

最上川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料（案）

令和 年 月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

1. 基本高水の検討	1
1.1 工事実施基本計画	1
1.2 河川整備基本方針	2
1.3 河川整備基本方針策定後の状況	3
1.4 新たな流出計算モデルの構築	5
1.5 基本高水のピーク流量の設定	39
1.6 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定	52
1.7 対象降雨波形の設定	60
1.8 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討	63
1.9 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	69
1.10 アンサンブル予測降雨波形を用いた検討	78
1.11 既往洪水からの検討	93
1.12 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定	94
2. 高水処理計画	96
3. 計画高水流量	97
4. 河道計画	98
5. 河川管理施設等の整備の状況	100

1. 基本高水の検討

1.1 工事实施基本計画

昭和 49 年（1974 年）に策定された最上川水系工事实施基本計画では、降雨確率を基本要素と考え、計画規模を基準地点両羽橋は 1/150、基準地点下野は 1/100 と設定した。

対象降雨継続時間は、実績降雨の継続時間を考慮して 2 日を採用した。明治 27 年（1894 年）～昭和 44 年（1969 年）（76 年間）の年最大流域平均 2 日雨量を確率処理した 1/150 確率規模の降雨量から対象降雨量を基準地点両羽橋で 166mm/2 日、1/100 確率規模の降雨量から対象降雨量を基準地点下野で 180mm/2 日と決定した。

流域の過去の対象洪水における降雨波形を対象降雨量まで引き伸ばし、流出計算モデルにより流出量を算出した。基本高水のピーク流量は、最上川は昭和 44 年（1969 年）8 月降雨パターンを採用し基準地点両羽橋では 9,000m³/s、基準地点下野では 7,000m³/s と定めている。

(1) 計画規模

昭和 49 年（1974 年）に定められた工事实施基本計画は、流域状況（流域面積、氾濫面積、人口、資産等）を考慮し、基準地点を両羽橋及び下野と定めた。

計画規模は降雨確率を基本要素と考え、計画規模を基準地点両羽橋は 1/150、基準地点下野は 1/100 と設定した。

(2) 対象降雨量

明治 27 年（1894 年）～昭和 44 年（1969 年）の 76 年間を対象に年最大流域平均 2 日雨量を確率処理し、両羽橋地点で 166mm/2 日、下野地点で 180mm/2 日にそれぞれ決定した。

(3) 流出計算モデル

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流出計算モデルを同定した。

(4) 主要洪水における対象降雨量への引き伸ばしと流出計算

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

(5) 基本高水のピーク流量の決定

基本高水のピーク流量は、上記の流出計算結果から、昭和 44 年（1969 年）8 月型洪水を採用し、両羽橋地点において 9,000m³/s に、下野地点において 7,000m³/s にそれぞれ決定した。

1.2 河川整備基本方針

最上川では過去の治水事業の経緯も踏まえ治水上の基準地点を2つ設定したが、これまでの治水対策を反映した流域全体の洪水流出計算が精度よく行えるようになったこと、及び氾濫区域内の資産の約8割が下流部に集中していることから、基準地点を両羽橋に統合するとともに流出計算モデルについても見直しを行った。また、その後の水理・水文データの蓄積等を踏まえ、既定計画の基本高水のピーク流量について以下の観点から検証した。

平成9年（1997年）の河川法改正に伴い、最上川水系河川整備基本方針（以下、既定計画という）を平成11年（1999年）12月に策定し、基準地点両羽橋における基本高水のピーク流量を $9,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、流域内の洪水調節施設により $1,000\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、計画高水流量を $8,000\text{m}^3/\text{s}$ とする計画とした。

(1) 流量確率評価による検証

統計期間を昭和30年（1955年）～平成8年（1996年）の42ヵ年として算定した1/150確率規模の流量は、基準地点両羽橋において約 $7,800\sim 12,100\text{m}^3/\text{s}$ となり、工事実施基本計画の基本高水のピーク流量である両羽橋 $9,000\text{m}^3/\text{s}$ が範囲内であることを確認した。

(2) 既往最大洪水等からの検証

洪水時に流域が湿潤状態にあることを仮定し、既往洪水の降雨パターンによる流出計算を実施した結果、基準地点両羽橋では昭和44年（1969年）8月の降雨パターンでピーク流量は約 $9,200\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

1.3 河川整備基本方針策定後の状況

平成 11 年（1999 年）に既定計画を策定以降、計対象降雨量（両羽橋：166mm/2 日、下野：180mm/2 日）を令和 6 年（2024 年）7 月に両羽橋地点で、令和 2 年（2020 年）7 月に下野地点で上回る洪水が発生した。

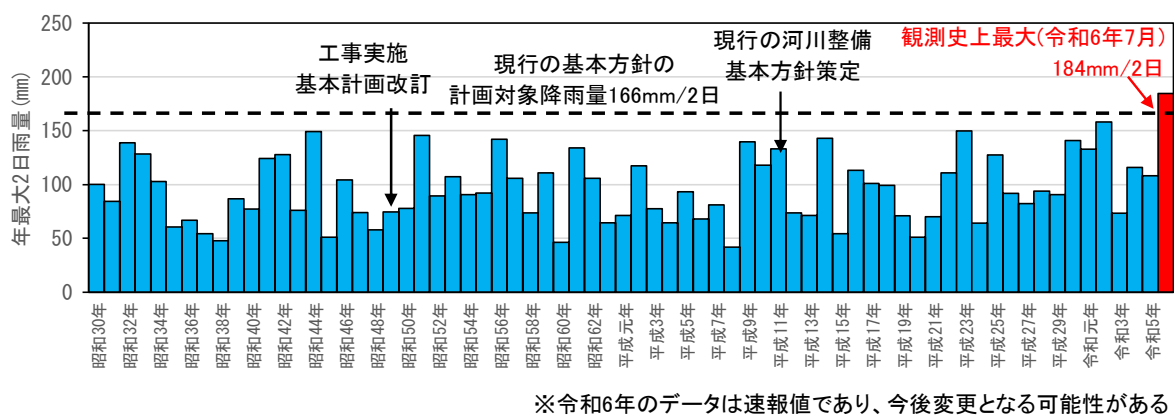


図 1.1 (1) 年最大2日雨量（両羽橋上流域）

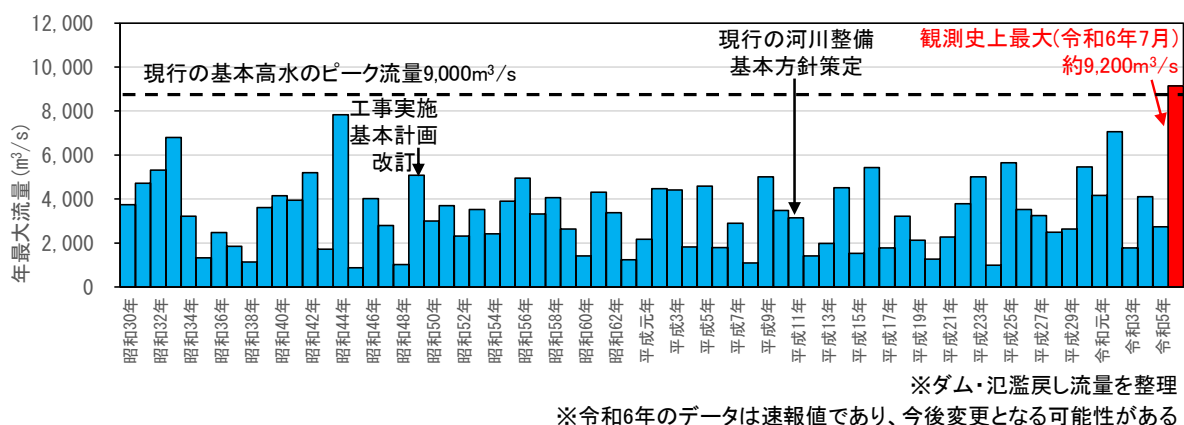


図 1.1 (2) 年最大流量（両羽橋）

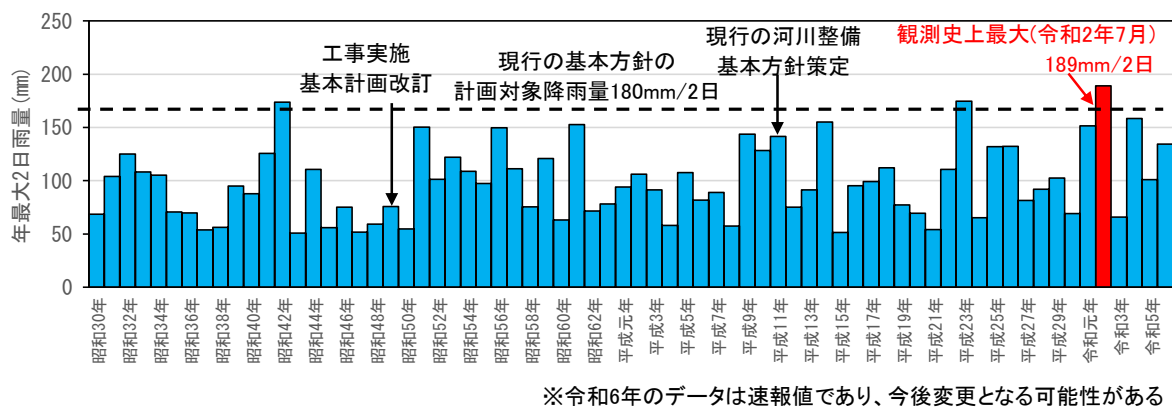


図 1.2 (1) 年最大2日雨量 (下野上流域)

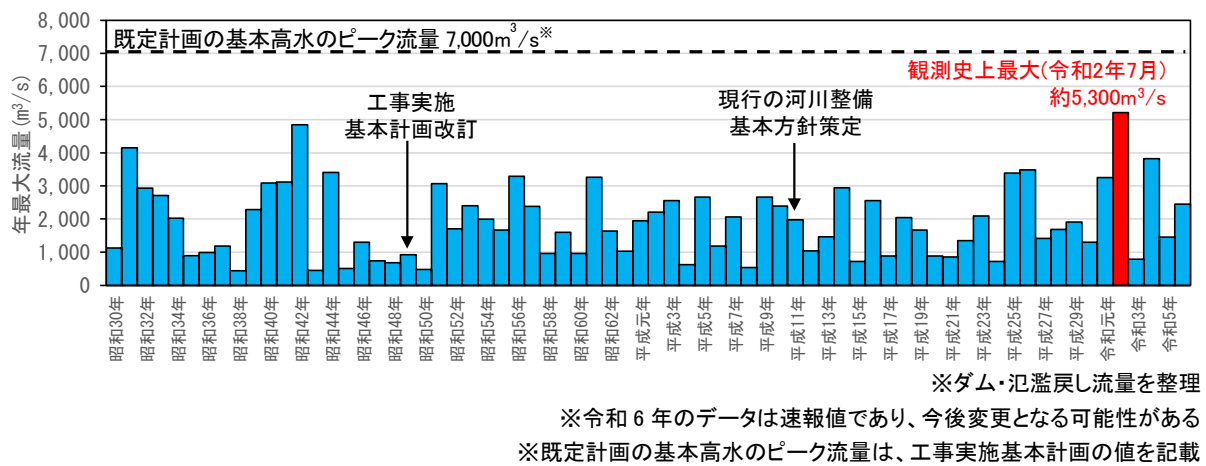


図 1.2 (2) 年最大流量 (下野)

1.4 新たな流出計算モデルの構築

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

主要河川区間については一次元不定流計算モデル（河道区間）及び二次元不定流計算モデル（氾濫原）を適用した流出解析モデルを構築した。

貯留関数の基礎式を下記に記す。貯留関数モデルにおける流域分割は、遊水地による洪水調節効果を把握できるよう、流量配分が変化する主要支川合流点において流域を新たに分割した。また、利水ダムの事前放流による効果を把握できるよう、利水ダム地点においても流域を新たに分割した。河道モデルは、河道部と氾濫部に分けて流量と貯留量の関係を算定した。

1.4.1 モデルの概要

基礎式は次のとおりである。

【流域の基礎式】

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

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

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

ただし、

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

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

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

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

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

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

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

$q(t)$ ：直接流出高(mm/h), Tl ：遅滞時間(h), K ：定数, p ：定数,

$Q(t)$ ：直接流出強度(m³/s), A ：流域面積(km²),

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

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

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

$Q_b(t)$ ：基底流量(m³/s)

【河道の基礎式】

(1) 貯留関数法

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

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

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

$S_l(t)$: 見かけの貯留量($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{h}$)、 $Q_l(t)$: 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 : 定数、 p : 定数

(2) 一次元不定流計算モデル

連続の式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\int u^2 dA) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{T_r}{\rho} = 0$$

$$\int u^2 dA = \beta U^2 A$$

$$U_i = \frac{1}{n_i} R_i^{2/3} l_b^{1/2} \quad U = \frac{\sum \frac{1}{n_i} R_i^{2/3} A_i}{A} l_b^{1/2}$$

$$\frac{T_r}{\rho g A} = \frac{A^2 U^2}{\left(\sum \frac{1}{n_i} R_i^{2/3} A_i \right)^2}$$

A : 流れの断面積 (m^2)、 x : 流下方向に沿った座標 (m)、 H : 水位 (m)、 Q : 流量 (m^3/s)、

T_r : 単位長さの河道の河床に作用する力 (N/m)、 u : ある点での流速 (m/s)、

ρ : 水の密度 (kg/m^3)、 g : 重力加速度 (m/s^2)、 U : 断面平均流速 (m/s)、

l_b : 河床勾配、 $R (=A/S)$: 径深 (m)、

n_i : 潤辺部での粗度係数 ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)、 U_i : i 番目の分割断面の平均流速(m/s)

R_i : i 番目の分割断面の径深(m)、 A_i : i 番目の分割断面の断面積(m^2)、 t : 時間 (s)

(3) 平面二次元不定流計算モデル

連続の式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\gamma_x Q_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\gamma_y Q_y) = q$$

運動方程式

$$\gamma_v \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma_x \frac{Q_x^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma_y \frac{Q_x Q_y}{h} \right) = -g \gamma_v h \frac{\partial H}{\partial x} - g \gamma_v n^2 \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} - \frac{1}{2} C_D' (1 - \gamma_v) \frac{Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}}$$
$$\gamma_v \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\gamma_x \frac{Q_x Q_y}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\gamma_y \frac{Q_y^2}{h} \right) = -g \gamma_v h \frac{\partial H}{\partial y} - g \gamma_v n^2 \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}} - \frac{1}{2} C_D' (1 - \gamma_v) \frac{Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}}{h^{7/3}}$$

h : 水深、 H : 水位、 Q_x : x 方向の単位幅流量、 Q_y : y 方向の単位幅流量、

q : 降雨、下水道からの氾濫や地下浸透等、

n : 土地利用に応じた粗度係数、 C_D' ($=C_D/L$): 抗力係数÷建物代表長さ、

γ_v : 空隙率(空隙の密度分布)、 γ_x 、 γ_y : x, y 方向の透過率

1.4.2 モデル分割

流域分割は、現行河川整備基本方針時の計画等との整合及び本川の主要な地点、ダム地点、支川の主要な地点での検証を行えるように、現行河川整備基本方針の流域分割を基にしているが、利水ダムの存在する流域、流量配分変化点、降雨分布に偏りがある流域、京田川について更に細分化して 147 流域（図 1.3 参照）に分割した。

また、最上川水系の遊水地等による洪水調節施設を適切に表現するため、貯留関数モデルを改良し、主要河川区間の河道は不定流計算モデルを適用した。

図 1.3 に流域分割図、図 1.4 に流出計算モデル模式図、表 1.1 に流域・河道モデル分割諸元を示す。

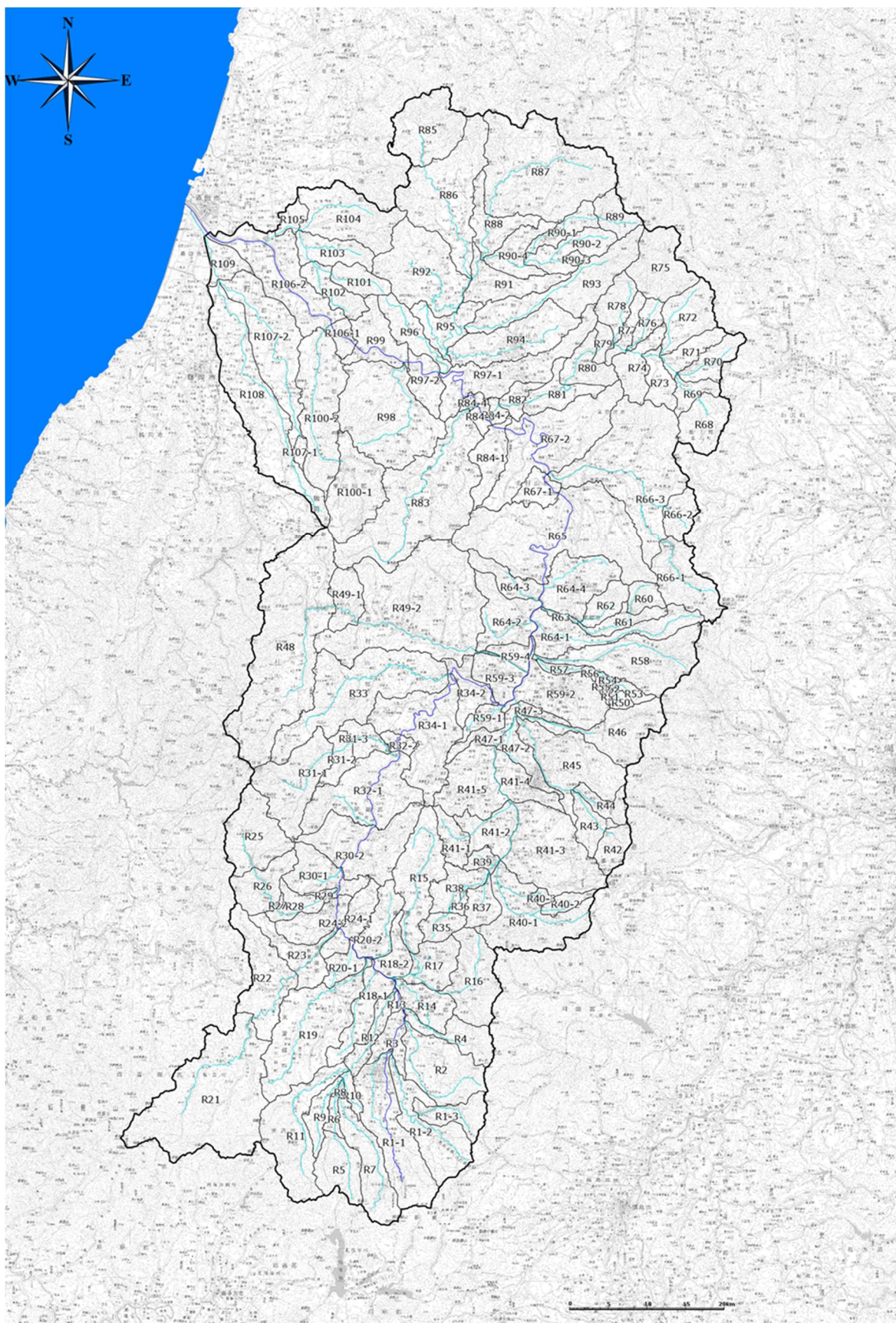


图 1.3 流域分割图

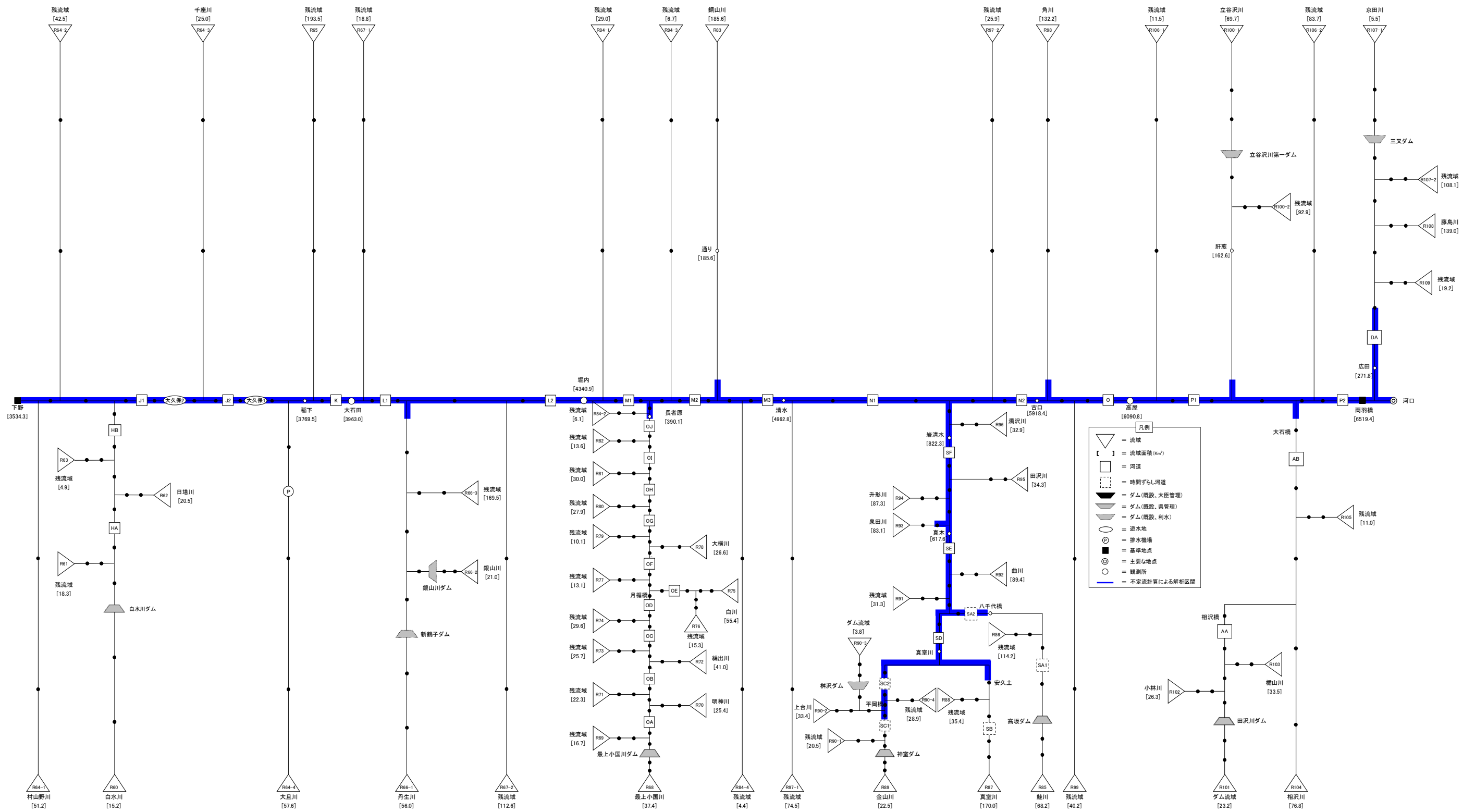


表 1.1 (1) 流域・河道モデル分割諸元 (流域分割)

流域番号		支川等	流域面積 (km ²)
No	名称		
1	R1-1	本川上流域	102.5
2	R1-2	残流域(羽黒川)	69.8
3	R1-3	水窪ダム	31.0
4	R2	天王川	72.1
5	R3	残流域(本川)	19.3
6	R4	砂川	30.7
7	R5	綱木川ダム	40.5
8	R6	綱木川	7.3
9	R7	大樽川	56.1
10	R8	残流域(鬼面川)	1.4
11	R9	太田川	20.0
12	R10	残流域(鬼面川)	7.7
13	R11	鬼面川	85.7
14	R12	残流域(鬼面川)	20.1
15	R13	残流域(本川)	2.3
16	R14	和田川	30.5
17	R15	吉野川	76.0
18	R16	屋代川	59.6
19	R17	残流域(吉野川)	32.0
20	R18-1	誕生川(左岸本川残含む)	36.4
21	R18-2	右岸本川残	15.5
22	R19	犬川	121.2
23	R20-1	元宿川(左岸本川残含む)	13.6
24	R20-2	織機川(右岸本川残含む)	27.9
25	R21	白川ダム	205.0
26	R22	残流域(置賜白川)	71.7
27	R23	残流域(置賜白川)	34.8
28	R24-1	本川残(置賜白川合流前)	28.1
29	R24-2	本川残(置賜白川合流後)	31.3
30	R25	木地山ダム	63.0
31	R26	管野ダム	36.9
32	R27	長井ダム	1.3
33	R28	残流域(置賜野川)	18.2
34	R29	残流域(置賜野川)	2.8
35	R30-1	本川残(草岡川合流前)	51.4
36	R30-2	本川残(草岡川合流後)	106.0
37	R31-1	木川ダム	73.8
38	R31-2	朝日川残流域1	18.1
39	R31-3	朝日川残流域2	17.8
40	R32-1	上郷ダム	106.9
41	R32-2	本川残	10.1
42	R33	月布川	142.2
43	R34-1	本川残(月布川合流前)	116.9
44	R34-2	本川残(月布川合流後)	31.4
45	R35	前川ダム分水工	16.7
46	R36	前川ダム	4.5
47	R37	思川	21.1
48	R38	残流域(前川)	24.3
49	R39	荒町川	9.1
50	R40-1	須川残	84.2
51	R40-2	葛蒲川ダム	11.0
52	R40-3	生居川ダム	5.8
53	R41-1	本沢ダム	19.6
54	R41-2	須川残(須川左岸・前明石上流側)	33.8
55	R41-3	須川残(須川右岸・前明石上流側)	102.2
56	R41-4	須川残(須川右岸・前明石下流側)	29.1
57	R41-5	須川残(須川左岸・前明石下流側)	60.3
58	R42	蔵王ダム	21.0
59	R43	残流域(馬見ヶ崎川)	22.3
60	R44	滑川	17.2
61	R45	残流域(馬見ヶ崎川)	79.9
62	R46	立谷川	59.8
63	R47-1	左岸須川残	13.1
64	R47-2	右岸須川残(馬見ヶ崎川合流前)	19.3
65	R47-3	右岸須川残(馬見ヶ崎川合流後)	6.5
66	R48	寒河江ダム	231.0
67	R49-1	水ヶ瀬ダム	28.8
68	R49-2	寒河江川残	218.6
69	R50	砂防ダム	5.7
70	R51	留山川ダム	1.5
71	R52	残流域(押切川)	0.7
72	R53	押切川	7.3
73	R54	残流域(乱川)	2.7
74	R55	不動沢川	2.7
75	R56	残流域(乱川)	2.1
76	R57	残流域(乱川)	5.6
77	R58	乱川	97.4
78	R59-1	石子沢川	16.6
79	R59-2	右岸本川残	65.3
80	R59-3	左岸本川残(寒河江川合流前)	28.1
81	R59-4	左岸本川残(寒河江川合流後)	12.5

流域番号		支川等	流域面積 (km ²)
No	名称		
82	R60	白水川ダム	15.2
83	R61	白水川	18.3
84	R62	日塔川	20.5
85	R63	残流域(白水川)	4.9
86	R64-1	村山野川(右岸本川残含む)	51.2
87	R64-2	左岸本川残(千座川合流前)	42.5
88	R64-3	左岸本川残(千座川合流後)	25.0
89	R64-4	大旦川(右岸本川残含む)	57.6
90	R65	残流域(本川)	193.5
91	R66-1	新鶴子ダム	56.0
92	R66-2	銀山川ダム	21.0
93	R66-3	丹生川残	169.5
94	R67-1	本川残(丹生川合流前)	18.8
95	R67-2	本川残(丹生川合流後)	112.6
96	R68	最上小国川ダム	37.4
97	R69	残流域(最上小国川)	16.7
98	R70	明神川	25.4
99	R71	残流域(最上小国川)	22.3
100	R72	網出川	41.0
101	R73	残流域(最上小国川)	25.7
102	R74	残流域(最上小国川)	29.6
103	R75	白川	55.4
104	R76	残流域(白川)	15.3
105	R77	残流域(最上小国川)	13.1
106	R78	大横川	26.6
107	R79	残流域(最上小国川)	10.1
108	R80	残流域(最上小国川)	27.9
109	R81	残流域(最上小国川)	30.0
110	R82	残流域(最上小国川)	13.6
111	R83	銅山川	185.6
112	R84-1	本川残(最上小国川合流前)	29.0
113	R84-2	最上小国川	6.1
114	R84-3	本川残(銅山川合流前)	6.7
115	R84-4	本川残(銅山川合流後)	4.4
116	R85	高坂ダム	68.2
117	R86	残流域(鮭川)	114.2
118	R87	真室川上流	170.0
119	R88	残流域(真室川)	35.4
120	R89	神室ダム	22.5
121	R90-1	金山川上流	20.5
122	R90-2	金山川残	33.4
123	R90-3	樹沢ダム	3.8
124	R90-4	金山川残	28.9
125	R91	残流域(鮭川)	31.3
126	R92	曲川	89.4
127	R93	泉田川	83.1
128	R94	升形川	87.3
129	R95	田沢川	34.3
130	R96	濁沢川	32.9
131	R97-1	本川残(鮭川合流前)	74.5
132	R97-2	本川残(鮭川合流後)	25.9
133	R98	角川	132.2
134	R99	残流域(本川)	40.2
135	R100-1	立谷沢川第一ダム	69.7
136	R100-2	立谷沢川残	92.9
137	R101	田沢川ダム	23.2
138	R102	小林川	26.3
139	R103	樺山川	33.5
140	R104	相沢川	76.8
141	R105	残流域(相沢川)	11.0
142	R106-1	本川残(立谷沢川合流前)	11.5
143	R106-2	本川残(立谷沢川合流後)	83.7
144	R107-1	三又ダム	5.5
145	R107-2	京田川	108.1
146	R108	藤島川	139.0
147	R109	京田川残 ※蔵ね直轄上流端	19.2

表 1.1 (2) 流域・河道モデル分割諸元（河道分割）

No	河道	河川名 一次支川	河川名	河道区間	河道種類
1	A	最上川	最上川	上新田 ~ 糠野目	河道 (K, P, TI)
2	B	最上川	最上川	糠野目 ~ 鬼面川合流点	河道 (K, P, TI)
3	C-1	最上川	最上川	鬼面川合流点 ~ 和田川・吉野川合流点	河道 (K, P, TI)
4	C-2	最上川	最上川	和田川・吉野川合流点 ~ 誕生川合流点	河道 (K, P, TI)
5	C-3	最上川	最上川	誕生川合流点 ~ 織機川合流点	河道 (K, P, TI)
6	D	最上川	最上川	織機川合流点 ~ 西大塚	河道 (K, P, TI)
7	E-1	最上川	最上川	西大塚 ~ 置賜白川合流点	河道 (K, P, TI)
8	E-2	最上川	最上川	置賜白川合流点 ~ 小出	河道 (K, P, TI)
9	F-1	最上川	最上川	小出 ~ 草岡川合流点	河道 (K, P, TI)
10	F-2	最上川	最上川	草岡川合流点 ~ 菖蒲	河道 (K, P, TI)
11	G-1	最上川	最上川	菖蒲 ~ 上郷ダム	河道 (K, P, TI)
12	G-2	最上川	最上川	上郷ダム ~ 宮宿	河道 (K, P, TI)
13	H-1	最上川	最上川	宮宿 ~ 月布川合流点	河道 (K, P, TI)
14	H-2	最上川	最上川	月布川合流点 ~ 長崎	河道 (K, P, TI)
15	I-1	最上川	最上川	長崎 ~ 須川合流点	河道 (K, P, TI)
16	I-2	最上川	最上川	須川合流点 ~ 寒河江川合流点	河道 (K, P, TI)
17	I-3	最上川	最上川	寒河江川合流点 ~ 下野	河道 (K, P, TI)
18	J-1	最上川	最上川	下野 ~ 千座川	河道 (K, P, TI)
19	J-2	最上川	最上川	千座川 ~ 稲下	河道 (K, P, TI)
20	K	最上川	最上川	稲下 ~ 大石田	河道 (K, P, TI)
21	L-1	最上川	最上川	大石田 ~ 丹生川合流点	河道 (K, P, TI)
22	L-2	最上川	最上川	丹生川合流点 ~ 堀内	河道 (K, P, TI)
23	M-1	最上川	最上川	堀内 ~ 最上小国川合流点	河道 (K, P, TI)
24	M-2	最上川	最上川	最上小国川合流点 ~ 銅山川合流点	河道 (K, P, TI)
25	M-3	最上川	最上川	銅山川合流点 ~ 清水	河道 (K, P, TI)
26	N-1	最上川	最上川	清水 ~ 鮭川合流点	河道 (K, P, TI)
27	N-2	最上川	最上川	鮭川合流点 ~ 古口	河道 (K, P, TI)
28	O	最上川	最上川	古口 ~ 高屋	河道 (K, P, TI)
29	P-1	最上川	最上川	高屋 ~ 立谷沢川合流点	河道 (K, P, TI)
30	P-2	最上川	最上川	立谷沢川合流点 ~ 両羽橋	河道 (K, P, TI)
31	KA	鬼面川	綱木川	綱木川ダム ~ 綱木川・大樽川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
32	KB	鬼面川	大樽川	綱木川・大樽川合流点 ~ 大樽川・太田川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
33	KC	鬼面川	大樽川	大樽川・太田川合流点 ~ 大樽川・鬼面川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
34	KD	鬼面川	大樽川	大樽川・鬼面川合流点 ~ 鬼面川・本川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
35	YA	吉野川	吉野川	花見橋 ~ 吉野川・本川合流点	河道 (K, P, TI)
36	YB	吉野川	屋代川・吉野川	北目道路橋（屋代川） ~ 吉野川・本川合流点	河道 (K, P, TI)
37	RA	置賜白川	置賜白川	白川ダム ~ 橋	時間ずらし河道 (TIのみ)
38	RB	置賜白川	置賜白川	橋 ~ 置賜白川・本川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
39	NA	置賜野川	置賜野川	木地山ダム ~ 長井ダム	時間ずらし河道 (TIのみ)
40	NB	置賜野川	置賜野川	長井ダム ~ 谷地橋	時間ずらし河道 (TIのみ)
41	MA	須川	前川	前川ダム ~ 前川・思川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
42	MB	須川	前川	分水工地点 ~ 前川・思川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
43	MC	須川	前川	前川・思川合流点 ~ 前川・須川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
44	MD	須川	須川	前川・須川合流点 ~ 鮎洗	河道 (K, P, TI)
45	ME-1	須川	須川	鮎洗 ~ 馬見ヶ崎川合流点	河道 (K, P, TI)
46	ME-2	須川	須川	馬見ヶ崎川合流点 ~ 寺津	河道 (K, P, TI)
47	ZA	須川	馬見ヶ崎川	蔵王ダム ~ 馬見ヶ崎川・滑川合流点	河道 (K, P, TI)
48	ZB	須川	馬見ヶ崎川	馬見ヶ崎川・滑川合流点 ~ 馬見ヶ崎川・須川合流点	河道 (K, P, TI)
49	GA-1	寒河江川	寒河江川	寒河江ダム ~ 水ヶ瀬ダム	時間ずらし河道 (TIのみ)
50	GA-2	寒河江川	寒河江川	水ヶ瀬ダム ~ 西根	時間ずらし河道 (TIのみ)
51	TA	乱川	押切川	押切川・留山川合流点 ~ 押切川・不動沢川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
52	TB	乱川	押切川	押切川・不動沢川合流点 ~ 新原崎橋	時間ずらし河道 (TIのみ)
53	TC	乱川	押切川	新原崎橋 ~ 押切川・乱川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
54	HA	白水川	白水川	白水川ダム ~ 白水川・日塔川合流点	河道 (K, P, TI)
55	HB	白水川	白水川	白水川・日塔川合流点 ~ 白水川・本川合流点	河道 (K, P, TI)
56	OA	最上小国川	最上小国川	最上小国川ダム ~ 小国川・明神川合流点	河道 (K, P, TI)
57	OB	最上小国川	最上小国川	小国川・明神川合流点 ~ 小国川・綱出川合流点	河道 (K, P, TI)
58	OC	最上小国川	最上小国川	小国川・綱出川合流点 ~ 月橋橋	河道 (K, P, TI)
59	OD	最上小国川	最上小国川	月橋橋 ~ 小国川・白川合流点	河道 (K, P, TI)
60	OE	最上小国川	白川	西又沢・東又沢合流点 ~ 小国川・白川合流点	河道 (K, P, TI)
61	OF	最上小国川	最上小国川	小国川・白川合流点 ~ 小国川・大横川合流点	河道 (K, P, TI)
62	OG	最上小国川	最上小国川	小国川・大横川合流点 ~ 瀬見	河道 (K, P, TI)
63	OH	最上小国川	最上小国川	瀬見 ~ 陸羽東線鉄道橋	河道 (K, P, TI)
64	OI	最上小国川	最上小国川	陸羽東線鉄道橋 ~ 奥羽本線鉄道橋	河道 (K, P, TI)
65	OJ	最上小国川	最上小国川	奥羽本線鉄道橋 ~ 長者原	河道 (K, P, TI)
66	SA-1	鮭川	鮭川	高坂ダム ~ 八千代橋	時間ずらし河道 (TIのみ)
67	SA-2	鮭川	鮭川	八千代橋 ~ 鮭川・真室川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
68	SB	鮭川	真室川	真室川・中田春木川合流点 ~ 真室川・金山川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
69	SC-1	鮭川	金山川	神室ダム ~ 金山川・上台川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
70	SC-2	鮭川	金山川	金山川・上台川合流点 ~ 金山川・真室川合流点	時間ずらし河道 (TIのみ)
71	SD	鮭川	真室川	真室川 ~ 真室川・鮭川合流点	河道 (K, P, TI)
72	SE	鮭川	鮭川	真室川・鮭川合流点 ~ 真木	河道 (K, P, TI)
73	SF	鮭川	鮭川	真木 ~ 岩清水	河道 (K, P, TI)
74	AA	相沢川	田沢川	田沢川・小林川合流点 ~ 相沢川・田沢川合流点	河道 (K, P, TI)
75	AB	相沢川	相沢川	相沢川・田沢川合流点 ~ 大石橋	河道 (K, P, TI)
76	DA	京田川	京田川	京田川・藤島川合流点 ~ 広田	河道 (K, P, TI)

1.4.3 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

最上川流域は、西側の朝日山系や東側の蔵王山系など、各地域を構成する山系や構成される地質分布が異なる。最上川流域を流出特性が類似すると考えられる 6 流域に分類し、同一の f1 および Rsa を設定した（図 1.5 参照）。

- ①最上川上流域、 ②寒河江川～置賜野川流域、 ③須川流域、
④最上小国川～乱川流域、⑤鮭川流域、 ⑥最上川下流域

b) 検討対象地点の選定

最上川流域には、既設ダムとして洪水調節機能を有する白川ダム、寒河江ダム、綱木川ダム、木地山ダム、留山川ダム、白水川ダム、最上小国川流水型ダム、高坂ダム、神室ダム及び田沢川ダムがある。最上小国川流水型ダムは運用期間が短いことから対象外とした。

また流量観測所として西大塚より下流の最上川本川の流量観測所では河道流下等の影響により雨量と流量の関係を適切に評価できないことから対象外とした。流量観測期間が長く、河道流下の影響が小さい流量観測所として西大塚、鮭洗、長者原、真木地点がある。

このことから、最上川流域における f1、Rsa の検討は、過去からの流量データが存在する表 1.2 に示す地点でそれぞれ定数を設定することとした。

表 1.2 定数設定地点一覧

	河川名 (一次支川名)	観測所名 ダム名	観測期間 運用期間	選定理由
河川流量 観測所	最上川	西大塚	昭和 36 年～	河道流下等の影響が小さく、 流量観測期間の長い検討対象河 川の代表地点として設定。
	須川	鮭洗	昭和 41 年～	
	最上小国川	長者原	平成 3 年～	
	鮭川	真木	昭和 54 年～	
大臣管理 ダム	置賜白川	白川ダム	昭和 56 年～	総流出高を比較的正確に把握で きる地点として設定。
	寒河江川	寒河江ダム	平成 2 年～	
県管理 ダム	鬼面川	綱木川ダム	平成 19 年～	
	置賜野川	木地山ダム	昭和 36 年～	
	乱川	留山川ダム	平成 23 年～	
	白水川	白水川ダム	平成 3 年～	
	鮭川	高坂ダム	昭和 42 年～	
	鮭川	神室ダム	平成 5 年～	
	相沢川	田沢川ダム	平成 14 年～	

検討にあたっては、各洪水のハイドログラフから基底流出と直接流出の成分分離を行った。次に成分分離の結果から、各地点の総降雨量と総流出高の関係を整理し各流域の f1、Rsa の設定を行った。

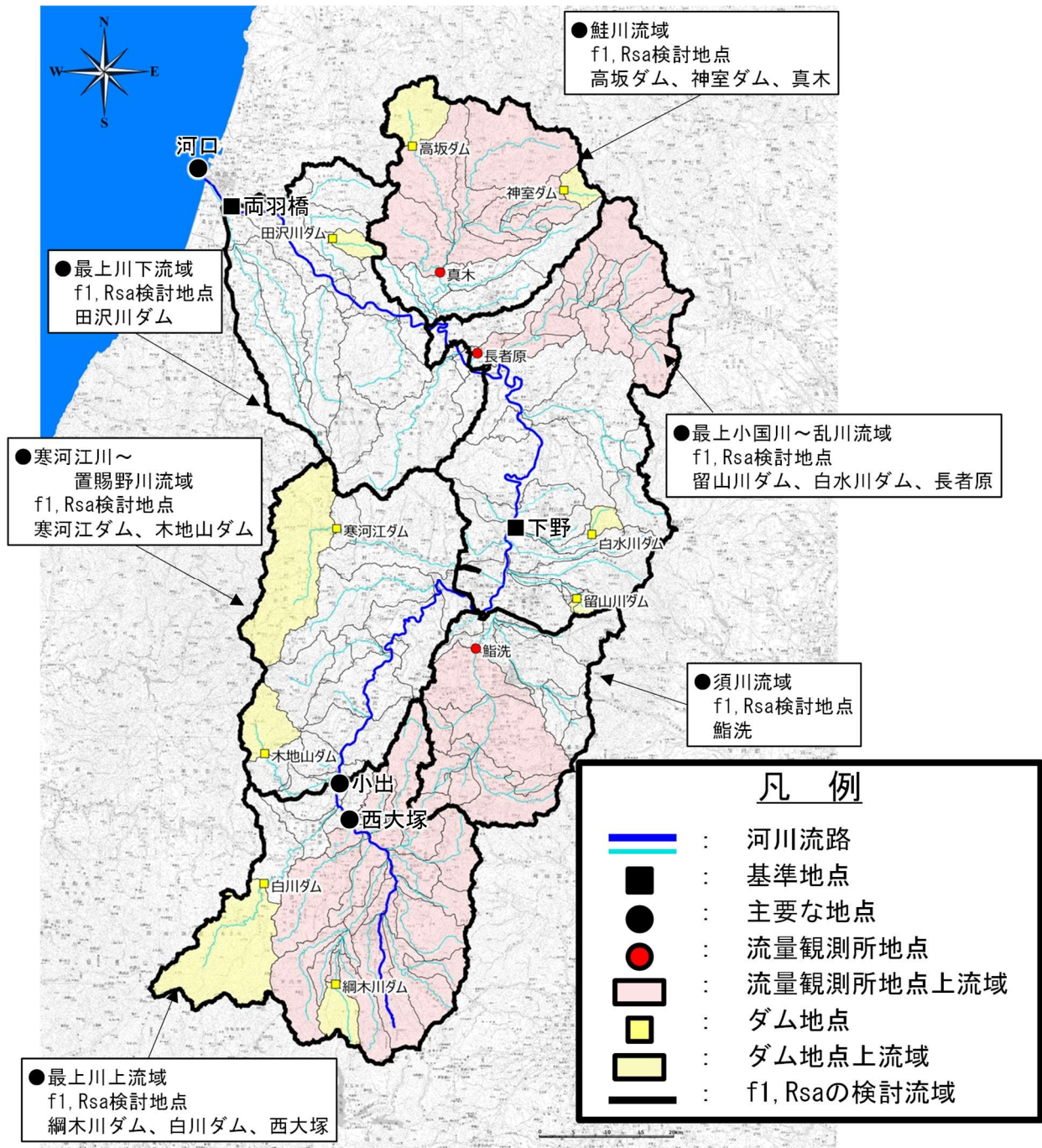


図 1.5 f1、Rsa 検討対象流域

f1、Rsa の検討では、各洪水の総降雨量－総流出高の関係から、流出率が 1 となる雨量（飽和雨量）を求める必要がある。そのためには、総降雨量－総流出高の偏りがないように多くの洪水を選定する必要があることから、以下の考え方により対象洪水を選定した。また、代表地点も流域全体をカバーできるよう基準地点・主要な地点・流量観測所地点により設定し、両羽橋・下野・小出・西大塚・鮎洗・西根・長者原・真木とした。

① 代表地点における実績ピーク流量の上位 10 洪水

② 近 10 カ年において、本川主要な地点の氾濫注意水位相当まで水位が到達した洪水

・・・総降雨量－総流出高が比較的小さいと思われる洪水を含む洪水

表 1.3 f1、Rsa 検討洪水一覧

																		※1 流量上位10位以内 ※2 近10ヶ年では注意洪水位超過				
No	洪水名	最上川								須川		寒河江川		最上小国川		鮎川		備考				
		両羽橋		下野		小出		西大塚		鮎洗		西根		長倉原		真木						
		流量 (m ³ /s)	順位	流量 (m ³ /s)	順位	流量 (m ³ /s)	順位	流量 (m ³ /s)	順位	流量 (m ³ /s)	順位	流量 (m ³ /s)	順位	流量 (m ³ /s)	順位	流量 (m ³ /s)	順位					
-	S31.07.17	-	-	-	-	1,660	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	流量観測資料が少ないため対象外				
-	S33.07.28	-	-	-	-	477	91	-	-	-	-	-	-	-	-	2,702	3					
-	S33.09.19	-	-	-	-	1,576	10	-	-	-	-	-	-	-	-	987	45					
-	S33.09.27	-	-	-	-	1,721	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
1	S40.07.18	-	-	2,558	20	1,614	7	1,089	8	-	-	-	-	-	-	548	86	※1				
2	S42.08.29	-	-	3,829	2	2,596	2	1,818	1	389	19	-	-	-	-	-	-	※1				
3	S44.08.08	6,067	2	3,253	8	608	63	442	60	341	26	-	-	-	-	1,338	22	※1				
4	S46.07.16	3,645	21	1,451	56	539	74	302	95	279	35	-	-	-	-	1,884	8	※1				
5	S49.08.01	5,001	9	1,199	70	180	195	152	175	248	42	-	-	-	-	1,938	6	※1				
6	S50.08.06	3,957	18	841	110	86	243	52	240	26	223	-	-	-	-	3,080	1	※1				
7	S56.06.23	-	-	2,900	10	1,132	18	902	15	339	27	-	-	-	-	1,183	32	※1				
8	S56.08.23	-	-	2,380	22	722	45	850	19	490	7	-	-	-	-	540	87	※1				
9	S57.09.13	2,870	36	2,186	26	1,147	16	1,082	9	463	9	-	-	-	-	685	74	※1				
10	S58.07.27	4,599	10	749	135	234	174	120	194	167	73	-	-	-	-	1,922	7	※1				
11	S61.08.05	3,316	26	3,186	9	1,585	8	1,242	6	574	6	-	-	-	-	280	138	※1				
12	H01.08.07	1,662	79	1,589	49	849	34	776	24	450	10	-	-	-	-	24	241	※1				
-	H03.07.21	3,585	22	1,653	47	594	67	309	93	218	46	377	10	481	19	1,366	21	2山以上の洪水のため対象外				
13	H05.07.14	4,005	17	2,607	16	394	110	273	111	335	29	517	8	502	15	1,046	38	※1				
14	H05.08.28	2,230	53	2,811	13	1,471	11	1,310	5	483	8	132	80	540	13	114	198	※1				
15	H05.09.18	2,178	56	492	199	103	236	52	241	55	169	121	88	397	26	1,742	10	※1				
16	H09.06.24	4,538	11	3,625	3	937	29	791	23	382	20	527	6	496	17	567	82	※1				
17	H10.08.08	-	-	3,386	5	1,034	23	854	18	626	4	244	38	432	22	1,256	25	※1				
18	H10.09.16	-	-	1,954	35	612	61	700	29	336	28	91	106	629	9	169	175	※1				
19	H14.07.11	4,398	12	3,376	7	1,454	12	1,225	7	667	3	647	3	847	6	655	77	※1				
-	H16.07.18	5,499	4	2,591	17	1,051	21	581	36	414	15	340	13	935	5	2,034	4	※1				
20	H23.06.24	5,094	7	1,683	44	1,039	22	434	62	157	80	367	11	454	20	1,434	16	2山以上洪水かつ本川洪水のため助のみ算定				
21	H25.07.08	2,602	45	676	156	326	134	184	150	142	95	226	48	702	8	1,836	9	※1				
22	H25.07.18	5,353	5	3,456	4	817	38	497	49	448	11	963	2	413	23	1,003	44	※1				
23	H25.07.23	1,799	70	2,153	29	1,278	13	824	21	318	30	382	9	134	93	224	157	※1				
24	H26.07.11	3,677	32	2,849	12	2,056	3	1,026	10	577	5	319	16	-	-	-	-	※1				
25	H27.09.11	2,938	35	1,343	59	524	78	379	73	199	56	170	60	970	4	360	120	※2				
26	H28.08.23	2,585	47	1,472	55	1,249	14	932	14	370	23	118	90	359	33	310	131	※2				
27	H29.07.23	1,786	73	1,177	71	373	120	275	108	162	76	252	35	253	56	955	48	※2				
-	H29.08.24	1,373	98	832	113	752	40	411	67	126	104	113	94	332	38	851	54	2山以上の洪水のため対象外				
28	H29.10.24	2,426	49	1,702	43	998	27	741	25	290	33	152	69	279	51	259	142	※2				
-	H30.05.19	3,833	20	1,153	74	617	60	319	91	90	136	298	22	304	43	1,190	30	2山以上の洪水のため対象外				
29	H30.08.06	5,613	3	722	138	64	268	-	-	137	100	289	24	1,651	3	2,026	5	※1				
-	H30.08.31	5,142	6	1,167	72	287	148	198	144	199	55	283	27	1,659	2	1,552	14	2山以上洪水かつ本川洪水のため助のみ算定				
30	R01.10.13	3,005	33	2,622	15	2,028	4	1,606	3	669	2	217	52	575	12	475	99	※1				
31	R02.07.16	2,240	52	1,962	34	449	96	285	100	214	49	600	4	183	78	175	171	※1				
32	R02.07.29	5,032	8	4,434	1	1,594	9	1,323	4	736	1	1,285	1	393	28	777	60	※1				
33	R02.08.09	2,195	55	786	127	191	190	92	210	35	199	231	42	405	25	1,052	37	※2				
34	R04.06.27	1,914	65	1,147	75	1,001	26	546	42	122	107	281	28	628	10	509	95	※1				
35	R04.08.05	2,810	38	2,888	11	3,106	1	1,729	2	217	47	230	44	64	130	130	193	※1				
-	R05.07.20	1,504	89	1,064	81	-	-	-	-	156	81	317	17	-	-	1,011	43	2山以上の洪水のため対象外				
-	R06.07.09	2,981	34	1,030	85	513	82	-	-	152	86	285	25	839	7	855	53	2山以上の洪水のため対象外				
36	R06.07.26	8,537	1	2,035	32	1,082	19	345	80	309	31	532	5	1,727	1	3,052	2	※1				
37	R06.09.22	4,393	13	2,220	24	854	33	493	51	229	44	526	7	-	-	-	-	※2				

d) 流出成分の分離

流域定数の設定を行うため、実績流量のハイドログラフをもとに流出成分を分離し、直接流出成分と間接流出成分の分離を行い、各時刻の直接流出と基底流量を求めた(図 1.6)。

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。最上川では、流域のほとんどが自然地形(森林)であることから、表面流のほかに、側方浸透流(中間流出成分)、地下水位流に分かれ、流出過程をとると想定される。したがって、ピーク以降の流量を3本の直線で分離し、洪水の終わりから1つ目の折れ点を直接流出の終了点とした。

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

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

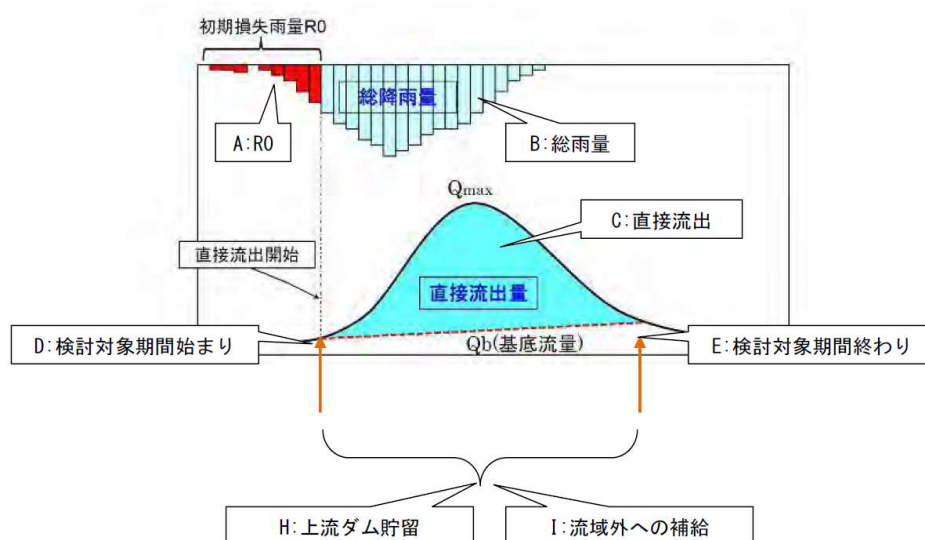


図 1.6 成分分離の概念図

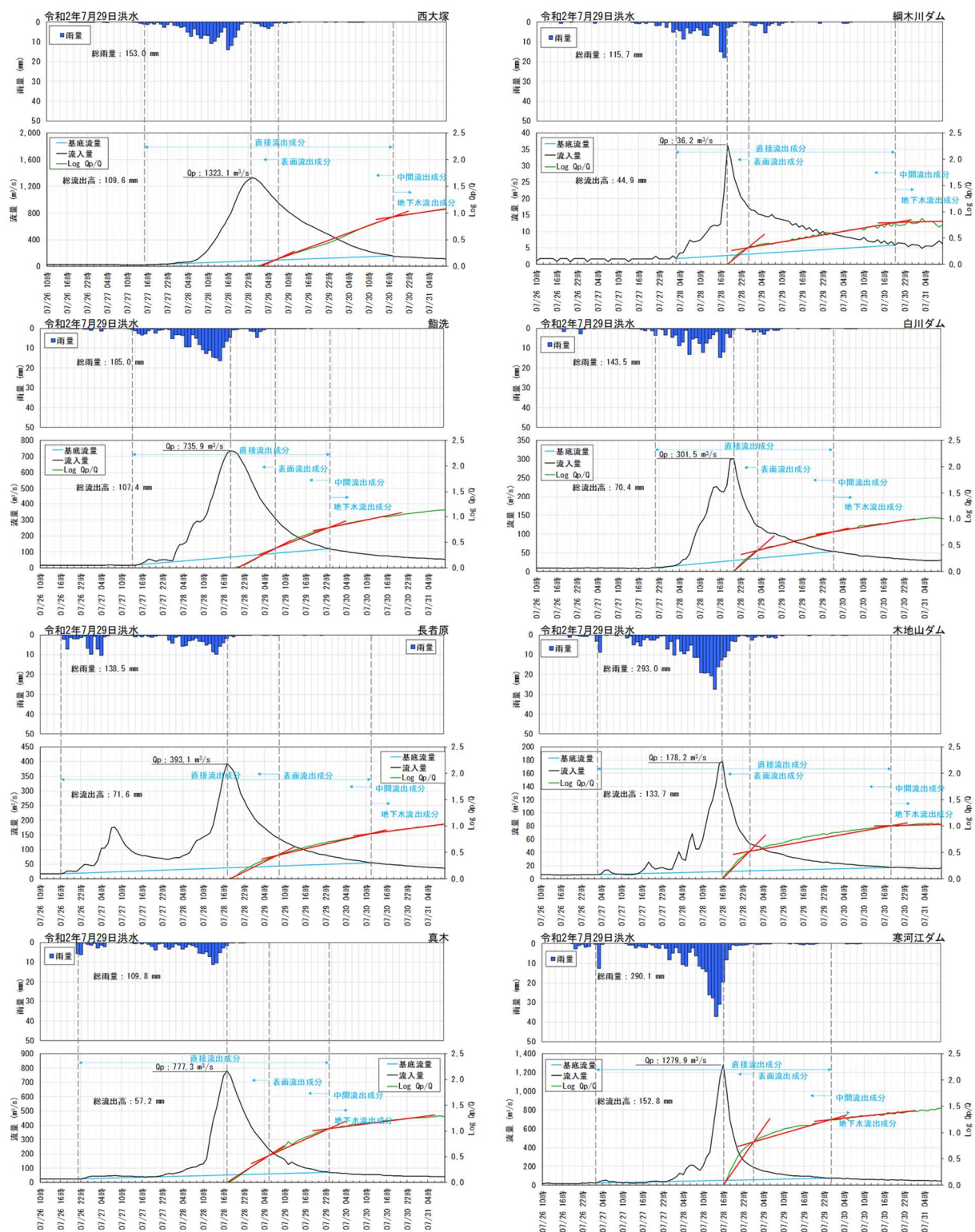


図 1.7 (1) 成分分離の事例 (令和 2 年 7 月洪水)

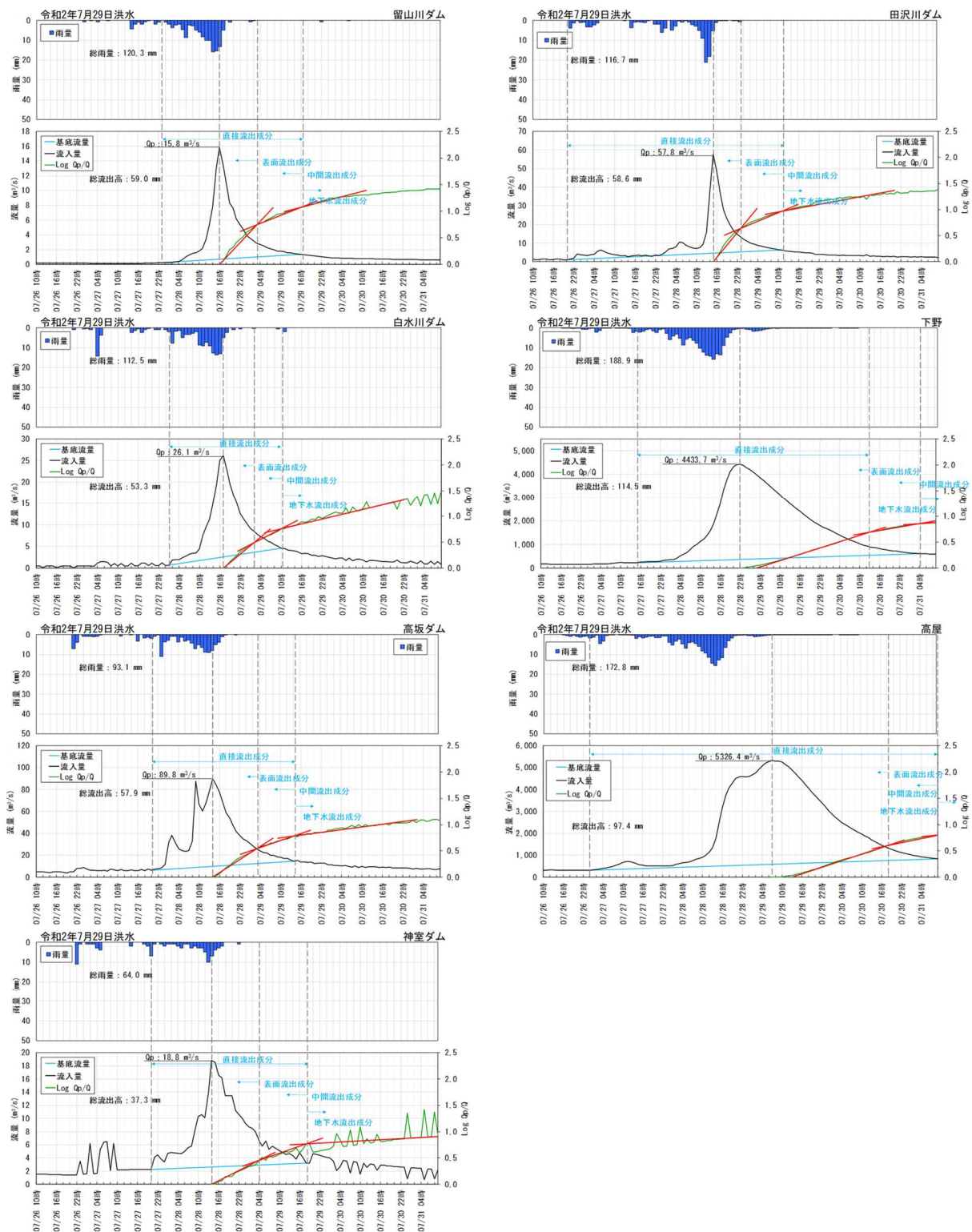


図 1.7 (2) 成分分離の事例 (令和 2 年 7 月洪水)

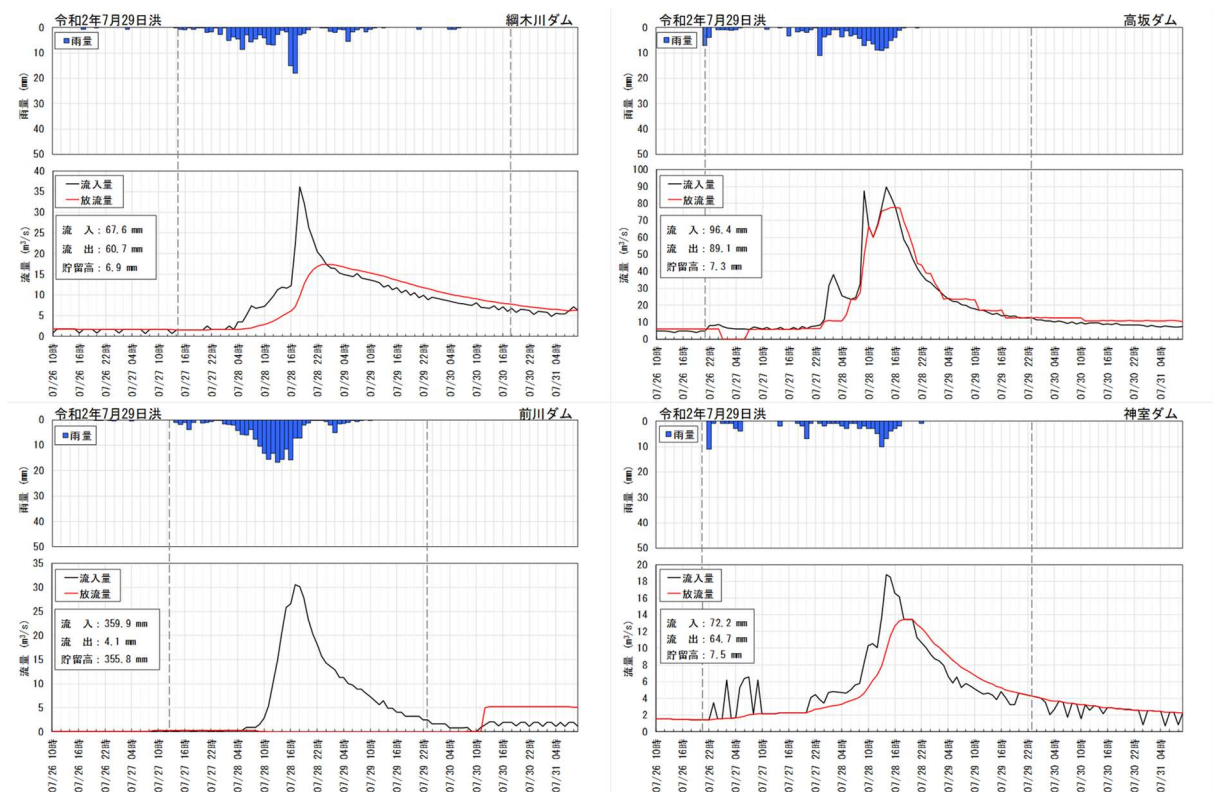


図 1.8 ダム貯留高算定事例（令和 2 年 7 月洪水）

e) 計画 f1、Rsa の検討

流出率 f1 及び飽和雨量 Rsa は次に述べる方法により算出を行った。検証対象地点の成分分離の結果と流域平均雨量を用いて、総降雨量 R(mm)と総流出高 q(mm)をプロットし、Rsa を仮定して、総降雨量が 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 f1 としたときに、総降雨量が Rsa より大きい点群について、総降雨量と総流出高の差の平均値が $Rsa \times (1-f1)$ となることを満足するよう、Rsa を変化させて平均的な Rsa を求めた。このとき、累積雨量が飽和雨量を上回った後の流出率（飽和流出率）は、1.0 とする。

なお、ダム下流の検証対象地点における総流出高の算定では、ダム地点で調節された貯留高を下流地点の総流出高に考慮した。貯留高は、洪水期間においてダム地点の流入量と放流量の差分を総和し求めるものとする。

f1、Rsa の検討地点は b) にて設定した 13 地点とした。

総降雨量 R(mm)と総流出高 q(mm)関係図（図 1.9）を基に設定した f1、Rsa は表 1.4 に示すとおりである。各洪水の再現にあたっては、f1 は本検討により得られた計画 f1 を使用し、Rsa は各洪水で検討した数値を採用する。

表 1.4 計画 f1、Rsa 設定結果

区分	中流域名	一次流出率 f1	飽和雨量 Rsa	No	代表地点	対象流域		備考
						上流端	下流端	
①	小出上流域	0.4	150mm	1	西大塚	最上川 綱木川ダム	西大塚	綱木川ダム貯留量を考慮
				2	綱木川ダム	綱木川	綱木川ダム	
				3	白川ダム	置賜白川	白川ダム	
②	寒河江川～ 置賜野川	0.4	210mm	4	木地山ダム	置賜野川	木地山ダム	
				5	寒河江ダム	寒河江川	寒河江ダム	
③	須川流域	0.4	140mm	6	鮎洗	須川	鮎洗	前川ダム貯留量を考慮
④	最上小国川～ 乱川	0.4	120mm	7	留山川ダム	留山川	留山川ダム	
				8	白水川ダム	白水川	白水川ダム	
				9	長者原	最上小国川	長者原	最上小国川流水型ダム貯留量を考慮
⑤	鮭川流域	0.5	210mm	10	高坂ダム	鮭川	高坂ダム	
				11	神室ダム	金山川	神室ダム	
				12	真木	高坂ダム 神室ダム	真木	高坂ダム・神室ダム貯留量を考慮
⑥	最上川下流域	0.4	210mm	13	田沢川ダム	田沢川	田沢川ダム	

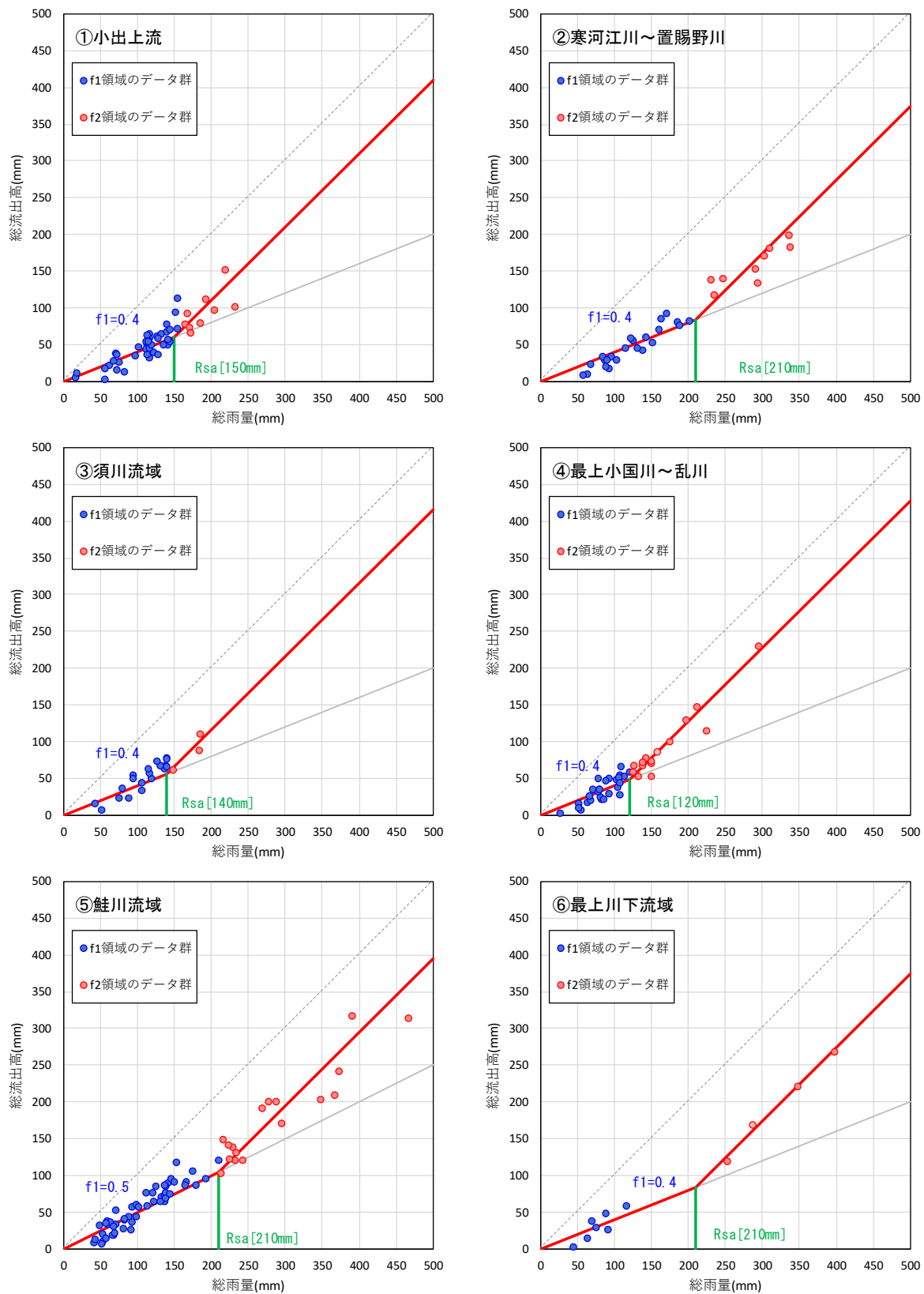


図 1.9 総降雨量と総流出高の関係

2) k、p、TI の設定

a) 代表地点における k、p、TI の算出

流出計算に用いる k、p、TI の設定は、上流域の降雨量と当該地点での流出量の関係が把握可能な地点（以下「代表地点」という）で行う必要がある。最上川流域において自然流況を把握可能な地点は、表 1.5 に示す地点である、これらの地点を代表地点とし、貯留高－流出高関係図から流域定数 k、p、TI を算出した。

表 1.5 定数設定地点一覧

No	地点名	河川名	流域面積 (km ²)
1	白川ダム	置賜白川	205.0
2	寒河江ダム	寒河江川	231.0
3	綱木川ダム	鬼面川	40.5
4	木地山ダム	置賜野川	63.0
5	蔵王ダム	須川	21.0
6	最上小国川流水型ダム	最上小国川	37.4
7	高坂ダム	鮭川	68.2
8	神室ダム	鮭川	22.5
9	田沢川ダム	相沢川	23.2

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、TI を少しずつ変化させ、最もループが小さくなる TI を求める。求めた TI 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 とした。（図 1.10 参照）

このようにして洪水ごとに k、p、TI 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、p については最大流量となる洪水を、TI については規模の大きい洪水の平均値により求めた。（表 1.6 参照）

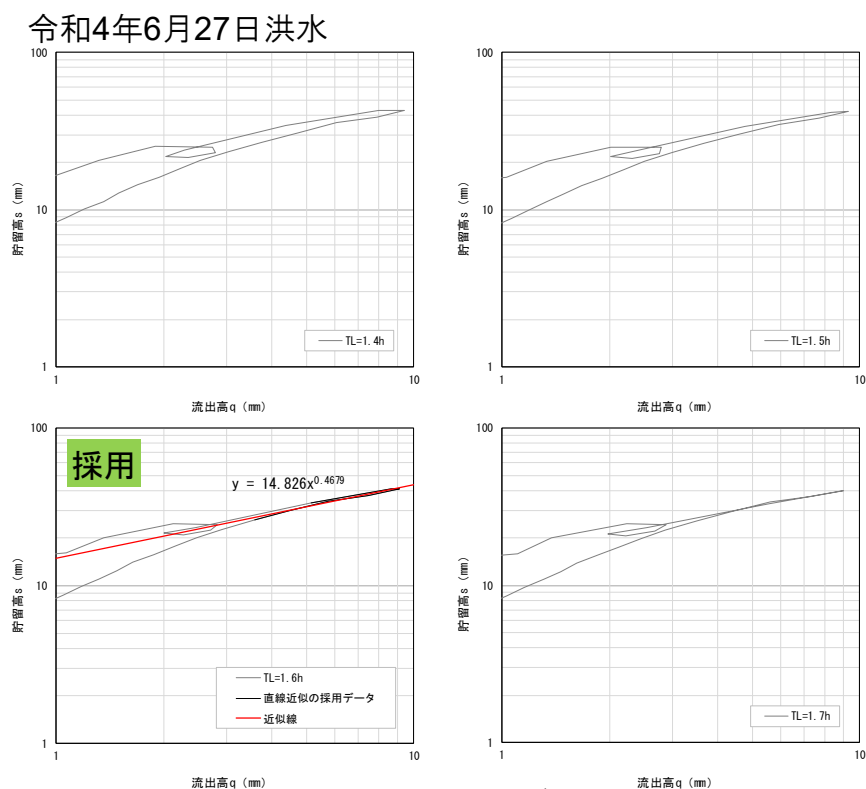


図 1.10 (1) 貯留高－流出高関係図（白川ダム地点・令和4年6月洪水）

令和2年7月28日洪水

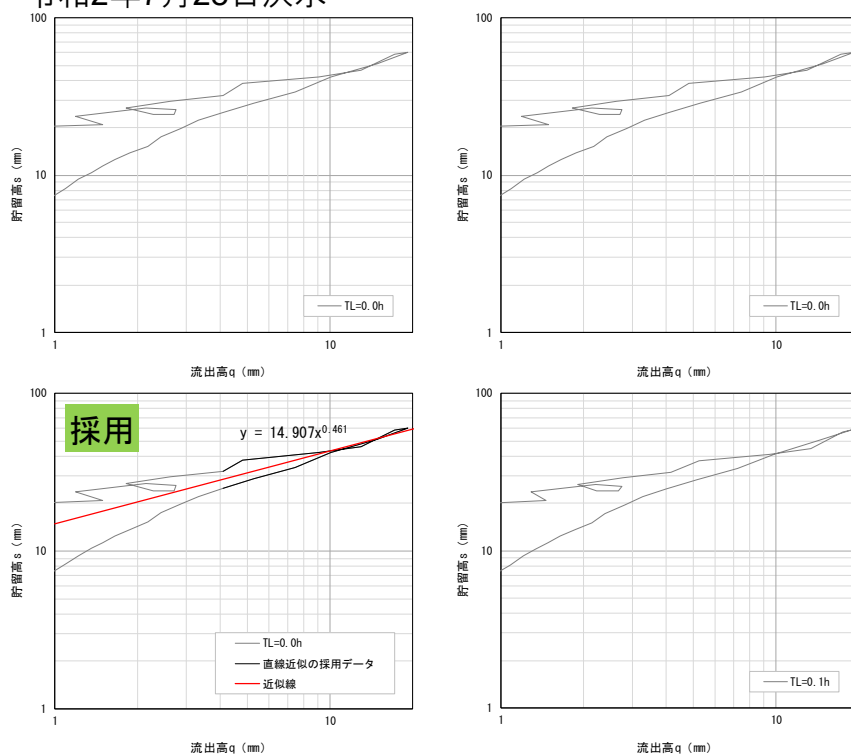


図 1.10 (2) 貯留高一流出高関係図 (寒河江ダム地点・令和2年7月洪水)

令和4年8月3日洪水

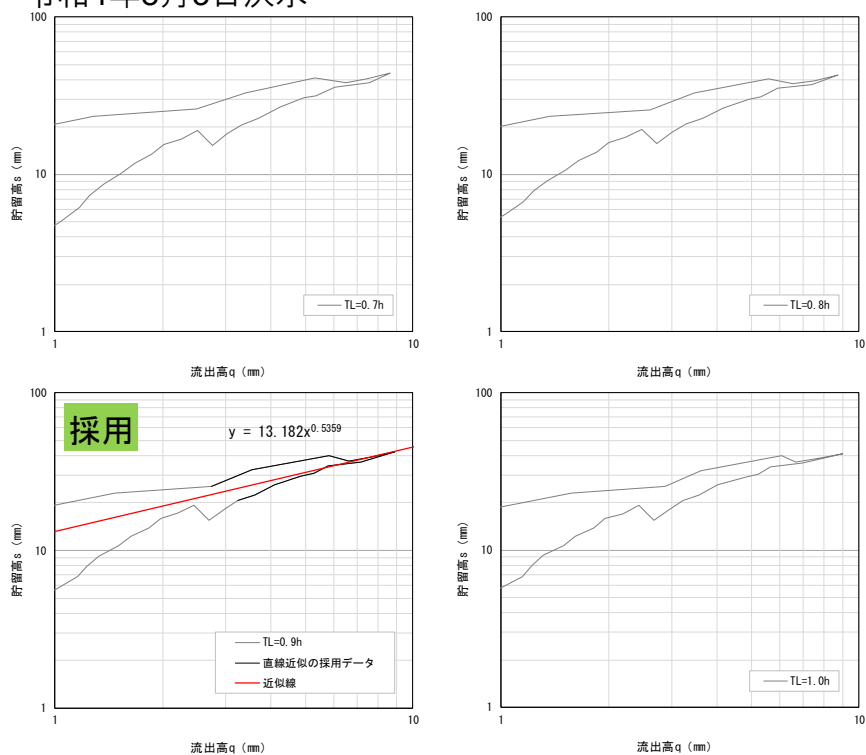


図 1.10 (3) 貯留高一流出高関係図 (綱木川ダム地点・令和4年8月洪水)

令和4年8月3日洪水

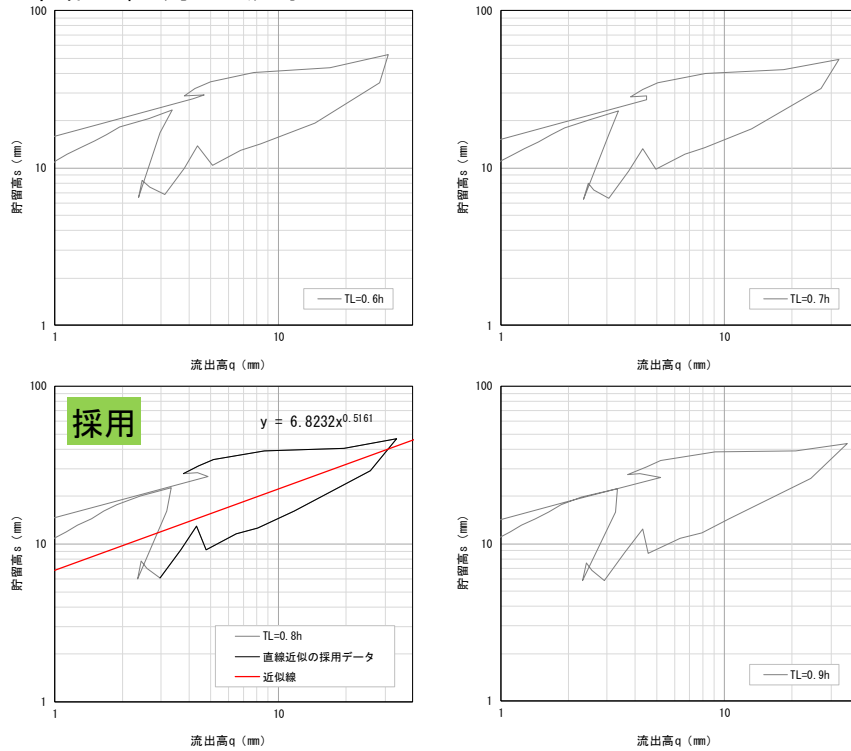


図 1.10 (4) 貯留高一流出高関係図 (木地山ダム地点・令和4年8月洪水)

平成10年9月16日洪水

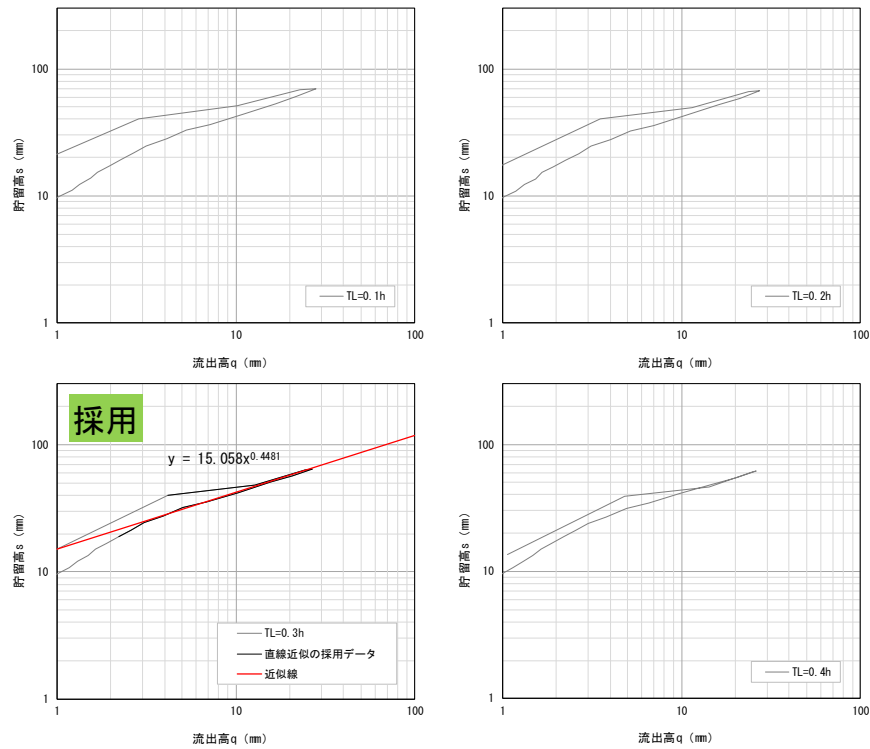


図 1.10 (5) 貯留高一流出高関係図 (蔵王ダム地点・平成10年9月洪水)

令和6年7月26日洪水

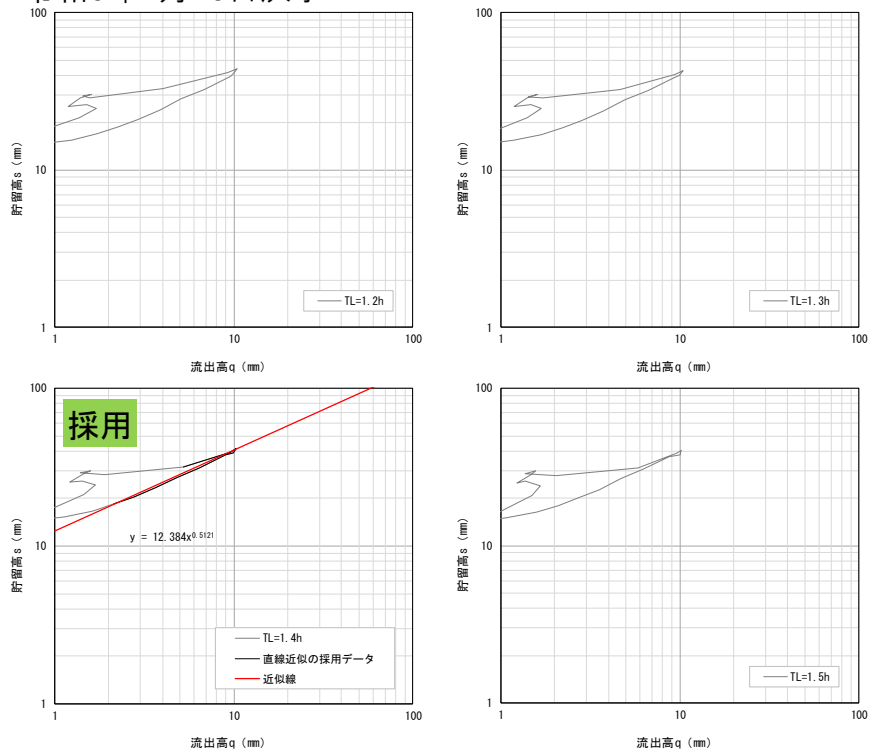


図 1.10 (6) 貯留高一流出高関係図（最上小国川流水型ダム地点・令和6年7月洪水）

平成10年8月8日洪水

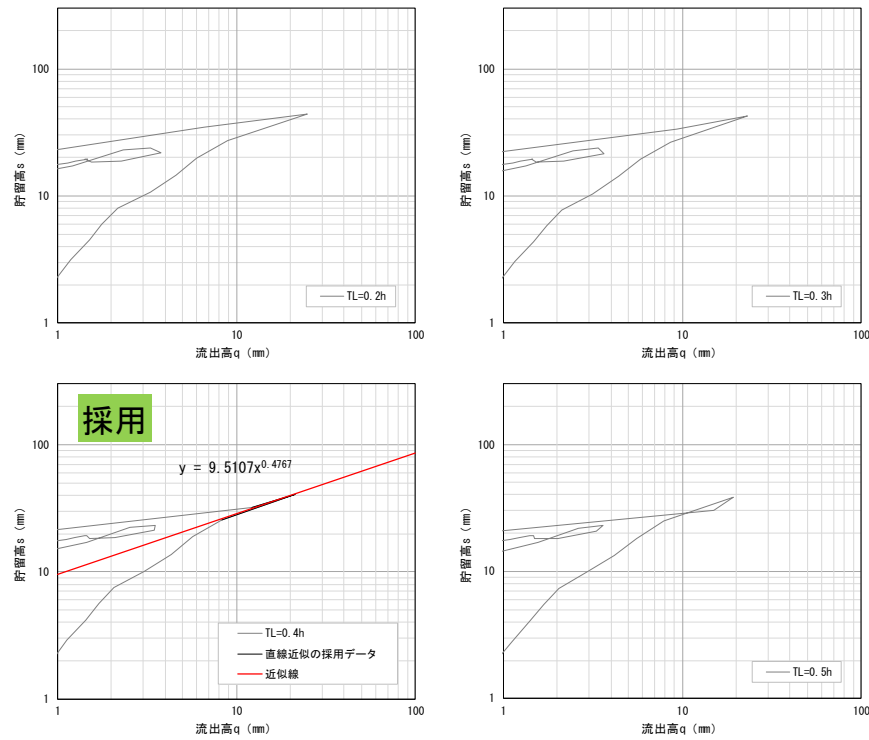


図 1.10 (7) 貯留高一流出高関係図（高坂ダム地点・平成10年8月洪水）

平成30年8月5日洪水

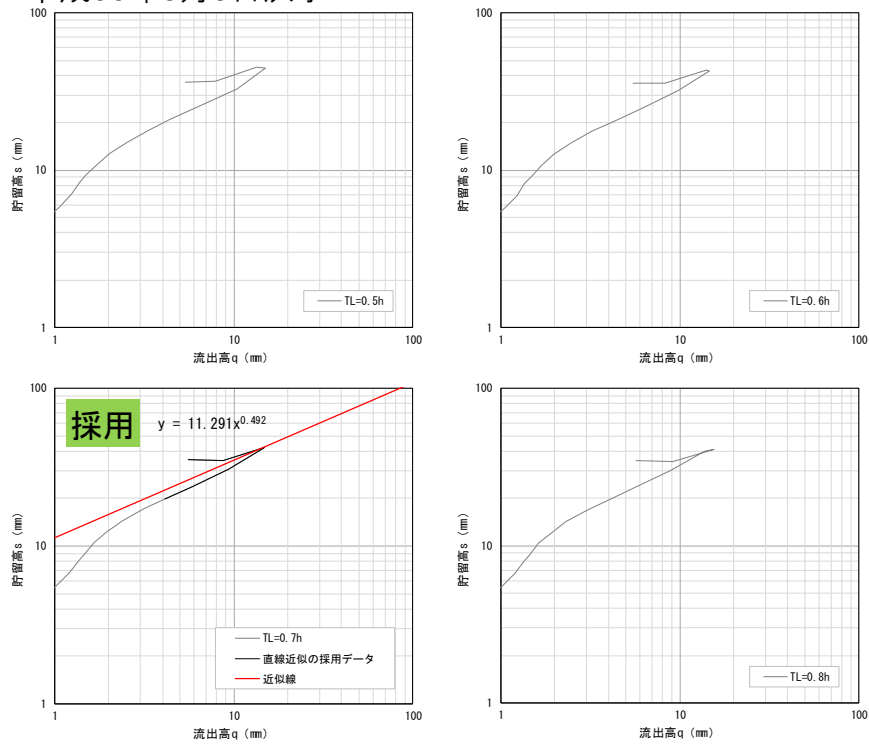


図 1.10 (8) 貯留高－流出高関係図（神室ダム地点・平成 30 年 8 月洪水）

令和6年7月26日洪水

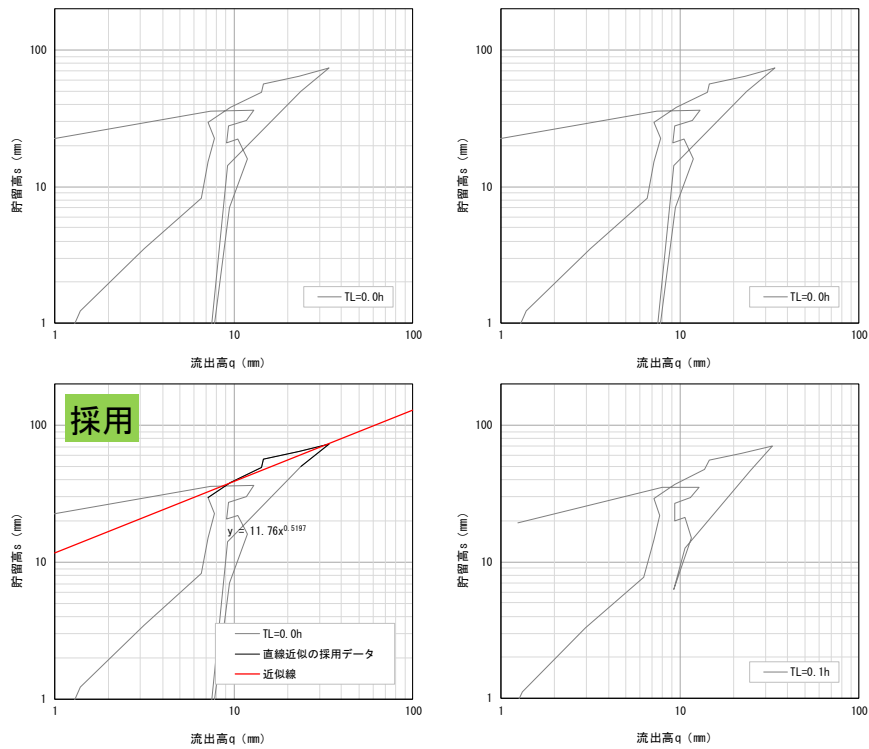


図 1.10 (9) 貯留高－流出高関係図（田沢川ダム地点・令和 6 年 7 月洪水）

表 1.6 代表地点における流域定数の設定結果

ダム名	No	洪水名	実績流量		定数設定ケース別		流域定数			備考
			ピーク流量 (m ³ /s)	順位	対象洪水		k	p	Tl (h)	
					A	B				
白川ダム	1	平成14年07月10日	434	5		○	9.650	0.428	2.70	
	2	平成18年07月15日	462	3		○	35.980	0.250	1.60	
	3	令和1年10月13日	440	4		○	11.896	0.424	3.30	
	4	令和4年06月27日	593	1	○	○	14.826	0.468	1.60	
	5	令和4年08月04日	473	2		○	8.621	0.674	2.00	
	ケースA：規模の大きな洪水における流域定数						14.826	0.468	1.60	R4.6洪水
	ケースB：対象洪水の流域定数の平均値						16.195	0.449	2.20	
寒河江ダム	1	平成7年08月10日	682	4		○	10.268	0.368	1.40	
	2	平成16年07月17日	615	5		○				ループがクロスしない
	3	平成25年07月18日	1,278	2		○	8.740	0.521	0.20	
	4	平成25年07月22日	724	3		○	6.532	0.563	0.60	
	5	令和2年07月28日	1,284	1	○	○	14.907	0.461	0.00	常にループがクロス。概ね直線のためTL=0.0hを採用
	ケースA：規模の大きな洪水における流域定数						14.907	0.461	0.00	R02.07.28洪水
	ケースB：対象洪水の流域定数の平均値						10.112	0.478	0.60	
網木川ダム	1	平成28年08月22日	46	4		○	17.864	0.542	0.40	
	2	平成28年08月30日	43	5		○	21.263	0.436	0.80	
	3	令和1年10月12日	51	3		○	29.233	0.358	0.30	
	4	令和4年06月27日	103	2		○	32.052	0.301	0.30	
	5	令和4年08月03日	117	1	○	○	13.182	0.536	0.90	
	ケースA：規模の大きな洪水における流域定数						13.182	0.536	0.90	R04.08.03洪水
	ケースB：対象洪水の流域定数の平均値						22.719	0.435	0.50	
木地山ダム	1	昭和42年08月28日	421	2		○				ループが定まらない
	2	昭和44年08月07日	314	3		○	21.068	0.187	0.20	
	3	平成16年07月17日	306	4		○				ループが定まらない
	4	平成26年07月09日	303	5		○	35.748	0.197	0.40	
	5	令和4年08月03日	749	1	○	○	6.823	0.516	0.80	
	ケースA：規模の大きな洪水における流域定数						6.823	0.516	0.80	R04.08.03洪水
	ケースB：対象洪水の流域定数の平均値						21.213	0.300	0.50	
蔵王ダム	1	平成1年08月06日	205	1		○				ループが常にクロスする
	2	平成2年08月10日	147	5		○	14.701	0.419	0.40	
	3	平成10年09月16日	170	3	○	○	15.058	0.448	0.30	
	4	平成19年09月07日	178	2		○				ループがクロスしない
	5	平成28年08月22日	149	4		○	9.724	0.409	0.50	
	ケースA：規模の大きな洪水における流域定数						15.058	0.448	0.30	H10.09.16洪水
	ケースB：対象洪水の流域定数の平均値						13.161	0.425	0.40	
最上小国川 流水型ダム	1	令和2年07月29日	35	5		○	-	-	-	洪水量未満のため対象外
	2	令和4年06月27日	71	2		○	19.816	0.443	0.50	
	3	令和4年07月16日	38	4		○	-	-	-	洪水量未満のため対象外
	4	令和6年07月26日	123	1	○	○	12.384	0.512	1.40	
	5	令和6年09月22日	39	3		○	-	-	-	洪水量未満のため対象外
	ケースA：規模の大きな洪水における流域定数						12.384	0.512	1.40	R06.07.26洪水
	ケースB：対象洪水の流域定数の平均値						16.100	0.478	1.00	
高坂ダム	1	昭和50年08月06日	1,022	1	○					ループが歪となるため採用しない
	2	昭和58年07月26日	439	5		○	6.474	0.605	0.60	
	3	平成10年08月08日	591	3		○	9.511	0.477	0.40	
	4	平成30年08月05日	443	4		○	27.628	0.197	0.30	
	5	令和6年07月26日	604	2		○	6.018	0.592	0.10	
	ケースA：規模の大きな洪水における流域定数									S50.08.06洪水
	ケースB：対象洪水の流域定数の平均値						12.408	0.468	0.40	平均値を採用
神室ダム	1	平成21年07月19日	62	5		○	6.799	0.522	1.00	
	2	平成25年07月08日	76	3		○	5.847	0.669	0.40	
	3	平成29年08月24日	68	4		○	13.698	0.375	0.90	
	4	平成30年08月05日	110	1	○	○	11.291	0.492	0.70	
	5	令和6年07月26日	76	2		○	6.877	0.548	1.20	
	ケースA：実績ピーク流量最大洪水における流域定数						11.291	0.492	0.70	H30.8.5洪水
	ケースB：対象全洪水の流域定数の平均値						8.902	0.521	0.80	
田沢川ダム	1	平成18年07月28日	73	5		○	6.845	0.581	0.60	
	2	平成23年07月01日	112	3		○	10.882	0.573	0.30	
	3	平成30年08月05日	139	2		○	10.253	0.510	0.50	
	4	令和6年07月26日	231	1	○	○	11.760	0.520	0.00	
	5	令和6年09月22日	94	4		○	5.253	0.574	1.00	
	ケースA：規模の大きな洪水における流域定数						11.760	0.520	0.00	R06.07.26洪水
	ケースB：対象洪水の流域定数の平均値						8.999	0.552	0.50	
						：今回検討における採用値				

b) 各小流域における k、p、TI の設定

a) にて設定した代表地点流域では各々の地点における実績雨量と実績流量の関係から流域定数を表 1.6 に示すとおり設定した。上記以外の小流域の k、p 値を求める際には、以下の考え方をを用いることとした。なお、各小流域に適用する代表地点は、小流域近傍の代表地点とした。

- ・ k 値は、リザーブ定数を用いた経験式の考え方を利用する。
- ・ p 値は、k 値算定に用いた代表地点の値を一様に採用する。
- ・ TI は、k 値算定に用いた代表地点の TI をそれぞれの流域の流路長比により設定する。

【リザーブ式】

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

α : 定数

C : 流域粗度（自然流域 C=0.12、都市流域 C=0.012）

I : 流域勾配

L : 流路長

設定した代表地点における流域定数 k、p、TI を用いて、リザーブ定数を用いた経験式により各小流域の k、p、TI を表 1.8 のとおり設定した。

表 1.7 代表地点の流域諸元

地点	流域定数			流域粗度	流域勾配	流路長	定数
	k	p	TL (h)	C	I	L (km)	α
	①			②	③	④	$\frac{①}{② \times ③^{-1/3} \times ④^{1/3}}$
白川ダム	14.826	0.468	2.200	0.118	0.012	27.35	9.547
寒河江ダム	14.907	0.461	0.600	0.117	0.015	23.97	10.898
綱木川ダム	13.182	0.536	0.500	0.118	0.052	10.65	18.952
木地山ダム	6.823	0.516	0.500	0.119	0.032	12.63	7.816
蔵王ダム	15.058	0.448	0.400	0.119	0.106	8.52	29.321
小国川ダム	12.384	0.512	1.000	0.119	0.020	12.13	12.294
高坂ダム	12.408	0.468	0.400	0.118	0.024	9.94	14.107
神室ダム	11.291	0.492	0.800	0.119	0.087	6.70	22.301
田沢川ダム	11.760	0.520	0.500	0.119	0.027	9.28	14.108

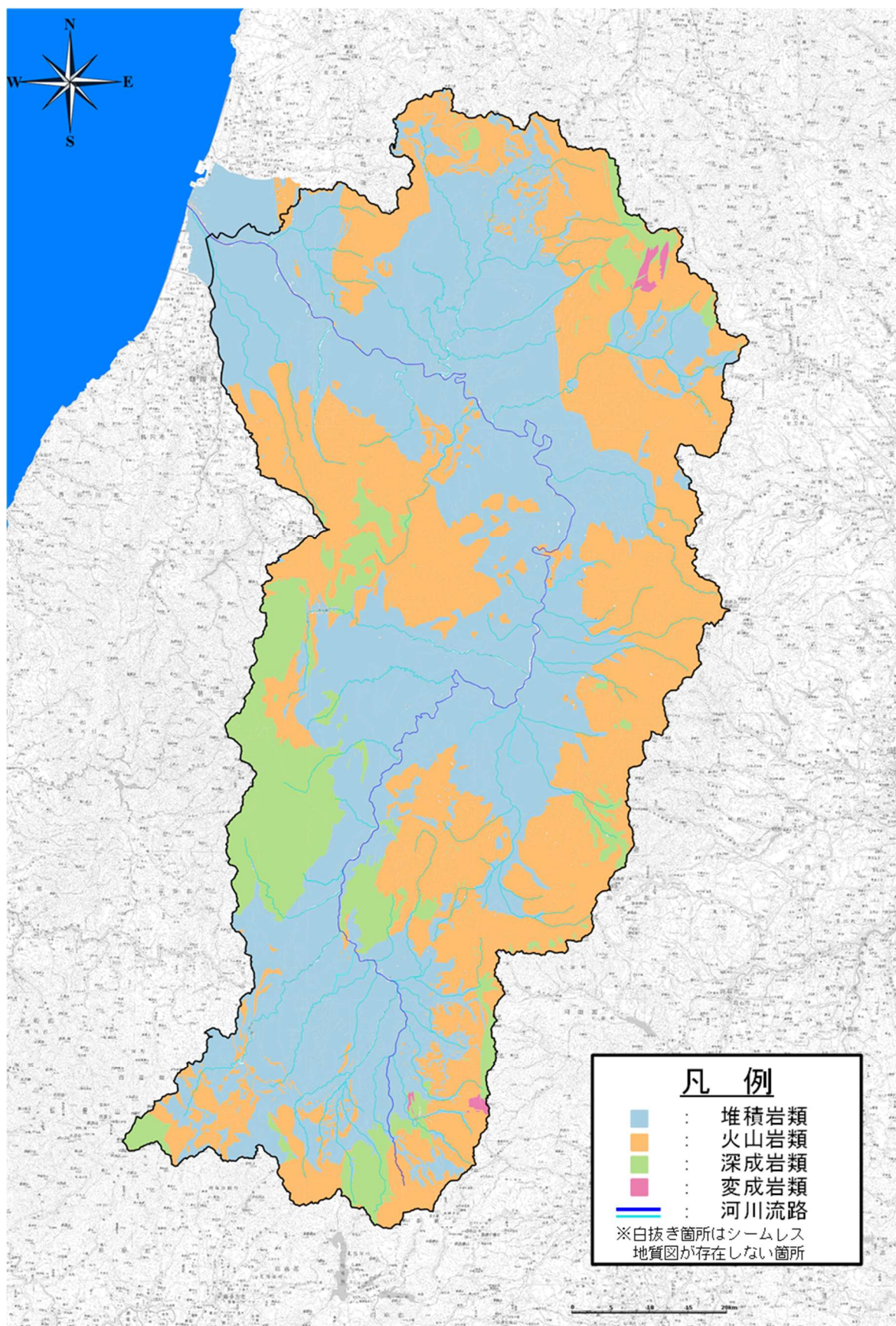


図 1.11 最上川流域における地質分布

表 1.8 (1) 各小流域における流域定数の設定結果 (下野地点上流)

流域番号 No	名称	対象地点等	流域面積 A (km ²)	第4紀 火山岩帯 (km ²)	非第4紀 火山岩帯 (km ²)	流路長 L (km)	勾配 I	流域相度 C	適用する代表地点の設定値				小流域の流域定数			備考	
									代表地点名	α	P	TL (h)	流路長L (km)	k	p	TL (h)	
1	R1-1	本川上流域	102.5	22.1	80.4	25.01	0.029	0.104	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	18.760	0.536	1.200	
2	R1-2	秩流域(羽黒川)	69.8	1.1	68.7	25.01	0.029	0.104	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	18.760	0.536	1.200	
3	R1-3	水窪ダム	31.0	0.0	31.0	25.01	0.029	0.104	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	18.760	0.536	1.200	
4	R2	天王川	72.1	0.0	72.1	22.12	0.012	0.112	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	26.030	0.536	1.000	
5	R3	秩流域(本川)	19.3	0.0	19.3	7.18	0.005	0.076	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	16.250	0.536	0.300	
6	R4	砂川	30.7	0.0	30.7	15.31	0.014	0.114	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	22.260	0.536	0.700	
7	R5	網木川ダム	40.5	0.0	40.5	10.65	0.052	0.118	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	13.180	0.536	0.500	代表流域
8	R6	網木川	7.3	0.0	7.3	20.40	0.032	0.118	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	19.250	0.536	1.000	
9	R7	大樽川	56.1	10.7	45.4	20.40	0.032	0.118	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	19.250	0.536	1.000	
10	R8	秩流域(鬼面川)	1.4	0.0	1.4	20.40	0.032	0.118	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	19.250	0.536	1.000	
11	R9	太田川	20.0	0.0	20.0	20.40	0.032	0.118	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	19.250	0.536	1.000	
12	R10	秩流域(鬼面川)	7.7	0.0	7.7	20.40	0.032	0.118	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	19.250	0.536	1.000	
13	R11	鬼面川	85.7	0.0	85.7	26.88	0.015	0.113	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	26.010	0.536	1.300	
14	R12	秩流域(鬼面川)	20.1	0.0	20.1	26.88	0.015	0.113	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	26.010	0.536	1.300	
15	R13	秩流域(本川)	2.3	0.0	2.3	7.18	0.005	0.076	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	16.250	0.536	0.300	
16	R14	和田川	30.5	0.0	30.5	11.38	0.005	0.097	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	24.180	0.536	0.500	
17	R15	吉野川	76.0	2.9	73.1	25.91	0.012	0.115	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	28.170	0.536	1.200	
18	R16	屋代川	59.6	0.0	59.6	14.93	0.012	0.116	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	23.640	0.536	0.700	
19	R17	秩流域(吉野川)	32.0	0.0	32.0	10.28	0.009	0.102	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	20.210	0.536	0.500	
20	R18-1	誕生川(左岸本川残含む)	36.4	0.0	36.4	15.42	0.005	0.098	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	27.030	0.536	0.700	
21	R18-2	右岸本川残	15.5	0.0	15.5	15.42	0.005	0.098	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	27.030	0.536	0.700	
22	R19	犬川	121.2	0.0	121.2	28.57	0.005	0.113	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	38.290	0.536	1.300	
23	R20-1	元宿川(左岸本川残含む)	13.6	0.0	13.6	13.68	0.019	0.105	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	17.840	0.536	0.600	
24	R20-2	横横川(右岸本川残含む)	27.9	0.0	27.9	13.68	0.019	0.105	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	17.840	0.536	0.600	
25	R21	白川ダム	205.0	0.0	205.0	27.35	0.012	0.118	白川ダム	9.547	0.468	2.20	27.35	14.830	0.468	2.200	代表流域
26	R22	秩流域(置賜白川)	71.7	0.0	71.7	19.17	0.016	0.116	白川ダム	9.547	0.468	2.20	27.35	11.760	0.468	1.500	
27	R23	秩流域(置賜白川)	34.8	0.0	34.8	15.79	0.017	0.104	白川ダム	9.547	0.468	2.20	27.35	9.690	0.468	1.300	
28	R24-1	本川残(置賜白川合流前)	28.1	0.0	28.1	10.87	0.019	0.100	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	15.730	0.536	0.500	
29	R24-2	本川残(置賜白川合流後)	31.3	0.0	31.3	10.87	0.019	0.100	網木川ダム	18.952	0.536	0.50	10.65	15.730	0.536	0.500	
30	R25	木地山ダム	63.0	0.0	63.0	12.63	0.032	0.119	木地山ダム	7.816	0.516	0.50	12.63	6.820	0.516	0.500	代表流域
31	R26	菅野ダム	36.9	0.0	36.9	4.30	0.071	0.118	木地山ダム	7.816	0.516	0.50	12.63	3.620	0.516	0.200	
32	R27	長井ダム	1.3	0.0	1.3	4.30	0.071	0.118	木地山ダム	7.816	0.516	0.50	12.63	3.620	0.516	0.200	
33	R28	秩流域(置賜野川)	18.2	0.0	18.2	10.60	0.023	0.097	木地山ダム	7.816	0.516	0.50	12.63	5.860	0.516	0.400	
34	R29	秩流域(置賜野川)	2.8	0.0	2.8	10.60	0.023	0.097	木地山ダム	7.816	0.516	0.50	12.63	5.860	0.516	0.400	
35	R30-1	本川残(置賜野川合流前)	51.4	0.0	51.4	8.90	0.020	0.106	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	8.820	0.461	0.200	
36	R30-2	本川残(置賜野川合流後)	106.0	3.6	102.4	8.90	0.020	0.106	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	8.820	0.461	0.200	
37	R31-1	本川ダム	73.8	0.0	73.8	27.24	0.023	0.119	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	13.720	0.461	0.700	
38	R31-2	朝日川残流域 1	18.1	0.0	18.1	27.24	0.023	0.119	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	13.720	0.461	0.700	
39	R31-3	朝日川残流域 2	17.8	0.0	17.8	27.24	0.023	0.119	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	13.720	0.461	0.700	
40	R32-1	上郷ダム	106.9	13.7	93.2	16.75	0.031	0.114	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	10.120	0.461	0.400	
41	R32-2	本川残	10.1	0.0	10.1	16.75	0.031	0.114	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	10.120	0.461	0.400	
42	R33	月布川	142.2	0.0	142.2	39.90	0.012	0.117	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	19.030	0.461	1.000	
43	R34-1	本川残(月布川合流前)	116.9	26.9	90.0	15.29	0.028	0.110	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	9.800	0.461	0.400	
44	R34-2	本川残(月布川合流後)	31.4	0.0	31.4	15.29	0.028	0.110	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	9.800	0.461	0.400	
45	R35	前川ダム分水工	16.7	0.0	16.7	5.27	0.014	0.112	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	23.710	0.448	0.200	
46	R36	前川ダム	4.5	0.0	4.5	5.27	0.014	0.112	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	23.710	0.448	0.200	
47	R37	思川	21.1	0.0	21.1	7.89	0.017	0.112	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	25.430	0.448	0.400	
48	R38	秩流域(前川)	24.3	0.0	24.3	11.60	0.014	0.112	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	30.840	0.448	0.500	
49	R39	荒町川	9.1	0.1	9.0	5.12	0.021	0.091	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	16.670	0.448	0.200	
50	R40-1	須川残	84.2	5.4	78.8	19.88	0.019	0.114	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	33.930	0.448	0.900	
51	R40-2	葛瀬川ダム	11.0	2.9	8.1	19.88	0.019	0.114	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	33.930	0.448	0.900	
52	R40-3	生原川ダム	5.8	0.0	5.8	19.88	0.019	0.114	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	33.930	0.448	0.900	
53	R41-1	本沢ダム	19.6	3.5	16.1	15.10	0.024	0.107	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	26.880	0.448	0.700	
54	R41-2	須川残(須川左岸・前明石上流側)	33.8	5.2	28.6	15.10	0.024	0.107	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	26.880	0.448	0.700	
55	R41-3	須川残(須川右岸・前明石上流側)	102.2	73.9	28.3	15.82	0.063	0.102	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	18.870	0.448	0.700	
56	R41-4	須川残(須川右岸・前明石下流側)	29.1	0.0	29.1	9.21	0.020	0.057	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	12.910	0.448	0.400	
57	R41-5	須川残(須川左岸・前明石下流側)	60.3	8.5	51.8	10.17	0.038	0.104	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	19.650	0.448	0.500	
58	R42	蔵王ダム	21.0	9.2	11.8	8.52	0.106	0.119	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	15.060	0.448	0.400	代表流域
59	R43	秩流域(馬見ヶ崎川)	22.3	3.3	19.0	9.59	0.059	0.115	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	18.400	0.448	0.500	
60	R44	湧川	17.2	4.1	13.1	10.09	0.056	0.116	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	19.210	0.448	0.500	
61	R45	秩流域(馬見ヶ崎川)	79.9	10.5	69.4	21.09	0.020	0.097	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	28.950	0.448	1.000	
62	R46	立谷川	59.8	16.7	43.1	22.50	0.017	0.109	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	35.090	0.448	1.100	
63	R47-1	左岸須川残	13.1	1.0	12.1	14.63	0.007	0.069	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	25.870	0.448	0.700	
64	R47-2	右岸須川残(馬見ヶ崎川合流前)	19.3	0.0	19.3	14.63	0.007	0.069	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	25.870	0.448	0.700	
65	R47-3	右岸須川残(馬見ヶ崎川合流後)	6.5	0.0	6.5	14.63	0.007	0.069	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	25.870	0.448	0.700	
66	R48	寒河江ダム	231.0	29.4	201.6	23.97	0.015	0.117	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	14.910	0.461	0.600	代表流域
67	R49-1	水ヶ瀬ダム	28.8	0.0	28.8	27.67	0.019	0.115	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	14.210	0.461	0.700	
68	R49-2	寒河江川残	218.6	4.4	214.2	27.67	0.019	0.115	寒河江ダム	10.898	0.461	0.60	23.97	14.210	0.461	0.700	
69	R50	砂防ダム	5.7	0.0	5.7	5.04	0.060	0.115	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	14.770	0.448	0.200	
70	R51	留山川ダム	1.5	0.0	1.5	5.04	0.060	0.115	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52				

表 1.8 (2) 各小流域における流域定数の設定結果 (下野地点下流)

流域番号		対象地点等	流域面積 A (km ²)	第4紀 火山岩帯 (km ²)	非第4紀 火山岩帯 (km ²)	流路長 L (km)	勾配 I	流域粗度 C	適用する代表地点の設定値					小流域の流域定数			備考
No	名称								代表地点名	α	P	TL (h)	流路長L (km)	k	p	TL (h)	
82	R60	白水川ダム	15.2	1.1	14.1	6.65	0.056	0.118	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	17.010	0.448	0.300	
83	R61	白水川	18.3	1.0	17.3	6.74	0.093	0.108	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	13.200	0.448	0.300	
84	R62	日塔川	20.5	0.2	20.3	9.78	0.046	0.118	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	20.650	0.448	0.500	
85	R63	残流域(白水川)	4.9	0.0	4.9	6.74	0.093	0.108	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	13.200	0.448	0.300	
86	R64-1	村山野川(右岸本川残含む)	51.2	3.3	47.9	25.99	0.021	0.099	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	31.170	0.448	1.200	
87	R64-2	左岸本川残(千座川合流前)	42.5	0.0	42.5	25.99	0.021	0.099	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	31.170	0.448	1.200	
88	R64-3	左岸本川残(千座川合流後)	25.0	0.0	25.0	25.99	0.021	0.099	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	31.170	0.448	1.200	
89	R64-4	大旦川(右岸本川残含む)	57.6	0.8	56.8	25.99	0.021	0.099	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	31.170	0.448	1.200	
90	R65	残流域(本川)	193.5	6.8	186.7	22.27	0.016	0.113	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	36.990	0.448	1.000	
91	R66-1	新鶴子ダム	56.0	5.3	50.7	40.84	0.012	0.115	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	50.720	0.448	1.900	
92	R66-2	鯉山川ダム	21.0	0.0	21.0	40.84	0.012	0.115	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	50.720	0.448	1.900	
93	R66-3	丹生川残	169.5	0.0	169.5	40.84	0.012	0.115	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	50.720	0.448	1.900	
94	R67-1	本川残(丹生川合流前)	18.8	2.0	16.8	17.90	0.013	0.113	蔵王ダム	29.321	0.448	0.40	8.52	36.860	0.448	0.800	
95	R67-2	本川残(丹生川合流後)	112.6	4.8	107.8	17.90	0.013	0.113	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	15.460	0.512	1.500	
96	R68	最上小国川ダム	37.4	0.7	36.7	12.13	0.020	0.119	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	12.380	0.512	1.000	代表流域
97	R69	残流域(最上小国川)	16.7	0.5	16.2	6.63	0.039	0.114	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	7.760	0.512	0.500	
98	R70	明神川	25.4	1.9	23.5	11.99	0.022	0.117	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	11.750	0.512	1.000	
99	R71	残流域(最上小国川)	22.3	2.6	19.7	9.69	0.030	0.116	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	9.780	0.512	0.800	
100	R72	綱出川	41.0	0.4	40.6	12.92	0.025	0.117	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	11.540	0.512	1.100	
101	R73	残流域(最上小国川)	25.7	12.2	13.5	9.95	0.013	0.115	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	12.930	0.512	0.800	
102	R74	残流域(最上小国川)	29.6	2.8	26.8	7.62	0.028	0.116	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	9.240	0.512	0.600	
103	R75	白川	55.4	0.0	55.4	11.33	0.027	0.117	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	10.770	0.512	0.900	
104	R76	残流域(白川)	15.3	1.0	14.3	11.33	0.027	0.117	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	10.770	0.512	0.900	
105	R77	残流域(最上小国川)	13.1	0.0	13.1	9.04	0.029	0.116	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	9.670	0.512	0.700	
106	R78	大横川	26.6	0.0	26.6	11.82	0.031	0.118	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	10.520	0.512	1.000	
107	R79	残流域(最上小国川)	10.1	0.0	10.1	11.82	0.031	0.118	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	10.520	0.512	1.000	
108	R80	残流域(最上小国川)	27.9	0.0	27.9	7.42	0.034	0.116	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	8.590	0.512	0.600	
109	R81	残流域(最上小国川)	30.0	0.0	30.0	5.79	0.027	0.110	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	8.090	0.512	0.500	
110	R82	残流域(最上小国川)	13.6	0.0	13.6	6.14	0.015	0.109	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	9.950	0.512	0.500	
111	R83	綱山川	185.6	23.8	161.8	38.45	0.019	0.118	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	21.060	0.520	2.100	
112	R84-1	本川残(最上小国川合流前)	29.0	1.0	28.0	14.28	0.025	0.112	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	13.110	0.520	0.800	
113	R84-2	最上小国川	6.1	0.0	6.1	14.28	0.025	0.112	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	11.420	0.512	1.200	
114	R84-3	本川残(綱山川合流前)	6.7	0.7	6.0	14.28	0.025	0.112	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	13.110	0.520	0.800	
115	R84-4	本川残(綱山川合流後)	4.4	0.8	3.6	14.28	0.025	0.112	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	13.110	0.520	0.800	
116	R85	高坂ダム	68.2	0.0	68.2	9.94	0.024	0.118	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	12.410	0.468	0.400	代表流域
117	R86	残流域(鮭川)	114.2	0.0	114.2	20.53	0.015	0.117	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	18.330	0.468	0.800	
118	R87	真室川上流	170.0	0.6	169.4	25.55	0.010	0.118	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	22.760	0.468	1.000	
119	R88	残流域(真室川)	35.4	0.0	35.4	9.82	0.012	0.115	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	15.170	0.468	0.400	
120	R89	神室ダム	22.5	0.0	22.5	6.70	0.087	0.119	神室ダム	22.301	0.492	0.80	6.70	11.290	0.492	0.800	代表流域
121	R90-1	金山川上流	20.5	0.0	20.5	14.94	0.020	0.112	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	14.340	0.468	0.600	
122	R90-2	金山川残	33.4	0.0	33.4	14.94	0.020	0.112	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	14.340	0.468	0.600	
123	R90-3	柳沢ダム	3.8	0.0	3.8	14.94	0.020	0.112	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	14.340	0.468	0.600	
124	R90-4	金山川残	28.9	0.0	28.9	14.94	0.020	0.112	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	14.340	0.468	0.600	
125	R91	残流域(鮭川)	31.3	0.0	31.3	18.39	0.009	0.109	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	19.510	0.468	0.700	
126	R92	曲川	89.4	0.0	89.4	24.81	0.006	0.117	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	26.490	0.468	1.000	
127	R93	泉田川	83.1	0.0	83.1	31.51	0.017	0.114	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	19.750	0.468	1.300	
128	R94	升形川	87.3	0.0	87.3	22.27	0.012	0.103	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	17.860	0.468	0.900	
129	R95	田沢川	34.3	0.0	34.3	11.05	0.007	0.109	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	17.900	0.468	0.400	
130	R96	濁沢川	32.9	0.0	32.9	18.50	0.008	0.113	高坂ダム	14.107	0.468	0.40	9.94	21.080	0.468	0.700	
131	R97-1	本川残(鮭川合流前)	74.5	0.1	74.4	25.49	0.018	0.110	小国川ダム	12.294	0.512	1.00	12.13	15.190	0.512	2.100	
132	R97-2	本川残(鮭川合流後)	25.9	0.0	25.9	25.49	0.018	0.110	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	17.430	0.520	1.400	
133	R98	角川	132.2	10.4	121.8	21.97	0.014	0.119	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	19.510	0.520	1.200	
134	R99	残流域(本川)	40.2	0.0	40.2	9.48	0.045	0.114	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	9.570	0.520	0.500	
135	R100-1	立谷沢川第一ダム	69.7	23.7	46.0	38.69	0.024	0.117	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	19.350	0.520	2.100	
136	R100-2	立谷沢川残	92.9	14.7	78.2	38.69	0.024	0.117	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	19.350	0.520	2.100	
137	R101	田沢川ダム	23.2	0.0	23.2	9.28	0.027	0.119	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	11.760	0.520	0.500	代表流域
138	R102	小林川	26.3	0.0	26.3	14.68	0.015	0.118	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	16.530	0.520	0.800	
139	R103	棚山川	33.5	0.0	33.5	12.10	0.027	0.116	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	12.520	0.520	0.700	
140	R104	相沢川	76.8	2.0	74.8	14.23	0.016	0.117	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	15.870	0.520	0.800	
141	R105	残流域(相沢川)	11.0	3.0	8.0	14.23	0.016	0.117	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	15.870	0.520	0.800	
142	R106-1	本川残(立谷沢川合流前)	11.5	0.0	11.5	5.32	0.011	0.094	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	10.410	0.520	0.300	
143	R106-2	本川残(立谷沢川合流後)	83.7	0.0	83.7	5.32	0.011	0.094	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	10.410	0.520	0.300	
144	R107-1	三又ダム	5.5	5.5	0.0	33.33	0.008	0.111	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	25.200	0.520	1.800	
145	R107-2	京田川	108.1	24.9	83.2	33.33	0.008	0.111	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	25.200	0.520	1.800	
146	R108	藤島川	139.0	72.3	66.7	40.28	0.016	0.111	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	21.300	0.520	2.200	
147	R109	京田川残(堀根直轄上流端)	19.2	0.0	19.2	5.73	0.001	0.092	田沢川ダム	14.108	0.52	0.50	9.28	23.230	0.520	0.300	

(2) 河道定数の設定

最上川流域における小流域間に設定された大臣管理区間の A 河道～P-2 河道、須川の MD 河道～ME-2 河道、白水川の HA 河道～HB 河道、最上小国川の OA 河道～OJ 河道、鮭川 SD 河道～SF 河道、相沢川の AA 河道～AB 河道、京田川 DA 河道については、不等流計算により河道の任意の流量 Q に対応する貯留量 S との関係を求めて K 、 P を設定することとした。以下の式により河道毎に流量規模毎の貯留量 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。

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求めた。

$$s = \frac{V}{3600}$$

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} L_1 + \frac{A_2 + A_3}{2} L_2 + \frac{A_3 + A_4}{2} L_3 + \dots$$

V : 各流量に対応した河道内のボリューム (m^3)

A : 河道の各断面における断面積 (m^2)

L : 河道の各断面間の延長 (m)

表 1.9 (1) 対象河道一覧 (最上川本川)

河道モデル 名称	河川名	計画河道定数			備考
		k	p	Tl	
A	最上川	3.7954	0.7892	0.21	
B	最上川	2.2703	0.7843	0.10	
C-1	最上川	0.9440	0.8172	0.05	
C-2	最上川	1.4101	0.8898	0.11	
C-3	最上川	0.2637	1.0306	0.07	
D	最上川	2.6947	0.8661	0.18	
E-1	最上川	7.9928	0.5375	0.05	
E-2	最上川	3.7520	0.7272	0.09	
F-1	最上川	2.6834	0.7682	0.09	
F-2	最上川	3.5473	0.8210	0.18	
G-1	最上川	15.3647	0.6280	0.21	
G-2	最上川	0.7697	0.8597	0.05	
H-1	最上川	7.1066	0.7526	0.19	
H-2	最上川	6.0916	0.7477	0.16	
I-1	最上川	1.7593	0.7873	0.07	
I-2	最上川	3.9127	0.7800	0.13	
I-3	最上川	1.9109	0.8903	0.15	
J-1	最上川	2.1792	0.9238	0.23	
J-2	最上川	2.0375	0.7907	0.08	
K	最上川	12.0621	0.7349	0.26	
L-1	最上川	4.3169	0.7147	0.08	
L-2	最上川	24.0030	0.6959	0.35	
M-1	最上川	2.6536	0.6890	0.04	
M-2	最上川	1.2155	0.8189	0.05	
M-3	最上川	1.3052	0.7621	0.04	
N-1	最上川	8.0584	0.7482	0.18	
N-2	最上川	3.4711	0.8327	0.11	
O	最上川	7.5205	0.7118	0.12	
P-1	最上川	4.2230	0.7046	0.06	
P-2	最上川	26.6161	0.7221	0.43	

表 1.9 (2) 対象河道一覧 (支川)

河道モデル 名称	河川名	計画河道定数			備考
		k	p	TI	
KA	綱木川	-	-	0.54	既定計画を踏襲
KB	大樽川	-	-	0.23	
KC	大樽川	-	-	0.16	
KD	鬼面川	-	-	1.69	
YA	吉野川	-	-	0.08	
YB	屋代川・吉野川	-	-	0.07	
RA	置賜白川	-	-	0.08	
RB	置賜白川	-	-	0.09	
NA	置賜野川	-	-	0.62	
NB	置賜野川	-	-	0.56	
MA	前川	-	-	0.03	
MB	前川	-	-	0.08	
MC	前川	-	-	0.02	
MD	須川	8.5073	0.7415	0.29	
ME-1	須川	2.2740	0.8352	0.17	
ME-2	須川	2.2569	0.6667	0.05	
ZA	馬見ヶ崎川	-	-	0.07	既定計画を踏襲
ZB	馬見ヶ崎川	-	-	1.04	
GA-1	寒河江川	-	-	0.18	
GA-2	寒河江川	-	-	1.02	
TA	押切川	-	-	0.30	
TB	押切川	-	-	0.20	
TC	押切川	-	-	0.60	
HA	白水川	3.0443	0.6531	0.13	
HB	白水川	5.0500	0.6032	0.11	
OA	最上小国川	2.1070	0.6784	0.10	
OB	最上小国川	2.5242	0.6432	0.08	
OC	最上小国川	1.4648	0.7144	0.06	
OD	最上小国川	1.3146	0.7334	0.05	
OE	白川	4.6991	0.6534	0.16	
OF	最上小国川	1.1941	0.6840	0.04	
OG	最上小国川	1.3292	0.7267	0.05	
OH	最上小国川	5.2578	0.6599	0.11	
OI	最上小国川	4.9137	0.7209	0.15	
OJ	最上小国川	3.4874	0.6733	0.08	
SA-1	鮭川	-	-	1.00	既定計画を踏襲
SA-2	鮭川	-	-	0.30	
SB	真室川	-	-	0.50	
SC-1	金山川	-	-	0.88	
SC-2	金山川	-	-	0.42	
SD	真室川	1.5426	0.7441	0.06	
SE	鮭川	2.0452	0.7968	0.10	
SF	鮭川	6.2972	0.7290	0.17	
AA	田沢川	1.8274	0.7188	0.10	
AB	相沢川	1.8128	0.7489	0.10	
DA	京田川	7.0052	0.7158	0.25	

(3) 不定流計算モデルの諸条件

不定流計算モデルにおいては、下記の諸条件を基に検証計算及び基本高水及び計画高水の検討を行った。一次元不定流計算モデル及び平面二次元不定流計算モデルの諸条件を表 1.4.5 に示す。また、令和元年（2019 年）10 月洪水、令和 2 年（2020 年）7 月洪水、令和 4 年（2022 年）8 月洪水、令和 6 年（2024 年）7 月洪水における流量について再現計算を実施した（表 1.10）。

表 1.10 不定流計算モデルの諸条件

項 目		概 要
計算 手法	洪水流解析	一次元不定流計算
	浸水解析	平面二次元不定流計算
洪水流 解析 条件	対象河道	（検証時） 検証時点における河道状況を反映 （高水計画時） 基本方針河道を反映
	不定流モデル の範囲	○大臣管理区間延長の長い主要河川 最上川（河口～大臣管理区間上流端） 須川（合流点～前川合流点） 鮭川（合流点～大臣管理区間上流端） 真室川（合流点～大臣管理区間上流端） 金山川（合流点～大臣管理区間上流端） ○大臣管理区間のある支川（合流点～大臣管理区間上流端） ○計画流量配分が変化する規模の大きな県管理支川 （本川背水の影響があるバック堤区間をカバーする範囲）
	上流端流量 支川流入量	貯留関数法による流出量
	下流端水位	本川（検証時） 下瀬観測所実績水位 （高水計画時） 河口 TP 1.200 m [定常] 支川 本川合流点の不定流計算水位
	粗度係数	（検証時） 逆算粗度係数 （高水計画時） 準二次元不等流計算の計画粗度係数
浸水 解析 条件	メッシュ スケール	50m メッシュ
	建物占有率	メッシュ内の建物占有率より空隙率と透過率を算定し、基礎 方程式の係数として与える
	連続盛土構造物	道路、鉄道、支川堤防等の盛土構造物
	粗度係数	土地利用条件に応じた粗度
	氾濫原への 越流条件	（検証時） 検証時点の堤防状況を反映 （高水計画時） 計画堤防高もしくは計画小堤高を反映
再現性の確認状況		（検証時） 令和元年 10 月洪水、令和 2 年 7 月洪水、令和 4 年 8 月洪水、令和 6 年 7 月洪水における流量を再現

(4) 流出計算モデルの検証

前述までに設定した定数を用いて、既往洪水時の雨量データを用い、再現計算を実施した。検討対象洪水は、過去と比較して氾濫による影響が小さいと考えられる長井ダム竣工後（平成23年（2011年）以降）の洪水のうち、全ての地域の大きな洪水を網羅する至近の4洪水とした。

再現検証にあたり、初期損失雨量、飽和雨量、基底流量について各洪水の実績値を用いた。

両羽橋地点、下野地点、須川・鮭洗地点、寒河江川・西根地点、最上小国川・長者原地点および鮭川・真木地点において計算値と実績値を比較したところ、実績値を概ね再現できており、流出計算モデルの妥当性を確認した。

表 1.11 検証対象洪水一覧

	洪水名	両羽橋		下野		小出		西大塚	
		流量 (m^3/s)	順位	流量 (m^3/s)	順位	流量 (m^3/s)	順位	流量 (m^3/s)	順位
1	令和元年10月13日	－	－	－	－	2,028	4位	1,606	3位
2	令和2年07月29日	5,032	8位	4,434	1位	1,594	9位	1,323	4位
3	令和4年08月05日	－	－	2,888	10位	3,106	1位	1,729	2位
4	令和6年07月26日	8,537	1位	－	－	－	－	－	－

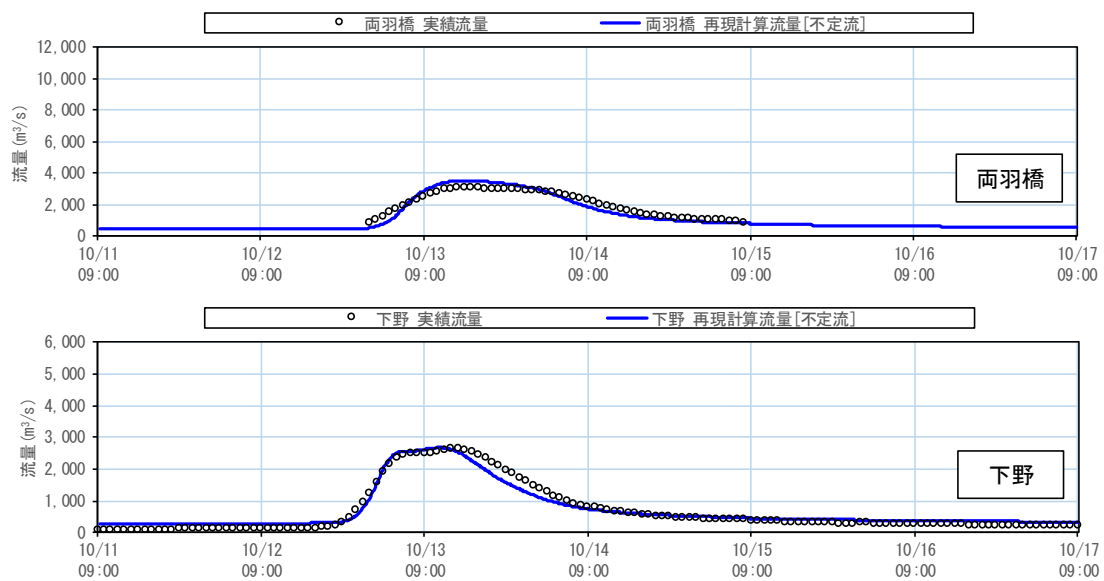


図 1.12 (1) 再現計算結果 (令和元年 10 月洪水)

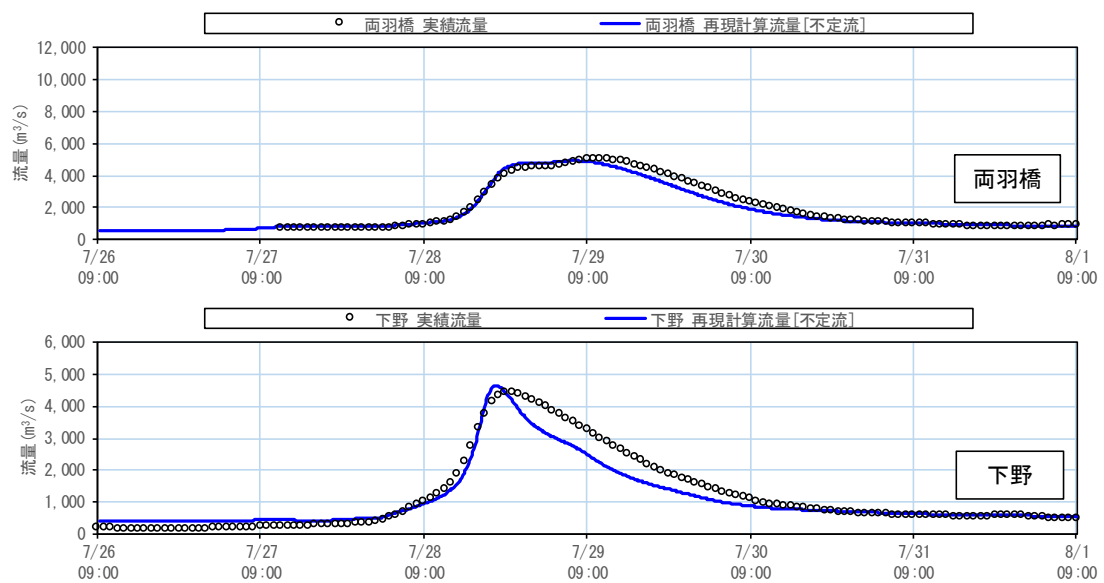


図 1.12 (2) 再現計算結果 (令和 2 年 7 月洪水)

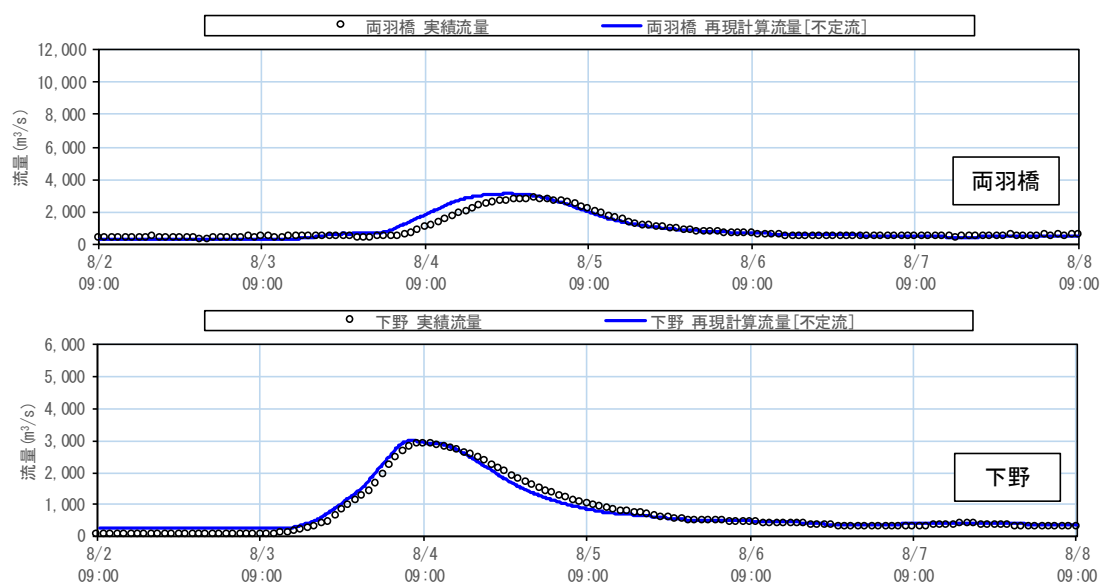


図 1.12 (3) 再現計算結果 (令和 4 年 8 月洪水)

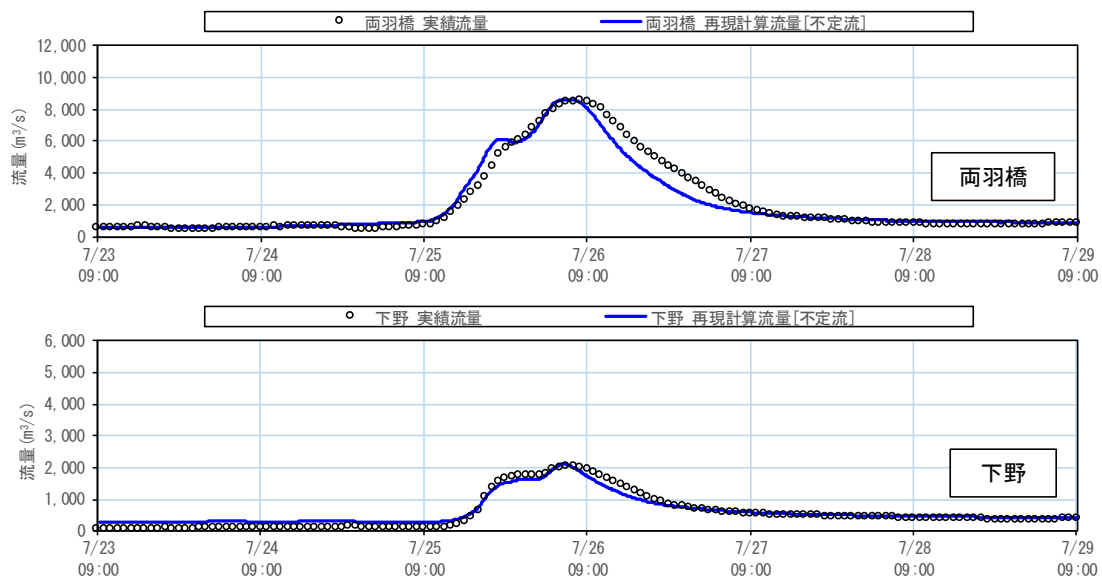


図 1.12 (4) 再現計算結果 (令和 6 年 7 月洪水)

1.5 基本高水のピーク流量の設定

1.5.1 基本高水のピーク流量設定の考え方

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

- ・ 既定計画の基本高水のピーク流量
- ・ 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
- ・ アンサンブル予測降雨波形を用いた流量
- ・ 既往洪水からの検討

1.5.2 計画規模の設定

基準地点については、現行の基本方針策定時から流域の社会状況（人口の推移や土地利用状況の変遷及びそのバランス等）に大きな変化がないことから、両羽橋を基準地点として踏襲した。令和元年以降の主要洪水では、両羽橋上流域の流域平均雨量から上流に集中する降雨特性を把握できない場合があるため、下野については基準地点に格上げする。

計画規模については、既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないことから、現計画と同じく工事実施基本計画の両羽橋 1/150 を踏襲するものとした。下野基準地点は、両羽橋地点と同様に、工事実施基本計画の下野 1/100 とした。

1.5.3 対象降雨の継続時間の設定

(1) 対象降雨の継続時間の設定の考え方

最上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強い降雨強度の継続時間について総合的に判断し設定した。

(2) 洪水到達時間

洪水到達時間は、1)Kinematic Wave 法に基づく式、2)角屋の式により評価した。

対象洪水は、過去の洪水（昭和 30 年（1955 年）～令和 6 年（2024 年））のうち、対象地点の実績流量の上位 10 洪水とした。

1) Kinematic Wave 法による洪水の到達時間

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

2) 角屋の式による洪水の到達時間

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

1)及び2)の計算結果を表 1.12 に示し、洪水毎の Kinematic Wave 法に基づく洪水到達時間の検討結果を図 1-13 に示す。

【基準地点両羽橋】

Kinematic Wave 法	: 18～49 時間（平均 29.6 時間）
角屋の式	: 15.7～20.9 時間（平均 18.4 時間）

【基準地点下野】

Kinematic Wave 法	: 17～36 時間（平均 28.0 時間）
角屋の式	: 14.0～16.1 時間（平均 14.9 時間）

表 1.12 洪水到達時間の算定結果

	両羽橋
流域特性を表す係数C	260
流域面積A (km ²)	6519.4

	下野
流域特性を表す係数C	260
流域面積A (km ²)	3534.3

洪水名	KinematicWave 法		角屋の式	
	流量 ピーク時 時間雨量 (mm)	洪水 到達時間 (h)	平均有効 降雨強度 re (mm/h)	洪水 到達時間 (h)
昭和44年08月08日	1.26	33.0	4.3	18.0
昭和49年08月01日	0.04	23.0	2.8	20.9
昭和58年07月27日	0.19	18.0	3.8	18.8
平成16年07月18日	1.36	22.0	4.4	17.8
平成23年06月24日	0.06	49.0	3.5	19.3
平成25年07月18日	0.09	34.0	3.7	18.9
平成30年08月06日	0.78	22.0	6.2	15.8
平成30年08月31日	0.36	19.0	3.6	19.1
令和2年07月29日	0.08	48.0	3.3	19.7
令和6年07月26日	0.28	28.0	6.3	15.7
最大値		49.0		20.9
最小値		18.0		15.7
平均		29.6		18.4

洪水名	KinematicWave 法		角屋の式	
	流量 ピーク時 時間雨量 (mm)	洪水 到達時間 (h)	平均有効 降雨強度 re (mm/h)	洪水 到達時間 (h)
昭和42年08月29日	0.00	36.0	4.9	15.0
昭和44年08月08日	0.86	17.0	5.0	14.9
昭和56年06月23日	0.00	26.0	4.9	15.0
昭和61年08月05日	0.02	34.0	4.5	15.4
平成9年06月29日	0.08	33.0	4.0	16.1
平成10年08月08日	0.43	20.0	5.2	14.7
平成14年07月11日	0.48	34.0	4.5	15.4
平成25年07月18日	2.05	20.0	6.0	14.0
令和2年07月29日	0.28	34.0	5.3	14.6
令和4年08月05日	1.20	26.0	6.0	14.0
最大値		36.0		16.1
最小値		17.0		14.0
平均		28.0		14.9

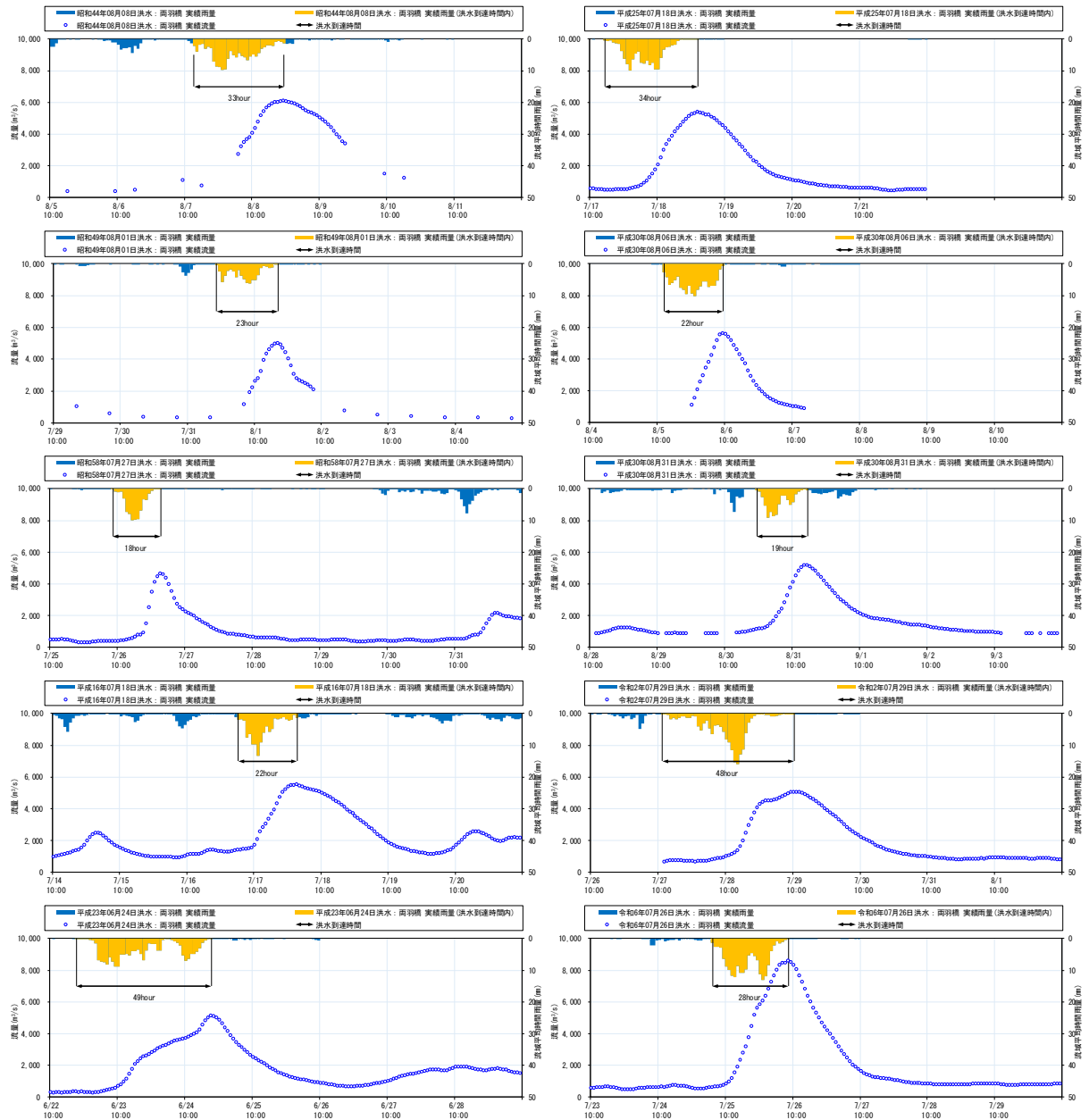


図 1.13 (1) Kinematic Wave 法に基づく式による洪水到達時間の算定（基準地点両羽橋）

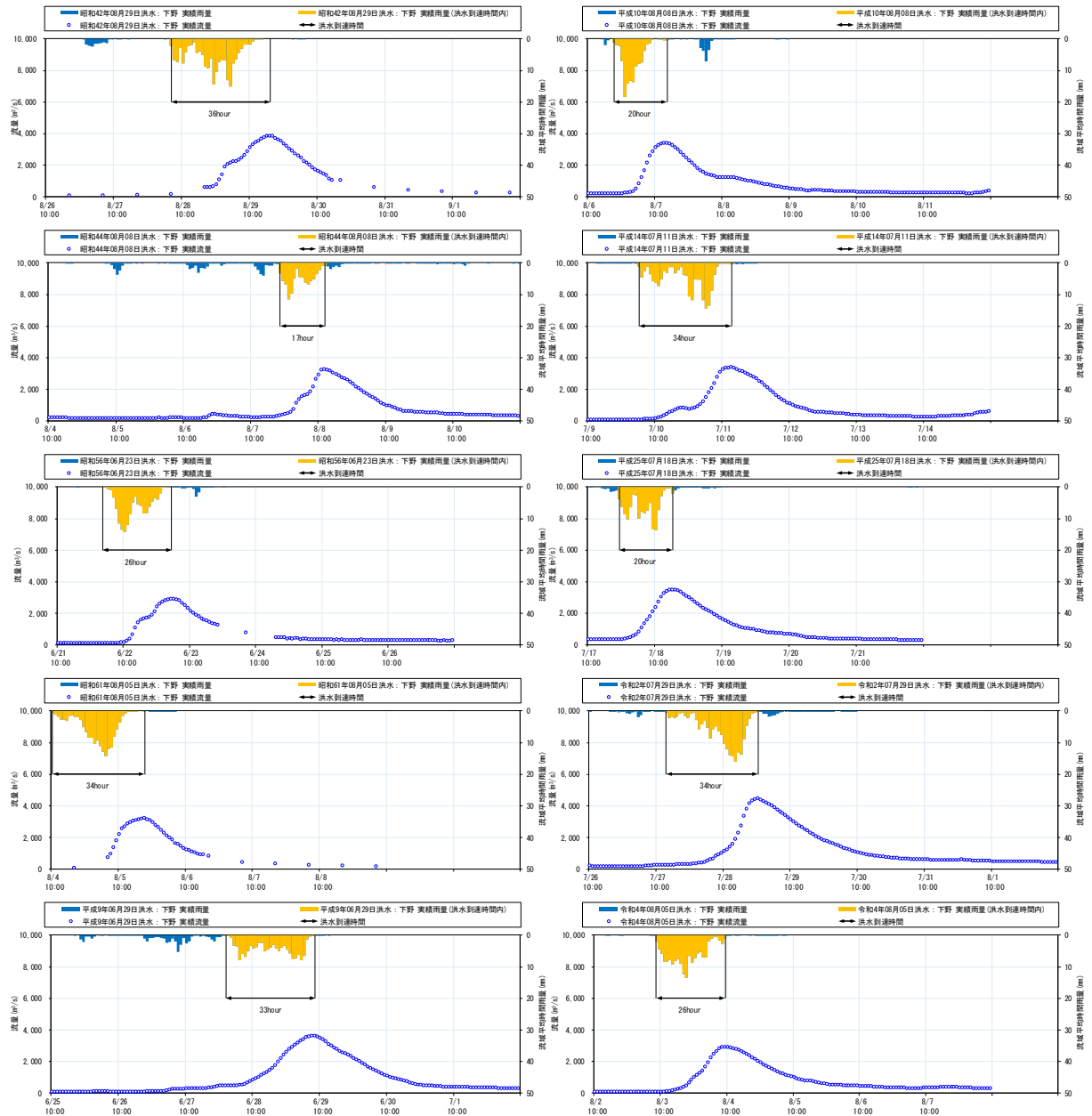
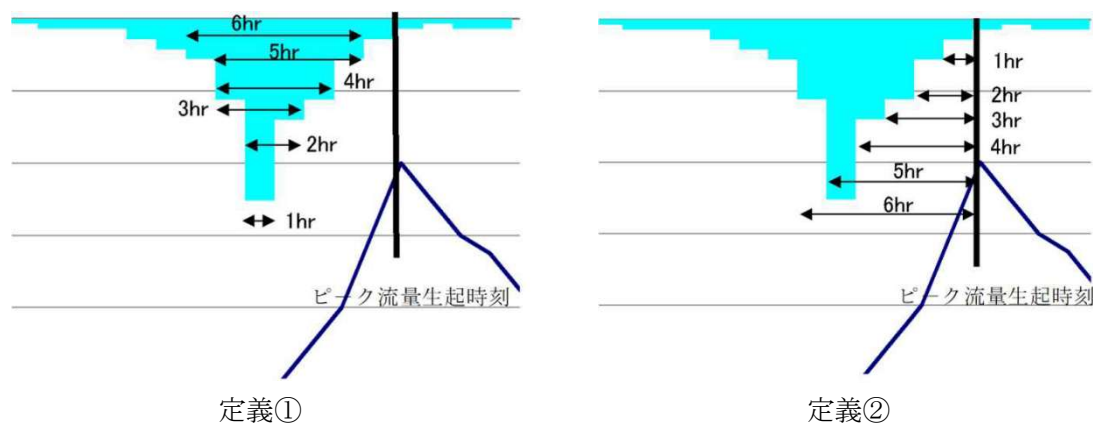


図 1.13 (2) Kinematic Wave 法に基づく式による洪水到達時間の算定（基準地点下野）

(3) ピーク流量と雨量の相関について

ここでは、昭和 30 年（1955 年）から令和 6 年（2024 年）までの 68 年間で基準地点両羽橋及び基準地点下野において年最大流量を記録した洪水を対象に、ピーク流量と短時間雨量（1、3、6、9、12、18、24、36、48、60、72 時間雨量）との相関関係を整理した。

その結果、基準地点両羽橋では、最も相関が高いのは 36 時間（相関係数：0.813）となった。基準地点下野では、24 時間～60 時間で相関が高くなり、最も相関が高いのは 24 時間（相関係数：0.860）となった。



定義①：ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

定義②：ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

図 1.14 ピーク流量と雨量相関の定義

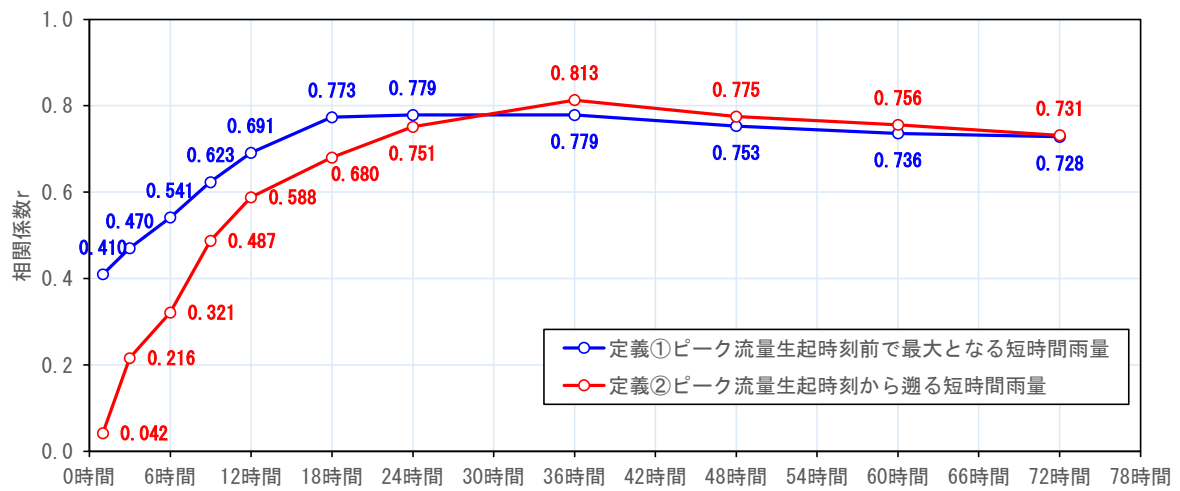


図 1.15 (1) ピーク流量と雨量相関の定義（基準地点両羽橋）

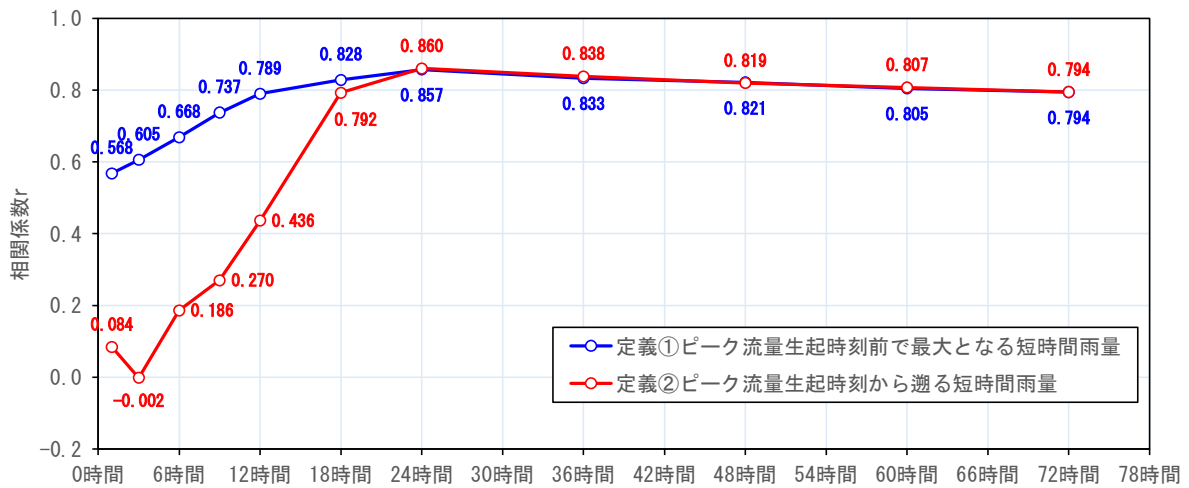


図 1.15 (2) ピーク流量と雨量相関の定義（基準地点下野）

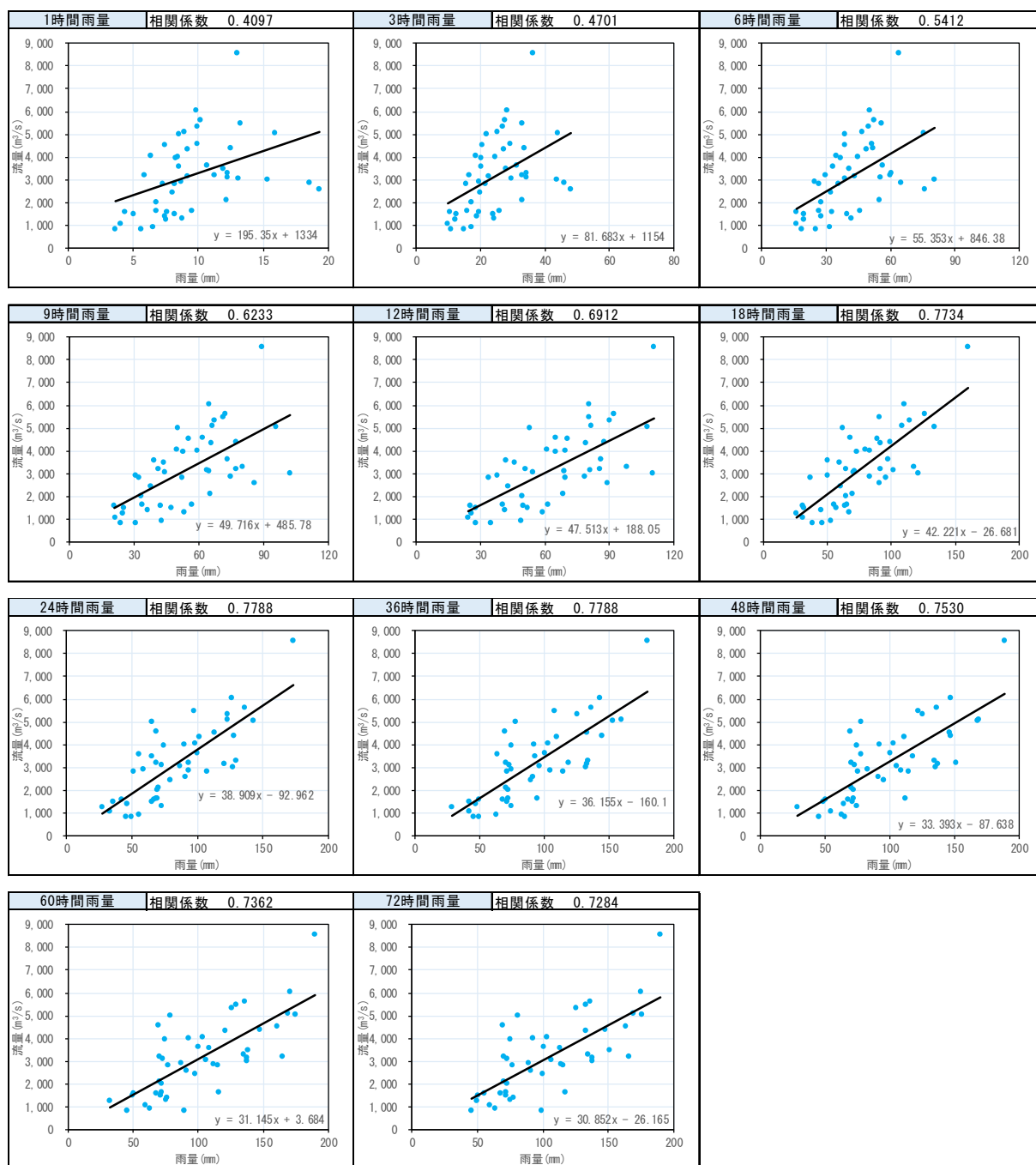


図 1.16 (1) ピーク流量と雨量との相関関係

(①ピーク流量生起前で最大となる短時間雨量：両羽橋地点)

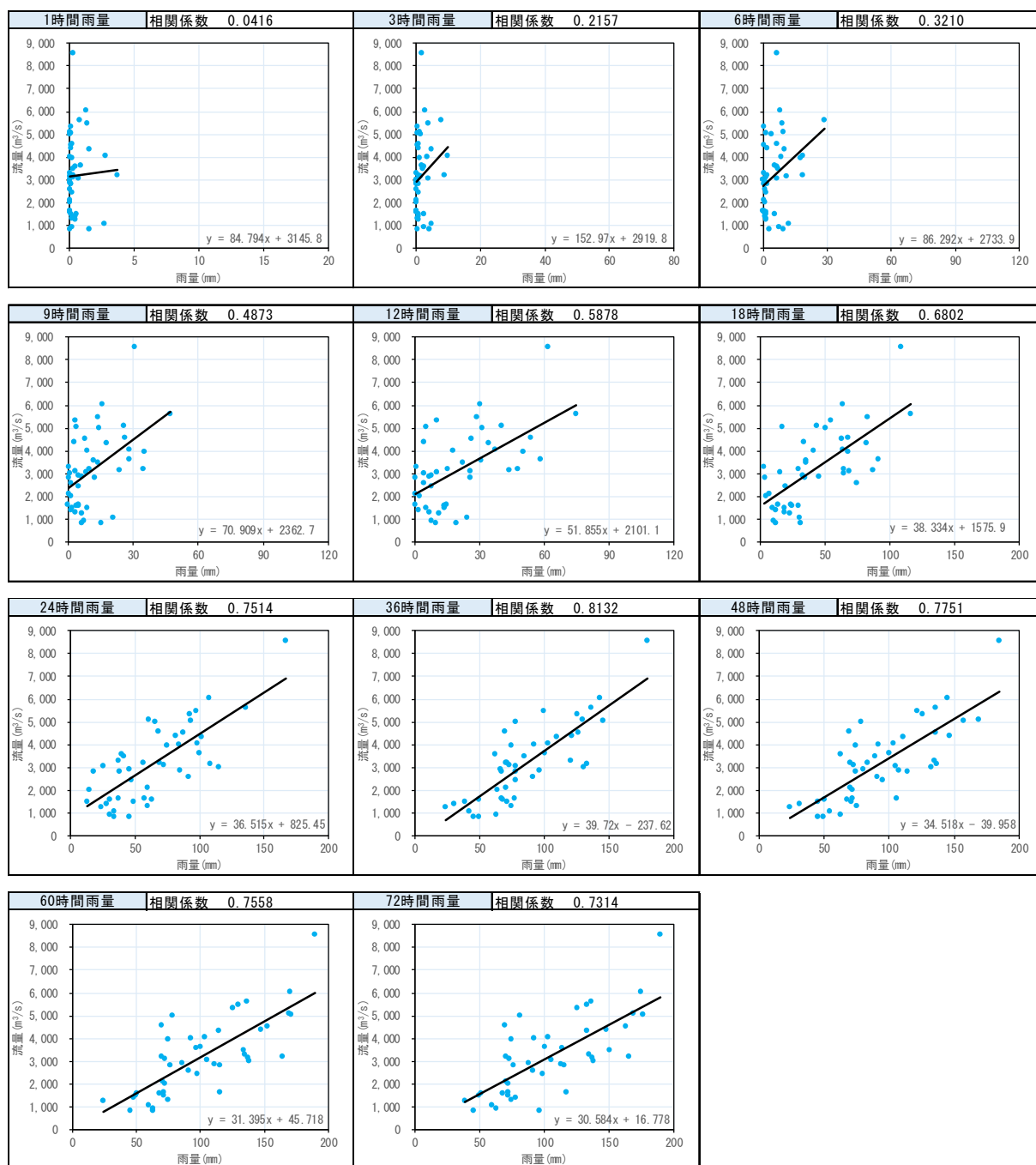


図 1.17 (1) ピーク流量と雨量との相関関係

(②)ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量：両羽橋地点)

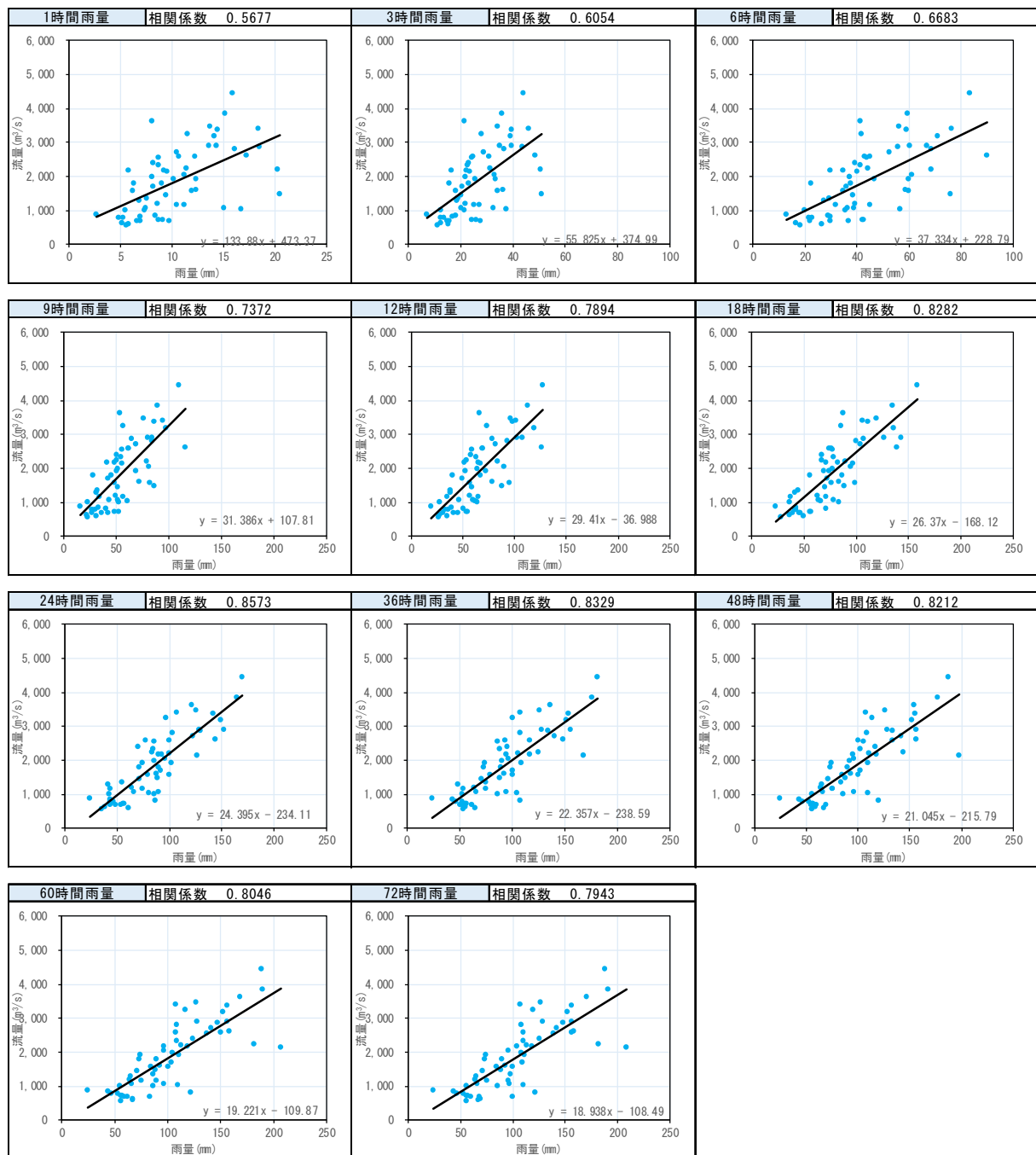


図 1.16 (2) ピーク流量と雨量との相関関係

(①ピーク流量生起前で最大となる短時間雨量：下野地点)

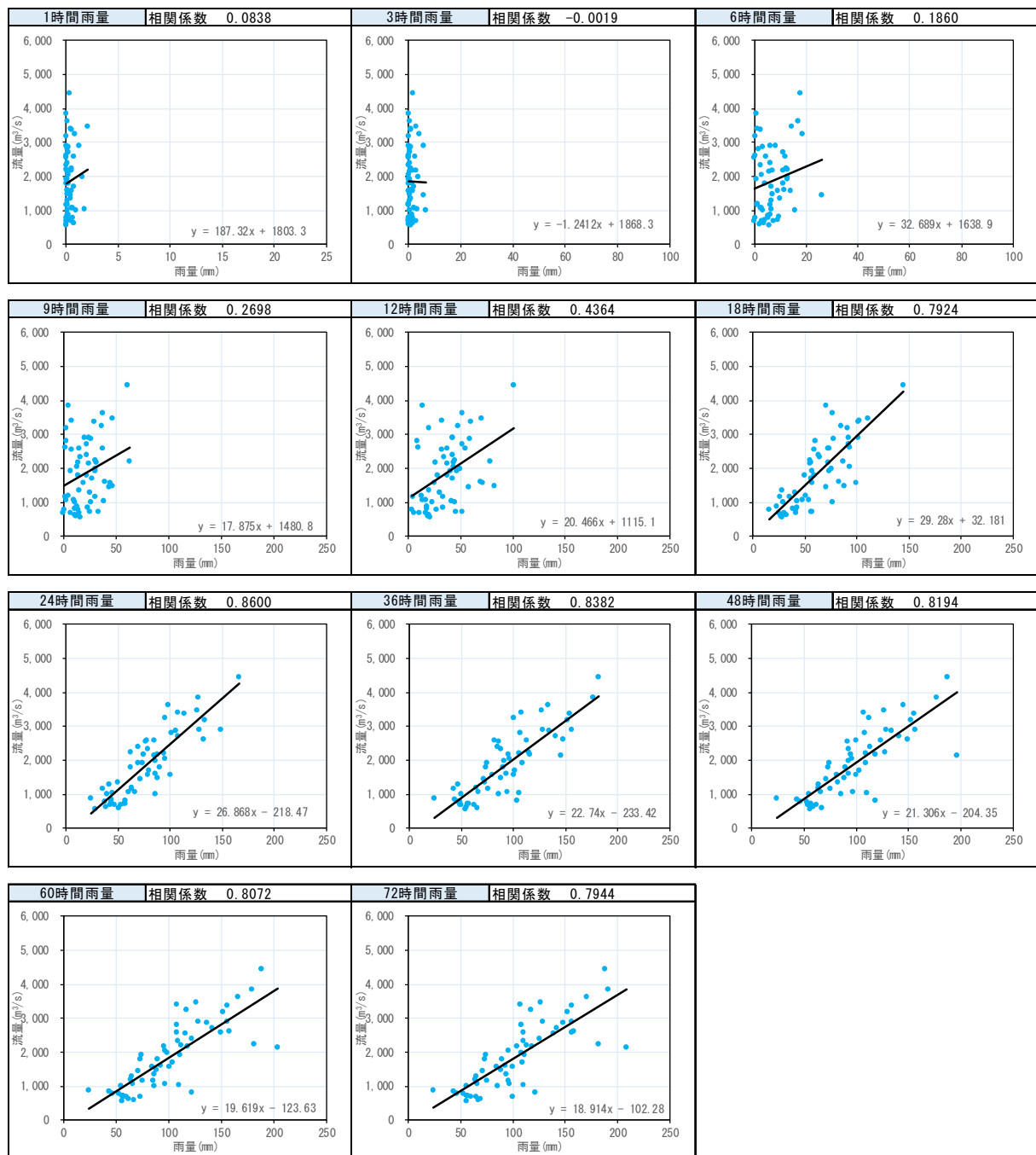


図 1.17 (2) ピーク流量と雨量との相関関係

(②ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量：下野地点)

(4) 強い降雨強度の継続時間

比較的強い降雨強度である時間 5mm/h の降雨の継続時間及び強い降雨強度である時間 10mm/h の降雨の継続時間の集計を行った。なお、対象降雨は過去洪水（昭和 30 年（1955 年）～令和 6 年（2024 年））から各年最大の水位を記録した洪水を抽出し、そのうち上位 10 洪水とした。

以下に集計した結果を示す。この結果、両羽橋地点における 5mm/h 以上の降雨継続時間は 6～18 時間、平均 14 時間、10mm/h 以上の継続時間は 0～5 時間、平均 1 時間となった。下野地点における 5mm/h 以上の降雨継続時間は 8～24 時間、平均 16 時間、10mm/h 以上の降雨継続時間は 0～8 時間、平均 4 時間となった。このため洪水のピーク流量を形成している強い降雨強度の継続時間は、両羽橋地点では概ね 36 時間、下野地点では概ね 24 時間でカバーできることがわかる。

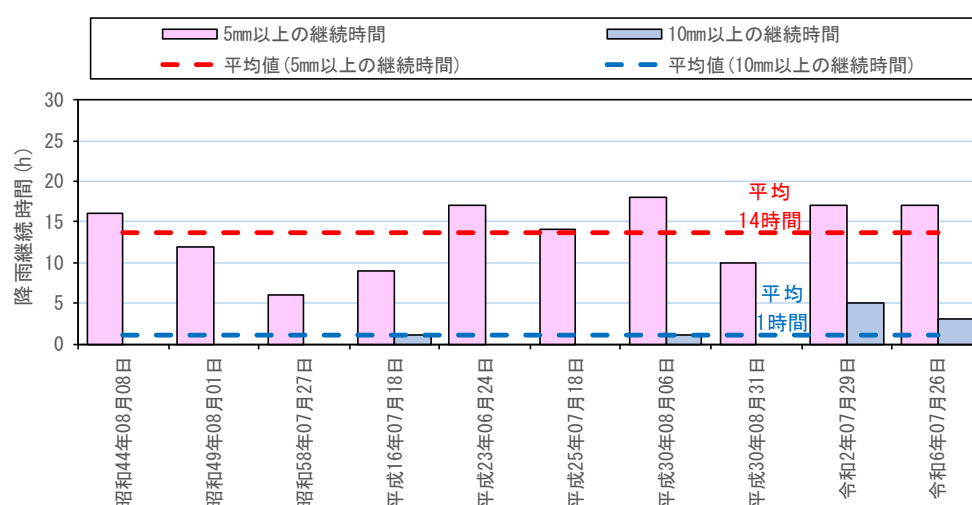


図 1.18 (1) 強い降雨強度の継続時間（基準地点両羽橋）

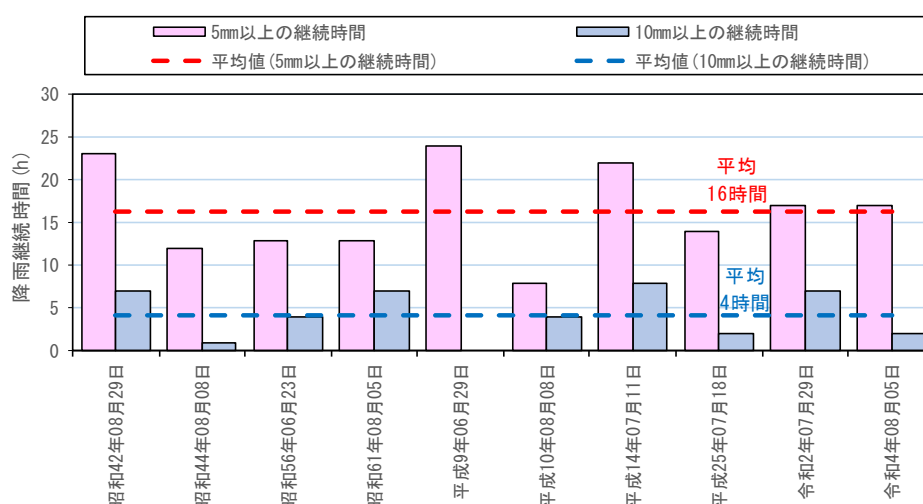


図 1.18 (2) 強い降雨強度の継続時間（基準地点下野）

(5) 対象降雨の継続時間の設定

対象降雨の継続時間は、時間雨量データの存在する昭和 30 年(1955 年)から令和 6 年(2024 年)(70 年間)の主要な洪水を対象に、以下に示す洪水到達時間や強い降雨強度の継続時間等から総合的に判断して、基準地点両羽橋で 36 時間、基準地点下野で 24 時間と設定した。

表 1.13 対象降雨の継続時間の検討結果

項目	両羽橋	下野
1)Kinematic Wave 法による洪水の到達時間	18～49 時間 (平均 30 時間)	17～36 時間 (平均 28 時間)
2)角屋の式による洪水の到達時間	15.7～20.9 時間 (平均 18.4 時間)	14.0～16.1 時間 (平均 14.9 時間)
3)ピーク流量と雨量の相関	ピーク流量との相関の高い 短時間雨量は、36 時間	ピーク流量との相関の高い 短時間雨量は、24 時間
4)強い降雨強度の継続時間	5mm 以上 6～18 時間 (平均 13.6 時間) 10mm 以上 0～5 時間 (平均 1.0 時間)	5mm 以上 8～24 時間 (平均 16.3 時間) 10mm 以上 0～8 時間 (平均 4.2 時間)

1.6 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定

対象降雨の継続時間は、Kinematic Wave 法及び角屋の式等による洪水到達時間、短時間雨量と洪水ピーク流量との相関、強い降雨強度の継続時間等から総合的に判断した結果、既定計画の 2 日から基準地点両羽橋は 36 時間に、基準地点下野は 24 時間に変更した。

対象降雨の降雨量は、降雨量変化倍率の算定に用いている過去実験の期間が平成 22 年（2010 年）までであることを踏まえ、既定計画からの雨量標本のデータ延伸は平成 22 年（2010 年）までにとどめ、平成 22 年（2010 年）までの雨量標本を用いて定常の水文統計解析により基準地点両羽橋では 1/150 確率雨量を、基準地点下野では 1/100 確率雨量を算定し、これに降雨量変化倍率を乗じた値とする。

確率雨量は、水文解析に一般的に用いられている確率分布モデルにより、適合度の基準を満足する確率分布モデル（ $SLSC \leq 0.040$ ）かつ、Jackknife 推定誤差が最小となる確率水文量を採用した。

基準地点両羽橋の 1/150 確率雨量は、昭和 30 年（1955 年）～平成 22 年（2010 年）の 56 年間の各年最大 36 時間雨量を確率処理し、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルによる 166.0mm/36h と決定した。

基準地点下野の 1/100 確率雨量は、昭和 30 年（1955 年）～平成 22 年（2010 年）の 56 年間の各年最大 24 時間雨量を確率処理し、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルによる 179.4mm/24h と決定した。

表 1.14 (1) 基準地点両羽橋 36 時間雨量 1/150 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点：両羽橋				
		SLSC	pAIC	Jackknife 推定誤差 (1/150)	確率1/150 36時間 雨量 (mm)	備考
極値 分布型	指数分布 Exp	0.075	506.5	12.5	222.7	SLSC>0.04
	グンベル分布 Gumbel	0.046	534.9	10.5	196.0	SLSC>0.04
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.054	537.0	17.9	233.1	SLSC>0.04
	一般化極値分布 Gev	0.042	536.1	10.6	178.5	SLSC>0.04
ガンマ 分布型	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）LP3Rs	0.031	535.7	6.5	166.0	jk推定誤差最小
	対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法）LogP3	0.028	535.8	11.7	182.4	
対数正規 分布型	岩井法 Iwai	0.030	536.1	9.6	181.8	
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.033	536.8	6.9	172.7	
	対数正規分布3母数クォンタイル法 LN3Q	0.033	536.6	14.4	172.4	
	対数正規分布3母数 (SladeⅡ) LN3PM	0.033	536.8	6.8	172.5	
	対数正規分布2母数 (SladeⅠ, L積率法) LN2LM	0.030	534.3	13.9	195.2	
	対数正規分布2母数 (SladeⅠ, 積率法) LN2PM	0.031	534.2	13.2	191.8	
	対数正規分布4母数 (SladeⅣ, 積率法) LN4PM	0.031	538.2	13.0	190.4	

表 1.14 (2) 基準地点下野 24 時間雨量 1/100 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点：下野				
		SLSC	pAIC	Jackknife 推定誤差 (1/100)	確率1/100 24時間 雨量 (mm)	備考
極値 分布型	指数分布 Exp	0.056	508.1	14.5	202.7	SLSC>0.04
	グンベル分布 Gumbel	0.026	536.3	12.2	179.4	jk推定誤差最小
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.041	538.4	16.3	213.8	SLSC>0.04
	一般化極値分布 Gev	0.024	538.1	18.2	167.7	
ガンマ 分布型	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）LP3Rs	0.023	537.7	13.2	163.2	
	対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法）LogP3	0.021	537.5	16.7	171.7	
対数正規 分布型	岩井法 Iwai	0.022	537.8	16.3	174.0	
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.022	538.0	13.4	168.2	
	対数正規分布3母数クォンタイル法 LN3Q	0.023	537.9	16.6	168.1	
	対数正規分布3母数 (SladeⅡ) LN3PM	0.022	538.0	13.3	167.8	
	対数正規分布2母数 (SladeⅠ, L積率法) LN2LM	0.023	536.0	15.1	183.1	
	対数正規分布2母数 (SladeⅠ, 積率法) LN2PM	0.024	536.0	14.4	181.0	
	対数正規分布4母数 (SladeⅣ, 積率法) LN4PM	0.024	539.9	14.1	179.6	

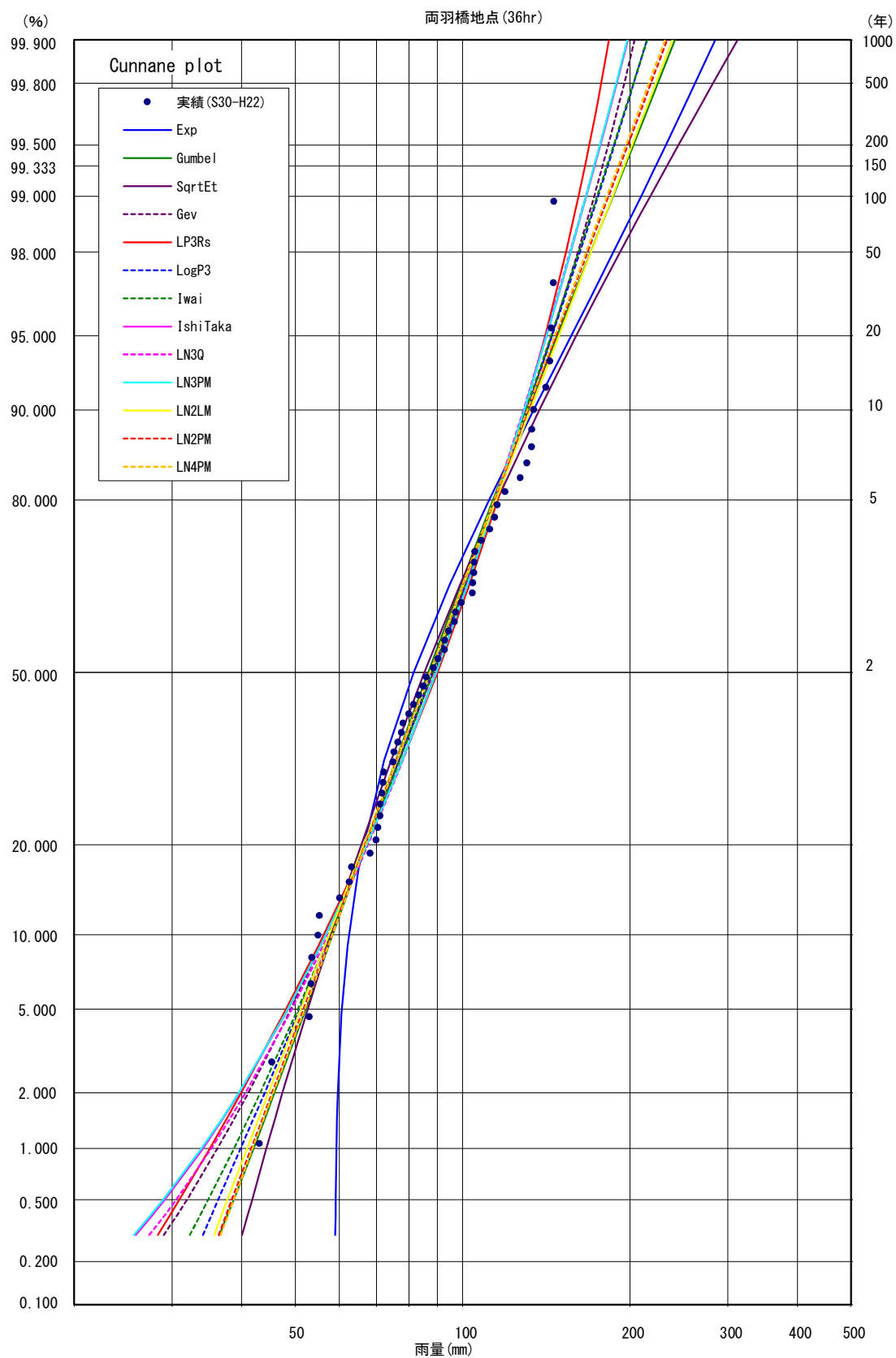


図 1.19 (1) 雨量確率計算結果

(基準地点両羽橋 36 時間雨量 昭和 30 年(1955 年)～平成 22 年(2010 年))

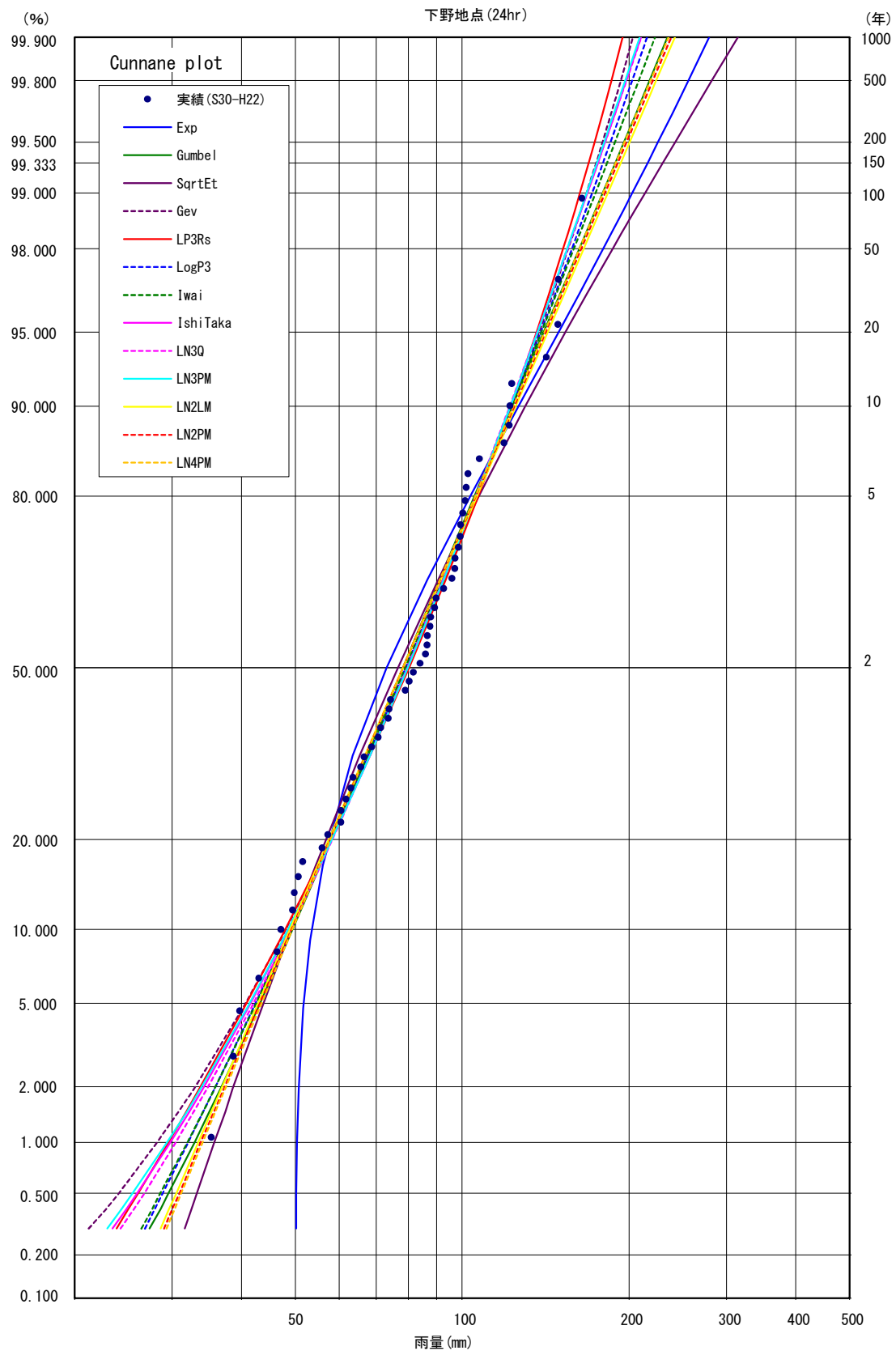


図 1.19 (2) 雨量確率計算結果

(基準地点下野 24 時間雨量 昭和 30 年(1955 年)～平成 22 年(2010 年))

表 1.15 (1) 年最大 36 時間雨量一覧 (基準地点両羽橋)

両羽橋

年	36時間雨量			年	36時間雨量		
	洪水名	最大値 (mm)	生起 日時		洪水名	最大値 (mm)	生起 日時
1955	S30	S30.06.26	99.47	1989	H01	H01.08.07	71.66
1956	S31	S31.07.17	83.35	1990	H02	H02.06.27	115.42
1957	S32	S32.07.08	141.15	1991	H03	H03.10.13	84.92
1958	S33	S33.07.28	127.00	1992	H04	H04.07.17	71.93
1959	S34	S34.08.22	105.18	1993	H05	H05.07.14	92.88
1960	S35	S35.07.15	60.10	1994	H06	H06.07.02	68.14
1961	S36	S36.07.04	71.10	1995	H07	H07.08.10	77.60
1962	S37	S37.07.15	54.92	1996	H08	H08.09.22	43.05
1963	S38	S38.06.04	45.34	1997	H09	H09.06.29	133.11
1964	S39	S39.07.13	86.06	1998	H10	H10.08.08	114.19
1965	S40	S40.07.18	76.47	1999	H11	H11.09.15	133.08
1966	S41	S41.07.18	111.81	2000	H12	H12.07.09	75.22
1967	S42	S42.08.29	130.39	2001	H13	H13.06.26	72.08
1968	S43	S43.08.21	80.02	2002	H14	H14.07.11	144.42
1969	S44	S44.08.08	145.54	2003	H15	H15.07.25	53.39
1970	S45	S45.07.17	62.53	2004	H16	H16.07.18	108.10
1971	S46	S46.07.16	104.89	2005	H17	H17.06.28	97.16
1972	S47	S47.07.09	74.93	2006	H18	H18.10.07	104.16
1973	S48	S48.06.24	53.53	2007	H19	H19.06.29	70.34
1974	S49	S49.08.01	78.11	2008	H20	H20.08.17	52.98
1975	S50	S50.08.06	81.58	2009	H21	H21.07.19	71.06
1976	S51	S51.08.06	143.43	2010	H22	H22.09.14	92.74
1977	S52	S52.09.20	88.58				
1978	S53	S53.06.26	119.19				
1979	S54	S54.07.29	96.69				
1980	S55	S55.07.15	90.25				
1981	S56	S56.08.23	145.89				
1982	S57	S57.09.13	104.71				
1983	S58	S58.07.27	69.83				
1984	S59	S59.09.04	94.31				
1985	S60	S60.07.01	55.20				
1986	S61	S61.08.05	134.14				
1987	S62	S62.08.29	104.34				
1988	S63	S63.08.05	63.08				

表 1.15 (2) 年最大 24 時間雨量一覧 (基準地点下野)

下野

年	24時間雨量			年	24時間雨量		
	洪水名	最大値 (mm)	生起 日時		洪水名	最大値 (mm)	生起 日時
1955	S30	S30.06.26	46.40	1989	H01	H01.08.07	87.55
1956	S31	S31.07.17	98.50	1990	H02	H02.06.27	86.57
1957	S32	S32.07.08	122.88	1991	H03	H03.10.13	70.58
1958	S33	S33.09.27	99.22	1992	H04	H04.07.01	57.26
1959	S34	S34.07.03	97.03	1993	H05	H05.08.28	102.51
1960	S35	S35.07.15	66.55	1994	H06	H06.08.22	60.46
1961	S36	S36.06.28	63.02	1995	H07	H07.07.11	84.02
1962	S37	S37.07.15	50.66	1996	H08	H08.09.22	55.95
1963	S38	S38.10.30	39.73	1997	H09	H09.06.29	121.64
1964	S39	S39.07.13	89.24	1998	H10	H10.08.08	107.47
1965	S40	S40.07.18	85.96	1999	H11	H11.09.15	121.99
1966	S41	S41.07.18	100.38	2000	H12	H12.07.09	74.32
1967	S42	S42.08.29	164.51	2001	H13	H13.06.26	89.79
1968	S43	S43.08.21	35.28	2002	H14	H14.07.11	141.89
1969	S44	S44.08.08	97.06	2003	H15	H15.06.28	49.82
1970	S45	S45.07.17	60.53	2004	H16	H16.10.21	81.66
1971	S46	S46.07.16	73.59	2005	H17	H17.06.28	87.81
1972	S47	S47.08.26	49.43	2006	H18	H18.10.07	92.65
1973	S48	S48.06.24	38.67	2007	H19	H19.06.29	73.84
1974	S49	S49.09.25	61.71	2008	H20	H20.08.17	68.69
1975	S50	S50.08.06	47.14	2009	H21	H21.10.08	51.60
1976	S51	S51.08.06	119.07	2010	H22	H22.09.14	80.28
1977	S52	S52.09.20	101.25				
1978	S53	S53.06.26	95.96				
1979	S54	S54.07.29	101.75				
1980	S55	S55.08.27	79.06				
1981	S56	S56.08.23	148.86				
1982	S57	S57.09.13	99.43				
1983	S58	S58.07.31	42.98				
1984	S59	S59.09.04	86.51				
1985	S60	S60.07.04	63.54				
1986	S61	S61.08.05	149.20				
1987	S62	S62.08.29	71.35				
1988	S63	S63.08.05	65.69				

また、気候変動の影響を考慮した対象降雨の降雨量として、基準地点両羽橋では年超過確率 1/150 雨量 166.0mm/36h に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じた 183mm/36h に、基準地点下野では年超過確率 1/100 雨量 179.4mm/24h に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じた 197mm/24h に設定した(表 1.16 参照)。

表 1.16 (1) 1/150 確率規模降雨量 (基準地点両羽橋)

	基準地点両羽橋	備考
1/150 確率雨量 (標本期間：昭和 30 年～ 平成 22 年)	166.0mm/36h	確率手法 $SLSC \leq 0.04$ Jackknife 推定誤差最小
気候変動を 考慮した降雨量	183mm/36h	$166.0\text{mm}/36\text{h} \times \text{降雨量変化倍率}(=1.1)$

表 1.16 (2) 1/100 確率規模降雨量 (基準地点下野)

	基準地点下野	備考
1/100 確率雨量 (標本期間：昭和 30 年～ 平成 22 年)	179.4mm/24h	確率手法 $SLSC \leq 0.04$ Jackknife 推定誤差最小
気候変動を 考慮した降雨量	197mm/24h	$179.4\text{mm}/24\text{h} \times \text{降雨量変化倍率}(=1.1)$

参考として、近年降雨の気候変動の影響等を確認するため、雨量標本に「非定常状態の検定：Mann-Kendall 検定等」を行った上で、非定常性が確認されない場合は最新年までデータを延伸し、非定常性が確認された場合は「非定常性が現れる前までのデータ延伸」ととどめ、定常の水文統計解析による確率雨量の算定等も併せて実施した。

【基準地点両羽橋】

(1)Mann-Kendall 検定（定常/非定常性を確認）

昭和 30 年（1955 年）～平成 22 年（2010 年）までの雨量データに 1 年ずつ雨量データを追加し、令和 6 年（2024 年）までのデータを対象とした検定結果を確認した。

⇒非定常性は確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施した。

(2)近年降雨までデータ延伸を実施

非定常性が確認されなかったことから、最新年（令和 6 年（2024 年））まで時間雨量データを延伸し、水文解析に一般に用いられる確率分布モデルによる年超過確率 1/150 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年超過確率 1/150 雨量を算定した。

⇒令和 6 年（2024 年）までの雨量データを用いた場合の基準地点両羽橋における年超過確率 1/150 雨量は 187.8mm/36h となりデータ延伸により確率雨量は大きくなるが計画対象降雨の降雨量と同程度である。

【基準地点下野】

(1)Mann-Kendall 検定（定常/非定常性を確認）

昭和 30 年（1955 年）～平成 22 年（2010 年）までの雨量データに 1 年ずつ雨量データを追加し、令和 6 年（2024 年）までのデータを対象とした検定結果を確認した。

⇒非定常性は確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施した。

(2)近年降雨までデータ延伸を実施

非定常性が確認されなかったことから、最新年（令和 6 年（2024 年））まで時間雨量データを延伸し、水文解析に一般に用いられる確率分布モデルによる年超過確率 1/100 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年超過確率 1/100 雨量を算定した。

⇒令和 6 年（2024 年）までの雨量データを用いた場合の基準地点下野における年超過確率 1/100 雨量は 173.7mm/24h となりデータ延伸による確率雨量に大きな差は確認されない。

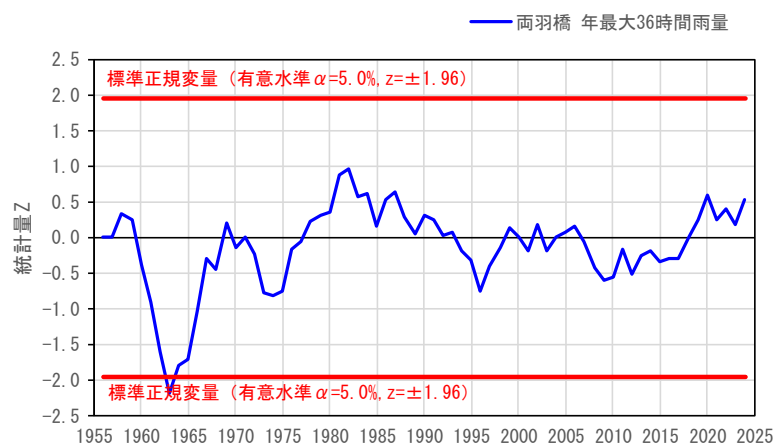


図 1.20 (1) Mann-Kendall 検定（定常／非定常性を確認）（基準地点両羽橋）

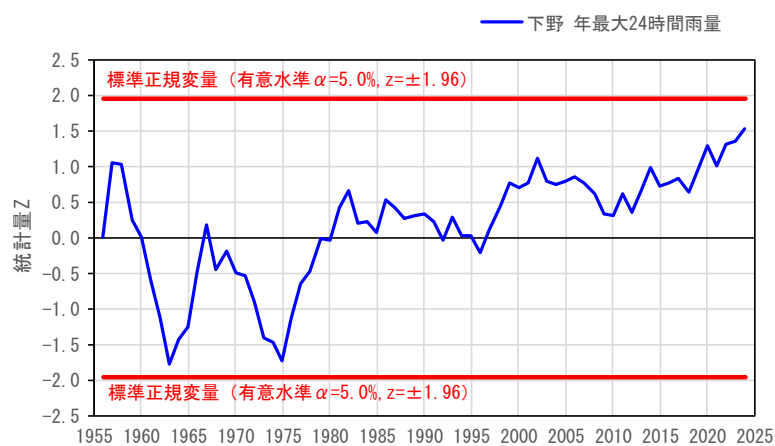


図 1.20 (2) Mann-Kendall 検定（定常／非定常性を確認）（基準地点下野）

1.7 対象降雨波形の設定

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

基本高水のピーク流量の設定に用いる降雨波形群は、基準地点両羽橋では、最上川（両羽橋地点）における「36 時間雨量の上位 10 洪水」もしくは「実績ピーク流量の上位 10 洪水」となる洪水のうち、年超過確率 1/150 確率雨量への引き伸ばし率が 2 倍以下かつピーク流量が平均年最大流量以上となる洪水を選定した。基準地点下野では、最上川（下野地点）における「24 時間雨量の上位 10 洪水」もしくは「実績ピーク流量の上位 10 洪水」となる洪水のうち、年超過確率 1/100 確率雨量への引き伸ばし率が 2 倍以下かつピーク流量が平均年最大流量以上となる洪水を選定した。

以上を踏まえて、各地点の代表洪水は表 1.17 に示す基準地点両羽橋で 15 洪水、基準地点下野で 15 洪水とした。

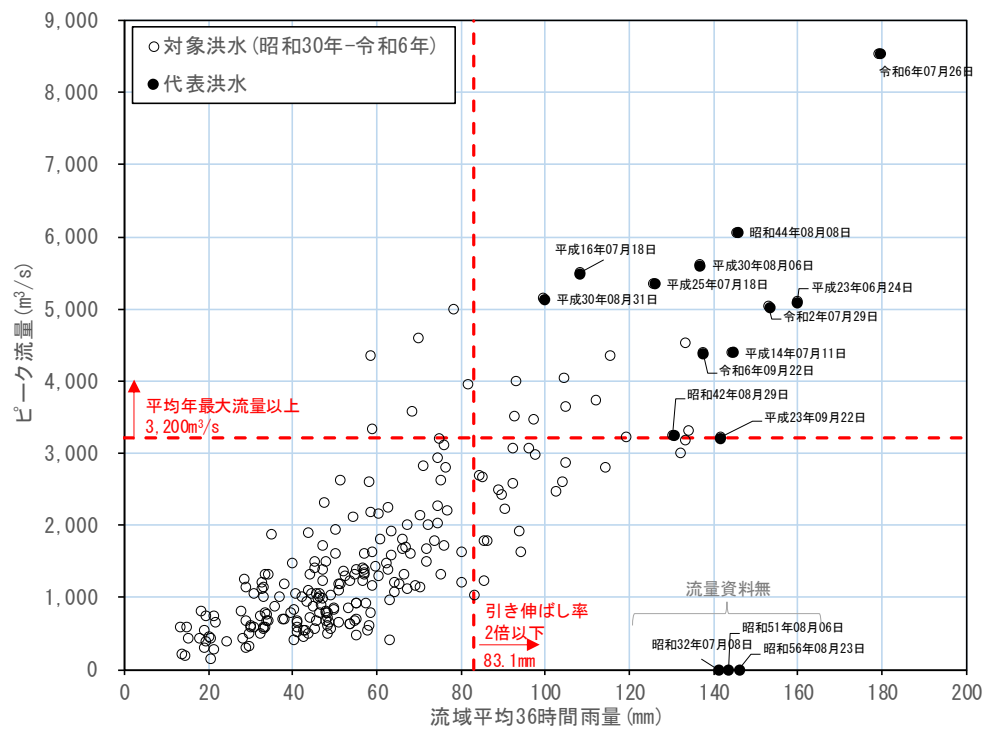


図 1.21 (1) 対象洪水の選定（基準地点両羽橋）

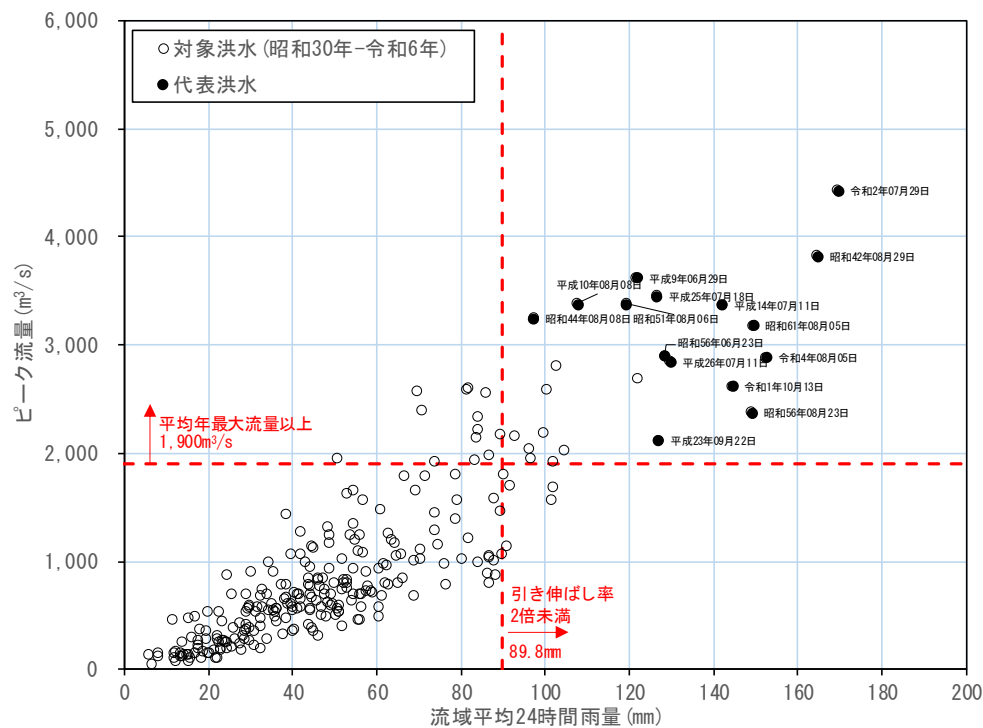


図 1.21 (2) 対象洪水の選定（基準地点下野）

表 1.17 (1) 代表洪水の選定結果（基準地点両羽橋）

No	洪水型	基準地点両羽橋上流域		
		継続時間 内降雨量 (mm/36h)	拡大率	1/150 確率降雨量 × 1.1 (mm)
1	昭和32年07月08日	141.2	1.294	183
2	昭和42年08月29日	130.4	1.400	183
3	昭和44年08月08日	145.5	1.255	183
4	昭和51年08月06日	143.4	1.273	183
5	昭和56年08月23日	145.9	1.252	183
6	平成14年07月11日	144.4	1.264	183
7	平成16年07月18日	108.1	1.689	183
8	平成23年06月24日	159.8	1.143	183
9	平成23年09月22日	141.5	1.291	183
10	平成25年07月18日	125.8	1.452	183
11	平成30年08月06日	136.7	1.336	183
12	平成30年08月31日	99.6	1.833	183
13	令和2年07月29日	153.1	1.193	183
14	令和6年07月26日	179.3	1.018	183
15	令和6年09月22日	137.4	1.329	183

表 1.17 (2) 代表洪水の選定結果（基準地点下野）

No	洪水型	基準地点下野上流域		
		継続時間 内降雨量 (mm/24h)	拡大率	1/100 確率降雨量 × 1.1 (mm)
1	昭和42年08月29日	164.5	1.200	197
2	昭和44年08月08日	97.1	2.033 [※]	197
3	昭和51年08月06日	119.1	1.657	197
4	昭和56年06月23日	128.2	1.540	197
5	昭和56年08月23日	148.9	1.326	197
6	昭和61年08月05日	149.2	1.323	197
7	平成9年06月29日	121.6	1.622	197
8	平成10年08月08日	107.5	1.836	197
9	平成14年07月11日	141.9	1.391	197
10	平成23年09月22日	126.8	1.557	197
11	平成25年07月18日	126.3	1.563	197
12	平成26年07月11日	129.6	1.523	197
13	令和元年10月13日	144.3	1.368	197
14	令和2年07月29日	169.4	1.165	197
15	令和4年08月05日	152.4	1.295	197

※気候変動による降雨量変化倍率を考慮する前の降雨量に対しては2倍未満となる。

1.8 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

1.8.1 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対象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、前項で設定した洪水について、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、対象降雨としての妥当性評価により代表的な洪水に適さない洪水については検討対象から除外した上で対象降雨波形を設定した。

1.8.2 棄却基準の設定

棄却基準については、地域分布及び時間分布の異常な降雨として、1/500 以上の降雨をその判断基準とした。なお、引き伸ばし後の降雨量は気候変動による降雨量の増大を考慮しない雨量(降雨量変化倍率を乗じる前の雨量)とした。

1.8.3 地域分布の評価について

(1) 対象地域の設定

【基準地点両羽橋】

対象地域は、地形、年間降雨量分布、主要な地点や支川の関係から以下に示す 6 流域を選定した。

地域区分 1：小出地点上流域

地域区分 2：小出地点～長崎地点

地域区分 3：長崎地点～下野地点

地域区分 4：下野地点～堀内地点、最上小国川流域

地域区分 5：鮭川流域

地域区分 6：堀内下流残流域

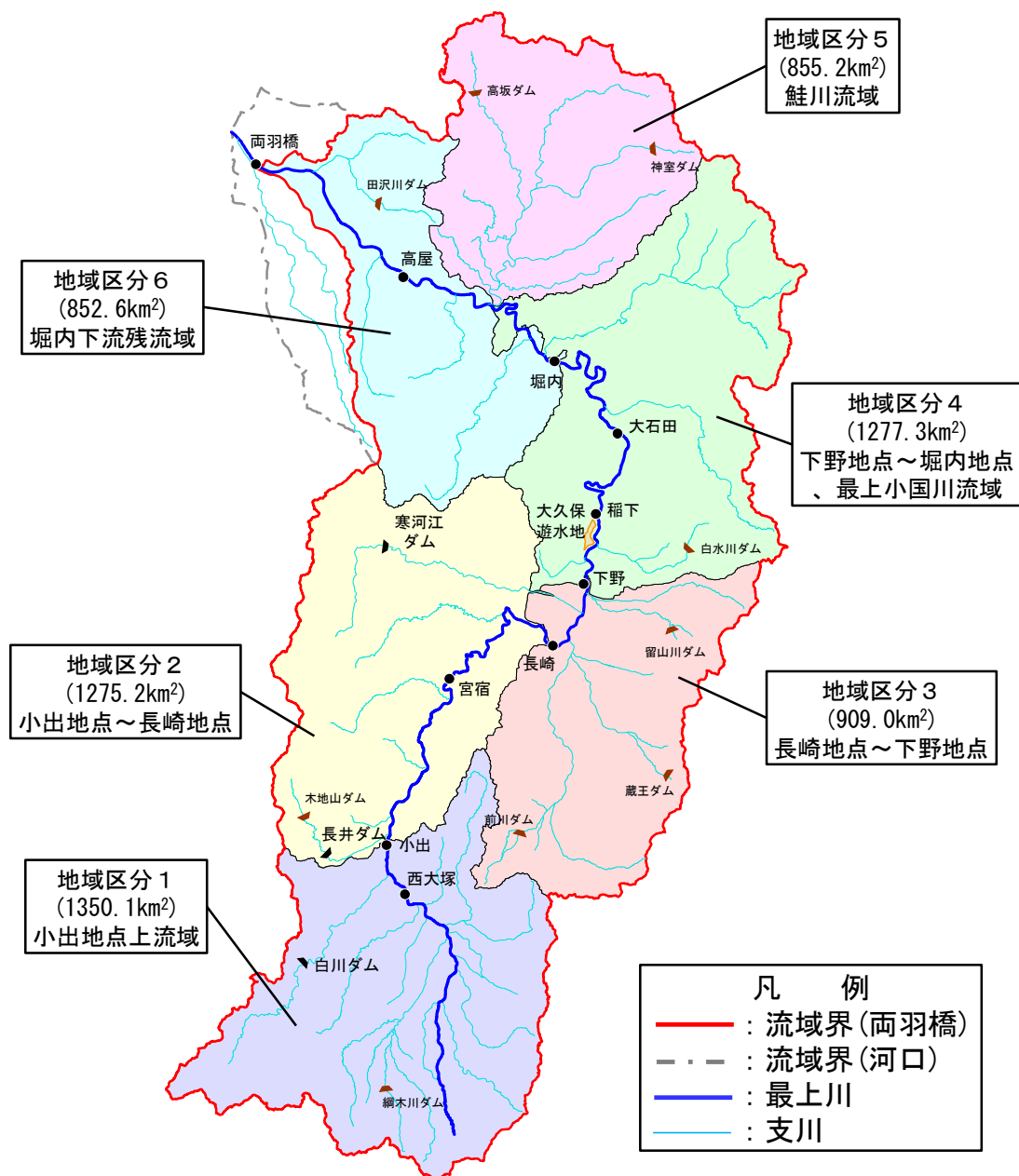


図 1.22 地域分布の検討対象流域

【基準地点下野】

対象地域は、地形、年間降雨量分布、主要な地点や支川の関係から以下に示す 5 流域を選定した。

地域区分 1：西大塚地点上流域

地域区分 2：西大塚地点～小出地点

地域区分 3：小出地点～宮宿地点

地域区分 4：宮宿地点～長崎地点

地域区分 5：長崎地点～下野地点

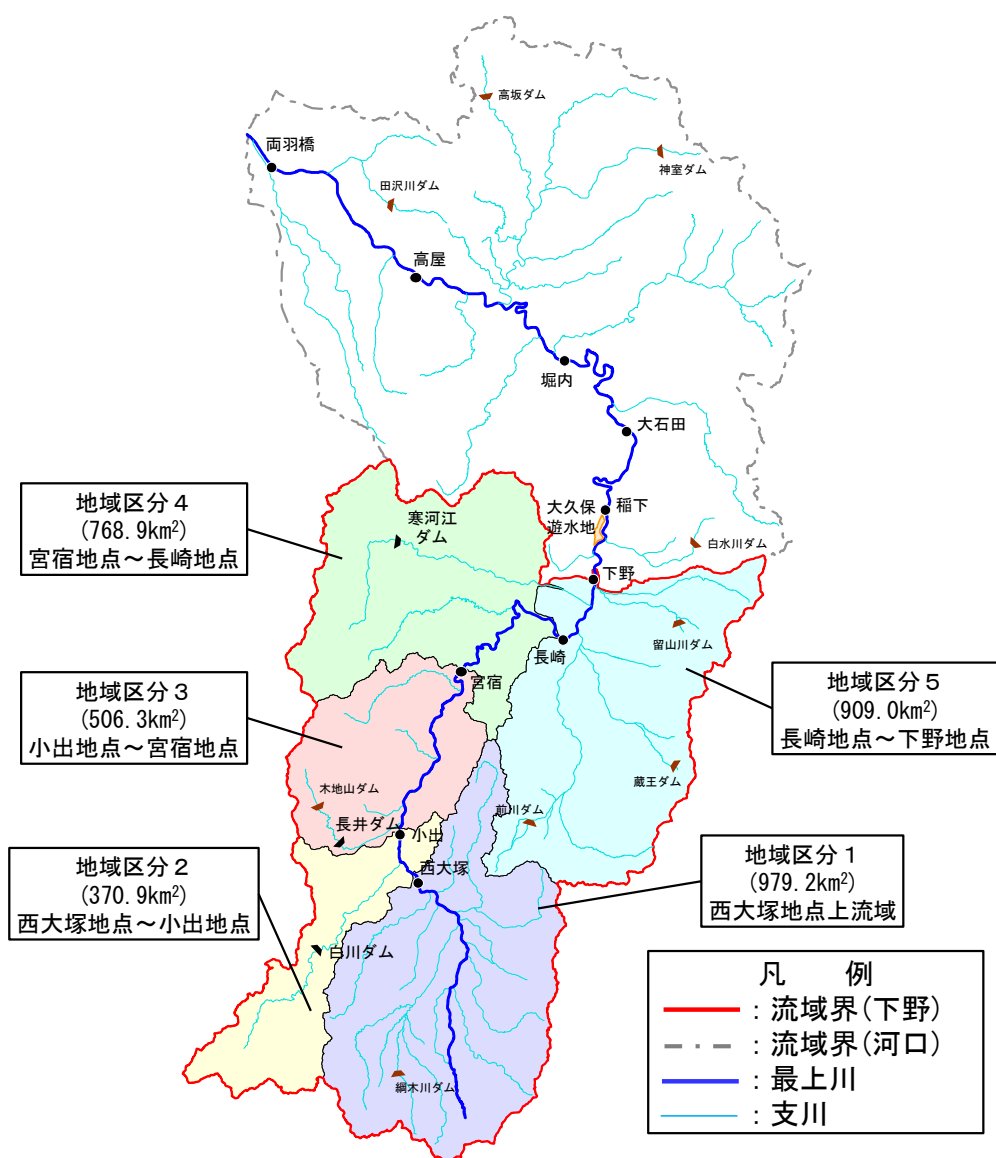


図 1.23 地域分布の検討対象流域

(2) 棄却基準値の設定

各選定地域における棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和 30 年（1955 年）～平成 22 年（2010 年）の期間を対象とした。基準地点両羽橋では各流域の年最大 36 時間雨量について、基準地点下野では各流域の年最大 24 時間雨量について確率計算を行い、各確率分布モデルの中で $SLSC \leq 0.04$ かつ Jackknife 推定誤差が最小となる確率分布モデルを採用し、1/500 降雨量を棄却基準値とした。

(3) 地域分布の雨量評価

設定した対象地域について、拡大後雨量の異常性評価を確認した。

各地域の拡大後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、基準地点両羽橋では 3 洪水、基準地点下野では 6 洪水が棄却となる。

表 1.18 (1) 地域分布による拡大後降雨の確率評価表（基準地点両羽橋引き伸ばし）

両羽橋地点 (1/150)															
洪水名	引伸し 期間	実績雨量 (mm)						拡大率	拡大後雨量 (mm)						棄却洪水
		地域区分1 小出上流	地域区分2 寒河江川 置賜野川	地域区分3 須川	地域区分4 最上 小国川	地域区分5 鮎川	地域区分6 下流 残流域		地域区分1 小出上流	地域区分2 寒河江川 置賜野川	地域区分3 須川	地域区分4 最上 小国川	地域区分5 鮎川	地域区分6 下流 残流域	
昭和32年07月08日	～07/09 06時	92.1	179.9	99.0	136.9	206.6	146.7	1.176	108.3	211.6	116.5	161.0	243.0	172.5	
昭和42年08月29日	～08/29 14時	246.0	151.8	108.3	72.9	69.4	86.2	1.273	313.2	193.3	137.8	92.8	88.4	109.8	×
昭和44年08月08日	～08/09 00時	67.6	142.8	104.4	188.3	183.2	215.0	1.141	77.1	162.8	119.0	214.8	209.0	245.2	
昭和51年08月06日	～08/07 06時	105.1	192.1	142.3	153.5	109.1	152.0	1.157	121.7	222.3	164.7	177.6	126.3	175.9	
昭和56年08月23日	～08/23 21時	127.2	126.6	213.4	157.0	118.4	143.4	1.138	144.7	144.0	242.8	178.6	134.7	163.2	
平成14年07月11日	～07/11 15時	152.6	161.3	149.1	138.2	133.8	121.2	1.149	175.4	185.4	171.4	158.8	153.8	139.3	
平成16年07月18日	～07/17 17時	81.3	121.2	72.2	83.2	186.8	127.5	1.536	124.8	186.1	110.8	127.8	286.8	195.8	
平成23年06月24日	～06/24 14時	93.7	197.6	78.9	131.9	268.9	226.6	1.039	97.3	205.3	82.0	137.1	279.3	235.4	
平成23年09月22日	～09/21 16時	154.4	166.4	168.9	122.4	105.9	119.2	1.173	181.1	195.3	198.1	143.6	124.2	139.8	
平成25年07月18日	～07/19 02時	79.3	201.8	103.7	101.7	132.6	138.6	1.320	104.7	266.2	136.8	134.1	174.9	182.9	
平成30年08月06日	～08/06 19時	11.5	100.8	71.7	198.9	259.4	241.6	1.215	14.0	122.5	87.0	241.6	315.1	293.4	×
平成30年08月31日	～08/31 23時	36.8	63.4	37.0	123.7	201.9	181.2	1.666	61.4	105.6	61.6	206.2	336.4	301.8	×
令和2年07月29日	～07/29 01時	147.1	234.5	162.6	110.0	89.8	158.8	1.084	159.5	254.3	176.3	119.3	97.3	172.2	
令和6年07月26日	～07/26 08時	74.0	146.6	96.6	203.7	350.5	274.8	0.926	68.5	135.7	89.5	188.6	324.5	254.5	
令和6年09月22日	～09/22 12時	76.7	184.1	112.9	135.7	172.7	157.1	1.208	92.6	222.4	136.4	163.9	208.6	189.8	
棄却基準 (1/500雨量)									233.6	269.7	251.5	237.4	321.9	271.3	
赤字：棄却基準値超過															
拡大率1.0未満のため棄却しない															

赤字：棄却基準値超過

拡大率1.0未満のため棄却しない

表 1.18 (2) 地域分布による拡大後降雨の確率評価表（基準地点下野引き伸ばし）

下野地点 (1/100)													
洪水名	引伸し 期間	実績雨量 (mm)					拡大率	拡大後雨量 (mm)					棄却洪水
		地域区分1 西大塚 上流	地域区分2 置賜白川	地域区分3 置賜野川	地域区分4 寒河江川	地域区分5 須川		地域区分1 西大塚 上流	地域区分2 置賜白川	地域区分3 置賜野川	地域区分4 寒河江川	地域区分5 須川	
昭和42年08月29日	～08/29 06時	203.0	281.0	204.4	105.4	103.4	1.091	221.4	306.4	222.9	115.0	112.7	×
昭和44年08月08日	～08/08 10時	65.6	77.6	118.2	138.1	92.4	1.848	121.2	143.4	218.5	255.3	170.8	×
昭和51年08月06日	～08/06 18時	65.4	83.1	141.9	187.0	121.4	1.507	98.6	125.2	213.8	281.7	182.9	×
昭和56年06月23日	～06/23 01時	106.9	130.2	185.0	146.2	103.3	1.400	149.6	182.3	258.9	204.6	144.6	
昭和56年08月23日	～08/23 14時	136.6	101.0	118.1	131.6	213.4	1.205	164.7	121.7	142.3	158.6	257.2	×
昭和61年08月05日	～08/05 11時	168.6	135.7	117.1	142.7	157.3	1.202	202.8	163.2	140.9	171.5	189.1	
平成9年06月29日	～06/29 04時	96.9	103.1	122.1	159.1	123.9	1.475	143.0	152.0	180.1	234.7	182.7	
平成10年08月08日	～08/07 15時	103.6	90.0	143.4	98.6	106.3	1.669	172.9	150.2	239.4	164.5	177.4	
平成14年07月11日	～07/11 07時	137.2	159.0	138.3	145.0	139.2	1.264	173.5	201.0	174.9	183.3	176.0	
平成23年09月22日	～09/21 06時	116.8	134.3	133.8	118.4	137.5	1.415	165.3	190.1	189.3	167.5	194.7	
平成25年07月18日	～07/18 17時	69.6	90.2	201.5	195.7	101.4	1.421	98.9	128.1	286.2	278.0	144.0	×
平成26年07月11日	～07/10 03時	133.2	137.3	190.9	115.7	100.0	1.385	184.4	190.1	264.3	160.2	138.5	
令和元年10月13日	～10/13 05時	183.6	143.9	109.8	112.4	148.2	1.244	228.3	179.0	136.5	139.8	184.2	
令和2年07月29日	～07/28 19時	131.8	156.1	222.8	215.3	147.0	1.059	139.6	165.3	235.9	228.0	155.7	
令和4年08月05日	～08/04 08時	196.5	257.9	221.4	103.4	64.8	1.177	231.3	303.6	260.7	121.7	76.3	×
棄却基準 (1/500雨量)								231.8	287.2	271.6	243.8	233.5	
赤字：棄却基準値超過													

赤字：棄却基準値超過

1.8.4 時間分布の評価について

(1) 対象時間の設定

対象時間は、基準地点両羽橋については、対象降雨の継続時間である 36 時間の 1/2 である『18 時間』、角屋の式から求められる洪水到達時間の最小値『16 時間』を対象とした。基準地点下野については、対象降雨の継続時間である 24 時間の 1/2 である『12 時間』、角屋の式から求められる洪水到達時間の最小値『14 時間』を対象とした。

(2) 棄却基準値の設定

対象時間における棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和 30 年（1955 年）～平成 22 年（2010 年）までの年最大雨量について確率計算を行い、年超過確率 1/500 雨量を棄却基準として設定した。確率モデルは計画対象降雨量の設定に用いた確率分布モデルを採用した。

(3) 時間分布の雨量評価

設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した。

各時間の拡大後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、基準地点両羽橋では棄却される洪水なし、基準地点下野では 1 洪水が棄却された。

表 1.19 (1) 短時間降雨確率評価結果 (基準地点両羽橋)

両羽橋地点 (1/150)

洪水名	引伸し 期間	実績雨量 (mm)		拡大率	拡大後雨量 (mm)		棄却洪水
		到達時間 16時間	計画降雨 継続時間 の1/2 18時間		到達時間 16時間	計画降雨 継続時間 の1/2 18時間	
昭和32年07月08日	~07/09 06時	123.0	127.7	1.176	144.7	150.1	
昭和42年08月29日	~08/29 14時	98.1	101.6	1.273	124.8	129.4	
昭和44年08月08日	~08/09 00時	103.0	110.6	1.141	117.5	126.1	
昭和51年08月06日	~08/07 06時	115.6	116.9	1.157	133.8	135.2	
昭和56年08月23日	~08/23 21時	124.2	135.2	1.138	141.3	153.8	
平成14年07月11日	~07/11 15時	93.9	99.4	1.149	107.9	114.2	
平成16年07月18日	~07/17 17時	85.3	85.5	1.536	131.0	131.2	
平成23年06月24日	~06/24 14時	97.9	108.6	1.039	101.7	112.8	
平成23年09月22日	~09/21 16時	69.6	76.7	1.173	81.7	90.0	
平成25年07月18日	~07/19 02時	109.7	114.9	1.320	144.7	151.6	
平成30年08月06日	~08/06 19時	114.2	126.1	1.215	138.7	153.2	
平成30年08月31日	~08/31 23時	67.9	68.5	1.666	113.0	114.0	
令和2年07月29日	~07/29 01時	124.2	133.6	1.084	134.7	144.8	
令和6年07月26日	~07/26 08時	149.8	160.2	0.926	138.7	148.3	
令和6年09月22日	~09/22 12時	74.6	77.3	1.208	90.1	93.4	
棄却基準 (1/500雨量)					146.0	154.6	

赤字 : 棄却基準値超過

拡大率1.0未満のため棄却しない

表 1.19 (2) 短時間降雨確率評価結果 (基準地点下野)

下野地点 (1/100)

洪水名	引伸し 期間	実績雨量 (mm)		拡大率	拡大後雨量 (mm)		棄却洪水
		計画降雨 継続時間 の1/2 12時間	到達時間 14時間		計画降雨 継続時間 の1/2 12時間	到達時間 14時間	
昭和42年08月29日	~08/29 06時	112.45	121.93	1.091	122.6	133.0	
昭和44年08月08日	~08/08 10時	73.64	80.48	1.848	136.1	148.8	
昭和51年08月06日	~08/06 18時	92.94	97.89	1.507	140.0	147.5	
昭和56年06月23日	~06/23 01時	102.79	113.69	1.400	143.9	159.1	
昭和56年08月23日	~08/23 14時	103.61	117.30	1.205	124.9	141.4	
昭和61年08月05日	~08/05 11時	118.50	127.20	1.202	142.5	152.9	
平成9年06月29日	~06/29 04時	65.77	74.43	1.475	97.0	109.8	
平成10年08月08日	~08/07 15時	101.09	103.50	1.669	168.7	172.8	×
平成14年07月11日	~07/11 07時	98.43	102.05	1.264	124.5	129.0	
平成23年09月22日	~09/21 06時	66.92	77.49	1.415	94.7	109.7	
平成25年07月18日	~07/18 17時	96.39	110.07	1.421	136.9	156.4	
平成26年07月11日	~07/10 03時	78.12	86.70	1.385	108.2	120.1	
令和元年10月13日	~10/13 05時	125.79	131.15	1.244	156.4	163.1	
令和2年07月29日	~07/28 19時	127.08	141.01	1.059	134.6	149.3	
令和4年08月05日	~08/04 08時	107.56	119.38	1.177	126.6	140.6	
棄却基準 (1/500雨量)					164.4	175.1	

赤字 : 棄却基準値超過

1.9 対象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

【基準地点両羽橋】

対象洪水について、36 時間雨量に対して、1/150 規模に 1.1 倍した降雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成し、流出計算を行った結果、基準地点両羽橋におけるピーク流量は 5,505m³/s ～9,949m³/s となった。基準地点両羽橋におけるピーク流量の一覧を表 1.20、洪水ごとのハイドログラフを図 1.24 に示す。

表 1.20 基本高水のピーク流量（基準地点両羽橋）

■：棄却洪水

No	洪水型	基準地点両羽橋上流域			両羽橋地点 ピーク流量 (m ³ /s)	棄却理由
		継続時間 内降雨量 (mm/36h)	1/150 確率降雨量 × 1.1 (mm)	拡大率		
1	昭和32年07月08日	141.2	183	1.294	7,471	
2	昭和42年08月29日	130.4	183	1.400	8,134	地域分布
3	昭和44年08月08日	145.5	183	1.255	8,547	
4	昭和51年08月06日	143.4	183	1.273	5,751	
5	昭和56年08月23日	145.9	183	1.252	7,901	
6	平成14年07月11日	144.4	183	1.264	6,611	
7	平成16年07月18日	108.1	183	1.689	8,601	
8	平成23年06月24日	159.8	183	1.143	5,505	
9	平成23年09月22日	141.5	183	1.291	5,884	
10	平成25年07月18日	125.8	183	1.452	8,523	
11	平成30年08月06日	136.7	183	1.336	10,450	地域分布
12	平成30年08月31日	99.6	183	1.833	11,504	地域分布
13	令和2年07月29日	153.1	183	1.193	9,470	
14	令和6年07月26日	179.3	183	1.018	9,949	
15	令和6年09月22日	137.4	183	1.329	7,668	

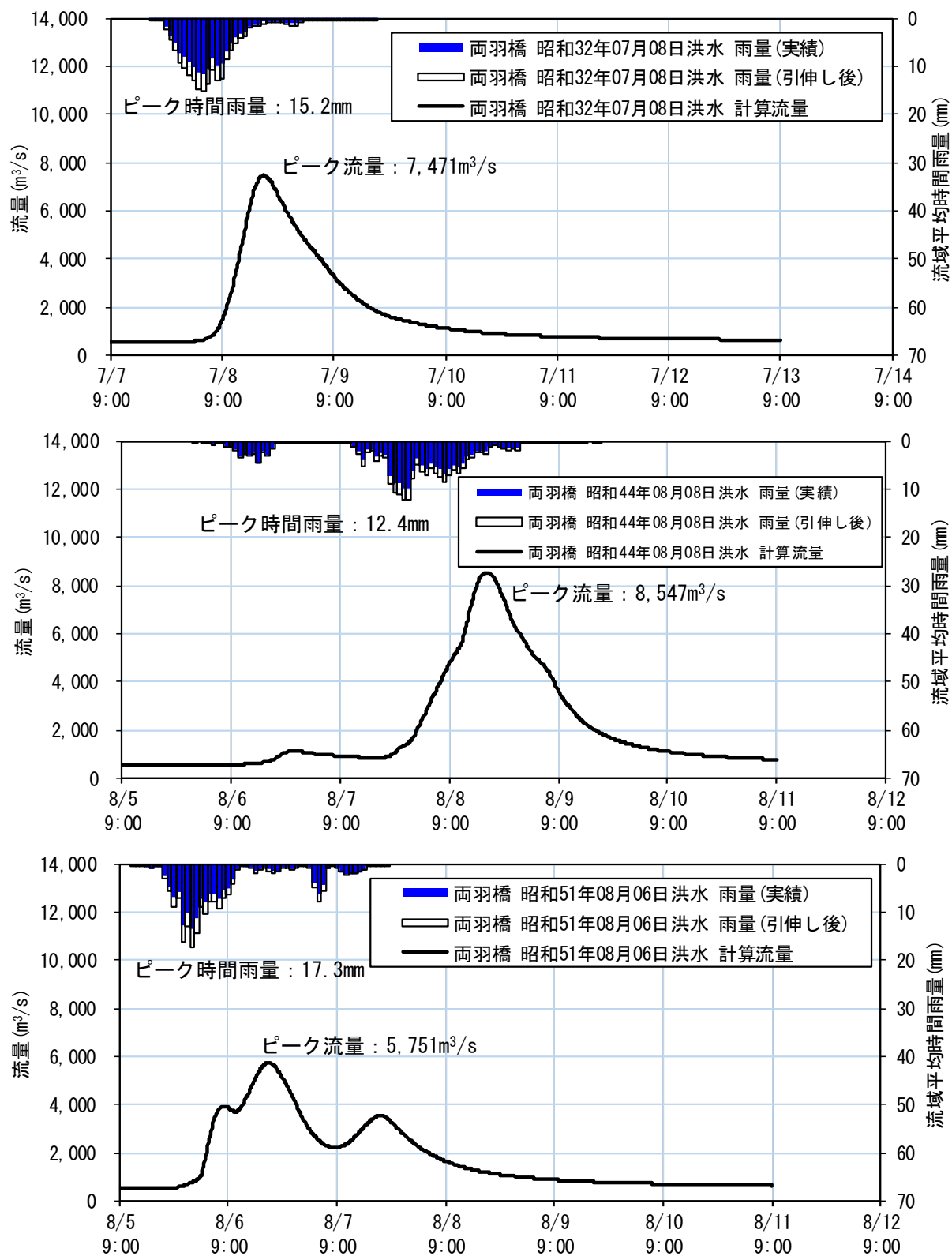


図 1.24 (1) 対象降雨波形ハイドログラフ (基準地点両羽橋)

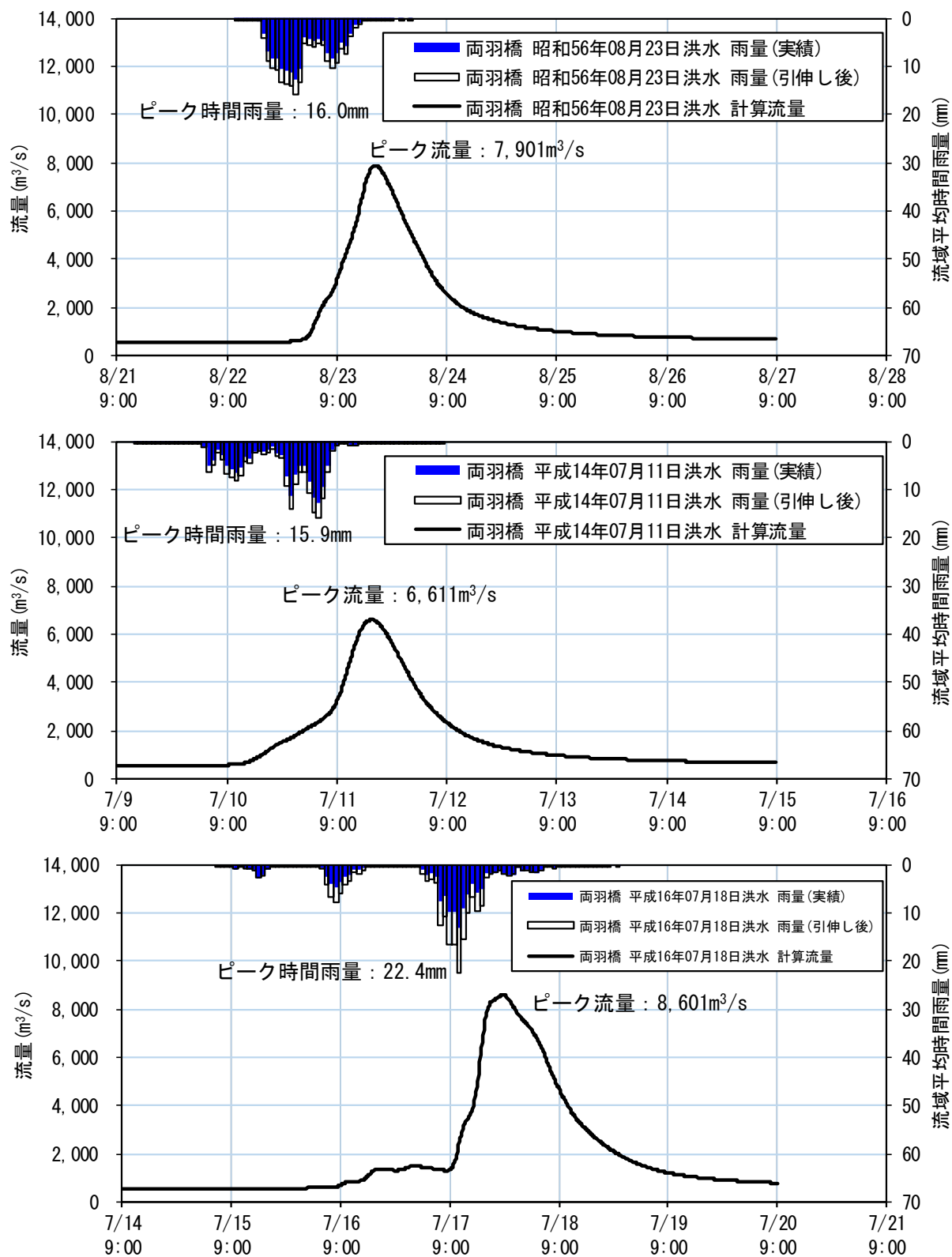


図 1.24 (2) 対象降雨波形ハイドログラフ (基準地点両羽橋)

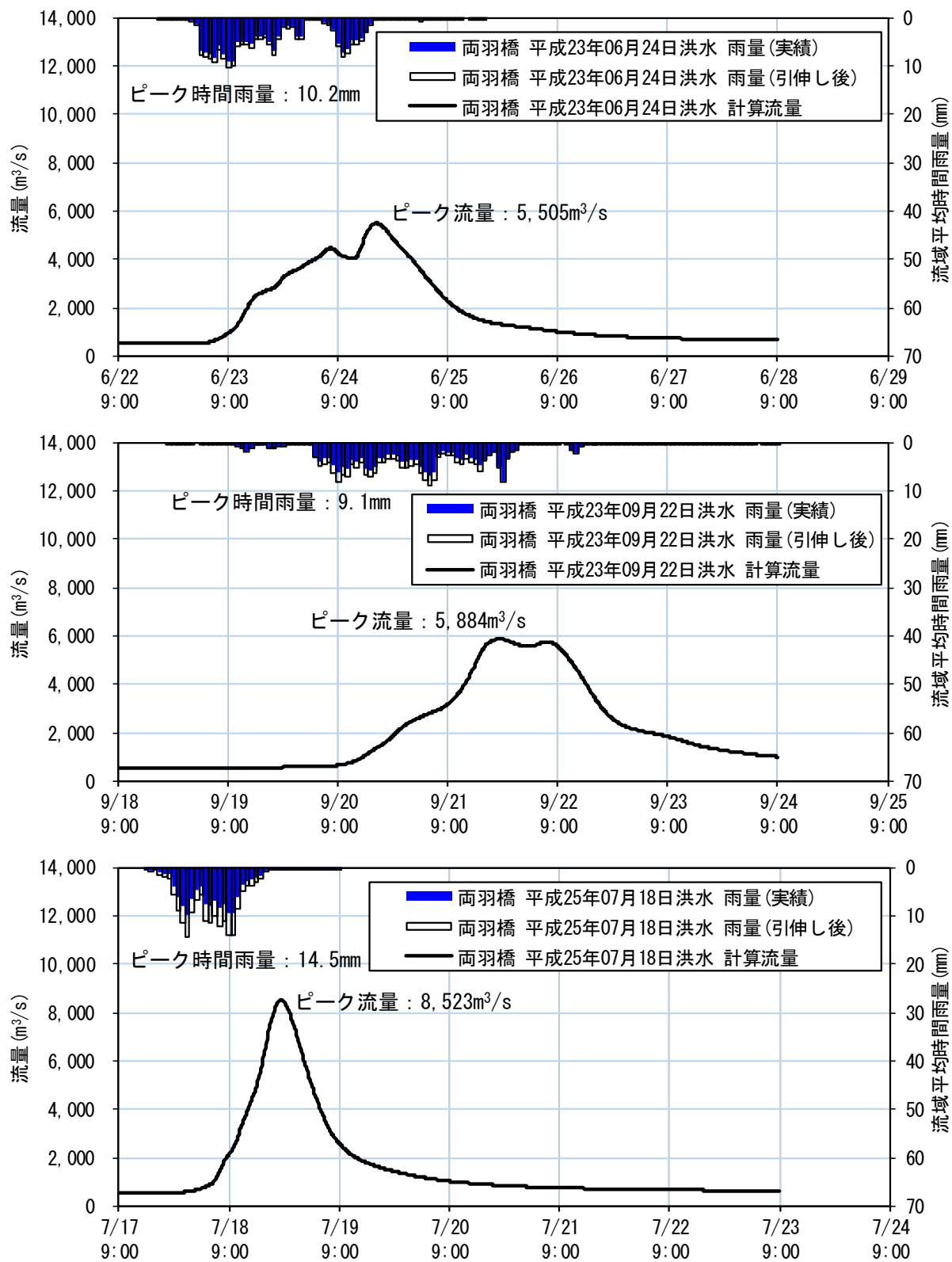


図 1.24 (3) 対象降雨波形ハイドログラフ (基準地点両羽橋)

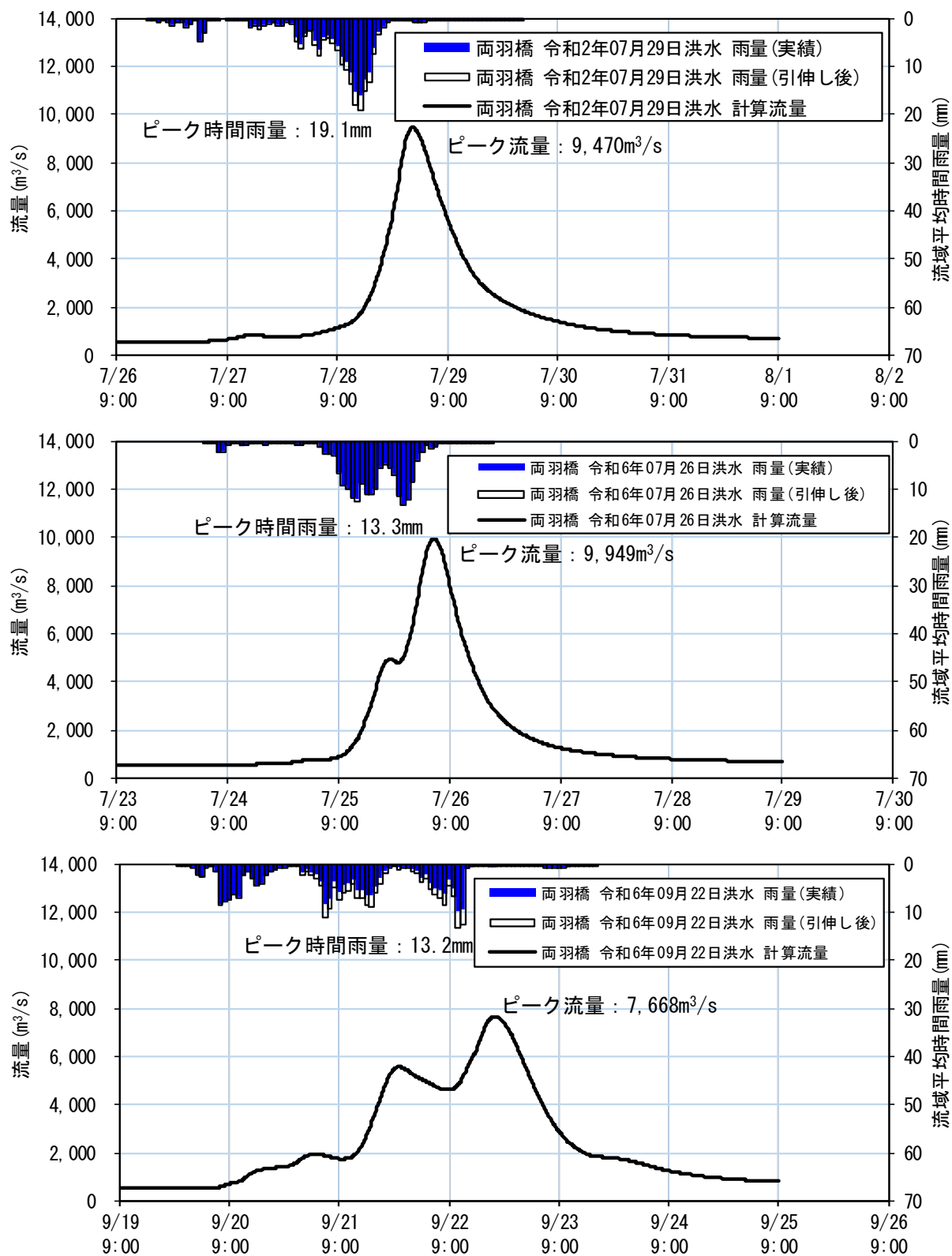


図 1.24 (4) 対象降雨波形ハイドログラフ (基準地点両羽橋)

【基準地点下野】

対象洪水について、24 時間雨量に対して、1/100 規模に 1.1 倍した降雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成し、流出計算を行った結果、基準地点両羽橋におけるピーク流量は 5,328m³/s ～7,690m³/s となった。基準地点下野におけるピーク流量の一覧を表 1.21、洪水ごとのハイドログラフを図 1.25 に示す。

表 1.21 基本高水のピーク流量（基準地点下野）

■：棄却洪水

No	洪水型	基準地点下野上流域			下野地点 ピーク流量 (m ³ /s)	棄却理由
		継続時間 内降雨量 (mm/24h)	1/100 確率降雨量 × 1.1 (mm)	拡大率		
1	昭和42年08月29日	164.5	197	1.200	5,966	地域分布
2	昭和44年08月08日	97.1	197	2.033	7,987	地域分布
3	昭和51年08月06日	119.1	197	1.657	7,531	地域分布
4	昭和56年06月23日	128.2	197	1.540	5,416	
5	昭和56年08月23日	148.9	197	1.326	4,926	地域分布
6	昭和61年08月05日	149.2	197	1.323	5,328	
7	平成9年06月29日	121.6	197	1.622	6,703	
8	平成10年08月08日	107.5	197	1.836	6,961	時間分布
9	平成14年07月11日	141.9	197	1.391	5,696	
10	平成23年09月22日	126.8	197	1.557	5,806	
11	平成25年07月18日	126.3	197	1.563	7,413	地域分布
12	平成26年07月11日	129.6	197	1.523	7,289	
13	令和元年10月13日	144.3	197	1.368	6,476	
14	令和2年07月29日	169.4	197	1.165	7,690	
15	令和4年08月05日	152.4	197	1.295	5,813	地域分布

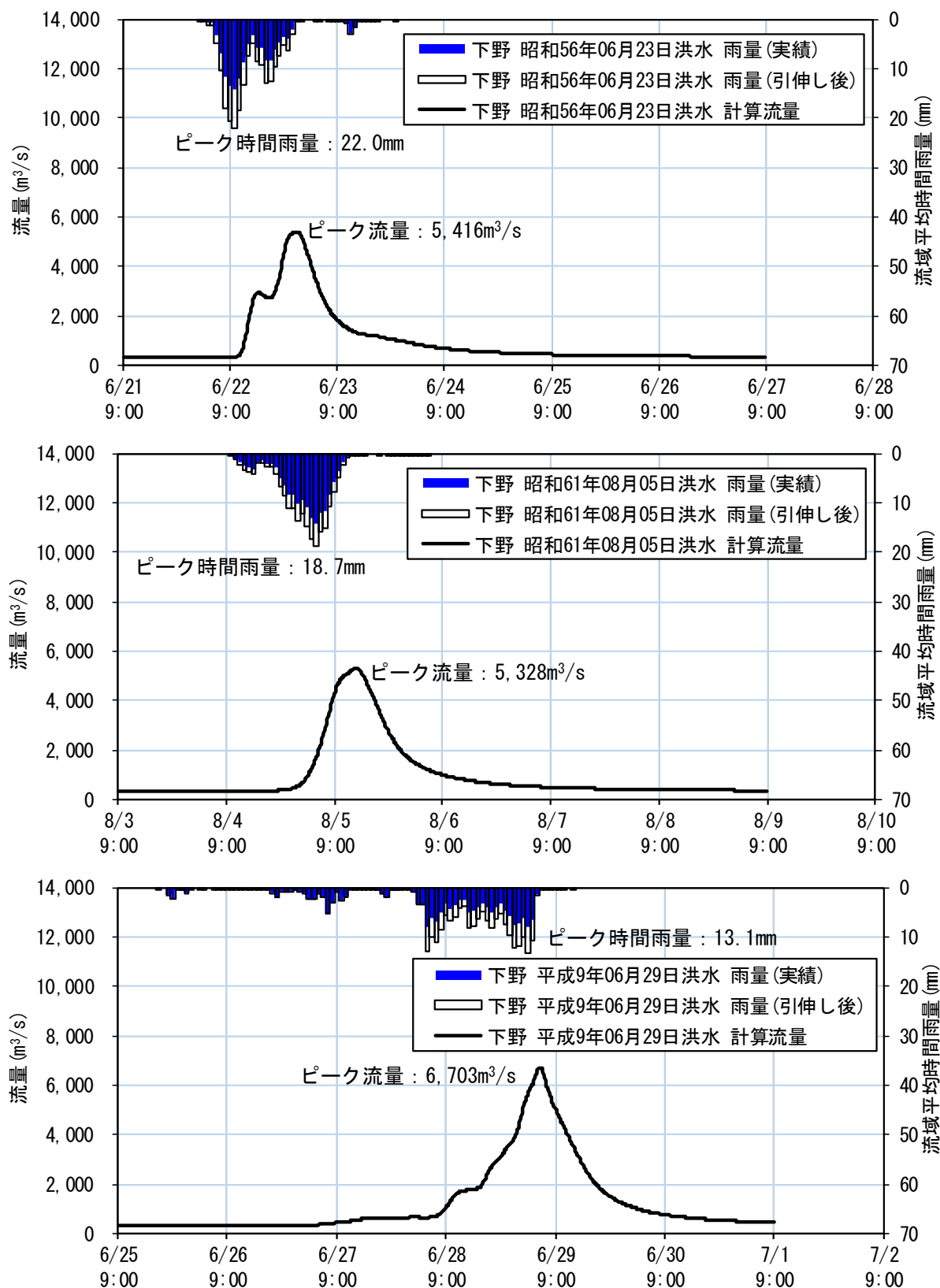


図 1.25 (1) 対象降雨波形ハイドログラフ (基準地点下野)

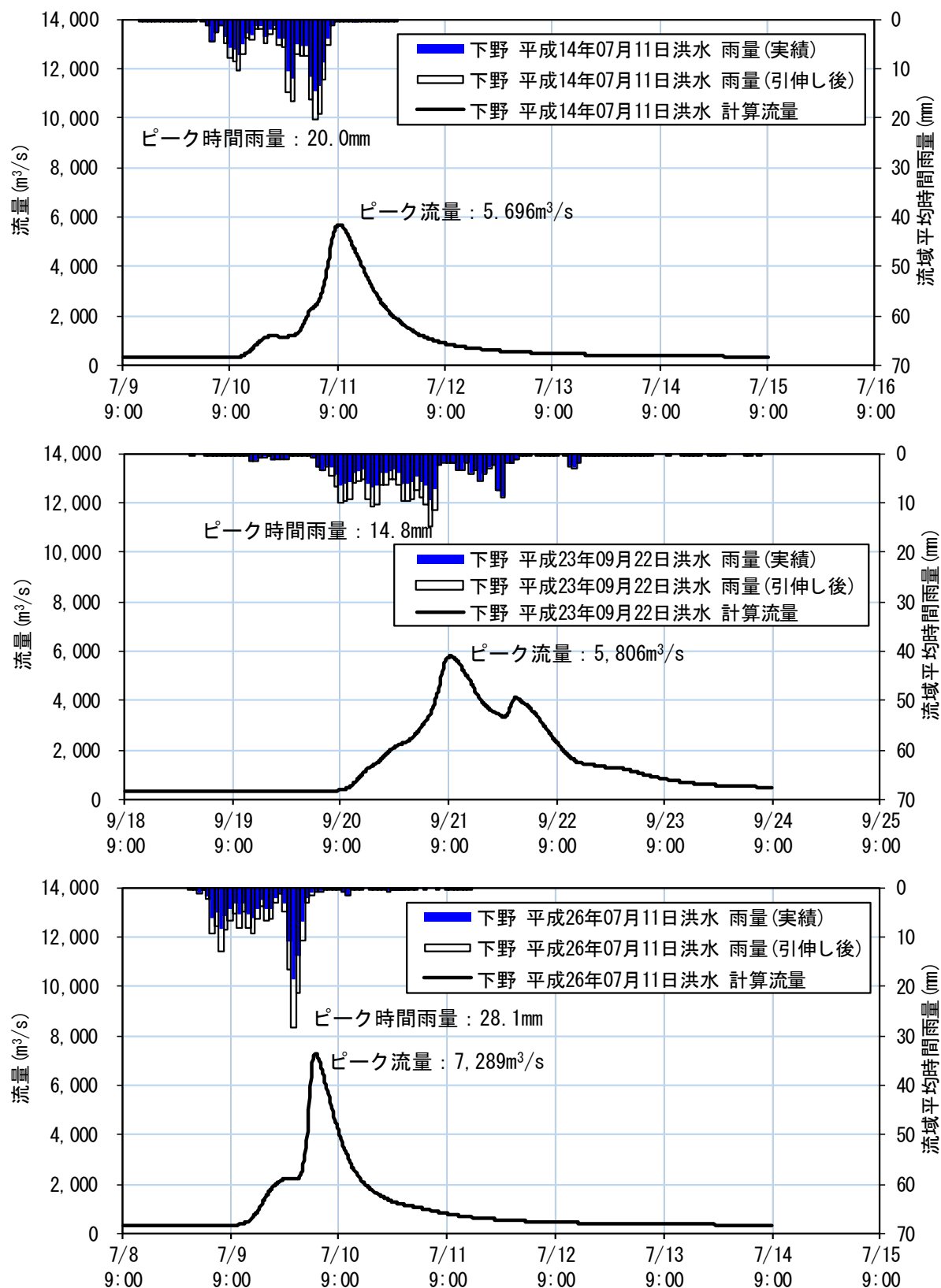


図 1.25 (2) 対象降雨波形ハイドログラフ (基準地点下野)

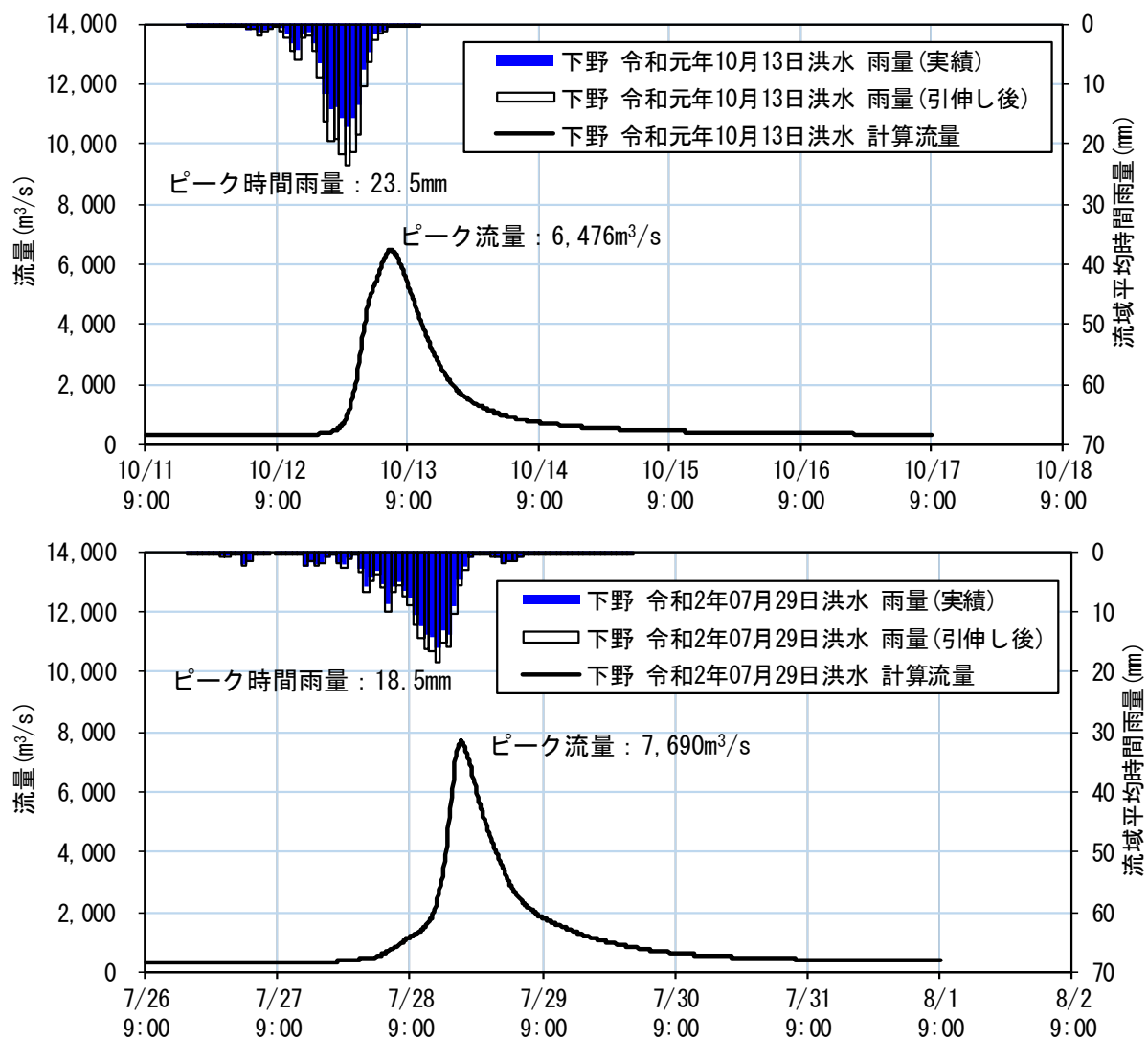


図 1.25 (3) 対象降雨波形ハイドログラフ (基準地点下野)

1.10 アンサンブル予測降雨波形を用いた検討

1.10.1 アンサンブル予測降雨波形による流出計算

4°C上昇のシナリオ RCP8.5 における近未来の気候（2°C上昇時：およそ 2040 年頃、世界平均の地上気温が産業革命当時と比べて 2°C上昇）を前提として、文部科学省「SI-CAT 気候変動適応技術社会実装プログラム※」において整備・公表された解像度 5km にダウンスケーリングされたアンサンブル実験により得られたアンサンブル将来予測降雨波形（以下、「d2PDF」）から求めた、現在気候（360 年分=30 年×12 摂動）及び将来気候（360 年分=30 年×6SST×2 摂動）の年最大流域平均雨量標本から計画対象降雨の降雨量 183mm/36h（基準地点両羽橋）および 197mm/24h（基準地点下野）の近傍 10 洪水を抽出した。抽出した 10 洪水は、中央集中や複数の降雨ピークがある波形等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した。

また、抽出した洪水の降雨波形を、気候変動を考慮した 1/150 確率規模の 36 時間雨量 183mm（基準地点両羽橋）、および気候変動を考慮した 1/100 確率規模の 24 時間雨量 197mm（基準地点下野）まで調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、基準地点両羽橋のピーク流量は約 5,300m³/s～10,500m³/s、基準地点下野のピーク流量は約 4,800m³/s～8,300m³/s の範囲となり、雨量データによる確率からの検討により算出された流量が数値の範囲に収まっていることを確認した。

※ S I - C A T : 気候変動適応技術社会実装プログラム

(Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology)

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

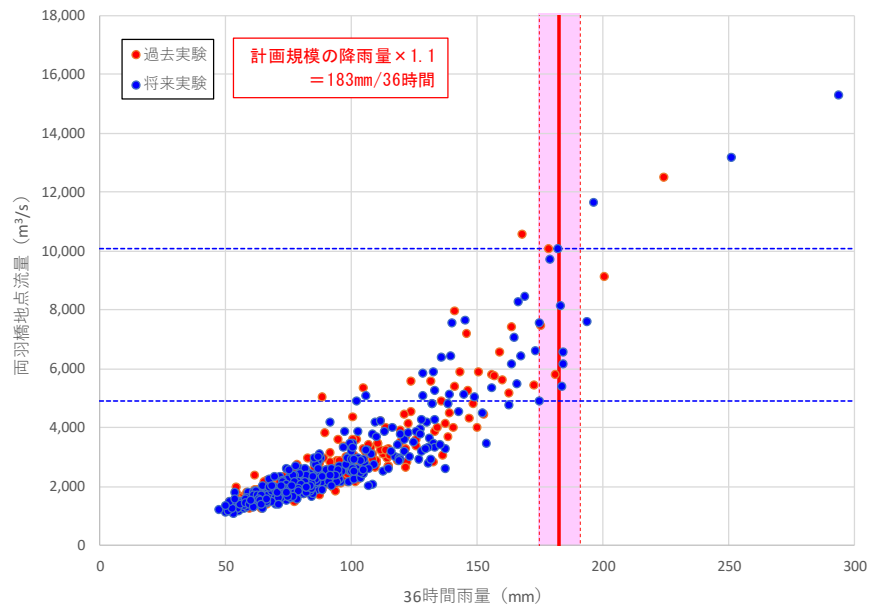


図 1.26 (1) アンサンブル予測降雨波形による流出計算結果（両羽橋地点）

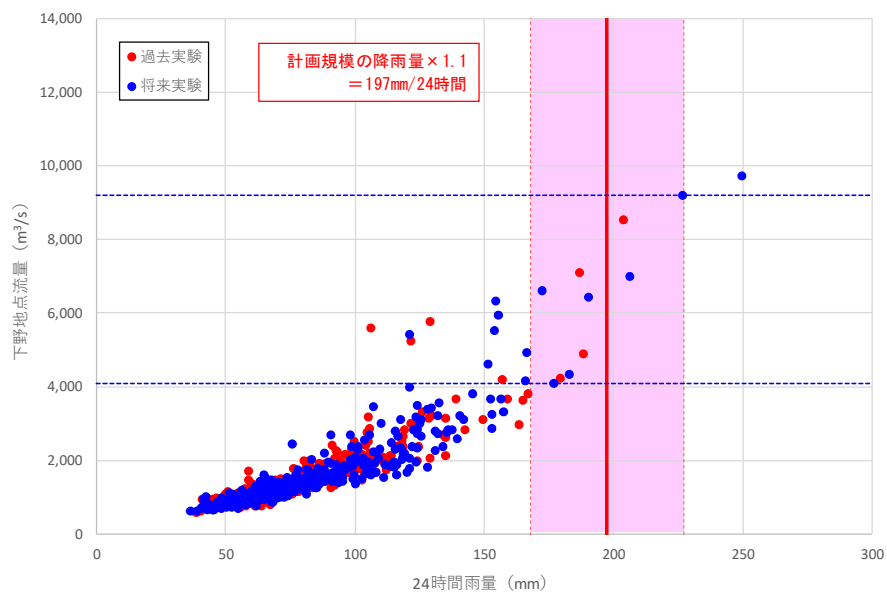


図 1.26 (2) アンサンブル予測降雨波形による流出計算結果（下野地点）

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

表 1.22 (1) アンサンブル予測降雨波形によるピーク流量一覧（両羽橋地点）

洪水名		両羽橋地点 36時間雨量 (mm)	両羽橋地点 ピーク流量 引き伸ばし ・引き縮め前 (m ³ /s)	気候変動後 1/150雨量 (mm)	拡大率	両羽橋地点 ピーク流量 引き伸ばし ・引き縮め後 (m ³ /s)
将来実験	HFB_2K_GF_m101:2083	183.6	5,375	183	0.995	5,359
	HFB_2K_GF_m105:2090	181.7	10,070	183	1.005	10,139
	HFB_2K_HA_m101:2090	183.0	8,131	183	0.998	8,101
	HFB_2K_MP_m101:2073	178.9	9,708	183	1.021	10,040
	HFB_2K_MR_m101:2089	184.1	6,167	183	0.992	6,071
	HFB_2K_MR_m105:2077	183.9	6,542	183	0.993	6,473
	HFB_2K_MR_m105:2090	174.5	4,922	183	1.046	5,318
過去実験	HPB_m008:2007	180.7	5,791	183	1.011	5,903
	HPB_m009:2008	178.2	10,068	183	1.025	10,440
	HPB_m010:2007	175.3	7,461	183	1.042	7,858

■ : ピーク流量の最大値

■ : ピーク流量の最小値

表 1.22 (2) アンサンブル予測降雨波形によるピーク流量一覧（下野地点）

洪水名		下野地点 24時間雨量 (mm)	下野地点 ピーク流量 引き伸ばし ・引き縮め前 (m ³ /s)	気候変動後 1/100雨量 (mm)	拡大率	下野地点 ピーク流量 引き伸ばし ・引き縮め後 (m ³ /s)
将来実験	HFB_2K_CC_m105:2075	176.8	4,074	197	1.116	4,877
	HFB_2K_HA_m105:2074	182.7	4,319	197	1.080	5,065
	HFB_2K_MI_m101:2073	172.4	6,597	197	1.145	8,190
	HFB_2K_MI_m101:2090	226.5	9,210	197	0.871	7,680
	HFB_2K_MP_m105:2064	190.5	6,426	197	1.036	6,868
	HFB_2K_MR_m105:2068	206.4	7,006	197	0.956	6,439
過去実験	HPB_m002:2009	179.4	4,235	197	1.100	4,873
	HPB_m009:1987	203.7	8,539	197	0.969	8,218
	HPB_m009:2008	186.8	7,095	197	1.056	7,692
	HPB_m010:1991	188.4	4,879	197	1.048	5,325

■ : ピーク流量の最大値

■ : ピーク流量の最小値

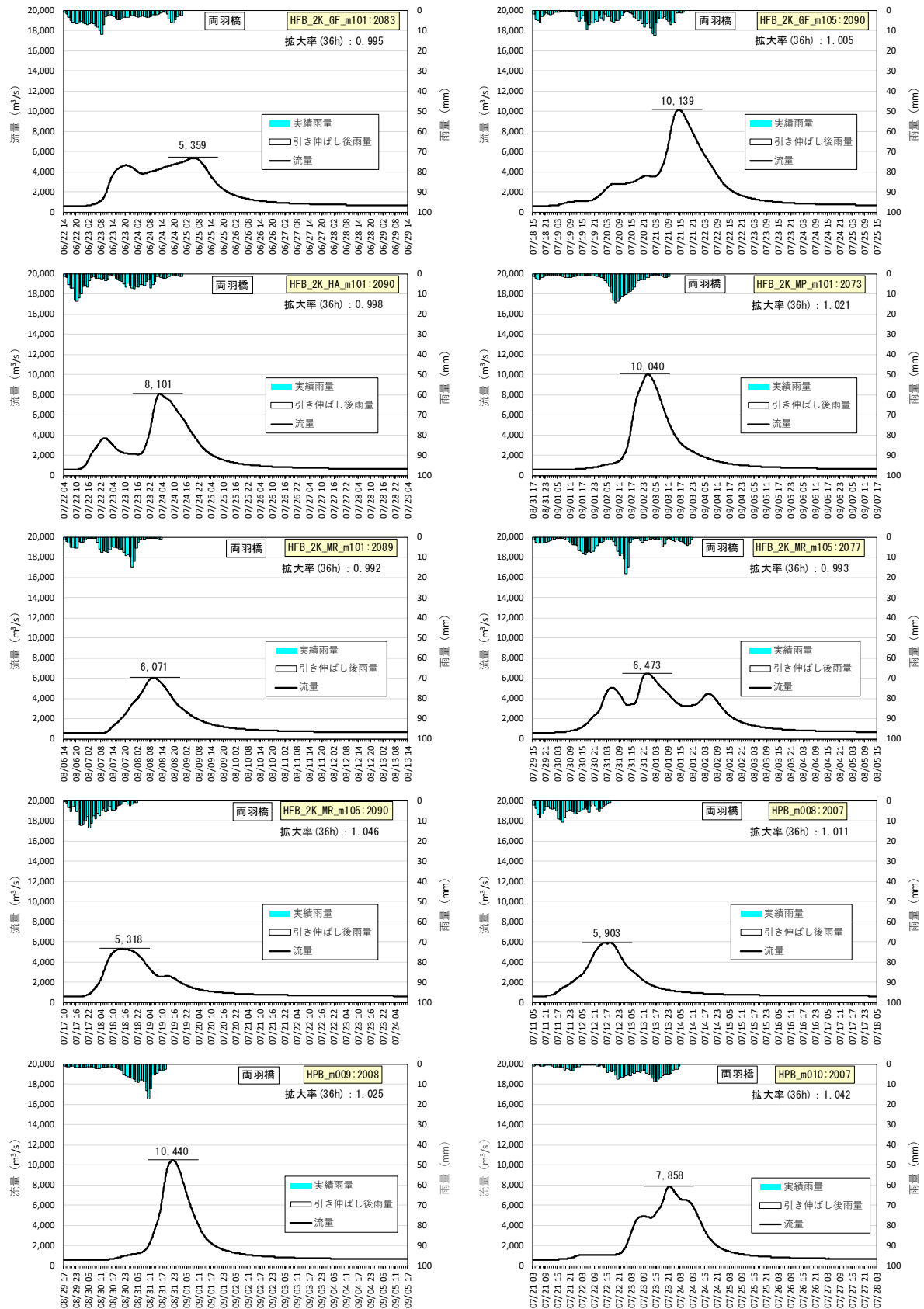


図 1.27 (1) アンサンブル予測降雨波形による流出計算結果 (両羽橋地点)



図 1.27 (2) アンサンブル予測降雨波形による流出計算結果 (下野地点)

1.10.2 棄却された実績引き伸ばし降雨における発生の可能性検討

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

その結果、両羽橋地点で棄却した3洪水は、いずれもアンサンブル予測降雨波形から推定される時間分布、地域分布の雨量比（基準地点上流域と小流域の雨量の比率）を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

また、下野地点で棄却した7洪水のうち、アンサンブル予測降雨波形から推定される時間分布、地域分布の雨量比（対象地点上流域と小流域の雨量の比率）以下に収まる洪水として、1洪水（昭和56年（1981年）8月洪水）を棄却せず、参考波形として活用する。

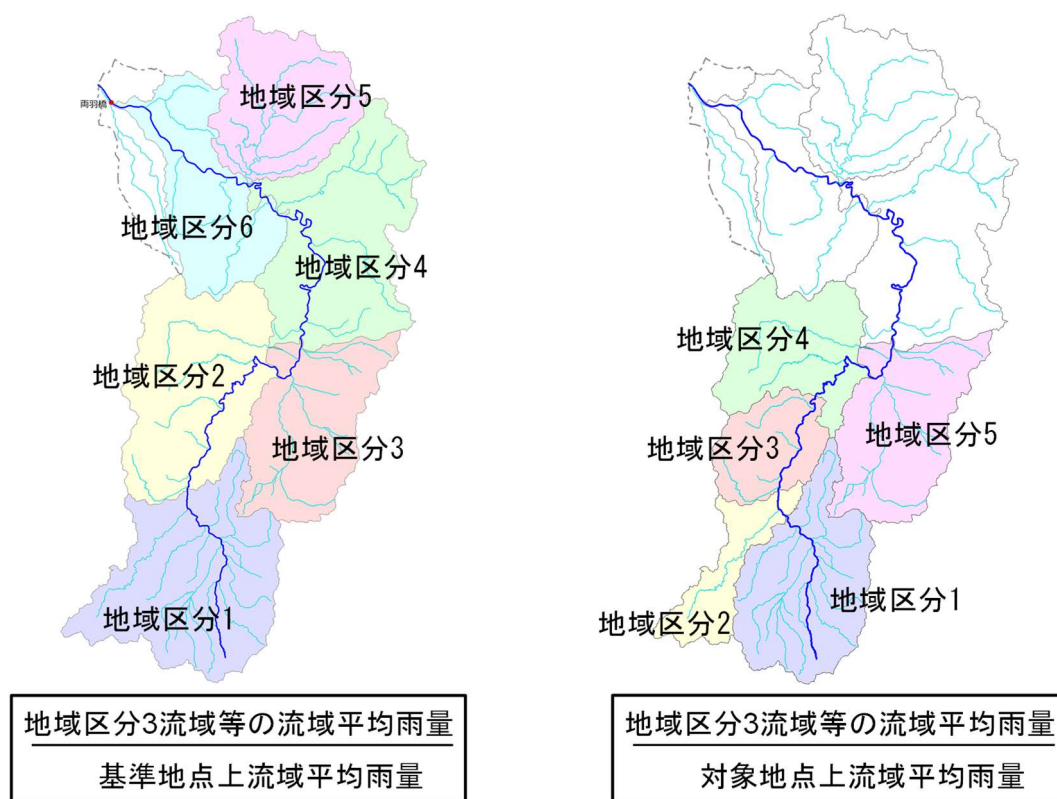


図 1.28 地域分布のチェック（左：基準地点両羽橋、右：基準地点下野）

(1) 地域分布のチェック

d2PDF（将来気候）から対象降雨の降雨量近傍のアンサンブル予測降雨波形を抽出し、各波形について「基準地点上流域の流域平均雨量に対する小流域の流域平均雨量の比率」（小流域の流域平均雨量/基準地点上流域平均雨量）を求める。

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を下回っている場合は、対象降雨波形に含めることを検討する。

その結果、基準地点両羽橋で棄却した 3 洪水は、いずれも実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

また、基準地点下野で棄却した 7 洪水のうち 5 洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

表 1.23 (1) 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点両羽橋）

洪水		両羽橋上流域 平均	地域区分 1 (1,350.1km ²)		地域区分 2 (1,275.2km ²)		地域区分 3 (909.0km ²)		地域区分 4 (1,277.3km ²)		地域区分 5 (855.2km ²)		地域区分 6 (852.6km ²)	
項目	d2PDF アンサンブル	予測雨量 (mm/36hr)	予測雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	予測雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	予測雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	予測雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	予測雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	予測雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率
将来 実験	GF_m101 2083/06	183.6	184.2	1.00	234.0	1.27	182.8	1.00	152.5	0.83	142.1	0.77	195.9	1.07
	GF_m105 2090/07	181.7	197.6	1.09	227.4	1.25	222.0	1.22	160.2	0.88	98.7	0.54	161.2	0.89
	HA_m101 2090/07	183.0	133.2	0.73	215.6	1.18	223.8	1.22	171.1	0.93	142.0	0.78	229.0	1.25
	MP_m101 2073/09	178.9	81.5	0.46	159.6	0.89	182.7	1.02	232.6	1.30	284.3	1.59	172.0	0.96
	MR_m101 2089/08	184.1	200.7	1.09	225.6	1.23	149.3	0.81	159.6	0.87	169.0	0.92	184.6	1.00
	MR_m105 2077/07	183.9	134.8	0.73	194.3	1.06	143.1	0.78	243.7	1.33	204.1	1.11	179.5	0.98
	MR_m105 2090/07	174.5	186.8	1.07	176.8	1.01	177.3	1.02	145.1	0.83	180.4	1.03	186.9	1.07
過去 実験	m008 2007/07	180.7	114.8	0.64	204.3	1.13	149.3	0.83	184.4	1.02	258.8	1.43	199.0	1.10
	m009 2008/08	178.2	206.8	1.16	145.1	0.81	306.6	1.72	214.9	1.21	68.6	0.39	100.5	0.56
	m010 2007/07	175.3	50.4	0.29	247.1	1.41	88.4	0.50	148.7	0.85	271.5	1.55	301.6	1.72

：両羽橋雨量に対する比率が最大

表 1.23 (2) 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）（基準地点両羽橋）

棄却された 実績洪水	両羽橋上流平均	地域区分 1 (1,350.1km ²)		地域区分 2 (1,275.2km ²)		地域区分 3 (909.0km ²)		地域区分 4 (1,277.3km ²)		地域区分 5 (855.2km ²)		地域区分 6 (852.6km ²)	
	実績雨量 (mm/36hr)	実績雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	実績雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	実績雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	実績雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	実績雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率	実績雨量 (mm/36hr)	両羽橋雨量に 対する比率
昭和42年08月29日	130.4	246.0	1.89	151.8	1.16	108.3	0.83	72.9	0.56	69.4	0.53	86.2	0.66
平成30年08月06日	136.7	11.5	0.08	100.8	0.74	71.7	0.52	198.9	1.46	259.4	1.90	241.6	1.77
平成30年08月31日	99.6	36.8	0.37	63.4	0.64	37.0	0.37	123.7	1.24	201.9	2.03	181.2	1.82

：アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

表 1.24 (1) 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点下野）

洪水		下野上流域 平均	地域区分 1 (979.2km ²)		地域区分 2 (370.9km ²)		地域区分 3 (506.3km ²)		地域区分 4 (768.9km ²)		地域区分 5 (909.0km ²)	
項目	d2PDF アンサンブル	予測雨量 (mm/24hr)	予測雨量 (mm/24hr)	下野降雨に 対する比率	予測雨量 (mm/24hr)	下野降雨に 対する比率	予測雨量 (mm/24hr)	下野降雨に 対する比率	予測雨量 (mm/24hr)	下野降雨に 対する比率	予測雨量 (mm/24hr)	下野降雨に 対する比率
将来 実験	CO_m105 2075/08	176.8	220.1	1.25	142.4	0.81	122.7	0.69	131.7	0.74	212.3	1.20
	HA_m105 2074/08	182.7	168.9	0.92	170.4	0.93	250.8	1.37	118.3	0.65	219.2	1.20
	MI_m101 2073/09	172.4	221.1	1.28	97.8	0.57	86.2	0.50	112.7	0.65	248.8	1.44
	MI_m101 2090/07	226.5	116.4	0.51	85.2	0.38	238.9	1.05	293.5	1.30	339.2	1.50
	MP_m105 2064/08	190.5	208.1	1.09	186.7	0.98	176.7	0.93	171.0	0.90	197.1	1.03
	MR_m105 2068/08	206.4	105.5	0.51	108.7	0.53	361.3	1.75	266.9	1.29	217.6	1.05
過去 実験	m002 2009/09	179.4	254.1	1.42	169.9	0.95	117.1	0.65	87.4	0.49	215.3	1.20
	m009 1987/07	203.7	225.6	1.11	232.8	1.14	196.0	0.96	176.5	0.87	195.3	0.96
	m009 2008/08	186.8	212.5	1.14	105.0	0.56	110.6	0.59	129.5	0.69	283.5	1.52
	m010 1991/07	188.4	196.1	1.04	148.0	0.79	148.7	0.79	163.0	0.87	240.0	1.27

：下野雨量に対する比率が最大

表 1.24 (2) 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）（基準地点下野）

棄却された 実績洪水	下野上流域平均	地域区分 1 (979.2km ²)		地域区分 2 (370.9km ²)		地域区分 3 (506.3km ²)		地域区分 4 (768.9km ²)		地域区分 5 (909.0km ²)	
	実績雨量 (mm/24hr)	実績雨量 (mm/24hr)	下野雨量に 対する比率	実績雨量 (mm/24hr)	下野雨量に 対する比率	実績雨量 (mm/24hr)	下野雨量に 対する比率	実績雨量 (mm/24hr)	下野雨量に 対する比率	実績雨量 (mm/24hr)	下野雨量に 対する比率
昭和42年08月29日	164.5	203.0	1.23	281.0	1.71	204.4	1.24	105.4	0.64	103.4	0.63
昭和44年08月08日	97.1	65.6	0.68	77.6	0.80	118.2	1.22	138.1	1.42	92.4	0.95
昭和51年08月06日	119.1	65.4	0.55	83.1	0.70	141.9	1.19	187.0	1.57	121.4	1.02
昭和56年08月23日	148.9	136.6	0.92	101.0	0.68	118.1	0.79	131.6	0.88	213.4	1.43
平成10年08月08日	107.5	103.6	0.96	90.0	0.84	143.4	1.33	98.6	0.92	106.3	0.99
平成25年07月18日	126.3	69.6	0.55	90.2	0.71	201.5	1.60	195.7	1.55	101.4	0.80
令和4年08月05日	152.4	196.5	1.29	257.9	1.69	221.4	1.45	103.4	0.68	64.8	0.43

：アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

(2) 時間分布のチェック

d2PDF（将来気候）から対象降雨の降雨量近傍のアンサンブル予測降雨波形を抽出し、各波形について「対象降雨の継続時間内雨量に対する短時間雨量の比率」（短時間（例えば洪水到達時間やその 1/2 時間）の流域平均雨量/継続時間内の流域平均雨量）を求める。

棄却した引き伸ばし降雨波形も同様に比率を求め、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を下回っている場合は、対象降雨波形に含めることを検討する。

その結果、基準地点両羽橋で棄却した 3 洪水のうち 1 洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

また、基準地点下野で棄却した 7 洪水のうち 2 洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

表 1.25 (1) 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点両羽橋）

洪水		両羽橋上流平均（短時間雨量）				
項目	d2PDF アンサンブル	①36時間 予測雨量 (mm/36hr)	②16時間 予測雨量 (mm/16hr)	比率 ②/①	③8時間 予測雨量 (mm/8hr)	比率 ③/①
将来 実験	GF_m101 2083/06	183.6	116.7	0.64	65.4	0.36
	GF_m105 2090/07	181.7	87.9	0.48	66.7	0.37
	HA_m101 2090/07	183.0	101.7	0.56	75.9	0.41
	MP_m101 2073/09	178.9	144.8	0.81	93.6	0.52
	MR_m101 2089/08	184.1	123.1	0.67	75.1	0.41
	MR_m105 2077/07	183.9	92.9	0.51	75.7	0.41
	MR_m105 2090/07	174.5	128.3	0.73	82.6	0.47
過去 実験	m008 2007/07	180.7	98.7	0.55	57.7	0.32
	m009 2008/08	178.2	131.8	0.74	83.9	0.47
	m010 2007/07	175.3	87.1	0.50	53.4	0.30

：最大比率

表 1.25 (2) 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）（基準地点両羽橋）

棄却された 実績洪水	両羽橋上流平均（短時間雨量）				
	①実績雨量 (mm/36hr)	②16時間雨量 (mm/16hr)	比率 ②/①	③8時間雨量 (mm/8hr)	比率 ③/①
昭和42年08月29日	130.4	98.1	0.75	58.9	0.45
平成30年08月06日	136.7	114.2	0.84	66.9	0.49
平成30年08月31日	99.6	67.8	0.68	48.5	0.49

：アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

表 1.26 (1) 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）（基準地点下野）

洪水		下野上流平均(短時間雨量)				
項目	d2PDF アンサンブル	①実験雨量 (mm/24hr)	②14時間 予測雨量 (mm/14hr)	比率 ②/①	③7時間 予測雨量 (mm/7hr)	比率 ③/①
将来 実験	GC_m105 2075/08	176.8	162.6	0.92	116.6	0.66
	HA_m105 2074/08	182.7	146.6	0.80	88.6	0.48
	MI_m101 2073/09	172.4	158.4	0.92	120.9	0.70
	MI_m101 2090/07	226.5	132.9	0.59	76.7	0.34
	MP_m105 2064/08	190.5	171.2	0.90	134.8	0.71
	MR_m105 2068/08	206.4	140.9	0.68	76.0	0.37
過去 実験	m002 2009/09	179.4	130.8	0.73	82.6	0.46
	m009 1987/07	203.7	121.7	0.60	70.2	0.34
	m009 2008/08	186.8	149.8	0.80	89.2	0.48
	m010 1991/07	188.4	141.8	0.75	85.1	0.45

：最大比率

表 1.26 (2) 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）（基準地点下野）

棄却された 実績洪水	下野上流平均(短時間雨量)				
	①実績雨量 (mm/24hr)	②14時間雨量 (mm/14hr)	比率 ②/①	③7時間雨量 (mm/7hr)	比率 ③/①
昭和42年08月29日	164.5	121.9	0.74	73.8	0.45
昭和44年08月08日	97.1	97.9	1.01	66.7	0.69
昭和51年08月06日	119.1	97.9	0.82	66.7	0.56
昭和56年08月23日	148.9	117.3	0.79	75.1	0.50
平成10年08月08日	107.5	103.5	0.96	84.1	0.78
平成25年07月18日	126.3	110.1	0.87	65.8	0.52
令和4年08月05日	152.4	119.4	0.78	68.1	0.45

：アンサンブル降雨波形と比較しても生起し難いと判断

(3) 対象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、基本高水のピーク流量の設定に用いる計画対象の降雨波形群は、対象流域において大規模洪水を生起し得る様々なパターンの降雨波形等を含んでいる必要がある。

気候変動等による降雨特性の変化によって、追加すべき降雨波形が無いかを確認するため、アンサンブル将来予測降雨波形を用いて空間分布のクラスター分析を行い、将来発生頻度が高まるものの計画対象の実績降雨波形が含まれていないクラスターの確認を実施した。

波形パターンの解析にはクラスター分析を用いた。アンサンブル予測から得られた将来予測波形群 360 波形と過去実験波形群 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ワード法により 7 つのクラスターに分類した。

基準地点両羽橋で選定された対象降雨波形についてクラスター分析を行った結果、クラスター1～7と評価された。従って、対象降雨波形群に不足する降雨波形はないことを確認した。

また基準地点下野で選定された対象降雨波形についてクラスター分析を行った結果、クラスター1,3,4,5,6,7と評価された。従って、アンサンブル将来予測から対象波形に含まれないクラスター2に該当する降雨波形を抽出した。

表 1.27 (1) 対象洪水のクラスター分析結果 (基準地点両羽橋)

■ : 棄却洪水

洪水年月日	基準地点両羽橋流域		拡大率	両羽橋 ピーク流量 (m^3/s)	クラスター 番号
	実績雨量 ($\text{mm}/36\text{h}$)	計画雨量 ($\text{mm}/36\text{h}$)			
主要洪水群					
昭和32年07月08日	141.2	183	1.294	7,471	7
昭和42年08月29日	130.4	183	1.403	8,134	5
昭和44年08月08日	145.5	183	1.255	8,547	6
昭和51年08月06日	143.4	183	1.273	5,751	4
昭和56年08月23日	145.9	183	1.252	7,901	3
平成14年07月11日	144.4	183	1.264	6,611	2
平成16年07月18日	108.1	183	1.689	8,601	7
平成23年06月24日	159.8	183	1.143	5,505	7
平成23年09月22日	141.5	183	1.291	5,884	2
平成25年07月18日	125.8	183	1.452	8,523	1
平成30年08月06日	136.7	183	1.336	10,450	6
平成30年08月31日	99.6	183	1.833	11,504	6
令和2年07月29日	153.1	183	1.193	9,470	1
令和6年07月26日	179.3	183	1.018	9,949	6
令和6年09月22日	137.4	183	1.329	7,668	7
アンサンブル降雨群					
HFB_2K_GF_m101_2083	183.6	183	0.995	5,359	1
HFB_2K_GF_m105_2090	181.7	183	1.005	10,139	5
HFB_2K_HA_m101_2090	183.0	183	0.998	8,101	4
HFB_2K_MP_m101_2073	178.9	183	1.021	10,040	6
HFB_2K_MR_m101_2089	184.1	183	0.992	6,071	1
HFB_2K_MR_m105_2077	183.9	183	0.993	6,473	4
HFB_2K_MR_m105_2090	174.5	183	1.046	5,318	2
HPB_m008_2007	180.7	183	1.011	5,903	7
HPB_m009_2008	178.2	183	1.025	10,440	3
HPB_m010_2007	175.3	183	1.042	7,858	7

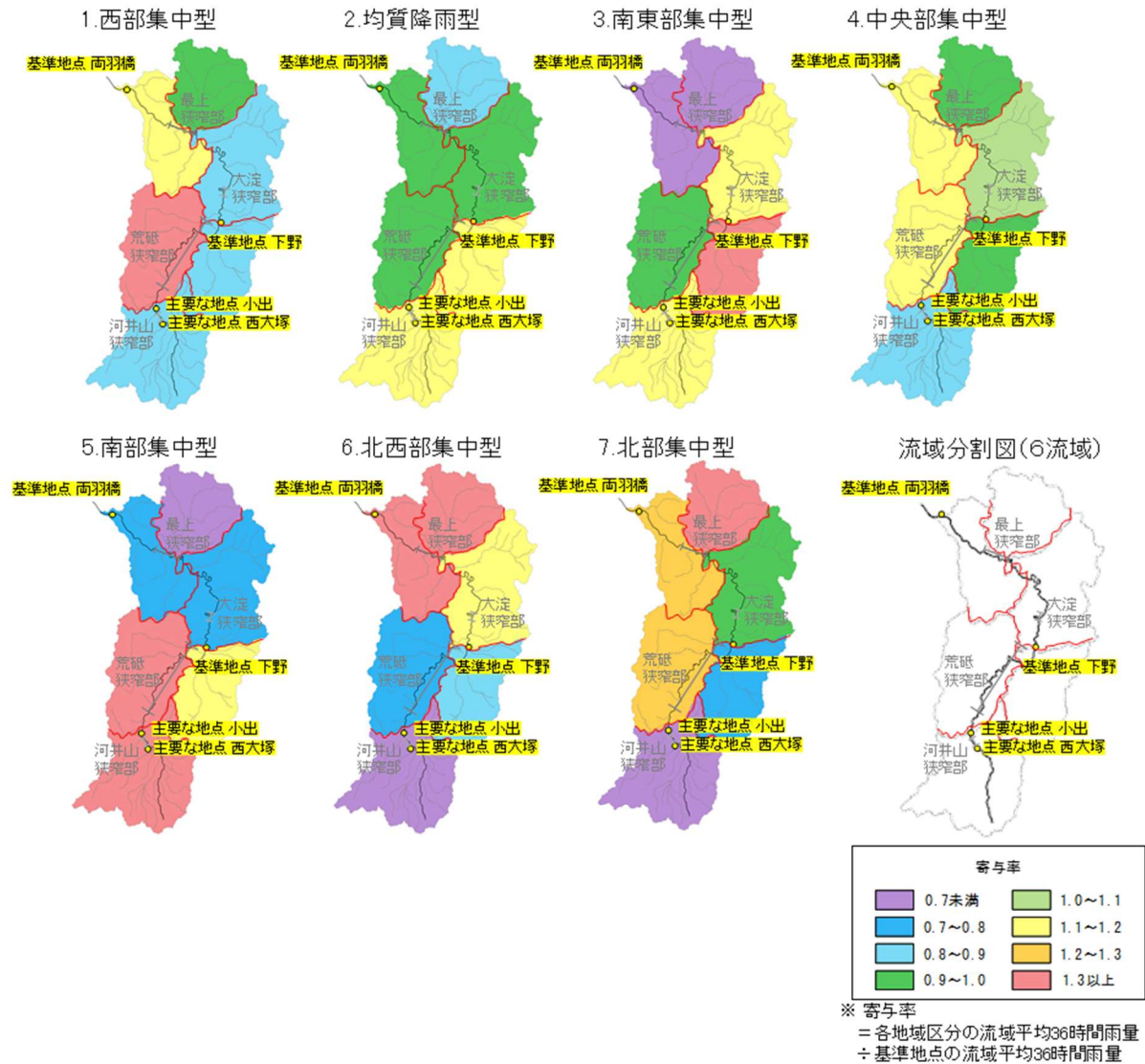


図 1.29 (1) 将来実験アンサンブル予測降雨のクラスター分析結果（基準地点両羽橋）

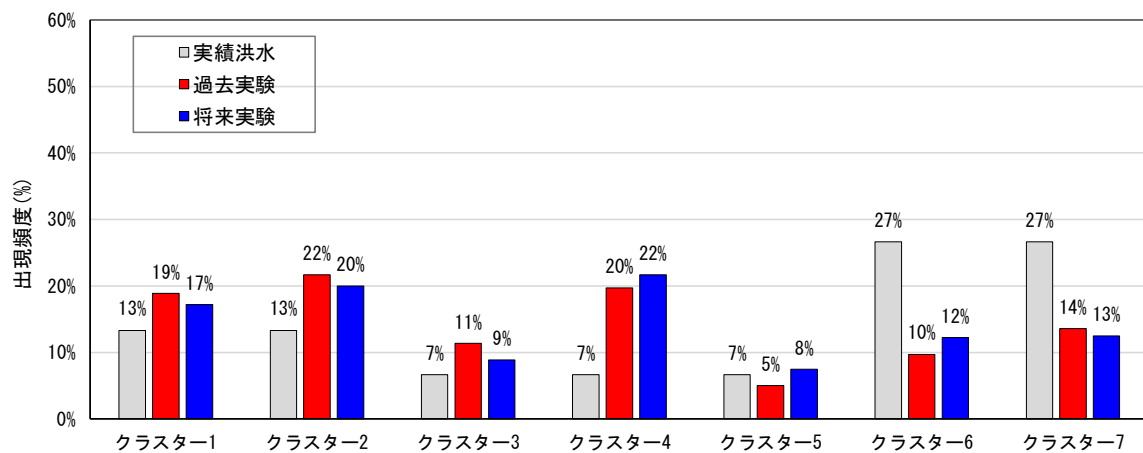


図 1.30 (1) アンサンブル予測降雨の出現頻度（クラスターごと）（基準地点両羽橋）

表 1.27 (2) 対象洪水のクラスター分析結果 (基準地点下野)

■ : 棄却洪水

洪水年月日	基準地点下野流域		拡大率	下野 ピーク流量 (m^3/s)	クラスター 番号
	実績雨量 ($\text{mm}/24\text{h}$)	計画雨量 ($\text{mm}/24\text{h}$)			
主要洪水群					
昭和42年08月29日	164.5	197	1.197	5,966	1
昭和44年08月08日	97.1	197	2.030	7,987	3
昭和51年08月06日	119.1	197	1.654	7,531	3
昭和56年06月23日	128.2	197	1.537	5,416	3
昭和56年08月23日	148.9	197	1.323	4,926	6
昭和61年08月05日	149.2	197	1.320	5,328	5
平成9年06月29日	121.6	197	1.620	6,703	3
平成10年08月08日	107.5	197	1.833	6,961	4
平成14年07月11日	141.9	197	1.388	5,696	4
平成23年09月22日	126.8	197	1.554	5,806	4
平成25年07月18日	126.3	197	1.560	7,413	7
平成26年07月11日	129.6	197	1.521	7,289	4
令和元年10月13日	144.3	197	1.365	6,476	1
令和2年07月29日	169.4	197	1.163	7,690	3
令和4年08月05日	152.4	197	1.293	5,813	1
アンサンブル降雨群					
HFB_2K_CC_m105:2075	176.8	197	1.116	4,877	1
HFB_2K_HA_m105:2074	182.7	197	1.080	5,065	4
HFB_2K_MI_m101:2073	172.4	197	1.145	8,190	2
HFB_2K_MI_m101:2090	226.5	197	0.871	7,680	6
HFB_2K_MP_m105:2064	190.5	197	1.036	6,868	5
HFB_2K_MR_m105:2068	206.4	197	0.956	6,439	7
HPB_m002:2009	179.4	197	1.100	4,873	2
HPB_m009:1987	203.7	197	0.969	8,218	1
HPB_m009:2008	186.8	197	1.056	7,692	2
HPB_m010:1991	188.4	197	1.048	5,325	6

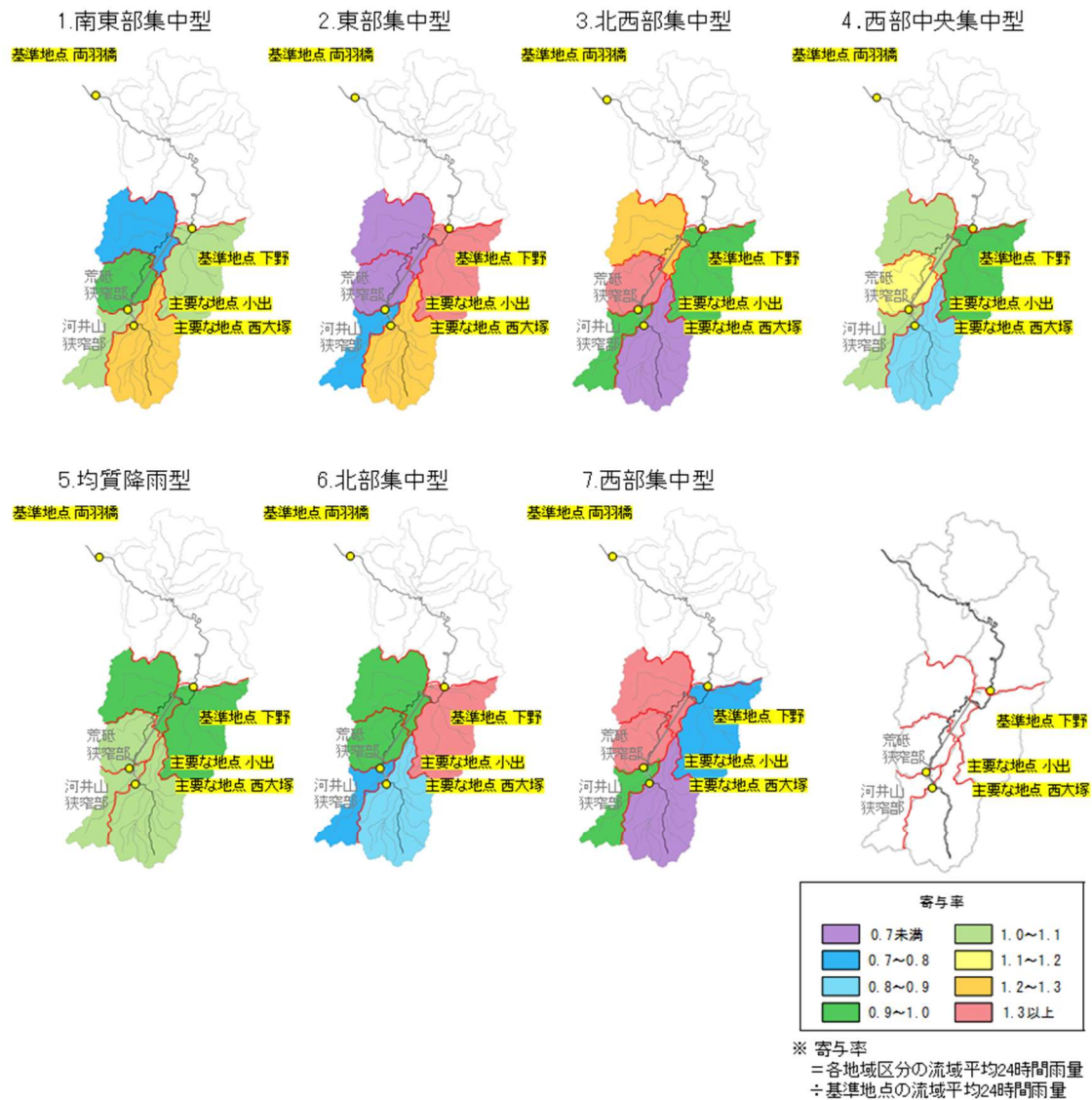


図 1.29 (2) 将来実験アンサンブル予測降雨のクラスター分析結果（基準地点下野）

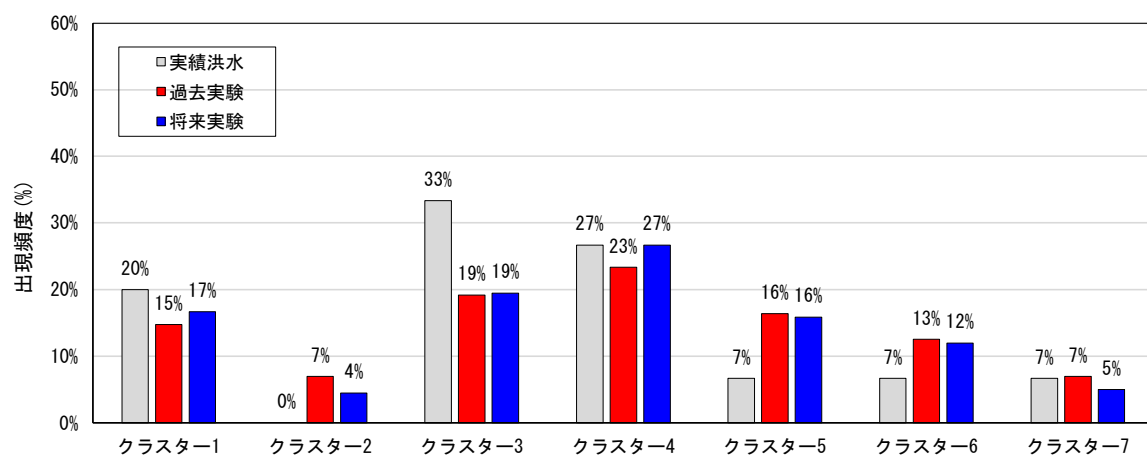


図 1.30 (2) アンサンブル予測降雨の出現頻度（クラスターごと）（基準地点下野）

1.11 既往洪水からの検討

【基準地点両羽橋】

基準地点両羽橋で大きな被害をもたらした令和 6 年（2024 年）7 月洪水では、基準地点両羽橋の流量は約 $9,140\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

【基準地点下野】

基準地点下野で大きな被害をもたらした令和 2 年（2020 年）7 月洪水では、基準地点下野の流量は約 $5,212\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

1.12 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定

今後想定される気候変動の影響による水災害リスクの増大を考慮し、気候変動シナリオ RCP2.6 (2℃上昇相当) を想定した将来の降雨量の変化倍率 1.1 倍を考慮して、以下のように様々な手法による検討結果を総合的に判断した結果、雨量データによる確率からの検討により算出された流量のうち短時間あるいは小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水を除き最大となる流量を基本高水のピーク流量として決定した。

その結果、最上川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点両羽橋で 10,000m³/s、基準地点下野で 7,700m³/s と設定する。

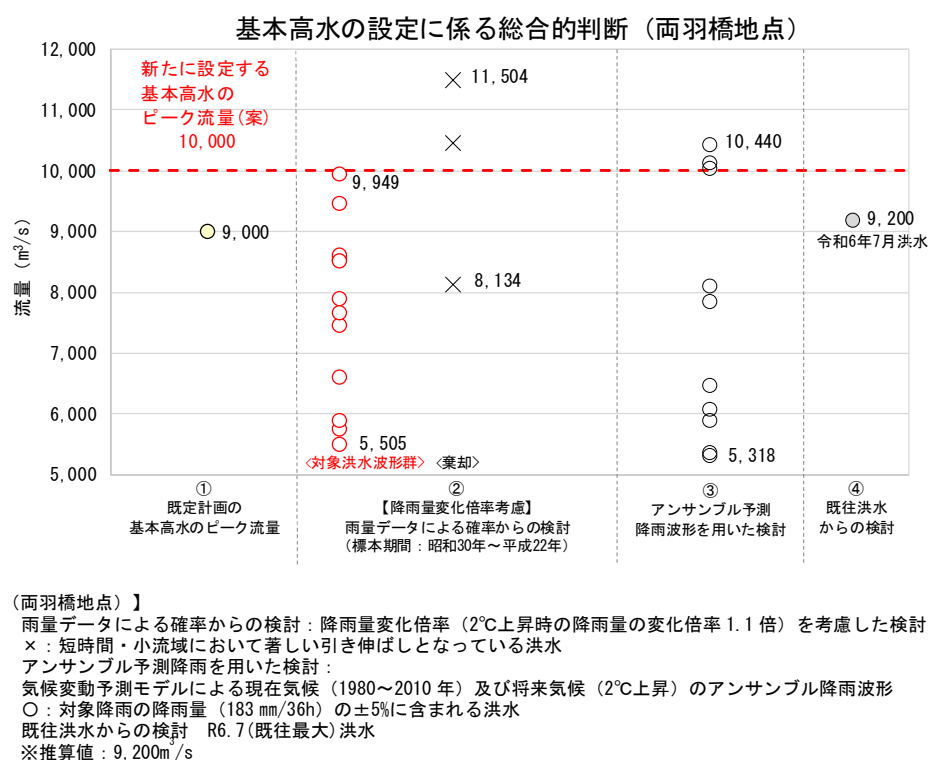


図 1.31 (1) 基本高水のピーク流量の設定にかかる総合判断図（基準地点両羽橋）

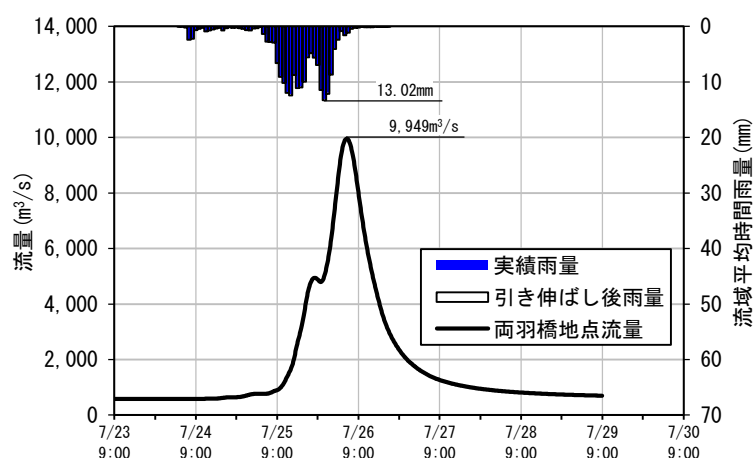
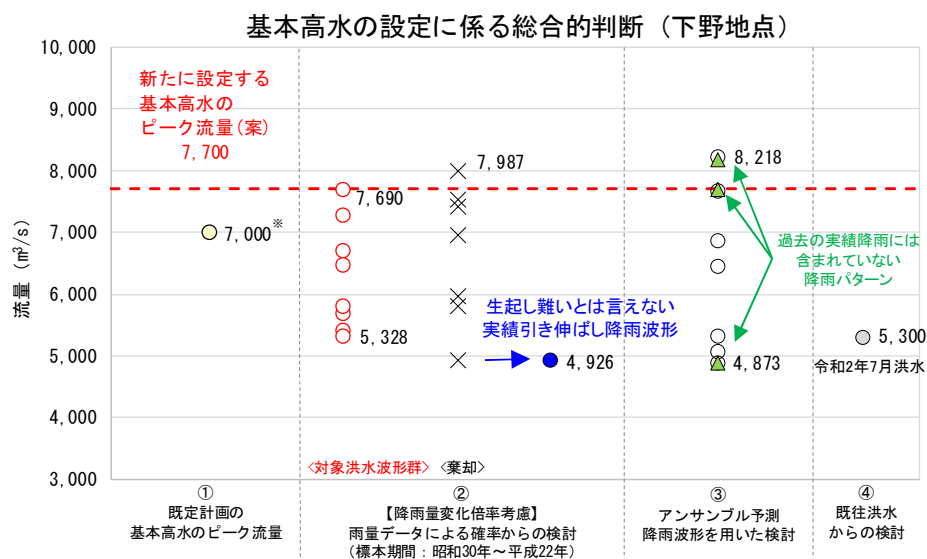


図 1.32 (1) 基本高水のピーク流量ハイドログラフ（令和 6 年 7 月洪水・基準地点両羽橋）



【凡例（下野地点）】

- ① 工事実施基本計画のピーク流量
- 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・将来実験）の時空間分布から見て生起し難いとは言えないと判断された洪水（昭和56年8月）
- ③ アンサンブル予測降雨を用いた検討：
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
○：対象降雨の降雨量（197mm/24h）の±15%に含まれる洪水
▲：過去の実績降雨（対象降雨波形）には含まれていない降雨パターン
- ④ 既往洪水からの検討 令和2年7月（既往最大）洪水
※推算値：5,300m³/s

図 1.31（2） 基本高水のピーク流量の設定にかかる総合判断図（基準地点下野）

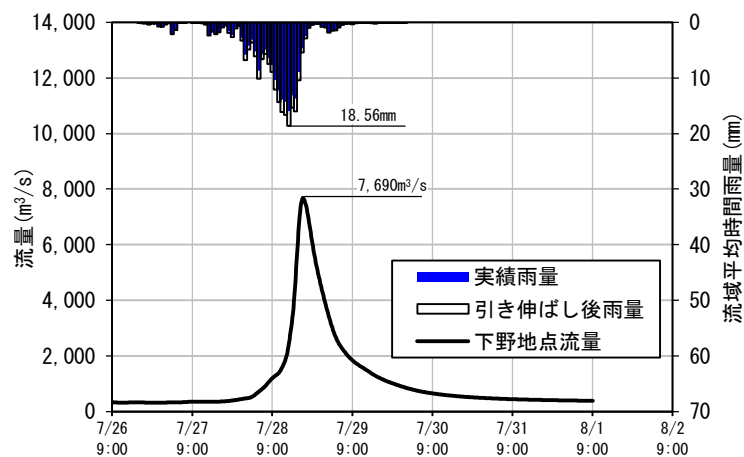


図 1.32（2） 基本高水のピーク流量ハイドログラフ（令和2年7月洪水・基準地点下野）

2. 高水処理計画

平成 11 年（1999 年）に策定した既定計画における高水処理計画は、基準地点両羽橋における基本高水のピーク流量 $9,000\text{m}^3/\text{s}$ に対し、洪水処理施設により $1,000\text{m}^3/\text{s}$ を調節する計画としている。

今回、気候変動による降雨量への影響を踏まえ、基本高水のピーク流量を見直した結果、基準地点両羽橋では、既定計画 $9,000\text{m}^3/\text{s}$ を $10,000\text{m}^3/\text{s}$ に変更、基準地点下野では $7,700\text{m}^3/\text{s}$ とする計画とした。

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

外力の増大に対応した河道計画を検討するにあたり、流下能力が不足する区間において、堤防の嵩上げや引堤等が現状の地域に与える社会的影響、河道掘削量の増加による河川環境の負荷等を考慮した上で、河道断面の拡幅の検討を行い、基準地点両羽橋において $8,600\text{m}^3/\text{s}$ 、基準地点下野において $5,600\text{m}^3/\text{s}$ の流下断面の確保が可能であることを確認した。

このため、高水処理計画は、基準地点両羽橋、基準地点下野における河道への配分流量を $8,600\text{m}^3/\text{s}$ 、 $5,600\text{m}^3/\text{s}$ とし、既存ダムの事前放流等により確保可能な容量を活用した洪水調節を見込んだ上で、新たな洪水調節機能の確保により対応することとした。

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

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

3. 計画高水流量

最上川の計画高水流量は、基準地点下野において $5,600\text{m}^3/\text{s}$ 、基準地点両羽橋において $8,600\text{m}^3/\text{s}$ とする。

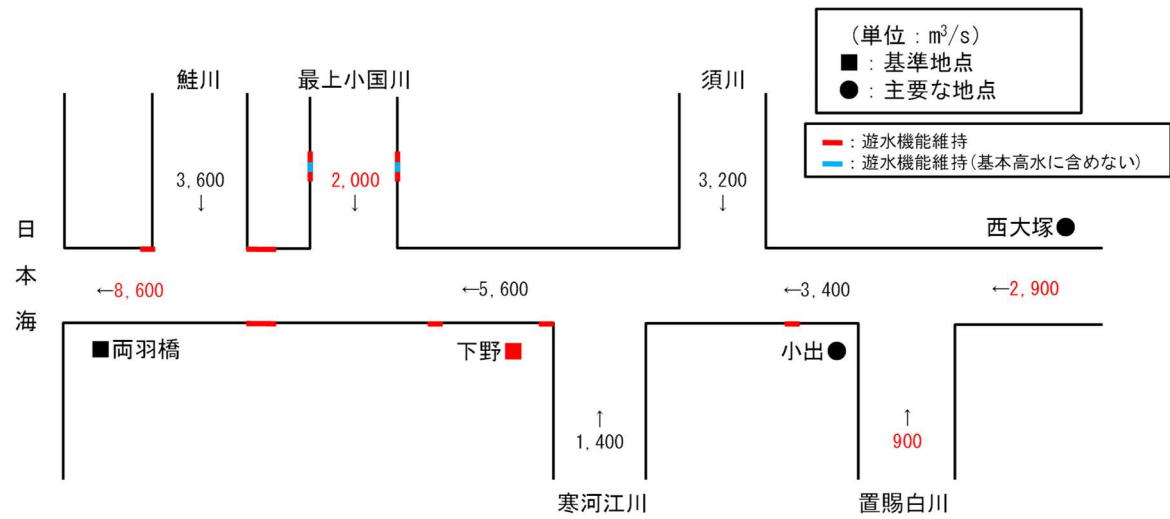


図 3.1 最上川計画高水流量図

4. 河道計画

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

- ① 大臣管理区間の堤防は計画高水位に対し、概ね堤防が概成（完成・暫定）していること。
- ② 計画高水位を上げることは、堤防決壊時における被害を増大させることになるため、沿川の市街地状況を考慮すると避けるべきであること。
- ③ 既定計画の計画高水位に基づいて多数の橋梁や樋門等の構造物が完成していることや計画高水位を上げて堤内地での内水被害の助長を避けるべきであること。
- ④ 河道の安定を考慮した掘削高さの設定が重要であること。

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

表 4.1 主要な地点の計画高水位及び概ねの川幅一覧表

河川名	地点名	※ 河口からの距離 (km)	計画高水位 T.P.(m)	川幅(m)
最上川	西大塚	185.5	207.67	210
	小 出	179.2	197.03	360
	下 野	114.5	86.64	500
	両羽橋	5.0	5.28	710
	河 口	0.0	1.86	430

注) T.P. 東京湾中等潮位

※：基点からの距離

【参考】気候変動の影響検討（河口水位）

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

朔望平均満潮位による出発水位（気候変動による海面上昇考慮）を試算した。

- | | | |
|---|----------------------|---------------|
| ① | 朔望平均満潮位＋気候変動による海面上昇量 | : T.P.+0.973m |
| ② | 密度差（①の水深の 2.5%） | : 0.137m |
| ③ | 上記の①＋② | : T.P.+1.110m |

以上より、気候変動による海面上昇を考慮した出発水位は T.P.+1.110m は、既往計画から設定される出発水位 T.P.+1.200m に対し、約 0.09m 低い値であり、計画高水流量を計画高水位以下で流下可能であることを確認した。

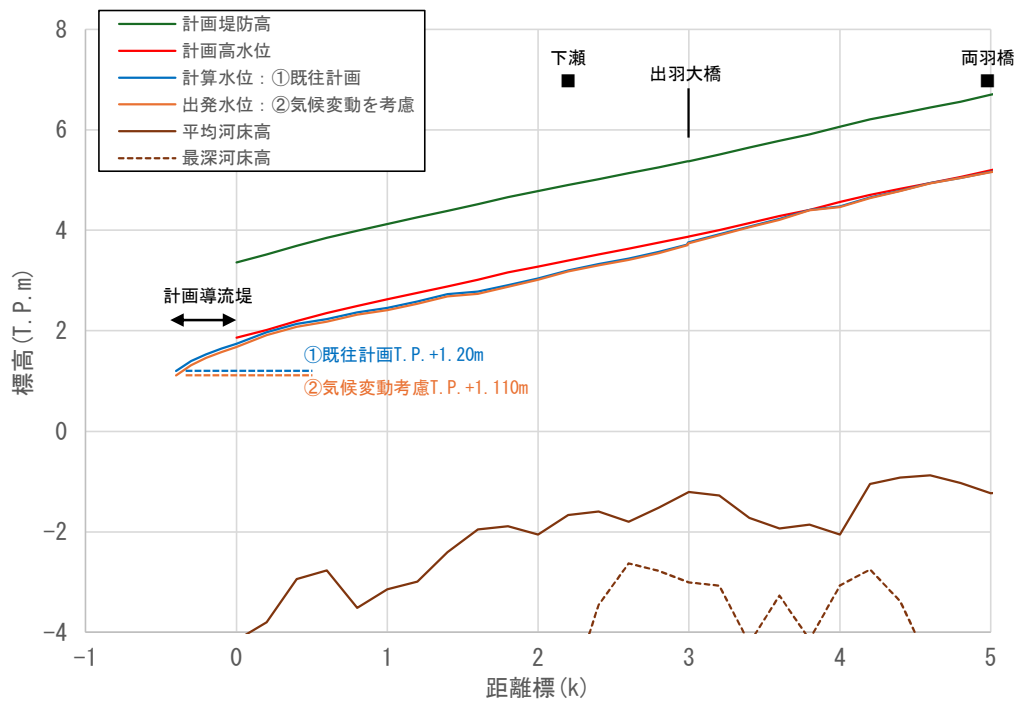


図 4.1 河口水位

5. 河川管理施設等の整備の状況

(1) 堤防

堤防整備の現状（令和7年（2025年）3月末時点）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	291
暫定断面	16
無堤防区間	19
計	326

※延長は、大臣管理区間（ダム管理区間を除く）の左右岸の計である。

(2) 洪水調節施設

・ 完成施設	白川ダム	（治水容量：30,000 千 m ³ ）
	長井ダム	（治水容量：27,000 千 m ³ ）
	寒河江ダム	（治水容量：37,000 千 m ³ ）
	綱木川ダム	（治水容量：4,900 千 m ³ ）【山形県管理】
	前川ダム	（治水容量：2,400 千 m ³ ）【山形県管理】
	蔵王ダム	（治水容量：2,100 千 m ³ ）【山形県管理】
	留山川ダム	（治水容量：675 千 m ³ ）【山形県管理】
	白水川ダム	（治水容量：2,000 千 m ³ ）【山形県管理】
	最上小国川流水型ダム	（治水容量：2,100 千 m ³ ）【山形県管理】
	高坂ダム	（治水容量：10,050 千 m ³ ）【山形県管理】
	神室ダム	（治水容量：2,300 千 m ³ ）【山形県管理】
	田沢川ダム	（治水容量：3,100 千 m ³ ）【山形県管理】

(3) 排水機場等

排水機場等の河川管理施設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	水門	排水機場	樋門樋管
3 基	4 基	6 基	354 基

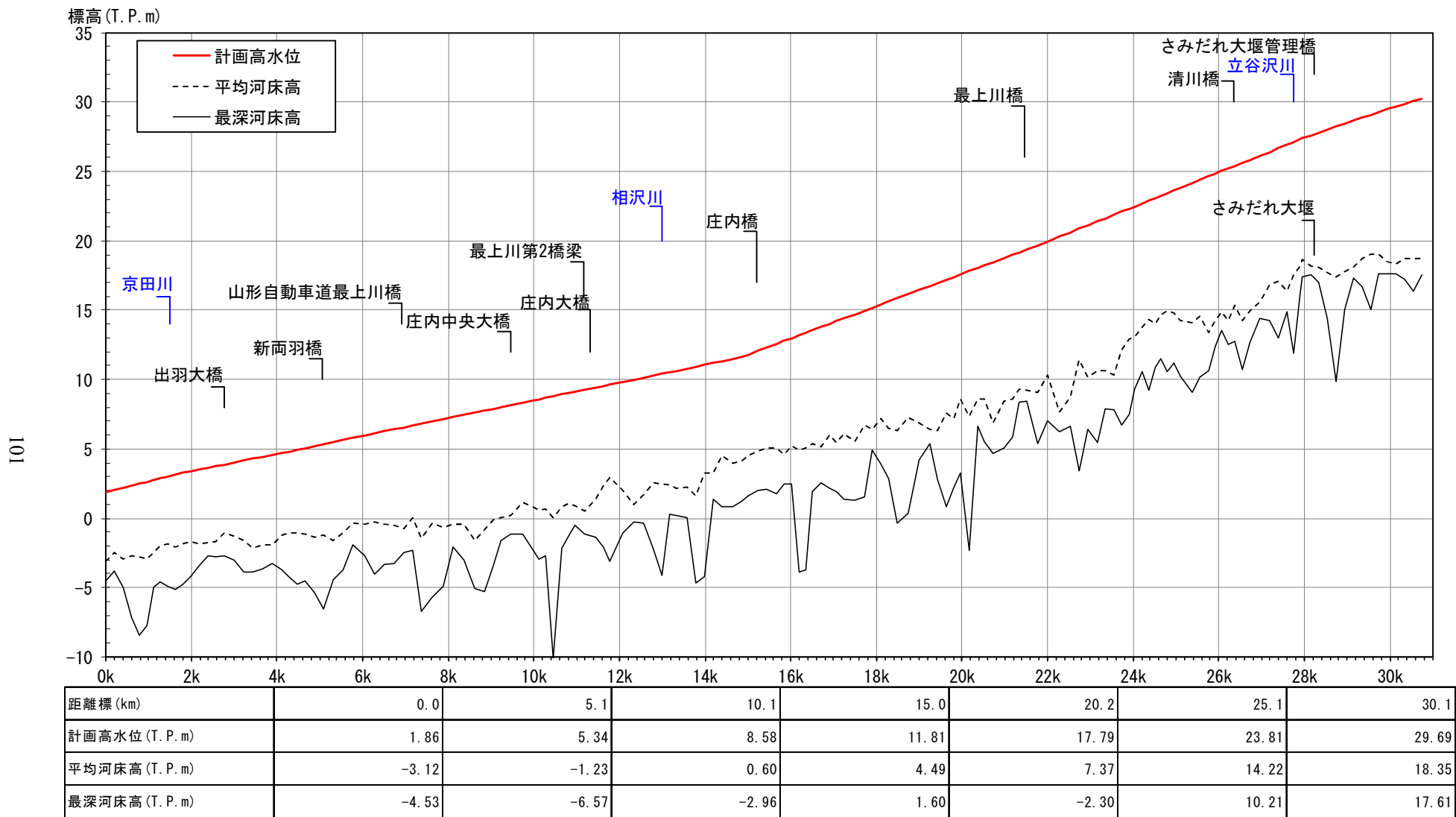


図 5.1 (1) 計画縦断面図 (最上川下流部)

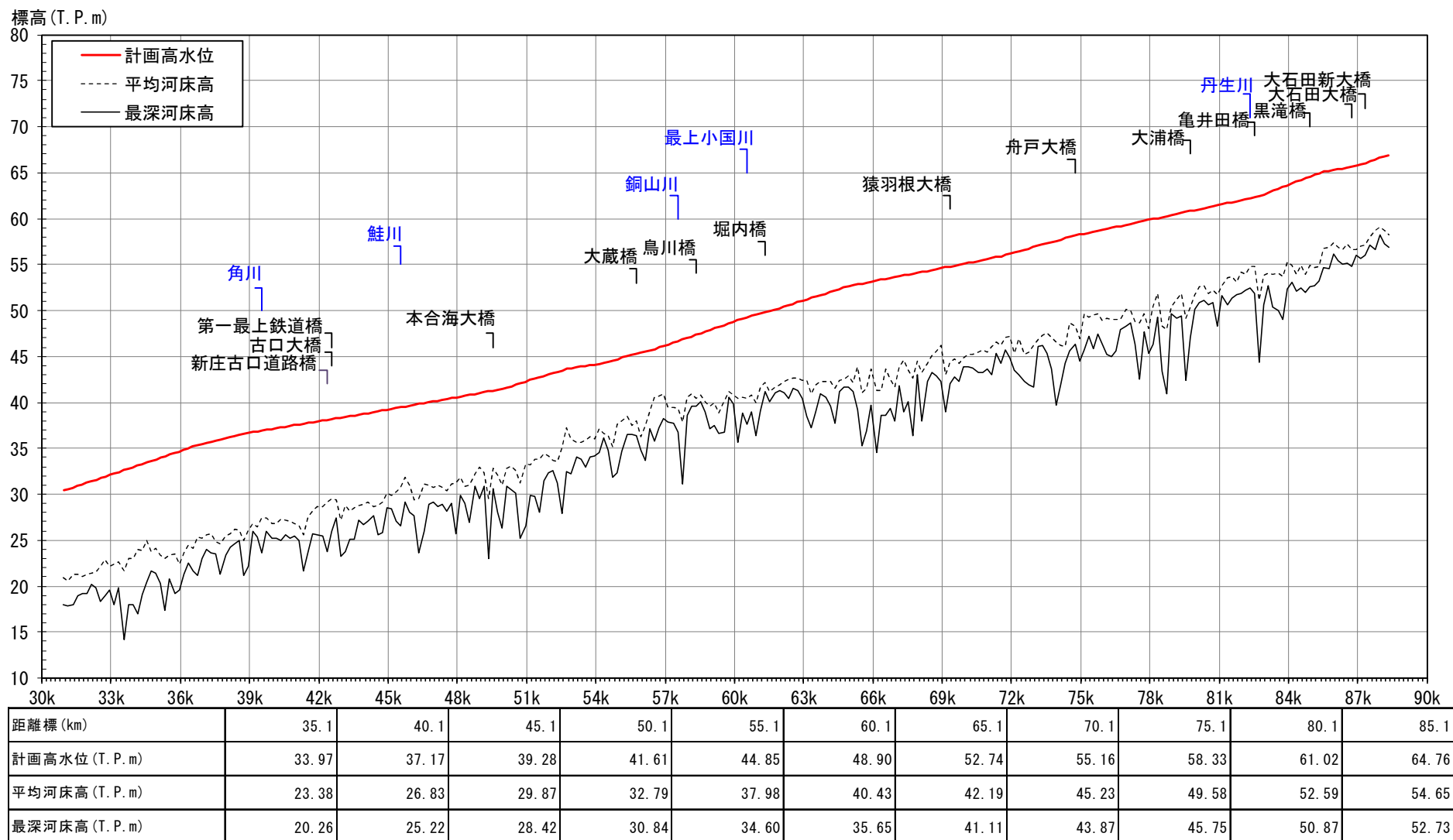


図 5.1 (2) 計画縦断図 (最上川中流部)

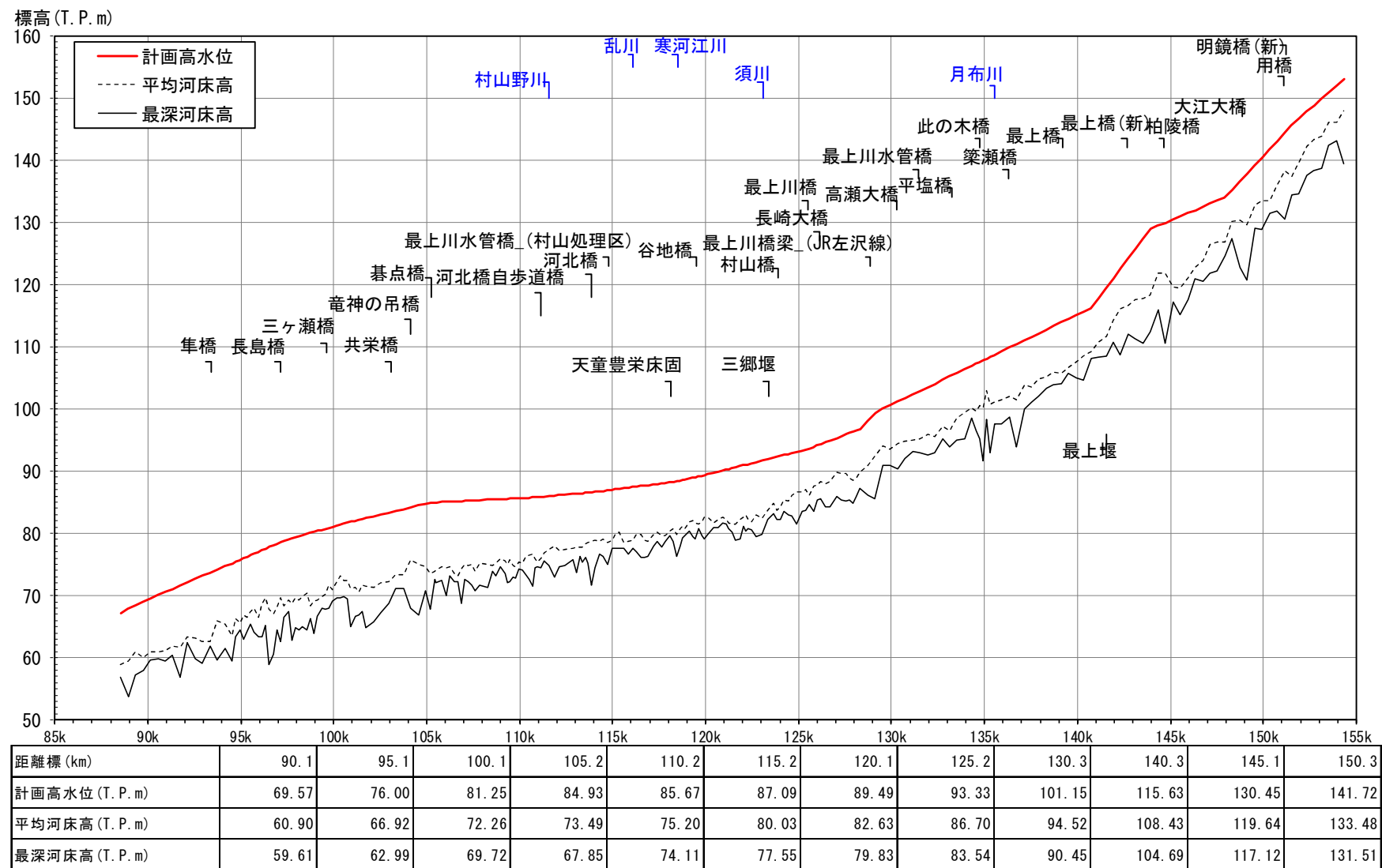


図 5.1 (3) 計画縦断図 (最上川上流部①)

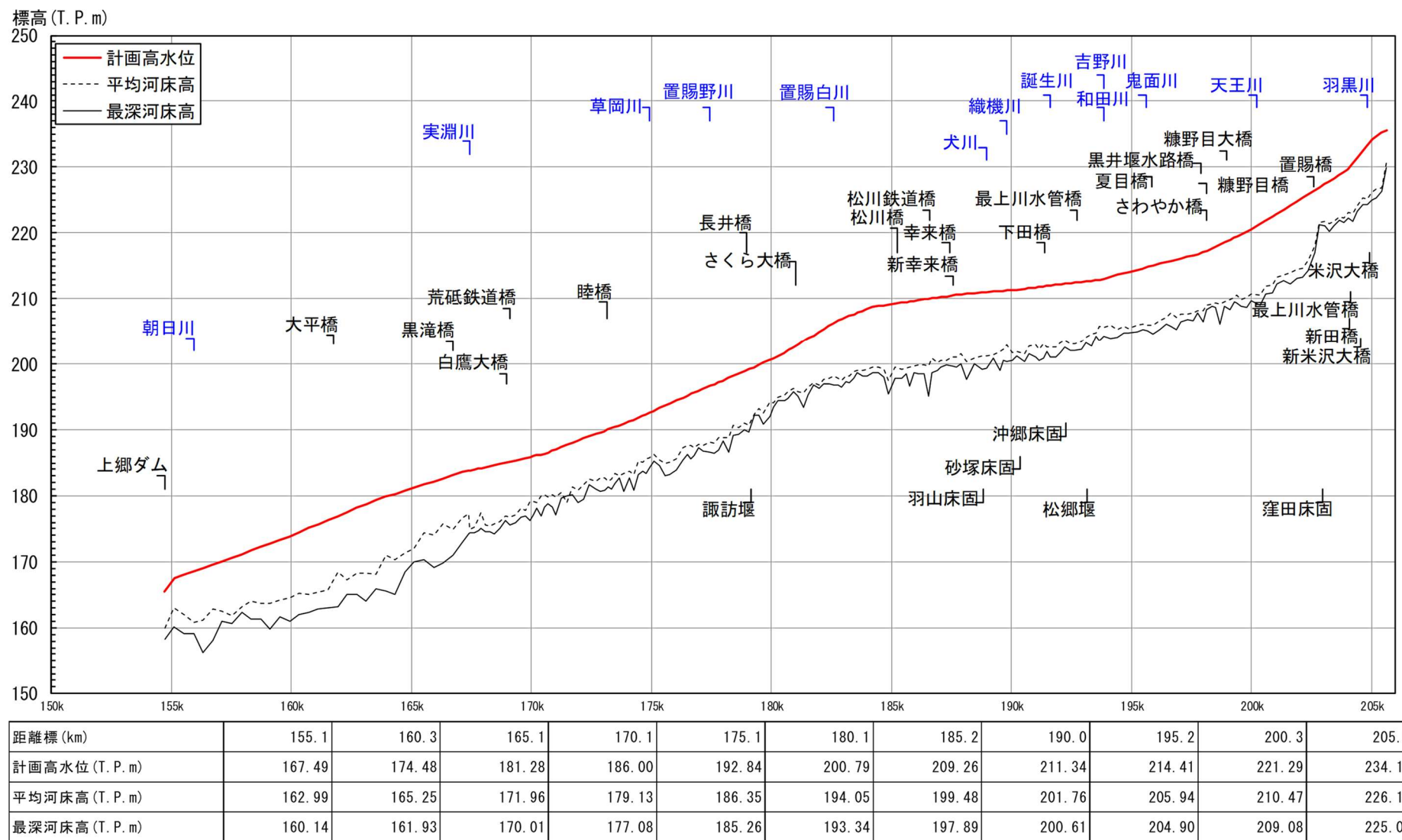


図 5.1 (4) 計画縦断図 (最上川上流部②)