

狩野川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料（案）

令和 年 月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

1. 基本高水の検討	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	2
1-4 基本高水ピーク流量の設定	4
1-5 対象降雨の継続時間の設定	5
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	16
1-7 流出計算モデルの設定	20
1-8 主要降雨波形の選定	34
1-9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討	36
1-10 主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算	41
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	58
1-13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定	59
2. 高水処理計画	61
3. 計画高水流量	62
4. 河道計画	63
5. 河川管理施設等の整備の現状	64

1. 基本高水の検討

1-1 工事実施基本計画

昭和 43 年(1968 年)2 月に策定された狩野川水系工事実施基本計画は、昭和 33 年 9 月 26 日の狩野川台風の洪水実績を計画対象としたものであり、基準地点大仁の基本高水のピーク流量を $4,000\text{m}^3/\text{s}$ と定めている。

- (1) 昭和 33 年 9 月の狩野川台風による洪水は、それまでの治水計画である大仁地点の計画高水流量 $1,700\text{m}^3/\text{s}$ を大きく上回り、至る所で破堤・氾濫した。
- (2) 工事実施基本計画では、昭和 33 年 9 月の狩野川台風における洪水痕跡や雨量資料を基にした種々の手法による推定流量について比較検討を行い、基本高水のピーク流量を定めている。

1-2 河川整備基本方針

平成 9 年(1997 年)の河川法改正を受け、下記に示す手法により狩野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、大仁地点の基本高水のピーク流量は基本方針においても $4,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、平成 12 年(2000 年)12 月に狩野川水系河川整備基本方針を策定した。

(1) 既往最大洪水からの検証

工事実施基本計画を策定した昭和 43 年(1968 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。

主要洪水の水理・水文データを検証材料として貯留関数法を用いた流出計算モデルを構築し、この流出計算モデルで昭和 33 年 9 月の狩野川台風の洪水を検証した結果、工事実施基本計画同様放水路分派点までの流量として約 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ となることを確認した。

(2) 流量確率評価による検証

水理・水文データの蓄積等を踏まえ、工事実施基本計画の基本高水のピーク流量について流量確率の観点から検証を行った。

なお、基準地点大仁の流量については、修善寺橋から狩野川放水路分派点までは一連の有堤区間であり計画高水流量を同一としていることから、千歳橋地点の流量で評価する。

流量確率の検討の結果、千歳橋地点における $1/100$ 確率流量は約 $3,500\sim 4,200\text{m}^3/\text{s}$ となった。

表 1-2-1 1/100 確率流量（千歳橋地点）

確率分布モデル	流量 (m ³ /s)
一般化極値分布	4,000
対数ピアソンⅢ型分布	4,200
対数正規分布（岩井法）	3,700
対数正規分布（石原・高瀬法）	3,500
対数正規分布（クォンタイル法）	3,700
3 母数対数正規分布（積率法）	3,500

1-3 河川整備基本方針変更の検討概要

既定計画では、昭和 33 年 9 月の狩野川台風の実績洪水流量を基に策定された工事実施基本計画の妥当性を確認し、基本高水のピーク流量に定めていた。

今回、気候変動による将来の降雨量の増加も考慮した計画とするため、対象降雨の継続時間について総合的に検討し、対象降雨の降雨量については過去の年最大降雨を確率処理して求めた降雨量に、変化倍率 1.1 倍を乗じて設定した。

また、時空間的に著しい引き伸ばしになっている等棄却対象となる降雨波形について、アンサンブル予測降雨波形群を踏まえて過去の実績降雨に含まれてない降雨パターンが気候変動の影響によって発生する可能性についても検討し基本高水のピーク流量を設定した。

詳細については、後述のとおり。

平成12年(2000年)12月の河川整備基本方針(以降、「既定計画」という)策定以降、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。

狩野川 大仁地点 年最大流量

基本高水流量 4,000m³/s

既往最大洪水：約3,850m³/s

日付	流量 (m³/s)
05/05	300
05/06	400
05/07	900
05/08	300
05/09	650
05/10	500
05/11	550
05/12	300
05/13	1600
05/14	200
05/15	1200
05/16	600
05/17	600
05/18	0
05/19	0
05/20	0
05/21	0
05/22	0
05/23	1100
05/24	0
05/25	900
05/26	850
05/27	400
05/28	900
05/29	400
05/30	450
05/31	300
05/32	300
05/33	3850
05/34	1300
05/35	300
05/36	2100
05/37	200
05/38	750
05/39	100
05/40	600
05/41	1300
05/42	300
05/43	550
05/44	500
05/45	550
05/46	1400
05/47	300
05/48	400
05/49	400
05/50	1100
05/51	350
05/52	400
05/53	1200
05/54	350
05/55	850
05/56	2550
05/57	1450
05/58	300
05/59	1750
05/60	400
05/61	250
05/62	300
05/63	300
05/64	600
05/65	600
05/66	400
05/67	450
05/68	300
05/69	550
05/70	650
05/71	1950
05/72	400
05/73	400
05/74	1300
05/75	1850
05/76	1150
05/77	2350
05/78	650
05/79	1600
05/80	600
05/81	350
05/82	350
05/83	1550
05/84	850
05/85	850
05/86	1350
05/87	1250
05/88	1250
05/89	650
05/90	1650
05/91	500
05/92	500

狩野川 大仁地点 年最大流域平均雨量 (48hr)

日付	雨量 (mm/48hr)
昭和06	220
昭和07	310
昭和08	170
昭和09	250
昭和10	170
昭和11	200
昭和12	260
昭和13	520
昭和14	170
昭和15	290
昭和16	290
昭和17	230
昭和18	230
昭和19	
昭和20	
昭和21	
昭和22	420
昭和23	
昭和24	290
昭和25	220
昭和26	280
昭和27	250
昭和28	210
昭和29	150
昭和30	260
昭和31	540
昭和32	140
昭和33	380
昭和34	540
昭和35	200
昭和36	230
昭和37	110
昭和38	350
昭和39	380
昭和40	140
昭和41	390
昭和42	220
昭和43	230
昭和44	200
昭和45	300
昭和46	140
昭和47	300
昭和48	190
昭和49	290
昭和50	200
昭和51	290
昭和52	190
昭和53	210
昭和54	310
昭和55	190
昭和56	330
昭和57	510
昭和58	500
昭和59	140
昭和60	310
昭和61	170
昭和62	150
昭和63	260
平成02	210
平成03	330
平成04	240
平成05	180
平成06	190
平成07	180
平成08	220
平成09	200
平成10	200
平成11	320
平成12	170
平成13	510
平成14	300
平成15	490
平成16	360
平成17	330
平成18	250
平成19	510
平成20	170
平成21	190
平成22	190
平成23	340
平成24	310
平成25	260
平成26	390
平成27	220
平成28	290
平成29	190
平成30	630
令和01	200
令和02	340

3

1-5 基本高水ピーク流量の設定

1-5-1 基本高水ピーク流量設定の考え方

気候変動の影響が既に顕在化していること、今後も気候変動による降雨量の増加が想定されることを踏まえ、

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

について検討を実施し、総合的に判断した上で基本高水のピーク流量を設定する。

1-5-2 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と同様の 1/100 とした。

1-6 対象降雨の継続時間の設定

1-6-1 対象降雨の継続時間設定の考え方

狩野川流域における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関係及び③強い降雨強度の継続時間を整理して設定した。

1-6-2 洪水到達時間

洪水到達時間は、以下に示す 1) Kinematic Wave 法に基づく式、及び 2) 角屋の式を用いて算定することとした。

なお、対象洪水は、狩野川大仁地点における過去洪水（昭和 5 年（1930 年）～令和 3 年（2021 年））のうち、基準地点大仁の実績流量の上位 10 洪水とした。

1) Kinematic Wave 法による洪水の到達時間

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

2) 角屋の式による洪水の到達時間

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

1)及び2)の計算結果を表 1-6-1 に示し、洪水ごとの Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討結果を図 1-5-1～図 1-5-4 に示す。

【基準地点大仁】

Kinematic Wave 法

3～12 時間（平均 6 時間）

角屋式

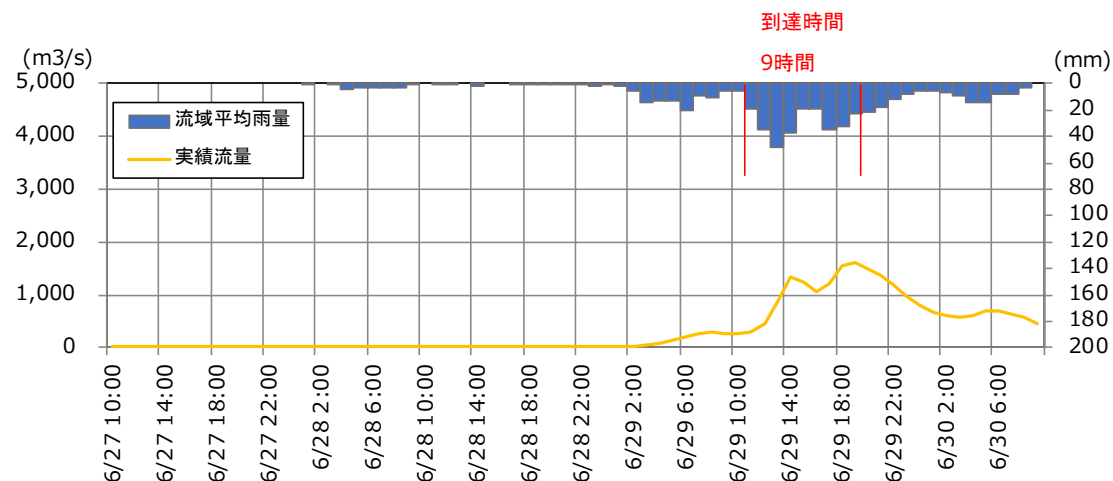
4.1～5.3 時間（平均 4.8 時間）

表 1-6-1 洪水到達時間の算定結果（基準地点大仁）

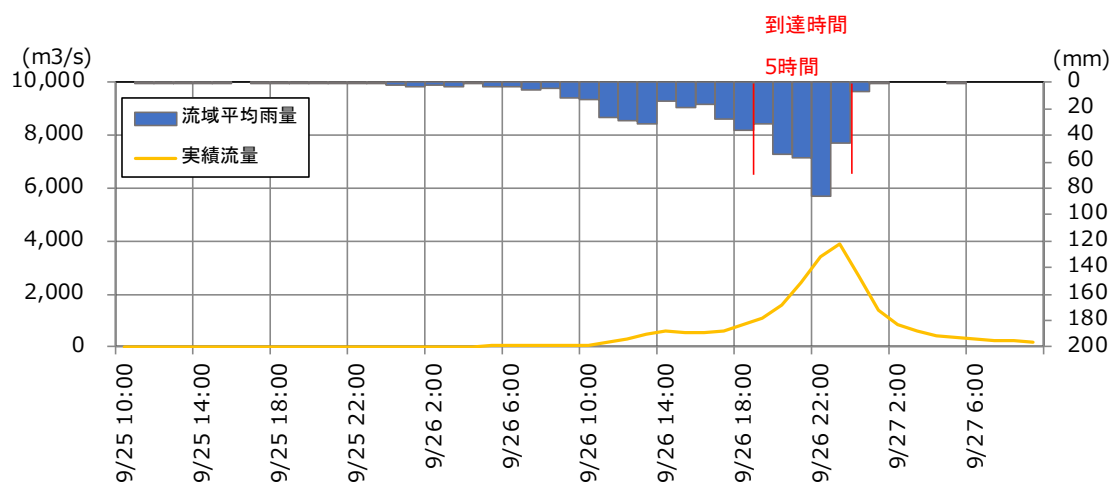
No.	洪水発生 年月日	ピーク流量		Kinematic Wave法 算定結果	角屋式	
		流量 (m ³ /s)	生起時刻		平均有効降 雨強度 (mm/hr)	算定結果 (hr)
1	S13.6.27	1612	6/29 19:00	9	30.1	5.1
2	S33.9.25	3850	9/26 23:00	5	54.7	4.1
3	S36.6.26	2121	6/28 19:00	8	38.6	4.6
4	S57.9.10	2565	9/12 15:00	4	44.2	4.4
5	S60.6.29	1761	7/1 4:00	5	30.4	5.0
6	H10.9.14	1950	9/16 6:00	12	26.0	5.3
7	H14.10.1	1862	10/3 10:00	4	40.0	4.6
8	H16.10.9	2389	10/11 9:00	3	27.3	5.2
9	H17.8.25	1700	8/26 13:00	4	37.4	4.7
10	R1.10.11	1704	10/12 13:00	5	39.6	4.6
平均値		-	-	6	-	4.8

※ピーク流量は実績値を示す。

■ S13. 6. 27 洪水



■ S33. 9. 25 洪水



■ S36. 6. 26 洪水

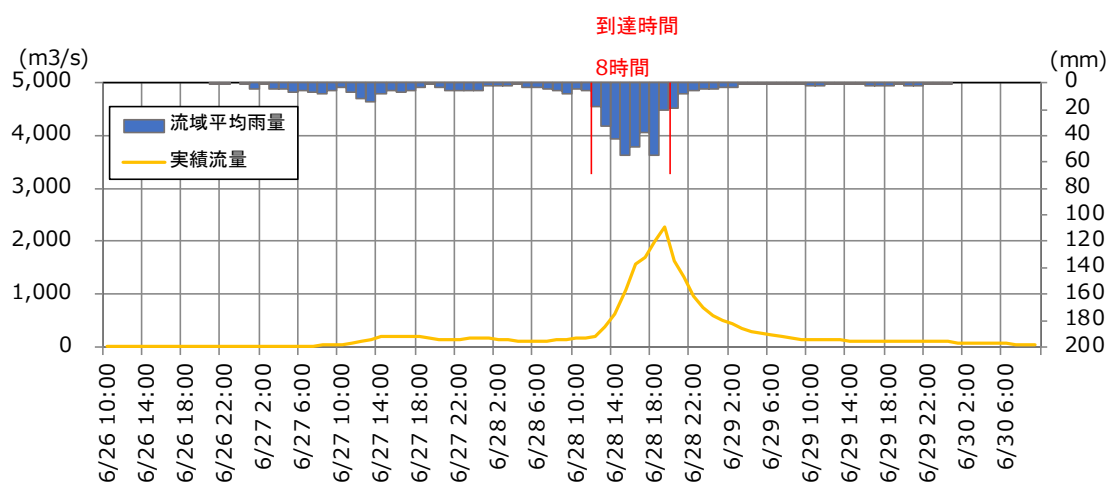
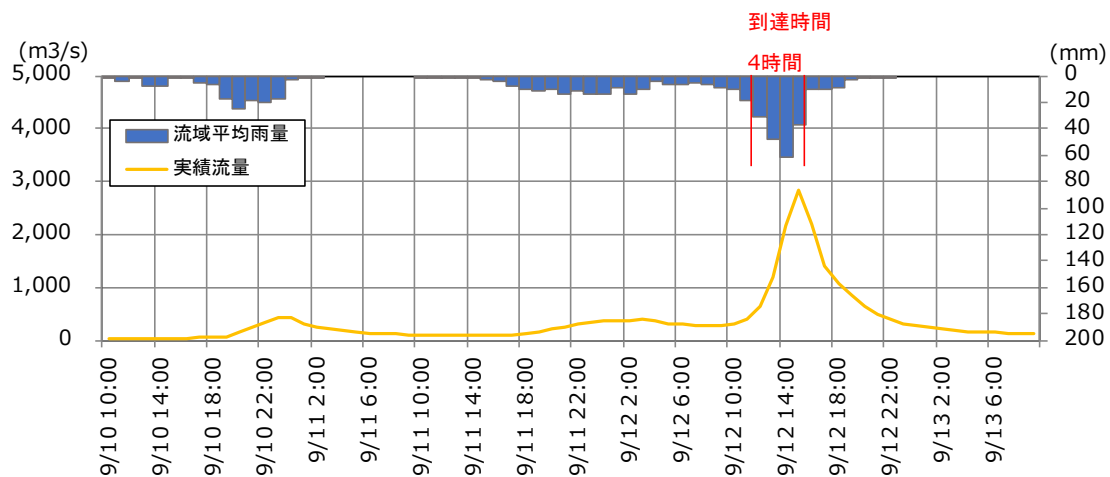
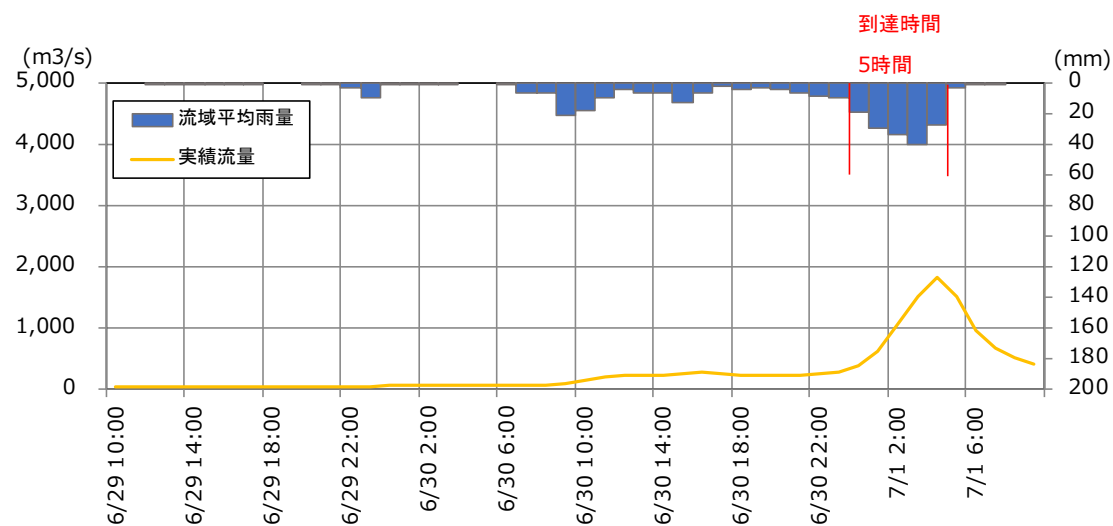


図 1-6-1 Kinematic Wave 法による洪水到達時間(1) (基準地点大仁)

■ S57. 9. 10 洪水



■ S60. 6. 29 洪水



■ H10. 9. 14 洪水

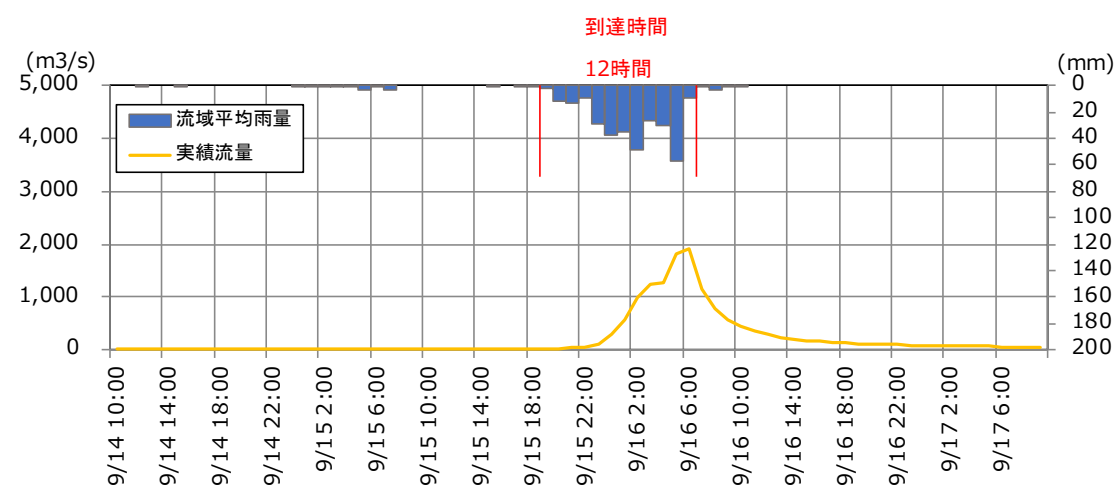
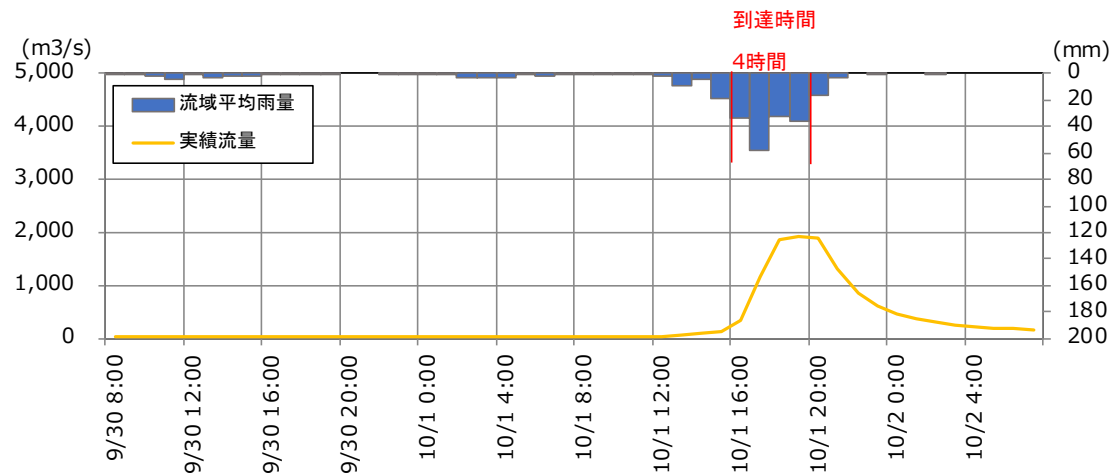
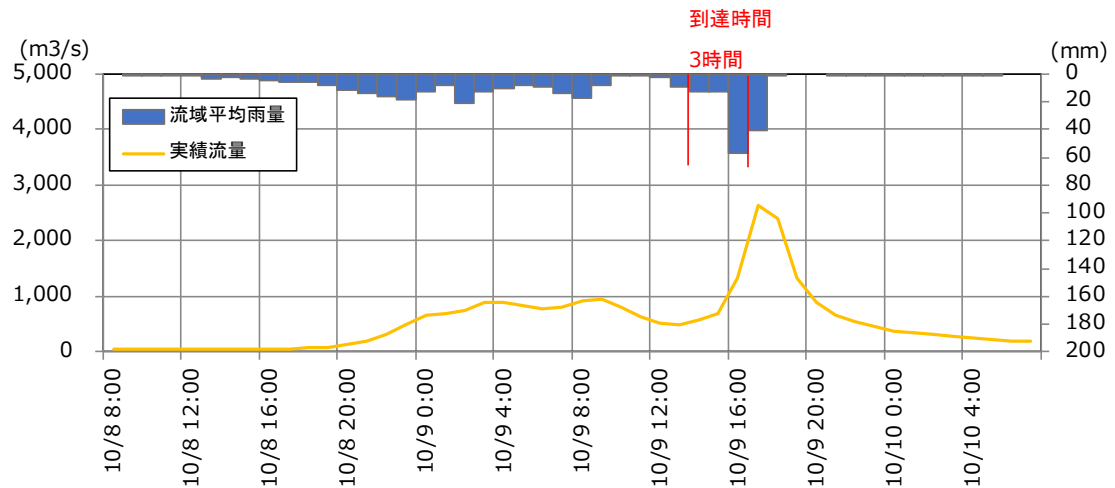


図 1-6-2 Kinematic Wave 法による洪水到達時間(2) (基準地点大仁)

■ H14. 10. 1 洪水



■ H16. 10. 9 洪水



■ H17. 8. 25 洪水

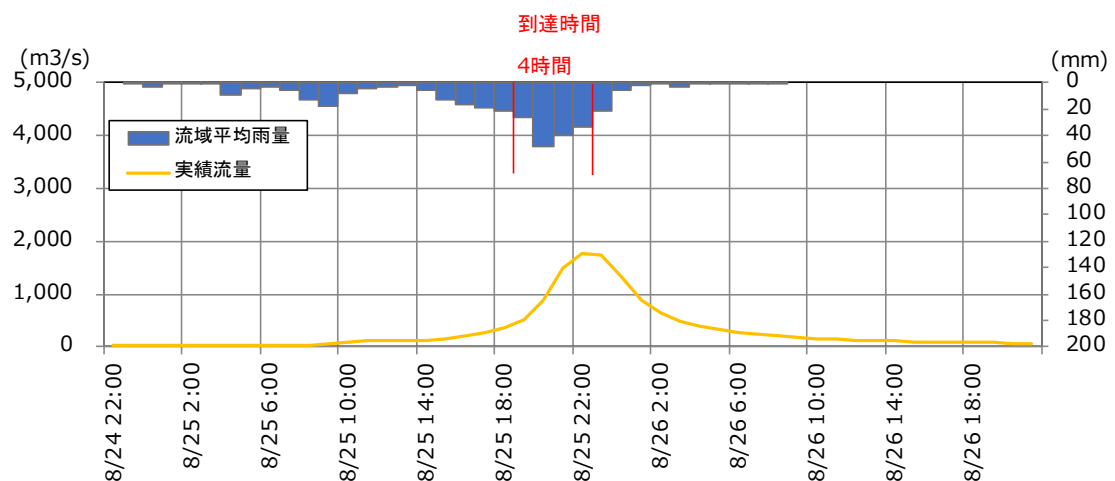


図 1-6-3 Kinematic Wave 法による洪水到達時間(3) (基準地点大仁)

■ R1. 10. 11 洪水

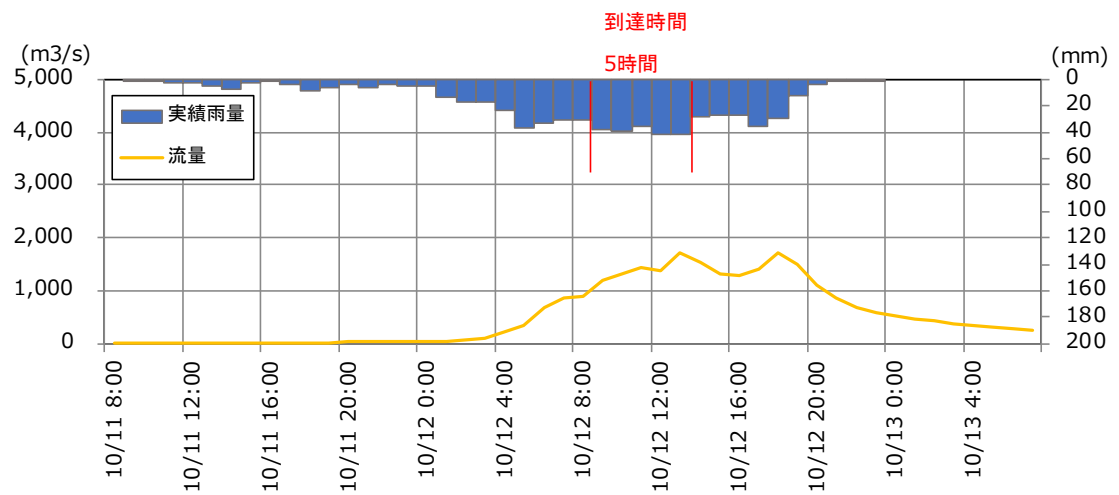


図 1-6-4 Kinematic Wave 法による洪水到達時間(4) (基準地点大仁)

1-6-3 ピーク流量と短時間雨量の相関

昭和 5 年(1930 年)～令和 3 年(2021 年)の 92 年間において基準地点大仁で各年の年最大流量を記録した洪水を対象に、ピーク流量と短時間雨量(1、2、3、6、9、12、15、18、24、36、48 時間雨量)との相関関係を整理した。

その結果、基準地点大仁では 12 時間以上でピーク流量と短時間雨量の相関係数が大きくなっている。この検討結果を図 1-6-5 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 1-6-6 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 1-6-7 に示す。

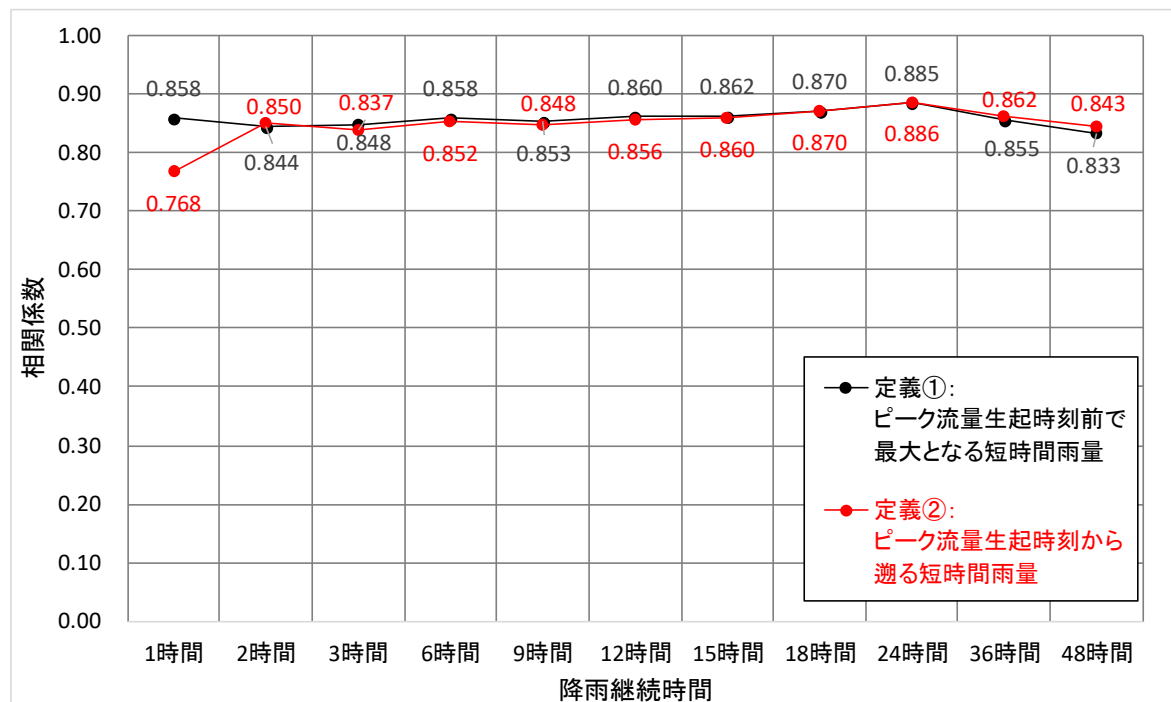


図 1-6-5 基準地点大仁ピーク流量と降雨継続時間の相関図

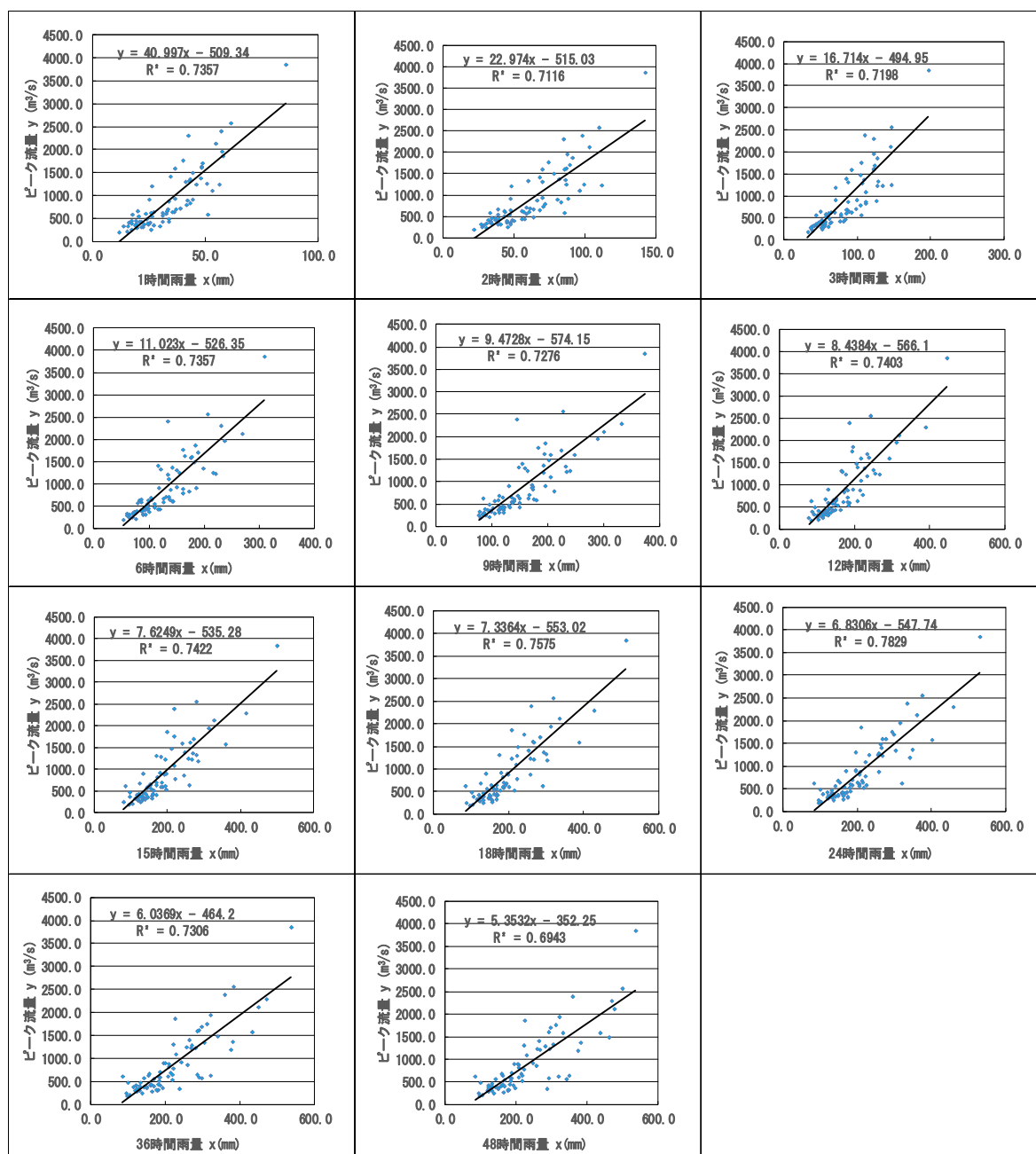


図 1-6-6 ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図（基準地点大仁）【定義①】

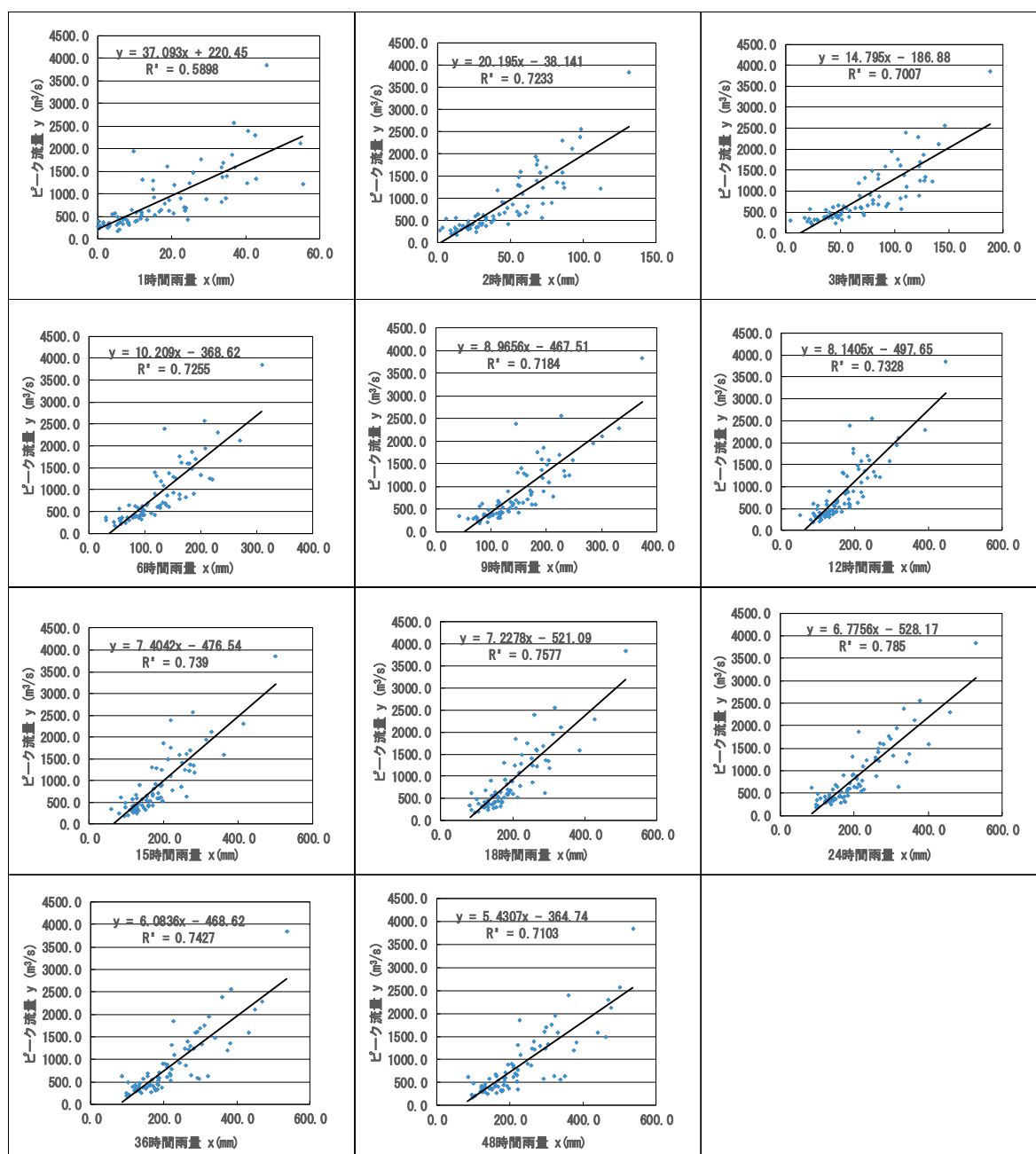


図 1-6-7 ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図（基準地点大仁）【定義②】

1-6-4 強い降雨強度の継続時間

既往の洪水をもたらした降雨について、強い降雨強度（5mm/hr 及び 10mm/hr）の継続時間を整理した。

対象洪水は、過去洪水（昭和 5 年（1930 年）～令和 3 年（2021 年））のうち、基準地点大仁における実績流量の上位 10 洪水とした。

【基準地点大仁】

主要洪水における降雨強度 5mm/hr の継続時間の平均値は 15 時間、降雨強度 10mm/hr の継続時間の平均値は 10 時間となり、洪水のピーク流量を形成している強い降雨強度の継続時間は、おおむね 12 時間でカバーできる。

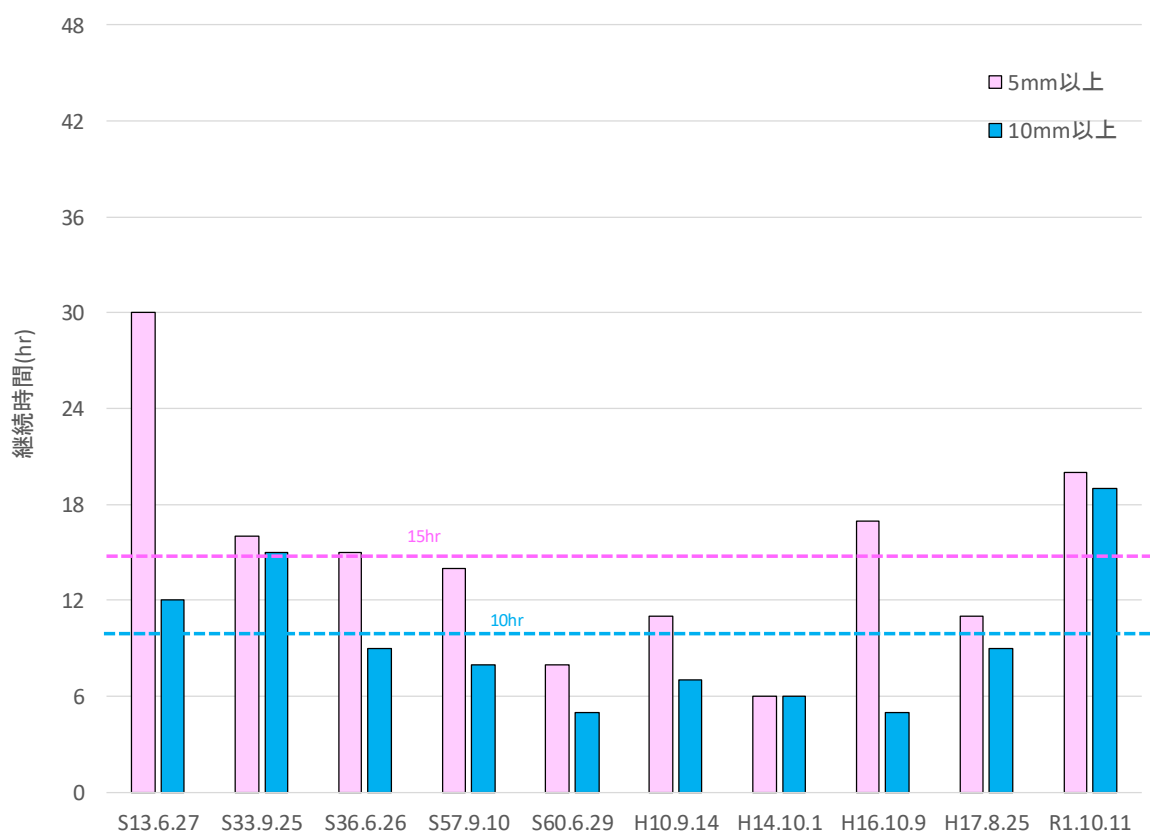


図 1-6-8 強い降雨強度の継続時間（基準地点大仁上流域平均雨量）

1-6-5 対象降雨の降雨継続時間の設定

時間雨量が観測され始めた昭和 5 年（1930 年）から令和 3 年（2021 年）までの雨量資料（92 年間）を整理し、狩野川の降雨特性、ピーク流量との相関から総合的に判断して、下記理由により対象降雨の降雨継続時間は 12 時間と設定した。

【基準地点大仁】

- 洪水到達時間の検討において、Kinematic Wave 法では 3～12 時間（平均 6 時間）、角屋式では 4.1～5.3 時間（平均 4.8 時間）となる。
- ピーク流量と短時間雨量の相関は、12 時間以上の雨量において実績ピーク流量との相関係数が大きい。
- 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 5mm 以上で平均 15 時間、10mm 以上で平均 10 時間である。

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

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との相関、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 48 時間から 12 時間へ変更した。

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)までにとどめ、平成 22 年(2010 年)までの雨量標本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を乗じた値とする。

基準地点大仁の 1/100 確率雨量は、昭和 5 年(1930 年)～平成 22 年(2010 年)の欠測を除く 74 年間の各年最大 12 時間雨量を確率処理し、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルによる 388.6mm/12hr と決定した。

表 1-7-1 基準地点大仁 12 時間雨量 1/100 確率計算結果

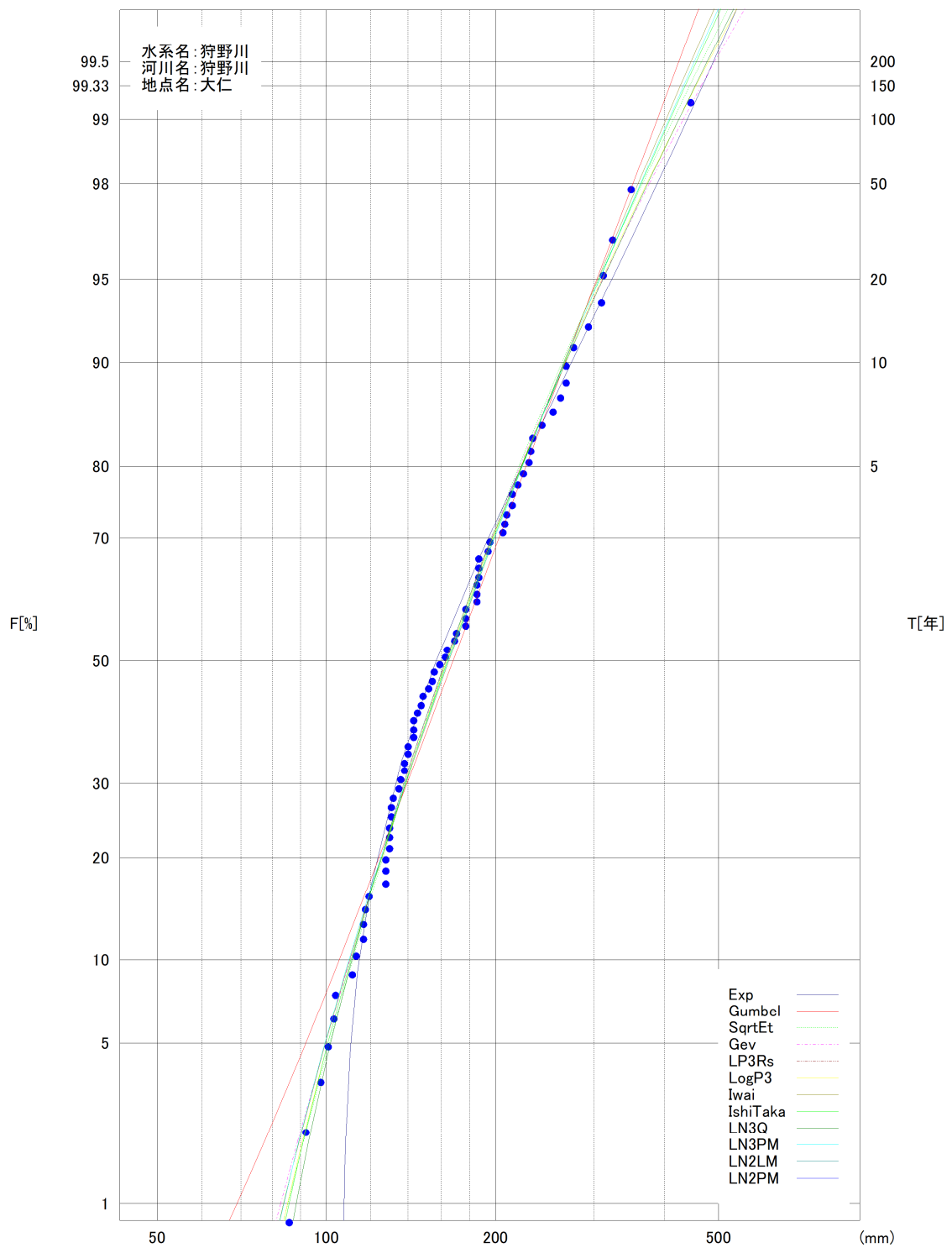
項目		狩野川水系狩野川 大仁地点											
		毎年値資料 (S5～H22)											
計算手法		Exp	Gumbel	SqrtEt	Gev	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM
確率規模	2	156.7	167.9	163.3	163.1	—	163.6	165	164.2	162.8	164.6	—	—
	3	186	195.9	189.4	189.6	—	190.5	192.1	191.3	190	191.9	—	—
	5	222.9	227	220.4	221.4	—	222.4	223.5	223.1	222.7	223.7	—	—
	10	273	266.1	262.4	265	—	265.5	264.4	265	266.6	265.4	—	—
	20	323.1	303.6	305.8	310.9	—	310.1	305	307.1	311.7	307	—	—
	30	352.4	325.2	332.1	339.3	—	337.3	329.1	332.2	338.9	331.6	—	—
	50	389.3	352.2	366.4	377	—	372.9	359.7	364.4	374.2	363.2	—	—
	80	423.3	376.9	399.1	413.8	—	407.4	388.5	394.7	407.8	392.9	—	—
	100	439.4	388.6	415.1	432	—	424.3	402.4	409.4	424.2	407.2	—	—
	150	468.7	409.8	444.8	466.4	—	456.1	427.9	436.6	454.6	433.6	—	—
	200	489.5	424.8	466.4	491.9	—	479.6	446.4	456.3	476.8	452.7	—	—
	400	539.5	461	520.4	557.3	—	539.2	491.9	505.2	532.4	500	—	—
	500	555.7	472.7	538.3	579.6	—	559.4	506.9	521.3	550.9	515.6	—	—
X-COR(99%)		0.993	0.992	0.997	0.997	—	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	—	—
P-COR(99%)		0.981	0.994	0.997	0.997	—	0.997	0.996	0.997	0.997	0.997	—	—
SLSC(99%)		0.024	0.027	0.018	0.016	—	0.016	0.018	0.017	0.016	0.018	—	—
推定誤差		35.6	30	33.6	51.9	—	48.5	42.4	50.1	57.3	49.3	—	—

単位 : mm

■ : SLSC > 0.04 の手法

□ : SLSC ≤ 0.04 の手法のうち JackKnife 推定誤差の小さい手法

【 対数正規確率紙 】



※SLSC $\leq$ 0.04、Jackknife 推定誤差最小となる確率分布モデルを採用

図 1-7-1 雨量確率計算結果
(基準地点大仁 12 時間雨量 昭和 5 年(1930 年)～平成 22 年(2010 年))

表 1-7-2 年最大 12 時間雨量一覽

No.	西曆	年	洪水名	12時間雨量(mm)
				大仁地点
1	1930	S5	S5.7.29	103
2	1931	S6	S6.9.25	220
3	1932	S7	S7.11.13	119
4	1933	S8	S8.10.18	164
5	1934	S9	S9.10.31	148
6	1935	S10	S10.8.28	168
7	1936	S11	S11.9.26	117
8	1937	S12	S12.7.14	116
9	1938	S13	S13.6.27	323
10	1939	S14	S14.3.10	97
11	1940	S15	S15.8.25	275
12	1942	S17	S17.6.13	143
13	1943	S18	S18.10.1	225
14	1949	S24	S24.8.30	242
15	1951	S26	S26.6.16	177
16	1952	S27	S27.6.22	187
17	1953	S28	S28.9.12	111
18	1954	S29	S29.9.16	177
19	1955	S30	S30.10.9	163
20	1956	S31	S31.10.28	127
21	1957	S32	S32.6.26	104
22	1958	S33	S33.9.25	447
23	1959	S34	S34.8.12	206
24	1960	S35	S35.6.21	113
25	1961	S36	S36.6.26	349
26	1962	S37	S37.7.27	131
27	1963	S38	S38.8.28	231
28	1964	S39	S39.6.26	86
29	1965	S40	S40.8.20	152
30	1966	S41	S41.6.27	309
31	1967	S42	S42.6.27	135
32	1968	S43	S43.7.5	187
33	1969	S44	S44.6.25	185
34	1970	S45	S45.6.14	140
35	1971	S46	S46.8.30	178
36	1972	S47	S47.7.14	210
37	1973	S48	S48.10.27	130
38	1974	S49	S49.8.24	129
39	1975	S50	S50.7.3	129
40	1976	S51	S51.7.10	229

No.	西曆	年	洪水名	12時間雨量(mm)
				大仁地点
41	1977	S52	S52.11.16	143
42	1978	S53	S53.9.28	140
43	1979	S54	S54.10.17	185
44	1980	S55	S55.10.13	129
45	1981	S56	S56.8.21	267
46	1982	S57	S57.7.31	262
47	1983	S58	S58.8.14	267
48	1984	S59	S59.6.22	134
49	1985	S60	S60.6.29	195
50	1986	S61	S61.8.3	131
51	1987	S62	S62.5.22	116
52	1988	S63	S63.8.9	92
53	1989	H1	H1.8.26	143
54	1990	H2	H2.8.9	208
55	1991	H3	H3.9.18	171
56	1992	H4	H4.9.29	127
57	1993	H5	H5.7.4	138
58	1994	H6	H6.6.18	101
59	1995	H7	H7.5.14	145
60	1996	H8	H8.9.21	187
61	1997	H9	H9.6.19	194
63	1998	H10	H10.9.14	312
62	1999	H11	H11.8.14	138
64	2000	H12	H12.7.8	154
65	2001	H13	H13.9.10	214
66	2002	H14	H14.10.1	214
67	2003	H15	H15.8.15	233
68	2004	H16	H16.10.9	186
69	2005	H17	H17.8.25	253
70	2006	H18	H18.8.9	159
71	2007	H19	H19.9.6	293
72	2008	H20	H20.9.20	155
73	2009	H21	H21.10.8	127
74	2010	H22	H22.6.19	147

表 1-7-3 1/100 確率規模降雨量（基準地点大仁）

	大仁	備考
1/100 確率雨量 (S5～H22 標本)	388.6mm/12hr	確率手法 SLSC $\leq$ 0.04 Jackknife 推定誤差最小
気候変動を 考慮した降雨量	428mm/12hr	388.6mm/12hr $\times$ 降雨量変化倍率 1.1

基準地点大仁における対象降雨の降雨量は、1/100 確率雨量 388.6mm/12hr に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じた 428mm/12hr に設定した。

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り確率雨量の算定等も併せて実施した。

<基準地点大仁>

1. Mann-Kendall 検定（定常/非定常性を確認）

昭和 5 年(1930 年)～平成 22 年(2010 年)の雨量データに 1 年ずつ雨量データを追加し、令和 2 年(2020 年)までのデータを対象とした検定結果を確認

⇒非定常性が確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施

2. 近年降雨までデータ延伸を実施

非定常性が確認されなかったことから、最新年(令和 2 年(2020 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 2 年(2020 年)までの雨量データを用いた場合の基準地点大仁 1/100 確率雨量は 400mm/12hr 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 流出計算モデルの設定

降雨を流量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から、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することとした。

1-8-1 モデルの概要

貯留関数法の基礎式を次に示す。

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

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

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

ただし、

$$\sum r(t) < R_{sa} \quad \text{の場合、} f(t) = f_1$$

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

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

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

ここで、

$s(t)$ ：貯留高(mm)、 $f(t)$ ：流入係数、 $r(t)$ ：流域平均降雨強度(mm/hr)

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

$Q(t)$ ：直接流出強度(m^3/s)、 A ：流域面積(km^2)、 f_1 ：一次流出率

$Q_{ca}(t)$ ：流域からの流出量(m^3/s)、 $Q_b(t)$ ：基底流量(m^3/s)

を表す。

河道区間の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$s_l(t) = K \cdot Q_l(t)^P - Tl \cdot Q_l(t)$$

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

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

$s_l(t)$: みかけの河道貯留量 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{hr}$)

Q_l : 遅滞時間を考慮した流出量 (m^3/s)

$Q(t)$: 流出量 (m^3/s)、 $I(t)$: 流入量 (m^3/s)、 Tl : 遅滞時間 (hr)

K : 定数、 P : 定数

1-8-2 流域の状況

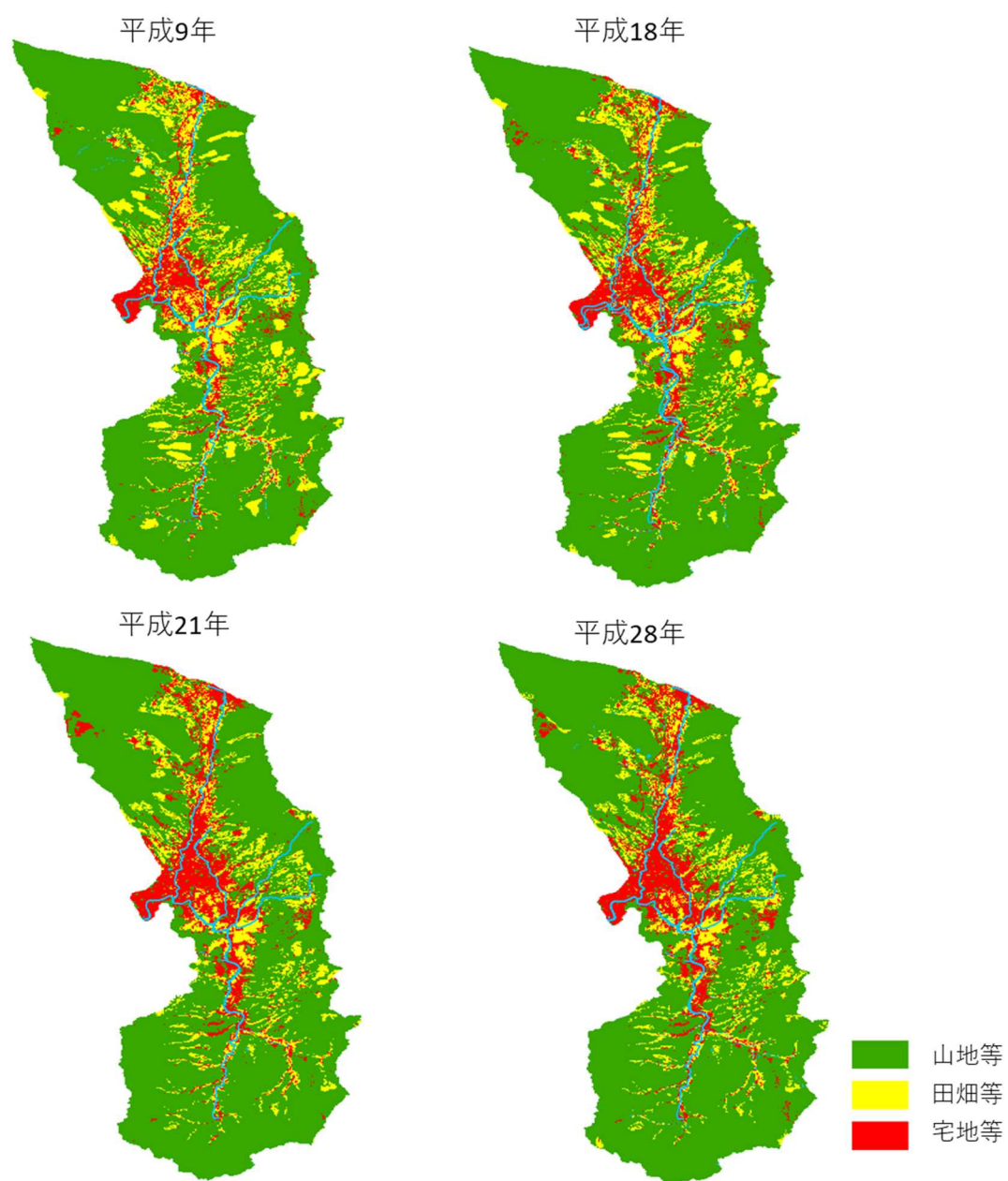
狩野川流域の土地利用状況としては、山林が約 8 割、農地が約 1 割、宅地等の市街地が約 1 割となっている。

また、市街地の分布についても、近年、大きな変化はみられない。

表 1-8-1 狩野川流域の土地利用状況の変化

	山地等	田畑等	宅地等
平成9年	73.3%	17.3%	9.4%
平成18年	73.9%	15.1%	10.9%
平成21年	74.9%	12.0%	13.0%
平成28年	75.5%	11.7%	12.9%

※ 四捨五入等端数処理の都合により、各項目の合計は 100%にならない。



※「国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ」より

図 1-8-1 土地利用状況の変化

1-8-3 流出計算モデルの近年洪水による確認

基本高水の検討に当たり、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。

(1) 流出計算モデルの確認

流出計算モデルについて、本川残流域及び来光川流域は地質、地形が類似している大仁上流域、大場川流域を参考に流域定数を設定しているため、大仁上流域、黄瀬川流域、大場川流域を対象として各洪水の総降雨量と総直接流出高の関係を確認した。

各流域における各洪水の総降雨量と総直接流出高の関係は、近年発生した洪水においても同様な傾向である。

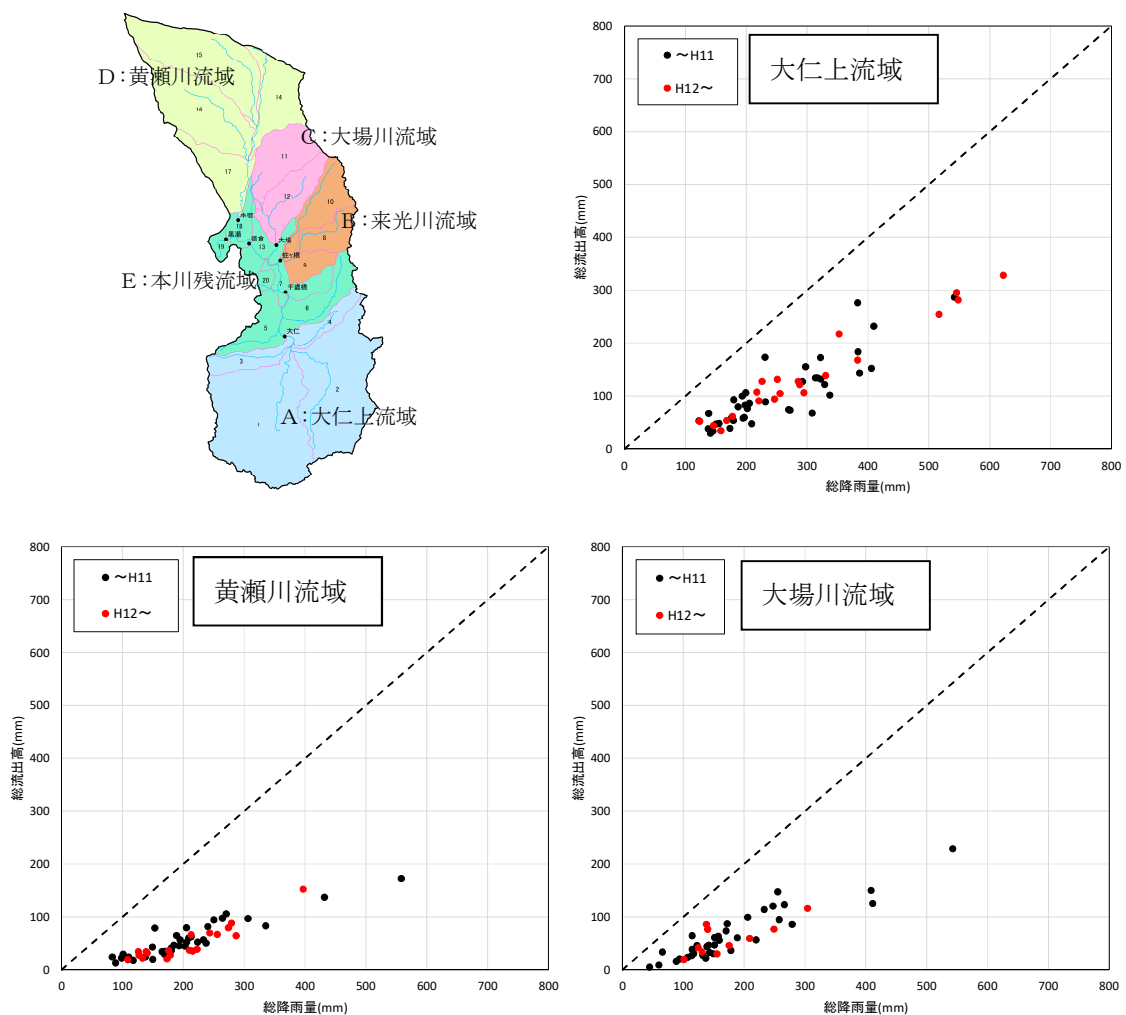


図 1-8-2 各洪水の総降雨量と総直接流出高の関係

(2) 実績流量の再現性の確認

近年発生した 11 洪水（大仁地点の主要降雨波形）を対象に、既定計画の一次流出率 $f_1=0.36$ による基準地点大仁流量の再現性を確認した。

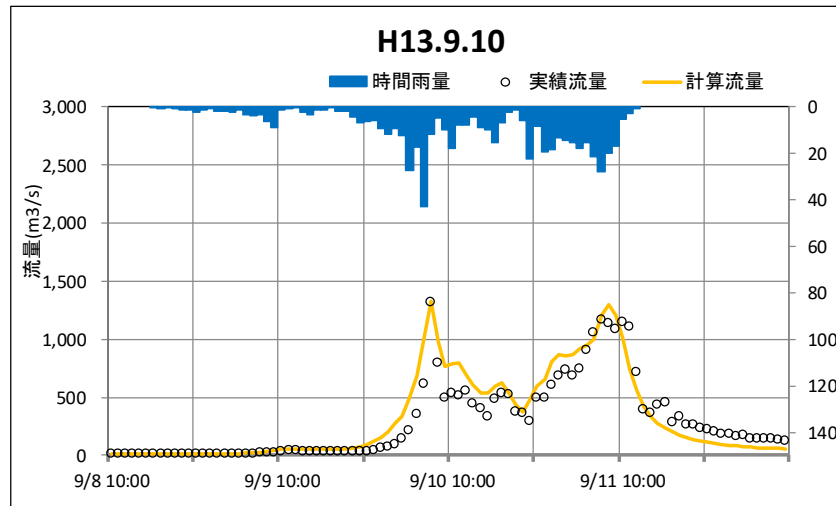


図 1-8-3 平成 13 年 9 月洪水再現計算結果

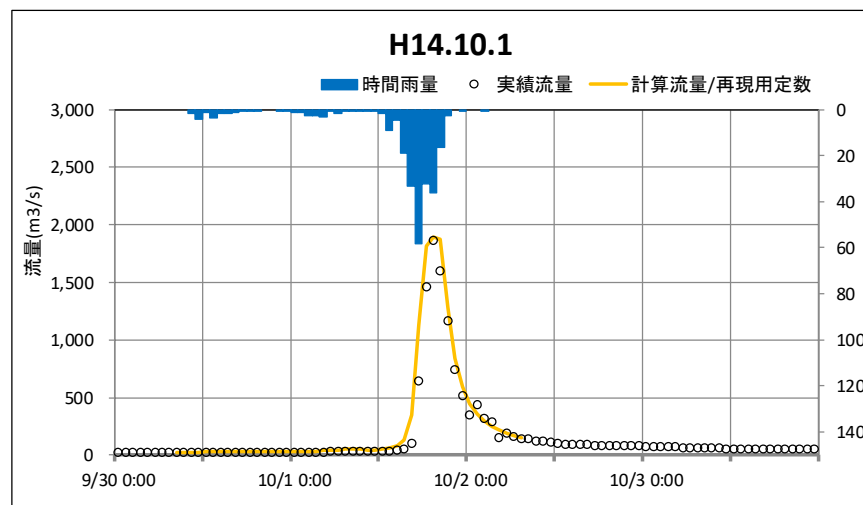


図 1-8-4 平成 14 年 10 月洪水再現計算結果

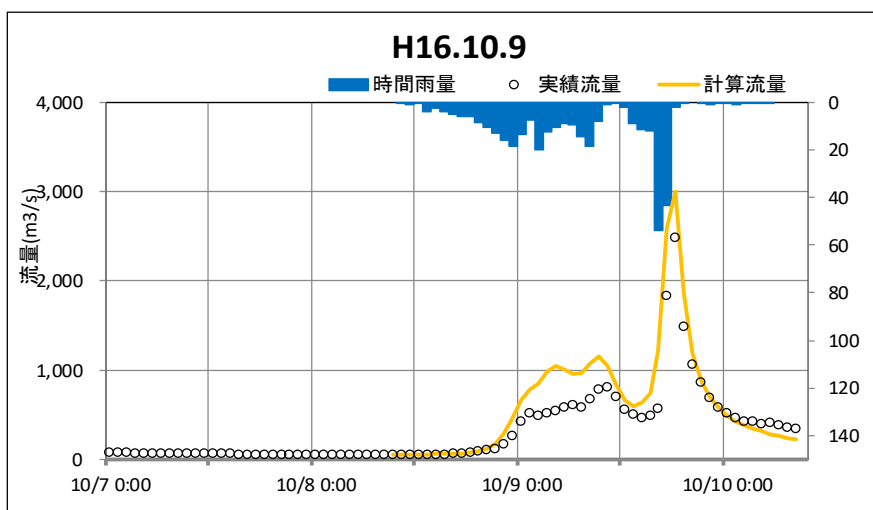


図 1-8-5 平成 16 年 10 月洪水再現計算結果

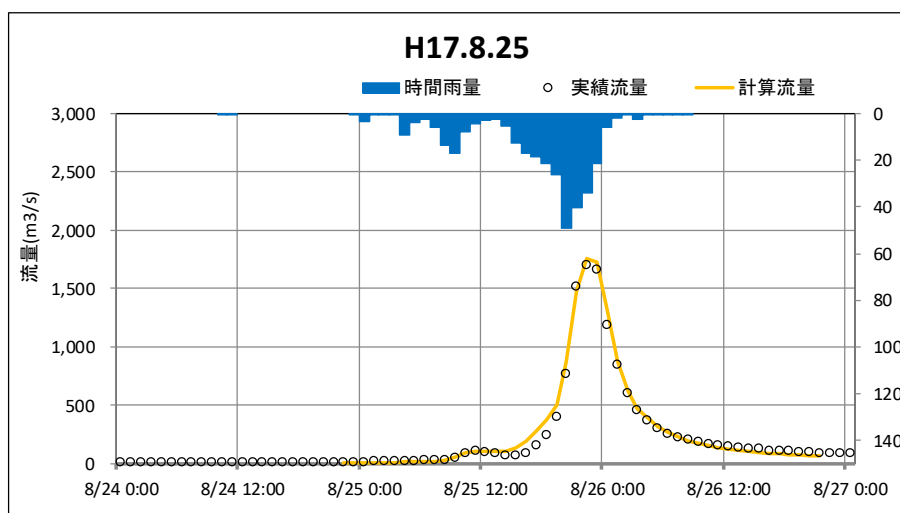


図 1-8-6 平成 17 年 8 月洪水再現計算結果

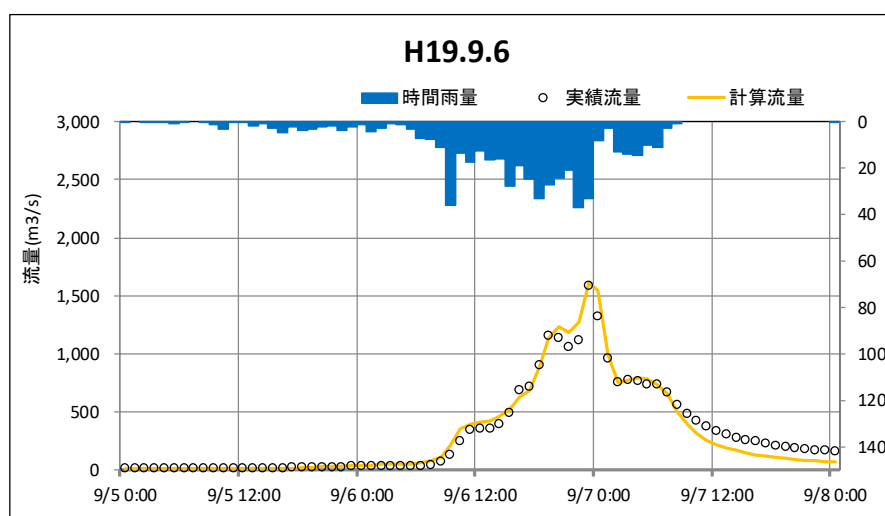


図 1-8-7 平成 19 年 9 月洪水再現計算結果

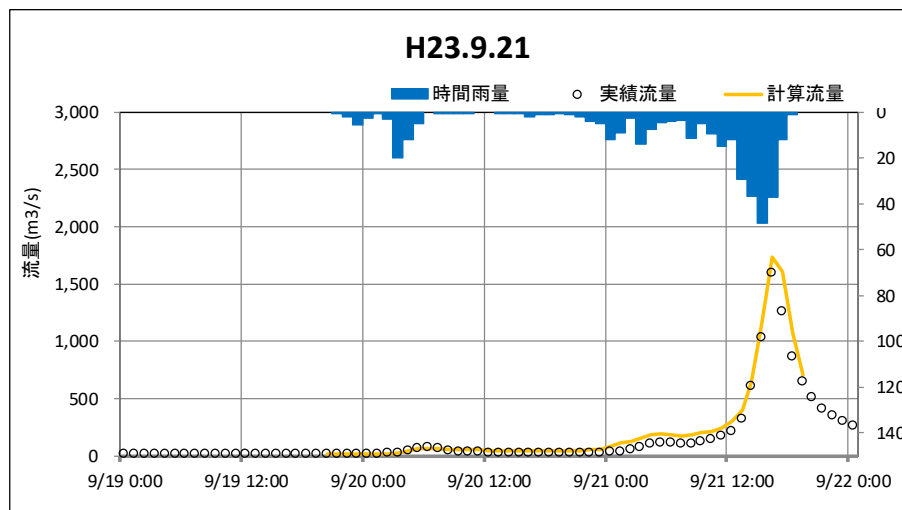


図 1-8-8 平成 23 年 9 月洪水再現計算結果

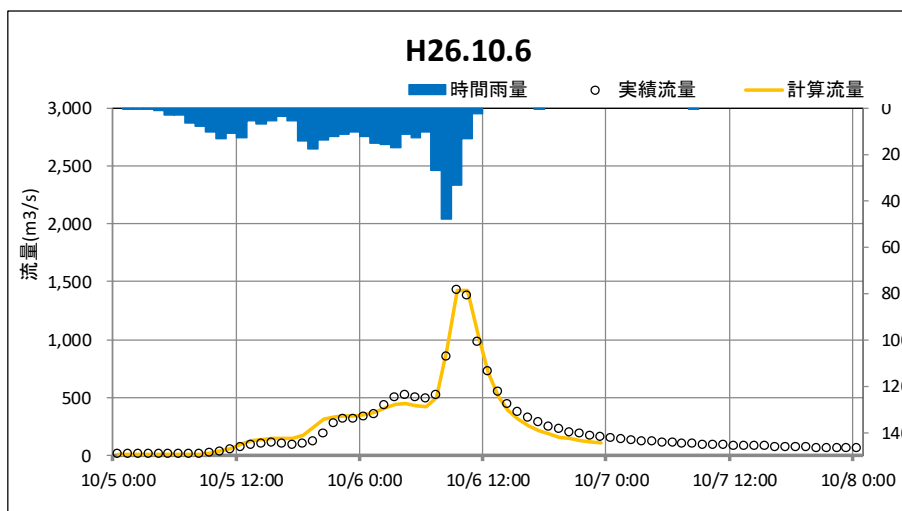


図 1-8-9 平成 26 年 10 月洪水再現計算結果

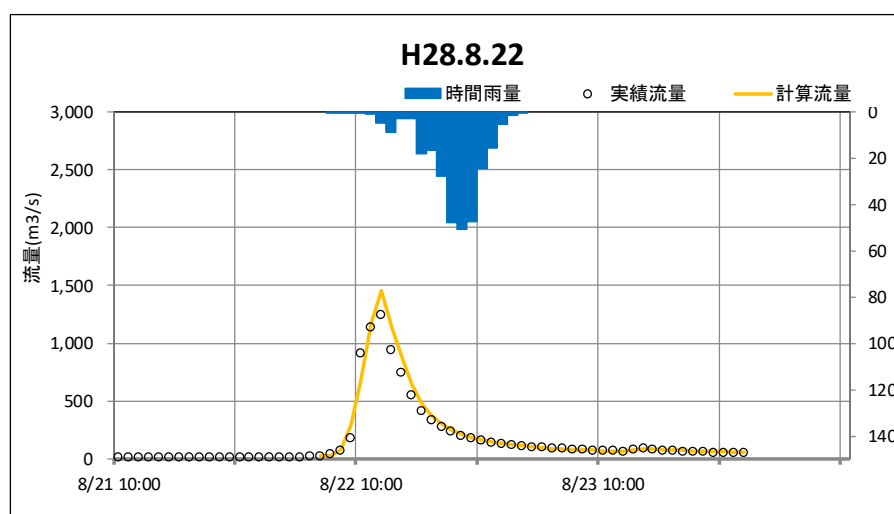


図 1-8-10 平成 28 年 8 月洪水再現計算結果

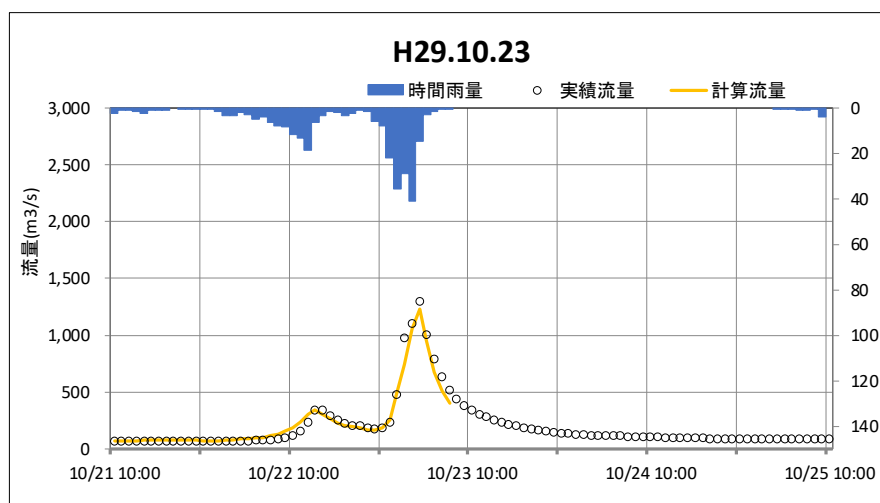


図 1-8-11 平成 29 年 10 月洪水再現計算結果

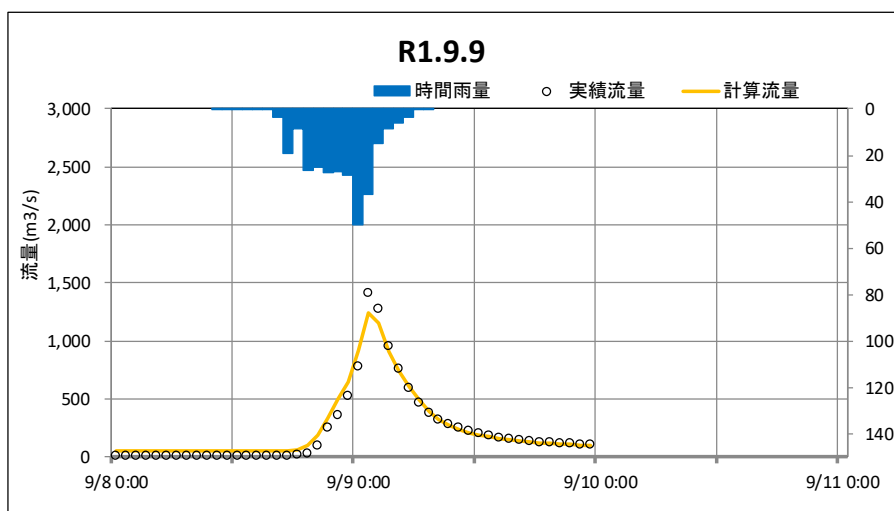


図 1-8-12 令和元年 9 月洪水再現計算結果

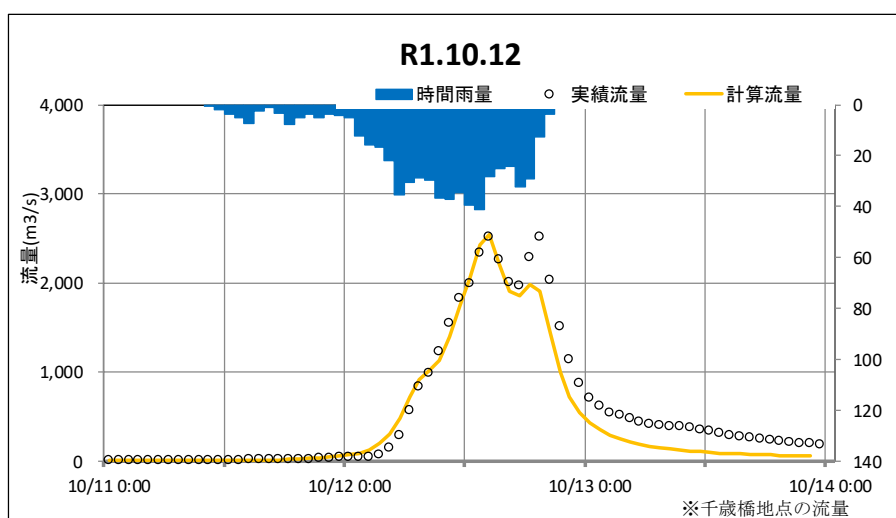


図 1-8-13 令和元年 10 月洪水再現計算結果

1-8-4 モデル分割

流域分割は、基準地点、主要地点、流量観測地点及び放水路を考慮し、流域内3山系での異なる降雨特性や流出特性に配慮して行っている。

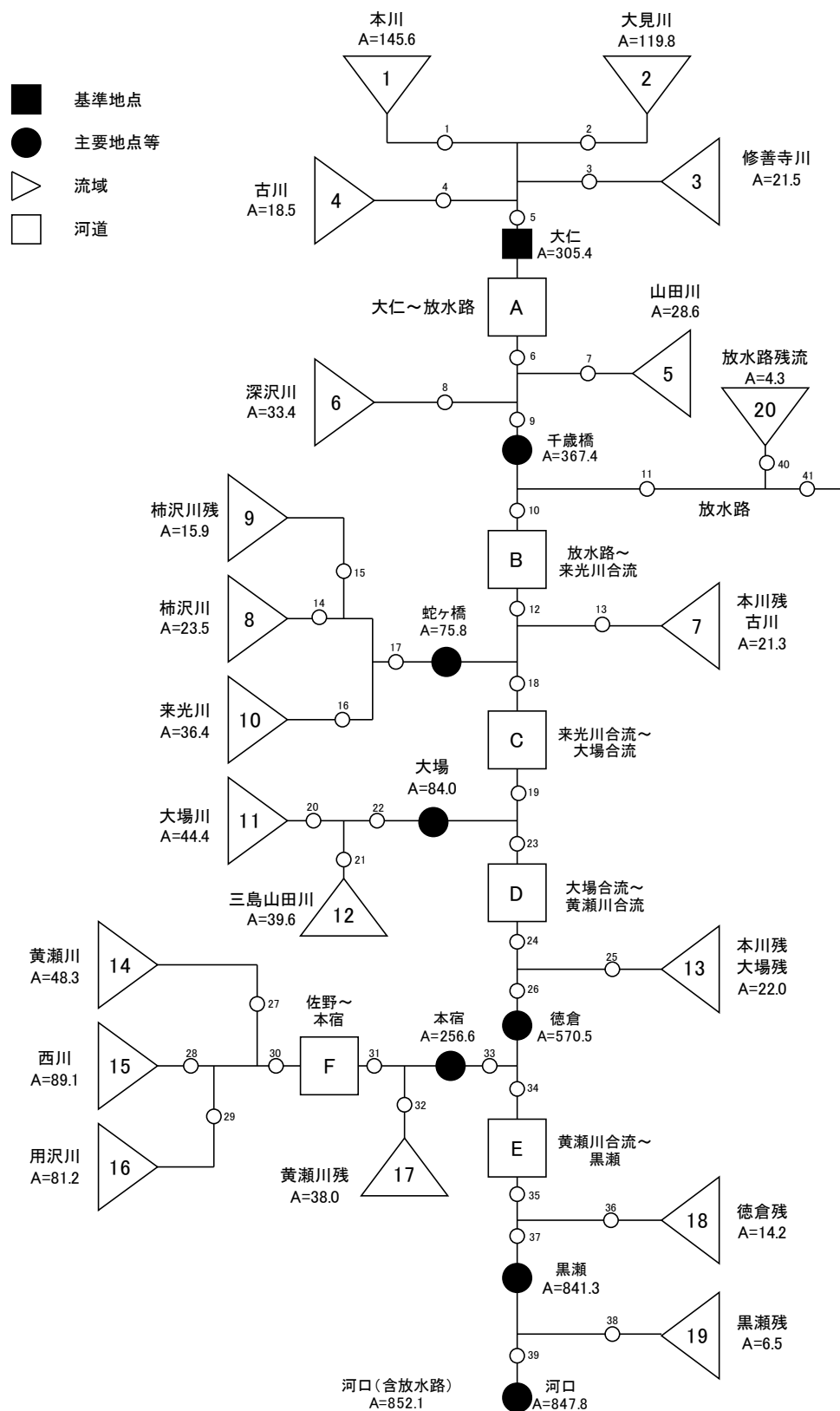


図 1-8-14 狩野川水系流出解析モデル図

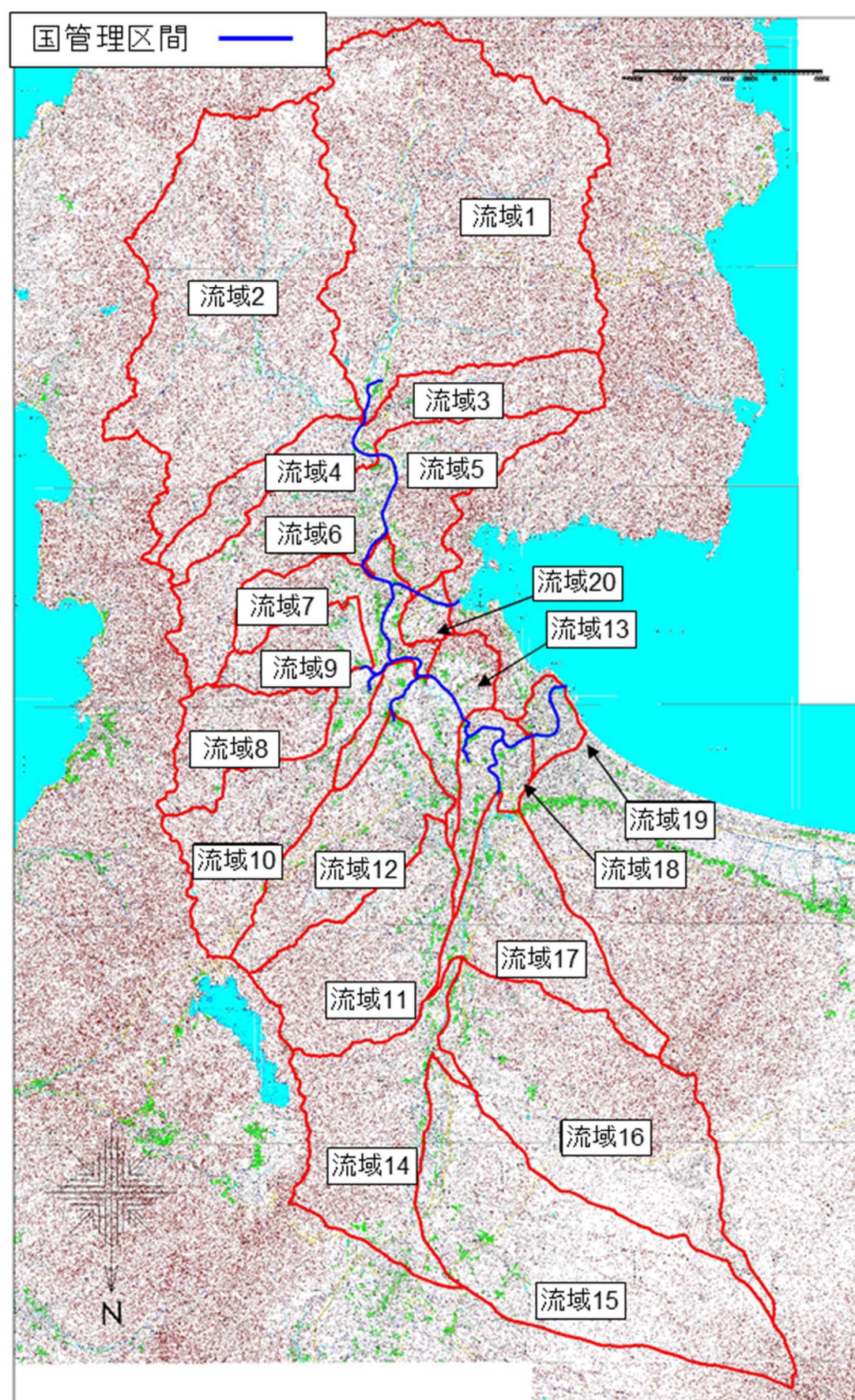


図 1-8-15 狩野川流域分割図

表 1-8-2 流域分割一覧表（狩野川）

No.	流域名	流域面積 A(km ²)
1	本川上流	145.6
2	大見川	119.8
3	修善寺川	21.5
4	古川	18.5
5	山田川	28.6
6	深沢川	33.4
7	葦山古川	21.3
8	柿沢川	23.5
9	柿沢川残	15.9
10	来光川	36.4
11	大場川	44.4
12	三島山田川	39.6
13	本川大場残	22.0
14	黄瀬川	48.3
15	西川	89.1
16	用沢川	81.2
17	黄瀬川残	38.0
18	徳倉残	14.2
19	黒瀬残	6.5
20	放水路	4.3

表 1-8-3 河道分割一覧表

河道 No.	河道区間	河道 延長L (km)
A	大仁橋～放水路	7.16
B	放水路～来光川合流	3.43
C	来光川合流～大場川合流	1.73
D	大場川合流～黄瀬川合流	5.79
E	黄瀬川合流～黒瀬橋	1.37
F	黄瀬川（佐野～本宿）	8.70

表 1-8-4 流域定数一覧表

No.	流域名	流域面積 A(km ²)	K	P	Tl (hr)
1	本川上流	145.6	38.28	0.36	0.8
2	大見川	119.8	44.18	0.32	0.5
3	修善寺川	21.5	42.34	0.33	0.3
4	古川	18.5	36.33	0.37	0.3
5	山田川	28.6	37.65	0.36	0.3
6	深沢川	33.4	36.70	0.37	0.5
7	萑山古川	21.3	30.18	0.37	0.4
8	柿沢川	23.5	33.30	0.34	0.3
9	柿沢川残	15.9	35.68	0.32	0.0
10	来光川	36.4	33.84	0.33	0.5
11	大場川	44.4	35.00	0.33	0.4
12	三島山田川	39.6	32.96	0.34	0.5
13	本川大場残	22.0	29.72	0.37	0.2
14	黄瀬川	48.3	30.05	0.34	0.6
15	西川	89.1	35.43	0.30	1.0
16	用沢川	81.2	31.57	0.33	0.9
17	黄瀬川残	38.0	34.52	0.31	0.5
18	徳倉残	14.2	19.52	0.51	0.2
19	黒瀬残	6.5	32.71	0.34	0.0
20	放水路	4.3	40.73	0.29	0.0

表 1-8-5 河道定数一覧表

河道 No.	河道区間	河道 延長L (km)	K値	P値	TI値 (hr)
A	大仁橋～放水路	7.16	8.59	0.67	0.2
B	放水路～来光川合流	3.43	2.51	0.79	0.2
C	来光川合流～大場川合流	1.73	1.11	0.84	0.1
D	大場川合流～黄瀬川合流	5.79	6.72	0.71	0.6
E	黄瀬川合流～黒瀬橋	1.37	3.32	0.57	0.1
F	黄瀬川（佐野～本宿）	8.70	7.89	0.60	0.5

1-9 主要降雨波形の選定

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

基本高水の設定に用いる対象降雨波形群は、対象流域において大規模洪水が生起し得る様々な降雨パターンを含んでいる必要があることから、以下の選定基準により代表洪水を選定した。

代表洪水の選定基準：①大仁実績 12 時間雨量の上位 10 洪水

②実績ピーク流量の上位 10 洪水

大仁地点上流域の 12 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 12 洪水を選定した。

選定した洪水を対象に、基準地点大仁の 1/100 確率 12 時間雨量 428mm（388.6mm × 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、基準地点大仁において 2,500～5,200m³/s となる。

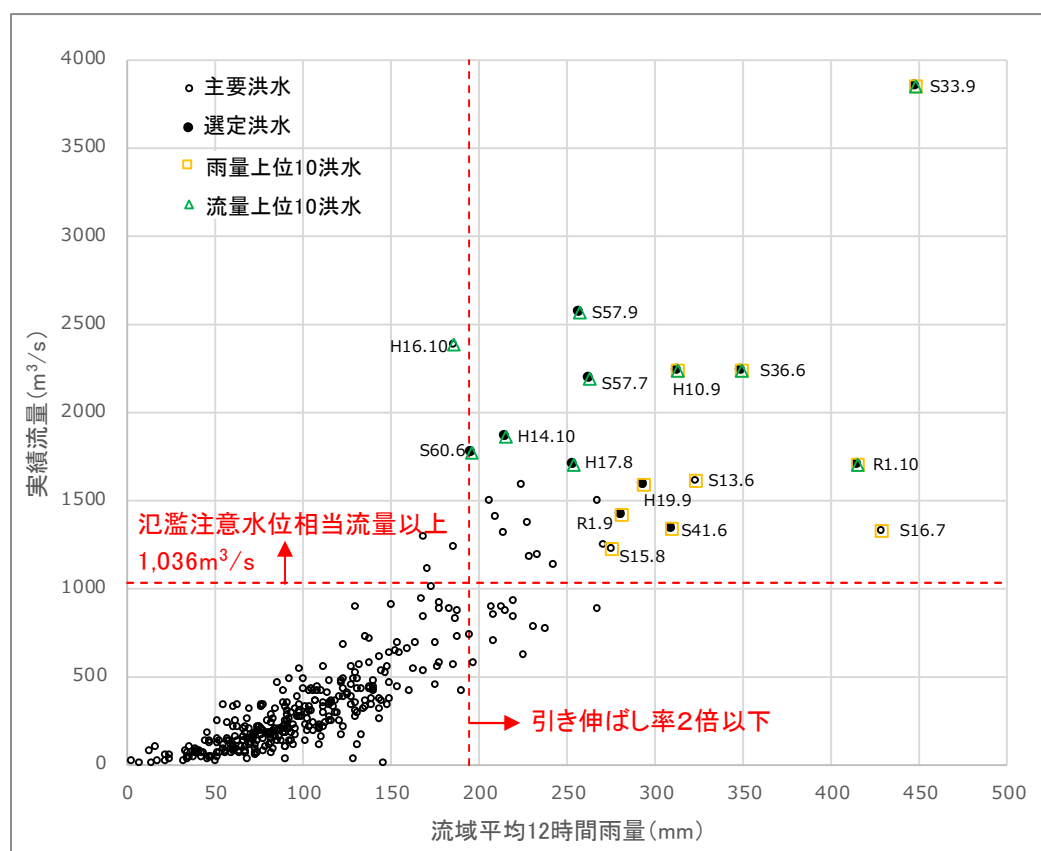


図 1-9-1 対象洪水の選定（基準地点大仁）

表 1-9-1 選定洪水のピーク流量一覧（基準地点大仁）

No.	洪水名	大仁上流域平均			大仁地点 ピーク流量 (m ³ /s)
		12時間雨量 (mm)	1/100確率降雨量 (mm) × 1.1	拡大率	
1	S33.9洪水	446.8	428	1.000	4,000
2	S36.6洪水	348.8	428	1.227	3,400
3	S41.6洪水	308.8	428	1.386	3,200
4	S57.7洪水	262.2	428	1.633	4,000
5	S57.9洪水	256.5	428	1.669	5,200
6	S60.6洪水	195.0	428	2.194	4,600
7	H10.9洪水	312.0	428	1.372	2,900
8	H14.10洪水	214.3	428	1.997	3,400
9	H17.8洪水	253.2	428	1.691	3,700
10	H19.9洪水	292.5	428	1.463	2,700
11	R1.9洪水	280.0	428	1.529	3,100
12	R1.10洪水	414.2	428	1.033	2,500

※100m³/s の端数については、切り上げるものとした

※拡大率：「12 時間雨量(mm)」と「1/100 確率雨量×1.1」との比率

1-10 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

1-10-1 考え方

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

従って、1-9 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。

1-10-2 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。

1-10-3 地域分布の評価について

(1) 対象地域の設定

対象降雨の引き伸ばしについて、小流域への過度な引き伸ばしが設定されていないか確認を行う。

狩野川流域において、本川に流入する大きな支川は黄瀬川、大場川、来光川であるため、黄瀬川流域、大場川流域、来光川流域を対象地域として設定した。

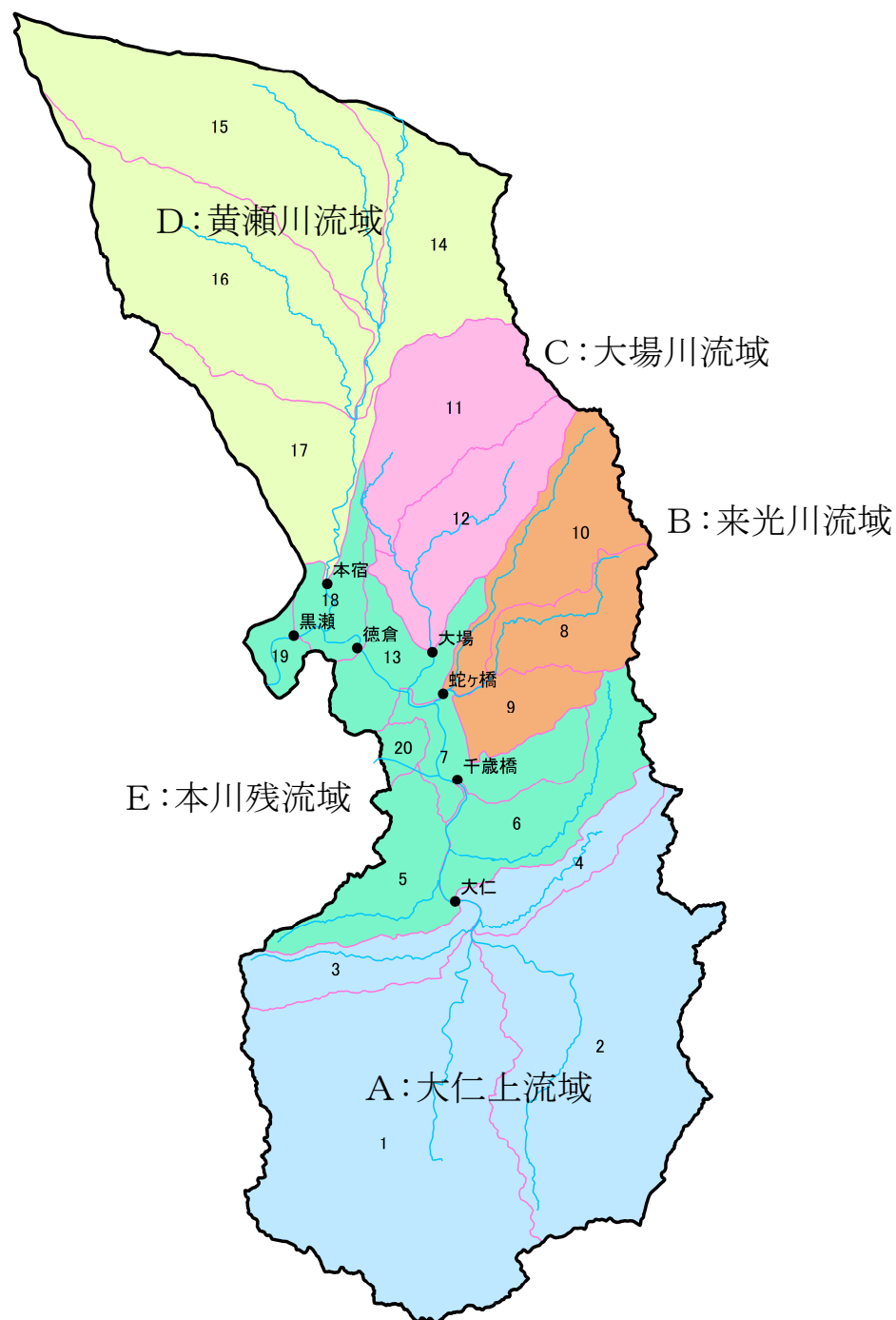


図 1-10-1 検討対象地域位置図

(2) 棄却基準値の選定

各選定地域における棄却基準値を設定する。確率雨量の算定は、昭和5年(1930年)～平成22年(2010年)の各流域の各年最大12時間雨量について確率計算を行い、各確率分布モデルの中で $SLSC \leq 0.04$ かつ Jackknife 推定誤差が最小となる確率分布モデルの確率雨量を採用した。

(3) 地域分布の雨量評価

前項にて選定した地域について、拡大後雨量の異常性を評価する。

各地域の拡大後雨量及び1/500雨量は表1-10-1に示すとおりであり、1洪水が棄却される。

表 1-10-1 地域分布による拡大後降雨の確率評価表

No.	洪水名	計画降雨継続時間内(12hr)の実績			基準地点大仁 拡大率	拡大後雨量(mm)			棄却洪水
		本宿 上流域	大場 上流域	蛇ヶ橋 上流域		本宿 上流域	大場 上流域	蛇ヶ橋 上流域	
1	S33.9洪水	126.2	94.8	120.9	1.000	126.2	94.8	120.9	
2	S36.6洪水	213.5	211.8	257.4	1.116	228.8	235.9	286.9	
3	S41.6洪水	169.5	106.0	108.7	1.260	213.3	133.6	136.0	
4	S57.7洪水	179.2	148.3	170.3	1.484	247.1	201.2	228.9	
5	S57.9洪水	115.9	93.4	109.7	1.517	160.6	139.8	165.3	
6	S60.6洪水	120.1	87.5	84.1	1.995	225.0	162.2	166.0	
7	H10.9洪水	148.6	168.0	210.1	1.247	182.5	208.5	262.4	
8	H14.10洪水	111.8	138.2	140.9	1.815	203.3	251.4	256.3	
9	H17.8洪水	170.2	204.3	178.1	1.537	257.8	308.9	270.5	
10	H19.9洪水	280.2	270.4	194.9	1.331	363.9	348.9	245.6	×
11	R1.9洪水	107.8	133.1	95.7	1.390	147.1	180.3	129.8	
12	R1.10洪水	266.5	235.4	224.0	1.000	266.5	235.4	224.0	
棄却基準値【1/500】		—	—	—	—	334.0	325.3	332.8	

※基準地点大仁拡大率は、基準地点大仁1/100確率降雨量389mm/12hrに対する実績12時間雨量との拡大率である

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

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

1-10-4 時間分布の評価について

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した。

(1) 対象時間の選定

対象時間は、洪水到達時間と 1/2 洪水到達時間から設定した。なお、洪水到達時間は Kinematic Wave 法による洪水到達時間の平均値が 6 時間であることから、「6 時間」とした。

表 1-10-2 対象時間の設定

基準地点名	時間分布棄却基準（短時間雨量）として設定	
大仁	3hr	6hr

(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する。確率雨量の算定は、昭和 5 年(1930 年)～平成 22 年(2010 年)の各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 $SLSC \leq 0.04$ かつ Jackknife 推定誤差が最小になる確率分布モデルの 1/500 確率雨量を採用した。

(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。

各時間の拡大後雨量及び 1/500 雨量は表 1-10-3 に示すとおりであり、2 洪水が棄却される。

表 1-10-3 基準地点大仁 短時間降雨確率評価表

No.	洪水名	基準地点大仁実績雨量(mm)		基準地点大仁 継続時間内(12hr)	拡大率	拡大後雨量(mm)		棄却洪水
		3hr	6hr			3hr	6hr	
1	S33.9洪水	196.7	309.1	446.8	1.000	196.7	309.1	
2	S36.6洪水	145.4	270.1	348.8	1.116	162.2	301.4	
3	S41.6洪水	127.6	220.3	308.8	1.260	160.8	277.5	
4	S57.7洪水	138.0	222.3	262.2	1.484	204.8	329.9	
5	S57.9洪水	146.5	206.1	256.5	1.517	222.2	312.6	×
6	S60.6洪水	104.6	161.9	195.0	1.995	208.6	323.0	
7	H10.9洪水	122.0	236.5	312.0	1.247	152.2	294.9	
8	H14.10洪水	126.7	195.4	214.3	1.815	230.0	354.7	×
9	H17.8洪水	123.0	192.2	253.2	1.537	189.1	295.4	
10	H19.9洪水	91.2	175.8	292.5	1.331	121.5	234.0	
11	R1.9洪水	115.6	195.8	280.0	1.390	160.6	272.1	
12	R1.10洪水	121.5	230.3	414.2	1.000	121.5	230.3	
棄却基準値【1/500】		—	—	—	—	222.1	349.4	

※基準地点大仁拡大率は、基準地点大仁1/100確率降雨量389mm/12hrに対する実績12時間雨量との拡大率である

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

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

1-11 主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算

主要洪水を対象に、1/100 規模（1.1 倍）12 時間雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成した後、流出計算を行うと基準地点大仁のピーク流量は 2,500m³/s～4,600m³/s となる。

表 1-11-1 ピーク流量一覧（大仁地点）

No.	洪水名	大仁上流域平均			大仁地点 ピーク流量 (m ³ /s)
		12 時間雨量 (mm)	1/100 確率 降雨量×1.1 (mm)	拡大率	
1	S33.9 洪水	446.8	428	1.000	4,000
2	S36.6 洪水	348.8	428	1.227	3,400
3	S41.6 洪水	308.8	428	1.386	3,200
4	S57.7 洪水	262.2	428	1.633	4,000
5	S57.9 洪水	256.5	428	1.669	5,200
6	S60.6 洪水	195.0	428	2.194	4,600
7	H10.9 洪水	312.0	428	1.372	2,900
8	H14.10 洪水	214.3	428	1.997	3,400
9	H17.8 洪水	253.2	428	1.691	3,700
10	H19.9 洪水	292.5	428	1.463	2,700
11	R1.9 洪水	280.0	428	1.529	3,100
12	R1.10 洪水	414.2	428	1.033	2,500

※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伸ばしとなっている洪水

※拡大率：「12 時間雨量(mm)」と「1/100 確率降雨量×1.1」との比率、ただし 1 未満の場合は 1 として引き縮めは行わない。

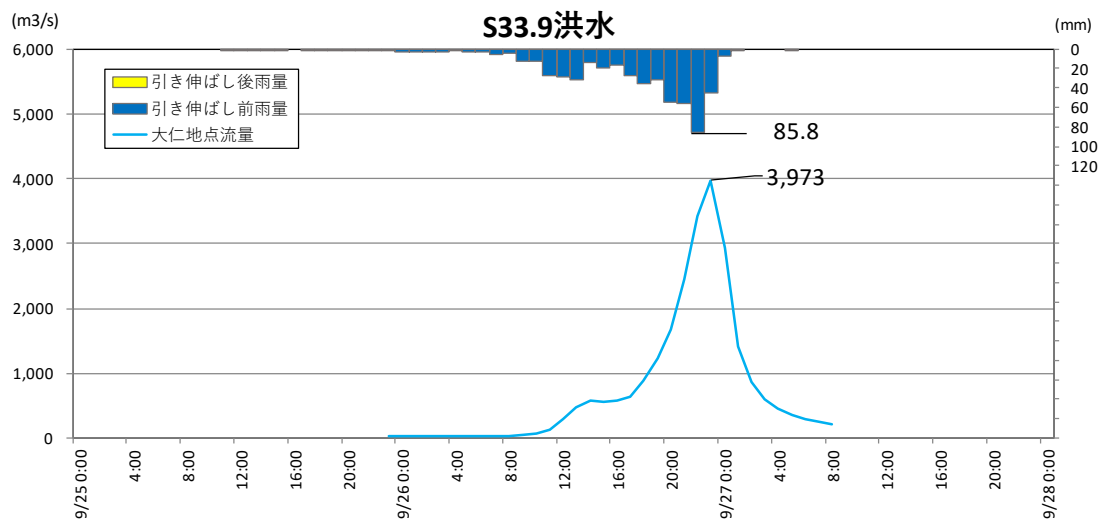


図 1-11-1 基本高水ハイドログラフ（昭和 33 年 9 月洪水 大仁地点）

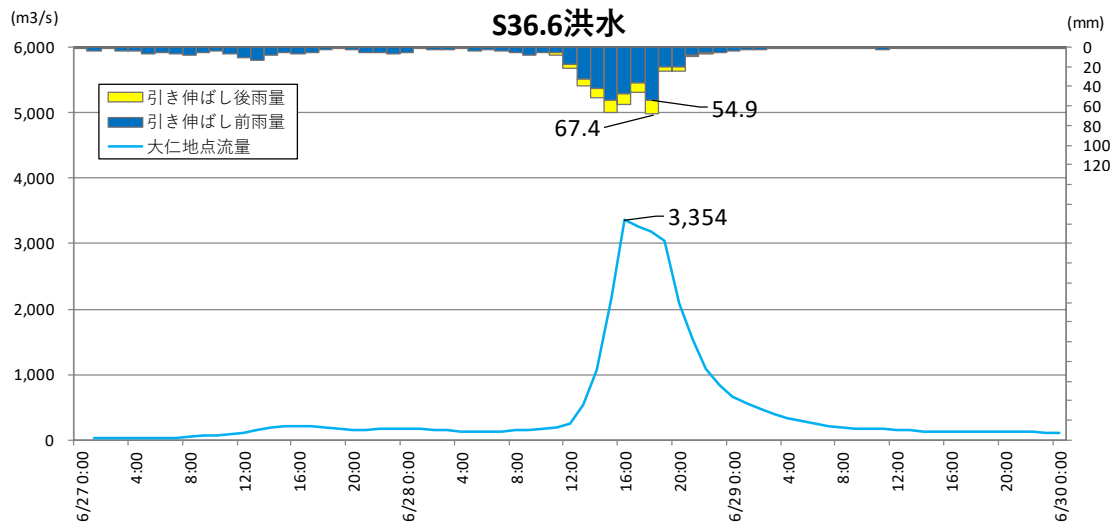


図 1-11-2 基本高水ハイドログラフ（昭和 36 年 6 月洪水 大仁地点）

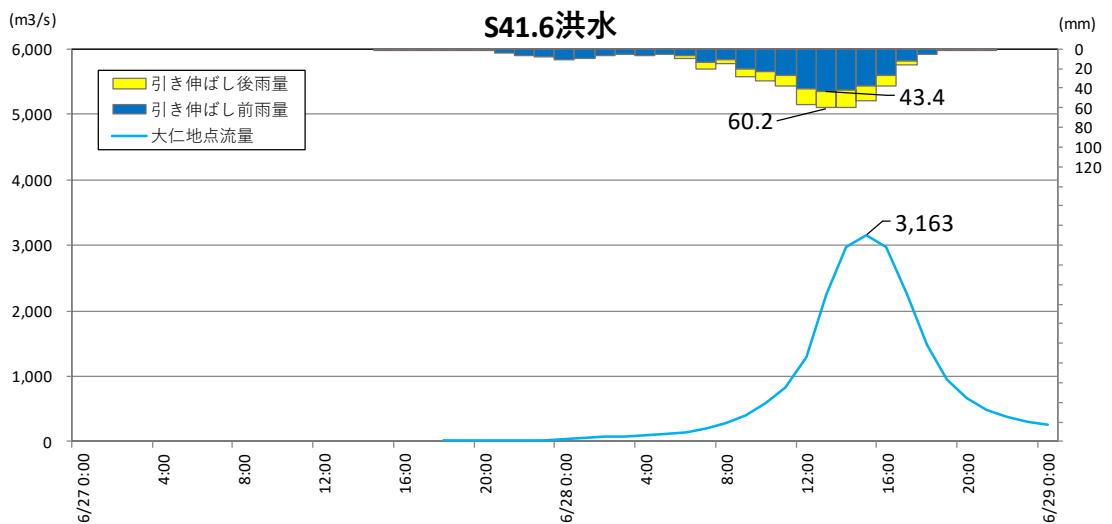


図 1-11-3 基本高水ハイドログラフ（昭和 41 年 6 月洪水 大仁地点）

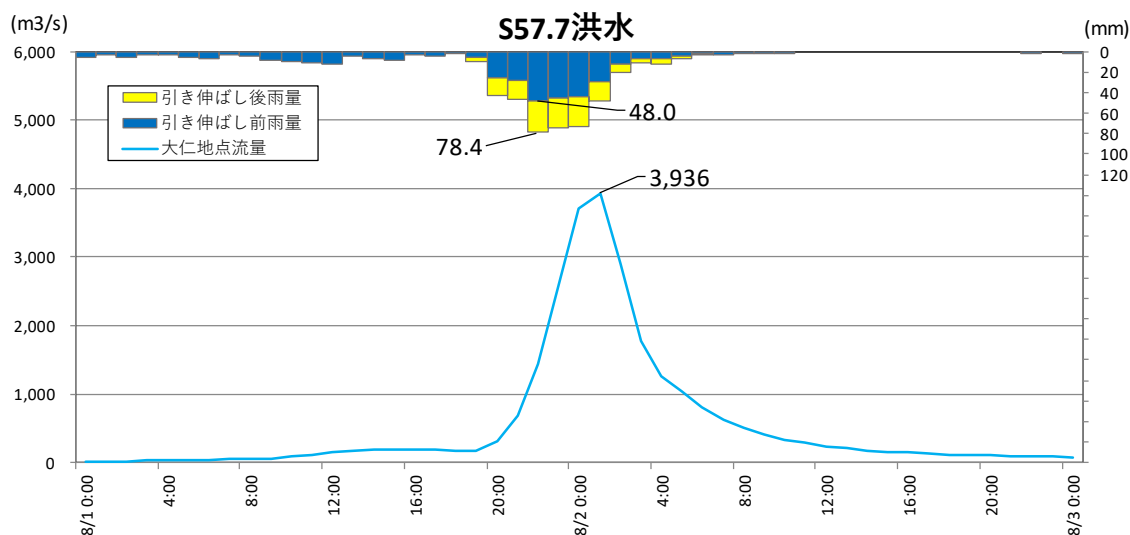


図 1-11-4 基本高水ハイドログラフ（昭和 57 年 7 月洪水 大仁地点）

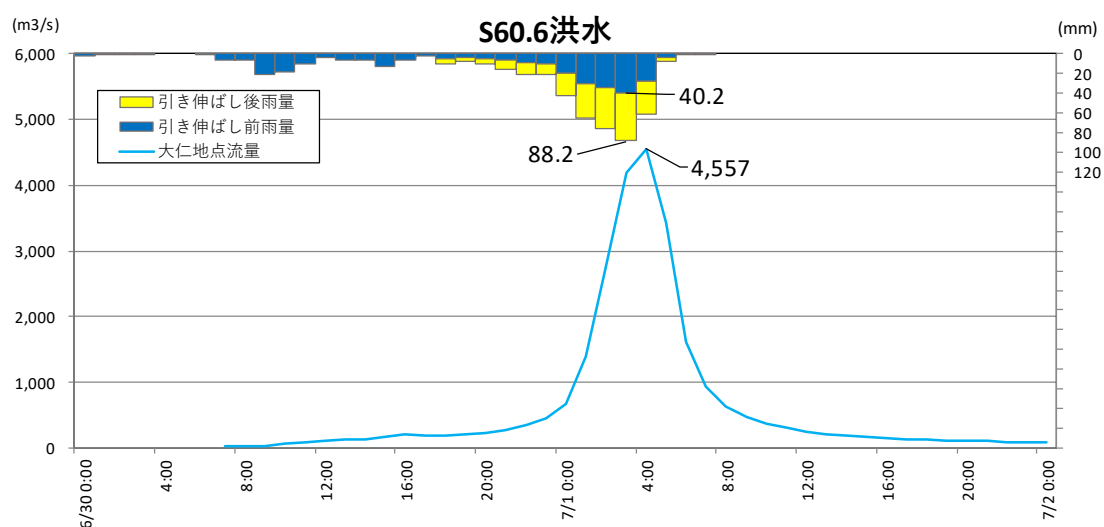


図 1-11-5 基本高水ハイドログラフ（昭和 60 年 6 月洪水 大仁地点）

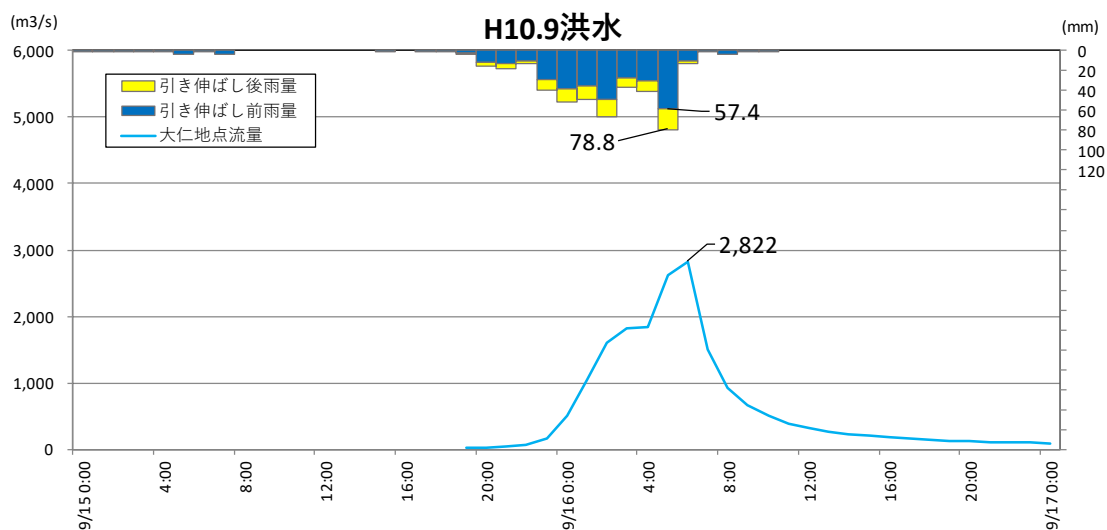


図 1-11-6 基本高水ハイドログラフ（平成 10 年 9 月洪水 大仁地点）

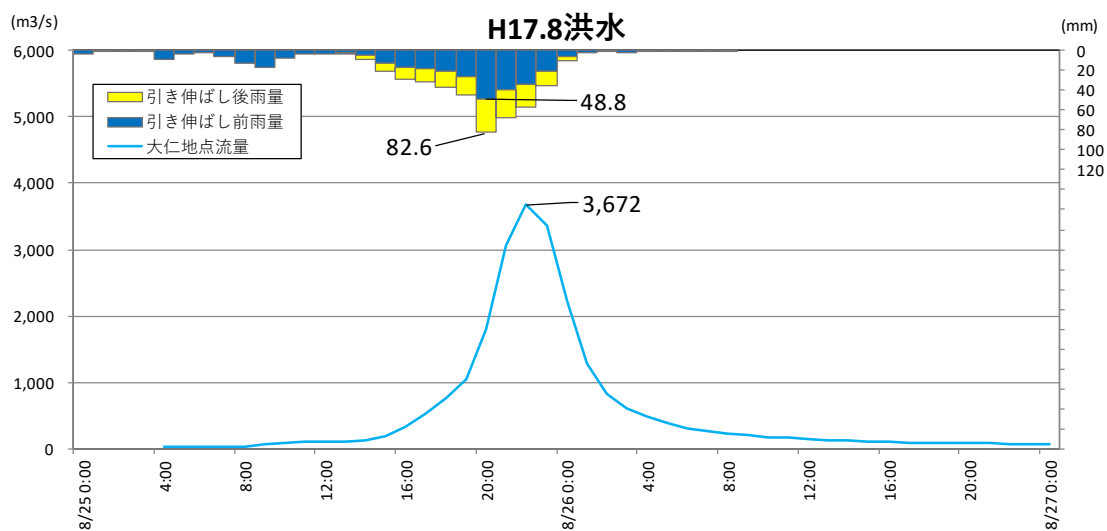


図 1-11-7 基本高水ハイドログラフ（平成 17 年 8 月洪水 大仁地点）

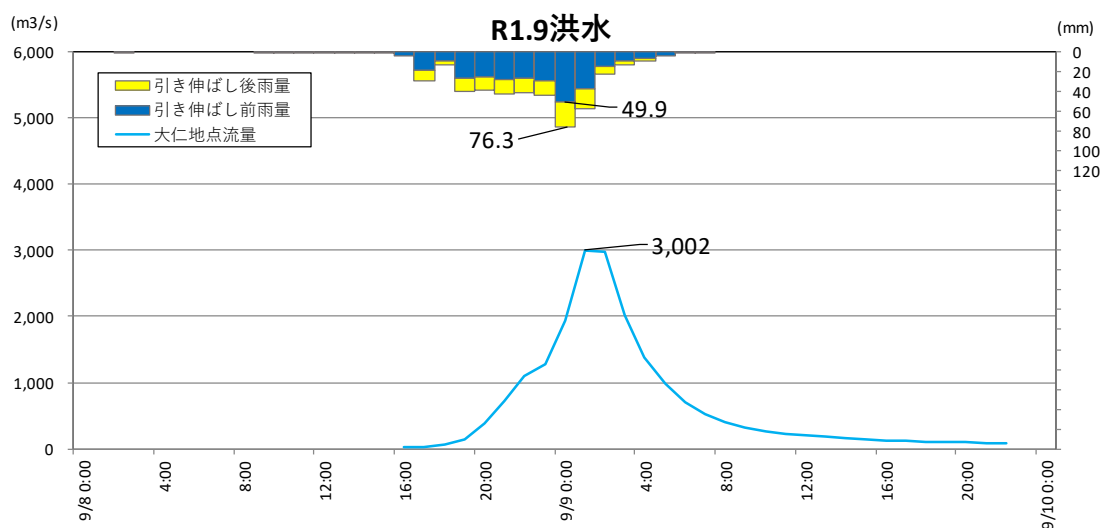


図 1-11-8 基本高水ハイドログラフ（令和元年 9 月洪水 大仁地点）

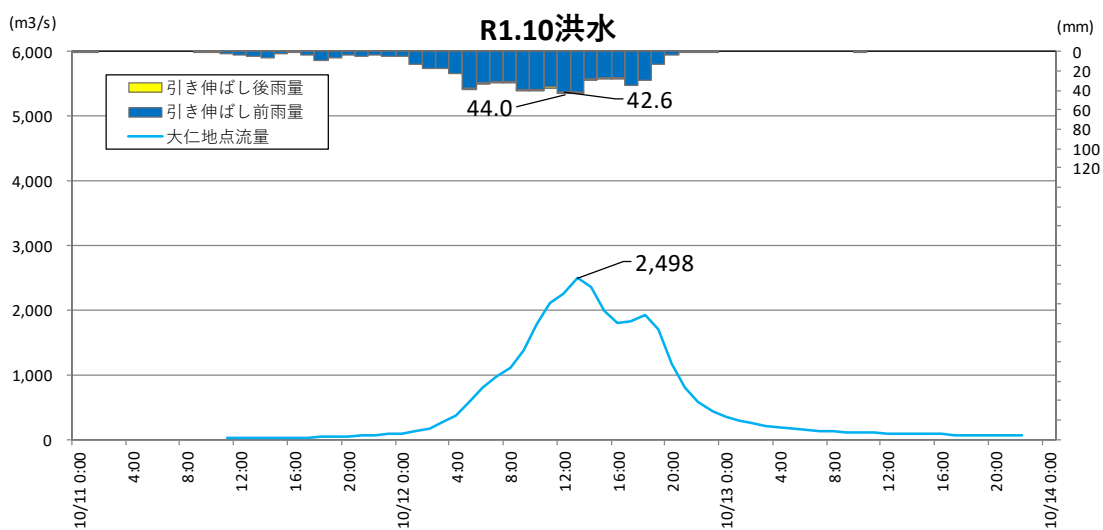


図 1-11-9 基本高水ハイドログラフ（令和元年 10 月洪水 大仁地点）

1-12 アンサンブル予測降雨波形による検討

1-12-1 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大仁地点における対象降雨の降雨量（428mm/12 時間）に近い 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 12 時間雨量 428mm（基準地点大仁）に調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、大仁地点のピーク流量は約 2,600m³/s～4,700m³/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 Climate Change Adaptation Technology)

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

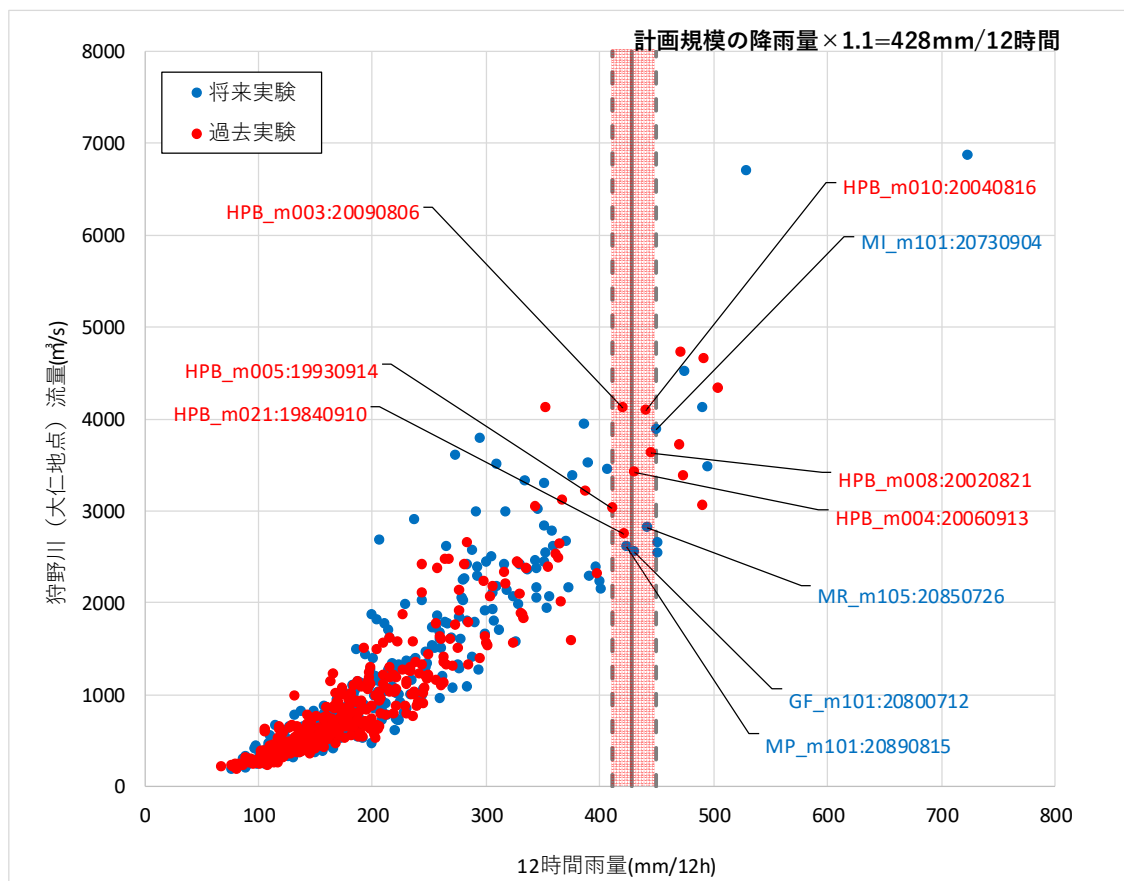


図 1-12-1 アンサンブル予測降雨波形からの抽出 (大仁地点)

- d2PDF (将来 360 年、現在 360 年) の年最大雨量標本 (360 年) を対象
- 著しい引き伸ばし等によって降雨波形を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 1-12-1 アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（大仁地点）

洪水名				12時間雨量 (mm)	気候変動後 1/100雨量 (mm)	拡大率	大仁地点 ピーク流量 (m3/s)
実験	ケース	年	年月日				
将来実験2度上昇							
HFB_2K_MI	m101	2073	9/4 7:00	449.4	428	0.952	3800
HFB_2K_MR	m105	2085	7/26 22:00	441.0		0.971	2700
HFB_2K_GF	m101	2080	7/12 23:00	429.9		0.996	2600
HFB_2K_MP	m101	2089	8/15 7:00	423.5		1.011	2700
過去実験							
HPB	m008	2002	8/21 5:00	444.7	428	0.962	3500
HPB	m010	2004	8/16 4:00	440.2		0.972	4100
HPB	m004	2006	9/13 10:00	429.6		0.996	3400
HPB	m021	1984	9/10 0:00	421.2		1.016	2800
HPB	m003	2009	8/6 13:00	419.4		1.021	4700
HPB	m005	1993	9/14 7:00	410.7		1.042	3300

※拡大率：「12 時間雨量」と「計画降雨量」との比率

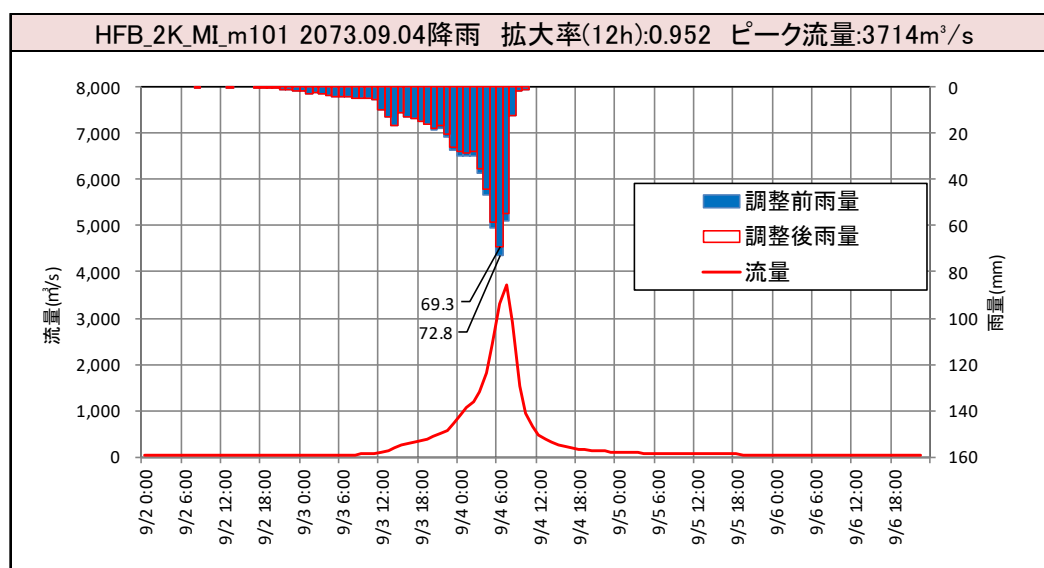


図 1-12-2 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ（大仁地点）

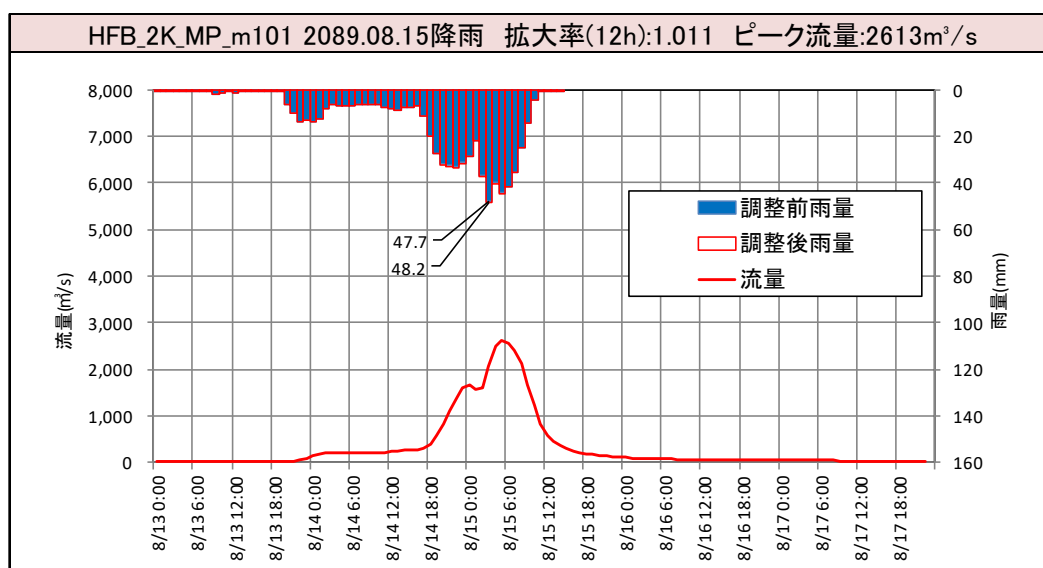
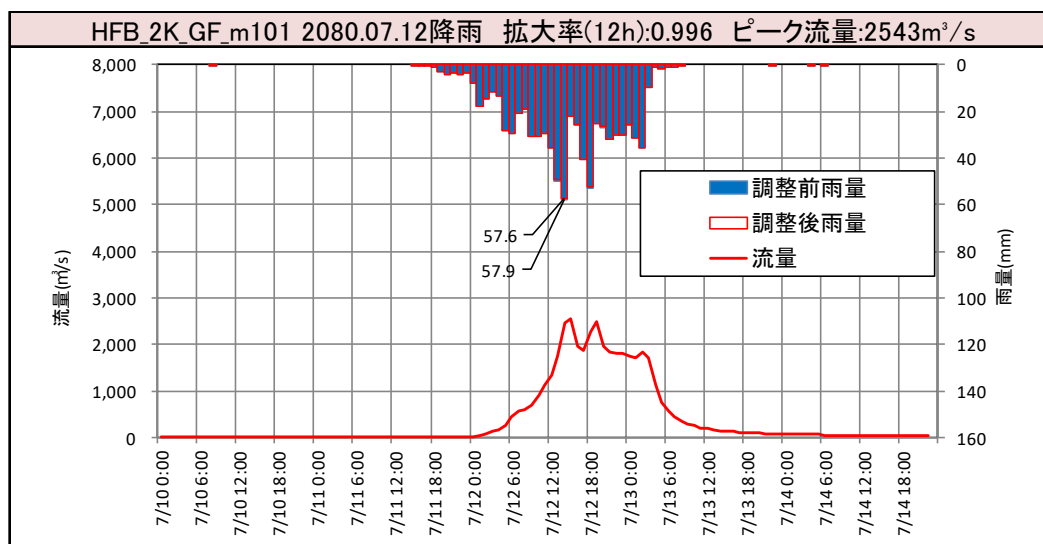
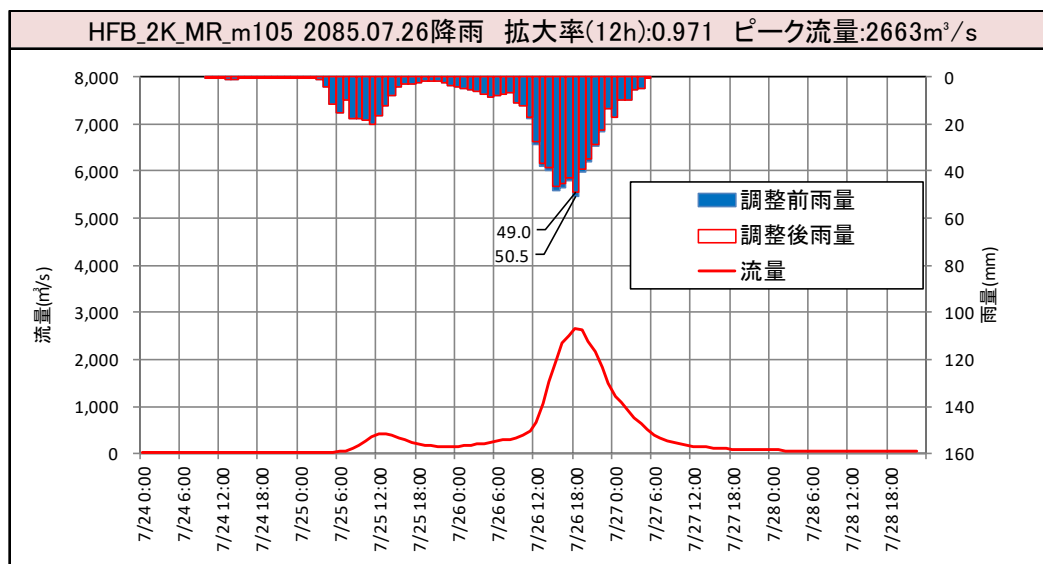


図 1-12-3 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ（大仁地点）

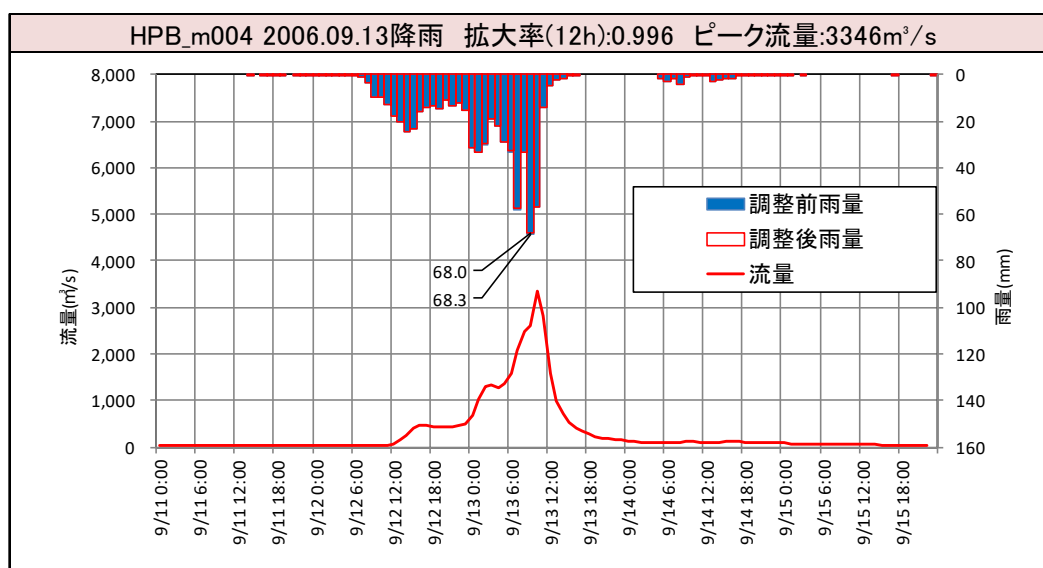
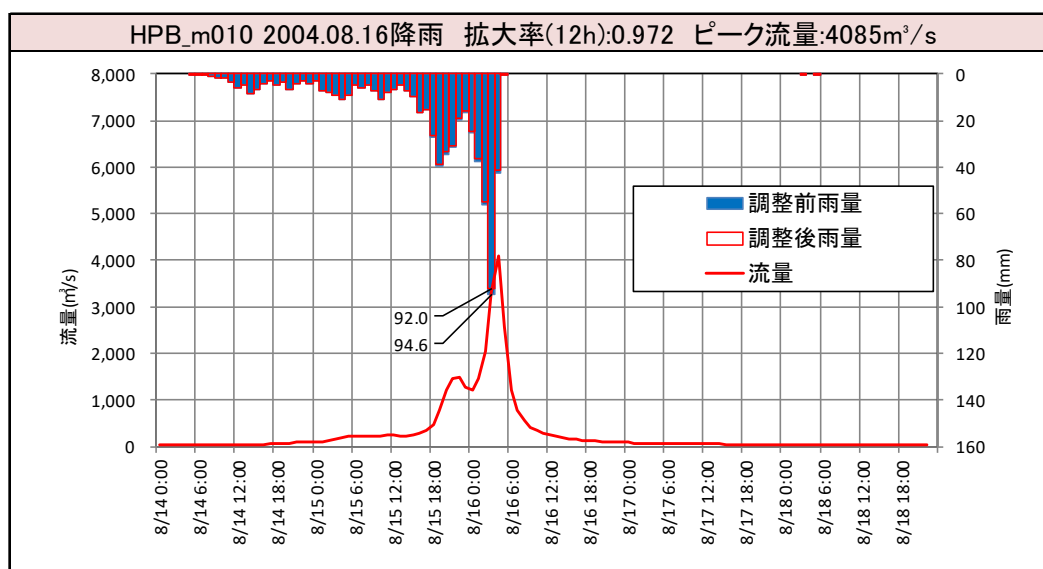
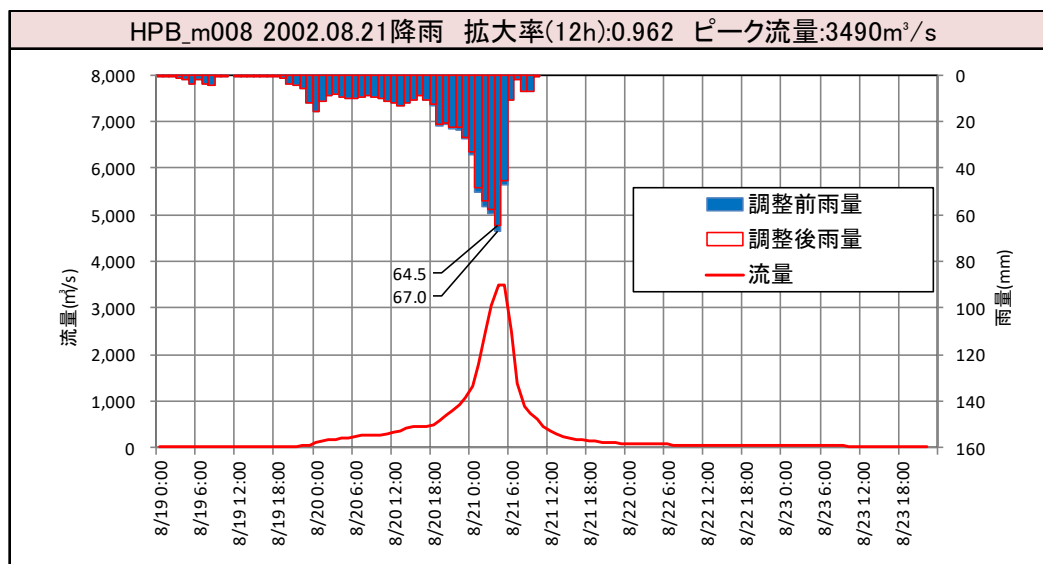


図 1-12-4 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ（大仁地点）

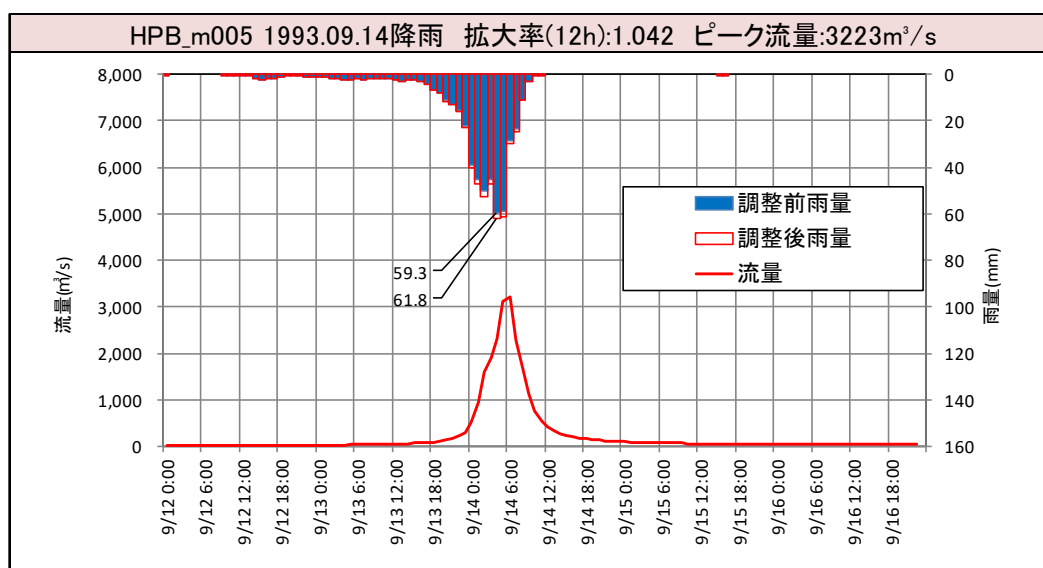
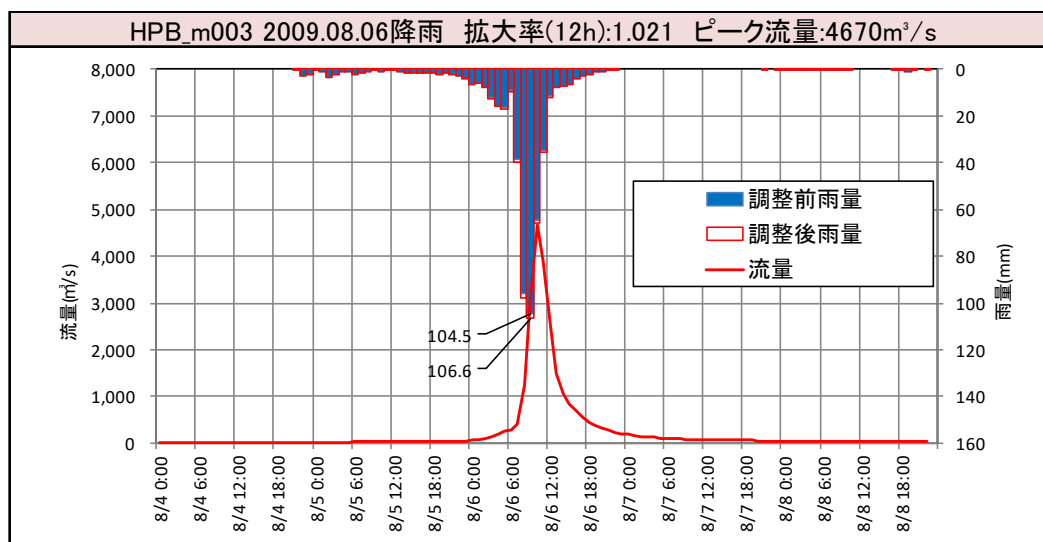
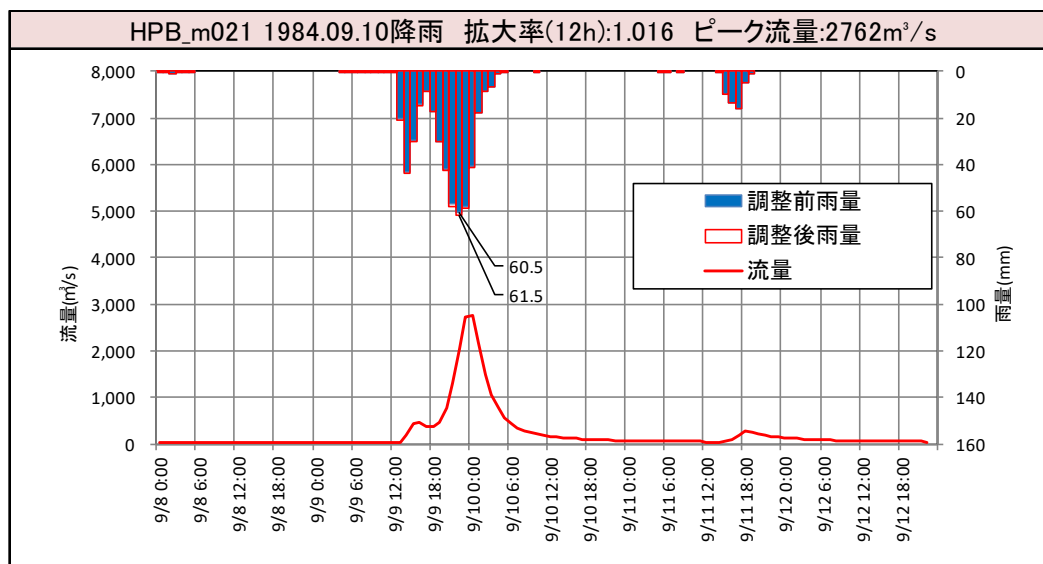


図 1-12-5 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ（大仁地点）

1-12-2 棄却された実績引き伸ばし降雨における発生の可能性検討

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

その結果、大仁地点で棄却した3洪水について、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）以下に収まらないため、いずれも生起し難いと判断した。

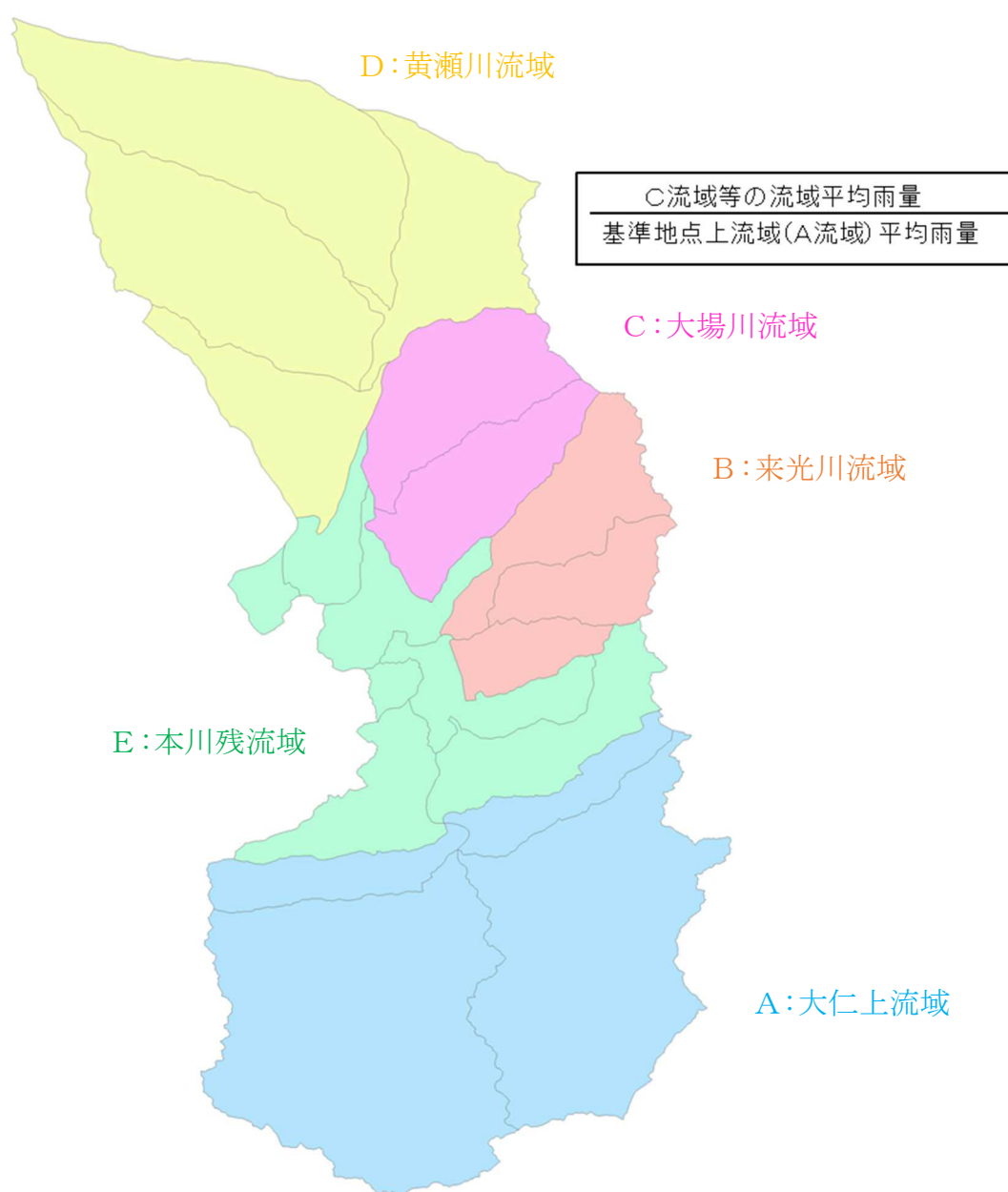


図 1-12-6 流域分布のチェック

(1) 地域分布のチェック

d2PDF（将来気候）から対象降雨の降雨量近傍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する。

その結果、大仁地点で棄却した3洪水のうち2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 1-12-2 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）

洪水名	大仁上流域		比率 ②/①	大場川流域		比率 ③/①	来光川流域		比率 ④/①	本川残流域		比率 ⑤/①
	雨量① (mm/12h)	雨量② (mm/12h)		雨量③ (mm/12h)	雨量④ (mm/12h)		雨量⑤ (mm/12h)	雨量⑥ (mm/12h)		雨量⑦ (mm/12h)	雨量⑧ (mm/12h)	
HFB_2K_ML_m101_2073	449.4	264.9	0.59	301.6	0.67	0.67	321.2	0.71	0.71	262.3	0.58	0.58
HFB_2K_MR_m105_2085	441.0	236.2	0.54	241.5	0.55	0.55	334.4	0.76	0.76	208.3	0.47	0.47
HFB_2K_GF_m101_2080	429.9	144.4	0.34	167.5	0.39	0.39	193.5	0.45	0.45	263.1	0.61	0.61
HFB_2K_MP_m101_2089	423.5	283.5	0.67	237.4	0.56	0.56	290.4	0.69	0.69	198.2	0.47	0.47

：最大比率

表 1-12-3 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

棄却した 実績洪水	大仁上流域		比率 ②/①	大場川流域		比率 ③/①	来光川流域		比率 ④/①	本川残流域		比率 ⑤/①
	雨量① (mm/12h)	雨量② (mm/12h)		雨量③ (mm/12h)	雨量④ (mm/12h)		雨量⑤ (mm/12h)	雨量⑥ (mm/12h)		雨量⑦ (mm/12h)	雨量⑧ (mm/12h)	
S57.9洪水	428.0	156.0	0.36	153.4	0.36	0.36	181.4	0.42	0.42	244.0	0.57	0.57
H14.10洪水	428.0	223.0	0.52	275.9	0.64	0.64	281.3	0.66	0.66	329.9	0.77	0.77
H19.9洪水	428.0	374.6	0.88	355.5	0.83	0.83	238.0	0.56	0.56	245.6	0.57	0.57

赤着色：将来実験の降雨イベントによって算定された比率の最大値を超過

(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する。

その結果、大仁地点で棄却した 3 洪水のうち 2 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 1-12-4 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）

洪水名	大仁上流域平均				
	①雨量 (mm/12h)	②6時間雨量 (mm/6h)	比率 ②/①	③3時間雨量 (mm/3h)	比率 ③/①
HFB 2K MI_m101_2073	449.4	304.6	0.68	191.6	0.43
HFB 2K MR_m105_2085	441.0	269.3	0.61	141.5	0.32
HFB 2K GF_m101_2080	429.9	249.3	0.58	143.6	0.33
HFB 2K MP_m101_2089	423.5	245.1	0.58	131.8	0.31

：最大比率

表 1-12-5 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

棄却した 実績洪水	大仁上流域平均				
	①計画雨量 (mm/12h)	②6時間雨量 (mm/6h)	比率 ②/①	③3時間雨量 (mm/3h)	比率 ③/①
S57.9洪水	428.0	343.8	0.80	244.2	0.57
H14.10洪水	428.0	390.3	0.91	253.1	0.59
H19.9洪水	428.0	257.3	0.60	133.5	0.31

赤着色：将来実験の降雨イベントによって算定された比率の最大値を超過

1-12-3 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 4 つのクラスターに分類した。

大仁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、大仁地点ではクラスター1～クラスター3 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 に該当する 1 洪水を計画降雨量近傍から抽出し、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る。

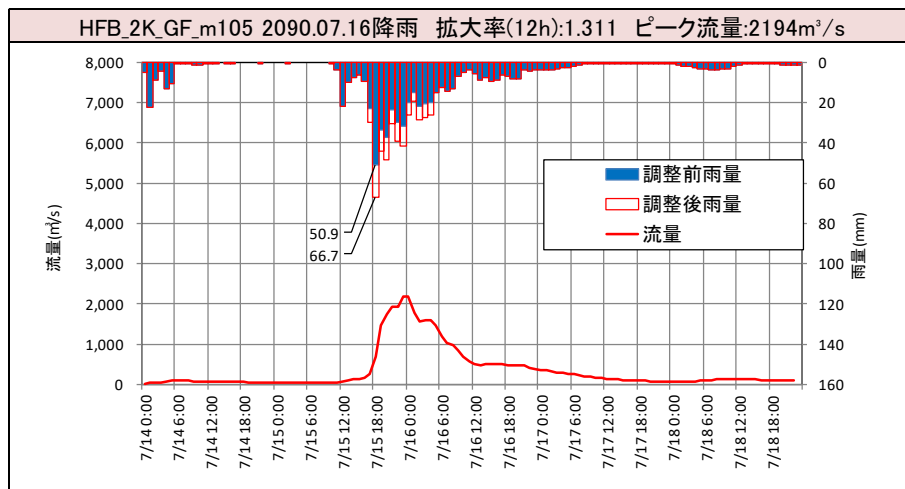
表 1-12-6 主要洪水のクラスター分析結果

洪水名	実績雨量 12h(mm)	計画雨量 12h(mm)	拡大率	クラスター 番号
主要洪水群				
S33.9洪水	446.8	428	1.000	1
S36.6洪水	348.8		1.227	2
S41.6洪水	308.8		1.386	3
S57.7洪水	262.2		1.633	2
S57.9洪水	256.5		1.669	3
S60.6洪水	195.0		2.194	2
H10.9洪水	312.0		1.372	3
H14.10洪水	214.3		1.997	2
H17.8洪水	253.2		1.691	2
H19.9洪水	292.5		1.463	2
R1.9洪水	280.0		1.529	3
R1.10洪水	414.2		1.033	2

表 1-12-7 クラスター分析により主要洪水群に不足する降雨波形

洪水名	実績雨量 12h(mm)	計画雨量 12h(mm)	拡大率	クラスター 番号	大仁地点 ピーク流量 (m ³ /s)
HFB_2K_GF_m105_2090	326.5	428	1.311	4	2200

※拡大率：「12 時間雨量」と「計画降雨量」との比率



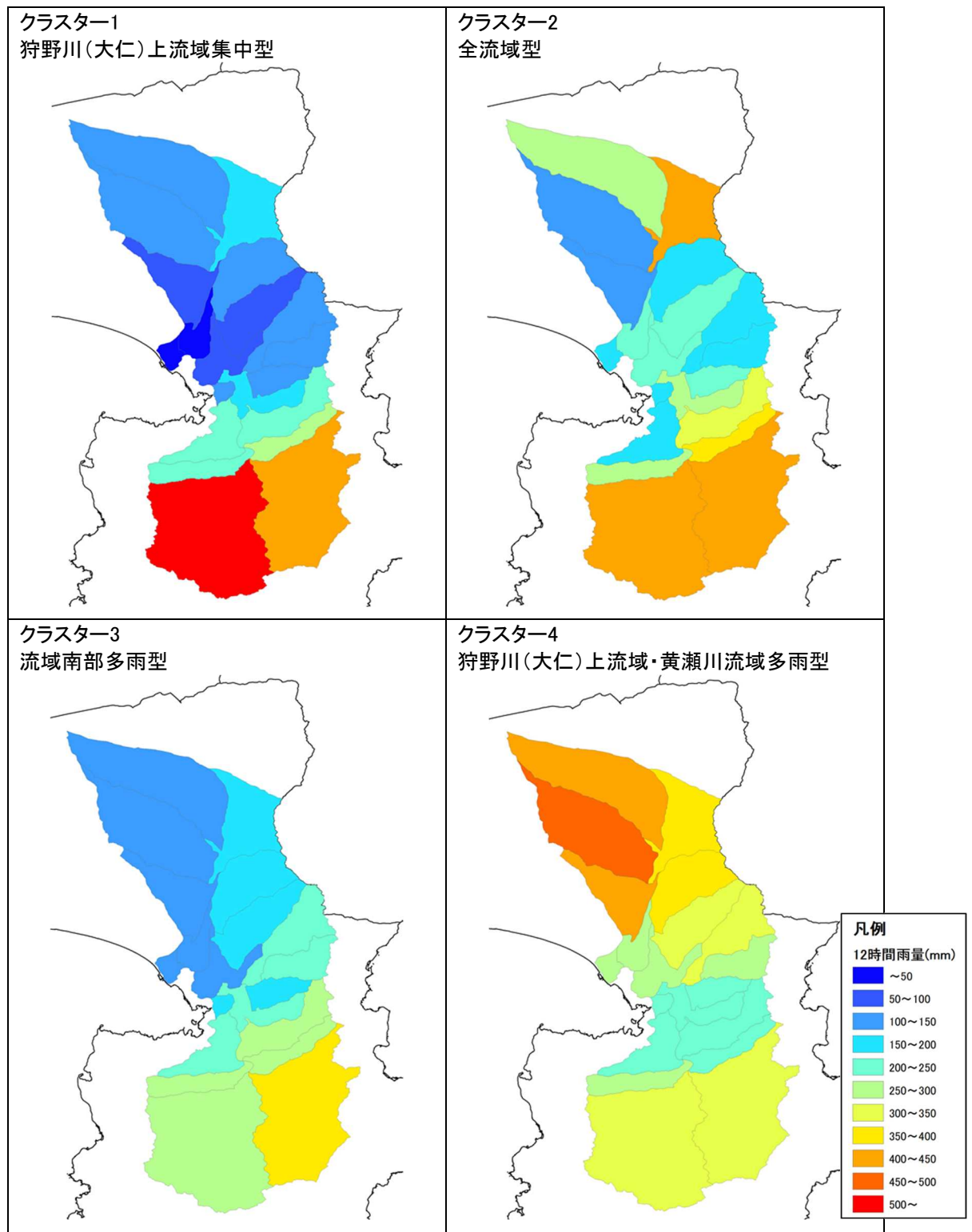


図 1-12-7 狩野川流域における将来実験アンサンブル予測降雨の
クラスター分析結果

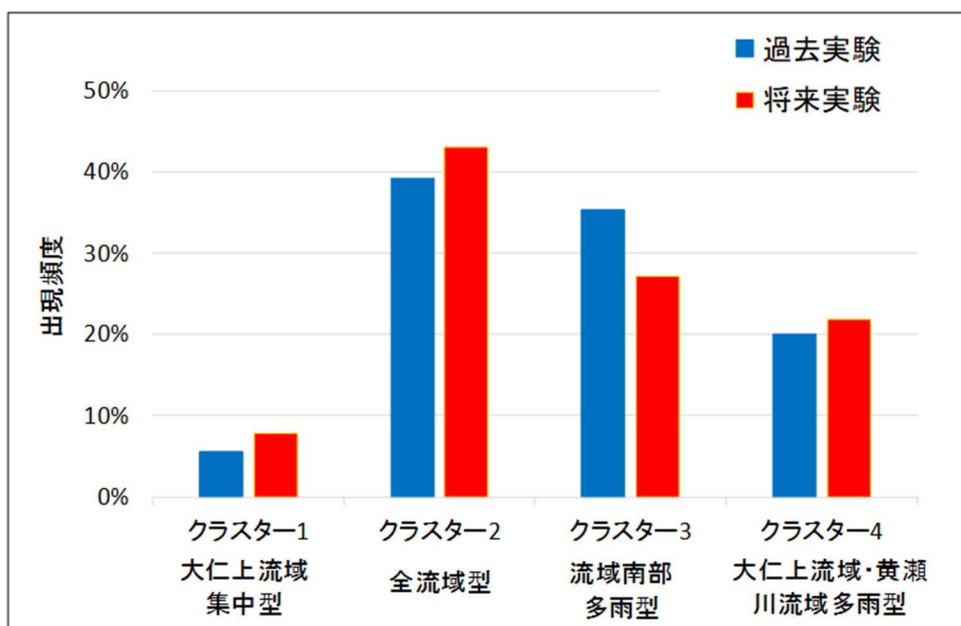


図 1-12-8 狩野川流域におけるアンサンブル予測降雨の出現頻度
(クラスターごと)

1-13 既往洪水からの検討

過去に最も甚大な被害をもたらした昭和 33 年 9 月洪水では、基準地点大仁の流量は約 $3,850\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

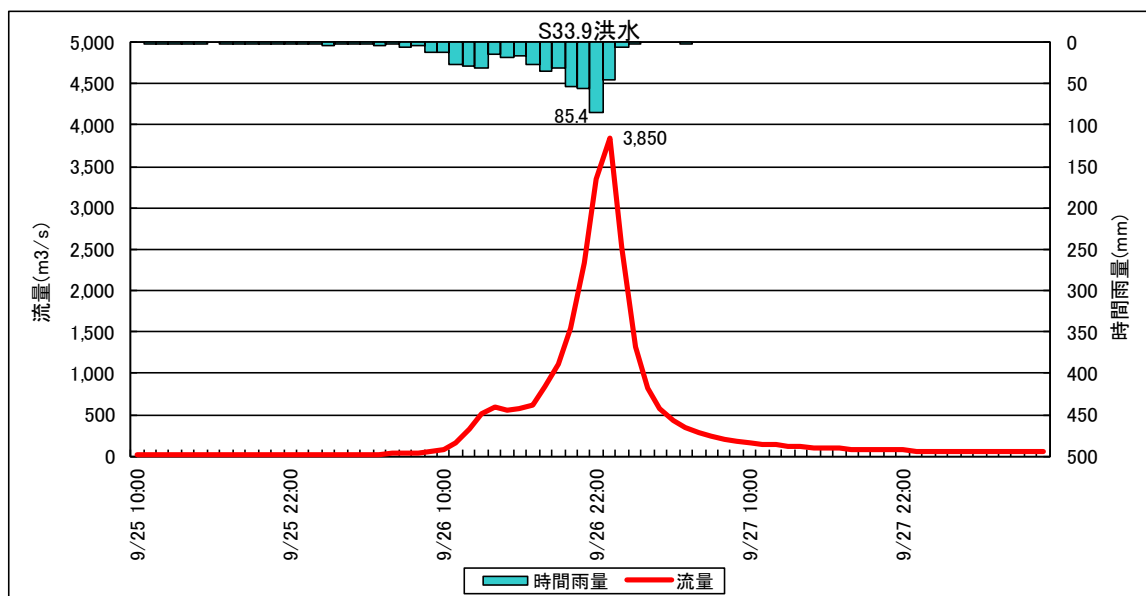
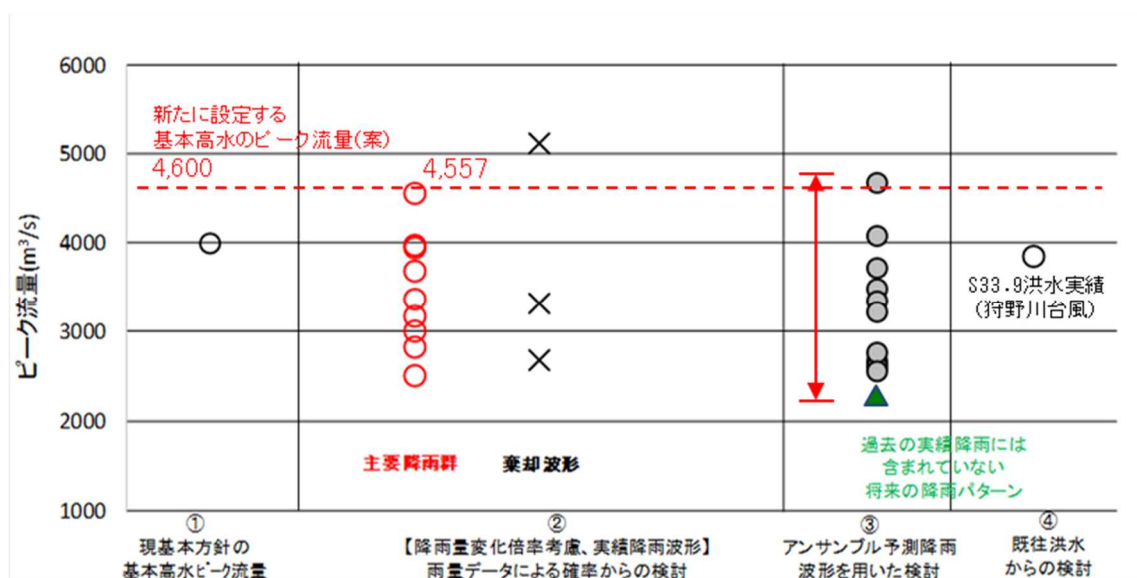


図 1-13-1 昭和 33 年 9 月洪水の推定結果（基準地点大仁）

1-14 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、狩野川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点大仁で $4,600\text{m}^3/\text{s}$ となる。



【凡例】

- ② 雨量データによる確率からの検討：降雨量変化倍率（2℃上昇時の降雨量の変化倍率 1.1 倍）を考慮した検討
 ×：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水
- ③ アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：計画対象降雨の降雨量（428mm/12h）近傍の降雨波形 10 洪水を抽出
 ○：気候変動予測モデルによる将来気候（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（大仁地点では、計画降雨量近傍のクラスター4に該当する 1 洪水を抽出）

図 1-14-1 基本高水の設定に係る総合的判断（基準地点大仁）

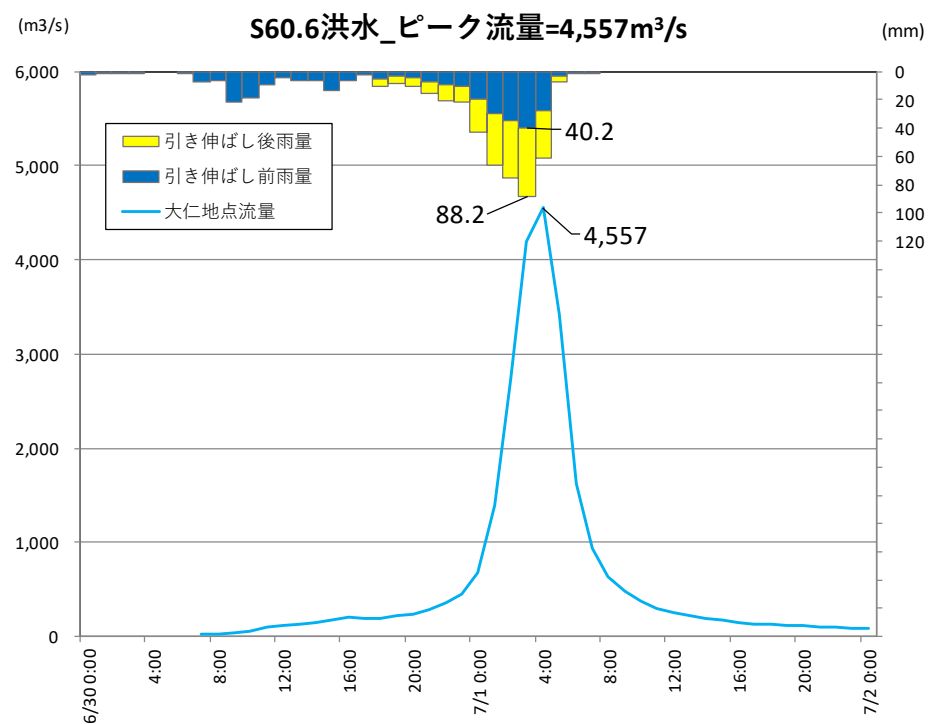


図 1-14-2 基本高水のピーク流量ハイドログラフ（昭和 60 年 6 月洪水：大仁）

2. 高水処理計画

狩野川の既定高水処理計画は、基準地点大仁における基本高水のピーク流量を $4,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、これを河道で処理する計画としている。大仁地点下流では、伊豆の国市古奈において狩野川放水路へ $2,000\text{m}^3/\text{s}$ を分派し、さらに来光川、大場川、黄瀬川等の支川の流量を合わせて黒瀬において $3,600\text{m}^3/\text{s}$ とし、その下流では河口まで同流量としている。

既定高水処理計画では、放水路分派前まで同一流量の区間として設定していたが、支川の影響や計算技術の向上（モデルの細分化）、流域治水として氾濫域の反映を行うためには放水路分派前に主要な地点を追加することが適切であるとし、放水路分派前に主要地点として「千歳橋」を追加した。

今回、基準地点大仁における基本高水のピーク流量を見直した結果、既定計画の $4,000\text{m}^3/\text{s}$ を $4,600\text{m}^3/\text{s}$ 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、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。

狩野川は沿川に市街地を抱え、特に下流部に人口・資産が集中している。両岸には家屋等が密集し、橋梁も複数あるため、引堤は社会・経済への影響や経済性の観点から困難である。

また、大規模な河道掘削は、環境への影響が増大することとなるため、十分に配慮した対策を行う必要がある。

このため、基準地点大仁 $4,600\text{m}^3/\text{s}$ の河道で処理可能な流量は、地域に与える社会的影響、河道掘削による河川環境の改変・将来河道の維持を考慮すると下流部の主要な地点黒瀬 $3,600\text{m}^3/\text{s}$ とし、壩之上では $1,500\text{ m}^3/\text{s}$ である。高水処理計画は、既設放水路の有効活用を含めた洪水調節施設等により、対応することとした。

既設放水路に加えて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、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

狩野川の計画高水流量は、大仁地点において $4,600\text{m}^3/\text{s}$ とし、伊豆の国市古奈の千歳橋地点において $4,900\text{m}^3/\text{s}$ とし、狩野川放水路へ $3,400\text{m}^3/\text{s}$ を分派する。本川は壱之上地点において $1,500\text{m}^3/\text{s}$ とし、来光川、大場川及び黄瀬川等の支川の流量を合わせて黒瀬において $3,600\text{m}^3/\text{s}$ とする。

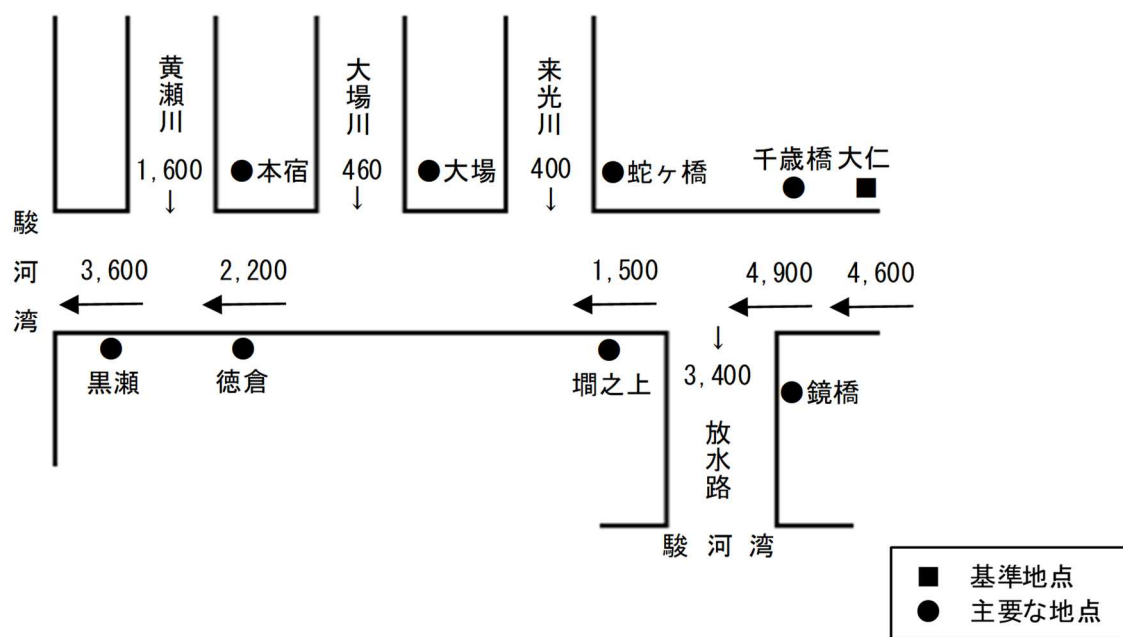


図 3-1 狩野川計画高水流量図

4. 河道計画

河道計画は、以下の理由により縦断勾配を尊重し、流下能力が不足する区間については、周辺の社会的影響や河川環境等に配慮しながら必要な河積（洪水を安全に流下させるための断面）を確保する。

- ① 大臣管理区間の堤防は全川でおおむね完成していること。
- ② 堤防防護に必要な高水敷幅を確保する等の必要な対策を行う。
- ③ 計画高水位を上げるとは、決壊時における被害を増大させることになるため、沿川の市街地状況を考慮すると避けるべきである。
- ④ 既定計画の計画高水位に基づいて多数の橋梁や樋門等の構造物が完成していることや計画高水位を上げて堤内地での内水被害を助長することは避ける。
- ⑤ 河道の安定を考慮した掘削高さの設定が重要である。

計画縦断図を図 5-1～図 5-7 に示すとともに、主要な地点における計画高水位及びおおむねの川幅を表 4-1 に示す。

表 4-1 主要な地点における計画高水位及びおおむねの川幅一覧表

河川名	地点名	河口又は合流点からの距離 (km)	計画高水位 T. P. (m)	川幅 (m)
狩野川	大 仁	河口から 25.6	31.74	170
	千歳橋	河口から 18.8	16.63	200
	堀之上	河口から 17.6	15.09	250
	徳 倉	河口から 7.8	11.12	150
	黒 瀬	河口から 3.4	7.41	150
狩野川放水路	鏡 橋	狩野川放水路河口から 2.5	12.69	90
来光川	蛇ヶ橋	狩野川合流点から 0.4	13.41	60
大場川	大 場	狩野川合流点から 1.0	12.97	60
黄瀬川	本 宿	狩野川合流点から 2.7	19.18	80

(注) T. P: 東京湾中等潮位

5. 河川管理施設等の整備の現状

狩野川における河川管理施設等の整備状況は下記のとおりである。

(1) 堤防

堤防整備の現状(令和4年(2022年)3月末時点)は表5-1のとおりである。

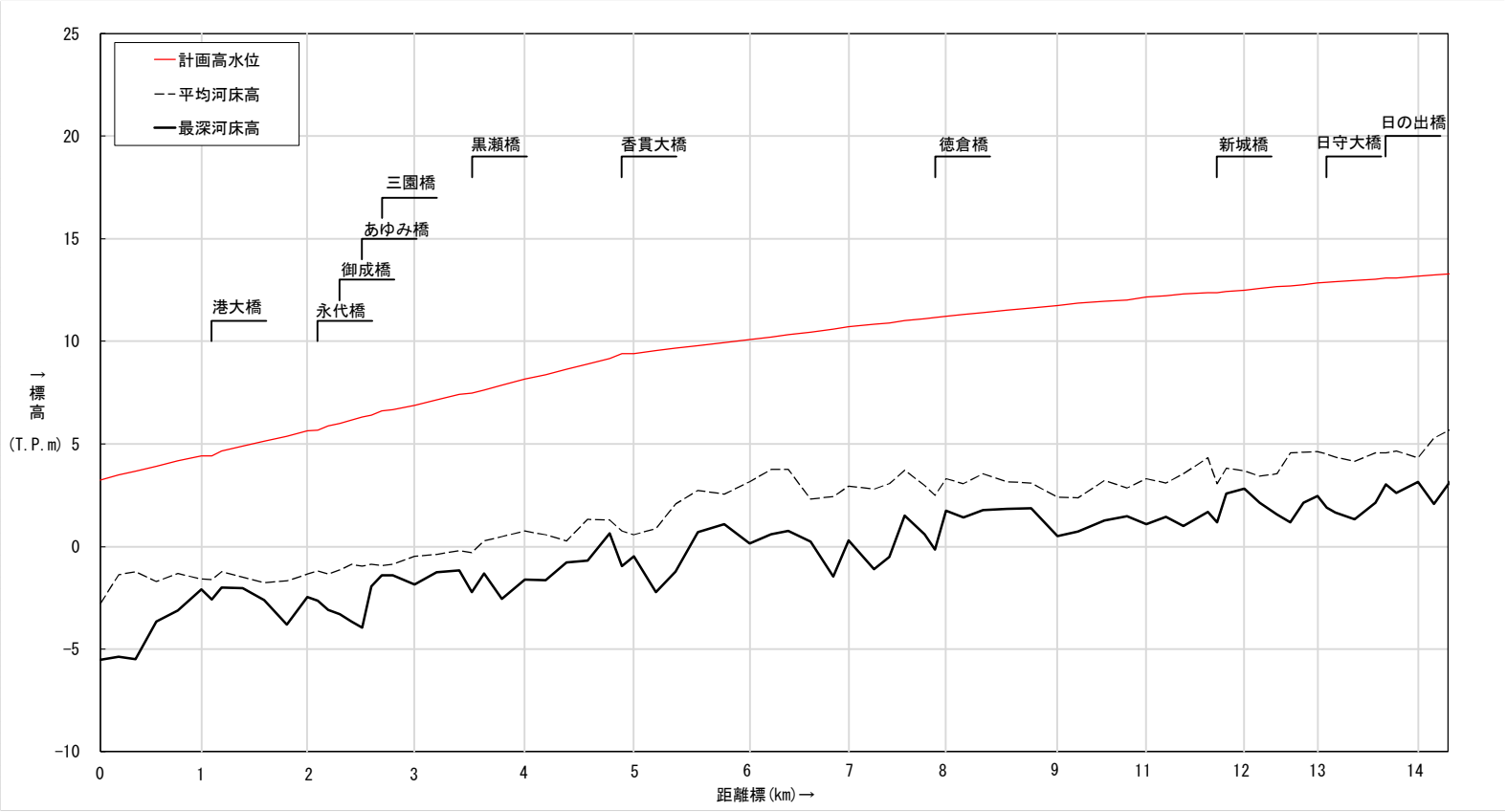
表 5-1 堤防整備の現状

水系名	計画堤防断面	今後整備が必要な区間
狩野川	54.9km (86.5%)	8.5km (13.5%)

(2) 排水機場等

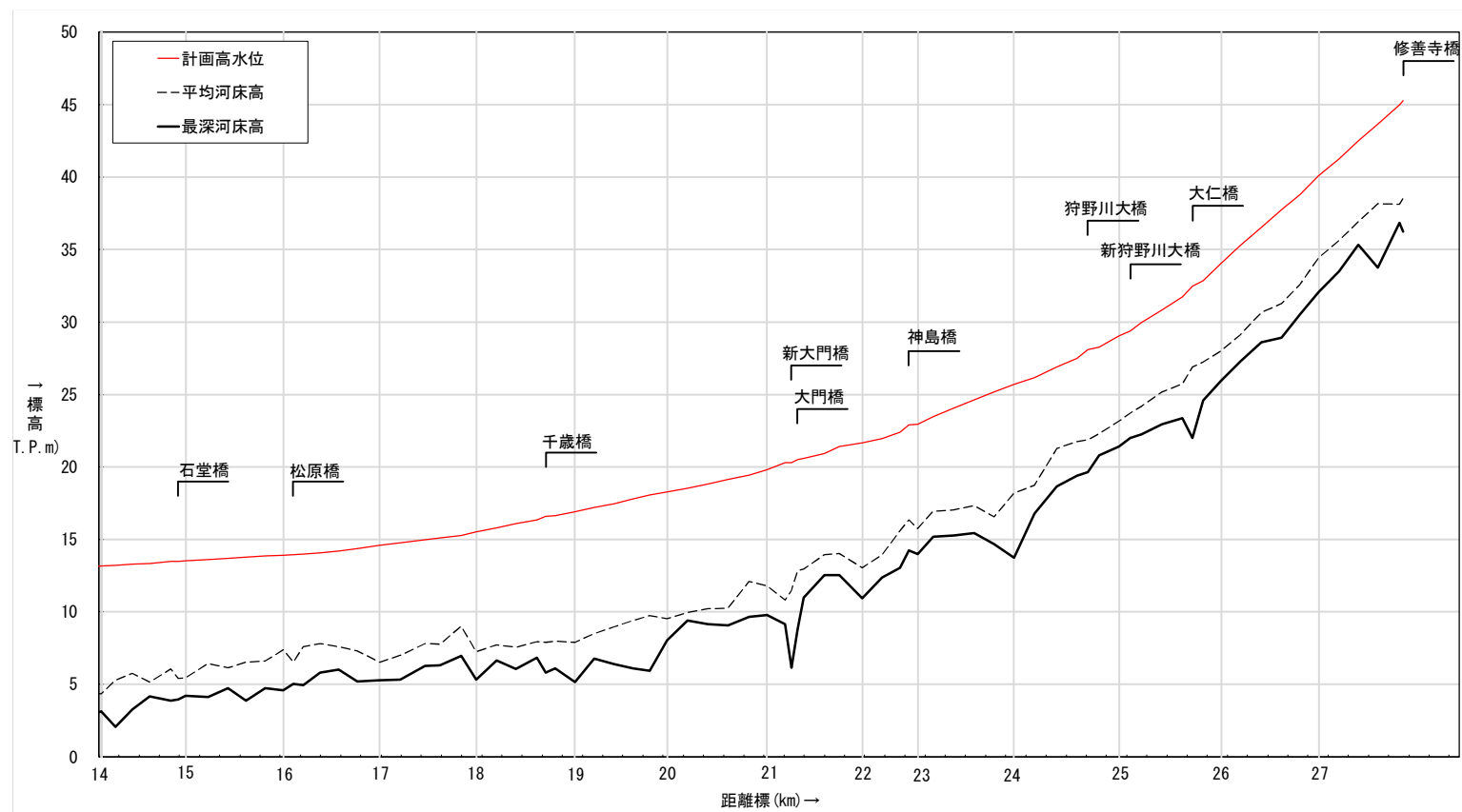
河川管理施設 : 150.346m³/s

※大臣管理区間の施設のみである。



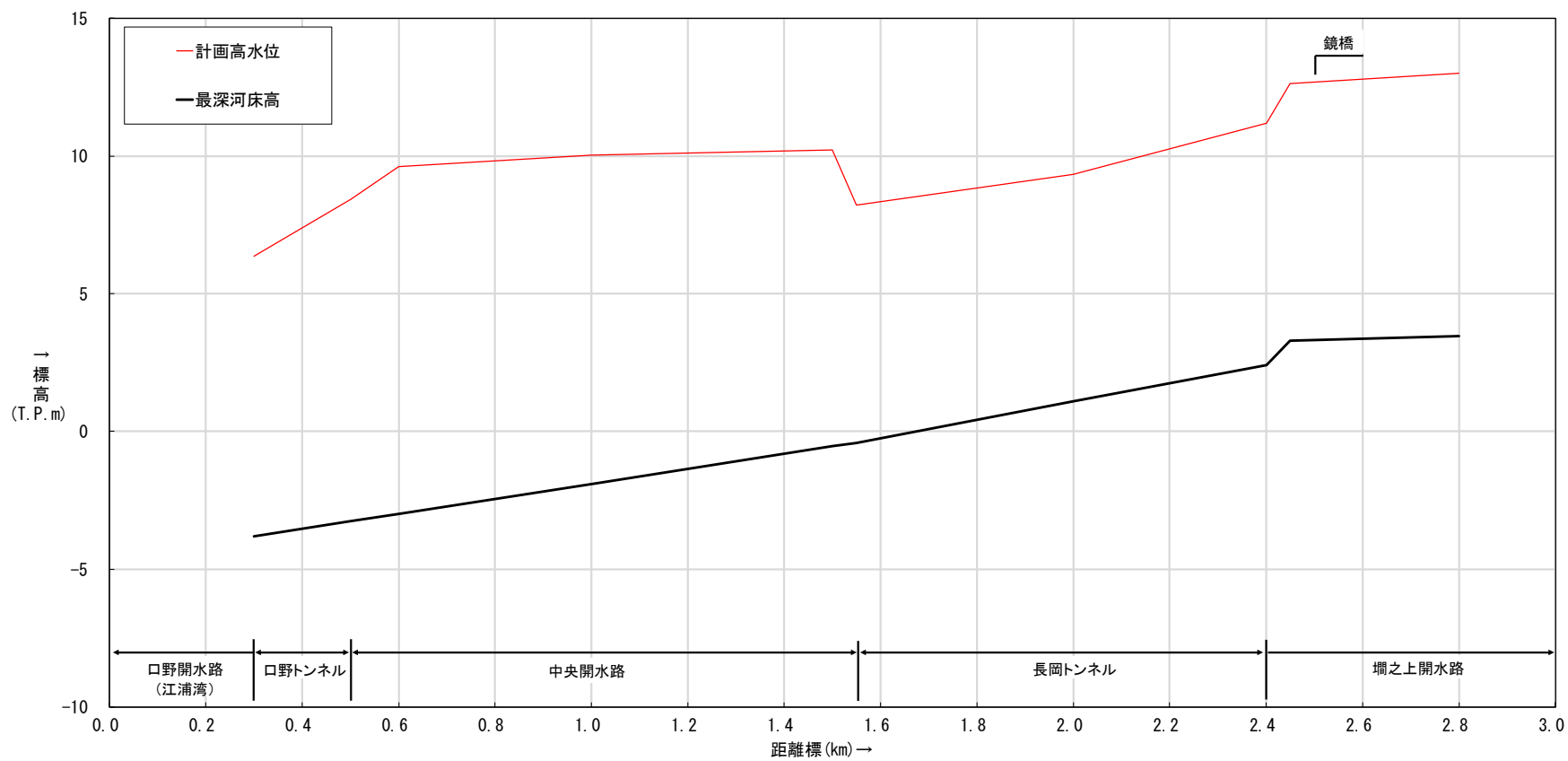
距離標(km)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	11.0	12.0	13.0	14.0
計画高水位(T.P.m)	3.250	4.397	5.639	6.885	8.161	9.400	10.083	10.700	11.217	11.743	12.152	12.488	12.833	13.166
平均河床高(T.P.m)	-2.776	-1.595	-1.363	-0.472	0.747	0.576	3.148	2.947	3.296	2.391	3.307	3.677	4.615	4.336
最深河床高(T.P.m)	-5.510	-2.110	-2.450	-1.853	-1.605	-0.478	0.150	0.291	1.751	0.497	1.091	2.834	2.468	3.162

図 5-1 計画縦断図（狩野川）



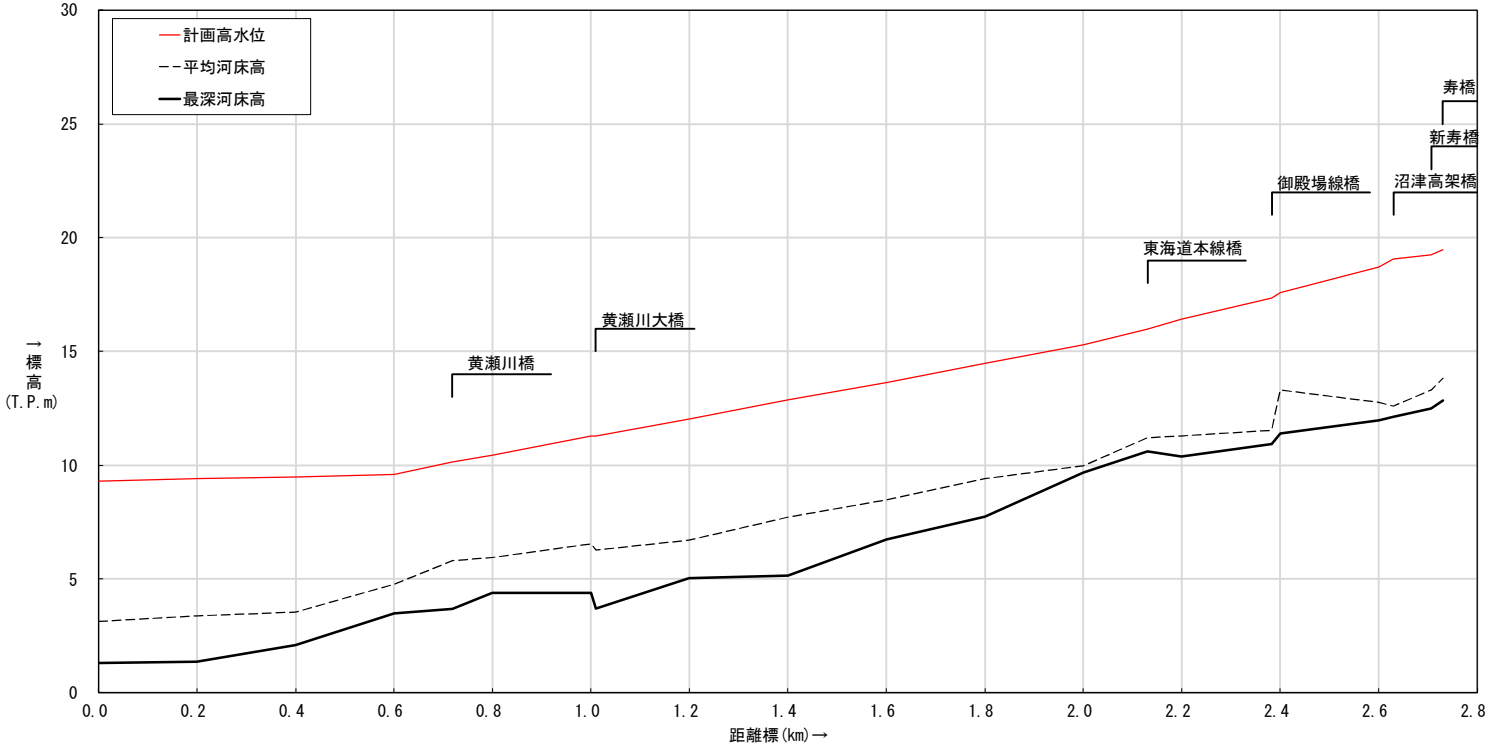
距離標(km)	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0
計画高水位(T.P.m)	13.521	13.913	14.592	15.511	16.887	18.280	19.834	21.663	22.926	25.686	29.043	34.028	40.083
平均河床高(T.P.m)	5.473	7.391	6.517	7.236	7.884	9.514	11.790	13.042	15.756	18.170	23.149	28.024	34.425
最深河床高(T.P.m)	4.224	4.609	5.264	5.345	5.170	8.010	9.798	10.933	13.990	13.729	21.396	25.951	32.080

図 5-2 計画縦断面図（狩野川）



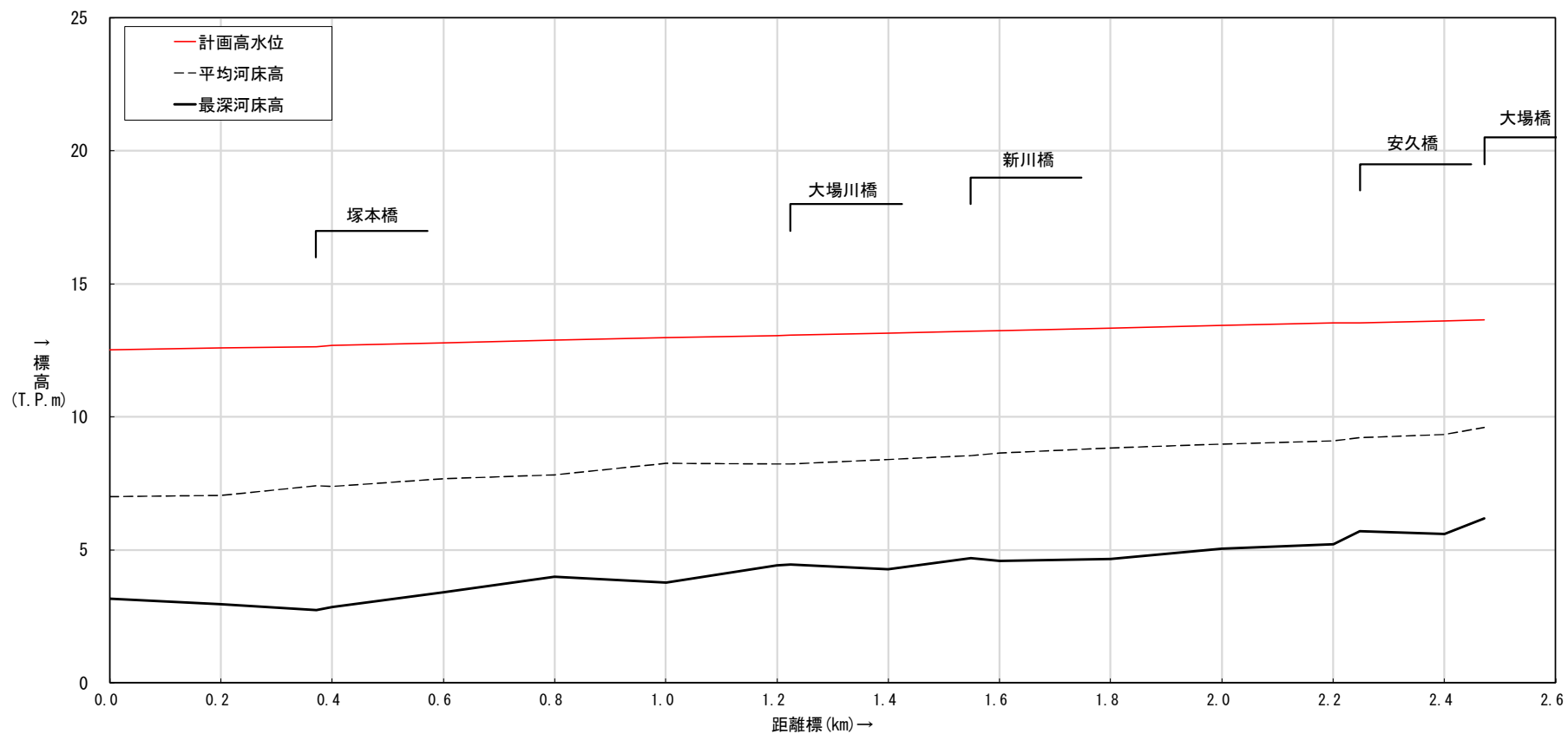
距離標 (km)	0.0	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.4	2.45	2.8	3.0
計画高水位 (T.P.m)	—	6.350	8.420	10.020	10.220	9.330	11.200	12.640	13.000	—
最深河床高 (T.P.m)	—	-3.801	-3.257	-1.895	-0.534	1.085	2.418	3.291	3.466	—

図 5-3 計画縦断図（狩野川放水路）



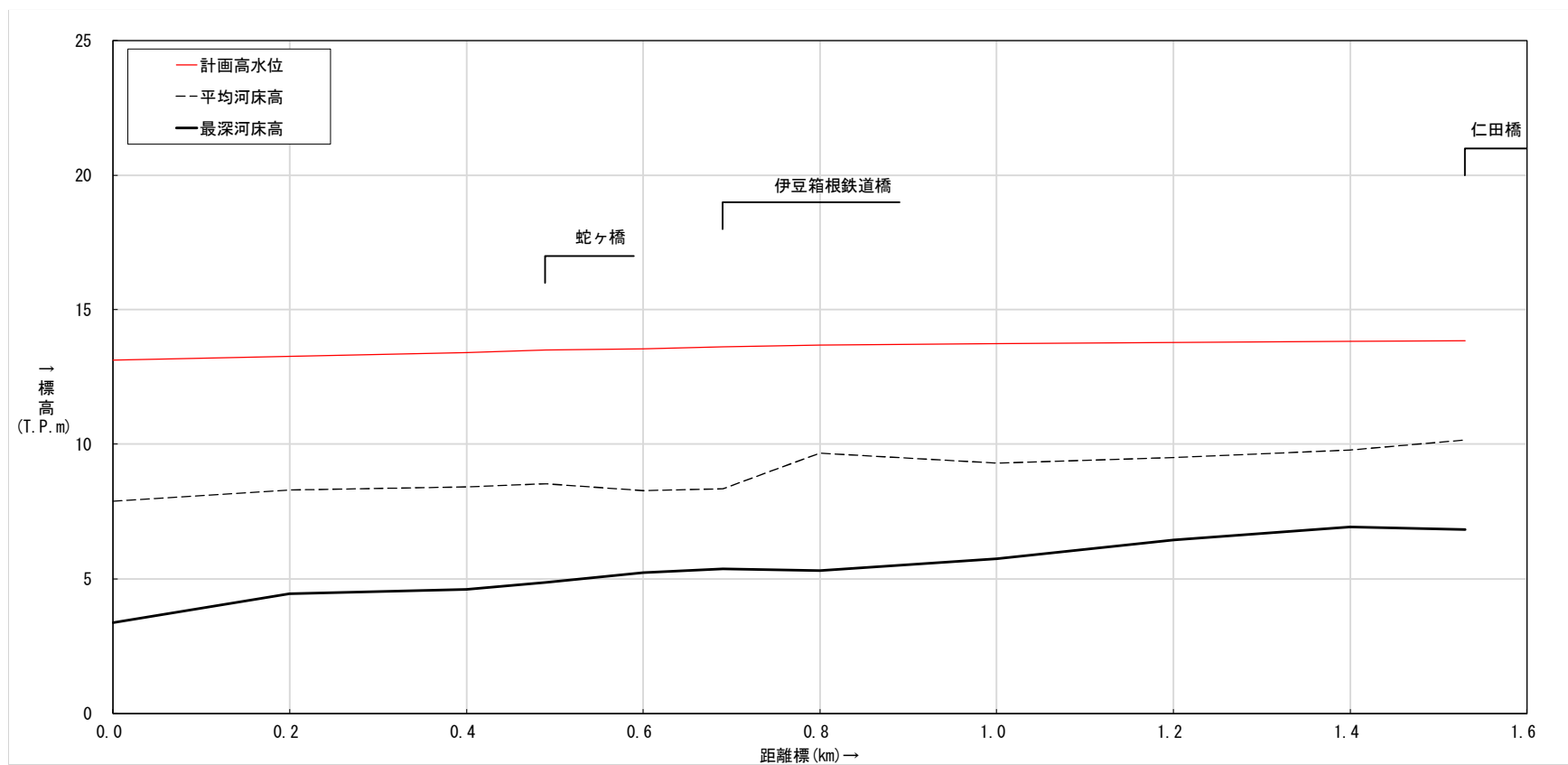
距離標 (km)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
計画高水位 (T.P.m)	9.300	9.396	9.495	9.600	10.434	11.281	12.017	12.859	13.628	14.470	15.300	16.414	17.579	18.711
平均河床高 (T.P.m)	3.120	3.378	3.546	4.778	5.948	6.540	6.705	7.727	8.466	9.413	9.991	11.288	13.298	12.751
最深河床高 (T.P.m)	1.316	1.354	2.109	3.490	4.399	4.397	5.032	5.144	6.722	7.756	9.688	10.394	11.400	11.970

図 5-4 計画縦断図（黄瀬川）



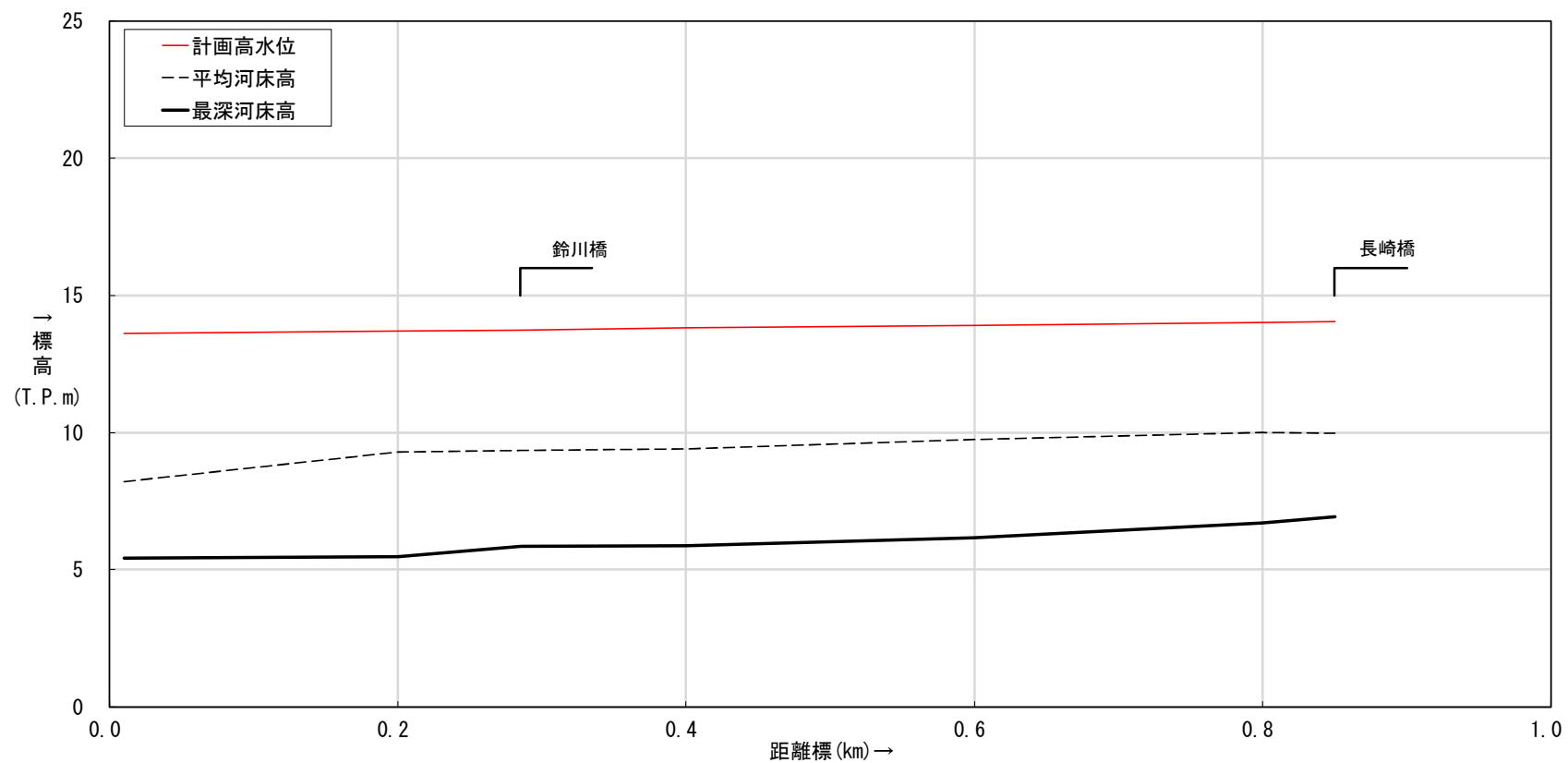
距離標 (km)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
計画高水位 (T.P.m)	12.510	12.600	12.690	12.790	12.880	12.970	13.060	13.150	13.250	13.340	13.430	13.520	13.610
平均河床高 (T.P.m)	6.999	7.045	7.391	7.676	7.831	8.261	8.219	8.408	8.627	8.827	8.968	9.104	9.337
最深河床高 (T.P.m)	3.172	2.946	2.862	3.411	3.990	3.781	4.413	4.280	4.586	4.663	5.043	5.213	5.592

図 5-5 計画縦断図 (大場川)



距離標(km)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
計画高水位 (T.P.m)	13.130	13.272	13.414	13.556	13.698	13.741	13.784	13.828
平均河床高 (T.P.m)	7.888	8.309	8.418	8.273	9.684	9.313	9.517	9.783
最深河床高 (T.P.m)	3.385	4.458	4.610	5.238	5.299	5.761	6.442	6.928

図 5-6 計画縦断図 (来光川)



距離標 (km)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
計画高水位 (T.P.m)	13.613	13.700	13.800	13.900	14.000
平均河床高 (T.P.m)	8.220	9.292	9.415	9.759	10.010
最深河床高 (T.P.m)	5.412	5.469	5.888	6.158	6.705

図 5-7 計画縦断図 (柿沢川)