

名取川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料

令和7年12月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

1	基本高水の検討	1
1-1	工事実施基本計画	1
1-2	河川整備基本方針	2
1-3	河川整備基本方針策定後の状況	3
1-4	流出計算モデルの構築	5
1-5	基本高水のピーク流量の設定	50
1-6	対象降雨の継続時間の設定	50
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	75
1-8	対象降雨波形の設定	80
1-9	対象降雨の地域分布及び時間分布の検討	83
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	88
1-11	アンサンブル予測降雨波形による検討	96
1-12	既往洪水からの検討	107
1-13	総合的判断による基本高水のピーク流量の決定	108
2	高水処理計画	111
3	計画高水流量	112
4	河道計画	113
5	河川管理施設等の整備の状況	114

1 基本高水の検討

1-1 工事実施基本計画

昭和 60 年（1985 年）3 月に改定された名取川水系工事実施基本計画における計画規模は、流域の社会的・経済的な重要性を総合的に勘案して 1/150 と設定し、名取川においては基準地点名取橋の基本高水のピーク流量を $4,700\text{m}^3/\text{s}$ とし、河道への配分流量を $3,400\text{m}^3/\text{s}$ と定めている。広瀬川においては基準地点広瀬橋のピーク流量を $4,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、河道への配分流量を $2,700\text{m}^3/\text{s}$ と定めている。

(1) 計画規模

昭和 41 年（1966 年）7 月に定められた工事実施基本計画は、昭和 37 年（1962 年）11 月に定められた計画を踏襲していたが、仙台市をはじめとする中・下流域の都市化が著しく人口並びに資産の増加状況を勘案して、計画規模を 1/150 と設定した。

(2) 計画降雨量

計画降雨継続時間は、実績降雨の継続時間を考慮して 2 日を採用した。

明治 31 年（1898 年）～昭和 49 年（1974 年）までの 77 年間を対象に年最大流域平均 2 日雨量を確率処理し、名取川においては基準地点名取橋で $362.8\text{mm}/2$ 日（石原・高瀬法）に、広瀬川においては基準地点広瀬橋で $388.4\text{mm}/2$ 日（石原・高瀬法）にそれぞれ決定した。

(3) 流出計算モデルの設定

降雨をハイドログラフに変換するための流出計算モデル（貯留閑数法）を作成し、流域の過去の主要洪水における降雨分布特性により流出計算モデルを同定した。

(4) 主要洪水における計画降雨量への引き伸ばしと流出計算

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

(5) 基本高水のピーク流量の決定

基本高水のピーク流量は、上記の流出計算結果から、名取川においては名取橋地点で昭和 19 年（1944 年）10 月型洪水を採用し $4,700\text{m}^3/\text{s}$ に、広瀬川においては広瀬橋地点で昭和 22 年（1947 年）9 月型洪水を採用し $4,000\text{m}^3/\text{s}$ にそれぞれ決定した。

1-2 河川整備基本方針

平成 9 年（1997 年）に河川法改正を受け、下記に示す手法により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、各河川の基本高水のピーク流量を踏襲することとし、名取川水系河川整備基本方針を平成 19 年（2007 年）3 月に策定した。

（1）対象降雨量の検証

既定計画を策定した昭和 60 年（1985 年）以降、計画を変更するような大きな降雨、洪水は発生していない。明治 31 年（1898 年）～平成 16 年（2004 年）までの 107 年間を対象とした 1/150 規模の 2 日雨量を検証した結果、名取橋で 320.1～398.3mm/2 日、広瀬橋で 329.1～399.5mm/2 日となり、工事実施基本計画の計画 2 日雨量である、名取橋 362.8mm、広瀬橋 388.4mm が範囲内であることを確認した。

（2）流量確率評価による検証

昭和 16 年（1941 年）～平成 16 年（2004 年）の 64 か年による 1/150 確率規模の流量を検証した結果、名取橋で 2,765～4,707m³/s、広瀬橋で 2,147～4,015m³/s となり、工事実施基本計画の基本高水のピーク流量である、名取橋 4,700m³/s、広瀬橋 4,000m³/s が範囲内であることを確認した。

（3）1/150 規模引き伸ばし雨量を用いた流出計算による検討

主要な実績降雨群について、計画雨量に引き伸ばした雨量を用いて基本高水のピーク流量を算定した結果、名取橋地点で昭和 19 年（1944 年）10 月洪水が 4,660m³/s で、広瀬橋地点で昭和 22 年（1947 年）9 月洪水が 3,931m³/s でそれぞれ最大となったため、工事実施基本計画のピーク流量とほぼ同値で流量確率 1/150 の範囲内であることを確認した。

（4）歴史的洪水による検証

文献等（被害、雨量の記録）により、明治 43 年（1910 年）8 月洪水が名取川流域での既往最大洪水と考えられるため、気象要因、降雨の状況から類似降雨を選定した流出計算を実施し、更に流出計算および氾濫計算による浸水エリアが文献による浸水エリアと整合とれるよう検討した結果、基準地点名取橋におけるピーク流量は 5,100m³/s、広瀬橋におけるピーク流量は 3,500m³/s であったと推定された。

1-3 河川整備基本方針策定後の状況

平成 19 年（2007 年）3 月に河川整備基本方針（以降、既定計画）を策定以降、基本高水のピーク流量を上回る洪水は発生していない。

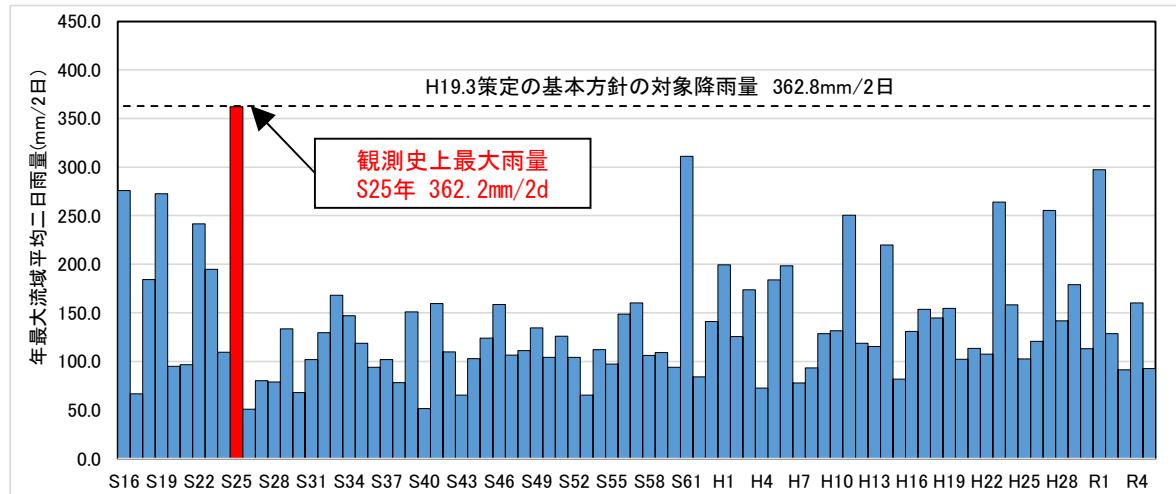


図 1-3-1 年最大 2 日雨量（基準地点 名取橋）

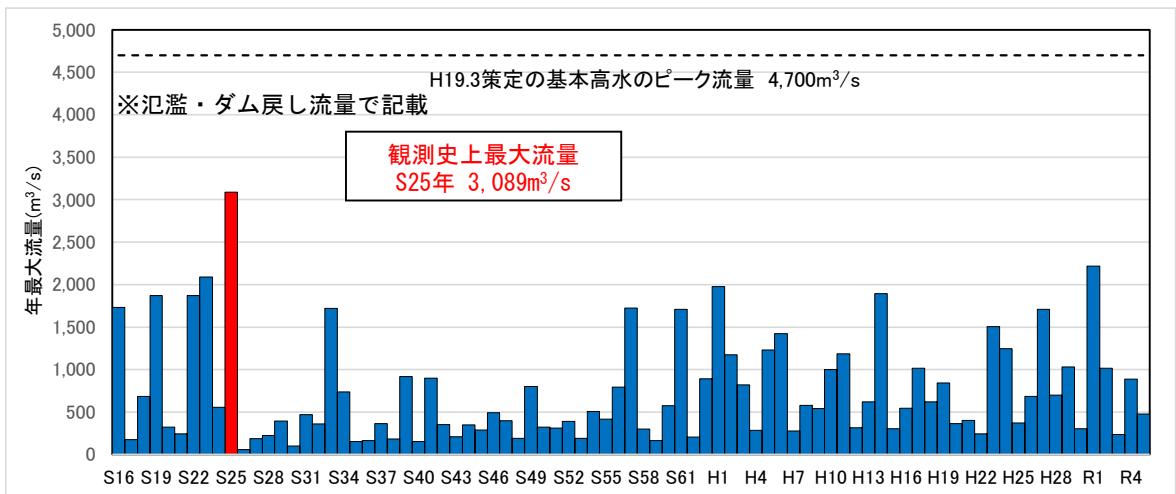


図 1-3-2 年最大流量（基準地点 名取橋）

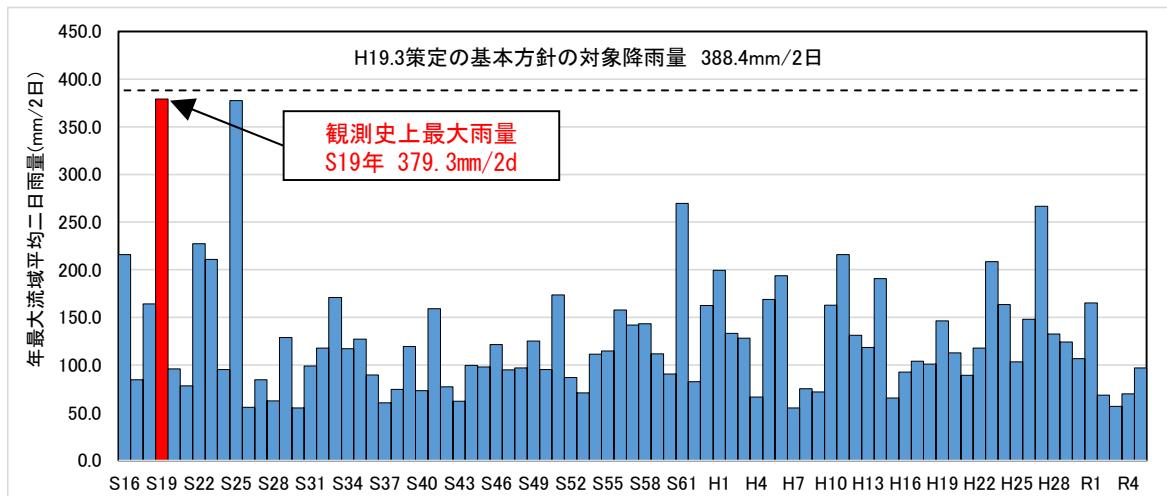


図 1-3-3 年最大2日雨量（基準地点 広瀬橋）

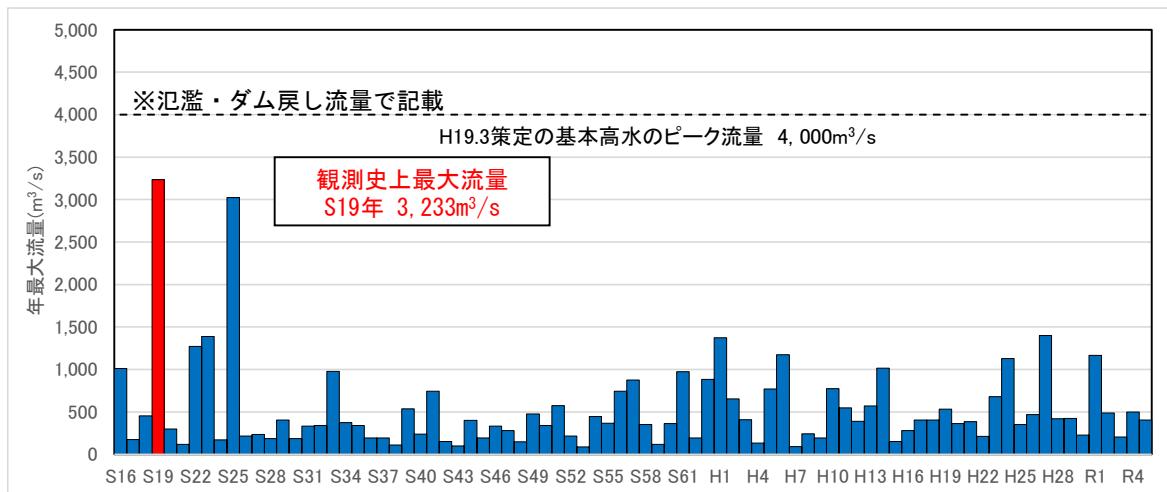


図 1-3-4 年最大流量（基準地点 広瀬橋）

1-4 流出計算モデルの構築

1-4-1 モデルの概要

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（ K 、 P ）を同定した。

貯留関数法の基礎式は次に示す。貯留関数モデルにおける流域分割は、利水ダム等の貯留による流量低減効果を適切に反映するため、ダム位置で流域を新たに分割し、流出計算モデルに反映させた。

○流域の基礎式

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

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

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

ただし、

$\Sigma r(t) \leq R_0$ の場合、 $f(t) = 0.0$

$R_0 < \Sigma r(t) \leq R_0 + R_{sa}$ の場合、 $f(t) = f_1$

$\Sigma r(t) \geq R_0 + R_{sa}$ の場合、 $f(t) = 1.0$

ここで、

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

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

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

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

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

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

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

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 (m^3)、 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)

○河道区間の基礎式

$$S_l(t) = K \cdot Q(t)^P - T_l \cdot Q_l(t)$$

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

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

$S_l(t)$: 見かけの貯留高 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{hr}$)、 $Q(t)$: 流出量 (m^3/s)、 $I(t)$: 流入量 (m^3/s)、

T_l : 遅滞時間 (h)、 K : 定数、 P : 定数

1-4-2 流域及び河道分割

図 1-4-1 に流域分割図、図 1-4-2 に流出モデル模式図、表 1-4-1 及び表 1-4-2 に貯留関数における流域・河道モデル分割諸元を示す。

流出モデルは、以下の考え方をもとに流域、河道の分割を行い、流域は 27 分割、河道は 6 分割とした。

- ・ 基準地点、主要な地点、主要支川
- ・ 洪水調節施設
- ・ 自然流出域
- ・ 降雨特性及び流出特性
- ・ 全体的な流域分割面積のバランス
- ・ 河道は本川、支川の貯留量が大きい区間及び、上流部において河床勾配が大きく貯留量は小さいものの、河道延長による遅れが見込まれる区間



図 1-4-1 名取川水系流域分割図

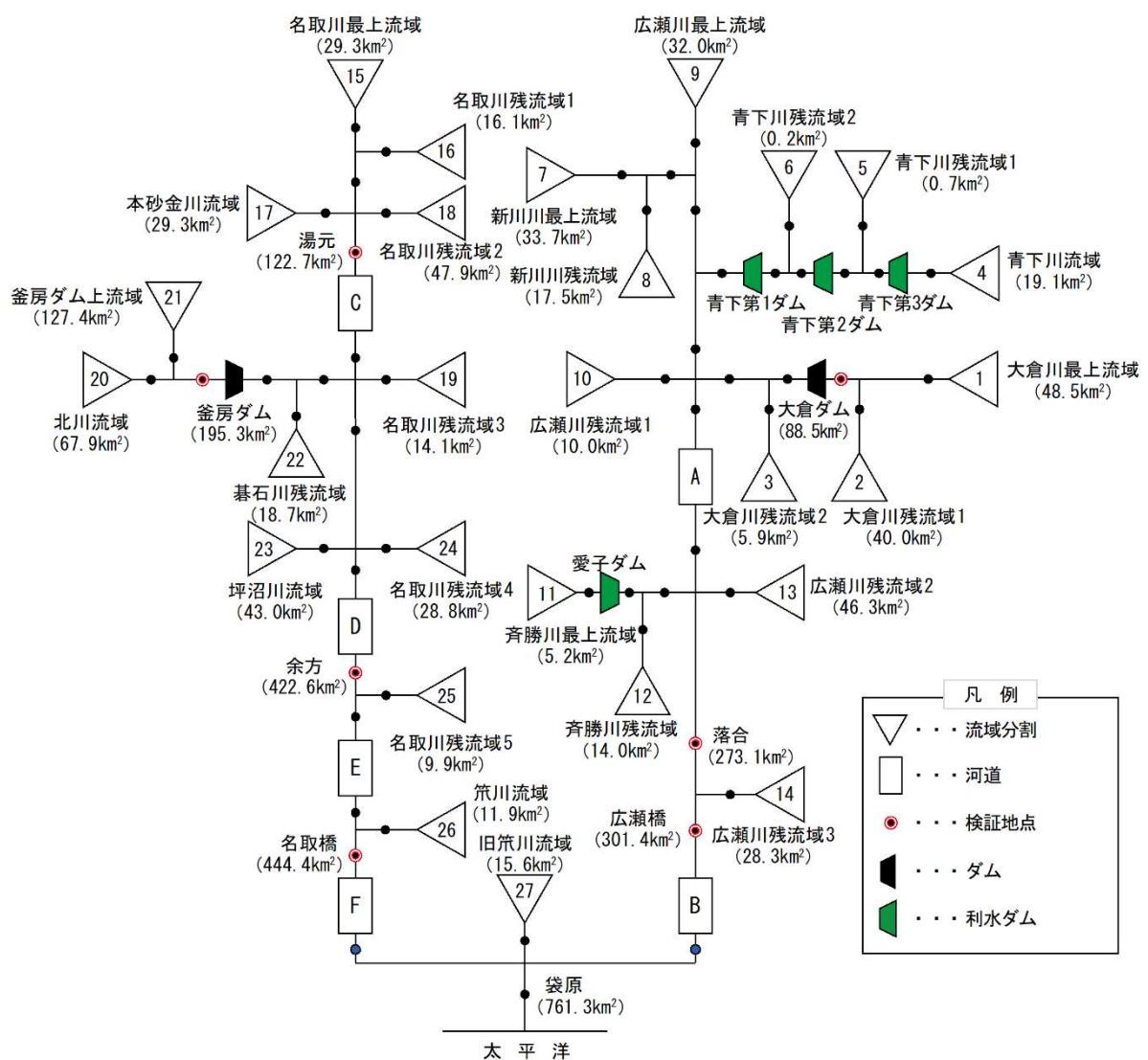


図 1-4-2 名取川水系貯留関数モデル図

表 1-4-1 名取川水系流域分割一覧

No	流域名	河川名	河川・流域	流域面積 (km ²)
1	1-R	大倉川	大倉川最上流域	48.5
2	2-R	大倉川	大倉川残流域1（大倉ダム地点）	40.0
3	3-R	大倉川	大倉川残流域2（広瀬川合流点）	5.9
4	4-R	青下川	青下川流域（青下第3ダム地点）	19.1
5	5-R	青下川	青下川残流域1（青下第2ダム地点）	0.7
6	6-R	青下川	青下川残流域2（青下第1ダム地点）	0.2
7	7-R	新川川	新川川最上流域	33.7
8	8-R	新川川	新川川残流域（広瀬川合流点）	17.5
9	9-R	広瀬川	広瀬川最上流域（新川川合流点）	32.0
10	10-R	広瀬川残流域	広瀬川残流域1（大倉川合流点）	10.0
11	11-R	斎勝川	斎勝川最上流域（愛子ダム地点）	5.2
12	12-R	斎勝川	斎勝川残流域（広瀬川合流点）	14.0
13	13-R	広瀬川残流域	広瀬川残流域2（落合）	46.3
14	14-R	広瀬川残流域	広瀬川残流域3（広瀬橋）	28.3
15	15-R	名取川	名取川最上流域	29.3
16	16-R	名取川残流域	名取川残流域1（左支川（無名河川）流域）	16.1
17	17-R	本砂金川	本砂金川流域	29.3
18	18-R	名取川残流域	名取川残流域2（湯元地点）	47.9
19	19-R	名取川残流域	名取川残流域3（碁石川合流点）	14.0
20	20-R	北川	北川流域（下原）	67.9
21	21-R	碁石川	釜房ダム上流域	127.3
22	22-R	碁石川	碁石川残流域（名取川合流点）	18.7
23	23-R	坪沼川	坪沼川流域	43.0
24	24-R	名取川残流域	名取川残流域4（余方）	28.8
25	25-R	名取川残流域	名取川残流域5	9.9
26	26-R	笊川	笊川流域	11.9
27	27-R	笊川	旧笊川流域	15.6

表 1-4-2 名取川水系河道分割一覧

No	河道番号	河川名	河道区間			河道延長 (km)
			下流	～	上流	
1	A河道	広瀬川	落合	～	大倉川合流点	11.0
2	B河道	広瀬川	袋原	～	広瀬橋	3.6
3	C河道	名取川	碁石川合流点	～	湯元	4.6
4	D河道	名取川	余方	～	碁石川合流点	7.6
5	E河道	名取川	名取橋	～	余方	6.7
6	F河道	名取川	袋原	～	名取橋	4.9

1-4-3 流域定数の設定

(1) f_l 、 R_{sa} の設定

1) 定数設定の考え方

流出係数は、流域の地被、植生、形状、開発状況等を勘案して決定されるものであるが、本検討では、基準地点及び主要な地点において既往出水の総雨量～総流出量の関係から流出率 f_l 、飽和雨量 R_{sa} を算定する。検討にあたっては、各洪水のハイドログラフから基底流量と表面流出の成分分離を行い、その結果から、総雨量と総流出量の関係を整理し、 f_l 、 R_{sa} の設定を行う。

2) 検討対象地点の選定

名取川流域は、下流部で仙台市街地を貫流する主要支川である広瀬川が合流している。また、既設ダムとして洪水調節機能を有する釜房ダム、大倉ダムがある。このことから、名取川流域における f_l 、 R_{sa} の検討は、過去からの流量データが存在する以下の地点でそれぞれ定数を設定することとした。

表 1-4-3 定数設定地点一覧

No.	河川名	地点名	流域面積 (km ²)	備考
1	名取川	湯元	122.7	
2	名取川	名取橋	444.4	本川下流域
3	広瀬川	広瀬橋	301.4	広瀬川下流域
4	碁石川	釜房ダム	195.3	本川上流域
5	大倉川	大倉ダム	88.5	広瀬川上流域

※対象ダム地点は、実績資料の存在状況も踏まえて選定

検討にあたっては、各洪水のハイドログラフから基底流出と直接流出の成分分離を行った。次に成分分離の結果から、各地点の総降雨量と総流出高の関係を整理し各流域の f_l 、 R_{sa} の設定を行った。

3) 検討対象洪水の選定

有効降雨定数 f_1 、 R_{sa} の検討では、各洪水の総雨量－総流出高の関係から、流出率が 1 となる雨量（飽和雨量）を求める必要がある。そのためには、実績流量データが存在し、かつ総雨量－総流出高の偏りがないように洪水を選定する必要があることから、以下の考え方で対象 29 洪水を選定した。

<選定地点>

昭和 10 年代から実績流量データが存在する基準地点である名取橋（名取川）と広瀬橋（広瀬川）の 2 地点

<選定基準>

- ① 実績ピーク流量上位 10 洪水（総雨量－総流出高が大きいと思われる洪水）
- ② 近 10 か年（H24 年（2012 年）～R3 年（2021 年））で氾濫注意水位相当まで水位が到達した洪水もしくは、年最大水位を記録した洪水（総雨量－総流出高が比較的小さいと思われる洪水）
- ③ 宮城県内に記録的な豪雨をもたらした洪水（昭和 61 年（1986 年）8 月洪水）

以上の考え方により、①で選定した 14 洪水に、②～③の条件に該当する 18 洪水の全 29 洪水（重複を含む）を対象とした。なお、昭和 33 年以前の 8 洪水については、大半または全ての時刻の実績流量が欠測であるため、減水期までの流量値が無く、基底流量を過大に評価する可能性が高いことから、これらの洪水の総雨量－総流出高は参考値扱いとした。

表 1-4-4 f_1 、 R_{sa} の検討対象洪水一覧表

No.	洪水名	対象地点別の選定理由		備考
		名取橋	広瀬橋	
1	S16. 07. 22	①	①	
2	S19. 09. 12	①	①	名取川計画高水決定洪水
3	S19. 10. 07		①	名取川基本高水決定洪水
4	S22. 09. 14	①	①	広瀬川基本高水・計画高水決定洪水
5	S23. 08. 13		①	
6	S23. 09. 16	①	①	
7	S25. 08. 03	①	①	戦後最大洪水
8	S33. 09. 17	①		
9	S61. 08. 05	③	③	
10	H01. 08. 07	①	①	
11	H06. 09. 22	①		
12	H14. 07. 10	①		
13	H24. 05. 03	②	②	
14	H24. 06. 20	②	①、②	
15	H25. 08. 06		②	
16	H25. 09. 16	②		
17	H26. 06. 12		②	
18	H26. 10. 14	②		
19	H27. 09. 11	②	①、②	
20	H28. 08. 17	②		
21	H28. 08. 30		②	
22	H29. 10. 23	②	②	
23	H30. 08. 09	②		
24	H30. 10. 01		②	
25	R01. 10. 13	①、②	②	
26	R02. 04. 19	②	②	
27	R02. 07. 28	②		
28	R03. 02. 15		②	
29	R03. 08. 15	②		

①実積ピーク流量上位 10 洪水

②近 10 か年で氾濫注意水位相当までの水位が到達もしくは年最大水位を記録した洪水

③宮城県内に記録的な豪雨をもらした洪水

4) 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 f_l 、 R_{sa} 検討地点を対象に、ハイドログラフの低減部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算定した。

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つ目の折れ点が表面流出終了時点と考えられている。名取川では、流域の約90%が自然地形（森林・水田等）であることから、表面流出成分の他に、側方浸透流（中間流出成分）、地下水流出成分に分かれて流出過程をとると想定される。したがって、名取川ではピーク流量時点以降の流量変化を基本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、総雨量に含めないものとして整理する。

なお、ダム下流における f_l 、 R_{sa} の検討では、検討期間のダム貯留量（流入量－放流量）を整理し、下流の流出高に加算してダムの影響を考慮するものとした。

成分分離の事例を図1-4-5～図1-4-8に示す。

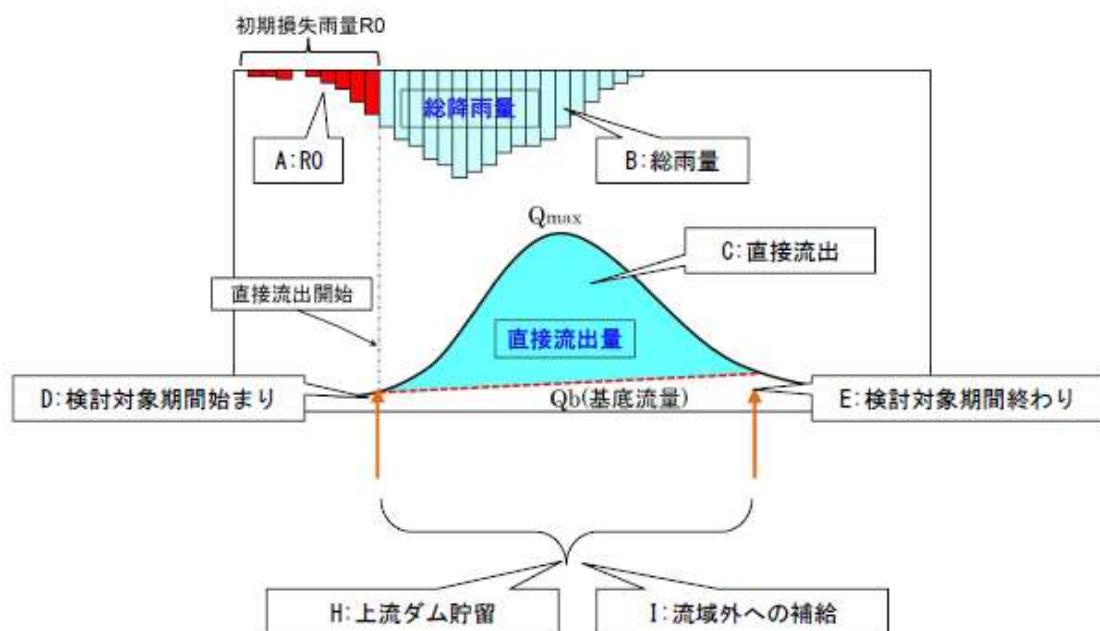


図 1-4-3 成分分離の概念図

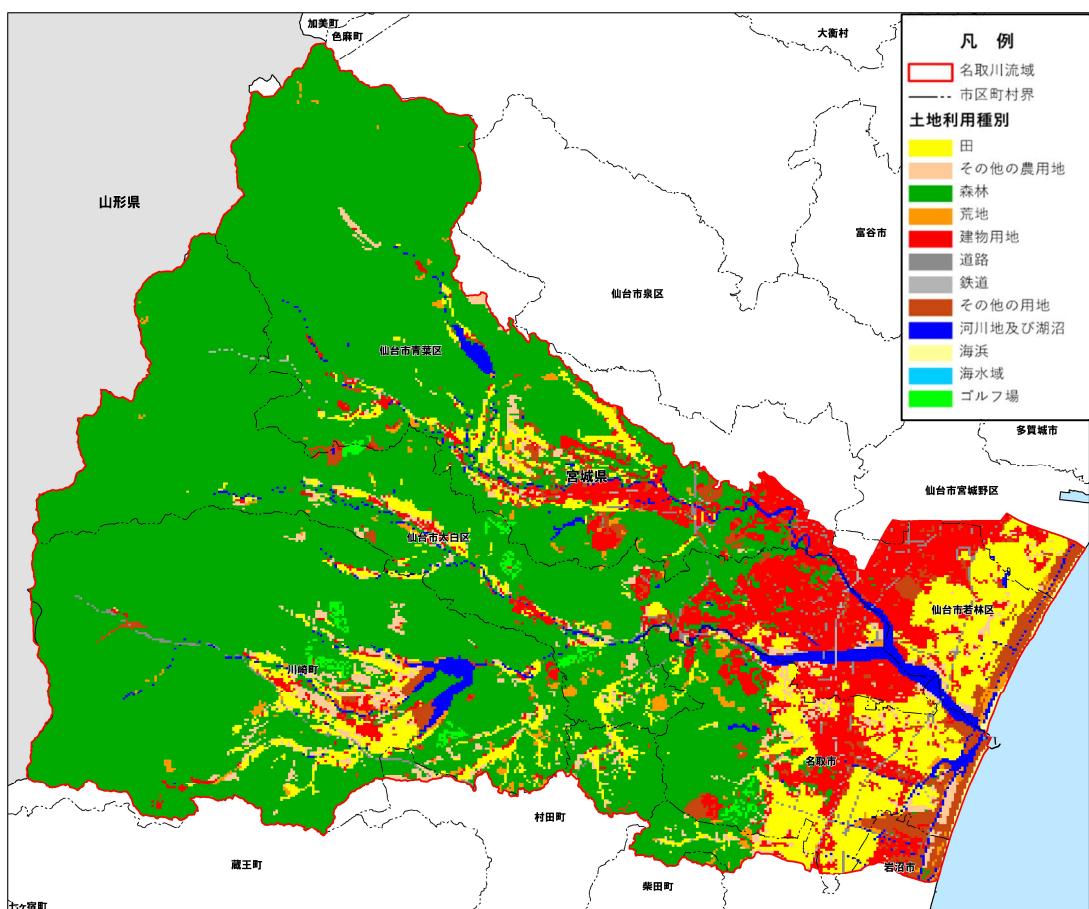


図 1-4-4 名取川流域土地利用図

【出典：国土数値情報ダウンロードサービス土地利用細分メッシュデータ（平成 28 年度）より作成】

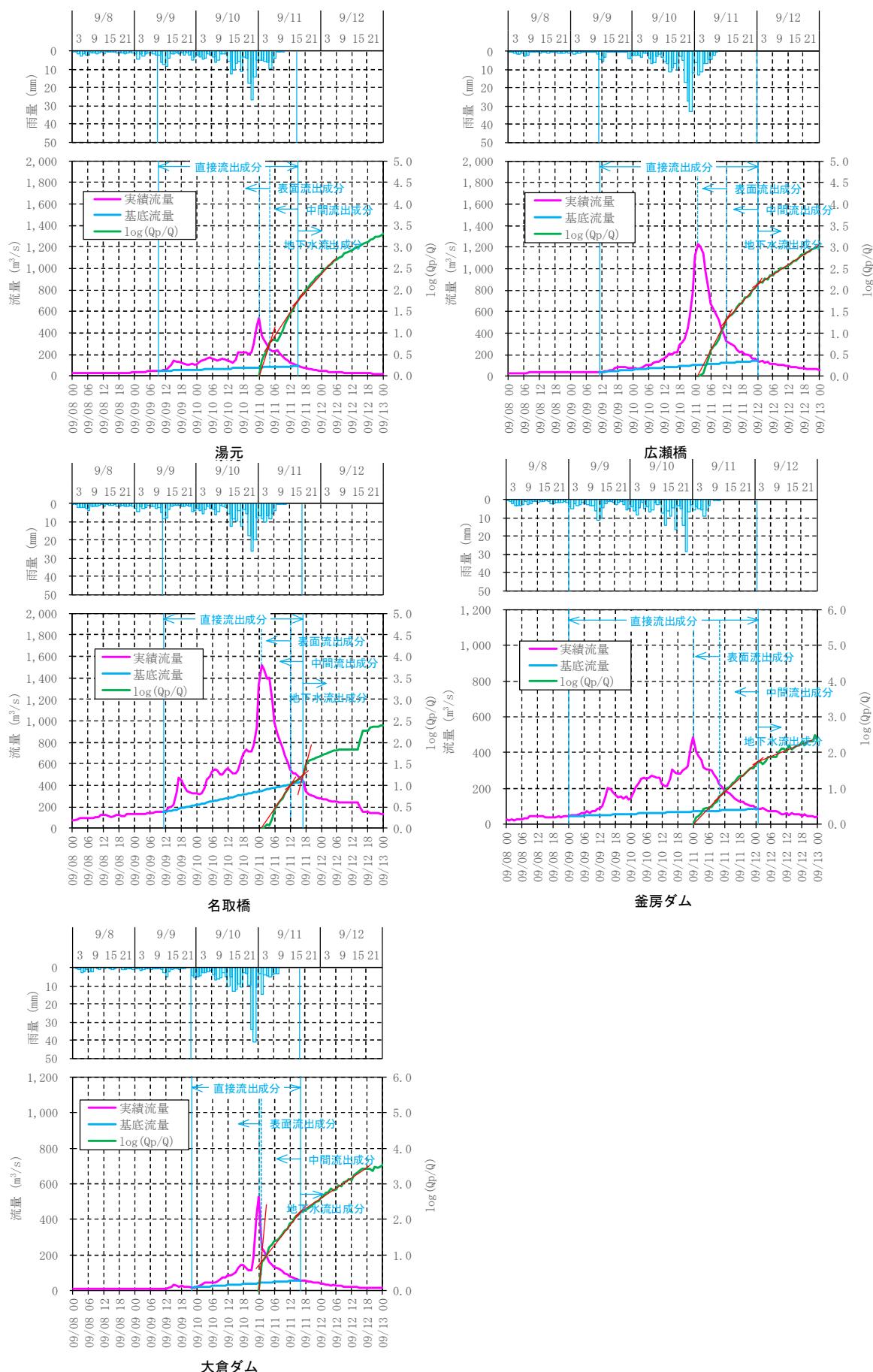


図 1-4-5 洪水成分分離の事例（平成 27 年 9 月洪水）

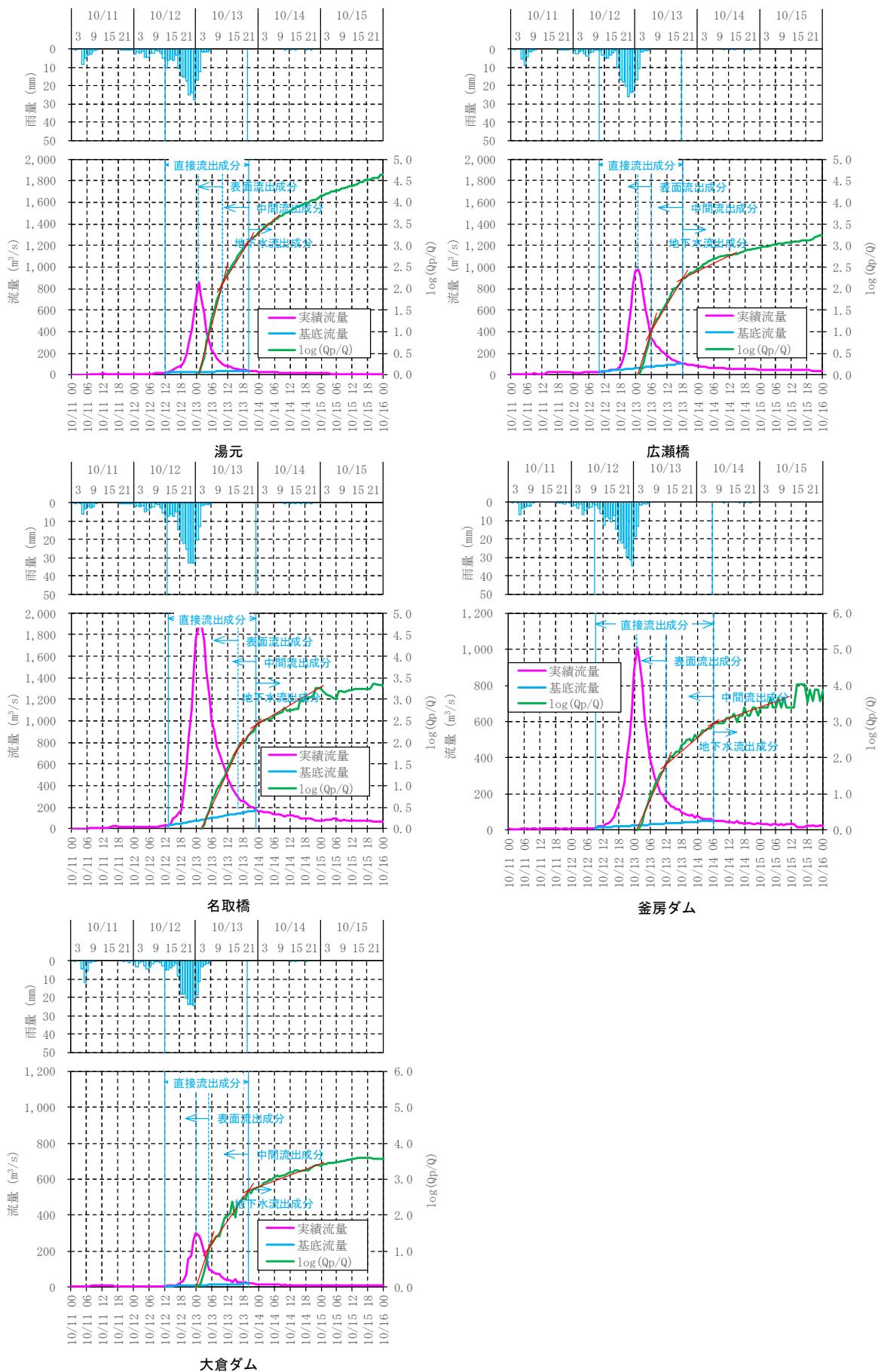


図 1-4-6 洪水成分分離の事例（令和元年 10 月洪水）

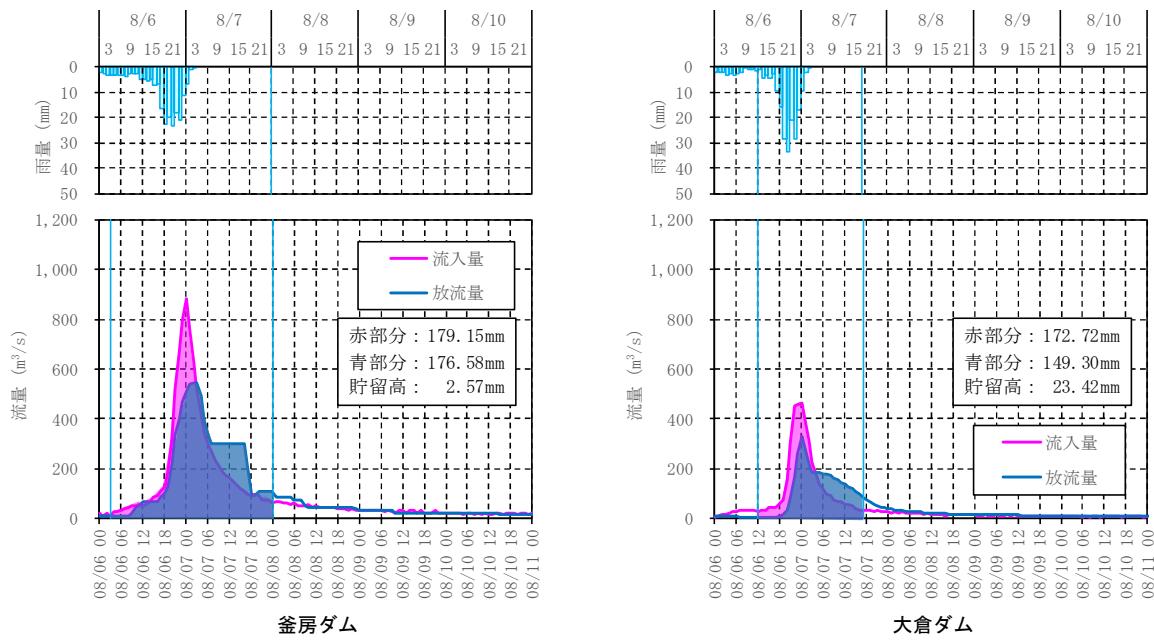


図 1-4-7 ダム貯留高算定事例（平成元年 8月洪水）

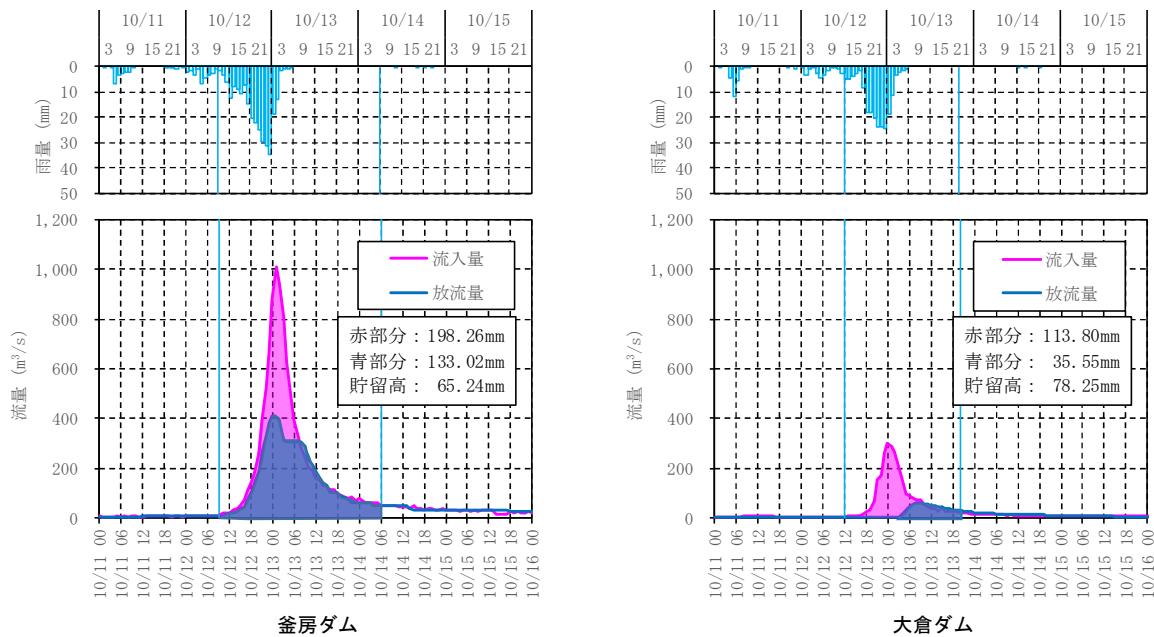


図 1-4-8 ダム貯留高算定事例（令和元年 10月洪水）

表 1-4-5 流出成分の分離による総降雨量・総流出高の算定結果
(残流域の総雨量、総流出高、ダム貯留高考慮)

No.	洪水名	湯元		名取橋		広瀬橋		釜房ダム			大倉ダム		
		流域面積 (km ²)	122.7	流域面積 (km ²)	444.4	流域面積 (km ²)	301.4	流域面積 (km ²)	195.3		流域面積 (km ²)	88.5	
		総雨量 (mm)	総流出高 (mm)	総雨量 (mm)	総流出高 (mm)	総雨量 (mm)	総流出高 (mm)	総雨量 (mm)	総流出高 (mm)	貯留高 (mm)	総雨量 (mm)	総流出高 (mm)	貯留高 (mm)
1	S16.07.22	-	-	153.08	190.40	151.90	155.96	-	-	-	-	-	-
2	S19.09.12	-	-	259.60	123.16	259.60	269.12	-	-	-	-	-	-
3	S19.10.07	-	-	107.70	73.61	104.90	87.45	-	-	-	-	-	-
4	S22.09.14	-	-	147.63	120.61	151.18	105.29	-	-	-	-	-	-
5	S23.08.13	-	-	115.05	93.99	122.02	135.27	-	-	-	-	-	-
6	S23.09.16	-	-	220.01	134.72	256.64	160.02	-	-	-	-	-	-
7	S25.08.03	-	-	310.07	146.84	340.45	172.30	-	-	-	-	-	-
8	S33.09.17	-	-	145.00	97.46	164.07	76.02	-	-	-	-	-	-
9	S61.08.05	271.15	203.40	353.79	303.96	267.54	182.98	295.61	122.56	2.85	267.54	136.30	23.42
10	H1.08.07	205.01	203.46	151.11	87.91	182.87	143.09	204.85	146.79	2.57	182.87	136.30	23.42
11	H6.09.22	138.94	38.09	337.50	311.61	135.16	111.05	125.88	41.67	0.63	135.16	53.44	23.19
12	H14.07.10	155.91	101.52	232.86	187.53	144.40	132.75	220.35	110.61	6.99	144.40	83.50	33.97
13	H24.05.03	200.00	110.96	215.55	148.18	224.23	122.76	224.24	141.75	1.98	224.23	157.31	9.52
14	H24.06.20	154.88	73.30	73.88	25.27	141.11	125.08	161.79	61.80	10.08	141.11	69.57	7.69
15	H25.08.06	32.75	10.28	25.78	12.78	12.34	9.78	35.29	6.66	-0.63	12.34	8.28	3.49
16	H25.09.16	67.28	27.62	56.99	7.55	81.38	23.60	67.91	19.21	2.42	81.38	28.60	32.28
17	H26.06.12	71.52	41.10	76.68	33.65	71.01	35.60	88.22	40.07	11.90	71.01	41.96	-5.30
18	H26.10.14	103.43	55.45	94.63	49.70	68.89	42.91	124.93	44.12	8.14	68.89	25.52	26.28
19	H27.09.11	252.73	167.66	225.00	80.52	260.60	199.07	294.93	179.23	21.86	260.60	131.95	78.68
20	H28.08.17	146.35	64.52	77.28	35.33	119.01	42.56	157.69	43.47	11.19	119.01	46.48	39.68
21	H28.08.30	114.73	74.43	79.44	27.37	93.39	29.68	121.84	45.74	19.88	93.39	52.69	10.20
22	H29.10.23	161.09	114.74	168.07	149.39	112.86	73.53	189.00	112.17	46.83	112.86	69.11	84.44
23	H30.08.09	66.07	39.57	79.96	42.91	64.12	14.22	96.90	37.71	12.30	64.12	33.47	43.06
24	H30.10.01	43.45	25.11	29.10	7.49	47.66	14.32	44.10	19.79	12.46	47.66	31.42	31.11
25	R1.10.13	203.55	171.52	281.04	222.13	197.44	121.41	272.92	170.21	65.24	197.44	95.96	78.25
26	R2.04.19	147.70	77.34	103.31	52.02	145.28	64.41	163.55	78.61	10.78	145.28	95.19	18.07
27	R2.07.28	132.87	59.25	166.94	92.54	103.78	41.86	164.33	71.76	10.05	103.78	47.89	4.63
28	R3.02.15	49.34	23.32	48.05	22.71	72.38	18.32	56.02	15.63	5.54	72.38	28.75	37.00
29	R3.08.15	53.55	16.72	25.81	19.06	16.88	10.34	62.96	18.07	-2.78	16.88	5.60	3.44

※No. 1～8は流量が流出解析値のみであるため参考値扱いとした。

5) 計画 f_1 、 R_{sa} の検討

流出率 f_1 及び飽和雨量 R_{sa} は以下の方法により算定した。

各主要地点及びダム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) をプロットし、 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} を求めた。このとき、累積雨量が飽和雨量を上回った後の流出率（飽和流出率）は 1.0 とする。

なお、ダム下流の主要地点における総流出高の算定では、ダム地点で調節された貯留高を下流地点の総流出高に考慮した。貯留高は、洪水期間においてダム地点の流入量と放流量の差分を時々刻々総和し算定することとした。

f_1 、 R_{sa} の検討地点は 2) にて設定した主要地点及びダム地点の計 7 地点とした。総降雨量 R (mm) と総流出高 q (mm) 関係図をもとに設定した f_1 、 R_{sa} は表 1-4-6 に示すとおりである。各洪水の再現にあたって、 f_1 は本検討により得られた計画 f_1 を使用し、 R_{sa} は各洪水で検討した数値を採用する

表 1-4-6 計画 f_1 、 R_{sa} 設定結果

地点	一次損失雨量	
	一次流出率 f_1	飽和雨量 R_{sa} (mm)
湯元	0.50	140
名取橋	0.45	110
広瀬橋	0.35	120
釜房ダム	0.40	140
大倉ダム	0.50	120

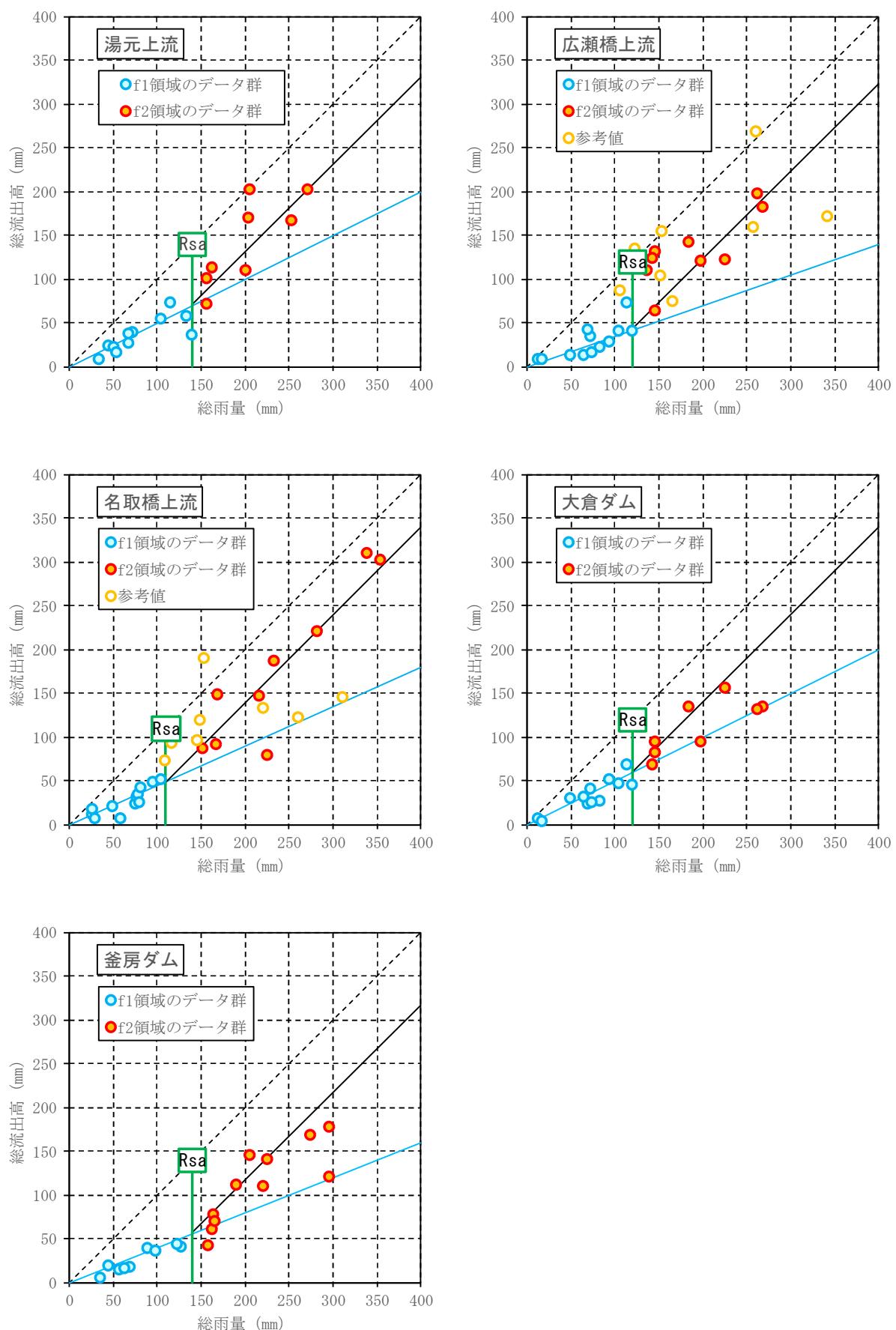


図 1-4-9 総降雨量と総流出高の関係

(2) K、P、T_lの設定

1) 検討対象地点の選定

流出係数に用いるK、P、T_l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。名取川において自然流況を把握可能な地点は、表 1-4-7 に示す3地点である。そこで、この3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う。

表 1-4-7 代表地点一覧

No.	河川名	地点名	流域面積 (km ²)	備考
1	名取川	湯元	122.7	
2	碁石川	釜房ダム	195.3	
3	大倉川	大倉ダム	88.5	

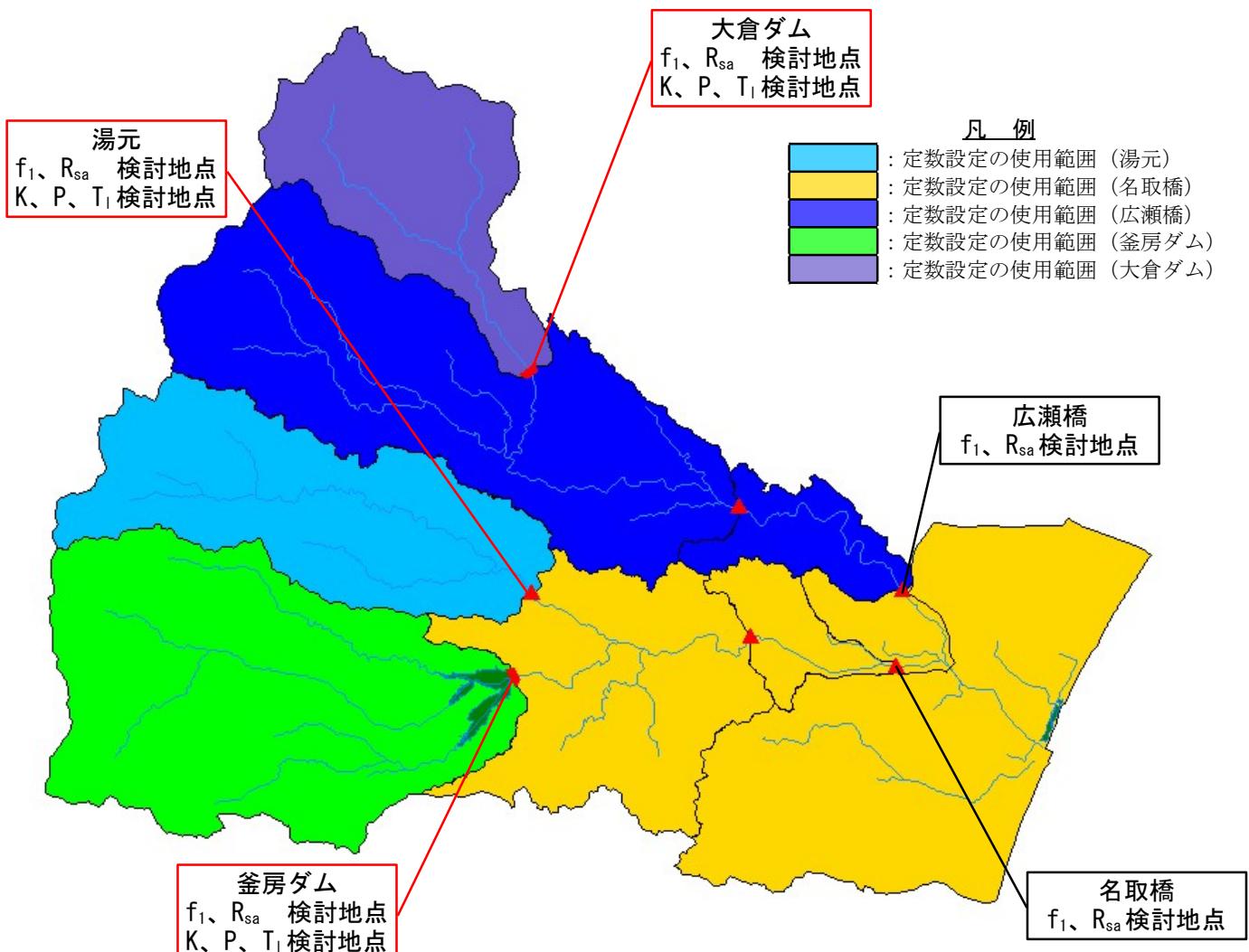


図 1-4-10 K、P、T_l検証対象地点

2) 検討対象洪水の選定

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、 T_1 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。このことから、対象洪水は各対象地点における実績ピーク流量(ダム地点は実績ピーク流入量)の上位5洪水とした。なお、湯元地点のピーク流量上位洪水のうち1位、2位洪水についてはピーク前の流量異常や欠測が確認されたことからピーク流量上位8位まで(7位もピーク前流量欠測)整理を行い、データの欠測や異常の無い上位5洪水による整理を行った。

各地点における対象洪水を整理した結果は表1-4-8に示すとおりであり、以下の理由からK、Pについては各地点において最大流量を記録した洪水の定数を用い、 T_1 については対象洪水の平均値を用いることとした。

- 流域の斜面勾配や土地利用等に大きく起因するK、Pは過去の実績洪水をもとに概ね推定することができる。しかし、 T_1 は各小流域における流末での流出時間に影響するものであり、基準地点等のピーク流量はこれらの合流のタイミング(T_1 の組み合わせ)によって定まることから、一概に決定することは困難である。

表1-4-8 K、P、 T_1 検討対象洪水一覧(湯元)

No.	洪水年月日	実績流量		備考
		ピーク流量 (m ³ /s)	順位	
1	S57.09.12	1,381	1	ピーク前の流量異常で算定困難
2	S63.08.12	668	5	
3	H1.08.07	784	3	
4	H1.08.27	654	7	ピーク前の流量欠測で算定困難
5	H6.09.30	654	6	
6	H11.08.14	828	2	ピーク前の流量欠測で算定困難
7	H14.07.11	764	4	
8	H28.12.27	594	8	

表1-4-9 K、P、 T_1 検討対象洪水一覧(釜房ダム)

No.	洪水年月日	実績流量		備考
		ピーク流量 (m ³ /s)	順位	
1	S57.09.13	824	5	
2	H1.08.07	884	4	
3	H11.08.14	908	3	
4	H14.07.10	918	2	
5	R1.10.13	1,009	1	

表 1-4-10 K、P、T_l検討対象洪水一覧（大倉ダム）

No.	洪水年月日	実績流量		備考
		ピーク流量 (m ³ /s)	順位	
1	S63.08.11	476	4	
2	H1.08.06	464	5	
3	H1.08.27	521	2	
4	H6.09.30	504	3	
5	H27.09.10	571	1	

3) 代表地点におけるK、P、T_lの算出

K、P、T_lは流域の貯留量 s と直接流出量 q の関係より設定する。貯留量 s と直接流出量 q の関係をグラフにプロットすると、図 1-4-11 のように直接流出量の上昇部と下降部でループを描き、貯留量-流出量関係が二価関数となることが多い。そこに遅れ時間の概念を導入することでループが解消され一価関数として扱うことができ、その関係から K、P を設定する。

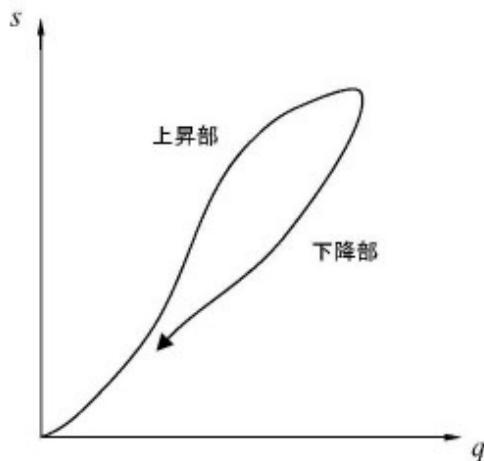


図 1-4-11 貯留高-流出量関係

具体的な作業の流れは以下のとおりである。

1. T_lを仮定する（最初は T_l=0 とおく）。
2. 観測ハイドログラフから基底流量を差し引いて、直接流出量のハイドログラフ（q）を得る。
3. 直接流出量のハイドログラフ q を負の時間方向へ T_lだけ平行移動させたものを q_l とする。
4. 流量 q_c（ピーク流出量の1～2割）を設定し、ハイドログラフ q_lについて増水期に流量が q_c となる時刻を t₁、減水期に流量が q_c となる時刻を t₂ とする（今回検討では、q_c はピーク流量の2割を設定）。
5. 次式より平均流入係数 f を計算する。

$$f = \int_{t_1}^{t_2} q_l dt / \int_{t_1}^{t_2} r dt$$

6. 各時刻の累加雨量に f を乗じた値 fΣr を求め、累加直接流出高を減じてみかけの貯留高 s_l(t)を求める。

7. 両対数紙の横軸に $q_l(t)$ 、縦軸に $s_l(t)$ をプロットして、直接流出量－貯留量関係を描く（図 1-4-11 参照）。図のように、直接流出量－貯留量関係が時計回りのループを描くときは T_l を大きくし、反時計回りのときは T_l を小さくして、ループが小さくなるまで 1～7 の手順を繰り返す。
8. T_l を変えてもループが小さくならないことが分かれば、そのときの T_l を遅れ時間とし、直接流出量－貯留量関係図の勾配から P を、 $q=1$ のときの s_l から K を決定する。

代表地点において K 、 P 、 T_I を算出した結果を表 1-4-11 に示す。

表 1-4-11 K 、 P 、 T_I の設定結果

地点	定数設定結果			備考
	K	P	T_I (分)	
湯元	28.099	0.420	76.0	
釜房ダム	44.892	0.347	72.0	
大倉ダム	9.332	0.454	50.0	

表 1-4-12 流域定数 (K 、 P 、 T_I) 設定結果 (湯元)

No.	洪水年月日	実績流量		定数設定ケース別 対象洪水		流域定数			備考
		ピーク流量 (m^3/s)	順位 ^{※1}	A	B	K	P	T_I (分)	
1	S57.09.12	1,381	1			—	—	—	ピーク前の流量異常で算定困難
2	S63.08.12	668	5		○	31.782	0.234	100	
3	H1.08.07	784	3	○	○	28.099	0.420	30	
4	H1.08.27	654	7			—	—	—	ピーク前の流量欠測で算定困難
5	H6.09.30	654	6		○	11.148	0.529	60	
6	H11.08.14	828	2			—	—	—	ピーク前の流量欠測で算定困難
7	H14.07.11	764	4		○	35.944	0.239	50	
8	H28.12.27	594	8		○	17.044	0.273	140	
ケースA：湯元地点実績ピーク流量(欠測除く)最大洪水における流域定数		28.099	0.420			30	平成元年8月7日洪水		
ケースB：対象全洪水の流域定数の平均値		24.803	0.339			76			

注1) 選定対象洪水における湯元地点ピーク流量の大きな順に評価

■：今回検討における採用値

表 1-4-13 流域定数 (K 、 P 、 T_I) 設定結果 (釜房ダム)

No.	洪水年月日	実績流量		定数設定ケース別 対象洪水		流域定数			備考
		ピーク流量 (m^3/s)	順位 ^{※1}	A	B	K	P	T_I (分)	
1	S57.09.13	824	5		○	26.155	0.463	80	
2	H1.08.07	884	4		○	27.687	0.449	80	
3	H11.08.14	908	3		○	44.006	0.323	90	
4	H14.07.10	918	2		○	59.266	0.254	50	
5	R1.10.13	1,009	1	○	○	44.892	0.347	60	
ケースA：釜房ダム地点実績ピーク流量最大洪水における流域定数		44.892	0.347			60	令和元年10月13日洪水		
ケースB：対象全洪水の流域定数の平均値		40.401	0.367			72			

注1) 選定対象洪水における釜房ダム地点ピーク流入量の大きな順に評価

■：今回検討における採用値

表 1-4-14 流域定数 (K 、 P 、 T_I) 設定結果 (大倉ダム)

No.	洪水年月日	実績流量		定数設定ケース別 対象洪水		流域定数			備考
		ピーク流量 (m^3/s)	順位 ^{※1}	A	B	K	P	T_I (分)	
1	S63.08.11	476	4		○	10.947	0.482	40	
2	H1.08.06	464	5		○	9.253	0.561	30	
3	H1.08.27	521	2		○	7.626	0.423	80	
4	H6.09.30	504	3		○	21.467	0.244	80	
5	H27.09.10	571	1	○	○	9.332	0.454	20	
ケースA：大倉ダム地点実績ピーク流量最大洪水における流域定数		9.332	0.454			20	平成27年9月10日洪水		
ケースB：対象全洪水の流域定数の平均値		11.725	0.433			50			

注1) 選定対象洪水における大倉ダム地点ピーク流入量の大きな順に評価

■：今回検討における採用値

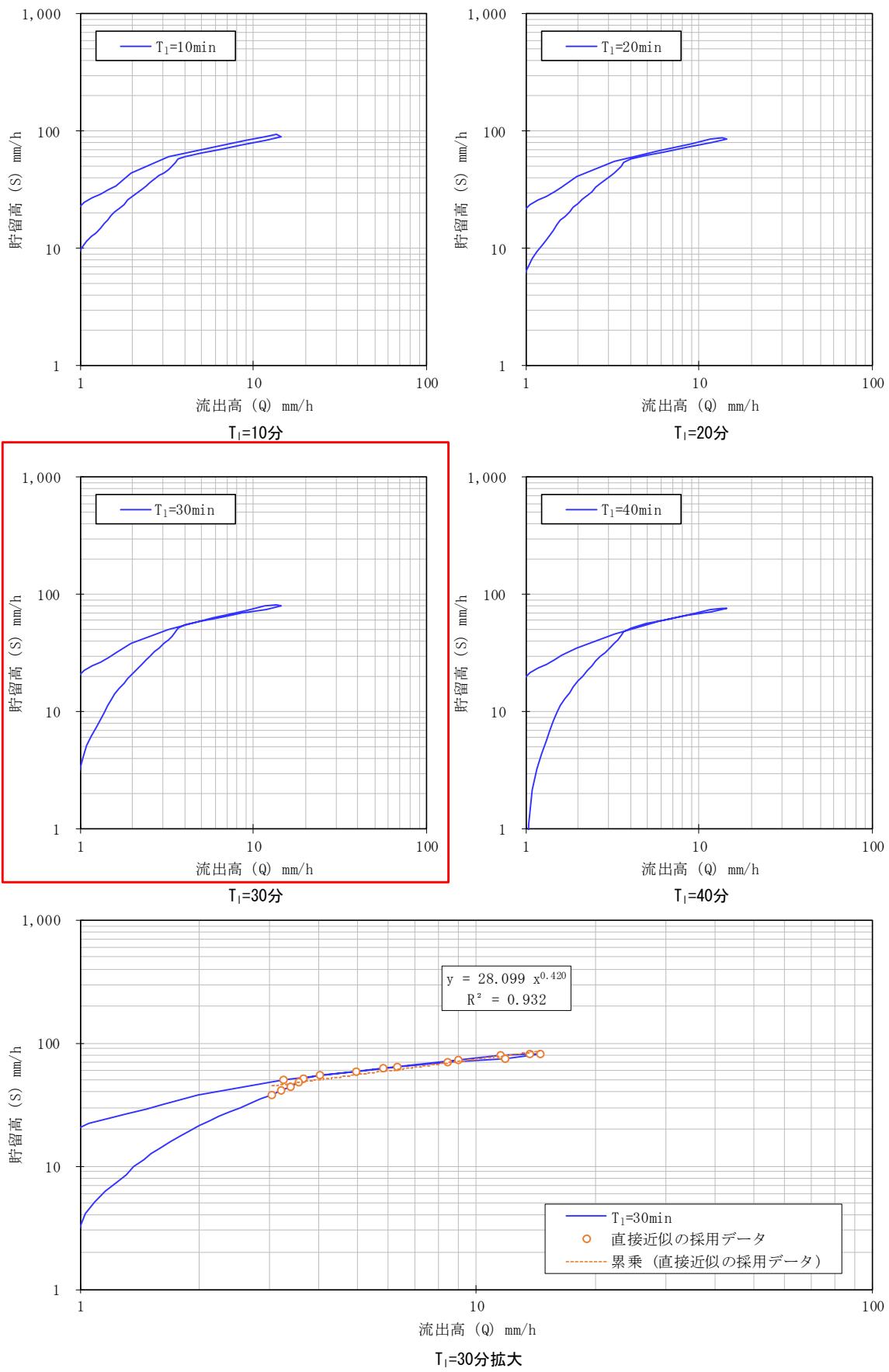


図 1-4-12 $S(t) - Q(t)$ 関係図（湯元地点、平成元年 8月 7日洪水）

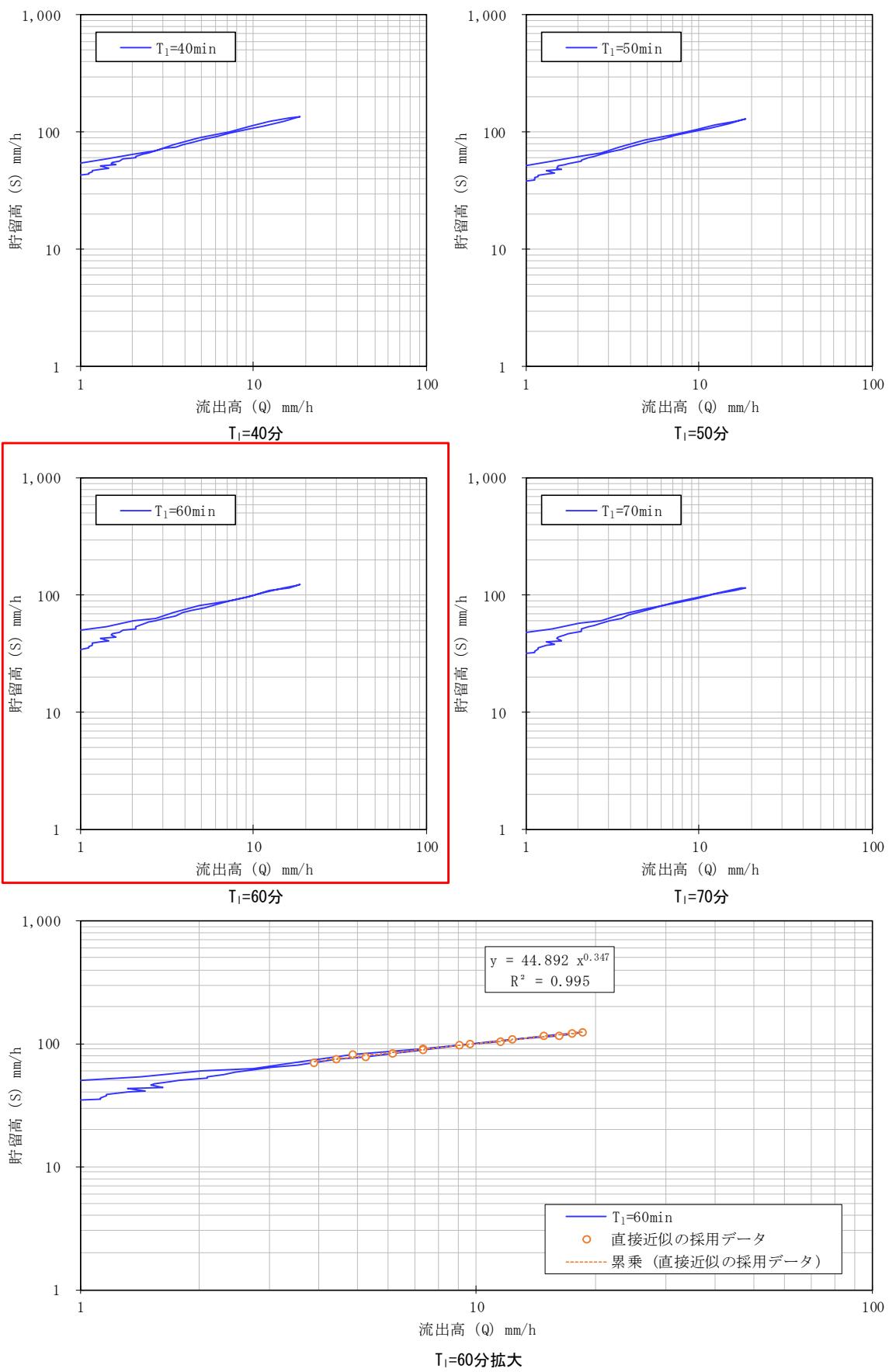


図 1-4-13 $S(t) - Q(t)$ 関係図（釜房ダム地点、令和元年10月13日洪水）

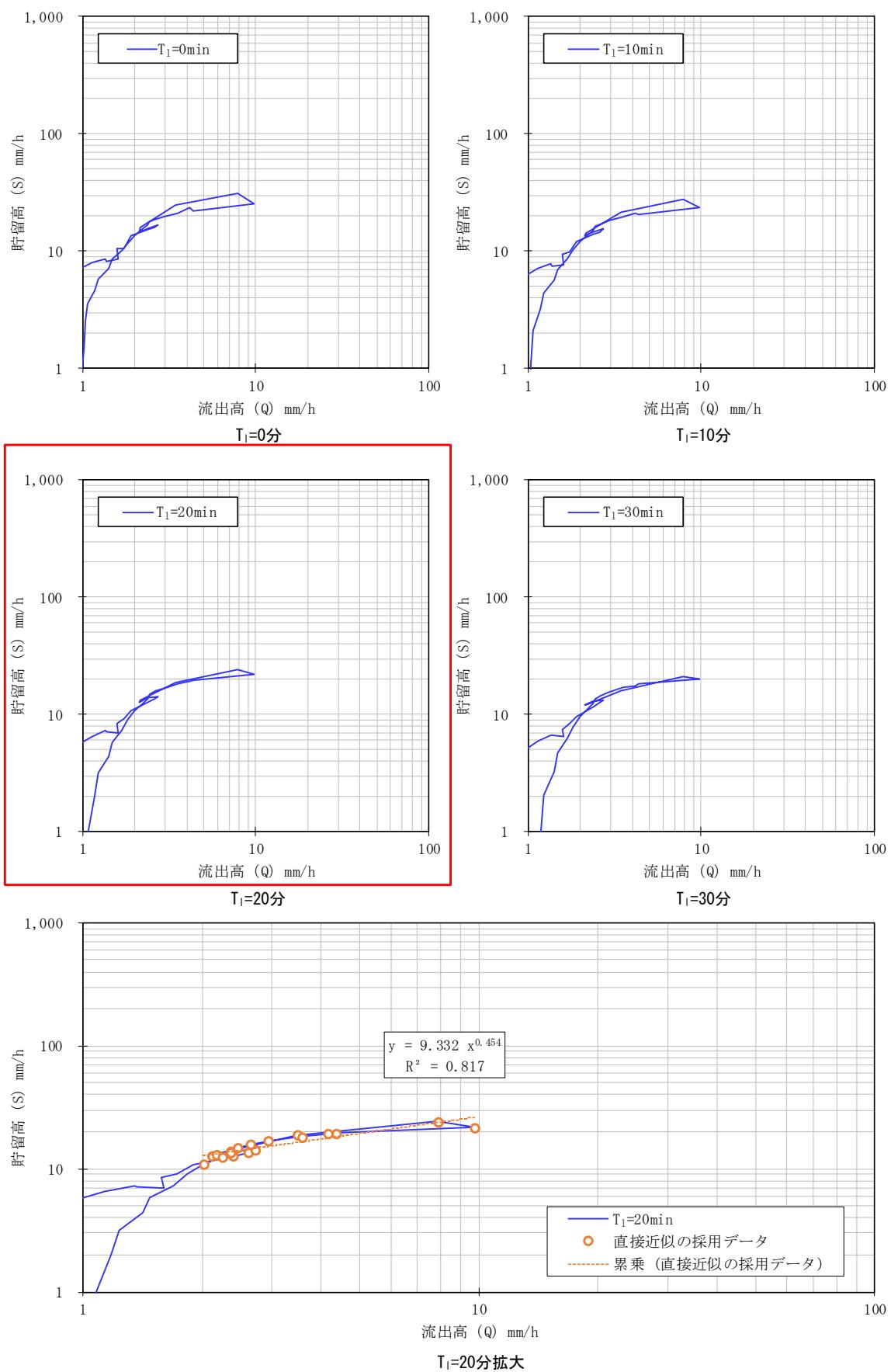


図 1-4-14 $S(t) - Q(t)$ 関係図 (大倉ダム地点, 平成 27 年 9 月 10 日洪水)

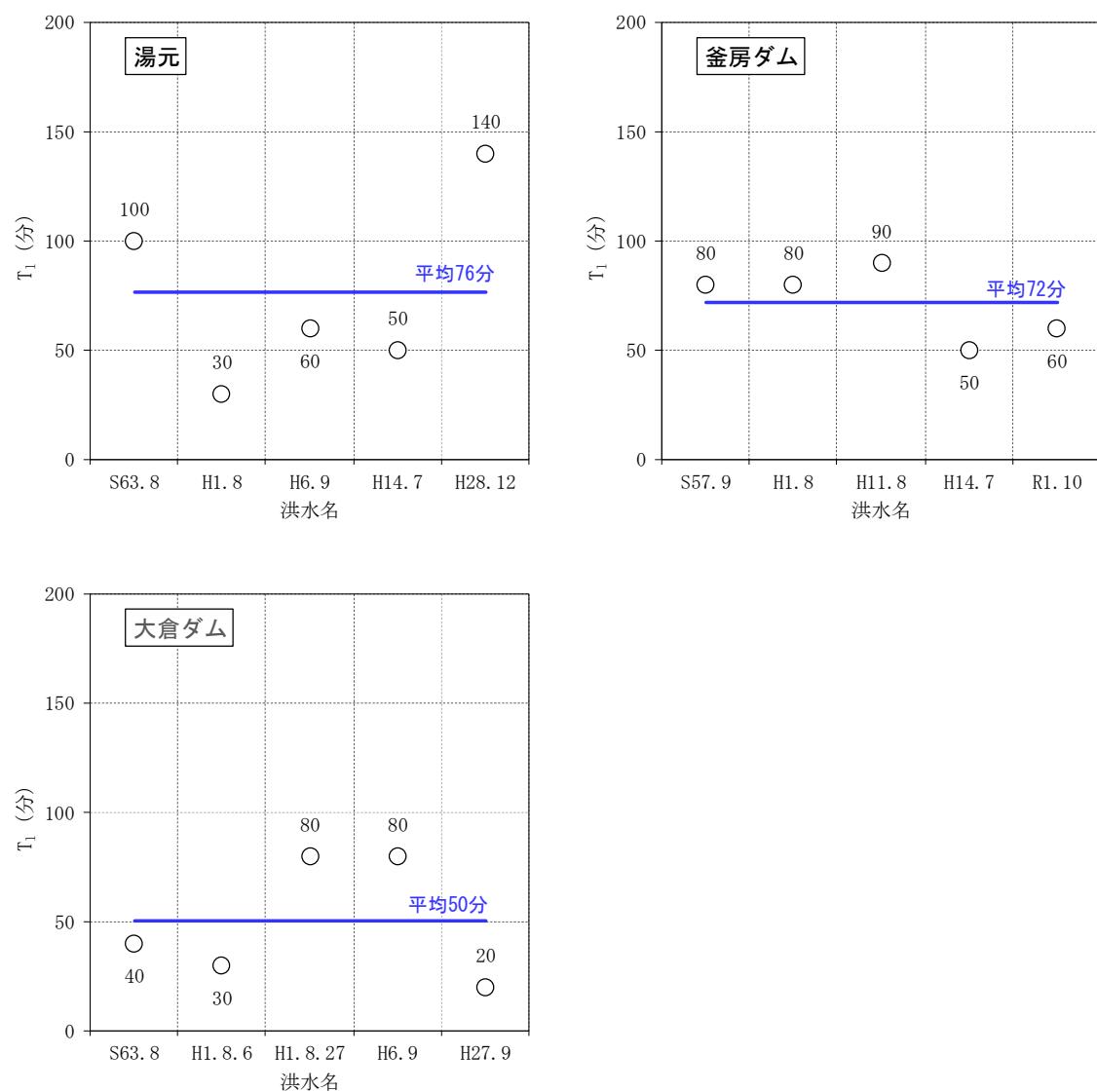


図 1-4-15 T_1 の設定状況（各洪水と平均値の関係）

4) 各小流域における K、P、T_l の設定

3)にて設定した代表地点流域では、各々の地点に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 値を算出する際には、以下の考え方を用いることとした。

- ・ K 値はリザーブ定数を用いた経験式の考え方を利用する。
- ・ 代表地点上流の地質特性と類似する小流域は、最適なリザーブ式を選定して 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。
- ・ T_l 値は、代表地点と小流域の流路長比により算定する。

リザーブ式は、以下に示すとおりである。

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

α : 定数

C : 流域粗度 (自然流域 C=0.12、都市流域 C=0.012)

I : 流域勾配

L : 流路長

以上の考え方から、釜房ダム、大倉ダム、湯元の定数検討結果より設定した K 値ならびに、各ダム流域の地形情報 (勾配 : I、流路長 : L) から、リザーブ定数を用いた経験式と同様の式を表 1-4-15 のように整理した。

表 1-4-15 代表地点における定数設定結果

地点	C	L (km)	I	K	α
湯元	0.118	13.7	0.0191	28.099	26.663
釜房ダム	0.115	11.0	0.0109	44.892	38.944
大倉ダム	0.118	10.3	0.0228	9.332	10.347

設定した式は、以下に示すとおりである。

$$\text{湯元} : K = 26.663 \times C \times I^{-1/3} \times L^{1/3}$$

$$\text{釜房ダム} : K = 38.944 \times C \times I^{-1/3} \times L^{1/3}$$

$$\text{大倉ダム} : K = 10.347 \times C \times I^{-1/3} \times L^{1/3}$$

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

- 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（令和3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・畠
都市流域・・・建物用地、道路、鉄道

表 1-4-16 土地利用状況別面積および流域粗度 C の算定結果

流域名	流域面積 (km ²)	水面	山林	水田	原野・畠	建物用地	道路	鉄道	流域粗度C
		0.000	0.120	0.120	0.120	0.012	0.012	0.012	
湯元	122.74	1.03	112.26	3.77	4.32	1.35	0.00	0.00	0.118
釜房ダム	195.25	4.18	160.79	11.65	13.85	4.08	1.22	0.00	0.115
大倉ダム	88.50	1.58	84.32	0.63	1.68	0.29	0.00	0.00	0.118

○流域勾配、流路長

- 代表地点上流域における小流域ごとに流域上流端から末端までの延長（流路長）および地盤高を計測（地盤高は、国土地理院基盤地図情報の5mメッシュ地盤高をもとに、河道付近の地盤高を計測）。
- 上記作業により、流域面積比にて代表地点までの河道延長、平均勾配を算出

表 1-4-17 河道延長、平均勾配算定結果

流域No.	流域面積 (km ²)		河道延長 (km)			平均勾配		
	①面積A	②合計 (Σ ①)	③延長L	④L × A (③ × ①)	河道延長 (Σ ④/②)	⑤勾配I	⑥I × A (⑤ × ①)	平均勾配 (Σ ⑥/②)
湯元上流								
15-R	29.34	122.74	7.39	216.7	13.67	0.0271	0.8	0.0191
16-R	16.13		5.86	94.5		0.0399	0.6	
17-R	29.34		15.87	465.8		0.0169	0.5	
18-R	47.93		18.80	901.1		0.0085	0.4	
釜房ダム上流								
20-R	67.90	195.25	12.80	869.3	10.78	0.0232	1.6	0.0111
21-R	127.35		9.70	1,235.3		0.0047	0.6	
大倉ダム上流								
1-R	48.46	88.50	13.00	630.0	10.31	0.0344	1.7	0.0228
2-R	40.04		7.05	282.4		0.0087	0.3	

設定した式及び各小流域の流域勾配 I、流路延長 L から K 値を算出する。なお、各小流域に用いるリザーブ式は、流域の地質特性が最も類似した代表地点のリザーブ式とした。

流域の地質特性は、以下の考え方で類似性を評価した。

東北地方デジタル地質図にて大枠で分類されている①堆積岩類、②火山岩類、③深成岩類、④変成岩類に分け、内訳が近い流域を類似性が高いとした。各小流域の岩類分布割合と代表地点流域の岩類分布を整理した結果を表 1-4-18 に示す。

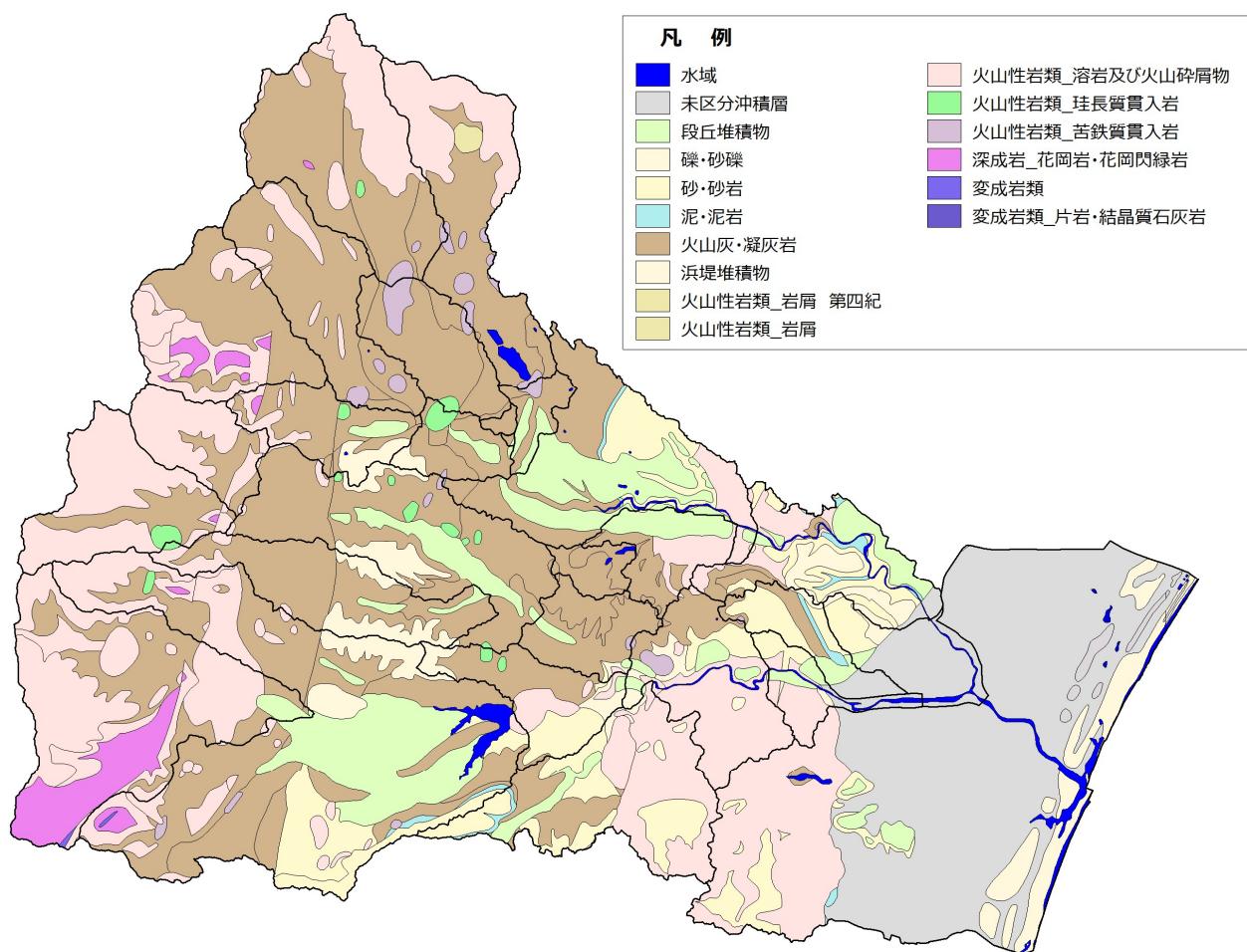


図 1-4-16 名取川流域地質図

【出典：東北地方デジタル地質図より作成】

表 1-4-18 リザーブ式使用流域の評価

流域	堆積岩類 (%)	火山岩類 (%)	深成岩類 (%)	変成岩類 (%)	相関関係		
					釜房ダム	大倉ダム	湯元
釜房ダム	36.6	8.9	54.5	0.0			
大倉ダム	39.7	0.1	60.2	0.0			
湯元	34.0	0.1	65.9	0.0			
1-R	33.6	0.2	66.2	0.0	0.98	0.99	1.00
2-R	47.2	0.0	52.8	0.0	0.97	0.98	0.94
3-R	10.3	0.0	89.7	0.0	0.85	0.85	0.91
4-R	12.3	0.0	87.7	0.0	0.86	0.86	0.92
5-R	0.0	0.0	100.0	0.0	0.78	0.78	0.86
6-R	0.0	0.0	100.0	0.0	0.78	0.78	0.86
7-R	37.5	7.6	54.9	0.0	1.00	0.99	0.98
8-R	17.6	1.3	81.0	0.0	0.90	0.90	0.95
9-R	17.2	0.0	82.8	0.0	0.89	0.89	0.95
10-R	11.5	0.0	88.5	0.0	0.85	0.86	0.92
11-R	0.0	0.0	100.0	0.0	0.78	0.78	0.86
12-R	44.3	0.0	55.7	0.0	0.98	0.99	0.97
13-R	15.8	0.0	84.2	0.0	0.88	0.88	0.94
14-R	24.3	0.0	75.7	0.0	0.94	0.94	0.98
15-R	76.5	0.3	23.2	0.0	0.58	0.60	0.48
16-R	74.7	0.0	25.3	0.0	0.61	0.63	0.51
17-R	9.1	0.0	90.9	0.0	0.84	0.84	0.91
18-R	4.9	0.0	95.1	0.0	0.81	0.81	0.89
19-R	1.7	0.0	98.3	0.0	0.79	0.79	0.87
20-R	55.8	20.0	24.2	0.0	0.60	0.56	0.45
21-R	23.7	1.5	74.8	0.0	0.93	0.94	0.98
22-R	19.4	0.0	80.6	0.0	0.91	0.91	0.96
23-R	47.5	0.0	52.5	0.0	0.96	0.98	0.94
24-R	64.5	0.0	35.5	0.0	0.76	0.78	0.69
25-R	67.8	0.0	32.2	0.0	0.71	0.73	0.63
26-R	0.5	0.0	99.5	0.0	0.79	0.79	0.86
27-R	0.0	0.0	100.0	0.0	0.78	0.78	0.86

流域が小さく流域定数を細かく設定した場合、流出計算において誤差が生じやすいことが想定されるため、以下に示す複数の流域は同じ流域定数を設定するよう考慮した。

統合した流域における岩類分布を表 1-4-19 のとおり整理した。

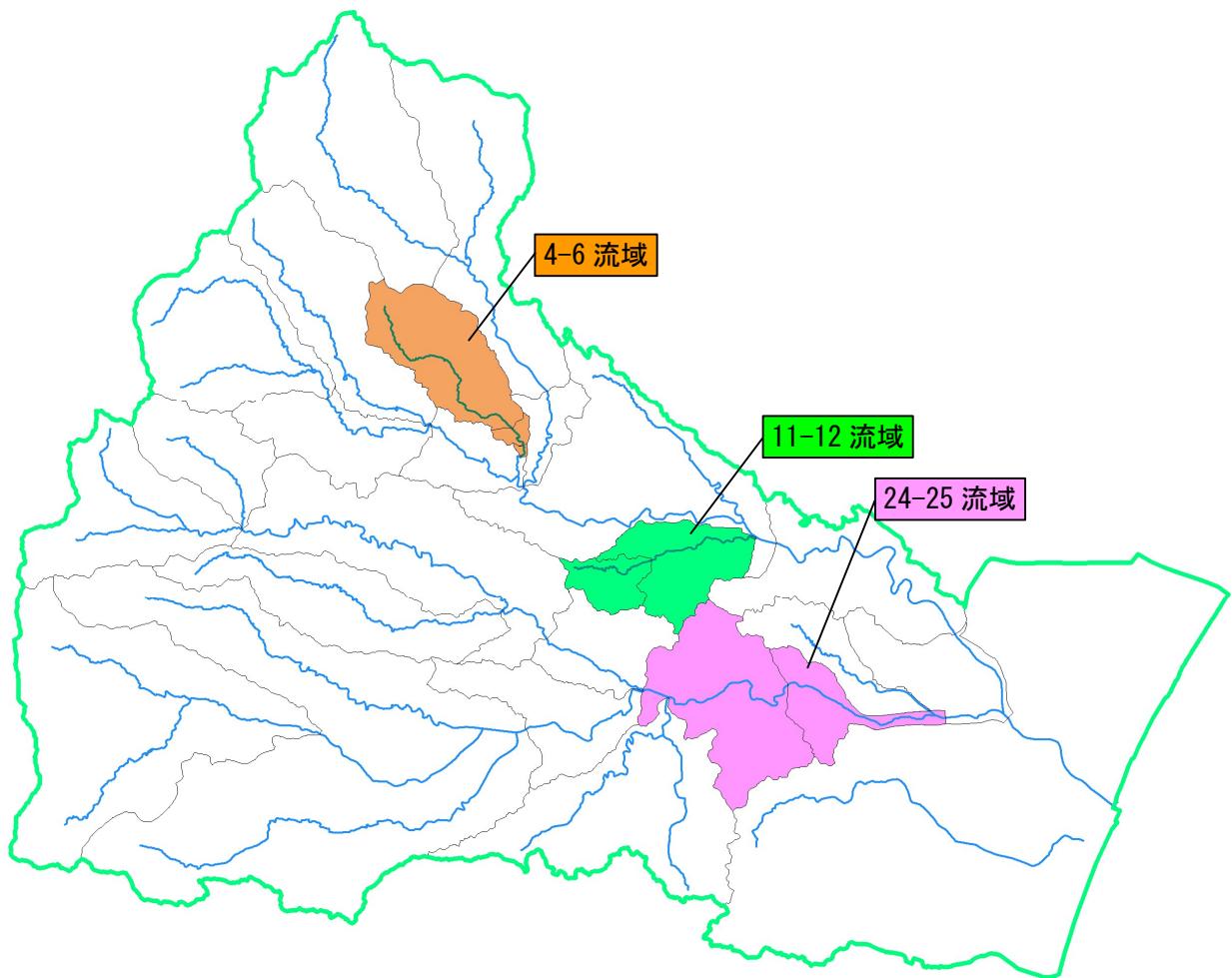


図 1-4-17 流域定数の統合流域

表 1-4-19 リザーブ式使用流域の評価（統合流域）

流域	堆積岩類 (%)	火山岩類 (%)	深成岩類 (%)	变成岩類 (%)	相関関係		
					釜房ダム	大倉ダム	湯元
4-6R	11.8	0.0	88.2	0.0	0.86	0.86	0.92
11-12R	28.8	0.0	71.2	0.0	0.96	0.97	0.99
24-25R	65.2	0.0	34.8	0.0	0.75	0.77	0.67

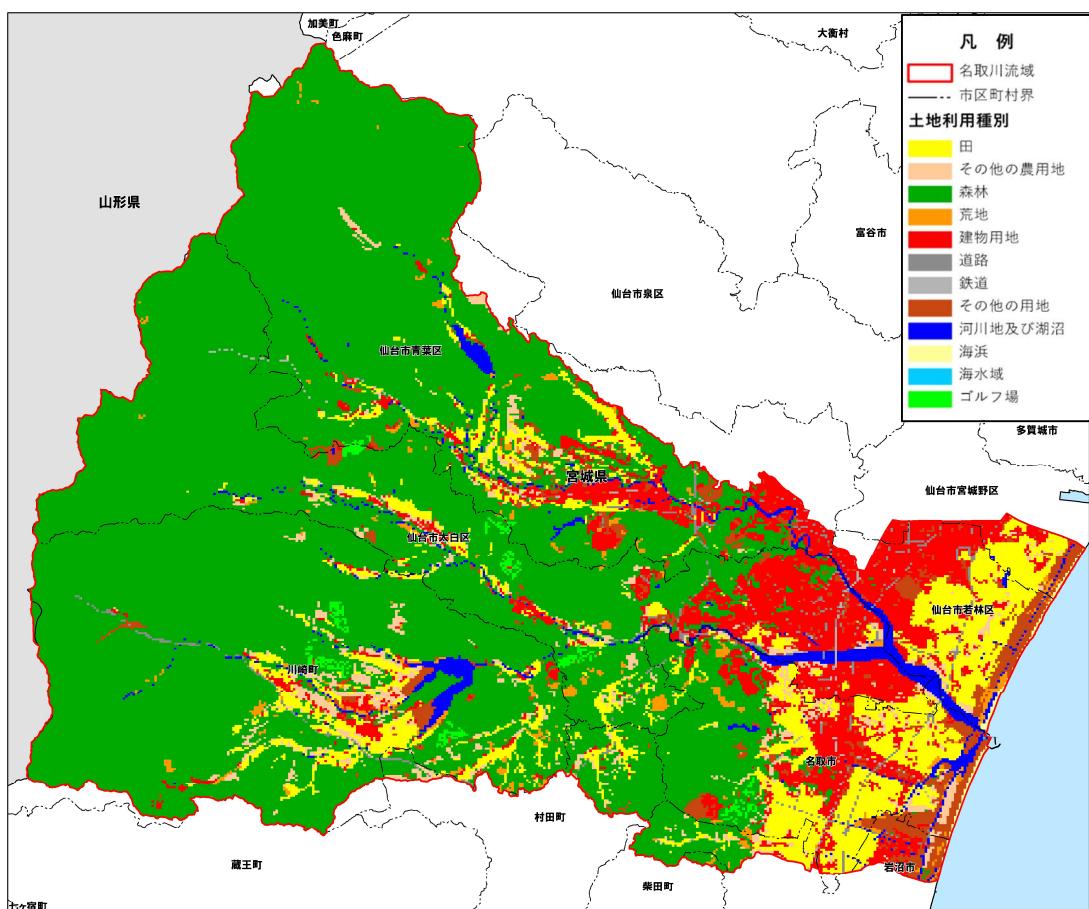


図 1-4-18 名取川流域土地利用図

【出典：国土数値情報ダウンロードサービス土地利用細分メッシュデータ（平成 28 年度）より作成】

表 1-4-20 土地利用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	建物用地	道路	鉄道	流域粗度C
		0.000	0.120	0.120	0.120	0.012	0.012	0.012	
1-R	48.5	0.04	47.60	0.02	0.78	0.02	0.00	0.00	0.120
2-R	40.0	1.54	36.72	0.61	0.90	0.27	0.00	0.00	0.115
3-R	5.9	0.15	4.31	0.88	0.52	0.08	0.00	0.00	0.115
4-R	19.1	0.04	18.74	0.21	0.09	0.02	0.00	0.00	0.120
5-R	0.7	0.03	0.59	0.07	0.00	0.01	0.00	0.00	0.114
6-R	0.2	0.00	0.16	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.120
7-R	33.7	2.59	18.64	11.91	0.52	0.00	0.00	0.00	0.111
8-R	17.5	0.00	17.35	0.00	0.06	0.00	0.00	0.12	0.119
9-R	32.0	0.07	27.47	1.31	2.12	0.91	0.00	0.09	0.116
10-R	10.0	0.06	9.59	0.07	0.09	0.11	0.00	0.03	0.118
11-R	5.2	0.09	4.03	0.27	0.46	0.28	0.00	0.08	0.111
12-R	14.0	1.75	5.85	4.68	1.17	0.58	0.00	0.00	0.101
13-R	46.3	0.78	27.57	7.45	5.29	5.04	0.00	0.21	0.106
14-R	28.3	1.48	25.74	0.00	1.02	0.05	0.00	0.00	0.114
15-R	29.3	0.05	29.25	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.120
16-R	16.1	0.00	16.06	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.120
17-R	29.3	0.21	27.48	0.85	0.57	0.23	0.00	0.00	0.118
18-R	47.9	0.77	39.48	2.85	3.72	1.12	0.00	0.00	0.116
19-R	14.1	0.16	11.66	0.29	0.89	1.04	0.00	0.00	0.111
20-R	67.9	0.33	65.18	0.82	0.72	0.19	0.66	0.00	0.118
21-R	127.4	3.85	95.61	10.84	13.13	3.89	0.56	0.00	0.113
22-R	18.7	0.32	16.02	0.48	1.42	0.46	0.00	0.00	0.115
23-R	43.0	0.01	31.37	5.93	4.67	0.66	0.36	0.00	0.117
24-R	28.8	0.60	19.94	1.86	3.26	2.54	0.62	0.00	0.106
25-R	9.9	1.92	3.11	0.31	1.02	3.10	0.36	0.05	0.058
26-R	11.9	0.08	5.25	0.91	0.87	4.49	0.25	0.06	0.076
27-R	15.6	2.51	0.31	0.27	1.35	10.32	0.57	0.23	0.023

表 1-4-21 統合流域の流域粗度 C の算定結果

流域No.	流域面積 (km ²)	水面	山林	水田	原野・畑	建物用地	道路	鉄道	流域粗度C
		0.000	0.120	0.120	0.120	0.012	0.012	0.012	
4-6R	20.0	0.07	19.49	0.31	0.10	0.03	0.00	0.00	0.119
11-12R	19.2	1.85	9.88	4.94	1.63	0.86	0.00	0.08	0.103
24-25R	38.7	2.52	23.05	2.18	4.28	5.64	0.98	0.05	0.094

流域定数における流域の勾配 I は、流路超経路の地形を調査し、平均的な勾配を算定することにより地形特性を反映することとした。以下にその考え方を流域 1 の事例にて示す。

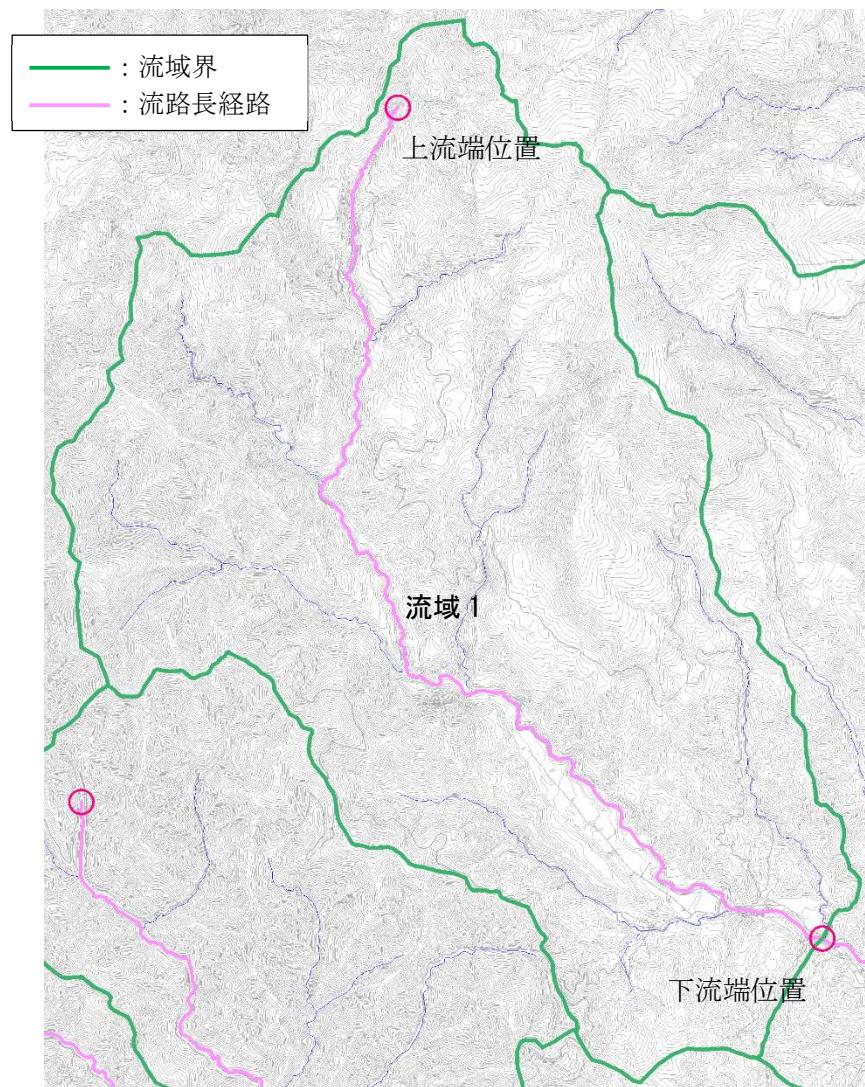


図 1-4-19 流域流路勾配算出箇所の一例

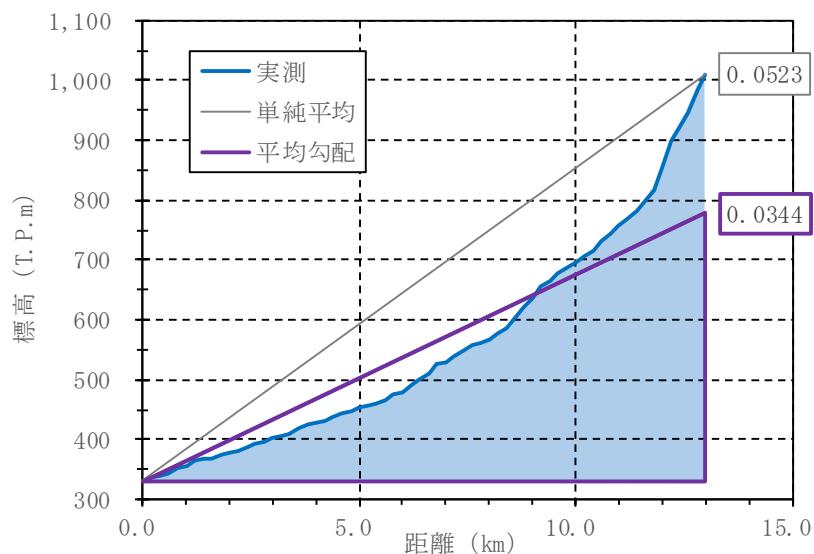


図 1-4-20 流域平均勾配算出例

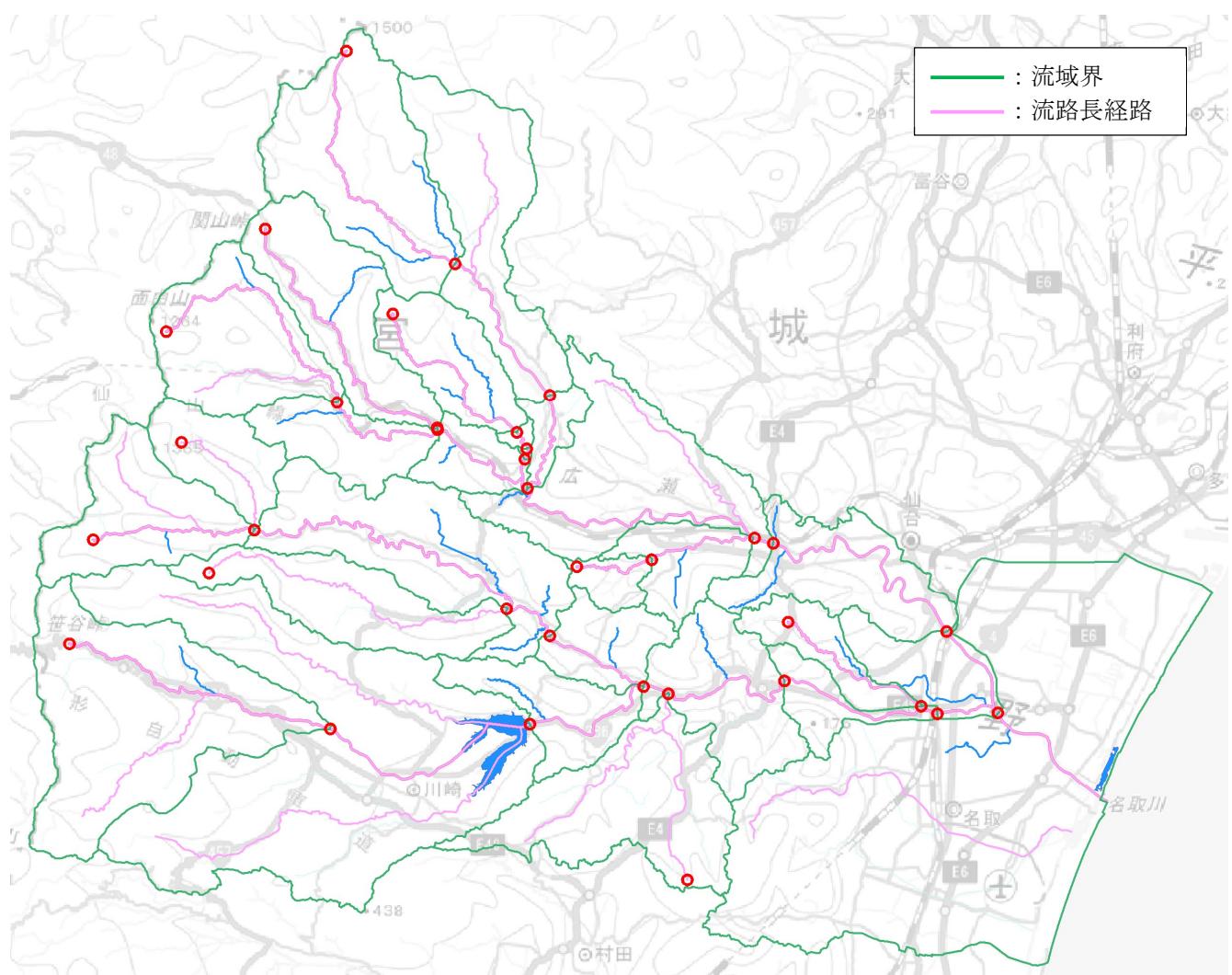


図 1-4-21 流域流路勾配算出箇所

勾配の算定は主流路に対して行うこととし、国土数値情報ダウンロードサービスの河川データの 200m 間隔で、国土地理院 5mDEM データの最近傍の 4 点から中心点の標高を算定した。ただし、航空写真と照らし合わせた際に、河川位置が、みお筋から離れている箇所等、上下流標高との関係が不連続となるような場所は周辺標高も確認して、最近傍の標高を採用する等の補正を行った。

統合した流域における平均流路勾配は、小流域の流域面積比にて河道延長、平均勾配を算出した。

表 1-4-22 統合流域の河道延長、平均勾配算定結果

流域No.	流域面積 (km ²)		河道延長 (km)			平均勾配I		
	①面積A	②合計 (Σ①)	③延長L	④L × A (3 × ①)	河道延長 (Σ④)/(②)	⑤勾配I	⑥I × A (5 × ①)	平均勾配 (Σ⑥)/(②)
4-R	19.1	20.0	9.03	172.47	8.65	0.0241	0.5	0.4617
5-R	0.7		0.80	0.56		0.0009	0.0	
6-R	0.2		0.20	0.04		0.0004	0.0	
11-R	5.2	19.2	4.00	20.80	4.58	0.0109	0.1	0.0110
12-R	14.0		4.80	67.34		0.0110	0.2	
24-R	28.8	38.7	7.60	219.03	7.37	0.0041	0.1	0.0038
25-R	9.9		6.71	66.29		0.0030	0.0	

地形特性とともに設定した各小流域の K、P、T_I を表 1-4-23 に示す。また、流出計算モデルに設定した流域定数一覧は表 1-4-24 に示す。

表 1-4-23 流域定数算出結果

流域 No.	流域面積 (km ²)	流域定数					流路長L (km)	統合流域 の流路長 (km)	勾配I	流域粗度C
		K	P	T _I (min)	f ₁	Rsa (mm)				
1-R	48.5	25.45	0.42	72.3	0.50	120	13.0	10.31	0.0228	0.118
2-R	40.0	8.45	0.45	34.2	0.50	120	7.1	10.31	0.0228	0.118
3-R	5.9	24.92	0.42	27.8	0.35	120	5.0	5.00	0.0109	0.115
4-R	19.1	8.88	0.42	50.2	0.35	120	9.0	8.65	0.4617	0.119
5-R	0.7	8.88	0.42	4.4	0.35	120	0.8	8.65	0.4617	0.119
6-R	0.2	8.88	0.42	1.1	0.35	120	0.2	8.65	0.4617	0.119
7-R	33.7	37.91	0.35	80.9	0.35	120	12.1	12.11	0.0275	0.111
8-R	17.5	28.67	0.42	32.2	0.35	120	5.8	5.80	0.0092	0.119
9-R	32.0	31.29	0.42	76.7	0.35	120	13.8	13.80	0.0156	0.116
10-R	10.0	27.86	0.42	30.0	0.35	120	5.4	5.40	0.0091	0.118
11-R	5.2	21.62	0.42	22.2	0.35	120	4.0	4.58	0.0110	0.103
12-R	14.0	7.18	0.45	23.3	0.35	120	4.8	4.58	0.0110	0.103
13-R	46.3	42.20	0.42	71.2	0.35	120	12.8	12.80	0.0045	0.106
14-R	28.3	49.31	0.42	68.9	0.35	120	12.4	12.40	0.0034	0.114
15-R	29.3	9.85	0.45	35.8	0.50	140	7.4	13.67	0.0191	0.118
16-R	16.1	9.85	0.45	28.4	0.50	140	5.9	13.67	0.0191	0.118
17-R	29.3	29.66	0.42	88.2	0.50	140	15.9	13.67	0.0191	0.118
18-R	47.9	29.66	0.42	104.5	0.50	140	18.8	13.67	0.0191	0.118
19-R	14.1	27.25	0.42	25.6	0.45	110	4.6	4.60	0.0069	0.111
20-R	67.9	51.12	0.35	85.5	0.40	140	12.8	10.78	0.0111	0.115
21-R	127.4	32.00	0.42	53.9	0.40	140	9.7	10.78	0.0111	0.115
22-R	18.7	31.07	0.42	35.6	0.45	110	6.4	6.40	0.0072	0.115
23-R	43.0	9.60	0.45	44.9	0.45	110	9.3	9.25	0.0136	0.117
24-R	28.8	10.94	0.45	36.9	0.45	110	7.6	7.37	0.0038	0.094
25-R	9.9	10.94	0.45	32.5	0.45	110	6.7	7.37	0.0038	0.094
26-R	11.9	22.12	0.42	42.6	0.45	110	7.7	7.67	0.0069	0.076
27-R	15.6	8.83	0.42	27.0	0.45	110	4.9	4.85	0.0019	0.023
28-R	177.7	34.58	0.45	43.2	0.45	110	8.9	8.90	0.0001	0.083

表 1-4-24 名取川流域における流域定数一覧

No	流域名	河川名	河川・流域	流域面積 (km ²)	流域定数				計画 飽和雨量 (mm)	計画 基底流量 (m ³ /s)
					K	P	T ₁ (min)	f1		
1	1-R	大倉川	大倉川最上流域	48.5	25.449	0.420	72.3	0.50	120	1.8
2	2-R	大倉川	大倉川残流域1（大倉ダム地点）	40.0	8.452	0.454	34.2	0.50	120	2.1
3	3-R	大倉川	大倉川残流域2（広瀬川合流点）	5.9	24.921	0.420	27.8	0.35	120	0.4
4	4-R	青下川	青下川流域（青下第3ダム地点）	19.1	8.881	0.420	50.2	0.35	120	0.5
5	5-R	青下川	青下川残流域1（青下第2ダム地点）	0.7	8.881	0.420	4.4	0.35	120	1.0
6	6-R	青下川	青下川残流域2（青下第1ダム地点）	0.2	8.881	0.420	1.1	0.35	120	2.6
7	7-R	新川川	新川川最上流域	33.7	37.910	0.347	80.9	0.35	120	1.0
8	8-R	新川川	新川川残流域（広瀬川合流点）	17.5	28.672	0.420	32.2	0.35	120	0.9
9	9-R	広瀬川	広瀬川最上流域（新川川合流点）	32.0	31.290	0.420	76.7	0.35	120	2.7
10	10-R	広瀬川残流域	広瀬川残流域1（大倉川合流点）	10.0	27.863	0.420	30.0	0.35	120	3.5
11	11-R	斎勝川	斎勝川最上流域（愛子ダム地点）	5.2	21.617	0.420	22.2	0.35	120	2.9
12	12-R	斎勝川	斎勝川残流域（広瀬川合流点）	14.0	7.179	0.454	23.3	0.35	120	5.6
13	13-R	広瀬川残流域	広瀬川残流域2（落合）	46.3	42.202	0.420	71.2	0.35	120	2.4
14	14-R	広瀬川残流域	広瀬川残流域3（広瀬橋）	28.3	49.307	0.420	68.9	0.35	120	2.3
15	15-R	名取川	名取川最上流域	29.3	9.850	0.454	35.8	0.50	140	2.2
16	16-R	名取川残流域	名取川残流域1（左支川（無名河川）流域）	16.1	9.850	0.454	28.4	0.50	140	1.7
17	17-R	本砂金川	本砂金川流域	29.3	29.660	0.420	88.2	0.50	140	4.4
18	18-R	名取川残流域	名取川残流域2（湯元地点）	47.9	29.660	0.420	104.5	0.50	140	1.6
19	19-R	名取川残流域	名取川残流域3（碁石川合流点）	14.0	27.247	0.420	25.6	0.45	110	3.2
20	20-R	北川	北川流域（下原）	67.9	51.123	0.347	85.5	0.40	140	1.5
21	21-R	碁石川	釜房ダム上流域	127.3	31.999	0.420	53.9	0.40	140	0.7
22	22-R	碁石川	碁石川残流域（名取川合流点）	18.7	31.070	0.420	35.6	0.45	110	1.4
23	23-R	坪沼川	坪沼川流域	43.0	9.603	0.454	44.9	0.45	110	0.8
24	24-R	名取川残流域	名取川残流域4（余方）	28.8	10.941	0.454	36.9	0.45	110	3.7
25	25-R	名取川残流域	名取川残流域5	9.9	10.941	0.454	32.5	0.45	110	1.7
26	26-R	笊川	笊川流域	11.9	22.121	0.420	42.6	0.45	110	1.7
27	27-R	笊川	旧笊川流域	15.6	8.835	0.420	27.0	0.45	110	1.7

1-4-4 河道定数の設定

直轄管理区間については、不等流計算により河道の任意の流量 Q に対応する貯留量 S との関係を求めて K 、 P を設定することとした。

その他の区間については、前段で設定した流域流路勾配と航空レーザ測量データより 200m ピッチの横断測線上の河道形状を作成し川幅の設定を行い、現行計画と同様に利根川の経験式による定数設定を行った。また、遅滞時間 T_l の設定は、B 河道、E 河道、F 河道については河道 T_l の経験式、C 河道、D 河道については現行基本方針と同様の考え方である利根川の経験式により算定を行った。

以上の条件より設定した河道定数の一覧は表 1-4-29 に示す。

表 1-4-25 河道モデルの設定方針

河道	区間	定数設定方法
A 河道	赤生木地点～落合地点	利根川の経験式 (現行基本方針モデル定数踏襲)
B 河道	広瀬橋地点～袋原地点	不等流による河道 $S-Q$
C 河道	湯元地点～暮石川合流点	利根川の経験式
D 河道	暮石川合流点～余方地点	利根川の経験式
E 河道	余方地点～名取橋地点	不等流による河道 $S-Q$
F 河道	名取橋地点～袋原地点	不等流による河道 $S-Q$

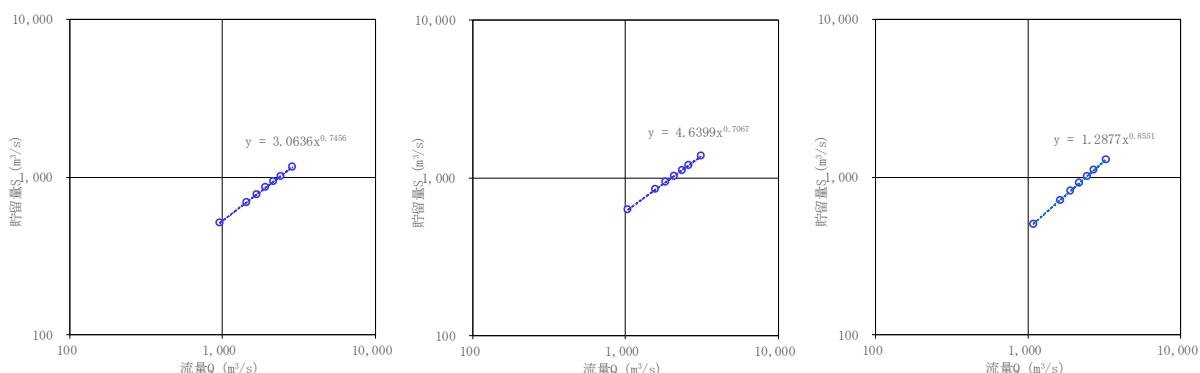


図 1-4-22 $S-Q$ 関係一覧図（左図：B 河道、中図：E 河道、右図：F 河道）

表 1-4-26 $S-Q$ 関係一覧表（左表：B 河道、中表：E 河道、右表：F 河道）

流量 (m^3/s)	貯留量 (m^3/s)	流量 (m^3/s)	貯留量 (m^3/s)	流量 (m^3/s)	貯留量 (m^3/s)
960	511	1,040	625	1,080	506
1,440	695	1,560	845	1,620	713
1,680	779	1,820	936	1,890	816
1,920	859	2,080	1,026	2,160	917
2,160	940	2,340	1,112	2,430	1,015
2,400	1,015	2,600	1,196	2,700	1,108
2,880	1,160	3,120	1,369	3,240	1,289

○河道 T_l の経験式

$$T_l = 7.36 \times 10^{-4} \times L \times I^{1/2} \quad (\text{h})$$

○利根川の経験式

$$K' = 0.185 \cdot L \cdot B^{0.4} \cdot (I^{-1})^{-0.3} \cdot n^{0.6}$$

$$K = 1.67 \cdot K'$$

$$P = 0.6$$

$$T_l = 0.00165 \cdot L \cdot I^{-0.6}$$

ここに、L：河道延長（km）、B：河道平均幅（m）、I：河道勾配、n：粗度係数

表 1-4-27 河道 T_l の経験式による河道定数設定結果

河道	下流	上流	I	L (km)	T_l (min)
B河道	袋原	～ 広瀬橋	0.00204	3.6	3.52
E河道	名取橋	～ 余方	0.00297	6.7	5.43
F河道	袋原	～ 名取橋	0.00188	4.9	4.95

表 1-4-28 利根川の経験式による河道定数設定結果

河道	下流	上流	I	L (km)	T_l (min)	B (m)	n	K	P
C河道	暮石川合流点	～ 湯元	0.00689	4.6	9.02	40	0.040	4.01	0.60
D河道	余方	～ 墓石川合流点	0.00408	7.6	20.42	70	0.040	9.70	0.60

表 1-4-29 名取川流域における河道定数一覧

No	河道番号	河川名	河道区間			河道延長 (km)	河道定数		T_l (min)
			下流	～	上流		K	P	
1	A河道	広瀬川	落合	～	大倉川合流点	11.0	14.20	0.60	18.0
2	B河道	広瀬川	袋原	～	広瀬橋	3.6	3.06	0.75	3.5
3	C河道	名取川	墓石川合流点	～	湯元	4.6	4.01	0.60	9.0
4	D河道	名取川	余方	～	墓石川合流点	7.6	9.70	0.60	20.4
5	E河道	名取川	名取橋	～	余方	6.7	4.64	0.71	5.4
6	F河道	名取川	袋原	～	名取橋	4.9	1.29	0.86	5.0

1-4-5 実績洪水再現による流出解析モデルの精度検証

(1) 検証対象洪水の設定

流出解析モデルの検証にあたっては、河川改修等の進捗等を考慮して、近10か年の洪水の中から、上位である平成24年6月洪水、平成27年9月洪水、令和元年10月洪水の3洪水を対象とした。

表 1-4-30 検証対象洪水一覧

洪水名	流量 (m ³ /s)	
	名取橋	広瀬橋
H24. 06. 20	1,994	1,097
H27. 09. 11	1,514	1,233
R1. 10. 13	1,902	975

(2) 流出解析に用いる定数

再現計算に用いる各小流域の流域面積、 f_i 、 K 、 P 、 T_i と各河道の K 、 P 、 T_i は、前節までに整理した値を用いる。飽和雨量 R_{sa} 及び基底流量 Q_b は、洪水ごとに表 1-4-31、表 1-4-32 の条件とした。再現計算結果を図 1-4-23 から図 1-4-28 に示す。

表 1-4-31 検証対象洪水の飽和雨量 R_{sa}

洪水名	飽和雨量 R_{sa} (mm)						
	湯元	余方	名取橋	落合	広瀬橋	釜房ダム	大倉ダム
H24. 06. 20	97	0	0	0	0	76	157
H27. 09. 11	0	182	5	10	10	193	178
R1. 10. 13	0	185	370	63	157	163	224

表 1-4-32 検証対象洪水の基底流量 Q_b

洪水名	基底流量 Q_b (m ³ /s)						
	湯元	余方	名取橋	落合	広瀬橋	釜房ダム	大倉ダム
H24. 06. 20	5.0	17.9	15.5	14.8	7.9	7.2	3.0
H27. 09. 11	23.5	83.1	79.5	26.2	23.0	23.2	10.7
R1. 10. 13	2.4	3.5	2.4	6.3	5.3	2.9	2.6

(3) 対象洪水の再現計算結果

前述までに設定した条件にて、再現計算を実施した。再現計算結果を図 1-4-23～図 1-4-28 に示す。

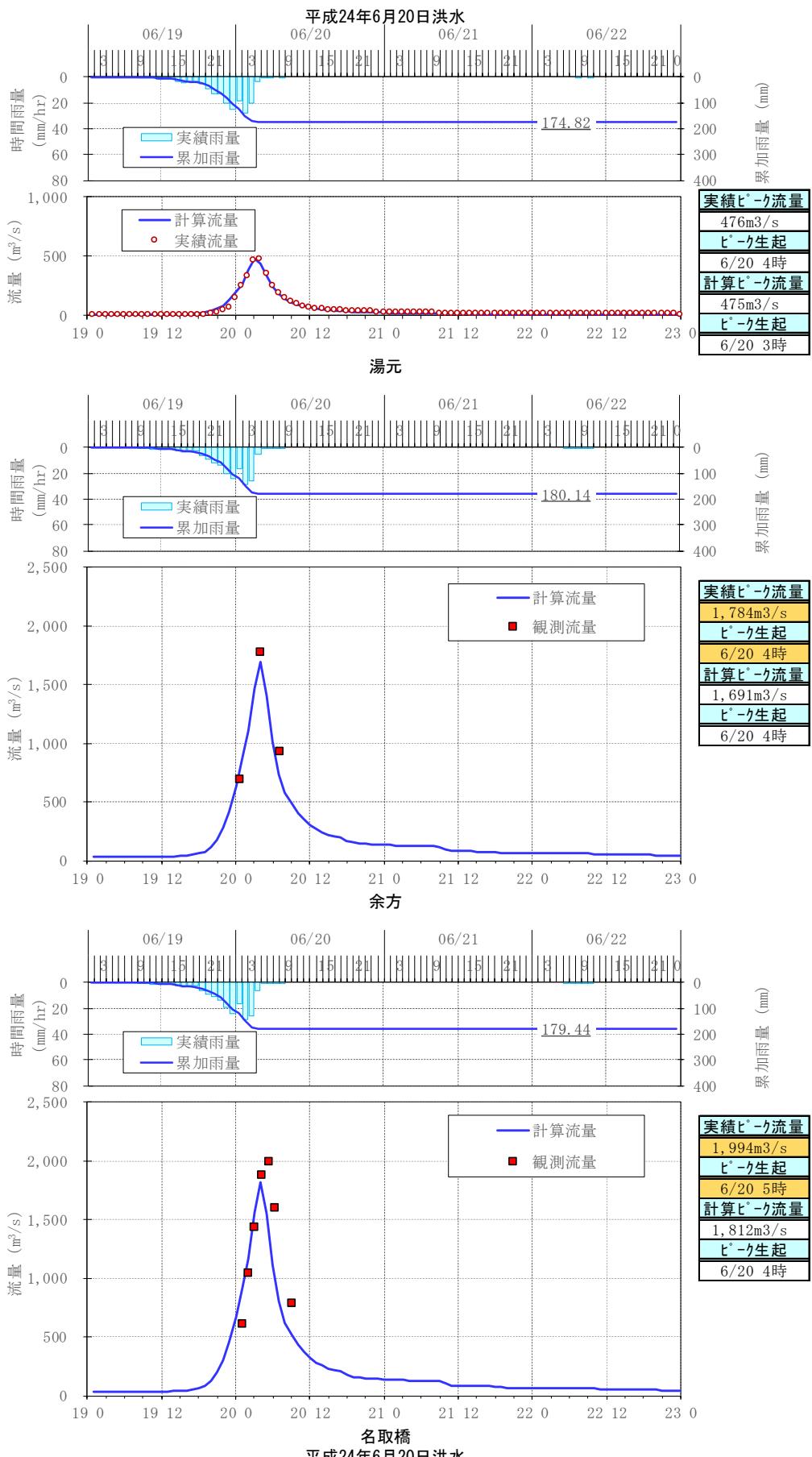


図 1-4-23 洪水検証結果（平成 24 年 6 月洪水（1））

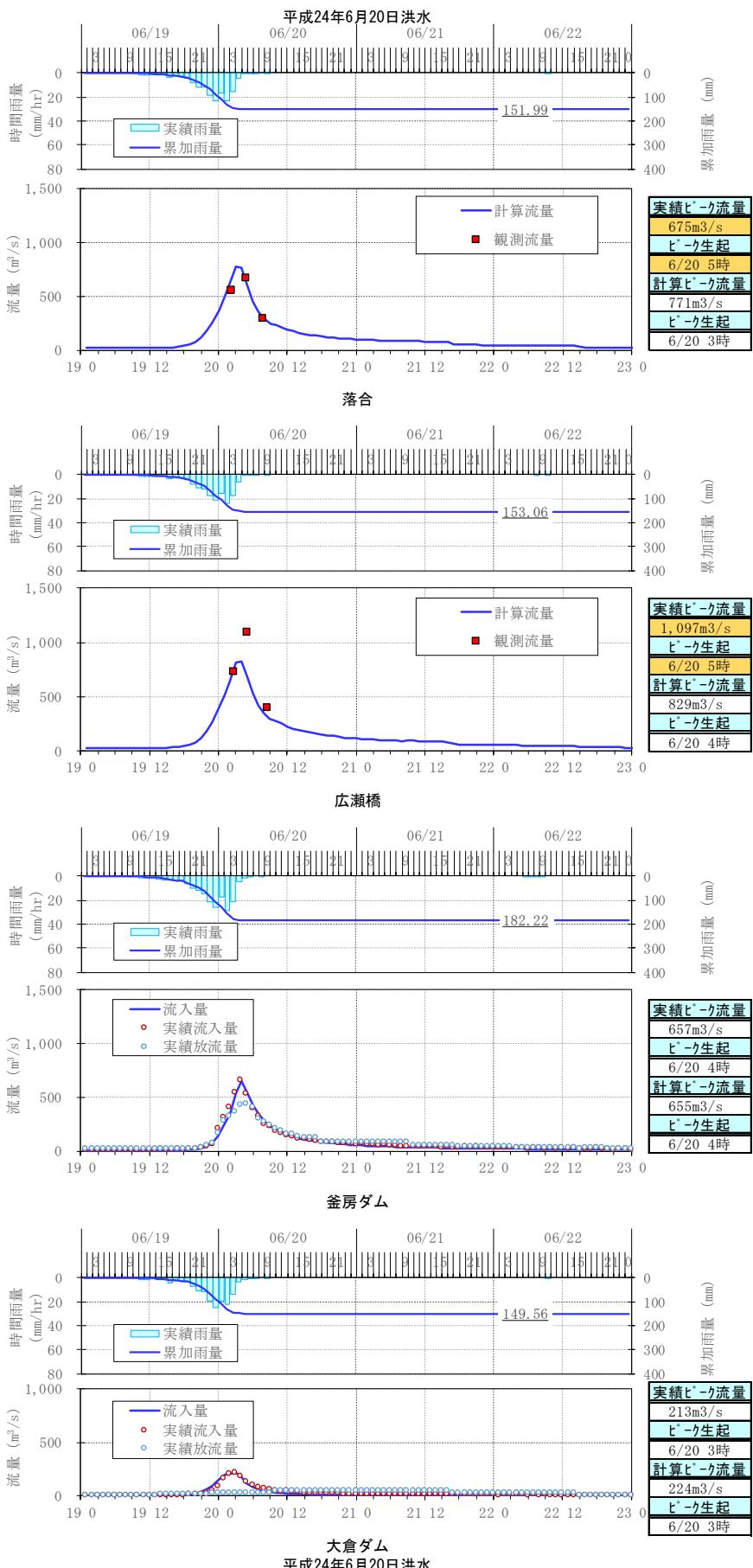


図 1-4-24 洪水検証結果（平成 24 年 6 月洪水（2））

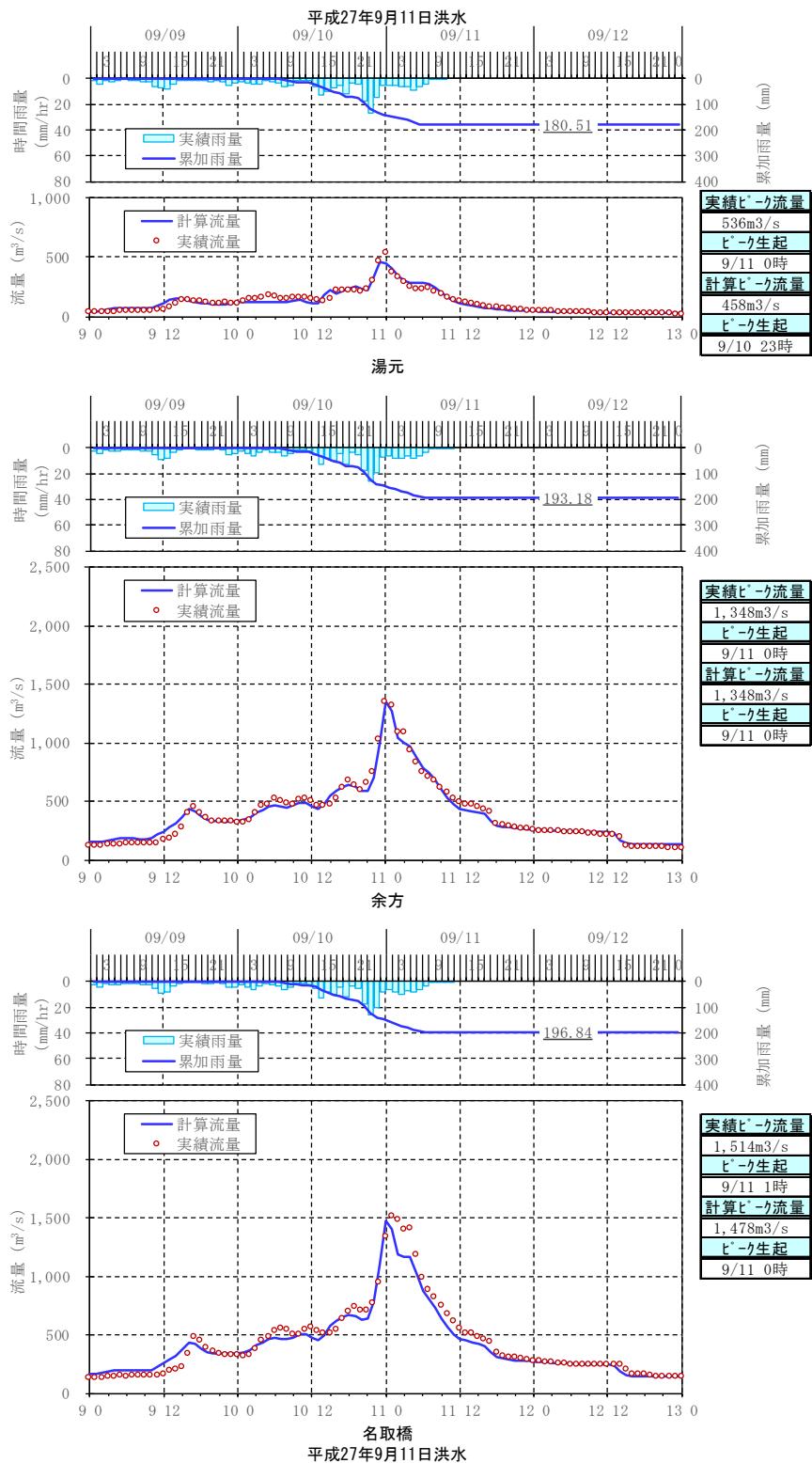


図 1-4-25 洪水検証結果（平成 27 年 9 月洪水 (1)）

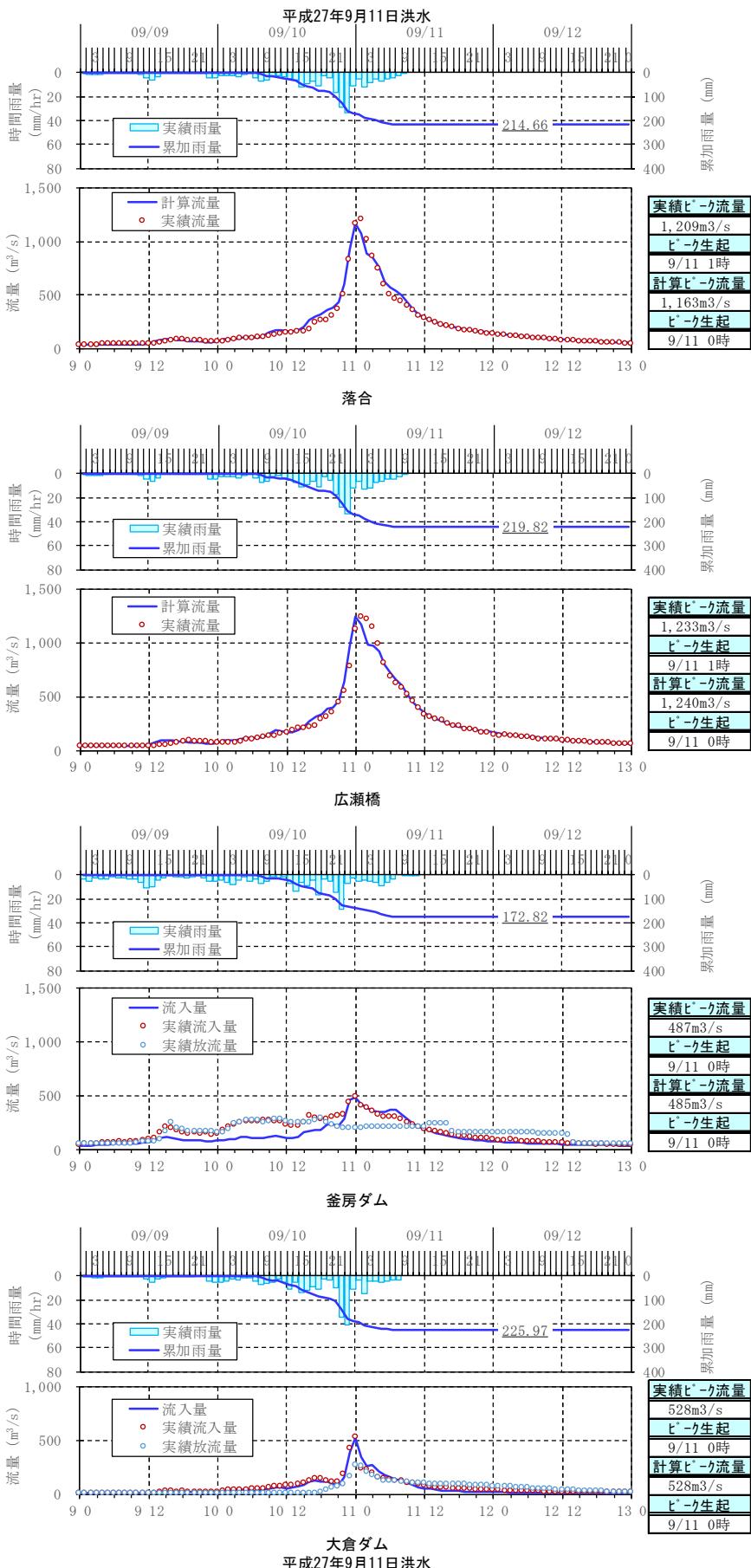


図 1-4-26 洪水検証結果（平成 27 年 9 月洪水（2））

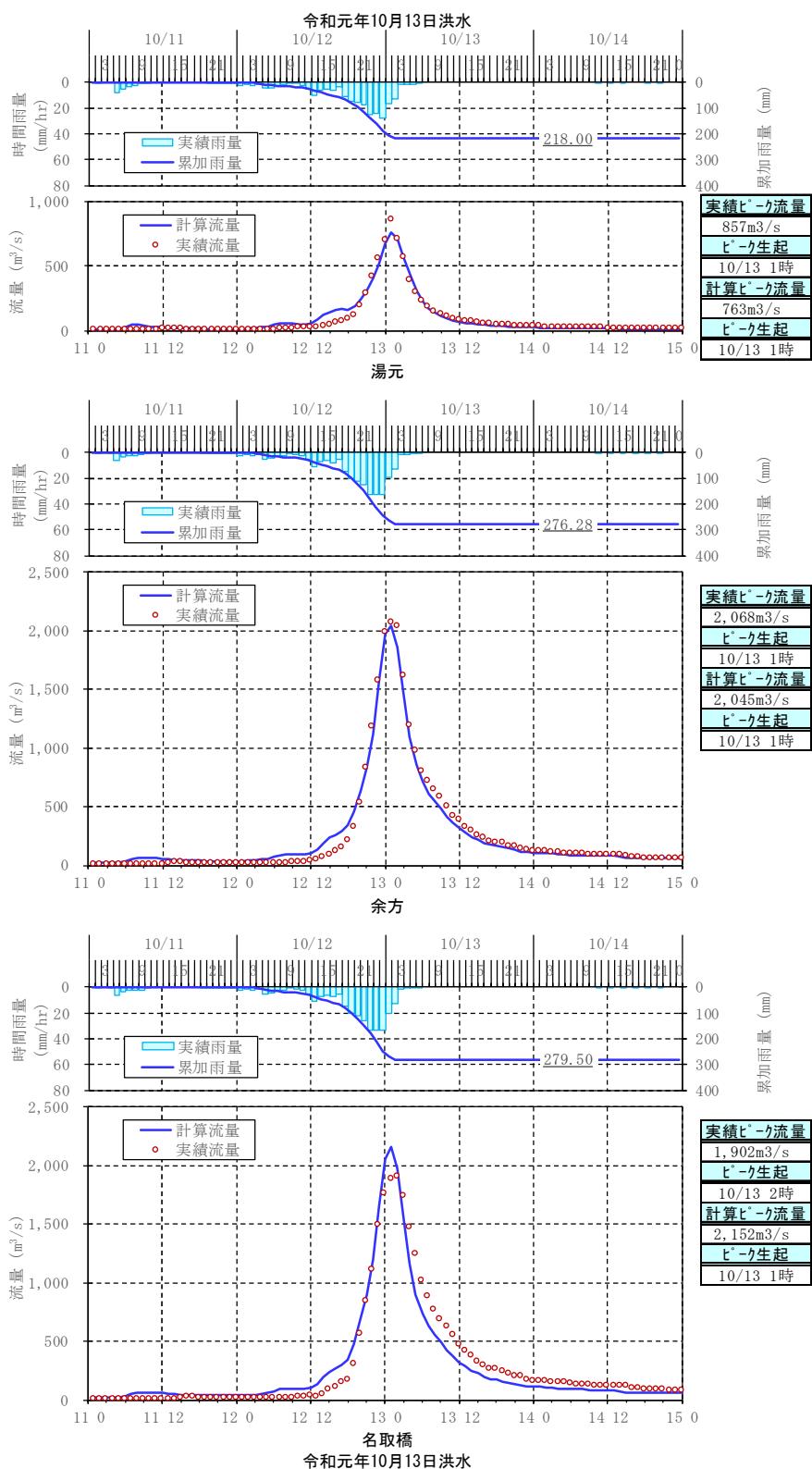


図 1-4-27 洪水検証結果（令和元年 10 月洪水（1））

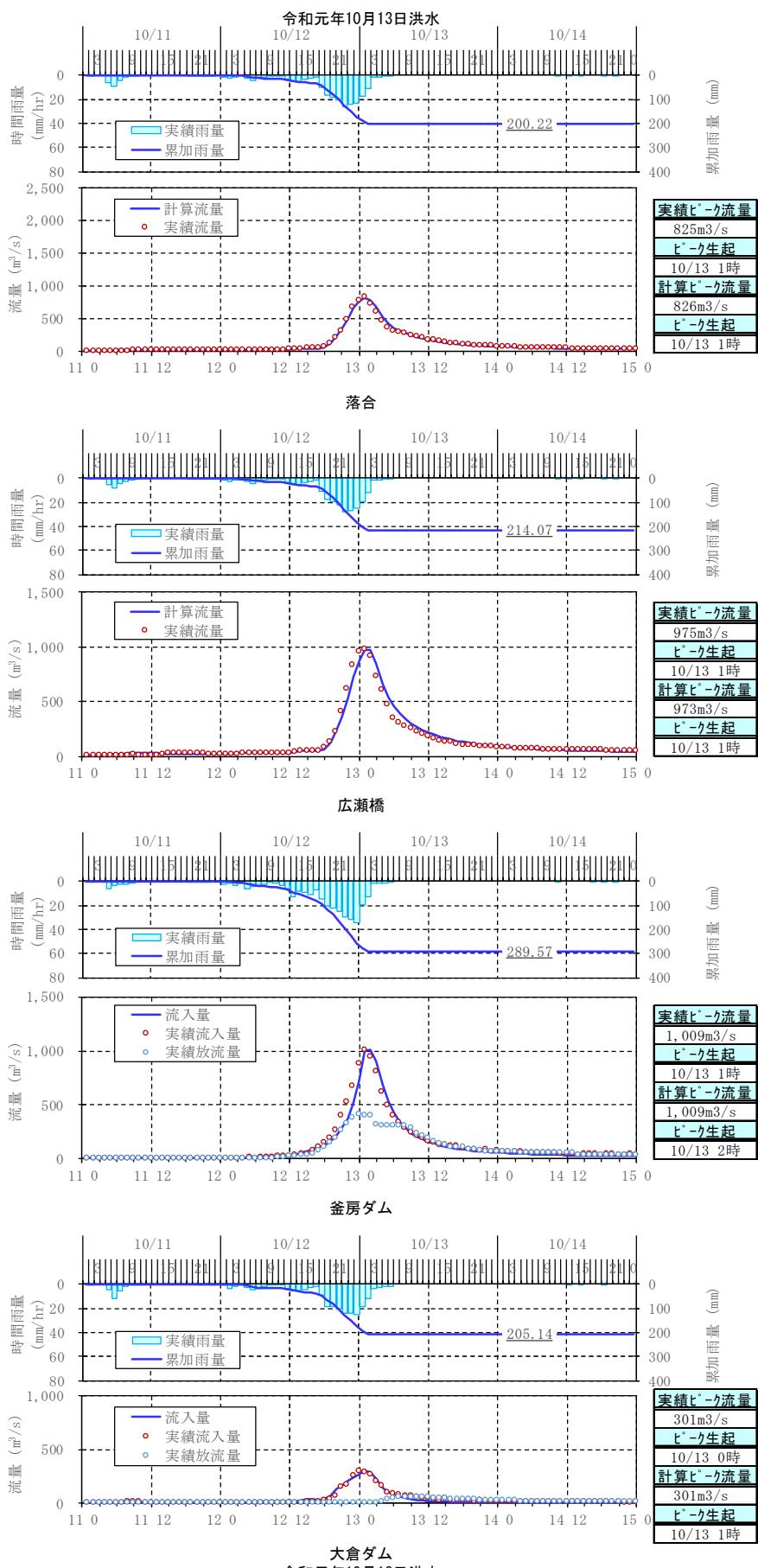


図 1-4-28 洪水検証結果（令和元年10月洪水（2））

1-5 基本高水のピーク流量の設定

1-5-1 基本高水ピーク流量設定の考え方

気候変動の影響により、今後も将来の降雨量の増加等が想定されることから、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する。

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

棄却可能性のある洪水も含めて基本高水のピーク流量の算定を行った。

1-5-2 計画規模の設定

名取川流域においては、既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないことから、既定計画と同様の 1/150とした。

1-6 対象降雨の継続時間の設定

1-6-1 対象降雨の降雨継続時間設定の考え方

名取川流域における対象降雨の降雨継続時間については、①洪水到達時間、②ピーク流量と短時間雨量との相関係数及び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

洪水継続時間の算出方法は、いくつか提唱されているが、ここでは以下の手法を総合的に判断することにより設定した。

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

対象降雨継続時間の検討は名取橋上流域、広瀬橋上流域の 2 地点に対して行うこととした。Kinematic Wave 法、角屋の式による洪水到達時間の対象洪水は、過去洪水のうち表 1-6-1、表 1-6-2 に示す、基準地点である名取橋、広瀬橋のダム・氾濫戻し流量上位 10 洪水、計 13 洪水とした。また、ピーク流量と n 時間雨量との相関係数についての対象洪水は昭和 16 年（1941 年）以降の主要洪水とした。

表 1-6-1 各地点の流量上位 10 洪水（名取橋地点）

名取橋		
洪水名	ピーク流量 (m ³ /s)	12時間雨量 (mm)
昭和16年7月23日	1,732	173.9
昭和19年9月12日	1,872	201.6
昭和22年9月15日	1,872	154.3
昭和23年9月16日	2,091	161.5
昭和25年8月4日	3,089	213.6
昭和33年9月18日	1,718	146.9
昭和57年9月13日	1,724	135.0
平成元年8月7日	1,978	158.0
平成14年7月11日	1,895	143.5
令和元年10月13日	2,217	234.5

※流量はダム・氾濫戻し流量

表 1-6-2 各地点の流量上位 10 洪水（広瀬橋地点）

広瀬橋		
洪水名	ピーク流量 (m ³ /s)	12時間雨量 (mm)
昭和19年9月12日	3,233	257.3
昭和19年10月8日	1,195	112.9
昭和22年9月15日	1,273	165.2
昭和23年9月16日	1,388	175.0
昭和25年8月4日	3,023	253.5
平成元年8月7日	1,375	153.9
平成6年9月30日	1,175	154.5
平成24年6月20日	1,129	130.1
平成27年9月11日	1,400	153.6
令和元年10月13日	1,167	186.6

※流量はダム・氾濫戻し流量

(1) Kinematic Wave 法による洪水の到達時間

石原・高樟による Kinematic Wave 法は、矩形斜面上の表面流に Kinematic Wave 理論を適用して洪水到達時間を導く手法である。図 1-6-1 に示すように、実績のハイエトグラフとハイドログラフを用いて、ピーク流量生起時刻以前の雨量がピーク流量生起時刻 (tp) の雨量と同じになる時刻 (τp) により $Tp = tp - \tau p$ として推定する。ここで、 Tp は洪水到達時間、 tp はピーク流量を発生する特性曲線の上流端での出発時刻、 τp はその特性曲線の下流端への到達時刻、 $re \sim t$ は $\tau p \sim tp$ 間の平均有効降雨強度、 qp はピーク流量である。

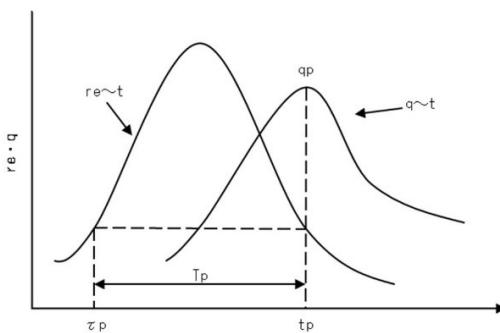


図 1-6-1 Kinematic Wave 法による Tp の定義

(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。

$$Tp = CA^{0.22} r_e^{-0.35}$$

ここで、 Tp は時間 (min)、 A は流域面積 (km^2)、 r_e は時間あたりの雨量 (mm/h)、 C は流域特性を表す係数であり、以下の通りである。

流域	C
丘陵山林地域	290
放牧地・ゴルフ場	190～210
粗造成宅地	90～120
市街化地域	60～90

【出典：水理公式集 [2018 年版] , P67】

名取橋、広瀬橋上流域において国土数値情報の土地利用細分メッシュデータを用いて、上記の 4 種類の流域特性の割合を各流域で算定した。算定した結果は表 1-6-3 に示す。

表 1-6-3 各流域の流域特性の割合

	丘陵山林地域	放牧地 ・ゴルフ場	粗造成宅地	市街化地域	合計
流域特性を表す係数C	290	190 ~ 210	90 ~ 120	60 ~ 90	-
名取川上流	82%	1%	8%	9%	C=255
広瀬川上流	84%	1%	4%	11%	C=258

角屋の式は、洪水到達時間内の平均有効雨量強度が決まらないと洪水到達時間が算定できないが、洪水到達時間内の平均雨量強度を明確に定めるのは困難であるため、上記で設定した Kinematic Wave 法による洪水到達時間内雨量強度を想定し、到達時間の範囲を定めた。また Kinematic Wave 法と同じく、流量ピーク時の流域平均雨量が 0.1mm 未満の洪水は検討から除外し、参考値とした。

(1)、(2)の計算結果を表 1-6-4 及び表 1-6-5 に示し、洪水ごとの洪水到達時間は以下の通りとなった。

■名取橋地点

Kinematic Wave 法：4 時間～30 時間（平均 11.2 時間）

角屋の式：6 時間～10 時間（平均 7.2 時間）

■広瀬橋地点

Kinematic Wave 法：4 時間～36 時間（平均 11.9 時間）

角屋の式：4 時間～9 時間（平均 6.3 時間）

表 1-6-4 洪水到達時間（名取橋）

No	洪水名	流量 ピーク時 雨量 (mm)	Kinematic wave法 (h)	角屋式	
				平均有効 降雨強度re (mm/h)	算定結果 (h)
1	昭和16年7月23日	1.10	30	3.7	10
2	昭和19年9月12日	9.10	5	21.0	6
3	昭和22年9月15日	3.27	6	9.5	7
4	昭和23年9月16日	1.76	10	11.2	7
5	昭和25年8月4日	7.73	7	15.9	6
6	昭和33年9月18日	0.84	13	8.0	8
7	昭和57年9月13日	0.46	12	8.0	8
8	平成元年8月7日	11.83	7	13.3	7
9	平成6年9月30日	0.98	18	9.4	7
10	平成14年7月11日	11.92	4	15.6	6
11	平成24年6月20日	0.98	19	6.6	8
12	平成27年9月11日	6.51	5	10.9	7
13	令和元年10月13日	12.71	9	16.8	6
最大値			30	-	10
最小値			4	-	6
平均値			11.2	-	7.2

表 1-6-5 洪水到達時間（広瀬橋）

No	洪水名	流量 ピーク時 雨量 (mm)	Kinematic wave法 (h)	角屋式	
				平均有効 降雨強度re (mm/h)	算定結果 (h)
1	昭和16年7月23日	0.91	30	3.8	9
2	昭和19年9月12日	9.10	5	21.0	5
3	昭和22年9月15日	1.90	7	9.5	7
4	昭和23年9月16日	2.06	10	14.6	6
5	昭和25年8月4日	0.03	(19)	11.0	(6)
6	昭和33年9月18日	1.62	11	10.4	7
7	昭和57年9月13日	0.05	(32)	3.5	(10)
8	平成元年8月7日	6.24	8	12.4	6
9	平成6年9月30日	0.19	36	25.7	4
10	平成14年7月11日	11.36	4	13.1	6
11	平成24年6月20日	6.33	9	10.4	7
12	平成27年9月11日	6.22	5	13.4	6
13	令和元年10月13日	19.18	6	16.4	6
最大値			36	-	9
最小値			4	-	4
平均値			11.9	-	6.3

() : 流量ピーク時雨量 ≤ 0.1 のため参考値

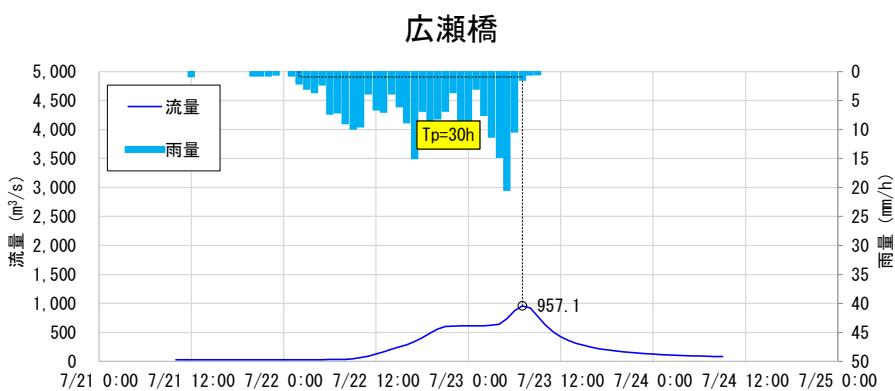


図 1-6-2 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：昭和 16 年 7 月洪水

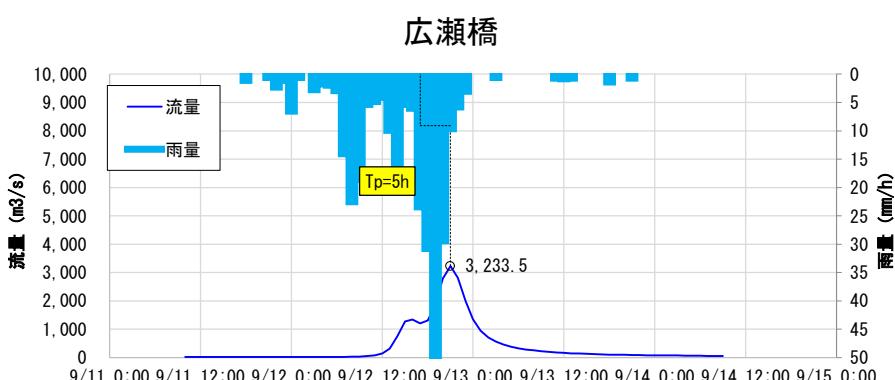
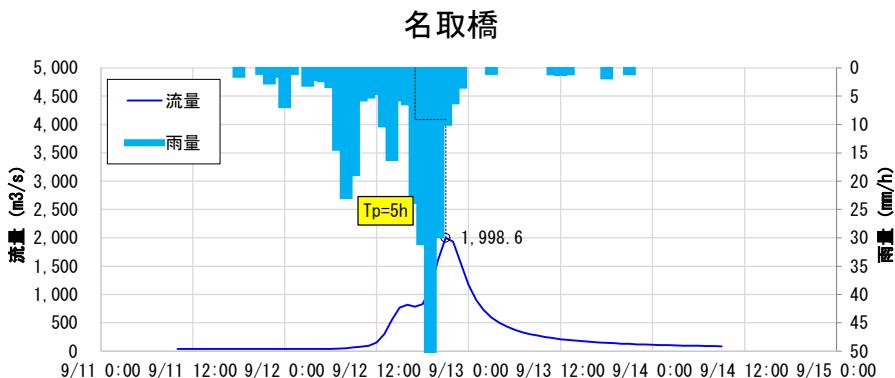


図 1-6-3 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：昭和 19 年 9 月洪水

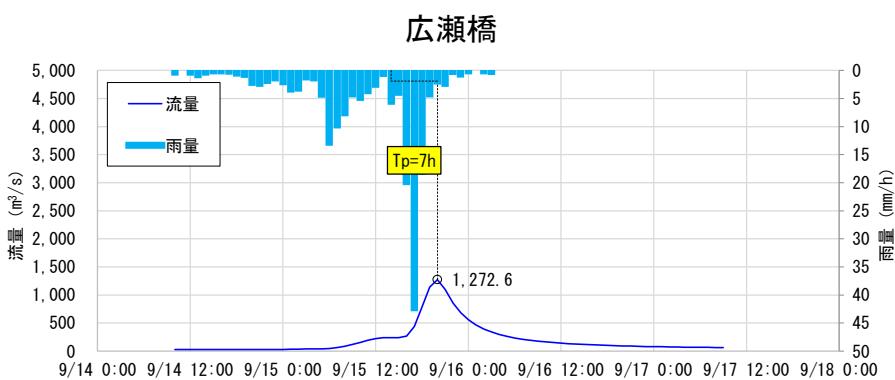
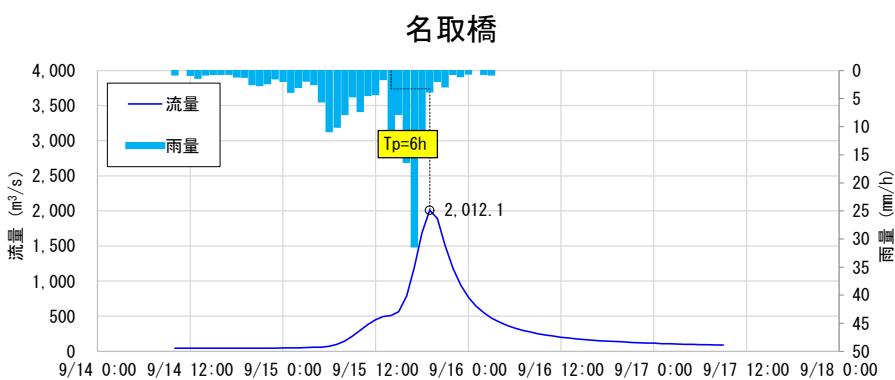


図 1-6-4 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：昭和 22 年 9 月洪水

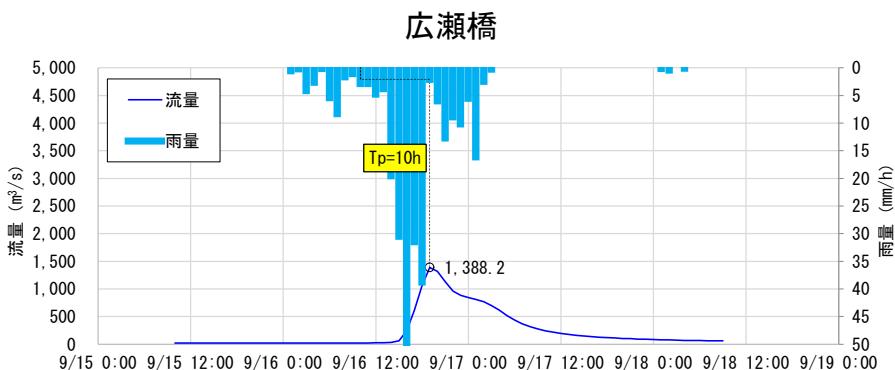


図 1-6-5 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：昭和 23 年 9 月洪水

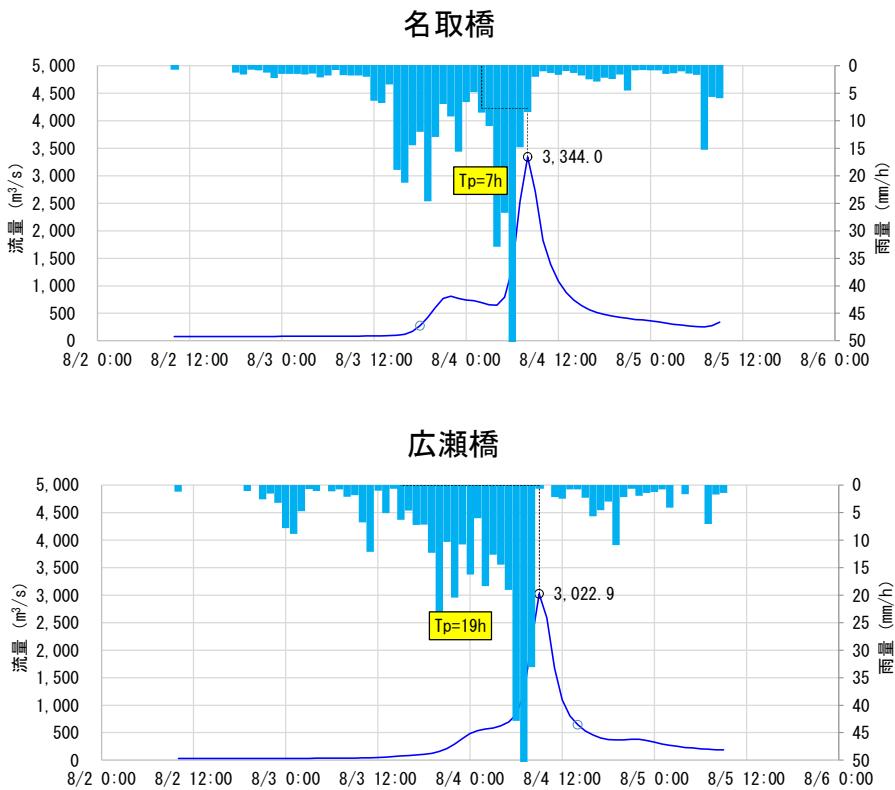


図 1-6-6 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：昭和 25 年 8 月洪水

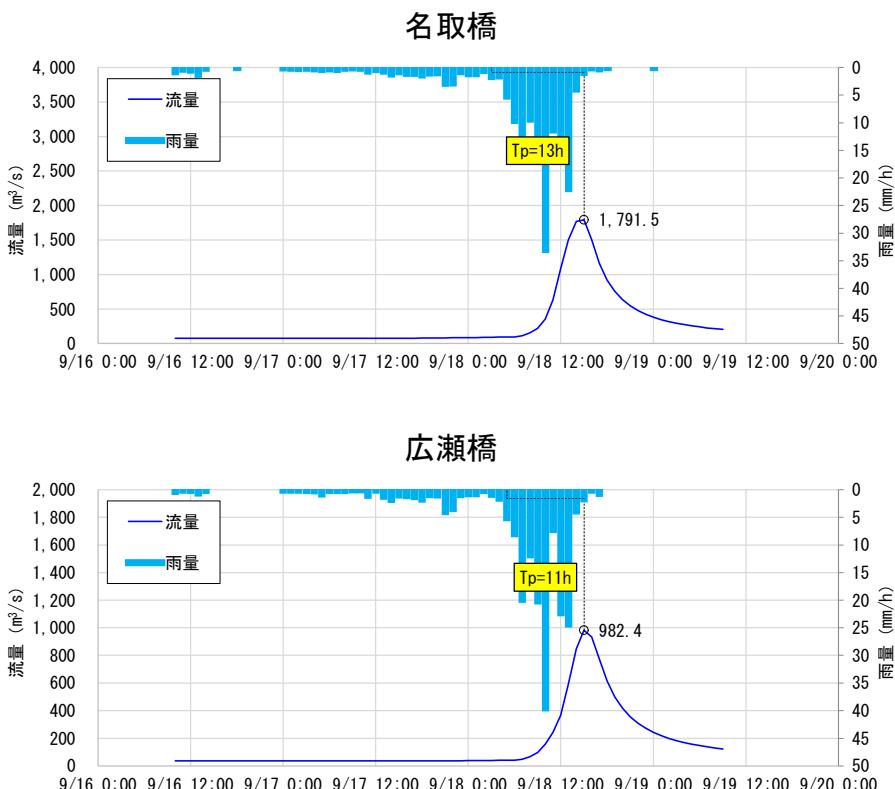


図 1-6-7 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：昭和 33 年 9 月洪水

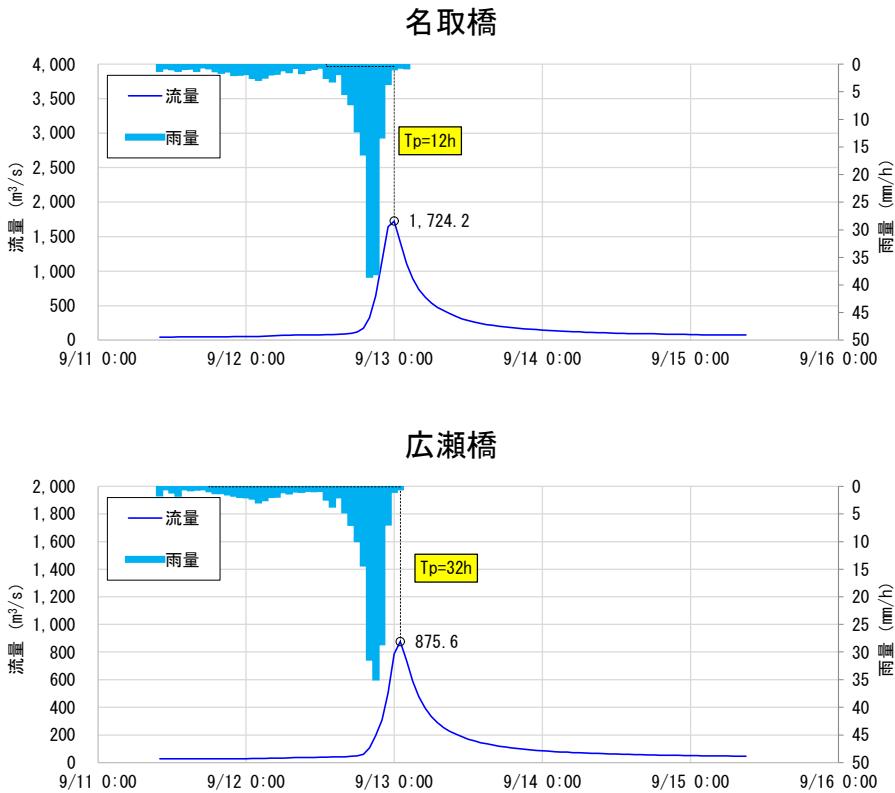


図 1-6-8 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：昭和 57 年 9 月洪水

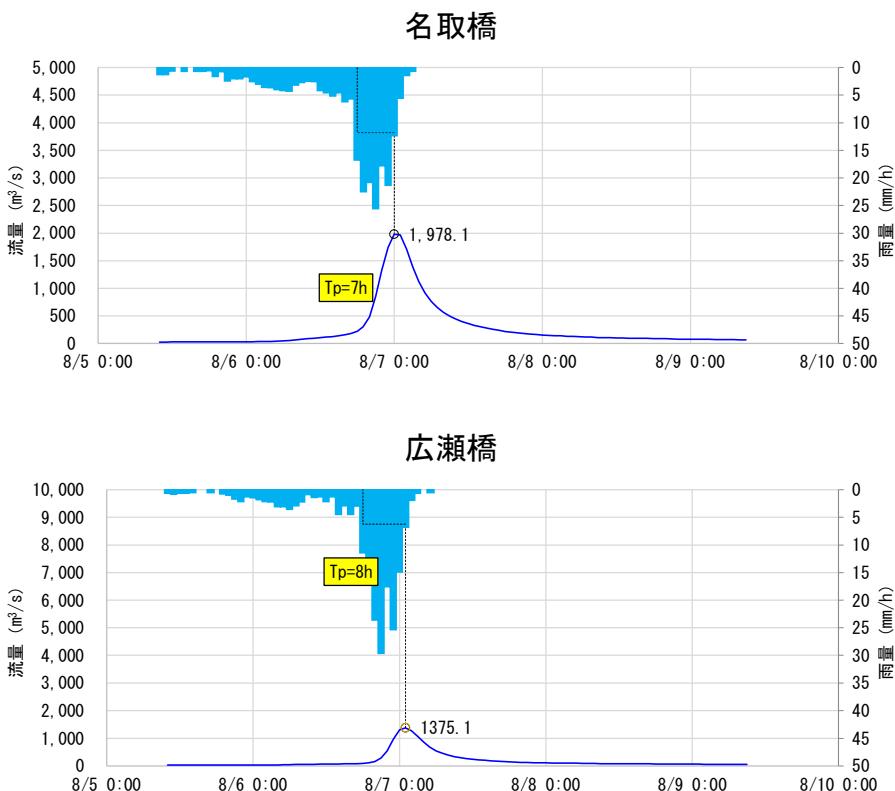


図 1-6-9 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：平成元年 8 月洪水

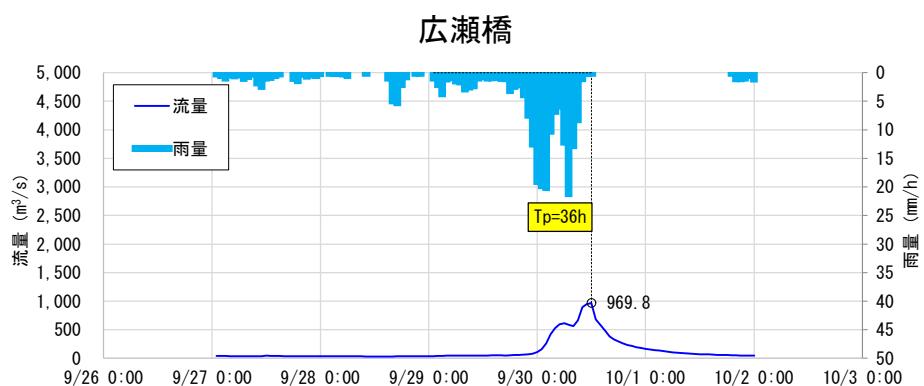
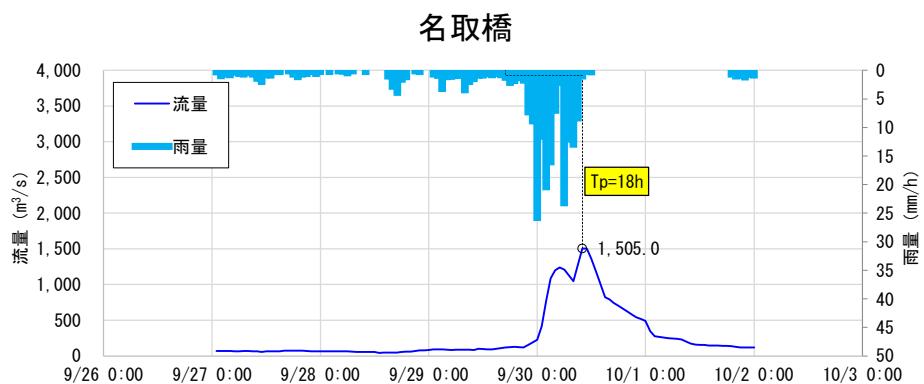


図 1-6-10 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：平成 6 年 9 月洪水

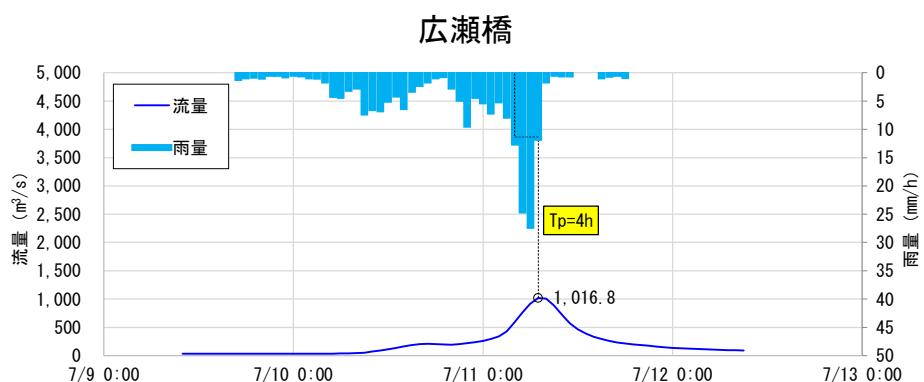
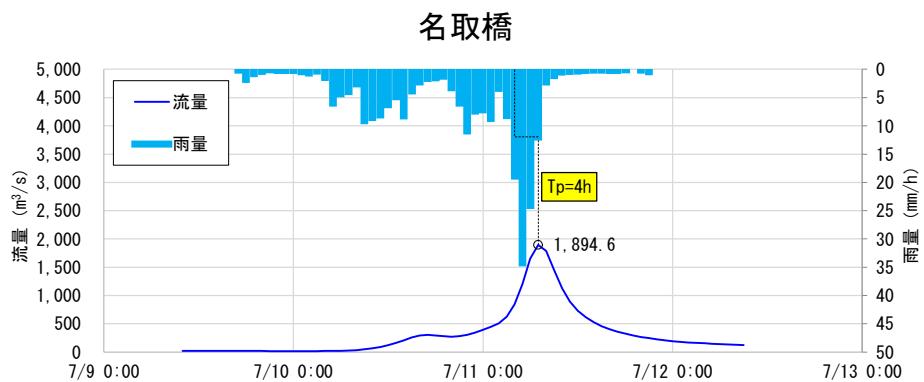


図 1-6-11 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：平成 14 年 7 月洪水

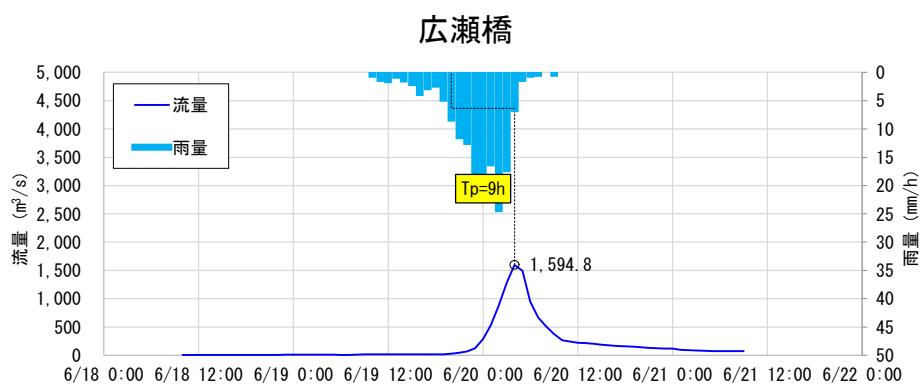
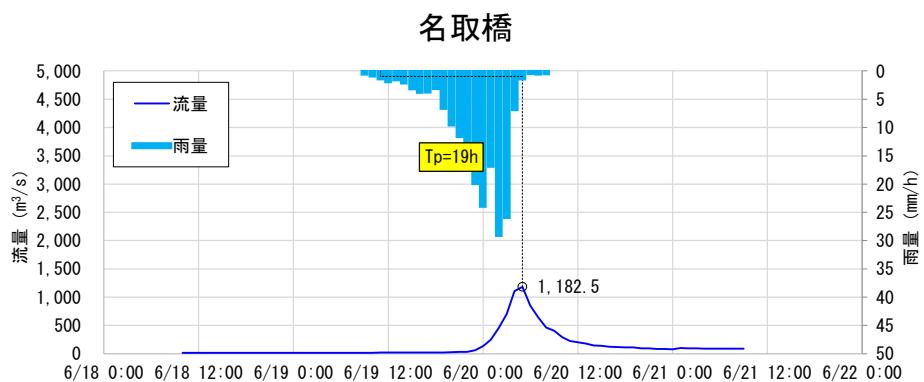


図 1-6-12 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：平成 24 年 6 月洪水

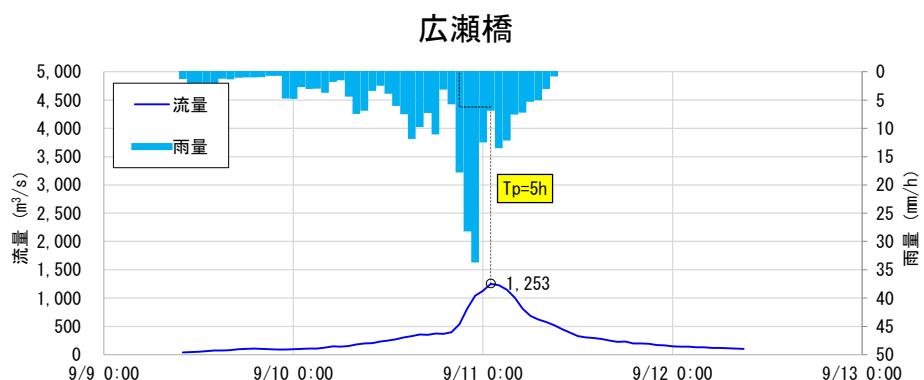
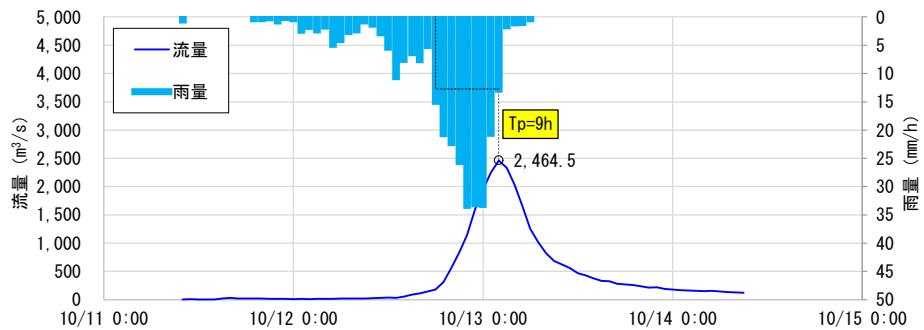


図 1-6-13 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：平成 27 年 9 月洪水

名取橋



広瀬橋

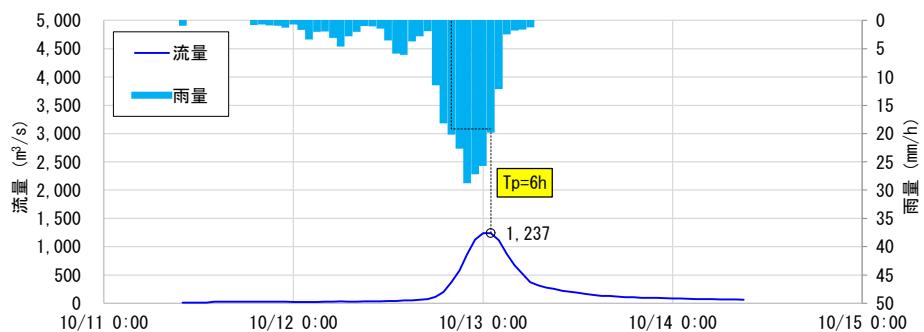
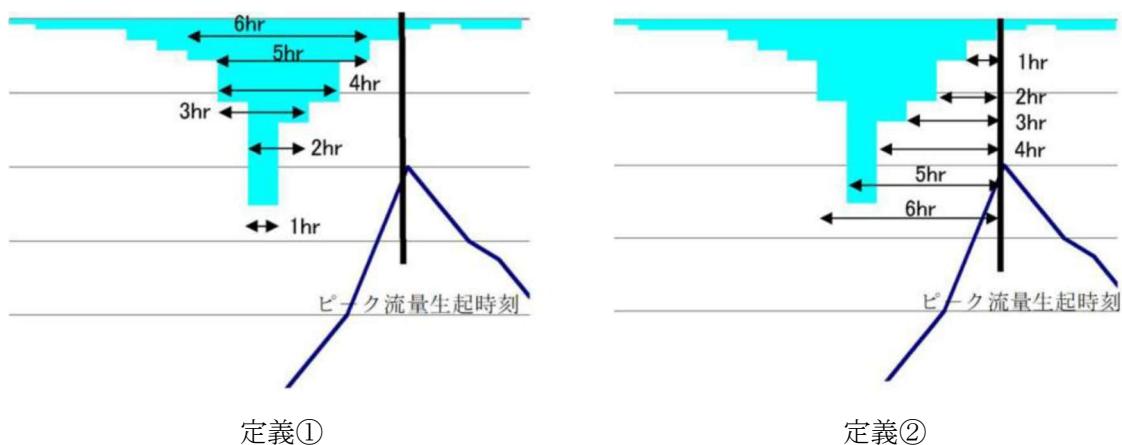


図 1-6-14 Kinematic Wave 法による洪水到達時間：令和元年 10 月洪水

1-6-3 ピーク流量と短時間雨量との相関係数

ここでは、既往検討の昭和16年（1941年）から平成16年（2004年）までの主要洪水と今回新たに整理した平成16年（2004年）から令和3年（2021年）までの主要洪水の計174洪水を整理し、ピーク流量値が $100\text{m}^3/\text{s}$ 以下となる小規模洪水については棄却を行った。結果として、名取橋上流域で161洪水、広瀬橋上流域で150洪水を対象に、相関関係を算定した。なお、短時間雨量については、1、2、3、6、9、12、15、18、24、36時間雨量を対象とした。



定義①：ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

定義②：ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

図 1-6-15 ピーク流量と雨量相関の定義

名取橋地点では、どちらの手法においても3時間を超えると相関が高くなり、特に①の手法において最も相関が高いのは24時間（相関係数：0.914）、②の手法において最も相関が高いのは6時間（相関係数：0.931）となった。

広瀬橋地点では、どちらの手法においても3時間を超えると相関が高くなり、特に①の手法において最も相関が高いのは18時間（相関係数：0.928）、②の手法において最も相関が高いのは15時間（相関係数：0.924）となった。

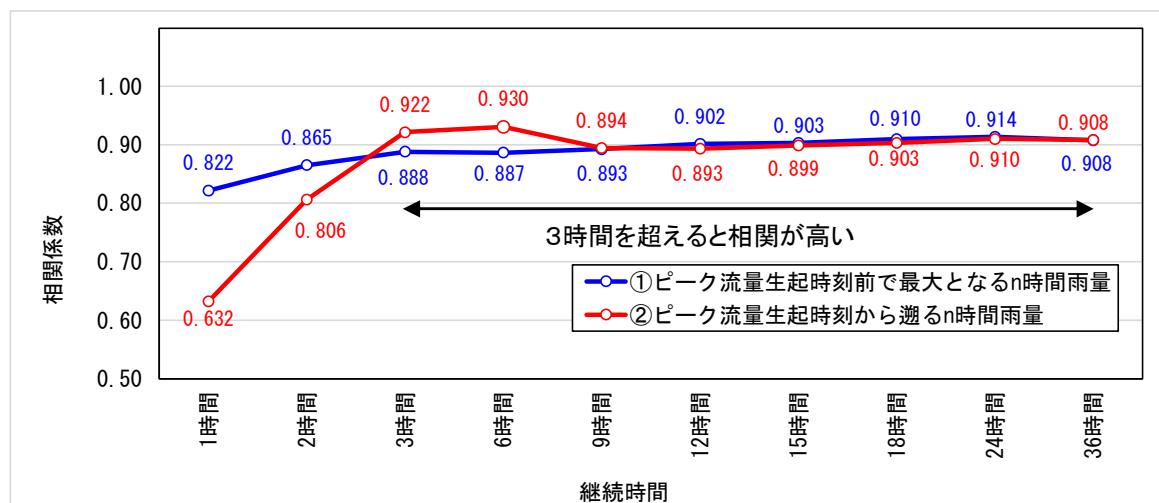


図 1-6-16 ピーク流量と短時間雨量との相関関係（名取橋地点）

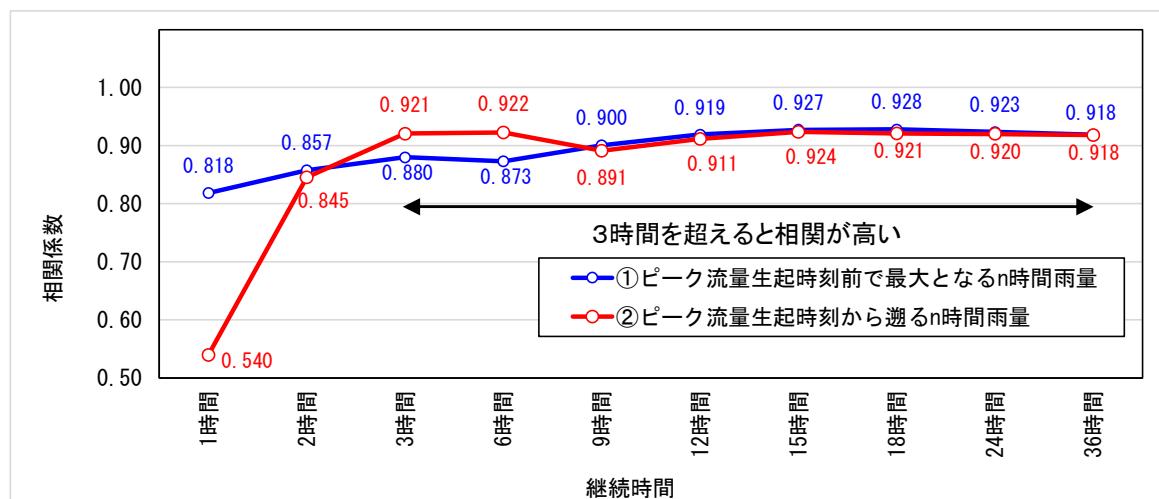


図 1-6-17 ピーク流量と短時間雨量との相関関係（広瀬橋地点）

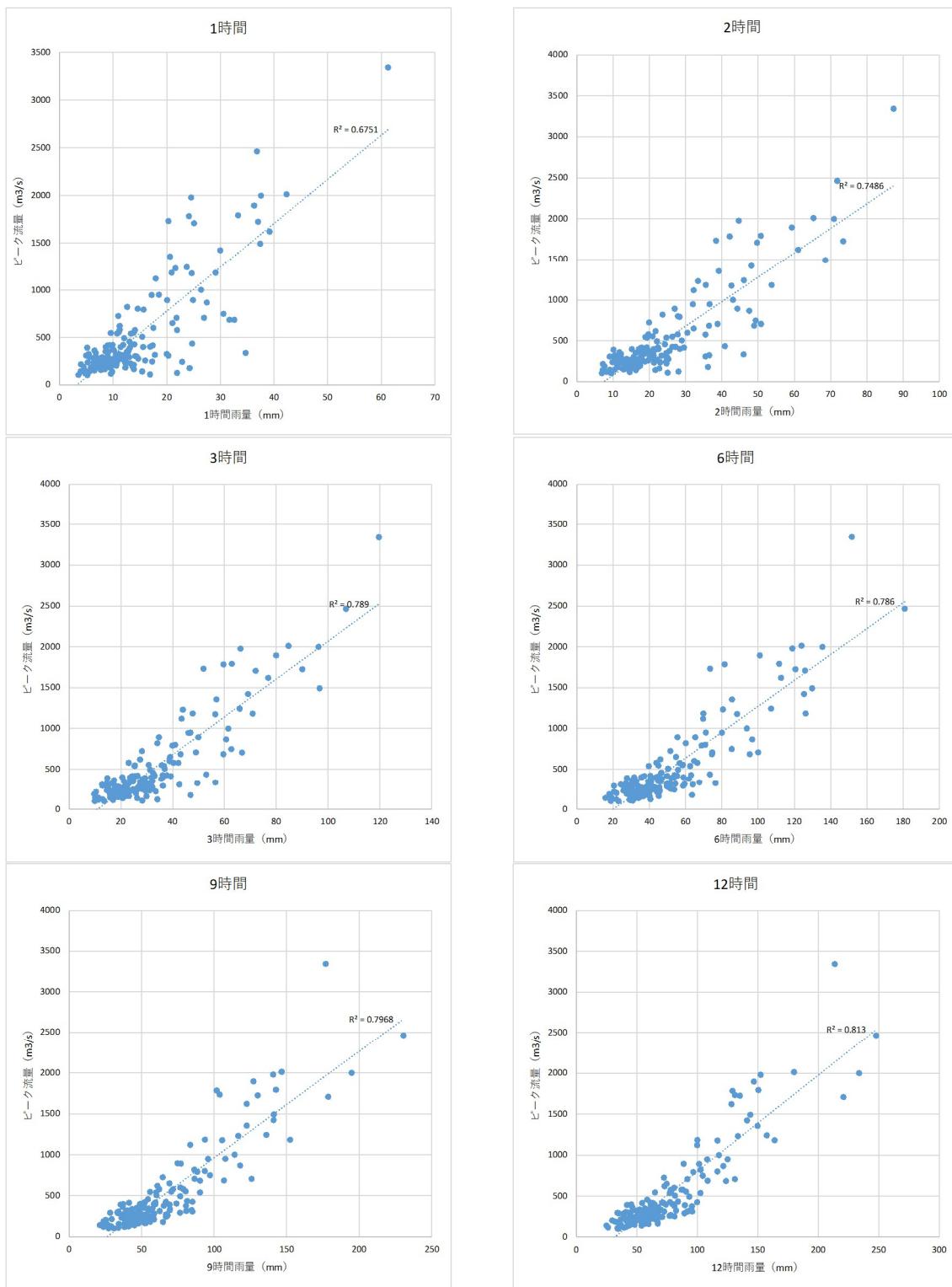


図 1-6-18(1) ピーク流量と雨量との相関関係
(①ピーク流量生起前で最大となる短時間雨量：名取橋地点)

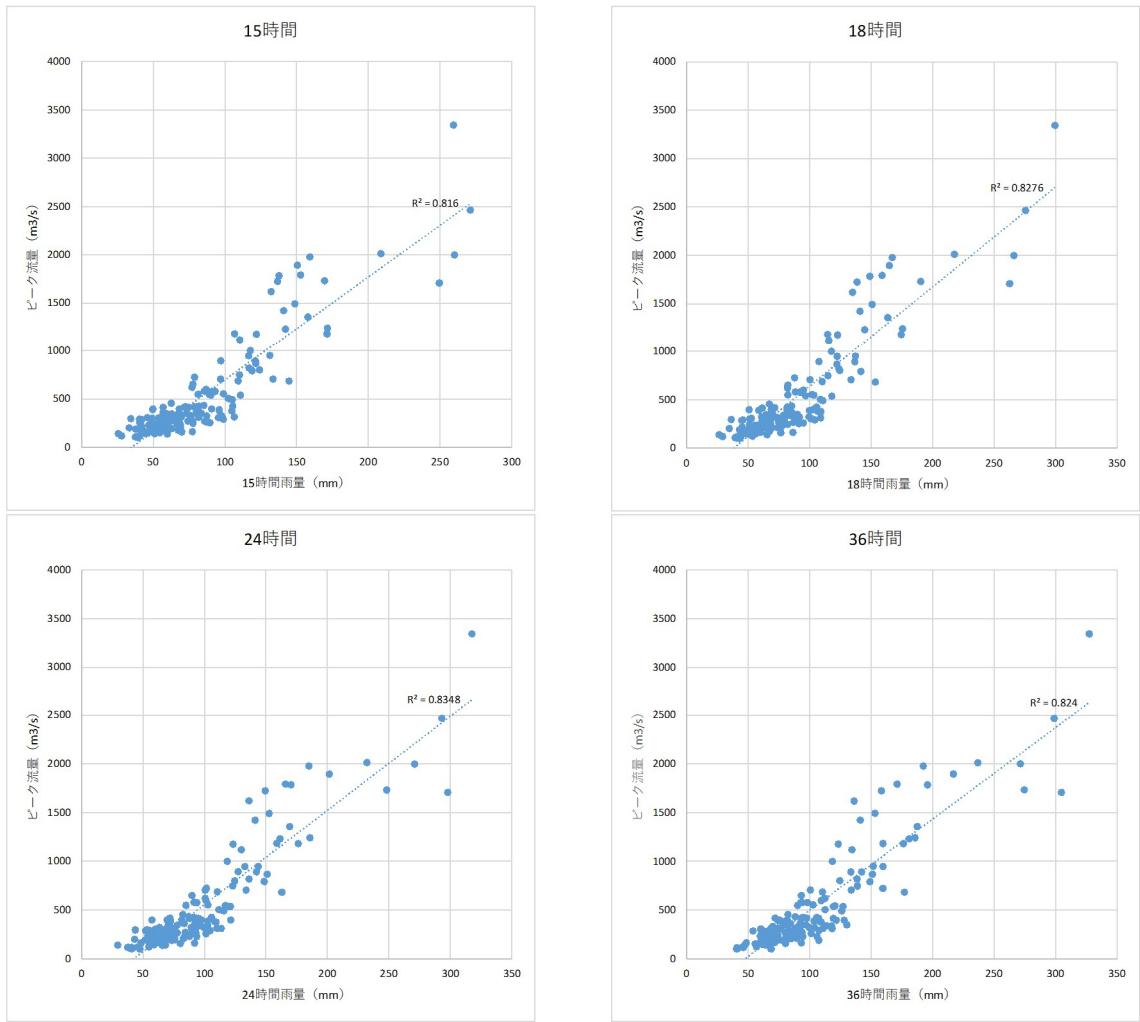


図 1-6-18(2) ピーク流量と雨量との相関関係
(①ピーク流量生起前で最大となる短時間雨量：名取橋地点)

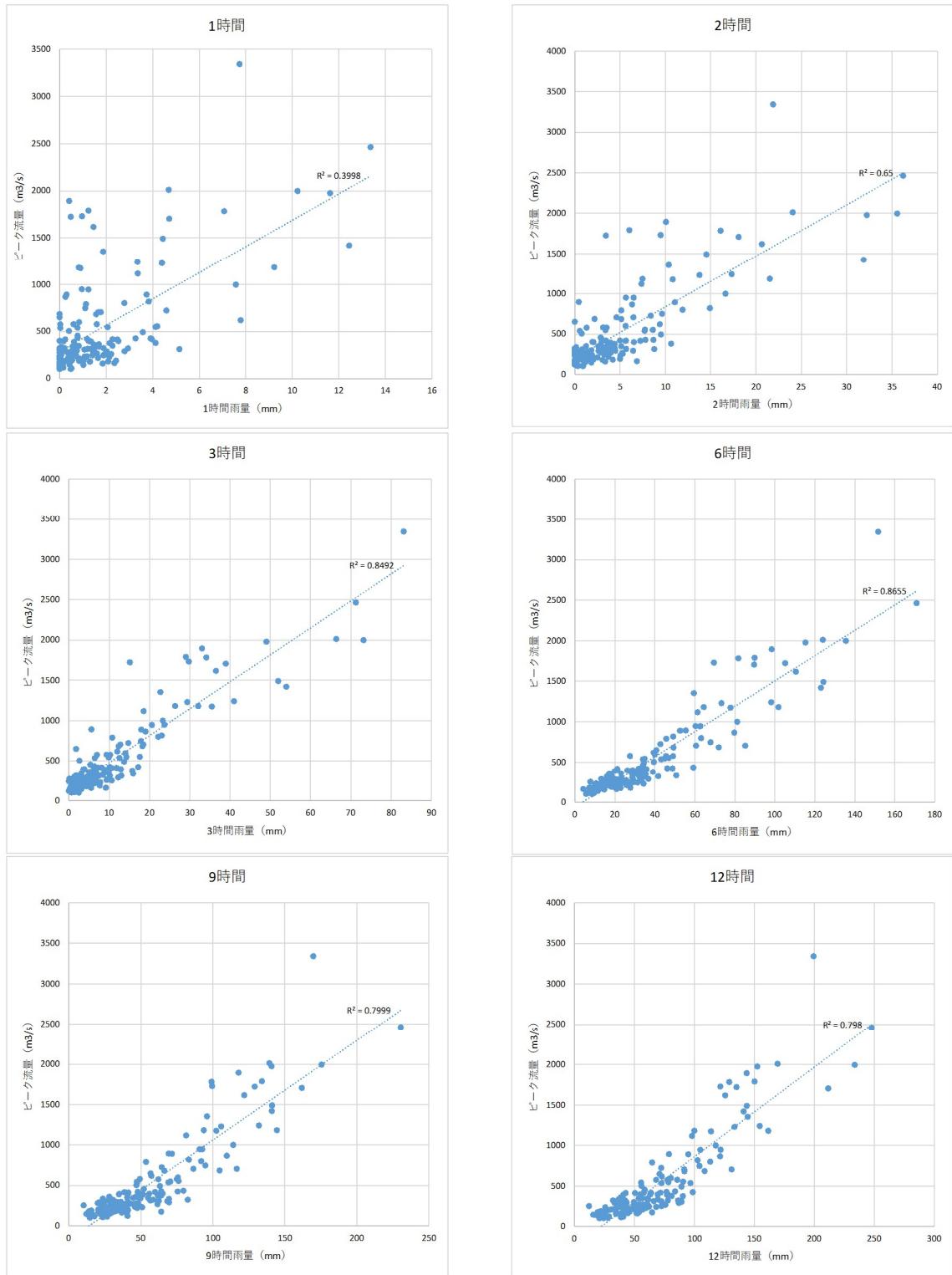


図 1-6-19(1) ピーク流量と雨量との相関関係
(②ピーク流量生起時刻からさかのぼる短時間雨量：名取橋地点)

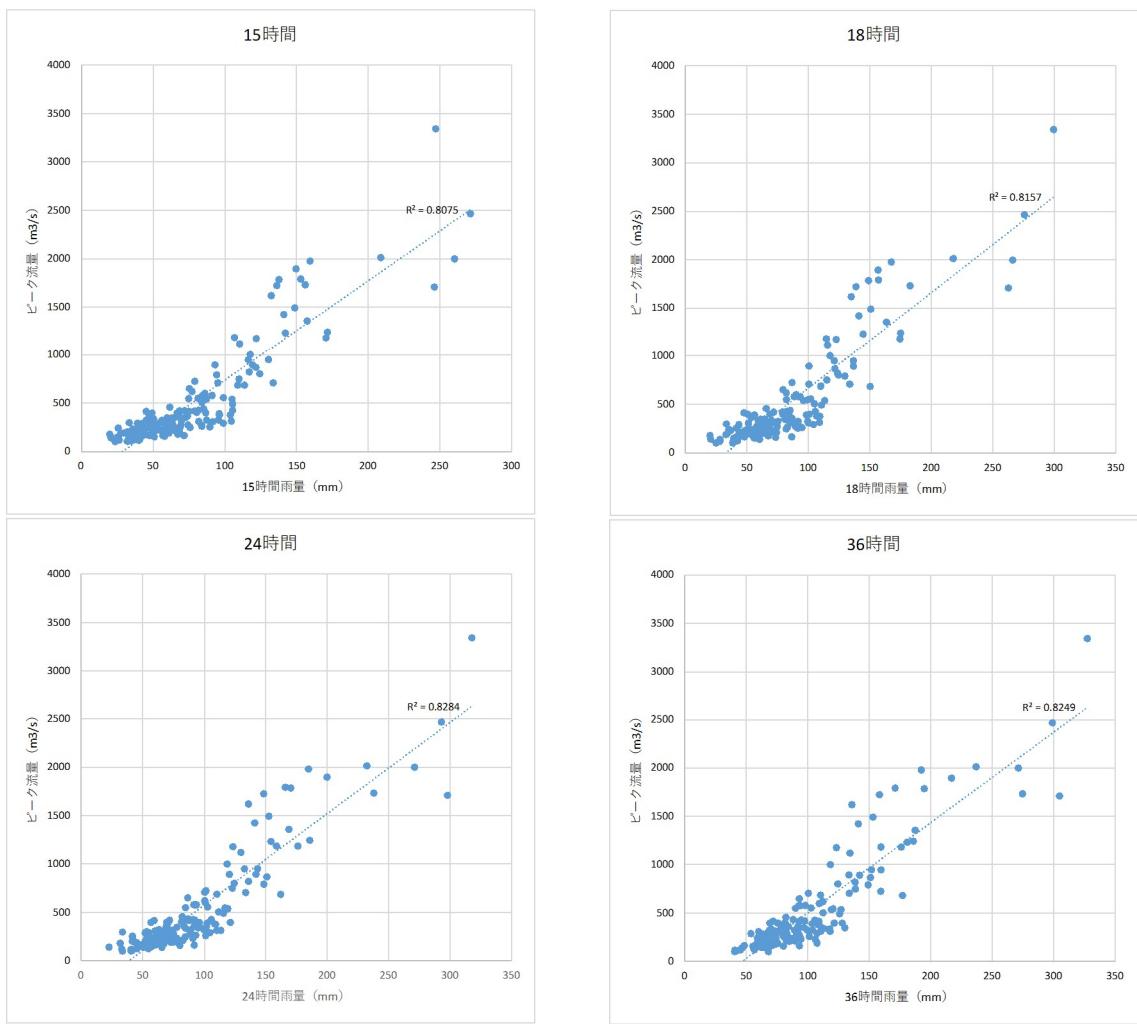


図 1-6-19(2) ピーク流量と雨量との相関関係
(③ピーク流量生起時刻からさかのぼる短時間雨量：名取橋地点)

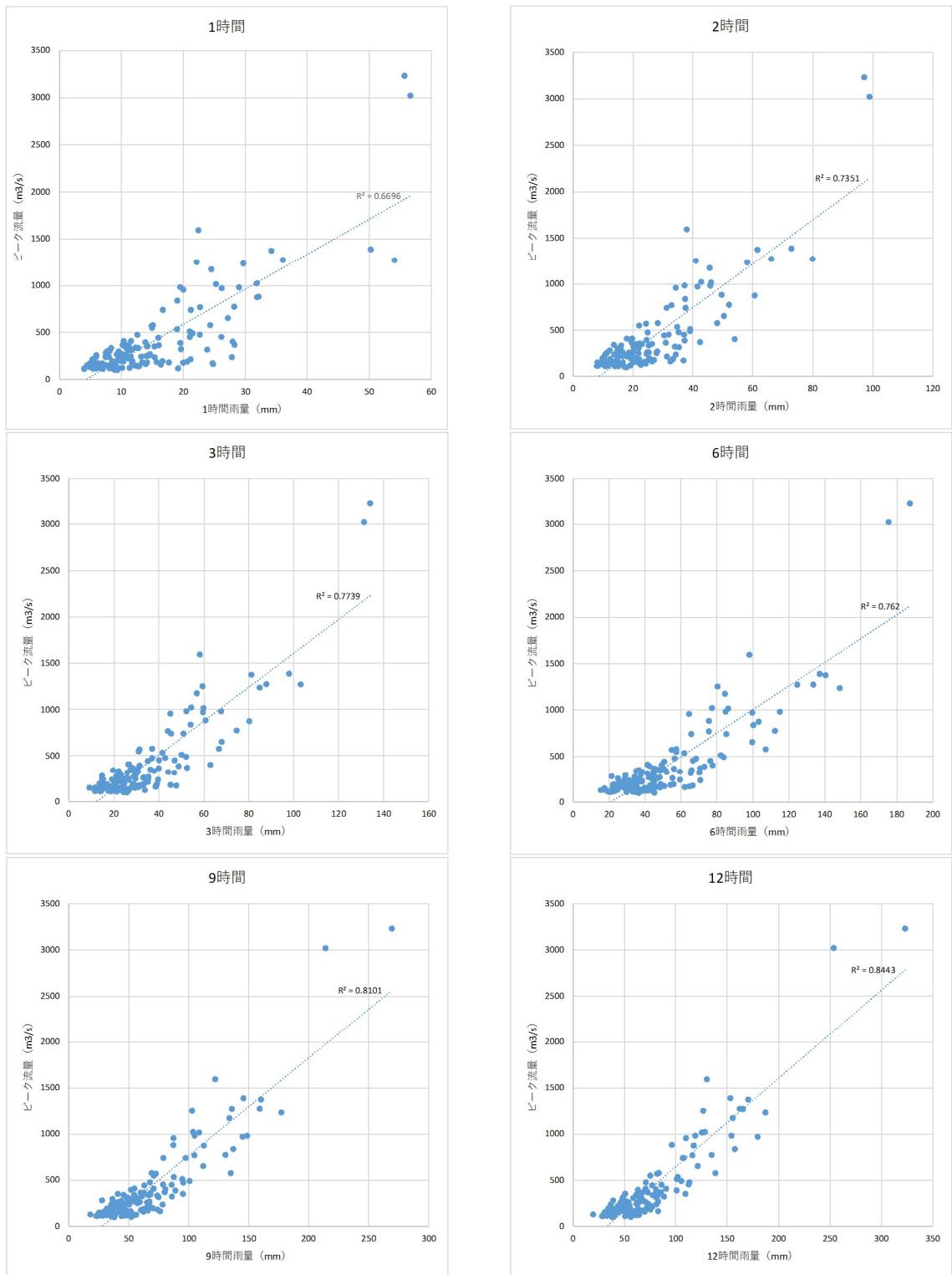


図 1-6-20(1) ピーク流量と雨量との相関関係
(①ピーク流量生起前で最大となる短時間雨量：広瀬橋地点)

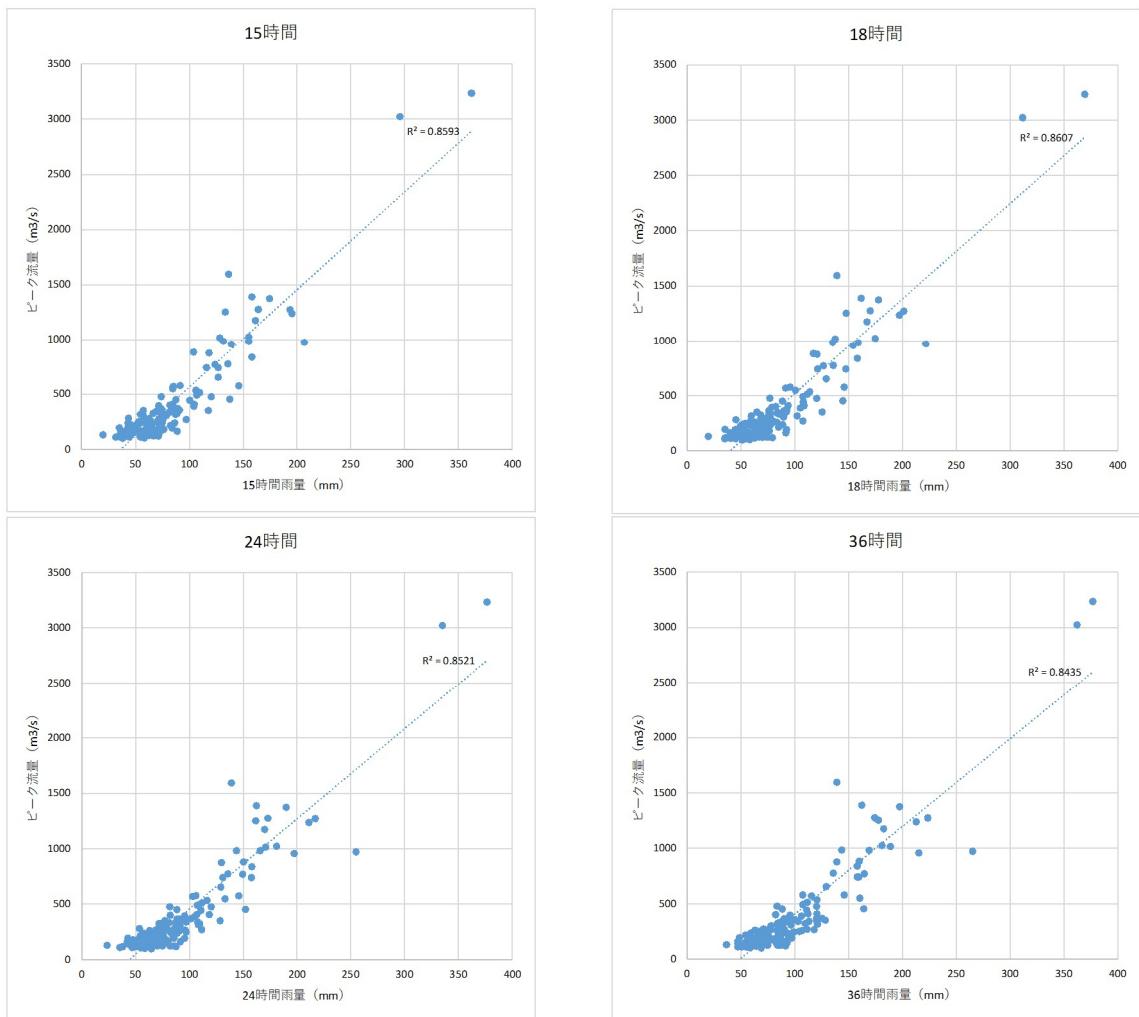


図 1-6-20(2) ピーク流量と雨量との相関関係
(①ピーク流量生起前で最大となる短時間雨量：広瀬橋地点)

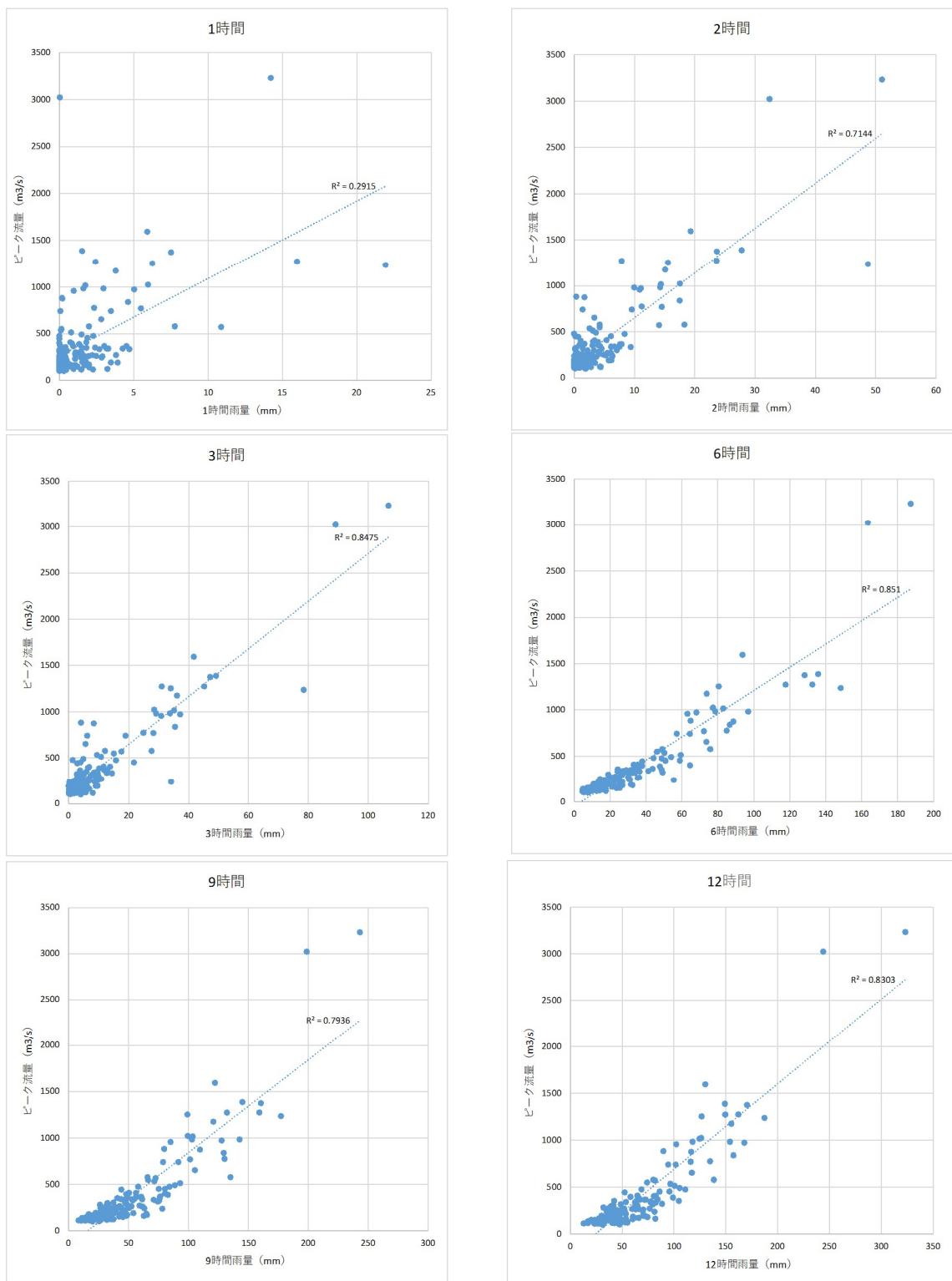


図 1-6-21(1) ピーク流量と雨量との相関関係
(② ピーク流量生起時刻からさかのぼる短時間雨量：広瀬橋地点)

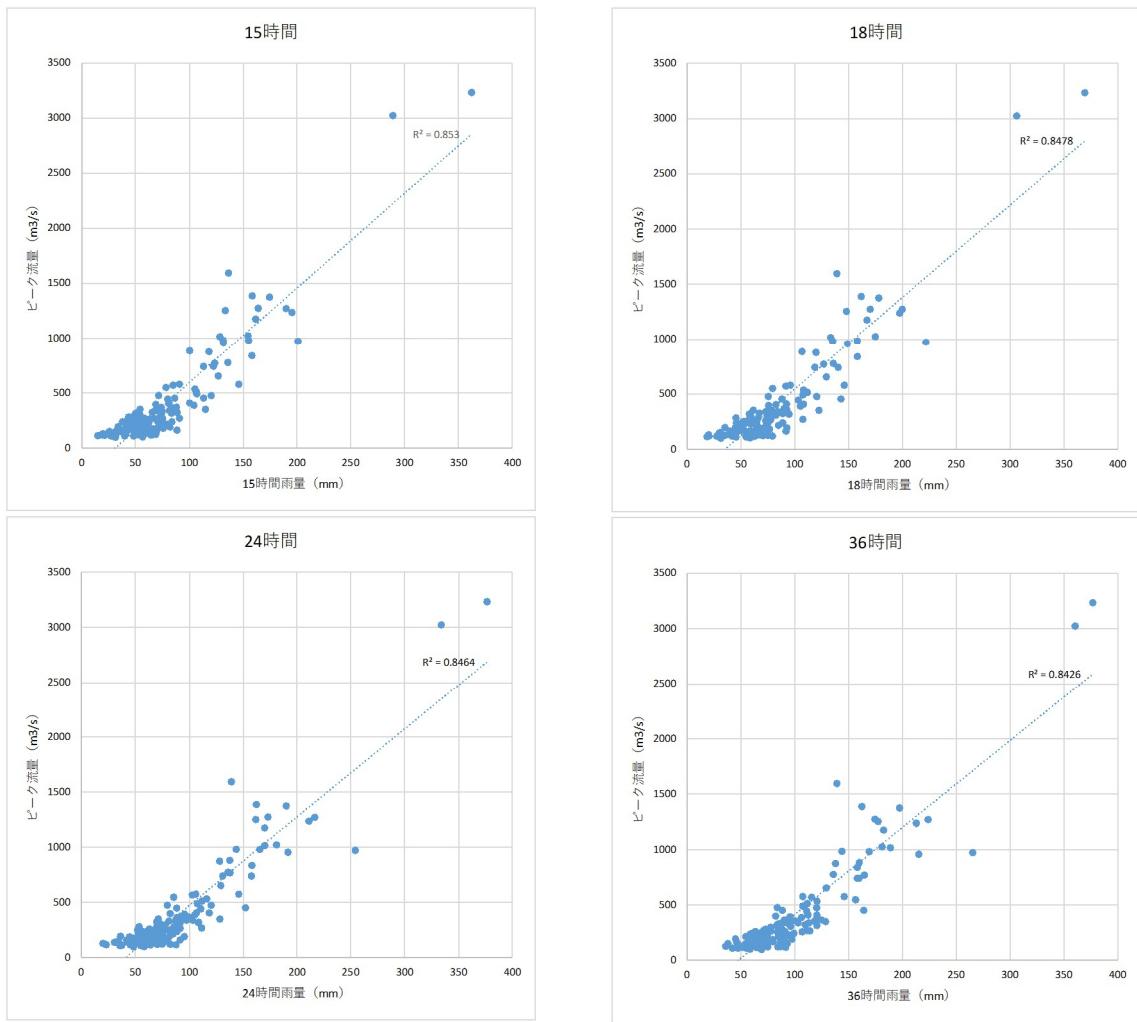


図 1-6-21(2) ピーク流量と雨量との相関関係
(②ピーク流量生起時刻からさかのぼる短時間雨量：広瀬橋地点)

1-6-4 強い降雨強度の継続時間

比較的強い降雨強度である時間 5mm/h の降雨の継続時間及び強い降雨強度である時間 10mm/h の降雨の継続時間の集計を行った。なお、対象降雨は過去洪水（昭和 16 年（1941 年）～令和 3 年（2021 年））から各年最大の水位を記録した洪水を抽出し、そのうち上位 10 洪水とした。

以下に集計した結果を示す。この結果、名取橋地点における 5mm/h 以上の降雨継続時間は 4～15 時間、平均 8.1 時間、10mm/h 以上の継続時間は 2～9 時間、平均 5.2 時間となった。広瀬橋地点における 5mm/h 以上の降雨継続時間は 3～16 時間、平均 8.0 時間、10mm/h 以上の降雨継続時間は 2～9 時間、平均 4.9 時間となった。このため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、名取橋地点、広瀬橋地点で概ね 9 時間でカバーできることがわかる。

表 1-6-6 強度の強い降雨の継続時間 名取橋（観測水位上位 10 洪水）

	洪水名	ピーク水位 (m)	継続時間 (h)	
			5mm以上	10mm以上
1	昭和25年8月4日	10.65	10	6
2	昭和16年7月23日	10.45	4	2
3	昭和23年9月16日	9.85	6	5
4	昭和19年9月12日	9.65	7	4
5	昭和22年9月15日	9.65	5	3
6	令和元年10月13日	8.94	15	9
7	平成14年7月11日	8.31	5	4
8	平成6年9月22日	8.12	10	7
9	平成24年6月20日	8.08	10	7
10	昭和33年9月18日	8.05	9	5
平均継続時間			8.1	5.2

表 1-6-7 強度の強い降雨の継続時間 広瀬橋（観測水位上位 10 洪水）

	洪水名	ピーク水位 (m)	継続時間 (h)	
			5mm以上	10mm以上
1	昭和19年9月12日	4.30	7	4
2	昭和25年8月4日	4.15	16	7
3	昭和23年9月16日	2.95	6	5
4	昭和22年9月15日	2.80	3	3
5	昭和16年7月23日	2.50	5	2
6	平成27年9月11日	2.31	10	4
7	昭和33年9月18日	2.25	9	4
8	平成元年8月7日	2.22	8	7
9	令和元年10月13日	2.11	9	9
10	昭和57年9月13日	2.09	7	4
平均継続時間			8	4.9

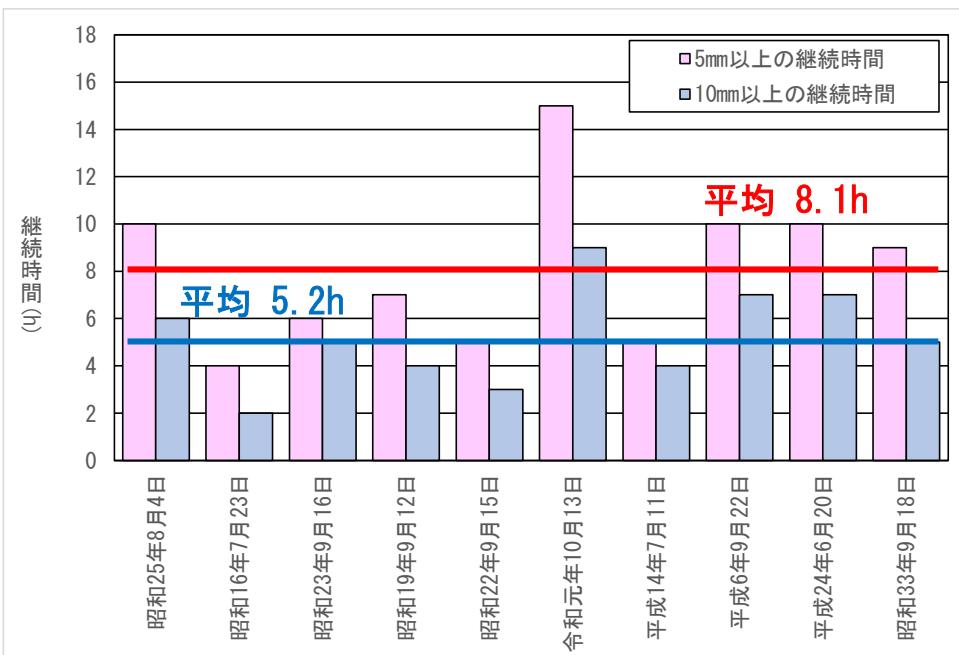


図 1-6-22 強い降雨強度の継続時間 名取橋地点（観測水位上位 10 洪水）

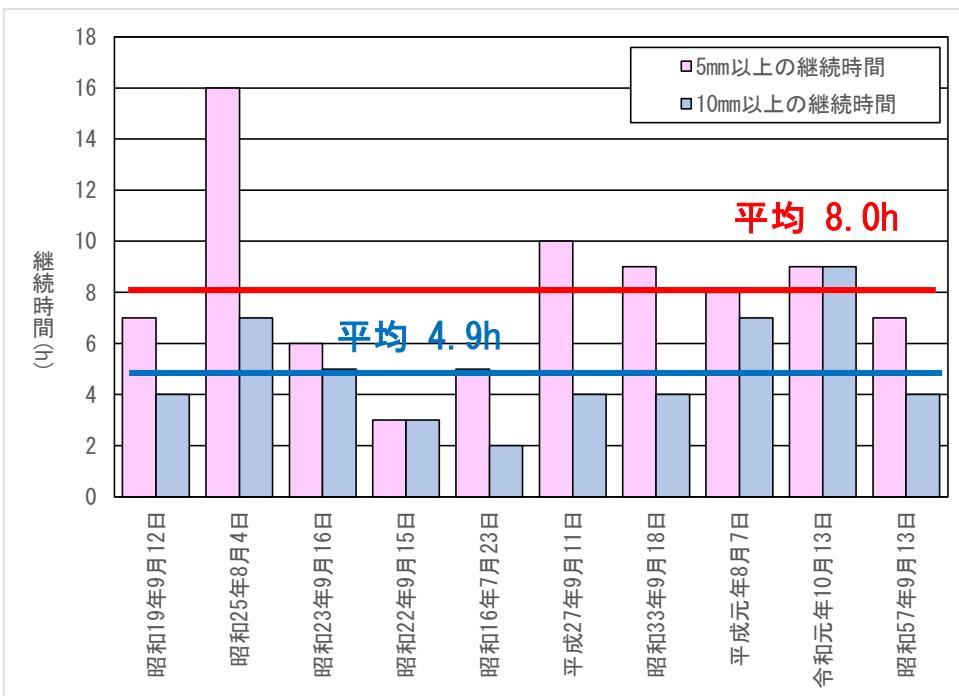


図 1-6-23 強い降雨強度の継続時間 広瀬橋地点（観測水位上位 10 洪水）

1-6-5 対象降雨の降雨継続時間の設定

以下に示す洪水継続時間や強い降雨強度の継続時間等から総合的に判断して、対象降雨の降雨継続時間は、名取橋地点で **12 時間**、広瀬橋地点で **12 時間**と設定した。

表 1-6-8 対象降雨の降雨継続時間の検討結果

項目	名取橋	広瀬橋
Kinematic Wave 法による洪水到達時間	4～30 時間（平均 11.2 時間）	4～36 時間（平均 11.9 時間）
角屋の式による洪水到達時間	6～10 時間（平均 7.2 時間）	4～9 時間（平均 6.3 時間）
ピーク流量と雨量の相関	ピーク流量との相関の高い短時間雨量は、3 時間を超えると相関が高い	ピーク流量との相関の高い短時間雨量は、3 時間を超えると相関が高い
強い降雨強度の継続時間	5mm 以上 4～15 時間（平均 8.1 時間） 10mm 以上 2～9 時間（平均 5.2 時間）	5mm 以上 3～16 時間（平均 8.0 時間） 10mm 以上 2～9 時間（平均 4.9 時間）
評価	上記を総合的に判断すると 12 時間	上記を総合的に判断すると 12 時間

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

雨量標本に関しては、時間雨量データが存在する昭和 16 年（1941 年）からとし、過去実験の期間が平成 22 年（2010 年）までであることを踏まえ、既定計画から雨量標本データを一律に平成 22 年（2010 年）までの 70 年間とした。平成 22 年（2010 年）までの雨量標本を用い、定常の水文統計解析により確率雨量を算定し、これに降雨変化倍率を乗じた値を計画対象の降雨量とする。

昭和 16 年（1941 年）～平成 22 年（2010 年）までの 70 年間の年最大 12 時間雨量を確率処理し水系内の隣接した流域特性の近い基準地点において、SLSC や Jackknife 推定誤差に加え、pAIC の指標も含めて総合的に勘案して、同一の確率分布モデルを採用し、1/150 確率規模の対象降雨量を名取橋地点で 286.7mm/12h と、広瀬橋地点で 290.8mm/12h とそれぞれ決定した。

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、基準地点の 1/150 確率規模降雨量に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じて得られた名取橋地点で 315.4mm/12h と、広瀬橋地点で 319.9mm/12h を採用した。

表 1-7-1 1/150 確率規模降雨量（上：名取橋地点、下：広瀬橋地点）

確率分布	計算方法	基準地点:名取橋			
		SLSC	確率1/150 12時間雨量 (mm)	Jackknife 推定誤差 (1/150)	pAIC
極地 分布型	指数分布	Exp	0.031	286.7	24.9
	グンベル分布	Gumbel	0.026	247.7	20.7
	平方根指數型最大値分布	SqrtEt	0.022	281.6	25.8
	一般化極地分布	Gev	0.021	276.3	37.4
ガンマ 分布型	対数ビアソンⅢ型分布(実数空間法)	LP3Rs	0.032	245.5	22.6
	対数ビアソンⅢ型分布(対数空間法)	LogP3	0.020	278.8	34.9
対数正規 分布型	岩井法	Iwai	0.019	275.7	36.9
	石原・高瀬法	IshiTaka	0.025	255.4	24.4
	対数正規分布3母数クオントイル法	LN3Q	0.022	260.2	32.8
	対数正規分布3母数(Slade II)	LN3PM	0.026	253.6	24.0
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法)	LN2LM	0.023	260.8	27.4
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法)	LN2PM	0.024	255.6	25.9
	対数正規分布4母数(Slade IV, 積率法)	LN4PM	---	---	---

確率分布	計算方法	基準地点:広瀬橋			
		SLSC	確率1/150 12時間雨量 (mm)	Jackknife 推定誤差 (1/150)	pAIC
極地 分布型	指数分布	Exp	0.032	290.8	35.2
	グンベル分布	Gumbel	0.060	250.1	29.2
	平方根指數型最大値分布	SqrtEt	0.038	267.0	28.4
	一般化極地分布	Gev	0.017	327.1	68.8
ガンマ 分布型	対数ビアソンⅢ型分布(実数空間法)	LP3Rs	---	---	---
	対数ビアソンⅢ型分布(対数空間法)	LogP3	0.017	327.4	66.9
対数正規 分布型	岩井法	Iwai	0.022	288.2	43.4
	石原・高瀬法	IshiTaka	0.044	312.4	63.2
	対数正規分布3母数クオントイル法	LN3Q	0.018	342.6	67.2
	対数正規分布3母数(Slade II)	LN3PM	0.038	311.6	64.1
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法)	LN2LM	---	---	---
	対数正規分布2母数(Slade I, 積率法)	LN2PM	---	---	---
	対数正規分布4母数(Slade IV, 積率法)	LN4PM	---	---	---

表 1-7-2 12 時間年最大雨量

名取橋				庄瀬橋			
洪水名	12時間雨量	洪水名	12時間雨量	洪水名	12時間雨量	洪水名	12時間雨量
昭和16年7月22日	131.0	昭和51年8月6日	91.1	昭和16年7月22日	109.8	昭和51年8月6日	141.8
昭和17年9月19日	67.3	昭和52年9月20日	89.6	昭和17年9月19日	68.5	昭和52年9月20日	45.9
昭和18年10月2日	123.7	昭和53年6月27日	48.4	昭和18年10月2日	112.5	昭和53年6月27日	51.5
昭和19年9月12日	233.6	昭和54年10月19日	81.4	昭和19年9月12日	323.0	昭和54年10月19日	77.0
昭和20年10月4日	54.1	昭和55年8月30日	70.8	昭和20年10月4日	54.7	昭和55年8月30日	74.4
昭和21年7月30日	50.4	昭和56年8月23日	96.5	昭和21年7月30日	43.9	昭和56年8月23日	106.5
昭和22年9月14日	180.0	昭和57年9月13日	135.1	昭和22年9月14日	165.2	昭和57年9月13日	117.3
昭和23年9月16日	165.9	昭和58年7月5日	43.6	昭和23年9月16日	183.5	昭和58年7月26日	63.0
昭和24年6月19日	41.6	昭和59年9月3日	67.1	昭和24年6月19日	40.0	昭和59年9月3日	61.6
昭和25年8月3日	213.6	昭和60年7月1日	86.7	昭和25年8月3日	253.5	昭和60年7月1日	81.2
昭和26年9月9日	35.6	昭和61年8月5日	220.7	昭和26年9月9日	50.8	昭和61年8月5日	179.6
昭和27年9月28日	55.6	昭和62年6月20日	59.6	昭和27年9月28日	53.8	昭和62年6月20日	61.9
昭和28年9月24日	46.3	昭和63年8月12日	88.7	昭和28年9月24日	42.4	昭和63年8月12日	96.2
昭和29年6月6日	73.8	平成元年8月7日	168.3	昭和29年6月6日	70.5	平成元年8月7日	179.8
昭和30年5月28日	52.2	平成2年11月30日	116.5	昭和30年10月10日	47.2	平成2年11月30日	121.1
昭和31年8月27日	65.7	平成3年9月19日	102.6	昭和31年7月15日	64.5	平成3年9月19日	90.5
昭和32年7月8日	99.7	平成4年7月1日	60.0	昭和32年7月8日	81.0	平成4年10月20日	54.4
昭和33年9月17日	150.3	平成5年8月27日	133.5	昭和33年9月17日	154.0	平成5年8月27日	116.1
昭和34年9月24日	104.5	平成6年9月22日	167.2	昭和34年9月24日	85.7	平成6年9月30日	160.1
昭和35年10月8日	63.4	平成7年6月15日	57.4	昭和35年10月8日	64.9	平成7年6月15日	44.9
昭和36年6月27日	56.8	平成8年9月22日	88.0	昭和36年6月27日	69.7	平成8年9月22日	73.4
昭和37年7月14日	77.2	平成9年6月29日	77.2	昭和37年8月26日	42.6	平成9年6月20日	71.2
昭和38年7月11日	47.9	平成10年9月16日	119.5	昭和38年7月11日	50.6	平成10年9月16日	136.3
昭和39年8月24日	125.0	平成11年10月28日	131.7	昭和39年8月24日	101.8	平成11年10月28日	105.4
昭和40年5月27日	70.9	平成12年7月7日	95.8	昭和40年8月21日	54.8	平成12年9月23日	100.7
昭和41年9月25日	108.5	平成13年9月10日	72.8	昭和41年6月29日	107.7	平成13年9月10日	81.8
昭和42年10月28日	95.5	平成14年7月10日	146.6	昭和42年6月25日	64.4	平成14年7月10日	125.2
昭和43年8月20日	47.9	平成15年7月26日	45.0	昭和43年6月4日	56.1	平成15年7月26日	44.5
昭和44年8月23日	69.7	平成16年10月9日	64.9	昭和44年8月23日	80.7	平成16年10月9日	48.5
昭和45年11月19日	89.2	平成17年8月26日	122.5	昭和45年11月19日	74.7	平成17年8月26日	82.1
昭和46年8月31日	93.3	平成18年12月27日	128.4	昭和46年7月15日	77.1	平成18年12月27日	110.9
昭和47年9月17日	45.4	平成19年7月15日	97.0	昭和47年9月17日	39.0	平成19年7月15日	87.9
昭和48年9月23日	53.4	平成20年5月20日	70.7	昭和48年9月23日	37.5	平成20年10月24日	65.9
昭和49年9月25日	116.6	平成21年10月8日	91.9	昭和49年9月25日	113.2	平成21年10月8日	87.3
昭和50年11月15日	82.3	平成22年12月22日	103.3	昭和50年11月15日	77.6	平成22年12月22日	90.7

【対数正規確率紙】

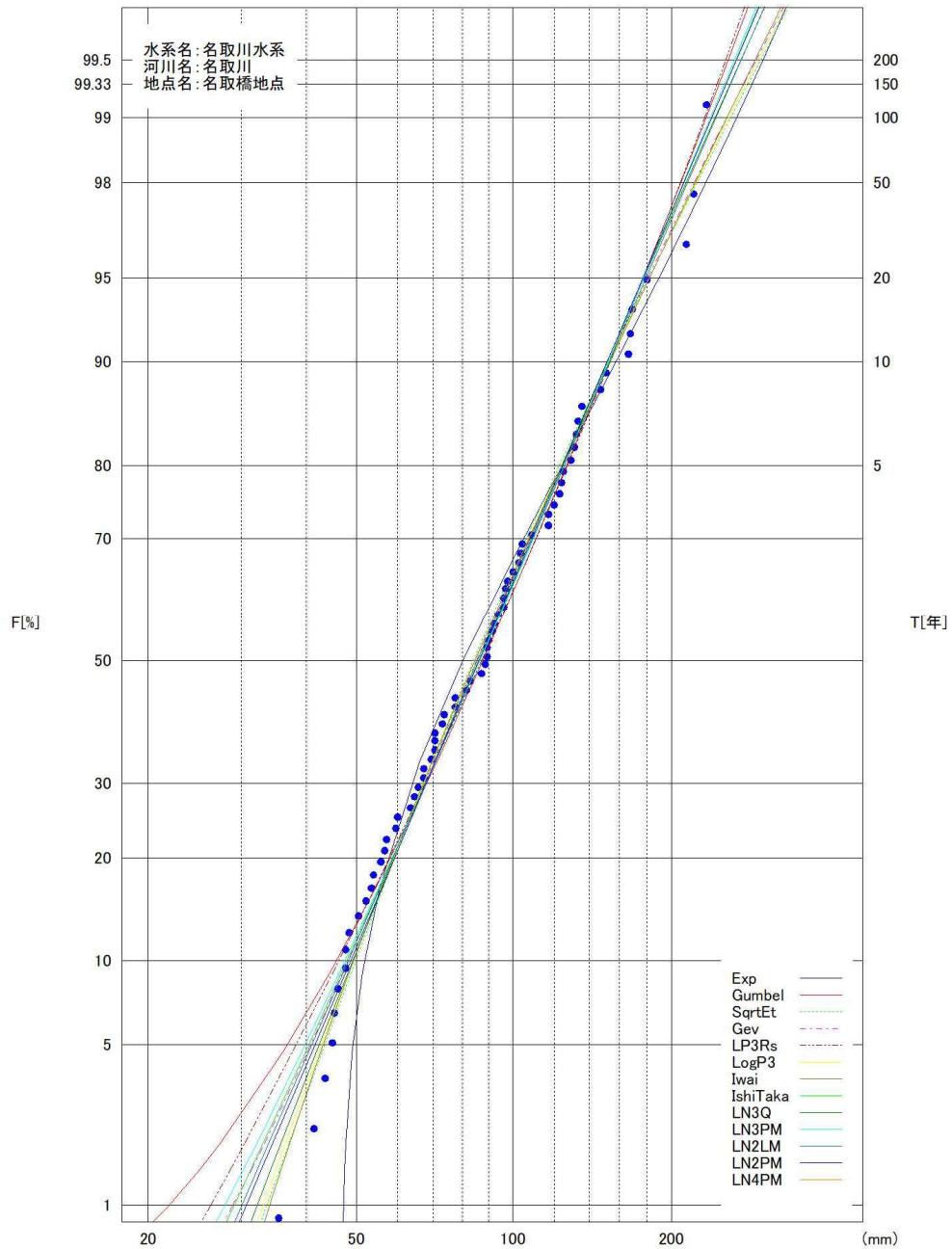


図 1-7-1 12 時間雨量毎年確率図（名取橋地点）
(昭和 16 年～平成 22 年：毎年最大降雨量 70 洪水)

【対数正規確率紙】

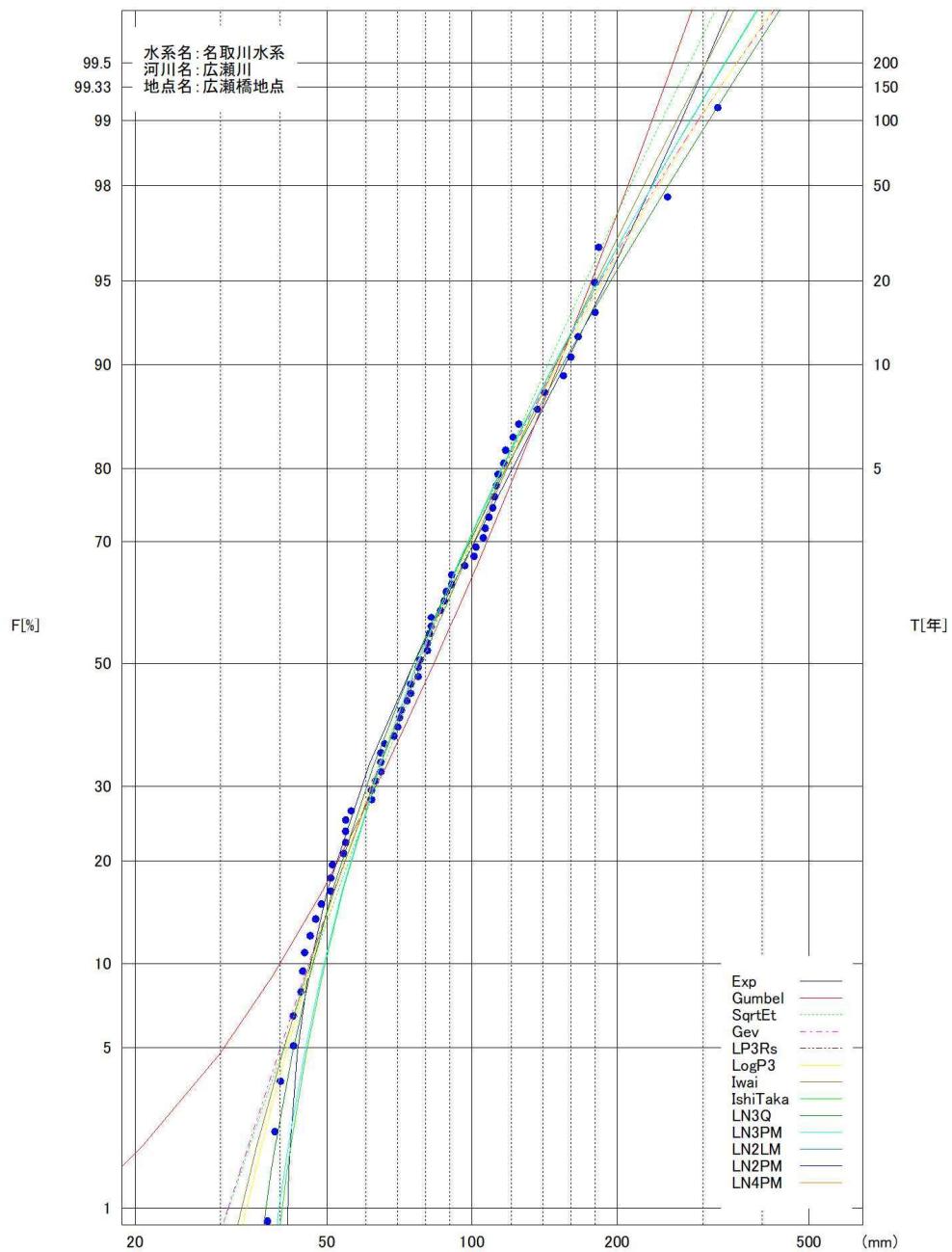


図 1-7-2 12 時間雨量毎年確率図（広瀬橋地点）

(昭和 16 年～平成 22 年：毎年最大降雨量 70 洪水)

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」にとどめ、定常の水文統計解析により確率雨量の算定等も併せて実施した。

(1) Mann-Kendall 検定（定常／非定常性の確認）

昭和 16 年（1941 年）～平成 22 年（2010 年）までの雨量データに一年ずつ追加し、令和 5 年（2023 年）までのデータを対象とした検定結果を確認した。その結果、データを平成 28 年（2016 年）まで延伸した場合、非定常性が確認されたため、平成 27 年（2015 年）までデータ延伸を実施。

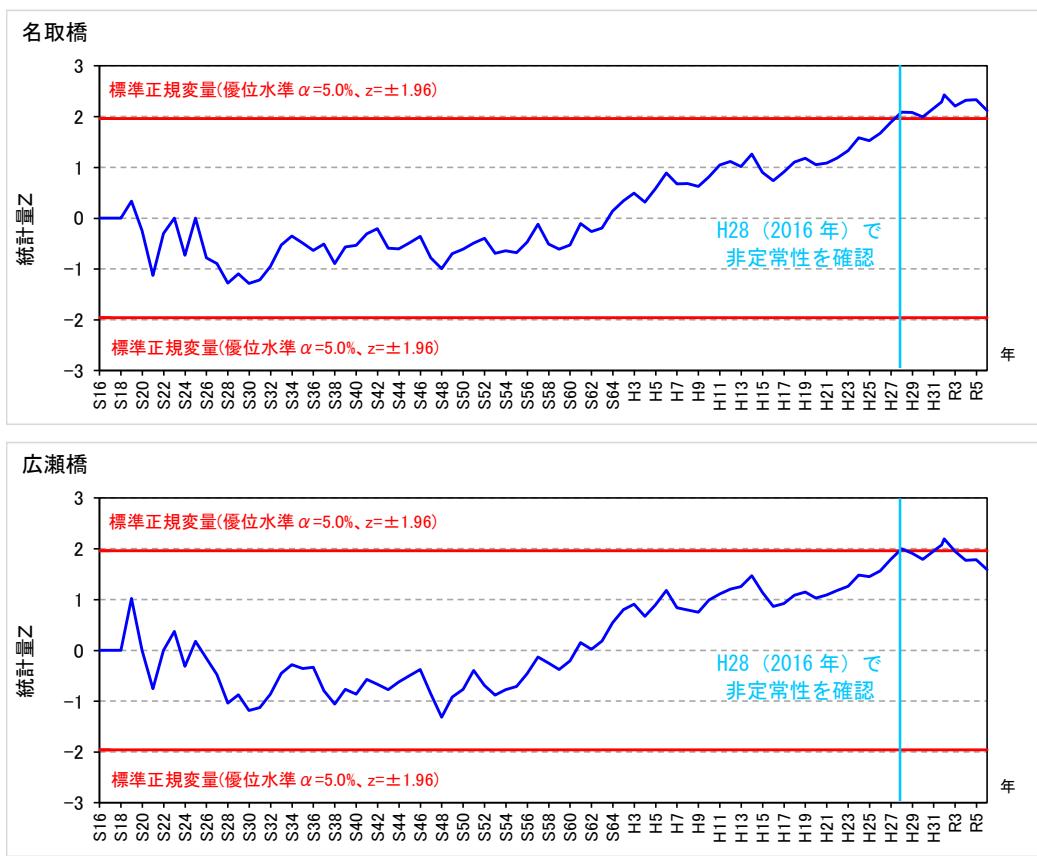


図 1-7.3 Mann-Kendall 検定（定常／非定常性を確認）（名取橋、広瀬橋）

(2) 近年降雨までデータ延伸を実施

定常性が確認できる平成 27 年（2015 年）まで雨量統計期間を延伸した場合の確率雨量を算定した。

平成 27 年（2015 年）までの雨量データを用いた場合の超過確率 1/150 確率雨量は名取橋地点では 289.5mm/12h、広瀬橋地点では 289.8mm/12h 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ことを確認

1-8 対象降雨波形の設定

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、対象降雨としての妥当性評価により代表的な洪水に適さない洪水については検討対象から除外した上で対象降雨波形を設定した。

計画対象洪水の選定にあたっては、昭和16年（1941年）～令和3年（2021年）までの基準地点のピーク流量が氾濫注意水位相当流量以上、かつ基準地点上流域の降雨継続時間（12時間）内雨量の引き伸ばし率が2倍以下（1.1倍する前の確率雨量）となる洪水を選定した。

以上を踏まえて、各地点の代表洪水は表 1-8-1、表 1-8-2に記載の名取橋地点で14洪水、広瀬橋地点で10洪水とした。

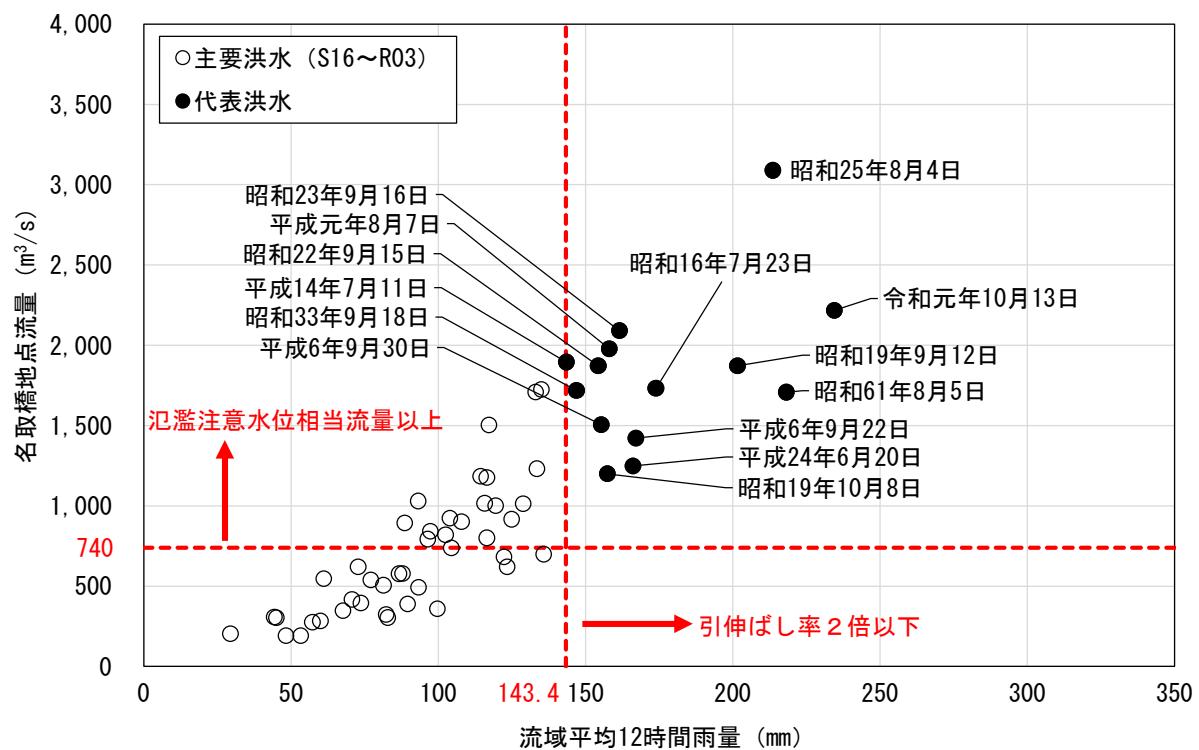


図 1-8-1 代表洪水の選定結果（名取橋地点）

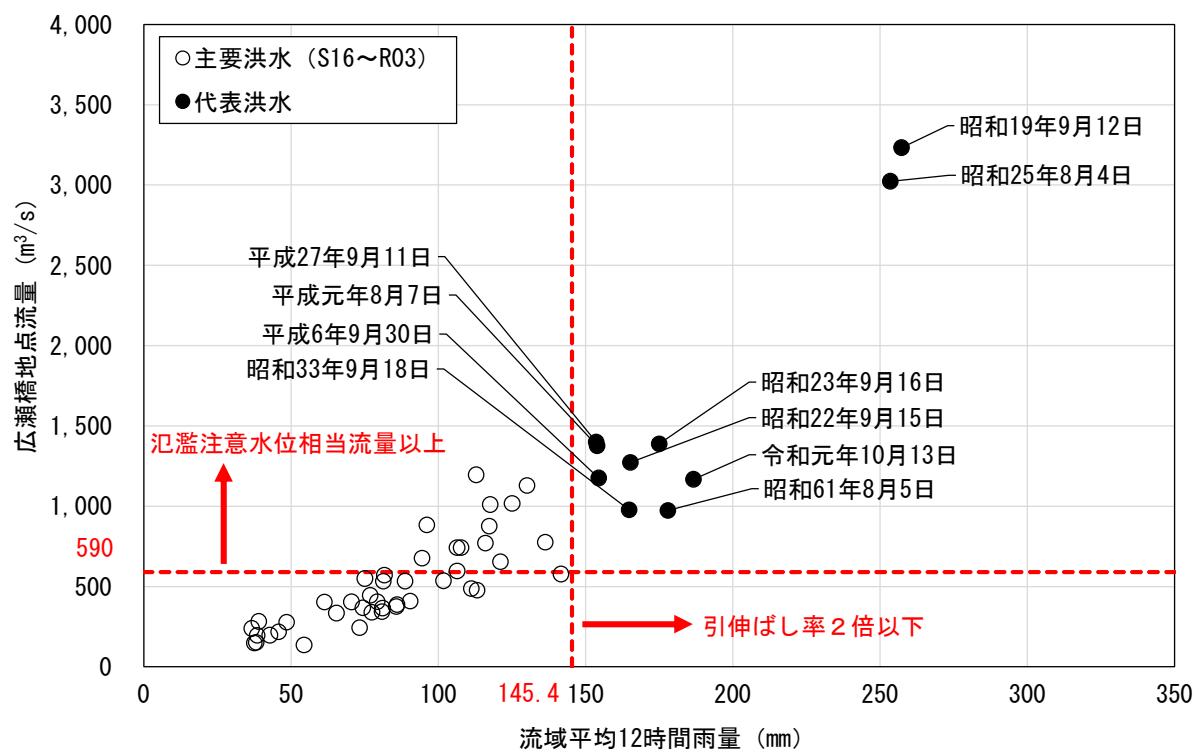


図 1-8-2 代表洪水の選定結果（広瀬橋地点）

表 1-8-1 代表洪水の選定結果（名取橋）

No	洪水名	名取橋地点		
		実績雨量 (mm/12h)	引伸ばし率	計画規模の降雨量 (mm/12h)
1	昭和16年7月23日	173.9	1.65	286.7
2	昭和19年9月12日	201.6	1.42	286.7
3	昭和19年10月8日	157.4	1.82	286.7
4	昭和22年9月15日	154.3	1.86	286.7
5	昭和23年9月16日	161.5	1.78	286.7
6	昭和25年8月4日	213.6	1.34	286.7
7	昭和33年9月18日	146.9	1.95	286.7
8	昭和61年8月5日	218.2	1.31	286.7
9	平成元年8月7日	158.0	1.81	286.7
10	平成6年9月22日	168.1	1.71	286.7
11	平成6年9月30日	155.3	1.85	286.7
12	平成14年7月11日	143.5	2.00	286.7
13	平成24年6月20日	166.1	1.73	286.7
14	令和元年10月13日	234.5	1.22	286.7

表 1-8-2 代表洪水の選定結果（広瀬橋）

No	洪水名	広瀬橋地点		
		実績雨量 (mm/12h)	引伸ばし率	計画規模の降雨量 (mm/12h)
1	昭和19年9月12日	257.3	1.13	290.8
2	昭和22年9月15日	165.2	1.76	290.8
3	昭和23年9月16日	175.0	1.66	290.8
4	昭和25年8月4日	253.5	1.15	290.8
5	昭和33年9月18日	164.8	1.76	290.8
6	昭和61年8月5日	178.0	1.63	290.8
7	平成元年8月7日	153.9	1.89	290.8
8	平成6年9月30日	154.5	1.88	290.8
9	平成27年9月11日	153.6	1.89	290.8
10	令和元年10月13日	186.6	1.56	290.8

1-9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

1-9-1 考え方

基本高水の検討対象洪水において、「短時間に降雨が集中する洪水」や「降雨の範囲が著しく偏った洪水」等を一律拡大すると、引き伸ばし後の短時間雨量が非現実的な確率値となる場合がある。そのため、実績降雨波形を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と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、前節で選定した洪水について、引き伸ばし後の降雨の地域分布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選定する。

1-9-2 廉却基準の設定

地域分布及び時間分布の異常な降雨として、1/500 以上の降雨を判断基準とした。(実績降雨も考慮し、地域・時間分布の廉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 地域分布の評価について

(1) 対象地域の設定

対象地域は、地形や年間降雨量分布、主要地点の関係から以下に示す6流域を選定した。

- ① 大倉川流域
- ② 広瀬川上流域
- ③ 広瀬橋残流域
- ④ 名取川上流域
- ⑤ 釜房ダム流域
- ⑥ 名取橋残流域

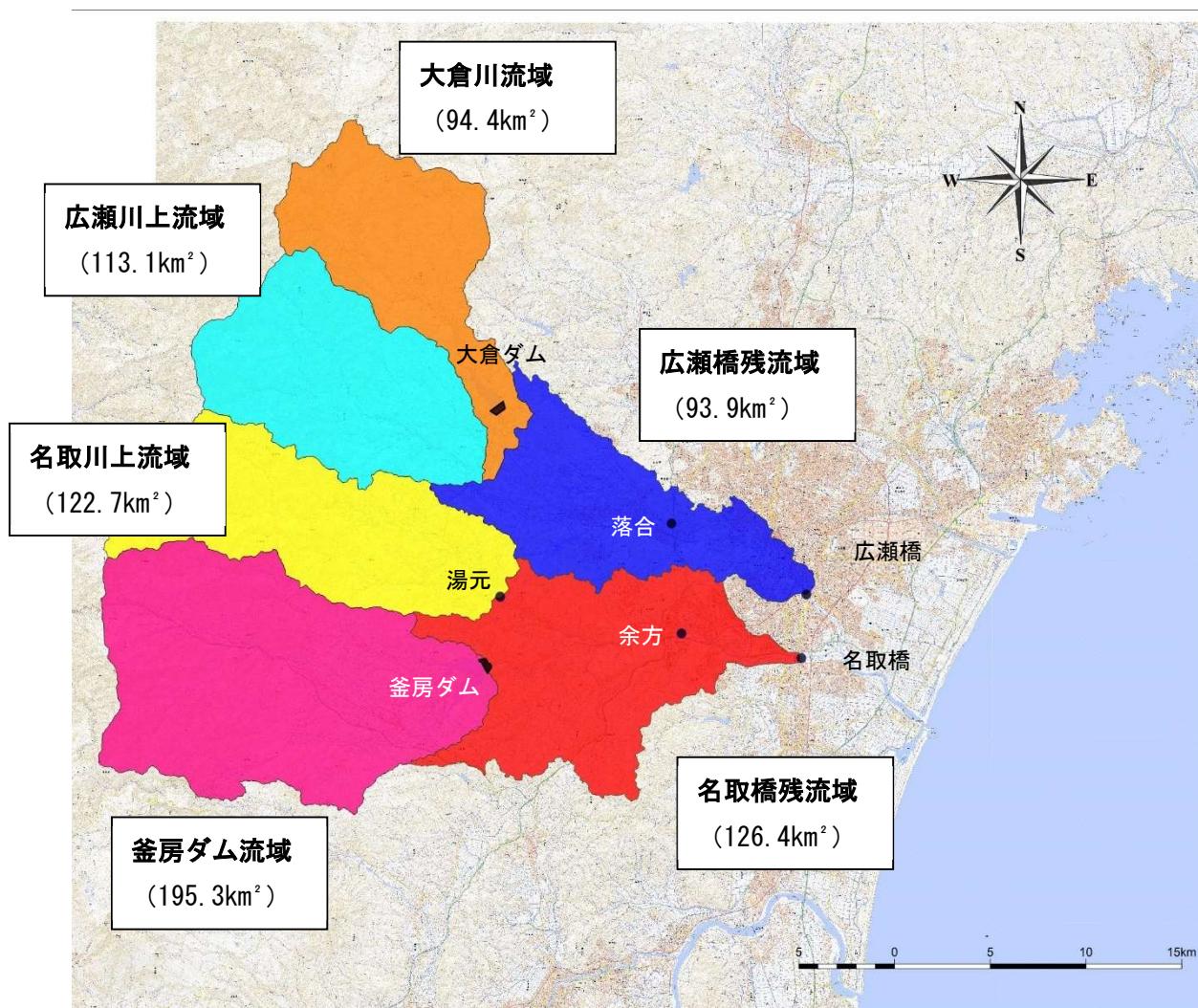


図 1-9-1 地域分布の検討対象流域

(2) 棄却基準値の設定

各地域の棄却基準値を設定した。確率雨量は、昭和16年（1941年）～平成22年（2010年）の各流域の年最大12時間雨量について確率計算を行い、計画対象降雨算定期と同様の方法で確率分布モデルを選定した。

(3) 地域分布の雨量評価

設定した6地域について、引き伸ばし後雨量の異常性評価を確認した。各地域の引き伸ばし後雨量及び1/500雨量は表1-9-1に示すとおりであり、名取橋上流では2洪水が、広瀬橋上流では4洪水が棄却となる。

表1-9-1(1) 地域分布による引き伸ばし後降雨の確率評価（名取橋上流）

No	洪水名	引伸ばし率	実績12時間雨量(mm)			引伸ばし後12時間雨量(mm)			棄却判定
			名取川 上流域	釜房ダム 上流域	名取橋 残流域	名取川 上流域	釜房ダム 上流域	名取橋 残流域	
1	昭和16年7月23日	1.65	162.2	218.7	120.4	267.6	360.8	198.7	×
2	昭和19年9月12日	1.42	194.0	179.2	247.1	275.5	254.5	350.9	
3	昭和19年10月8日	1.82	157.4	157.4	157.4	286.4	286.4	286.4	
4	昭和22年9月15日	1.86	149.8	142.3	177.2	278.6	264.6	329.5	
5	昭和23年9月16日	1.78	150.3	143.9	199.6	267.5	256.1	355.3	
6	昭和25年8月4日	1.34	192.6	219.5	224.9	258.1	294.2	301.3	
7	昭和33年9月18日	1.95	163.5	145.1	136.0	318.8	282.9	265.3	
8	昭和61年8月5日	1.31	182.6	217.2	258.6	239.2	284.5	338.8	
9	平成元年8月7日	1.81	164.5	164.3	142.7	297.8	297.5	258.2	
10	平成6年9月22日	1.71	118.9	111.9	303.0	203.3	191.3	518.2	×
11	平成6年9月30日	1.85	165.1	179.4	108.4	305.4	332.0	200.6	
12	平成14年7月11日	2.00	156.4	135.9	143.3	312.8	271.7	286.5	
13	平成24年6月20日	1.73	161.9	167.2	169.8	280.0	289.2	293.7	
14	令和元年10月13日	1.22	178.0	236.6	286.0	217.2	288.7	348.9	
棄却検討基準 1/500雨量				334.5		355.1		368.8	

赤字：棄却基準値超過

表1-9-1(2) 地域分布による引き伸ばし後降雨の確率評価（広瀬橋上流）

No	洪水名	引伸ばし率	実績12時間雨量(mm)			引伸ばし後12時間雨量(mm)			棄却判定
			大倉川 流域	広瀬川 上流域	広瀬橋 残流域	大倉川 流域	広瀬川 上流域	広瀬橋 残流域	
1	昭和19年9月12日	1.13	295.2	251.5	241.4	333.6	284.2	272.8	
2	昭和22年9月15日	1.76	169.1	151.9	177.2	297.6	267.4	311.8	
3	昭和23年9月16日	1.66	132.4	155.0	241.6	219.8	257.2	401.0	×
4	昭和25年8月4日	1.15	263.3	233.5	267.7	302.8	268.5	307.9	
5	昭和33年9月18日	1.76	176.5	179.3	137.7	310.7	315.6	242.3	
6	昭和61年8月5日	1.63	170.4	147.3	222.7	277.8	240.1	363.0	×
7	平成元年8月7日	1.89	176.5	156.6	128.3	333.6	296.0	242.5	
8	平成6年9月30日	1.88	184.6	174.8	100.3	347.0	328.6	188.5	
9	平成27年9月11日	1.89	165.4	127.8	197.6	312.6	241.4	373.4	×
10	令和元年10月13日	1.56	175.4	131.0	265.3	273.7	204.3	413.8	×
棄却検討基準 1/500雨量				379.8		331.3		357.4	

赤字：棄却基準値超過

1-9-4 時間分布の評価について

(1) 対象時間の設定

対象時間は、降雨継続時間が 12 時間であることから、1/2 程度である 6 時間雨量と、1/4 程度である 3 時間雨量を短時間雨量として設定した。

(2) 廃却基準値の設定

対象時間における廃却基準値を設定した。確率雨量は、昭和 16 年（1941 年）～平成 22 年（2010 年）の各流域の年最大 12 時間雨量について確率計算を行い、対象降雨算定期と同様の方法で確率分布モデルを選定した。

(3) 時間分布の雨量評価

設定した時間について、引き伸ばし後雨量の異常性評価を確認した。各時間の引き伸ばし後雨量及び 1/500 雨量は表 1-9-2 に示すとおりであり、名取橋上流では 5 洪水が、広瀬橋上流では 1 洪水が廃却となる。

表 1-9-2(1) 短時間雨量評価結果（名取橋地点）

No	洪水名	引伸ばし率	名取橋地点実績		引伸ばし後雨量		棄却判定
			3時間雨量	6時間雨量	3時間雨量	6時間雨量	
1	昭和16年7月23日	1.65	62.9	114.5	103.8	188.9	
2	昭和19年9月12日	1.42	120.4	156.9	171.0	222.8	×
3	昭和19年10月8日	1.82	72.8	118.2	132.5	215.1	×
4	昭和22年9月15日	1.86	81.5	109.3	151.6	203.3	
5	昭和23年9月16日	1.78	75.5	110.4	134.4	196.5	
6	昭和25年8月4日	1.34	119.5	151.7	160.1	203.3	
7	昭和33年9月18日	1.95	61.0	109.1	119.0	212.7	
8	昭和61年8月5日	1.31	71.6	125.2	93.8	164.0	
9	平成元年8月7日	1.81	67.3	121.6	121.8	220.1	×
10	平成6年9月22日	1.71	70.3	127.7	120.2	218.4	×
11	平成6年9月30日	1.85	58.7	88.8	108.6	164.3	
12	平成14年7月11日	2.00	77.0	100.4	154.0	200.8	
13	平成24年6月20日	1.73	70.6	127.3	122.1	220.2	×
14	令和元年10月13日	1.22	99.4	167.6	121.3	204.5	
棄却検討基準 1/500雨量				166.4	213.6		

赤字：棄却基準値超過

表 1-9-2(2) 短時間雨量評価結果（広瀬橋地点）

No	洪水名	引伸ばし率	広瀬橋地点実績		引伸ばし後雨量		棄却判定
			3時間雨量	6時間雨量	3時間雨量	6時間雨量	
1	昭和19年9月12日	1.13	136.7	183.3	154.5	207.1	
2	昭和22年9月15日	1.76	108.2	125.0	190.4	220.0	×
3	昭和23年9月16日	1.66	93.5	131.3	155.2	218.0	
4	昭和25年8月4日	1.15	131.2	144.7	150.9	166.4	
5	昭和33年9月18日	1.76	71.4	125.1	125.7	220.2	
6	昭和61年8月5日	1.63	59.9	100.9	97.6	164.5	
7	平成元年8月7日	1.89	70.9	124.2	134.0	234.7	
8	平成6年9月30日	1.88	57.5	89.4	108.1	168.1	
9	平成27年9月11日	1.89	77.7	108.5	146.9	205.1	
10	令和元年10月13日	1.56	79.7	140.4	124.3	219.0	
棄却検討基準 1/500雨量				181.1	249.5		

赤字：棄却基準値超過

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、12時間雨量に対して、 $1/150$ 確率規模に1.1倍した降雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成した後、流出計算を行った結果、基準地点名取橋におけるピーク流量は $2,839\text{m}^3/\text{s} \sim 5,781\text{m}^3/\text{s}$ となった。また、基準地点広瀬橋におけるピーク流量は $2,230\text{m}^3/\text{s} \sim 4,640\text{m}^3/\text{s}$ となった。

ピーク流量の一覧を表 1-10-1 に、洪水ごとのハイドログラフを図 1-10-1、図 1-10-2 に示す。

表 1-10-1(1) 主要地点におけるピーク流量一覧（降雨確率 $w=1/150 \times 1.1$ 、名取橋）

No	洪水名	名取橋地点				
		実績雨量 (mm/12h)	計画規模の 降雨量 × 1.1倍 (mm/12h)	引伸ばし率	ピーク流量 (m ³ /s)	棄却
					時間 分布	地域 分布
1	昭和16年7月23日	173.9	315.4	1.814	4,228	棄却
2	昭和19年9月12日	201.6	315.4	1.564	5,781	棄却
3	昭和19年10月8日	157.4	315.4	2.004	4,216	棄却
4	昭和22年9月15日	154.3	315.4	2.044	5,446	
5	昭和23年9月16日	161.5	315.4	1.953	3,027	
6	昭和25年8月4日	213.6	315.4	1.477	5,388	
7	昭和33年9月18日	146.9	315.4	2.147	3,962	
8	昭和61年8月5日	218.2	315.4	1.445	3,183	
9	平成元年8月7日	158.0	315.4	1.996	3,995	棄却
10	平成6年9月22日	168.1	315.4	1.876	2,839	棄却
11	平成6年9月30日	155.3	315.4	2.031	3,213	
12	平成14年7月11日	143.5	315.4	2.198	5,235	
13	平成24年6月20日	166.1	315.4	1.899	4,609	棄却
14	令和元年10月13日	234.5	315.4	1.345	4,261	

表 1-10-1(2) 主要地点におけるピーク流量一覧（降雨確率 $w=1/150 \times 1.1$ 、広瀬橋）

No	洪水名	広瀬橋地点				
		実績雨量 (mm/12h)	計画規模の 降雨量 × 1.1倍 (mm/12h)	引伸ばし率	ピーク流量 (m ³ /s)	棄却
					時間 分布	地域 分布
1	昭和19年9月12日	257.3	319.9	1.243	4,100	
2	昭和22年9月15日	165.2	319.9	1.936	4,640	棄却
3	昭和23年9月16日	175.0	319.9	1.828	2,389	棄却
4	昭和25年8月4日	253.5	319.9	1.262	3,687	
5	昭和33年9月18日	164.8	319.9	1.941	2,902	
6	昭和61年8月5日	178.0	319.9	1.797	2,230	棄却
7	平成元年8月7日	153.9	319.9	2.079	2,952	
8	平成6年9月30日	154.5	319.9	2.071	2,513	
9	平成27年9月11日	153.6	319.9	2.083	3,612	棄却
10	令和元年10月13日	186.6	319.9	1.714	2,837	棄却

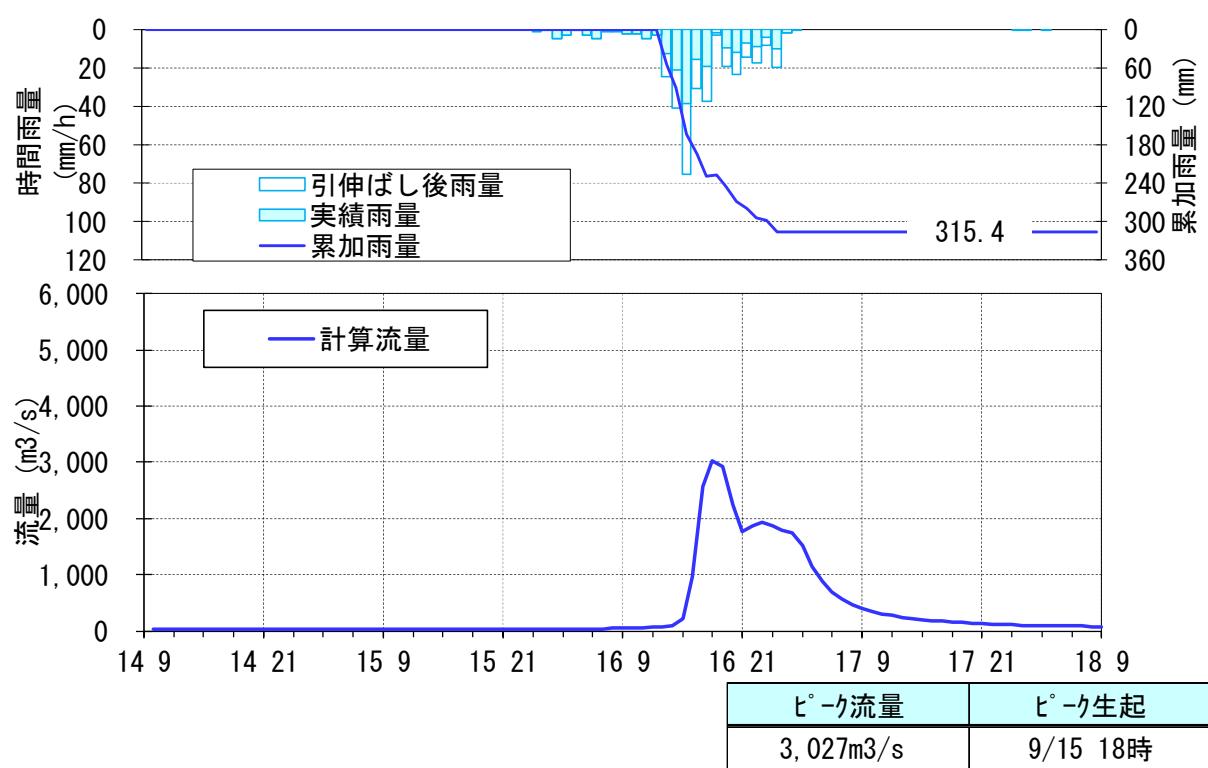
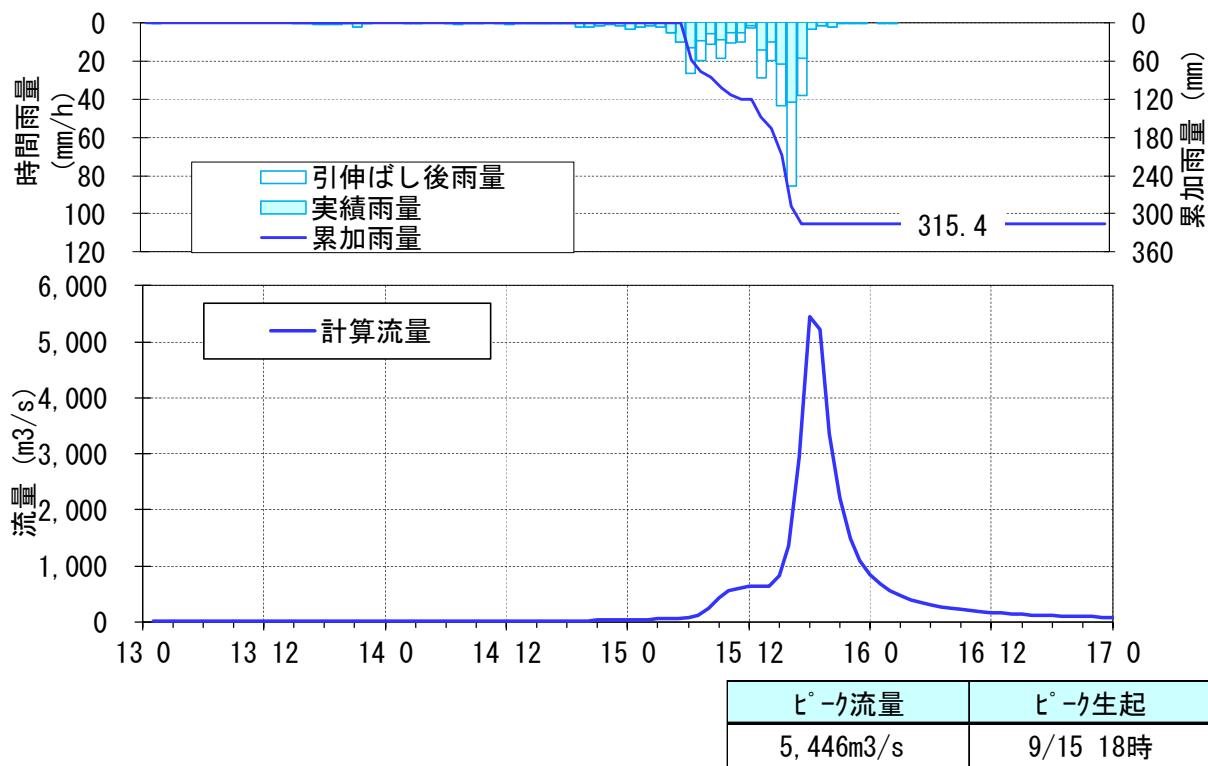


図 1-10-1(2) 対象降雨波形ハイドログラフ（昭和 23 年 9 月洪水型、名取橋）

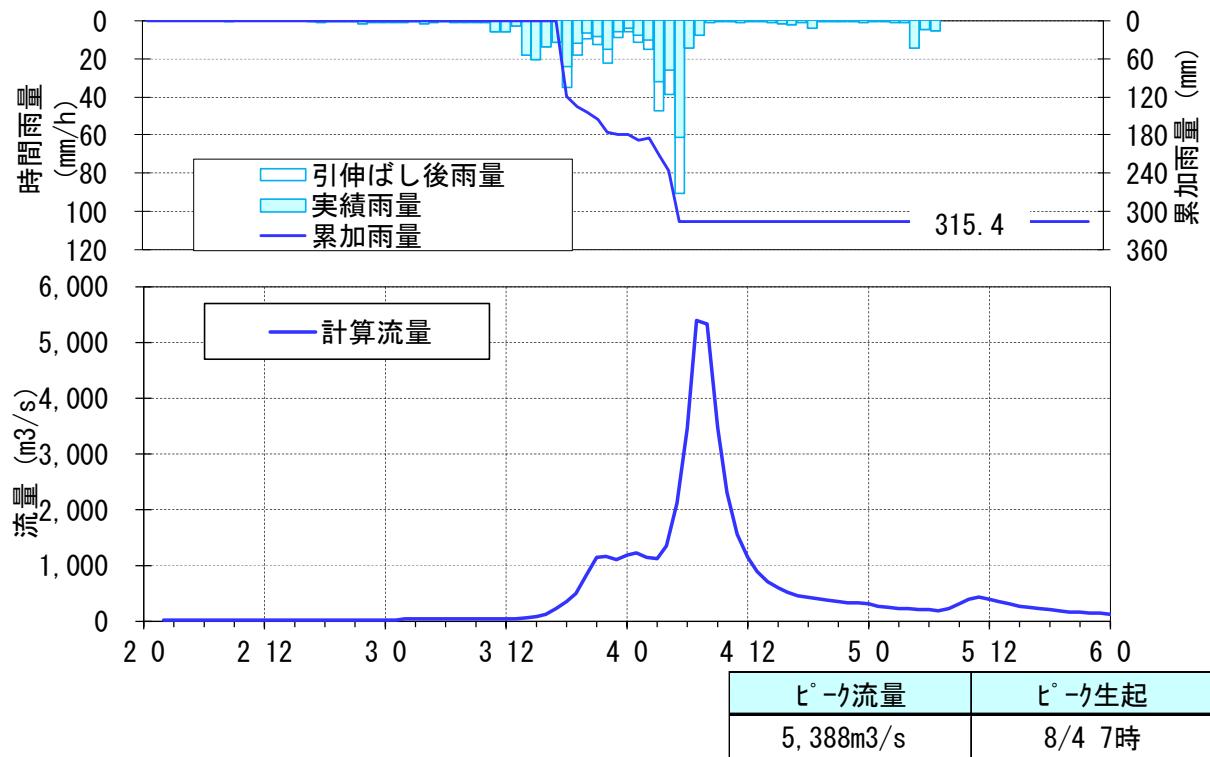


図 1-10-1(3) 対象降雨波形ハイドログラフ（昭和 25 年 8 月洪水型、名取橋）

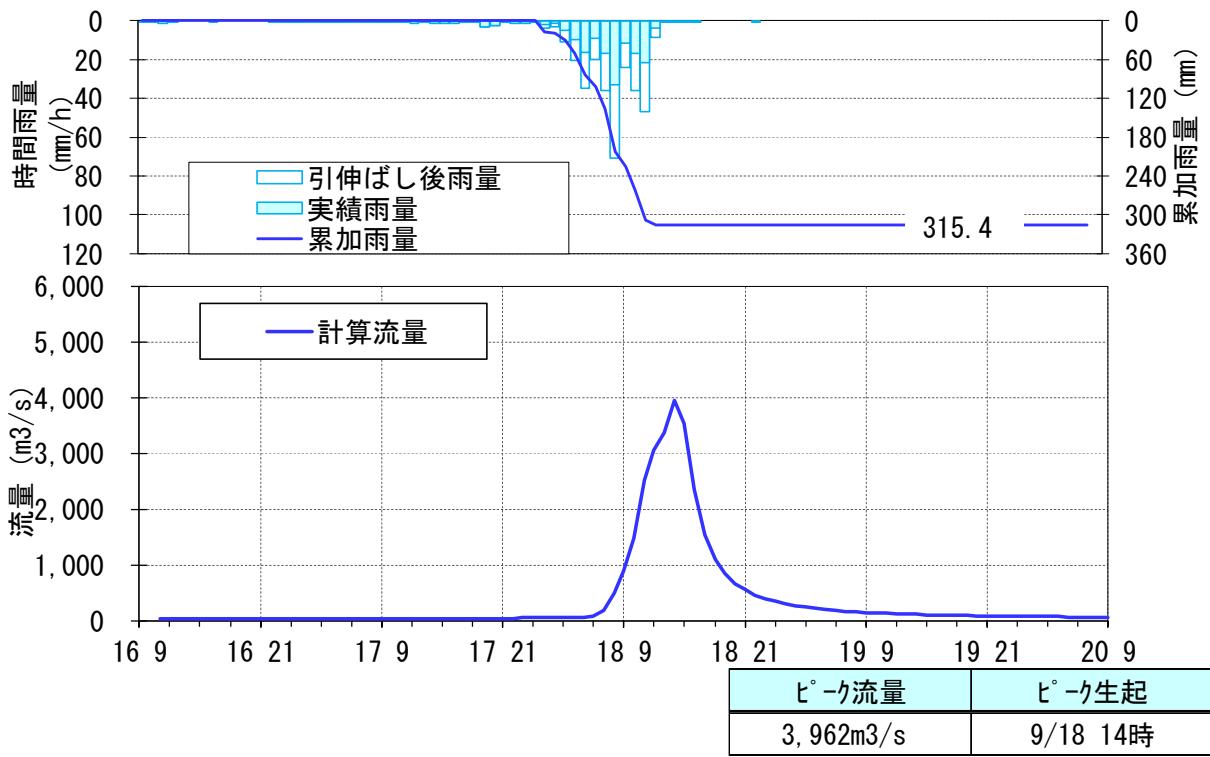


図 1-10-1(4) 対象降雨波形ハイドログラフ（昭和 33 年 9 月洪水型、名取橋）

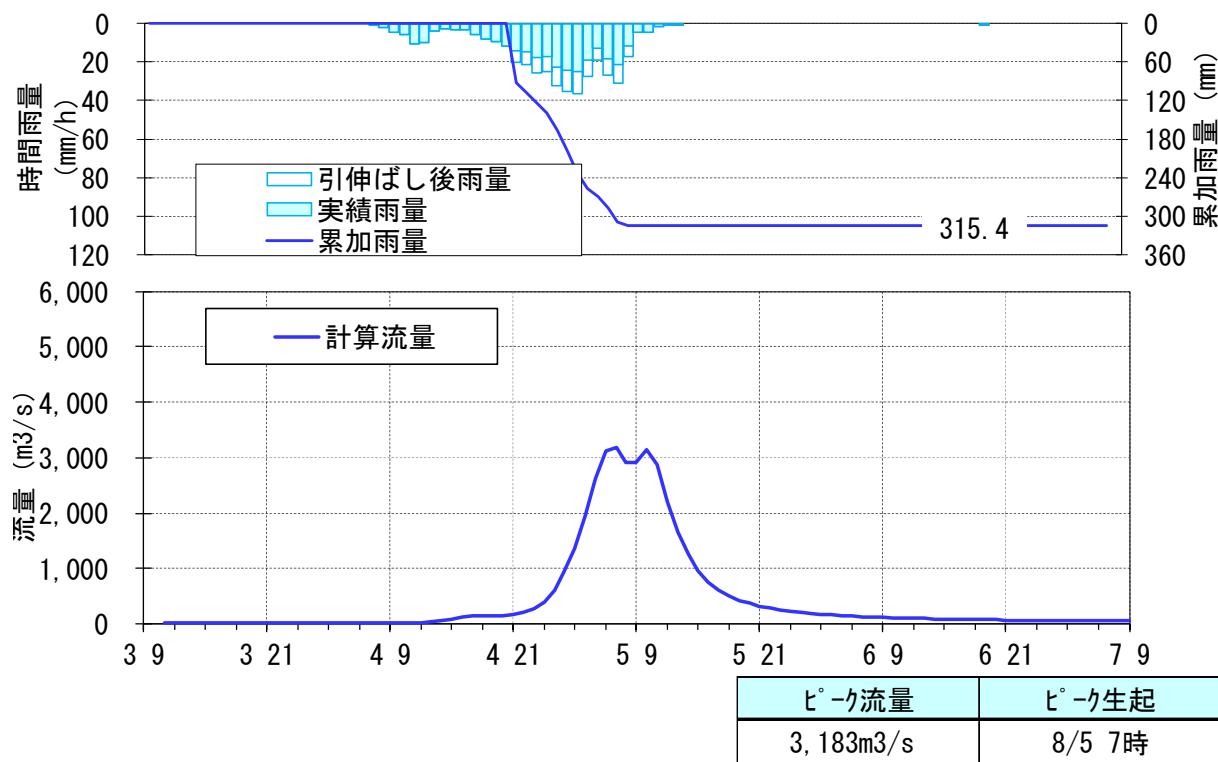


図 1-10-1(5) 対象降雨波形ハイドログラフ（昭和 61 年 8 月洪水型、名取橋）

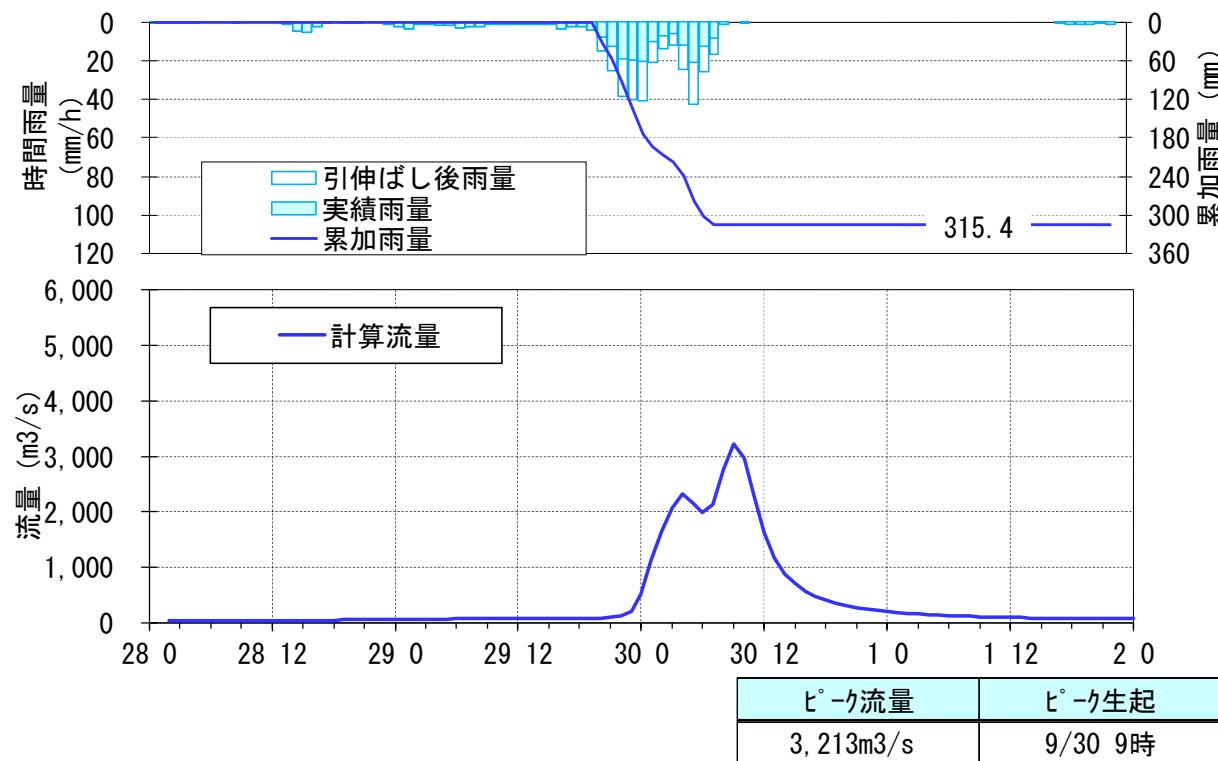


図 1-10-1(6) 対象降雨波形ハイドログラフ（平成 6 年 9 月 30 日洪水型、名取橋）

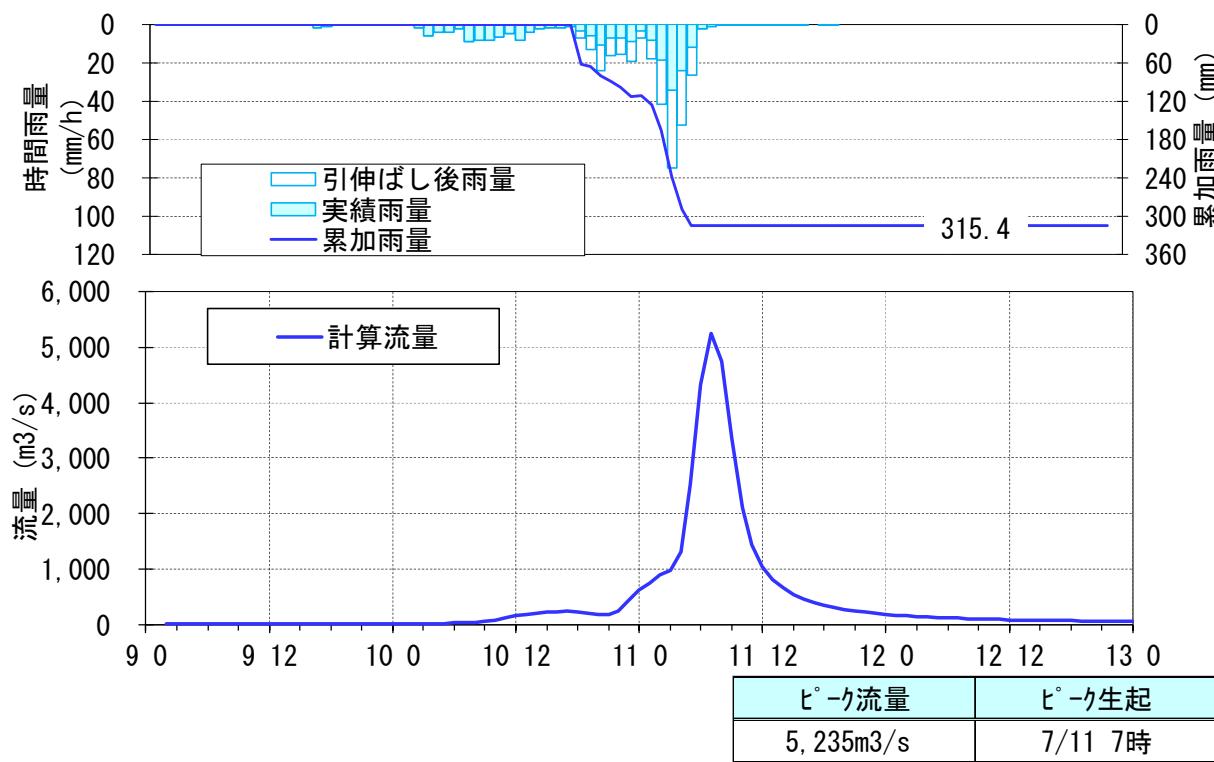


図 1-10-1(7) 対象降雨波形ハイドログラフ（平成 14 年 7 月洪水型、名取橋）

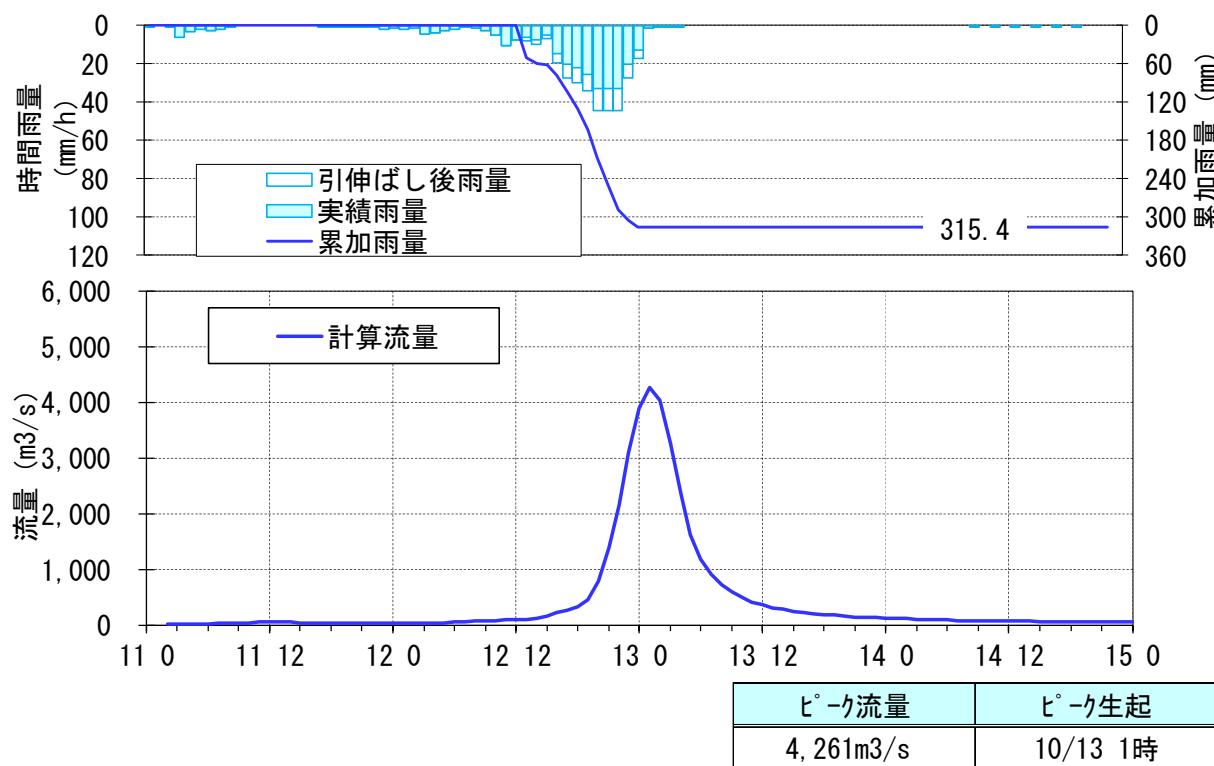


図 1-10-1(8) 対象降雨波形ハイドログラフ（令和元年 10 月洪水型、名取橋）

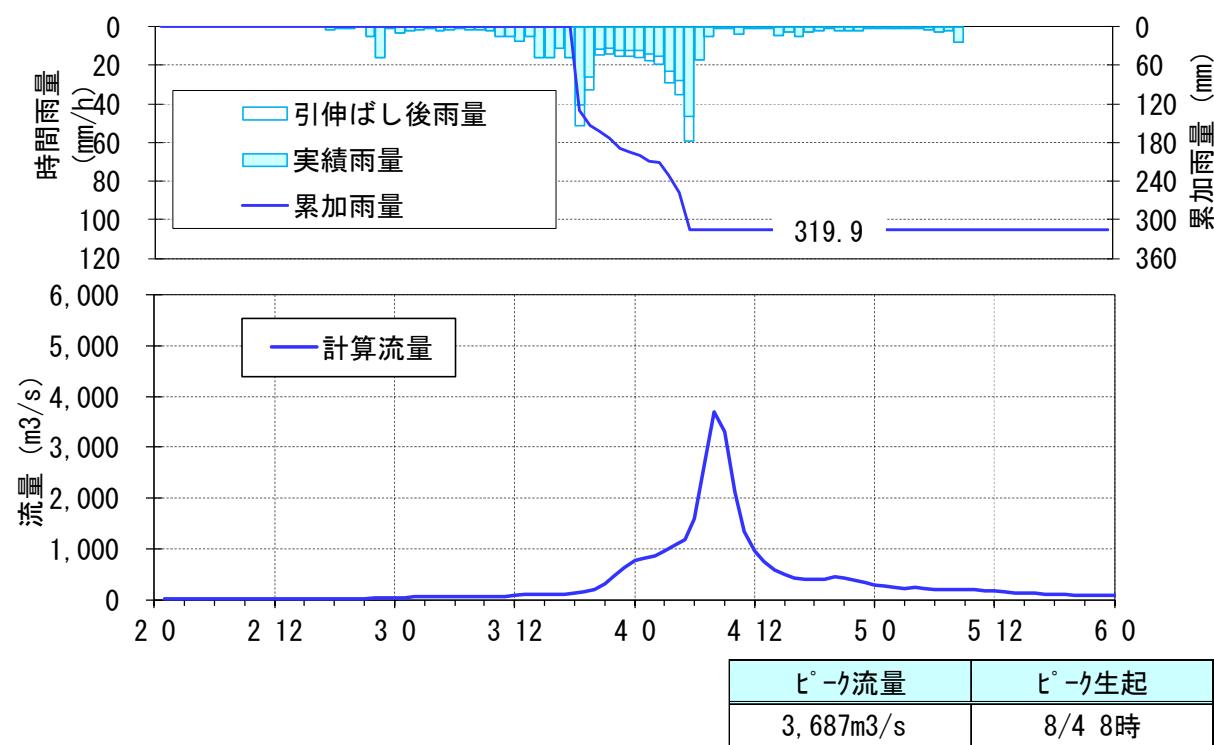
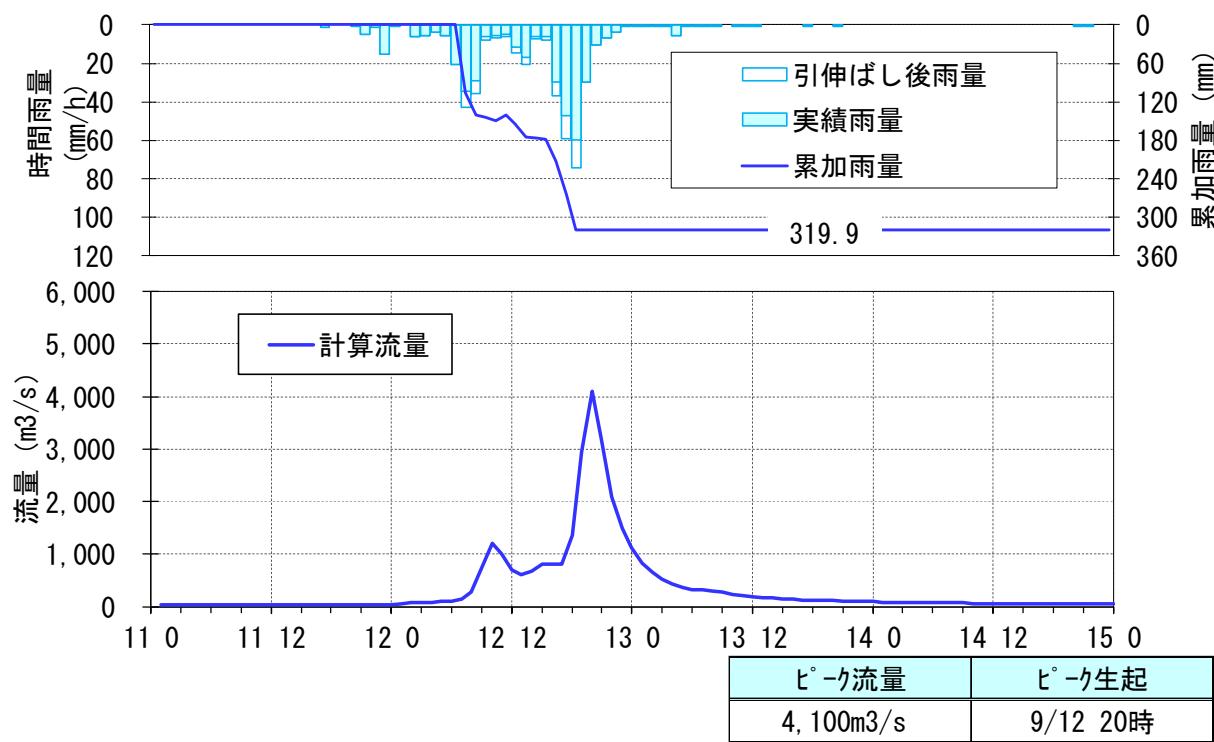


図 1-10-2(2) 対象降雨波形ハイドログラフ（昭和 25 年 8 月洪水型、広瀬橋）

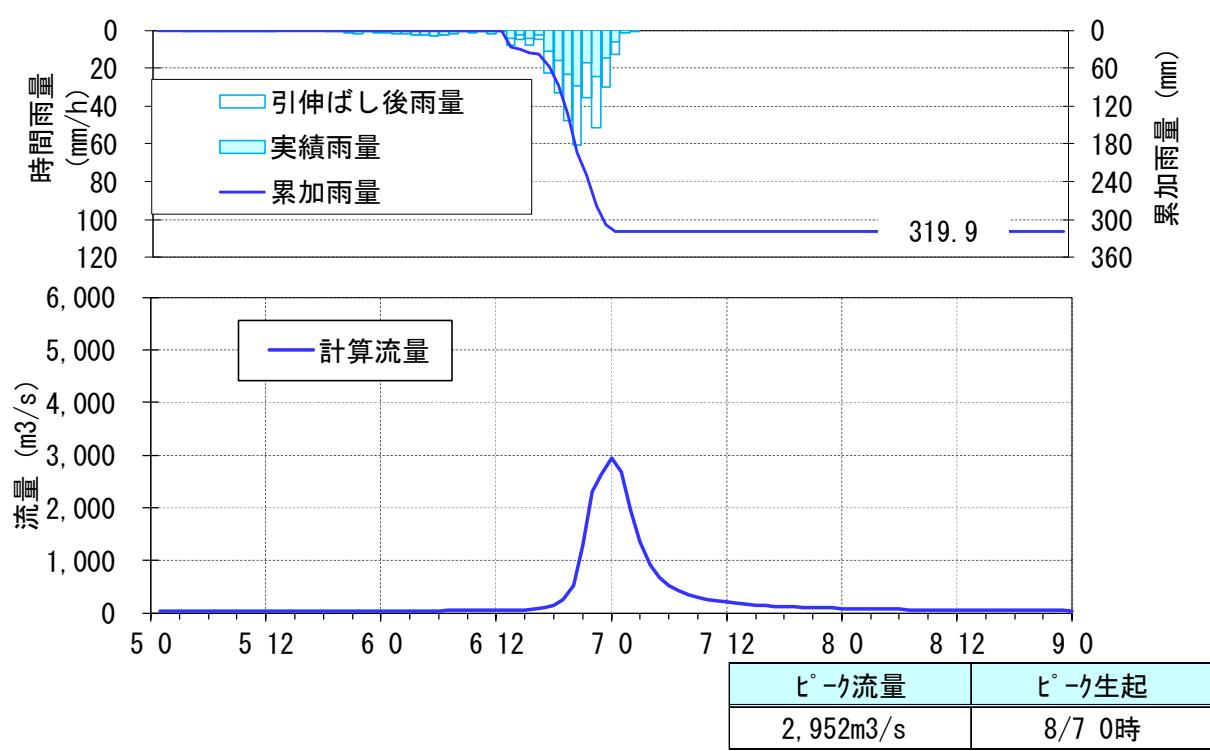
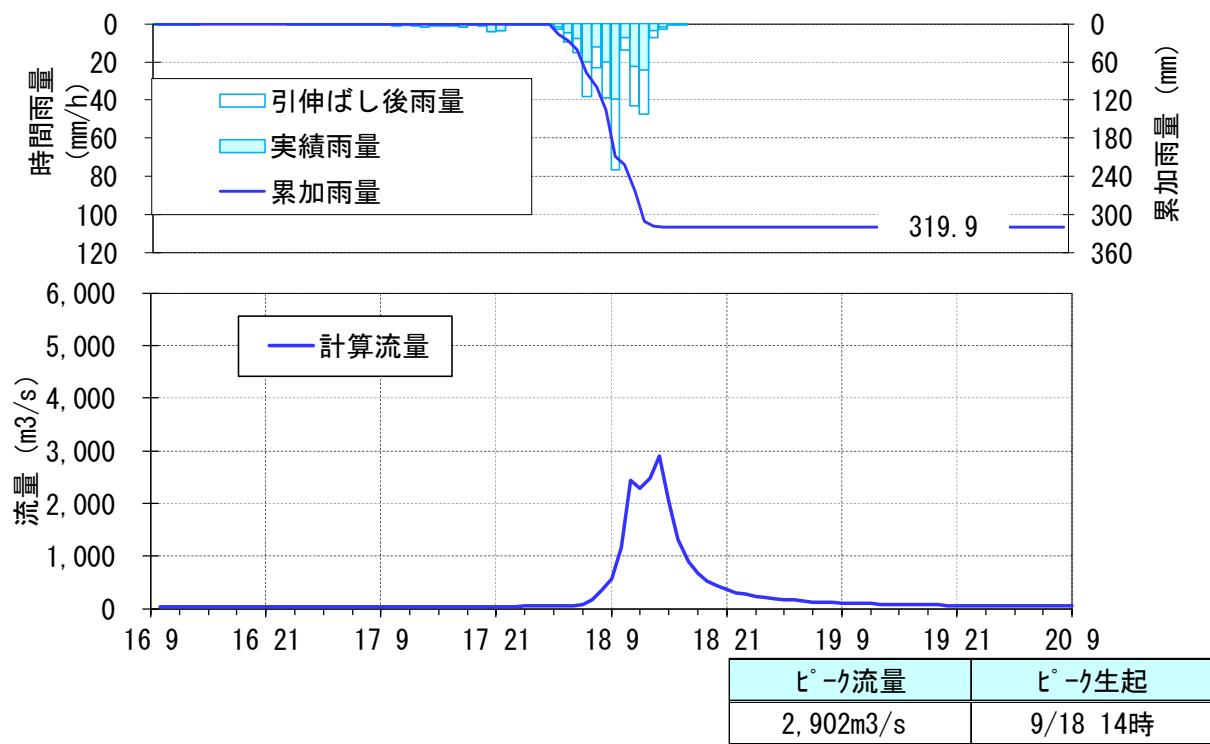


図 1-10-2(4) 対象降雨波形ハイドログラフ（平成元年 8 月洪水型、広瀬橋）

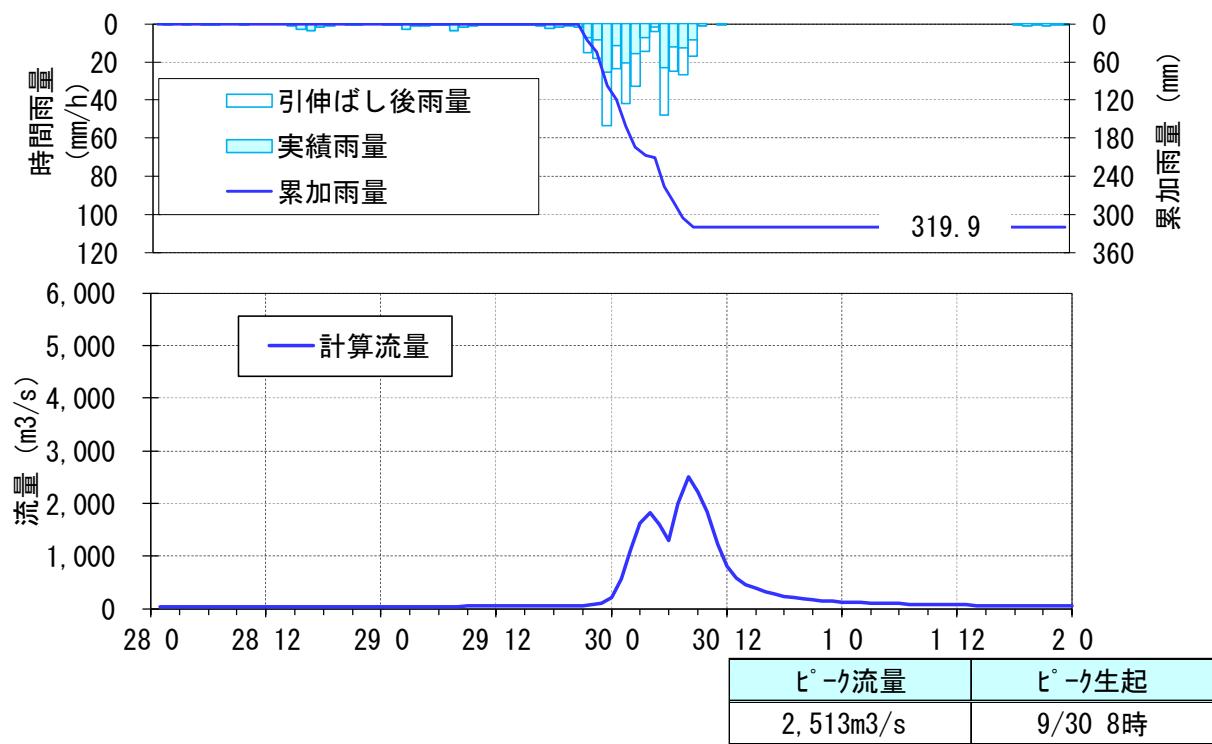


図 1-10-2(5) 対象降雨波形ハイドログラフ（平成 6 年 9 月 30 日洪水型、広瀬橋）

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°C上昇のシナリオ RCP8.5 における近未来の気候（2°C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°C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名取橋地点における計画対象降雨の降雨量 315.4mm/12h、及び広瀬橋地点における計画対象降雨の降雨量 319.9mm/12h の 30%の範囲内に入り、最大・最小のピーク流量を含む様々な洪水波形 10 洪水をそれぞれ抽出し、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 1/150 確率規模の 12 時間雨量名取橋 315.4mm、広瀬橋 319.9mm に調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、基準地点名取橋のピーク流量は約 2,800m³/s～6,000m³/s、基準地点広瀬橋のピーク流量は約 2,100m³/s～4,200m³/s と推定された。

アンサンブル予測降雨波形からの抽出結果を図 1-11-1、アンサンブル予測降雨波形のピーク流量を抽出した表を表 1-11-1 に、予測降雨波形のハイドログラフを図 1-11-2 に示す。

※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

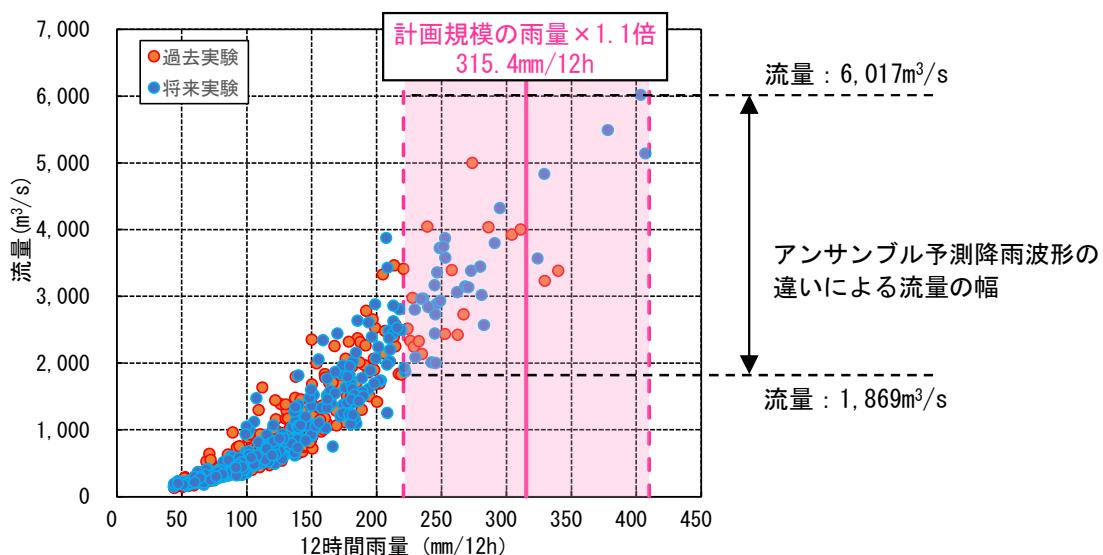


図 1-11-1(1) アンサンブル予測降雨波形からの抽出（名取橋）

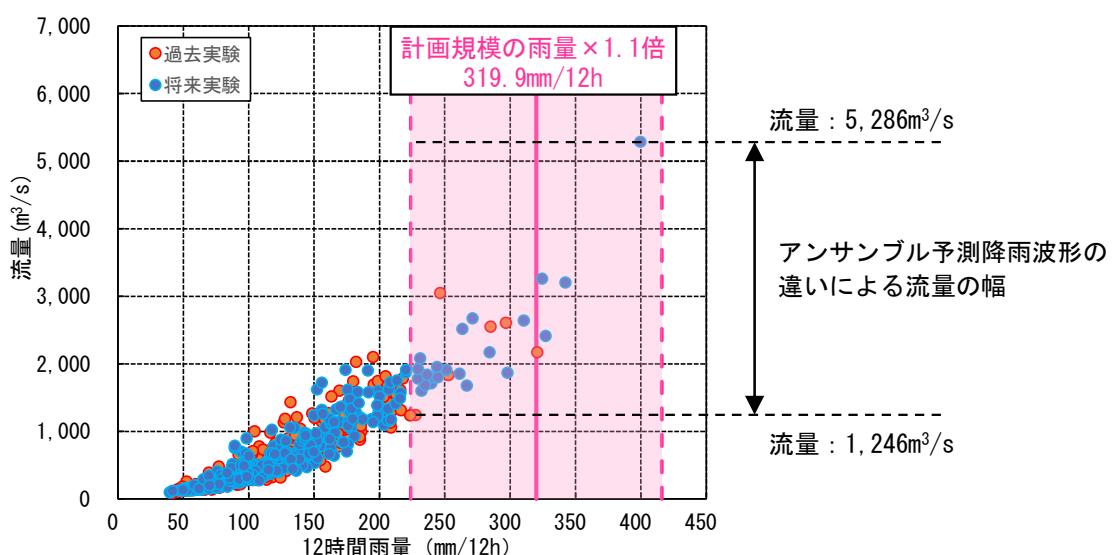


図 1-11-1 (2) アンサンブル予測降雨波形からの抽出（広瀬橋）

- d2PDF (将来 360 年、現在 360 年) の年最大雨量標本を対象
- 著しい引き伸ばし等によって降雨波形を歪めることがないよう、対象降雨の降雨量近傍の洪水を抽出

表 1-11-1(1) アンサンブル予測降雨波形によるピーク流量一覧（名取橋）

洪水名		名取橋地点 12時間雨量 (mm)	名取橋地点 ピーク流量 引伸・引縮前 (m ³ /s)	計画降雨量 (気候変動考慮) (mm)	拡大率	名取橋地点 ピーク流量 引伸・引縮後 (m ³ /s)
将来 実験	HFB_2K_GF_m101_2079	290.8	3,798	315.4	1.085	4,161
	HFB_2K_GF_m101_2084	252.6	3,870		1.249	5,560
	HFB_2K_GF_m105_2075	245.3	1,999		1.286	2,773
	HFB_2K_MI_m101_2086	245.1	2,733		1.287	3,692
	HFB_2K_MI_m105_2066	248.5	3,726		1.269	4,882
	HFB_2K_MR_m101_2064	251.2	3,749		1.256	5,491
過去 実験	HPB_m002_1982	226.0	2,332	315.4	1.396	3,347
	HPB_m006_2008	273.7	5,000		1.152	5,947
	HPB_m009_2008	304.2	3,923		1.037	4,100
	HPB_m022_1999	239.0	4,042		1.320	5,967

:名取橋ピーク流量の最大値
:名取橋ピーク流量の最小値

表 1-11-1(2) アンサンブル予測降雨波形によるピーク流量一覧（広瀬橋）

洪水名		広瀬橋地点 12時間雨量 (mm)	広瀬橋地点 ピーク流量 引伸・引縮前 (m ³ /s)	計画降雨量 (気候変動考慮) (mm)	拡大率	広瀬橋地点 ピーク流量 引伸・引縮後 (m ³ /s)
将来 実験	HFB_2K_CC_m105_2086	239.7	1,712	319.9	1.335	2,638
	HFB_2K_GF_m101_2084	399.6	5,286		0.801	4,070
	HFB_2K_GF_m101_2086	251.1	1,911		1.274	2,630
	HFB_2K_HA_m101_2075	263.4	2,519		1.215	3,118
	HFB_2K_HA_m105_2079	271.1	2,674		1.180	3,180
	HFB_2K_MI_m105_2066	284.2	2,174		1.126	2,172
過去 実験	HPB_m006_2008	246.4	3,049	319.9	1.298	4,124
	HPB_m007_1994	227.6	1,246		1.406	2,072
	HPB_m009_2008	296.7	2,610		1.078	2,823
	HPB_m010_1991	284.9	2,552		1.123	2,892

:広瀬橋ピーク流量の最大値
:広瀬橋ピーク流量の最小値

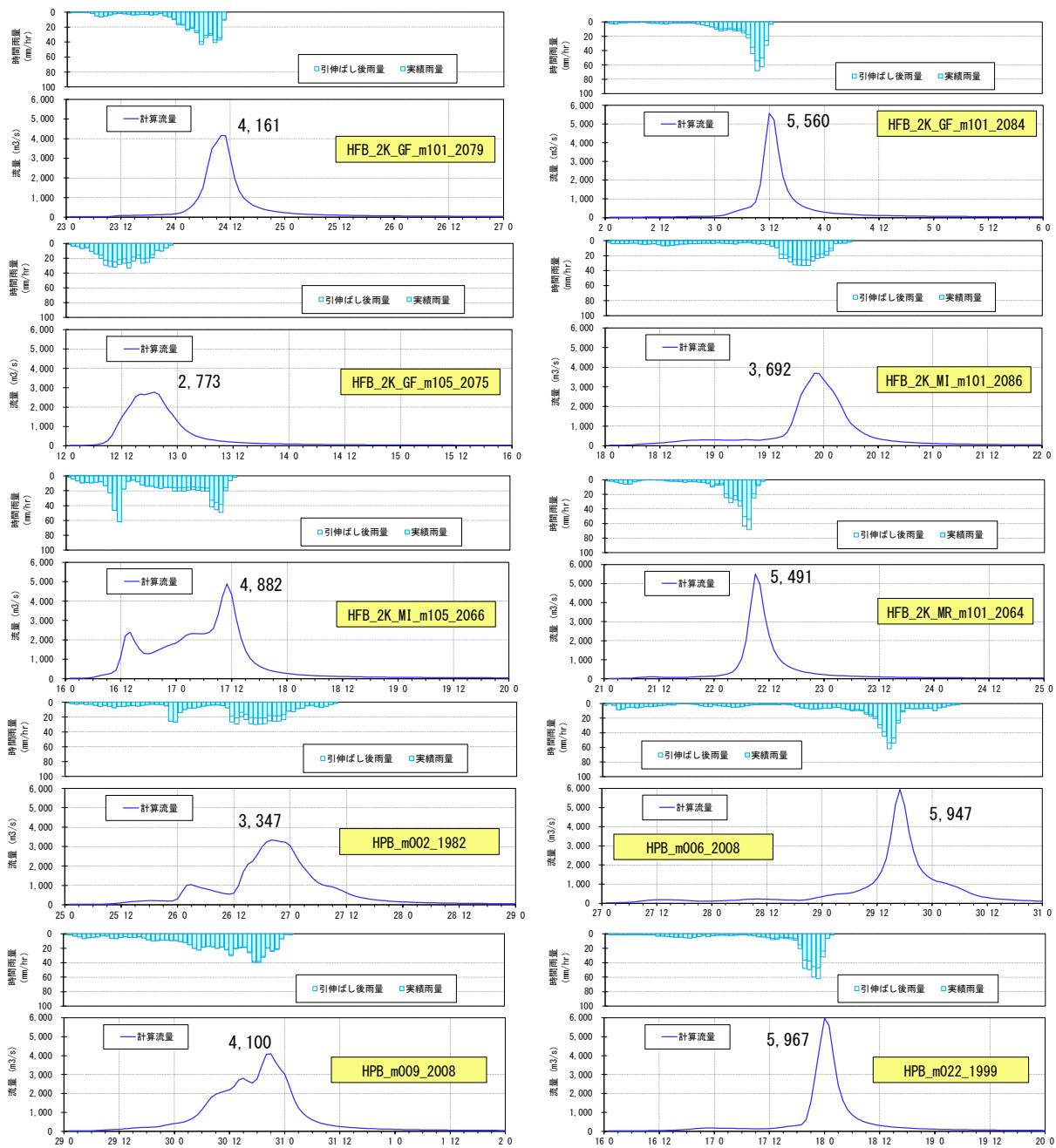


図 1-11-2(1) アンサンブル予測降雨波形による流出解析結果（名取橋）

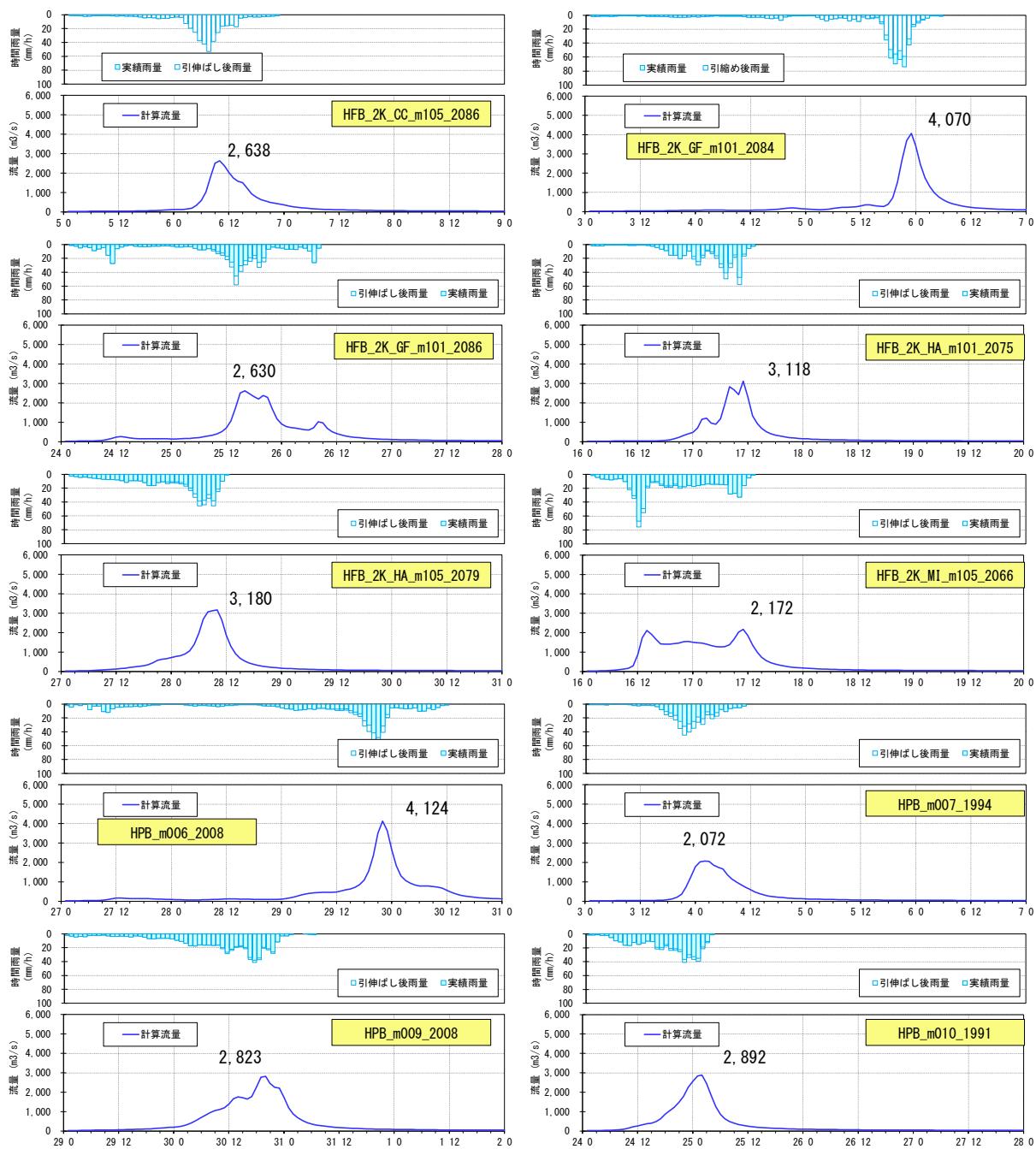


図 1-11-2(2) アンサンブル予測降雨波形による流出解析結果（広瀬橋）

1-11-2 棄却された実績引き伸ばし降雨における発生の可能性検討

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

その結果、基準地点名取橋で棄却した6降雨波形のうち、アンサンブル予測降雨から推定される時間分布、地域分布の雨量比以内に収まる洪水として、4降雨波形を棄却せず参考波形として活用する。同様に基準地点広瀬橋で棄却した5降雨波形のうち、アンサンブル予測降雨から推定される時間分布、地域分布の雨量比以内に収まる洪水として、2降雨波形を棄却せず参考波形として活用する。

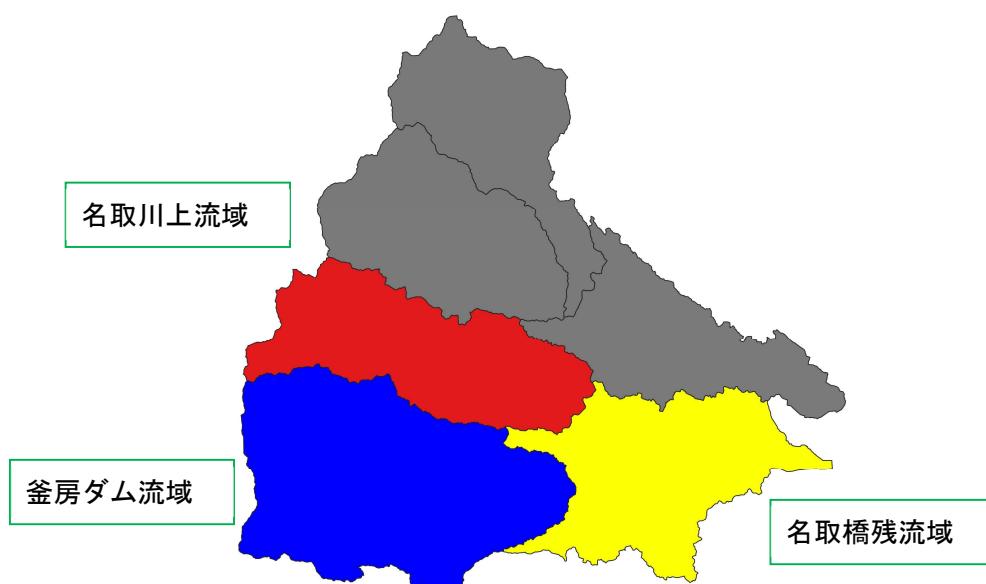


図 1-11-3(1) 流域分布のチェック（名取橋上流）

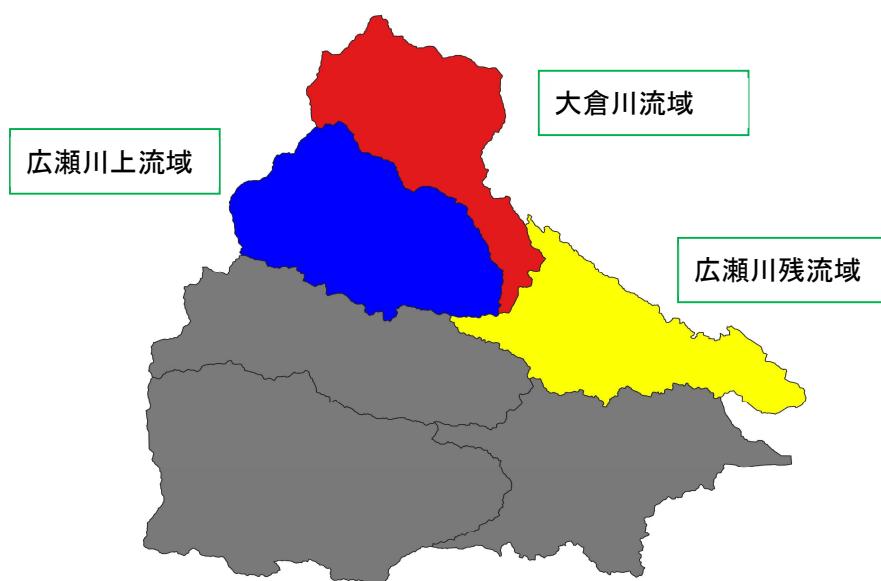


図 1-11-3(2) 流域分布のチェック（広瀬橋上流）

(1) 空間分布のチェック

d2PDF（将来気候）から計画対象降雨の降雨量近傍（6洪水）のアンサンブル降雨波形を抽出し、各波形について、降雨継続時間内の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（各小流域の基準地点上流域全体に対する雨量の比率）。

1-9で棄却となった降雨波形に対しても同様に比率を求め、名取橋地点で4洪水、広瀬橋地点で4洪水は実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を下回った。

表 1-11-2 雨量の比率（名取川、アンサンブル予測降雨波形）

洪水名	名取橋上流域 444.4 km ²		名取川上流域 122.7 km ²		釜房ダム流域 195.3 km ²		名取橋残流域 126.4 km ²	
	予測雨量① (mm/12h)	予測雨量② (mm/12h)	比率 ②/①	予測雨量③ (mm/12h)	比率 ③/①	予測雨量④ (mm/12h)	比率 ④/①	
HFB_2K_GF_m101_2079	290.8	155.8	0.54	356.9	1.23	326.2	1.12	
HFB_2K_GF_m101_2084	252.6	199.7	0.79	297.6	1.18	233.9	0.93	
HFB_2K_GF_m105_2075	245.3	330.5	1.35	203.7	0.83	230.1	0.94	
HFB_2K_MI_m101_2086	245.1	109.2	0.45	335.5	1.37	267.0	1.09	
HFB_2K_MI_m105_2066	248.5	292.0	1.18	263.3	1.06	252.0	1.01	
HFB_2K_MR_m101_2064	251.2	154.1	0.61	339.0	1.35	209.2	0.83	

表 1-11-3 雨量の比率（名取川、棄却した実績引き伸ばし降雨波形）

実績洪水	名取橋上流域 444.4 km ²			名取川上流域 122.7 km ²		釜房ダム流域 195.3 km ²		名取橋残流域 126.4 km ²	
	実績雨量 (mm/12h)	計画降雨量① (mm/12h)	引伸ばし率	引伸ばし後 12時間雨量② (mm/12h)	比率 ②/①	引伸ばし後 12時間雨量③ (mm/12h)	比率 ③/①	引伸ばし後 12時間雨量④ (mm/12h)	比率 ④/①
昭和16年7月23日	173.9	315.4	1.814	294.0	0.93	396.5	1.26	210.1	0.67
昭和19年9月12日	201.6		1.564	303.4	0.96	280.3	0.89	381.1	1.21
昭和19年10月8日	157.4		2.004	315.3	1.00	315.3	1.00	315.3	1.00
平成元年8月7日	158.0		1.996	328.4	1.04	328.0	1.04	282.9	0.90
平成6年9月22日	168.1		1.876	223.1	0.71	209.9	0.67	568.6	1.80
平成24年6月20日	166.1		1.899	305.1	0.97	317.3	1.01	314.9	1.00

表 1-11-4 雨量の比率（広瀬川、アンサンブル予測降雨波形）

洪水名	広瀬橋上流域 301.4 km ²		大倉川流域 94.4 km ²		広瀬川上流域 113.1 km ²		広瀬橋残流域 93.9 km ²	
	予測雨量⑤ (mm/12h)	予測雨量⑥ (mm/12h)	比率 ⑥/⑤	予測雨量⑦ (mm/12h)	比率 ⑦/⑤	予測雨量⑧ (mm/12h)	比率 ⑧/⑤	
HFB_2K_CC_m105_2086	239.7	150.6	0.63	244.0	1.02	331.6	1.38	
HFB_2K_GF_m101_2084	399.6	466.8	1.17	379.6	0.95	369.2	0.92	
HFB_2K_GF_m101_2086	251.1	237.2	0.94	252.3	1.00	266.0	1.06	
HFB_2K_HA_m101_2075	263.4	425.2	1.61	188.2	0.71	192.9	0.73	
HFB_2K_HA_m105_2079	271.1	338.2	1.25	239.1	0.88	244.6	0.90	
HFB_2K_MI_m105_2066	284.2	272.0	0.96	317.5	1.12	313.6	1.10	

表 1-11-5 雨量の比率（広瀬川、棄却した実績引き伸ばし降雨波形）

実績洪水	広瀬橋上流域 301.4 km ²			大倉川流域 94.4 km ²		広瀬川上流域 113.1 km ²		広瀬橋残流域 93.9 km ²	
	実績雨量 (mm/12h)	計画降雨量⑤ (mm/12h)	引伸ばし率	引伸ばし後 12時間雨量⑥ (mm/12h)	比率 ⑥/⑤	引伸ばし後 12時間雨量⑦ (mm/12h)	比率 ⑦/⑤	引伸ばし後 12時間雨量⑧ (mm/12h)	比率 ⑧/⑤
昭和22年9月15日	165.2	319.9	1.936	327.4	1.02	294.1	0.92	343.0	1.07
昭和23年9月16日	175.0		1.828	242.1	0.76	283.3	0.89	441.6	1.38
昭和61年8月5日	178.0		1.797	306.2	0.96	264.7	0.83	400.2	1.25
平成27年9月11日	153.6		2.083	330.7	1.03	251.9	0.79	398.5	1.25
令和元年10月13日	186.6		1.714	300.7	0.94	224.5	0.70	454.7	1.42

(2) 時間分布のチェック

d2PDF (将来気候) から計画対象降雨の降雨量近傍 (6 洪水) のアンサンブル降雨波形を抽出し、各波形について、短時間（例えば洪水到達時間の 1/2 時間、1/4 時間）の流域平均雨量／降雨継続時間内の流域平均量を求める（短時間雨量と降雨継続時間雨量との比率）。

1-9 で棄却となった降雨波形に対しても同様に比率を求め、名取橋地点で 5 洪水、広瀬橋地点で 3 洪水は実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を下回った。

表 1-11-6 雨量の比率（名取川、アンサンブル予測降雨波形）

洪水名	名取橋上流域				
	12時間 予測雨量① (mm/12h)	3時間 予測雨量⑨ (mm/3hr)	比率 ⑨/①	6時間 予測雨量⑩ (mm/6hr)	比率 ⑩/①
HFB_2K_GF_m101_2079	290.8	100.4	0.35	196.8	0.68
HFB_2K_GF_m101_2084	252.6	140.1	0.55	196.2	0.78
HFB_2K_GF_m105_2075	245.3	70.9	0.29	140.2	0.57
HFB_2K_MI_m101_2086	245.1	77.3	0.32	145.9	0.60
HFB_2K_MI_m105_2066	248.5	130.6	0.53	168.7	0.68
HFB_2K_MR_m101_2064	251.2	134.4	0.54	201.2	0.80

表 1-11-7 雨量の比率（名取川、棄却した実績引き伸ばし降雨波形）

実績洪水	名取橋上流域				
	計画降雨量① (mm/12h)	引伸ばし後 3時間雨量⑨ (mm/3hr)	比率 ⑨/①	引伸ばし後 6時間雨量⑩ (mm/6hr)	比率 ⑩/①
昭和16年7月23日	315.4	113.9	0.36	207.6	0.66
昭和19年9月12日		188.4	0.60	239.6	0.76
昭和19年10月8日		146.0	0.46	236.8	0.75
平成元年8月7日		134.4	0.43	242.8	0.77
平成6年9月22日		132.0	0.42	239.8	0.76
平成24年6月20日		134.1	0.43	241.6	0.77

表 1-11-8 雨量の比率（広瀬川、アンサンブル予測降雨波形）

洪水名	広瀬橋上流域				
	12時間 予測雨量⑤ (mm/12h)	3時間 予測雨量⑪ (mm/3hr)	比率 ⑪/⑤	6時間 予測雨量⑫ (mm/6hr)	比率 ⑫/⑤
HFB_2K_CC_m105_2086	239.7	100.2	0.42	166.8	0.70
HFB_2K_GF_m101_2084	399.6	206.8	0.52	346.0	0.87
HFB_2K_GF_m101_2086	251.1	101.5	0.40	160.5	0.64
HFB_2K_HA_m101_2075	263.4	95.5	0.36	174.3	0.66
HFB_2K_HA_m105_2079	271.1	105.3	0.39	193.3	0.71
HFB_2K_MI_m105_2066	284.2	147.0	0.52	194.2	0.68

表 1-11-9 雨量の比率（広瀬川、棄却した実績引き伸ばし降雨波形）

実績洪水	広瀬橋上流域				
	計画降雨量⑤ (mm/12h)	引伸ばし後 3時間雨量⑪ (mm/3hr)	比率 ⑪/⑤	引伸ばし後 6時間雨量⑫ (mm/6hr)	比率 ⑫/⑤
昭和22年9月15日	319.9	209.2	0.65	238.0	0.74
昭和23年9月16日		170.8	0.53	237.5	0.74
昭和61年8月5日		107.7	0.34	181.3	0.57
平成27年9月11日		161.9	0.51	226.1	0.71
令和元年10月13日		136.7	0.43	240.7	0.75

1-11-3 主要洪水群に不足する降雨パターンの確認

これまで、実績の降雨波形のみを計画対象としてきたが、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考慮する必要がある。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な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、計画対象の降雨波形に含まれていないクラスターの確認を実施した。

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

名取橋地点で選定された主要洪水ではクラスター1、2、3 と評価され、対象降雨波形群に不足する降雨波形はないことを確認した。広瀬橋地点で選定された主要洪水ではクラスター1、2 と評価されたため、主要洪水に含まれていないクラスター3 に該当する降雨波形を抽出した。

表 1-11-10 主要洪水のクラスター分析結果（名取川・名取橋地点）

No	洪水名	名取橋地点			
		実績雨量 (mm/12h)	計画降雨量 (mm/12h)	引伸ばし率	ピーク流量 (m ³ /s)
1	昭和16年7月23日	173.9	315.4	1.814	4,228
2	昭和19年9月12日	201.6		1.564	5,781
3	昭和19年10月8日	157.4		2.004	4,216
4	昭和22年9月15日	154.3		2.044	5,446
5	昭和23年9月16日	161.5		1.953	3,027
6	昭和25年8月4日	213.6		1.477	5,388
7	昭和33年9月18日	146.9		2.147	3,962
8	昭和61年8月5日	218.2		1.445	3,183
9	平成元年8月7日	158.0		1.996	3,995
10	平成6年9月22日	168.1		1.876	2,839
11	平成6年9月30日	155.3		2.031	3,213
12	平成14年7月11日	143.5		2.198	5,235
13	平成24年6月20日	166.1		1.899	4,609
14	令和元年10月13日	234.5		1.345	4,261

表 1-11-11 主要洪水のクラスター分析結果（広瀬川・広瀬橋地点）

No	洪水名	広瀬橋地点			
		実績雨量 (mm/12h)	計画降雨量 (mm/12h)	引伸ばし率	ピーク流量 (m ³ /s)
1	昭和19年9月12日	257.3	319.9	1.243	4,100
2	昭和22年9月15日	165.2		2.045	4,640
3	昭和23年9月16日	175.0		1.828	2,389
4	昭和25年8月4日	253.5		1.476	3,687
5	昭和33年9月18日	164.8		2.146	2,902
6	昭和61年8月5日	178.0		1.797	2,230
7	平成元年8月7日	153.9		1.445	2,952
8	平成6年9月30日	154.5		2.030	2,513
9	平成27年9月11日	153.6		2.083	3,612
10	令和元年10月13日	186.6		1.714	2,837

クラスター分析により主要降雨波形群に不足する降雨波形

HFB_2K_HA_m101_2075 263.4 319.9 1.215 3,118 3

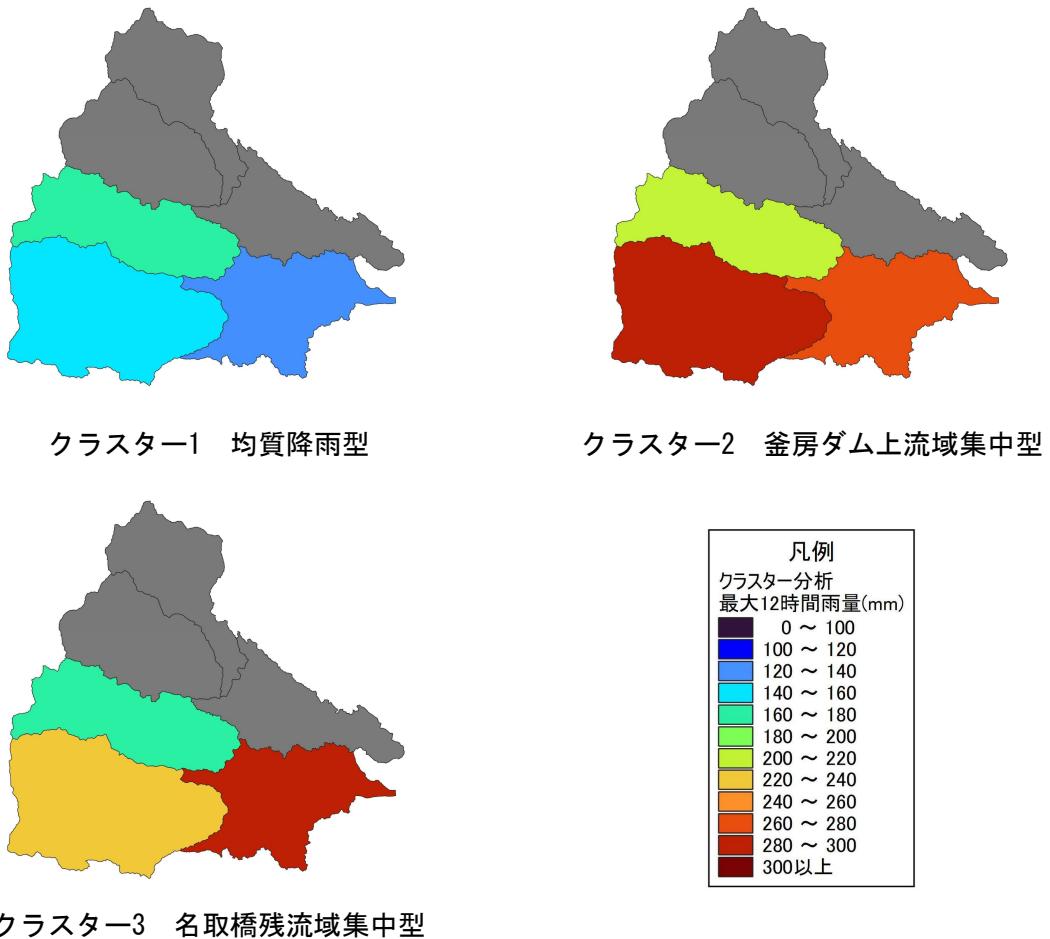


図 1-11-4 アンサンブル予測降雨によるクラスター分析結果（名取橋上流域）

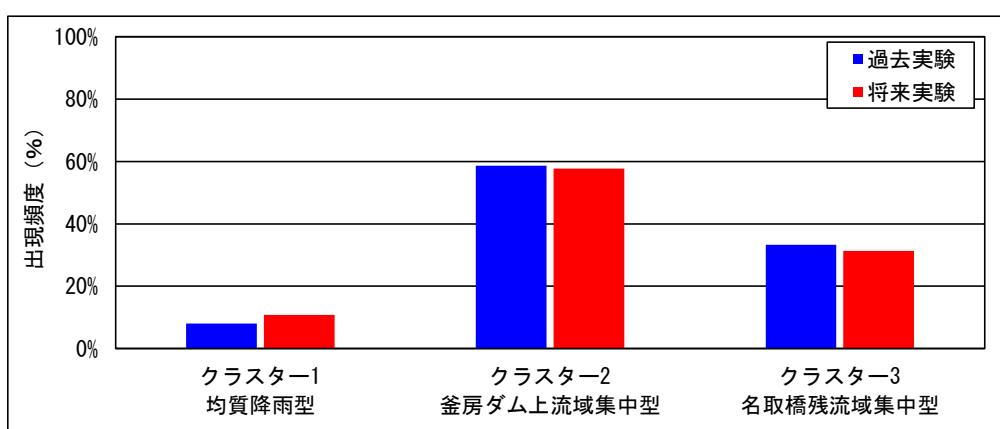
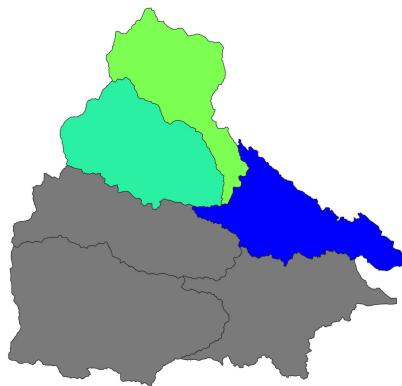


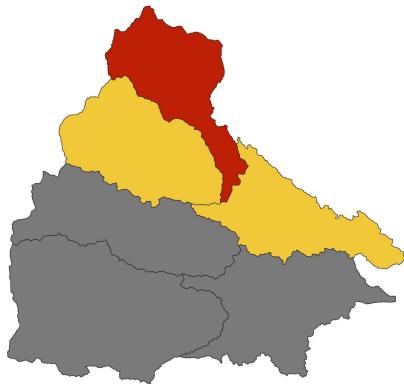
図 1-11-5 名取橋上流域におけるアンサンブル降雨波形の出現頻度（クラスター毎）



クラスター1 広瀬川上流域、残流域集中型



クラスター2 均質降雨型



クラスター3 大倉川流域集中型

凡例	
クラスター分析	
最大12時間雨量(mm)	
■	0 ~ 100
■	100 ~ 120
■	120 ~ 140
■	140 ~ 160
■	160 ~ 180
■	180 ~ 200
■	200 ~ 220
■	220 ~ 240
■	240 ~ 260
■	260 ~ 280
■	280 ~ 300
■	300以上

図 1-11-6 アンサンブル予測降雨によるクラスター分析結果（広瀬橋上流域）

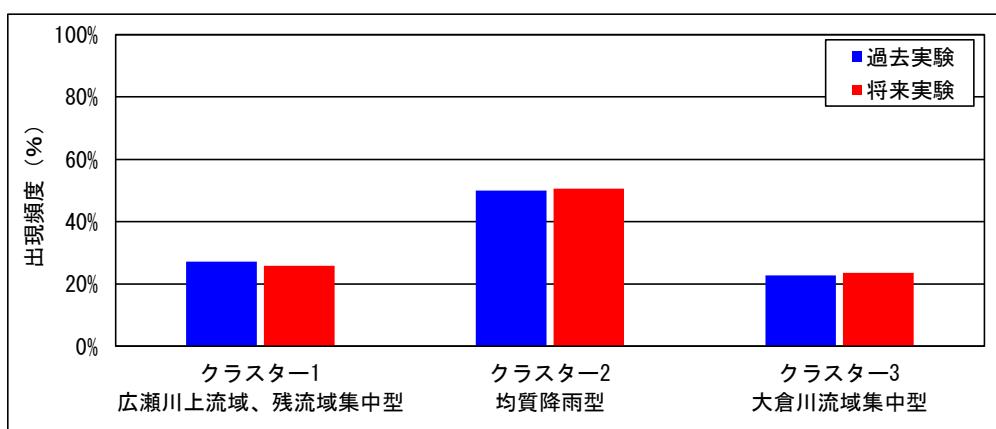


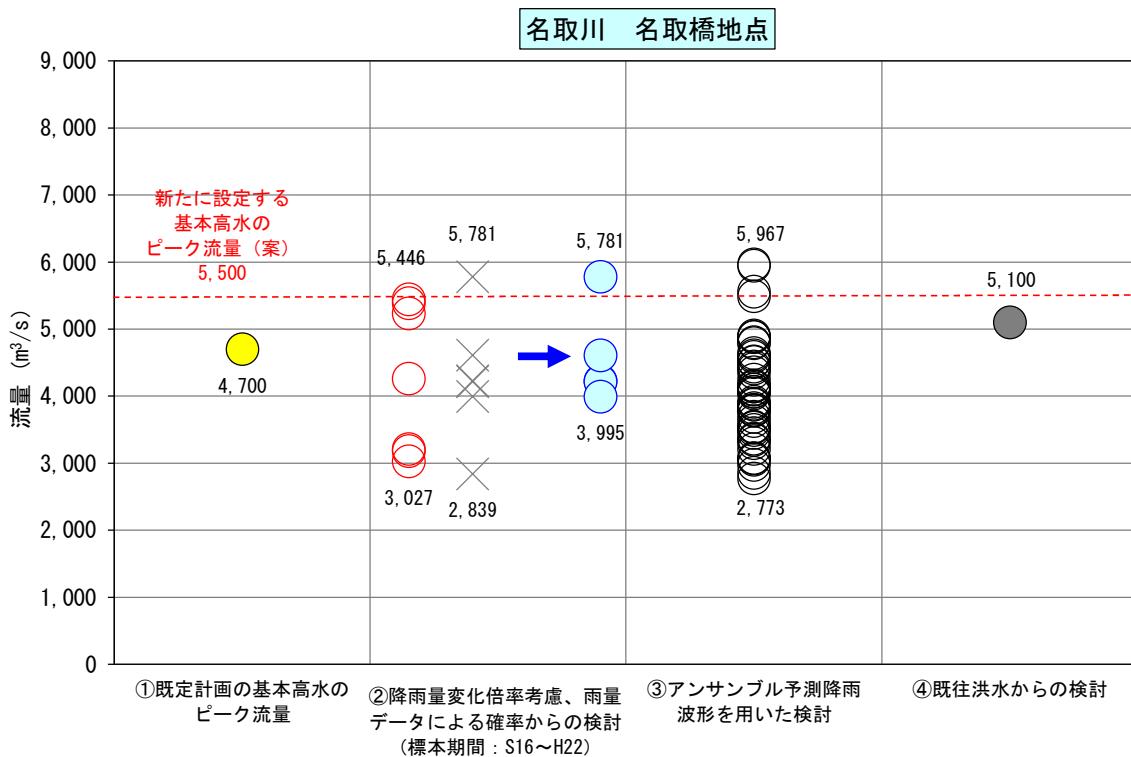
図 1-11-7 広瀬橋上流域におけるアンサンブル降雨波形の出現頻度（クラスター毎）

1-12 既往洪水からの検討

過去の水害の記録より、明治 43 年（1910 年）8 月洪水が名取川流域での実績最大洪水であると考えられる。そこで、現地での聞き込み調査や痕跡水位、氾濫の時間経過を示す日記等から、当時の洪水と同型の洪水として昭和 33 年（1958 年）9 月洪水での流量を推測し、名取橋、広瀬橋地点でそれぞれ約 $5,100\text{m}^3/\text{s}$ 、約 $3,500\text{m}^3/\text{s}$ であったと推定した。

1-13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定

今後想定される気候変動の影響による水災害リスクの増大を考慮し、気候変動シナリオ RCP2.6 (2°C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。この結果、名取橋地点の基本高水のピーク流量は $5,500\text{m}^3/\text{s}$ 、広瀬橋地点の基本高水のピーク流量は $4,100\text{m}^3/\text{s}$ と設定する。

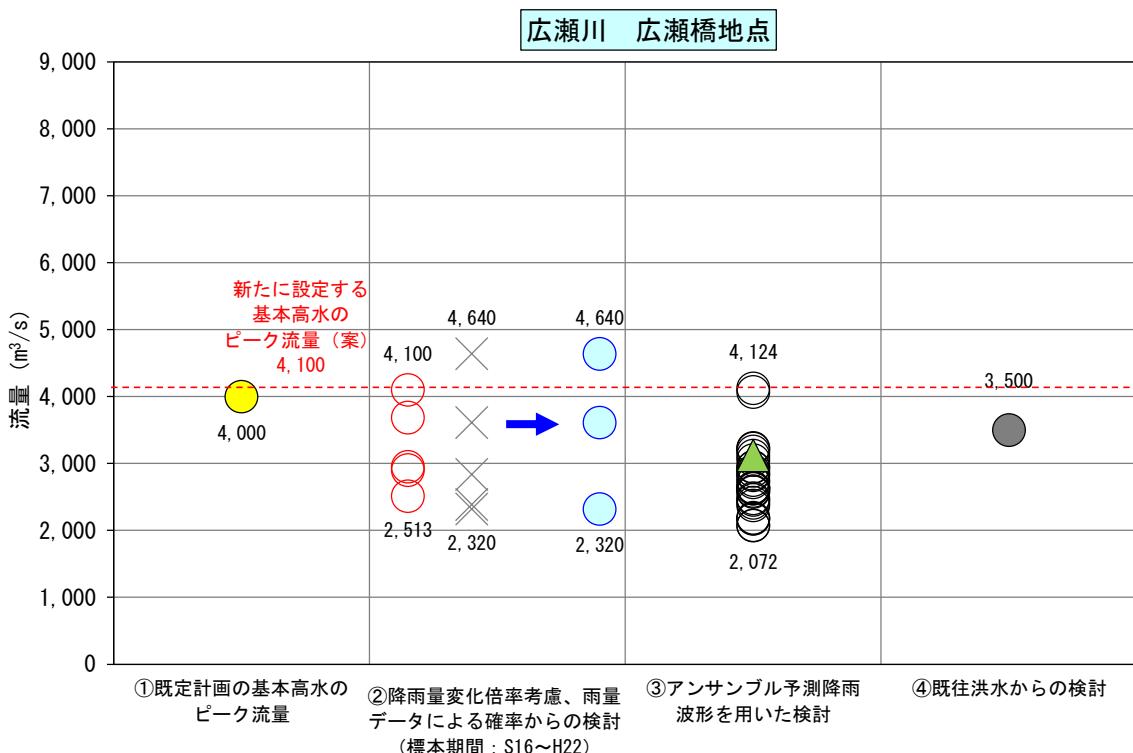


【凡例】

- ② 雨量データによる確率からの検討：降雨量変化倍率
(2°C 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の時空間分布から見て生起し難いとは言えないと判断された洪水

※名取川と広瀬川では流域面積・流域形状・降雨特性から同様の流域特性を持つことから広瀬川の決定洪水についても参考波形とした
- ③ アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：
対象降雨の降雨量 ($315.4\text{mm}/12\text{h}$) の±30%に含まれる洪水を抽出
 - : 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°C 上昇) のアンサンブル降雨波形
- ④ 既往洪水からの検討：M43.8 洪水の推定流量

図 1-13-1(1) 気候変動の設定に係る総合判定図（名取橋）



【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°C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の時空間分布から見て生起し難いとは言えないと判断された洪水
※名取川と広瀬川では流域面積・流域形状・降雨特性から同様の流域特性を持つことから名取川の決定洪水についても参考波形とした
- ③ アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：
対象降雨の降雨量 (319.9mm/12h) の±30%に含まれる洪水を抽出
○：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°C上昇）のアンサンブル降雨波形
△：過去の実績降雨（対象降雨波形群）には含まれていない降雨パターン
- ④ 既往洪水からの検討：M43.8 洪水の推定流量

図 1-13-1(2) 気候変動の設定に係る総合判定図（広瀬橋）

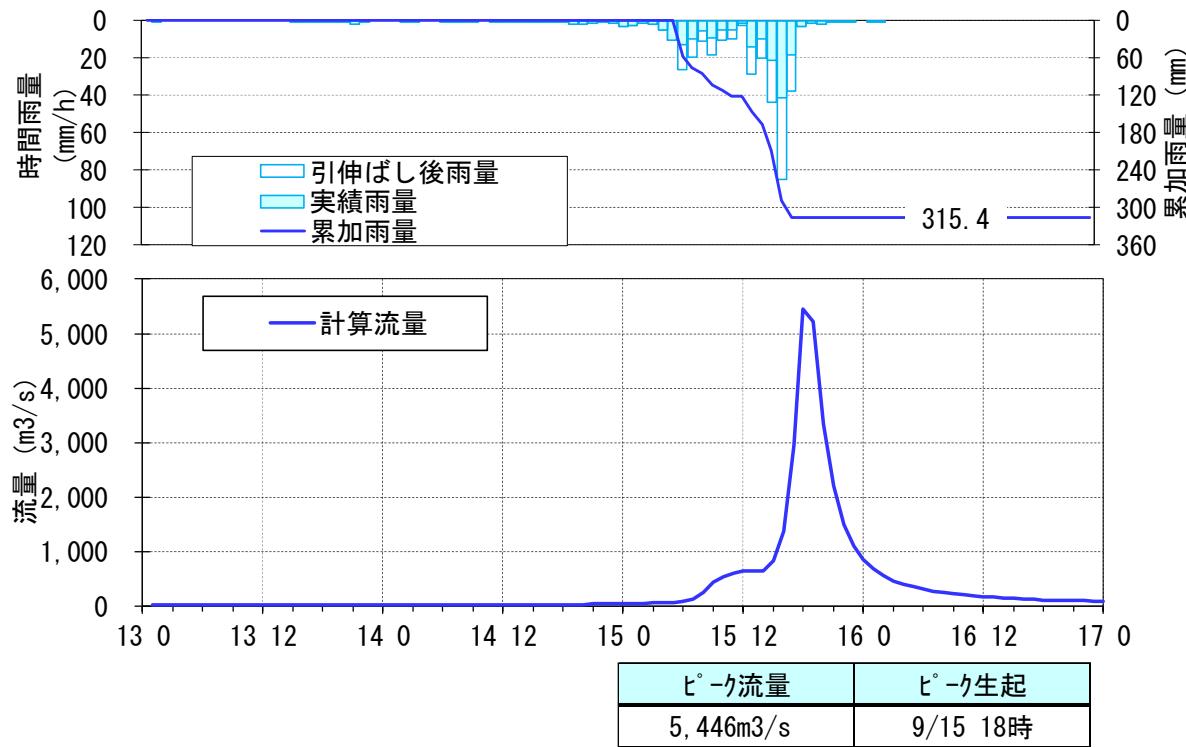


図 1-13-2 基本高水のピーク流量決定のハイドログラフ（昭和 22 年 9 月洪水型、名取橋）

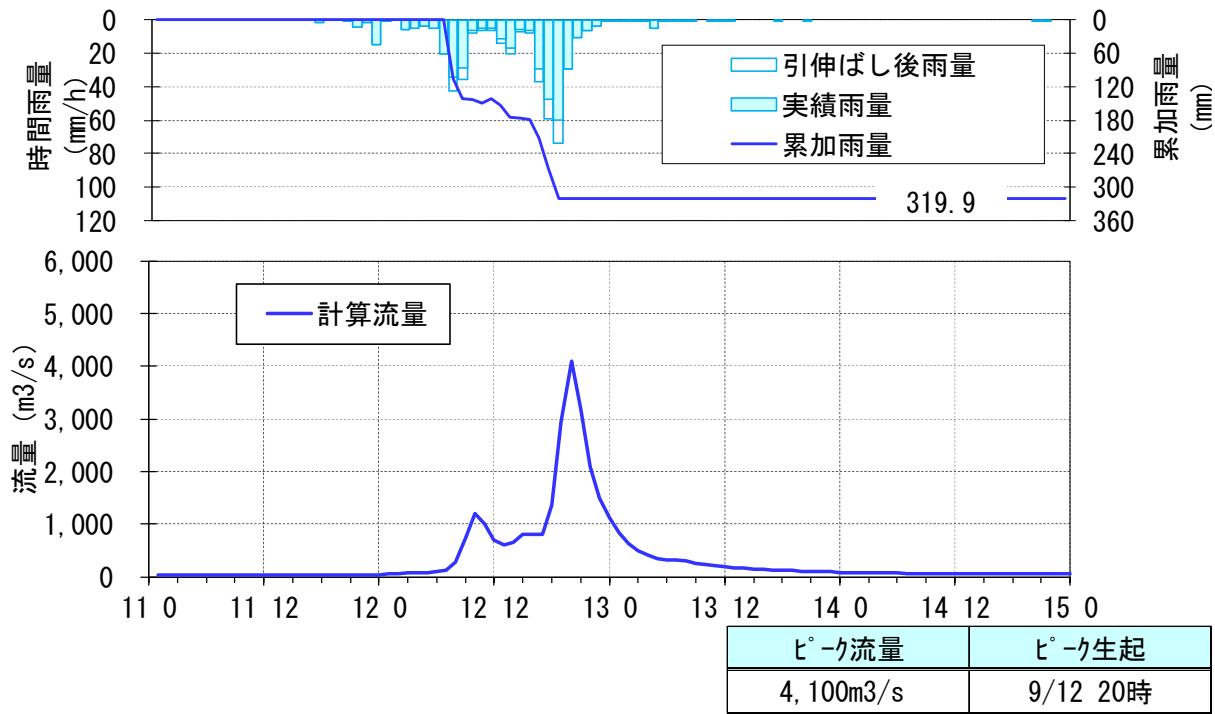


図 1-13-3 基本高水のピーク流量決定のハイドログラフ（昭和 19 年 9 月洪水型、広瀬橋）

2 高水処理計画

名取川の既定計画における高水処理計画は、基準地点名取橋地点における基本高水のピーク流量 $4,700\text{m}^3/\text{s}$ のうち、洪水調節施設により $900\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、また基準地点広瀬橋地点における基本高水のピーク流量 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ のうち、洪水調節施設により $1,200\text{m}^3/\text{s}$ を調節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、新たに基本高水のピーク流量を見直した結果、基準地点名取橋では既定計画 $4,700\text{m}^3/\text{s}$ を $5,500\text{m}^3/\text{s}$ 、基準地点広瀬橋では既定計画 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ を $4,100\text{m}^3/\text{s}$ に変更する計画とした。

また、河道と洪水調節施設等への配分の検討に用いる降雨波形は、計画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対象降雨波形群を用いた。

名取川では、古くから堤防整備が行われており、仙台市、名取市街地の堤防沿いには家屋などが多く建ち並んでおり、社会経済の大動脈である東北新幹線、JR 東北本線、国道 4 号等が横断している。さらに、名取川左岸沿いには仙台圏における環状自動車専用道路を形成する高規格幹線道路である仙台南部道路が並走している。

このため、堤防嵩上げや引堤による社会的影響及び河道掘削による河川環境の改変や将来河道の維持を考慮する必要がある。これを踏まえて、高水処理計画は、河道への配分流量を名取橋において $4,500\text{m}^3/\text{s}$ 、広瀬橋で $2,800\text{m}^3/\text{s}$ とし、既存ダムの事前放流により確保可能な容量を活用した洪水調節を見込んだ上で、新たな貯留・遊水機能の確保により対応することとした。

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

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

3 計画高水流量

計画高水流量は、名取橋において $4,500\text{m}^3/\text{s}$ とする。また、支川広瀬川は、広瀬橋において $2,800\text{m}^3/\text{s}$ とする。さらに、広瀬川の流入量や内水地区からの流出量を合わせて袋原において $7,500\text{m}^3/\text{s}$ とし、河口まで同流量とする。

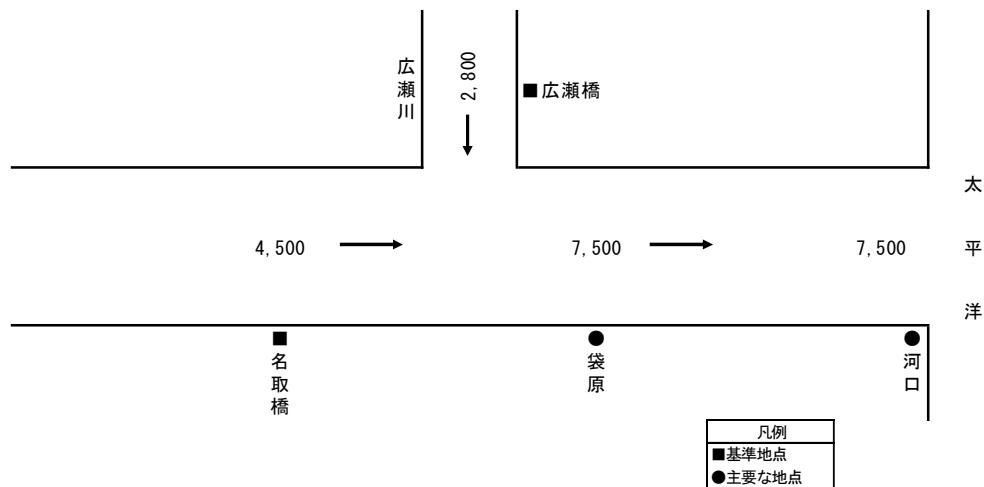


図 1-13-1 名取川計画高水流量配分（案）

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 既定計画の計画高水位に対し、約9割の堤防が完成していること。
- ② 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。
- ③ 既定計画の計画高水位に基づいて多数の橋梁や樋門等の構造物が完成していることや計画高水位を上げて堤内地での内水被害の助長を避けるべきであること。
- ④ 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。
- ⑤ 多様な動植物の生息・生育環境を有しており、名取川の流れが生み出す良好な河川景観となっていること。

表 1-13-1 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	* ¹ 河口又は合流点からの距離(km)	計画高水位 T. P. m	川幅(m)
名取川	名取橋	7.6	9.77	470
	袋原	5.2	6.80	550
	河口	0.0	2.85 (* ² 1.70)	470
広瀬川	広瀬橋	3.6k+100m	13.91	130

注) T. P. : 東京湾中等潮位

*¹ : 基点からの距離

*² : 計画高潮位

【参考】気候変動の影響検討（河口水位）

IPCC のレポートでは、2100 年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、RCP2.6 (2°C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。

朔望平均満潮位による出発水位（気候変動による海面上昇考慮）を試算した。

- ① 朔望平均満潮位 + 最大偏差 + 密度差 : T.P.+1.709m
- 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 : T.P.+2.139m

仮に出発水位 T.P.+1.709m が 2°C上昇シナリオの気候変動による水位上昇の平均値 0.43m まで上昇した条件で計画高水流下時の河道水位を確認した。

上記の場合、河口から 1.2km 付近まで部分的に計画高水位を超過するが、それ以外では計画高水位以下で流下可能となっていることを確認。今後、海岸管理者が策定する海岸保全計画と整合を図りながら、河川整備計画等に基づき対応をしていく。

5 河川管理施設等の整備の状況

名取川水系における河川管理施設等の整備の状況は以下のとおりである。

(1) 堤防

堤防整備の現状（令和6年（2024年）3月末時点）は下表のとおりである。

表 1-13-1 堤防整備の現状

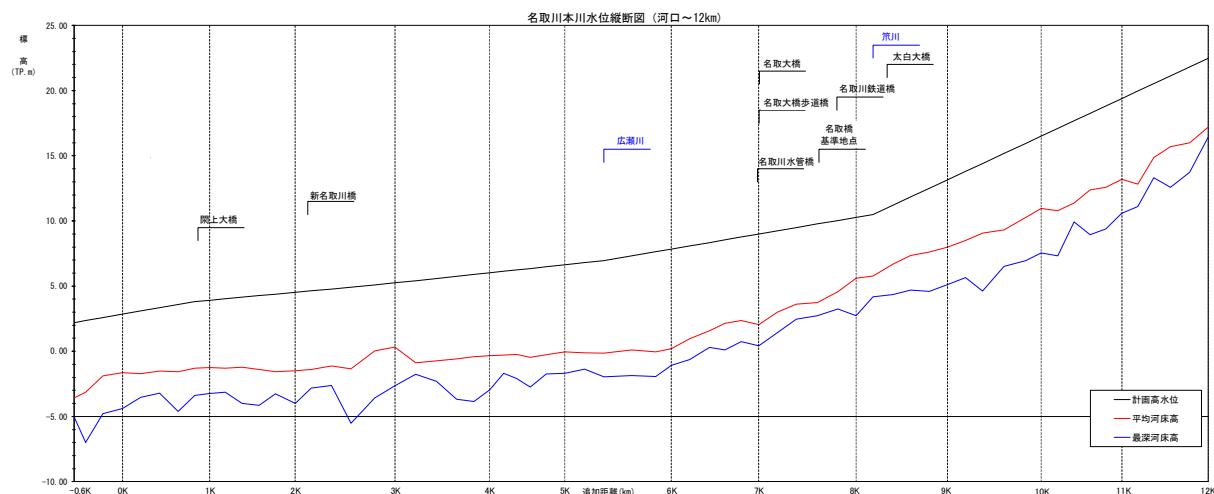
	延長 (km) [整備率]	
完成堤防	35.0	[97.0%]
暫定堤防	1.1	[3.0%]
暫々定堤防	0.0	[0.0%]
堤防不必要区間	0.5	
計	36.6	

(2) 洪水調節施設

- 完成施設：
釜房ダム（治水容量：21,000 千 m³）
大倉ダム（治水容量：10,000 千 m³）
- 残りの必要容量：概ね 20,000 千 m³

(3) 排水機場等

- 河川管理施設 : 0.0 m³/s
- 許可工作物 : 158.5 m³/s



計画高水位(T.P.m)	2.85	4.52	6.02	7.84	10.28	16.51	22.48
平均河床高(T.P.m)	-1.64	-1.49	-0.34	0.20	5.60	10.96	17.19
最深河床高(T.P.m)	-4.39	-3.99	-2.98	-1.08	2.73	7.54	16.43
距離標	0.0k	2.0k	4.0k	6.0k	8.0k	10.0k	12.0k

図 1-13-1(1) 名取川計画縦断図

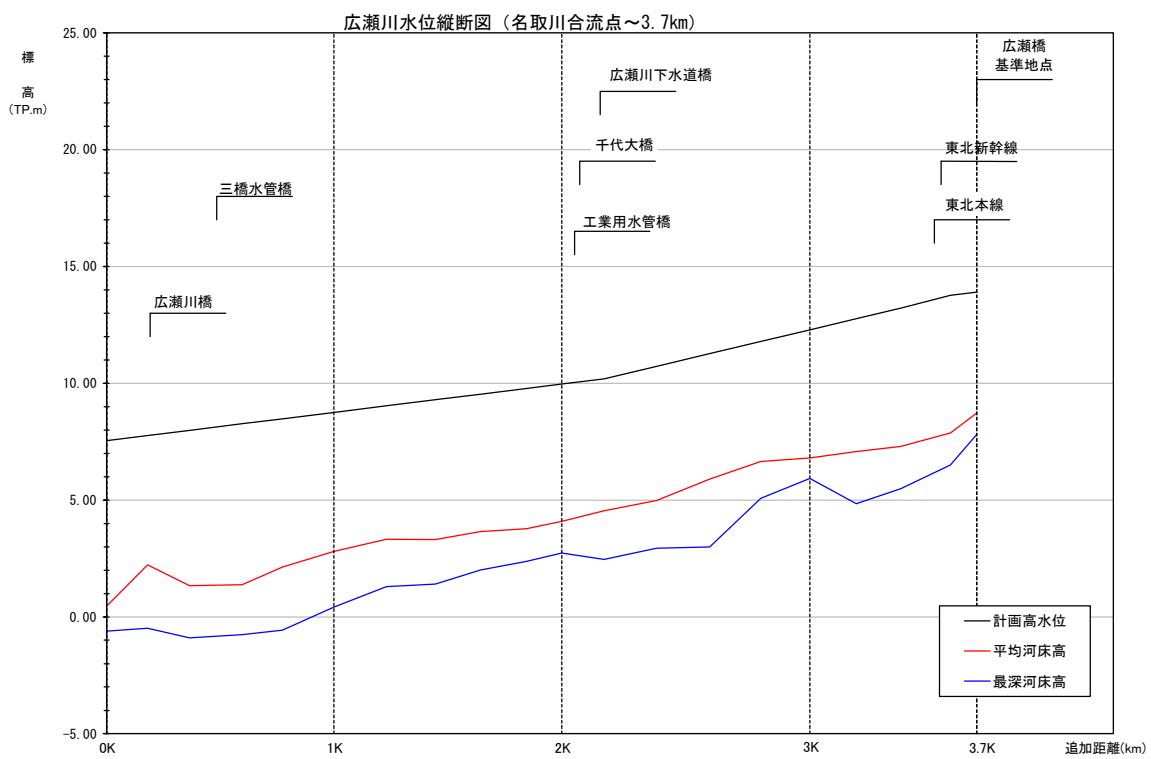


図 1-13-1(2) 広瀬川計画縦断図