

北上川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料

令和8年3月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

1	基本高水の検討	1
1-1	工事実施基本計画	1
1-2	河川整備基本方針	2
1-3	河川整備基本方針策定後の状況	4
1-4	流出計算モデルの構築	7
1-5	基本高水のピーク流量の設定	26
1-6	対象降雨の継続時間の設定	27
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.....	54
1-8	対象降雨波形の設定	63
1-9	対象降雨の地域分布及び時間分布の検討	67
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.....	81
1-11	アンサンブル予測降雨波形による検討	88
1-12	既往洪水からの検討	108
1-13	総合的判断による基本高水のピーク流量の決定	109
2	高水処理計画	113
3	計画高水流量	114
4	河道計画	118
5	河川管理施設等の整備の状況	120

1 基本高水の検討

1-1 工事実施基本計画

1-1-1 当初計画、第一次改訂計画及び第二次改定計画

北上川の治水に関する当初計画は、明治43年(1910年)の大洪水を契機として下流部(宮城県側)を対象に明治44年(1911年)に策定し、明治44年(1911年)から昭和9年(1934年)まで事業を進めた。一方、厳しい財政状況から治水対策への機運に恵まれなかった上流部(岩手県側)では、下流部改修の制約を受け、狭窄部下流への計画高水流量の増加が困難であったことから、上流部に5つのダムを設け洪水量を低減することとし、狐禅寺における基本高水のピーク流量を $7,700\text{m}^3/\text{s}$ 、計画高水流量を $5,600\text{m}^3/\text{s}$ とする当初計画を昭和16年(1941年)に策定した。

しかしながら、工事の進展を見ないうちに昭和22年(1947年)9月(カスリン台風)の出水により狐禅寺における流量は当初計画の流量をはるかに越える $8,600\text{m}^3/\text{s}$ に及ぶ既往最大流量となり、全流域にわたって大災害を被った。更に翌年9月(アイオン台風)にも前年度に匹敵する大洪水に遭い、北上川流域は2年連続の大災害を被った。このため、当初計画では流域の安全性を確保できないことが実証され、計画を全面的に改定する必要性が生じ、昭和22年(1947年)9月洪水を対象として計画の見直しを行い、狐禅寺における計画高水流量を $6,300\text{m}^3/\text{s}$ とし、昭和24年(1949年)に第1次改定、昭和28年(1953年)に第2次改定を行った。

1-1-2 工事実施基本計画

(1) 計画規模

当初計画については、昭和39年(1964年)に制定の河川法に基づき昭和40年(1965年)に策定した工事実施基本計画に引き継いだ。その後も計画高水流量に迫る大出水が相次いで生じたため、北上川では昭和48年(1973年)に、流域の資産状況を考慮して盛岡市街地(明治橋)の治水安全度を $1/150$ 、狐禅寺の治水安全度を $1/100$ と設定した。また、旧北上川では昭和55年(1980年)に和渕において治水安全度を $1/150$ と設定した。

(2) 対象降雨量

対象降雨継続時間は、実績の継続時間を考慮して2日を採用した。

北上川の明治橋上流は明治35年(1902年)～昭和41年(1966年)(65年間)、狐禅寺上流は大正元年(1912年)～昭和41年(1966年)(55年間)、旧北上川の和渕上流は大正2年(1913年)～昭和49年(1974年)(62年間)を確率処理し、明治橋で $226\text{mm}/2$ 日、狐禅寺で $194\text{mm}/2$ 日、和渕で $267\text{mm}/2$ 日にそれぞれ決定した。

(3) 流出計算モデルの設定

北上川は立神法による単位図法により、旧北上川は貯留関数法により流出量を算出した。

(4) 基本高水のピーク流量の決定

基本高水のピーク流量は、流出計算結果から北上川の明治橋地点においては昭和 22 年（1947 年）9 月型洪水を採用し 6,200m³/s に、狐禅寺地点においては昭和 22 年（1947 年）9 月型洪水を採用し 13,000m³/s に、旧北上川の和渕地点においては昭和 22 年（1947 年）9 月型洪水を採用し 4,100m³/s にそれぞれ決定した。

1-2 河川整備基本方針

(1) 計画規模

平成 9 年（1997 年）に改正された河川法に基づき、北上川水系に係わる治水・利水・環境を考慮した河川の総合的管理を確保するため、平成 18 年（2006 年）11 月に北上川水系河川整備基本方針を策定した。この計画において、基準地点狐禅寺の治水安全度を 1/150 に引き上げた。なお、北上川の明治橋と旧北上川基準地点和渕は治水安全度 1/150 を踏襲した。

(2) 対象降雨量

対象降雨継続時間は、実績の継続時間を考慮して 2 日を採用した。

明治橋上流は明治 35 年（1902 年）～平成 15 年（2003 年）（102 年間）を確率処理し、SLSC ≤ 0.04 となる確率分布モデルを確認した結果、203.0～244.8mm/2 日となり、工事实施基本計画の計画 2 日雨量である 226mm/2 日が範囲内であることを確認した。

狐禅寺上流は大正元年（1912 年）～平成 15 年（2003 年）（92 年間）を確率処理し、SLSC ≤ 0.04 となる確率分布モデルを確認した結果、191.3mm～227.2mm/2 日となり、確率分布モデルの平均値となる 200mm/2 日と決定した。

和渕上流は大正元年（1912 年）～平成 15 年（2003 年）（92 年間）を確率処理し、SLSC ≤ 0.04 となる確率分布モデルを確認した結果、237.4～275.1mm/2 日となり、工事实施基本計画の計画 2 日雨量である 267mm/2 日が範囲内であることを確認した。

(3) 流出計算モデルの設定

貯留関数法による流出計算モデルにより流出量を算出した。

(4) 基本高水のピーク流量の決定

基本高水のピーク流量は、流出計算結果から北上川の明治橋地点においては昭和 22 年（1947 年）9 月型洪水を採用し 6,200m³/s に、狐禅寺地点においては昭和 22 年（1947 年）9 月型洪水を採用し 13,600m³/s に、旧北上川の和渕地点においては昭和 22 年（1947 年）9 月型洪水を採用し 4,100m³/s にそれぞれ決定した。

(5) 流量確率評価による検証

基本高水のピーク流量の妥当性を示すため、年最大洪水の氾濫戻し流量を算定し、確率分布モデルにより計画規模の確率流量を評価した。

明治橋においては明治 39 年（1906 年）～平成 15 年（2003 年）（98 年間）を確率処理し、 $SLSC \leq 0.04$ となる確率分布モデルを確認した結果、 $5,200 \sim 6,400 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、基本高水のピーク流量 $6,200 \text{ m}^3/\text{s}$ が範囲内であることを確認した。

狐禅寺においては昭和 22 年（1947 年）～平成 15 年（2003 年）（57 年間）を確率処理し、 $SLSC \leq 0.04$ となる確率分布モデルを確認した結果、 $11,500 \sim 14,600 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、基本高水のピーク流量 $13,600 \text{ m}^3/\text{s}$ が範囲内であることを確認した。

和渕においては昭和 22 年（1947 年）～平成 15 年（2003 年）（57 年間）を確率処理し、 $SLSC \leq 0.04$ となる確率分布モデルを確認した結果、 $3,400 \sim 4,400 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、基本高水のピーク流量 $4,100 \text{ m}^3/\text{s}$ が範囲内であることを確認した。

(6) 既往洪水からの検証

北上川水系における戦後の大規模出水では、カスリン台風による昭和 22 年（1947 年）9 月洪水、アイオン台風による昭和 23 年（1948 年）9 月洪水が著名である。

北上川における狐禅寺上流としては昭和 22 年（1947 年）9 月洪水が計画雨量相当の雨が降り、氾濫戻し流量 $12,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度の出水があったものと推定された。

旧北上川における和渕上流としては昭和 23 年（1948 年）9 月洪水が計画雨量相当の雨が降り、氾濫戻し流量 $4,097 \text{ m}^3/\text{s}$ の出水があったものと推定された。

(7) 歴史的洪水による検証

文献等（被害、雨量の記録）により、明治 43 年（1910 年）9 月洪水が北上川上流での雨量観測史上最大となる洪水と考えられるため、天気図や等雨量線図から類似降雨を選定して流出計算を実施した。更に実績浸水区域や明治橋の実績水位と比較することで氾濫戻し流量の妥当性を検証した結果、主要な地点である明治橋におけるピーク流量は $6,200 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度であったと推定された。

(8) 河川整備基本方針の変更

平成 23 年（2011 年）3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波により、太平洋沿岸域で甚大な被害が発生するとともに、地殻変動による広域的な地盤沈下が発生したことから、河口部における津波・高潮対策や地盤沈下等に対応するため、平成 24 年（2012 年）11 月に河川整備基本方針を変更した。

1-3 河川整備基本方針策定後の状況

河川整備基本方針を策定した平成 18 年（2006 年）11 月以降、計画高水を上回る洪水は発生していない。

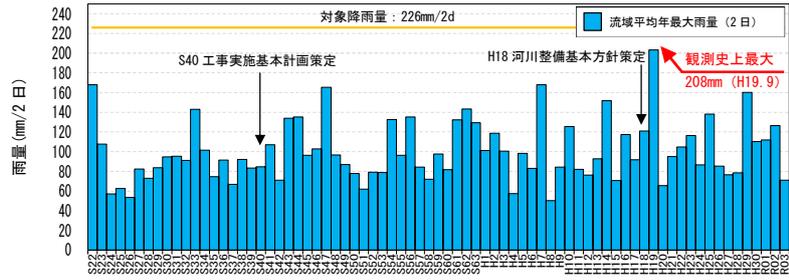
表 1-3-1 主な災害と河川整備基本方針及び事業の変遷

年代	主な災害と治水計画の変遷		主な事業の変遷	
			岩手県側	宮城県側
明治	M43.8~9	洪水(前線) 明治橋上流域2日雨量 257mm 明治橋流量 推定 6,200m ³ /s 程度		
	M44	下流部(宮城県側)当初計画 ○計画高水流量:5,570m ³ /s(県境),4,730m ³ /s(柳津下流) 旧北上川分派量 840m ³ /s		M44 新北上川開削工事着手
大正	T10	江合川・鳴瀬川基本計画		T5 脇谷・鶯波洗堰着手 T14 飯野川可動堰着手
	S16	上流部(岩手県側)当初計画 ○計画高水流量:5,600m ³ /s(狐禅寺)	S16 田瀬ダム着手(S19 工事一時中断)	S7 脇谷・鶯波洗堰、飯野川可動堰完成 S8 新江合川開削着手 S9 新北上川開削工事完成
	S22.9	洪水(カスリン台風)狐禅寺上流域2日雨量 187mm 狐禅寺流量 推定 8,600m ³ /s(戦後最大)	S21 石淵ダム着手	S20 江合川河道掘削着手
	S23.9	洪水(アイオン台風)狐禅寺上流域2日雨量 161mm 狐禅寺流量 推定 7,500m ³ /s(戦後2位)		
	S24	第一次改定計画(岩手・宮城県) ○計画高水流量:6,300m ³ /s(狐禅寺),6,500m ³ /s(登米) 旧北上川分派量 0m ³ /s	S25 田瀬ダム工事再開	
	S28	北上特定地域総合開発計画	S28 石淵ダム竣工、湯田ダム着手	S27 鳴子ダム着手
	S28	第二次改定計画 ○計画高水流量:6,300m ³ /s(狐禅寺),6,500m ³ /s(登米)	S29 田瀬ダム竣工 S37 四十四田ダム着手 S39 湯田ダム竣工	S29 新江合川開削完了
	S40	北上川水系工事実施基本計画策定 ○計画高水流量:6,300m ³ /s(狐禅寺),6,500m ³ /s(登米) 旧北上川分派量 0m ³ /s	S42 御所ダム着手 S43 四十四田ダム竣工 S47 一閑遊水地事業着手	S32 鳴子ダム竣工、江合川流頭工完成 S33 新江合川通水開始
	S48	北上川水系工事実施基本計画 第1回改定 ○計画高水流量:8,500m ³ /s(狐禅寺 194mm/2日:1/100) 8,700m ³ /s(登米),旧北上川分派量 0m ³ /s		S40 江合川河道掘削完了 S43 北上大堰着手 S54 北上大堰完成
	S55	北上川水系工事実施基本計画 第2回改定 ○計画高水流量:2,500m ³ /s(和潟 267mm/2日:1/150)	S56 御所ダム竣工 S58 一閑遊水地周囲堤工事着手 S63 胆沢ダム着手	S55 飯野川可動堰撤去着手 S57 飯野川可動堰撤去完了
昭和	S56.8	洪水(台風15号) 狐禅寺上流域2日雨量 149mm 狐禅寺流量 実績 4,750m ³ /s		
	H10.8	洪水(前線+台風5号)狐禅寺上流域2日雨量 122mm 狐禅寺流量 実績 3,950m ³ /s	H11 砂鉄川改修緊急治水対策着手	H8 旧北上川分派施設改築着手
	H14.7	洪水(台風6号) 狐禅寺上流域2日雨量 160mm 狐禅寺流量 実績 4,430m ³ /s		
	H18	北上川水系河川整備基本方針策定 ○計画高水流量:8,500m ³ /s(狐禅寺 200mm/2日:1/150) 8,700m ³ /s(登米),旧北上川分派量 0m ³ /s	H18 狭隘地区土地利用一体型水防災事業着手 H19 砂鉄川改修緊急治水対策完了	H19 旧北上川分派施設改築完成
	H19.9	洪水(前線) 明治橋上流域2日雨量 208mm(戦後最大) 狐禅寺上流域2日雨量 173mm 狐禅寺流量 実績 4,050m ³ /s		
	H20.6	岩手・宮城内陸地震発生 震源:岩手県内陸南部 最大震度:震度6強	H20 中流部緊急治水対策着手	
	H23.3	東北地方太平洋沖地震発生 震源:杜鹿半島の東南東 約130km付近 最大震度:震度7	H25 胆沢ダム竣工	
	H24.11	北上川水系河川整備基本方針変更		

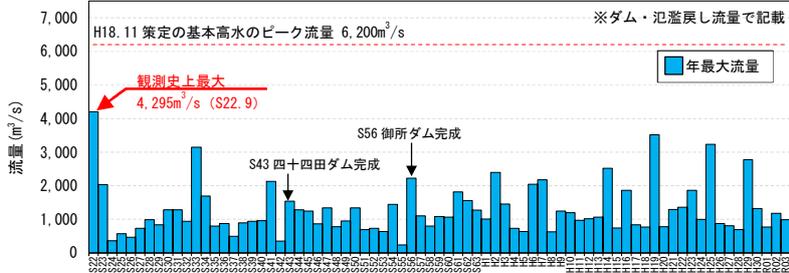
表 1-3-2 治水計画(流量改定)の変遷

計画名	上下流別	策定年	計画高水流量			計画の概要等
			明治橋	狐禅寺	和潟	
当初計画	下流部	M44	—	—	1,950m ³ /s	明治43年洪水を契機として、直轄河川としての改修事業を開始
	上流部	S16	980m ³ /s	5,600m ³ /s	—	大正2年8月洪水を対象とし、狭窄部下流への流量低減のため5つのダム建設を計画
第一次改定	上・下流部	S24	1,900m ³ /s	6,300m ³ /s	3,000m ³ /s	昭和22年カスリン台風、昭和23年アイオン台風による甚大な被害を受けたのを契機に当初計画を改定
第二次改定	上・下流部	S28	3,000m ³ /s	6,300m ³ /s	2,000m ³ /s	
工実施基本計画	上・下流部	S40	3,000m ³ /s	6,300m ³ /s	2,000m ³ /s	河川法の制定に基づき工実施基本計画を策定
工実施基本計画(改定)	上流部	S48	3,700m ³ /s	8,500m ³ /s	—	流域内の資産増大並びに開発に伴い、水系一貫とした治水安全度を確保する計画を策定
	下流部	S55	—	—	2,500m ³ /s	
河川整備基本方針	上・下流部	H18	3,100m ³ /s	8,500m ³ /s	2,500m ³ /s	平成9年の河川法改正に伴い、治水・利水・環境に配慮した河川整備基本方針を策定
河川整備基本方針	上・下流部	H24	3,100m ³ /s	8,500m ³ /s	2,500m ³ /s	東北地方太平洋沖地震の発生を契機として、河川整備基本方針を変更(施設計画上の津波水位等の設定、計画高水位等の変更)

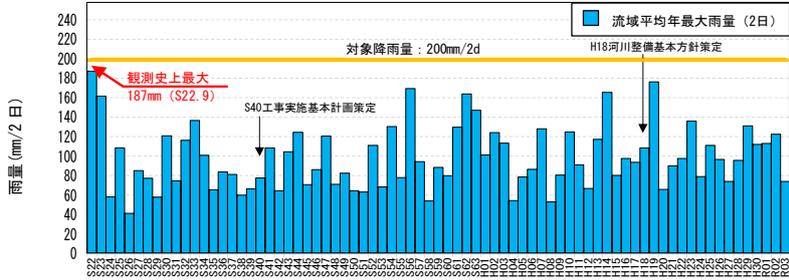
流域平均年最大雨量（明治橋）



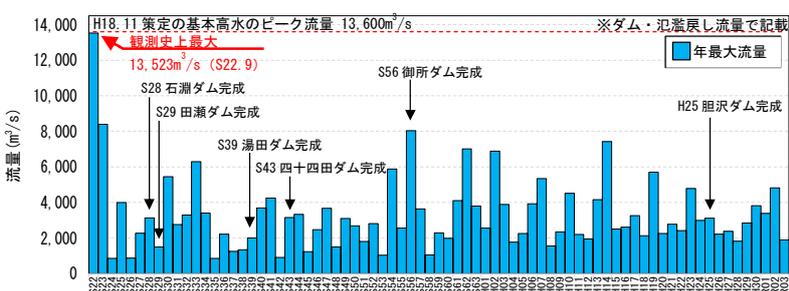
年最大流量（明治橋）



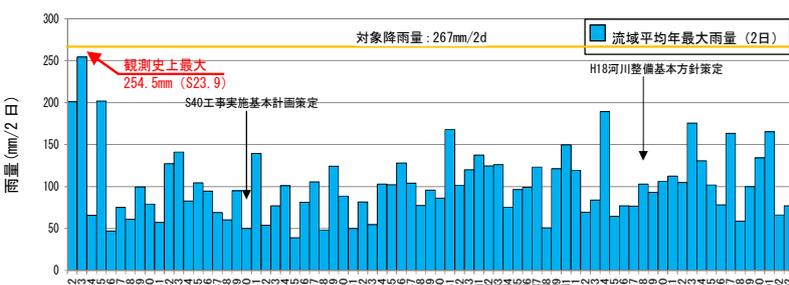
流域平均年最大雨量（狐禅寺）



年最大流量（狐禅寺）



流域平均年最大雨量（和渕）



年最大流量（和渕）

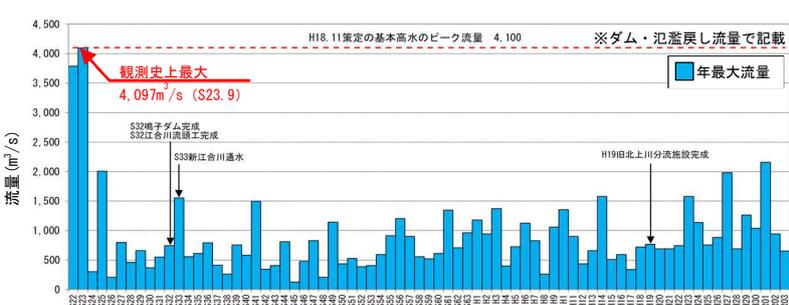


図 1-3-1 年最大雨量・流量

1-4 流出計算モデルの構築

1-4-1 北上川の流出解析モデル

降雨を流量ハイドログラフに変換するための流出モデル（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した。

主要河川区間については一次元不定流計算モデル（河道区間）及び平面二次元不定流計算モデル（氾濫原）を適用した流出解析モデルを構築した。

なお、利水ダム位置で流域を新たに分割して流出計算モデルに反映させた。近年洪水における再現性の確認は、基準地点及び主要な地点で行った。

(1) 流出解析モデルの概要

流出解析は貯留関数法を採用しており、流域及び河道定数の一次推定値は、利根川経験式により算定している。

貯留関数法の基礎式を次に示す。

① 流域の基礎式

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

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

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

ただし、

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

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

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

ここで

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

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

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

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

$r_{(t)}$ ：流域平均降雨強度【mm/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】

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

R_0 : 初期損失雨量【mm】、 R_{sa} : 飽和雨量【mm】、 R_{sum} : 総降雨量【mm】*2

Q_{sum} : 総直接流出量【m³】、 f_I : 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ューセン分割を用いて計算された流域平均時間雨量。初期損失雨量分を含む。

*2 降り始めからの雨量より初期損失雨量を控除したもの。

② 河道の基礎式

i) 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 T_l を考慮した流出量【m³/s】、

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

ii) 一次元不定流計算モデル

連続の式

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

運動方程式

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

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

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} l_b^{1/2}$$

$$\frac{T_r}{\rho} = \frac{gU}{A^{1/3}} \cdot \left(\sum S_i \cdot n_i^{3/2} \right)^{4/3}$$

A : 流れの断面積【m²】、 x : 流下方向に沿った座標【m】、 H : 水位【m】、

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

ρ : 水の密度【kg/m³】、 g : 重力加速度【m/s²】、 U : 断面平均流速【m/s】、

l_b : 河床勾配、 $R(= A/S)$: 径深【m】、 S_i : 同一の粗度を有する i 番目の潤辺部の長さ【m】、

n_i : 潤辺部での粗度係数【m^{-1/3}・s】、 t : 時間【s】

iii) 平面二次元不定流計算モデル

連続の式

$$\gamma_v \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\gamma_x M) + \frac{\partial}{\partial y}(\gamma_y N) = q$$

運動方程式

$$\begin{aligned} \gamma_v \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\gamma_x M u) + \frac{\partial}{\partial y}(\gamma_y N u) \\ = -g\gamma_v \cdot h \frac{\partial H}{\partial x} - g \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} - \frac{1}{2} \gamma_v C_D' (1 - \gamma_v) \frac{M \sqrt{M^2 + N^2}}{h} \\ \gamma_v \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\gamma_x M v) + \frac{\partial}{\partial y}(\gamma_y N v) \\ = -g\gamma_v \cdot h \frac{\partial H}{\partial y} - g \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} - \frac{1}{2} \gamma_v C_D' (1 - \gamma_v) \frac{N \sqrt{M^2 + N^2}}{h} \end{aligned}$$

h : 水深、 u, M : x 方向の流速と単位幅流量、 v, N : y 方向の流速と単位幅流量、
 q : 下水道からの氾濫や樋門・樋門等の排水量、

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

γ_v : 空隙率(1 - 建物占有率)、 γ_x, γ_y : x, y 方向の透過率

(2) 流域分割及び流出解析モデルの作成

北上川水系には第四紀火山地帯が分布しており、その他の地質区分と飽和雨量の設定を分けている。第四紀火山岩地帯を含む流域については、以下に示すように飽和を考慮する区域（非第四紀火山岩地帯）と第四紀火山岩地帯に分けて流出量を算定している（図 1-4-1）。

流域分割は、現行河川整備基本方針時の計画等との整合及び本川の主要な地点、ダム地点、支川の主要な地点での検証を行えるよう、現行河川整備基本方針の流域分割を基にしているが、利水ダムの存在する流域について更に細分化して 104 流域（図 1-4-2）に分割した。

また、北上川水系の遊水地等による洪水調節施設を適切に表現するため、貯留関数モデルを改良し、主要河川区間の河道は不定流計算モデルを適用した（図 1-4-3）。

- 飽和雨量を考慮する区域（非第四紀火山岩地帯）からの流出

飽和雨量を考慮する区域では、降雨初期には $f=f_i$ （1 次流出率という）として $f_i A$ 面積（流出域という）だけで流出が発生することとし、累加雨量が R_{sa} （飽和雨量）を越えると $f=1.0$ （飽和流出率）となって残りの $(1-f_i) A$ の部分（浸透域）からも R_{sa} 以降の降雨によって流出が発生すると考える。

- 第四紀火山岩地帯からの流出量

第四紀火山岩地帯では、一般的に飽和雨量（ R_{sa} ）は 280～430mm とされている（水文研究資料 貯留関数法 工学博士 木村俊晃 1975）。北上川水系における 2 日雨量では 280mm を越えたことがないため $R_{sa}=\infty$ として考え、流域からの流出量は次式により算出する。

$$Q = \underbrace{\frac{1}{3.6} f_1 A_1 \cdot q_1 + \frac{1}{3.6} (1-f_1) A_1 \cdot q_{sal}}_{\text{飽和雨量を考慮する区域}} + \underbrace{\frac{1}{3.6} f_1 A_2 \cdot q_1 + Q_b}_{\text{第四紀火山岩地帯}}$$

ここで、

f_i : 1 次流出率 (0.5)

A_1 : 飽和雨量を考慮する面積

A_2 : 第四紀火山岩地帯の面積

q_1 : 全降雨による流出高 (mm/h)

q_{sal} : 飽和点以後の降雨による流出高 (mm/h)

Q_b : 基底流量 (m^3/s)

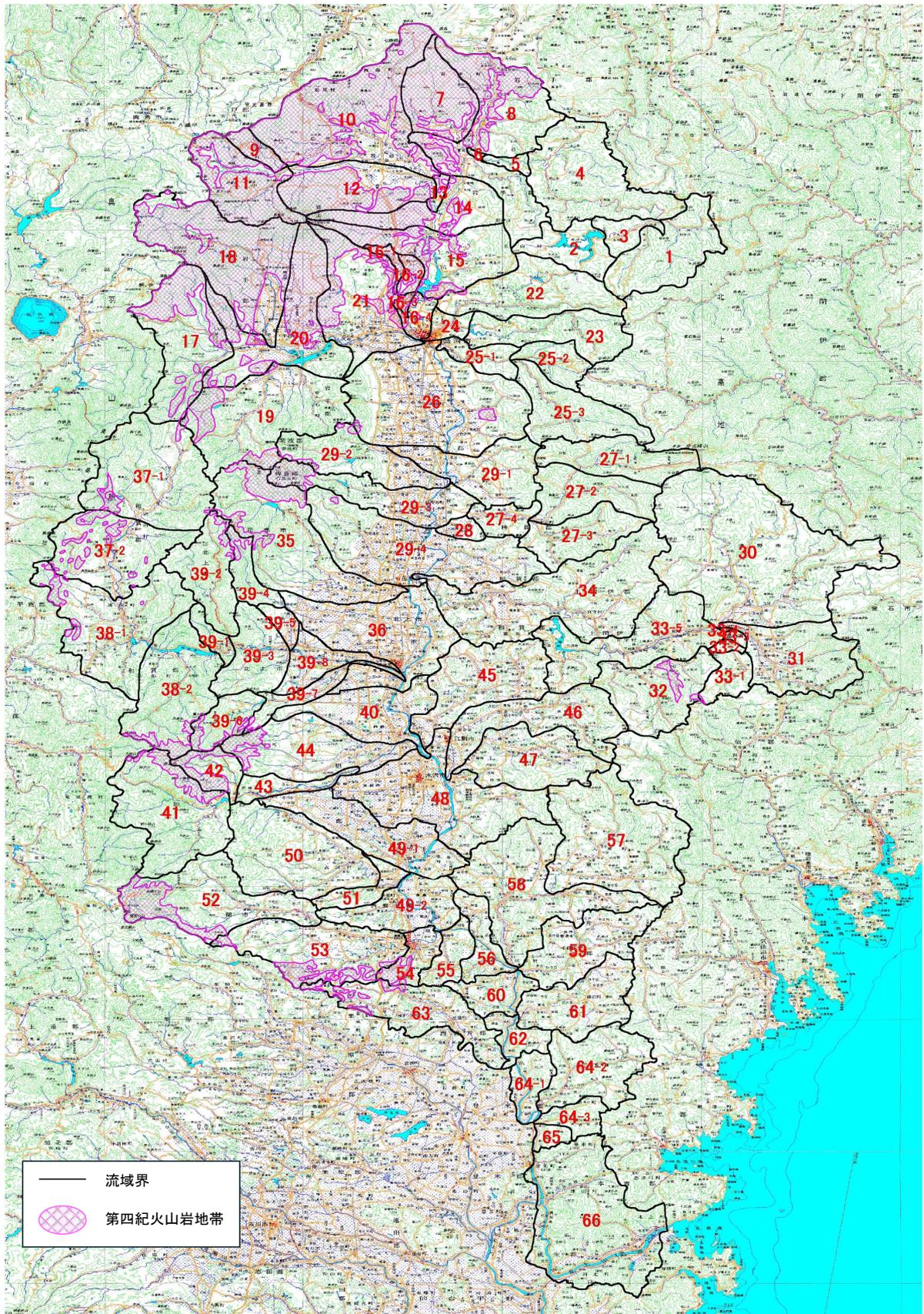


図 1-4-1 第四紀火山岩地帯の分布



図 1-4-2 利水ダム流域を再分割した流域分割図

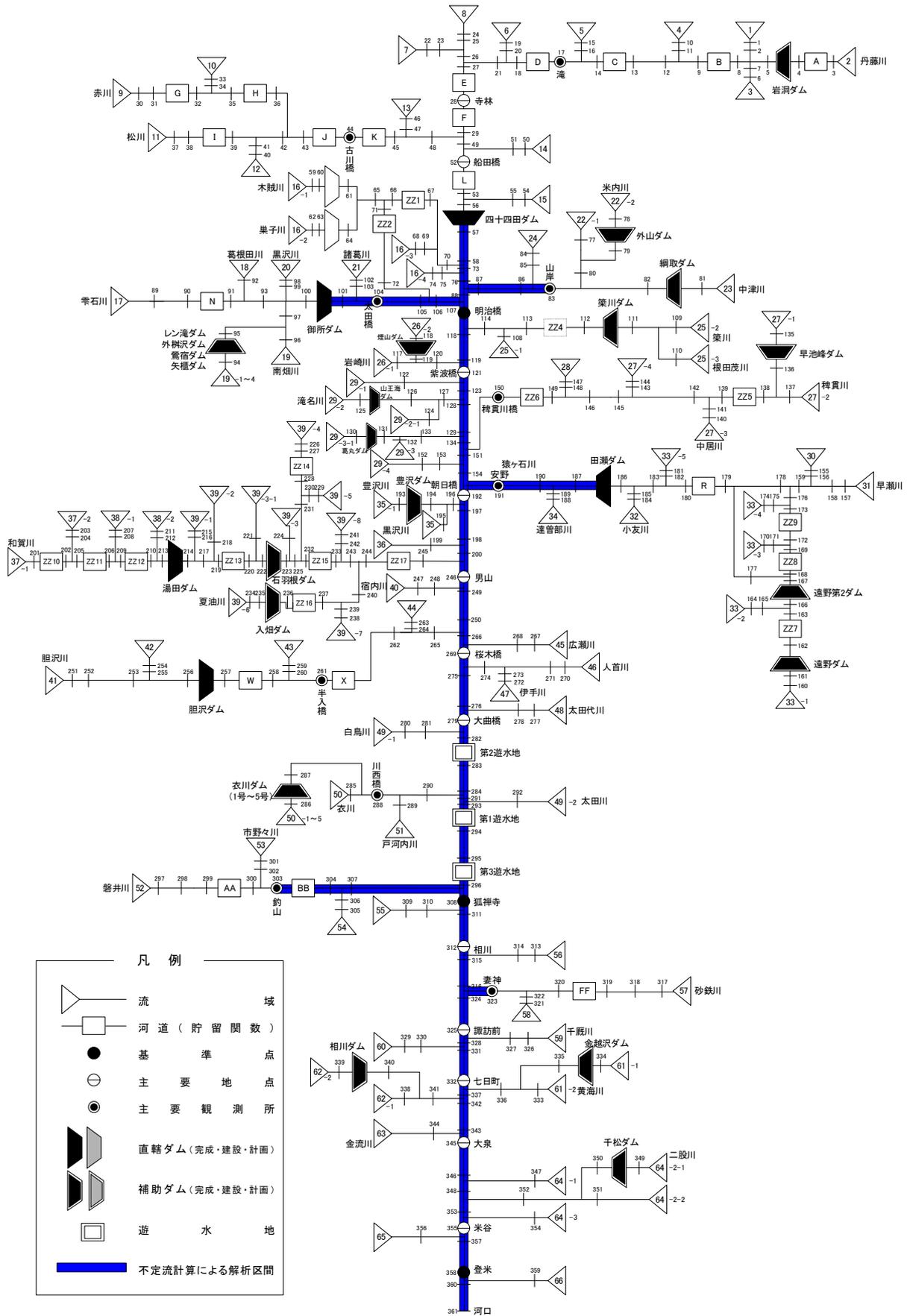


図 1-4-3 流出解析モデル模式図 (貯留関数+不定流計算)

(3) 貯留関数のモデル定数の設定

既往の貯留関数モデルの流域定数は、先に記述した利根川式を基に一次推定値を設定し、検証洪水（戦後最大洪水である昭和 22 年（1947 年）9 月洪水及び戦後第 2 位洪水である昭和 23 年（1948 年）9 月洪水を含む 11 洪水）を対象に定数解析を実施している。

ここで、利水ダムを考慮するために細分化した流域の定数は元の流域定数を採用した。

計画で採用されている流域定数を表 1-4-1 に、河道諸元及び計画の河道定数を表 1-4-2 に示す。

また、計画飽和雨量は、過去の実績洪水の検証計算により、流域毎に設定した（表 1-4-3）。

表 1-4-1(1) 流域定数一覧

流域名		流域面積 (km ²)	遅れ時 間(分)	定数 K	定数 P	一次流 出率 f ₁	備 考
1-R	丹藤上流	95.40	24.0	47.300	0.360	0.5	
2-R	岩洞ダム	47.90	18.0	37.000	0.436	0.5	岩洞ダム
3-R	岩洞ダム残	24.10	0.0	58.000	0.307	0.5	
4-R	残流域	146.50	24.0	44.500	0.378	0.5	
5-R	残流域	8.30	0.0	62.500	0.289	0.5	
6-R	丹藤川残	2.30	0.0	54.300	0.323	0.5	
7-R	一方井川	84.31	36.0	45.200	0.373	0.5	
8-R	北上上流	184.91	48.0	42.600	0.391	0.5	
9-R	赤川上流	18.81	12.0	60.900	0.296	0.5	
10-R	赤川	209.91	36.0	45.400	0.372	0.5	
11-R	松川上流	90.51	24.0	57.000	0.311	0.5	
12-R	松川	95.61	30.0	62.100	0.291	0.5	
13-R	松川残	1.61	0.0	39.600	0.414	0.5	
14-R	北上川残	75.41	24.0	63.700	0.285	0.5	
15-R	北上川残	110.41	18.0	56.300	0.314	0.5	
16-1-R	木賊川上流域	5.67	0.0	18.175	0.330	0.5	
16-2-R	巢子川	11.36	0.0	14.415	0.330	0.5	
16-3-R	残流域	3.87	0.0	10.930	0.330	0.5	
16-4-R	北上川残	16.30	30.0	35.100	0.455	0.5	
22-R	米内川	75.20	54.0	27.900	0.365	0.5	
22-1-R		32.70	54.0	27.900	0.365	0.5	外山ダム分割
23-R	綱取ダム流域	83.00	54.0	28.200	0.362	0.5	
24-R	中津川(残流)	12.30	0.0	27.100	0.373	0.5	
17-R	雫石川上流	125.80	30.0	45.400	0.313	0.5	
18-R	葛根田川	181.90	78.0	35.200	0.381	0.5	
19-1-R		51.50	66.0	32.300	0.408	0.5	レン滝ダム他分割
19-R	南畑川	136.70	66.0	32.300	0.408	0.5	
20-R	黒沢川	139.10	54.0	42.600	0.328	0.5	
21-R	諸葛川	115.00	60.0	31.500	0.332	0.5	
25-1-R	残流域	30.80	0.0	48.500	0.330	0.5	
25-2-R	築川上流域	35.10	0.0	28.100	0.330	0.5	
25-3-R	根田茂川流域	82.10	30.0	47.700	0.330	0.5	
26-R	岩崎川	236.30	66.0	27.800	0.366	0.5	
26-1-R		10.80	66.0	27.800	0.366	0.5	煙山ダム分割
29-1-R	残流域	88.12	24.0	53.400	0.353	0.5	
29-2-R	滝名川	37.70	54.0	48.600	0.380	0.5	
29-2-1-R		34.02	54.0	48.600	0.380	0.5	山王海ダム分割
29-3-R	残流域	61.09	48.0	48.800	0.378	0.5	
29-3-1-R		22.50	48.0	48.800	0.378	0.5	葛丸ダム分割
27-1-R	早池峰ダム	75.10	60.0	50.000	0.330	0.5	
27-2-R	残流域-I	79.00	60.0	37.000	0.330	0.5	
27-3-R	中居川流域	70.90	60.0	37.000	0.330	0.5	
27-4-R	残流域-II	37.50	60.0	37.000	0.330	0.5	
28-R	稗貫川(残流)	11.18	60.0	37.000	0.330	0.5	
29-4-R		172.47	42.0	46.500	0.393	0.5	
30-R	猿ヶ石川	348.54	126.0	66.700	0.368	0.5	
31-R	早瀬川	111.24	72.0	63.200	0.384	0.5	
33-1-R	遠野ダム	29.60	30.0	49.900	0.276	0.5	
33-2-R	残流域1	3.90	0.0	66.300	0.276	0.5	
33-3-R	残流域2	3.90	0.0	49.100	0.350	0.5	
33-4-R	残流域3	0.50	0.0	73.300	0.255	0.5	
33-5-R		136.76	36.0	93.400	0.283	0.5	

表 1-4-1 (2) 流域定数一覧

流域名		流域面積 (km ²)	遅れ時 間(分)	定数 K	定数 P	一次流 出率 f_1	備 考
32-R	小友川	105.89	63.0	62.900	0.385	0.5	
34-R	達曾部川	219.95	36.0	53.400	0.353	0.5	
35-1-R		22.50	84.0	38.200	0.426	0.5	豊沢ダム分割
35-R	豊沢川	152.40	84.0	38.200	0.426	0.5	
36-R	黒沢川	165.40	12.0	36.800	0.439	0.5	
37-1-R		168.40	12.6	35.700	0.330	0.5	
37-2-R		120.10	1.8	30.500	0.330	0.5	
38-1-R		161.60	1.8	32.100	0.330	0.5	
38-2-R	湯田ダム上流域	132.90	23.4	34.000	0.330	0.5	
39-1-R		18.20	0.0	25.000	0.330	0.5	
39-2-R		75.70	36.0	47.900	0.330	0.5	
39-3-1-R		48.10	1.2	36.800	0.330	0.5	
39-3-R		15.40	1.2	36.800	0.330	0.5	石羽根ダム分割
39-4-R		29.40	6.6	33.600	0.330	0.5	
39-5-R		20.00	0.0	21.900	0.330	0.5	
39-6-R	入畑ダム	38.00	6.0	30.000	0.330	0.5	
39-7-R		26.00	0.0	30.000	0.330	0.5	
39-8-R		36.80	0.0	42.900	0.330	0.5	
40-R	宿内川	108.50	12.0	53.600	0.401	0.5	
41-R	旧石淵ダム	150.60	48.0	35.200	0.343	0.5	
42-R	旧石淵ダム残流域	34.40	18.0	42.500	0.296	0.5	
43-R	半入橋上流	31.60	0.0	42.200	0.298	0.5	
44-R	残流域(永沢)	103.30	48.0	35.800	0.339	0.5	
45-R	広瀬川	119.30	30.0	47.200	0.443	0.5	
46-R	人首川	100.80	66.0	37.100	0.402	0.5	
47-R	伊手川	99.80	60.0	37.100	0.401	0.5	
48-R	太田代川	192.60	24.0	44.100	0.350	0.5	
49-1-R	太田川	109.60	78.0	29.100	0.548	0.5	
50-R	衣川	79.80	84.0	44.000	0.396	0.5	
50-1-R		89.90	84.0	44.000	0.396	0.5	衣川ダム分割
51-R	戸河内川	15.30	18.0	41.700	0.413	0.5	
49-2-R	本川残	68.60	48.0	33.600	0.489	0.5	
52-R	磐井川	135.60	72.0	51.800	0.349	0.5	
53-R	市野々川	144.40	42.0	37.800	0.446	0.5	
54-R	吸川	23.90	36.0	30.300	0.530	0.5	
55-R	本川残	30.20	18.0	38.400	0.521	0.5	
56-R	本川残	41.50	0.0	57.300	0.381	0.5	
57-R	砂鉄川上流	180.40	18.0	55.300	0.392	0.5	
58-R	砂鉄川	199.80	48.0	46.400	0.449	0.5	
59-R	千厩川	96.10	120.0	56.400	0.385	0.5	
60-R	本川残	37.80	72.0	40.800	0.496	0.5	
61-R	黄海川	3.70	102.0	50.800	0.418	0.5	
61-1-R		89.50	102.0	50.800	0.418	0.5	金越沢ダム分割
62-R	本川残	26.60	66.0	55.400	0.391	0.5	
62-1-R		5.60	66.0	55.400	0.391	0.5	相川ダム分割
63-R	金流川	98.60	126.0	38.200	0.522	0.5	
64-1-R	残流域	32.40	96.0	47.000	0.458	0.5	
64-2-1-R	二股川	1.30	108.0	49.700	0.439	0.5	千松ダム分割
64-2-2-R		82.50	108.0	49.700	0.439	0.5	
64-3-R	残流域	38.00	66.0	63.900	0.360	0.5	
65-R	本川残	6.90	60.0	67.900	0.343	0.5	
66-R	本川残	204.60	78.0	62.900	0.365	0.5	

表 1-4-2 貯留関数の河道定数

河道名	河川名	河道区間	貯留関数		遅滞時間		備考
			K	P	T _{Lz} (h)	T _L (h)	
A	丹藤川	岩洞ダム ～ 田屋	6.300	0.600	0.600	0.200	
B	丹藤川	田屋 ～	20.100	0.600	1.500	0.500	
C	丹藤川	～ 滝	3.800	0.600	0.300	0.100	
D	丹藤川	滝 ～ 北上川合流点	1.900	0.600	0.000	0.000	
E	北上川	北上川合流点 ～ 寺林	9.000	0.600	0.900	0.300	
F	北上川	寺林 ～ 船田橋	14.000	0.600	0.400	0.400	
G	赤川	上寄木 ～ 涼川合流点	8.000	0.600	0.400	0.200	
H	赤川	涼川合流点 ～ 赤川合流点	8.100	0.600	0.400	0.200	
I	松川	金沢橋 ～ 赤川合流点	15.500	0.600	0.600	0.300	
J	松川	赤川合流点 ～ 古川橋	5.100	0.600	0.200	0.100	
K	松川	古川橋 ～ 北上合流点	4.100	0.600	0.100	0.100	
L	北上川	船田橋 ～ 四十四田ダム	26.200	0.600	0.600	0.600	
ZZ01	木賊川	～ 北上川合流	0.000	0.000	0.500	0.000	
ZZ02	諸葛川	～ 雫石川合流	0.000	0.000	0.000	0.000	
N	雫石川	橋場ダム ～ 御所ダム	5.300	0.600	0.600	0.100	
ZZ04	築川	築川ダム ～ 築川	0.000	1.000	1.000	0.000	
ZZ05	早池峰川	早池峰ダム ～ 中居川合流	38.200	0.330	0.500	0.000	
ZZ06	稗貫川	中居川合流 ～ 稗貫	38.200	0.330	0.500	0.000	
ZZ07	来内川	遠野ダム ～ 遠野第二ダム	0.540	0.658	0.000	0.000	
ZZ08	来内川	遠野第二ダム ～ 東館	0.200	0.750	0.000	0.000	
ZZ09	来内川	東館 ～ 猿ヶ石川合流	0.490	0.722	0.000	0.000	
R	猿ヶ石川	早瀬合流点 ～ 田瀬ダム	29.100	0.600	0.800	0.400	
ZZ10	和賀川		37.400	0.600	0.000	0.170	
ZZ11	和賀川		24.900	0.600	0.000	0.110	
ZZ12	和賀川	～ 湯田ダム	17.000	0.600	0.000	0.080	
ZZ13	和賀川	湯田ダム ～ 尻平川合流	39.600	0.600	0.000	0.180	
ZZ14	尻平川	～ 和賀川合流	9.700	0.600	0.000	0.040	
ZZ15	和賀川	尻平川合流 ～ 夏油川合流	20.500	0.600	0.000	0.090	
ZZ16	夏油川	入畑ダム ～ 和賀川合流	10.000	0.600	0.000	0.000	
ZZ17	和賀川	夏油川合流 ～ 北上川合流	21.600	0.600	0.000	0.090	
W	胆沢川	胆沢ダム ～ 五松林橋	12.500	0.654	1.300	0.300	
X	胆沢川	五松林橋 ～ 北上川合流点	6.100	0.710	1.200	0.200	
AA	磐井川	磐井 ～ 釣山	1.147	0.701	0.000	0.000	
BB	磐井川	釣山 ～ 北上川合流点	2.655	0.827	0.000	0.000	
FF	砂鉄川	砂鉄川上流 ～ 北上川合流点	2.015	0.892	0.000	0.000	

表 1-4-3(1) 計画飽和雨量 (Rsa) 設定結果

洪水名	地点	明治橋	紫波橋	朝日橋	男山	桜木橋	大曲橋	狐禅寺	諏訪前	登米
S22.09.14		120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
S23.09.16		30.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	0.0	0.0
S56.08.21		140.0	5.0	50.0	80.0	80.0	0.0	30.0	0.0	170.0
S61.08.04		50.0	30.0	110.0	20.0	20.0	150.0	170.0	0.0	0.0
S62.08.16		0.0	5.0	45.0	120.0	120.0	145.0	170.0	100.0	125.0
S63.08.28		100.0	10.0	135.0	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	20.0
H02.09.19		0.0	0.0	0.0	120.0	120.0	100.0	0.0	0.0	100.0
H07.08.03		0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0	0.0	10.0	10.0
H10.08.27		0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H13.08.01		20.0	55.0	110.0	100.0	100.0	0.0	0.0	140.0	140.0
H14.07.09		80.0	120.0	50.0	80.0	80.0	120.0	190.0	0.0	0.0
H19.09.15		180.0	130.0	50.0	80.0	80.0	120.0	190.0	0.0	0.0
H25.09.15		160.0	160.0	120.0	120.0	120.0	120.0	190.0	120.0	120.0
H29.08.24		30.0	50.0	50.0	80.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
平均 設定値		65.0 70	54.6 50	65.7 70	71.4 70	69.3 70	76.1 80	84.3 80	38.6 40	61.1 60

表 1-4-3(2) 計画飽和雨量 (Rsa) 設定結果

洪水名	地点	四十四田 ダム※	御所 ダム	田瀬 ダム	湯田 ダム	石淵 ダム
S22.09.14		120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
S23.09.16		30.0	30.0	70.0	80.0	80.0
S56.08.21		100.0	0.0	135.0	90.0	165.0
S61.08.04		110.0	120.0	120.0	80.0	95.0
S62.08.16		110.0	120.0	160.0	120.0	110.0
S63.08.28		140.0	120.0	165.0	230.0	230.0
H02.09.19		30.0	5.0	0.0	45.0	35.0
H07.08.03		110.0	120.0	200.0	130.0	90.0
H10.08.27		100.0	70.0	165.0	50.0	200.0
H13.08.01		60.0	70.0	100.0	120.0	125.0
H14.07.09		120.0	60.0	55.0	65.0	95.0
H19.09.15		170.0	140.0	55.0	120.0	95.0
H25.09.15		110.0	0.0	30.0	40.0	95.0
H29.08.24		20.0	0.0	20.0	50.0	95.0
平均 設定値		67.5 70	69.6 70	99.6 100	95.7 100	116.4 120

※四十四田ダム流域は流域面積が大きく降雨形態により Rsa の傾向が異なるため、流域のリスクを考慮し、降雨形態が均一型 (S23、S61、H7、H29) の Rsa 平均値を採用。

(4) 不定流計算モデルの諸条件

不定流計算モデルにおいては、下記の諸条件を基に検証計算及び基本高水及び計画高水の検討を行った。一次元不定流計算モデル及び平面二次元不定流計算モデルの諸条件を表 1-4-4 に示す。

表 1-4-4 不定流計算モデルの諸条件（北上川）

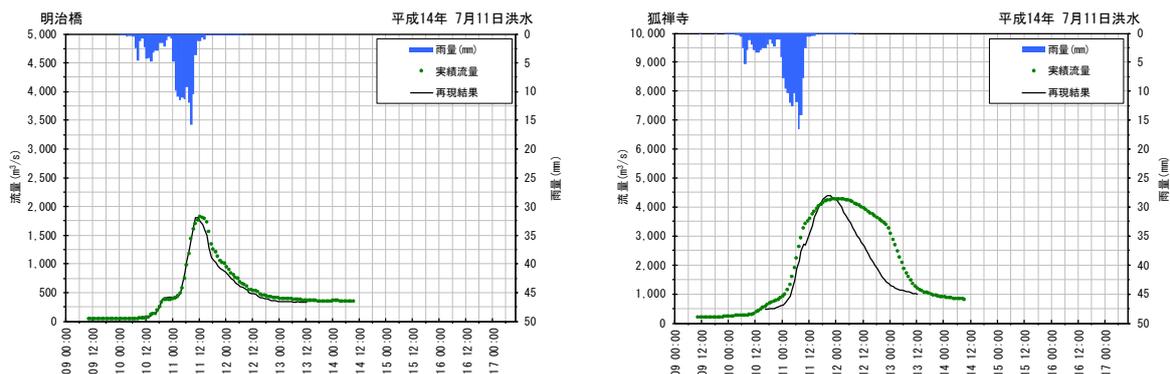
項目		概要
計算手法	洪水流解析	一次元不定流計算
	浸水解析	平面二次元不定流計算
洪水流解析条件	対象河道	(検証時) 平成 14 年 7 月洪水、平成 19 年 9 月洪水における堤防・河道状況 ↓ (高水計画時) 基本方針河道
	堤防整備の反映状況	計画堤防高
	不定流モデルの範囲	本川（四十四田ダム下流～河口） 支川（5 支川：中津川、雫石川、猿ヶ石川、磐井川、砂鉄川）
	上流端流量条件	本川（貯留関数法による四十四田ダム放流量） 支川（貯留関数法による各支川流出量、各ダム放流量）
	支川流入量	支川（貯留関数法による各支川流出量、各ダム放流量）
	下流端水位	本川（河口地点(-0.8k) TP1.526m（定常）） 支川（本川合流点の不定流計算水位）
	粗度係数	準二次元不等流計算の計画粗度係数
浸水解析条件	メッシュスケール	50m メッシュ
	建物占有率	メッシュ内の建物占有率より空隙率と透過率を算定し、基礎方程式の係数として与える
	連続盛土構造物	道路、鉄道、支川堤防等の盛土構造物
	粗度係数	土地利用条件に応じた粗度
	洪水予報河川上流区間で の越水による流量低減	流量低減を考慮しない
一関遊水地の設定条件	一次元不定流モデル及び平面二次元不定流モデルで遊水効果を表現	
無堤区間の設定条件	河川整備基本方針の計画堤防整備状況を踏まえて、越水計算を実施	
再現性の確認状況	(検証時) 平成 14 年 7 月洪水、平成 19 年 9 月洪水における流量を再現	

(5) 流出解析モデルの検証

流出解析モデルについて、平成14年（2002年）7月洪水及び平成19年（2007年）9月洪水を対象に、検証計算を実施した。検証計算結果について、概ね観測流量を再現できていることを確認した。

洪水再現計算結果を図1-4-4に示す。

(平成14年7月洪水)



(平成19年9月洪水)

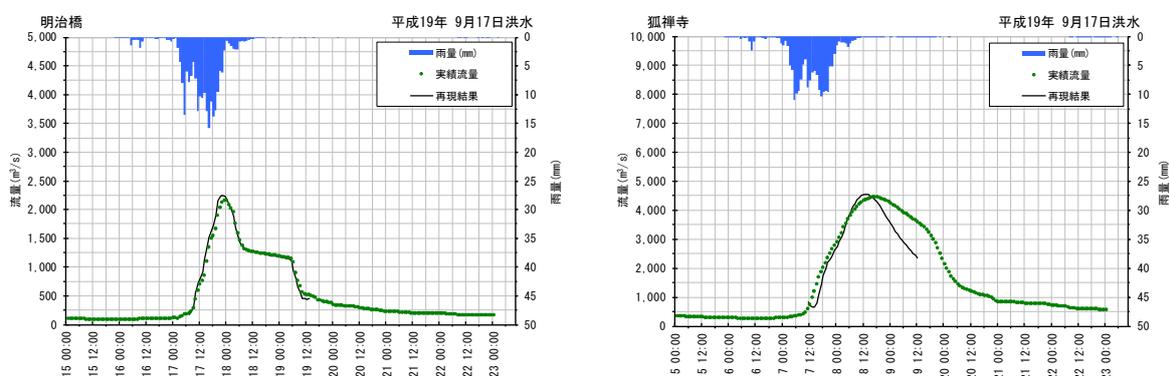


図1-4-4 流出解析モデルの検証結果

1-4-2 旧北上川の流出解析モデル

(1) 流出解析モデルの概要

旧北上川の流出解析モデルについては、北上川と同様の手法を適用し、旧北上川及び江合川の大臣管理区間の河道内の流下・貯留現象を詳細に表現するため、一次元不定流でモデル化した。

(2) 流域分割及び流出解析モデルの作成

旧北上川における流域分割は、降雨の時空間分布を的確に反映させることを考え、既定計画における流出計算モデルにおいて、流域及び河道分割を 43 流域 24 河道としている。なお、利水ダムの貯留による流量低減効果を適切に反映するため、流域を細分化している。また、大臣管理区間の河道は一次元不定流計算モデルとした。

図 1-4-5 に流域分割図、図 1-4-6 に流出モデル模式図を示す。

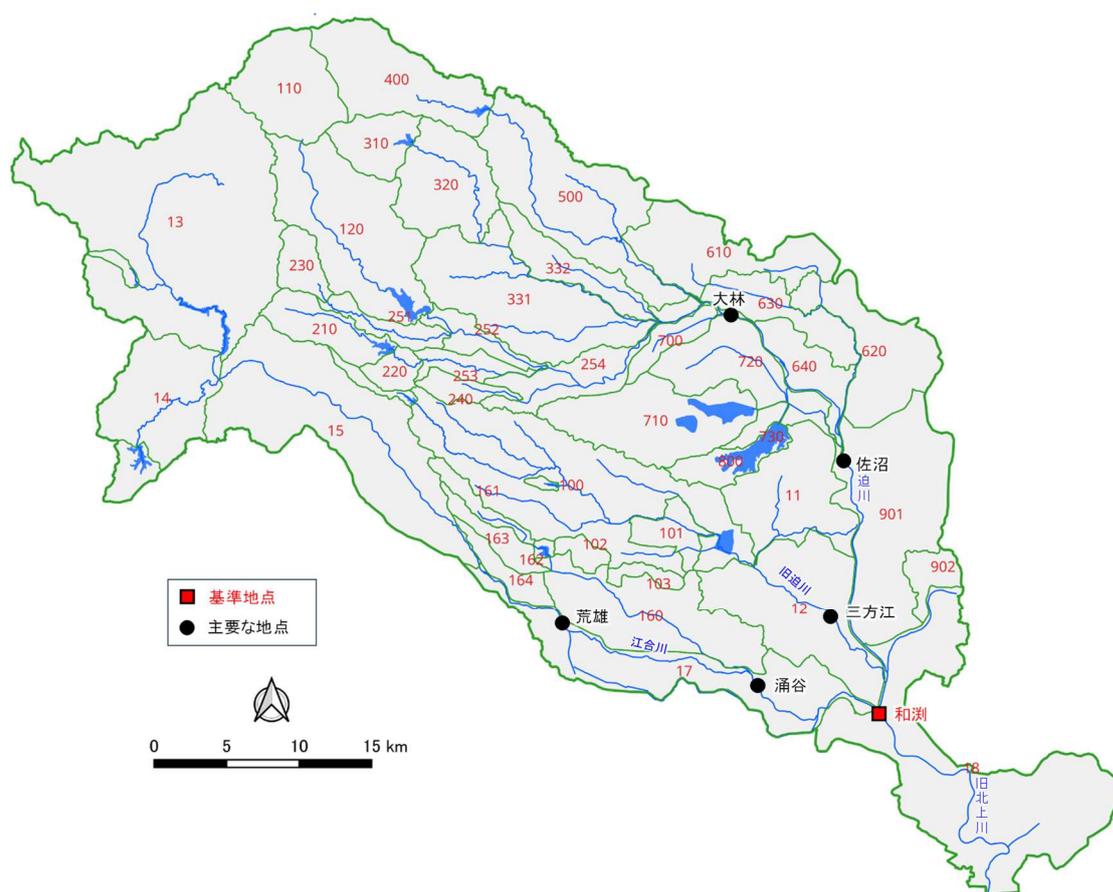


図 1-4-5 流域分割図 (旧北上川)

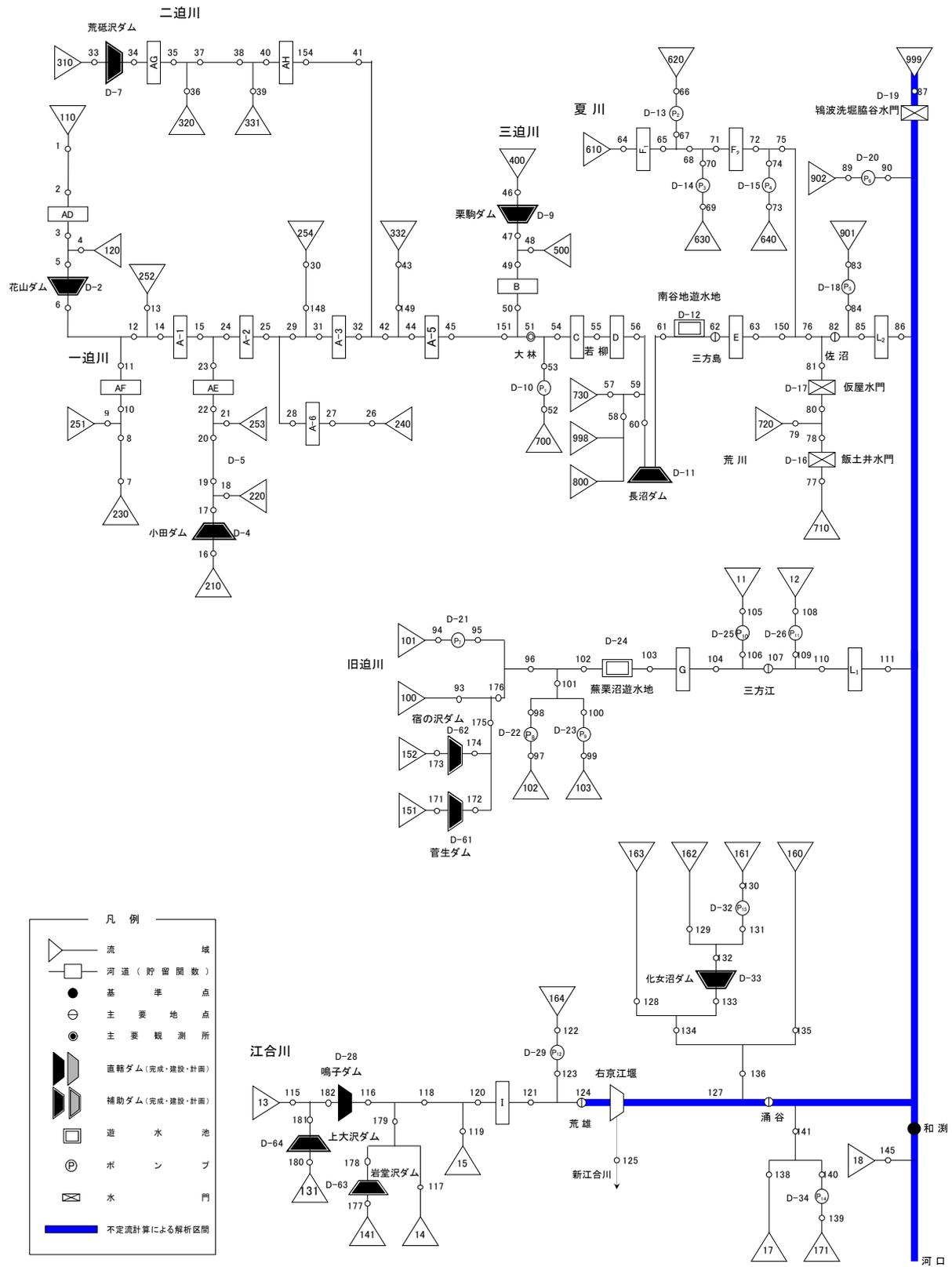


図 1-4-6 流出モデル模式図 (旧北上川)

(3) 貯留関数のモデル定数の設定

貯留関数モデルの流域及び河道定数を表 1-4-5～6 のとおり設定した。

表 1-4-5 流域定数一覧

河川名	流域番号	流域名	流域面積 (km ²)	遅れ時間 (h)	定数 K	定数 P	一次流出率 f_1	飽和雨量 Rsa (mm)
迫川	110	新花山ダム	43.60	0.50	20.41	0.333	0.50	130
	120	花山ダム	83.30	1.20	24.21	0.333	0.50	130
	210	小田ダム	23.40	0.00	48.30	0.333	0.50	130
	220	小僧ダム	8.20	0.00	55.16	0.333	0.50	130
	230	草木ダム	13.20	0.00	37.31	0.333	0.50	130
	240	昔川ダム	8.60	0.00	67.52	0.333	0.50	130
	251	草木川残流域	14.20	0.00	48.95	0.333	0.50	130
	252	一迫川残流域	12.68	0.00	50.15	0.333	0.50	75
	253	長崎川残流域	12.83	0.00	56.73	0.333	0.50	75
	254	一迫川残流域	27.99	0.00	54.60	0.333	0.50	75
	310	荒砥沢ダム	20.40	0.00	41.73	0.333	0.50	130
	320	中山ダム	44.89	0.00	34.23	0.333	0.50	130
	331	二迫川残流域	84.32	0.40	53.86	0.333	0.50	75
	332	熊川	23.58	0.14	72.28	0.333	0.50	75
	400	栗駒ダム	53.00	0.00	28.50	0.333	0.50	130
	500	三迫川残流域	85.00	0.47	59.47	0.333	0.50	75
	610	夏川上流域	47.46	0.00	43.88	0.333	0.50	75
	620	夏川左岸内水区	41.90	0.00	43.52	0.333	0.50	75
	630	夏川右岸内水区	25.38	0.00	47.99	0.333	0.50	75
	640	低地幹線排水区	18.08	0.00	64.83	0.333	0.50	75
	700	大江堀川	10.88	0.00	71.84	0.333	0.50	75
	710	荒川飯土井水門上流域	51.92	0.00	45.81	0.333	0.50	75
	720	荒川左岸内水区	41.54	0.00	77.06	0.333	0.50	75
730	荒川右岸内水区	5.00	0.00	51.15	0.333	0.50	75	
800	長沼ダム	16.00	0.00	66.24	0.333	0.50	75	
901	佐沼下流左岸内水区	93.94	0.14	78.43	0.333	0.50	75	
902	豊里内水区	11.88	0.00	29.77	0.333	0.50	75	
旧迫川	100	蕪栗沼上流	128.50	0.08	36.79	0.333	0.50	75
	151	菅生ダム	4.30	0.08	36.79	0.333	0.50	130
	152	宿の沢ダム	1.30	0.08	36.79	0.333	0.50	130
	101	蕪栗沼上流内水区	13.40	0.00	30.46	0.333	0.50	75
	102	萱刈潜穴	4.97	0.00	27.11	0.333	0.50	75
	103	三高野潜穴	5.62	0.00	26.52	0.333	0.50	75
	11	古川・長沼	50.80	0.00	32.84	0.333	0.50	75
	12	旧迫川残流域	75.60	0.00	44.54	0.333	0.50	75
江合川	13	鳴子ダム	207.10	0.73	32.70	0.333	0.50	130
	131	上大沢ダム	3.00	0.73	32.70	0.333	0.50	130
	14	大谷川	55.37	0.65	21.49	0.333	0.50	130
	141	岩堂沢ダム	10.10	0.65	21.49	0.333	0.50	130
	15	築沢川・蛭沢川	115.80	1.09	25.78	0.333	0.50	75
	160	田尻川	66.37	1.50	76.58	0.333	0.50	75
	161	化女沼ダム間接流域	8.10	1.50	58.38	0.333	0.50	130
	162	化女沼ダム直接流域	1.83	1.50	35.62	0.333	0.50	130
	163	八反田放水路	11.02	1.50	67.32	0.333	0.50	130
	164	八反田放水路残流域	11.27	0.00	34.57	0.333	0.50	75
17	出来川	67.28	0.10	88.32	0.333	0.50	75	
旧北上川	18	旧北上川残流域	111.50	0.00	25.70	0.333	0.50	75

表 1-4-6 貯留関数の河道定数一覧

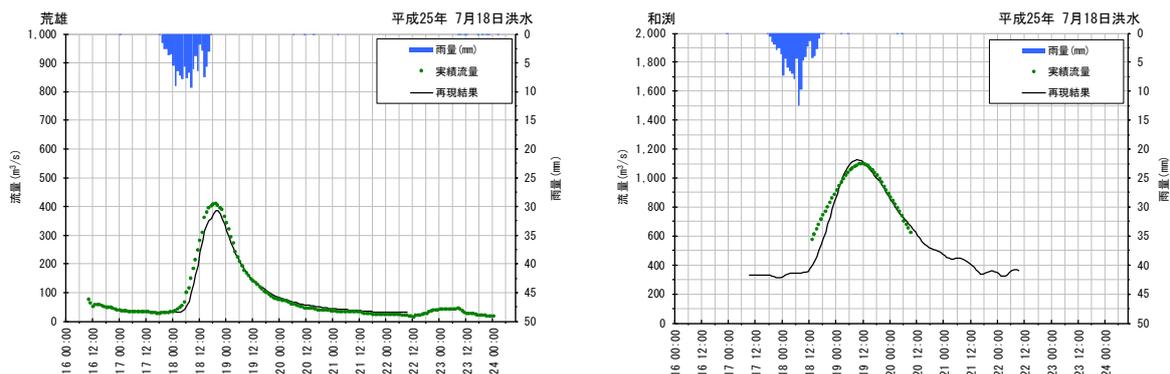
河道 No.	河川名	河道区間	河道 延長 (km)	定数		遅滞 時間 T _L (h)
				K	P	
AD	一 迫 川	新花山地点～花山ダム	17.000	12.10	0.600	1.11
AF	草 木 川	草木地点～一迫川合流点	9.500	6.20	0.600	1.05
A-1	一 迫 川	花山ダム～長崎川合流点	10.100	12.50	0.600	0.80
AE	長 崎 川	小僧地点～一迫川合流点	9.500	9.40	0.600	1.08
A-2	一 迫 川	長崎川合流点～昔川合流点	3.300	6.53	0.611	0.48
A-6	昔 川	昔川地点～一迫川合流点	4.900	5.90	0.600	0.54
A-3	一 迫 川	昔川合流点～二迫川合流点	8.282	3.81	0.784	1.59
AG	二 迫 川	荒砥沢ダム～中山地点	7.500	4.80	0.600	1.04
AH	二 迫 川	中山地点～一迫川合流点	15.007	8.64	0.694	2.07
A-5	一 迫 川	二迫川合流点～三迫川合流点 (大林)	3.479	2.02	0.781	0.74
B	三 迫 川	指定区間上流～一迫川合流点	11.876	7.16	0.742	2.02
C	迫 川	三迫川合流点 (大林) ～若柳	4.216	4.79	0.755	0.51
D	迫 川	若柳～南谷地	4.886	10.83	0.668	0.85
E	迫 川	南谷地～佐沼	6.953	16.91	0.760	2.17
F 1	夏 川	NO. 120～NO. 147	3.780	2.33	0.807	0.95
F 2	夏 川	NO. 14～NO. 120	9.800	13.72	0.808	1.90
L 2	迫 川	佐沼～合流点	16.752	5.86	0.972	2.12
G	旧 迫 川	蕪栗沼～古川合流点	2.300	6.34	0.615	0.71
L 1	旧 迫 川	古川合流点～旧北上川合流点	13.362	29.55	0.705	2.79
I	江 合 川	築沢川合流点～荒雄	26.399	52.98	0.665	2.79

(4) 流出解析モデルの検証

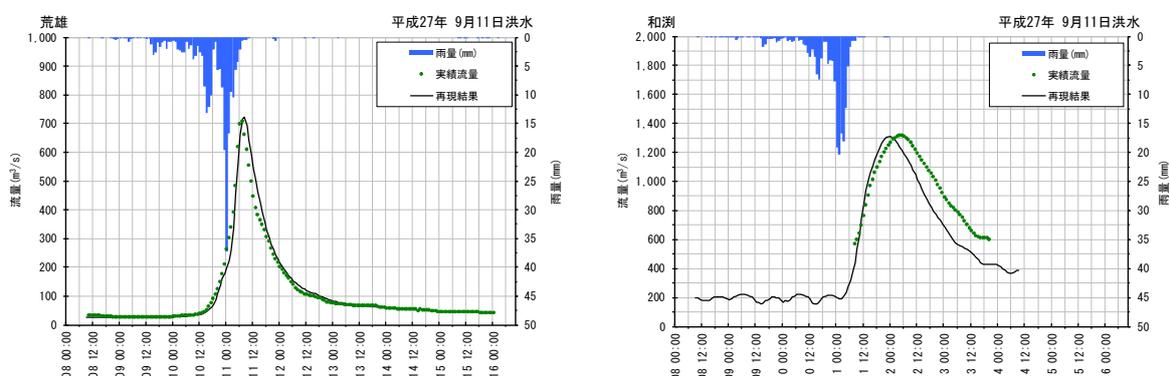
既定計画策定以降の主要洪水である平成25年(2013年)7月洪水、平成27年(2015年)9月洪水、令和元年(2019年)10月洪水の再現計算により、既定計画モデルの定数の妥当性を確認した。

洪水再現計算結果を図1-4-7に示す。

(平成25年7月18日洪水)



(平成27年9月11日洪水)



(令和元年10月13日洪水)

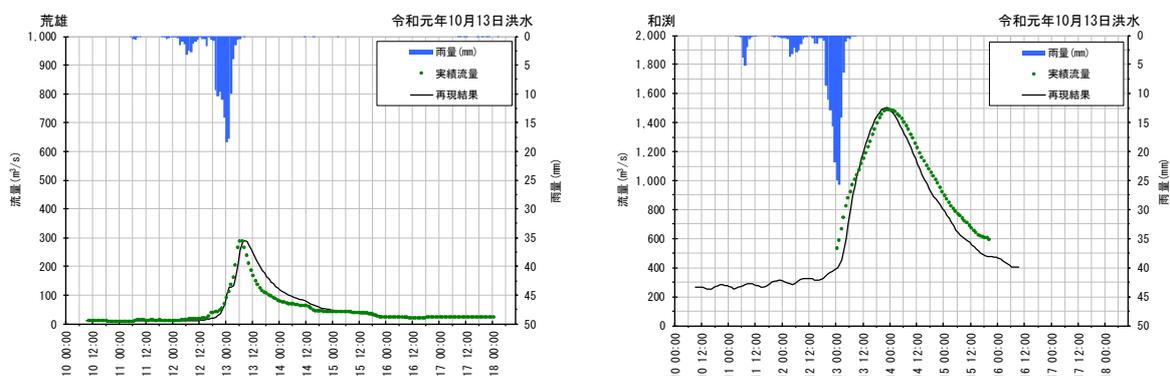


図1-4-7 流出解析モデルの検証結果

1-5 基本高水のピーク流量の設定

1-5-1 基本高水のピーク流量の設定の考え方

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した。

- (1) 現行基本方針における基本高水のピーク流量
- (2) 降雨量変化倍率を考慮した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

北上川水系では、現行の河川整備基本方針（平成 18 年（2006 年）11 月策定 平成 24 年（2012 年）11 月変更）時点から流域の重要度に大きな変化がなく、既定計画で設定した計画高水を上回る洪水が発生していない。

流域及び河川の概要で整理したとおり、流域の社会状況（人口の推移や土地利用状況の変遷及びそのバランス等）に大きな変化は見られないことから、既定計画の計画規模と同様の計画規模 1/150 と設定する。

また、計画基準点については、現行の基本方針策定時から流域の重要度等に大きな変化がないことから、狐禅寺及び旧北上川和渕を基準地点として踏襲した。明治橋については、人口・資産の集中する地点であることから、流域の重要度を勘案し、基準地点に格上げする。

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の設定の考え方

北上川水系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、③強い降雨強度の継続時間を整理し設定した。

なお、検討対象とした洪水は、時間雨量の所在状況と流域面積との関係から一定の精度が確保できると判断した昭和33年（1958年）以降の洪水とした。旧北上川流域では、和湊流量ならびに北上川から分派量が把握できる昭和49年（1974年）以降の洪水とした。

1-6-2 洪水到達時間

洪水到達時間は、1) Kinematic Wave 法に基づく式 及び 2) 角屋の式を用いて算定した。

検討対象降雨は、明治橋及び狐禅寺における洪水のうち、昭和33年（1958年）以降の実績流量（ピーク流量最大）の上位10洪水を選定した。また、和湊における洪水のうち、昭和49年（1974年）以降の実績流量（ピーク流量最大）の上位10洪水を選定した。

1) 及び 2) の各地点の洪水到達時間の算定結果を表1-6-1～3、洪水ごとの Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討結果を図1-6-1に示す。

表 1-6-1 洪水到達時間の算定結果（明治橋）

No.	洪水名	明治橋	Kinematic_Wave 法			角屋の式
		氾濫戻し 流量 (m^3/s)	①到達時間 (h)	②到達時間内 降雨量 (mm)	②/① 到達時間内 降雨強度 (mm/h)	③到達時間 (h)
1	S330917	2,804	14	102.4	7.3	11.1
2	S340925	1,456	10	81.8	8.2	13.6
3	S410627	1,448	18	97.0	5.4	12.9
4	S540804	1,373	15	60.4	4.0	13.5
5	H020919	2,200	13	105.2	8.1	11.8
6	H070805	2,290	15	85.7	5.7	11.7
7	H140711	2,655	12	111.8	9.3	12.2
8	H190917	3,515	19	185.0	9.7	15.8
9	H250916	3,223	12	117.6	9.8	13.1
10	H290825	2,772	17	124.4	7.3	11.8
最小（10洪水）		1,373	10	60.4	4.0	11.1
最大（10洪水）		3,515	19	185.0	9.8	15.8
平均（10洪水）		—	14.5	107.1	7.5	12.8

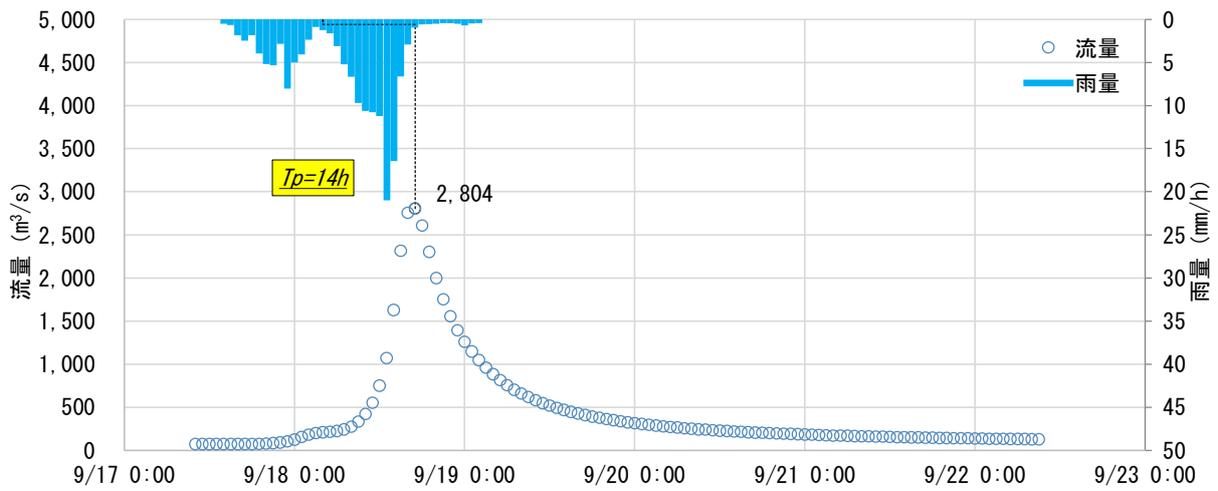
表 1-6-2 洪水到達時間の算定結果（狐禅寺）

No.	洪水名	狐禅寺	Kinematic_Wave 法			角屋の式
		氾濫戻し 流量 (m ³ /s)	①到達時間 (h)	②到達時間内 降雨量 (mm)	②/① 到達時間内 降雨強度 (mm/h)	③到達時間 (h)
1	S330917	5,845	47	136.5	2.9	16.1
2	S540804	4,467	45	125.4	2.8	19.5
3	S560822	5,649	80	176.8	2.2	14.5
4	S620818	5,605	47	161.4	3.4	15.6
5	S630828	3,531	50	130.1	2.6	18.9
6	H020919	4,468	32	119.6	3.7	16.3
7	H070805	4,154	35	77.3	2.2	17.8
8	H100831	4,104	51	110.1	2.2	20.8
9	H140711	5,259	53	165.5	3.1	14.5
10	H190917	5,695	65	178.5	2.7	15.0
最小(10洪水)		3,531	32	77.3	2.2	14.5
最大(10洪水)		5,845	80	178.5	3.7	20.8
平均(10洪水)		—	50.5	138.1	2.8	16.9

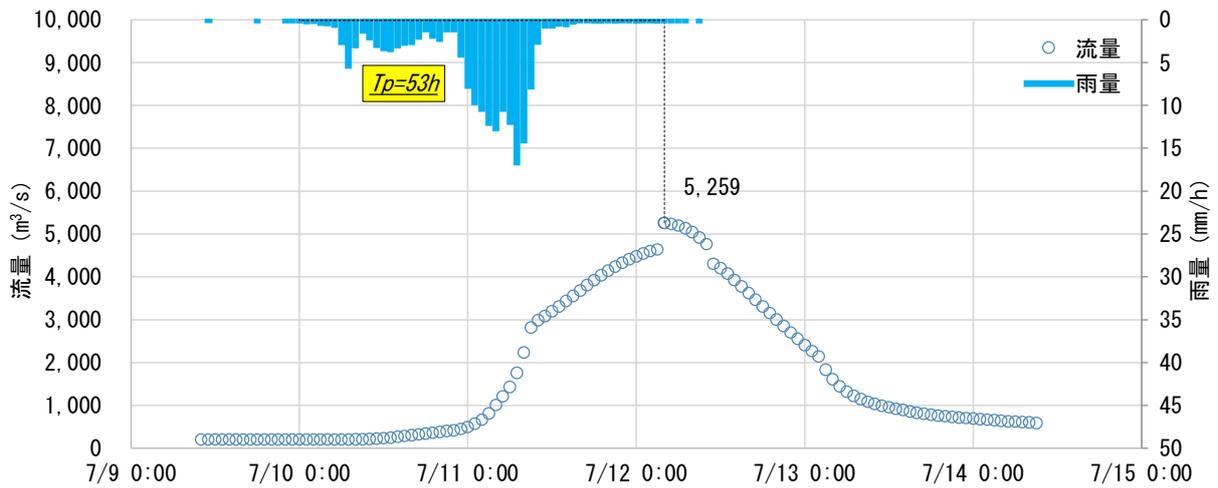
表 1-6-3 洪水到達時間の算定結果（和渕）

No.	洪水名	和渕	Kinematic_Wave 法			角屋の式
		氾濫戻し 流量 (m ³ /s)	①到達時間 (h)	②到達時間内 降雨量 (mm)	②/① 到達時間内 降雨強度 (mm/h)	③到達時間 (h)
1	S560824	777	47	127.8	2.7	17.8
2	S610806	1,072	45	167.3	3.7	16.0
3	H031014	1,188	57	152.4	2.7	17.9
4	H090629	1,036	50	120.4	2.4	18.6
5	H100831	1,084	57	155.4	2.7	17.8
6	H140712	1,176	47	187.4	4.0	15.6
7	H230922	1,397	64	199.6	3.1	17.0
8	H270912	953	44	151.6	3.4	16.4
9	H291024	879	54	108.9	2.0	19.8
10	R011013	1,443	44	169.1	3.8	15.8
最小(10洪水)		777	44	108.9	2.0	15.6
最大(10洪水)		1,443	64	199.6	4.0	19.8
平均(10洪水)		—	50.9	154.0	3.1	17.3

(明治橋) 昭和 33 年 9 月洪水



(狐禅寺) 平成 14 年 7 月洪水



(和渕) 平成 14 年 7 月洪水

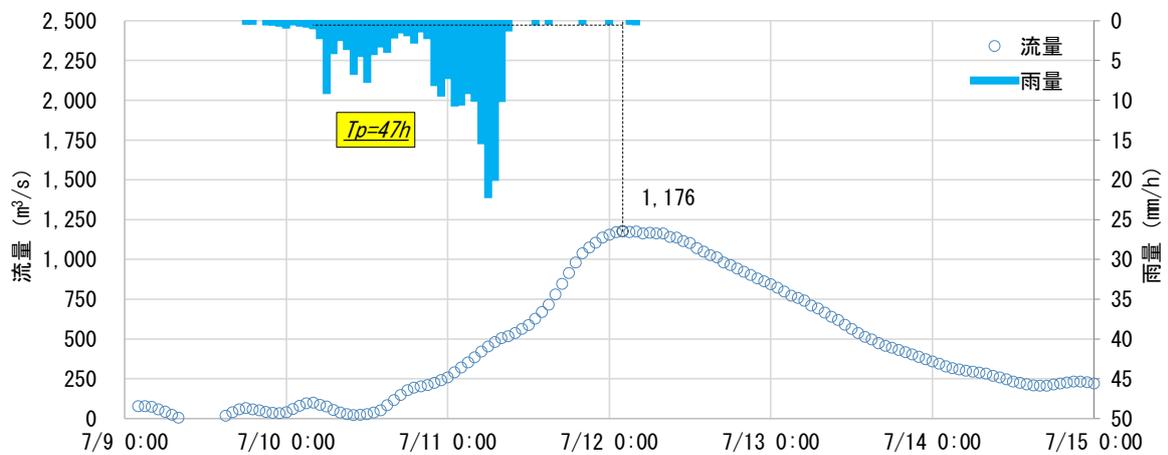


図 1-6-1 Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

1-6-3 ピーク流量と短時間雨量との相関

基準地点明治橋及び狐禅寺では、昭和 33 年（1958 年）から令和 3 年（2021 年）までの水防団待機水位相当流量以上となる洪水（氾濫戻し計算後）について、定義①（ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量）によるピーク流量と短時間雨量の相関関係、定義②（ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量）によるピーク流量と短時間雨量との相関関係の整理を行った。

また、基準地点和湊では、昭和 49 年（1974 年）から令和 3 年（2021 年）までの年最大洪水について、定義①と定義②の相関関係の整理を行った。

上記の条件では、明治橋上流域では 29 洪水、狐禅寺上流域では 58 洪水、和湊上流域では 46 洪水が対象となる。

その結果、地点ごとの傾向は以下のとおりである。

基準地点明治橋では、15～18 時間程度において、ピーク流量と短時間雨量の相関が大きい。

基準地点狐禅寺では、48～60 時間程度において、ピーク流量と短時間雨量の相関が大きい。

基準地点和湊では、48 時間以上でピーク流量と短時間雨量の相関が大きい。

この検討結果を図 1-6-2 に示す。ここでは、定義①によるピーク流量と短時間雨量の相関、定義②によるピーク流量と短時間雨量の相関をそれぞれの基準地点における各時間で算定しており、その相関図を図 1-6-3～5 に示す。

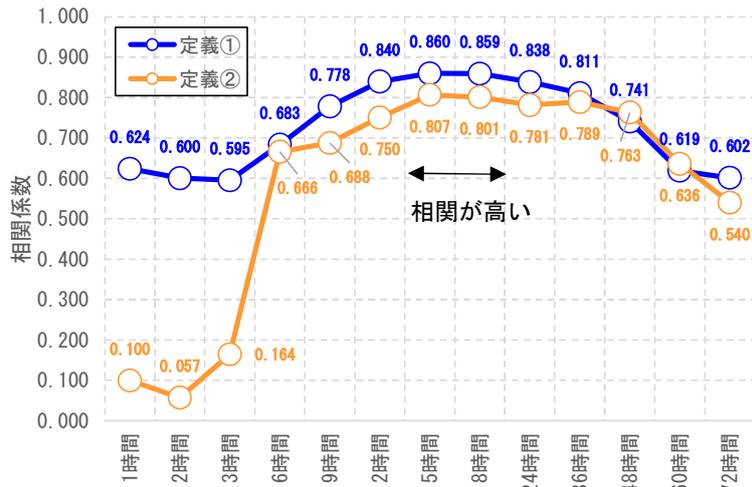


図 1-6-2 (1) ピーク流量と短時間雨量との相関 (明治橋)

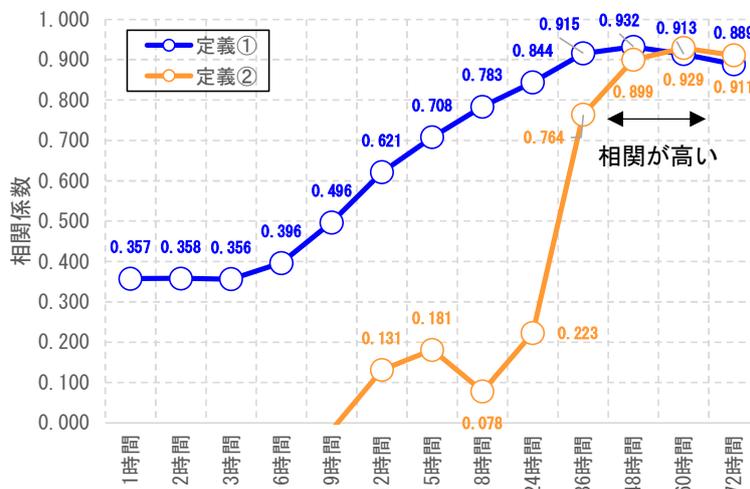


図 1-6-2 (2) ピーク流量と短時間雨量との相関 (狐禅寺)

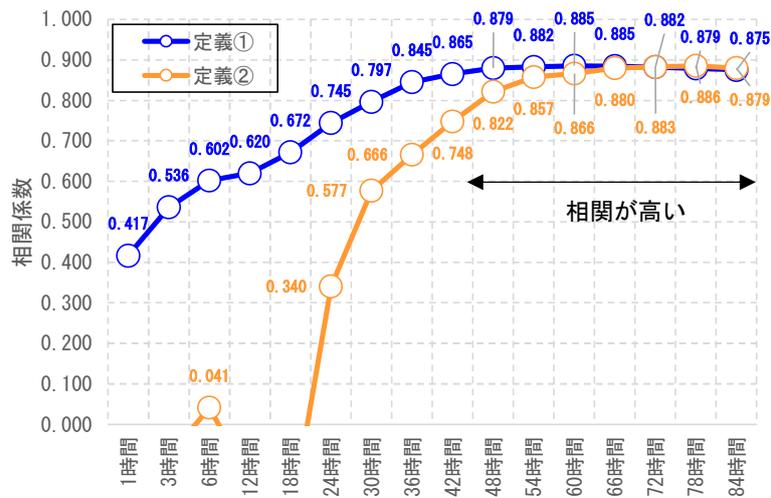


図 1-6-2 (3) ピーク流量と短時間雨量との相関 (和渕)

定義① ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

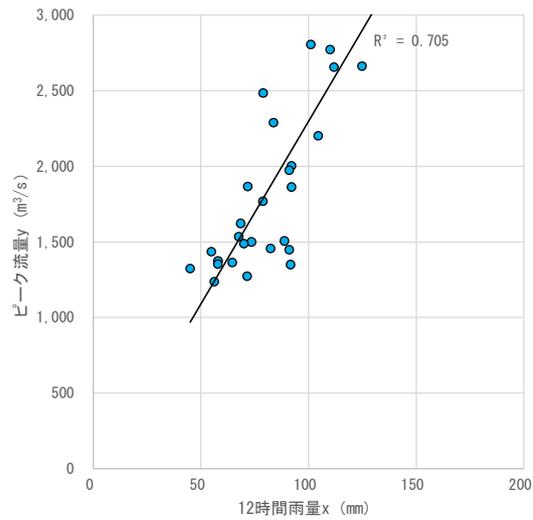
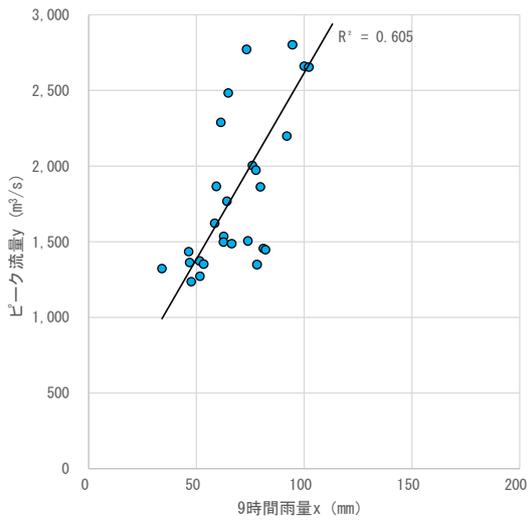
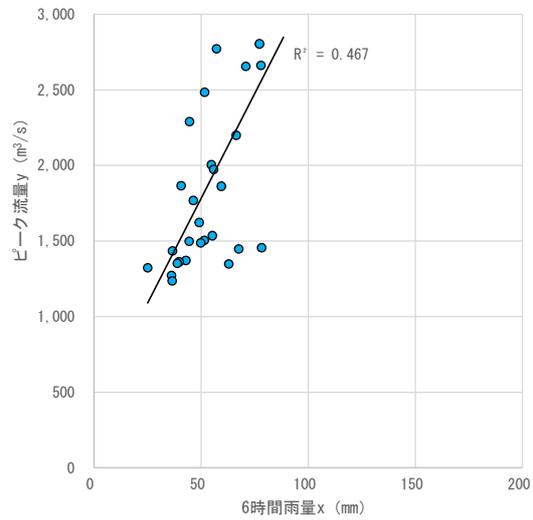
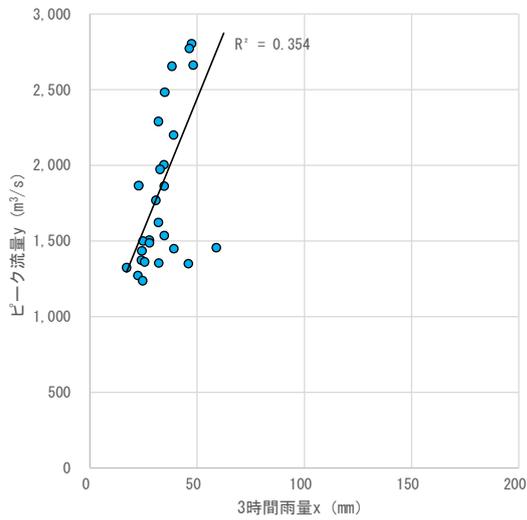
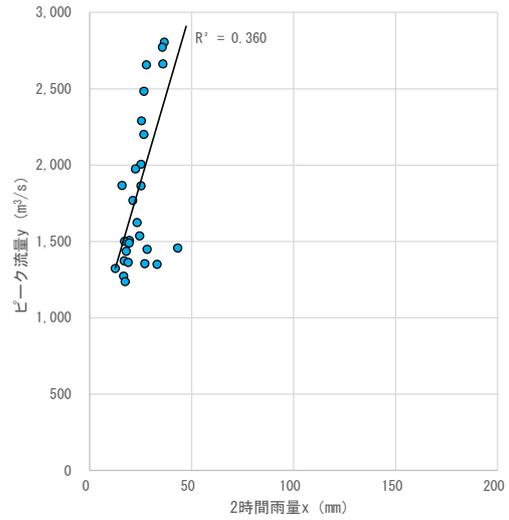
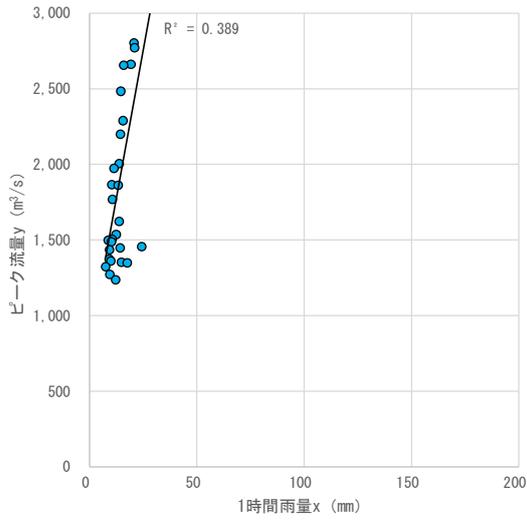


図 1-6-3(1) ピーク流量と短時間雨量との相関 (明治橋) □ : 相関が最も高い

定義① ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

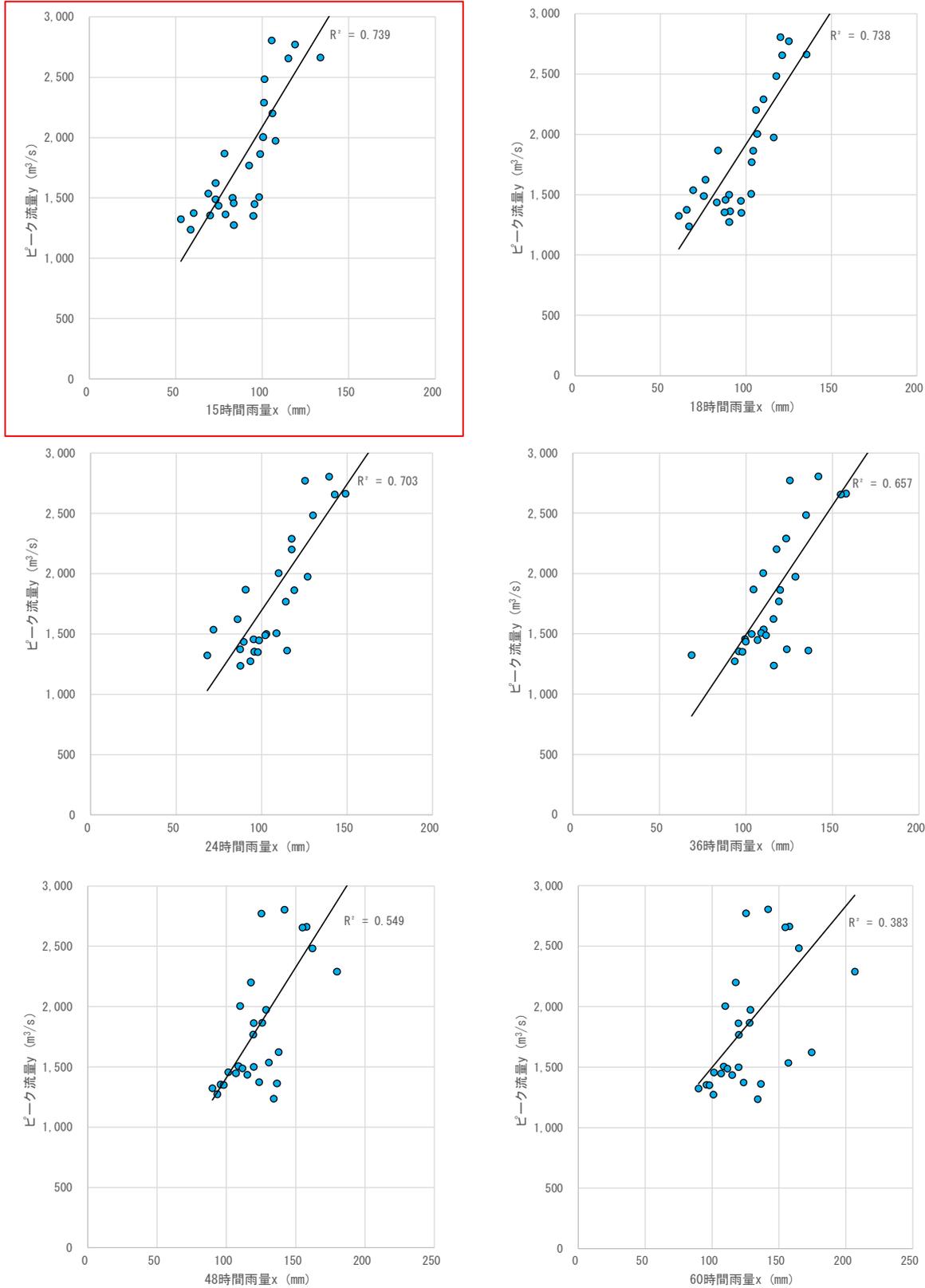


図 1-6-3 (2) ピーク流量と短時間雨量との相関 (明治橋) □ : 相関が最も高い

定義① ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

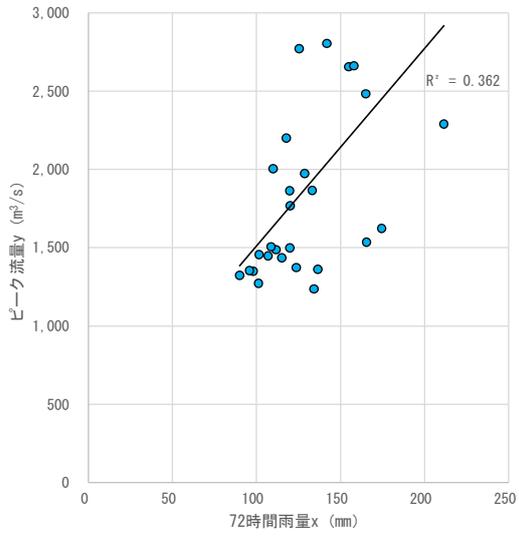


図 1-6-3 (3) ピーク流量と短時間雨量との相関 (明治橋) □ : 相関が最も高い

定義② ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

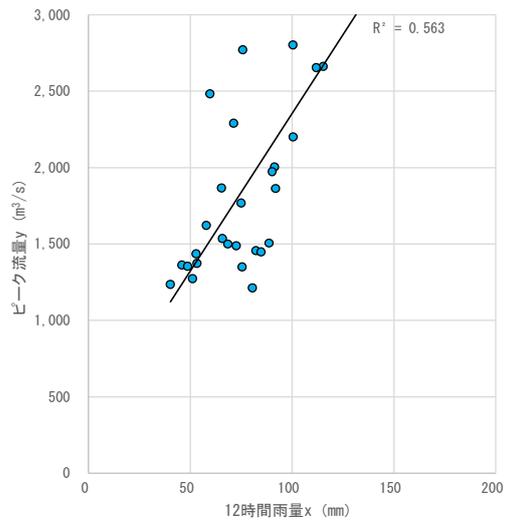
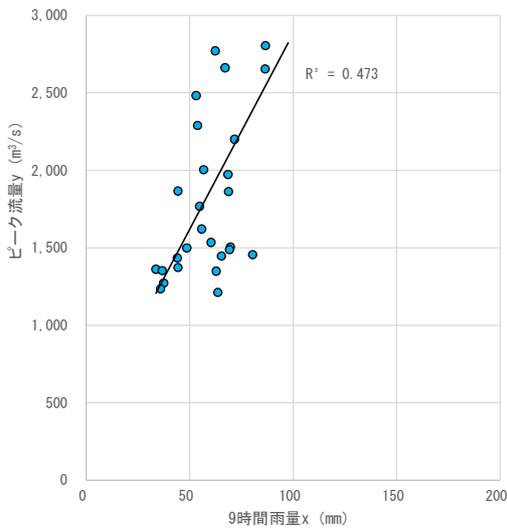
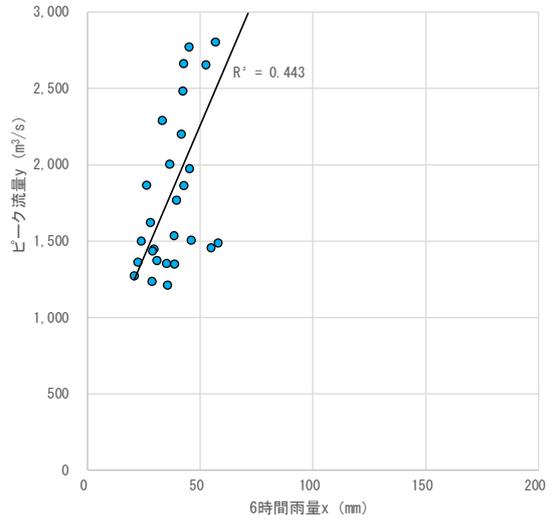
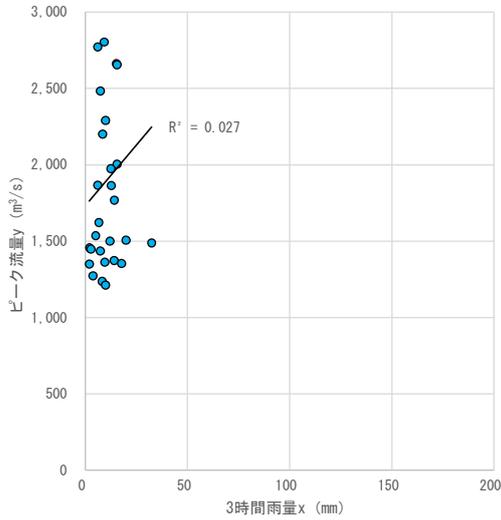
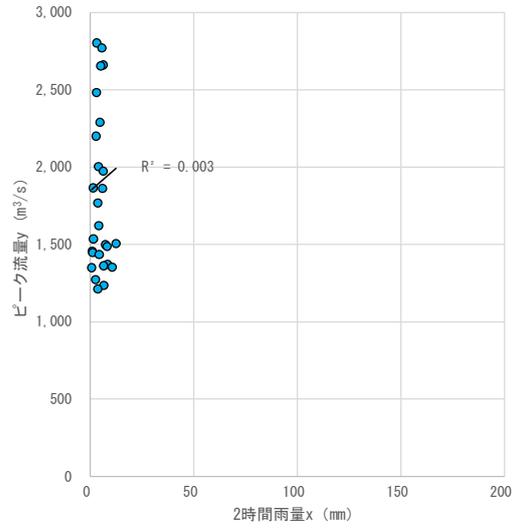
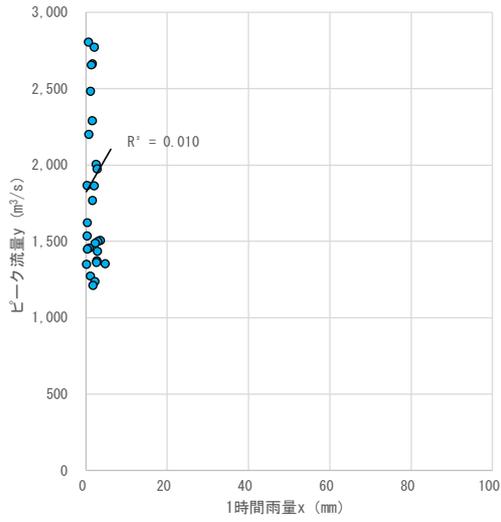


図 1-6-3(4) ピーク流量と短時間雨量との相関 (明治橋) □ : 相関が最も高い

定義② ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

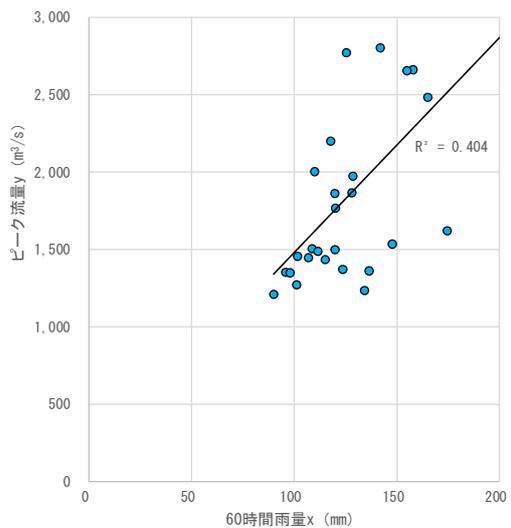
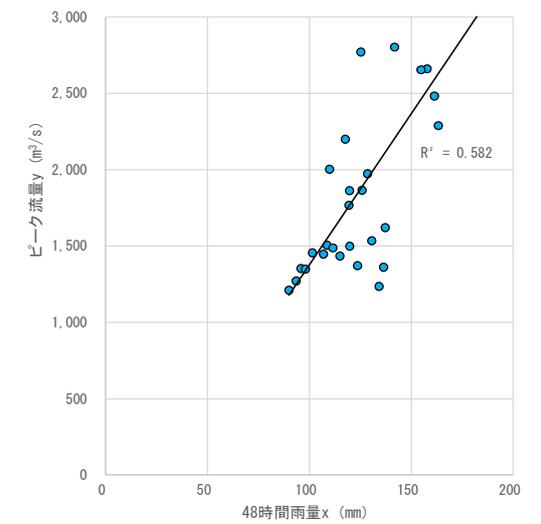
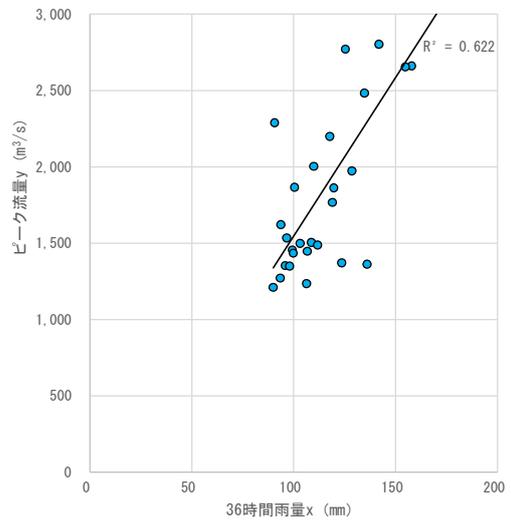
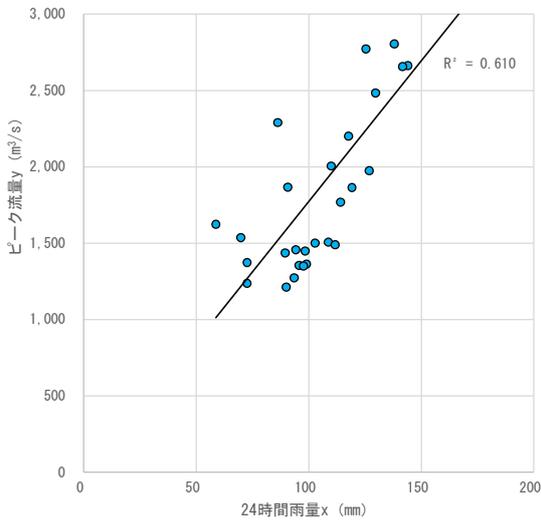
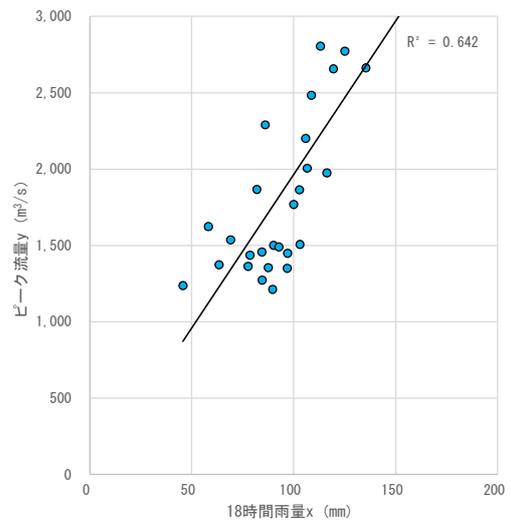
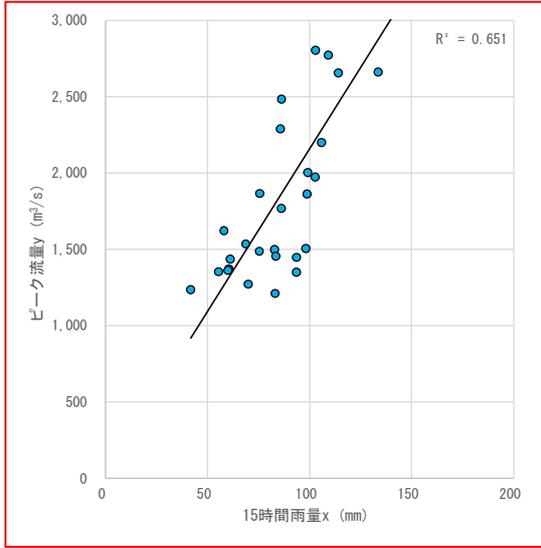


図 1-6-3 (5) ピーク流量と短時間雨量との相関 (明治橋) □ : 相関が最も高い

定義② ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

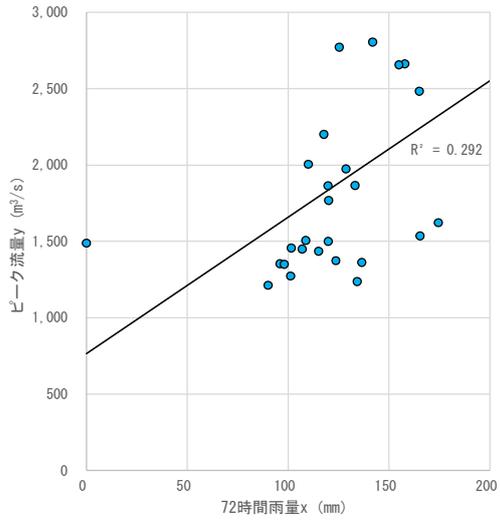


図 1-6-3 (6) ピーク流量と短時間雨量との相関 (明治橋) □ : 相関が最も高い

定義① ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

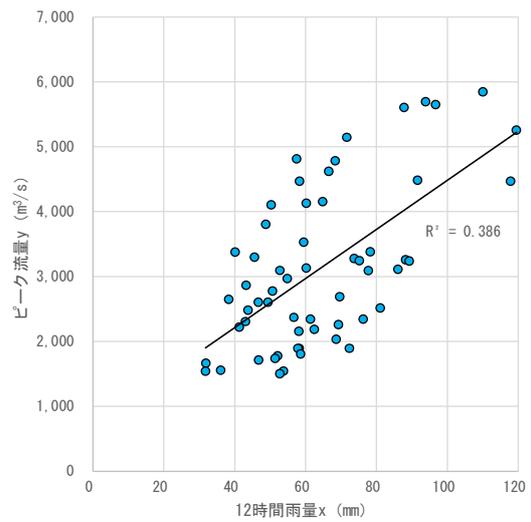
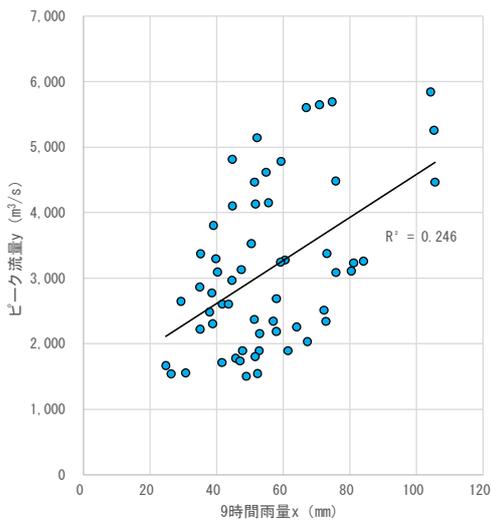
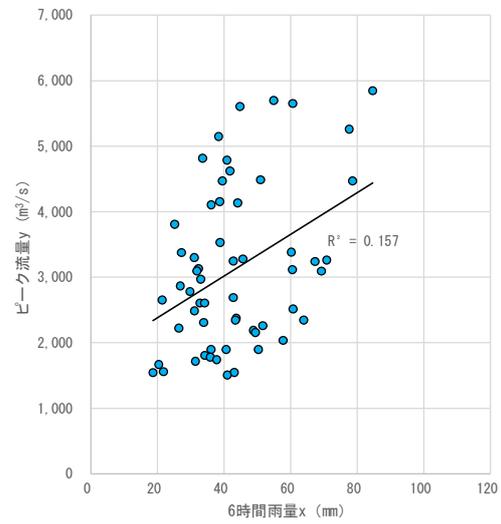
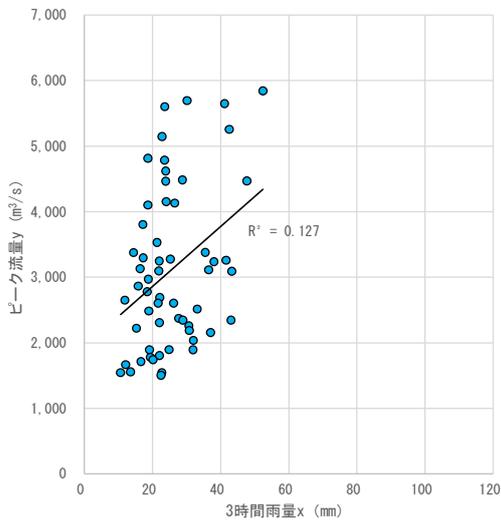
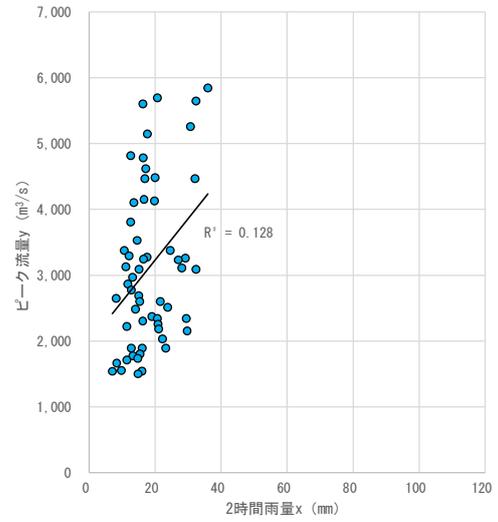
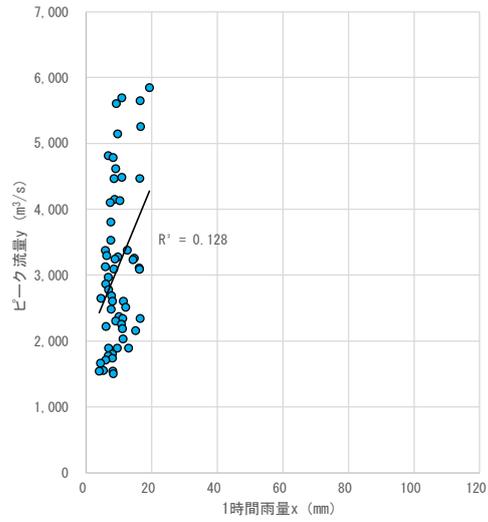


図 1-6-4(1) ピーク流量と短時間雨量との相関 (狐禅寺) □ : 相関が最も高い

定義① ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

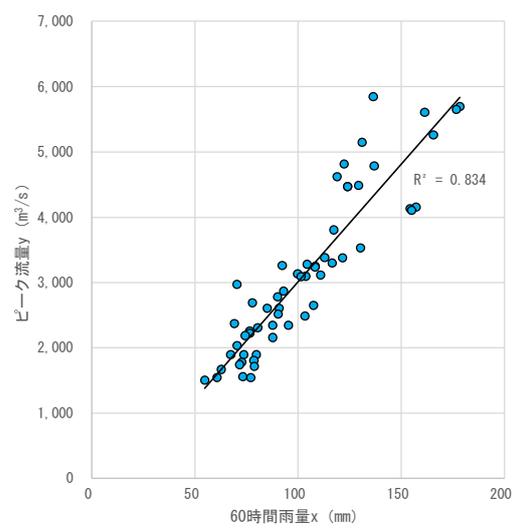
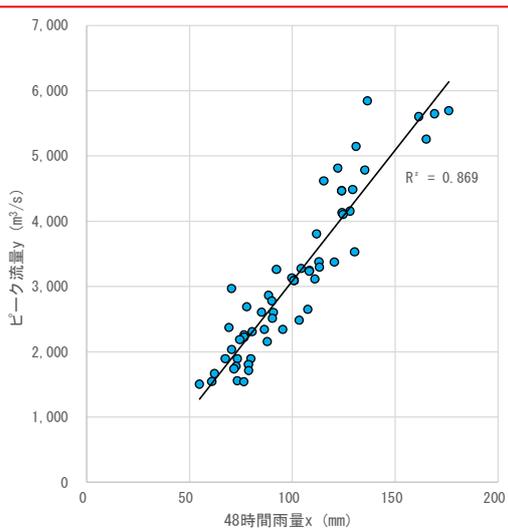
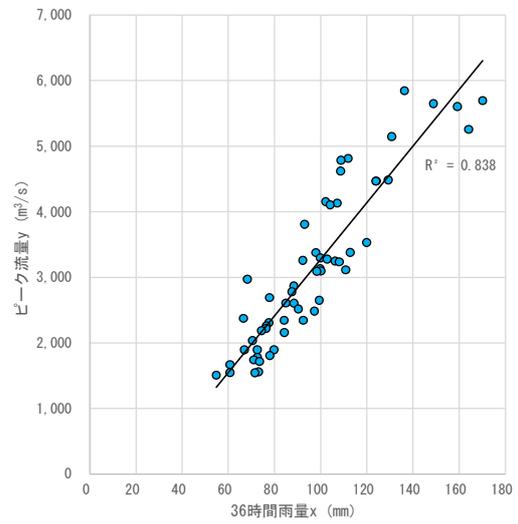
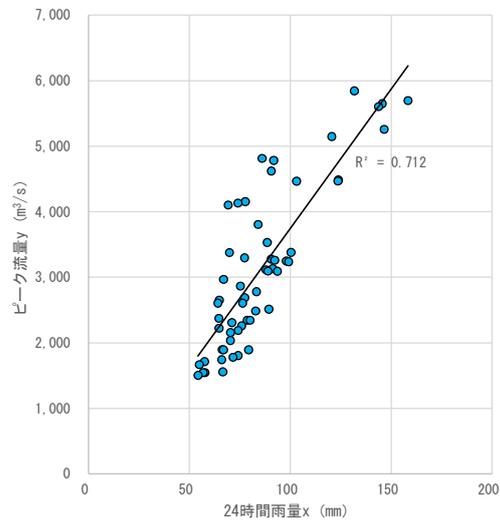
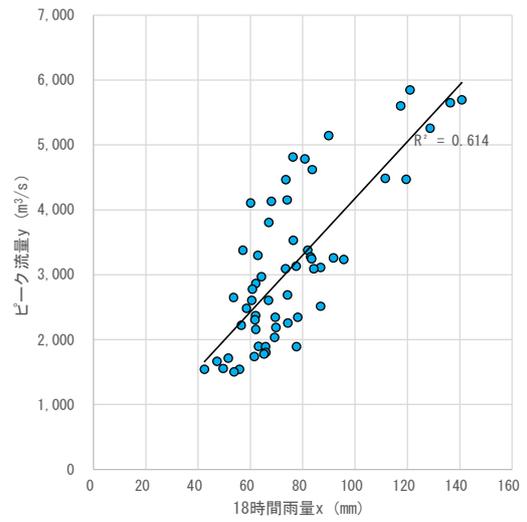
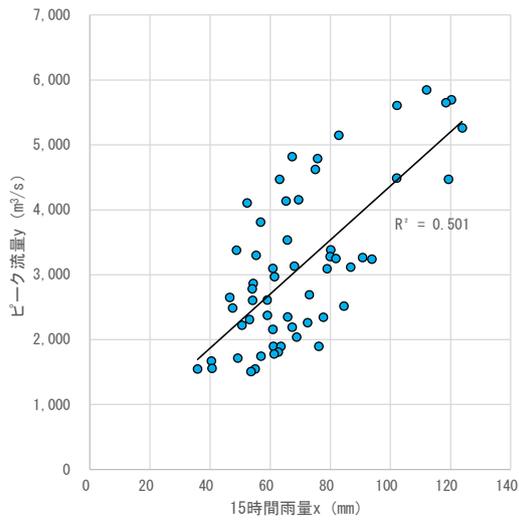


図 1-6-4 (2) ピーク流量と短時間雨量との相関 (狐禅寺) □ : 相関が最も高い

定義① ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

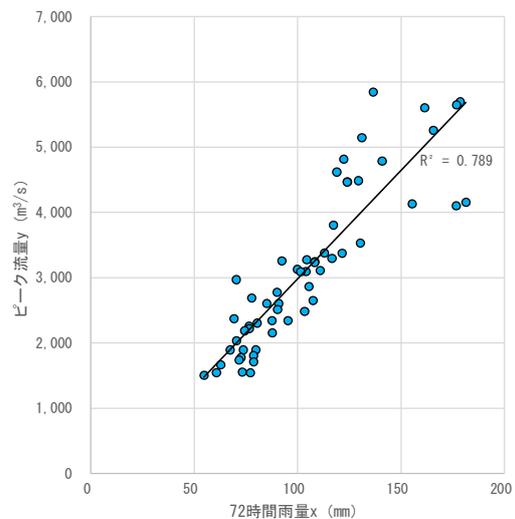


図 1-6-4 (3) ピーク流量と短時間雨量との相関 (狐禅寺) □ : 相関が最も高い

定義② ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

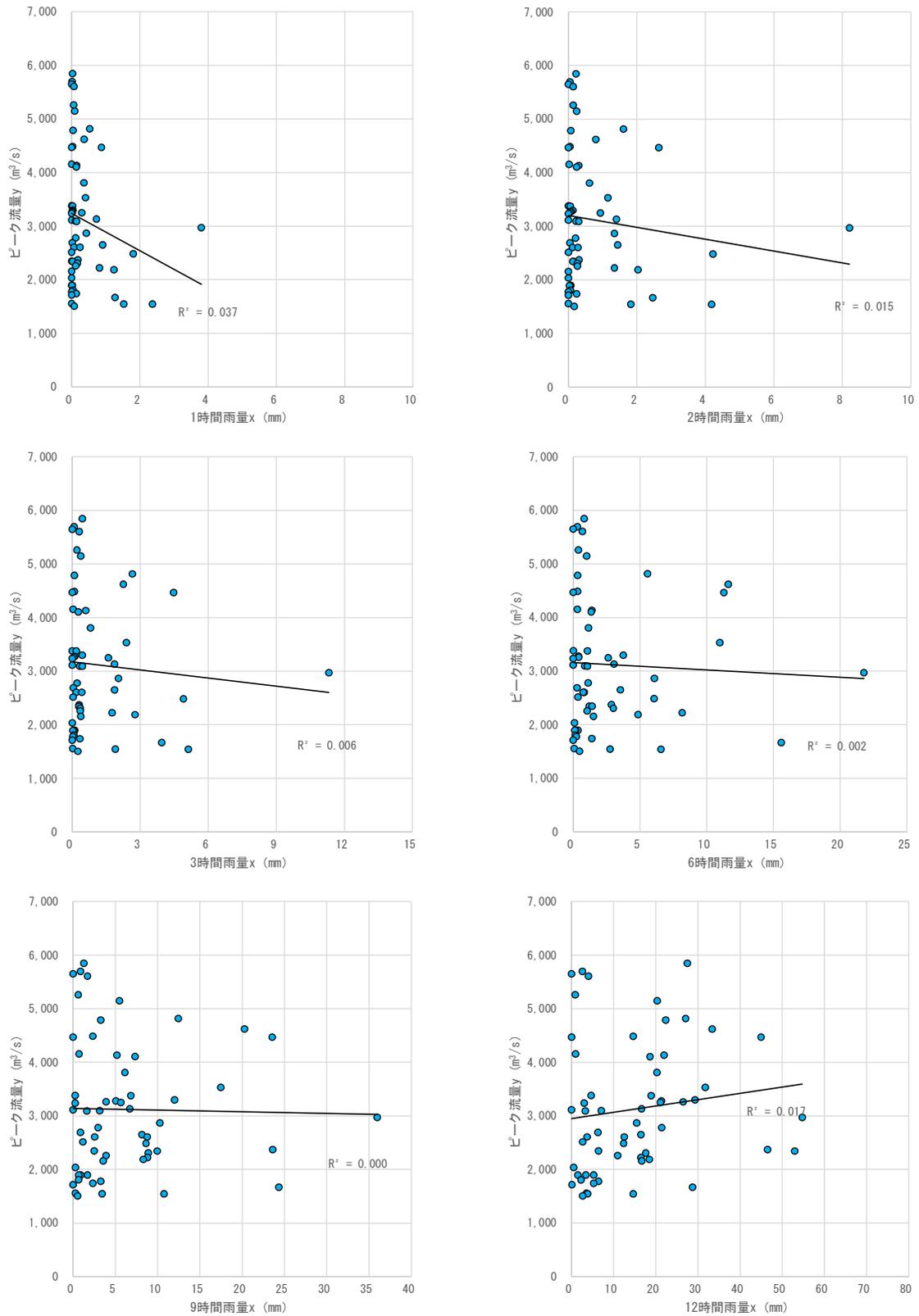


図 1-6-4(4) ピーク流量と短時間雨量との相関 (狐禅寺) □ : 相関が最も高い

定義② ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

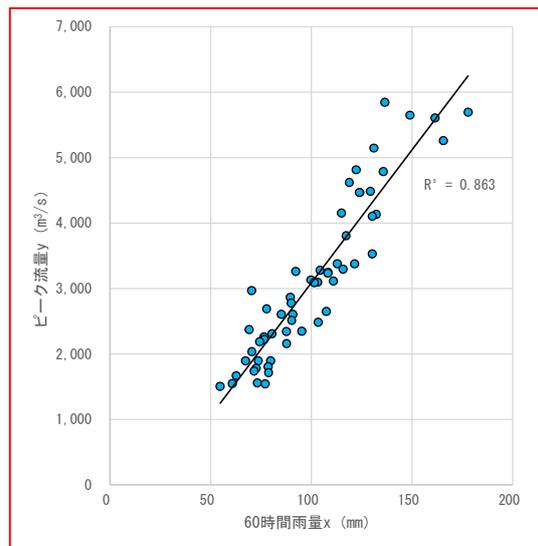
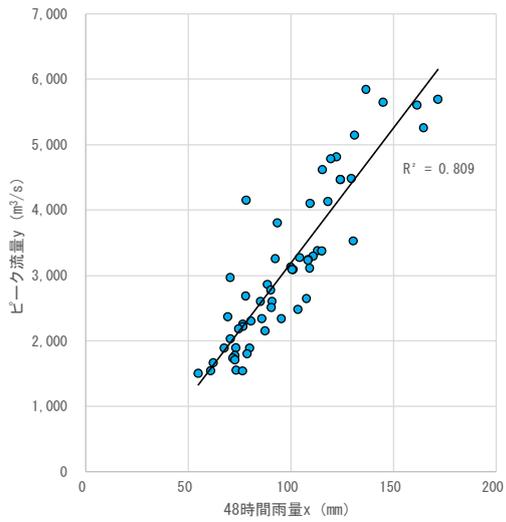
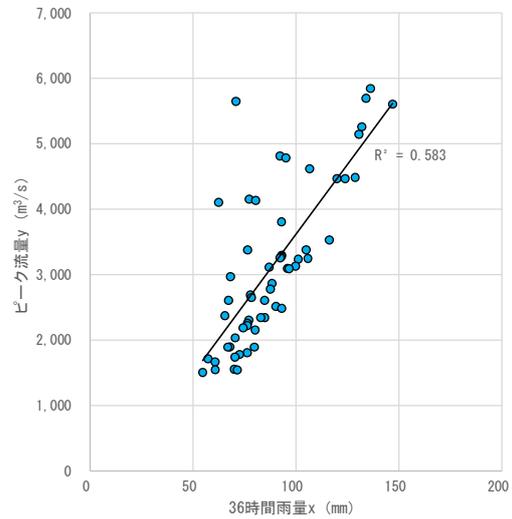
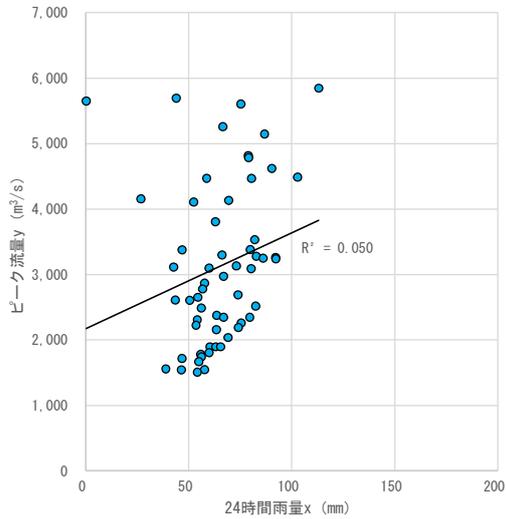
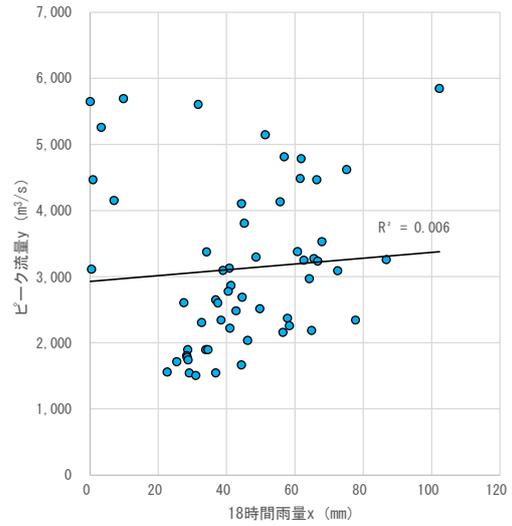
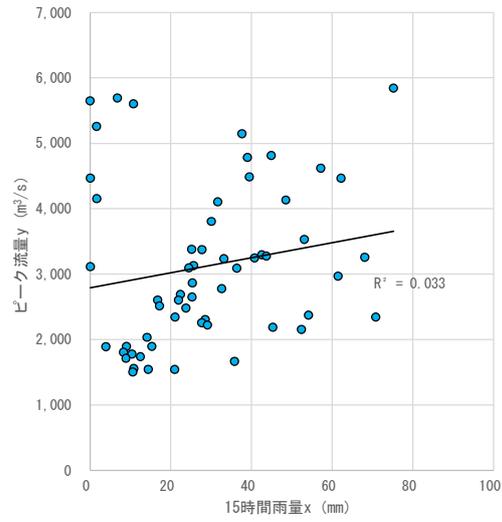


図 1-6-4(5) ピーク流量と短時間雨量との相関 (狐禅寺) □ : 相関が最も高い

定義② ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

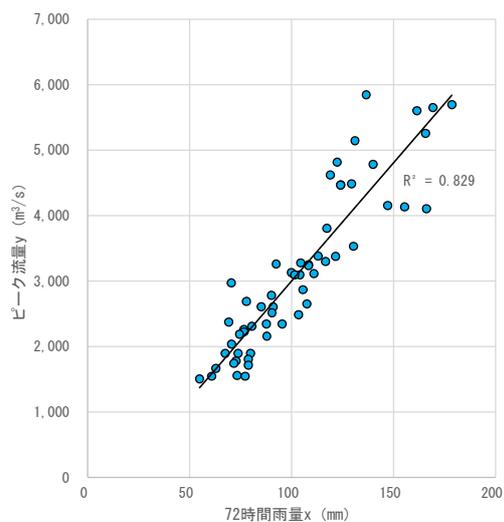


図 1-6-4 (6) ピーク流量と短時間雨量との相関 (狐禅寺) □ : 相関が最も高い

定義① ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

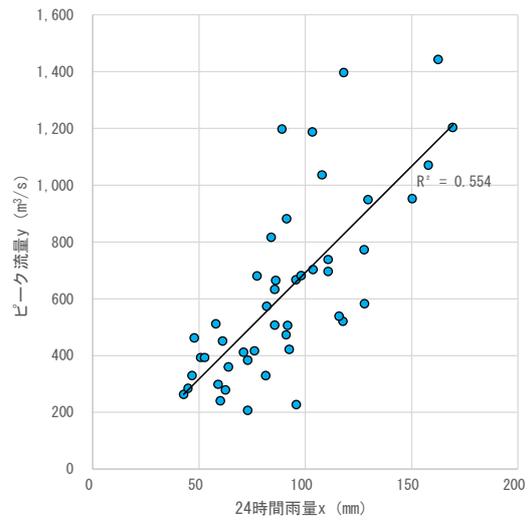
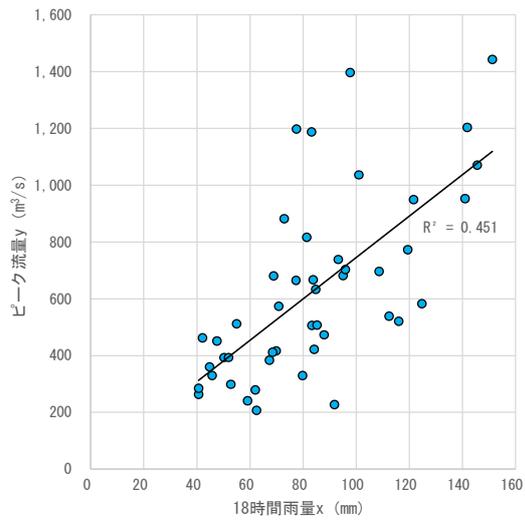
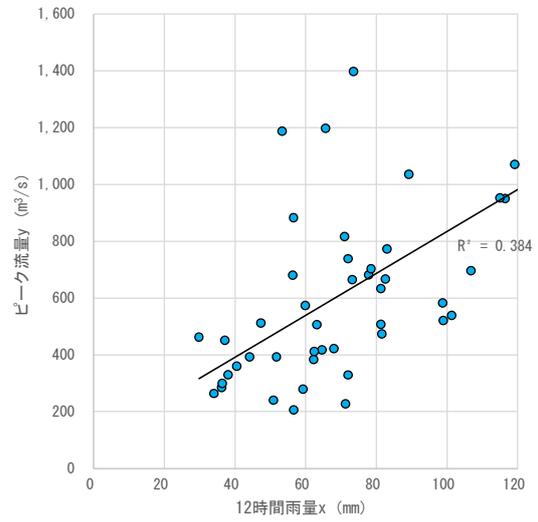
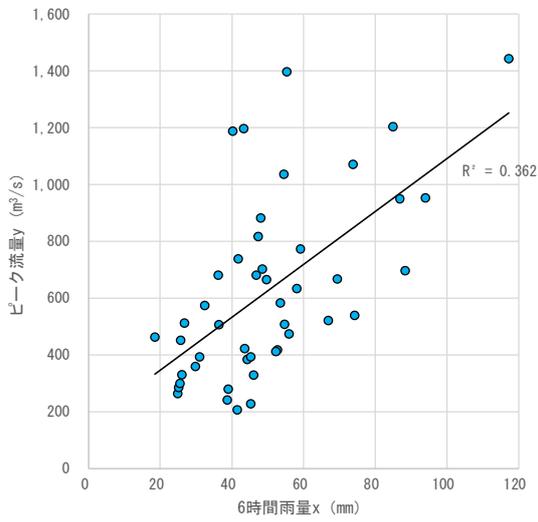
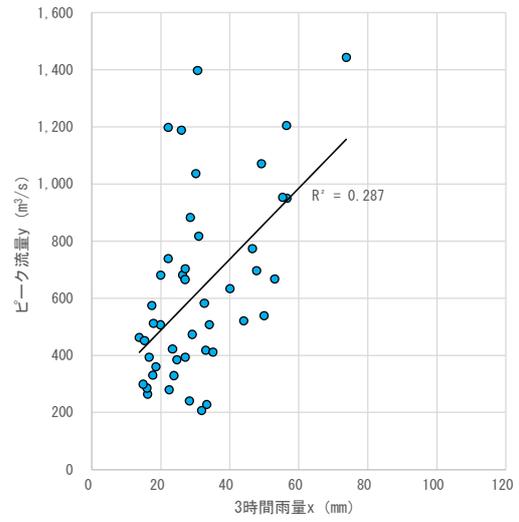
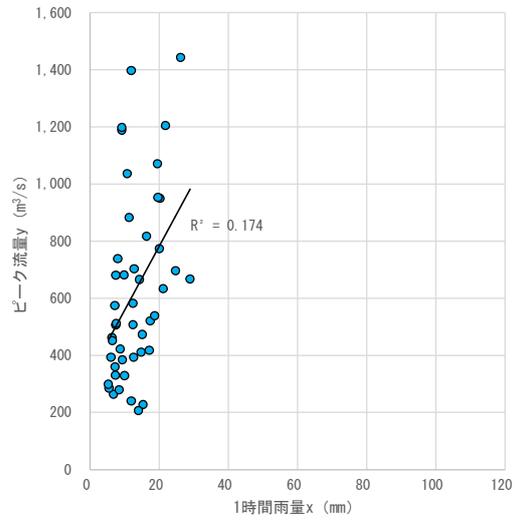


図 1-6-5(1) ピーク流量と短時間雨量との相関 (和訳) □ : 相関が最も高い

定義① ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

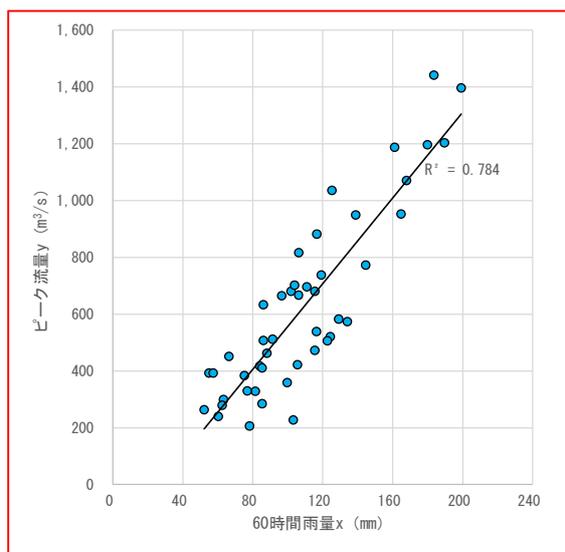
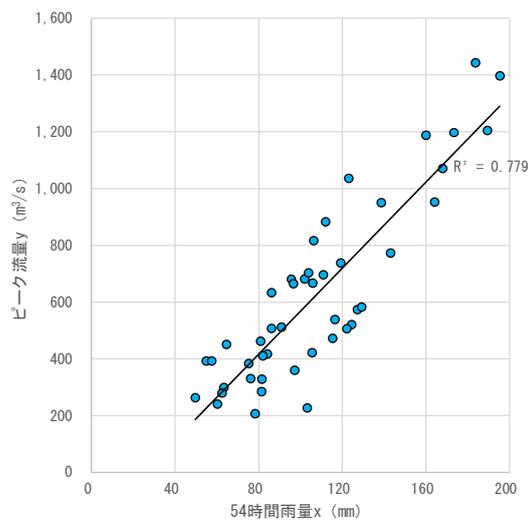
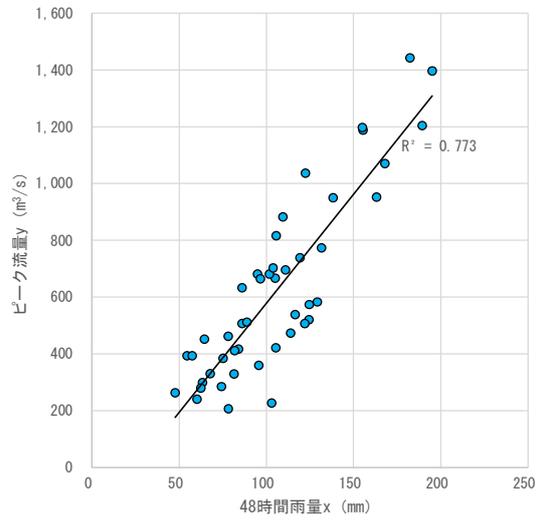
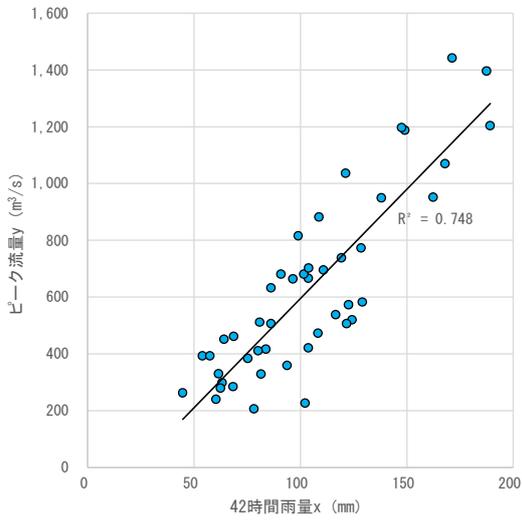
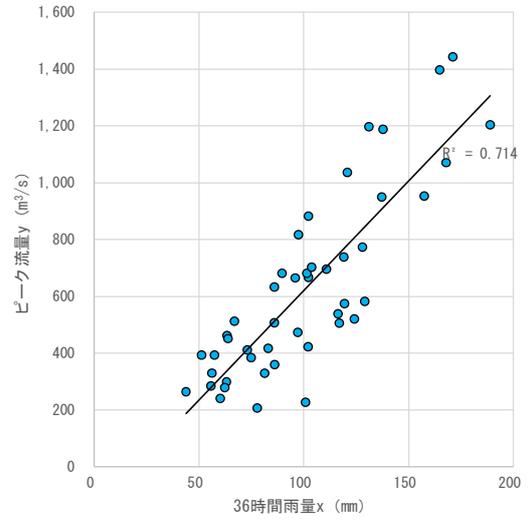
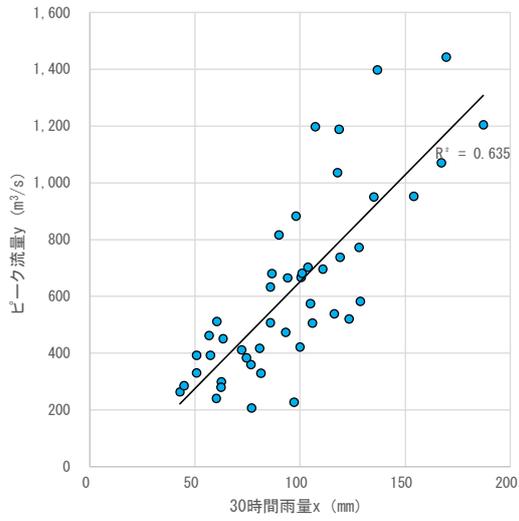


図 1-6-5(2) ピーク流量と短時間雨量との相関 (和瀬) □ : 相関が最も高い

定義① ピーク流量生起時刻前で最大となる短時間雨量

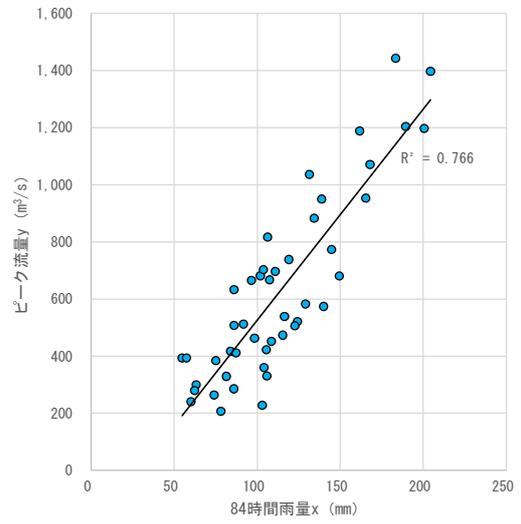
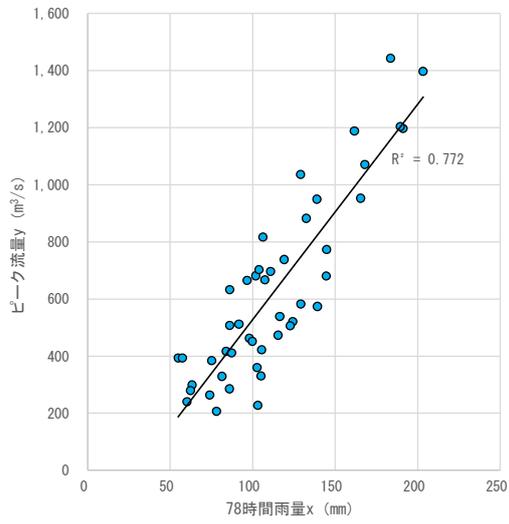
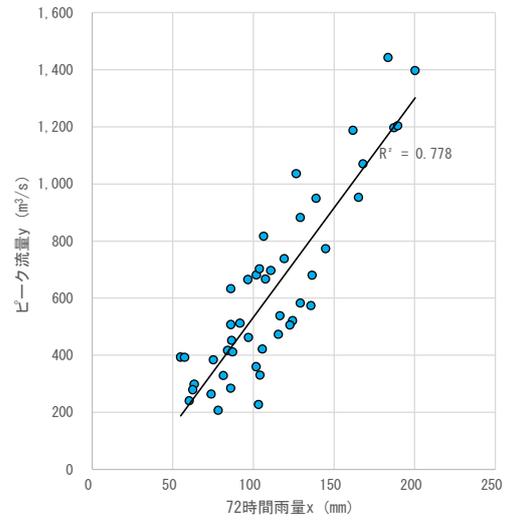
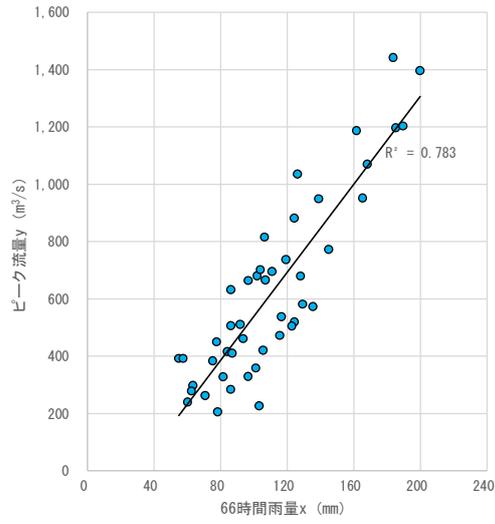


図 1-6-5(3) ピーク流量と短時間雨量との相関 (和沢) □ : 相関が最も高い

定義② ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

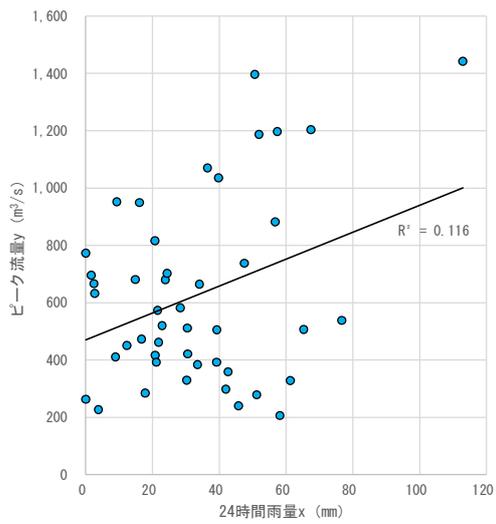
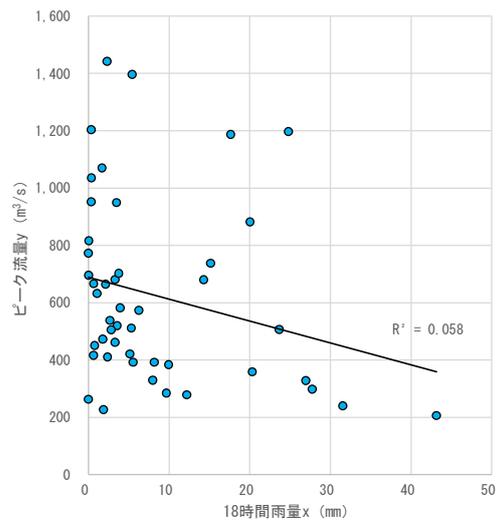
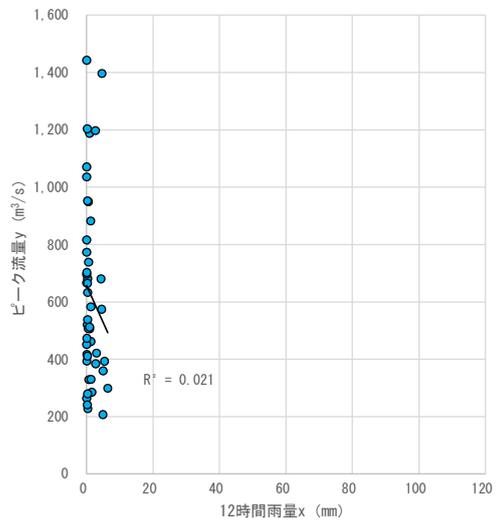
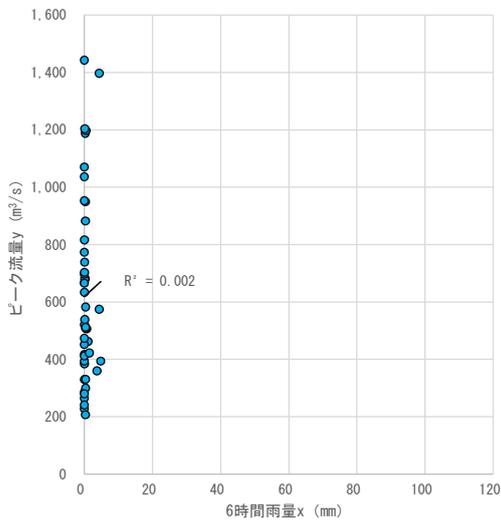
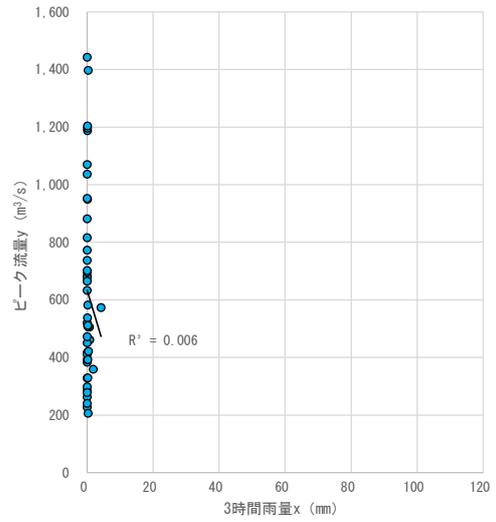
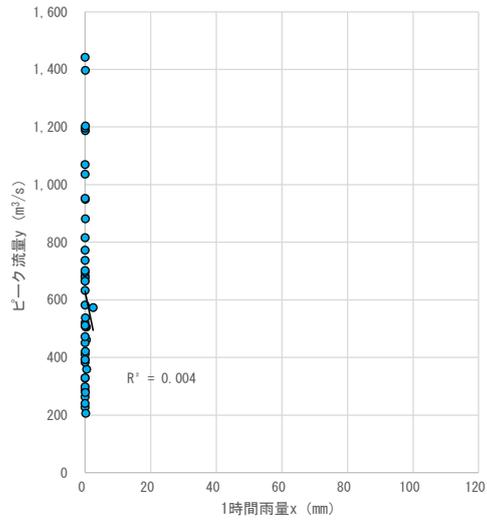


図 1-6-5(4) ピーク流量と短時間雨量との相関 (和淤) □ : 相関が最も高い

定義② ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

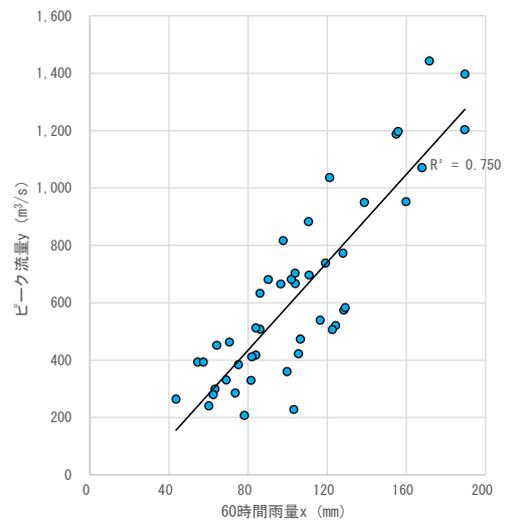
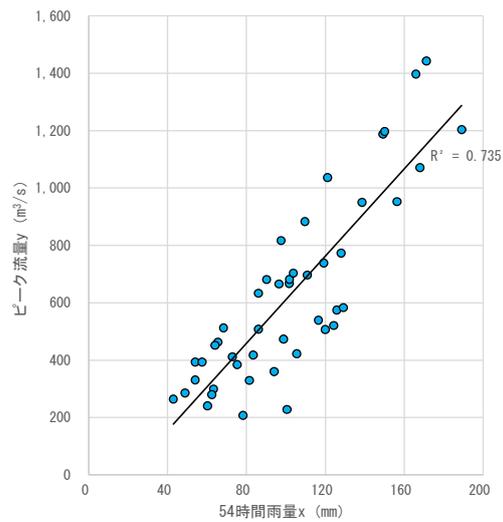
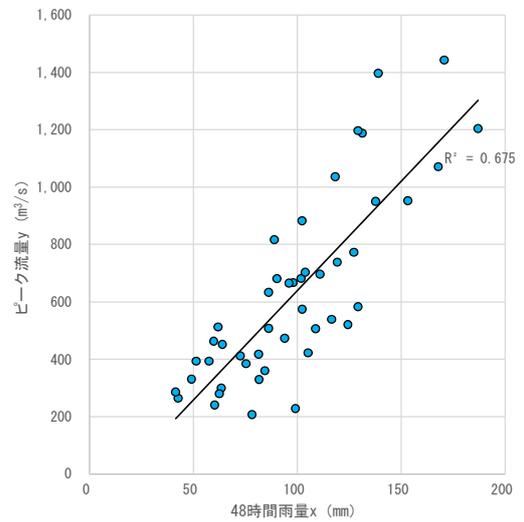
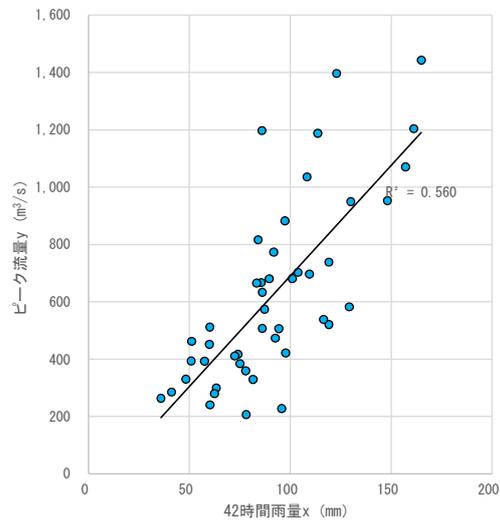
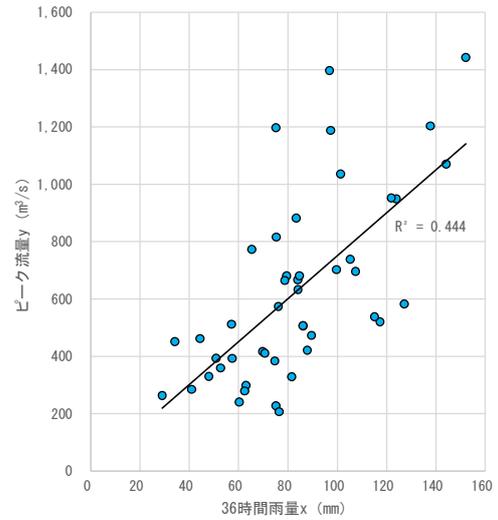
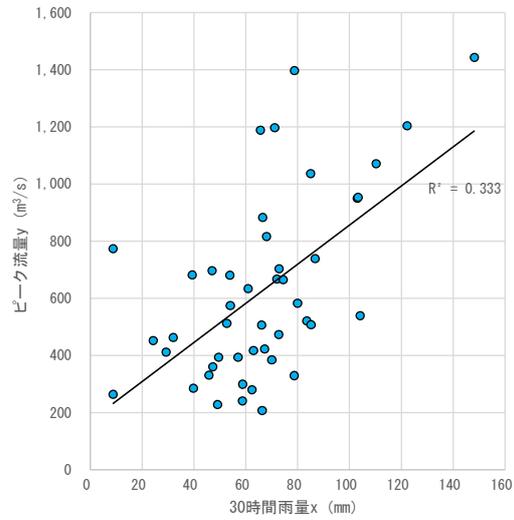


図 1-6-5(5) ピーク流量と短時間雨量との相関 (和澁) □ : 相関が最も高い

定義② ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量

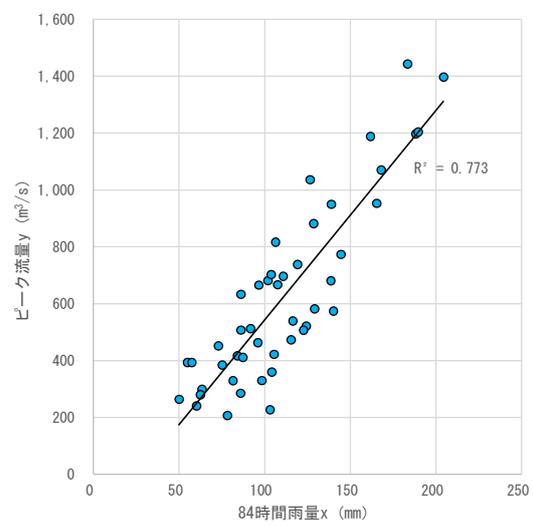
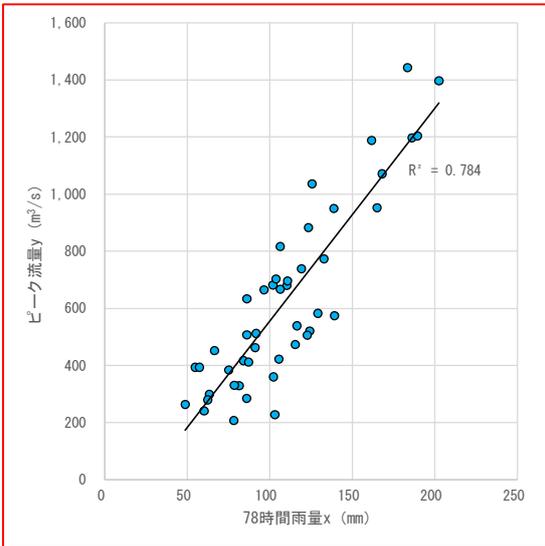
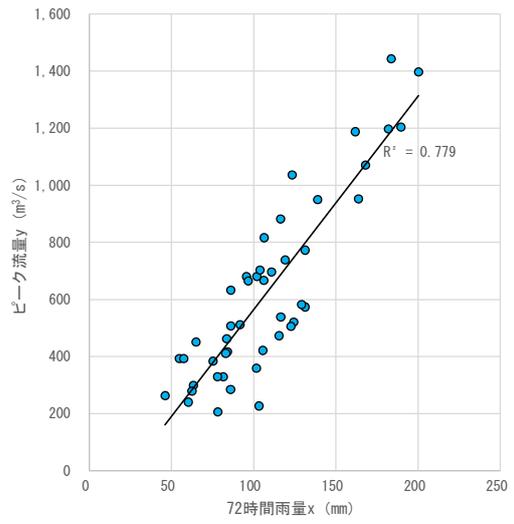
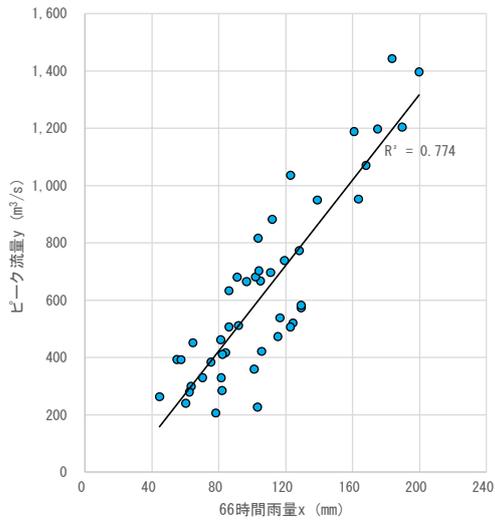


図 1-6-5 (6) ピーク流量と短時間雨量との相関 (和衷) □ : 相関が最も高い

1-6-4 強い降雨強度の継続時間

強い降雨強度（5mm/h 及び 10mm/h）の継続時間を整理した。対象洪水は、洪水到達時間の検討と同様に、基準地点明治橋、狐禅寺、和渕において、それぞれ 10 洪水とした。

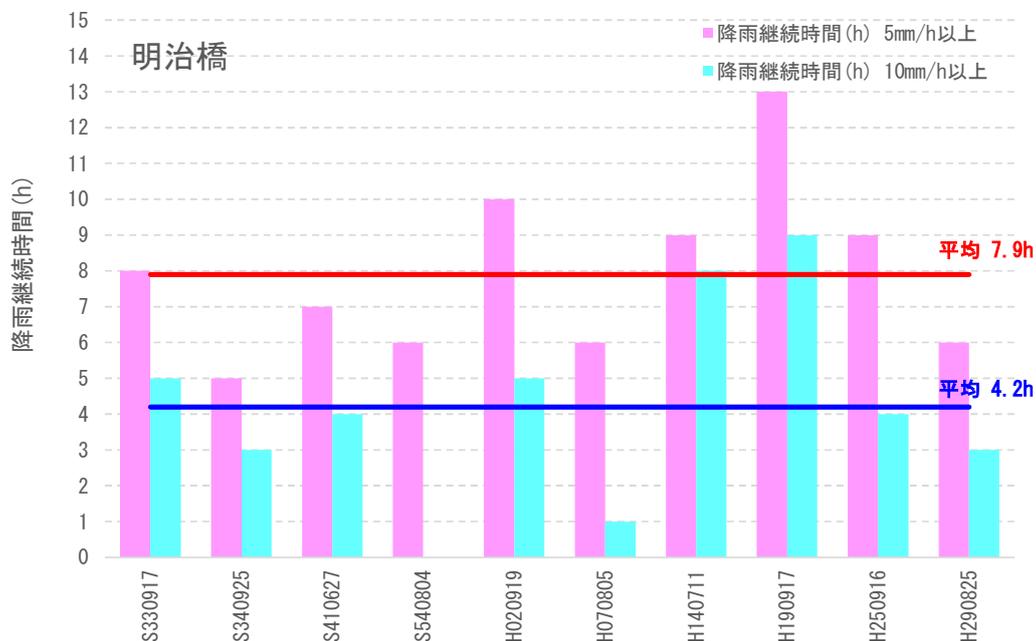


図 1-6-6 強い降雨強度の継続時間 (明治橋)

表 1-6-4 強い降雨強度の継続時間 (明治橋)

洪水No.	洪水名	降雨継続時間 (h)		ピーク流量 (m^3/s)
		5mm/h 以上	10mm/h 以上	
1	S330917	8	5	2,804
2	S340925	5	3	1,456
3	S410627	7	4	1,448
4	S540804	6	-	1,373
5	H020919	10	5	2,200
6	H070805	6	1	2,290
7	H140711	9	8	2,655
8	H190917	13	9	3,515
9	H250916	9	4	3,223
10	H290825	6	3	2,772
最小 (10 洪水)		5	-	
最大 (10 洪水)		13	9	
平均 (10 洪水)		7.9	4.2	

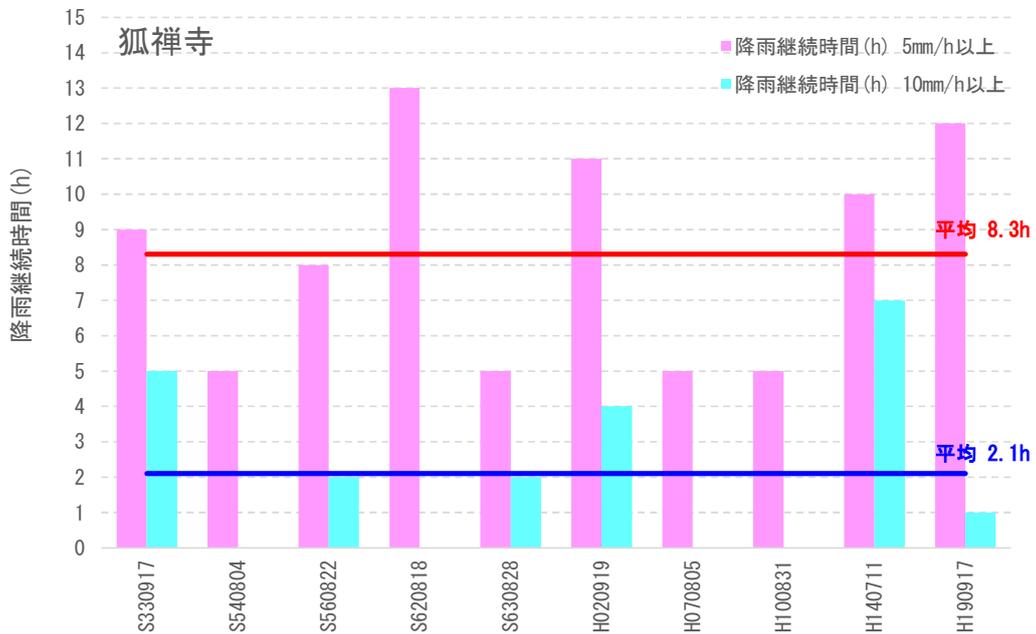


図 1-6-7 強い降雨強度の継続時間 (狐禅寺)

表 1-6-5 強い降雨強度の継続時間 (狐禅寺)

洪水No.	洪水名	降雨継続時間 (h)		ピーク流量 (m ³ /s)
		5mm/h 以上	10mm/h 以上	
1	S330917	9	5	5,845
2	S540804	5	-	4,467
3	S560822	8	2	5,649
4	S620818	13	-	5,605
5	S630828	5	2	3,531
6	H020919	11	4	4,468
7	H070805	5	-	4,154
8	H100831	5	-	4,104
9	H140711	10	7	5,259
10	H190917	12	1	5,695
最小 (10 洪水)		5	-	
最大 (10 洪水)		13	7	
平均 (10 洪水)		8.3	2.1	

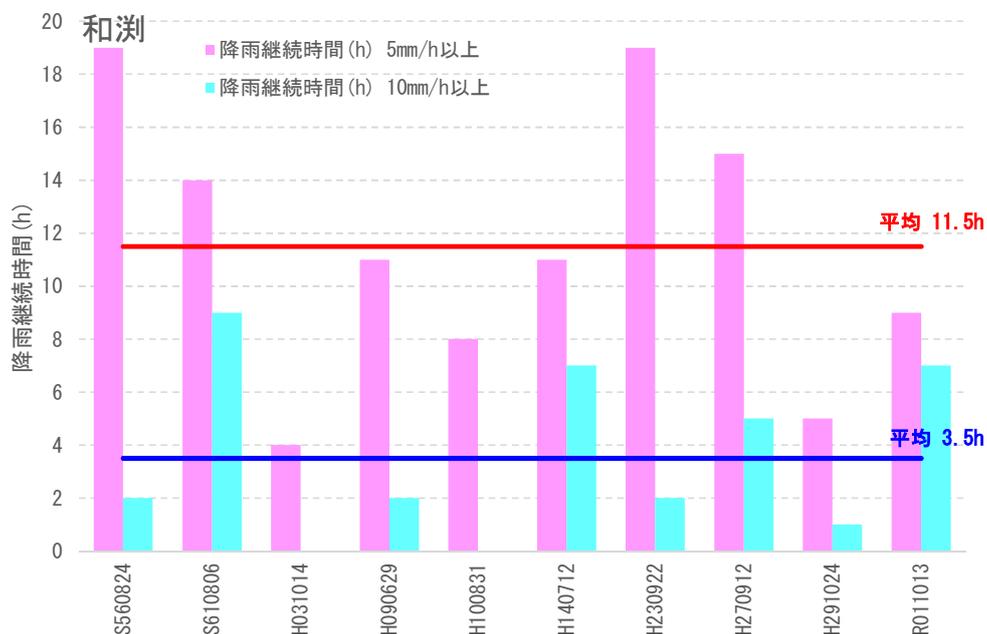


図 1-6-8 強い降雨強度の継続時間 (和渕)

表 1-6-6 強い降雨強度の継続時間 (和渕)

洪水No.	洪水名	降雨継続時間 (h)		ピーク流量 (m ³ /s)
		5mm/h 以上	10mm/h 以上	
1	S560824	19	2	777
2	S610806	14	9	1,072
3	H031014	4	-	1,188
4	H090629	11	2	1,036
5	H100831	8	-	1,084
6	H140712	11	7	1,176
7	H230922	19	2	1,397
8	H270912	15	5	953
9	H291024	5	1	879
10	R011013	9	7	1,443
最小 (10洪水)		4	-	
最大 (10洪水)		19	9	
平均 (10洪水)		11.5	3.5	

1-6-5 対象降雨の継続時間の設定

北上川流域では、昭和33年（1958年）から令和3年（2021年）までの雨量資料（64年間）を整理し、降雨特性及びピーク流量との相関から総合的に判断して、対象降雨継続時間を下記のとおり設定した。

旧北上川流域では、昭和49年（1974年）から令和3年（2021年）までの雨量資料（48年間）を整理し、降雨特性及びピーク流量との相関から総合的に判断して、対象降雨継続時間を下記のとおり設定した。

【明治橋】 対象降雨継続時間を15時間とした。

- ・ kinematic wave 法による洪水到達時間で10～19時間（平均14.5時間）、角屋の式による洪水到達時間で11～16時間（平均12.8時間）となった。
- ・ ピーク流量との相関の高い短時間雨量の時間帯は15～18時間となった。
- ・ 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、5mm以上が継続する時間が最大で13時間となっており、15時間で網羅している。

【狐禅寺】 対象降雨継続時間を48時間とした。

- ・ kinematic wave 法による洪水到達時間で32～80時間（平均50.5時間）、角屋の式による洪水到達時間で14～21時間（平均16.9時間）となった。
- ・ ピーク流量との相関の高い短時間雨量の時間帯は48～60時間となった。
- ・ 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、5mm以上が継続する時間が最大で13時間となっており、48時間で網羅している。

【和湊】 対象降雨継続時間を48時間とした。

- ・ kinematic wave 法による洪水到達時間で44～64時間（平均50.9時間）、角屋の式による洪水到達時間で15～20時間（平均17.3時間）となった。
- ・ ピーク流量との相関の高い短時間雨量の時間帯は、48時間以上で相関性が高くなり、それ以上の時間帯では大きな差は見られなかった。
- ・ 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、5mm以上が継続する時間が最大で19時間となっており、48時間で網羅している。

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

設定した対象降雨の継続時間における年最大流域平均雨量に対して、確率雨量を算定した。

降雨量変化倍率の算定に用いている過去実験の期間が平成 22 年（2010 年）までであることを踏まえ、既定計画から雨量標本のデータ延伸を一律に平成 22 年（2010 年）までにとどめ、平成 22 年（2010 年）までの雨量標本を用いる。定常の水文統計解析により確率雨量を算定し、これに降雨量変化倍率を乗じた値を計画対象降雨の降雨量とする。

昭和 33 年（1958 年）～平成 22 年（2010 年）までの 53 年間の明治橋の年最大 15 時間雨量及び狐禅寺の年最大 48 時間雨量、昭和 22 年（1947 年）～平成 22 年（2010 年）までの 64 年間の和渕の年最大 48 時間雨量を確率処理し、適合度の基準を満足し、Jackknife 推定誤差（以降、JK 推定誤差）と pAIC を総合的に評価して、安定性の良好な確率分布モデルを選定する。

北上川明治橋では、JK 推定誤差では SqrtEt、pAIC では Gumbel の安定性が良い。双方の観点で評価しても、SqrtEt 及び Gumbel どちらも良好な安定性を確認できる。

北上川狐禅寺では、JK 推定誤差では LP3Rs、pAIC では SqrtEt の安定性が良い。双方の観点で評価すると、LP3Rs は pAIC の安定性が最も劣り、SqrtEt は JK 推定誤差の安定性が他のモデルと比較して劣ることを確認した。双方の観点で評価すると、Gumbel の安定性が相対的に良好であることを確認した。

旧北上川和渕では、JK 推定誤差では Gumbel、pAIC では Exp の安定性が良い。双方の観点で評価すると、pAIC で安定性の良い Exp は、JK 推定誤差も他のモデルと比較して安定性が良いことを確認した。

以上より、確率規模 1/150 に対する対象降雨の確率水文学量は明治橋で 153.3mm/15h、狐禅寺で 209.1mm/48h、和渕で 280.1mm/48h と算定される。気候変動による降雨量の増加を考慮してそれぞれの確率水文学量に 1.1 倍を乗じて、明治橋で 169mm/15h、狐禅寺で 230mm/48h、和渕で 308mm/48h と設定した。

表 1-7-1 対象降雨量（確率規模 1/150）

基準地点	明治橋	狐禅寺	和渕
確率雨量 1/150	153.3mm/15h	209.1mm/48h	280.1mm/48h
気候変動後（×1.1 倍）	169mm/15h	230mm/48h	308mm/48h
採用手法	グンベル分布	グンベル分布	指数分布

表 1-7-2 確率雨量算定結果（明治橋：15 時間）

確率分布	計算方法	SLSC	pAIC	確率規模 1/150 (mm)	Jackknife 推定誤差 (mm)	
極値 分布型	指数分布	Exp	0.049	450.6	173.5	13.6
	グンベル分布	Gumbel	0.028	475.4	153.3	11.3
	平方根指数型最大分布	SqrtEt	0.034	476.3	179.6	4.1
	一般化極値分布	Gev	0.031	477.5	149.6	20.8
ガンマ 分布型	対数 β ・アソ III 型分布（実数空間法）	LP3Rs	—	—	—	—
	対数 β ・アソ III 型分布（対数空間法）	LogP3	—	—	—	—
対数正規 分布型	岩井法	Iwai	0.027	478.1	141.5	12.9
	石原・高瀬法	IshiTaka	0.025	477.1	152.7	25.3
	対数正規分布 3 母数クォンタイル法	LN3Q	0.025	477.2	158.4	31.3
	対数正規分布 3 母数 (Slade II)	LN3PM	0.024	477.1	152.0	24.7
	対数正規分布 2 母数 (Slade I, L 積率法)	LN2LM	0.023	475.4	148.1	12.1
	対数正規分布 2 母数 (Slade I, 積率法)	LN2PM	0.024	475.4	146.7	12.0
	対数正規分布 4 母数 (Slade IV, 積率法)	LN4PM	—	—	—	—
	最小値		475.4	141.5	4.1	
	最大値			179.6		
	平均値			153.5		

標本：昭和 33 年～平成 22 年 (N=53)

■：SLSC ≤ 0.04 の手法の中で採用した手法、■：SLSC > 0.04

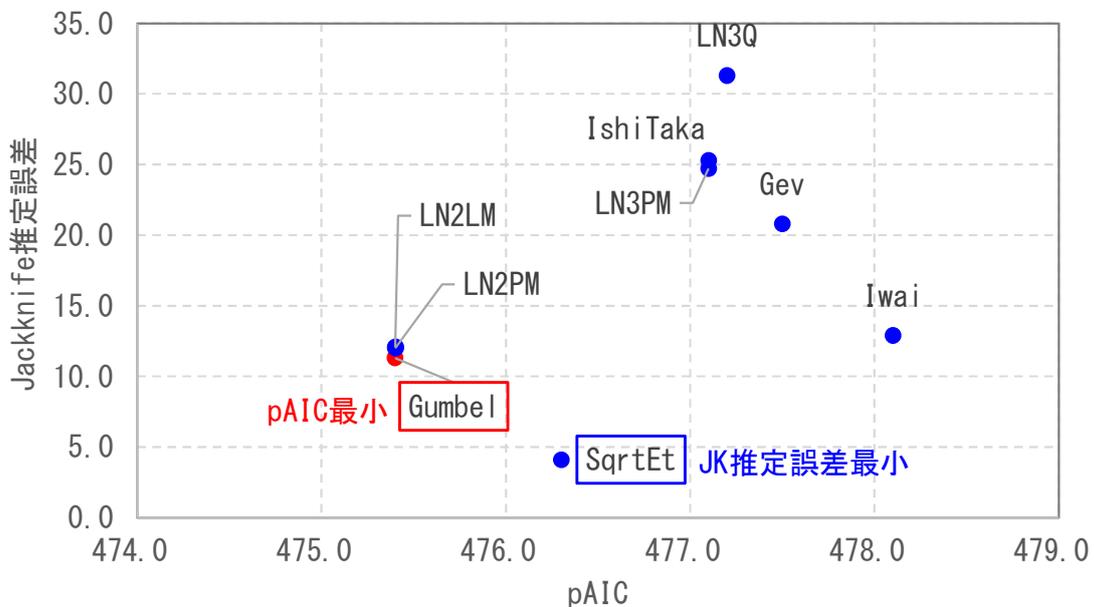


図 1-7-1 Jackknife 推定誤差と pAIC の関係

【対数正規確率紙】北上川水系北上川 明治橋 (15時間)

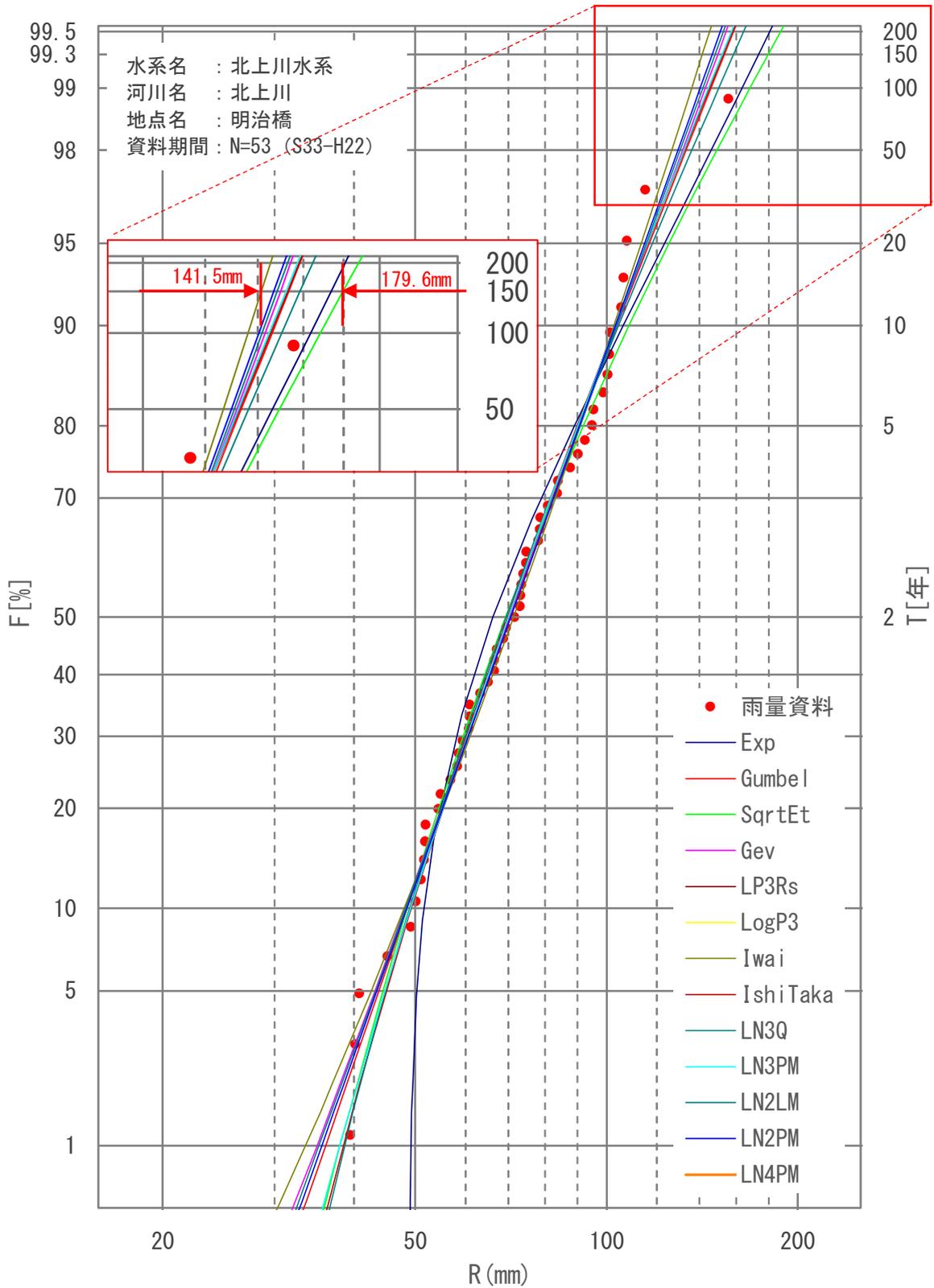


図 1-7-2 確率雨量算定結果 (明治橋 : 15 時間)

表 1-7-3 確率雨量算定結果（狐禅寺：48 時間）

確率分布	計算方法	SLSC	pAIC	確率規模 1/150 (mm)	Jackknife 推定誤差 (mm)
極値 分布型	指数分布 Exp	0.049	487.1	237.7	17.6
	グンベル分布 Gumbel	0.028	509.9	209.1	14.7
	平方根指数型最大分布 SqrtEt	0.032	509.0	231.3	19.6
	一般化極値分布 Gev	0.028	511.6	213.9	22.1
ガンマ 分布型	対数Ⅱ°アソⅢ型分布（実数空間法） LP3Rs	0.033	512.7	194.7	12.5
	対数Ⅱ°アソⅢ型分布（対数空間法） LogP3	0.025	511.0	213.4	19.3
対数正規 分布型	岩井法 Iwai	0.025	510.6	213.7	23.2
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.029	512.0	200.2	13.5
	対数正規分布 3 母数クォンタイル法 LN3Q	0.025	510.4	215.7	19.5
	対数正規分布 3 母数 (Slade II) LN3PM	0.029	512.2	199.4	13.3
	対数正規分布 2 母数 (Slade I, L 積率法) LN2LM	0.028	509.8	203.4	17.4
	対数正規分布 2 母数 (Slade I, 積率法) LN2PM	0.029	509.7	199.9	16.2
	対数正規分布 4 母数 (Slade IV, 積率法) LN4PM	—	—	—	—
最小値			509.0	194.7	12.5
最大値				231.3	
平均値				208.6	

標本：昭和 33 年～平成 22 年 (N=53)

■：SLSC ≤ 0.04 の手法の中で採用した手法、■：SLSC > 0.04

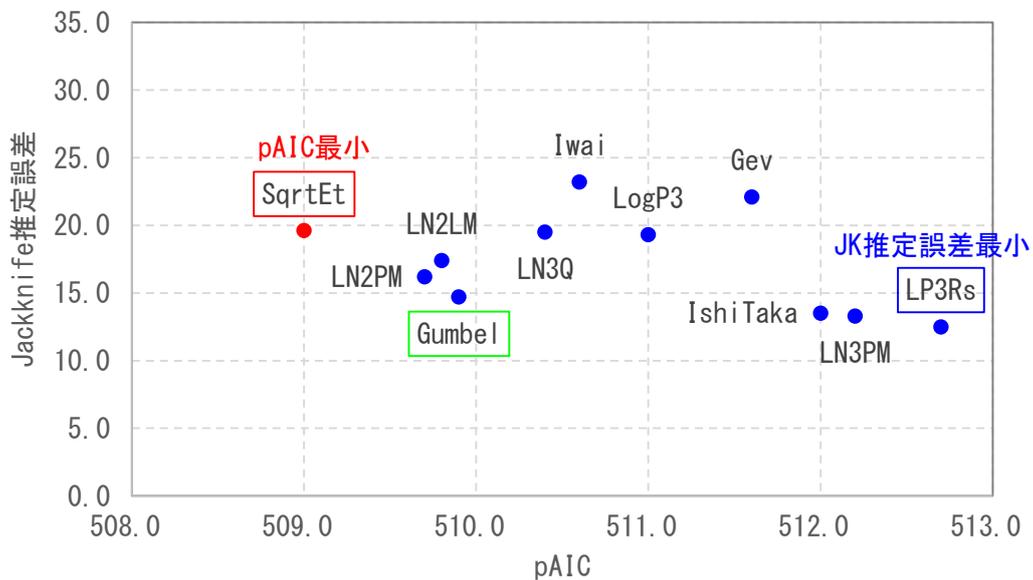


図 1-7-3 Jackknife 推定誤差と pAIC の関係

【対数正規確率紙】北上川水系北上川 狐禅寺 (48時間)

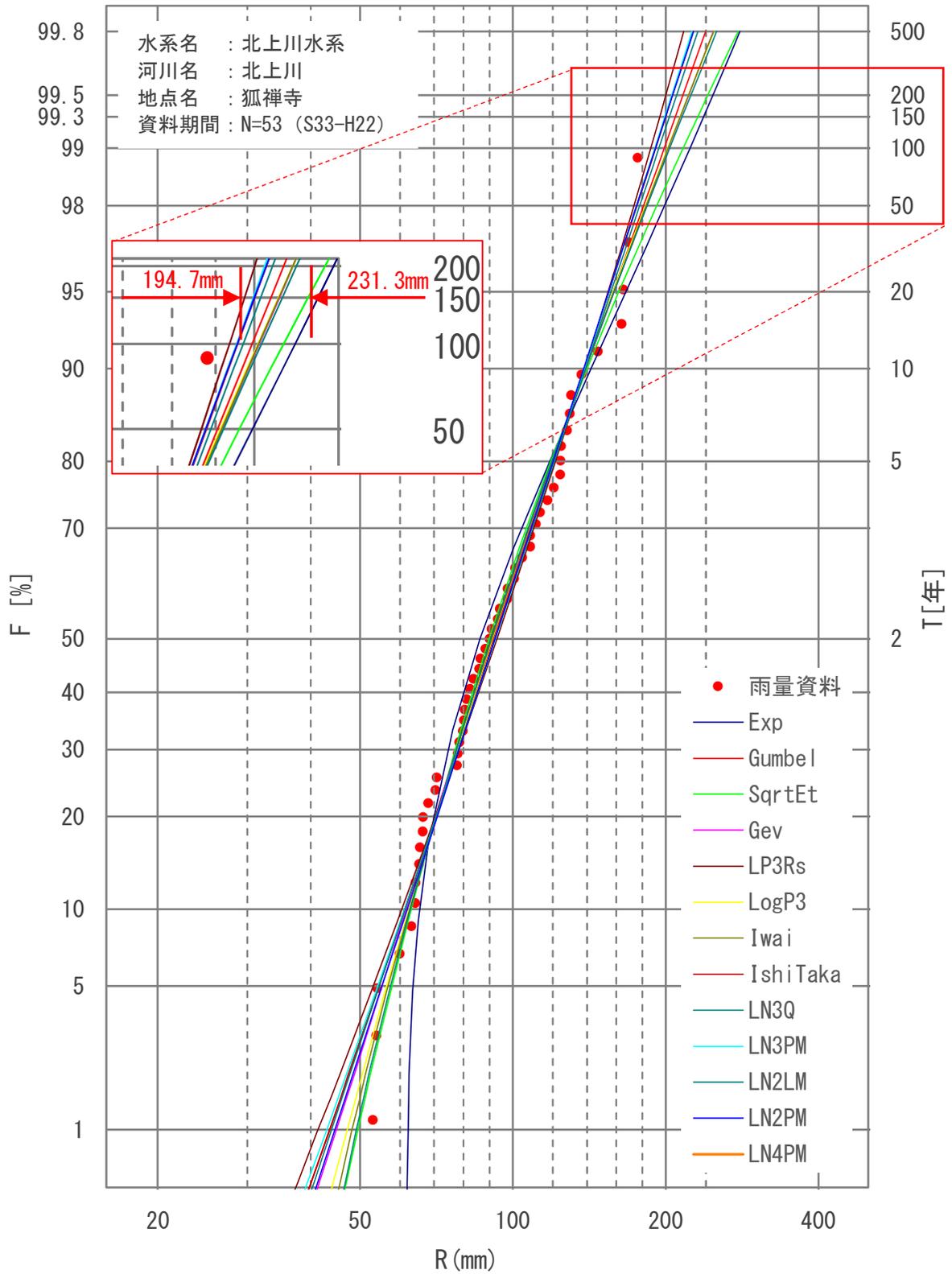


図1-7-4 確率雨量算定結果 (狐禅寺 : 48時間)

表 1-7-4 確率雨量算定結果（和渕：48 時間）

確率分布	計算方法	SLSC	pAIC	確率規模 1/150 (mm)	Jackknife 推定誤差 (mm)
極値 分布型	指数分布 Exp	0.037	616.8	280.1	25.9
	グンベル分布 Gumbel	0.029	646.1	244.2	21.5
	平方根指数型最大分布 SqrtEt	0.025	646.6	290.2	24.6
	一般化極値分布 Gev	0.023	647.7	255.0	42.7
ガンマ 分布型	対数 β° アソ III 型分布（実数空間法） LP3Rs	—	—	—	—
	対数 β° アソ III 型分布（対数空間法） LogP3	—	—	—	—
対数正規 分布型	岩井法 Iwai	0.022	647.7	245.8	34.0
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.033	648.9	259.0	34.7
	対数正規分布 3 母数 κ ンタイル法 LN3Q	0.023	647.6	247.2	37.0
	対数正規分布 3 母数 (Slade II) LN3PM	0.029	648.3	257.3	34.2
	対数正規分布 2 母数 (Slade I, L 積率法) LN2LM	0.022	645.6	246.8	25.3
	対数正規分布 2 母数 (Slade I, 積率法) LN2PM	0.022	645.6	247.0	24.7
	対数正規分布 4 母数 (Slade IV, 積率法) LN4PM	—	—	—	—
	最小値		616.8	244.2	21.5
	最大値			290.2	
	平均値			257.3	

標本：昭和 22 年～平成 22 年 (N=64)

■：SLSC ≤ 0.04 の手法の中で採用した手法、■：SLSC > 0.04

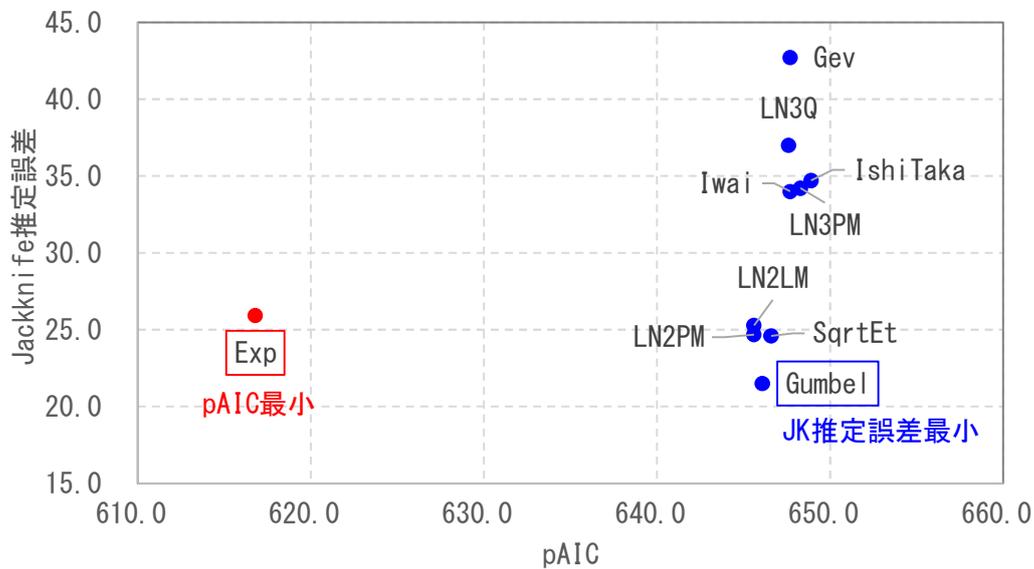


図 1-7-5 Jackknife 推定誤差と pAIC の関係

【対数正規確率紙】北上川水系旧北上川 和湊（48時間）

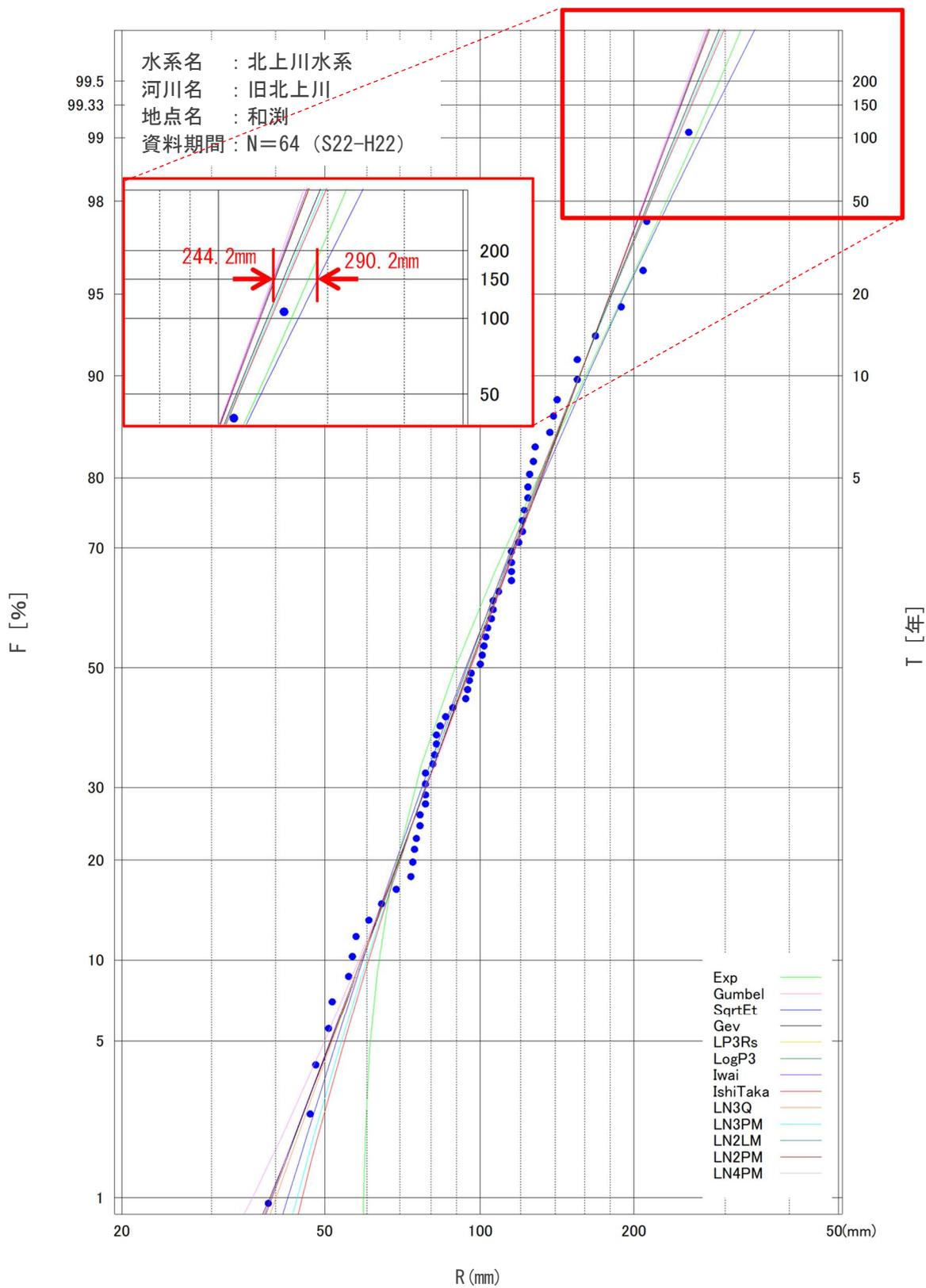


図1-7-6 確率雨量算定結果（和湊：48時間）

【参考】近年降雨の気候変動の影響等の確認

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。

<基準地点明治橋>

1. Mann-Kendall検定（定常/非定常性を確認）

昭和33年（1958年）～平成22年（2010年）までの雨量データに一年ずつ雨量データを追加し、令和3年（2021年）までのデータを対象とした検定結果を確認。

⇒非定常性は確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施した。

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3年（2021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モデルによる1/150確率雨量から、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルを用いて1/150確率雨量を算定。

⇒令和3年（2021年）までの雨量データを用いた場合の超過確率1/150確率雨量は、基準地点明治橋では154.9mm/15h（ $\times 1.1 \div 170.4\text{mm}/15\text{h}$ ）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。

<基準地点狐禅寺>

1. Mann-Kendall検定（定常/非定常性を確認）

昭和33年（1958年）～平成22年（2010年）までの雨量データに一年ずつ雨量データを追加し、令和3年（2021年）までのデータを対象とした検定結果を確認。

⇒非定常性は確認されなかったため、近年降雨までデータ延伸を実施した。

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3年（2021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モデルによる1/150確率雨量から、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルを用いて1/150確率雨量を算定。

⇒令和3年（2021年）までの雨量データを用いた場合の超過確率1/150確率雨量は、基準地点狐禅寺では205.5mm/48h（ $\times 1.1 \div 226.1\text{mm}/48\text{h}$ ）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。

< 基準地点和測 >

1. Mann-Kendall検定（定常/非定常性を確認）

昭和22年（1947年）～平成22年（2010年）までの雨量データに一年ずつ雨量データを追加し、令和3年（2021年）までのデータを対象とした検定結果を確認。

⇒非定常性が確認された。

2. 近年降雨までデータ延伸を実施

データを令和3年（2021年）まで延伸した場合、平成24年（2012年）以降に非定常性が確認された。

気候変動の影響については、平成23年（2011年）以降に発生していると推察されるため、統計期間については、基本となる期間に主要洪水を考慮した期間として昭和22年（1947年）～平成22年（2010年）を設定する。

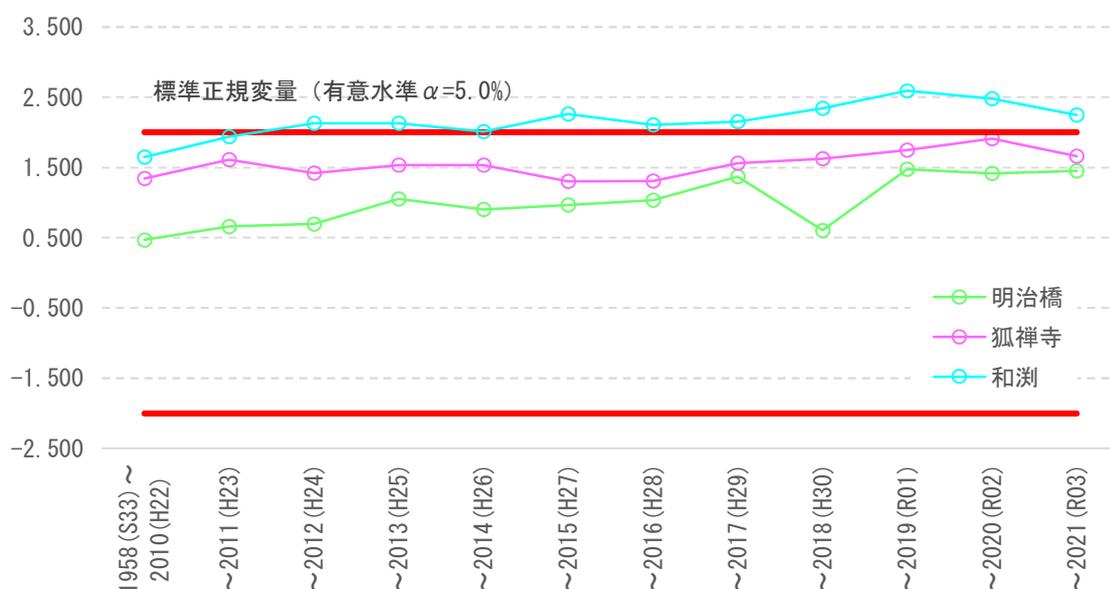


図1-7-7 各基準地点におけるMann-Kendall検定（定常・非定常の確認）

1-8 対象降雨波形の設定

検討対象洪水は、以下のとおり選定した。

基準地点明治橋については、昭和 33 年（1958 年）以降でピーク流量が氾濫注意水位相当流量以上となり、かつピーク流量生起時刻前後の最大 15 時間雨量の引き伸ばし率が 2 倍以下となる上位 9 洪水と、過去に甚大な被害をもたらした、現行河川整備基本方針の対象降雨である昭和 22 年（1947 年）9 月洪水及び昭和 23 年（1948 年）9 月洪水を追加した計 11 洪水を選定した。

基準地点狐禅寺については、昭和 33 年（1958 年）以降でピーク流量が氾濫注意水位相当流量以上となり、かつピーク流量生起時刻前後の最大 48 時間雨量の引き伸ばし率が 2 倍以下となる上位 10 洪水と、過去に甚大な被害をもたらした、現行河川整備基本方針の対象降雨である昭和 22 年（1947 年）9 月洪水及び昭和 23 年（1948 年）9 月洪水を追加した計 12 洪水を選定した。

基準地点和渕については、昭和 49 年（1973 年）以降でピーク流量が上位の洪水及び昭和 22 年（1947 年）以降の 48 時間雨量の上位の洪水のうち、引き伸ばし率が 2 倍以下となる洪水、ならびに現行河川整備基本方針の対象降雨を考慮して計 10 洪水を選定した。

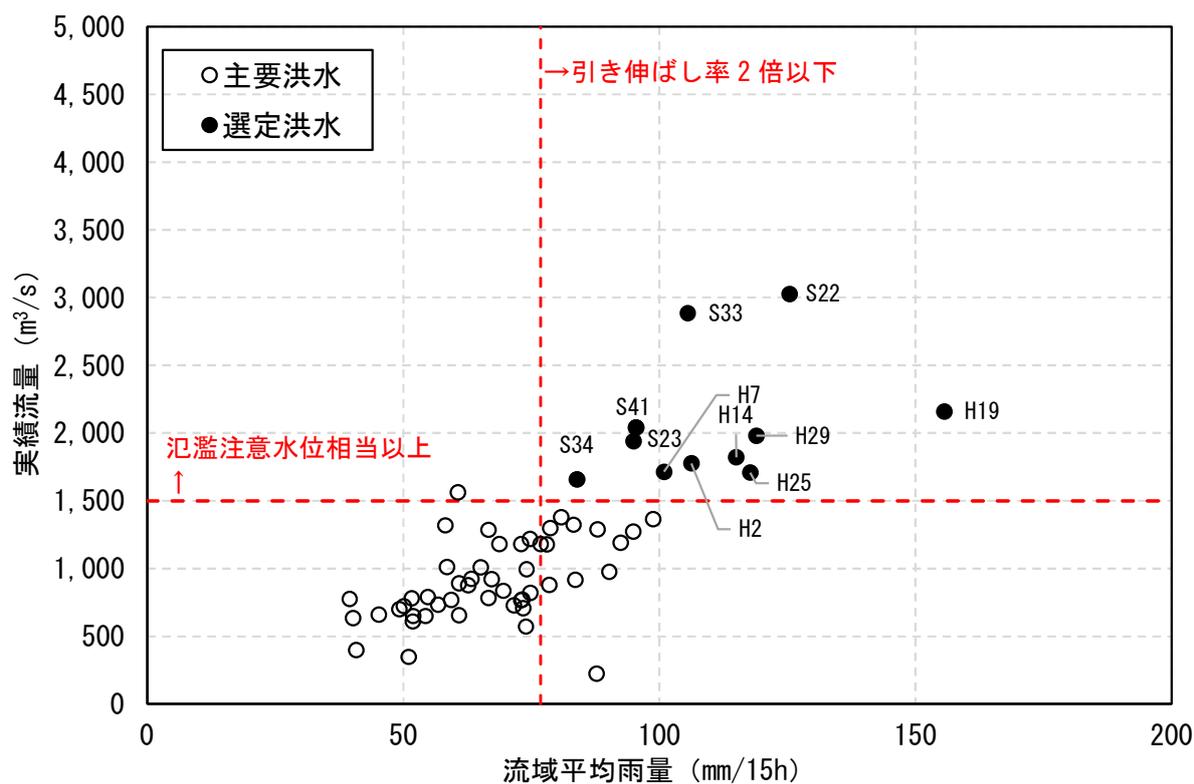


図 1-8-1 対象洪水の選定（明治橋）

表 1-8-1 対象洪水の選定結果（明治橋）

洪水No.	洪水名	実績雨量 (mm/15h)	実績流量 (m³/s)
1	昭和 22 年 9 月 14 日	125.4	3,026
2	昭和 23 年 9 月 16 日	94.9	1,940
3	昭和 33 年 9 月 17 日	105.5	2,885
4	昭和 34 年 9 月 25 日	83.9	1,657
5	昭和 41 年 6 月 27 日	95.4	2,040
6	平成 2 年 9 月 19 日	106.3	1,778
7	平成 7 年 8 月 5 日	100.9	1,714
8	平成 14 年 7 月 11 日	115.0	1,822
9	平成 19 年 9 月 17 日	155.6	2,159
10	平成 25 年 9 月 16 日	117.7	1,709
11	平成 29 年 8 月 25 日	118.9	1,981

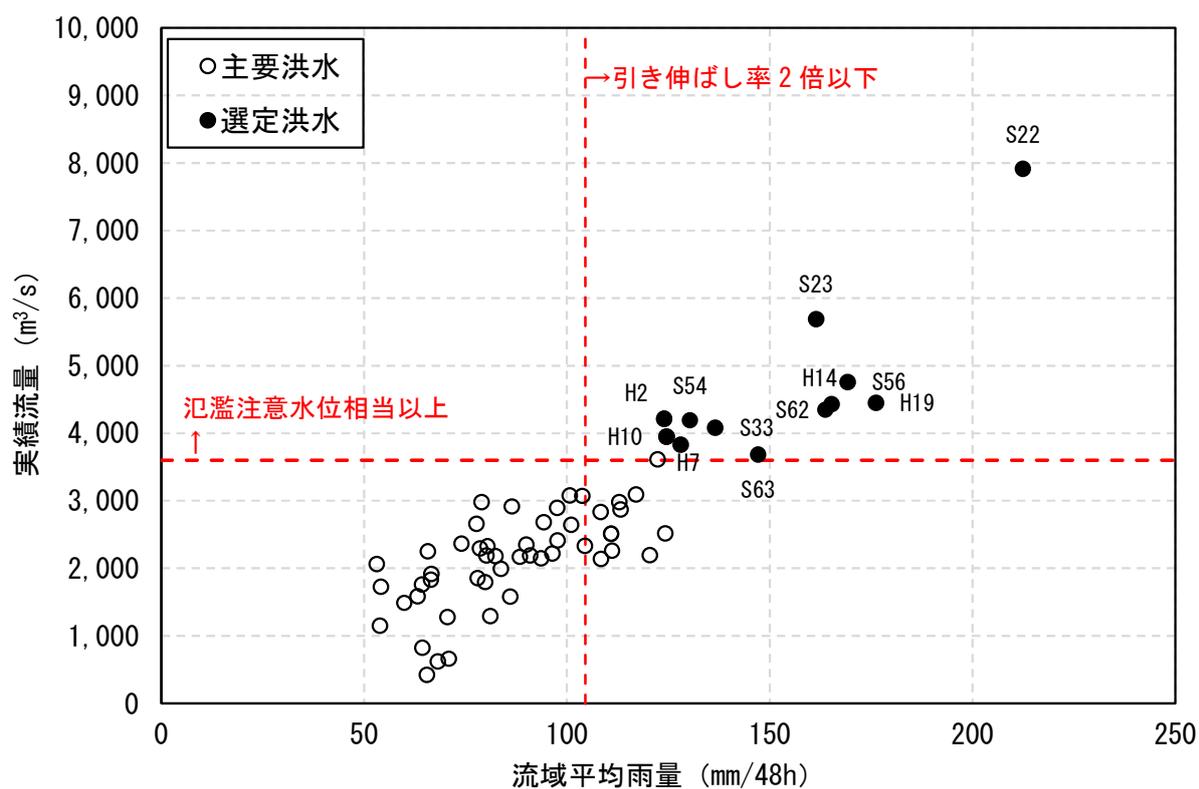


図 1-8-2 対象洪水の選定 (狐禅寺)

表 1-8-2 対象洪水の選定結果 (狐禅寺)

洪水No.	洪水名	実績雨量 (mm/48h)	実績流量 (m³/s)
1	昭和 22 年 9 月 14 日	212.4	7,914
2	昭和 23 年 9 月 16 日	161.4	5,688
3	昭和 33 年 9 月 17 日	136.6	4,079
4	昭和 54 年 8 月 4 日	130.3	4,190
5	昭和 56 年 8 月 22 日	169.2	4,753
6	昭和 62 年 8 月 18 日	163.7	4,347
7	昭和 63 年 8 月 28 日	147.1	3,681
8	平成 2 年 9 月 19 日	124.0	4,210
9	平成 7 年 8 月 5 日	128.0	3,827
10	平成 10 年 8 月 31 日	124.6	3,949
11	平成 14 年 7 月 11 日	165.2	4,429
12	平成 19 年 9 月 17 日	176.1	4,446

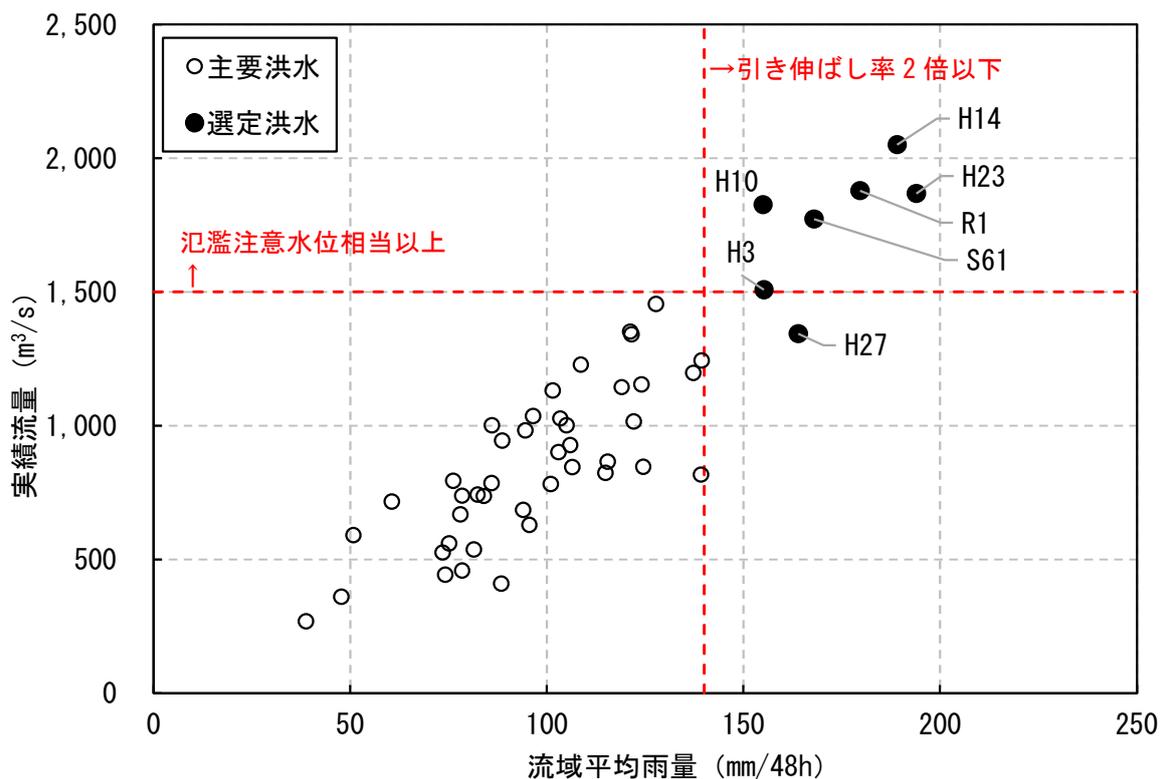


図 1-8-3 対象洪水の選定（和渚）

表 1-8-3 対象洪水の選定結果（和渚）

洪水No.	洪水名	実績雨量 (mm/48h)	実績流量 (m ³ /s)
1	昭和 22 年 9 月 14 日	208.3	-
2	昭和 23 年 9 月 15 日	254.5	-
3	昭和 25 年 8 月 3 日	211.6	-
4	昭和 61 年 8 月 6 日	168.0	1,772
5	平成 3 年 10 月 14 日	155.3	1,507
6	平成 10 年 8 月 31 日	155.0	1,825
7	平成 14 年 7 月 12 日	189.1	2,049
8	平成 23 年 9 月 21 日	194.0	1,867
9	平成 27 年 9 月 11 日	163.9	1,343
10	令和元年 10 月 13 日	179.6	1,877

※ 流量観測が昭和 35 年以降から開始されているため 1~3 は観測値無し

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」等を一律引き伸ばしすると、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、前節で選定した洪水について、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、対象降雨としての妥当性評価により代表的な洪水に適さない洪水については検討対象から除外した上で対象降雨波形を選定する。

棄却基準となる確率雨量の算定手法は、適合度の基準を満足し、Jackknife 推定誤差と pAIC を総合的に評価して、安定性の良好な確率分布モデルを選定する。

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（降雨量変化倍率を乗じない）ものとする。

1-9-2 地域分布の棄却基準

地域分布の棄却基準の検討では、明治橋上流域及び狐禅寺上流域において流域をブロック分割し、各ブロックで過度な雨量引き伸ばしが行われていないか評価した。

各ブロックにおける対象降雨継続時間内降雨量に対して確率評価を行い、対象降雨継続時間内の流域平均雨量が過大となる場合、検討対象洪水から棄却する。

ブロック分割は、対象流域で面積が概ね均等になるように分割した。

なお、棄却基準は確率規模1/500を超過した場合とする。

(1) 明治橋

i) ブロック分割

対象地域は、以下に示す四十四田ダム上流、四十四田ダム～明治橋の2流域に分割した。

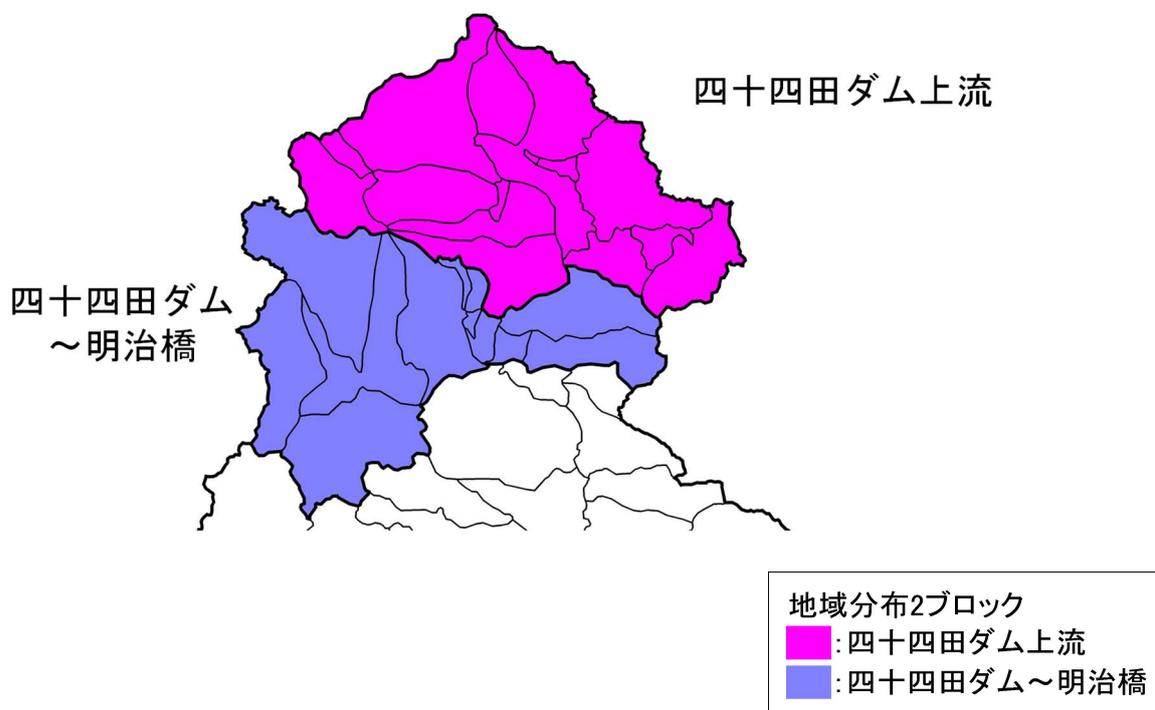


図1-9-1 地域分布の検討対象流域（明治橋）

ii) 棄却基準の設定

各選定地域における棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和33年（1958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、1/500降雨量を採用した。

表1-9-1 地域分布による棄却基準値（明治橋）

ブロック名	四十四田ダム上流	四十四田ダム～明治橋
流域面積	1,196.0 km ²	990.4 km ²
棄却基準値 (確率規模1/500)	176.0 mm/15h	234.6 mm/15h
採用手法	対数正規分布 2母数 Slade I 積率法	グンベル分布
備考（主な流域）	北上川上流域（四十四田ダム）	中津川、雫石川（御所ダム）

iii) 地域分布の雨量評価

設定した地域について、引き伸ばし後雨量の異常性評価を確認した。

各地域の引き伸ばし後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、棄却された洪水はなかった。

表 1-9-2 地域分布による引き伸ばし後降雨の確率評価表（明治橋）

No.	洪水名	基準地点		地域分布による棄却			棄却 洪水	
		ブロック名	明治橋	四十四田 ダム上流		四十四田ダム ～明治橋		
		流域面積	2,186.4km ²	1,196.0km ²		990.4km ²		
		棄却基準 (1/500)	計画 153.3 (mm/15h)	176.0 (mm/15h)	判定	234.6 (mm/15h)	判定	
1	S220914	実績雨量	125.4	110.3		143.6		
		引き伸ばし後	(×1.222)	134.8		175.5		
2	S230916	実績雨量	94.9	90.0		100.9		
		引き伸ばし後	(×1.615)	145.4		163.0		
3	S330917	実績雨量	105.5	102.0		109.7		
		引き伸ばし後	(×1.453)	148.2		159.4		
4	S340925	実績雨量	83.9	75.1		94.5		
		引き伸ばし後	(×1.827)	137.2		172.7		
5	S410627	実績雨量	95.4	95.4		95.8		
		引き伸ばし後	(×1.607)	153.3		154.0		
6	H020919	実績雨量	106.3	107.2		105.4		
		引き伸ばし後	(×1.442)	154.6		152.0		
7	H070805	実績雨量	100.9	95.6		107.2		
		引き伸ばし後	(×1.519)	145.2		162.8		
8	H140711	実績雨量	115.0	117.4		112.2		
		引き伸ばし後	(×1.333)	156.5		149.6		
9	H190917	実績雨量	155.6	130.5		185.3		
		引き伸ばし後	(×1.000)	130.5		185.3		
10	H250916	実績雨量	117.7	124.8		109.4		
		引き伸ばし後	(×1.302)	162.5		142.4		
11	H290825	実績雨量	118.9	105.5		135.0		
		引き伸ばし後	(×1.289)	136.0		174.0		

(2) 狐禅寺

i) ブロック分割

対象地域は、以下に示す四十四田ダム上流、四十四田ダム～明治橋、明治橋～朝日橋、朝日橋～男山、男山～狐禅寺の5流域に分割した。

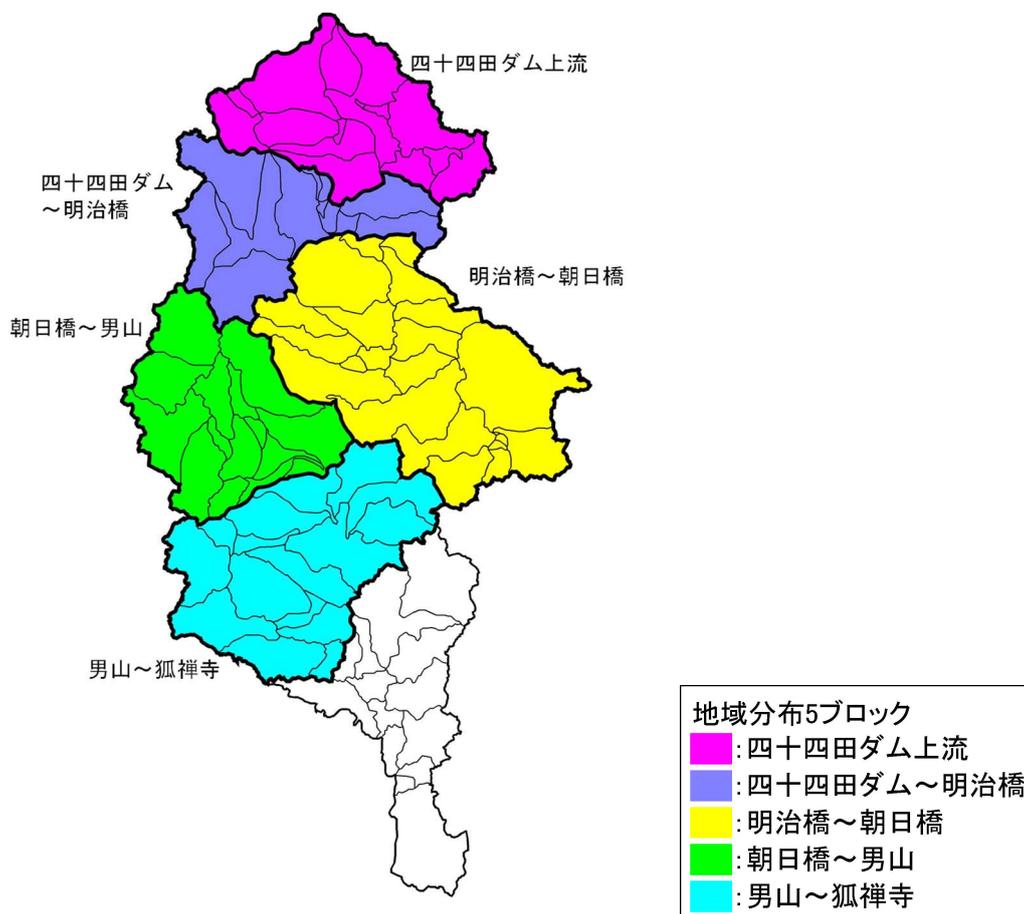


図 1-9-2 地域分布の検討対象流域（狐禅寺）

ii) 棄却基準の設定

各選定地域の棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和 33 年（1958 年）～平成 22 年（2010 年）までの各流域の年最大 48 時間雨量について確率計算を行い、1/500 降雨量を採用した。

表 1-9-3 地域分布による棄却基準値（狐禅寺）

ブロック名	四十四田ダム上流	四十四田ダム～明治橋	明治橋～朝日橋	朝日橋～男山	男山～狐禅寺
流域面積	1,196.0 km ²	990.4 km ²	2,045.0 km ²	1,230.9 km ²	1,608.0 km ²
棄却基準値 (確率規模1/500)	234.3mm/48h	296.7mm/48h	245.9mm/48h	307.7mm/48h	277.6mm/48h
採用手法	グンベル分布	グンベル分布	グンベル分布	グンベル分布	グンベル分布
備考（主な流域）	北上川上流域 (四十四田ダム)	中津川、 雫石川 (御所ダム)	猿ヶ石川 (田瀬ダム)	和賀川 (湯田ダム)	胆沢川 (胆沢ダム)、 磐井川

iii) 地域分布の雨量評価

設定した地域について、引き伸ばし後雨量の異常性評価を確認した。

各地域の引き伸ばし後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、3洪水が棄却された。

表 1-9-4 地域分布による引き伸ばし後降雨の確率の確率評価表 (狐禅寺)

No.	洪水名	棄却基準 (1/500)	基準地点		地域分布による棄却						棄却 洪水				
			流域面積	狐禅寺	四十四田 ダム上流		四十四田ダ ム～明治橋		明治橋～ 朝日橋			朝日橋～ 男山		男山～ 狐禅寺	
					計画 209.1 (mm/48h)	234.3 (mm/48h)	判定	296.7 (mm/48h)	判定	245.9 (mm/48h)		判定	307.7 (mm/48h)	判定	277.6 (mm/48h)
			7,070.3km ²	1,196.0km ²	990.4km ²	2,045.0km ²	1,230.9km ²	1,608.0km ²							
1	S220914	実績雨量 引き伸ばし後	212.4 (×1.000)	163.7		206.7 206.7		223.1 223.1		216.7 216.7		235.1 235.1			
2	S230916	実績雨量 引き伸ばし後	161.4 (×1.296)	102.5 132.8		109.3 141.7		160.6 208.1		123.0 159.4		259.2 335.9	×	×	
3	S330917	実績雨量 引き伸ばし後	136.6 (×1.531)	140.6 215.3		145.7 223.1		112.5 172.2		139.4 213.4		156.3 239.3			
4	S540804	実績雨量 引き伸ばし後	130.3 (×1.605)	91.5 146.9		136.9 219.7		143.5 230.3		172.1 276.2		106.4 170.8			
5	S560822	実績雨量 引き伸ばし後	169.2 (×1.236)	141.8 175.3		186.3 230.3		178.3 220.4		172.8 213.6		164.6 203.4			
6	S620818	実績雨量 引き伸ばし後	163.7 (×1.277)	111.6 142.5		194.0 247.7		164.2 209.7		196.8 251.3		157.8 201.5			
7	S630828	実績雨量 引き伸ばし後	147.1 (×1.421)	134.2 190.7		123.3 175.2		139.7 198.5		167.6 238.2		165.0 234.5			
8	H020919	実績雨量 引き伸ばし後	124.0 (×1.686)	120.8 203.7		116.1 195.7		118.2 199.3		126.3 212.9		137.1 231.2			
9	H070805	実績雨量 引き伸ばし後	128.0 (×1.634)	153.1 250.2	×	212.0 346.4	×	130.5 213.2		132.2 216.0		51.1 83.5		×	
10	H100831	実績雨量 引き伸ばし後	124.6 (×1.678)	134.1 225.0		118.1 198.2		132.0 221.5		115.1 193.1		119.2 200.0			
11	H140711	実績雨量 引き伸ばし後	165.2 (×1.266)	151.5 191.8		167.3 211.8		158.6 200.8		157.1 198.9		188.6 238.8			
12	H190917	実績雨量 引き伸ばし後	176.1 (×1.187)	172.6 204.9		257.0 305.1	×	169.0 200.6		240.3 285.2		86.9 103.2		×	

(3) 和渚

i) ブロック分割

対象地域は、以下に示す江合川流域、迫川流域、旧迫川流域の3流域に分割した。



図 1-9-3 地域分布の検討対象流域（和渚）

ii) 棄却基準の設定

各選定地域における棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和 22 年（1947 年）～平成 22 年（2010 年）までの各流域の年最大 48 時間雨量について確率計算を行い、1/500 降雨量を採用した。

表 1-9-5 地域分布による棄却基準値（和渚）

ブロック名	江合川流域	迫川流域	旧迫川流域
流域面積	557.2km ²	911.3km ²	284.5km ²
棄却基準値 (確率規模1/500)	359.6mm/48h	331.1mm/48h	329.4mm/48h
採用手法	指数分布	指数分布	指数分布
備考(主な流域)			

iii) 地域分布の雨量評価

設定した地域について、引き伸ばし後雨量の異常性評価を確認した。

各地域の引き伸ばし後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、2 洪水が棄却された。

表 1-9-6 地域分布による引き伸ばし後降雨の確率評価表（和渕）

No.	洪水名	棄却基準 (1/500)	基準地点		地域分布による棄却				棄却 洪水		
			和渕		江合川		迫川			旧迫川	
			流域面積		557.2km ²		911.3km ²			284.5km ²	
			計画 280.1 (mm/48h)	359.6 (mm/48h)	判定	331.1 (mm/48h)	判定	329.4 (mm/48h)	判定		
1	S220914	実績雨量	208.3	234.0		207.8		163.2			
		引き伸ばし後	(×1.345)	314.7		279.5		219.5			
2	S230915	実績雨量	254.5	235.4		280.9		213.5			
		引き伸ばし後	(×1.101)	259.2		309.3		235.1			
3	S250803	実績雨量	211.6	245.8		210.9		151.6			
		引き伸ばし後	(×1.324)	325.4		279.2		200.7			
4	S610806	実績雨量	168.0	171.1		163.6		176.2			
		引き伸ばし後	(×1.667)	285.2		272.7		293.7			
5	H031014	実績雨量	155.3	137.3		157.5		179.5			
		引き伸ばし後	(×1.804)	247.7		284.1		323.8			
6	H100831	実績雨量	155.0	156.7		151.7		161.7			
		引き伸ばし後	(×1.807)	283.2		274.1		292.2			
7	H140712	実績雨量	189.1	180.7		189.9		201.6			
		引き伸ばし後	(×1.481)	267.6		281.2		298.6			
8	H230921	実績雨量	194.0	192.4		183.3		228.2			
		引き伸ばし後	(×1.444)	277.8		264.7		329.5	×	×	
9	H270911	実績雨量	163.9	196.4		157.0		129.7			
		引き伸ばし後	(×1.709)	335.6		268.3		221.7			
10	R011013	実績雨量	179.6	163.7		165.1		252.5			
		引き伸ばし後	(×1.560)	255.4		257.6		393.9	×	×	

1-9-3 時間分布の棄却基準

時間分布の棄却基準の検討では、洪水到達時間相当の短時間雨量について、過度な雨量引き伸ばしが行われていないか評価した。

なお、棄却基準は確率規模 1/500 を超過した場合とする。

対象時間の考え方については、対象降雨の降雨継続時間の 1/2、角屋の式から得られる洪水到達時間の平均値を対象とした。

明治橋：降雨継続時間 1/2 ≒ 8 時間 角屋の式による洪水到達時間平均値 ≒ 12 時間

狐禅寺：降雨継続時間 1/2 ≒ 24 時間 角屋の式による洪水到達時間平均値 ≒ 16 時間

和 湊：降雨継続時間 1/2 ≒ 24 時間 角屋の式による洪水到達時間平均値 ≒ 17 時間

(1) 明治橋

対象時間の考え方については、対象降雨の降雨継続時間の 1/2、角屋の式から得られる洪水到達時間の平均値を対象とした。

明治橋：降雨継続時間 1/2 ÷ 8 時間 角屋の式による洪水到達時間平均値 ÷ 12 時間
設定した時間について、引き伸ばし後雨量の異常性評価を確認した。

各時間の引き伸ばし後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、2 洪水が棄却された。

表1-9-7 時間分布による棄却基準値（明治橋）

基準地点	明治橋	
流域面積	2,186.4 km ²	
棄却基準値（確率規模1/500）	洪水到達時間1/2	角屋の式
	135.1 mm/8h	157.6 mm/12h
採用手法	対数正規分布 3母数ウェイト法	ゲンベル分布

表 1-9-8 時間分布による引き伸ばし後降雨の確率評価表（明治橋）

No.	洪水名	棄却基準 (1/500)	基準地点 明治橋 2,186.4km ² 計画 153.3 (mm/15h)	時間分布による棄却				棄却 洪水
				降雨継続時間 1/2		角屋の式		
				8 時間		12 時間		
				135.1 (mm/8h)	判定	157.6 (mm/12h)	判定	
1	S220914	実績雨量	125.4	84.5		108.5		
		引き伸ばし後	(×1.222)	103.3		132.6		
2	S230916	実績雨量	94.9	61.5		70.2		
		引き伸ばし後	(×1.615)	99.3		113.4		
3	S330917	実績雨量	105.5	89.8		101.0		
		引き伸ばし後	(×1.453)	130.5		146.8		
4	S340925	実績雨量	83.9	80.9	×	82.5		×
		引き伸ばし後	(×1.827)	147.8		150.7		
5	S410627	実績雨量	95.4	78.6		90.9		
		引き伸ばし後	(×1.607)	126.3		146.1		
6	H020919	実績雨量	106.3	83.3		104.5		
		引き伸ばし後	(×1.442)	120.1		150.7		
7	H070805	実績雨量	100.9	53.8		83.7		
		引き伸ばし後	(×1.519)	81.7		127.1		
8	H140711	実績雨量	115.0	92.3		111.2		
		引き伸ばし後	(×1.333)	123.0		148.2		
9	H190917	実績雨量	155.6	97.2		132.5		
		引き伸ばし後	(×1.000)	97.2		132.5		
10	H250916	実績雨量	117.7	105.6	×	117.6		×
		引き伸ばし後	(×1.302)	137.5		153.1		
11	H290825	実績雨量	118.9	66.4		109.9		
		引き伸ばし後	(×1.289)	85.6		141.7		

(2) 狐禅寺

対象時間の考え方については、対象降雨の降雨継続時間の 1/2、角屋の式から得られる洪水到達時間の平均値を対象とした。

狐禅寺：降雨継続時間 1/2 ÷ 24 時間 角屋の式による洪水到達時間平均値 ÷ 16 時間

設定した時間について、引き伸ばし後雨量の異常性評価を確認した。

各時間の引き伸ばし後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、3 洪水が棄却された。

表1-9-9 時間分布による棄却基準値（狐禅寺）

基準地点	狐禅寺	
流域面積	7,070.3 km ²	
棄却基準値（確率規模1/500）	洪水到達時間1/2	角屋の式
	203.4 mm/24h	175.3 mm/16h
採用手法	ゲンベル分布	ゲンベル分布

表 1-9-10 時間分布による引き伸ばし後降雨の確率評価表（狐禅寺）

No.	洪水名	棄却基準 (1/500)	基準地点 狐禅寺 7,070.3km ²	時間分布による棄却				棄却 洪水
				降雨継続時間 1/2 24 時間		角屋の式 16 時間		
				計画 209.1 (mm/48h)	203.4 (mm/24h)	判定	175.3 (mm/16h)	
1	S220914	実績雨量	212.4	170.5		145.3		
		引き伸ばし後	(×1.000)	170.5		145.3		
2	S230916	実績雨量	161.4	157.2	×	148.1	×	×
		引き伸ばし後	(×1.296)	203.7		191.9		
3	S330917	実績雨量	136.6	131.7		114.8	×	×
		引き伸ばし後	(×1.531)	201.6		175.8		
4	S540804	実績雨量	130.3	87.3		65.7		
		引き伸ばし後	(×1.605)	140.1		105.4		
5	S560822	実績雨量	169.2	145.2		126.3		
		引き伸ばし後	(×1.236)	179.5		156.1		
6	S620818	実績雨量	163.7	143.7		106.9		
		引き伸ばし後	(×1.277)	183.5		136.5		
7	S630828	実績雨量	147.1	88.5		68.9		
		引き伸ばし後	(×1.421)	125.8		97.9		
8	H020919	実績雨量	124.0	123.6	×	119.5	×	×
		引き伸ばし後	(×1.686)	208.4		201.5		
9	H070805	実績雨量	128.0	64.7		64.0		
		引き伸ばし後	(×1.634)	105.7		104.6		
10	H100831	実績雨量	124.6	69.1		53.3		
		引き伸ばし後	(×1.678)	115.9		89.4		
11	H140711	実績雨量	165.2	146.5		125.7		
		引き伸ばし後	(×1.266)	185.5		159.1		
12	H190917	実績雨量	176.1	158.3		129.8		
		引き伸ばし後	(×1.187)	187.9		154.1		

(3) 和渇

対象時間の考え方については、対象降雨の降雨継続時間の 1/2、角屋の式から得られる洪水到達時間の平均値を対象とした。

和渇：降雨継続時間 1/2 ÷ 24 時間 角屋の式による洪水到達時間平均値 ÷ 18 時間

設定した時間について、引き伸ばし後雨量の異常性評価を確認した。

各時間の引き伸ばし後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、棄却された洪水はなかった。

表1-9-11 時間分布による棄却基準値（和渇）

基準地点	和渇	
流域面積	1,772.4 km ²	
棄却基準値（確率規模1/500）	降雨継続時間1/2	角屋の式
	299.4mm/24h	280.1mm/17h
採用手法	指数分布	指数分布

表 1-9-12 時間分布による引き伸ばし後降雨の確率評価表（和渇）

No.	洪水名	棄却基準 (1/500)	基準地点 和渇 1,772.4 km ² 計画 280.1 (mm/48h)	時間分布による棄却				棄却 洪水
				降雨継続時間 1/2 24 時間		角屋の式 17 時間		
				299.4 (mm/24h)	判定	280.1 (mm/18h)	判定	
1	S220914	実績雨量	208.3	201.3		182.1		
		引き伸ばし後	(×1.345)	270.7		244.9		
2	S230915	実績雨量	254.5	254.6		252.0		
		引き伸ばし後	(×1.101)	280.2		277.5		
3	S250803	実績雨量	211.6	172.1		142.4		
		引き伸ばし後	(×1.324)	227.9		188.5		
4	S610806	実績雨量	168.0	157.8		145.6		
		引き伸ばし後	(×1.667)	263.1		242.7		
5	H031014	実績雨量	155.3	103.2		83.1		
		引き伸ばし後	(×1.804)	186.2		149.9		
6	H100831	実績雨量	155.0	89.0		77.4		
		引き伸ばし後	(×1.807)	160.8		139.9		
7	H140712	実績雨量	189.1	169.3		141.7		
		引き伸ばし後	(×1.481)	250.7		209.9		
8	H230921	実績雨量	194.0	117.3		96.8		
		引き伸ばし後	(×1.444)	169.4		139.8		
9	H270911	実績雨量	163.9	151.1		141.8		
		引き伸ばし後	(×1.709)	258.2		242.3		
10	R011013	実績雨量	179.6	159.6		148.3		
		引き伸ばし後	(×1.560)	249.0		231.3		

1-9-4 対象地域の雨量評価

(1) 明治橋

明治橋の検討対象洪水に対して、先の項で定めた地域分布及び時間分布の棄却基準を基に棄却判定を行った。

- ・ 地域分布の棄却基準に対して、棄却した洪水はなかった。
- ・ 時間分布の棄却基準に対して、11 洪水中 2 洪水を検討対象洪水から棄却した。
- ・ 両棄却基準に対して、11 洪水中 9 洪水が選定された。

表 1-9-13 地域分布・時間分布による棄却判定（明治橋）

No.	洪水名	実績雨量 (mm/15h)	1/150 年 確率雨量 (mm/15h)	拡大率	棄却洪水	
					① 地域分布	② 時間分布
1	S220914	125.4	153.3	1.222		
2	S230916	94.9	153.3	1.615		
3	S330917	105.5	153.3	1.453		
4	S340925	83.9	153.3	1.827		×
5	S410627	95.4	153.3	1.607		
6	H020919	106.3	153.3	1.442		
7	H070805	100.9	153.3	1.519		
8	H140711	115.0	153.3	1.333		
9	H190917	155.6	153.3	1.000		
10	H250916	117.7	153.3	1.302		×
11	H290825	118.9	153.3	1.289		

(2) 狐禅寺

狐禅寺の検討対象洪水に対して、先の項で定めた地域分布及び時間分布の棄却基準を基に棄却判定を行った。

- ・ 地域分布の棄却基準に対して、12 洪水中 3 洪水を検討対象洪水から棄却した。
- ・ 時間分布の棄却基準に対して、12 洪水中 3 洪水を検討対象洪水から棄却した。
- ・ 両棄却基準に対して、12 洪水中 7 洪水が選定された。

表 1-9-14 地域分布・時間分布による棄却判定（狐禅寺）

No.	洪水名	実績雨量 (mm/48h)	1/150 年 確率雨量 (mm/48h)	拡大率	棄却洪水	
					① 地域分布	② 時間分布
1	S220914	212.4	209.1	1.000		
2	S230916	161.4	209.1	1.296	×	×
3	S330917	136.6	209.1	1.531		×
4	S540804	130.3	209.1	1.605		
5	S560822	169.2	209.1	1.236		
6	S620818	163.7	209.1	1.277		
7	S630828	147.1	209.1	1.421		
8	H020919	124.0	209.1	1.686		×
9	H070805	128.0	209.1	1.634	×	
10	H100831	124.6	209.1	1.678		
11	H140711	165.2	209.1	1.266		
12	H190917	176.1	209.1	1.187	×	

(3) 和渕

和渕の検討対象洪水に対して、先の項で定めた地域分布及び時間分布の棄却基準を基に棄却判定を行った。

- ・ 地域分布の棄却基準に対して、10 洪水中 2 洪水を検討対象洪水から棄却した。
- ・ 時間分布の棄却基準に対して、棄却した洪水はなかった。
- ・ 両棄却基準に対して、10 洪水中 8 洪水が選定された。

表 1-9-15 地域分布・時間分布による棄却判定（和渕）

No.	洪水名	実績雨量 (mm/48h)	1/150 年 確率雨量 (mm/48h)	拡大率	棄却洪水	
					① 地域分布	② 時間分布
1	S220914	208.3	280.1	1.345		
2	S230915	254.5	280.1	1.101		
3	S250803	211.6	280.1	1.324		
4	S610806	168.0	280.1	1.667		
5	H031014	155.3	280.1	1.804		
6	H100831	155.0	280.1	1.807		
7	H140712	189.1	280.1	1.481		
8	H230921	194.0	280.1	1.444	×	
9	H270911	163.9	280.1	1.709		
10	R011013	179.6	280.1	1.560	×	

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

検討対象洪水について、超過確率 1/150 の対象降雨に 1.1 倍した降雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成し、流出計算を行った結果を表 1-10-1～3 に示す。また、各洪水のハイドログラフを図 1-10-1～3 に示す。

なお、前節の棄却検討により降雨の範囲が著しく偏った洪水については棄却した。

(1) 明治橋

基準地点 明治橋 3,915～ 6,767m³/s （棄却した洪水も含む）

表 1-10-1 主要洪水における流出計算結果（明治橋）

No.	洪水名	実績雨量 (mm/15h)	計画規模の 降雨量×1.1 (mm/15h)	拡大率	明治橋 ピーク流量 (m ³ /s)	棄却判定	
						地域 分布	時間 分布
1	昭和 22 年 9 月 14 日	125.4	169	1.344	5,992		
2	昭和 23 年 9 月 16 日	94.9	169	1.777	4,738		
3	昭和 33 年 9 月 17 日	105.5	169	1.598	6,695		
4	昭和 34 年 9 月 25 日	83.9	169	2.010	6,579		×
5	昭和 41 年 6 月 27 日	95.4	169	1.767	4,621		
6	平成 2 年 9 月 19 日	106.3	169	1.586	4,343		
7	平成 7 年 8 月 5 日	100.9	169	1.671	4,185		
8	平成 14 年 7 月 11 日	115.0	169	1.466	5,648		
9	平成 19 年 9 月 17 日	155.6	169	1.084	4,586		
10	平成 25 年 9 月 16 日	117.7	169	1.432	6,767		×
11	平成 29 年 8 月 25 日	118.9	169	1.418	3,915		

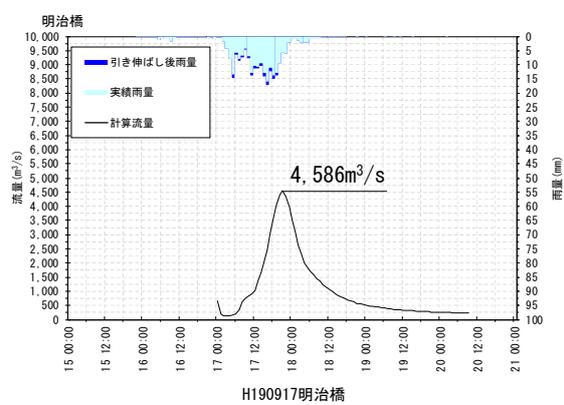
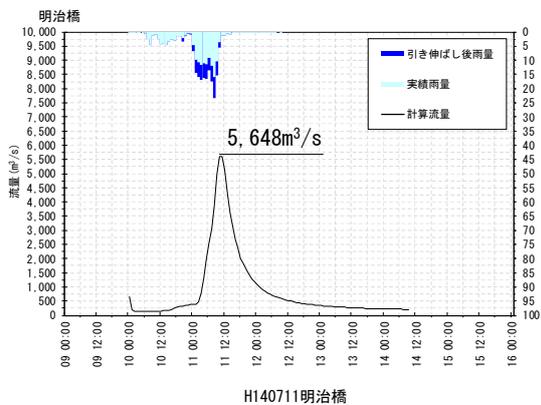
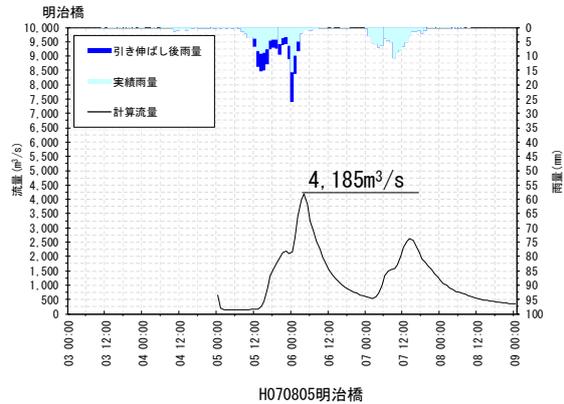
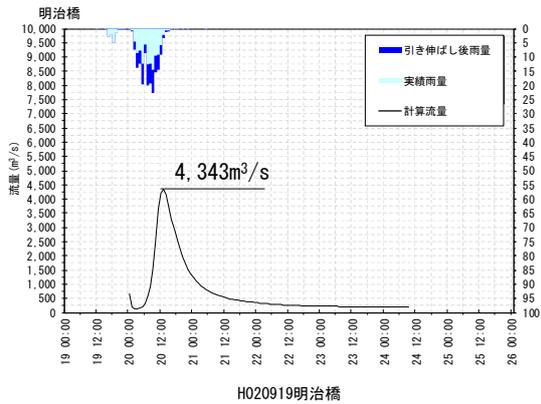
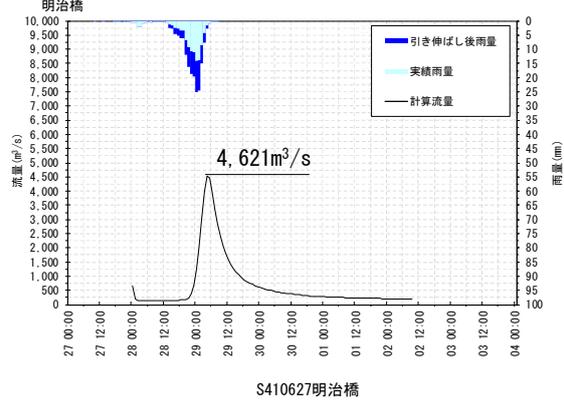
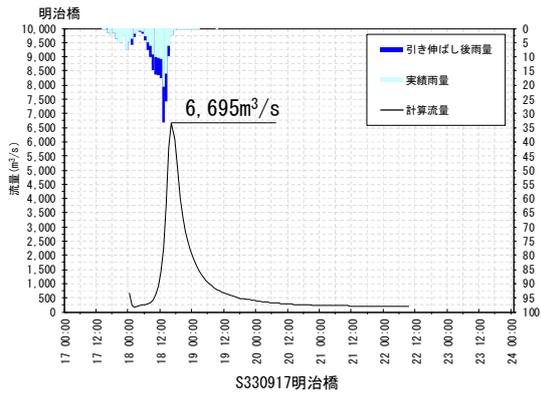
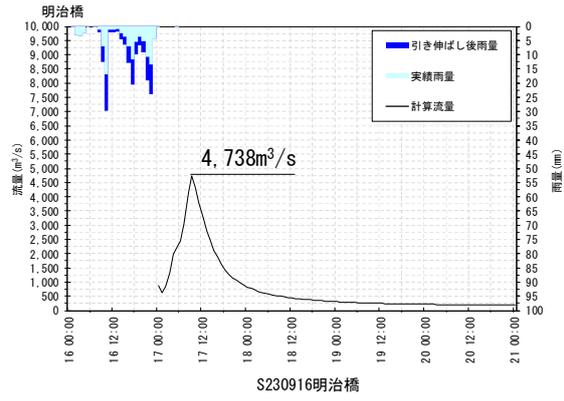
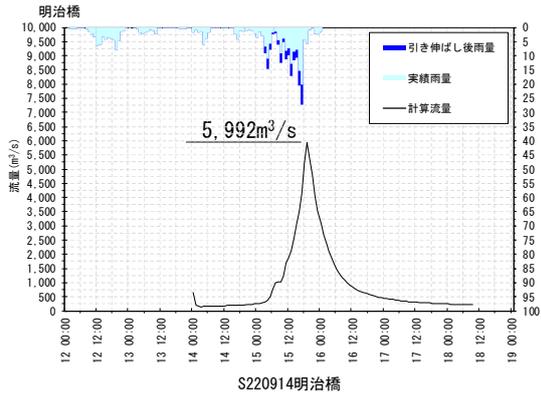


図 1-10-1(1) 対象降雨波形ハイドログラフ (明治橋)

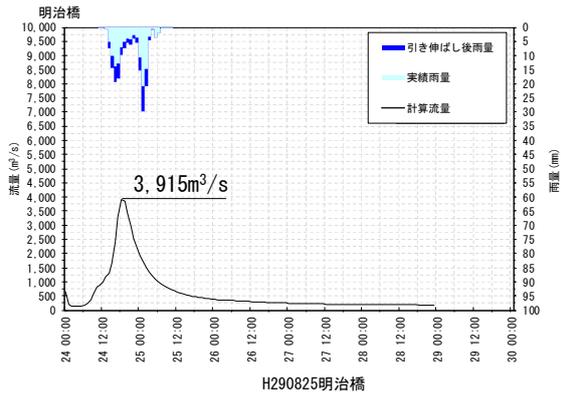


図 1-10-1(2) 対象降雨波形ハイドログラフ (明治橋)

(2) 狐禅寺

基準地点 狐禅寺 9,510~17,475m³/s (棄却した洪水も含む)

表 1-10-2 主要洪水における流出計算結果 (狐禅寺)

No.	洪水名	実績雨量 (mm/48h)	計画規模の 降雨量×1.1 (mm/48h)	拡大率	狐禅寺 ピーク流量 (m ³ /s)	棄却判定	
						地域 分布	時間 分布
1	昭和 22 年 9 月 14 日	212.4	230	1.083	15,156		
2	昭和 23 年 9 月 16 日	161.4	230	1.425	16,667	×	×
3	昭和 33 年 9 月 17 日	136.6	230	1.684	17,475		×
4	昭和 54 年 8 月 4 日	130.3	230	1.765	10,374		
5	昭和 56 年 8 月 22 日	169.2	230	1.359	13,680		
6	昭和 62 年 8 月 18 日	163.7	230	1.405	13,527		
7	昭和 63 年 8 月 28 日	147.1	230	1.564	9,510		
8	平成 2 年 9 月 19 日	124.0	230	1.855	17,462		×
9	平成 7 年 8 月 5 日	128.0	230	1.797	12,997	×	
10	平成 10 年 8 月 31 日	124.6	230	1.846	10,289		
11	平成 14 年 7 月 11 日	165.2	230	1.392	15,611		
12	平成 19 年 9 月 17 日	176.1	230	1.306	13,975	×	

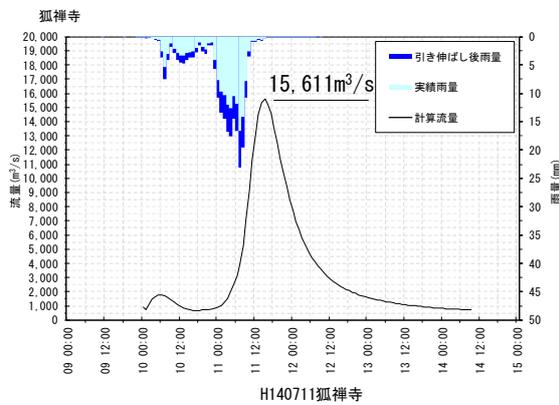
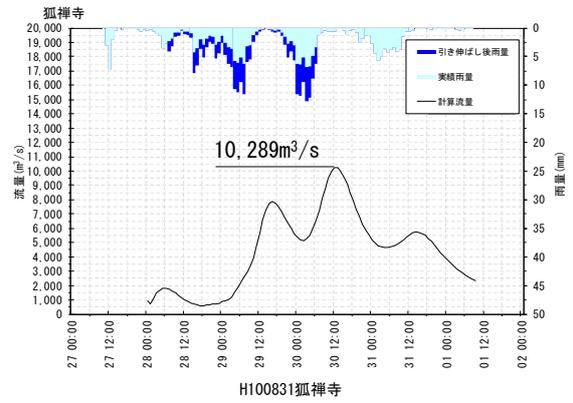
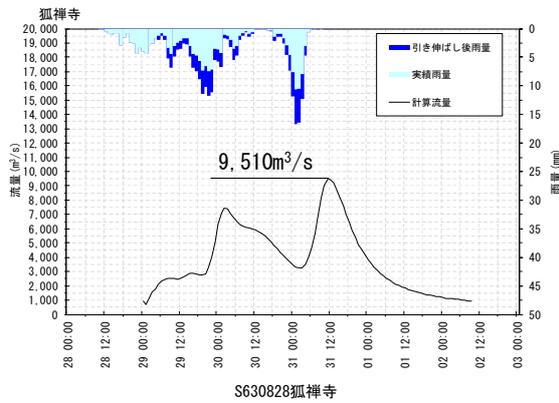
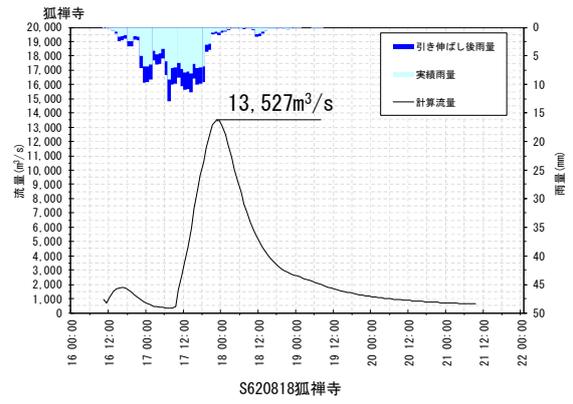
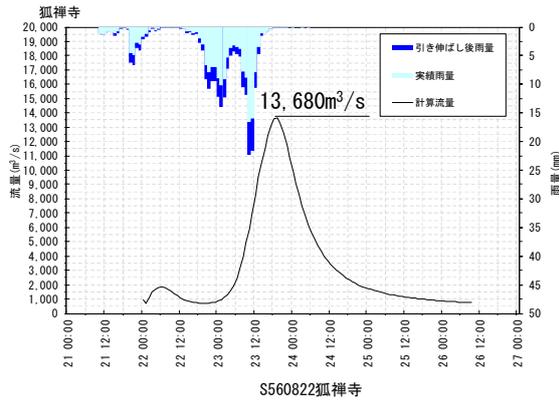
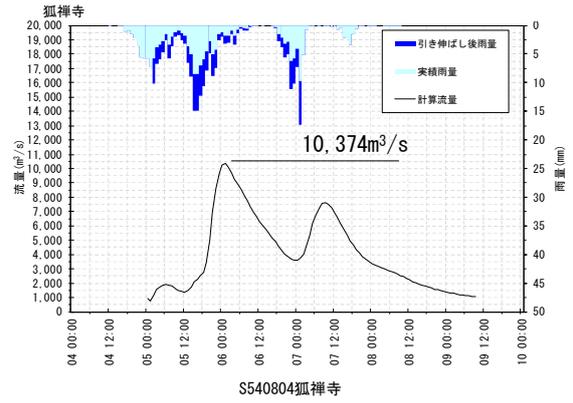
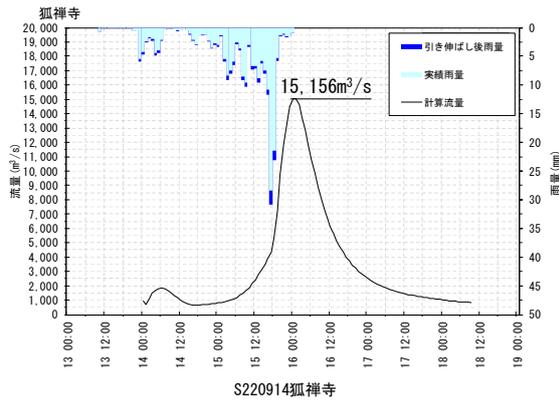


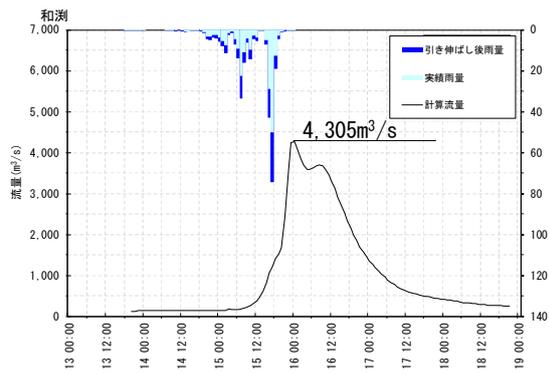
図 1-10-2 対象降雨波形ハイドログラフ (狐禅寺)

(3) 和渚

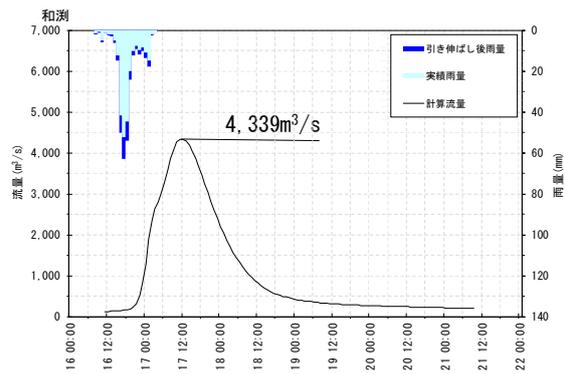
基準地点 和渚 2,455～ 4,339m³/s (棄却した洪水も含む)

表 1-10-3 主要洪水における流出計算結果 (和渚)

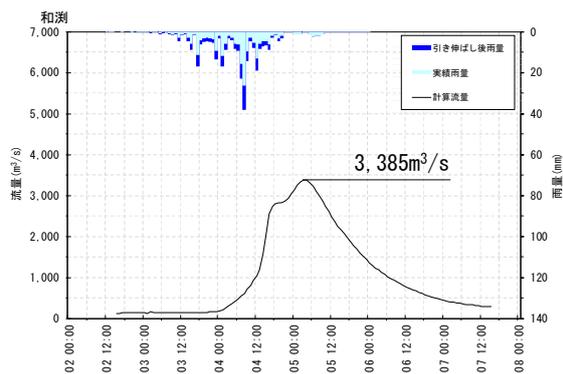
No.	洪水名	実績雨量 (mm/48h)	計画規模の 降雨量×1.1 (mm/48h)	拡大率	和渚 ピーク流量 (m ³ /s)	棄却判定	
						地域 分布	時間 分布
1	昭和 22 年 9 月 14 日	208.3	308	1.479	4,305		
2	昭和 23 年 9 月 15 日	254.5	308	1.211	4,339		
3	昭和 25 年 8 月 3 日	211.6	308	1.456	3,385		
4	昭和 61 年 8 月 6 日	168.0	308	1.834	3,200		
5	平成 3 年 10 月 14 日	155.3	308	1.984	2,455		
6	平成 10 年 8 月 31 日	155.0	308	1.988	2,672		
7	平成 14 年 7 月 12 日	189.1	308	1.629	3,176		
8	平成 23 年 9 月 21 日	194.0	308	1.588	2,584	×	
9	平成 27 年 9 月 11 日	163.9	308	1.880	4,232		
10	令和元年 10 月 13 日	179.6	308	1.715	3,142	×	



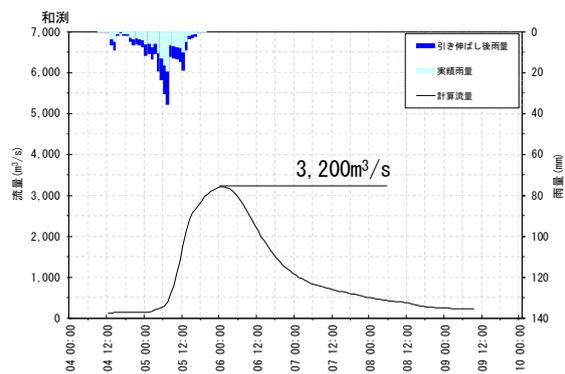
S220914和測



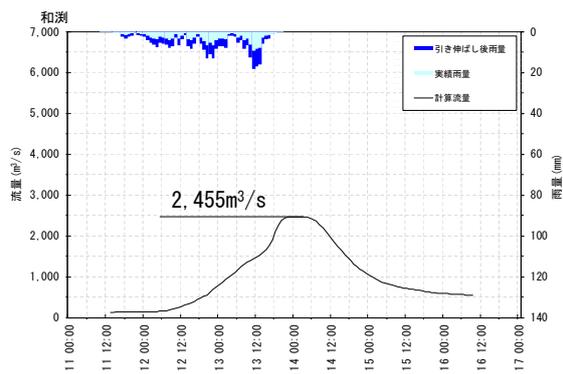
S230915和測



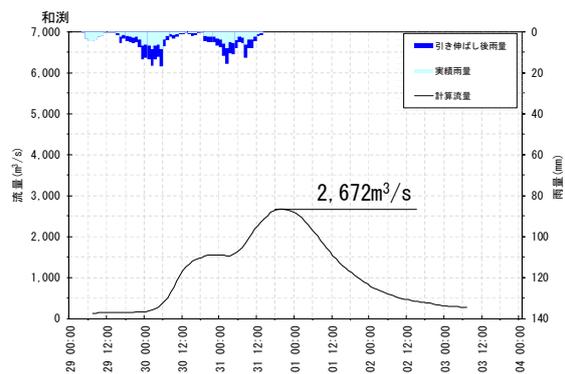
S250803和測



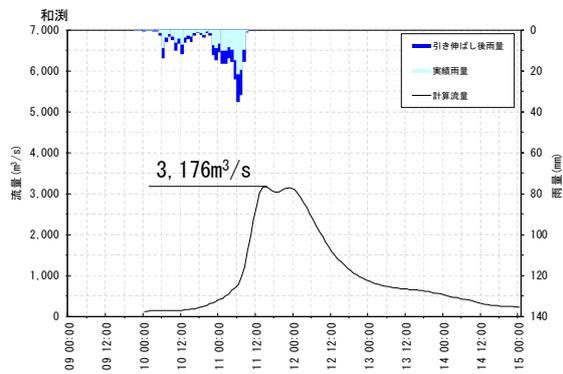
S610806和測



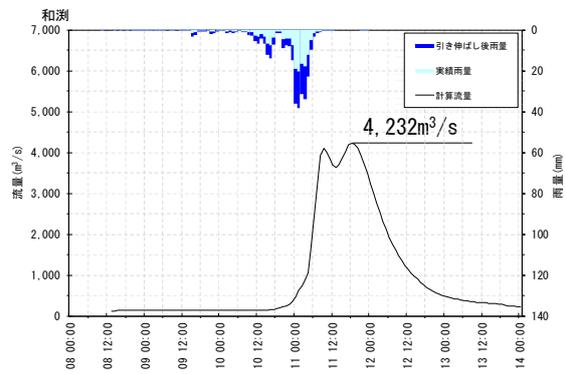
H031014和測



H100831和測



H140712和測



H270911和測

図 1-10-3 対象降雨波形ハイドログラフ (和測)

1-11 アンサンブル予測降雨波形による検討

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℃上昇）、3,200年分（2℃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NHCM（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に近い洪水を抽出する。

また、抽出した洪水の降雨波形に対して、対象降雨継続時間内の降雨量について気候変動を考慮した確率規模まで引き伸ばし・引き縮め、流出計算モデルにより流出量を算出する。

河川整備基本方針では、d2PDF（将来実験：30年×6SST×2摂動、過去実験：30年×12摂動）の最大雨量標本（360×2実験）を抽出したアンサンブル予測降雨波形について流出解析を実施した。

1-11-1 アンサンブル予測降雨波形による流出計算

(1) 明治橋

流出解析を実施した 720 洪水の中から、著しい引き伸ばし等によって降雨波形を歪めることがないよう、計画対象降雨の降雨量近傍（±20%）で様々な洪水波形 10 洪水を抽出し、中央集中や複数の降雨ピークがある等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した（図 1-11-1）。

抽出したアンサンブル予測降雨波形を対象降雨量となるように引き縮め、引き伸ばしの調整を行い、流出解析により各地点のピーク流量を算定した。計画規模 1/150 の基準地点明治橋の流量は 3,420m³/s～7,031m³/s と推定された（表 1-11-1、図 1-11-2）。

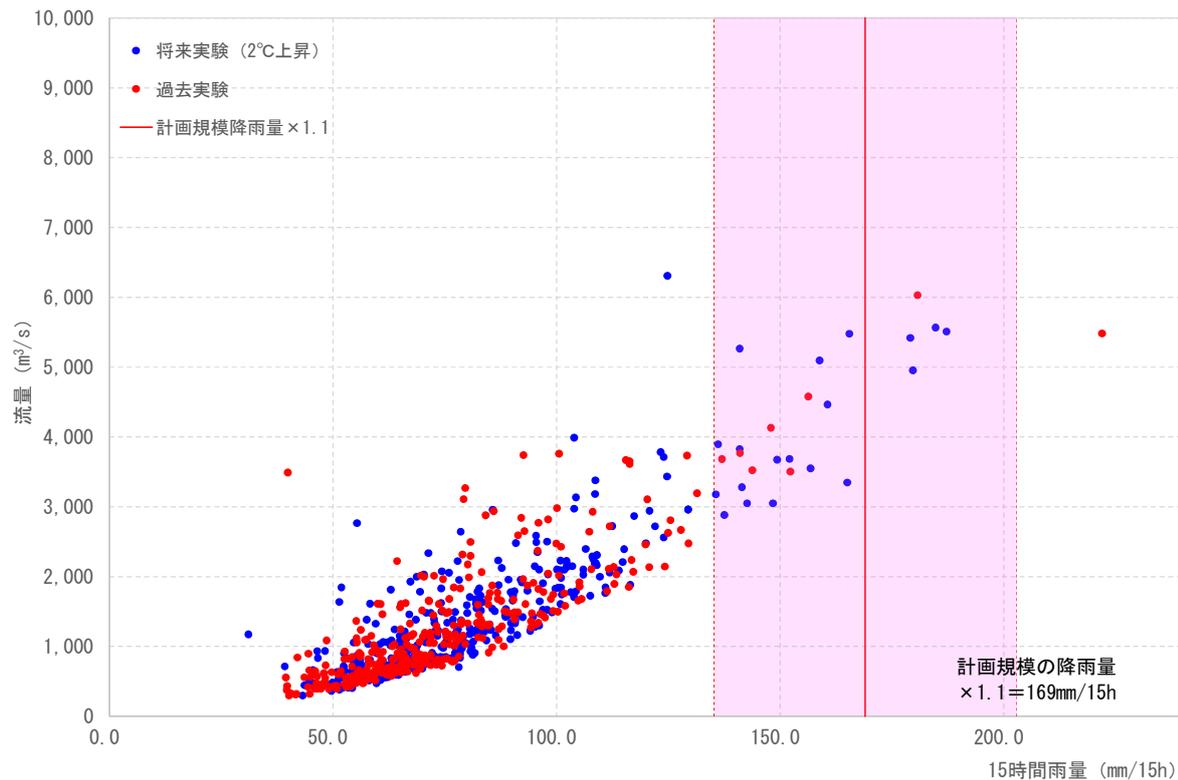


図 1-11-1 アンサンブル予測降雨波形からの抽出（明治橋）

表 1-11-1 アンサンブル予測降雨波形によるピーク流量一覧（明治橋）

	No.	洪水名	15 時間雨量 (mm)	気候変動後 1/150 雨量	拡大率	最大流量 (m ³ /s)
将来 実験	1	CC_m105_2087	156.8	169	1.075	4,295
	2	GF_m101_2081	135.7	169	1.242	4,858
	3	HA_m101_2076	165.0	169	1.022	3,439
	4	MP_m101_2081	148.4	169	1.136	3,792
	5	MP_m101_2082	142.6	169	1.182	min 3,420
	6	MR_m101_2068	141.0	169	1.196	max 7,031
	7	MR_m105_2077	165.5	169	1.019	5,444
過去 実験	8	m001_1985	180.7	169	0.933	5,309
	9	m001_1989	152.3	169	1.107	4,003
	10	m009_1990	156.3	169	1.079	5,153

※ピーク流量が最大・最小の洪水を含む様々な降雨波形を代表 10 洪水として抽出。

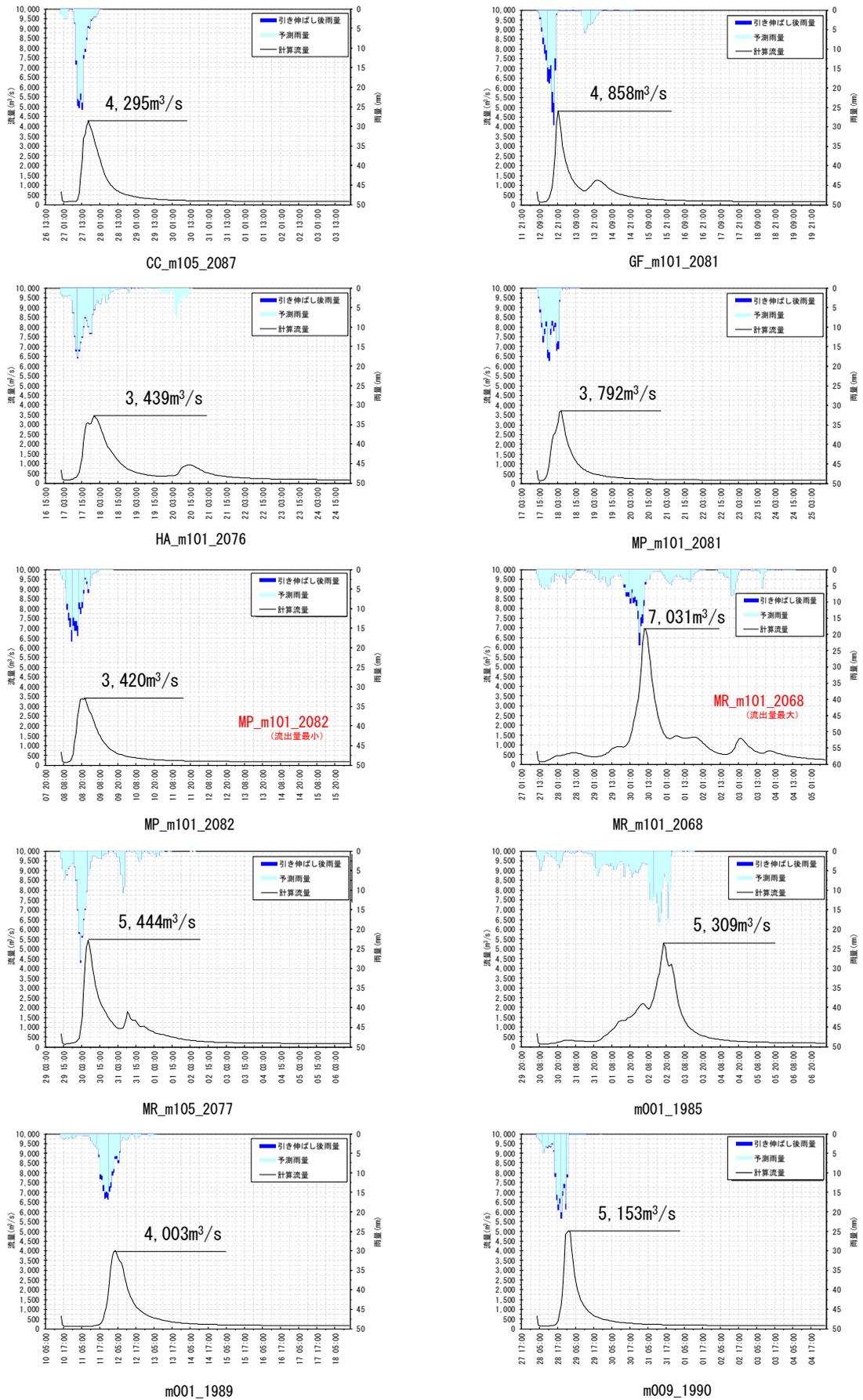


図 1-11-2 抽出したアンサンブル予測降雨波形による流量ハイドロ（明治橋）

(2) 狐禅寺

流出解析を実施した 720 洪水の中から、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（±20%）で様々な洪水波形 10 洪水を抽出し、中央集中や複数の降雨ピークがある等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した（図 1-11-3）。

抽出したアンサンブル予測降雨波形を対象降雨量となるように引き縮め、引き伸ばしの調整を行い、流出解析により各地点のピーク流量を算定した。計画規模 1/150 の基準地点狐禅寺の流量は 7,137m³/s～18,292m³/s と推定された（表 1-11-2、図 1-11-4）。

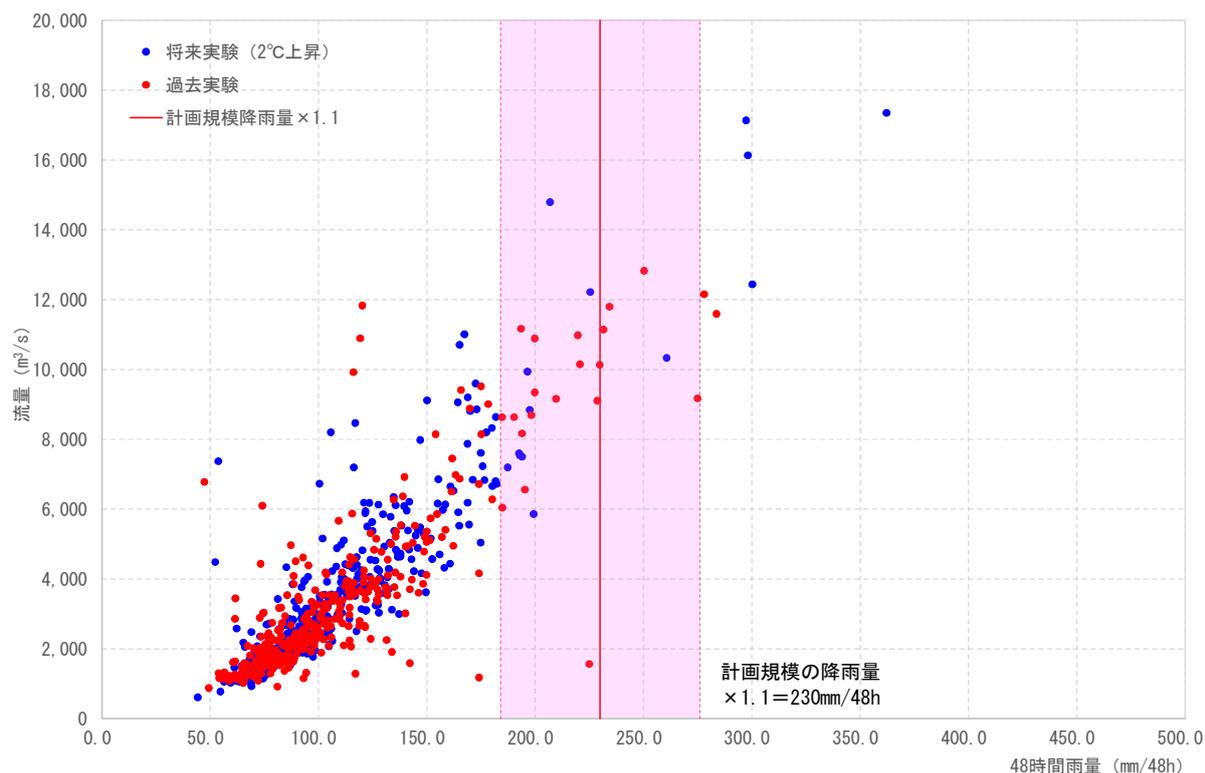
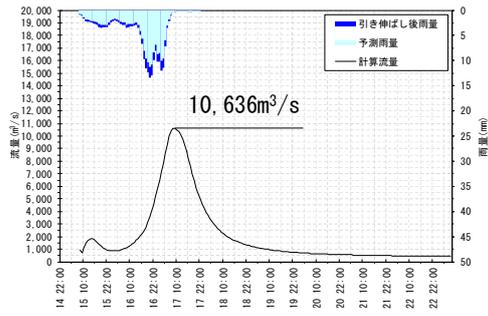


図 1-11-3 アンサンブル予測降雨波形からの抽出（狐禅寺）

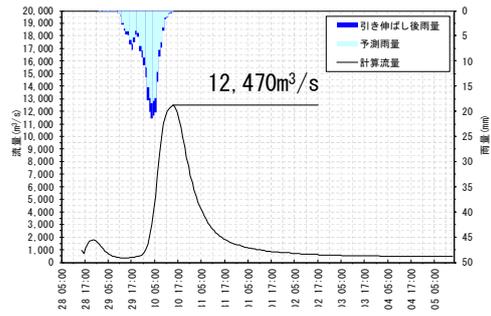
表 1-11-2 アンサンブル予測降雨波形によるピーク流量一覧（狐禅寺）

	No.	洪水名	48 時間雨量 (mm)	気候変動後 1/150 雨量	拡大率	最大流量 (m ³ /s)
将来 実験	1	GF_m101_2089	193.0	230	1.192	10,636
	2	MP_m105_2064	197.5	230	1.165	12,470
	3	MR_m101_2068	206.9	230	1.112	max 18,292
過去 実験	4	m001_1985	219.7	230	1.047	11,985
	5	m001_2003	193.6	230	1.188	16,322
	6	m002_2009	195.2	230	1.178	8,454
	7	m003_2001	228.7	230	1.006	9,517
	8	m005_2010	198.3	230	1.160	10,667
	9	m006_1983	275.0	230	0.836	min 7,137
	10	m009_2008	250.3	230	0.919	11,875

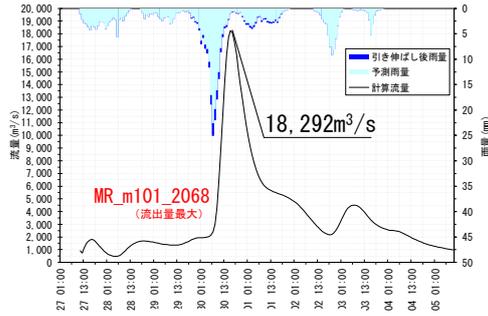
※ピーク流量が最大・最小の洪水を含む様々な降雨波形を代表 10 洪水として抽出。



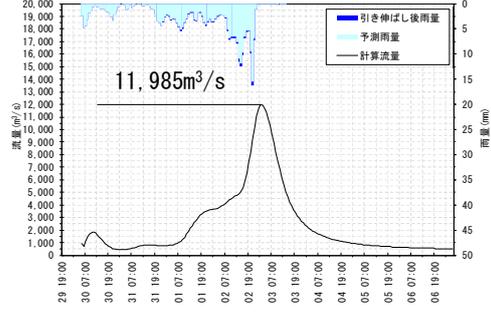
GF_m101_2089



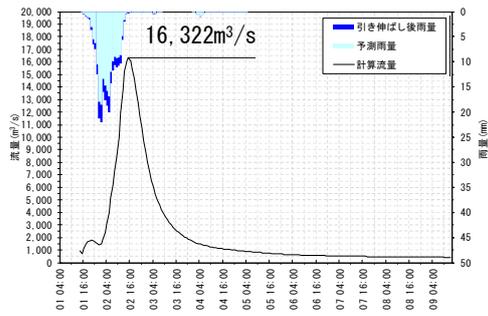
MP_m105_2064



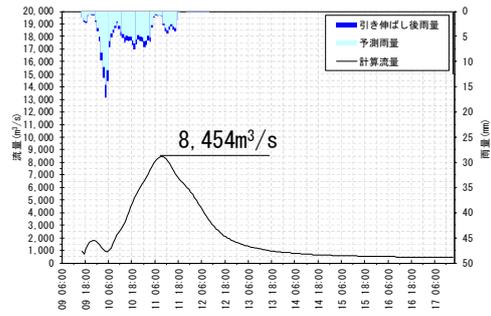
MR_m101_2068



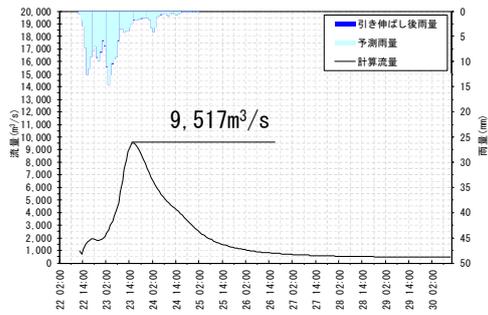
m001_1985



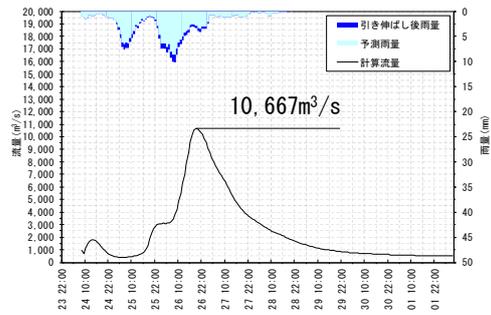
m001_2003



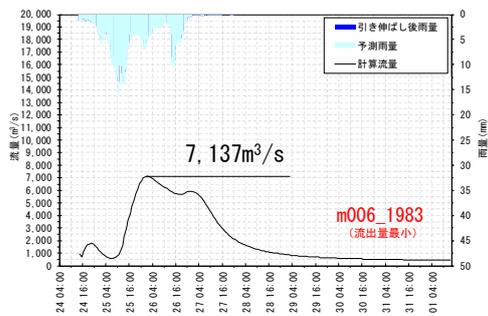
m002_2009



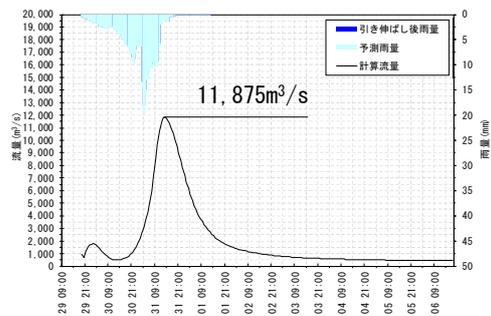
m003_2001



m005_2010



m006_1983



m009_2008

図 1-11-4 抽出したアンサンブル予測降雨波形による流量ハイドロ (狐禅寺)

(3) 和渇

流出解析を実施した 720 洪水の中から、著しい引き伸ばし等によって降雨波形を歪めることがないよう、計画対象降雨の降雨量近傍（±20%）で様々な洪水波形 10 洪水を抽出し、中央集中や複数の降雨ピークがある等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した（図 1-11-5）。

抽出したアンサンブル予測降雨波形を対象降雨量となるように引き縮め、引き伸ばしの調整を行い、流出解析により各地点のピーク流量を算定した。計画規模 1/150 の基準地点和渇の流量は $3,207\text{m}^3/\text{s}$ ～ $4,639\text{m}^3/\text{s}$ と推定された（表 1-11-3、図 1-11-6）。

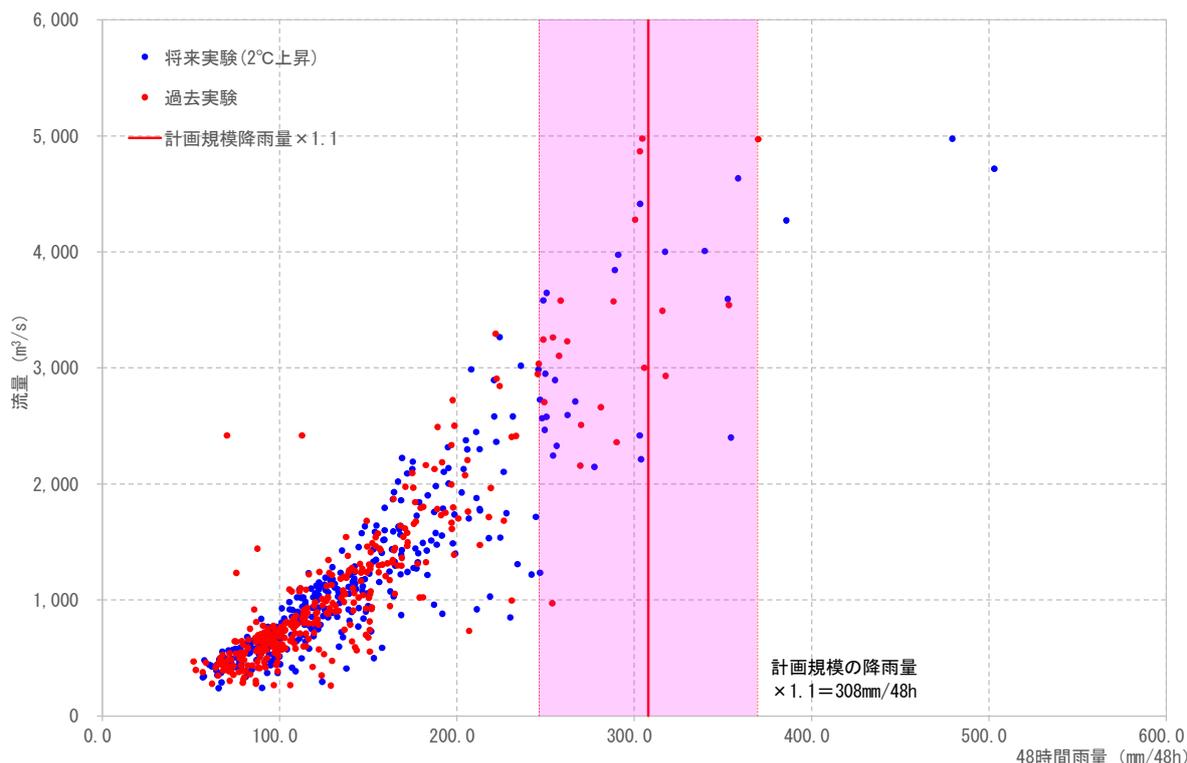


図 1-11-5 アンサンブル予測降雨波形からの抽出（和渇）

表 1-11-3 アンサンブル予測降雨波形によるピーク流量一覧（和渇）

	No.	洪水名	48 時間雨量 (mm)	気候変動後 1/150 雨量	拡大率	最大流量 (m^3/s)
将来 実験	1	CC_m105_2086	250.7	308	1.229	4,527
	2	GF_m101_2084	317.5	308	0.970	3,746
	3	GF_m105_2082	289.2	308	1.065	3,841
	4	HA_m101_2074	303.3	308	1.016	3,963
	5	HA_m101_2075	248.8	308	1.238	4,251
	6	MI_m101_2089	352.8	308	0.873	3,543
過去 実験	7	HPB_m001_2009	303.2	308	1.016	4,197
	8	HPB_m002_1982	262.4	308	1.174	3,773
	9	HPB_m002_2009	353.5	308	0.872	Min 3,207
	10	HPB_m003_2001	304.6	308	1.011	Max 4,639

※ピーク流量が最大・最小の洪水を含む様々な降雨波形を代表 10 洪水として抽出。

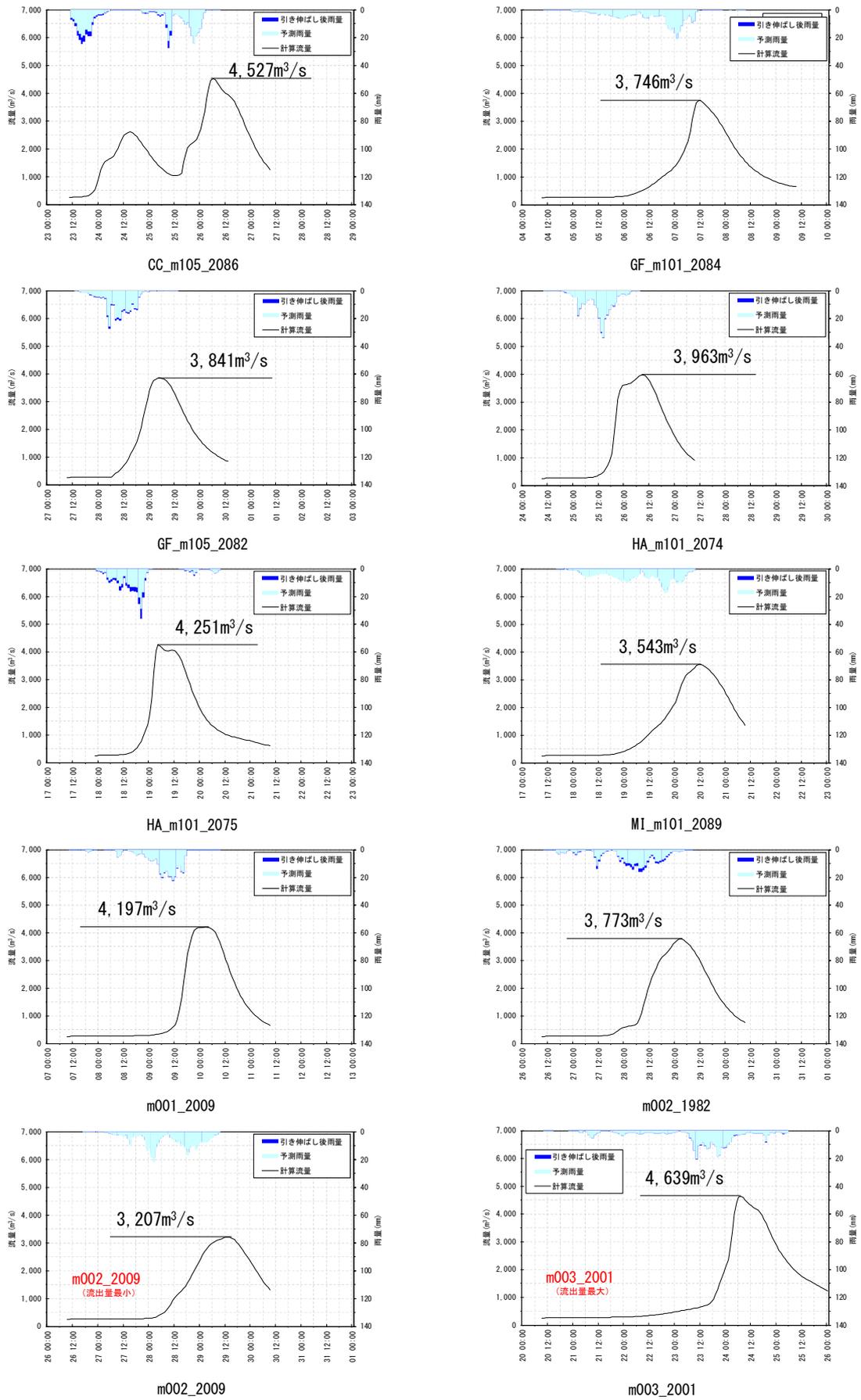


図 1-11-6 抽出したアンサンブル予測降雨波形による流量ハイドロ (和渕)

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の検討

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

(1) 明治橋

地域分布及び時間分布については、先の評価で用いた流域分割及び短時間降雨と同じとした（図 1-11-7）。

その結果、棄却された洪水について、明治橋で参考降雨波形は発生しなかった（表 1-11-4～7）。

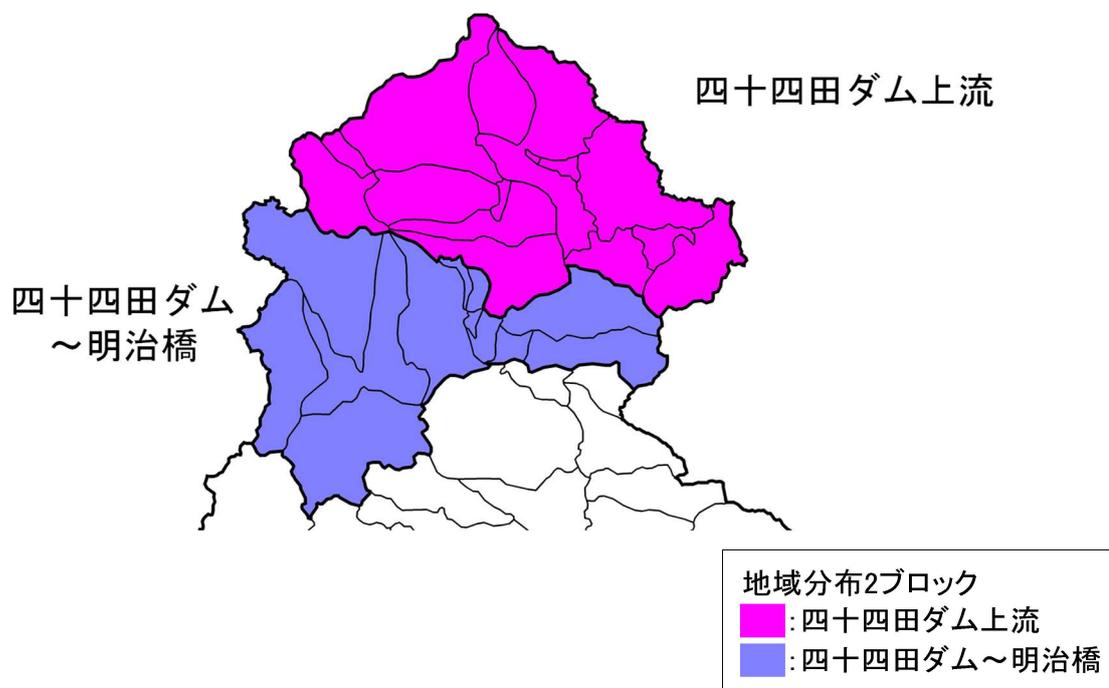


図 1-11-7 明治橋における地域分布の流域分割

表 1-11-4 明治橋における地域分布のチェック（アンサンブル予測降雨波形）

No.	洪水名	明治橋 15 時間雨量 ①(mm)	四十四田ダム上流		四十四田ダム～明治橋	
			予測雨量 ②(mm)	比率 ②/①	予測雨量 ③(mm)	比率 ③/①
1	CC_m105_2087	156.8	129.4	0.83	189.9	1.21
2	GF_m101_2081	135.7	148.1	1.09	120.7	0.89
3	HA_m101_2076	165.0	189.0	1.15	136.1	0.82
4	MP_m101_2081	148.4	122.1	0.82	180.2	1.21
5	MP_m101_2082	142.6	111.6	0.78	180.5	1.27
6	MR_m101_2068	141.0	157.5	1.12	121.0	0.86
7	MR_m105_2077	165.5	158.8	0.96	173.5	1.05
8	m001_1985	180.7	179.1	0.99	182.7	1.01
9	m001_1989	152.3	146.1	0.96	159.8	1.05
10	m009_1990	156.3	159.5	1.02	152.6	0.98

■：アンサンブル予測降雨の最大値

表 1-11-5 明治橋における地域分布のチェック（棄却した引き伸ばし降雨波形）

No.	洪水名	実績 雨量 (mm)	計画 雨量 ①(mm)	拡大率	四十四田ダム上流		四十四田ダム～明治橋	
					拡大後 雨量 ②(mm)	比率 ②/①	拡大後 雨量 ③(mm)	比率 ③/①
4	S34.09.25	83.9	168.6	2.010	150.9	0.90	189.9	1.13
10	H25.09.16	117.7	168.6	1.432	178.8	1.06	156.7	0.93
棄却基準（アンサンブル最大値）						1.15		1.27

■：アンサンブル予測降雨と比較しても生起が難しい

表 1-11-6 明治橋における時間分布のチェック（アンサンブル予測降雨波形）

No.	洪水名	明治橋 15 時間雨量 ①(mm)	8 時間雨量		12 時間雨量	
			予測雨量 ②(mm)	比率 ②/①	予測雨量 ③(mm)	比率 ③/①
1	CC_m105_2087	156.8	134.7	0.86	150.4	0.96
2	GF_m101_2081	135.7	120.5	0.89	134.7	0.99
3	HA_m101_2076	165.0	105.3	0.64	146.4	0.89
4	MP_m101_2081	148.4	97.4	0.66	137.5	0.93
5	MP_m101_2082	142.6	100.7	0.71	132.3	0.93
6	MR_m101_2068	141.0	96.2	0.68	125.0	0.89
7	MR_m105_2077	165.5	134.9	0.82	152.3	0.92
8	m001_1985	180.7	112.2	0.62	148.9	0.82
9	m001_1989	152.3	105.4	0.69	135.6	0.89
10	m009_1990	156.3	126.5	0.81	146.7	0.94

■：アンサンブル予測降雨の最大値

表 1-11-7 明治橋における時間分布のチェック（棄却した引き伸ばし降雨波形）

No.	洪水名	実績 雨量 (mm)	計画 雨量 ①(mm)	拡大率	8 時間雨量		12 時間雨量	
					拡大後 雨量 ②(mm)	比率 ②/①	拡大後 雨量 ③(mm)	比率 ③/①
4	S34.09.25	83.9	168.6	2.010	162.6	0.96	165.8	0.98
10	H25.09.16	117.7	168.6	1.432	151.3	0.90	168.5	1.00
棄却基準（アンサンブル最大値）						0.89		0.99

■：アンサンブル予測降雨と比較しても生起が難しい

(2) 狐禅寺

地域分布及び時間分布については、先の評価で用いた流域分割及び短時間降雨と同じとした(図 1-11-8)。

その結果、棄却された洪水のうち、狐禅寺における昭和 33 年(1958 年)9 月洪水を参考降雨波形とする(表 1-11-8~11)。

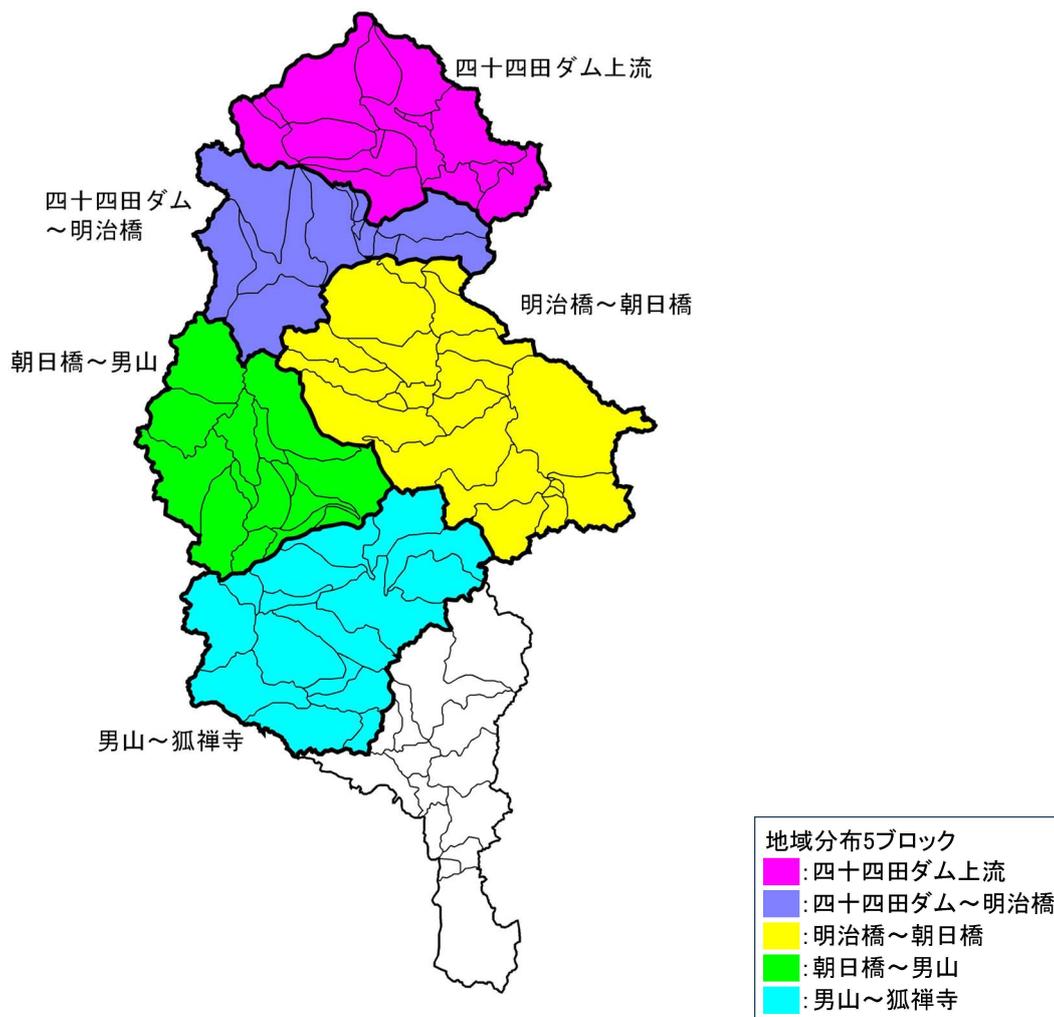


図 1-11-8 狐禅寺における地域分布の流域分割

表 1-11-8 狐禅寺における地域分布のチェック（アンサンブル予測降雨波形）

No.	洪水名	狐禅寺 48時間雨量 ①(mm)	四十四田 ダム上流		四十四田ダム ～明治橋		明治橋～ 朝日橋		朝日橋～ 男山		男山～ 狐禅寺	
			予測 雨量 ②(mm)	比率 ②/①	予測 雨量 ③(mm)	比率 ③/①	予測 雨量 ④(mm)	比率 ④/①	予測 雨量 ⑤(mm)	比率 ⑤/①	予測 雨量 ⑥(mm)	比率 ⑥/①
1	GF_m101_2089	193.0	135.6	0.70	170.1	0.88	192.2	1.00	178.6	0.93	264.3	1.37
2	MP_m105_2064	197.5	236.4	1.20	174.8	0.89	139.4	0.71	226.6	1.15	234.2	1.19
3	MR_m101_2068	206.9	243.0	1.17	194.6	0.94	202.8	0.98	161.6	0.78	231.2	1.12
4	m001_1985	219.7	321.4	1.46	310.5	1.41	141.5	0.64	232.5	1.06	178.2	0.81
5	m001_2003	193.6	124.3	0.64	108.9	0.56	259.9	1.34	112.5	0.58	275.0	1.42
6	m002_2009	195.2	135.4	0.69	117.0	0.60	253.1	1.30	143.8	0.74	255.8	1.31
7	m003_2001	228.7	164.1	0.72	208.6	0.91	260.4	1.14	191.5	0.84	277.4	1.21
8	m005_2010	198.3	158.0	0.80	276.0	1.39	200.1	1.01	247.0	1.25	153.8	0.78
9	m006_1983	275.0	234.6	0.85	216.4	0.79	296.9	1.08	208.1	0.76	366.7	1.33
10	m009_2008	250.3	195.4	0.78	210.1	0.84	247.5	0.99	280.5	1.12	296.7	1.19

■：アンサンブル予測降雨の最大値

表 1-11-9 狐禅寺における地域分布のチェック（棄却した引き伸ばし降雨波形）

No.	洪水名	実績 雨量 (mm)	計画 雨量 ①(mm)	拡大率	四十四田 ダム上流		四十四田ダム ～明治橋		明治橋～ 朝日橋		朝日橋～ 男山		男山～ 狐禅寺	
					拡大後 雨量 ②(mm)	比率 ②/①	拡大後 雨量 ③(mm)	比率 ③/①	拡大後 雨量 ④(mm)	比率 ④/①	拡大後 雨量 ⑤(mm)	比率 ⑤/①	拡大後 雨量 ⑥(mm)	比率 ⑥/①
2	S23.09.16	161.4	230.0	1.425	146.1	0.64	155.8	0.68	228.9	1.00	175.3	0.76	369.4	1.61
3	S33.09.17	136.6	230.0	1.684	236.7	1.03	245.3	1.07	189.4	0.82	234.7	1.02	263.2	1.14
8	H02.09.19	124.0	230.0	1.855	224.1	0.97	215.3	0.94	219.2	0.95	234.3	1.02	254.3	1.11
9	H07.08.05	128.0	230.0	1.797	275.1	1.20	380.9	1.66	234.5	1.02	237.5	1.03	91.8	0.40
12	H19.09.17	176.1	230.0	1.306	225.4	0.98	335.7	1.46	220.7	0.96	313.9	1.36	113.5	0.49
棄却基準（アンサンブル最大値）						1.46		1.41		1.34		1.25		1.42

■：アンサンブル予測降雨と比較しても生起が難しい

表 1-11-10 狐禅寺における時間分布のチェック（アンサンブル予測降雨波形）

No.	洪水名	狐禅寺 48時間雨量 ①(mm)	24時間雨量		16時間雨量	
			予測雨量 ②(mm)	比率 ②/①	予測雨量 ③(mm)	比率 ③/①
1	GF_m101_2089	193.0	144.6	0.75	123.7	0.64
2	MP_m105_2064	197.5	193.7	0.98	168.0	0.85
3	MR_m101_2068	206.9	162.9	0.79	151.7	0.73
4	m001_1985	219.7	183.7	0.84	118.0	0.54
5	m001_2003	193.6	191.4	0.99	182.5	0.94
6	m002_2009	195.2	140.6	0.72	96.3	0.49
7	m003_2001	228.7	168.0	0.73	106.8	0.47
8	m005_2010	198.3	122.9	0.62	99.0	0.50
9	m006_1983	275.0	157.4	0.57	103.5	0.38
10	m009_2008	250.3	208.9	0.83	169.8	0.68

■：アンサンブル予測降雨の最大値

表 1-11-11 狐禅寺における時間分布のチェック（棄却した引き伸ばし降雨波形）

No.	洪水名	実績 雨量 (mm)	計画 雨量 ①(mm)	拡大率	24時間雨量		16時間雨量	
					拡大後 雨量 ②(mm)	比率 ②/①	拡大後 雨量 ③(mm)	比率 ③/①
2	S23.09.16	161.4	230.0	1.425	224.0	0.97	211.0	0.92
3	S33.09.17	136.6	230.0	1.684	221.7	0.96	193.3	0.84
8	H02.09.19	124.0	230.0	1.855	229.3	1.00	221.7	0.96
9	H07.08.05	128.0	230.0	1.797	116.3	0.51	115.0	0.50
12	H19.09.17	176.1	230.0	1.306	206.8	0.90	169.5	0.74
棄却基準（アンサンブル最大値）						0.99		0.94

■：アンサンブル予測降雨と比較しても生起が難しい

(3) 和渚

地域分布及び時間分布については、先の評価で用いた流域分割及び短時間降雨と同じとした(図 1-11-9)。

その結果、棄却された洪水について、和渚で参考降雨波形は発生しなかった(表 1-11-12~15)。



図 1-11-9 和渚における地域分布の流域分割

表 1-11-12 和渚における地域分布のチェック（アンサンブル予測降雨波形）

No.	洪水名	和渚地点 48時間雨量 ①(mm)	江合川		迫川		旧迫川	
			予測 雨量 ②(mm)	比率 ②/①	予測 雨量 ③(mm)	比率 ③/①	予測 雨量 ④(mm)	比率 ④/①
1	CC_m105_2086	250.7	284.6	1.14	275.1	1.10	205.3	0.82
2	GF_m101_2084	317.5	317.2	1.00	304.9	0.96	359.8	1.13
3	GF_m105_2082	289.2	288.8	1.00	298.1	1.03	265.4	0.92
4	HA_m101_2074	303.3	353.9	1.17	304.5	1.00	211.4	0.70
5	HA_m101_2075	248.8	281.2	1.13	252.8	1.02	181.4	0.73
6	MI_m101_2089	352.8	371.9	1.05	368.2	1.04	274.1	0.78

■：アンサンブル予測降雨の最大比

表 1-11-13 和渚における地域分布のチェック（棄却した引き伸ばし降雨波形）

No.	洪水名	実績 雨量 (mm)	計画 雨量 ①(mm)	拡大率	江合川		迫川		旧迫川	
					拡大後 雨量 ②(mm)	比率 ②/①	拡大後 雨量 ③(mm)	比率 ③/①	拡大後 雨量 ④(mm)	比率 ④/①
8	H23.09.21	194.0	308.1	1.588	305.5	0.99	291.1	0.94	362.4	1.18
10	R01.10.13	179.6	308.1	1.715	280.8	0.91	283.2	0.92	433.2	1.41
棄却基準（アンサンブル最大値）						1.17		1.10		1.13

■アンサンブル予測降雨と比較しても生起が難しい

表 1-11-14 和渚における時間分布のチェック（アンサンブル予測降雨波形）

No.	洪水名	和渚地点 48時間雨量 ①(mm)	17時間雨量		24時間雨量	
			予測雨量 ②(mm)	比率 ②/①	予測雨量 ③(mm)	比率 ③/①
1	CC_m105_2086	250.7	210.2	0.84	227.4	0.91
2	GF_m101_2084	317.5	181.3	0.57	212.1	0.67
3	GF_m105_2082	289.2	248.2	0.86	273.5	0.95
4	HA_m101_2074	303.3	254.1	0.84	284.4	0.94
5	HA_m101_2075	248.8	215.9	0.87	234.0	0.94
6	MI_m101_2089	352.8	175.9	0.50	203.1	0.58

■：アンサンブル予測降雨の最大値

表 1-11-15 和渚における時間分布のチェック（棄却した引き伸ばし降雨波形）

No.	洪水名	実績 雨量 (mm)	計画 雨量 ①(mm)	拡大率	17時間雨量		24時間雨量	
					拡大後 雨量 ②(mm)	比率 ②/①	拡大後 雨量 ③(mm)	比率 ③/①
8	H23.09.21	194.0	308.1	1.588	145.5	0.47	186.3	0.60
10	R01.10.13	179.6	308.1	1.715	253.6	0.82	273.8	0.89
棄却基準（アンサンブル最大値）						0.87		0.95

■アンサンブル予測降雨と比較しても生起が難しい

1-11-3 主要洪水群に不足する降雨パターンの確認

これまで、実績の降雨波形のみを計画対象としてきたが、基本高水の設定に用いる計画対象の降雨波形群は、対象流域において大規模洪水を生起し得る様々なパターンの降雨波形等を考慮する必要がある。

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った。

ここでは、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を確認する。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分類を行う。

(1) 明治橋

明治橋の主要洪水についてクラスター分類したところ、クラスター1（上流型）、クラスター2（均一型）、クラスター3（下流型）に分類された（図 1-11-10、表 1-11-16 上）。

その結果、アンサンプル将来予測降雨波形を用いて降雨寄与率の分析を行い、将来発生しうる洪水が実績降雨パターンに含まれることを確認した（表 1-11-16 下）。

表 1-11-16 検討対象降雨波形及びアンサンプル予測降雨波形のクラスター分類（明治橋）

No.	洪水名	基準地点上流			基本高水のピーク流量		パターン 番号
		実績雨量 (mm/15h)	計画雨量 (mm/15h)	拡大率	計算値 (m ³ /s)	100m ³ /s 丸め (m ³ /s)	
対象洪水群							
1	S220914	125.4	169	1.344	5,992	6,000	3
2	S230916	94.9	169	1.777	4,738	4,800	2
3	S330917	105.5	169	1.598	6,695	6,700	2
4	S340925	83.9	169	2.010	6,579	6,600	2
5	S410627	95.4	169	1.767	4,621	4,700	1
6	H020919	106.3	169	1.586	4,343	4,400	1
7	H070805	100.9	169	1.671	4,185	4,200	2
8	H140711	115.0	169	1.466	5,648	5,700	1
9	H190917	155.6	169	1.084	4,586	4,600	3
10	H250916	117.7	169	1.432	6,767	6,800	1
11	H290825	118.9	169	1.418	3,915	4,000	2
アンサンプル降雨群							
1	CC_m105_2087	156.8	169	1.075	4,295	4,300	3
2	GF_m101_2081	135.7	169	1.242	4,858	4,900	1
3	HA_m101_2076	165.0	169	1.022	3,439	3,500	1
4	MP_m101_2081	148.4	169	1.136	3,792	3,800	3
5	MP_m101_2082	142.6	169	1.182	3,420	3,500	3
6	MR_m101_2068	141.0	169	1.196	7,031	7,100	1
7	MR_m105_2077	165.5	169	1.019	5,444	5,500	2
8	m001_1985	180.7	169	0.933	5,309	5,400	2
9	m001_1989	152.3	169	1.107	4,003	4,100	1
10	m009_1990	156.3	169	1.079	5,153	5,200	2

■ : 棄却洪水

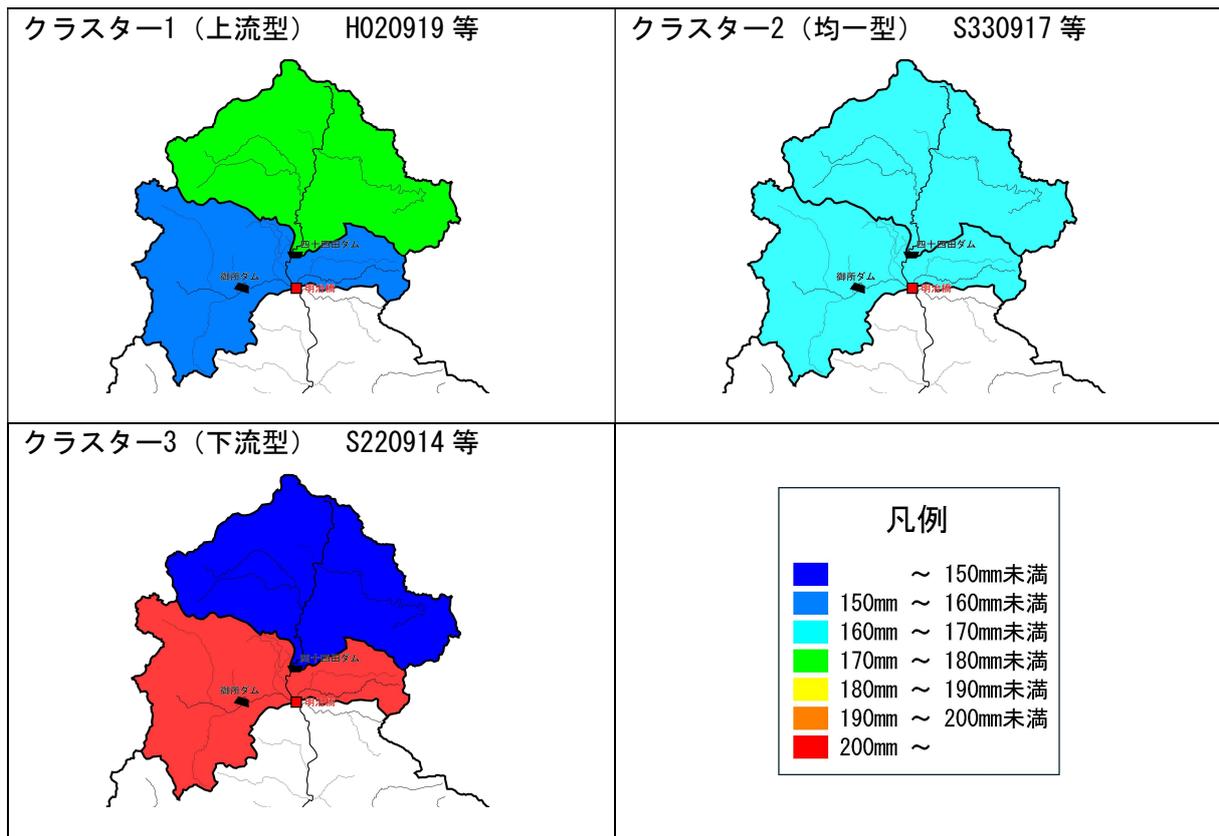


図 1-11-10 アンサンブル予測降雨の分布パターン (明治橋)

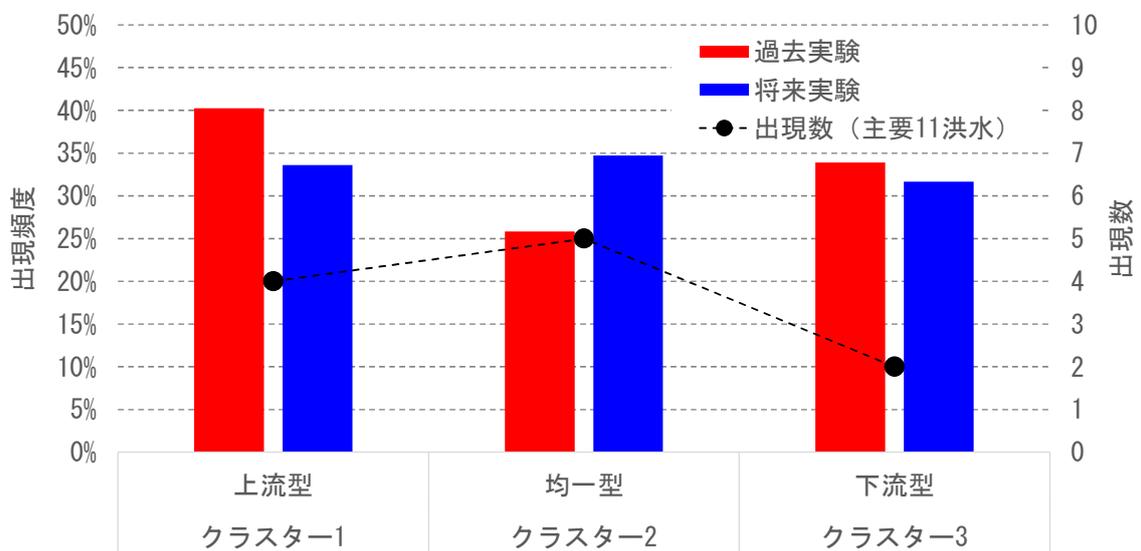


図 1-11-11 検討対象降雨波形及びアンサンブル予測降雨波形のクラスタ分類 (明治橋)

(2) 狐禅寺

狐禅寺の主要洪水についてクラスター分類したところ、クラスター1（上流型）、クラスター2（均一型）、クラスター3（下流～右岸型）、クラスター4（下流～左岸型）に分類された。ただし、クラスター4は1洪水のみで、棄却洪水となっている（図 1-11-12、表 1-11-17 上）。

その結果、アンサンプル将来予測降雨波形を用いて降雨寄与率の分析を行い、将来発生しうる洪水が実績降雨パターンに含まれることを確認した（表 1-11-17 下）。

表 1-11-17 検討対象降雨波形及びアンサンプル予測降雨波形のクラスター分類（狐禅寺）

No.	洪水名	基準地点上流			基本高水のピーク流量		パターン 番号
		実績雨量 (mm/48h)	計画雨量 (mm/48h)	拡大率	計算値 (m ³ /s)	100m ³ /s 丸め (m ³ /s)	
対象洪水群							
1	S220914	212.4	230	1.083	15,156	15,200	2
2	S230916	161.4	230	1.425	16,667	16,700	4
3	S330917	136.6	230	1.684	17,475	17,500	2
4	S540804	130.3	230	1.765	10,374	10,400	3
5	S560822	169.2	230	1.359	13,680	13,700	2
6	S620818	163.7	230	1.405	13,527	13,600	3
7	S630828	147.1	230	1.564	9,510	9,600	2
8	H020919	124.0	230	1.855	17,462	17,500	2
9	H070805	128.0	230	1.797	12,997	13,000	1
10	H100831	124.6	230	1.846	10,289	10,300	2
11	H140711	165.2	230	1.392	15,611	15,700	2
12	H190917	176.1	230	1.306	13,975	14,000	1
アンサンプル降雨群							
1	GF_m101_2089	193.0	230	1.192	10,636	10,700	2
2	MP_m105_2064	197.5	230	1.165	12,470	12,500	1
3	MR_m101_2068	206.9	230	1.112	18,292	18,300	2
4	m001_1985	219.7	230	1.047	11,985	12,000	1
5	m001_2003	193.6	230	1.188	16,322	16,400	4
6	m002_2009	195.2	230	1.178	8,454	8,500	4
7	m003_2001	228.7	230	1.006	9,517	9,600	2
8	m005_2010	198.3	230	1.160	10,667	10,700	1
9	m006_1983	275.0	230	0.836	7,137	7,200	2
10	m009_2008	250.3	230	0.919	11,875	11,900	3

■ : 棄却洪水

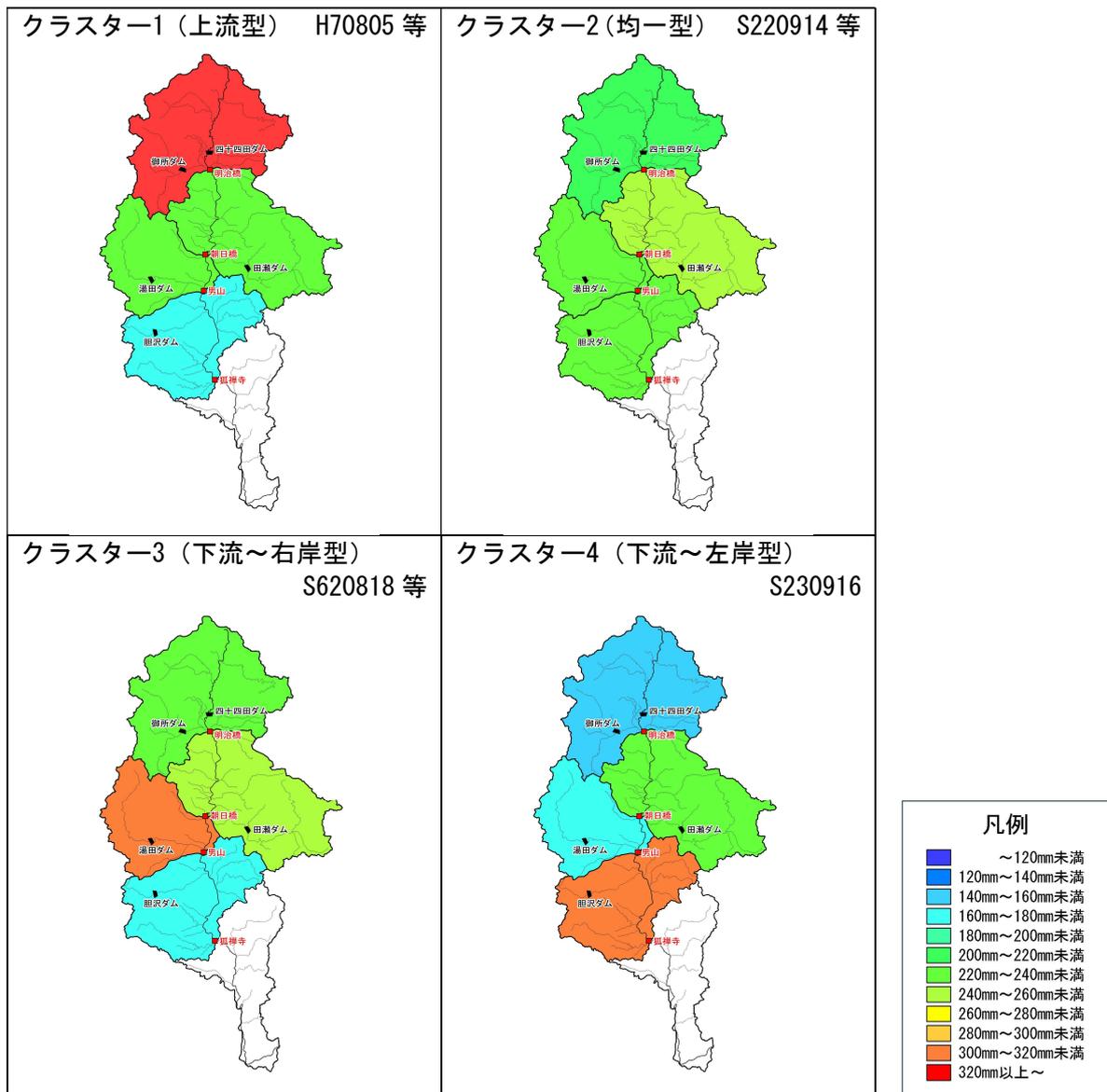


図 1-11-12 アンサンブル予測降雨の分布パターン (狐禅寺)

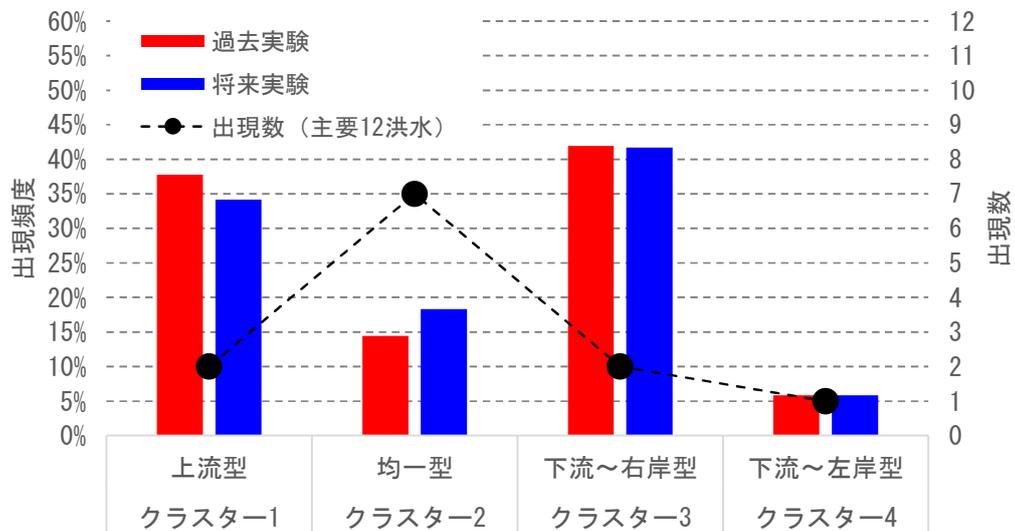


図 1-11-13 検討対象降雨波形及びアンサンブル予測降雨波形のクラスタ分類 (狐禅寺)

(3) 和渕

和渕の主要洪水についてクラスター分類したところ、クラスター1、クラスター2、クラスター4、クラスター5の発生が確認されているが、クラスター3は含まれていなかった（図 1-11-14、表 1-11-18 上）。

一方、アンサンブル降雨群については、対象降雨の降雨量 308.1mm/48h に近い 10 洪水のアンサンブル予測において、クラスター1～5の全てが確認された（表 1-11-18 下）。

主要洪水はパターン 3 が不足しているもの、アンサンブル予測降雨波形でパターン 3 が 1 降雨含まれていることが確認されており、ここでは降雨パターンの追加は必要ないと判断した。

表 1-11-18 検討対象降雨波形及びアンサンブル予測降雨波形のクラスター分類（和渕）

No.	洪水名	基準地点上流			基本高水のピーク流量		パターン番号
		実績雨量 (mm/48h)	計画雨量 (mm/48h)	拡大率	計算値 (m ³ /s)	100m ³ /s 丸め (m ³ /s)	
対象洪水群							
1	S220914	208.3	308	1.479	4,305	4,400	4
2	S230915	254.5	308	1.211	4,339	4,400	5
3	S250803	211.6	308	1.456	3,385	3,400	4
4	S610806	168.0	308	1.834	3,200	3,200	1
5	H031014	155.3	308	1.984	2,455	2,500	1
6	H100831	155.0	308	1.988	2,672	2,700	1
7	H140712	189.1	308	1.629	3,176	3,200	1
8	H230921	194.0	308	1.588	2,584	2,600	1
9	H270911	163.9	308	1.880	4,232	4,300	2
10	R011013	179.6	308	1.715	3,142	3,200	1
アンサンブル降雨群							
1	CC_m105_2086	250.7	308	1.229	4,527	4,600	5
2	GF_m101_2084	317.5	308	0.970	3,746	3,800	1
3	GF_m105_2082	289.2	308	1.065	3,841	3,900	4
4	HA_m101_2074	303.3	308	1.016	3,963	4,000	2
5	HA_m101_2075	248.8	308	1.238	4,251	4,300	2
6	MI_m101_2089	352.8	308	0.873	3,543	3,600	4
7	HPB_m001_2009	303.2	308	1.016	4,197	4,200	2
8	HPB_m002_1982	262.4	308	1.174	3,773	3,800	3
9	HPB_m002_2009	353.5	308	0.872	3,207	3,300	5
10	HPB_m003_2001	304.6	308	1.011	4,639	4,700	3

■ : 棄却洪水

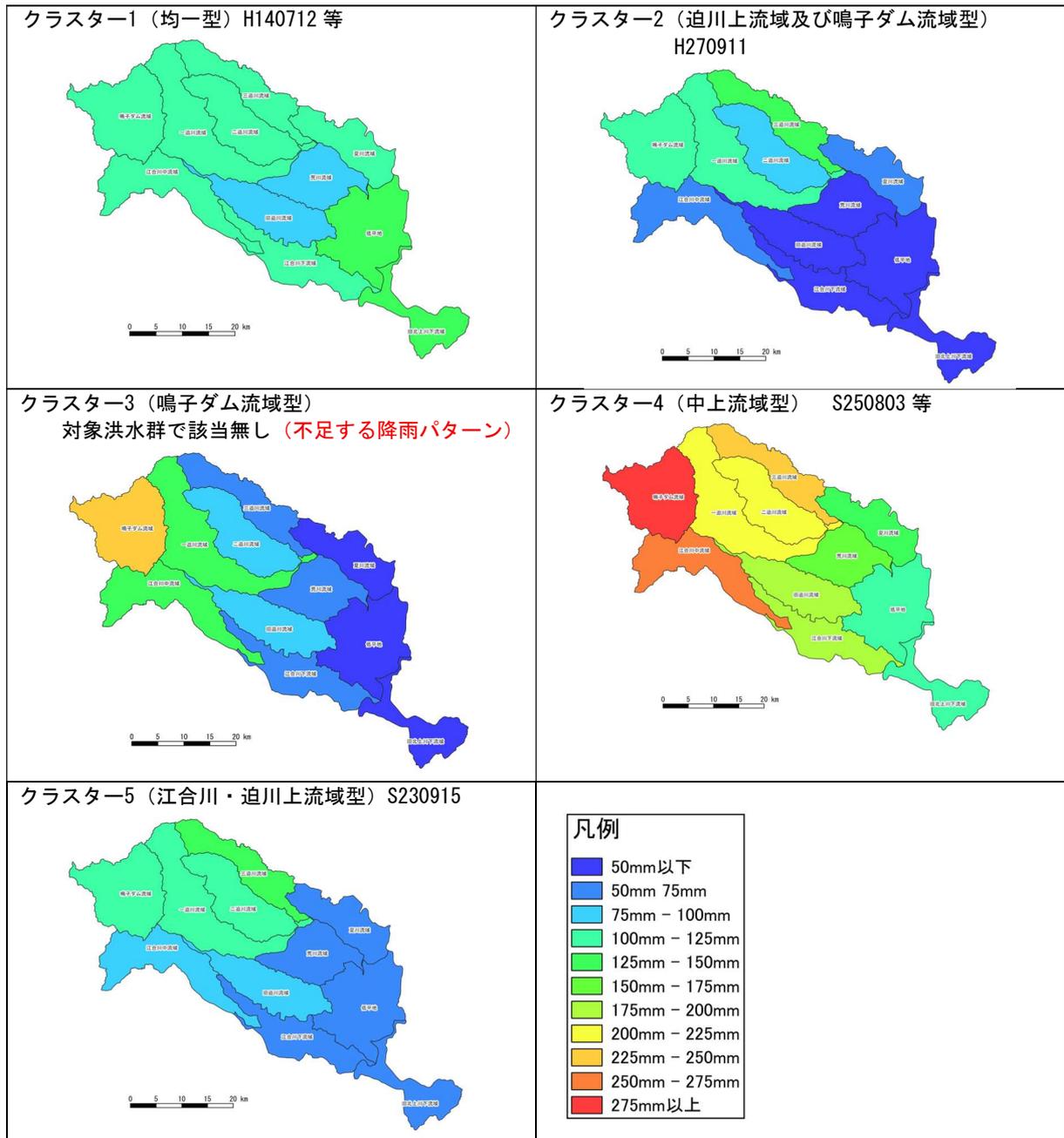


図 1-11-14 アンサンブル予測降雨の分布パターン (和溺)

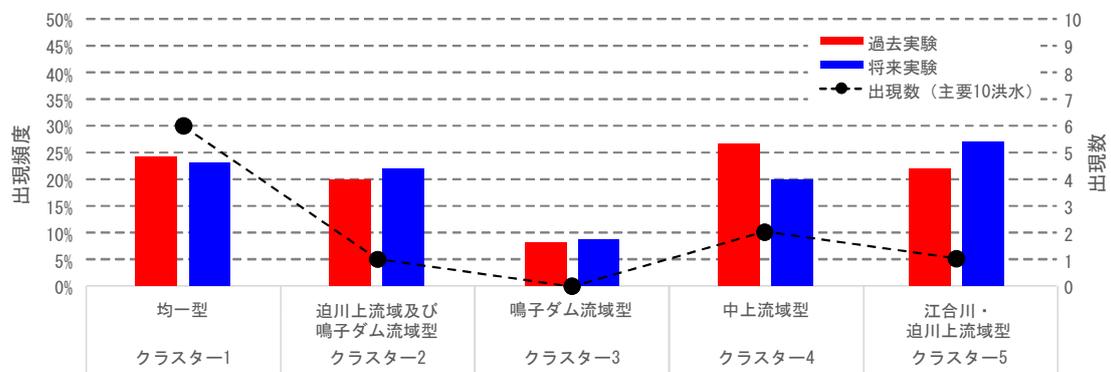


図 1-11-15 検討対象降雨波形及びアンサンブル予測降雨波形のクラスター分類 (和溺)

1-12 既往洪水からの検討

各基準地点における既往最大の洪水流量を流出計算により推定した。

<基準地点明治橋>

明治橋の戦後最大洪水となる昭和 22 年（1947 年）9 月洪水の実績流量は $3,026\text{m}^3/\text{s}$ で、ダム・氾濫戻し流量は、 $4,295\text{m}^3/\text{s}$ と推定された。

<基準地点狐禅寺>

狐禅寺の戦後最大洪水となる昭和 22 年（1947 年）9 月洪水の実績流量は $7,914\text{m}^3/\text{s}$ で、ダム・氾濫戻し流量は、 $13,523\text{m}^3/\text{s}$ と推定された。

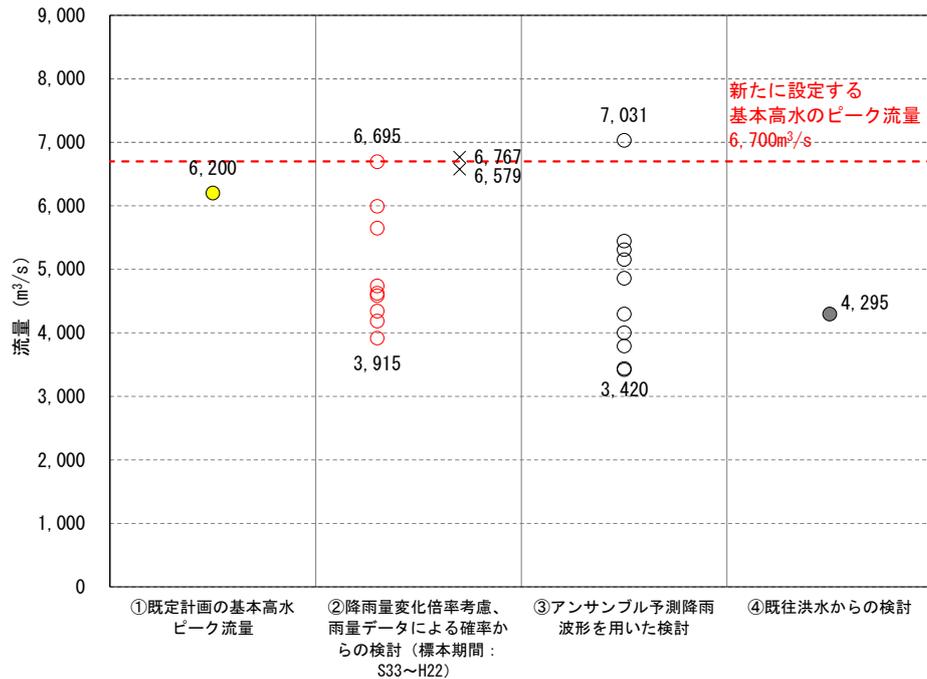
<基準地点和渕>

和渕の戦後最大洪水となる昭和 23 年（1948 年）9 月洪水のダム・氾濫戻し流量は、 $4,097\text{m}^3/\text{s}$ と推定された。

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、短時間あるいは地域分布において著しい引き伸ばしとなっている洪水を除き最大となる流量を、基本高水のピーク流量として決定した。

その結果、北上川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点明治橋において 6,700m³/s、基準地点狐禅寺において 15,700m³/s、基準地点和湊において 4,400m³/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℃上昇時の降雨量の変化倍率 1.1 倍）を考慮した検討
×：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水
- ③アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：計画対象降雨の降雨量（169mm/15h）近傍の洪水を抽出
○：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℃上昇時）のアンサンブル降雨波形
- ④既往洪水からの検討：昭和22年9月洪水の氾濫戻し流量

図 1-13-1 基本高水の設定に係る総合判断図（基準地点 明治橋）

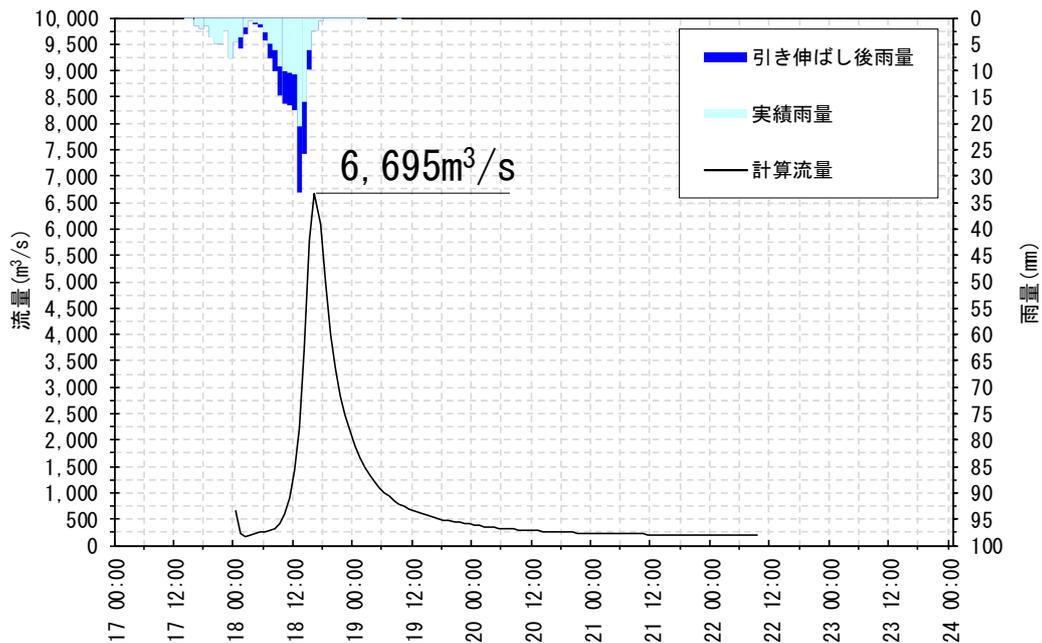
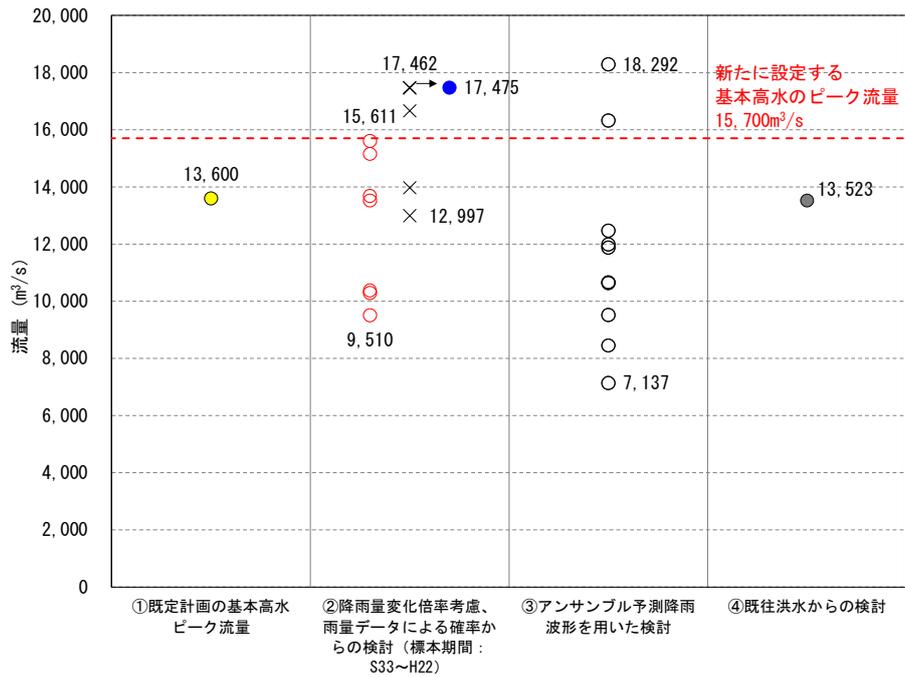


図 1-13-2 基本高水のハイドログラフ（昭和33年（1958年）9月洪水：基準地点 明治橋）



【凡例】

- ②雨量データによる確率からの検討：降雨量変化倍率（2℃上昇時の降雨量の変化倍率 1.1 倍）を考慮した検討
 - ×： 短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水
 - ： 棄却された洪水のうち、アンサンブル予測降雨波形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のため、参考波形とする。
- ③アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：計画対象降雨の降雨量（230mm/48h）近傍の洪水を抽出
 - ： 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℃上昇時）のアンサンブル降雨波形
- ④既往洪水からの検討：昭和 22 年 9 月洪水の氾濫戻し流量

図 1-13-3 基本高水の設定に係る総合判断図（基準地点 狐禅寺）

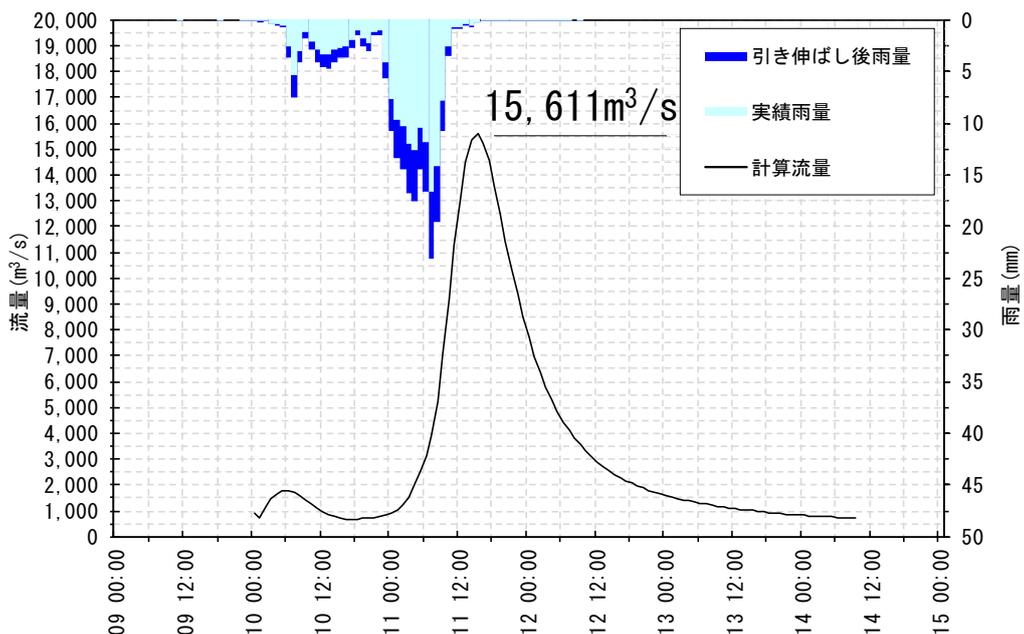
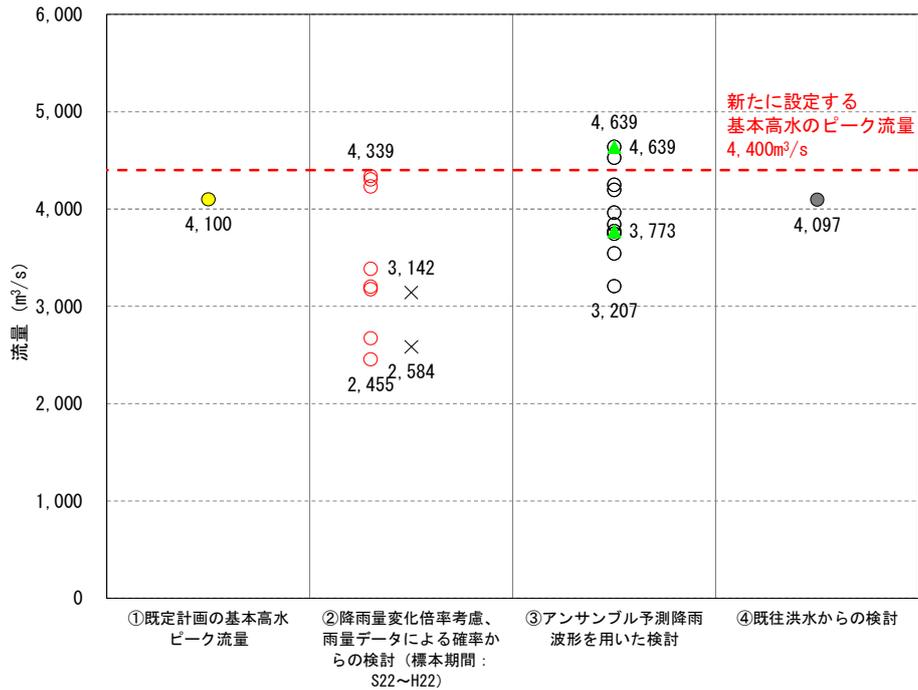


図 1-13-4 基本高水のハイドログラフ（平成 14 年（2002 年）7 月洪水：基準地点 狐禅寺）



【凡例】

- ②雨量データによる確率からの検討：降雨量変化倍率（2℃上昇時の降雨量の変化倍率 1.1 倍）を考慮した検討
 - ×：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水
- ③アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：計画対象降雨の降雨量（308mm/48h）近傍の洪水を抽出
 - ：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℃上昇時）のアンサンブル降雨波形
 - ▲：過去の実績降雨（対象降雨波形群）には含まれていない降雨パターン
- ④既往洪水からの検討：昭和23年9月洪水の氾濫戻し流量

図 1-13-5 基本高水の設定に係る総合判断図（基準地点 和湊）

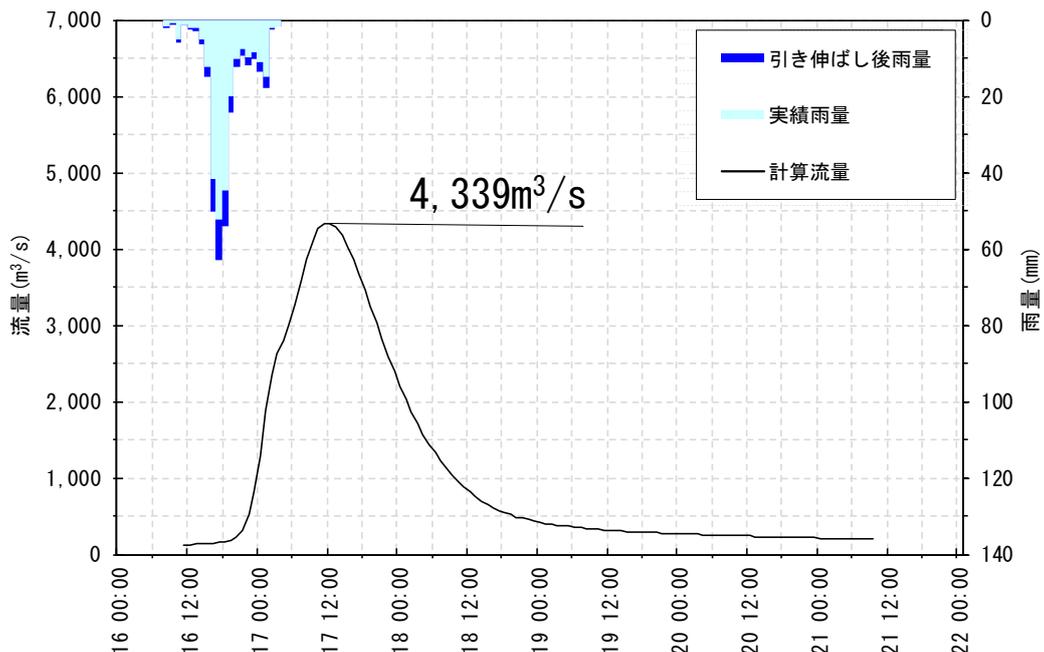


図 1-13-6 基本高水のハイドログラフ（昭和23年（1948年）9月洪水：基準地点 和湊）

2 高水処理計画

北上川水系の河川改修は、既定計画の計画高水流量 8,500m³/s（北上川 狐禅寺地点）、2,500m³/s（旧北上川 和渕地点）を目標に実施され、築堤は大臣管理区間の堤防必要延長約 470km のうち、完成堤防が約 275km（58%）暫定堤防が約 130km（28%）となっており、北上川水系では約 86%が概成している一方で、無堤部が約 66km（14%）となっている。

なお、大臣管理区間には橋梁、堰、樋管等の多くの構造物が存在している。

気候変動の変化を考慮した場合の水害リスクの増大に対して、それに対応するための近年の流域治水の概念を考慮し、これまでの連続堤防の整備と同時に、水災害が発生することを前提に、あらゆる関係者が水災害に備える必要性が高まっている。

そのため、引堤や堤防の嵩上げによる社会的な影響及び大幅な河道掘削による河川環境の改変等を考慮し、現在の河道により処理可能な流量を設定するとともに、増大する洪水流量に対して、様々な洪水調節施設を活用して、流域全体の治水安全度を高めていくものとする。

現行の河川整備基本方針では現堤防内において堤防防護幅を確保して平水位以上で掘削し、不足する河積を確保するために既設構造物の縦断計画高までスライドすることにより、可能な限り河道掘削を行い流下能力の増大を図っている。これに合わせて、流域全体で洪水調節施設の整備を進めていく。これにより、北上川 明治橋地点において 3,100m³/s、狐禅寺地点において 8,500m³/s、旧北上川 和渕地点において 2,500m³/s 対応の河道を設定した。また、これに合わせて、流域全体で新たな貯留・遊水機能の確保を進めていく。

新たに必要となる洪水調節容量は、既存ダムにおける将来的な降雨予測精度の向上を踏まえ、洪水調節容量を効率的に活用する操作ルールへの変更やダム再生、北上川沿川における遊水地等の新たな貯留・遊水機能の確保について概略検討し、可能性があるとの結果が得られているが、具体的には今後、技術的、社会的及び経済的な見地から検討し、総合的に判断した上で決定する。

3 計画高水流量

(1) 基本高水並びにその河道及び洪水調節施設への配分に関する事項

a) 北上川

基本高水は、昭和22年(1947年)9月、昭和23年(1948年)9月、昭和33年(1958年)9月、平成14年(2002年)7月、平成19年(2007年)9月洪水等の既往洪水について検討し、気候変動により予測される将来の降雨量の増加等を考慮した結果、基準地点明治橋においては、そのピーク流量を6,700m³/sとし、このうち流域内の洪水調節施設等により3,600m³/sを調節して河道への配分流量を3,100m³/sとする。また、基準地点狐禅寺においては、そのピーク流量を15,700m³/sとし、このうち流域内の洪水調節施設等により7,200m³/sを調節して河道への配分流量を8,500m³/sとする。

b) 旧北上川

基本高水は、昭和22年(1947年)9月、昭和23年(1948年)9月、平成10年(1998年)8月、平成14年(2002年)7月、平成27年(2015年)9月洪水等の既往洪水について検討し、気候変動により予測される将来の降雨量の増加等を考慮した結果、基準地点和湊においては、そのピーク流量を4,400m³/sとし、このうち流域内の洪水調節施設等により1,900m³/sを調節して河道への配分流量を2,500m³/sとする。

なお、気候変動の状況やその予測に係る技術・知見の蓄積、流域の土地利用や保水・貯留・遊水機能の変化等に伴う流域からの流出特性や流下特性が変化し、また、その効果の評価技術の向上など、基本高水のピーク流量の算出や河道と洪水調節施設等の配分に係る前提条件が著しく変化することが明らかとなった場合には、必要に応じこれを見直すこととする。

表 3-1 基本高水のピーク流量等一覧表

河川名	基準地点	基本高水のピーク流量 (m ³ /s)	洪水調節施設等による調節流量 (m ³ /s)	河道への配分流量 (m ³ /s)
北上川	明治橋	6,700	3,600	3,100
北上川	狐禅寺	15,700	7,200	8,500
旧北上川	和湊	4,400	1,900	2,500

(2) 主要な地点における計画高水流量に関する事項

a) 北上川

北上川の計画高水流量は、流域内の貯留・遊水機能を踏まえた上で、館坂橋地点において $900\text{m}^3/\text{s}$ 、基準地点明治橋において $3,100\text{m}^3/\text{s}$ とし、猿ヶ石川、和賀川等の支川からの流入量を合わせ、男山地点において $8,200\text{m}^3/\text{s}$ 、胆沢川、磐井川等の支川からの流入量を合わせ、基準地点狐禅寺において $8,500\text{m}^3/\text{s}$ とし、さらに砂鉄川等の支川からの流入量を合わせ、登米地点において $9,200\text{m}^3/\text{s}$ とし、河口まで同流量とする。

b) 旧北上川

旧北上川の計画高水流量は、北上川の洪水時分派流量を $0\text{m}^3/\text{s}$ とし、迫川、旧迫川、江合川等からの流入量を合わせ、基準地点和渕において $2,500\text{m}^3/\text{s}$ とし、河口まで同流量とする。

c) 江合川

支川江合川の計画高水流量は、荒雄地点において $1,800\text{m}^3/\text{s}$ とし、新江合川に $800\text{m}^3/\text{s}$ を分派して、涌谷地点において $1,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、旧北上川合流点まで同流量とする。

d) 迫川、旧迫川

支川迫川の計画高水流量は、大林地点において $1,600\text{m}^3/\text{s}$ 、佐沼地点において $1,000\text{m}^3/\text{s}$ とする。

支川旧迫川の計画高水流量は、三方江地点において $350\text{m}^3/\text{s}$ とする。

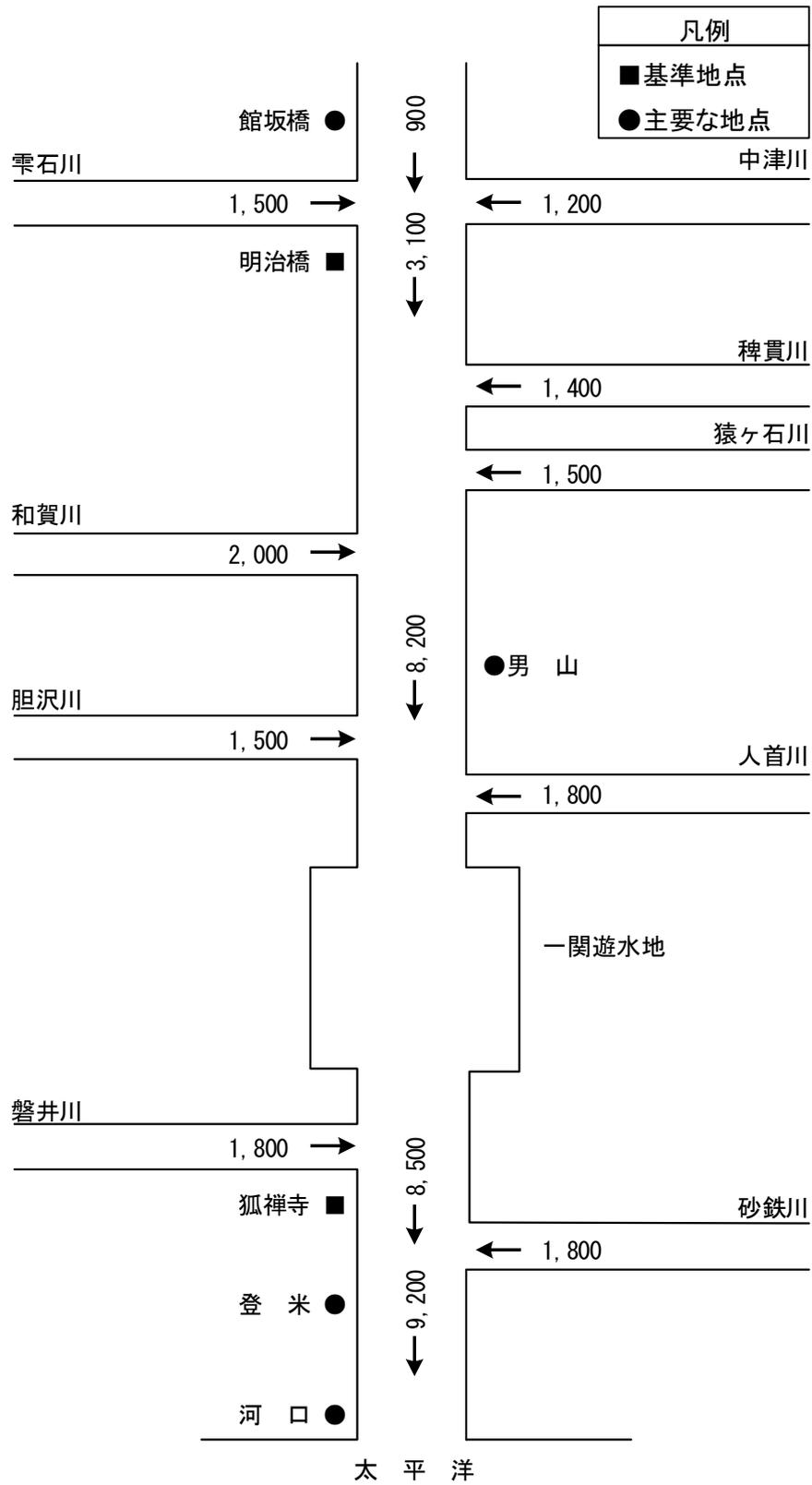


図 3-1 北上川計画高水流量図 (単位: m^3/s)

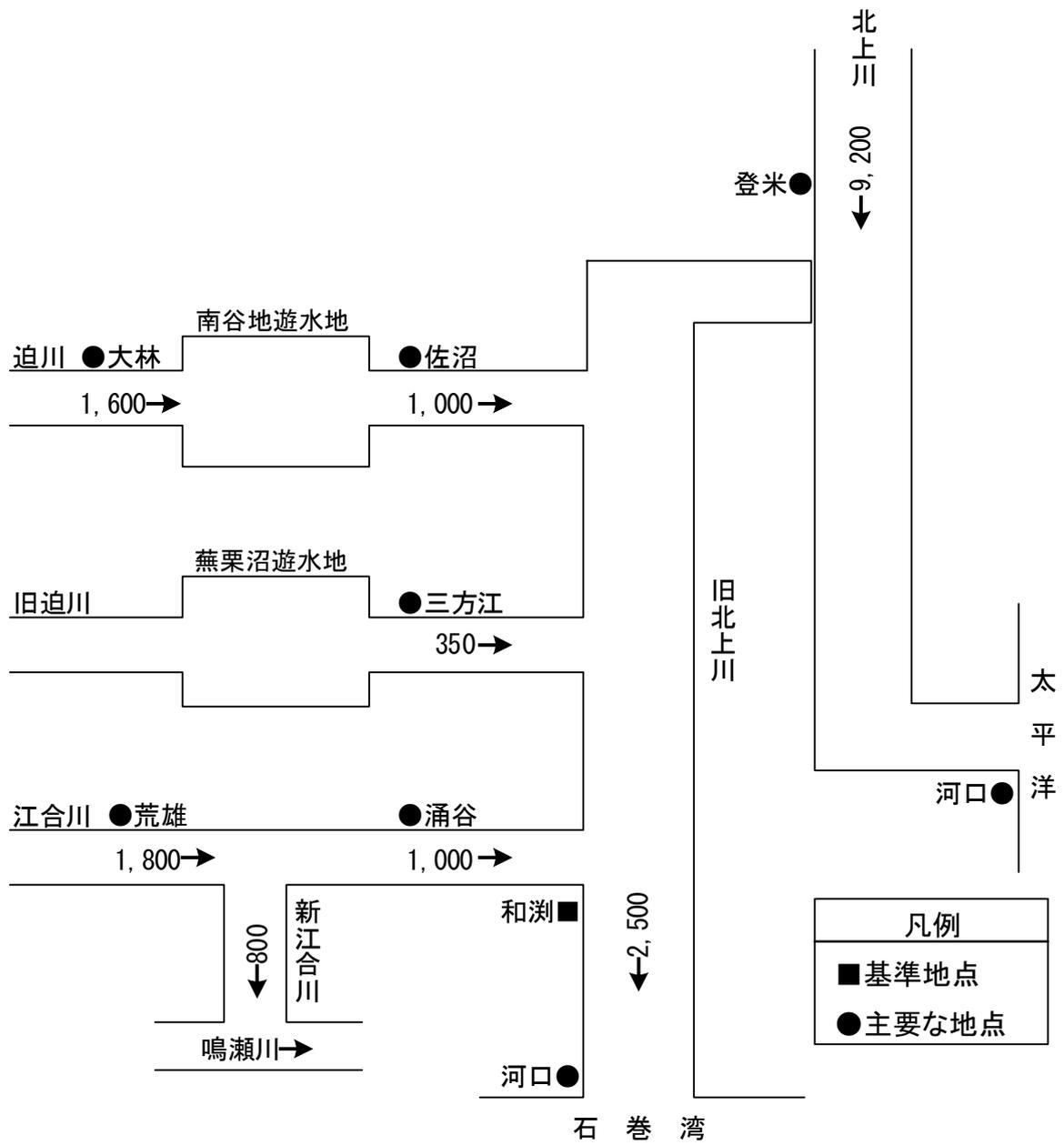


图 3-2 旧北上川、江合川及び迫川計画高水流量图 (单位: m³/s)

4 河道計画

河道計画は、以下の理由により現況の堤防法線・縦断勾配を重視し、流下能力が不足する区間については、動植物の生息・生育環境等を保全・創出しながら、以下の事項を考慮して必要な河積（洪水を安全に流すための断面）を確保する。

- ① 大臣管理区間の堤防は、概成（完成・暫定）している区間が多く、概成していない区間でも、構造物等が計画堤防法線形状に基づき計画されていること。
- 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、沿川の市街地資産の張り付き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、また、計画高水位を上げることで堤内地での内水被害を助長させることを避けるべきであること。

計画縦断図を 122 頁以降に示すとともに、主要地点における計画高水位及び概ねの川幅を下表に示す。

表 4-1 主要な地点における計画高水位及び川幅一覧表

河川名	地点名	※ ¹ 河口又は合流点からの距離 (km)	計画高水位 T.P. (m)	川 幅 (m)
北上川	館坂橋	189.5	123.98	80
	明治橋	186.5	120.51	170
	男 山	124.7	55.35	440
	狐禅寺	77.9	27.54	640
	登 米	31.2	11.74	390
	河 口	-0.6	※ ² 7.40	680
旧北上川	和 浏	21.8	4.98	420
	河 口	0.6	※ ³ 1.63	220
江合川	荒 雄	旧北上川合流点から 26.6	20.75	190
	涌 谷	旧北上川合流点から 10.8	9.89	150
新江合川		鳴瀬川合流点から 4.5	20.18	120
迫 川	大 林	旧北上川合流点から 33.4	16.48	240
	佐 沼	旧北上川合流点から 16.9	8.88	100
旧迫川	三方江	旧北上川合流点から 12.7	5.99	270

注) T.P. : 東京湾中等潮位
 ※1 : 基点からの距離
 ※2 : 施設画上の津波水位
 ※3 : 計画高潮位
 測地成果 2011

【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°C 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：

北上川 朔望平均満潮位：T.P.0.740m＋密度差：0.226m

旧北上川 朔望平均満潮位：T.P.0.703m＋実績最大偏差：0.44m＋密度差：0.185m

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：

北上川 T.P.1.396m

旧北上川 T.P.1.758m

以上より、気候変動による海面上昇量を考慮した北上川の出発水位 T.P.1.396m、旧北上川の出発水位 T.P.1.758m は、痕跡水位の最高値から設定される北上川の出発水位 T.P.1.526m、旧北上川の出発水位 T.P.1.822m に対して、それぞれ、約 0.13m、約 0.06m 低い値であり、計画高水流量を計画高水位以下で流下可能であることを確認した。

5 河川管理施設等の整備の状況

北上川及び旧北上川における河川管理施設などの整備の現状は以下のとおりである。

(1) 堤防

堤防整備の現状（令和7年（2025年）3月末時点）は下記のとおりである。

表 5-1 堤防の整備状況（北上川水系）

	延長 (km) [整備率]
完成堤防	274 [58%]
暫定堤防	130 [28%]
無堤区間	66 [14%]
計	470 [100%]

※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

a) 北上川

完成施設	： 四十四田ダム	（治水容量： 33,900 千 m ³ ）
	： 御所ダム	（治水容量： 40,000 千 m ³ ）
	： 田瀬ダム	（治水容量： 84,500 千 m ³ ）
	： 湯田ダム	（治水容量： 77,810 千 m ³ ）
	： 胆沢ダム	（治水容量： 51,000 千 m ³ ）
	： 築川ダム	（治水容量： 11,700 千 m ³ ）
	： 綱取ダム	（治水容量： 11,100 千 m ³ ）
	： 早池峰ダム	（治水容量： 9,700 千 m ³ ）
	： 入畑ダム	（治水容量： 4,500 千 m ³ ）
	： 遠野ダム	（治水容量： 920 千 m ³ ）
	： 遠野第二ダム	（治水容量： 181 千 m ³ ）
	： 一関遊水地	（貯水容量： 158,400 千 m ³ ）
残りの必要容量	：	治水容量 概ね 72,700 千 m ³

b) 旧北上川

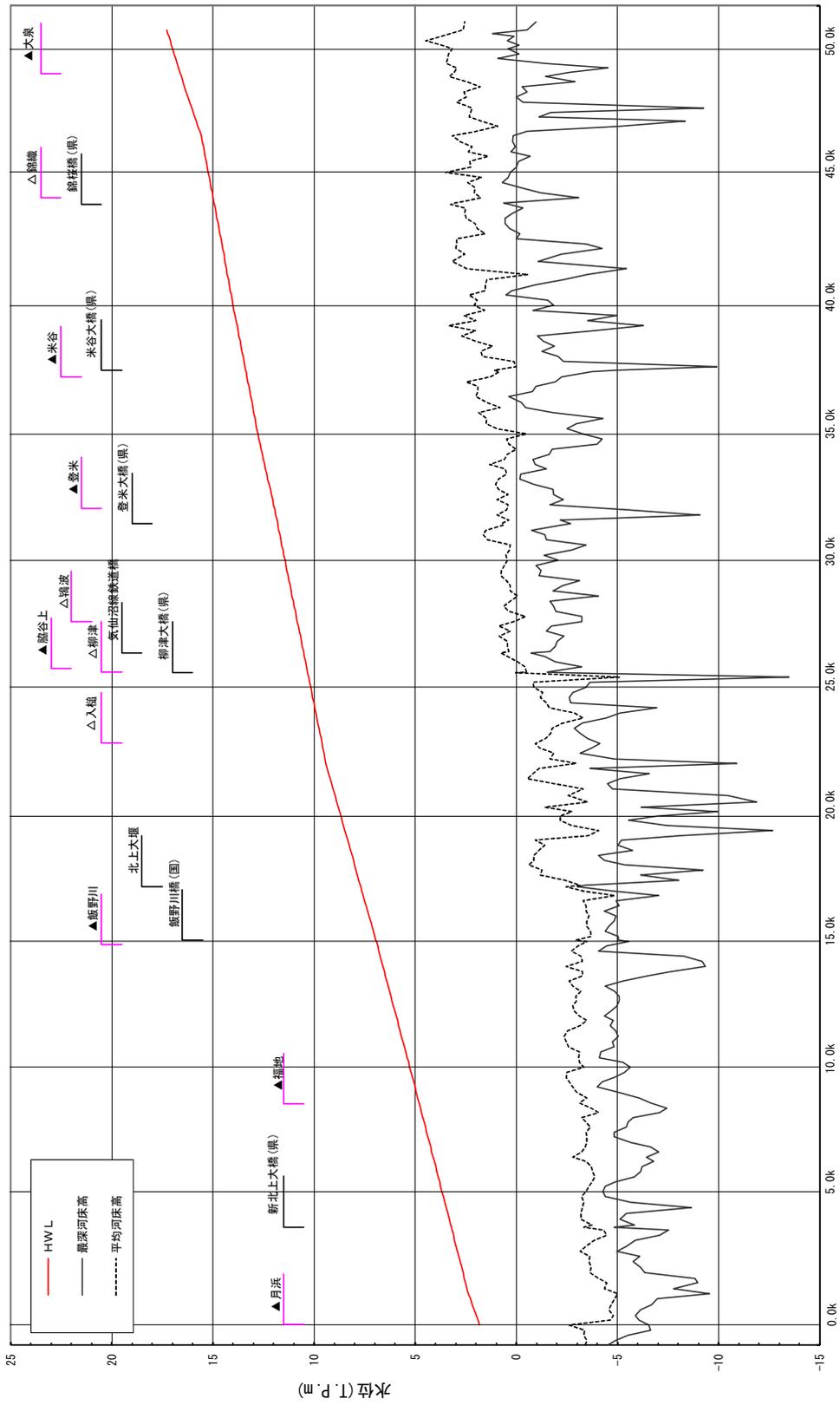
完成施設	： 鳴子ダム	（治水容量： 19,000 千 m ³ ）
	： 花山ダム	（治水容量： 20,000 千 m ³ ）
	： 栗駒ダム	（治水容量： 9,103 千 m ³ ）
	： 長沼ダム	（貯水容量： 24,500 千 m ³ ）

	: 小田ダム	(治水容量 : 3,500 千 m ³)
	: 荒砥沢ダム	(治水容量 : 3,231 千 m ³)
	: 化女沼ダム	(治水容量 : 2,180 千 m ³)
	: 上大沢ダム	(治水容量 : 263 千 m ³)
	: 南谷地遊水地	(治水容量 : 9,204 千 m ³)
	: 蕪栗沼遊水地	(治水容量 : 15,800 千 m ³)
残りの必要容量	: 治水容量 概ね	32,700 千 m ³

(3) 排水機場等

河川管理施設	: 48.9m ³ /s (上流分 39.0m ³ /s、下流分 9.9m ³ /s)
許可工作物	: 517.6m ³ /s (上流分 373.3m ³ /s、下流分 144.3m ³ /s)

※河川管理施設は直轄管理施設の計である。

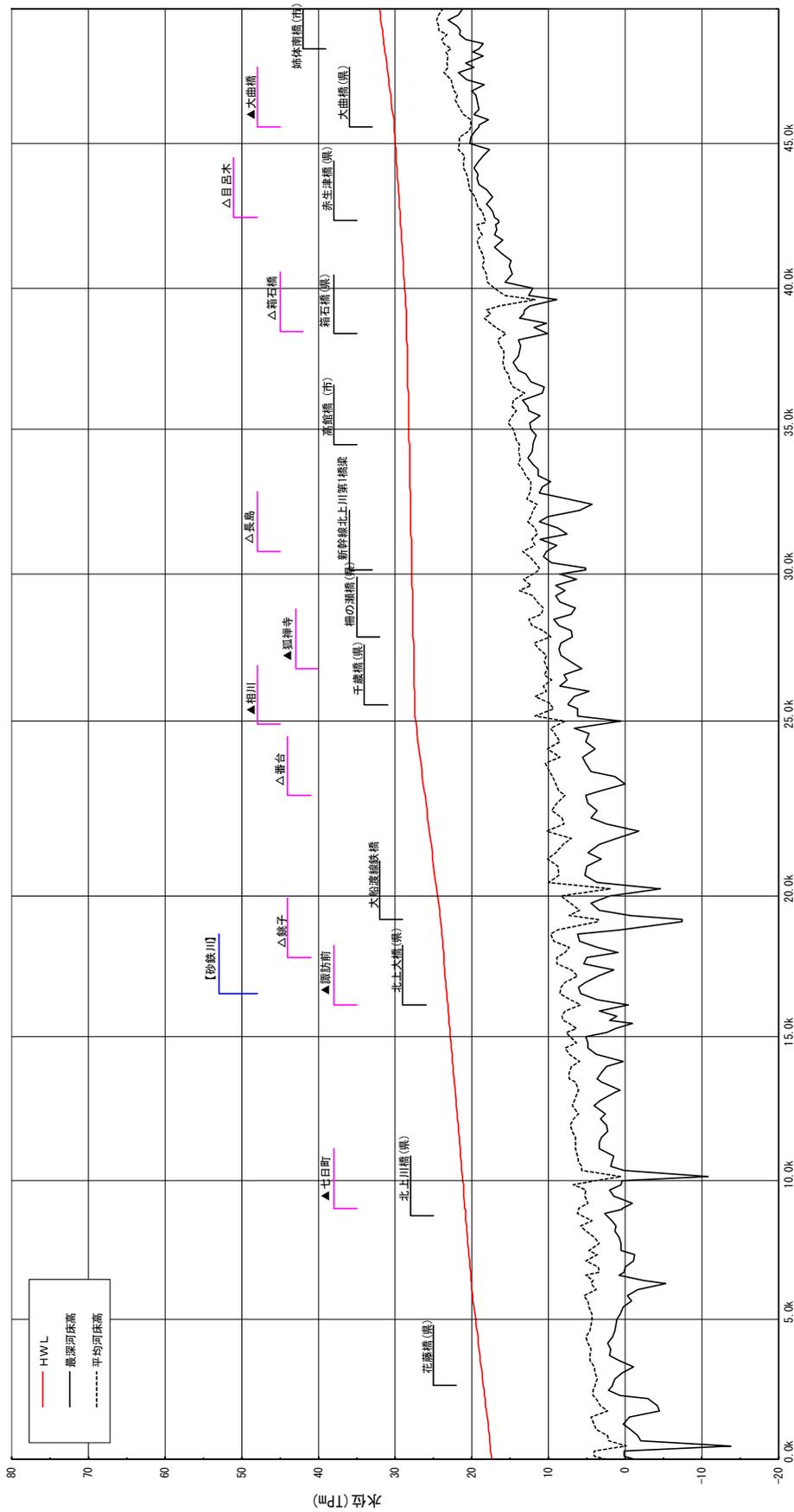


距離標 (km)

計画高水位 (T.P.m)	1.83	3.67	5.27	6.93	8.68	10.17	11.44	12.79	14.00	15.23	16.99	17.28
平均河床高 (T.P.m)	-6.54	-4.28	-5.64	-6.98	-6.98	-3.44	-2.08	-3.29	-1.83	0.30	0.40	-0.55
最深河床高 (T.P.m)	-2.63	-3.45	-3.35	-3.50	-2.16	-0.87	0.46	-0.50	2.07	3.49	3.16	2.64
距離標 (km)	0.0k	5.0k	10.0k	15.0k	20.0k	25.0k	30.0k	35.0k	40.0k	45.0k	50.0k	51.0k

図 5-1 北上川計画縦断面図 (宮城県側)

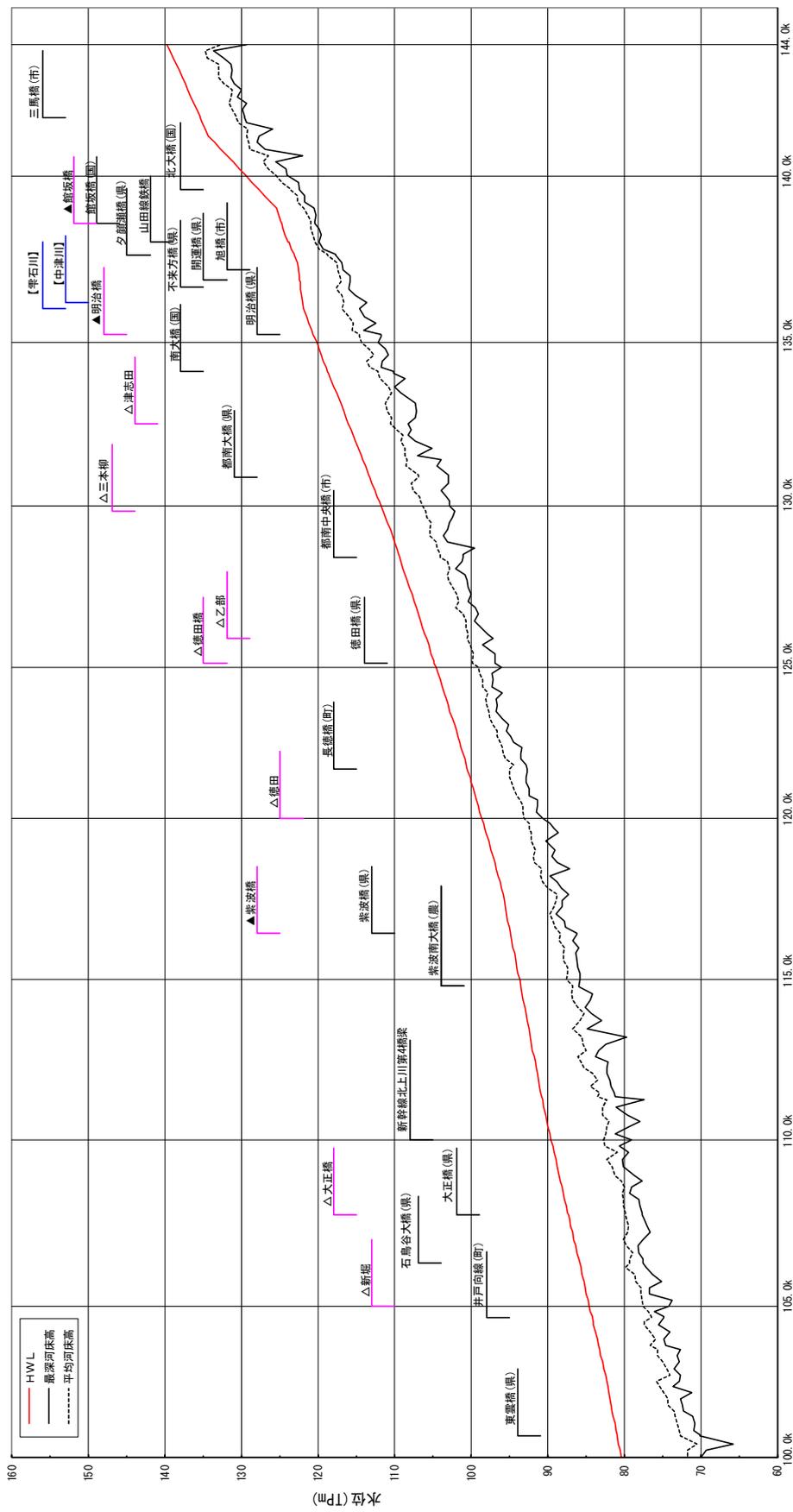
測地成果 2011



	17.41	19.54	21.21	22.79	24.49	27.35	27.82	28.21	28.74	29.96	32.01
計画高水位 (TPm)	17.41	19.54	21.21	22.79	24.49	27.35	27.82	28.21	28.74	29.96	32.01
平均河床高 (TPm)	2.45	4.39	3.97	7.20	8.43	7.86	12.11	14.62	16.98	21.60	23.74
最深河床高 (TPm)	-1.13	1.12	0.43	5.11	2.02	0.63	8.52	12.27	11.99	20.26	21.17
距離標 (km)	0.0k	5.0k	10.0k	15.0k	20.0k	25.0k	30.0k	35.0k	40.0k	45.0k	50.0k

図 5-2 北上川計画縦断面図 (岩手県側)

測地成果 2011

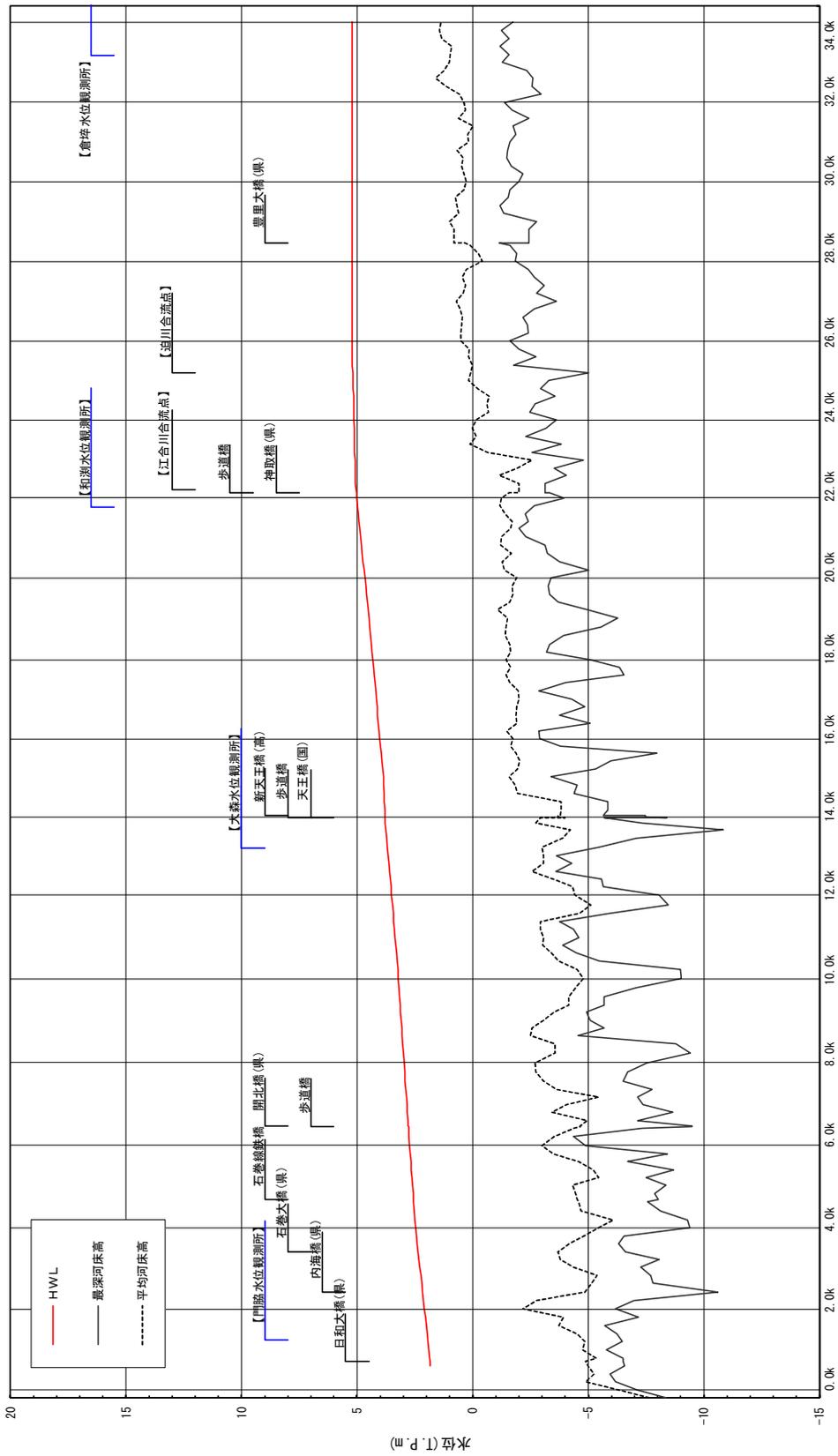


距離標 (Km)

計画高水位 (IPm)	80.49	84.62	89.62	93.77	98.66	104.72	111.86	120.25	129.49	139.76
平均河床高 (IPm)	71.78	77.58	82.71	87.56	93.14	99.11	106.40	114.44	125.57	132.80
最深河床高 (IPm)	70.05	74.27	79.17	85.80	90.69	96.07	102.84	112.20	124.15	129.37
距離標 (km)	100.0k	105.0k	110.0k	115.0k	120.0k	125.0k	130.0k	135.0k	140.0k	144.0k

図 5-4 北上川計画縦断面図 (岩手県側)

測地成果 2011

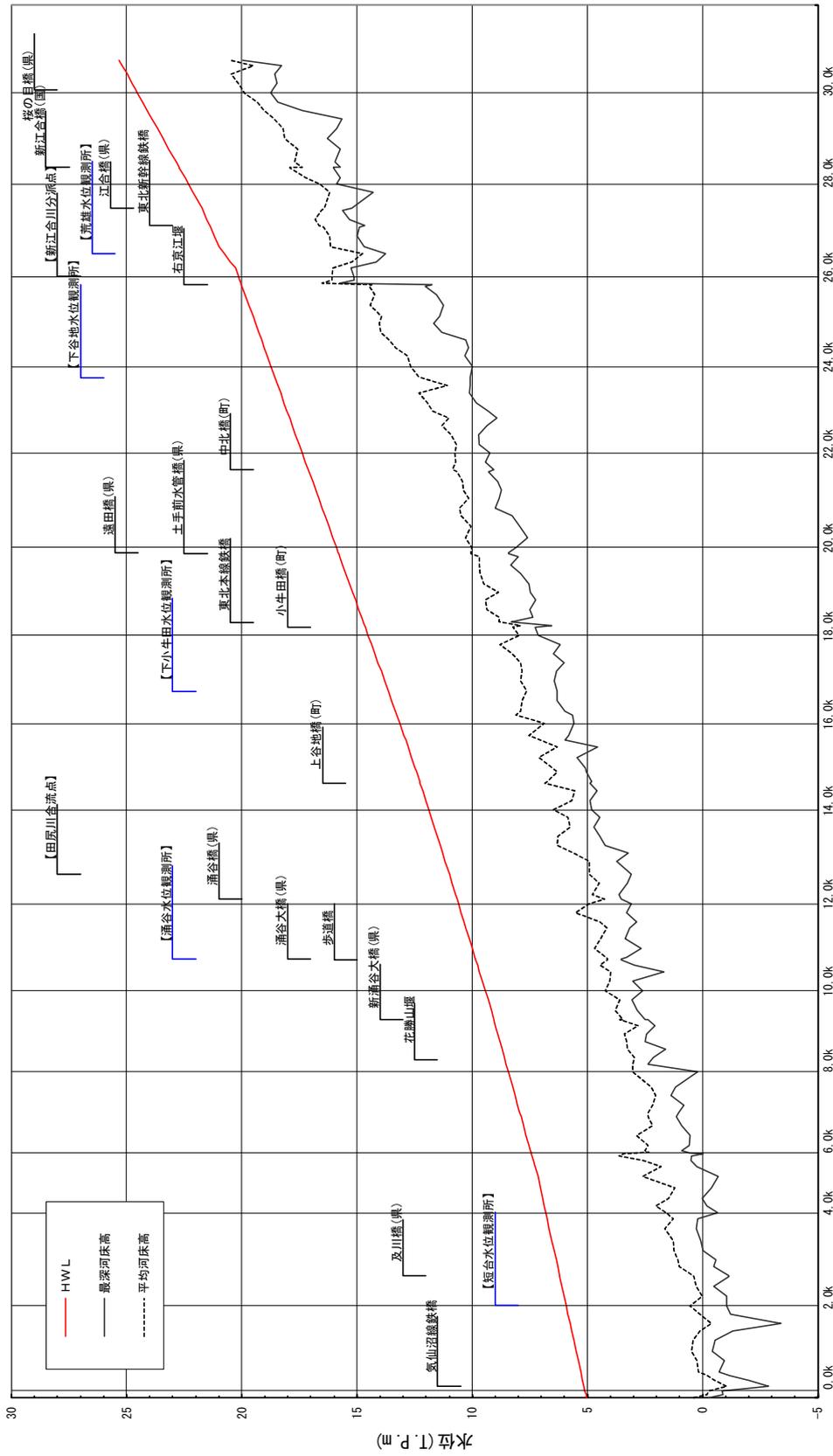


距離標 (km)

計画高水位 (T.P.m)	1.83	2.09	2.47	2.72	2.97	3.22	3.51	3.79	4.02	4.32	4.67	5.01	5.14	5.20	5.20	5.20	5.20	
平均河床高 (T.P.m)	-4.97	-2.17	-5.46	-3.00	-2.69	-4.78	-4.41	-3.68	-1.72	-1.45	-1.90	-1.24	-0.15	0.51	-0.40	0.27	0.38	1.38
最深河床高 (T.P.m)	-6.58	-6.18	-9.40	-4.89	-7.54	-9.03	-8.05	-7.45	-2.89	-5.09	-3.39	-3.95	-3.64	-1.59	-1.83	-2.00	-1.39	-1.73
距離標 (km)	0.6k	2.0k	4.0k	6.0k	8.0k	10.0k	12.0k	14.0k	16.0k	18.0k	20.0k	22.0k	24.0k	26.0k	28.0k	30.0k	32.0k	34.0k

図 5-5 旧北上川計画縦断面図

測地成果 2011

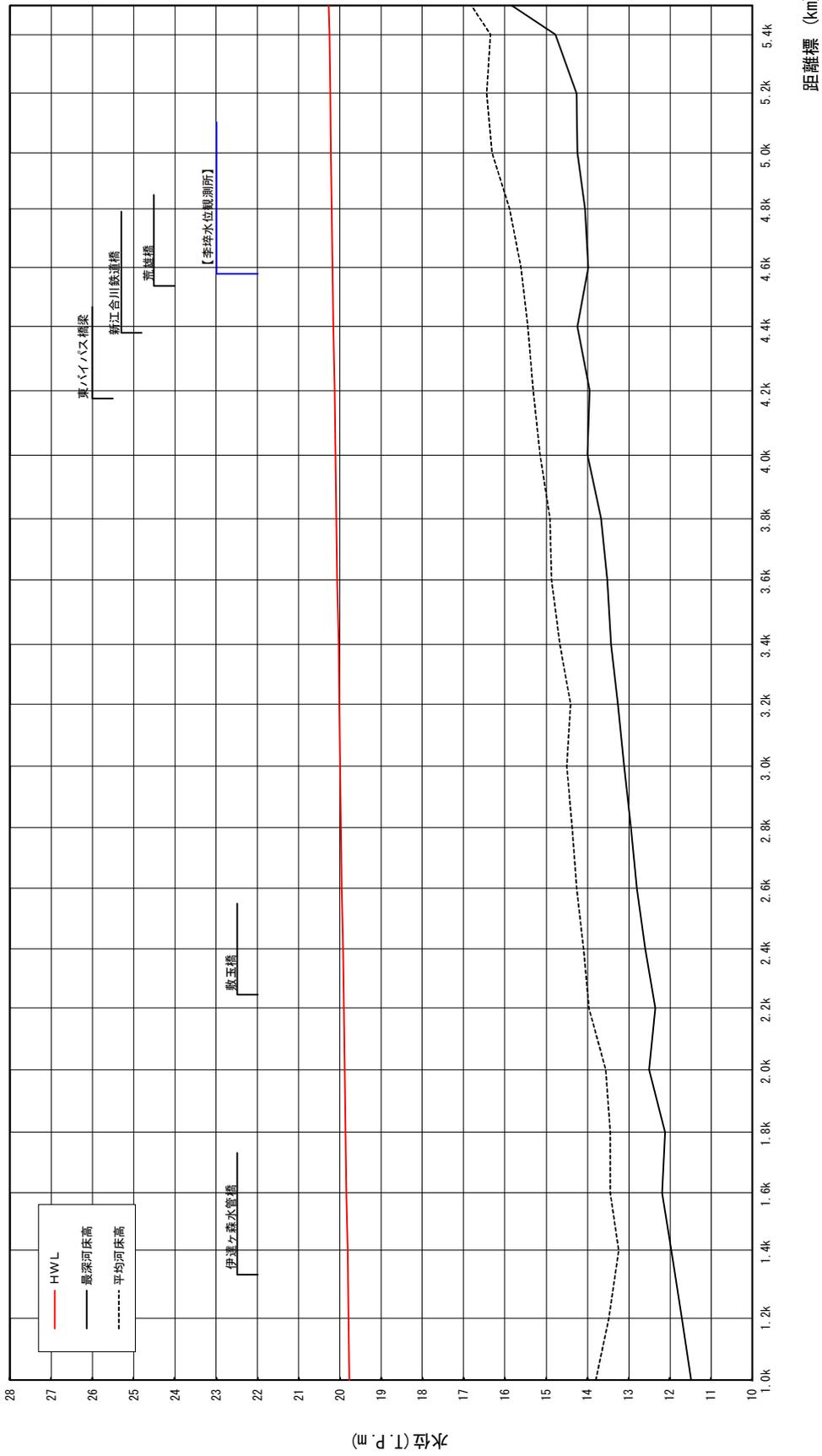


距離標 (km)

計画高水位(T.P.m)	5.11	5.92	6.81	7.45	8.43	9.44	10.60	11.89	13.14	14.52	15.89	17.37	18.73	20.14	22.31	24.52	25.31
平均河床高(T.P.m)	-0.27	0.56	1.57	2.33	3.05	4.21	4.93	6.49	6.87	7.97	10.03	10.76	12.66	16.09	16.62	19.89	20.46
最深河床高(T.P.m)	-0.83	-1.05	-0.64	0.67	0.22	2.60	3.11	4.82	5.60	7.15	8.10	9.24	10.00	15.12	15.88	18.75	19.95
距離標(km)	0.0k	2.0k	4.0k	6.0k	8.0k	10.0k	12.0k	14.0k	16.0k	18.0k	20.0k	22.0k	24.0k	26.0k	28.0k	30.0k	30.7k

図 5-6 江合川計画縦断面図

測地成果 2011



計画水位(T.P.m)	19.77	19.88	19.99	20.11	20.22
平均河床高(T.P.m)	13.80	13.56	14.51	15.15	16.31
最深河床高(T.P.m)	11.48	12.51	13.11	14.01	14.25
距離標(km)	1.0k	2.0k	3.0k	4.0k	5.0k

図 5-7 新江台川計画縦断面図

測地成果 2011