

吉井川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料（案）

令和 年 月 日

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

	頁
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	1
1-3 河川整備基本方針策定後の状況	2
1-4 基本高水ピーク流量の設定	3
1-5 対象降雨の降雨継続時間の設定	4
1-6 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定	14
1-7 流出計算モデルの設定	19
1-8 主要降雨波形の選定	26
1-9 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討	28
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	32
1-11 アンサンブル予測降雨波形による検討	38
1-12 既往洪水からの検討	50
1-13 総合的判断による基本高水のピーク流量の決定	51
2. 高水処理計画	53
3. 計画高水流量	54
4. 河道計画	55
5. 河川管理施設等の整備の現状	56

1. 基本高水の検討

1-1 工事実施基本計画

昭和 48 年（1973 年）3 月に改訂された吉井川水系工事実施基本計画（昭和 63 年（1988 年）一部改訂）における計画規模は、流域の重要度、将来の開発等を考慮して 1/150 と設定し、基準地点「岩戸」において、基本高水のピーク流量を $11,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、河道への配分流量を $7,500\text{m}^3/\text{s}$ と定めている。

- ①昭和 41 年（1966 年）4 月に定められた工事実施基本計画は、昭和 27 年（1952 年）に定められた計画を踏襲していたが、昭和 38 年（1963 年）、昭和 40 年（1965 年）、昭和 47 年（1972 年）と出水が相次いだことや、吉井川流域の資産が増大したこと及び流域の重要度を総合的に勘案し、計画の規模を 1/150 と設定。
- ②計画降雨継続時間は、実績ピーク流量との相関及び主要降雨は 2 日にわたって降っている事から 2 日を採用した。各年最大 2 日雨量を確率処理し、1/150 確率規模の計画降雨量を $285\text{mm}/2$ 日と設定。
- ③流域の代表的降雨分布特性を有する 5 洪水により、貯留関数法による流出計算モデルを構築した。
- ④流域の代表的降雨分布特性を有する 5 降雨波形を計画降雨量まで引き伸ばし、構築された貯留関数法での流出計算モデルにて流出量を算出した。
- ⑤基本高水のピーク流量は、計画降雨量の 5 降雨波形による流出計算結果から、基準地点において、最大値となる波形での流出量より、岩戸地点で $11,000\text{m}^3/\text{s}$ に決定。

1-2 河川整備基本方針

平成 9 年（1997 年）の河川法改正を受け、下記に示す手法により吉井川水系工事実施基本計画で策定された基本高水のピーク流量を検証した結果、基本方針においても、基準地点岩戸の基本高水のピーク流量を $11,000\text{m}^3/\text{s}$ とし、計画高水流量を $7,500\text{m}^3/\text{s}$ から $8,000\text{m}^3/\text{s}$ に変更し、平成 21 年（2009 年）3 月に吉井川水系河川整備基本方針を策定した。

(1) 年最大流量と年最大降雨量の経年変化

既定計画を策定した昭和 48 年（1973 年）以降、計画を変更するような大きな洪水、降雨は発生していない。

(2) 流量確率評価による検証

流量確率の検討の結果、1/150 規模の流量は、基準地点岩戸で $7,800\sim 10,200\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

(3) 既往洪水による検証

吉井川の基準地点岩戸における水位データ、雨量データ等をもとに既往最大洪水と目される平成 10 年（1998 年）10 月洪水について、上流域での洪水氾濫や既存ダムによる調節がない状態を想定して計算を行った結果は $8,000\text{m}^3/\text{s}$ となった。

1-3 河川整備基本方針策定後の状況

平成 21 年（2009 年）3 月に河川整備基本方針（以降、既定計画という）を策定以降、計画高水流量 8,000m³/s を上回る洪水は発生していないものの、平成 30 年（2018 年）7 月豪雨において、計画降雨量 285mm/2 日を超える 368mm/2 日を記録した。

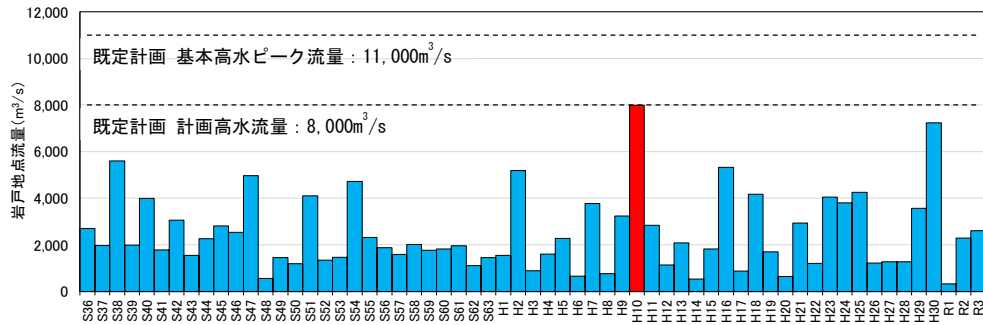


図 1-3-1 年最大流量（基準地点岩戸）

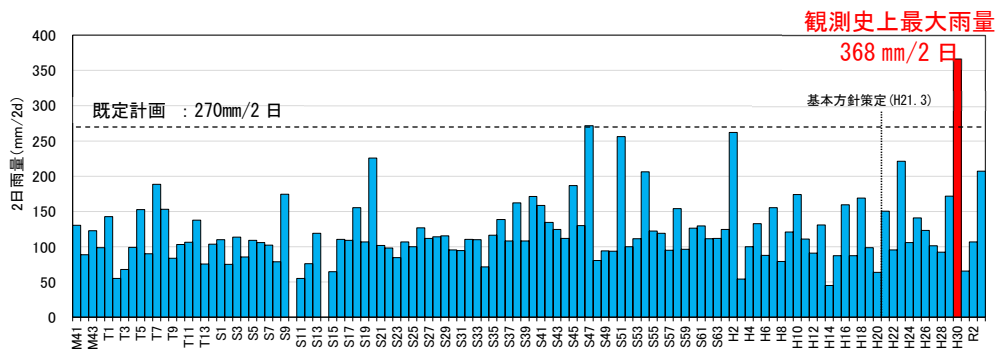


図 1-3-2 年最大流域平均雨量（基準地点岩戸上流域平均雨量）

1-4 基本高水ピーク流量の設定

1-4-1 基本高水ピーク流量設定の考え方

既定計画策定後の洪水の発生や、気候変動の影響が既に顕在化していること、今後も気候変動による降雨量の増加が想定されることを踏まえ、

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

について検討を実施し、総合的に判断した上で基本高水のピーク流量を設定する。

1-4-2 計画規模の設定

既定計画策定時と流域の重要度等に大きな変化がないことから、計画規模は既定計画と同様の 1/150 とした。

1-5 対象降雨の継続時間の設定

1-5-1 対象降雨の降雨継続時間設定の考え方

吉井川水系における対象降雨の降雨継続時間については、①洪水到達時間、②ピーク流量と短時間雨量との相関関係及び③強い降雨強度の継続時間を整理し設定した。

1-5-2 洪水到達時間

洪水到達時間は、以下に示す①Kinematic Wave 法に基づく式及び②角屋の式を用いて算定することとした。

なお、対象洪水は、基準地点岩戸の実績流量の上位 10 洪水を対象とした。

1) Kinematic Wave 法による洪水の到達時間

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

2) 角屋の式による洪水の到達時間

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

1) 及び 2) の計算結果を表 1-5-1 に示し、洪水ごとの Kinematic Wave 法による洪水到達時間の検討結果を図 1-5-1 (1) ～ (3) に示す。

その結果を以下に示す。これによると概ね以下のようなになる。

Kinematic Wave 法 : 9～19 時間 (平均 12 時間)
 角屋の式 : 10～12 時間 (平均 11 時間)

表 1-5-1 洪水到達時間の算定結果 (基準地点岩戸)

NO.	洪水発生 年月日	ピーク 流量 (m^3/s)	Kinematic Wave法	角屋式	
			算定結果(hr)	平均降雨 降雨強度 (mm/hr)	算定結果 (hr)
1	S38.7.11	4,940	12	8.6	11.4
2	S47.7.12	4,790	11	10.7	10.5
3	S54.10.19	4,614	11	8.3	11.5
4	H2.9.19	5,007	9	6.8	12.3
5	H7.7.3	3,638	16	8.2	11.5
6	H10.10.18	7,180	12	13.2	9.7
7	H16.9.29	5,199	9	13.4	9.7
8	H23.9.3	3,813	13	7.5	11.9
9	H25.9.4	4,265	12	8.3	11.4
10	H30.7.7	6,595	19	9.4	11.0
平均値		—	12	—	11.1

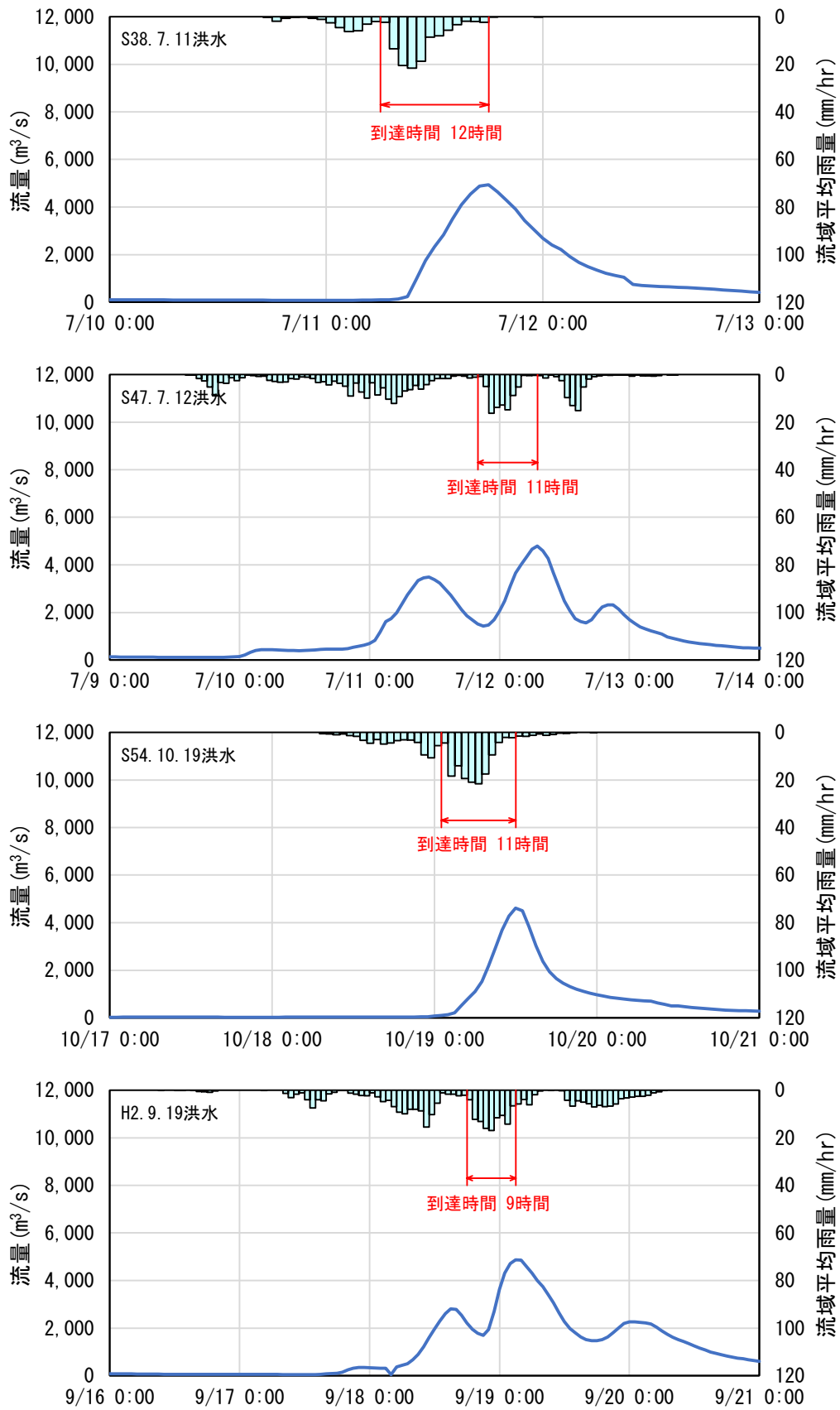


図 1-5-1(1) Kinematic Wave 法による洪水到達時間(1) (基準地点 岩戸)

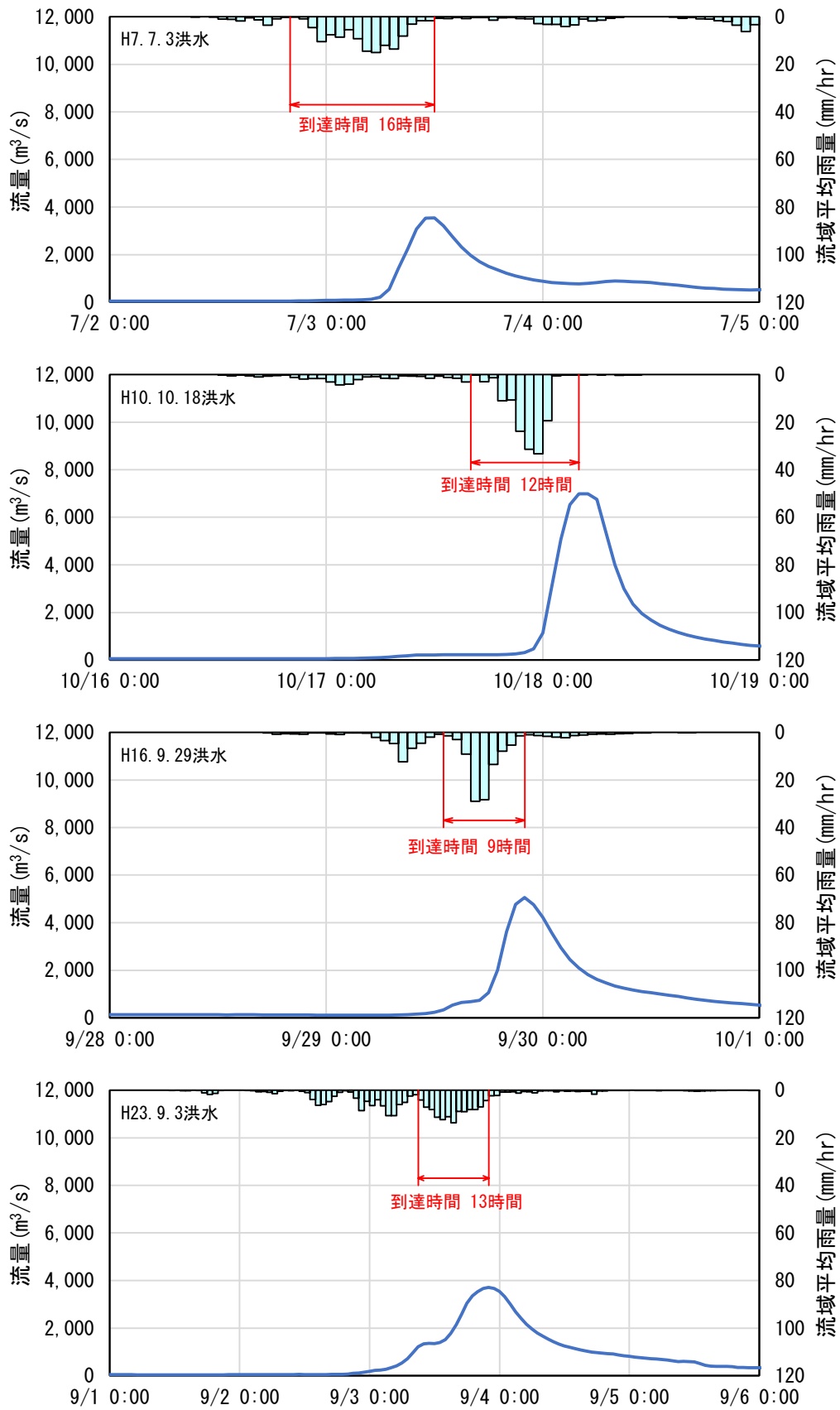


図 1-5-1(2) Kinematic Wave 法による洪水到達時間(2) (基準地点 岩戸)

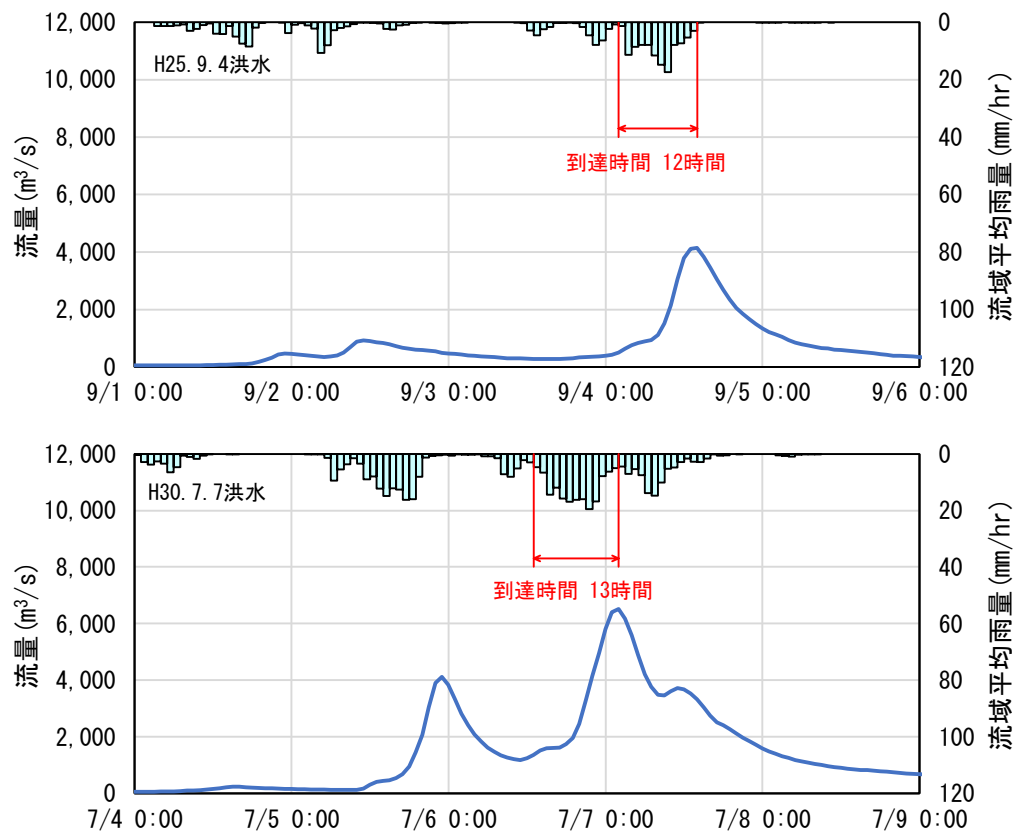


図 1-5-1(3) Kinematic Wave 法による洪水到達時間(3) (基準地点 岩戸)

1-5-3 ピーク流量と短時間雨量の相関

ここでは、昭和20年（1945年）から令和3年（2021年）までの77年間の雨量を対象に、ピーク流量と短時間雨量（1、2、3、6、9、12、15、18、24、36、48、60、72時間雨量）との相関関係の整理を行った。

その結果、基準地点岩戸では9時間以上でピーク流量と短時間雨量の相関が大きくなっている。この結果を図1-5-2に示す。また、定義①によるピーク流量と流域平均時間雨量の相関図を図1-5-3(1)に示し、定義②によるピーク流量と流域平均時間雨量の相関図を図1-5-3(2)に示す。

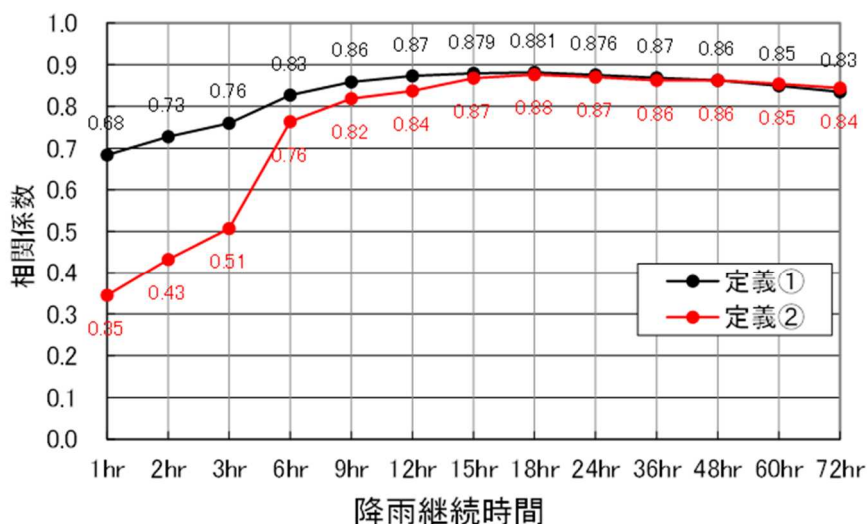


図 1-5-2 岩戸地点ピーク流量と降雨継続時間の相関図

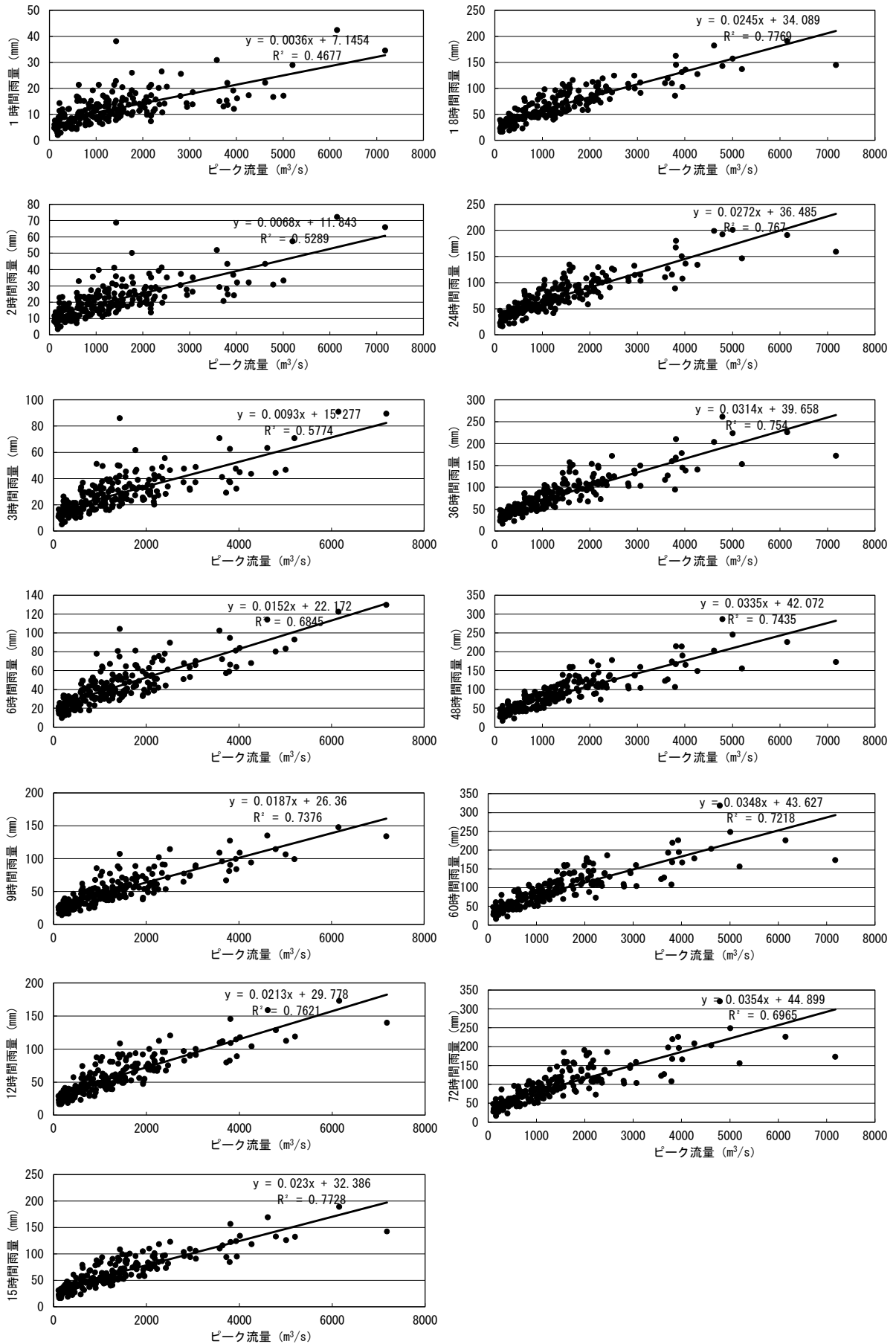


図 1-5-3(1) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図 (岩戸地点)【定義①】

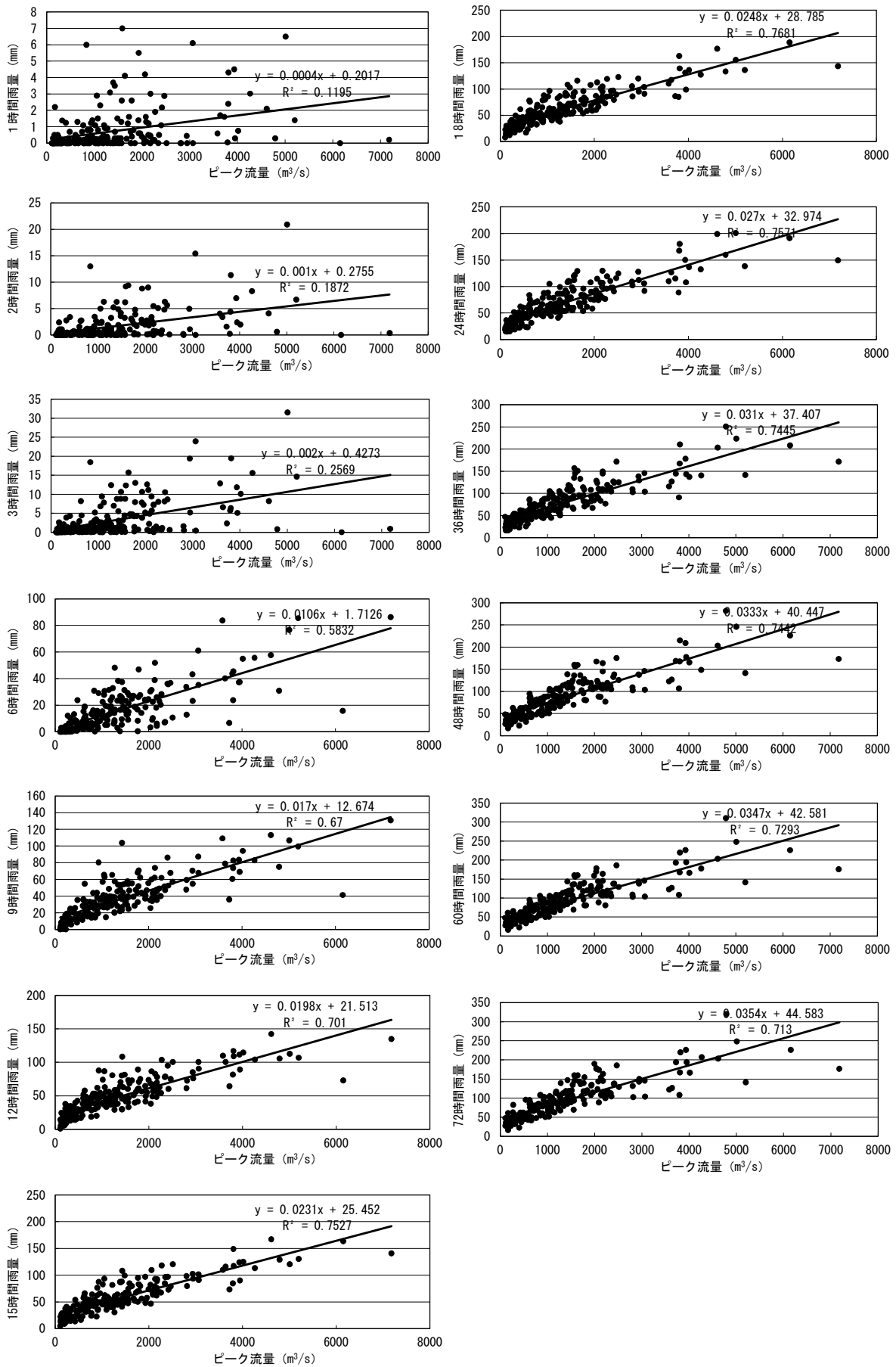


図 1-5-3 (2) ピーク流量と流域平均時間雨量の相関図 (岩戸地点)【定義②】

1-5-4 強い降雨強度の継続時間

既往の洪水をもたらした降雨について、強い降雨強度（5mm/hr 及び 10mm/hr）の継続時間を整理した。

対象洪水は、過去洪水（昭和 20 年（1945 年）～令和 3 年（2021 年））のうち、基準地点岩戸における実績流量の上位 10 洪水とした。

主要洪水における降雨量 5mm/hr の継続時間の平均値は 16 時間、降雨量 10mm/hr の継続時間の平均値は 7 時間となり、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、おおむね 15 時間でカバー可能である。

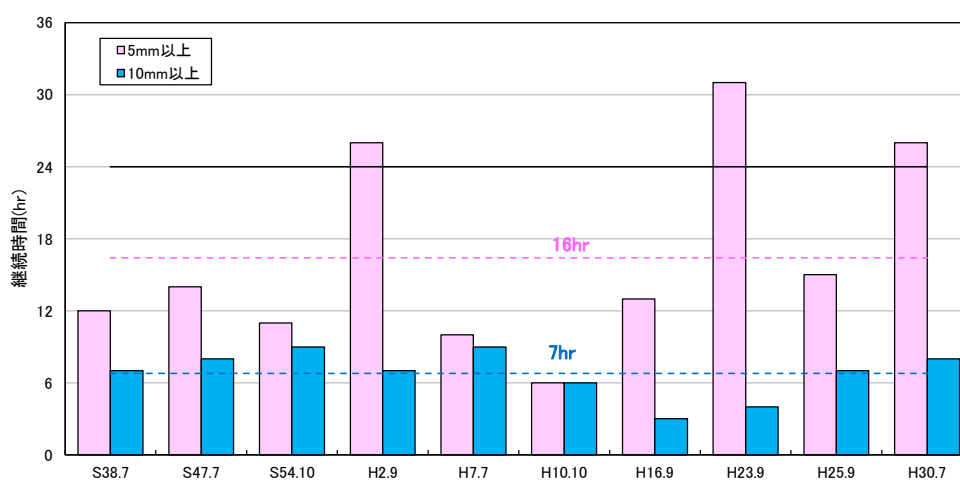


図 1-5-4 強い降雨強度の継続時間（岩戸地点上流域平均雨量）

1-5-6 対象降雨の降雨継続時間の設定

時間雨量が観測され始めた昭和 20 年（1945 年）から令和 3 年（2021 年）までの雨量資料（77 年間）を整理し、吉井川の降雨特性、ピーク流量との相関から総合的に判断して、下記理由により対象降雨の降雨継続時間は 15 時間と設定した。

【基準地点岩戸】

- 洪水到達時間の検討において、Kinematic Wave 法では 9～19 時間（平均 12 時間）、角屋式では 10～12 時間（平均 11 時間）となる。
- ピーク流量と相関の高い短時間雨量は、9 時間以上の雨量において実績ピーク流量との相関が高く、特に 15 時間程度の相関が高い。
- 洪水のピーク流量を形成している強い降雨強度の継続時間は 5mm 以上で平均 16 時間、10mm 以上で平均 7 時間である。

1-6 河川の整備の目標となる洪水の規模及び対象降雨の降雨量の設定

1-6-1 対象降雨の降雨量の設定

降雨継続時間は、Kinematic Wave 法及び角屋式等による洪水の到達時間、短時間雨量と洪水ピーク流量の相関、降雨強度の強い降雨の継続時間等から総合的に判断した結果、既定計画の 2 日から 15 時間へ変更した。

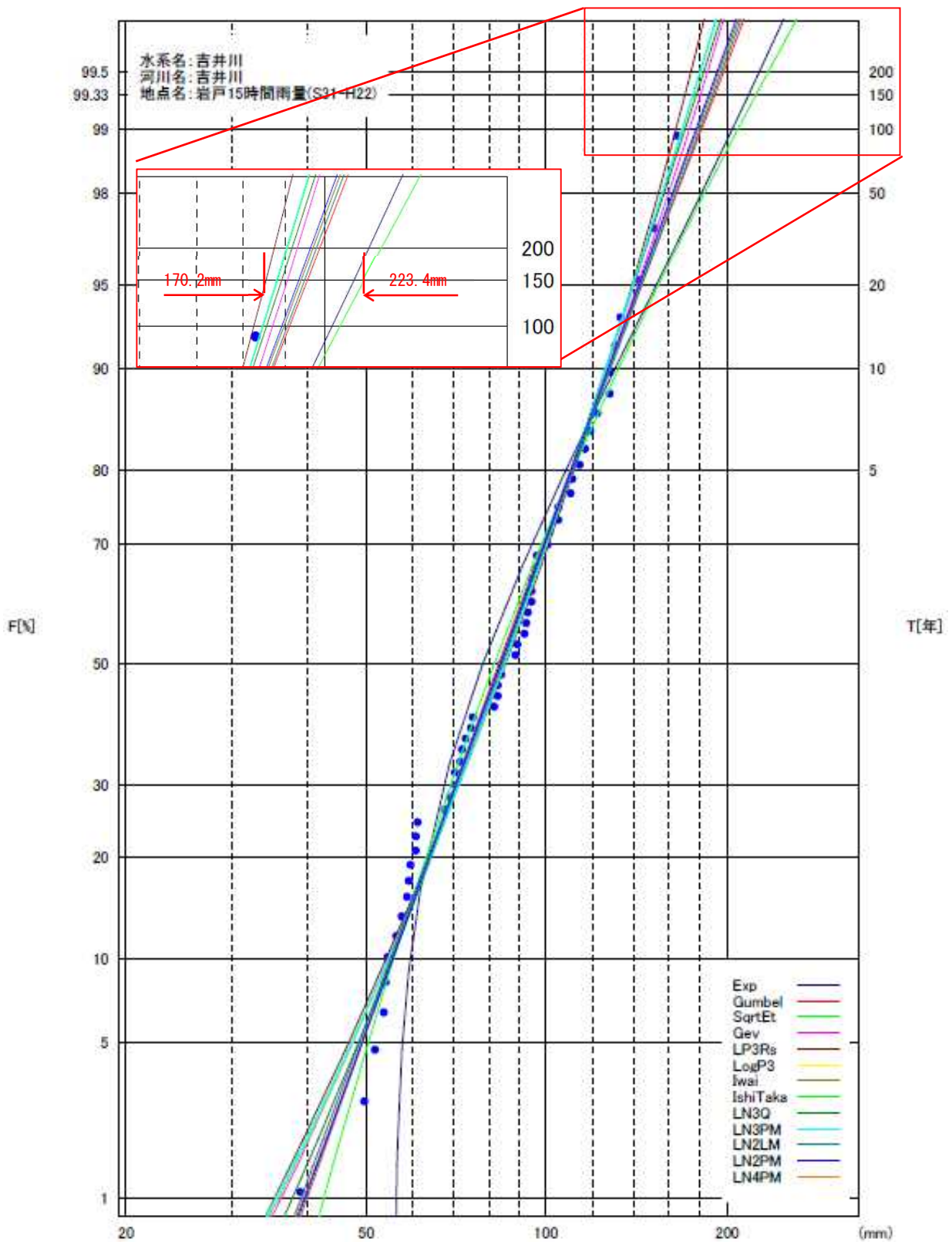
対象降雨の降雨量は、降雨量変化倍率の算定に用いている過去実験の期間が平成 22 年（2010 年）までであることを踏まえ、既定計画からの雨量標本のデータ延伸は平成 22 年（2010 年）までにとどめ、平成 22 年（2010 年）までの雨量標本（表 1-6-2）を用いて定常の水文統計解析により 1/150 確率雨量を算定し、これに降雨量変化倍率を乗じた値とする。

基準地点岩戸の 1/150 確率雨量は、昭和 31 年（1956 年）～平成 22 年（2010 年）の 55 年間の各年最大 15 時間雨量を確率処理し、適合度の基準を満足し、安定性の良好な確率分布モデルによる 190.9mm/15hr と決定した。その結果を表 1-6-1、グラフを図 1-6-1 に示す。

表 1-6-1 基準地点岩戸 15 時間雨量 1/150 確率評価結果

確率分布	計算手法		基準点岩戸			備考
			SLSC	確率1/150 15時間雨量 (mm)	JackKnife 推定誤差	
分布極 値型	一般化極値分布	Gev	0.018	180.6	18.6	
	ゲンベル分布	Gumbel	0.023	190.9	12.1	採用
	平方根指数型最大値分布	SqrtEt	0.037	223.4	19.4	
分ガ 布型 マ	対数ピアソンⅢ型分布 (実数空間法)	LP3Rs	0.028	170.2	13.8	
	対数ピアソンⅢ型分布 (対数空間法)	LogP3	—	—	—	
対 数 正 規 分 布 型	岩井法	Iwai	0.024	187.6	16.7	
	石原・高瀬法	IshiTaka	0.024	175.7	13.8	
	対数正規分布3母数 (SladeⅡ) クォンタイル法	LN3Q	0.024	177.8	22.3	
	対数正規分布3母数 (SladeⅡ)	LN3PM	0.025	175.2	13.5	
	対数正規分布2母数 (SladeⅠ, L積率法)	LN2LM	0.023	189.4	14.7	
	対数正規分布2母数 (SladeⅠ, 積率法)	LN2PM	0.024	186.3	14.1	
	対数正規分布4母数 (SladeⅣ, 積率法)	LN4PM	—	—	—	

【対数正規確率紙】



※SLSC \leq 0.04、Jackknife 推定誤差最小となる確率分布モデルを採用

図 1-6-1 雨量確率計算結果
(基準地点岩戸 15時間雨量 昭和31年~平成22年)

表 1-6-2 年最大 15 時間雨量一覽

NO	生起年		15hr		NO	生起年		15hr	
			洪水	雨量 (mm/15hr)				洪水	雨量 (mm/15hr)
1	昭和31年	1956	S31. 6. 12	58. 8	29	昭和59年	1984	S59. 6. 26	74. 7
2	昭和32年	1957	S32. 7. 4	71. 7	30	昭和60年	1985	S60. 6. 25	84. 2
3	昭和33年	1958	S33. 7. 26	56. 1	31	昭和61年	1986	S61. 7. 12	61. 0
4	昭和34年	1959	S34. 9. 26	53. 7	32	昭和62年	1987	S62. 10. 17	94. 6
5	昭和35年	1960	S35. 8. 30	96. 3	33	昭和63年	1988	S63. 10. 6	70. 6
6	昭和36年	1961	S36. 10. 27	94. 4	34	平成1年	1989	H1. 9. 19	72. 6
7	昭和37年	1962	S37. 7. 6	60. 8	35	平成2年	1990	H2. 9. 19	127. 2
8	昭和38年	1963	S38. 7. 11	151. 4	36	平成3年	1991	H3. 6. 13	49. 9
9	昭和39年	1964	S39. 9. 25	82. 8	37	平成4年	1992	H4. 8. 8	89. 3
10	昭和40年	1965	S40. 7. 23	92. 9	38	平成5年	1993	H5. 9. 4	93. 5
11	昭和41年	1966	S41. 9. 18	89. 1	39	平成6年	1994	H6. 5. 26	59. 5
12	昭和42年	1967	S42. 7. 9	95. 5	40	平成7年	1995	H7. 7. 3	116. 3
13	昭和43年	1968	S43. 7. 15	101. 2	41	平成8年	1996	H8. 9. 17	54. 5
14	昭和44年	1969	S44. 7. 8	81. 7	42	平成9年	1997	H9. 8. 5	91. 7
15	昭和45年	1970	S45. 8. 21	121. 6	43	平成10年	1998	H10. 10. 18	142. 8
16	昭和46年	1971	S46. 7. 1	104. 9	44	平成11年	1999	H11. 6. 29	104. 5
17	昭和47年	1972	S47. 7. 12	127. 8	45	平成12年	2000	H12. 7. 25	69. 2
18	昭和48年	1973	S48. 6. 27	67. 8	46	平成13年	2001	H13. 6. 20	113. 4
19	昭和49年	1974	S49. 9. 9	73. 5	47	平成14年	2002	H14. 5. 10	38. 8
20	昭和50年	1975	S50. 8. 18	82. 9	48	平成15年	2003	H15. 8. 8	75. 7
21	昭和51年	1976	S51. 9. 10	130. 1	49	平成16年	2004	H16. 9. 29	132. 5
22	昭和52年	1977	S52. 11. 17	70. 3	50	平成17年	2005	H17. 9. 7	57. 4
23	昭和53年	1978	S53. 9. 16	110. 4	51	平成18年	2006	H18. 7. 19	94. 8
24	昭和54年	1979	S54. 10. 19	165. 9	52	平成19年	2007	H19. 7. 14	60. 5
25	昭和55年	1980	S55. 5. 21	118. 0	53	平成20年	2008	H20. 3. 20	51. 7
26	昭和56年	1981	S56. 6. 27	58. 9	54	平成21年	2009	H21. 8. 10	109. 7
27	昭和57年	1982	S57. 9. 25	84. 4	55	平成22年	2010	H22. 7. 14	53. 9
28	昭和58年	1983	S58. 9. 28	100. 2					

表 1-6-3 1/150 確率規模降雨量（基準地点岩戸）

	岩戸	備考
1/150 確率雨量 (S31～H22 標本)	190.9mm/15hr	確率手法 SLSC \leq 0.04 JackKnife 推定誤差最小
気候変動を 考慮した降雨量	210mm/15hr	190.9mm/15hr \times 降雨量変化倍率 1.1

基準地点岩戸における対象降雨の降雨量は、1/150 確率雨量 190.9mm/15hr に降雨量変化倍率 1.1 倍を乗じた 210mm/15hr に設定した（表 1-6-3）。

参考として、近年降雨の気候変動の影響等を確認するため、雨量標本に「非定常状態の検定：Mann-Kendall 検定等」を行った上で、非定常性が確認されない場合は最新年までデータを延伸し、非定常性が確認された場合は「非定常性が現れる前までのデータ延伸」にとどめ、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。

<基準地点岩戸>

1. Mann-Kendall 検定（定常/非定常性を確認）

昭和 31 年（1956 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

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分布モデルによる 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基準地点岩戸 1/150 確率雨量は 195.5mm/15hr となりデータ延伸による確率雨量に大きな差は確認されない。

1-7 流出計算モデルの設定

降雨をハイドログラフに変換するための流出計算モデル（貯留関数法）については、既定計画策定以降の流域の土地利用状況に大きな変化がないこと、近年洪水における再現性を確認し、既定計画に用いた流出計算モデルを使用するものとし、利水ダム貯留による流量低減効果を適切に反映するため、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。なお、近年洪水における再現性の確認において、基準地点岩戸は観測所が廃止されているため、近傍に位置する津瀬観測所で再現性を確認した。

1-7-1 モデルの概要

貯留関数法の基礎式を次に示す。

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

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

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

ただし、

$$\sum r(t) < R_{sa} \quad \text{の場合、} f(t) = f_1$$

$$\sum r(t) \geq R_{sa} \quad \text{の場合、} f(t) = 1.0$$

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

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

ここで、

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

$q(t)$: 直接流出高 (mm/hr)、 Tl : 遅滞時間 (mm/hr)、 K : 定数、 P : 定数

$Q(t)$: 直接流出強度 (m^3/s)、 A : 流域面積 (km^2)、 f_1 : 一次流出率

$Q_{ca}(t)$: 流域からの流出量 (m^3/s)、 $Q_b(t)$: 基底流量 (m^3/s)

を表す。

河道区間の貯留関数及び連続方程式は、それぞれ下式で表される。

$$S_t(t) = K \cdot Q_i(t)^P - Tl \cdot Q_i(t)$$

$$\frac{dS_t(t)}{dt} = l(t) - Q_i(t)$$

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

$S_t(t)$: みかけの河道貯留量 ($(\text{m}^3/\text{s}) \cdot \text{hr}$)

Q_i : 遅滞時間を考慮した流出量 (m^3/s)

$Q(t)$: 流出量 (m^3/s)、 $l(t)$: 流入量 (m^3/s)、 Tl : 遅滞時間 (hr)

K, P : 河道による定数

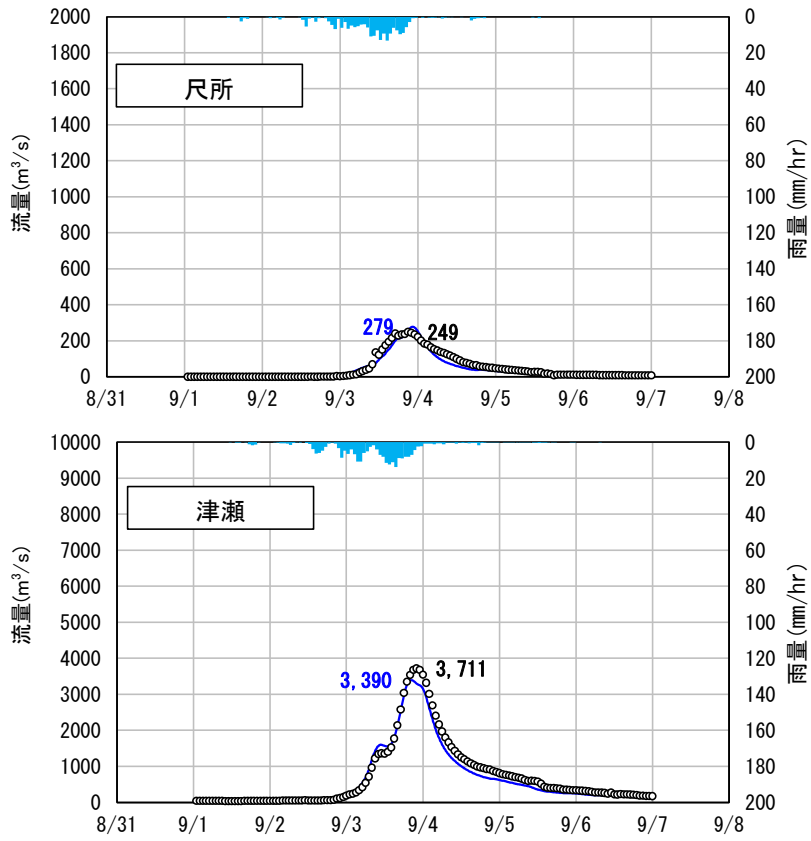


図 1-7-1 (1) 平成 23 年 9 月洪水再現計算結果

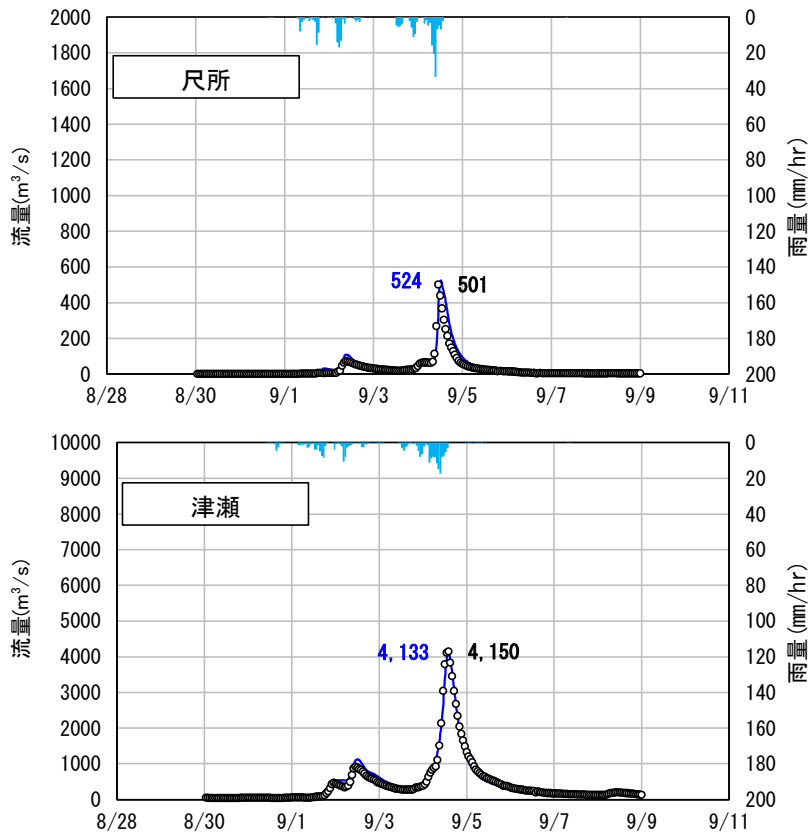


図 1-7-1 (2) 平成 25 年 9 月洪水再現計算結果

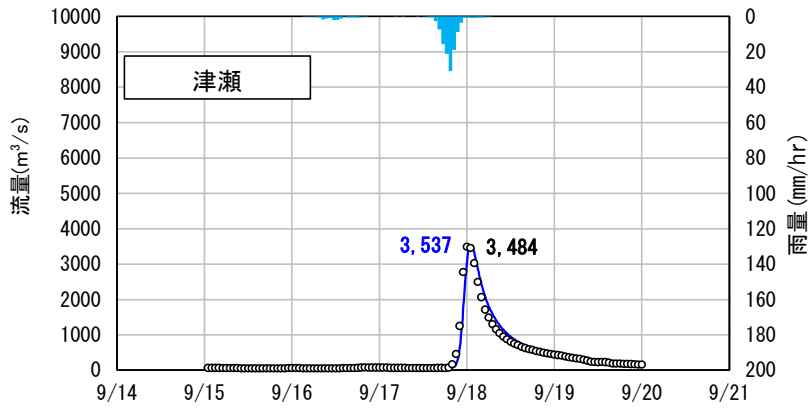
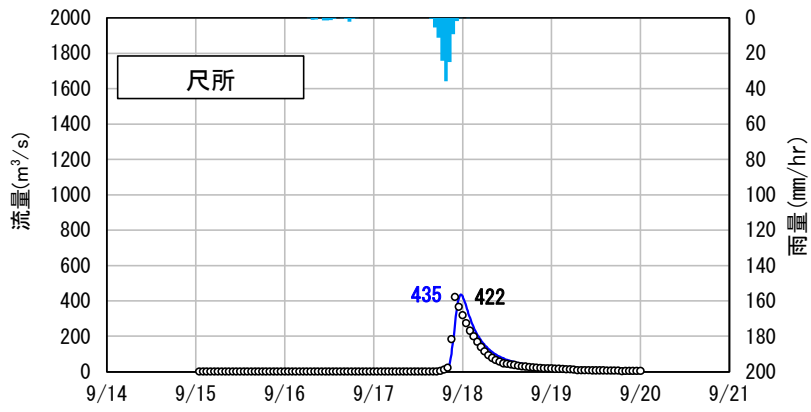


図 1-7-1 (3) 平成 29 年 9 月洪水再現計算結果

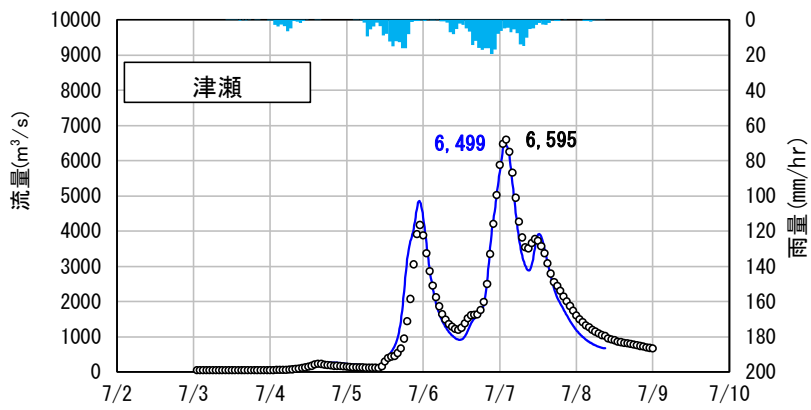
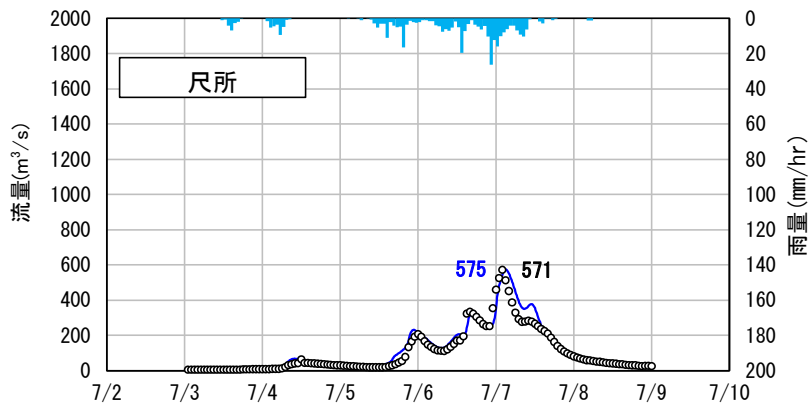


図 1-7-1 (4) 平成 30 年 7 月洪水再現計算結果

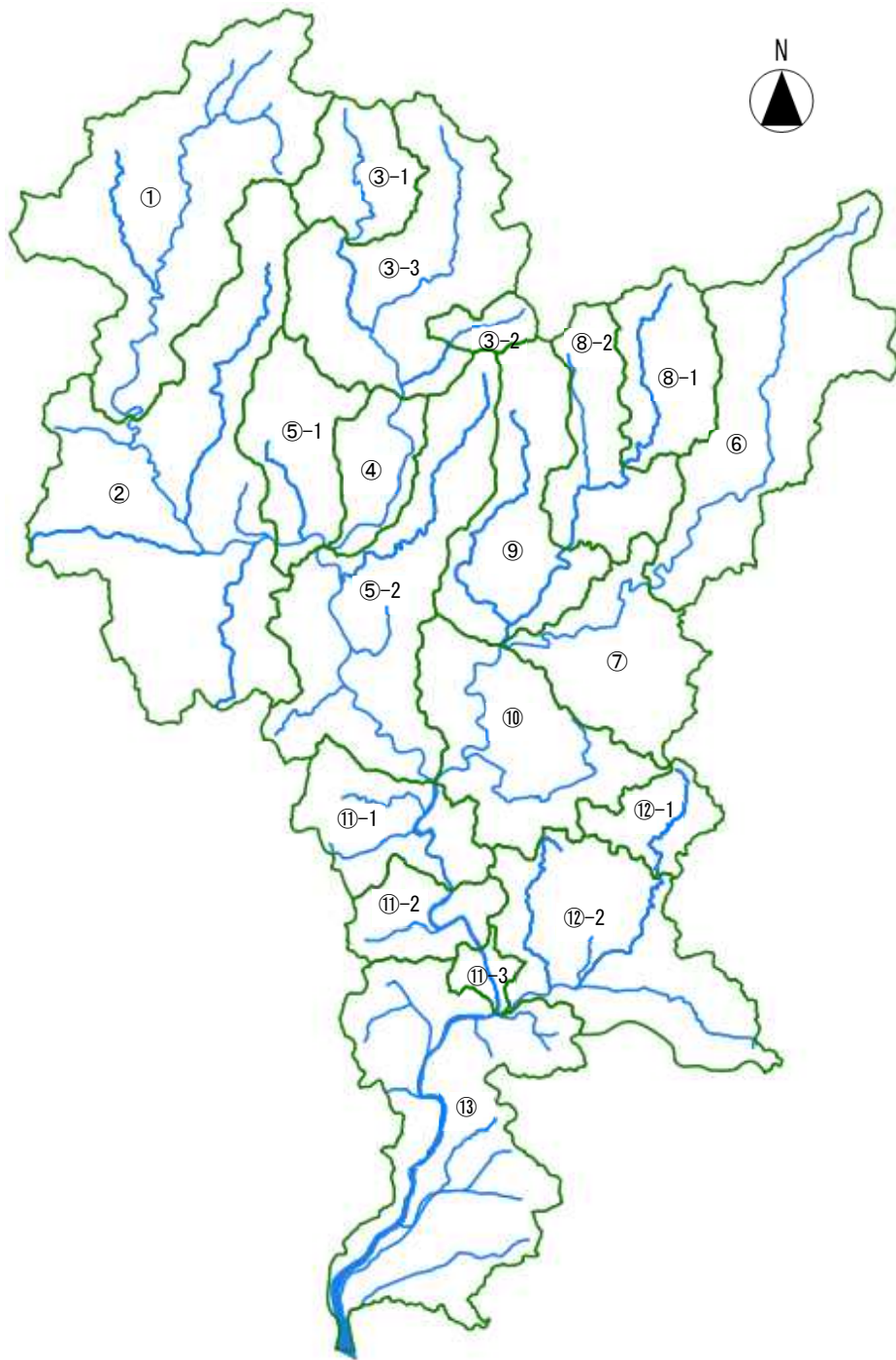


图 1-7-2 吉井水系流域分割图

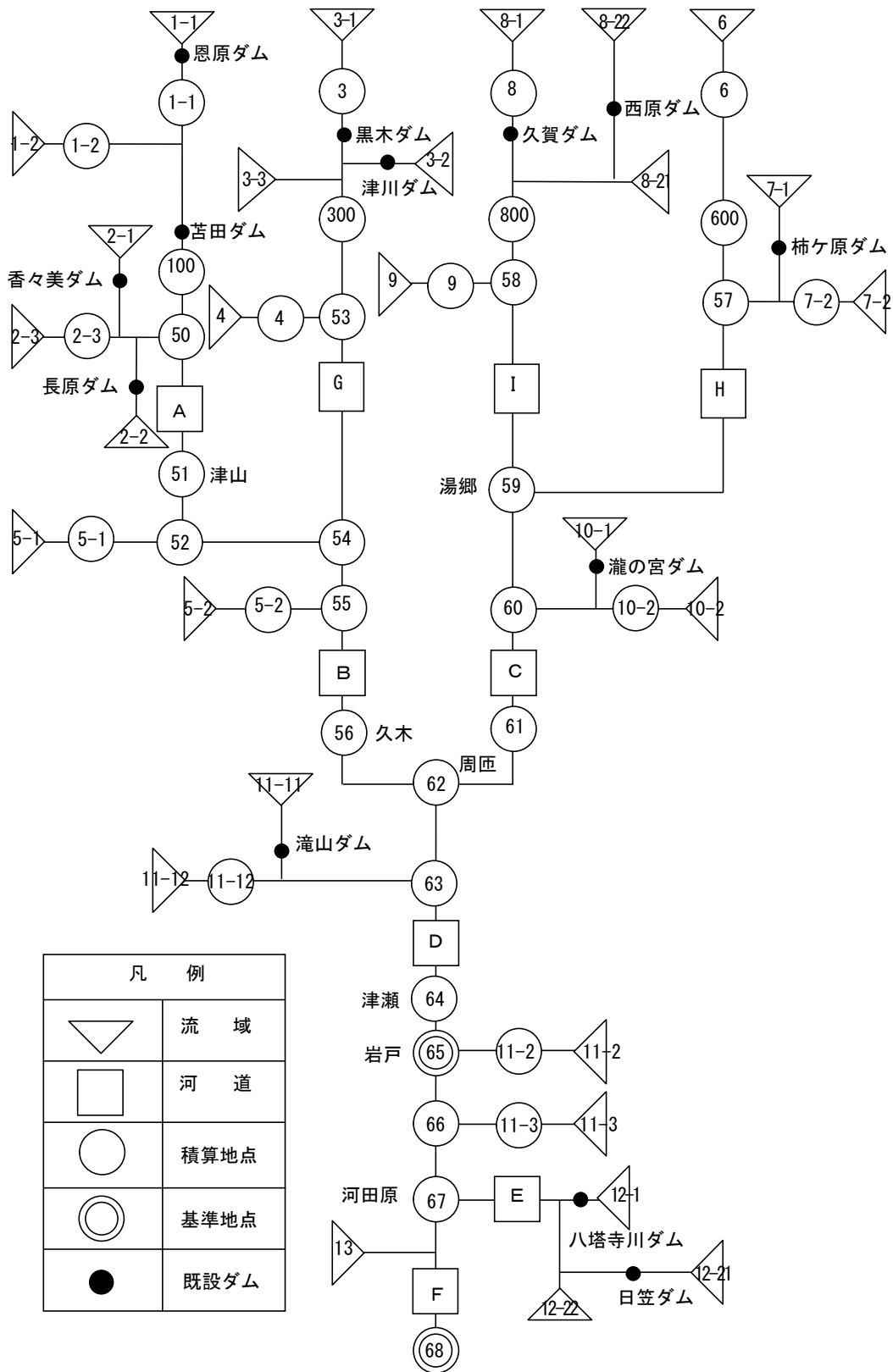


図 1-7-3 流出解析モデル図

表 1-7-1 流域分割一覧表

No	流域	流域面積 (km ²)
1	菅田ダム	217.4
2	菅田ダム～津山地点	288.1
3-1	黒木ダム	49.2
3-2	津川ダム	17.8
3-3	黒木ダム・津川ダム～加茂川残	158.0
4	加茂川残	31.9
5-1	津山地点～吉井川残	64.7
5-2	吉井川残	181.3
6	吉野川	164.0
7	吉野川残	88.0
8-1	久賀ダム	62.2
8-2	久賀ダム～梶並川残	65.8
9	梶並川残	108.1
10	吉野川残	106.2
11-1	吉井川残	72.4
11-2	岩戸地点	41.9
11-3	吉井川残	14.1
12-1	八塔寺川ダム	35.2
12-2	八塔寺川ダム～金剛川残	132.8
13	吉井川残	113.6

表 1-7-2 河道分割一覧表

河道	河川名	河道区間	河道延長 (km)
A	吉井川	菅田ダム～皿川合流点	18.48
B	吉井川	加茂川合流点～吉野川合流点	24.90
C	吉野川	梶並川合流点～吉井川合流点	15.02
D	吉井川	吉野川合流点～津瀬地点	15.46
E	金剛川	八塔寺川合流点～吉井川合流点	3.80
F	吉井川	金剛川合流点～河口	27.70
G	加茂川	津川川合流点～吉井川合流点	14.93
H	吉野川	堰～梶並川合流点	4.80
I	梶並川	堰～吉野川合流点	4.80

表 1-7-3 流域定数一覧表

No	流域面積 (km ²)	K	P	TL (hr)
1	217.4	42.1	0.333	1.28
2	288.1	37.7	0.333	1.13
3-1	49.2	36.1	0.333	0.71
3-2	17.8	36.1	0.333	0.71
3-3	158.0	36.1	0.333	0.71
4	31.9	25.5	0.333	0.16
5-1	64.7	23.6	0.333	1.26
5-2	181.3	41.1	0.333	2.43
6	164.0	39.8	0.333	1.18
7	88.0	47.6	0.333	1.73
8-1	62.2	39.8	0.333	1.85
8-2	65.8	39.8	0.333	1.85
9	108.1	29.1	0.333	1.66
10	106.2	38.3	0.333	0.43
11-1	72.4	33.1	0.333	1.25
11-2	41.9	28.3	0.333	1.00
11-3	14.1	28.3	0.333	1.00
12-1	35.2	32.7	0.333	0.80
12-2	132.8	32.7	0.333	0.80
13	113.6	55.2	0.333	1.94

表 1-7-4 河道定数一覧表

河道	河道延長 (km)	K	P	TL
A	18.48	5.77	0.67	0.19
B	24.90	13.86	0.66	0.31
C	15.02	28.73	0.61	0.28
D	15.46	17.04	0.73	0.44
E	3.80	1.50	1.00	0.50
F	27.70	38.19	0.64	0.78
G	14.93	15.80	0.62	0.14
H	4.80	1.97	0.66	0.06
I	4.80	3.45	0.65	0.06

1-8 主要降雨波形の選定

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

検討対象洪水の選定は、令和3年（2021年）までの基準地点岩戸における年複数洪水を抽出し、基準地点岩戸のピーク流量が氾濫注意水位相当流量以上、かつ基準地点岩戸の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（1.1倍する前の確率雨量）となる、18洪水を選定した（図1-8-1）。

選定した洪水を対象に、基準地点岩戸の1/150確率15時間雨量210mm（ $190.9\text{mm} \times 1.1$ ）となるよう引き伸ばし降雨波形を作成し流出計算を行った結果、基準地点岩戸において7,200～14,200 m^3/s となる（表1-8-1）。

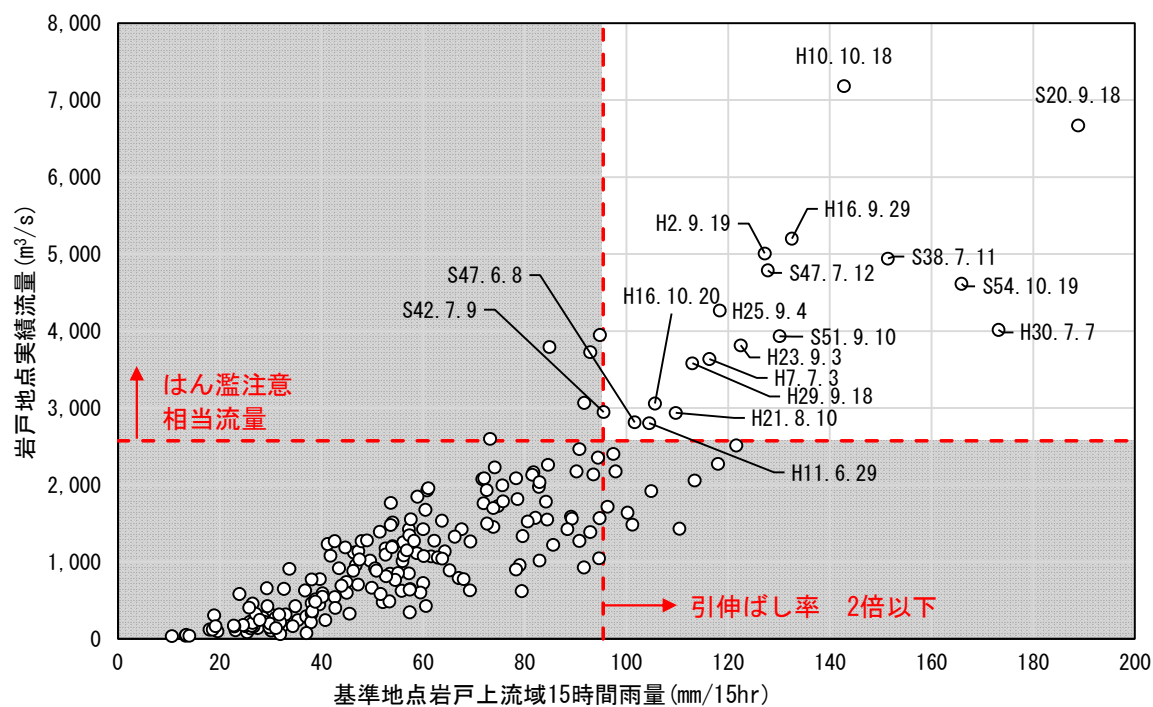


図 1-8-1 対象洪水の選定（基準地点岩戸）

表 1-8-1 選定洪水のピーク流量一覧（基準地点岩戸）

No	洪水	実績雨量 基準地点 岩戸 (mm/15hr)	計画規模の 降雨量 ×1.1倍 (mm/15hr)	計画規模の 降雨量 210mm/15hr 拡大率	岩戸地点 ピーク流量 (m^3/s)
1	S20. 9. 18洪水	188. 8	210	1. 112	8, 900
2	S38. 7. 11洪水	151. 4	210	1. 387	9, 500
3	S42. 7. 9洪水	95. 5	210	2. 199	8, 500
4	S47. 6. 8洪水	101. 6	210	2. 067	11, 600
5	S47. 7. 12洪水	127. 8	210	1. 643	9, 800
6	S51. 9. 10洪水	130. 1	210	1. 614	7, 200
7	S54. 10. 19洪水	165. 9	210	1. 266	7, 700
8	H2. 9. 19洪水	127. 2	210	1. 651	9, 600
9	H7. 7. 3洪水	116. 3	210	1. 806	9, 000
10	H10. 10. 18洪水	142. 8	210	1. 471	14, 200
11	H11. 6. 29洪水	104. 5	210	2. 010	7, 900
12	H16. 9. 29洪水	132. 5	210	1. 585	11, 300
13	H16. 10. 20洪水	105. 6	210	1. 989	9, 000
14	H21. 8. 10洪水	109. 7	210	1. 914	7, 900
15	H23. 9. 3洪水	122. 5	210	1. 715	7, 900
16	H25. 9. 4洪水	118. 4	210	1. 774	9, 400
17	H29. 9. 18洪水	112. 9	210	1. 859	12, 100
18	H30. 7. 7洪水	173. 2	210	1. 213	8, 300

※100 m^3/s の端数については、切り上げるものとした

※拡大率：「15時間雨量(mm)」と「1/150確率雨量×1.1」との比率

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

基本高水流量の検討対象洪水において、「短時間に降雨が集中する洪水」や「降雨の範囲が著しく偏った洪水」等を一律拡大すると、引き伸ばし後の短時間雨量が非現実的な確率値となる場合がある。そのため、実績降雨波形を計画降雨波形として採用するには、確率水文量への引き伸ばしによって異常な降雨になっていないか十分にチェックする必要がある。

従って、1-8 で選定した一次選定洪水について、引き伸ばし後の降雨の地域分布及び時間分布を確認し、計画降雨としての妥当性評価により代表的な洪水に適さない洪水については検討対象から除外した上で計画降雨波形を設定する。

1-9-2 棄却基準の設定

引き伸ばし後の降雨に対する棄却基準としては、1/500 降雨量又は実績最大降雨量のいずれか大きい方とした。

なお、引き伸ばし後の降雨量は気候変動による降雨量の増大を考慮しない雨量（降雨量変化倍率を乗じる前の雨量）とした。

1-9-3 地域分布の評価について

(1) 対象地域の選定

対象地域は、以下に示す 3 流域を選定した。

A：久木上流域

B：吉野川流域

C：金剛川流域

(2) 棄却基準値の選定

各選定地域における棄却基準値を設定した。確率雨量の算定は、昭和 31 年（1956 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 降雨量又は実績最大降雨量のいずれか大きい方を採用した。

(3) 地域分布の雨量評価

選定した地域について、拡大後雨量の異常性評価を確認した。

各地域の拡大後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、5洪水が棄却された。

表 1-9-1 地域分布による拡大後降雨の確率評価表

No	洪水	実績雨量 基準地点 岩戸 (mm/15hr)	計画降雨 継続時間 内雨量 (mm/15hr)	拡大率	拡大後雨量 (mm)			棄却 判定
					地域分布			
					久木上流域 15時間	吉野川流域 15時間	金剛川流域 15時間	
1	S20.9.18洪水	188.8	190.9	1.011	230.8	138.0	75.0	×
2	S38.7.11洪水	151.4	190.9	1.261	191.7	206.9	63.3	○
3	S42.7.9洪水	95.5	190.9	1.999	188.5	199.5	113.3	○
4	S47.6.8洪水	101.6	190.9	1.879	219.8	150.1	120.6	○
5	S47.7.12洪水	127.8	190.9	1.494	219.9	182.4	132.1	○
6	S51.9.10洪水	130.1	190.9	1.467	162.8	239.3	360.0	×
7	S54.10.19洪水	165.9	190.9	1.151	203.2	163.8	156.5	○
8	H2.9.19洪水	127.2	190.9	1.501	174.0	240.5	345.8	×
9	H7.7.3洪水	116.3	190.9	1.641	200.7	182.5	161.6	○
10	H10.10.18洪水	142.8	190.9	1.337	216.3	157.8	109.2	○
11	H11.6.29洪水	104.5	190.9	1.827	192.4	198.1	130.8	○
12	H16.9.29洪水	132.5	190.9	1.441	164.4	229.8	255.6	×
13	H16.10.20洪水	105.6	190.9	1.808	190.6	197.6	189.3	○
14	H21.8.10洪水	109.7	190.9	1.740	121.1	306.1	276.4	×
15	H23.9.3洪水	122.5	190.9	1.559	206.8	169.5	195.8	○
16	H25.9.4洪水	118.4	190.9	1.613	191.5	183.8	192.4	○
17	H29.9.18洪水	112.9	190.9	1.690	191.2	185.1	190.8	○
18	H30.7.7洪水	173.2	190.9	1.102	203.7	181.7	155.3	○
棄却基準値					228.3	209.7	316	

1-9-4 時間分布の評価について

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

(1) 対象時間の選定

対象時間は、対象降雨の継続時間の1/2(7時間、8時間)と、洪水到達時間(12時間)から設定した(表1-9-)。

表 1-9-2 対象時間の設定

基準地点名	対象時間
岩戸	7h、8h、12h

(2) 棄却基準値の選定

対象時間における棄却基準値を設定する。確率雨量の算定は、昭和31年(1956年)～平成22年(2010年)までの年最大雨量について確率計算を行い、1/500降雨量又は実績最大降雨のいずれか大きい方を採用した。

(3) 時間分布の雨量評価

設定した棄却基準値をもとに、著しい引き伸ばしとっていないかを確認した。

対象時間 7 時間、8 時間、12 時間の拡大後雨量及び棄却基準値は以下に示すとおりであり、2 洪水が棄却された。

表 1-9-3 短時間降雨確率評価表

No	洪水	実績雨量 基準地点 岩戸 (mm/15hr)	計画降雨 継続時間 内雨量 (mm/15hr)	拡大率	拡大後雨量 (mm)			棄却 判定
					時間分布			
					岩戸			
			7時間	8時間	12時間			
1	S20.9.18洪水	188.8	190.9	1.011	136.8	144.3	174.9	○
2	S38.7.11洪水	151.4	190.9	1.261	134.7	145.4	177.9	○
3	S42.7.9洪水	95.5	190.9	1.999	131.1	140.5	185.3	○
4	S47.6.8洪水	101.6	190.9	1.879	141.9	149.2	164.6	○
5	S47.7.12洪水	127.8	190.9	1.494	130.0	151.0	185.0	○
6	S51.9.10洪水	130.1	190.9	1.467	130.6	138.2	169.0	○
7	S54.10.19洪水	165.9	190.9	1.151	139.3	144.3	178.9	○
8	H2.9.19洪水	127.2	190.9	1.501	142.0	151.8	181.5	○
9	H7.7.3洪水	116.3	190.9	1.641	128.3	141.6	184.0	○
10	H10.10.18洪水	142.8	190.9	1.337	175.4	176.1	187.1	×
11	H11.6.29洪水	104.5	190.9	1.827	102.7	113.1	180.5	○
12	H16.9.29洪水	132.5	190.9	1.441	136.2	141.4	171.6	○
13	H16.10.20洪水	105.6	190.9	1.808	134.2	146.6	181.5	○
14	H21.8.10洪水	109.7	190.9	1.740	118.1	121.7	156.3	○
15	H23.9.3洪水	122.5	190.9	1.559	116.2	128.8	170.2	○
16	H25.9.4洪水	118.4	190.9	1.613	127.9	140.7	168.0	○
17	H29.9.18洪水	112.9	190.9	1.690	179.1	183.6	188.4	×
18	H30.7.7洪水	173.2	190.9	1.102	124.6	140.5	168.8	○
棄却基準値					167.0	176.1	207.5	

1-10 主要洪水における降雨量（気候変動考慮）の引き伸ばしと流出計算

主要洪水を対象に、15時間雨量に対して、1/150確率規模に1.1倍した降雨量となるように引き伸ばし降雨波形を作成した後、流出計算を行った結果、基準地点岩戸におけるピーク流量は7,700～11,600m³/sとなった。基準地点岩戸におけるピーク流量の一覧を表1-10-1、洪水ごとのハイドログラフを図1-10-1(1)～(3)に示す。

表 1-10-1 ピーク流量一覧（基準地点岩戸）

No	洪水	実績雨量 基準地点 岩戸 (mm/15hr)	計画規模の 降雨量 ×1.1倍 (mm/15hr)	計画規模の 降雨量 210mm/15hr 拡大率	岩戸地点 ピーク流量 (m ³ /s)
1	S20. 9. 18洪水	188. 8	210	1. 112	8, 900
2	S38. 7. 11洪水	151. 4	210	1. 387	9, 500
3	S42. 7. 9洪水	95. 5	210	2. 199	8, 500
4	S47. 6. 8洪水	101. 6	210	2. 067	11, 600
5	S47. 7. 12洪水	127. 8	210	1. 643	9, 800
6	S51. 9. 10洪水	130. 1	210	1. 614	7, 200
7	S54. 10. 19洪水	165. 9	210	1. 266	7, 700
8	H2. 9. 19洪水	127. 2	210	1. 651	9, 600
9	H7. 7. 3洪水	116. 3	210	1. 806	9, 000
10	H10. 10. 18洪水	142. 8	210	1. 471	14, 200
11	H11. 6. 29洪水	104. 5	210	2. 010	7, 900
12	H16. 9. 29洪水	132. 5	210	1. 585	11, 300
13	H16. 10. 20洪水	105. 6	210	1. 989	9, 000
14	H21. 8. 10洪水	109. 7	210	1. 914	7, 900
15	H23. 9. 3洪水	122. 5	210	1. 715	7, 900
16	H25. 9. 4洪水	118. 4	210	1. 774	9, 400
17	H29. 9. 18洪水	112. 9	210	1. 859	12, 100
18	H30. 7. 7洪水	173. 2	210	1. 213	8, 300

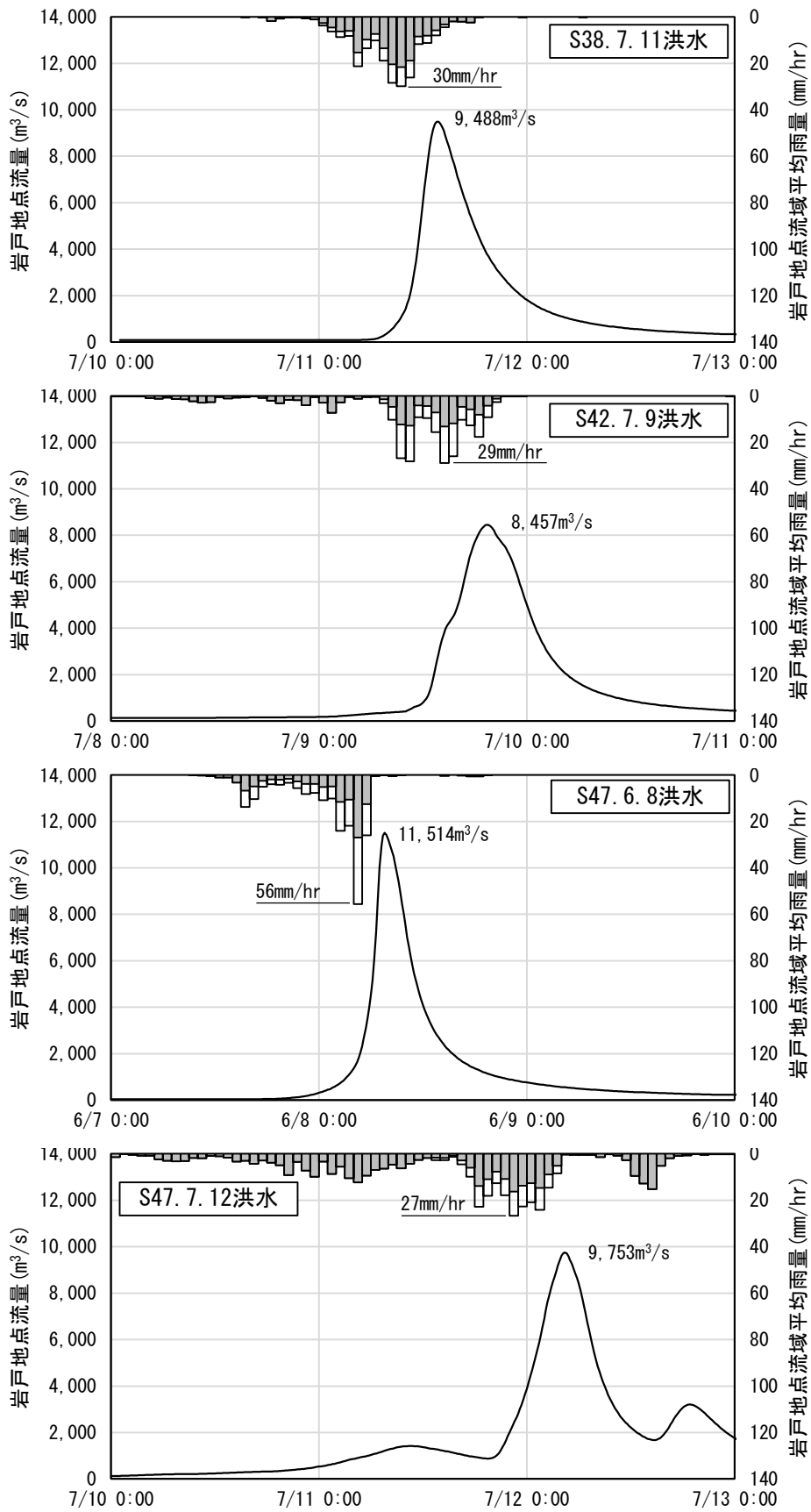


図 1-10-1(1) 基本高水ハイドロ (基準地点岩戸)

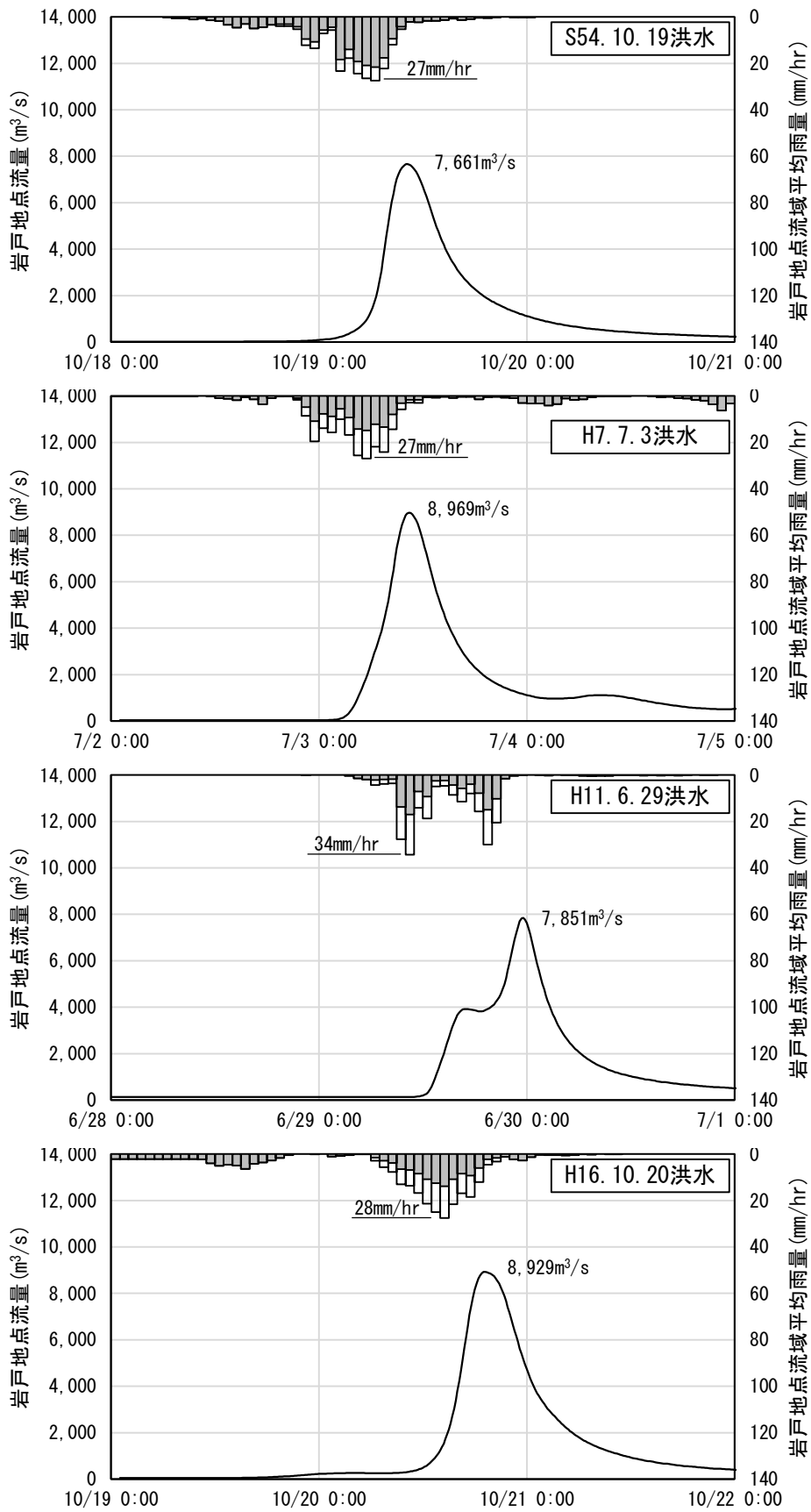


図 1-10-1(2) 基本高水ハイドロ (基準地点岩戸)

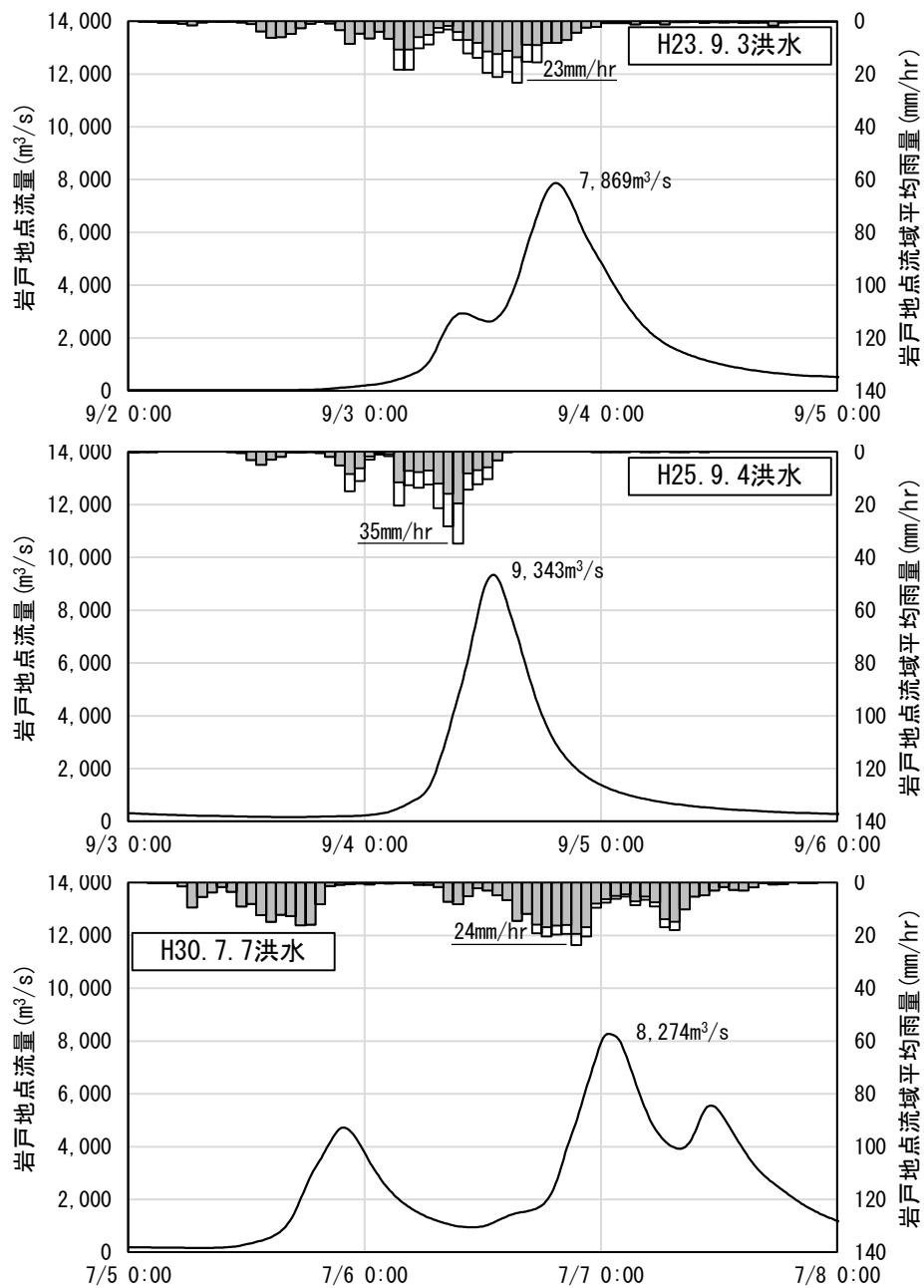


図 1-10-1(3) 基本高水ハイドロ (基準地点岩戸)

1-11 アンサンブル予測降雨波形による検討

1-11-1 アンサンブル予測降雨波形による流出計算

4℃上昇のシナリオ RCP8.5 における近未来の気候（2℃上昇時：およそ 2040 年頃、世界平均の地上気温が産業革命当時と比べて 2℃上昇）を前提として、文部科学省「SI-CAT 気候変動適応技術社会実装プログラム※」において整備・公表された解像度 5km にダウンスケーリングされたアンサンブル実験により得られたアンサンブル将来予測降雨波形（以下、d2PDF）から求めた、現在気候（360 年分=30 年×12 摂動）及び将来気候（360 年分=30 年×6SST×2 摂動）の年最大流域平均雨量標本から計画対象降雨の降雨量 210mm/15hr の近傍 24 洪水を抽出した。抽出した 24 洪水は、中央集中や複数の降雨ピークがある波形等、様々なタイプの降雨波形を含んでいることを確認した。

また、抽出した洪水の降雨波形を気候変動考慮した 1/150 確率規模の 15 時間雨量 210mm まで調整し、流出計算モデルにより流出量を算出した結果、約 5,200m³/s から約 12,800m³/s の範囲となり、雨量データによる確率からの検討により算出された流量が数値の範囲に収まっていることを確認した。

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

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

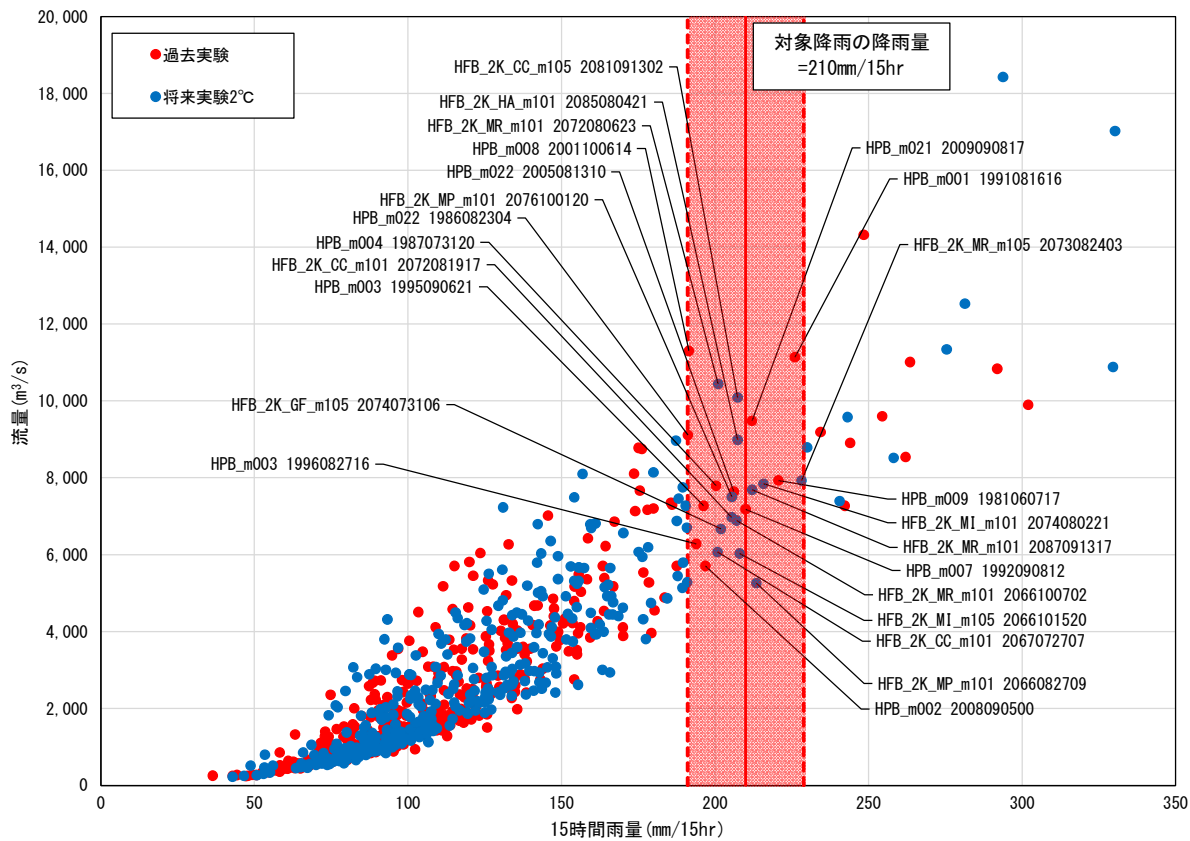


図 1-11-1 アンサンブル予測降雨波形からの抽出 (基準地点岩戸)

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

表 1-11-1 アンサンブル予測降雨波形のピーク流量一覧（岩戸地点）

洪水名	岩戸15時 間雨量 (mm)	気候変動 後1/150 雨量(mm)	拡大率	岩戸地点 流量 (m ³ /s)	クラス ター分類
将来実験					
HFB_2K_GC_m101 2067072707	200.9	210	1.045	6,577	1
HFB_2K_GC_m101 2072081917	205.4		1.022	7,150	1
HFB_2K_GC_m105 2081091302	207.4		1.013	10,302	3
HFB_2K_GF_m105 2074073106	201.9		1.040	7,357	2
HFB_2K_HA_m101 2085080421	207.4		1.013	9,130	3
HFB_2K_MI_m101 2074080221	215.8		0.973	7,491	4
HFB_2K_MI_m105 2066101520	208.0		1.010	6,148	4
HFB_2K_MP_m101 2066082709	213.5		0.984	5,118	3
HFB_2K_MP_m101 2076100120	205.5		1.022	7,916	2
HFB_2K_MR_m101 2066100702	207.0		1.014	7,085	1
HFB_2K_MR_m101 2072080623	201.0		1.045	11,238	3
HFB_2K_MR_m101 2087091317	212.1		0.990	7,689	4
HFB_2K_MR_m105 2073082403	228.2		0.920	6,924	4

最小

洪水名	岩戸15時 間雨量 (mm)	気候変動 後1/150 雨量(mm)	拡大率	岩戸地点 流量 (m ³ /s)	クラス ター分類
過去実験					
HPB_m001 1991081616	226.0	210	0.929	10,250	4
HPB_m002 2008090500	196.8		1.067	6,265	3
HPB_m003 1995090621	196.3		1.070	8,196	3
HPB_m003 1996082716	193.9		1.083	7,150	4
HPB_m004 1987073120	200.4		1.048	8,279	3
HPB_m007 1992090812	210.0		1.000	7,185	2
HPB_m008 2001100614	191.5		1.097	12,749	1
HPB_m009 1981060717	220.6		0.952	7,340	1
HPB_m021 2009090817	212.0		0.991	9,382	3
HPB_m022 1986082304	191.2		1.098	10,379	3
HPB_m022 2005081310	206.1		1.019	7,862	1

最大

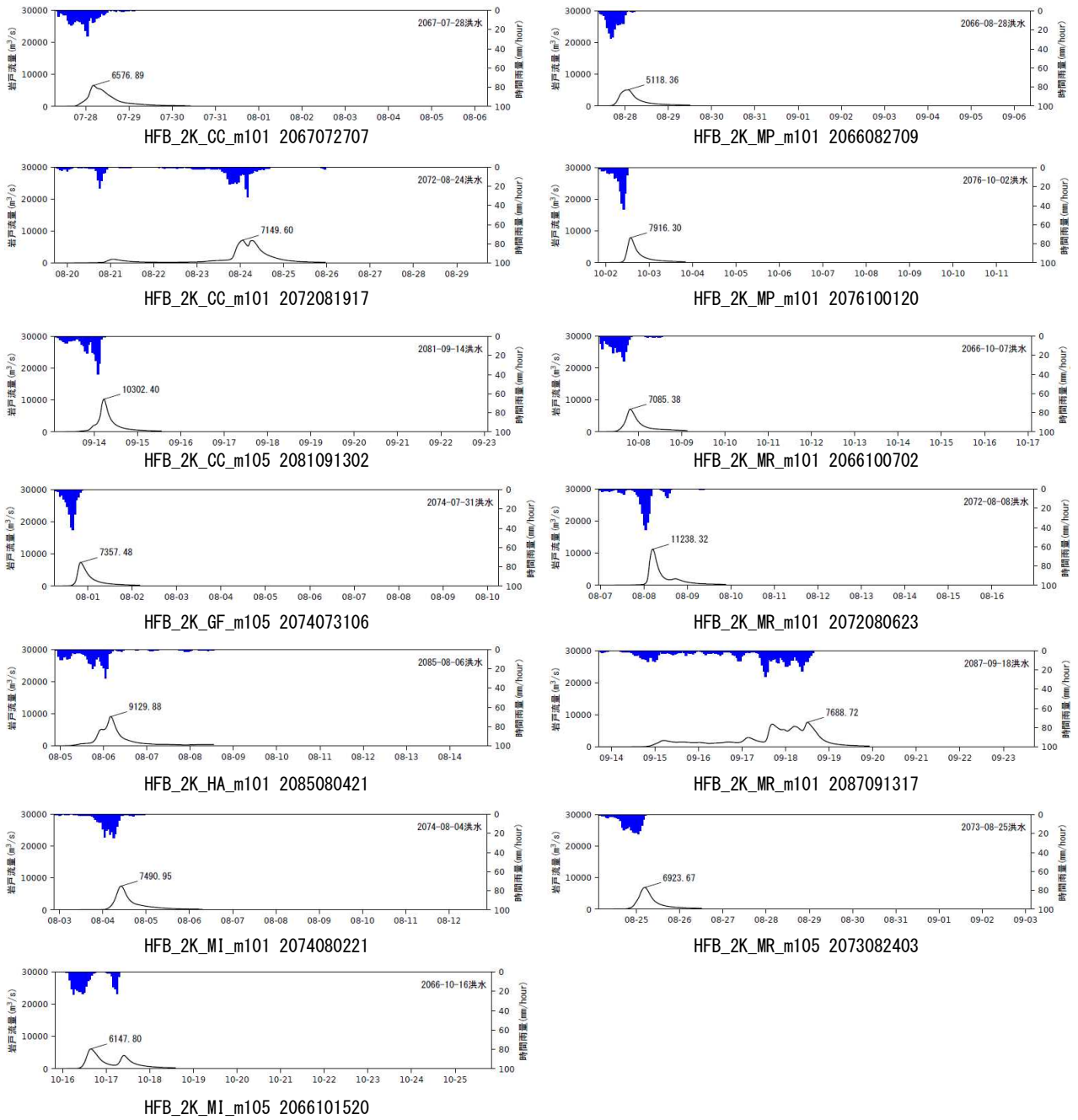


図 1-11-2(1) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点岩戸)

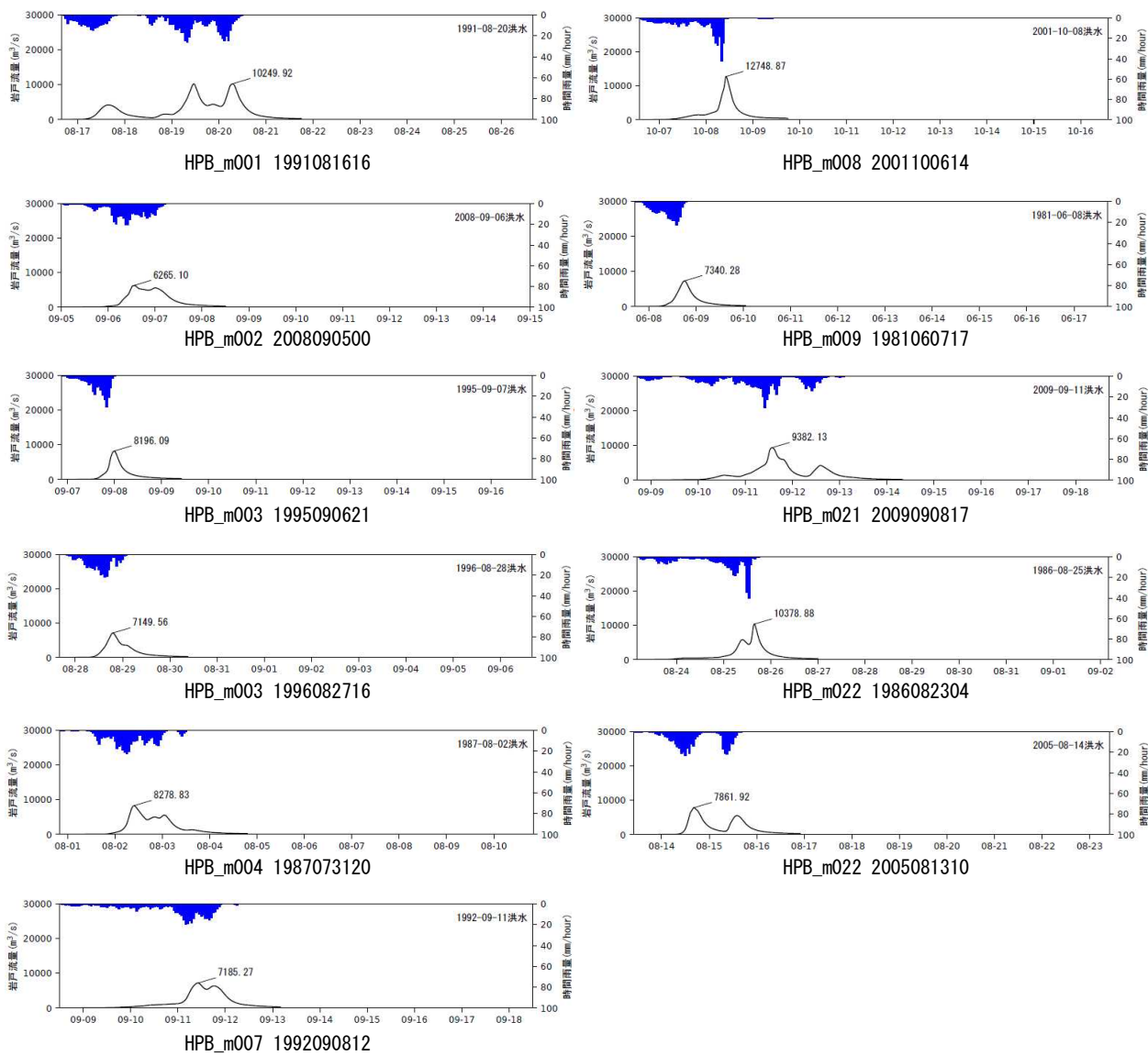


図 1-11-1(2) 抽出した予測降雨波形のハイドログラフ (基準地点岩戸)

1-11-2 棄却された実績引き伸ばし降雨における発生の可能性検討

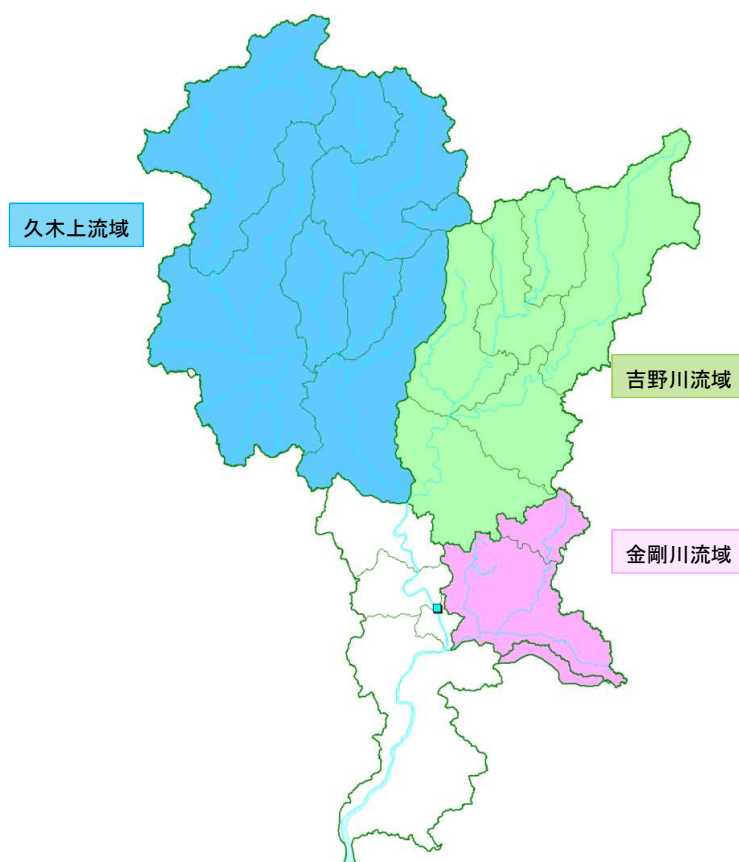
気候変動による降雨パターンの変化（特に小流域集中度の変化）により、これまでの手法で棄却されていた実績引き伸ばし降雨波形の発生が十分予想される場合がある。このため、これまでの手法で棄却されていた実績引き伸ばし降雨波形を、当該水系におけるアンサンブル予測降雨波形による降雨パターンと照らし合わせる等により再検証を実施した。

その結果、基準地点岩戸で棄却した 11 洪水のうち、アンサンブル予測降雨から推定される時間分布、地域分布の雨量比（基準地点流量と小流域の比率）以下に収まる洪水として、3 洪水（昭和 20 年（1945 年）9 月洪水、昭和 55 年（1980 年）5 月、昭和 58 年（1983 年）9 月）を棄却とせず、参考波形として活用する。

(1) 地域分布のチェック

d2PDF（将来気候）から計画規模の降雨量近傍（19 洪水）のアンサンブル予測降雨波形を抽出し、各波形について、「基準地点上流域の流域平均雨量に対する小流域の流域平均雨量の比率」（小流域の流域平均雨量/基準地点上流域平均雨量）を求めた。ここでは、代表的な小流域として、久木上流域、吉野川流域、金剛川流域を対象とした。

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



アンサンブル予測降雨の将来実験データ（2℃上昇）の雨量比率を表 1-11-2 に、棄却した引伸ばし降雨波形の雨量比率を表 1-11-3 に示す。

棄却した7洪水の内、4洪水は実績引伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

表 1-11-2 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）

項目	洪水 d2PDF アンサンブル	岩戸上流域		久木上流域		吉野川上流域		金剛川上流域	
		① 予測雨量 (mm/15hr)	② 予測雨量 (mm/15hr)	比率 ②/①	③ 予測雨量 (mm/15hr)	比率 ③/①	④ 予測雨量 (mm/15hr)	比率 ④/①	
将来 実験	HFB_2K_CC_m101 2067072707	200.9	217.5	1.08	185.8	0.92	86.3	0.43	
	HFB_2K_CC_m101 2072081917	205.4	254.4	1.24	132.3	0.64	151.2	0.74	
	HFB_2K_CC_m105 2081091302	207.4	232.3	1.12	175.8	0.85	149.4	0.72	
	HFB_2K_GF_m105 2074073106	201.9	205.9	1.02	195.3	0.97	181.3	0.90	
	HFB_2K_HA_m101 2085080421	207.4	218.2	1.05	210.2	1.01	75.7	0.36	
	HFB_2K_MI_m101 2074080221	215.8	215.2	1.00	232.0	1.08	151.0	0.70	
	HFB_2K_MI_m105 2066101520	208.0	184.7	0.89	247.6	1.19	238.5	1.15	
	HFB_2K_MP_m101 2066082709	213.5	206.4	0.97	215.9	1.01	173.4	0.81	
	HFB_2K_MP_m101 2076100120	205.5	211.3	1.03	188.3	0.92	182.2	0.89	
	HFB_2K_MR_m101 2066100702	207.0	225.6	1.09	190.0	0.92	163.9	0.79	
	HFB_2K_MR_m101 2072080623	201.0	191.9	0.95	197.3	0.98	149.9	0.75	
	HFB_2K_MR_m101 2087091317	212.1	195.4	0.92	237.8	1.12	135.1	0.64	
	HFB_2K_MR_m105 2073082403	228.2	191.6	0.84	282.1	1.24	250.1	1.10	

各小流域の比率の最大値

表 1-11-3 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

棄却された 実績洪水	岩戸上流域			久木上流域 (1,008km ²)		吉野川上流域 (594km ²)		金剛川上流域 (133km ²)	
	実績雨量 (mm/15hr)	計画雨量 (mm/15hr)	拡大率	拡大後雨量 (mm/15hr)	岩戸雨量に 対する比率	拡大後雨量 (mm/15hr)	岩戸雨量に 対する比率	拡大後雨量 (mm/15hr)	岩戸雨量に 対する比率
S20.9.18	188.8	210	1.112	253.9	1.21	151.8	0.72	82.5	0.39
S51.9.10	130.1	210	1.614	179.2	0.85	263.3	1.25	396.1	1.89
H2.9.19	127.2	210	1.651	191.3	0.91	264.5	1.26	380.4	1.81
H10.10.18	142.8	210	1.471	237.9	1.13	173.5	0.83	120.1	0.57
H16.9.29	132.5	210	1.585	180.8	0.86	252.8	1.20	281.2	1.34
H21.8.10	109.7	210	1.914	133.3	0.63	336.8	1.60	304.2	1.45
H29.9.18	112.9	210	1.859	210.4	1.00	203.6	0.97	209.9	1.00

棄却となる比率

(2) 時間分布のチェック

d2PDF（将来気候）から計画規模の降雨量近傍（19 洪水）のアンサンブル予測降雨波形を抽出し、各波形について、「対象降雨の継続時間内雨量に対する短時間雨量の比率」を求めた。

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

アンサンブル予測降雨の将来実験データ（2℃上昇）の雨量比率を表 1-11-4 に、棄却した引伸ばし降雨波形の雨量比率を表 1-11-5 に示す。

棄却した 7 洪水の内、2 洪水は実績引伸ばし降雨波形の比率がアンサンブル予測降雨波形による比率を上回り、アンサンブル予測降雨波形と比較しても生起し難いことを確認した。

表 1-11-4 雨量の比率（アンサンブル予測降雨波形）

洪水		岩戸上流域平均						
項目	d2PDF アンサンブル	①	③	比率	④	比率	⑥	比率
		15時間 予測雨量 (mm/15hr)	7時間 予測雨量 (mm/7hr)	③/①	8時間 予測雨量 (mm/8hr)	④/①	12時間 予測雨量 (mm/12hr)	⑥/①
将来 実験	HFB_2K_CC_m101_2067072707	200.9	106.1	0.53	117.7	0.59	169.6	0.84
	HFB_2K_CC_m101_2072081917	205.4	109.6	0.53	123.2	0.60	185.9	0.91
	HFB_2K_CC_m105_2081091302	207.4	141.5	0.68	159.0	0.77	197.4	0.95
	HFB_2K_GF_m105_2074073106	201.9	165.6	0.82	174.9	0.87	197.5	0.98
	HFB_2K_HA_m101_2085080421	207.4	115.1	0.56	132.1	0.64	191.3	0.92
	HFB_2K_MI_m101_2074080221	215.8	145.7	0.68	161.4	0.75	199.6	0.92
	HFB_2K_MI_m105_2066101520	208.0	144.2	0.69	161.5	0.78	201.9	0.97
	HFB_2K_MP_m101_2066082709	213.5	147.3	0.69	161.7	0.76	203.1	0.95
	HFB_2K_MP_m101_2076100120	205.5	165.7	0.81	173.4	0.84	195.5	0.95
	HFB_2K_MR_m101_2066100702	207.0	125.9	0.61	141.8	0.69	181.0	0.87
	HFB_2K_MR_m101_2072080623	201.0	181.1	0.90	187.8	0.93	198.3	0.99
	HFB_2K_MR_m101_2087091317	212.1	116.9	0.55	125.7	0.59	167.5	0.79
	HFB_2K_MR_m105_2073082403	228.2	134.7	0.59	150.2	0.66	211.0	0.92

各短時間の比率の最大値

表 1-11-5 雨量の比率（棄却した引き伸ばし降雨波形）

棄却された 実績洪水	岩戸上流域平均								
	実績雨量 (mm/15hr)	①計画雨量 (mm/15hr)	拡大率	③ 7時間拡大 後雨量 (mm/7hr)	拡大率 ③/①	④ 8時間拡大 後雨量 (mm/8hr)	拡大率 ④/①	⑤ 12時間拡大 後雨量 (mm/9hr)	拡大率 ⑤/①
S20.9.18	188.8	210	1.112	150.5	0.72	158.7	0.76	173.0	0.82
S51.9.10	130.1	210	1.614	143.7	0.68	152.1	0.72	115.2	0.55
H2.9.19	127.2	210	1.651	156.2	0.74	166.9	0.79	120.9	0.58
H10.10.18	142.8	210	1.471	192.9	0.92	193.7	0.92	139.9	0.67
H16.9.29	132.5	210	1.585	149.8	0.71	155.5	0.74	119.1	0.57
H21.8.10	109.7	210	1.914	129.9	0.62	133.9	0.64	89.8	0.43
H29.9.18	112.9	210	1.859	197.1	0.94	202.0	0.96	111.5	0.53

棄却となる比率

地域分布・時間分布のチェックの結果、参考波形として活用

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、実際に生じた降雨波形のみを計画対象の降雨波形としてきたが、基本高水の設定に用いる計画対象の降雨波形群は、対象流域において大規模洪水を生起し得る様々なパターンの降雨波形等を含んでいる必要がある。

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

波形パターンの解析にはクラスター分析を用いた。アンサンブル予測から得られた将来予測波形群 360 波形と過去実験波形 360 波形の計 720 波形を対象に、流域全体の総雨量に対する各流域の寄与率を算出し、ユークリッド距離を指標としてウォード法により 5 つのクラスターに分類した。

岩戸地点で選定された計画対象降雨波形について、クラスター分析を行った結果、岩戸地点ではクラスター1～クラスター4 と評価された。したがって、アンサンブル将来予測から対象波形に含まれないクラスター5 に該当する 1 洪水を計画降雨量近傍から抽出し、気候変動を考慮した 1/150 確率規模の降雨量まで引き伸ばして、流出計算モデルにより流出量を算出し、基本高水流量の検討に用いた。

表 1-11-6 主要洪水のクラスター分析結果

洪水年月日	クラスター 番号	岩戸地点
		ピーク流量 (m^3/s)
S20. 9. 18	1	8,871
S38. 7. 11	4	9,488
S42. 7. 9	4	8,457
S47. 6. 8	1	11,514
S47. 7. 12	1	9,753
S54. 10. 19	3	7,661
H7. 7. 3	1	8,969
H11. 6. 29	2	7,851
H16. 10. 20	2	8,929
H23. 9. 3	1	7,869
H25. 9. 4	2	9,343
H30. 7. 7	1	8,274

表 1-11-7 クラスター分析により主要洪水群に不足する降雨波形

洪水名	クラスター	岩戸地点 15hr雨量 (mm/15hr)	計画降雨量 (mm/15hr)	拡大率	岩戸地点 ピーク流量 (m^3/s)
HFB_2K_HA_m101	5	179.1	210	1.172	6,576

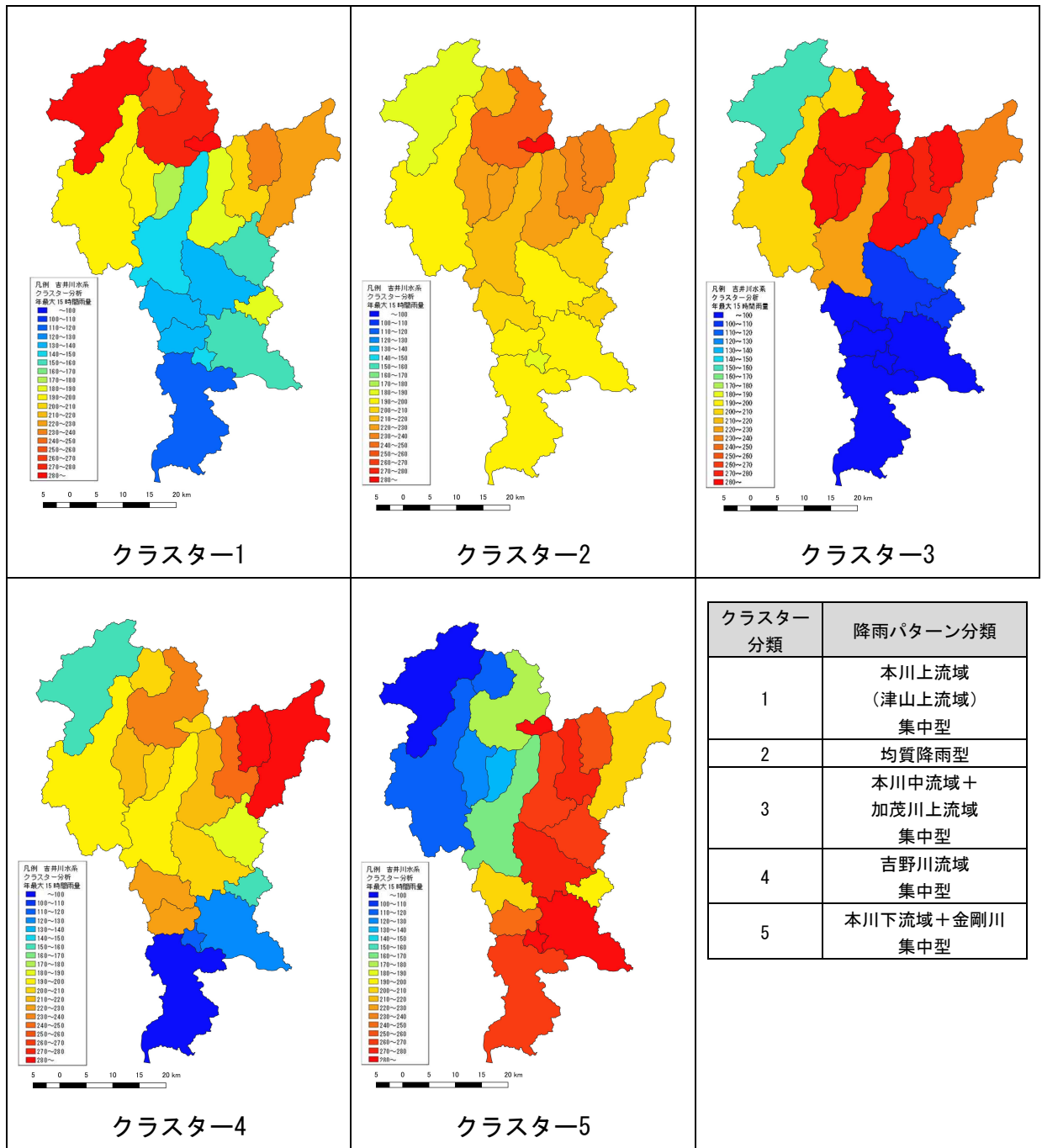


図 1-11-4 吉井川流域における将来実験アンサンブル予測降雨のクラスター分析結果

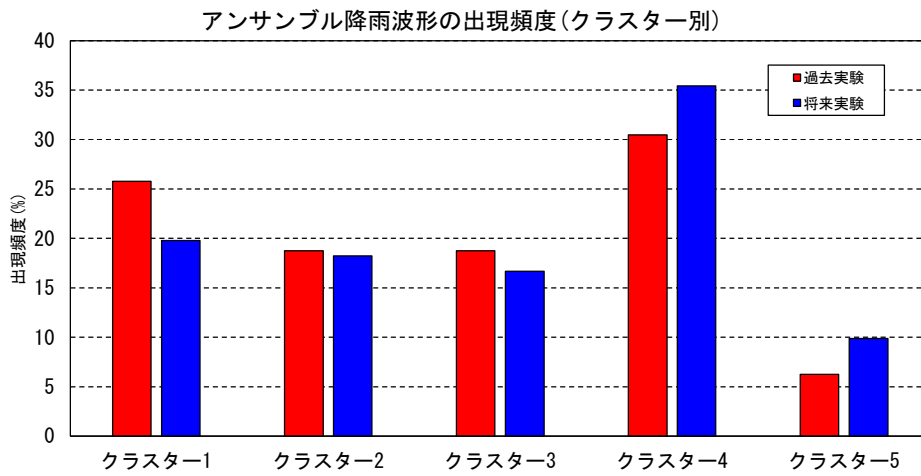


図 1-11-5 吉井川流域におけるアンサンブル予測降雨の出現頻度
(クラスター毎)

1-12 既往洪水からの検討

近年で最も甚大な被害をもたらした平成10年（1998年）10月18日洪水では、基準地点岩戸の流量（ダム・氾濫戻し流量）は約8,000 m^3/s と推定される。

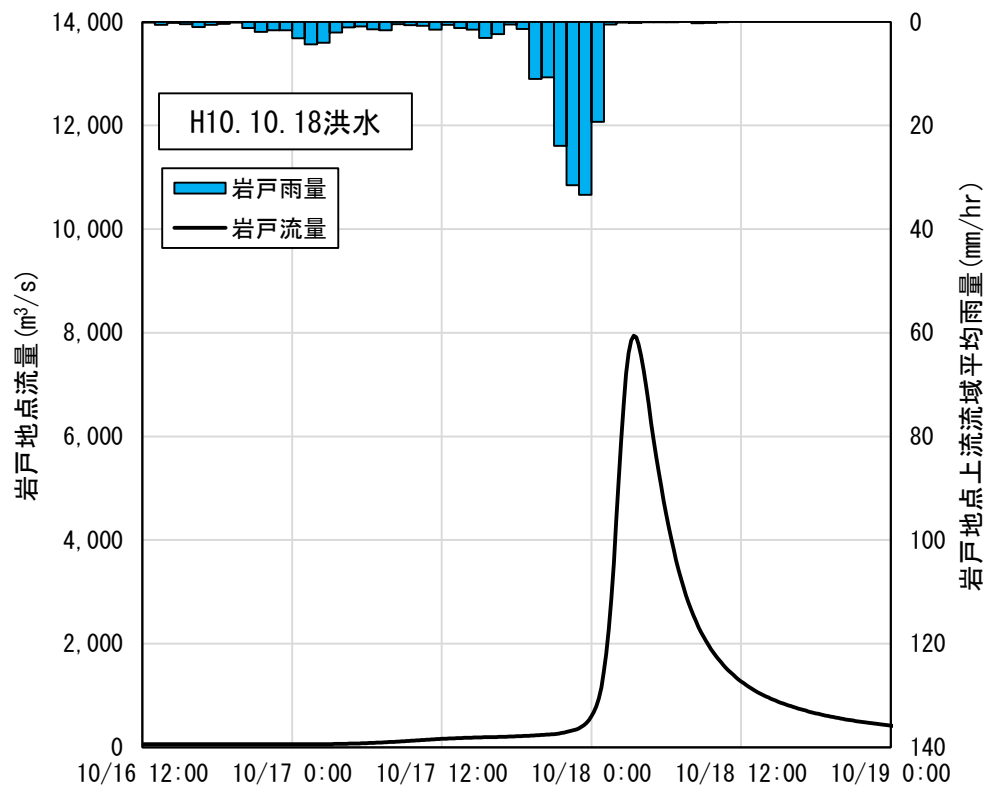
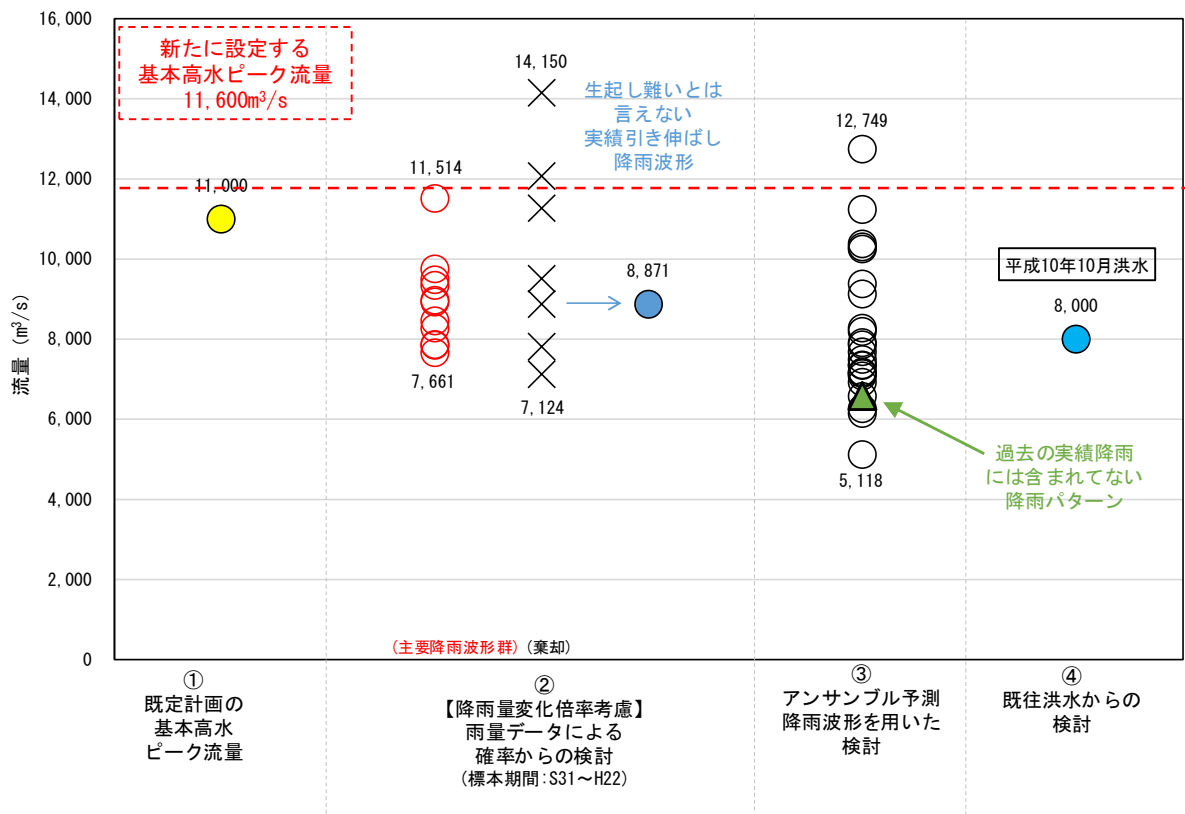


図 1-12-1 平成10年10月18日洪水の推定結果（基準地点岩戸）

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°C上昇相当) を想定した将来の降雨量の変化倍率 1.1 倍 (210mm) を考慮して、以下のように様々な手法による検討結果を総合的に判断した結果、雨量データによる確率からの検討により算出された流量のうち短時間あるいは小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水を除き最大となる流量を基本高水のピーク流量として決定した。

その結果、計画規模 1/150 の流量は 11,600m³/s 程度であり、吉井川水系における基本高水のピーク流量は、基準地点岩戸において 11,600m³/s と設定する (図 1-13-1)。



【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°C上昇時の降雨量の変化倍率 1.1 倍) を考慮した検討
 - ×：短時間・小流域において著しい引き伸ばしとなっている洪水
 - ：棄却された洪水 (×) のうち、アンサンブル予測降雨波形 (過去実験、将来予測) の時空間分布から見て生起し難いとは言えないと判断された洪水
- ③ アンサンブル予測降雨波形を用いた検討：計画対象降雨の降雨量 (210mm/15h) 近傍の 24 洪水 (概ね±10%) を抽出
 - ：気候変動予測モデルによる将来気候 (2°C上昇) のアンサンブル降雨波形
 - △：過去の実績降雨 (主要降雨波形群) には含まれていない降雨パターン (岩戸地点では、計画降雨量近傍のクラスター5に該当する 1 洪水を抽出)

図 1-13-1 基本高水の設定に係る総合的判断

S47. 7. 6 洪水波形

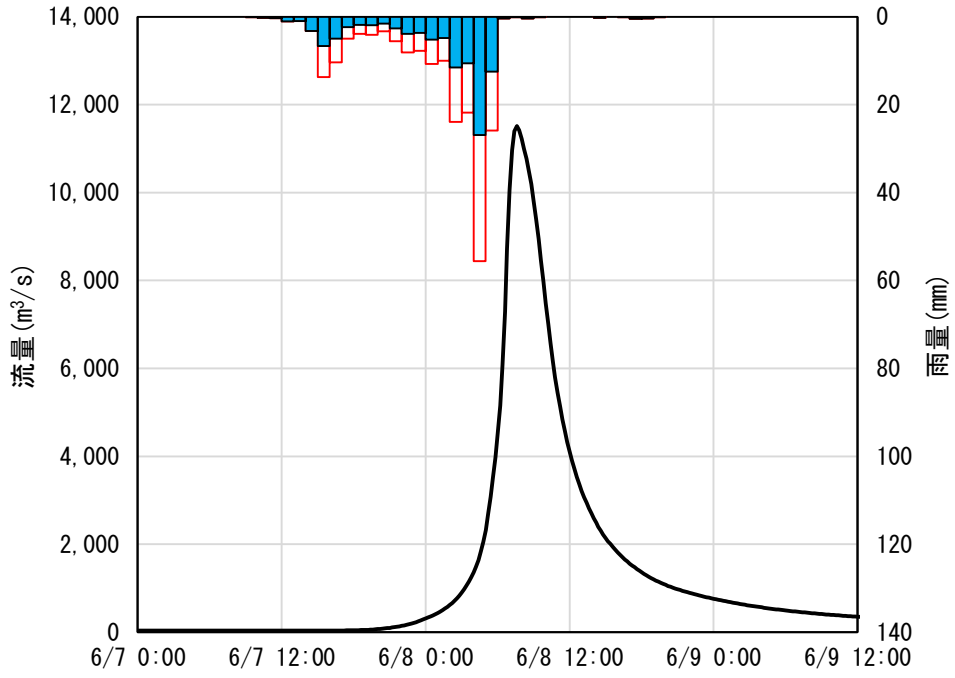


图 1-13-2 基本高水流量決定 基準地点岩戸流量波形

2. 高水処理計画

吉井川の既定高水処理計画は、基準地点岩戸における基本高水ピーク流量の $11,000\text{m}^3/\text{s}$ に対し、洪水調節施設により $3,000\text{m}^3/\text{s}$ を調節し、 $8,000\text{m}^3/\text{s}$ を河道で処理する計画としている。

今回、気候変動による降雨量への影響を踏まえ、新たに基準地点岩戸における基本高水のピーク流量を見直した結果、既定計画 $11,000\text{m}^3/\text{s}$ を $11,600\text{m}^3/\text{s}$ に変更する計画とした。

なお、河道と洪水調節施設等への配分の検討に用いる降雨波形は、計画規模の降雨量まで実績降雨を引伸ばすことにより得られた主要降雨波形群を用いた。

吉井川の河川改修は、同地点で既定計画の岩戸地点 $8,000\text{m}^3/\text{s}$ を目標に実施され、人家が密集する岡山市をはじめ、堤防高はおおむね確保されており、既に橋梁・排水門等、多くの構造物も完成しているため、河道掘削による河川環境の改変や将来河道の維持、社会的影響を考慮すると、河道で処理可能な流量は、基準地点岩戸 $8,700\text{m}^3/\text{s}$ （河口地点 $9,600\text{m}^3/\text{s}$ ）である。なお、高水処理計画上、既設ダムの有効活用を含めた洪水調節施設等により、対応することとした。

なお、既設ダムに加えて必要となる洪水調節施設については、その配置の可能性を概略検討し、可能性があるとの結果が得られているが、流域の地形や土地利用状況、流域治水の視点等も踏まえ、基準地点のみならず流域全体の治水安全度向上のため、具体的な施設計画等を今後検討していく。

3. 計画高水流量

吉井川水系の計画高水流量は、高水処理計画に基づき、基準地点岩戸において、 $8,700\text{m}^3/\text{s}$ とする。

金剛川の合流量を合わせ、河口で $9,600\text{m}^3/\text{s}$ とする。

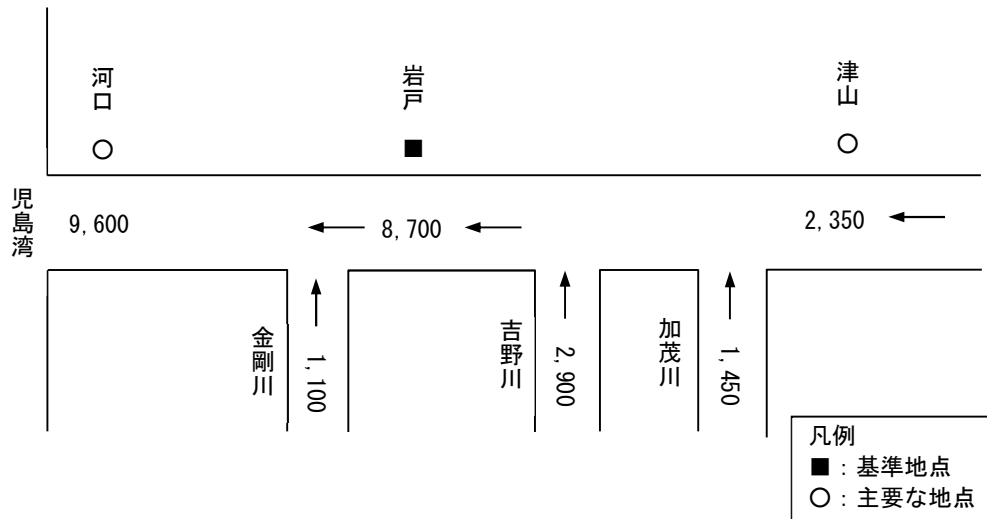


図 3-1 吉井川計画高水流量図(単位 : m^3/s)

4. 河道計画

計画河道は、以下の理由により、現況の河道法線や縦断勾配を尊重し、流下能力が不足する区間については、河川環境等に配慮しながら必要な河積（洪水を安全に流下させるための断面）を確保する。

- ① 大臣管理区間の堤防は計画高水位に対し、全川の約 99%が既成（完成、暫定）していること。（令和 4 年（2022 年）3 月末時点）
- ② 計画高水位を上げることは、破堤時における被害を増大させることになるため。沿川の市街地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排水門等の構造物が完成していることや計画高水位を上げることによる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。

主要な地点における計画高水位及びおおむねの川幅を表 4-1 に示す。

表 4-1 主要な地点における計画高水位及び川幅一覧表

河川名	地点名	※1 河口からの距離 (km)	計画高水位 T. P. (m)	川幅 (m)
吉井川	津山 <small>つやま</small>	72.4	94.34	160
	岩戸 <small>いわと</small>	33.8	31.22	160
	河口 <small>かこう</small>	0.0	※2 2.95	575

)T. P. : 東京湾中等潮位

※1 : 基点からの距離

※2 : 計画高潮位

仮に海面水位が上昇したとしても、手戻りのない河川整備の観点から、河道に配分した計画高水流量を河川整備により計画高水位以下で流下可能かどうかを確認した。

吉井川水系では、河道の流下能力の算定条件として、朔望平均満潮位から河口の出発水位を設定している。

仮に、海面水位が上昇（2℃上昇シナリオの平均値 43cm）した場合、一部区間で計画高水位を超過するが、計画高潮位を下回り施設計画に大きな変更は無いことを確認。

また、計画高潮位については、気候変動により予測される平均海面水位の上昇量等を適切に評価し、海岸保全基本計画との整合を図りながら、見直しを行う。

5. 河川管理施設等の整備の現状

吉井川における河川管理施設等の整備の現状は以下のとおりである。

(1) 堤防

堤防の整備の現況（令和4年（2022年）3月末時点）は下記のとおりである。

表 0-1 堤防の整備状況

大臣管理 区間延長 (km)	堤防延長(km)			
	堤防 必要区間	計画断面	暫定断面 堤防区間	無堤防 区間
36.6	63.3	45.9	17.0	0.3

出典：「直轄河川堤防整備状況」国土交通省 統計情報

※延長は大臣管理区間（ダム管理区間を除く）の左右岸の計である。

(2) 洪水調節施設

完成施設 : 苫田ダム（治水容量：50,000 千 m³）

事業中施設 : なし

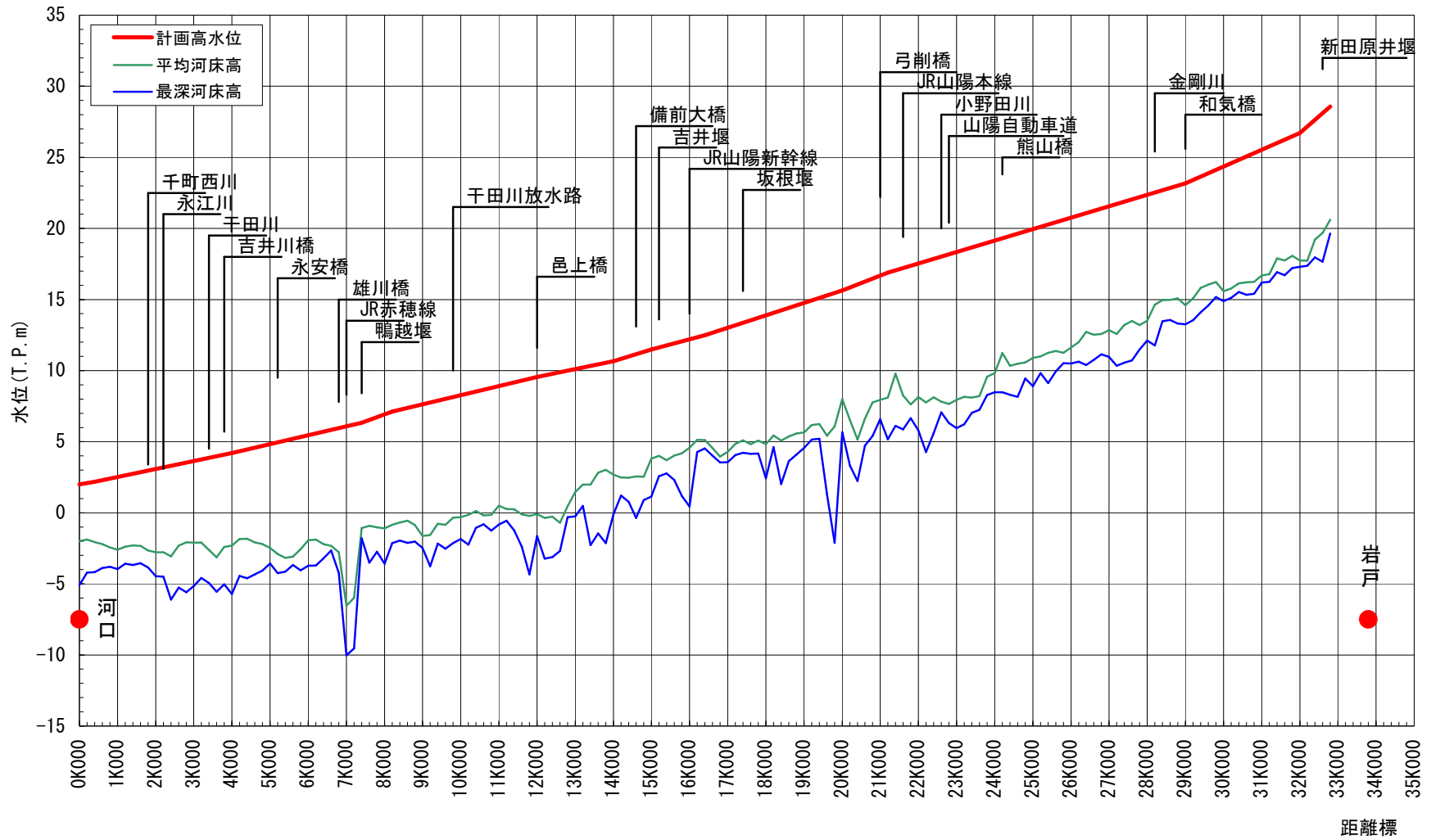
残りの必要容量：おおむね 35,000 千 m³

(3) 河川管理施設等

表 0-2 河川管理施設一覧表

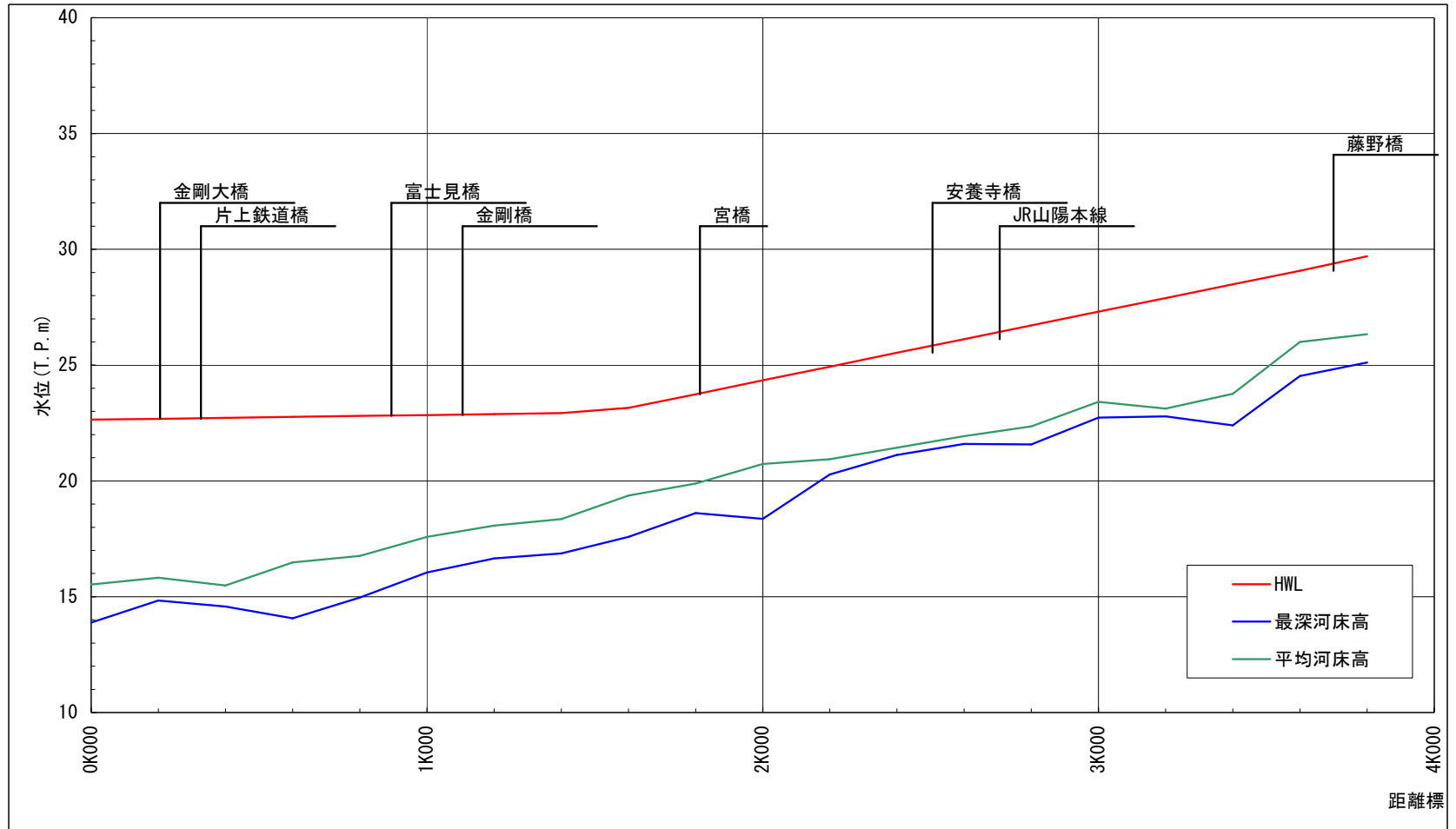
堤防延長 (km)	堰	水門	排水機場	排水樋門等	主な施設
74.6	1	5	6	31	坂根堰、干田川排水機場、 乙子排水機場、川口排水機場

※大臣管理区間（ダム管理区間を除く）



計画高水位 (T.P.m)	2.10	3.04	4.20	5.45	6.91	8.30	9.56	10.67	12.22	13.87	15.64	17.52	19.12	20.74	22.33	24.32	26.72
平均河床高 (T.P.m)	-1.98	-2.77	-2.32	-1.94	-1.10	-0.31	-0.10	2.68	4.58	4.83	7.99	8.14	9.82	11.64	13.51	15.58	17.76
最深河床高 (T.P.m)	-5.08	-4.46	-5.71	-3.72	-3.58	-1.84	-1.64	-0.11	0.45	2.43	5.67	5.79	8.48	10.50	12.11	14.89	17.31
距離標	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	32.0k

図 0-1 吉井川計画縦断面図



計画高水位 (T. P. m)	22.64	22.84	24.34	27.31	29.70
平均河床高 (T. P. m)	15.53	17.59	20.73	23.41	26.33
最深河床高 (T. P. m)	13.89	16.05	18.37	22.73	25.12
距離標	0.0k	1.0k	2.0k	3.0k	3.8k

図 0-2 金剛川計画縦断面図