

荒川の流出計算モデルについて

平成27年12月24日

国土交通省 関東地方整備局

荒川の流出計算モデルについて

流出計算モデルについて

- 流出解析法は、我が国における洪水流出に対し高い再現性を有し、広く利用されている貯留関数法を用いた。
- 荒川の流出計算モデルは、「利根川の基本高水の検証について」(平成23年9月)と同様の考え方とした。
- 過去のデータを点検した上で、近年の主要な洪水による新たなダム地点での観測データ等も追加して、必要な定数等を設定した。
- この流出計算モデルを用いて、荒川河川整備計画の目標(案)の検討を行った。

流域分割

- 既設ダム地点、水位・流量観測所地点等を考慮して、流域を34の小流域と19の河道に分割し、流域分割図と流出モデル図を作成した。

流域定数の設定

- 近年(昭和56年～平成23年)のデータの中から、比較的大きい洪水(22洪水)を抽出した。
- 計画降雨継続時間は、3日とした。
- ティーセン法により、各洪水の小流域ごとの流域平均時間雨量を求めた。
- 各流域定数解析地点(10地点)において、実績流量のハイドログラフをもとに流出成分を流出の応答速度に合わせて分離し、直接流出量と基底流量を求めた。
- 直接流出開始以前の降雨を初期損失雨量 R_0 と設定した。
- 各流域定数解析地点の各洪水の総降雨量と総直接流出高の関係から、飽和雨量 R_{sa} と、 R_{sa} に達するまでの一次流出率 f_1 を設定した。
- 小流域ごとに、流域平均降雨強度と流入係数から有効降雨を算定した。
- 河道の影響を受けにくい地点を選定し、直接流出高と貯留高を両対数でプロットしたループが最も小さくなる T_l を求めた。
- 求めた T_l によって両対数でプロットした関係を直線近似し、切片を K 、傾きを P として求めた。

河道定数の設定

- 河道定数は、実測横断測量断面をもとに流量規模ごとの河道貯留量を不等流計算により求め、流量と河道貯留の関係から、 K 、 P を求めた。
- T_l 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。

再現性の検討

- 再現性検討洪水毎の洪水調節施設を考慮して流出計算を実施し、各地点の再現性を確認した。

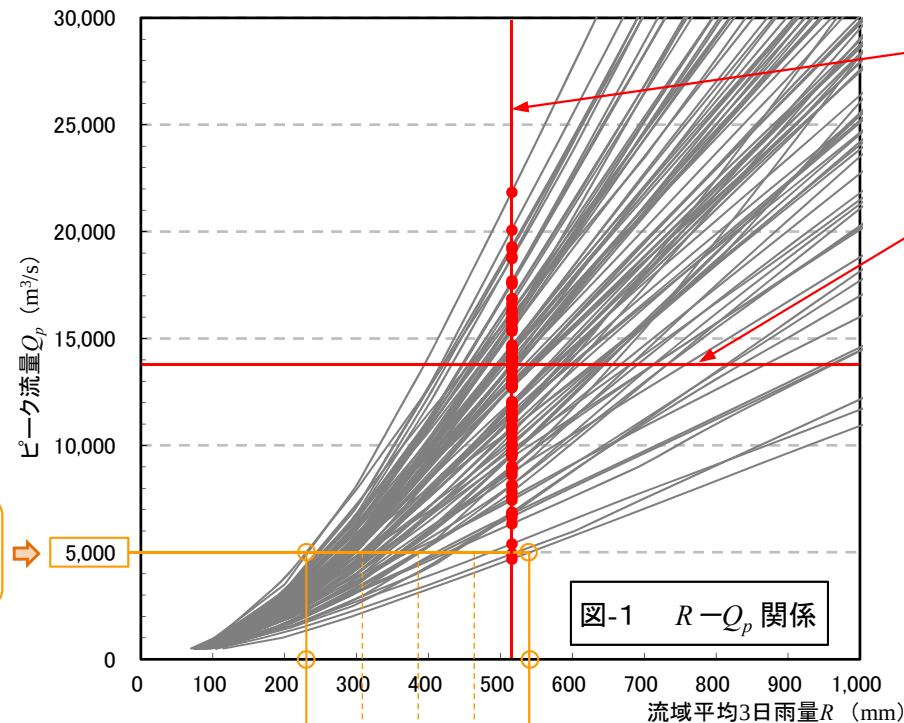
河川整備計画目標の検討

- この流出計算モデルを用いて、河川整備計画の目標(案)の流量について検討を実施した。

総合確率法についての補足説明

1. 流出計算の実施

時間雨量が存在する90洪水(昭和7年～平成23年)について、流域平均3日雨量130mm～1,000mm(11段階)を与えて流出計算を実施し、 $R-Q_p$ 図を作成した。



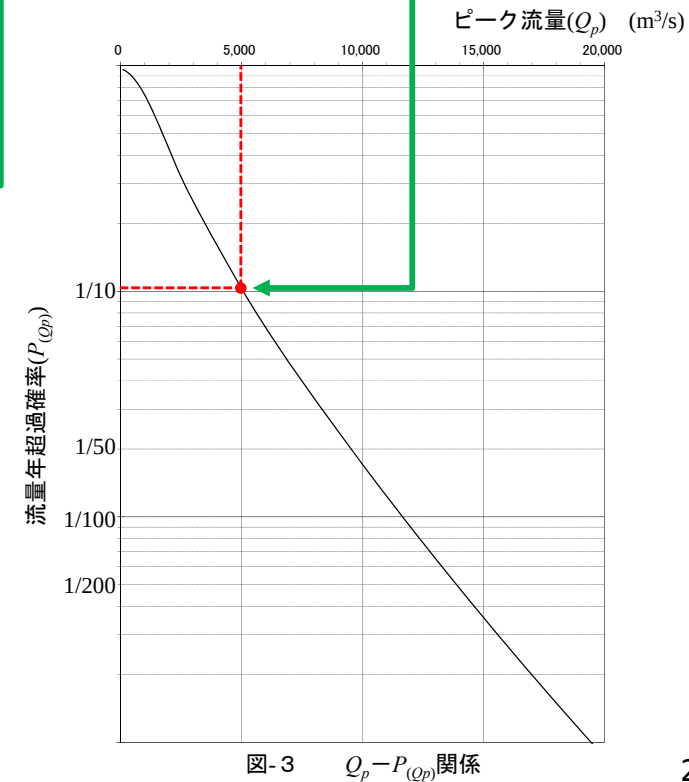
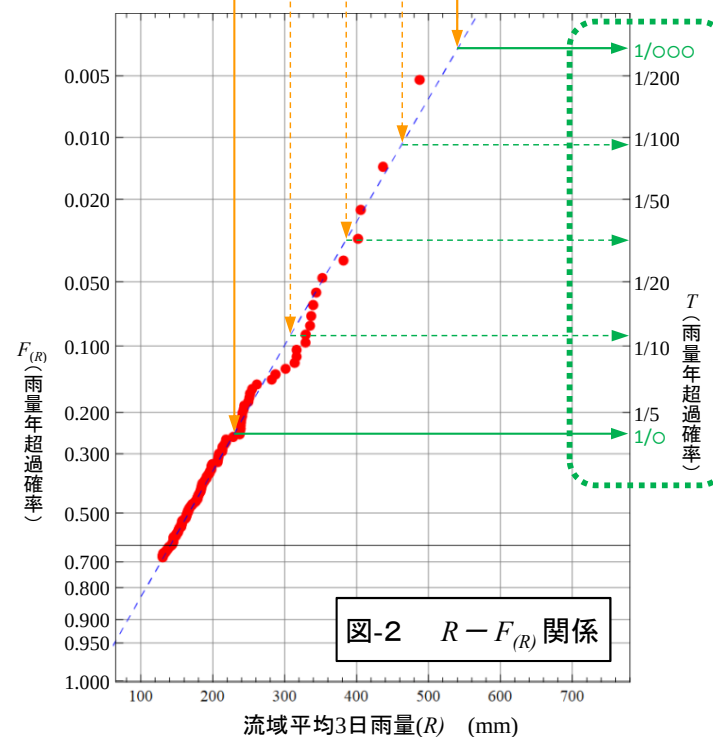
ピーク流量5,000m³/sの年超過確率を算定する場合の計算例



5,000

2. 任意のピーク流量の年超過確率の算定

任意のピーク流量 Q_p に対する90洪水分の雨量を読み取り、90個の雨量年超過確率を算出した。その平均値を任意のピーク流量 Q_p の年超過確率とした。



荒川における 新たな流出計算モデルについて

荒川における新たな流出計算モデルについて

流域分割

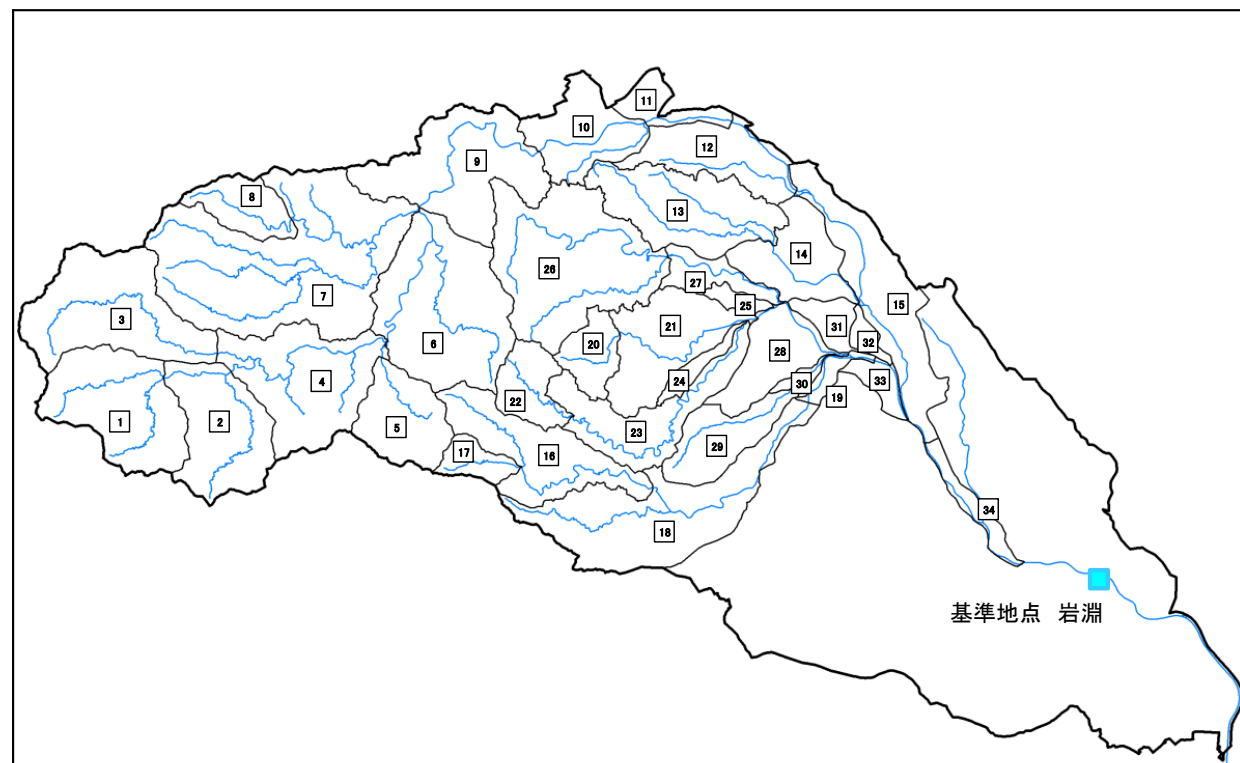
- 流域分割に当たっては、流域面積のバランス、地形（勾配）や降雨の傾向、河道状況を勘案しつつ、次の（i）及び（ii）の観点等から34の小流域に分割した。

（i）観測所が整備され、データが蓄積されてきていることを踏まえ、より多くの地点で流量データと計算値の適合性の検討を行うことにより、精度の高い計算値が得られるよう、既設ダム地点、水位・流量観測所等が下流端となるように分割すること。

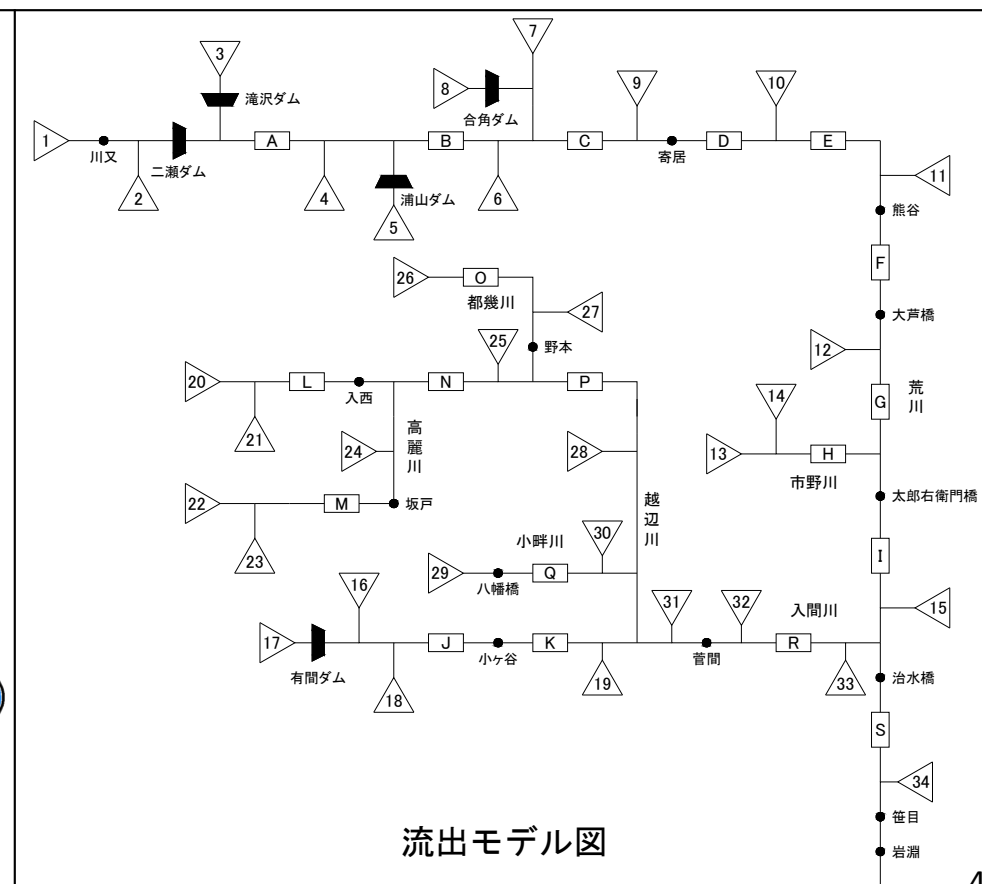
○既設ダム地点	...	5箇所
○水位・流量観測所	...	10箇所
○水位観測所	...	4箇所
	計	19箇所

（ii）支川の合流点において、本支川の流量を算出できるよう、合流地点が下流端となるように分割すること。...

※（i）と（ii）の両方の観点で分割している小流域がある。



流域分割図



流出モデル図

荒川における新たな流出計算モデルについて

流域定数の設定（1/5）

1）流域定数解析洪水

流域定数の設定に当たっては、近年31年間（昭和56年～平成23年）のデータの中から、治水橋地点の水位が比較的高い洪水（以下「流域定数解析洪水」という。）を用いた。具体的には、治水橋地点の氾濫注意水位（A.P.+7.50m）を上回る洪水が22洪水あり、これらを用いた。

流域定数解析洪水一覧表

No.	洪水名	治水橋地点 ピーク水位 (m)	No.	洪水名	治水橋地点 ピーク水位 (m)
1	昭和56年8月洪水	7.78	12	平成10年9月洪水	8.82
2	昭和57年8月洪水	10.30	13	平成11年8月洪水	11.58
3	昭和57年9月洪水	10.39	14	平成12年7月洪水	7.74
4	昭和58年8月洪水	8.14	15	平成13年9月洪水	9.29
5	昭和60年6月洪水	7.72	16	平成14年7月洪水	8.75
6	平成2年9月洪水	8.17	17	平成14年9月洪水	8.08
7	平成2年11月洪水	8.70	18	平成16年10月8日洪水	8.25
8	平成3年8月洪水	8.80	19	平成16年10月19日洪水	7.75
9	平成3年9月洪水	8.43	20	平成17年7月洪水	7.75
10	平成3年10月洪水	8.25	21	平成18年10月洪水	7.83
11	平成5年8月洪水	7.86	22	平成19年9月洪水	10.62

（出典：水文水質データベース）

2）小流域ごとの流域平均時間雨量

- 計画降雨継続時間は、河川整備基本方針を含む既定計画との整合を図り、3日とした。
- 流域定数解析洪水の小流域ごとの流域平均時間雨量は、ティーセン法により求めた。具体的には、岩淵上流域における雨量観測所（他機関も含む。）について、当該洪水の計画降雨継続時間内の時間雨量の観測データを整理し、毎1日間（0時～翌0時）に欠測がない全ての雨量観測所を用いて、1日ごとにティーセン分割を行い、小流域ごとの流域平均時間雨量を求めた。

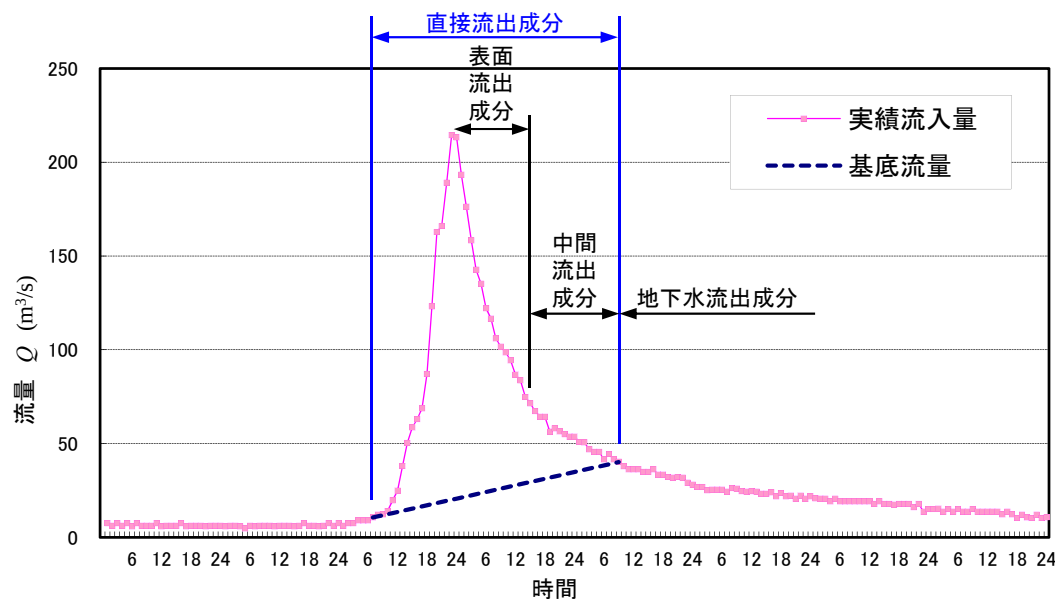
荒川における新たな流出計算モデルについて

流域定数の設定 (2/5)

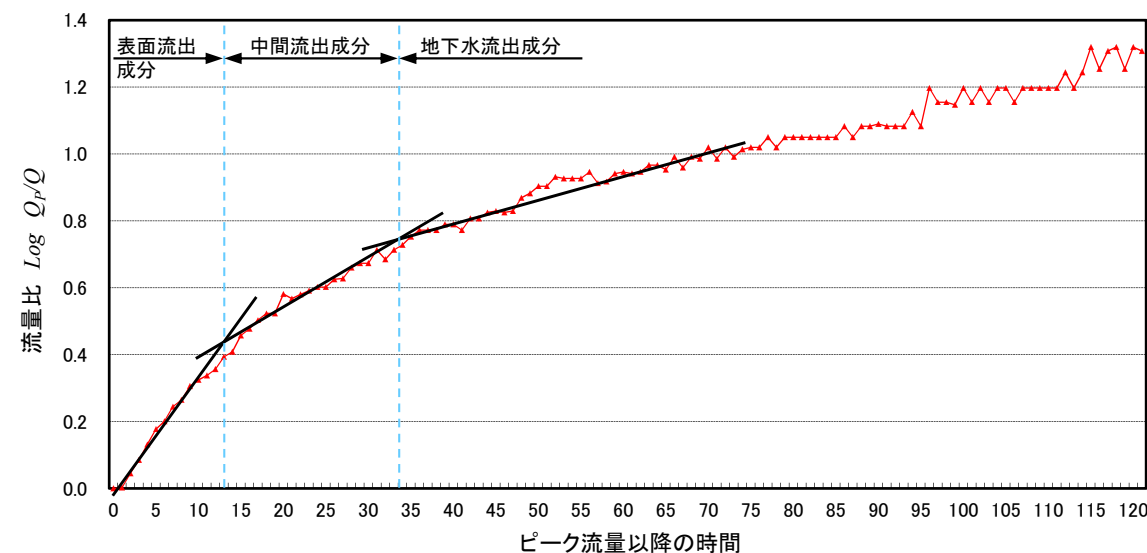
3) 流出成分の分離

- 流域定数の設定を行う上で、 $H-Q$ 図から読み取った実績流量のハイドログラフをもとに流出成分を分離し、流域定数解析洪水ごとに流域定数の解析地点のハイドログラフについて、ハイドログラフの低減部の指数低減性を利用する方法によって、直接流出成分と間接流出成分の分離を行い、各時刻の直接流出量と基底流量を求めた。
- 一般的に、ハイドログラフの低減部を片対数紙に描き、2本または3本の直線で近似すると、2本の場合はその折れ点、3本の場合には洪水の終わりから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。今回は、ピーク以降の流量を3本の直線で分離し、洪水の終わりから1つ目の折れ点を直接流出の終了地点とした。

例) 二瀬ダム地点 H16年10月洪水



実績流量と基底流量



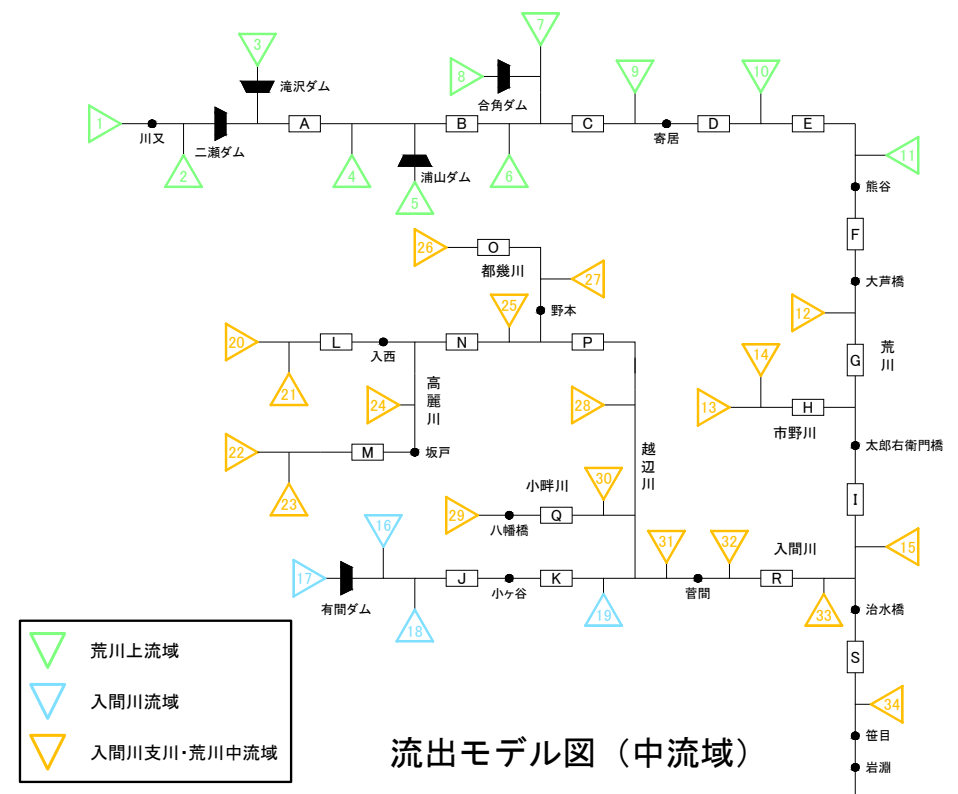
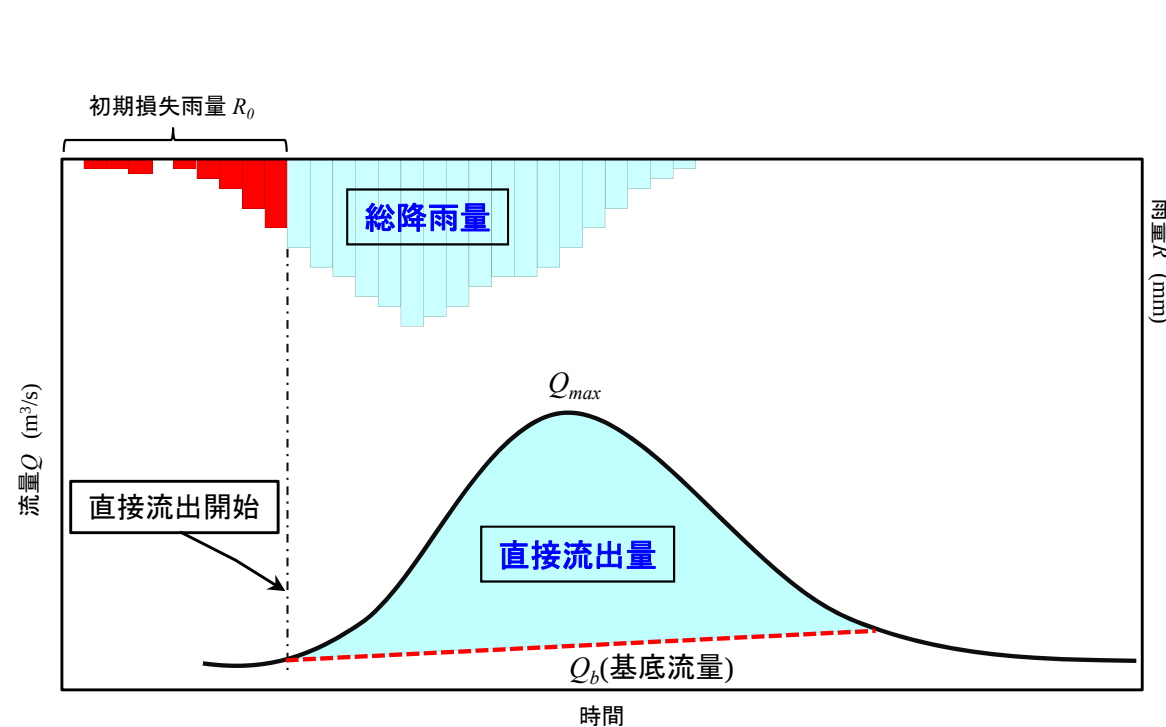
流量低減部の成分分離

荒川における新たな流出計算モデルについて

流域定数の設定 (3/5)

4) 初期損失雨量の設定

- 初期損失雨量は、次に示す地点（以下「 f_l 等解析地点」という。）を選定して、各地点において流域定数解析洪水ごとに求めた。
 - f_l 等解析地点（10地点）
 - (i) 分割した小流域の下流端となる流量観測所（10観測所）のうち、流域定数解析洪水のデータについて、 f_l 、 R_{sa} の解析が可能なデータが存在する流量観測所地点 … 5地点
 - (ii) 分割した小流域の下流端となる既設ダム地点 … 3地点
 - (iii) 流域定数解析洪水のデータについて、 f_l 、 R_{sa} の解析が可能なデータが存在する県管理ダム地点 … 2地点
- f_l 等解析地点において、流域定数解析洪水ごとに、初期損失雨量を求めた。具体的には、 f_l 等解析地点の上流域における流域平均時間雨量のハイトグラフにおいて、直接流出開始以前の時間雨量の和を求めて当該地点の初期損失雨量とした。
- 各小流域の初期損失雨量は、流域定数解析洪水ごとに設定することとし、次のように求めた。
 - f_l 等解析地点のうち、河川ごとに源流に最も近い9地点（以下「最上流地点」という。）の上流にある13小流域については、各最上流地点で求めた当該洪水における初期損失雨量を、当該最上流地点の上流にある小流域の初期損失雨量とした。
 - その他の21小流域については、中流域ごとに、当該中流域に含まれる全ての f_l 等解析地点の当該洪水における初期損失雨量の平均値を求め、当該中流域に属する小流域の初期損失雨量とした。
- 中流域は、流出の特性を考慮して荒川上流域、入間川流域、入間川支川・荒川中流域の3つとし、荒川の34の小流域を3つの中流域に分けた。



流出モデル図（中流域）

荒川における新たな流出計算モデルについて

流域定数の設定 (4/5)

5) $f_l \cdot R_{sa}$ の設定

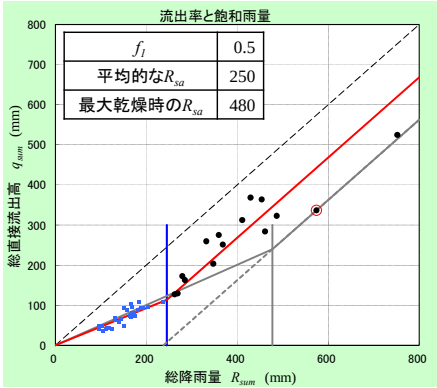
- 各小流域の f_l は、当該小流域が属する中流域の f_l とすることとし、中流域ごとに f_l を求めた。
具体的には、中流域ごとに当該中流域に含まれる、全ての f_l 等解析地点における全ての流域定数解析洪水の総降雨量 R_{sum} と総直接流出高 q_{sum} を1つの図にプロットし、ある R_{sa} を仮定して、総降雨量が R_{sa} より小さい点群について、その座標と原点を結ぶ直線の傾きの平均値を f_l としたときに、総降雨量が R_{sa} より大きい点群について、総降雨量と総直接流出高の差の平均値が $R_{sa} \cdot (1 - f_l)$ となることを満足するよう、 R_{sa} を変化させて求めた。なお、この R_{sa} を当該中流域の『平均的な R_{sa} 』とした。
ここで、総降雨量が大きい点群の下限を包絡する勾配が1.0の直線と、原点を通る傾きが f_l の直線の交点を『最大乾燥状態の R_{sa} 』とする。
- 実績の総降雨量と総直接流出高を求めることができる場合は、『洪水ごとの R_{sa} 』を求めた。
具体的には、当該地点を含む中流域の $R_{sum} - q_{sum}$ 図において、当該地点の当該洪水のプロットを通るように傾きが1.0の直線を引き、この直線と、原点を通る傾きが f_l の直線との交点のX座標を、当該地点の洪水ごとの R_{sa} とした。
- 各小流域の R_{sa} は、流域定数解析洪水ごとに設定することとし、次のように求めた。
最上流地点の上流にある13小流域については、各最上流地点で求めた当該洪水における洪水ごとの R_{sa} を当該最上流地点の上流にある小流域の R_{sa} とした。
その他の21小流域については、中流域ごとに当該中流域に含まれる全ての最上流地点の当該洪水における洪水ごとの R_{sa} の平均値を求め、当該中流域に属する小流域の R_{sa} とした。

荒川上流域

(km²)

流域面積	990
第四紀火山岩地帯	0
非第四紀火山岩地帯	990
第四紀占有率(%)	0.0%

※面積は小数点以下四捨五入

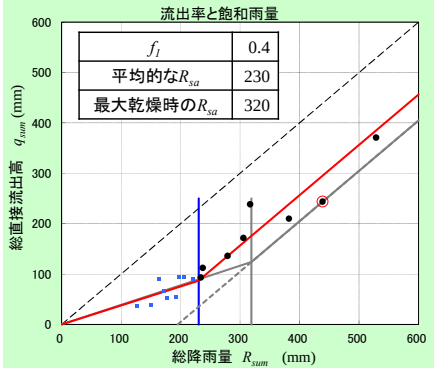


入間川流域

(km²)

流域面積	228
第四紀火山岩地帯	0
非第四紀火山岩地帯	228
第四紀占有率(%)	0.0%

※面積は小数点以下四捨五入



6) 小流域ごとの有効降雨

- 小流域ごとの有効降雨は、小流域ごとの流域平均時間雨量と $f_{(t)}$ から、次式により求めることができる。

$$re_{(t)} = f_{(t)} \cdot r_{(t)}$$

$re_{(t)}$: 流域平均有効降雨強度【mm/hr】

$f_{(t)}$: 流入係数【無次元】

$r_{(t)}$: 流域平均降雨強度【mm/hr】*1

*1 雨量観測所の観測雨量からティンセン法により求めた流域平均時間雨量。初期損失分も含む。

ここで、 R_{sa} には初期損失雨量 R_0 が含まれないことに留意し、 $f_{(t)}$ は次のとおりである。

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

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

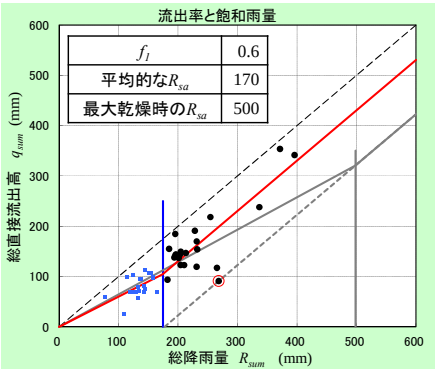
$$\sum r_{(t)} > R_0 + R_{sa} \quad \text{の場合} \quad f_{(t)} = 1.0$$

入間川支川・荒川中流域

(km²)

流域面積	810
第四紀火山岩地帯	0
非第四紀火山岩地帯	810
第四紀占有率(%)	0.0%

※面積は小数点以下四捨五入



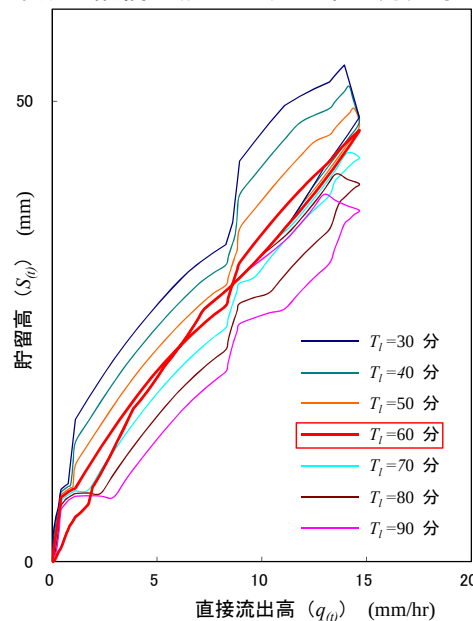
荒川における新たな流出計算モデルについて

流域定数の設定 (5/5)

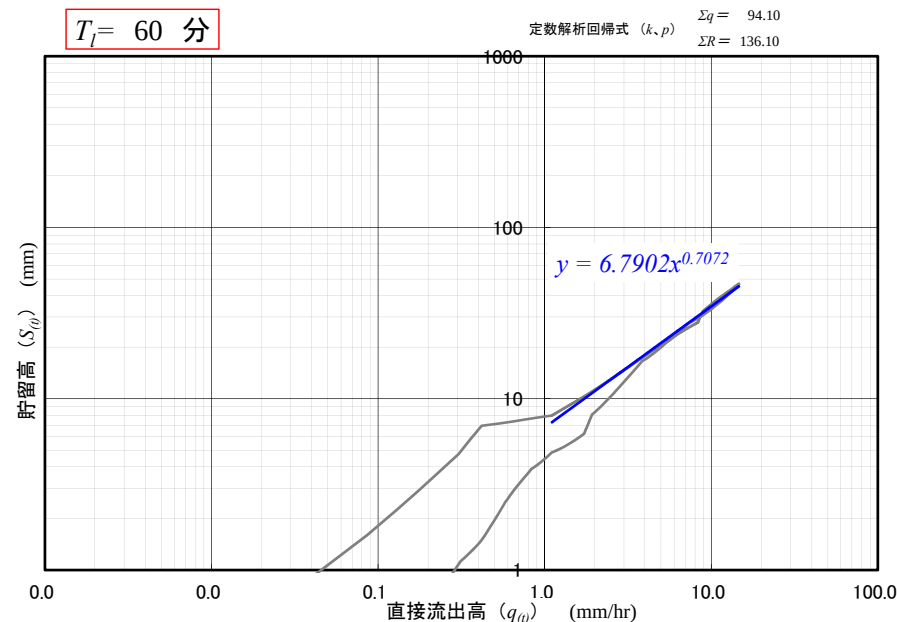
7) 流域の K, P, T_l の設定

- 分割した小流域の下流端となる流量観測所地点及びダム地点のうち、流域定数解析洪水のデータについて、 K, P, T_l の解析が可能なデータが存在し、かつ、河道の影響を受けにくい地点（以下「 K 等解析地点」という。）が7地点あり、これらの地点で K, P, T_l の解析を行うこととした。
- 各 K 等解析地点における、流域定数解析洪水ごとの貯留高と直接流出高の関係を整理し、解析を行った。
具体的には、 T_l を少しずつ変えて貯留高と直接流出高を両対数でプロットして $S_{(t)} - q_{(t)}$ 図を作成し、最もループが小さくなる T_l を求めた。求めた T_l によって両対数でプロットした関係を直線近似し、切片を K 、傾きを P として求めた。
- このようにして洪水ごと、地点ごとの K, P, T_l を求めることとし、大きな洪水における流出量の再現性を考慮して、 K 等解析地点ごとに、 K, P は最大流量となる洪水の値を、 T_l は規模の大きい洪水の値の平均値をそれぞれ用いて、当該 K 等解析地点の K, P, T_l を求めた。
- K 等解析地点の上流にある7の小流域については、各 K 等解析地点で求めた K, P, T_l を、当該 K 等解析地点の上流にある小流域の K, P, T_l とした。
- その他の27小流域については、 K 等解析地点で求めた値から K, P, T_l を設定した。
具体的には、中流域ごとに、上記7地点のうち当該中流域に含まれる地点の平均値を求め、当該中流域に属する小流域の K, P, T_l とした。

例) 八幡橋地点 平成14年10月洪水



例) 八幡橋地点 平成14年10月洪水



河道定数の設定

- 河道定数 K, P の検討に当たっては、平成18年から平成25年までの最新測量断面を用いて、河道ごとに流量規模ごとの河道貯留量 (s) を不等流計算により求め、流量と河道貯留の関係から、流域定数の検討と同様に切片を K 、傾きを P として求めた。
- 河道の T_l については、定流の貯留関数と洪水流の貯留関数の関係から求めた。
- 流出計算に当たっては、全ての洪水の流出計算において、このようにして求めた K, P, T_l を用いた。

荒川における新たな流出計算モデルについて

設定した定数の例

流域定数

流域 No.	流域 面積	一次 流出率	飽和 雨量	流入係数	初期 損失 雨量	遅滞 時間	係数		開始 基底 流量
	A (km^2)	f_l	R_{sa} (mm)	f_{sa}	R_0 (mm)	T_l (分)	K	P	$Q_{b,l}$ (m^3/s)
1	93.52	0.5	250	1.0	28.0	0	22.898	0.682	6.7
2	76.98	0.5	250	1.0	28.0	0	22.898	0.682	5.5
3	107.25	0.5	250	1.0	28.0	0	19.689	0.620	7.6
4	99.43	0.5	250	1.0	28.0	20	23.970	0.600	7.1
5	52.28	0.5	250	1.0	28.0	20	30.302	0.521	3.7
6	130.50	0.5	250	1.0	28.0	20	23.970	0.600	9.3
7	214.73	0.5	250	1.0	28.0	20	23.970	0.600	15.3
8	32.52	0.5	250	1.0	28.0	60	16.008	0.651	2.3
9	105.93	0.5	250	1.0	28.0	20	23.970	0.600	7.5
10	55.40	0.5	250	1.0	28.0	20	23.970	0.600	3.9
11	21.04	0.5	250	1.0	28.0	20	23.970	0.600	1.5
12	56.78	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	2.9
13	85.91	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	4.3
14	53.52	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	2.7
15	88.90	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	4.5
16	77.02	0.4	230	1.0	28.0	0	14.606	0.610	2.3
17	16.98	0.4	230	1.0	28.0	0	14.606	0.610	0.5
18	125.04	0.4	230	1.0	28.0	0	14.606	0.610	3.8
19	8.95	0.4	230	1.0	28.0	0	14.606	0.610	0.3
20	26.55	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	1.3
21	71.02	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	3.6
22	31.17	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	1.6
23	65.02	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	3.3
24	10.10	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	0.5
25	7.56	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	0.4
26	141.01	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	7.1
27	22.11	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	1.1
28	45.84	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	2.3
29	44.08	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	2.2
30	5.83	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	0.3
31	15.85	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	0.8
32	7.52	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	0.4
33	12.90	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	0.7
34	18.20	0.6	170	1.0	24.0	60	6.790	0.707	0.9
	2027.44								118.3

河道定数

河道 No.	K	P	遅滞 時間
			T_l (時間)
A	7.184	0.754	0.392
B	8.657	0.722	0.403
C	14.499	0.684	0.451
D	8.448	0.721	0.375
E	3.836	0.767	0.200
F	7.685	0.760	0.398
G	4.613	0.905	0.894
H	21.556	0.741	1.166
I	6.826	0.833	0.762
J	59.623	0.551	0.862
K	2.434	0.940	0.531
L	7.349	0.755	0.621
M	23.967	0.680	1.300
N	1.798	0.825	0.146
O	6.304	0.813	0.743
P	3.773	0.844	0.393
Q	3.611	0.730	0.317
R	11.133	0.714	0.283
S	12.216	0.747	0.550

注：各小流域の初期損失雨量、 R_{sa} 、基底流量は、平均的な値である。

荒川における新たな流出計算モデルについて

流出計算モデルの再現性の検討（平成11年8月洪水）

- 近年31年間（昭和56年～平成23年）の水位データを対象として、治水橋地点の水位が高い上位4洪水を用いることとした。

[再現性検討洪水]

昭和57年8月洪水
平成11年8月洪水

昭和57年9月洪水
平成19年9月洪水

① 計算条件

1) 洪水調節施設

- ・ 再現性検討洪水発生時に供用していたダムを下流端とする小流域からの流出量 Q_{ca} は、当該ダムにおける当該洪水の実績放流量とした。

2) 流出計算モデル

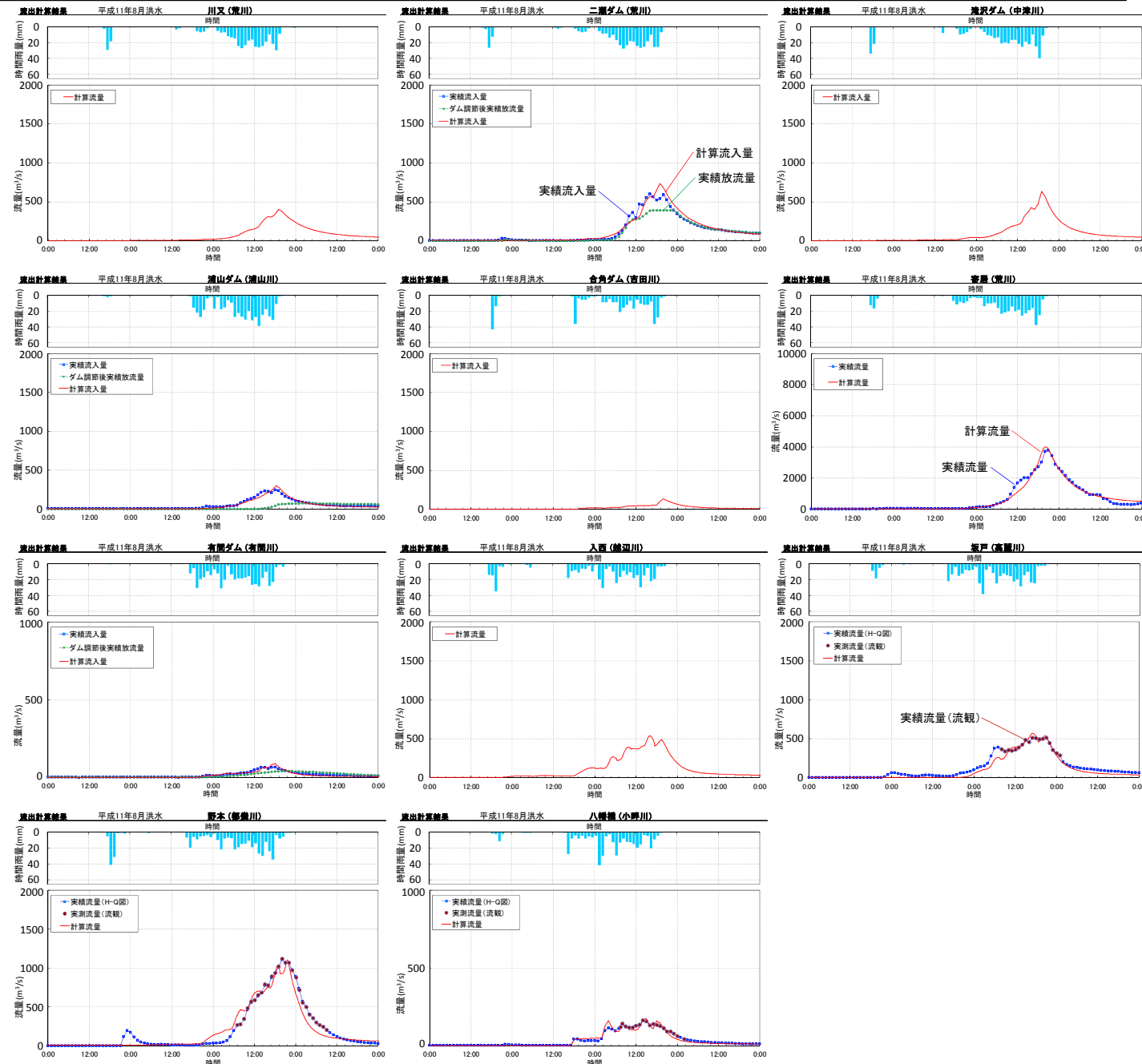
- ・ 流出計算は、新たな流出計算モデルを用いて行う。
- ・ 各小流域の流域面積、 f_l 、 K 、 P 、 T_l と各河道の K 、 P 、 T_l は全ての再現性検討洪水で同じ値とした。
- ・ 各小流域の初期損失雨量、 R_{sa} 、基底流量は再現性検討洪水ごとに求めた値とした。
- ・ 基底流量は、二瀬ダム地点、有間ダム地点及び八幡橋地点において洪水ごとに流出成分を分離して求めた直接流出開始時点の各地点の流量を、当該洪水の各地点の基底流量の開始流量とした。各地点の属する中流域ごとに、この各地点の基底流量の開始流量を各地点上流域の流域面積で除した値に、当該小流域の流域面積を乗じた値を、各小流域の開始基底流量とした。
- ・ 新たな流出計算モデルにおいては、洪水の全ての時間を10分間隔で計算した。

3) 雨量

- ・ 各再現性検討洪水の小流域ごとの流域平均時間雨量を用いた。

② 計算結果

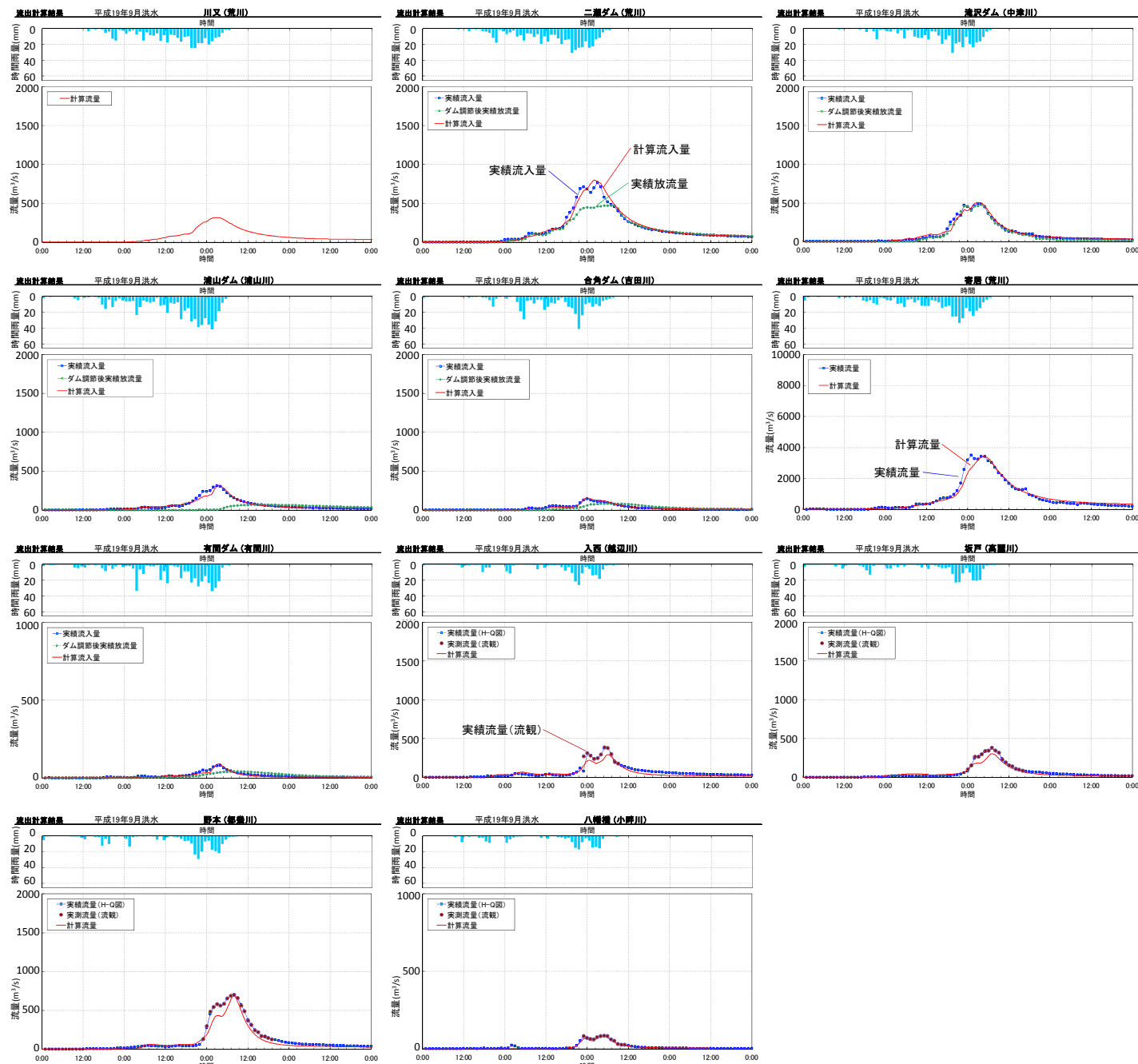
上記の計算条件によって計算を行った。



例) 平成11年8月洪水

荒川における新たな流出計算モデルについて

流出計算モデルの再現性の検討（平成19年9月洪水）



例) 平成19年9月洪水

荒川における新たな流出計算モデルについて

＜新たな流出計算モデルを用いた流出計算の実施＞

戦後最大洪水

- 新たな流出計算モデルを用いて、戦後最大洪水の流出計算を実施した。
- 戦後最大洪水（昭和22年9月洪水）については、現時点で収集可能な雨量及び流量データを収集し、データの点検を行い必要に応じて修正して用いた。

① 計算条件

1) 洪水調節施設

- ・洪水調節施設がないものと仮定して計算を行う。

2) 流出計算モデル

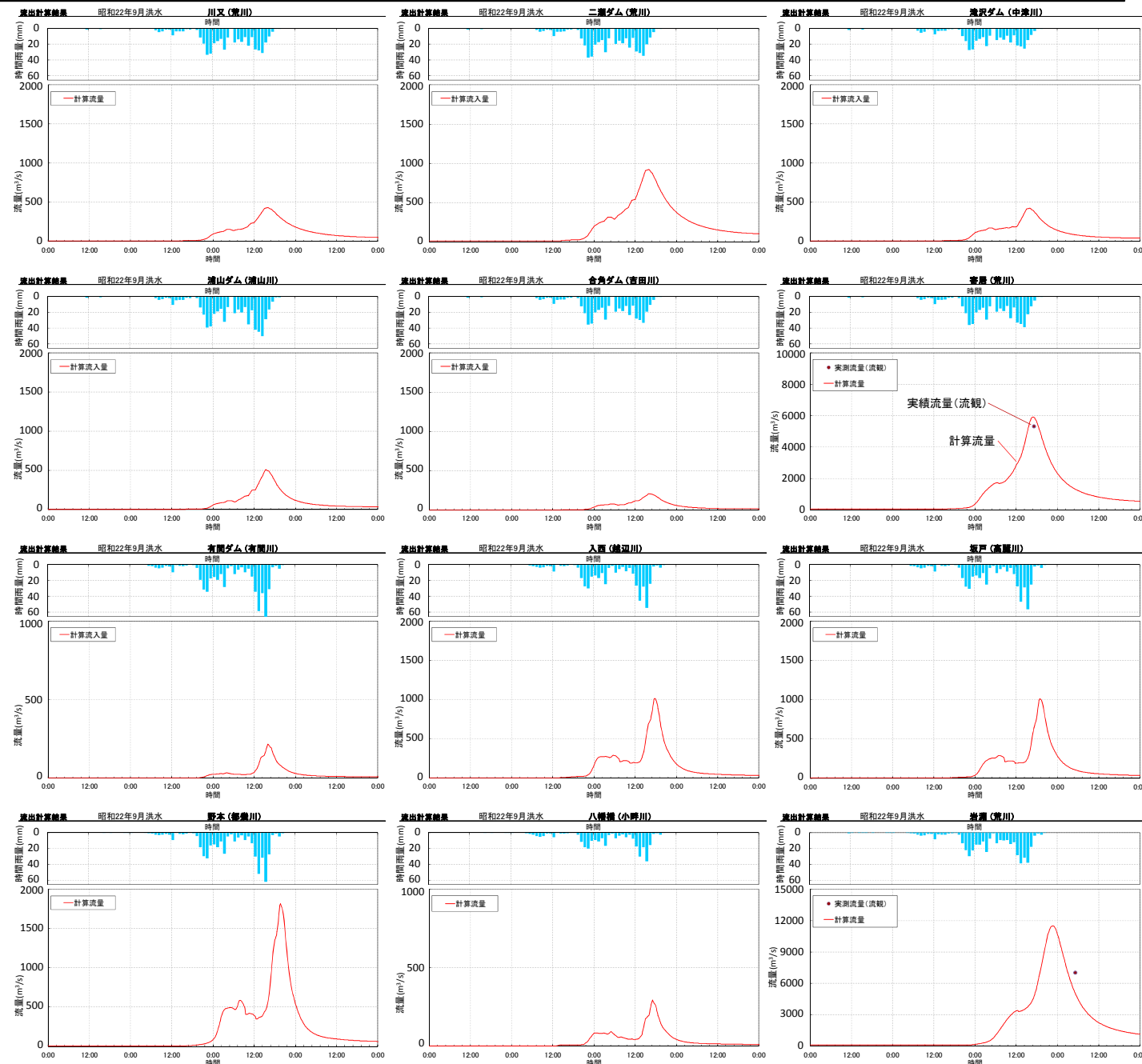
- ・流出計算は、新たな流出計算モデルを用いて行う。
- ・各小流域の流域面積、 f_l 、 K 、 P 、 T_l と各河道の K 、 P 、 T_l は、前述の方法で求めた。
- ・各小流域の初期損失雨量、 R_{sa} 、基底流量は平均的な値とした。

3) 雨量

- ・各再現性検討洪水の小流域ごとの流域平均時間雨量を用いた。毎1日雨量及び同期間の24時間雨量に欠測がない全ての雨量観測所を用いて、ティーセン法により、一日ごとに、小流域ごとの流域平均日雨量を求めた。
- ・流域内の地形、谷の方向、気象条件等を勘案し、時間雨量観測所ごとに当該時間雨量観測所の観測雨量の時間分布を当てはめる区域（以下「影響区域」という。）を定め、影響区域に属する小流域の流域平均降雨強度を求め、小流域ごとの流域平均時間雨量を作成した。

② 計算結果

上記の計算条件によって計算を行い、岩淵地点におけるピーク流量は、約11,500m³/sとなった。



昭和22年9月洪水

荒川における新たな流出計算モデルについて

- 新たな流出計算モデルを用いて、確率流量の計算を実施した。
- 確率流量（1/200確率流量）については、近年の洪水を含めて、現時点において収集可能な雨量及び流量データを収集し、雨量及び流量データの点検を行い必要に応じて修正して用いた。
- 一般パレート分布（最尤法）による試算（1,000mmまでのRを与えて Q_p-R 関係を求めたもの）を以下に示す。

<新たな流出計算モデルを用いた流出計算の実施>

流量確率（1/3）

① 確率降雨量の算定

1) 流域平均3日雨量の算定

- ・雨量観測所のデータが入手できた明治31年から平成23年の日雨量データを用いた。
- ・岩淵地点上流域の流域平均3日雨量が130mm以上となる洪水を抽出したところ、131洪水が該当した。

2) 雨量確率分布の検討

- ・一般パレート分布及びその特殊形である指数分布について、最尤法、積率法、L積率法の3手法を用いて確率分布の母数推定を行った。
- ・SLSC（standard least squares criterion：標準最小二乗規準）を用いて、適合度を検討したところ、全ての手法において、SLSCは0.04以下となった。
- ・リサンプリング手法としてjackknife法を用いて、確率水文量の安定性を検討した。

3) 確率降雨量

- ・jackknife推定誤差が小さい一般パレート分布（最尤法）の1/200超過確率は516mmとなった。

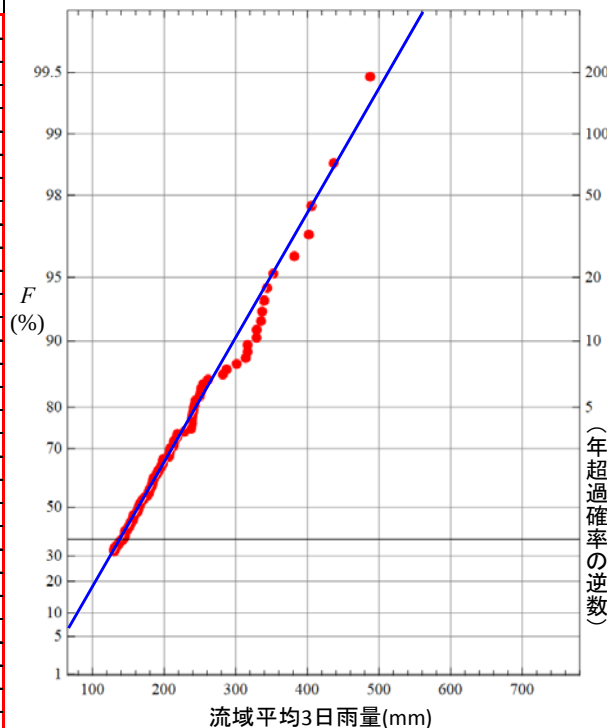
② 代表降雨波形群の選定

時間雨量観測所のデータが収集できた昭和7年から平成23年までの80年間において、流域平均3日雨量が130mm以上の洪水が90洪水あり、その降雨波形を代表降雨波形群とした。

岩淵地点上流域の流域平均3日雨量が130mm
以上となる131洪水（明治31年～平成23年）

No.	年月日	3日雨量(mm)	No.	年月日	3日雨量(mm)	No.	年月日	3日雨量(mm)
1	M31.9.5	156.59	45	S12.9.10	179.55	89	S57.9.11	329.27
2	M32.10.6	180.05	46	S13.6.28	212.90	90	S58.8.15	343.79
3	M35.8.7	193.23	47	S13.7.1	189.40	91	S58.9.27	137.89
4	M35.9.6	151.94	48	S13.8.30	316.46	92	S60.6.30	151.48
5	M35.9.26	163.56	49	S14.8.19	135.70	93	S61.8.4	157.49
6	M36.9.22	173.95	50	S15.8.25	167.79	94	S61.9.2	183.32
7	M37.7.10	145.29	51	S16.7.11	135.05	95	S63.8.10	155.76
8	M37.9.15	166.20	52	S16.7.21	352.38	96	H2.8.9	218.21
9	M39.7.26	185.71	53	S18.10.2	191.64	97	H2.9.30	152.67
10	M39.8.23	145.28	54	S18.10.9	130.68	98	H2.11.29	240.84
11	M40.8.23	381.73	55	S19.10.6	261.28	99	H3.8.20	237.86
12	M40.9.17	176.90	56	S20.6.7	153.49	100	H3.9.18	168.91
13	M43.7.25	162.66	57	S20.8.22	138.66	101	H3.10.11	184.39
14	M43.8.9	487.66	58	S20.10.4	213.68	102	H5.8.26	171.56
15	M43.8.12	199.56	59	S22.9.14	436.75	103	H7.9.16	150.47
16	M44.7.24	136.87	60	S23.6.18	157.34	104	H8.9.21	164.25
17	T2.8.26	281.96	61	S23.9.15	254.63	105	H10.8.29	208.16
18	T3.8.11	251.83	62	S24.8.30	195.28	106	H10.9.15	218.40
19	T3.8.28	339.55	63	S25.7.28	336.84	107	H11.7.11	149.06
20	T3.9.12	191.35	64	S25.8.3	165.32	108	H11.8.13	401.99
21	T4.8.3	159.24	65	S28.9.24	161.21	109	H12.7.7	145.04
22	T4.10.6	130.49	66	S29.9.17	198.11	110	H13.8.21	165.35
23	T5.7.28	250.76	67	S31.9.26	130.46	111	H13.9.10	328.93
24	T6.9.29	216.08	68	S33.7.22	134.25	112	H13.10.9	145.41
25	T7.9.23	166.99	69	S33.9.16	197.97	113	H14.7.9	238.68
26	T8.9.14	206.88	70	S33.9.25	301.16	114	H14.8.18	143.34
27	T9.9.29	134.10	71	S34.8.12	239.05	115	H14.9.30	162.86
28	T10.7.22	207.09	72	S34.9.25	178.75	116	H16.10.4	131.22
29	T10.10.8	156.34	73	S36.6.27	249.38	117	H16.10.8	197.80
30	T11.8.23	335.34	74	S36.10.9	156.80	118	H16.10.19	148.49
31	T12.9.13	144.25	75	S36.10.26	181.33	119	H17.7.25	185.40
32	T13.9.16	237.28	76	S40.8.21	184.33	120	H17.8.25	153.74
33	T14.8.15	183.41	77	S41.6.27	241.32	121	H18.7.18	137.63
34	T14.8.25	243.69	78	S41.9.23	170.87	122	H18.10.5	178.73
35	S3.7.30	405.72	79	S43.7.27	130.38	123	H19.7.14	141.68
36	S3.10.7	195.85	80	S46.8.30	239.62	124	H19.9.6	316.49
37	S4.5.22	144.58	81	S47.7.14	131.01	125	H20.4.7	139.81
38	S4.9.9	187.98	82	S47.9.15	242.86	126	H21.10.7	130.55
39	S4.10.25	213.42	83	S49.8.31	287.20	127	H22.10.30	143.02
40	S5.7.29	207.50	84	S52.8.17	182.40	128	H23.5.29	144.78
41	S6.9.25	148.95	85	S52.9.18	152.16	129	H23.7.19	163.67
42	S7.11.13	145.45	86	S54.10.18	145.76	130	H23.9.1	208.56
43	S10.9.24	238.74	87	S56.8.22	228.46	131	H23.9.20	156.23
44	S12.7.15	176.14	88	S57.8.1	313.76			

赤枠は時間雨量観測所のデータが収集できた昭和7年～平成23年までの90洪水



R-F図

F: 非毎年値資料の非超過確率

荒川における新たな流出計算モデルについて

＜新たな流出計算モデルを用いた流出計算の実施＞

流量確率（2/3）

③ 計算条件

1) 洪水調節施設

- ・洪水調節施設がないものと仮定して計算を行う。

2) 流出計算モデル

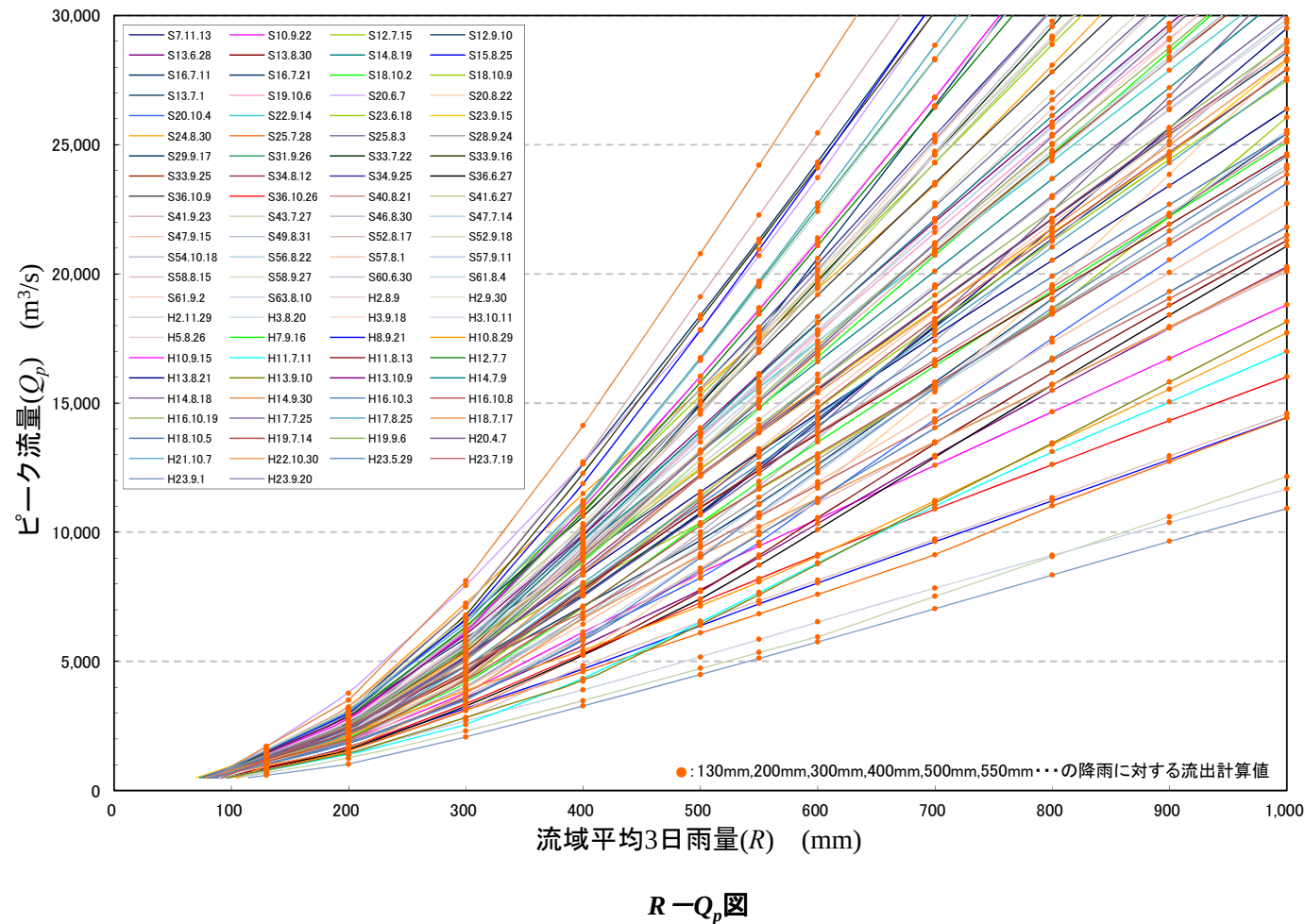
- ・流出計算は、新たな流出計算モデルを用いて行う。
- ・各小流域の流域面積、 f_f 、 K 、 P 、 T_l と各河道の K 、 P 、 T_l は、前述の方法で求めた。
- ・各小流域の初期損失雨量、 R_{sa} 、基底流量は、平均的な値とした。

3) 雨量

- ・岩淵地点上流域の流域平均3日雨量（ R ）が任意の3日雨量（130mm、200mm、300mm、400mm、500mm、550mm、600mm、700mm、800mm、900mm及び1,000mm）となるよう、各代表降雨波形の小流域ごとの流域平均雨量の時間分布を引き伸ばし（引き縮め）、それぞれの任意の3日雨量における各代表降雨波形における小流域ごとの流域平均時間雨量を求めた。

④ 代表降雨波形ごとのピーク流量（ Q_p ）の算定

上記の計算条件で流出計算を行い、代表降雨波形ごとに、任意の岩淵地点上流域の流域平均3日雨量（ R ）に対するピーク流量（ Q_p ）を算出して R と Q_p の関係を求め、 $R - Q_p$ 図を作成した。



荒川における新たな流出計算モデルについて

<新たな流出計算モデルを用いた流出計算の実施>

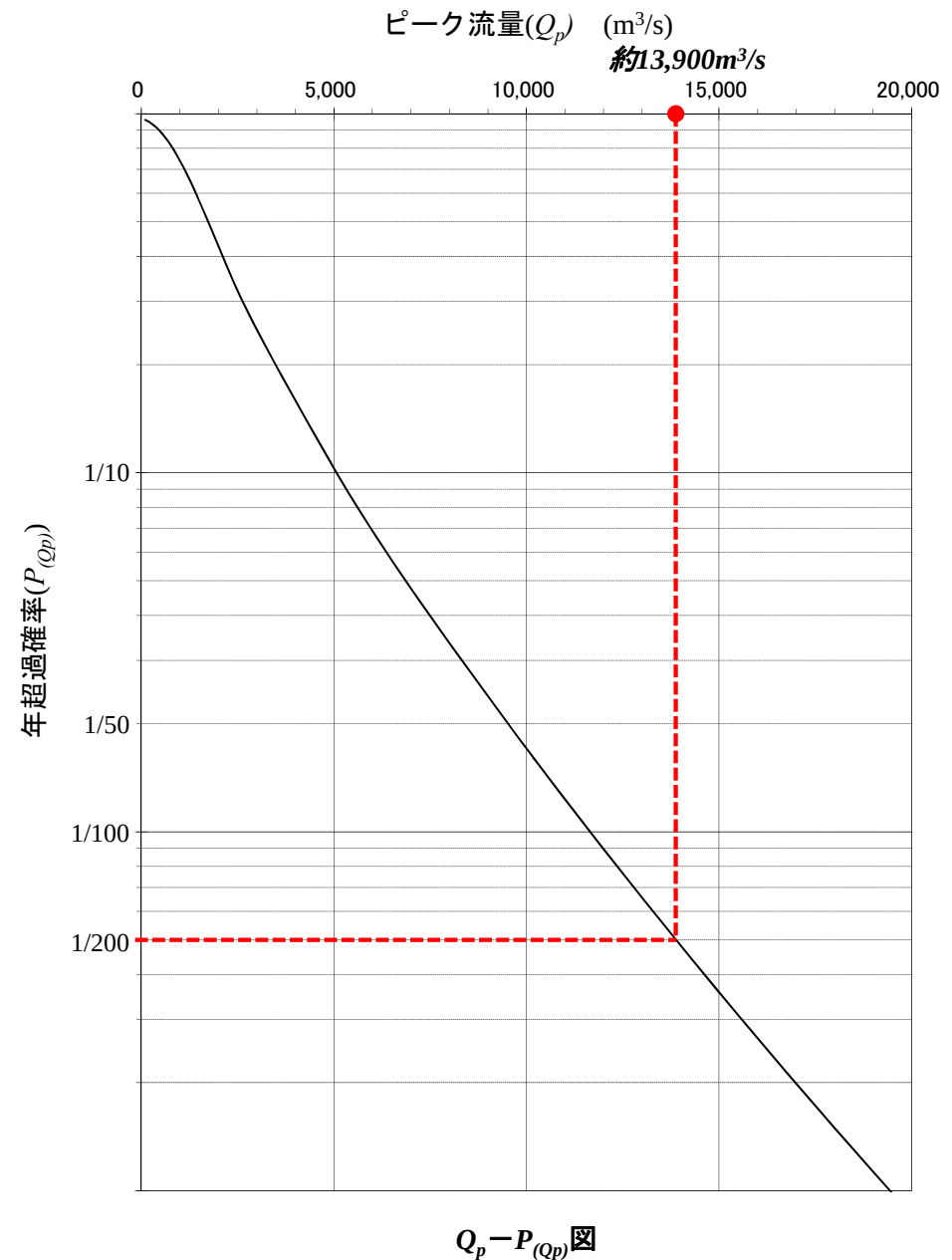
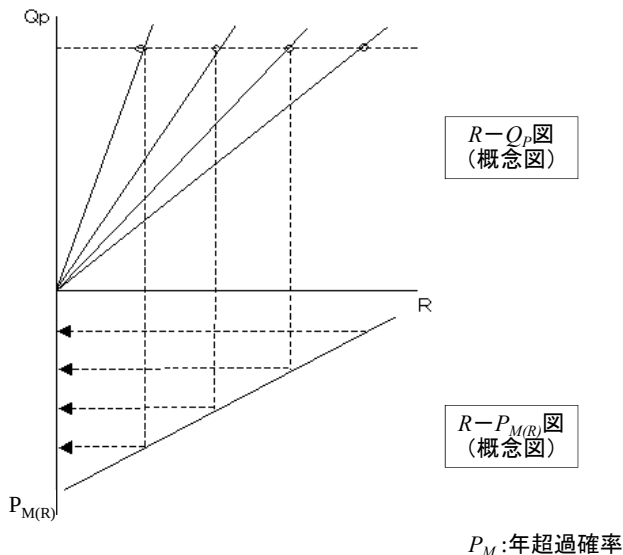
流量確率 (3/3)

⑤ 計算条件

- ・ $R - Q_p$ 図により、90の代表洪水波形ごとに任意の Q_p に対する雨量(R_i)を読み取り、雨量の年超過確率 $P_{M(R)}$ より、各 R_i に対する年超過確率 $P_{M(R_i)}$ を算出し、任意の Q_p に対する年超過確率($P_{(Q_p)}$)を次式で定義し、 Q_p と $P_{(Q_p)}$ の関係を求め、 $Q_p - P_{(Q_p)}$ 図を作成した。

$$P_{(Q_p)} = \sum \frac{P_{M(R_i)}}{n} \quad (i=1,2,\dots,n (=90))$$

- ・ このようにして作成した $Q_p - P_{(Q_p)}$ 図から、岩淵地点における1/200確率流量は、約13,900m³/sとなった。
- ・ この確率流量に内水参加量を加えると、岩淵地点の基本高水のピーク流量は、約14,800m³/sとなる。



【参考】貯留関数法について

基礎式

- 岩淵上流における新たな流出計算モデルで用いた貯留関数法の基礎式は、次のとおりである。

① 流域の基礎式

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

$$s_{(t)} = K \cdot q_{(t+T_l)}^P$$

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

ただし、

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

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

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

ここで、

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

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

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

$s_{(t)}$: 貯留高【mm】、 $f_{(t)}$: 流入係数【無次元】、

$r_{(t)}$: 流域平均降雨強度【mm/hr】*1、 $q_{(t)}$: 直接流出高【mm/hr】、

T_l : 遅滞時間【hr】、 K : 定数、 P : 定数、 $Q_{(t)}$: 直接流出強度【m³/s】、

A : 流域面積【km²】、 R_0 : 初期損失雨量【mm】、 R_{sa} : 飽和雨量【mm】、

R_{sum} : 総降雨量【mm】*2、 Q_{sum} : 総直接流出量【m³】、 f_1 : 一次流出率【無次元】、

$Q_{ca(t)}$: 流域からの流出量【m³/s】、 $Q_{b(t)}$: 基底流量【m³/s】

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

*2 降り始めからの雨量より初期損失雨量を控除したもの。

② 河道の基礎式

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

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

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

$S_{l(t)}$: みかけの貯留量【(m³/s)・hr】、 $Q_{l(t)}$: 遅れ時間 T_l を考慮した流出量【m³/s】、

$Q_{(t)}$: 流出量【m³/s】、 $I_{(t)}$: 流入量【m³/s】、 T_l : 遅滞時間【hr】、 K : 定数、 P : 定数