

相模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
1.1 工事実施基本計画	1-1
1.2 河川整備基本方針	1-1
1.3 河川整備基本方針策定後の状況	1-1
1.4 流出計算モデルの構築	1-3
1.5 基本高水のピーク流量の設定の考え方	1-16
1.6 計画規模の設定	1-16
1.7 対象降雨の継続時間の設定.....	1-17
1.8 対象降雨の降雨量の設定	1-29
1.9 降雨確率法による検討	1-32
1.10 アンサンブル予測降雨波形による検討（相模川）	1-37
1.11 既往洪水による検討（相模川）	1-45
1.12 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定.....	1-45
2. 高水処理計画	2-46
3. 計画高水流量	3-46
4. 河道計画	4-47
5. 河川管理施設等の整備の現状.....	5-50
5.1 堤防	5-50
5.2 洪水調節施設.....	5-50

1. 基本高水の検討

1.1 工事実施基本計画

昭和 49 年(1974 年)に策定された相模川水系工事実施基本計画においては、流域の社会的・経済的な重要性を総合的に勘案し計画規模 1/150 と設定し、基準地点「厚木」において、基本高水のピーク流量を $10,100\text{m}^3/\text{s}$ とし、河道への配分流量を $7,300\text{m}^3/\text{s}$ と定めた。

支川においては、流域の社会的・経済的な重要性を総合的に勘案し計画規模 1/100 と設定した。

1.2 河川整備基本方針

平成 9 年(1997 年)の河川法改正を受け、下記に示す手法により相模川水系工事実施基本計画で策定された基本高水のピーク流量を検証した結果、基本方針においても、基本高水のピーク流量を踏襲することとし、相模川水系河川整備基本方針を平成 19 年(2007 年)に策定した。

1.2.1 年最大降雨量と年最大流量の経年変化

既定計画を策定した昭和 49 年(1974 年)以降、計画を変更するような大きな降雨、洪水は発生していない。

1.2.2 流量確率評価による検証

流量確率の検討の結果、基準地点厚木においては、 $7,500\sim10,300\text{m}^3/\text{s}$ と推定された。

1.2.3 既往洪水による検証

過去の洪水の氾濫痕跡や水害の記録より、明治 40 年(1907 年)洪水が実績最大洪水と考えられるため、痕跡水位を用いて流量を推定し、基本高水のピーク流量の妥当性を検証した結果、明治 40 年(1907 年)洪水における厚木地点ピーク流量は、 $11,900\text{m}^3/\text{s}$ と推定された。

1.3 河川整備基本方針策定後の状況

平成 19 年(2007 年)に河川整備基本方針(以降、「既定計画」という。)を策定以降、基準地点厚木においては、令和元年(2019 年)10 月において戦後最大規模に迫る約 $7,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水が発生した。年最大流域平均雨量及び年最大流量を図 1-1 及び図 1-2 に示す。

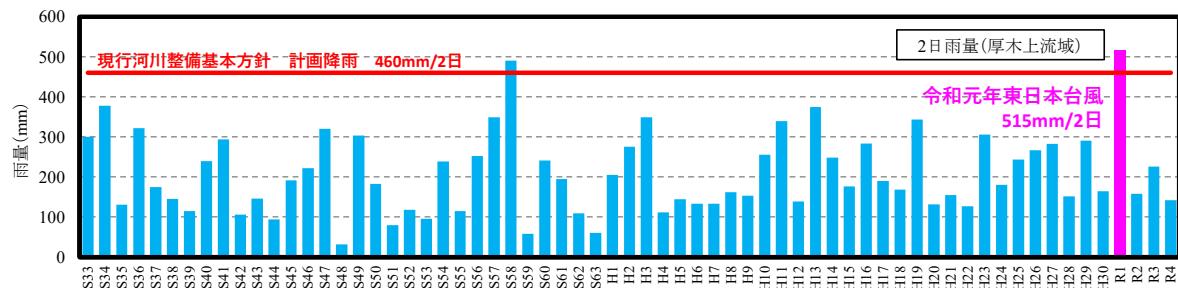


図 1-1 年最大流域平均雨量(基準地点厚木上流域)

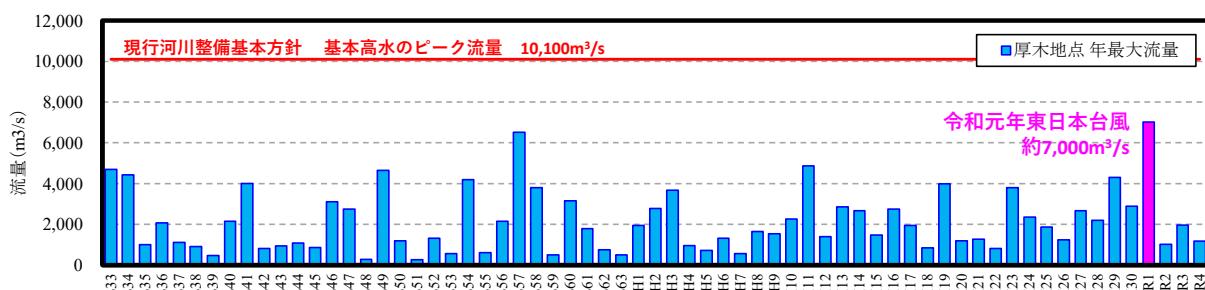


図 1-2 年最大流量(基準地点厚木)

1.4 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の流出計算モデル(貯留関数法)を作成し、洪水の規模、資料の有無、洪水波形等を考慮して選定された過去の主要洪水における降雨分布特性により、モデルの定数を同定した。

1.4.1 モデルの概要

流出計算モデルの基礎式は次のとおりである。

(1) 流域の基礎式

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

$$S_{(t)} = K \cdot q_{(t+T_l)}^p$$

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

ただし、

$$\Sigma_{r_{(t)}} \leqq R_o \quad \text{の場合} \quad f_{(t)} = 0.0$$

$$R_o < \Sigma_{r_{(t)}} \leqq R_o + R_{sa} \quad \text{の場合} \quad f_{(t)} = f_1$$

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

ここで、

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

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

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

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

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

T_l :遅滞時間【h】、 K :定数、 P :定数、

$Q_{(t)}$:直接流出強度【m³/s】、 A :流域面積【km²】、

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

R_o :初期損失雨量【mm】、 R_{sa} :飽和雨量【mm】、 R_{sum} :総降雨量【mm】*2、

Q_{sum} :総直接流出量【m³】、 f_l :一次流出率【無次元】、 $Q_{ca(t)}$:流域からの流出量【m³/s】、

$Q_{b(t)}$:基底流量【m³/s】

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

*2 降り始めからの雨量より初期損失雨量を控除したもの。

1.4.2 河道の基礎式

(1) 貯留関数法

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

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

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

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

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

K :定数、 P :定数

1.4.3 流域及び河道分割

流域は 18 分割し、河道は大臣管理区間よりも上流の本川及び支川も併せて分割することとした。

流域分割図、流出計算モデル模式図、貯留閑数における流域・河道モデル分割諸元をそれぞれ
図 1-3、図 1-4、表 1-1 に示す

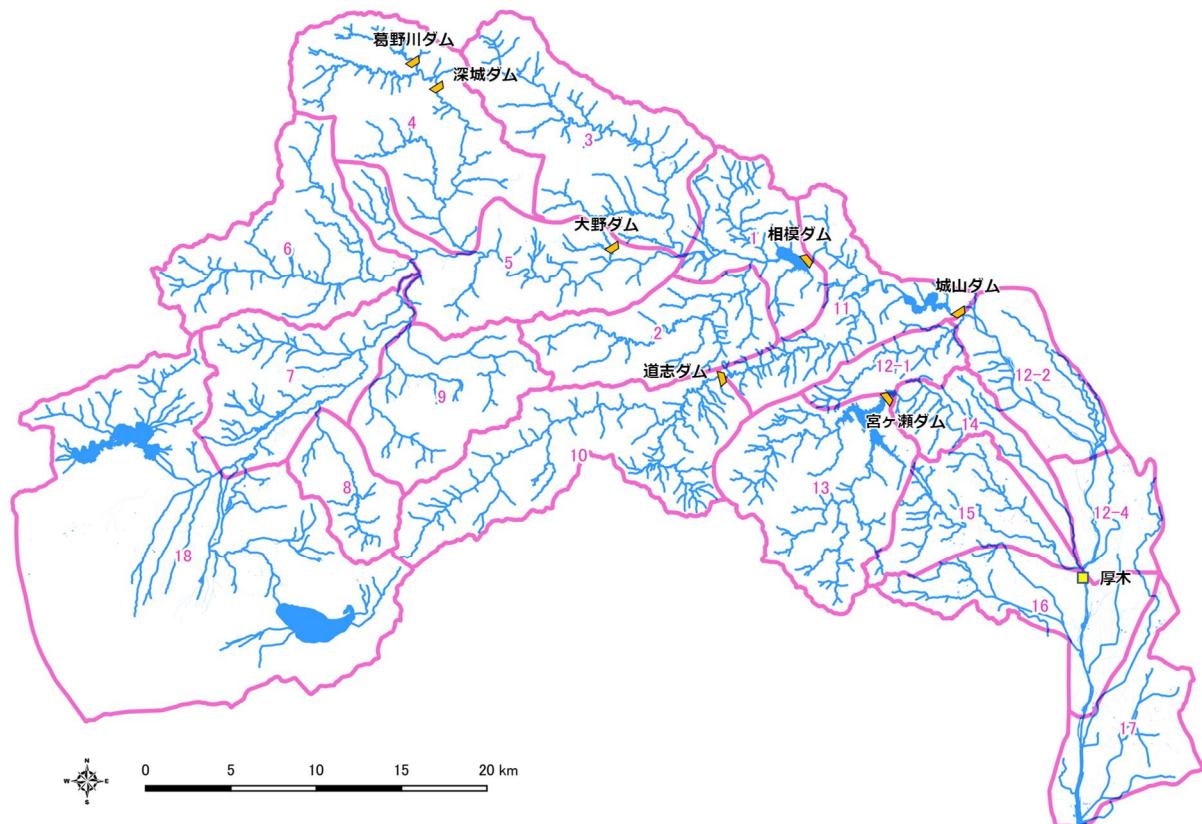


図 1-3 流域分割図(厚木地点上流)

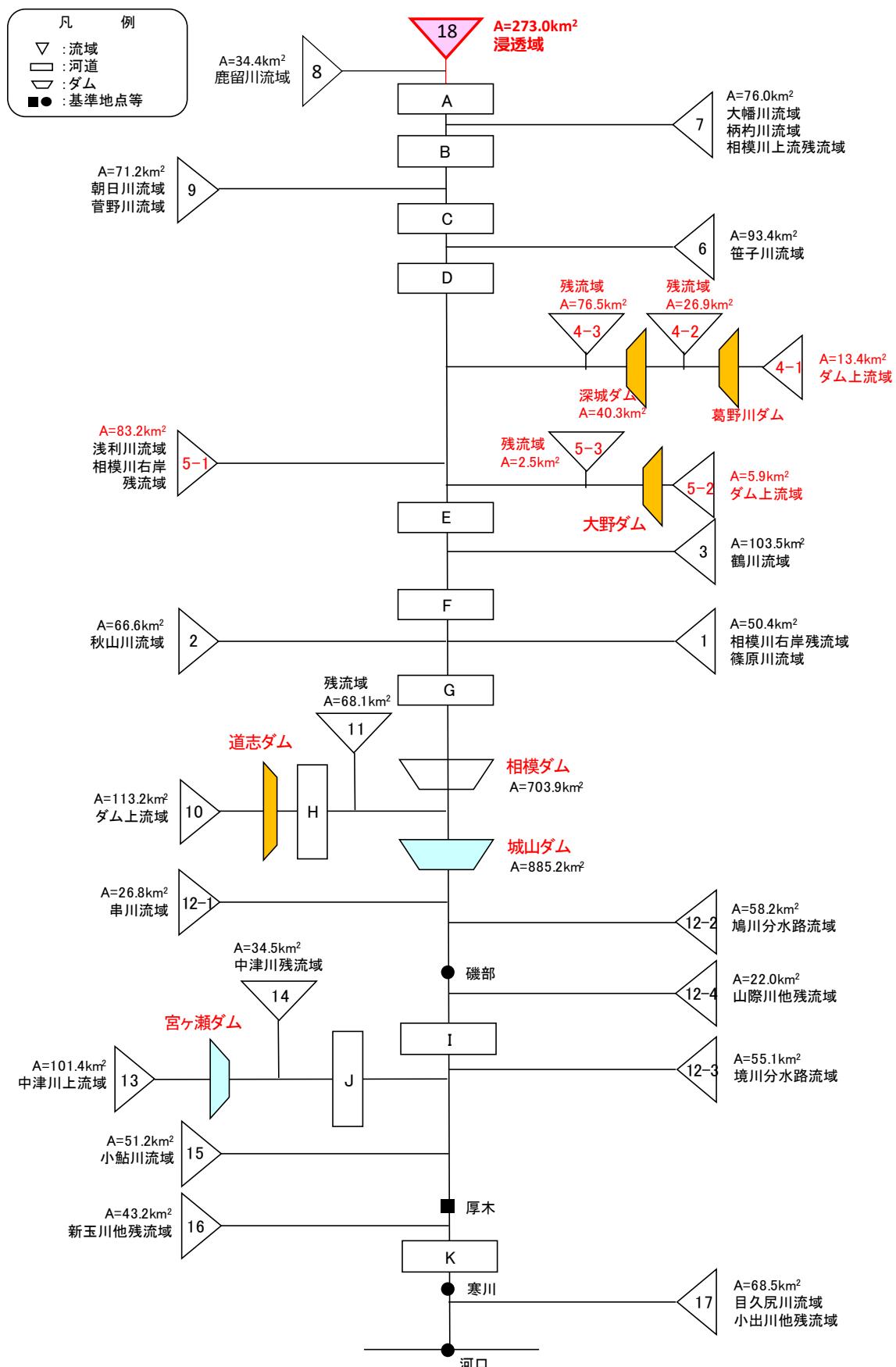


図 1-4 流出計算モデル模式図

表 1-1(1) 流域・河道モデル分割諸元(流域分割)

流域 No.	流域名	流域面積 (km ²)	流域 No.	流域名	流域面積 (km ²)
1	相模川右岸残流域 篠原川流域	50.4	9	朝日川流域 菅野川流域	71.2
2	秋山川流域	66.6	10	道志ダム上流域	113.2
3	鶴川流域	103.5	11	道志川残流域	68.1
4-1	葛野川ダム上流域	13.4	12-1	串川流域	26.8
4-2	深城ダム上流域	26.9	12-2	鳩川分水路流域	58.2
4-3	葛野川残流域	76.5	12-3	境川分水路流域	55.1
5-1	浅利川流域 相模川右岸残流域	83.2	12-4	山際川他残流域	22.0
5-2	大野ダム上流域	5.9	13	中津川上流域	101.4
5-3	大野ダム残流域	2.5	14	中津川残流域	34.5
6	笛子川流域	93.4	15	小鮎川流域	51.2
7	大幡川流域 柄杓川流域 相模川上流残流域	76.0	16	新玉川他残流域	43.2
8	鹿留川流域	34.4	17	目久尻川流域 小出川他残流域	68.5
			18	富士山浸透域	273.0

表 1-1(2) 流域・河道モデル分割諸元(河道)

河道 No.	流域名
A	桂川(大幡川合流点～最上流)
B	桂川(朝日川合流点～大幡川合流点)
C	桂川(笛子川合流点～朝日川合流点)
D	桂川(葛野川合流点～笛子川合流点)
E	桂川(鶴川合流点～葛野川合流点)
F	桂川(秋山川合流点～鶴川合流点)
G	桂川(相模ダム～秋山川合流点)
H	道志川(相模川合流点～道志ダム)
I	相模川(中津川合流点～城山ダム)
J	中津川(相模川合流点～宮ヶ瀬ダム)
K	相模川(河口～中津川合流点)

1.4.4 定数の設定

(1) 流域定数の設定

1) 定数設定の考え方

流域定数(K 、 P 、 T_l 、 f_1 、 R_{sa})の設定に当たっては、近年の洪水のデータを用いること等によって、より精度の高い新たな流出計算モデルを構築した。

2) 流域定数解析洪水

流域定数の設定に当たっては、基準地点厚木において、実績流量を有している期間(昭和 47 年(1972 年)～)のデータの中から、厚木地点のダム戻し流量が比較的大きい洪水を用いた。具体的には、厚木地点の 1/5 規模流量を上回る 18 洪水を検証の対象とした。流域定数解析洪水一覧表を表 1-2 に示す。

表 1-2 流域定数解析洪水一覧表

No.	洪水名	ピーク流量 (m ³ /s)	No.	洪水名	ピーク流量 (m ³ /s)
1	S47.9.17	2,748	10	H13.9.11	2,851
2	S49.9.1	4,645	11	H14.7.9	2,660
3	S54.10.19	4,199	12	H16.10.9	2,744
4	S57.8.3	6,520	13	H19.9.7	3,986
5	S58.8.16	3,813	14	H23.9.21	3,797
6	S60.7.1	3,162	15	H27.9.9	2,657
7	H2.8.10	2,758	16	H29.10.23	4,303
8	H3.8.21	3,672	17	H30.9.30	2,898
9	H11.8.14	4,862	18	R1.10.12	7,022

3) 流出成分の分離

流域定数の設定を行う上で、実績流量のハイドログラフをもとに流出成分を分離し、流域定数解析洪水ごとに流域定数の解析地点のハイドログラフについて、ハイドログラフの低減部の指數低減性を利用する方法によって、直接流出成分と間接流出成分の分離を行い、各時刻の直接流出と基底流量を求めた。この成分分離の概念を図 1-5 に示し、各洪水における成分分離の事例を図 1-6 に示す。

成分分離については、ハイドログラフの低減部を片対数紙に描き、2 本又は 3 本の直線で近似する。2 本の場合はその折れ点、3 本の場合には洪水の終わりから 1 つ目の折れ点が中間流出の終了時点と考えられている。今回は、ピーク以降の流量を 3 本の直線で分離し、洪水の終わりから 1 つ目の折れ点を直接流出の終了地点とした。

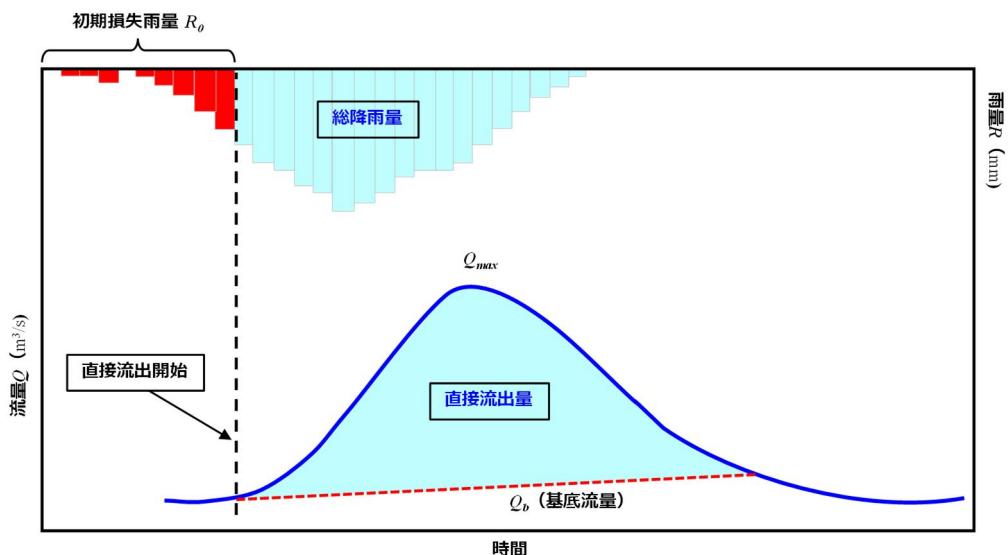


図 1-5 成分分離の概念図

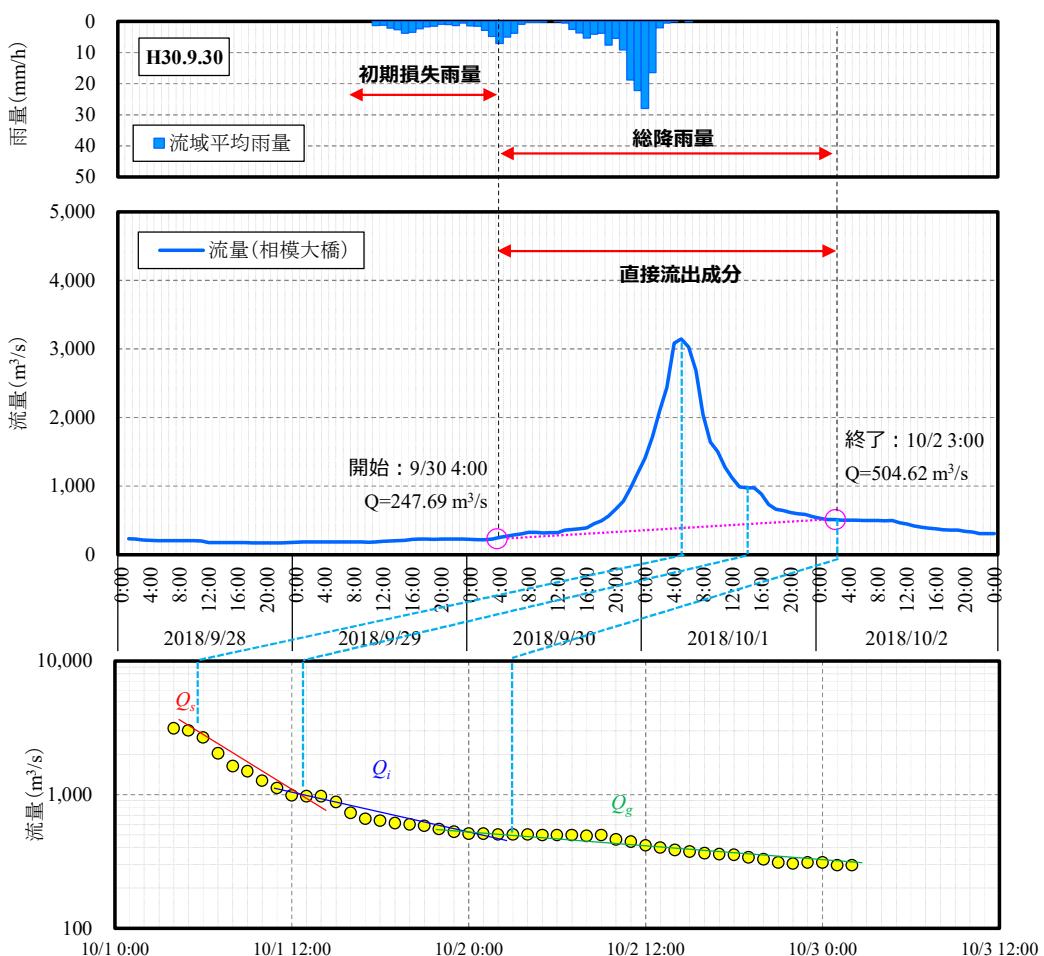


図 1-6 成分分離の事例

4) 初期損失雨量の設定

初期損失雨量は、次に示す地点(以下「 f_1 等解析地点」と称す)を選定して、各地点において流域定数解析洪水ごとに求めた。具体的には、 f_1 等解析地点の上流域における流域平均時間雨量のハイエトグラフにおいて、直接流出開始以前の時間雨量の和を求めて当該地点の初期損失雨量とした。

f_1 等解析地点(5 地点)

- 分割した小流域の下流端となる流量観測所(5 観測所)のうち、流域定数解析洪水のデータについて、 f_1 、 R_{sa} の解析(後述)が可能なデータが存在する流量観測所地点:1 地点
- 分割した小流域の下流端となる既設ダム地点:4 地点

各小流域の初期損失雨量は、流域定数解析洪水ごとに設定することとし、 f_1 等解析地点のうち、18 小流域については、中流域ごとに、当該中流域に含まれるすべての f_1 等解析地点の当該洪水における初期損失雨量の平均値を求め、当該中流域に属する小流域の初期損失雨量とした。

最上流地点において、欠測等により初期損失雨量が求められない場合は、18 小流域と同様に、中流域ごとの当該洪水における初期損失雨量の平均値を当該最上流地点の上流にある小流域の初期損失雨量とした。各中流域とそれぞれに属する小流域を図 1-7 に示す。

各小流域における流域定数解析洪水ごとの流域平均時間雨量のハイエトグラフにおいて、降り始めから初期損失雨量分の降雨を控除して総降雨量を求めた。

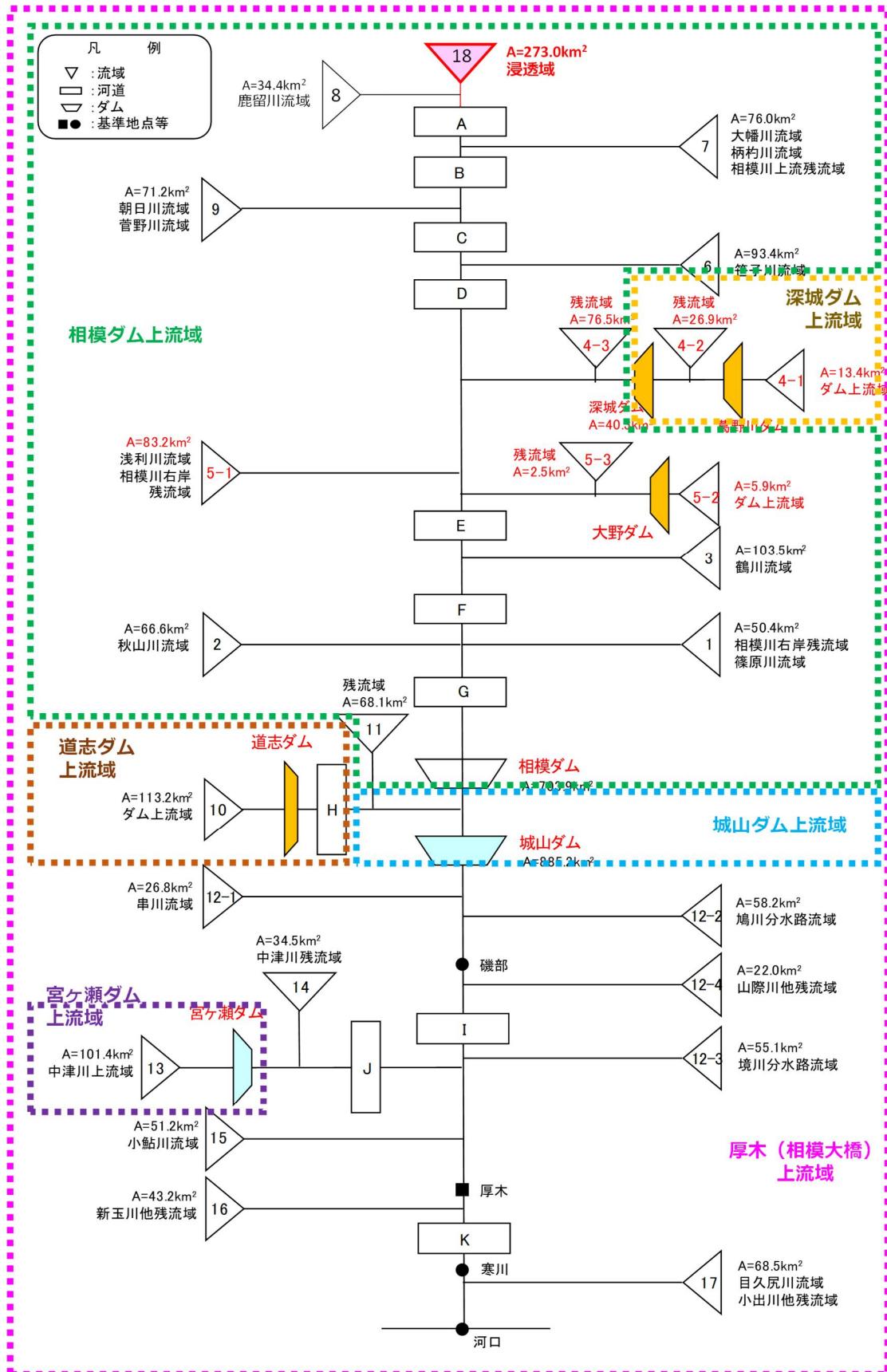


図 1-7 中流域分割図

5) f_1 、 R_{sa} の設定

各小流域の f_1 は、当該小流域が属する中流域の f_1 とすることとし、中流域ごとに f_1 を求めた。具体的には、中流域ごとに、当該中流域に含まれるすべての f_1 等解析地点におけるすべての流域定数解析洪水の総降雨量 R_{sum} と総直接流出高 q_{sum} (【mm】= $1000 \cdot A$)を1つの図(X 軸: R_{sum} 、Y 軸: q_{sum})にプロットし、ある R_{sa} を仮定して、総降雨量が R_{sum} より小さい点群について、その座標と原点を結ぶ直線の傾きの平均値を f_1 としたときに、総降雨量が R_{sa} より大きい点群について、総降雨量と総直接流出高の差の平均値が $R_{sa} (1 - f_1)$ となることを満足するよう、 R_{sa} を変化させて求めた。なお、この R_{sa} を当該中流域の『平均的な R_{sa} 』とした。この結果を図 1-8 に示す。また、洪水毎に実績の総降雨量と総直接流出高を求めることができる場合は、『洪水ごとの R_{sa} 』を求めた。

具体的には、当該地点を含む中流域の $R_{sum} - q_{sum}$ 図において、当該地点の当該洪水のプロットを通るように傾きが 1.0 の直線を引き、この直線と、原点を通る傾きが f_1 の直線との交点の X 座標を、当該地点の洪水ごとの R_{sa} とした。

各小流域の R_{sa} の設定に当たっては、中流域ごとに、当該中流域に含まれるすべての最上流地点の当該洪水における洪水ごとの R_{sa} の平均値を求め、当該中流域に属する小流域の R_{sa} とした。

R_{sa}	324
f_1	0.38
$R_{sa} (1-f_1)$	200.2
総降雨量と総直接流出高の差の平均値	223.7

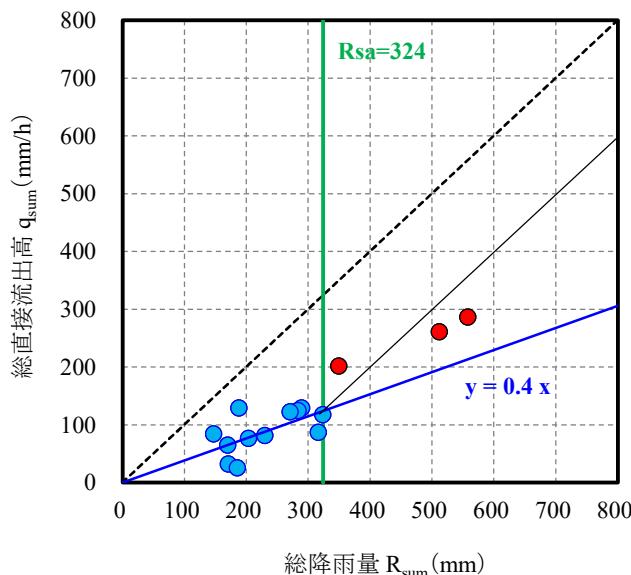


図 1-8 各洪水の総雨量と総直接流出高の関係

6) 小流域ごとの有効降雨

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

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

$re_{(t)}$:流域平均有効降雨強度【mm/h】

$f_{(t)}$:流入係数【無次元】

$r_{(t)}$:流域平均降雨強度【mm/h】*1

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

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

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

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

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

7) K 、 P 、 T_l の設定

分割した小流域の下流端となる流量観測所地点及びダム地点のうち、流域定数解析洪水のデータについて、 K 、 P 、 T_l の解析が可能なデータが存在し、かつ、河道の影響を受けにくい地点（以下「 K 等解析地点」という。）が 7 地点あり、これらの地点で K 、 P 、 T_l の解析を行った。

具体的には、 T_l を少しずつ変えて貯留高と直接流出高を両対数でプロットして $S_{(t)} - q_{(t)}$ 図を作成し、最もループが小さくなる T_l を求めた。求めた T_l によって両対数でプロットした $S_{(t)} - q_{(t)}$ 関係を直線近似し、切片を K 、傾きを P として求めた。

このようにして洪水ごと、地点ごとの K 、 P 、 T_l を求ることとし、大きな洪水における流出量の再現性を考慮して、 K 等解析地点ごとに、 K 、 P は最大流量となる洪水の値を、 T_l は規模の大きい洪水の値の平均値を、それぞれ用いて、当該 K 等解析地点の K 、 P 、 T_l を求めた。各 K 等解析地点の K 、 P 、 T_l を求める際に作成した $S_{(t)} - q_{(t)}$ 図の事例を図 1.9 に示す。

K 等解析地点の上流にある 7 の小流域については、各 K 等解析地点で求めた K 、 P 、 T_l を、当該 K 等解析地点の上流にある小流域の K 、 P 、 T_l とした。その他の 27 小流域については、 K 等解析地点で求めた値から K 、 P 、 T_l を設定した。具体的には、中流域ごとに、上記 7 地点のうち当該中流域に含まれる地点の平均値を求め、当該中流域に属する小流域の K 、 P 、 T_l とした。

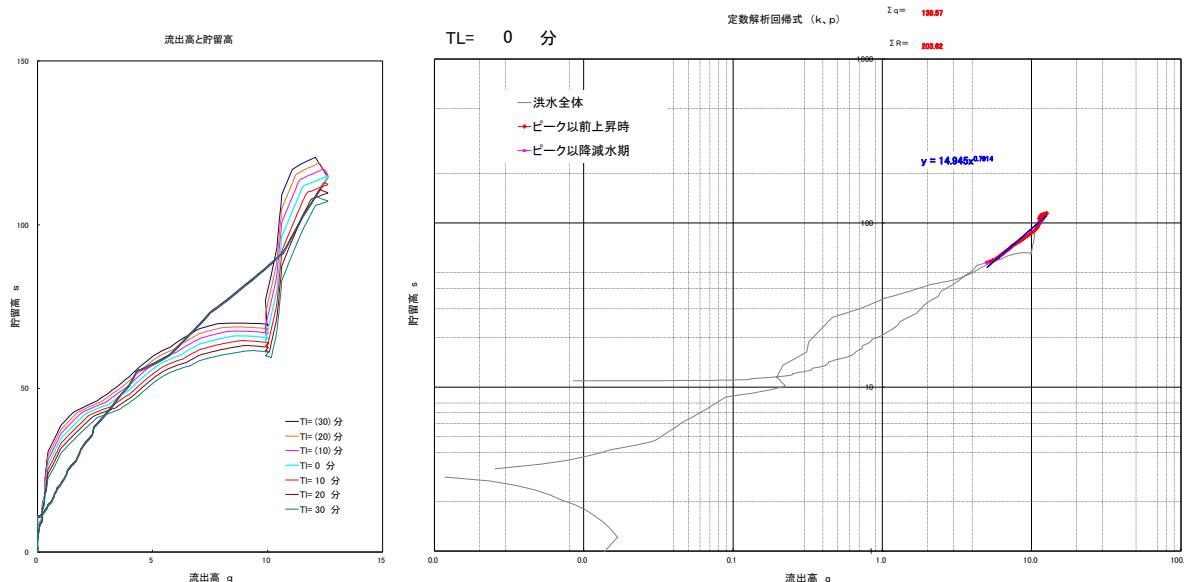


図 1-9 貯留高－流出高関係図

表 1-3 流域定数

流域No.		流域面積 A (km ²)	係数 k	係数 p	遅滞時間 T _l (hr)	一次 流出率 f _l	飽和 流出率 fsa	飽和雨量 Rsa (mm)	基底流量 Q _{b1} (m ³ /s)
相模ダム上流域 (浸透域を含む)	1	50.4	14.95	0.79	0.33	0.29	1.0	340	7.0
	2	66.6	14.95	0.79	0.33	0.29	1.0	340	9.2
	3	103.5	14.95	0.79	0.33	0.29	1.0	340	14.4
葛野川流域 (深城ダム・葛野川ダム流域)	4	116.8	17.23	0.61	0.57	0.32	1.0	259	4.7
相模ダム上流域 (浸透域を含む)	5	91.6	14.95	0.79	0.33	0.29	1.0	340	12.7
	6	93.4	14.95	0.79	0.33	0.29	1.0	340	13.0
	7	76.0	14.95	0.79	0.33	0.29	1.0	340	10.6
	8	34.4	14.95	0.79	0.33	0.29	1.0	340	4.8
	9	71.2	14.95	0.79	0.33	0.29	1.0	340	9.9
	18	273.0	14.95	0.79	0.33	0.29	1.0	340	37.9
道志川流域	10	113.2	12.17	0.70	0.93	0.33	1.0	430	18.2
城山ダム上流域	11	68.1	14.82	0.80	1.17	0.31	1.0	342	9.8
城山ダム下流域	12	26.8	14.82	0.80	1.17	0.38	1.0	324	10.4
宮ヶ瀬ダム上流域	13	101.4	13.98	0.66	0.78	0.49	1.0	355	24.1
城山ダム下流域	14	34.5	14.82	0.80	1.17	0.38	1.0	324	13.4
	15	51.2	14.82	0.80	1.17	0.38	1.0	324	19.9
	16	43.2	14.82	0.80	1.17	0.38	1.0	324	16.8
	17	68.5	14.82	0.80	1.17	0.38	1.0	324	26.6

1.5 基本高水のピーク流量の設定の考え方

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

- ①気候変動を考慮した時間雨量データによる確率からの検討
- ②アンサンブル予測降雨波形を用いた検討

1.6 計画規模の設定

計画規模については、既定計画の 1/150 を踏襲するものとする。

1.7 対象降雨の継続時間の設定

1.7.1 対象降雨の継続時間設定の考え方

相模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、③強度の強い降雨の継続時間を整理し設定した。

1.7.2 洪水到達時間

洪水到達時間は以下に示す式を用いて算定した。対象洪水は、基準地点厚木のピーク流量生起時刻前後における最大 24 時間雨量の引き伸ばし率が 2 倍以下となる 14 洪水を対象とした。

(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 1-4 に示し、洪水毎の Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討結果を図 1-10 から図 1-233 に示す。

表 1-4 洪水到達時間の算定結果

No.	洪水名	ピーク流量 (m ³ /s)	洪水到達時間		
			Kinematic Wave 法 算定結果 (h)	角屋式	
				平均有効 降雨強度 (mm/h)	算定結果 (h)
1	S33.9.26	4,696	19	19.1	8.2
2	S41.6.28	3,997	21	14.0	9.2
3	S49.9.1	4,645	26	9.7	10.4
4	S57.8.3	6,520	23	13.4	9.3
5	S58.8.16	3,813	14	12.8	9.5
6	H2.8.10	2,758	25	10.9	10.0
7	H3.8.21	3,672	21	14.3	9.1
8	H11.8.14	4,862	19	13.9	9.2
9	H13.9.11	2,851	40	8.8	10.8
10	H16.10.9	2,744	10	8.8	10.8
11	H19.9.7	3,986	25	10.3	10.2
12	H23.9.21	3,797	30	8.4	11.0
13	H29.10.23	4,303	11	14.2	9.1
14	R1.10.12	7,022	37	14.1	9.2
平均			22.9	12.3	9.7

※ピーク流量はダム無し流量

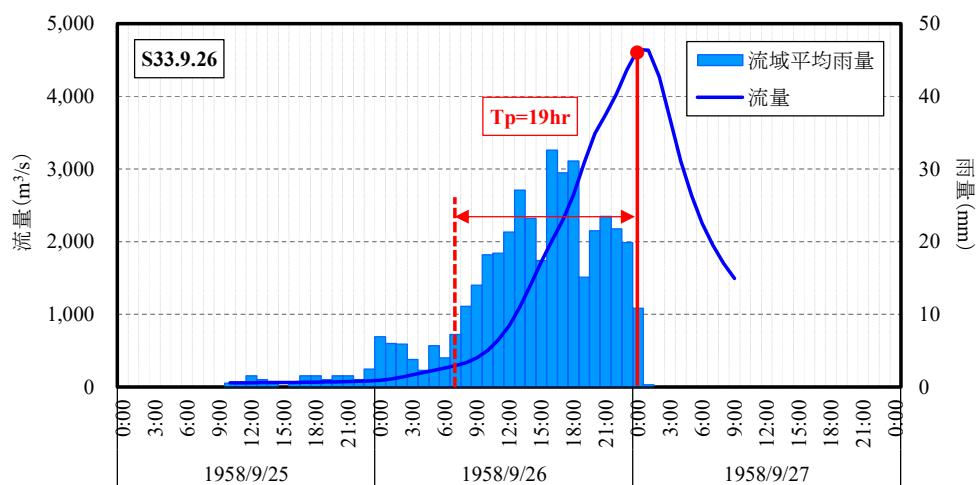


図 1-10 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(S33.9 実績降雨)

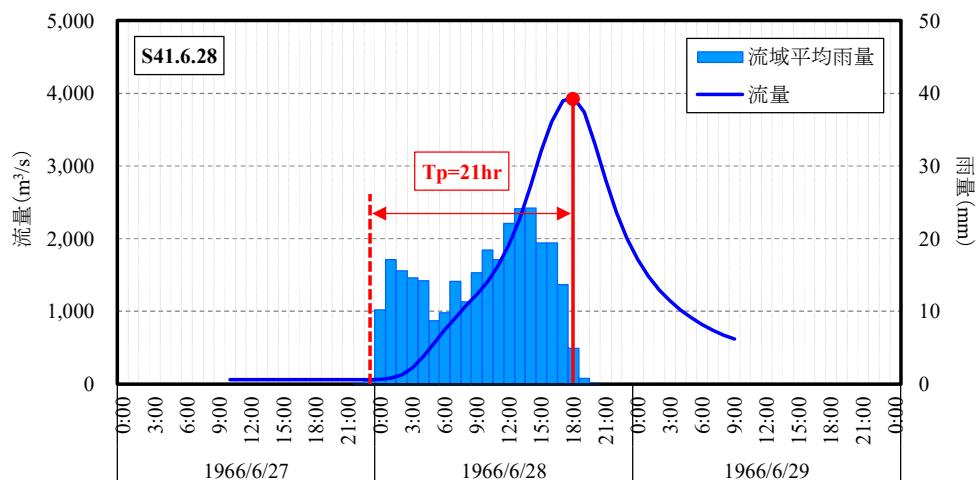


図 1-11 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(S41.6 実績降雨)

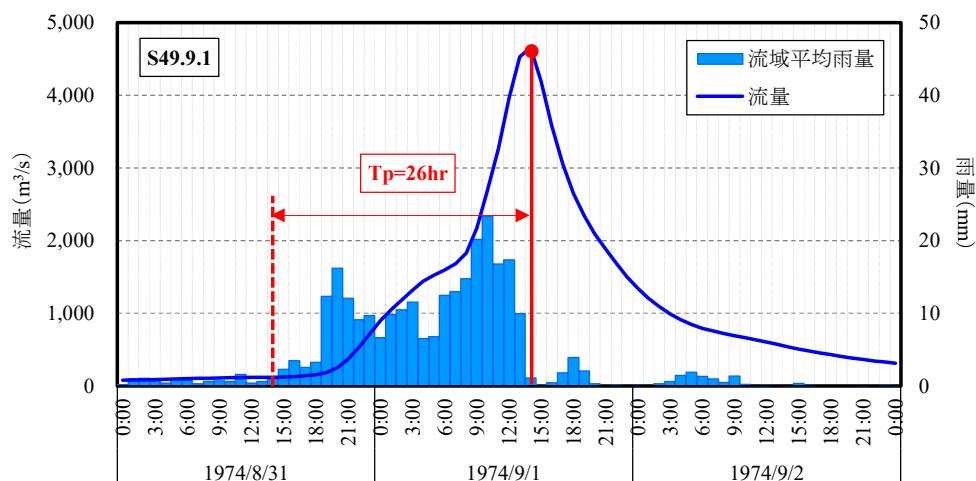


図 1-12 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(S49.9 実績降雨)

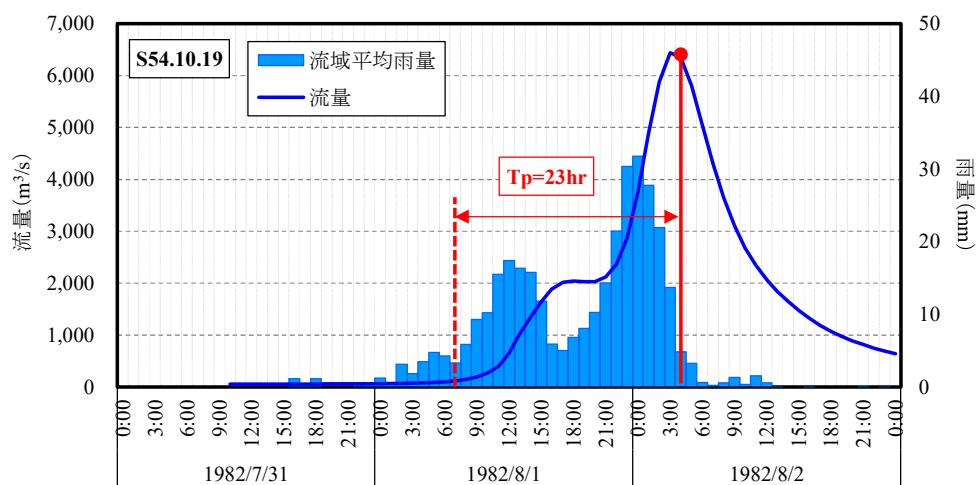


図 1-13 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(S57.8 実績降雨)

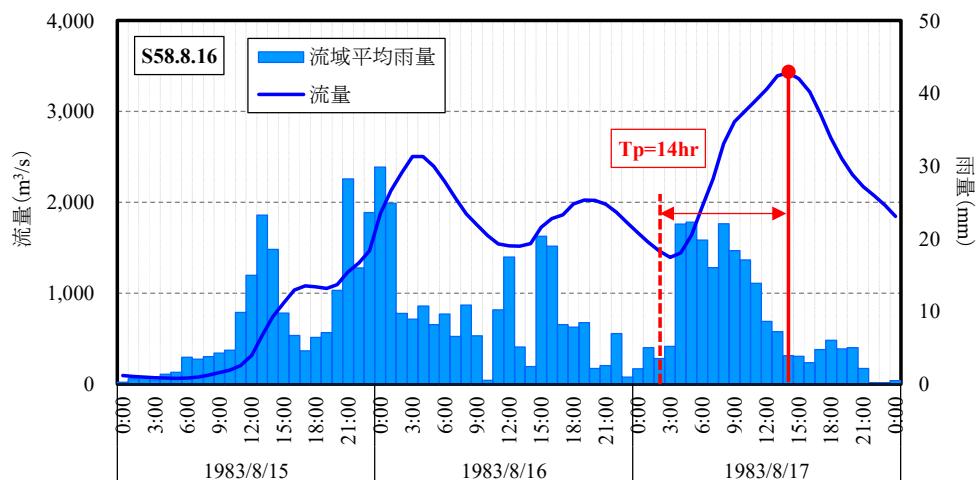


図 1-14 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(S58.8 実績降雨)

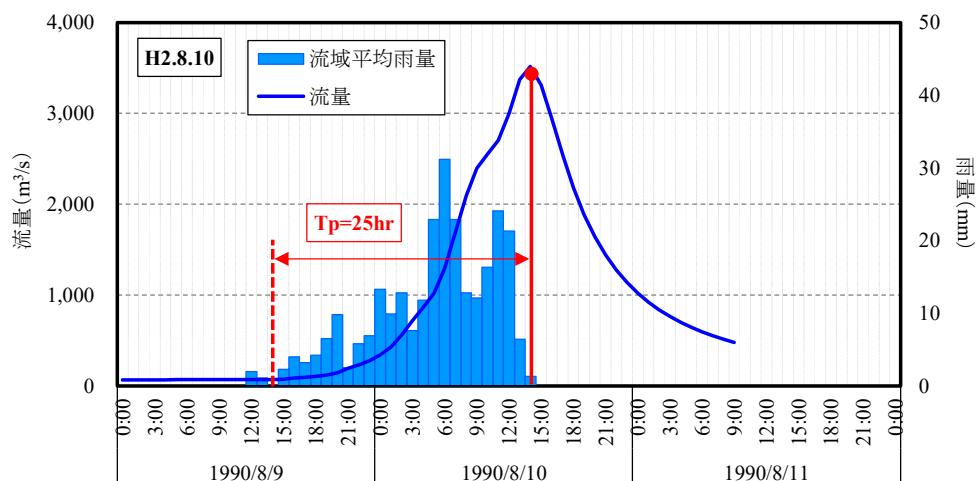


図 1-15 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(H2.8 実績降雨)

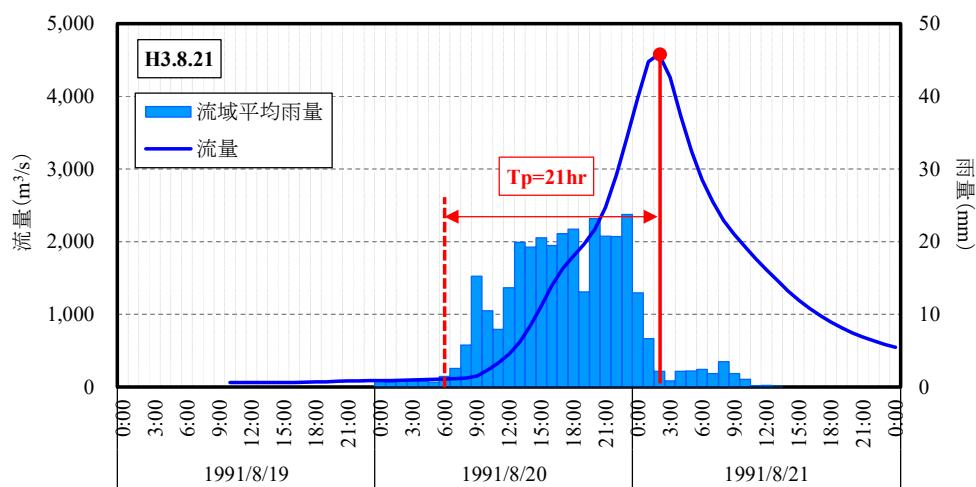


図 1-16 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ (H3.8 実績降雨)

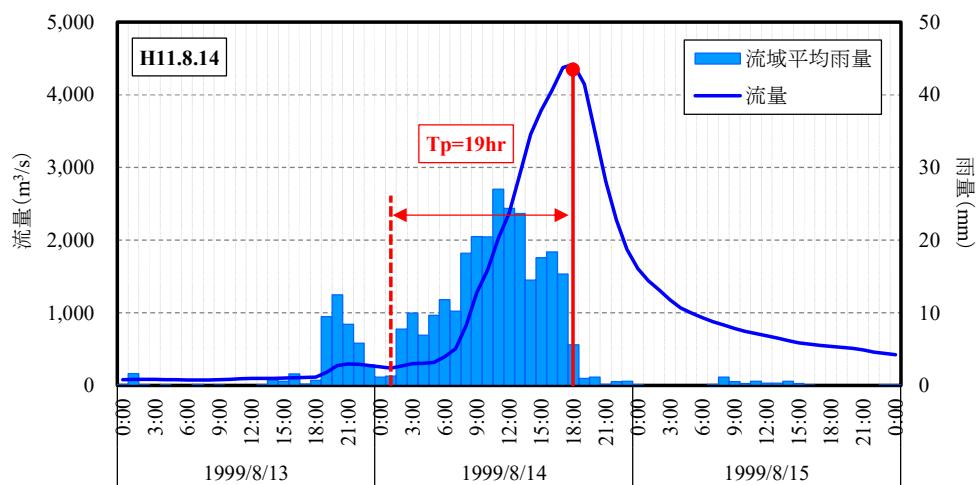


図 1-17 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(H11.8 実績降雨)

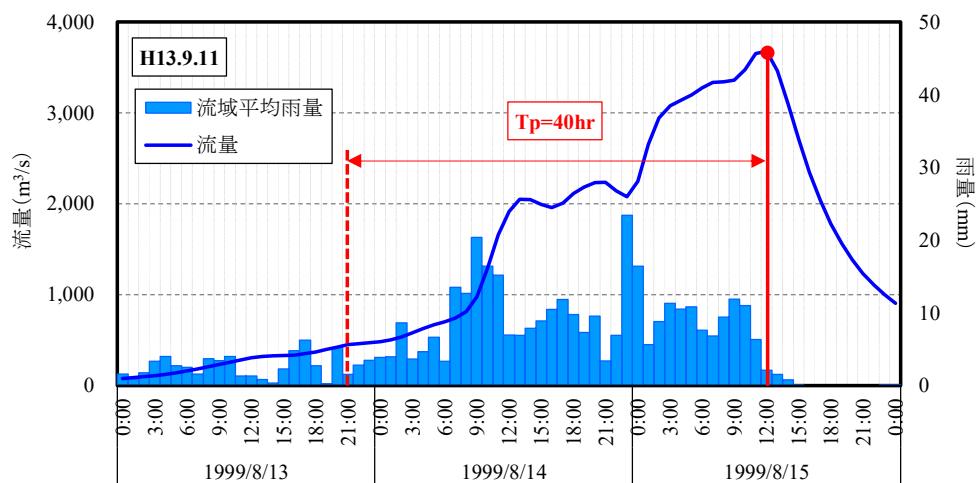


図 1-18 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(H13.9 実績降雨)

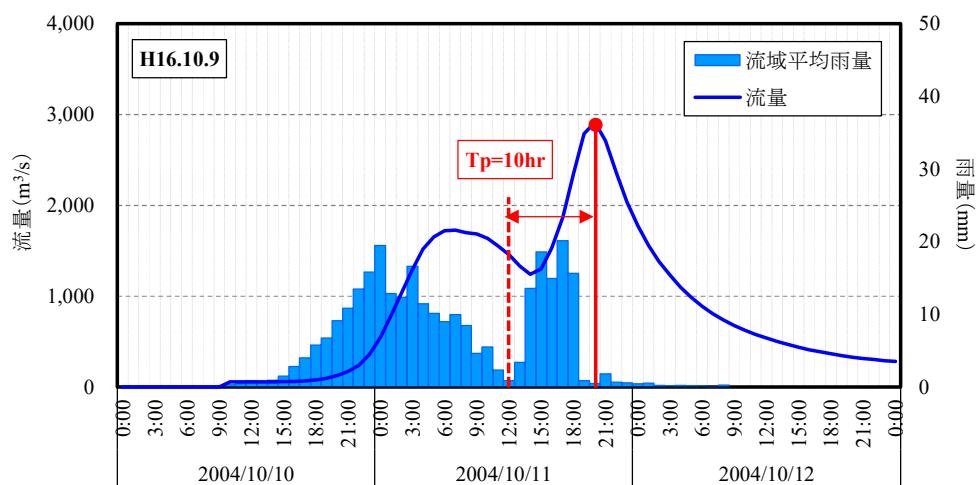


図 1-19 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(H16.10 実績降雨)

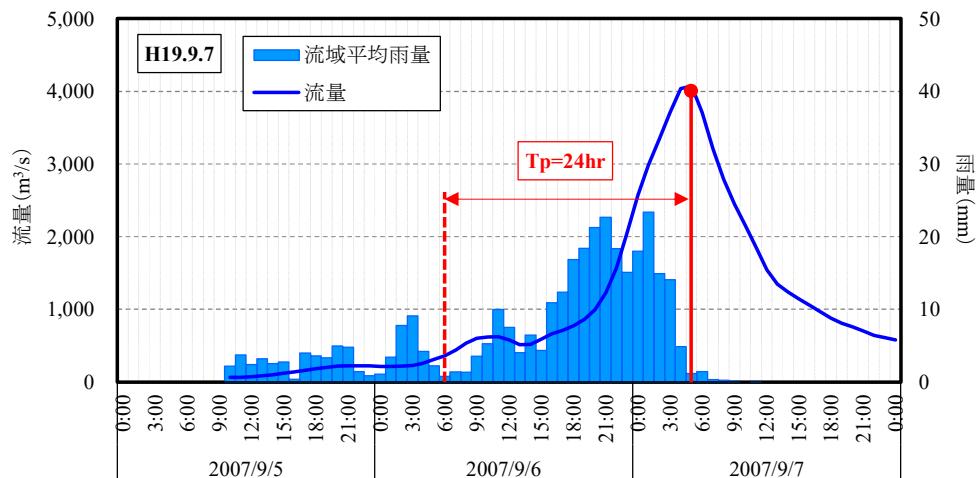


図 1-20 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(H19.9 実績降雨)

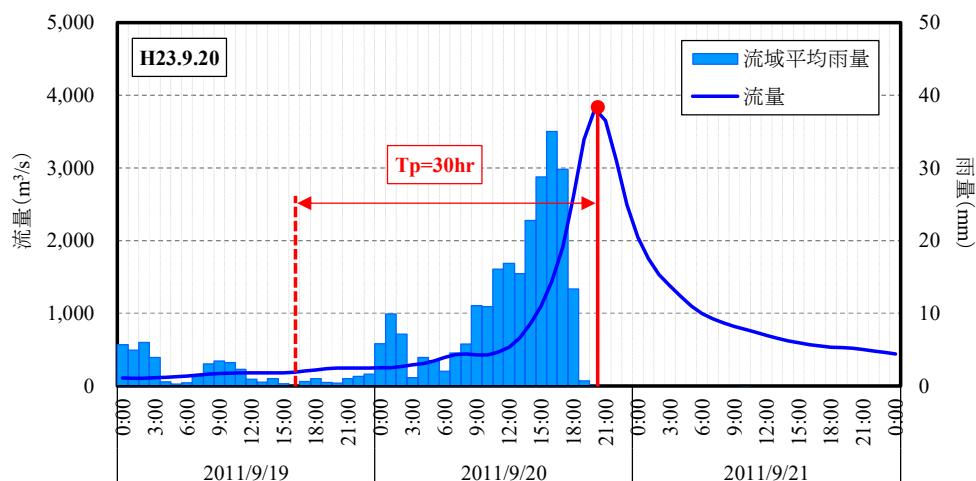


図 1-21 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(H23.9 実績降雨)

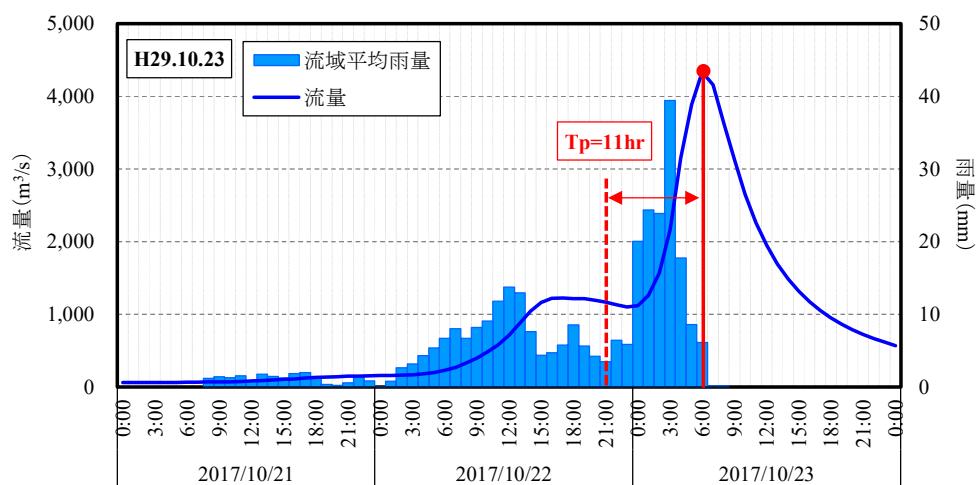


図 1-22 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(H29.10 実績降雨)

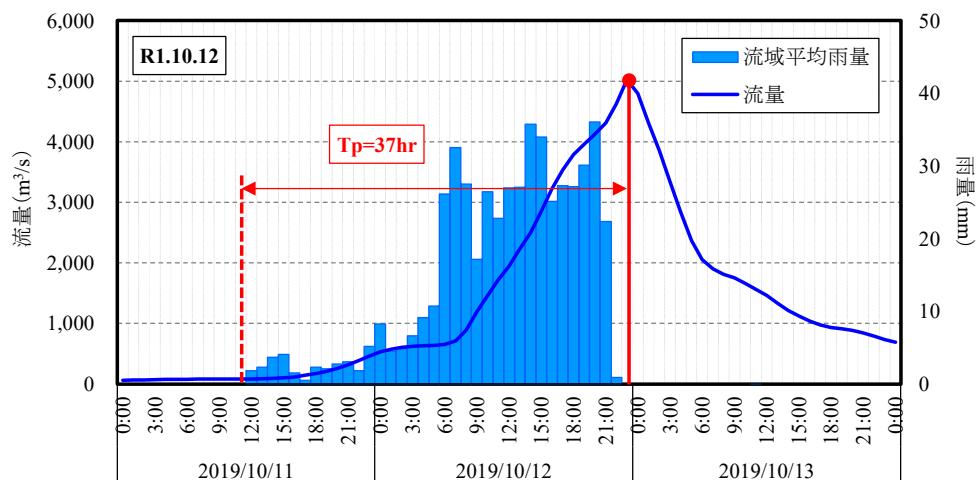


図 1-23 厚木地点ハイドロ・ハイエトグラフ(R1.10 実績降雨)

1.7.3 ピーク流量と短時間雨量の相関

昭和 33 年(1958 年)から令和 3 年(2021 年)までの 63 年間において、基準地点厚木上流域にて年最大流量を記録した洪水を対象に、ピーク流量とピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量(1、2、3、6、9、12、15、18、24、36、48、60、72 時間)との相関関係の整理を行った。

その結果、基準地点厚木ではピーク流量と短時間雨量との相関は、9 時間以上で高い傾向を示し、24 時間の相関性が最も高い。

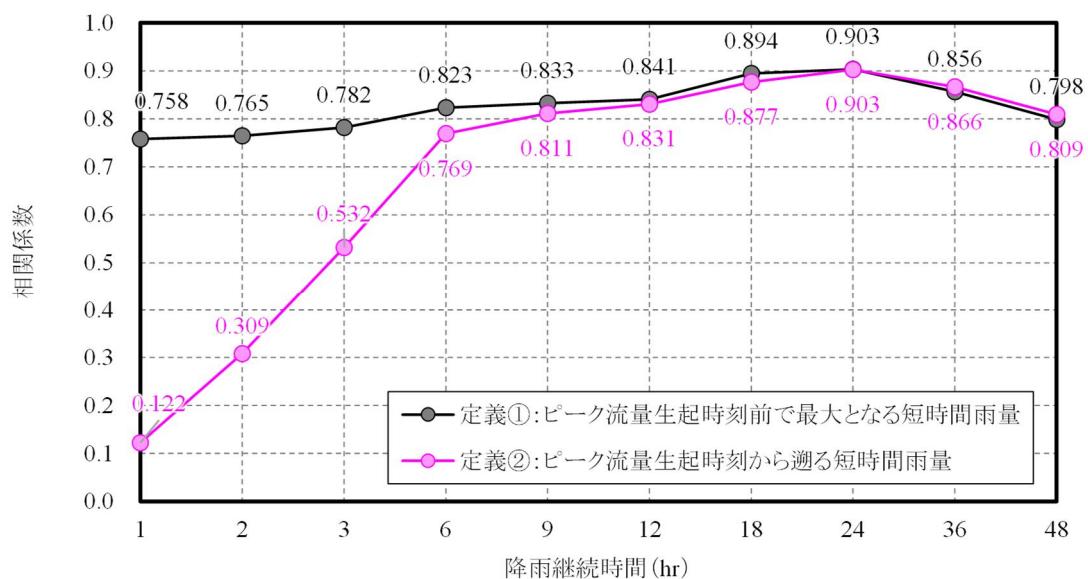


図 1-24 ピーク流量とピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量との相関関係
(厚木上流域平均雨量)

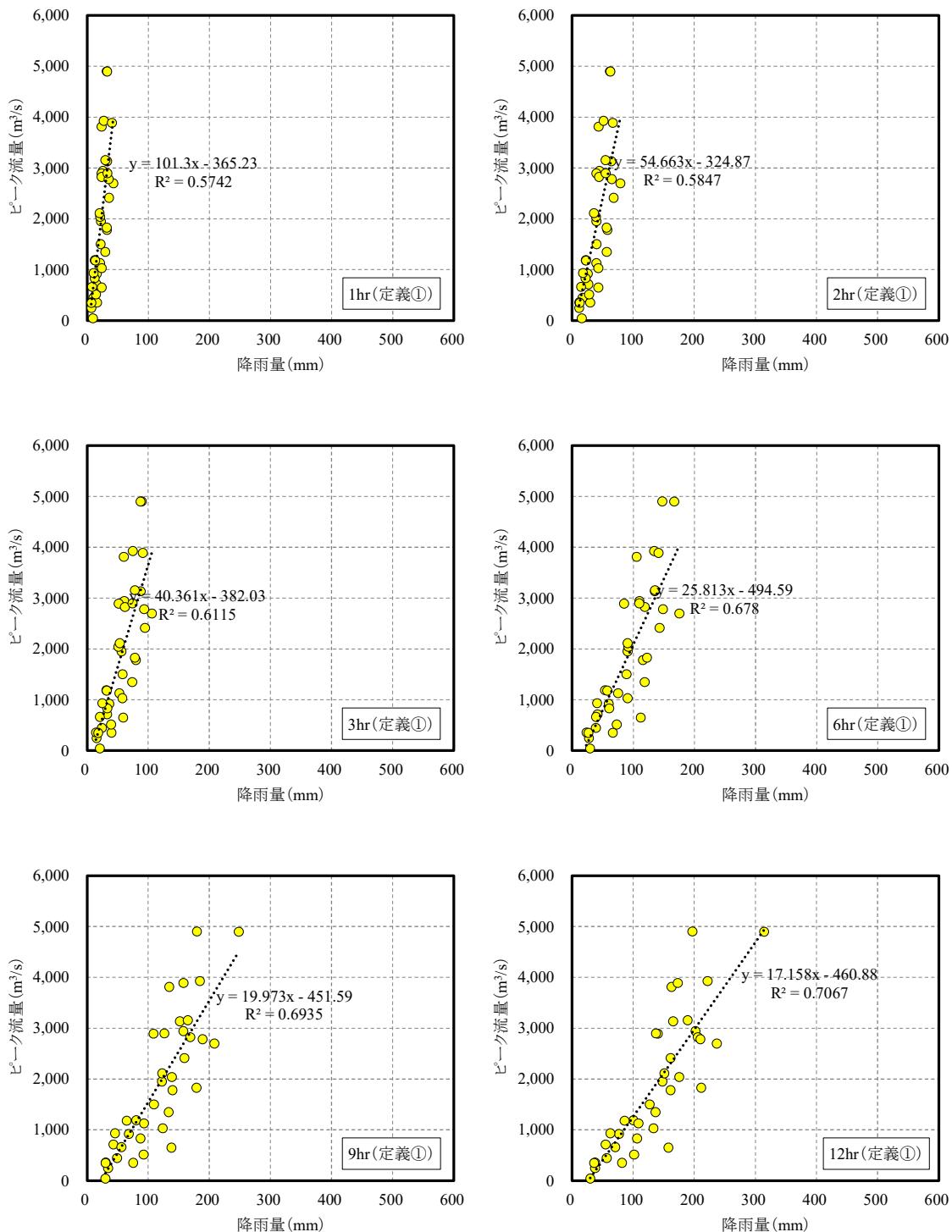


図 1-25 (1) ピーク流量と流域平均雨量の相関図【定義①】(1hr～12hr)

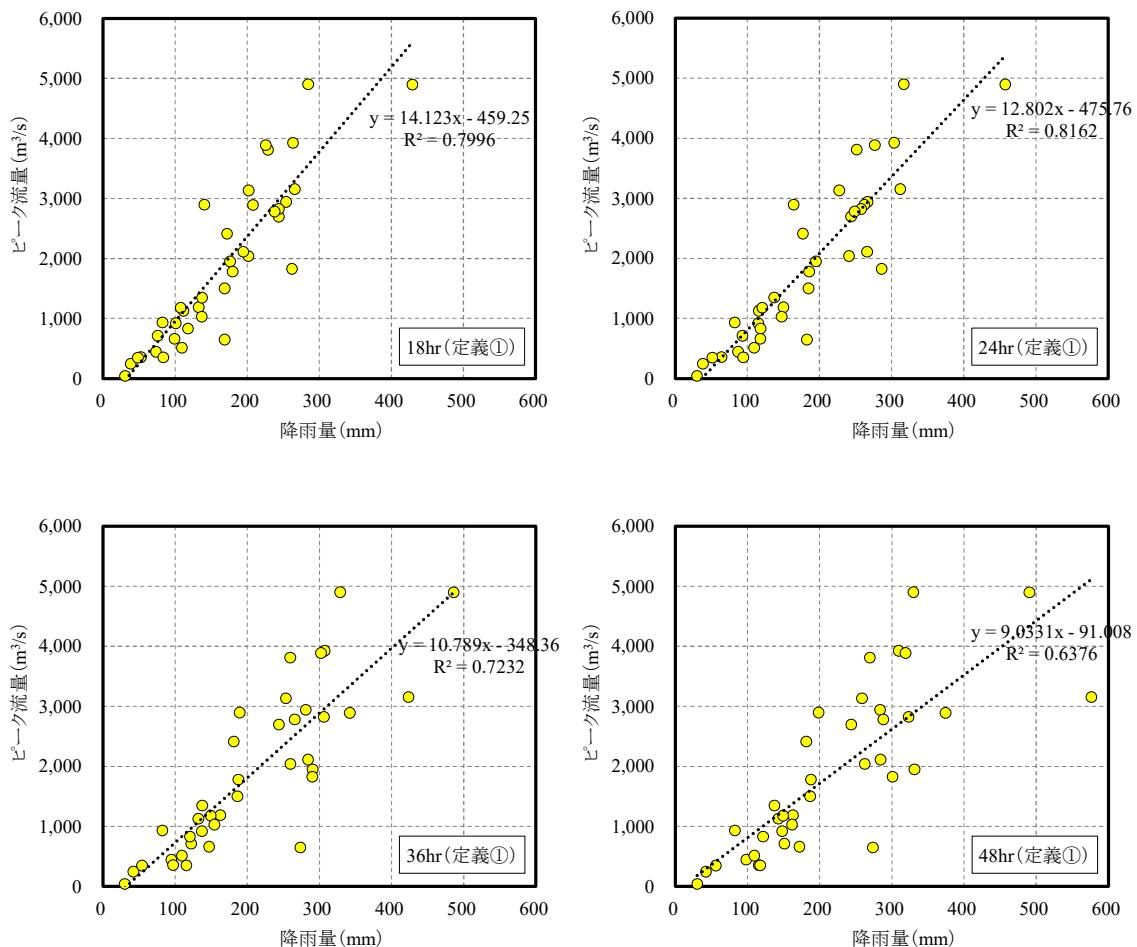


図 1-25 (2) ピーク流量と流域平均雨量の相関図【定義①】(18hr～48hr)

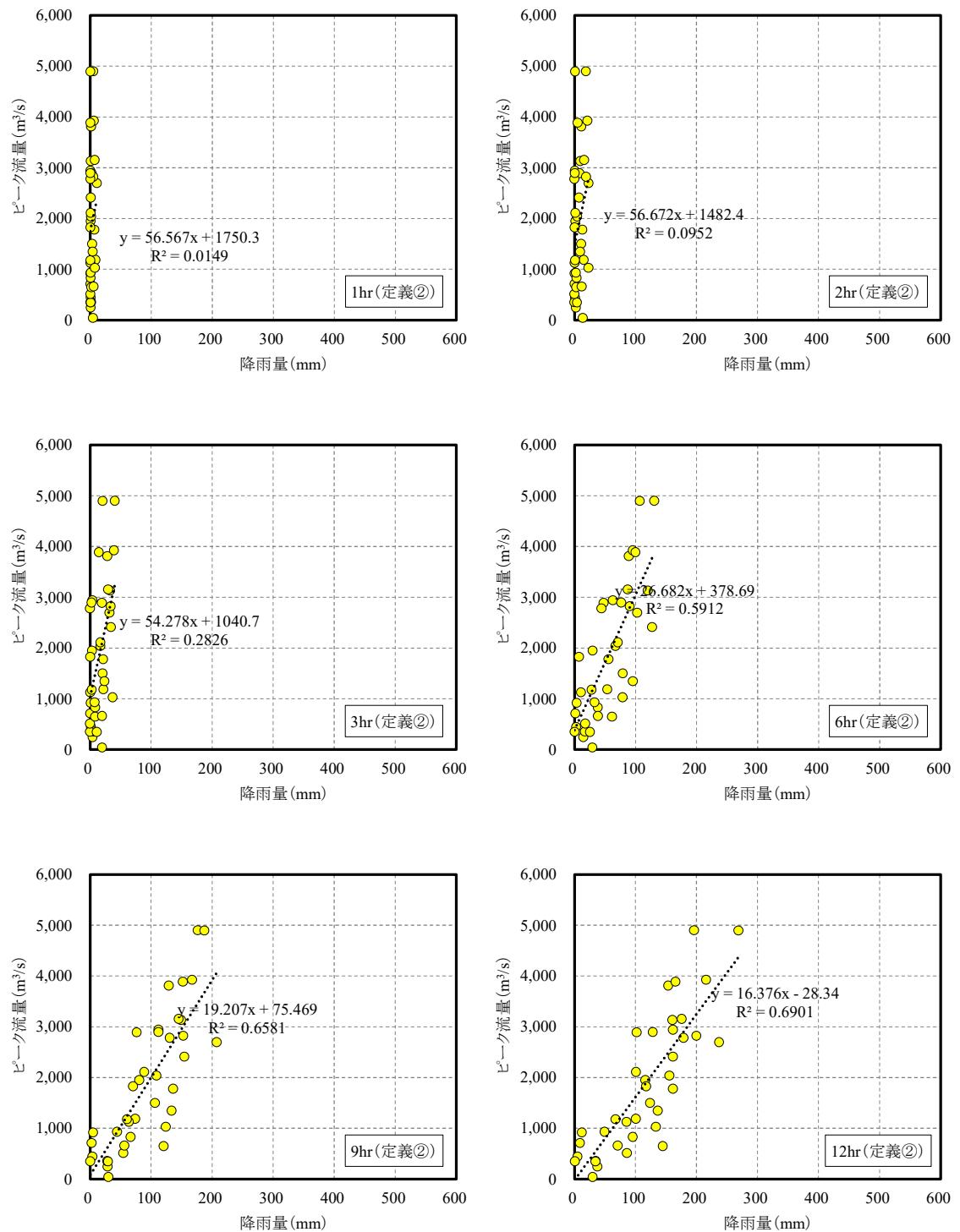


図 1-26 (1) ピーク流量と流域平均雨量の相関図【定義②】(1hr～12hr)

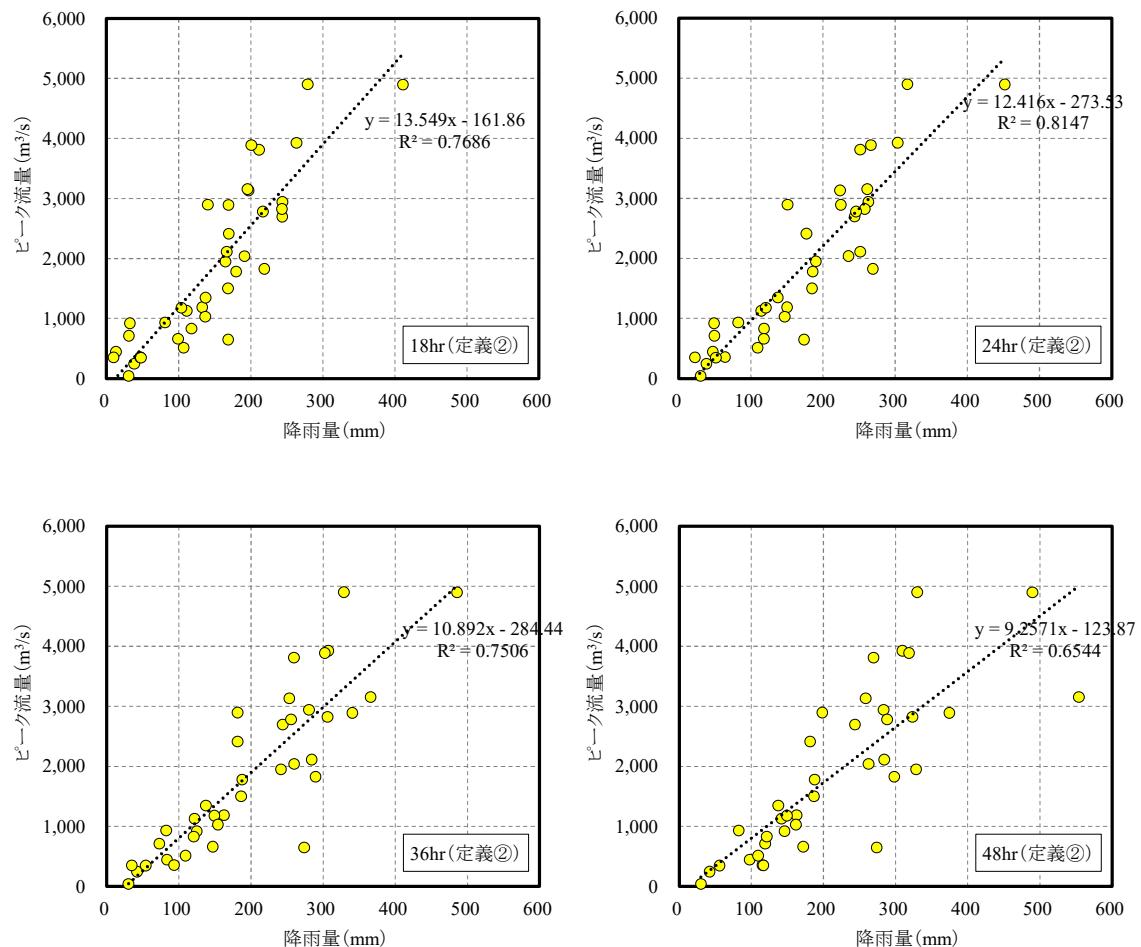


図 1-26 (2) ピーク流量と流域平均雨量の相関図【定義②】(18hr～48hr)

1.7.4 強い降雨強度の継続時間

強い降雨強度(5mm/h 及び 10mm/h)の継続時間を図 1-27 に整理した。対象洪水は基準地点厚木のピーク流量生起時刻前後における最大 24 時間雨量の引き伸ばし率が 2 倍以下となる 14 洪水を対象とした。

主要洪水における降雨量 5mm 以上の継続時間は 16~44 時間(平均 22.1 時間)、降雨量 10mm 以上の継続時間は 8~23 時間(平均 14.0 時間)となった。

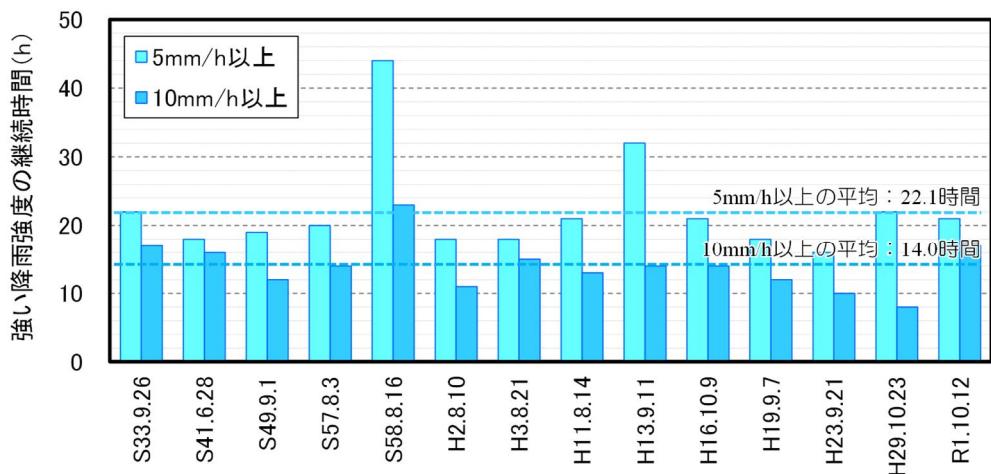


図 1-27 強い降雨強度の継続時間

1.7.5 対象降雨の降雨継続時間の設定

時間雨量が観測された昭和 33 年(1958 年)から令和 3 年(2021 年)までの雨量資料(63 年間)を整理し、相模川の降雨特性、ピーク流量との相関から総合的に判断して、下記理由により対象降雨の降雨継続時間を規定計画で定めた 2 日から 24 時間に見直した。

- 洪水到達時間の検討において、Kinematic Wave 法 10~40 時間(平均 23 時間)、角屋の式は 8~11 時間(平均 10 時間)となる。
- ピーク流量と短時間雨量との相関は 9 時間以上で高い傾向を示し、24 時間の相関性が最も高い。
- 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 24 時間で網羅する。

1.8 対象降雨の降雨量の設定

雨量標本に関しては、時間雨量データが存在する昭和 33 年(1958 年)からとし、気候変動による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雨量標本の延伸は平成 22 年(2010 年)までとし、一覧を表 1-5 に示す。

昭和 33 年(1958 年)から平成 22 年(2010 年)までの 53 年間の年最大 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り基準地点厚木の 1/150 確率雨量を算定した結果 487.8mm/24h と決定した。この結果を表 1-6 及び図 1-28 に示す。

また、気候変動の影響を考慮した対象降雨量として、基準地点厚木の 1/150 確率雨量(487.8mm/24h)に、降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じて得られた降雨量 537mm/24h を採用し、表 1-7 にまとめる。

表 1-5 年最大 24 時間雨量一覧

年	年月日	雨量標本 (mm/24h)	年	年月日	雨量標本 (mm/24h)
S33	1958/9/26	391.4	S59	1984/6/23	53.2
S34	1959/8/14	234.2	S60	1985/7/1	222.8
S35	1960/8/10	132.9	S61	1986/9/3	198.0
S36	1961/6/28	202.2	S62	1987/9/26	82.1
S37	1962/8/26	160.0	S63	1988/7/16	49.9
S38	1963/8/27	130.5	H1	1989/8/27	207.1
S39	1964/9/22	57.5	H2	1990/8/10	286.1
S40	1965/8/23	164.0	H3	1991/8/21	308.5
S41	1966/6/28	294.2	H4	1992/10/9	108.7
S42	1967/10/28	99.9	H5	1993/7/26	67.7
S43	1968/7/27	99.4	H6	1994/9/30	114.5
S44	1969/8/23	87.1	H7	1995/7/5	61.5
S45	1970/6/15	129.9	H8	1996/7/21	146.3
S46	1971/8/31	220.9	H9	1997/6/20	154.8
S47	1972/9/17	194.8	H10	1998/9/16	243.3
S48	1973/1/25	29.2	H11	1999/8/14	303.3
S49	1974/9/1	251.4	H12	2000/7/8	116.7
S50	1975/8/23	160.4	H13	2001/9/11	262.2
S51	1976/9/9	75.9	H14	2002/7/11	225.6
S52	1977/8/18	87.1	H15	2003/8/15	134.9
S53	1978/7/11	93.0	H16	2004/10/9	265.8
S54	1979/10/19	227.3	H17	2005/8/26	185.4
S55	1980/9/11	68.8	H18	2006/12/27	133.0
S56	1981/8/23	241.1	H19	2007/9/7	257.7
S57	1982/8/3	316.7	H20	2008/8/28	82.2
S58	1983/8/16	312.1	H21	2009/10/8	133.4
			H22	2010/9/28	76.6

表 1-6 基準地点厚木 24 時間雨量 1/150 確率計算結果

	Exp	Gumbel	SqrEt	Gev	LP3Rs	LogP3	岩井法	石原・高瀬法	LN3Q	LN3PM	
X-COR(99%)	0.946	0.981	0.950	0.988	0.993	0.985	0.978	0.988	0.985	0.988	
P-COR(99%)	0.968	0.992	0.991	0.993	0.995	0.994	0.993	0.992	0.992	0.992	
SLS(99%)	0.067	0.039	0.054	0.032	0.037	0.026	0.033	0.035	0.033	0.036	
pAIC	598.0	623.3	624.7	625.4	623.6	622.6	624.6	626.0	624.7	626.0	
Jack Knife 推定誤差	確率年 150	Exp 569.2	Gumbel 487.8	SqrEt 660.6	Gev 435.8	LP3Rs 396.9	LogP3 473.7	岩井法 479.6	石原・高瀬法 420.2	LN3Q 362.5	LN3PM 419.3

確率年	Exp	Gumbel	SqrEt	Gev	LP3Rs	LogP3	岩井法	石原・高瀬法	LN3Q	LN3PM	
確率水文量	2	138.1	153.6	145.8	158.8	162.9	153.1	152.1	161.7	155.8	161.8
	3	178.6	192.2	187.8	198.2	205.2	194.2	191.5	199.7	194.0	199.9
	5	229.6	235.2	239.8	239.7	245.3	239.4	235.9	238.6	235.5	238.7
	10	298.8	289.3	312.7	288.6	285.0	294.1	292.4	283.3	286.1	283.3
	20	368.0	341.1	390.5	332.1	313.7	343.7	347.2	322.7	333.5	322.5
	30	408.5	370.9	438.6	355.8	326.9	371.0	379.0	344.2	360.3	343.9
	50	459.5	408.2	502.3	384.1	340.5	403.9	419.3	370.0	393.5	369.5
	80	506.4	442.3	564.0	408.7	350.7	432.8	456.5	392.7	423.7	392.1
	100	528.7	458.5	594.3	420.0	354.9	446.1	474.3	403.3	437.9	402.6
	150	569.2	487.8	651.2	439.8	361.5	469.7	506.9	422.0	463.7	421.2
	200	597.9	508.6	692.9	453.4	365.7	486.0	530.3	435.1	482.0	434.2
	400	667.1	558.6	798.1	484.5	373.8	523.7	587.5	465.8	525.9	464.6

【対数正規確率紙】

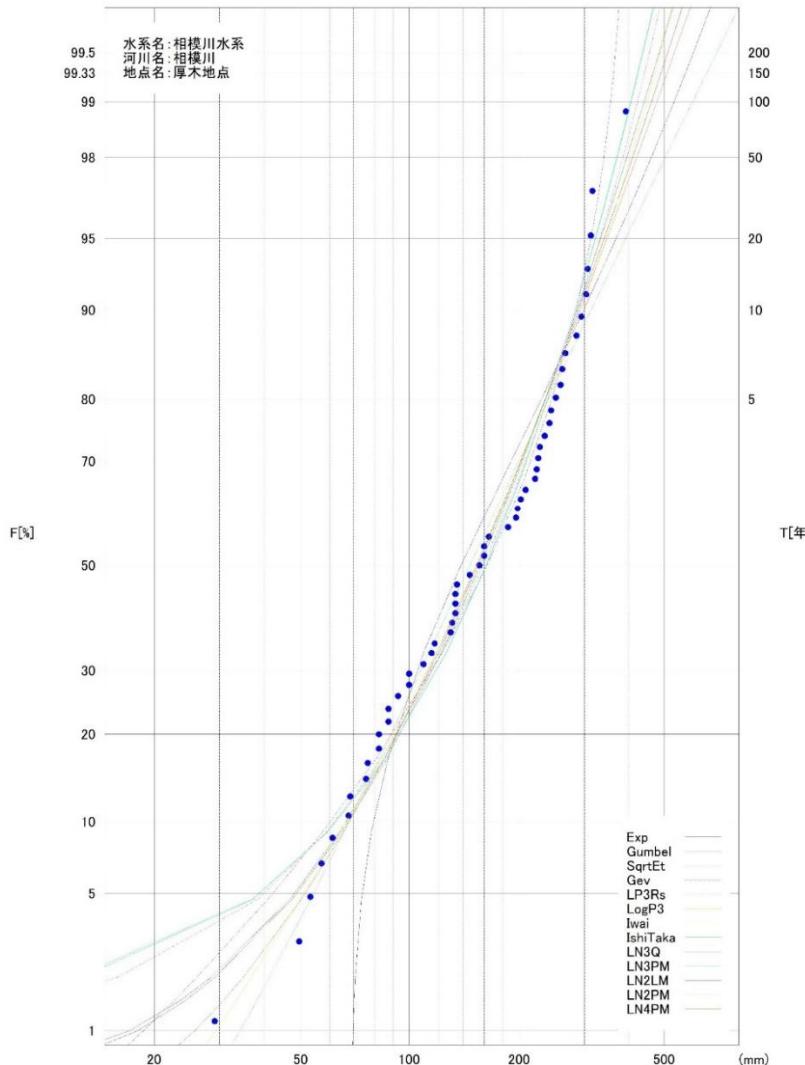


図 1-28 雨量確率計算結果

表 1-7 1/150 確率規模降雨量(基準地点厚木)

地点	計画降雨 継続時間	計画規模	対象降雨量	
			1.1倍未考慮	1.1倍考慮
厚木	24時間	1/150 (Gumbel分布)	487.8mm/24h	536.6mm/24h

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」と行ったうえで、非定常性が確認されない場合は、最新年までデータを延伸し、非定常性が確認された場合は「非定常性が現れるまでのデータ延伸」にとどめ、定常の水文統計解析により確率雨量の算定等を併せて実施した。

1.8.1 Mann-Kendall 検定(定常/非定常性の確認)

昭和 33 年(1958 年)から平成 22 年(2010 年)までの雨量データに、一年ずつ雨量データを追加し、令和 4 年(2022 年)までのデータを対象とした検定結果を確認したが、非定常性は確認されなかったため、最新年までデータ延伸を実施した。

1.8.2 最新年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 4 年(2021 年))まで時間雨量データを延伸した場合の確率雨量を算定した。その結果、基準地点厚木 1/150 確率雨量は 498mm/24h となり、データ延伸による確率雨量に大きな差がないことを確認した。

1.9 降雨確率法による検討

主要降雨波形の設定は、年超過確率 1/150 の引伸ばし率が 2 倍以上、あるいは、小流域あるいは短時間の降雨量が著しい引伸ばし(年超過確率 1/500 以上)となる洪水は棄却する。

1.9.1 主要降雨波形の選定

厚木上流域平均 24 時間雨量で 1/5 降雨(Gumbel 分布)以上となる洪水を抽出し、計画対象降雨 487.8mm/24h(Gumbel 分布 1/150 降雨)に引伸ばした際の引き伸ばし率が 2 倍以下(1.1 倍する前の確率雨量)となる洪水を選定した。選定の結果を表 1-8 に示す。14 洪水が抽出された。

表 1-8 代表洪水の一次選定

No.	洪水名	厚木地点上流 流域平均雨量		
		実績降雨量 (mm/24h)	1/150降雨量 (mm/24h)	引伸し率
1	S33.9.26	391.4	487.8	1.246
2	S41.6.28	294.2	487.8	1.658
3	S49.9.1	251.4	487.8	1.940
4	S57.8.3	316.7	487.8	1.540
5	S58.8.16	312.1	487.8	1.563
6	H2.8.10	286.1	487.8	1.705
7	H3.8.21	308.5	487.8	1.581
8	H11.8.14	303.3	487.8	1.608
9	H13.9.11	262.2	487.8	1.860
10	H16.10.9	265.8	487.8	1.835
11	H19.9.7	257.7	487.8	1.893
12	H23.9.21	247.3	487.8	1.973
13	H29.10.23	276.6	487.8	1.763
14	R1.10.12	457.5	487.8	1.066

1.9.2 主要降雨波形の地域分布及び時間分布の検討

(1) 主要降雨波形の地域分布及び時間分布の考え方

主要降雨波形において、「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」等を一律引伸ばしすると、引伸ばし後の短時間雨量が非現実的な確率値となる場合がある。そのため、実績降雨波形を計画降雨波形として採用するには、確率水文量への引伸ばしによって異常な降雨になつていいか十分にチェックする必要がある。

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

(2) 棄却基準の設定

地域分布及び時間分布の異常な降雨として、1/500 以上の降雨をその判断基準とした。

なお、引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)とする。

(3) 地域分布による異常降雨の検討

地域分布の評価は、図 1-29 のように、最上流域+城山ダム上流域①～③+城山ダム下流域に分割して、流域平均 24 時間雨量を引伸ばした際の雨量が 1/500 を超過した場合は、過剰な引き伸ばし率と判断して検討した。

地域分布による検討の結果を表 1-9 に示す。一次選定された代表 14 洪水のうち、S49.9 洪水をはじめとする 5 洪水が検討対象となった。

■ 検討基準値(1/500)

- ・ 最上流域: 660.6mm/24h
- ・ 城山ダム上流域①: 520.9mm/24h
- ・ 城山ダム上流域②: 494.0 mm/24h
- ・ 城山ダム上流域③: 637.5mm/24h
- ・ 城山ダム下流域: 555.6mm/24h

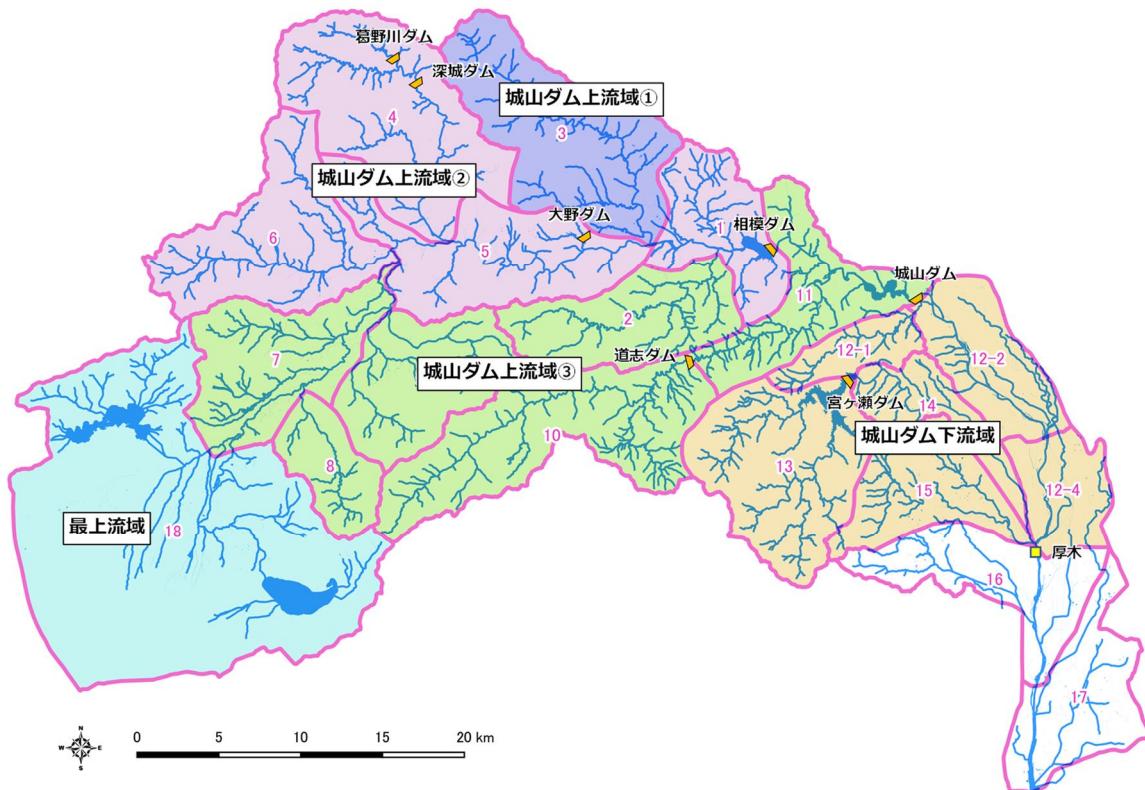


図 1-29 流域分割

表 1-9 地域分布による棄却洪水

No.	洪水名	ダム地点上流 実績降雨量(mm/24hr)			厚木地点上流 流域平均雨量			実績降雨量×引伸し率(mm/24hr)			1/500降雨量(mm/24hr)			対象 降雨		
		流域 (浸透域 + α)	相模ダム上流域		流域 平均雨量 (mm/24h)	気候変動前		流域 (浸透域 + α)	相模ダム上流域		流域 (浸透域 + α)	相模ダム上流域				
			①	②		実績 降雨量 (mm/24h)	1/150 降雨量 (mm/24h)	引伸し率	①	②		流域 (浸透域 + α)	①	②		
1	S33.9.26	405	301	376	363	391.4	487.8	1.246	504.3	374.9	468.8	452.4	636.6	520.9	494.0	568.1 ○
2	S41.6.28	313	274	266	314	294.2	487.8	1.658	519.4	454.8	441.6	520.5	636.6	520.9	494.0	568.1 ○
3	S49.9.1	193	272	265	289	251.4	487.8	1.940	374.6	528.0	514.8	560.4	636.6	520.9	494.0	568.1
4	S57.8.3	363	233	329	253	316.7	487.8	1.540	558.4	358.9	506.1	390.4	636.6	520.9	494.0	568.1
5	S58.8.16	396	285	296	240	312.1	487.8	1.563	618.3	445.4	462.8	374.7	636.6	520.9	494.0	568.1 ○
6	H2.8.10	313	213	255	260	286.1	487.8	1.705	533.8	363.8	435.3	443.6	636.6	520.9	494.0	568.1 ○
7	H3.8.21	343	350	348	220	308.5	487.8	1.581	542.5	553.3	549.7	348.4	636.6	520.9	494.0	568.1
8	H11.8.14	283	259	269	389	303.3	487.8	1.608	454.4	417.3	432.4	625.7	636.6	520.9	494.0	568.1
9	H13.9.11	295	231	238	234	262.2	487.8	1.860	549.4	429.2	443.7	435.3	636.6	520.9	494.0	568.1 ○
10	H16.10.9	277	190	208	302	265.8	487.8	1.835	508.0	348.6	381.4	553.5	636.6	520.9	494.0	568.1 ○
11	H19.9.7	298	259	267	192	257.7	487.8	1.893	563.0	490.3	505.4	362.8	636.6	520.9	494.0	568.1
12	H23.9.21	281	142	222	221	247.3	487.8	1.973	555.3	280.6	438.5	435.6	636.6	520.9	494.0	568.1 ○
13	H29.10.23	287	217	237	299	276.6	487.8	1.763	506.1	383.1	417.5	526.6	636.6	520.9	494.0	568.1 ○
14	R1.10.12	447	365	434	507	457.5	487.8	1.066	476.7	389.6	462.3	541.0	636.6	520.9	494.0	568.1 ○

※引伸し率は、基準地点厚木 1/150 確率規模降雨量 487.8mm/24h に対する実績 24 時間雨量との引伸し率

※■：引伸し率降雨量の確率評価が棄却基準値（1/500 雨量）を超過しているため棄却した洪水

※1/500 雨量は、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おける値による

(4) 時間分布による異常降雨の棄却

時間分布の評価は、対象降雨の降雨継続時間として設定した 24 時間の 1/2 である 12 時間を短時間降雨量とした。また、洪水到達時間の観点から、角屋の式による算定結果から、10 時間雨量を標本とした場合も併せて検討し、それぞれの雨量に対する引き伸ばし過剰な降雨を異常降雨として棄却する処理を行った。

時間分布による棄却検討の結果を表 1-10 に示す。

■棄却基準値(1/500)

- ・ 10 時間雨量:372.4mm/10h
- ・ 12 時間雨量:416.2mm/12h

表 1-10 時間分布による棄却洪水

No.	洪水名	厚木地点上流 流域平均雨量									対象 降雨	
		継続時間内降雨量			短時間降雨量							
		24時間降雨量			10時間降雨量			12時間降雨量				
		実績 降雨量 (mm/24h)	1/150 降雨量 (mm/24h)	引伸し率	実績 降雨量 (mm/10h)	実績 降雨量 ×引伸し率 (mm/10h)	1/500 降雨量 (mm/10h)	実績 降雨量 (mm/12h)	実績 降雨量 ×引伸し率 (mm/12h)	1/500 降雨量 (mm/12h)		
1	S33.9.26	391.4	487.8	1.246	242.8	302.6	372.4	284.0	353.9	416.2	○	
2	S41.6.28	294.2	487.8	1.658	185.4	307.4	372.4	208.9	346.4	416.2	○	
3	S49.9.1	251.4	487.8	1.940	142.6	276.6	372.4	163.0	316.2	416.2	○	
4	S57.8.3	316.7	487.8	1.540	186.4	287.1	372.4	197.3	303.9	416.2	○	
5	S58.8.16	312.1	487.8	1.563	172.8	270.2	372.4	189.5	296.2	416.2	○	
6	H2.8.10	286.1	487.8	1.705	189.1	322.5	372.4	211.6	360.9	416.2	○	
7	H3.8.21	308.5	487.8	1.581	203.6	321.9	372.4	237.2	375.0	416.2	○	
8	H11.8.14	303.3	487.8	1.608	200.0	321.6	372.4	222.0	357.1	416.2	○	
9	H13.9.11	262.2	487.8	1.860	119.2	221.7	372.4	140.7	261.8	416.2	○	
10	H16.10.9	265.8	487.8	1.835	132.1	242.4	372.4	151.1	277.2	416.2	○	
11	H19.9.7	257.7	487.8	1.893	182.9	346.1	372.4	206.1	390.1	416.2	○	
12	H23.9.21	247.3	487.8	1.973	199.9	394.4	372.4	210.2	414.7	416.2	■	
13	H29.10.23	276.6	487.8	1.763	161.3	284.4	372.4	173.0	305.1	416.2	○	
14	R1.10.12	457.5	487.8	1.066	271.0	288.9	372.4	314.6	335.4	416.2	○	

※引伸ばし率は、基準地点厚木 1/150 確率規模降雨量 487.8mm/24h に対する実績 24 時間雨量との引伸ばし率

※■：引伸ばし降雨量の確率評価が棄却基準値（1/500 雨量）を超えているため棄却した洪水

※1/500 雨量は、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おける値による

1.9.3 主要降雨波形の設定(相模川)

主要降雨波形について前項で棄却された洪水を含め表 1-11 に示す。

表 1-11 主要降雨波形一覧(基準地点厚木)

No.	洪水名	厚木地点上流 流域平均雨量			基本高水の ピーク流量 (m ³ /s)	棄却判定 ●:棄却	対象 降雨			
		実績 降雨量 (mm/24h)	気候変動後							
			計画規模 降雨量 × 1.1 (mm/24h)	拡大率						
1	S33.9.26	391.4	537	1.372	8,219		○			
2	S41.6.28	294.2	537	1.825	9,287		○			
3	S49.9.1	251.4	537	2.136	9,057	●				
4	S57.8.3	316.7	537	1.695	11,661	●				
5	S58.8.16	312.1	537	1.721	10,356		○			
6	H2.8.10	286.1	537	1.877	10,899		○			
7	H3.8.21	308.5	537	1.740	10,032	●				
8	H11.8.14	303.3	537	1.771	8,541	●				
9	H13.9.11	262.2	537	2.048	8,734		○			
10	H16.10.9	265.8	537	2.020	8,925		○			
11	H19.9.7	257.7	537	2.083	11,074	●				
12	H23.9.21	247.3	537	2.172	13,005	●				
13	H29.10.23	276.6	537	1.941	12,114		○			
14	R1.10.12	457.5	537	1.174	8,651		○			

※■ : 短時間雨量あるいは小流域が著しい引き延ばしとなっている洪水

1.10 アンサンブル予測降雨波形による検討(相模川)

気候変動アンサンブルデータは、文部科学省・気候変動リスク情報創世プログラム及び海洋研究開発機構・地球シミュレータ特別推進課題において作成された地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF) (20km メッシュ) であり、過去実験として 3,000 年分、将来実験として 5,400 年分(4 °C上昇)、3,200 年分(2 °C上昇:d2PDF)という国内でも類を見ない大量のデータで構成されており、物理的に発生し得る様々な気象パターンを想定することが可能である。

さらに、短時間・局所的な極端降雨、地形性降雨を十分に表現できるように、海洋研究開発機構のスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を用い、解像度(5km メッシュ)に NHRCM(気象庁の地域気候モデル)を用いて力学的ダウンスケーリング(DS)を行っている。

この解像度 5km メッシュにダウンスケーリングされたアンサンブルデータにおけるアンサンブル予測降雨波形(d2PDF)から、計画対象降雨の降雨量 537mm/24h(基準地点厚木)に近い 10 洪水を抽出した(図 1-30)。

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 24 時間雨量 537mm/24h(基準地点厚木)まで引伸ばし・引縮め、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、表 1-12 に示す通り、約 8,100m³/s～15,900m³/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この範囲に収まっていることを確認した。各洪水のハイドログラフを図 1-31、図 1-32 に示す。

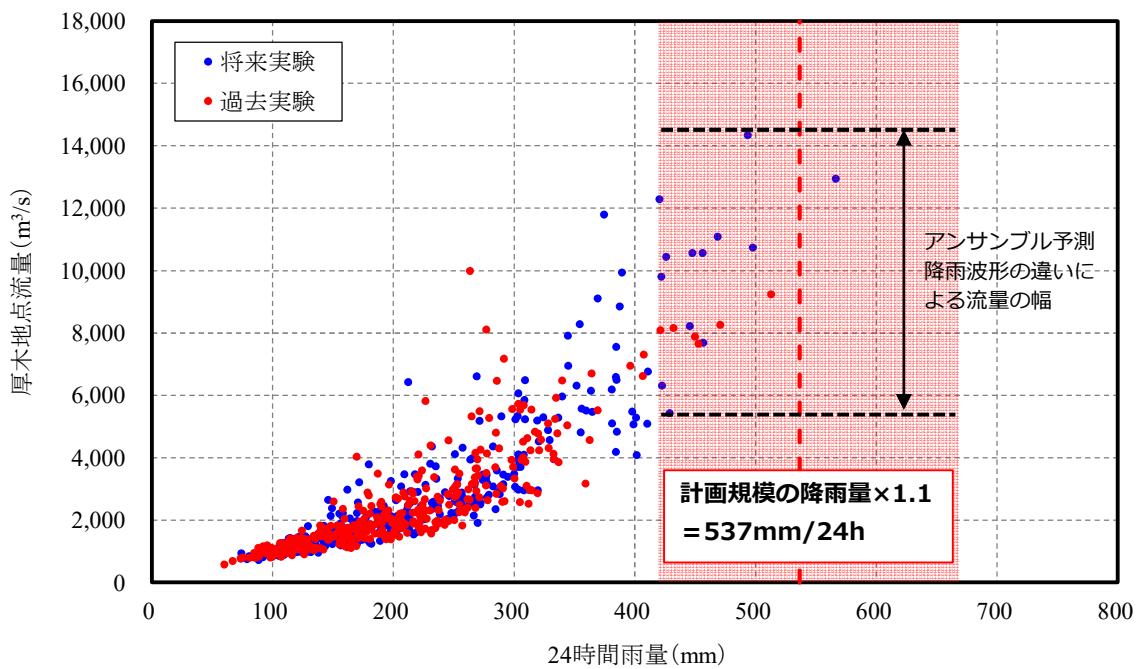


図 1-30 アンサンブル予測降雨波形からの抽出

表 1-12 アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧(基準地点厚木)

洪水名			厚木地点 24時間 雨量 (mm/24h)	気候変動後 計画 対象降雨 (mm/24h)	拡大率	基本高水 ピーク流量 (m³/s)	
過去 実験	HPB_m003	1990081400	HPB_m003-1990	421.09	536.6	1.274	10,881
	HPB_m004	2006091213	HPB_m004-2006	470.76		1.140	10,535
	HPB_m005	1992072216	HPB_m005-1992	512.78		1.046	9,735
	HPB_m006	2008091008	HPB_m006-2008	452.66		1.185	9,705
	HPB_m008	2006072305	HPB_m008-2006	449.82		1.193	10,053
将来 実験	HFB_2K_GF_m105	2090071519	HFB_2K_GF_m105-2090	493.51	536.6	1.087	15,836
	HFB_2K_MI_m101	2073090311	HFB_2K_MI_m101-2073	497.74		1.078	12,327
	HFB_2K_MI_m105	2087073108	HFB_2K_MI_m105-2087	456.69		1.175	10,084
	HFB_2K_MP_m101	2088080621	HFB_2K_MP_m101-2088	566.38		0.947	11,697
	HFB_2K_MR_m105	2072090803	HFB_2K_MR_m105-2072	468.71		1.145	13,587

※引伸ばし率：「24 時間雨量(mm)と「1/150 確率雨量×1.1」との比率

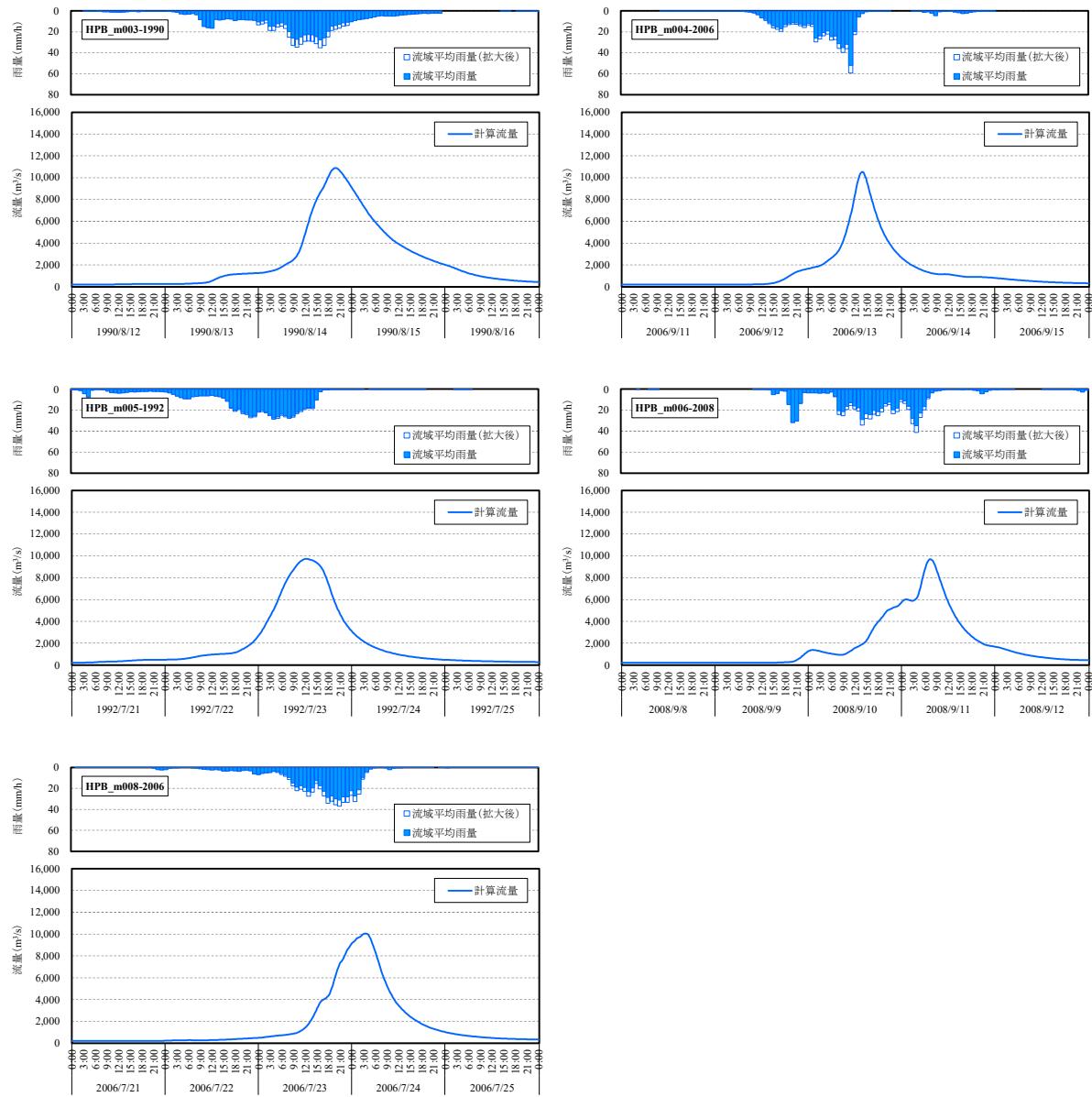


図 1-31 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ(過去実験)

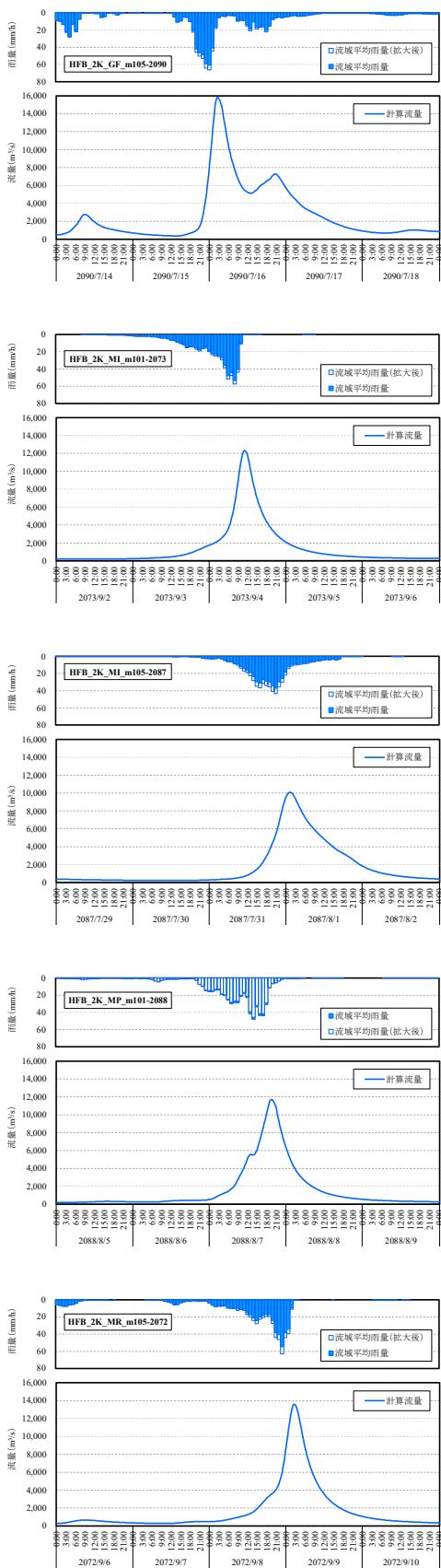


図 1-32 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ(将来実験)

1.10.1 棄却された実績引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伸ばし降雨波形を、当該河川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。なお、小流域とは図 1-33 に示す通りである。

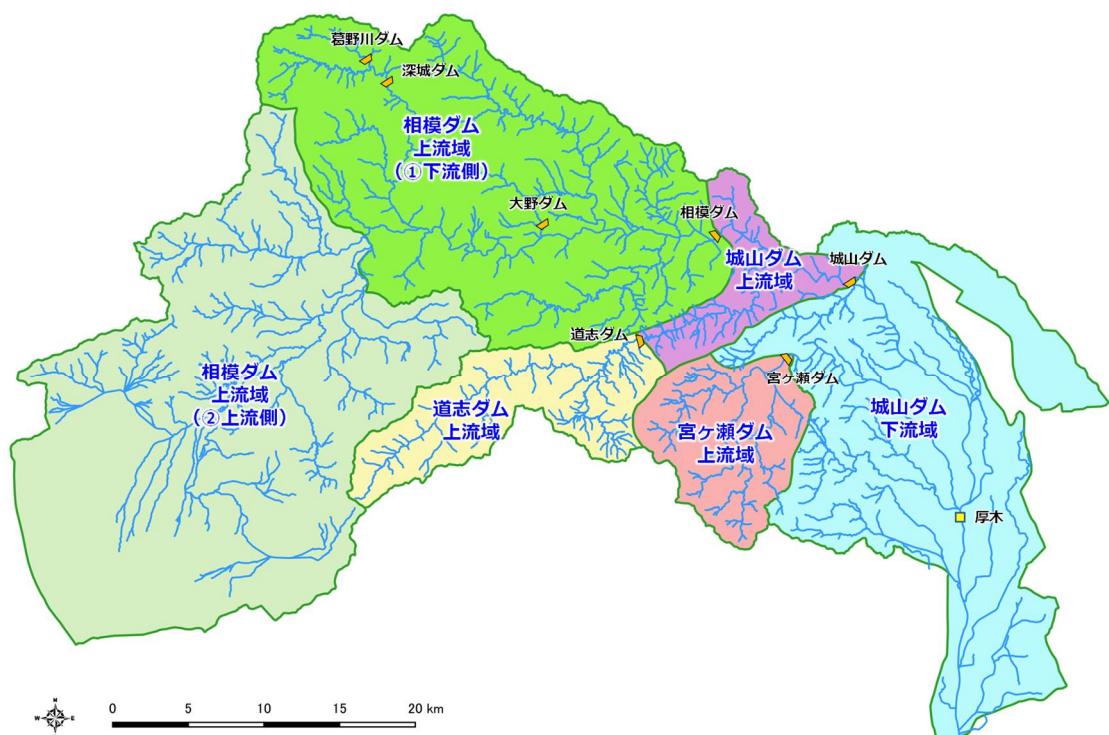


図 1-33 流域分割図

1.10.2 地域分布のチェック

d2PDF(将来気候)から計画規模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、表 1-13 に整理した

表 1-13 雨量の比率(アンサンブル予測降雨波形)

洪水名		厚木上流域	城山ダム下流域		城山ダム上流域		宮ヶ瀬ダム上流域		道志ダム上流域		相模ダム上流域					
			予測 雨量① (mm/24h)	予測 雨量② (mm/24h)	②/①	予測 雨量③ (mm/24h)	③/①	予測 雨量④ (mm/24h)	④/①	予測 雨量⑤ (mm/24h)	⑤/①	(下流側)	(上流側)			
												予測 雨量⑥ (mm/24h)	⑥/①	予測 雨量⑦ (mm/24h)	⑦/①	
過去実験	HPB_m003	1990081400	HPB_m003-1990	421.09	136.25	0.32	409.45	0.97	598.63	1.42	485.96	1.15	348.60	0.83	489.36	1.16
	HPB_m004	2006091213	HPB_m004-2006	470.76	332.51	0.71	512.76	1.09	658.16	1.40	645.14	1.37	424.75	0.90	511.47	1.09
	HPB_m005	1992072216	HPB_m005-1992	512.78	342.13	0.67	570.08	1.11	823.70	1.61	881.53	1.72	457.20	0.89	518.81	1.01
	HPB_m006	2008091008	HPB_m006-2008	452.66	479.93	1.06	420.50	0.93	494.28	1.09	424.74	0.94	509.65	1.13	397.82	0.88
	HPB_m008	2006072305	HPB_m008-2006	449.82	742.48	1.65	564.96	1.26	1123.75	2.50	429.70	0.96	207.46	0.46	344.90	0.77
将来実験	HFB_2K_CC_m101	2064072303	HFB_2K_CC_m101-2064	428.86	507.42	1.18	459.91	1.07	632.78	1.48	415.84	0.97	350.25	0.82	408.24	0.95
	HFB_2K_GF_m101	2085073017	HFB_2K_GF_m101-2085	422.54	311.90	0.74	433.72	1.03	495.95	1.17	592.59	1.40	397.19	0.94	456.06	1.08
	HFB_2K_GF_m105	2090071519	HFB_2K_GF_m105-2090	493.51	409.98	0.83	547.47	1.11	831.13	1.68	663.01	1.34	437.33	0.89	486.12	0.99
	HFB_2K_HA_m101	2086083019	HFB_2K_HA_m101-2086	421.85	437.64	1.04	600.94	1.42	789.12	1.87	544.34	1.29	407.34	0.97	319.64	0.76
	HFB_2K_M1_m101	2073090311	HFB_2K_M1_m101-2073	497.74	356.52	0.72	597.70	1.20	614.40	1.23	626.65	1.26	607.66	1.22	440.19	0.88
	HFB_2K_M1_m105	2087073108	HFB_2K_M1_m105-2087	456.69	311.67	0.68	518.63	1.14	675.46	1.48	662.36	1.45	512.35	1.12	413.32	0.91
	HFB_2K_MP_m101	2088080621	HFB_2K_MP_m101-2088	566.38	606.02	1.07	756.22	1.34	1482.27	2.62	1196.19	2.11	490.41	0.87	306.06	0.54
	HFB_2K_MP_m101	2089081412	HFB_2K_MP_m101-2089	447.54	293.80	0.66	531.69	1.19	663.88	1.48	650.61	1.45	425.48	0.95	464.39	1.04
	HFB_2K_MR_m101	2070072401	HFB_2K_MR_m101-2070	445.43	259.45	0.58	454.57	1.02	583.88	1.31	564.05	1.27	344.80	0.77	479.65	1.08
	HFB_2K_MR_m105	2072090803	HFB_2K_MR_m105-2072	410.81	414.03	1.01	628.58	1.53	633.85	1.54	525.88	1.28	520.69	1.27	405.00	0.99

棄却した引伸ばし降雨波形も同様に比率を求め、実績引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、生起し難いと言えないため参考波形として扱うこととする。結果は表 1-14 に示すとおりであり、地域分布により棄却した昭和 57 年(1982 年)8 月洪水、昭和 58 年(1983 年)8 月洪水、平成 23 年(2011 年)9 月洪水について、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いと判断し棄却洪水とする。

表 1-14 雨量の比率(棄却した引伸ばし降雨波形)

洪水名	厚木上流域			城山ダム下流域			城山ダム上流域			宮ヶ瀬ダム上流域			道志ダム上流域			相模ダム上流域					
																下流側		上流側			
	実績雨量 (mm/24h)	計画 雨量① (mm/24h)	拡大率	実績雨量 (mm/24h)	拡大後 雨量② (mm/24h)	②/①	実績雨量 (mm/24h)	拡大後 雨量③ (mm/24h)	③/①	実績雨量 (mm/24h)	拡大後 雨量④ (mm/24h)	④/①	実績雨量 (mm/24h)	拡大後 雨量⑤ (mm/24h)	⑤/①	実績雨量 (mm/24h)	拡大後 雨量⑥ (mm/24h)	⑥/①			
S49.1	251.4	536.6	2.134	258.9	552.6	1.03	246.7	526.5	0.98	330.4	705.2	1.31	334.8	714.6	1.33	297.5	635.0	1.18	158.2	337.6	0.63
S57.8.3	316.7	536.6	1.694	204.9	347.1	0.65	343.4	581.7	1.08	250.8	424.9	0.79	349.6	592.3	1.10	306.4	519.1	0.97	371.7	629.7	1.17
S58.8.16	312.1	536.6	1.719	202.8	348.8	0.65	347.2	597.1	1.11	347.2	597.0	1.11	347.2	597.0	1.11	293.5	504.7	0.94	421.4	724.6	1.35
H3.8.21	308.5	536.6	1.739	213.1	370.5	0.69	339.2	589.9	1.10	357.4	621.6	1.16	346.1	601.8	1.12	363.9	632.8	1.18	325.1	565.3	1.05
H11.8.14	303.3	536.6	1.769	333.2	589.5	1.10	280.4	496.2	0.92	448.9	794.3	1.48	406.7	719.5	1.34	297.2	525.8	0.98	235.0	415.8	0.77
H16.10.9	265.8	536.6	2.018	289.0	583.4	1.09	254.8	514.3	0.96	321.3	648.6	1.21	296.3	598.0	1.11	262.5	529.8	0.99	221.7	447.5	0.83
H19.9.7	257.7	536.6	2.082	141.5	294.6	0.55	289.5	602.6	1.12	230.4	479.6	0.89	393.6	819.4	1.53	292.4	608.7	1.13	101.0	210.2	0.39
H23.9.21	247.3	536.6	2.170	184.5	400.3	0.75	260.0	564.1	1.05	239.6	519.9	0.97	271.0	588.1	1.10	210.0	455.7	0.85	288.0	624.9	1.16

※■ : アンサンブル予測降雨波形の最大比率から起りえないと判定された値

1.10.3 主要降雨波形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主要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主要降雨波形は、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。

相模川流域では、アンサンブル予測降雨波形群を対象に 3 つのクラスターに分類した。アンサンブル予測降雨波形群のクラスター分割には、アンサンブル予測降雨を対象に、流域全体の総雨量に対する各流域の寄与率を算出し、ユークリッド距離を指標としてウォード法によりクラスターに分類したところ、図 1-34 の結果となり、出現頻度は図 1-35 に示す通りである。

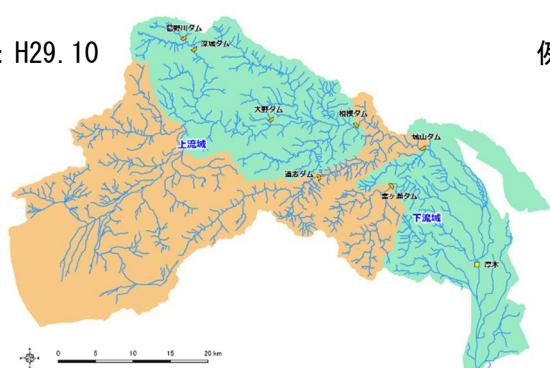
基準地点厚木で選定された主要降雨波形について、クラスター分析を行った結果、クラスター1、2、3 と評価され(表 1-15)、主要降雨波形に含まれない分類はなかった。

表 1-15 主要降雨波形のクラスター分析結果(基準地点厚木)

洪水名	厚木地点 24時間 雨量 (mm/24h)	気候変動後 計画 対象降雨 (mm/24h)	拡大率	厚木地点 基本高水 ピーク流量 (m ³ /s)	クラスター 分類
主要洪水群					
S33.9.26	391.4		1.371	8,219	3
S41.6.28	294.2		1.824	9,287	3
S49.9.1	251.4		2.134	9,057	3
S57.8.3	316.7		1.694	11,661	2
S58.8.16	312.1		1.719	10,356	2
H2.8.10	286.1		1.876	10,356	2
H3.8.21	308.5	537	1.739	10,032	2
H11.8.14	303.3		1.769	8,541	3
H13.9.11	262.2		2.046	8,734	2
H16.10.9	265.8		2.018	8,925	3
H19.9.7	257.7		2.082	11,074	2
H23.9.21	247.3		2.170	13,005	2
H29.10.23	276.6		1.940	12,114	1
R1.10.12	457.5		1.173	8,651	3
棄却洪水のうち、将来降雨として起こり得ると想定される降雨波形					
S49.9.1	251.4	537	2.134	9,057	3
H11.8.14	303.3		1.769	8,541	3
棄却洪水(生起し難いと判断される洪水)					
S57.8.3	316.7	537	1.694	11,661	2
H3.8.21	308.5		1.739	10,032	2
H19.9.7	257.7		2.082	11,074	2
H23.9.21	247.3		2.170	13,005	2

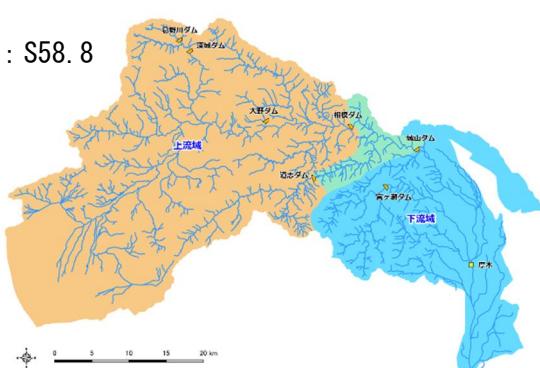
クラスター1【全流域均等型】

例：H29. 10



クラスター2【上流域集中型】

例：S58. 8



クラスター4【中下流域集中型】

例：S41. 6

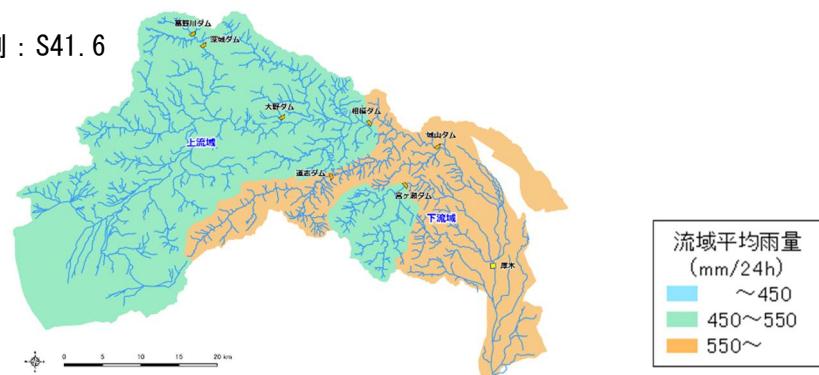


図 1-34 相模川流域におけるアンサンブル予測降雨のクラスター分類

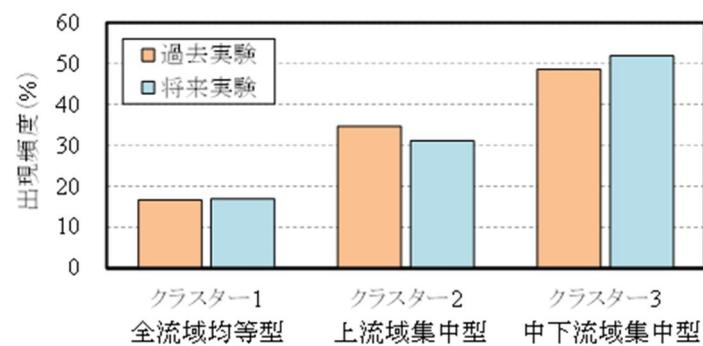


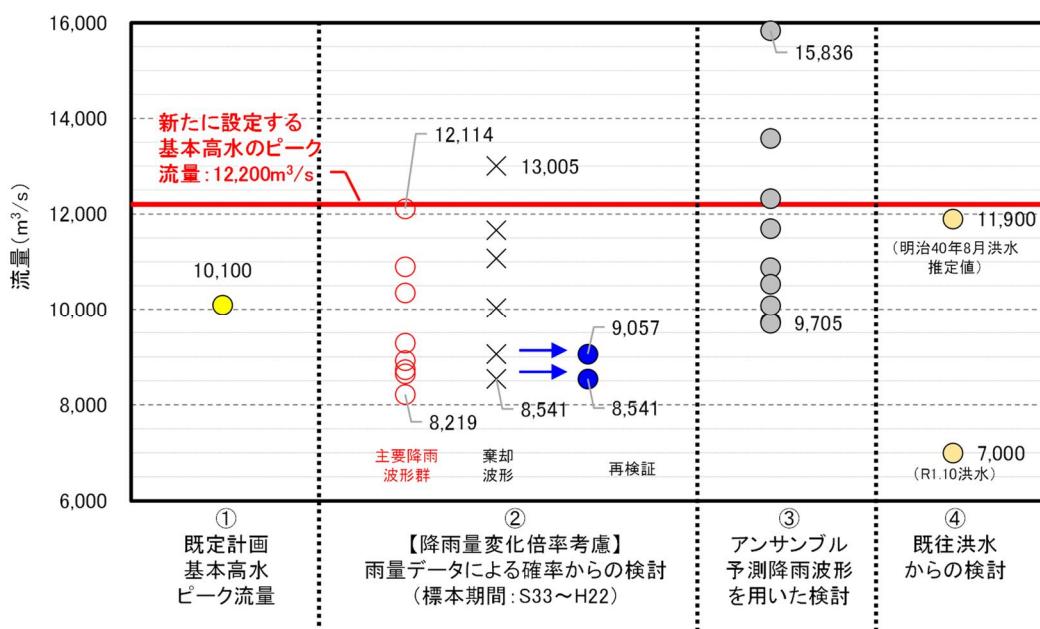
図 1-35 相模川流域におけるアンサンブル予測降雨の出現頻度

1.11 既往洪水による検討(相模川)

甚大な被害をもたらした明治 40 年(1907 年)洪水では、基準地点厚木の実績流量は、 $11,900 \text{m}^3/\text{s}$ となる。

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°C 上昇相当)を想定した将来の降雨量の変化倍率 1.1 倍を考慮して、図 1-36 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、相模川における基本高水のピーク流量は、基準地点厚木で $12,000 \text{m}^3/\text{s}$ とした。



【凡例】

- ①: 現行の基本方針(H19.11)の基本高水のピーク流量
- ②: 気候変動を踏まえた降雨量変化倍率(2°C 上昇時の降雨量変化倍率1.1倍)を考慮した検討
 - x: 短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている降雨
 - : 梨却された洪水(×)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
- ③: アンサンブル予測降雨波形群のなかから、計画対象降雨の降雨量($537 \text{mm}/24\text{h}$)近傍のものを抽出した洪水
 - : 気候変動降雨予測モデルによる将来気候(2°C 上昇)のアンサンブル予測降雨波形
- ④: 戦後最大となった既往洪水(R1.10)

図 1-36 基本高水のピーク流量の設定に係る総合的判断(基準地点厚木)

2. 高水処理計画

相模川の既定計画の基本高水のピーク流量は、基準地点厚木において、 $10,100\text{m}^3/\text{s}$ である。平成19年に策定した現行の基本方針では、河川整備の前提として、河岸維持管理法線を設定するとともに、それに応じた河川敷の区分の設定をし、基準地点厚木における基本高水のピーク流量 $10,100\text{m}^3/\text{s}$ 、計画高水流量 $7,300\text{m}^3/\text{s}$ とし、治水対策と河川環境が調和した円滑な河川管理を目指した川づくりを進めてきたところである。

今回、新たに基準地点厚木における基本高水のピーク流量を見直した結果、現行の基本方針の基本高水のピーク流量 $10,100\text{m}^3/\text{s}$ を $12,200\text{m}^3/\text{s}$ に変更する計画とした。

相模川の河川改修は、既定計画の厚木： $7,300\text{m}^3/\text{s}$ を目標に実施され、相模川中・下流部における堤防高は概ね確保されており、既に橋梁、樋門等多くの構造物も完成している。

このため、堤防の嵩上げや引堤による社会的影響及び大幅な河道掘削による河川環境の改変や将来河道の維持等を考慮した場合、同地点において処理可能な流量は $7,300\text{m}^3/\text{s}$ である。

これらを踏まえ、流域内の洪水調節施設等により $4,900\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、基準地点厚木の計画高水流量を既定計画と同様に $7,300\text{m}^3/\text{s}$ とする。

3. 計画高水流量

相模川の計画高水流量は、厚木地点において $7,300\text{m}^3/\text{s}$ とし、各主要地点の計画高水流量は、主要洪水の降雨波形群を用いて得られる通過流量の最大値を示す値から設定した。各地点の計画高水流量は以下のとおりとする。



図 3-1 相模川計画高水流量図

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おいては、周辺の社会的影響や河川環境等に配慮しながら必要な河積(洪水を安全に流下させるための断面)を確保する。

- ①大臣管理区間の堤防は全川でほぼ概成(完成・暫定)ししていること。
- ②計画高水位を上げることは、破堤時における被害を増大させることになるため、沿川の市街地状況を考慮すると避けるべきであること。
- ③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、計画高水位を上げることは堤内地での内水被害を助長させること。

計画縦断図を図 4.1(1)~(3)に示すとともに、主要地点における計画高水位及び概ねの川幅を表 3.1 に示す。

表 4-1 主要な地点における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)
相模川	磯部	22.2	37.04	440
	厚木	14.4	18.80	410
	河口	0.4	2.5*	620

(注) T.P. (Tokyo Peil) : 東京湾中等潮位

* : 計画高潮位

既往高潮計画において河口部の計画高潮位は、朔望平均満潮位(T.P.+0.81m)に潮位偏差(1.66m)を加えたT.P.+2.5mと設定している。

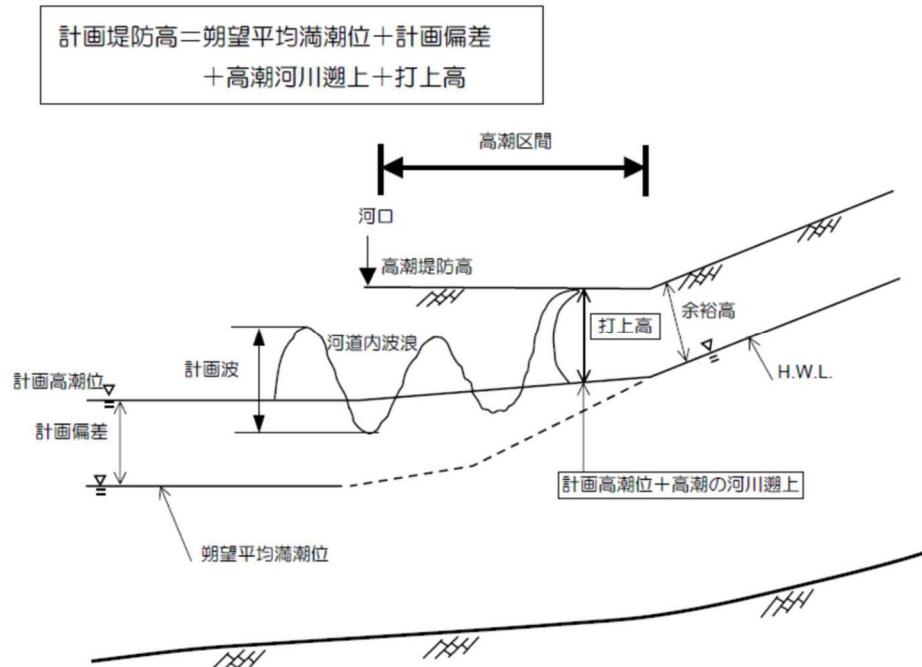


図 4-1 高潮計画概念図

高潮堤防計画天端高は、3 つの手法により打ち上げ高を算定し、最も高い値により算定された T.P.+7.0m とし、これを自己流堤と同じ高さとなるまでの区間を高潮区間として設定した。

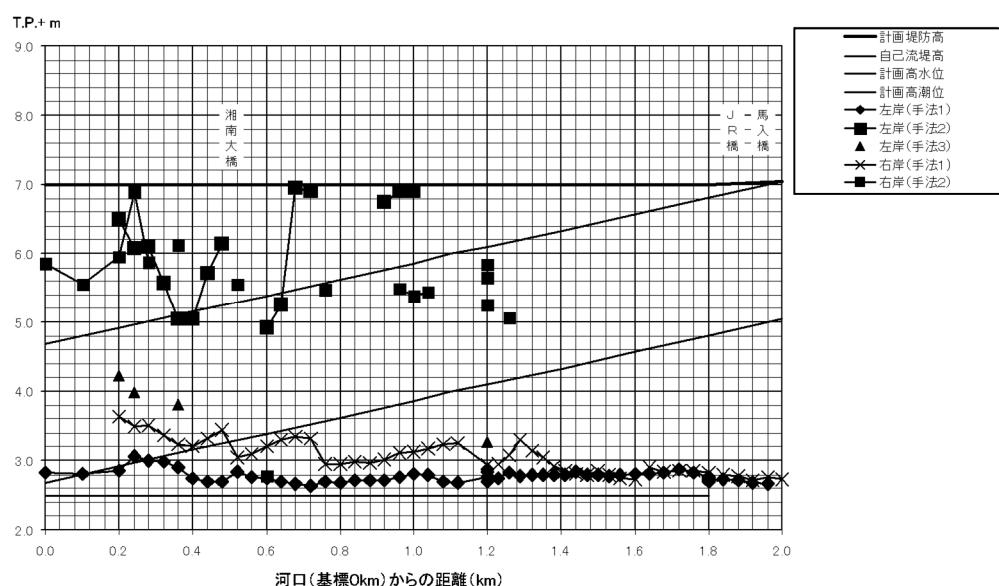


図 4-2 既往高潮計画における高潮堤防計画天端高

表 4-2 既往高潮計画諸元表

項目		値	設定根拠
計画高潮位	朔望平均満潮位	T.P.+0.81m	大磯検潮所 1991～1995、及び 2001～2004 の 9 年間の年 毎の朔望平均満潮位の平均
	最大偏差	1.66m	神奈川県で算定されている潮位偏差 0.81m に Wavesetup による上昇分 0.85m を加えた値を 設定
	計画高潮位	T.P.+2.5m	朔望平均満潮位+最大偏差
計画波浪	沖波	H0=13m T0=15.3s (S13° W)	・ 1955 年(S30)～2005 年(H17)の間 に来襲した台風の中で 1981 年(S56)の台風 15 号が最も危険なコースであることからこの台 風をモデルとして検討
	河道内波高	H=11.3m T15.3 (S3° W)	河口部の波浪諸元を用い、波の屈折・回折・ 反射・碎波を同時に計算できる非定常緩勾配 方程式を用いて河道内の波浪を算定
打上高		4.5m	河道内の波高分布を用い、以下の 3 方法で 算定 ①計画高潮位 + 1/2H _{1/3} ②豊島・首藤・橋本の算定図 ③改良仮想勾配法
高潮堤防高		T.P.+7.0m	②の方法による最大打ち上げ高により設定

相模川水系では、河道の流下能力の算定条件として、支配的である河口砂州の維持管理可能な砂州高 T.P.+2.3m + 砂州乗り上げ高 0.5m = T.P.+2.8m を河口の出発水位として設定している。

気候変動による海面上昇について、IPCC のレポートでは、2100 年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、RCP2.6(2°C 上昇に相当)で 0.29～0.59m、RCP8.5(4°C 上昇に相当)で 0.61～1.10m とされており、2°C 上昇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。

相模川における気候変動による海面水位上昇を考慮した河口部の潮位は、朔望平均満潮位 T.P.+0.81m に密度差上昇分 0.083m と海面水位上昇量 0.43m を考慮した水位 T.P.+1.323m となり、現在設定している河口の出発水位 T.P.+2.8m を下回ることから、気候変動の影響により海面水位が上昇したとしても、河口部の計画高水位に影響を与えるものではないことを確認した。

また、計画高潮堤防高は、気候変動後も T.P.+7.0m となり、現行の計画高潮堤防高と同じ値となって現行計画から変更がない結果となった。

5. 河川管理施設等の整備の現状

相模川における河川管理施設等の整備状況は下記のとおりである。

(1) 堤防

堤防の整備状況(令和6年(2024年)3月末時点)は下記のとおりである。

表 5-1 堤防整備の状況

河川名	計画堤防 断面	今後整備が 必要な区間
相模川（大臣管理区間）	11.5 (87%)	1.7 (13%)
相模川（指定区間）※6	36.9 (81%)	8.9 (19%)
中津川（指定区間）	13.0 (77%)	3.8 (23%)

(2) 洪水調節施設

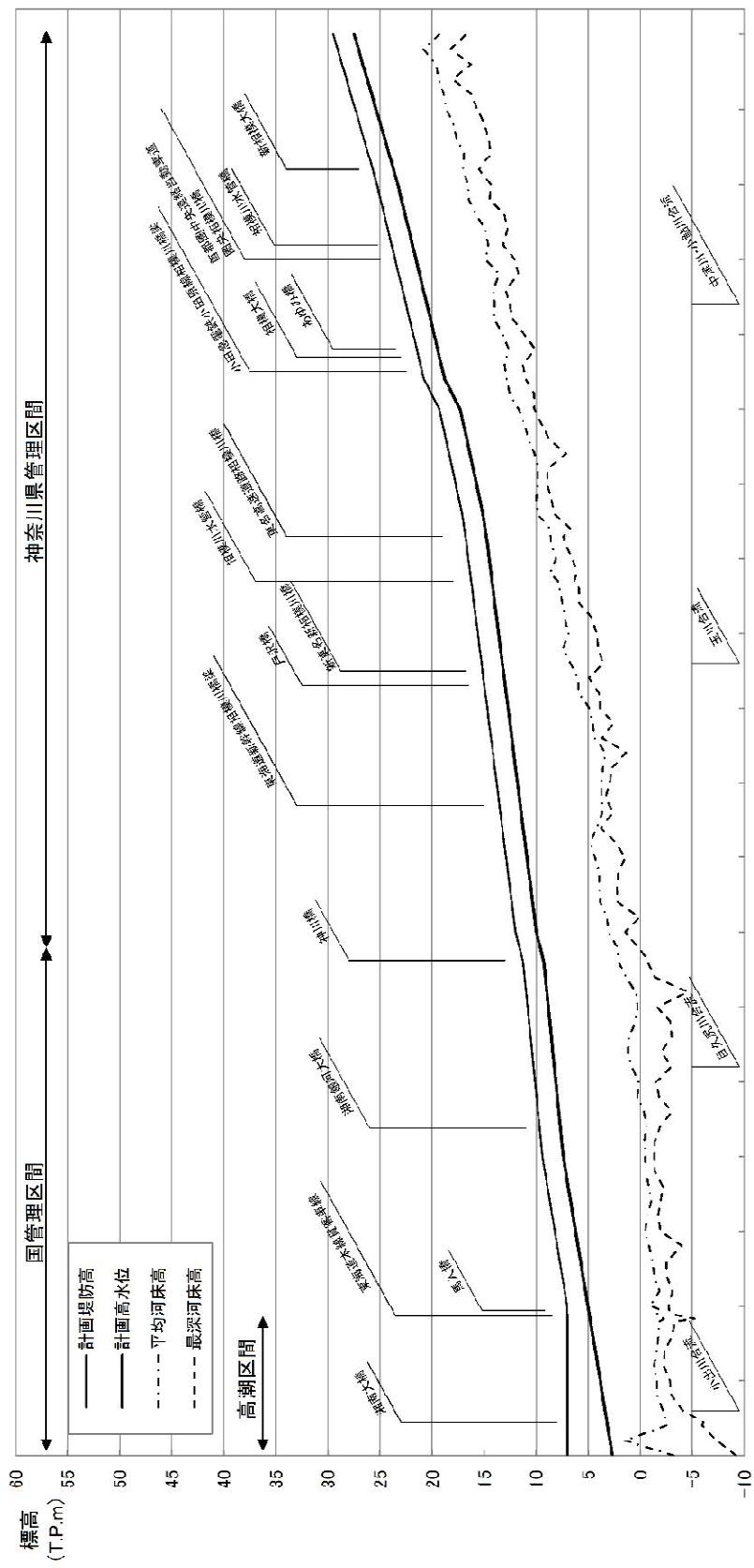
完成施設 : 城山ダム(27,500千m³)

宮ヶ瀬ダム(45,000千m³)

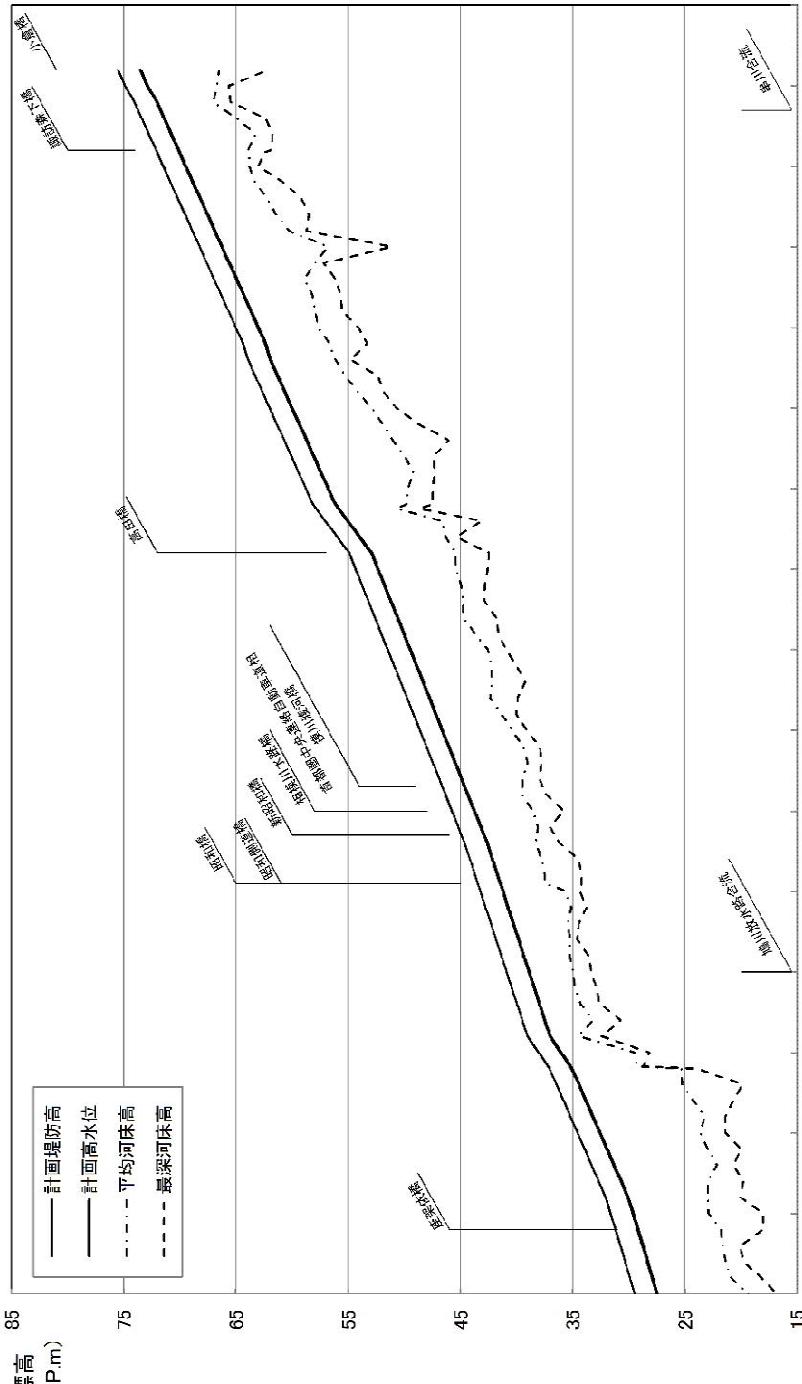
残りの必要容量 : 0千m³

(3) 排水機場等

河川管理施設なし



計画高水位 (T.F.m)	0.00
計画堤防高 (T.F.m)	0.00
堆積標 (K)	0.00



表元諸計画