m022_2006	230.3	1.116	1,601	HFB_2K_MI_m101_2088	241.1	1.066	1,158
				HFB_2K_MI_m105_2074	246.9	1.041	1,241
				HFB_2K_MI_m105_2079	223.7	1.149	1,611
				HFB_2K_MP_m101_2063	223.2	1.151	995
				HFB_2K_MP_m101_2065	265.4	0.968	1,241
				HFB_2K_MP_m101_2068	223.8	1.148	1,064
				HFB_2K_MP_m105_2061	277.8	0.925	1,064
				HFB_2K_MP_m105_2062	238.1	1.079	1,116
				HFB_2K_MP_m105_2065	237.2	1.083	1,136
				HFB_2K_MP_m105_2070	247.7	1.038	1,131
				HFB_2K_MP_m105_2071	242.1	1.062	1,472
				HFB_2K_MP_m105_2077	207.2	1.240	1,322
				HFB_2K_MR_m101_2063	244.6	1.051	1,504
				HFB_2K_MR_m101_2073	227.9	1.128	856
				HFB_2K_MR_m105_2073	240.2	1.070	1,572
				HFB_2K_MR_m105_2075	228.7	1.124	1,178
				HFB_2K_MR_m105_2085	244.7	1.050	1,032

※拡大率：「9時間雨量」と「年超過確率 1/100 雨量×1.1 倍（257mm/9h）」との比較

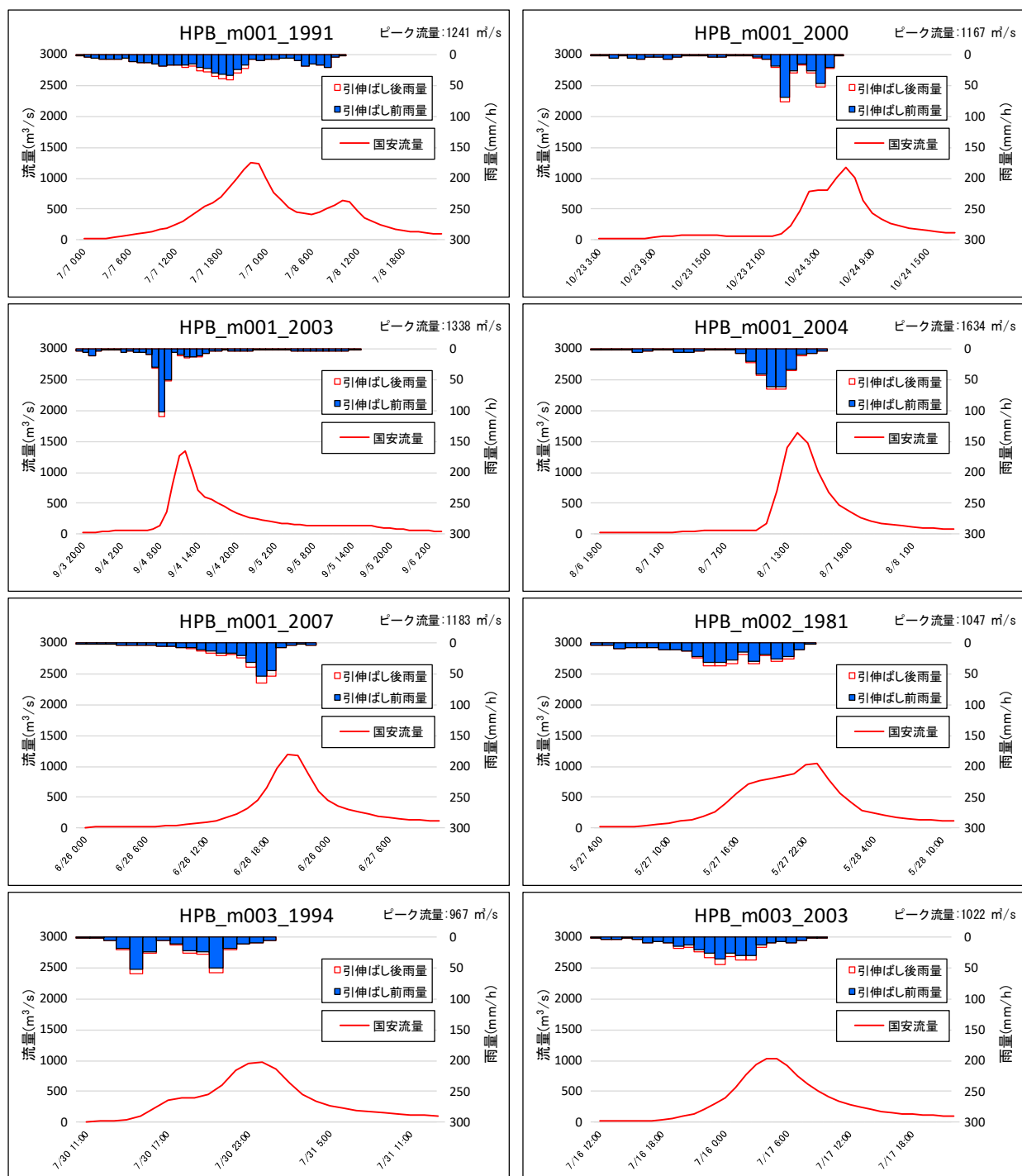


図 1.16 (1) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

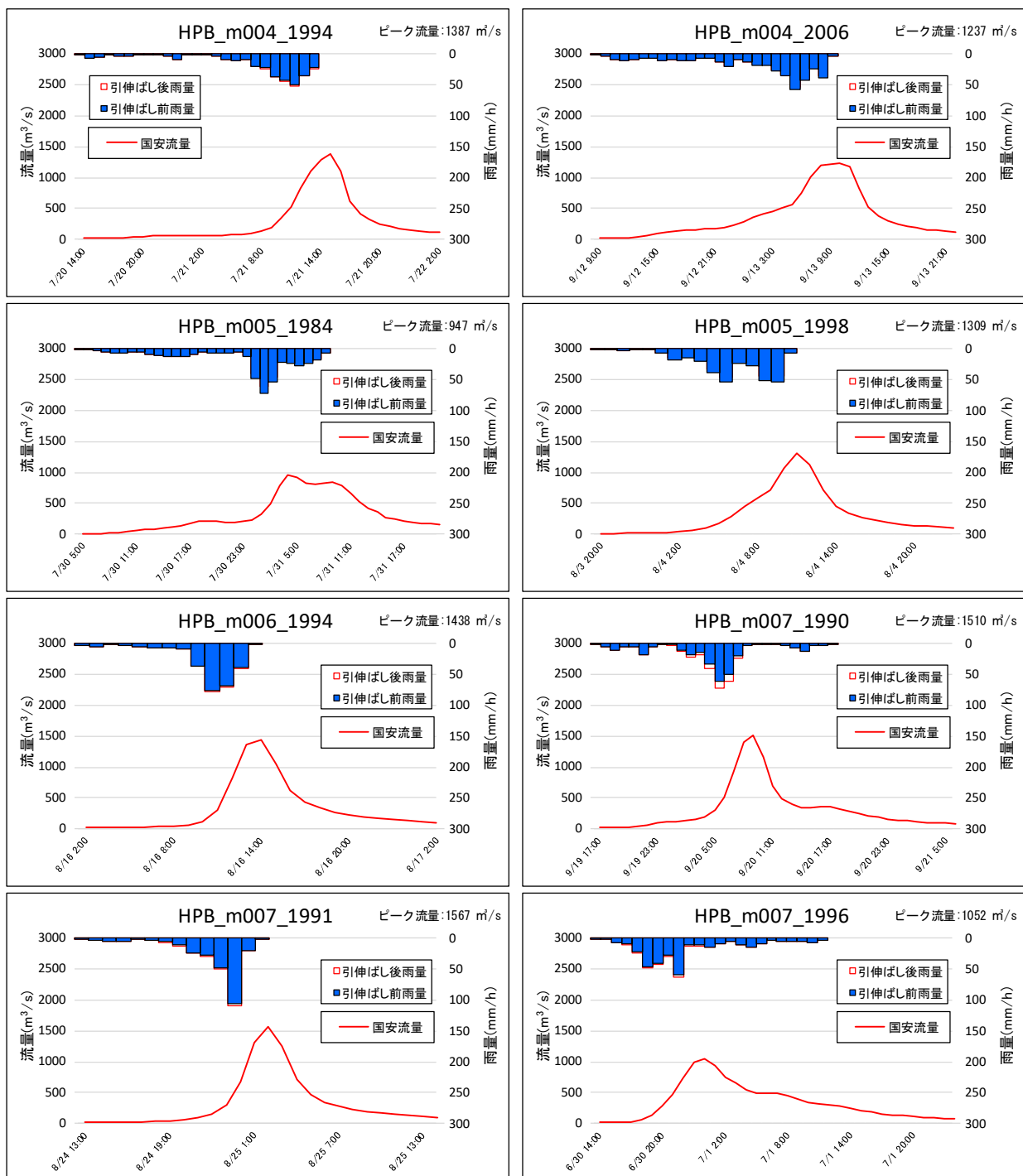


図 1.16 (2) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

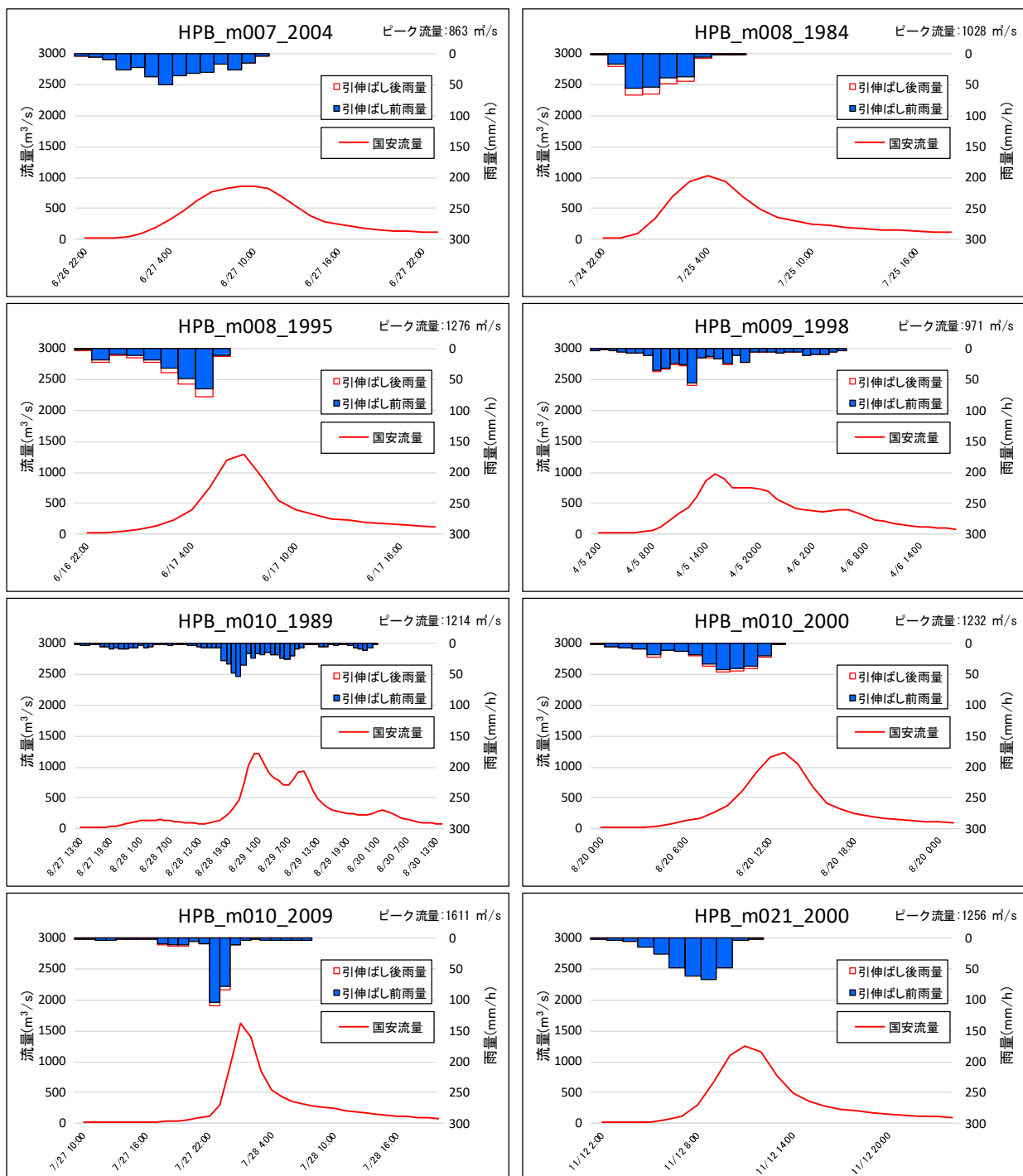


図 1.16 (3) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

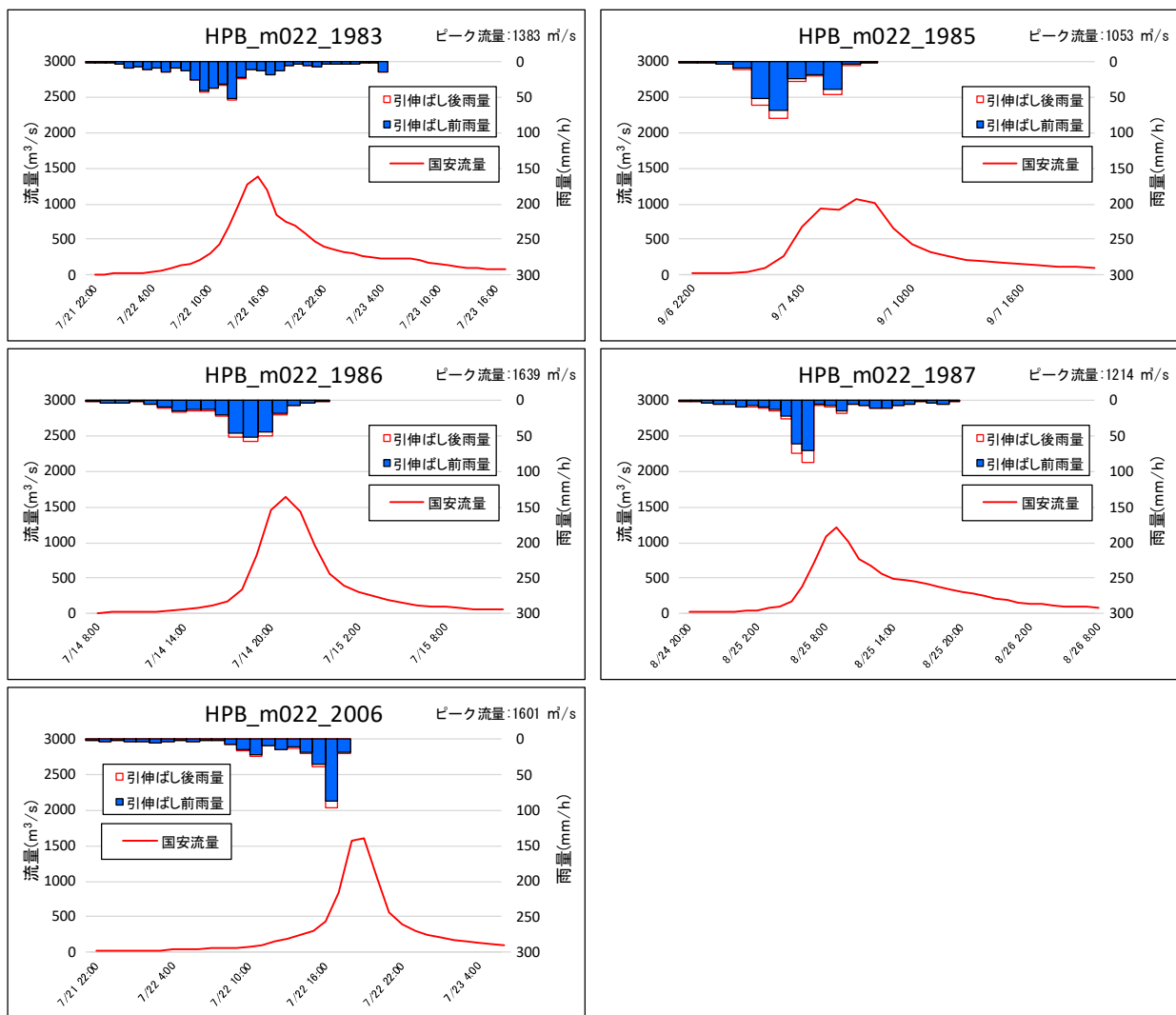


図 1.16 (4) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

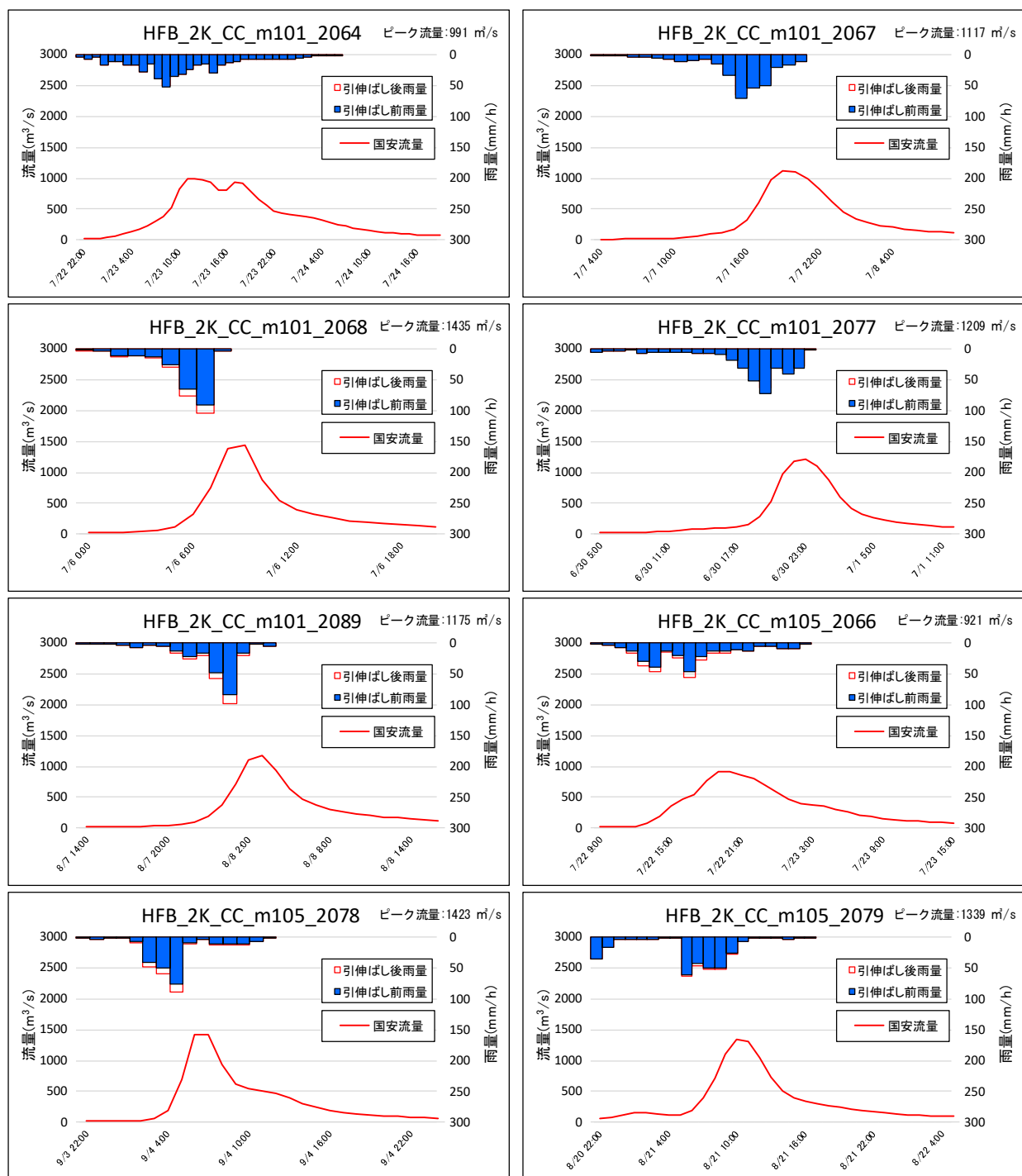


図 1.16 (5) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

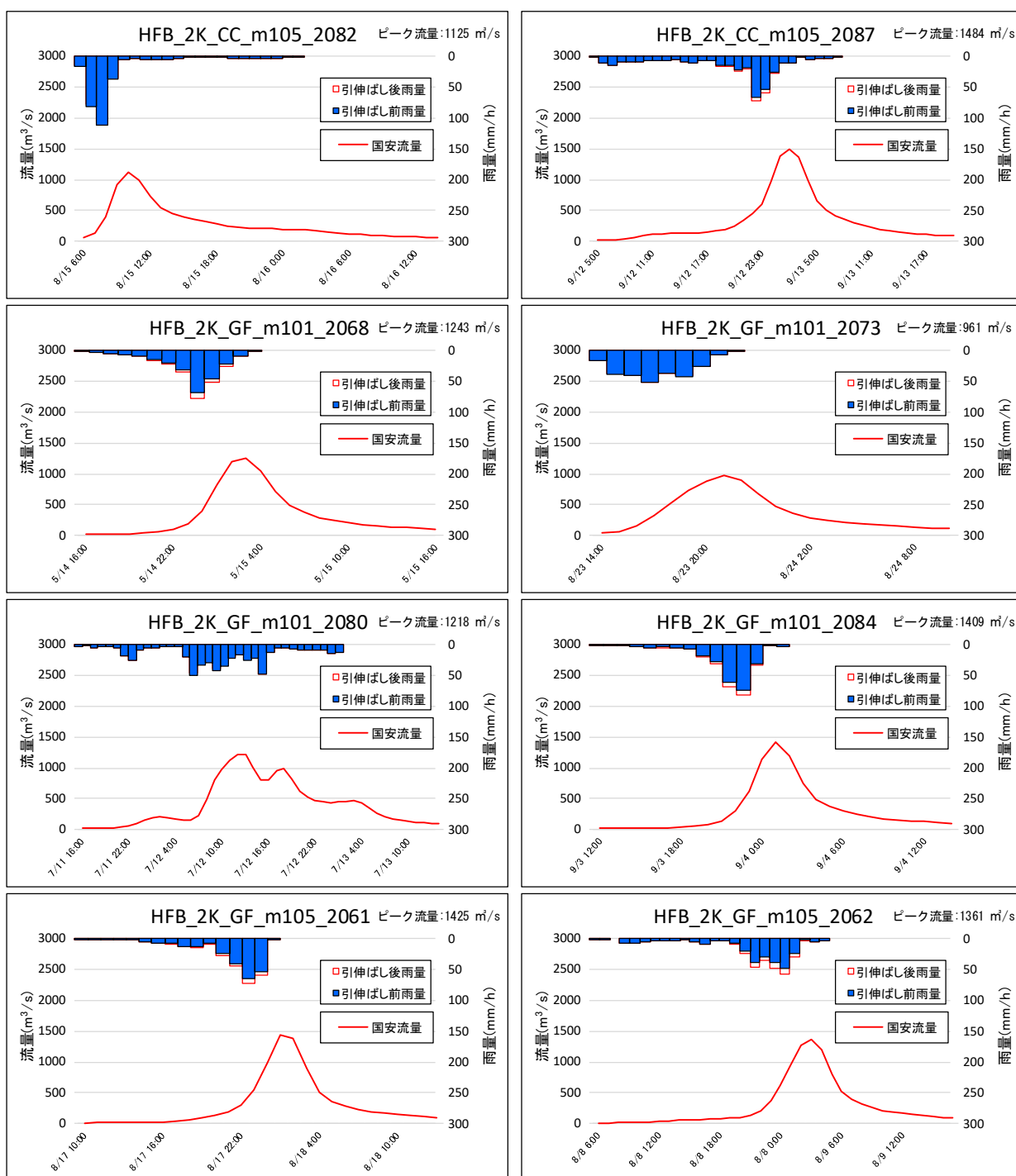


図 1.16 (6) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

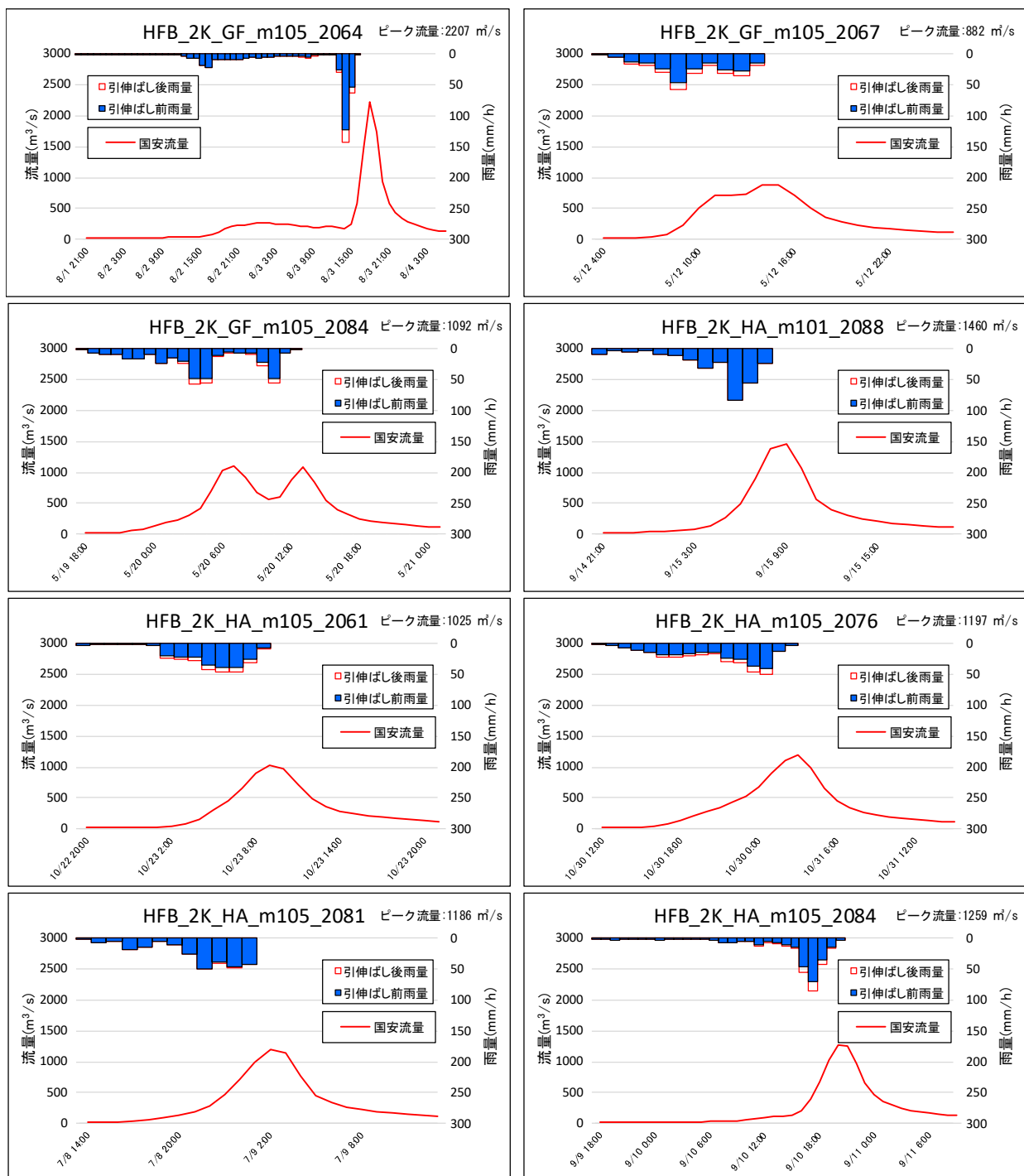


図 1.16 (7) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

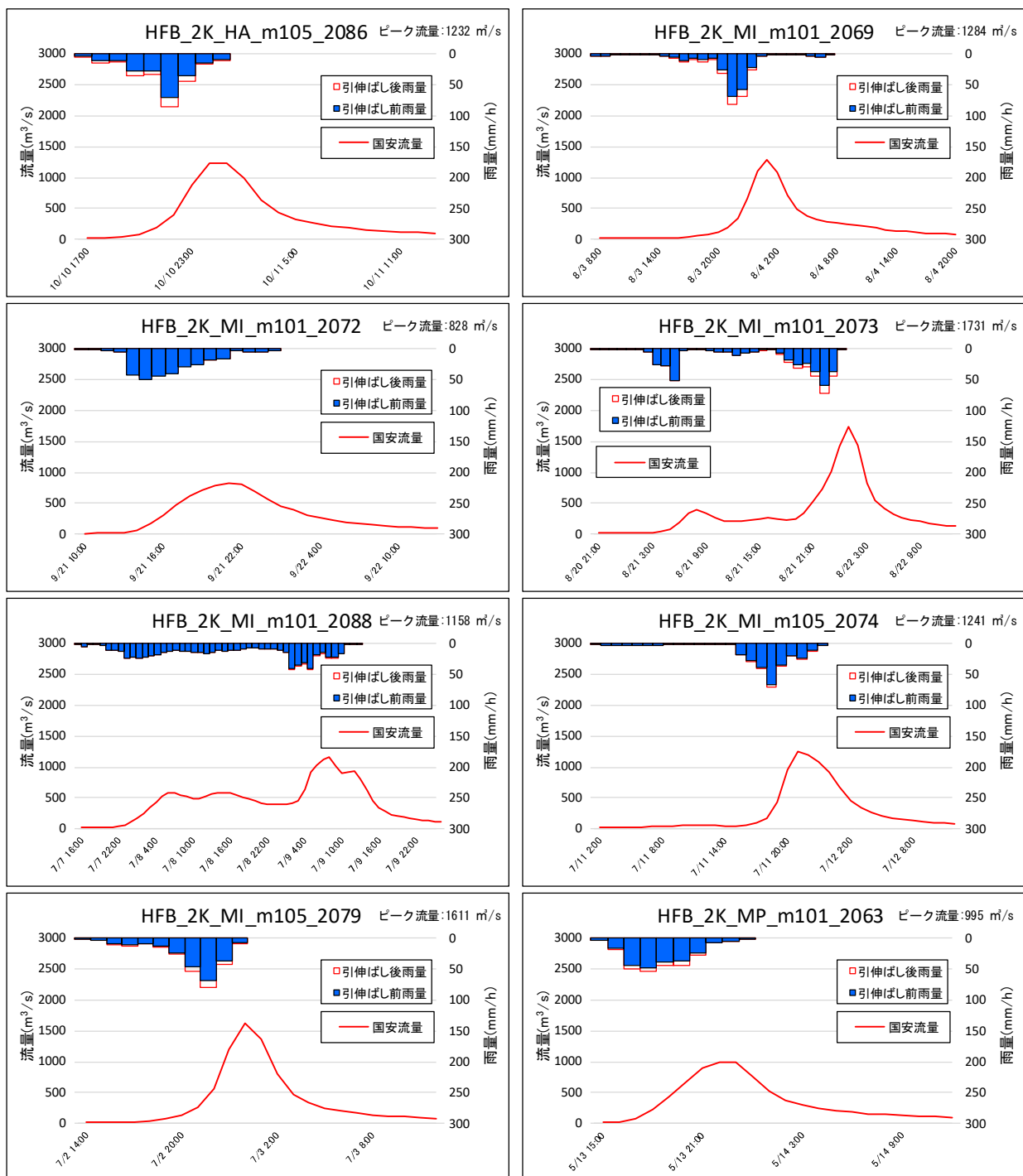


図 1.16 (8) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

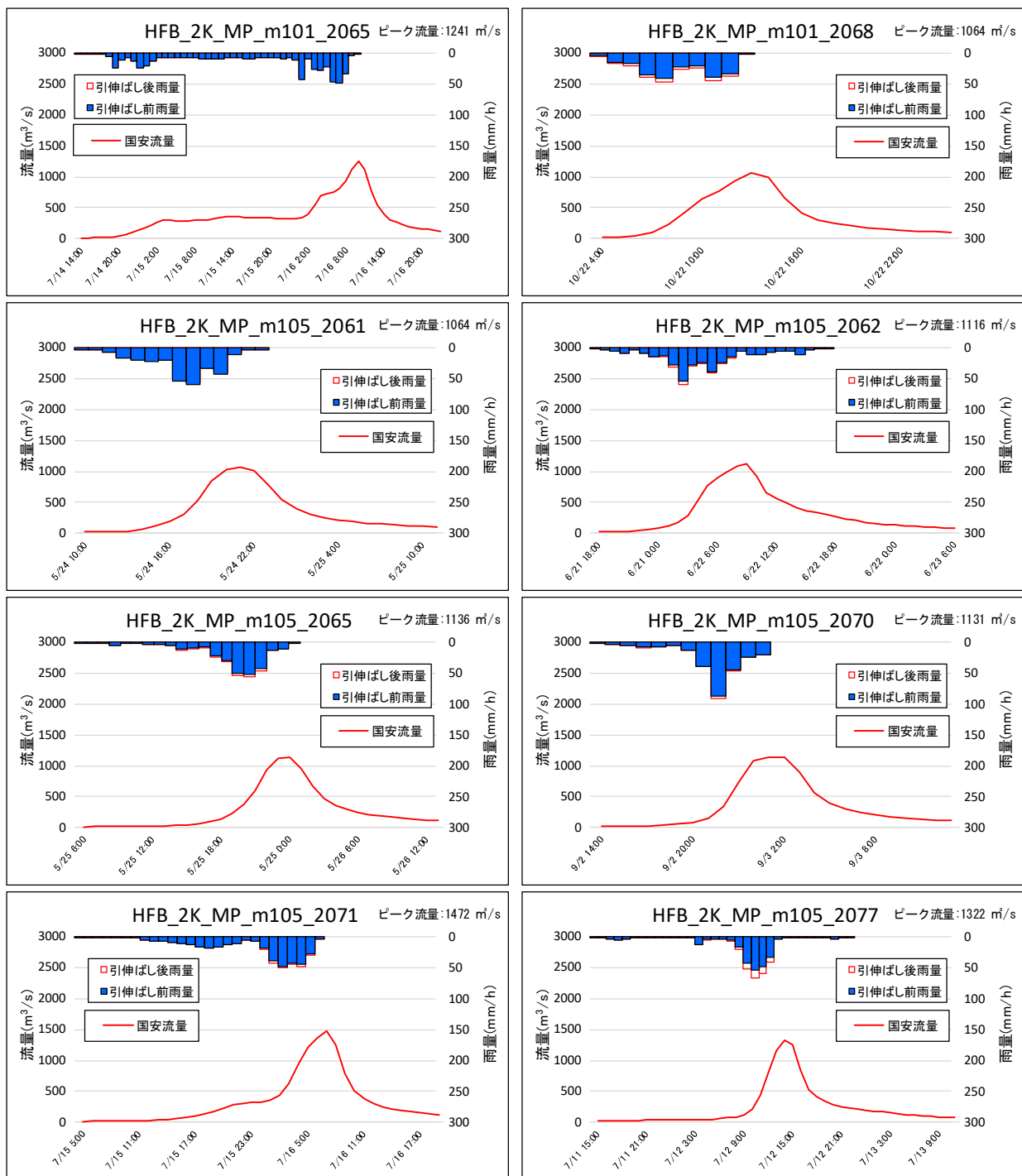


図 1.16 (9) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

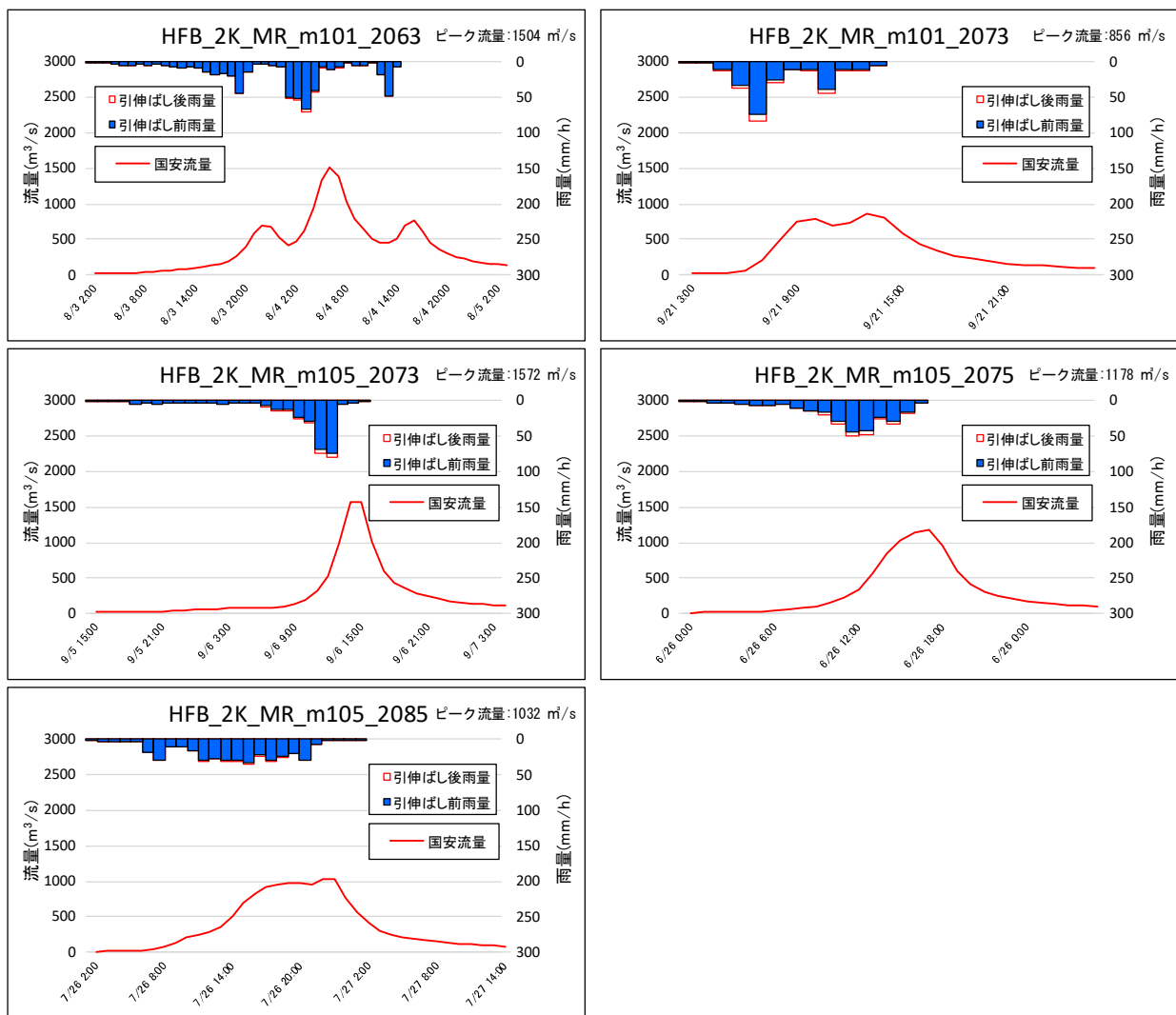


図 1.16 (10) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点国安)

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、菊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 で示したように菊川水系では、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の必要はない。

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、アンサンブル将来予測降雨波形を用いて空間分布のクラスター分析を行い、将来発生頻度が高まるものの計画対象の実績降雨波形に含まれていないクラスターの確認を実施した。

波形パターンの解析にはクラスター分析を用いた。アンサンブル予測から得られた将来予測波形群 360 波形と過去実験波形群 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 3 つのクラスターに分類した。

基準地点国安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 1（均質降雨型）、クラスター 2（牛淵川多雨型）、クラスター 3（加茂上流多雨／牛淵川少雨型）と評価された。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 2（牛淵川多雨型）に該当する 1 波形を対象降雨量近傍から抽出し、気候変動を考慮した年超過確率 1/100 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。

表 1.14 主要洪水のクラスター分析結果

洪水名	基準地点国安上流域		拡大率	国安 ピーク流量 (m^3/s)	クラスター名	備考
	実績雨量 ($\text{mm}/9\text{h}$)	計画雨量 ($\text{mm}/9\text{h}$)				
主要洪水群						
S50.10.7	164.4	257	1.563	1,080	クラスター3	
S57.9.10	249.7	257	1.029	1,583	クラスター3	
S58.8.15	147.4	257	1.744	1,305	クラスター3	
S61.8.3	133.0	257	1.932	1,486	クラスター1	
H2.9.29	157.4	257	1.633	1,417	クラスター1	
H10.9.15	182.1	257	1.411	1,073	クラスター1	
H10.9.23	201.2	257	1.277	1,482	クラスター3	
H14.7.9	166.2	257	1.546	1,249	クラスター1	
H16.10.8	146.7	257	1.752	1,333	クラスター1	
H16.11.11	169.2	257	1.519	1,382	クラスター3	
H26.10.5	137.4	257	1.870	1,783	クラスター3	
H30.6.20	165.8	257	1.550	1,250	クラスター1	
R1.10.11	214.1	257	1.200	1,206	クラスター3	
R4.9.23	214.7	257	1.197	1,014	クラスター1	
アンサンブル降雨波形(計画雨量近傍10洪水)						
HFB_2K_CC_m101_2064	259.9	257	0.989	991	クラスター1	将来 実験
HFB_2K_GF_m101_2073	260.7	257	0.986	961	クラスター1	
HFB_2K_HA_m101_2088	258.1	257	0.996	1,460	クラスター1	
HFB_2K_HA_m105_2081	250.0	257	1.028	1,186	クラスター1	
HFB_2K_MP_m101_2065	265.4	257	0.968	1,241	クラスター1	
HFB_2K_MP_m105_2070	247.7	257	1.038	1,131	クラスター1	
HPB_m004_1994	251.6	257	1.021	1,387	クラスター3	過去 実験
HPB_m006_1994	252.0	257	1.020	1,438	クラスター1	
HPB_m007_1991	248.5	257	1.034	1,567	クラスター3	
HPB_m022_1983	252.1	257	1.019	1,383	クラスター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						
HFB_2K_CC_m105_2079	244.8	257	1.050	1,339	クラスター2	将来実験

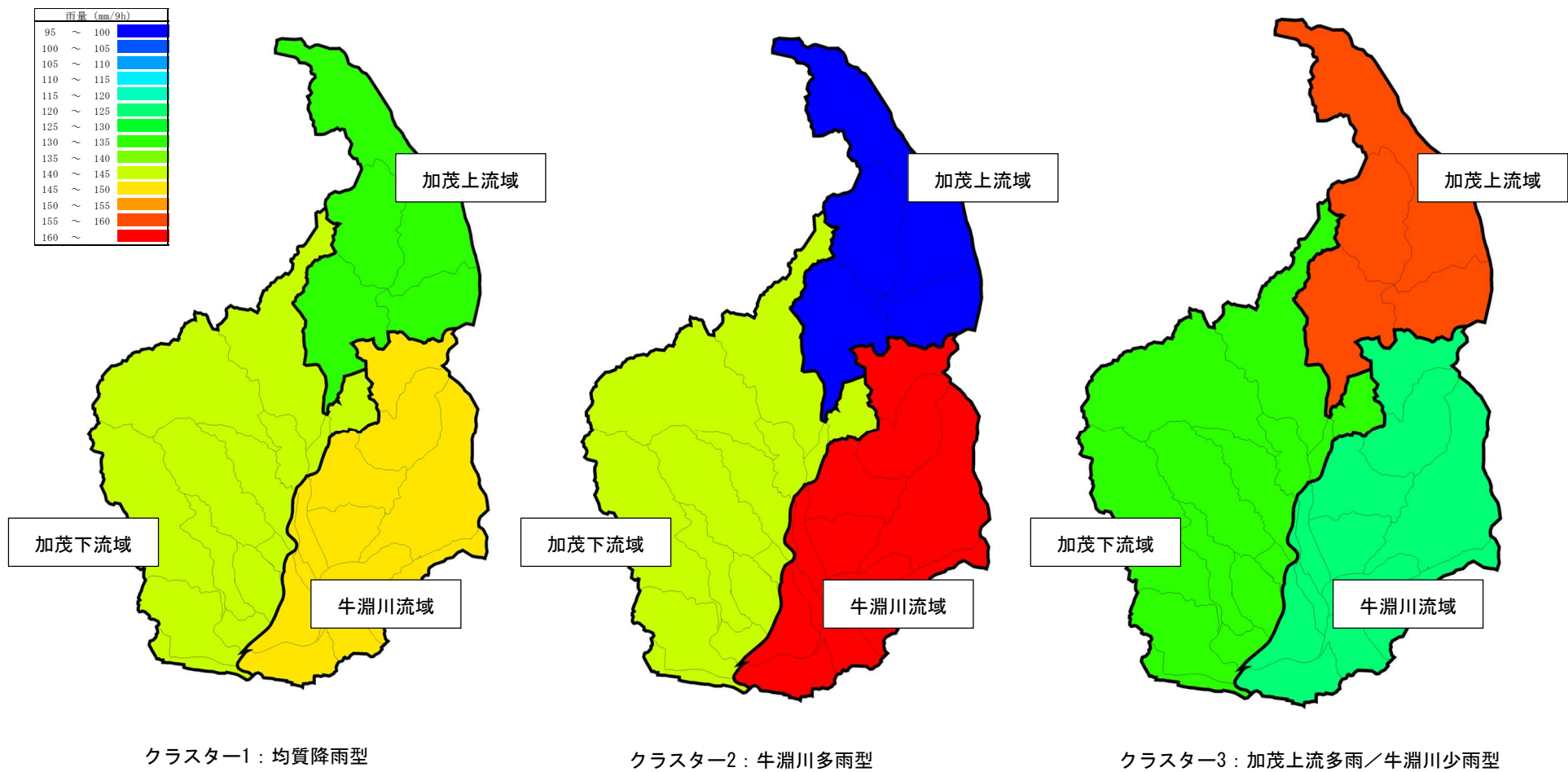


図 1.17 菊川流域アンサンブル予測降雨のクラスター分析結果

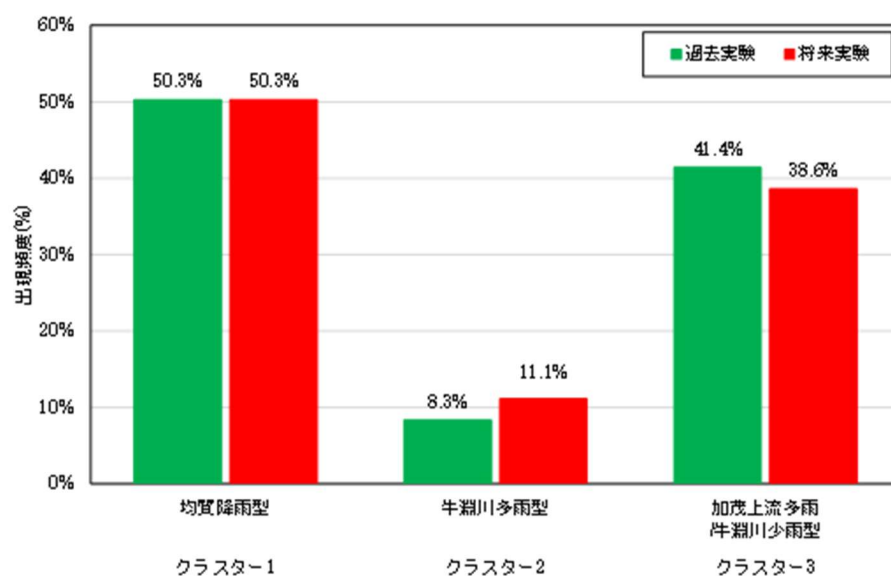


図 1.18 菊川流域のアンサンブル予測降雨の出現頻度（クラスター毎）

1.12 既往洪水からの検討

菊川水系で最も甚大な被害をもたらした昭和 57 年（1982 年）9 月洪水が、平成 10 年（1998 年）9 月洪水の湿潤状態において発生した場合の基準地点国安におけるピーク流量は約 1,430m³/s と推定される。

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°C上昇相当) を想定した将来の降雨量の変化倍率 1.1 倍 (257mm/9h) を考慮して、以下のように様々な手法による検討結果を総合的に判断した結果、雨量データによる確率からの検討により算出された流量のうち、短時間あるいは小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水を除き最大となる流量を基本高水のピーク流量として決定した。

その結果、計画規模 1/100 の菊川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点国安において $1,800\text{m}^3/\text{s}$ と設定する。

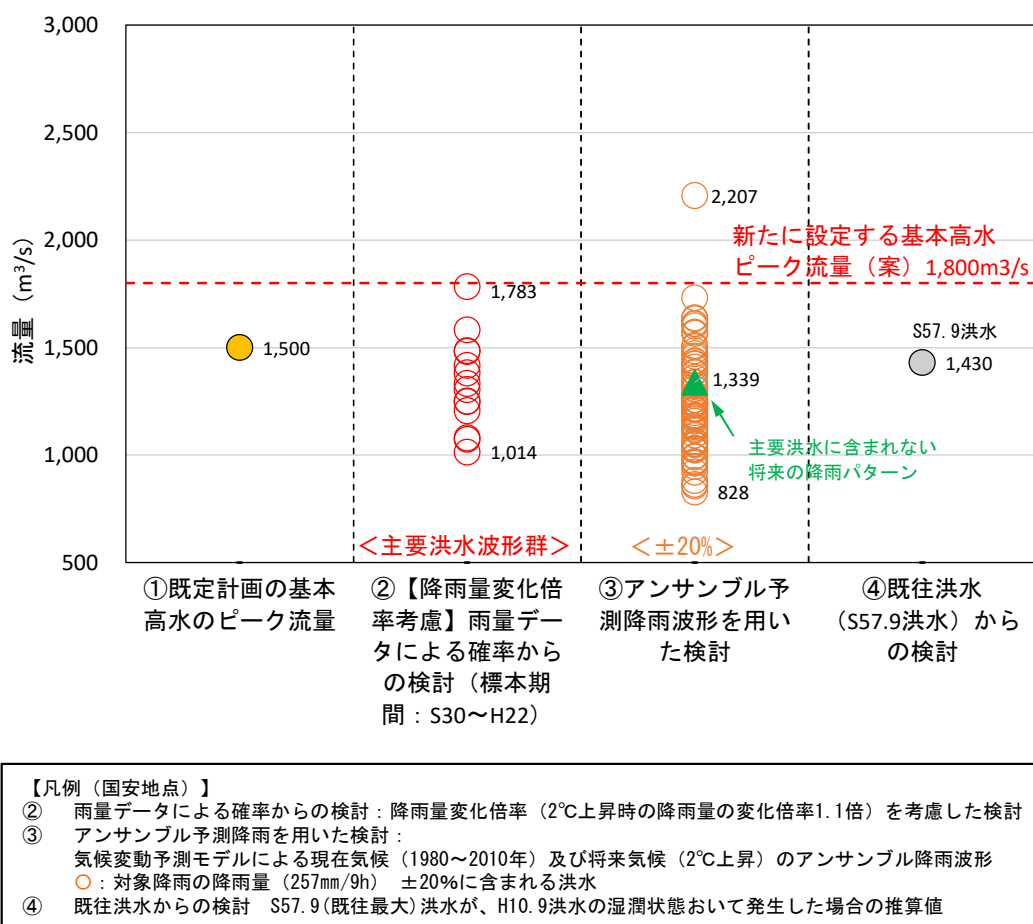


図 1.19 基本高水の設定に係る総合的判断（基準地点国安）

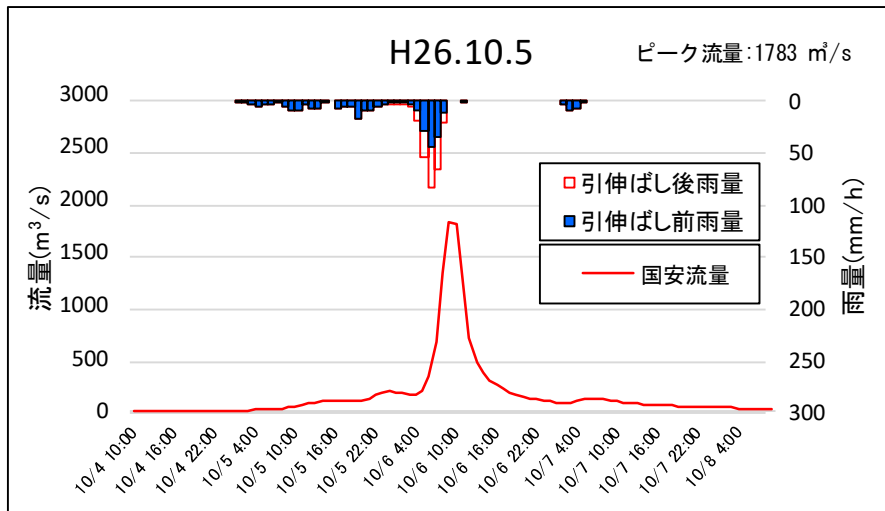


図 1.20 基本高水のピーク流量ハイドログラフ（平成 26 年 10 月洪水）

2. 高水処理計画

菊川水系の既定高水処理計画は、基準地点国安における基本高水のピーク流量の $1,500\text{m}^3/\text{s}$ に対し、全量である $1,500\text{m}^3/\text{s}$ 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、新たに基準地点国安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 $1,500\text{m}^3/\text{s}$ を $1,800\text{m}^3/\text{s}$ 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波形群を用いた。

菊川の河川改修は、既定計画の国安地点 $1,500\text{m}^3/\text{s}$ を目標に実施され、人家の密集地の堤防高はおおむね確保されており、既に橋梁・排水門等、多くの構造物も完成しているため、河道掘削・拡幅による河川環境の変化や将来河道の維持、社会的影響を考慮すると、河道で処理可能な流量は、基準地点国安で $1,700\text{m}^3/\text{s}$ である。これを踏まえて高水処理計画は、新たな貯留・遊水機能の確保、河道拡幅や河道掘削等により対応することとした。

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

3. 計画高水流量

菊川水系の計画高水流量は、菊川上流の加茂地点において $780\text{m}^3/\text{s}$ 、貯留・遊水機能等を踏まえた上で、西方川、上小笠川、下小笠川及び牛淵川からの流入量を合わせ、基準地点国安において $1,700\text{m}^3/\text{s}$ とし、その下流では河口まで同流量とする。

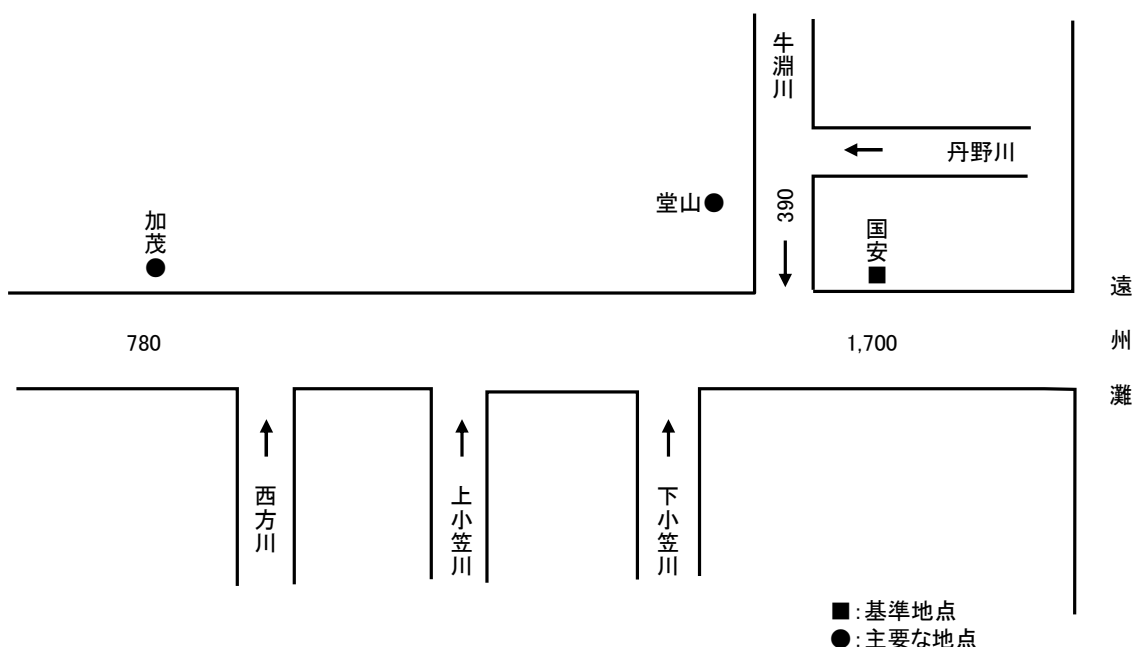


図 3.1 菊川計画高水流量配分図

4. 河道計画

河道計画は、以下の理由により、現況の河道法線の縦断計画を重視し、流下能力の不足する区間については、動植物の生息・生育・繁殖環境等に配慮しながら必要な河積を確保する。

- ① 既定計画の計画高水位に対し、大臣管理区間の堤防は全川の約 9 割が概成（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、沿川市街地の状況を考慮すると避けるべきである。
- 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が完成していることや、計画高水位を上げることは堤内地での内水被害を助長させるため、避けるべきである。

計画縦断図を図 4.1～図 4.5 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と概ねの川幅

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)
菊川	加茂	河口から 11.8	17.49	70
	国安	〃 2.0	3.72	190
牛淵川	堂山	菊川合流点から 3.6	6.31	40

注) T.P.m：東京湾中等潮位

※1 計画高潮位＝御前崎の朔望平均満潮位+伊勢湾台風時の鳥羽最大偏差

4.1 （参考）気候変動の影響による河口出発水位の検討

IPCC のレポートでは、2100 年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、RCP2.6（2℃上昇に相当）で 0.29m～0.59m であり、RCP2.6 シナリオの気候変動による水位上昇の平均値は 0.43m とされている。菊川水系では、河道の水位算定条件として、「維持可能な砂州高+50cm」を河口の出発水位と設定している。

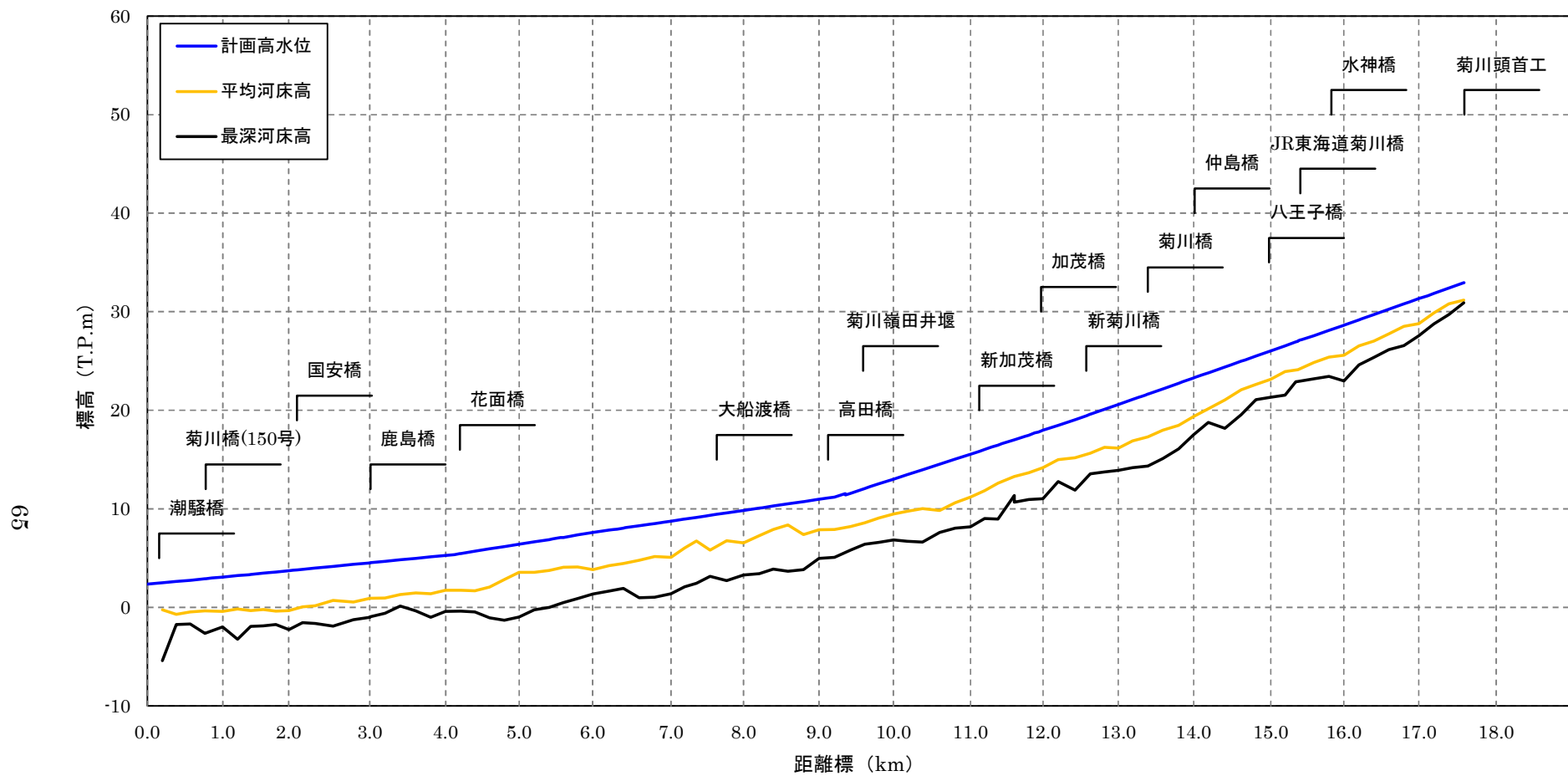
「気候変動による水位上昇の平均値を踏まえた潮位からの出発水位」と「維持可能な砂州高+50cm からの出発水位」を比較した結果、「維持可能な砂州高+50cm からの出発水位」が最高水位であることから、これを出発水位として設定する。

【潮位からの出発水位】：朔望平均満潮位+実績最大偏差+気候変動による海面水位上昇量+密度差

$$T.P.+2.24m \div T.P.+0.889m+0.90m+0.43m+0.022m$$

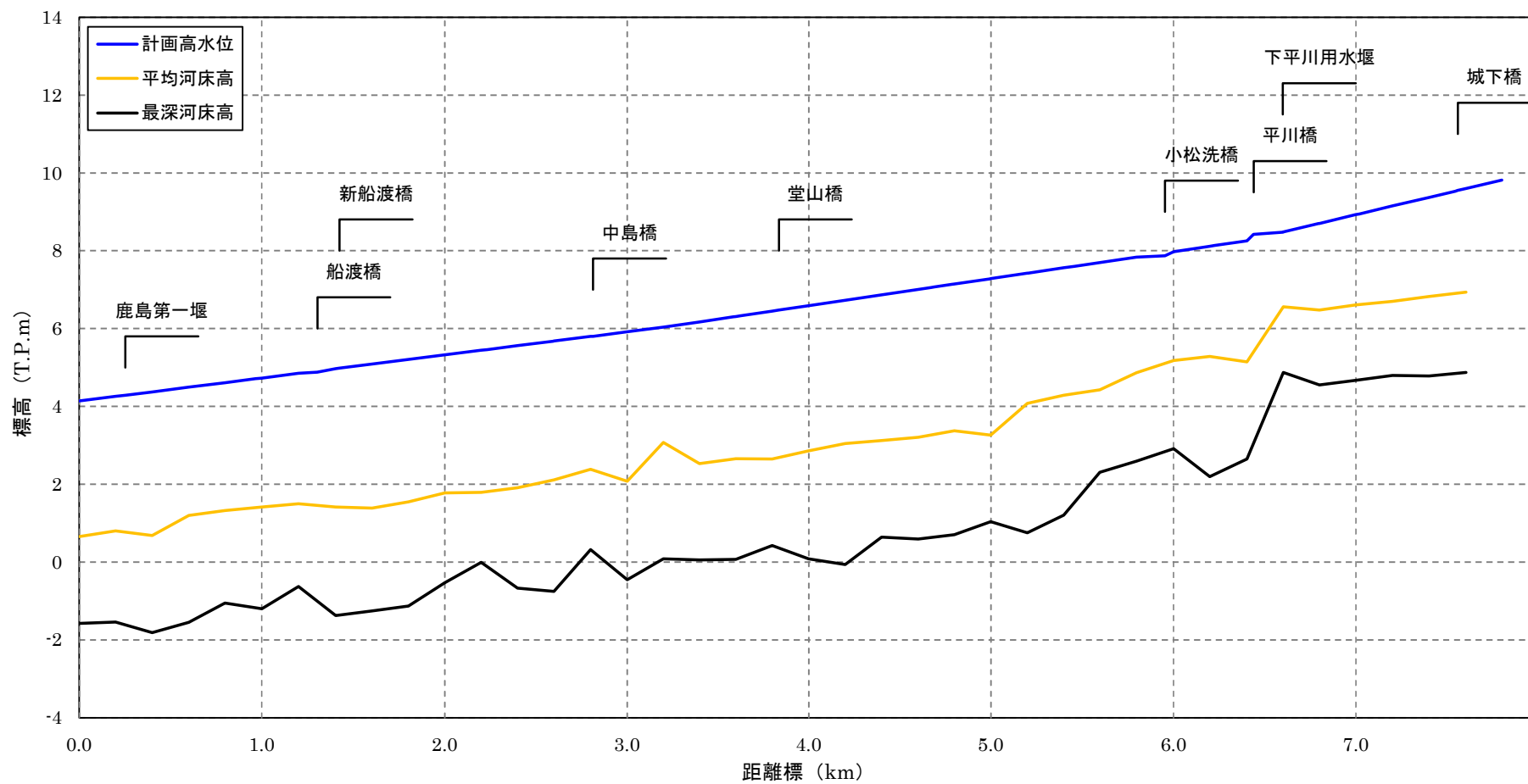
【砂州高からの出発水位】：維持可能な砂州高+50cm

$$T.P.+2.38m \div T.P.+1.88m+0.5m$$



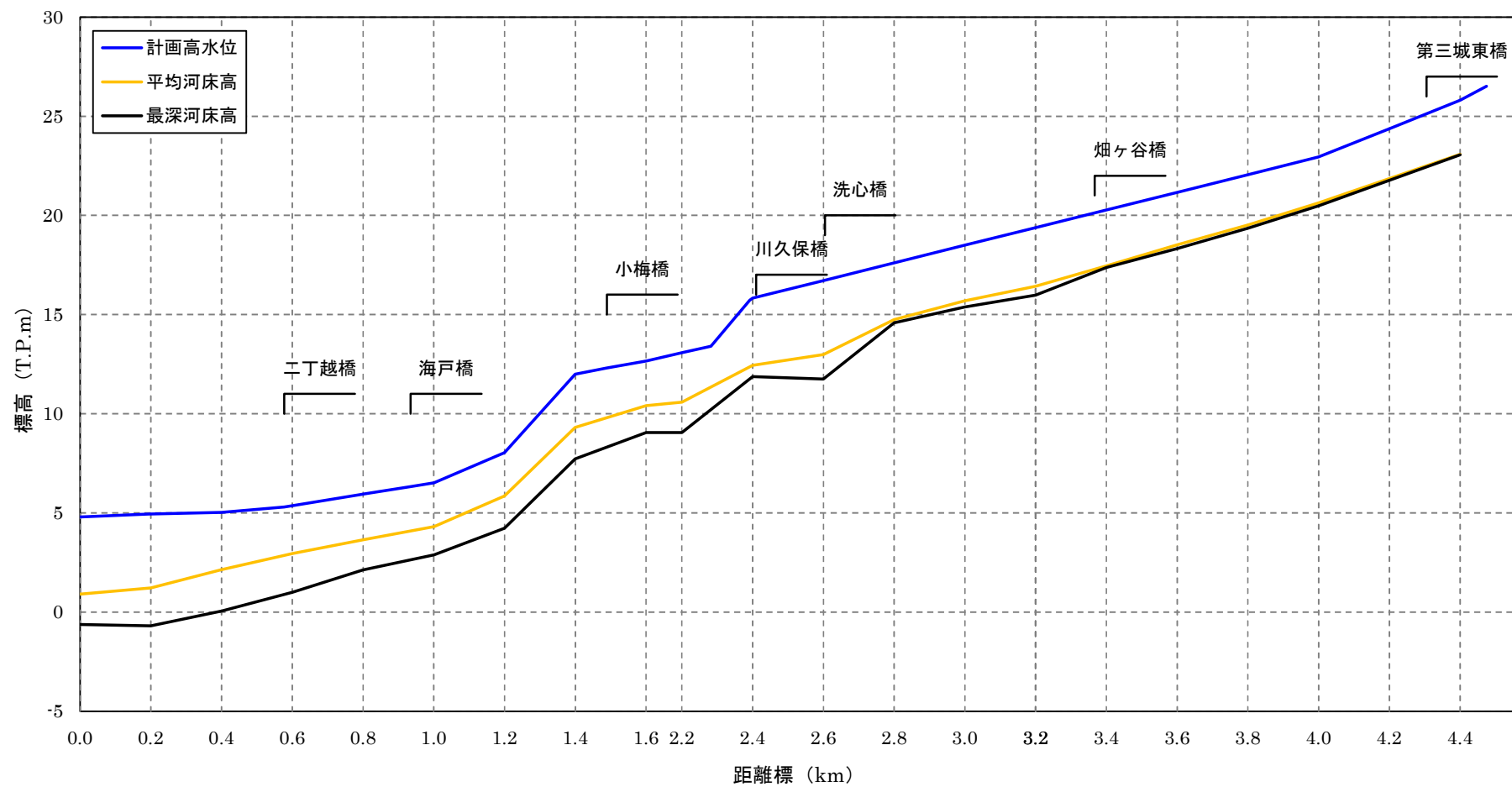
距離標 (km)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
計画高水位 (T.P.m)	2.370	3.070	3.722	4.522	5.270	6.405	7.589	8.760	9.844	10.971	13.012	15.559	17.960	20.590	23.277	26.030	28.644	31.319
平均河床高 (T.P.m)	—	-0.417	-0.326	0.917	1.752	3.577	3.831	5.080	6.539	7.875	9.463	11.198	14.161	16.159	19.375	23.131	25.572	28.798
最深河床高 (T.P.m)	—	-1.977	-2.269	-0.999	-0.395	-0.984	1.348	1.409	3.295	4.977	6.844	8.171	11.041	13.909	17.514	21.323	22.977	27.586

図 4.1 菊川縦断図



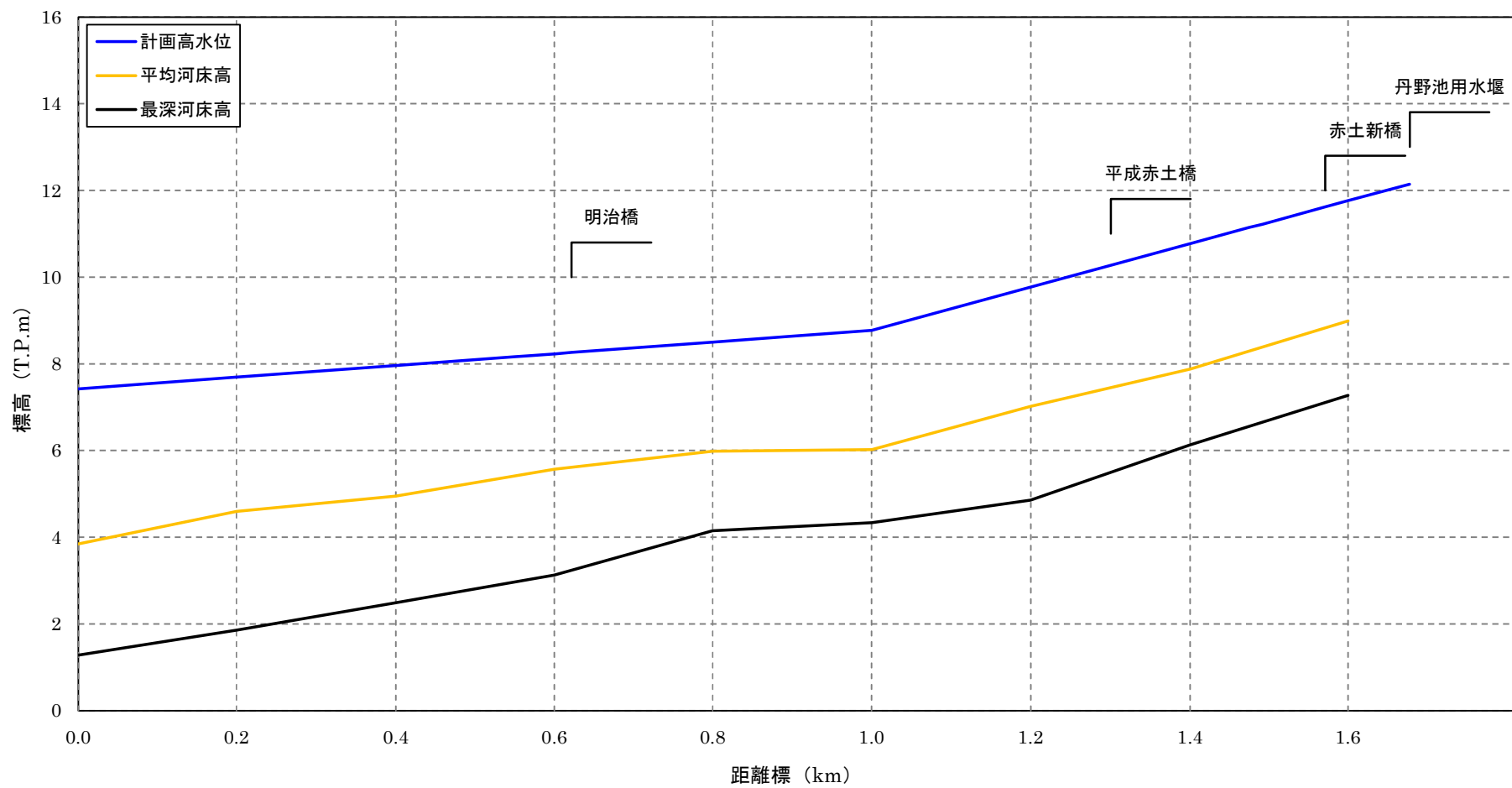
距離標 (km)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
計画高水位 (T. P. m)	4.137	4.730	5.324	5.917	6.588	7.281	7.977	8.924
平均河床高 (T. P. m)	0.649	1.414	1.777	2.075	2.857	3.264	5.180	6.609
最深河床高 (T. P. m)	-1.580	-1.197	-0.528	-0.456	0.078	1.040	2.914	4.673

図 4.2 牛淵川縦断面図



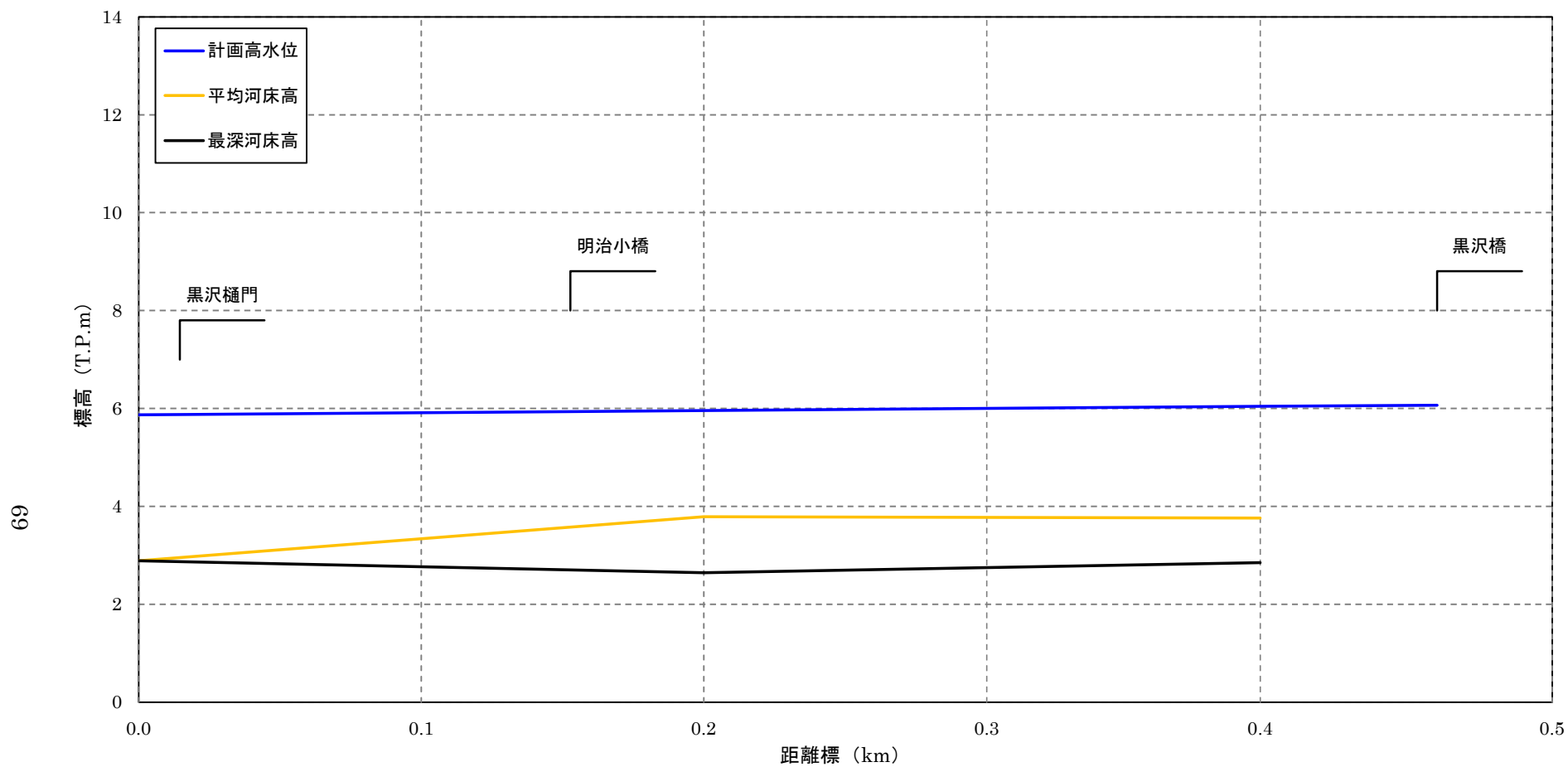
距離標 (km)	0.0	0.6	1.0	1.6	2.2	2.6	3.0	3.4	4.0	4.4
計画高水位 (T.P.m)	4.801	5.372	6.515	12.669	13.074	16.720	18.498	20.275	22.942	25.799
平均河床高 (T.P.m)	0.912	2.955	4.299	10.411	10.594	12.981	15.692	17.456	20.630	23.079
最深河床高 (T.P.m)	-0.620	0.995	2.885	9.051	9.062	11.749	15.377	17.371	20.482	23.047

図 4.3 下小笠川縦断面図



距離標 (km)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
計画高水位 (T.P.m)	7.420	7.689	7.960	8.230	8.499	8.770	9.771	10.775	11.768
平均河床高 (T.P.m)	3.845	4.598	4.947	5.571	5.979	6.019	7.020	7.876	8.987
最深河床高 (T.P.m)	1.276	1.861	2.488	3.131	4.151	4.330	4.855	6.131	7.272

図 4.4 丹野川縦断図



距離標 (km)	0.0	0.2	0.4
計画高水位 (T.P.m)	5.870	5.957	6.042
平均河床高 (T.P.m)	2.886	3.786	3.763
最深河床高 (T.P.m)	2.886	2.643	2.855

図 4.5 黒沢川縦断図

5. 河川管理施設等の整備の状況

菊川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

堤防の整備の現状（令和 6 年（2024 年）3 月現在）は下表のとおりである。

表 5.1 堤防整備の現状

河川名	大臣管理 区間延長 (km)	計画堤防断面	
		延長 (km)	率 (%)
菊川	17.60	30.2	88.2
牛淵川	13.20	22.3	94.6
黒沢川	0.45	0.8	100.0
丹野川	1.60	2.9	100.0
下小笠川	3.92	7.4	97.4
合計	36.77	63.6	92.0

(2) 洪水調節施設

洪水調節施設なし

(3) 排水機揚等

河川管理施設：17m³/s

※大臣管理区間の施設のみ記載

表 5.2 河川管理施設一覧表

排水機揚	水門	排水樋門等	床止め
3	1	59	42

※令和 6 年 3 月時点