

# 櫛田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 .....                        | 3      |
| 1-3 河川整備基本方針策定後の状況 .....                  | 4      |
| 1-4 流出計算モデルの確認 .....                      | 5      |
| 1-5 基本高水のピーク流量の設定 .....                   | 13     |
| 1-6 対象降雨の継続時間の設定 .....                    | 14     |
| 1-7 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定 ..      | 29     |
| 1-8 主要降雨波形の選定 .....                       | 33     |
| 1-9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討 .....              | 34     |
| 1-10 主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算 ..... | 41     |
| 1-11 アンサンブル予測降雨波形による検討 .....              | 45     |
| 1-12 既往洪水からの検討 .....                      | 53     |
| 1-13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定 .....          | 54     |
| <br>2. 高水処理計画 .....                       | <br>56 |
| <br>3. 計画高水流量 .....                       | <br>57 |
| <br>4. 河道計画 .....                         | <br>58 |
| <br>5. 河川管理施設等の整備の現状 .....                | <br>59 |

## 1. 基本高水の検討

### 1-1 工事実施基本計画

昭和42年（1967年）5月に策定された櫛田川水系工事実施基本計画では、計画目標を既往最大洪水である昭和34年（1959年）9月洪水（伊勢湾台風）と設定しており、基準地点両郡橋において基本高水のピーク流量を4,800m³/sと定めている。

なお、昭和34年（1959年）9月洪水では流量観測が行われていないため、「痕跡水位」、「合理式」、「S36水位流量曲線」等から両郡橋地点流量を4,800m³/sと推定している。

#### (1) 痕跡水位からの推定

両郡橋から4km上流の鋤形地点及び24km上流の横野地点において流量を推定し、流域面積比及びDickems公式により両郡橋地点に換算した。

表 1-1-1 痕跡水位からの推定流量

| 流量推定地点 | 粗度係数  | 推定流量       | 両郡橋換算流量    |            |
|--------|-------|------------|------------|------------|
|        |       |            | 流域面積比      | Dickems 公式 |
| 鋤形     | 0.040 | 4,300 m³/s | 4,470 m³/s | 4,440 m³/s |
| 横野     | 0.045 | 3,760 m³/s | 4,580 m³/s | 4,360 m³/s |

根拠資料は、総体計画流量検討資料（昭和36年6月5日）によるものであり、本資料によると鋤形及び横野地点の推定流量は等流計算により算出されている。

$$\text{鋤形} \quad \frac{1}{n} R^{\frac{1}{2}} I^{\frac{2}{3}} A = \frac{1}{0.040} 7.26^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{1}{640}\right)^{\frac{2}{3}} * 1160 = 4300$$

$$\text{横野} \quad \frac{1}{n} R^{\frac{1}{2}} I^{\frac{2}{3}} A = \frac{1}{0.045} 6.40^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{1}{205}\right)^{\frac{2}{3}} * 750 = 3760$$

$$\text{Dickems 公式} \quad \text{流域面積比}^{\frac{3}{4}} \times \text{流量}$$

ただし、粗度係数、径深、河床勾配及び断面積の出典・根拠は不明である。また、横野の推定流量は計算違いであり、正確には4,020m³/sである。訂正して換算すると流域面積比で4,900m³/s、Dickems公式で4,670m³/sとなる。

#### (2) 合理式による推定

栗野～両郡橋までの到達時間を実測資料（昭和24年～昭和31年）から3.5hと算定。また、最上流～栗野までの到達時間を約1.5hと推定。さらに各種手法（Rziha=13.7h、Kraven=6.1h、中安=5.6h、立神=5.3h）も参考とし、両郡橋の到達時間を5.0hとした。流出係数は、(1)で推定した鋤形、横野流量から逆算したf=1.06～1.13を考慮し、f=1.10とした。

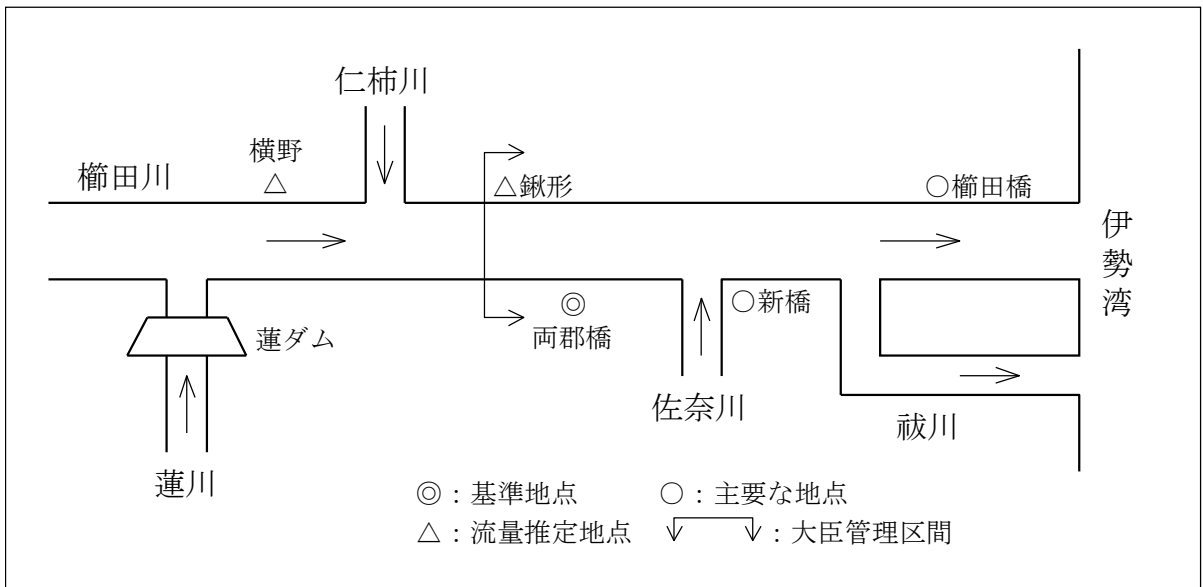
雨量強度は、流域平均日雨量275.7mmを宮前観測所の時間分布にあてはめ、r=36.5mmとした。

$$Q=0.2778f \cdot r \cdot a=0.2778 \cdot 1.10 \cdot 36.5000 \cdot 385.7=4,300\text{m}^3/\text{s}$$

昭和36年（1961年）6月洪水時の櫛田橋地点での流量観測結果を基に、両郡橋と櫛田橋のピーク時差約1.0hを考慮した両郡橋地点水位と櫛田橋流量から水位流量曲線を作成し、伊勢湾台風時の両郡橋地点最高水位8.60mを用いて算定した結果、4,300m<sup>3</sup>/sと推定された。

昭和36年（1961年）6月洪水時の櫛田橋地点での流量観測結果を基に、両郡橋と櫛田橋のピーク時差約1.0hを考慮した両郡橋地点水位と櫛田橋流量から水位流量曲線を作成し、伊勢湾台風時の両郡橋地点最高水位8.60mを用いて算定した結果、4,300m<sup>3</sup>/sと推定された。

根拠資料は、総体計画流量検討資料（昭和36年6月5日）によるものであるが、櫛田橋地点における流量観測資料及びHQ式は不明（水位流量曲線図は添付されているが精度は極めて悪い）である。また、工事実施基本計画参考資料において両郡橋地点と記載されている水位は、相可水位観測所の水位である。



## 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櫛田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、両郡橋地点の基本高水のピーク流量を $4,800\text{m}^3/\text{s}$ とし、平成15年（2003年）10月に櫛田川水系河川整備基本方針を策定した。

### (1) 年最大流量と年最大降雨量の経年変化

既定計画を策定した昭和43年（1968年）以降、計画を変更するような大きな洪水、降雨は発生していない。

### (2) 流量確率評価による検証

流量確率の検討の結果、1/100規模の流量は、両郡橋地点で約 $4,700\text{m}^3/\text{s}$ ～ $6,500\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

### (3) 伊勢湾台風の実績流量の検証

浸水記録などにより昭和34年（1959年）9月の伊勢湾台風のピーク流量を検証「多気町史」及び「飯南町史」に記載されている昭和34年（1959年）9月洪水（伊勢湾台風）の浸水記録を基に両郡橋地点におけるピーク流量は約 $4,800\text{m}^3/\text{s}$ であったと推定される。

なお、基本高水のピーク流量が昭和34年（1959年）9月洪水の推定最大流量から決定されており、基本高水のピーク流量の決定にあたり用いたハイドログラフはない。

### 1-3 河川整備基本方針策定後の状況

平成15年（2003年）10月に河川整備基本方針（以降、既定計画という。）を策定以降、基準地点両郡橋の計画高水のピーク流量を上回る洪水は発生していない。

伊勢湾台風を除く戦後最大流量は平成6年（1994年）9月洪水における両郡橋地点の流量約4,051 $\text{m}^3/\text{s}$ （蓮ダム戻し流量）が最大となる。

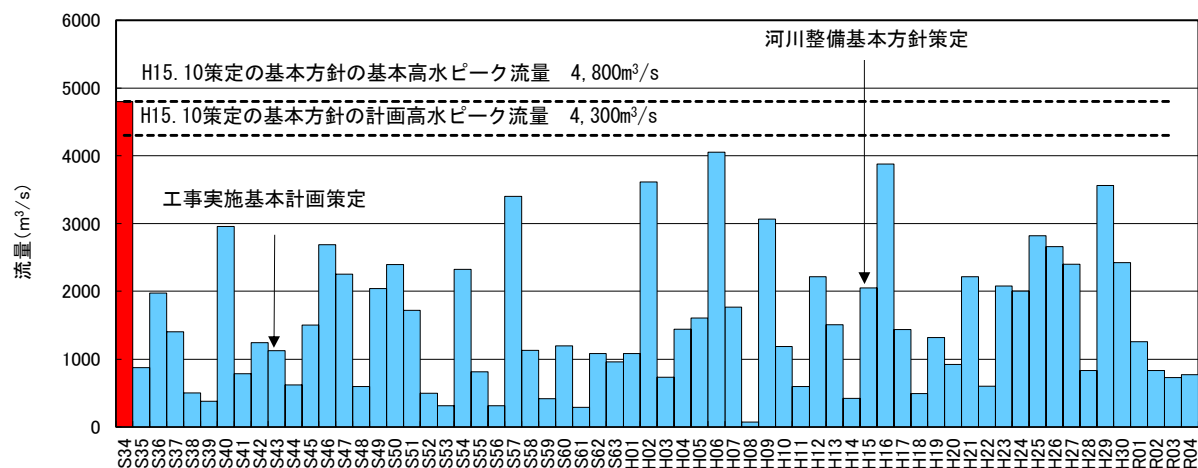


図 1-3-1 年最大流量（基準地点両郡橋）

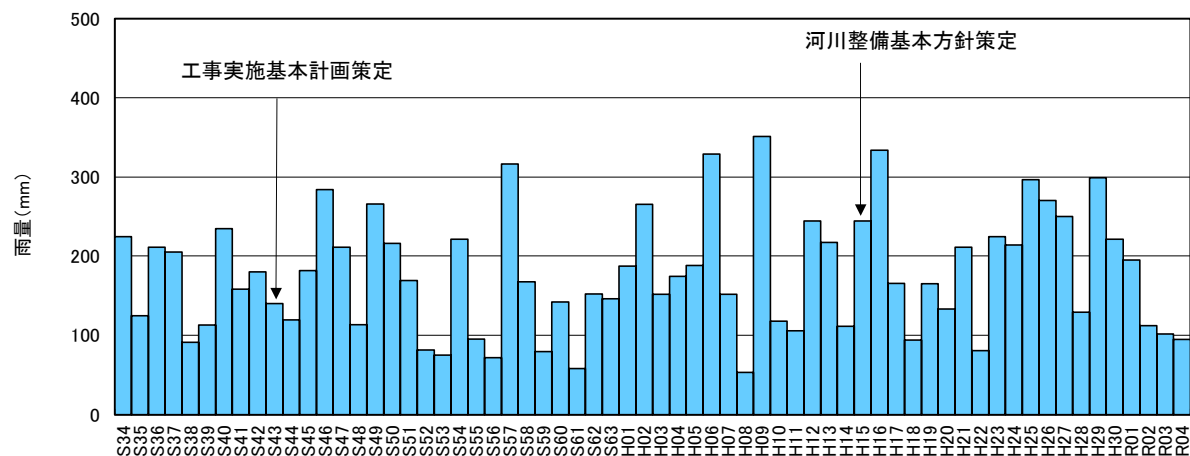


図 1-3-2 年最大 12 時間雨量（両郡橋上流域平均雨量）

## 1-4 流出計算モデルの確認

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）については、既定計画策定以降の流域の土地利用状況に大きな変化がないことから、近年洪水における再現性を確認し、既定計画に用いた流出計算モデルを使用するものとし、支川佐奈川流域を新たに分割して、五桂池の洪水調節機能を流出計算モデルに反映させた。

### 1-4-1 モデルの概要

貯留関数法の基礎式を次に示す。

$$\begin{aligned}\frac{ds}{dt} &= f(t) \cdot r(t) - q(t + Tl) \\ s(t) &= K \cdot q(t + Tl)^P \\ q(t) &= \frac{3.6 \cdot Q(t)}{A}\end{aligned}$$

ただし、

$$\begin{aligned}\sum r(t) < R_{sa} & \quad \text{の場合、} f(t) = f_1 \\ \sum r(t) \geq R_{sa} & \quad \text{の場合、} f(t) = 1.0\end{aligned}$$

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。

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

ここで、

$S(t)$ ：貯留高(mm)、 $f(t)$ ：流入係数、 $r(t)$ ：流域平均降雨強度(mm/h)  
 $q(t)$ ：直接流出高(mm/h)、 $Tl$ ：遅滞時間(mm/h)、 $K$ ：定数、 $P$ ：定数  
 $Q(t)$ ：直接流出強度(m<sup>3</sup>/s)、 $A$ ：流域面積(km<sup>2</sup>)、 $f_1$ ：一次流出率  
 $Q_{ca}(t)$ ：流域からの流出量(m<sup>3</sup>/s)、 $Q_b(t)$ ：基底流量(m<sup>3</sup>/s)  
を表す。

河道区間の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$\begin{aligned}S_l(t) &= K \cdot Q_l(t)^P - Tl \cdot Q_l(t) \\ \frac{dS_l(t)}{dt} &= I(t) - Q_l(t) \\ Q_l(t) &= Q(t + Tl)\end{aligned}$$

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

### 1-4-2 流域及び河道分割

櫛田川水系における流域及び河道分割は、支川佐奈川上流に位置する五桂池の洪水調節機能を考慮するため、既定計画における流出計算モデルを基本に14流域6河道とした。

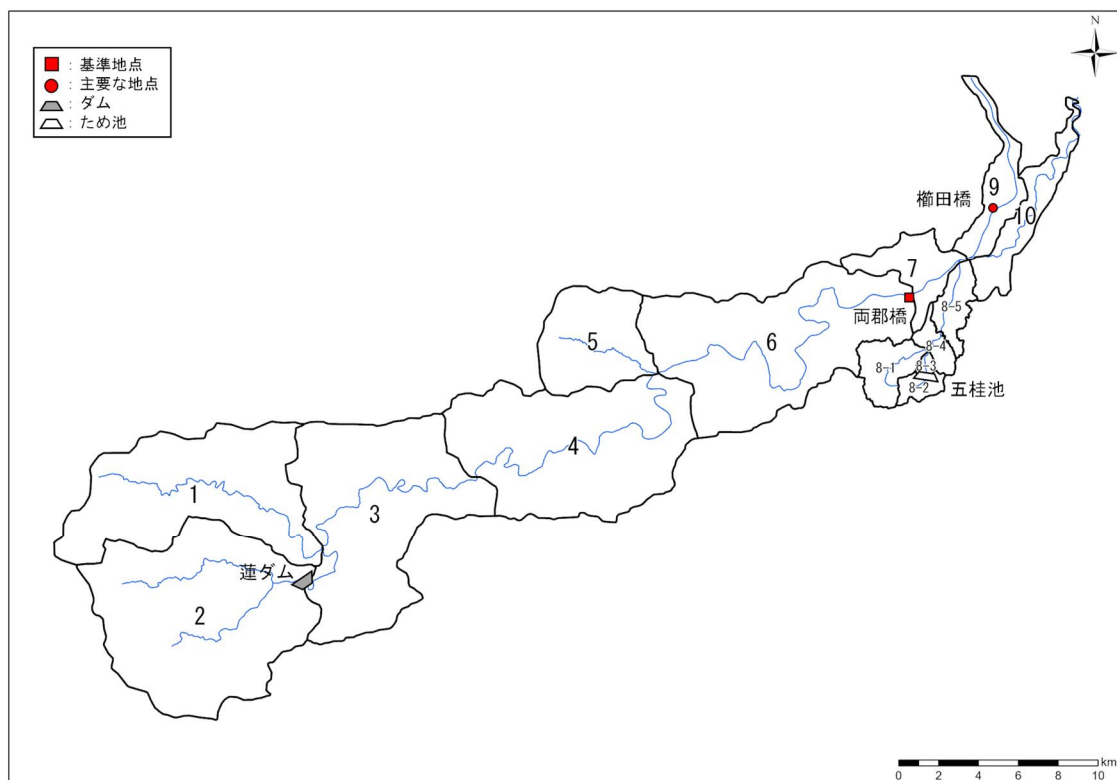


図 1-4-1 櫛田川流域分割図



### 1-4-3 モデル定数の確認

既定計画モデルの定数を踏襲することとしたが、既定計画策定以降に主要となる洪水が発生しているため、モデル定数の確認を行った。

両郡橋地点と蓮ダム（塩ヶ瀬）地点で定数解析を行った。

#### (1) 流出成分の分離

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。

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、洪水の終わりに1つ目の折れ点が中間流出の終了地点と考えられている。櫛田川では、ピーク以降の流量を3本の直線で分離し、洪水の終わりに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含めて、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。

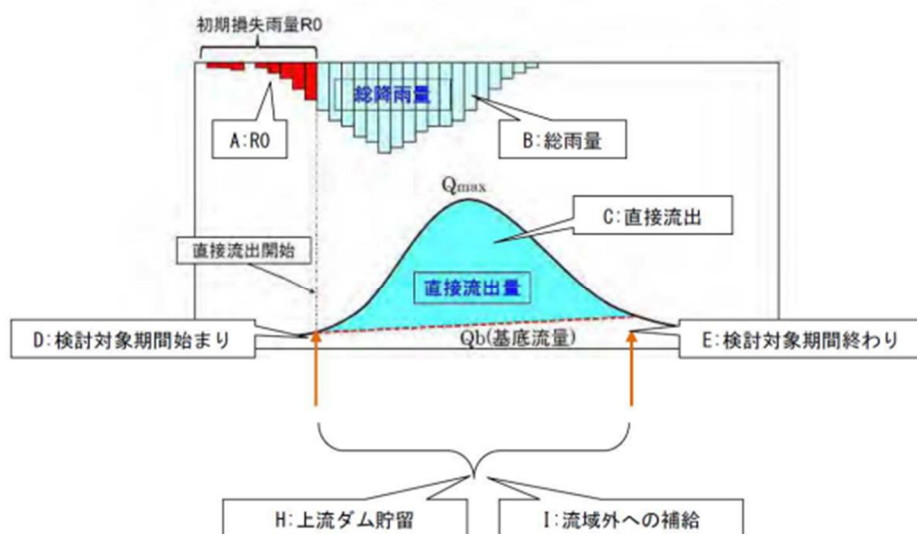


図 1-4-3 成分分離の概念図

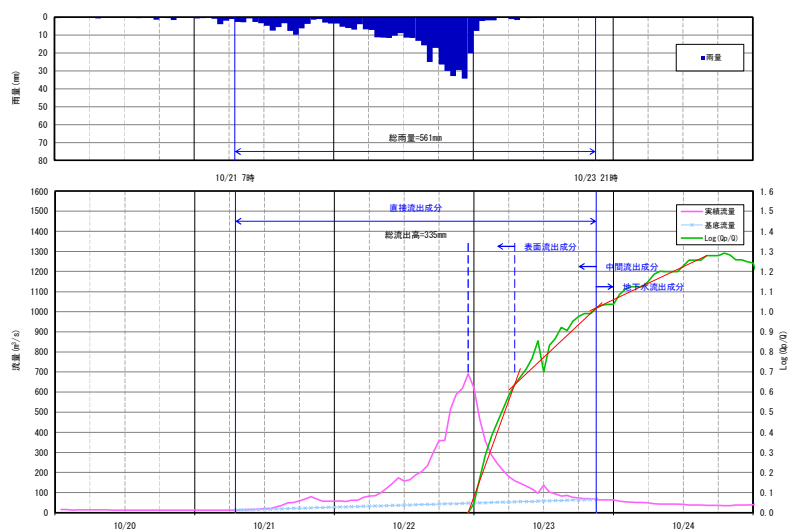


図 1-4-4 成分分離結果（蓮ダム地点 H29.10.23 洪水）

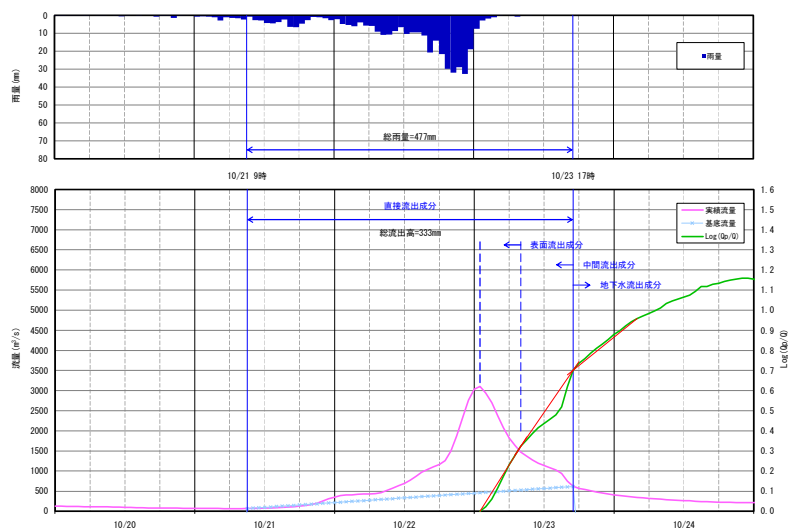


図 1-4-5 成分分離結果（両郡橋地点 H29.10.23 洪水）

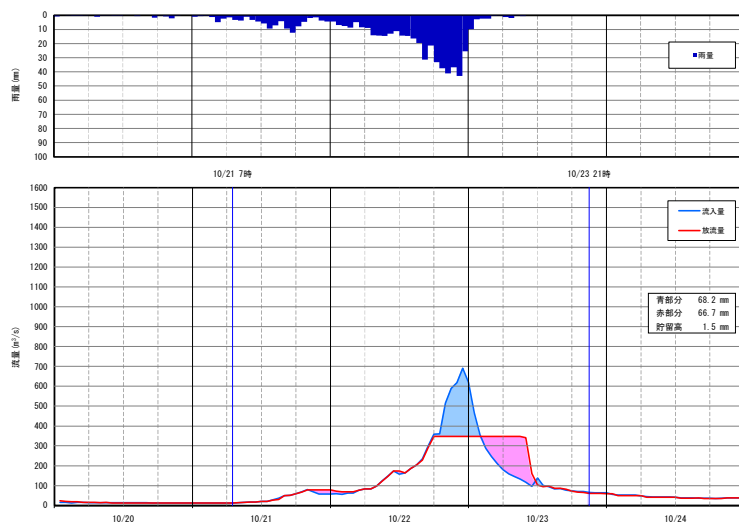


図 1-4-6 ダム貯留高算定結果（蓮ダム地点 H29.10.23 洪水）

## (2) 計画 $f_1$ 及び $R_{sa}$ の検討

流出率 $f_1$ 及び飽和雨量 $R_{sa}$ は次のように算定を行った。蓮ダム地点、両郡橋地点の成分分離結果と流域平均雨量を用いて、総雨量 $R(mm)$ と総流出高 $q(mm)$ をプロットし、 $R_{sa}$ を仮定して、総降雨量が $R_{sa}$ より小さい点群について、その座標と原点を結ぶ直線の傾きの平均値 $f_1$ としたときに、総降雨量が $R_{sa}$ より大きい点群について、総降雨量と総流出高の差の平均値が $R_{sa} \times (1 - f_1)$ となることを満足するよう、 $R_{sa}$ を変化させて平均的な $R_{sa}$ を求めた。このとき、累積雨量が飽和雨量を上回った後の流出率（飽和流出率）は1.0とする。

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

総降雨量 $R(mm)$ と総流出高 $q(mm)$ 関係図を基に設定した $f_1$ 、 $R_{sa}$ は表1-4-1に示すとおりである。各洪水の再現に当たっては、 $f_1$ は本検討により得られた計画 $f_1$ を使用し、 $R_{sa}$ は各洪水で検討した数値を採用する。

表 1-4-1 計画  $f_1$ 、 $R_{sa}$  設定結果

| 地点               | 一時損失雨量    |                   |
|------------------|-----------|-------------------|
|                  | 流出率 $f_1$ | 飽和雨量 $R_{sa}(mm)$ |
| 蓮ダム              | 0.5       | 390               |
| 両郡橋<br>(蓮ダム～両郡橋) | 0.5       | 290               |

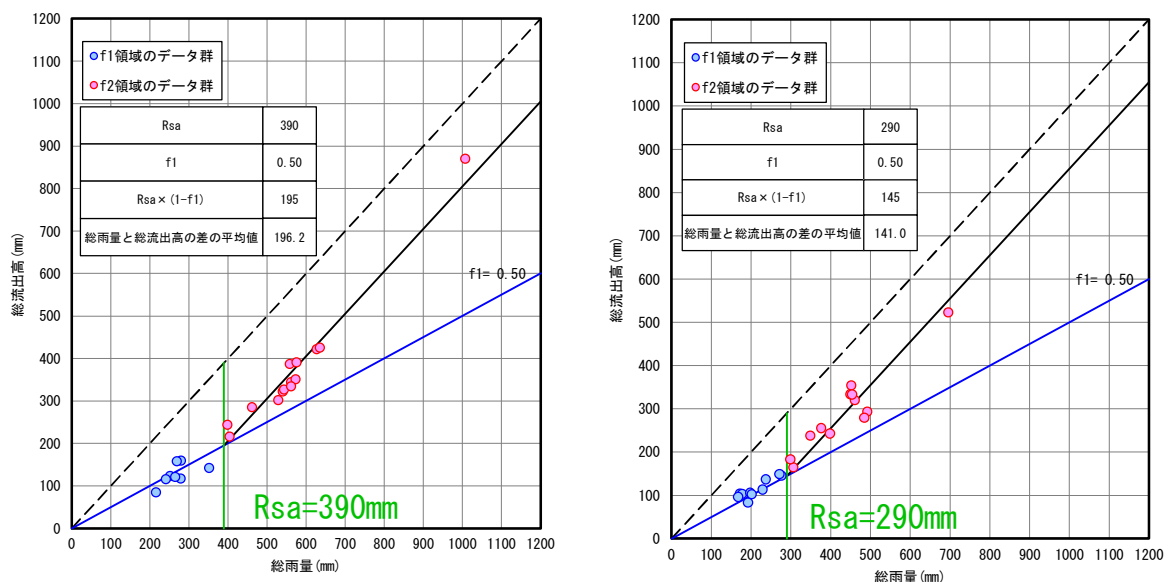


図 1-4-7 総降雨量と総流出高の関係（左：蓮ダム地点、右：蓮ダム～両郡橋）

### (3) 流域定数・河道定数

流域定数及び河道定数については、既定計画モデルの定数を踏襲する。

なお、流域分割を行った佐奈川流域については、全て同じ定数を使用する。

表 1-4-2 流域定数

| No.   | 流域名    | 流域面積<br>A (km <sup>2</sup> ) | 貯留係数<br>K | 貯留指数<br>P | 遅滞時間<br>Tl (h) |
|-------|--------|------------------------------|-----------|-----------|----------------|
| 1     | 鍋倉残流域  | 61.7                         | 26.4      | 0.351     | 2.750          |
| 2     | 蓮ダム流域  | 80.9                         | 66.4      | 0.314     | 0.350          |
| 3     | 田引残流域  | 70.5                         | 30.4      | 0.314     | 2.040          |
| 4     | 横野残流域  | 70.1                         | 28.8      | 0.328     | 2.020          |
| 5     | 仁柿川流域  | 23.9                         | 32.0      | 0.302     | 2.040          |
| 6     | 両郡橋残流域 | 71.8                         | 31.8      | 0.304     | 2.000          |
| 7     | 櫛田橋残流域 | 12.1                         | 24.2      | 0.376     | 0.020          |
| 8     | 佐奈川流域  | 19.7                         | 21.9      | 0.407     | 0.170          |
| (8-1) | 佐奈川上流域 | (7.44)                       | 21.9      | 0.407     | 0.170          |
| (8-2) | 五桂川上流域 | (2.61)                       | 21.9      | 0.407     | 0.170          |
| (8-3) | 五桂川残流域 | (0.78)                       | 21.9      | 0.407     | 0.170          |
| (8-4) | 佐奈川中流域 | (3.16)                       | 21.9      | 0.407     | 0.170          |
| (8-5) | 佐奈川下流域 | (5.71)                       | 21.9      | 0.407     | 0.170          |
| 9     | 櫛田川残流域 | 11.8                         | 16.3      | 0.512     | 0.000          |
| 10    | 祓川流域   | 13.4                         | 15.9      | 0.523     | 0.000          |

表 1-4-3 河道定数

| 河道No. | 河川名 | 河道区間       | 河道延長<br>(km) | 初期値＝決定値 |       |        |
|-------|-----|------------|--------------|---------|-------|--------|
|       |     |            |              | K       | P     | Tl (h) |
| I     | 櫛田川 | 鍋倉～田引      | 15.5         | 19.700  | 0.600 | 0.170  |
| II    | 櫛田川 | 田引～仁柿川合流点  | 19.3         | 28.100  | 0.600 | 0.260  |
| III   | 櫛田川 | 仁柿川合流点～両郡橋 | 23.8         | 30.500  | 0.645 | 0.310  |
| IV    | 櫛田川 | 両郡橋～櫛田橋    | 3.5          | 7.500   | 0.605 | 0.080  |
| V     | 祓川  | 祓川～河口      | 13.4         | 17.000  | 0.600 | 0.310  |
| VI    | 櫛田川 | 櫛田橋～河口     | 10.5         | 11.800  | 0.726 | 0.220  |

#### 1-4-4 再現計算の実施

修正した流出計算モデルにより、既定計画以降に発生した洪水の再現計算を実施した。  
この結果、既定計画で設定した定数で高い精度で再現することが可能であった。

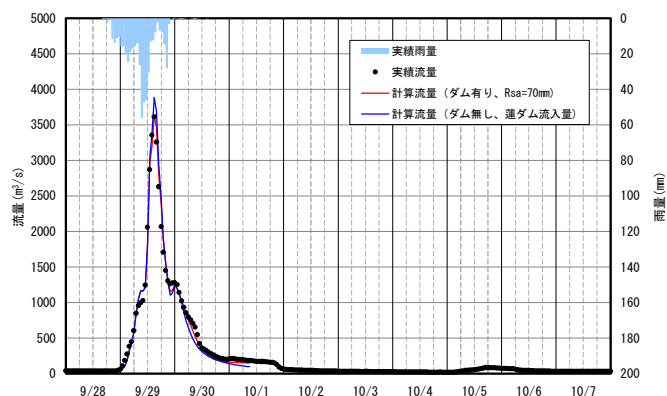


図 1-4-8 平成 16 年 9 月洪水再現計算結果（両郡橋地点）

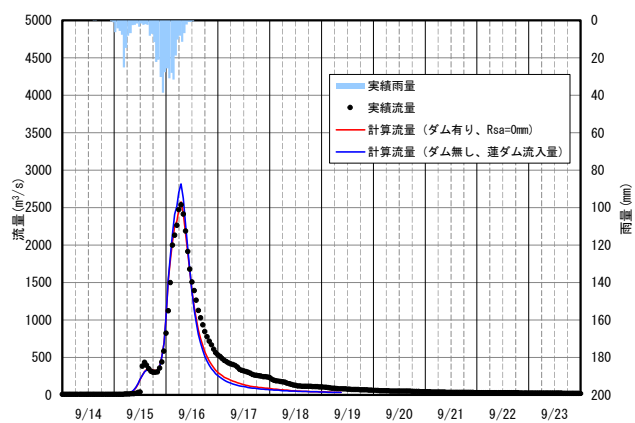


図 1-4-9 平成 25 年 9 月洪水再現計算結果（両郡橋地点）

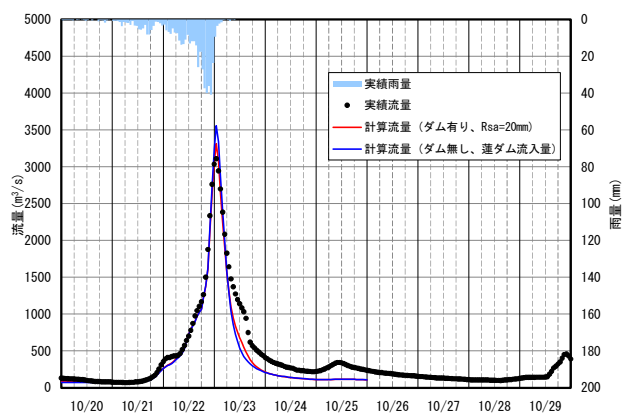


図 1-4-10 平成 29 年 10 月洪水再現計算結果（両郡橋地点）

## **1-5 基本高水のピーク流量の設定**

### **1-5-1 基本高水ピーク流量設定の考え方**

基本高水のピーク流量は、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。

- (1) 既定計画の基本高水のピーク流量
- (2) 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
- (3) アンサンブル予測降雨波形を用いた検討
- (4) 既往洪水からの検討

### **1-5-2 計画規模の設定**

既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないことから、計画規模は既定計画を踏襲し、基準地点両郡橋で年超過確率1/100とした。

## 1-6 対象降雨の継続時間の設定

### 1-6-1 対象降雨の継続時間設定の考え方

櫛田川水系における対象降雨の継続時間は、洪水到達時間、ピーク流量と短時間雨量との相関関係及び強い降雨強度の継続時間を整理し設定した。

### 1-6-2 洪水到達時間

洪水到達時間は、以下に示す①KinematicWave法に基づく式、②角屋の式を用いて算定した。

また、既定計画で実施している、降雨ピークと流量ピークとの時差の2倍（合理式による仮定）による洪水到達時間の算定を実施した。

なお、対象洪水は、流量観測開始時（昭和35年（1960年））から令和4年（2022年）で基準地点両郡橋における実績流量上位10洪水を対象とした。

#### 1) 洪水到達時間

##### ① キネマティックウェーブ法に基づく式

$$T_p = t_p - \tau_p = KL^p / r_m^{1-p} \quad \dots\dots\dots (1-3.43)$$

$$r(\tau_p) = r(t_p) \quad \dots\dots\dots (1-3.44)$$

ここに、 $T_p$ ：洪水到達時間、 $\tau_p$ ：最大流量を発生させる特性曲線の上流端出発時刻、 $t_p$ ：その特性曲線の下流端到達時刻、 $L$ ：斜面長、 $r_m$ ： $\tau_p \sim t_p$ 間の平均有効降雨強度、 $r(t)$ ：時刻 $t$ における有効降雨強度、 $K, p$ ：斜面の勾配を $\theta$ とし、マニングの抵抗則を用いるとき、 $K = n^{3/5} (\sin \theta)^{-3/10}$ 、 $p = 3/5$ である。

$$T_p = CA^{0.22} r_e^{-0.35} \quad \dots\dots\dots (1-3.45)$$

ここに、 $T_p$ ：洪水到達時間（min）、 $A$ ：流域面積（km<sup>2</sup>）、 $r_e$ ：平均有効降雨強度（mm/h）、 $C$ ：流域特性を表す係数。

【解 説】 式(1-3.43)は、矩形斜面上の表面流がキネマティックウェーブでモデル化されるとして石原・高棹<sup>33)</sup>が導いたものである。この式では、洪水到達時間は「最大流量を発生させる雨水擾乱が斜面上流端から斜面下流端まで伝播するのに要する時間」として定義されている。さらに石原・高棹<sup>33)</sup>は、最大流量が発生する条件を分析することによって、最終的に式(1-3.44)を導出した。この式から、実測のハイドログラフとハイトグラフを用いて図 1-3.6 のように洪水到達時間を求めることができる。

角屋・福島<sup>34)</sup>は、式(1-3.43)に河道長と流域面積の関係に関する地形則を導入することにより式(1-3.45)を導いた。流域特性を表す係数 $C$ としては、丘陵山林地流域：290、放牧地・ゴルフ場：190～210、粗造成宅地：90～120、市街化地域：60～90といった値が示されている。

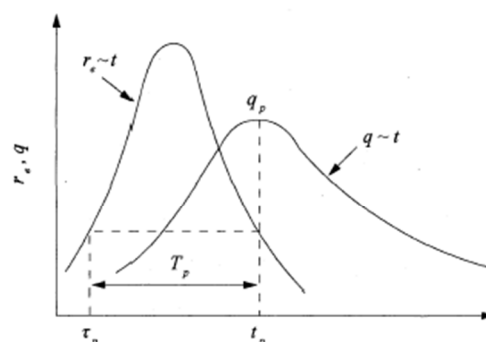


図 1-3.6 ハイドログラフ ( $q \sim t$ ) とハイトグラフ ( $r_e \sim t$ ) による洪水到達時間の算出

出典：土木学会；水理公式集（2018 年版）,P.66～P.67

各手法で算定した洪水到達時間を以下に示す。

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| KinematicWave法           | 8～23時間（平均15時間） |
| 角屋の式                     | 6～7時間（平均6時間）   |
| 降雨ピークと流量ピークの時差（合理式による仮定） | 4～16時間（平均9時間）  |

表 1-6-1 洪水到達時間の算定結果

| No  | 降雨年月日       | ピーク流量                           |                   | Kinematic Wave法<br>洪水到達時間<br>(h) | 角屋式                                    |                   |
|-----|-------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------------|-------------------|
|     |             | 流量<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 時刻                |                                  | 平均<br>降雨強度<br>( $\text{mm}/\text{h}$ ) | 洪水到達<br>時間<br>(h) |
| 1   | S40. 09. 17 | 2, 958                          | S40. 09. 17 23:00 | 8                                | 22. 40                                 | 6                 |
| 2   | S46. 08. 31 | 2, 684                          | S46. 08. 31 01:00 | 11                               | 23. 60                                 | 6                 |
| 3   | S57. 08. 02 | 3, 402                          | S57. 08. 02 01:00 | 17                               | 19. 30                                 | 6                 |
| 4   | H02. 09. 20 | 3, 413                          | H02. 09. 20 01:00 | 12                               | 20. 90                                 | 6                 |
| 5   | H06. 09. 30 | 3, 750                          | H06. 09. 30 01:00 | 23                               | 16. 10                                 | 7                 |
| 6   | H09. 07. 26 | 2, 680                          | H09. 07. 26 21:00 | 16                               | 24. 10                                 | 6                 |
| 7   | H16. 09. 29 | 3, 615                          | H28. 09. 29 15:00 | 15                               | 24. 10                                 | 6                 |
| 8   | H25. 09. 16 | 2, 536                          | H25. 09. 16 07:00 | 13                               | 22. 30                                 | 6                 |
| 9   | H26. 08. 09 | 2, 459                          | H26. 08. 09 17:00 | 12                               | 21. 30                                 | 6                 |
| 10  | H29. 10. 23 | 3, 106                          | H29. 10. 23 01:00 | 18                               | 19. 70                                 | 6                 |
| 平均値 |             | —                               | —                 | 14. 5                            | —                                      | 6                 |

※ピーク流量は実績値を示す。

表 1-6-2 降雨ピークと流量ピークの時差による洪水到達時間

|     |             | ピーク流量       |                                | ピーク雨量       |         | 遅れ時間 (h) | 洪水到達時間<br>(遅れ時間の2倍)<br>(h) |
|-----|-------------|-------------|--------------------------------|-------------|---------|----------|----------------------------|
|     |             | 生起日時        | 実績流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 生起日時        | 雨量 (mm) |          |                            |
| 1   | S40. 09. 17 | 09/17 23:00 | 2, 958                         | 09/17 18:00 | 35. 6   | 5. 0     | 10                         |
| 2   | S46. 08. 31 | 08/31 01:00 | 2, 684                         | 08/30 19:00 | 45. 8   | 6. 0     | 12                         |
| 3   | S57. 08. 02 | 08/02 01:00 | 3, 402                         | 08/01 20:00 | 44. 1   | 5. 0     | 10                         |
| 4   | H02. 09. 20 | 09/20 01:00 | 3, 413                         | 09/19 22:00 | 47. 3   | 3. 0     | 6                          |
| 5   | H06. 09. 30 | 09/30 01:00 | 3, 750                         | 09/29 21:00 | 47. 4   | 4. 0     | 8                          |
| 6   | H09. 07. 26 | 07/26 21:00 | 2, 680                         | 07/26 17:00 | 37. 0   | 4. 0     | 8                          |
| 7   | H16. 09. 29 | 09/29 15:00 | 3, 615                         | 09/29 10:00 | 56. 0   | 5. 0     | 10                         |
| 8   | H25. 09. 16 | 09/16 07:00 | 2, 536                         | 09/15 23:00 | 38. 6   | 8. 0     | 16                         |
| 9   | H26. 08. 09 | 08/09 17:00 | 2, 459                         | 08/09 13:00 | 36. 5   | 4. 0     | 8                          |
| 10  | H29. 10. 23 | 10/23 01:00 | 3, 106                         | 10/22 23:00 | 40. 8   | 2. 0     | 4                          |
| 平均値 |             | —           | —                              | —           | —       | 4. 6     | 9. 2                       |

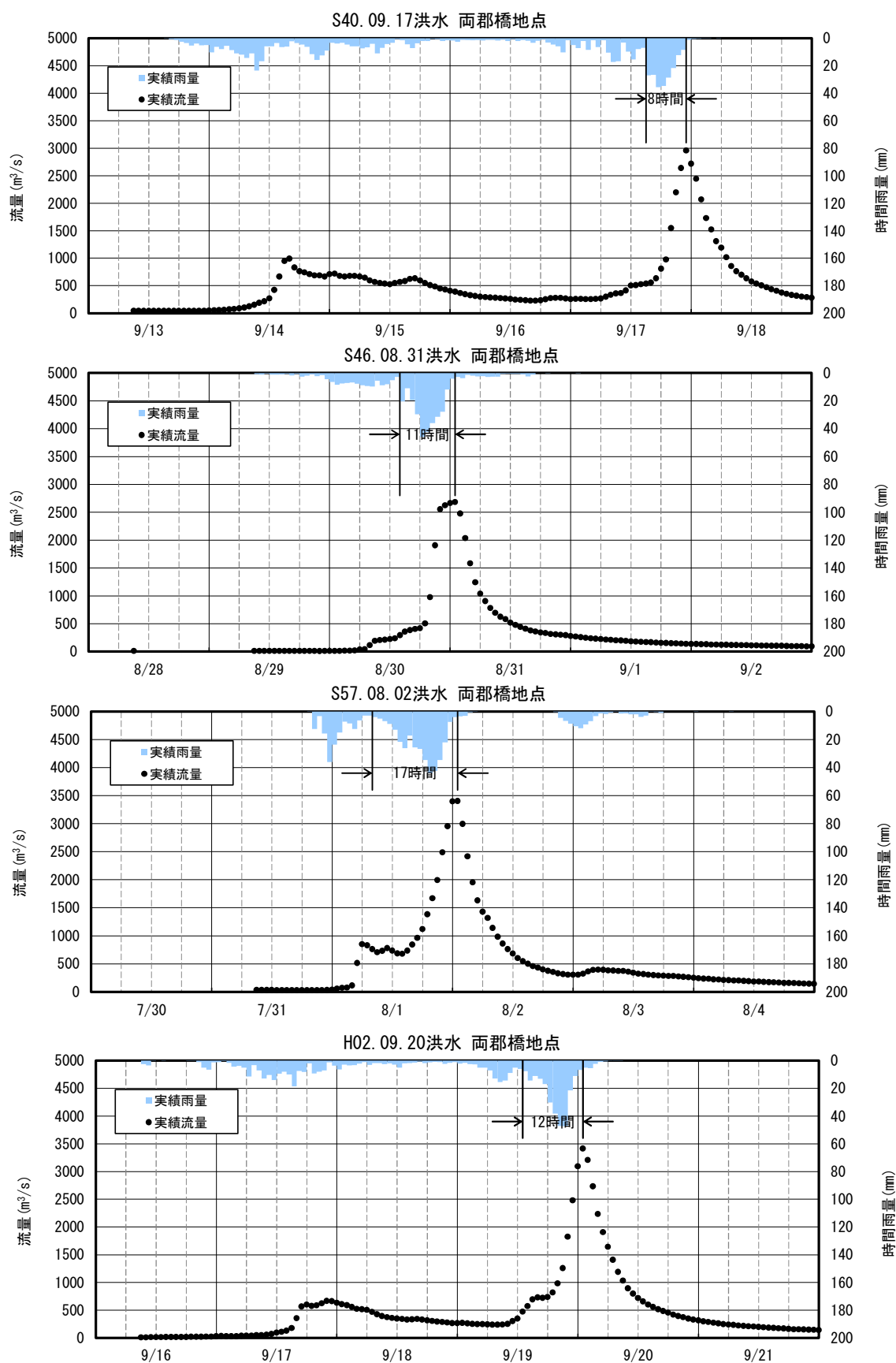


図 1-6-1 KinematicWave 法による洪水到達時間 (1)

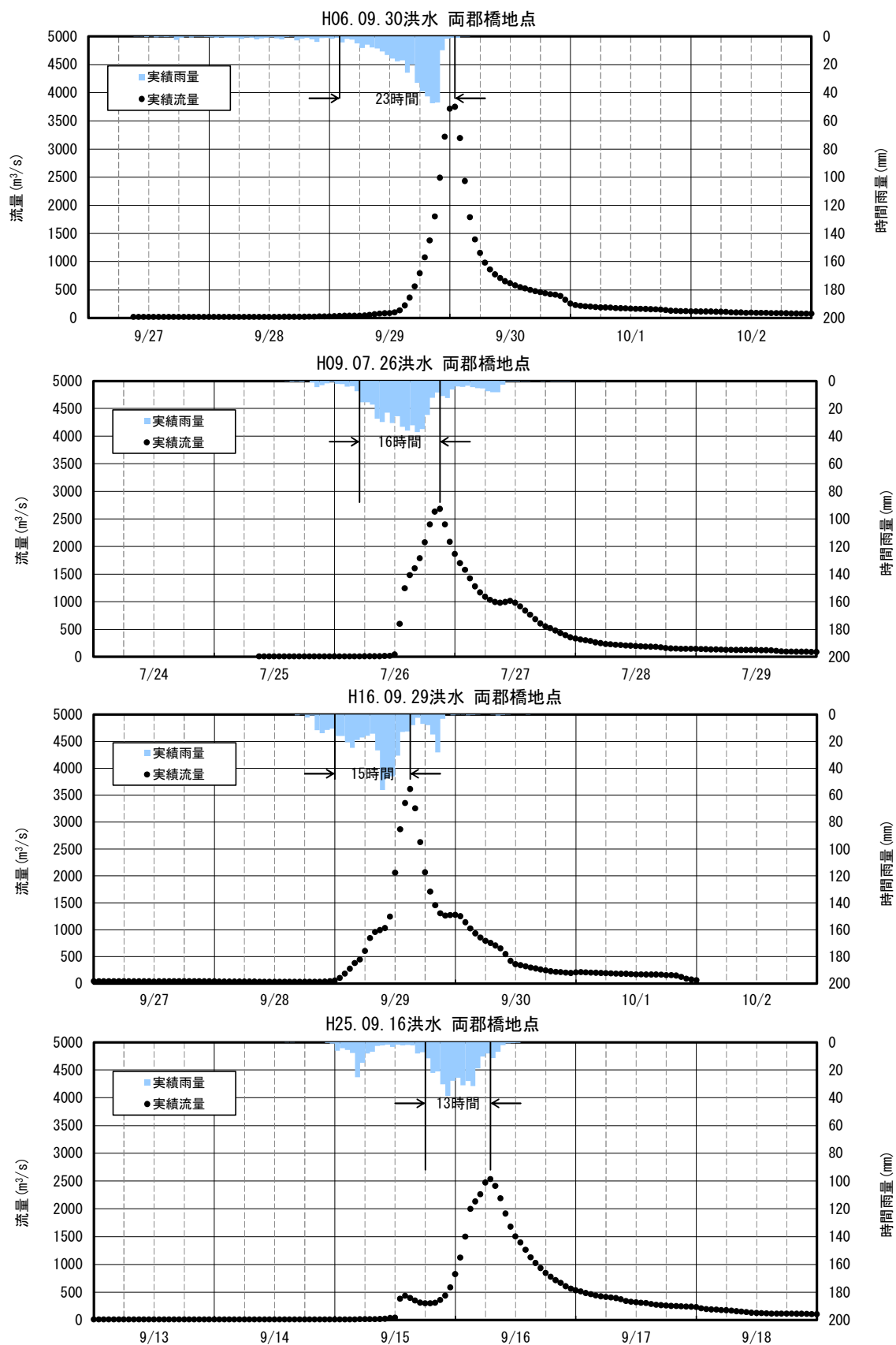


図 1-6-1 KinematicWave 法による洪水到達時間 (2)

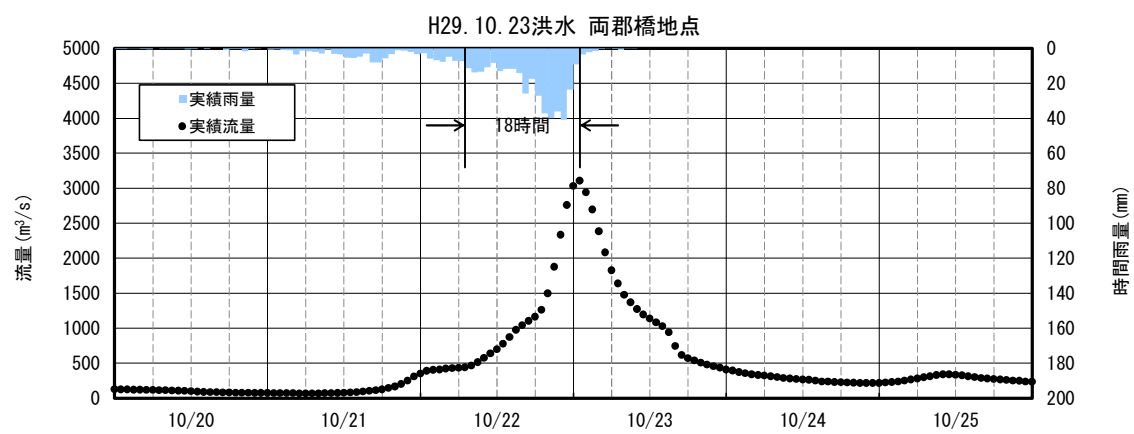
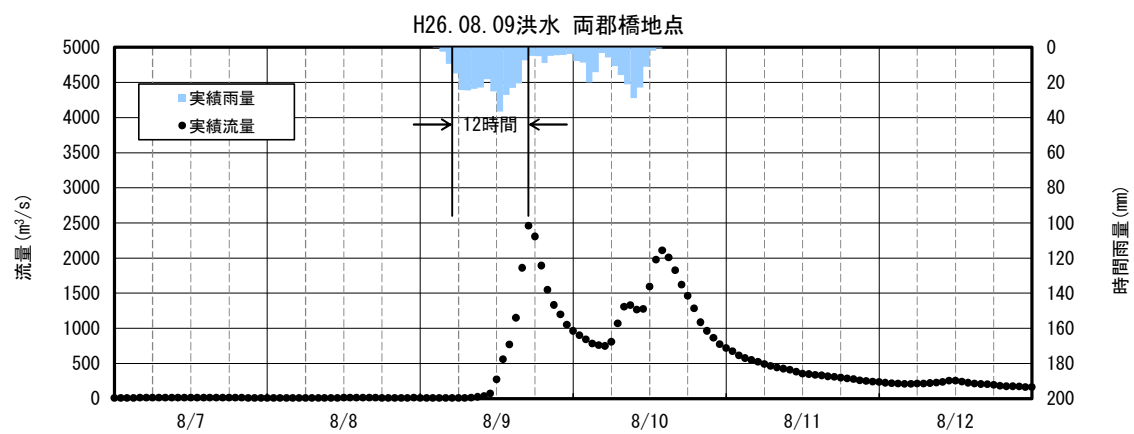


図 1-6-1 KinematicWave 法による洪水到達時間 (3)

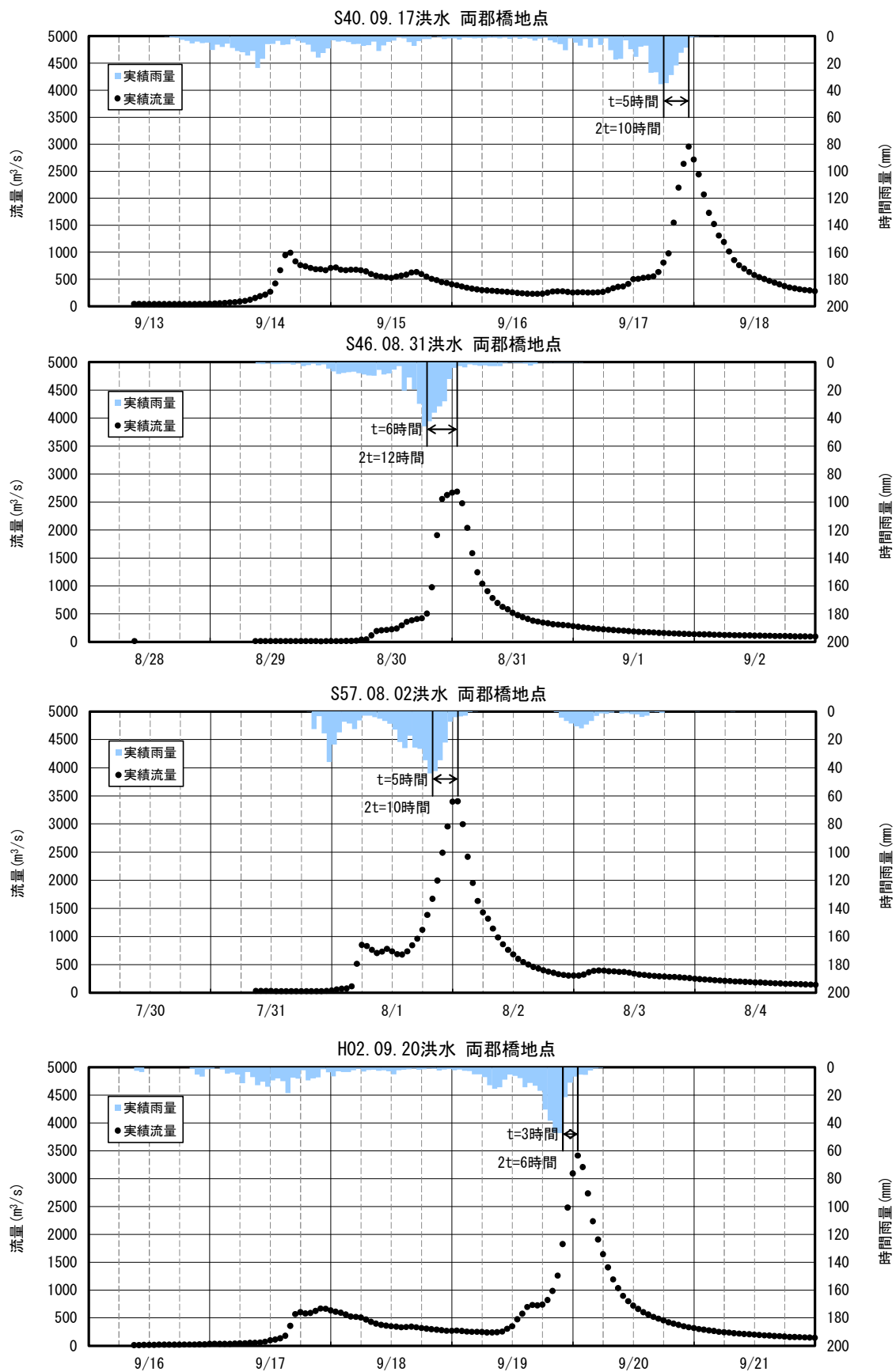


図 1-6-2 降雨ピークと流量ピークの時差による洪水到達時間(1)

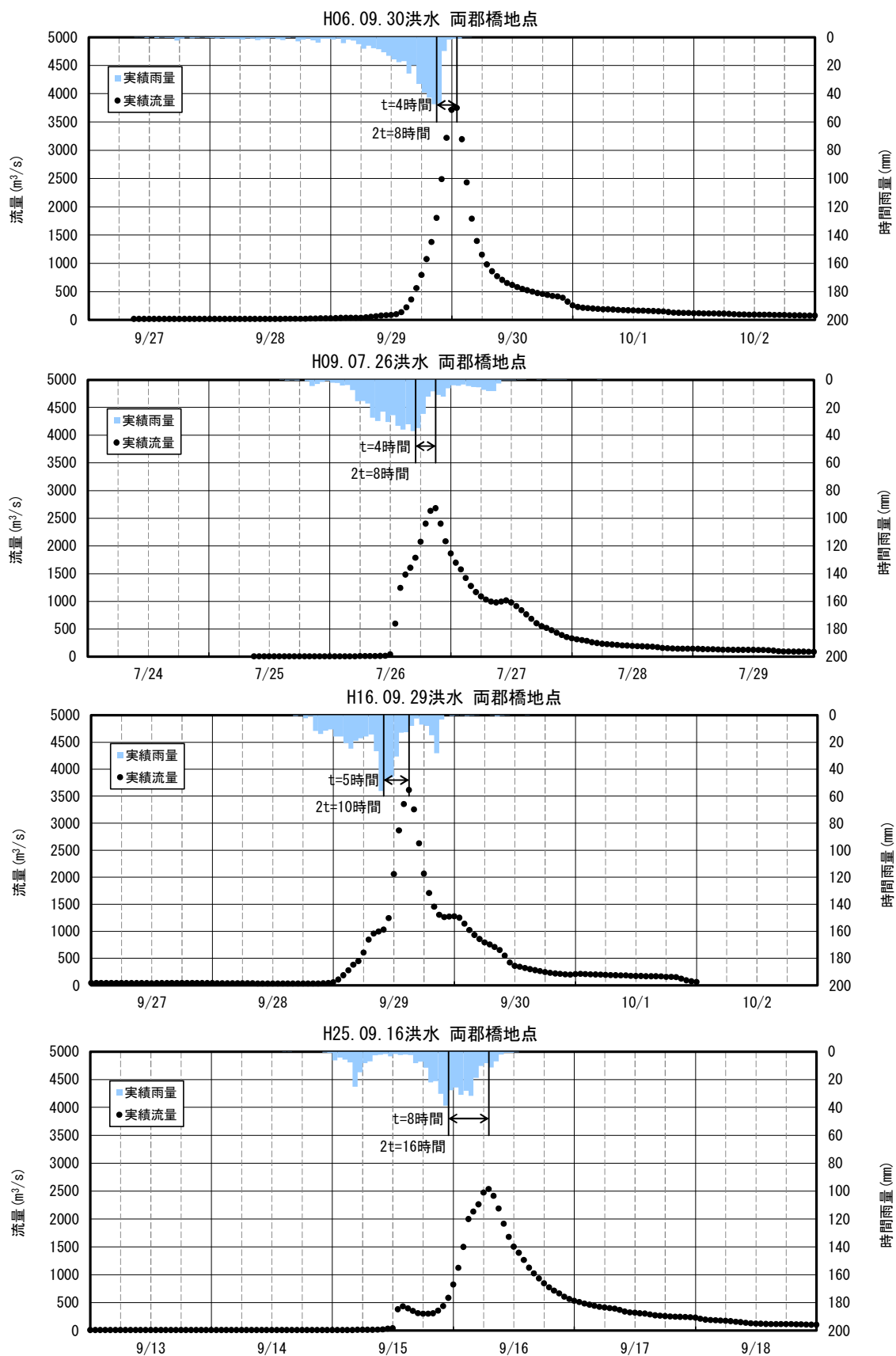


図 1-6-2 降雨ピークと流量ピークの時差による洪水到達時間 (2)

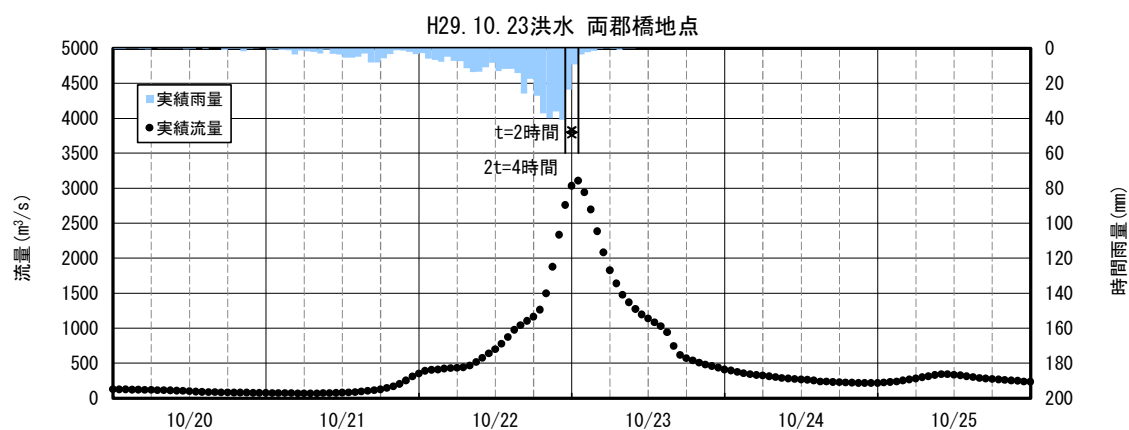
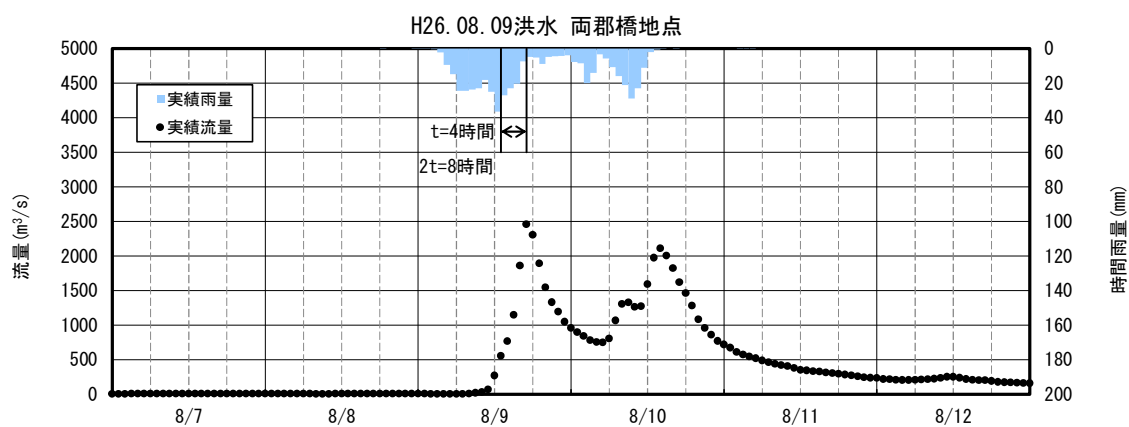


図 1-6-2 降雨ピークと流量ピークの時差による洪水到達時間(3)

### 1-6-3 ピーク流量と短時間雨量の相関

昭和35年（1960年）から令和4年（2022年）までの63年間で基準地点両郡橋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、15、18、24、36、48時間雨量）との相関関係を整理した。

この結果、両郡橋地点では6～18時間でピーク流量との相関性が高くなる。この検討結果を図1-6-3に示す。また、定義①によるピーク流量と短時間雨量の相関図を図1-6-4に示し、定義②によるピーク流量と短時間雨量の相関図を図1-6-5に示す。

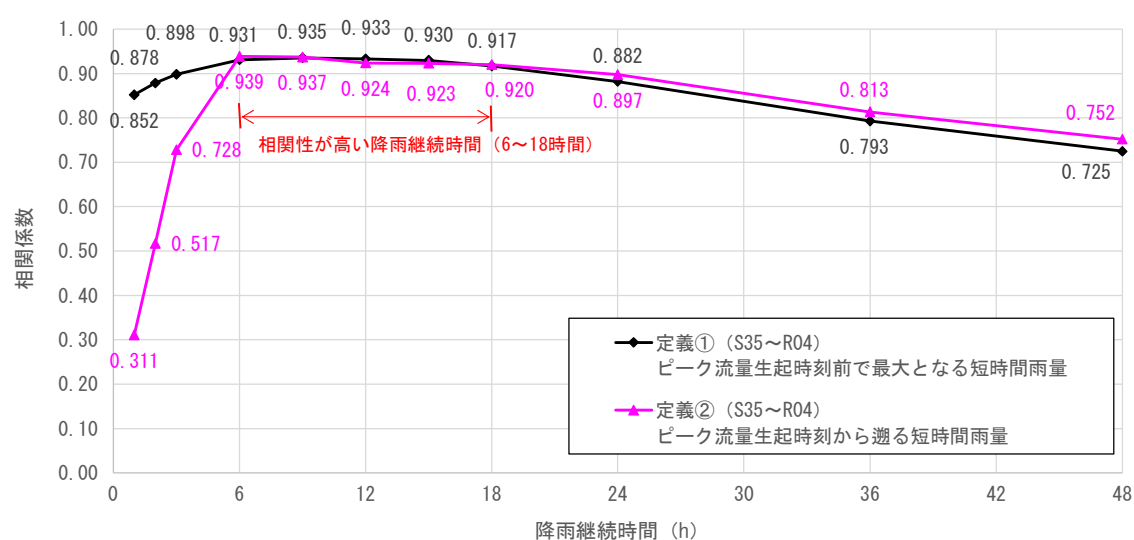


図 1-6-3 ピーク流量と降雨継続時間の相関図

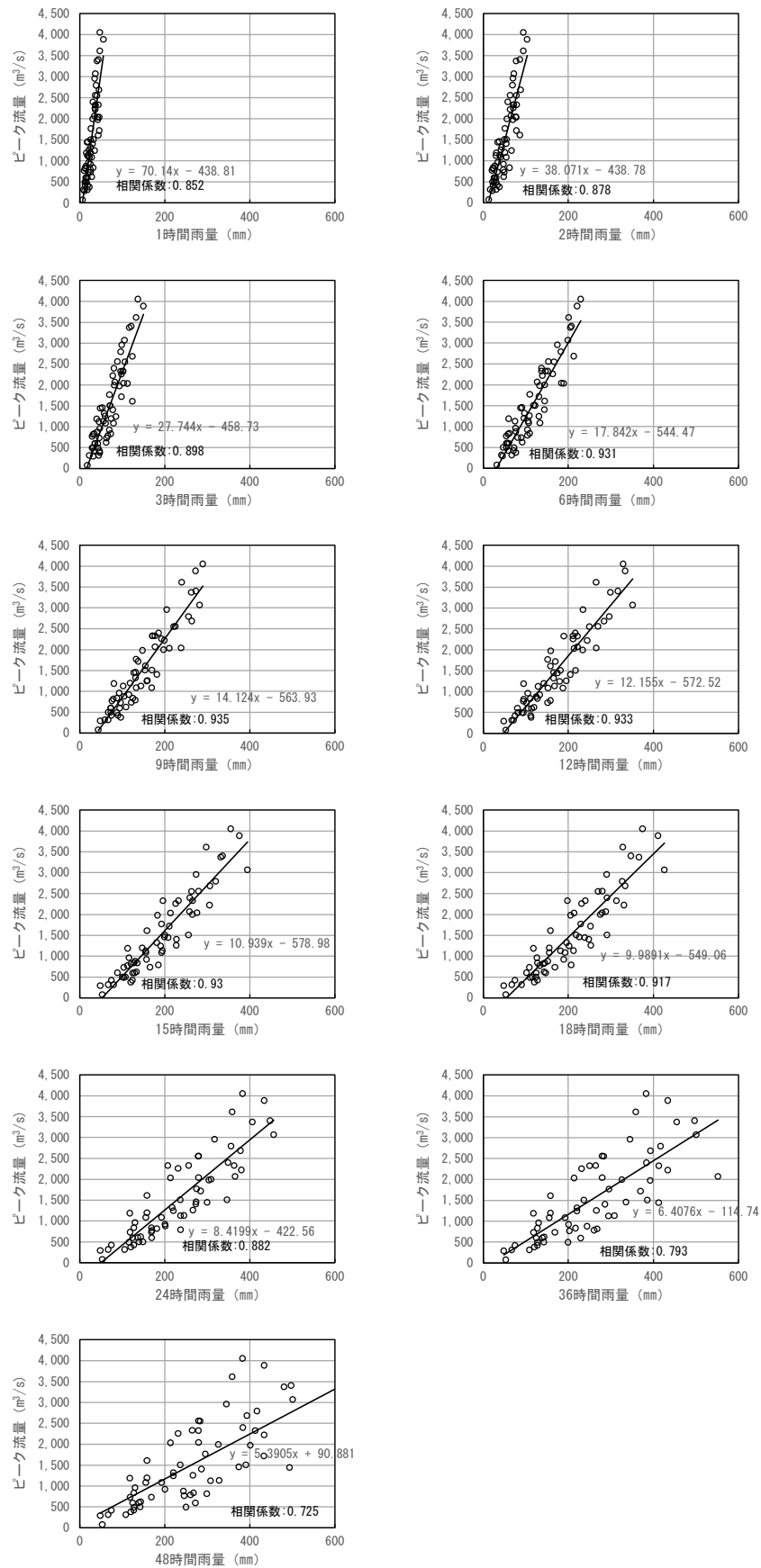


図 1-6-4 ピーク流量と雨量の相関図（両郡橋地点）【定義①】

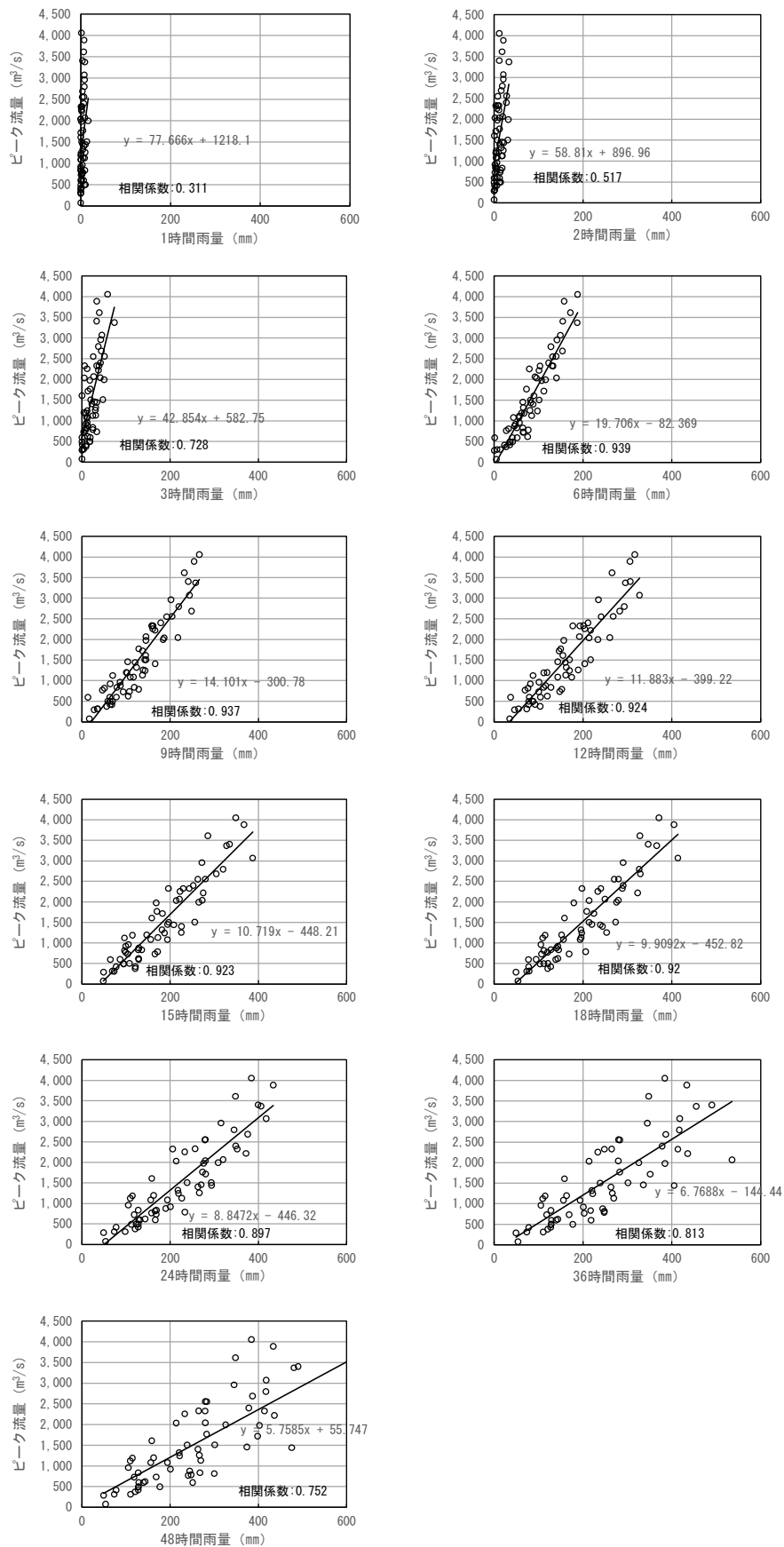


図 1-6-5 ピーク流量と雨量の相関図 (両郡橋地点) 【定義②】

表 1-6-3 ピーク流量と雨量の関係【定義①】

| No   | 洪水年月日     | 流量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 雨量 (mm) |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------|-----------|---------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      |           |                           | 1h      | 2h     | 3h     | 6h     | 9h     | 12h    | 15h    | 18h    | 24h    | 36h    | 48h    |
| 1    | S35.08.30 | 876                       | 14.79   | 27.41  | 41.44  | 76.82  | 104.4  | 124.6  | 130.72 | 151.68 | 201.29 | 244.02 | 244.02 |
| 2    | S36.06.27 | 1,976                     | 42.98   | 69.89  | 93.55  | 132.76 | 147.7  | 158.84 | 182.84 | 205.48 | 303.7  | 392.69 | 401    |
| 3    | S37.07.27 | 1,403                     | 30.37   | 54.07  | 77.94  | 143.78 | 181.75 | 205.1  | 227.35 | 248.14 | 272.78 | 286.41 | 286.41 |
| 4    | S38.08.09 | 499                       | 13.74   | 25.85  | 32.03  | 54.43  | 73.31  | 91.07  | 107.8  | 124.17 | 139.31 | 142.46 | 142.46 |
| 5    | S39.09.25 | 376                       | 22.6    | 38.01  | 47.7   | 77.06  | 96.81  | 113.03 | 120.53 | 120.53 | 120.53 | 120.53 | 120.53 |
| 6    | S40.09.17 | 2,958                     | 35.55   | 70.34  | 99.01  | 174.36 | 204.49 | 234.76 | 273.87 | 290.19 | 317.16 | 344.94 | 344.94 |
| 7    | S41.08.16 | 785                       | 25.35   | 47.26  | 66.2   | 104.28 | 130.48 | 158.32 | 185.26 | 206.98 | 237.51 | 260.71 | 260.71 |
| 8    | S42.10.28 | 1,241                     | 35.44   | 66.52  | 85.25  | 130.85 | 157.93 | 179.84 | 190.43 | 201.65 | 220.47 | 220.47 | 220.47 |
| 9    | S43.07.28 | 1,121                     | 18.37   | 30.02  | 45.16  | 75.1   | 102.17 | 128.96 | 155.32 | 181.65 | 237.34 | 294.82 | 307.81 |
| 10   | S44.08.05 | 621                       | 28.72   | 48.51  | 62.25  | 92.04  | 108.94 | 119.49 | 133.51 | 143.43 | 143.43 | 143.43 | 143.43 |
| 11   | S45.07.06 | 1,503                     | 25.7    | 50     | 70.77  | 122.37 | 153.38 | 181.74 | 200.37 | 218.59 | 236.51 | 236.51 | 236.51 |
| 12   | S46.08.31 | 2,684                     | 45.79   | 88.08  | 124.02 | 213.05 | 263.83 | 283.85 | 306.13 | 333.99 | 378.17 | 393.23 | 393.23 |
| 13   | S47.09.17 | 2,256                     | 35.95   | 70.69  | 98.08  | 163.28 | 192.28 | 211.43 | 225.46 | 231.38 | 231.38 | 231.38 | 231.38 |
| 14   | S48.08.16 | 596                       | 15.45   | 30.65  | 42.54  | 60.73  | 94.12  | 113.53 | 129.09 | 146.7  | 169.52 | 229.23 | 272.32 |
| 15   | S49.07.25 | 2,038                     | 46.05   | 76.47  | 103.43 | 183.9  | 238.59 | 266.03 | 276.01 | 279.52 | 279.52 | 279.52 | 279.52 |
| 16   | S50.08.23 | 2,397                     | 30.9    | 57.79  | 80.49  | 136.96 | 185.47 | 216.27 | 258.62 | 291.28 | 348.69 | 383.57 | 383.57 |
| 17   | S51.09.12 | 1,716                     | 45.88   | 78.11  | 98.31  | 130.85 | 137.68 | 169.23 | 210.96 | 252.23 | 284.38 | 369.75 | 433.2  |
| 18   | S52.09.09 | 495                       | 12.51   | 22.05  | 29.59  | 46.68  | 66.89  | 81.51  | 100.09 | 115.78 | 148.98 | 199.38 | 249.86 |
| 19   | S53.06.23 | 311                       | 18.55   | 30.75  | 44.89  | 67.08  | 67.08  | 67.08  | 67.08  | 67.08  | 67.08  | 67.08  | 67.08  |
| 20   | S54.10.19 | 2,325                     | 37.52   | 71.85  | 102.19 | 146.55 | 171.67 | 221.53 | 265.28 | 313.2  | 363.21 | 413.07 | 413.07 |
| 21   | S55.09.11 | 813                       | 13.4    | 22.81  | 31.31  | 58.24  | 79.1   | 94.87  | 120.76 | 141.13 | 181.06 | 267.82 | 299.14 |
| 22   | S56.10.22 | 312                       | 8.79    | 16.55  | 22.92  | 42.97  | 59.13  | 71.49  | 79.9   | 90.41  | 105.54 | 108.4  | 108.4  |
| 23   | S57.08.02 | 3,402                     | 44.07   | 86.43  | 121.05 | 207.84 | 273.18 | 316.47 | 335.84 | 347.37 | 447.53 | 496.93 | 496.93 |
| 24   | S58.08.17 | 1,129                     | 21.9    | 39.09  | 55.97  | 105.75 | 144.12 | 167.7  | 194.68 | 212.36 | 245.21 | 308.42 | 328.03 |
| 25   | S59.07.24 | 417                       | 18.67   | 33.01  | 46.9   | 71.54  | 74.44  | 74.44  | 74.44  | 74.44  | 74.44  | 74.44  | 74.44  |
| 26   | S60.07.01 | 1,194                     | 25.52   | 50.84  | 74.27  | 95.93  | 118.62 | 142.31 | 147.2  | 155.61 | 158.19 | 158.19 | 158.19 |
| 27   | S61.07.22 | 287                       | 11.64   | 21.86  | 32     | 45.52  | 48.49  | 48.49  | 48.49  | 48.49  | 48.49  | 48.49  | 48.49  |
| 28   | S62.10.17 | 1,082                     | 23.06   | 40.85  | 61.09  | 106.84 | 132.84 | 152.19 | 155.57 | 155.57 | 155.57 | 155.57 | 155.57 |
| 29   | S63.08.16 | 958                       | 20.98   | 34.05  | 47.09  | 76.14  | 93.11  | 104.79 | 116.02 | 126.18 | 130.26 | 130.26 | 130.26 |
| 30   | H01.08.27 | 1,081                     | 28.22   | 54.47  | 79.59  | 133.40 | 169.52 | 187.52 | 192.45 | 192.45 | 192.45 | 192.45 | 192.45 |
| 31   | H02.09.20 | 3,611                     | 47.27   | 94.4   | 132.63 | 201.16 | 239.79 | 265.3  | 297.53 | 328.46 | 358.69 | 358.69 | 358.69 |
| 32   | H03.09.19 | 733                       | 20.37   | 33     | 46.08  | 81.36  | 121.47 | 151.78 | 165.59 | 168.51 | 168.51 | 168.51 | 168.51 |
| 33   | H04.08.19 | 1,440                     | 17.5    | 33.86  | 48.42  | 88.11  | 127.3  | 174.38 | 208.04 | 239    | 299.86 | 412.44 | 493.53 |
| 34   | H05.09.09 | 1,607                     | 43.75   | 86.44  | 123.76 | 144.43 | 154.6  | 158.25 | 158.25 | 158.25 | 158.25 | 158.25 | 158.25 |
| 35   | H06.09.30 | 4,051                     | 47.4    | 94.25  | 137.03 | 228.9  | 289.36 | 328.94 | 355.31 | 374.48 | 382.8  | 382.8  | 382.8  |
| 36   | H07.05.12 | 1,767                     | 26.32   | 51     | 70.12  | 109.84 | 132.67 | 151.71 | 192.37 | 229.56 | 274.73 | 295.46 | 295.46 |
| 37   | H08.08.15 | 74                        | 6.86    | 12.89  | 17.98  | 31.82  | 43.7   | 53.29  | 53.29  | 53.29  | 53.29  | 53.29  | 53.29  |
| 38   | H09.07.26 | 3,068                     | 37      | 71.99  | 105.22 | 199.02 | 282.22 | 351.34 | 394.35 | 425.89 | 455.91 | 500.6  | 500.6  |
| 39   | H10.09.22 | 1,186                     | 15.93   | 30.87  | 40.14  | 59.77  | 80.58  | 95     | 112.74 | 118.07 | 118.07 | 118.07 | 118.07 |
| 40   | H11.09.24 | 595                       | 14.55   | 25.52  | 35.82  | 54.63  | 73.45  | 105.55 | 124.71 | 124.71 | 124.71 | 124.71 | 124.71 |
| 41   | H12.09.12 | 2,219                     | 36.54   | 63.47  | 77.94  | 138.77 | 198.85 | 244.31 | 305.56 | 331.12 | 380.07 | 433.73 | 433.73 |
| 42   | H13.08.21 | 1,506                     | 32.6    | 54.64  | 71.67  | 118.48 | 169.7  | 217.1  | 255.85 | 291.3  | 346.57 | 385.57 | 390.59 |
| 43   | H14.07.11 | 421                       | 12.69   | 23.63  | 33.79  | 58.63  | 90.46  | 111.51 | 124.09 | 127.42 | 127.42 | 127.42 | 127.42 |
| 44   | H15.08.09 | 1,992                     | 30.72   | 56.05  | 81.28  | 144.62 | 197.15 | 233.69 | 265.08 | 275.5  | 308.88 | 325.99 | 325.99 |
| 45   | H16.09.23 | 3,885                     | 56.04   | 103.46 | 149.45 | 220.91 | 272.57 | 333.84 | 375.28 | 410.92 | 433.65 | 433.65 | 433.65 |
| 46   | H17.09.07 | 1,455                     | 19.25   | 37.64  | 53.09  | 90.93  | 131.52 | 165.55 | 199.04 | 225.74 | 273.56 | 335.97 | 374.04 |
| 47   | H18.04.12 | 488                       | 16.11   | 30.79  | 43.23  | 72.76  | 87.15  | 94.26  | 103.18 | 109.89 | 116.04 | 128.05 | 128.05 |
| 48   | H19.07.15 | 1,320                     | 25.72   | 43.76  | 58.08  | 97.13  | 131.24 | 165.39 | 181.41 | 196.03 | 217.56 | 220.19 | 220.19 |
| 49   | H20.09.19 | 920                       | 25.35   | 47.76  | 69.78  | 104.34 | 115.79 | 133.05 | 156.97 | 189.31 | 200.8  | 200.8  | 200.8  |
| 50   | H21.10.08 | 2,329                     | 44.2    | 78.57  | 101.22 | 136.83 | 177.31 | 211.22 | 232.24 | 239.98 | 256.36 | 264.63 | 264.63 |
| 51   | H22.10.09 | 598                       | 18.01   | 26.94  | 36.07  | 57.25  | 73.25  | 80.57  | 88.8   | 101.71 | 136.77 | 139.45 | 139.45 |
| 52   | H23.09.04 | 2,066                     | 34.8    | 65.17  | 82.77  | 127.04 | 177.27 | 221.66 | 258.34 | 288.44 | 365.61 | 551.86 | 693.85 |
| 53   | H24.09.30 | 2,032                     | 43.06   | 77.8   | 112.26 | 189.31 | 210.77 | 213.82 | 213.82 | 213.82 | 213.82 | 213.82 | 213.82 |
| 54   | H25.09.16 | 2,793                     | 38.64   | 68.86  | 96.49  | 182.42 | 255.8  | 296.41 | 319.96 | 326.59 | 356.01 | 416.94 | 416.94 |
| 55   | H26.08.09 | 2,556                     | 36.5    | 63.52  | 88.6   | 153.37 | 225.28 | 269.95 | 279.79 | 279.79 | 279.79 | 279.79 | 279.79 |
| 56   | H27.08.26 | 2,549                     | 40.93   | 78.17  | 106.44 | 166.75 | 220.8  | 249.76 | 263.09 | 270.34 | 278.73 | 283.04 | 283.04 |
| 57   | H28.09.20 | 834                       | 31.89   | 61.86  | 73.33  | 109.28 | 125.12 | 127.59 | 127.59 | 127.59 | 127.59 | 127.59 | 127.59 |
| 58   | H29.10.23 | 3,369                     | 40.81   | 77.17  | 116.87 | 204.92 | 262.48 | 299.23 | 331.73 | 366.1  | 406.01 | 455.17 | 480.61 |
| 59   | H30.10.01 | 2,325                     | 36.52   | 70.78  | 96.81  | 152.17 | 170.43 | 189.63 | 196.04 | 197.66 | 207.15 | 250.46 | 279.41 |
| 60   | R01.10.12 | 1,256                     | 21.61   | 41.23  | 59.43  | 108.56 | 159.05 | 195.29 | 226.94 | 253.1  | 266.3  | 266.3  | 266.3  |
| 61   | R02.10.10 | 833                       | 12.65   | 23.49  | 34.2   | 61.4   | 87.55  | 111.06 | 135.43 | 144.73 | 168.56 | 217.35 | 267.62 |
| 62   | R03.09.18 | 727                       | 25.44   | 49.61  | 63.61  | 89.52  | 96.35  | 101.81 | 103.84 | 108.43 | 118.2  | 118.2  | 118.2  |
| 63   | R04.09.19 | 767                       | 10.55   | 20.74  | 29.43  | 54.19  | 75.6   | 94.82  | 112.34 | 132.61 | 170.11 | 202.75 | 245.86 |
| 相関係数 |           |                           | 0.852   | 0.878  | 0.898  | 0.931  | 0.935  | 0.933  | 0.930  | 0.917  | 0.882  | 0.793  | 0.725  |

表 1-6-4 ピーク流量と雨量の関係【定義②】

| No   | 洪水年月日     | 流量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 雨量 (mm) |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------|-----------|---------------------------|---------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      |           |                           | 1h      | 2h    | 3h    | 6h     | 9h     | 12h    | 15h    | 18h    | 24h    | 36h    | 48h    |
| 1    | S35.08.30 | 876                       | 0.34    | 3.81  | 13.03 | 45.71  | 87.15  | 115.48 | 129.1  | 140.45 | 189.74 | 244.36 | 244.36 |
| 2    | S36.06.27 | 1,976                     | 1.54    | 7.04  | 17.78 | 106.95 | 144.75 | 156.59 | 168.26 | 179.35 | 275.93 | 384.83 | 402.54 |
| 3    | S37.07.27 | 1,403                     | 7.18    | 12.53 | 22.21 | 88.05  | 165.99 | 203.84 | 225.69 | 243.81 | 263.01 | 263.01 | 263.01 |
| 4    | S38.08.09 | 499                       | 8.74    | 14.58 | 18.04 | 35.2   | 58.48  | 87.29  | 107.8  | 121.22 | 128.02 | 128.02 | 128.02 |
| 5    | S39.09.25 | 376                       | 0       | 2.62  | 9.04  | 26.61  | 55.97  | 103.67 | 120.53 | 120.53 | 120.53 | 120.53 | 120.53 |
| 6    | S40.09.17 | 2,958                     | 8.48    | 20.69 | 42.31 | 141.32 | 202    | 234.76 | 271.85 | 290.19 | 315.37 | 344.94 | 344.94 |
| 7    | S41.08.16 | 785                       | 4.67    | 14.35 | 24.27 | 76.8   | 128.55 | 152.11 | 171.34 | 206.2  | 233.49 | 247.67 | 247.67 |
| 8    | S42.10.28 | 1,241                     | 1.12    | 4.01  | 11.99 | 97.24  | 142.84 | 169.92 | 187.33 | 197.09 | 218.75 | 221.59 | 221.59 |
| 9    | S43.07.28 | 1,121                     | 8.73    | 17.04 | 24.59 | 56.35  | 69.66  | 87.59  | 96.45  | 109.44 | 109.44 | 109.44 | 109.44 |
| 10   | S44.08.05 | 621                       | 2.51    | 7.32  | 12.89 | 75.14  | 104.93 | 119.49 | 128.27 | 143.43 | 143.43 | 143.43 | 143.43 |
| 11   | S45.07.06 | 1,503                     | 1.92    | 6.75  | 19.8  | 81.23  | 142.17 | 169.73 | 196.93 | 213.7  | 238.43 | 238.43 | 238.43 |
| 12   | S46.08.31 | 2,684                     | 4.02    | 15.97 | 43.78 | 153.57 | 248.45 | 282.61 | 304.69 | 329.32 | 375.73 | 386.71 | 386.71 |
| 13   | S47.09.17 | 2,256                     | 1.71    | 6.03  | 11.72 | 79.08  | 160.65 | 203.79 | 222.32 | 233.09 | 233.09 | 233.09 | 233.09 |
| 14   | S48.08.16 | 596                       | 6.44    | 11.98 | 18.96 | 51.53  | 78.02  | 104.37 | 128.75 | 138.28 | 166.53 | 218.45 | 251.17 |
| 15   | S49.07.25 | 2,038                     | 0.19    | 11.16 | 41.58 | 140.1  | 217.72 | 260.37 | 272.61 | 279.71 | 279.71 | 279.71 | 279.71 |
| 16   | S50.08.23 | 2,397                     | 6.98    | 27.44 | 41.92 | 122.41 | 178.88 | 211.43 | 252.36 | 290.12 | 348.69 | 378.12 | 378.12 |
| 17   | S51.09.12 | 1,716                     | 0.48    | 3.85  | 13.5  | 111.81 | 137.52 | 145.91 | 182.73 | 224.46 | 280.55 | 351.37 | 398.21 |
| 18   | S52.09.09 | 495                       | 10.29   | 12.27 | 17.58 | 41.35  | 63.9   | 77.61  | 94.98  | 111.42 | 122.89 | 176.92 | 176.92 |
| 19   | S53.06.23 | 311                       | 0.67    | 1.48  | 3.98  | 6.19   | 35.75  | 73.27  | 73.27  | 73.27  | 73.27  | 73.27  | 73.27  |
| 20   | S54.10.19 | 2,325                     | 0.94    | 8.08  | 38.42 | 132.77 | 161.3  | 193.09 | 243.49 | 288.88 | 352.07 | 414.01 | 414.01 |
| 21   | S55.09.11 | 813                       | 0.85    | 4.9   | 9.58  | 32.25  | 50.81  | 76.14  | 96.34  | 112.14 | 165.49 | 248.06 | 299.99 |
| 22   | S56.10.22 | 312                       | 0.65    | 0.94  | 1.35  | 13.87  | 34.77  | 54.63  | 69.18  | 78.56  | 97.7   | 110.34 | 110.34 |
| 23   | S57.08.02 | 3,402                     | 3.97    | 11.38 | 33.36 | 154.39 | 241.2  | 306.14 | 334.68 | 346.79 | 399.28 | 490.36 | 490.36 |
| 24   | S58.08.17 | 1,129                     | 5.84    | 18.72 | 31.39 | 84.3   | 137.14 | 160.92 | 172.19 | 195.57 | 226.33 | 269.17 | 269.17 |
| 25   | S59.07.24 | 417                       | 0.1     | 0.67  | 1.01  | 23.08  | 67.79  | 77.53  | 77.53  | 77.53  | 77.53  | 77.53  | 77.53  |
| 26   | S60.07.01 | 1,194                     | 1.42    | 3.55  | 4.57  | 61.9   | 100.5  | 119.15 | 146.88 | 151.77 | 162.76 | 162.76 | 162.76 |
| 27   | S61.07.22 | 287                       | 0       | 0     | 0     | 0.4    | 27.27  | 45.92  | 48.89  | 48.89  | 48.89  | 48.89  | 48.89  |
| 28   | S62.10.17 | 1,082                     | 0.52    | 3.9   | 9.99  | 55.74  | 116.83 | 142.83 | 156.09 | 156.09 | 156.09 | 156.09 | 156.09 |
| 29   | S63.08.16 | 958                       | 3.96    | 5.80  | 11.57 | 56.70  | 86.33  | 100.99 | 105.07 | 105.07 | 105.07 | 105.07 | 105.07 |
| 30   | H01.08.27 | 1,081                     | 1.12    | 6.05  | 12.79 | 43.64  | 109.26 | 174.70 | 193.57 | 193.57 | 193.57 | 193.57 | 193.57 |
| 31   | H02.09.20 | 3,611                     | 6.76    | 17.72 | 39.2  | 171.83 | 232.08 | 265.3  | 285.49 | 328.13 | 348    | 348    | 348    |
| 32   | H03.09.19 | 733                       | 2.92    | 13.22 | 33.59 | 66.04  | 107.37 | 147.4  | 165.24 | 168.51 | 168.51 | 168.51 | 168.51 |
| 33   | H04.08.19 | 1,440                     | 10.46   | 21.66 | 33.66 | 82.08  | 120.64 | 160.32 | 208.04 | 239    | 294    | 405.35 | 475.52 |
| 34   | H05.09.09 | 1,607                     | 0.11    | 0.11  | 0.11  | 89.24  | 144.54 | 154.71 | 158.36 | 158.36 | 158.36 | 158.36 | 158.36 |
| 35   | H06.09.30 | 4,051                     | 1.62    | 11.5  | 58.35 | 187.58 | 266.2  | 316.58 | 349.05 | 371.1  | 384.42 | 384.42 | 384.42 |
| 36   | H07.05.12 | 1,767                     | 5.27    | 12.15 | 18.87 | 72.48  | 128.71 | 149.9  | 169.75 | 208.33 | 273.55 | 282.7  | 282.7  |
| 37   | H08.08.15 | 74                        | 0       | 0     | 0     | 4.97   | 16.68  | 34.66  | 48.07  | 53.54  | 53.54  | 53.54  | 53.54  |
| 38   | H09.07.26 | 3,068                     | 8.3     | 20.39 | 44.97 | 149.1  | 243.99 | 327.19 | 387.09 | 413.96 | 417.98 | 417.98 | 417.98 |
| 39   | H10.09.22 | 1,186                     | 0.43    | 4.91  | 8.75  | 67.07  | 102.23 | 111.77 | 114.55 | 114.55 | 114.55 | 114.55 | 114.55 |
| 40   | H11.09.24 | 595                       | 0       | 0     | 0     | 1.01   | 13.73  | 37.12  | 64.4   | 77.14  | 128.87 | 128.87 | 128.87 |
| 41   | H12.09.12 | 2,219                     | 2.47    | 10.55 | 37.48 | 100.78 | 165.52 | 217.21 | 275.18 | 322.97 | 371.89 | 436.2  | 436.2  |
| 42   | H13.08.21 | 1,506                     | 13.64   | 30.37 | 47.61 | 101.15 | 145.43 | 217.1  | 255.85 | 273.52 | 293.22 | 301.18 | 301.18 |
| 43   | H14.07.11 | 421                       | 1.94    | 6.33  | 9.8   | 35.25  | 63.78  | 91.96  | 121.31 | 127.42 | 127.42 | 127.42 | 127.42 |
| 44   | H15.08.09 | 1,992                     | 16.86   | 31.73 | 50    | 115.42 | 184.15 | 233.69 | 265.08 | 275.5  | 308.88 | 325.99 | 325.99 |
| 45   | H16.09.23 | 3,885                     | 7.93    | 20.41 | 33.45 | 157.44 | 254.36 | 306.02 | 367.29 | 405.03 | 433.65 | 433.65 | 433.65 |
| 46   | H17.09.07 | 1,455                     | 4.08    | 18.26 | 28.69 | 64.53  | 103.54 | 143.08 | 194.03 | 220    | 270.48 | 335.97 | 374.04 |
| 47   | H18.04.12 | 488                       | 0       | 0     | 0     | 36.4   | 69.36  | 87.15  | 94.26  | 103.18 | 112.27 | 128.05 | 128.05 |
| 48   | H19.07.15 | 1,320                     | 4.73    | 15.71 | 31.41 | 65.52  | 123.6  | 162.65 | 181.41 | 195.27 | 217.56 | 220.19 | 220.19 |
| 49   | H20.09.19 | 920                       | 0       | 1.82  | 8.77  | 47.6   | 64.1   | 81.36  | 99.6   | 143.37 | 200.8  | 200.8  | 200.8  |
| 50   | H21.10.08 | 2,329                     | 3.27    | 10.4  | 33.05 | 130.19 | 158.85 | 200.92 | 229.48 | 239.98 | 256.36 | 264.63 | 264.63 |
| 51   | H22.10.09 | 598                       | 1.33    | 2.68  | 5.78  | 40.96  | 63.03  | 79.03  | 86.15  | 94.55  | 131.43 | 139.45 | 139.45 |
| 52   | H23.09.04 | 2,066                     | 9.42    | 19.17 | 26.65 | 91.9   | 145.21 | 192.08 | 221.09 | 249.84 | 320.17 | 535.92 | 673.17 |
| 53   | H24.09.30 | 2,032                     | 0       | 1.9   | 5.53  | 94.96  | 186.59 | 213.82 | 213.82 | 213.82 | 213.82 | 213.82 | 213.82 |
| 54   | H25.09.16 | 2,793                     | 8.16    | 18.38 | 37.2  | 127.79 | 219.62 | 293    | 319.96 | 326.59 | 345.13 | 416.94 | 416.94 |
| 55   | H26.08.09 | 2,556                     | 7.46    | 27.89 | 50.95 | 139.55 | 204.32 | 268.01 | 279.79 | 279.79 | 279.79 | 279.79 | 279.79 |
| 56   | H27.08.26 | 2,549                     | 3.52    | 7.78  | 25.37 | 131.81 | 192.12 | 240.83 | 262.84 | 270.34 | 278.73 | 283.04 | 283.04 |
| 57   | H28.09.20 | 834                       | 0       | 2.97  | 9.26  | 64.45  | 118.54 | 127.59 | 127.59 | 127.59 | 127.59 | 127.59 | 127.59 |
| 58   | H29.10.23 | 3,369                     | 9.32    | 32.97 | 73.78 | 187.08 | 257.68 | 295.49 | 327.66 | 366.1  | 406.01 | 455.17 | 480.61 |
| 59   | H30.10.01 | 2,325                     | 1.49    | 3.25  | 6.41  | 103.22 | 158.58 | 176.84 | 196.04 | 197.66 | 205.66 | 248.07 | 279.41 |
| 60   | R01.10.12 | 1,256                     | 9.83    | 20.36 | 30.16 | 80.65  | 138.28 | 189.21 | 225.22 | 253.1  | 266.3  | 266.3  | 266.3  |
| 61   | R02.10.10 | 833                       | 9.74    | 17.93 | 24.77 | 50.6   | 79.19  | 111.06 | 135.43 | 144.73 | 168.56 | 217.35 | 267.62 |
| 62   | R03.09.18 | 727                       | 1.03    | 1.86  | 3.78  | 64.83  | 93.3   | 100.13 | 103.84 | 106.74 | 118.2  | 118.2  | 118.2  |
| 63   | R04.09.19 | 767                       | 3.39    | 6.06  | 8.33  | 27.18  | 46.18  | 69.55  | 98.98  | 119.97 | 157.46 | 202.75 | 240.75 |
| 相関係数 |           |                           | 0.311   | 0.517 | 0.728 | 0.939  | 0.937  | 0.924  | 0.923  | 0.920  | 0.897  | 0.813  | 0.752  |

#### 1-6-4 強い降雨強度の継続時間

昭和35年（1960年）から令和4年（2022年）で両郡橋地点における流量上位10洪水を対象に強い降雨強度（5mm/h、10mm/h）の継続時間を整理した。

この結果、降雨量5mm/h以上の継続時間の平均値は17時間、降雨量10mm/h以上の継続時間の平均値は12時間となった。

表 1-6-5 強い降雨強度の継続時間

| No  | 洪水名         | ピーク流量<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 強度の強い降雨の継続時間 |          |
|-----|-------------|------------------------------------|--------------|----------|
|     |             |                                    | 5mm/h以上      | 10mm/h以上 |
| 1   | S40. 09. 17 | 2,958                              | 13.0         | 7.0      |
| 2   | S46. 08. 31 | 2,684                              | 13.0         | 10.0     |
| 3   | S57. 08. 02 | 3,402                              | 15.0         | 11.0     |
| 4   | H02. 09. 20 | 3,413                              | 21.0         | 10.0     |
| 5   | H06. 09. 30 | 3,750                              | 18.0         | 12.0     |
| 6   | H09. 07. 26 | 2,680                              | 20.0         | 15.0     |
| 7   | H16. 09. 29 | 3,615                              | 20.0         | 19.0     |
| 8   | H25. 09. 16 | 2,536                              | 17.0         | 12.0     |
| 9   | H26. 08. 09 | 2,459                              | 13.0         | 11.0     |
| 10  | H29. 10. 23 | 3,106                              | 20.0         | 12.0     |
| 最大値 |             |                                    | 21.0         | 19.0     |
| 最小値 |             |                                    | 13.0         | 7.0      |
| 平均値 |             |                                    | 17.0         | 11.9     |

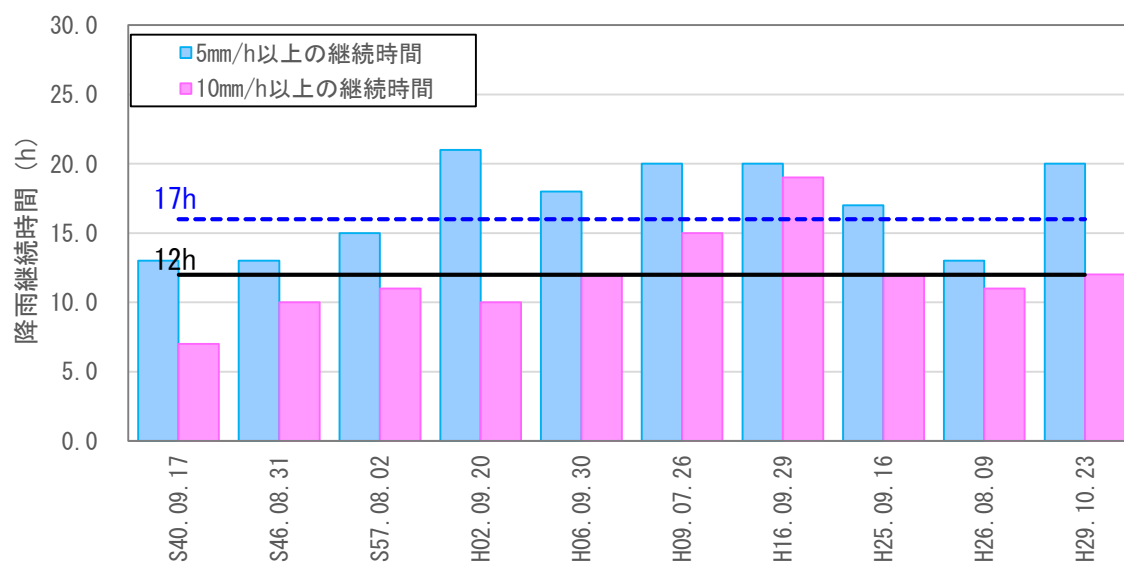


図 1-6-6 強い降雨強度の継続時間（両郡橋上流域平均雨量）

#### 1-6-5 対象降雨の降雨継続時間の設定

時間雨量データの存在する昭和35年（1960年）から令和4年（2022年）までの63年間の雨量から、櫛田川の降雨特性、ピーク流量との相関から総合的に判断して、対象降雨の降雨継続時間は15時間と設定した。

表 1-6-6 対象降雨の降雨継続時間の検討結果

| 番号 | 項目                            | 両郡橋                                        |
|----|-------------------------------|--------------------------------------------|
| 1  | Kinematic Wave 法による<br>洪水到達時間 | 8～23 時間（平均 15 時間）                          |
| 2  | 角屋の式による洪水到達時間                 | 6～7 時間（平均 6 時間）                            |
| 3  | 降雨ピークと流量ピークの時差<br>（合理式の仮定）    | 4～16 時間（平均 9 時間）                           |
| 4  | ピーク流量と相関の高い短時間雨量              | 6～18 時間でピーク流量と雨量<br>の相関性が高い                |
| 5  | 強い降雨強度の継続時間                   | 5 mm/h 以上で平均 17 時間、10 mm<br>/h 以上で平均 12 時間 |

1-7 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定

1-7-1 対象降雨の降雨量の設定

降雨継続時間は、Kinematic Wave法及び角屋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の相関、降雨強度の強い降雨の継続時間等から総合的に判断した結果、既定計画の12時間から15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した。

基準地点両郡橋の1/100確率雨量は、昭和35年（1960年）～平成22年（2010年）までの51年間の各年最大15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418.7mm/15hと決定した。

表 1-7-1 基準地点両郡橋 15 時間雨量 確率計算結果

| 項目                     |     | 両郡上流           |        |        |       |       |       |       |          |       |       |       |       |       |
|------------------------|-----|----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                        |     | 毎年値資料(S35～H22) |        |        |       |       |       |       |          |       |       |       |       |       |
| 計算手法                   |     | Exp            | Gumbel | SqrtEt | Gev   | LP3Rs | LogP3 | Iwai  | IshiTaka | LN3Q  | LN3PM | LN2LM | LN2PM | LN4PM |
| 確率規模                   | 2   | 161.9          | 176.3  | 171.0  | 180.8 | 183.6 | 179.5 | 177.3 | 182.4    | 182.7 | 182.5 | —     | —     | —     |
|                        | 3   | 199.8          | 212.5  | 211.4  | 217.7 | 221.7 | 217.2 | 214.1 | 218.2    | 218.1 | 218.4 | —     | —     | —     |
|                        | 5   | 247.6          | 252.8  | 260.7  | 256.7 | 259.7 | 257.2 | 254.6 | 255.5    | 254.8 | 255.7 | —     | —     | —     |
|                        | 10  | 312.4          | 303.5  | 328.9  | 302.9 | 301.0 | 304.0 | 304.7 | 299.1    | 297.5 | 299.1 | —     | —     | —     |
|                        | 20  | 377.3          | 352.0  | 400.9  | 344.4 | 334.5 | 345.5 | 352.0 | 338.1    | 335.7 | 337.9 | —     | —     | —     |
|                        | 30  | 415.2          | 380.0  | 445.1  | 367.1 | 351.4 | 368.0 | 379.1 | 359.6    | 356.6 | 359.2 | —     | —     | —     |
|                        | 50  | 463.0          | 414.9  | 503.3  | 394.3 | 370.5 | 394.9 | 412.8 | 385.6    | 382.0 | 385.0 | —     | —     | —     |
|                        | 80  | 506.9          | 446.9  | 559.5  | 418.0 | 386.3 | 418.3 | 443.6 | 408.8    | 404.6 | 408.0 | —     | —     | —     |
|                        | 100 | 527.8          | 462.0  | 587.0  | 429.0 | 393.2 | 429.0 | 458.2 | 419.6    | 415.1 | 418.7 | —     | —     | —     |
|                        | 150 | 565.7          | 489.5  | 638.4  | 448.2 | 405.0 | 448.0 | 484.8 | 438.8    | 433.8 | 437.7 | —     | —     | —     |
|                        | 200 | 592.7          | 509.0  | 676.1  | 461.5 | 412.7 | 461.0 | 503.7 | 452.3    | 446.9 | 451.1 | —     | —     | —     |
|                        | 300 | 630.6          | 536.4  | 730.8  | 479.5 | 422.9 | 478.8 | 530.3 | 471.1    | 465.1 | 469.6 | —     | —     | —     |
|                        | 400 | 657.5          | 555.8  | 770.8  | 491.9 | 429.7 | 491.1 | 549.3 | 484.2    | 477.9 | 482.6 | —     | —     | —     |
|                        | 500 | 678.4          | 570.9  | 802.5  | 501.3 | 434.6 | 500.4 | 564.1 | 494.3    | 487.7 | 492.6 | —     | —     | —     |
| X-COR(99%)             |     | 0.96           | 0.992  | 0.971  | 0.996 | 0.997 | 0.997 | 0.993 | 0.996    | 0.996 | 0.996 | —     | —     | —     |
| P-COR(99%)             |     | 0.942          | 0.996  | 0.993  | 0.997 | 0.998 | 0.998 | 0.997 | 0.997    | 0.997 | 0.997 | —     | —     | —     |
| SLSC(99%)              |     | 0.058          | 0.025  | 0.046  | 0.019 | 0.02  | 0.018 | 0.02  | 0.02     | 0.02  | 0.02  | —     | —     | —     |
| pAIC                   |     | 568.9          | 594.3  | 597.1  | 595.9 | 594.7 | 594.8 | 595.9 | 596.1    | 596.1 | 596.1 | —     | —     | —     |
| JackKnife推定誤差(W=1/100) |     | 39.6           | 33.4   | 53.9   | 44.9  | 32.5  | 46.8  | 47.5  | 32.6     | 32.9  | 32.2  | —     | —     | —     |
| SLSC≤0.04              |     |                | ○      |        | ○     | ○     | ○     | ○     | ○        | ○     | ○     |       |       |       |

単位:mm

■:SLSC>0.04の手法

□:SLSC≤0.04の手法のうち、JackKnife推定誤差の小さい手法

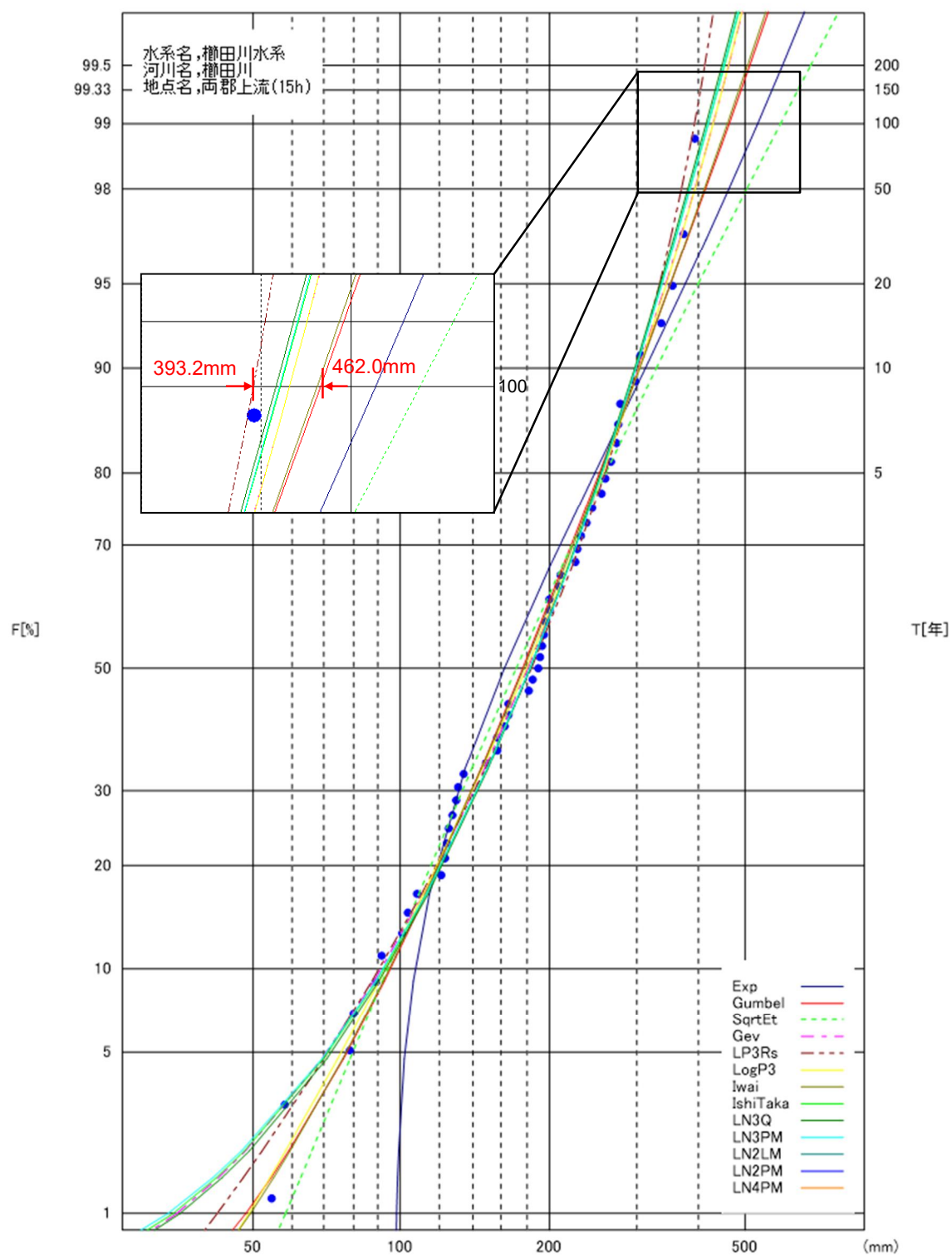


図 1-7-1 雨量確率計算結果  
(基準地点両郡橋 15 時間雨量 昭和 35 年 (1960 年) ~ 平成 22 年 (2010 年))

表 1-7-2 年最大 15 時間雨量一覽（両郡橋地点）

| No | 西暦   | 洪水日         | 両郡橋上流域<br>15時間雨量 (mm) |
|----|------|-------------|-----------------------|
| 1  | 1960 | S35. 08. 30 | 130. 7                |
| 2  | 1961 | S36. 10. 28 | 237. 8                |
| 3  | 1962 | S37. 07. 27 | 227. 4                |
| 4  | 1963 | S38. 08. 09 | 107. 8                |
| 5  | 1964 | S39. 09. 25 | 123. 0                |
| 6  | 1965 | S40. 09. 17 | 273. 9                |
| 7  | 1966 | S41. 08. 16 | 185. 3                |
| 8  | 1967 | S42. 10. 28 | 190. 4                |
| 9  | 1968 | S43. 09. 26 | 165. 4                |
| 10 | 1969 | S44. 08. 05 | 133. 5                |
| 11 | 1970 | S45. 07. 06 | 200. 4                |
| 12 | 1971 | S46. 08. 31 | 306. 1                |
| 13 | 1972 | S47. 09. 17 | 225. 5                |
| 14 | 1973 | S48. 08. 16 | 129. 1                |
| 15 | 1974 | S49. 07. 25 | 276. 0                |
| 16 | 1975 | S50. 08. 23 | 258. 6                |
| 17 | 1976 | S51. 09. 12 | 211. 0                |
| 18 | 1977 | S52. 09. 09 | 100. 1                |
| 19 | 1978 | S53. 06. 23 | 78. 9                 |
| 20 | 1979 | S54. 10. 19 | 265. 3                |
| 21 | 1980 | S55. 09. 11 | 120. 8                |
| 22 | 1981 | S56. 10. 22 | 79. 9                 |
| 23 | 1982 | S57. 08. 02 | 335. 8                |
| 24 | 1983 | S58. 08. 17 | 194. 7                |
| 25 | 1984 | S59. 07. 16 | 91. 1                 |
| 26 | 1985 | S60. 07. 01 | 148. 6                |
| 27 | 1986 | S61. 07. 22 | 58. 3                 |
| 28 | 1987 | S62. 10. 17 | 156. 5                |
| 29 | 1988 | S63. 08. 11 | 161. 7                |
| 30 | 1989 | H01. 08. 27 | 195. 7                |
| 31 | 1990 | H02. 09. 20 | 297. 5                |
| 32 | 1991 | H03. 09. 19 | 165. 6                |
| 33 | 1992 | H04. 08. 19 | 208. 0                |
| 34 | 1993 | H05. 11. 13 | 191. 7                |
| 35 | 1994 | H06. 09. 30 | 355. 3                |
| 36 | 1995 | H07. 05. 12 | 192. 4                |
| 37 | 1996 | H08. 08. 15 | 54. 5                 |
| 38 | 1997 | H09. 07. 26 | 394. 4                |
| 39 | 1998 | H10. 10. 17 | 126. 6                |
| 40 | 1999 | H11. 09. 24 | 124. 7                |
| 41 | 2000 | H12. 09. 12 | 244. 3                |
| 42 | 2001 | H13. 08. 21 | 255. 9                |
| 43 | 2002 | H14. 07. 11 | 124. 1                |
| 44 | 2003 | H15. 08. 09 | 277. 2                |
| 45 | 2004 | H16. 09. 29 | 375. 3                |
| 46 | 2005 | H17. 09. 07 | 199. 0                |
| 47 | 2006 | H18. 04. 12 | 103. 2                |
| 48 | 2007 | H19. 07. 15 | 181. 4                |
| 49 | 2008 | H20. 09. 19 | 157. 0                |
| 50 | 2009 | H21. 10. 08 | 232. 3                |
| 51 | 2010 | H22. 10. 09 | 88. 8                 |
| 52 | 2011 | H23. 07. 20 | 288. 7                |
| 53 | 2012 | H24. 09. 30 | 215. 0                |
| 54 | 2013 | H25. 09. 16 | 323. 1                |
| 55 | 2014 | H26. 08. 09 | 287. 4                |
| 56 | 2015 | H27. 08. 26 | 263. 1                |
| 57 | 2016 | H28. 09. 20 | 130. 0                |
| 58 | 2017 | H29. 10. 23 | 331. 7                |
| 59 | 2018 | H30. 08. 24 | 246. 1                |
| 60 | 2019 | R01. 10. 12 | 227. 0                |
| 61 | 2020 | R02. 10. 10 | 136. 2                |
| 62 | 2021 | R03. 09. 18 | 103. 9                |
| 63 | 2022 | R04. 09. 19 | 112. 3                |

表 1-7-3 1/100 確率規模降雨量（基準地点両郡橋）

|                            | 両郡橋         | 備考                                        |
|----------------------------|-------------|-------------------------------------------|
| 1/100 確率雨量<br>(S35～H22 標本) | 418.7mm/15h | 確率手法 SLSC $\leq$ 0.04<br>Jackknife 推定誤差最小 |
| 気候変動を<br>考慮した降雨量           | 461mm/15h   | 418.7mm/15h $\times$ 降雨量変化倍率 1.1          |

また、気候変動の影響を考慮した対象降雨の降雨量は、年超過確率1/100雨量418.7mm/15hに降雨量変化倍率1.1倍を乗じた461mm/15hに設定した。

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り確率雨量の算定等も併せて実施した。

(1) Mann-Kendall検定（定常/非定常性を確認）

昭和35年（1960年）～平成22年（2010年）の雨量データに1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  
⇒非定常性が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4年（2022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1/100確率雨量から適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルを用いて1/100確率雨量を算定した。  
⇒令和4年（2022年）までの雨量データを用いた場合の基準地点両郡橋1/100確率雨量は414.4mm/15h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。

1-8 主要降雨波形の選定

基本高水の検討対象洪水において、短時間に降雨が集中する洪水や降雨の範囲が著しく偏った洪水を一律拡大すると、引き伸ばし後の短時間雨量が非現実的な確率値となる場合がある。そのため、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、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する。

検討対象洪水の選定は、令和4年（2022年）までの基準地点両郡橋のピーク流量が避難判断水位相当流量以上、かつ最大15時間雨量の引き伸ばし率が2倍以下（1.1倍する前の確率雨量）となる14洪水を選定した。

選定した洪水を対象に、基準地点両郡橋の1/100確率15時間雨量461mm（418.7mm×1.1）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、基準地点両郡橋におけるピーク流量は2,995～6,218m³/sとなった。

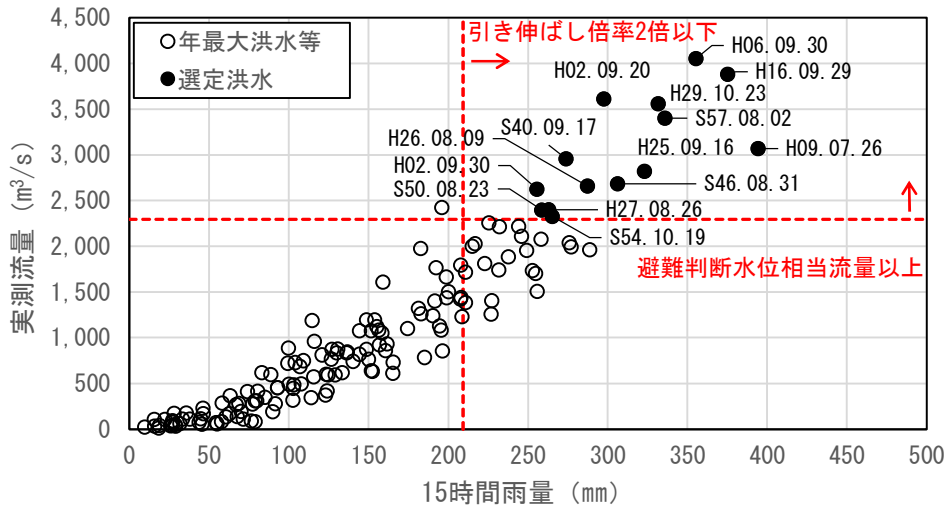


図 1-8-1 対象洪水の選定（基準地点両郡橋）

表 1-8-1 選定洪水のピーク流量一覧（基準地点両郡橋）

| No. | 洪水名         | 実績流量<br>(m³/s) | 15時間雨量<br>(mm) | 1/100確率降雨量<br>(mm) | 1/100確率降雨量×1.1<br>(mm) | 引伸率 (1.1倍) | ピーク流量 (m³/s) |       |
|-----|-------------|----------------|----------------|--------------------|------------------------|------------|--------------|-------|
|     |             |                |                |                    |                        |            | 1.0倍         | 1.1倍  |
| 1   | 昭和40年9月17日  | 2,958          | 273.9          | 418.7              | 460.6                  | 1.682      | 4,845        | 5,449 |
| 2   | 昭和46年8月31日  | 2,684          | 306.1          | 418.7              | 460.6                  | 1.504      | 3,224        | 3,787 |
| 3   | 昭和50年8月23日  | 2,397          | 258.6          | 418.7              | 460.6                  | 1.781      | 3,231        | 3,853 |
| 4   | 昭和54年10月19日 | 2,325          | 265.3          | 418.7              | 460.6                  | 1.736      | 4,161        | 4,904 |
| 5   | 昭和57年8月2日   | 3,402          | 335.8          | 418.7              | 460.6                  | 1.371      | 4,274        | 4,972 |
| 6   | 平成2年9月20日   | 3,611          | 297.5          | 418.7              | 460.6                  | 1.548      | 5,534        | 6,218 |
| 7   | 平成2年9月30日   | 2,625          | 255.6          | 418.7              | 460.6                  | 1.802      | 2,810        | 3,499 |
| 8   | 平成6年9月30日   | 4,051          | 355.3          | 418.7              | 460.6                  | 1.296      | 3,440        | 4,219 |
| 9   | 平成9年7月26日   | 3,068          | 394.4          | 418.7              | 460.6                  | 1.168      | 2,440        | 2,995 |
| 10  | 平成16年9月29日  | 3,880          | 375.3          | 418.7              | 460.6                  | 1.227      | 3,318        | 3,874 |
| 11  | 平成25年9月16日  | 2,818          | 323.1          | 418.7              | 460.6                  | 1.425      | 2,878        | 3,466 |
| 12  | 平成26年8月9日   | 2,658          | 287.4          | 418.7              | 460.6                  | 1.603      | 2,856        | 3,634 |
| 13  | 平成27年8月26日  | 2,401          | 263.1          | 418.7              | 460.6                  | 1.751      | 4,282        | 5,228 |
| 14  | 平成29年10月23日 | 3,558          | 331.7          | 418.7              | 460.6                  | 1.388      | 3,998        | 4,681 |

## 1-9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

### 1-9-1 考え方

基本高水の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」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、1-8で選定した一次選定洪水について、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する。

### 1-9-2 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）とする。

### 1-9-3 地域分布の評価

#### (1) 対象地域の選定

対象地域は、図1-9-1に示す通りであり、以下に示す4流域を選定した。

- A：上流域
- B：中流域
- C：蓮ダム流域
- D：佐奈川流域

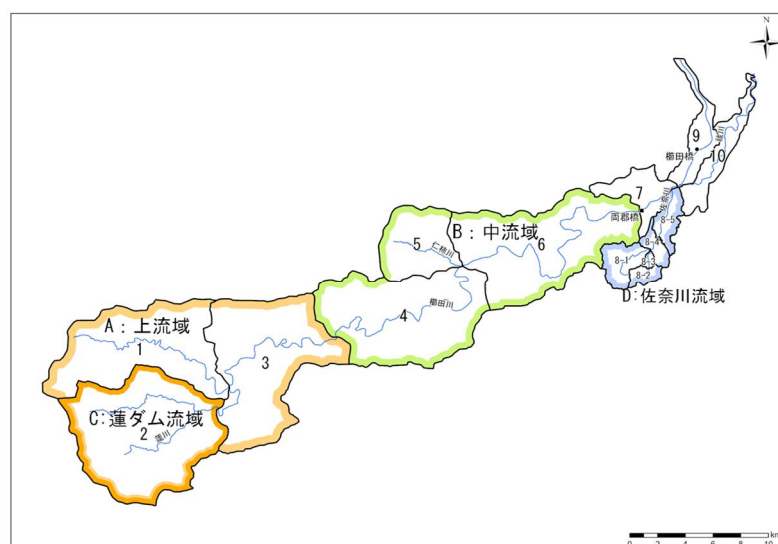


図 1-9-1 検討対象地域位置図

## (2) 棄却基準値の選定

各選定地域における棄却基準値を設定する。確率雨量の算定は、昭和35年（1960年）～平成22年（2010年）までの各流域の年最大15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の確率雨量を採用した。

表 1-9-1 棄却基準値（地域分布）

|       | 1/500確率雨量<br>(S35～H22標本) |
|-------|--------------------------|
| 上流域   | 643.1mm/15h              |
| 中流域   | 548.7mm/15h              |
| 蓮ダム流域 | 761.1mm/15h              |
| 佐奈川流域 | 483.5mm/15h              |

表 1-9-2 年最大 15 時間雨量一覧

| No. | 西暦   | 年   | 15時間雨量 (mm) |       |       |       |
|-----|------|-----|-------------|-------|-------|-------|
|     |      |     | 上流域         | 中流域   | 蓮ダム流域 | 佐奈川流域 |
| 1   | 1960 | S35 | 162.0       | 95.8  | 181.2 | 93.0  |
| 2   | 1961 | S36 | 289.5       | 188.7 | 345.1 | 164.8 |
| 3   | 1962 | S37 | 276.2       | 169.8 | 341.4 | 245.0 |
| 4   | 1963 | S38 | 113.5       | 100.5 | 145.3 | 100.1 |
| 5   | 1964 | S39 | 140.7       | 101.0 | 181.0 | 94.7  |
| 6   | 1965 | S40 | 320.1       | 217.1 | 365.0 | 178.6 |
| 7   | 1966 | S41 | 222.6       | 140.5 | 274.5 | 99.0  |
| 8   | 1967 | S42 | 180.9       | 202.8 | 180.6 | 220.0 |
| 9   | 1968 | S43 | 220.2       | 107.5 | 329.1 | 89.8  |
| 10  | 1969 | S44 | 150.6       | 112.1 | 180.8 | 112.2 |
| 11  | 1970 | S45 | 238.8       | 152.3 | 313.2 | 128.3 |
| 12  | 1971 | S46 | 306.9       | 311.9 | 364.6 | 312.1 |
| 13  | 1972 | S47 | 273.5       | 166.1 | 301.6 | 163.1 |
| 14  | 1973 | S48 | 163.8       | 84.5  | 220.5 | 54.2  |
| 15  | 1974 | S49 | 240.9       | 321.1 | 195.5 | 270.2 |
| 16  | 1975 | S50 | 294.5       | 217.8 | 374.1 | 137.8 |
| 17  | 1976 | S51 | 229.0       | 243.8 | 241.7 | 268.3 |
| 18  | 1977 | S52 | 89.4        | 121.1 | 106.3 | 140.1 |
| 19  | 1978 | S53 | 78.9        | 78.8  | 62.9  | 77.3  |
| 20  | 1979 | S54 | 278.5       | 248.3 | 304.1 | 261.2 |
| 21  | 1980 | S55 | 150.9       | 82.0  | 179.7 | 62.7  |
| 22  | 1981 | S56 | 88.8        | 83.9  | 91.6  | 111.7 |
| 23  | 1982 | S57 | 345.0       | 324.1 | 370.9 | 277.9 |
| 24  | 1983 | S58 | 220.3       | 165.1 | 251.5 | 99.0  |
| 25  | 1984 | S59 | 81.1        | 83.5  | 73.4  | 74.3  |
| 26  | 1985 | S60 | 172.5       | 117.9 | 181.6 | 114.6 |
| 27  | 1986 | S61 | 70.6        | 56.3  | 60.2  | 58.2  |
| 28  | 1987 | S62 | 195.5       | 106.4 | 207.2 | 108.7 |
| 29  | 1988 | S63 | 178.2       | 158.0 | 184.1 | 131.8 |
| 30  | 1989 | H01 | 235.4       | 144.8 | 276.4 | 160.2 |
| 31  | 1990 | H02 | 355.4       | 247.9 | 423.2 | 213.9 |
| 32  | 1991 | H03 | 152.0       | 183.1 | 156.5 | 200.1 |
| 33  | 1992 | H04 | 279.9       | 116.7 | 349.4 | 69.2  |
| 34  | 1993 | H05 | 189.3       | 196.6 | 222.1 | 140.3 |
| 35  | 1994 | H06 | 425.2       | 267.2 | 479.6 | 172.0 |
| 36  | 1995 | H07 | 236.8       | 157.7 | 265.1 | 216.2 |
| 37  | 1996 | H08 | 66.4        | 39.4  | 73.0  | 62.9  |
| 38  | 1997 | H09 | 460.4       | 325.0 | 538.0 | 237.3 |
| 39  | 1998 | H10 | 143.4       | 133.4 | 160.6 | 166.6 |
| 40  | 1999 | H11 | 148.4       | 95.7  | 173.9 | 65.0  |
| 41  | 2000 | H12 | 271.2       | 349.7 | 266.6 | 308.0 |
| 42  | 2001 | H13 | 318.0       | 184.4 | 394.6 | 131.1 |
| 43  | 2002 | H14 | 153.2       | 110.7 | 175.0 | 135.4 |
| 44  | 2003 | H15 | 301.5       | 253.3 | 308.5 | 185.1 |
| 45  | 2004 | H16 | 371.2       | 413.3 | 433.5 | 289.2 |
| 46  | 2005 | H17 | 215.6       | 181.5 | 268.3 | 137.8 |
| 47  | 2006 | H18 | 92.8        | 119.1 | 121.5 | 85.5  |
| 48  | 2007 | H19 | 192.3       | 167.4 | 209.4 | 82.4  |
| 49  | 2008 | H20 | 181.3       | 135.2 | 208.6 | 97.6  |
| 50  | 2009 | H21 | 231.9       | 232.6 | 248.4 | 196.7 |
| 51  | 2010 | H22 | 91.6        | 99.1  | 109.0 | 120.8 |

(3) 地域分布の雨量評価

選定した地域について、拡大後雨量の異常性評価を確認した。

地域分布による棄却は、主要降雨波形群の基準地点両郡橋上流域の引き伸ばし後雨量（降雨量変化倍率1.1倍する前の確率雨量：461mm/15hまで引き伸ばした降雨波形）に対して、上記で設定した対象流域の棄却基準値（1/500確率雨量）を超過する洪水を棄却した。

棄却判定の結果、表1-9-3より対象14洪水中に棄却洪水は存在しない。

表 1-9-3 地域分布による拡大後降雨の確率評価表

| No.          | 洪水名         | 計画降雨継続時間内（15h）の実績雨量（mm） |       |       |       |         | 基準地点両郡橋計画降雨量 | 引伸率   | 引伸後雨量（mm） |       |       |       | 棄却洪水 |
|--------------|-------------|-------------------------|-------|-------|-------|---------|--------------|-------|-----------|-------|-------|-------|------|
|              |             | 上流域                     | 中流域   | 連ダム流域 | 佐奈川流域 | 基準地点両郡橋 |              |       | 上流域       | 中流域   | 連ダム流域 | 佐奈川流域 |      |
| 1            | 昭和40年9月17日  | 320.1                   | 215.7 | 365.0 | 178.6 | 273.9   | 418.7        | 1.529 | 489.4     | 329.8 | 558.0 | 273.1 |      |
| 2            | 昭和46年8月31日  | 306.9                   | 311.9 | 364.6 | 312.1 | 306.1   | 418.7        | 1.368 | 419.9     | 426.6 | 498.7 | 426.9 |      |
| 3            | 昭和50年8月23日  | 294.5                   | 217.8 | 374.1 | 137.8 | 258.6   | 418.7        | 1.619 | 476.7     | 352.7 | 605.6 | 223.0 |      |
| 4            | 昭和54年10月19日 | 278.5                   | 248.3 | 304.1 | 261.2 | 265.3   | 418.7        | 1.578 | 439.4     | 391.8 | 479.8 | 412.2 |      |
| 5            | 昭和57年8月2日   | 345.0                   | 324.1 | 370.9 | 277.9 | 335.8   | 418.7        | 1.247 | 430.2     | 404.1 | 462.5 | 346.5 |      |
| 6            | 平成2年9月20日   | 355.4                   | 223.2 | 423.2 | 199.8 | 297.5   | 418.7        | 1.407 | 500.0     | 314.0 | 595.4 | 281.1 |      |
| 7            | 平成2年9月30日   | 261.6                   | 247.9 | 267.2 | 213.9 | 255.6   | 418.7        | 1.638 | 428.5     | 406.1 | 437.7 | 350.4 |      |
| 8            | 平成6年9月30日   | 425.2                   | 267.2 | 479.6 | 172.0 | 355.3   | 418.7        | 1.178 | 500.9     | 314.7 | 565.0 | 202.7 |      |
| 9            | 平成9年7月26日   | 460.4                   | 325.0 | 538.0 | 237.3 | 394.4   | 418.7        | 1.062 | 488.9     | 345.1 | 571.3 | 252.0 |      |
| 10           | 平成16年9月29日  | 353.5                   | 413.3 | 346.1 | 289.2 | 375.3   | 418.7        | 1.116 | 394.5     | 461.2 | 386.3 | 322.8 |      |
| 11           | 平成25年9月16日  | 355.4                   | 285.0 | 374.6 | 218.3 | 323.1   | 418.7        | 1.296 | 460.5     | 369.4 | 485.5 | 282.9 |      |
| 12           | 平成26年8月9日   | 283.0                   | 298.1 | 311.8 | 301.5 | 287.4   | 418.7        | 1.457 | 412.3     | 434.3 | 454.2 | 439.3 |      |
| 13           | 平成27年8月26日  | 228.0                   | 316.1 | 216.5 | 214.7 | 263.1   | 418.7        | 1.591 | 362.7     | 502.9 | 344.5 | 341.5 |      |
| 14           | 平成29年10月23日 | 340.5                   | 320.4 | 373.2 | 359.7 | 331.7   | 418.7        | 1.262 | 429.8     | 404.3 | 471.0 | 454.0 |      |
| 棄却基準値（1/500） |             | -                       | -     | -     | -     | -       | -            | -     | 643.1     | 548.7 | 761.1 | 483.5 |      |

※基準地点両郡橋引伸率は、基準地点両郡橋1/100確率規模418.7mm/15hに対する実績15時間雨量との引伸率である

※   引伸後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

※1/500雨量は、SLSCが0.04以下かつJackknife推定誤差が最小となる手法の値による

#### 1-9-4 時間分布の評価

時間分布の検討では、洪水到達時間相当の短時間雨量にて過度に引き伸ばしがされていないか確認を行った。

##### (1) 対象時間の選定

対象時間は、洪水到達時間と対象降雨継続時間から設定した。

角屋の式から得られる洪水到達時間である6時間、対象降雨継続時間15時間の1/2である8時間を短時間雨量として設定した。

表 1-9-4 対象時間の設定

| 基準地点名 | 時間分布棄却基準として設定 |      |
|-------|---------------|------|
| 両郡橋   | 6 時間          | 8 時間 |

##### (2) 棄却基準値の選定

対象時間における棄却基準値を設定する。確率雨量の算定は、昭和35年（1960年）～平成22年（2010年）までの年最大時間雨量について確率計算を行い、各計算手法の中でSLSC $\leq$ 0.04かつJackknife推定誤差が最小となる確率分布モデルの1/500確率雨量を採用した。

表 1-9-5 棄却基準値の設定（時間分布）

| 対象時間 | 1/500確率雨量<br>(S35～H22標本) |
|------|--------------------------|
| 6hr  | 270. 2mm/6h              |
| 8hr  | 320. 5mm/8h              |

表 1-9-6 年最大雨量一覽

| No. | 西曆   | 年   | 年最大雨量 (mm) |       |
|-----|------|-----|------------|-------|
|     |      |     | 6時間雨量      | 8時間雨量 |
| 1   | 1960 | S35 | 76.8       | 96.7  |
| 2   | 1961 | S36 | 132.8      | 154.7 |
| 3   | 1962 | S37 | 143.8      | 175.0 |
| 4   | 1963 | S38 | 54.4       | 67.6  |
| 5   | 1964 | S39 | 77.1       | 91.0  |
| 6   | 1965 | S40 | 174.4      | 195.1 |
| 7   | 1966 | S41 | 104.3      | 123.9 |
| 8   | 1967 | S42 | 130.9      | 149.4 |
| 9   | 1968 | S43 | 93.6       | 116.8 |
| 10  | 1969 | S44 | 92.0       | 103.9 |
| 11  | 1970 | S45 | 122.4      | 145.7 |
| 12  | 1971 | S46 | 213.1      | 244.4 |
| 13  | 1972 | S47 | 163.3      | 188.1 |
| 14  | 1973 | S48 | 60.7       | 82.2  |
| 15  | 1974 | S49 | 183.9      | 221.8 |
| 16  | 1975 | S50 | 137.0      | 171.9 |
| 17  | 1976 | S51 | 130.9      | 137.0 |
| 18  | 1977 | S52 | 46.7       | 59.9  |
| 19  | 1978 | S53 | 67.1       | 69.6  |
| 20  | 1979 | S54 | 146.6      | 160.4 |
| 21  | 1980 | S55 | 58.2       | 73.8  |
| 22  | 1981 | S56 | 62.1       | 66.2  |
| 23  | 1982 | S57 | 207.8      | 251.2 |
| 24  | 1983 | S58 | 105.8      | 131.3 |
| 25  | 1984 | S59 | 71.5       | 76.5  |
| 26  | 1985 | S60 | 95.9       | 108.1 |
| 27  | 1986 | S61 | 45.5       | 51.9  |
| 28  | 1987 | S62 | 106.8      | 125.5 |
| 29  | 1988 | S63 | 94.3       | 115.0 |
| 30  | 1989 | H01 | 134.1      | 156.0 |
| 31  | 1990 | H02 | 201.2      | 225.5 |
| 32  | 1991 | H03 | 81.4       | 108.2 |
| 33  | 1992 | H04 | 88.1       | 111.0 |
| 34  | 1993 | H05 | 169.9      | 182.3 |
| 35  | 1994 | H06 | 228.9      | 271.6 |
| 36  | 1995 | H07 | 109.8      | 125.9 |
| 37  | 1996 | H08 | 32.6       | 39.0  |
| 38  | 1997 | H09 | 199.0      | 254.1 |
| 39  | 1998 | H10 | 94.5       | 107.1 |
| 40  | 1999 | H11 | 54.6       | 66.4  |
| 41  | 2000 | H12 | 138.8      | 177.1 |
| 42  | 2001 | H13 | 118.5      | 153.2 |
| 43  | 2002 | H14 | 58.6       | 80.2  |
| 44  | 2003 | H15 | 144.6      | 182.3 |
| 45  | 2004 | H16 | 220.9      | 253.7 |
| 46  | 2005 | H17 | 90.9       | 116.2 |
| 47  | 2006 | H18 | 72.8       | 83.4  |
| 48  | 2007 | H19 | 97.1       | 119.1 |
| 49  | 2008 | H20 | 104.3      | 112.8 |
| 50  | 2009 | H21 | 136.8      | 162.4 |
| 51  | 2010 | H22 | 57.3       | 67.9  |

### (3) 時間分布の雨量評価

設定した棄却基準値をもとに、著しい引伸ばしとなっていないかを確認した。

時間分布による棄却は、主要降雨波形群の両郡橋上流域引き伸ばし後雨量（降雨量変化倍率1.1倍する前の確率雨量：461mm/15hまで引き伸ばした降雨波形）に対して、上記で設定した時間分布の棄却基準値（1/500確率雨量）を超過する洪水を棄却した。

棄却判定の結果、表1-9-7より対象14洪水のうち4洪水が棄却された。

表 1-9-7 時間分布による拡大後降雨の確率評価表

| No.          | 洪水名         | 実績雨量 (mm) |       |       | 計画降雨量 (mm) | 引伸率   | 引伸後雨量 (mm) |       | 棄却洪水 |
|--------------|-------------|-----------|-------|-------|------------|-------|------------|-------|------|
|              |             | 6h        | 8h    | 15h   |            |       | 6h         | 8h    |      |
| 1            | 昭和40年9月17日  | 174.4     | 195.1 | 273.9 | 418.7      | 1.529 | 266.7      | 298.2 |      |
| 2            | 昭和46年8月31日  | 213.1     | 244.4 | 306.1 | 418.7      | 1.368 | 291.5      | 334.4 | ×    |
| 3            | 昭和50年8月23日  | 137.0     | 171.9 | 258.6 | 418.7      | 1.619 | 221.8      | 278.3 |      |
| 4            | 昭和54年10月19日 | 146.6     | 160.4 | 265.3 | 418.7      | 1.578 | 231.3      | 253.0 |      |
| 5            | 昭和57年8月2日   | 207.8     | 251.2 | 335.8 | 418.7      | 1.247 | 259.1      | 313.2 |      |
| 6            | 平成2年9月20日   | 201.2     | 225.5 | 297.5 | 418.7      | 1.407 | 283.1      | 317.2 | ×    |
| 7            | 平成2年9月30日   | 176.3     | 212.0 | 255.6 | 418.7      | 1.638 | 288.8      | 347.3 | ×    |
| 8            | 平成6年9月30日   | 228.9     | 271.6 | 355.3 | 418.7      | 1.178 | 269.6      | 319.9 |      |
| 9            | 平成9年7月26日   | 199.0     | 254.1 | 394.4 | 418.7      | 1.062 | 211.3      | 269.9 |      |
| 10           | 平成16年9月29日  | 220.9     | 253.7 | 375.3 | 418.7      | 1.116 | 246.5      | 283.1 |      |
| 11           | 平成25年9月16日  | 182.4     | 233.7 | 323.1 | 418.7      | 1.296 | 236.4      | 302.9 |      |
| 12           | 平成26年8月9日   | 153.4     | 202.2 | 287.4 | 418.7      | 1.457 | 223.5      | 294.6 |      |
| 13           | 平成27年8月26日  | 166.8     | 203.2 | 263.1 | 418.7      | 1.591 | 265.3      | 323.3 | ×    |
| 14           | 平成29年10月23日 | 204.9     | 248.4 | 331.7 | 418.7      | 1.262 | 258.6      | 313.4 |      |
| 棄却基準値【1/500】 |             | -         | -     | -     | -          | -     | 270.2      | 320.5 |      |

※基準地点両郡橋引伸率は、基準地点両郡橋1/100確率規模418.7mm/15hに対する実績15時間雨量との引伸率である

※ 引伸後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

※1/500雨量は、SLSCが0.04以下かつJackknife推定誤差が最小となる手法の値による

# 1-10 主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算

主要洪水を対象に、15時間雨量に対して1/100規模の1.1倍となるように引き伸ばし降雨波形を作成した後、流出計算を行った結果、基準地点両郡橋におけるピーク流量は2,995～5,449m<sup>3</sup>/sとなった。

表 1-10-1 ピーク流量一覧（基準地点両郡橋）

| No. | 洪水名       | 両郡橋上流域平均       |                            |       | 両郡橋地点<br>ピーク流量<br>(m <sup>3</sup> /s) | 棄却理由 |
|-----|-----------|----------------|----------------------------|-------|---------------------------------------|------|
|     |           | 15時間雨量<br>(mm) | 1/100確率<br>降雨量×1.1<br>(mm) | 拡大率   |                                       |      |
| 1   | S40.09.17 | 273.9          | 461                        | 1.682 | 5,449                                 |      |
| 2   | S46.08.31 | 306.1          | 461                        | 1.504 | 3,787                                 | 時間分布 |
| 3   | S50.08.23 | 258.6          | 461                        | 1.781 | 3,853                                 |      |
| 4   | S54.10.19 | 265.3          | 461                        | 1.736 | 4,904                                 |      |
| 5   | S57.08.02 | 335.8          | 461                        | 1.371 | 4,972                                 |      |
| 6   | H02.09.20 | 297.5          | 461                        | 1.548 | 6,218                                 | 時間分布 |
| 7   | H02.09.30 | 255.6          | 461                        | 1.802 | 3,499                                 | 時間分布 |
| 8   | H06.09.30 | 355.3          | 461                        | 1.296 | 4,219                                 |      |
| 9   | H09.07.26 | 394.4          | 461                        | 1.168 | 2,995                                 |      |
| 10  | H16.09.29 | 375.3          | 461                        | 1.227 | 3,874                                 |      |
| 11  | H25.09.16 | 323.1          | 461                        | 1.425 | 3,466                                 |      |
| 12  | H26.08.09 | 287.4          | 461                        | 1.603 | 3,634                                 |      |
| 13  | H27.08.26 | 263.1          | 461                        | 1.751 | 5,228                                 | 時間分布 |
| 14  | H29.10.23 | 331.7          | 461                        | 1.388 | 4,681                                 |      |

※拡大率:「15 時間雨量(mm)」と「1/100 確率雨量×1.1」との比率

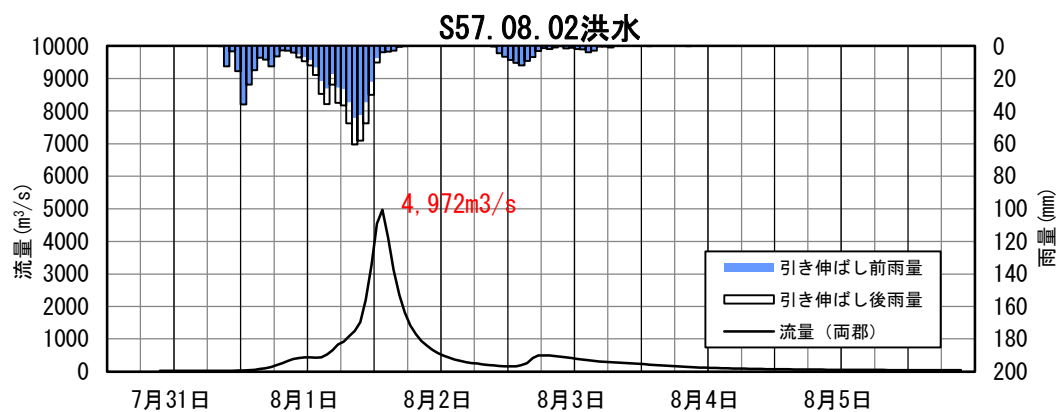
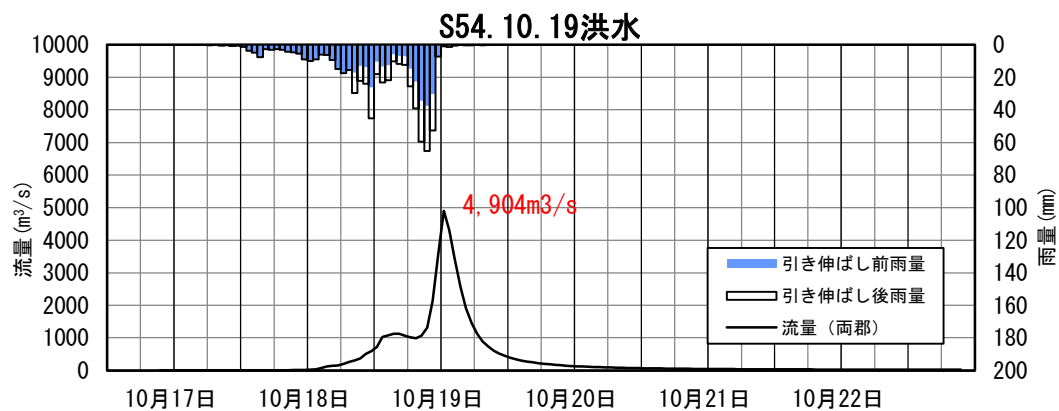
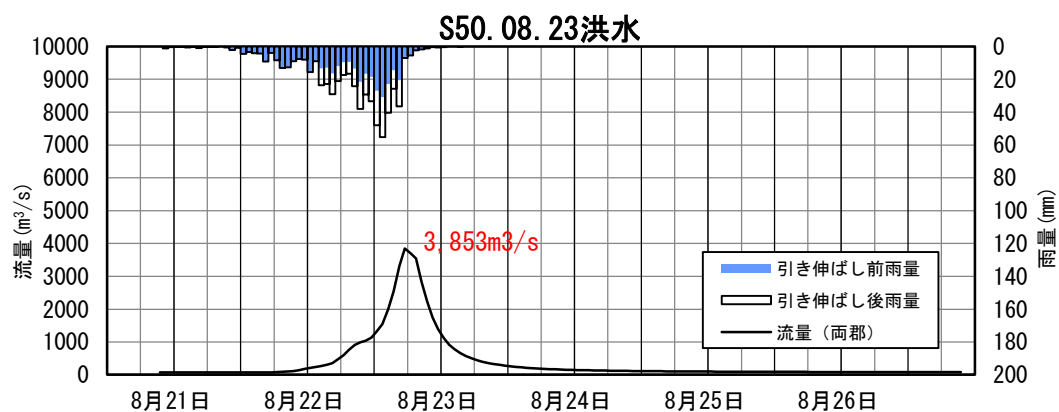
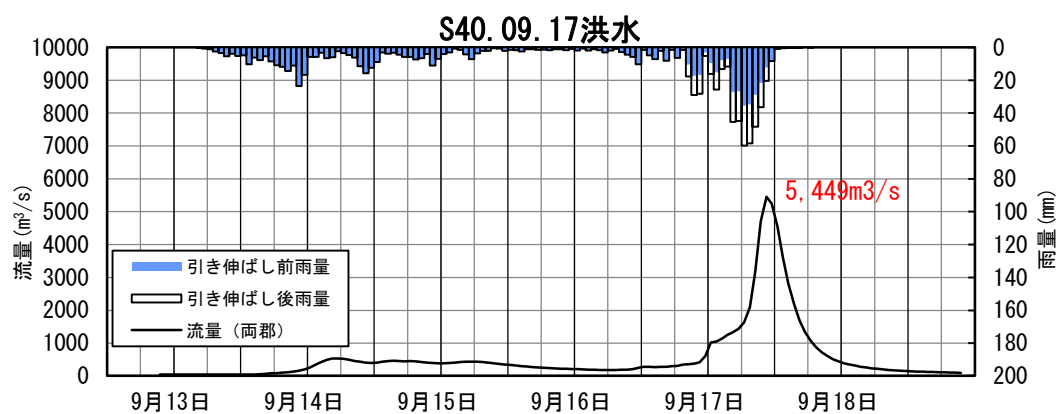


図 1-10-1 (1) 主要降雨波形ハイドログラフ (基準地点両郡橋)

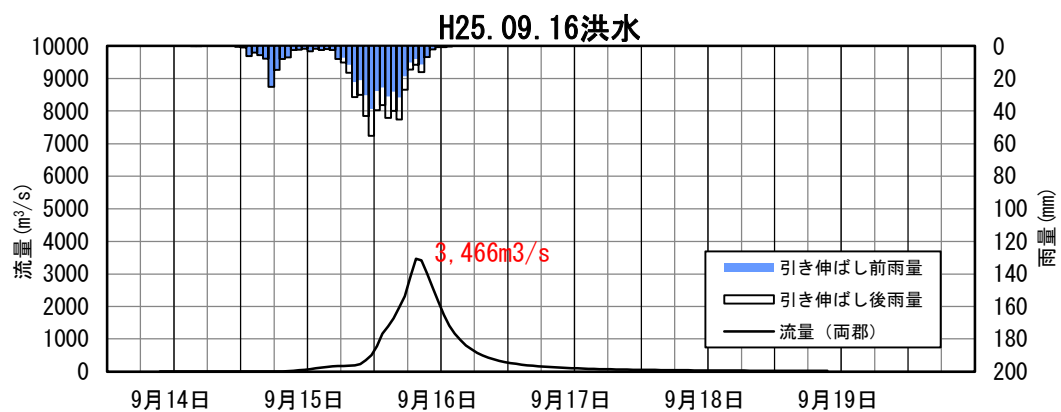
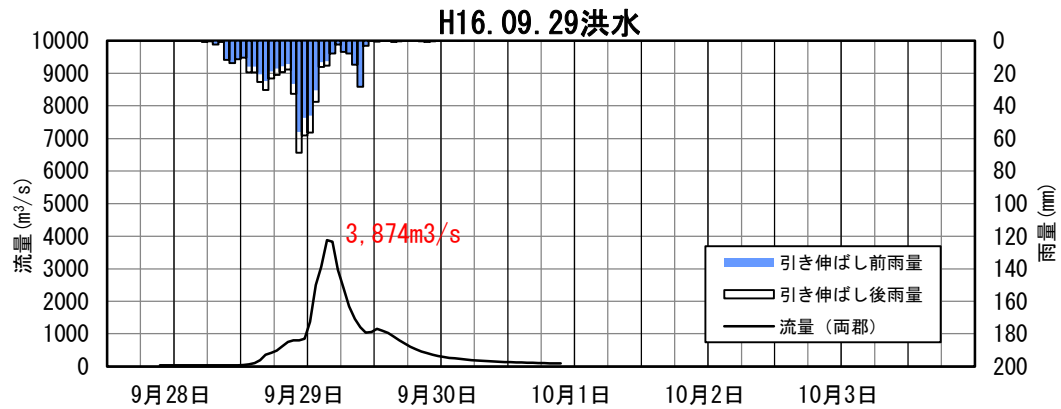
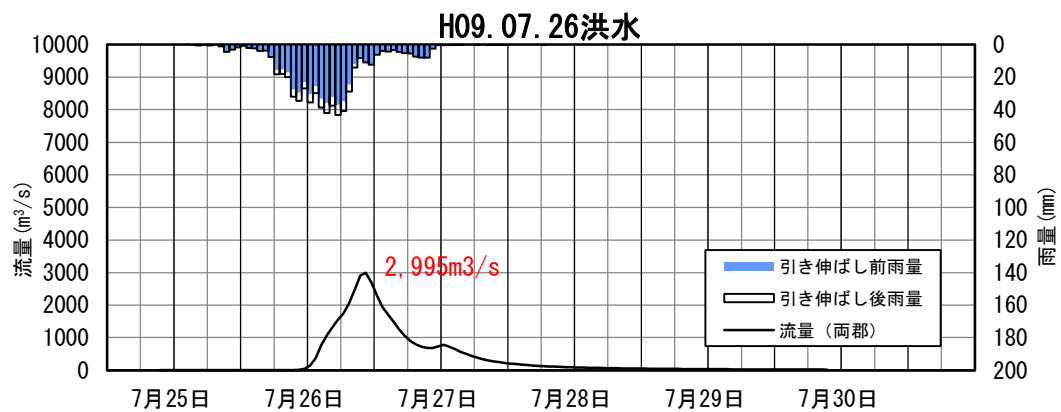
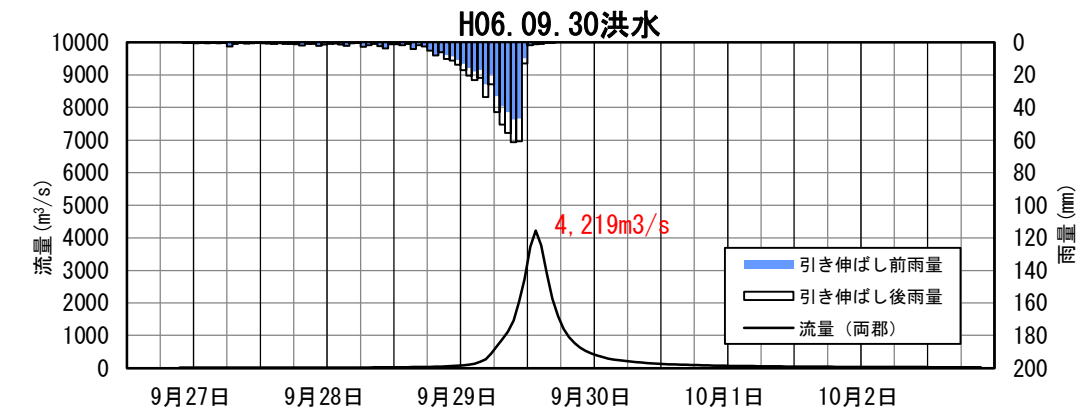


図 1-10-1 (2) 主要降雨波形ハイドログラフ (基準地点両郡橋)

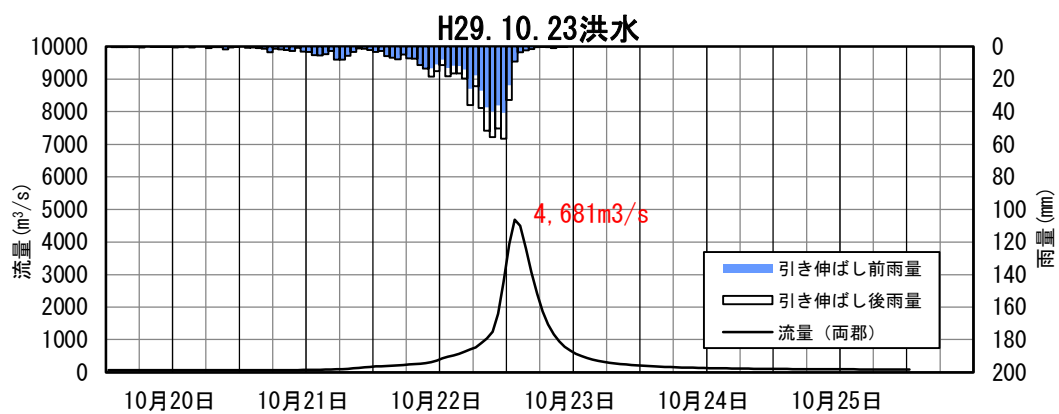
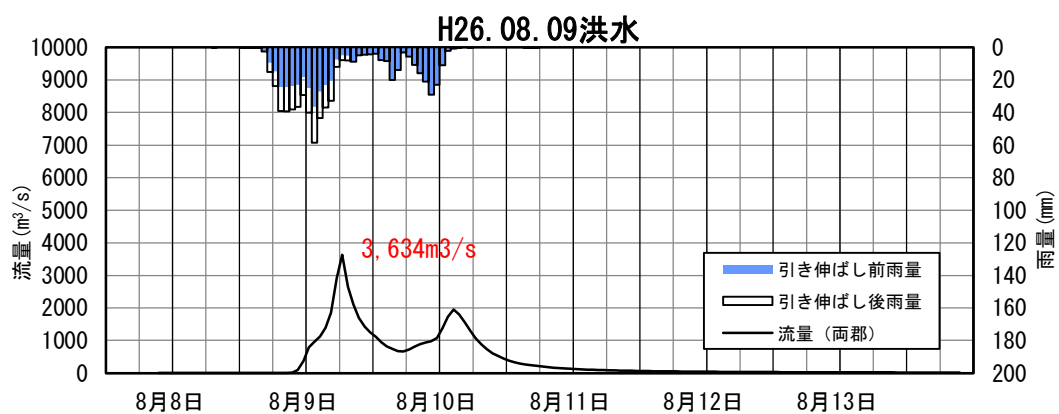


図 1-10-1 (3) 主要洪水波形ハイドログラフ (基準地点両郡橋)

## 1-11 アンサンブル予測降雨波形による検討

### 1-11-1 アンサンブル予測降雨波形による流出計算

4℃上昇のシナリオRCP8.5における近未来の気候（2℃上昇時：およそ2040年頃、世界平均の地上気温が産業革命当時と比べて2℃上昇）を前提として、文部科学省「SI-CAT気候変動適応技術社会実装プログラム※」において整備・公表された解像度5kmにダウンスケーリングされたアンサンブル実験により得られたアンサンブル将来予測降雨波形（以下、d2PDF）から求めた、現在気候（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461mm/15hに近い±10%の範囲内の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考慮した1/100確率規模の15時間雨量461mm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、両郡橋地点のピーク流量は3,000m<sup>3</sup>/s～7,425m<sup>3</sup>/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。

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

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

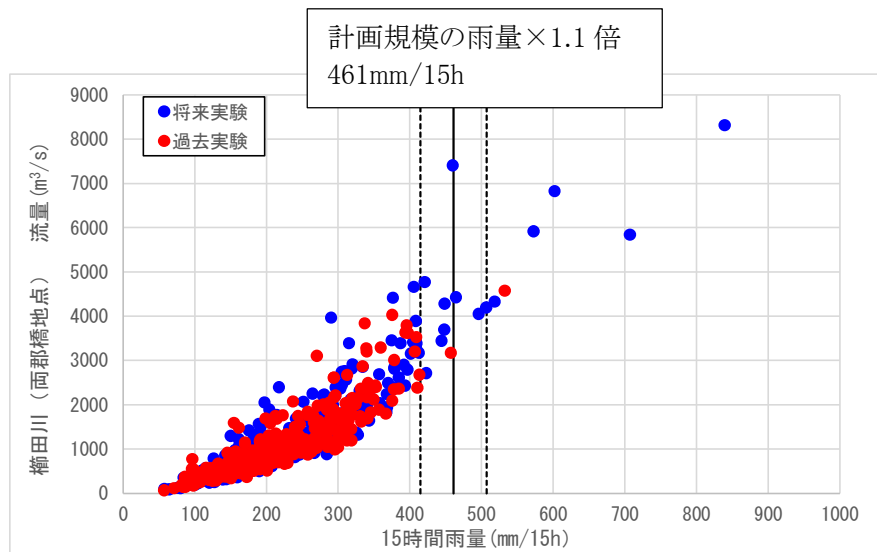


図 1-11-1 アンサンブル予測降雨波形からの抽出

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

表 1-11-1 アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（両郡橋地点）

| 洪水名       |      |      | 15時間雨量<br>(mm) | 気候変動後<br>1/100雨量<br>(mm) | 拡大率   | 両郡橋地点<br>ピーク流量<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|-----------|------|------|----------------|--------------------------|-------|---------------------------------------|
| 実験        | ケース  | 年    |                |                          |       |                                       |
| 将来実験2℃上昇  |      |      |                |                          |       |                                       |
| HFB_2K_GF | m101 | 2070 | 496.2          | 461                      | 0.928 | 3,779                                 |
| HFB_2K_GF | m101 | 2073 | 459.8          |                          | 1.002 | 7,425                                 |
| HFB_2K_HA | m101 | 2068 | 421.0          |                          | 1.094 | 5,597                                 |
| HFB_2K_MI | m101 | 2065 | 464.7          |                          | 0.991 | 4,362                                 |
| HFB_2K_MI | m101 | 2070 | 448.6          |                          | 1.027 | 4,547                                 |
| HFB_2K_MI | m101 | 2077 | 423.0          |                          | 1.089 | 3,000                                 |
| HFB_2K_MP | m101 | 2073 | 444.2          |                          | 1.037 | 3,684                                 |
| HFB_2K_MR | m101 | 2068 | 448.1          |                          | 1.028 | 3,881                                 |
| HFB_2K_MR | m101 | 2089 | 506.9          |                          | 0.909 | 3,656                                 |
| 過去実験      |      |      |                |                          |       |                                       |
| HPB       | m008 | 1995 | 457.3          | 461                      | 1.007 | 3,227                                 |

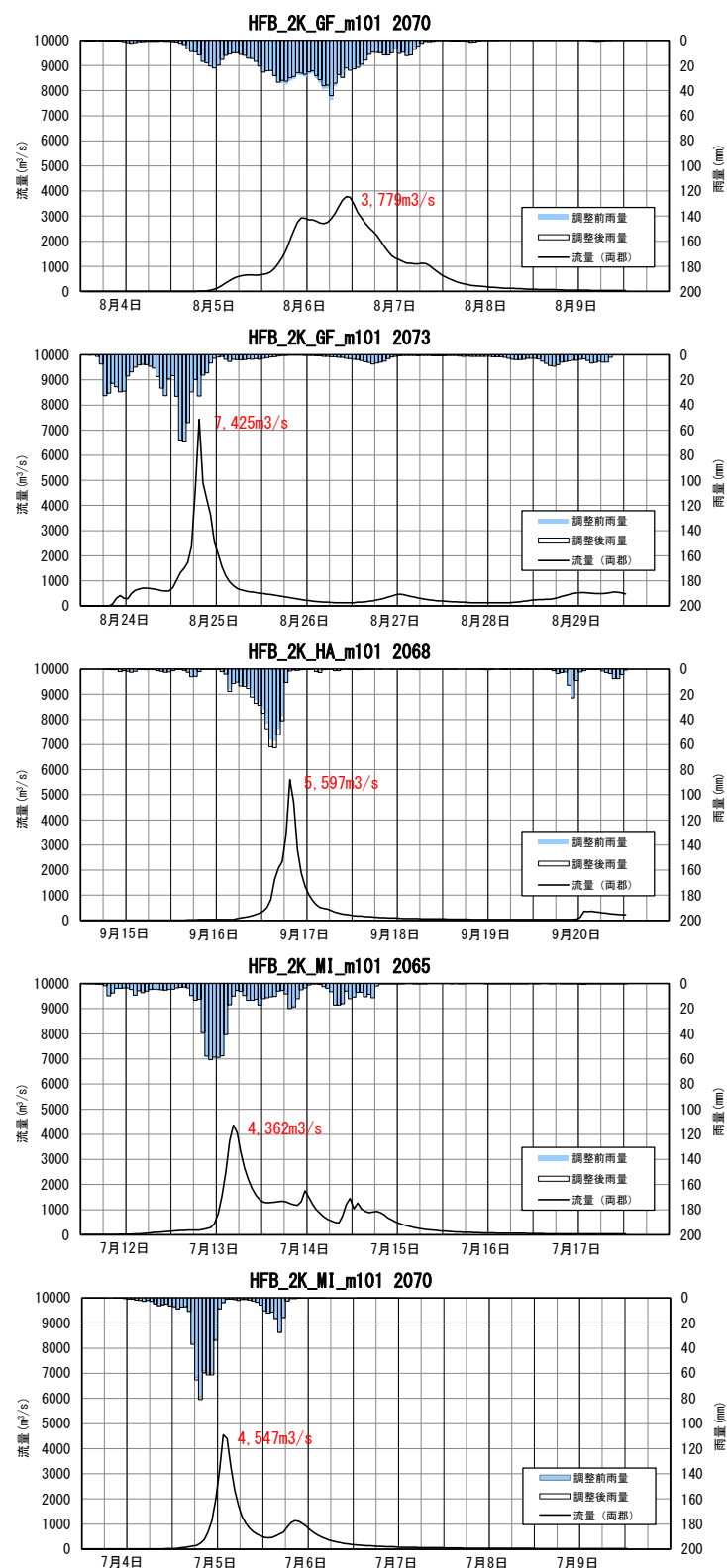


図 1-11-2(1) アンサンブル予測降雨波形による流出計算結果

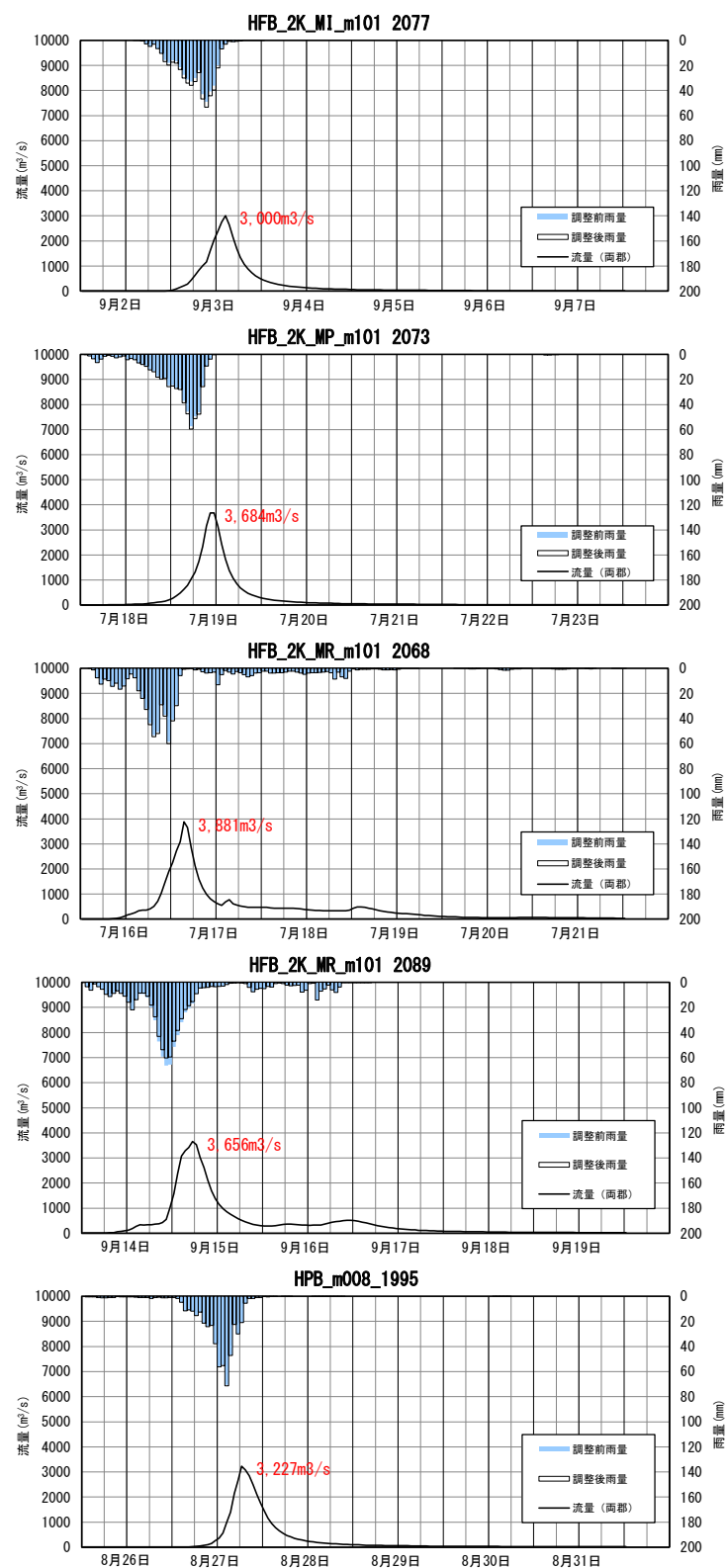


図 1-11-2(2) アンサンブル予測降雨波形による流出計算結果

## 1-11-2 棄却された実績引き伸ばし降雨における発生の可能性検討

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

その結果、両郡橋地点で棄却した4洪水のうち、アンサンブル予測降雨波形から推定される地域分布の雨量比（基準地点上流域と小流域の雨量比の比率）又は時間分布の雨量比（15時間雨量と短時間雨量の比率）以下に収まる洪水として、2洪水を棄却とせず参考波形として活用する。

### (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、基準地点両郡橋で棄却した4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 1-11-2 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）

| 洪水名<br>d4pdfアンサンブル  | 両郡橋地点上流域<br>378.9km <sup>2</sup> | 上流域<br>213.1km <sup>2</sup> |           | 中流域<br>165.8km <sup>2</sup> |           | 蓮ダム流域<br>80.9km <sup>2</sup> |           | 佐奈川流域<br>19.7km <sup>2</sup> |           |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
|                     | 予測雨量<br>①<br>(mm/15h)            | 予測雨量<br>②<br>(mm/15h)       | 比率<br>②/① | 予測雨量<br>③<br>(mm/15h)       | 比率<br>③/① | 予測雨量<br>④<br>(mm/15h)        | 比率<br>④/① | 予測雨量<br>⑤<br>(mm/15h)        | 比率<br>⑤/① |
| HFB_2K_GF_m101 2070 | 496.2                            | 616.0                       | 1.241     | 342.8                       | 0.691     | 702.1                        | 1.415     | 267.7                        | 0.540     |
| HFB_2K_GF_m101 2073 | 459.8                            | 420.7                       | 0.915     | 523.6                       | 1.139     | 438.0                        | 0.953     | 443.6                        | 0.965     |
| HFB_2K_HA_m101 2068 | 421.0                            | 375.6                       | 0.892     | 487.1                       | 1.157     | 363.0                        | 0.862     | 446.9                        | 1.061     |
| HFB_2K_MI_m101 2065 | 464.7                            | 563.6                       | 1.213     | 341.1                       | 0.734     | 610.5                        | 1.314     | 375.9                        | 0.809     |
| HFB_2K_MI_m101 2070 | 448.6                            | 527.1                       | 1.175     | 354.3                       | 0.790     | 539.1                        | 1.202     | 235.3                        | 0.524     |
| HFB_2K_MI_m101 2077 | 423.0                            | 406.1                       | 0.960     | 444.0                       | 1.050     | 434.9                        | 1.028     | 356.8                        | 0.844     |
| HFB_2K_MP_m101 2073 | 444.2                            | 546.7                       | 1.231     | 321.5                       | 0.724     | 606.0                        | 1.364     | 287.9                        | 0.648     |
| HFB_2K_MR_m101 2068 | 448.1                            | 478.8                       | 1.068     | 415.2                       | 0.927     | 551.2                        | 1.230     | 428.8                        | 0.957     |
| HFB_2K_MR_m101 2089 | 506.9                            | 556.7                       | 1.098     | 457.8                       | 0.903     | 599.9                        | 1.184     | 319.3                        | 0.630     |

表 1-11-3 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

| 棄却した実績洪水   | 両郡橋地点上流域<br>378.9km <sup>2</sup> |                       |       | 上流域<br>213.1km <sup>2</sup> |           | 中流域<br>165.8km <sup>2</sup> |           | 蓮ダム流域<br>80.9km <sup>2</sup> |           | 佐奈川流域<br>19.7km <sup>2</sup> |           |
|------------|----------------------------------|-----------------------|-------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
|            | 実績雨量<br>(mm/15h)                 | 計画雨量<br>①<br>(mm/15h) | 拡大率   | 拡大後雨量②<br>(mm/15h)          | 比率<br>②/① | 拡大後雨量③<br>(mm/15h)          | 比率<br>③/① | 拡大後雨量④<br>(mm/15h)           | 比率<br>④/① | 拡大後雨量⑤<br>(mm/15h)           | 比率<br>⑤/① |
| 昭和46年8月31日 | 306.1                            | 460.6                 | 1.504 | 461.6                       | 1.002     | 469.0                       | 1.018     | 548.3                        | 1.191     | 469.4                        | 1.019     |
| 平成2年9月20日  | 297.5                            | 460.6                 | 1.548 | 550.1                       | 1.194     | 345.5                       | 0.750     | 655.1                        | 1.422     | 309.3                        | 0.671     |
| 平成2年9月30日  | 255.6                            | 460.6                 | 1.802 | 471.4                       | 1.023     | 446.8                       | 0.970     | 481.6                        | 1.046     | 385.5                        | 0.837     |
| 平成27年8月26日 | 263.1                            | 460.6                 | 1.751 | 399.1                       | 0.867     | 553.5                       | 1.202     | 379.1                        | 0.823     | 375.9                        | 0.816     |

## (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、両郡橋地点で棄却した4洪水は、実績引き伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を下回り、生起する可能性があり得ることを確認した。

**表 1-11-4 雨量の比率(アンサンブル予測降雨波形)**

| 洪水名<br>d4pdfアンサンブル  | 両郡橋地点上流域<br>378.9km <sup>2</sup> |                         |           |                         |           |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
|                     | 15時間<br>予測雨量①<br>(mm/15h)        | 6時間<br>予測雨量②<br>(mm/6h) | 比率<br>②／① | 8時間<br>予測雨量③<br>(mm/8h) | 比率<br>③／① |
| HFB_2K_GF_m101 2070 | 496.2                            | 225.6                   | 0.455     | 282.4                   | 0.569     |
| HFB_2K_GF_m101 2073 | 459.8                            | 273.1                   | 0.594     | 322.4                   | 0.701     |
| HFB_2K_HA_m101 2068 | 421.0                            | 274.6                   | 0.652     | 325.7                   | 0.774     |
| HFB_2K_MI_m101 2065 | 464.7                            | 336.8                   | 0.725     | 393.1                   | 0.846     |
| HFB_2K_MI_m101 2070 | 448.6                            | 355.7                   | 0.793     | 399.2                   | 0.890     |
| HFB_2K_MI_m101 2077 | 423.0                            | 222.6                   | 0.526     | 286.9                   | 0.678     |
| HFB_2K_MP_m101 2073 | 444.2                            | 263.1                   | 0.592     | 314.5                   | 0.708     |
| HFB_2K_MR_m101 2068 | 448.1                            | 271.2                   | 0.605     | 344.1                   | 0.768     |
| HFB_2K_MR_m101 2089 | 506.9                            | 332.2                   | 0.655     | 394.4                   | 0.778     |

**表 1-11-5 雨量の比率(棄却した引き伸ばし降雨波形)**

| 棄却した実績洪水   | 両郡橋地点上流域<br>378.9km <sup>2</sup> |                   |       |                          |           |                          |           |
|------------|----------------------------------|-------------------|-------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
|            | 実績雨量<br>(mm/15h)                 | 計画雨量①<br>(mm/15h) | 拡大率   | 6時間<br>拡大後雨量②<br>(mm/6h) | 比率<br>②／① | 8時間<br>拡大後雨量③<br>(mm/8h) | 比率<br>③／① |
| 昭和46年8月31日 | 306.1                            | 460.6             | 1.505 | 320.7                    | 0.696     | 367.9                    | 0.799     |
| 平成2年9月20日  | 297.5                            | 460.6             | 1.548 | 311.5                    | 0.676     | 349.0                    | 0.758     |
| 平成2年9月30日  | 255.6                            | 460.6             | 1.802 | 317.7                    | 0.690     | 382.0                    | 0.829     |
| 平成27年8月26日 | 263.1                            | 460.6             | 1.751 | 292.0                    | 0.634     | 355.8                    | 0.773     |

### 1-11-3 主要洪水群に不足する降雨パターンの確認

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

これまでは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、気候変動等による降雨特性の変化によって、追加すべき降雨波形がないかを確認する必要があった。

このため、アンサンブル予測降雨波形を用いて降雨寄与率の分析を行い、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パターンの確認を実施した。波形パターンの解析にはクラスター分析を用いた。

櫛田川流域では、アンサンブル将来予測降雨波形群を対象に、4つのクラスターに大別されることが確認された。

基準地点両郡橋で選定された計画対象降雨波形について、クラスター分析を行った結果、1、2と評価された。

基準地点両郡橋においてアンサンブル将来予測降雨から対象波形に含まれないクラスター3、4に該当する2洪水を対象降雨量近傍から抽出し、気候変動を考慮した1/100確率規模の降雨量まで引き伸ばして、流出計算モデルにより流出量を算出し基本高水流量の検討に用いることとした。

なお、アンサンブル将来予測降雨波形群のクラスター分割には、アンサンブル将来予測降雨を対象に、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。

表 1-11-6 実績洪水イベントのクラスター分析結果

| 洪水名         | 実績雨量<br>15時間<br>(mm) | 計画雨量<br>15時間<br>(mm) | 拡大率    | クラスター<br>番号 |
|-------------|----------------------|----------------------|--------|-------------|
| 主要洪水群       |                      |                      |        |             |
| S40. 09. 17 | 273. 9               | 461                  | 1. 682 | 1           |
| S46. 08. 31 | 306. 1               |                      | 1. 504 | 2           |
| S50. 08. 23 | 258. 6               |                      | 1. 781 | 1           |
| S54. 10. 19 | 265. 3               |                      | 1. 736 | 2           |
| S57. 08. 02 | 335. 8               |                      | 1. 371 | 2           |
| H02. 09. 20 | 297. 5               |                      | 1. 548 | 1           |
| H02. 09. 30 | 255. 6               |                      | 1. 802 | 2           |
| H06. 09. 30 | 355. 3               |                      | 1. 296 | 1           |
| H09. 07. 26 | 394. 4               |                      | 1. 168 | 1           |
| H16. 09. 29 | 375. 3               |                      | 1. 227 | 2           |
| H25. 09. 16 | 323. 1               |                      | 1. 425 | 1           |
| H26. 08. 09 | 287. 4               |                      | 1. 603 | 2           |
| H27. 08. 26 | 263. 1               |                      | 1. 751 | 2           |
| H29. 10. 23 | 331. 7               |                      | 1. 388 | 2           |

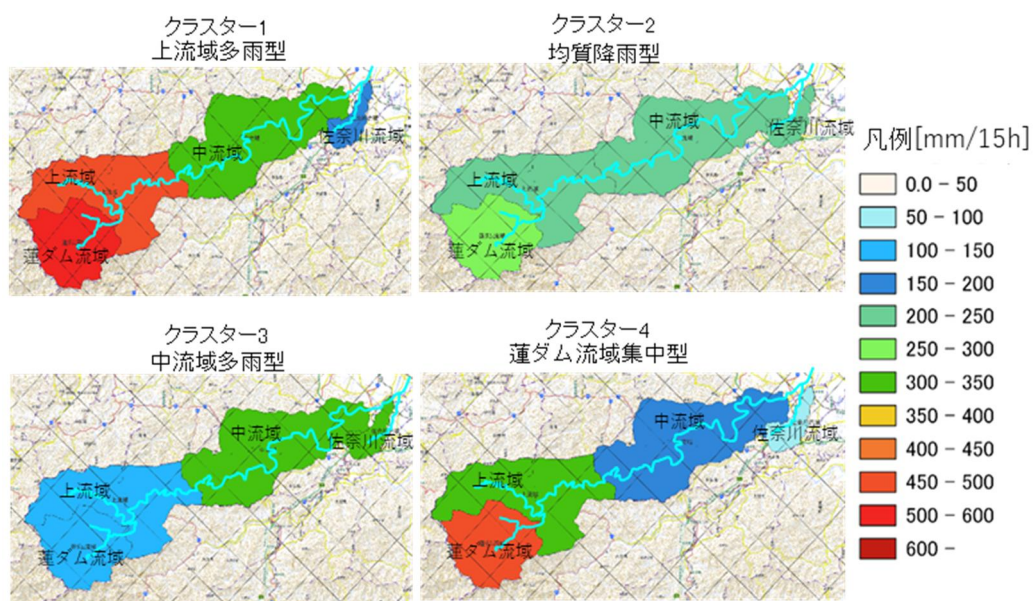


図 1-11-3 各クラスターの代表的な雨量分布

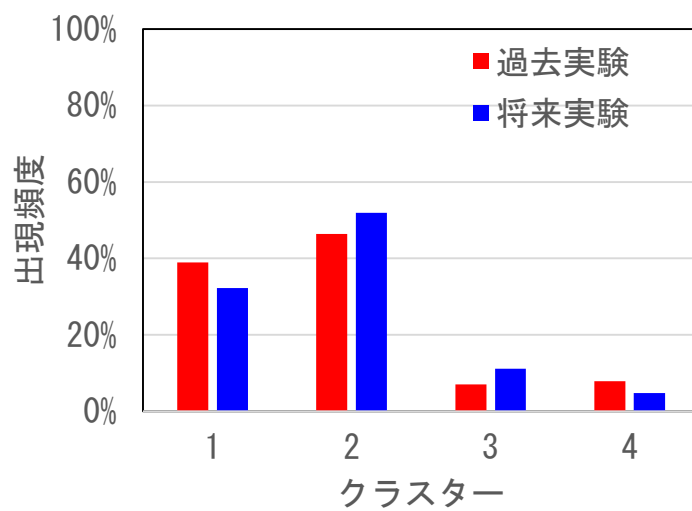


図 1-11-4 過去実験と将来実験の降雨の空間分布パターンの出現頻度

表 1-11-7 クラスター分析による主要洪水群に不足する降雨波形

| メンバー                | クラスター | 終了日時            | 15時間雨量<br>(mm) | 計画降雨量<br>(mm) | 拡大率   | 両郡橋地点ピーク流量<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) |
|---------------------|-------|-----------------|----------------|---------------|-------|-----------------------------------------|
| HFB_2K_HA_m105_2087 | 3     | 2087/8/17 18:00 | 348.9          | 461           | 1.320 | 4,303                                   |
| HFB_2K_MI_m101_2073 | 4     | 2073/7/27 12:00 | 405.7          |               | 1.135 | 5,349                                   |

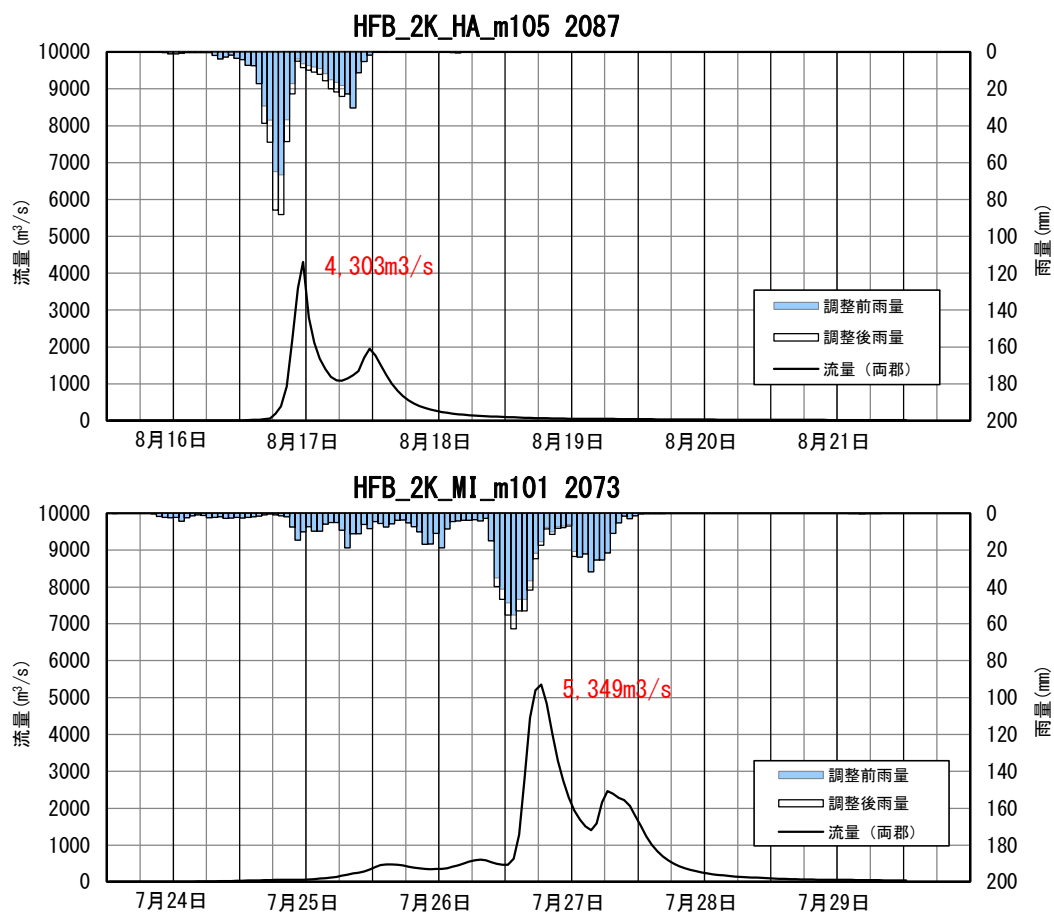


図 1-11-5 クラスター分析 抽出波形流出計算結果 (両郡橋地点)

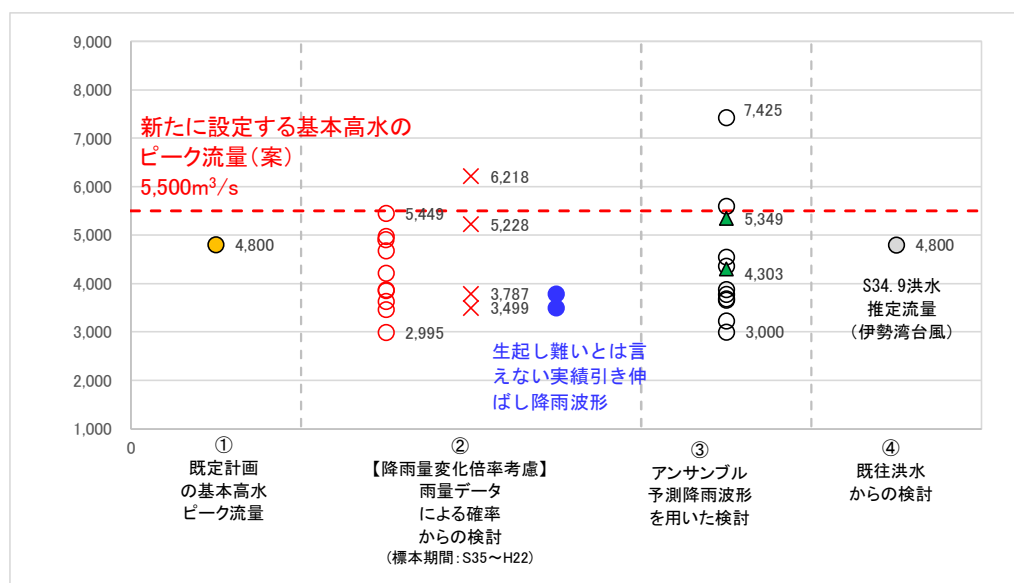
## 1-12 既往洪水からの検討

既往最大洪水となる昭和34年（1959年）9月洪水の実績ピーク流量は基準地点両郡橋で4,800 $\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

### 1-13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定

今後想定される気候変動の影響による水災害リスクの増大を考慮し、気候変動シナリオ RCP2.6 (2℃上昇相当) を想定した将来の降雨量の変化倍率1.1倍 (461mm/15h) を考慮して、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、櫛田川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点両郡橋で5,500m<sup>3</sup>/s (5,449m<sup>3</sup>/s) と設定する。



#### 【凡例】

②雨量データによる確率からの検討: 降雨量変化倍率(2℃上昇時の降雨量変化倍率 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を用いた検討: 気候変動予測モデルによる現在気候(1980 年～2010 年)及び将来気候(2℃上昇)のアンサンブル予測降雨波形

○: 対象降雨の降雨量(461mm/15h)の±10%に含まれる洪水

▲: 過去の実績降雨(主要洪水波形)に含まれていない将来増加する降雨パターン

④既往洪水からの検討: S34 洪水※推算値: 4,800m<sup>3</sup>/s

図 1-13-1 基本高水の設定に係る総合的判断 (基準地点両郡橋)

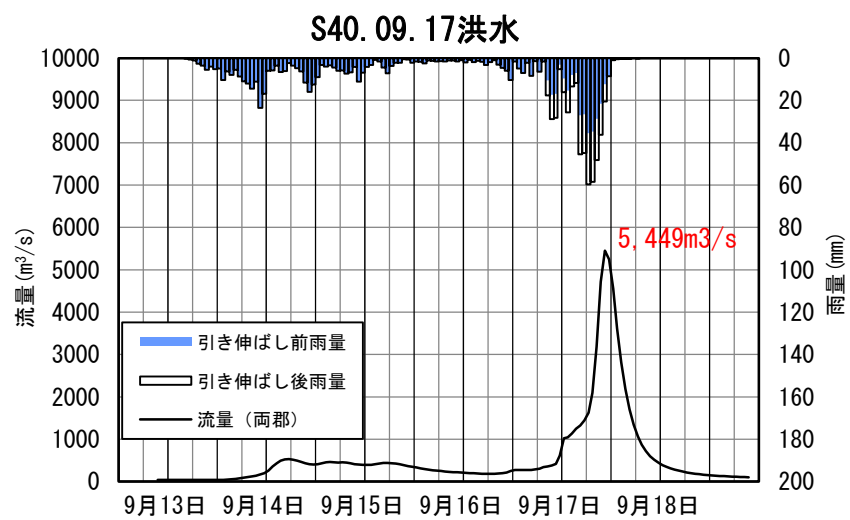


図 1-13-2 基本高水のピーク流量決定のハイドログラフ（昭和 40 年 9 月洪水）

## 2. 高水処理計画

櫛田川の既定高水処理計画は、基準地点両郡橋における基本高水のピーク流量 $4,800\text{m}^3/\text{s}$ に対し、洪水処理施設により $500\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、 $4,300\text{m}^3/\text{s}$ を河道で処理する計画としている。

今回、新たに基準地点両郡橋における基本高水のピーク流量を見直した結果、既定計画 $4,800\text{m}^3/\text{s}$ を $5,500\text{m}^3/\text{s}$ に変更する計画とした。

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、対象降雨の降雨量まで実績降雨を引き伸ばすことにより得られた主要降雨波形群を用いた。

両郡橋地点における基本高水のピーク流量 $5,500\text{m}^3/\text{s}$ のうち $900\text{m}^3/\text{s}$ を洪水処理施設により洪水調節し、 $4,600\text{m}^3/\text{s}$ とした計画高水流量は河道による処理が可能なことから、既定計画と同様に河道改修により対応する。

3. 計画高水流量

櫛田川の計画高水流量は、基準地点両郡橋において4,600m<sup>3</sup>/s、櫛田橋地点において4,700m<sup>3</sup>/sとする。

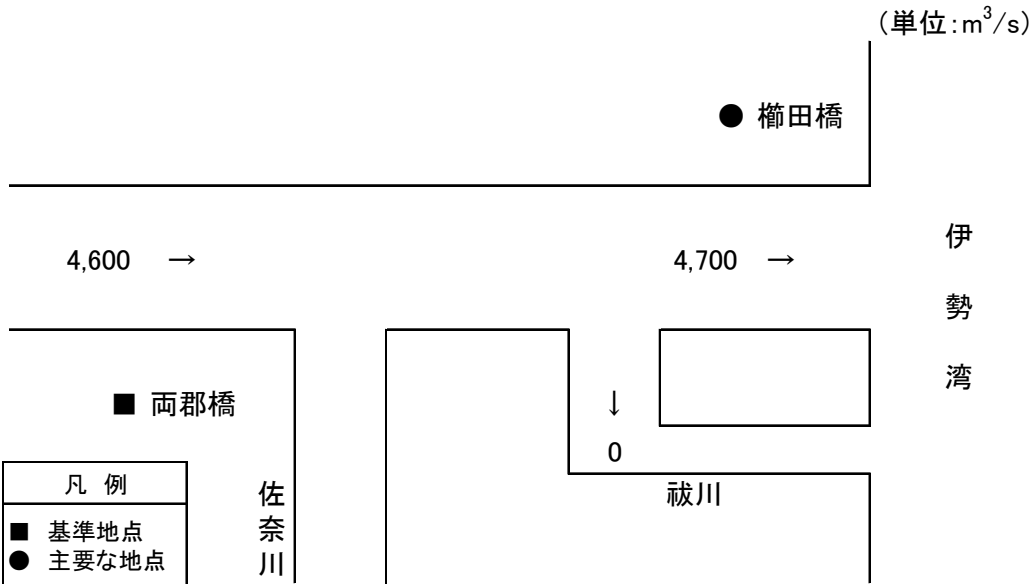


図 3-1 櫛田川計画高水流量図

#### 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を確保する。

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

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 | ※1 河口からの距離 (km) | 計画高水位 T. P. (m) | 川幅 (m) |
|-----|-----|-----------------|-----------------|--------|
| 櫛田川 | 両郡橋 | 14. 2           | 24. 46          | 160    |
|     | 櫛田橋 | 7. 8            | 13. 08          | 280    |

(注)T.P:東京湾中等潮位

※1: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、2100年までの平均海面水位の予測上昇範囲は、RCP2.6（2℃上昇に相当）で0.29-0.59mであり、RCP2.6シナリオの気候変動による水位上昇の平均値は0.43mとされている。

朔望平均満潮位による出発水位（気候変動による海面上昇考慮）を試算した。

①朔望平均満潮位＋最大偏差＋密度差：T.P.1.001m

②気候変動による海面上昇量：RCP2.6シナリオの平均値で0.43m

③上記の①＋②：T.P.1.431m

松阪港における伊勢湾台風の最高潮位から設定される出発水位T.P.+2.22mに対して低い値であり、気候変動により海面上昇した場合も櫛田川の出発水位に影響はない。

5. 河川管理施設等の整備の現状

櫛田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

堤防整備の現状（令和6年（2024年）3月末時点）は下表のとおりである。

表 5-1 堤防整備の現状（両郡橋地点）

|         | 延長（km） |
|---------|--------|
| 完成堤防    | 28.8   |
| 暫定堤防    | 15.9   |
| 暫々定堤防   | 1.7    |
| 堤防不必要区間 | 3.0    |
| 合計      | 49.4   |

※ 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。

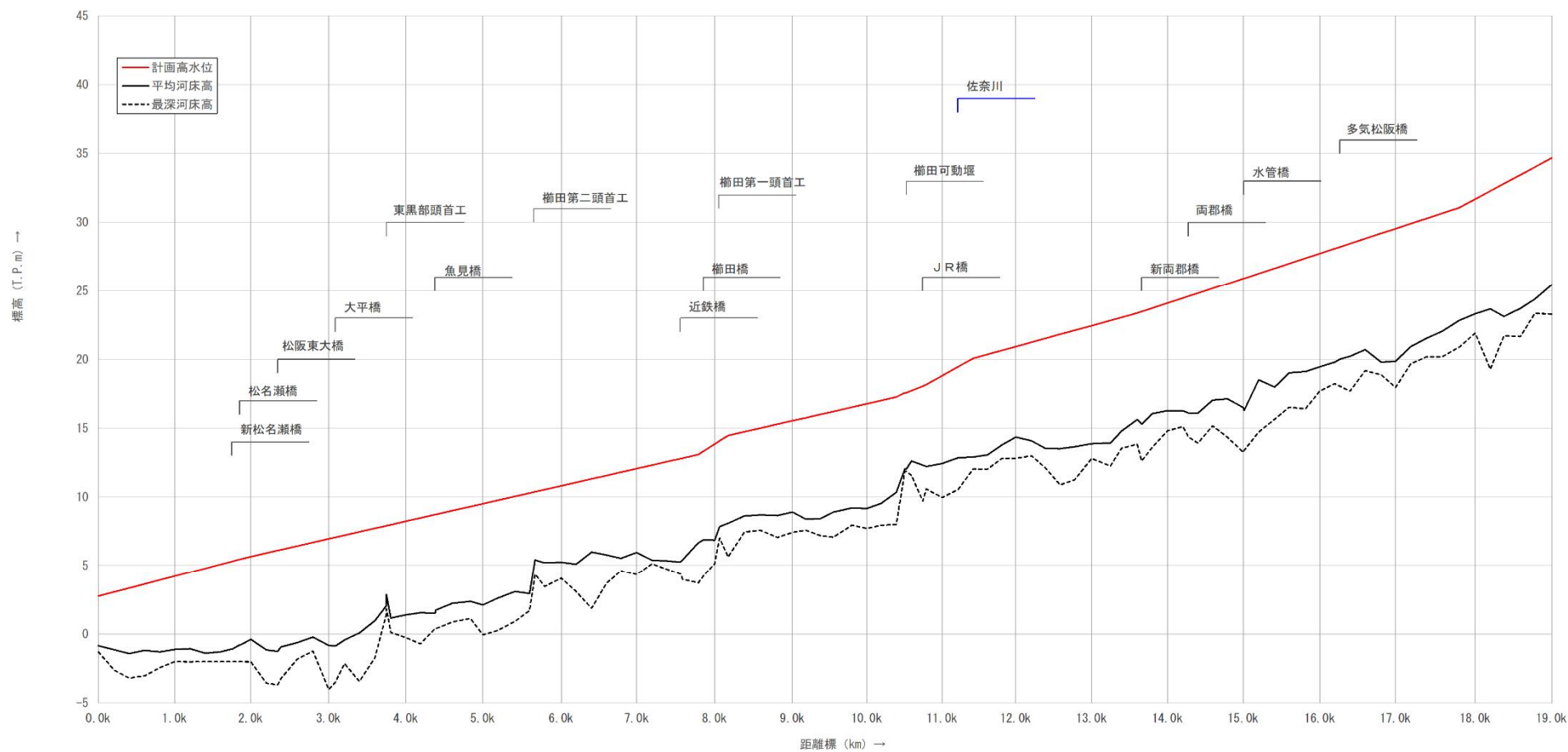
(2) 洪水調節施設等

完成施設                               ： 蓮ダム                       （治水容量：20,000千m<sup>3</sup>）  
事業中施設                            ： なし

(3) 排水機場等

河川管理施設    ： なし  
許可工作物       ： 5m<sup>3</sup>/s

※大臣管理区間の施設のみである。



| 距離標 (km)      | 0.0   | 1.0   | 2.0   | 3.0   | 4.0   | 5.0   | 6.0    | 7.0    | 8.0   | 9.0    | 10.0   | 11.0   | 12.0   | 13.0   | 14.0   | 15.0   | 16.0   | 17.0   | 18.0   | 19.0   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 計画高水位 (T.P.m) | 2.753 | 4.211 | 5.663 | 6.949 | 8.231 | 9.506 | 10.808 | 12.059 | 13.84 | 15.535 | 16.773 | 18.809 | 20.923 | 22.448 | 24.094 | 25.903 | 27.731 | 29.541 | 31.688 | 34.685 |
| 平均河床高 (T.P.m) | -0.86 | -1.12 | -0.39 | -0.83 | 1.39  | 2.11  | 5.24   | 5.95   | 6.86  | 8.90   | 9.16   | 12.44  | 14.35  | 13.88  | 16.27  | 16.49  | 19.46  | 19.86  | 23.32  | 25.44  |
| 最深河床高 (T.P.m) | -1.30 | -2.00 | -2.01 | -4.03 | -0.26 | -0.06 | 4.06   | 4.34   | 5.15  | 7.43   | 7.71   | 9.96   | 12.82  | 12.80  | 14.81  | 13.25  | 17.70  | 17.96  | 21.91  | 23.29  |

図 5-1 櫛田川縦断面図