

大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	3
1.4 新たな流出解析モデルの構築	4
1.5 基本高水のピーク流量の設定	33
1.6 対象降雨の継続時間の設定	34
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	44
1.8 主要降雨波形の設定	48
1.9 対象降雨の地域分布及び時間分布による棄却検討	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	55
1.11 アンサンブル予測降雨波形による検討	61
1.12 既往洪水からの検討	73
1.13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定	74
2. 高水処理計画	76
3. 計画高水流量	77
4. 河道計画	78
5. 河川管理施設等の整備の状況	80

1. 基本高水の検討

1.1 工事実施基本計画

昭和 49 年(1974 年)に改定された大野川水系工事実施基本計画は、以下に示すとおり、基準地点白滝橋における基本高水のピーク流量を $11,000\text{m}^3/\text{s}$ と定め、洪水調節施設で $1,500\text{m}^3/\text{s}$ 調節し、計画高水流量を $9,500\text{m}^3/\text{s}$ と定めている。

- ①昭和 41 年(1966 年)に策定された大野川水系工事実施基本計画では、昭和 21 年(1946 年)に定められた計画を踏襲し、基準地点を「犬飼」としていたが、大分新産業都市建設の進展により治水安全度の確保が必要なことから計画規模を 1/100 とし、基準地点を「白滝橋」とした。
- ②計画降雨継続時間は、主要洪水の降雨時間分布をみると 2 日にわたって降っていることから 2 日を採用した。各年最大 2 日雨量を確率処理し、1/100 確率規模の計画降雨量を $485\text{mm}/2$ 日と設定。
- ③規模が大きく水文資料が整っている昭和 29 年(1954 年)以降の 6 洪水とし、貯留関数法による流出計算モデルを作成した。
- ④規模が大きいかつ実績降雨の拡大率が 2 倍程度以下の降雨のうち、時間雨量 (1, 3, 6 時間雨量) の確率評価を行い抽出した 8 降雨波形を計画降雨量まで引き伸ばし、作成した貯留関数での流出計算モデルにて流出量を算定した。
- ⑤基本高水のピーク流量は、計画降雨量の 8 降雨波形による流出計算結果から、基準地点において、最大値となる波形での流出量より、白滝橋で $11,000\text{m}^3/\text{s}$ に決定。
- ⑥基本高水のピーク流量 $11,000\text{m}^3/\text{s}$ のうち、上流ダム群により $1,500\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、計画高水流量は白滝橋において $9,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、大津留地点において乙津川に $1,500\text{m}^3/\text{s}$ を分派し、その下流は河口まで $8,000\text{m}^3/\text{s}$ と設定。

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大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、基本方針においても、基準地点白滝橋の基本高水のピーク流量を $11,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、平成 11 年(1999 年)12 月に大野川水系河川整備基本方針を策定した。

①流量確率評価による検証

相当年数の流量データが蓄積されたこと等から、流量データを確率統計処理することにより、基本高水のピーク流量を検証

②既往洪水からの検証

既往最大洪水を対象に流域が湿潤条件下での流出計算を行い基本高水のピーク流量を検証

1) 流量確率評価による検証

白滝橋上流は急勾配の山地河道であり、氾濫による影響がほとんどないこと、また治水ダムもないことから、白滝橋の昭和28年(1953年)から平成9年(1997年)までの45年間の実績流量を用いて計画規模に対する流量確率を算定し、基本高水のピーク流量を検証した。確率規模は、流域の重要性等を総合的に勘案し、既定計画の計画規模と同様の1/100とした。

現在、一般に使用されている確率分布を用いて確率統計処理した結果は、1/100規模流量は、表1.1に示すとおり約10,100m³/s～14,200m³/sとなった。

表 1.1 1/100 確率流量（白滝橋地点）

確率分布モデル	確率流量 (m ³ /s)
一般化極地分布	11,700
ゲンベル分布	10,100
指数分布	11,800
平方根指数型最大値分布	11,800
対数ピアソンⅢ型分布	13,200
対数正規分布 (岩井法)	13,600
対数正規分布 (クォンタイル法)	13,200
2母数対数正規分布 (L積率法)	14,200
2母数対数正規分布 (積率法)	13,500

2) 既往洪水からの検証

洪水発生前に前期降雨があり流域全体が湿潤状態になっているとすれば、より大きな洪水流量が発生する可能性がある。このため、昭和 28 年(1953 年)に流量を観測してから既往最大洪水の平成 5 年 9 月洪水の実績降雨を対象に、流域が湿潤状態となっている場合を想定して計算を行った結果、白滝橋ピーク流量は 11,900 m^3/s となった。

1.3 河川整備基本方針策定後の状況

平成 11 年(1999 年)12 月に河川整備基本方針(以降、「既定計画」という。)を策定以降、平成 29 年(2017 年)9 月に基準地点白滝橋の計画高水流量 9,500 m^3/s を上回る洪水が発生している。

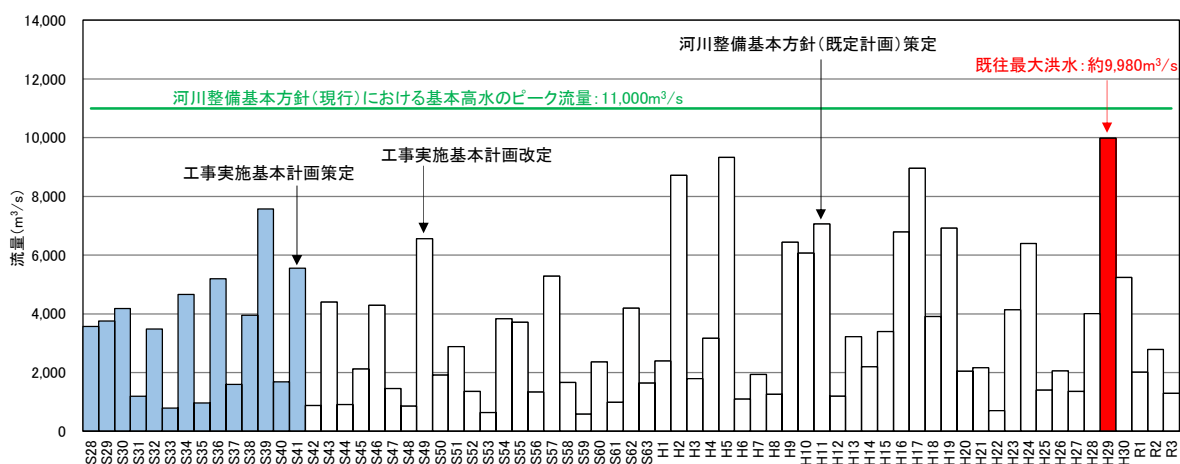


図 1.1 年最大流量(基準地点白滝橋)

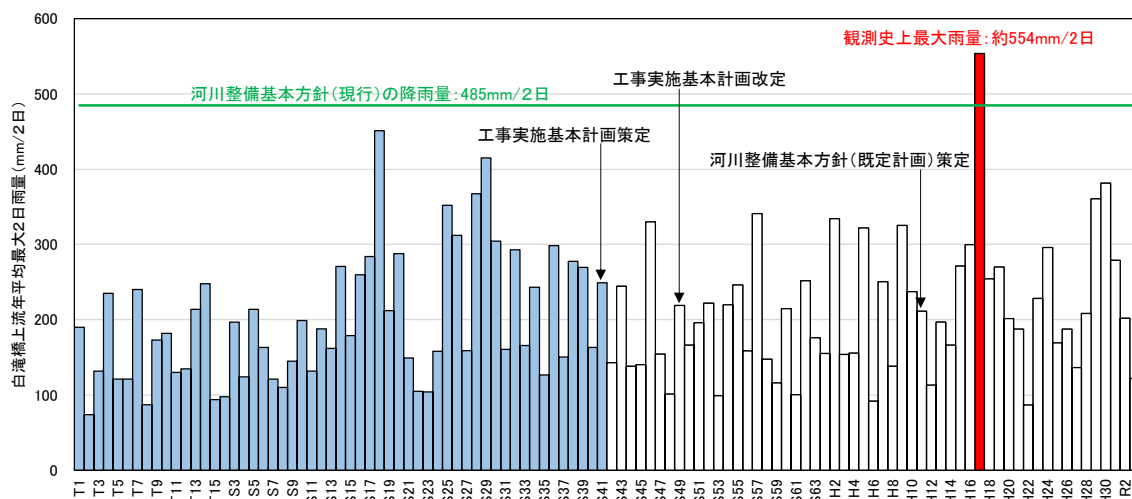


図 1.2 年最大 2 日雨量(基準地点白滝橋上流流域平均雨量)

1.4 新たな流出解析モデルの構築

降雨をハイドログラフに変換するために流出計算モデル（貯留関数法）を作成し、流域の過去の主要洪水における降雨分布特性により、モデルの定数を作成した。

1.4.1 モデルの概要

貯留関数法の基礎式は以下のとおりである。

【流域の基礎式】

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

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

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

ただし、

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

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

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

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

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

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

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

$q(t)$ ：直接流出高(mm/hr)， Tl ：遅延時間(hr)， K ：定数， P ：定数，

$Q(t)$ ：直接流出強度(m³/s)， A ：流域面積(km²)，

$\sum R(t)$ ：降雨の降り始めから当該時刻までの流域平均雨量の和(mm)，

R_0 ：初期損失雨量(mm)， R_{sa} ：飽和雨量(mm)， R_{sum} ：総降雨量(mm)，

Q_{sum} ：総直接流出量(mm³)， $f1$ ：一次流出率， $Q_{ca}(t)$ ：流域からの流出量(m³/s)，

$Q_b(t)$ ：基底流量(m³/s)

【河道区間の基礎式】

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

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

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

$S_l(t)$: 見かけの貯留量 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{hr}$), $Q_l(t)$: 遅滞時間 Tl を考慮した流出量 (mm^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

1.4.2 流域及び河道分割

流域は 38 分割、河道は 23 分割とした。流域分割図を図 1.3、流出モデル模式図を図 1.4、流域・河道モデル分割諸元を表 1.2、表 1.3 に示す。

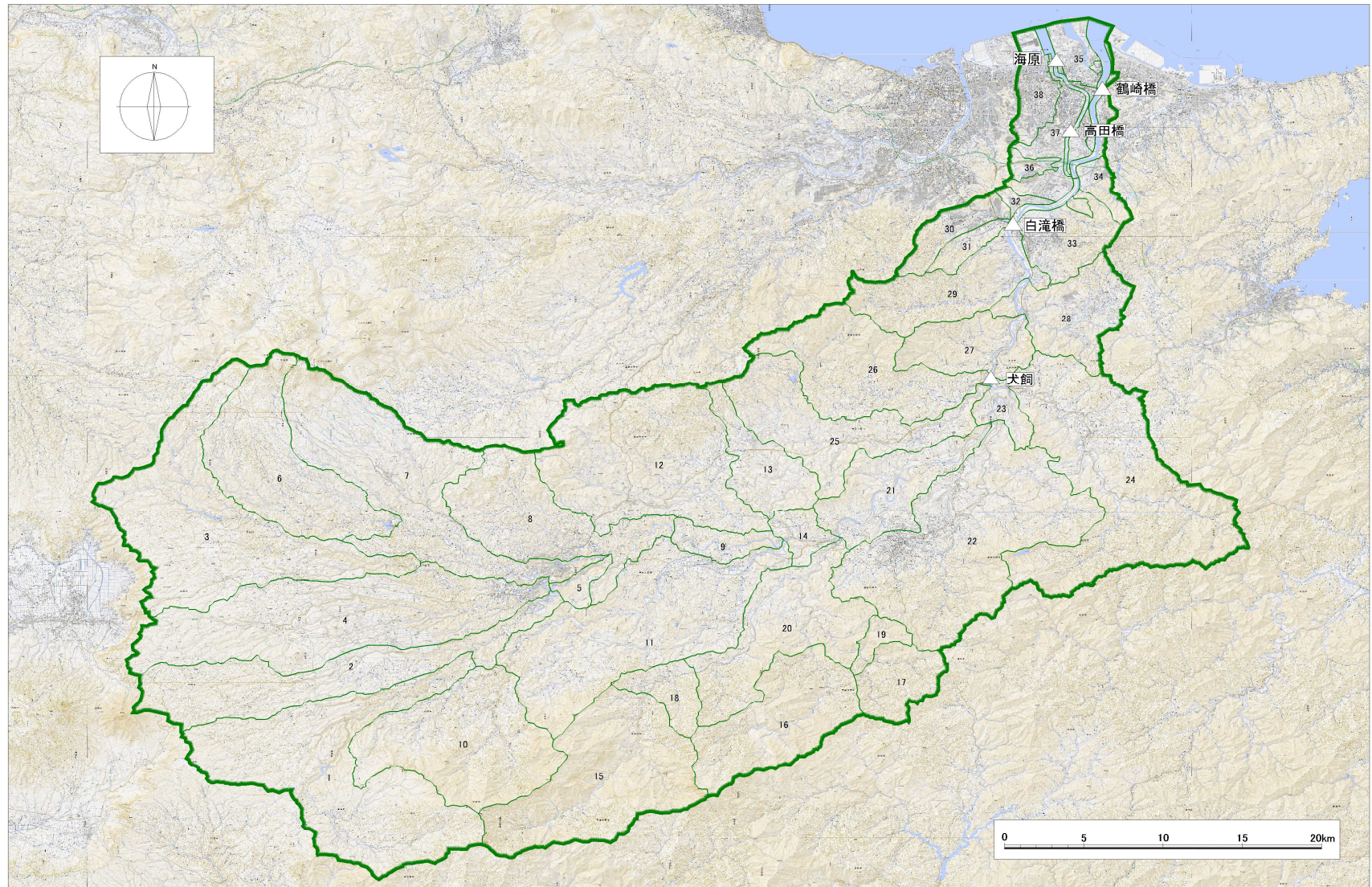


图 1.3 流域分割图

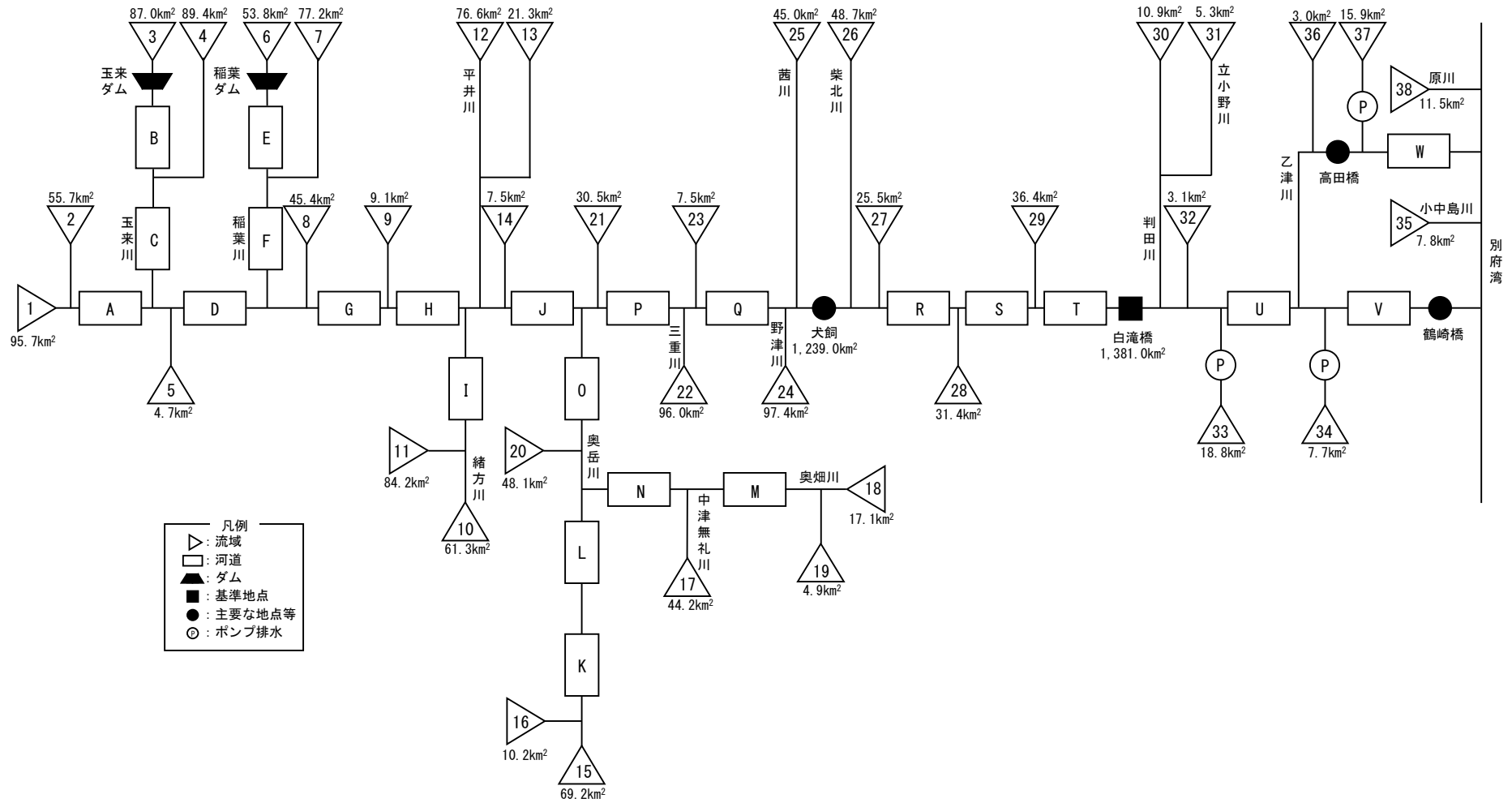


図 1.4 流出解析モデル模式図

表 1.2 流域・河道モデル分割諸元（流域分割）

河川名	流域 No.	流 域 名	流域面積 (km ²)	基準地点・主要な地点等
大野川	1	本川上流域	95.7	
	2	山崎川等流域	55.7	
	3	玉来ダム上流域	87.0	玉来ダム上流域 (No. 3) 87.0km ²
	4	玉来川下流域	89.4	
	5	本川残流域(玉来川～稲葉川)	4.7	
	6	稲葉ダム上流域	53.8	稲葉ダム上流域 (No. 6) 53.8km ²
	7	稲葉川下流域	77.2	
	8	濁淵川	45.4	
	9	本川残流域(濁淵川～緒方川)	9.1	
	10	緒方川上流域	61.3	
	11	緒方川下流域	84.2	
	12	平井川上流域	76.6	
	13	田代川等流域	21.3	
	14	本川残流域(緒方川～奥岳川)	7.5	
	15	奥岳川上流域	69.2	
	16	奥岳川中流域	10.2	
	17	中津無礼川上流域	44.2	
	18	奥畑川上流域	17.1	
	19	奥畑川中流域	4.9	
	20	奥岳川等下流域	48.1	
	21	本川残流域(奥岳川～三重川)	30.5	
	22	三重川流域	96.0	
	23	本川残流域(三重川～茜川)	7.5	
	24	野津川流域	97.4	
	25	茜川流域	45.0	犬飼地点上流域 (No. 1～No. 23) 1239.0km ²
	26	柴北川流域	48.7	
	27	本川残流域(柴北川～吉野川)	25.5	
	28	吉野川等流域	31.4	
	29	河原内川等流域	36.4	白滝橋地点上流域 (No. 1～No. 27) 1381.0km ²
	30	判田川流域	10.9	
	31	立小野川流域	5.3	
	32	乙津川分派前自然流域	3.1	
	33	乙津川分派前内水域	18.8	
	34	乙津川分派後内水域	7.7	
—	35	小中島川流域	7.8	
乙津川	36	乙津川自然流域	3.0	
	37	乙津川内水域	15.9	
—	38	原川流域	11.5	
—		全流域(河口)	1465.0	

表 1.3 流域・河道モデル分割諸元（河道）

河川名	河道No.	区 間	河道延長 L (km)
大野川	A	本川上流域 ~ 玉来川合流	8.9
玉来川	B	玉来ダム ~ 滝水川合流	7.9
玉来川	C	滝水川合流 ~ 本川合流	3.8
大野川	D	玉来川合流 ~ 稲葉川合流	4.7
稲葉川	E	稲葉ダム ~ 久住川合流	5.3
稲葉川	F	久住川合流 ~ 本川合流	11.3
大野川	G	稲葉川合流 ~ 猿飛橋	8.0
大野川	H	猿飛橋 ~ 緒方川合流	7.1
緒方川	I	緒方川上流域 ~ 本川合流	23.2
大野川	J	緒方川合流 ~ 奥岳川合流	3.0
奥岳川	K	奥岳川上流域 ~ 奥岳川中流域	3.9
奥岳川	L	奥岳川中流域 ~ 中津無礼川合流	9.9
中津無礼川	M	奥畑川合流点 ~ 奥岳川合流	3.0
奥畑川	N	奥畑川上流域 ~ 中津無礼川合流	4.0
奥岳川	O	中津無礼川 ~ 本川合流	4.2
大野川	P	奥岳川合流 ~ 三重川合流	14.7
大野川	Q	三重川合流 ~ 犬飼	4.7
大野川	R	犬飼 ~ 吉野川合流	5.4
大野川	S	吉野川合流 ~ 河原内川合流	2.7
大野川	T	河原内川合流 ~ 白滝橋	3.5
大野川	U	白滝橋 ~ 乙津川分派	5.3
大野川	V	乙津川分派 ~ 河口	10.6
乙津川	W	本川分派 ~ 河口	10.6

1.4.3 定数の設定

(1) 流域定数 (f_1 、 R_{sa}) の設定

代表地点の流量・流域平均雨量を用いて、基底流量と表面流出成分を分離し、総雨量と総流出高の関係から f_1 、 R_{sa} を設定した。

1) 設定方針

大野川流域における f_1 、 R_{sa} の検討は、総流出高と総雨量の関係を比較的正確に把握できる地点として、過去からの流量データが存在する稲葉ダム地点及び白滝橋地点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

f_1 、 R_{sa} の検討では、稲葉ダム地点はダム完成後（平成22年(2010年)：稲葉ダム供用開始後）におけるピーク流入量上位10洪水を対象とした。また、白滝橋地点は近年で基準地点白滝橋の氾濫注意水位相当流量3,500m³/sを上回る28洪水を対象とした。

表 1.4 f_1 、 R_{sa} 検討対象洪水一覧（稲葉ダム）

No.	洪水発生日	稲葉ダム ピーク流入量 (m ³ /s)
1	H23.6.12	120
2	H23.6.20	71
3	H23.9.20	22
4	H24.7.12	395
5	H24.9.17	24
6	H26.8.9	15
7	H26.10.13	16
8	H28.6.22	204
9	H28.9.20	22
10	H29.9.17	56

表 1.5 f_1 、 R_{sa} 検討対象洪水一覧（白滝橋）

No.	洪水発生日	白滝橋 ピーク流量 (m^3/s)
1	S46. 8. 5	3, 601
2	S46. 8. 30	3, 995
3	S49. 9. 9	6, 557
4	S54. 9. 4	3, 834
5	S55. 10. 14	3, 705
6	S57. 7. 24	4, 214
7	S57. 8. 27	5, 367
8	S57. 9. 25	4, 453
9	S62. 7. 18	4, 191
10	S62. 10. 16	3, 572
11	H2. 7. 2	7, 149
12	H2. 10. 8	3, 527
13	H5. 7. 27	4, 189
14	H5. 8. 10	6, 504
15	H5. 9. 4	9, 331
16	H9. 9. 16	6, 447
17	H10. 10. 17	6, 069
18	H11. 9. 15	7, 061
19	H16. 8. 30	6, 537
20	H16. 9. 29	3, 627
21	H16. 10. 20	6, 793
22	H17. 9. 6	8, 962
23	H18. 8. 18	3, 916
24	H19. 8. 2	6, 915
25	H23. 9. 20	4, 138
26	H24. 7. 12	6, 395
27	H28. 9. 20	4, 002
28	H29. 9. 17	9, 980

3) 流出成分の分離

流域定数の設定を行う上で、実績流量のハイドログラフをもとに流出成分を分離し、流域定数解析等の洪水ごとに検討地点を対象に、ハイドログラフの低減部の指数低減性を利用する方法によって、直接流出成分と間接流出成分の分離を行い、各時刻の直接流出と基底流量を求めた（図 1.5 参照）。

一般に、ハイドログラフの低減部を片対数紙に描き、3本の直線で「表面流出成分」、「中間流出成分」、「地下水流出成分」を近似すると、洪水の終わりから1つ目の折れ点が中間流出の終了時点と考えられている。大野川では、流域のほとんどが自然地形（森林・水田等）であることから、表面流出成分のほかに、側方浸透流（中間流出成分）、地下水流出成分に別れて流出過程をとると想定される。したがって、大野川では、ピーク以降の流量を3本の直線で分離し、洪水の終わりから1つ目の折れ点を直接流出の終了点とした。

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

なお、白滝橋における f_1 、 R_{sa} の検討では、検討期間の稲葉ダム貯留量を流域面積で除してダム貯留高として整理し、稲葉ダム下流の流出高に加えて、ダムの影響を考慮した。

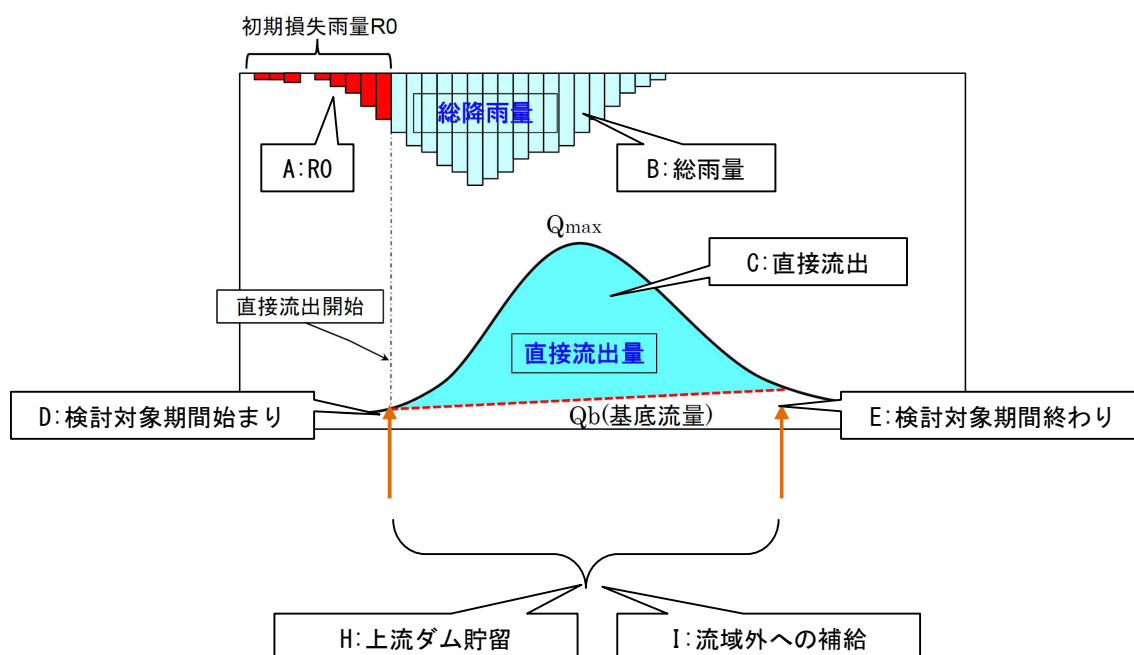


図 1.5 成分分離の概念図

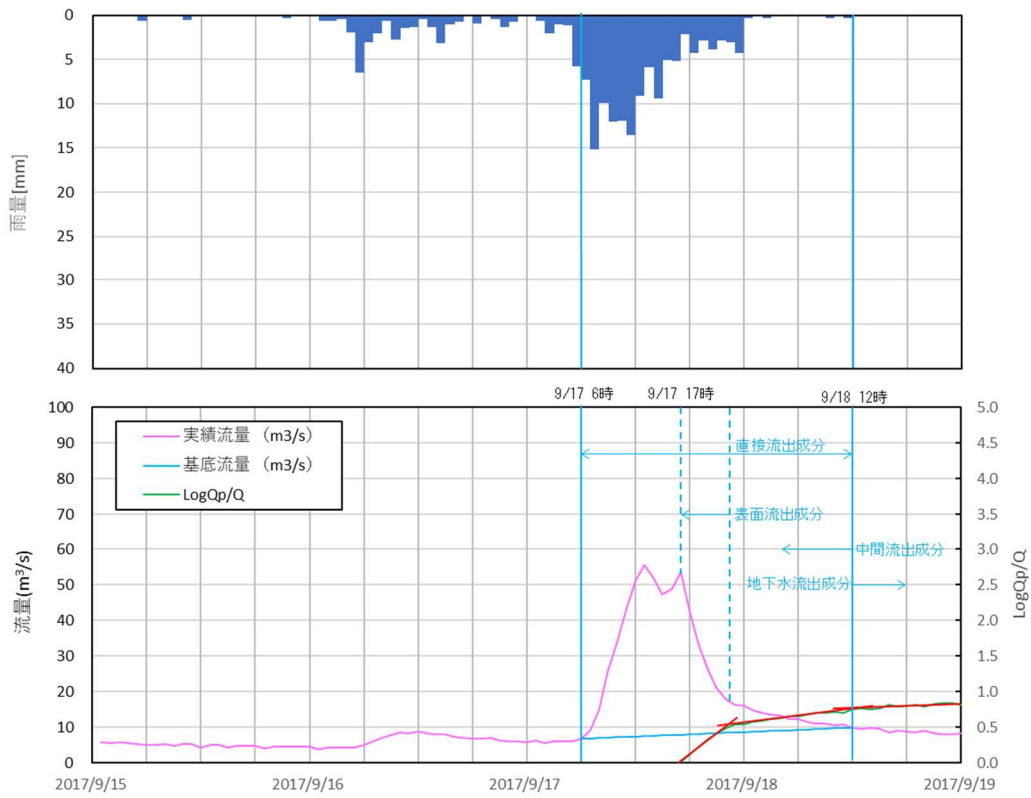


図 1.6 成分分離の事例（稲葉ダム地点、H29.9 洪水）

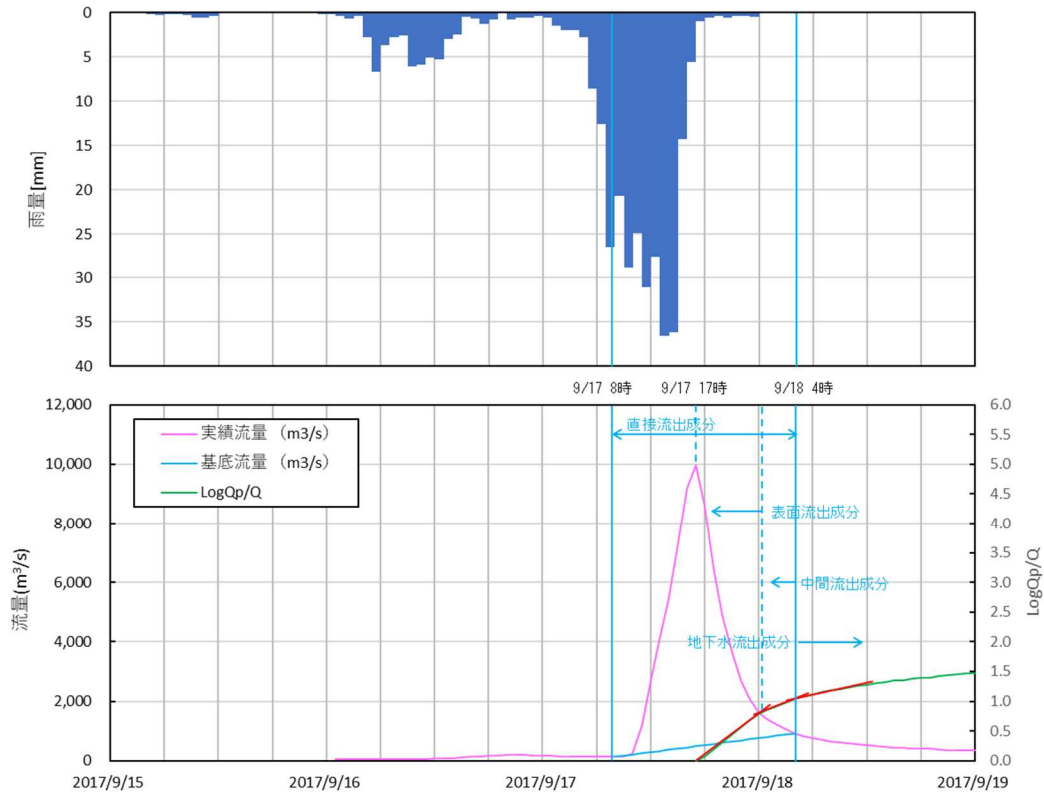


図 1.7 成分分離の事例（白滝橋地点、H29.9 洪水）

表 1.6 流出成分の分離による総降雨量・総流出高の算定結果（稲葉ダム地点）

No.	洪水発生日	稲葉ダム A=53.8 km ²	
		総雨量 (mm)	総流出高 (mm)
1	H23. 6. 12	177	52
2	H23. 6. 20	84	18
3	H23. 9. 20	37	5
4	H24. 7. 12	306	123
5	H24. 9. 17	96	18
6	H26. 8. 9	40	5
7	H26. 10. 13	79	13
8	H28. 6. 22	262	90
9	H28. 9. 20	78	16
10	H29. 9. 17	135	32

表 1.7 流出成分の分離による総降雨量・総流出高の算定結果（白滝橋地点）

No.	洪水発生日	白滝橋 A=1381.0 km ²	
		総雨量 (mm)	総流出高 (mm)
1	S46. 8. 5	380	242
2	S46. 8. 30	241	152
3	S49. 9. 9	148	94
4	S54. 9. 4	148	64
5	S55. 10. 14	172	79
6	S57. 7. 24	244	143
7	S57. 8. 27	313	192
8	S57. 9. 25	176	106
9	S62. 7. 18	229	128
10	S62. 10. 16	152	83
11	H2. 7. 2	266	168
12	H2. 10. 8	176	106
13	H5. 7. 27	272	166
14	H5. 8. 10	169	104
15	H5. 9. 3	254	159
16	H9. 9. 16	319	186
17	H10. 10. 17	188	116
18	H11. 9. 15	183	105
19	H16. 8. 30	268	168
20	H16. 9. 29	132	68
21	H16. 10. 20	200	122
22	H17. 9. 6	530	352
23	H18. 8. 18	230	92
24	H19. 8. 2	204	130
25	H23. 9. 20	160	89
26	H24. 7. 12	205	93
27	H28. 9. 20	129	88
28	H29. 9. 17	256	167

4) 計画 f_1 、 R_{sa} の検討

流出率 f_1 及び飽和雨量 R_{sa} は次に述べる方法により算出を行った。

①稲葉ダム地点及び白滝橋地点の成分分離の結果と流域平均雨量を用いて、総降雨量 R (mm)と総流出高 q (mm)をプロット。

② R_{sa} を仮定して、総降雨量が R_{sa} 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 f_1 としたときに、総降雨量が R_{sa} 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 $R_{sa} \times (1-f_1)$ となることを満足するよう、 R_{sa} を変化させて平均的な R_{sa} を算出。

検討地点は 1) にて設定した稲葉ダム地点及び白滝橋地点とした。

総降雨量 R (mm)と総流出高 q (mm)関係図(図 1.8)をもとに設定した計画 f_1 、 R_{sa} は表 1.8 に示すとおりである。

表 1.8 計画 f_1 、 R_{sa} 設定結果

地点	一次損失雨量	
	f_1	R_{sa}
稲葉ダム	0.25	210
白滝橋	0.50	230

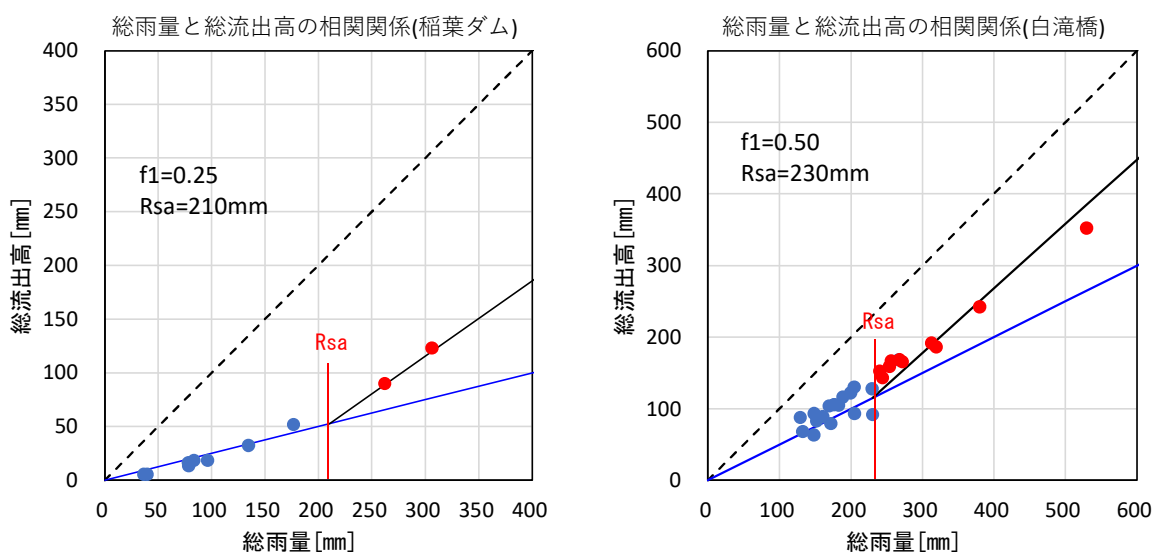


図 1.8 総降雨量と総流出高の関係

5) K 、 P 、 Tl の設定

a) 代表地点における K 、 P 、 Tl の算出

流出計算に用いる K 、 P 、 Tl の設定は、上流域の降雨量と当該地点での流出量の関係が把握可能な地点で行う必要がある。大野川流域において自然流況を把握可能な地点は稲葉ダム地点である。そこで、稲葉ダム地点において定数を設定し、流路延長や勾配等の地形特性を考慮した関係式から下流の定数設定を行った。

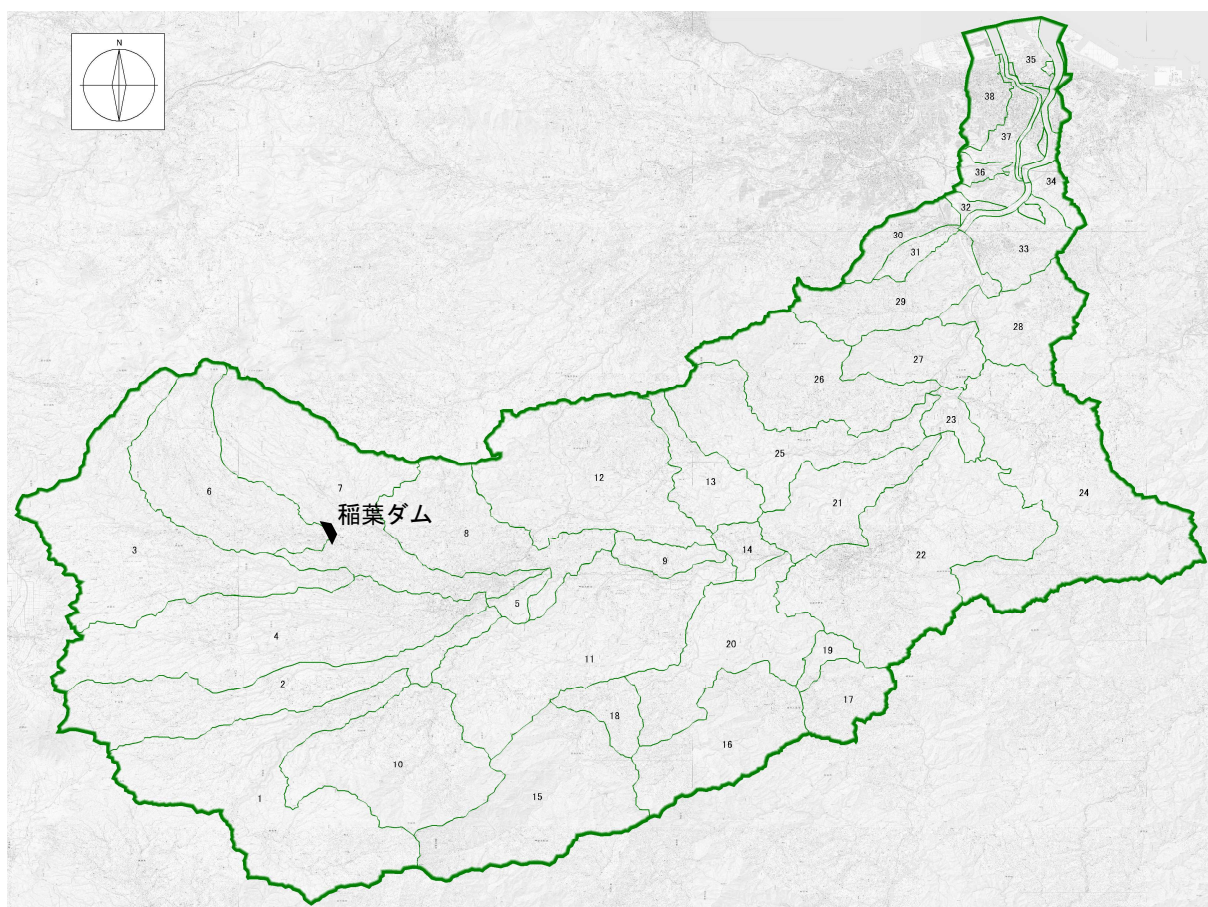


図 1.9 K 、 P 、 Tl 検討対象地点

高水検討の定数設定においては計画規模相当のピーク流量を対象とすることから、 K 、 P 、 Tl は過去洪水の中で流量規模が大きい降雨量と流出量との関係から得ることが望ましい。

このため、対象地点において既往最大流入量である平成24年7月洪水(流入量:395m³/s)のデータを用いて K 、 P 、 Tl を算定した。

K 、 P 、 Tl は代表地点の流量と流域平均雨量を用いて、貯留高一流出高関係図から解析を行うことで算出した。具体的には、貯留高と流出高を両対数でプロットして貯留高一流出高関係図を作成し、 Tl を少しずつ変化させ、最もループが小さくなる Tl を求めた。求めた Tl によって両対数でプロットした貯留高一流出高関係図を直線近似し、切片を K とし、傾きを P とした。

なお、流域定数 P については貯留高一流出高関係図から0.56となり、既往モデルの設定値0.6とほぼ一致した。このため、物理的な観点や計算への影響度等を考慮し、既往モデルの設定値 $P=0.60$ を採用することとした。

貯留高 s 及び流出高 q は、以下の式にて算出した。

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

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

s : 貯留高(mm) r_{ave} : 流域平均時間雨量(mm/hr)

q : 1時間後の直接流出高(mm/hr)

f : 直接流出開始後の累積降雨が R_{sa} に達するまでは f_1 、達した後は f_2

Q : 実績流量(m³/s) Q_b : 基底流量(m³/s)

A : 流域面積(km²)

代表地点において K 、 P 、 Tl を算出した結果を表1.9、図1.10に示す

表 1.9 K 、 P 、 Tl の設定結果

地点	定数設定結果		
	K	P	Tl (分)
稲葉ダム	6.975	0.60	60

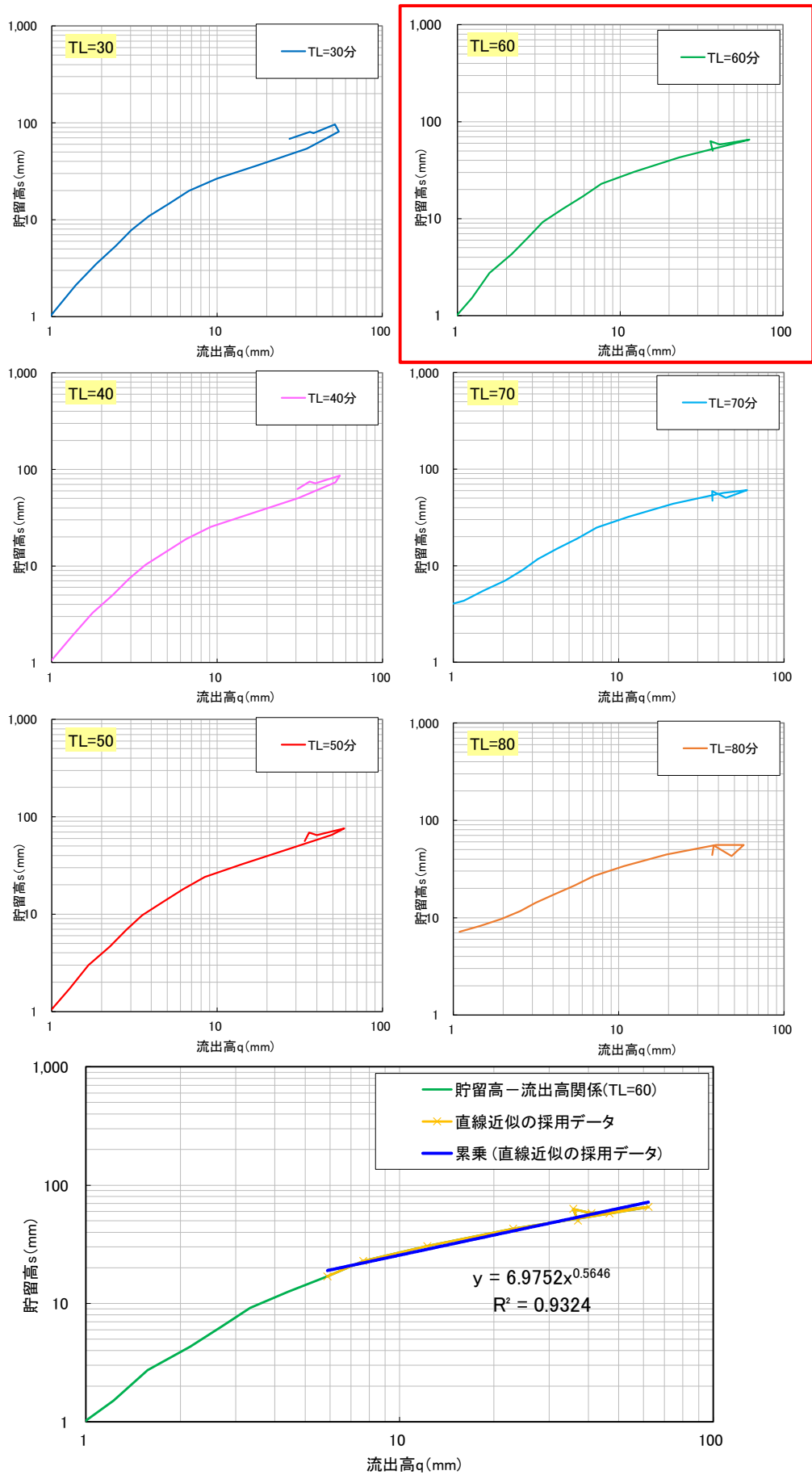


図 1.10 貯留高-流出高関係図 (稲葉ダム地点 平成 24 年 7 月洪水)

b) 各小流域における K 、 P 、 TI の設定

a) にて設定した代表地点流域では稲葉ダム地点におけるおける実績雨量と実績流量の関係から流域定数を設定した。上記以外の小流域の K 、 P 、 TI 値を求める際には、以下の考え方を採用することとした。

- ・ K 値はリザーブ定数を用いた経験式の考え方を採用する。
- ・ 代表地点のリザーブ式を用いて、各小流域の K 値を算定する。
- ・ P 値は、 K 値算定に用いた代表地点の値を一様に採用する。

【リザーブの式】

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

α : 定数

C : 流域粗度 (自然流域 0.12、都市流域 0.012)

I : 流域勾配

L : 流路長

表 1.10 代表地点における定数設定結果

地点	C	L (km)	I	K	α
稲葉ダム	0.118	19.7	0.0286	6.975	6.691

【設定した式】

$$K = 6.691 \times C \times I^{-1/3} \times L^{1/3}$$

代表地点上流域の流域粗度、流域勾配、流路長は、以下の考え方にて設定した。

【流域粗度・・・図 1.11、表 1.12 参照】

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

【流域勾配、流路長・・・図 1.13 参照】

- ・ 代表地点上流域における小流域毎に流域上流端から末端までの延長（流路長）及び地盤高を計測（なお地盤高は、基盤地図情報の10mメッシュ地盤高をもとに、河道付近の地盤高を計測）
- ・ 流域勾配は、計測した地盤高をもとに、図 1.12 の考え方にて平均的な勾配を算出
- ・ 上記作業を行い、流域面積比にて代表地点までの平均延長、平均勾配を算出

表 1.11 土地利用状況別面積及び流域粗度 C の算定結果

流域名	流域面積 (km ²)	水面	山林	水田	原野・畑	宅地市街地			流域粗度 (C)
						建物用地	道路	鉄道	
		0.000	0.120	0.120	0.120	0.012	0.012	0.012	
稲葉ダム上流域	53.8	0.3	30.9	6.6	16.3	0.9	0.0	0.0	0.118

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

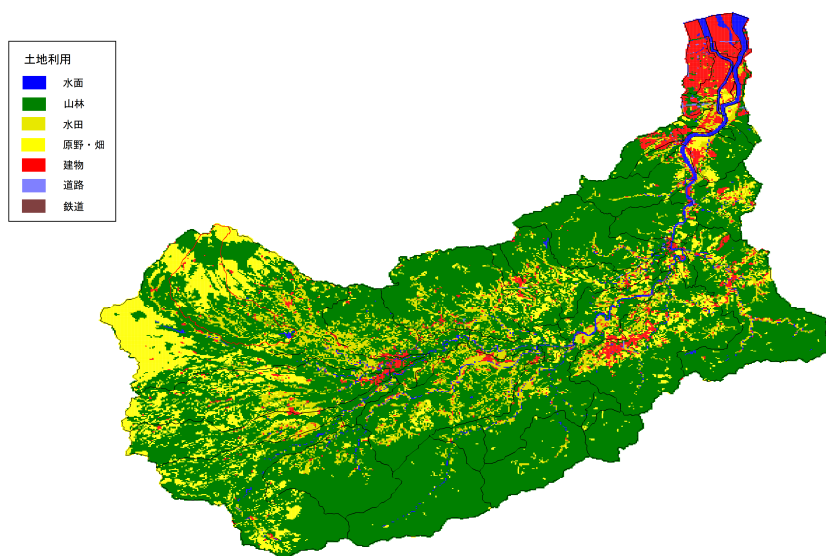


図 1.11 土地利用図

表 1.12 土地利状況別の面積と流域粗度 C の算定結果

流域No.	流域面積 (km ²)	水面	山林	水田	原野・畑	宅地市街地			流域粗度 (C)
						建物用地	道路	鉄道	
						0.000	0.120	0.120	
1	95.7	0.9	73.2	3.1	17.6	1.0	0.0	0.0	0.118
2	55.7	0.5	37.5	5.7	10.4	1.6	0.0	0.1	0.116
3	87.0	0.5	39.8	3.9	43.5	0.9	0.0	0.0	0.118
4	89.4	0.5	52.9	9.8	21.9	3.8	0.0	0.5	0.114
5	4.7	0.2	3.2	0.4	0.4	0.3	0.0	0.0	0.107
6	53.8	0.3	30.9	6.6	16.3	0.9	0.0	0.0	0.118
7	77.2	0.7	42.2	16.7	13.8	3.8	0.0	0.0	0.114
8	45.4	0.6	31.9	11.9	0.9	1.9	0.0	0.1	0.114
9	9.1	0.6	4.9	2.8	0.3	0.5	0.0	0.1	0.106
10	61.3	0.5	53.3	4.6	2.5	0.5	0.0	0.0	0.118
11	84.2	1.5	54.7	22.3	3.7	4.0	0.0	0.1	0.113
12	76.6	0.3	57.5	13.5	4.5	2.7	0.0	0.1	0.116
13	21.3	0.0	12.8	2.0	4.8	1.5	0.1	0.0	0.112
14	7.5	0.3	4.5	0.5	1.9	0.2	0.0	0.1	0.110
15	69.2	0.5	67.2	0.9	0.5	0.1	0.0	0.0	0.119
16	44.2	0.1	42.3	0.8	0.9	0.1	0.0	0.0	0.119
17	17.1	0.0	16.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.120
18	10.2	0.2	10.2	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.117
19	4.9	0.0	4.7	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.120
20	48.1	0.9	40.2	4.0	2.1	0.9	0.0	0.0	0.116
21	30.5	2.0	16.9	5.7	3.5	2.3	0.0	0.1	0.104
22	96.0	0.8	65.3	9.4	12.7	7.5	0.0	0.2	0.110
23	7.5	0.7	4.0	0.6	1.2	0.9	0.0	0.1	0.095
24	97.4	1.3	77.7	7.4	6.7	4.2	0.0	0.0	0.114
25	45.0	0.6	30.5	4.9	6.2	2.2	0.6	0.0	0.112
26	48.7	0.3	41.7	3.0	1.3	0.9	0.2	0.0	0.117
27	25.5	0.8	18.7	1.2	1.6	0.4	0.1	0.1	0.113
28	31.4	0.8	19.1	3.5	3.3	1.5	0.1	0.1	0.110
29	36.4	1.6	26.2	2.2	1.9	1.3	0.1	0.1	0.109
30	10.9	0.0	7.2	0.7	0.3	2.6	0.0	0.0	0.093
31	5.3	0.1	3.6	0.8	0.2	0.7	0.0	0.0	0.104
32	3.1	0.0	1.5	0.3	0.4	0.9	0.0	0.0	0.089
33	18.8	0.2	11.3	1.8	3.1	2.2	0.1	0.0	0.105
34	7.7	0.4	3.3	0.9	0.8	2.2	0.1	0.0	0.081
35	7.8	4.2	0.2	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.009
36	3.0	0.0	0.9	0.2	0.2	1.2	0.4	0.0	0.060
37	15.9	0.4	2.0	2.2	1.6	9.5	0.1	0.1	0.052
38	11.5	2.6	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.004

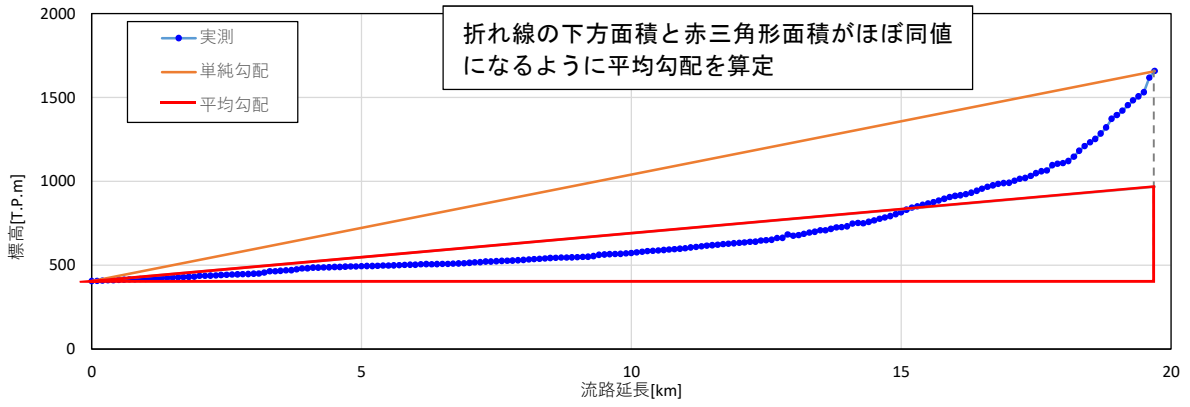


図 1.12 流域勾配設定例

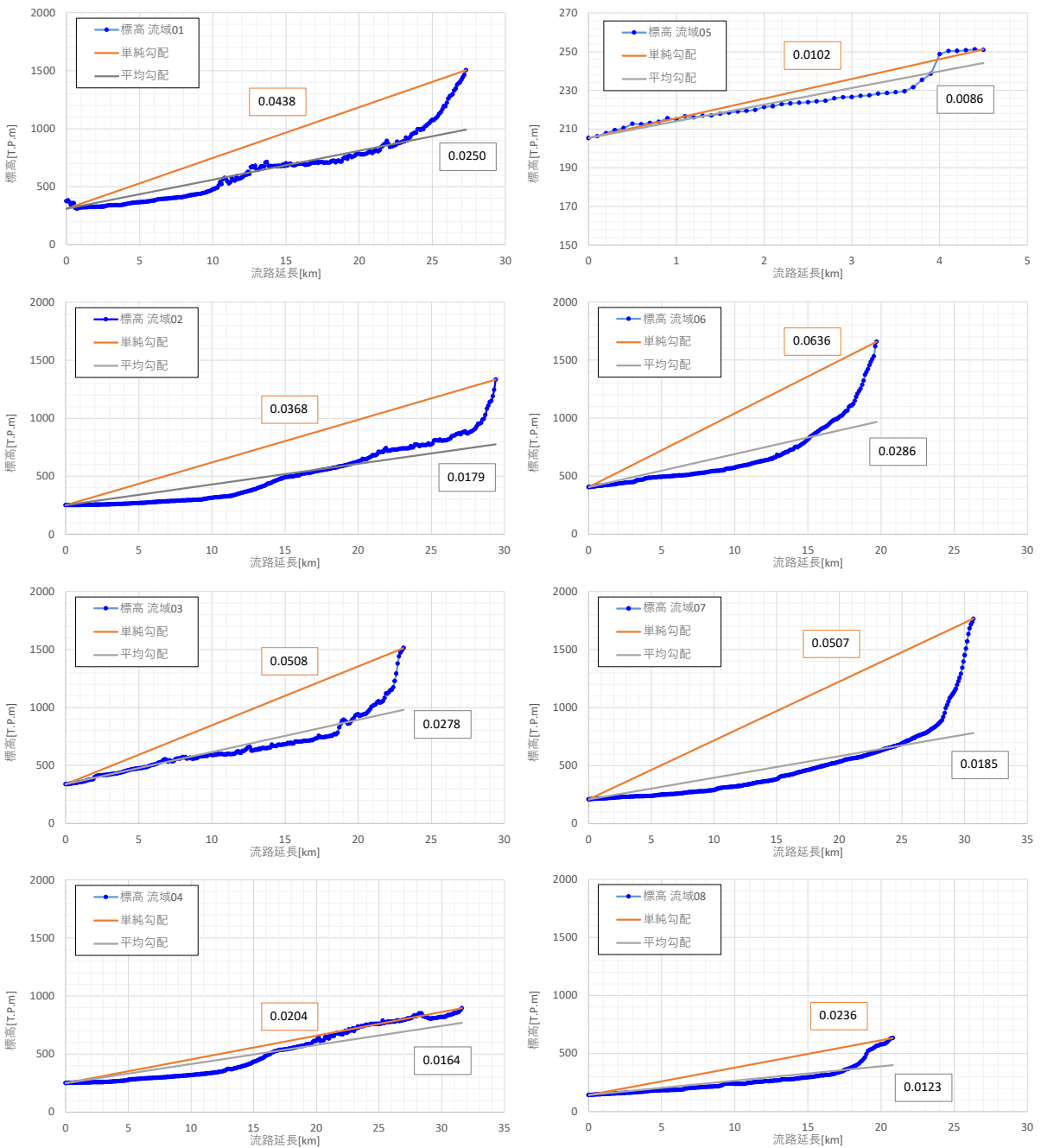


図 1.13 (1) 流域流路勾配

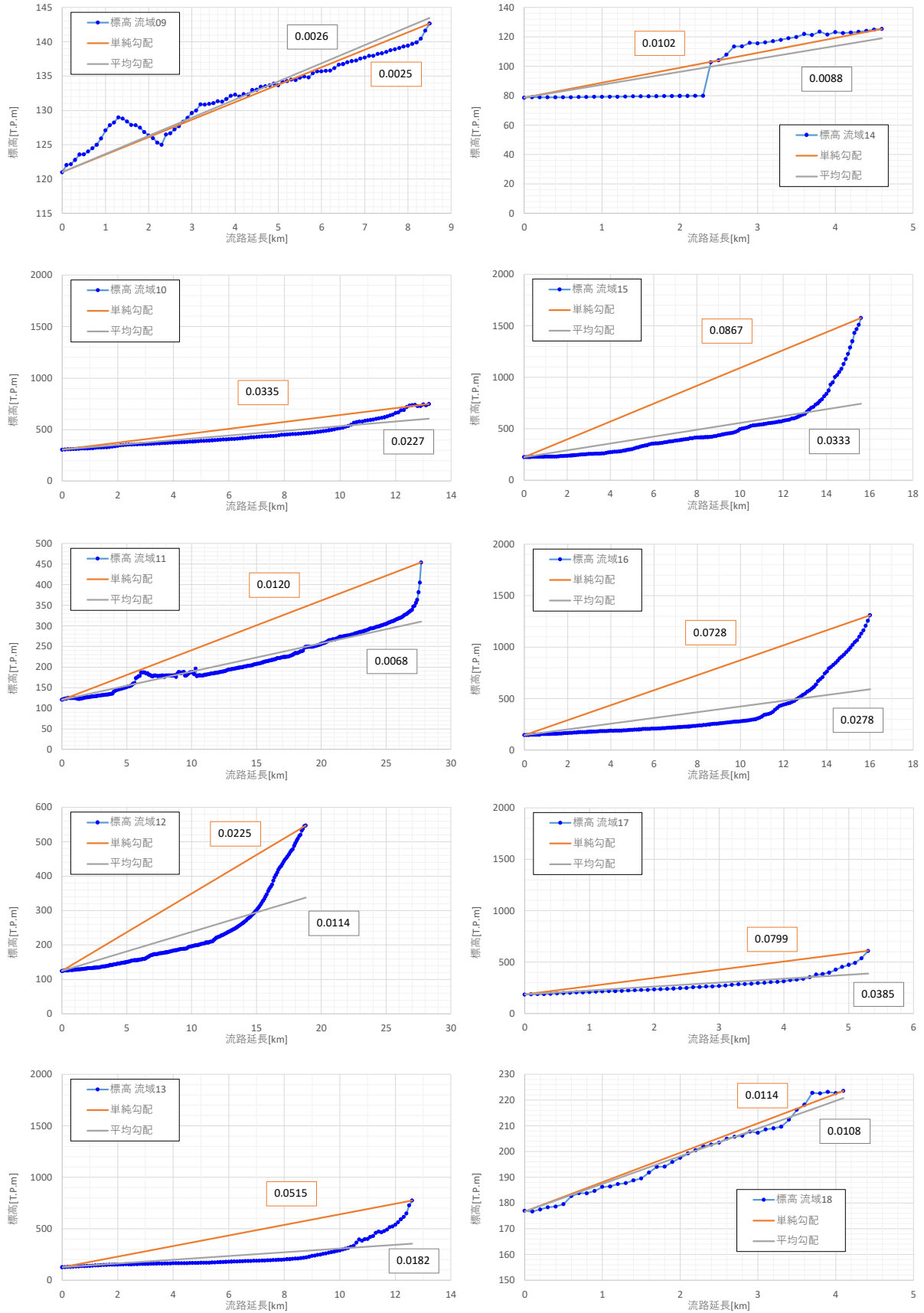


图 1.13 (2) 流域流路勾配

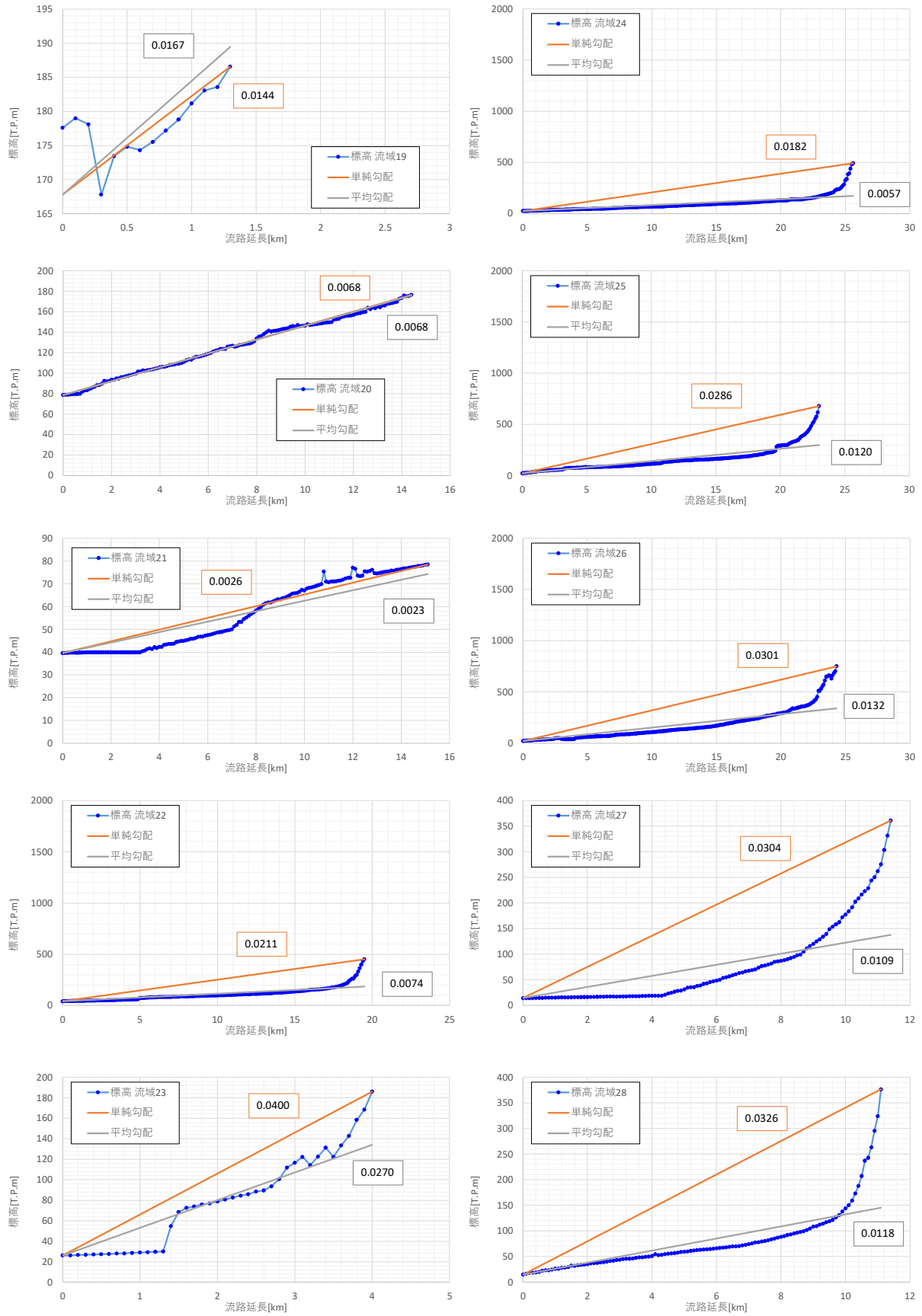


图 1.13 (3) 流域流路勾配

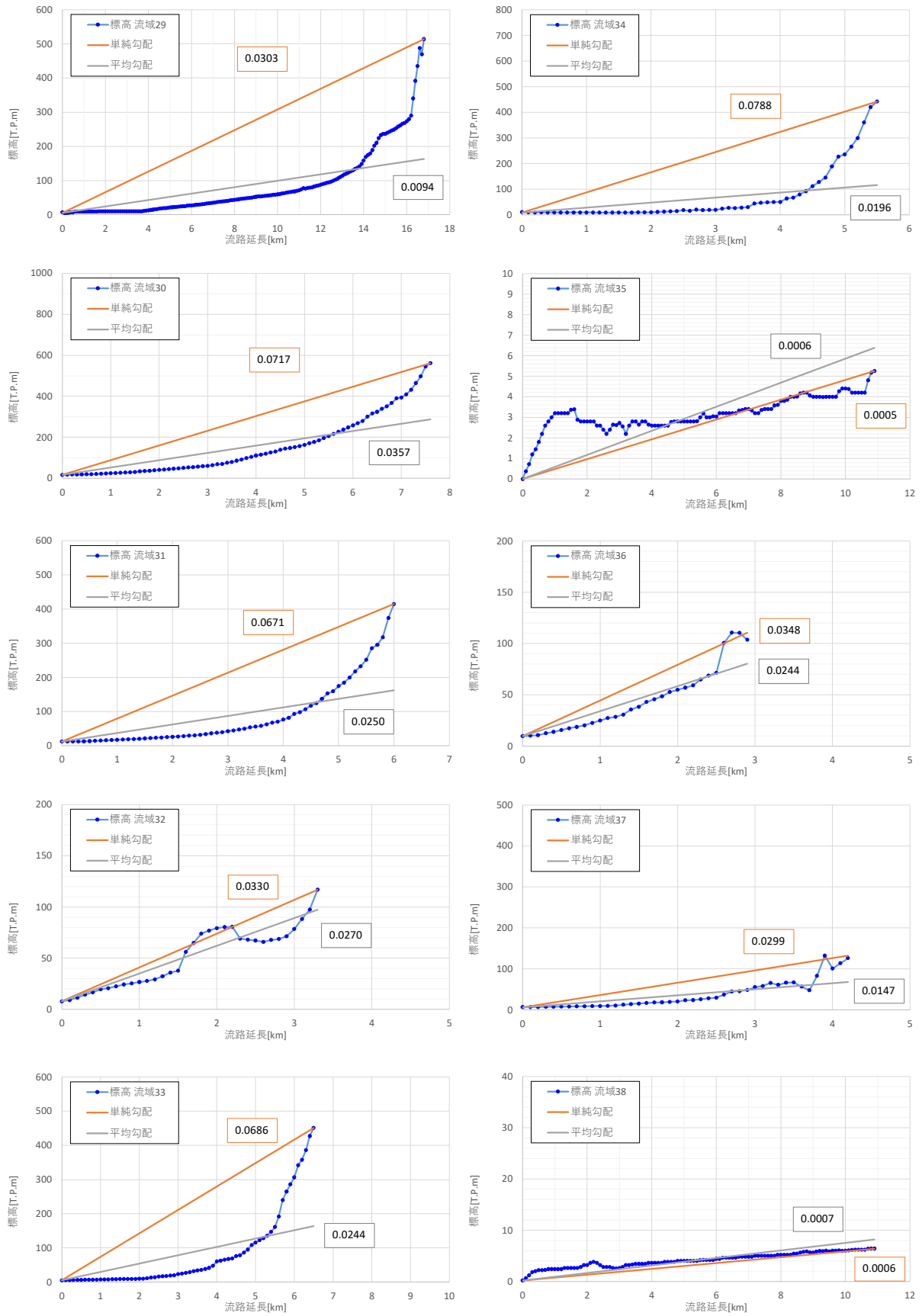


图 1.13 (4) 流域流路勾配

各小流域の地形特性を基に設定した小流域の K 、 P 、 Tl を表 1.13 に示す。

表 1.13 流域定数算出結果

流域No.	流域面積 A[km]	K	P	遅滞時間 Tl(分)	f1	f2	Rsa [mm]	流路長 L[km]	勾配 I	備考
1	95.7	8.130	0.60	83	0.25	0.70	210	27.3	0.0250	
2	55.7	9.165	0.60	90	0.25	0.70	210	29.4	0.0179	
3	87.0	7.425	0.60	70	0.25	0.70	210	23.1	0.0278	
4	89.4	9.493	0.60	96	0.25	0.70	210	31.6	0.0164	
5	4.7	5.764	0.60	14	0.25	0.70	210	4.5	0.0086	
6	53.8	6.975	0.60	60	0.25	0.70	210	19.7	0.0286	
7	77.2	9.027	0.60	94	0.25	0.70	210	30.7	0.0185	
8	45.4	9.076	0.60	63	0.25	0.70	210	20.8	0.0123	
9	9.1	10.466	0.60	26	0.25	0.70	210	8.5	0.0026	
10	61.3	6.587	0.60	40	0.50	0.90	230	13.2	0.0227	
11	84.2	12.046	0.60	84	0.50	0.90	230	27.7	0.0068	
12	76.6	9.180	0.60	57	0.50	0.90	230	18.8	0.0114	
13	21.3	6.632	0.60	38	0.50	0.90	230	12.6	0.0182	
14	7.5	5.935	0.60	14	0.50	0.90	230	4.6	0.0088	
15	69.2	6.182	0.60	48	0.50	0.90	230	15.6	0.0333	
16	44.2	6.625	0.60	49	0.50	0.90	230	16.0	0.0278	
17	17.1	4.147	0.60	16	0.50	0.90	230	5.3	0.0385	
18	10.2	5.677	0.60	12	0.50	0.90	230	4.1	0.0108	
19	4.9	3.431	0.60	4	0.50	0.90	230	1.3	0.0167	
20	48.1	9.988	0.60	44	0.50	0.90	230	14.4	0.0068	
21	30.5	13.032	0.60	46	0.50	0.90	230	15.1	0.0023	
22	96.0	10.162	0.60	59	0.50	0.90	230	19.5	0.0074	
23	7.5	3.362	0.60	12	0.50	0.90	230	4.0	0.0270	
24	97.4	12.550	0.60	78	0.50	0.90	230	25.6	0.0057	
25	45.0	9.296	0.60	70	0.50	0.90	230	23.0	0.0120	
26	48.7	9.605	0.60	74	0.50	0.90	230	24.3	0.0132	
27	25.5	7.682	0.60	35	0.50	0.90	230	11.4	0.0109	
28	31.4	7.219	0.60	34	0.50	0.90	230	11.1	0.0118	
29	36.4	8.840	0.60	51	0.50	0.90	230	16.8	0.0094	
30	10.9	3.755	0.60	23	0.50	0.90	230	7.6	0.0357	
31	5.3	4.283	0.60	18	0.50	0.90	230	6.0	0.0250	
32	3.1	2.954	0.60	10	0.50	0.90	230	3.3	0.0270	
33	18.8	4.521	0.60	20	0.50	0.90	230	6.5	0.0244	
34	7.7	3.548	0.60	17	0.50	0.90	230	5.5	0.0196	
35	7.8	1.596	0.60	33	0.50	0.90	230	10.9	0.0006	
36	3.0	1.974	0.60	9	0.50	0.90	230	2.9	0.0244	
37	15.9	2.291	0.60	13	0.50	0.90	230	4.2	0.0147	
38	11.5	0.658	0.60	33	0.50	0.90	230	10.9	0.0007	

(2) 河道定数の設定

河道による貯留が顕著となることが想定される区間について、河道モデルを設定し、河道の貯留量と流出量の関係から河道定数を設定した。

表 1.14 対象河道一覧

No.	河道	河川名	河道区間	河道延長 (km)
1	A	大野川	本川上流域 ~ 玉来川合流	8.9
2	B	玉来川	玉来ダム ~ 滝水川合流	7.9
3	C	玉来川	滝水川合流 ~ 本川合流	3.8
4	D	大野川	玉来川合流 ~ 稲葉川合流	4.7
5	E	稲葉川	稲葉ダム ~ 久住川合流	5.3
6	F	稲葉川	久住川合流 ~ 本川合流	11.3
7	G	大野川	稲葉川合流 ~ 猿飛橋	8.0
8	H	大野川	猿飛橋 ~ 緒方川合流	7.1
9	I	緒方川	緒方川上流域 ~ 本川合流	23.2
10	J	大野川	緒方川合流 ~ 奥岳川合流	3.0
11	K	奥岳川	奥岳川上流域 ~ 奥岳川ダム	3.9
12	L	奥岳川	奥岳川ダム ~ 中津無礼川合流	9.9
13	M	奥畑川	奥畑川Ⅱダム ~ 中津無礼川合流	4.0
14	N	中津無礼	奥畑川合流点 ~ 奥岳川合流	3.0
15	O	奥岳川	中津無礼川 ~ 本川合流	4.2
16	P	大野川	奥岳川合流 ~ 三重川合流	14.7
17	Q	大野川	三重川合流 ~ 犬飼	4.7
18	R	大野川	犬飼 ~ 吉野川合流	5.4
19	S	大野川	吉野川合流 ~ 河原内川合流	2.7
20	T	大野川	河原内川合流 ~ 白滝橋	3.5
21	U	大野川	白滝橋 ~ 乙津川分派	5.3
22	V	大野川	乙津川分派 ~ 河口	10.6
23	W	乙津川	本川分派 ~ 河口	10.6

1) 河道定数 K 、 P 、 TL の設定

表 1.14 に示す A 河道～W 河道について、流量規模別の不等流計算により河道の S-Q 関係を求め、河道定数 K 、 P を設定した。

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

表 1.15 河道定数 K 、 P 、 TL 設定結果

No.	河道	河川名	河道延長 (km)	河道定数		
				K	P	TL(min)
1	A	大野川	8.9	4.72	0.693	5
2	B	玉来川	7.9	3.03	0.729	4
3	C	玉来川	3.8	16.70	0.444	2
4	D	大野川	4.7	4.53	0.700	1
5	E	稲葉川	5.3	2.77	0.740	4
6	F	稲葉川	11.3	7.66	0.609	7
7	G	大野川	8.0	1.23	0.717	4
8	H	大野川	7.1	7.70	0.645	4
9	I	緒方川	23.2	11.01	0.710	16
10	J	大野川	3.0	1.80	0.662	1
11	K	奥岳川	3.9	0.87	0.693	4
12	L	奥岳川	9.9	21.88	0.434	10
13	M	奥畑川	4.0	1.68	0.711	3
14	N	中津無礼川	3.0	4.54	0.678	4
15	O	奥岳川	4.2	3.35	0.647	4
16	P	大野川	14.7	17.81	0.633	10
17	Q	大野川	4.7	3.24	0.682	2
18	R	大野川	5.4	8.26	0.628	4
19	S	大野川	2.7	11.23	0.592	2
20	T	大野川	3.5	9.22	0.611	4
21	U	大野川	5.3	7.21	0.677	5
22	V	大野川	10.6	615.72	0.286	14
23	W	乙津川	10.6	80.91	0.439	22

1.4.4 検証対象洪水の再現計算結果

(1) 検証対象洪水

対象洪水は、基準地点白滝橋における時系列の流量データが存在する昭和 42 年(1967 年)以降の洪水の内、実績ピーク流量上位 16 洪水とした。

表 1.16 検証対象洪水一覧

No.	洪水年月日	基準地点白滝橋	
		ピーク流量 (m^3/s)	順位
1	S49.9.9	6,557	8
2	S57.8.27	5,367	14
3	S57.9.25	4,453	16
4	H2.7.2	7,149	4
5	H5.8.10	6,504	10
6	H5.9.4	9,331	2
7	H9.9.16	6,447	11
8	H10.10.17	6,069	13
9	H11.9.15	7,061	5
10	H16.8.30	6,537	9
11	H16.10.20	6,793	7
12	H17.9.6	8,962	3
13	H19.8.2	6,915	6
14	H24.7.12	6,395	12
15	H29.9.17	9,980	1
16	H30.9.30	5,232	15

(2) 実績再現結果

実績洪水の再現計算結果を図 1.14 に示す。

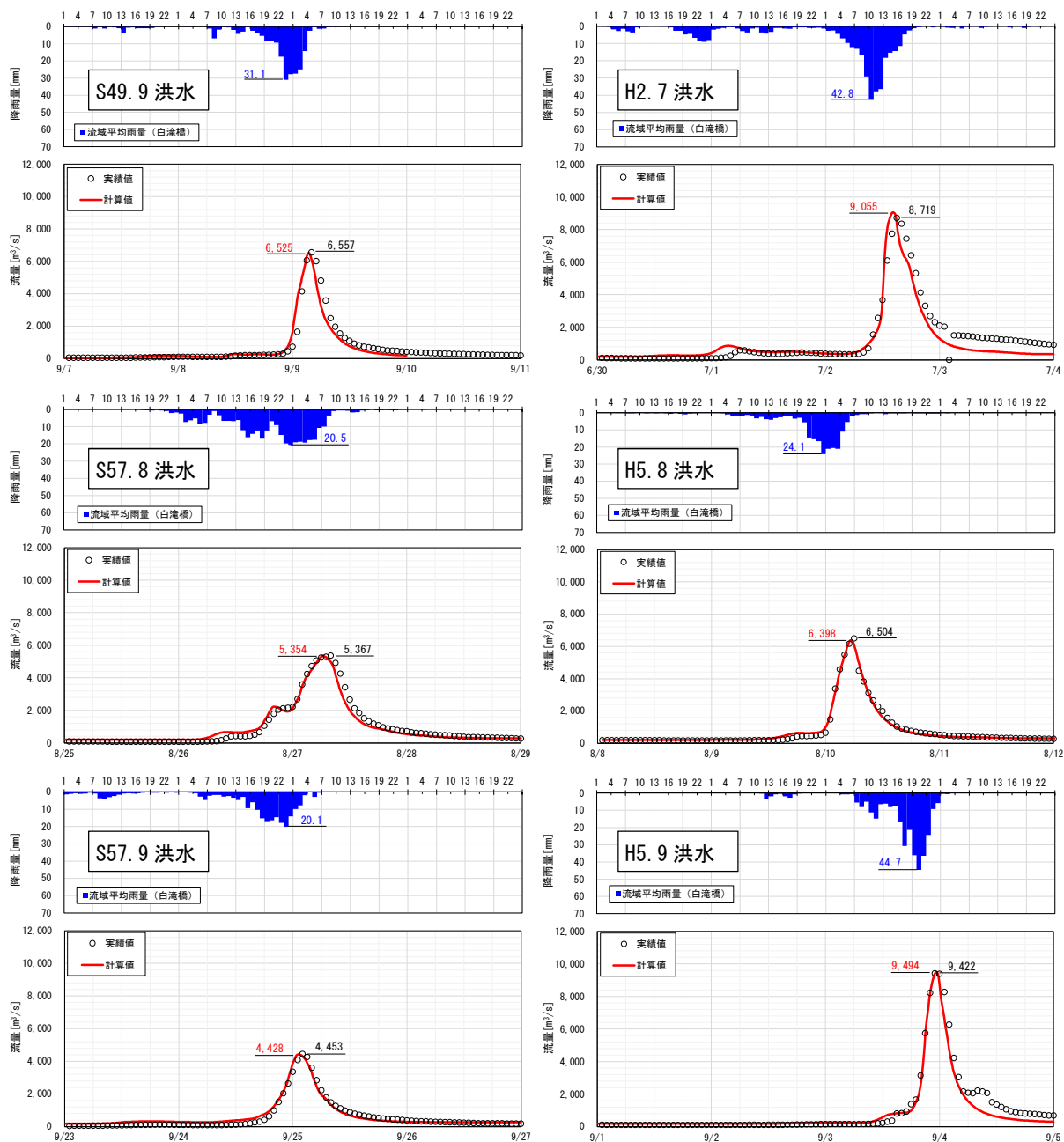


図 1.14 (1) 再現計算結果 (白滝橋)

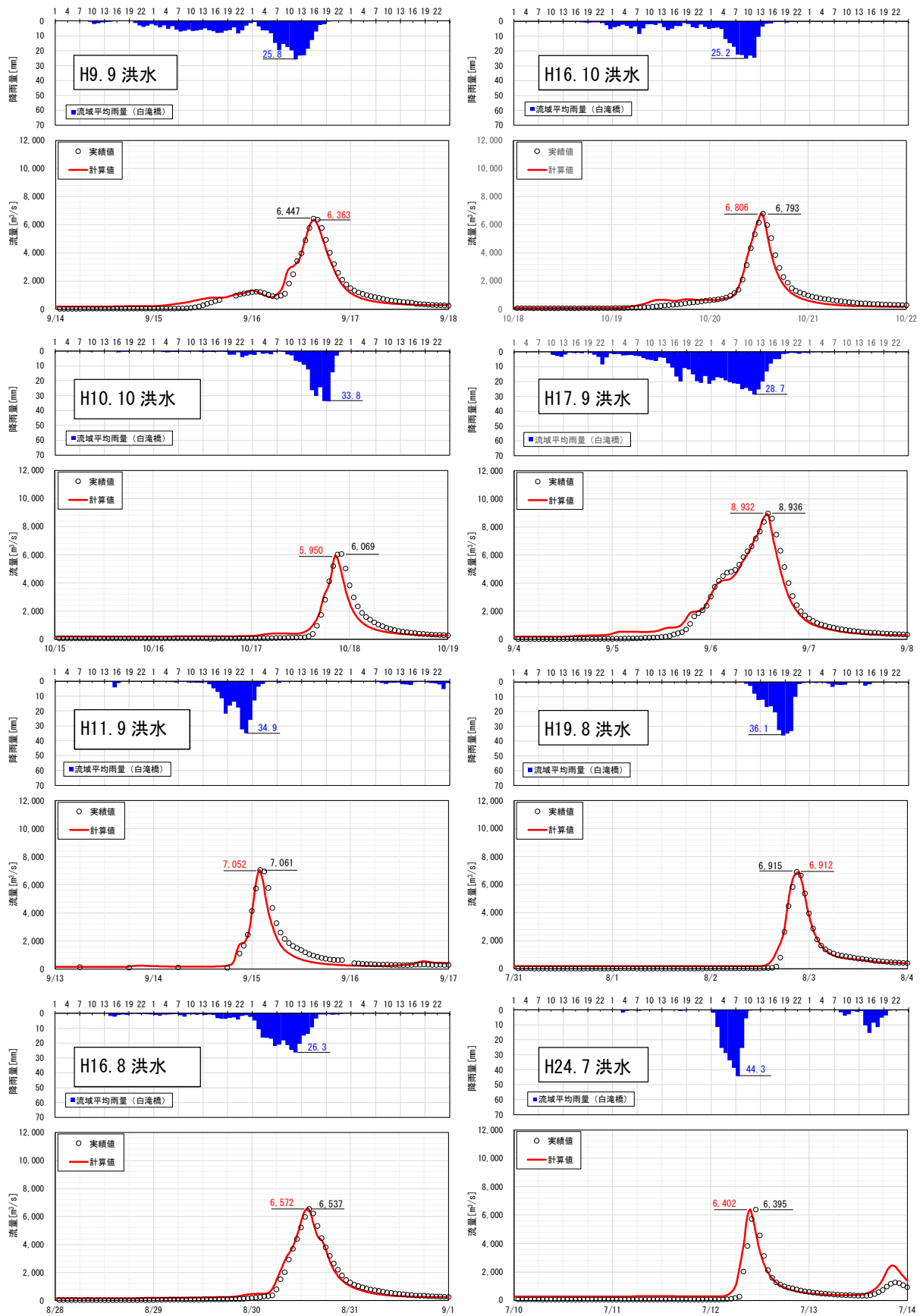


図 1.14 (2) 再現計算結果 (白滝橋)

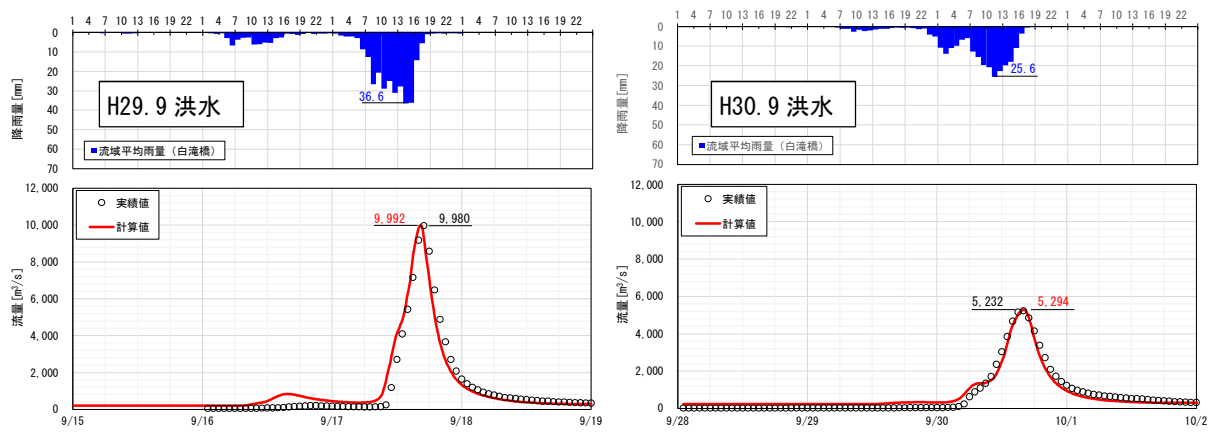


图 1.14 (3) 再現計算結果 (白滝橋)

1.5 基本高水のピーク流量の設定

1.5.1 基本高水のピーク流量設定の考え方

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

- (1) 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

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、既定計画と同様に計画規模を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

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

1.6.2 洪水到達時間

洪水到達時間は、以下に示す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。

対象洪水は、過去洪水（昭和28年(1953年)～令和2年(2020年)）のうち、白滝橋地点において、実績流量規模の上位10洪水とした。

(1) Kinematic Wave 法に基づく洪水到達時間の算定

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) 角屋の式を用いた洪水到達時間の算定

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 1.17 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 1.15 に示す。

- ・ Kinematic Wave 法に基づく算定結果では、10～15 時間（平均 12 時間）となる。
- ・ 角屋式では、8～12 時間（平均 10 時間）となる。

表 1.17 洪水到達時間の算定結果（白滝橋地点）

No	洪水名	白滝橋 ピーク 流量 (m ³ /s)	Kinematic wave 法	角屋式	
			算定結果 (hr)	平均有効降雨 強度 r_e	算定結果 (hr)
1	S39. 9. 25	7, 570	—※	10. 5	10. 4
2	S49. 9. 9	6, 557	12	7. 2	11. 9
3	H2. 7. 2	7, 149	10	23. 3	7. 9
4	H5. 9. 4	9, 331	11	18. 2	8. 6
5	H11. 9. 15	7, 061	11	8. 0	11. 5
6	H16. 8. 30	6, 537	11	14. 5	9. 3
7	H16. 10. 20	6, 793	14	12. 7	9. 8
8	H17. 9. 6	8, 962	19	24. 1	7. 8
9	H19. 8. 2	6, 915	13	11. 5	10. 1
10	H29. 9. 17	9, 980	11	21. 0	8. 2
最大			19	—	11. 9
最小			10	—	7. 8
平均値			12. 4	—	9. 6

※S39. 9 洪水は流量の時系列データが存在しないため対象外とした

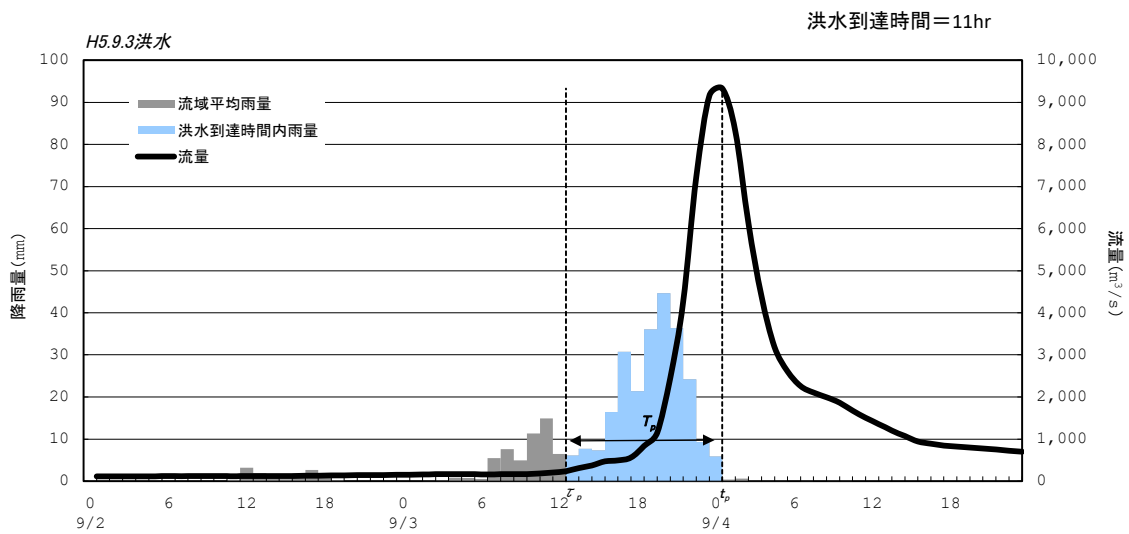
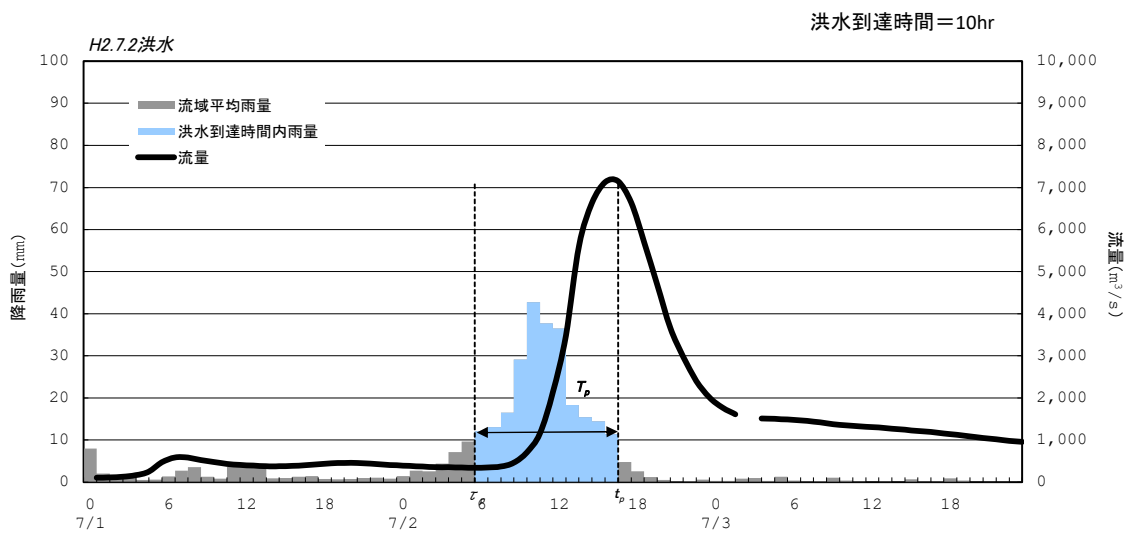
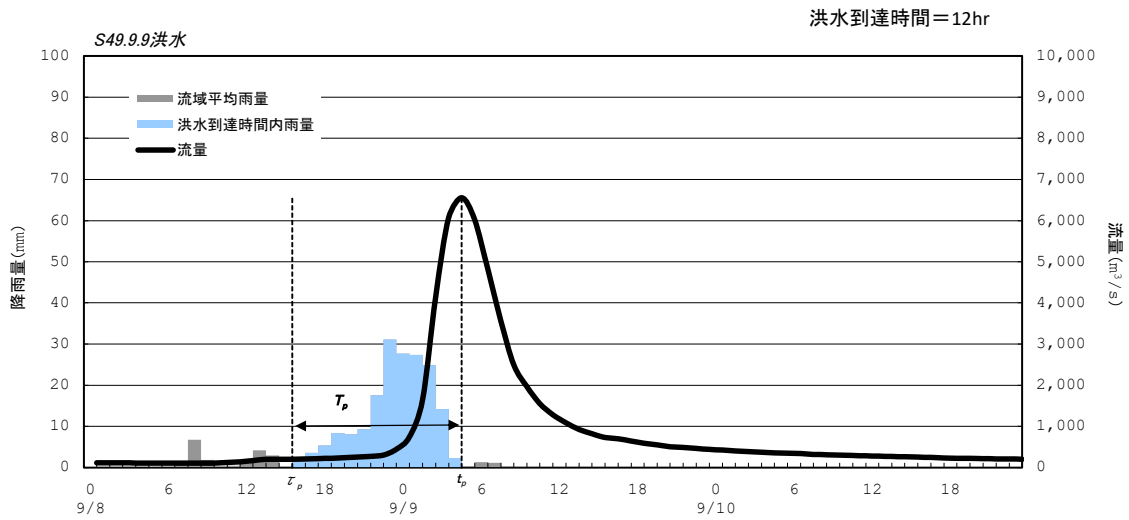


図 1.15 (1) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (基準地点白滝橋)

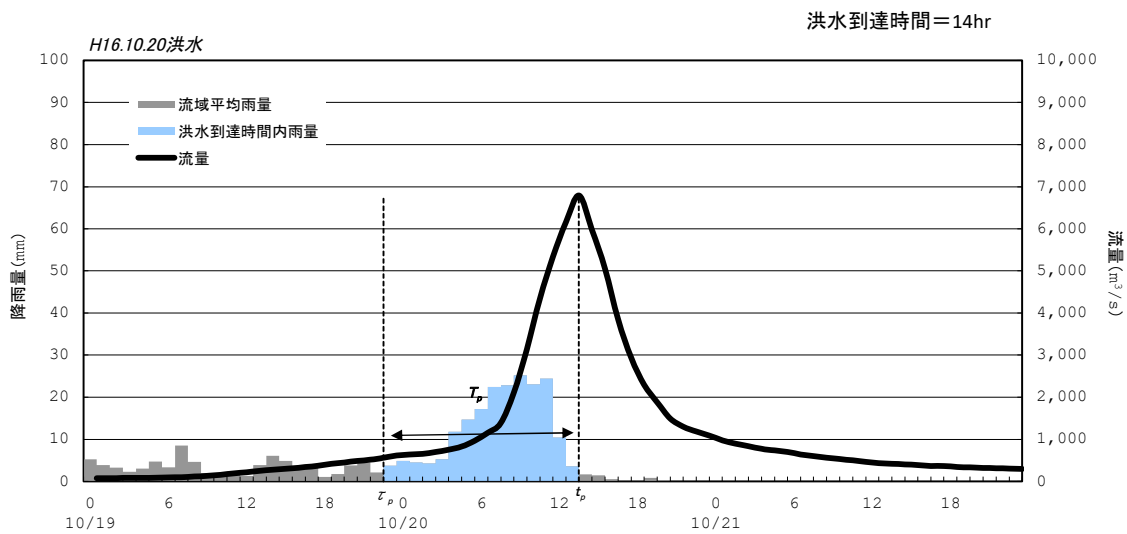
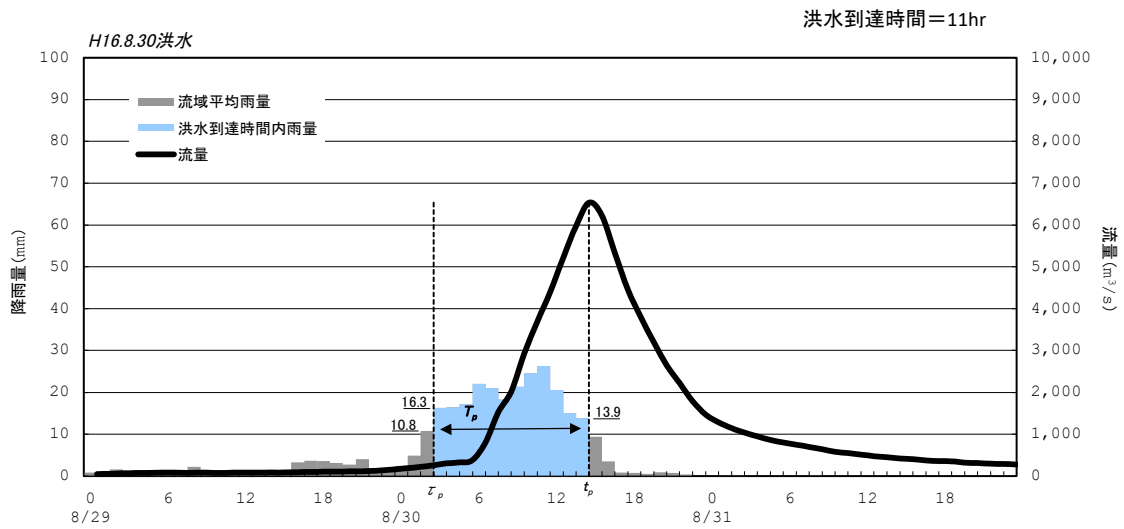
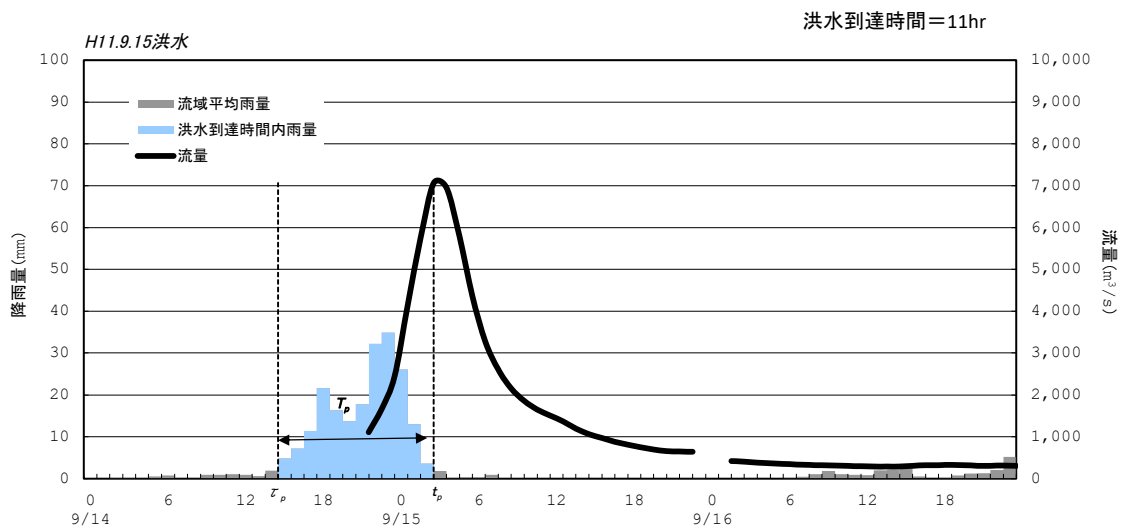


図 1.15 (2) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (基準地点白滝橋)

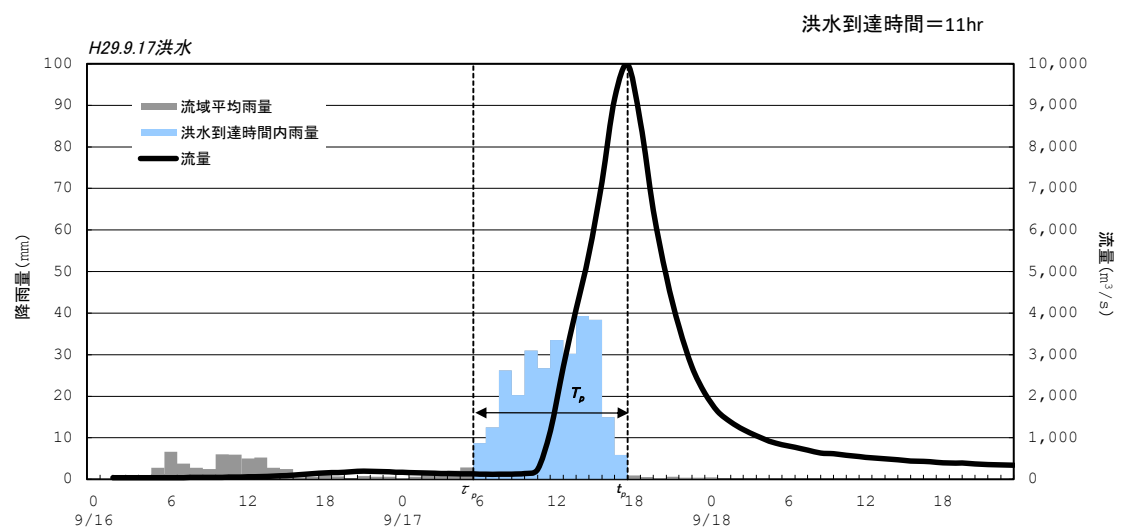
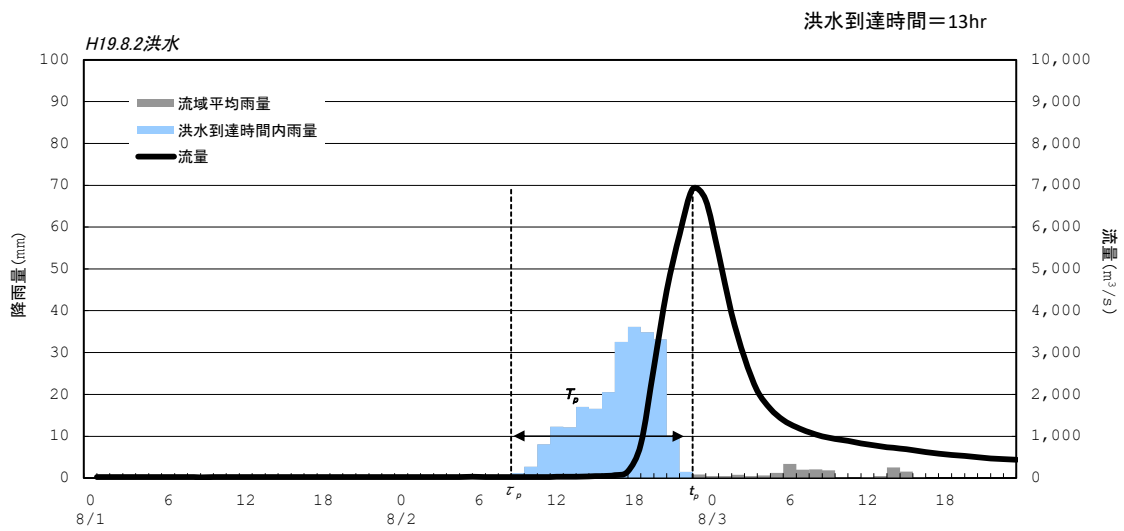
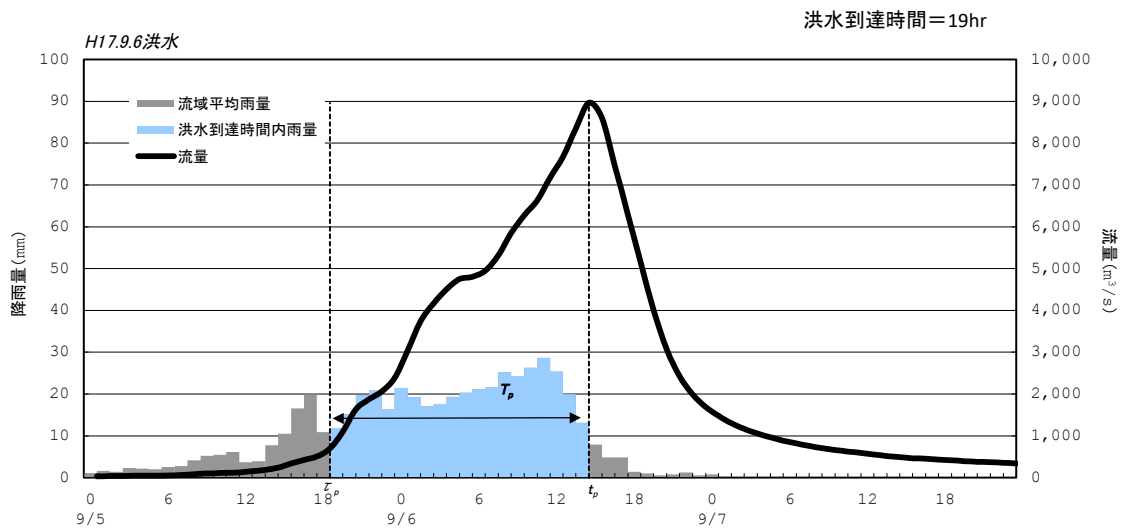


図 1.15 (3) Kinematic Wave 法による洪水到達時間 (基準地点白滝橋)

1.6.3 短時間雨量と洪水ピーク流量の相関について

ここでは、昭和28年(1953年)から令和2年(2020年)までの68年間で基準地点白滝橋において年最大流量を記録した洪水を対象にピーク流量とピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量(1、3、6、9、12、15、18、21、24、36、48時間雨量)との相関関係を整理した。

短時間降雨が9時間を超えるとピーク流量と相関が高く、その中で9時間雨量が最も相関が高い。

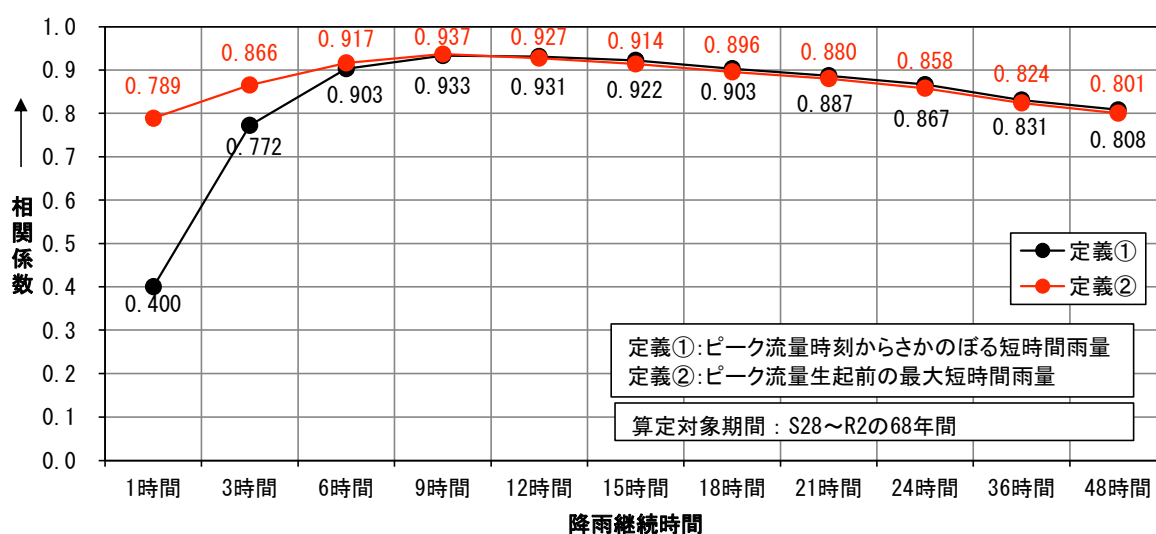


図 1.16 白滝橋地点ピーク流量と降雨継続時間の相関図

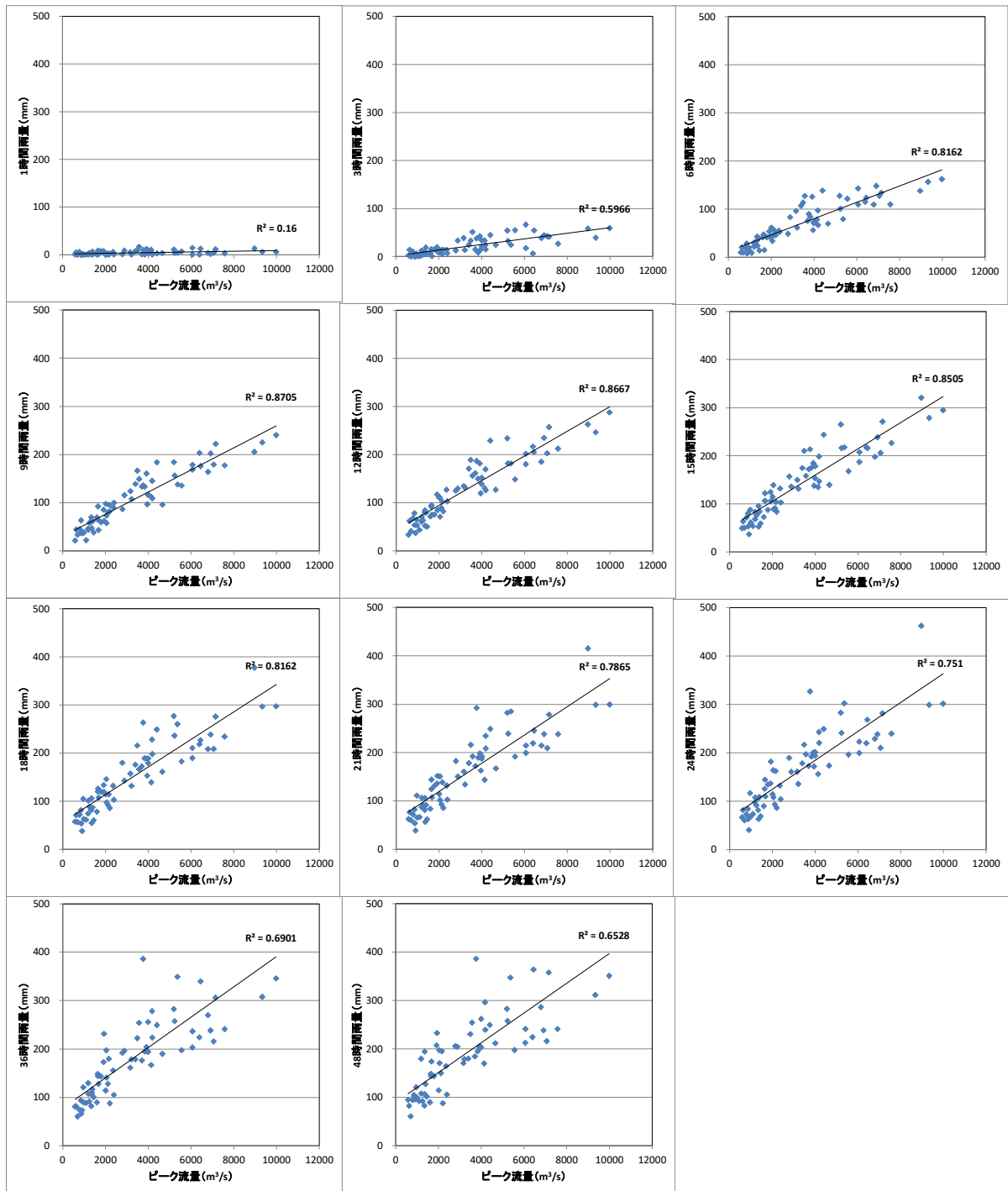


図 1.17 ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図 [定義①]

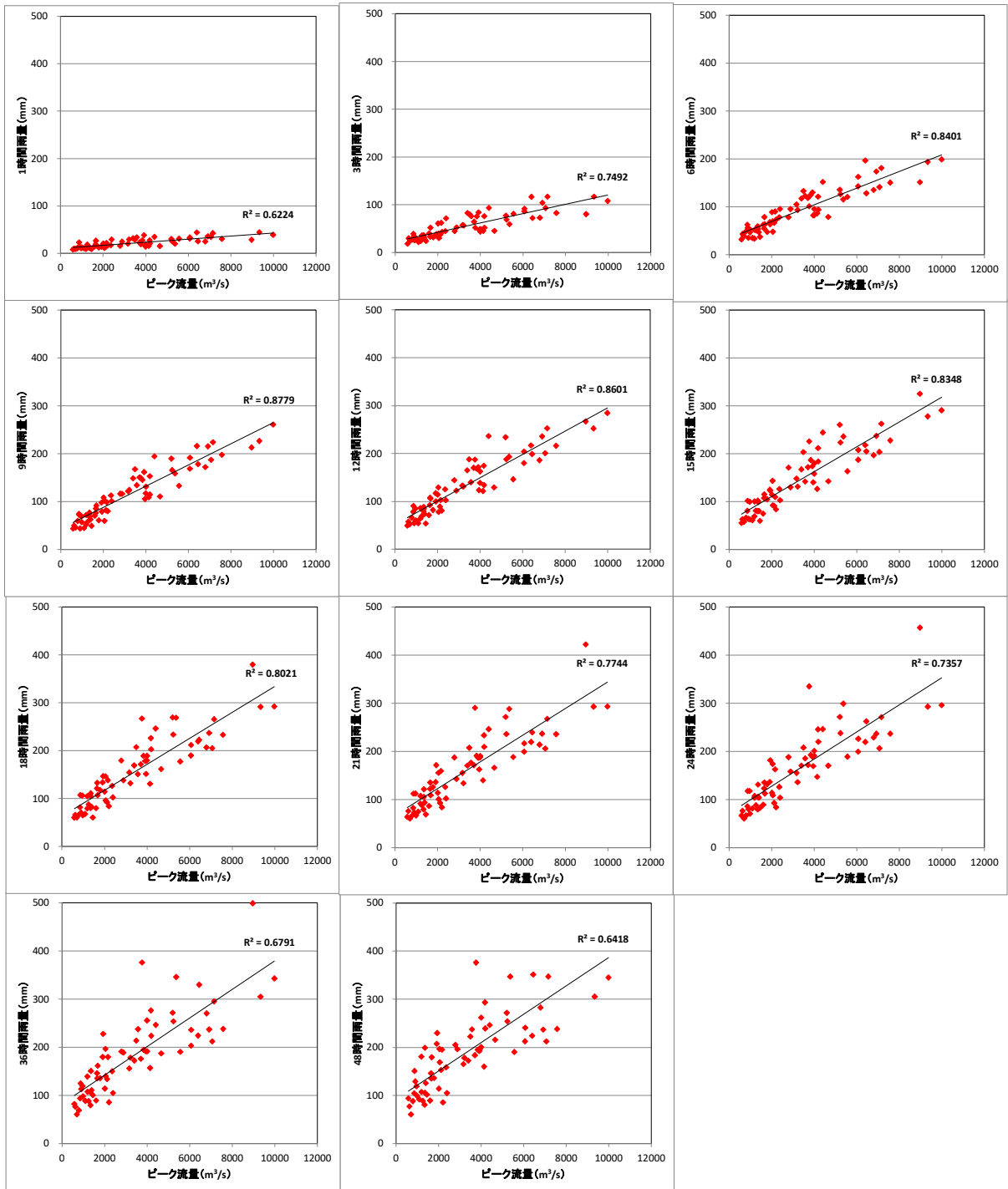


図 1.18 ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図 [定義②]

1.6.4 強い降雨強度の継続時間

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

対象洪水は、過去洪水（昭和 28 年(1953 年)～令和 2 年(2020 年)）のうち、基準地点白滝橋における実績ピーク流量の上位 10 洪水とした。

その結果、主要洪水における降雨量 5mm/hr の継続時間の平均値は 13 時間となり、降雨量 10mm/hr の継続時間の平均値は 11 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、11～13 時間でカバーできる。

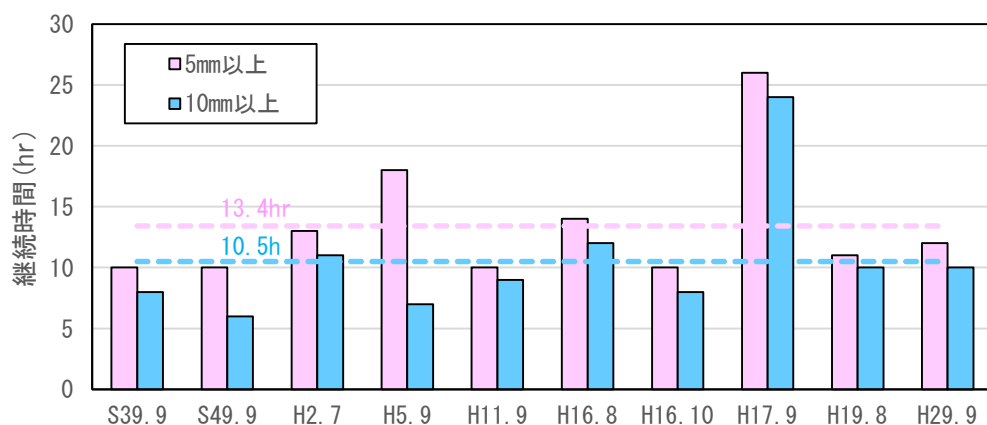


図 1.19 強い降雨強度の継続時間（白滝橋上流流域平均雨量）

1.6.5 対象降雨の降雨継続時間の設定

昭和 28 年(1953 年)から令和 2 年(2020 年)までの雨量資料(68 年間)を整理し、大野川の降雨特性・洪水到達時間・ピーク流量との相関を総合的に勘案して、対象降雨の降雨継続時間は 9 時間と設定した。

- ・洪水到達時間の検討において、Kinematic Wave 法では 10～15 時間(平均 12 時間)、角屋式では 8～12 時間(平均 10 時間)となる。
- ・ピーク流量と最も相関の高い短時間雨量は 9 時間雨量である。
- ・洪水のピーク流量を形成している強い降雨強度の継続時間は概ね 11～13 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

降雨継続時間は、Kinematic Wave 法及び角屋の式による洪水到達時間、短時間雨量と洪水ピーク流量との相関関係、強い降雨強度の継続時間から総合的に判断した結果、既定計画の2日から9時間に変更した。

なお、降雨量変化倍率の算定に用いている過去実験の期間が平成22年(2010年)までであることを踏まえ、既定計画からの雨量標本のデータ延伸は一律に平成22年(2010年)までにとどめ、平成22年(2010年)までの雨量標本を用い、定常的水文統計解析により確率雨量を算定し、これに降雨変化倍率を乗じた値を計画対象降雨の降雨量とした。

昭和28年(1953年)から平成22年(2010年)までの68年間の年最大時間9時間雨量を確率処理し、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルを用いた1/100対象降雨の降雨量を基準地点白滝橋で293.1mm/9hrと設定した。

表 1.18 基準地点白滝橋 9時間雨量 1/100 確率評価結果

(単位:mm)

項目	降雨継続時間別の白滝橋上流域平均雨量(9時間雨量)【S28-H22】												
	毎年値												
	一般極値分布	グンベル分布	指数分布	平方根指数型最大値分布	対数ピアソンⅢ型分布	対数ピアソンⅢ型分布	対数正規分布(岩井法)	対数正規分布(石原・高瀬)	対数正規分布(クワンザ法)	3母数対数正規分布(積率法)	2母数対数正規分布(L積率法)	2母数対数正規分布(積率法)	
	GEV	Gumbel	Exp	SQRTE	Lp3(Rs)	LogP3	Iwai	IshitTaka	LN3(Q)	LN3(PM)	LN2(LM)	LN2(PM)	
標本数	58												
最大値	226.5												
確率規模	1/2	113.6	112.4	103.4	108.4	117.2	-	111.7	116.6	112.0	116.7	111.0	111.0
	1/3	136.2	134.8	126.9	130.9	140.8	-	134.1	138.8	134.1	138.9	134.2	133.4
	1/5	160.9	159.8	156.5	158.1	164.1	-	159.2	161.6	158.8	161.7	160.7	159.1
	1/10	191.1	191.2	196.7	195.4	189.4	-	191.1	188.1	190.0	188.1	195.1	192.0
	1/20	219.3	221.3	236.9	234.4	209.8	-	221.9	211.6	220.0	211.5	228.9	224.3
	1/30	235.1	238.6	260.4	258.4	220.1	-	239.8	224.5	237.3	224.3	248.7	243.2
	1/40	246.2	250.8	277.1	275.9	226.8	-	252.5	233.4	249.5	233.1	262.9	256.7
	1/50	254.6	260.3	290.0	289.7	231.7	-	262.4	240.1	259.1	239.7	274.0	267.2
	1/60	261.4	268.0	300.6	301.3	235.5	-	270.4	245.5	266.8	245.1	283.1	275.8
	1/70	267.2	274.5	309.6	311.2	238.7	-	277.3	250.0	273.4	249.6	290.8	283.1
	1/80	272.1	280.1	317.3	319.9	241.3	-	283.2	253.9	279.1	253.4	297.6	289.5
	1/90	276.4	285.0	324.1	327.6	243.5	-	288.5	257.3	284.2	256.8	303.6	295.2
	1/100	280.3	289.5	330.2	334.6	245.5	-	293.1	260.3	288.7	259.8	308.9	300.2
	1/150	294.9	306.5	353.7	362.2	252.6	-	311.4	271.7	306.2	271.1	329.8	319.9
1/200	305.1	318.6	370.4	382.3	257.3	-	324.4	279.6	318.7	279.0	344.8	334.0	
1/400	329.3	347.6	410.6	432.8	267.5	-	356.2	298.4	349.2	297.5	381.7	368.7	
1/500	336.9	356.9	423.6	449.7	270.5	-	366.6	304.4	359.1	303.4	393.8	380.1	
1/1000	360.3	386.0	463.7	503.9	279.1	-	399.4	322.5	390.3	321.4	432.3	416.2	
SLSC	0.045	0.047	0.070	0.052	0.050	-	0.038	0.044	0.039	0.045	0.037	0.038	
Jackknife推定誤差	18.2	17.1	20.0	30.2	10.5	-	19.4	11.3	42.7	11.3	26.0	24.8	
相関係数(X)	0.977	0.973	0.942	0.949	0.986	-	0.971	0.979	0.972	0.979	0.966	0.968	
相関係数(P)	0.991	0.992	0.982	0.993	0.989	-	0.992	0.988	0.992	0.988	0.993	0.993	

 : 精度の良い手法 (SLSC ≤ 0.04)
 : Jackknife推定誤差が最小となる手法
 : W=1/100採用値

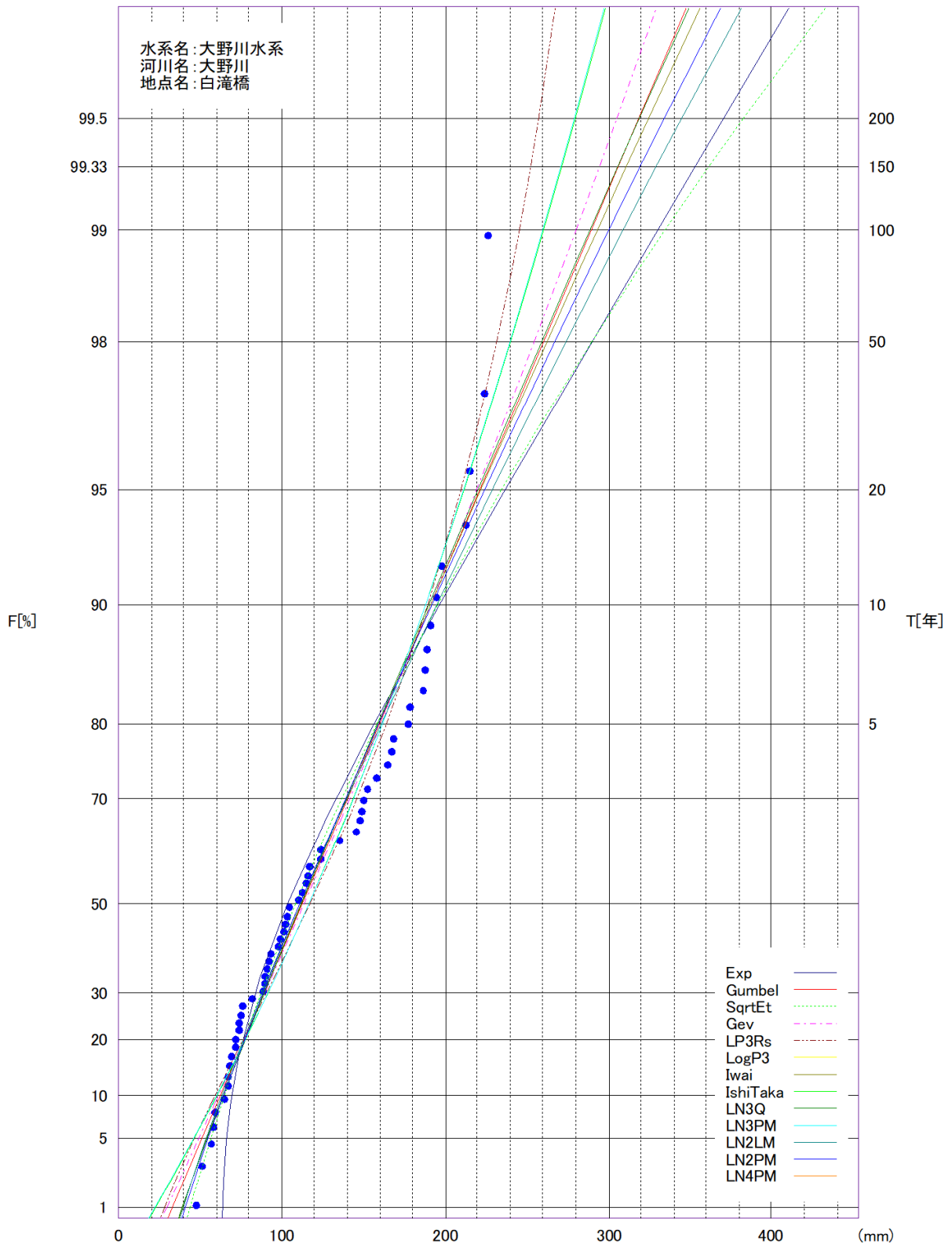


図 1.20 雨量確率計算結果

(白滝橋地点、9 時間雨量、昭和 28 年(1953 年)～平成 22 年(2010 年))

表 1.19 年最大 9 時間雨量一覽 (基準地点白滝橋)

No.	年月日	9時間最大雨量 (mm)	No.	年月日	9時間最大雨量 (mm)
1	S28. 6. 26	179	35	S62. 7. 18	115
2	S29. 9. 13	149	36	S63. 5. 4	76
3	S30. 9. 30	153	37	H1. 9. 19	101
4	S31. 9. 10	48	38	H2. 7. 2	224
5	S32. 9. 7	168	39	H3. 6. 16	75
6	S33. 4. 23	59	40	H4. 8. 8	124
7	S34. 8. 8	111	41	H5. 9. 4	227
8	S35. 8. 29	69	42	H6. 4. 21	51
9	S36. 10. 26	190	43	H7. 9. 24	104
10	S37. 7. 14	88	44	H8. 8. 14	90
11	S38. 8. 9	105	45	H9. 9. 16	178
12	S39. 9. 25	198	46	H10. 10. 17	192
13	S40. 7. 2	92	47	H11. 9. 15	187
14	S41. 9. 9	136	48	H12. 6. 17	72
15	S42. 7. 3	72	49	H13. 6. 29	124
16	S43. 9. 25	194	50	H14. 7. 26	93
17	S44. 8. 22	59	51	H15. 8. 8	149
18	S45. 8. 30	82	52	H16. 8. 30	188
19	S46. 8. 30	117	53	H17. 9. 6	213
20	S47. 6. 23	90	54	H18. 8. 18	165
21	S48. 7. 26	74	55	H19. 8. 2	215
22	S49. 9. 9	169	56	H20. 6. 12	102
23	S50. 6. 21	98	57	H21. 7. 22	99
24	S51. 9. 10	116	58	H22. 5. 23	67
25	S52. 6. 16	68	59	H23. 9. 20	113
26	S53. 6. 11	67	60	H24. 7. 12	216
27	S54. 9. 4	145	61	H25. 7. 27	82
28	S55. 10. 14	151	62	H26. 6. 4	94
29	S56. 7. 31	74	63	H27. 8. 25	112
30	S57. 8. 27	159	64	H28. 9. 20	131
31	S58. 7. 5	92	65	H29. 9. 17	261
32	S59. 8. 26	64	66	H30. 9. 30	166
33	S60. 6. 26	113	67	R1. 8. 6	108
34	S61. 6. 28	57	68	R2. 9. 7	116

また、気候変動の影響を考慮した対象降雨の降雨量として、基準地点白滝橋の 1/100 確率雨量の 293mm/9 時間に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じて得られた 322mm/9 時間を採用した。

表 1.20 1/100 確率規模雨量 (基準地点白滝橋)

項目	白滝橋	備考
1/100 確率雨量 (昭和 28 年(1953 年) ～ 平成 22 年(2010 年)標本)	293mm/9hr	確率手法 SLSC \leq 0.040 Jackknife 推定誤差最小
気候変動を 考慮した降雨量	322mm/9hr	293mm/9hr \times 降雨量変化倍率 1.1 倍

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。

(1) Mann-Kendall 検定 (定常/非定常性を確認)

昭和 28 年(1953 年)から平成 22 年(2010 年)までの雨量データに 1 年ずつ雨量データを追加し、令和 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ため、近年降雨までデータ延伸を実施した。

(2) 近年降雨までデータ延伸を実施

非定常性が確認されなかったことから、最新年(令和 3 年(2021 年))まで時間雨量データを延伸し、水文解析に一般的に用いられる確率モデルによる 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(2021 年)までの雨量データを用いた場合の基準地点白滝橋 1/100 確率雨量は 270.1mm/9hr 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かった。

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。

計画対象洪水の選定にあたっては、基準地点白滝橋で氾濫注意水位相当流量以上、かつ基準地点白滝橋のピーク流量生起時刻前後の最大9時間雨量の引き伸ばし率が2倍以下（1.1倍する前の確率雨量）となる23洪水を選定した。

選定した洪水を対象に、基準地点白滝橋の1/100確率9時間雨量322mm（293mm×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、基準地点白滝橋におけるピーク流量は9,130m³/s～14,273m³/sとなった。

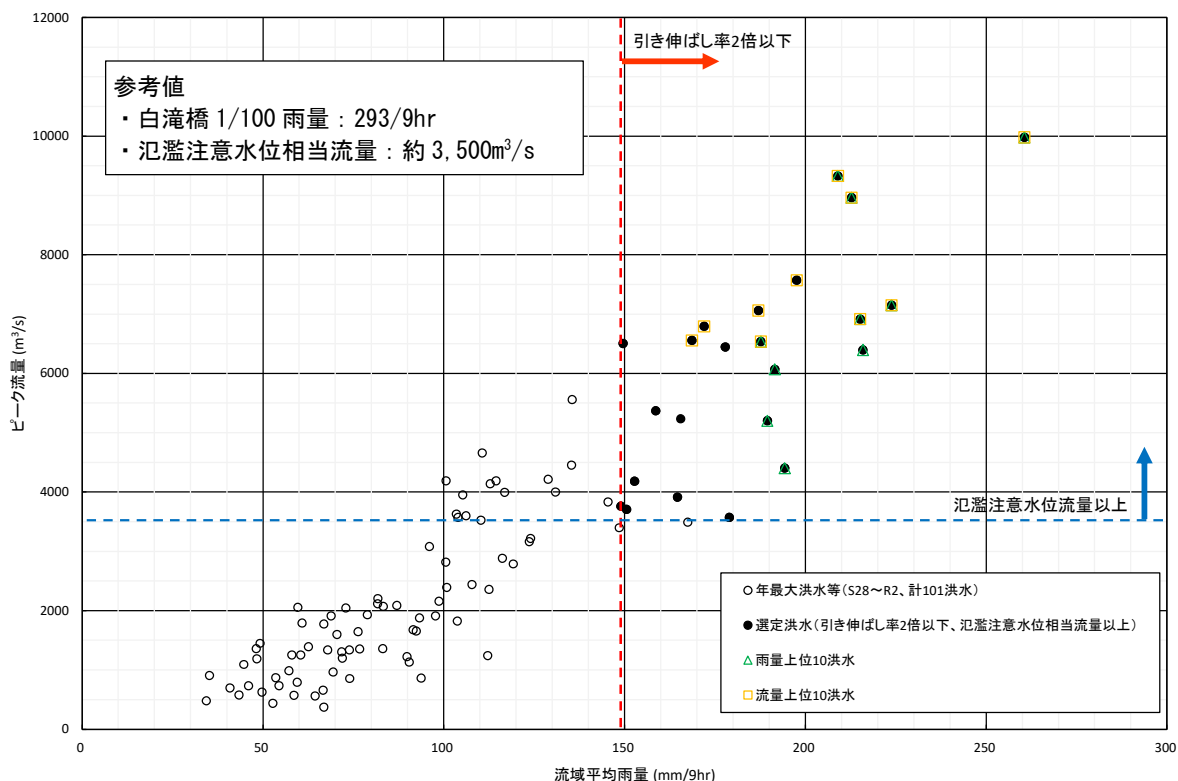


図 1.21 対象洪水の選定結果

表 1.21 選定洪水のピーク流量一覧（基準地点白滝橋）

No.	洪水	基準地点白滝橋上流域			基準地点白滝橋 基本高水の ピーク流量 (m ³ /s)
		実績雨量 (mm/9hr)	拡大率	計画規模 降雨量×1.1倍 (mm/9hr)	
1	S28.6.26	179.0	1.801	322	9,130
2	S29.9.13	149.0	2.163	322	11,801
3	S30.9.30	152.8	2.110	322	13,348
4	S36.10.26	189.5	1.701	322	13,247
5	S39.9.25	197.6	1.631	322	11,317
6	S43.9.25	194.3	1.659	322	12,209
7	S49.9.9	168.6	1.912	322	14,273
8	S55.10.14	150.5	2.141	322	11,258
9	S57.8.27	158.6	2.032	322	11,972
10	H2.7.2	223.8	1.440	322	13,680
11	H5.8.10	149.5	2.156	322	11,556
12	H5.9.3	226.5	1.423	322	13,667
13	H9.9.16	177.8	1.813	322	12,511
14	H10.10.17	191.5	1.683	322	12,399
15	H11.9.15	187.0	1.724	322	12,367
16	H16.8.30	187.7	1.717	322	11,702
17	H16.10.20	172.0	1.874	322	13,375
18	H17.9.6	212.8	1.515	322	13,489
19	H18.8.18	164.6	1.958	322	9,822
20	H19.8.2	215.1	1.498	322	10,150
21	H24.7.12	215.9	1.493	322	12,307
22	H29.9.17	260.5	1.237	322	12,991
23	H30.9.30	165.5	1.947	322	11,957

注. 上記の表の拡大率は、気候変動後の 322mm に対する引伸ばしであるため 2 倍以上となっている。

1.9 対象降雨の地域分布及び時間分布による棄却検討

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。

したがって、一次選定降雨について、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、計画降雨としての妥当性評価により代表的な洪水に適さない洪水については検討対象から除外した上で計画降雨波形を設定する。

1.9.2 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。(実績降雨も考慮し、地域・時間分布の棄却基準を総合的に判断)

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

1.9.3 地域分布の評価

(1) 対象地域の設定

対象地域は、図 1.22 に示すとおりであり、以下に示す 4 地域を選定した。

- ①上流域
- ②中流右支川域
- ③下流右支川域
- ④左支川域

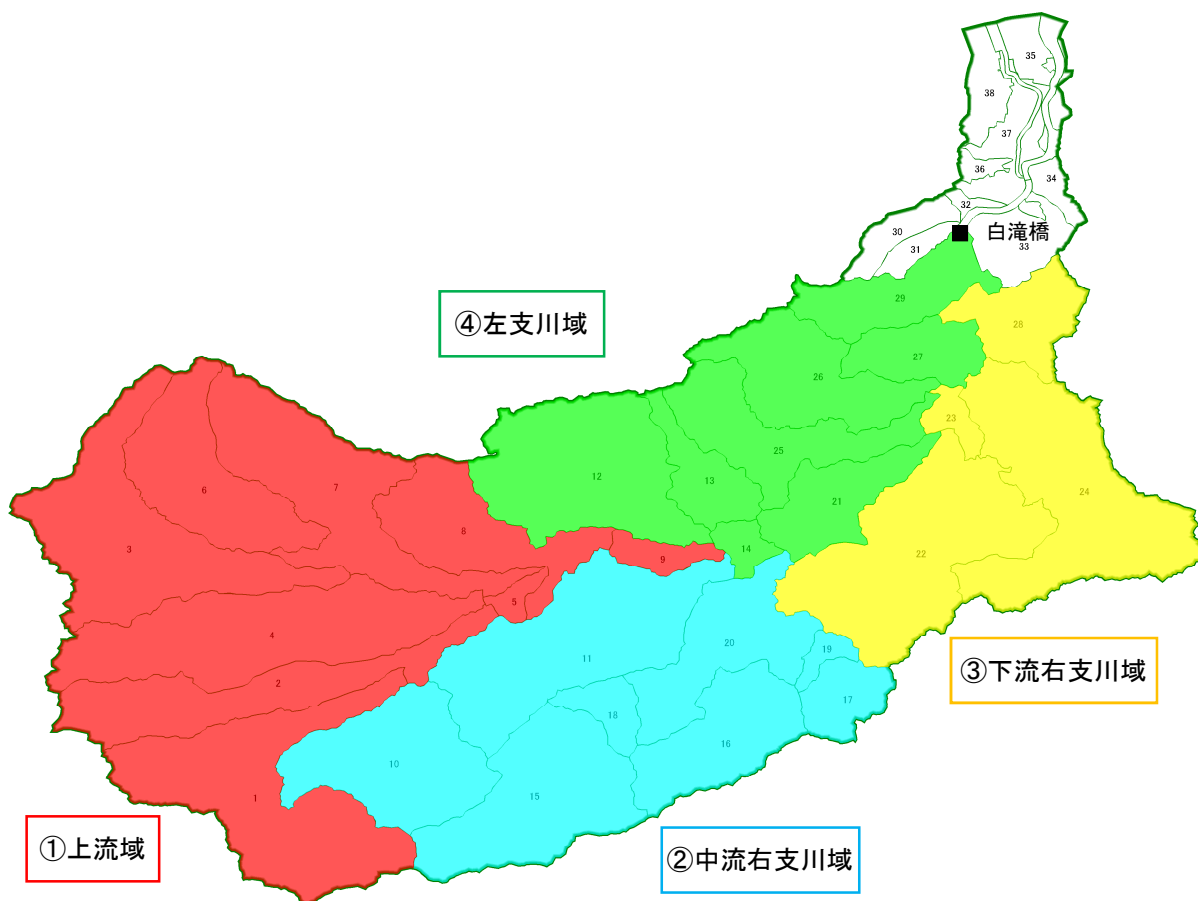


図 1.22 検討対象地域位置図

(2) 棄却基準の設定

各選定流域における棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和 28 年(1953 年)～平成 22 年(2010 年)までの各流域の年最大 9 時間雨量について確率計算を行い、各確率分布モデルの中で $SLSC \leq 0.040$ 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) 対象地域の雨量評価

前項にて選定した地域について、拡大後雨量の異常性評価を確認した。なお、対象の時間は基準地点白滝橋における 9 時間雨量が最大となる時間帯（降雨継続時間帯）とする。

各地域の拡大後雨量及び 1/500 雨量は表 1.22 に示すとおりであり、6 洪水が棄却となる。

表 1.22 地域分布の評価結果

No.	洪水年月日	実績9時間雨量(mm)				基準地点 白滝橋 拡大率	拡大後9時間雨量(mm)				棄却 結果
		上流域	中流 右支川域	下流 右支川域	左支川域		上流域	中流 右支川域	下流 右支川域	左支川域	
1	S28.6.26	166.8	173.6	196.7	193.2	1.637	273.2	284.3	322.0	316.3	
2	S29.9.13	138.5	175.8	137.8	144.9	1.967	272.5	345.7	270.9	285.0	
3	S30.9.30	140.5	202.1	136.5	129.1	1.918	269.5	387.6	261.8	247.7	
4	S36.10.26	70.7	223.5	316.8	263.3	1.546	109.4	345.6	489.9	407.1	×
5	S39.9.25	193.4	162.5	218.1	230.7	1.483	286.8	241.0	323.5	342.1	
6	S43.9.25	128.4	250.1	199.9	243.1	1.508	193.6	377.1	301.5	366.7	
7	S49.9.9	99.0	201.2	223.3	212.6	1.738	172.1	349.7	388.0	369.4	
8	S55.10.14	72.2	256.3	176.0	146.6	1.946	140.5	498.8	342.5	285.3	×
9	S57.8.27	137.4	206.8	167.3	132.7	1.847	253.8	382.0	308.9	245.2	
10	H2.7.2	282.7	220.0	161.2	171.2	1.309	370.1	288.0	211.1	224.1	×
11	H5.8.10	126.6	224.2	139.0	110.4	1.960	248.1	439.3	272.4	216.3	
12	H5.9.4	232.3	219.0	216.3	233.1	1.402	325.7	307.0	303.4	326.8	×
13	H9.9.16	134.1	228.3	210.1	171.2	1.648	221.0	376.3	346.2	282.1	
14	H10.10.17	136.2	238.7	257.4	183.1	1.530	208.4	365.2	393.8	280.2	
15	H11.9.15	124.4	187.7	285.0	221.7	1.567	194.9	294.1	446.6	347.5	×
16	H16.8.30	172.9	247.0	180.1	149.7	1.561	270.0	385.6	281.2	233.7	
17	H16.10.20	98.0	243.2	232.9	172.9	1.704	166.9	414.4	396.8	294.5	
18	H17.9.6	183.3	264.7	231.8	189.2	1.377	252.4	364.5	319.2	260.6	
19	H18.8.18	152.0	206.4	166.3	136.3	1.780	270.5	367.4	296.1	242.5	
20	H19.8.2	183.3	264.7	245.7	189.4	1.362	249.7	360.5	334.6	258.0	
21	H24.7.12	318.3	205.3	94.6	139.0	1.357	431.9	278.6	128.4	188.7	×
22	H29.9.17	167.2	374.9	306.9	256.8	1.125	188.0	421.6	345.1	288.8	
23	H30.9.30	110.8	205.9	213.3	178.7	1.770	196.2	364.4	377.6	316.3	
棄却基準【1/500】		—	—	—	—	—	324.6	441.4	445.3	385.0	

※拡大率は、基準地点白滝橋 1/100 確率規模降雨量 293mm/9h に対する実績 9 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、 $SLSC \leq 0.040$ かつ Jackknife 推定誤差が最小となる手法の値による

1.9.4 時間分布の評価

(1) 対象時間の設定

対象時間は、短時間雨量と洪水ピーク流量の関係と計画降雨継続時間から設定した。(表 1.23)

短時間雨量と洪水ピーク流量の関係が3時間以上で相関が高まることから、3時間を短時間雨量として設定した。また、計画降雨継続時間9時間の1/2程度である6時間を短時間雨量として設定した。

表 1.23 対象時間の設定

基準地点	対象時間
白滝橋	3h、6h

(2) 棄却基準の設定

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28年(1953年)～平成22年(2010年)までの年最大時間について確率計算を行い、各計算手法の中でSLSC ≤ 0.040 かつ Jackknife 推定誤差が最小となる確率分布モデルにおける1/500確率雨量を採用した。(実績降雨も考慮し、地域・時間分布の棄却基準を総合的に判断)

(3) 時間分布の雨量評価

設定した棄却基準値をもとに、拡大後雨量の異常性評価を確認した。

対象時間 3 時間、6 時間の拡大後雨量及び 1/500 雨量は以下に示すとおりであり、4 洪水が棄却された。

表 1.24 時間分布の評価結果

No.	洪水年月日	実績雨量 (mm)		白滝橋 継続時間内雨量 (mm/9hr)	拡大率	拡大後雨量 (mm)		棄却 結果
		3時間	6時間			3時間	6時間	
1	S28. 6. 26	76. 0	127. 2	179	1. 637	124. 5	208. 3	
2	S29. 9. 13	51. 9	101. 1	149	1. 967	102. 0	198. 8	
3	S30. 9. 30	76. 0	121. 0	153	1. 918	145. 7	232. 1	
4	S36. 10. 26	77. 2	135. 5	189	1. 546	119. 4	209. 5	
5	S39. 9. 25	82. 7	150. 4	198	1. 483	122. 6	223. 1	
6	S43. 9. 25	93. 6	151. 9	194	1. 508	141. 2	229. 1	
7	S49. 9. 9	86. 2	142. 8	169	1. 738	149. 8	248. 2	×
8	S55. 10. 14	64. 5	118. 2	151	1. 946	125. 6	230. 1	
9	S57. 8. 27	59. 4	115. 3	159	1. 847	109. 6	212. 9	
10	H2. 7. 2	117. 0	180. 9	224	1. 309	153. 1	236. 8	
11	H5. 8. 10	65. 8	118. 7	150	1. 960	128. 9	232. 6	
12	H5. 9. 4	117. 1	193. 5	209	1. 402	164. 2	271. 3	×
13	H9. 9. 16	72. 2	128. 1	178	1. 648	119. 0	211. 1	
14	H10. 10. 17	91. 8	162. 5	192	1. 530	140. 4	248. 7	×
15	H11. 9. 15	93. 2	140. 9	187	1. 567	146. 0	220. 8	
16	H16. 8. 30	72. 2	133. 6	188	1. 561	112. 8	208. 6	
17	H16. 10. 20	72. 6	135. 0	172	1. 704	123. 8	230. 1	
18	H17. 9. 6	80. 3	151. 3	213	1. 377	110. 6	208. 4	
19	H18. 8. 18	83. 8	129. 9	165	1. 780	149. 2	231. 3	
20	H19. 8. 2	104. 1	173. 7	215	1. 362	141. 8	236. 6	
21	H24. 7. 12	116. 7	196. 7	216	1. 357	158. 4	266. 9	×
22	H29. 9. 17	107. 8	199. 1	261	1. 125	121. 3	223. 9	
23	H30. 9. 30	48. 7	117. 6	166	1. 770	86. 2	208. 2	
棄却基準【1/500】		—	—	—	—	166. 1	243. 2	

※拡大率は、基準地点白滝橋 1/100 確率規模降雨量 293mm/9h に対する実績 9 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 \leq 0. 040 かつ Jackknife 推定誤差が最小となる手法の値による

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、1/100 規模（1.1 倍）9 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白滝橋におけるピーク流量は 9,130m³/s～13,489m³/s となる。基準地点白滝橋におけるピーク流量の一覧を表 1.25 に示し、洪水ごとのハイドログラフを図 1.23 に示す。

表 1.25 ピーク流量一覧（白滝橋地点）

No.	洪水	基準地点白滝橋上流域			基準地点白滝橋 基本高水の ピーク流量 (m ³ /s)
		実績雨量 (mm/9hr)	拡大率	計画規模 降雨量×1.1倍 (mm/9hr)	
1	S28.6.26	179.0	1.801	322	9,130
2	S29.9.13	149.0	2.163	322	11,801
3	S30.9.30	152.8	2.110	322	13,348
4	S36.10.26	189.5	1.701	322	13,247
5	S39.9.25	197.6	1.631	322	11,317
6	S43.9.25	194.3	1.659	322	12,209
7	S49.9.9	168.6	1.912	322	14,273
8	S55.10.14	150.5	2.141	322	11,258
9	S57.8.27	158.6	2.032	322	11,972
10	H2.7.2	223.8	1.440	322	13,680
11	H5.8.10	149.5	2.156	322	11,556
12	H5.9.3	226.5	1.423	322	13,667
13	H9.9.16	177.8	1.813	322	12,511
14	H10.10.17	191.5	1.683	322	12,399
15	H11.9.15	187.0	1.724	322	12,367
16	H16.8.30	187.7	1.717	322	11,702
17	H16.10.20	172.0	1.874	322	13,375
18	H17.9.6	212.8	1.515	322	13,489
19	H18.8.18	164.6	1.958	322	9,822
20	H19.8.2	215.1	1.498	322	10,150
21	H24.7.12	215.9	1.493	322	12,307
22	H29.9.17	260.5	1.237	322	12,991
23	H30.9.30	165.5	1.947	322	11,957

※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

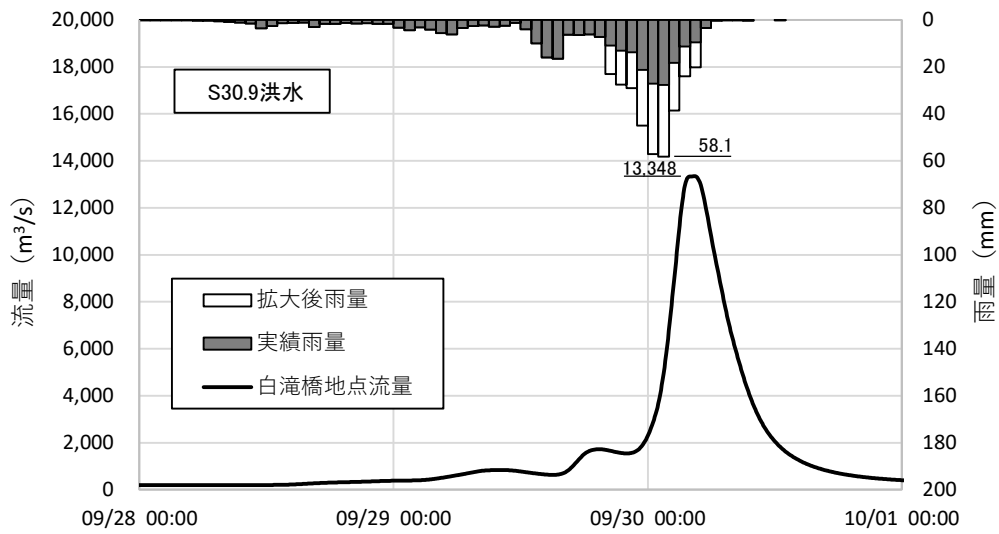
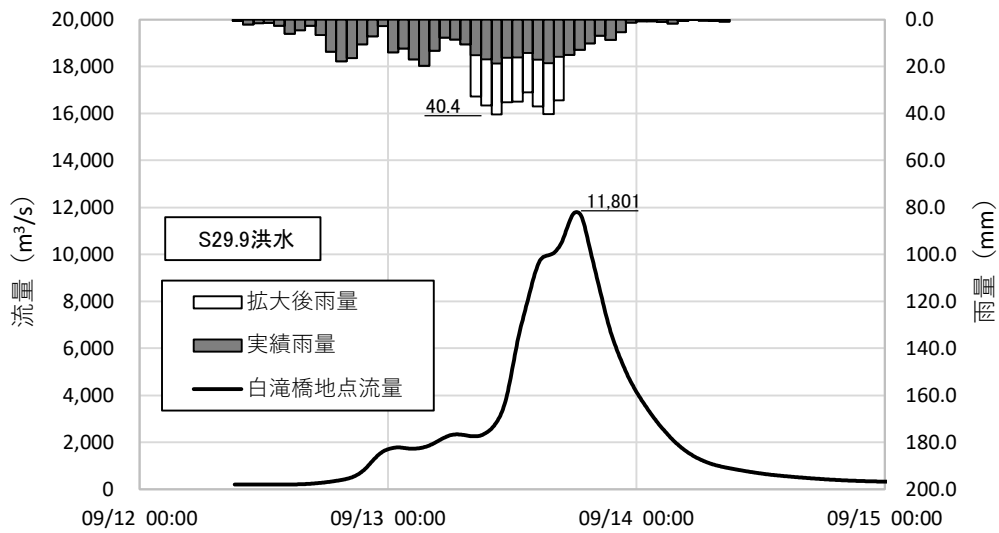
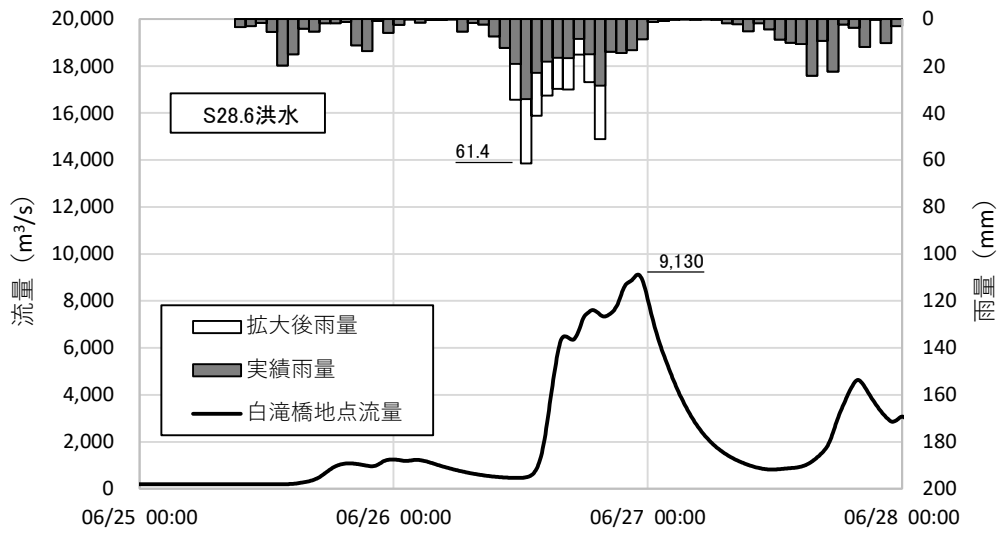


図 1.23 (1) 基本高水ハイドログラフ

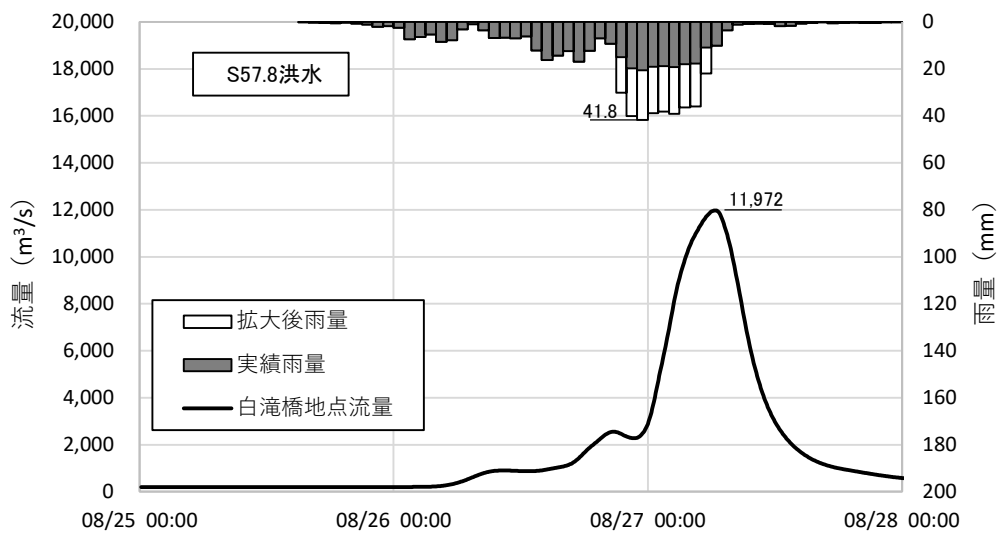
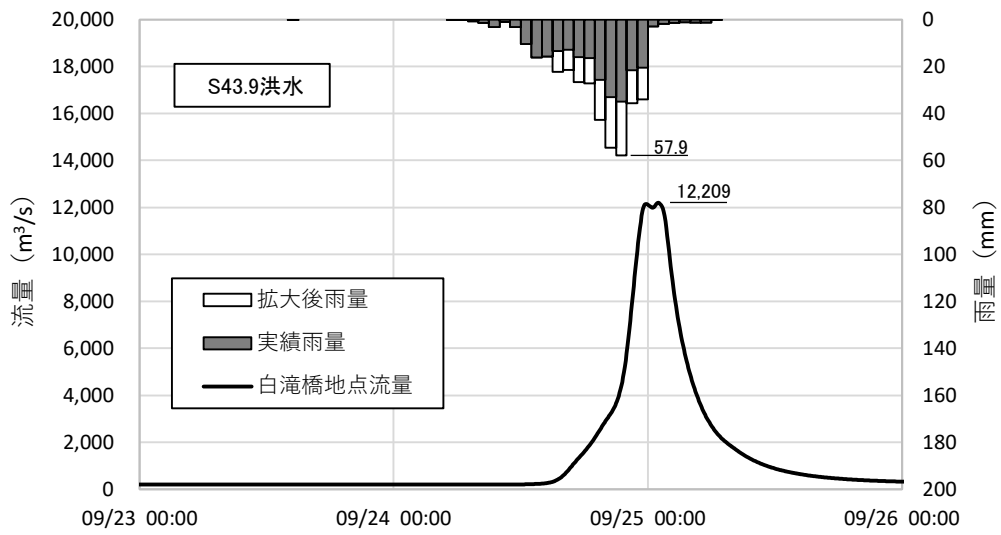
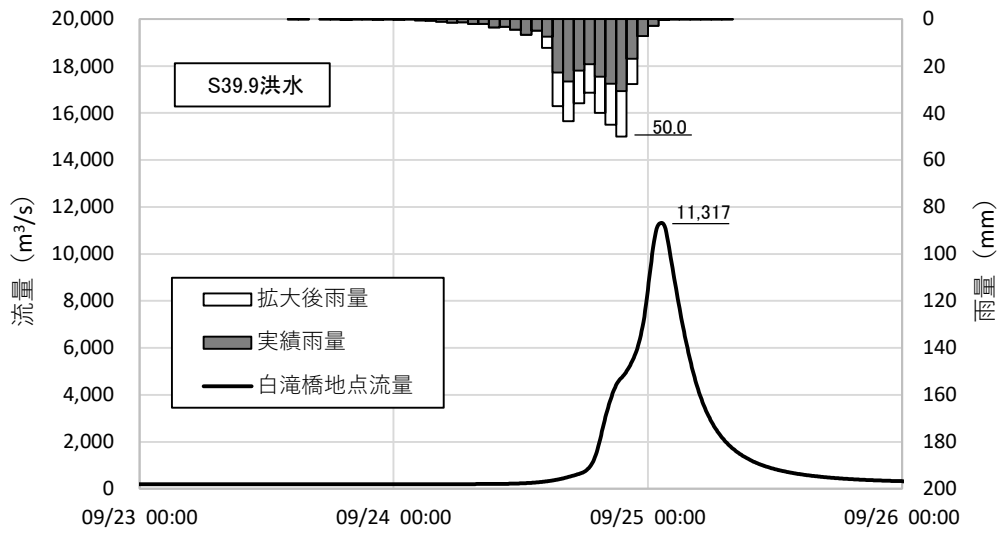


図 1.23 (2) 基本高水ハイドログラフ

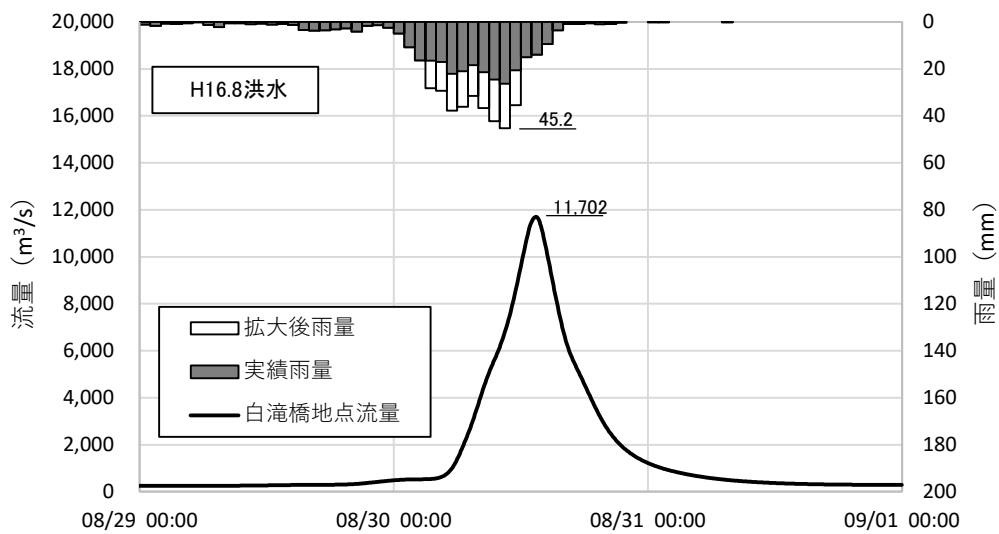
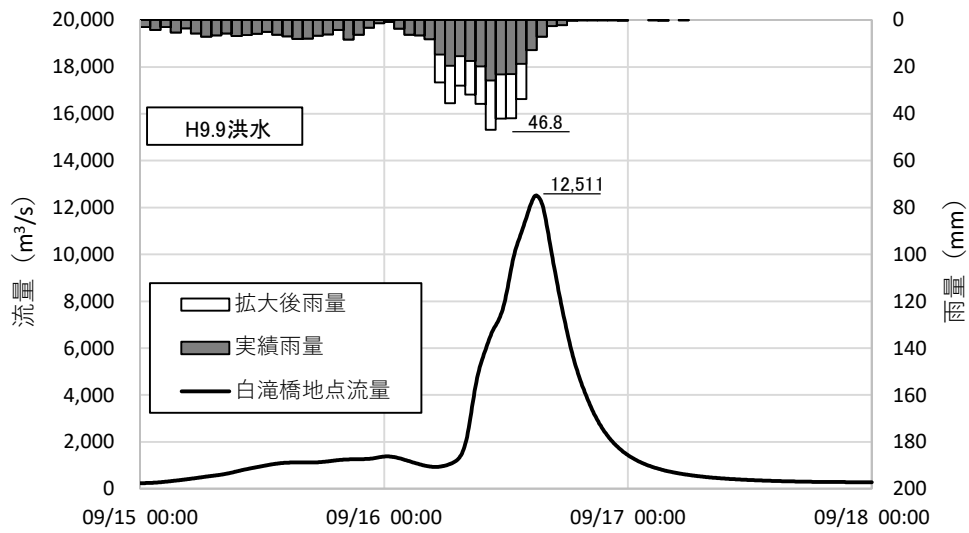
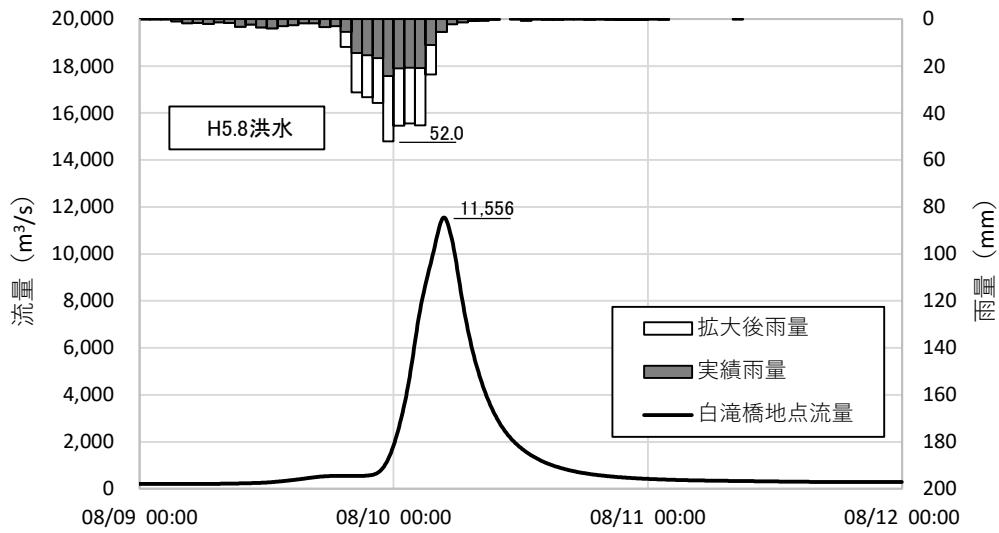


図 1.23 (3) 基本高水ハイドログラフ

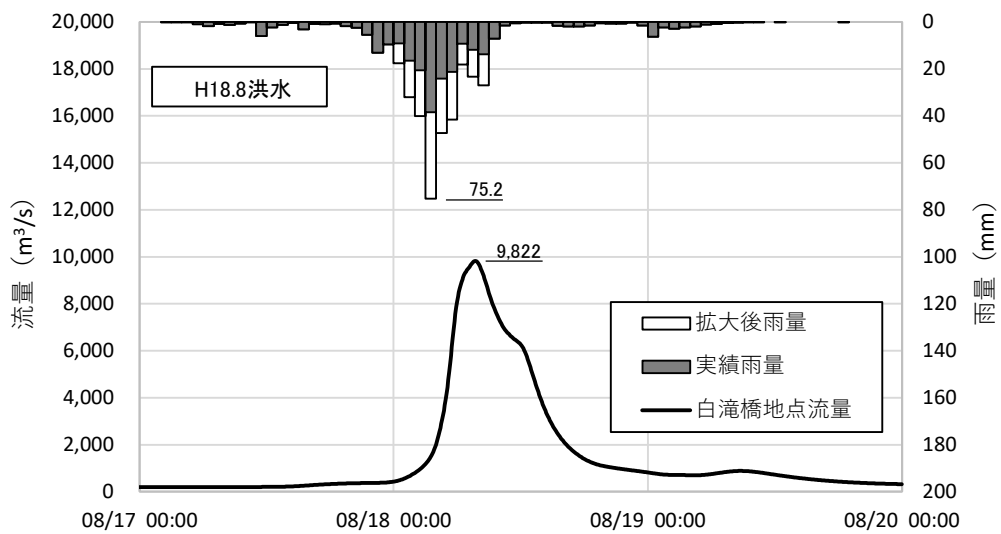
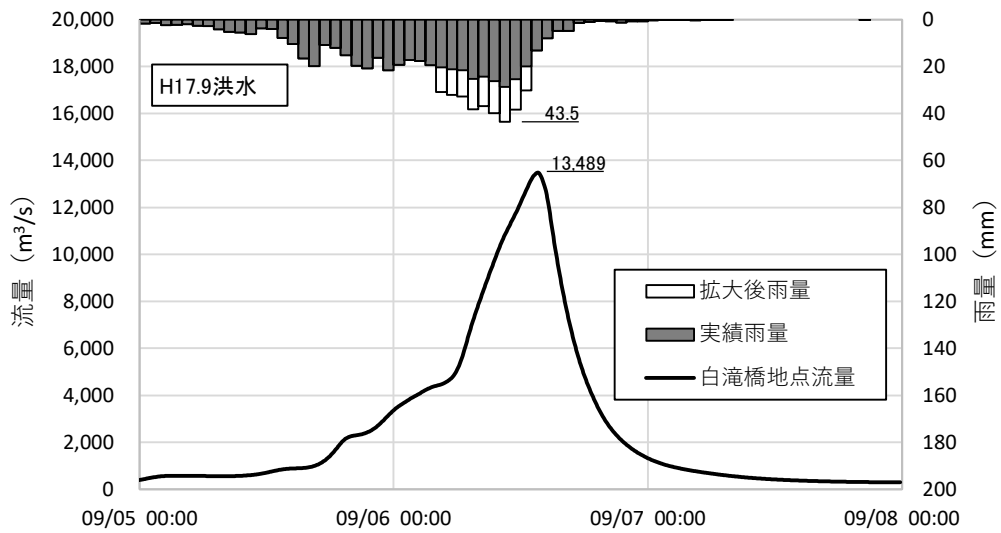
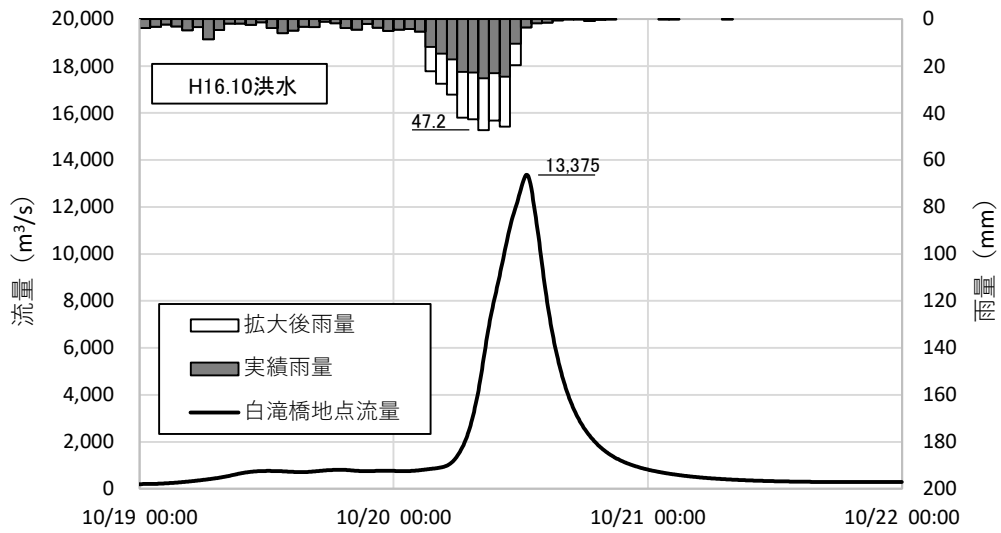


図 1.23 (4) 基本高水ハイドログラフ

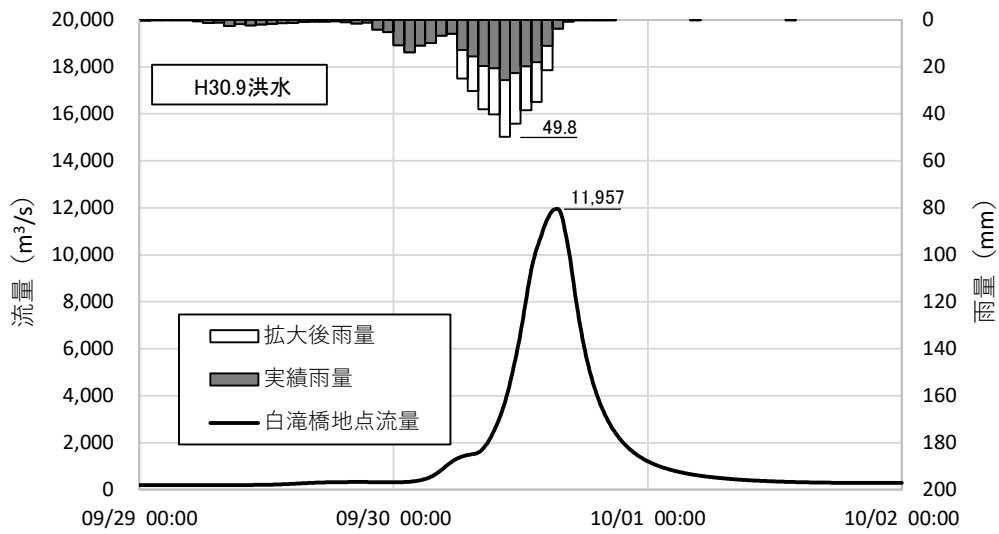
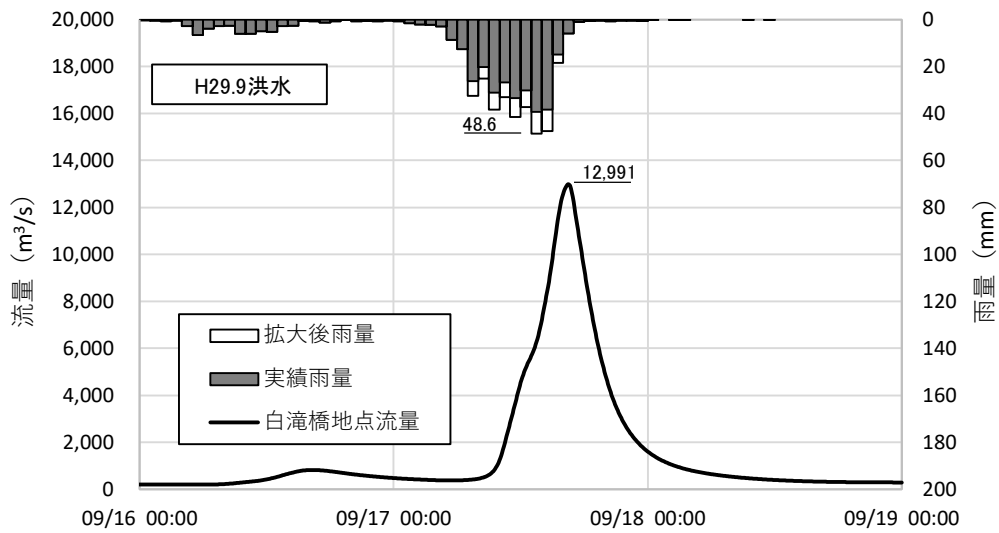
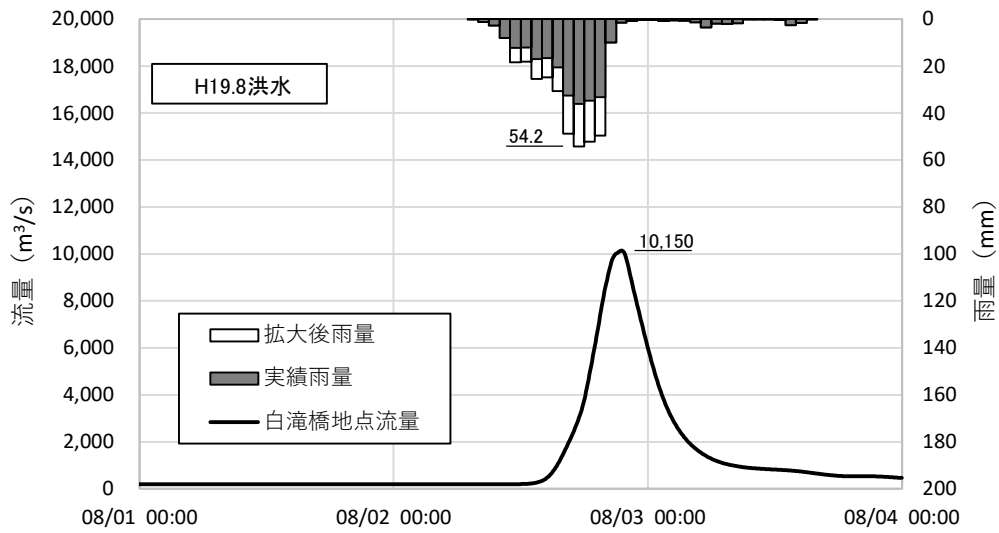


図 1.23 (5) 基本高水ハイドログラフ

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（360 年分＝30 年×12 摂動）及び将来気候（360 年分＝30 年×6SST×2 摂動）の年最大流域平均雨量標本から計画対象降雨の降雨量 322mm/9hr に近い 10 洪水を抽出した。抽出した 10 洪水は、中央集中や複数の降雨ピークがある波形等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した。

また、抽出した洪水の降雨波形を、気候変動を考慮した 1/100 確率規模の 9 時間雨量 322 mmまで調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、11,481m³/s～16,354m³/s となり、雨量データによる確率からの検討により算出された流量が数値の範囲に収まっていることを確認した。

※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の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

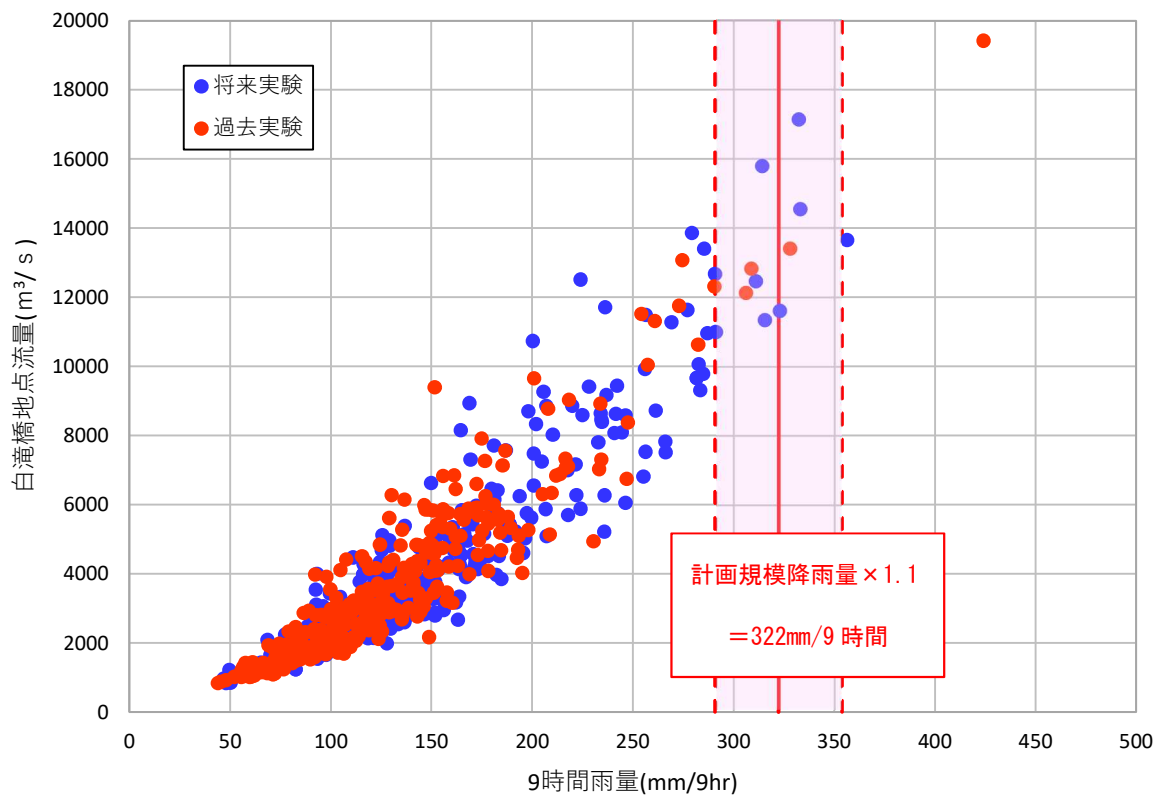


図 1.24 アンサンブル予測降雨波形からの抽出（基準地点白滝橋）

- ・ d2PDF（将来 360 年・現在 360 年）の年最大雨量標本を流出計算
- ・ 著しい引き伸ばし等によって降雨波形を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 1.26 アンサンブル予測降雨波形のピーク流量（基準地点白滝橋）

洪水名			白滝橋地点 9時間雨量 (mm)	気候変動後 1/100雨量 (mm)	拡大率	白滝橋地点 ピーク流量 (m ³ /s)
将来実験	HFB_2K_GF_m101	2074070119	314.1	322	1.026	16,354
	HFB_2K_GF_m105	2089070503	332.9		0.968	13,870
	HFB_2K_HA_m105①	2062080704	322.7		0.999	11,596
	HFB_2K_HA_m105②	2063090314	315.3		1.022	11,801
	HFB_2K_HA_m105③	2085082206	310.9		1.037	13,019
	HFB_2K_MP_m101	2075090700	291.1		1.107	11,481
	HFB_2K_MR_m105	2081070900	332.2		0.970	16,349
過去実験	HPB_m006	1999071103	306.0	322	1.053	12,870
	HPB_m010	2006091723	327.8		0.983	13,180
	HPB_m022	1984090705	308.7		1.044	13,471

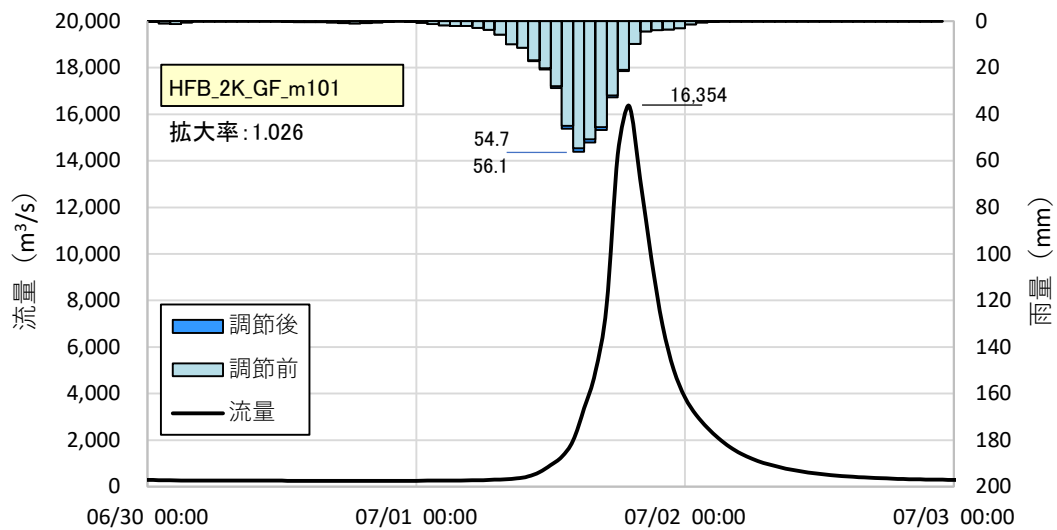


図 1.25 (1) アンサンブル予測降雨波形における流出計算結果

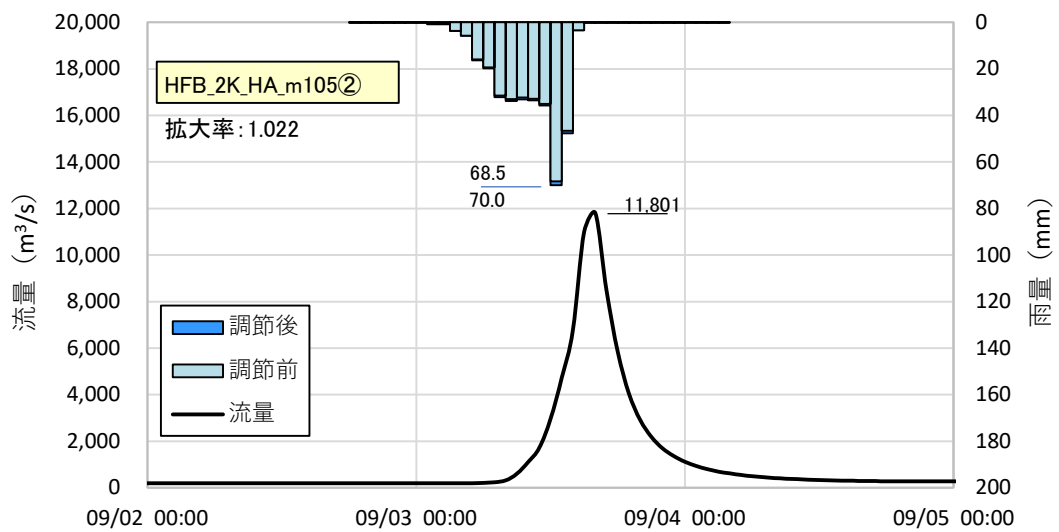
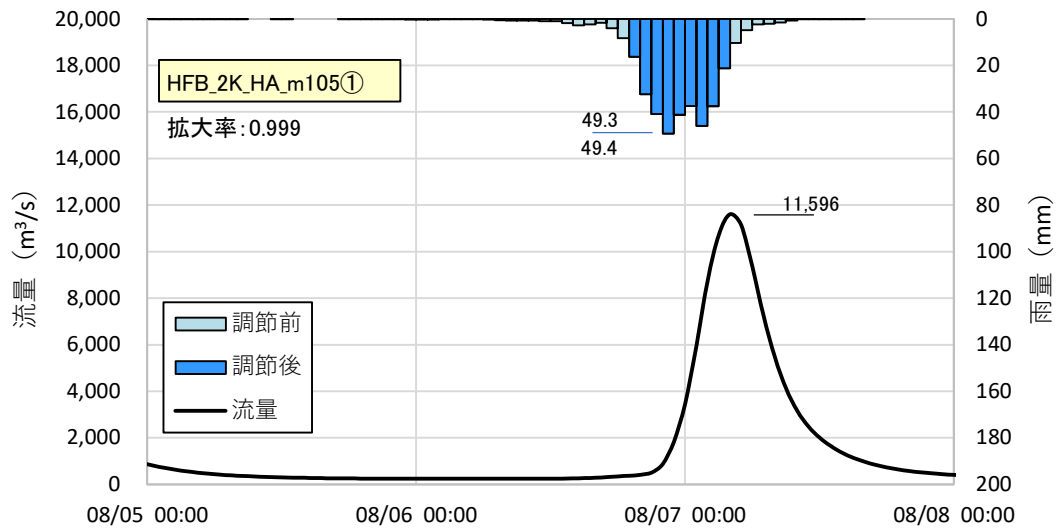
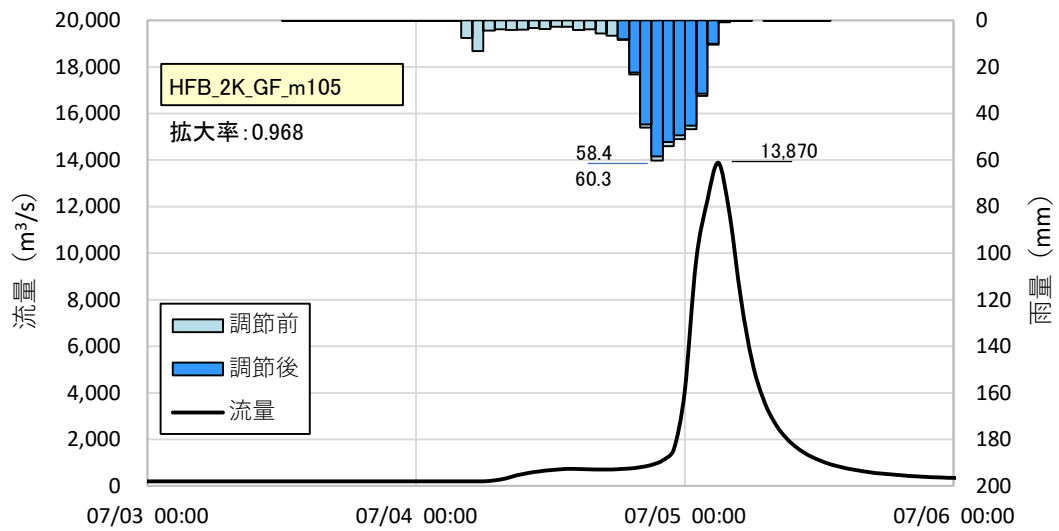


図 1.25 (2) アンサンブル予測降雨波形における流出計算結果

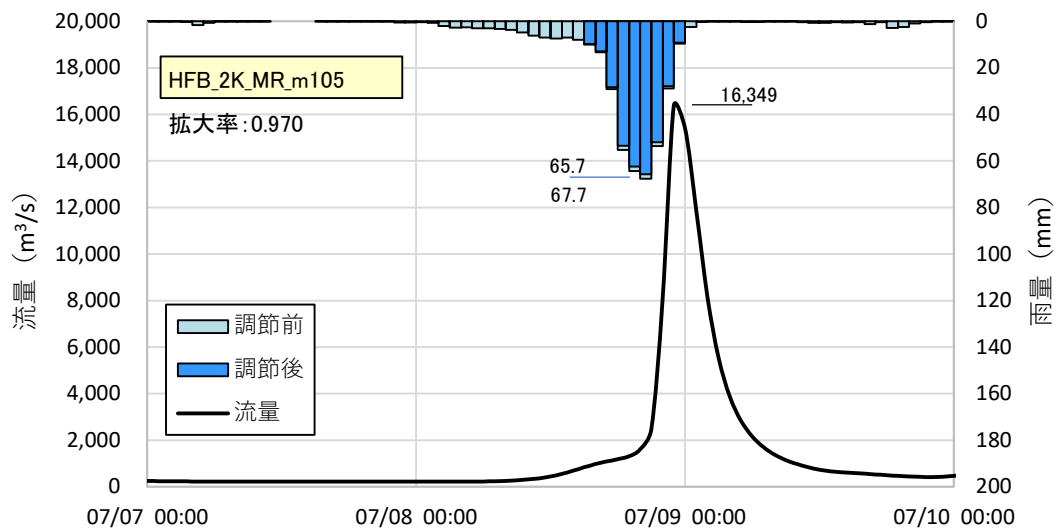
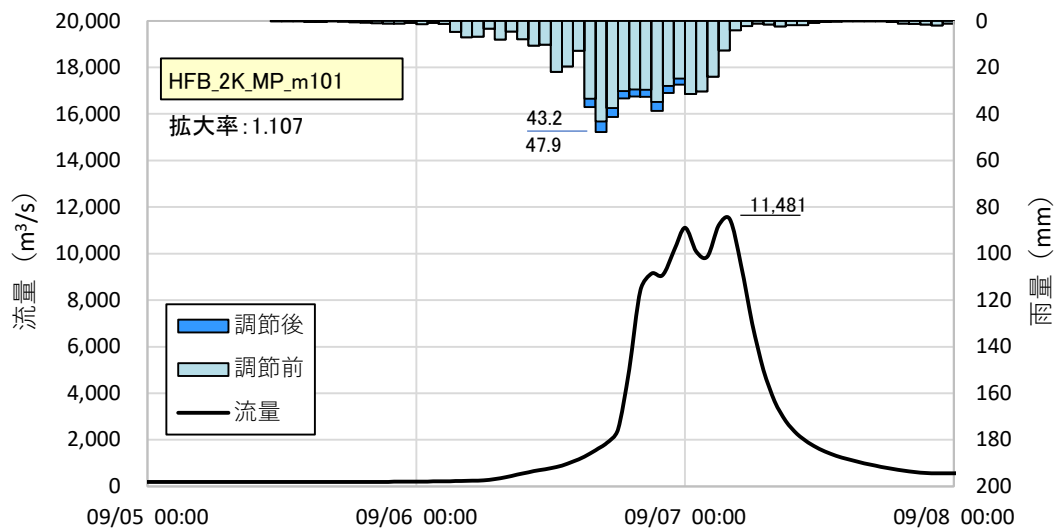
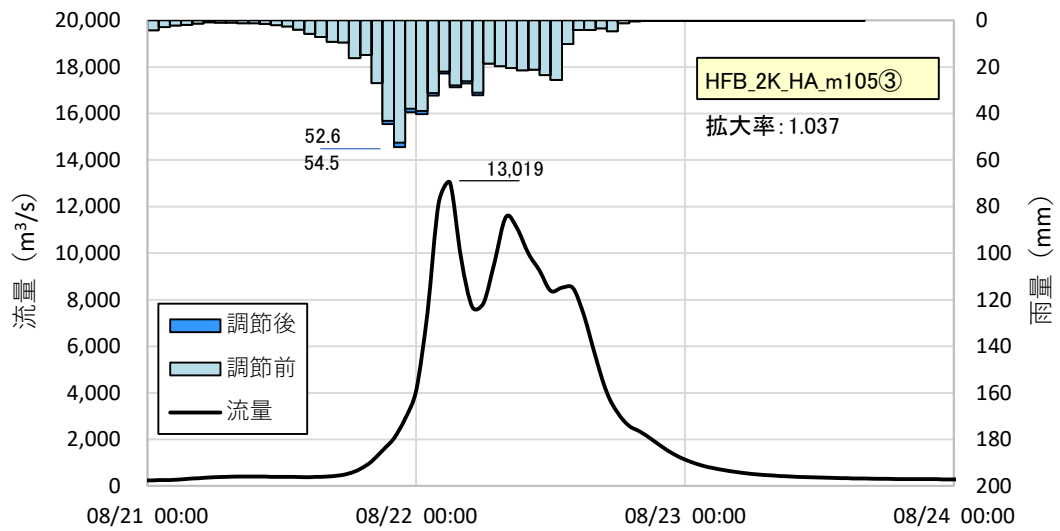


図 1.25 (3) アンサンブル予測降雨波形における流出計算結果

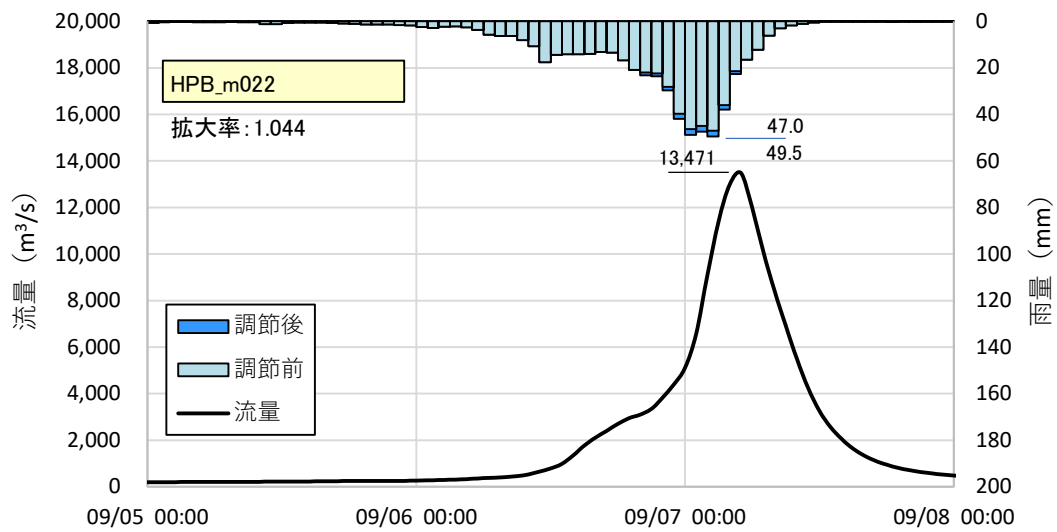
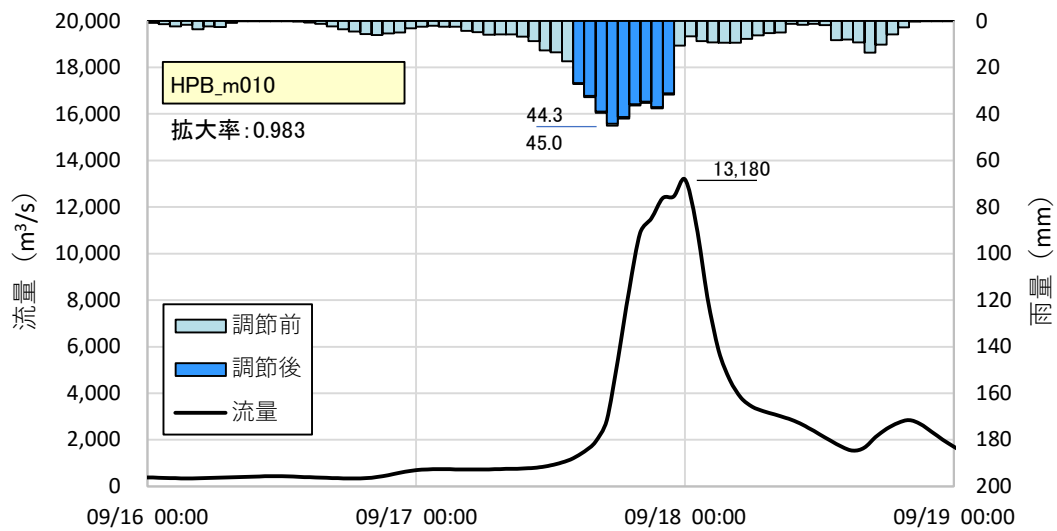
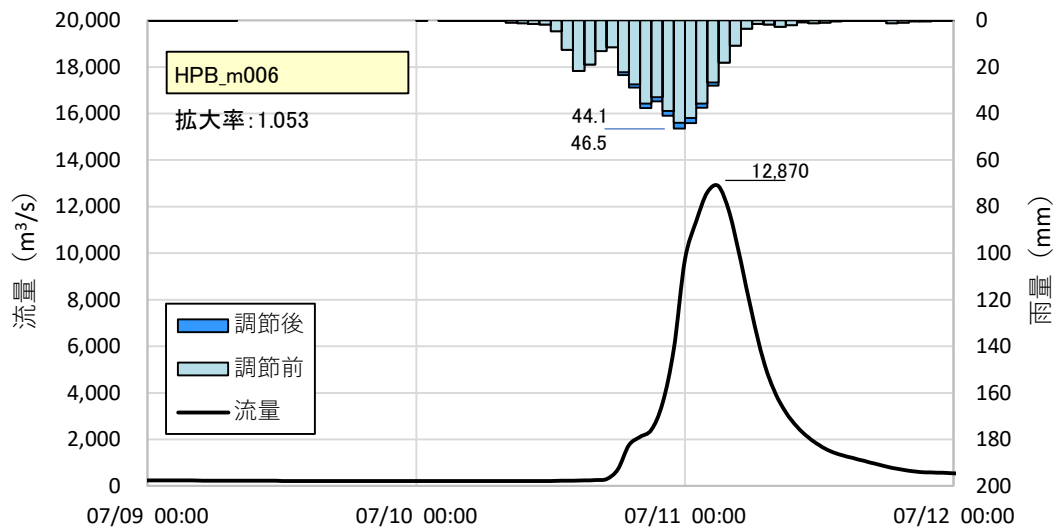


図 1.25 (4) アンサンブル予測降雨波形における流出計算結果

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。

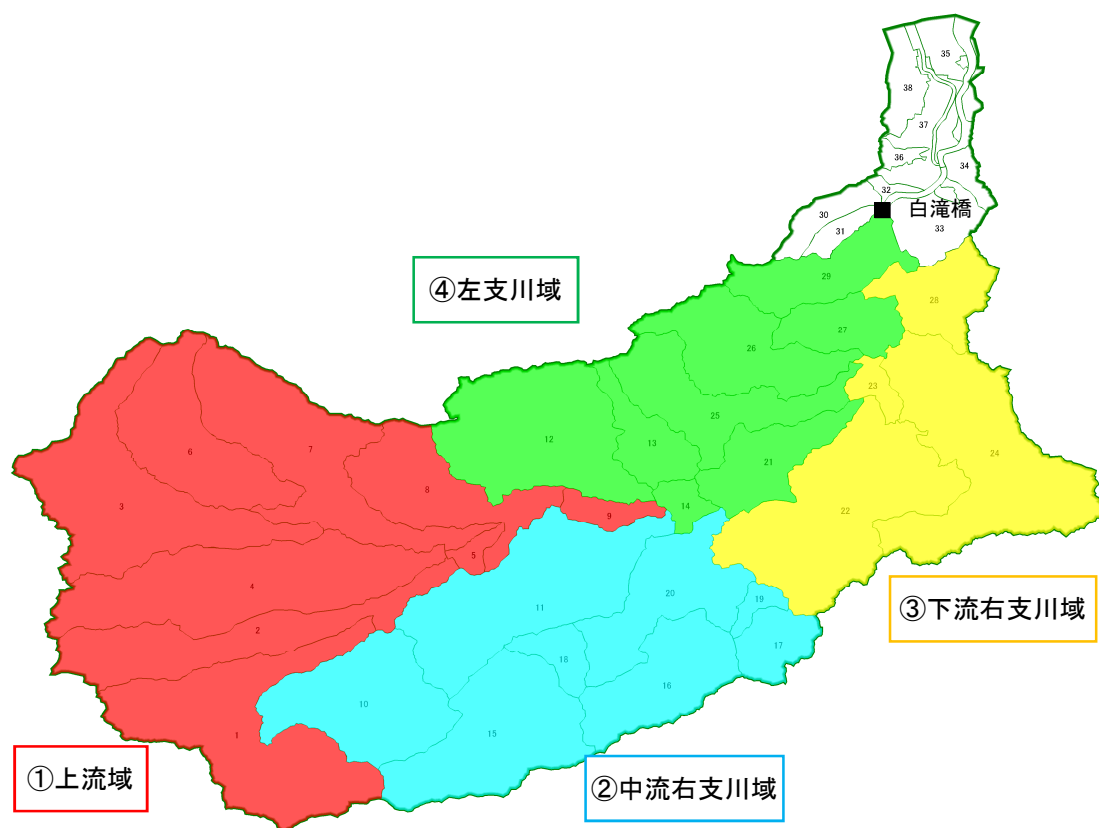


図 1.26 流域分布のチェック

(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に近い（9時間雨量が対象降雨の降雨量の近傍10降雨の内、将来気候の7降雨）アンサンブル予測降雨波形を抽出し、各波形の9時間雨量について「小流域の流域平均雨量/基準地点上流域平均雨量」として雨量比率を求めた。

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、白滝橋で棄却した8洪水のうち5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 1.27 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）

洪水		白滝橋上流域平均	上流域 (523.0km ²)		左支川域 (285.7km ²)		中流右支川域 (343.0km ²)		下流右支川域 (229.3km ²)	
項目	d2PDF アンサンブル	予測雨量 (mm/9hr)	予測雨量 (mm/9hr)	白滝橋雨量に対する比率	予測雨量 (mm/9hr)	白滝橋雨量に対する比率	予測雨量 (mm/9hr)	白滝橋雨量に対する比率	予測雨量 (mm/9hr)	白滝橋雨量に対する比率
将来実験	HFB_2K_GF_m101	314.1	205.0	0.65	397.9	1.27	398.7	1.27	331.4	1.06
	HFB_2K_GF_m105	332.9	297.2	0.89	390.3	1.17	351.4	1.06	314.8	0.95
	HFB_2K_HA_m105①	322.7	232.9	0.72	287.4	0.89	561.1	1.74	215.1	0.67
	HFB_2K_HA_m105②	315.3	355.4	1.13	289.7	0.92	364.5	1.16	182.3	0.58
	HFB_2K_HA_m105③	310.9	157.7	0.51	381.6	1.23	393.6	1.27	448.2	1.44
	HFB_2K_MP_m101	291.1	244.0	0.84	285.9	0.98	444.1	1.53	175.9	0.60
	HFB_2K_MR_m105	332.2	286.5	0.86	315.8	0.95	404.0	1.22	349.7	1.05

：最大比率

表 1.28 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

棄却された実績洪水	白滝橋上流域平均			上流域 (523.0km ²)		左支川域 (285.7km ²)		中流右支川域 (343.0km ²)		下流右支川域 (229.3km ²)	
	実績雨量 (mm/9hr)	計画雨量 (mm/9hr)	拡大率	拡大後雨量 (mm/9hr)	白滝橋計画雨量に対する比率	拡大後雨量 (mm/9hr)	白滝橋計画雨量に対する比率	拡大後雨量 (mm/9hr)	白滝橋計画雨量に対する比率	拡大後雨量 (mm/9hr)	白滝橋計画雨量に対する比率
S36_10.26	189.5	322.3	1.701	120.3	0.37	447.8	1.39	380.2	1.18	538.9	1.67
S49_9.9	168.6	322.3	1.912	189.3	0.59	406.3	1.27	384.7	1.19	426.8	1.32
S55_10.14	150.5	322.3	2.141	154.5	0.48	313.8	0.97	548.7	1.70	376.8	1.17
H2_7.2	223.8	322.3	1.440	407.1	1.26	246.5	0.76	316.8	0.98	232.2	0.72
H5_9.3	226.5	322.3	1.423	330.6	1.03	331.7	1.03	311.6	0.97	307.8	0.96
H10_10.17	191.5	322.3	1.683	229.2	0.71	308.2	0.96	401.8	1.25	433.2	1.34
H11_9.15	187.0	322.3	1.724	214.4	0.67	382.2	1.19	323.6	1.00	491.3	1.52
H24_7.12	215.9	322.3	1.493	475.2	1.47	207.5	0.64	306.5	0.95	141.2	0.44

：アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いと判断される比率

(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に近い（9時間雨量が対象降雨の降雨量の近傍10降雨の内、将来気候の7降雨）アンサンブル予測降雨波形を抽出し、各降雨波形について、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、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、白滝橋で棄却した8洪水のうち1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 1.29 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）

洪水		白滝橋上流平均		
項目	d2PDF アンサンブル	①9時間 予測 降雨 (mm/9hr)	②6時間 予測 降雨 (mm/6hr)	比率 ②/①
将来実験	HFB 2K GF m101	314.1	256.1	0.82
	HFB 2K GF m105	332.9	290.8	0.87
	HFB 2K HA m105①	322.7	252.7	0.78
	HFB 2K HA m105②	315.3	248.4	0.79
	HFB 2K HA m105③	310.9	225.9	0.73
	HFB 2K MP m101	291.1	204.8	0.70
	HFB 2K MR m105	332.2	299.2	0.90

0.90 : 最大比率

表 1.30 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

棄却された 実績洪水	白滝橋上流域平均				
	実績雨量 (mm/9hr)	① 計画雨量 (mm/9hr)	拡大率	② 計画雨量 拡大後 6時間雨量 (mm/6hr)	比率 ②/①
S36. 10. 26	189.5	322.3	1.701	230.5	0.72
S49. 9. 9	168.6	322.3	1.912	273.0	0.85
S55. 10. 14	150.5	322.3	2.141	253.1	0.79
H2. 7. 2	223.8	322.3	1.440	260.5	0.81
H5. 9. 3	226.5	322.3	1.423	275.3	0.85
H10. 10. 17	191.5	322.3	1.683	273.6	0.85
H11. 9. 15	187.0	322.3	1.724	242.9	0.75
H24. 7. 12	215.9	322.3	1.493	293.6	0.91

0.91 : アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いと判断される比率

1.11.3 主要洪水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。

このため、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。

白滝橋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、白滝橋地点ではクラスター1・3・4 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た。

表 1.31 主要洪水のクラスター分析結果

洪水名	基準地点白滝橋上流域		拡大率	基準地点 白滝橋基本高水の ピーク流量 (m ³ /s)	クラスター 番号
	実績雨量 (mm/9hr)	計画雨量 (mm/9hr)			
主要洪水群					
S28. 6. 26	179. 0	322	1. 801	9, 130	1
S29. 9. 13	149. 0	322	2. 163	11, 801	3
S30. 9. 30	152. 8	322	2. 110	13, 348	3
S39. 9. 25	197. 6	322	1. 631	11, 317	1
S43. 9. 25	194. 3	322	1. 659	12, 209	4
S57. 8. 27	158. 6	322	2. 032	11, 972	3
H5. 8. 10	149. 5	322	2. 156	11, 556	3
H9. 9. 16	177. 8	322	1. 813	12, 511	4
H16. 8. 30	187. 7	322	1. 717	11, 702	3
H16. 10. 20	172. 0	322	1. 874	13, 375	4
H17. 9. 6	212. 8	322	1. 515	13, 489	3
H18. 8. 18	164. 6	322	1. 958	9, 822	3
H19. 8. 2	215. 1	322	1. 498	10, 150	3
H29. 9. 17	260. 5	322	1. 237	12, 991	4
H30. 9. 30	165. 5	322	1. 947	11, 957	4

表 1.32 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	基準地点白滝橋上流域		拡大率	基準地点 白滝橋基本高水の ピーク流量 (m ³ /s)	クラスター 番号
	実績雨量 (mm/9hr)	計画雨量 (mm/9hr)			
HFB_2K_MR_m101	217. 6	322	1. 481	11, 789	2

拡大率：「実績雨量」と「計画雨量」との比率

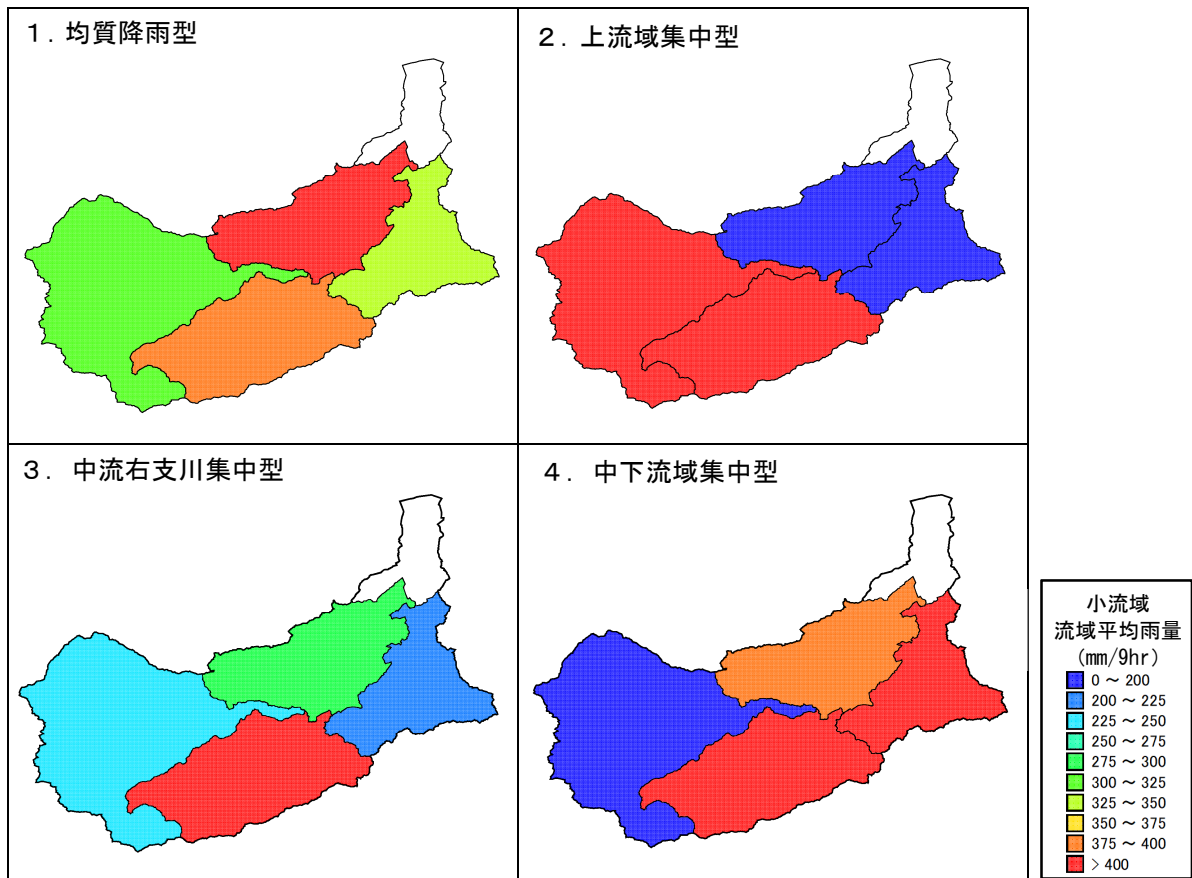


図 1.27 クラスタ分析結果

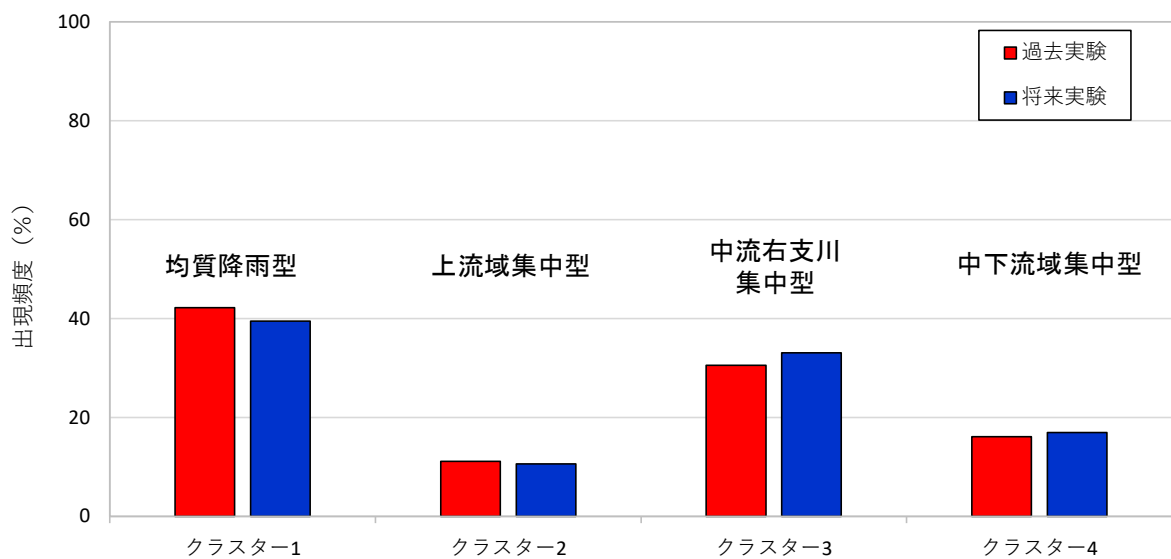


図 1.28 大野川流域におけるアンサンブル予測降雨の出現頻度

1.12 既往洪水からの検討

既往最大洪水となる平成 29 年 9 月洪水の実績ピーク流量は基準地点白滝橋で $9,980\text{m}^3/\text{s}$ と推定された。

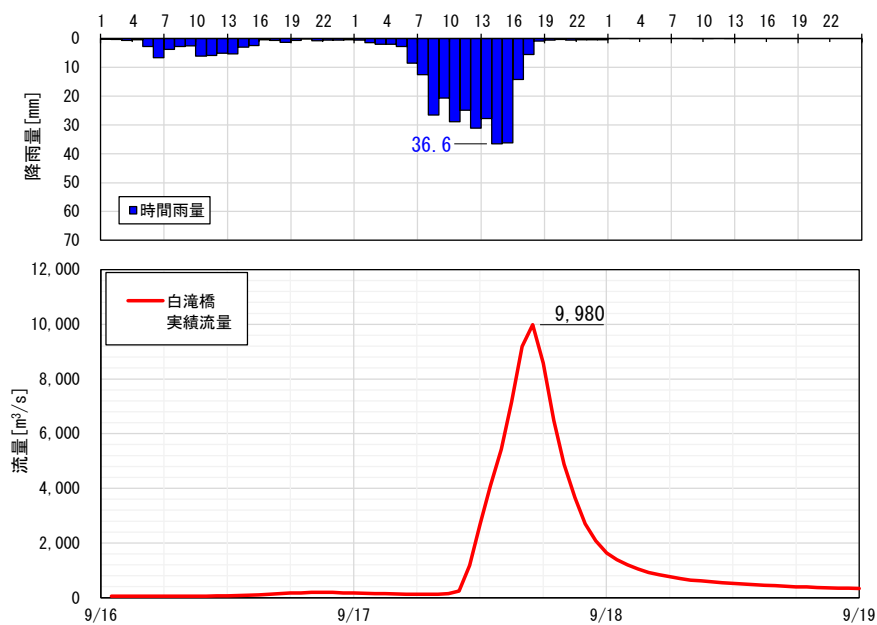
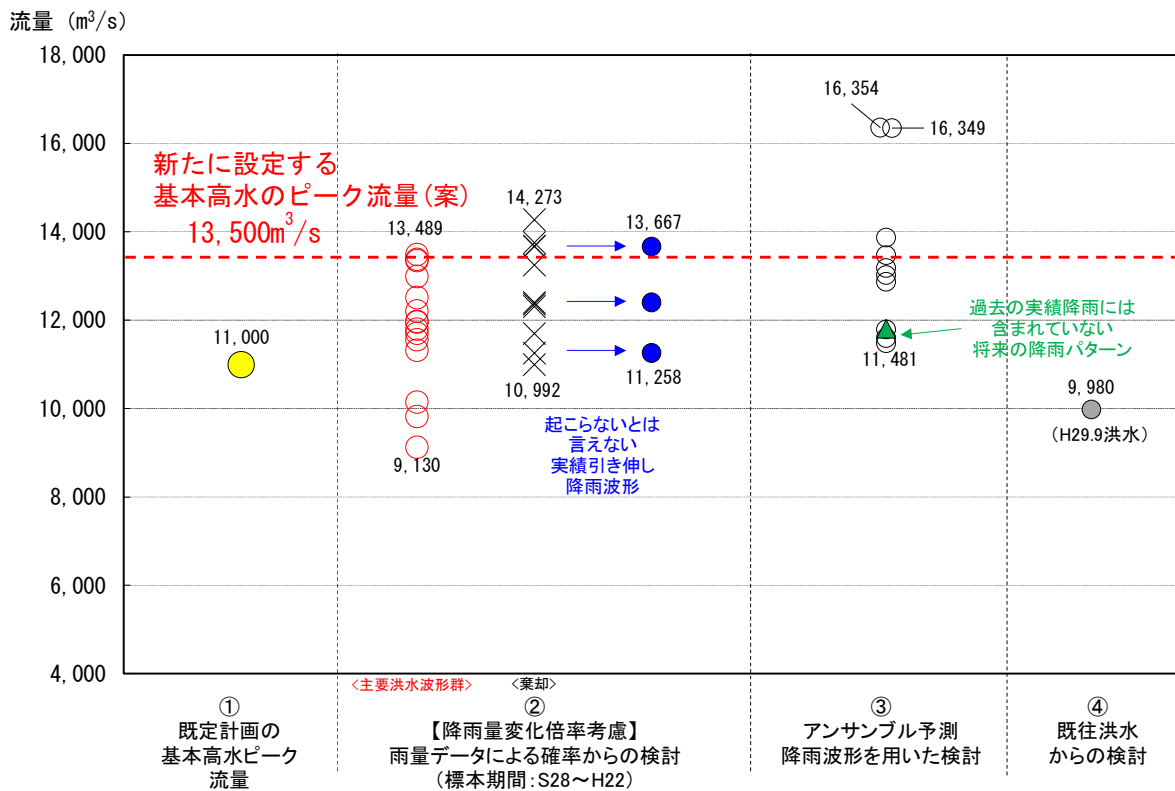


図 1.29 平成 29 年 9 月洪水 (基準地点白滝橋)

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地域分布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、大野川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点白滝橋で13,500m³/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
 - ：棄却された洪水（×）のうちアンサンブル予測降雨波形（将来予測）の時空間分布から見て将来起こり得ると判断された洪水
- ③アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：計画対象降雨の降雨量（322mm/9hr）に近い10洪水を抽出
 - ：気候変動予測モデルによる現在気候（1980～2010年）及び将来気候（2℃上昇）のアンサンブル降雨波形
 - ▲：過去の実績降雨（主要洪水波形群）には含まれていない、将来増加すると想定される降雨パターン
- ④既往洪水からの検討：H29.9洪水の実績流量

図 1.30 基本高水に関わる総合的判断（白滝橋）

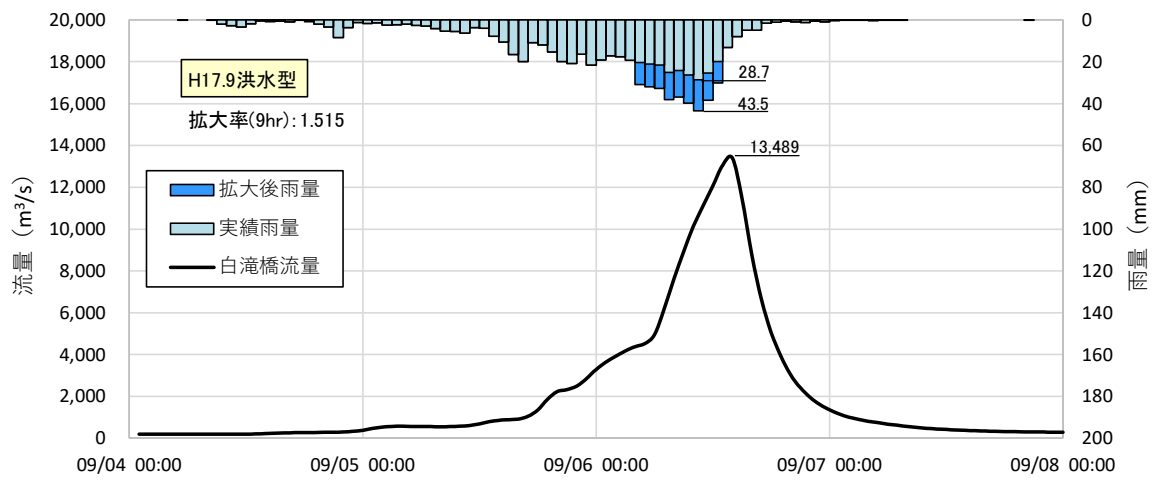


图 1.31 基本高水 (平成 17 年 9 月洪水 : 白滝橋)

2. 高水処理計画

大野川の既定高水処理計画は、基準地点白滝橋における基本高水のピーク流量 $11,000\text{m}^3/\text{s}$ のうち、洪水処理施設により $1,500\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、 $9,500\text{m}^3/\text{s}$ を河道で処理する計画としている。

今回、気候変動による降雨量への影響を踏まえ、新たに基準地点白滝橋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 $11,000\text{m}^3/\text{s}$ を $13,500\text{m}^3/\text{s}$ 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。

外力の増大に対応した河道計画を検討するにあたり、大野川の河道形状や勾配等により高速流が発生し、一部区間では河床洗掘が顕著であり、河床安定化対策を実施しているが、すべての区間で高速流の発生抑制には至っていない。高速流抑制に配慮した河道計画とするため、流下能力が不足する区間において、河道断面拡大（引堤）の検討を実施し、 $11,100\text{m}^3/\text{s}$ の流下可能断面の確保が可能である。

このため、高水処理計画は、河道への配分流量を $11,100\text{m}^3/\text{s}$ とし、将来的な予測技術の向上も踏まえ、既存ダムของ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、新たな洪水調節機能の確保により、対応することとした。

3. 計画高水流量

大野川の計画高水流量は、白滝橋において $11,100\text{m}^3/\text{s}$ とし、その下流において乙津川へ $1,500\text{m}^3/\text{s}$ を分派し、本川は鶴崎橋地点において $9,700\text{m}^3/\text{s}$ とする。

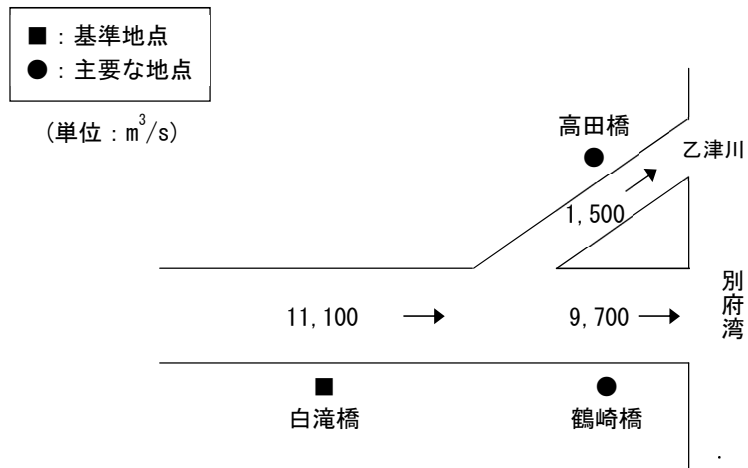


図 3.1 大野川計画高水流量図

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こと。
- ③ 計画高水位を上げることは、決壊時における被害を増大させることになるため、沿川の市街地状況を考慮すると避けるべきであること。
- 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べきであること。
- ⑤ 河道の安定を考慮した掘削高さの設定が重要であること。

計画縦断図を図 5.1～図 5.2 に示すとともに、主要な地点における計画高水位及び概ねの川幅を表 4.1 に示す。

表 4.1 主要な地点の計画高水位及び概ねの川幅一覧

河川名	地点名	河口からの距離 (km)	計画高水位 T.P. (m)	川幅 (m)
大野川	白滝橋	14.8	15.49	300
	鶴崎橋	2.8	5.59	370
乙津川	高田橋	6.0	7.18	210

(注) T.P. : 東京湾中等潮位

計画高潮位は、海岸管理者と連携し、気候変動による予測をもとに平均海面水位の上昇量や潮位偏差の増加量を適切に評価し、海岸保全基本計画との整合を図りながら必要に応じて設定を行う。

【参考】気候変動の影響検討（河口水位）

IPCC のレポートでは、2010 年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、RCP2.6（2℃上昇に相当）で 0.29-0.59m であり、RCP2.6 シナリオの気候変動による水位上昇の平均値は 0.43m とされている。

大野川水系では、流下能力の算定条件として、朔望平均満潮位に最大偏差及び塩水による密度差を加えた値を河口の出発水位を設定している。仮に出発水位が上昇（RCP2.6 シナリオの平均値 43cm）したとした場合の影響を試算した。

①朔望平均満潮位＋最大偏差＋密度差：TP. +2. 235m

朔望平均満潮位：TP. +1. 140m

最大偏差：0. 980m

密度差：0. 115m（河口部平均水深 4. 60m×2. 5%）

②気候変動による海面上昇量：RCP2.6 シナリオの平均値で 0. 43m

③上記の①＋②：2. 665m

上記の気候変動による海面上昇を考慮したとしても、大野川においては HWL 以下になっていることを不等流計算にて確認した。

5. 河川管理施設等の整備の状況

大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）は下表のとおりである。

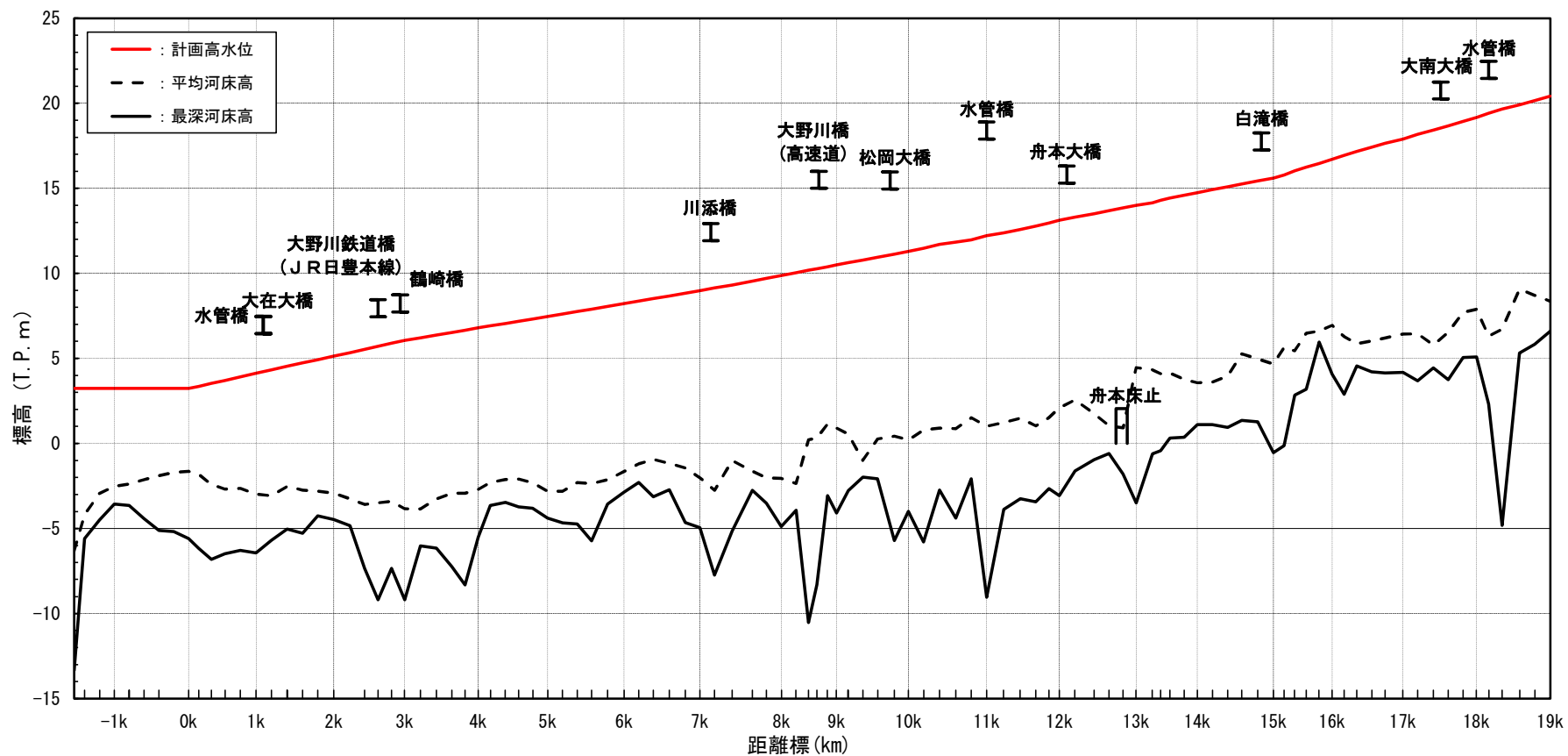
表 5.1 堤防整備の状況

水系名	計画堤防断面	今後整備が必要な区間
大野川	50.6km (98%)	1.2km (2%)

(2) 排水機場等

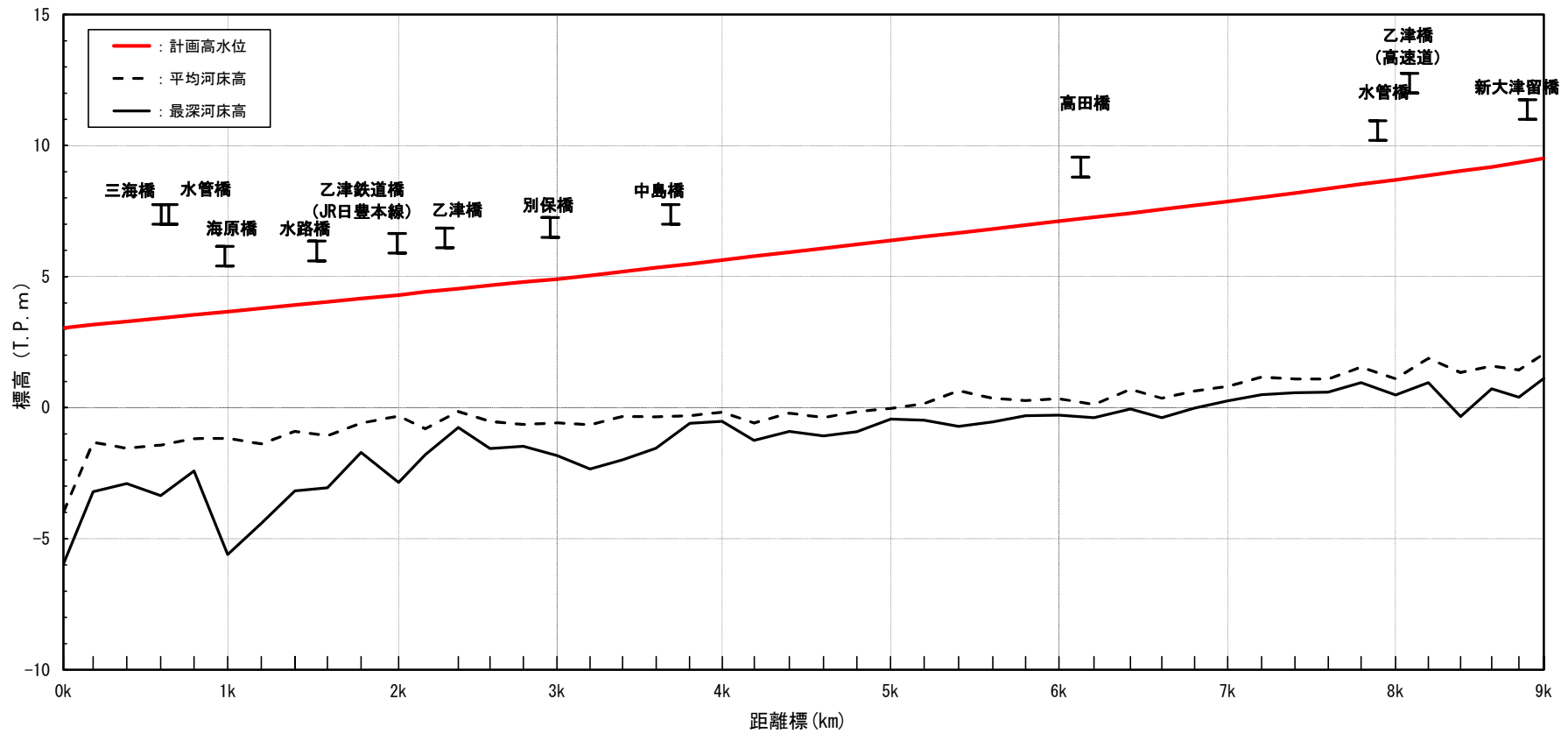
河川管理施設 : 23.6m³/s

※大臣管理区間の施設のみである。



距離標 (T.P.m)	-1.5	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0
計画高水位 (T.P.m)	3.23	3.23	3.23	4.12	5.13	6.06	6.79	7.46	8.22	8.98	9.88	10.50	11.29	12.21	13.12	14.00	14.74	15.61	16.71	17.89	19.16	20.41
平均河床高 (T.P.m)	-6.31	-2.52	-1.65	-2.98	-2.92	-3.84	-2.71	-2.81	-1.65	-2.02	-2.05	0.90	0.21	1.01	2.09	4.46	3.56	4.67	6.94	6.44	7.89	8.35
最深河床高 (T.P.m)	-13.34	-3.56	-5.60	-6.44	-4.48	-9.20	-5.51	-4.39	-2.87	-4.96	-4.88	-4.09	-4.00	-9.04	-3.07	-3.50	1.11	-0.54	4.08	4.18	5.09	6.60

図 5.1 計画縦断図 (大野川)



距離標 (T.P.m)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
計画高水位 (T.P.m)	3.04	3.67	4.29	4.90	5.64	6.38	7.12	7.86	8.69	9.52
平均河床高 (T.P.m)	-3.99	-1.17	-0.32	-0.58	-0.17	-0.03	0.34	0.81	1.11	2.05
最深河床高 (T.P.m)	-5.97	-5.61	-2.85	-1.82	-0.52	-0.43	-0.29	0.26	0.49	1.11

図 5.2 計画縦断図 (乙津川)

