九頭竜川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料

令和５年　１２月

国土交通省 水管理・国土保全局

目　次

1.　基本高水の検討

1.1　基準地点について

昭和 54 年（1979 年）に改訂した工事実施基本計画では、基準地点は中角地点としている。

平成 18 年（2006 年）に策定した基本方針では、福井市の中心市街地が九頭竜川・日野川・足羽川に囲まれた区域に形成され、日野川・足羽川は支川ではあるがその洪水防御対象区域には水系全体の主たる洪水防御対象区域である福井市街地があることから、中角に加え、日野川の深谷、足羽川の天神橋※をそれぞれ基準地点としている。

※工事実施基本計画の足羽川の主要地点は前波地点であるが、河川整備基本方針では観測施設が整備されている天神橋地点に変更している。

1.2　工事実施基本計画

昭和 54 年（1979 年）に改訂した工事実施基本計画では、以下に示すとおり、基準地点中角において基本高水のピーク流量を 8,600m^3/s と定めている。また、日野川・深谷地点、足羽川・前波地点においては、主要地点であるものの、基準地点と同様にそれぞれ基本高水のピーク流量を設定している（深谷：5,400m^3/s、前波：2,600m^3/s）。

①計画規模の設定

既往洪水による被害状況や流域における産業の発展、人口及び資産の増大、土地利用の高度化等を総合的に勘案して 1/150 と設定した。

②計画降雨量の設定

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 30 年（1897 年）～昭和 51 年（1976 年）（79 年間）の年最大流域平均 2 日雨量を確率処理し、1/150 確率規模の計画降雨量を中角地点で 414mm/2 日と決定した。

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。

④主要洪水における計画雨量への引伸ばしと流出計算

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伸ばし、同定された流出計算モデルにより流出量を算出した。

⑤基本高水のピーク流量の決定

基本高水のピーク流量は、上記の流出計算結果から、昭和 50 年 8 月降雨パターンを採用し、中角地点 8,600m^3/s と決定した。

1.3　河川整備基本方針

工事実施基本計画を策定以降、下記に示す様々な手法により基本高水のピーク流量を検証した結果、河川整備基本方針においても基準地点中角・深谷・天神橋、それぞれの基本高水のピーク流量を 8,600m^3/s、5,400m^3/s、2,600m^3/s とし、平成 18 年（2006 年）2 月に計画を策定した。

1.3.1　中角地点の基本高水のピーク流量の検証

①年最大流量と年最大降雨量の経年変化

工事実施基本計画を策定した昭和 54 年（1979 年）以降、計画を変更するような大きな洪水、降雨は発生していない。

②流量確率による検証

流量確率の検討（統計期間：昭和 28 年（1953 年）～平成 15 年（2003 年）の 48 ヵ年(昭和 29 年（1954 年）～昭和 31 年（1956 年） は欠測)、ダム氾濫戻し流量）の結果、中角地点における 1/150 確率規模の流量は、6,600m^3/s～9,500m^3/s と推定された。

③既往洪水による検証

大規模な浸水被害の記録がある明治 28 年 7 月洪水を選定し、実績の浸水範囲と浸水深をもとに検討した結果、中角地点のピーク流量は、9,500m^3/s～11,000m^3/s と推定された。

1.3.2　深谷地点、天神橋地点の基本高水のピーク流量の検証

①年最大流量と年最大降雨量の経年変化

既定計画を策定した昭和 54 年（1979 年）以降、計画を変更するような大きな洪水、降雨は発生していない。

平成 16 年 7 月洪水（福井豪雨）での天神橋地点における氾濫戻し流量は約 2,400m^3/s であり、基本高水のピーク流量を超えてはいない。また、平成 16 年 7 月洪水（福井豪雨）は、計画規模に引き伸ばした場合の短時間降雨が異常に大きくなることから、計画対象洪水とは扱わない。

②流量確率による検証

流量確率の検討（統計期間：昭和 28 年（1953 年）～平成 15 年（2003 年）の 48 ヶ年(昭和 29 年（1954 年）～昭和 31 年（1956 年）は欠測)）の結果、深谷地点における 1/150 確率規模の流量は、2,900m^3/s～5,700m^3/s、天神橋地点における 1/150 確率規模の流量は、1,900m^3/s～2,900m^3/s と推定された。

③既往洪水による検証

明治 28 年 7 月洪水の実績の浸水範囲と浸水深をもとに検討した結果、深谷地点のピーク流量は、5,300m^3/s～6,300m^3/s であることが推定された。

足羽川では、過去の洪水において流域全体が湿潤となった場合もあったことを考慮し、観測史上最大の平成 16 年 7 月洪水（福井豪雨）について、流域が湿潤状態になっていることを想定して流出計算を行った結果、天神橋地点でピーク流量は 3,200m^3/s となった。

1.4　河川整備基本方針策定後の状況

平成 18 年（2006 年）2 月に河川整備基本方針を策定以降、基本高水のピーク流量（中角地点：8,600m³/s、深谷地点：5,400m³/s、天神橋地点：2,600m³/s）を上回る洪水は発生していない。

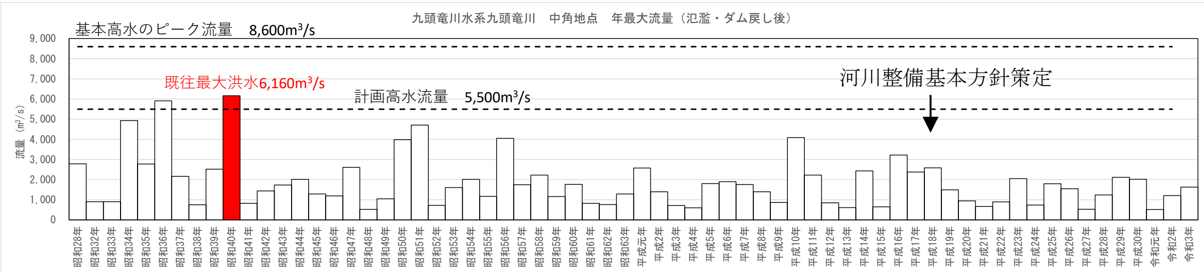


図 1.1　年最大流量（基準地点中角）

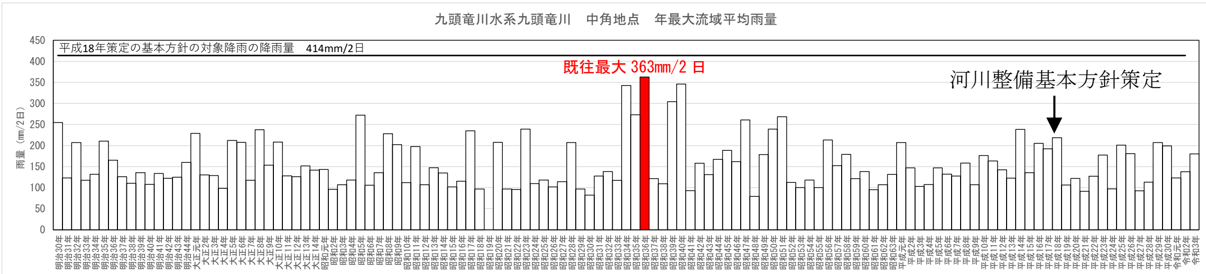


図 1.2　年最大 2 日雨量（基準地点中角上流域平均雨量）

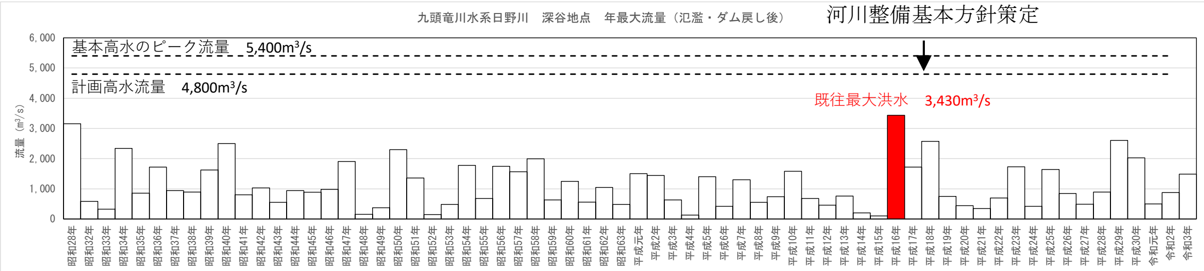


図 1.3　年最大流量（基準地点深谷）

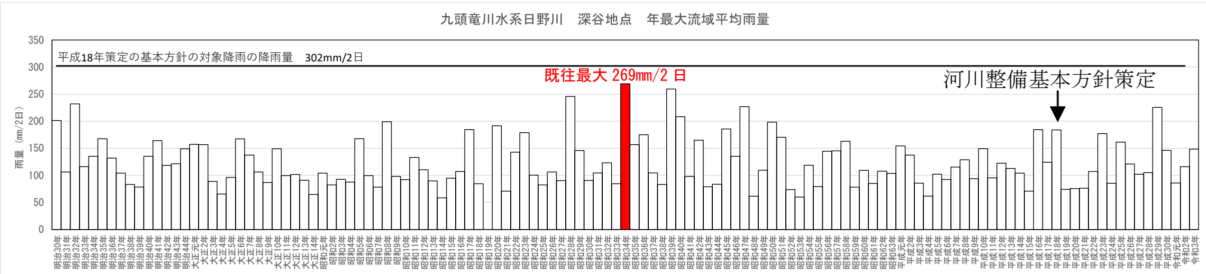


図 1.4　年最大 2 日雨量（基準地点深谷上流域平均雨量）

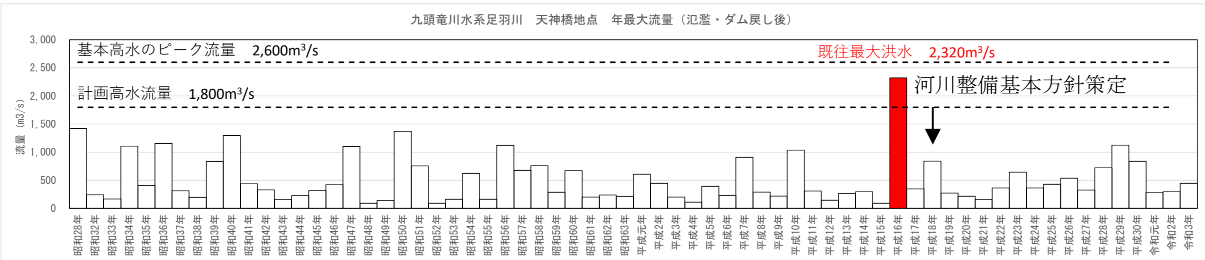


図 1.5　年最大流量（基準地点天神橋）

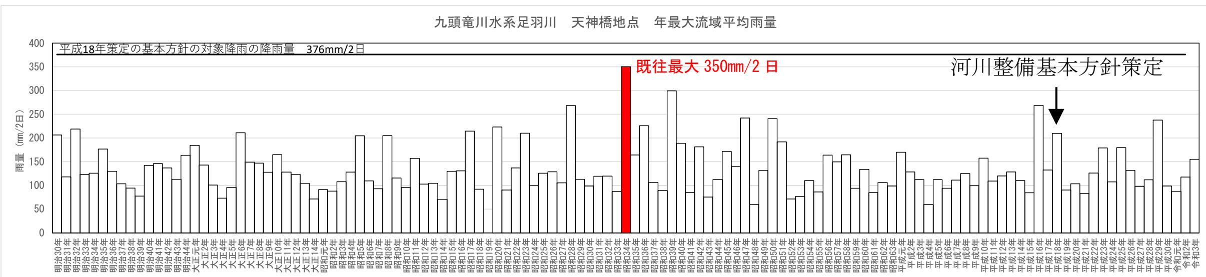


図 1.6　年最大 2 日雨量（基準地点天神橋上流域平均雨量）

1.5　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流出特性から、モデルの定数を同定した。

1.5.1　モデルの概要

貯留関数法の基礎式を以下に示す。

流域の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$\frac{ds}{dt} = \mathrm{f(t)} \cdot r(t) - q(t + Tl) \qquad \text{（式 1-1）}$$

$$\mathrm{s}(t) = K \cdot q(t + Tl)^P \qquad \text{（式 1-2）}$$

$$\mathrm{q}(t) = \frac{3.6 \cdot Q(t)}{A} \qquad \text{（式 1-3）}$$

ただし、

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

$$R_0 < \sum r(t) < R_0 + R_{sa} \quad \text{の場合} \quad f(t) = f_1$$

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

ここで、

$$R_{sa} = \frac{\left(R_{sum} - \frac{Q_{sum}}{1000 \cdot A}\right)}{(1 - f_1)} \qquad \text{（式 1-4）}$$

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

$$Q_{ca}(t) = \frac{1}{3.6} \cdot A \cdot q(t) + Q_b(t) \qquad \text{（式 1-5）}$$

ここで、

$S(t)$：貯留高【mm】、$f(t)$：流入係数、$r(t)$：流域平均降雨強度【mm/h】
$q(t)$：直接流出高【mm/h】、Tl：遅滞時間【mm/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】
$\sum R(t)$：降雨の降り始めから該当時刻までの流出平均降雨強度の和
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、f_1：一次流出率、$Q_{ca}(t)$：流域からの流出量【m^3/s】
$Q_b(t)$：基底流量【m^3/s】
を表す。

河道区間の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$S_1(t) = K \cdot Q_1(t)^P - Tl \cdot Q_1(t) \qquad \text{（式 1-6）}$$

$$\frac{dS_1(t)}{dt} = \mathrm{I}(t) - Q_1(t) \qquad \text{（式 1-7）}$$

$$Q_1(t) = Q(t + Tl) \qquad \text{（式 1-8）}$$

$S_1(t)$：みかけの河道貯留量【(m^3/s)・h】
Q_l：遅滞時間Tlを考慮した流出量【m^3/s】
$Q(t)$：流出量【m^3/s】、$I(t)$：流入量【m^3/s】、Tl：遅滞時間【h】
K, P：河道による定数

1.5.2　流域分割

流出モデルの流域分割図を図 1.7 に、模式図を図 1.8 に示す。

なお、九頭竜川本川の貯留・遊水機能の効果や利水ダム貯留による流量低減効果を反映可能なモデルとしている。

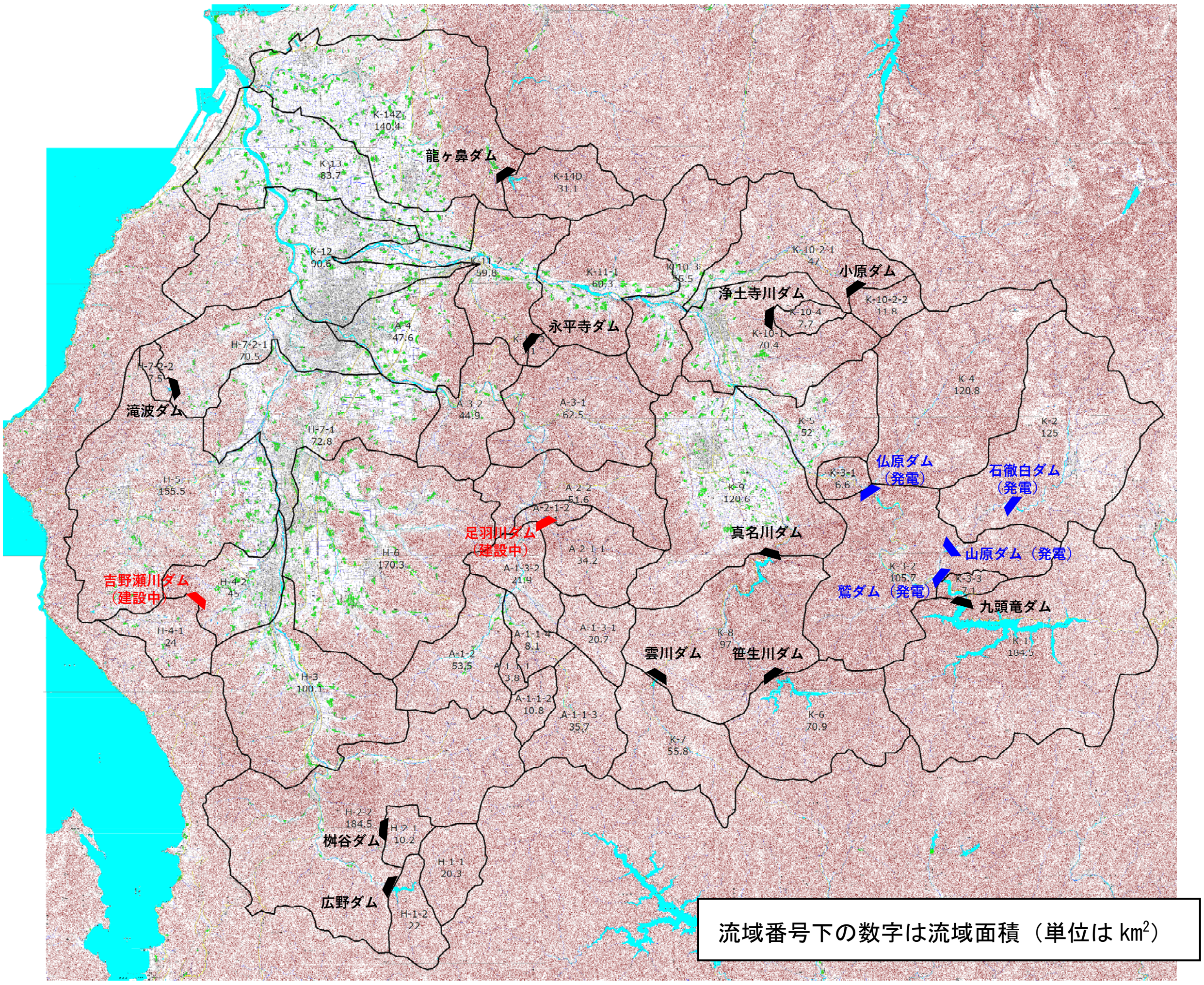


図 1.7　流域分割図

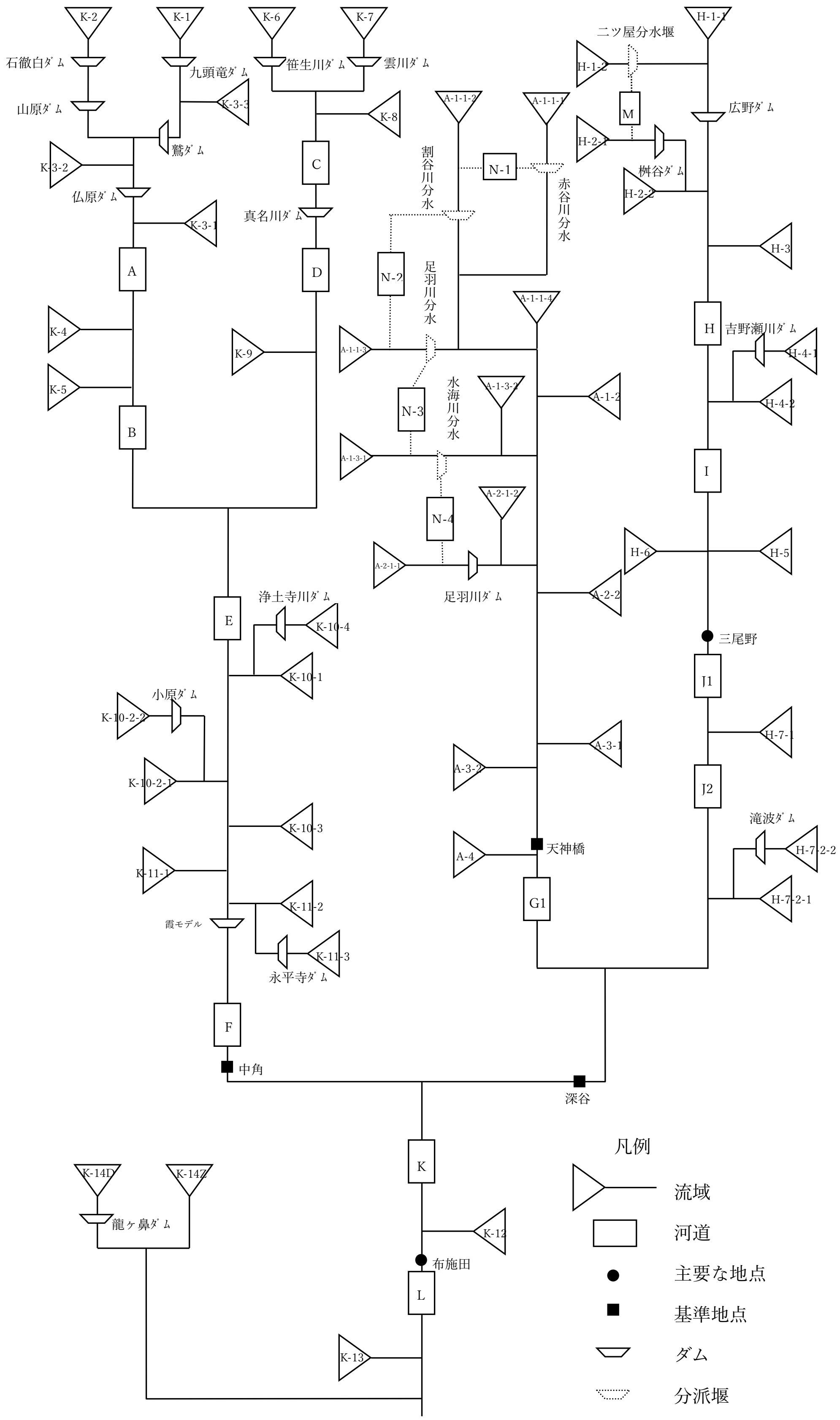


図 1.8　流出モデル模式図

表 1.1　流域諸元の一覧

NO.	流域名	流域面積(km^2)	河川	備考
1	K-1	184.5	九頭竜川	九頭竜ダム
2	K-2	125.0		石徹白川
3	K-3-1	6.6		仏原ダム下流残流域
4	K-3-2	105.7		仏原ダム上流残流域
5	K-3-3	7.1		鷲ダム上流残流域
6	K-4	120.8		打波川
7	K-5	52.0		
8	K-6	70.9		笹生川
9	K-7	55.8		雲川
10	K-8	97.0		
11	K-9	120.6		
12	K-10-1	70.4		
13	K-10-2-1	47.0		
14	K-10-2-2	11.8		小原ダム
15	K-10-3	55.5		
16	K-10-4	7.7		浄土寺川ダム
17	K-11-1	60.3		
18	K-11-2	59.8		
19	K-11-3	3.1		永平寺ダム
20	K-12	90.6		
21	K-13	83.7		
22	K-14D	31.1		龍ヶ鼻ダム
23	K-14Z	140.4		
24	H-1-1	20.3	日野川	
25	H-1-2	22.0		
26	H-2-1	10.2		桝谷ダム
27	H-2-2	184.5		
28	H-3	100.1		
29	H-4-1	24.0		吉野瀬川ダム
30	H-4-2	45.0		
31	H-5	155.5		天王川
32	H-6	170.3		浅水川
33	H-7-1	72.8		
34	H-7-2-1	70.5		
35	H-7-2-2	7.5		滝波ダム
36	A-1-1-1	3.8	足羽川	
37	A-1-1-2	10.8		
38	A-1-1-3	35.7		
39	A-1-1-4	8.1		
40	A-1-2	53.5		
41	A1-3-1	20.7		
42	A1-3-2	21.9		
43	A-2-1-1	34.2		足羽川ダム
44	A-2-1-2	3.1		
45	A2-2	51.6		
46	A-3-1	62.5		
47	A-3-2	44.9		
48	A-4	47.6		

1.5.3　定数の設定

(1)　流域定数の設定

1)　f1・Rsa の設定

a)　定数設定の考え方

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、過去から水位流量観測が行われ、データの精度が良い中角地点で流量・流域平均雨量を用いて、総雨量と総流出高の関係を整理し、f1・Rsa を設定した。なお、洪水調節施設や氾濫による影響は小さいと考え、流量は実績の流量をそのまま使用した。

b)　検討対象洪水の選定

f1・Rsa の検討では、各洪水の総降雨量と総流出高の関係から、流出率が 1 となる雨量（飽和雨量）を求める必要がある。そのため、以下の考え方により対象洪水を選定した。選定した洪水を表 1.2 に示す。

・基準地点中角で実績ピーク流量の上位 10 洪水

・近年 10 カ年において、基準地点中角で年最大水位を記録した洪水

表 1.2　f1・Rsa 検討洪水一覧表

NO.	洪水名			実績流量 (m^3/s)	実績流量上位洪水	近年10カ年年最大値と判定した洪水	備考
No.2	S28	9	25	2781	○		流量観測が行われていないため、検討対象外とした
No.15	S34	8	12	3304	○		流量観測値が一部欠測のため、検討対象外とした
No.16	S34	9	27	4926	○		流量観測値が一部欠測のため、検討対象外とした
No.24	S36	9	16	5907	○		流量観測値が一部欠測のため、検討対象外とした
No.35	S40	9	15	6164	○		流量観測値が一部欠測のため、検討対象外とした
No.58	S50	8	23	3984	○		
No.59	S51	9	11	4705	○		流量観測値が一部欠測のため、検討対象外とした
No.68	S56	7	3	4051	○		
No.120	H10	9	22	4087	○		
No.131	H16	10	20	3221	○		
No.147	H23	7	7	2053		○	
No.150	H24	7	20	742		○	
No.155	H25	7	29	1795		○	
No.161	H26	8	9	1554		○	
No.163	H27	9	9	528		○	
No.164	H28	9	19	1247		○	
No.170	H29	10	22	2118		○	
No.172	H30	7	6	2018		○	
No.177	R1	6	30	519		○	
No.183	R2	7	14	1208		○	流量観測値が一部欠測のため、検討対象外とした

※実績流量は、ダム・氾濫戻し後の流量

c)　流出成分の分離

検討対象洪水の実績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を分離し、各時刻の直接流出と基底流量を求める。

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。九頭竜川では、図 1.10 に示したように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、図 1.9 に示すようにピーク流量時点以降の流量変化を 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、総雨量に含めないものとして整理した。

算定した結果を図 1.11・表 1.3 に示す。

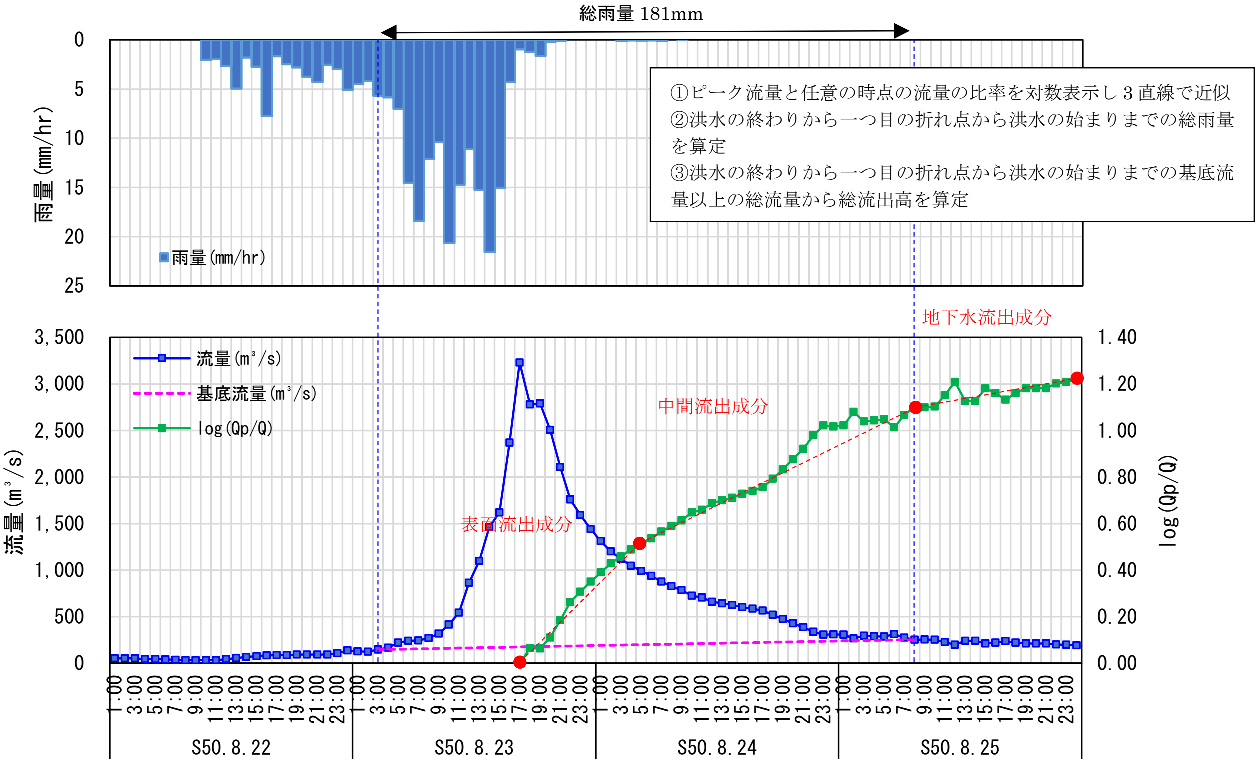


図 1.9　成分分離の例

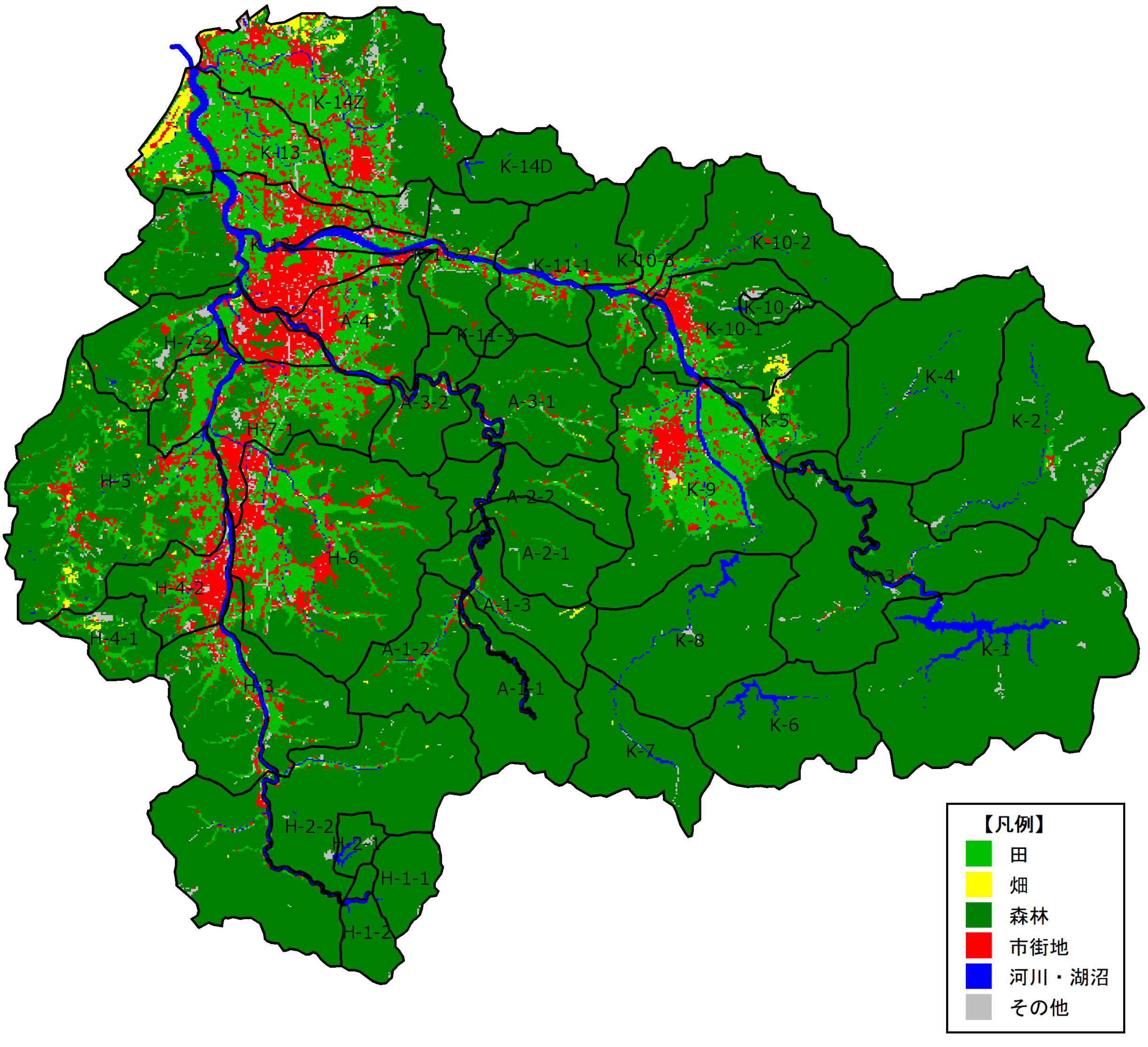


図 1.10　土地利用図（国土数値情報 H28 より整理）

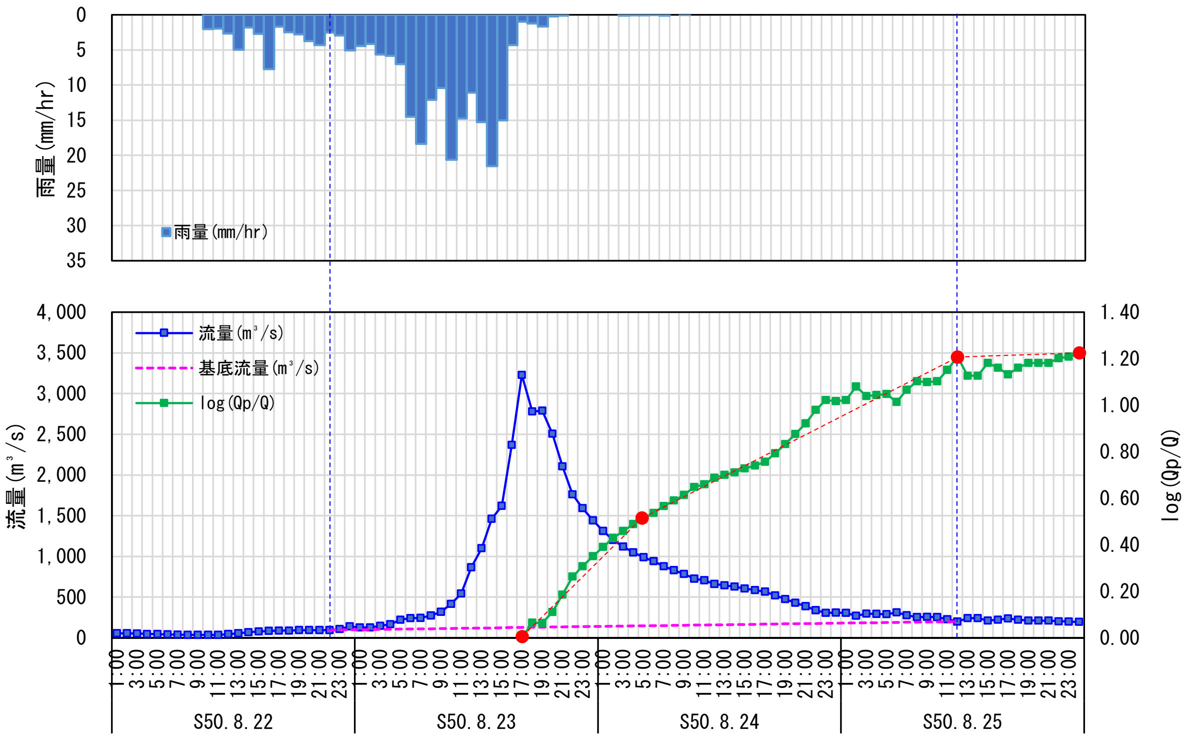


図 1.11 (1) 流出成分分離結果（中角 S50.8.23）

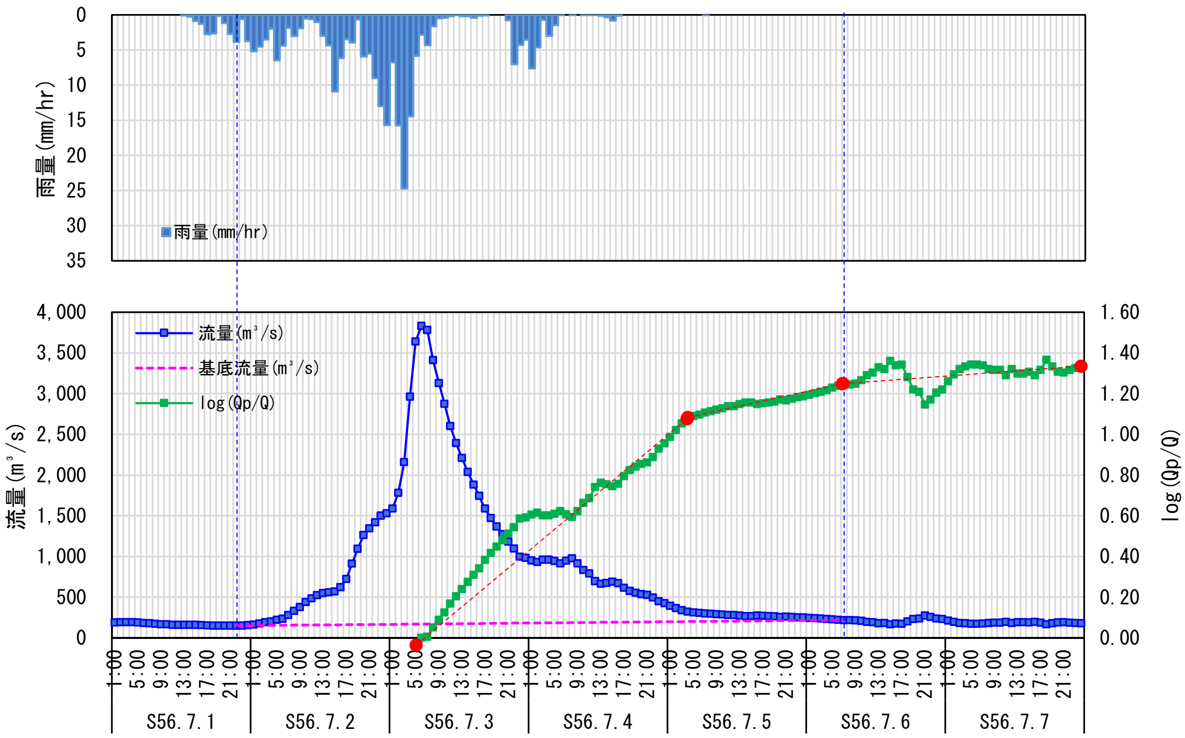


図 1.11 (2) 流出成分分離結果（中角 S56.7.3）

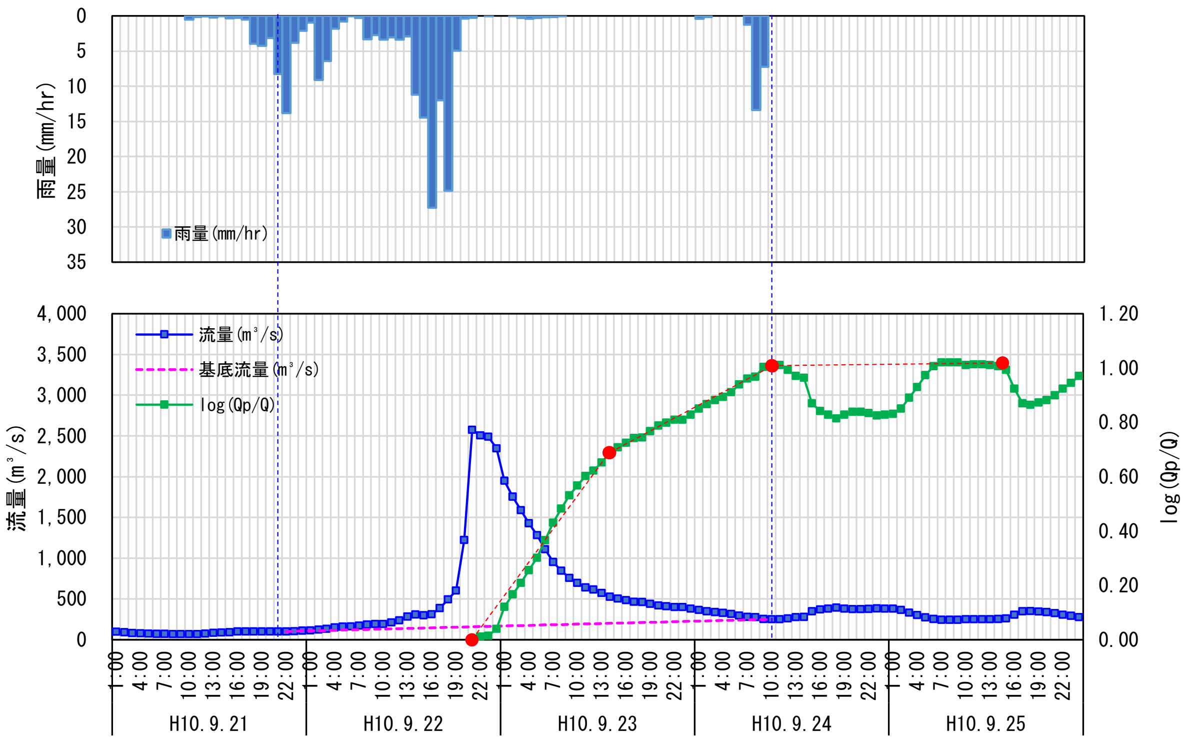


図 1.11 (3) 流出成分分離結果（中角 H10.9.22）

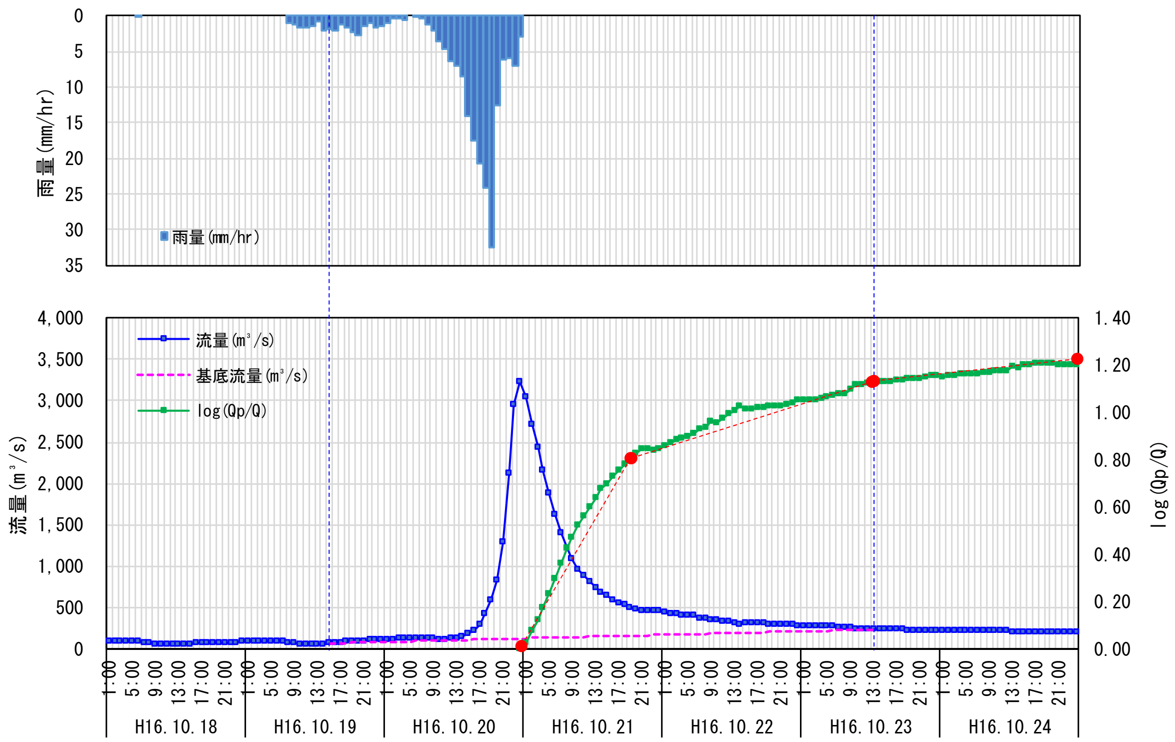


図 1.11 (4) 流出成分分離結果（中角 H16.10.20）

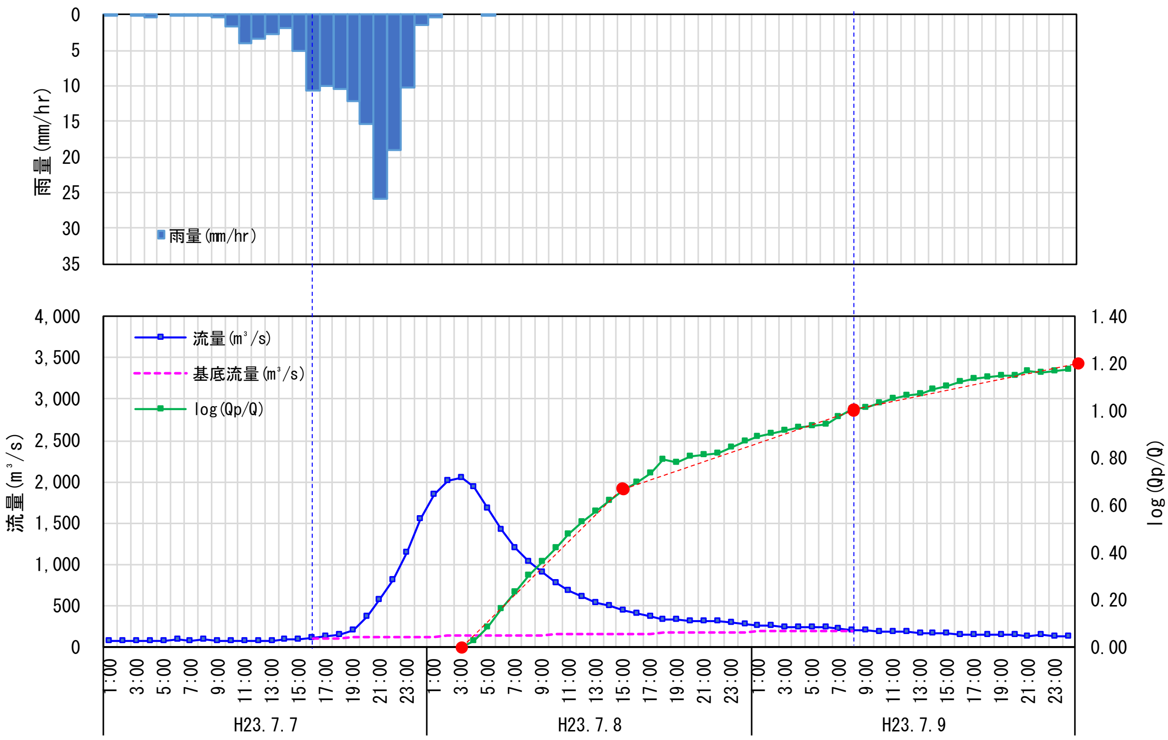


図 1.11 (5) 流出成分分離結果（中角 H23.7.7）

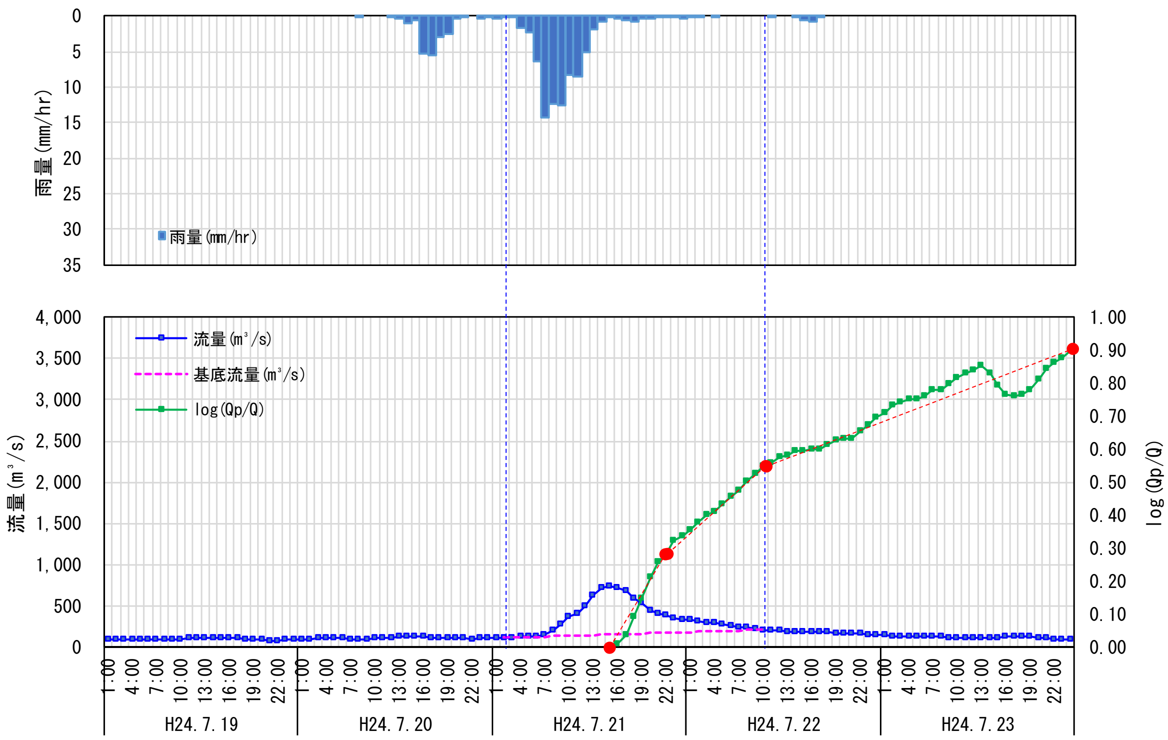


図 1.11 (6) 流出成分分離結果（中角 H24.7.20）

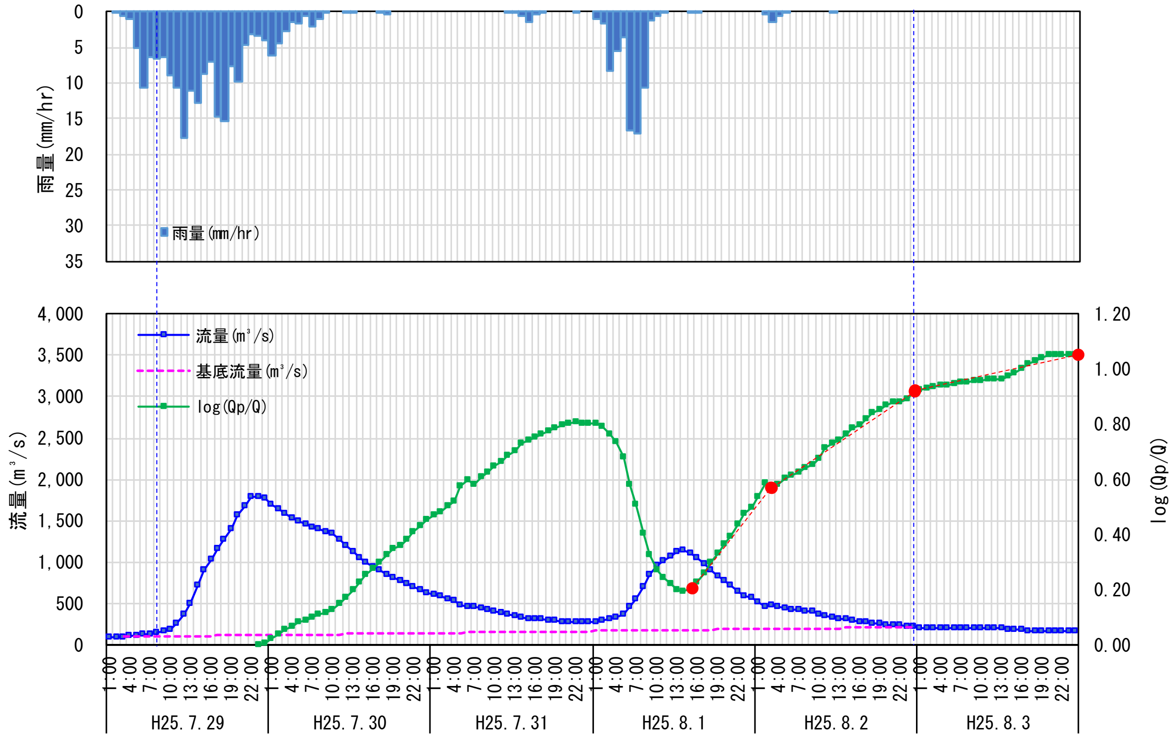


図 1.11　(7)　流出成分分離結果（中角　H25.7.29　）

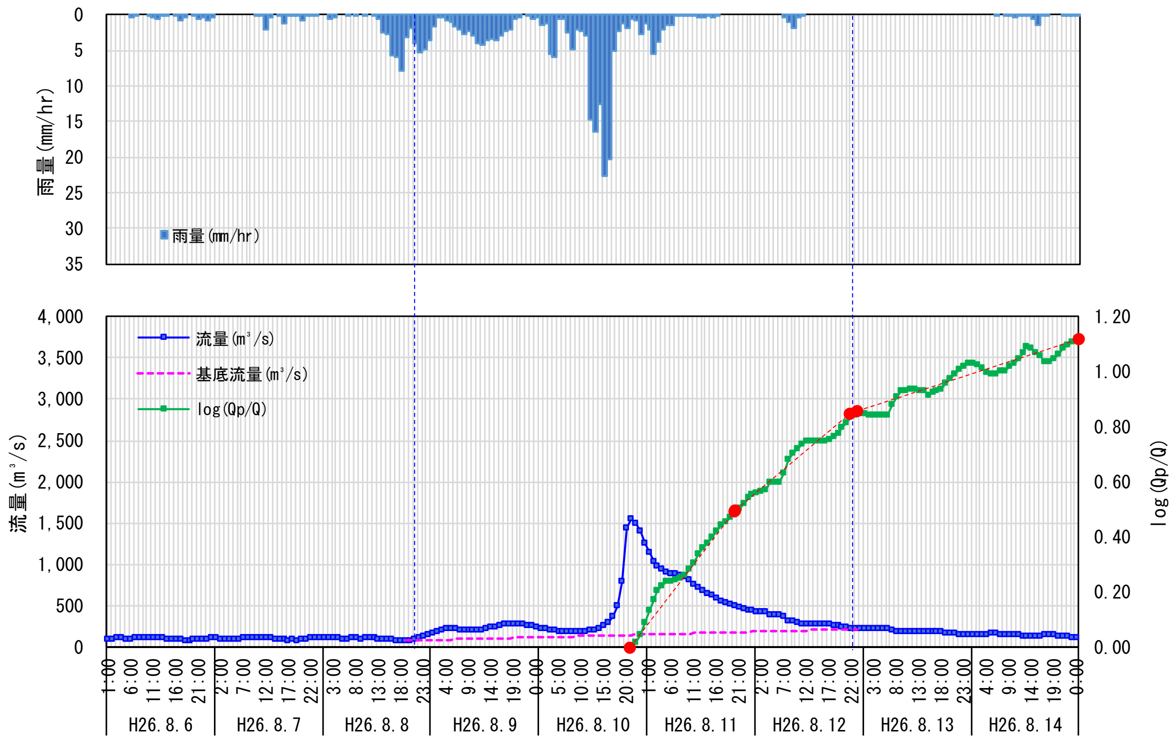


図 1.11　(8)　流出成分分離結果（中角　H26.8.9）

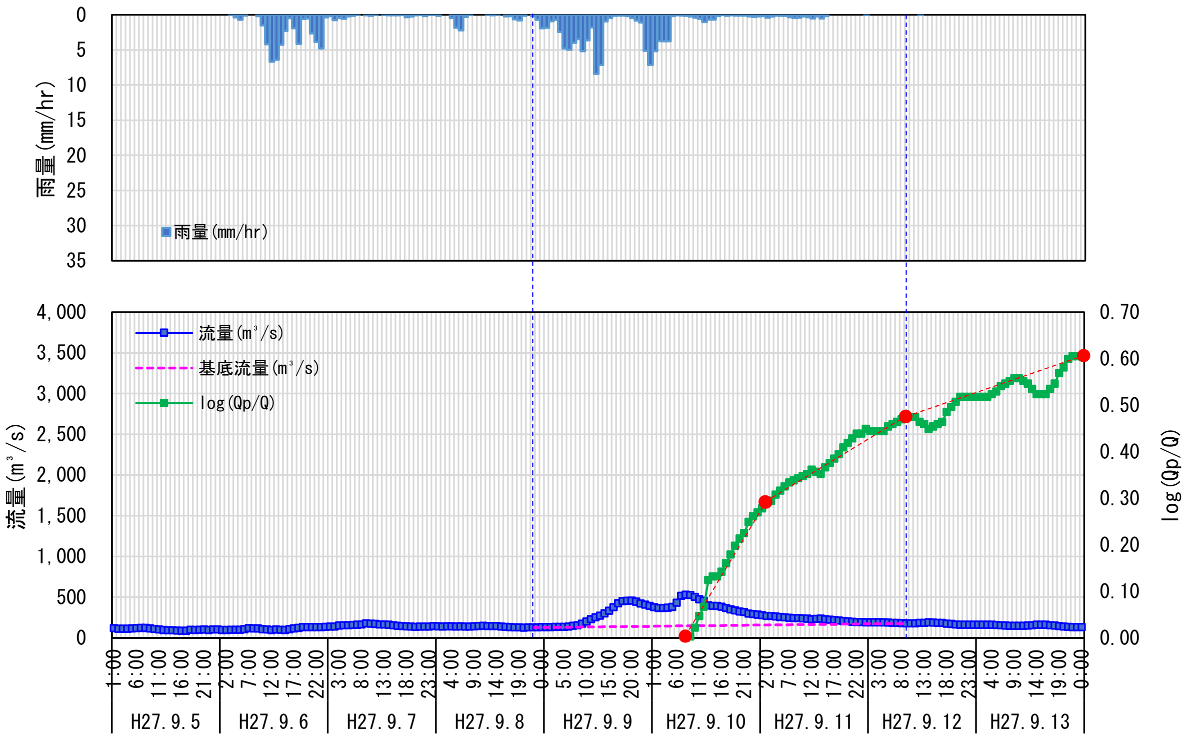


図 1.11　(9)　流出成分分離結果（中角　H27.9.9）

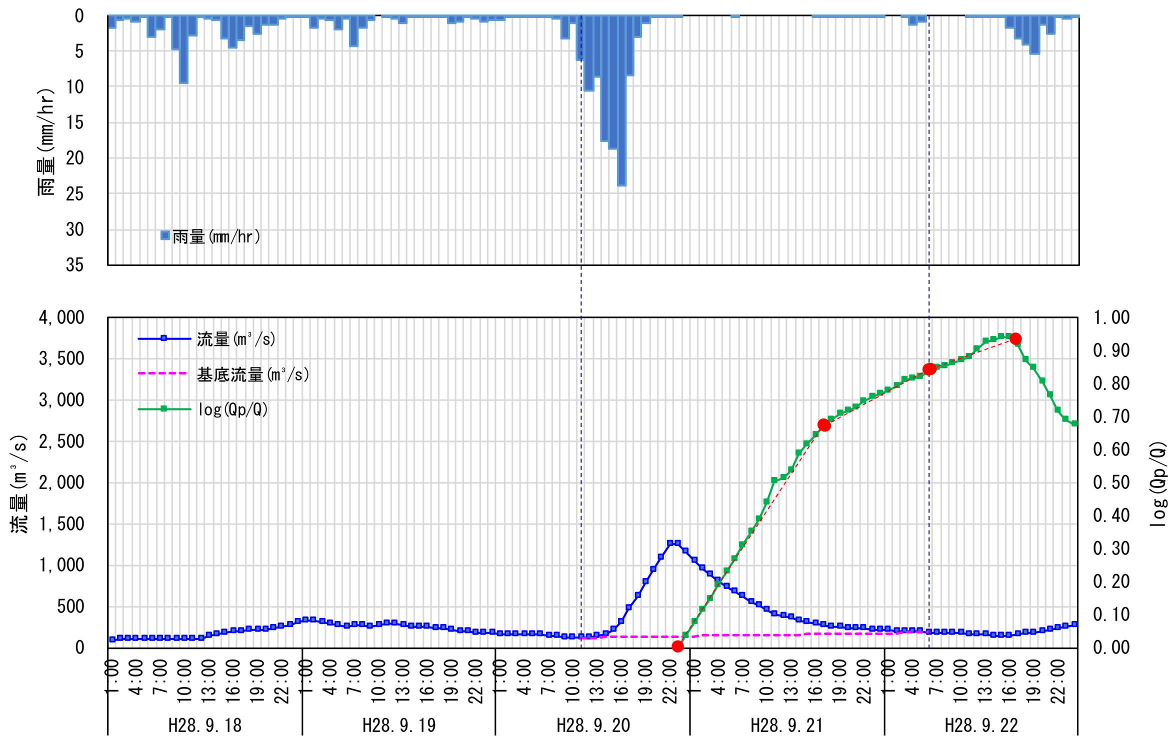


図 1.11　(10)　流出成分分離結果（中角　H28.9.19）

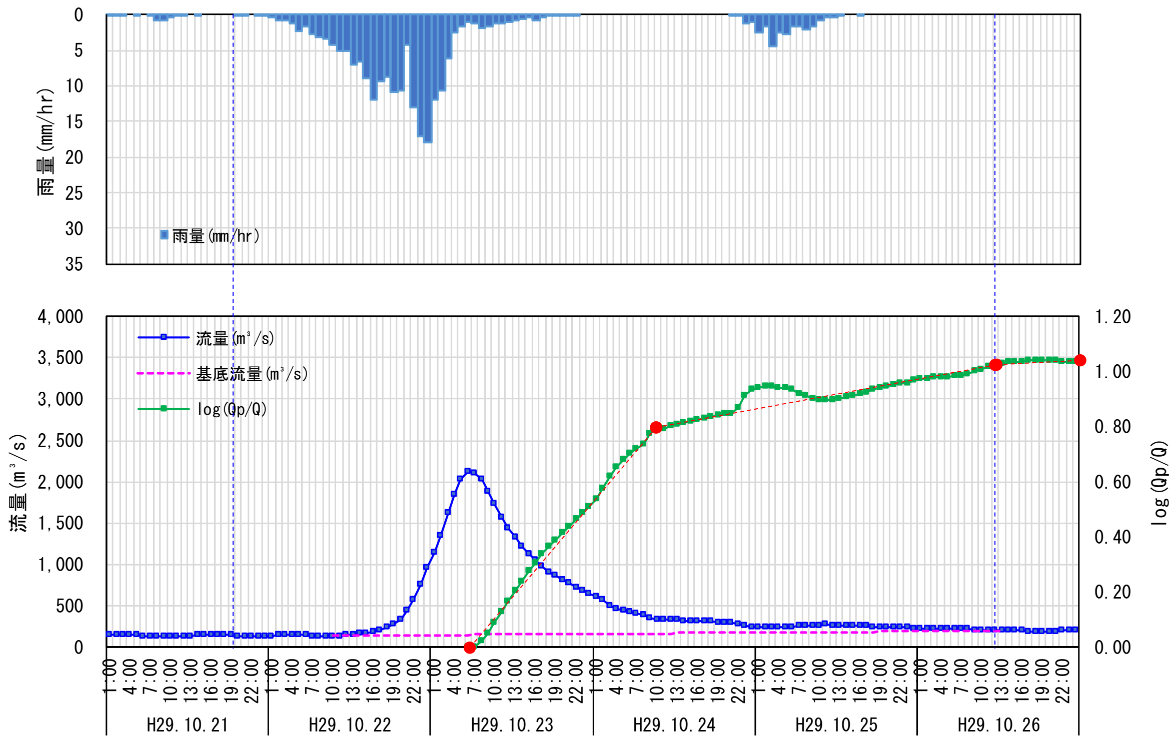


図 1.11 (11) 流出成分分離結果（中角 H29.10.22）

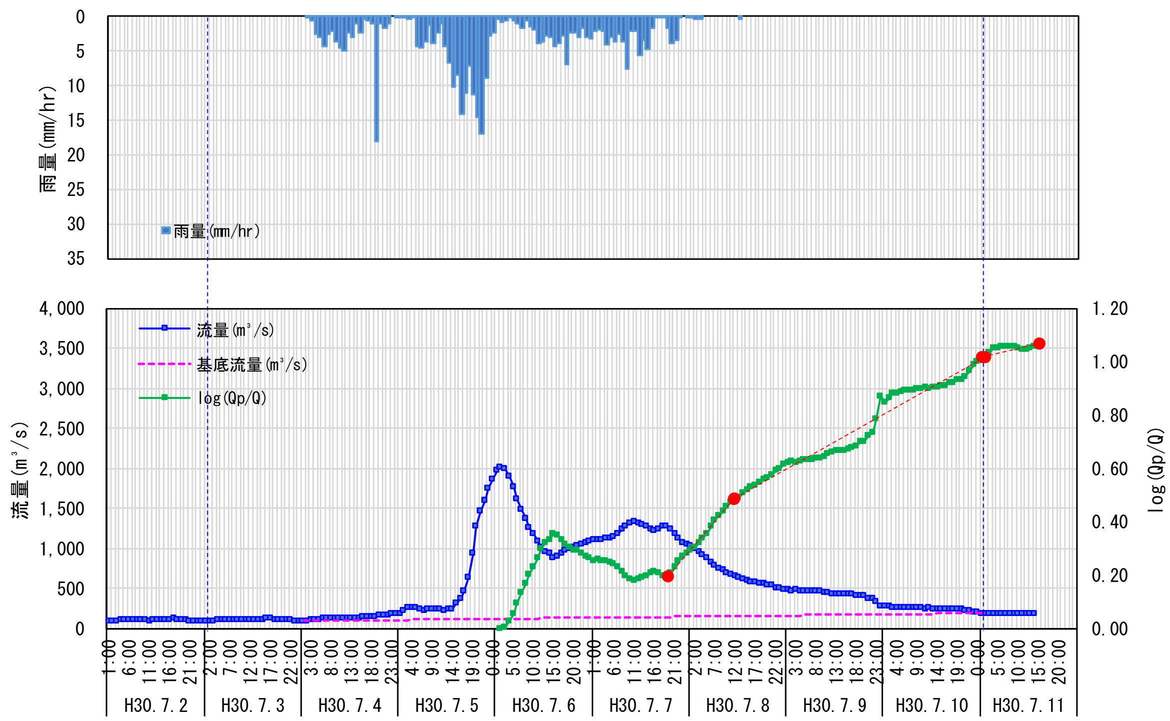


図 1.11 (12) 流出成分分離結果（中角 H30.7.6）

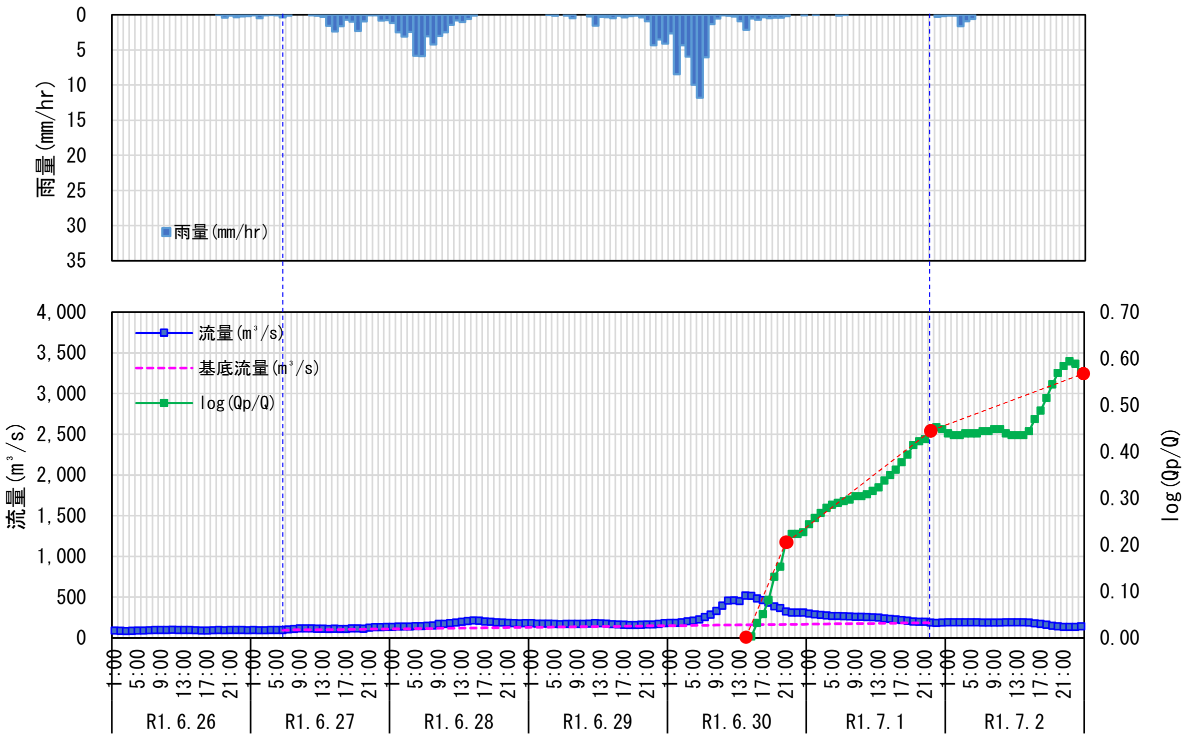


図 1.11 (13) 流出成分分離結果（中角 R1.6.30）

表 1.3 流出成分の分離による総雨量・総流出高の算定結果

No.	洪水名			流量(m³/s)	流出高(mm)	総雨量(mm)
No.58	S50	8	23	3230	113	200
No.68	S56	7	3	3832	214	237
No.120	H10	9	22	2574	79	177
No.131	H16	10	20	3221	111	198
No.147	H23	7	7	2053	60	116
No.150	H24	7	20	742	18	79
No.155	H25	7	29	1795	176	270
No.161	H26	8	9	1554	79	223
No.163	H27	9	9	528	31	95
No.164	H28	9	19	1247	41	102
No.170	H29	10	22	2118	108	212
No.172	H30	7	6	2018	245	316
No.177	R1	6	30	519	23	126

d) 計画 f1・Rsa の検討

流出率 f1 及び飽和雨量 Rsa の計画値は以下の手順で算定した。

・成分分離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
・Rsa を仮定して、総雨量が Rsa より小さい点群について、その座標と原点を結ぶ直線の傾きの平均値を f1 としたときに、総雨量が Rsa より大きい点群について、総雨量と総流出高の差の平均値が Rsa×(1－f1)となることを満足するよう、Rsa を変化させて平均的な Rsa を算出
・累加雨量が飽和雨量を上回った後の流出率（飽和流出率）は 1 とする

その結果、基準地点中角において、f1=0.3、Rsa=130mm である。

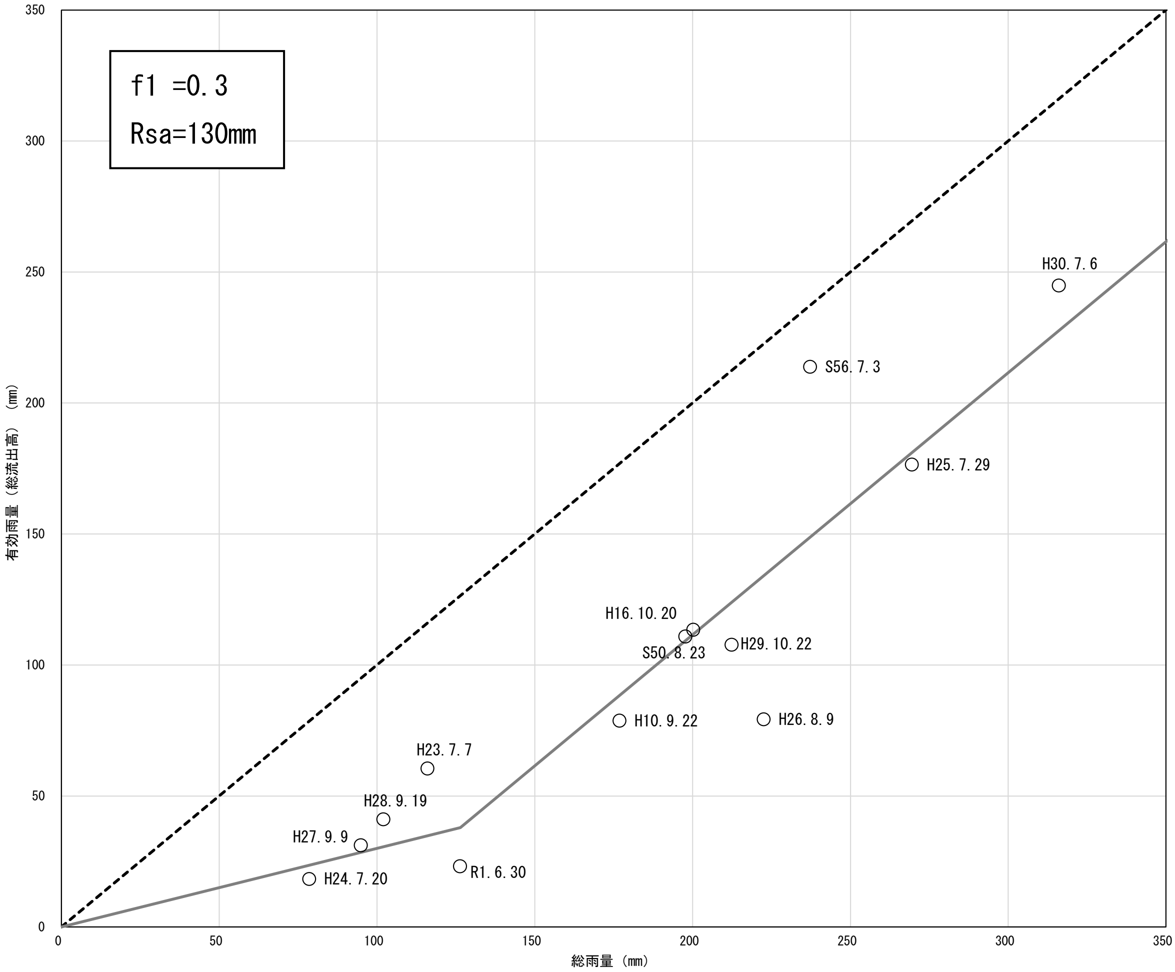


図 1.12 総雨量-総流出高の関係

2)　K・P・Tl の設定

a)　代表地点におけるK・P・Tl の算出

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-流出高関係図から算出する。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-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 を求める。求めた Tl によって両対数でプロットした貯留高-流出高関係図を直線近似し、切片を K、傾きを P とする。

貯留高 s 及び流出高 q は、以下の式により算定した。

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

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

s ：貯留高(mm)　　r_{ave} ：流域平均時間雨量(mm/hr)

q ：1 時間の直接流出高(mm/hr)

f ：直接流出開始後の累積降雨が Rsa に達するまでは f_1 、達した後は 1.0

Q ：実績流量(m^3/s)　　Q_b ：基底流量(m^3/s)

A ：流域面積(km^2)

算定に使用する洪水は、実績流量の上位 5 洪水としたが、5～7 位の洪水はピーク流量に大きな差がないため、2 洪水を追加して 7 洪水とした。

表 1.4　K、P、Tl の検討対象洪水一覧

No	洪水名	実績流量	
		流量(m^3/s)	順位
No.58	S50.8.23	3,230	2
No.68	S56.7.3	3,832	1
No.120	H10.9.22	2,574	4
No.131	H16.10.20	3,221	3
No.147	H23.7.7	2,053	6
No.170	H29.10.22	2,118	5
No.172	H30.7.6	2,018	7

代表地点においてK・P・Tlを算出した結果を表 1.5、図 1.13 に示す。

表 1.5　流域定数K・P・Tl の設定結果

No	洪水名	実績流量		ケース		流域定数			備考
		流量(m^3/s)	順位	A	B	K	P	Tl(min)	
No.58	S50.8.23	3,230	2	○	○	12.386	0.819	110	
No.68	S56.7.3	3,832	1		○				流出率が90%であり、正しくループを描けないため検討不能
No.120	H10.9.22	2,574	4		○				定数Pが1より大きいため、検討対象外とした
No.131	H16.10.20	3,221	3		○	40.245	0.322	70	
No.147	H23.7.7	2,053	6		○				ループが狭まらず、近似曲線を描けないため検討不能
No.170	H29.10.22	2,118	5		○	10.589	0.915	120	
No.172	H30.7.6	2,018	7		○	15.319	0.888	100	
ケースA	規模の大きな洪水における流域定数					12.386	0.819	110	S50.8.23洪水
ケースB	対象洪水の流域定数の平均値					19.635	0.736	100	
採用値						12.386	0.819	100	

流域定数 K・P については、できるだけ規模の大きな洪水の値を用いることが望ましいが、実績流量規模順位一位であった昭和 56 年 7 月 3 日洪水では定数検討が不能のため、実績流量規模順位二位の昭和 50 年 8 月 23 日洪水で定まる定数を採用した。

また、流域の遅れ時間 Tl は、定数検討が可能であった洪水の平均値を用いるものとした。

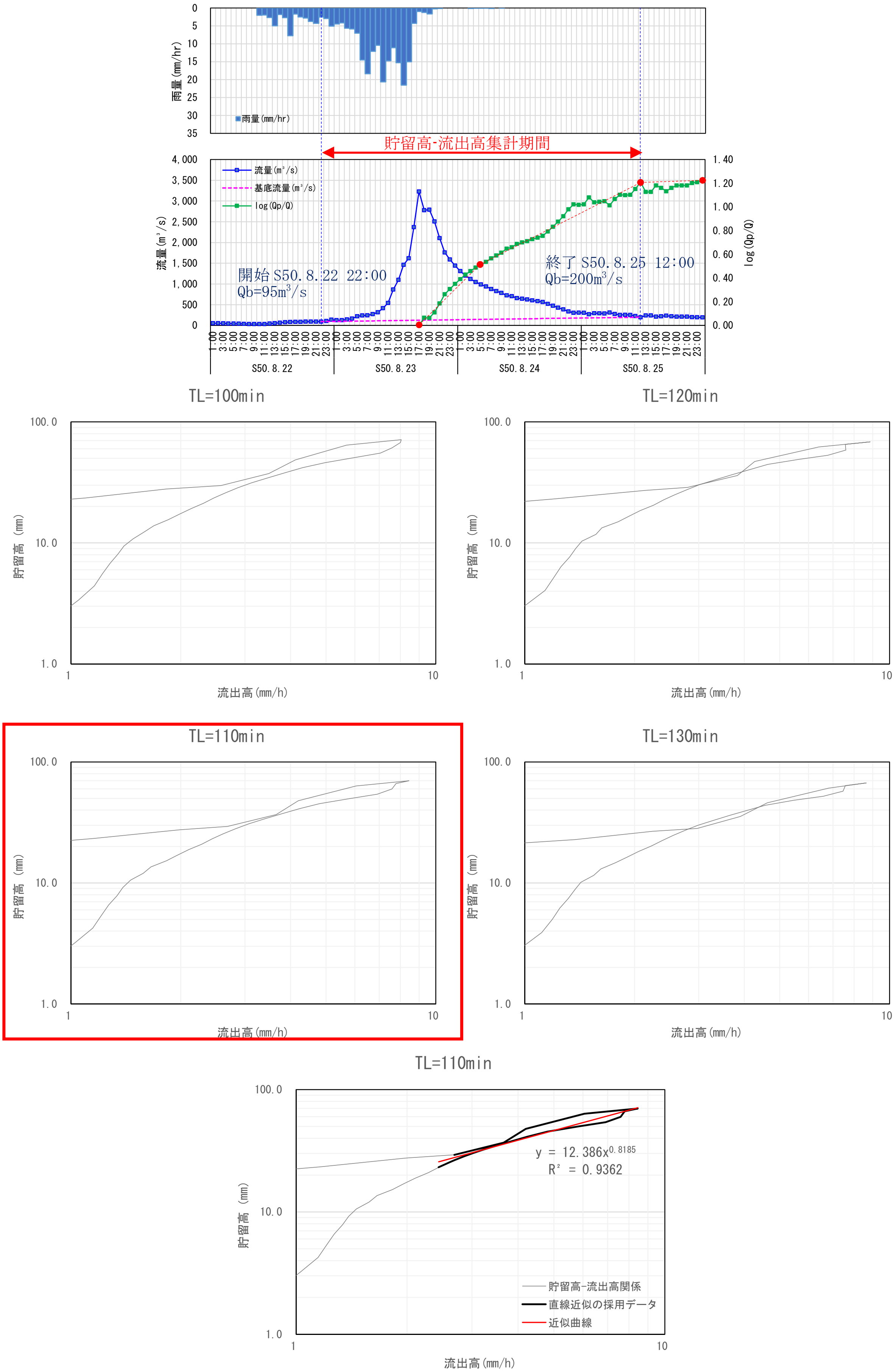


図 1.13　貯留高-流出高関係図（中角地点　S50.8.23 洪水）

b) 各小流域におけるK・P・Tl の設定

代表地点（中角地点）で設定した定数をもとに、各小流域の定数を設定する。なお、足羽川ダムへの導水や利水ダム等の効果算定のために細分化している流域は、細分化前の流域で定数を設定する。

各小流域の K・P・Tl については、以下の通りに設定した。

- K 値はリザーブ定数を用いた経験式の考え方を利用
- 代表地点より上流に位置する小流域は、代表地点のリザーブ式を用い、代表地点より下流に位置する小流域は、地質特性から最適なリザーブ式を選定して K 値を算定
- P 値は、K 値算定に用いた代表地点の値を採用
- Tl 値は、流路長に比例するものとして、流路長の比率で設定する。

【リザーブの式】

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

α ：定数　※木村は、利根川流域などの事例から α=43.4 を提案している

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

ここで、九頭竜川の小流域の地形特性をできるだけ詳細に反映させるため、流域勾配は、最遠点の最高点と流末の最低点標高の単純平均ではなく、流路沿いの平均流域勾配とした。

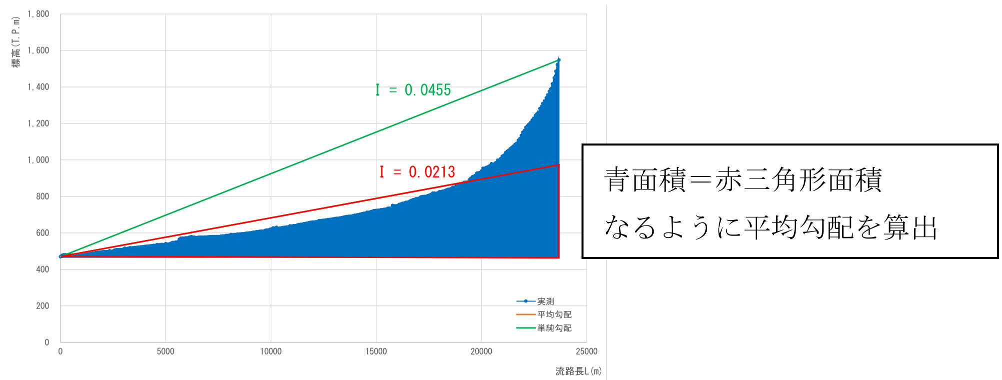


図 1.14　流域平均勾配算出例（流域番号 K2）

以上の考えから、中角地点の定数検討結果より設定した K 値並びに、地理院地図の地形情報（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下記のように整理した。

表 1.6　中角地点における定数設定結果

	C	L(km)	I	K	α※)
中角地点	0.12	83.43	0.0062	12.386	4.339

【設定したリザーブの式】

$$K=4.339\times C\times I^{-1/3}\times L^{1/3}$$

上記の式を用いて、それぞれの小流域における K 値を検討するために、地理院地図より、流域の勾配 I・流路長 L を整理した。各小流域の流路延長及び流域平均勾配を図 1.17・図 1.18 に示す。

※)リザーブの式　$K=\alpha\times C\times I^{-1/3}\times L^{-1/3}$

ここで、K=12.386（表 1.5 参照）

流域粗度 C=0.12

上流端から中角地点までの流域平均勾配 I=0.0062（図 1.16 参照）

上流端から中角地点までの流路長 L=83.43（図 1.15 参照）

上記のリザーブの式に代入すると、α=4.339

以上の検討から算定した各小流域における K・P・Tl を、表 1.7 に示す。

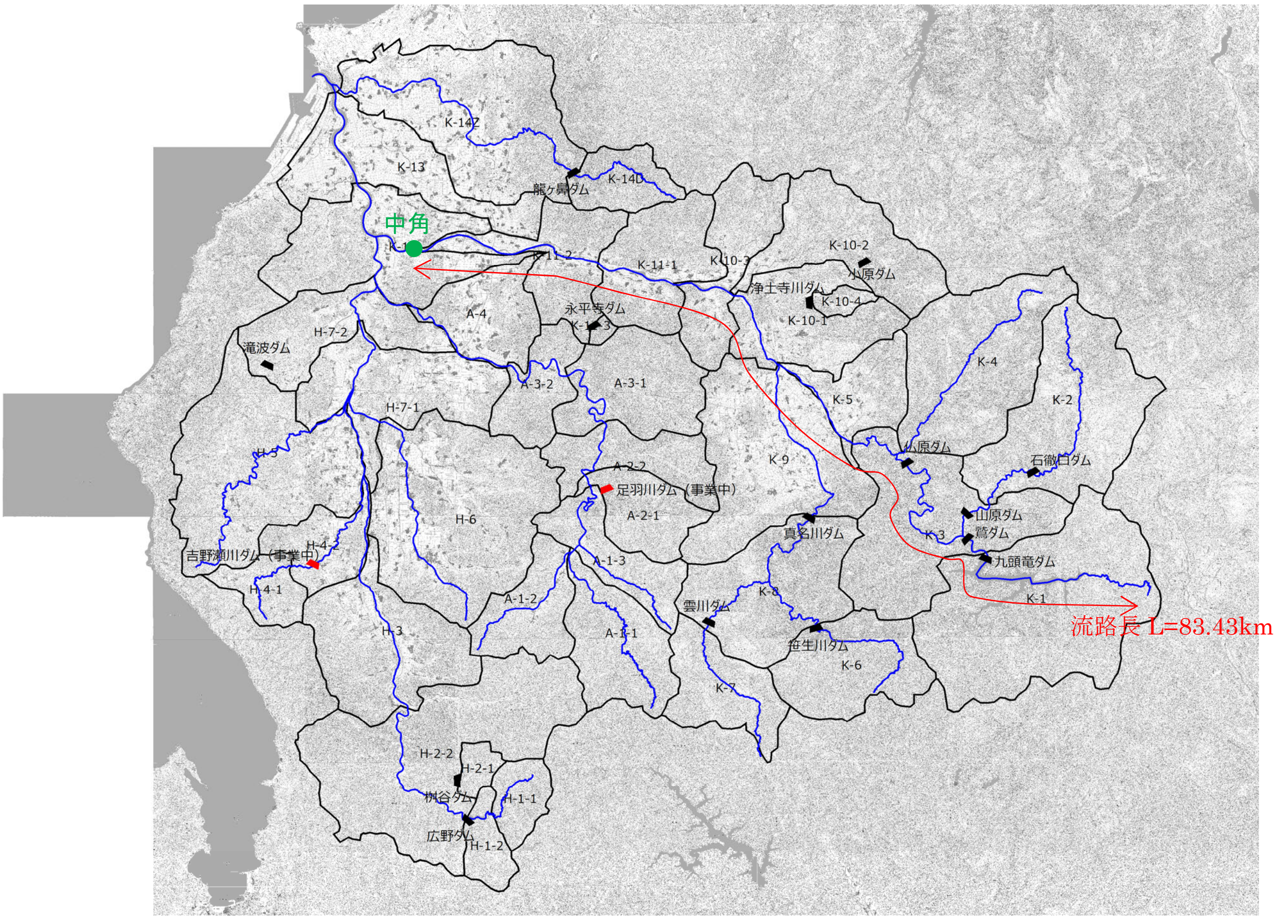


図 1.15　九頭竜川上流端から中角地点の流路延長

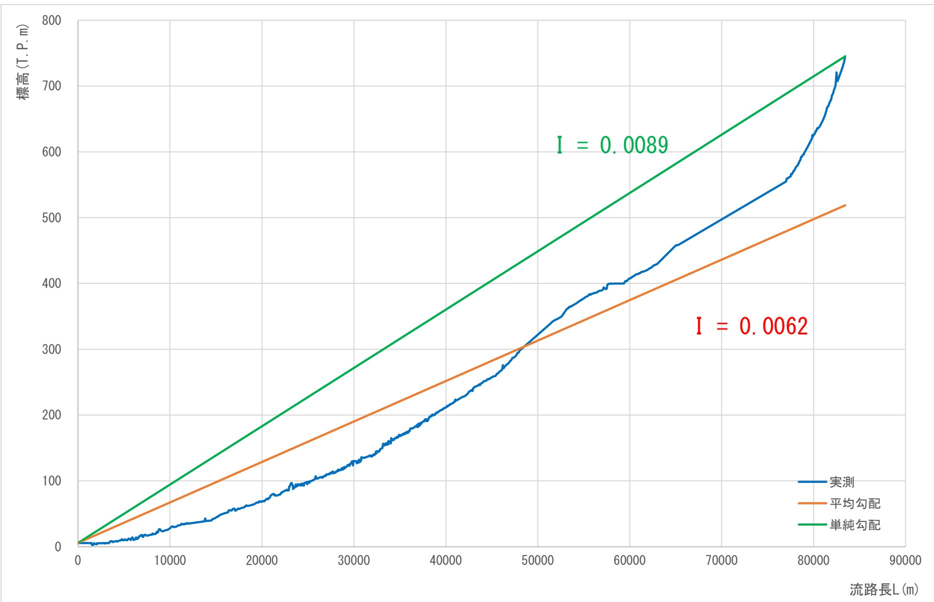


図 1.16　九頭竜川上流端から中角地点の流路勾配

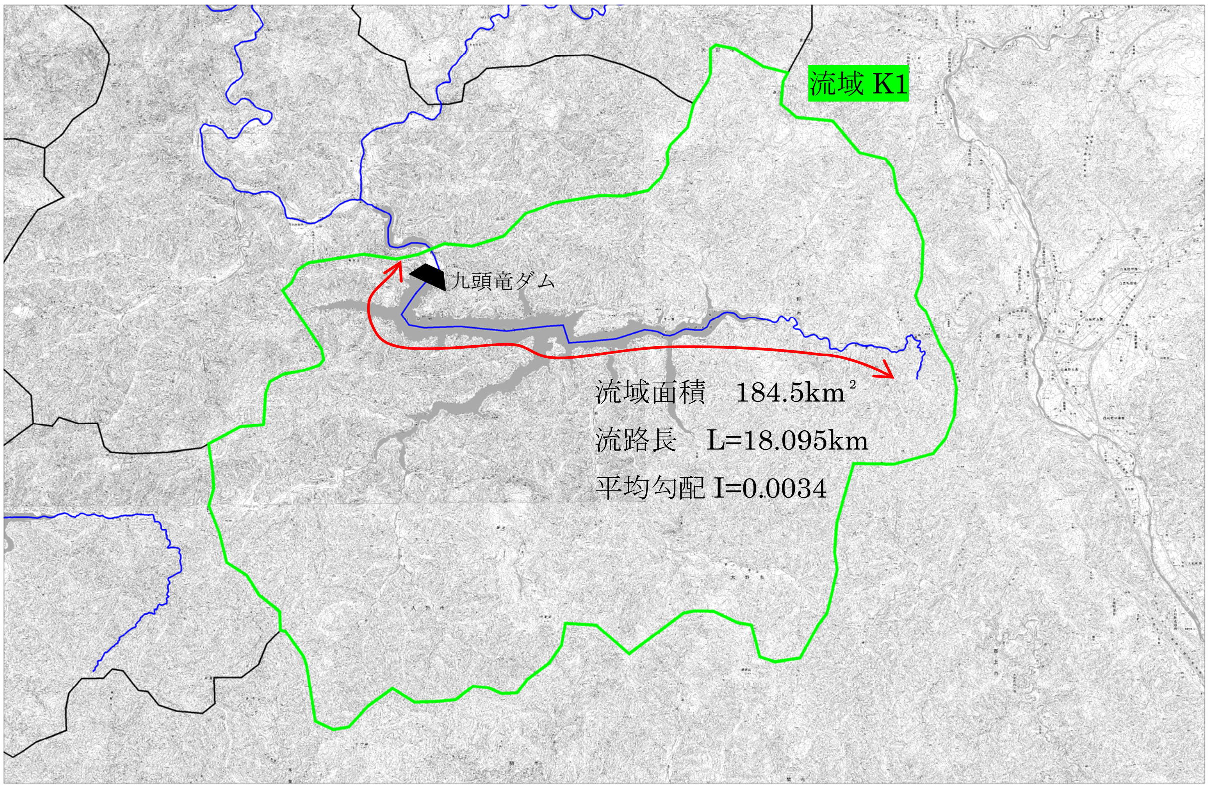


図 1.17　(1)　流路延長（流域番号 K1）

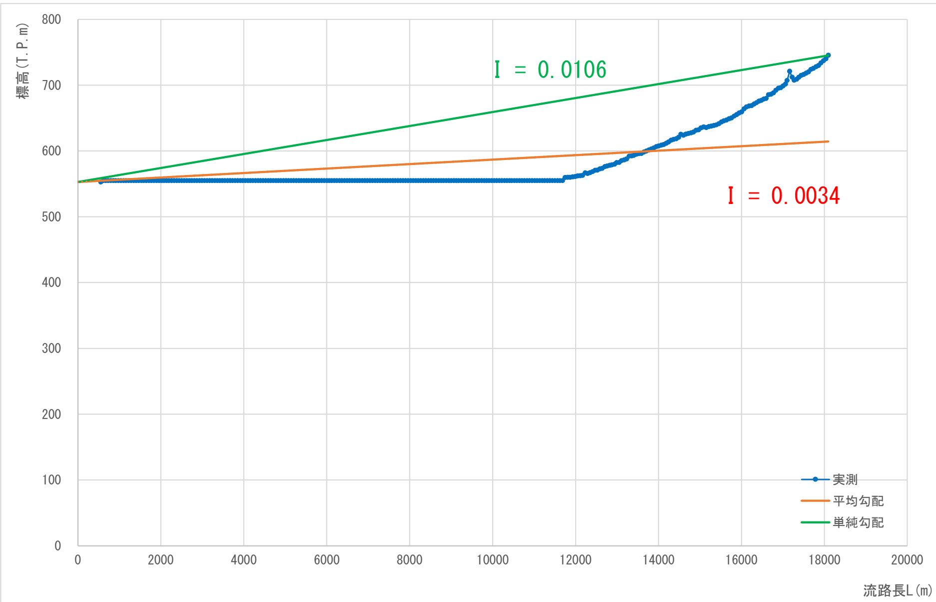


図 1.18　(1)　流域流路勾配（流域番号 K1）

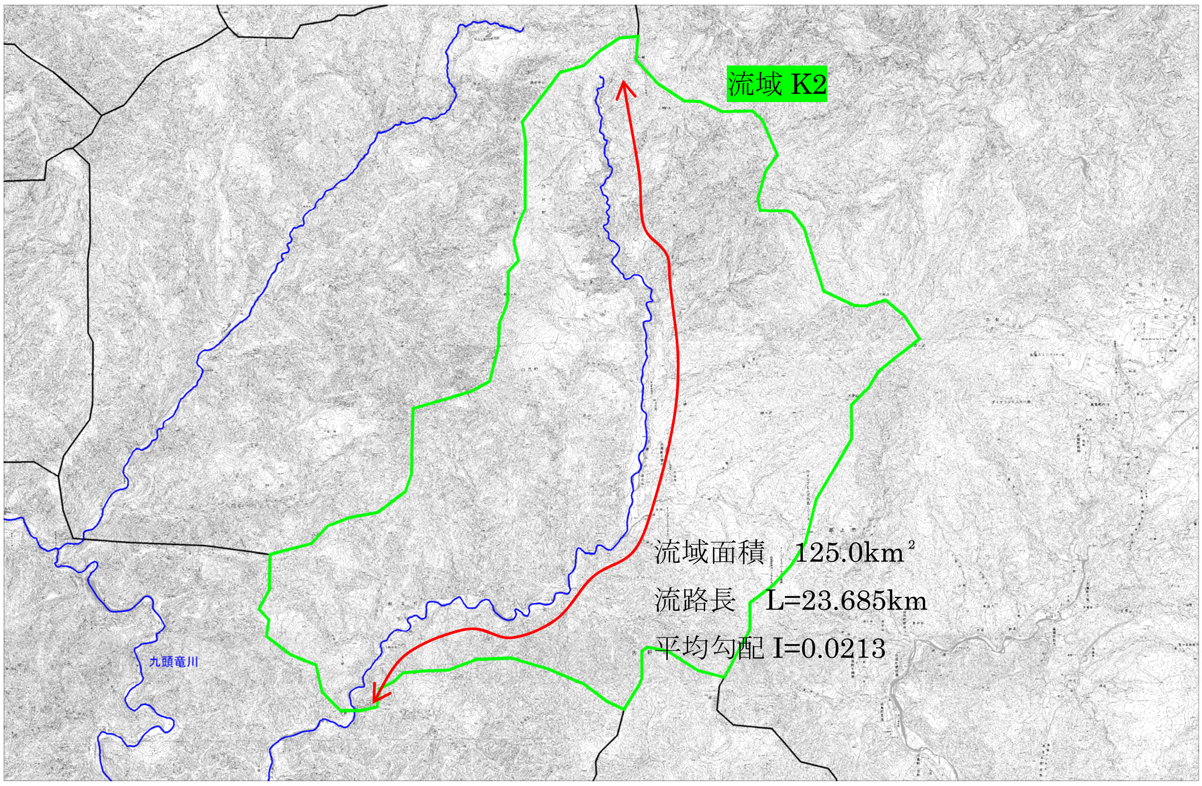


図 1.17　(2)　流路延長（流域番号 K2）

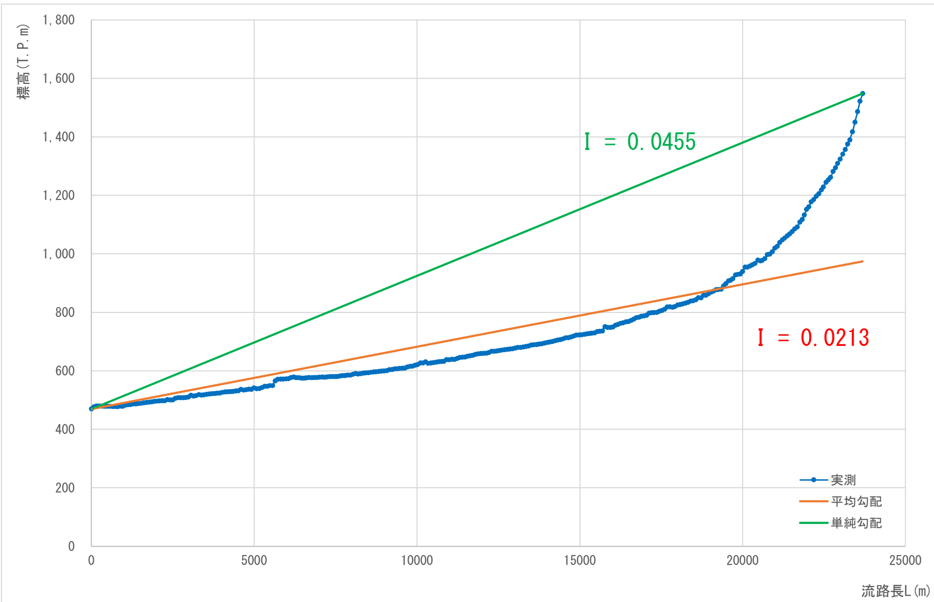


図 1.18　(2)　流域流路勾配（流域番号 K2）

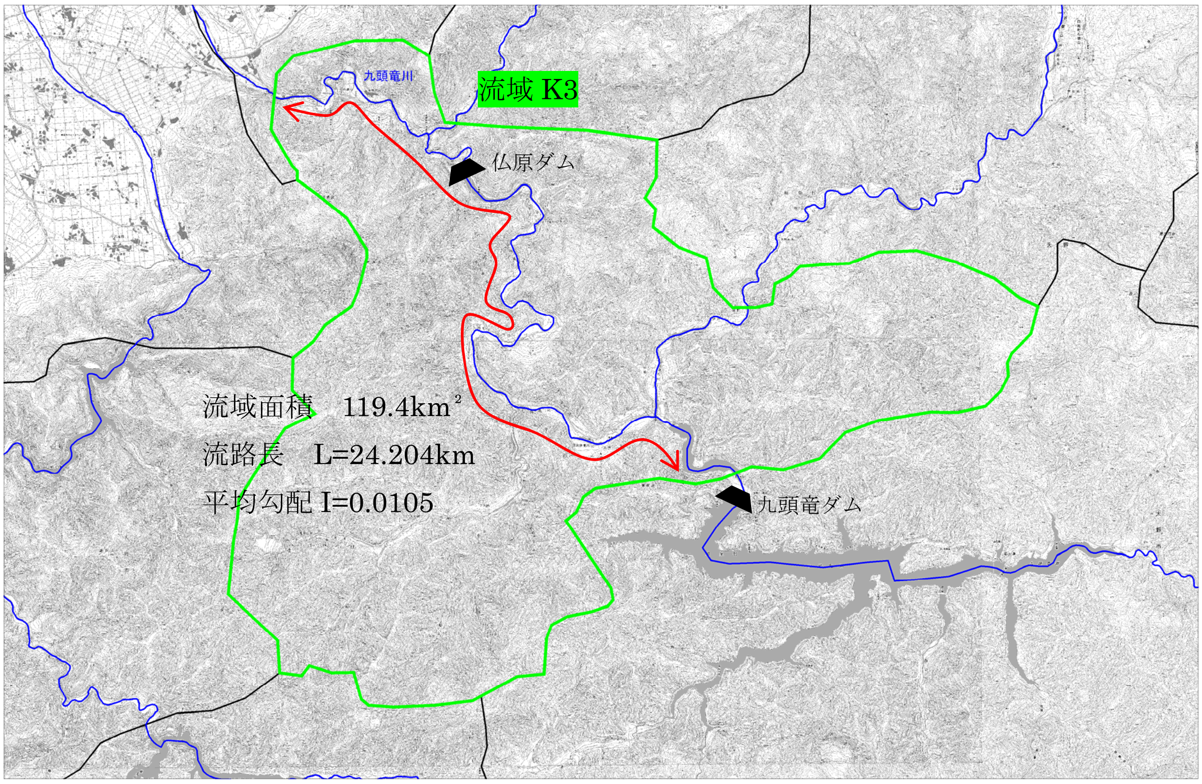


図 1.17　(3)　流路延長（流域番号 K3）

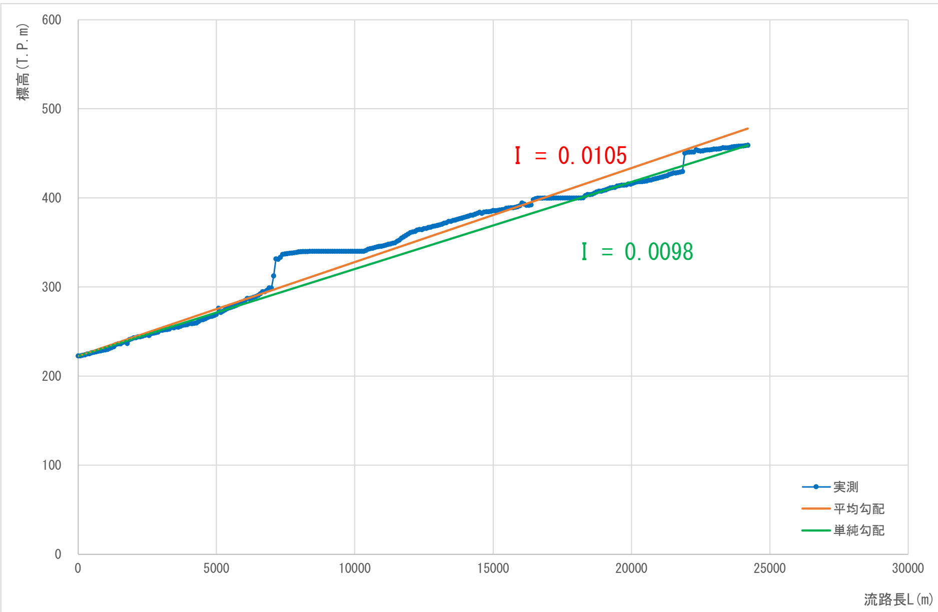


図 1.18　　(3)　流域流路勾配（流域番号 K3）

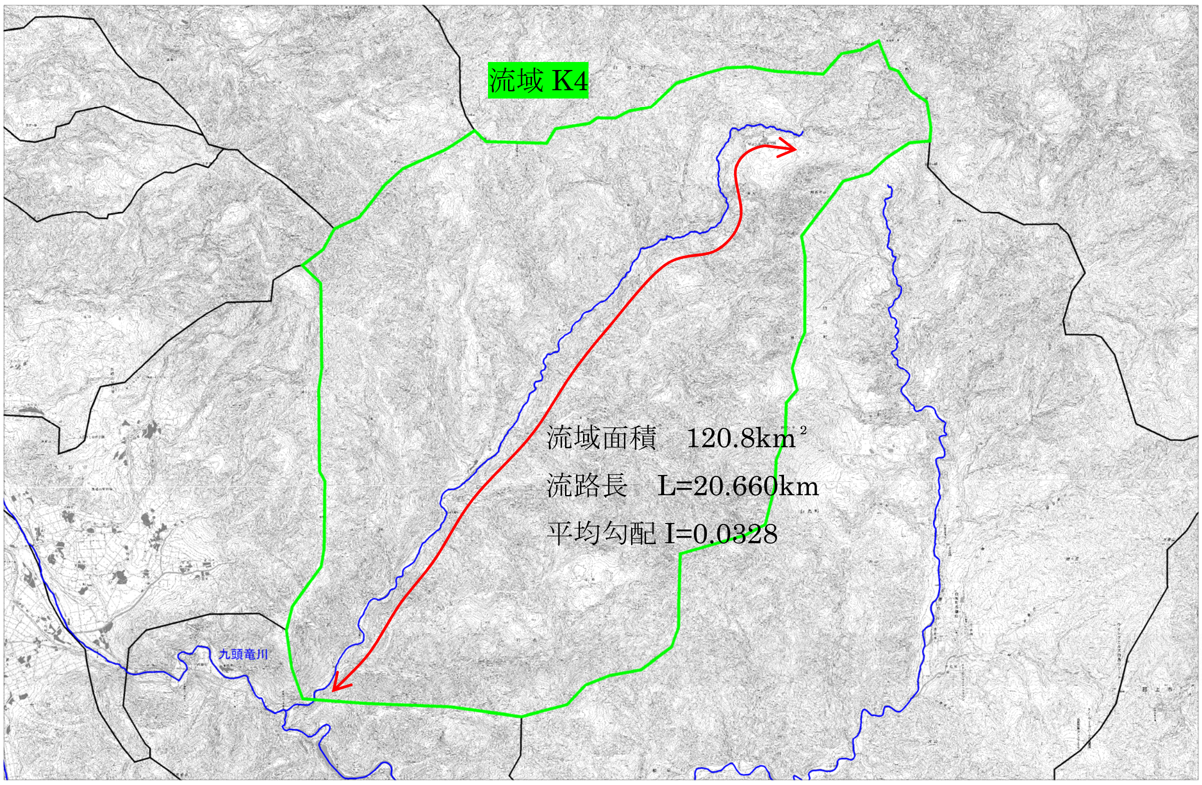


図 1.17　(4)　流路延長（流域番号 K4）

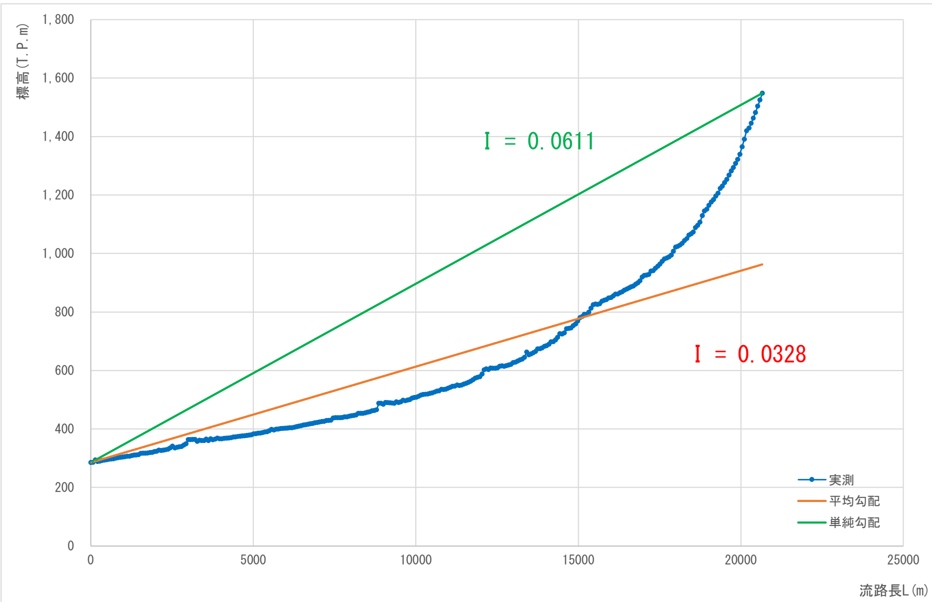


図 1.18　(4)　流域流路勾配（流域番号 K4）

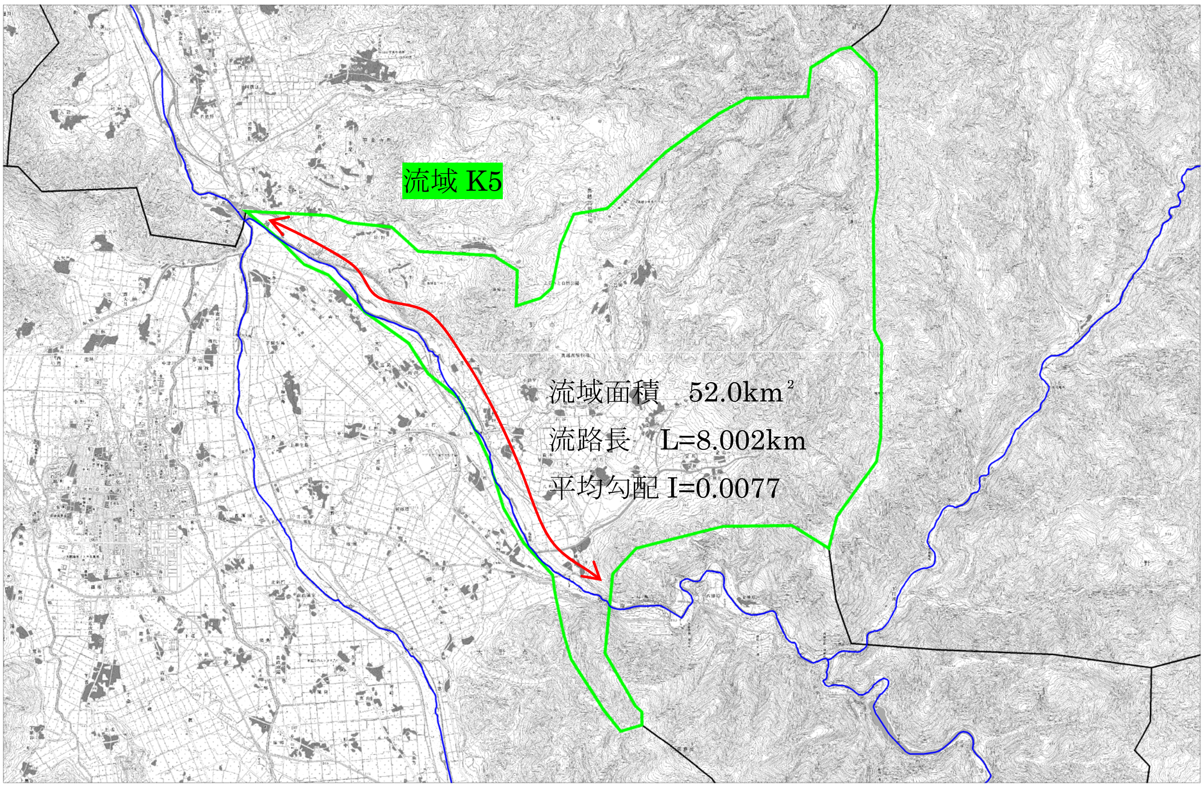


図 1.17　(5)　流路延長（流域番号 K5）

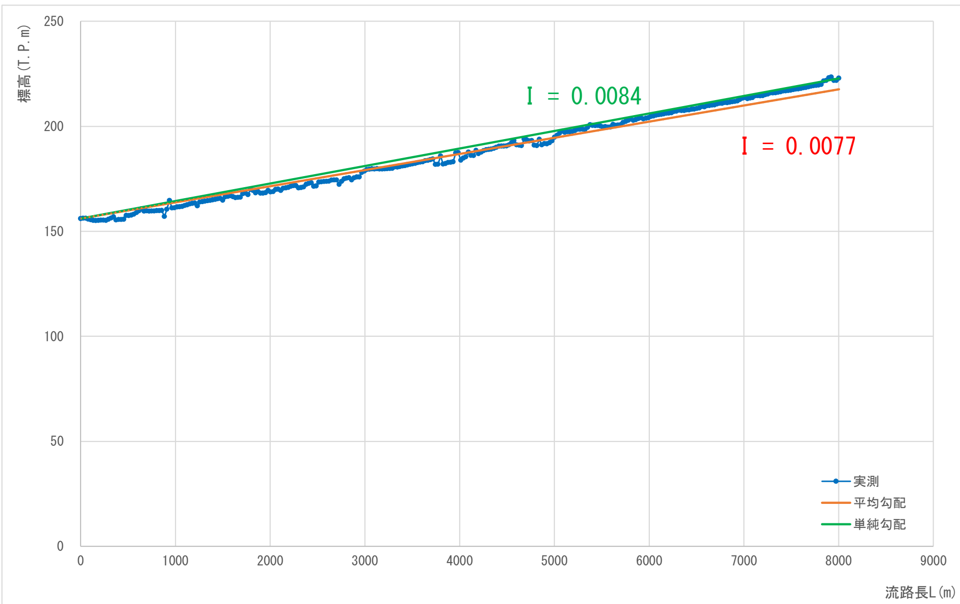


図 1.18　(5)流域流路勾配（流域番号 K5）

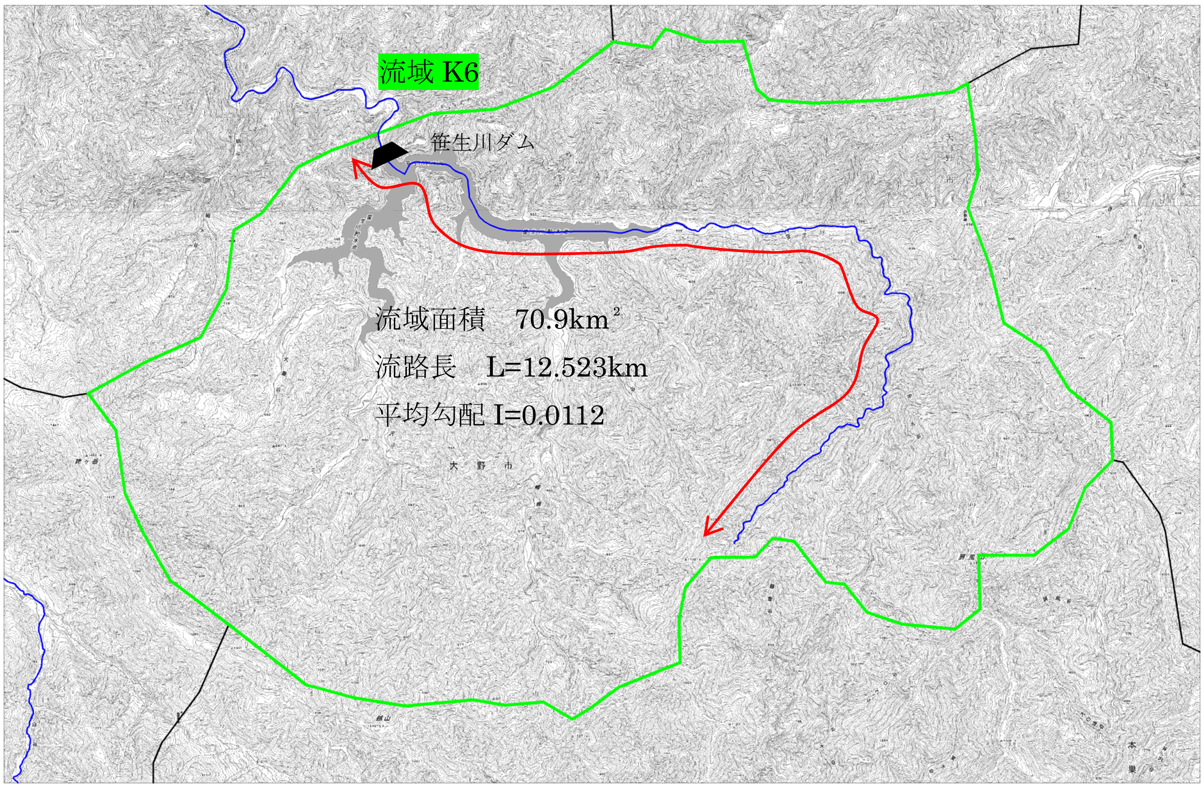


図 1.17　(6)　流路延長（流域番号 K6）

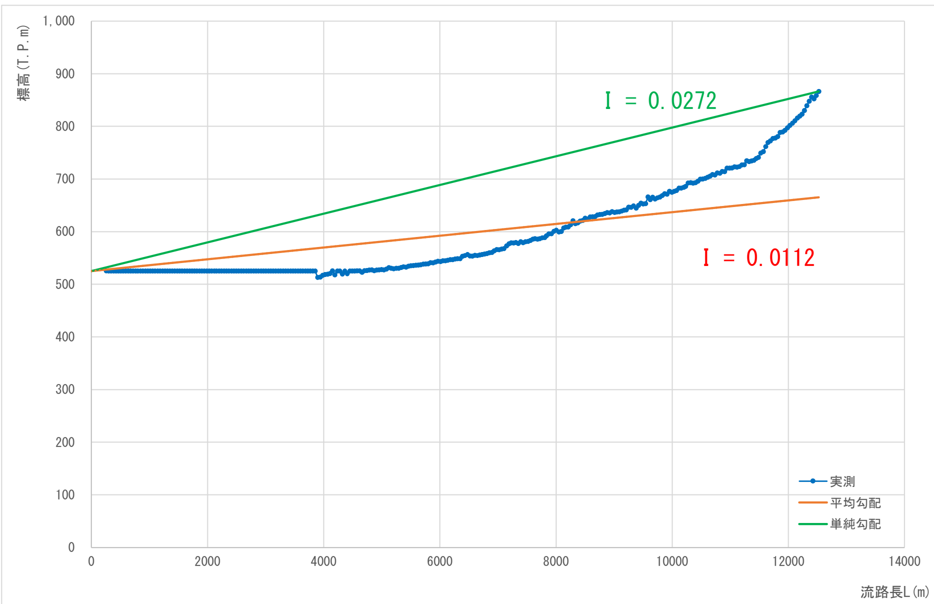


図 1.18　(6)　流域流路勾配（流域番号 K6）

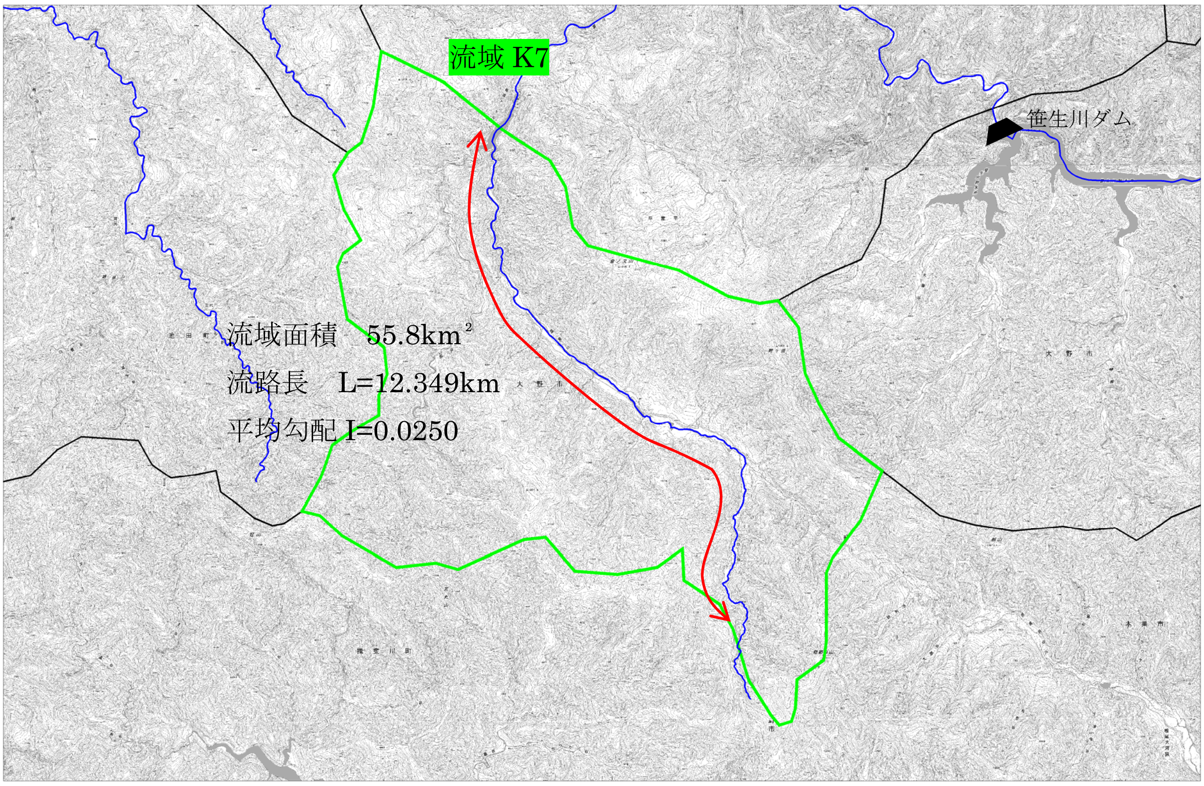


図 1.17 （7） 流路延長（流域番号 K7）

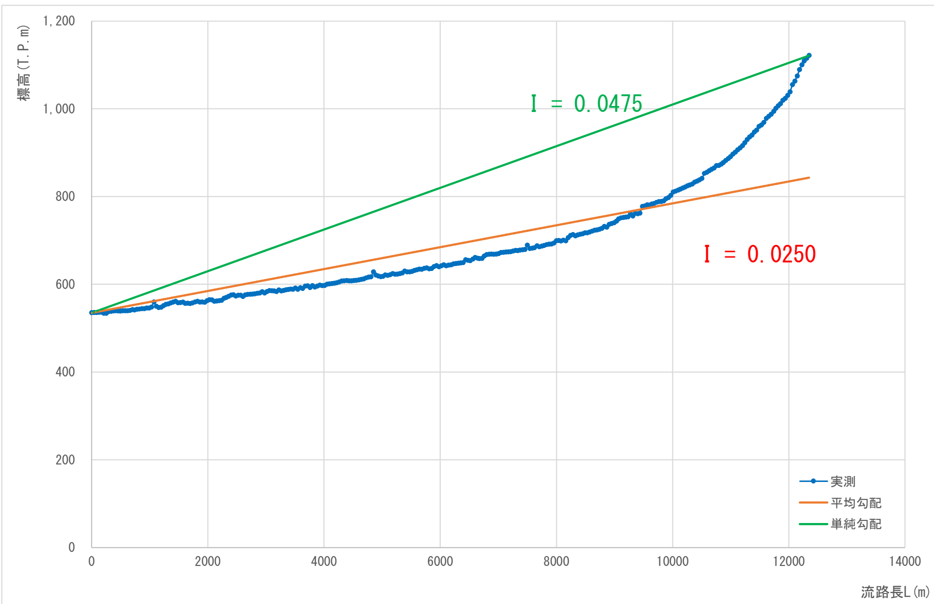


図 1.18 （7） 流域流路勾配（流域番号 K7）

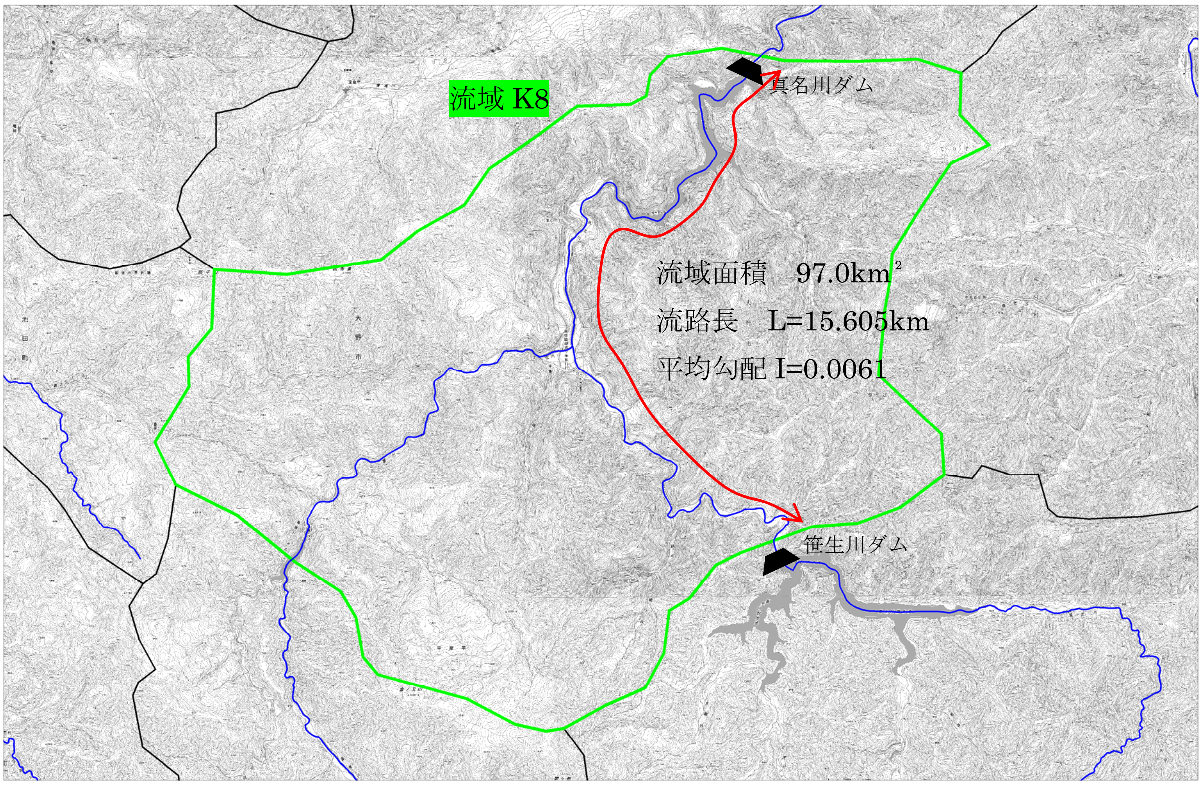


図 1.17　(8)　流路延長（流域番号 K8）

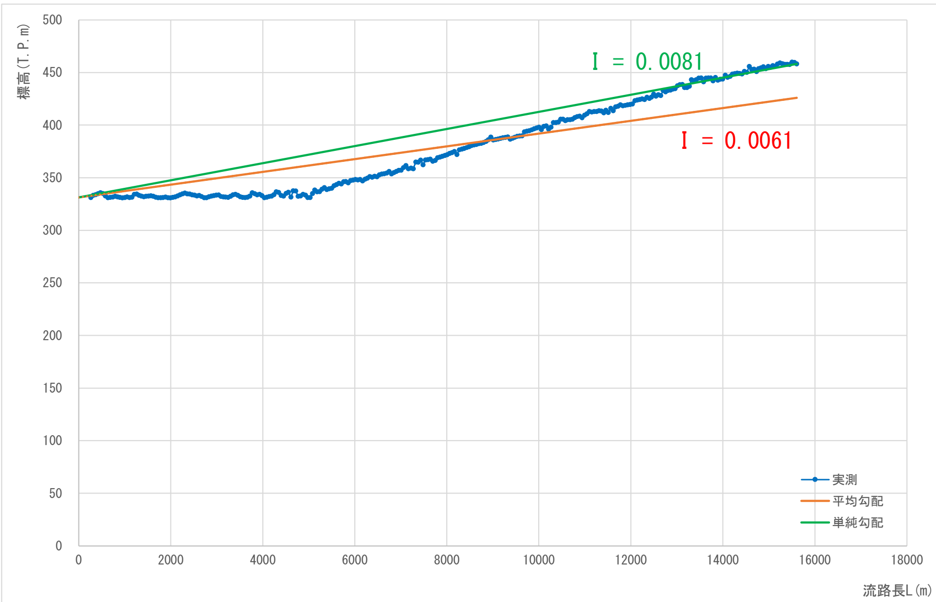


図 1.18　(8)　流域流路勾配（流域番号 K8）

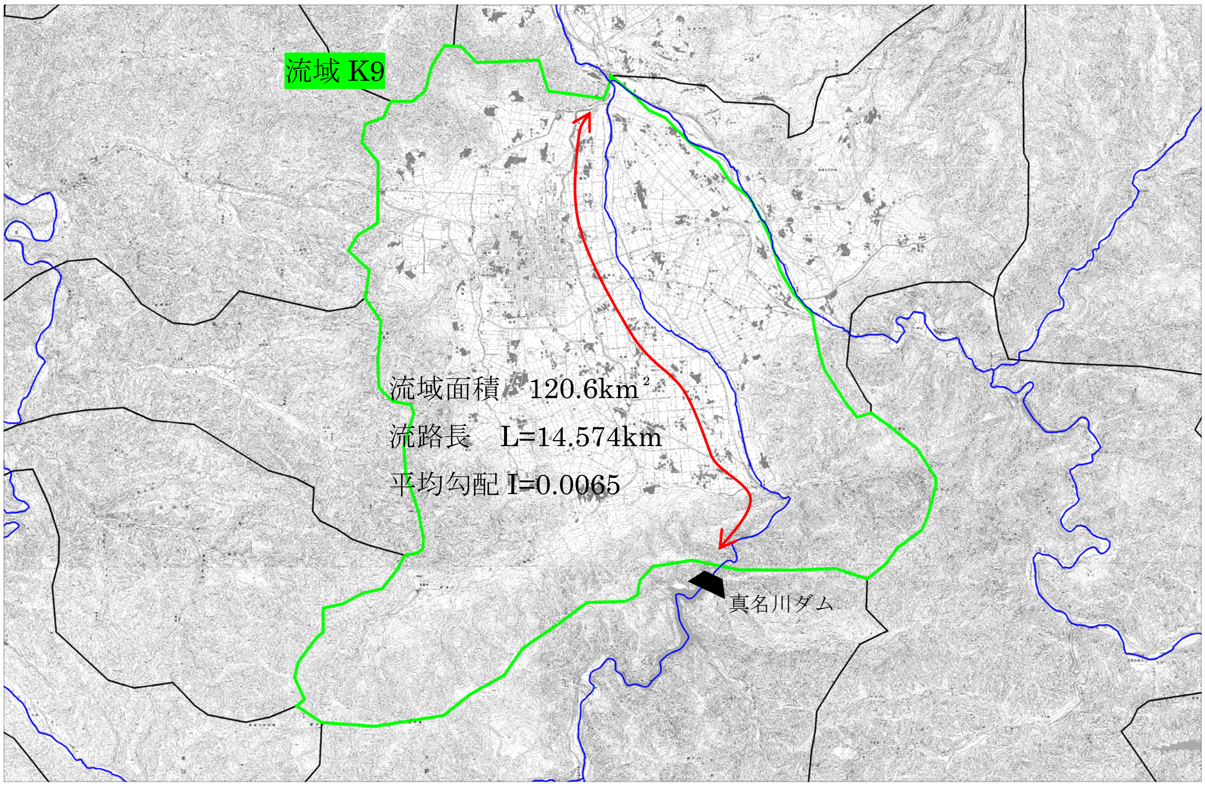


図 1.17　(9)　流路延長（流域番号 K9）

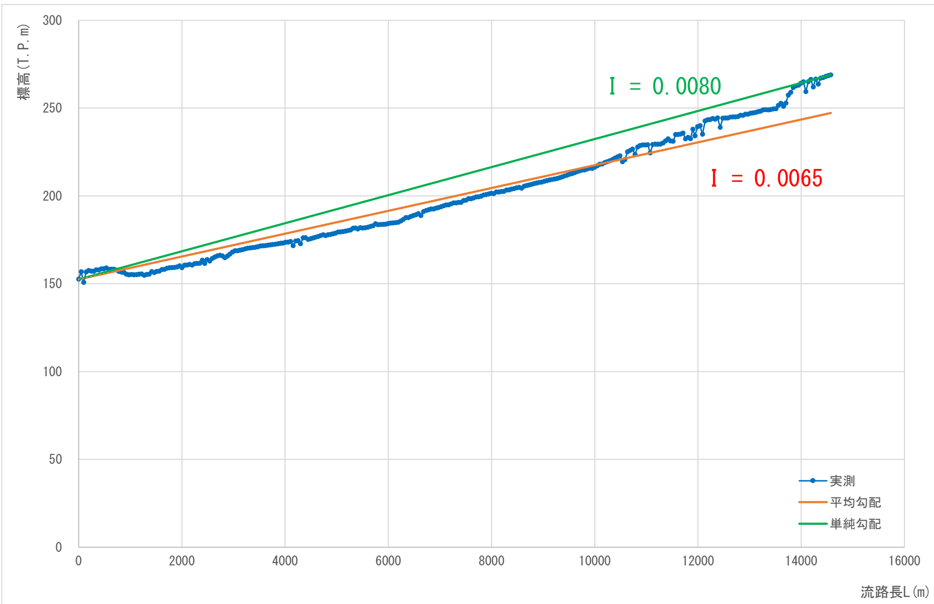


図 1.18　(9)　流域流路勾配（流域番号 K9）

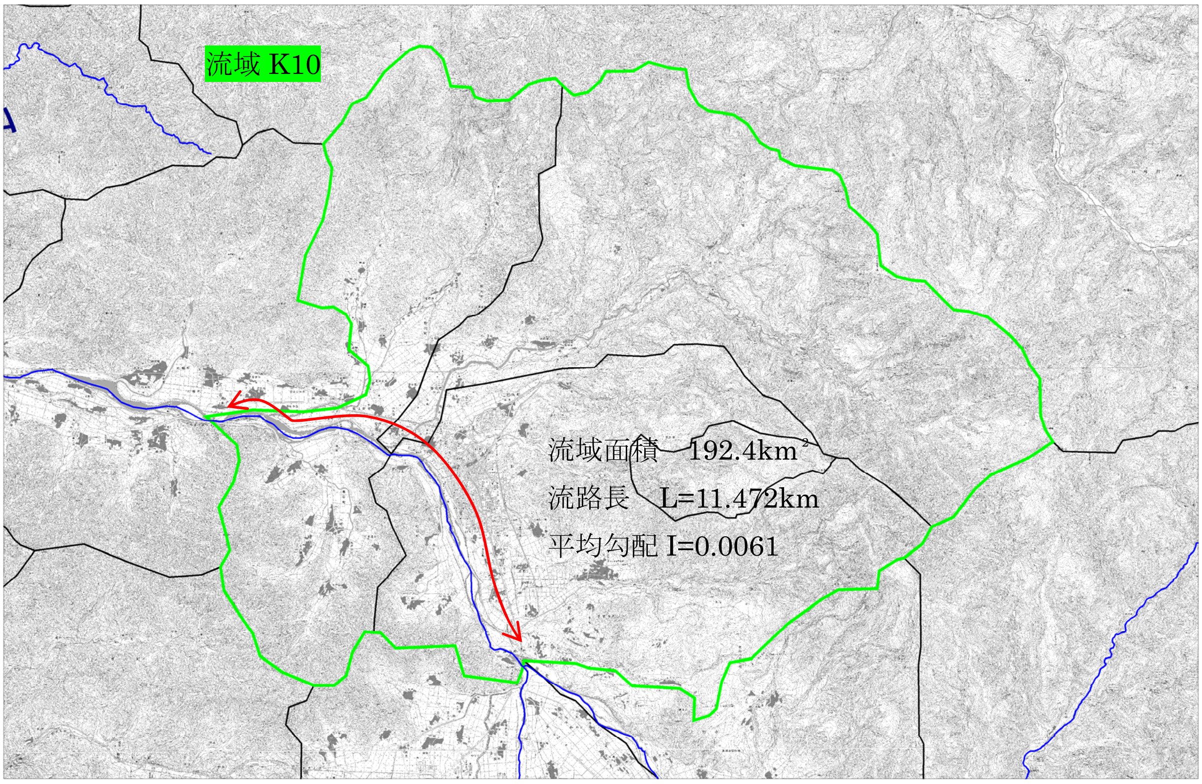


図 1.17　(10)　流路延長（流域番号 K10）

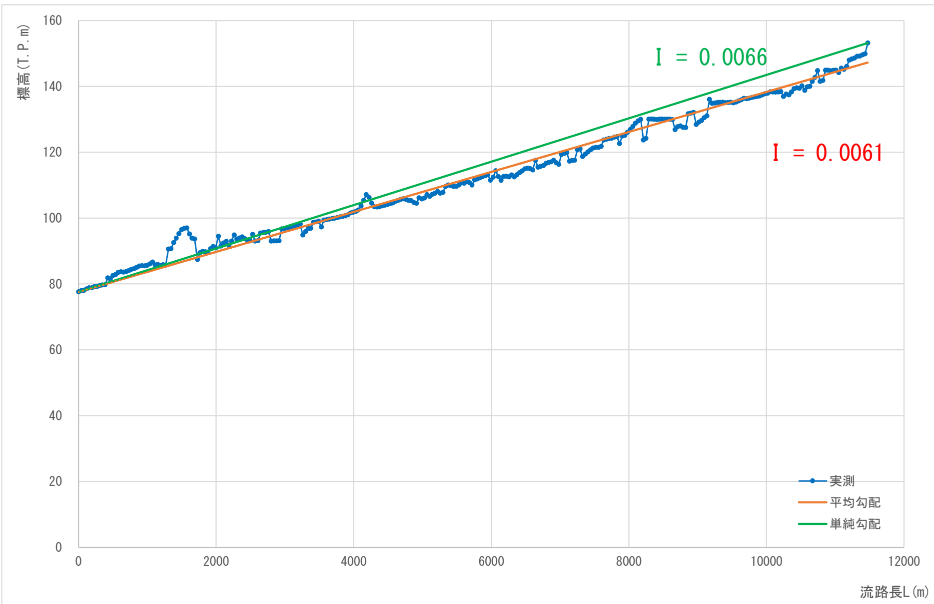


図 1.18　(10)　流域流路勾配（流域番号 K10）

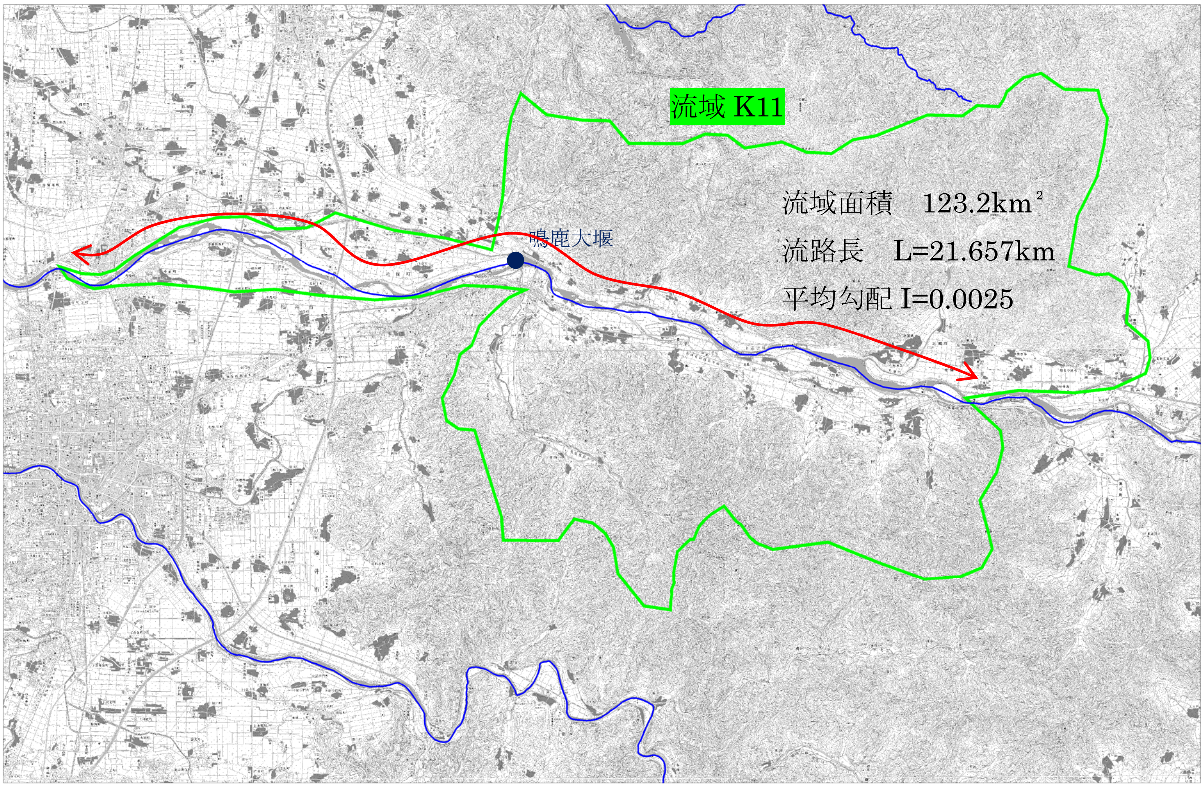


図 1.17　(11)　流路延長（流域番号 K11）

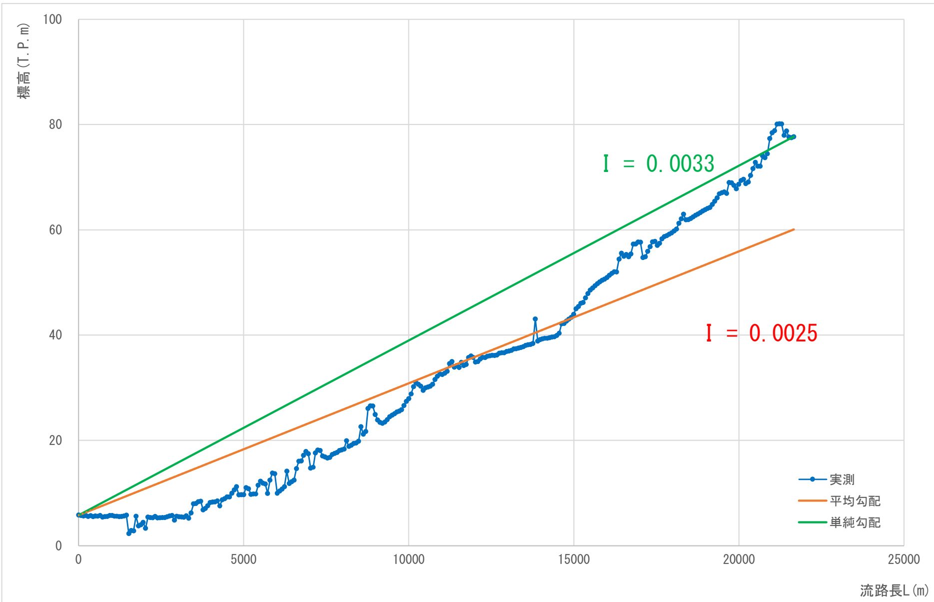


図 1.18　(11)　流域流路勾配（流域番号 K11）

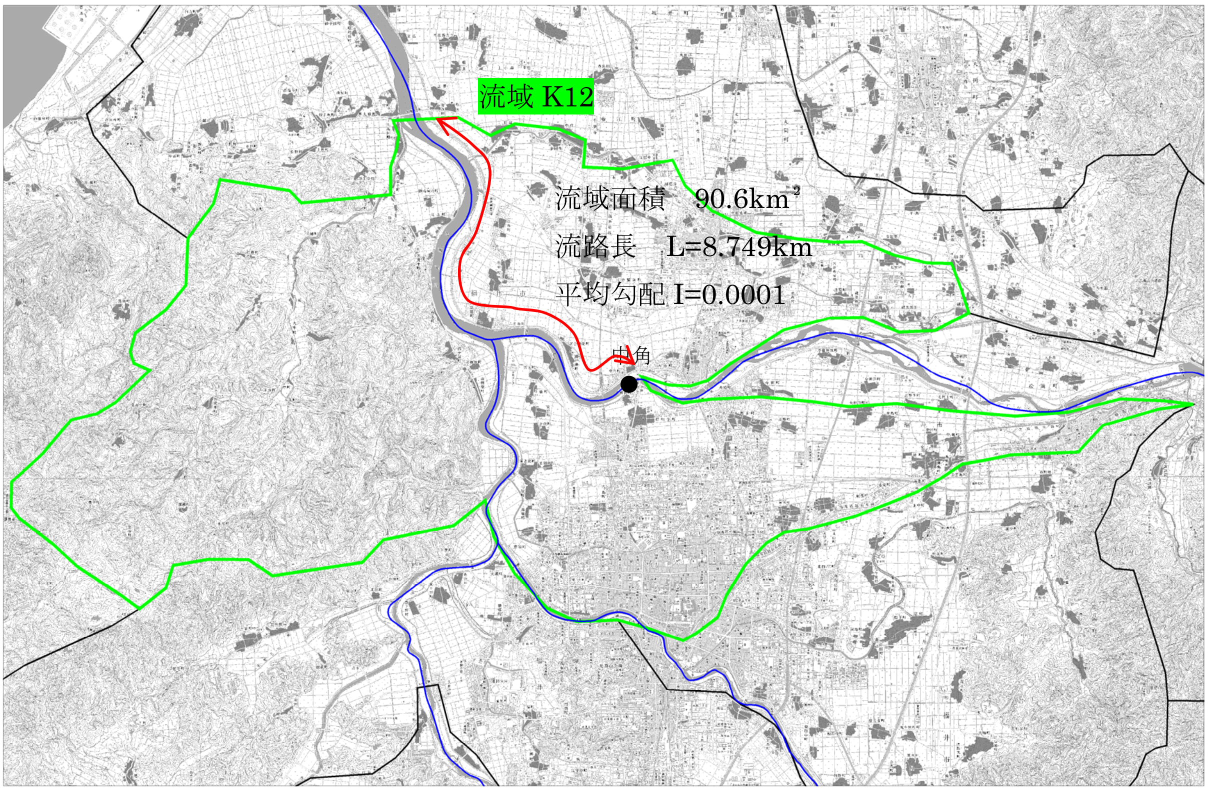


図 1.17　(12)　流路延長（流域番号 K12）

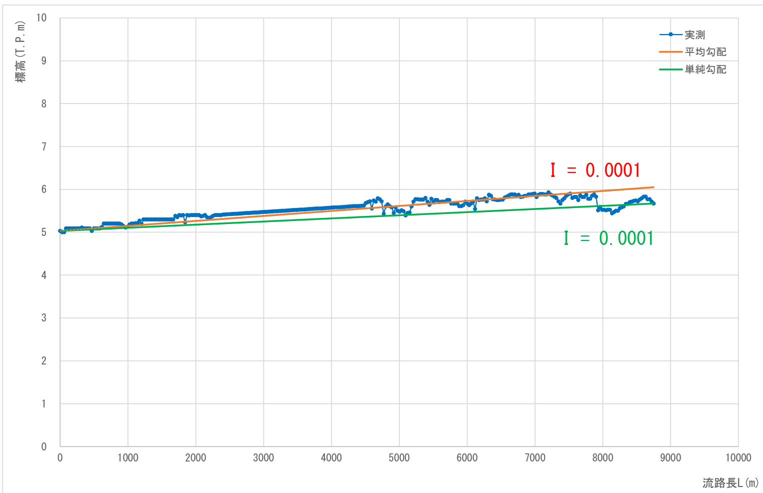


図 1.18　(12)　流域流路勾配（流域番号 K12）

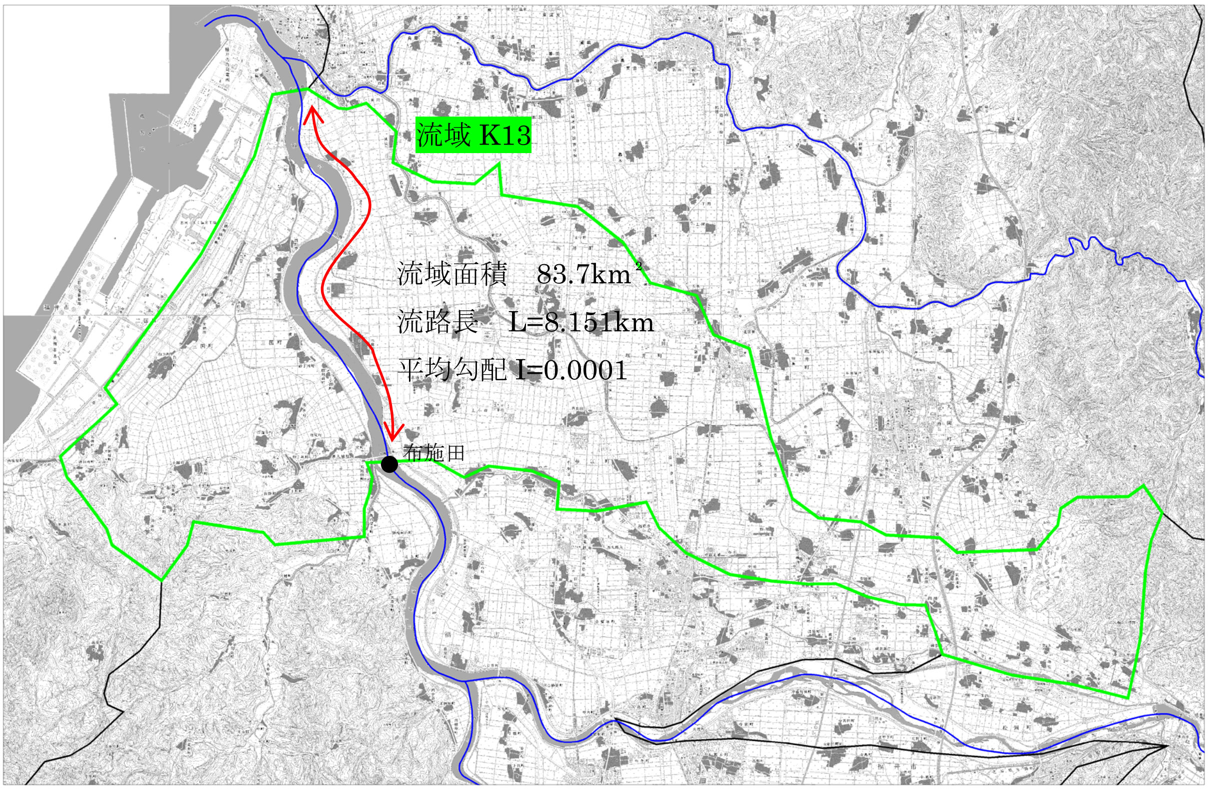


図 1.17　(13)　流路延長（流域番号 K13）

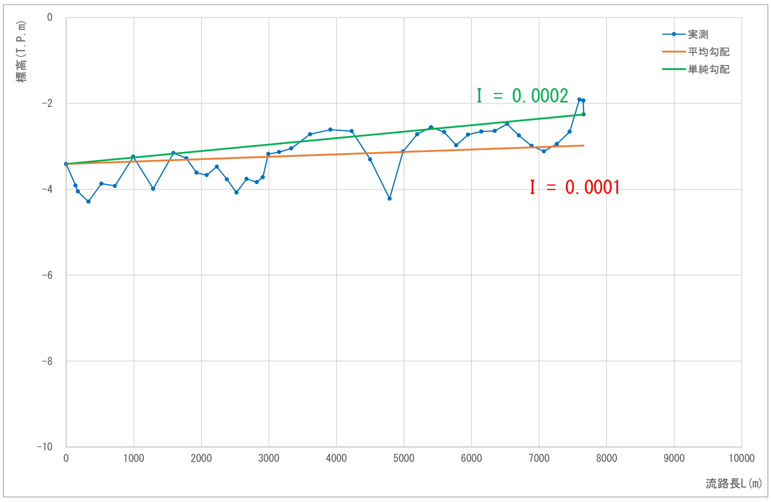


図 1.18　(13)　流域流路勾配（流域番号 K13）

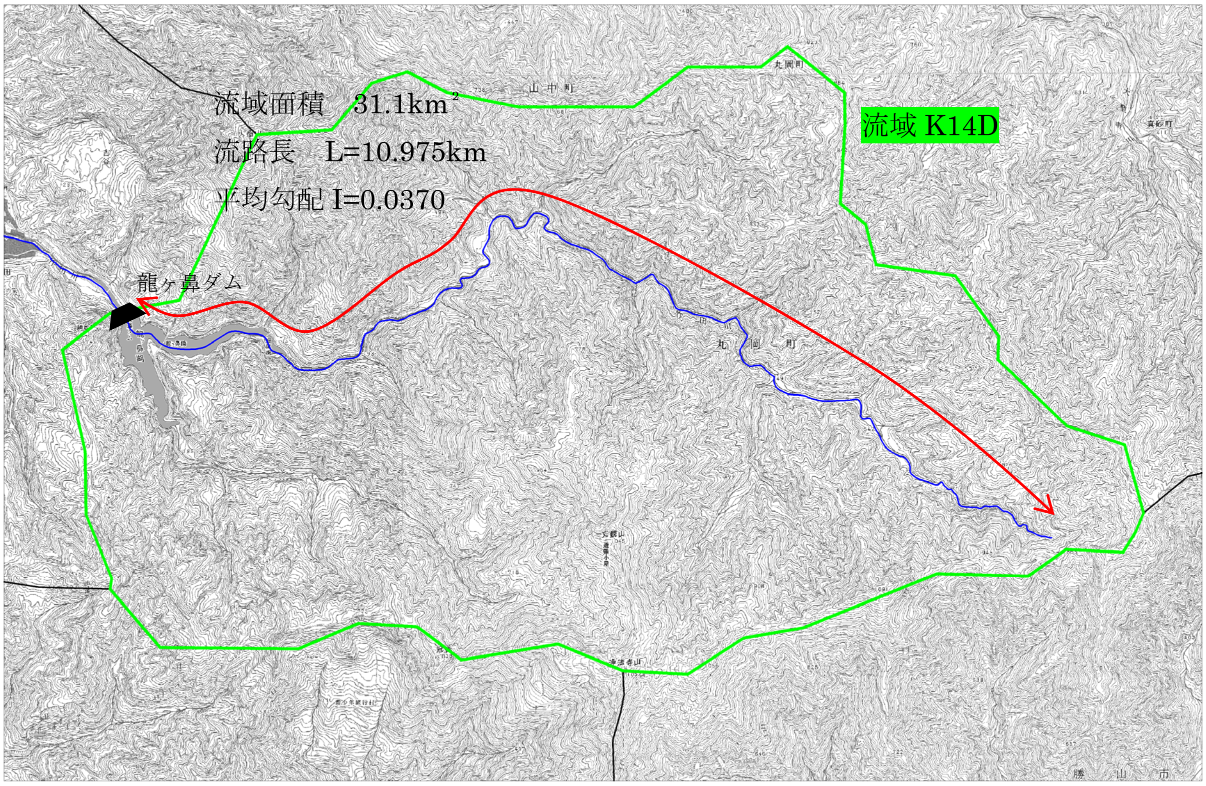


図 1.17　(14)　流路延長（流域番号 K14D）

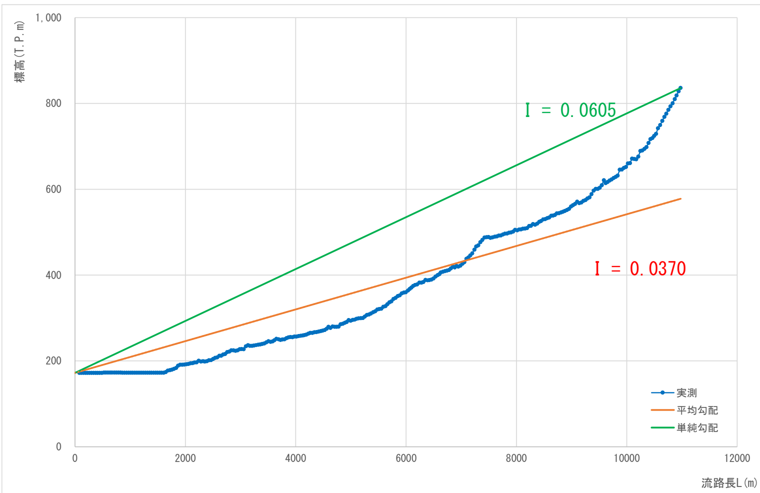


図 1.18　(14)　流域流路勾配（流域番号 K14D）

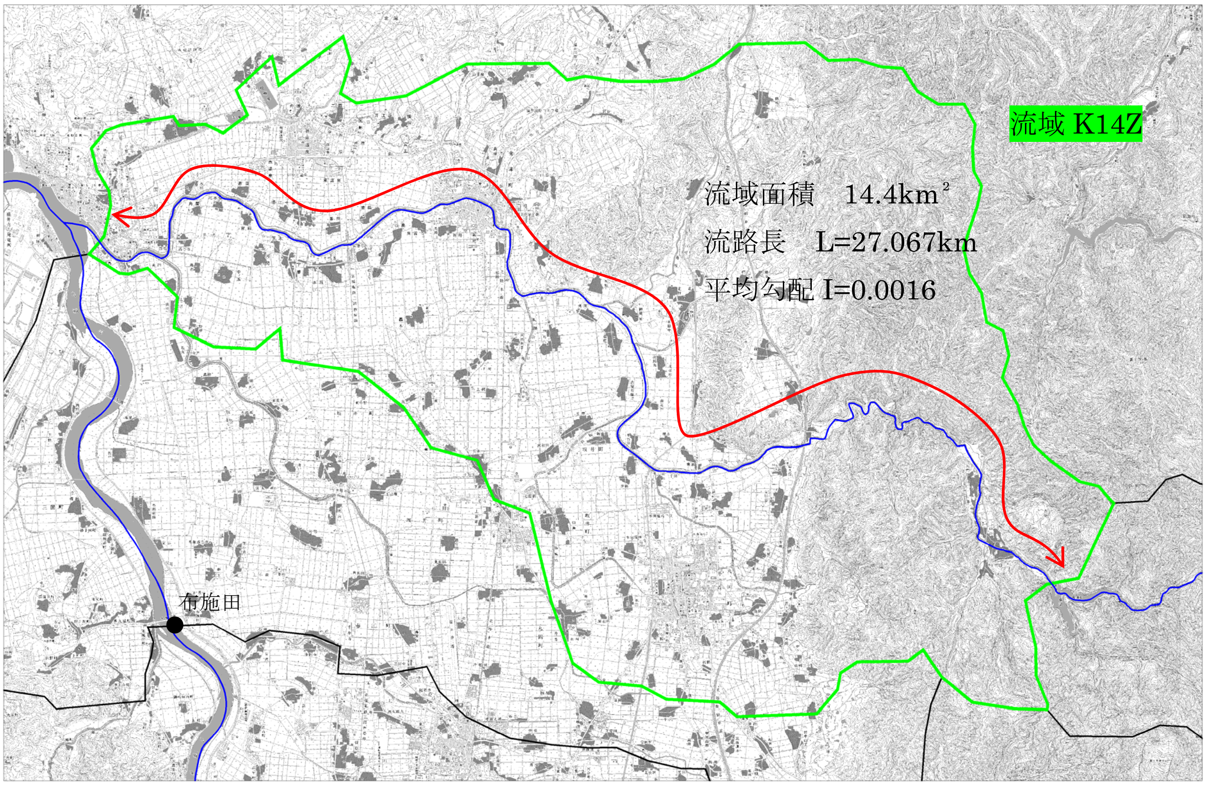


図 1.17　(15)　流路延長（流域番号 K14Z）

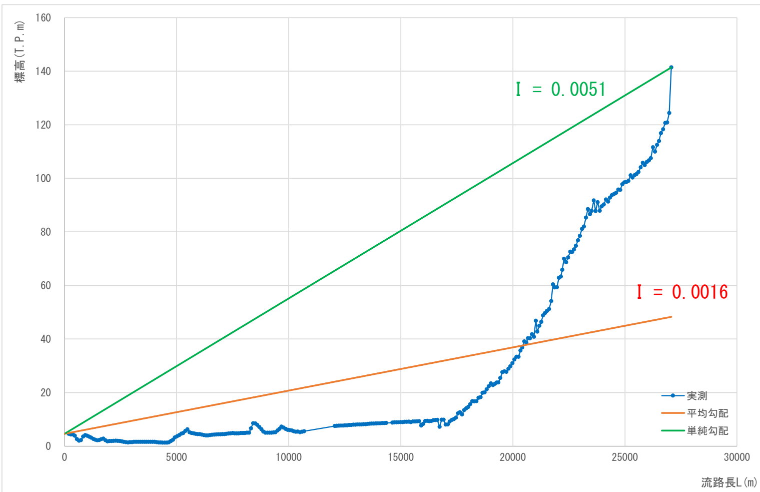


図 1.18　(15)　流域流路勾配（流域番号 K14Z）

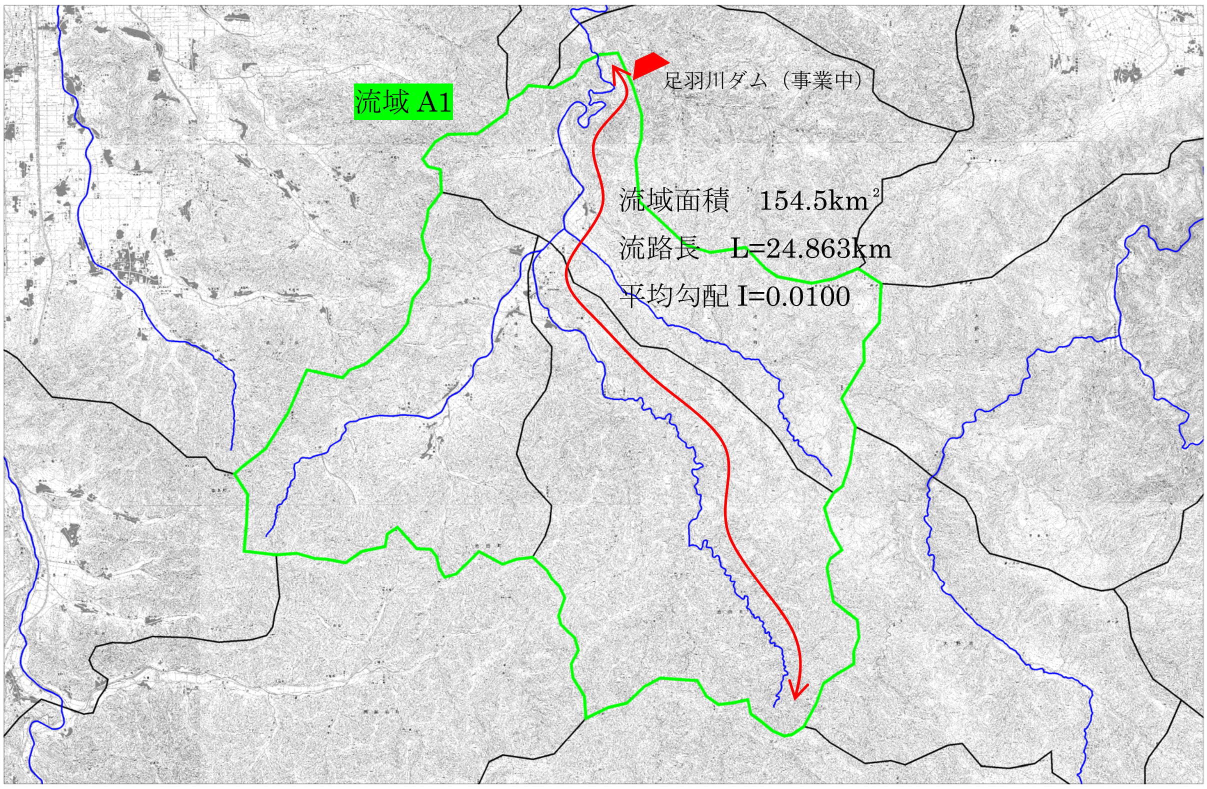


図 1.17　(16)　流路延長（流域番号 A1）

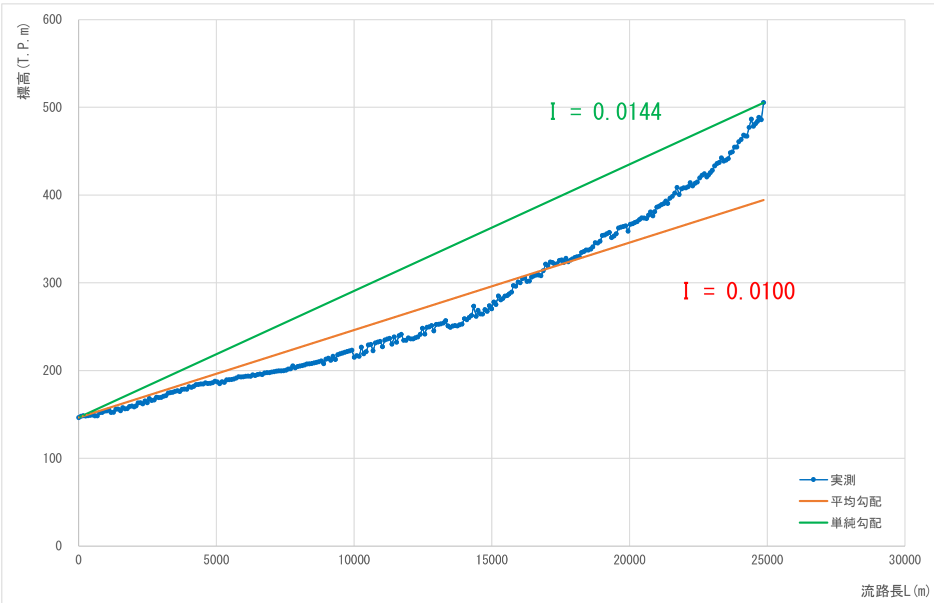


図 1.18　(16)　流域流路勾配（流域番号 A1）

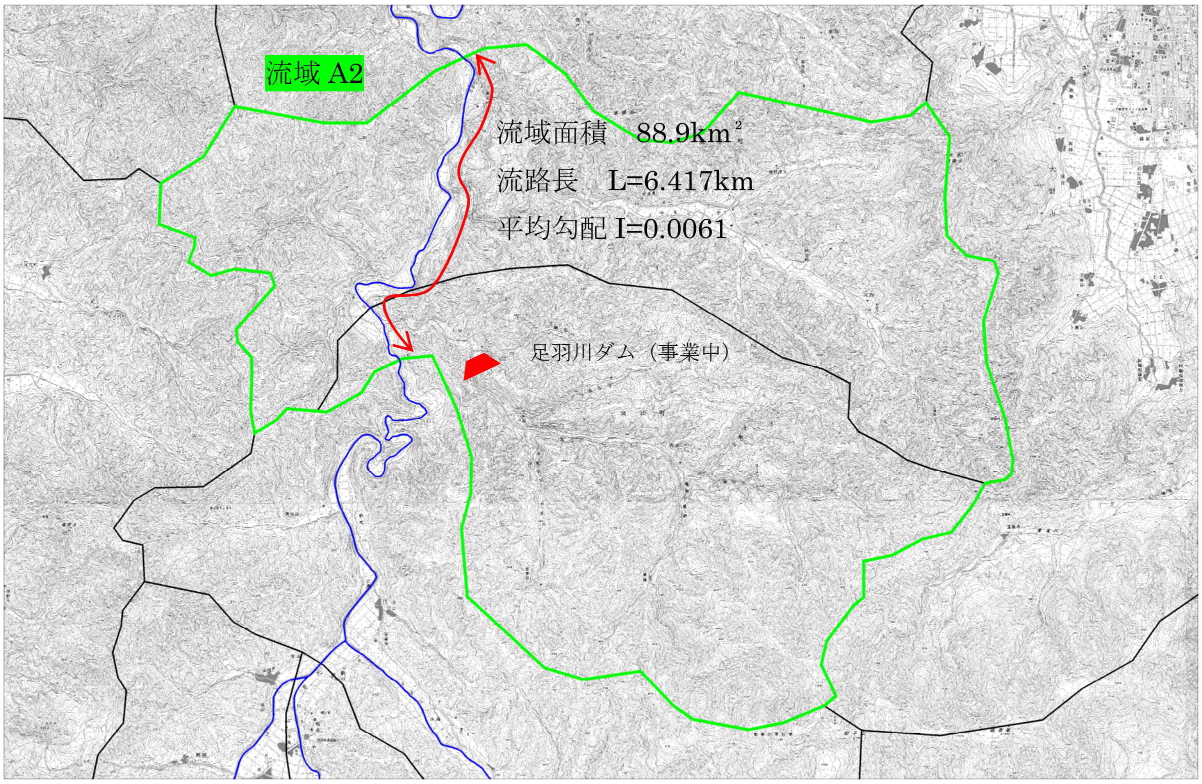


図 1.17　(17)　流路延長（流域番号 A2）

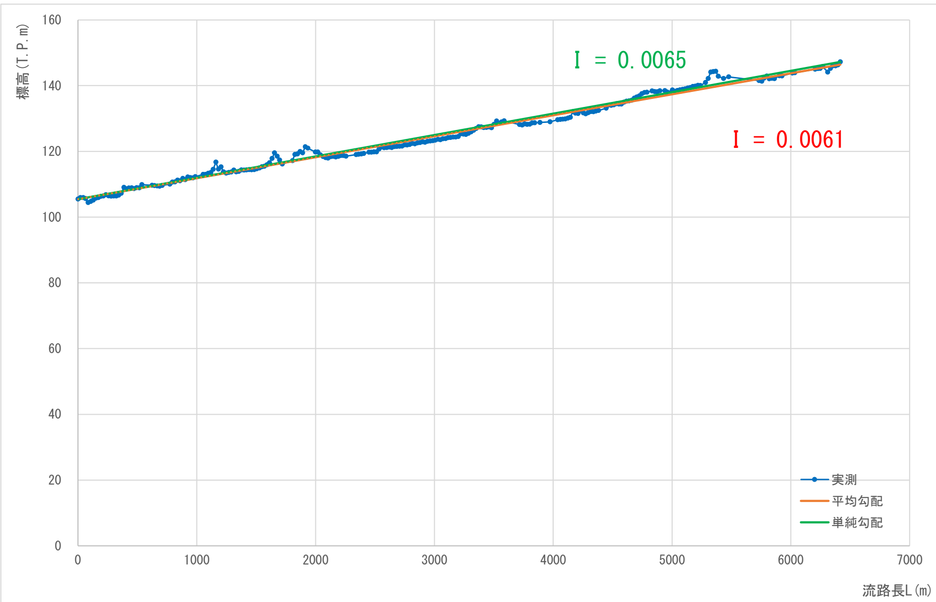


図 1.18　(17)　流域流路勾配（流域番号 A2）

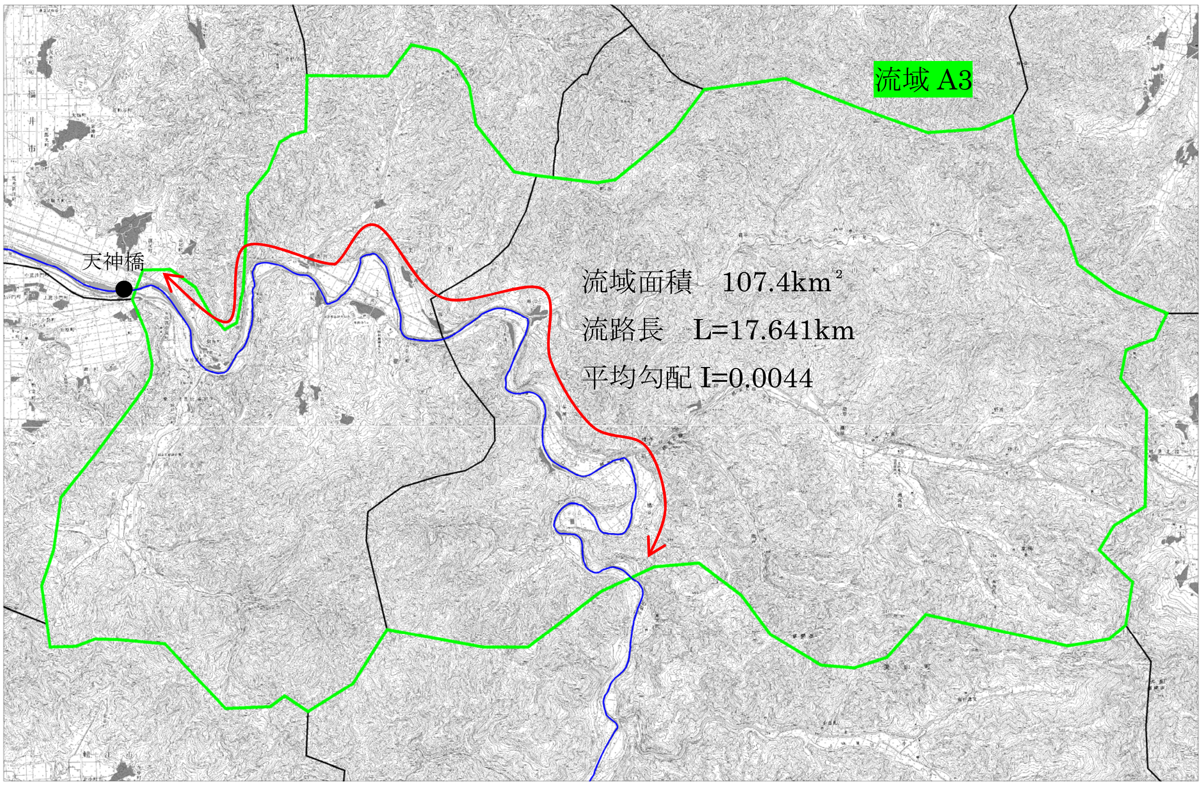


図 1.17　(18)　流路延長（流域番号 A3）

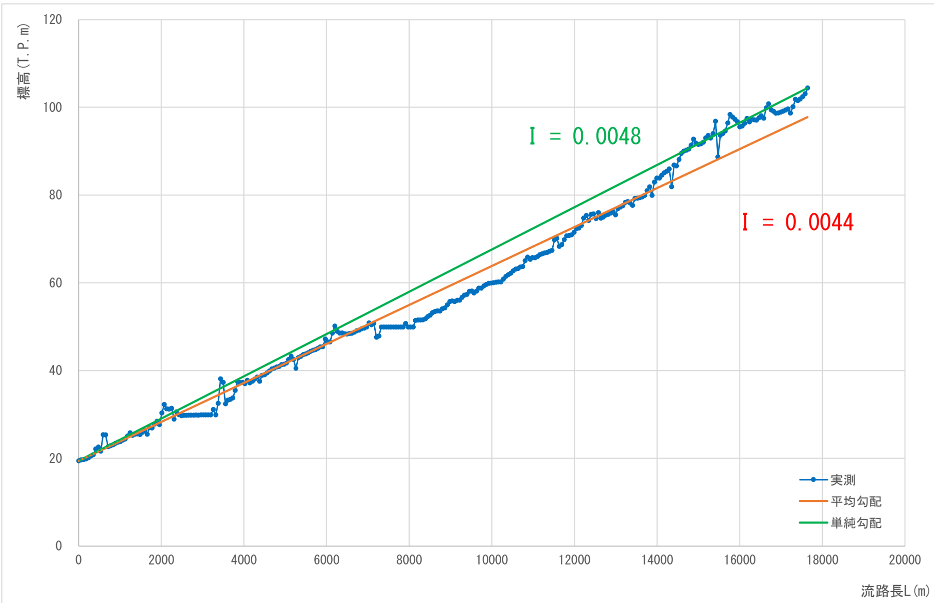


図 1.18　 (18)　流域流路勾配（流域番号 A3）

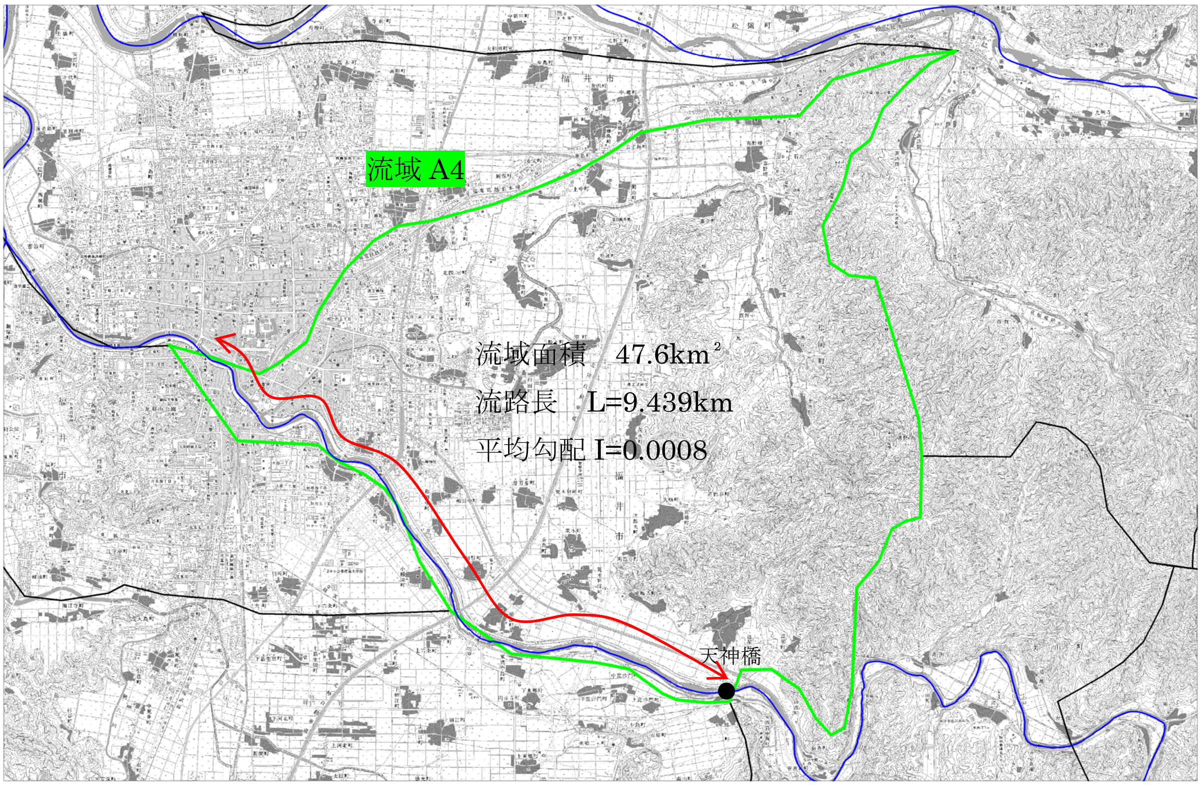


図 1.17　(19)　流路延長（流域番号 A4）

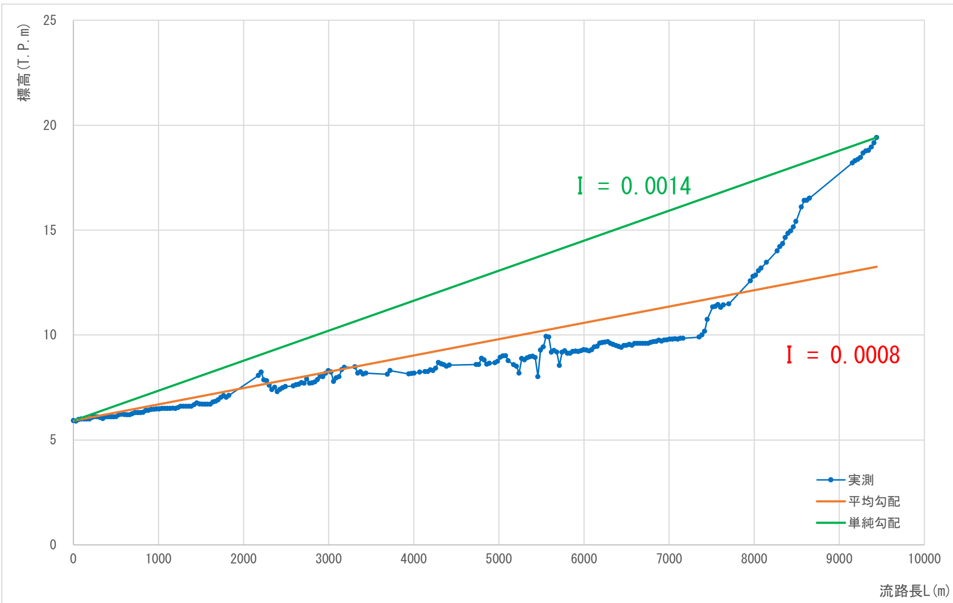


図 1.18　(19)　流域流路勾配（流域番号 A4）

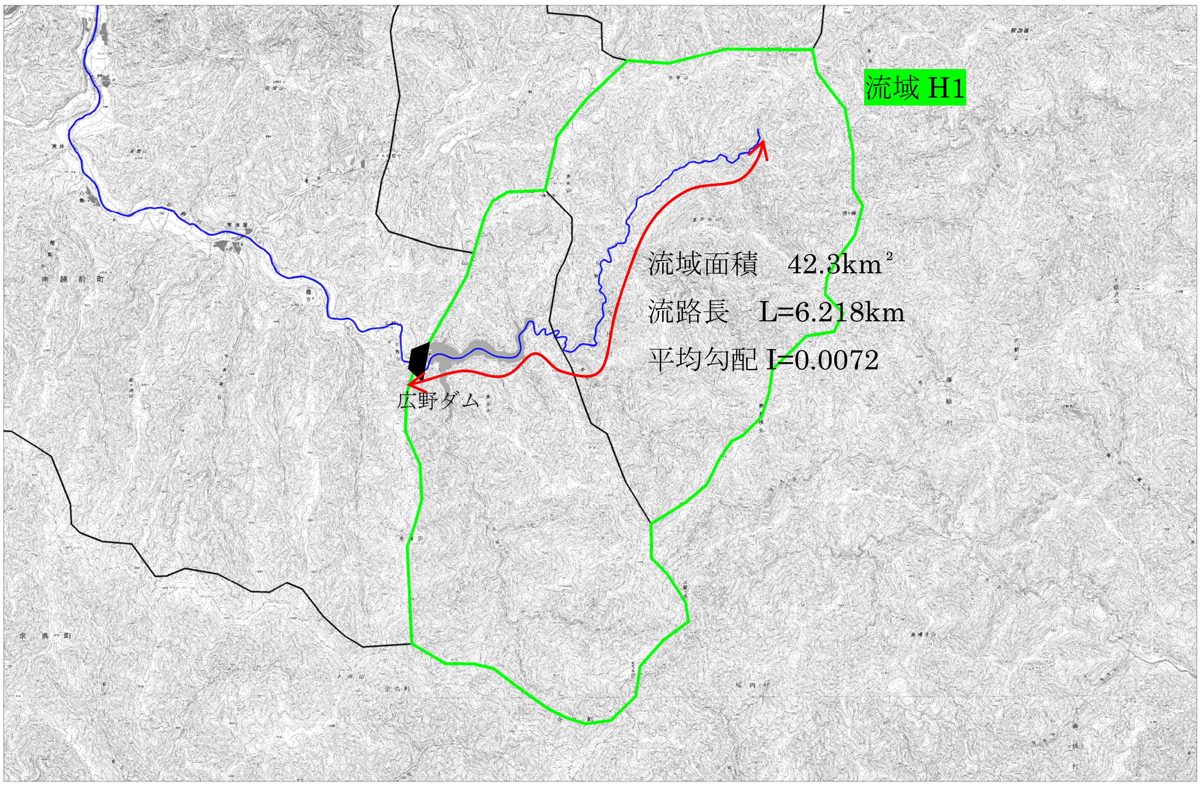


図 1.17　(20)　流路延長（流域番号 H1）

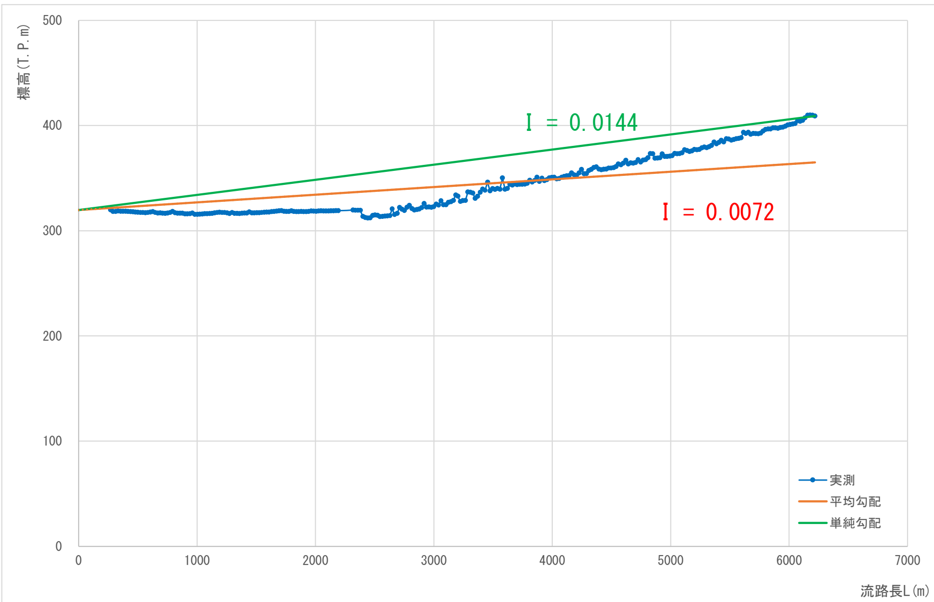


図 1.18　(20)　流域流路勾配（流域番号 H1）

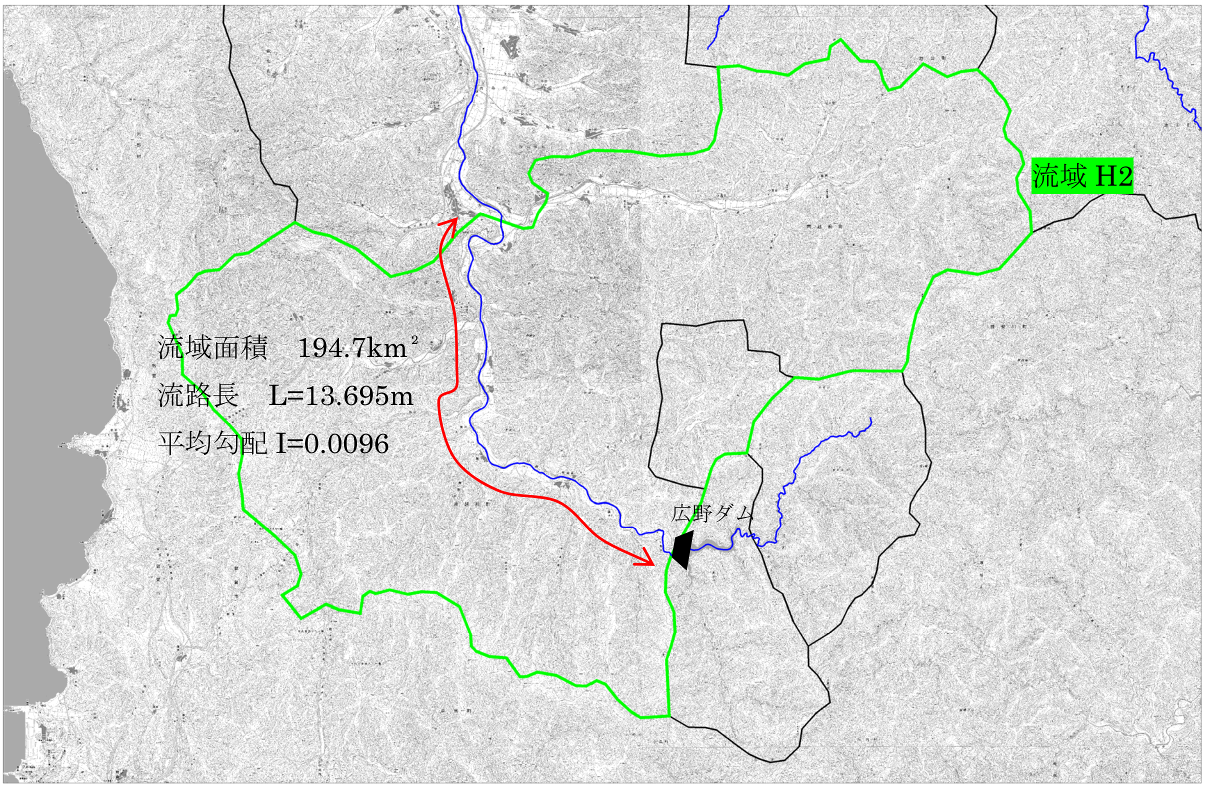


図 1.17　(21)　流路延長（流域番号 H2）

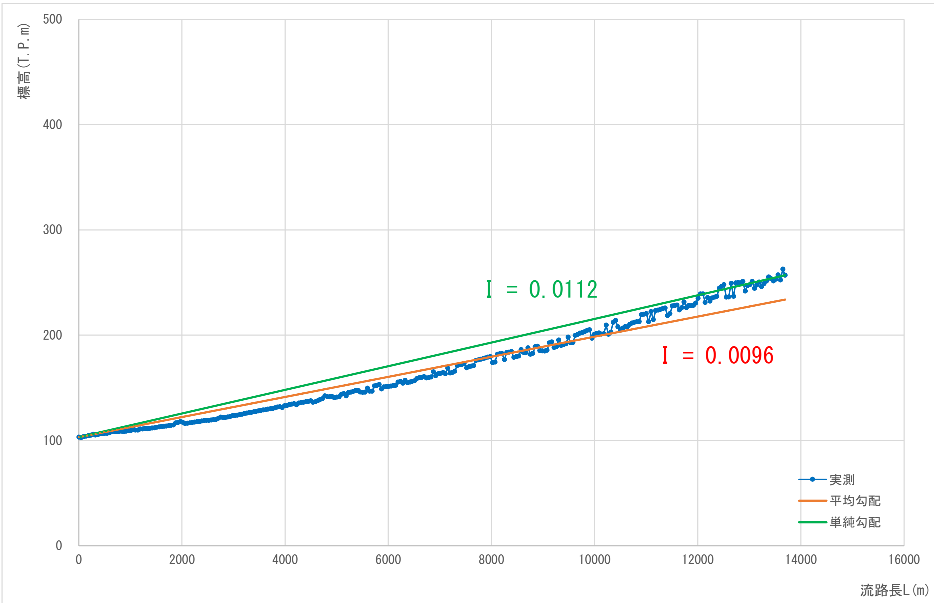


図 1.18　(21)　流域流路勾配（流域番号 H2）

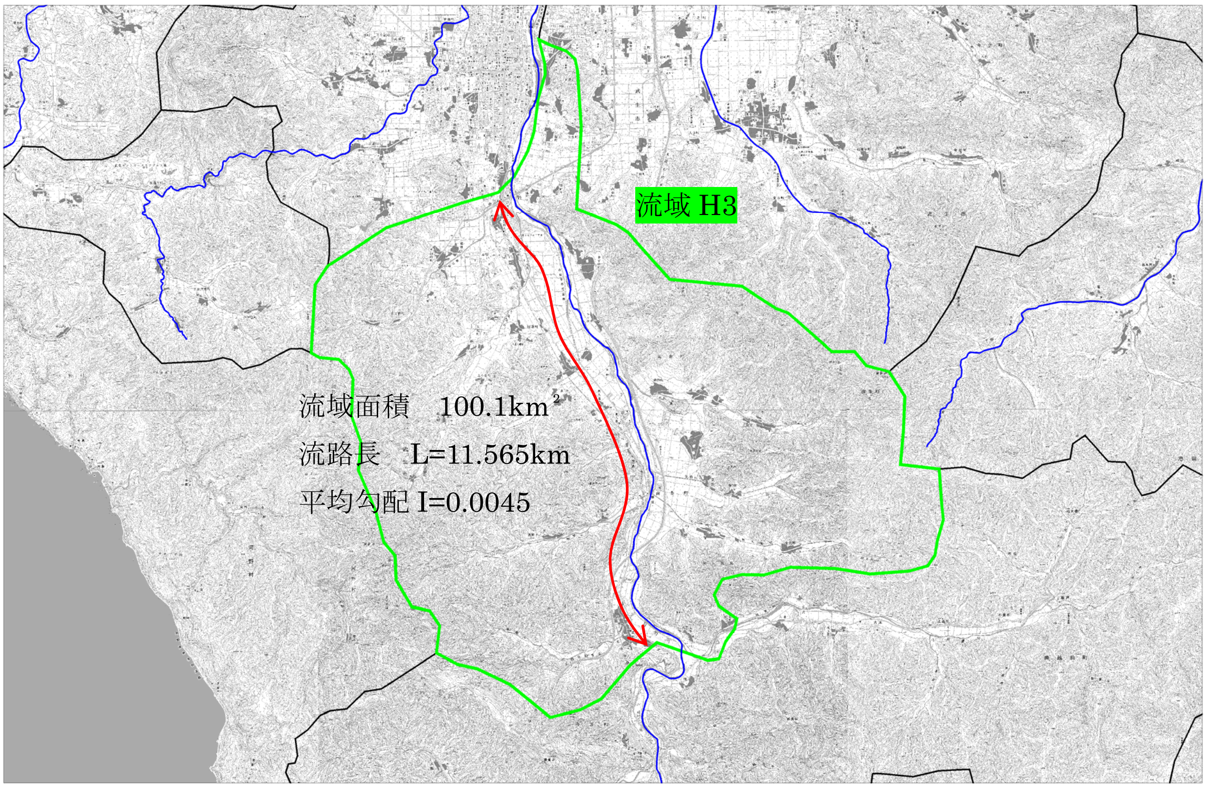


図 1.17　(22)　流路延長（流域番号 H3）

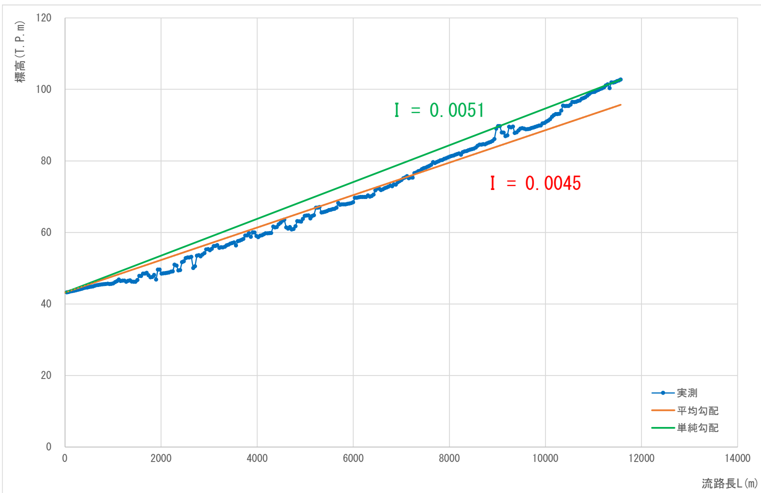


図 1.18　(22)　流域流路勾配（流域番号 H3）

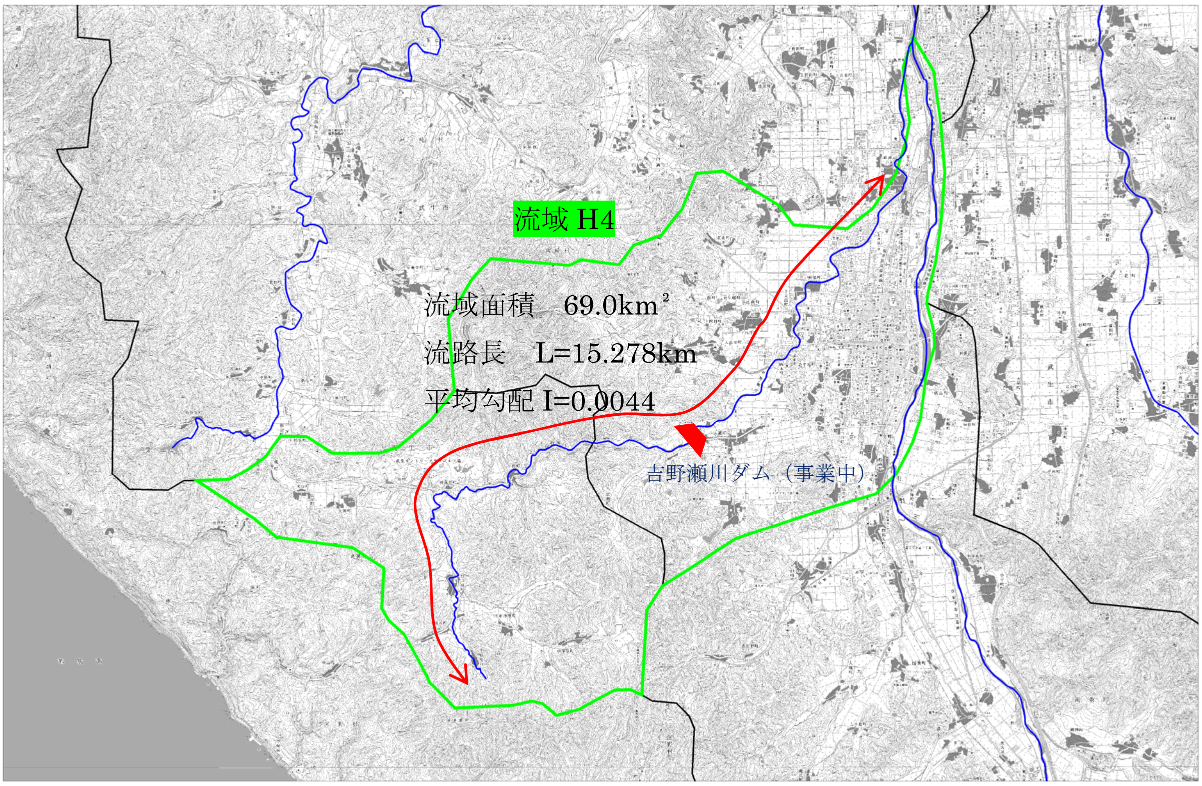


図 1.17　(23)　流路延長（流域番号 H4）

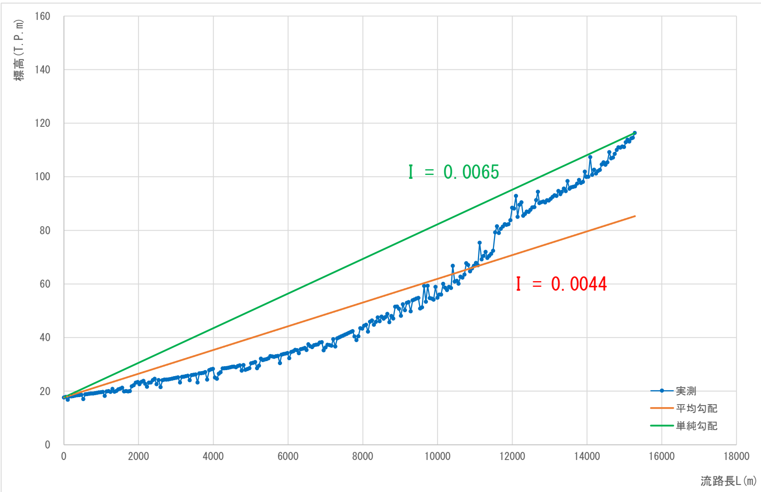


図 1.18　(23)　流域流路勾配（流域番号 H4）

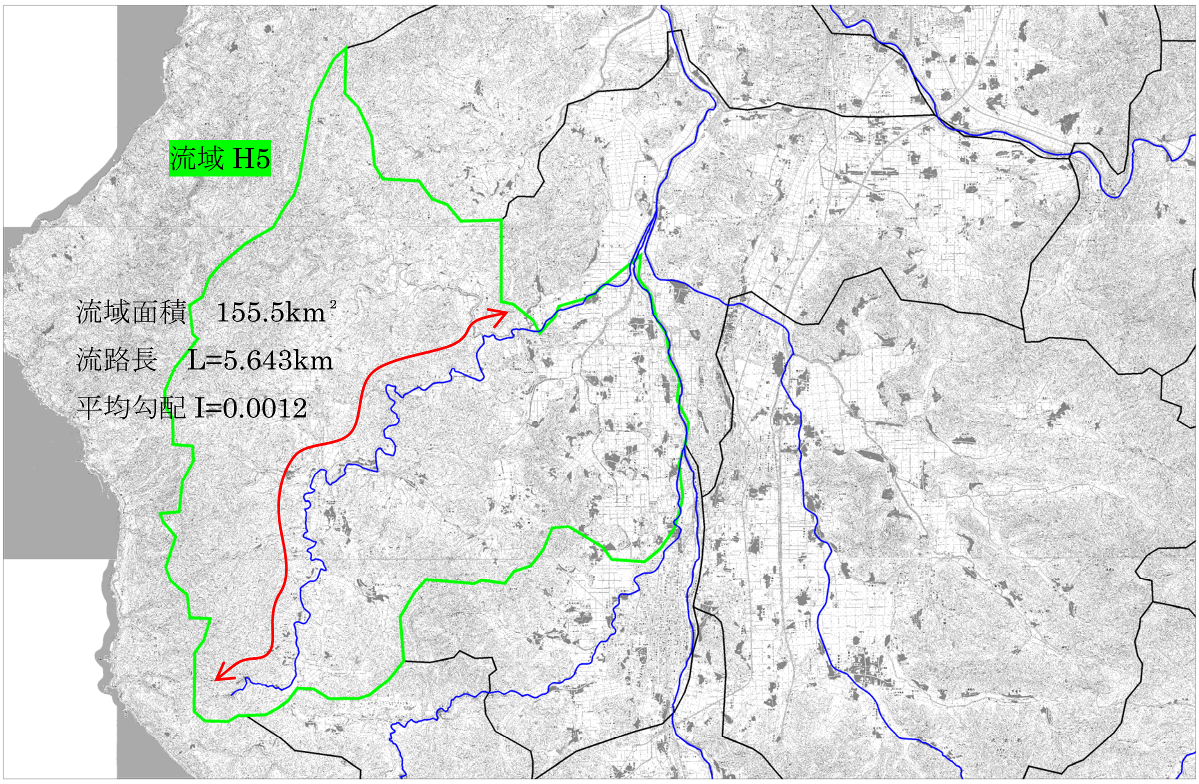


図 1.17　(24)　流路延長（流域番号 H5）

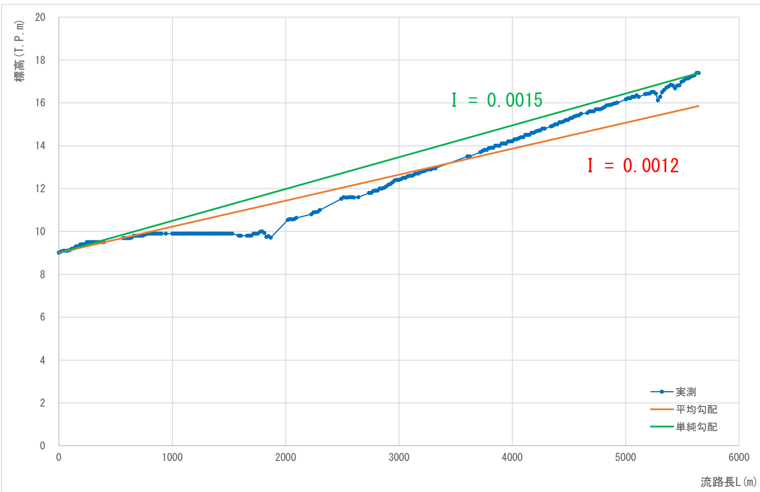


図 1.18　(24)　流域流路勾配（流域番号 H5）

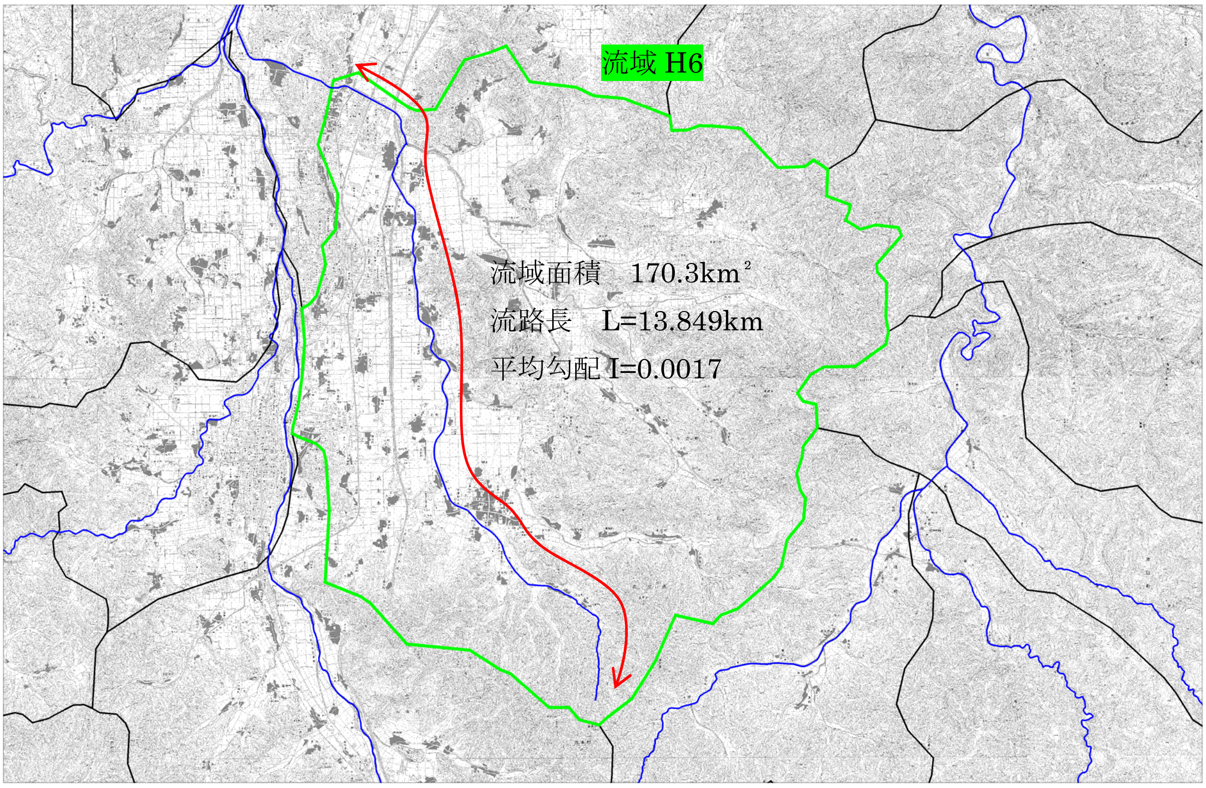


図 1.17　(25)　流路延長（流域番号 H6）

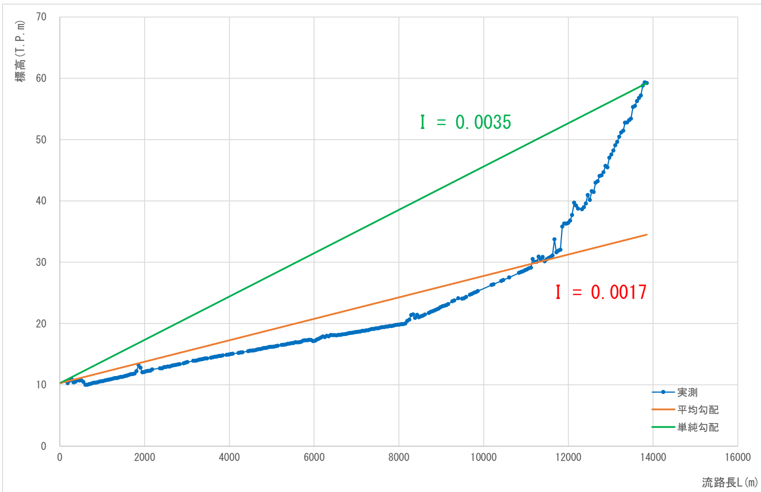


図 1.18　(25)　流域流路勾配（流域番号 H6）

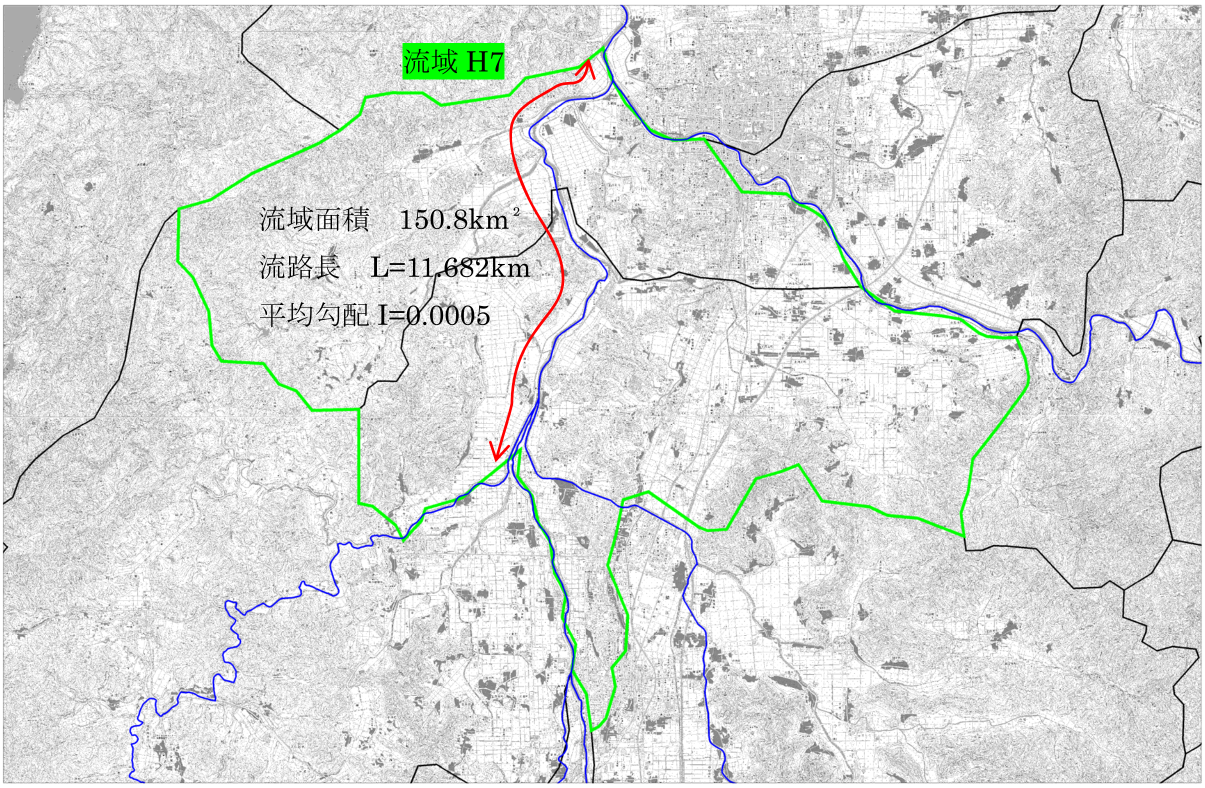


図 1.17　(26)　流路延長（流域番号 H7）

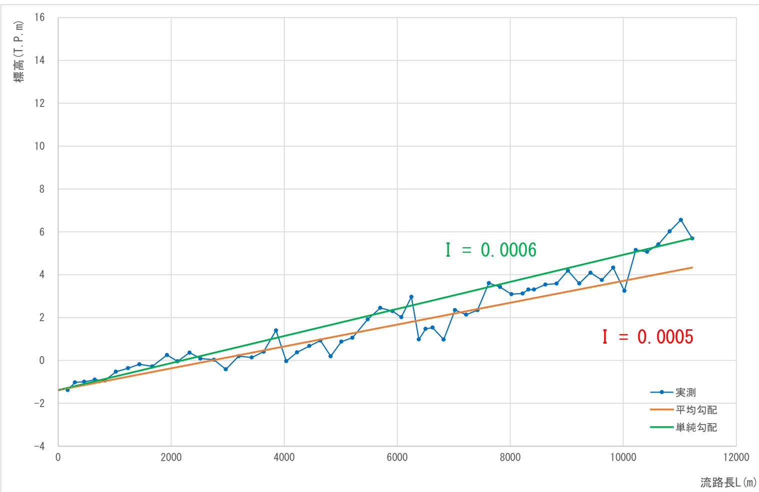


図 1.18　(26)　　流域流路勾配（流域番号 H7）

表 1.7 流域定数一覧表

NO.	流域	流域面積(km²)		流路長(m)	流路長(km)	勾配	α	C	K	P	Tl(h)
1	K-1	184.5	184.5	18095	18.095	0.0034	4.339	0.12	9.092	0.819	0.36
2	K-2	125.0	125.0	23685	23.685	0.0213	4.339	0.12	5.395	0.819	0.47
3	K-3-1	6.6	119.4	24204	24.204	0.0105	4.339	0.12	6.879	0.819	0.48
4	K-3-2	105.7									
5	K-3-3	7.1									
6	K-4	120.8	120.8	20660	20.660	0.0328	4.339	0.12	4.464	0.819	0.41
7	K-5	52.0	52.0	8002	8.002	0.0077	4.339	0.12	5.275	0.819	0.16
8	K-6	70.9	70.9	12523	12.523	0.0112	4.339	0.12	5.405	0.819	0.25
9	K-7	55.8	55.8	12349	12.349	0.0250	4.339	0.12	4.116	0.819	0.25
10	K-8	97.0	97.0	15605	15.605	0.0061	4.339	0.12	7.122	0.819	0.31
11	K-9	120.6	120.6	14574	14.574	0.0065	4.339	0.12	6.816	0.819	0.29
12	K-10-1	70.4	192.4	11472	11.472	0.0061	4.339	0.12	6.428	0.819	0.23
13	K-10-2-1	47.0									
14	K-10-2-2	11.8									
15	K-10-3	55.5									
16	K-10-4	7.7									
17	K-11-1	60.3	123.2	21657	21.657	0.0025	4.339	0.12	10.695	0.819	0.43
18	K-11-2	59.8									
19	K-11-3	3.1									
20	K-12	90.6	90.6	8749	8.749	0.0001	4.339	0.12	23.117	0.819	0.17
21	K-13	83.7	83.7	8151	8.151	0.0001	4.339	0.12	22.578	0.819	0.16
22	K-14D	31.1	31.1	10975	10.975	0.0370	4.339	0.12	3.473	0.819	0.22
23	K-14Z	14.4	14.4	27067	27.067	0.0016	4.339	0.12	13.368	0.819	0.54
24	H-1-1	20.3	42.3	6218	6.218	0.0072	4.339	0.12	4.959	0.819	0.12
25	H-1-2	22.0									
26	H-2-1	10.2	194.7	13695	13.695	0.0096	4.339	0.12	5.862	0.819	0.27
27	H-2-2	184.5									
28	H-3	100.1	100.1	11565	11.565	0.0045	4.339	0.12	7.133	0.819	0.23
29	H-4-1	24.0	69.0	15278	15.278	0.0044	4.339	0.12	7.885	0.819	0.31
30	H-4-2	45.0									
31	H-5	155.5	155.5	5643	5.643	0.0012	4.339	0.12	8.724	0.819	0.11
32	H-6	170.3	170.3	13849	13.849	0.0017	4.339	0.12	10.478	0.819	0.28
33	H-7-1	72.8	150.8	11682	11.682	0.0005	4.339	0.12	14.887	0.819	0.23
34	H-7-2-1	70.5									
35	H-7-2-2	7.5									
36	A-1-1-1	3.0	154.5	24863	24.863	0.0100	4.339	0.12	7.055	0.819	0.50
37	A-1-1-2	11.0									
38	A-1-1-3	36.0									
39	A-1-1-4	8.4									
40	A-1-2	53.5									
41	A-1-3-1	21.0									
42	A-1-3-2	21.6									
43	A-2-1-1	34.0	88.9	6417	6.417	0.0061	4.339	0.12	5.296	0.819	0.13
44	A-2-1-2	3.3									
45	A-2-2	51.6									
46	A-3-1	62.5	107.4	17641	17.641	0.0044	4.339	0.12	8.273	0.819	0.35
47	A-3-2	44.9									
48	A-4	47.6	47.6	9439	9.439	0.0008	4.339	0.12	11.855	0.819	0.19

(2) 河道定数の設定

河道定数 K・P は、九頭竜川流域における小流域間に設定された A 河道～L 河道において、任意の流量 Q に対応する貯留量 S との関係から算出した。貯留量 S の算定では、河道範囲を限定せず氾濫を考慮した流量と貯留量の関係を算定した。

また、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算出した。

表 1.8 対象河道一覧

河道NO.	河川名	河道区間	河道延長 (km)
A	九頭竜川	九頭竜ダム～富田地点	21.0
B	九頭竜川	富田地点～下荒井地点	7.5
C	九頭竜川	笹生川ダム～真名川ダム	12.0
D	九頭竜川	真名川ダム～下荒井地点	13.5
E	九頭竜川	下荒井地点～小舟渡地点	11.7
F	九頭竜川	小舟渡地点～中角地点	21.3
G1	足羽川	天神橋地点～豊島地点	12.0
H	日野川	今庄地点～武生地点	15.0
I	日野川	武生地点～三尾野地点	10.5
J1	日野川	三尾野地点～久喜津地点	7.5
J2	日野川	久喜津地点～深谷地点	4.5
K	九頭竜川	日野川合流点～布施田地点	6.6
L	九頭竜川	布施田地点～新保橋地点	7.7

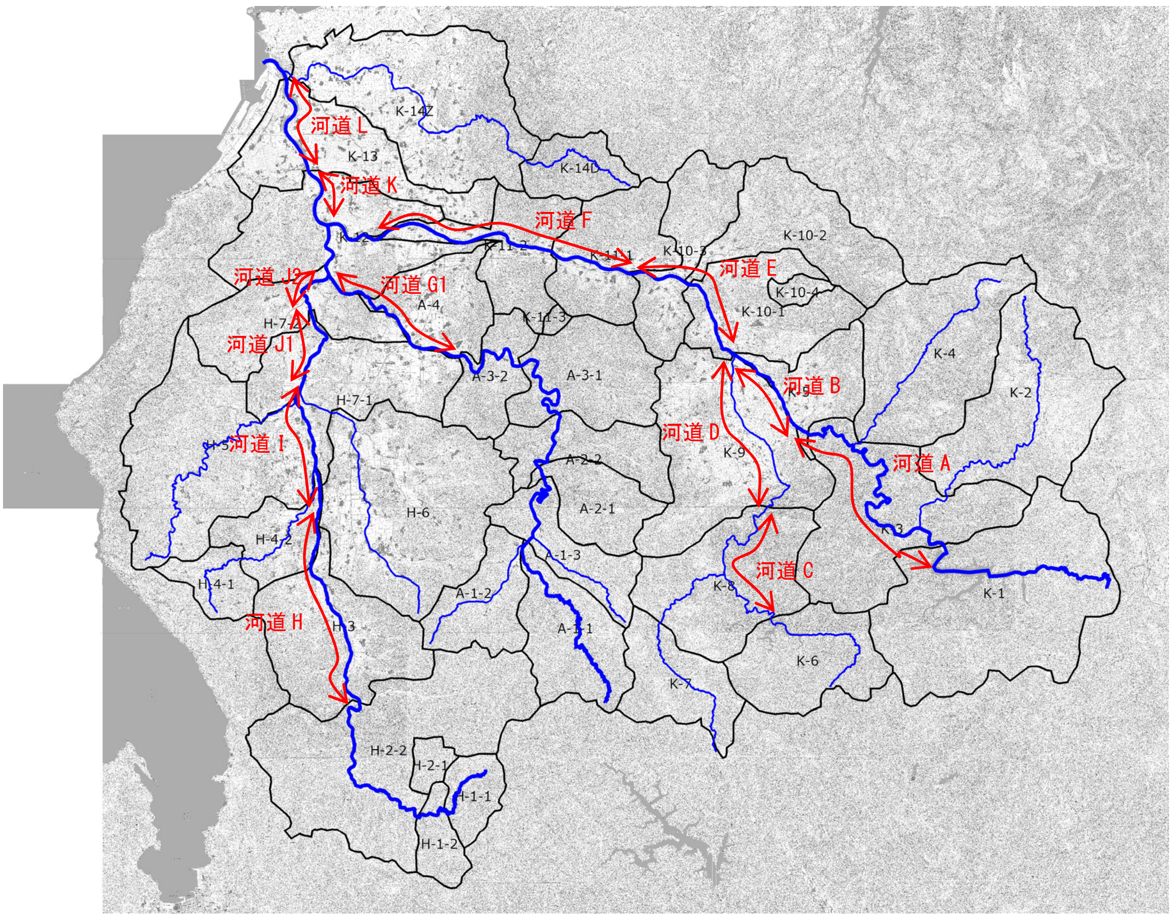


図 1.19 対象河道位置図

1) K・Pの設定

表 1.8 に示す河道 A～河道 L について、次に示す 2 つの対象河道に適用する河道定数（K・P）を設定する。

①検証用河道（現況河道）

モデル検証用の定数として設定。

②計画河道

基本高水のピーク流量等算定用の定数として設定。

各河道において不等流計算を実施し、S-Q 関係を整理した結果は表 1.9・表 1.10 に示すとおりであり、S-Q 関係から、K・P を設定した結果は表 1.11・表 1.12 に示すとおりである。

表 1.9　S-Q 関係一覧表（現況河道）

河道A		河道B		河道C		河道D		河道E	
流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)
460	1,466	800	483	28	153	30	128	1,000	1,053
920	2,196	1,600	820	56	206	60	173	2,000	1,753
1,150	2,520	2,000	961	70	228	75	210	2,500	2,046
1,380	2,828	2,400	1,097	84	249	90	233	3,000	2,328
1,840	3,418	3,200	1,355	112	290	120	286	4,000	2,851
2,300	3,966	4,000	1,597	140	329	150	356	5,000	3,350
2,760	4,498	4,800	1,829	168	367	180	397	6,000	3,836
3,450	5,280	6,000	2,163	210	421	225	462	7,500	4,566

河道F		河道G1		河道H		河道I		河道J1	
流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)
1,100	2,885	360	626	345	750	364	948	560	864
2,200	4,729	540	838	691	1,156	727	1,291	1,120	1,411
2,750	5,547	900	1,236	864	1,331	909	1,448	1,400	1,744
3,300	6,399	1,080	1,458	1,152	1,596	1,212	1,716	1,680	2,114
4,400	8,059	1,440	1,896	1,439	1,836	1,515	1,973	2,240	2,810
5,500	9,624	1,800	2,300	1,900	2,187	2,000	2,366	2,800	3,416
6,600	11,125	2,160	2,687	2,303	2,470	2,424	2,691	3,360	3,971
8,250	13,279	2,700	3,225	2,879	2,842	3,030	3,125	4,200	4,723

河道J2		河道K		河道L	
流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)	流量Q (m^3/s)	貯留量S (m^3/s)
560	618	1,400	2,078	1,400	2,771
1,120	939	2,800	2,746	2,800	3,243
1,400	1,129	3,500	3,074	3,500	3,560
1,680	1,337	4,200	3,432	4,200	3,935
2,240	1,760	5,600	4,261	5,600	4,769
2,800	2,123	7,000	5,014	7,000	5,607
3,360	2,452	8,400	5,683	8,400	6,411
4,200	2,900	10,500	6,588	10,500	7,586

表 1.10　S-Q 関係一覧表（計画河道）

河道A		河道B		河道C		河道D		河道E	
流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)
460	1,466	800	483	28	153	30	128	822	942
920	2,196	1,600	820	56	206	60	173	1,644	1,571
1,150	2,520	2,000	961	70	228	75	210	3,289	2,548
1,380	2,828	2,400	1,097	84	249	90	233	4,933	3,405
1,840	3,418	3,200	1,355	112	290	120	286	5,756	3,819
2,300	3,966	4,000	1,597	140	329	150	356	6,578	4,224
2,760	4,498	4,800	1,829	168	367	180	397	9,044	5,320
3,450	5,280	6,000	2,163	210	421	225	462	9,867	5,661

河道F		河道G1		河道H		河道I		河道J1	
流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)
1,650	3,957	360	626	345	750	364	948	660	1,207
2,750	5,653	540	838	691	1,156	727	1,291	990	1,515
3,300	6,447	900	1,236	864	1,331	909	1,448	1,650	2,051
3,850	7,264	1,080	1,458	1,152	1,596	1,212	1,716	1,980	2,303
4,400	8,065	1,440	1,896	1,439	1,836	1,515	1,973	2,640	2,859
5,500	9,581	1,800	2,300	1,900	2,187	2,000	2,366	3,300	3,560
6,600	11,015	2,160	2,687	2,303	2,470	2,424	2,691	3,960	4,146
8,250	13,069	2,700	3,225	2,879	2,842	3,030	3,125	4,950	4,949

河道J2		河道K		河道L	
流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)	流量Q (m³/s)	貯留量S (m³/s)
660	723	2,760	3,475	2,760	5,885
990	889	4,600	4,118	4,600	6,426
1,650	1,182	5,520	4,444	5,520	6,753
1,980	1,316	6,440	4,766	6,440	7,105
2,640	1,620	7,360	5,083	7,360	7,482
3,300	2,066	9,200	5,756	9,200	8,321
3,960	2,431	11,040	6,435	11,040	9,210
4,950	2,927	13,800	7,417	13,800	10,614

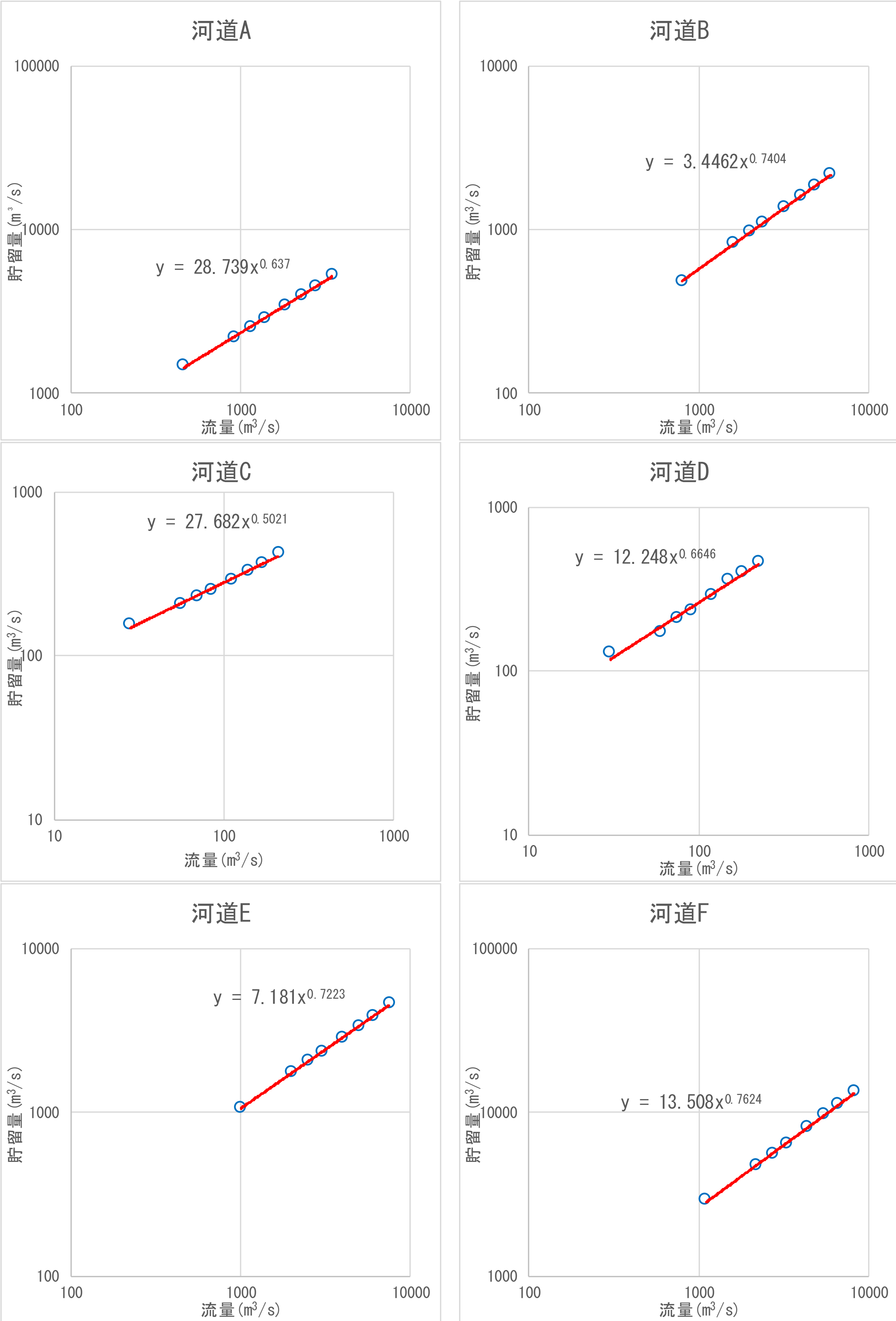


図 1.20 (1) S-Q 関係図（現況河道）

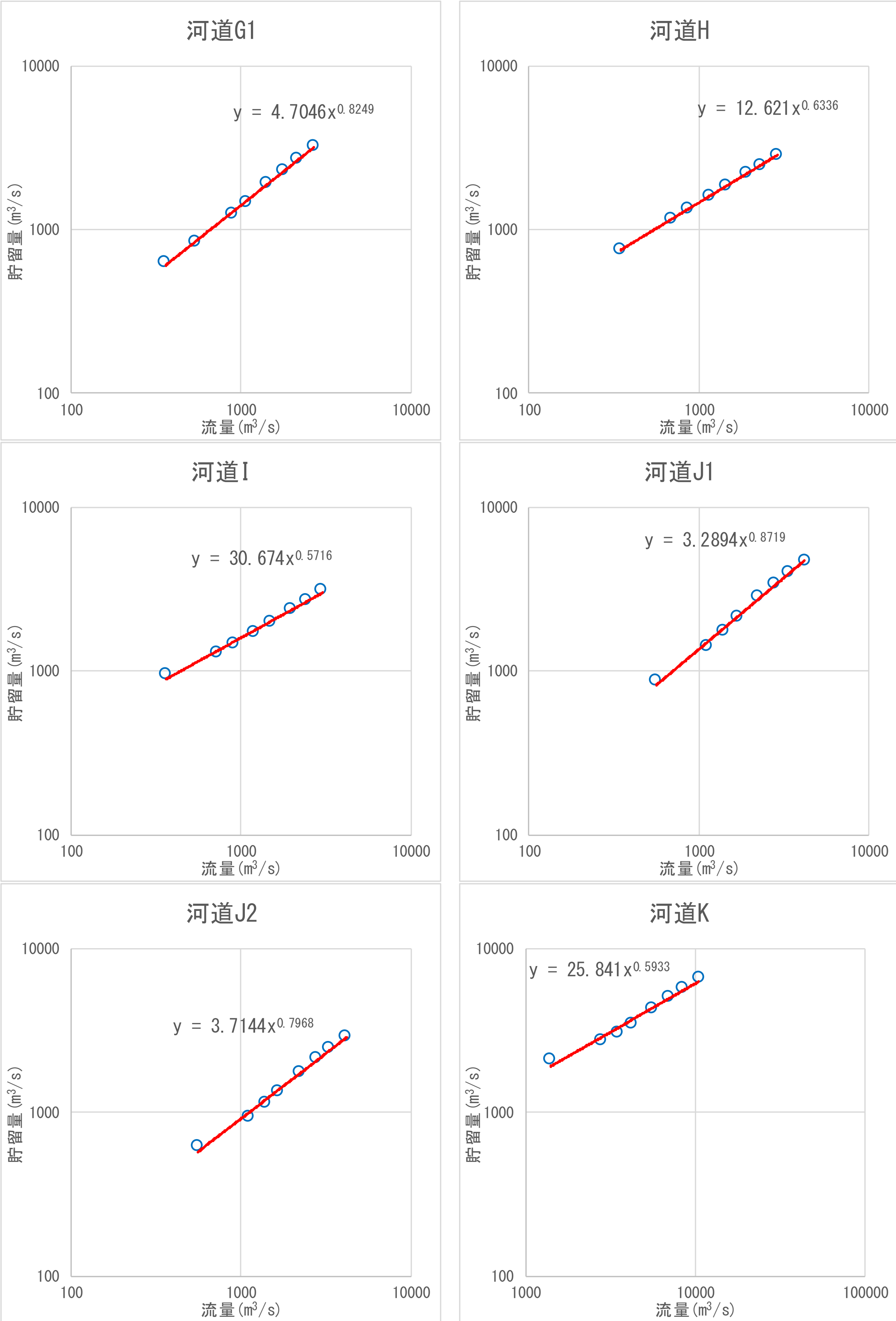


図 1.20 (2) S-Q 関係図（現況河道）

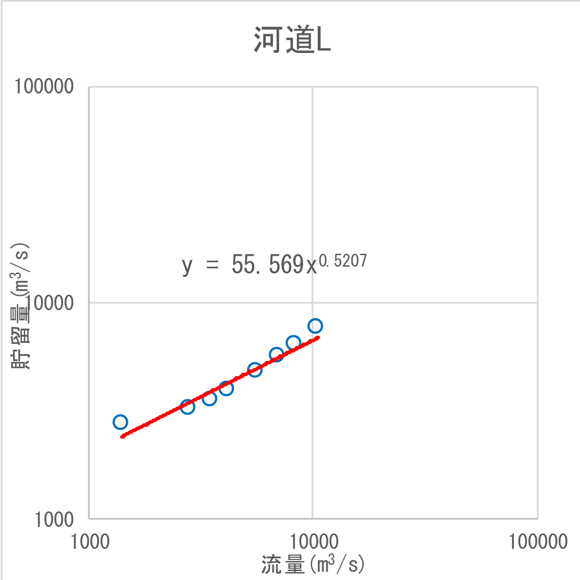


図 1.20 (3) S-Q 関係図（現況河道）

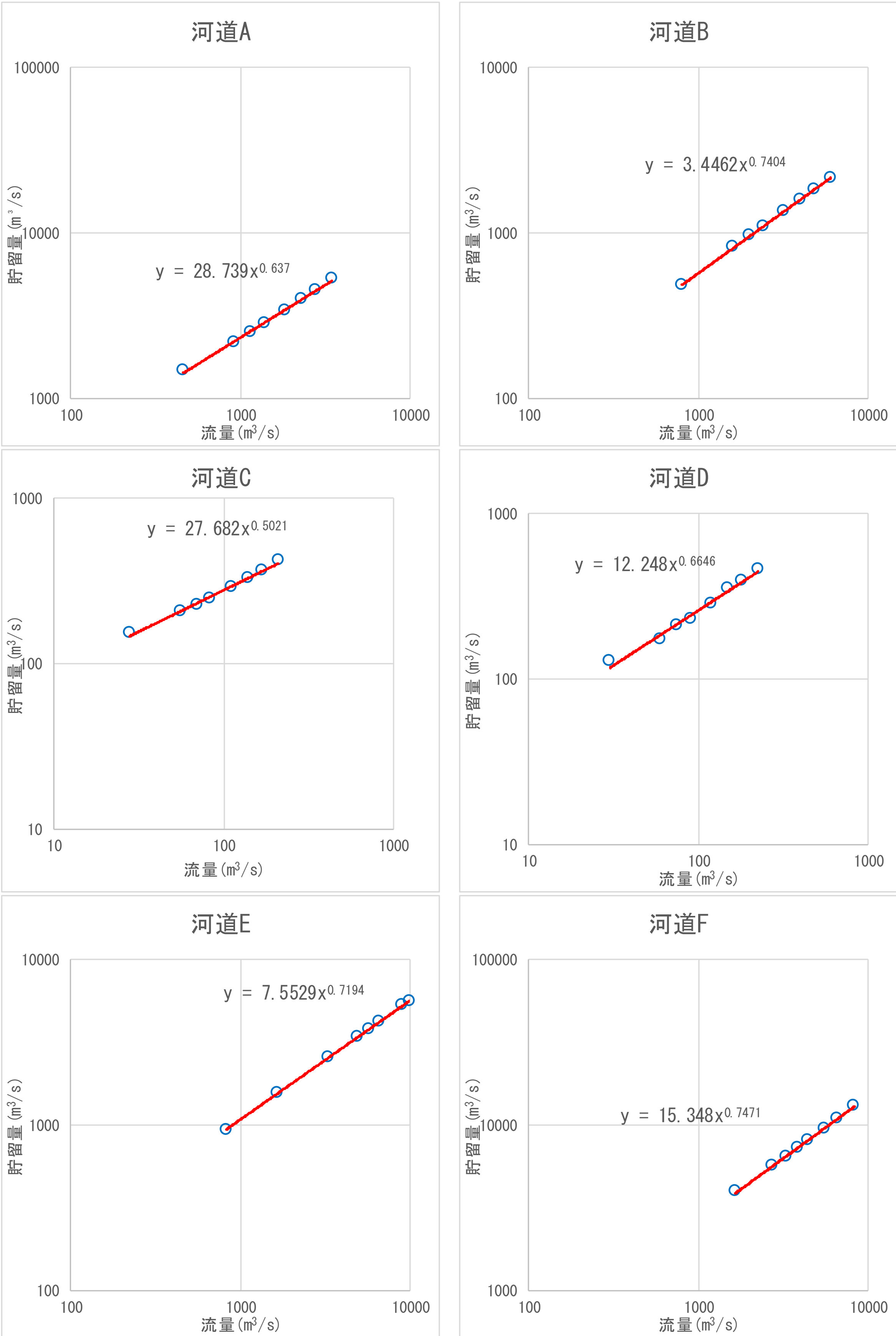


図 1.21 (1) S-Q 関係図（計画河道）

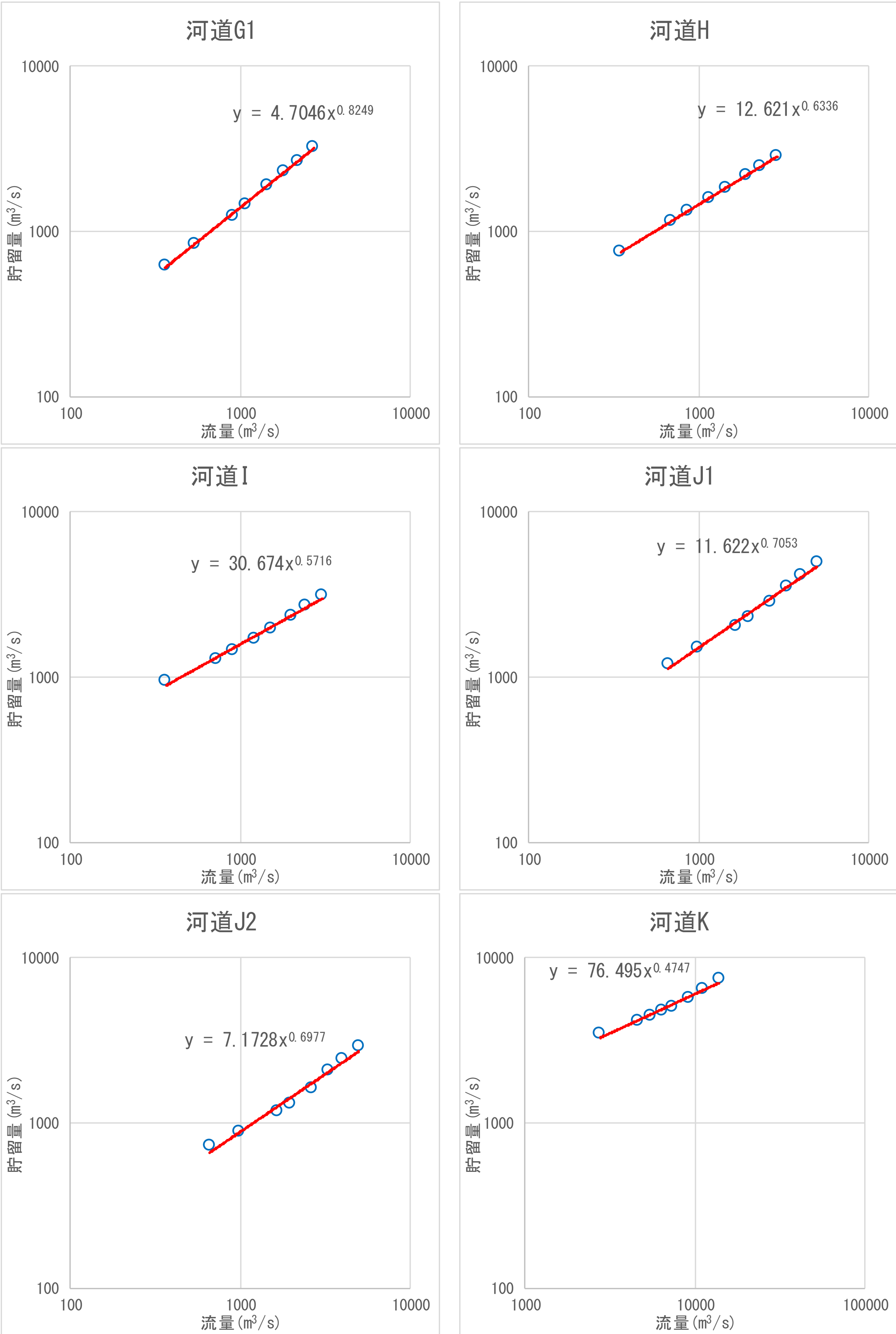


図 1.21(2)　S-Q 関係図（計画河道）

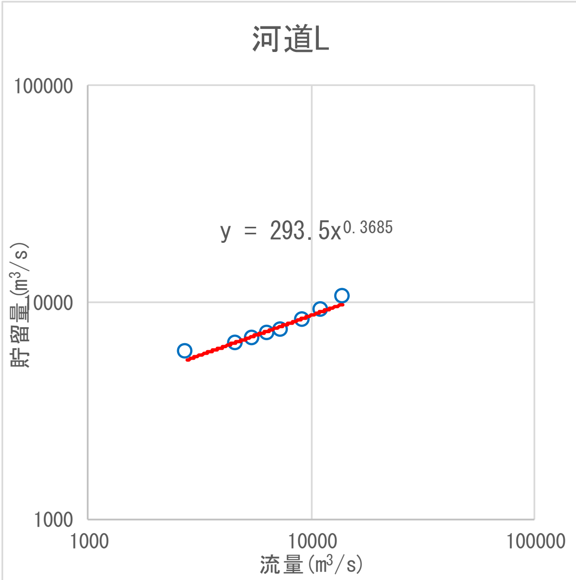


図 1.21(3)　S-Q 関係図（計画河道）

表 1.11　河道定数K・P一覧表（現況河道）

河道NO.	河川名	河道区間	K	P
A	九頭竜川	九頭竜ダム～富田地点	28.739	0.637
B	九頭竜川	富田地点～下荒井地点	3.446	0.740
C	九頭竜川	笹生川ダム～真名川ダム	27.682	0.502
D	九頭竜川	真名川ダム～下荒井地点	12.248	0.665
E	九頭竜川	下荒井地点～小舟渡地点	7.181	0.723
F	九頭竜川	小舟渡地点～中角地点	13.508	0.762
G1	足羽川	天神橋地点～豊島地点	4.705	0.825
H	日野川	今庄地点～武生地点	12.621	0.634
I	日野川	武生地点～三尾野地点	30.674	0.572
J1	日野川	三尾野地点～久喜津地点	3.289	0.872
J2	日野川	久喜津地点～深谷地点	3.714	0.797
K	九頭竜川	日野川合流点～布施田地点	25.841	0.593
L	九頭竜川	布施田地点～新保橋地点	55.569	0.521

表 1.12　河道定数K・P一覧表（計画河道）

河道NO.	河川名	河道区間	K	P
A	九頭竜川	九頭竜ダム～富田地点	28.739	0.637
B	九頭竜川	富田地点～下荒井地点	3.446	0.740
C	九頭竜川	笹生川ダム～真名川ダム	27.682	0.502
D	九頭竜川	真名川ダム～下荒井地点	12.248	0.665
E	九頭竜川	下荒井地点～小舟渡地点	7.553	0.719
F	九頭竜川	小舟渡地点～中角地点	15.348	0.747
G1	足羽川	天神橋地点～豊島地点	4.705	0.825
H	日野川	今庄地点～武生地点	12.621	0.634
I	日野川	武生地点～三尾野地点	30.674	0.572
J1	日野川	三尾野地点～久喜津地点	11.622	0.705
J2	日野川	久喜津地点～深谷地点	7.173	0.698
K1	九頭竜川	日野川合流点～布施田地点	76.495	0.475
L	九頭竜川	布施田地点～新保橋地点	293.500	0.369

2)　Tl の設定

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。考え方は次のとおりである。（参考文献：木村俊晃　「貯留関数法：水文研究資料」　河鍋書店 1975.3）

木村によれば、河川の定流の貯留水量と流量から定流の貯留関数を次のように定めている。

$$\varphi_s = K_s \cdot Q^{-0.4}$$
$$K_s = 0.185 n^{0.6} \cdot L \cdot b^{0.4} \cdot I^{-0.3}$$

ここに、Q：流量(m³/s)

n：粗度係数(m-sec 単位)

L：流路延長(km)

b：河幅(m)（河道の断面を長方形として仮定）

I：勾配（無次元）

一方で、定流の貯留関数 φs と洪水流の貯留関数 φ の間には、次式の関係が近似的にあることを示している。

$$\varphi_s = \varphi + T_l$$

ここに、Tl：河道の遅滞時間

ここで、次のような仮定を行う。

仮定①：洪水流の貯留関数 φ は、流量 Q の-0.5 乗に比例する。

洪水時貯留関数　$\varphi = K' Q^{-0.5}$

仮定②：定流の貯留関数 φs と洪水流の貯留関数の関係は図 1.22 のとおりであり、Qmin に対応する点で交わる。

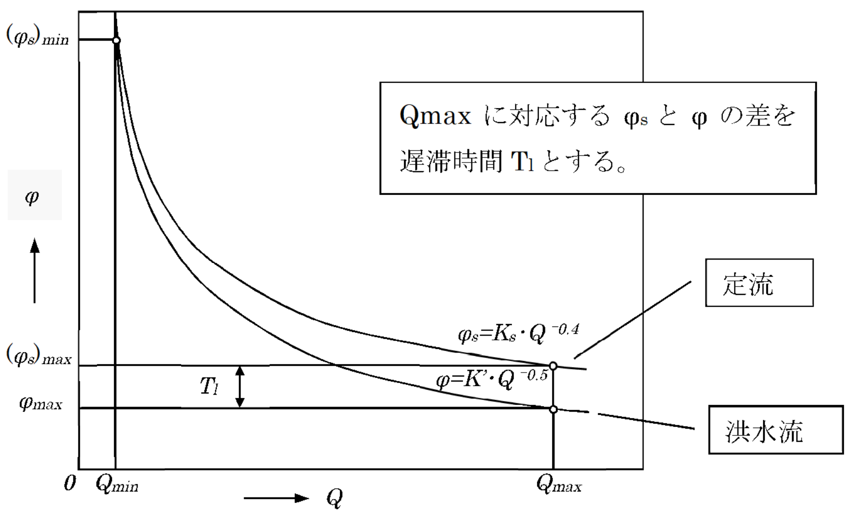


図 1.22　定流の貯留関数φs と洪水流の貯留関数φの関係

木村は、遅滞時間について理論的な計算が出来ず、また、経験的な推定式も得られていないため、利根川・鬼怒川の洪水解析で、下記の理由から前述のような仮定を行う方法を採用した。

・経験的に貯留関数について求めた P に相当する指数は、0.4～0.5（平均 0.45 程度）であることが判っているので、φ は Q の-0.55 乗程度に比例するのが妥当である。これを-0.5 乗と近似する。
・Qmin を大きく変えても図 1.22 の関係は変わらない。
・Qmax を大きく変えても Tl の値はほとんど変わらない。

九頭竜川における遅滞時間の推定も同様の手法を用いるものとした。

河道流量の設定について、各地点の最大及び最小流量を設定し、各河道域に面積比で算定することとする。

九頭竜川について、最小流量 Qmin として、中角地点の平均低水流量 $58m^3/s$ を用いた。最大流量 Qmax として、河川整備基本方針の計画高水流量（中角地点 $5,500m^3/s$、布施田地点 $9200m^3/s$）を用いた。

日野川について、最小流量 Qmin として、三尾野地点の平均低水流量 $16m^3/s$ を用いた。最大流量 Qmax として、河川整備基本方針の計画高水流量（三尾野地点 $3300m^3/s$、深谷地点 $4800m^3/s$）を用いた。

足羽川について、最小流量 Qmin として、天神橋地点の平均低水流量 $5m^3/s$ を用いた。最大流量 Qmax として、河川整備基本方針の計画高水流量（天神橋地点 $1,800m^3/s$）を用いた。

定流の貯留関数と洪水時の貯留関数が Qmin で交わることから、定流時のφs をもとに洪水時の定数 K’（φs(Qmin)=φ(Qmin)）を求めることが出来る。

K’を求めることが出来れば、Qmax による貯留関数φを計算することができ、Qmax による定流時の貯留関数φs との差分を求めることにより、遅滞時間 Tl が算出することができる。

定流時のφs を求めるために Ks を構成する、粗度係数 n、流路長 L、河幅 b を各河道モデルで設定を行った。河幅 b は、木村は河道を長方形として仮定しているが、九頭竜川では図面から計測した河幅の平均値を河道モデルの河幅とした。

粗度係数は、九頭竜川・日野川それぞれにおいて、河道計画に使用している粗度係数の平均値とした。

河道の遅滞時間 Tl を設定した結果を、表 1.13、表 1.14 に示す。

表 1.13　遅れ時間 Tl の設定結果（現況河道）

河道 NO.	河川名	河道区間	河道延長 (km)	平均勾配	平均川幅 (m)	粗度係数	Qmin (m3/s)	Qmax (m3/s)	Ks	φs min	φs max	K'	φ min	φ max	Tl (h)
A	九頭竜川	九頭竜ダム～富田地点	21.0	0.0100	129	0.033	20	1870	13.86	4.20	0.68	18.68	4.20	0.43	0.25
B	九頭竜川	富田地点～下荒井地点	7.5	0.0085	224	0.033	28	2623	6.50	1.72	0.28	9.06	1.72	0.18	0.10
C	九頭竜川	笹生川ダム～真名川ダム	12.0	0.0124	70	0.033	10	975	5.82	2.29	0.37	7.35	2.29	0.24	0.14
D	九頭竜川	真名川ダム～下荒井地点	13.5	0.0075	210	0.033	10	975	11.83	4.65	0.75	14.94	4.65	0.48	0.28
E	九頭竜川	下荒井地点～小舟渡地点	11.7	0.0062	330	0.033	44	4124	13.00	2.87	0.47	18.96	2.87	0.30	0.17
F	九頭竜川	小舟渡地点～中角地点	21.3	0.0035	383	0.033	58	5500	29.82	5.87	0.95	44.76	5.87	0.60	0.35
G1	足羽川	天神橋地点～豊島地点	12.0	0.0006	527	0.036	6	2044	34.11	16.78	1.62	40.74	16.78	0.90	0.72
H	日野川	今庄地点～武生地点	15.0	0.0045	173	0.036	7	1520	14.93	6.79	0.80	18.18	6.79	0.47	0.33
I	日野川	武生地点～三尾野地点	10.5	0.0019	181	0.036	9	1831	13.76	5.81	0.68	17.07	5.81	0.40	0.28
J1	日野川	三尾野地点～久喜津地点	7.5	0.0006	260	0.036	34	2742	16.07	3.93	0.68	22.85	3.93	0.44	0.24
J2	日野川	久喜津地点～深谷地点	4.5	0.0003	275	0.036	37	3015	12.15	2.86	0.49	17.44	2.86	0.32	0.18
K	九頭竜川	中角地点～布施田地点	6.6	0.0001	436	0.033	117	8883	28.26	4.20	0.74	45.50	4.20	0.48	0.26
L	九頭竜川	布施田地点～新保橋地点	7.7	0.0002	562	0.033	121	9200	29.65	4.35	0.77	47.92	4.35	0.50	0.27

表 1.14　遅れ時間 Tl の設定結果（計画河道）

河道 NO.	河川名	河道区間	河道延長 (km)	平均勾配	平均川幅 (m)	粗度係数	Qmin (m3/s)	Qmax (m3/s)	Ks	φs min	φs max	K'	φ min	φ max	Tl (h)
A	九頭竜川	九頭竜ダム～富田地点	21.0	0.0100	129	0.033	20	1870	13.86	4.20	0.68	18.68	4.20	0.43	0.25
B	九頭竜川	富田地点～下荒井地点	7.5	0.0085	224	0.033	28	2623	6.50	1.72	0.28	9.06	1.72	0.18	0.10
C	九頭竜川	笹生川ダム～真名川ダム	12.0	0.0124	70	0.033	10	975	5.82	2.29	0.37	7.35	2.29	0.24	0.14
D	九頭竜川	真名川ダム～下荒井地点	13.5	0.0075	210	0.033	10	975	11.83	4.65	0.75	14.94	4.65	0.48	0.28
E	九頭竜川	下荒井地点～小舟渡地点	11.7	0.0062	330	0.033	44	4124	13.00	2.87	0.47	18.96	2.87	0.30	0.17
F	九頭竜川	小舟渡地点～中角地点	21.3	0.0029	383	0.033	58	5500	31.55	6.21	1.01	47.36	6.21	0.64	0.37
G1	足羽川	天神橋地点～豊島地点	12.0	0.0006	527	0.036	6	2044	34.11	16.78	1.62	40.74	16.78	0.90	0.72
H	日野川	今庄地点～武生地点	15.0	0.0045	173	0.036	7	1520	14.93	6.79	0.80	18.18	6.79	0.47	0.33
I	日野川	武生地点～三尾野地点	10.5	0.0019	181	0.036	9	1831	13.76	5.81	0.68	17.07	5.81	0.40	0.28
J1	日野川	三尾野地点～久喜津地点	7.5	0.0005	260	0.036	34	2742	16.97	4.15	0.72	24.13	4.15	0.46	0.25
J2	日野川	久喜津地点～深谷地点	4.5	0.0007	275	0.036	37	3015	9.42	2.22	0.38	13.53	2.22	0.25	0.14
K	九頭竜川	中角地点～布施田地点	6.6	0.0003	436	0.033	117	8883	20.32	3.02	0.54	32.73	3.02	0.35	0.19
L	九頭竜川	布施田地点～新保橋地点	7.7	0.0001	562	0.033	121	9200	36.51	5.35	0.95	58.99	5.35	0.62	0.33

1.5.4　検証対象洪水の再現計算結果

再現計算の対象洪水は、各基準地点及び主要地点で実績流量が上位 3 位までとなる洪水を選定した。

表 1.15　再現計算の対象洪水の一覧

	洪水 NO	対象洪水	選定理由
1	NO.16	S34.9.27	中角第 3 位
2	NO.24	S36.9.16	布施田第 1 位、中角第 2 位
3	NO.35	S40.9.15	中角第 1 位
4	NO.58	S50.8.23	三尾野第 3 位、天神橋第 3 位
5	NO.59	S51.9.11	布施田第 3 位
6	NO.120	H10.9.22	布施田第 2 位、三尾野第 2 位
7	NO.130	H16.7.17	深谷第 1 位、天神橋第 1 位
8	NO.131	H16.10.20	深谷第 2 位

※三尾野第 1 位、天神橋第 2 位、深谷第 3 位にあたる S28.9 洪水は、再現計算を実施するのに十分な流量データが存在しないため除外している。

設定した定数を用いて、実績洪水の再現計算を行う。

実績再現計算に用いる基底流量・一次流出率・有効降雨は下記のように設定した。

基底流量 Qb ：実績流量の存在する洪水（欠測等による不足が無い）は、実績流量の成分分離から設定した流量。その他は実績の存在する洪水の平均値

一次流出率 f1：全洪水共通で前述の実績流量の整理で作成した流出率

有効降雨 Rsa ：洪水ごとに実績流量を再現できる値を設定（表 1.16）
日野川流域（足羽川含む）は深谷の値を、九頭竜川流域（中角下流含む）は中角の値を使用する。

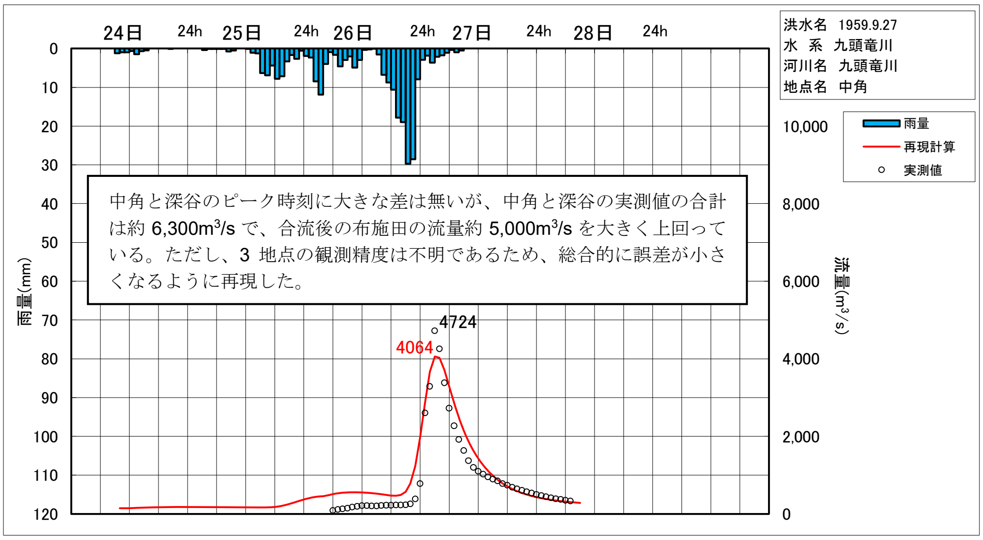
表 1.16　再現計算の流域定数

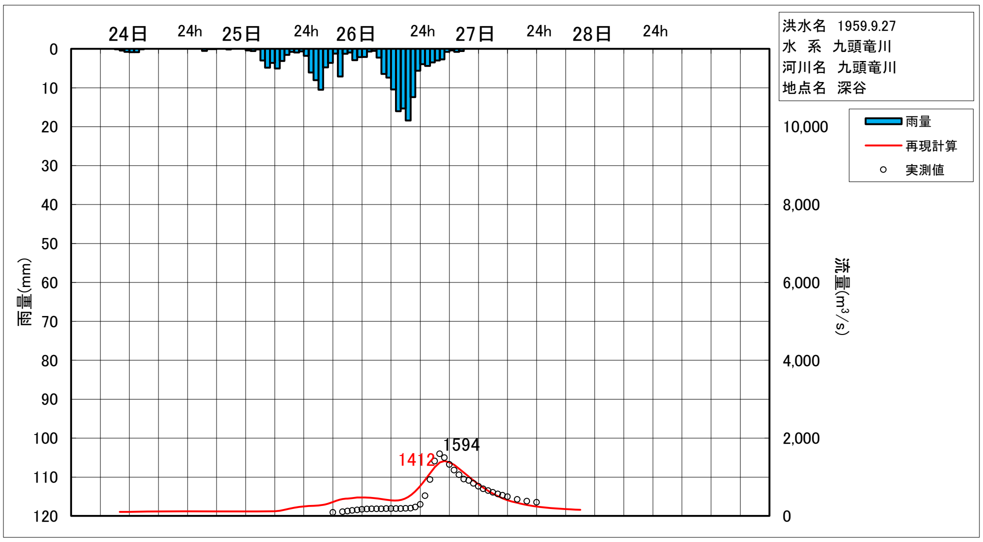
洪水名	年月日	中角			深谷		
		Qb	f1	Rsa	Qb	f1	Rsa
No.16	S34.9.27	151	0.3	130	107	0.3	200
No.24	S36.9.16	151	0.3	270	107	0.3	190
No.35	S40.9.15	151	0.3	140	107	0.3	140
No.58	S50.8.23	148	0.3	130	135	0.3	220
No.59	S51.9.11	151	0.3	200	151	0.3	210
No.120	H10.9.22	177	0.3	90	120	0.3	90
No.130	H16.7.17	126	0.3	90	102	0.3	140
No.131	H16.10.20	153	0.3	90	73	0.3	100

その他の河道定数及び流域定数は、前述の設定結果を用いるが、再現精度を向上させるため、河道モデルに下記の遅れ時間を設定した。

足羽川上流（天神橋上流）: 1 時間
日野川（三尾野上流）　: 1 時間
日野川（深谷～三尾野）　: 1 時間
日野川（合流点～深谷）　: 1 時間
九頭竜川（中角上流）　: 30 分

図 1.23～図 1.35 に示すように、再現計算流量は、概ね実測値を再現できている。





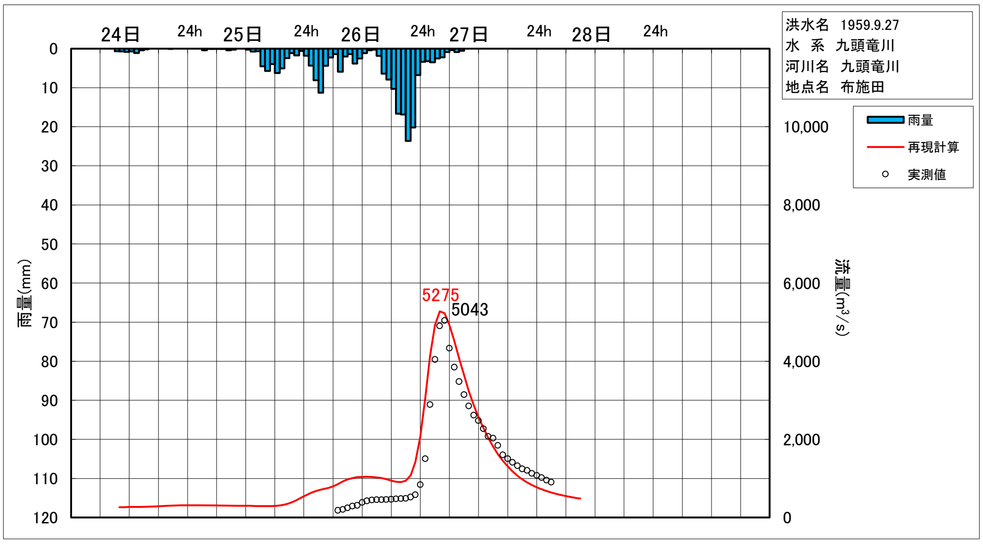
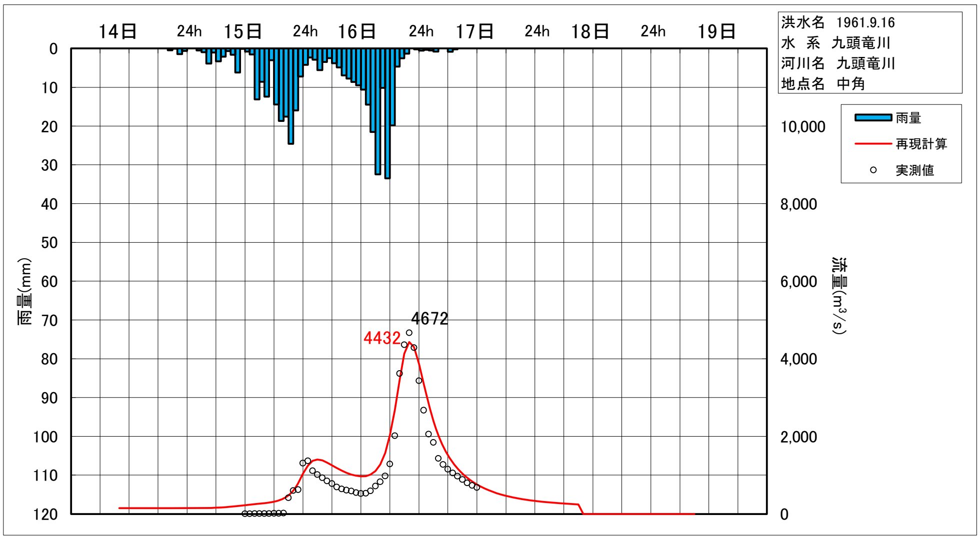
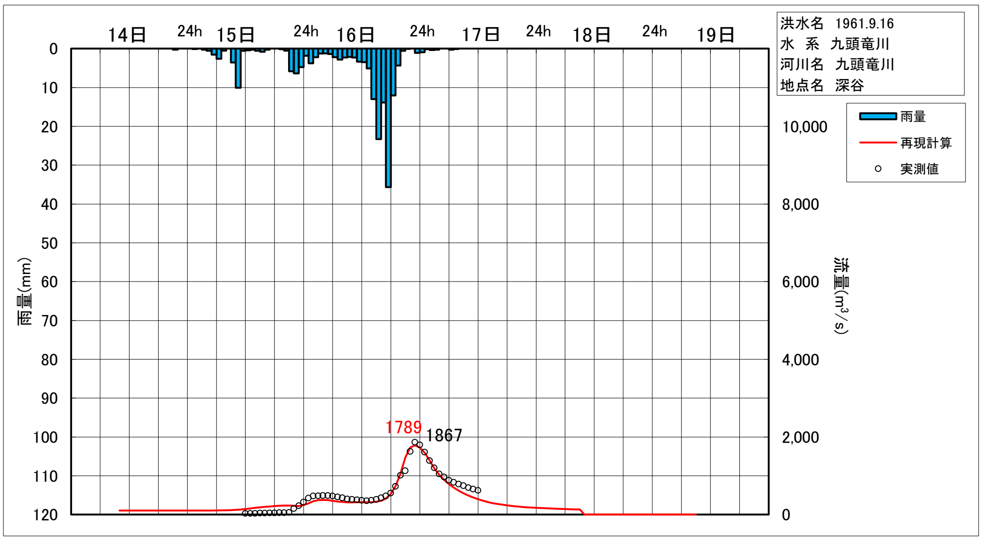


図 1.23 S34.9.27 洪水ハイドロの再現計算結果





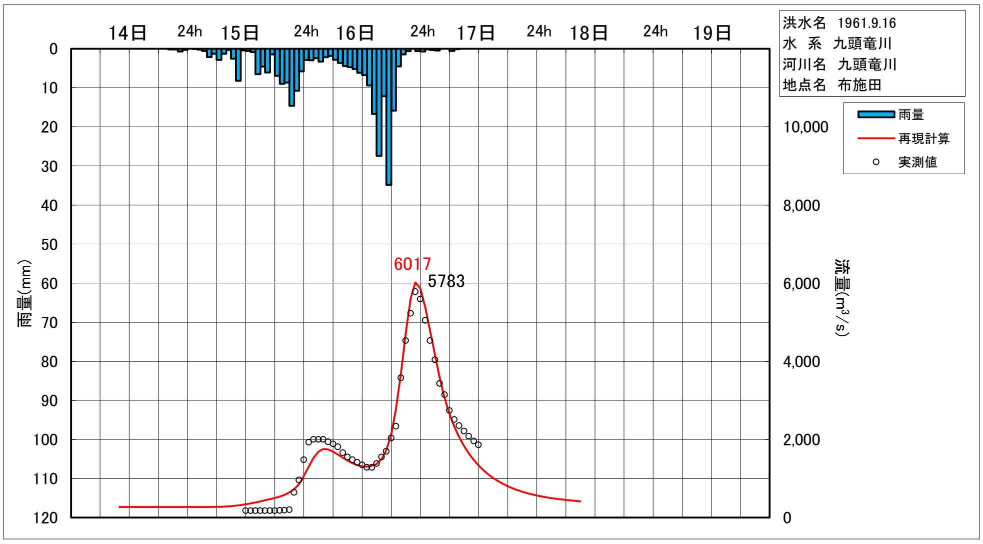
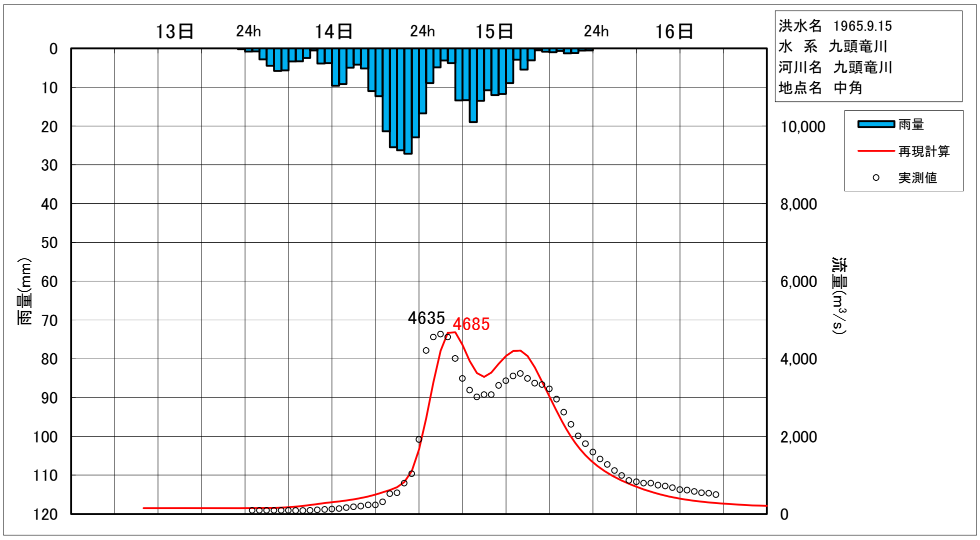
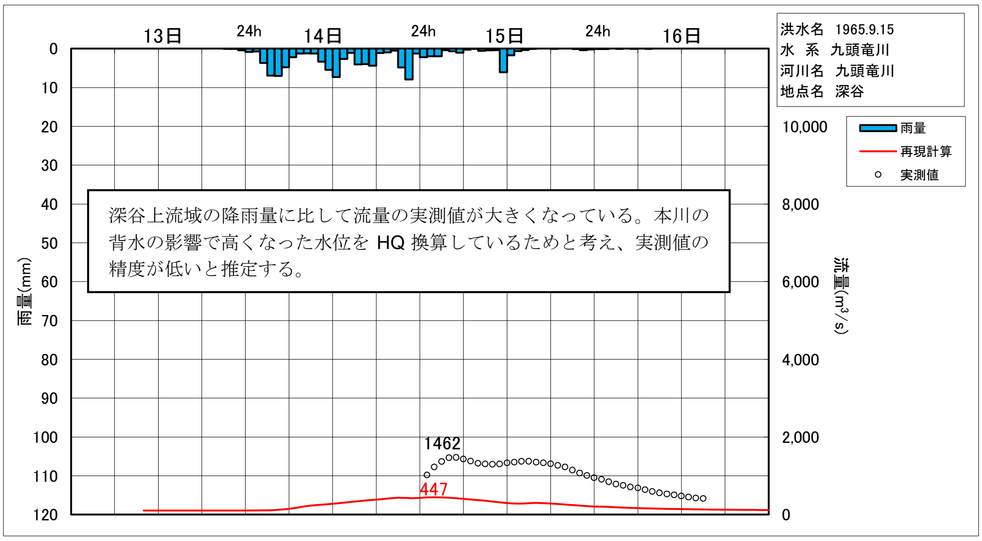


図 1.24 S36.9.16 洪水ハイドロの再現計算結果





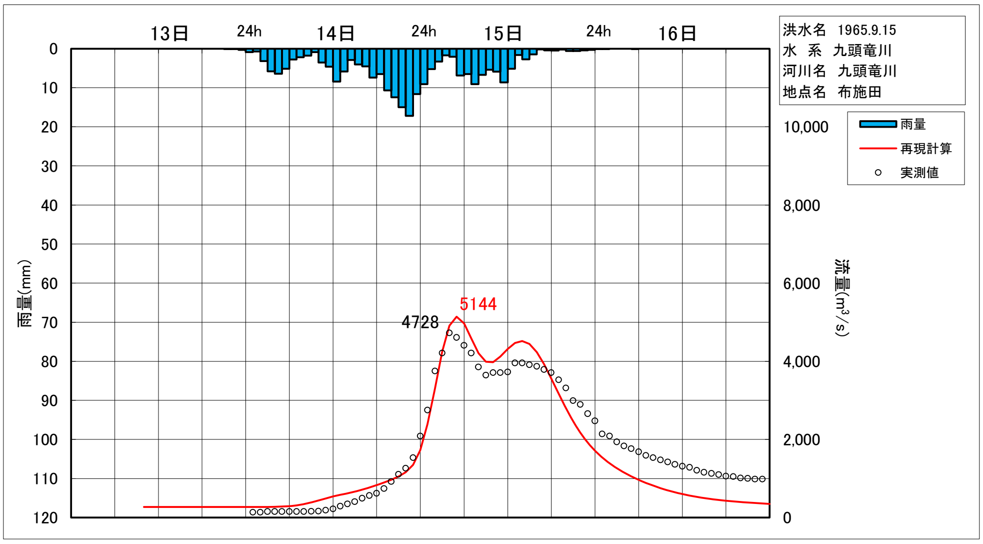
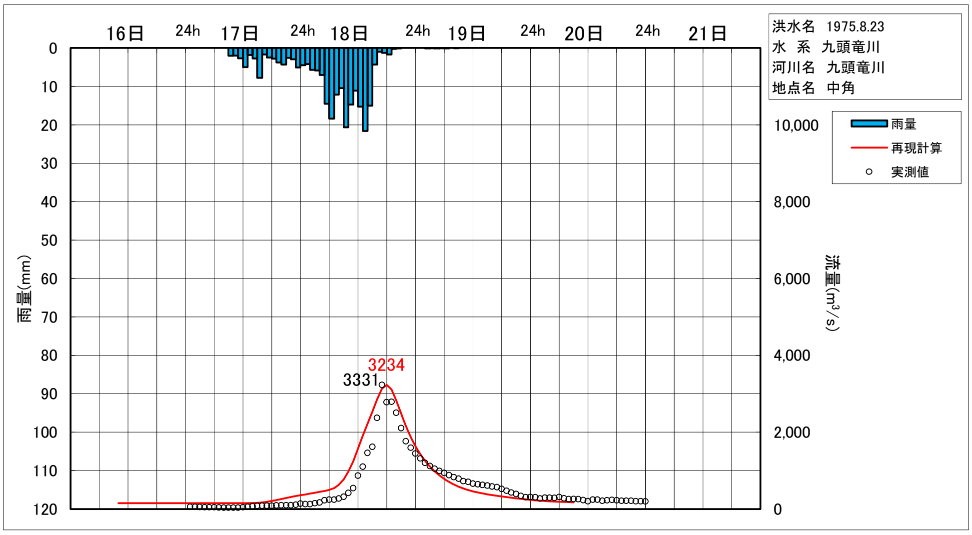
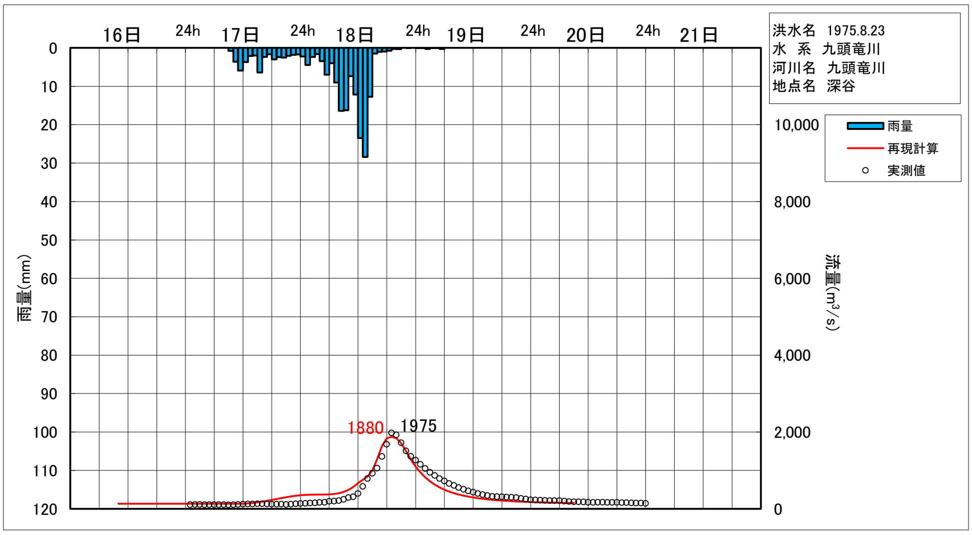


図 1.25 S40.9.15 洪水ハイドロの再現計算結果





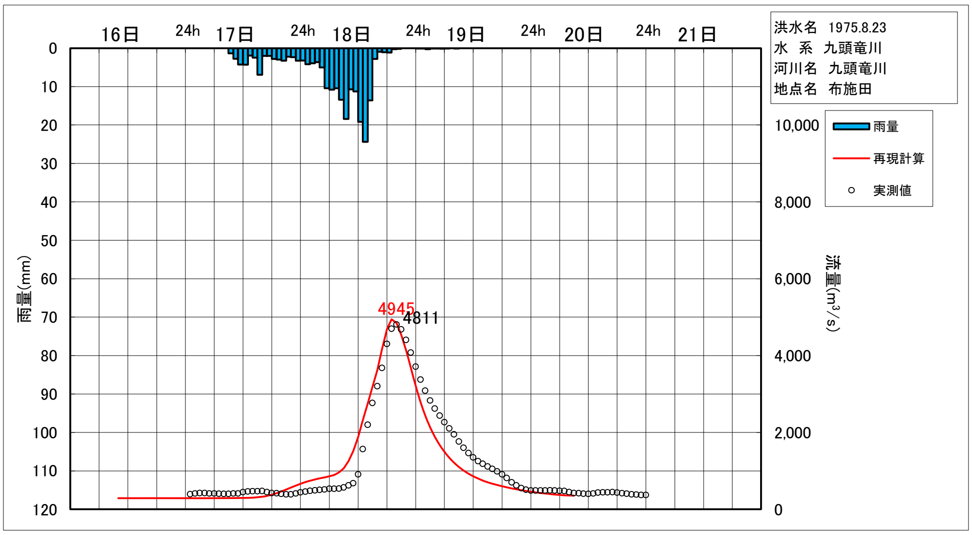


図 1.26　S50.8.23 洪水ハイドロの再現計算結果（1/2）

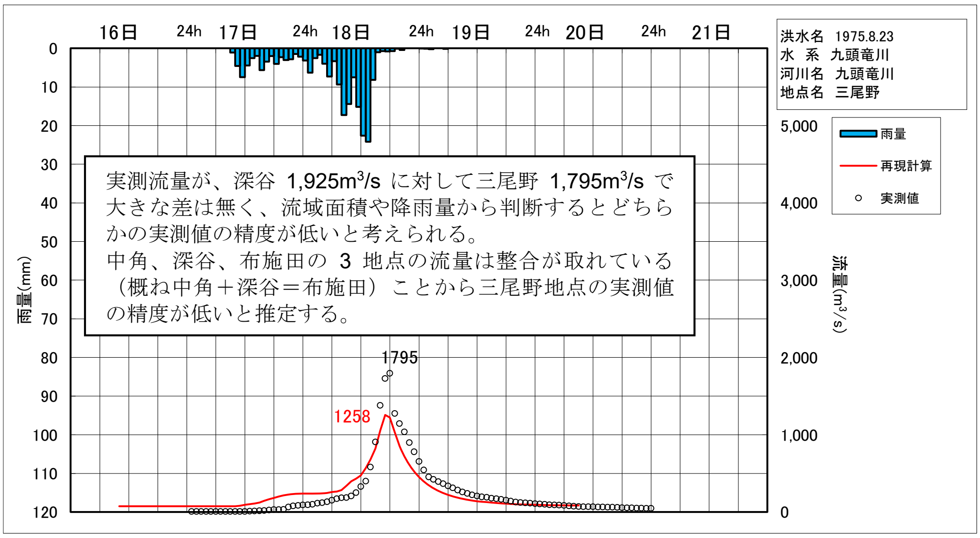


図 1.27 S50.8.23 洪水ハイドロの再現計算結果 (2/2)

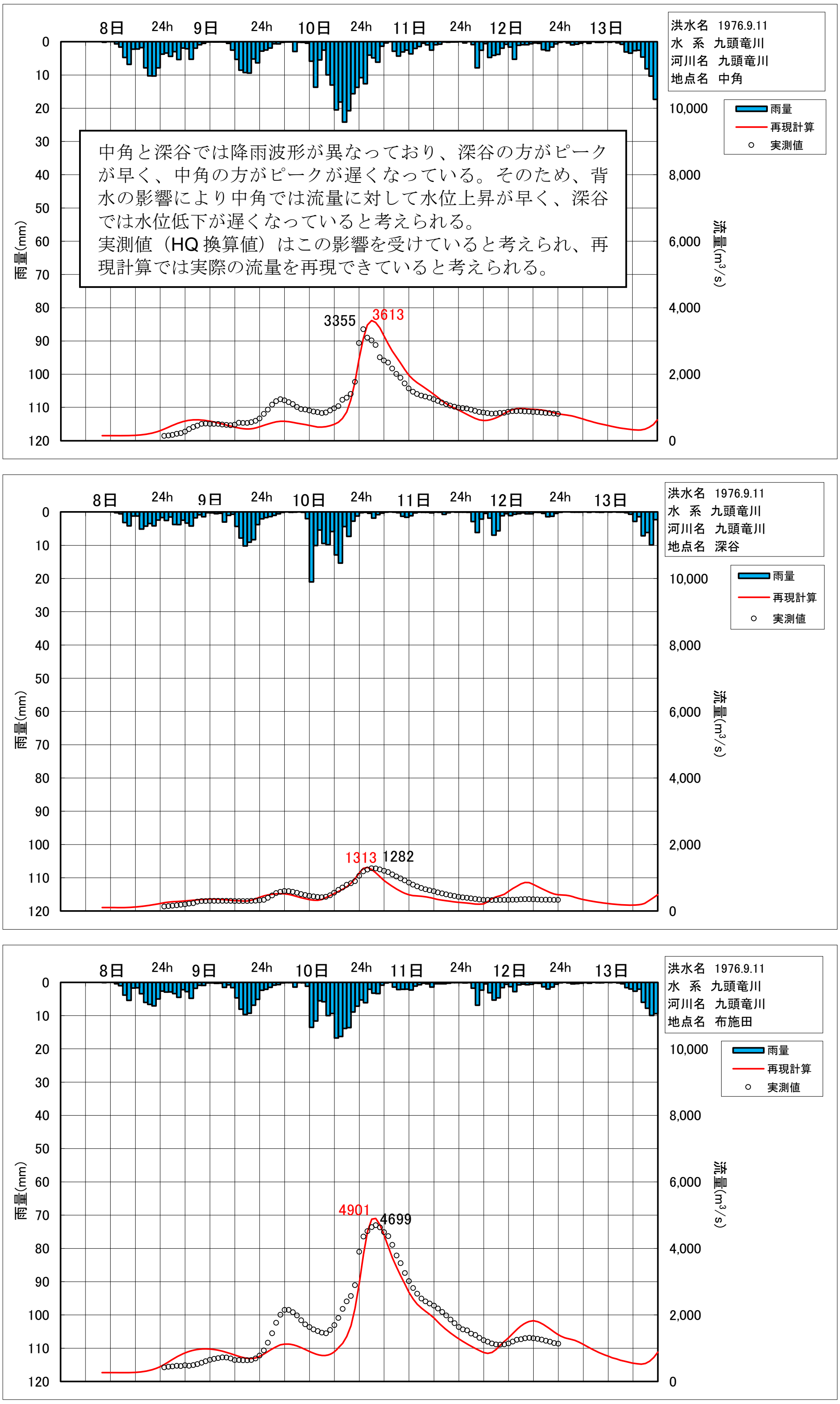


図 1.28　S51.9.11 洪水ハイドロの再現計算結果（1/2）

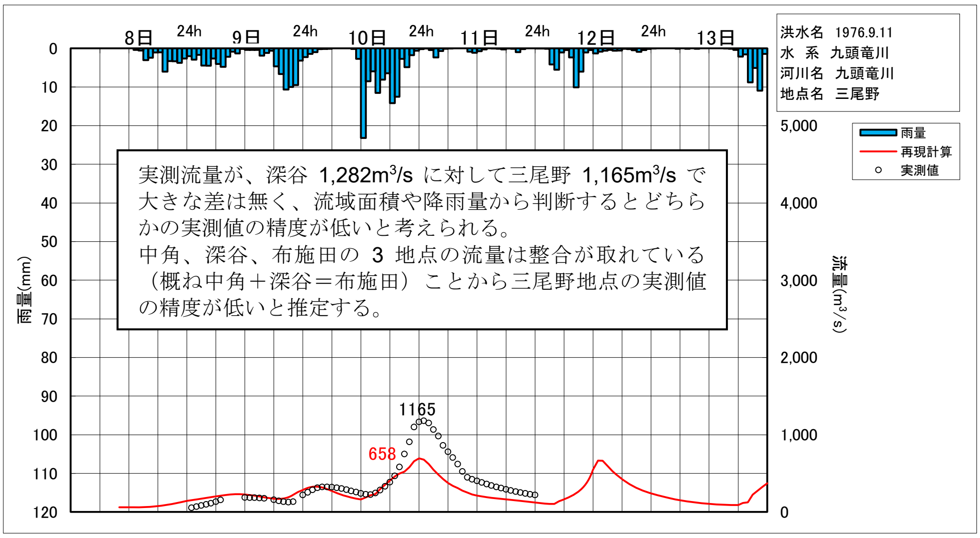
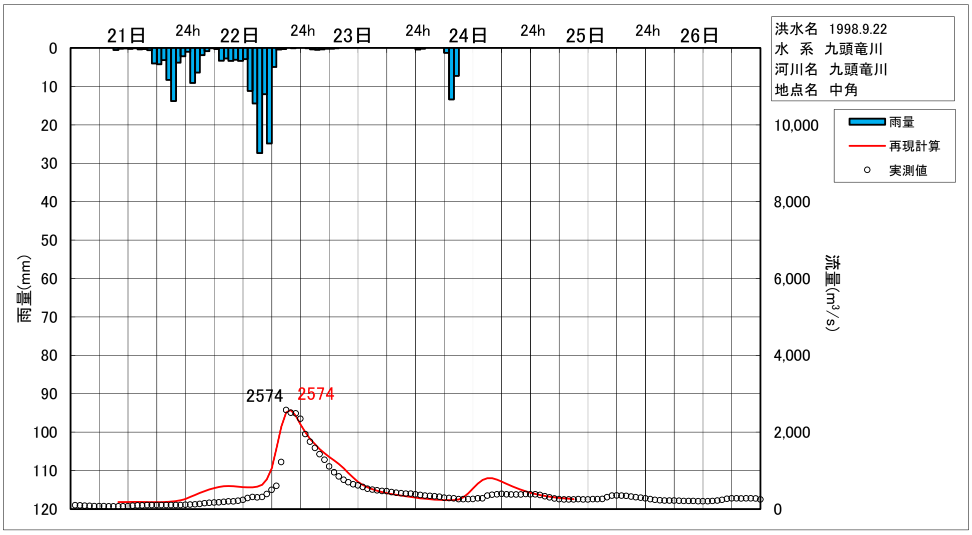
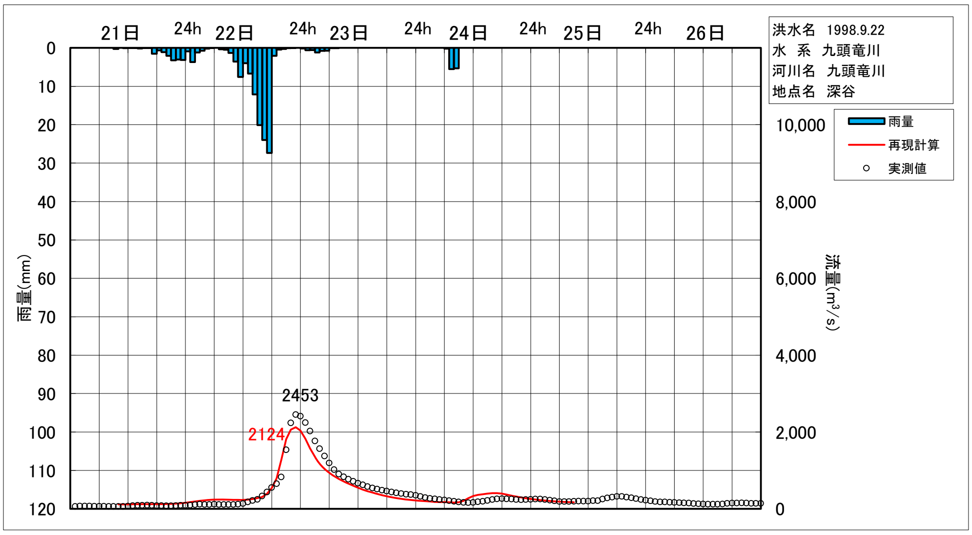


図 1.29　S51.9.11 洪水ハイドロの再現計算結果 (2/2)





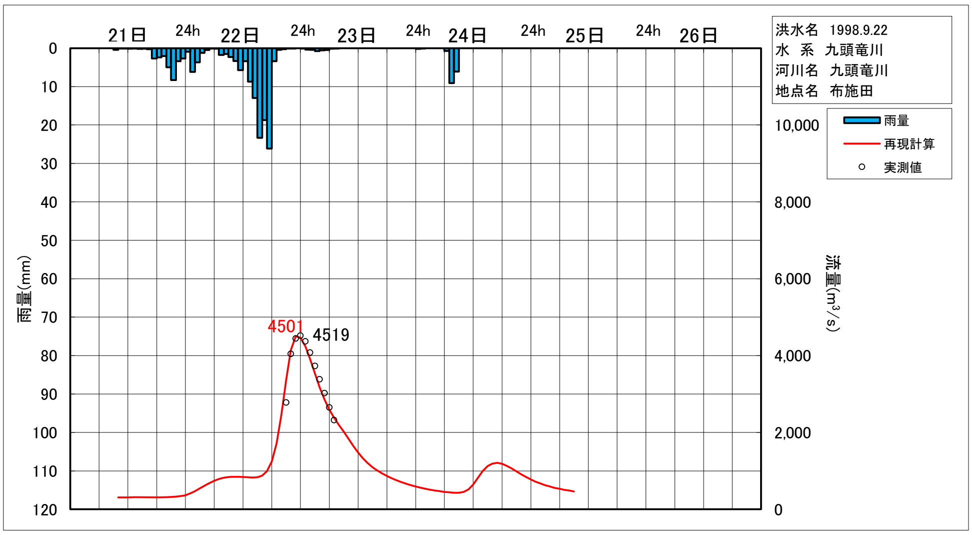
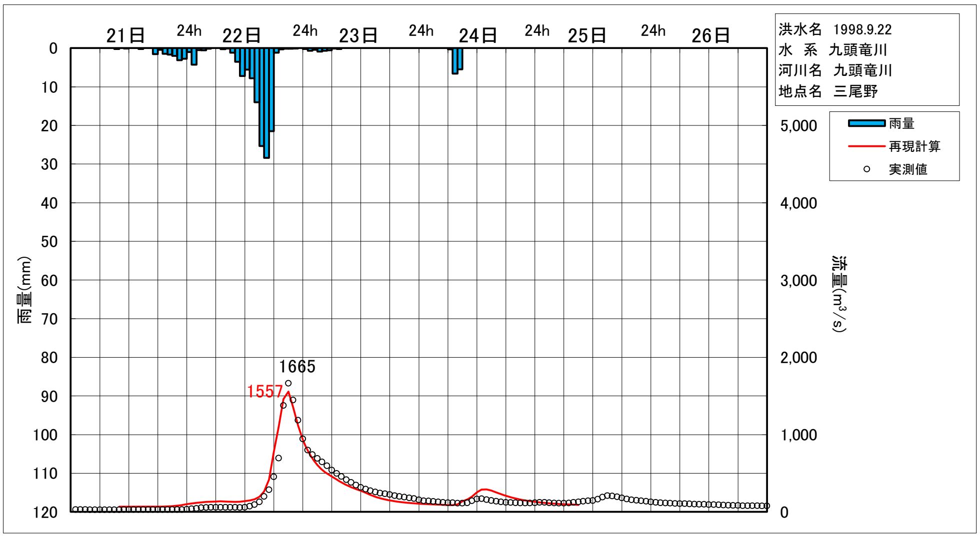


図 1.30　H10.9.22 洪水ハイドロの再現計算結果（1/2）



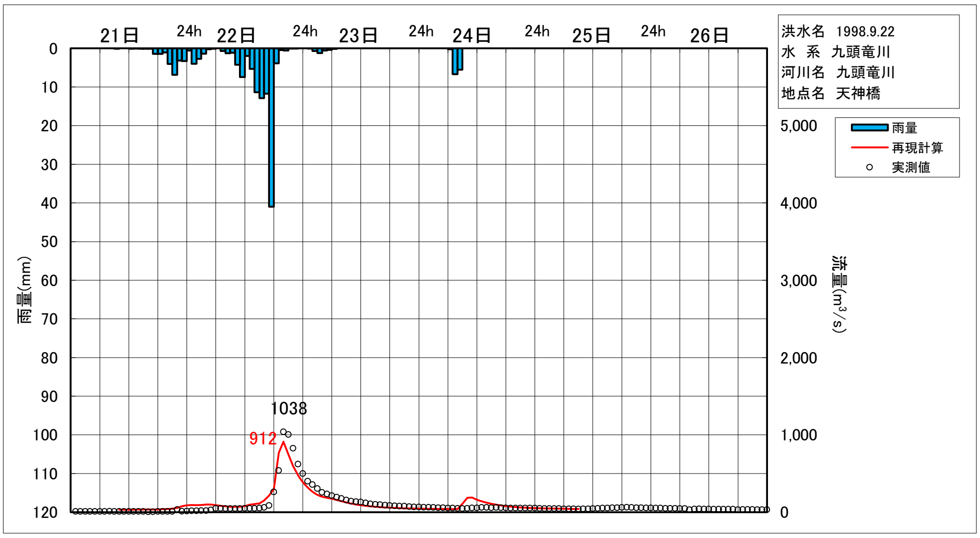
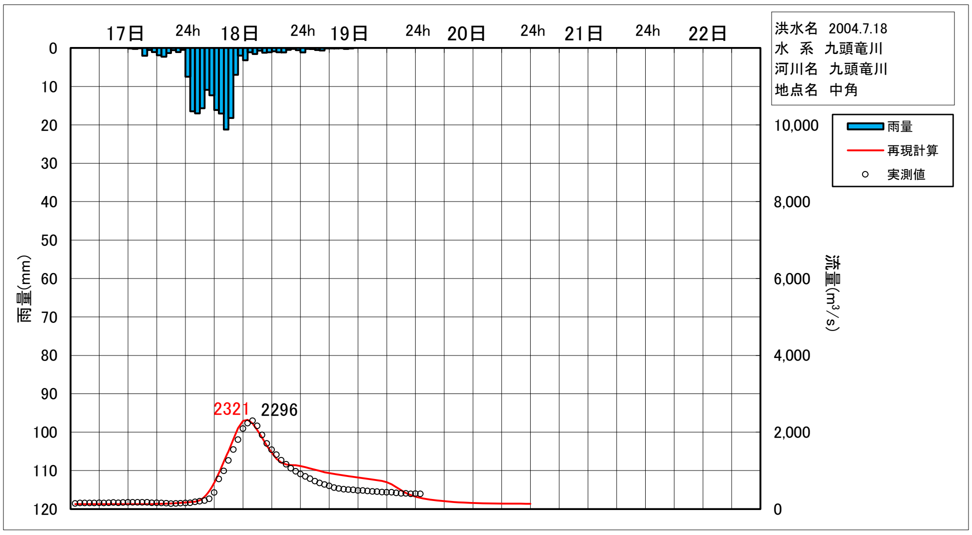
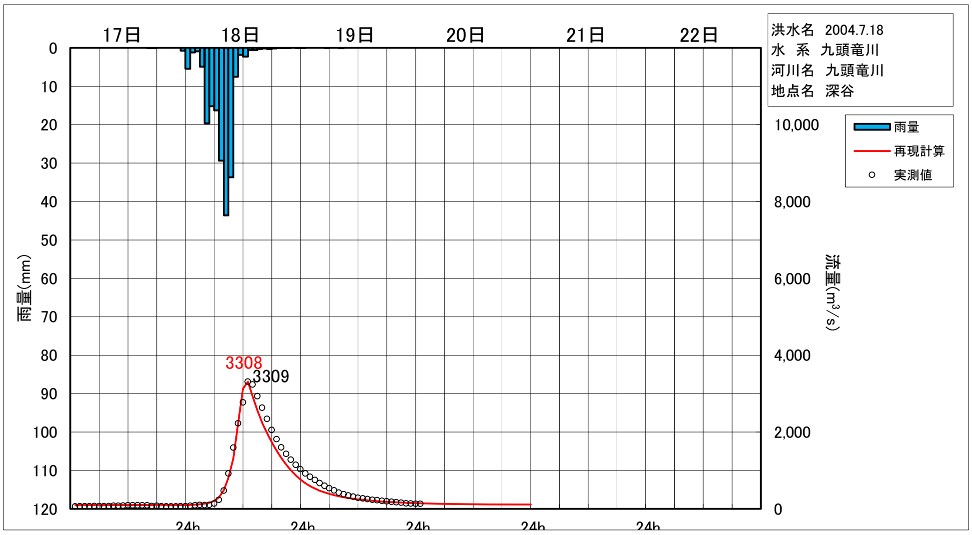


図 1.31 H10.9.22 洪水ハイドロの再現計算結果（2/2）





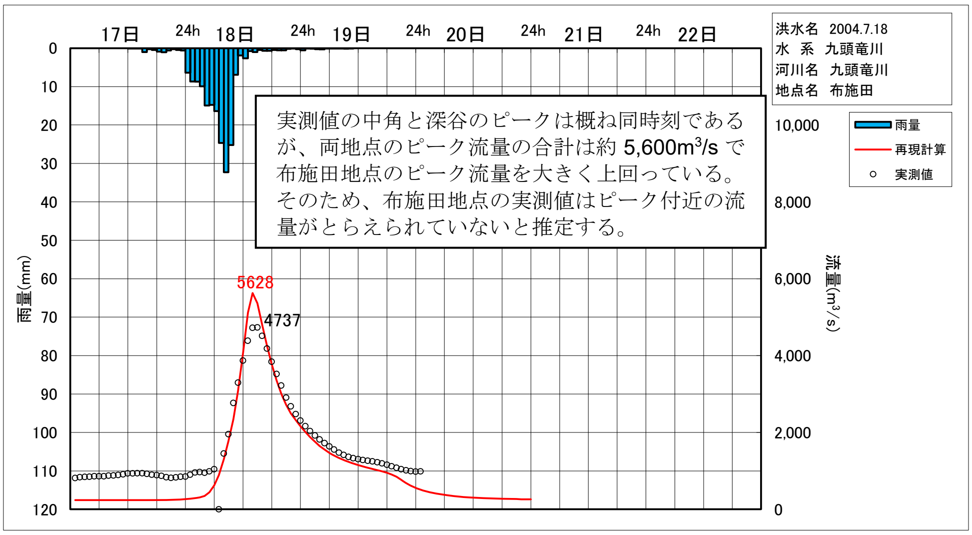
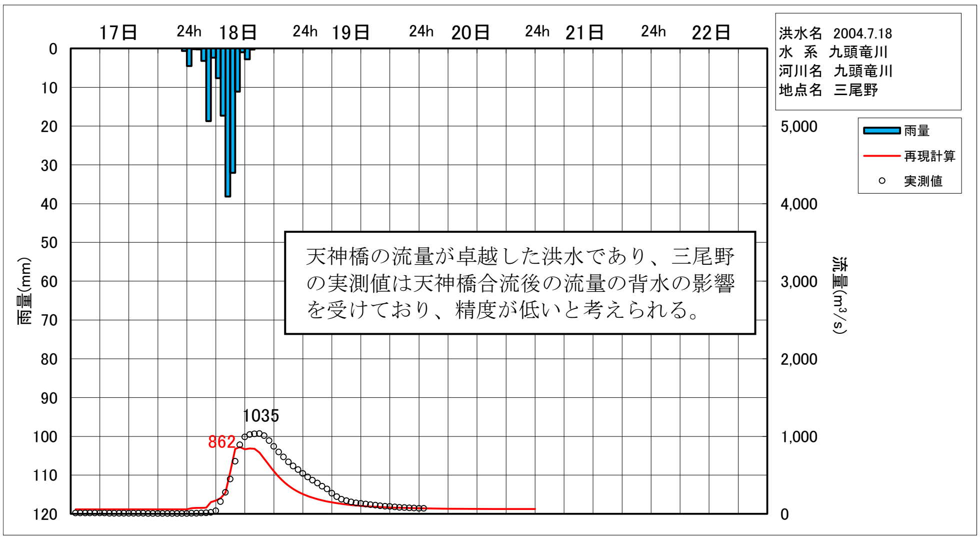


図 1.32　H16.7.17 洪水ハイドロの再現計算結果（1/2）



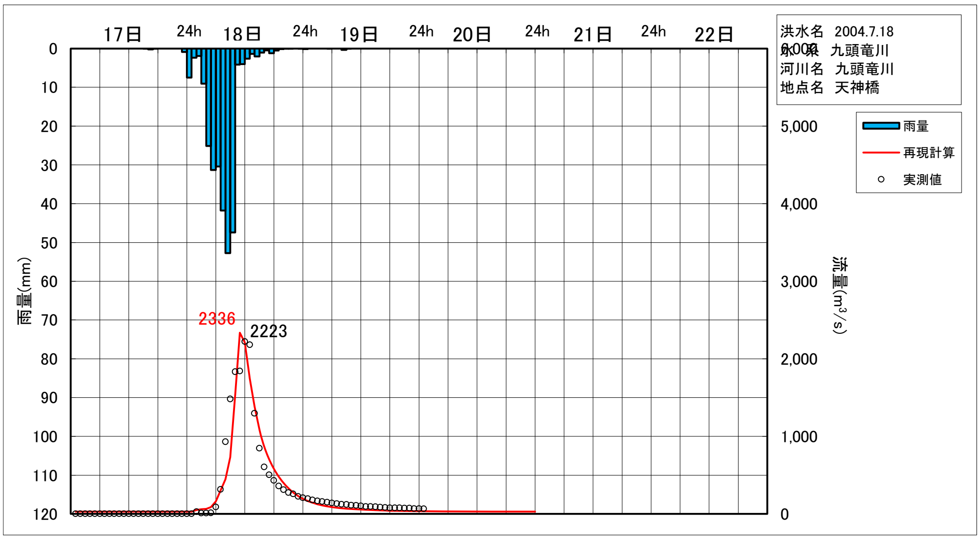
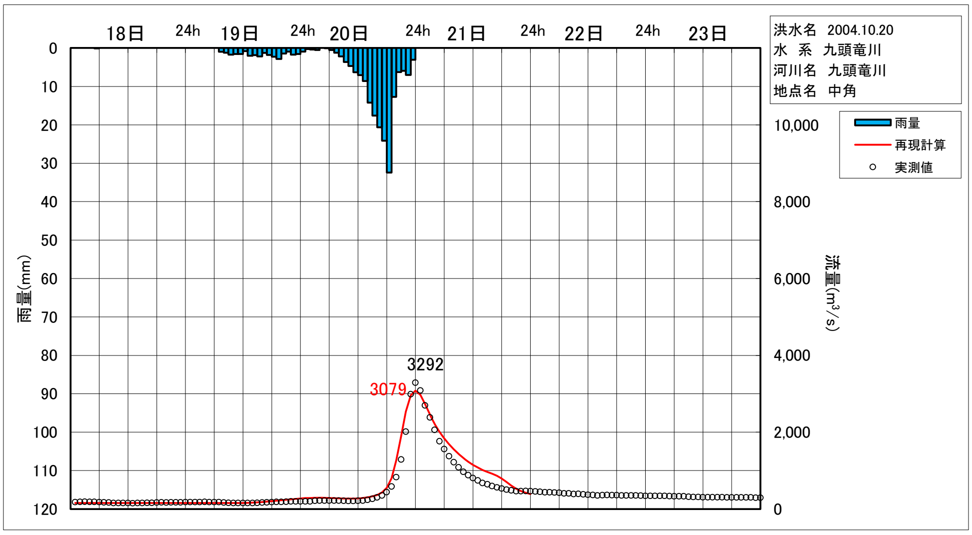
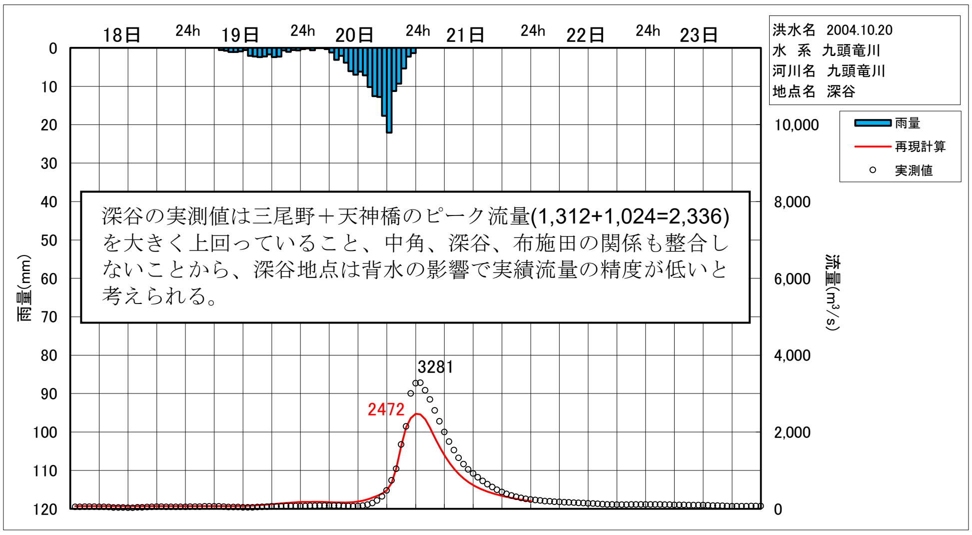


図 1.33 H16.7.17 洪水ハイドロの再現計算結果 (2/2)





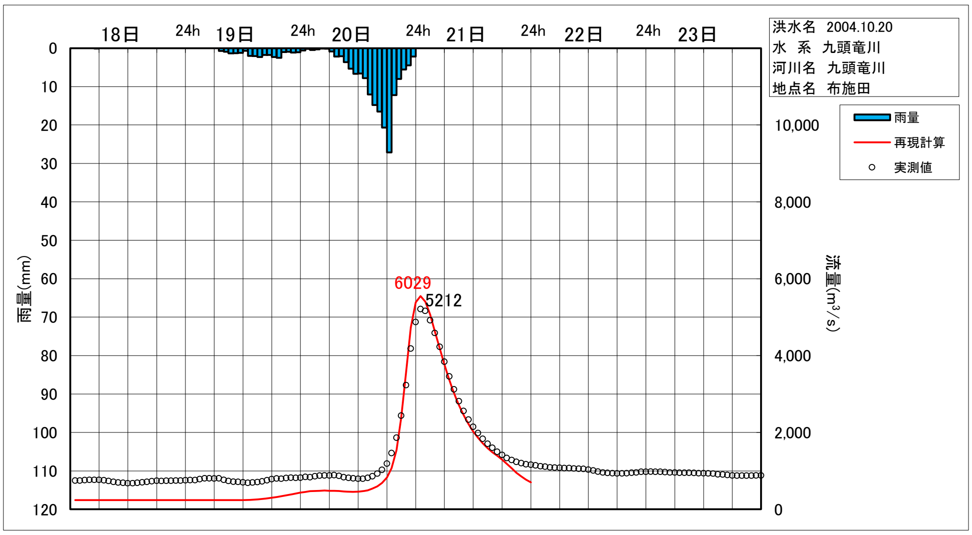
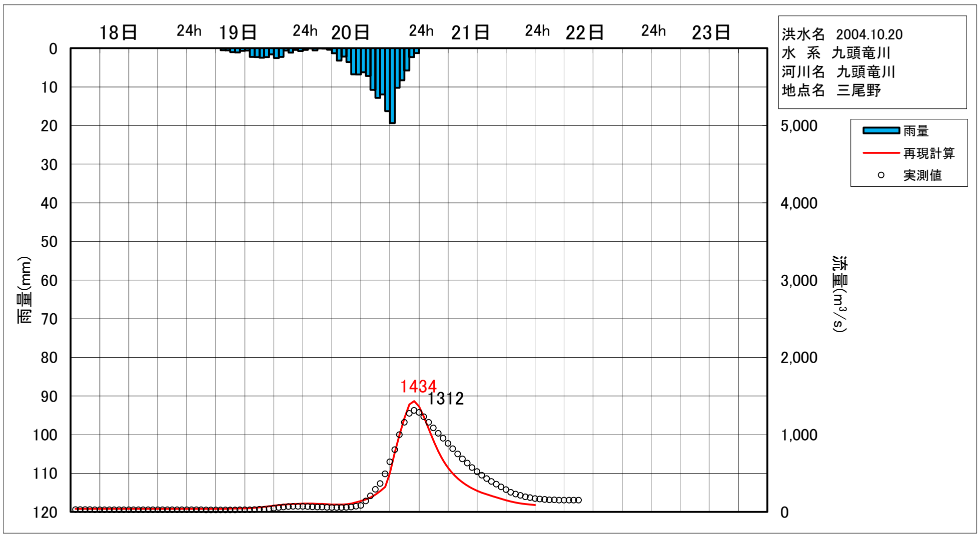


図 1.34 H16.10.20 洪水ハイドロの再現計算結果（1/2）



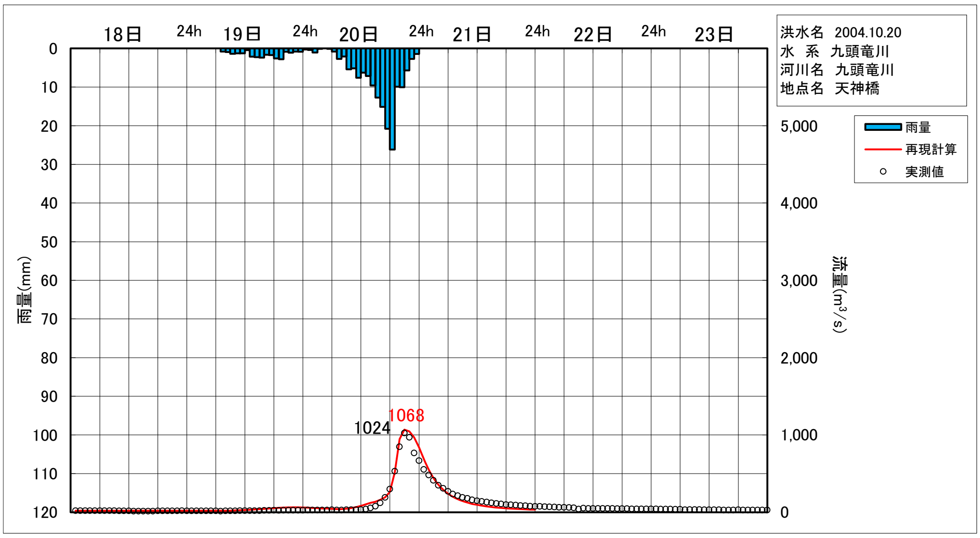


図 1.35 H16.10.20 洪水ハイドロの再現計算結果（2/2）

1.6　基本高水のピーク流量の設定

1.6.1　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

1.6.2　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、既定計画の 1/150 を踏襲するものとした。

1.7　対象降雨の継続時間の設定

1.7.1　対象降雨の継続時間設定の考え方

九頭竜川流域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ピーク流量と短時間雨量との相関関係及び③強度の強い降雨の継続時間を整理し設定した。

1.7.2　洪水到達時間

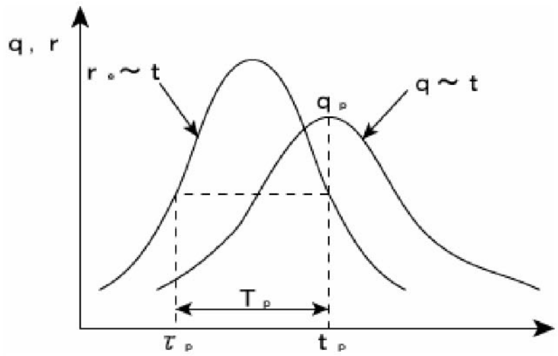
洪水到達時間は、以下に示す2通りの手法により洪水到達時間を算定する。

①Kinematic Wave 法に基づく方法

②角屋の式

(1)　Kinematic Wave 法に基づく算定方法

Kinematic Wave 法に基づく洪水到達時間の設定方法では、ピーク流量生起時刻の降雨強度と同じ強度が生起している時刻をピーク生起前にて設定し、その時差を洪水到達時間とする。



T_p：洪水到達時間

τ_p：ピーク流量を発生する特性曲線の上流端での出発時刻

t_p：その特性曲線の下流端への到達時

r_e：τ_p～t_p間の平均有効降雨強度

q_p：ピーク流量

図 1.36　Kinematic Wave 法に基づく洪水到達時間の設定

(2)　角屋の式による算定方法

以下の角屋の式により設定する。

角屋の式　$Tp = CA^{0.22}Re^{-0.35}$

Tp:洪水到達時間

A ：流域面積(km^2)

Re:有効雨量強度(mm/hr)

C ：流域特性

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

表 1.17　洪水到達時間の算定結果（中角地点）

No.	洪水名	洪水発生日	ピーク時刻	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	洪水 No.002	昭和 28 年 9 月 25 日	9/26 0:00※	11	10.14	10.3
2	洪水 No.015	昭和 34 年 8 月 12 日	8/14 14:00	8	9.06	10.7
3	洪水 No.016	昭和 34 年 9 月 27 日	9/27 5:00	12	11.59	9.9
4	洪水 No.024	昭和 36 年 9 月 16 日	9/16 23:00	34	10.33	10.3
5	洪水 No.029	昭和 39 年 7 月 8 日	7/9 12:00	13	8.14	11.2
6	洪水 No.035	昭和 40 年 9 月 15 日	9/15 4:00	12	15.52	8.9
7	洪水 No.036	昭和 40 年 9 月 18 日	9/18 4:00	18	6.04	12.4
8	洪水 No.053	昭和 47 年 9 月 17 日	9/17 11:00	22	7.28	11.6
9	洪水 No.058	昭和 50 年 8 月 23 日	8/23 20:00	34	6.96	11.8
10	洪水 No.059	昭和 51 年 9 月 11 日	9/11 4:00	9	16.32	8.8
11	洪水 No.068	昭和 56 年 7 月 3 日	7/3 6:00	19	8.04	11.2
12	洪水 No.074	昭和 58 年 9 月 28 日	9/28 22:00	45	4.18	14.1
13	洪水 No.120	平成 10 年 9 月 22 日	9/23 1:00	17	6.73	11.9
14	洪水 No.130	平成 16 年 7 月 17 日	7/18 15:00	15	11.06	10.0
15	洪水 No.131	平成 16 年 10 月 20 日	10/21 1:00	16	11.01	10.0
16	洪水 No.133	平成 18 年 7 月 19 日	7/19 6:00	29	6.37	12.2
17	洪水 No.170	平成 29 年 10 月 22 日	10/23 7:00	28	6.80	11.9
18	洪水 No.172	平成 30 年 7 月 6 日	7/6 2:00	23	6.11	12.3
最大				45.0	16.3	14.1
最小				8.0	4.2	8.8
平均				20.3	9.0	11.1

角屋の式に用いる平均有効降雨強度は、KinematicWave 法による到達時間内の平均有効降雨強度を使用
角屋の式に用いる定数は、C=290（丘陵山林域）、A=1,261.6km²（中角地点上流域）とした
※：実測データ欠測のため、流出計算による再現結果から求めたピーク発生時刻を使用

表 1.18　洪水到達時間の算定結果（深谷地点）

No.	洪水名	洪水発生日	ピーク時刻	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	洪水 No.002	昭和 28 年 9 月 25 日	9/26 0:00※	17	10.46	10.3
2	洪水 No.015	昭和 34 年 8 月 12 日	8/14 14:00	15	6.54	12.1
3	洪水 No.016	昭和 34 年 9 月 27 日	9/27 5:00	13	8.38	11.1
4	洪水 No.024	昭和 36 年 9 月 16 日	9/16 23:00	28	5.55	12.8
5	洪水 No.029	昭和 39 年 7 月 8 日	7/9 12:00	15	6.78	11.9
6	洪水 No.035	昭和 40 年 9 月 15 日	9/15 4:00	9	2.41	17.2
7	洪水 No.036	昭和 40 年 9 月 18 日	9/18 4:00	18	9.21	10.7
8	洪水 No.053	昭和 47 年 9 月 17 日	9/17 11:00	22	7.53	11.5
9	洪水 No.058	昭和 50 年 8 月 23 日	8/23 20:00	35	5.63	12.7
10	洪水 No.059	昭和 51 年 9 月 11 日	9/11 4:00	17	6.37	12.2
11	洪水 No.068	昭和 56 年 7 月 3 日	7/3 6:00	8	6.88	11.9
12	洪水 No.074	昭和 58 年 9 月 28 日	9/28 22:00	44	3.96	14.4
13	洪水 No.120	平成 10 年 9 月 22 日	9/23 1:00	18	6.13	12.4
14	洪水 No.130	平成 16 年 7 月 17 日	7/18 15:00	11	15.92	8.9
15	洪水 No.131	平成 16 年 10 月 20 日	10/21 1:00	17	8.23	11.2
16	洪水 No.133	平成 18 年 7 月 19 日	7/19 6:00	28	6.42	12.2
17	洪水 No.170	平成 29 年 10 月 22 日	10/23 7:00	25	8.20	11.2
18	洪水 No.172	平成 30 年 7 月 6 日	7/6 2:00	25	6.40	12.2
最大				44.0	15.9	17.2
最小				8.0	2.4	8.9
平均				20.3	7.3	12.0

角屋の式に用いる平均有効降雨強度は、KinematicWave 法による到達時間内の平均有効降雨強度を使用
角屋の式に用いる定数は、C=290（丘陵山林域）、A=1,281.0km²（深谷地点上流域）とした
※：実測データ欠測のため、流出計算による再現結果から求めたピーク発生時刻を使用

表 1.19　洪水到達時間の算定結果（天神橋地点）

No.	洪水名	洪水発生日	ピーク時刻	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	洪水 No.002	昭和 28 年 9 月 25 日	9/26 0:00※	15	12.6	7.2
2	洪水 No.015	昭和 34 年 8 月 12 日	8/14 14:00※	5	10.6	7.7
3	洪水 No.016	昭和 34 年 9 月 27 日	9/27 5:00※	10	11.2	7.5
4	洪水 No.024	昭和 36 年 9 月 16 日	9/16 23:00※	26	8.2	8.4
5	洪水 No.029	昭和 39 年 7 月 8 日	7/9 12:00※	10	9.3	8.0
6	洪水 No.035	昭和 40 年 9 月 15 日	9/15 4:00※	7	4.8	10.1
7	洪水 No.036	昭和 40 年 9 月 18 日	9/18 4:00※	9	11.8	7.4
8	洪水 No.053	昭和 47 年 9 月 17 日	9/17 11:00※	4	10.99	7.6
9	洪水 No.058	昭和 50 年 8 月 23 日	8/23 20:00※	17	11.75	7.4
10	洪水 No.059	昭和 51 年 9 月 11 日	9/11 4:00※	6	11.45	7.5
11	洪水 No.068	昭和 56 年 7 月 3 日	7/3 6:00	6	8.92	8.2
12	洪水 No.074	昭和 58 年 9 月 28 日	9/28 22:00	15	7.40	8.7
13	洪水 No.120	平成 10 年 9 月 22 日	9/23 1:00	15	6.94	8.9
14	洪水 No.130	平成 16 年 7 月 17 日	7/18 15:00	10	24.79	5.7
15	洪水 No.131	平成 16 年 10 月 20 日	10/21 1:00	8	12.11	7.3
16	洪水 No.133	平成 18 年 7 月 19 日	7/19 6:00	27	6.55	9.1
17	洪水 No.170	平成 29 年 10 月 22 日	10/23 7:00	6	17.07	6.5
18	洪水 No.172	平成 30 年 7 月 6 日	7/6 2:00	12	13.64	7.0
最大				27.0	24.8	10.1
最小				4.0	4.8	5.7
平均				11.6	11.1	7.8

角屋の式に用いる平均有効降雨強度は、KinematicWave 法による到達時間内の平均有効降雨強度を使用
角屋の式に用いる定数は、C=290（丘陵山林域）、A=350.8km^2（天神橋地点上流域）とした
※：実測データ欠測のため、流出計算による再現結果から求めたピーク発生時刻を使用

1.7.3　ピーク流量と短時間雨量の相関

時間雨量データが整理されている昭和 28 年（1953 年）以降の 68 年間で基準地点において年最大流量（ダム・氾濫戻し）を記録した洪水を対象に、ピーク流量と短時間雨量（1～3・6・9・12・15・18・24・36・48 時間雨量）の相関関係について整理する。なお、短時間雨量は、下記の定義①、定義②の２ケースで整理する。

定義①：ピーク流量生起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

中角地点、深谷地点では 9 時間以上で、天神橋地点では 6 時間以上で、短時間雨量とピーク流量の相関が高くなっている。

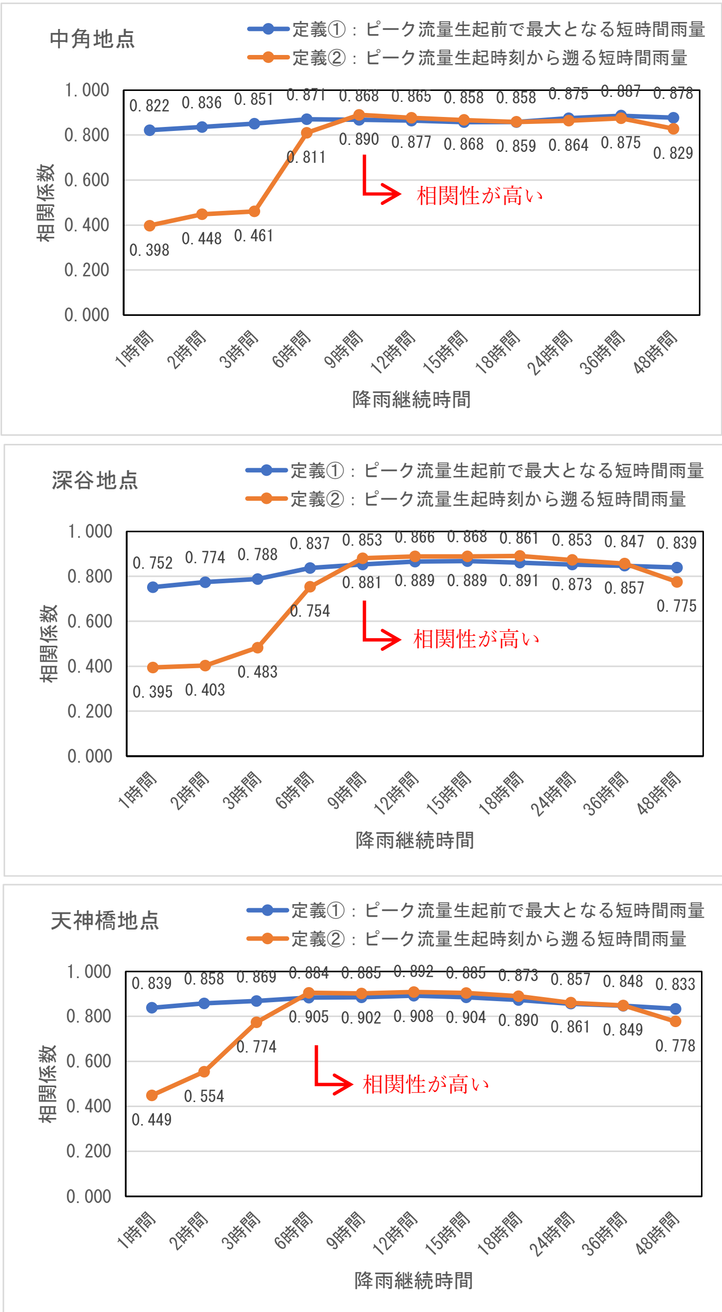


図 1.37　ピーク流量と降雨継続時間の相関図

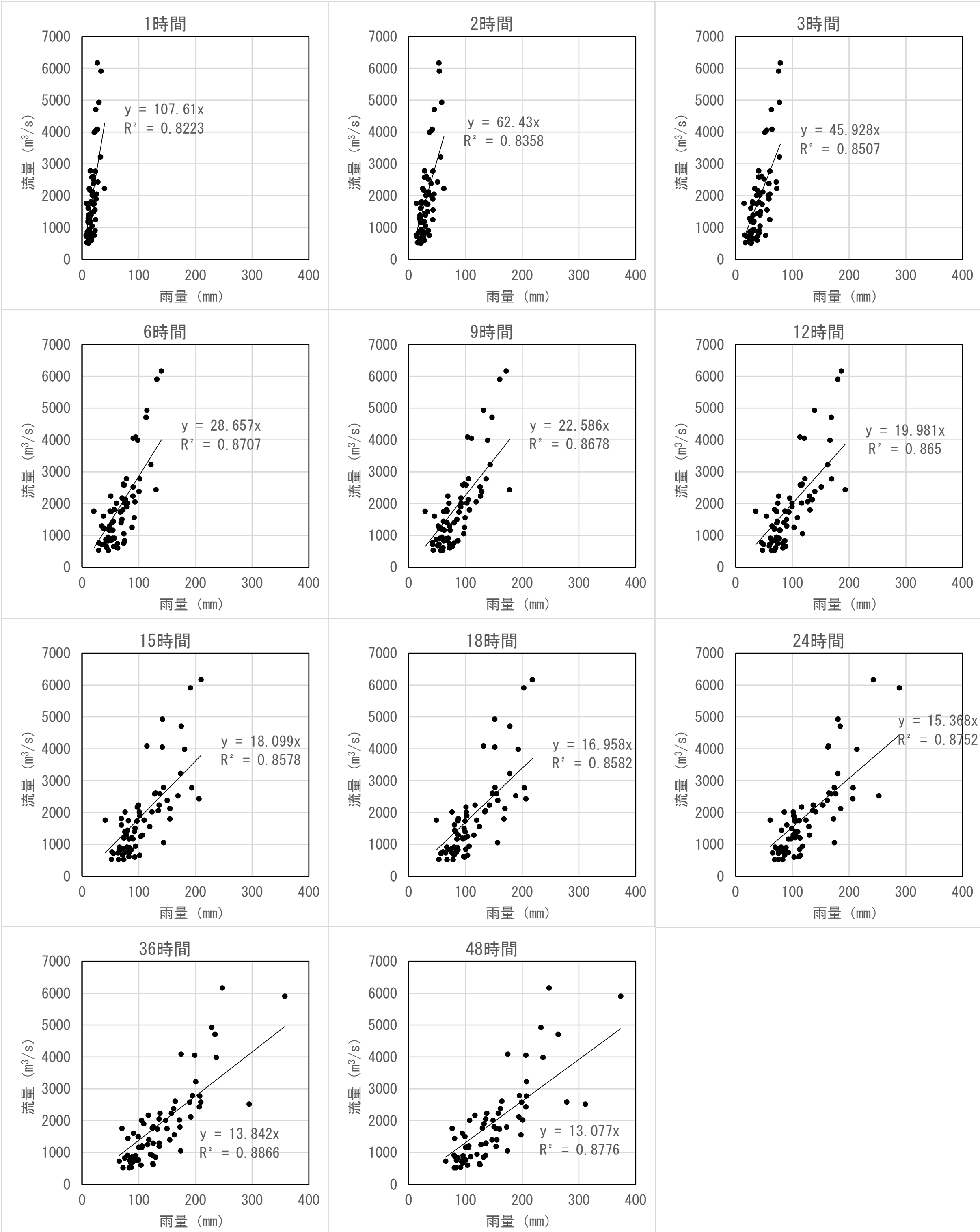


図 1.38　ピーク流量と雨量の相関関係（中角地点）

（定義①：ピーク流量生起前で最大となる短時間雨量）

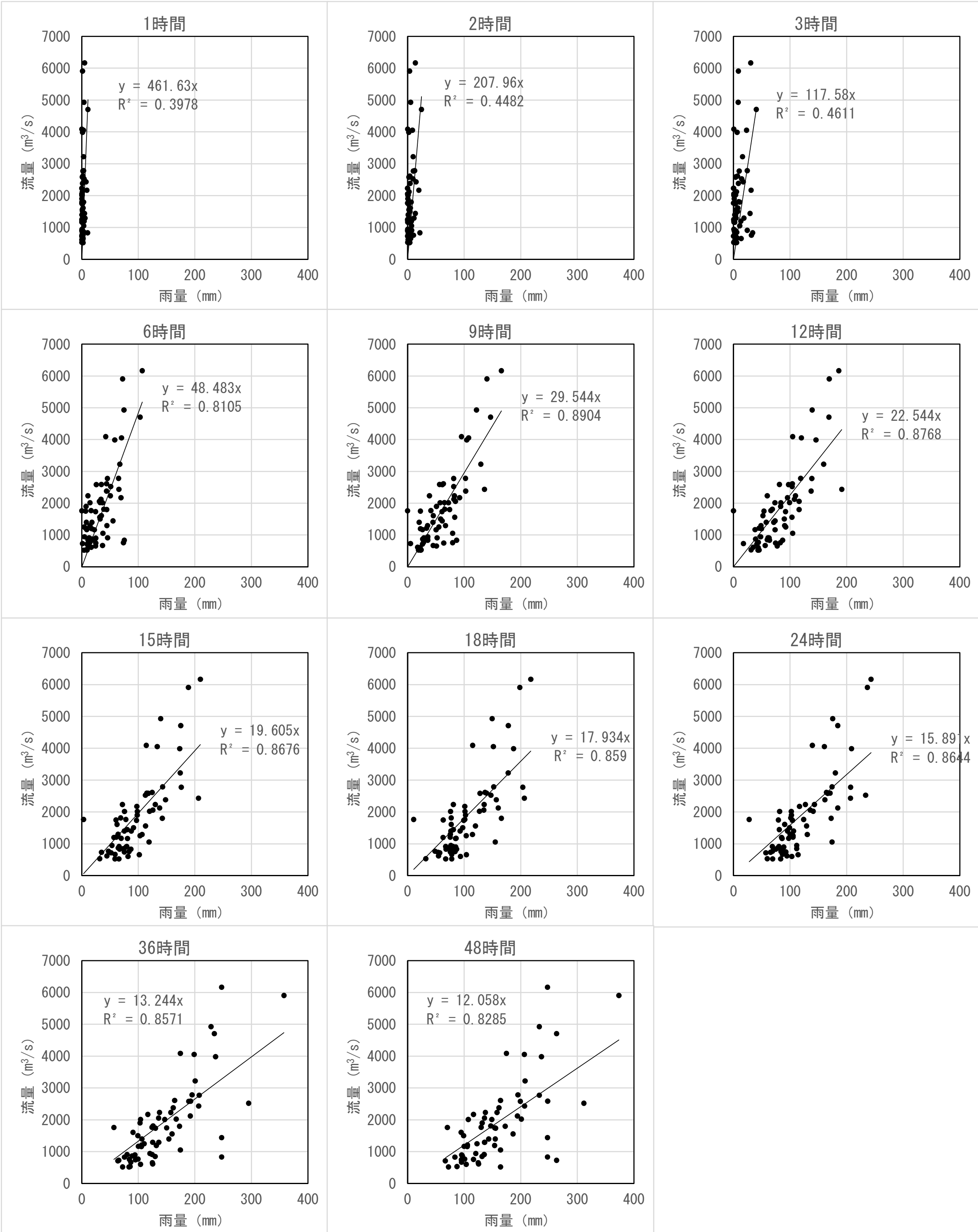


図 1.39　ピーク流量と雨量の相関関係（中角地点）

（定義②：ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量）

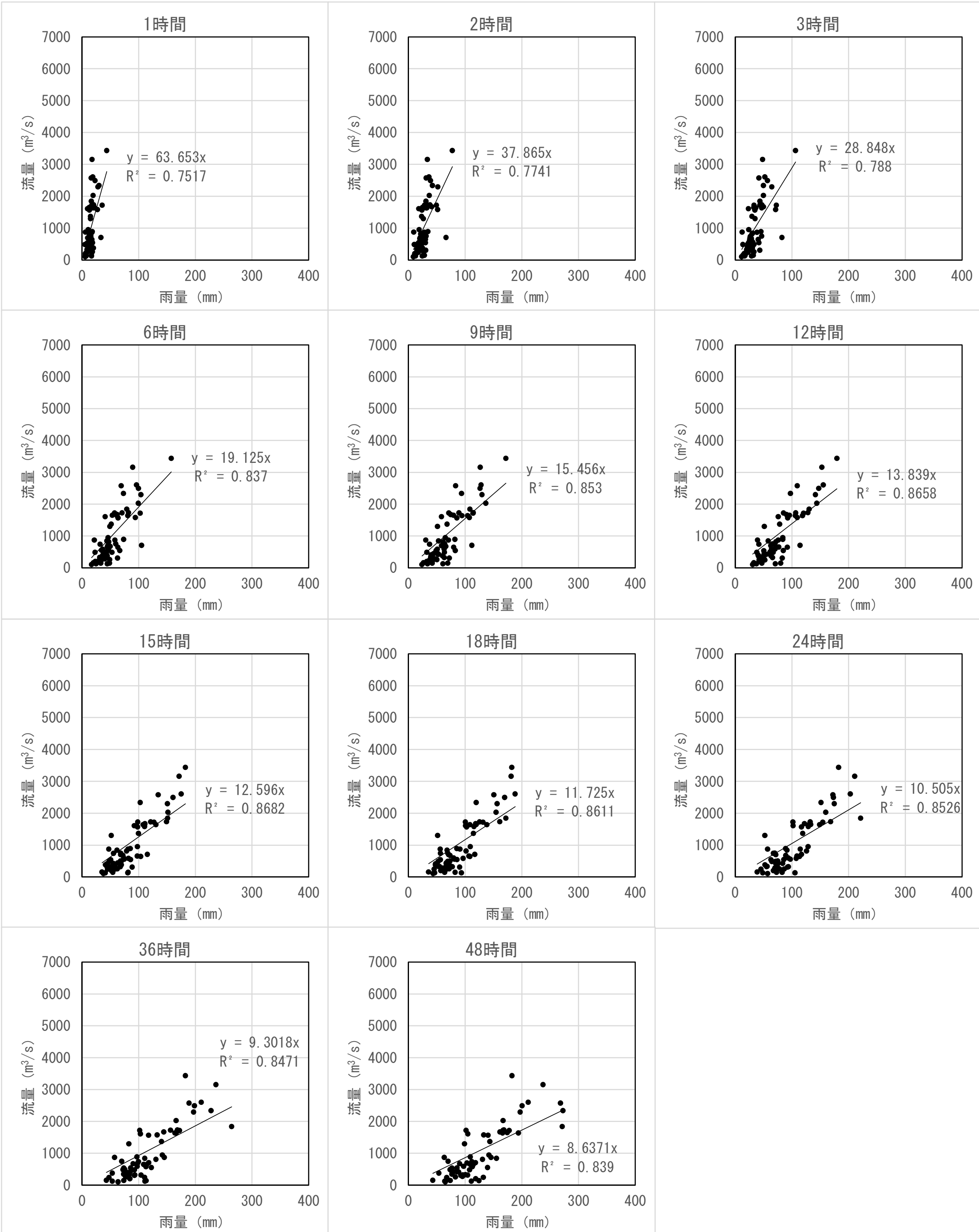


図 1.40　ピーク流量と雨量の相関関係（深谷地点）

（定義①：ピーク流量生起前で最大となる短時間雨量）

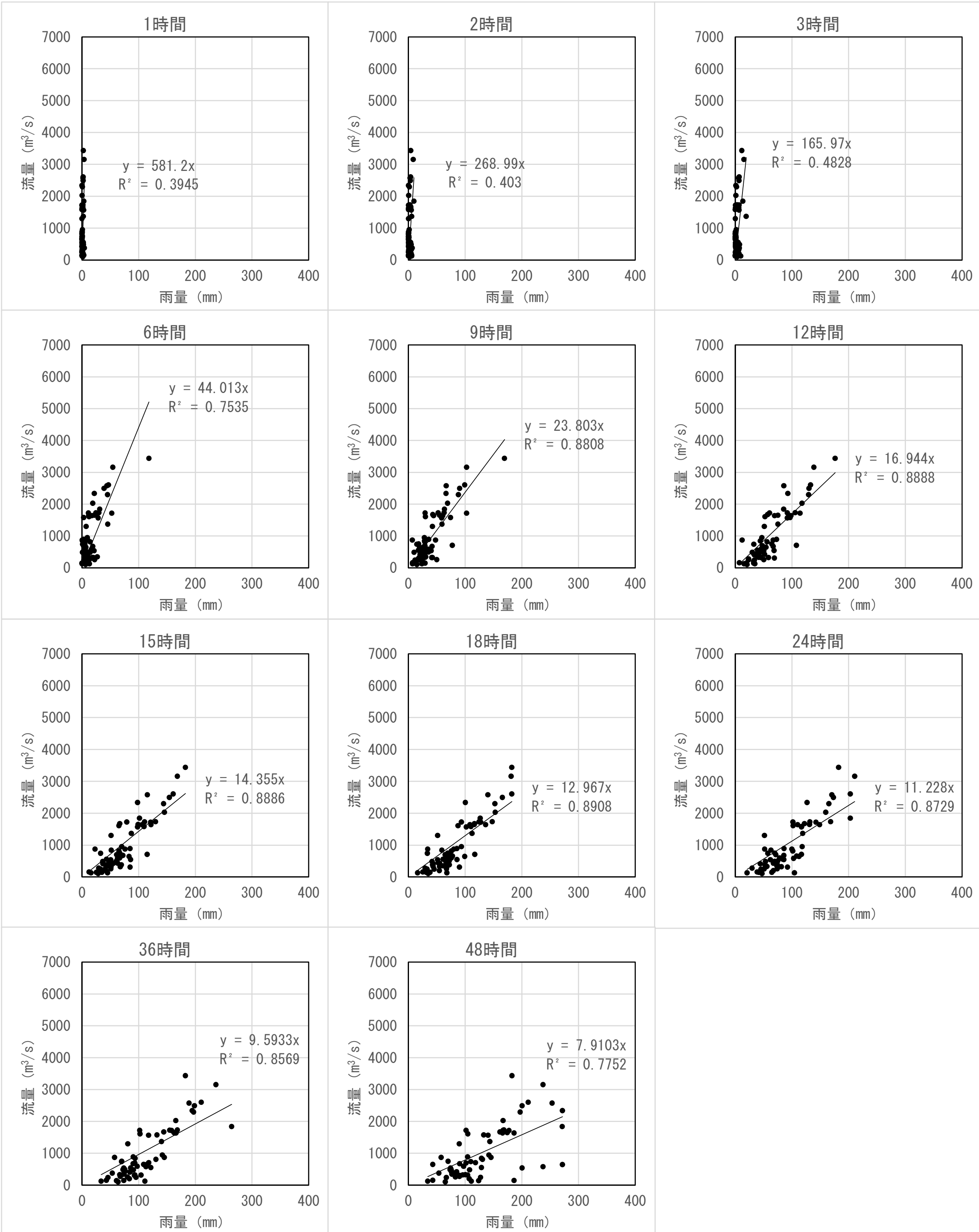


図 1.41　ピーク流量と雨量の相関関係（深谷地点）

（定義②：ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量）

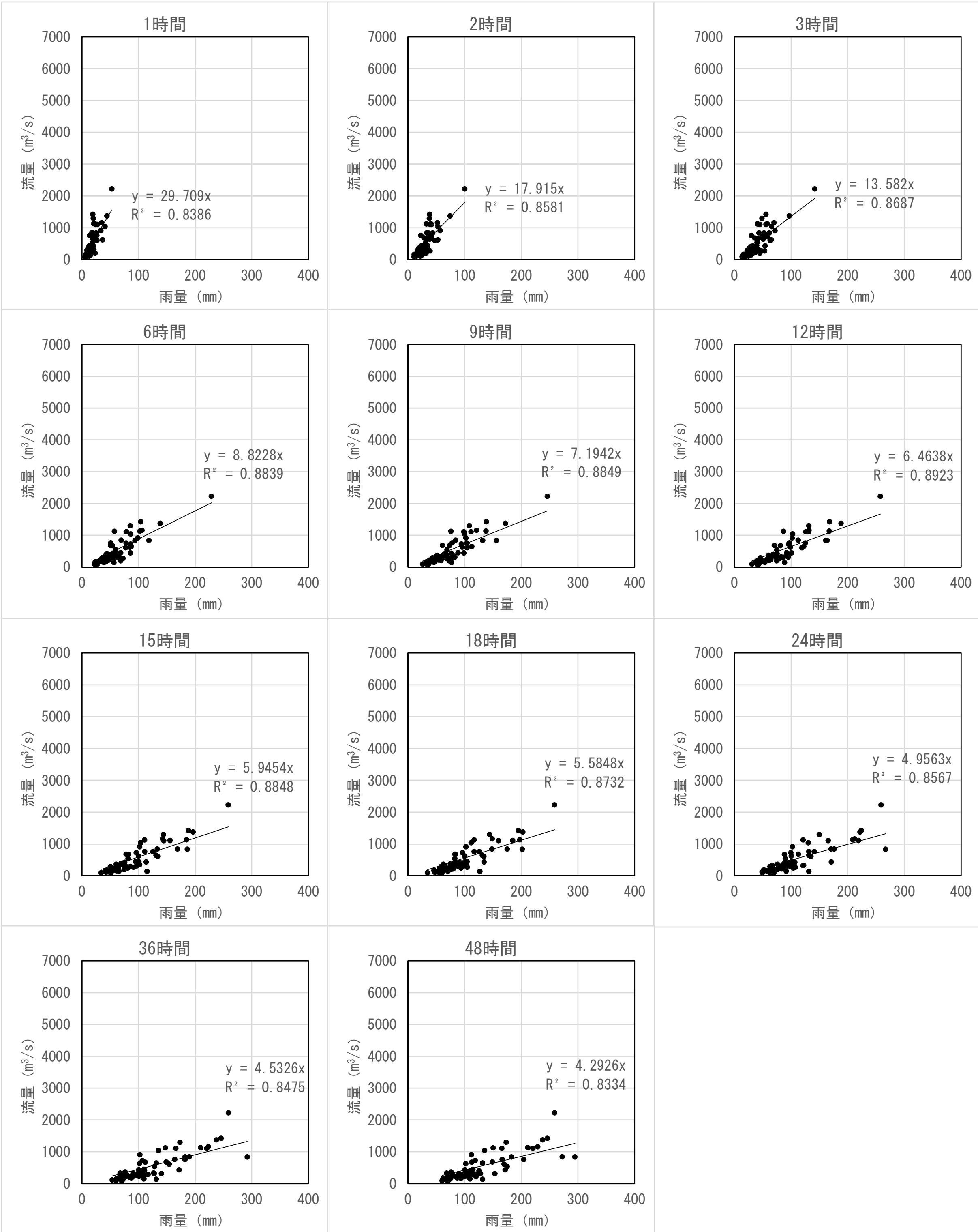


図 1.42　ピーク流量と雨量の相関関係（天神橋地点）

（定義①：ピーク流量生起前で最大となる短時間雨量）

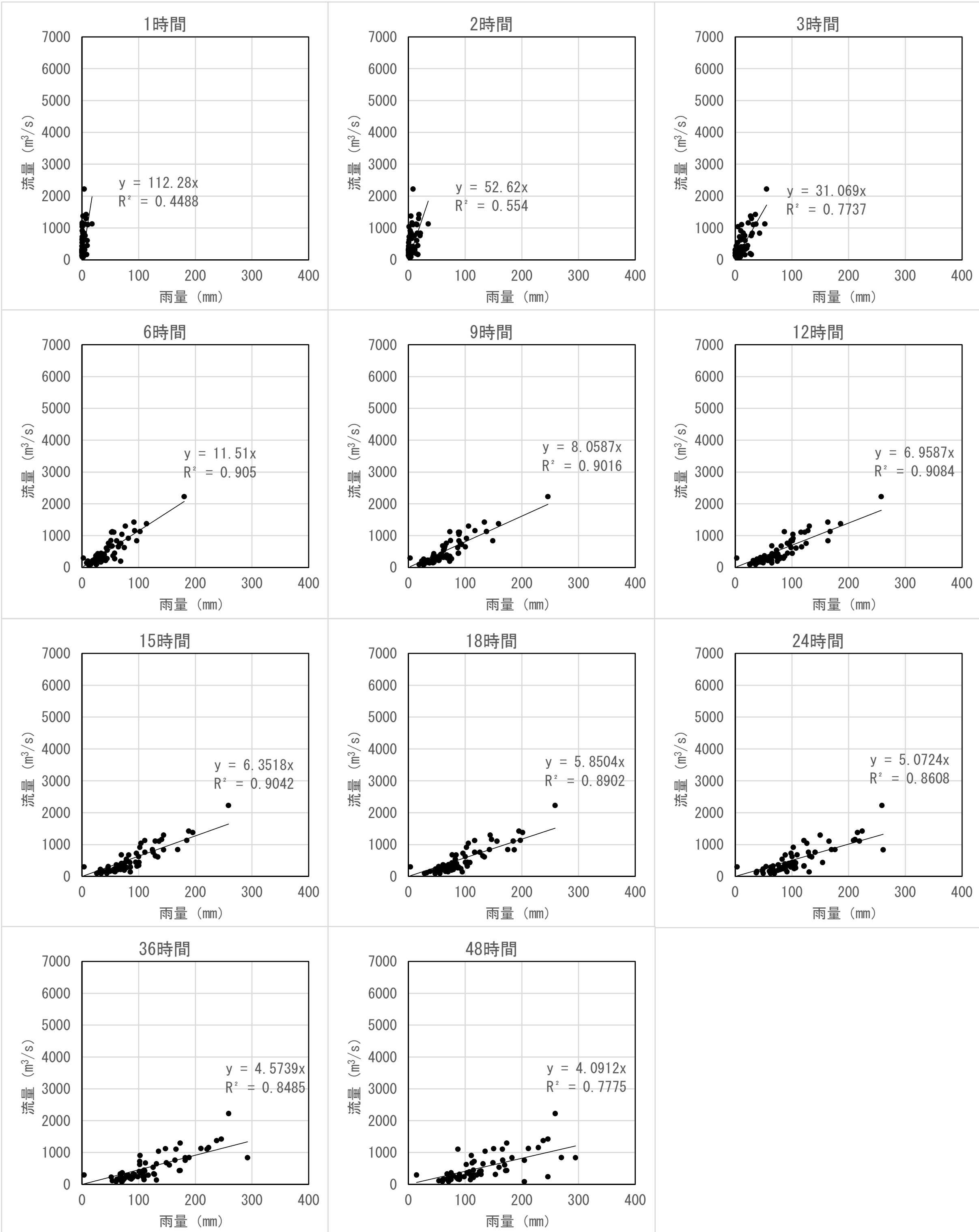


図 1.43　ピーク流量と雨量の相関関係（天神橋地点）

（定義②：ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量）

1.7.4　強い降雨強度の継続時間

強い降雨強度（5mm/hr 及び 10mm/hr）の継続時間を整理する。

対象洪水は、時間雨量データが整理されている昭和 28 年（1953 年）以降に生起した洪水で、基準地点（中角地点・深谷地点・天神橋地点）と主要地点（布施田地点・三尾野地点）における年最大流量（ダム・氾濫戻し）の上位 10 洪水を包絡した全 18 洪水とする。

中角地点　：5 ㎜以上で平均 10 時間、10mm 以上で平均 6 時間

深谷地点　：5 ㎜以上で平均 9 時間、10mm 以上で平均 4 時間

天神橋地点：5 ㎜以上で平均 9 時間、10mm 以上で平均 4 時間

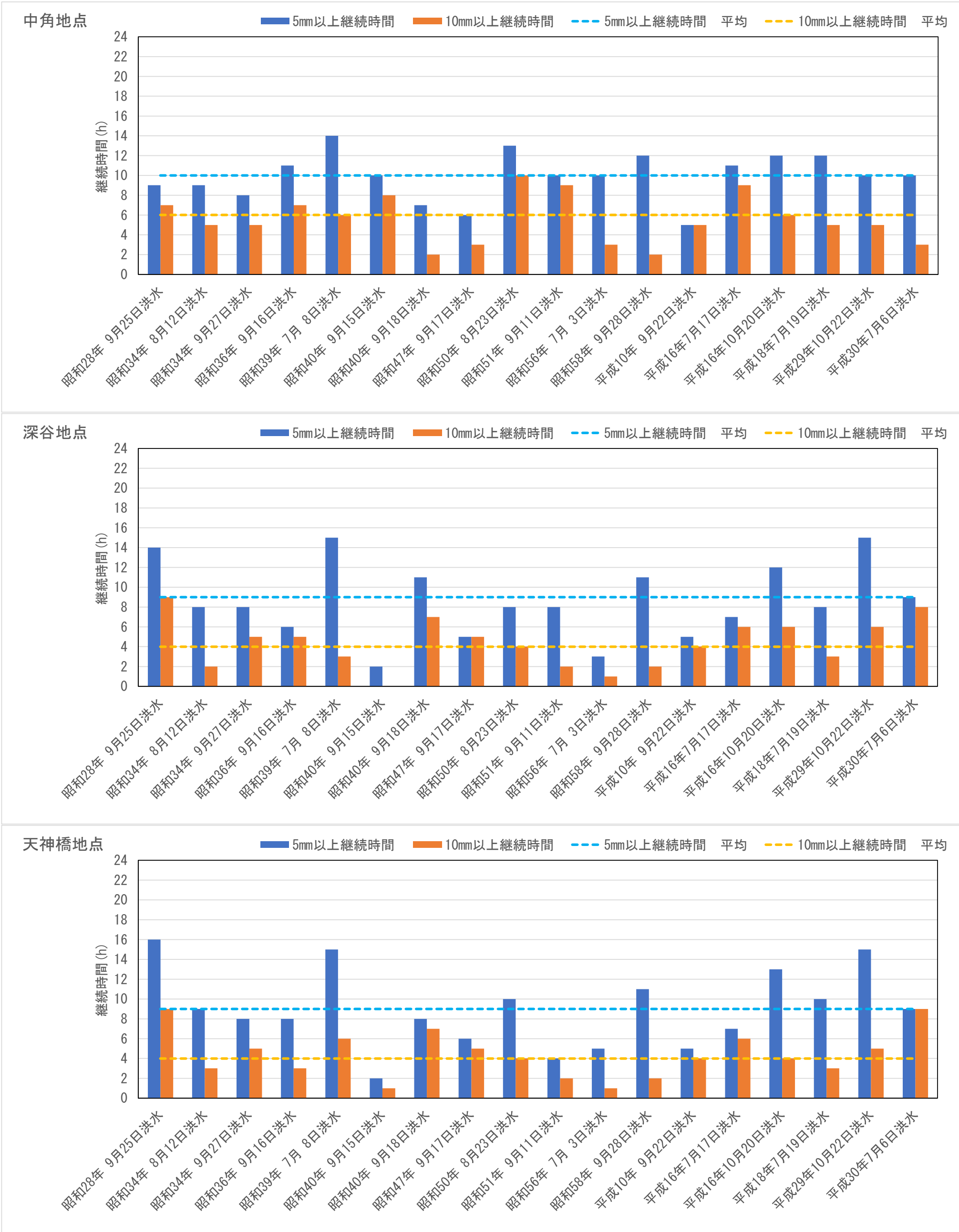


図 1.44　強い降雨強度の継続時間

1.7.5　対象降雨の降雨継続時間の設定

(1)　中角地点

①洪水到達時間

・KinematicWave 法　8.0～45.0 時間（平均 20.3 時間）

・角屋の式　8.8～14.1 時間（平均 11.1 時間）

②ピーク流量と n 時間雨量との相関関係

9 時間を超えるとピーク流量と相関が高くなった。

③強い降雨強度の継続時間

5 ㎜以上で平均 10 時間、10mm 以上で平均 6 時間

→上記結果を包絡できる時間として 24 時間に設定

(2)　深谷地点

①洪水到達時間

・KinematicWave 法　8.0～44.0 時間（平均 20.3 時間）

・角屋の式　8.9～17.2 時間（平均 12.0 時間）

②ピーク流量と n 時間雨量との相関関係

9 時間を超えるとピーク流量と相関が高くなった。

③強い降雨強度の継続時間

5 ㎜以上で平均 9 時間、10mm 以上で平均 4 時間

→上記結果を包絡できる時間として 24 時間に設定

(3)　天神橋地点

①洪水到達時間

・KinematicWave 法　4.0～27.0 時間（平均 11.6 時間）

・角屋の式　5.7～10.1 時間（平均 7.8 時間）

②ピーク流量と n 時間雨量との相関関係

6 時間を超えるとピーク流量と相関が高くなった。

③強い降雨強度の継続時間

5 ㎜以上で平均 9 時間、10mm 以上で平均 4 時間

→上記結果を包絡できる時間として 15 時間に設定

1.8　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 法及び角屋式等による洪水の到達時間、短時間雨量と洪水ピーク流量の相関、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 日から中角、深谷は 24 時間、天神橋は 15 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、既定計画から雨量標本のデータ延伸を一律に平成 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、定常の水文統計解析により確率雨量を算定し、これに降雨量変化倍率を乗じた値を計画対象降雨の降雨量とする。

昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）までの 58 年間の計画降雨継続時間内の降雨量を確率処理し、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 1/150 対象降雨の降雨量を算定した。

表 1.20　基準地点中角 24 時間雨量 1/150 確率算定結果

（単位：mm）

項目		一般化極値分布 Gev	グンベル分布 Gumbel	指数分布 Exp	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法） LP3Rs	対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法） LogP3	岩井法 Iwai	石原・高瀬法 IshiTaka	対数正規分布3母数（SladeⅡ）クォンタイル法 LN3Q	対数正規分布3母数（SladeⅡ） LN3PM	対数正規分布2母数（SladeⅠ,L積率法） LN2LM	対数正規分布4母数（SladeⅣ,L積率法） LN2PM	対数正規分布4母数（SladeⅣ,積率法） LN4PM	精度の良い手法群の平均値
標本数															—
最大値															—
確率規模	1/2	122.7	129.6	120.7	125.1	—	123.7	—	—	120.0	—	—	—	—	91.6
	1/3	142.4	151.9	144.1	143.8	—	144.3	—	—	140.6	—	—	—	—	106.8
	1/5	167.5	176.7	173.5	166.0	—	170.0	—	—	168.3	—	—	—	—	126.5
	1/10	204.6	207.9	213.4	195.9	—	206.8	—	—	210.5	—	—	—	—	155.5
	1/20	246.9	237.8	253.3	226.7	—	247.2	—	—	259.0	—	—	—	—	188.3
	1/30	274.7	255.0	276.6	245.3	—	272.8	—	—	290.6	—	—	—	—	209.5
	1/50	313.5	276.5	306.0	269.6	—	307.7	—	—	334.1	—	—	—	—	238.8
	1/80	353.5	296.1	333.1	292.7	—	342.5	—	—	378.0	—	—	—	—	268.5
	1/100	374.0	305.5	345.9	304.0	—	360.1	—	—	400.2	—	—	—	—	283.6
	1/150	414.2	322.4	369.3	324.9	—	393.8	—	—	443.0	—	—	—	—	312.8
	1/200	445.1	334.3	385.9	340.2	—	419.3	—	—	475.3	—	—	—	—	334.9
	1/400	528.8	363.2	425.8	378.1	—	486.2	—	—	560.1	—	—	—	—	393.8
	1/500	558.8	372.5	438.6	390.8	—	509.7	—	—	589.6	—	—	—	—	414.5
	1/600	584.5	380.0	449.1	401.2	—	529.5	—	—	614.6	—	—	—	—	432.2
	1/700	607.1	386.5	458.0	410.2	—	546.8	—	—	636.3	—	—	—	—	447.6
	1/800	627.4	392.0	465.7	418.0	—	562.2	—	—	655.5	—	—	—	—	461.3
	1/900	645.8	396.9	472.4	424.9	—	576.1	—	—	672.8	—	—	—	—	473.7
	1/1000	662.7	401.3	478.5	431.2	—	588.7	—	—	688.6	—	—	—	—	485.0
SLSC		0.036	0.045	0.028	0.052	—	0.035	—	—	0.028	—	—	—	—	—
SLSCH		0.066	0.072	0.044	0.096	—	0.063	—	—	0.066	—	—	—	—	—
相関係数(X)		0.978	0.978	0.991	0.985	—	0.983	—	—	0.974	—	—	—	—	—
相関係数(Y)		0.960	0.987	0.982	0.979	—	0.983	—	—	0.959	—	—	—	—	—
推定誤差		54.0	31.0	37.2	36.9	—	48.0	—	—	67.9	—	—	—	—	—

：精度の良い手法（SLSC≦0.04）　：Jackknife推定誤差が最小となる手法　：計画雨量採用値

－：標本と分布モデルとの適合性が明らかによくないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が0.3より大きい場合は該当分布モデルには不適合とみなして”－”とした。

表 1.21　基準地点深谷 24 時間雨量 1/150 確率算定結果

（単位：mm）

項目		一般化極値分布 Gev	グンベル分布 Gumbel	指数分布 Exp	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法） LP3Rs	対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法） LogP3	岩井法 Iwai	石原・高瀬法 IshiTaka	対数正規分布3母数（SladeⅡ）クォンタイル法 LN3Q	対数正規分布3母数（SladeⅡ） LN3PM	対数正規分布2母数（SladeⅠ,L積率法） LN2LM	対数正規分布4母数（SladeⅣ,L積率法） LN2PM	対数正規分布4母数（SladeⅣ,積率法） LN4PM	精度の良い手法群の平均値
標本数															—
最大値															—
確率規模	1/2	98.1	99.9	93.0	97.1	100.9	98.1	98.9	99.9	96.3	—	99.9	99.9	—	89.9
	1/3	114.9	117.3	111.2	113.5	118.6	114.9	115.8	117.1	113.4	—	117.2	116.8	—	105.4
	1/5	134.6	136.6	134.1	133.1	137.7	134.6	135.1	136.1	134.2	—	136.3	135.5	—	123.1
	1/10	160.7	160.9	165.2	159.8	160.7	160.5	159.8	159.9	162.5	—	160.4	158.9	—	145.8
	1/20	187.1	184.2	196.3	187.4	181.9	186.7	184.0	182.6	191.9	—	183.4	181.2	—	168.2
	1/30	203.1	197.6	214.5	204.2	193.8	202.5	198.2	195.6	209.8	—	196.6	194.0	—	181.4
	1/50	223.7	214.4	237.4	226.1	208.3	222.8	216.1	211.9	233.1	—	213.2	210.1	—	198.2
	1/80	243.4	229.7	258.5	247.0	221.4	242.2	232.8	226.8	255.5	—	228.5	224.9	—	213.8
	1/100	253.0	237.0	268.5	257.2	227.5	251.7	240.8	233.9	266.5	—	235.8	231.9	—	221.4
	1/150	270.8	250.1	286.7	276.2	238.5	269.2	255.6	246.9	286.9	—	249.0	244.7	—	235.3
	1/200	283.8	259.5	299.6	290.1	246.1	282.1	266.1	256.1	301.9	—	258.5	253.8	—	245.3
	1/400	316.2	282.0	330.7	324.7	264.4	314.3	292.0	278.5	339.5	—	281.5	275.9	—	269.9
	1/500	327.1	289.2	340.8	336.2	270.3	325.0	300.5	285.7	352.1	—	289.0	283.1	—	278.0
	1/600	336.1	295.1	348.9	345.8	275.0	334.0	307.6	291.7	362.6	—	295.2	289.0	—	284.7
	1/700	343.8	300.1	355.9	354.0	279.0	341.7	313.5	296.8	371.6	—	300.4	294.0	—	290.4
	1/800	350.5	304.4	361.8	361.1	282.4	348.4	318.7	301.2	379.5	—	304.9	298.4	—	295.4
	1/900	356.5	308.2	367.1	367.5	285.5	354.4	323.3	305.1	386.5	—	308.9	302.2	—	299.8
	1/1000	361.9	311.7	371.9	373.2	288.2	359.8	327.5	308.5	392.9	—	312.5	305.7	—	303.8
SLSC		0.027	0.026	0.039	0.028	0.038	0.027	0.029	0.032	0.028	—	0.031	0.032	—	—
SLSCH		0.045	0.039	0.060	0.050	0.043	0.043	0.041	0.041	0.048	—	0.040	0.044	—	—
相関係数(X)		0.990	0.992	0.983	0.988	0.991	0.990	0.992	0.992	0.986	—	0.992	0.992	—	—
相関係数(Y)		0.981	0.988	0.983	0.979	0.990	0.990	0.985	0.988	0.978	—	0.988	0.988	—	—
推定誤差		32.0	19.9	23.9	25.9	19.1	28.7	24.1	20.5	30.9	—	24.7	23.0	—	—

：精度の良い手法（SLSC≦0.04）　：Jackknife推定誤差が最小となる手法　：計画雨量採用値

－：標本と分布モデルとの適合性が明らかによくないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が0.3より大きい場合は該当分布モデルには不適合とみなして”－”とした。

表 1.22　基準地点天神橋 15 時間雨量 1/150 確率算定結果

（単位：mm）

項目		一般化極値分布 Gev	グンベル分布 Gumbel	指数分布 Exp	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法） LP3Rs	対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法） LogP3	岩井法 Iwai	石原・高瀬法 IshiTaka	対数正規分布3母数（SladeⅡ）クォンタイル法 LN3Q	対数正規分布3母数（SladeⅡ） LN3PM	対数正規分布2母数（SladeⅠ,L積率法） LN2LM	対数正規分布4母数（SladeⅣ,L積率法） LN2PM	対数正規分布4母数（SladeⅣ,積率法） LN4PM	精度の良い手法群の平均値
標本数															—
最大値															—
確率規模	1/2	89.3	92.0	85.0	88.9	—	89.1	90.6	88.8	88.9	89.0	—	—	—	79.6
	1/3	106.2	109.6	103.4	105.6	—	106.2	107.8	105.5	106.1	105.8	—	—	—	94.8
	1/5	126.2	129.3	126.7	125.6	—	126.4	127.3	125.6	126.6	125.9	—	—	—	112.5
	1/10	153.4	154.0	158.3	152.9	—	153.9	152.5	152.6	154.0	152.8	—	—	—	136.2
	1/20	181.8	177.6	189.9	181.4	—	182.4	177.3	180.4	182.0	180.4	—	—	—	160.4
	1/30	199.2	191.2	208.4	198.7	—	199.8	191.8	197.1	198.9	197.0	—	—	—	174.9
	1/50	222.2	208.3	231.7	221.4	—	222.6	210.3	219.0	220.8	218.5	—	—	—	193.7
	1/80	244.5	223.8	253.1	243.2	—	244.6	227.5	239.7	241.6	239.0	—	—	—	211.5
	1/100	255.4	231.2	263.3	253.8	—	255.4	235.7	249.9	251.7	249.0	—	—	—	220.2
	1/150	276.1	244.6	281.7	273.7	—	275.8	250.9	268.8	270.5	267.6	—	—	—	236.4
	1/200	291.3	254.1	294.9	288.1	—	290.7	261.8	282.5	284.2	281.1	—	—	—	248.2
	1/400	330.1	276.9	326.4	324.4	—	328.8	288.6	317.0	318.4	314.9	—	—	—	277.7
	1/500	343.2	284.3	336.6	336.5	—	341.7	297.4	328.5	329.8	326.1	—	—	—	287.5
	1/600	354.2	290.3	344.9	346.5	—	352.5	304.7	338.0	339.2	335.4	—	—	—	295.6
	1/700	363.7	295.3	352.0	355.0	—	361.7	310.9	346.2	347.3	343.4	—	—	—	302.6
	1/800	372.0	299.7	358.0	362.6	—	369.9	316.3	353.4	354.4	350.5	—	—	—	308.8
	1/900	379.5	303.6	363.4	369.2	—	377.2	321.1	359.8	360.7	356.7	—	—	—	314.2
	1/1000	386.2	307.1	368.2	375.3	—	383.8	325.4	365.6	366.4	362.3	—	—	—	319.1
SLSC		0.017	0.033	0.026	0.018	—	0.016	0.021	0.022	0.017	0.020	—	—	—	—
SLSCH		0.030	0.061	0.034	0.031	—	0.029	0.041	0.032	0.030	0.032	—	—	—	—
相関係数(X)		0.996	0.989	0.992	0.996	—	0.996	0.993	0.996	0.996	0.996	—	—	—	—
相関係数(Y)		0.992	0.987	0.991	0.992	—	0.996	0.989	0.992	0.992	0.992	—	—	—	—
推定誤差		50.5	24.7	29.8	27.0	—	47.1	48.0	47.6	56.1	47.5	—	—	—	—

：精度の良い手法（SLSC≦0.04）　：Jackknife推定誤差が最小となる手法　：計画雨量採用値

－：標本と分布モデルとの適合性が明らかによくないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が0.3より大きい場合は該当分布モデルには不適合とみなして”－”とした。

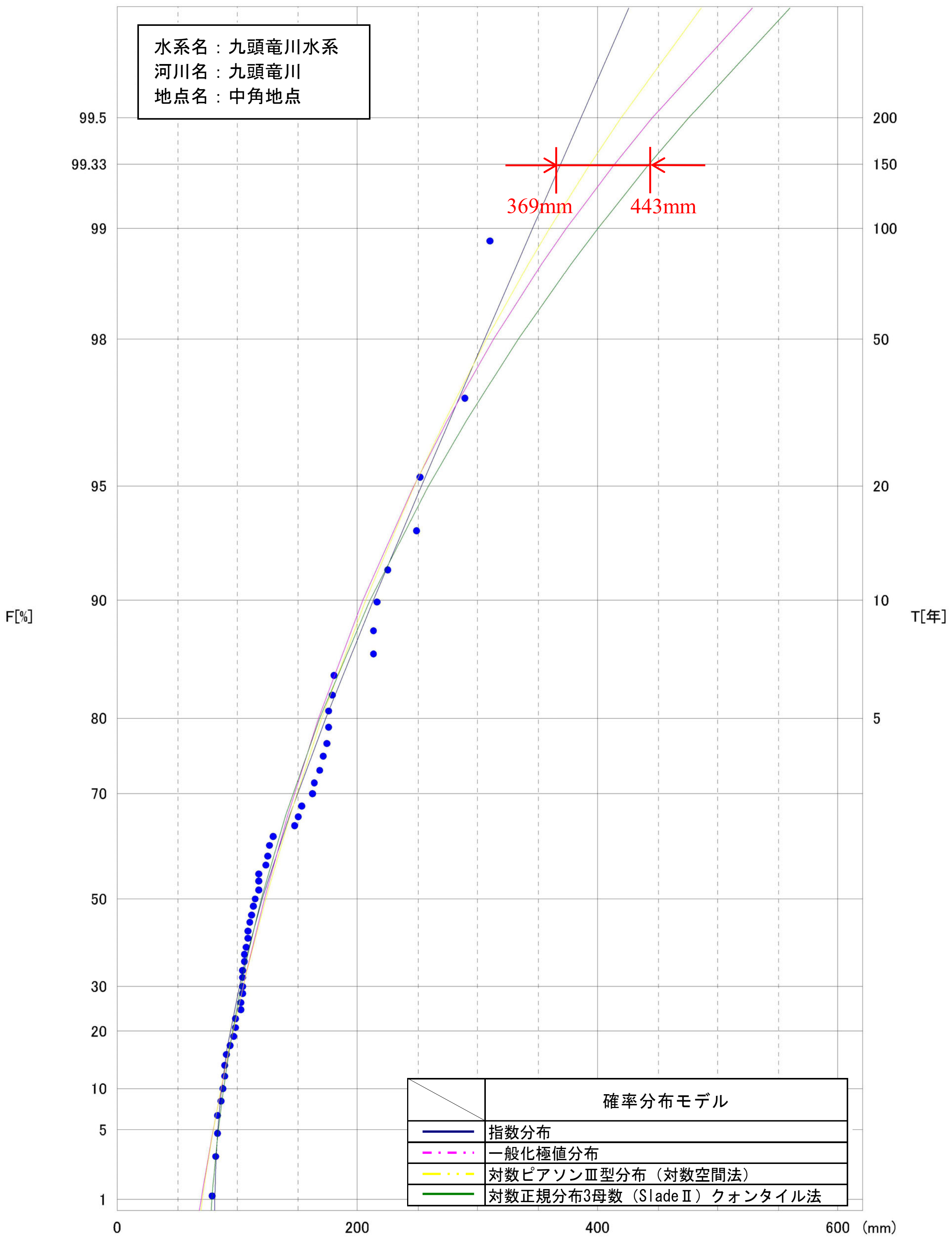


図 1.45　中角地点における雨量確率計算結果

（基準地点中角 24 時間雨量 昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）：58 年間）

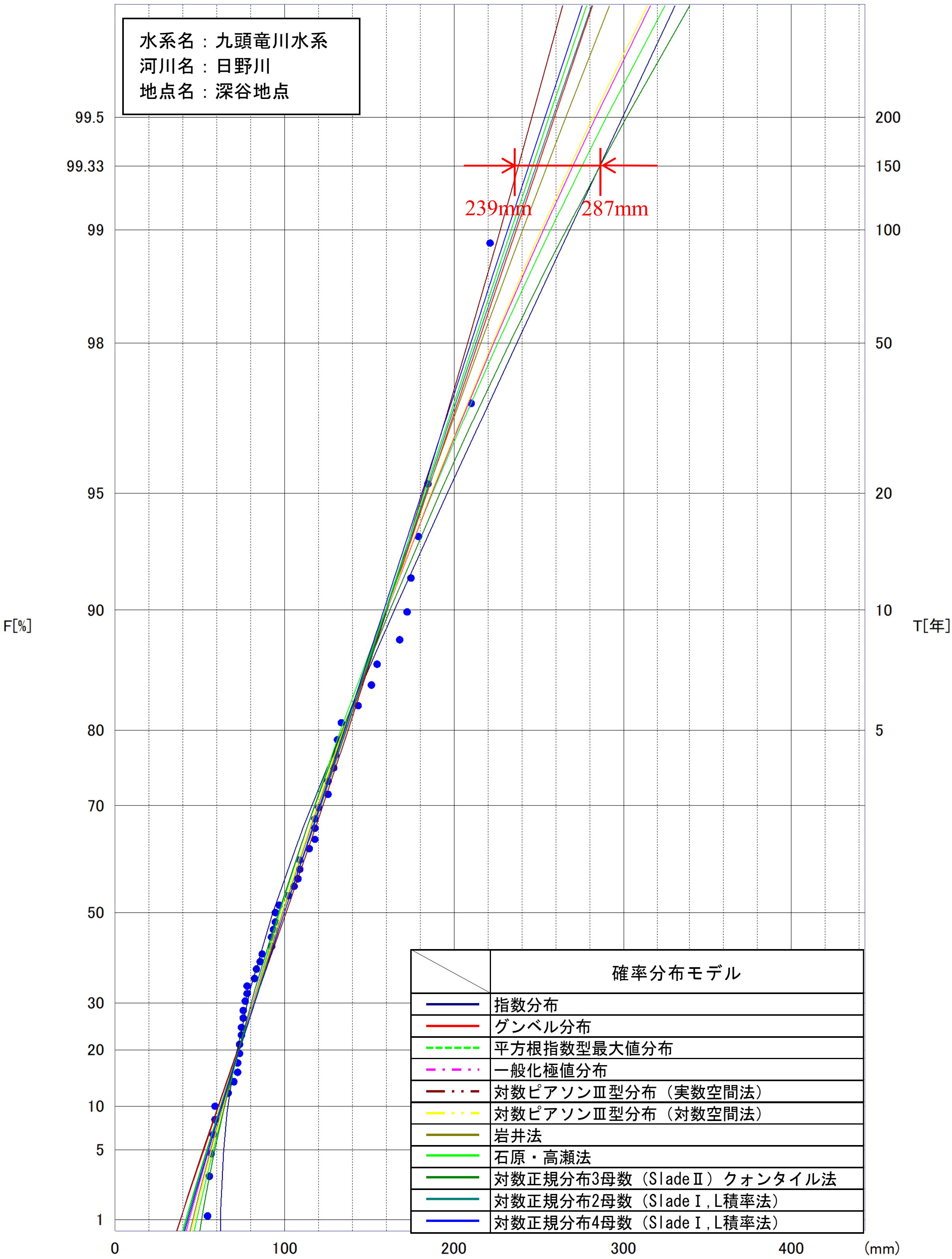


図 1.46　深谷地点における雨量確率計算結果

（基準地点深谷 24 時間雨量 昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）: 58 年間）

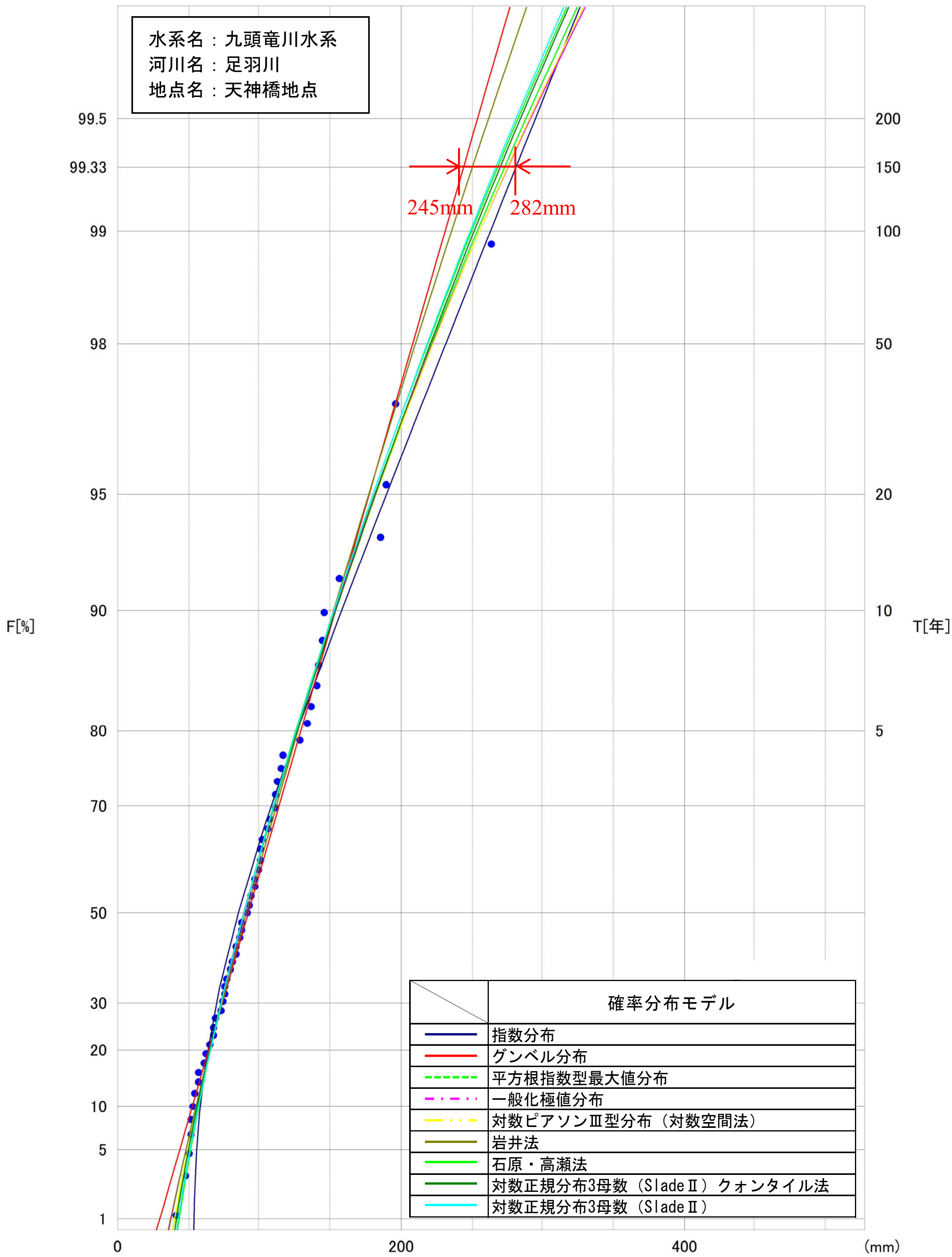


図 1.47　天神橋地点における雨量確率計算結果

（基準地点天神橋 15 時間雨量 昭和 28 年（1953 年）～平成 22 年（2010 年）：58 年間）

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、1/150 降雨量に降雨変化倍率 1.1 倍を乗じて得られた降雨量を採用する。

表 1.23　1/150 確率規模降雨量

基準地点	1/150 確率雨量（S28-H22 標本）	気候変動を考慮した降雨量
中角	369.3mm/24hr	406.2mm/24hr
深谷	238.5mm/24hr	262.4mm/24hr
天神橋	244.6mm/15hr	269.1mm/15hr

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」を行った上で、非定常性が確認されない場合は、最新年までデータ延伸し、非定常性が確認された場合は「非定常性が現れる前までのデータ延伸」にとどめ、定常の水文統計解析により確率雨量を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）～平成 22 年（2010 年）までの雨量データに一年ずつ雨量データを追加し、令和 3 年(2021 年)までのデータを対象とした検定結果を確認。

⇒ 非定常性は確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施。

⑵　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分布モデルによる 1/150 確率雨量から、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルを用いて 1/150 確率雨量を算定。

⇒ 令和 3 年（2021 年）までの雨量データを用いた場合でも、確率雨量に大きな差は確認されなかった。

表 1.24　R3 までデータを延伸した場合の 1/150 確率規模降雨量

基準地点	1/150 確率雨量（S28-R3 標本）	気候変動を考慮した降雨量
中角	356.4mm/24hr	392.0mm/24hr
深谷	240.0mm/24hr	264.0mm/24hr
天神橋	245.5mm/15hr	270.1mm/15hr

1.9　主要降雨波形の設定

基本高水の検討対象洪水において、短時間に降雨が集中する洪水や降雨の範囲が著しく偏った洪水を一律拡大すると、引き伸ばし後の短時間雨量が非現実的な確率値となる場合がある。そのため、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、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、基準地点のピーク流量が氾濫注意水位相当流量以上（選定される洪水数が少なくなる中角地点では平均年最大流量以上）、かつ基準地点上流域の降雨継続時間内雨量の引き伸ばし率が 2 倍以下となる洪水を選定した。

選定した洪水を対象に、各基準地点で 1/150 降雨量に降雨変化倍率 1.1 倍を乗じて得られた降雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成し流出計算した結果は、下記のとおりである。

中角地点　：6,300m³/s～10,800m³/s

深谷地点　：3,700m³/s～7,100m³/s

天神橋地点：1,800m³/s～3,100m³/s

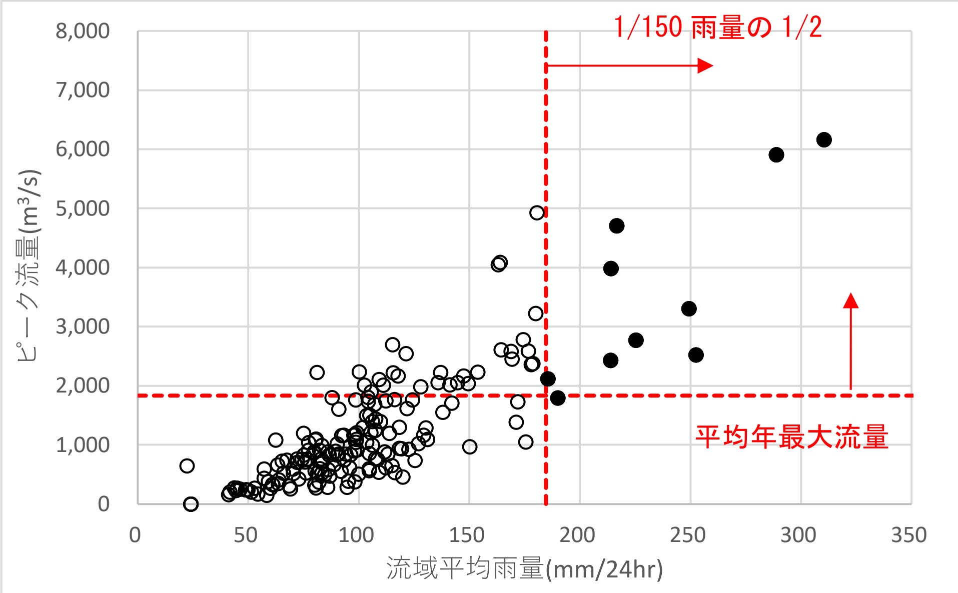


図 1.48　対象洪水の選定結果（基準地点：中角地点）

表 1.25　選定洪水の一覧（基準地点：中角地点）

洪水 No.	洪水名	実績 24時間 雨量 mm/24hr	①1/150雨量 気候変動なし 拡大率 369.3mm/24hr	②1/150雨量 気候変動あり 拡大率 (①×1.1倍) 406.2mm/24hr	基本高水 ピーク流量 m^3/s
No.15	S34.8.12	249.4	1.481	1.629	6,543
No.19	S35.8.30	225.4	1.639	1.803	6,998
No.24	S36.9.16	288.9	1.278	1.406	9,177
No.29	S39.7.8	252.6	1.462	1.608	6,262
No.35	S40.9.15	310.4	1.190	1.309	7,794
No.58	S50.8.23	214.1	1.725	1.898	9,228
No.59	S51.9.11	216.7	1.705	1.875	10,660
No.127	H14.7.9	213.8	1.727	1.900	10,798
No.155	H25.7.29	190.0	1.943	2.138	7,585
No.170	H29.10.22	185.4	1.991	2.191	9,114

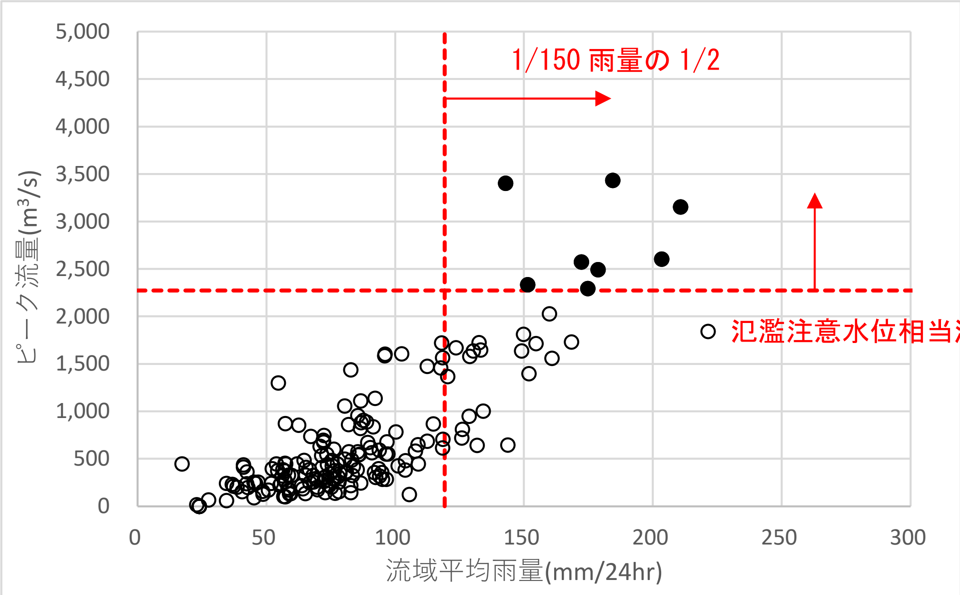


図 1.49　対象洪水の選定結果（基準地点：深谷地点）

表 1.26　選定洪水の一覧（基準地点：深谷地点）

洪水 No.	洪水名	実績 24時間 雨量 mm/24hr	①1/150雨量 気候変動なし 拡大率 238.5mm/24hr	②1/150雨量 気候変動あり 拡大率 (①×1.1倍) 262.4mm/24hr	基本高水 ピーク流量 m^3/s
No. 2	S28. 9. 25	210. 8	1. 131	1. 245	5, 432
No. 15	S34. 8. 12	151. 4	1. 575	1. 732	3, 651
No. 36	S40. 9. 18	178. 8	1. 334	1. 467	6, 023
No. 58	S50. 8. 23	174. 8	1. 365	1. 501	7, 067
No. 130	H16. 7. 17	184. 5	1. 293	1. 422	6, 490
No. 131	H16. 10. 20	142. 9	1. 669	1. 835	6, 453
No. 133	H18. 7. 19	172. 3	1. 384	1. 523	5, 116
No. 170	H29. 10. 22	203. 5	1. 172	1. 289	5, 587

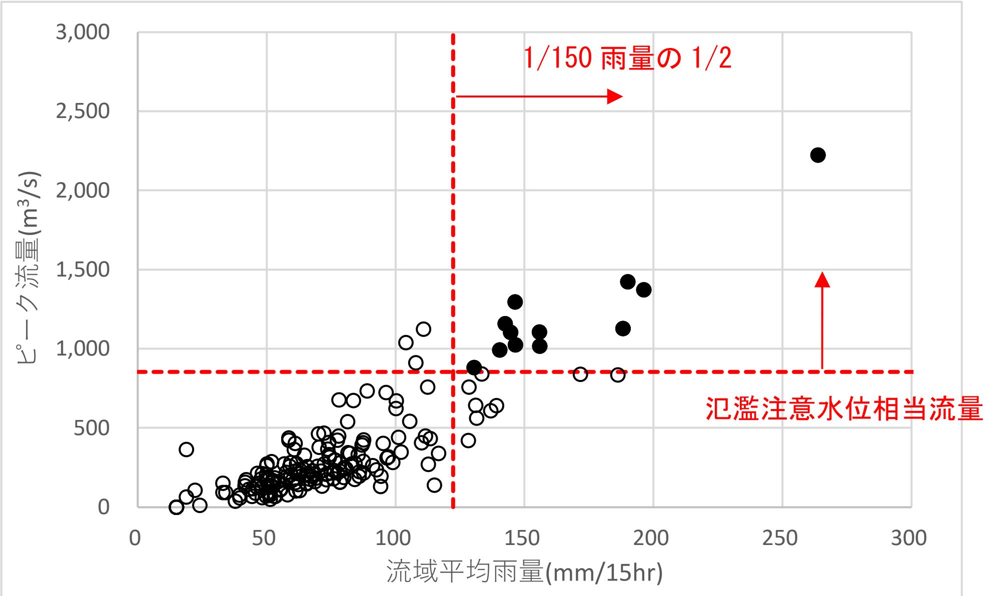


図 1.50　対象洪水の選定結果（基準地点：天神橋地点）

表 1.27　選定洪水の一覧（基準地点：天神橋地点）

洪水 No.	洪水名	実績 24時間 雨量 mm/24hr	①1/150雨量 気候変動なし 拡大率 244.6mm/15hr	②1/150雨量 気候変動あり 拡大率 (①×1.1倍) 269.1mm/15hr	基本高水 ピーク流量 m^3/s
No. 2	S28. 9. 25	190. 1	1. 287	1. 415	2, 096
No. 15	S34. 8. 12	155. 8	1. 570	1. 727	1, 730
No. 16	S34. 9. 27	130. 5	1. 874	2. 062	2, 579
No. 24	S36. 9. 16	142. 5	1. 716	1. 888	3, 057
No. 36	S40. 9. 18	146. 4	1. 671	1. 838	2, 020
No. 53	S47. 9. 17	144. 7	1. 691	1. 860	2, 004
No. 58	S50. 8. 23	196. 2	1. 246	1. 371	2, 767
No. 116	H10. 7. 10	140. 4	1. 742	1. 917	2, 331
No. 130	H16. 7. 17	263. 8	0. 927	1. 020	2, 540
No. 131	H16. 10. 20	146. 4	1. 670	1. 837	2, 342
No. 167	H29. 8. 7	155. 9	1. 569	1. 726	2, 257
No. 170	H29. 10. 22	188. 2	1. 299	1. 429	2, 094

1.10　対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

1.10.1　考え方

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

従って、一次選定した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。

1.10.2　棄却基準の設定

基準地点における計画規模を 1/150 としており、洪水における地域的、時間的偏りはあるにしても、再現期間が 500 年以上となることは非現実的と言えるため、1/500 以上の降雨を棄却することとした。

1.10.3　地域分布の評価について

(1)　対象地域の選定

対象降雨の引き伸ばしについて、小流域への過度な引き伸ばしが設定されていないか確認を行う。検討対象地域は、過去の洪水から概ね九頭竜川・日野川・足羽川の大きく 3 分割流域での降雨パターンの違いが見られることから下図に示す 3 地域について検討した。さらに 3 地域において地域の偏りを細分化するため、九頭竜川では九頭竜川・真名川・九頭竜川真名川合流後、日野川では上中下流、足羽川では上中下流の全 9 地域とした。

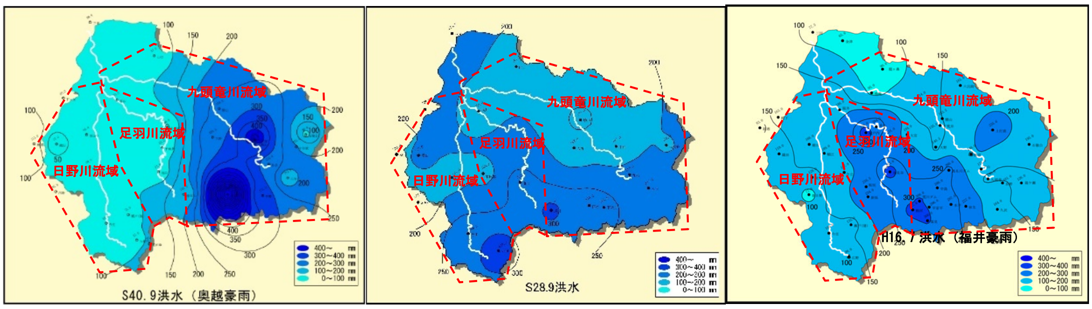


図 1.51　九頭竜川流域における降雨分布（実績）

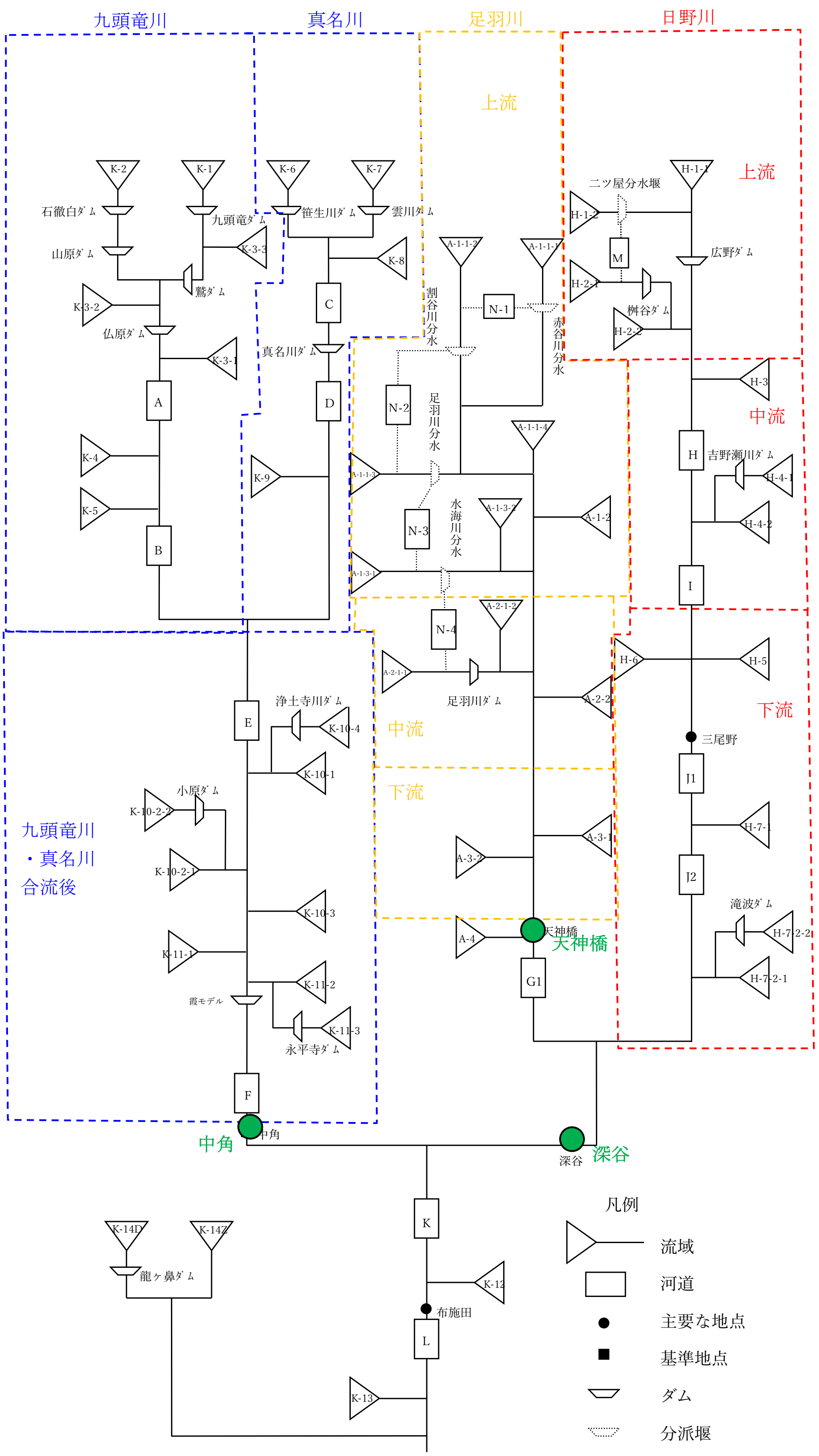


図 1.52　地域分布の検討地区（モデル図）

(2)　対象地域の雨量評価

前頁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する。

各地域の拡大後雨量及び 1/500 雨量は、表 1.28～表 1.30 である。中角地点では 10 洪水中 3 洪水を棄却、深谷地点では 8 洪水中 3 洪水を棄却、天神橋地点では棄却なしとなる。

表 1.28　地域分布の評価結果（中角地点の選定洪水）

洪水	洪水名	中角上流域			地域分布雨量（拡大後・気候変動なし）			棄却
		実績雨量	計画雨量	拡大率（気候変動なし）	九頭竜川	真名川	九頭竜川真名川合流後	
No.		mm/24hr	mm/24hr	369.3mm/24hr	mm/24hr	mm/24hr	mm/24hr	
No.15	S34.8.12	249.39	406.23	1.481	362.7	472.0	272.9	
No.19	S35.8.30	225.37	406.23	1.639	457.5	344.9	231.7	
No.24	S36.9.16	288.86	406.23	1.278	397.4	431.2	277.2	
No.29	S39.7.8	252.59	406.23	1.462	358.4	412.0	343.7	×
No.35	S40.9.15	310.39	406.23	1.190	321.9	544.8	245.8	×
No.58	S50.8.23	214.08	406.23	1.725	465.6	375.5	189.0	
No.59	S51.9.11	216.66	406.23	1.705	490.1	324.6	203.5	
No.127	H14.7.9	213.79	406.23	1.727	507.7	299.4	184.8	
No.155	H25.7.29	190.03	406.23	1.943	375.3	363.0	371.5	×
No.170	H29.10.22	185.44	406.23	1.991	376.5	462.0	269.9	
棄却基準値（1/500雨量）					536.4	506.2	303.7	

拡大後雨量の確率評価が棄却基準（1/500雨量）を超過しているため棄却
1/500雨量はSLSC≦0.04かつJackknife推定誤差が最小となる手法の値

表 1.29　地域分布の評価結果（深谷地点の選定洪水）

洪水	洪水名	深谷上流域			地域分布雨量（拡大後・気候変動なし）						棄却
		実績雨量	計画雨量	拡大率（気候変動なし）	日野川上流	日野川中流	日野川下流	足羽川上流	足羽川中流	足羽川下流	
No.		mm/24hr	mm/24hr	238.5mm/24hr	mm/24hr	mm/24hr	mm/24hr	mm/24hr	mm/24hr	mm/24hr	
No.2	S28.9.25	210.79	262.35	1.131	316.7	231.9	200.1	466.3	230.1	220.7	
No.15	S34.8.12	151.43	262.35	1.575	292.8	232.4	208.2	658.1	353.8	303.9	×
No.36	S40.9.18	178.81	262.35	1.334	318.6	266.8	214.2	349.8	211.1	191.7	×
No.58	S50.8.23	174.78	262.35	1.365	337.3	225.9	170.6	542.5	264.3	260.2	
No.130	H16.7.17	184.47	262.35	1.293	150.4	134.9	227.5	552.8	351.2	322.0	×
No.131	H16.10.20	142.94	262.35	1.669	222.6	232.6	234.8	407.0	247.3	249.0	
No.133	H18.7.19	172.28	262.35	1.384	218.9	250.2	251.0	342.0	242.0	252.3	
No.170	H29.10.22	203.49	262.35	1.172	295.7	248.8	220.0	442.0	256.3	206.1	
棄却基準値（1/500雨量）					365.0	263.7	269.0	662.9	325.6	310.9	

拡大後雨量の確率評価が棄却基準（1/500雨量）を超過しているため棄却
1/500雨量はSLSC≦0.04かつJackknife推定誤差が最小となる手法の値

表 1.30　地域分布の評価結果（天神橋地点の選定洪水）

洪水	洪水名	天神橋上流域			地域分布雨量（拡大後・気候変動なし）			棄却
		実績雨量	計画雨量	拡大率（気候変動なし）	足羽川上流	足羽川中流	足羽川下流	
No.		mm/15hr	mm/15hr	244.6mm/15hr	mm/15hr	mm/15hr	mm/15hr	
No.2	S28.9.25	190.11	269.06	1.287	286.4	219.8	205.0	
No.15	S34.8.12	155.80	269.06	1.570	285.7	237.7	209.4	
No.16	S34.9.27	130.50	269.06	1.874	274.2	224.4	218.7	
No.24	S36.9.16	142.52	269.06	1.716	286.6	231.6	194.9	
No.36	S40.9.18	146.40	269.06	1.671	260.2	244.5	222.3	
No.53	S47.9.17	144.65	269.06	1.691	265.7	246.7	215.9	
No.58	S50.8.23	196.24	269.06	1.246	276.7	221.9	221.5	
No.116	H10.7.10	140.38	269.06	1.742	283.7	236.4	194.8	
No.130	H16.7.17	263.83	269.06	0.927	253.2	250.3	229.0	
No.131	H16.10.20	146.44	269.06	1.670	254.4	238.1	237.7	
No.167	H29.8.7	155.87	269.06	1.569	266.4	232.0	235.6	
No.170	H29.10.22	188.24	269.06	1.299	277.6	247.2	195.0	
棄却基準値（1/500雨量）					316.7	276.2	261.1	

拡大後雨量の確率評価が棄却基準（1/500雨量）を超過しているため棄却
1/500雨量はSLSC≦0.04かつJackknife推定誤差が最小となる手法の値

1.10.4　時間分布の評価について

(1)　対象時間の選定

対象時間の考え方については、以下のとおりとした。

①洪水到達時間から設定

ピーク流量との相関が 6 時間から高くなることから 6 時間とした。

②計画降雨継続時間の 1/2 で設定

中角地点・深谷地点　24 時間×1/2=12 時間

天神橋地点　15 時間×1/2=8 時間

(2)　時間分布の雨量評価

前項にて選定した短時間雨量について、拡大後雨量の異常性評価を確認する。

各時間の拡大後雨量及び 1/500 雨量は表 1.31～表 1.33 に示すとおりである。中角地点では 10 洪水中 2 洪水を棄却、深谷地点では 8 洪水中 1 洪水を棄却、天神橋地点では棄却なしとなる。

表 1.31　時間分布の評価結果（中角地点の選定洪水）

洪水	洪水名	中角上流域			時間分布雨量（拡大後・気候変動なし）		棄却
		実績雨量	計画雨量	拡大率 （気候変動なし）	6hr雨量	12hr雨量	
No.		mm/24hr	mm/24hr	369.3mm/24hr	mm/6hr	mm/12hr	
No.15	S34.8.12	249.39	406.23	1.481	161.7	256.2	
No.19	S35.8.30	225.37	406.23	1.639	167.4	277.4	
No.24	S36.9.16	288.86	406.23	1.278	168.6	230.3	
No.29	S39.7.8	252.59	406.23	1.462	131.8	221.2	
No.35	S40.9.15	310.39	406.23	1.190	166.4	222.7	
No.58	S50.8.23	214.08	406.23	1.725	169.6	287.3	
No.59	S51.9.11	216.66	406.23	1.705	192.6	287.3	×
No.127	H14.7.9	213.79	406.23	1.727	225.4	333.9	×
No.155	H25.7.29	190.03	406.23	1.943	140.0	254.9	
No.170	H29.10.22	185.44	406.23	1.991	152.9	269.4	
棄却基準値（1/500雨量）					171.4	287.8	

拡大後雨量の確率評価が棄却基準（1/500雨量）を超過しているため棄却

1/500雨量はSLSC≦0.04かつJackknife推定誤差が最小となる手法の値

表 1.32　時間分布の評価結果（深谷地点の選定洪水）

洪水 No.	洪水名	深谷上流域 実績雨量 mm/24hr	計画雨量 mm/24hr	拡大率 (気候変動なし) 238.5mm/24hr	時間分布雨量（拡大後・気候変動なし） 6hr雨量 mm/6hr	12hr雨量 mm/12hr	棄却
No.2	S28.9.25	210.79	262.35	1.131	101.5	173.0	
No.15	S34.8.12	151.43	262.35	1.575	115.5	153.9	
No.36	S40.9.18	178.81	262.35	1.334	132.8	196.8	
No.58	S50.8.23	174.78	262.35	1.365	141.8	193.4	
No.130	H16.7.17	184.47	262.35	1.293	204.0	232.1	×
No.131	H16.10.20	142.94	262.35	1.669	144.3	212.9	
No.133	H18.7.19	172.28	262.35	1.384	95.9	151.8	
No.170	H29.10.22	203.49	262.35	1.172	112.7	182.2	
棄却基準値（1/500雨量）					188.5	223.1	

□拡大後雨量の確率評価が棄却基準（1/500雨量）を超過しているため棄却
1/500雨量はSLSC≦0.04かつJackknife推定誤差が最小となる手法の値

表 1.33　時間分布の評価結果（天神橋地点の選定洪水）

洪水 No.	洪水名	天神橋上流域 実績雨量 mm/15hr	計画雨量 mm/15hr	拡大率 (気候変動なし) 244.6mm/15hr	時間分布雨量（拡大後・気候変動なし） 6hr雨量 mm/6hr	8hr雨量 mm/8hr	棄却
No.2	S28.9.25	190.11	269.06	1.287	133.9	163.5	
No.15	S34.8.12	155.80	269.06	1.570	123.3	143.9	
No.16	S34.9.27	130.50	269.06	1.874	172.6	199.0	
No.24	S36.9.16	142.52	269.06	1.716	182.0	200.3	
No.36	S40.9.18	146.40	269.06	1.671	143.1	172.9	
No.53	S47.9.17	144.65	269.06	1.691	132.9	171.2	
No.58	S50.8.23	196.24	269.06	1.246	172.6	206.1	
No.116	H10.7.10	140.38	269.06	1.742	214.2	219.1	
No.130	H16.7.17	263.83	269.06	0.927	212.1	224.4	
No.131	H16.10.20	146.44	269.06	1.670	158.3	186.3	
No.167	H29.8.7	155.87	269.06	1.569	163.4	197.9	
No.170	H29.10.22	188.24	269.06	1.299	133.1	166.0	
棄却基準値（1/500雨量）					277.0	260.0	

□拡大後雨量の確率評価が棄却基準（1/500雨量）を超過しているため棄却
1/500雨量はSLSC≦0.04かつJackknife推定誤差が最小となる手法の値

1.11　主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算

主要洪水を対象に、1/150 規模（1.1 倍）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。なお、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については参考値とした。

流出計算結果は、下記のとおりである。

中角地点　：6,600m^3/s～9,300m^3/s

深谷地点　：5,200m^3/s～7,100m^3/s

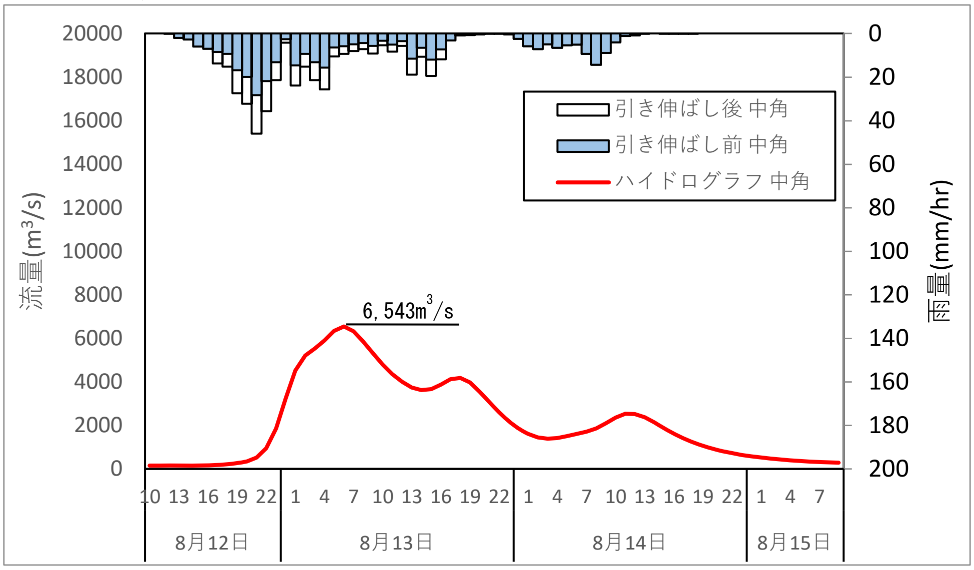
天神橋地点：1,800m^3/s～3,100m^3/s

表 1.34　ピーク流量の一覧（基準地点中角）

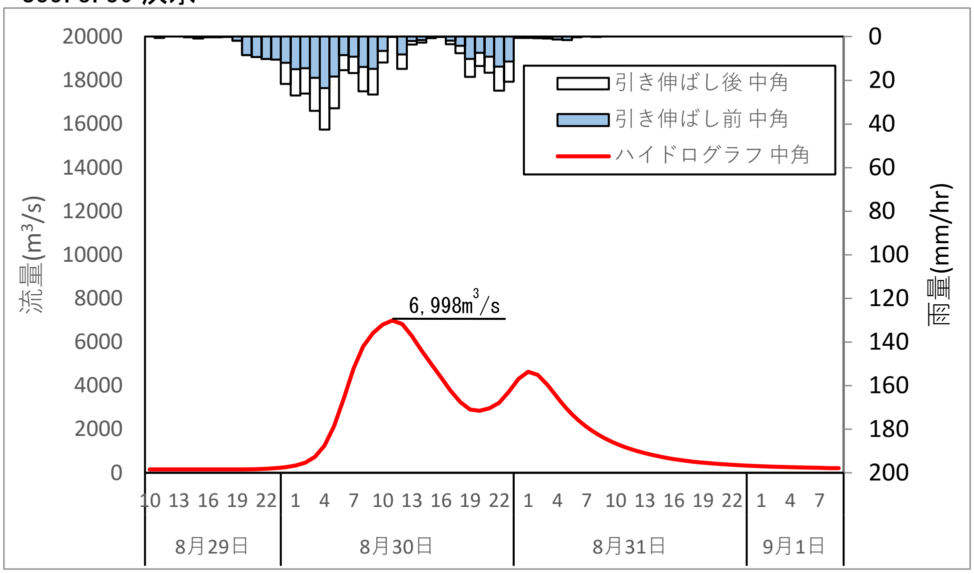
洪水 No.	洪水名	実績24時間雨量 mm/24hr	降雨倍率 (計画降雨量) 406.2mm/24hr	ピーク流量 m^3/s
No.15	S34.8.12	249.4	1.629	6,543
No.19	S35.8.30	225.4	1.803	6,998
No.24	S36.9.16	288.9	1.406	9,177
No.29	S39.7.8	252.6	1.608	6,262
No.35	S40.9.15	310.4	1.309	7,794
No.58	S50.8.23	214.1	1.898	9,228
No.59	S51.9.11	216.7	1.875	10,660
No.127	H14.7.9	213.8	1.900	10,798
No.155	H25.7.29	190.0	2.138	7,585
No.170	H29.10.22	185.4	2.191	9,114

(灰色)	棄却洪水
(黄色)	棄却洪水を除いた最大値
(水色)	棄却洪水を除いた最小値

S34. 8. 12 洪水



S35. 8. 30 洪水



S36. 9. 16 洪水

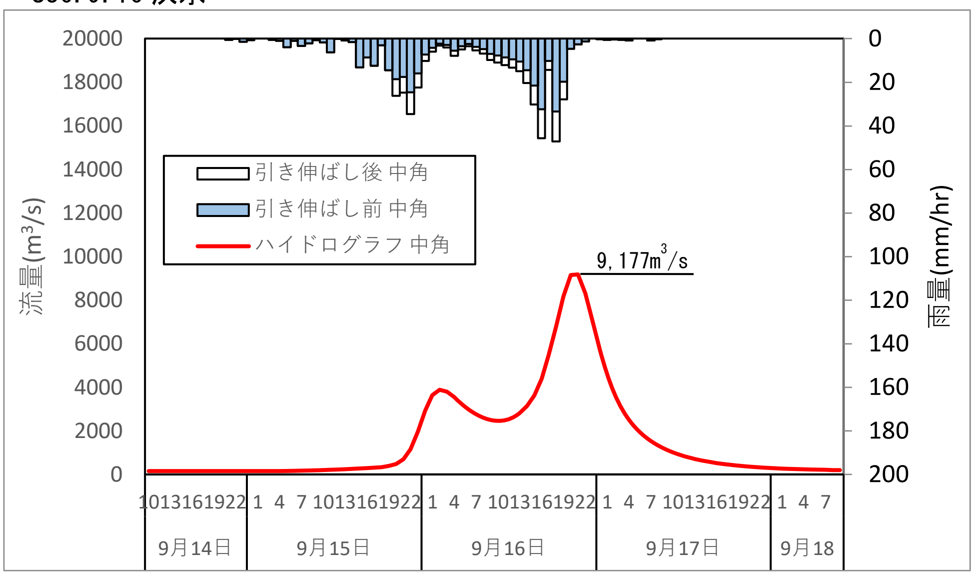
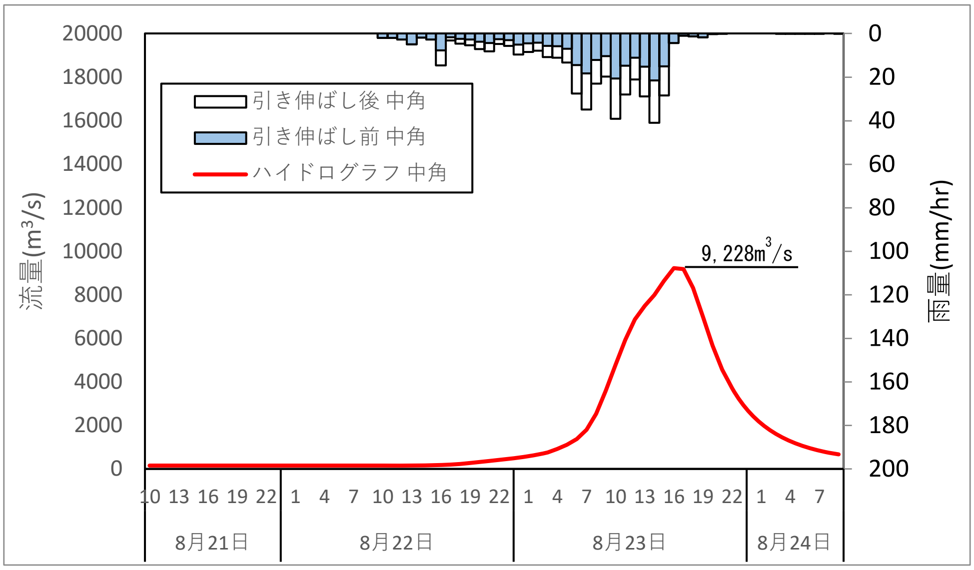


図 1.53（1） 基本高水ハイドロ（基準地点：中角地点）

S50. 8. 23 洪水



H29. 10. 22 洪水

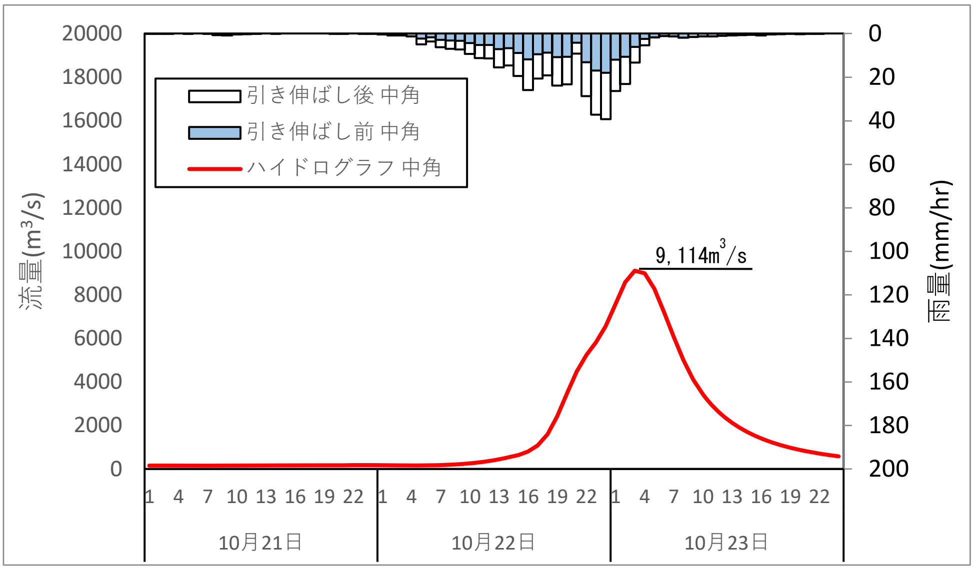


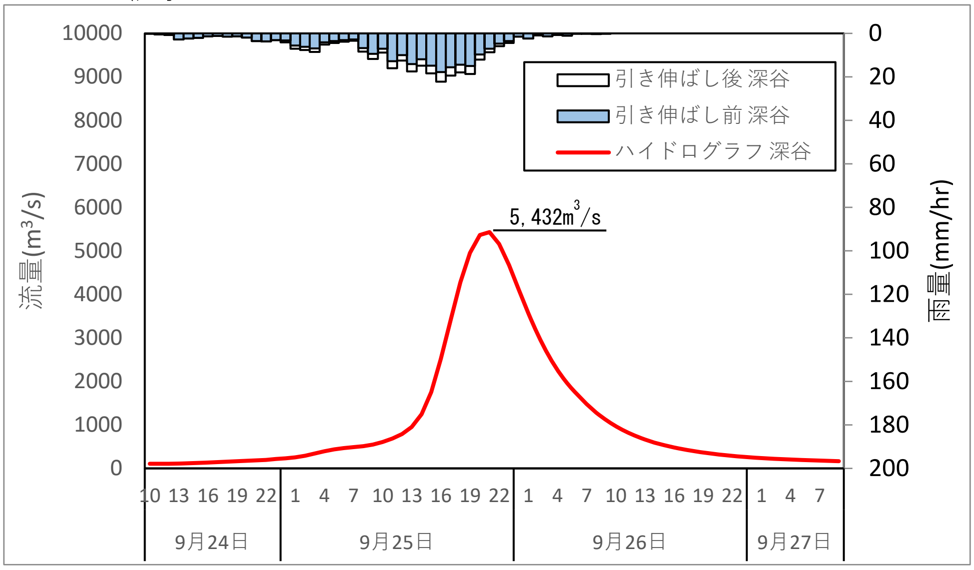
図 1.53（2） 基本高水ハイドロ（基準地点：中角地点）

表 1.35　ピーク流量の一覧（基準地点深谷）

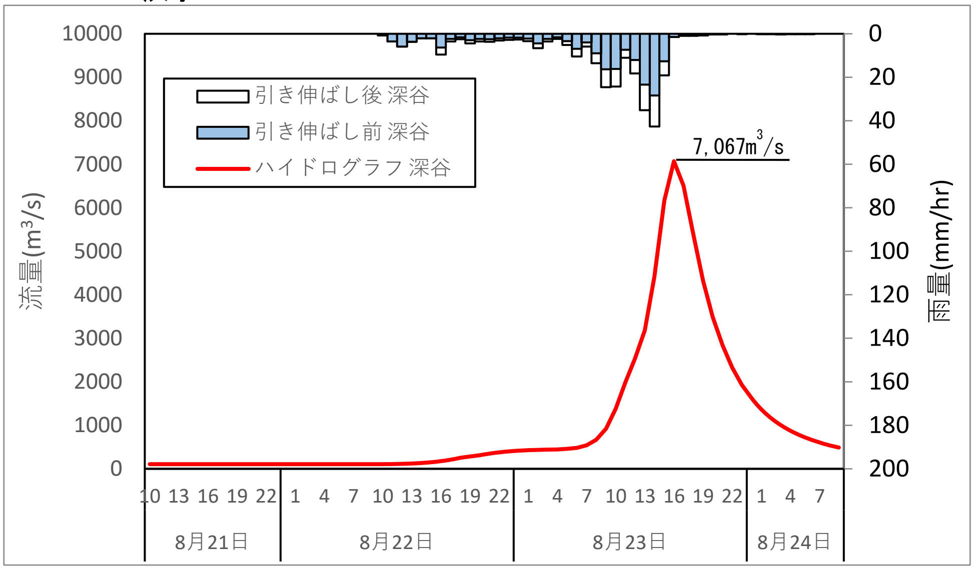
洪水 No.	洪水名	実績24時間雨量 mm/24hr	降雨倍率 (計画降雨量) 262.4mm/24hr	ピーク流量 m^3/s
No.2	S28.9.25	210.8	1.245	5,432
No.15	S34.8.12	151.4	1.732	3,651
No.36	S40.9.18	178.8	1.467	6,023
No.58	S50.8.23	174.8	1.501	7,067
No.130	H16.7.17	184.5	1.422	6,490
No.131	H16.10.20	142.9	1.835	6,453
No.133	H18.7.19	172.3	1.523	5,116
No.170	H29.10.22	203.5	1.289	5,587

(灰色)	棄却洪水
(黄色)	棄却洪水を除いた最大値
(水色)	棄却洪水を除いた最小値

S28.9.25 洪水



S50.8.23 洪水



H16.10.20 洪水

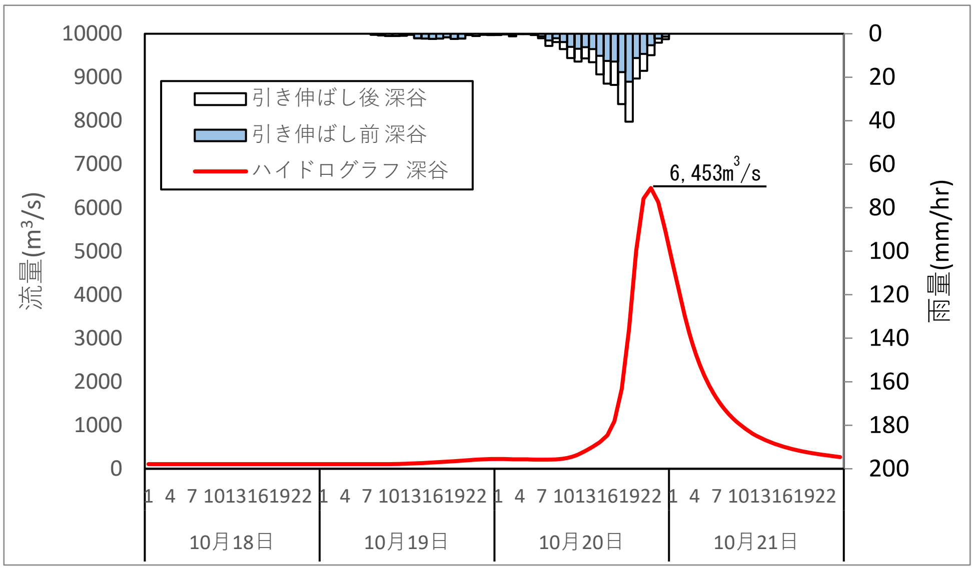
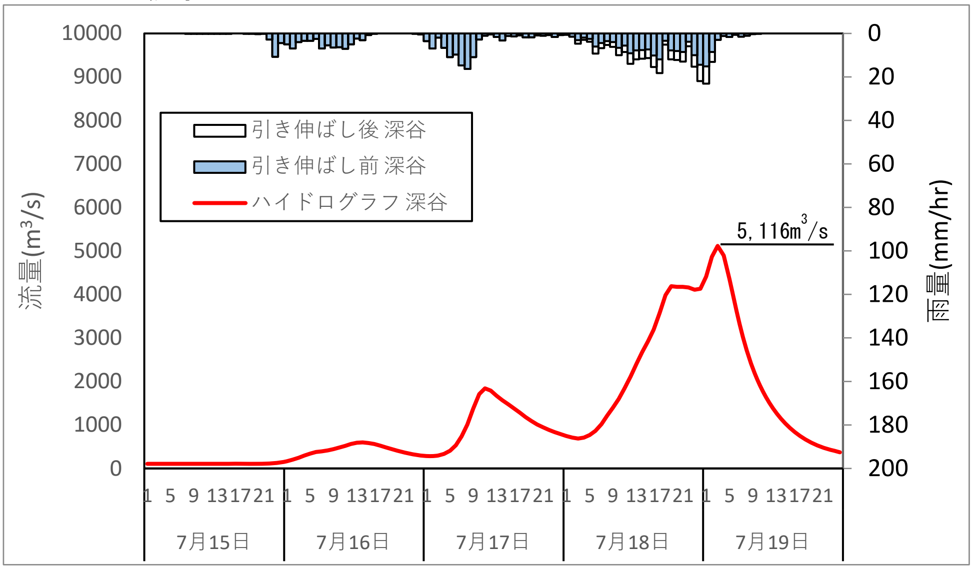


図 1.54（1）　基本高水ハイドロ（基準地点：深谷地点）

H18.7.19 洪水



H29.10.22 洪水

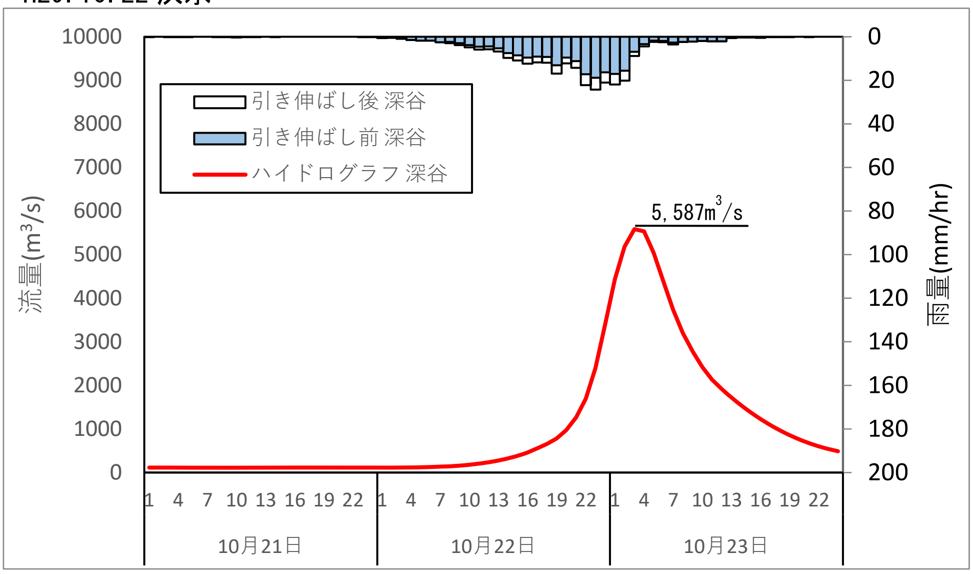


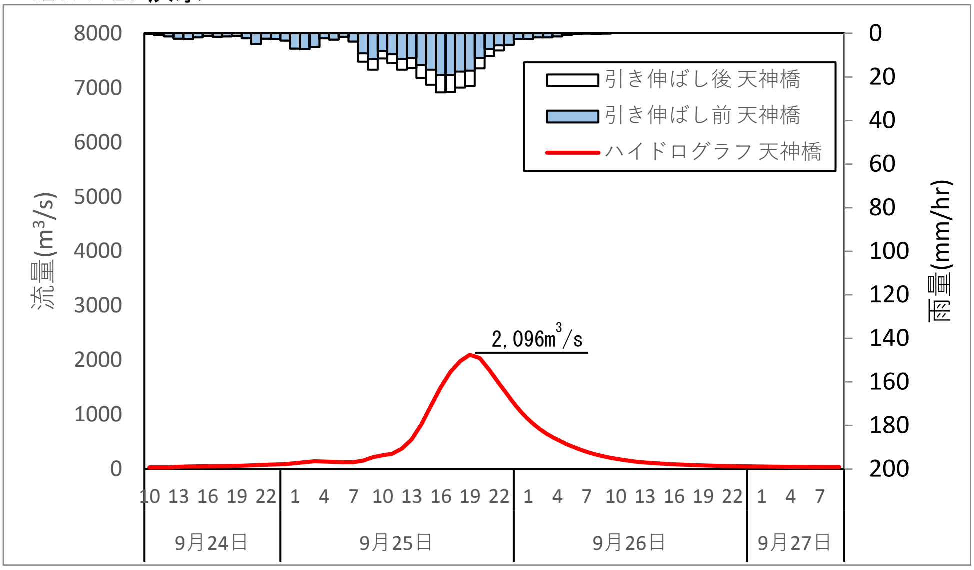
図 1.54（2） 基本高水ハイドロ（基準地点：深谷地点）

表 1.36　ピーク流量の一覧（基準地点天神橋）

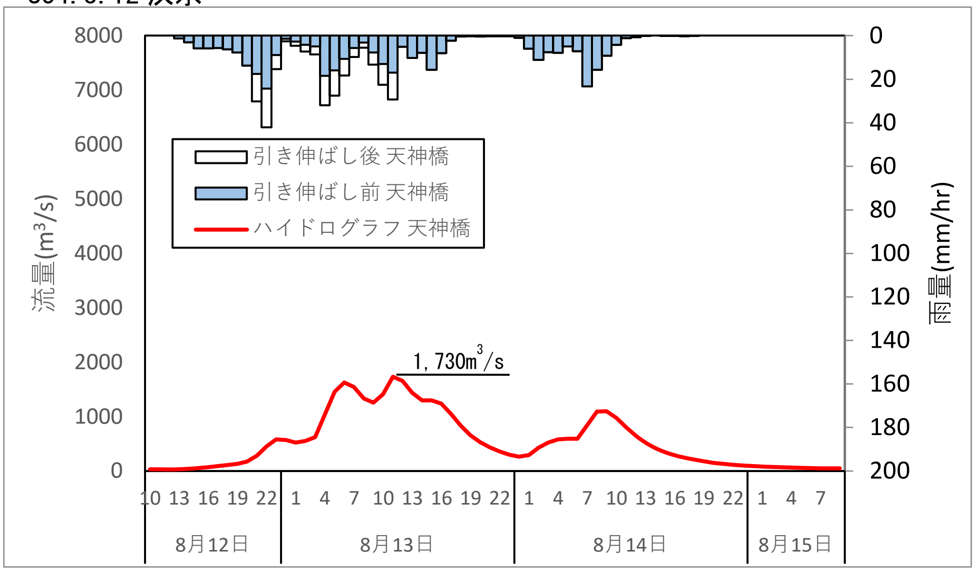
洪水 No.	洪水名	実績15時間雨量 mm/15hr	降雨倍率 (計画降雨量) 269.1mm/15hr	ピーク流量 m^3/s
No.2	S28.9.25	190.1	1.415	2,096
No.15	S34.8.12	155.8	1.727	1,730
No.16	S34.9.27	130.5	2.062	2,579
No.24	S36.9.16	142.5	1.888	3,057
No.36	S40.9.18	146.4	1.838	2,020
No.53	S47.9.17	144.6	1.860	2,004
No.58	S50.8.23	196.2	1.371	2,767
No.116	H10.7.10	140.4	1.917	2,331
No.130	H16.7.17	263.8	1.020	2,540
No.131	H16.10.20	146.4	1.837	2,342
No.167	H29.8.7	155.9	1.726	2,257
No.170	H29.10.22	188.2	1.429	2,094

(灰色)	棄却洪水
(黄色)	棄却洪水を除いた最大値
(水色)	棄却洪水を除いた最小値

S28.9.25 洪水



S34.8.12 洪水



S34.9.27 洪水

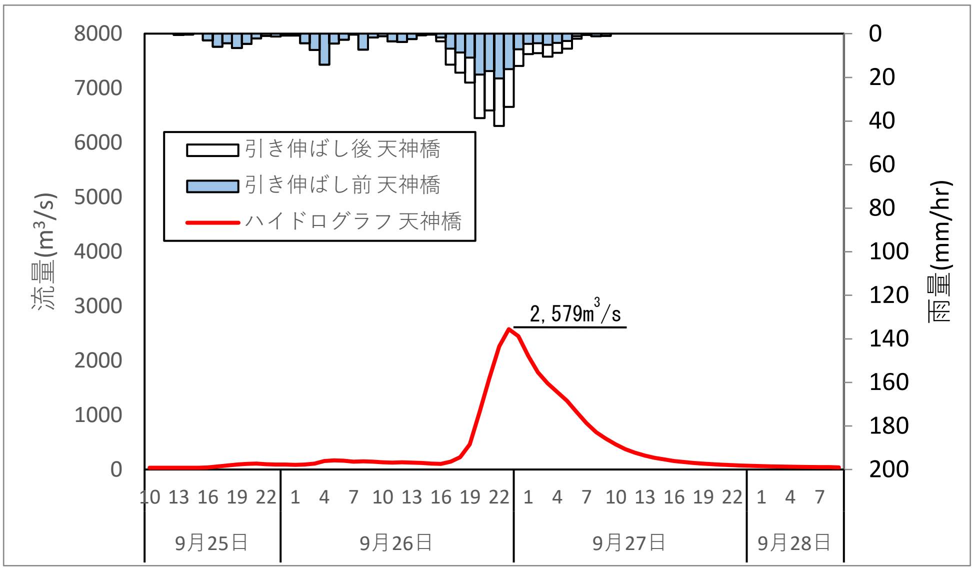
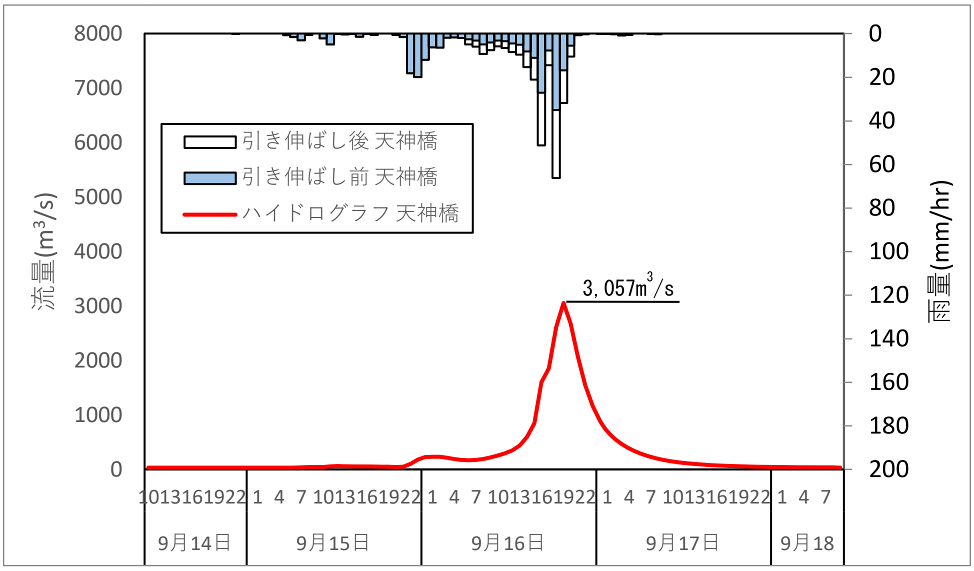
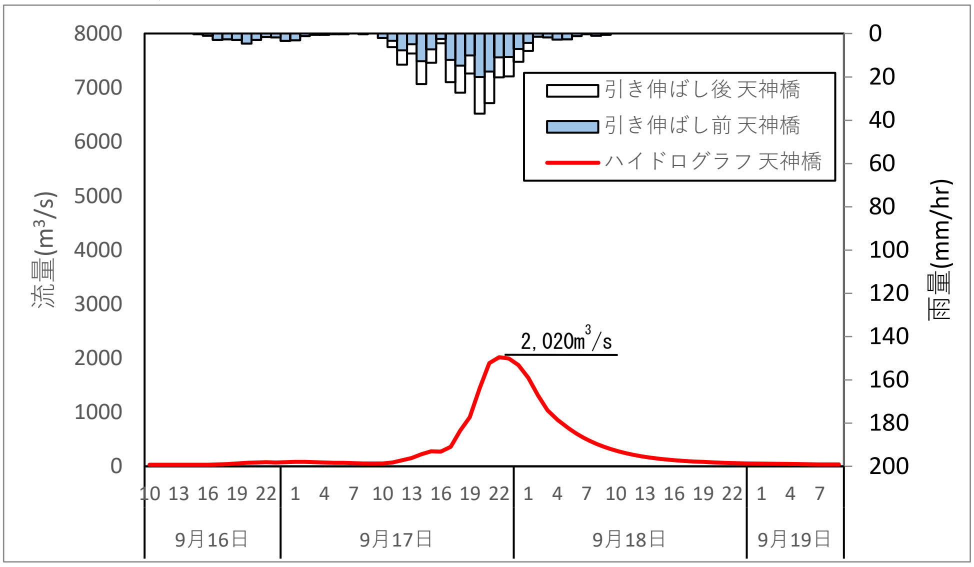


図 1.55（1） 基本高水ハイドロ（基準地点：天神橋地点）

S36. 9. 16 洪水



S40. 9. 18 洪水



S47. 9. 17 洪水

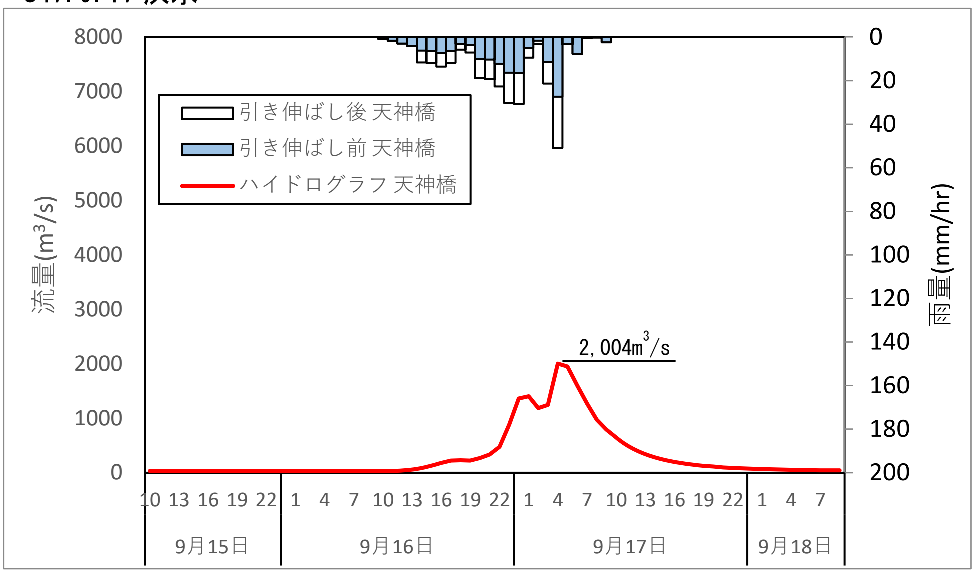
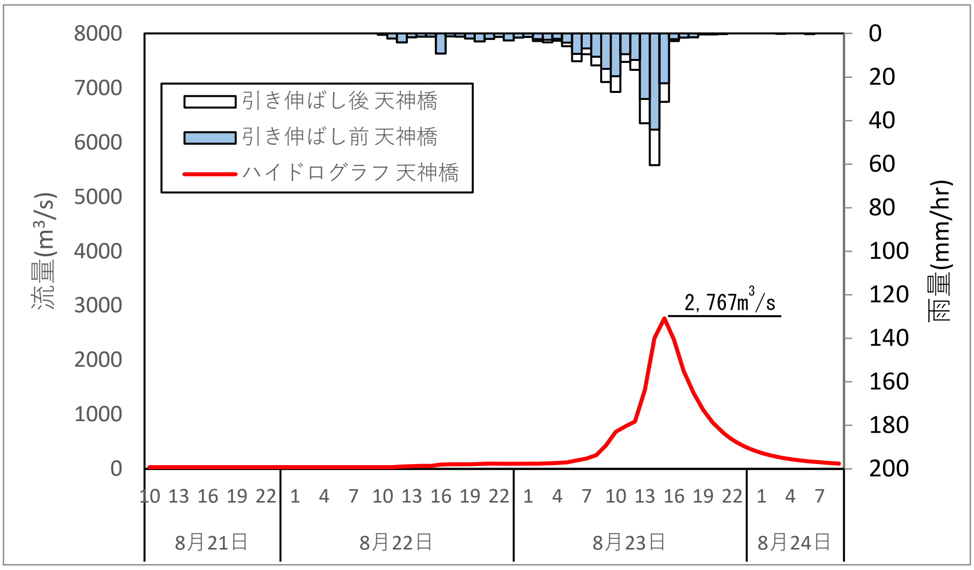
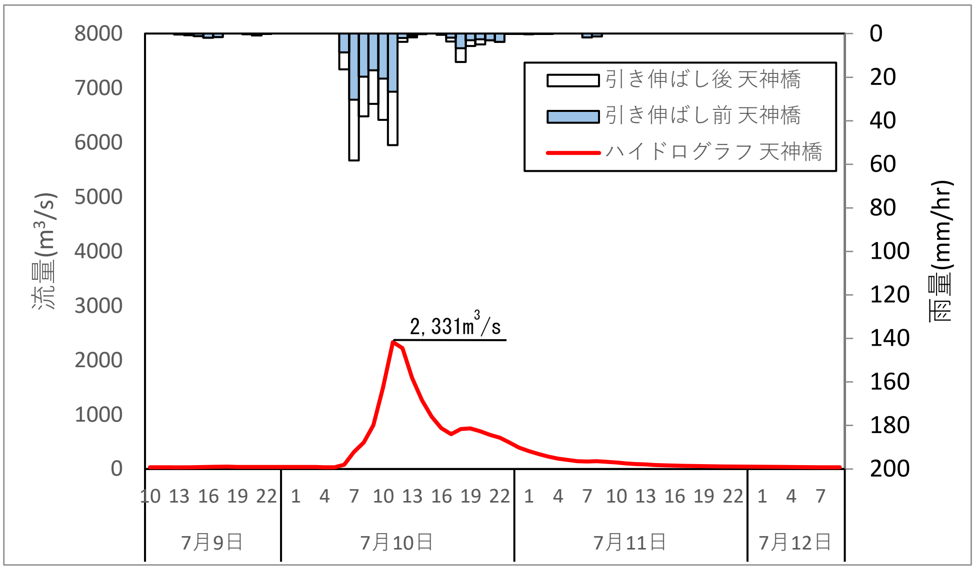


図 1.55 (2)　 基本高水ハイドロ (基準地点 : 天神橋地点)

S50. 8. 23 洪水



H10. 7. 10 洪水



H16. 7. 17 洪水

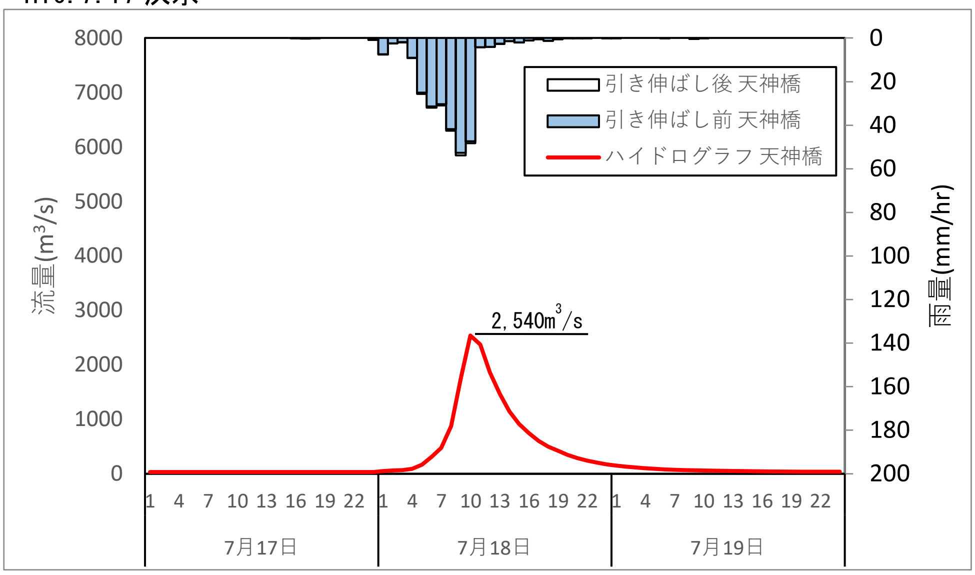
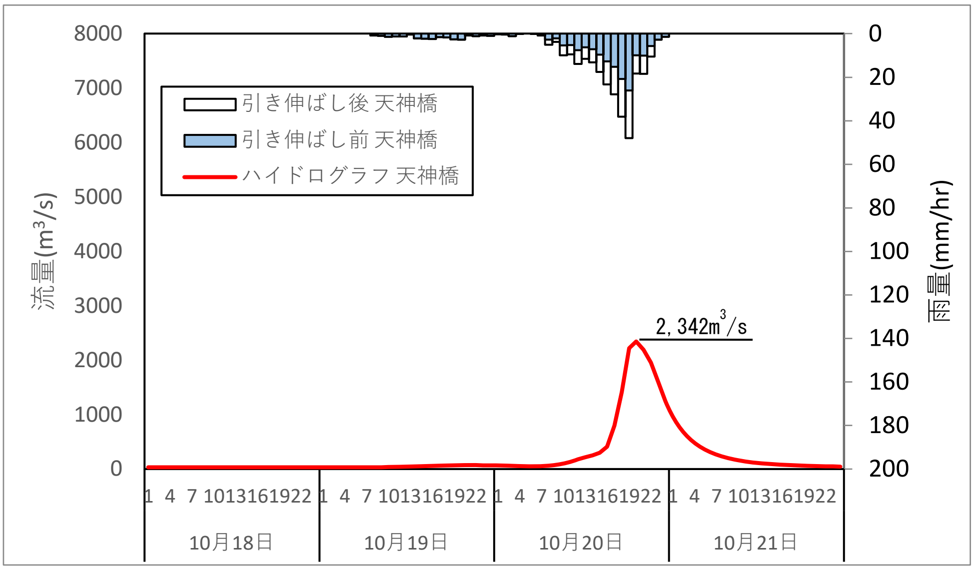
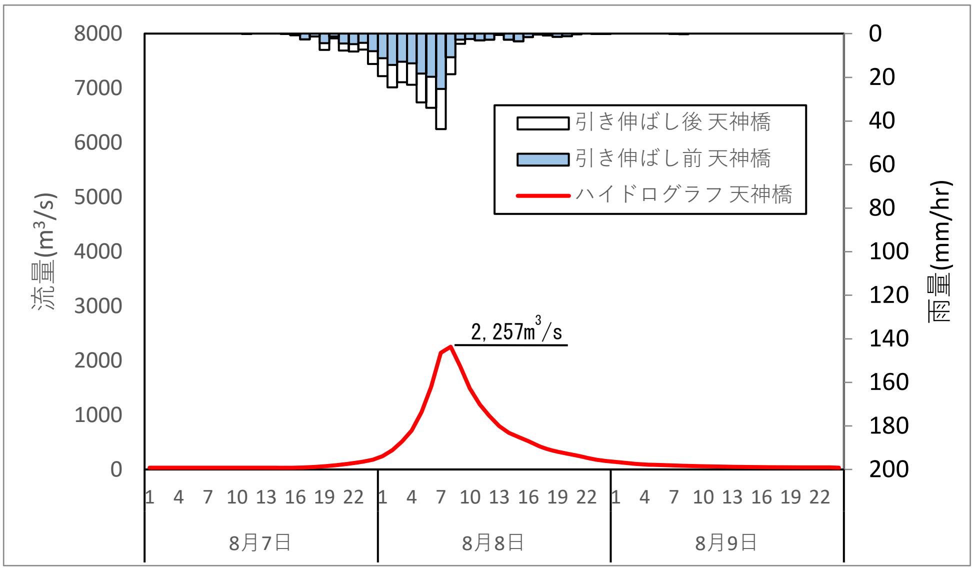


図 1.55 (3)　基本高水ハイドロ（基準地点：天神橋地点）

H16.10.20 洪水



H29.8.7 洪水



H29.10.22 洪水

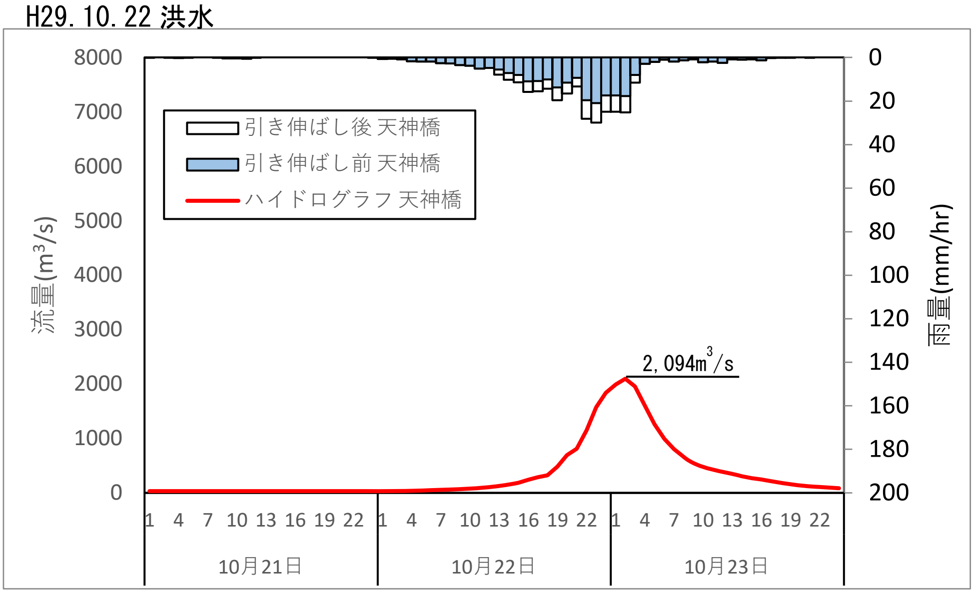


図 1.55 (4)　基本高水ハイドロ（基準地点：天神橋地点）

1.12　アンサンブル予測降雨による検討

1.12.1　アンサンブル予測降雨波形による流出計算

4℃上昇のシナリオ RCP8.5 における近未来の気候（2℃上昇時：およそ 2040 年頃、世界平均の地上気温が産業革命当時と比べて 2℃上昇）を前提として、文部科学省「SI-CAT 気候変動適応技術社会実装プログラム※」において整備・公表された解像度 5km にダウンスケーリングされたアンサンブル実験により得られたアンサンブル将来予測降雨波形（以下、d2PDF）から求めた、現在気候及び将来気候の年最大流域平均雨量標本から計画対象降雨の降雨量の±20%の範囲内に入る洪水を抽出した。

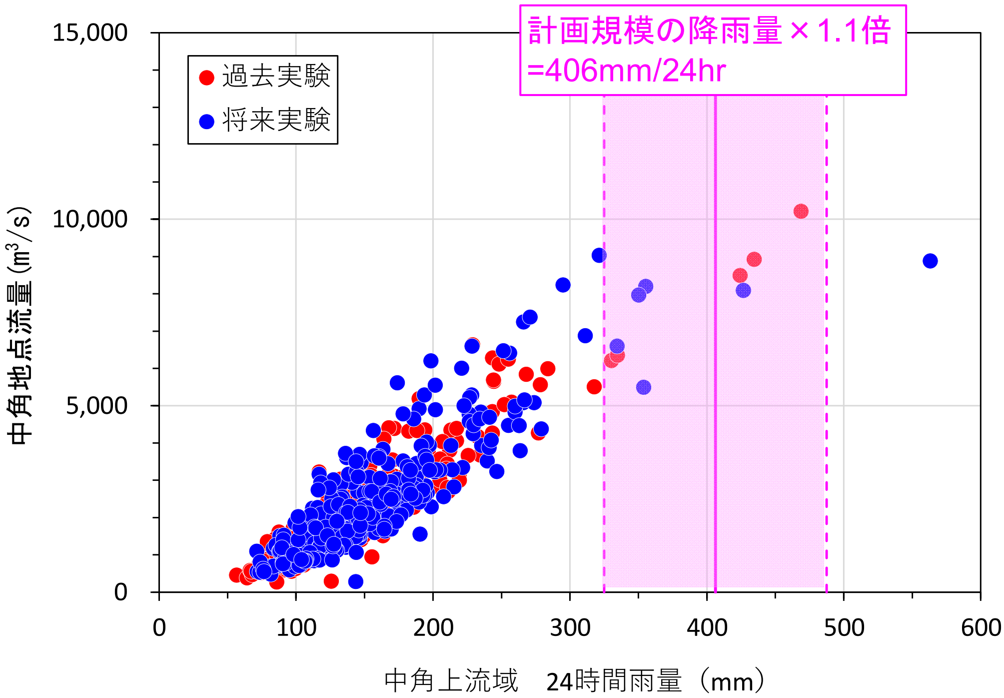
抽出した洪水は、中央集中や複数の降雨ピークがある波形等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した。

また、抽出した洪水の降雨波形を 1/150 規模（1.1 倍）となるように引き伸ばし、流出計算を行った。流出計算結果は下記のとおりである。

中角地点　：6,500m^3/s～9,700m^3/s
深谷地点　：3,700m^3/s～7,400m^3/s
天神橋地点：1,500m^3/s～3,100m^3/s

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

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



■d2PDF(将来 360 年、現在 360 年)の年最大雨量標本（360 年）を流出計算
■著しい引き伸ばし等によって降雨波形を歪めることがないよう、計画対象降雨の降雨量近傍（上下 20%以内）の 10 洪水を抽出（紫の範囲）

図 1.56　アンサンブル予測降雨波形からの抽出（基準地点：中角地点）

表 1.37　アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（基準地点：中角地点）

洪水名	中角上流域平均24hr雨量(mm)	気候変動後 1/150雨量 (mm)	引き伸ばし倍率 (1/150×1.1倍)	中角地点 ピーク流量 (m^3/s)
将来実験				
CC_m101：20690908	355.3	406.2	1.143	9,690
HA_m101：20810922	353.7		1.148	6,466
HA_m105：20650801	334.4		1.215	8,278
MI_m101：20610809	426.5		0.952	7,691
MI_m101：20740804	350.1		1.160	9,528
過去実験				
HPB_m005：19910724	424.2	406.2	0.958	8,138
HPB_m006：19900825	434.4		0.935	8,268
HPB_m008：19950908	330.2		1.230	7,740
HPB_m009：20010824	334.6		1.214	7,724
HPB_m022：20080826	468.6		0.867	8,741

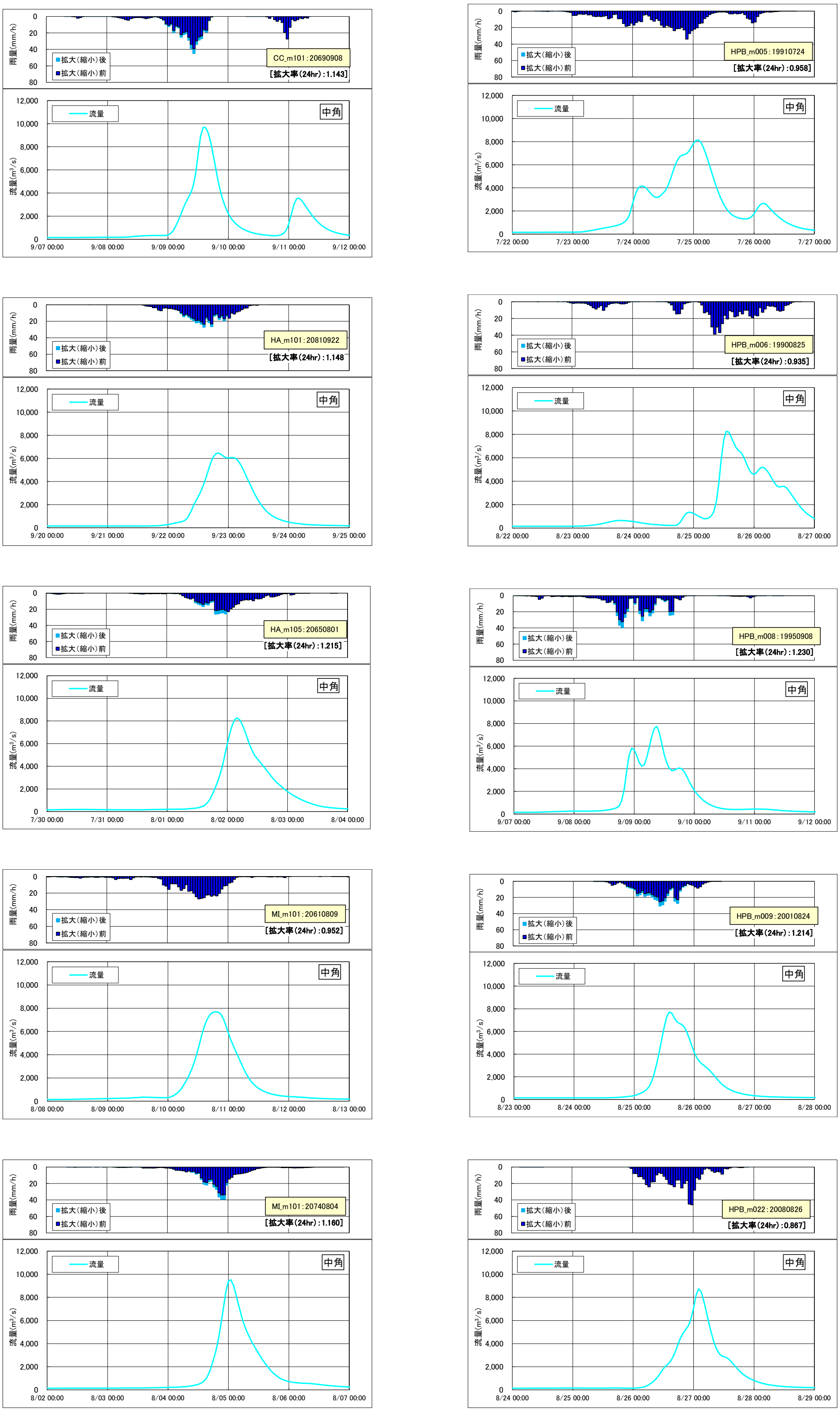
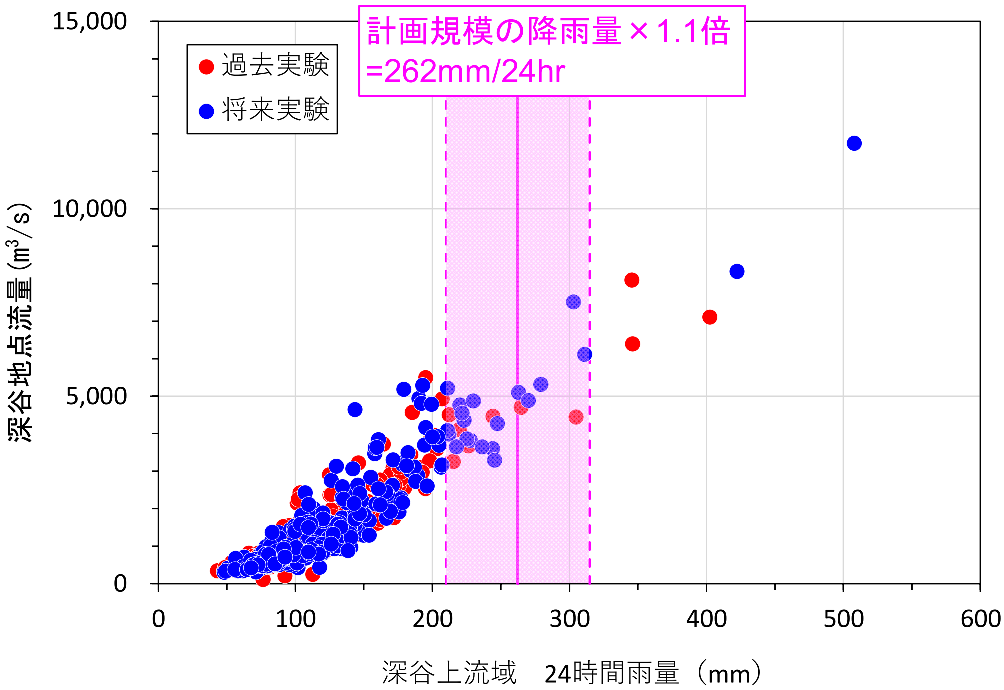


図 1.57　抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ（基準地点：中角地点）



■d2PDF(将来 360 年、現在 360 年)の年最大雨量標本（360 年）を流出計算
■著しい引き伸ばし等によって降雨波形を歪めることがないよう、計画対象降雨の降雨量近傍（上下 20%以内）の 26 洪水を抽出（紫の範囲））

図 1.58　アンサンブル予測降雨波形からの抽出（基準地点：深谷地点）

表 1.38　アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（基準地点：深谷地点）

洪水名	深谷上流域平均24hr雨量(mm)	気候変動後1/150雨量(mm)	引き伸ばし倍率(1/150×1.1倍)	深谷地点ピーク流量(m^3/s)
将来実験				
CC_m101：20670806	262.9	262.4	0.998	5,110
CC_m101：20780723	227.8		1.152	4,443
HA_m101：20680910	223.1		1.176	5,457
HA_m101：20790906	243.9		1.076	3,981
HA_m101：20810922	245.5		1.069	3,620
HA_m101：20860707	270.0		0.972	4,738
HA_m101：20860924	236.3		1.110	4,311
HA_m105：20710824	279.1		0.940	4,890
HA_m105：20850809	212.1		1.237	5,946
HA_m105：20900723	211.0		1.243	6,007
MI_m101：20740804	311.0		0.844	4,710
MI_m101：20740917	211.1		1.243	7,313
MI_m105：20870831	225.2		1.165	4,894
MP_m101：20640910	220.1		1.192	5,948
MP_m105：20690820	302.9		0.866	6,196
MP_m105：20860911	221.6		1.184	6,042
MR_m101：20751017	247.5		1.060	4,583
MR_m105：20770730	230.0		1.141	4,912
MR_m105：20841002	217.5		1.206	4,517
過去実験				
HPB_m002：20080906	219.5	262.4	1.195	5,802
HPB_m003：19860901	215.1		1.220	4,406
HPB_m004：19870828	244.2		1.075	5,096
HPB_m006：19940821	304.7		0.861	3,751
HPB_m009：20060930	212.3		1.236	5,710
HPB_m022：19870906	226.4		1.159	4,388
HPB_m022：20080826	264.8		0.991	4,653

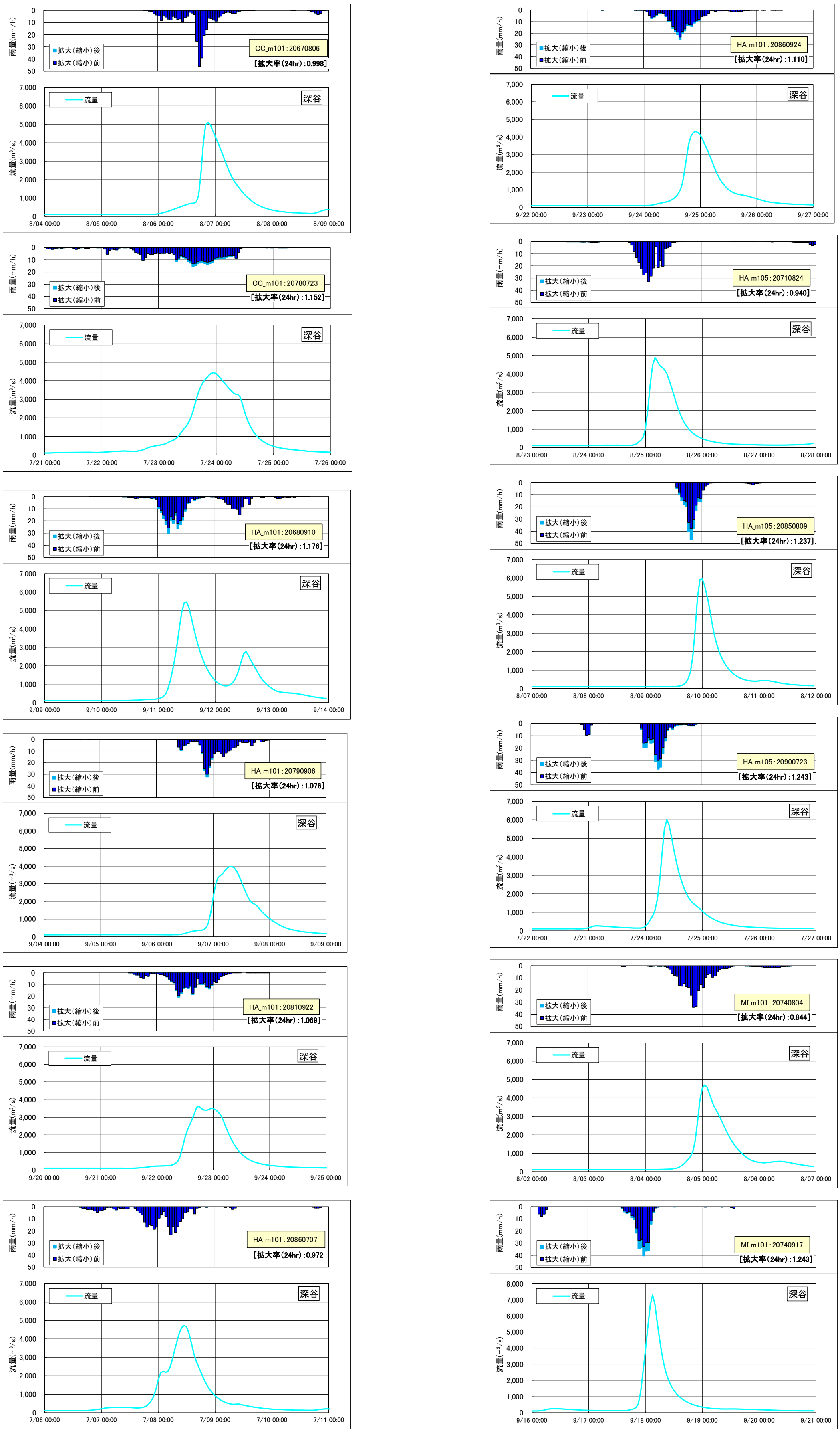


図 1.59 (1)　抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ（基準地点：深谷地点）

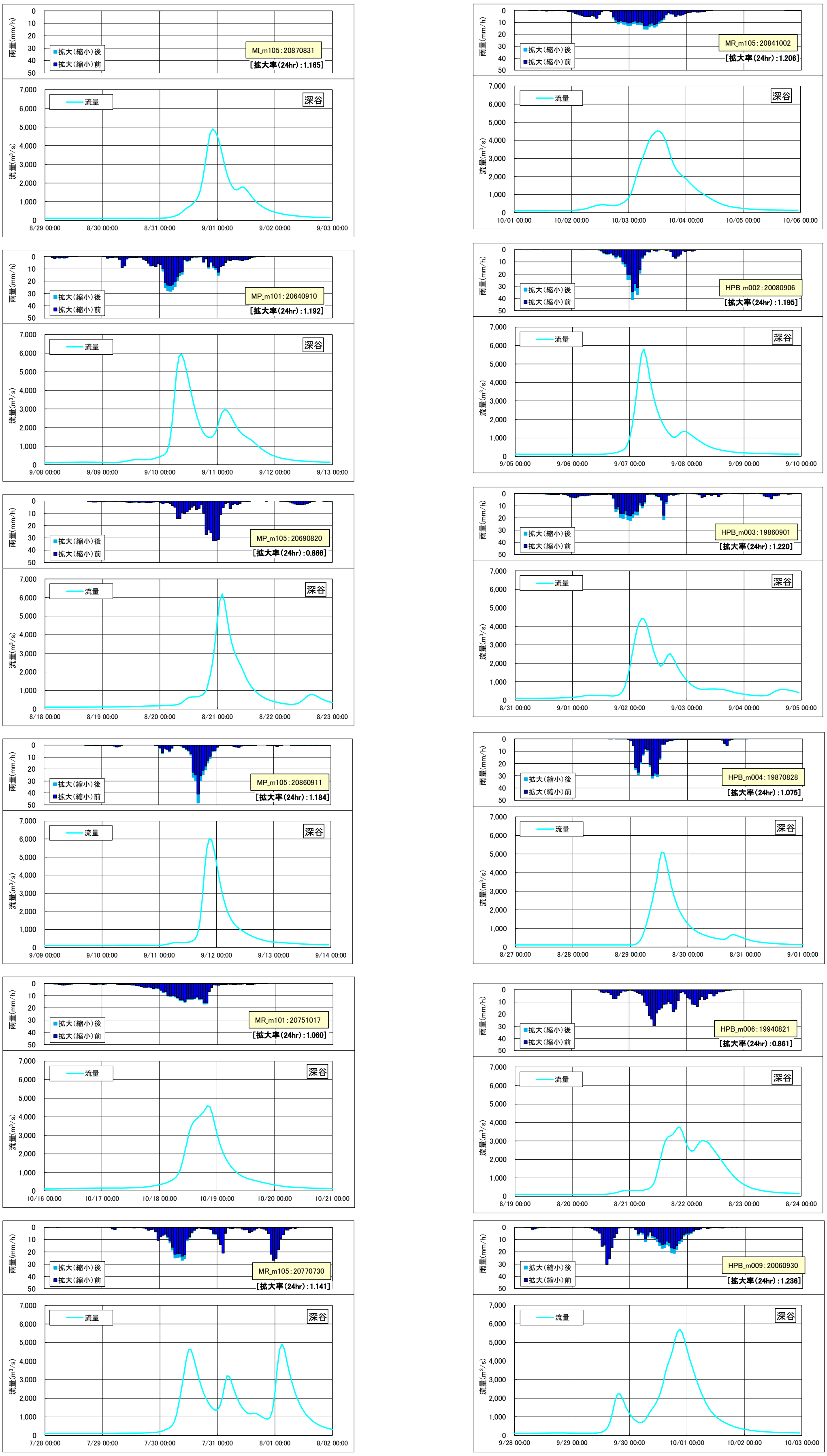
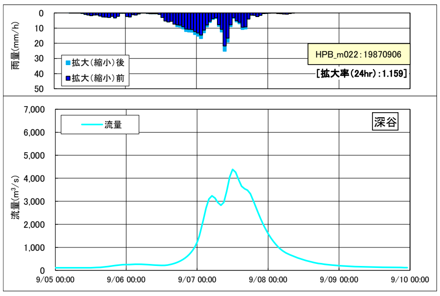


図 1.59（2） 抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ（基準地点：深谷地点）



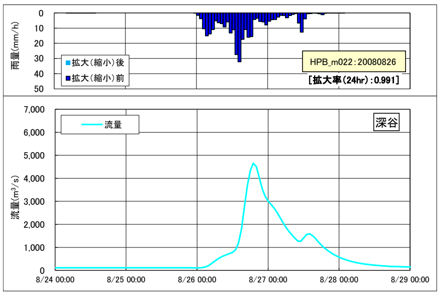
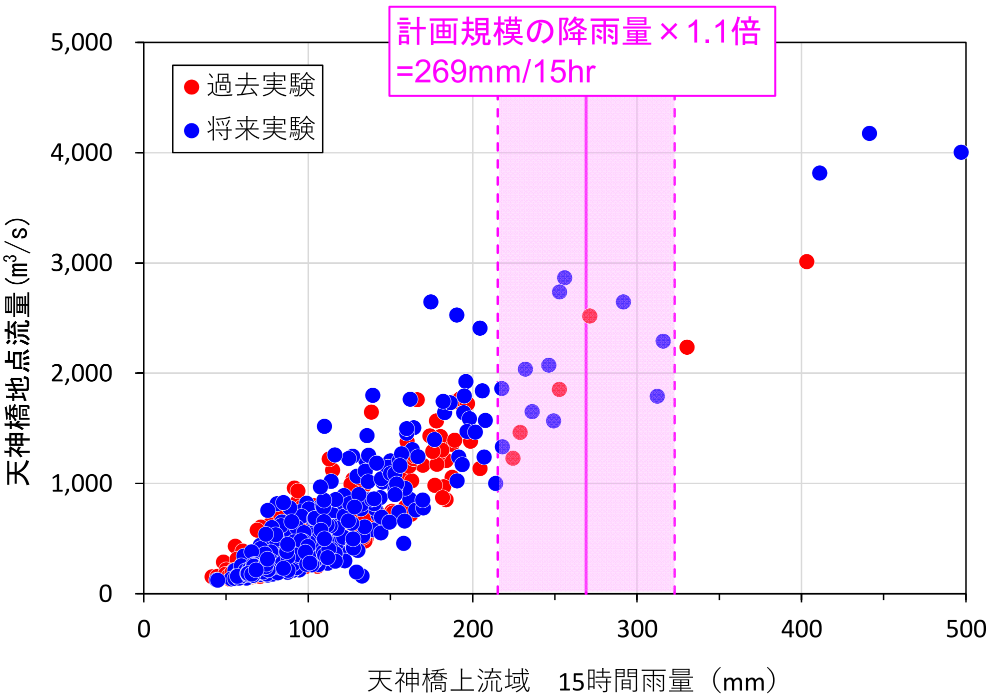


図 1.59 (3)　抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ（基準地点：深谷地点）



■d2PDF(将来 360 年、現在 360 年)の年最大雨量標本（360 年）を流出計算
■著しい引き伸ばし等によって降雨波形を歪めることがないよう、計画対象降雨の降雨量近傍（上下 20%以内）の 15 洪水を抽出（紫の範囲）

図 1.60　アンサンブル予測降雨波形からの抽出（基準地点：天神橋地点）

表 1.39　アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（基準地点：天神橋地点）

洪水名	天神橋上流域平均 15hr雨量(mm)	気候変動後 1/150雨量 (mm)	引き伸ばし倍率 (1/150×1.1倍)	天神橋地点 ピーク流量 (m^3/s)
将来実験				
CC_m101：20670806	256.0	269.1	1.051	2,894
GF_m105：20770730	252.8		1.064	3,006
HA_m101：20810922	312.4		0.861	1,490
HA_m101：20860707	236.2		1.139	1,767
HA_m101：20860924	218.1		1.234	1,631
MI_m101：20610810	249.3		1.079	1,705
MI_m101：20740804	315.9		0.852	1,824
MI_m101：20740917	291.7		0.923	2,066
MP_m105：20670723	246.3		1.092	2,341
MP_m105：20860911	232.0		1.160	2,331
MR_m101：20630727	217.7		1.236	2,232
過去実験				
HPB_m004：19870829	252.7	269.1	1.065	2,024
HPB_m006：19900830	271.2		0.992	2,374
HPB_m006：19940821	229.0		1.175	1,754
HPB_m010：19840803	224.5		1.19	1,738

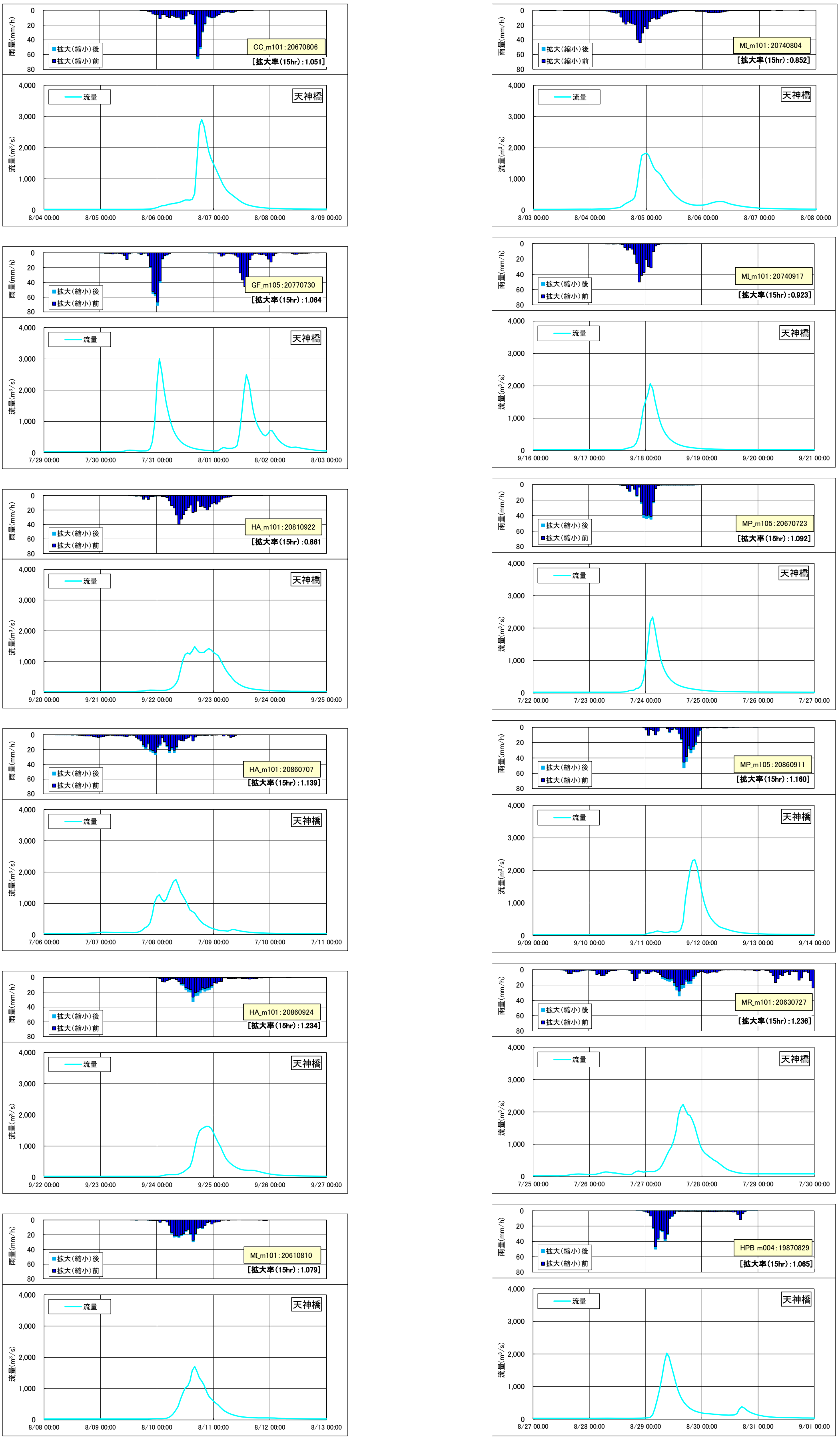
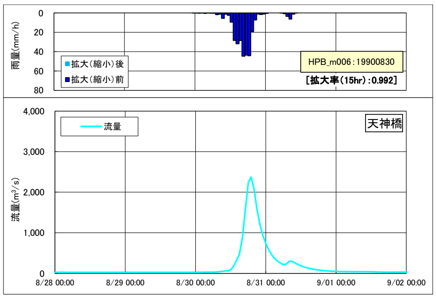
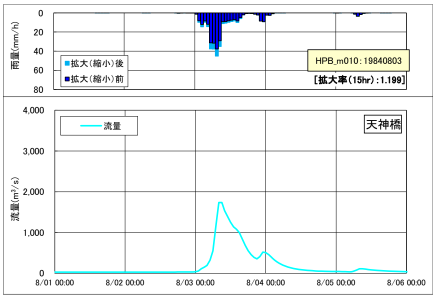


図 1.61（1）　抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ（基準地点：天神橋地点）





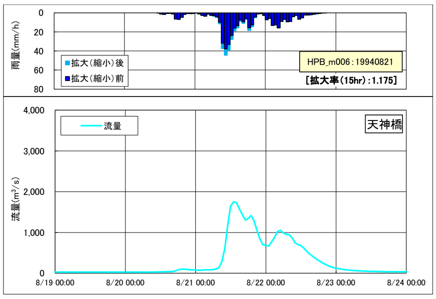


図 1.61 (2)　抽出した予測降雨波形群によるハイドログラフ（基準地点：天神橋地点）

1.12.2　棄却された実績引き伸ばし降雨における発生の可能性検討

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

その結果、中角地点では棄却した 5 洪水のうち 2 洪水が、深谷地点では棄却した 3 洪水のうち 2 洪水が、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ため、棄却洪水とした。

(1)　空間分布のチェック

d2PDF から計画規模の降雨量近傍（上下 20%以内）のアンサンブル降雨波形を抽出し、各波形について、継続時間内の小流域の流域平均雨量／基準地点流域平均雨量を求める（各小流域の基準地点流域全体に対する雨量の比率)。

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め、深谷地点で 1 洪水の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から逸脱していることを確認した。

天神橋地点は棄却した降雨波形が存在しないが、参考としてアンサンブル予測降雨波形による比率のみ算定している。

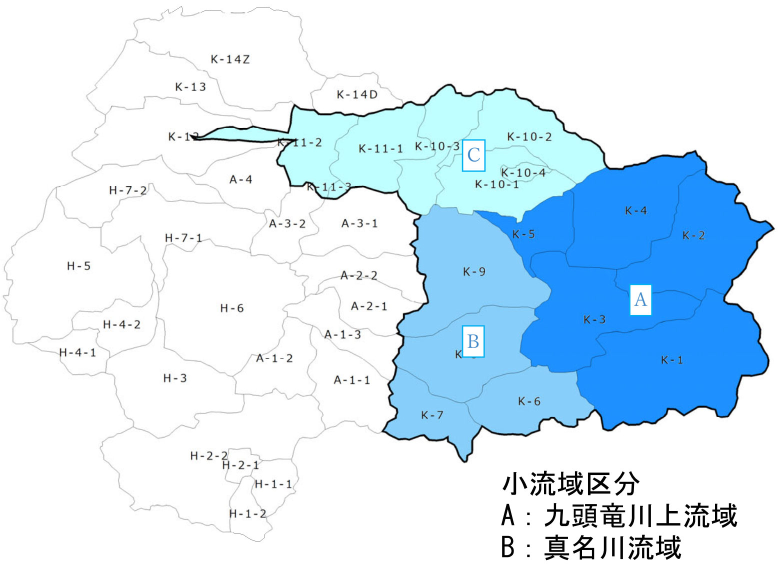


図 1.62 空間分布のチェック（基準地点：中角地点）

表 1.40 雨量の比率（アンサンブル将来予測降雨波形）基準地点：中角地点

予測降雨波形	中角上流域の流域平均雨量との比率		
	九頭竜川上流域	真名川流域	合流後下流域
CC_m101：20690908	0.752	1.127	1.346
HA_m101：20810922	1.013	0.945	1.072
HA_m105：20650801	1.451	0.769	0.543
MI_m101：20610809	0.542	1.865	0.941
MI_m101：20740804	1.005	1.070	0.959
HPB_m005：19910724	1.309	0.925	0.577
HPB_m006：19900825	1.405	0.855	0.497
HPB_m008：19950908	1.250	0.979	0.656
HPB_m009：20010824	1.107	1.006	0.828
HPB_m022：20080826	1.335	0.906	0.567

最大比率

表 1.41 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）基準地点：中角地点

棄却した実績洪水	比率		
	九頭竜川上流域	真名川流域	合流後下流域
S39.7.8	0.970	1.116	0.928
S40.9.15	0.872	1.460	0.656
S51.9.11	1.327	0.879	0.522
H14.7.9	1.375	0.811	0.500
H25.7.29	1.012	0.983	1.006

棄却となる比率

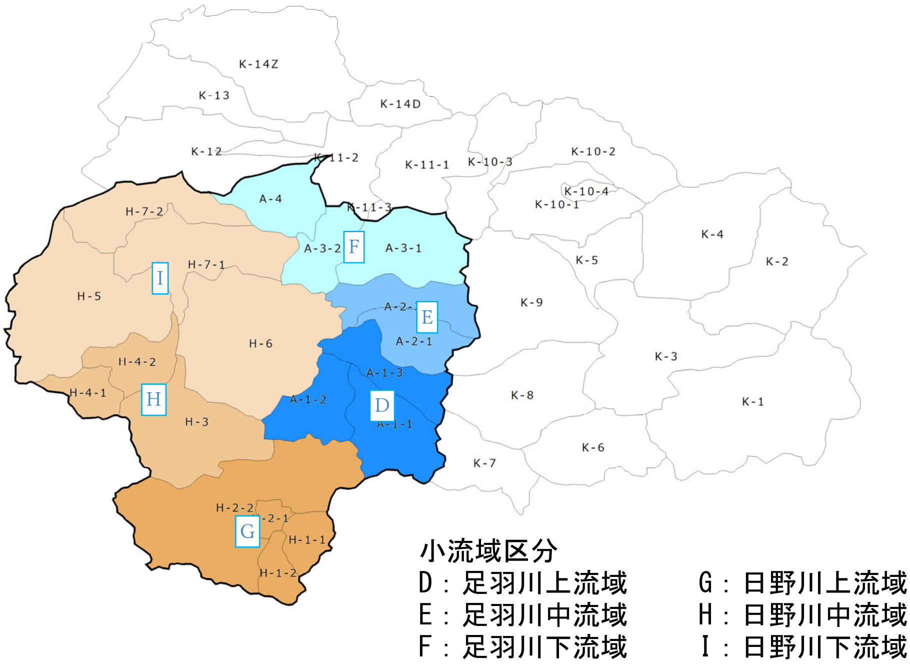


図 1.63　空間分布のチェック（基準地点：深谷地点）

表 1.42　雨量の比率（アンサンブル将来予測降雨波形）基準地点：深谷地点

予測降雨波形	深谷上流域の流域平均雨量との比率					
	足羽川上流域	足羽川中流域	足羽川下流域	日野川上流域	日野川中流域	日野川下流域
CC_m101：20670806	1.309	1.296	1.090	0.820	0.781	0.958
CC_m101：20780723	1.152	1.038	1.078	1.107	1.080	0.824
HA_m101：20680910	0.254	0.158	0.663	0.685	1.459	1.532
HA_m101：20790906	1.080	0.868	0.713	1.236	1.055	0.958
HA_m101：20810922	1.744	1.683	1.118	1.533	0.490	0.473
HA_m101：20860707	1.016	1.050	1.074	1.136	0.866	0.924
HA_m101：20860924	1.116	1.085	0.973	1.123	0.985	0.889
HA_m105：20710824	1.768	1.519	1.348	1.112	0.454	0.638
HA_m105：20850809	1.084	1.002	0.868	1.201	1.011	0.901
HA_m105：20900723	0.874	0.673	0.970	1.118	0.947	1.061
MI_m101：20740804	1.317	1.295	0.765	1.310	0.949	0.763
MI_m101：20740917	1.445	1.368	1.213	1.130	0.733	0.720
MI_m105：20870831	0.737	0.563	0.892	1.087	1.249	1.079
MP_m101：20640910	1.209	0.909	0.867	1.361	0.858	0.853
MP_m105：20690820	0.808	0.655	0.787	1.087	1.163	1.102
MP_m105：20860911	1.220	1.289	1.035	1.205	0.826	0.803
MR_m101：20751017	1.111	0.956	0.856	1.340	0.957	0.858
MR_m105：20770730	0.791	0.689	1.310	0.816	1.168	1.055
MR_m105：20841002	1.083	0.918	0.808	1.265	1.060	0.897
HPB_m002：20080906	0.699	0.656	0.975	0.913	1.172	1.157
HPB_m003：19860901	1.039	0.847	1.092	0.908	0.956	1.040
HPB_m004：19870828	1.030	1.071	1.072	1.040	0.961	0.930
HPB_m006：19940821	1.050	0.962	0.882	1.175	1.060	0.916
HPB_m009：20060930	1.065	0.817	0.850	1.235	1.023	0.936
HPB_m022：19870906	0.937	0.722	0.652	1.337	1.300	0.921
HPB_m022：20080826	1.104	0.877	0.960	1.217	0.939	0.905

最大比率

表 1.43　雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）基準地点：深谷地点

棄却した実績洪水	比率					
	足羽川上流域	足羽川中流域	足羽川下流域	日野川上流域	日野川中流域	日野川下流域
S34.8.12	1.803	1.483	1.274	1.225	0.597	0.653
S40.9.18	0.956	0.881	0.800	1.325	1.118	0.903
H16.7.17	1.515	1.472	1.273	0.630	0.566	0.997

棄却となる比率

図 1.64　空間分布のチェック（基準地点：天神橋地点）

表 1.44　雨量の比率（アンサンブル将来予測降雨波形）基準地点：天神橋地点

予測降雨波形	天神橋上流域の流域平均雨量との比率		
	足羽川上流域	足羽川中流域	足羽川下流域
CC_m101：20670806	1.020	1.104	0.872
GF_m105：20770730	1.125	1.090	0.682
HA_m101：20810922	1.073	1.036	0.841
HA_m101：20860707	0.820	1.024	1.225
HA_m101：20860924	1.037	1.005	0.928
MI_m101：20610810	0.898	1.273	0.833
MI_m101：20740804	1.098	1.120	0.722
MI_m101：20740917	1.037	0.977	0.949
MP_m105：20670723	1.029	1.014	0.879
MP_m105：20860911	0.990	1.081	0.932
MR_m101：20630727	1.107	1.052	0.788
HPB_m004：19870829	0.958	1.017	1.022
HPB_m006：19900830	1.310	0.858	0.627
HPB_m006：19940821	1.082	0.958	0.915
HPB_m010：19840803	1.062	1.045	0.821

最大比率

(2)　時間分布のチェック

d2PDF から計画規模の降雨量近傍のアンサンブル降雨波形を抽出し、各波形について、短時間の流域平均雨量／継続時間内の流域平均雨量を求める（短時間雨量と継続時間雨量との比率)。

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め、中角地点では 2 洪水、深谷地点では 1 洪水の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から逸脱していることを確認した。

天神橋地点は棄却した降雨波形が存在しないが、参考としてアンサンブル予測降雨波形による比率のみ算定している。

表 1.45　雨量の比率（アンサンブル将来予測降雨波形）基準地点：中角地点

予測降雨波形	短時間雨量との比率	
	12h/24h	6h/24h
CC_m101：20690908	0.796	0.500
HA_m101：20810922	0.595	0.340
HA_m105：20650801	0.631	0.382
MI_m101：20610809	0.645	0.346
MI_m101：20740804	0.737	0.464
HPB_m005：19910724	0.648	0.355
HPB_m006：19900825	0.628	0.412
HPB_m008：19950908	0.598	0.391
HPB_m009：20010824	0.636	0.372
HPB_m022：20080826	0.631	0.388

最大比率

表 1.46　雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）基準地点：中角地点

棄却した実績洪水	比率	
	12h/24h	6h/24h
S39.7.8	0.599	0.357
S40.9.15	0.603	0.451
S51.9.11	0.778	0.522
H14.7.9	0.904	0.610
H25.7.29	0.690	0.379

棄却となる比率

表 1.47　雨量の比率（アンサンブル将来予測降雨波形）基準地点：深谷地点

予測降雨波形	短時間雨量との比率	
	12h/24h	6h/24h
CC_m101：20670806	0.726	0.584
CC_m101：20780723	0.592	0.312
HA_m101：20680910	0.889	0.522
HA_m101：20790906	0.768	0.481
HA_m101：20810922	0.625	0.362
HA_m101：20860707	0.639	0.392
HA_m101：20860924	0.736	0.457
HA_m105：20710824	0.897	0.570
HA_m105：20850809	0.971	0.709
HA_m105：20900723	0.910	0.611
MI_m101：20740804	0.769	0.476
MI_m101：20740917	0.966	0.776
MI_m105：20870831	0.658	0.439
MP_m101：20640910	0.831	0.581
MP_m105：20690820	0.711	0.571
MP_m105：20860911	0.877	0.688
MR_m101：20751017	0.639	0.321
MR_m105：20770730	0.762	0.551
MR_m105：20841002	0.592	0.324
HPB_m002：20080906	0.885	0.686
HPB_m003：19860901	0.783	0.460
HPB_m004：19870828	0.926	0.539
HPB_m006：19940821	0.670	0.411
HPB_m009：20060930	0.706	0.526
HPB_m022：19870906	0.567	0.323
HPB_m022：20080826	0.651	0.452

最大比率

表 1.48　雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）基準地点：深谷地点

棄却した実績洪水	比率	
	12h/24h	6h/24h
S34.8.12	0.645	0.484
S40.9.18	0.825	0.557
H16.7.17	0.973	0.855

棄却となる比率

表 1.49　雨量の比率（アンサンブル将来予測降雨波形）基準地点：天神橋地点

予測降雨波形	短時間雨量との比率	
	8h/15h	6h/15h
CC_m101：20670806	0.794	0.720
GF_m105：20770730	0.974	0.945
HA_m101：20810922	0.638	0.523
HA_m101：20860707	0.567	0.457
HA_m101：20860924	0.657	0.526
MI_m101：20610810	0.618	0.479
MI_m101：20740804	0.689	0.576
MI_m101：20740917	0.861	0.725
MP_m105：20670723	0.892	0.824
MP_m105：20860911	0.888	0.782
MR_m101：20630727	0.673	0.538
HPB_m004：19870829	0.911	0.787
HPB_m006：19900830	0.924	0.817
HPB_m006：19940821	0.758	0.682
HPB_m010：19840803	0.763	0.672

最大比率

1.12.3　主要洪水群に不足する降雨パターンの確認

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

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。

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、中角地点ではクラスター3,4、深谷地点・天神橋地点ではクラスター1,3,4 と評価された。したがって、中角地点ではクラスター1,2、深谷地点・天神橋地点ではクラスター2 に該当する洪水が計画対象降雨波形に含まれていない。そのため、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に該当する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 /150 確率規模の降雨量まで引き伸ばして、流出計算モデルにより流出量を算出し、基本高水の検討に用いる。

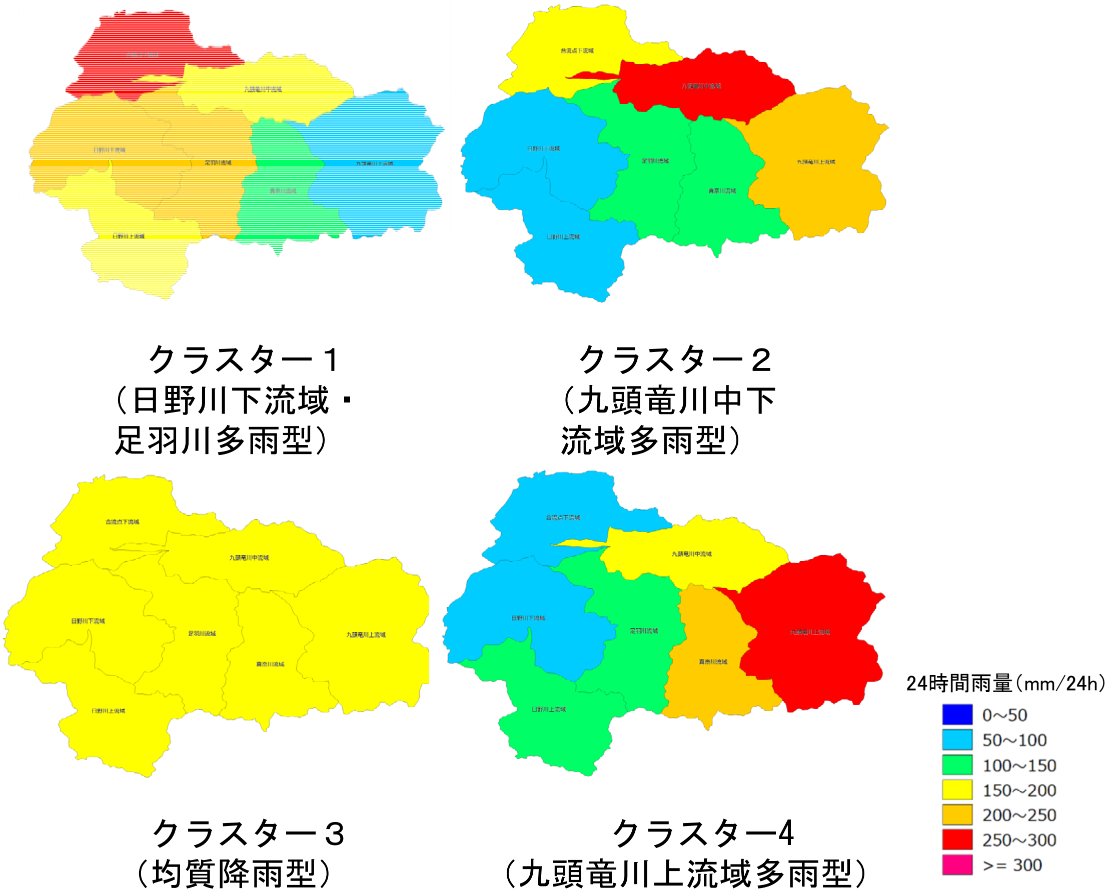


図 1.65　アンサンブル予測降雨による分布パターン例

表 1.50　主要降雨波形群の寄与率分析一覧と不足する降雨波形（基準地点：中角地点）

洪水NO	発生年月日	中角上流域 実績雨量 (mm/24hr)	中角上流域 計画雨量 (mm/24hr)	拡大率	中角地点 基本高水の ピーク流量 (m^3/s)	クラスターno
主要降雨波形群						
No.15	S34.8.12	249.4	406.2	1.629	6,543	4
No.19	S35.8.30	225.4		1.803	6,998	4
No.24	S36.9.16	288.9		1.406	9,177	4
No.58	S50.8.23	214.1		1.898	9,228	4
No.170	H29.10.22	185.4		2.191	9,114	3
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						
CC_m101：20690908		355.3	406.2	1.143	9,690	1
CC_m105：20620625		263.6		1.541	6,606	2

表 1.51　主要降雨波形群の寄与率分析一覧と不足する降雨波形（基準地点：深谷地点）

洪水NO	発生年月日	深谷上流域 実績雨量 (mm/24hr)	深谷上流域 計画雨量 (mm/24hr)	拡大率	深谷地点 基本高水の ピーク流量 (m^3/s)	クラスターno
主要降雨波形群						
No.2	S28.9.25	210.8	262.4	1.245	5,432	1
No.58	S50.8.23	174.8		1.501	7,067	4
No.131	H16.10.20	142.9		1.835	6,453	3
No.133	H18.7.19	172.3		1.523	5,116	3
No.170	H29.10.22	203.5		1.289	5,587	3
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						
GF_m101：20620626		178.2	262.4	1.472	4,842	2

表 1.52　主要降雨波形群の寄与率分析一覧と不足する降雨波形（基準地点：天神橋地点）

洪水NO	発生年月日	天神橋上流域 実績雨量 (mm/15hr)	天神橋上流域 計画雨量 (mm/15hr)	拡大率	天神橋地点 基本高水の ピーク流量 (m^3/s)	クラスターno
主要降雨波形群						
No.2	S28.9.25	190.1	269.1	1.415	2,096	1
No.15	S34.8.12	155.8		1.727	1,730	4
No.16	S34.9.27	130.5		2.062	2,579	3
No.24	S36.9.16	142.5		1.888	3,057	4
No.36	S40.9.18	146.4		1.838	2,020	1
No.53	S47.9.17	144.6		1.860	2,004	3
No.58	S50.8.23	196.2		1.371	2,767	4
No.116	H10.7.10	140.4		1.917	2,331	1
No.130	H16.7.17	263.8		1.020	2,540	3
No.131	H16.10.20	146.4		1.837	2,342	3
No.167	H29.8.7	155.9		1.726	2,257	3
No.170	H29.10.22	188.2		1.429	2,094	3
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						
CC_m105：20620625		150.1	269.1	1.793	2,104	2

1.13　既往洪水からの検討

中角地点の既往最大洪水となる昭和 40 年 9 月洪水の実績流量は約 4,700m³/s で、ダム・氾濫なし流量は、約 6,200m³/s と推定された。

深谷地点、天神橋地点の既往最大洪水となる平成 16 年 7 月洪水（福井豪雨）の実績流量は、深谷地点で約 3,500m³/s 、天神橋地点で約 2,300m³/s であった（水文水質データベースより）。なお、天神橋地点は平成 18 年（2006 年）度の整備計画策定時に目標として設定している実績流量 2,400m³/s を、ダム・氾濫なしの実績流量として採用する。

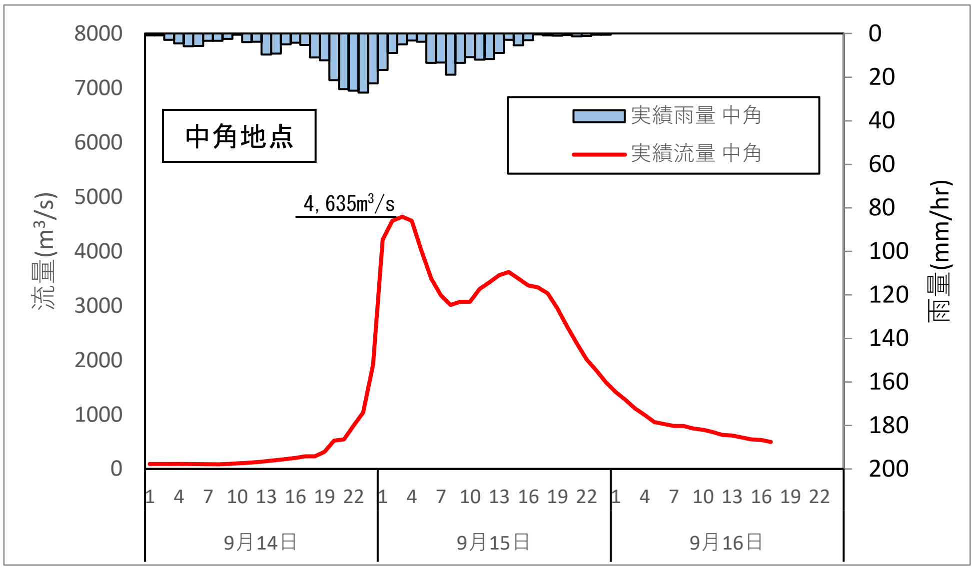
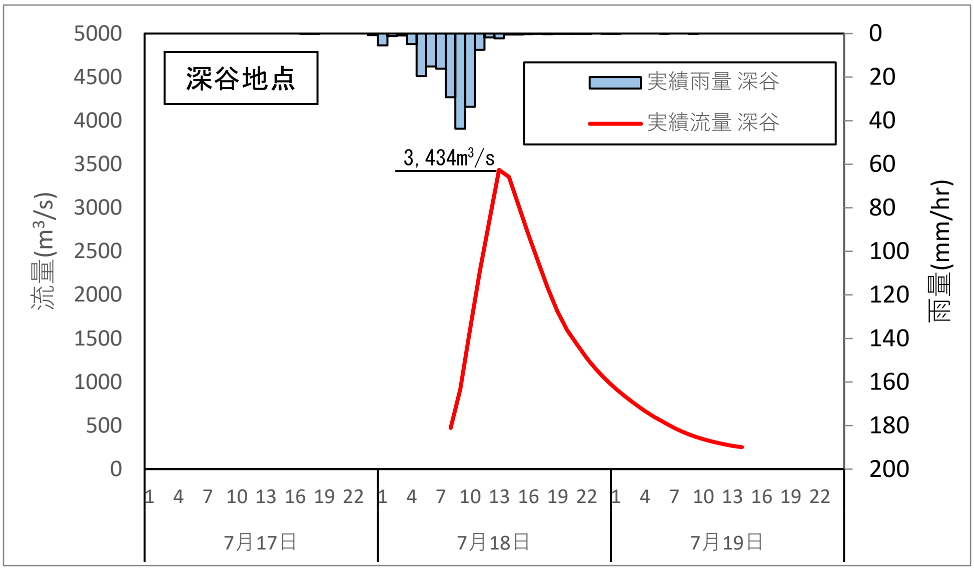


図 1.66　昭和 40 年 9 月洪水のハイドログラフ（実績流量）



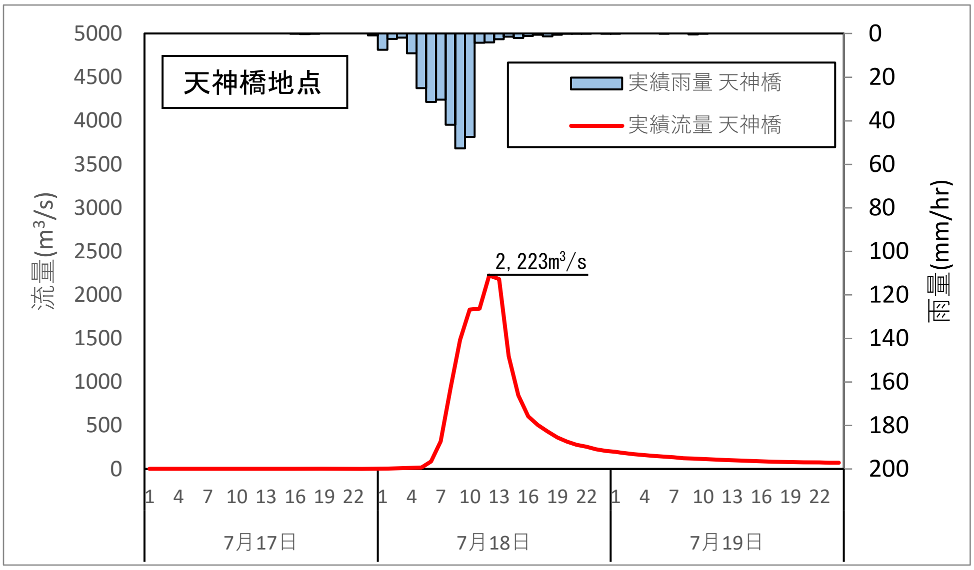


図 1.67　平成 16 年 7 月洪水のハイドログラフ（実績流量）

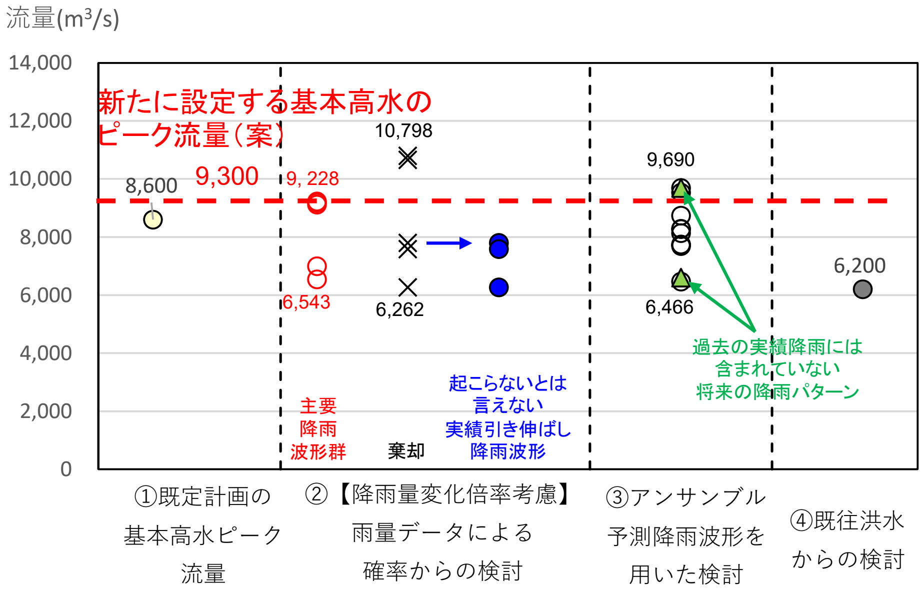
1.14 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定

気候変動を考慮した雨量データによる確率からの検討、アンサンブル予測降雨波形を用いた検討、既往洪水からの検討から総合的に判断した結果、基本高水のピーク流量は下記のように設定する。

中角地点　：9,300m^3/s

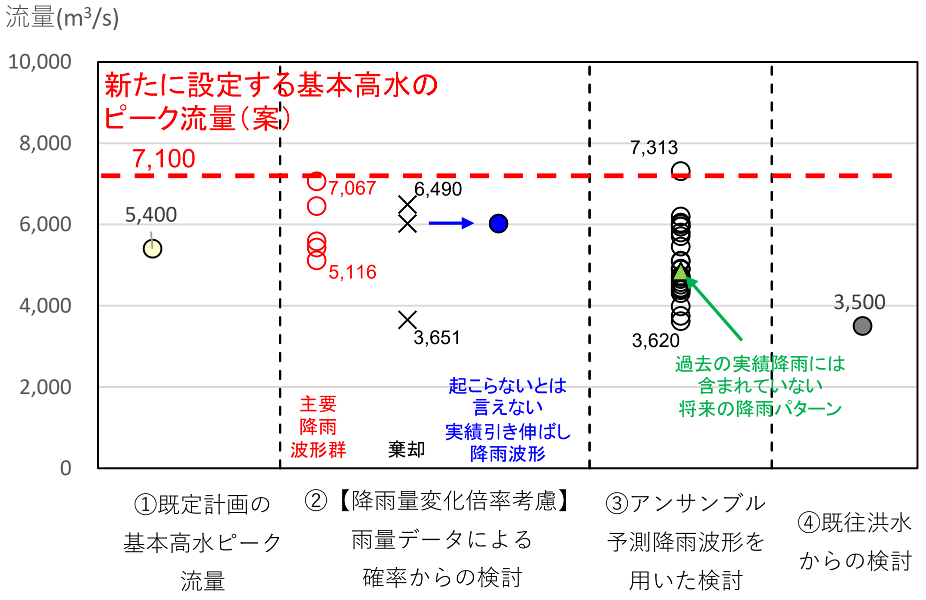
深谷地点　：7,100m^3/s

天神橋地点：3,100m^3/s



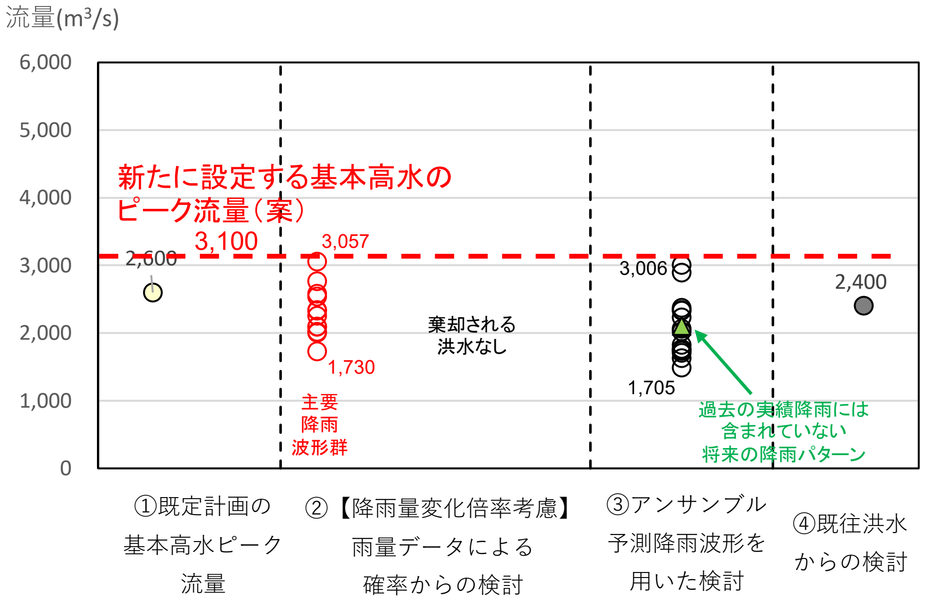
【凡例】
②雨量データによる確率からの検討
降雨量変化倍率（2℃上昇時の降雨量の変化倍率 1.1 倍）を考慮した検討
×：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水
●：棄却された洪水（×）のうち、アンサンブル予測降雨波形（過去実験、将来予測）の時空間分布から見て将来起こり得ると判断された洪水
③アンサンブル予測降雨波形を用いた検討
○：気候変動予測モデルによる現在気候（1980～2010 年）及び将来気候（2℃上昇）のアンサンブル降雨波形
▲：過去の実績降雨（主要降雨波形群）には含まれていない、将来増加すると想定される降雨パターン

図 1.68　基本高水の設定に関する総合判断（基準地点：中角地点）



【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（過去実験、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
○：気候変動予測モデルによる現在気候（1980～2010 年）及び将来気候（2℃上昇）のアンサンブル降雨波形
▲：過去の実績降雨（主要降雨波形群）には含まれていない、将来増加すると想定される降雨パターン

図 1.69　基本高水の設定に関する総合判断（基準地点：深谷地点）



【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（過去実験、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
○：気候変動予測モデルによる現在気候（1980～2010 年）及び将来気候（2℃上昇）のアンサンブル降雨波形
▲：過去の実績降雨（主要降雨波形群）には含まれていない、将来増加すると想定される降雨パターン

図 1.70　基本高水の設定に関する総合判断（基準地点：天神橋地点）

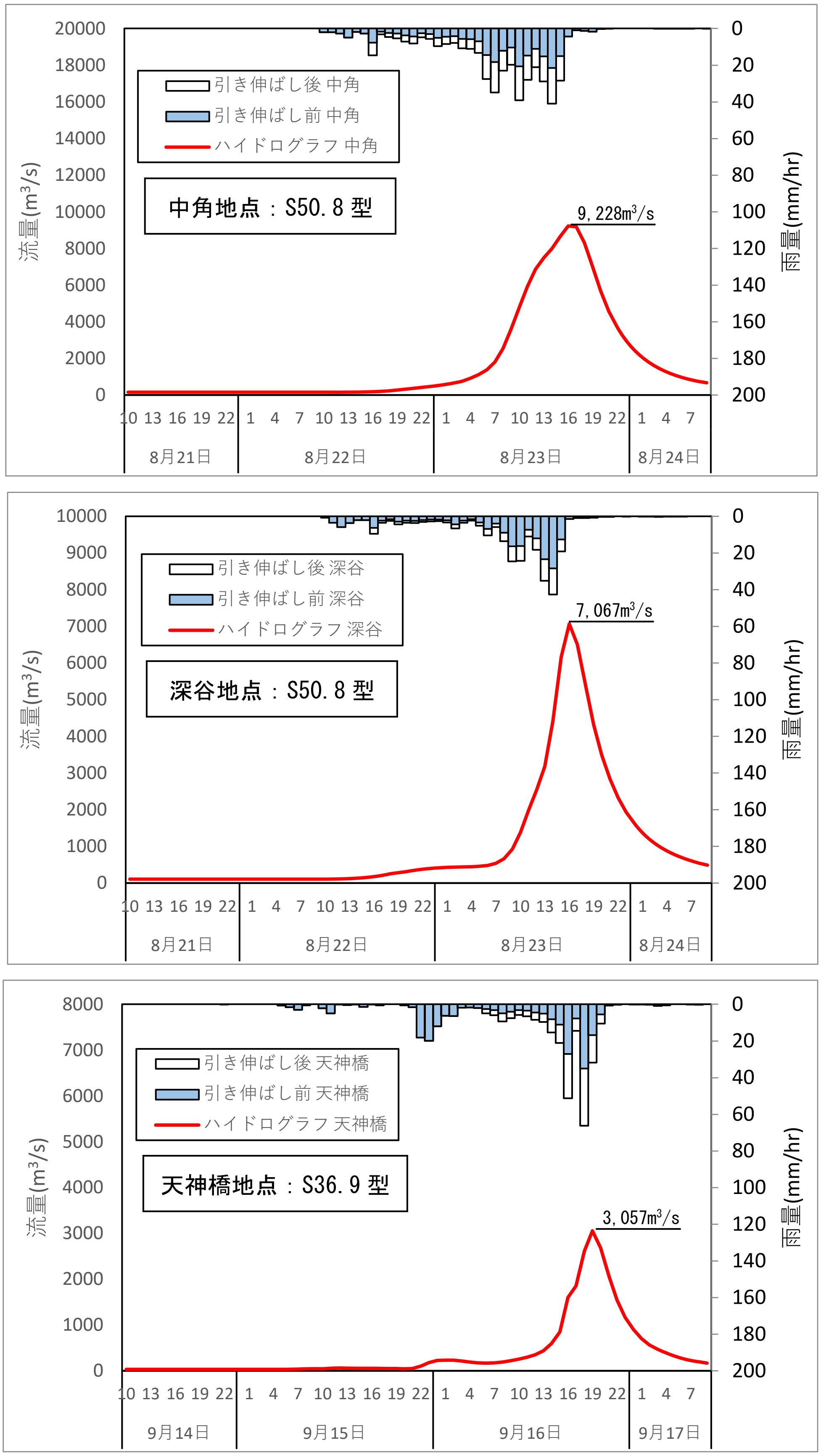


図 1.71　基本高水のピーク流量決定のハイドログラフ

2.　高水処理計画

九頭竜川の既定高水処理計画は、基準地点中角における基本高水のピーク流量 8,600m^3/s に対し、洪水処理施設により 3,100m^3/s を調節、基準地点深谷における基本高水のピーク流量 5,400m^3/s に対し、洪水処理施設により 600m^3/s を調節、基準地点天神橋における基本高水のピーク流量 2,600m^3/s に対し、洪水処理施設により 800m^3/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見直した結果、基準地点中角では、基本高水のピーク流量 9,300m^3/s に対し、3,800m^3/s を調節、基準地点深谷では、基本高水のピーク流量 7,100m^3/s に対し、1,400m^3/s を調節、基準地点天神橋では、基本高水のピーク流量 3,100m^3/s に対し、1,000m^3/s を調節する計画に変更することとした。

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

九頭竜川・日野川の間には福井市の市街地があり家屋が密集し、引堤による河道断面拡大は大規模移転等の社会的影響が大きく、極めて困難である。また、九頭竜川中流部はアラレガコの生息地としての天然記念物指定されているため、低水路の掘削が困難である。

これらを踏まえ、基準地点中角ではアラレガコの生息地に配慮しながら 5,500m^3/s の流下可能な断面を確保する。また、基準地点深谷では塩水遡上や水辺環境、掘削による再堆積にも配慮しながら、高水敷の一部掘削と低水路の拡幅で 5,700m^3/s の流下可能な断面を確保する。これにより基準地点天神橋では 2,100m^3/s の流下可能な断面を確保する。

高水処理計画は、河道配分流量を踏まえ、今回見直した基本高水ピーク流量に対して、河川毎に以下のとおり対応する。

九頭竜川：事前放流により確保可能な容量も考慮した、既設ダムの有効活用やダム再生、新たな洪水調節施設の整備

日野川　：既設ダムの最大限の活用等

足羽川　：建設中の足羽川ダムに加え、足羽川下流域における貯留・遊水機能の確保

3.　計画高水流量

基準地点の中角地点、深谷地点・天神橋地点と同様の方法により、主要地点の布施田地点・三尾野地点においても計画高水流量を算定した。

各地点の計画高水流量は以下のとおりとする。

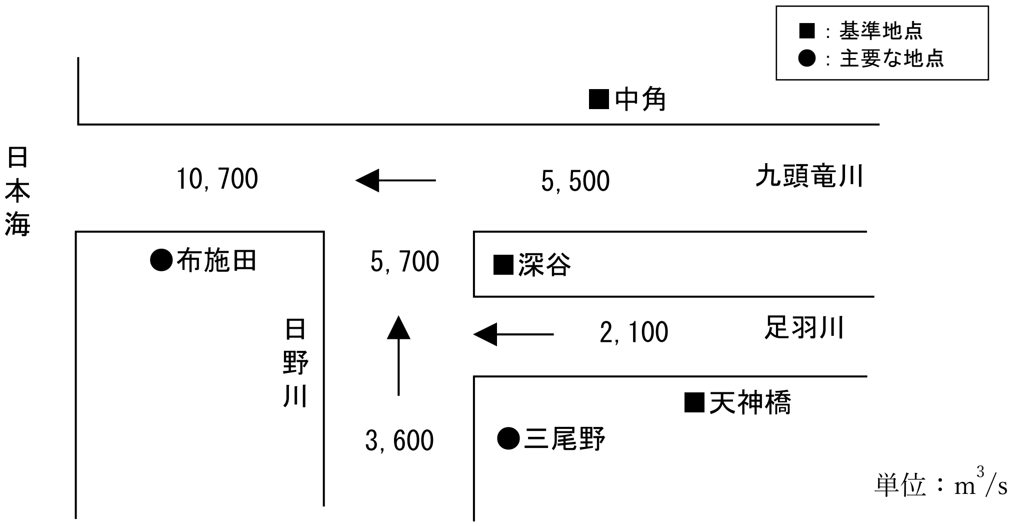


図 3.1　計画高水流量配分図

4. 河道計画

河道計画は、以下の理由により現況の河道法線及び縦断勾配を重視し、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）を確保した。

①大臣管理区間の堤防は全川にわたってほぼ完成していること。

②計画高水位を上げることは、破堤時における被害を増大させることになるため、沿川の市街地状況を考慮すると避けるべきであること。

③現行の河川整備基本方針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。また、計画高水位を上げることは堤内地での内水被害を助長させること。

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。

計画縦断図を図 4.1～図 4.3 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　主要地点における計画高水位及び川幅一覧表

河川名	地点名	河口又は合流点からの距離（km）	計画高水位 T.P.(m)	川幅 (m)
九頭竜川	中角	18.0	10.00	270
	布施田	10.2	6.30	570
日野川	三尾野	九頭竜川 合流点から 14.2	11.60	180
	深谷	九頭竜川 合流点から 3.0	8.75	270
足羽川	天神橋	日野川 合流点から 12.6	24.82	150

注）T.P. ：東京湾中等潮位

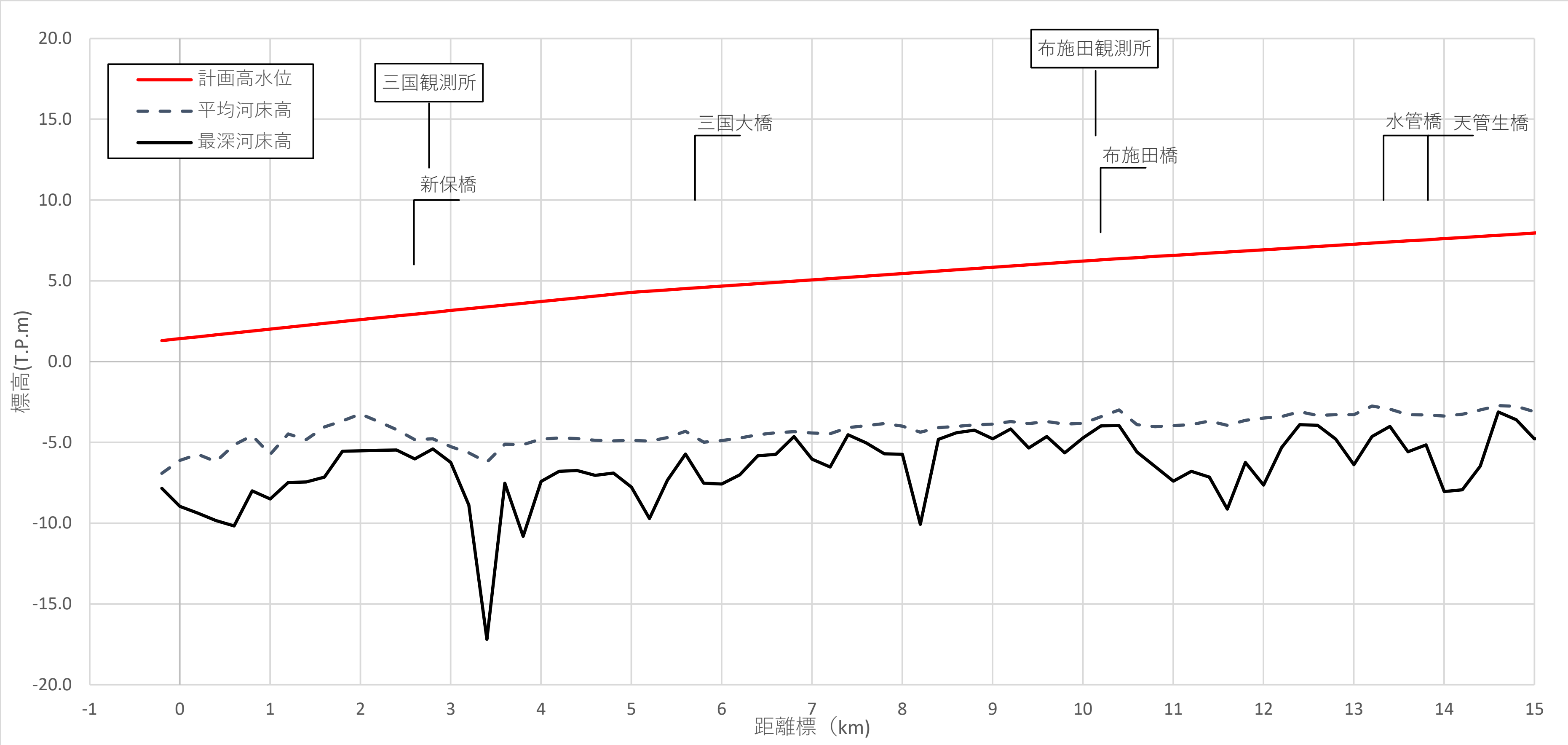
IPCC のレポートでは、2100 年までの平均海面水位の予測上昇範囲は RCP2.6（2℃上昇に相当）で 0.29-0.59m、RCP8.5（4℃上昇に相当）で 0.61-1.10 m とされている。
2℃上昇シナリオの気候変動による水位上昇の平均値は 0.43 m とされている。

表 4.2　気候変動による海面上昇について（IPCC 試算）

シナリオ	1986～2005年に対する2100年における平均海面水位の予測上昇量範囲（m）	
	第五次評価報告書	SROCC
RCP2.6	0.26-0.55	0.29-0.59
RCP8.5	0.45-0.82	0.61-1.10

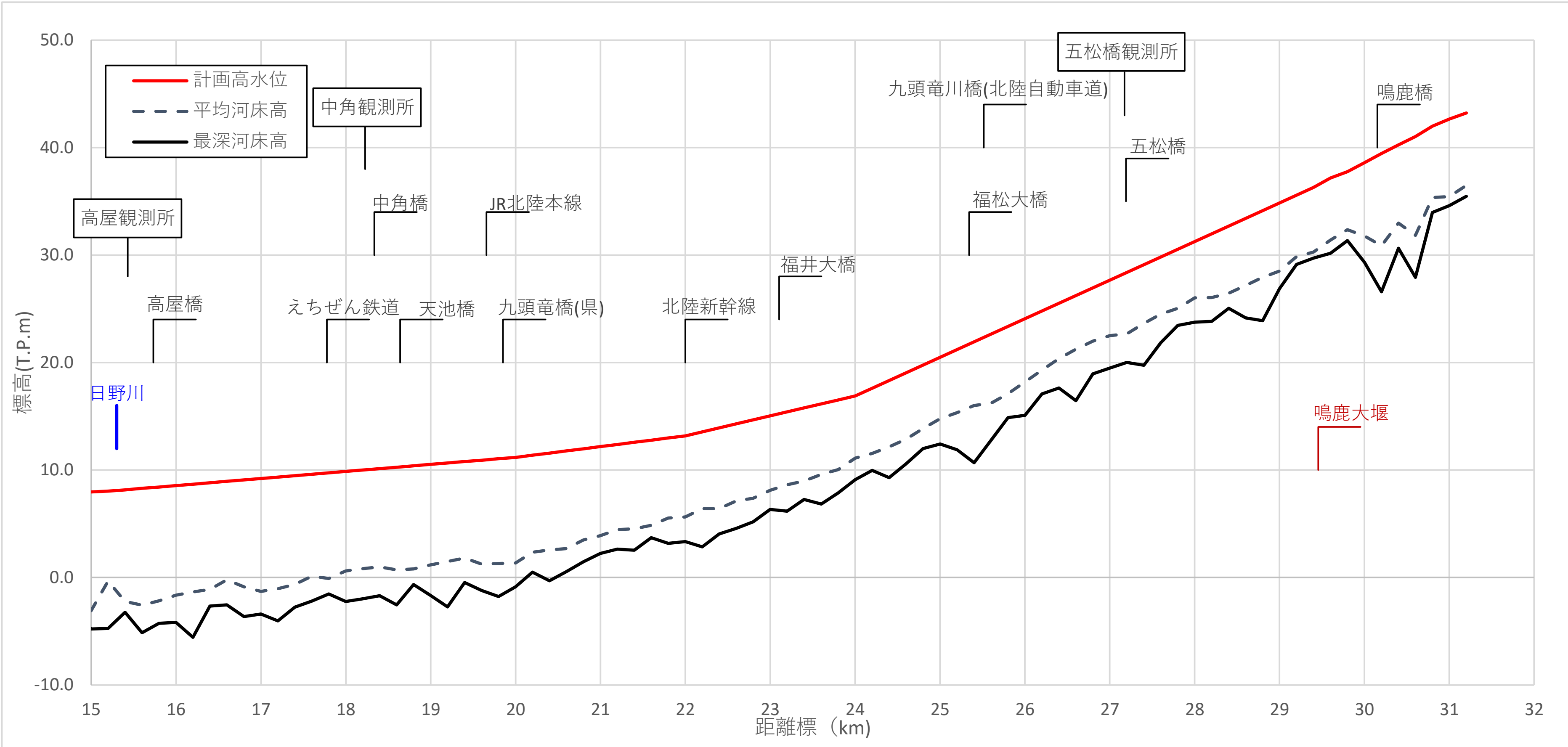
九頭竜川における海面水位上昇が出発水位に与える影響を試算した。
①現行の出発水位の設定方法
朔望平均満潮位＋⊿h（密度差）
＝0.412＋0.146　＝　T.P.+0.56m
②気候変動による海面水位上昇を考慮した出発水位
現行の出発水位（朔望平均満潮位+密度差）に気候変動による海面上昇 0.43m と密度差の変化分 0.01m を追加
＝0.412＋0.146＋0.43＋0.01　＝　T.P.+1.00m

九頭竜川では、流下能力評価の算出条件として、朔望平均満潮位に密度差による水位上昇を加えた水位を出発水位と設定しているため、仮に海面水位が上昇すると、出発水位の値に影響し、一部区間で計画高水位の超過が生じるが、海岸保全計画との整合を図りながら必要に応じて変更を行う。



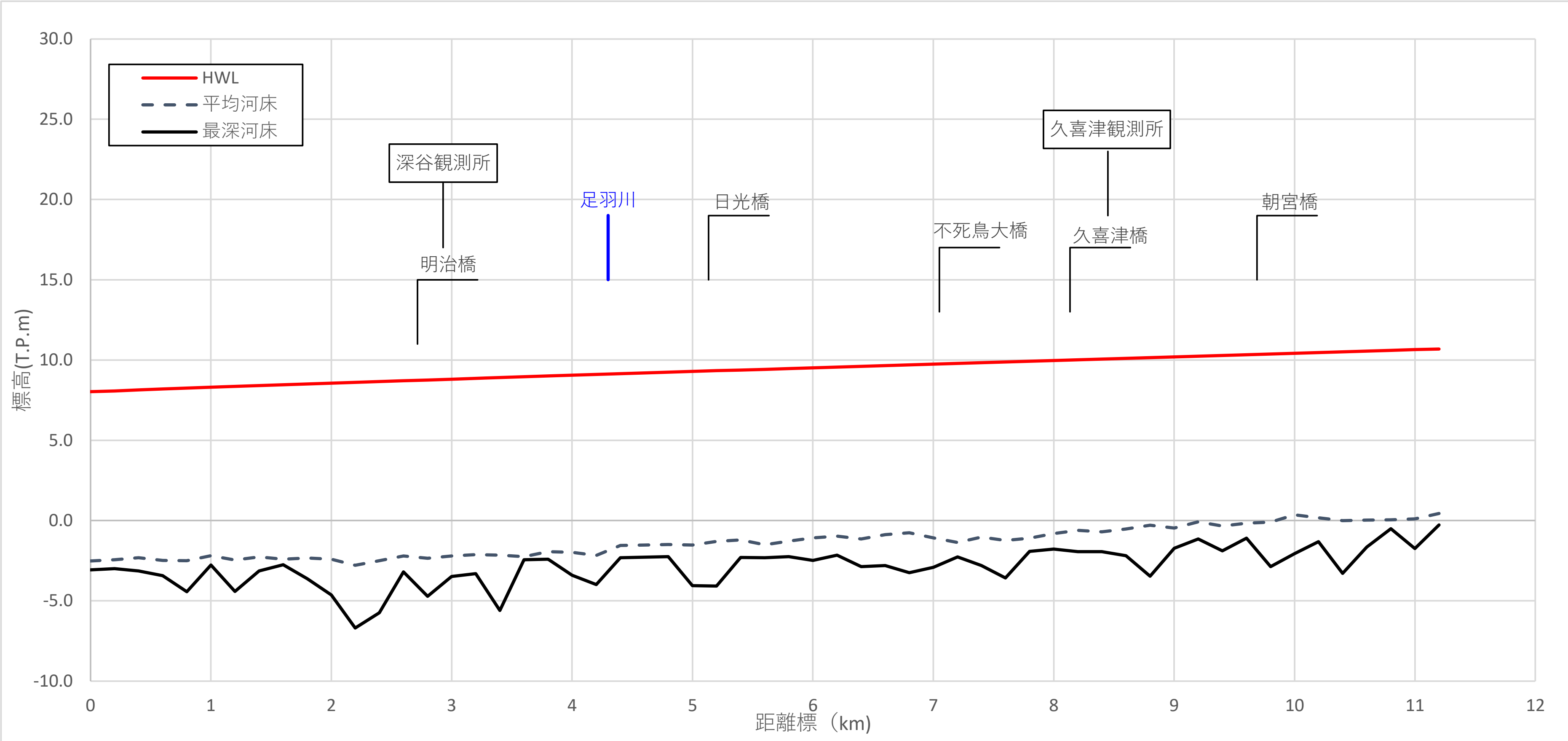
距離標	(km)	-0.2	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
計画高水位	(T.P.m)	1.30	1.42	2.01	2.60	3.16	3.72	4.28	4.67	5.06	5.45	5.84	6.23	6.58	6.92	7.27	7.61	7.96
平均河床高	(T.P.m)	-6.92	-6.11	-5.73	-3.25	-5.28	-4.79	-4.88	-4.90	-4.42	-4.01	-3.88	-3.82	-3.97	-3.49	-3.29	-3.37	-3.10
最深河床高	(T.P.m)	-7.85	-8.96	-8.51	-5.53	-6.24	-7.42	-7.77	-7.58	-6.04	-5.74	-4.79	-4.72	-7.40	-7.65	-6.38	-8.05	-4.79

図 4.1　計画縦断図（九頭竜川　河口から 15k）



距離標	(km)	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	31.2
計画高水位	(T.P.m)	8.55	9.21	9.87	10.52	11.18	12.18	13.18	15.04	16.90	20.49	24.08	27.67	31.26	34.85	38.60	42.65	43.23
平均河床高	(T.P.m)	-1.65	-1.29	0.62	1.18	1.33	3.88	5.64	8.11	11.10	14.79	18.19	22.50	26.01	28.52	31.76	35.45	36.48
最深河床高	(T.P.m)	-4.18	-3.40	-2.25	-1.67	-0.87	2.24	3.34	6.34	9.09	12.42	15.08	19.50	23.75	26.88	29.31	34.59	35.48

図 4.2　計画縦断図（九頭竜川　15k～31.2k）



距離標	(km)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	11.2
計画高水位	(T.P.m)	8.02	8.31	8.56	8.81	9.06	9.29	9.52	9.74	9.97	10.19	10.42	10.65	10.69
平均河床高	(T.P.m)	-2.52	-2.19	-2.41	-2.21	-1.99	-1.52	-1.09	-1.07	-0.81	-0.47	0.37	0.11	0.44
最深河床高	(T.P.m)	-3.07	-2.78	-4.64	-3.48	-3.40	-4.05	-2.49	-2.91	-1.77	-1.73	-2.06	-1.75	-0.28

図 4.3　計画縦断図（日野川　0k～11.2k）

5.　河川管理施設等の整備の状況

5.1　堤防

堤防整備の現状（令和 5 年（2023 年）3 月現在）は下表のとおりである。

表 5.1　堤防整備の現状

	延長(km)
完成断面	50.9
暫定断面	26.7
未施工区間	0
堤防不必要区間	5.1
計	82.7

※延長は、直轄管理区間(ダム管理区間を除く)の左右岸の合計である。

5.2　洪水調節施設

完成施設　:　九頭竜ダム（治水容量：33,000 千 m^3）

真名川ダム（治水容量：89,000 千 m^3）

笹生川ダム（治水容量：11,280 千 m^3）

事業中施設：　足羽川ダム（治水容量：28,700 千 m^3）

残りの必要量：　治水容量：概ね 247,000 千 m^3

5.3　排水機場等

排水機場等の河川管理施設の現状（令和 5 年（2023 年）3 月現在）は下表のとおりである。

表 5.2　大臣管理区間の河川管理施設の状況

堰・床固	排水機場	樋門樋管
1	3	14