天竜川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料

令和５年１２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 2
1.3　河川整備基本方針策定後の状況 3
1.4　基本高水ピーク流量の設定 5
1.5　対象降雨の継続時間の設定 6
1.6　河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定 24
1.7　流出計算モデルの設定 32
1.8　主要降雨波形の設定 47
1.9　対象降雨の地域分布及び時間分布の検討 50
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 60
1.11　アンサンブル予測降雨波形による検討 69
1.12　既往洪水からの検討 87
1.13　総合的判断による基本高水のピーク流量の決定 88
2.　高水処理計画 92
3.　計画高水流量 93
4.　河道計画 94
5.　河川管理施設等の整備の状況 97

1. 基本高水の検討

1.1　工事実施基本計画

昭和 48 年 3 月に改訂された工事実施基本計画（以下、「既定計画」という）では、上流の基準地点・天竜峡、下流の基準地点・鹿島において、基本高水のピーク流量をそれぞれ 5,700m^3/s、19,000m^3/s と定めている。

(1) 計画規模

天竜川水系における流域の重要度及び流域の規模等の状況を勘案し、計画規模を上流部は 1/100、下流部は 1/150 とした。

(2) 計画降雨量

計画降雨継続時間は、実績降雨の継続時間等を考慮して、2 日を採用した。

計画降雨量は、上流部では明治 44 年から昭和 45 年（60 ヶ年）の年最大流域平均 2 日雨量を確率処理し、基準地点天竜峡において 260mm/2 日とした。

下流部では明治 44 年から昭和 43 年（58 ヶ年）の年最大流域平均 2 日雨量を確率処理し、基準地点鹿島において 318mm/2 日とした。

(3) 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）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流出計算モデルを同定した。

(4) 主要洪水における計画降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計画降雨量まで引き伸ばし、同定された流出計算モデルにより流出量を算出した。

(5) 基本高水のピーク流量の決定

流出計算結果から、上流の基準地点天竜峡における基本高水のピーク流量は、計算ピーク流量が最大となる昭和 32 年 6 月降雨パターンを採用して 5,700m^3/s と決定した。

下流の基準地点鹿島における基本高水のピーク流量は、計算ピーク流量が最大となる昭和 43 年 8 月降雨パターンを採用して 19,000m^3/s と決定した。

1.2　河川整備基本方針

平成 9 年の河川法改正を受け、下記に示す手法により天竜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、基準地点の天竜峡の基本高水のピーク流量を 5,700m^3/s、基準地点鹿島の基本高水のピーク流量を 19,000m^3/s とし、平成 20 年（2008 年）7 月に天竜川水系河川整備基本方針を策定した。

(1) 年最大雨量と年最大流量の経年変化

既定計画を改訂した昭和 48 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。

(2) 流量確率評価による検証

昭和 31 年（1956 年）から平成 18 年（2006 年）までの 51 年間の流量データを用いた流量確率から検討した結果、基準地点天竜峡における 1/100 規模の流量は約 4,700～5,900m^3/s、基準地点鹿島における 1/150 規模の流量は約 13,800～19,300m^3/s と推定される。

(3) 雨量確率評価による検証

2 日雨量を基準地点天竜峡 1/100、基準地点鹿島 1/150 規模の雨量に引き伸ばし、流出解析を行った結果、天竜峡地点の流量は約 2,900～8,600m^3/s、鹿島地点の流量は約 9,800～28,300m^3/s と推定される。

(4) 既往洪水による検証

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り流出解析を実施した結果、天竜峡地点では昭和 58 年 9 月の降雨パターンでピーク流量は約 7,200m^3/s と推定される。

(5) 歴史的洪水による検証

宝永 2 年（1705 年）水害における洪水流量の推定を行った結果、鹿島地点での流量は、21,900～26,800m^3/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 20 年（2008 年）7 月に河川整備基本方針（以降、既定計画という）を策定以降、令和 3 年 8 月に計画降雨量（天竜峡 250mm/2 日、鹿島 322mm/2 日）を基準地点天竜峡で上回る洪水が発生している。

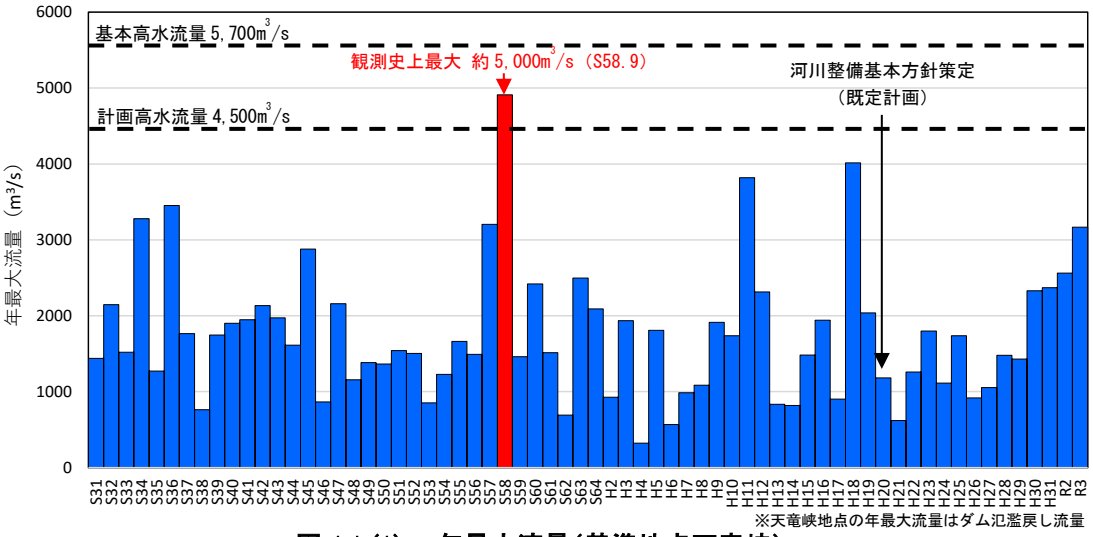


図 1.1 (1)　年最大流量（基準地点天竜峡）

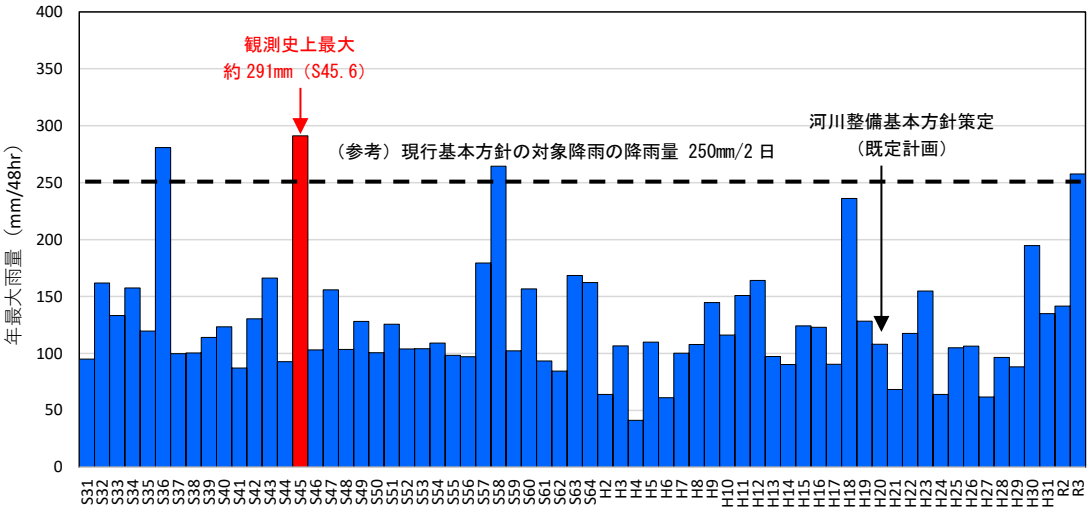


図 1.2 (1)　年最大流域平均雨量（基準地点天竜峡上流域）

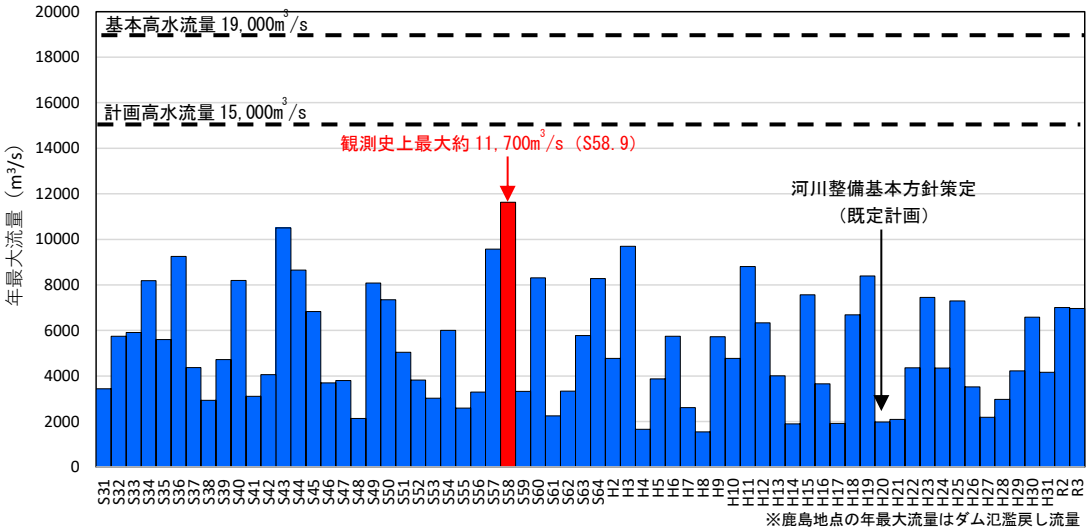


図 1.1 (2)　年最大流量（基準地点鹿島）

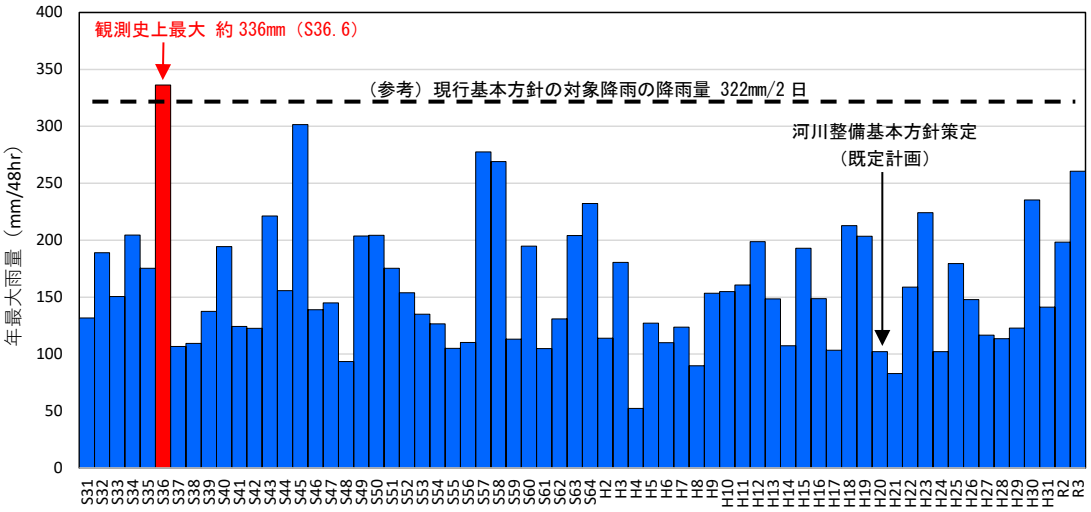


図 1.2 (2)　年最大流域平均雨量（基準地点鹿島上流域）

1.4　基本高水ピーク流量の設定

1.4.1　基本高水のピーク流量設定の考え方

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

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

について検討を実施し、総合的に判断した上で基本高水のピーク流量を設定する。

1.4.2　計画規模の設定

天竜川においては、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を踏まえ、既定計画を踏襲することとした。

＜計画規模＞
基準地点天竜峡：1/100
基準地点鹿島　：1/150

1.5　対象降雨の継続時間の設定

1.5.1　対象降雨の継続時間の考え方

天竜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ピーク流量と短時間雨量との相関関係、③強い強度の継続時間を整理し、設定した。

1.5.2　洪水到達時間

洪水到達時間は、①Kinematic Wave 法に基づく式、②角屋の式を用いて算定した。

①、②の対象洪水は、過去洪水（昭和 31 年（1956 年）～令和 3 年（2021 年））のうち、基準地点天竜峡における実績流量※の上位 20 洪水と、基準地点鹿島における実績流量の上位 20 洪水とした。

※天竜峡地点には流量観測所が存在しないため、流出計算により算出した再現計算流量を用いた。

(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。図 1.3 に示すように、実績のハイエトグラフとハイドログラフを用いて、ピーク流量生起時刻以前の雨量が、ピーク流量生起時刻（t_p）の雨量と同じになる時刻（τ_p）を確認し、$T_p = t_p - \tau_p$の式により洪水到達時間を推定する。

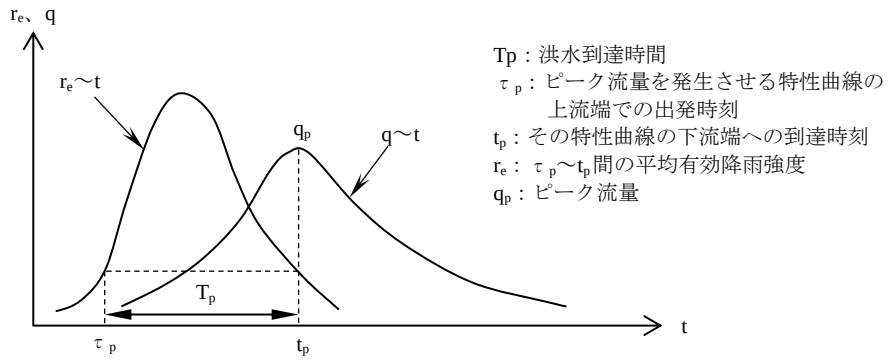


図 1.3　Kinematic Wave 法の概念図

Kinematic Wave 法による洪水到達時間は、天竜峡地点で 8～25 時間、平均 15 時間、鹿島地点で 14～43 時間、平均 23 時間となった。なお、表 1.1 の■塗りは、流量ピーク時の流域平均雨量が 0.5mm 以下の洪水であり、到達時間が極めて長くなるため、参考値として扱い、洪水到達時間の評価からは除外するものとした。

表 1.1 (1)　Kinematic Wave 法による洪水到達時間の算定結果（基準地点天竜峡）

No	年月日	流量ピーク発生時刻	流量ピーク発生時刻雨量（mm）	出発時刻	到達時間（hr）
		tp	r_{tp}	τp	Tp＝tp－τp
1	S32.6.28	6/28 5:00	4.6	6/27 12:00	17
2	S34.8.14	8/14 14:00	0.0	8/13 17:00	21
3	S36.6.28	6/28 8:00	0.3	6/27 0:00	32
4	S43.8.29	8/30 0:00	0.3	8/29 9:00	15
5	S45.6.16	6/16 8:00	4.1	6/15 21:00	11
6	S57.8.2	8/2 5:00	3.1	8/1 14:00	15
7	S57.9.12	9/13 0:00	0.3	9/11 10:00	38
8	S58.5.17	5/17 1:00	4.5	5/16 17:00	8
9	S58.9.28	9/29 0:00	0.5	9/27 2:00	46
10	S60.7.1	7/1 6:00	0.2	6/29 17:00	37
11	S63.9.25	9/25 20:00	0.5	9/24 5:00	39
12	H1.9.3	9/3 22:00	0.2	9/2 22:00	24
13	H3.9.19	9/19 16:00	0.0	9/18 17:00	23
14	H11.6.29	6/29 2:00	12.4	6/28 9:00	17
15	H18.7.19	7/19 11:00	3.5	7/18 10:00	25
16	H19.7.15	7/15 8:00	2.1	7/14 8:00	24
17	H30.7.6	7/6 6:00	2.4	7/5 20:00	10
18	H30.10.1	10/1 5:00	0.3	9/30 11:00	18
19	R2.7.8	7/8 12:00	0.0	7/8 0:00	12
20	R3.8.15	8/15 9:00	5.4	8/14 21:00	12
				最大値	25
				平均値	15
				最小値	8

■：ピーク流量時の雨量が0.5mm以下は参考値

表 1.1 (2)　Kinematic Wave 法による洪水到達時間の算定結果（基準地点鹿島）

No	年月日	流量ピーク発生時刻	流量ピーク発生時刻雨量（mm）	出発時刻	到達時間（hr）
		tp	r_{tp}	τp	Tp＝tp－τp
1	S36.6.28	6/28 10:00	1.3	6/27 3:00	31
2	S40.9.18	9/18 4:00	0.0	9/16 20:00	32
3	S43.8.30	8/30 1:00	0.1	8/27 9:00	64
4	S44.8.5	8/5 9:00	1.4	8/4 18:00	15
5	S45.6.16	6/16 13:00	3.6	6/14 18:00	43
6	S49.7.8	7/8 3:00	2.0	7/7 9:00	18
7	S50.8.23	8/23 16:00	2.5	8/22 14:00	26
8	S57.8.3	8/3 16:00	3.7	8/2 23:00	17
9	S58.9.29	9/29 3:00	0.1	9/26 16:00	59
10	S60.7.1	7/1 6:00	0.2	6/29 16:00	38
11	H1.9.3	9/3 22:00	1.5	9/2 22:00	24
12	H3.9.19	9/19 17:00	0.0	9/18 9:00	32
13	H11.6.30	6/30 14:00	0.0	6/28 8:00	54
14	H15.8.9	8/9 15:00	4.3	8/9 1:00	14
15	H18.7.19	7/19 17:00	0.0	7/17 22:00	43
16	H19.7.15	7/15 11:00	0.1	7/13 23:00	36
17	H23.9.21	9/21 19:00	0.2	9/19 20:00	47
18	H30.10.1	10/1 5:00	0.2	9/30 7:00	22
19	R2.7.7	7/7 2:00	2.8	7/6 7:00	19
20	R3.8.18	8/18 12:00	0.2	8/17 5:00	31
				最大値	43
				平均値	23
				最小値	14

■：ピーク流量時の雨量が0.5mm以下は参考値

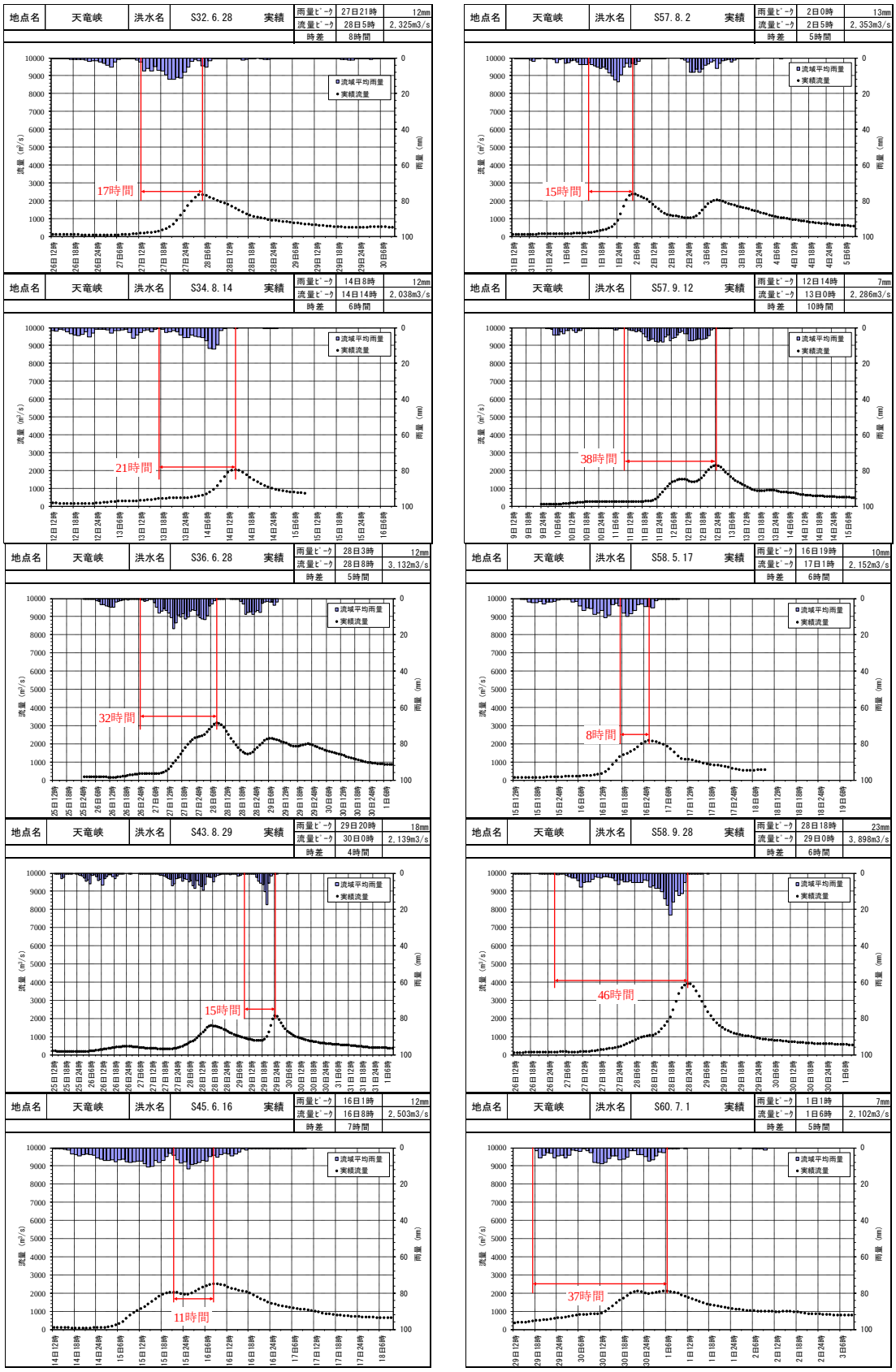


図 1.4 (1)　Kinematic Wave 法による洪水到達時間（基準地点天竜峡）

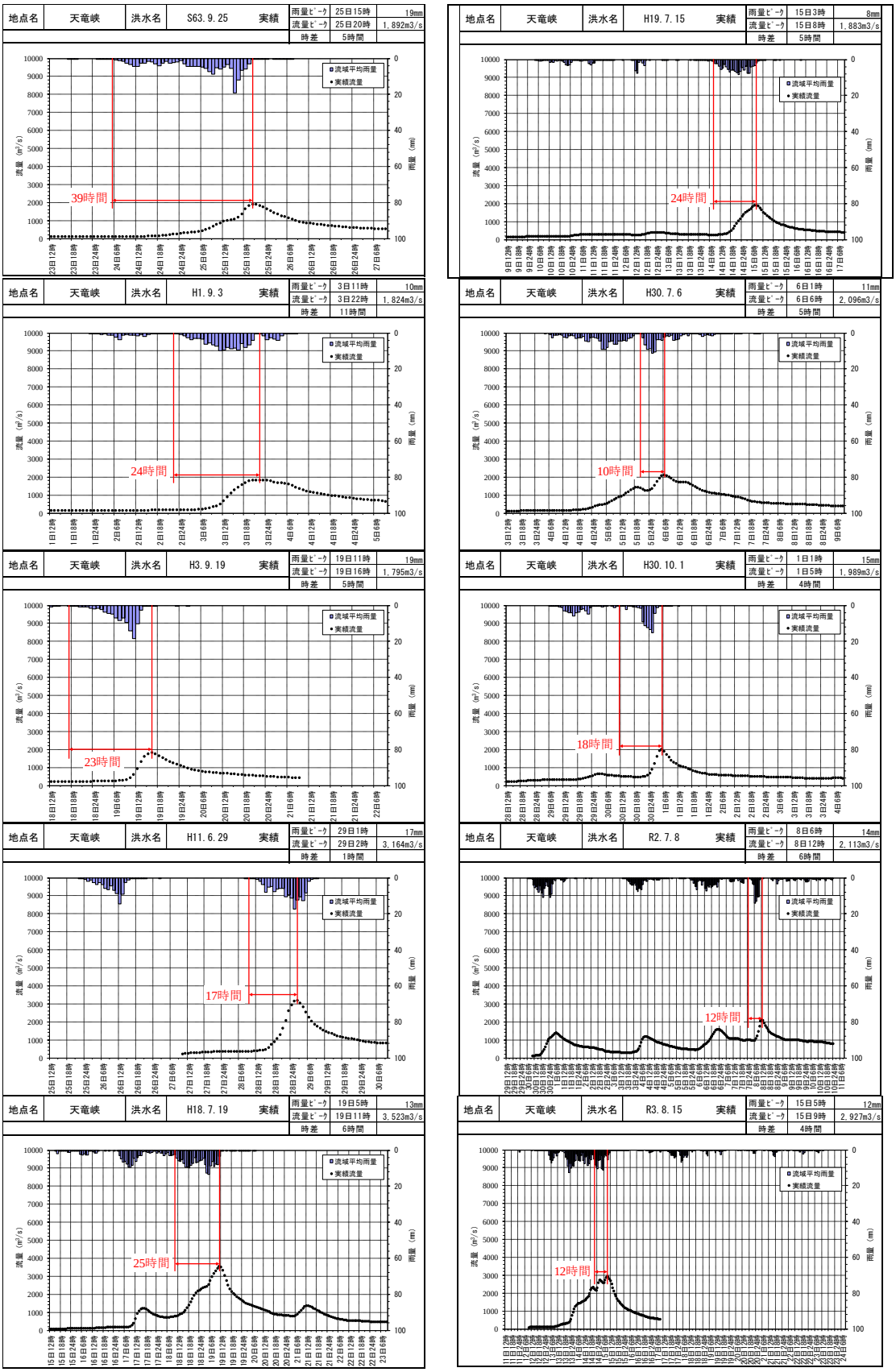


図 1.4 (2)　Kinematic Wave 法による洪水到達時間（基準地点天竜峡）

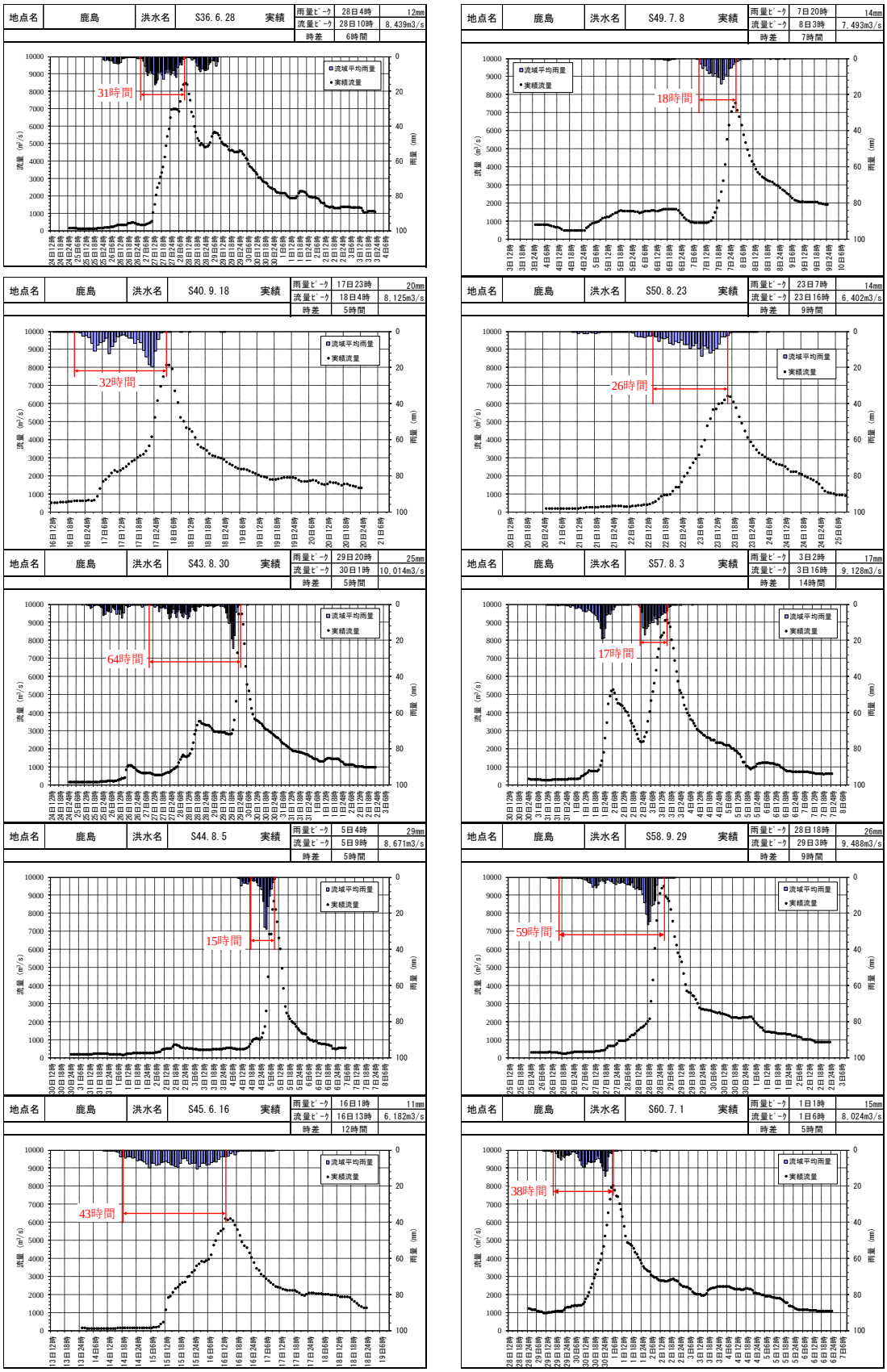


図 1.4 (3)　Kinematic Wave 法による洪水到達時間（基準地点鹿島）

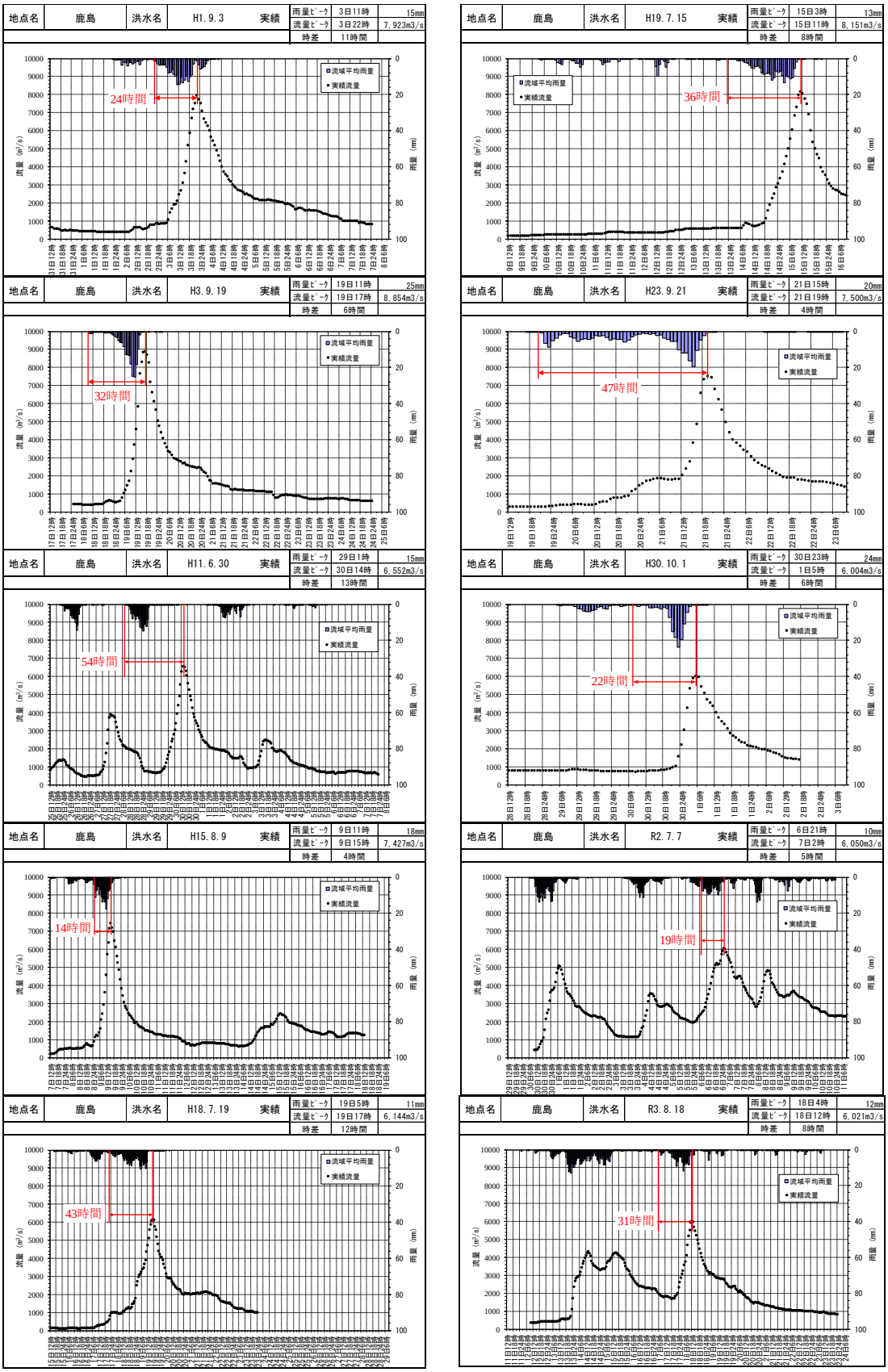


図 1.4 (4)　Kinematic Wave 法による洪水到達時間（基準地点鹿島）

(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。

$$T_p = C \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35}$$

ここで、T_p：洪水到達時間（min）、A：流域面積（km²）、r_e：平均有効降雨強度（mm／hr）、C：流域特性を表す係数であり、丘陵山林地域の場合はC=290、放牧地・ゴルフ場の場合はC=190～210、粗造成宅地の場合はC=90～120、市街化地域の場合はC=60～90 である。

天竜川流域は概ね山地流域のため、流域特性を表す係数Cは天竜峡上流域及び鹿島上流域ともに 290 を採用した。

角屋の式は、洪水到達時間内の平均有効降雨強度が決まらないと洪水到達時間が算定できないが、洪水到達時間内の平均有効降雨強度を明確に定めることは困難であるため、上記で設定した Kinematic Wave 法による洪水の到達時間内雨量強度を想定し、到達時間の範囲を定めた。

角屋の式による洪水到達時間は、基準地点天竜峡で 10～18 時間、平均 15 時間、基準地点鹿島で 14～22 時間、平均 17 時間となった。

表 1.2 (1)　角屋式による洪水到達時間の算定結果（基準地点天竜峡）

No	年月日	流量ピーク発生時刻	出発時刻	到達時間（hr）	tp～τp間の総雨量（mm）	平均有効降雨強度（mm／hr）	到達時間（hr）
		tp	τp	Tp＝tp－τp	$r_{tp\sim\tau p}$	$re=r_{tp\sim\tau p}$／TP	$Tp=CA^{0.22}re^{-0.35}/60$
1	S32.6.28	6/28 5:00	6/27 12:00	17	117.8	6.9	14.3
2	S34.8.14	8/14 14:00	8/13 17:00	21	87.4	4.2	17.1
3	S36.6.28	6/28 8:00	6/27 0:00	32	219.1	6.8	14.3
4	S43.8.29	8/30 0:00	8/29 9:00	15	56.2	3.7	17.7
5	S45.6.16	6/16 8:00	6/15 21:00	11	241.8	22.0	9.5
6	S57.8.2	8/2 5:00	8/1 14:00	15	100.9	6.7	14.4
7	S57.9.12	9/13 0:00	9/11 10:00	38	174.2	4.6	16.5
8	S58.5.17	5/17 1:00	5/16 17:00	8	119.0	14.9	10.9
9	S58.9.28	9/29 0:00	9/27 2:00	46	263.7	5.7	15.3
10	S60.7.1	7/1 6:00	6/29 17:00	37	156.4	4.2	17.0
11	S63.9.25	9/25 20:00	9/24 5:00	39	167.5	4.3	16.9
12	H1.9.3	9/3 22:00	9/2 22:00	24	124.9	5.2	15.8
13	H3.9.19	9/19 16:00	9/18 17:00	23	101.6	4.4	16.7
14	H11.6.29	6/29 2:00	6/28 9:00	17	113.7	6.7	14.5
15	H18.7.19	7/19 11:00	7/18 10:00	25	185.2	7.4	13.9
16	H19.7.15	7/15 8:00	7/14 8:00	24	121.6	5.1	15.9
17	H30.7.6	7/6 6:00	7/5 20:00	10	62.6	6.3	14.8
18	H30.10.1	10/1 5:00	9/30 11:00	18	76.6	4.3	16.9
19	R2.7.8	7/8 12:00	7/8 0:00	12	59.4	5.0	16.1
20	R3.8.15	8/15 9:00	8/14 21:00	12	86.2	7.2	14.1
						最大値	17.7
						平均値	15.1
						最小値	9.5

表 1.2 (2)　角屋式による洪水到達時間の算定結果（基準地点鹿島）

No	年月日	流量ピーク発生時刻	出発時刻	到達時間（hr）	tp～τp間の総雨量（mm）	平均有効降雨強度（mm／hr）	到達時間（hr）
		tp	τp	Tp＝tp－τp	$r_{tp\sim\tau p}$	$re=r_{tp\sim\tau p}$／TP	$Tp=CA^{0.22}re^{-0.35}/60$
1	S36.6.28	6/28 10:00	6/27 3:00	31	260.0	8.4	15.1
2	S40.9.18	9/18 4:00	9/16 20:00	32	190.6	6.0	17.1
3	S43.8.30	8/30 1:00	8/27 9:00	64	245.7	3.8	19.9
4	S44.8.5	8/5 9:00	8/4 18:00	15	134.0	8.9	14.8
5	S45.6.16	6/16 13:00	6/14 18:00	43	287.7	6.7	16.4
6	S49.7.8	7/8 3:00	7/7 9:00	18	135.7	7.5	15.7
7	S50.8.23	8/23 16:00	8/22 14:00	26	177.6	6.8	16.3
8	S57.8.3	8/3 16:00	8/2 23:00	17	148.8	8.8	14.9
9	S58.9.29	9/29 3:00	9/26 16:00	59	271.7	4.6	18.7
10	S60.7.1	7/1 6:00	6/29 16:00	38	192.6	5.1	18.0
11	H1.9.3	9/3 22:00	9/2 22:00	24	176.4	7.4	15.8
12	H3.9.19	9/19 17:00	9/18 9:00	32	180.5	5.6	17.4
13	H11.6.30	6/30 14:00	6/28 8:00	54	160.8	3.0	21.7
14	H15.8.9	8/9 15:00	8/9 1:00	14	138.6	9.9	14.3
15	H18.7.19	7/19 17:00	7/17 22:00	43	193.5	4.5	18.8
16	H19.7.15	7/15 11:00	7/13 23:00	36	199.0	5.5	17.5
17	H23.9.21	9/21 19:00	9/19 20:00	47	222.2	4.7	18.5
18	H30.10.1	10/1 5:00	9/30 7:00	22	118.0	5.4	17.7
19	R2.7.7	7/7 2:00	7/6 7:00	19	116.4	6.1	16.9
20	R3.8.18	8/18 12:00	8/17 5:00	31	123.5	4.0	19.6
						最大値	21.7
						平均値	17.3
						最小値	14.3

1.5.3　ピーク流量と短時間雨量の相関

ここでは、昭和 31 年（1956 年）から令和 3 年（2021 年）までの 66 年間で基準地点天竜峡及び鹿島において、年最大流量を記録した洪水を対象に、①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係数、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係数の整理を行った。なお、短時間雨量については、1、6、12、18、24、36、48、60 時間雨量とした。

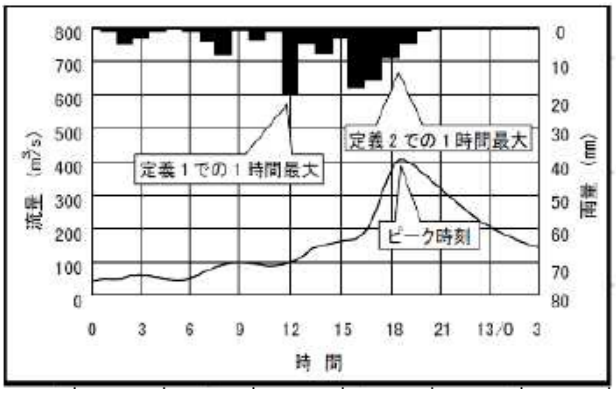
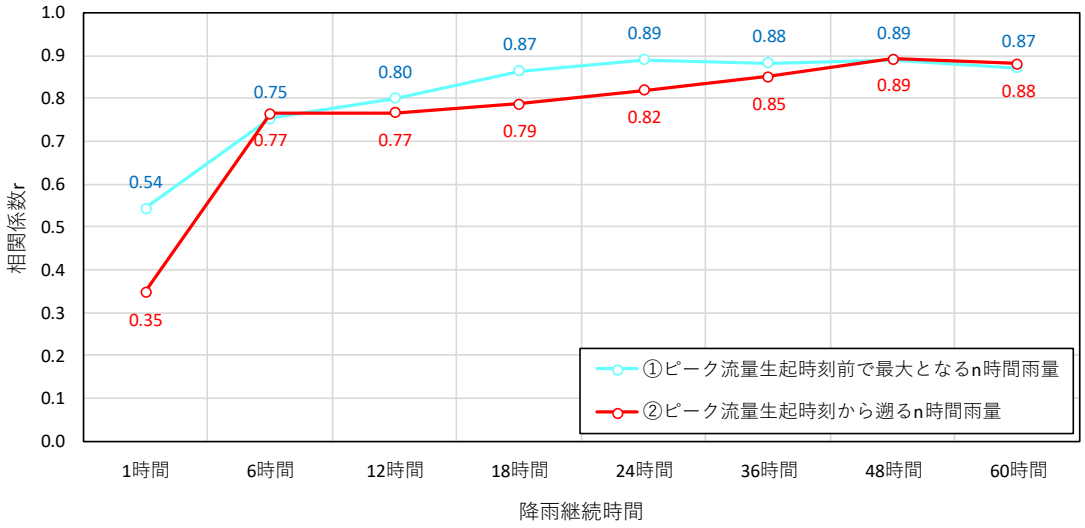


図 1.5　短時間雨量の求め方（定義①、定義②の概要）

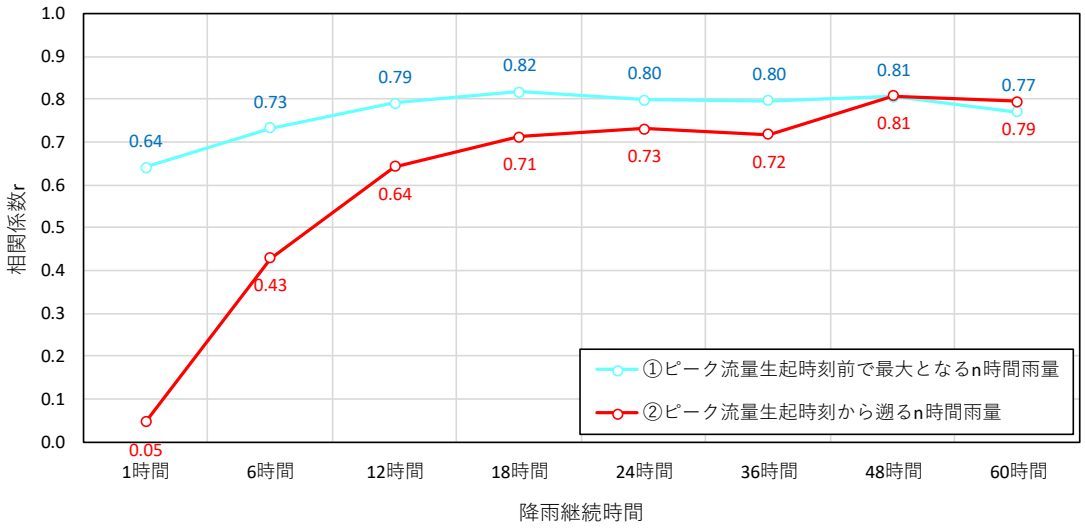
基準地点天竜峡では、①②手法とも 24 時間以上でピーク流量と短時間雨量の相関が 0.80 以上となり、最も相関が高いのは 48 時間（①②とも 0.89）である。

基準地点鹿島では、①②手法とも 48 時間以上でピーク流量と短時間雨量の相関が 0.80 以上となり、最も相関が高いのは 48 時間である。



※天竜峡地点における実績再現ピーク計算流量の年最大洪水（S31～R03：66年間）

図 1.6 (1)　ピーク流量と短時間雨量の相関図（基準地点天竜峡）



※鹿島地点における実績ピーク流量の年最大洪水（S31～R03：66年間）

図 1.6 (2)　ピーク流量と短時間雨量の相関図（基準地点鹿島）

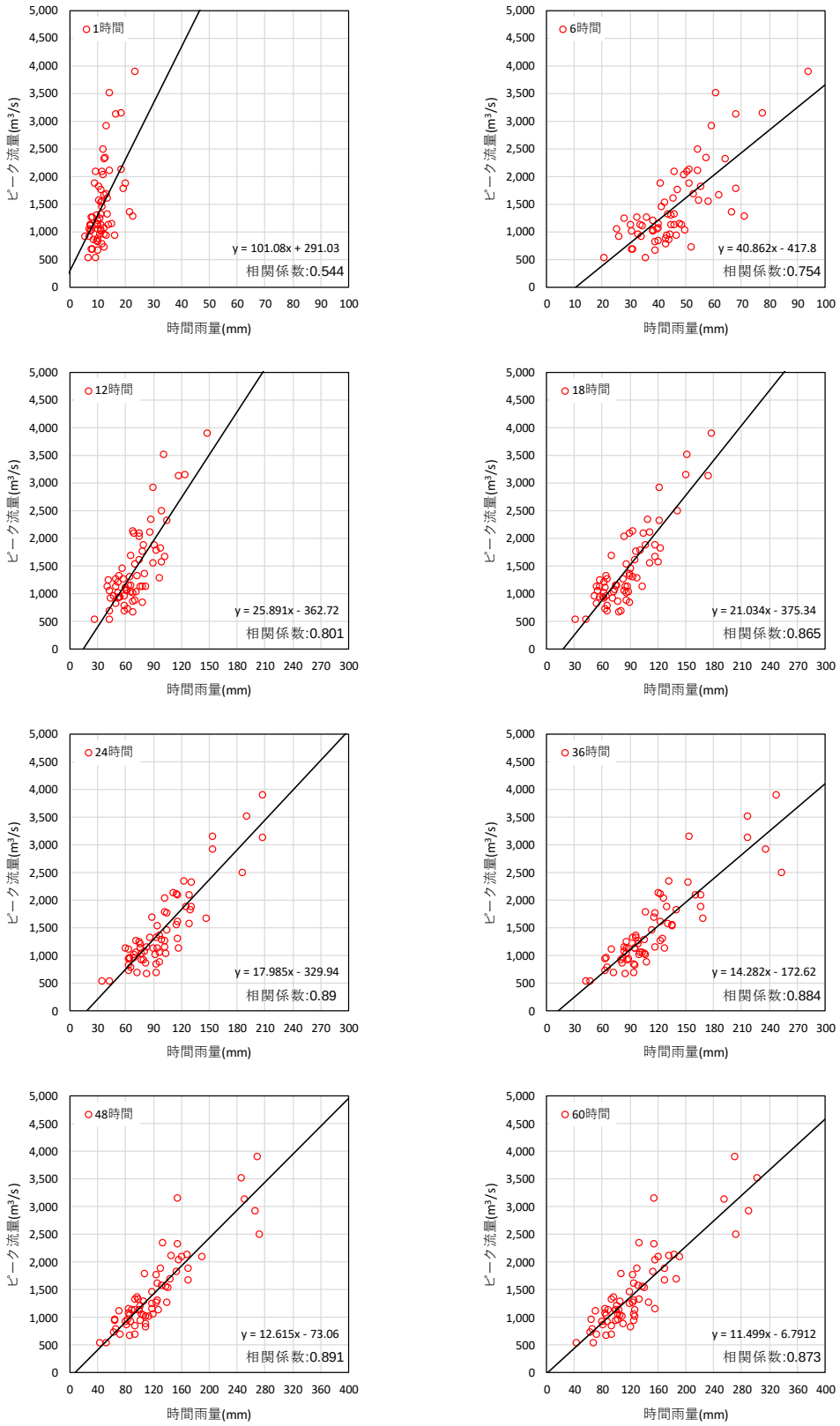


図 1.7 (1)　ピーク流量と雨量の相関図

（定義①ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量：基準地点天竜峡）

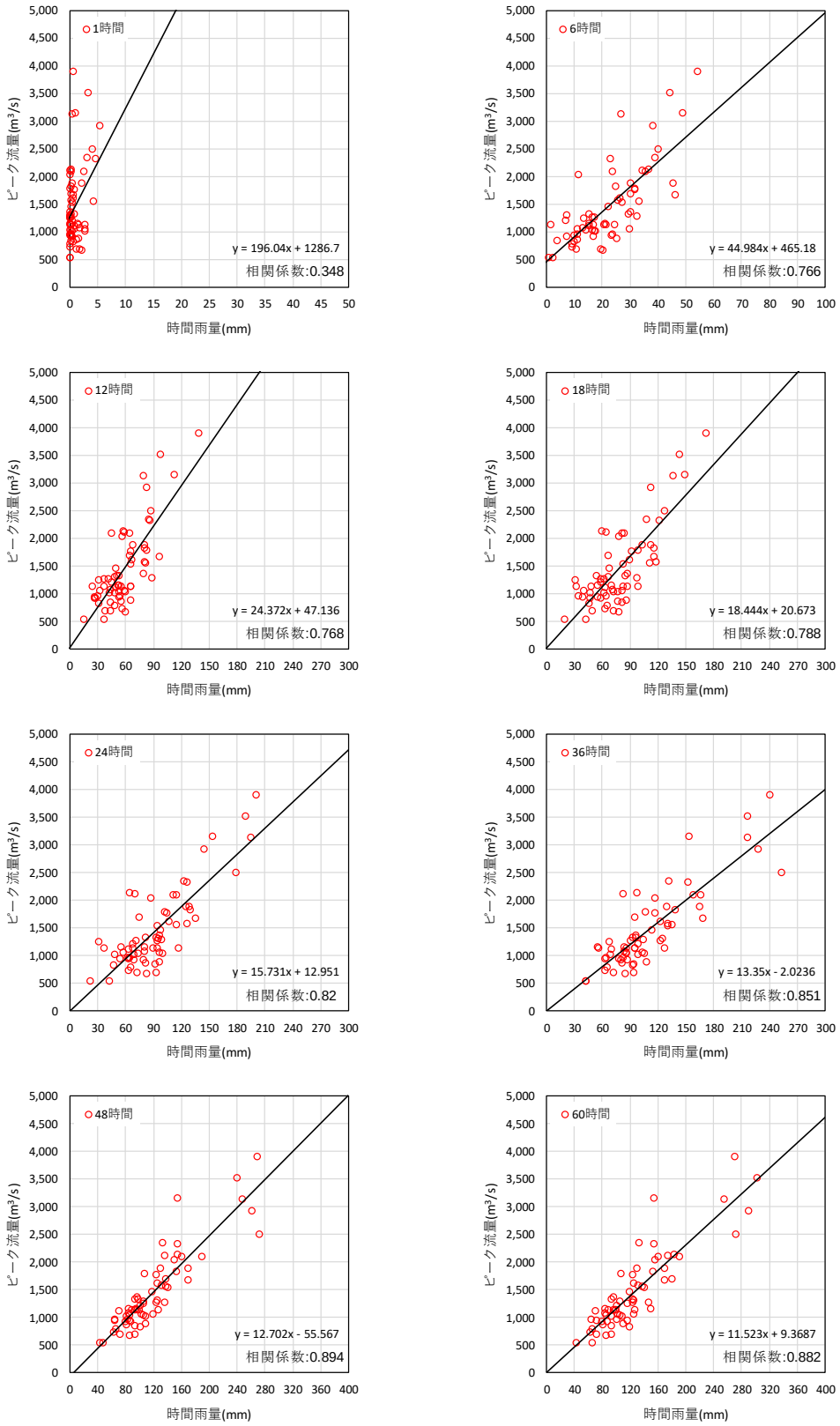


図 1.7 (2)　ピーク流量と雨量の相関図

（定義②ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量：基準地点天竜峡）

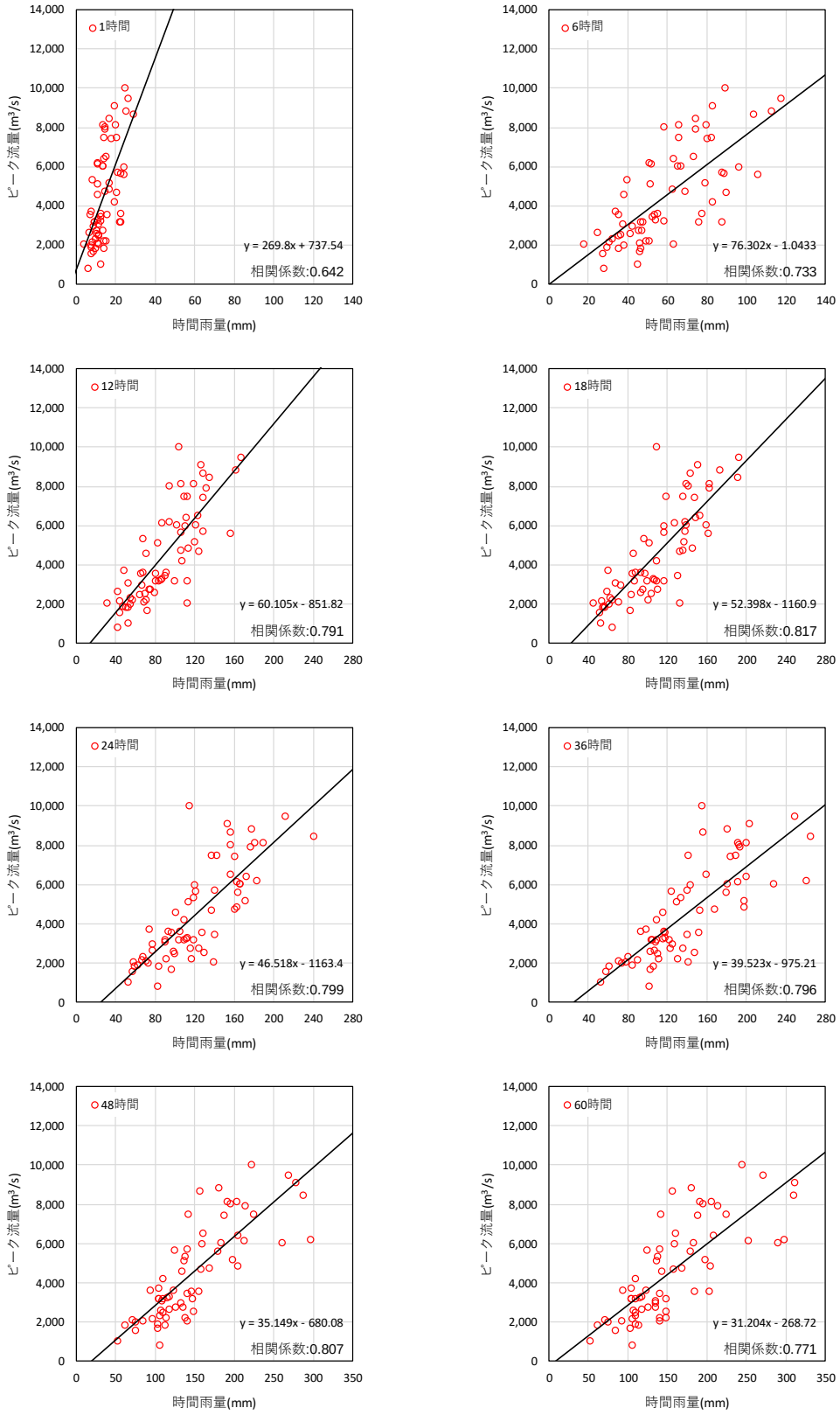


図 1.7 (3)　ピーク流量と雨量の相関図

（定義①ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量：基準地点鹿島）

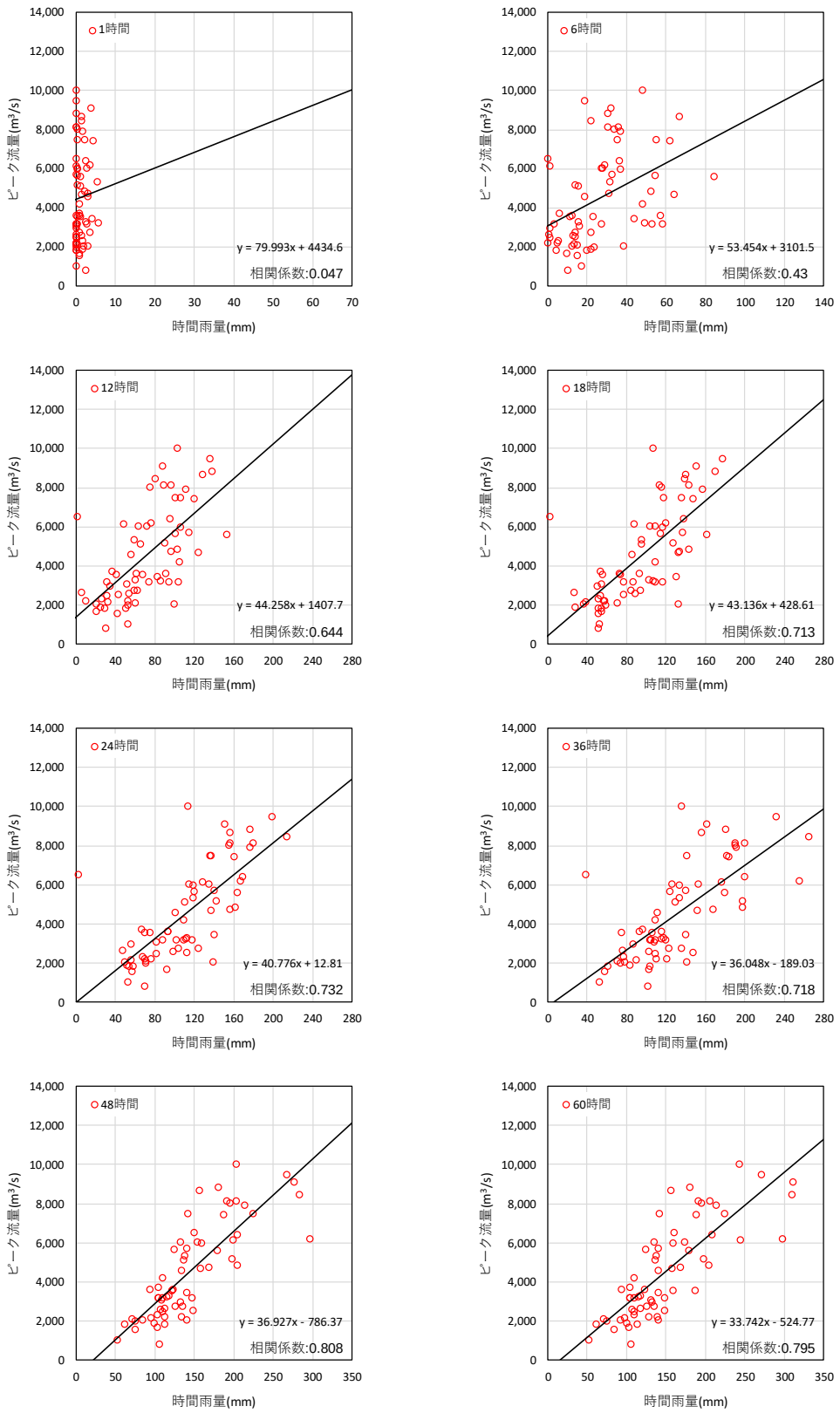


図 1.7 (4)　ピーク流量と雨量の相関図

（定義②ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量：基準地点鹿島）

1.5.4 強い降雨強度の継続時間

比較的強い降雨強度である時間 5mm/hr の降雨の継続時間及び強い降雨強度である時間 10mm/hr の降雨の継続時間を整理した。継続時間の整理は、天竜峡及び鹿島上流域平均雨量を対象に行うものとする。対象洪水は、洪水到達時間の算定に用いた、過去洪水（昭和 31 年（1956 年）～令和 3 年（2021 年））のうち、基準地点天竜峡における実績流量※の上位 20 洪水と、基準地点鹿島における実績流量の上位 20 洪水とした。

【基準地点天竜峡】

主要洪水における 5mm/hr 以上の降雨継続時間は 2～23 時間、平均 10 時間、10mm/hr 以上の降雨継続時間は 0～8 時間、平均 2 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、概ね 24 時間でカバーできることがわかる。

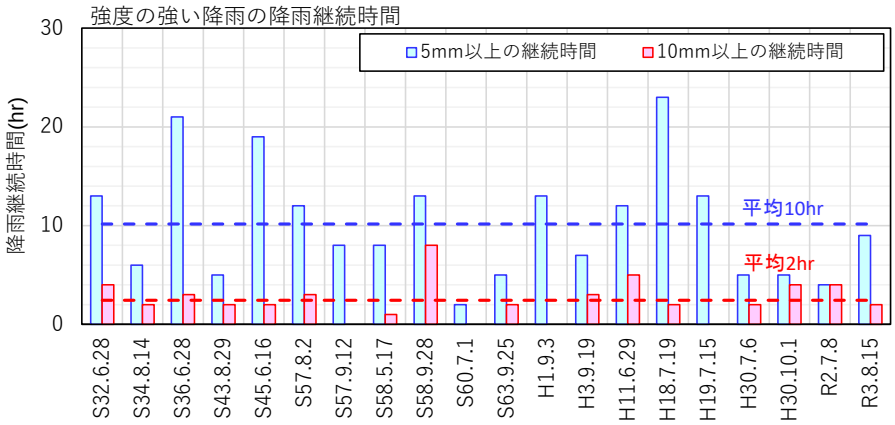


図 1.8 (1)　強度の強い降雨の継続時間（基準地点天竜峡）

【基準地点鹿島】

主要洪水における 5mm/hr 以上の降雨継続時間は 6～24 時間、平均 13 時間、10mm/hr 以上の降雨継続時間は 1～8 時間、平均 4 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、概ね 24 時間でカバーできることがわかる。

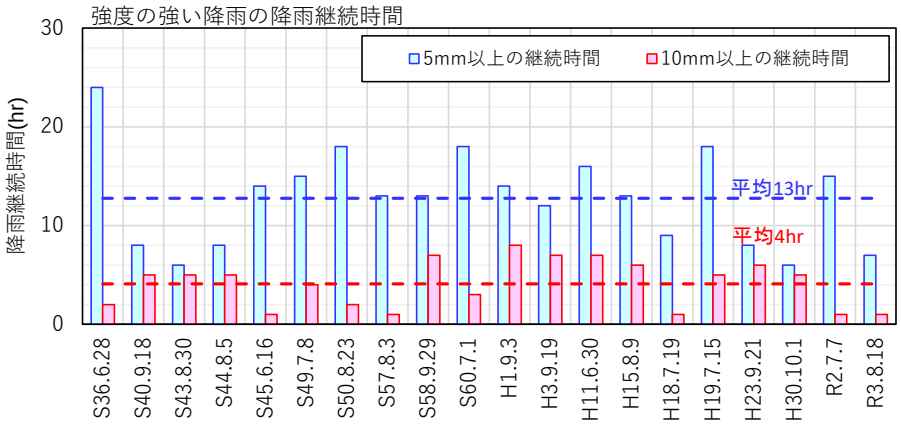


図 1.8 (2)　強度の強い降雨の継続時間（基準地点鹿島）

1.5.5 対象降雨の降雨継続時間の設定

時間雨量データが存在する昭和 31 年（1956 年）から令和 3 年（2021 年）までの 66 年間の主要な洪水を対象に、以下に示す洪水継続時間やピーク流量との相関等から総合的に判断して、対象降雨の降雨継続時間は、基準地点天竜峡で 24 時間、基準地点鹿島で 48 時間と設定した。

表 1.3　各指標により算出した対象降雨の降雨継続時間の検討結果

項目	天竜峡	鹿島
① Kinematic Wave 法による洪水の到達時間	8～25 時間（平均 15 時間）	14～43 時間（平均 23 時間）
② 角屋式による洪水の到達時間	10～18 時間（平均 15.1 時間）	14～22 時間（平均 17.3 時間）
③ 強度の強い降雨の継続時間	5mm 以上 2～23 時間（平均 10.2 時間） 10mm 以上 0～8 時間（平均 2.5 時間）	5mm 以上 6～24 時間（平均 12.8 時間） 10mm 以上 1～8 時間（平均 4.1 時間）
④ ピーク流量と n 時間雨量との相関から見た必要な降雨の継続時間	ピーク流量と相関の高い短時間雨量の時間帯は、24 時間以上で 0.8 以上となる	ピーク流量と相関の高い短時間雨量の時間帯は、48 時間以上で 0.8 以上となる
評価	上記①～④を総合的に判断すると 24 時間	上記①～④を総合的に判断すると 48 時間

1.6 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定

1.6.1 対象降雨の降雨量の設定

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 2 日から天竜峡地点は 24 時間、鹿島地点は 48 時間へ変更した。

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 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、そ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。

【基準地点天竜峡】

昭和 31 年（1956 年）～平成 22 年（2010 年）までの 55 年間の年最大 24 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 1/100 確率規模の降雨量を基準地点天竜峡で 209.9mm/24hr とし、気候変動による降雨量の増加を考慮して 1.1 倍の雨量である 231mm/24hr に決定した。

【基準地点鹿島】

昭和 31 年（1956 年）～平成 22 年（2010 年）までの 55 年間の年最大 48 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 確率規模の降雨量を基準地点鹿島で 355.7mm/48hr とし、気候変動による降雨量の増加を考慮して 1.1 倍の雨量である 392mm/48hr に決定した。

表 1.4 (1)　雨量確率計算結果(天竜峡:昭和 31 年(1956 年)～平成 22 年(2010 年)24 時間雨量)

24時間雨量		1956年（昭和31年）	～	2010年（平成22年）	:55年間	毎年値								
降雨量		Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM
確率規模	1/2	89.2	95.0	93.2	93.2	－	93.8	94.2	－	95.4	－	95.4	95.4	－
	1/3	104.4	109.5	107.9	107.2	－	108.3	108.8	－	109.6	－	109.8	109.8	－
	1/5	123.6	125.8	125.5	123.7	－	124.8	125.4	－	125.3	－	125.4	125.6	－
	1/10	149.7	146.1	149.2	145.8	－	146.3	146.5	－	144.5	－	144.7	145.0	－
	1/20	175.8	165.7	173.7	168.5	－	167.8	167.1	－	162.6	－	162.8	163.3	－
	1/30	191.0	176.9	188.5	182.3	－	180.5	179.1	－	173.0	－	173.1	173.7	－
	1/50	210.3	190.9	207.9	200.2	－	196.8	194.3	－	185.8	－	185.9	186.6	－
	1/80	227.9	203.8	226.4	217.4	－	212.2	208.4	－	197.5	－	197.6	198.4	－
	1/100	236.3	209.9	235.4	225.8	－	219.6	215.1	－	203.0	－	203.1	203.9	－
	1/150	251.6	220.9	252.1	241.6	－	233.4	227.5	－	213.1	－	213.2	214.1	－
	1/200	262.4	228.8	264.3	253.1	－	243.4	236.3	－	220.2	－	220.3	221.3	－
	1/400	288.5	247.6	294.8	282.1	－	268.4	258.0	－	237.5	－	237.5	238.6	－
	1/500	296.9	253.7	304.9	291.8	－	276.7	265.1	－	243.1	－	243.0	244.2	－
	1/1000	323.0	272.5	337.3	323.4	－	303.3	287.5	－	260.5	－	260.3	261.7	－
SLSC (99%)		0.036	0.034	0.025	0.025	－	0.027	0.030	－	0.031	－	0.031	0.030	－
JackKnife推定値		236.3	209.9	240.2	225.1	－	217.0	-66.3	－	226.9	－	202.1	203.8	－
JackKnife推定誤差		22.1	18.5	24.7	31.9	－	29.3	34.1	－	35.1	－	20.2	19.8	－
理論値		236.3	209.9	235.4	225.8	-----	219.6	215.1	-----	203.0	-----	203.1	203.9	-----
採用		22.1	18.5	24.7	31.9	-----	29.3	34.1	-----	35.1	-----	20.2	19.8	-----

■：不採用手法、■：最大値、■：最小値

表 1.4 (2)　雨量確率計算結果(鹿島:昭和 31 年(1956 年)～平成 22 年(2010 年)48 時間雨量)

48時間雨量		1956年（昭和31年）	～	2010年（平成22年）	:55年間	毎年値								
降雨量		Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM
確率規模	1/2	139.3	148.9	146.4	148.1	150.1	－	－	148.6	151.4	148.9	149.1	149.1	－
	1/3	164.4	172.8	172.5	171.8	174.5	－	－	172.4	175.0	172.7	173.3	173.4	－
	1/5	195.9	199.4	203.7	198.6	200.9	－	－	198.9	200.0	199.2	200.0	200.2	－
	1/10	238.7	232.8	246.1	232.8	233.0	－	－	232.0	230.0	232.1	233.3	233.5	－
	1/20	281.6	264.9	290.2	266.2	262.8	－	－	263.7	257.4	263.5	264.8	265.2	－
	1/30	306.6	283.4	317.1	285.6	279.6	－	－	282.0	272.8	281.5	282.9	283.4	－
	1/50	338.2	306.5	352.2	310.2	300.3	－	－	304.8	291.6	304.0	305.5	306.1	－
	1/80	367.2	327.6	385.8	333.0	318.9	－	－	325.8	308.4	324.7	326.1	326.8	－
	1/100	381.0	337.6	402.2	343.8	327.7	－	－	335.8	316.4	334.5	336.0	336.7	－
	1/150	406.1	355.7	432.7	363.7	343.5	－	－	354.1	330.6	352.3	353.8	354.7	－
	1/200	423.9	368.6	455.0	377.9	354.7	－	－	367.1	340.6	365.0	366.5	367.5	－
	1/400	466.7	399.5	510.7	412.5	381.4	－	－	398.7	364.6	395.9	397.4	398.5	－
	1/500	480.5	409.5	529.3	423.7	389.9	－	－	409.0	372.2	405.9	407.4	408.5	－
	1/1000	523.3	440.4	588.9	459.0	416.4	－	－	441.2	395.9	437.3	438.7	440.0	－
SLSC (99%)		0.043	0.024	0.034	0.024	0.032	－	－	0.035	0.031	0.033	0.032	0.032	－
JackKnife推定値		406.1	355.7	449.2	360.6	694.7	－	－	352.8	321.2	349.7	352.0	354.7	－
JackKnife推定誤差		34.5	28.6	58.1	53.3	340.1	－	－	39.3	50.5	38.6	35.2	36.0	－
理論値		-----	355.7	432.7	363.7	343.5	-----	-----	354.1	330.6	352.3	353.8	354.7	-----
採用		-----	28.6	58.1	53.3	340.1	-----	-----	39.3	50.5	38.6	35.2	36.0	-----

■：不採用手法、■：最大値、■：最小値

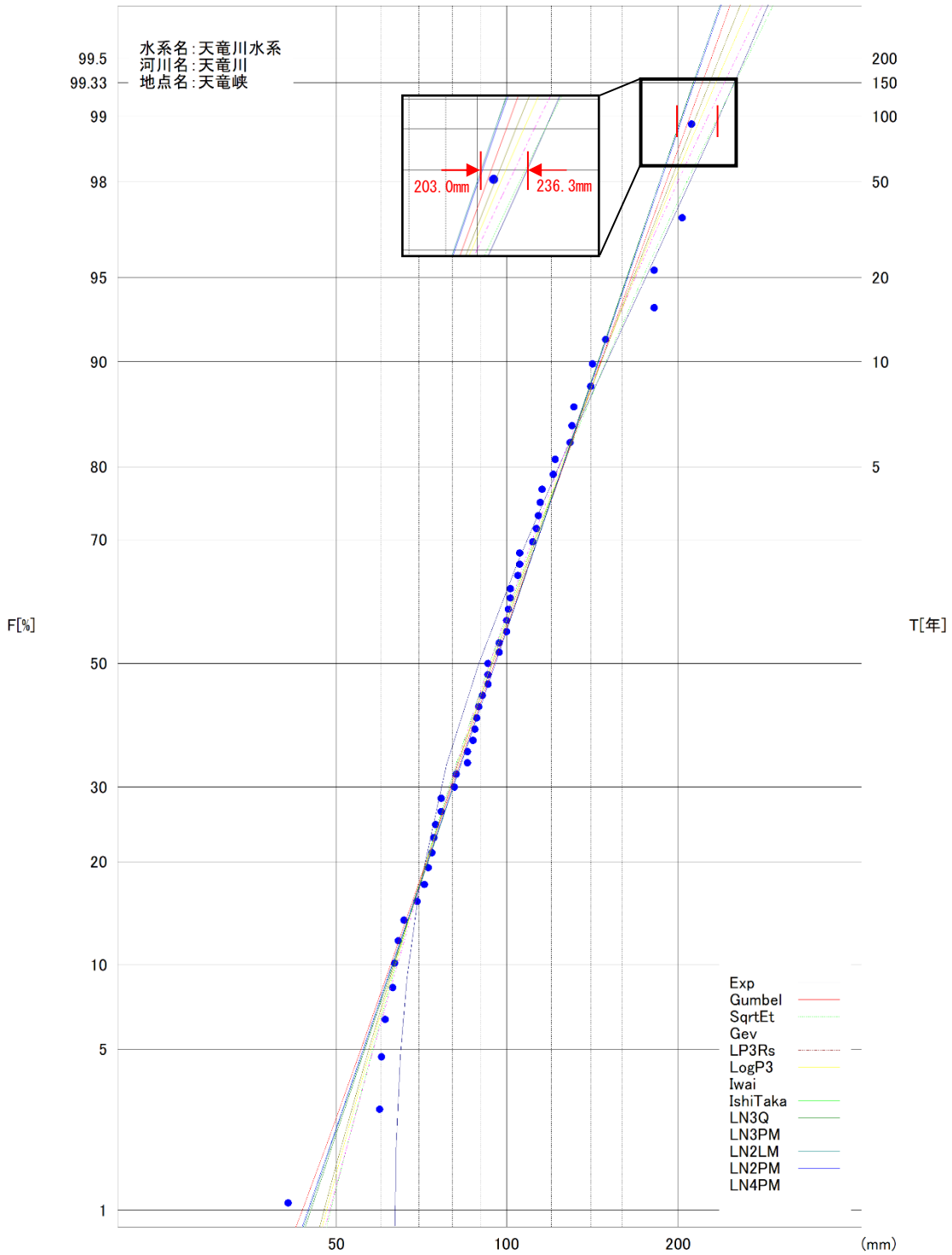


図 1.9 (1)　基準地点天竜峡 24 時間雨量確率図

(昭和 31 年(1956 年)～平成 22 年(2010 年):55 ヵ年)

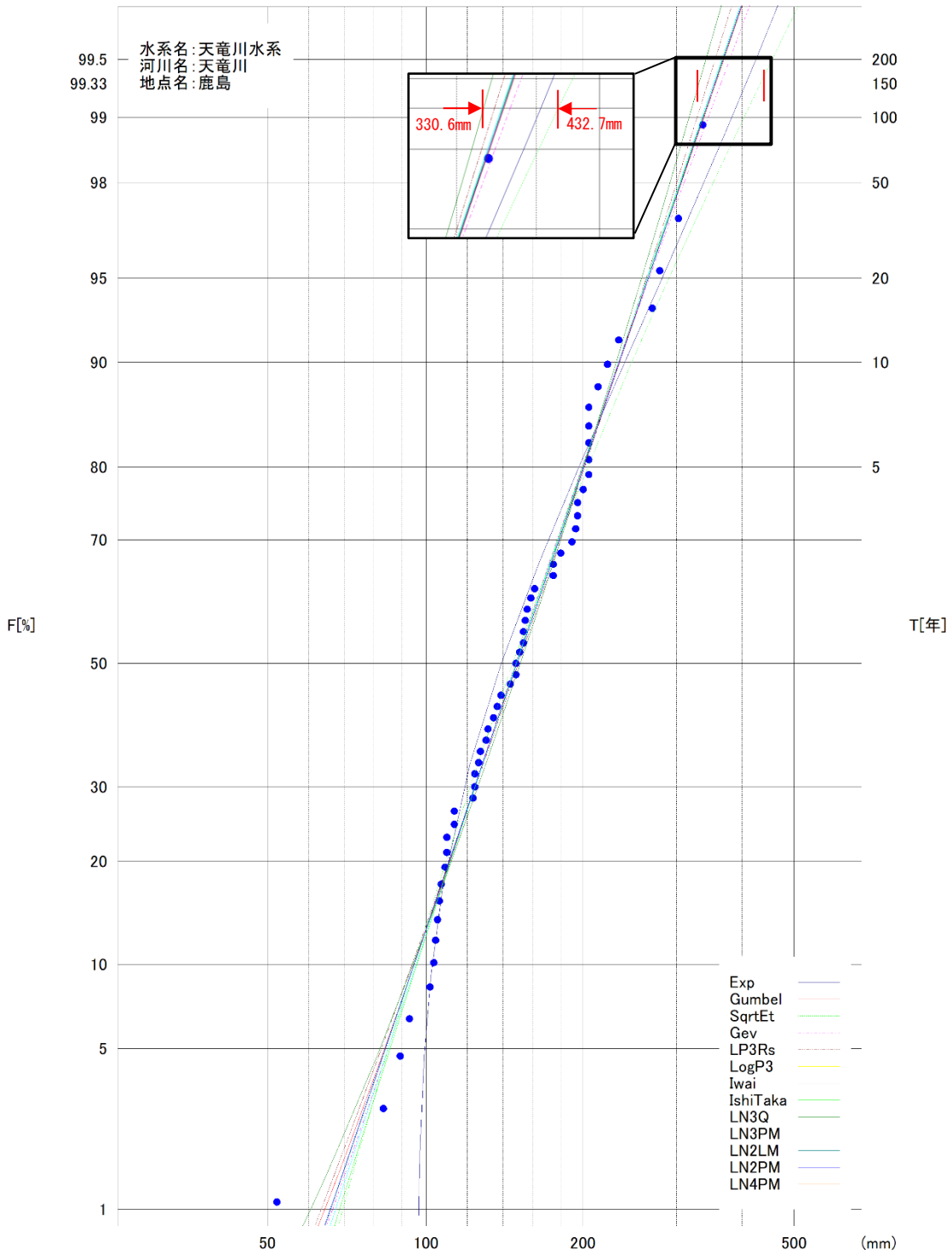


図 1.9 (2)　基準地点鹿島　48 時間雨量確率図

(昭和 31 年(1956 年)～平成 22 年(2010 年):55 ヵ年)

表 1.5 (1)　基準地点天竜峡　年最大 24 時間雨量一覧

NO	西暦	年	24時間雨量 (mm)	NO	西暦	年	24時間雨量 (mm)
1	1956	S31	60	34	1989	H 1	131
2	1957	S32	130	35	1990	H 2	64
3	1958	S33	72	36	1991	H 3	102
4	1959	S34	105	37	1992	H 4	41
5	1960	S35	81	38	1993	H 5	91
6	1961	S36	211	39	1994	H 6	61
7	1962	S37	73	40	1995	H 7	63
8	1963	S38	74	41	1996	H 8	63
9	1964	S39	100	42	1997	H 9	97
10	1965	S40	114	43	1998	H10	105
11	1966	S41	85	44	1999	H11	149
12	1967	S42	115	45	2000	H12	141
13	1968	S43	111	46	2001	H13	77
14	1969	S44	93	47	2002	H14	87
15	1970	S45	182	48	2003	H15	101
16	1971	S46	60	49	2004	H16	100
17	1972	S47	120	50	2005	H17	85
18	1973	S48	101	51	2006	H18	182
19	1974	S49	105	52	2007	H19	122
20	1975	S50	89	53	2008	H20	77
21	1976	S51	114	54	2009	H21	66
22	1977	S52	93	55	2010	H22	75
23	1978	S53	69	56	2011	H23	93
24	1979	S54	88	57	2012	H24	63
25	1980	S55	89	58	2013	H25	97
26	1981	S56	97	59	2014	H26	96
27	1982	S57	142	60	2015	H27	62
28	1983	S58	203	61	2016	H28	84
29	1984	S59	93	62	2017	H29	75
30	1985	S60	113	63	2018	H30	127
31	1986	S61	81	64	2019	R 1	132
32	1987	S62	74	65	2020	R 2	115
33	1988	S63	129	66	2021	R 3	149

表 1.5 (2)　基準地点鹿島　年最大 48 時間雨量一覧

NO	西暦	年	48時間雨量 (mm)	NO	西暦	年	48時間雨量 (mm)
1	1956	S31	132	34	1989	H 1	232
2	1957	S32	189	35	1990	H 2	114
3	1958	S33	151	36	1991	H 3	181
4	1959	S34	205	37	1992	H 4	52
5	1960	S35	175	38	1993	H 5	127
6	1961	S36	336	39	1994	H 6	110
7	1962	S37	107	40	1995	H 7	124
8	1963	S38	109	41	1996	H 8	90
9	1964	S39	137	42	1997	H 9	154
10	1965	S40	194	43	1998	H10	155
11	1966	S41	124	44	1999	H11	161
12	1967	S42	123	45	2000	H12	199
13	1968	S43	221	46	2001	H13	148
14	1969	S44	156	47	2002	H14	107
15	1970	S45	302	48	2003	H15	193
16	1971	S46	139	49	2004	H16	149
17	1972	S47	145	50	2005	H17	103
18	1973	S48	94	51	2006	H18	213
19	1974	S49	204	52	2007	H19	204
20	1975	S50	204	53	2008	H20	102
21	1976	S51	175	54	2009	H21	83
22	1977	S52	154	55	2010	H22	159
23	1978	S53	135	56	2011	H23	224
24	1979	S54	127	57	2012	H24	102
25	1980	S55	105	58	2013	H25	179
26	1981	S56	110	59	2014	H26	148
27	1982	S57	278	60	2015	H27	117
28	1983	S58	269	61	2016	H28	114
29	1984	S59	113	62	2017	H29	123
30	1985	S60	195	63	2018	H30	235
31	1986	S61	105	64	2019	R 1	141
32	1987	S62	131	65	2020	R 2	198
33	1988	S63	204	66	2021	R 3	261

【参考】近年降雨の気候変動の影響等の確認

雨量標本の経年的変化の確認として「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」にとどめ、定常の水文統計解析により確率雨量の算定等も併せて実施した。

Mann-Kendall 検定は、水文時系列資料のトレンドを検定する手法であり、トレンドが線形か非線形かに関わらず適用可能である。図 1.10 に Mann-Kendall 検定の定義を示す。

非定常性の判断は、下式(1)の S がプラスとなった場合、降雨量が増加傾向を示すこととなるため、S＞0 となった年を非定常性の境界とする。

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \mathrm{sign}(X_j - X_k) \quad (1)$$

$$\mathrm{sign}(\theta) = \begin{cases} 1 & \theta > 0 \\ 0 & \theta = 0 \\ -1 & \theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mathrm{Var}(S) = \frac{1}{18}\left(n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n} e_i(e_i-1)(2e_i+5)\right) \quad (3)$$

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{\mathrm{Var}(s)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{\mathrm{Var}(s)}} & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

・e_i はデータ $\{X_1, X_2, \cdots, X_n\}$ を昇順に並べた時、同じ値が連続して出現する個数を表し、n はその組数を表す。
・有意水準を α としたとき、標準正規変量 Z が $|Z| > z_{1-\alpha/2}$ のとき仮説 H_0 は棄却される。$Z_{1-\alpha/2}$ は標準正規分布の超過確率 α/2 に相当するクォンタイルである。
・S＞0 のとき、水文時系列資料 X_i は上昇傾向であることを示し、S＜0 のときは下降傾向であることを示す。

図 1.10　Mann-Kendall 検定の概要

＜基準地点天竜峡＞

1. Mann-Kendall 検定（定常／非定常性を確認）

昭和 36 年（1961 年）~平成 22 年（2010 年）までの雨量データに一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た検定結果を確認

⇒非定常性は確認されなかった。

2. 近年降雨までデータを延伸

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

⇒令和 3 年までの雨量データを用いた場合の天竜峡 1/100 確率雨量は 207mm/24hr 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。

＜基準地点鹿島＞

1. Mann-Kendall 検定（定常／非定常性を確認）

昭和 36 年（1961 年）~平成 22 年（2010 年）までの雨量データに一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た検定結果を確認

⇒非定常性は確認されなかった。

2. 近年降雨までデータを延伸

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

⇒令和 3 年までの雨量データを用いた場合の鹿島 1/150 確率雨量は 357mm/48hr 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。

1.7　流出計算モデルの設定

降雨をハイドログラフに変換するための流出計算モデル（貯留関数法）については、既定計画策定以降の流域の土地利用状況に大きな変化がないこと、近年洪水における再現性を確認し、既定計画策定に用いた流出計算モデルを踏襲した。

1.7.1　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】

$$\frac{ds}{dt} = f_{(t)} \cdot r_{(t)} - q_{(t+T_l)}$$

$$S_{(t)} = K \cdot q^P{}_{(t+T_l)}$$

$$q_{(t)} = \frac{3.6 \cdot Q_{(t)}}{A}$$

ただし、

$$\sum r_{(t)} \leq R_0 \qquad \text{の場合} \quad f_{(t)} = 0.0$$

$$R_0 < \sum r_{(t)} \leq R_0 + R_{sa} \text{の場合} \quad f_{(t)} = f_1$$

$$\sum r_{(t)} > R_0 + R_{sa} \qquad \text{の場合} \quad f_{(t)} = 1.0$$

ここで、

$$R_{sa} = \frac{R_{sum} - \frac{Q_{sum}}{1000 \cdot A}}{1 - f_1}$$

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

$$Q_{ca(t)} = \frac{q_{(t)} \cdot A}{3.6} + Q_{b(t)}$$

$S_{(t)}$：貯留高(mm), $f_{(t)}$：流入係数(無次元), $r_{(t)}$：流域平均降雨強度(mm/hr) ※1
$q_{(t)}$：直接流出高(mm/hr), T_l：遅滞時間(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当該時刻までの流域平均降雨強度の和(mm),
R_0：初期損失雨量(mm), R_{sa}：飽和雨量(mm), R_{sum}：総降雨量(mm) ※2,
Q_{sum}：総直接流出量(m^3), f_1：一次流出率(無次元),
$Q_{ca(t)}$：流域からの流出量(m^3/s), $Q_{b(t)}$：基底流量(m^3/s)

※1　地点観測雨量からティーセン分割を用いて計算された流域平均時間雨量。初期損失雨量分も含む。

※2　降り始めからの雨量より初期損失雨量を控除したもの。

【河道の基礎式】

$$S_{l(t)} = K \cdot Q_{l\ (t)}^{P} - T_l \cdot Q_{l(t)}$$

$$\frac{ds_{l(t)}}{dt} = I_{(t)} - Q_{l(t)}$$

$$Q_{l(t)} = Q_{(t+T_l)}$$

$S_{l(t)}$：みかけの貯留量(m³/s・hr),

$Q_{l(t)}$：遅れ時間T_lを考慮した流出量(m³/s),

$Q_{(t)}$：流出量(m³/s), $I_{(t)}$：流入量(m³/s), T_l：遅滞時間(hr),

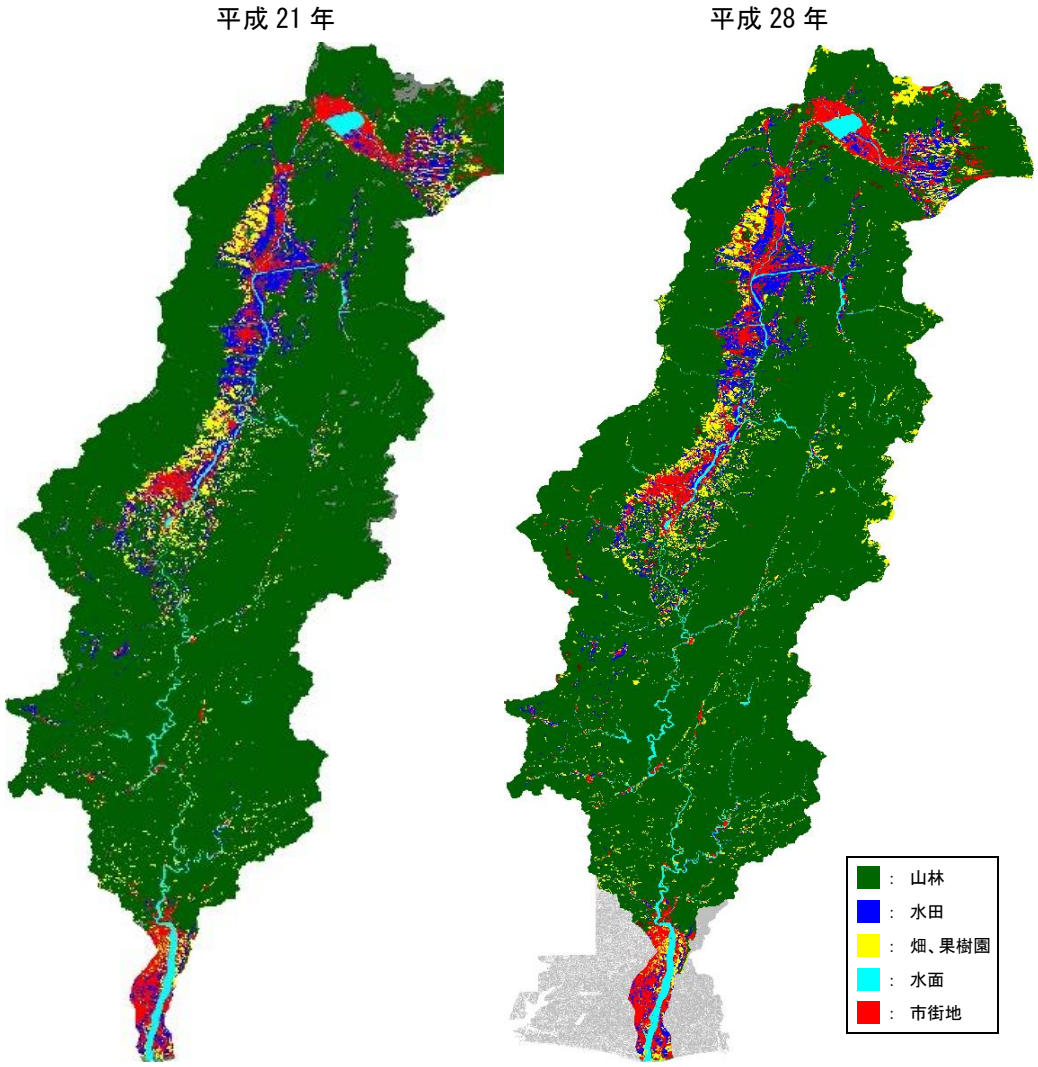
K：定数, P：定数

1.7.2 流域の状況

天竜川流域の土地利用状況としては、山林等が約 8 割以上を占め、宅地、農地等は少ない。土地利用状況は表 1.6、図 1.11 に示すとおりであり、若干の増減がみられるが、ほとんど変化はない。

表 1.6　天竜川流域の土地利用状況の変化

年	山林	農地等	市街地
平成 21 年	81.9%	11.4%	6.7%
平成 28 年	82.0%	12.5%	5.5%



※「国土数値情報　土地利用細分メッシュデータ」より

図 1.11　土地利用状況の変化

1.7.3 流出計算モデルの近年洪水による確認

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

その際、主要な実績洪水を用いて再現計算を行い、流出計算モデルの再現性を確認した。

近年発生した流量観測地点宮ヶ瀬の実績流量上位 5 洪水、基準地点鹿島の実績流量上位 5 洪水を対象に、既定計画の流出計算モデルによる再現性を確認した。洪水再現計算結果を図 1.12 に示す。

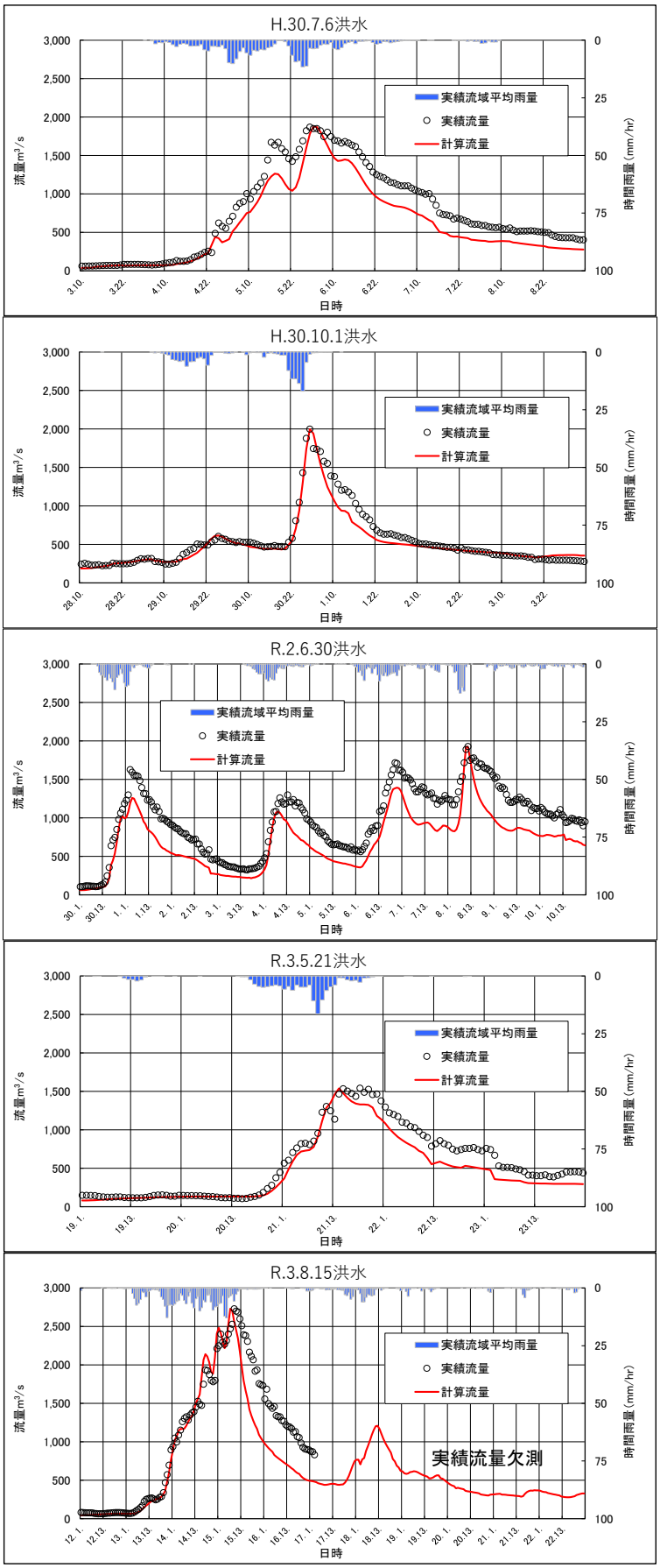


図 1.12 (1)　再現計算結果（宮ヶ瀬）

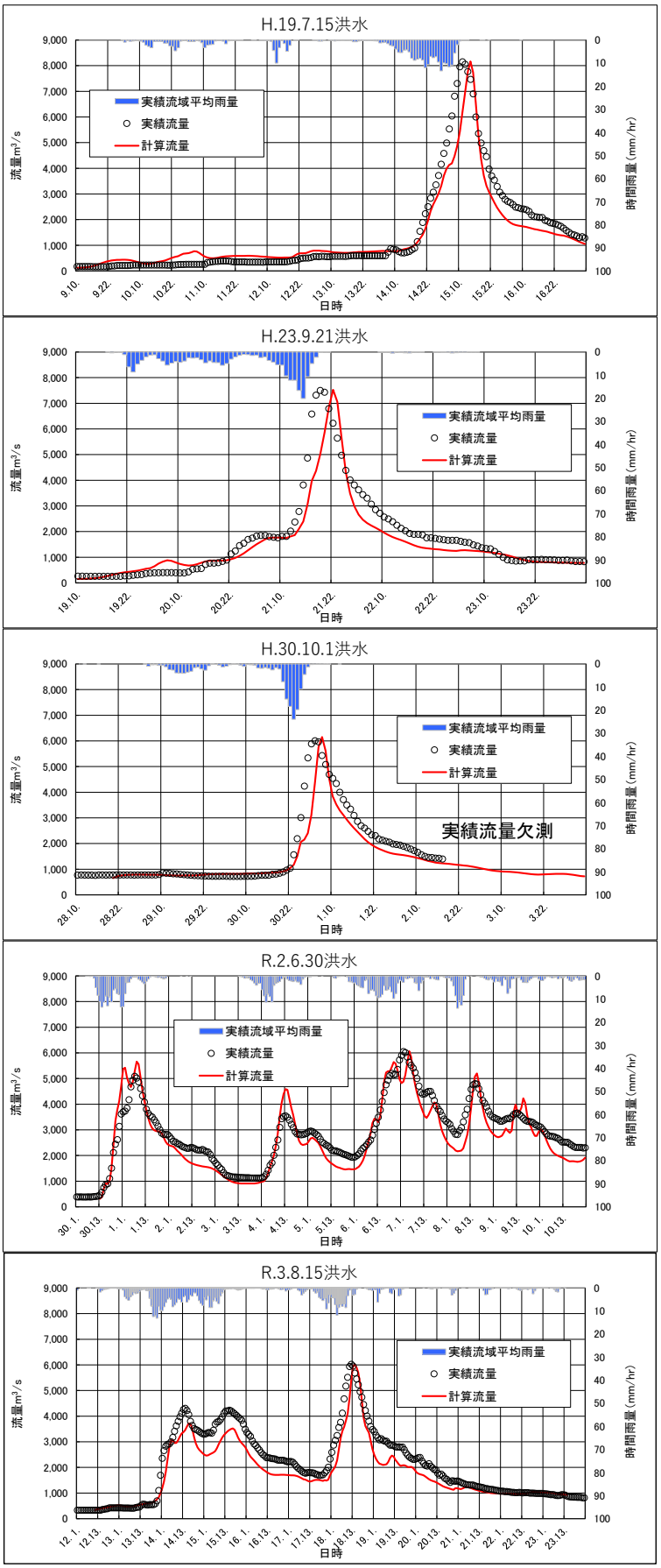


図 1.12 (2)　再現計算結果(基準地点鹿島)

1.7.4 モデル分割

流域分割は、基準地点、主要支川、流量観測地点及びダム地点を考慮して行っている。流域分割図を図 1.13、流出解析モデル図を図 1.14、流域及び河道の分割一覧やモデル定数を表 1.7～表 1.10 に示す。

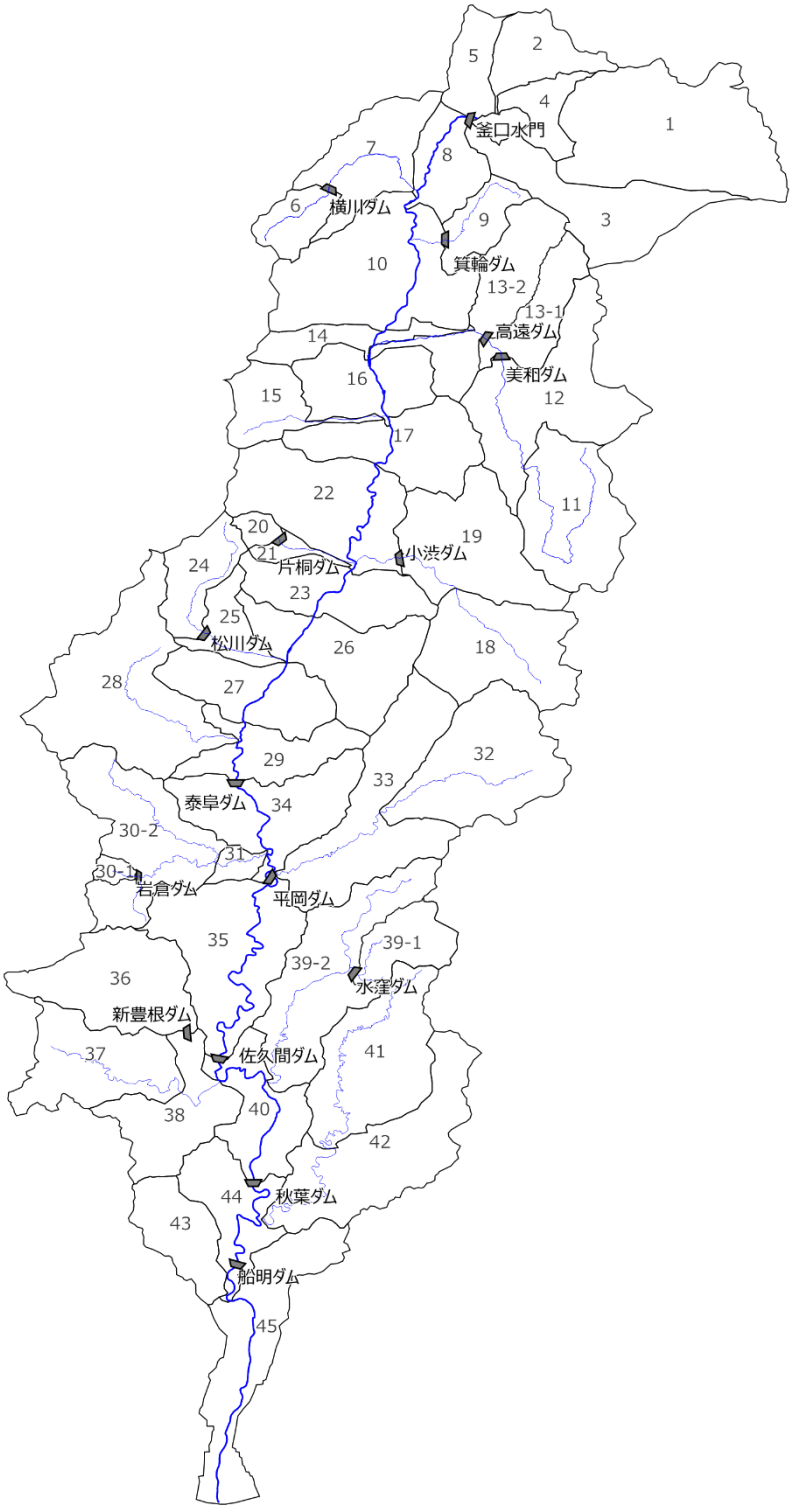

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13-1
13-2
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30-1
30-2
31
32
33
34
35
36
37
38
39-1
39-2
40
41
42
43
44
45
釜口水門
横川ダム
箕輪ダム
高遠ダム
美和ダム
小渋ダム
片桐ダム
松川ダム
泰阜ダム
岩倉ダム
平岡ダム
水窪ダム
新豊根ダム
佐久間ダム
秋葉ダム
船明ダム

図 1.13　流域分割図

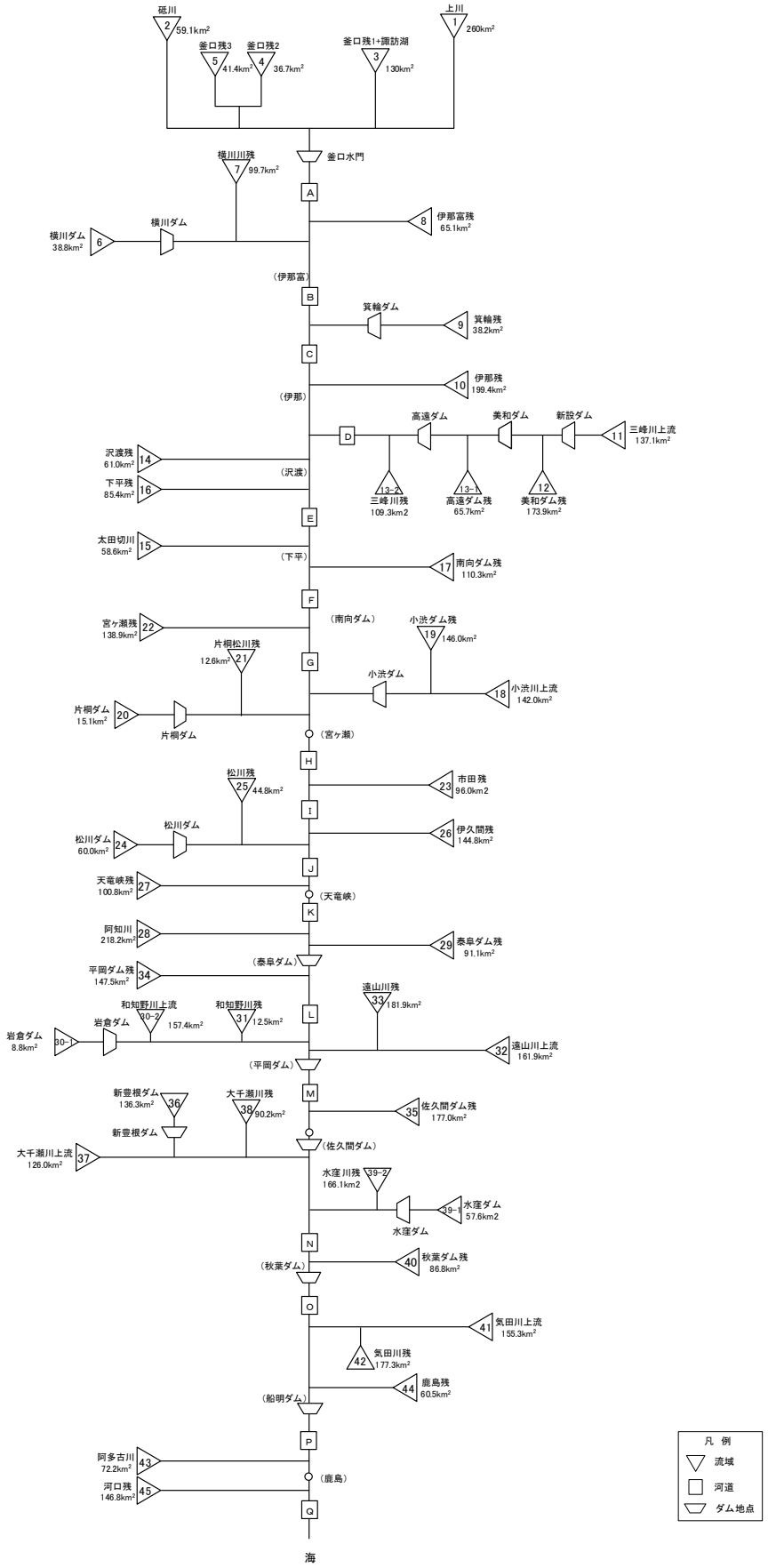


図 1.14　流出解析モデル図

表 1.7　流域分割一覧表

No.	流域名	流域面積（km^2）
1	上川	260.0
2	砥川	59.1
3	釜口残1＋諏訪湖	130.0
4	釜口残2	36.7
5	釜口残3	41.4
6	横川ダム	38.8
7	横川川残	99.7
8	伊那富残	65.1
9	箕輪ダム	38.2
10	伊那残	199.4
11	三峰川上流	137.1
12	美和ダム残	173.9
13-1	高遠ダム残	65.7
13-2	三峰川残	109.3
14	沢渡残	61.0
15	太田切川	58.6
16	下平残	85.4
17	南向ダム残	110.3
18	小渋川上流	142.0
19	小渋ダム残	146.0
20	片桐ダム	15.1
21	片桐松川残	12.6
22	宮ヶ瀬残	138.9
23	市田残	96.0
24	松川ダム	60.0
25	松川残	44.8
26	伊久間残	144.8
27	天竜峡残	100.8
28	阿知川	218.2
29	泰阜ダム残	91.1
30-1	岩倉ダム	8.8
30-2	和知野川上流	157.4
31	和知野川残	12.5
32	遠山川上流	161.9
33	遠山川残	181.9
34	平岡ダム残	147.5
35	佐久間ダム残	177.0
36	新豊根ダム	136.3
37	大千瀬川上流	126.0
38	大千瀬川残	90.2
39-1	水窪ダム	57.6
39-2	水窪川残	166.1
40	秋葉ダム残	86.8
41	気田川上流	155.3
42	気田川残	177.3
43	阿多古川	72.2
44	鹿島残	60.5
45	河口残	146.8

表 1.8　河道分割一覧表

河道名	河道区間			河道延長（km）
A	釜口水門	～	横川川合流	11.0
B	横川川合流	～	沢川合流	6.0
C	沢川合流	～	伊那	11.0
D	高遠ダム	～	三峰川合流	10.0
E	沢渡	～	太田切川合流	6.0
F	太田切川合流	～	南向ダム	5.0
G	南向ダム	～	小渋川合流	14.0
H	宮ヶ瀬	～	市田	6.0
I	市田	～	飯田松川合流	5.0
J	伊久間	～	天竜峡	8.6
K	天竜峡	～	泰阜ダム	8.6
L	泰阜ダム	～	平岡ダム	15.0
M	平岡ダム	～	佐久間ダム	35.0
N	佐久間ダム	～	秋葉ダム	19.2
O	秋葉ダム	～	船明ダム	14.8
P	船明ダム	～	鹿島	4.4
Q	鹿島	～	河口	22.6

表 1.9　流域定数一覧表

No.	流域名	流域面積 (km^2)	K	P	TL (hr)
1	上川	260.0	37.6	0.362	1.32
2	砥川	59.1	42.2	0.331	0.40
3	釜口残1＋諏訪湖	130.0	38.8	0.353	1.08
4	釜口残2	36.7	43.0	0.326	0.19
5	釜口残3	41.4	45.1	0.314	0.40
6	横川ダム	38.8	60.7	0.296	1.03
7	横川川残	99.7	57.0	0.311	0.49
8	伊那富残	65.1	50.7	0.341	0.12
9	箕輪ダム	38.2	84.6	0.330	0.61
10	伊那残	199.4	72.7	0.371	0.69
11	三峰川上流	137.1	62.0	0.336	1.40
12	美和ダム残	173.9	54.9	0.370	1.20
13-1	高遠ダム残	65.7	22.0	0.381	0.69
13-2	三峰川残	109.3	22.0	0.381	0.69
14	沢渡残	61.0	33.4	0.275	0.40
15	太田切川	58.6	32.5	0.281	0.58
16	下平残	85.4	30.0	0.299	0.33
17	南向ダム残	110.3	26.2	0.332	0.56
18	小渋川上流	142.0	75.0	0.289	1.34
19	小渋ダム残	146.0	56.8	0.360	1.16
20	片桐ダム	15.1	37.6	0.250	0.40
21	片桐松川残	12.6	31.8	0.285	0.27
22	宮ヶ瀬残	138.9	27.8	0.317	1.22
23	市田残	96.0	110.4	0.319	0.56
24	松川ダム	60.0	113.1	0.313	1.12
25	松川残	44.8	112.2	0.315	0.50
26	伊久間残	144.8	104.1	0.334	0.77
27	天竜峡残	100.8	99.7	0.346	0.43
28	阿知川	218.2	95.4	0.358	1.86
29	泰阜ダム残	91.1	102.1	0.339	0.82
30-1	岩倉ダム	8.8	79.8	0.346	1.73
30-2	和知野川上流	157.4	79.8	0.346	1.73
31	和知野川残	12.5	90.0	0.314	0.41
32	遠山川上流	161.9	99.0	0.292	1.96
33	遠山川残	181.9	72.6	0.372	1.68
34	平岡ダム残	147.5	77.9	0.352	1.08
35	佐久間ダム残	177.0	58.7	0.439	2.03
36	新豊根ダム	136.3	24.2	0.408	1.90
37	大千瀬川上流	126.0	15.6	0.419	3.18
38	大千瀬川残	90.2	16.5	0.402	1.63
39-1	水窪ダム	57.6	19.5	0.351	3.84
39-2	水窪川残	166.1	19.5	0.351	3.84
40	秋葉ダム残	86.8	17.3	0.387	1.92
41	気田川上流	155.3	19.3	0.355	7.57
42	気田川残	177.3	16.1	0.408	6.18
43	阿多古川	72.2	15.6	0.420	2.06
44	鹿島残	60.5	16.6	0.400	2.10
45	河口残	146.8	14.0	0.456	2.01

表 1.10　河道定数一覧表

河道名	河道区間			K値	P値	TL (hr)
A	釜口水門	～	横川川合流	9.61	0.603	0.13
B	横川川合流	～	沢川合流	0.23	1.022	0.07
C	沢川合流	～	伊那	0.45	1.012	0.13
D	高遠ダム	～	三峰川合流	12.80	0.592	0.07
E	沢渡	～	太田切川合流	3.84	0.723	0.06
F	太田切川合流	～	南向ダム	6.86	0.620	0.05
G	南向ダム	～	小渋川合流	6.79	0.738	0.14
H	宮ヶ瀬	～	市田	6.12	0.674	0.06
I	市田	～	飯田松川合流	7.24	0.635	0.05
J	伊久間	～	天竜峡	1.53	0.937	0.11
K	天竜峡	～	泰阜ダム	25.90	0.514	0.20
L	泰阜ダム	～	平岡ダム	57.84	0.513	0.33
M	平岡ダム	～	佐久間ダム	12941.79	0.169	0.79
N	佐久間ダム	～	秋葉ダム	78.02	0.517	0.56
O	秋葉ダム	～	船明ダム	35.97	0.562	0.03
P	船明ダム	～	鹿島	4.50	0.672	0.08
Q	鹿島	～	河口	45.98	0.653	0.48

1.7.5 計画 f1、Rsa の設定

代表地点の流量・流域平均雨量を用いて、総雨量と総流出高の関係から f1、Rsa を設定した。

(1) 設定方針

天竜川流域は、長野県を流下する上流部、静岡県を流下する中下流部に分かれている。これを踏まえ、f1、Rsa の検討は、基準地点天竜峡（上流部）・鹿島（下流部）でそれぞれ定数を設定することとした。

(2) 検討対象洪水の選定

f1、Rsa の検討では、各洪水の総雨量と総流出高の関係から、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、総雨量と総流出高の関係に偏りがないよう検討対象洪水を選定する必要がある。

検討対象洪水は、基準地点の天竜峡、鹿島で比較的大きな流量を生起した洪水（既存ダムの貯留量を戻したダム戻し流量の上位 20 洪水）を対象とした。

(3) 計画 f1、Rsa の検討

流出率 f1 及び飽和雨量 Rsa は、次に述べる方法により算出を行った。

流域平均雨量を用いて、総降雨量 R（mm）と総流出高 q（mm）をプロットし、Rsa を仮定して、総降雨量が 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、総降雨量が 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×(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 を求めた。このとき、累積雨量が飽和雨量を上回った後の流出率（飽和流出率）は、1.0 とする。

f1、Rsa の検討地点は、(1)にて設定した基準地点天竜峡・鹿島とした。

総降雨量 R（mm）と総流出高 q（mm）関係図（図 1.15）を基に算定した計画 f1、Rsa は、表 1.11 に示すとおりである。

表 1.11　計画 f1、Rsa 算定結果

地点	一次損失雨量	
	f1	Rsa
天竜峡	0.5	280
鹿島	0.5	280

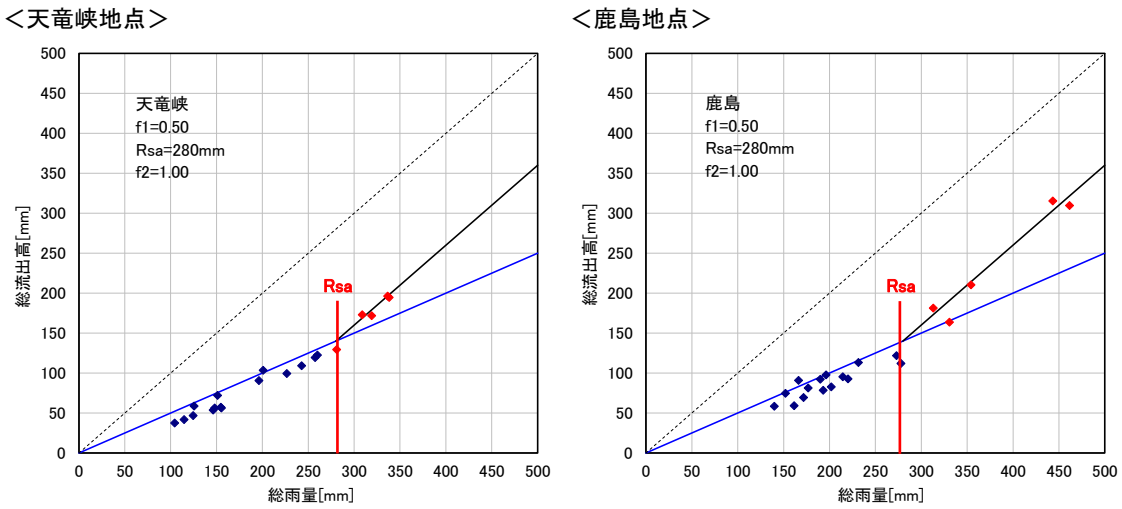


図 1.15　総雨量と総流出高の関係

1.8　主要降雨波形の設定

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、引き伸ばし後の短時間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。

基本高水の設定に用いる対象降雨波形群は、令和 3 年までの基準地点天竜峡・鹿島における年複数洪水を抽出し、計画降雨継続時間内実績雨量の上位 20 洪水、実績ピーク流量の上位 20 洪水を満足する洪水、かつ基準地点上流域の計画降雨継続時間内雨量の引き伸ばし率が降雨量変化倍率を乗じる前の値の 2 倍以下（2 倍を超えない）となる、天竜峡地点 23 洪水、鹿島地点 24 洪水を選定した。

選定した洪水を対象に、基準地点天竜峡の 1/100 確率 24 時間雨量 231mm（209.9mm×1.1）となるように引き伸ばし降雨波形を作成し流出計算を行った結果、基準地点天竜峡におけるピーク流量は 3,600~5,900m^3/s となる。

また、基準地点鹿島の 1/150 確率 48 時間雨量 392mm（355.7mm×1.1）となるように引き伸ばし降雨波形を作成し流出計算を行った結果、基準地点鹿島におけるピーク流量は 9,600～32,000m^3/s となる。

表 1.12(1)　選定洪水のピーク流量一覧(天竜峡地点)

NO	洪水名	流量順位	雨量順位	基準地点天竜峡上流域			天竜峡地点ピーク流量 (m^3/s)
				継続時間内降雨量 (mm/24h)	拡大率	1/100確率降雨量×1.1 (mm)	
1	S.32. 6.28	8	12	130.0	1.777	231	5,100
2	S.34. 8.14	15		105.2	2.196	231	5,900
3	S.36. 6.28	4	1	210.6	1.097	231	3,800
4	S.42. 7.10		19	115.1	2.007	231	3,900
5	S.43. 8.30	11		110.8	2.085	231	3,700
6	S.45. 6.16	6	3	182.0	1.269	231	4,300
7	S.47. 7.13		18	120.3	1.920	231	4,600
8	S.57. 8. 3	7	15	126.9	1.820	231	5,300
9	S.57. 9.13	9	7	141.9	1.628	231	3,900
10	S.58. 5.17	10	9	133.1	1.736	231	3,800
11	S.58. 9.29	1	2	202.8	1.139	231	5,100
12	S.60. 7. 1	13		112.6	2.052	231	3,800
13	S.63. 9.25	17	13	128.8	1.793	231	5,200
14	H.01. 9. 3	19	11	131.1	1.762	231	4,100
	H.03. 9.19	20		101.7			
15	H.11. 6.30	3	6	148.7	1.553	231	4,900
16	H.12. 9.12		8	140.9	1.639	231	4,200
17	H.18. 7.19	2	4	181.6	1.272	231	4,700
18	H.19. 7.15	18	17	121.6	1.900	231	4,900
19	H.30. 7. 6	14	14	127.1	1.817	231	4,700
	H.30.10. 1	16		79.2			
20	R.01.10.12		10	131.8	1.753	231	5,300
21	R.02. 7. 8	12	20	114.9	2.010	231	4,700
22	R.03. 5.21		16	123.5	1.870	231	4,600
23	R.03. 8.15	5	5	149.4	1.546	231	3,600

※100m^3/sの端数については、切り上げるものとした
※グレー着色：1/100確率雨量（209.9mm/24hr）への引き伸ばし率が2倍以上となるため対象外

表 1.12(2)　選定洪水のピーク流量一覧(鹿島地点)

NO	洪水名	流量順位	雨量順位	基準地点鹿島上流域			鹿島地点ピーク流量 (m^3/s)
				継続時間内降雨量 (mm/48h)	拡大率	1/150確率降雨量×1.1 (mm)	
1	S.32. 6.28	6		189.0	2.074	392	16,600
2	S.34. 8.14		12	204.6	1.916	392	15,400
3	S.36. 6.28		1	336.2	1.166	392	10,400
4	S.40. 9.18	8		194.3	2.017	392	21,800
5	S.43. 8.30	1	9	221.3	1.771	392	18,400
	S.44. 8. 5	5		155.8			
6	S.45. 6.16	16	2	301.5	1.300	392	9,600
	S.49. 7. 8	12		145.0			
7	S.49. 8.26		15	203.6	1.925	392	14,100
8	S.50. 8.23	15	13	204.4	1.918	392	14,800
9	S.57. 8. 3	3	3	277.5	1.413	392	14,200
10	S.57. 9.13		11	212.4	1.846	392	11,700
11	S.58. 9.29	2	4	269.0	1.457	392	19,900
12	S.60. 7. 1	9	20	194.9	2.011	392	17,000
13	S.63. 9.25		14	204.2	1.920	392	15,400
14	H.01. 9. 3	10	7	232.2	1.688	392	15,900
15	H.03. 9.19	4		180.6	2.171	392	32,000
	H.11. 6.30	14		160.7			
16	H.12. 9.12		17	198.8	1.972	392	19,100
17	H.15. 8. 7	13		192.9	2.032	392	19,400
18	H.18. 7.19	17	10	212.7	1.843	392	14,100
19	H.19. 7.15	7	16	203.5	1.926	392	22,200
20	H.23. 9. 4	11	19	196.0	2.000	392	13,300
21	H.23. 9.21		8	224.2	1.748	392	19,500
22	H.30. 7. 6		6	235.4	1.665	392	13,300
	H.30.10. 1	20		158.3			
23	R.02. 7. 8	18	18	198.3	1.977	392	15,500
24	R.03. 8.15	19	5	260.5	1.505	392	10,000

※100m^3/sの端数については、切り上げるものとした
※グレー着色：1/150確率雨量（355.7mm/48hr）への引き伸ばし率が2倍以上となるため対象外

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や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として採用するには、確率水文量への引き伸ばしによって異常な降雨になっていないか十分にチェックする必要がある。

従って、1.8 で選定した一次選定洪水について、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、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。

1.9.2　棄却基準の設定

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

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

1.9.3 地域分布の評価について

地域分布の検討では、地域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。なお、棄却基準は、1/500 とした。

(1) 対象地域の設定

＜基準地点天竜峡上流域＞

検討対象地域は、図 1.16 に示すとおりであり、諏訪湖域、南アルプス域、中央アルプス域を設定した。

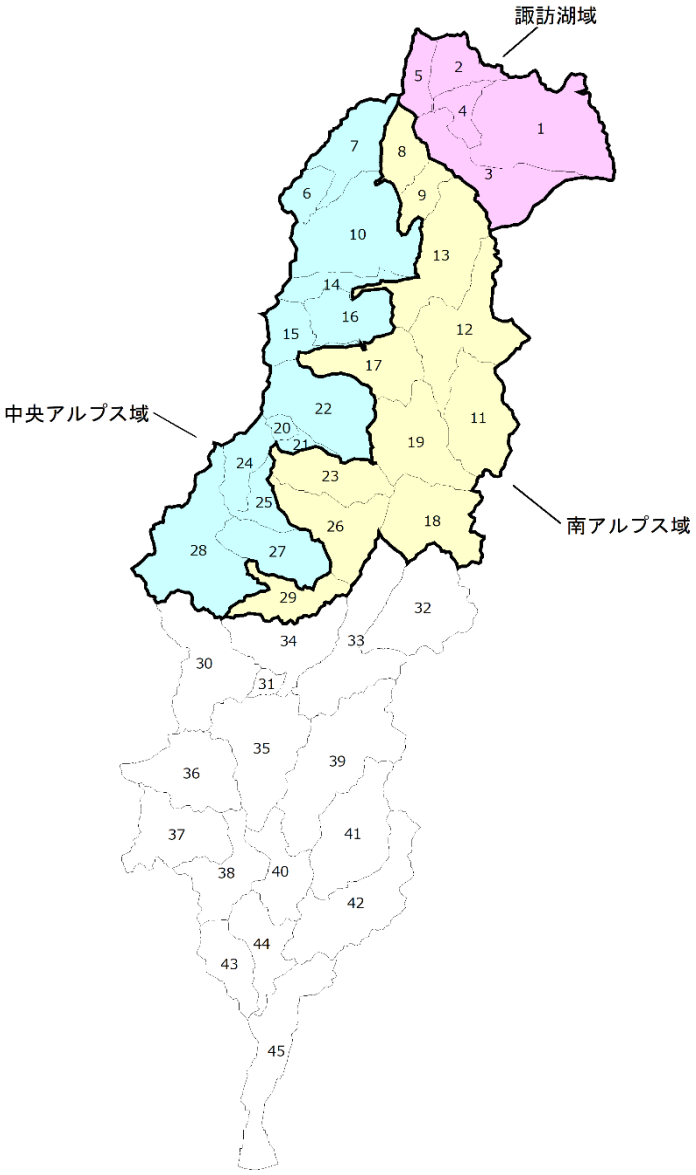


図 1.16　検討対象地域分布の区分図（基準地点天竜峡）

＜基準地点鹿島上流域＞

検討対象地域は、図 1.17 に示すとおりであり、諏訪湖域、南アルプス域、中央アルプス域を一つにまとめた上流域、中流左岸山間域、中流右岸山間域を設定した。

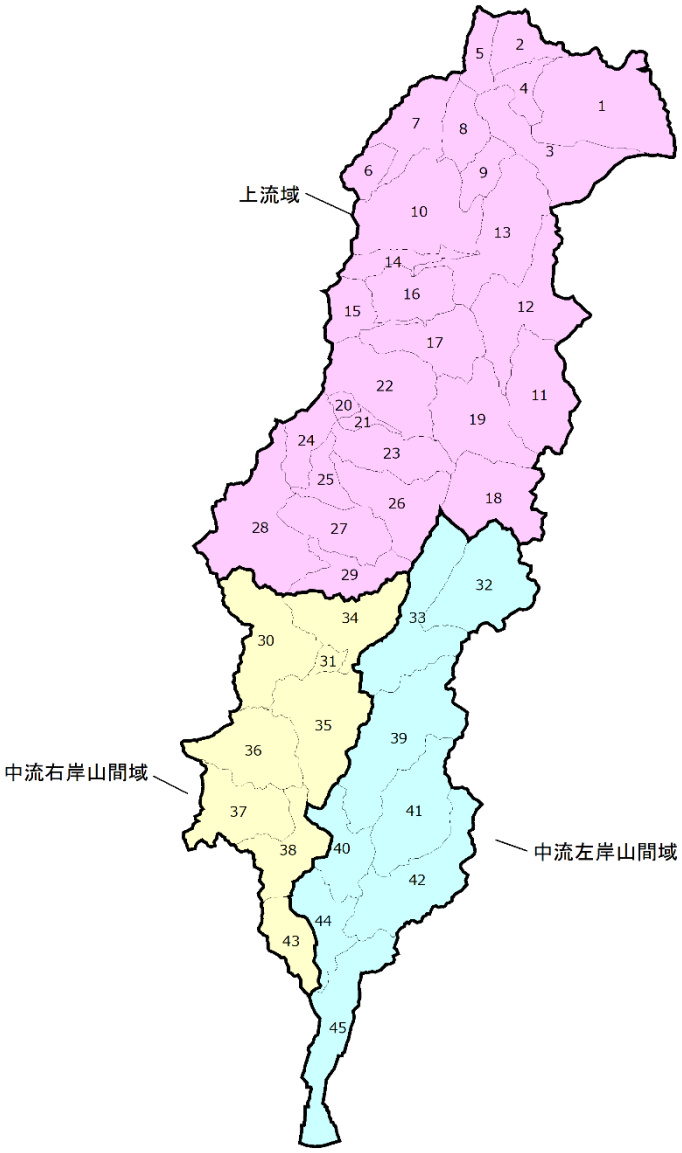


図 1.17　検討対象地域分布の区分図（基準地点鹿島）

(2) 棄却基準値の設定

各選定地域における棄却基準値を設定する。確率雨量の算定は、昭和 31 年（1956 年）から平成 22 年（2010 年）までの各流域の計画降雨継続時間内の年最大時間雨量について確率計算を行い、各計算手法の中で、SLSC≦0.04 かつ Jackknife 推定誤差が最小になる確率分布モデルにおける 1/500 確率雨量を採用した。

表 1.13 (1)　基準地点天竜峡　棄却基準値（地域分布）

流域名	棄却基準値 1/500 確率雨量 (mm/24hr)
諏訪湖域	215.5
南アルプス域	297.6
中央アルプス域	276.6

表 1.13 (2)　基準地点鹿島　棄却基準値（地域分布）

流域名	棄却基準値 1/500 確率雨量 (mm/48hr)
上流域	430.7
中流左岸山間域	570.1
中流右岸山間域	531.7

(3) 地域分布の雨量評価

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

天竜峡地点の 24 時間雨量が最大となる時間帯（降雨継続時間帯）における主要洪水の各対象流域平均 24 時間雨量が、基準地点拡大率によって異常な引き伸ばしとなっていないかを、拡大後雨量の確率評価より確認した。

鹿島地点の 48 時間雨量が最大となる時間帯（降雨継続時間帯）における主要洪水の各対象流域平均 48 時間雨量が、基準地点拡大率によって異常な引き伸ばしとなっていないかを、拡大後雨量の確率評価より確認した。

各地域の拡大後雨量及び 1/500 雨量は、表 1.14 に示すとおりであり、天竜峡で 8 洪水、鹿島で 11 洪水が棄却される。

表 1.14 (1)　地域分布による拡大後降雨の確率評価表（基準地点天竜峡）

NO	洪水 年月日	引き伸ばし後の流域平均24hr雨量(mm)			地域分布による棄却判定			棄却 結果
		諏訪湖域	南アルプス域	中央アルプス域	諏訪湖域	南アルプス域	中央アルプス域	
1	S.32. 6.28	139.7	249.5	236.4				
2	S.34. 8.14	179.6	153.5	266.5				
3	S.36. 6.28	115.9	227.4	256.2		棄却※		棄却
4	S.42. 7.10	258.7	210.3	182.5	棄却			棄却
5	S.43. 8.30	191.2	217.7	213.2				
6	S.45. 6.16	114.4	250.8	230.6				
7	S.47. 7.13	205.5	226.7	179.8			棄却※	棄却
8	S.57. 8. 3	193.1	144.7	271.9		棄却※		棄却
9	S.57. 9.13	209.5	187.7	233.5				
10	S.58. 5.17	156.0	238.7	219.2				
11	S.58. 9.29	174.1	220.3	220.9				
12	S.60. 7. 1	179.5	243.8	214.7				
13	S.63. 9.25	145.4	226.7	238.5				
14	H.01. 9. 3	138.8	262.2	220.4			棄却※	棄却
15	H.11. 6.30	160.8	262.0	200.5				
16	H.12. 9.12	198.9	287.4	192.0			棄却※	棄却
17	H.18. 7.19	208.5	233.9	187.4				
18	H.19. 7.15	128.8	282.9	218.5				
19	H.30. 7. 6	160.2	223.8	217.0				
20	R.01.10.12	181.5	128.1	270.7		棄却※		棄却
21	R.02. 7. 8	86.5	220.5	270.1		棄却※		棄却
22	R.03. 5.21	143.9	225.7	233.2				
23	R.03. 8.15	207.3	244.0	199.2				
棄却基準値 【1/500雨量】		215.5	297.6	276.6				

※洪水調節施設等を検討した小流域でも 1/500 雨量を確認し、超過したものを棄却

表 1.14 (2)　地域分布による拡大後降雨の確率評価表（基準地点鹿島）

NO	洪水 年月日	引き伸ばし後の流域平均48hr雨量(mm)			地域分布による棄却判定			棄却 結果
		上流域	左岸山間域	右岸山間域	上流域	左岸山間域	右岸山間域	
1	S.32. 6.28	317.0	425.7	404.3				
2	S.34. 8.14	278.0	505.5	407.9				
3	S.36. 6.28	305.8	427.5	413.3				
4	S.40. 9.18	241.6	514.0	498.4				
5	S.43. 8.30	276.9	431.1	496.4			棄却※	棄却
6	S.45. 6.16	357.7	323.6	366.3				
7	S.49. 8.26	236.3	510.4	538.2			棄却	棄却
8	S.50. 8.23	189.2	594.0	578.2		棄却	棄却	棄却
9	S.57. 8. 3	229.0	603.0	476.7		棄却		棄却
10	S.57. 9.13	302.4	453.6	418.6				
11	S.58. 9.29	353.2	330.3	359.9				
12	S.60. 7. 1	294.4	438.8	435.1				
13	S.63. 9.25	301.7	439.6	414.6				
14	H.01. 9. 3	260.3	448.9	518.9			棄却※	棄却
15	H.03. 9.19	221.0	582.9	507.0		棄却		棄却
16	H.12. 9.12	319.1	405.4	408.5				
17	H.15. 8. 7	226.2	558.6	512.7			棄却※	棄却
18	H.18. 7.19	385.3	293.9	309.2				
19	H.19. 7.15	242.9	507.1	521.9				
20	H.23. 9. 4	178.0	678.6	480.0		棄却		棄却
21	H.23. 9.21	257.6	500.3	466.6			棄却※	棄却
22	H.30. 7. 6	298.4	431.2	420.7			棄却※	棄却
23	R.02. 7. 8	264.8	493.9	444.6			棄却※	棄却
24	R.03. 8.15	348.8	359.9	348.7				
棄却基準値 【1/500雨量】		430.7	570.1	531.7				

※洪水調節施設等を検討した小流域でも 1/500 雨量を確認し、超過したものを棄却

1.9.4 時間分布の評価について

時間分布の検討では、洪水到達時間相当の短時間雨量に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。なお、棄却基準は、1/500 とした。

(1) 対象時間の設定

対象時間は、洪水到達時間と計画降雨継続時間から設定した。

表 1.15　対象時間の設定

基準地点	時間分布棄却基準（短時間雨量）として設定	
	洪水到達時間	計画降雨継続時間の 1/2
天竜峡	15 時間	12 時間
鹿島	21 時間	24 時間

＜天竜峡地点＞

対象とする短時間雨量は、①洪水到達時間（15 時間※）と、②計画降雨継続時間 24 時間の 1/2（12 時間）を設定した。

※洪水到達時間は、Kinematic Wave 法より得られた洪水到達時間（15 時間）及び角屋式より得られた洪水到達時間（15 時間）から 15 時間を設定した。

＜鹿島地点＞

対象とする短時間雨量は、①洪水到達時間（21 時間※）と、②計画降雨継続時間 48 時間の 1/2（24 時間）を設定した。

※洪水到達時間は、Kinematic Wave 法より得られた洪水到達時間（23 時間）及び角屋式より得られた洪水到達時間（17 時間）から 21 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する。確率雨量の算定は、昭和 31 年（1956 年）から平成 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、各計算手法の中で、SLSC≦0.04 かつ Jackknife 推定誤差が最小になる確率分布モデルにおける 1/500 確率雨量を採用した。

表 1.16 (1)　基準地点天竜峡　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/24hr)
洪水到達時間	15 時間	227.1
計画降雨継続時間 1/2	12 時間	215.2

表 1.16 (2)　基準地点鹿島　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/48hr)
洪水到達時間	21 時間	291.1
計画降雨継続時間 1/2	24 時間	314.9

(3) 時間分布の雨量評価

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

天竜峡地点及び鹿島地点の計画降雨継続時間内雨量（天竜峡 24 時間、鹿島 48 時間）が最大となる時間帯における主要洪水の短時間雨量（天竜峡 15 時間、12 時間、鹿島 21 時間、24 時間）が、基準地点拡大率によって異常な引き伸ばしとなっていないかを、拡大後雨量の確率評価より確認した。

各時間の拡大後雨量及び 1/500 雨量は、表 1.17 に示すとおりであり、天竜峡では棄却される洪水なし、鹿島で 3 洪水が棄却される。

表 1.17 (1)　短時間雨量による拡大後降雨の確率評価表（基準地点天竜峡）

NO	洪水 年月日	引き伸ばし後の 短時間雨量		短時間雨量 棄却判定		棄却 結果
		継続時間から設定(12hr)	洪水到達時間から設定(15hr)	継続時間から設定(12hr)	洪水到達時間から設定(15hr)	
1	S.32. 6.28	167.0	181.5			
2	S.34. 8.14	155.8	168.9			
3	S.36. 6.28	119.9	153.4			
4	S.42. 7.10	132.8	154.0			
5	S.43. 8.30	130.6	146.1			
6	S.45. 6.16	110.5	134.0			
7	S.47. 7.13	154.0	174.3			
8	S.57. 8. 3	148.4	167.0			
9	S.57. 9.13	117.0	132.4			
10	S.58. 5.17	136.1	163.0			
11	S.58. 9.29	151.0	164.2			
12	S.60. 7. 1	132.5	154.2			
13	S.63. 9.25	146.6	168.9			
14	H.01. 9. 3	151.6	174.0			
15	H.11. 6.30	167.9	193.5			
16	H.12. 9.12	143.9	155.9			
17	H.18. 7.19	112.0	140.2			
18	H.19. 7.15	133.1	156.5			
19	H.30. 7. 6	115.6	128.4			
20	R.01.10.12	161.7	187.5			
21	R.02. 7. 8	156.8	187.7			
22	R.03. 5.21	140.8	163.1			
23	R.03. 8.15	123.7	141.2			
棄却基準値 【1/500雨量】		215.2	227.1			

表 1.17 (2)　短時間雨量による拡大後降雨の確率評価表（基準地点鹿島）

NO	洪水 年月日	引き伸ばし後の 短時間雨量		短時間雨量 棄却判定		棄却 結果
		継続時間から設定(24hr)	洪水到達時間から設定(21hr)	継続時間から設定(24hr)	洪水到達時間から設定(21hr)	
1	S.32. 6.28	300.7	273.4			
2	S.34. 8.14	215.8	188.7			
3	S.36. 6.28	254.2	232.3			
4	S.40. 9.18	335.7	294.7	棄却	棄却	棄却
5	S.43. 8.30	180.4	176.2			
6	S.45. 6.16	215.8	187.5			
7	S.49. 8.26	296.8	272.6			
8	S.50. 8.23	299.4	278.9			
9	S.57. 8. 3	195.6	195.0			
10	S.57. 9.13	274.6	244.1			
11	S.58. 9.29	279.6	266.0			
12	S.60. 7. 1	284.6	275.4			
13	S.63. 9.25	283.1	267.6			
14	H.01. 9. 3	280.9	264.1			
15	H.03. 9.19	348.8	347.5	棄却	棄却	棄却
16	H.12. 9.12	306.6	259.6			
17	H.15. 8. 7	299.0	285.2			
18	H.18. 7.19	271.3	246.2			
19	H.19. 7.15	329.9	309.0	棄却	棄却	棄却
20	H.23. 9. 4	191.1	184.3			
21	H.23. 9.21	226.1	203.6			
22	H.30. 7. 6	207.0	186.5			
23	R.02. 7. 8	216.8	205.0			
24	R.03. 8.15	225.8	208.4			
棄却基準値 【1/500雨量】		314.9	291.1			

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、基準地点天竜峡の 1/100 規模（1.1 倍）24 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天竜峡におけるピーク流量は 3,600~5,900m³/s となる。

また、基準地点鹿島の 1/150 規模（1.1 倍）48 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鹿島におけるピーク流量は 9,600～19,900m³/s となる。

表 1.18 (1)　ピーク流量一覧（基準地点天竜峡）

NO	洪水名	基準地点天竜峡上流域			天竜峡地点ピーク流量（m³/s）	棄却理由
		継続時間内降雨量（mm/24h）	拡大率	1/100確率降雨量×1.1（mm）		
1	S.32. 6.28	130.0	1.777	231	5,100	
2	S.34. 8.14	105.2	2.196	231	5,900	
3	S.36. 6.28	210.6	1.097	231	3,800	地域分布
4	S.42. 7.10	115.1	2.007	231	3,900	地域分布
5	S.43. 8.30	110.8	2.085	231	3,700	
6	S.45. 6.16	182.0	1.269	231	4,300	
7	S.47. 7.13	120.3	1.920	231	4,600	地域分布
8	S.57. 8. 3	126.9	1.820	231	5,300	地域分布
9	S.57. 9.13	141.9	1.628	231	3,900	
10	S.58. 5.17	133.1	1.736	231	3,800	
11	S.58. 9.29	202.8	1.139	231	5,100	
12	S.60. 7. 1	112.6	2.052	231	3,800	
13	S.63. 9.25	128.8	1.793	231	5,200	
14	H.01. 9. 3	131.1	1.762	231	4,100	地域分布
15	H.11. 6.30	148.7	1.553	231	4,900	
16	H.12. 9.12	140.9	1.639	231	4,200	地域分布
17	H.18. 7.19	181.6	1.272	231	4,700	
18	H.19. 7.15	121.6	1.900	231	4,900	
19	H.30. 7. 6	127.1	1.817	231	4,700	
20	R.01.10.12	131.8	1.753	231	5,300	地域分布
21	R.02. 7. 8	114.9	2.010	231	4,700	地域分布
22	R.03. 5.21	123.5	1.870	231	4,600	
23	R.03. 8.15	149.4	1.546	231	3,600	

※100m³/sの端数については、切り上げるものとした
※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

表 1.18 (2)　ピーク流量一覧（基準地点鹿島）

NO	洪水名	基準地点鹿島上流域			鹿島地点ピーク流量（m^3/s）	棄却理由	
		継続時間内降雨量（mm/48h）	拡大率	1/150確率降雨量×1.1（mm）			
1	S.32. 6.28	189.0	2.074	392	16,600		
2	S.34. 8.14	204.6	1.916	392	15,400		
3	S.36. 6.28	336.2	1.166	392	10,400		
4	S.40. 9.18	194.3	2.017	392	21,800	時間分布	
5	S.43. 8.30	221.3	1.771	392	18,400		地域分布
6	S.45. 6.16	301.5	1.300	392	9,600		
7	S.49. 8.26	203.6	1.925	392	14,100		地域分布
8	S.50. 8.23	204.4	1.918	392	14,800		地域分布
9	S.57. 8. 3	277.5	1.413	392	14,200		地域分布
10	S.57. 9.13	212.4	1.846	392	11,700		
11	S.58. 9.29	269.0	1.457	392	19,900		
12	S.60. 7. 1	194.9	2.011	392	17,000		
13	S.63. 9.25	204.2	1.920	392	15,400		
14	H.01. 9. 3	232.2	1.688	392	15,900		地域分布
15	H.03. 9.19	180.6	2.171	392	32,000	時間分布	地域分布
16	H.12. 9.12	198.8	1.972	392	19,100		
17	H.15. 8. 7	192.9	2.032	392	19,400		地域分布
18	H.18. 7.19	212.7	1.843	392	14,100		
19	H.19. 7.15	203.5	1.926	392	22,200	時間分布	
20	H.23. 9. 4	196.0	2.000	392	13,300		地域分布
21	H.23. 9.21	224.2	1.748	392	19,500		地域分布
22	H.30. 7. 6	235.4	1.665	392	13,300		地域分布
23	R.02. 7. 8	198.3	1.977	392	15,500		地域分布
24	R.03. 8.15	260.5	1.505	392	10,000		

※100m^3/sの端数については、切り上げるものとした
※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

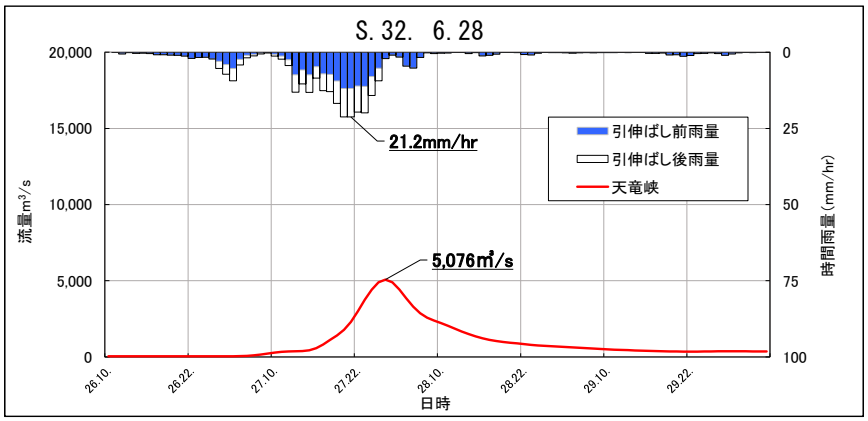


図 1.18 (1)　基本高水ハイドログラフ(昭和 32 年 6 月洪水　天竜峡)

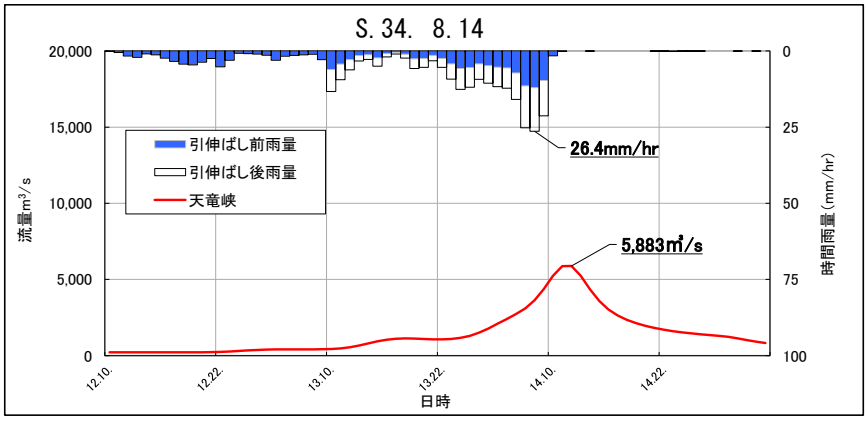


図 1.18 (2)　基本高水ハイドログラフ(昭和 34 年 8 月洪水　天竜峡)

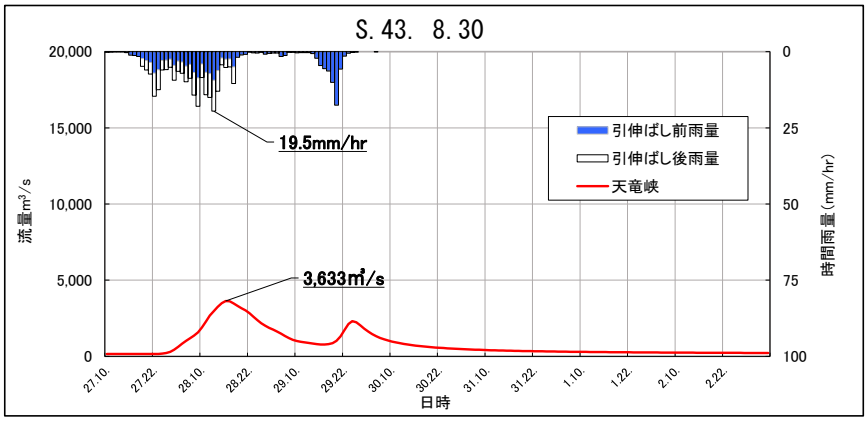


図 1.18 (3)　基本高水ハイドログラフ(昭和 43 年 8 月洪水　天竜峡)

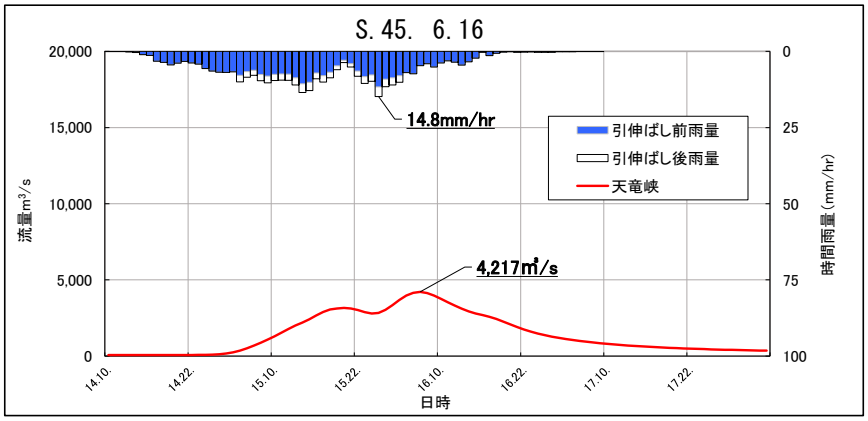


図 1.18 (4)　基本高水ハイドログラフ(昭和 45 年 6 月洪水　天竜峡)

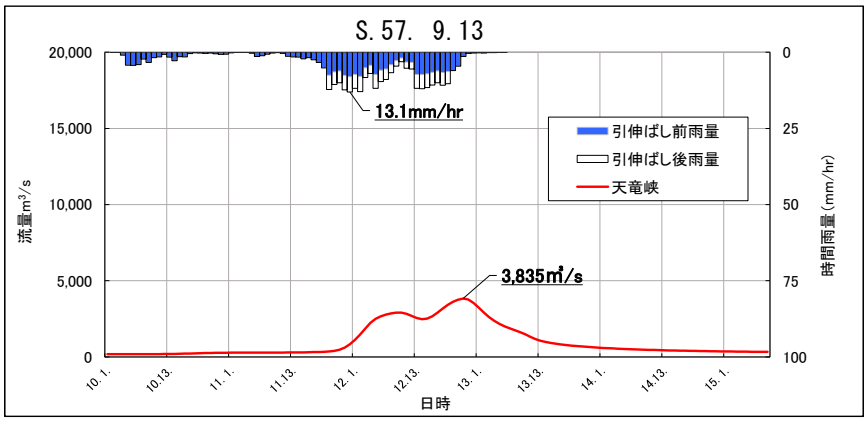


図 1.18 (5)　基本高水ハイドログラフ(昭和 57 年 9 月洪水　天竜峡)

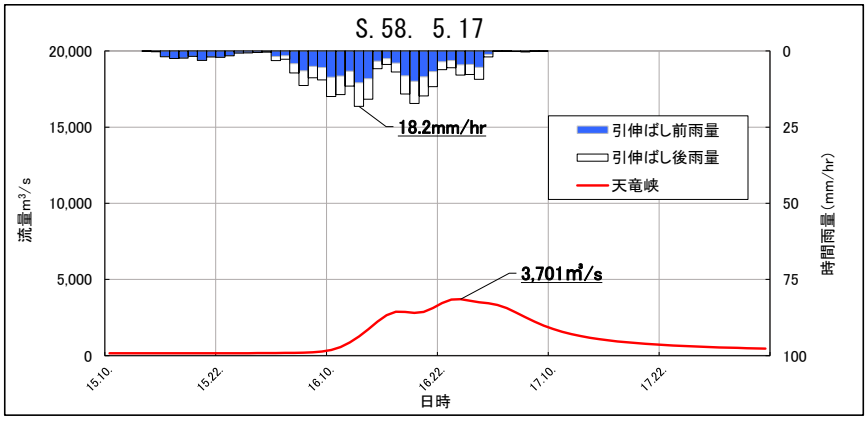


図 1.18 (6)　基本高水ハイドログラフ(昭和 58 年 5 月洪水　天竜峡)

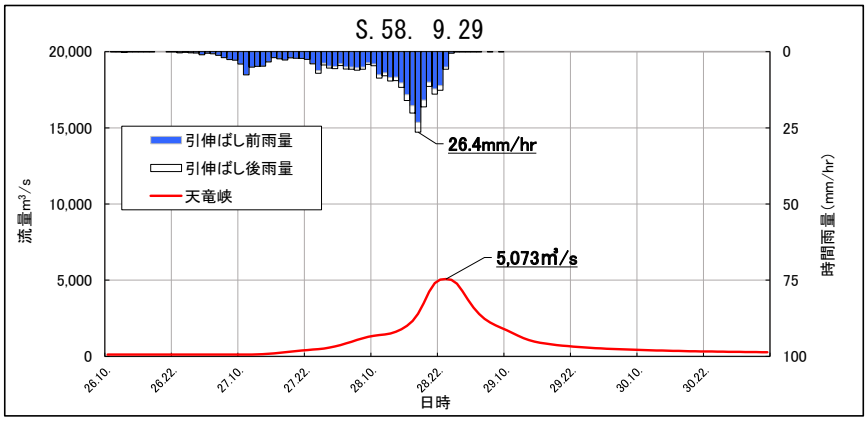


図 1.18 (7)　基本高水ハイドログラフ(昭和 58 年 9 月洪水　天竜峡)

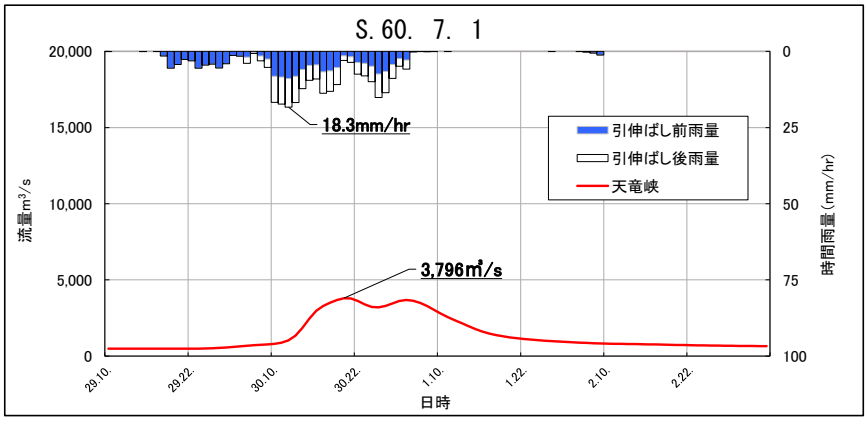


図 1.18 (8)　基本高水ハイドログラフ(昭和 60 年 7 月洪水　天竜峡)

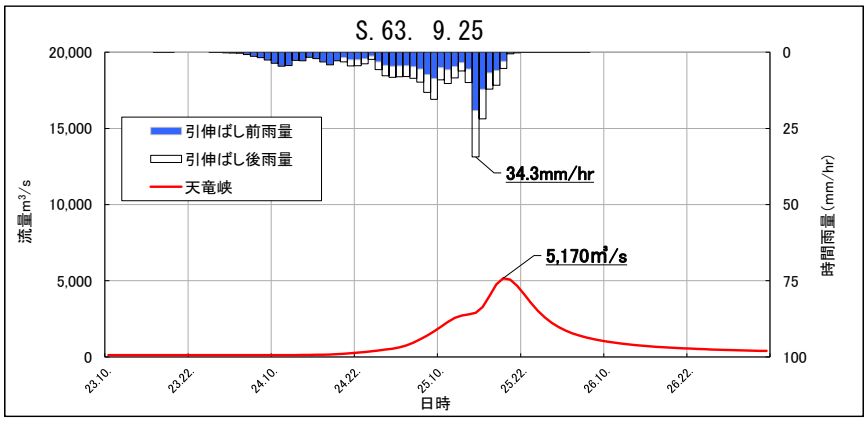


図 1.18 (9)　基本高水ハイドログラフ(昭和 63 年 9 月洪水　天竜峡)

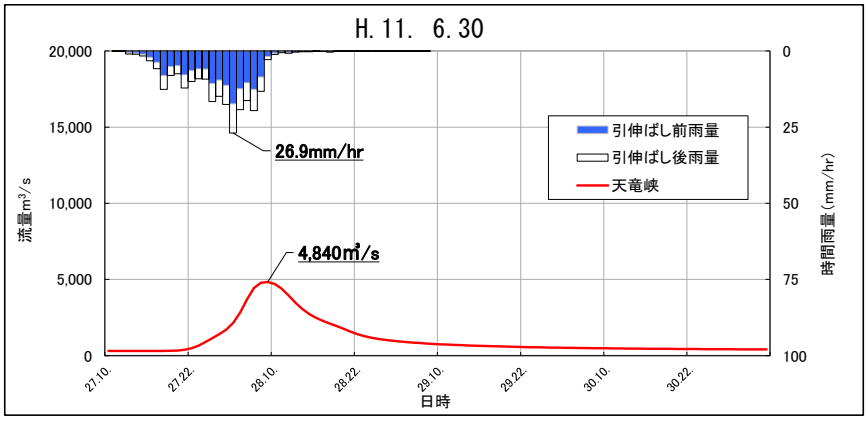


図 1.18 (10)　基本高水ハイドログラフ(平成 11 年 6 月洪水　天竜峡)

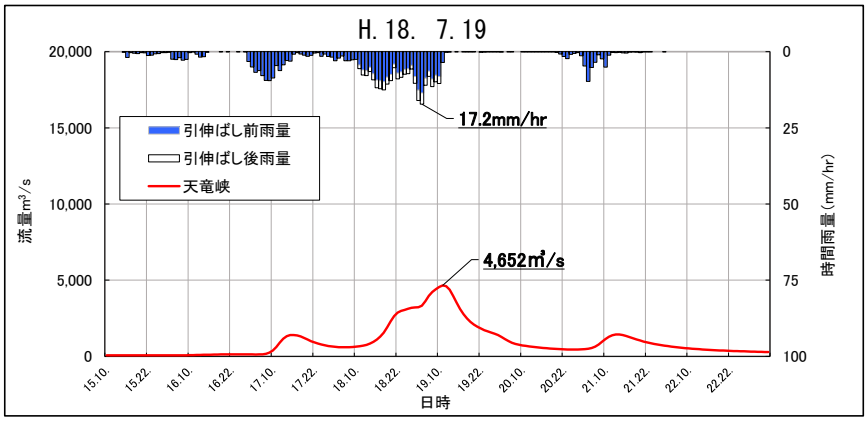


図 1.18 (11)　基本高水ハイドログラフ(平成 18 年 7 月洪水　天竜峡)

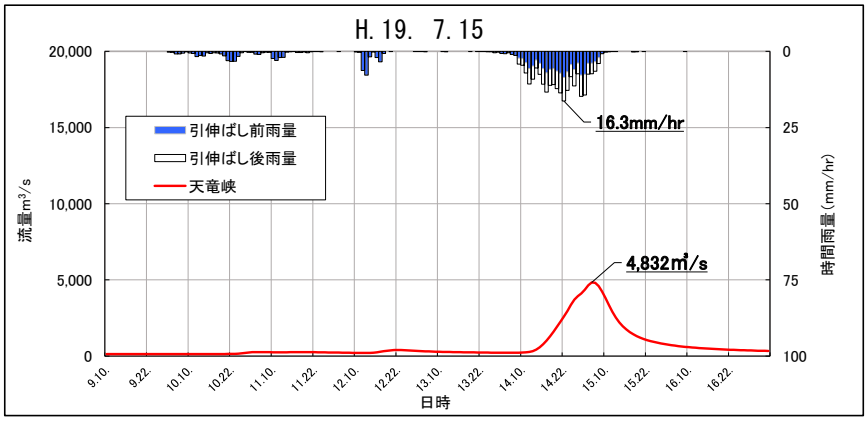


図 1.18 (12)　基本高水ハイドログラフ(平成 19 年 7 月洪水　天竜峡)

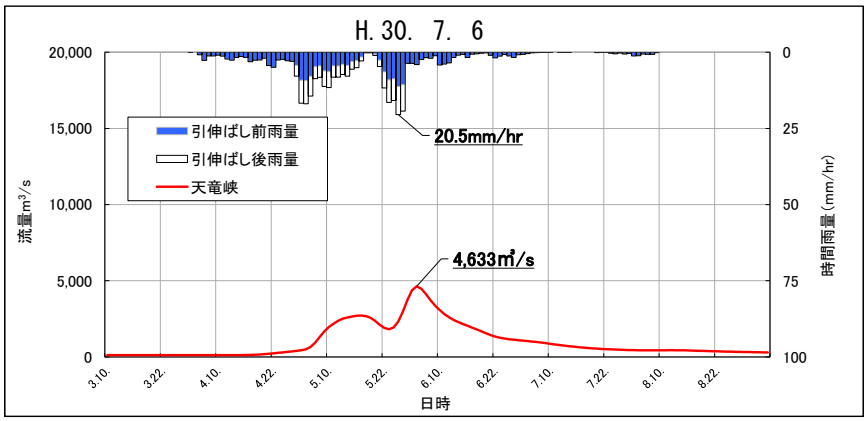


図 1.18 (13)　基本高水ハイドログラフ(平成 30 年 7 月洪水　天竜峡)

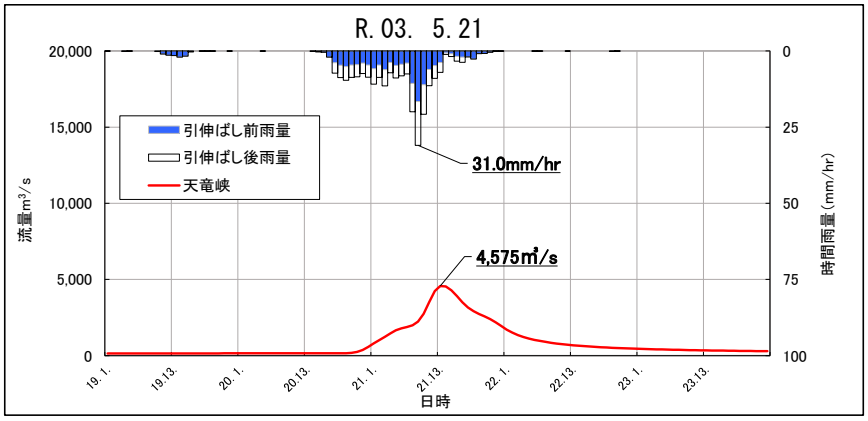


図 1.18 (14)　基本高水ハイドログラフ(令和 3 年 5 月洪水　天竜峡)

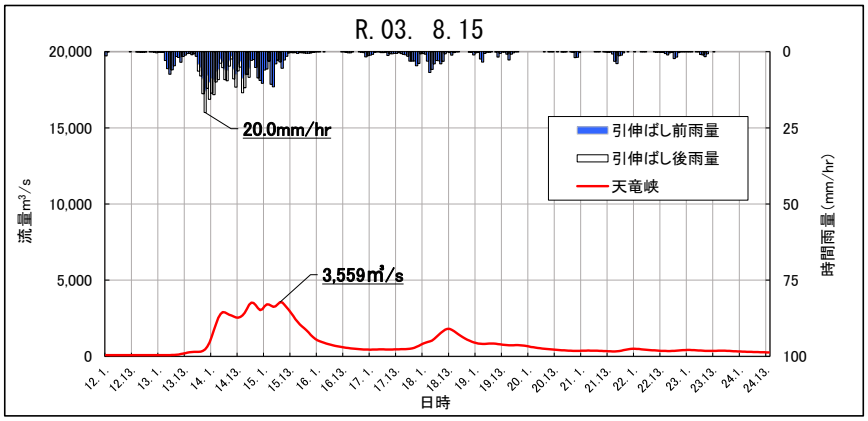


図 1.18 (15)　基本高水ハイドログラフ(令和 3 年 8 月洪水　天竜峡)

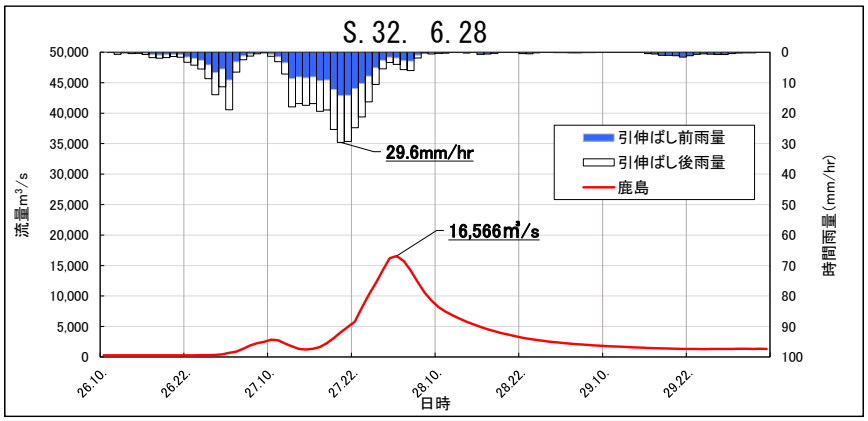


図 1.18 (16)　基本高水ハイドログラフ(昭和 32 年 6 月洪水　鹿島)

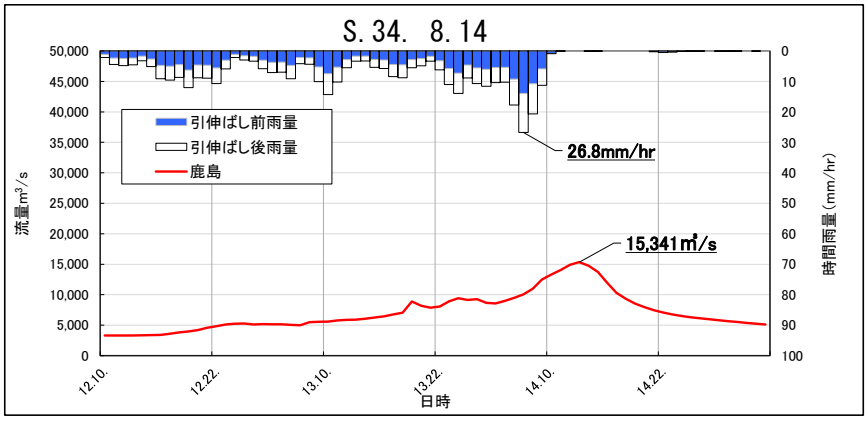


図 1.18 (17)　基本高水ハイドログラフ(昭和 34 年 8 月洪水　鹿島)

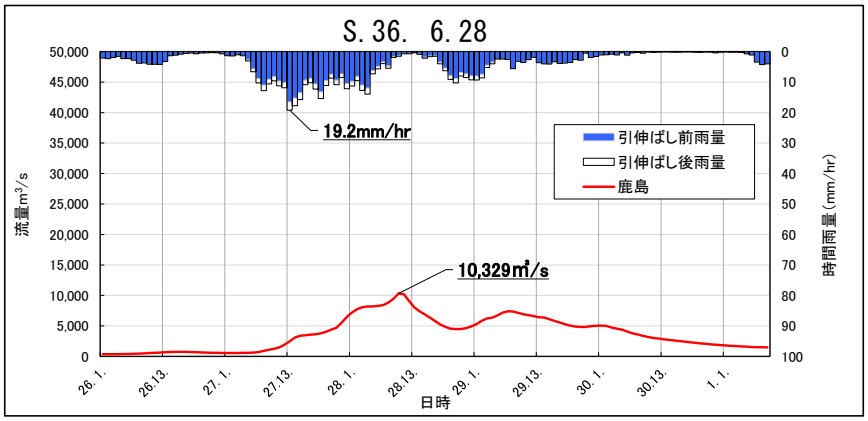


図 1.18 (18)　基本高水ハイドログラフ(昭和 36 年 6 月洪水　鹿島)

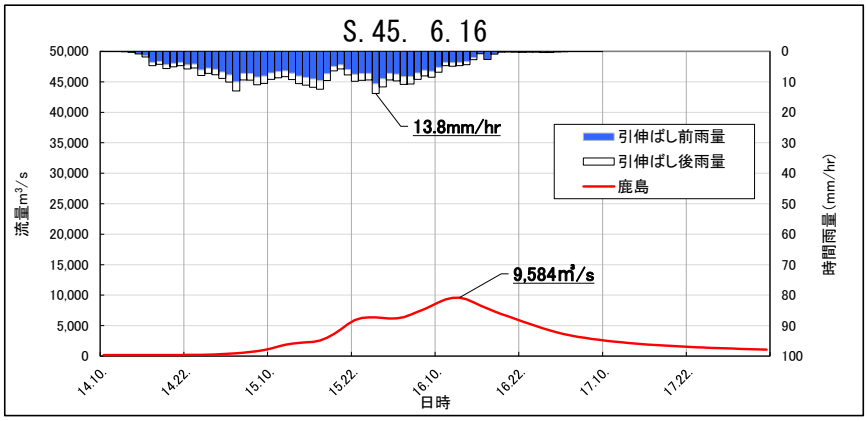


図 1.18 (19)　基本高水ハイドログラフ(昭和 45 年 6 月洪水　鹿島)

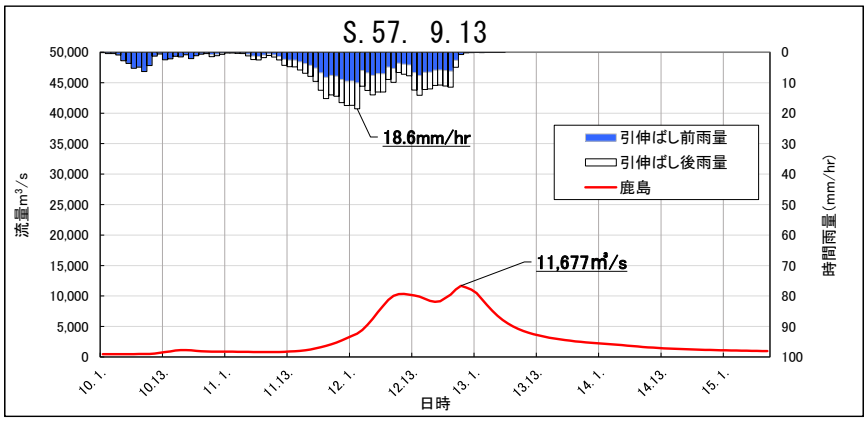


図 1.18 (20)　基本高水ハイドログラフ(昭和 57 年 9 月洪水　鹿島)

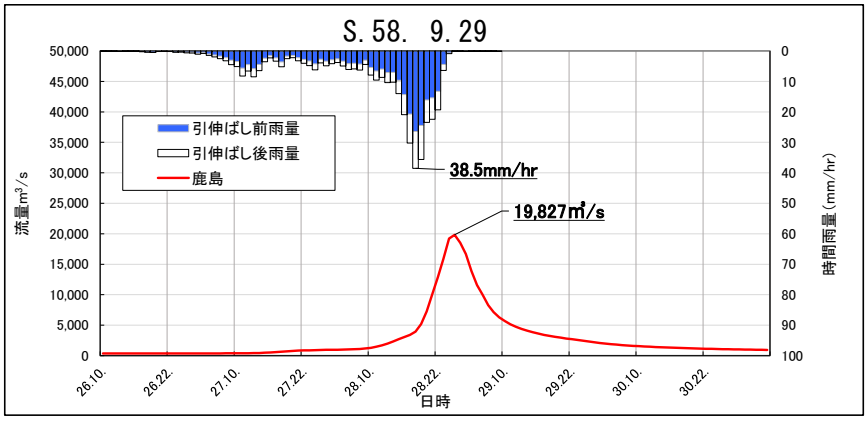


図 1.18 (21)　基本高水ハイドログラフ(昭和 58 年 9 月洪水　鹿島)

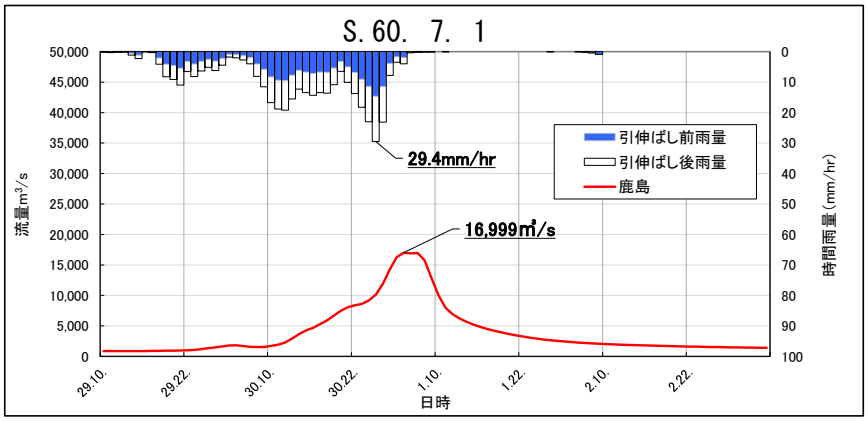


図 1.18 (22)　基本高水ハイドログラフ(昭和 60 年 7 月洪水　鹿島)

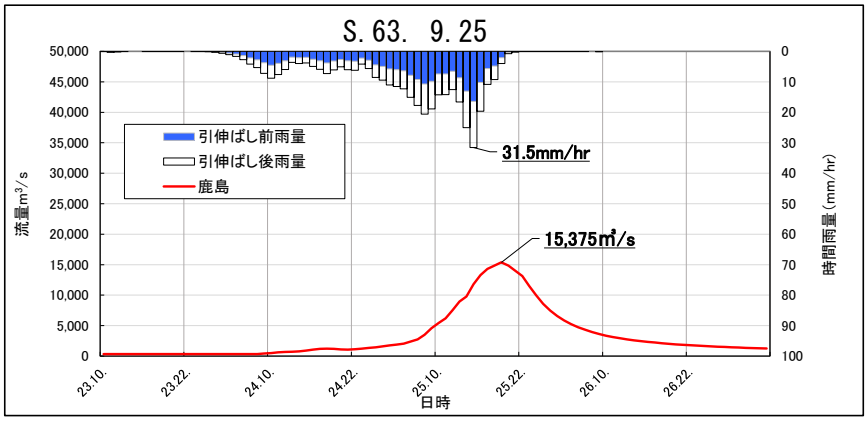


図 1.18 (23)　基本高水ハイドログラフ(昭和 63 年 9 月洪水　鹿島)

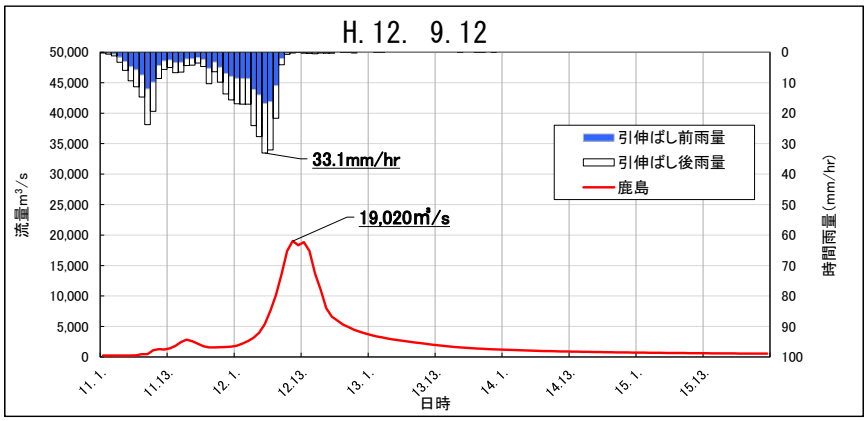


図 1.18 (24)　基本高水ハイドログラフ（平成 12 年 8 月洪水　鹿島）

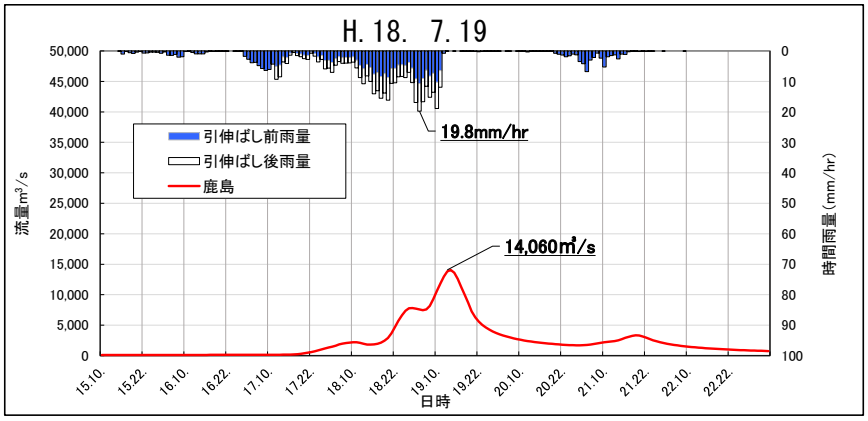


図 1.18 (25)　基本高水ハイドログラフ（平成 18 年 7 月洪水　鹿島）

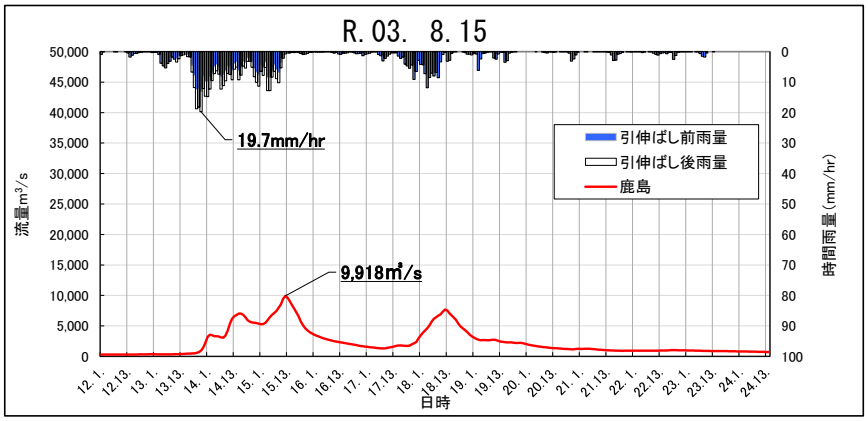


図 1.18 (26)　基本高水ハイドログラフ（令和 3 年 8 月洪水　鹿島）

1.11 アンサンブル予測降雨波形による検討

1.11.1 アンサンブル予測降雨波形による流出計算

4℃上昇のシナリオ RCP8.5 における近未来の気候（2℃上昇時：およそ 2040 年頃、世界平均の地上気温が産業革命当時と比べて 2℃上昇）を前提として、文部科学省「SI-CAT 気候変動適応技術社会実装プログラム※」において整備・公表された解像度 5km にダウンスケーリングされたアンサンブル実験により得られたアンサンブル将来予測降雨波形（以下、「d2PDF」）から求めた、現在気候及び将来気候の年最大流域平均雨量標本から、天竜峡地点における対象降雨の降雨量（231mm/24 時間）の±20%の範囲内、鹿島地点における対象降雨の降雨量（392mm/48 時間）の±20%の範囲内で、最大・最小のピーク流量の洪水を含む様々な降雨波形 10 洪水を抽出した。抽出した洪水は、中央集中や複数の降雨ピークがある波形等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した。

また、抽出した洪水の降雨波形を、気候変動を考慮した 1/100 確率規模の 24 時間雨量 231mm（基準地点天竜峡）、および、気候変動を考慮した 1/150 確率規模の 48 時間雨量 392mm（基準地点鹿島）に調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、基準地点天竜峡のピーク流量は約 3,200m^3/s～7,300m^3/s、基準地点鹿島のピーク流量は約 7,600m^3/s～19,100m^3/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 onClimate Change Adaptation Technology）

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

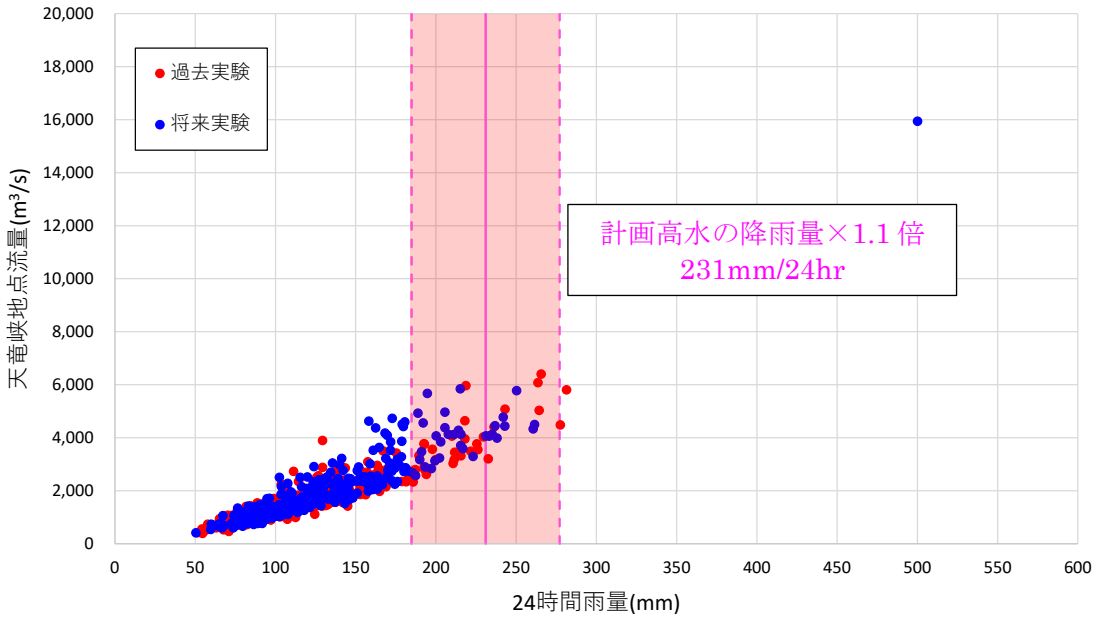


図 1.19 (1)　アンサンブル予測降雨からの抽出（基準地点天竜峡）

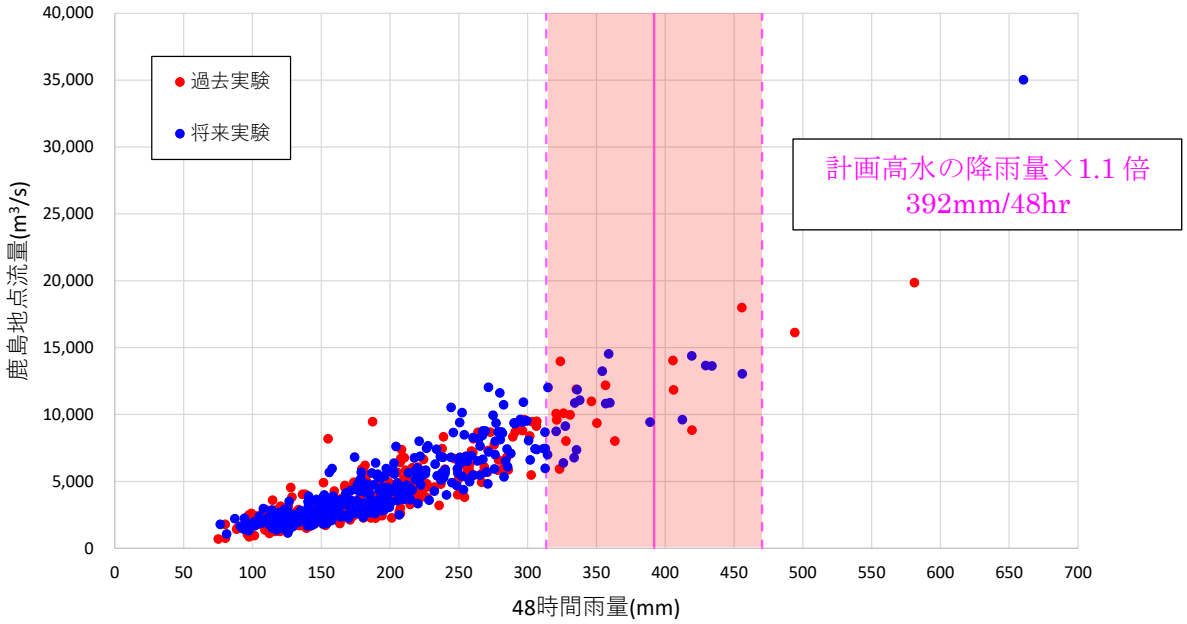


図 1.19 (2)　アンサンブル予測降雨からの抽出（基準地点鹿島）

- d2PDF（将来 360 年、現在 360 年）の年最大雨量標本（360 年）を対象
- 著しい引き伸ばし等によって降雨波形をゆが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 1.19 (1)　アンサンブル予測降雨によるピーク流量一覧（基準地点天竜峡）

洪水名		天竜峡地点 24時間雨量 (mm)	天竜峡地点 ピーク流量 引伸・引縮なし (m³/s)	気候変動後 1/100雨量 (mm)	拡大率	天竜峡地点 ピーク流量 引伸・引縮あり (m³/s)
将来実験	HFB_2K_GF_m101_2065	214.0	4,280	231	1.079	4,808
	HFB_2K_HA_m101_2087	194.6	5,669	231	1.187	7,298
	HFB_2K_MI_m101_2070	211.1	4,119	231	1.094	4,752
	HFB_2K_MP_m101_2078	250.2	5,772	231	0.923	5,091
	HFB_2K_MR_m101_2068	215.1	5,842	231	1.074	6,311
過去実験	HPB_m005_1983	218.0	4,637	231	1.060	5,062
	HPB_m006_1990	232.5	3,200	231	0.994	3,173
	HPB_m007_1986	218.6	5,966	231	1.057	6,330
	HPB_m007_1993	210.7	3,027	231	1.097	3,347
	HPB_m022_2004	229.6	4,026	231	1.006	4,060

：天竜峡ピーク流量の最大値

：天竜峡ピーク流量の最小値

表 1.19 (2)　アンサンブル予測降雨によるピーク流量一覧（基準地点鹿島）

洪水名		鹿島地点 48時間雨量 (mm)	鹿島地点 ピーク流量 引伸・引縮なし (m³/s)	気候変動後 1/150雨量 (mm)	拡大率	鹿島地点 ピーク流量 引伸・引縮あり (m³/s)
将来実験	HFB_2K_GF_m105_2084	359.8	10,883	392	1.090	12,278
	HFB_2K_HA_m101_2081	388.9	9,433	392	1.008	9,543
	HFB_2K_MI_m101_2070	358.8	14,528	392	1.092	16,826
	HFB_2K_MP_m101_2073	419.2	14,376	392	0.935	12,635
	HFB_2K_MP_m101_2082	412.5	9,609	392	0.950	8,881
過去実験	HPB_m001_2003	363.5	8,023	392	1.079	8,705
	HPB_m006_1990	419.4	8,824	392	0.935	7,644
	HPB_m006_2008	406.1	11,834	392	0.965	11,077
	HPB_m009_1987	323.8	13,983	392	1.211	19,101
	HPB_m022_2004	405.7	14,040	392	0.966	13,141

：鹿島ピーク流量の最大値

：鹿島ピーク流量の最大値

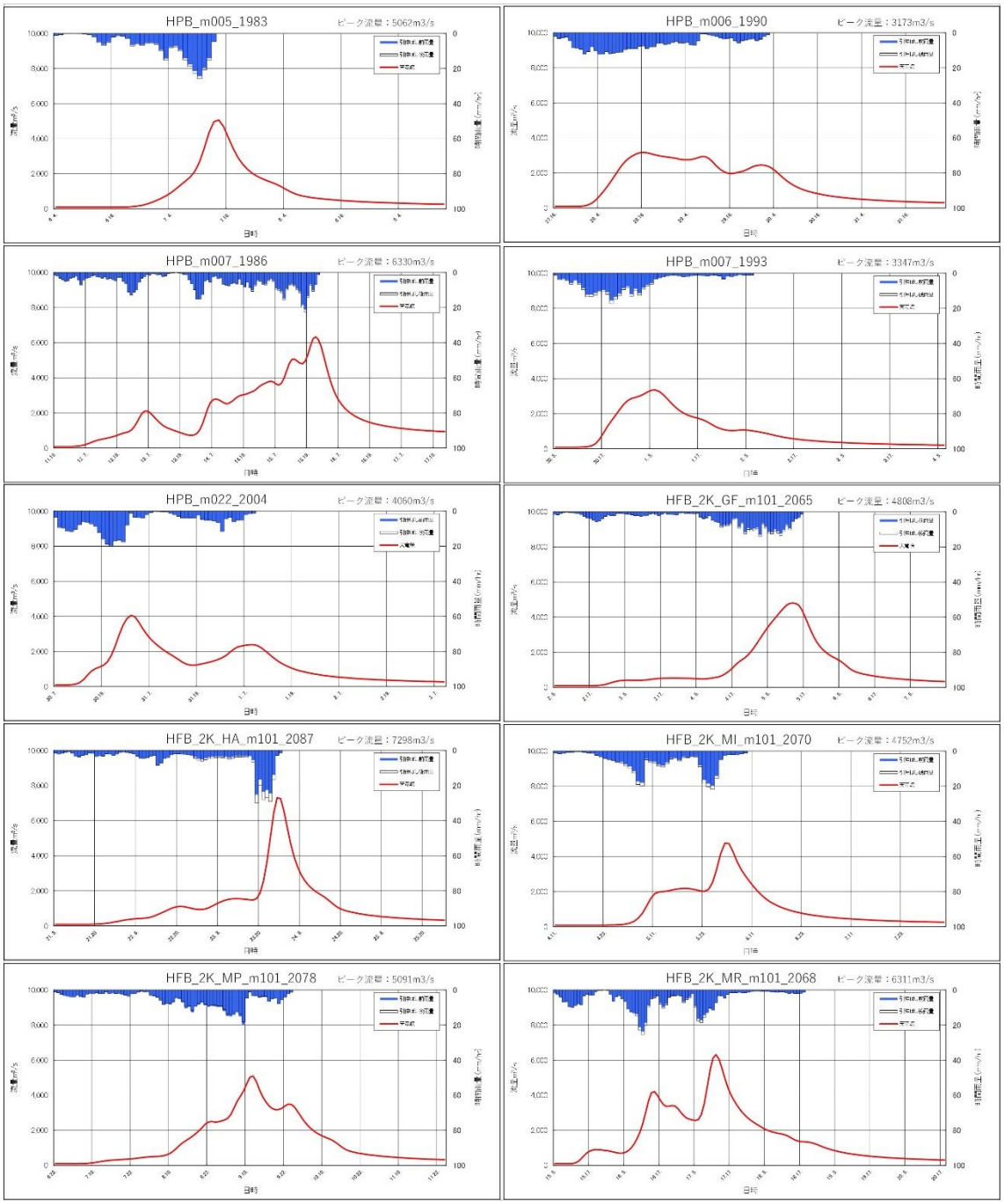


図 1.20 (1)　アンサンブル予測降雨波形における流出計算結果（基準地点天竜峡）

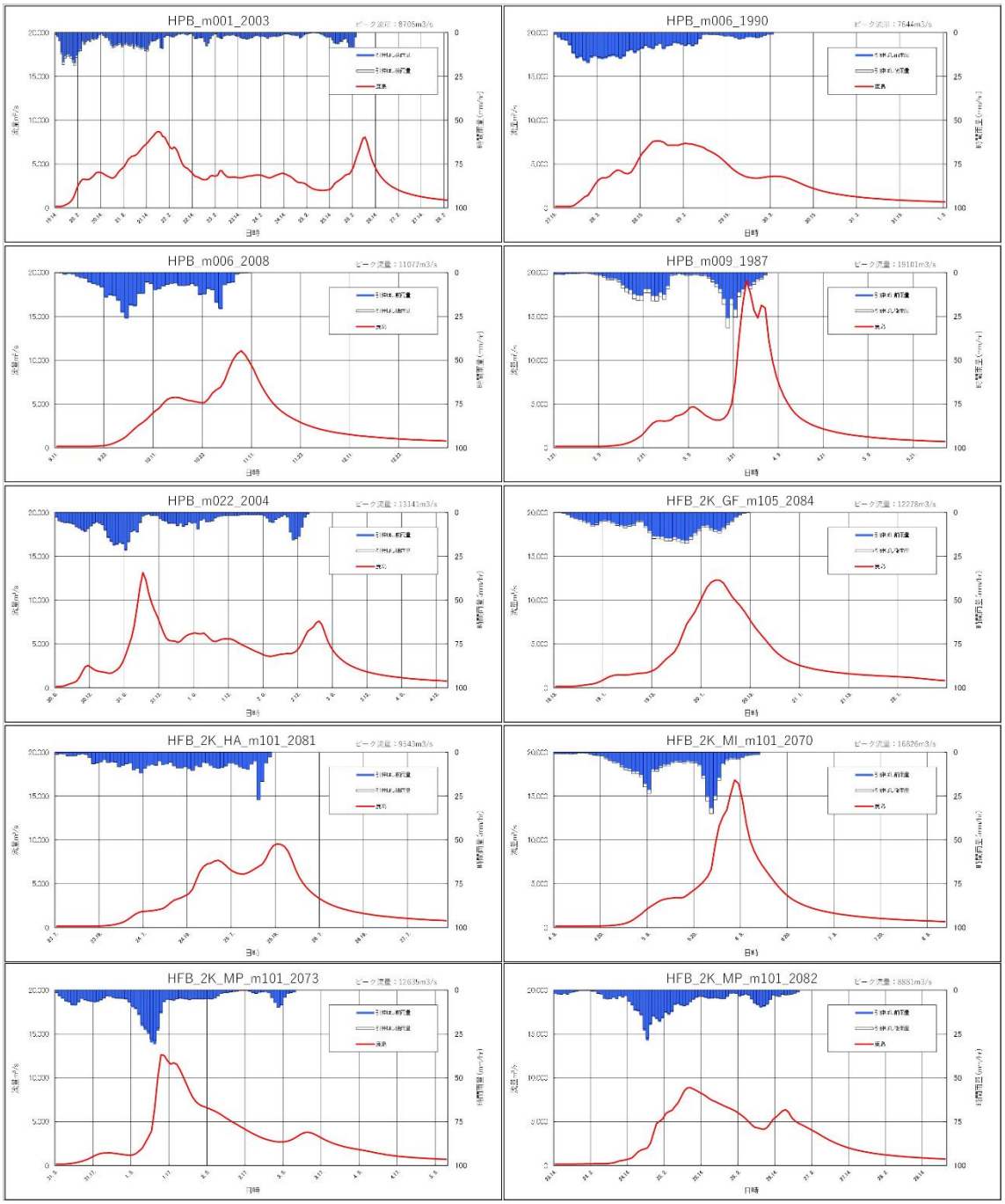


図 1.20 (2)　アンサンブル予測降雨波形における流出計算結果（基準地点鹿島）

表 1.20 (1)　計画対象降雨量（231mm/24 時間）の±20%に含まれる洪水（基準地点天竜峡）

洪水名		天竜峡地点 24時間雨量 (mm)	天竜峡地点 ピーク流量 引伸・引縮なし (m³/s)	気候変動後 1/100雨量 (mm)	拡大率	天竜峡地点 ピーク流量 引伸・引縮あり (m³/s)	クラスター名
将来実験	HFB_2K_CC_m101_2080	205.6	4,374	231	1.123	5,192	クラスタ-4
	HFB_2K_CC_m101_2086	185.7	2,669	231	1.244	3,642	クラスタ-3
	HFB_2K_CC_m101_2087	215.5	4,125	231	1.072	4,632	クラスタ-5
	HFB_2K_CC_m105_2080	199.3	3,129	231	1.159	3,675	クラスタ-2
	HFB_2K_CC_m105_2087	260.6	4,329	231	0.886	3,712	クラスタ-3
	HFB_2K_GF_m101_2065	214.0	4,280	231	1.079	4,808	クラスタ-3
	HFB_2K_GF_m105_2084	215.3	3,704	231	1.073	4,070	クラスタ-2
	HFB_2K_HA_m101_2066	189.8	3,171	231	1.217	3,599	クラスタ-3
	HFB_2K_HA_m101_2068	202.2	3,233	231	1.143	3,784	クラスタ-2
	HFB_2K_HA_m101_2070	193.2	2,891	231	1.196	3,694	クラスタ-6
	HFB_2K_HA_m101_2076	223.1	3,294	231	1.035	3,426	クラスタ-1
	HFB_2K_HA_m101_2082	202.9	3,839	231	1.138	4,600	クラスタ-1
	HFB_2K_HA_m101_2084	261.5	4,499	231	0.884	3,721	クラスタ-4
	HFB_2K_HA_m101_2087	194.6	5,669	231	1.187	7,298	クラスタ-4
	HFB_2K_HA_m105_2061	233.2	4,061	231	0.990	4,001	クラスタ-3
	HFB_2K_HA_m105_2070	241.9	4,774	231	0.955	4,420	クラスタ-3
	HFB_2K_MI_m101_2070	211.1	4,119	231	1.094	4,752	クラスタ-4
	HFB_2K_MI_m105_2086	200.1	4,064	231	1.155	4,959	クラスタ-6
	HFB_2K_MI_m105_2089	188.8	4,928	231	1.224	6,850	クラスタ-4
	HFB_2K_MP_m101_2065	187.3	2,571	231	1.234	3,304	クラスタ-6
	HFB_2K_MP_m101_2073	207.7	4,124	231	1.112	4,616	クラスタ-6
	HFB_2K_MP_m101_2078	250.2	5,772	231	0.923	5,091	クラスタ-5
	HFB_2K_MP_m101_2082	238.1	3,983	231	0.970	3,846	クラスタ-4
	HFB_2K_MP_m101_2084	235.1	4,131	231	0.983	4,011	クラスタ-4
	HFB_2K_MP_m101_2090	231.1	4,070	231	1.000	4,068	クラスタ-3
	HFB_2K_MP_m105_2076	236.7	4,452	231	0.976	4,311	クラスタ-7
	HFB_2K_MR_m101_2061	191.1	3,475	231	1.209	4,443	クラスタ-3
	HFB_2K_MR_m101_2065	242.8	4,436	231	0.951	4,153	クラスタ-3
	HFB_2K_MR_m101_2066	216.8	3,582	231	1.066	3,946	クラスタ-1
	HFB_2K_MR_m101_2068	215.1	5,842	231	1.074	6,311	クラスタ-7
	HFB_2K_MR_m101_2070	197.0	2,837	231	1.172	3,411	クラスタ-2
	HFB_2K_MR_m101_2087	205.6	4,964	231	1.124	5,840	クラスタ-3
	HFB_2K_MR_m105_2061	192.1	4,560	231	1.203	5,868	クラスタ-1
過去実験	HPB_m001_1981	192.9	2,793	231	1.197	3,777	クラスタ-6
	HPB_m001_2001	187.1	2,793	231	1.235	3,653	クラスタ-2
	HPB_m002_1981	226.1	3,549	231	1.021	3,685	クラスタ-4
	HPB_m002_2001	211.3	3,162	231	1.093	3,596	クラスタ-2
	HPB_m002_2009	185.3	2,504	231	1.246	3,256	クラスタ-1
	HPB_m003_1987	192.6	2,890	231	1.199	3,589	クラスタ-1
	HPB_m003_2001	192.8	3,749	231	1.198	4,747	クラスタ-4
	HPB_m003_2003	264.3	5,032	231	0.874	4,048	クラスタ-4
	HPB_m004_1984	218.0	3,952	231	1.060	4,334	クラスタ-4
	HPB_m004_1996	192.5	3,774	231	1.200	4,792	クラスタ-1
	HPB_m005_1981	225.5	3,766	231	1.024	3,900	クラスタ-5
	HPB_m005_1983	218.0	4,637	231	1.060	5,062	クラスタ-1
	HPB_m005_1987	189.4	3,319	231	1.220	4,433	クラスタ-4
	HPB_m005_1991	265.6	6,398	231	0.870	5,449	クラスタ-4
	HPB_m005_2001	197.7	3,561	231	1.168	4,604	クラスタ-4
	HPB_m005_2007	199.8	3,172	231	1.156	3,774	クラスタ-5
	HPB_m006_1990	232.5	3,200	231	0.994	3,173	クラスタ-3
	HPB_m006_2008	263.5	6,076	231	0.877	5,315	クラスタ-3
	HPB_m007_1986	218.6	5,966	231	1.057	6,330	クラスタ-6
	HPB_m007_1990	194.0	2,613	231	1.191	3,318	クラスタ-7
	HPB_m007_1993	210.7	3,027	231	1.097	3,347	クラスタ-1
	HPB_m007_1994	211.6	3,450	231	1.091	3,835	クラスタ-7
	HPB_m007_2003	236.2	4,407	231	0.978	4,260	クラスタ-2
	HPB_m008_1989	185.8	2,333	231	1.243	3,290	クラスタ-4
	HPB_m009_1987	215.5	3,318	231	1.072	3,615	クラスタ-1
	HPB_m010_2004	209.9	4,063	231	1.101	4,377	クラスタ-4
	HPB_m022_1988	243.0	5,074	231	0.951	4,772	クラスタ-3
	HPB_m022_2004	229.6	4,026	231	1.006	4,060	クラスタ-7
	HPB_m022_2010	221.6	3,486	231	1.042	3,735	クラスタ-3

：天竜峡ピーク流量の最大値
：天竜峡ピーク流量の最小値

表 1.20 (2)　計画対象降雨量（392mm/48 時間）の±20%に含まれる洪水（基準地点鹿島）

洪水名		鹿島地点 48時間雨量 (mm)	鹿島地点 ピーク流量 引伸・引縮なし (m^3/s)	気候変動後 1/150雨量 (mm)	拡大率	鹿島地点 ピーク流量 引伸・引縮あり (m^3/s)	クラスター名
将来実験	HFB_2K_CC_m101_2086	356.8	10,810	392	1.099	12,505	クラスタ-3
	HFB_2K_CC_m105_2069	314.7	12,022	392	1.246	17,119	クラスタ-7
	HFB_2K_GF_m101_2065	434.0	13,635	392	0.903	11,774	クラスタ-3
	HFB_2K_GF_m101_2068	337.8	11,077	392	1.160	13,674	クラスタ-3
	HFB_2K_GF_m105_2084	359.8	10,883	392	1.090	12,278	クラスタ-3
	HFB_2K_HA_m101_2074	354.2	13,234	392	1.107	15,389	クラスタ-3
	HFB_2K_HA_m101_2081	388.9	9,433	392	1.008	9,543	クラスタ-3
	HFB_2K_HA_m101_2084	336.0	11,857	392	1.167	15,250	クラスタ-7
	HFB_2K_HA_m105_2070	429.5	13,664	392	0.913	12,067	クラスタ-3
	HFB_2K_HA_m105_2074	314.5	6,990	392	1.247	9,041	クラスタ-3
	HFB_2K_HA_m105_2077	333.8	6,767	392	1.174	8,833	クラスタ-3
	HFB_2K_MI_m101_2070	358.8	14,528	392	1.092	16,826	クラスタ-7
	HFB_2K_MI_m105_2070	325.9	6,373	392	1.203	8,623	クラスタ-7
	HFB_2K_MI_m105_2083	335.5	7,357	392	1.168	8,741	クラスタ-7
	HFB_2K_MP_m101_2073	419.2	14,376	392	0.935	12,635	クラスタ-4
	HFB_2K_MP_m101_2078	334.2	10,855	392	1.173	14,212	クラスタ-1
	HFB_2K_MP_m101_2082	412.5	9,609	392	0.950	8,881	クラスタ-7
	HFB_2K_MP_m105_2076	327.5	9,129	392	1.197	11,911	クラスタ-3
	HFB_2K_MR_m101_2065	320.7	8,739	392	1.222	12,668	クラスタ-4
	HFB_2K_MR_m101_2068	456.1	13,051	392	0.859	10,460	クラスタ-7
過去実験	HPB_m001_1988	323.2	5,921	392	1.213	7,899	クラスタ-7
	HPB_m001_1990	350.3	9,356	392	1.119	11,001	クラスタ-7
	HPB_m001_1992	320.7	10,066	392	1.222	13,840	クラスタ-3
	HPB_m001_2003	363.5	8,023	392	1.079	8,705	クラスタ-3
	HPB_m002_1981	326.1	10,099	392	1.202	14,179	クラスタ-4
	HPB_m003_2003	335.5	11,881	392	1.169	16,574	クラスタ-7
	HPB_m004_1996	330.9	9,969	392	1.185	12,951	クラスタ-7
	HPB_m005_1982	346.4	10,988	392	1.132	13,024	クラスタ-3
	HPB_m005_1991	455.7	17,998	392	0.860	14,629	クラスタ-7
	HPB_m006_1987	321.2	9,605	392	1.221	13,054	クラスタ-7
	HPB_m006_1990	419.4	8,824	392	0.935	7,644	クラスタ-7
	HPB_m006_2008	406.1	11,834	392	0.965	11,077	クラスタ-1
	HPB_m009_1987	323.8	13,983	392	1.211	19,101	クラスタ-3
	HPB_m010_2004	356.6	12,184	392	1.099	13,941	クラスタ-3
	HPB_m022_1988	327.9	8,020	392	1.195	10,546	クラスタ-1
	HPB_m022_2004	405.7	14,040	392	0.966	13,141	クラスタ-3

：鹿島ピーク流量の最大値

：鹿島ピーク流量の最大値

1.11.2 棄却された実績引き伸ばし降雨における発生の可能性検討

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

その結果、天竜峡地点で棄却した 8 洪水のうち、アンサンブル予測降雨波形から推定される時間分布、地域分布の雨量比（基準地点上流域と小流域の雨量の比率）以下に収まる洪水として、4 洪水（昭和 36 年 6 月洪水、昭和 42 年 7 月洪水、昭和 47 年 7 月洪水、平成元年 9 月洪水）を棄却せず、参考波形として活用する。

また、鹿島地点で棄却した 13 洪水のうち、アンサンブル予測降雨波形から推定される時間分布、地域分布の雨量比（基準地点上流域と小流域の雨量の比率）以下に収まる洪水として、4 洪水（昭和 43 年 8 月洪水、平成 23 年 9 月洪水、平成 30 年 7 月洪水、令和 2 年 7 月洪水）を棄却せず、参考波形として活用する。

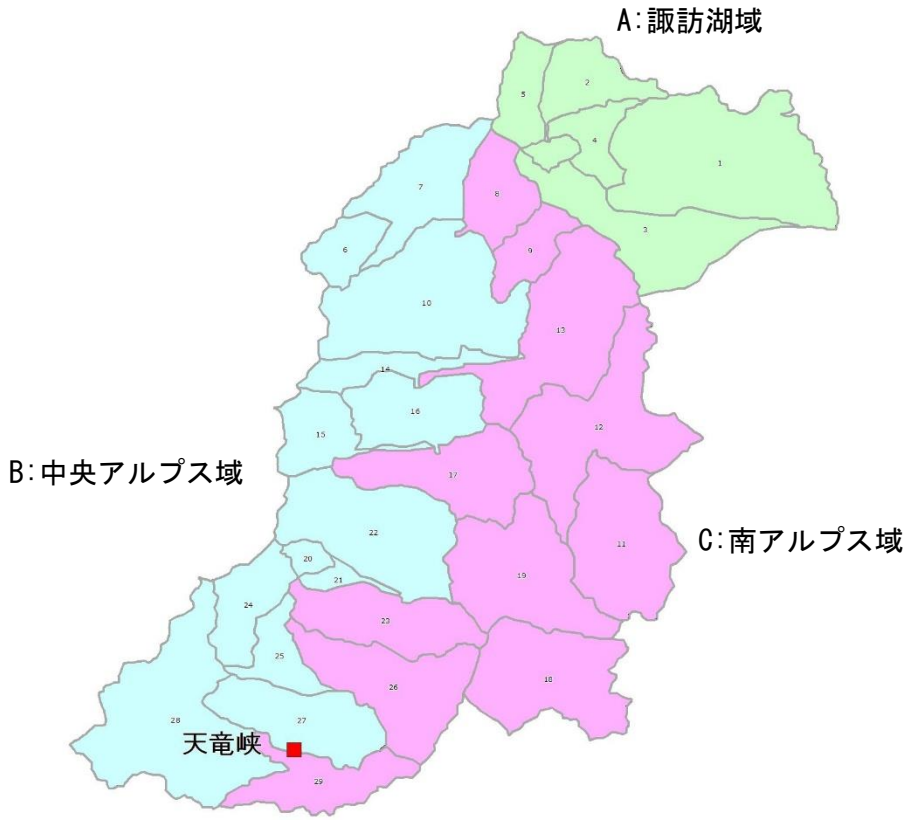


図 1.21 (1)　流域分布のチェック（基準地点天竜峡）

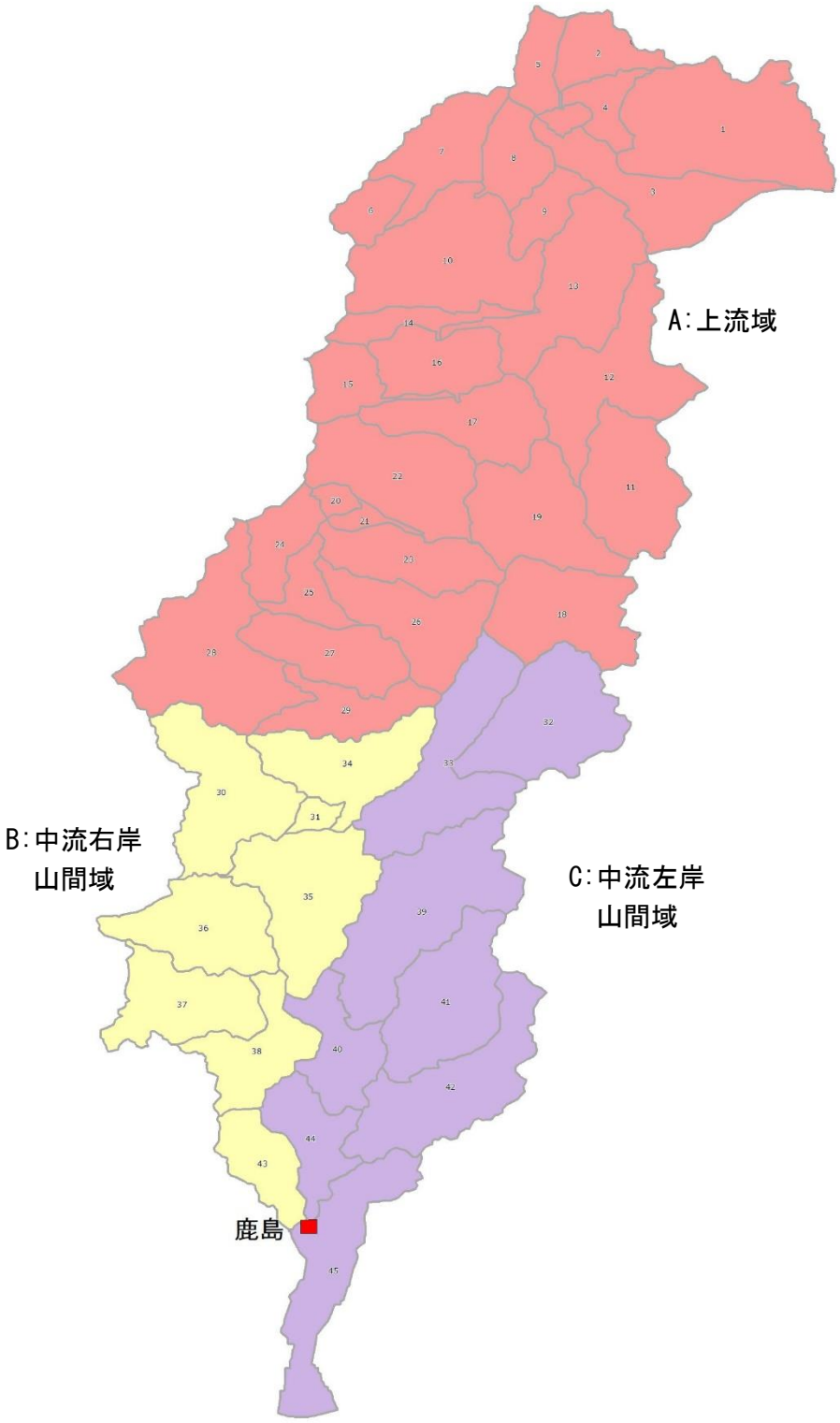


図 1.21 (2)　　流域分布のチェック（基準地点鹿島）

(1) 地域分布のチェック

d2PDF（将来気候）から対象降雨の降雨量近傍（±20%）のアンサンブル予測降雨波形を抽出し、各波形について「基準地点上流域の流域平均雨量に対する小流域の流域平均雨量の比率」（小流域の流域平均雨量/基準地点上流域平均雨量）を求める。

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

その結果、基準地点天竜峡で棄却した 8 洪水のうち 4 洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

また、基準地点鹿島で棄却した 13 洪水のうち 7 洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

表 1.21 (1)　雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点天竜峡）

洪水		天竜峡上流域平均	諏訪湖流域（513.9km²）		南アルプス域（1133.3km²）		中央アルプス域（1319.5km²）	
項目	d2PDF アンサンブル	予測雨量（mm/24hr）	予測雨量（mm/24hr）	天竜峡雨量に対する比率	予測雨量（mm/24hr）	天竜峡雨量に対する比率	予測雨量（mm/24hr）	天竜峡雨量に対する比率
将来実験	HFB_2K_CC_m101_2087	215.5	221.6	1.03	232.4	1.08	187.0	0.87
	HFB_2K_GF_m105_2084	215.3	271.1	1.26	181.8	0.84	234.0	1.09
	HFB_2K_MP_m101_2082	238.1	197.3	0.83	238.9	1.00	265.6	1.12
	HFB_2K_MR_m101_2065	242.8	207.9	0.86	279.8	1.15	219.9	0.91
	HFB_2K_MR_m101_2066	216.8	234.7	1.08	217.9	1.01	203.8	0.94

：最大比率

表 1.21 (2)　雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）（基準地点天竜峡）

棄却された実績洪水	天竜峡上流平均			諏訪湖流域（513.9km²）		南アルプス域（1133.3km²）		中央アルプス域（1319.5km²）	
	実績雨量（mm/24hr）	計画雨量（mm/24hr）	拡大率	拡大後雨量（mm/24hr）	天竜峡雨量に対する比率	拡大後雨量（mm/24hr）	天竜峡雨量に対する比率	拡大後雨量（mm/24hr）	天竜峡雨量に対する比率
S.36. 6.28	210.6	231	1.10	115.9	0.50	227.4	0.98	256.2	1.11
S.42. 7.10	115.1	231	2.01	258.2	1.12	209.9	0.91	182.2	0.79
S.47. 7.13	120.3	231	1.92	205.1	0.89	226.3	0.98	179.4	0.78
S.57. 8. 3	126.9	231	1.82	192.8	0.83	144.4	0.63	271.4	1.17
H.01. 9. 3	131.1	231	1.76	138.6	0.60	261.7	1.13	220.0	0.95
H.12. 9.12	140.9	231	1.64	198.5	0.86	286.8	1.24	191.6	0.83
R.01.10.12	131.8	231	1.75	181.2	0.78	127.9	0.55	270.2	1.17
R.02. 7. 8	114.9	231	2.01	86.3	0.37	220.1	0.95	269.5	1.17

：アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

表 1.22 (1)　雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点鹿島）

洪水		鹿島	上流域（2966.7km²）		中流左岸山間域（1047.4km²）		中流右岸山間域（927.9km²）	
項目	d2PDF アンサンブル	予測雨量（mm/48hr）	予測雨量（mm/48hr）	鹿島雨量に対する比率	予測雨量（mm/48hr）	鹿島雨量に対する比率	予測雨量（mm/48hr）	鹿島雨量に対する比率
将来実験	HFB_2K_GF_m105_2084	359.8	290.0	0.81	492.2	1.37	409.3	1.14
	HFB_2K_HA_m101_2081	388.9	308.3	0.79	557.9	1.43	436.7	1.12
	HFB_2K_HA_m105_2070	429.5	320.6	0.75	638.6	1.49	553.7	1.29
	HFB_2K_MI_m101_2070	358.8	269.2	0.75	505.0	1.41	465.5	1.30
	HFB_2K_MP_m101_2082	412.5	326.1	0.79	548.8	1.33	544.8	1.32

：鹿島雨量に対する比率が最大

表 1.22 (2)　雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）（基準地点鹿島）

棄却された実績洪水	鹿島			上流域（2966.7km²）		中流左岸山間域（1047.4km²）		中流右岸山間域（927.9km²）	
	実績雨量（mm/48hr）	計画雨量（mm/48hr）	拡大率	拡大後雨量（mm/48hr）	鹿島雨量に対する比率	拡大後雨量（mm/48hr）	鹿島雨量に対する比率	拡大後雨量（mm/48hr）	鹿島雨量に対する比率
S.40. 9.18	194.3	392	2.02	241.5	0.62	513.9	1.31	498.2	1.27
S.43. 8.30	221.3	392	1.77	276.9	0.71	431.0	1.10	496.2	1.27
S.49. 8.26	203.6	392	1.93	236.3	0.60	510.3	1.30	538.1	1.37
S.50. 8.23	204.4	392	1.92	189.1	0.48	593.8	1.51	578.0	1.47
S.57. 8. 3	277.5	392	1.41	229.0	0.58	602.9	1.54	476.6	1.22
H.01. 9. 3	232.2	392	1.69	260.3	0.66	448.8	1.14	518.7	1.32
H.03. 9.19	180.6	392	2.17	221.0	0.56	582.7	1.49	506.9	1.29
H.15. 8. 7	192.9	392	2.03	226.1	0.58	558.4	1.42	512.5	1.31
H.19. 7.15	203.5	392	1.93	242.8	0.62	506.9	1.29	521.8	1.33
H.23. 9. 4	196.0	392	2.00	178.0	0.45	678.4	1.73	479.8	1.22
H.23. 9.21	224.2	392	1.75	257.5	0.66	500.2	1.28	466.5	1.19
H.30. 7. 6	235.4	392	1.67	298.3	0.76	431.0	1.10	420.6	1.07
R.02. 7. 8	198.3	392	1.98	264.7	0.68	493.7	1.26	444.4	1.13

：アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

(2) 時間分布のチェック

d2PDF（将来気候）から対象降雨の降雨量近傍（±20%）のアンサンブル予測降雨波形を抽出し、各波形について「対象降雨の継続時間内雨量に対する短時間雨量の比率」（短時間（例えば洪水到達時間やその 1/2 時間）の流域平均雨量/継続時間内の流域平均雨量）を求めた。

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

その結果、基準地点天竜峡で棄却した 8 洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を下回ったため、生起する可能性があると判断した。

また、基準地点鹿島で棄却した 13 洪水のうち 6 洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

表 1.23 (1)　雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点天竜峡）

洪水		天竜峡上流平均				
項目	d2PDF アンサンブル	①24時間予測雨量 (mm/24hr)	②12時間予測雨量 (mm/12hr)	③15時間予測雨量 (mm/15hr)	比率 ②/①	比率 ③/①
将来実験	HFB_2K_CC_m101_2087	215.5	154.8	177.9	0.72	0.83
	HFB_2K_GF_m105_2084	215.3	138.7	152.7	0.64	0.71
	HFB_2K_MP_m101_2082	238.1	159.3	190.2	0.67	0.80
	HFB_2K_MR_m101_2065	242.8	138	166.9	0.57	0.69
	HFB_2K_MR_m101_2066	216.8	123.1	151.8	0.57	0.70

：最大比率

表 1.23 (2)　雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点天竜峡）

棄却された実績洪水	天竜峡上流平均						
	実績雨量 (mm/24hr)	①24時間計画雨量 (mm/24hr)	拡大率	②12時間予測雨量 (mm/12hr)	③15時間予測雨量 (mm/15hr)	比率 ②/①	比率 ③/①
S.36. 6.28	210.6	231	1.10	119.9	153.4	0.52	0.66
S.42. 7.10	115.1	231	2.01	132.5	153.7	0.57	0.67
S.47. 7.13	120.3	231	1.92	153.8	174.0	0.67	0.75
S.57. 8. 3	126.9	231	1.82	148.1	166.7	0.64	0.72
H.01. 9. 3	131.1	231	1.76	151.3	173.7	0.65	0.75
H.12. 9.12	140.9	231	1.64	143.6	155.6	0.62	0.67
R.01.10.12	131.8	231	1.75	161.4	187.1	0.70	0.81
R.02. 7. 8	114.9	231	2.01	156.5	187.3	0.68	0.81

：アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

表 1.24 (1)　雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点鹿島）

洪水		鹿島上流平均				
項目	d2PDF アンサンブル	①48時間予測雨量 (mm/48hr)	②24時間予測雨量 (mm/24hr)	③21時間予測雨量 (mm/21hr)	比率 ②/①	比率 ③/①
将来実験	HFB_2K_GF_m105_2084	359.8	264.7	247.3	0.74	0.69
	HFB_2K_HA_m101_2081	388.9	219.4	193.1	0.56	0.50
	HFB_2K_HA_m105_2070	429.5	219.9	209.8	0.51	0.49
	HFB_2K_MI_m101_2070	358.8	282.5	250.8	0.79	0.70
	HFB_2K_MP_m101_2082	412.5	294.6	281.3	0.71	0.68

：最大比率

表 1.24 (2)　雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点鹿島）

棄却された 実績洪水	鹿島上流平均						
	実績雨量 (mm/48hr)	①48時間計画雨量 (mm/48hr)	拡大率	②24時間予測雨量 (mm/24hr)	③21時間予測雨量 (mm/21hr)	比率 ②/①	比率 ③/①
S.40. 9.18	194.3	392	2.02	335.6	294.7	0.86	0.75
S.43. 8.30	221.3	392	1.77	180.3	176.2	0.46	0.45
S.49. 8.26	203.6	392	1.93	296.7	272.5	0.76	0.70
S.50. 8.23	204.4	392	1.92	299.3	278.8	0.76	0.71
S.57. 8. 3	277.5	392	1.41	195.5	194.9	0.50	0.50
H.01. 9. 3	232.2	392	1.69	280.8	264.0	0.72	0.67
H.03. 9.19	180.6	392	2.17	348.7	347.4	0.89	0.89
H.15. 8. 7	192.9	392	2.03	298.9	285.2	0.76	0.73
H.19. 7.15	203.5	392	1.93	329.8	308.9	0.84	0.79
H.23. 9. 4	196.0	392	2.00	191.1	184.3	0.49	0.47
H.23. 9.21	224.2	392	1.75	226.0	203.5	0.58	0.52
H.30. 7. 6	235.4	392	1.67	206.9	186.5	0.53	0.48
R.02. 7. 8	198.3	392	1.98	216.7	205.0	0.55	0.52

：アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

1.11.3 主要洪水群に不足する降雨パターンの確認

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

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

波形パターンの解析にはクラスター分析を用いた。アンサンブル予測から得られた将来予測波形群 360 波形と過去実験波形 360 波形の計 720 波形を対象に、流域全体の総雨量に対する各流域の寄与率を算出し、ユークリッド距離を指標としてウォード法により、天竜峡地点では 7 のクラスター、鹿島地点では 7 のクラスターに分類した。

天竜峡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、天竜峡地点ではクラスター1・3・4・6・7 と評価された。したがって、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・5 に該当する 2 洪水を抽出し、気候変動を考慮した 1/100 確率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、基本高水流量の検討に用いた。

鹿島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、鹿島地点ではクラスター1・2・3・7 と評価された。したがって、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4・5・6 に該当する 3 洪水を抽出し、気候変動を考慮した 1/150 確率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、基本高水流量の検討に用いた。

表 1.25　主要洪水のクラスター分析結果（基準地点天竜峡）

洪水名	基準地点天竜峡上流域		拡大率	天竜峡ピーク流量 (m^3/s)	クラスター名	備考
	実績雨量 (mm/24hr)	計画雨量 (mm/24hr)				
主要洪水群						
S.32. 6.28	130.0	231	1.777	5,076	クラスター7	
S.34. 8.14	105.2	231	2.196	5,883	クラスター3	
S.43. 8.30	110.8	231	2.085	3,633	クラスター1	
S.45. 6.16	182.0	231	1.269	4,217	クラスター7	
S.57. 9.13	141.9	231	1.628	3,835	クラスター3	
S.58. 5.17	133.1	231	1.736	3,701	クラスター7	
S.58. 9.29	202.8	231	1.139	5,073	クラスター7	
S.60. 7. 1	112.6	231	2.052	3,796	クラスター4	
S.63. 9.25	128.8	231	1.793	5,170	クラスター7	
H.11. 6.30	148.7	231	1.553	4,840	クラスター4	
H.18. 7.19	181.6	231	1.272	4,652	クラスター4	
H.19. 7.15	121.6	231	1.900	4,832	クラスター4	
H.30. 7. 6	127.1	231	1.817	4,633	クラスター7	
R.03. 5.21	123.4	231	1.872	4,575	クラスター7	
R.03. 8.15	149.4	231	1.546	3,559	クラスター6	
アンサンブル降雨波形						
HFB_2K_HA_m101_2076	223.1	231	1.035	3,426	クラスター1	将来実験
HFB_2K_HA_m101_2087	194.6	231	1.187	7,298	クラスター4	
HFB_2K_HA_m105_2061	233.2	231	0.991	4,001	クラスター3	
HFB_2K_HA_m105_2070	241.8	231	0.955	4,420	クラスター3	
HFB_2K_MP_m101_2082	238.1	231	0.970	3,846	クラスター4	
HFB_2K_MP_m101_2084	235.1	231	0.983	4,011	クラスター4	
HFB_2K_MP_m101_2090	231.1	231	1.000	4,068	クラスター3	
HFB_2K_MP_m105_2076	236.7	231	0.976	4,311	クラスター7	
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_HA_m101_2068	202.1	231	1.143	3,784	クラスター2	将来実験
HFB_2K_MP_m101_2078	250.2	231	0.923	5,091	クラスター5	

※「主要洪水群」に含まれない降雨パターンを「アンサンブル将来予測降雨波形データ」より抽出し追加した

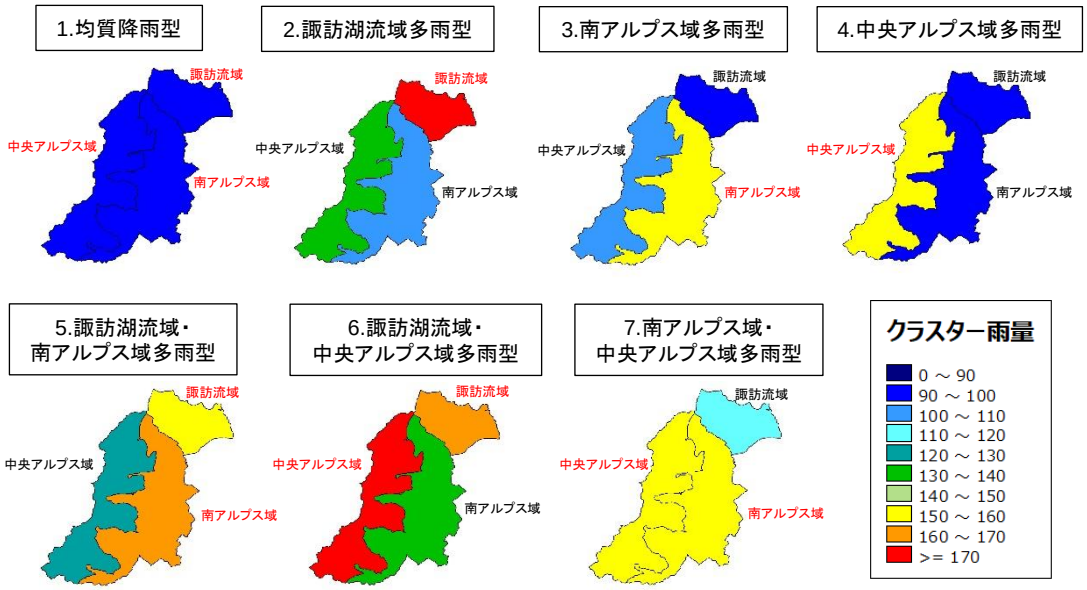


図 1.22　基準地点天竜峡における将来実験アンサンブル予測降雨のクラスター分析結果

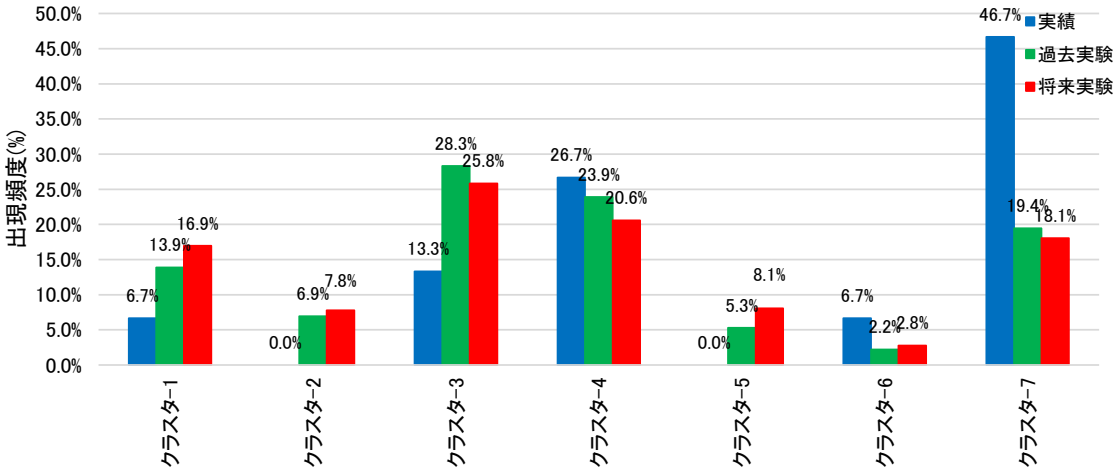


図 1.23　基準地点天竜峡におけるアンサンブル予測降雨の出現頻度（クラスターごと）

表 1.26　主要洪水のクラスター分析結果（基準地点鹿島）

洪水名	基準地点鹿島流域		拡大率	鹿島ピーク流量 (m^3/s)	クラスター名	備考
	実績雨量 (mm/48hr)	計画雨量 (mm/48hr)				
主要洪水群						
S.32. 6.28	189.0	392	2.074	16,566	クラスター7	
S.34. 8.14	204.6	392	1.916	15,341	クラスター3	
S.36. 6.28	336.2	392	1.166	10,329	クラスター7	
S.45. 6.16	301.5	392	1.300	9,584	クラスター1	
S.57. 9.13	212.4	392	1.846	11,677	クラスター7	
S.58. 9.29	269.0	392	1.457	19,827	クラスター1	
S.60. 7. 1	194.9	392	2.011	16,999	クラスター7	
S.63. 9.25	204.2	392	1.920	15,375	クラスター7	
H.12. 9.12	198.8	392	1.972	19,020	クラスター7	
H.18. 7.19	212.7	392	1.843	14,060	クラスター2	
R.03. 8.15	260.5	392	1.505	9,918	クラスター1	
アンサンブル降雨波形						
HFB_2K_CC_m101_2086	356.8	392	1.099	12,505	クラスター3	将来実験
HFB_2K_GF_m105_2084	359.8	392	1.089	12,278	クラスター3	
HFB_2K_HA_m101_2074	354.2	392	1.107	15,389	クラスター3	
HFB_2K_HA_m101_2081	388.9	392	1.008	9,543	クラスター3	
HFB_2K_HA_m105_2070	429.5	392	0.913	12,067	クラスター3	
HFB_2K_MI_m101_2070	358.8	392	1.093	16,826	クラスター7	
HFB_2K_MP_m101_2082	412.5	392	0.950	8,881	クラスター7	
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_MP_m101_2073	419.2	392	0.935	12,635	クラスター4	将来実験
HFB_2K_MR_m101_2066	221.6	392	1.769	15,839	クラスター5	
HFB_2K_GF_m101_2078	171.5	392	2.286	10,139	クラスター6	

※「主要洪水群」に含まれない降雨パターンを「アンサンブル将来予測降雨波形データ」より抽出し追加した

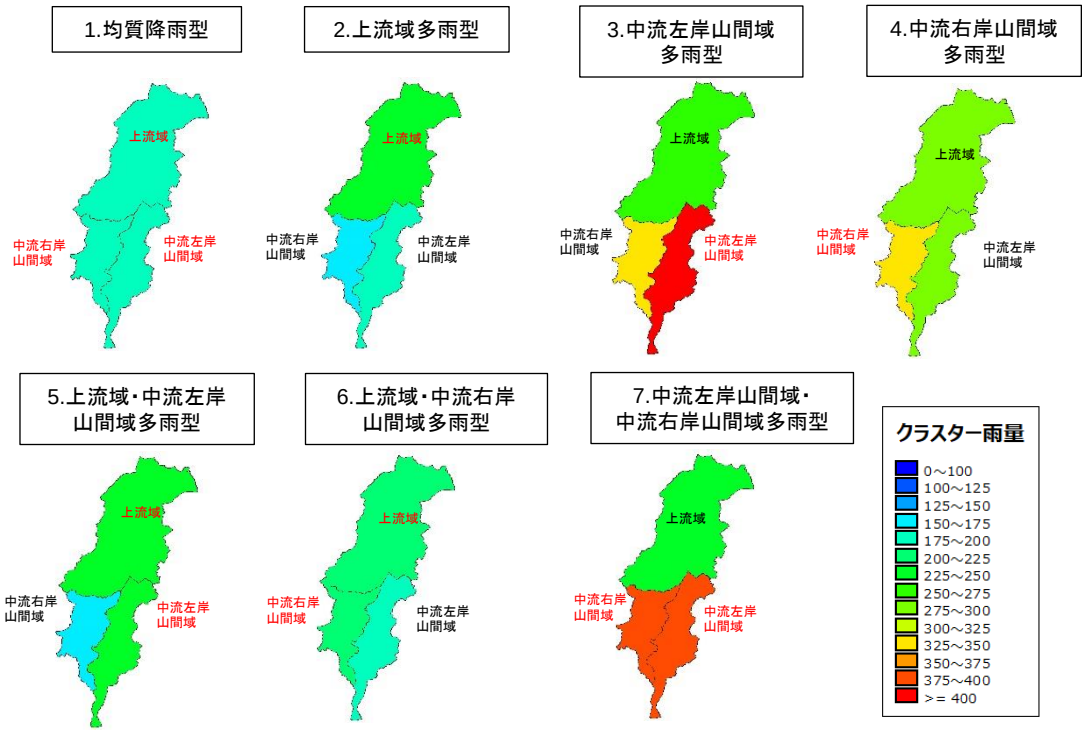


図 1.24　基準地点鹿島における将来実験アンサンブル予測降雨のクラスター分析結果

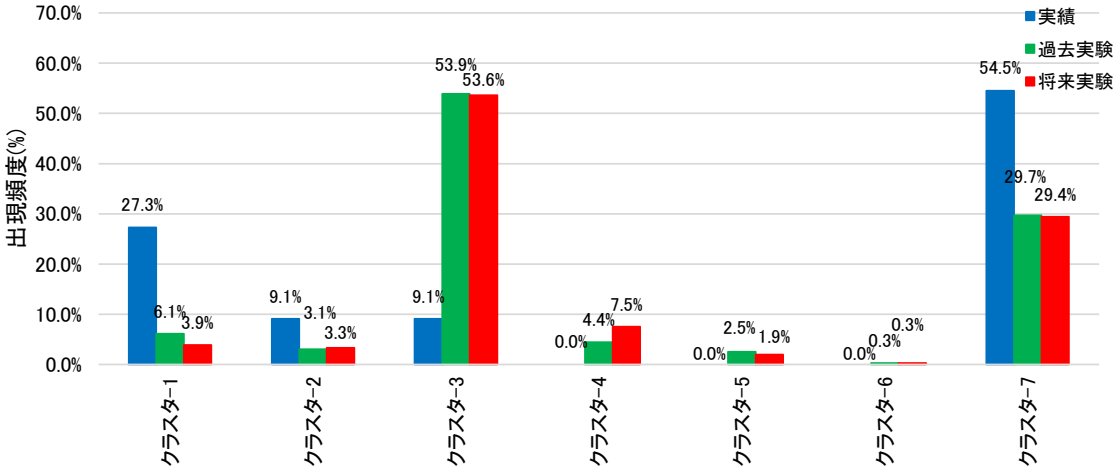


図 1.25　基準地点鹿島におけるアンサンブル予測降雨の出現頻度（クラスターごと）

1.12 既往洪水からの検討

天竜川水系で大きな被害をもたらした昭和 58 年（1983 年）9 月洪水では、基準地点天竜峡の流量は約 5,000m³/s と推定され、また、基準地点鹿島の流量は約 11,700m³/s と推定される。

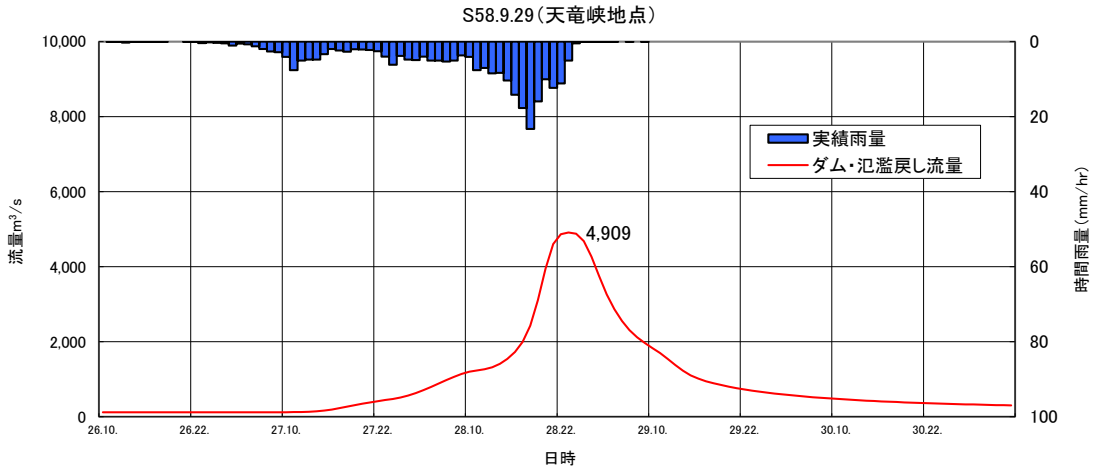


図 1.26　昭和 58 年（1983 年）9 月洪水　推定結果（基準地点天竜峡）

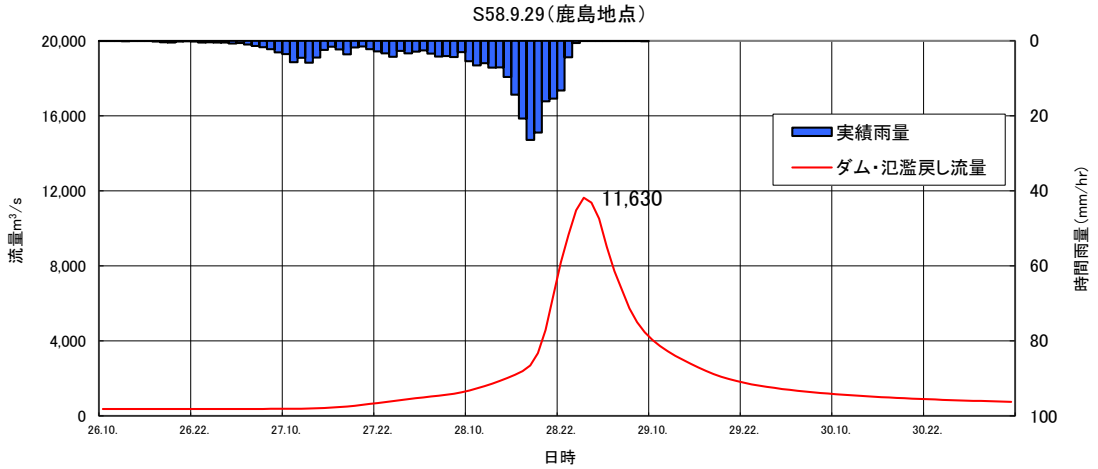
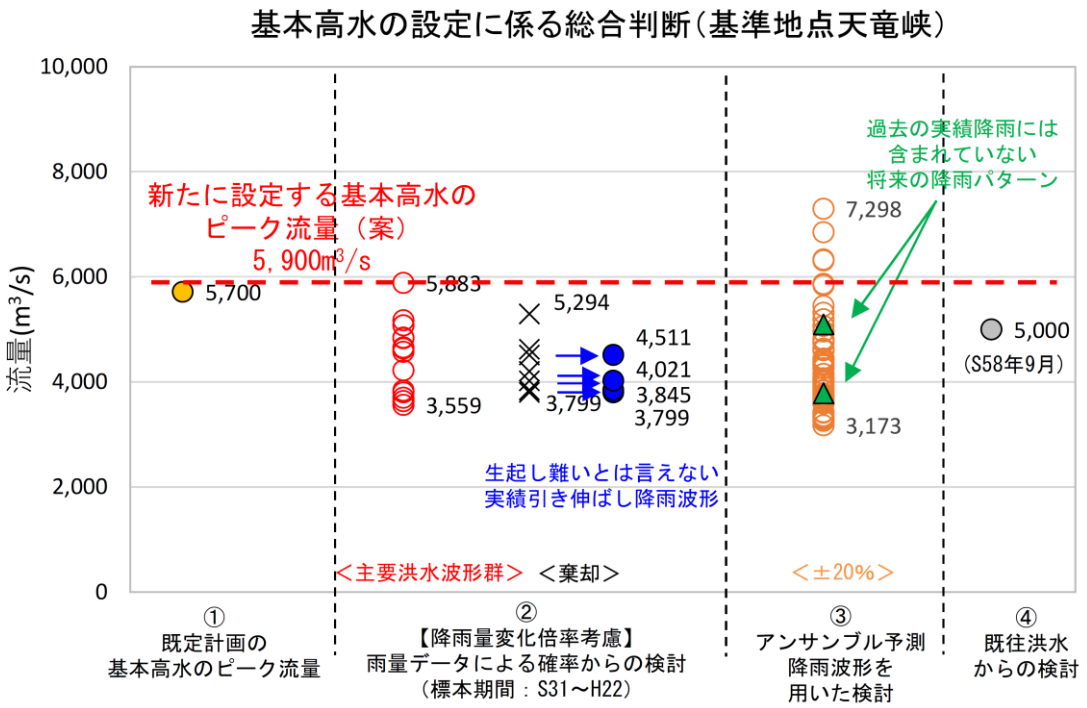


図 1.27　昭和 58 年（1983 年）9 月洪水　推定結果（基準地点鹿島）

1.13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定

今後想定される気候変動の影響による水災害リスクの増大を考慮し、気候変動シナリオ RCP2.6（2℃上昇相当）を想定した将来の降雨量の変化倍率 1.1 倍を考慮して、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、天竜川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点天竜峡で 5,900m³/s、基準地点鹿島で 19,900m³/s となる。



【凡例（基準地点天竜峡）】

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・将来実験）の時空間分布から見て生起し難いとは言えないと判断された洪水　(S36.6、S42.7、S47.7、H01.9)

③ アンサンブル予測降雨を用いた検討：
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
○ ：対象降雨の降雨量（231mm/24h）の±20%に含まれる洪水
▲ ：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パターン（天竜峡地点ではクラスター2、5に該当する2洪水を抽出）

④ 既往洪水からの検討　S58.9(既往最大)洪水
※推算値：5,000m³/s

図 1.28　基本高水の設定に係る総合的判断（基準地点天竜峡）

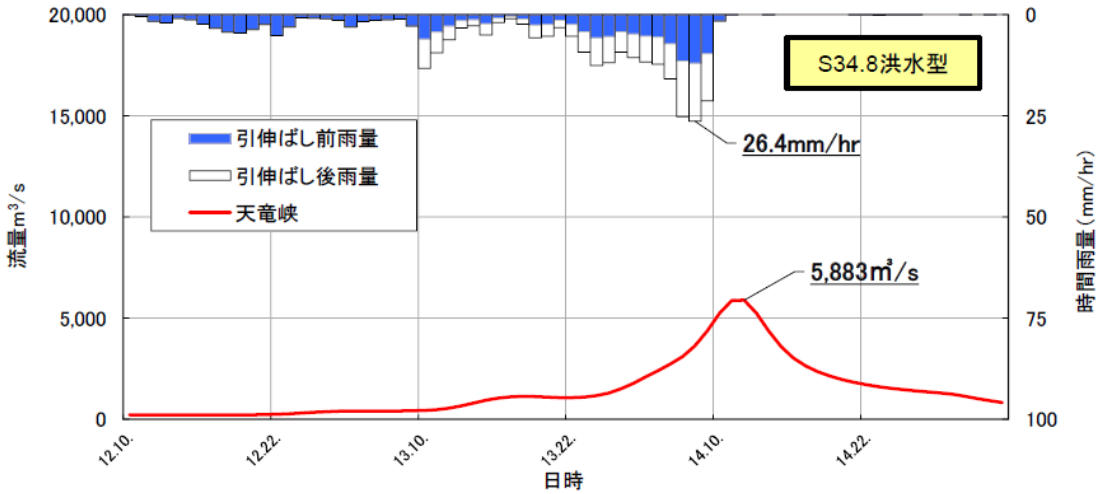
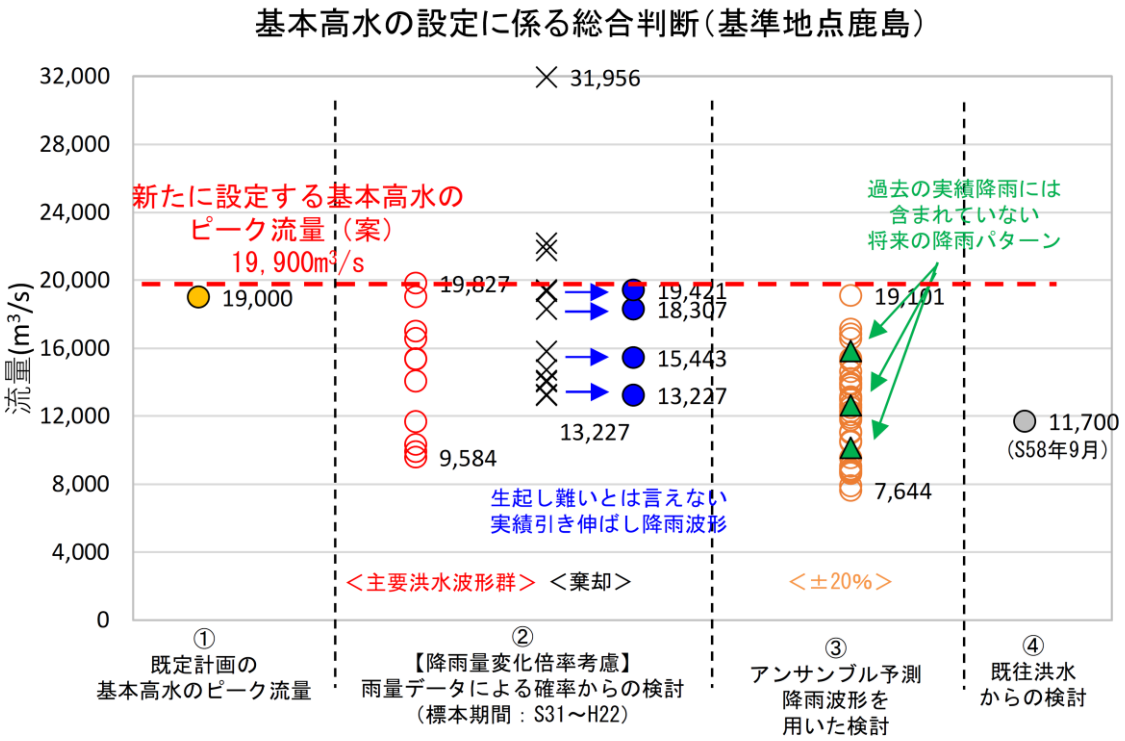


図 1.29　基本高水のピーク流量ハイドログラフ（昭和 34 年 8 月洪水：天竜峡）



【凡例（基準地点鹿島）】

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・将来実験）の時空間分布から見て生起し難いとは言えないと判断された洪水（S43.8、H23.9、H30.7、R2.7）

③ アンサンブル予測降雨を用いた検討：
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パターン（鹿島地点ではクラスター4,5、6に該当する3洪水を抽出）
○：対象降雨の降雨量（392mm/48h）の±20%に含まれる洪水

④ 既往洪水からの検討　S58.9(既往最大)洪水
※推算値：11,700m³/s

図 1.30　基本高水の設定に係る総合的判断（基準地点鹿島）

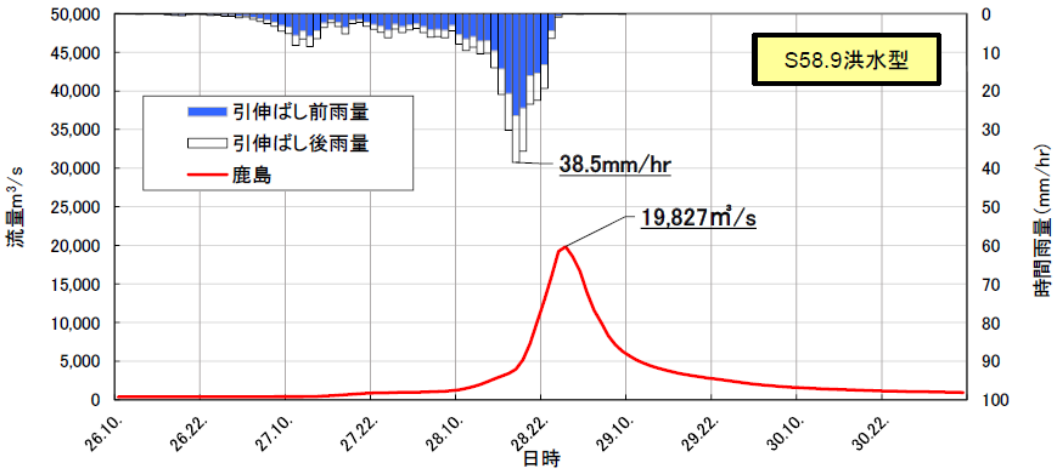


図 1.31　基本高水のピーク流量ハイドログラフ(昭和 58 年 9 月洪水:鹿島)

2. 高水処理計画

天竜川の既定高水処理計画は、基準地点天竜峡・鹿島における基本高水のピーク流量5,700m^3/s、19,000m^3/s に対し、洪水処理施設により 1,200m^3/s、4,000m^3/s を調節し、4,500m^3/s、15,000m^3/s を河道で処理する計画としている。

今回、昭和 34 年 8 月洪水や平成 12 年 9 月洪水等を踏まえ、新たに基準地点天竜峡・鹿島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 5,700m^3/s、19,000m^3/s を5,900m^3/s、19,900m^3/s に変更する計画としている。

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

天竜川の河川改修は、既定計画の流量を目標に実施され、堤防の整備は進捗し、暫定堤防まで含めると約 98%が概成しており、既に橋梁、樋管、床固め等の多くの構造物も完成している。

また、沿川は飯田市・伊那市や浜松市・磐田市の市街地となっているため、大規模な引堤や堤防の嵩上げは、沿川の土地利用状況から困難である。

このため、堤防嵩上げや引堤による社会的影響、河道掘削による河川環境の改変・将来河道の維持を考慮し、基準地点天竜峡、鹿島において 4,500m^3/s、15,500m^3/s である。なお、高水処理計画上、既存ダムの事前放流により確保可能な容量を活用した洪水調節を見込んだ上で、既存ダムの有効活用を含めた洪水調節施設等により、対応が可能であることを確認した。

なお、既存ダムに加えて必要となる洪水調節施設については、その配置の可能性を概略検討し、可能性があるとの結果が得られているが、具体的には今後、技術的、社会的及び経済的な見地から検討し、総合的に判断した上で決定する。

3. 計画高水流量

天竜川の計画高水流量は、上流の基準地点天竜峡においては 4,500m³/s、下流の基準地点鹿島においては 15,500m³/s とし、その下流では河口まで流量とする。

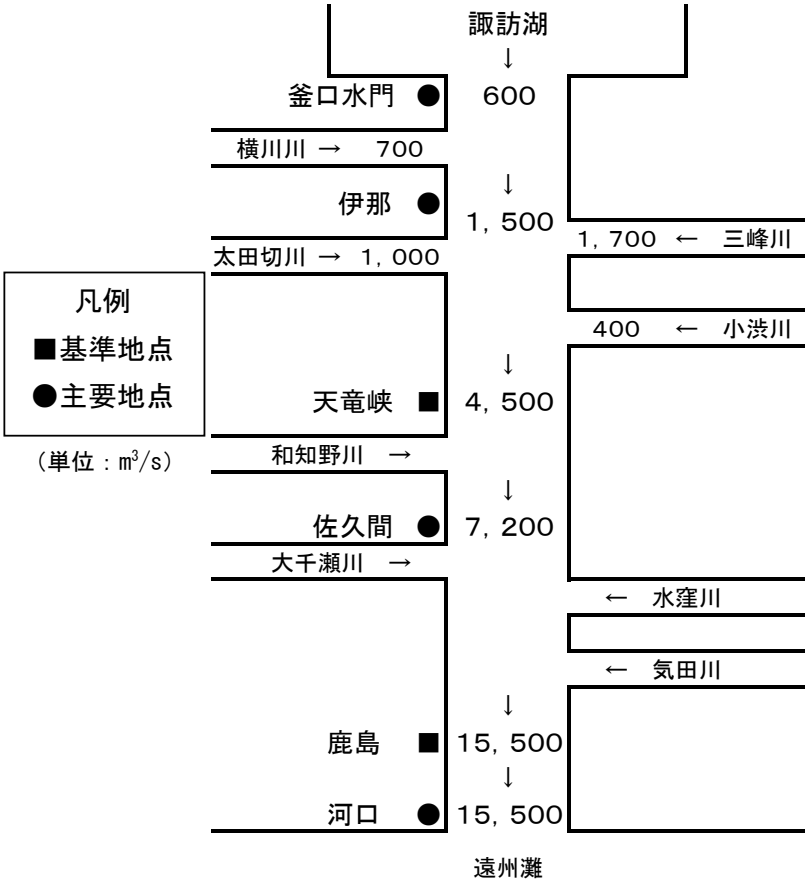


図 3.1　天竜川計画高水流量図

4. 河道計画

河道計画は下記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、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の約 98%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、築堤区間の場合、破堤時の被害を増大させることとなること。
③ 既定計画の計画高水位に基づいて、多数の橋梁、樋門、排水機場等の構造物が完成していること。

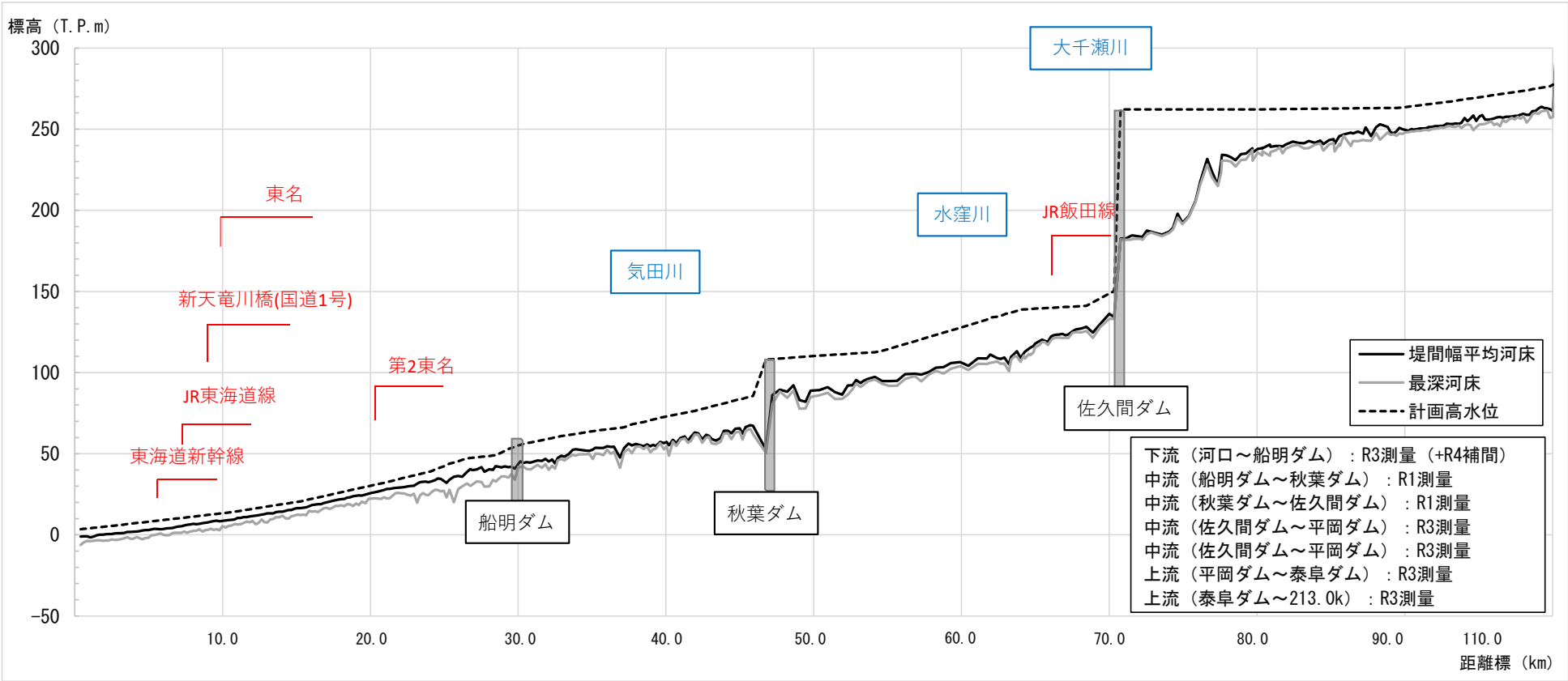
計画縦断図を図 4.1 に示すとともに、主要地点における計画高水位および概ねの川幅を表 4.1 に示す。

表 4.1　主要な地点における計画高水位及び川幅一覧表幅一覧表

河川名	地点名	※1河口または合流点からの距離(km)	計画高水位 T.P.(m)	川幅 (m)
天竜川	伊那	193.4	637.67	70
	天竜峡	139.0	375.31	80
	佐久間	70.0	147.92	150
	鹿島	25.0	42.99	200
	河口	0.4	※2 2.50	1,200

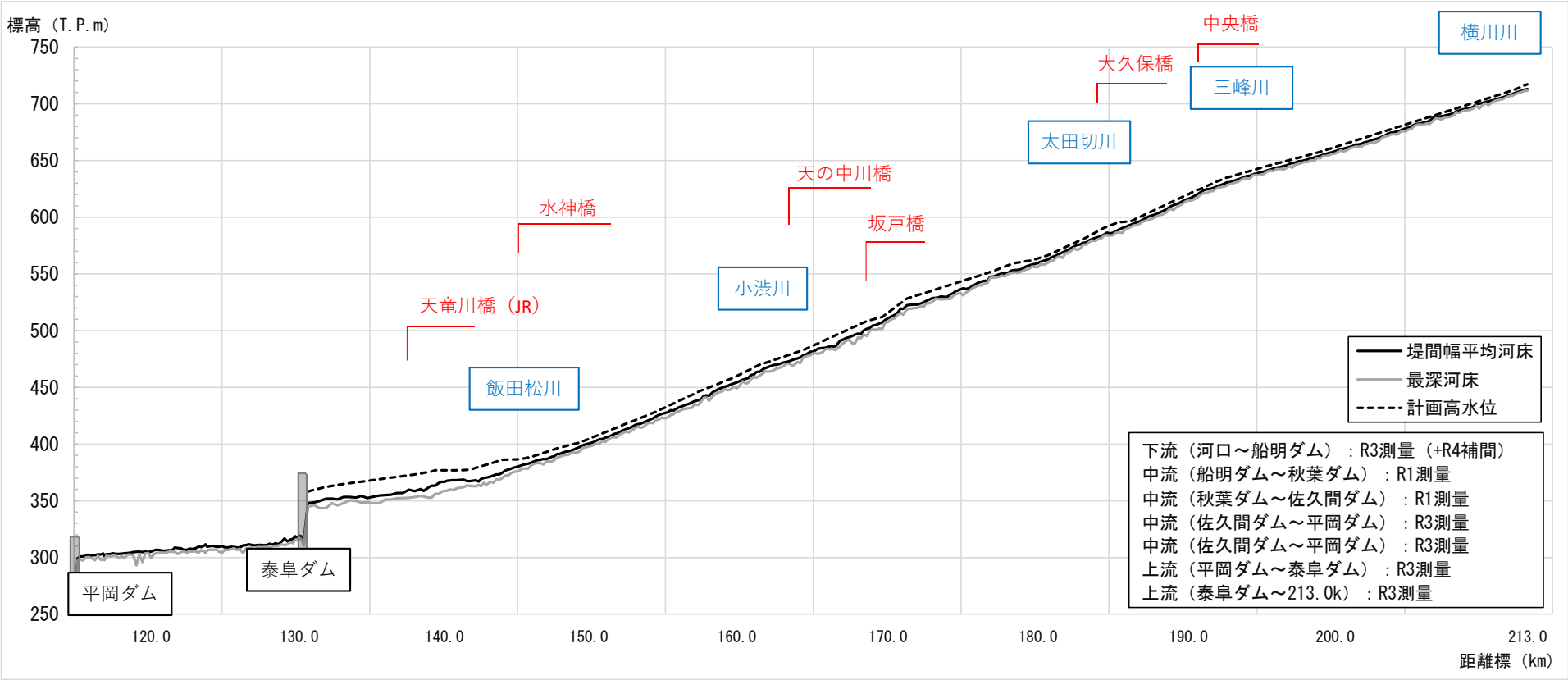
※１　基点からの距離
※２　　計画高潮位

注）T.P. ：東京湾中等潮位
注）計画高水位は、平成 14 年 4 月施行の測量法の改正に伴い、改定された基本水準点成果を用いて、標高値の補正を行ったものである。



計画高水位（T.P.m）	3.501	13.343	30.447	56.107	73.681	110.052	127.656	148.727	262.200	263.054	263.822
平均河床高（T.P.m）	−1.01	8.66	25.92	45.53	57.24	88.88	106.45	136.27	235.59	251.34	248.84
最深河床高（T.P.m）	−6.18	5.35	22.40	41.73	54.67	85.01	104.05	133.12	230.64	247.99	248.08
距離標	0.4k	10.0k	20.0k	30.0k	40.0k	No.7	No.29	No.66	No.28	No.59	105.0k

図 4.1 (1)　天竜川縦断図（中下流部）



計画高水位（T.P.m）	－	－	368.29	376.86	404.54	459.96	515.70	563.68	620.34	661.82	703.25
平均河床高（T.P.m）	299.36	308.83	355.61	366.68	400.51	454.41	510.75	559.51	616.24	658.07	700.72
最深河床高（T.P.m）	297.27	306.76	347.83	358.69	398.06	449.27	507.53	555.94	614.66	656.21	698.47
距離標	115k	125k	135k	140k	150k	160k	170k	180k	190k	200k	210k

図 4.1(2)　天竜川縦断図（上流部）

5. 河川管理施設等の整備の状況

天竜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

堤防の整備状況（令和 5 年 3 月）は下表のとおりである。

	延長（km）※
完成堤防	125.0（67.1%）
暫定堤防	59.3（31.8%）
未施工区間	4.3（2.3%）
堤防不必要区間	272.2
計	460.8

※延長は直轄管理区間の左右岸の計（支川含む）である。

(2) 洪水調節施設

完成施設：　美和ダム　（治水容量 16,200 千 m^3）
小渋ダム　（治水容量 35,300 千 m^3）
新豊根ダム（治水容量 10,500 千 m^3）
箕輪ダム　（治水容量 4,500 千 m^3）
横川ダム　（治水容量 1,420 千 m^3）
松川ダム　（治水容量 3,300 千 m^3）

残りの必要容量：　概ね 210,000 千 m^3

(3) 排水機場

なし

※直轄河川管理施設のみ記載