

矢部川水系河川整備基本方針

基本高水等に関する資料（参考資料）

平成 26 年 6 月

国土交通省 水管理・国土保全局

目 次

1. 流域と洪水の概要	1
1.1 流域の概要	1
1.2 平成 24 年 7 月 14 日洪水の概要	1
1.3 主要洪水との降雨特性比較	7
2. 平成 24 年 7 月洪水の観測流量に関する検討	11
3. 流出計算に使用するデータの点検	12
3.1 地上雨量観測雨量の妥当性の確認	12
3.2 日向神ダムにおける実績流入量・放流量について	19
4. 新たな流出解析モデルの構築	20
4.1 方法	20
4.2 モデルの概要	20
4.3 モデル分割	22
4.4 定数の設定	23
4.4.1 流域定数の設定	23
4.4.2 河道定数の設定	45
4.5 流出解析による実績再現結果	48
4.5.1 検証対象洪水	48
4.5.2 流出解析に用いる定数	49
4.5.3 検証対象洪水の再現計算結果	50
4.6 平成 24 年 7 月洪水の流出計算結果	63
5. 基本高水のピーク流量の設定	64
5.1 基本高水のピーク流量設定の考え方	64
5.2 計画規模の設定	64

5.3 矢部川流域の対象降雨の降雨継続時間の設定	64
5.3.1 対象降雨の降雨継続時間設定の考え方	64
5.3.2 洪水到達時間	68
5.3.3 ピーク流量と雨量相関について	77
5.3.4 強い降雨強度の継続時間	80
5.3.5 対象降雨の降雨継続時間の設定	81
5.4 年最大流量及び年最大雨量の経年変化	82
5.5 時間雨量データにおける確率からの検討	84
5.5.1 対象降雨の降雨量の設定	84
5.5.2 主要洪水における 1/100 規模の降雨量への引き伸ばしと流出計算	87
5.6 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討	103
5.6.1 地域分布の評価について	103
5.6.2 時間分布の評価について	115
5.6.3 対象降雨の地域分布及び時間分布による評価結果	116
5.7 流量データによる確率からの検討	117
5.8 既往最大洪水の流量	121
5.9 全ての時間雨量が 1/100 となるモデル降雨波形の検討	122
5.9.1 モデル降雨波形の考え方	122
5.9.2 年最大雨量の整理	123
5.9.3 確率計算	130
5.9.4 モデル降雨波形の作成及び流出計算結果	131
5.10 基本高水のピーク流量の設定	140
参考 1 平成 19 年方針策定時流出解析モデルによる検討	141
参考 2 貯留関数法以外の手法による流量算出結果	142
分布型流出モデルによる流量算出結果	142
土研モデルの概要	142
分布型流出モデルの構造	143
矢部川流域への適用	148

1. 流域と洪水の概要

1.1 流域の概要

矢部川は、その源を福岡、大分、熊本の3県にまたがる三国山（標高 994m）に発し、日向神峡谷を流下し、中流部において支川星野川、さらに辺春川、白木川等を合わせながら筑後平野を貫流しながら、途中沖端川を分派して、下流部で飯江川、楠田川と合流し有明海に注ぐ、幹川流路延長 61km、流域面積 647km² の一級河川である。

1.2 平成 24 年 7 月 14 日洪水の概要

7 月 11 日～14 日にかけて、福岡県、熊本県、大分県を中心に記録的な豪雨が発生した。筑後川流域、矢部川流域、菊池川流域、白川流域における雨量観測所において 4 日間の期間降水量が 500mm を超える記録的な降雨を観測し、1 時間雨量が 80mm を超えた観測所が 14 地点に達した。

矢部川管内の黒木雨量観測所では、7 月 13 日 4 時から 14 日 14 時までの総降水量が 564mm となり、14 日の 9 時～10 時の 1 時間雨量が 94mm に達した。梅雨前線がもたらした豪雨により、矢部川水系矢部川の船小屋水位観測所（基準地点）において、観測史上最高の水位を記録する洪水が生じ、以下に示す甚大な被害が発生した。

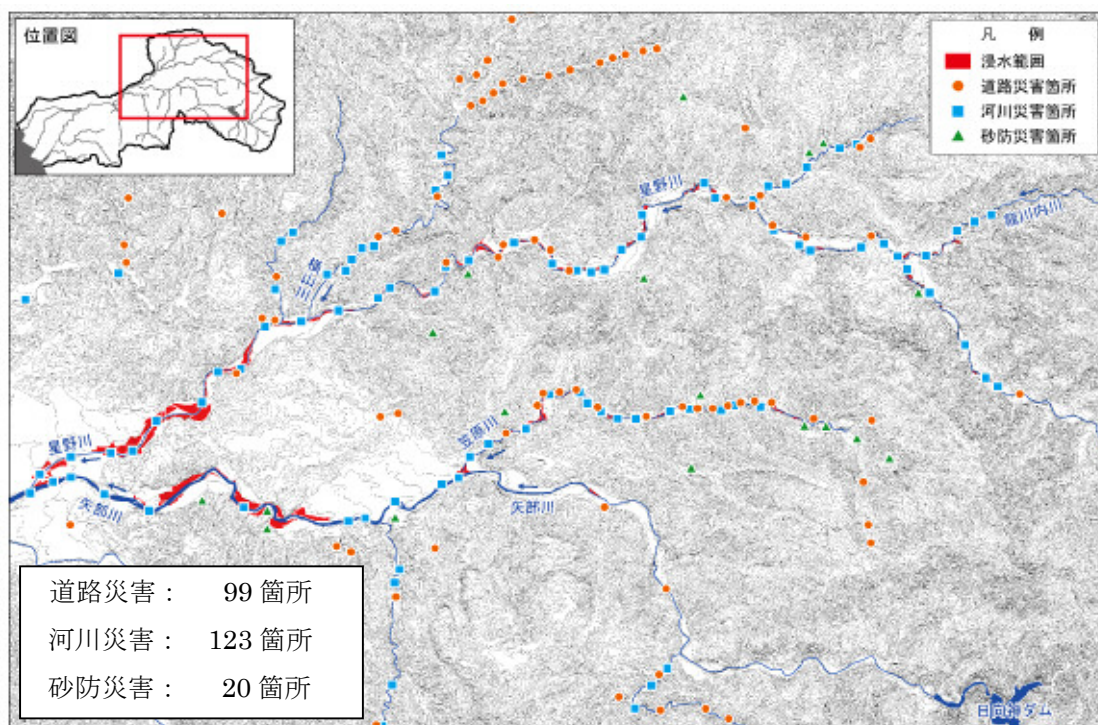
特に全川にわたって計画高水位を上回り、矢部川本川 1 ヶ所で堤防が決壊し、柳川市などにおいて浸水被害が発生したのを始め、支川沖端川では 2 ヶ所で堤防が決壊し、一部区間では越水するなど、同様に柳川市などにおいて浸水被害が発生した。浸水被害は、矢部川沿川および沖端川沿川で 1,808 戸の家屋・事業所等が浸水した。

また、矢部川国管理区間上流に位置する星野川や笠原川などでは洪水により、家屋・橋梁の流失等甚大な被害となり、八女市管内では全壊・半壊家屋や床上・床下浸水と合わせ 1,300 戸を超える被害が生じた。

(1) 下流（国管理区間・県管理区間）の被害状況



(2) 上流（県管理区間）の被害状況



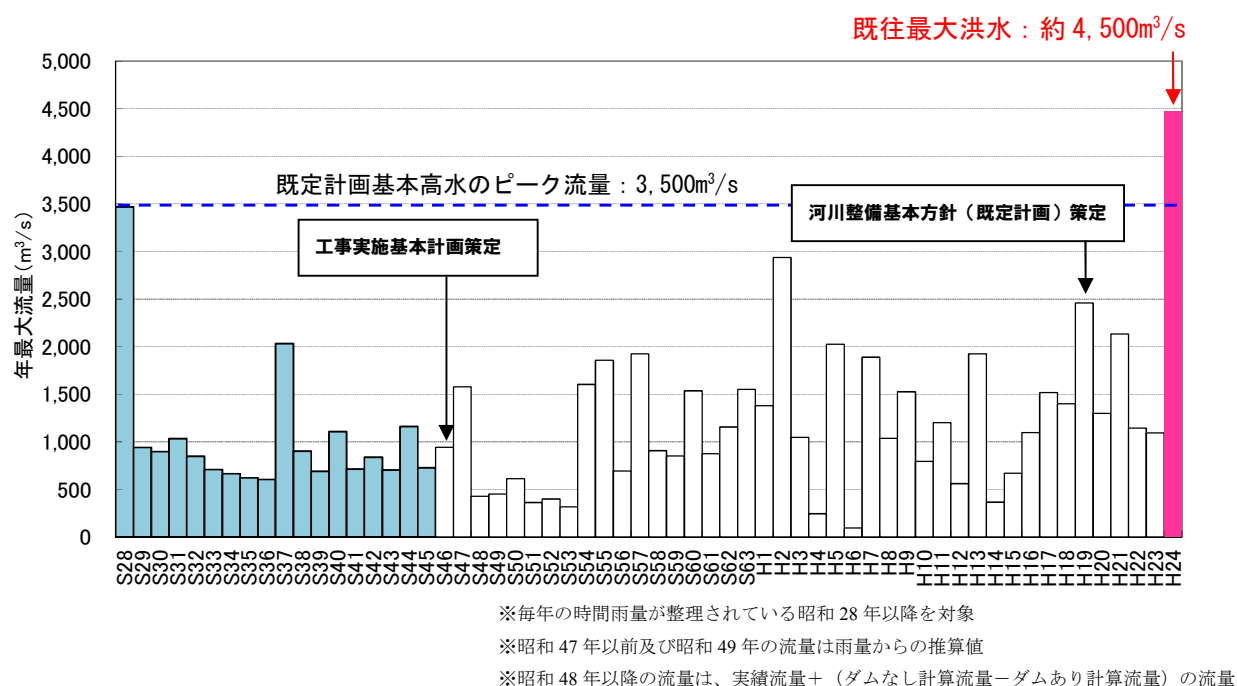


図 1.2.1 年最大流量（基準地点船小屋）

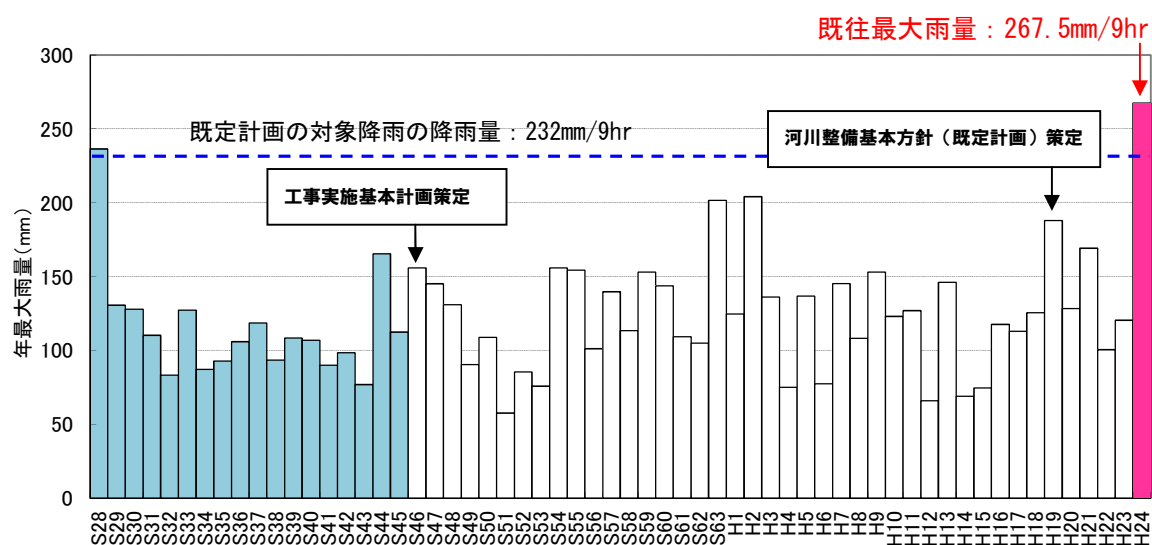


図 1.2.2 年最大 9 時間雨量（基準地点船小屋上流域平均雨量）

表 1.2.1 主要洪水の要因と被害状況

洪水名 (発生原因)	流 量 (m^3/s) <地点名>	被 害 状 況	備 考
大正 10 年 6 月洪水 (梅雨前線)	—	浸水面積：13,504ha	大正 2 年 第 1 期河川改修工事（福岡県） 昭和 4 年 第 2 期河川改修工事（福岡県） 計画高水流量 2,226 m^3/s 昭和 25 年 第 3 期河川改修工事（福岡県） 計画高水流量 3,000 m^3/s 昭和 46 年 工事実施基本計画 基本高水のピーク流量 3,500 m^3/s 計画高水流量 3,000 m^3/s <船小屋地点> 平成 19 年 河川整備基本方針 基本高水のピーク流量 3,500 m^3/s 計画高水流量 3,000 m^3/s <船小屋地点>
昭和 3 年 6 月洪水 (梅雨前線)	—	浸水面積：18,950ha	
昭和 21 年 7 月洪水 (梅雨前線)	—	浸水面積：10,845ha	
昭和 28 年 6 月洪水 (梅雨前線)	約 3,500 <船小屋>	浸水戸数： 床上 10,138 戸 床下 15,896 戸 死者：26 名	
昭和 44 年 7 月洪水 (梅雨前線)	約 1,200 <船小屋>	浸水戸数：床上 1,134 戸 床下 2,913 戸	
昭和 60 年 8 月高潮 (台風 13 号)	—	浸水戸数：25 戸 浸水面積：2.9ha	
平成 2 年 7 月洪水 (梅雨前線)	約 3,000 <船小屋>	浸水戸数：床上 484 戸 床下 1,662 戸	
平成 9 年 5 月洪水 (梅雨前線)	約 1,600 <船小屋>	浸水戸数：床上 23 戸	
平成 9 年 8 月洪水 (梅雨前線)	約 1,600 <船小屋>	浸水戸数：床上 7 戸	
平成 11 年 6 月洪水 (梅雨前線)	約 1,300 <船小屋>	浸水戸数：床下 45 戸	
平成 11 年 9 月高潮 (台風 18 号)	—	浸水戸数：床上 6 戸、床下 58 戸 浸水面積 4.7ha	
平成 13 年 7 月洪水 (梅雨前線)	約 2,000 <船小屋>	浸水戸数：床下 3 戸	
平成 19 年 7 月洪水 (梅雨前線)	約 2,500 <船小屋>	浸水戸数：床上 6 戸	
平成 24 年 7 月洪水 (梅雨前線)	約 4,500 <船小屋>	浸水戸数：床上 697 戸、 床下 1,111 戸	

※毎年の時間雨量が整理されている昭和 28 年以降を対象

※昭和 47 年以前及び昭和 49 年の流量は雨量からの推算値

※昭和 48 年以降の流量は、実績流量＋（ダムなし計算流量－ダムあり計算流量）の流量を 100 m^3/s 単位で切り上げた値

※被害状況には、支川等からのはん濫による被害も含まれている

平成 24 年 7 月洪水は、天気図に示されている梅雨前線よりも南側 100～200km で発生していた。大雨は複数の線状降水帯が停滞することでもたらされ、それぞれの線状降水帯は積乱雲が風上（西側）で繰り返し発生することで形成されていた。大雨の発生要因は、東シナ海上で大気下層に水蒸気が大量に蓄積され、その水蒸気が強い南西風によって持続的に九州に流入したためであると推測されている。

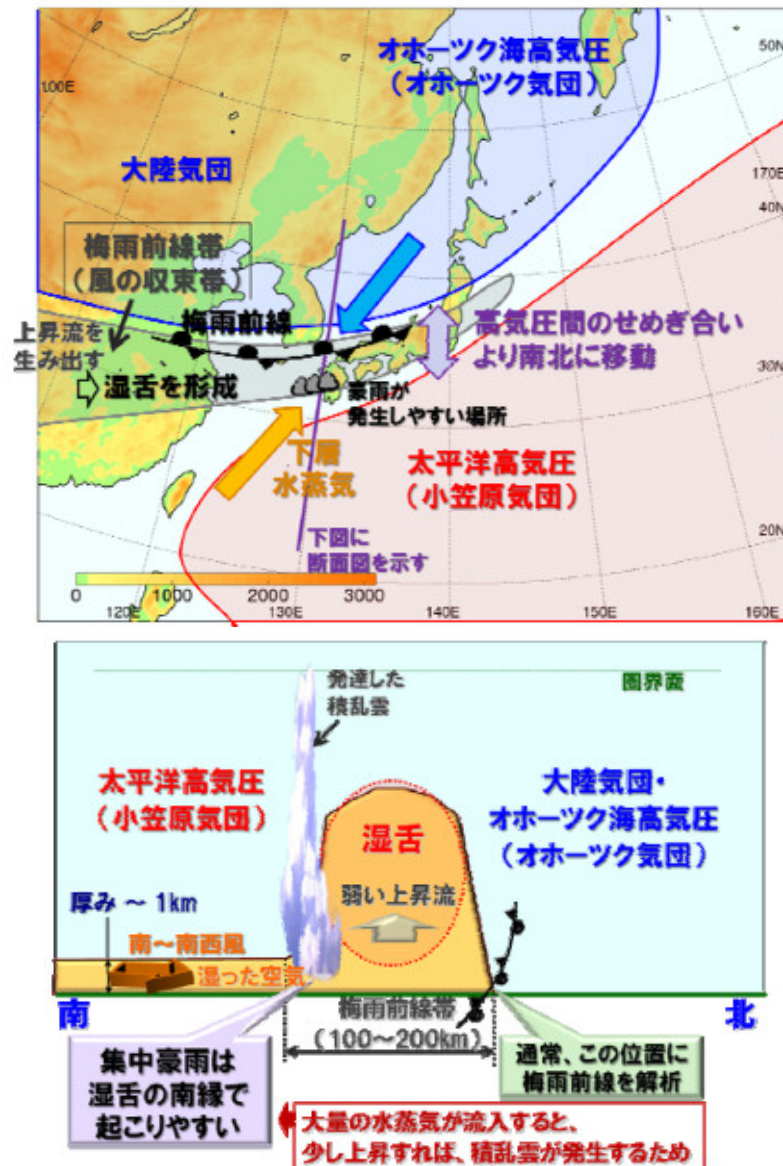
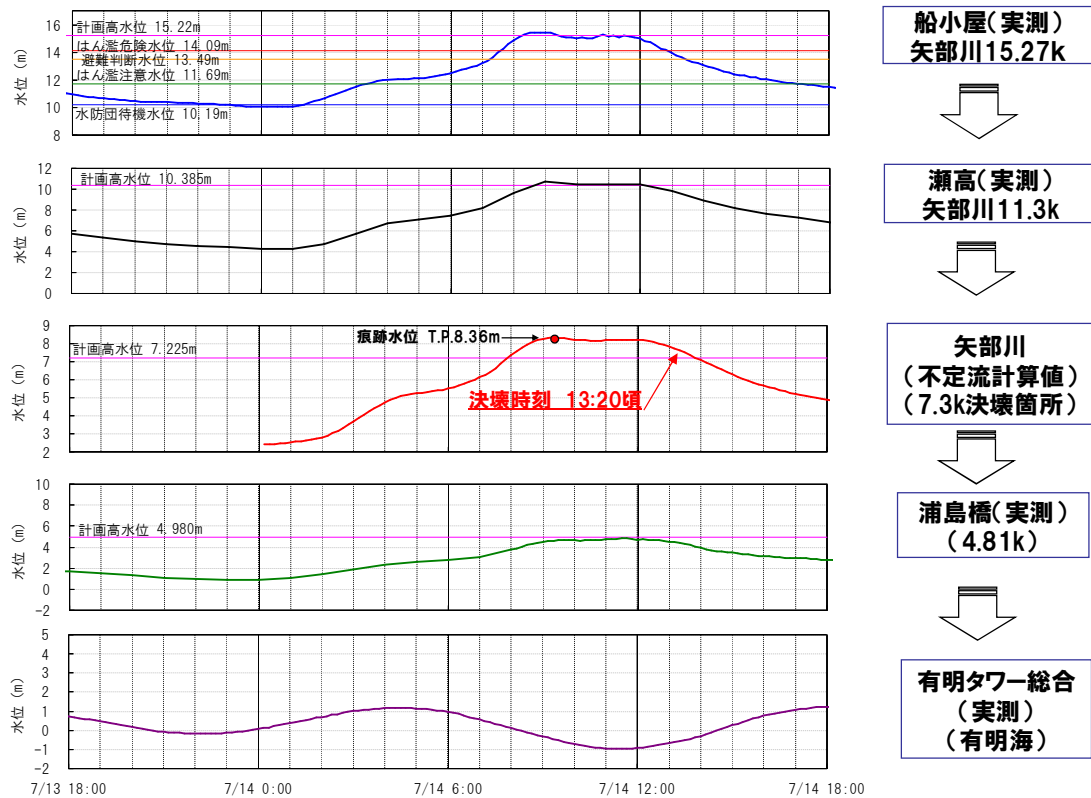


図 1.2.3 九州の豪雨災害の発生要因について

出典：気象庁「平成 24 年 7 月九州北部豪雨」の発生要因について（平成 24 年 7 月 23 日発表）

船小屋地点では観測史上最高となる 9.76m を記録し、はん濫危険水位を約 5 時間超過した状態が継続し、決壊箇所（矢部川右岸 7k300）では、計画高水位を 5 時間以上超過したと想定される。その後、水位が低下し始めた後に決壊が発生した。¹⁾



※数値は観測されたリアルタイムデータ及びそれをもとに計算したものである。

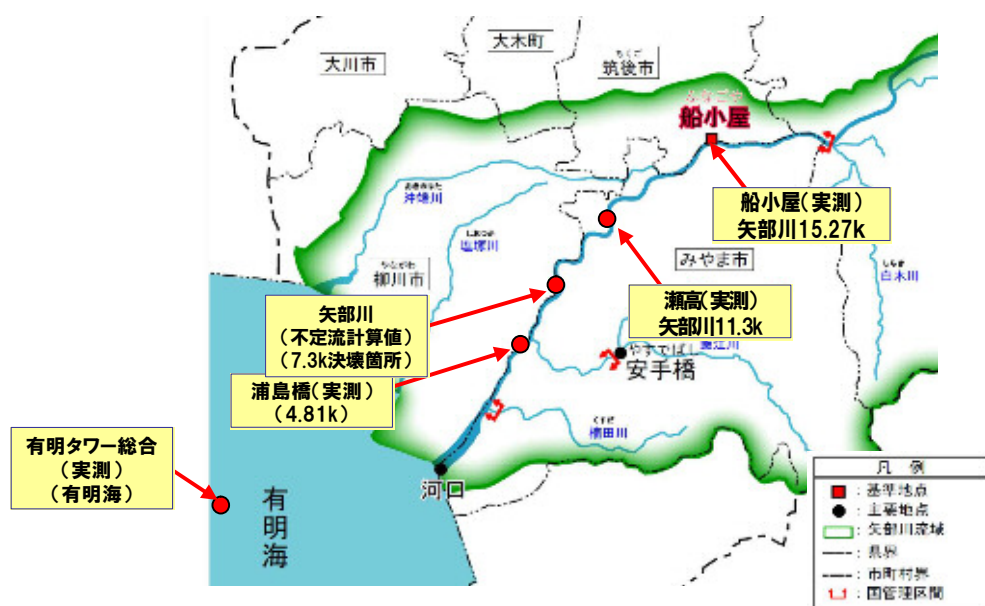


図 1.2.4 平成 24 年 7 月出水の主要地点における水位ハイドログラフ（実測値、計算値）

1.3 主要洪水との降雨特性比較

平成 24 年 7 月洪水の降雨特性について、過去に被害をもたらした主要出水（H2、H19、H21）と比較してみると、強雨域が上流域に局所的に集中していることがわかる。

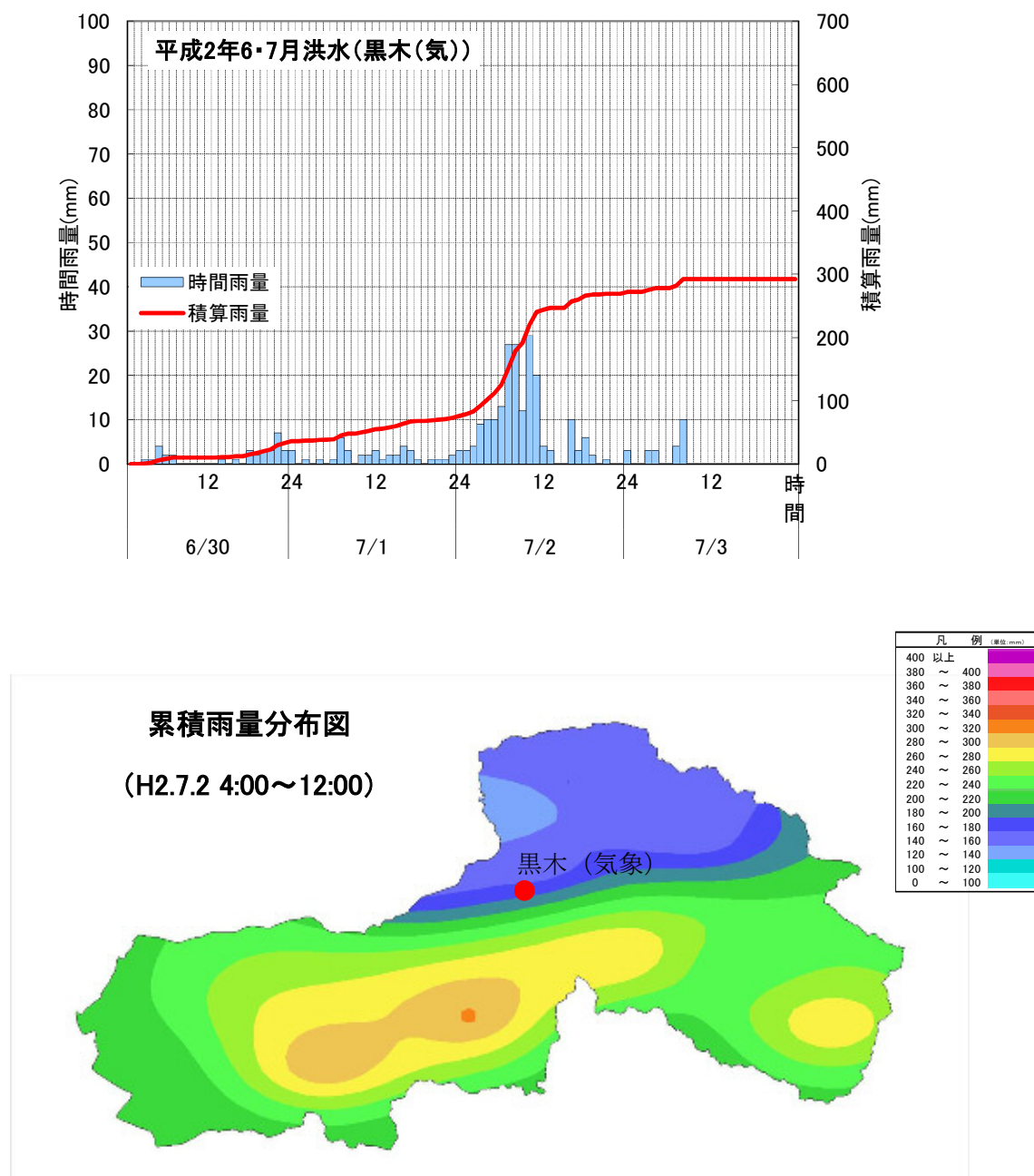


図 1.3.1 矢部川流域の降雨ハイトグラフ（上段）と等雨量線図（下段）平成 2 年 7 月

※地上観測所 16 箇所を用いて累積雨量分布図を作成

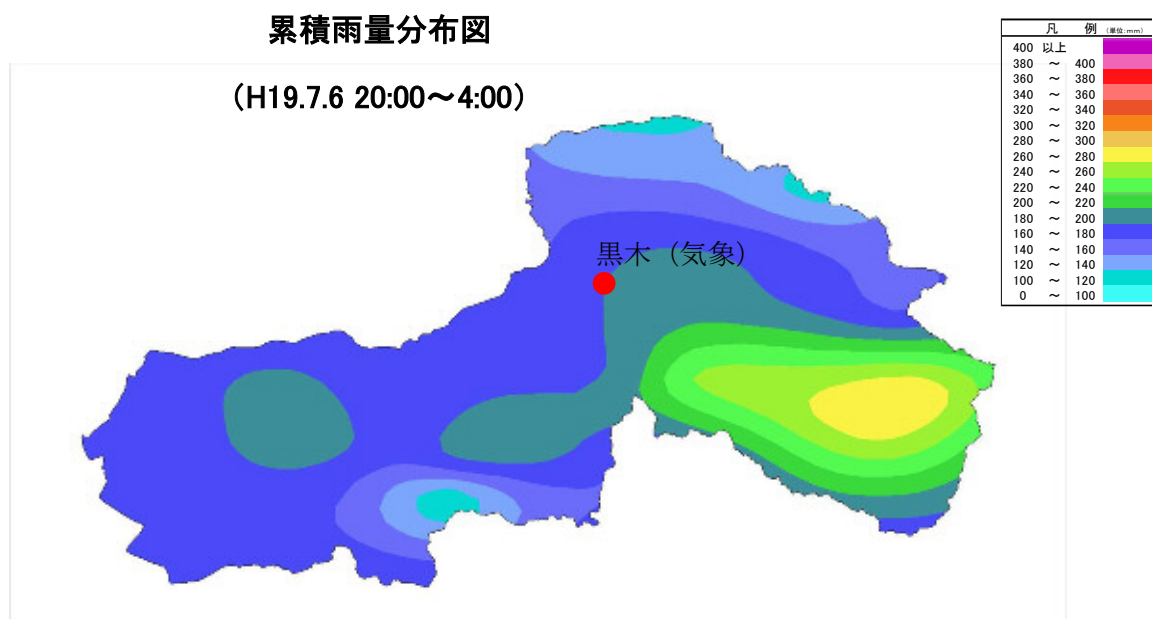
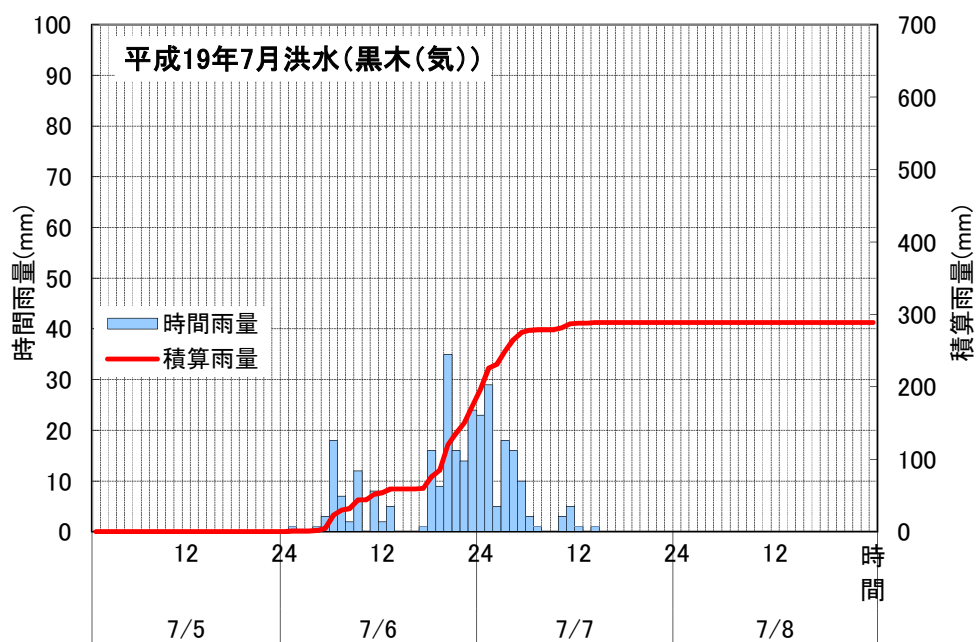
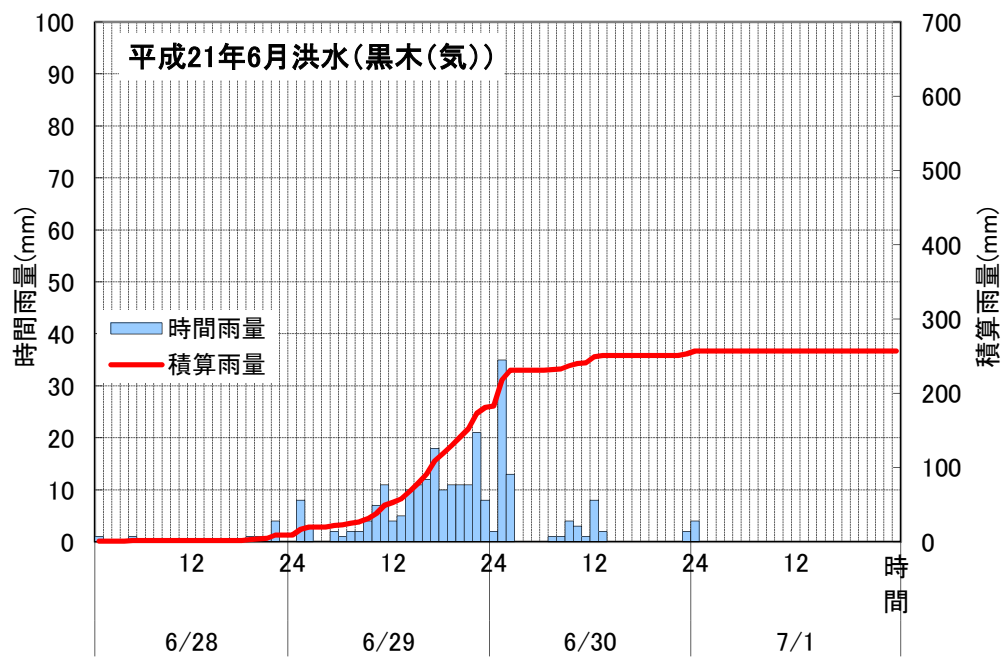


図 1.3.2 矢部川流域の降雨ハイトグラフ（上段）と等雨量線図（下段）平成 19 年 7 月

※地上観測所 34 箇所を用いて累積雨量分布図を作成



累積雨量分布図

(H21.6.29 17:00~1:00)

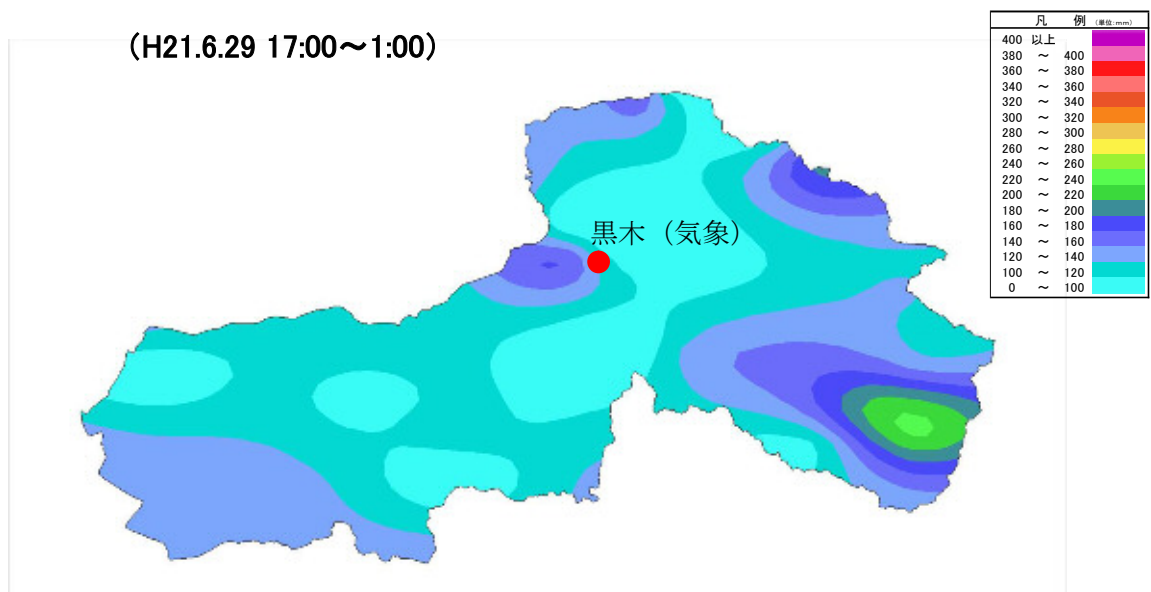
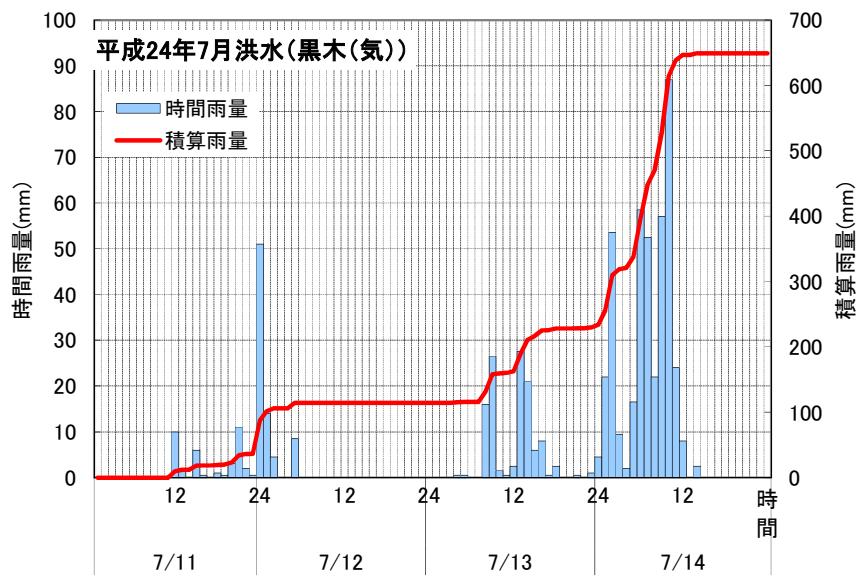


図 1.3.3 矢部川流域の降雨ハイトグラフ (上段) と等雨量線図 (下段) 平成 21 年 6 月

※地上観測所 34 箇所を用いて累積雨量分布図を作成



累積雨量分布図

(H24.7.14 2:00~10:00)

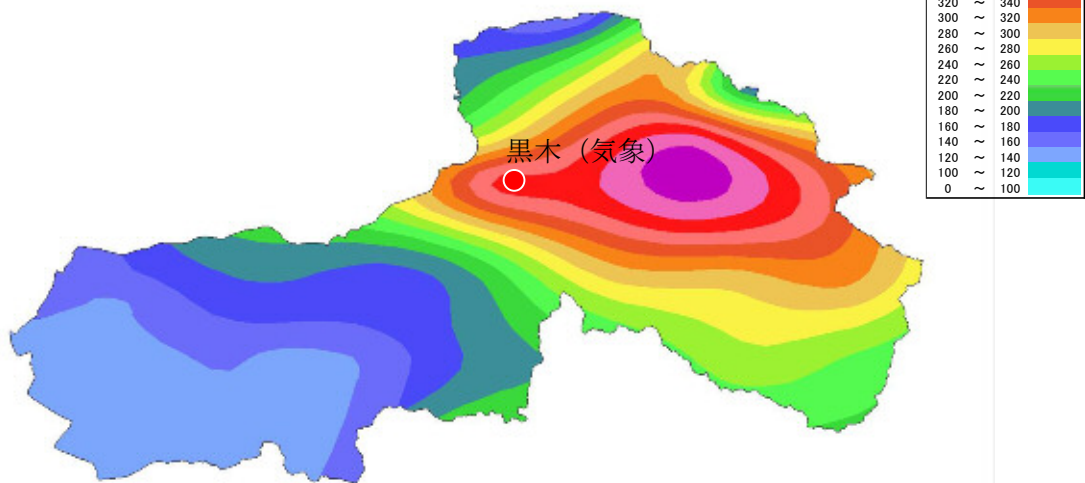


図 1.3.4 矢部川流域の等雨量線図(平成24年7月)

※地上観測所34箇所を用いて累積雨量分布図を作成

2. 平成 24 年 7 月洪水の観測流量に関する検討

平成 24 年 7 月洪水時において、基準地点船小屋では高水流量観測が実施されており、そのときの水位・流量関係の記録が得られている。

その記録を元に $H-\sqrt{Q}$ 関係を示した結果を図 2.1.1 に示す。船小屋地点では分水路が存在することから水位が上昇し中洲及び樹林が水没することで水位と流量の関係が変化するため変曲点が現れる。この結果より得られた HQ 式を用いて、観測されたピーク水位 9.76m を流量に換算した結果、基準地点船小屋におけるピーク流量は 3,992 m^3/s であった。

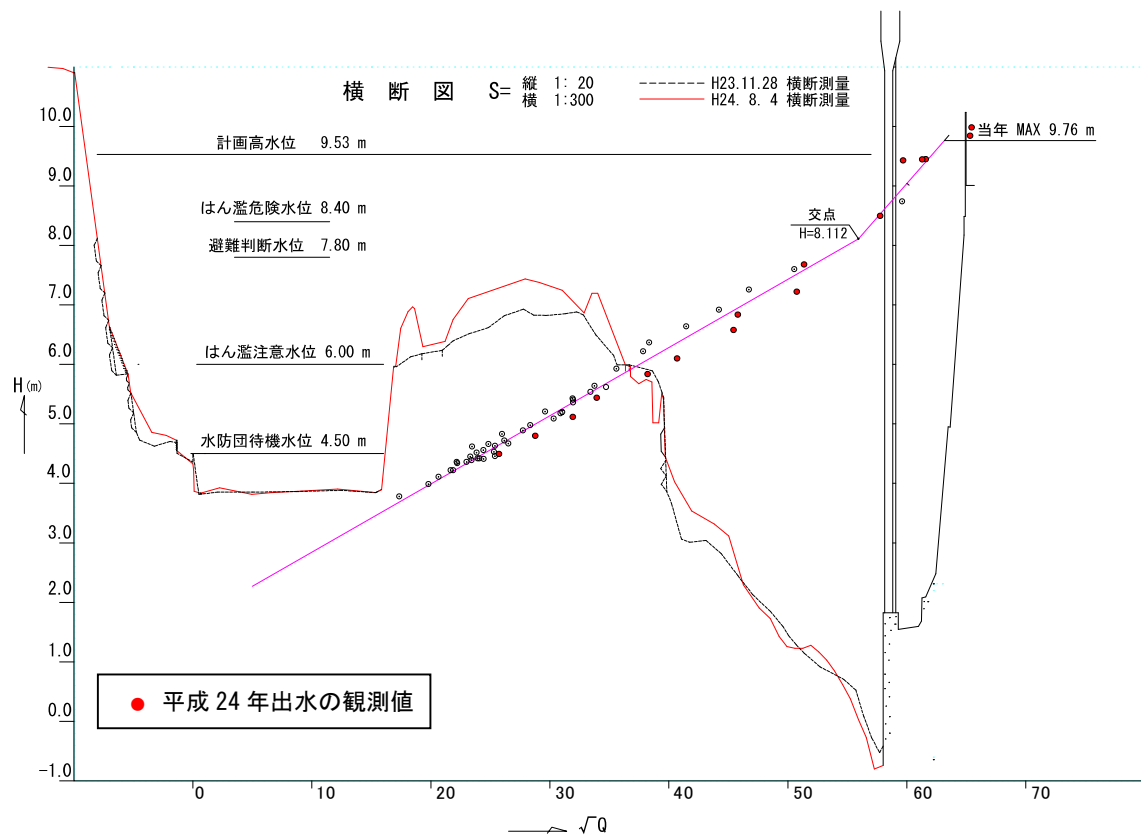


図 2.1.1 船小屋地点における $H-\sqrt{Q}$ 図（平成 24 年 7 月出水）

3. 流出計算に使用するデータの点検

3.1 地上雨量観測雨量の妥当性の確認

平成 24 年洪水時の矢部川流域において、局所的な降雨分布が地上観測雨量で捉えられているか確認するため、一連の降雨時間について、(1) 雨量観測所による等雨量線図、(2) C バンドレーダ（同時刻全国合成レーダ）による時間雨量分布図を比較した。比較に用いるレーダ雨量は全国同時刻合成データを使用した。なお、等雨量線図の作成にあたっては国、県などの雨量観測所のデータを用いて行った。

これによると総雨量では概ね同程度の降雨分布を示すことがわかる。なお、等雨量コンターと C バンドレーダによる時間雨量分布図をもとに、ティーセン分割による流域平均雨量を算定した場合、時刻変化及び総雨量の変化が小さいことがわかる。

以上より、平成 24 年洪水のレーダ雨量による局所的な降雨分布は、地上雨量観測所でも捉えられていることを確認した。

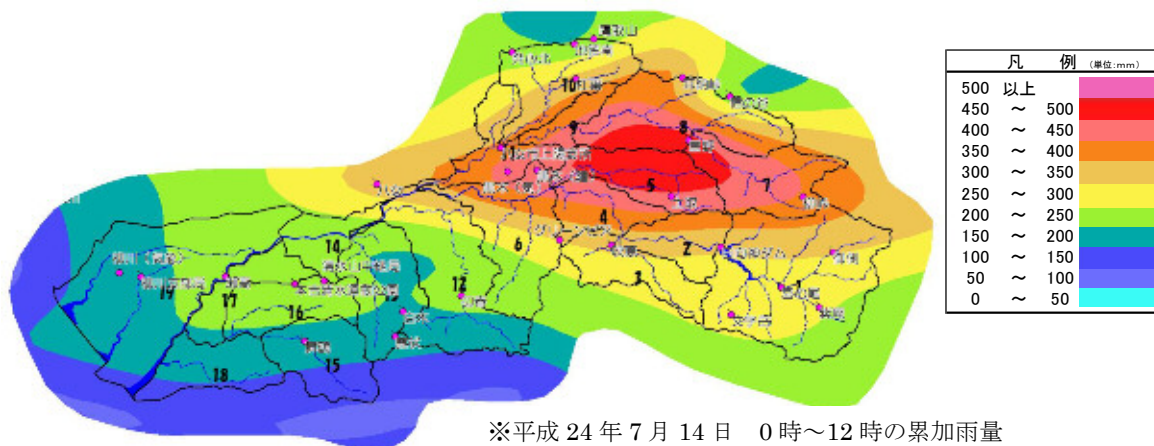


図 3.1.1 地上観測雨量における等雨量線図

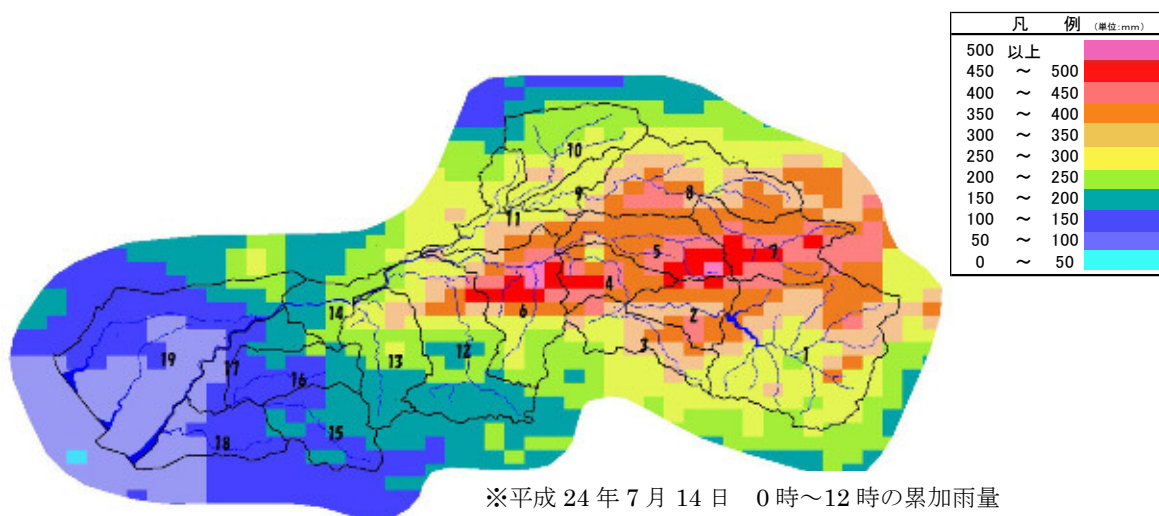


図 3.1.2 C バンドレーダ（同時刻全国合成レーダ）雨量分布図

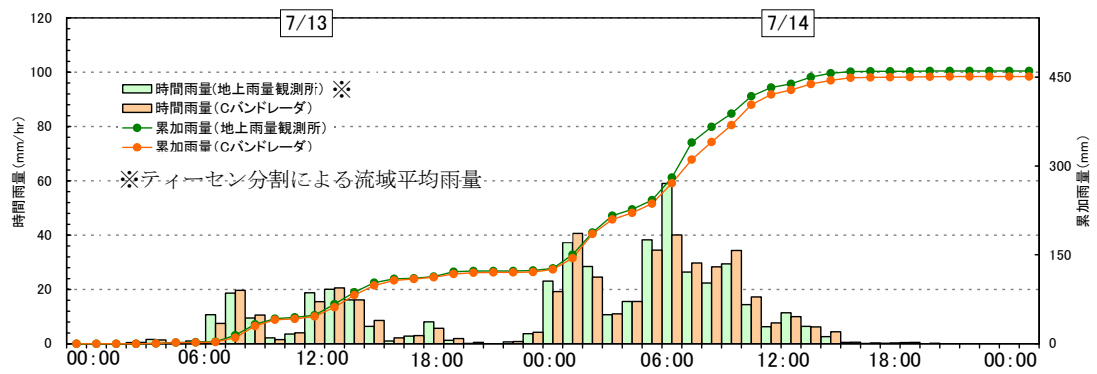


図 3.1.3 (1) 船小屋地点上流域における降雨ハイトグラフ

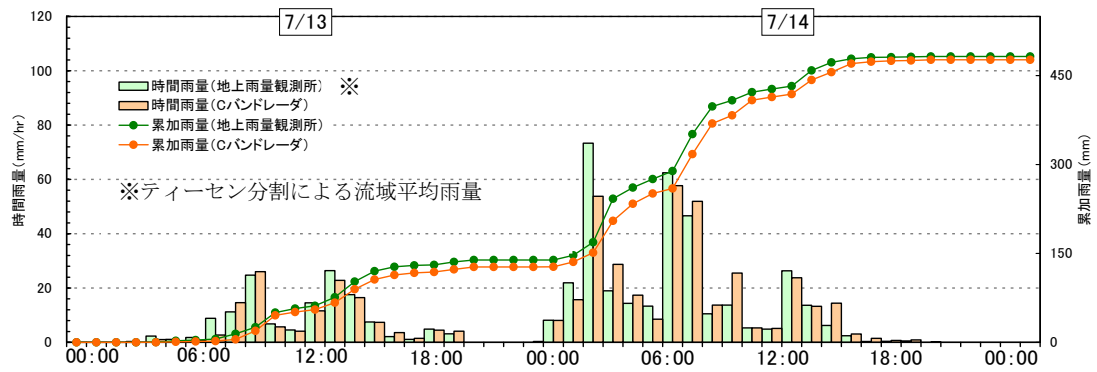


図 3.1.3 (2) 日向神ダム上流域における降雨ハイトグラフ

表 3.1.1 平成 24 年 7 月洪水 時間雨量表

船小屋上流域				
時刻	地上雨量観測所		C バンドレーダ	
	時間雨量 (mm)	累加雨量 (mm)	時間雨量 (mm)	累加雨量 (mm)
0:00	0.0	0.0	0.0	0.0
1:00	0.0	0.0	0.0	0.0
2:00	0.0	0.0	0.0	0.0
3:00	0.0	0.0	0.0	0.0
4:00	0.5	0.5	0.5	0.5
5:00	1.6	2.1	1.4	2.0
6:00	0.4	2.5	0.2	2.2
7:00	1.0	3.5	0.6	2.8
8:00	10.7	14.3	7.5	10.3
9:00	18.7	32.9	19.7	30.0
10:00	9.5	42.4	10.6	40.6
11:00	2.2	44.6	1.5	42.1
12:00	3.6	48.2	4.1	46.2
13:00	18.8	67.0	15.5	61.7
14:00	20.1	87.1	20.6	82.2
15:00	16.1	103.2	16.1	98.4
16:00	6.4	109.6	8.6	107.0
17:00	1.0	110.6	2.2	109.2
18:00	2.8	113.4	3.0	112.2
19:00	8.1	121.5	5.7	117.9
20:00	1.3	122.8	1.9	119.8
21:00	0.1	122.9	0.5	120.3
22:00	0.0	122.9	0.0	120.3
23:00	0.7	123.6	0.8	121.2
0:00	3.7	127.4	4.2	125.4
1:00	23.1	150.4	19.2	144.6
2:00	37.3	187.7	40.7	185.3
3:00	28.5	216.2	24.6	209.8
4:00	10.7	226.9	11.0	220.8
5:00	15.6	242.5	15.6	236.4
6:00	38.2	280.7	34.5	270.9
7:00	59.0	339.7	40.1	310.9
8:00	26.4	366.1	29.7	340.7
9:00	22.3	388.5	28.3	369.0
10:00	29.4	417.9	34.4	403.4
11:00	14.4	432.4	17.3	420.6
12:00	6.3	438.6	7.7	428.3
13:00	11.4	450.1	10.0	438.3
14:00	6.4	456.5	6.2	444.5
15:00	2.6	459.1	4.4	449.0
16:00	0.5	459.7	0.6	449.6
17:00	0.1	459.8	0.3	449.9
18:00	0.2	459.9	0.3	450.2
19:00	0.4	460.4	0.5	450.8
20:00	0.0	460.4	0.2	451.0
21:00	0.0	460.4	0.0	451.0
22:00	0.0	460.4	0.0	451.0
23:00	0.0	460.4	0.0	451.0
0:00	0.0	460.4	0.0	451.0

日向神ダム上流域				
時刻	地上雨量観測所		C バンドレーダ	
	時間雨量 (mm)	累加雨量 (mm)	時間雨量 (mm)	累加雨量 (mm)
0:00	0.0	0.0	0.0	0.0
1:00	0.0	0.0	0.0	0.0
2:00	0.0	0.0	0.0	0.0
3:00	0.0	0.0	0.0	0.0
4:00	0.3	0.3	0.0	0.0
5:00	2.3	2.6	1.0	1.0
6:00	1.1	3.7	0.5	1.5
7:00	1.8	5.5	0.7	2.2
8:00	8.8	14.3	2.7	4.9
9:00	11.2	25.5	14.6	19.5
10:00	24.7	50.2	26.0	45.5
11:00	6.8	57.0	5.7	51.2
12:00	4.5	61.5	4.1	55.3
13:00	14.5	76.0	11.6	66.9
14:00	26.4	102.4	22.8	89.7
15:00	17.6	120.0	16.5	106.2
16:00	7.5	127.5	7.4	113.6
17:00	2.1	129.6	3.6	117.2
18:00	1.1	130.7	1.5	118.7
19:00	4.9	135.6	4.5	123.2
20:00	3.2	138.8	4.1	127.3
21:00	0.0	138.8	0.0	127.3
22:00	0.0	138.8	0.0	127.3
23:00	0.0	138.8	0.0	127.3
0:00	0.0	138.8	0.3	127.6
1:00	8.1	146.9	8.1	135.7
2:00	21.9	168.8	15.7	151.4
3:00	73.3	242.1	53.8	205.2
4:00	19.0	261.1	28.7	233.9
5:00	14.3	275.4	17.4	251.3
6:00	13.3	288.7	8.5	259.8
7:00	62.4	351.1	57.7	317.5
8:00	46.6	397.7	51.9	369.4
9:00	10.5	408.2	13.7	383.1
10:00	13.7	421.9	25.5	408.6
11:00	5.3	427.2	5.3	413.9
12:00	4.9	432.1	5.1	419.0
13:00	26.4	458.5	23.8	442.8
14:00	13.6	472.1	13.3	456.1
15:00	6.2	478.3	14.4	470.5
16:00	2.4	480.7	3.1	473.6
17:00	0.3	481.0	1.5	475.1
18:00	0.4	481.4	0.7	475.8
19:00	0.5	481.9	0.9	476.7
20:00	0.0	481.9	0.1	476.8
21:00	0.0	481.9	0.0	476.8
22:00	0.0	481.9	0.0	476.8
23:00	0.0	481.9	0.0	476.8
0:00	0.0	481.9	0.0	476.8

※ティーセン分割による流域平均雨量

なお、池の山観測所については、欠測期間が多かったため使用しないこととした。



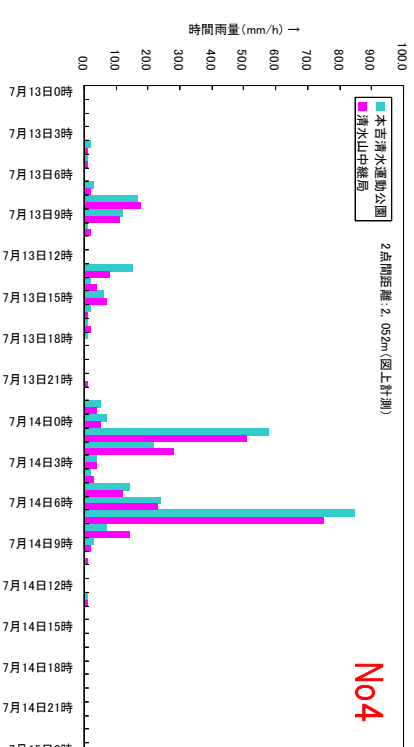
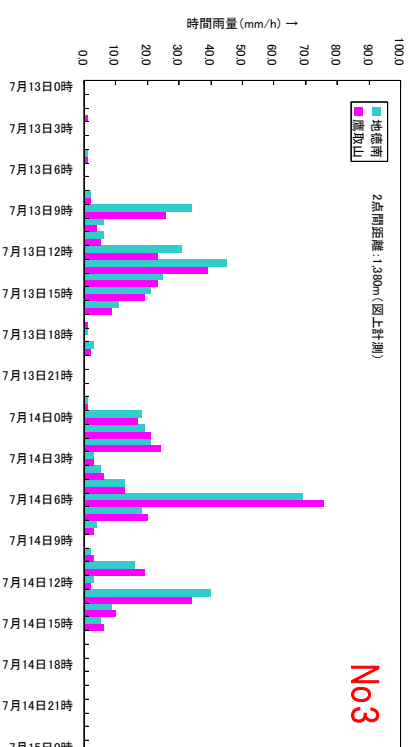
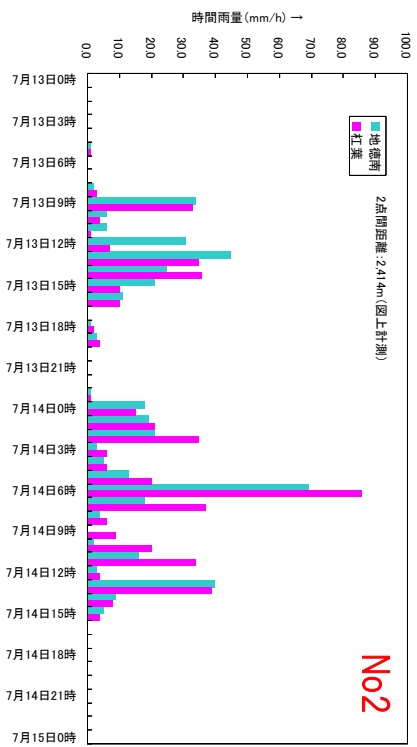
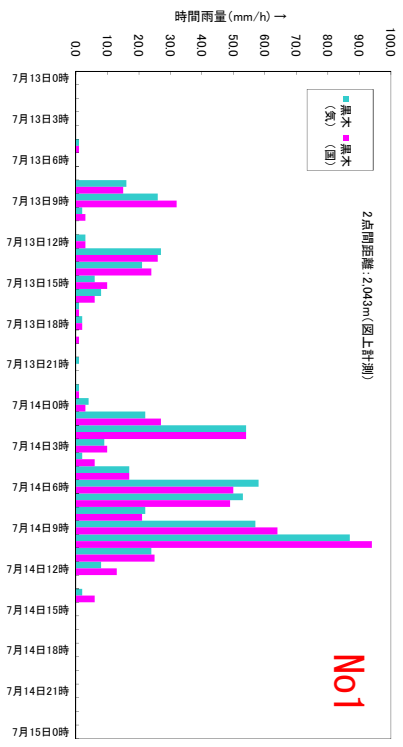


図 3.1.5 近傍雨量観測所における降雨ハイトグラフの比較 (No.1~No.4)

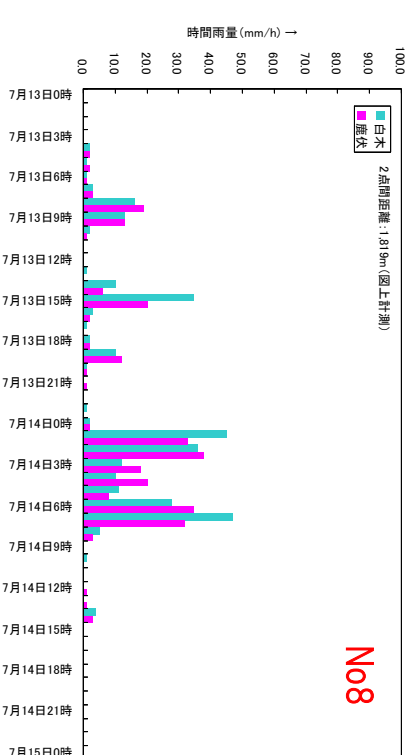
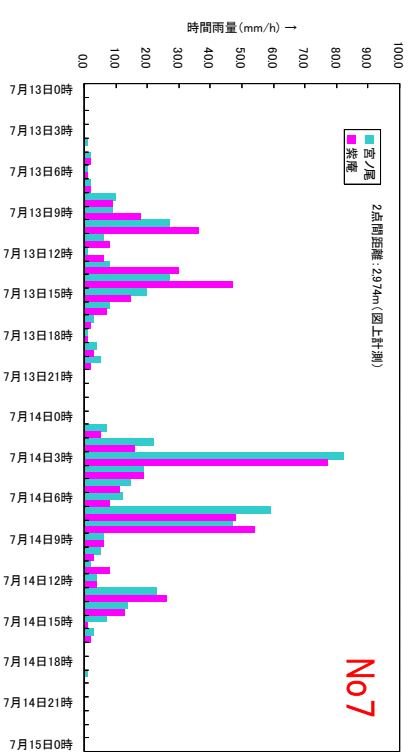
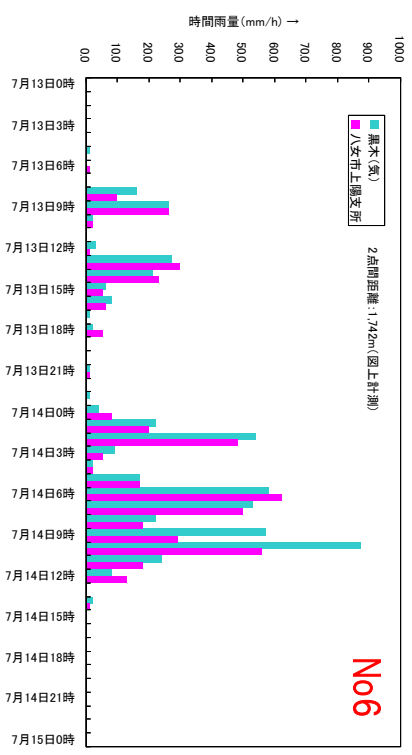
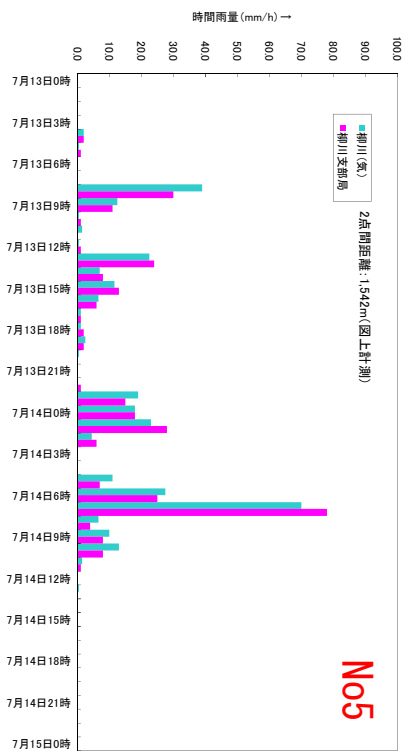


図 3.1.6 近傍雨量観測所における降雨ハイトグラフの比較 (No.5~No.8)

表 3.1.2 平成 24 年 7 月洪水 雨量観測所別時間雨量一覧表

日時	込春	柴庵	宮ノ尾	八女	舞鶴	瀬高	白木	紅葉	星野	黒木(気)	黒木(国)	吹原	御側	日向神	池の山	大川	長延	本吉清水運動公園	柳川支部局	鹿伏	八女市上陽支所	柳峠	耳納峠	グリーンピア	土取	地徳南	発心北	鷹取山	宿の谷	柳川(気)	文字岳	清水山中継局	歴木中学校	大牟田支部局	大牟田(気)
所管	県	県	県	県	国	国	国	国	市	気	国	国	県	県	県	国	国	県	県	県	県	県	県	県	県	県	県	県	県	気	県	県	県	県	気
7月13日0時	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
7月13日1時	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7月13日2時	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7月13日3時	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7月13日4時	2.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		1.0	0.0	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.5
7月13日5時	2.0	2.0	2.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0		1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	0.0	2.0	0.0	3.0	2.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.5	1.5	1.0	7.0	8.0	9.5
7月13日6時	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0		0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	6.0	8.0	2.5
7月13日7時	3.0	2.0	2.0	0.0	5.0	1.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0		1.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	2.0	12.0	8.0	13.0
7月13日8時	16.0	9.0	10.0	22.0	17.0	21.0	16.0	3.0	3.0	16.0	15.0	10.0	6.0	9.0		57.0	12.0	17.0	30.0	19.0	10.0	6.0	2.0	18.0	8.0	2.0	3.0	2.0	1.0	39.0	13.0	18.0	8.0	7.0	5.0
7月13日9時	14.0	18.0	9.0	26.0	10.0	9.0	13.0	33.0	14.0	26.0	32.0	20.0	9.0	11.0		13.0	41.0	12.0	11.0	13.0	26.0	13.0	25.0	34.0	18.0	34.0	34.0	26.0	9.0	12.5	6.0	11.0	10.0	7.0	6.0
7月13日10時	4.0	36.0	27.0	1.0	0.0	1.0	2.0	4.0	13.0	2.0	3.0	7.0	23.0	22.0		4.0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	12.0	7.0	2.0	8.0	6.0	5.0	4.0	5.0	0.5	14.0	2.0	0.0	0.0	0.5
7月13日11時	0.0	8.0	6.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	5.0	3.0		1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	0.0	0.0	6.0	12.0	5.0	0.0	1.5	14.0	0.0	1.0	0.0	0.0
7月13日12時	0.0	6.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	7.0	6.0	3.0	3.0	0.0	2.0	1.0		3.0	7.0	0.0	1.0	0.0	1.0	4.0	4.0	1.0	2.0	31.0	33.0	23.0	4.0	0.5	14.0	0.0	0.0	1.0	0.0
7月13日13時	1.0	30.0	8.0	25.0	0.0	15.0	1.0	35.0	36.0	27.0	26.0	17.0	9.0	9.0		9.0	26.0	15.0	24.0	0.0	30.0	17.0	24.0	17.0	25.0	45.0	46.0	39.0	29.0	22.5	10.0	8.0	0.0	0.0	0.0
7月13日14時	12.0	47.0	27.0	20.0	4.0	5.0	10.0	36.0	19.0	21.0	24.0	18.0	16.0	13.0		24.0	20.0	2.0	8.0	6.0	23.0	12.0	26.0	20.0	22.0	25.0	32.0	23.0	13.0	7.0	27.0	4.0	0.0	0.0	0.0
7月13日15時	26.0	15.0	20.0	10.0	30.0	10.0	35.0	10.0	21.0	6.0	10.0	15.0	24.0	9.0		51.0	23.0	6.0	13.0	20.0	5.0	7.0	6.0	31.0	17.0	21.0	22.0	19.0	8.0	11.5	20.0	7.0	1.0	0.0	0.5
7月13日16時	2.0	7.0	8.0	12.0	3.0	5.0	3.0	10.0	7.0	8.0	6.0	5.0	8.0	7.0		2.0	17.0	2.0	6.0	2.0	6.0	4.0	7.0	7.0	9.0	11.0	12.0	9.0	5.0	6.5	9.0	1.0	5.0	1.0	5.5
7月13日17時	1.0	2.0	3.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	2.0	1.0		2.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	3.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	2.0	2.0	0.0	1.0	0.5
7月13日18時	2.0	1.0	1.0	9.0	2.0	5.0	2.0	2.0	9.0	2.0	2.0	3.0	1.0	1.0		4.0	2.0	1.0	2.0	2.0	5.0	2.0	3.0	5.0	4.0	1.0	3.0	0.0	5.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.5
7月13日19時	19.0	3.0	4.0	0.0	5.0	0.0	10.0	4.0	10.0	0.0	1.0	12.0	5.0	8.0		1.0	1.0	0.0	2.0	12.0	0.0	10.0	2.0	28.0	15.0	3.0	3.0	2.0	5.0	2.5	4.0	0.0	6.0	5.0	8.5
7月13日20時	1.0	2.0	5.0	0.0	3.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	3.0	2.0		4.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	5.0	0.0	3.0	2.0	2.5
7月13日21時	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.5
7月13日22時	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
7月13日23時	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	8.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0		21.0	6.0	5.0	15.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	0.0	19.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0
7月14日0時	2.0	0.0	0.0	18.0	4.0	17.0	2.0	15.0	1.0	4.0	3.0	0.0	0.0	0.0		4.0	24.0	7.0	18.0	2.0	8.0	0.0	4.0	1.0	1.0	18.0	30.0	17.0	0.0	18.0	0.0	5.0	3.0	3.0	6.0
7月14日1時	34.0	5.0	7.0	29.0	59.0	44.0	45.0	21.0	26.0	22.0	27.0	23.0	6.0	15.0		2.0	20.0	58.0	28.0	33.0	20.0	16.0	17.0	35.0	21.0	19.0	22.0	21.0	4.0	23.0	9.0	51.0	10.0	15.0	6.0
7月14日2時	36.0	16.0	22.0	36.0	26.0	9.0	36.0	35.0	51.0	54.0	54.0	48.0	17.0	31.0		2.0	24.0	22.0	6.0	38.0	48.0	27.0	51.0	59.0	45.0	21.0	24.0	24.0	16.0	4.5	30.0	28.0	43.0	41.0	34.5
7月14日3時	14.0	77.0	82.0	0.0	9.0	0.0	12.0	6.0	19.0	9.0	10.0	29.0	68.0	56.0		0.0	0.0	4.0	0.0	18.0	5.0	38.0	15.0	28.0	31.0	3.0	3.0	3.0	4.0	0.0	96.0	4.0	17.0	14.0	12.5
7月14日4時	16.0	19.0	19.0	1.0	11.0	1.0	10.0	6.0	9.0	2.0	6.0	11.0	26.0	15.0		0.0	1.0	2.0	0.0	20.0	2.0	17.0	6.0	10.0	9.0	5.0	5.0	6.0	2.0	0.0	11.5	3.0	20.0	17.0	17.5
7月14日5時	12.0	11.0	15.0	13.0	11.0	13.0	11.0	20.0	24.0	17.0	17.0	22.0	15.0	21.0		27.0	6.0	14.0	7.0	8.0	17.0	16.0	17.0	14.0	14.0	13.0	15.0	13.0	7.0	11.0	11.5	12.0	9.0	12.0	8.0
7月14日6時	34.0	8.0	12.0	46.0	36.0	25.0	28.0	86.0	51.0	58.0	50.0	34.0	13.0	21.0		63.0	59.0	24.0	25.0	35.0	62.0	22.0	75.0	40.0	33.0	69.0	82.0	76.0	40.0	27.5	14.0	23.0	29.0	27.0	29.0
7月14日7時	56.0	48.0	59.0	40.0	31.0	84.0	47.0	37.0	74.0	53.0	49.0	69.0	74.0	83.0		3.0	19.0	85.0	78.0	32.0	50.0	81.0	62.0	50.0	73.0	18.0	17.0	20.0	65.0	70.0	45.0	75.0	2.0	1.0	7.0
7月14日8時	9.0	54.0	47.0	19.0	1.0	4.0	5.0	6.0	20.0	22.0	21.0	45.0	49.0	42.0		8.0	6.0	7.0	4.0	3.0	18.0	37.0	11.0	31.0	61.0	4.0	3.0	3.0	4.0	6.5	38.0	14.0	0.0	0.0	0.0
7月14日9時	1.0	6.0	6.0	50.0	0.0	12.0	0.0	9.0	42.0	57.0	64.0	15.0	10.0	9.0		7.0	9.0	3.0	8.0	0.0	29.0	55.0	21.0	17.0	65.0	0.0	0.0	0.0	12.0	10.0	6.0	2.0	0.0	0.0	0.0
7月14日10時	0.0	3.0	5.0	44.0	0.0	9.0	1.0	20.0	96.0	87.0	94.0	18.0	28.0	13.0		11.0	25.0	0.0	8.0	0.0	56.0	52.0	36.0	19.0	61.0	2.0	3.0	3.0	25.0	13.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0
7月14日11時	0.0	8.0	2.0	27.0	0.0	0.0	0.0	34.0	33.0	24.0	25.0	3.0	3.0	1.0		7.0	26.0	0.0	1.0	0.0	18.0	25.0	28.0	6.0	35.0	16.0	10.0	19.0	19.0	1.5	4.0	0.0	0.0	0.0	2.0
7月14日12時	0.0	4.0	4.0	1.0	0.0	0.0	0.0	4.0	17.0	8.0	13.0	6.0	2.0	8.0		20.0	14.0	0.0	0.0	1.0	13.0	15.0	13.0	1.0	3.0	3.0	6.0	2.0	10.0	0.0	5.0	0.0	3.0	4.0	6.0
7月14日13時	2.0	26.0	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.0	0.0	0.0	0.0	6.0	31.0	26.0		20.0	32.0	1.0	0.0	1.0	0.0	19.0	6.0	1.0	3.0	40.0	53.0	34.0	0.0	0.5	27.0	1.0	2.0	0.0	0.5
7月14日14時	3.0	13.0	14.0	0.0	3.0	0.0	4.0	8.0	5.0	2.0	6.0	4.0	10.0	16.0		2.0	1.0	0.0	0.0	3.0	1.0	12.0	6.0	2.0	3.0	9.0	7.0	10.0	2.0	0.0	19.0</				

3.2 日向神ダムにおける実績流入量・放流量について

以下に平成 24 年 7 月 13 日～7 月 15 日にかけての既設日向神ダムの実績流入量と実績放流量を示す。

実績最大流入量は、7 月 14 日 8 時 10 分で約 $1,005\text{m}^3/\text{s}$ であった。

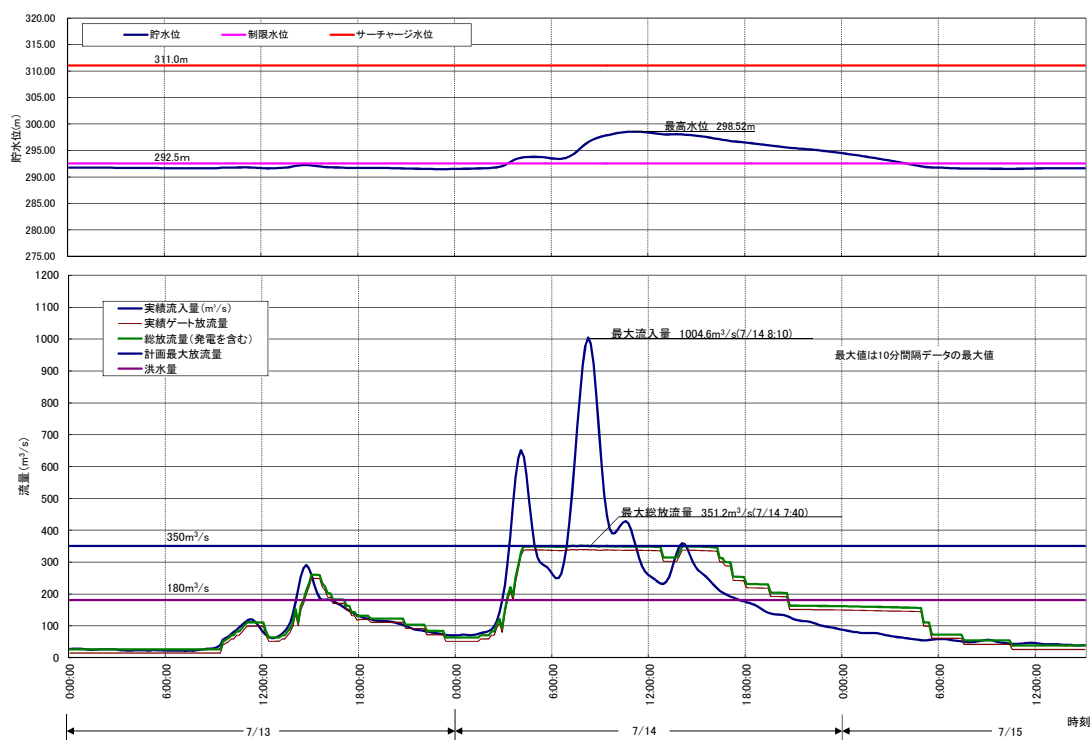


図 3.2.1 平成 24 年 7 月洪水 日向神ダムの実績流入量及び放流量データ

4. 新たな流出解析モデルの構築

4.1 方法

本節では船小屋地点の流量算出に用いた貯留関数法について、構築したモデルの概要としてモデルの基礎式及び構築した流出モデルの模式図について述べる。次にモデル定数として、流域定数及び河道定数を設定した。次に構築したモデルの再現性を確認するため既往出水を対象に再現計算を行った。

4.2 モデルの概要

貯留関数法の基礎式は次の通りである。

【流域の貯留関数及び連続方程式】

$$s_{\ell} = kq_{\ell}^p$$

$$\frac{ds_{\ell}}{dt} = r_{ave} - q_{\ell}$$

$$Q = \frac{1}{3.6} f_1 A q_1 + \frac{1}{3.6} (1 - f_1) A q_{sa,1} + Q_b$$

s_{ℓ} : みかけの流域貯留高(mm)

r_{ave} : 流域平均降雨強度(mm/h)

q_{ℓ} : 遅滞時間を考慮した流域からの直接流出高(mm/h)

k, p : 流域による定数

f_1 : 一次流出率

A : 流域面積(km²)

q_1 : 全降雨による流出高(mm/h)

$q_{sa,1}$: 飽和点以後の降雨による流出高(mm/h),

Q_b : 基底流量(m³/s)

【河道区間の貯留関数及び連続方程式】

$$S_{\ell}(t) = KQ_{\ell}^P - T_{\ell}Q_{\ell}$$

$$\frac{dS_{\ell}}{dt} = \sum_{j=1}^n f_j I_j - Q_{\ell}$$

S_{ℓ} : みかけの河道貯留量((m³/s)h)

Q_{ℓ} : 遅滞時間を考慮した河道区間下流端流量(m³/s)

T_{ℓ} : 遅滞時間(h)

I_j : 流入量群(m³/s)、流域、支川等から対象河道区間に流入する量又は河道区間上流端流量

K 、 P : 河道による定数

f_j : 流入係数

4.3 モデル分割

構築した流出モデルの模式図を図 4.3.1 に示す。流域全体は 19 分割、河道は 12 分割とする。

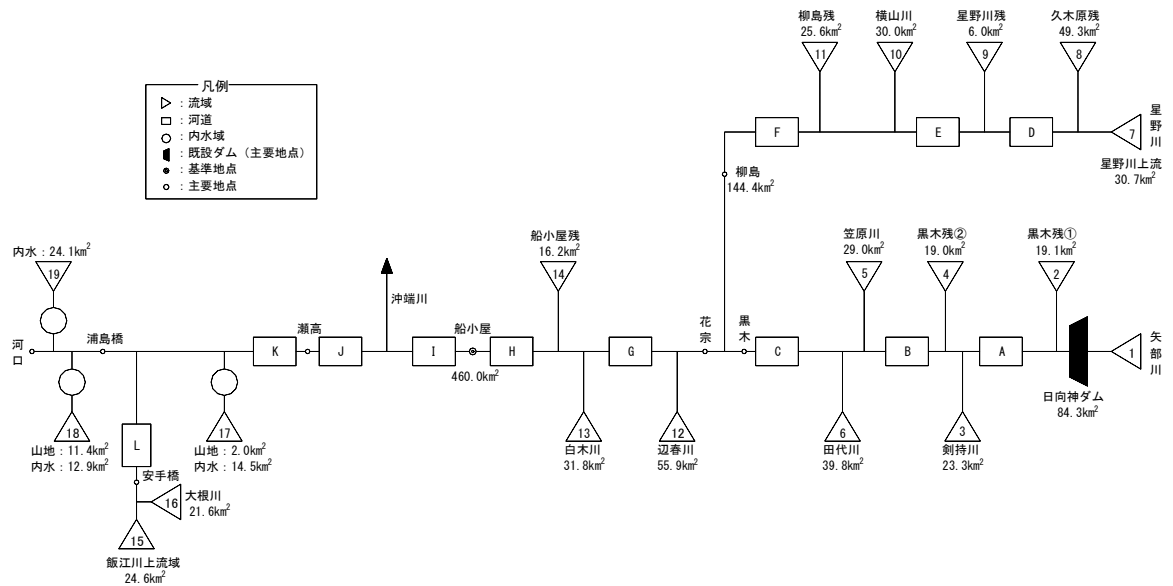


図 4.3.1 矢部川における流出モデル模式図



図 4.3.2 矢部川における流域分割図

4.4 定数の設定

4.4.1 流域定数の設定

(1) f1、Rsa の設定

1) 定数設定の考え方

矢部川流域では、既設ダムである日向神ダム（昭和 35 年運用開始）が存在し支川を合流しながら基準地点船小屋にて水位流量観測が行われている。そのため f1、Rsa の検討は、過去からの流量データが存在する日向神ダム地点と船小屋地点でそれぞれ定数を設定することとした。

検討にあたっては、各洪水のハイドログラフから基底流出と表面流出の成分分離を行った。次に成分分離の結果から、各地点の総降雨量と総流出高の関係を整理し、船小屋上流域及び日向神ダム上流域の f1、Rsa の設定を行った。

2) 検討対象洪水の選定

f1、Rsa の検討にあたり、次のとおり洪水を選定した。

まず過去の主要洪水（後述する 15 洪水）の中で実績水位データ及び実績流量データが存在する 13 洪水を選定した（船小屋水位観測所のテレメータの運用開始が昭和 49 年以降であるため、主要洪水のうち昭和 28 年洪水及び昭和 47 年洪水は対象外）。

次に雨量観測所の整備が充実した近年 10 ヶ年相当（平成 13 年～平成 24 年）において、はん濫注意水位相当まで水位が到達した洪水を追加で 25 洪水選定し、合計 38 洪水を対象とした。（表 4.4.1）

表 4.4.1 f1、Rsa の検討対象洪水一覧表

No	洪水名	No	洪水名
1	S.54. 6.27 ※	20	H.17.7.10
2	S.54. 6.29 ※	21	H.17.9.6
3	S.55. 7. 9 ※	22	H.18.6.25
4	S.57. 7.24 ※	23	H.18.7.4
5	S.60. 6.29 ※	24	H.18.7.19
6	S.63. 6.23 ※	25	H.19.7.6 ※
7	H. 2. 7. 2 ※	26	H.20.6.19
8	H. 5. 6.18 ※	27	H.21.6.30 ※
9	H. 9. 8. 6 ※	28	H.21.7.24
10	H.13.6.19	29	H.22.4.22
11	H.13.6.29	30	H.22.5.23
12	H.13.7.6 ※	31	H.22.7.14
13	H.13.7.12	32	H.23.5.10
14	H.14.5.15	33	H.23.6.12
15	H.14.7.18	34	H.23.6.19
16	H.15.7.12	35	H.23.6.27
17	H.15.7.21	36	H.23.7.4
18	H.16.6.26	37	H.23.7.6
19	H.16.9.7	38	H.24.7.14 ※

※…主要洪水

3) 流出成分の分離

流域定数の設定を行う上で、実績流量のハイドログラフをもとに流出成分を分離し、流域定数解析等の洪水ごとに $f1$ 、 Rsa 検討地点（船小屋地点、日向神ダム地点）を対象に、ハイドログラフの低減部の指数低減性を利用する方法²⁾³⁾によって、直接流出成分と間接流出成分の分離を行い、各時刻の直接流出と基底流量を求めた（図 4.4.1）。

一般に、ハイドログラフの低減部を片対数紙に描き、3本の直線で「表面流出成分」、「中間流出成分」、「地下水流出成分」を近似すると、洪水の終わりにから1つ目の折れ点で中間流出の終了時点と考えられている。矢部川では、流域のほとんどが自然地形（森林）であることから、表面流出成分のほかに、側方浸透流（中間流出成分）、地下水流出成分に別れて流出過程をとると想定される。従って、矢部川ではピーク流量時点以降の流量変化を基本3本の直線で分離し、洪水の終わりにから1つ目の折れ点を直接流出の終了点とした（図 4.4.2～図 4.4.4）。（付属資料1、2参照）

初期損失雨量の設定については、洪水の立ち上がり以前の洪水は初期損失雨量として取り扱い、総雨量に含めないものとして整理した。なお、日向神ダム下流（船小屋地点）における $f1$ 、 Rsa の検討では、検討期間の日向神ダムのダム貯留量を流域面積で除してダム貯留高として整理し、下流の流出高に加えて、ダムの影響を考慮した。

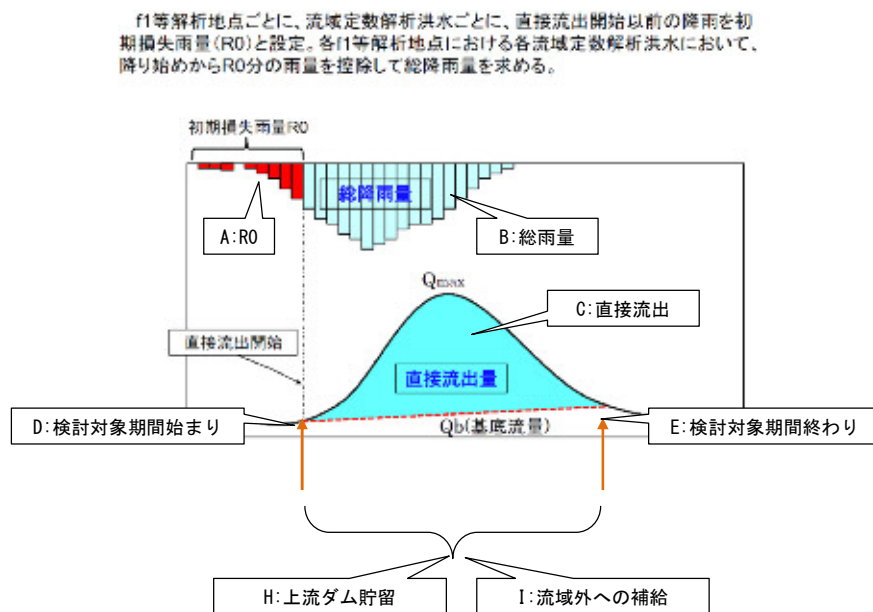
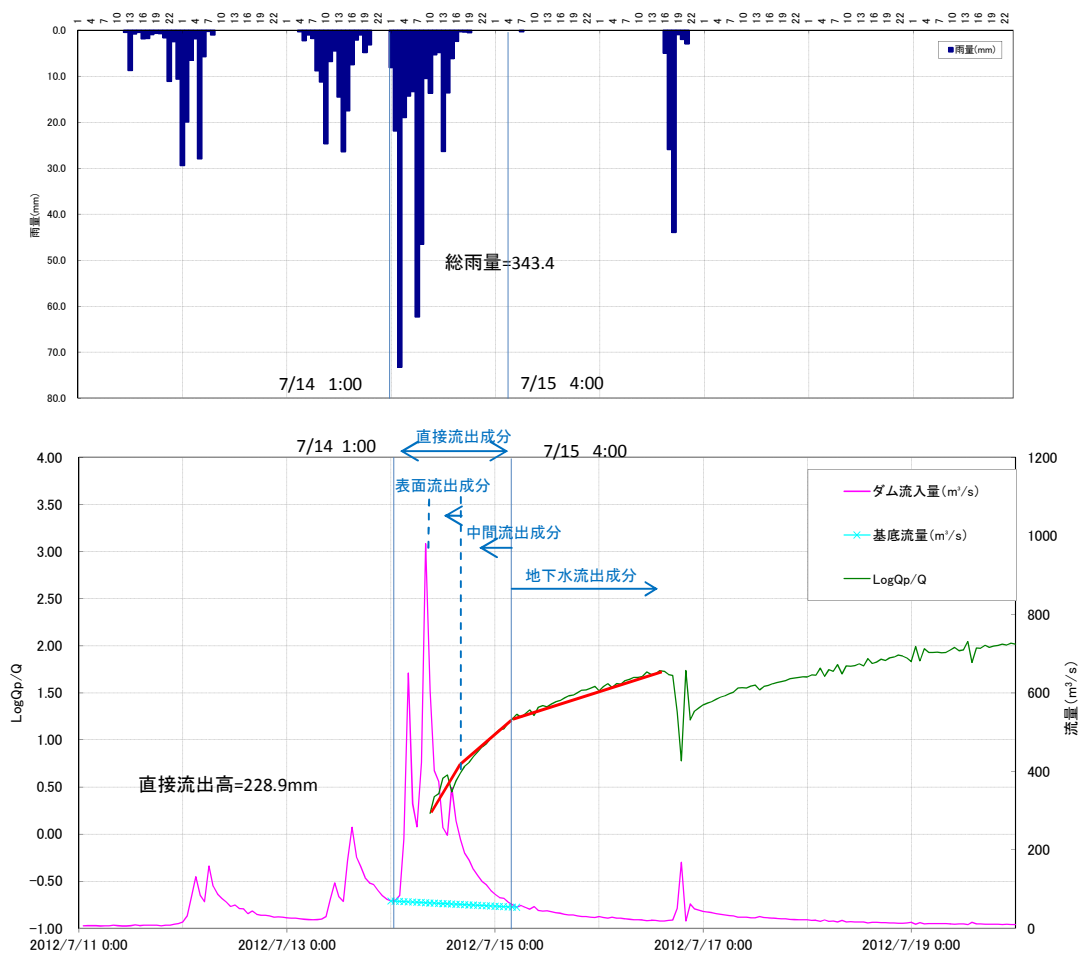
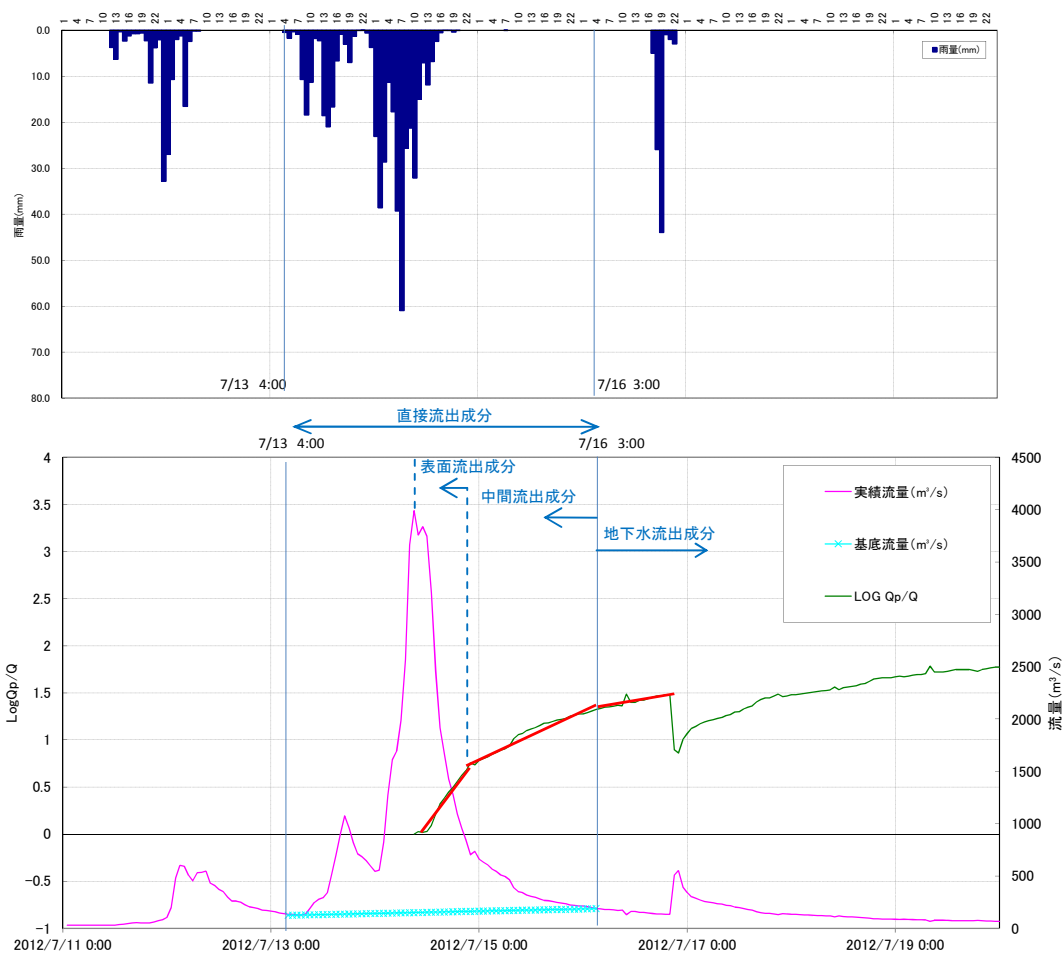


図 4.4.1 成分分離の概念図



※Qp:ピーク流量 Q:時刻流量

図 4.4.2 (1) 成分分離の事例 (日向神ダム地点 H24.7.14 洪水)



※ Q_p :ピーク流量 Q :時刻流量

図 4.4.2 (2) 成分分離の事例 (船小屋地点 H24.7.14 洪水)

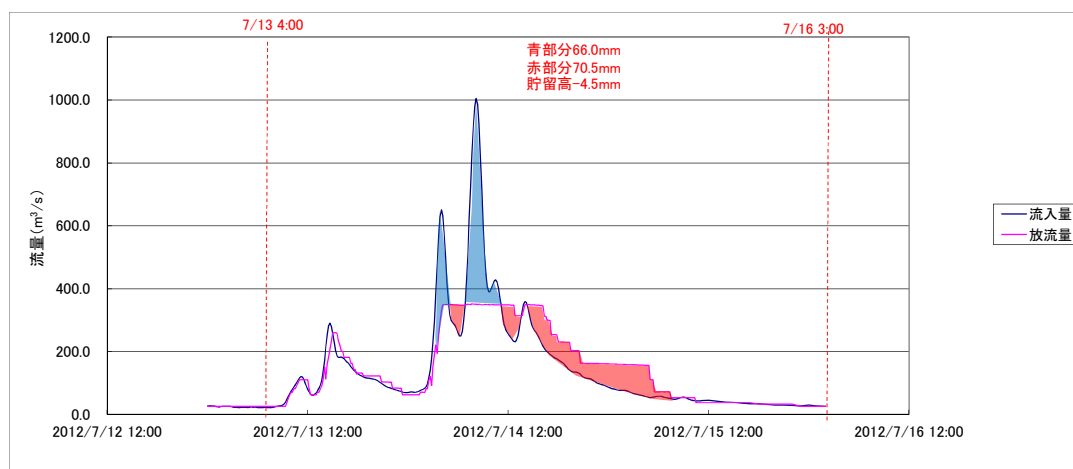
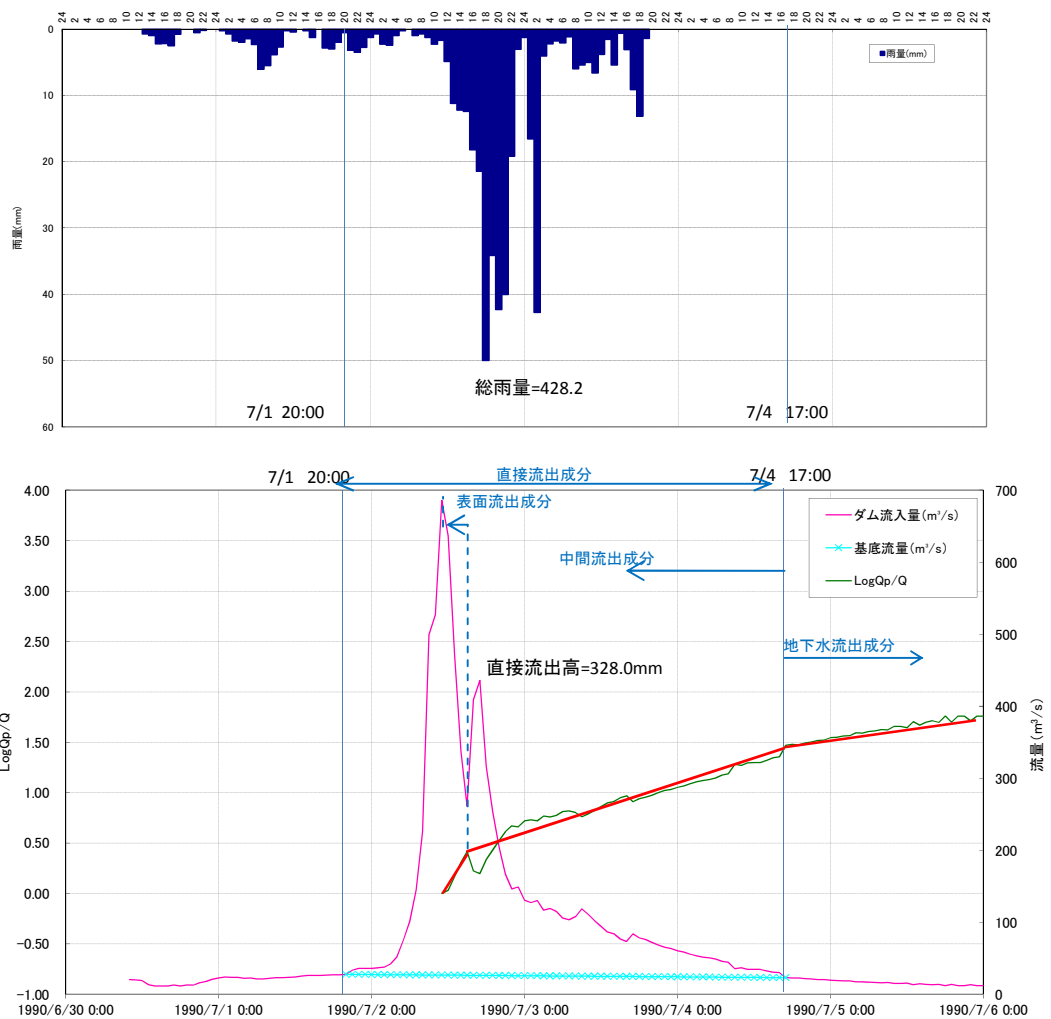
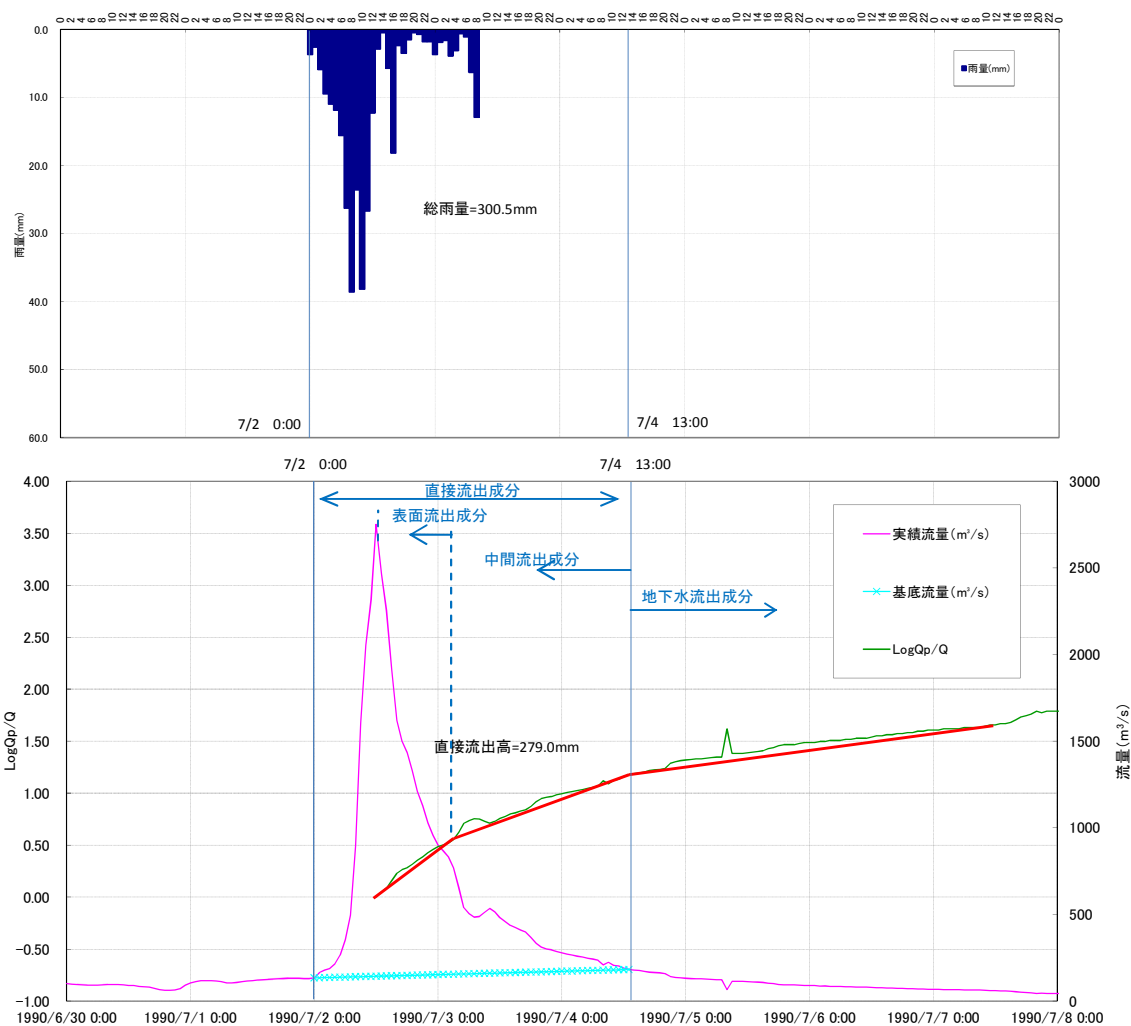


図 4.4.2 (3) 日向神ダム貯留高の算定事例 (H24.7.14 洪水)



※Qp:ピーク流量 Q:時刻流量

図 4.4.3 (1) 成分分離の事例 (日向神ダム地点 H2.7.2 洪水)



※Qp:ピーク流量 Q:時刻流量

図 4.4.3 (2) 成分分離の事例 (船小屋地点 H2.7.2 洪水)

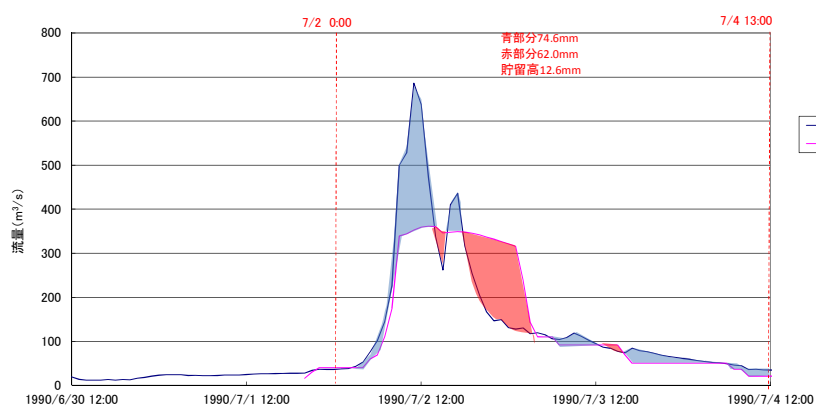
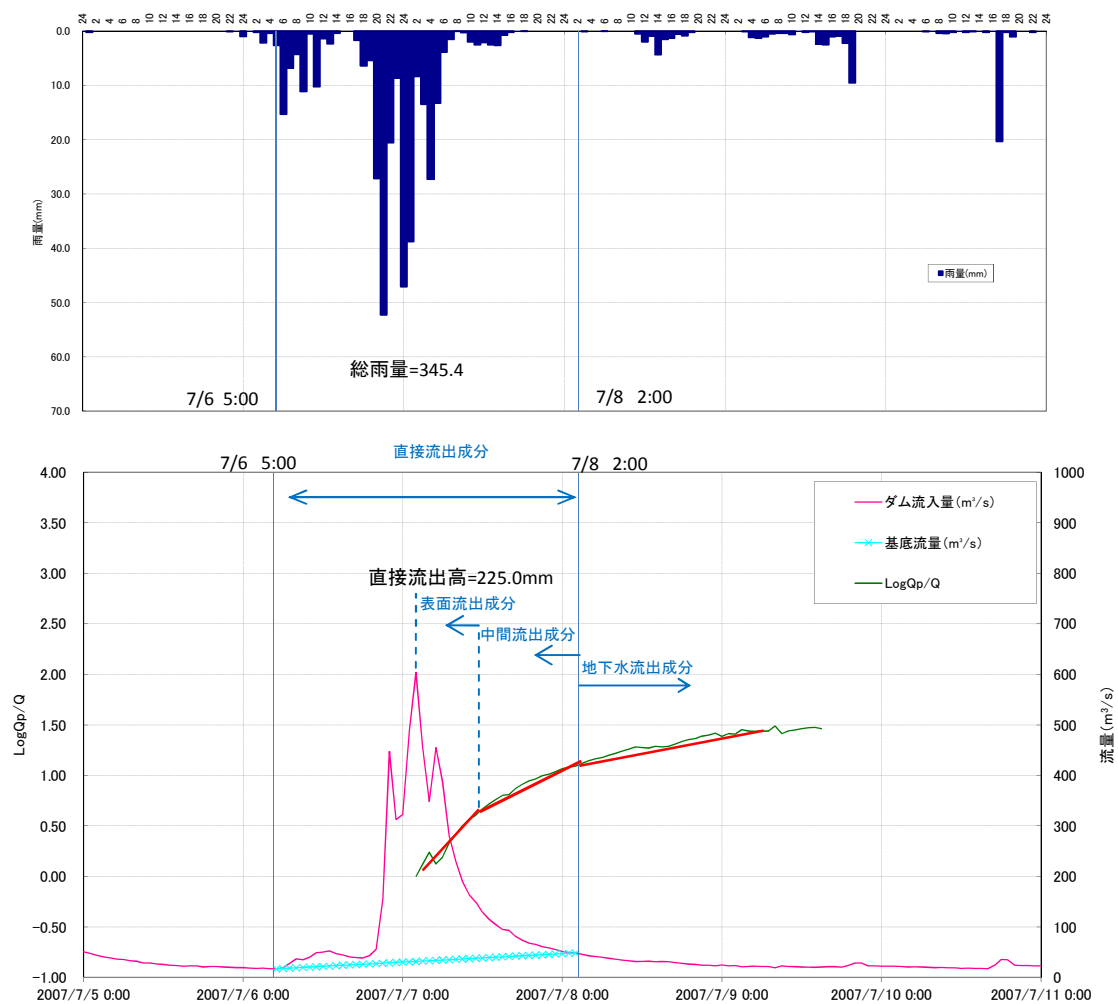
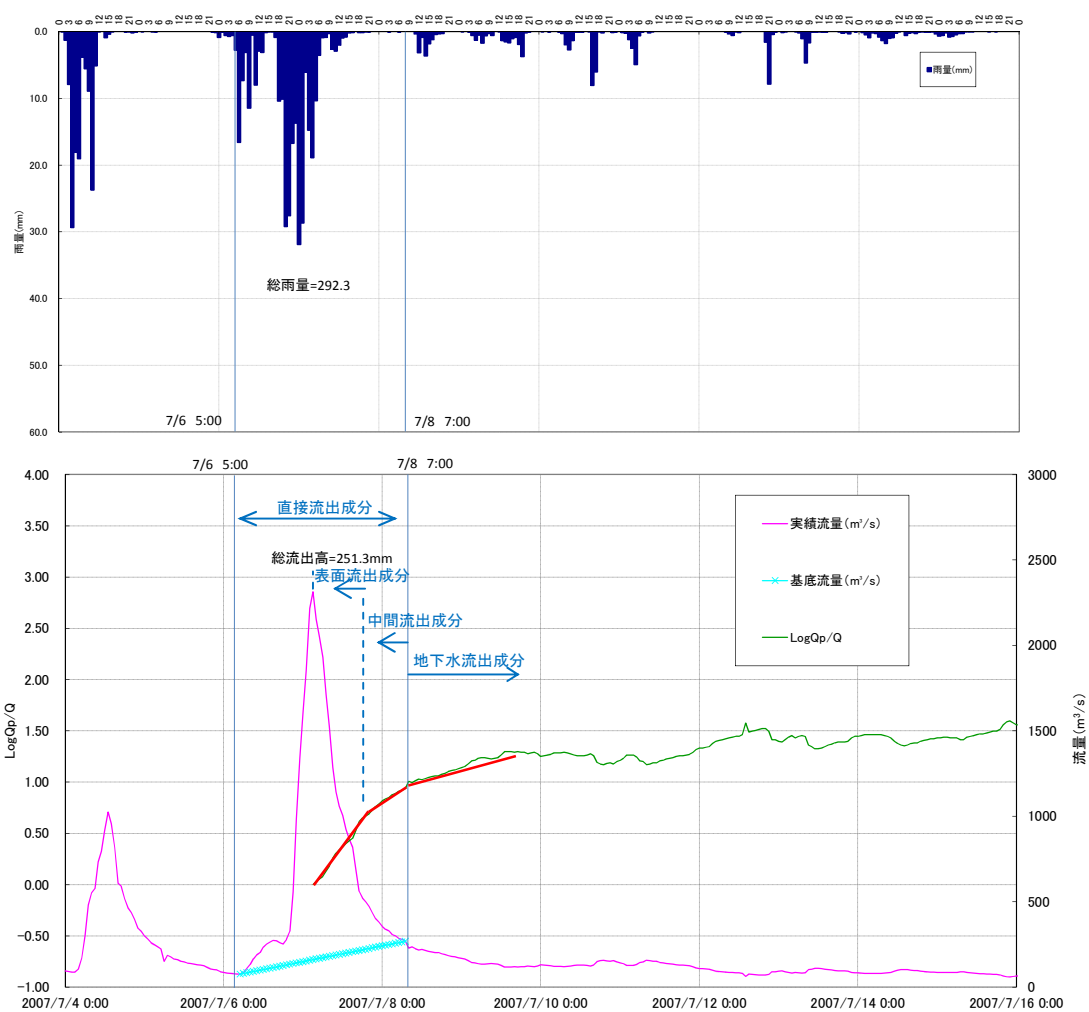


図 4.4.3 (3) 日向神ダム貯留高算定事例 (H2.7.2 洪水)



※Qp:ピーク流量 Q:時刻流量

図 4.4.4 (1) 成分分離の事例 (日向神ダム地点 H19.7.6 洪水)



※Qp:ピーク流量 Q:時刻流量

図 4.4.4 (2) 成分分離の事例 (船小屋地点 H19.7.6 洪水)

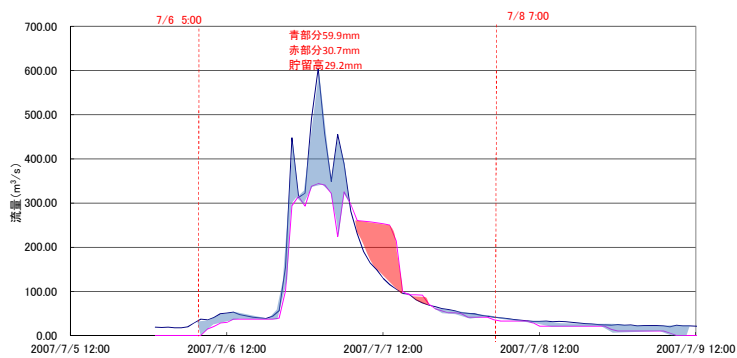


図 4.4.4 (3) 日向神ダム貯留高算定事例 (H19.7.6 洪水)

表 4.4.2 (1) 流出成分の分離による総雨量・総流出高の算定結果（日向神ダム地点）

No	洪水名	総雨量 (mm)	総流出高 (mm)	No	洪水名	総雨量 (mm)	総流出高 (mm)
1	S.54. 6.27	481.8	274.2	20	H.17.7.10	446.0	301.0
2	S.54. 6.29	479.6	272.6	21	H.17.9.6	242.8	121.1
3	S.55. 7. 9	204.9	105.7	22	H.18.6.25	235.5	141.9
4	S.57. 7.24	310.4	192.6	23	H.18.7.4	175.1	81.8
5	S.60. 6.29	168.9	89.5	24	H.18.7.19	354.1	205.2
6	S.63. 6.23	253.6	142.5	25	H.19.7.6	345.4	225.0
7	H. 2. 7. 2	428.2	328.0	26	H.20.6.19	100.4	48.9
8	H. 5. 6.18	313.2	245.0	27	H.21.6.29	505.8	363.1
9	H. 9. 8. 6	109.6	67.7	28	H.21.7.24	341.3	209.0
10	H.13.6.19	297.8	152.7	29	H.22.4.22	121.5	51.6
11	H.13.6.29	220.8	135.8	30	H.22.5.23	266.8	166.3
12	H.13.7.6	180.5	79.5	31	H.22.7.14	318.8	192.2
13	H.13.7.12	180.8	95.5	32	H.23.5.10	180.3	80.2
14	H.14.5.15	156.4	69.8	33	H.23.6.12	256.1	148.0
15	H.14.7.18	124.2	47.5	34	H.23.6.19	298.2	180.3
16	H.15.7.12	284.2	177.0	35	H.23.6.27	121.0	40.5
17	H.15.7.21	231.6	141.7	36	H.23.7.4	87.0	31.3
18	H.16.6.26	188.3	58.5	37	H.23.7.6	180.1	86.0
19	H.16.9.7	220.9	116.4	38	H.24.7.14	343.4	228.9

表 4.4.2 (2) 流出成分の分離による総雨量・総流出高の算定結果（船小屋地点）

No	洪水名	日向神 ダム 流入 量 (m ³ /s)	総雨量 (mm)	総流出 高 (mm)	No	洪水名	日向神 ダム 流入 量 (m ³ /s)	総雨量 (mm)	総流出 高 (mm)
1	S.54. 6.27	710	310.4	188.7 (3.8)	20	H.17.7.10	761	245.6	215.1 (44.3)
2	S.54. 6.29	399	380.2	287.0 (27.8)	21	H.17.9.6	392	138.8	54.1 (0.0)
3	S.55. 7. 9	309	203.5	135.0	22	H.18.6.25	270	187.7	151.4
4	S.57. 7.24	545	236.2	162.5 (17.1)	23	H.18.7.4	568	136.5	119.1 (15.5)
5	S.60. 6.29	302	137.6	82.2	24	H.18.7.19	232	248.9	181.5
6	S.63. 6.23	407	227.1	126.5 (18.4)	25	H.19.7.6	604	292.3	251.3 (29.2)
7	H. 2. 7. 2	686	300.5	279.0 (12.6)	26	H.20.6.19	235	282.5	258.7
8	H. 5. 6.18	439	229.2	220.2 (13.1)	27	H.21.6.29	589	375.3	358.7 (37.8)
9	H. 9. 8. 6	224	155.0	106.9	28	H.21.7.24	438	297.7	215.4 (14.7)
10	H.13.6.19	255	293.4	205.2	29	H.22.4.22	109	110.6	49.7
11	H.13.6.29	265	132.6	87.9	30	H.22.5.23	292	168.7	116.0
12	H.13.7.6	188	199.8	164.2	31	H.22.7.14	380	292.0	231.1 (13.7)
13	H.13.7.12	347	191.8	150.6	32	H.23.5.10	94	169.7	62.3
14	H.14.5.15	115	135.0	59.9	33	H.23.6.12	181	239.1	180.1
15	H.14.7.18	102	100.9	45.4	34	H.23.6.19	339	195.9	139.9
16	H.15.7.12	148	188.4	151.5	35	H.23.6.27	79	133.9	80.5
17	H.15.7.21	300	81.6	43.4	36	H.23.7.4	137	61.6	23.6
18	H.16.6.26	151	179.1	133.0	37	H.23.7.6	296	149.9	109.4
19	H.16.9.7	333	95.4	41.0	38	H.24.7.14	1,005	471.1	421.2 (-4.5)

※（ ）内は総流出高のうち日向神ダム貯留分

4) 計画 f1、Rsa の検討

流出率 f1 および飽和雨量 Rsa は次に述べる方法により算出を行った。

日向神ダム地点、船小屋地点の成分分離の結果と流域平均雨量を用いて、総降雨量 R(mm)と総流出高 q(mm)をプロットし、Rsa を仮定して、総雨量が Rsa より小さい点群について、その座標と原点を結ぶ直線の傾きの平均値 f1 としたときに、総雨量が Rsa より大きい点群について、総降雨量と総流出高の差の平均値が $Rsa \times (1-f1)$ となることを満足するよう、Rsa を変化させて平均的な Rsa を求めた。^{4),5)} このとき、累積雨量が飽和雨量を上回った後の流出率（飽和流出率）は、1.0 とする。

なお、船小屋地点における成分分離では日向神ダムでの調節された貯留高を船小屋地点の実績流量に加算した結果を用いて行った。貯留量は、洪水期間において日向神ダム地点の流入量と放流量の差分を時々刻々総和し求めるものとする。

f1、Rsa 検討地点は日向神ダム、船小屋の計 2 地点とし、その上流域の総降雨量 R(mm)と総流出高 q(mm)から f1、Rsa を算出した。総降雨量 R(mm)と総流出高 q(mm)関係図を次頁に整理した（図 4.4.5、図 4.4.6）。設定した f1、Rsa を表 4.4.3 に示す。各洪水の再現にあたっては、f1 は本検討により得られた計画 f1 を使用し、Rsa は各洪水で検討した数値を採用する。

また、船小屋地点下流では、f1、Rsa の検討が可能な地点がないため、船小屋地点の流域定数を用いるものとする。

表 4.4.3 計画 f1、Rsa 検討結果

地 点	f1	Rsa
船小屋地点 (日向神ダム下流～河口)	0.45	100mm
日向神ダム地点	0.45	220mm

$$R_{sa}=100$$

$$f_1=0.45$$

$$R_{sa} \cdot (1-f_1)=55$$

総雨量と総流出高の差の平均値 55.9

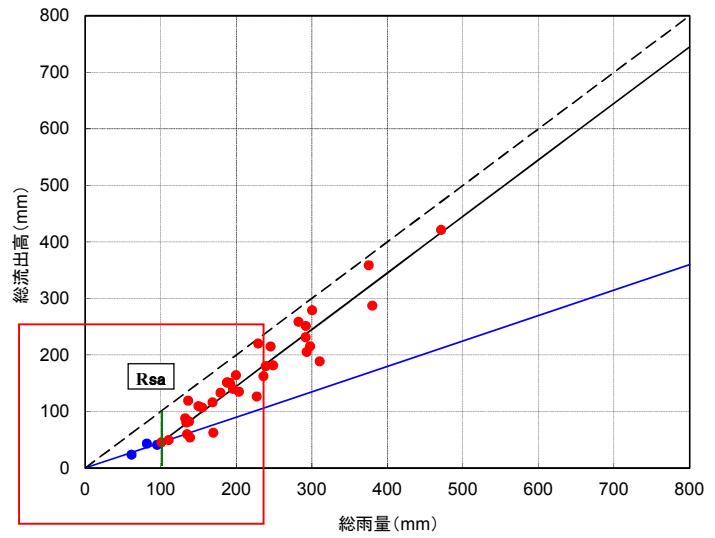
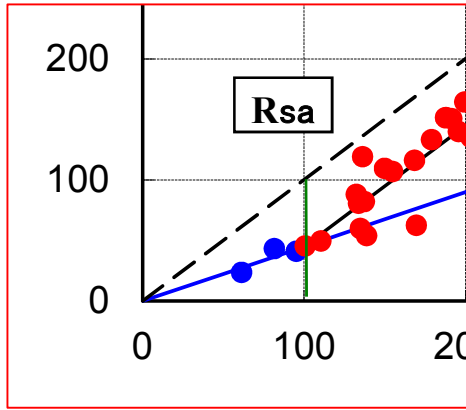


図 4.4.5 総雨量と総流出高の関係（船小屋地点）

$$R_{sa}=220$$

$$f_1=0.45$$

$$R_{sa} \cdot (1-f_1)=121$$

総雨量と総流出高の差の平均値 122.4

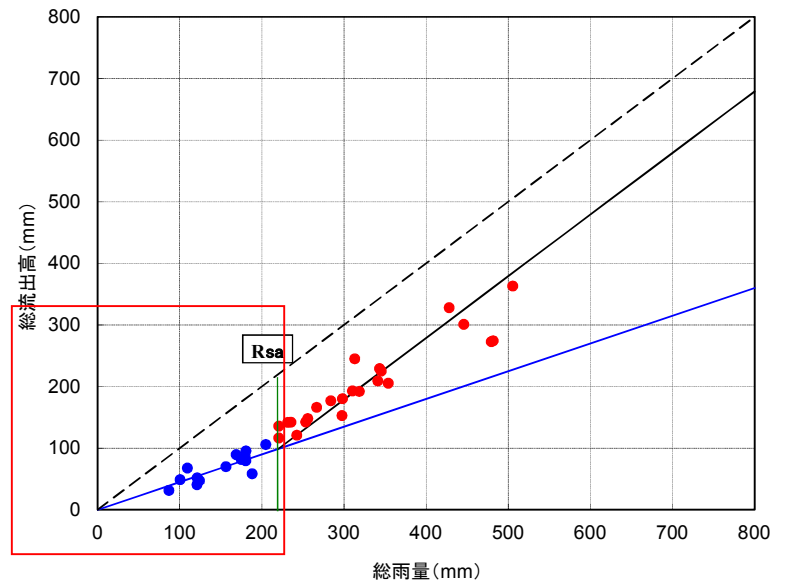
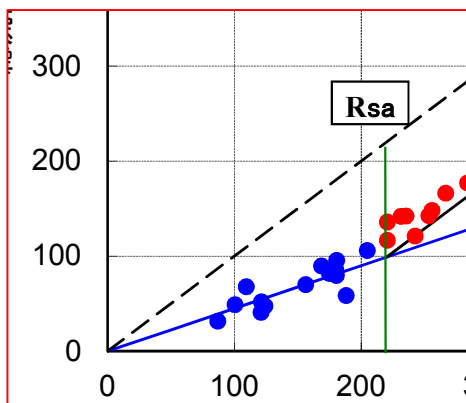


図 4.4.6 総雨量と総流出高の関係（日向神ダム地点）

(2) K、P、Tl の設定

流出計算に用いる K、P、Tl の設定は、上流域の降雨量と当該地点での流出量の関係が把握可能な地点で行う必要がある。しかし、矢部川流域において自然流況を把握可能な地点は日向神ダム地点しかない。そこで、日向神ダムにおいて定数を設定し、流路延長や勾配などの地形特性を考慮した関係式から下流の定数設定を行った。

なお、K、P、Tl は計画規模相当のピーク流量を対象とすることから、過去洪水の中で基本高水のピーク流量規模程度の降雨量と流出量との関係から得ることが望ましい。そのため平成 24 年 7 月 14 日洪水を対象に貯留高 s と流出高 q/f の関係を整理し K、P、Tl を算出した。(以後、貯留高 s と流出高 q/f の関係性を貯留高－流出高関係図として示す。)

1) 日向神ダム地点における K、P の算出

K、P、Tl はダム地点の流量と流域平均雨量を用いて、貯留高－流出高関係図から解析を行うことで算出した。具体的には貯留高と流出高を両対数でプロットして貯留高－流出高関係図を作成し、Tl を少しずつ変化させ、最もループが小さくなる Tl を求めた。求めた Tl によって両対数でプロットした貯留高－流出高関係図を直線近似し、切片を K、傾きを P とした。^{6) 7)}

日向神ダム地点において既往最大流量である平成 24 年 7 月出水に対して、貯留高－流出高関係図を整理したところ、図 4.4.7 に示すように Tl 別の貯留高－流出高関係図より最もループが小さくなる Tl は 40 分となった。その結果を用いて直線近似すると図 4.4.8 に示すとおりとなった。その中で流域定数 P については、図 4.4.8 の貯留高－流出高関係図から 0.58 となり、既往モデルの設定値 0.6 とほぼ一致した。このため、物理学的な観点や定数の頑健性等を考慮し、既往モデルの設定値 0.60 を採用することとした。

なお、K の値は貯留高－流出高関係図から、図 4.4.9 に示す直線近似を用いて $K=9.05$ と設定した。

このようにして最終的に設定した日向神ダム地点の K、P、Tl を表 4.4.4 に示す。

$$s_{(t)} = \sum r_{(t)} - \frac{\sum q_{(t+Tl)}}{f}$$

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

s : 貯留高 (mm)	r : 時間雨量 (mm/hr)
q : 1 時間の直接流出高 (mm/hr)	f : 直接流出高／総雨量
Tl : 遅滞時間 (hr)	A : 流域面積 (km ²)
Q : 実績流量 (m ³ /s)	Q_b : 基底流量 (m ³ /s)

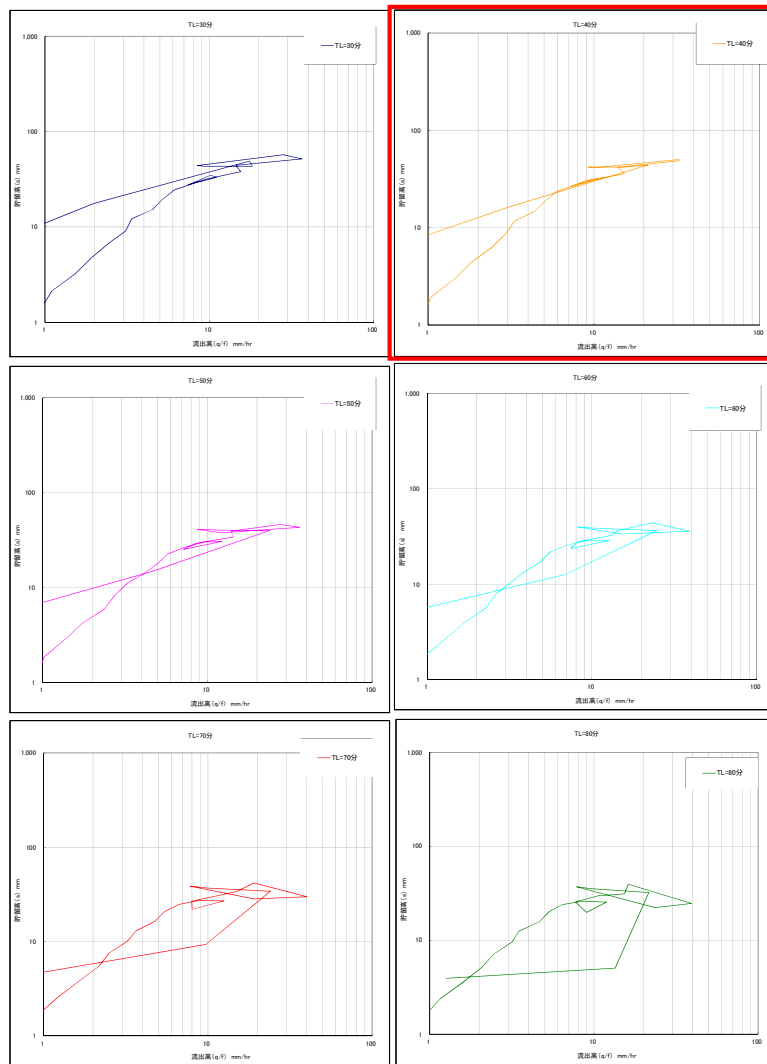


図 4.4.7 TI 別の貯留高一流出高関係図（日向神ダム地点 H24.7.14 洪水）

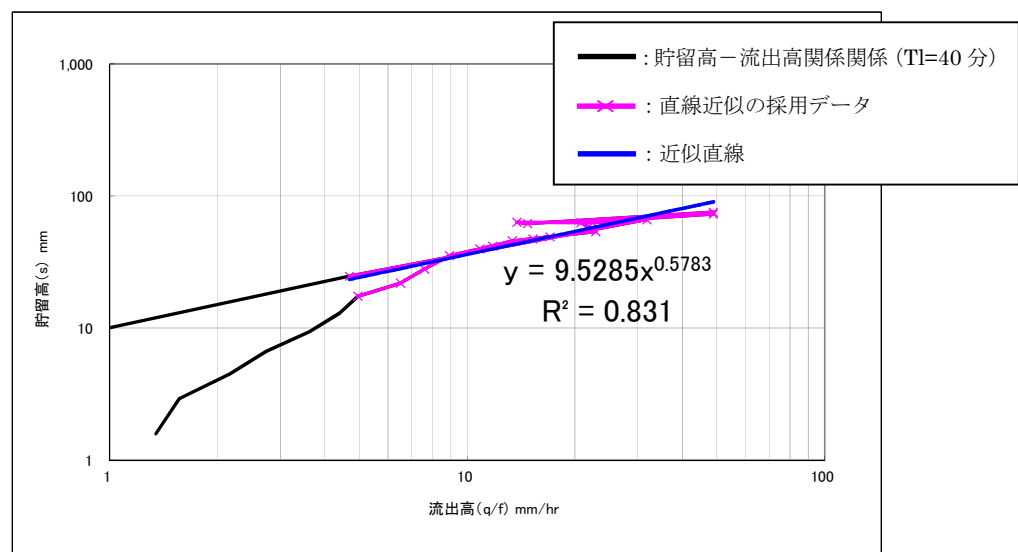


図 4.4.8 貯留高一流出高関係図（日向神ダム地点 H24.7.14 洪水）

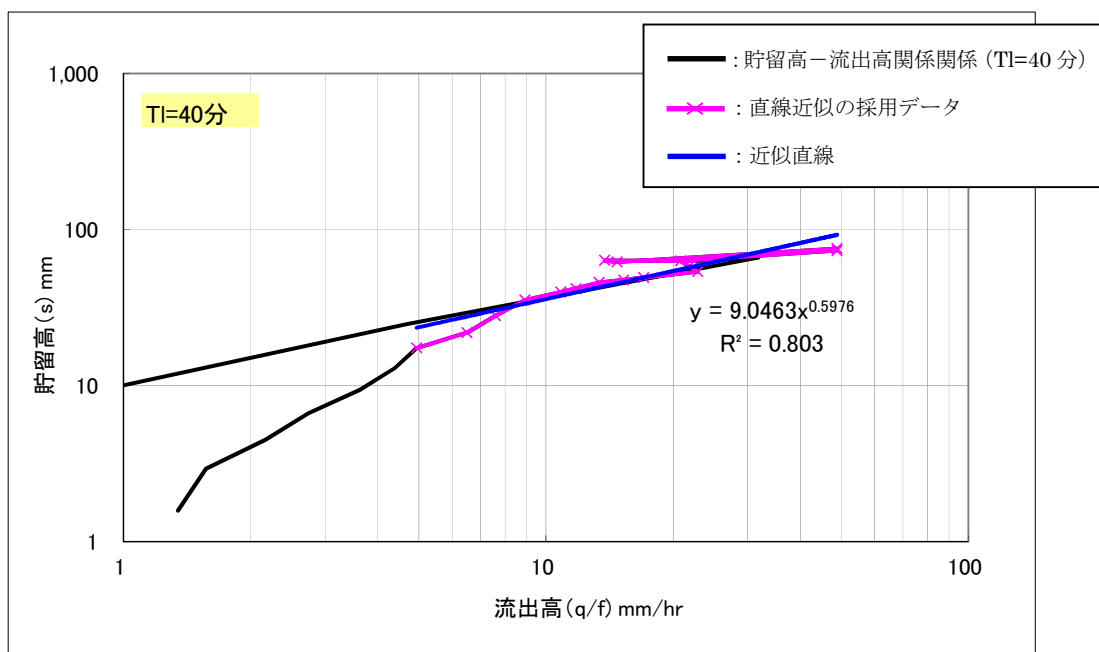


図 4.4.9 貯留高－流出高関係図（日向神ダム地点 H24.7.14 洪水）

表 4.4.4 日向神ダム地点における K、P、Tl 設定結果

洪水名	K	P	Tl (分)
H24.7.14	9.05	0.60	40

2) 各小流域における K、P、Tl の設定

日向神ダム地点流域（流域 1）では既往最大規模となる平成 24 年 7 月出水時の実績流量が得られていることから、そのときの流域定数を採用した。上記以外の小流域の K、P 値を求める際には、リザーブ定数を用いた経験式の考え方を利用した。具体的には(式 4-1) の定数 α を、平成 24 年 7 月出水時の日向神ダム地点で算出した K 値（表 4.4.4）を利用し求め、日向神ダム下流域における経験式を設定した（式 4-2）。設定した両式及び各小流域の流域勾配 I、流路長 L から K 値を算出した。

また、流路勾配 I の算出方法の一例として、日向神ダム地点における算出結果を図 4.4.10（1）に示す。各流域の Tl は、日向神ダム地点にて設定された Tl をそれぞれの流域の流路長比により設定している。流域平均勾配の算出にあたっては、流路長経路の地形を調査し、平均的な勾配を算定することにより地形特性を反映することとした。

以上の検討から各小流域における K、P、Tl の値を表 4.4.7 に示す。

【リザーブの式】

$$K = \alpha \times C \times I^{-1/3} \times L^{1/3} \quad \dots \text{式 4-1}$$

α : 定数 ※木村は、利根川流域などの事例から $\alpha=43.4$ を提案している⁸⁾

C : 流域粗度（自然流域 0.12、都市流域 0.012）

I : 流域勾配

L : 流路長

表 4.4.5 日向神ダム地点における定数

地点	C	L (km)	I	K	α
日向神ダム	0.114	9.20	0.0526	9.05	14.15

【設定した式】日向神ダム下流域における K 値算出式

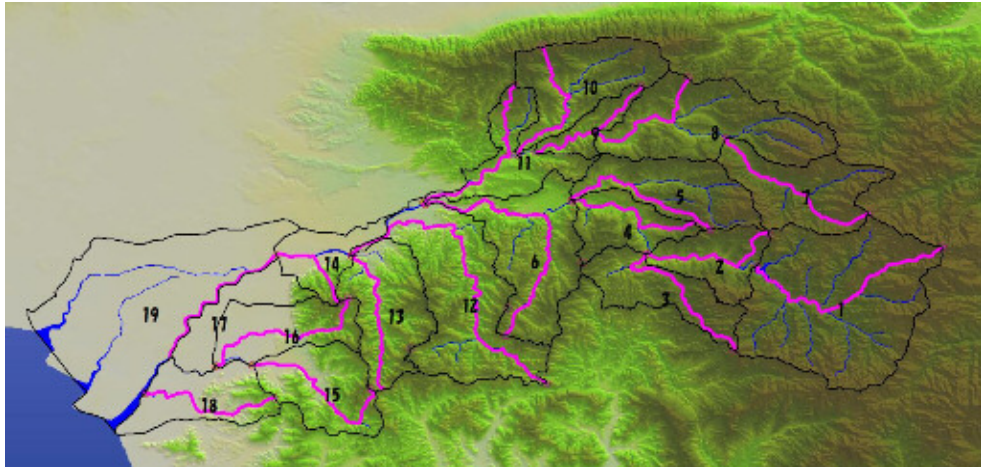
$$K = 14.15 \times C \times I^{-1/3} \times L^{1/3} \quad \dots \text{式 4-2}$$

$$\alpha = \frac{K}{C \cdot I^{-1/3} \cdot L^{1/3}} = \frac{9.05}{0.114 \cdot (0.0526)^{-1/3} \cdot 9.20^{1/3}} = 14.15 \quad \dots \text{式 4-3}$$

表 4.4.6 土地利用状況別面積及び流域粗度 C の算定結果（現況）

流域名	流域面積 (km ²)	水面	山林	水田	原野・畑	宅地市街地				流域粗度C
		0.000	0.120	0.120	0.120	1°	2°	3°	4°	
		0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	
1	84.3	0.8	79.4	0.0	0.6	2.5	1.0	0.0	0.0	0.114
2	19.1	0.2	16.4	0.4	0.9	0.7	0.5	0.0	0.0	0.112
3	23.3	0.0	21.8	0.7	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.116
4	19.0	0.2	16.3	0.3	0.5	1.8	0.0	0.0	0.0	0.109
5	29.0	0.0	24.8	0.8	1.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.114
6	39.8	0.6	32.6	2.4	0.1	2.0	1.1	0.4	0.6	0.107
7	30.7	0.0	29.7	0.0	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	0.116
8	49.3	0.2	44.4	1.1	1.5	1.6	0.3	0.2	0.0	0.115
9	6.0	0.0	5.0	0.0	0.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.108
10	30.0	0.0	23.3	0.5	5.4	0.6	0.2	0.0	0.0	0.117
11	25.6	0.5	17.7	2.2	3.7	0.5	0.7	0.3	0.0	0.111
12	55.9	0.5	47.1	1.2	0.3	2.9	3.7	0.2	0.0	0.106
13	31.8	0.0	27.4	0.1	0.0	3.3	0.9	0.1	0.0	0.105
14	16.2	0.0	4.3	7.9	0.8	0.1	2.8	0.3	0.0	0.099
15	24.6	0.0	17.3	1.8	0.0	1.0	3.9	0.6	0.0	0.096
16	21.6	0.1	7.9	6.9	0.0	0.8	5.4	0.5	0.0	0.086

出典：国土数値情報土地利用細分メッシュ（平成 21 年度）を各小流域毎に比率を算出



単純平均

延長(m)	標高(T.P.m)
0	315
9,232	1219

勾配(I) = **0.098**

面積平均

延長(m)	標高(T.P.m)
0	315
9,232	801

勾配(I) = **0.0526**

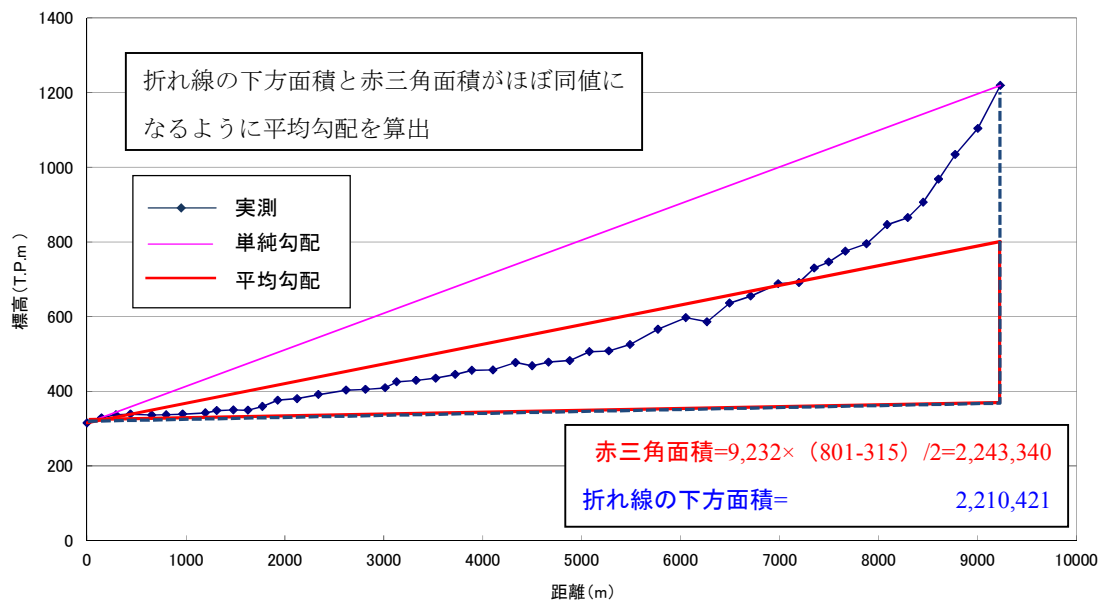


図 4.4.10 (1) 流域平均勾配の算出方法 (流域 1)

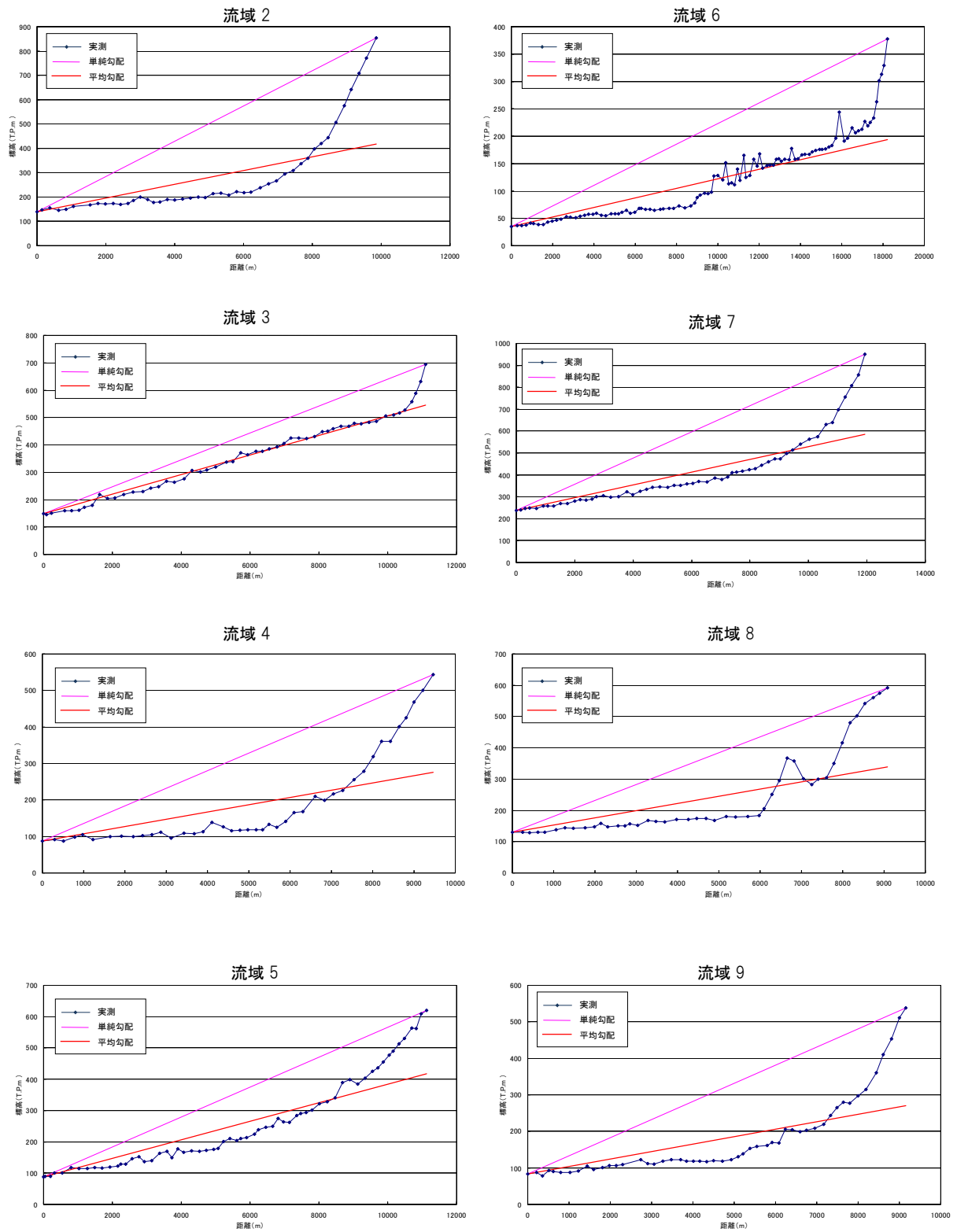


図 4.4.10 (2) 流域平均勾配の算出方法 (流域 2~8)

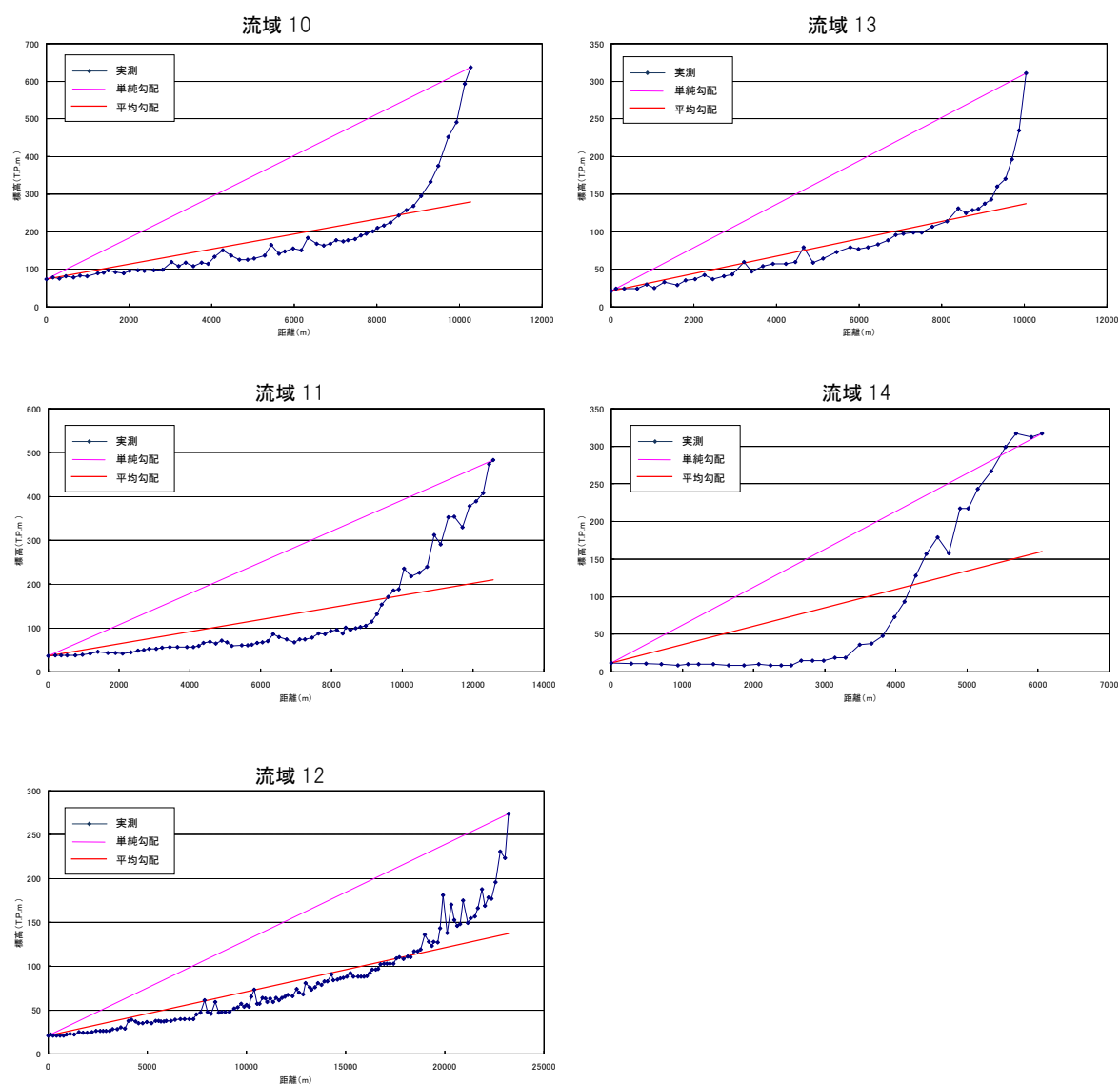


図 4.4.10 (3) 流域平均勾配の算出方法 (流域 10~14)

表 4.4.7 矢部川流域における流域定数一覧表

流域 No.	流域面積 A (km ²)	K	P	遅滞時間 Tl(分)	f1	f2	Rsa (mm)	流路長 L (km)	勾配 I
1	84.3	9.05	0.60	40.0	0.45	1.00	220	9.20	0.0526
2	19.1	10.83	0.60	39.0	0.45	1.00	100	8.91	0.0280
3	23.3	11.09	0.60	48.0	0.45	1.00	100	11.02	0.0360
4	19.0	11.67	0.60	37.0	0.45	1.00	100	8.59	0.0200
5	29.0	11.59	0.60	48.0	0.45	1.00	100	11.02	0.0300
6	39.8	18.69	0.60	73.0	0.45	1.00	100	16.84	0.0090
7	30.7	11.95	0.60	48.0	0.45	1.00	100	11.05	0.0290
8	49.3	11.63	0.60	37.0	0.45	1.00	100	8.45	0.0230
9	6.0	11.54	0.60	37.0	0.45	1.00	100	8.57	0.0200
10	30.0	12.77	0.60	40.0	0.45	1.00	100	9.15	0.0200
11	25.6	14.94	0.60	52.0	0.45	1.00	100	11.90	0.0140
12	55.9	24.21	0.60	92.0	0.45	1.00	100	21.14	0.0050
13	31.8	12.99	0.60	34.0	0.45	1.00	100	7.93	0.0120
14	16.2	8.49	0.60	23.0	0.45	1.00	100	5.40	0.0240
15	24.6	9.95	0.60	47.0	0.45	1.00	100	10.81	0.0274
16	21.6	9.13	0.60	47.0	0.45	1.00	100	10.80	0.0257

4.4.2 河道定数の設定

河道定数 K 、 P は、矢部川流域における小流域間に設定された A 河道～L 河道において、任意の流量 Q に対応する貯留量 S との関係から算出した。

ただし、矢部川では山間部で急峻な河道を有する区間と、低平地で緩慢な勾配となる河道を有する区間に大別される。特に山間部では河道幅も 50m 以下と狭いため、河道の貯留効果が小さいものと判断し、遅滞時間 T_l のみ設定した。一方下流部では、不等流計算によって河道の S - Q 関係を求め、 K 、 P を設定した。

また、河道の遅滞時間 T_l は、以下の考えに基づき設定した。

(1) K 、 P の設定

上流部の区間 (A～G) においては、河道貯留効果が見込めないことから、遅滞時間 T_l のみ設定するものとした。また、下流部の区間 (H～L) においては、河道の貯留効果を見逃すことができないことから不等流計算により河道(H19 年河道)の S - Q 関係を求め、 K 、 P を設定した。河道形状は付属資料 3 に示す。

(2) T_l の設定

遅滞時間 T_l は、不等流計算により区間毎に最大洪水時の平均流速を算出し、Kinematic wave の理論に基づき、伝搬速度を平均流速の 5/3 倍で設定した。

その伝搬速度で流路長を除することにより、遅滞時間を設定した。

表 4.4.8 H～L 区間における河道 S～Q 関係一覧表 (H19 河道]

河道名	河川名	区 間 名	河道長L (km)	計算流量 Q (m^3/s)	計算貯留量 S ($\times 10^3 \text{m}^3$)	SQ式
H河道	矢部川	白木川合流点 (19k000) ～ 船小屋 (15k300)	4.1	800	161.6	$S=K \cdot Q^P$ $K= 2.118$ $P= 0.640$
				1600	222.9	
				2400	295.8	
				3200	364.4	
				4000	434.2	
I河道	矢部川	船小屋 (15k300) ～ 沖端川分派 (13k300)	2.0	4800	504.0	$S=K \cdot Q^P$ $K= 0.637$ $P= 0.702$
				800	70.2	
				1600	112.3	
				2400	149.9	
				3200	184.3	
J河道	矢部川	沖端川分派 (13k300) ～ 瀬高堰 (10k200)	3.1	4000	216.1	$S=K \cdot Q^P$ $K= 0.851$ $P= 0.744$
				4800	246.6	
				710	112.1	
				1420	188.6	
				2130	255.8	
K河道	矢部川	瀬高堰 (10k200) ～ 飯江川合流点 (5k400)	4.8	2840	316.0	$S=K \cdot Q^P$ $K= 0.833$ $P= 0.806$
				3550	371.4	
				4260	425.0	
				710	164.0	
				1420	294.1	
L河道	飯江川	安手橋 (3k600) ～ 本川合流点 (0k000)	3.6	2130	407.3	$S=K \cdot Q^P$ $K= 0.161$ $P= 1.116$
				2840	510.0	
				3550	605.4	
				4260	696.8	
				100	28.5	
				200	56.0	
				300	94.0	
				400	131.9	
				500	168.2	
				600	203.5	

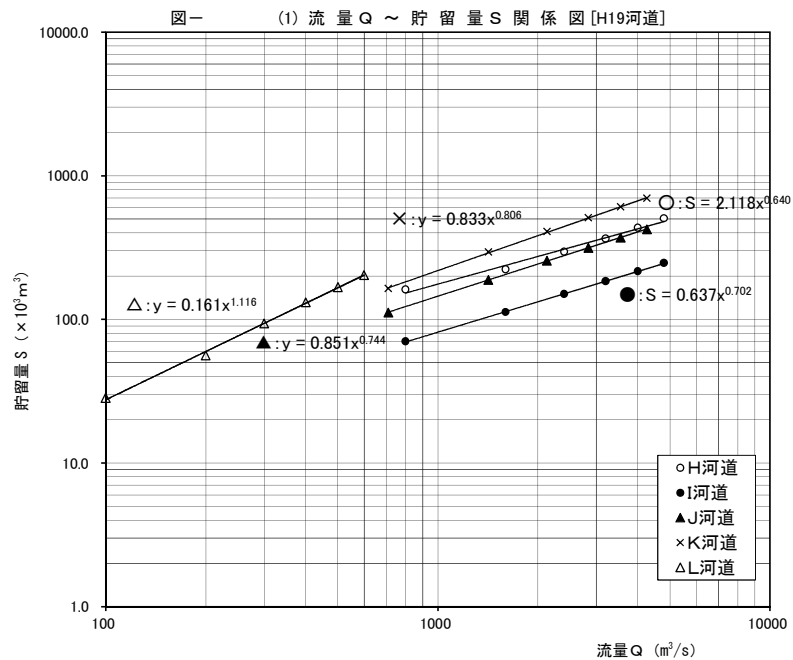


図 4.4.11 H～L 区間における S～Q 関係図 (H19 河道)

表 4.4.9 河道遅滞時間 Tl の算定結果一覧表

河道 番号	河川	区間	河道長 L Km	流速 m/s	伝搬速度 m/s	遅滞時間 Tl min
A	矢部川	日向神ダム～剣持川合流点	10.4	4.0	6.7	26
B	矢部川	剣持川合流点～黒木	10.2	3.9	6.5	26
C	矢部川	黒木～津江	15.1	3.8	6.3	40
D	星野川	天神橋～久木原	16.5	4.5	7.5	37
E	星野川	久木原～横山川合流点	6.5	4.1	6.8	16
F	星野川	横山川合流点～津江	10.0	4.3	7.2	23
G	矢部川	津江～白木川合流点	5.5	3.6	6.0	15
H	矢部川	白木川合流点～船小屋	4.1	3.1	5.2	13
I	矢部川	船小屋～沖端川分派	2.0	3.5	5.8	6
J	矢部川	沖端川分派～瀬高堰	3.1	3.2	5.3	10
K	矢部川	瀬高堰～飯江川合流	4.8	3.6	6.0	13
L	飯江川	安手橋～本川合流	3.6	2.0	3.3	18

4.5 流出解析による実績再現結果

4.5.1 検証対象洪水

前節までに設定した定数を用いて、既往洪水時の雨量データ（付属資料 4、5 参照）を用い、再現計算を実施した。再現計算は、表 4.5.1 に示す 13 洪水（主要 15 洪水のうち、実績データが存在しない昭和 28 年洪水及び昭和 47 年を除く）を対象とした。

表 4.5.1 検証対象洪水一覧表

No	洪水名	船小屋地点 流域平均 9hr 雨量 (mm)
1	S54.6.27	140.8
2	S54.6.29	155.9
3	S55.7.9	154.5
4	S57.7.24	139.8
5	S60.6.29	143.7
6	S63.6.23	201.6
7	H2.7.2	204.1
8	H5.6.18	131.8
9	H9.8.6	153.0
10	H13.7.6	146.1
11	H19.7.7	187.9
12	H21.6.30	139.9
13	H24.7.14	267.5

4.5.2 流出解析に用いる定数

f1 は、前述にて整理したように矢部川流域においては、 $f1=0.45$ とする。
 再現計算に用いる Rsa 及び基底流量 Qb の設定は洪水毎に 25 頁に示す方法で定めた。
 各洪水の Rsa と Qb を表 4.5.2 に示す。

表 4.5.2 検証対象洪水の Rsa、Qb 設定一覧表

No	洪水名	Rsa (mm)		Qb (m ³ /s)	
		日向神ダム 地点	船小屋 地点	日向神ダム 地点	船小屋 地点
1	S54.6.27	370	230	2.8	5.7
2	S54.6.29	370	170	54.3	169.9
3	S55.7.9	180	130	15.2	162.1
4	S57.7.24	210	140	10.1	66.0
5	S60.6.29	150	100	67.7	320.5
6	S63.6.23	210	190	3.7	17.3
7	H2.7.2	180	40	27.8	133.8
8	H5.6.18	130	20	17.4	38.9
9	H9.8.6	80	90	19.0	32.1
10	H13.7.6	190	70	6.7	22.1
11	H19.7.7	210	80	17.2	75.4
12	H21.6.30	260	30	9.6	28.9
13	H24.7.14	220	100	69.7	123.8

4.5.3 検証対象洪水の再現計算結果

表 4.5.2 に示す 13 洪水について、再現計算結果を次頁より示す。
(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

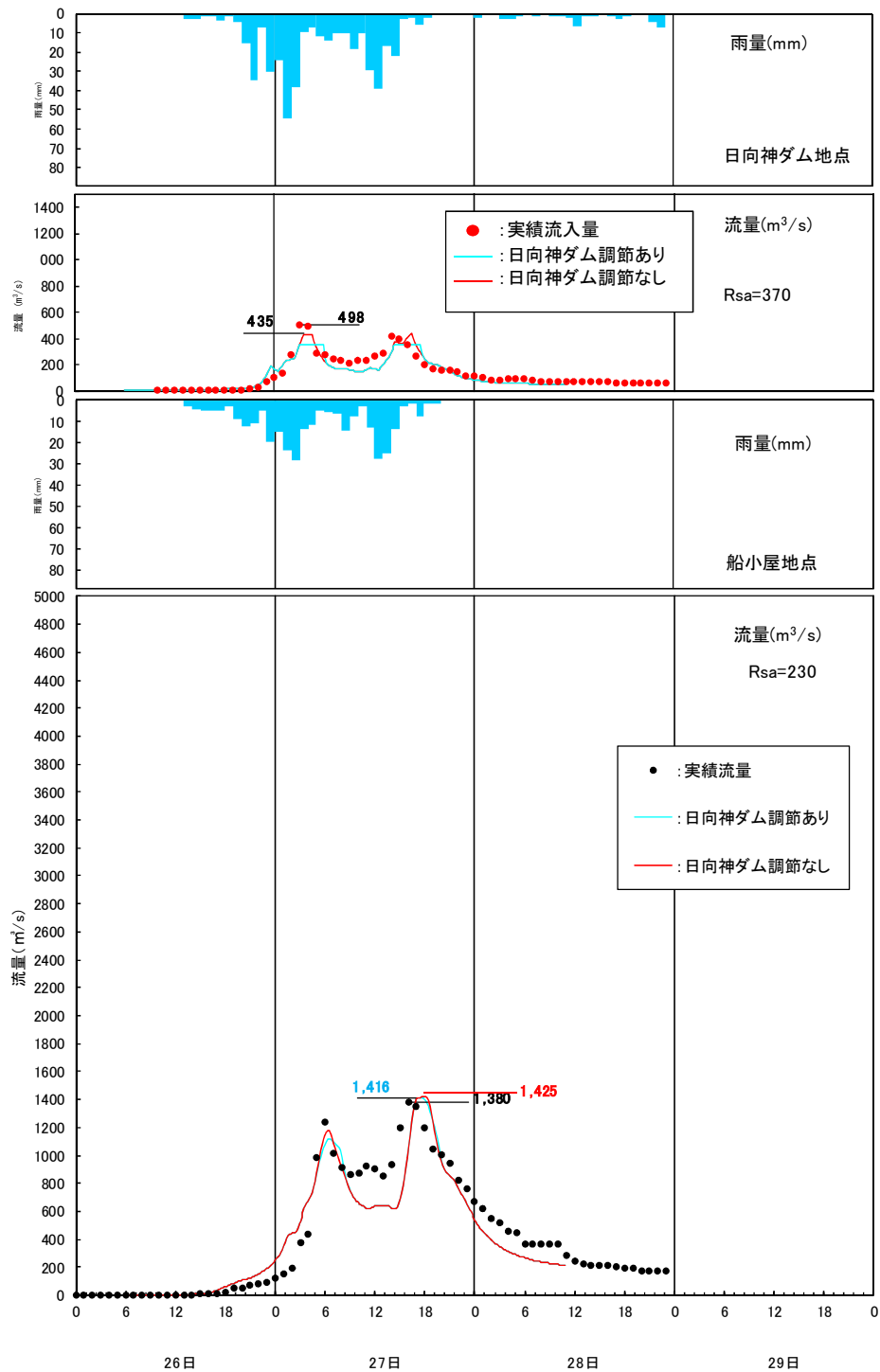


図 4.5.1 (1) 実績再現計算結果 (S54.6.27 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

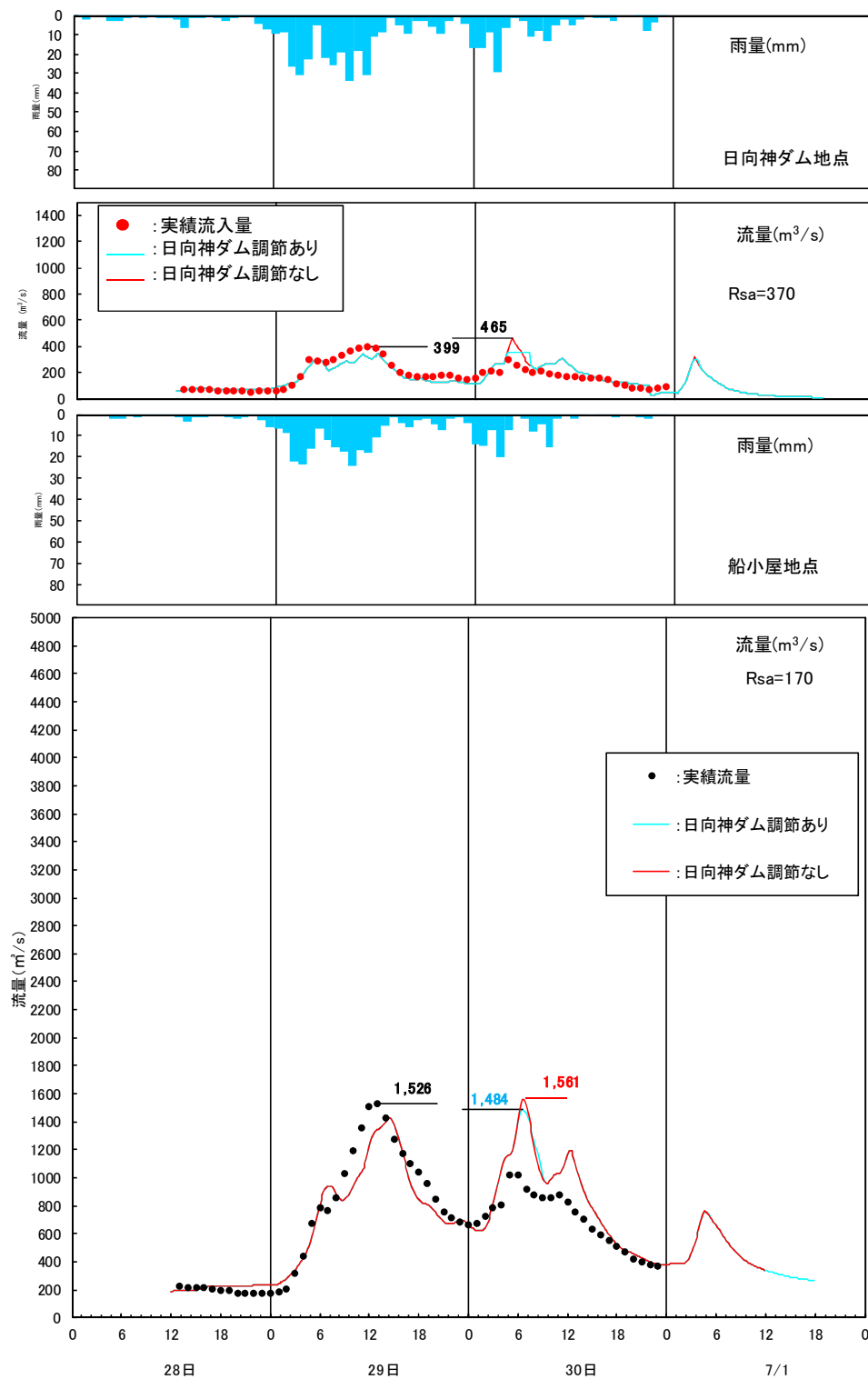


図 4.5.1 (2) 実績再現計算結果 (S54.6.29 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

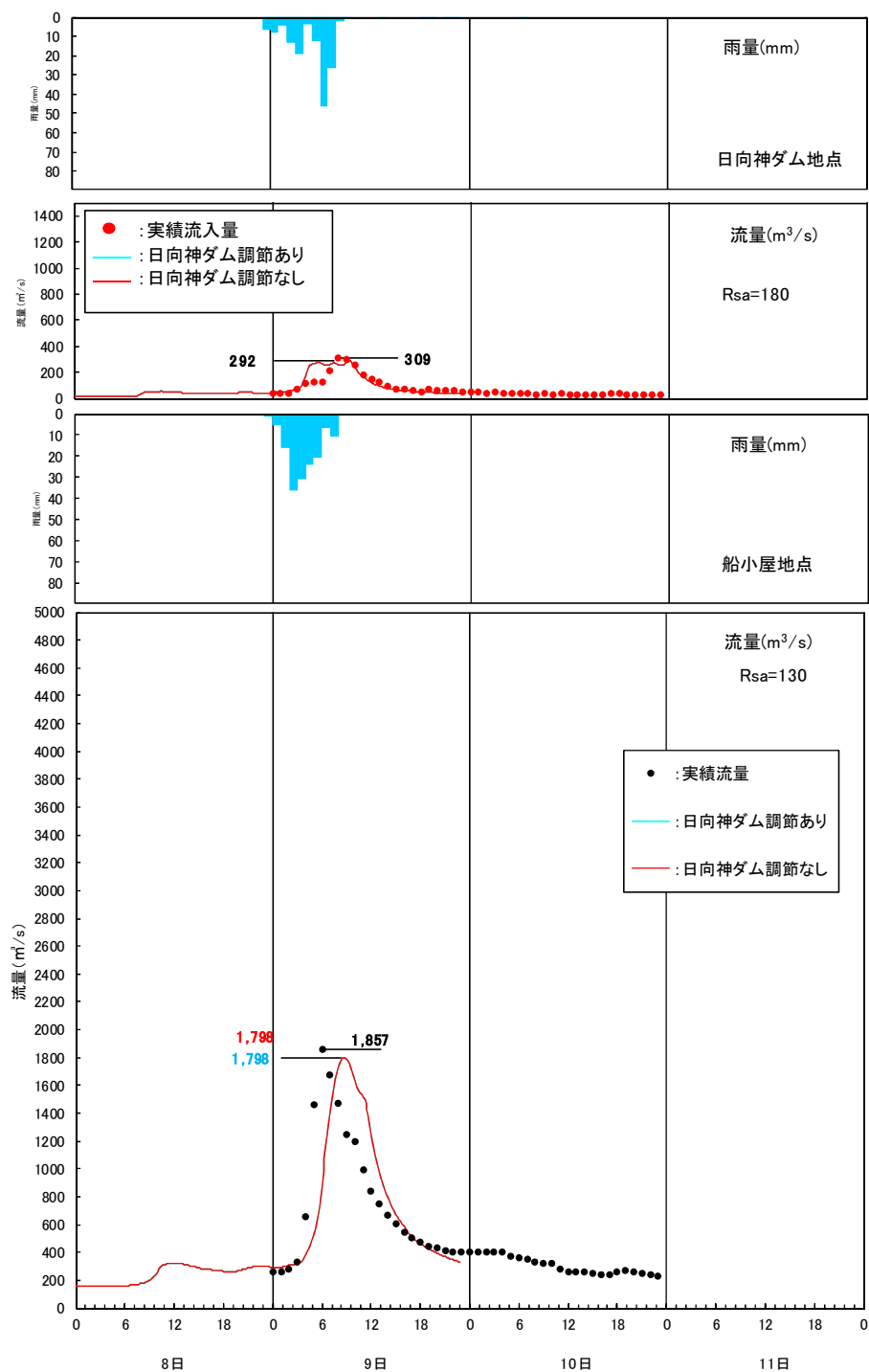


図 4.5.1 (3) 実績再現計算結果 (S55.7.9 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

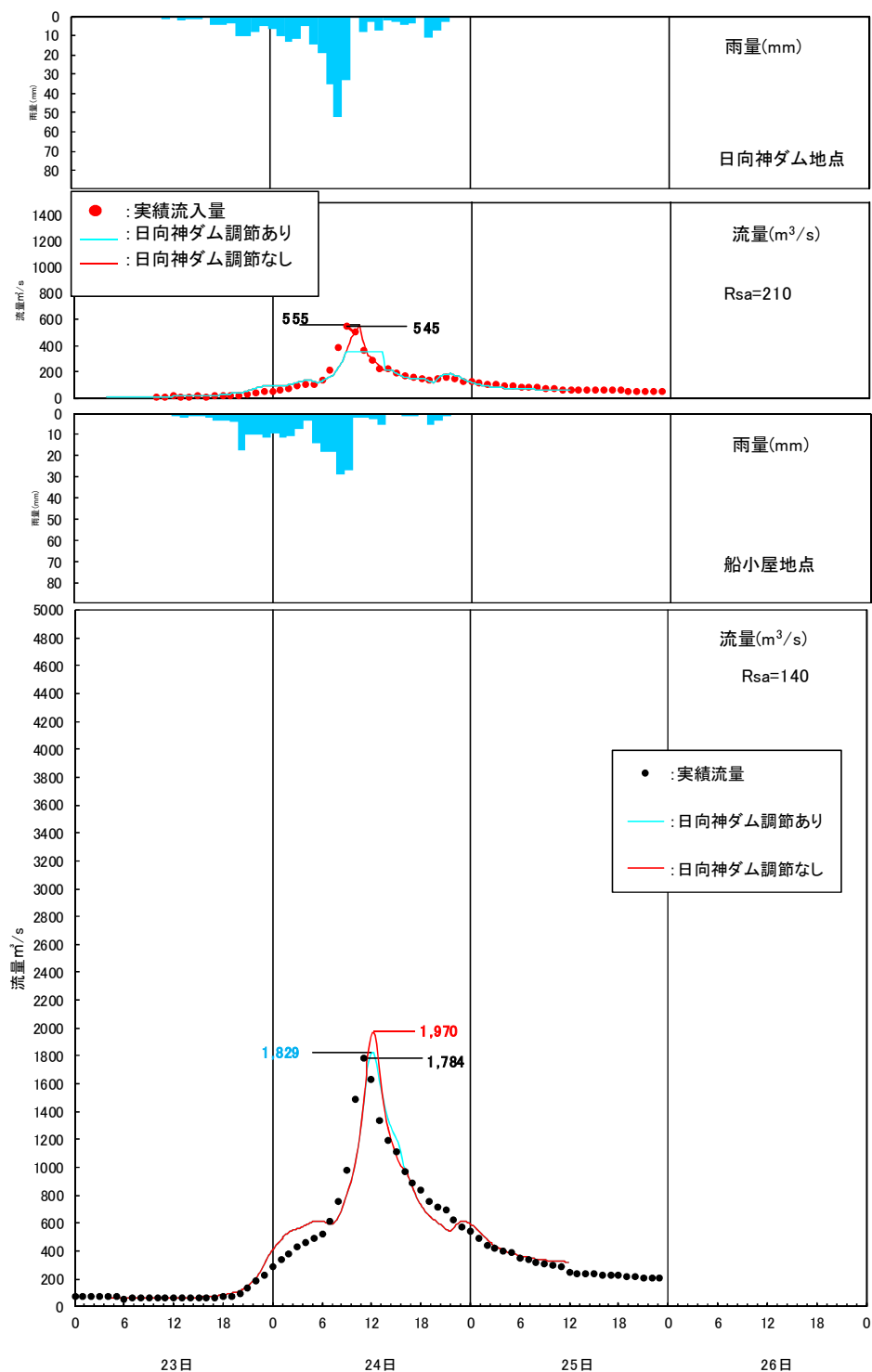


図 4.5.1 (4) 実績再現計算結果 (S57.7.24 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

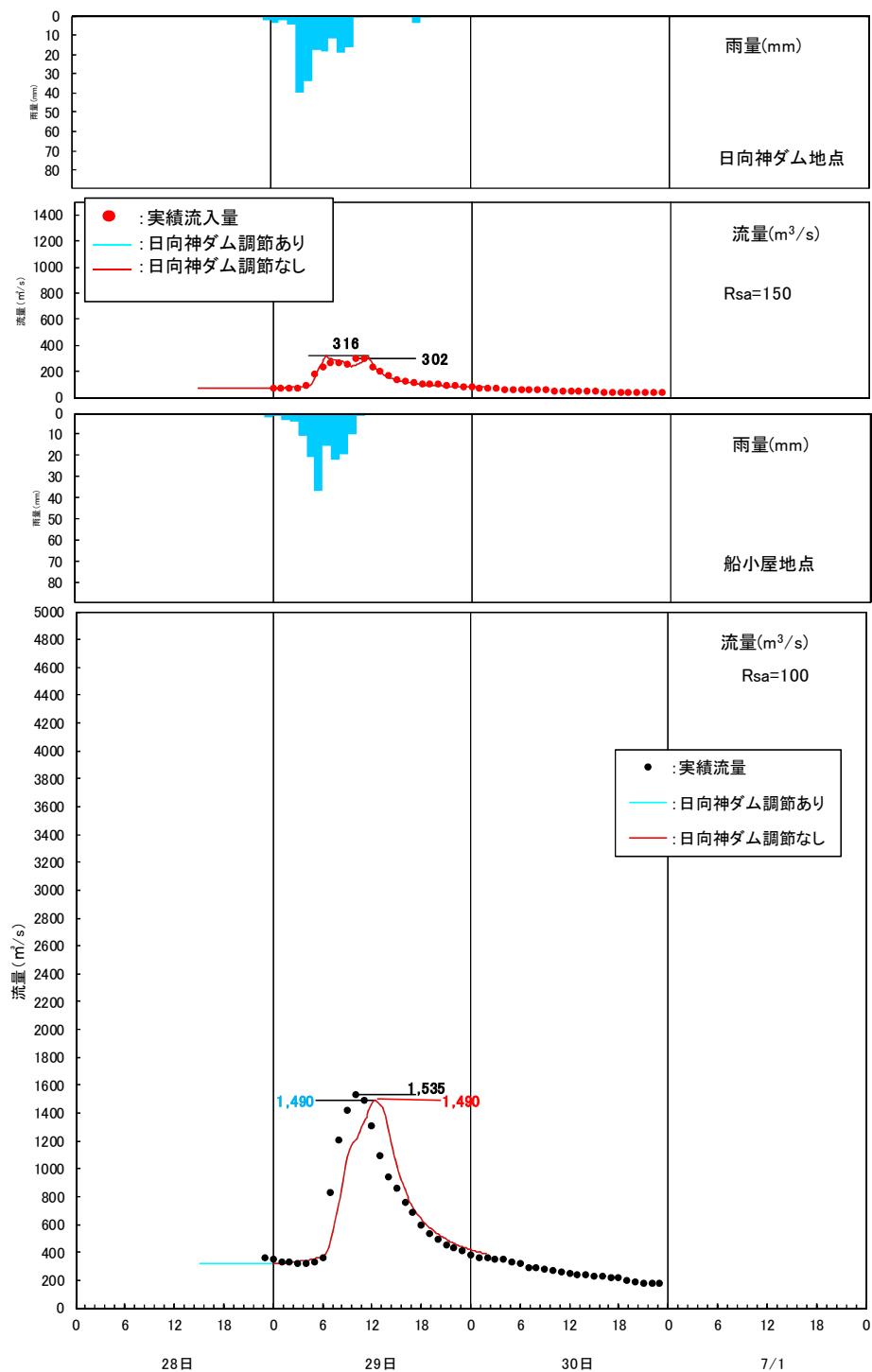


図 4.5.1 (5) 実績再現計算結果 (S60.6.29 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

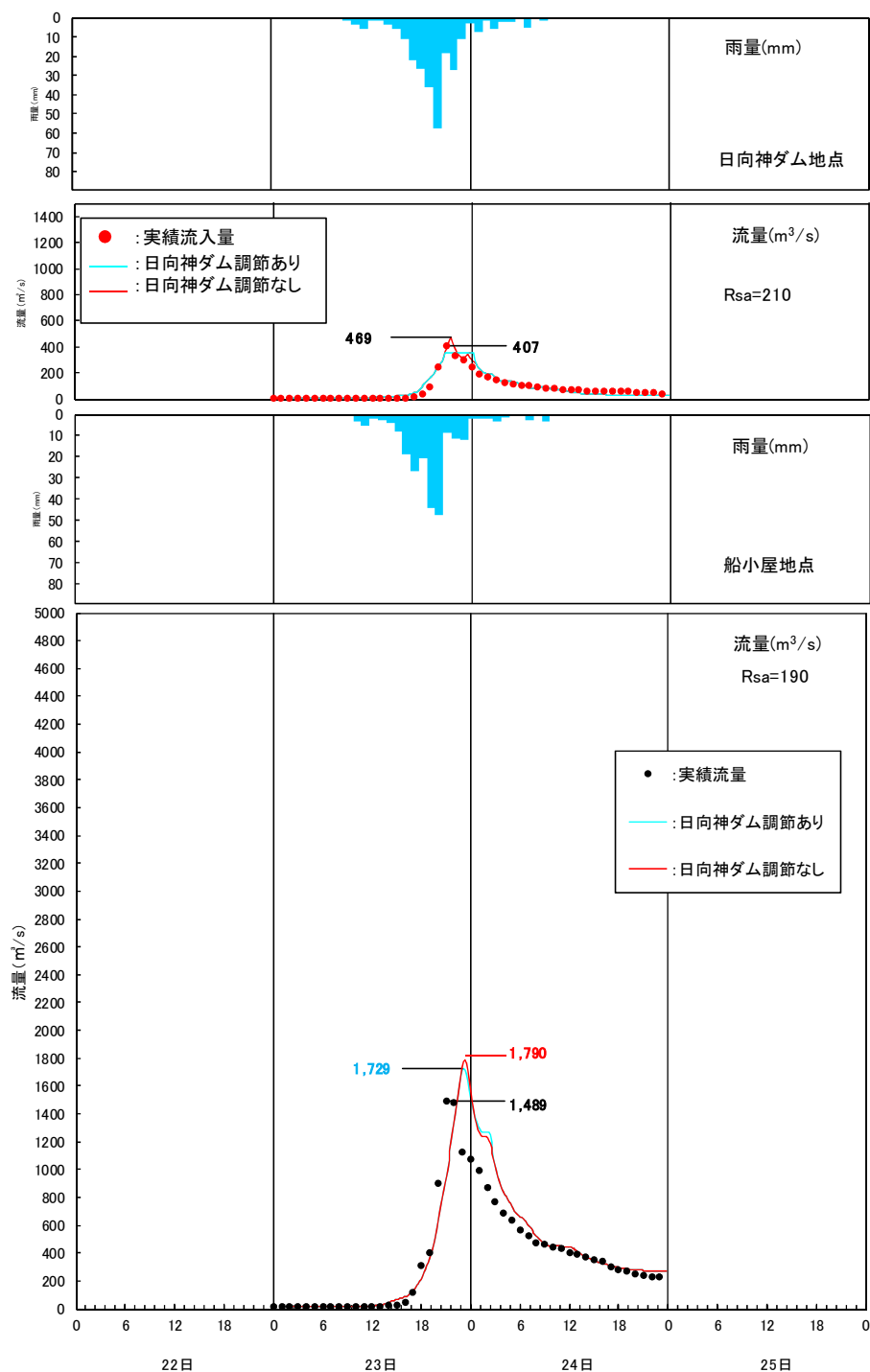


図 4.5.1 (6) 実績再現計算結果 (S63.6.23 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

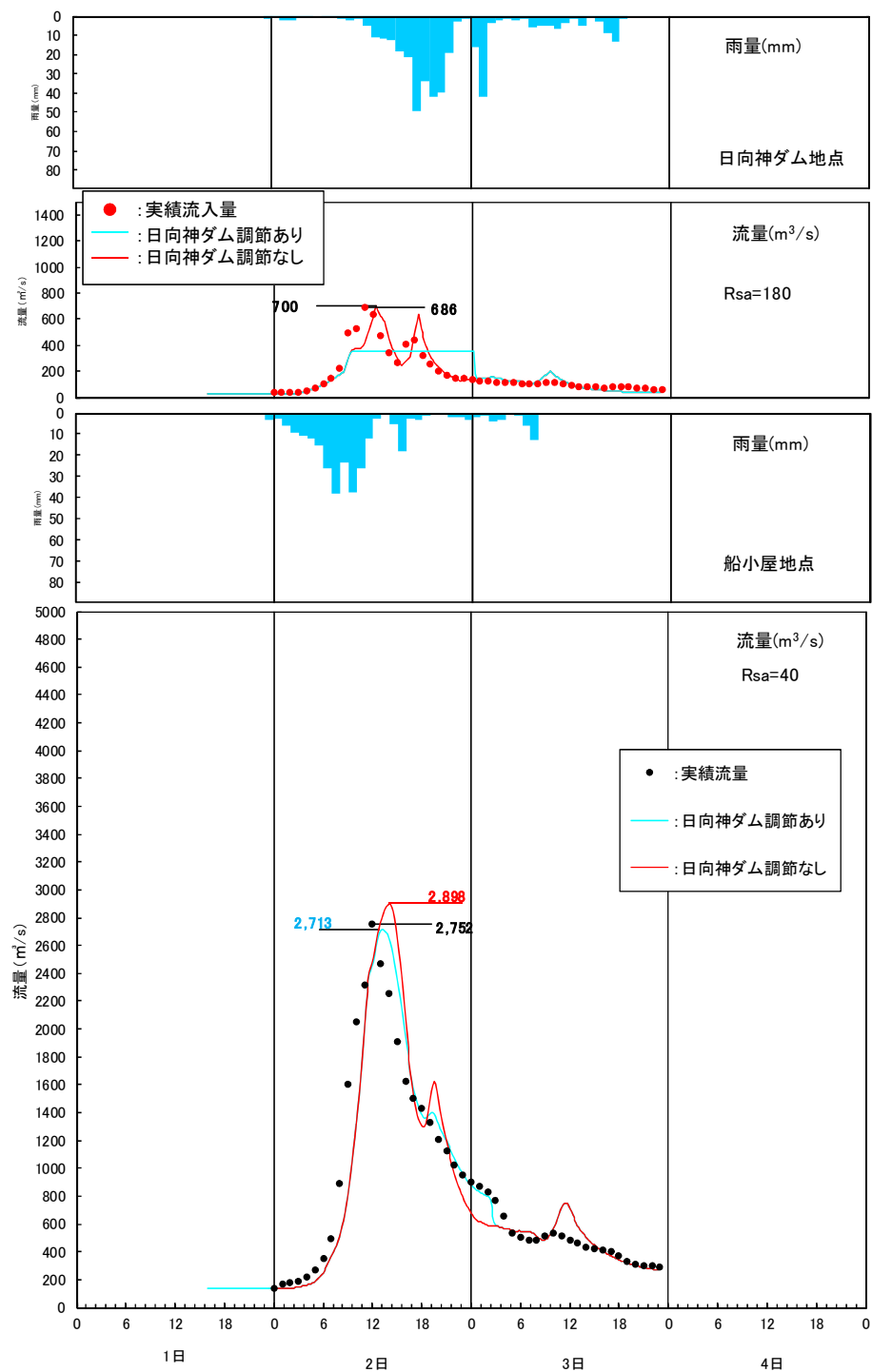


図 4.5.1 (7) 実績再現計算結果 (H2.7.2 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

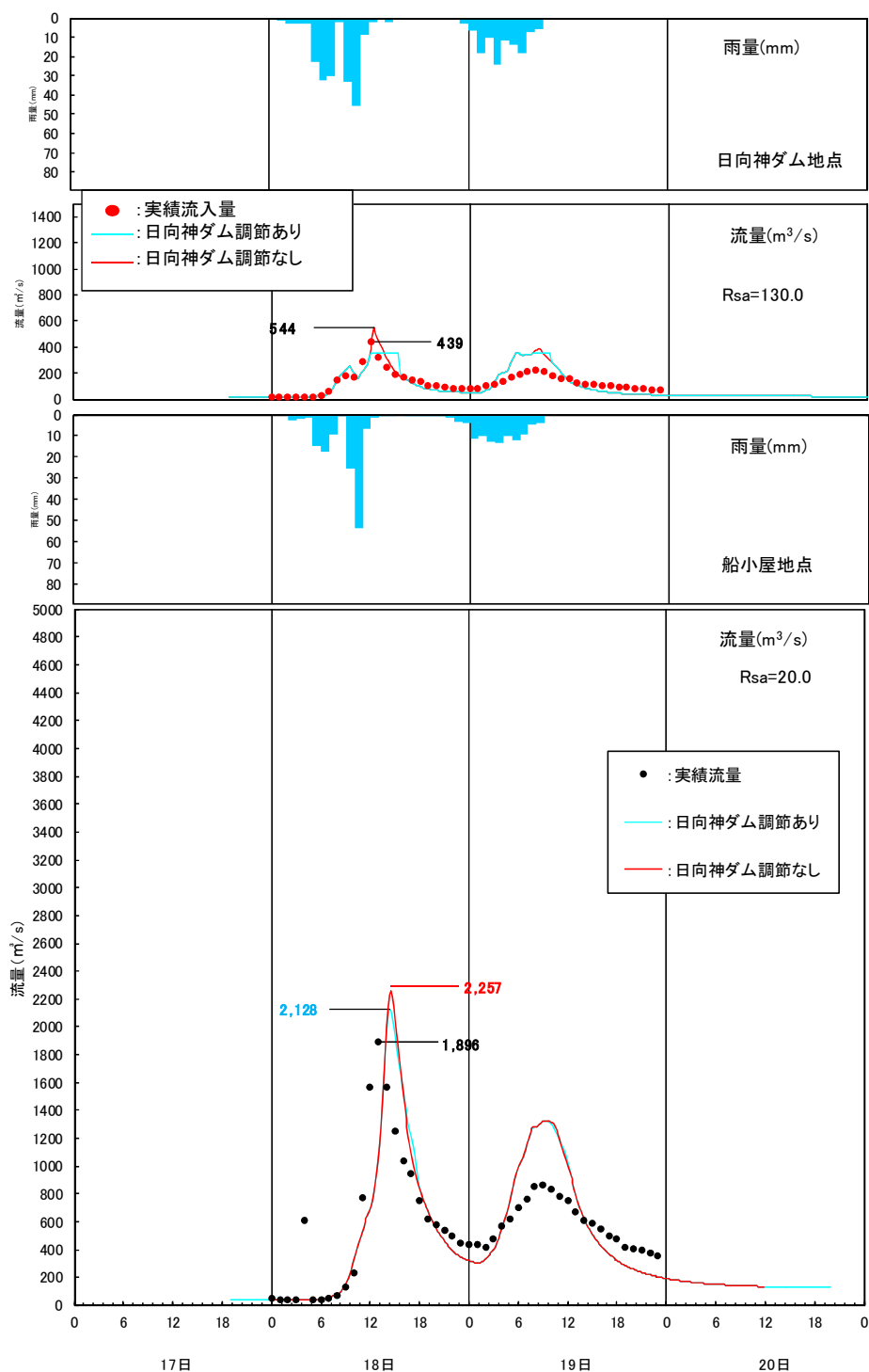


図 4.5.1 (8) 実績再現計算結果 (H5.6.18 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

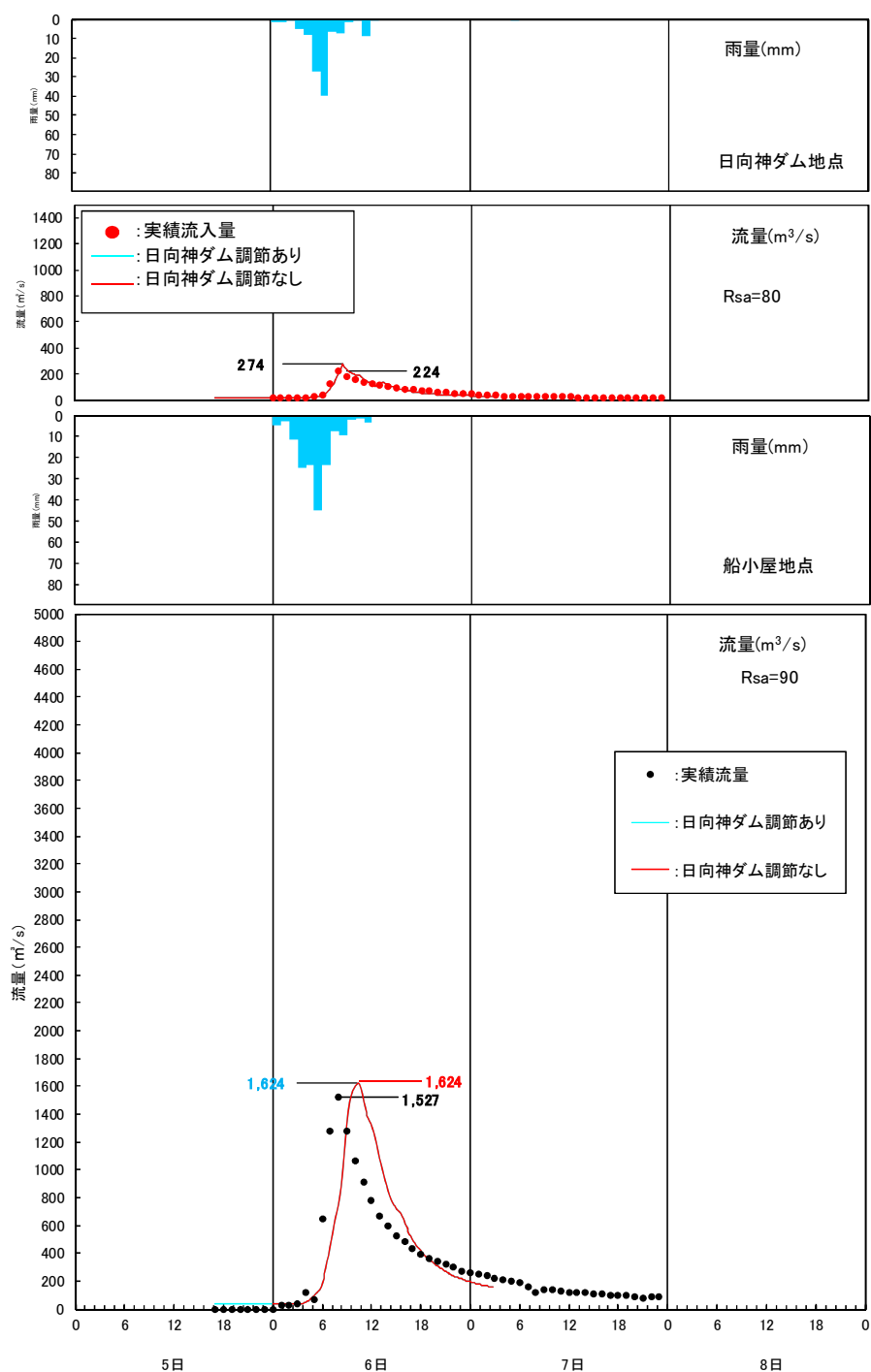


図 4.5.1 (9) 実績再現計算結果 (H9.8.6 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

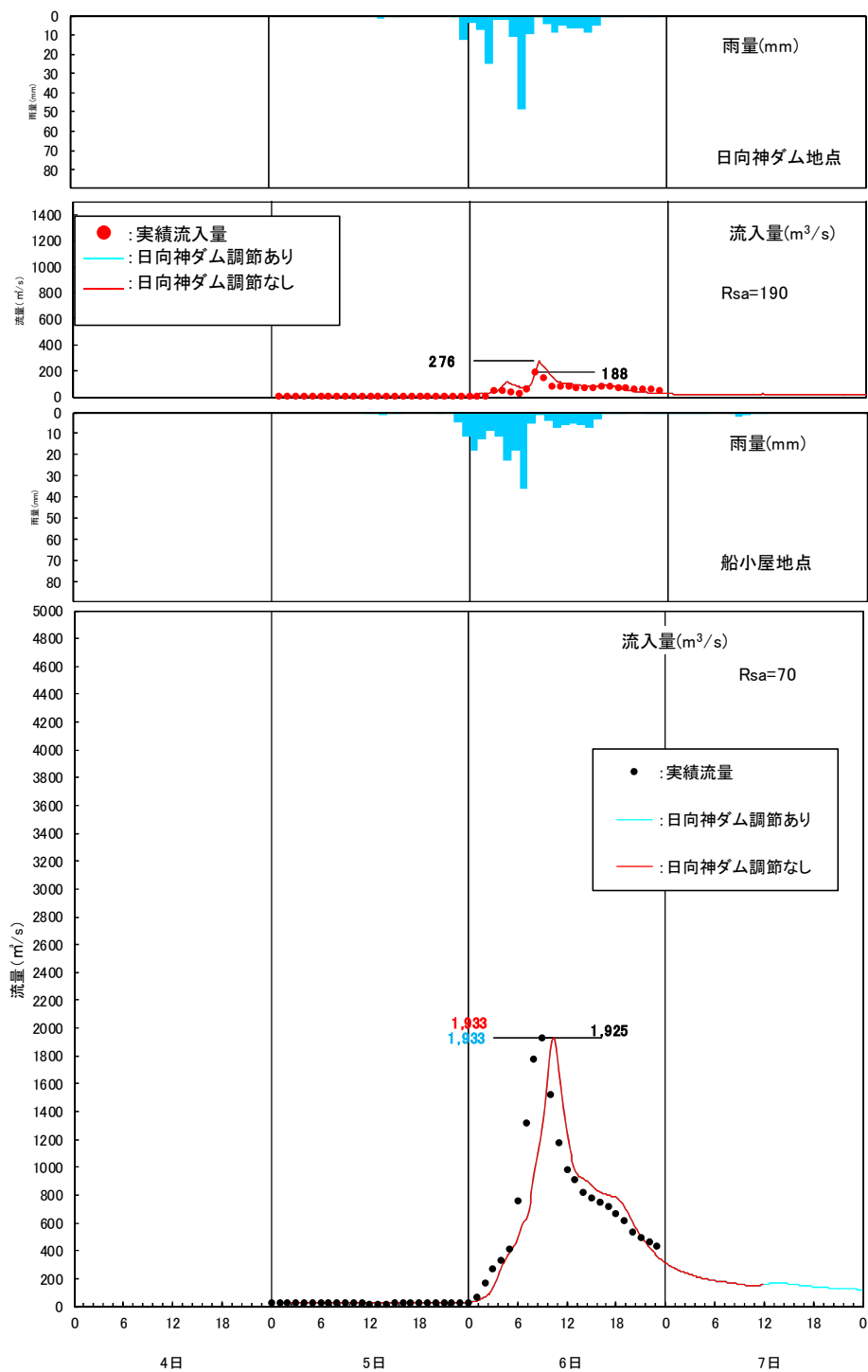


図 4.5.1 (10) 実績再現計算結果 (H13.7.6 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

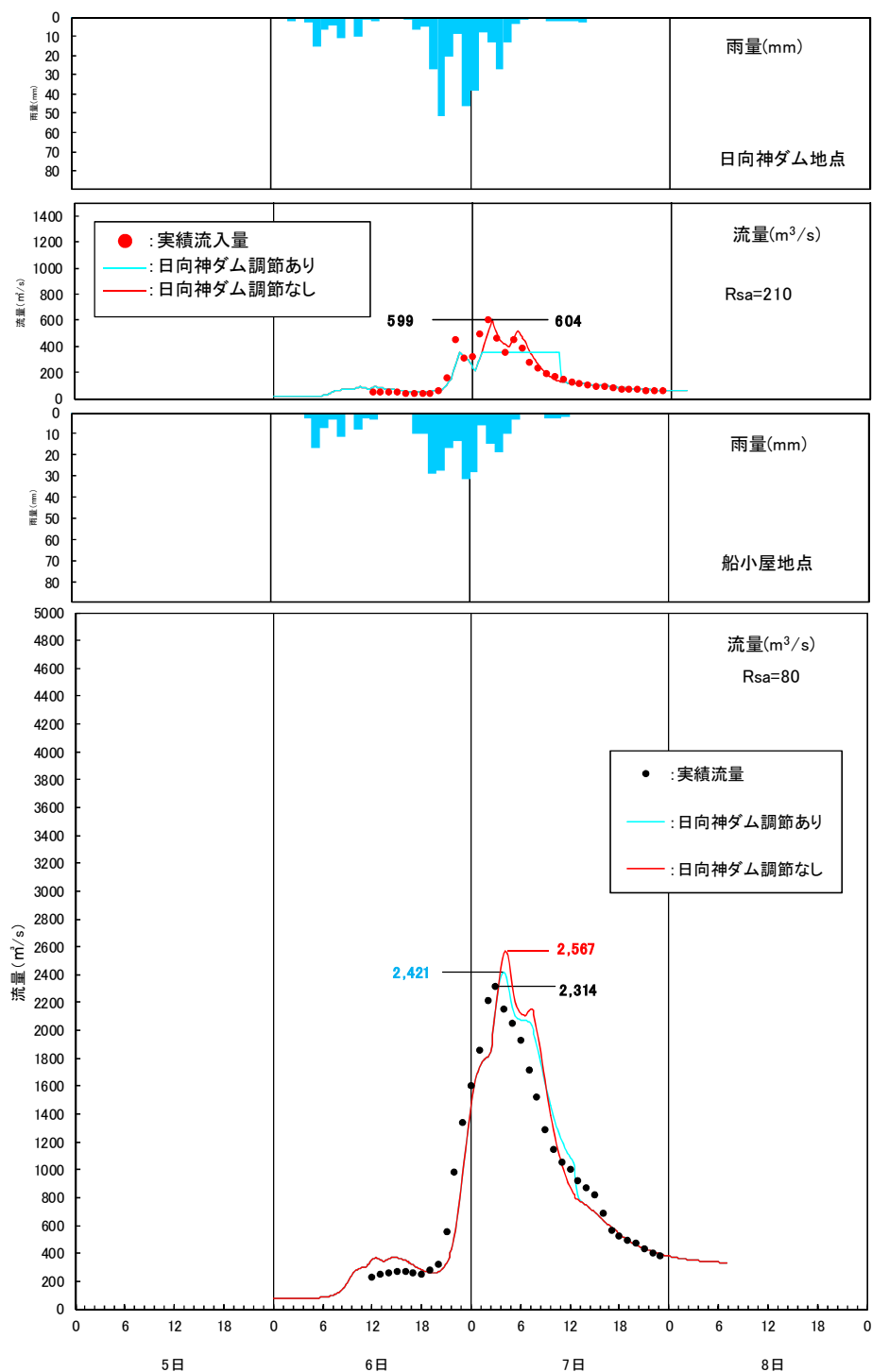


図 4.5.1 (11) 実績再現計算結果 (H19.7.7 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

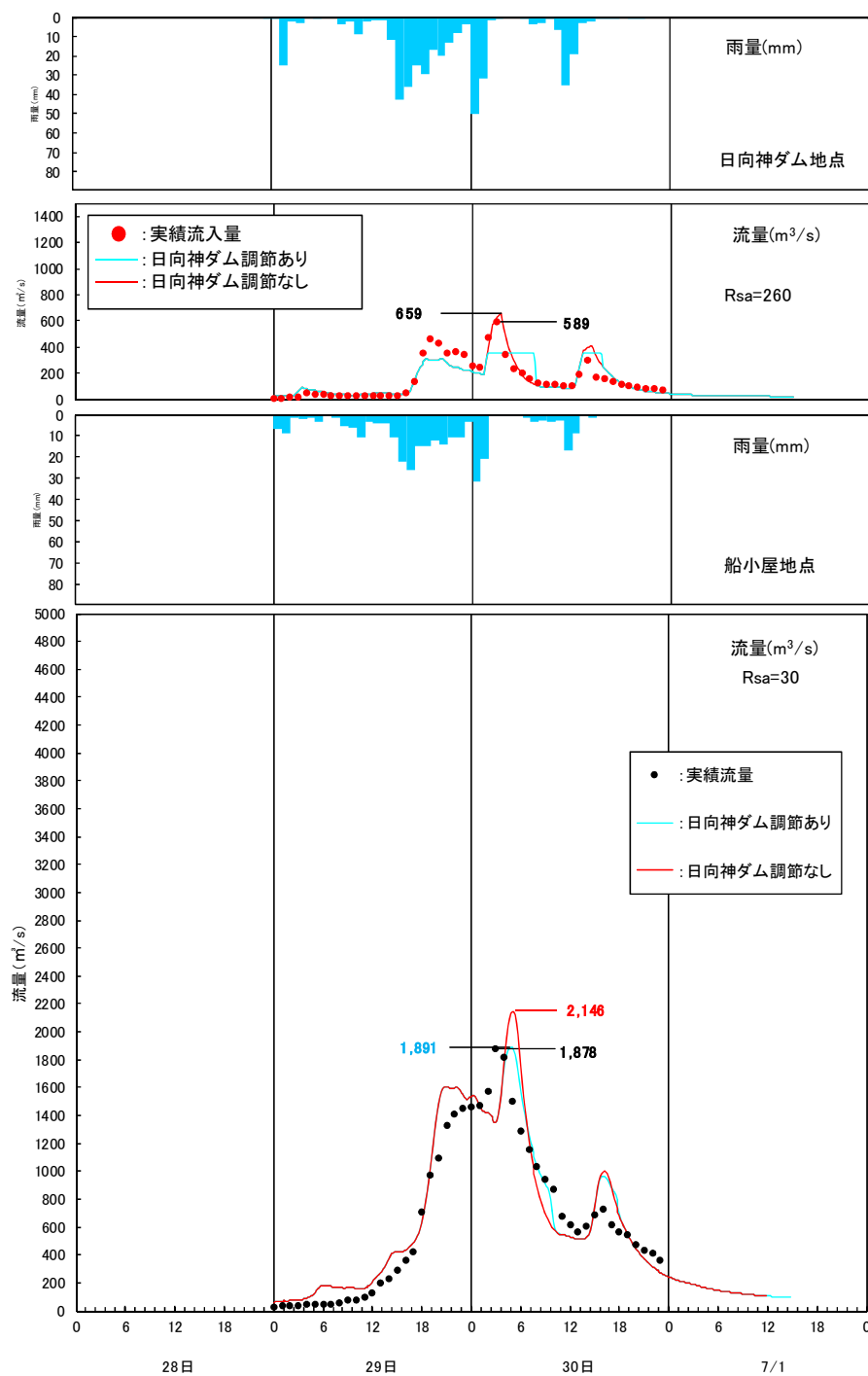


図 4.5.1 (12) 実績再現計算結果 (H21.6.30 洪水)

(上段：日向神ダム地点、下段：船小屋地点の流出解析結果)

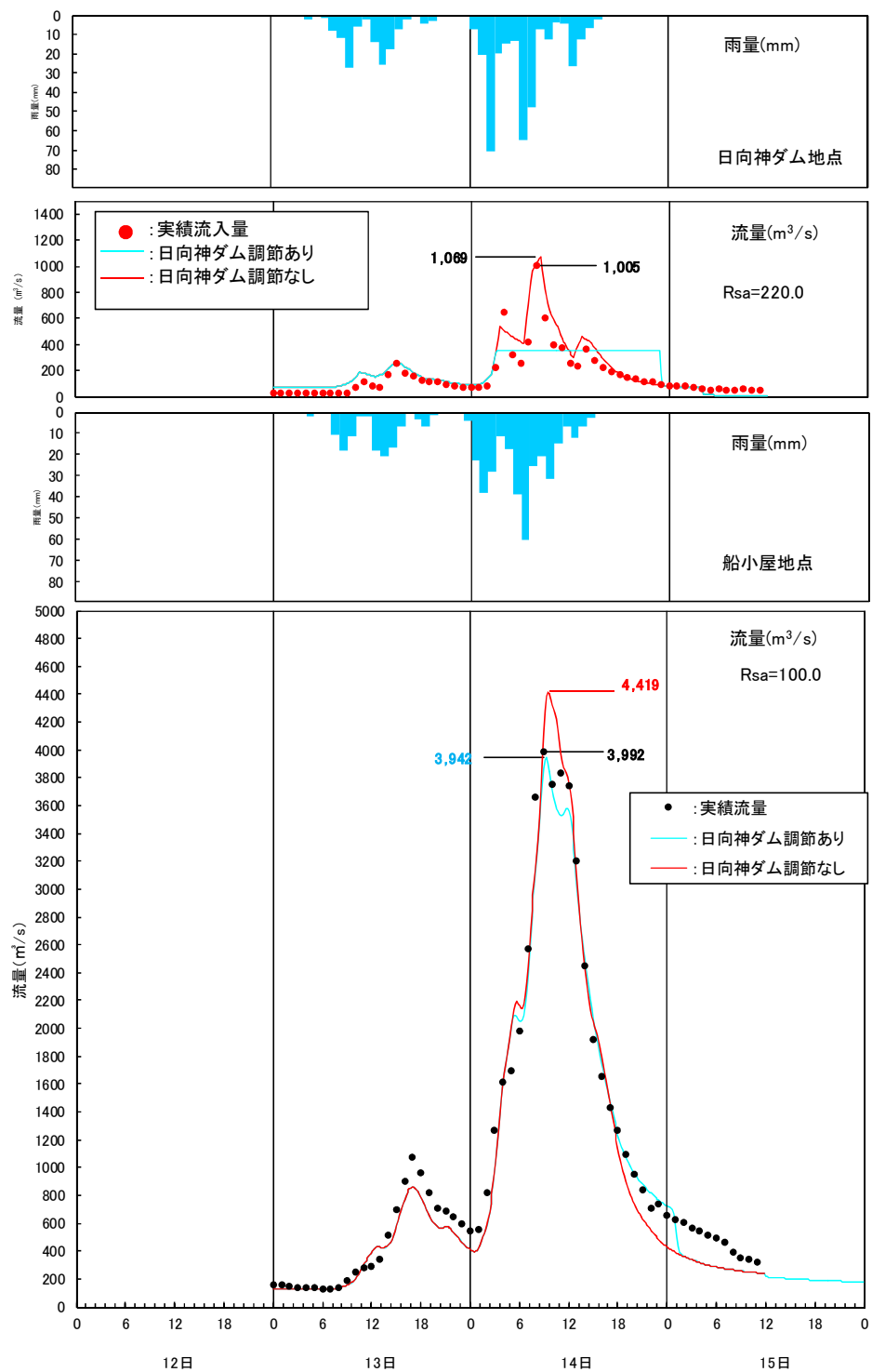


図 4.5.1 (13) 実績再現計算結果 (H24.7.14 洪水)

4.6 平成 24 年 7 月洪水の流出計算結果

設定した流域定数をもとに流出計算を行った。その結果、平成 24 年 7 月 14 日洪水の船小屋地点流量は約 4,000m³/s（日向神ダム調節あり）となった。

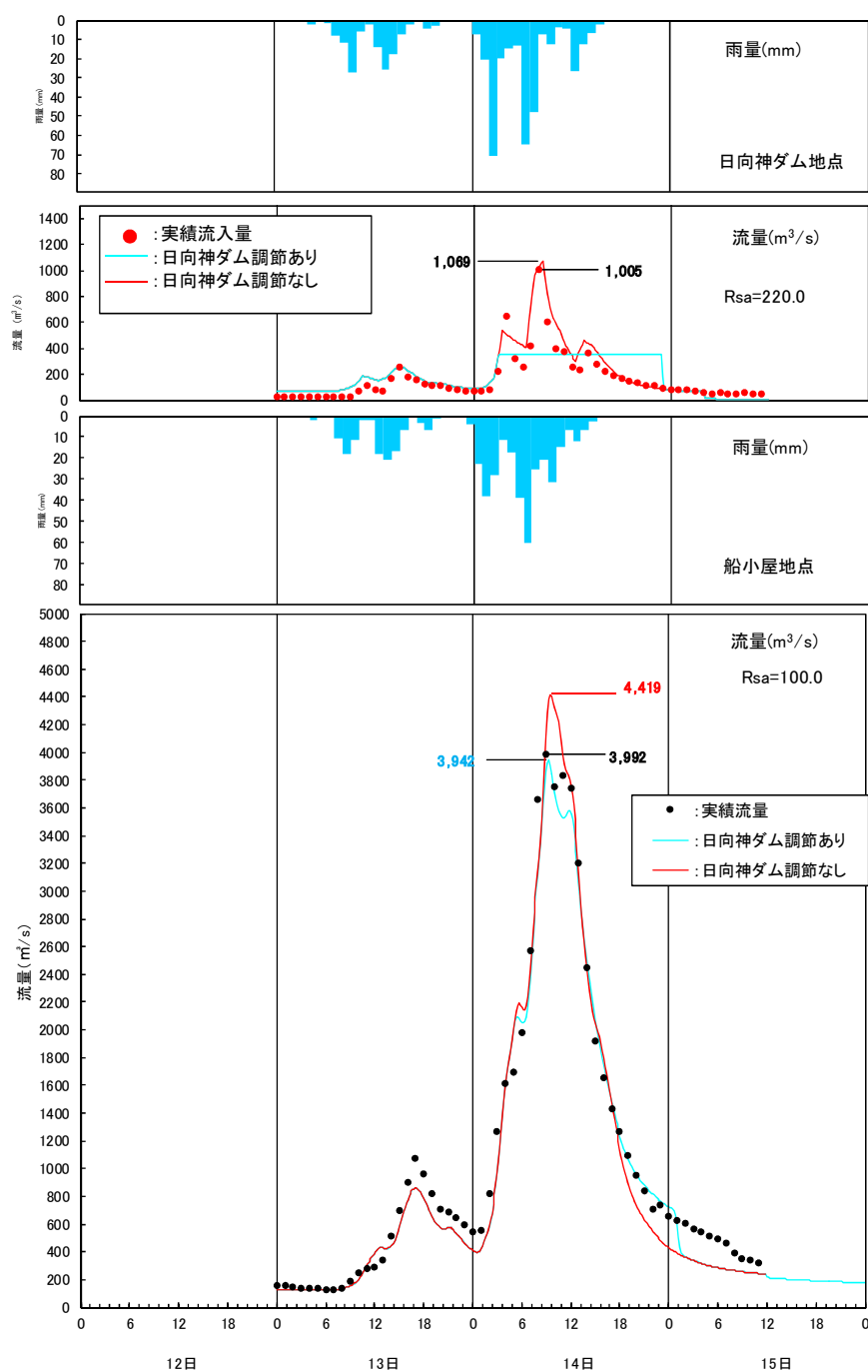


図 4.6.1 平成 24 年 7 月洪水の流出計算結果

5. 基本高水のピーク流量の設定

5.1 基本高水のピーク流量設定の考え方

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

- ・ 現行計画基本高水のピーク流量
- ・ 流量データによる確率（S 4 8～H 2 4）
- ・ 雨量データによる確率（9時間）（S 2 8～H 2 4）
- ・ 既往最大洪水の流量
- ・ 全ての時間雨量が 1/100 確率となるモデル降雨波形

5.2 計画規模の設定

計画規模については、現計画の 1/100 を踏襲するものとする。

5.3 矢部川流域の対象降雨の降雨継続時間の設定

5.3.1 対象降雨の降雨継続時間設定の考え方

矢部川水系における対象降雨の降雨継続時間については、洪水到達時間、ピーク流量とピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量との相関関係及び強い降雨強度の継続時間を整理し、設定した。



図 5.3.1 雨量観測所位置図

表 5.3.1 雨量観測所諸元一覧表

観測所名	所管	緯度	経度
辺春	県	緯度 033° 08′ 44.00″	経度 130° 37′ 03.00″
柴庵	県	緯度 033° 08′ 18.00″	経度 130° 50′ 30.00″
宮ノ尾	県	緯度 033° 09′ 03.00″	経度 130° 49′ 05.00″
八女支部局	県	緯度 033° 12′ 56.00″	経度 130° 33′ 53.00″
舞鶴	国	緯度 033° 06′ 54.00″	経度 130° 31′ 16.00″
瀬高	国	緯度 033° 09′ 22.00″	経度 130° 28′ 05.00″
白木	国	緯度 033° 08′ 09.00″	経度 130° 34′ 52.00″
横山	県	緯度 033° 16′ 23.00″	経度 130° 40′ 27.00″
飯塚	国	緯度 033° 17′ 02.00″	経度 130° 39′ 44.00″
枉葉	国	緯度 033° 16′ 53.00″	経度 130° 41′ 22.00″
星野	市	緯度 033° 15′ 01.00″	経度 130° 45′ 47.00″
黒木 (気)	気	緯度 033° 13′ 24.00″	経度 130° 38′ 48.00″
黒木 (国)	国	緯度 033° 13′ 27.00″	経度 130° 39′ 54.00″
吹原	国	緯度 033° 10′ 47.00″	経度 130° 43′ 20.00″
御側	県	緯度 033° 10′ 22.00″	経度 130° 51′ 02.00″
日向神ダム	県	緯度 033° 10′ 16.00″	経度 130° 46′ 56.00″
大淵	県	緯度 033° 10′ 38.00″	経度 130° 45′ 19.00″
木屋	気	緯度 033° 12′ 43.00″	経度 130° 41′ 49.00″
池の山	県	緯度 033° 14′ 35.00″	経度 130° 45′ 36.00″
本吉清水運動公園	県	緯度 033° 09′ 11.00″	経度 130° 30′ 48.00″
柳川支部局	県	緯度 033° 09′ 27.00″	経度 130° 25′ 01.00″
鹿伏	県	緯度 033° 07′ 13.00″	経度 130° 34′ 34.00″
八女市上陽支所	県	緯度 033° 14′ 18.00″	経度 130° 38′ 32.00″
柳峠	県	緯度 033° 12′ 27.00″	経度 130° 49′ 54.00″
耳納峠	県	緯度 033° 16′ 55.00″	経度 130° 45′ 22.00″
グリーンピア	県	緯度 033° 10′ 50.00″	経度 130° 40′ 45.00″
土取	県	緯度 033° 12′ 28.00″	経度 130° 44′ 57.00″
地徳南	県	緯度 033° 18′ 11.00″	経度 130° 41′ 19.00″
発心北	県	緯度 033° 17′ 53.00″	経度 130° 38′ 58.00″
鷹取山	県	緯度 033° 18′ 23.00″	経度 130° 42′ 02.00″
宿の谷	県	緯度 033° 16′ 13.00″	経度 130° 47′ 09.00″
柳川 (気)	気	緯度 033° 09′ 35.00″	経度 130° 24′ 12.00″
文字岳	県	緯度 033° 08′ 02.00″	経度 130° 47′ 12.00″
清水山中継局	県	緯度 033° 09′ 18.00″	経度 130° 31′ 54.00″
歴木中学校	県	緯度 033° 02′ 25.00″	経度 130° 28′ 11.00″
大牟田支部局	県	緯度 033° 01′ 54.00″	経度 130° 26′ 06.00″
大牟田 (気)	気	緯度 033° 00′ 24.00″	経度 130° 28′ 00.00″

表 5.3.2 (1) 雨量観測所一覧表 (1)

所管	県	県	県	県	国	国	国	県	国	国	市	気	国	国	県	県	県	気
年	辺春	柴庵	宮ノ尾	八女支部局	舞鶴	瀬高	白木	横山	飯塚	紅葉	星野	黒木(気)	黒木(国)	吹原	御側	日向神ダム	大淵	木屋
S28	—	—	○	○	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—
S29	○	—	○	○	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—
S30	○	—	○	○	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—
S31	○	—	○	○	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	○	—
S32	○	—	○	○	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	○	—
S33	○	—	○	○	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	△	○	—
S34	○	—	○	○	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	○	—
S35	○	—	○	○	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	○	—
S36.7	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	—	○	○	—
S36.8	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	○	—
S37	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	○	—
S38	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	○	—
S39	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	○	—
S40	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	△	○	○	—
S41	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	—	○	—
S42	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	○	—
S43	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	○	—
S44	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	○	—
S45	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	○	—
S46	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	△	△
S47	○	○	○	○	—	○	—	○	—	—	○	—	—	—	○	○	○	○
S48	○	○	○	○	—	○	—	○	○	—	○	—	—	—	○	○	—	○
S49	○	○	○	○	—	○	—	△	△	—	△	○	—	—	○	△	—	—
S50	○	△	△	○	—	○	—	○	○	—	○	△	—	○	○	△	—	△
S51	○	△	△	○	—	○	—	○	○	○	○	○	—	○	○	△	—	—
S52	○	○	—	○	—	○	—	×	○	○	×	○	—	○	○	—	—	—
S53	○	○	—	○	—	○	—	○	×	○	○	○	—	○	○	—	—	—
S54	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S55	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S56	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S57	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S58	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S59	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S60	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S61	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S62	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S63	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.2	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	△	○	○	—	—
H.3	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○	—	—
H.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.6	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	—	—
H.7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.9	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.11	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.12	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.13	○	○	○	○	○	○	○	△	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.14	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.15	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.16	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.17	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.18	△	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.19	○	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.20	○	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.21	△	○	○	△	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.22	○	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.23	△	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
H.24	○	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—

凡例 ○：資料有、△：一部欠測、×：欠測、—：観測されていない

表 5.3.3 (2) 雨量観測所一覧表 (2)

所管	県	県	県	県	県	県	県	県	県	県	県	県	県	県	気	県	県	県	県	気
年	池の山	本吉清水運動公園	柳川支部局	鹿伏	八女市上陽支所	柳峠	耳納峠	グリーンピア	土取	地徳南	発心北	鷹取山	宿の谷	柳川(気)	文字岳	清水山中継局	歴木中学校	大牟田支部局	大牟田(気)	
S28														—					—	
S29														—					—	
S30														—					—	
S31														—					—	
S32														—					—	
S33														—					—	
S34														—					—	
S35														—					—	
S.36. 7														—					—	
S.36. 8														—					—	
S37														—					—	
S38														—					—	
S39														—					—	
S40														—					—	
S41														—					—	
S42														—					—	
S43														—					—	
S44														—					—	
S45														—					—	
S46														—					—	
S47														—					—	
S48														—					—	
S49														—					—	
S50														—					—	
S51														○					○	
S52														○					○	
S53														○					○	
S54														○					○	
S55														○					○	
S56														○					○	
S57			○									○		○		○		○	○	
S58			○									○		○		○		○	○	
S59			○									○		○		○		○	○	
S60			○									○		○		○		○	○	
S61			○									○		○		○		○	○	
S62			○									○		○		○		○	○	
S63			○									○		○		○		○	○	
H. 1			○									○		○		○		○	○	
H. 2			○									○		○		○		○	○	
H. 3			○									○		○		○		○	○	
H. 4			○									○		○		○		○	○	
H. 5			○									○		○		○		○	○	
H. 6			○									○		○		○		○	○	
H. 7			○									○		○		○		○	○	
H. 8			○									○		○		○		○	○	
H. 9			○									○		○		○		○	○	
H.10			○			×	×	×	×			○	×	○		○		○	○	
H.11			○			×	×	×	×			○	×	○		○		○	○	
H.12		○	○			×	×	×	×			○	×	○		○		○	○	
H.13	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.14	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.15	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.16	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.17	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.18	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.19	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.20	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.21	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.22	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.23	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
H.24	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

凡例 ○：資料有、△：一部欠測、×：欠測、—：観測されていない

5.3.2 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。

(a) 洪水到達時間

1) kinematic wave 法に基づく式

$$T_p = t_p - \tau_p = K_1 L^p / r_e^{1-p} \quad \dots\dots\dots(1-3.4)$$

$$r_e(\tau_p) = r_e(t_p) \quad \dots\dots\dots(1-3.5)$$

ここに、 T_p ：洪水到達時間、 τ_p ：ピーク流量を発生する特性曲線の上流端での出発時刻、 t_p ：その特性曲線の下流端への到達時刻、 L ：斜面長、 r_e ： $\tau_p \sim t_p$ 間の平均有効降雨強度、 K_1 、 p ：斜面の勾配を θ とし、Manning の抵抗則を用いるとき、 $K_1 = n^{3/5} (\sin \theta)^{-3/10}$ 、 $p = 3/5$ 、

$$T_p = CA^{0.22} r_e^{-0.36} \quad \dots\dots\dots(1-3.6)$$

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

【解 説】 式 (1-3.4) と (1-3.5) は石原・高棹⁴⁾が矩形斜面上の表面流に kinematic wave 理論を適用して導いた関係である。この理論では、到達時間は「斜面上流端の雨水の擾乱が下流端に伝播する時間」と定義される。式 (1-3.5) の条件から、実測のハイドログラフとハイエトグラフを用いて図 1-3.2 のように洪水到達時間が求められる。

角屋⁴⁾は、式 (1-3.4) に河道長と流域面積の関係に関する地形則を導入することにより式 (1-3.6) を導いた。この式は、洪水規模による到達時間の変化を表現している点が特徴である。また、流域特性を表わす係数 C を次のように提示している。

丘陵山林地流域： $C=290$	粗造成宅地： $C=90 \sim 120$
放牧地・ゴルフ場： $C=190 \sim 210$	市街化地域： $C=60 \sim 90$

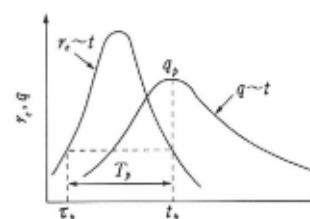


図 1-3.2 kinematic wave 法による T_p の定義

出典：土木学会；水理公式集,P.36～P.37

対象洪水は、過去洪水（昭和 28 年～平成 24 年）のうち、船小屋地点において、①はん濫注意水位相当流量以上、かつ②ピーク流量生起時刻前後の最大 9 時間雨量の対象降雨の降雨量までの引き伸ばし率が 2 倍以下（対象降雨の降雨量 249mm/9h は後述）となる、主要 15 洪水のうち実績流量が存在しない昭和 28 年洪水、昭和 47 年洪水を除く 13 洪水とした。

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 3～20 時間（平均 7.9 時間）

角屋式 4.7～7.4 時間（平均 6.1 時間）

表 5.3.4 洪水到達時間算定結果

No	洪水名	船小屋地点 流量 (m ³ /s)	Kinematic wave 法	角屋式※	
			算定結果 (hr)	平均有効 降雨強度 r _e	算定結果 (hr)
1	S54.6.27	1,380	5	16.5	6.5
2	S54.6.29	1,526	7	16.5	6.5
3	S55.7.9	1,857	4	28.3	5.4
4	S57.7.24	1,784	19	11.2	7.4
5	S60.6.29	1,535	7	19.5	6.1
6	S63.6.23	1,489	6	28.2	5.4
7	H2.7.2	2,752	7	25.9	5.6
8	H5.6.18	1,896	4	21.9	5.9
9	H9.8.6	1,527	6	22.8	5.8
10	H13.7.6	1,925	11	13.4	7.0
11	H19.7.7	2,314	4	20.4	6.0
12	H21.6.30	1,878	20	11.5	7.4
13	H24.7.14	3,992	3	41.2	4.7
平均値			7.9	平均値	6.1

※A=460km²、C=269.8

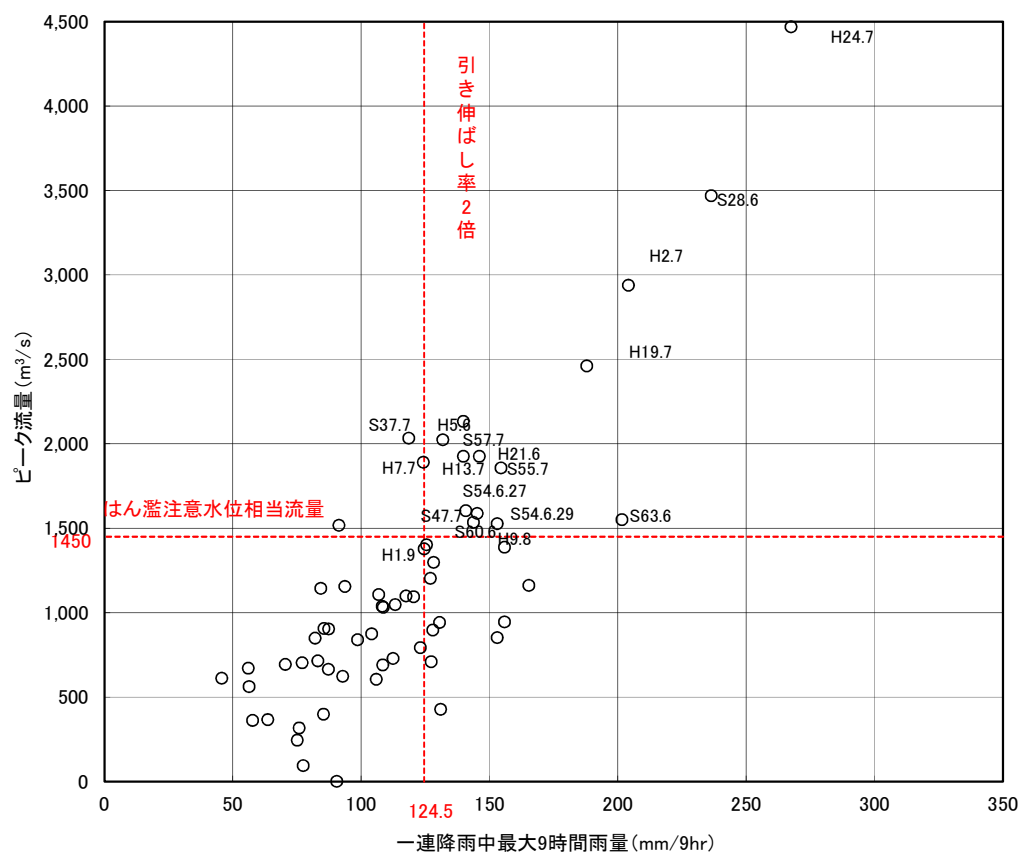


図 5.3.2 主要洪水選定結果関係図

表 5.3.5 主要洪水選定結果一覧表

西暦	年	月	日	最大流量 (m ³ /s)	氾濫注意水位相当流量1500m ³ /s程度以上 (m ³ /s)	9hr雨量 (mm)	拡大率	拡大率 2倍以下
1953	28	6	25	3,470	3,470	236.4	1.053	○
1954	29	6	29	941	×	×	×	×
1955	30	6	18	897	×	×	×	×
1956	31	8	27	1,032	×	×	×	×
1957	32	7	1	848	×	×	×	×
1958	33	8	13	709	×	×	×	×
1959	34	7	7	664	×	×	×	×
1960	35	6	21	622	×	×	×	×
1961	36	8	19	604	×	×	×	×
1962	37	7	1	2,033	2,033	118.6	2.099	×
1963	38	5	7	903	×	×	×	×
1964	39	6	19	690	×	×	×	×
1965	40	6	18	1,107	×	×	×	×
1966	41	6	19	714	×	×	×	×
1967	42	7	8	840	×	×	×	×
1968	43	6	30	703	×	×	×	×
1969	44	6	30	1,161	×	×	×	×
1970	45	9	17	728	×	×	×	×
1971	46	8	5	944	×	×	×	×
1972	47	7	3	1,587	1,587	145.2	1.715	○
1973	48	6	25	427	×	×	×	×
1974	49	7	16	—	—	—	—	×
1975	50	6	19	612	×	×	×	×
1976	51	8	2	362	×	×	×	×
1977	52	6	15	399	×	×	×	×
1978	53	6	10	317	×	×	×	×
1979	54	6	27	1,388	×	140.8	1.768	○
1979	54	6	29	1,603	1,603	155.9	1.598	○
1980	55	7	7	1,857	1,857	154.5	1.612	○
1981	56	6	25	693	×	×	×	×
1982	57	7	23	1,925	1,925	139.8	1.782	○
1983	58	7	14	906	×	×	×	×
1984	59	8	20	851	×	×	×	×
1985	60	6	28	1,535	1,535	143.7	1.733	○
1986	61	7	7	875	×	×	×	×
1987	62	7	18	1,155	×	×	×	×
1988	63	6	23	1,550	1,550	201.6	1.235	○
1989	1	8	31	1,378	×	×	×	×
1990	2	7	1	2,938	2,938	204.1	1.220	○
1991	3	6	30	1,047	×	×	×	×
1992	4	6	22	244	×	×	×	×
1993	5	6	17	2,024	2,024	131.8	1.889	○
1994	6	12	8	94	×	×	×	×
1995	7	7	2	1,890	1,890	124.2	2.005	×
1996	8	6	19	1,037	×	×	×	×
1997	9	8	5	1,527	1,527	153.0	1.627	○
1998	10	6	18	793	×	×	×	×
1999	11	6	23	1,203	×	×	×	×
2000	12	6	27	561	×	×	×	×
2001	13	7	5	1,925	1,925	146.1	1.704	○
2002	14	5	14	366	×	×	×	×
2003	15	7	19	670	×	×	×	×
2004	16	6	24	1,098	×	×	×	×
2005	17	7	8	1,517	1,517	91.4	2.726	×
2006	18	7	4	1,401	×	×	×	×
2007	19	7	6	2,461	2,461	187.9	1.325	○
2008	20	6	19	1,298	×	×	×	×
2009	21	6	29	2,133	2,133	139.9	1.780	○
2010	22	7	14	1,144	×	×	×	×
2011	23	7	6	1,093	×	×	×	×
2012	24	7	14	4,469	4,469	267.5	0.931	○

はん濫注意水位相当流量（1,500m³/s 程度）以上、かつ対象降雨の降雨継続時間を 9 時間とした場合の雨量の引き伸ばし率が 2 倍以下となる 15 洪水

※昭和 47 年以前及び昭和 49 年の最大流量は雨量からの推算値

※昭和 48 年以降の最大流量は、実績流量＋（ダムなし計算流量－ダムあり計算流量）の流量

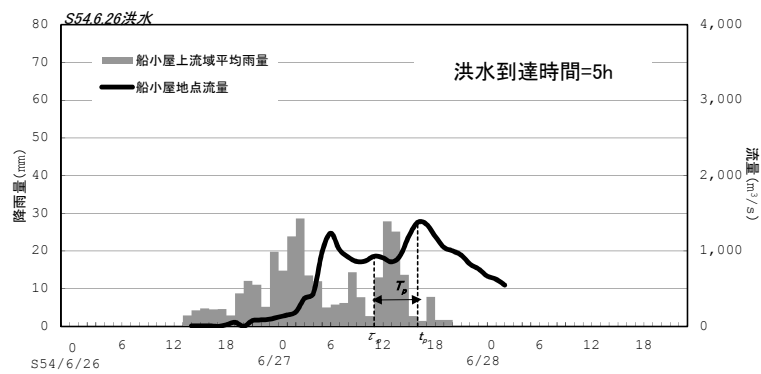


図 5.3.3 (1) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

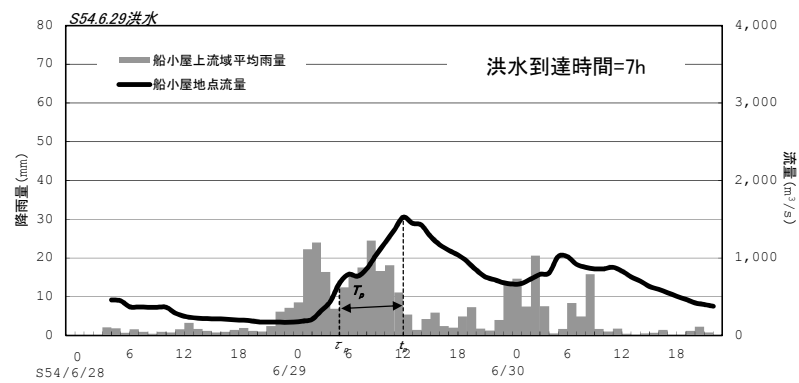


図 5.3.3 (2) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

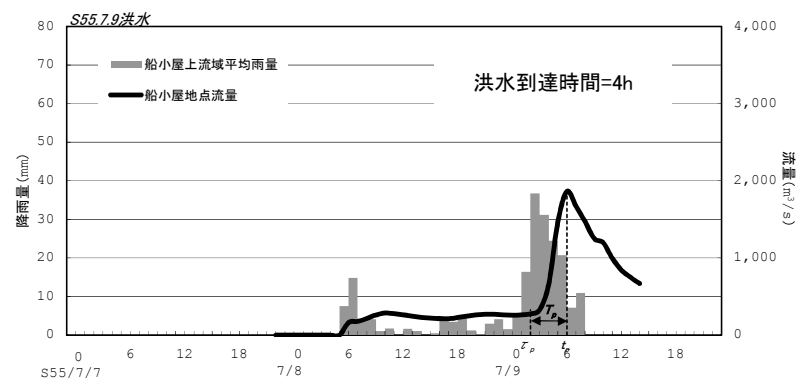


図 5.3.3 (3) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

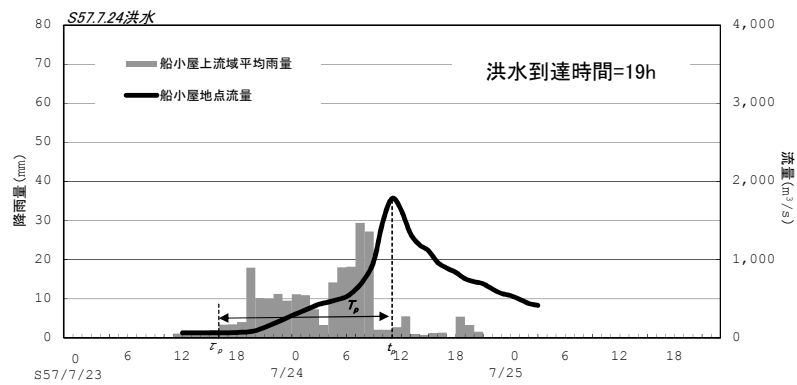


図 5.3.3 (4) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

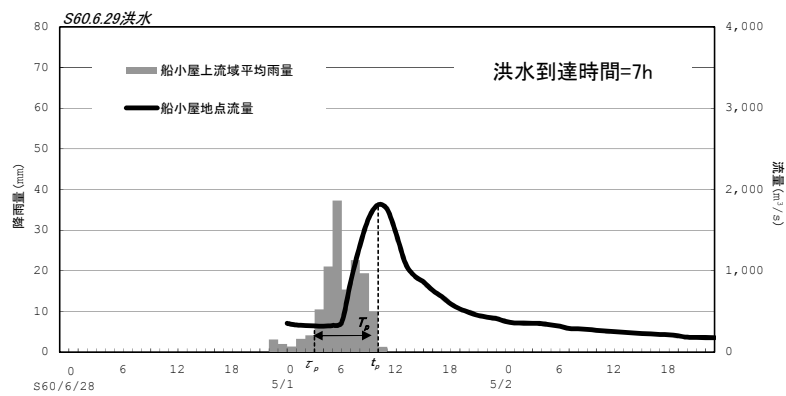


図 5.3.3 (5) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

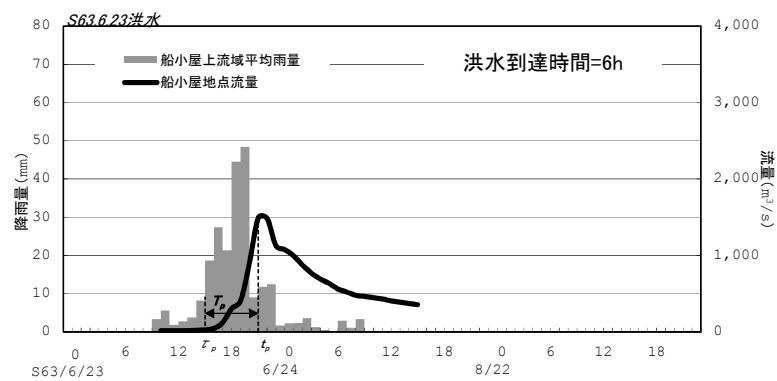


図 5.3.3 (6) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

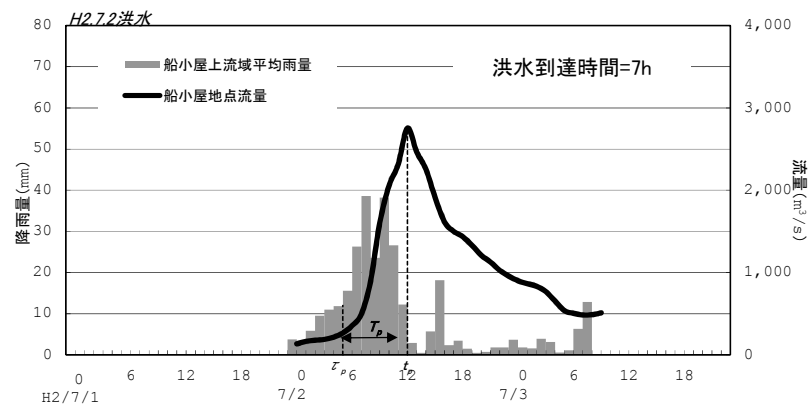


図 5.3.3 (7) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

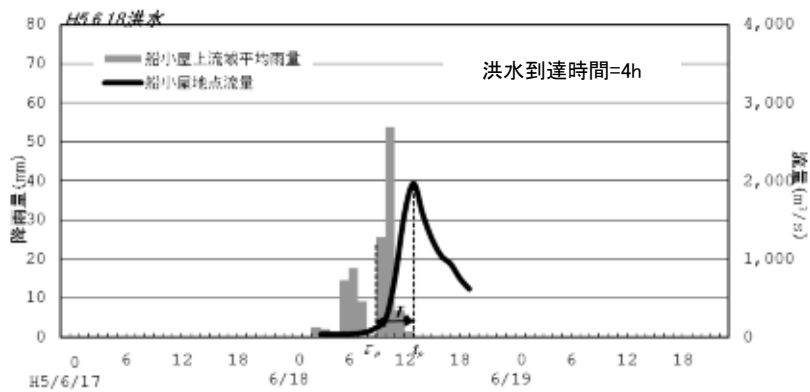


図 5.3.3 (8) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

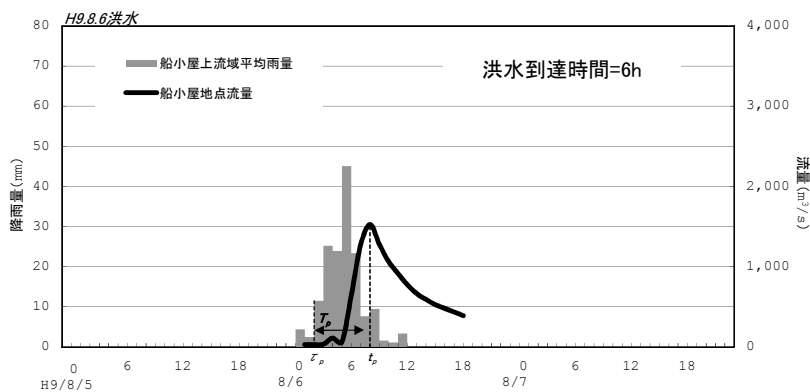


図 5.3.3 (9) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

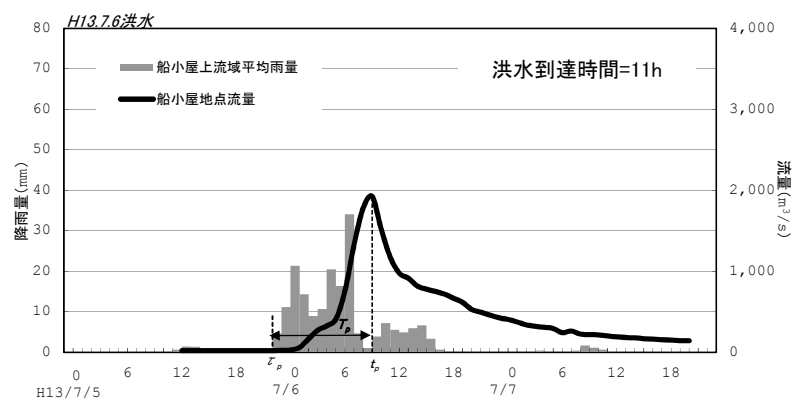


図 5.3.3 (10) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

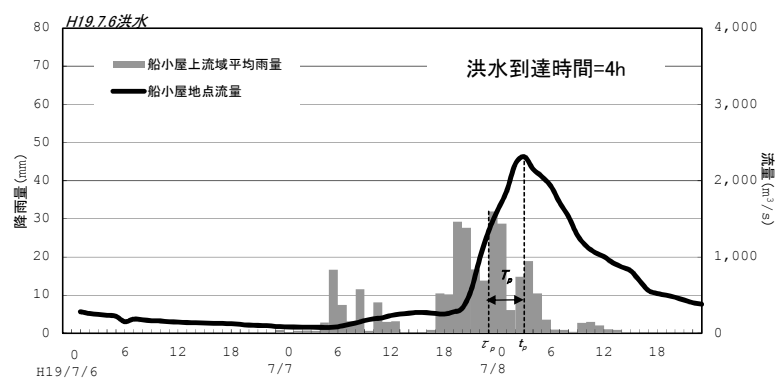


図 5.3.3 (11) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

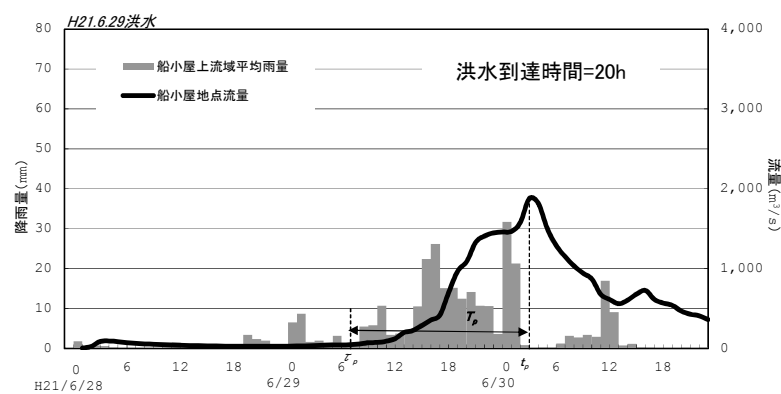


図 5.3.3 (12) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

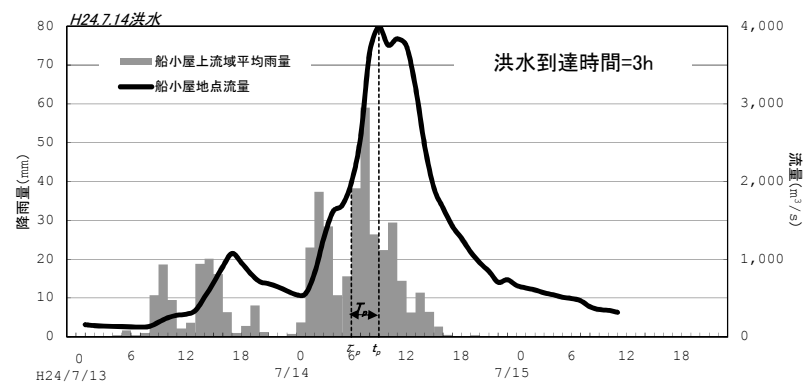


図 5.3.3 (13) Kinematic wave 法による洪水到達時間の算定

5.3.3 ピーク流量と雨量相関について

ここでは、昭和 28 年から平成 24 年までの 60 年間で年最大流量を記録した洪水を対象に、ピーク流量とピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量（1～6、9、12、24 時間雨量）との相関関係の整理を行った。

その結果、ピーク流量との相関性が高い短時間降雨は 9 時間雨量であることが示された。

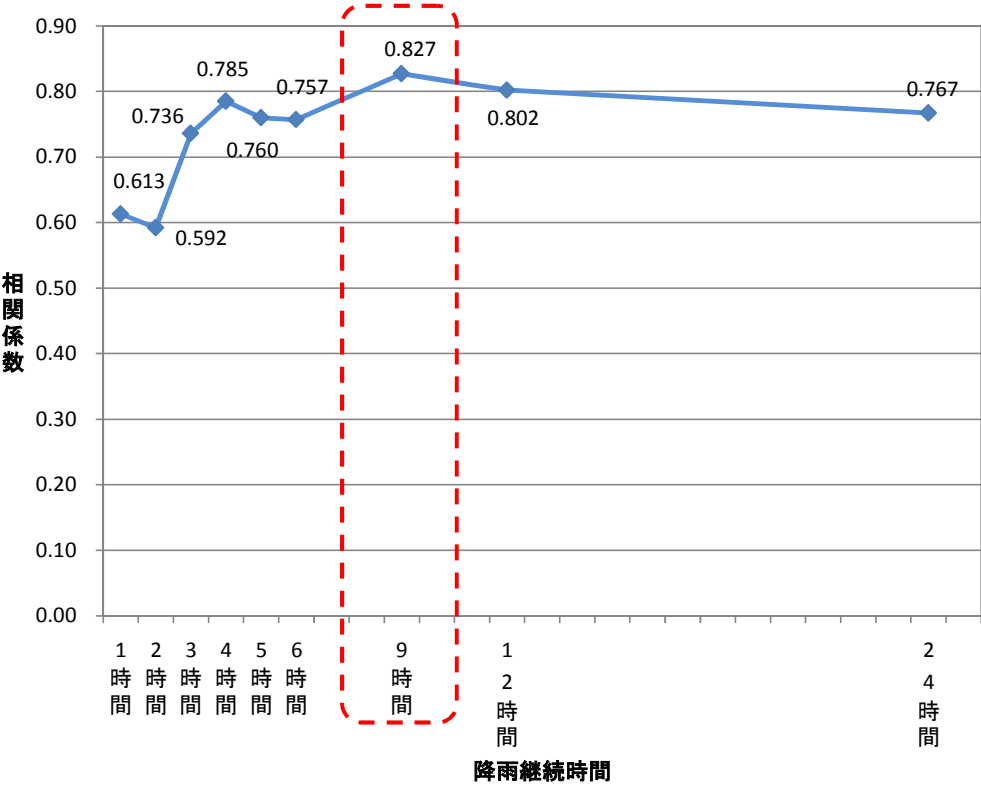


図 5.3.4 ピーク流量と雨量の相関関係

表 5.3.6 ピーク流量と雨量の相関関係

降雨継続時間	相関係数	降雨継続時間	相関係数
1 時間	0.613	6 時間	0.757
2 時間	0.592	9 時間	0.827
3 時間	0.736	12 時間	0.802
4 時間	0.785	24 時間	0.767
5 時間	0.760		

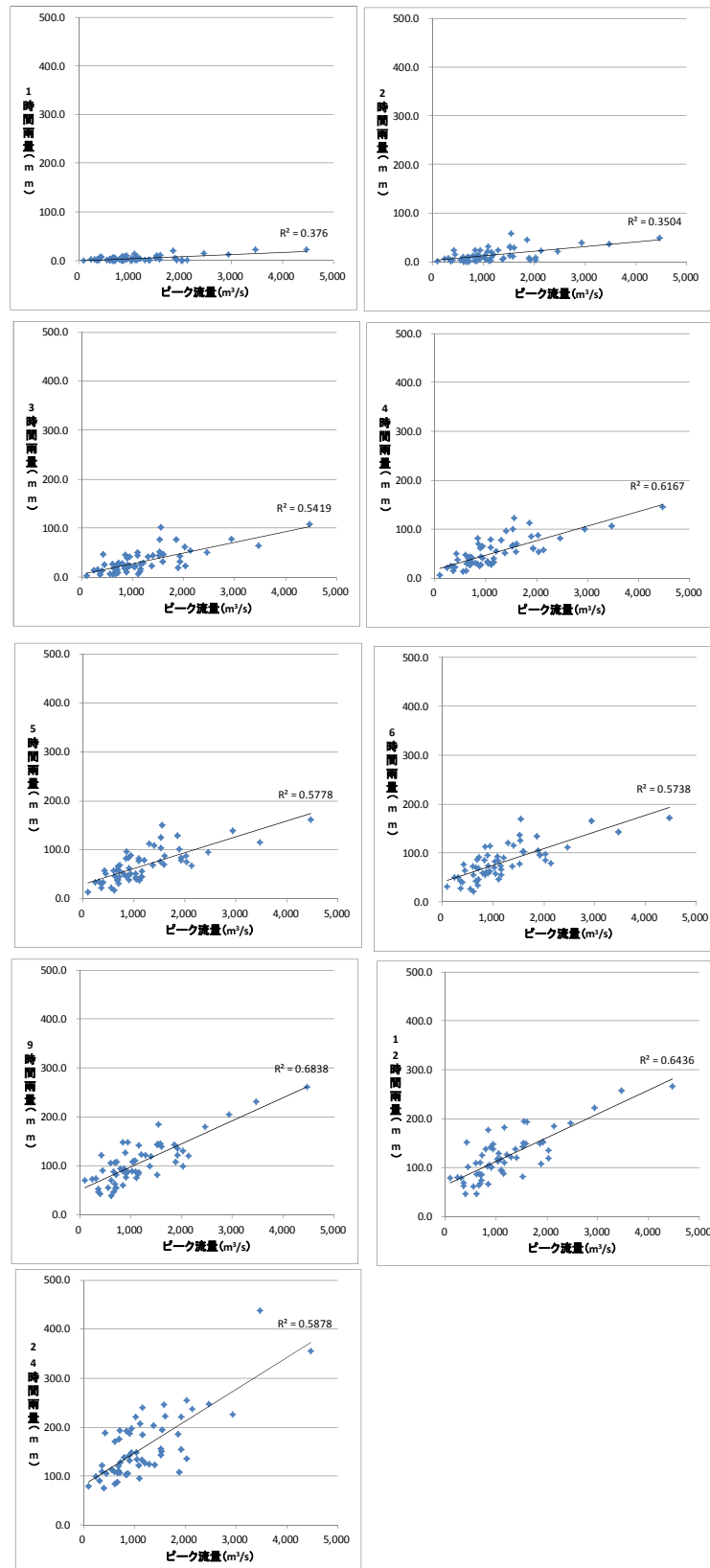


図 5.3.5 ピーク流量と雨量の相関関係（ピーク流量生起時刻から遡る短時間雨量）

表 5.3.7 年最大流量時洪水一覧（ピーク流量生起時刻から遡る最大短時間雨量）

洪水No.	年月日	降雨継続 時間 (hr)	流量 (m ³ /S)	雨量(mm)									
				1時間	2時間	3時間	4時間	5時間	6時間	9時間	12時間	24時間	
1	S28.6.26	36	3,470	22.2	36.2	63.5	106.2	115.5	143.5	230.9	257.7	437.7	
2	S29.6.29	17	941	2.3	5.7	23.1	41.3	51.0	62.5	87.4	137.6	196.6	
3	S30.6.18	19	897	5.9	14.1	38.5	61.5	84.4	95.3	126.2	141.5	141.5	
4	S31.8.27	29	1,032	0.0	8.4	19.9	33.2	43.9	70.4	89.5	118.2	220.8	
5	S32.7.5	49	848	5.4	11.3	17.9	28.7	46.8	55.6	60.4	66.3	102.5	
6	S33.8.14	19	709	0.0	0.3	23.4	33.1	45.3	46.5	55.7	73.9	193.1	
7	S34.7.8	6	664	0.0	0.0	7.6	39.9	58.8	70.1	87.2	87.2	87.3	
8	S35.6.22	25	622	4.2	7.1	17.1	30.1	45.9	54.8	70.8	86.0	170.0	
9	S36.8.20	12	604	2.4	9.5	26.0	47.3	58.2	73.1	105.9	108.6	108.6	
10	S37.7.4	41	2,033	0.0	4.0	22.7	53.8	74.7	85.2	99.2	118.6	254.3	
11	S38.5.11	62	903	4.8	12.0	19.8	27.2	38.2	59.5	76.7	100.8	131.6	
12	S39.6.19	20	690	6.4	8.7	22.3	44.3	66.6	86.5	107.2	110.5	110.5	
13	S40.6.20	35	1,107	1.1	2.2	6.2	27.1	38.0	46.7	75.7	92.6	206.5	
14	S41.6.20	20	714	0.0	2.1	8.4	30.0	57.7	69.5	81.1	86.2	106.0	
15	S42.7.9	11	840	0.0	2.7	18.2	82.1	83.0	84.8	89.9	102.5	102.5	
16	S43.7.2	31	703	2.4	10.1	14.4	27.2	31.5	34.3	54.2	83.4	175.4	
17	S44.7.1	33	1,161	7.6	20.1	26.5	40.2	56.2	66.5	142.0	181.3	239.0	
18	S45.9.18	16	728	4.8	9.2	28.6	42.7	68.6	91.1	108.3	125.9	128.3	
19	S46.8.5	24	944	10.6	23.4	41.0	65.0	88.6	114.2	148.5	148.5	148.5	
20	S47.7.5	29	1,587	2.0	11.1	30.7	53.4	70.4	102.8	145.2	148.9	246.0	
21	S48.6.26	27	427	7.0	24.1	46.3	49.6	57.2	76.6	121.3	152.3	188.2	
22	S49.4.8	18	451	7.2	15.2	24.7	37.9	51.8	63.5	90.5	102.0	105.6	
23	S50.6.21	24	612	0.0	0.0	5.5	14.4	17.2	21.7	39.4	46.9	83.6	
24	S51.8.4	42	362	2.1	2.2	4.4	24.3	31.6	43.0	53.2	62.1	109.6	
25	S52.6.17	58	399	1.5	3.6	12.5	23.0	34.2	39.8	42.0	46.2	75.7	
26	S53.6.11	30	317	3.0	6.9	14.5	25.3	35.7	50.0	74.0	79.0	90.3	
27	S54.6.27	31	1,603	11.1	29.3	45.9	70.4	88.0	103.4	139.0	193.6	222.6	
28	S55.7.9	27	1,857	20.7	45.2	76.3	113.0	129.3	134.8	143.6	149.3	185.4	
29	S56.6.27	36	693	1.1	7.4	23.8	36.8	38.3	42.3	62.4	67.3	120.4	
30	S57.7.24	34	1,925	2.1	4.1	31.3	60.7	78.9	97.0	121.8	153.4	221.0	
31	S58.7.16	63	906	8.8	13.9	24.5	43.7	62.3	73.7	83.5	101.5	187.6	
32	S59.8.21	31	851	8.9	24.5	45.4	69.8	97.0	113.1	148.1	176.5	191.6	
33	S60.6.29	13	1,535	10.0	29.4	52.0	67.4	104.7	125.7	143.7	150.3	150.3	
34	S61.7.8	10	875	0.0	1.1	9.4	24.8	47.3	60.9	93.5	105.2	105.2	
35	S62.7.19	46	1,155	3.8	8.8	16.7	32.3	44.8	55.2	86.5	110.4	184.7	
36	S63.6.23	24	1,550	9.0	57.4	101.9	123.2	150.6	169.2	184.0	194.7	194.7	
37	H1.9.3	47	1,378	1.6	4.9	21.9	51.6	69.3	72.4	99.3	137.8	203.8	
38	H2.7.2	33	2,938	12.3	38.9	77.1	100.7	139.3	165.7	204.1	222.2	225.9	
39	H3.6.30	17	1,047	0.9	5.5	22.4	29.6	40.4	57.9	109.4	129.6	134.0	
40	H4.6.23	30	244	2.5	6.4	13.4	20.7	34.1	50.4	72.8	79.7	99.2	
41	H5.6.18	11	2,024	1.4	8.2	62.0	87.6	88.3	97.5	130.9	135.8	135.8	
42	H6.12.9	11	94	0.0	1.1	2.1	5.6	14.2	31.2	69.9	79.5	79.5	
43	H7.7.3	27	1,890	4.4	7.0	19.2	85.6	102.0	105.2	107.6	107.6	107.6	
44	H8.6.20	45	1,037	5.3	13.2	21.5	33.7	51.6	82.3	108.2	112.5	148.2	
45	H9.8.6	12	1,527	7.7	31.1	76.1	100.0	125.2	136.7	143.5	143.5	143.5	
46	H10.6.19	13	793	2.2	12.9	27.7	31.3	50.9	59.4	94.1	137.5	137.5	
47	H11.6.24	59	1,203	3.8	14.9	29.2	55.3	78.7	90.6	122.7	127.0	127.0	
48	H12.6.27	36	561	1.2	4.1	6.5	13.5	22.9	26.4	54.9	61.2	112.5	
49	H13.7.6	23	1,925	1.1	6.2	43.0	61.0	84.0	95.5	135.5	151.8	154.5	
50	H14.5.15	29	366	0.4	1.0	5.0	15.0	22.7	27.6	46.4	68.6	122.0	
51	H15.7.21	33	670	6.3	6.8	7.6	27.8	37.4	43.2	46.9	63.5	106.2	
52	H16.6.26	21	1,098	13.7	31.7	50.4	78.5	83.1	83.9	87.3	95.5	95.8	
53	H17.7.10	37	1,517	5.4	12.6	43.9	65.4	76.4	78.0	81.3	81.6	156.1	
54	H18.7.5	20	1,401	1.8	8.0	44.4	95.9	109.4	116.0	119.6	121.0	123.5	
55	H19.7.6	24	2,461	14.8	20.9	49.6	81.6	95.3	112.1	179.1	190.5	247.4	
56	H20.6.19	21	1,298	1.7	23.5	41.2	78.1	112.6	120.9	122.3	122.3	123.6	
57	H21.6.29	47	2,133	0.8	22.1	53.9	57.5	68.1	78.8	120.7	184.4	236.6	
58	H22.7.14	71	1,144	1.0	2.8	11.3	33.2	45.0	73.6	82.9	87.7	132.4	
59	H23.7.6	21	1,093	5.6	21.6	44.3	63.2	77.3	92.5	110.5	118.0	122.1	
60	H24.7.14	21	4,469	22.3	48.8	107.8	146.0	161.6	172.3	261.1	265.6	355.6	

※毎年の時間雨量が整理されている昭和 28 年以降を対象

※昭和 47 年以前及び昭和 49 年の流量は雨量からの推算値

※昭和 48 年以降の流量は、実績流量＋（ダムなし計算流量－ダムあり計算流量）の流量

5.3.4 強い降雨強度の継続時間

ここでは強い降雨強度（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 28 年～平成 24 年）のうち、船小屋地点において、①はん濫注意水位相当流量以上、かつ②ピーク流量生起時刻前後の最大 9 時間雨量の引き伸ばし率が 2 倍以下となる、主要 15 洪水とした。

この結果、主要洪水における降雨量 5mm/hr の継続時間の平均値は 9.8 時間、降雨量 10mm/hr の継続時間の平均値は 6.2 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、概ね 6～10 時間でカバーできることがわかる。

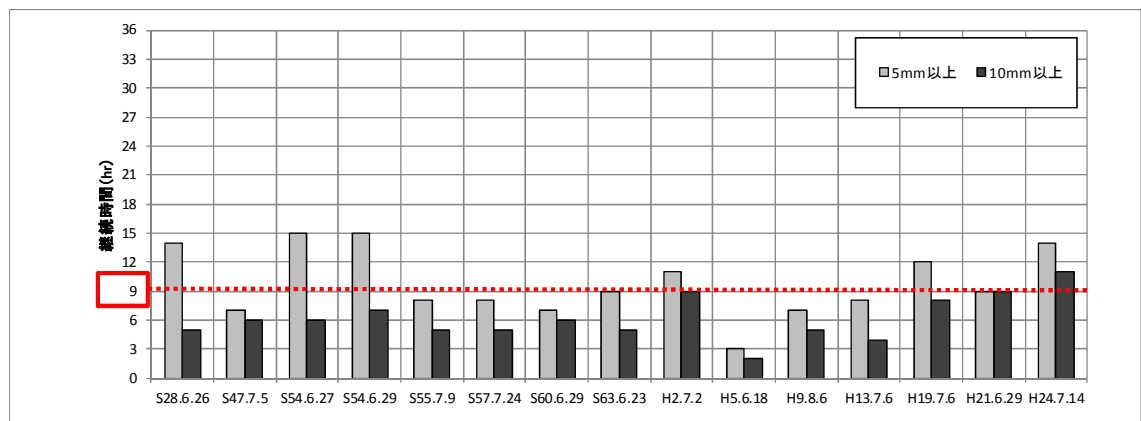


図 5.3.6 強い降雨強度の継続時間（主要 15 洪水）

5.3.5 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 28 年から平成 24 年までの雨量資料（60 年間）を整理し、矢部川の降雨特性、ピーク流量との相関を勘案して、下記理由により対象降雨の降雨継続時間は、9 時間と設定した。

- 洪水到達時間の検討において、Kinematic wave 法 3～20 時間（平均 7.9 時間）、角屋式 4.7～7.4 時間（平均 6.1 時間）となる。
- ピーク流量と相関の高い短時間雨量は 9 時間雨量である。
- 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概ね 6～10 時間である。

5.4 年最大流量及び年最大雨量の経年変化

既定計画策定(平成 19 年)後の平成 24 年 7 月に、基本高水のピーク流量 $3,500\text{m}^3/\text{s}$ 、対象降雨の降雨量 $232\text{mm}/9\text{hr}$ を上回る洪水が発生している。

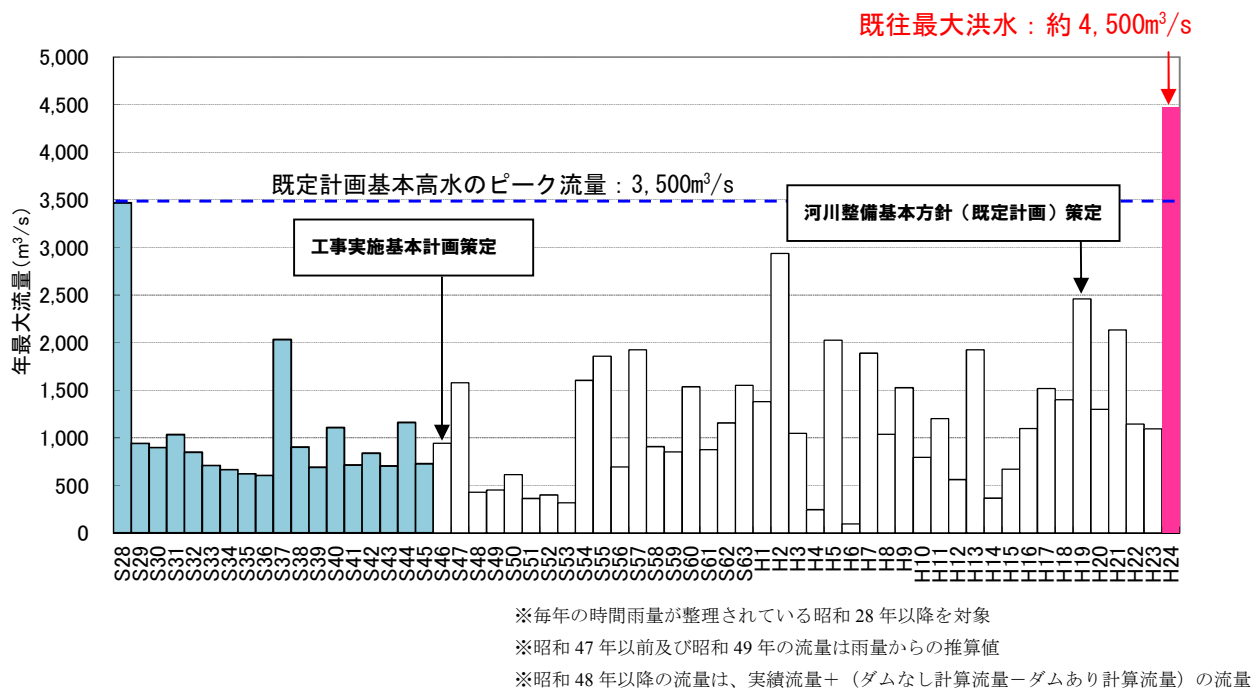


図 5.4.1 年最大流量（基準地点船小屋）

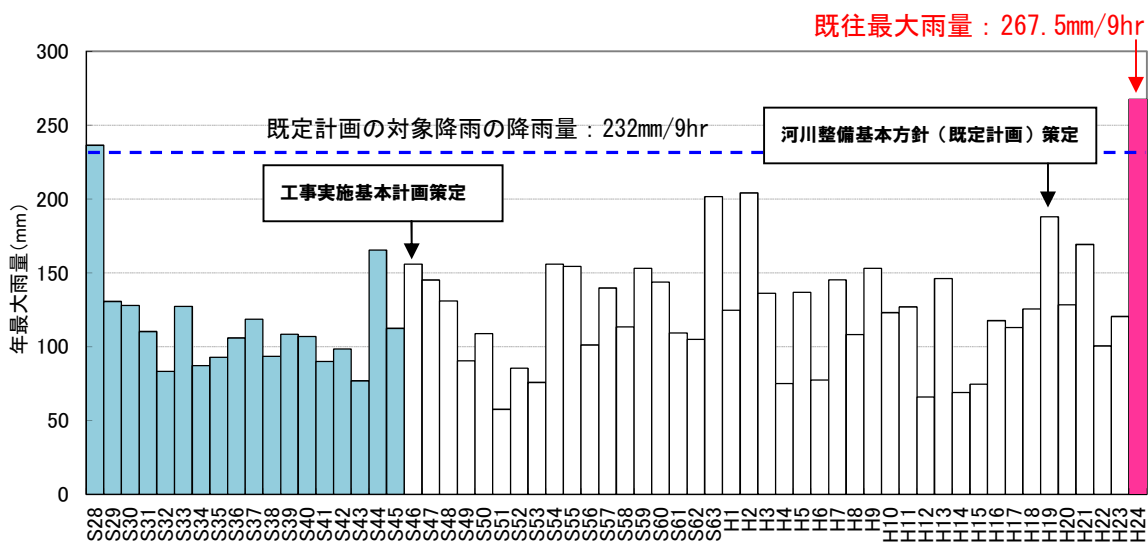


図 5.4.2 年最大 9 時間雨量（基準地点船小屋上流域平均雨量）

表 5.4.1 年最大流量及び年最大 9 時間雨量（船小屋地点）

年	年最大流量 (m^3/s)	流域平均最大 9 時間雨量 ($\text{mm}/9\text{hr}$)	年	年最大流量 (m^3/s)	流域平均最大 9 時間雨量 ($\text{mm}/9\text{hr}$)
S.28	3,470	236.4	S.58	906	113.3
S.29	941	130.6	S.59	851	153.0
S.30	897	127.9	S.60	1,535	143.7
S.31	1,032	110.3	S.61	875	109.3
S.32	848	83.3	S.62	1,155	105.0
S.33	709	127.3	S.63	1,550	201.6
S.34	664	87.2	H. 1	1,378	124.6
S.35	622	92.8	H. 2	2,938	204.1
S.36	604	105.9	H. 3	1,047	136.2
S.37	2,033	118.6	H. 4	244	75.1
S.38	903	93.5	H. 5	2,024	136.8
S.39	690	108.4	H. 6	94	77.4
S.40	1,107	106.9	H. 7	1,890	145.3
S.41	714	90.0	H. 8	1,037	108.2
S.42	840	98.6	H. 9	1,527	153.0
S.43	703	77.0	H.10	793	123.1
S.44	1,161	165.4	H.11	1,203	127.0
S.45	728	112.4	H.12	561	65.9
S.46	944	155.9	H.13	1,925	146.1
S.47	1,587	145.2	H.14	366	69.1
S.48	427	131.0	H.15	670	74.6
S.49	451	90.5	H.16	1,098	117.7
S.50	612	108.9	H.17	1,517	113.0
S.51	362	57.7	H.18	1,401	125.5
S.52	399	85.4	H.19	2,461	187.9
S.53	317	75.9	H.20	1,298	128.3
S.54	1,603	155.9	H.21	2,133	169.3
S.55	1,857	154.5	H.22	1,144	100.5
S.56	693	101.1	H.23	1,093	120.5
S.57	1,925	139.8	H.24	4,469	267.5

※毎年の時間雨量が整理されている昭和 28 年以降を対象

※昭和 47 年以前及び昭和 49 年の流量は雨量からの推算値

※昭和 48 年以降の流量は、実績流量＋（ダムなし計算流量－ダムあり計算流量）の流量

5.5 時間雨量データにおける確率からの検討

5.5.1 対象降雨の降雨量の設定

S28～H24（60 年間）の年最大 9 時間雨量を用いて確率計算を行い、各計算手法の中で $SLSC \leq 0.040$ になる確率雨量を採用した結果 1/100 確率 9 時間雨量の範囲は 242 ～283mm/9hr となり、Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量 249mm/9h を対象降雨の降雨量に採用することとした。

表 5.5.1 船小屋地点 9 時間雨量 1/100 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点船小屋			備考
		SLSC	確率 1/100 9 時間雨量 (mm)	Jackknife 推定誤差	
分布型 極値	一般化極値分布 Gev	0.024	251	34.9	採用
	ガンベル分布 Gumbel	0.025	249	19.5	
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.024	283	21.5	
布マ 型ガ 分ン	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）LP3Rs	—	—	—	
	対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法）LogP3	0.020	252	31.8	
対数正規分布型	岩井法 Iwai	0.021	242	30.4	
	石原・高瀬法 IshiTaka	—	—	—	
	対数正規分布 3 母数クォンタイル法 LN3Q	0.021	248	27.6	
	対数正規分布 3 母数(Slade II) LN3PM	0.029	256	30.4	
	対数正規分布 2 母数(Slade I, L 積率法) LN2LM	0.022	242	20.5	
	対数正規分布 2 母数(Slade I, 積率法) LN2PM	0.021	242	20.2	
	対数正規分布 4 母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—	—	

注：時間雨量の統計範囲は昭和 28 年～平成 24 年

$SLSC \leq 0.040$ の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

—：標本と分布モデルとの適合性が明らかに良くないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が 0.3 より大きい場合は当該分布モデルには不適合とみなして“—”とした。

表 5.5.2 船小屋地点 9 時間雨量確率計算結果

(単位:mm)

項目		矢部川 船小屋上流域 (A=460.0km ²)												
		毎年値												
		一般化極値分布	ガンベル分布	平方根指数型 最大値分布	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (対数空間法)	岩井法	石原・高瀬法	対数正規分布 3母数 クォンタイル 法	対数正規分布 3母数 (SladeⅡ)	対数正規分布 2母数(Slade Ⅰ,Ⅱ積率法)	対数正規分布 2母数(Slade Ⅰ,Ⅱ積率法)	対数正規分布 4母数(Slade Ⅳ,Ⅴ積率法)	平均値
		Gev	Gumbel	SqrtEt	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM	
60														
標本数		267.5												
最大値														
確率規模	1/2	117	117	115	-	116	118	-	117	115	118	118	-	116
	1/3	133	134	132	-	133	134	-	133	132	134	134	-	133
	1/5	152	152	153	-	152	153	-	152	151	153	153	-	152
	1/10	176	176	181	-	176	175	-	175	175	175	175	-	176
	1/20	198	198	210	-	199	196	-	198	199	196	196	-	199
	1/30	212	211	228	-	212	208	-	211	213	208	208	-	212
	1/50	228	227	251	-	212	222	-	227	231	222	222	-	227
	1/80	243	242	272	-	245	236	-	241	248	236	236	-	244
	1/100	251	249	283	-	252	242	-	248	256	242	242	-	252
	1/150	264	262	303	-	266	254	-	261	270	253	253	-	265
	1/200	273	271	317	-	275	262	-	270	281	262	262	-	275
	1/400	296	293	353	-	300	281	-	292	307	281	281	-	298
	1/500	303	300	365	-	307	287	-	299	315	287	287	-	305
1/1000	326	321	403	-	332	307	-	322	342	307	307	-	330	
SLSC		0.024	0.025	0.024	-	0.020	0.021	-	0.021	0.029	0.022	0.021	-	
Jackknife推定誤差		34.9	19.5	21.5	-	31.8	30.4	-	27.6	30.4	20.5	20.2	-	
相関係数(X)		0.994	0.993	0.994	-	0.994	0.991	-	0.993	0.994	0.991	0.991	-	
相関係数(P)		0.997	0.997	0.994	-	0.997	0.997	-	0.997	0.996	0.997	0.997	-	
採用値		×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

○：雨量確率の範囲に採用
×： ” 不採用
※判定基準：SLSC≦0.040でJackknife推定誤差が最小値となる分布形

―：標本と分布モデルとの適合性が明らかに良くないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が 0.3 より大きい場合は当該分布モデルには不適合とみなして “―” とした。

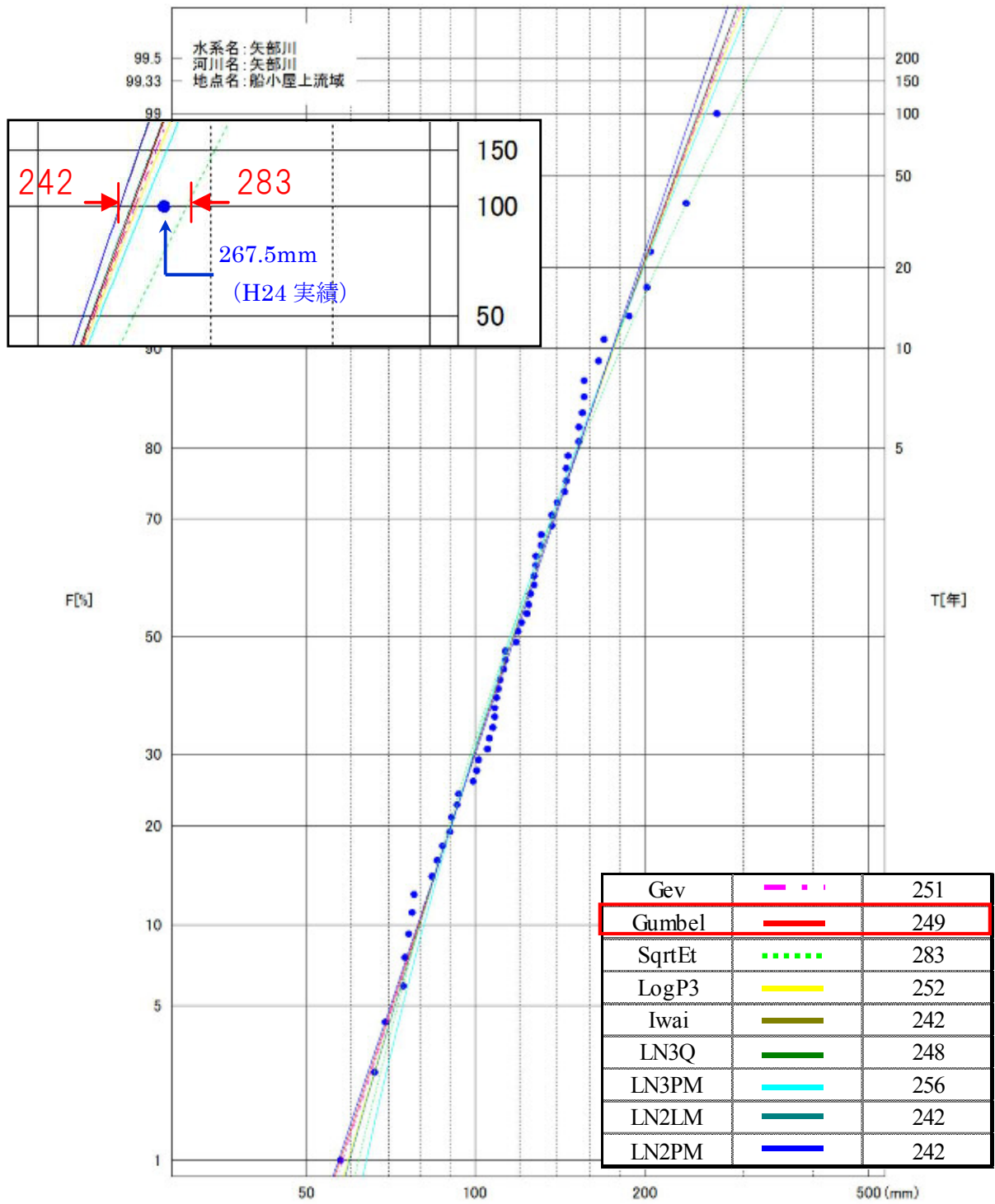


図 5.5.1 船小屋地点 9 時間雨量確率プロット図

5.5.2 主要洪水における 1/100 規模の降雨量への引き伸ばしと流出計算

船小屋においては、流域の過去の主要 15 洪水における降雨波形を 1/100 確率規模の降雨量まで引き伸ばし、同定された流出計算モデルにより流出量を算出した。

引き伸ばしにあたっては、基準地点船小屋のピーク流量生起時刻前後の最大 9 時間雨量を引き伸ばすこととした。また流出計算に使用する R_{sa} は計画値を用いるものとし、基底流量 Q_b については、各洪水ごとに流出成分を分離して求めた直接流出開始時点の $f1$ 等解析地点の流量を平均し、基底流量の開始流量とした。また、基底流量の終了流量については、 $f1$ 等解析地点の基底流量の開始流量と基底流量の終了する流量の差分を $f1$ 等解析地点上流域の面積で割った値を縦軸にとり、 $f1$ 等解析地点上流域の有効降雨を横軸にとった関係から、基底流量の終了流量を算出した。(付属資料 6 参照)

なお、対象洪水の選定は、船小屋地点のピーク流量がはん濫注意水位相当以上、且つ基準地点船小屋のピーク流量生起時刻前後の最大 9 時間雨量の引き伸ばし率が 2 倍以下の 15 洪水とした。

表 5.5.3 に対象降雨の 1/100 規模の降雨量及び流出計算結果を示す。その結果、船小屋地点における 1/100 確率規模の流量は、 $3,100\text{m}^3/\text{s}$ ～ $4,800\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

表 5.5.3 ピーク流量一覧表（船小屋地点）一次設定

洪水名	船小屋上流域平均			船小屋地点 ピーク流量 (m^3/s)
	実績雨量 9hr (mm)	対象降雨の降雨量 9hr (mm)	拡大率	
S28.6.26	236.4	249.0	1.053	4,200
S47.7.5	145.2	249.0	1.715	3,900
S54.6.27	140.8	249.0	1.768	4,300
S54.6.29	155.9	249.0	1.598	3,600
S55.7.9	154.5	249.0	1.612	3,800
S57.7.24	139.8	249.0	1.782	4,800
S60.6.29	143.7	249.0	1.733	3,100
S63.6.23	201.6	249.0	1.235	3,700
H2.7.2	204.1	249.0	1.220	3,300
H5.6.18	131.8	249.0	1.889	4,800
H9.8.6	153.0	249.0	1.627	3,600
H13.7.6	146.1	249.0	1.704	3,800
H19.7.7	187.9	249.0	1.325	3,500
H21.6.30	139.9	249.0	1.780	3,700
H24.7.14	267.5	-	1.000	4,500

※平成 24 年 7 月洪水の実績 9 時間雨量 267.5mm は、1/100 確率 9 時間雨量である 242～283mm の範囲であることから、実績 9 時間雨量を使用。

※ $100\text{m}^3/\text{s}$ 未満の端数については、切り上げるものとした。

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

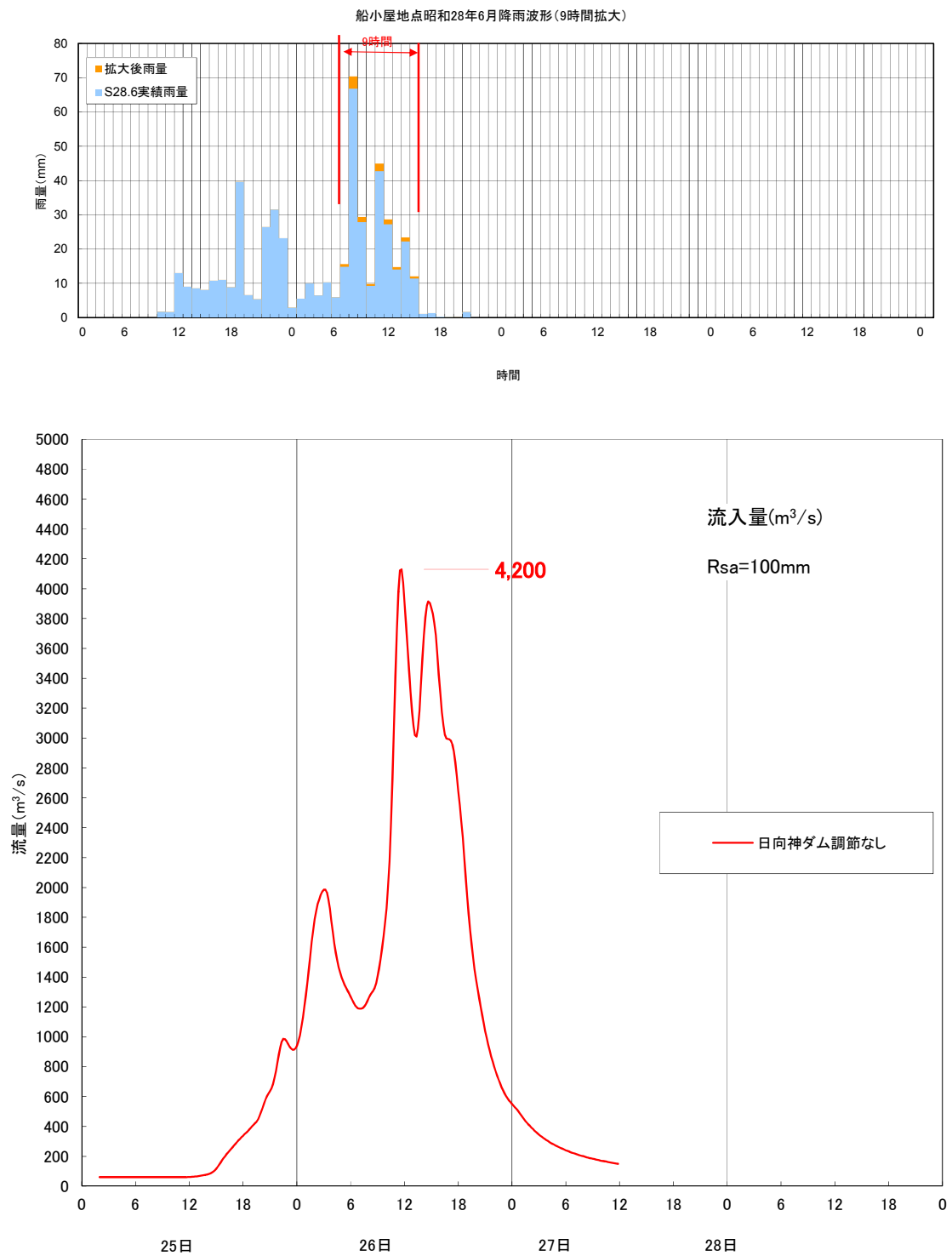


図 5.5.2 (1) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (S28.6.26 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

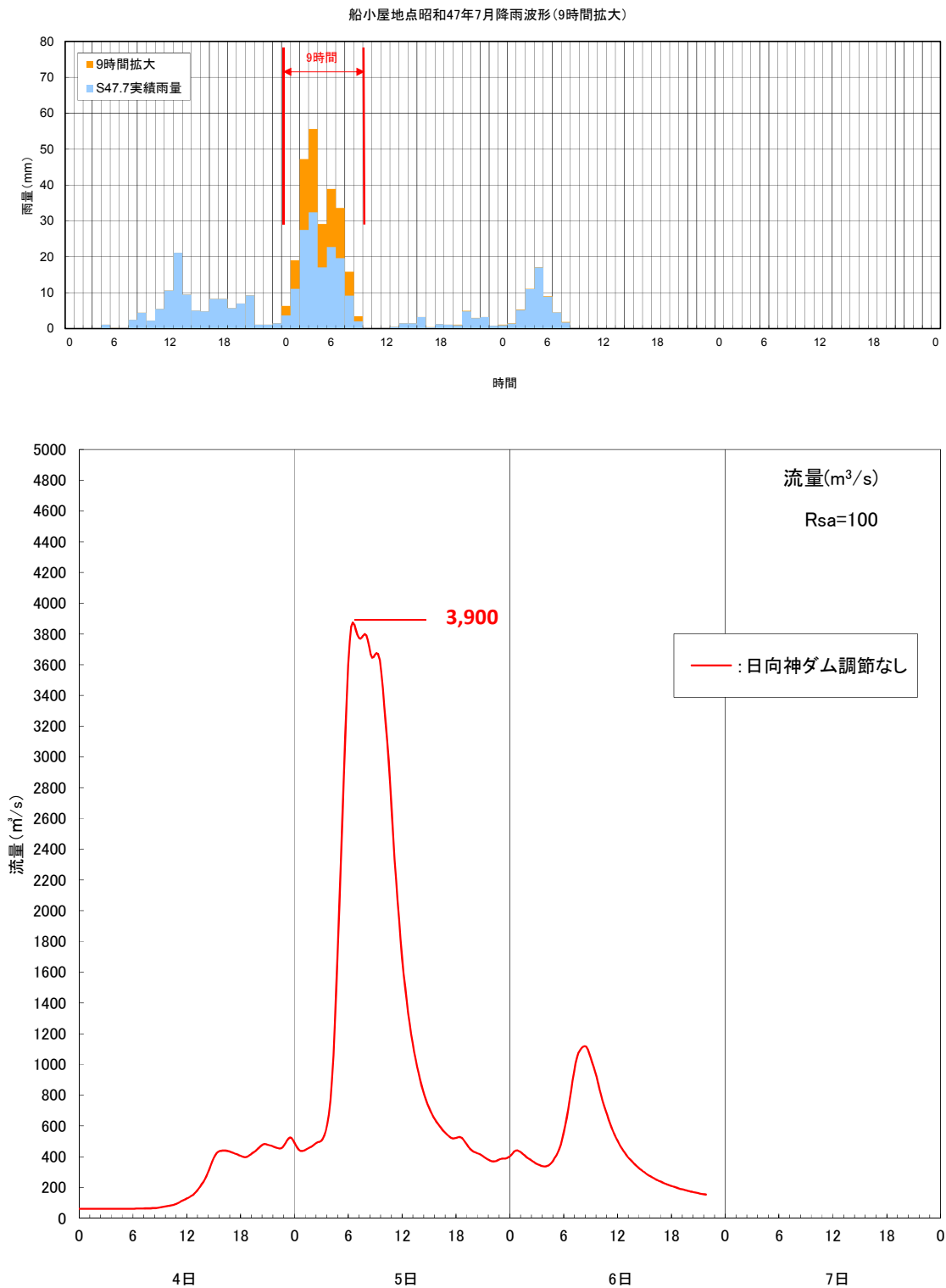


図 5.5.2 (2) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (S47.7.5 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

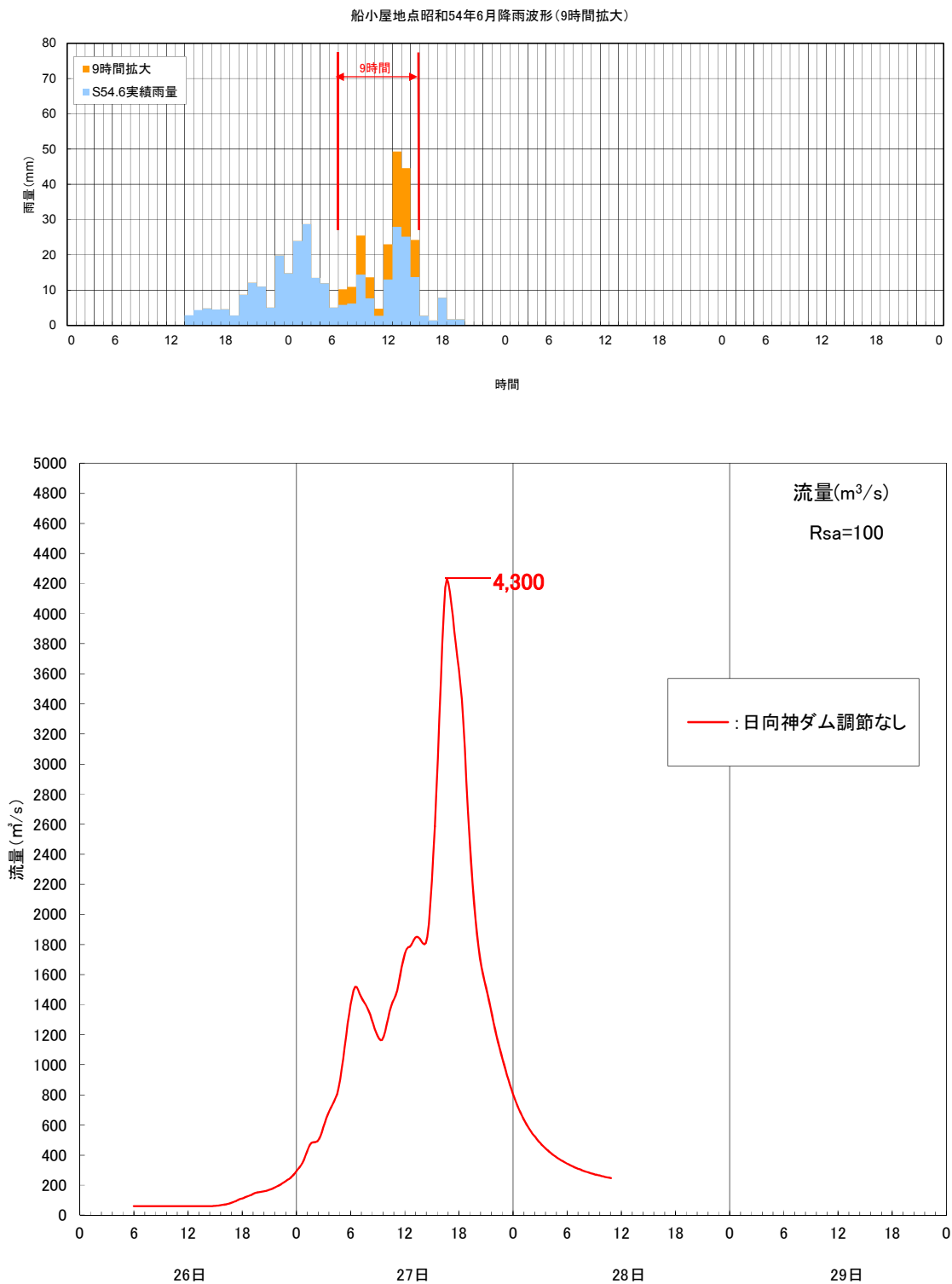


図 5.5.2 (3) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (S54.6.27 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

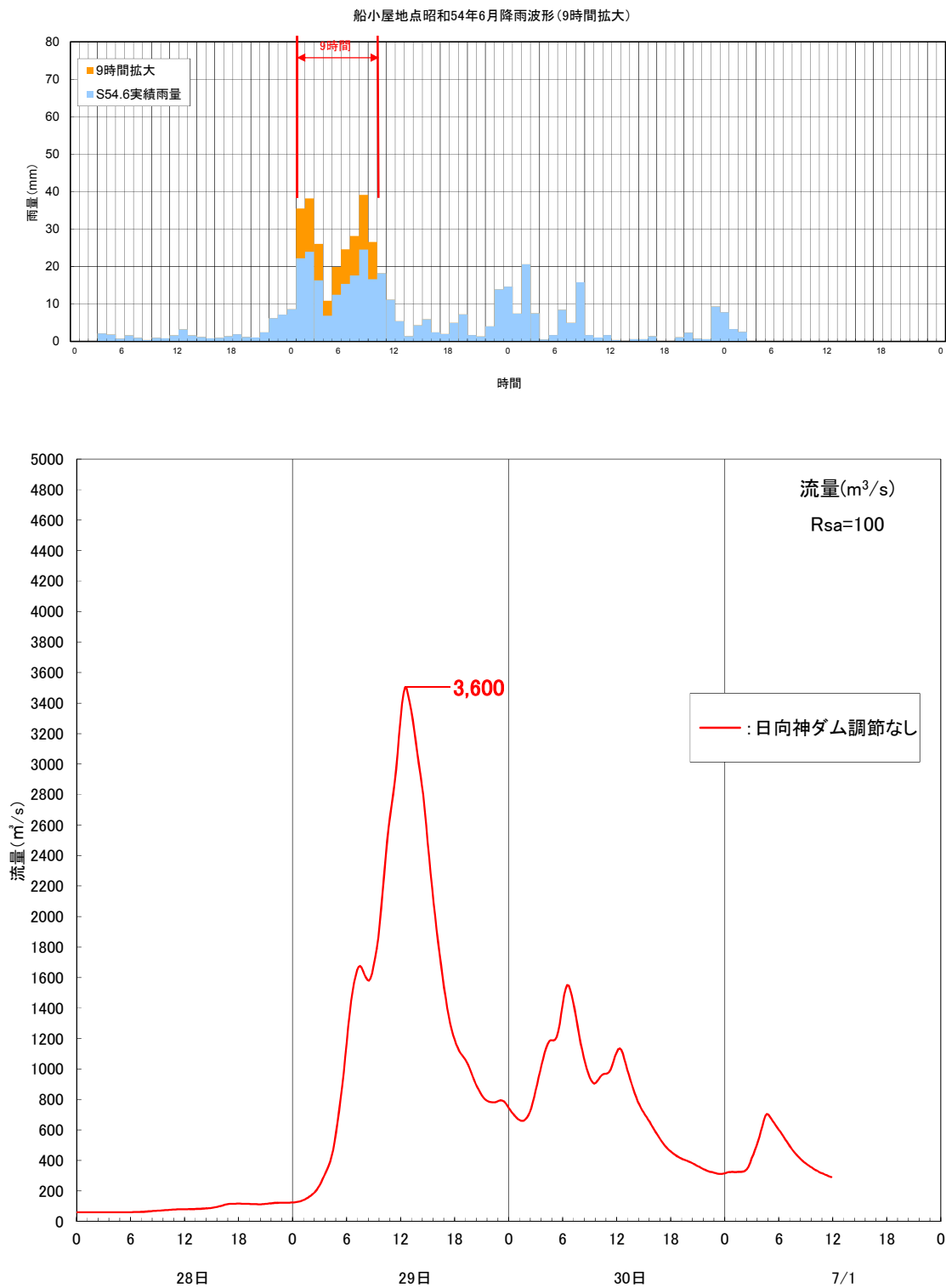


図 5.5.2 (4) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (S54.6.29 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

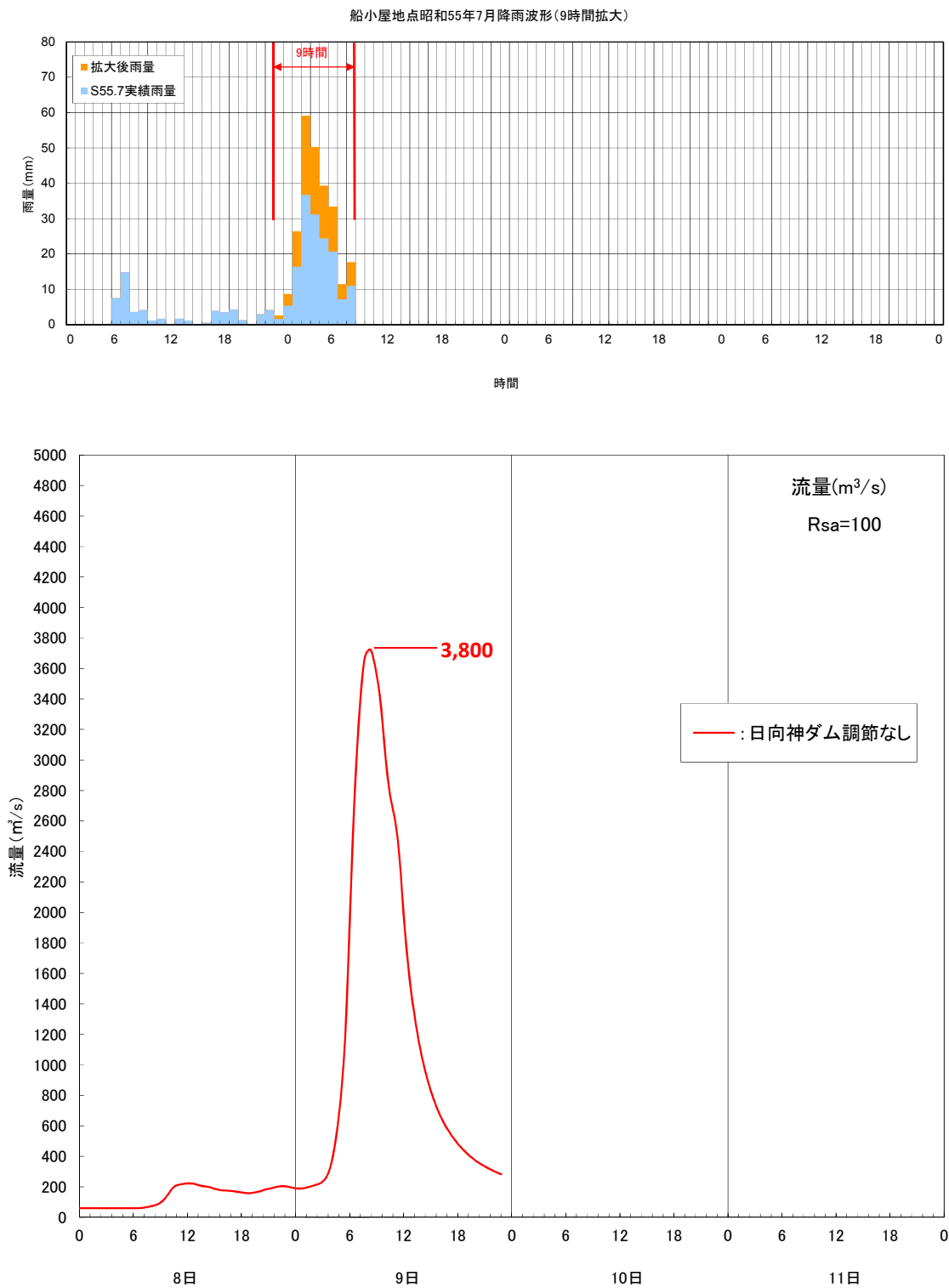


図 5.5.2 (5) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (S55.7.9 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

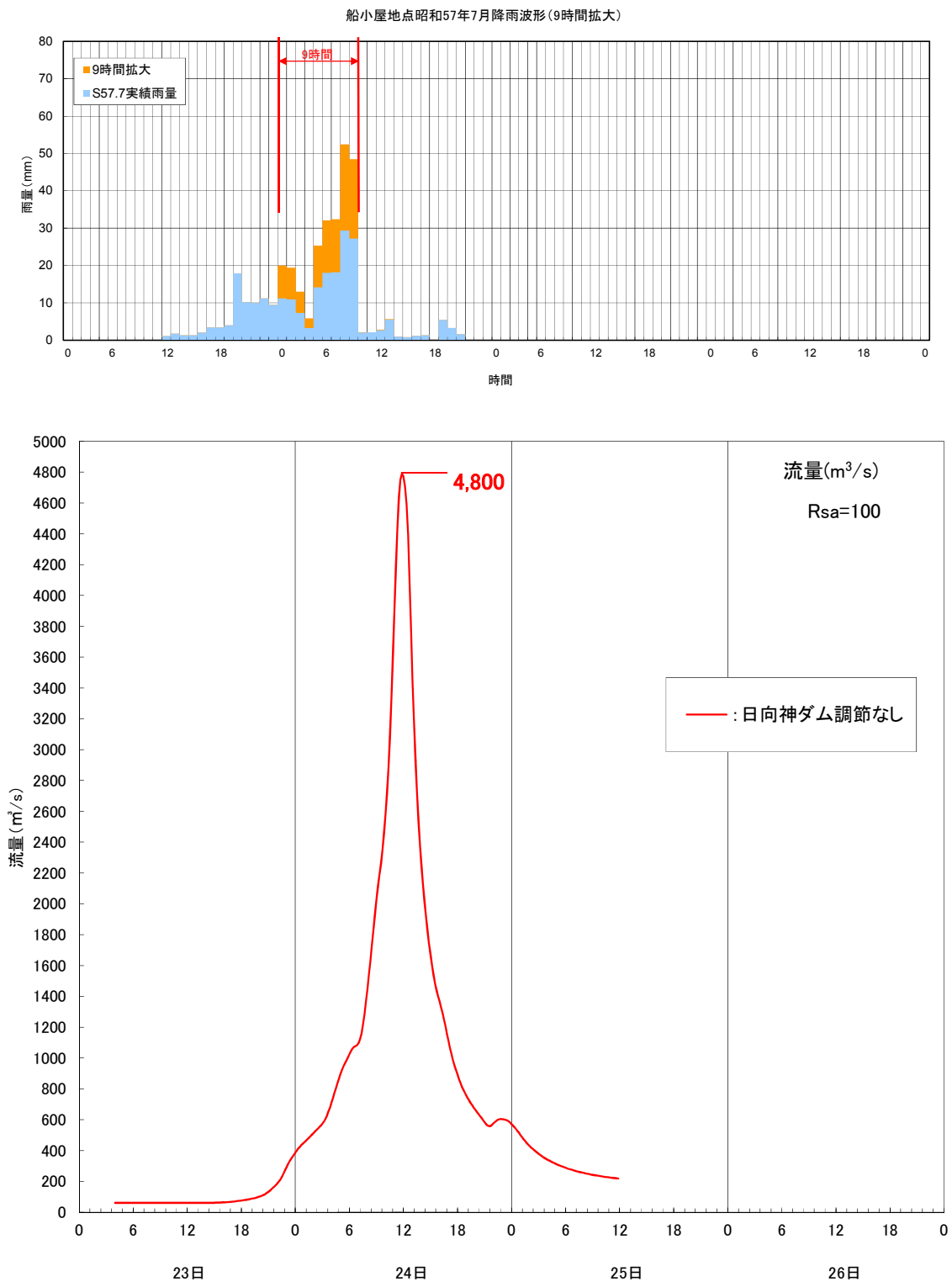


図 5.5.2 (6) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (S57.7.24 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

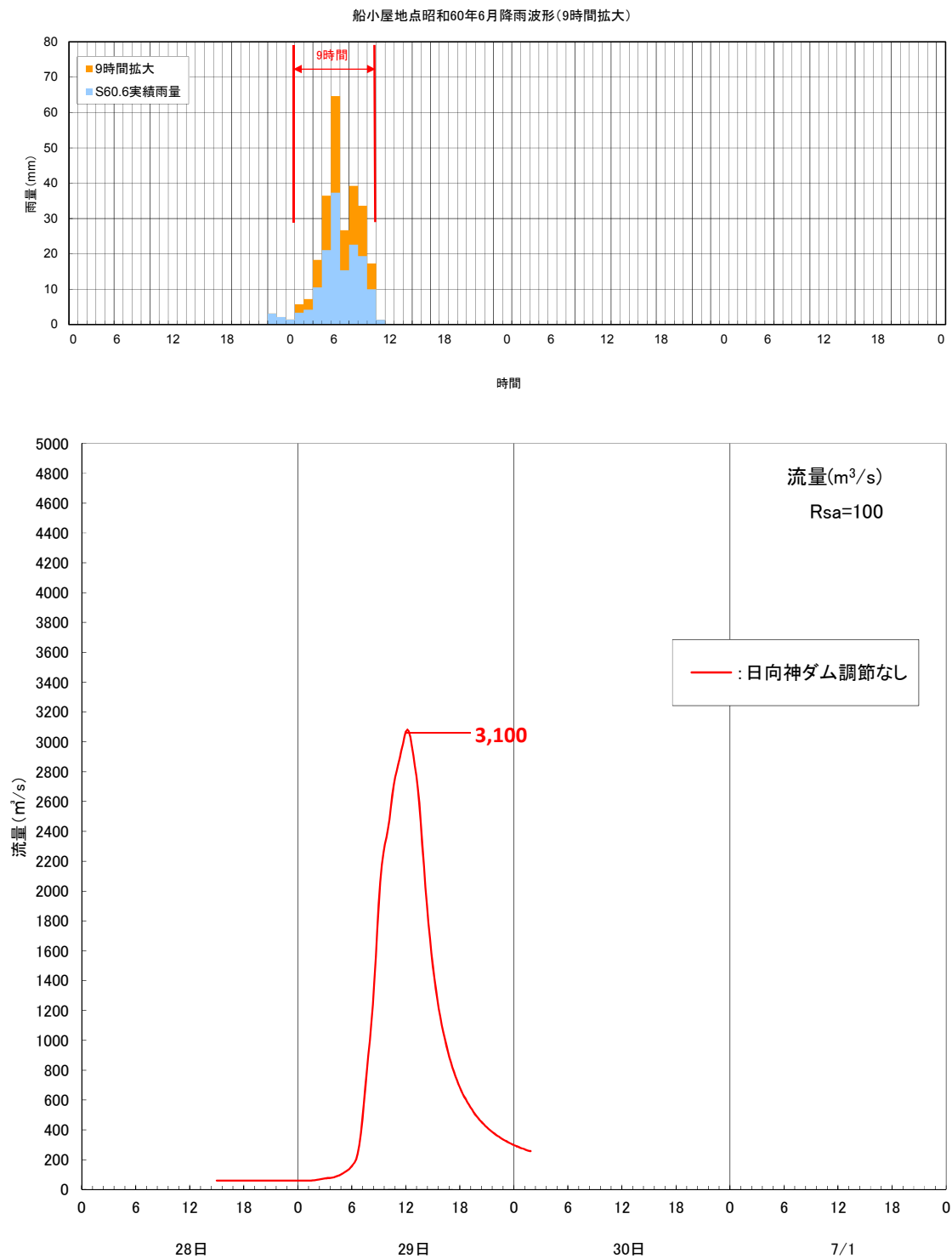


図 5.5.2 (7) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (S60.6.29 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

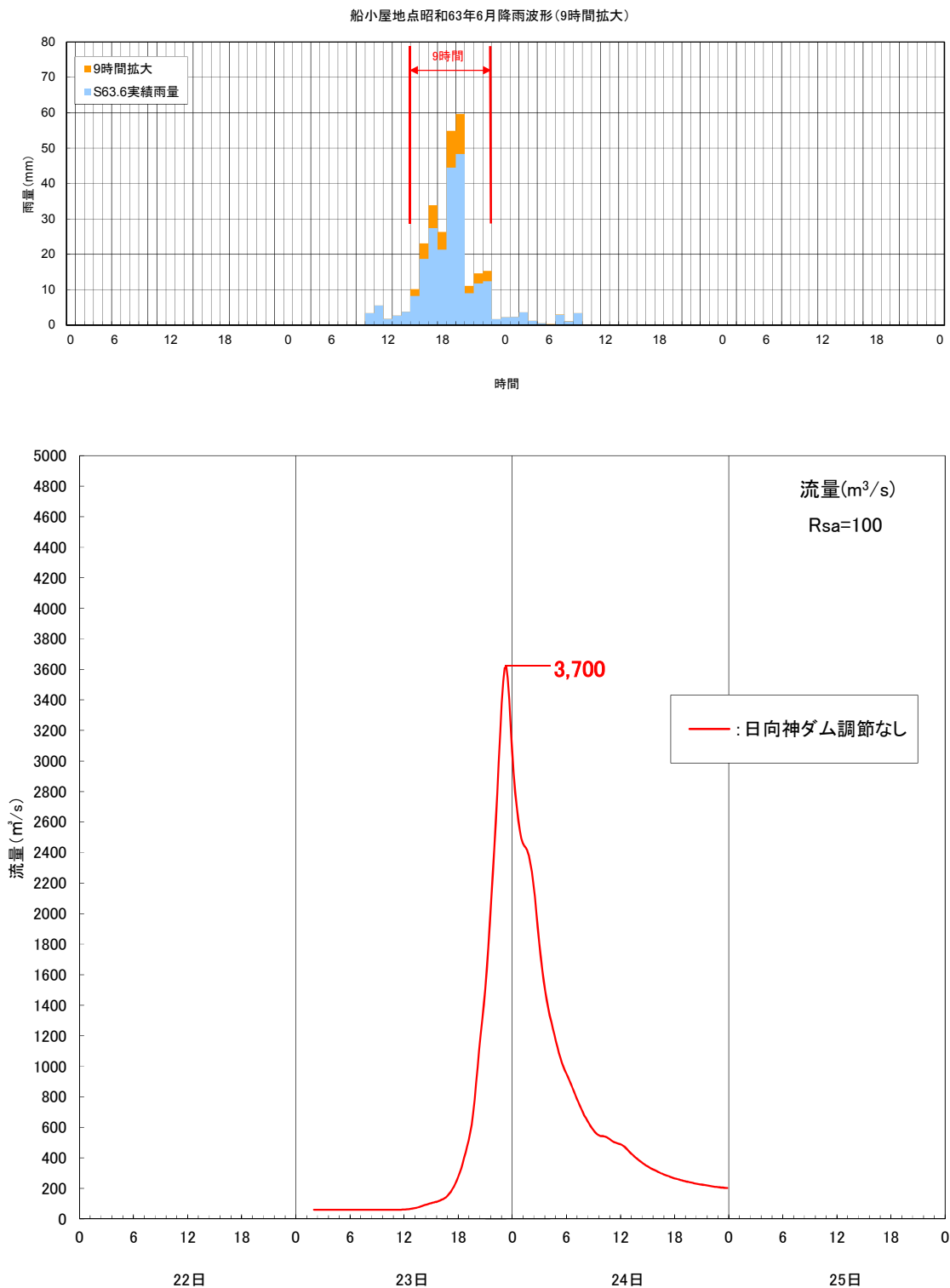


図 5.5.2 (8) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (S63.6.23 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

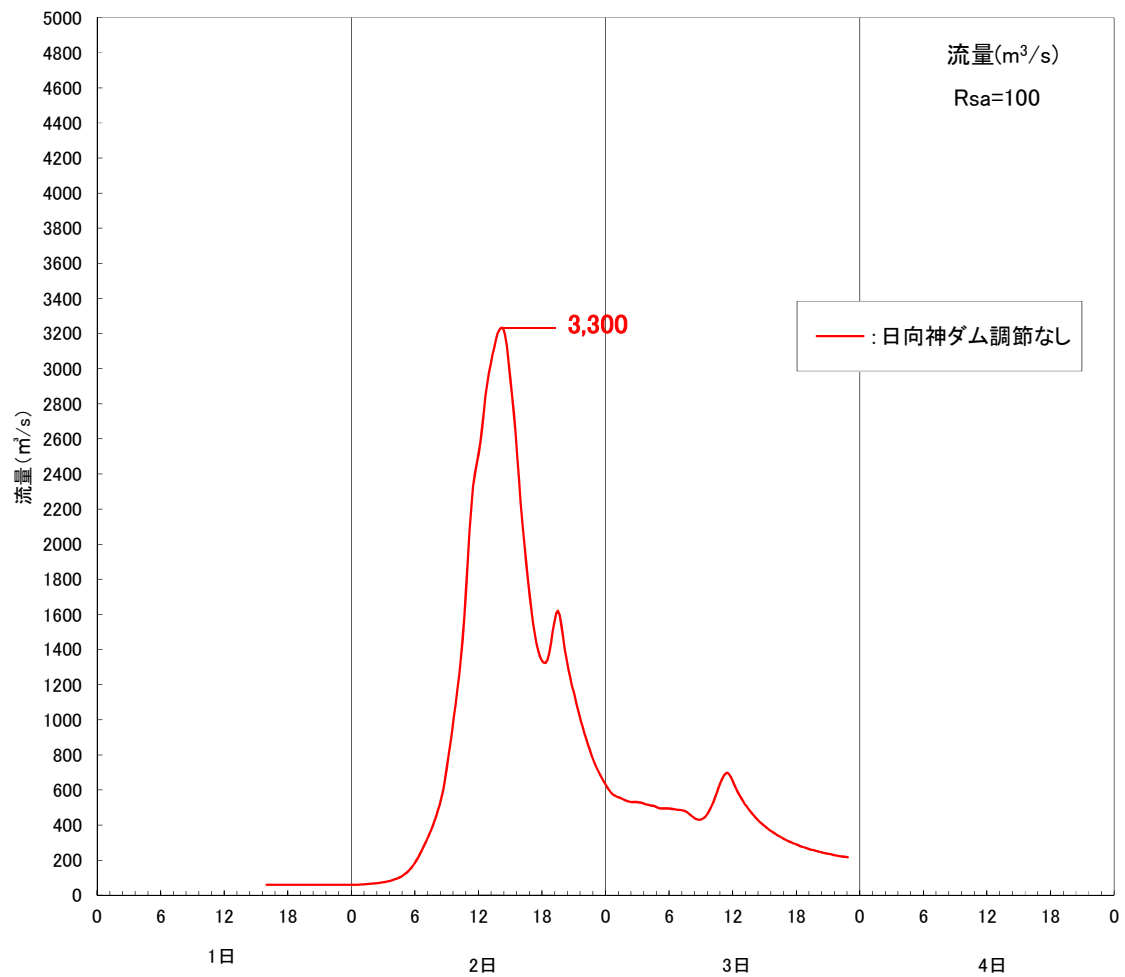
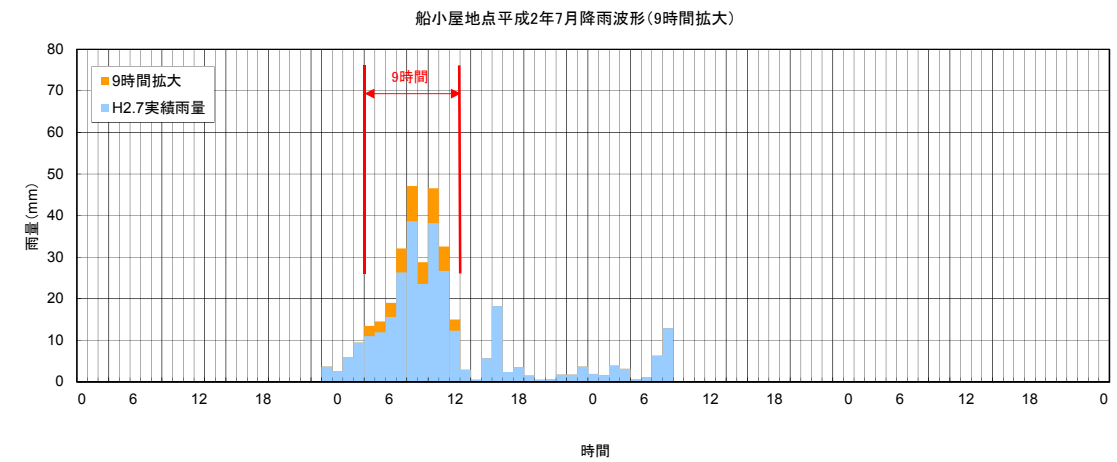


図 5.5.2 (9) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (H2.7.2 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

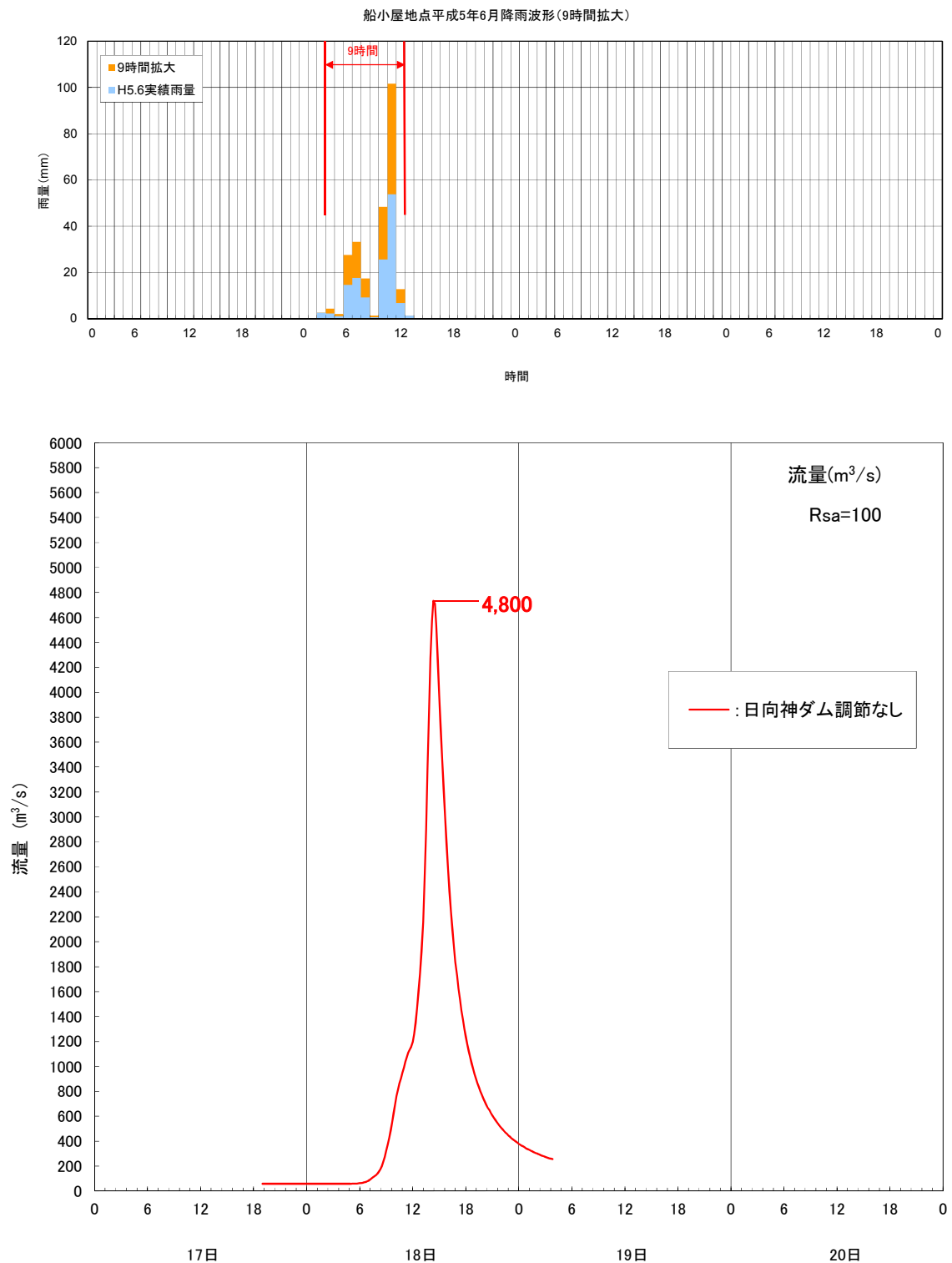


図 5.5.2 (10) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (H5.6.18 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

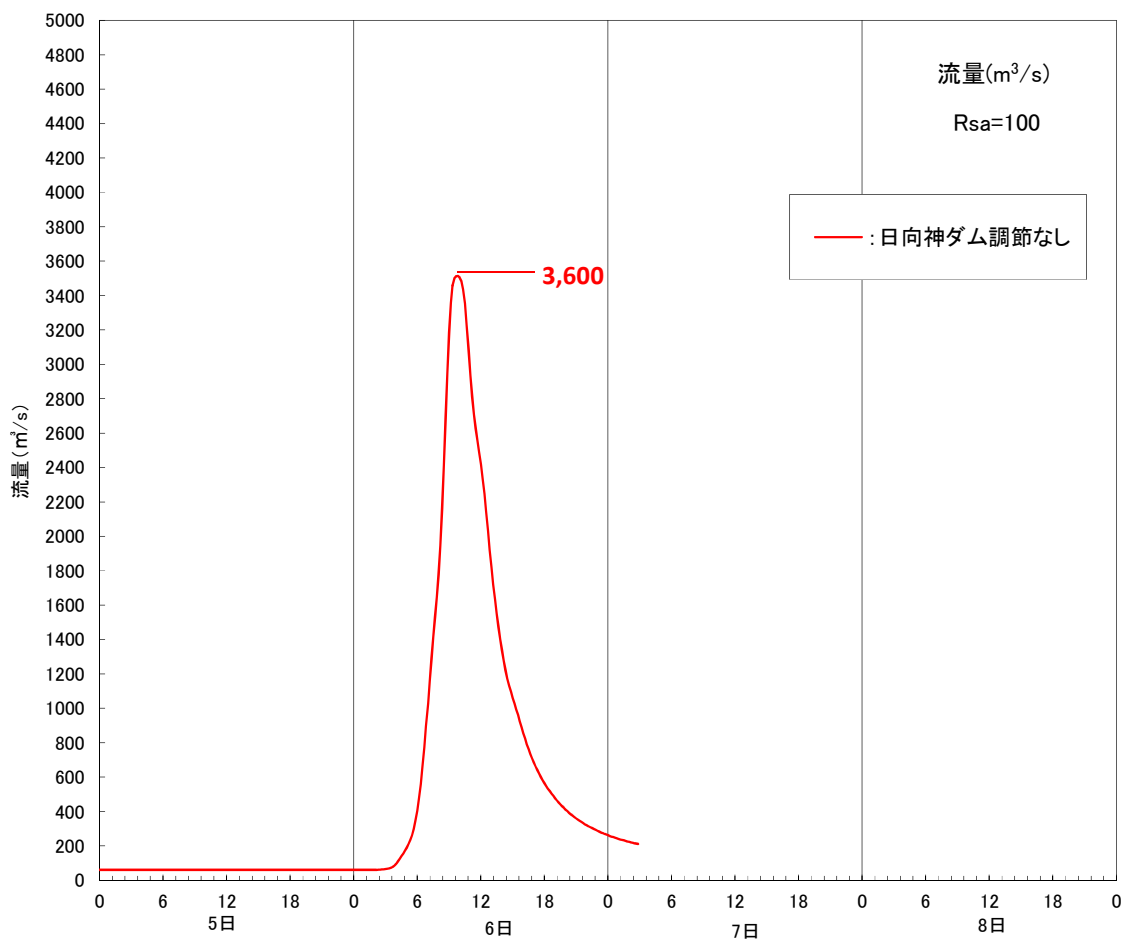
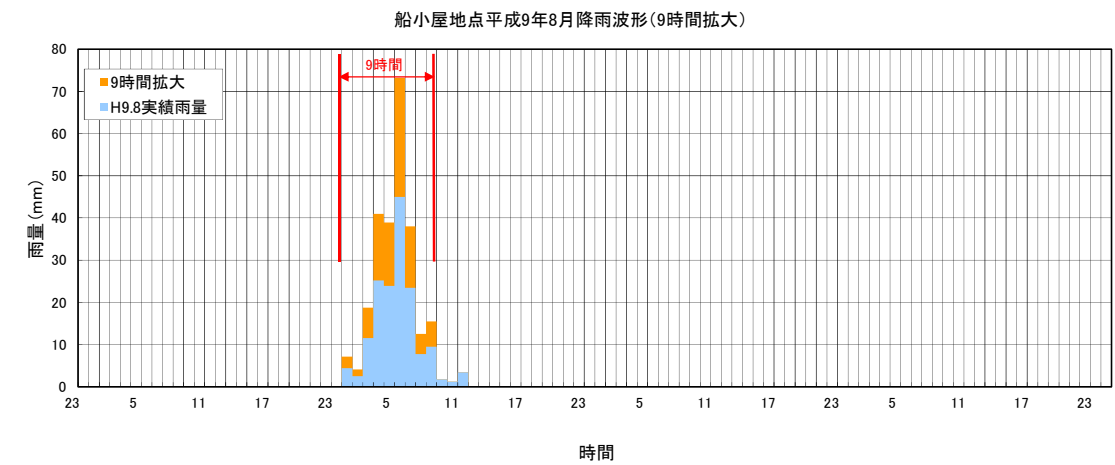


図 5.5.2 (11) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (H9.8.6 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

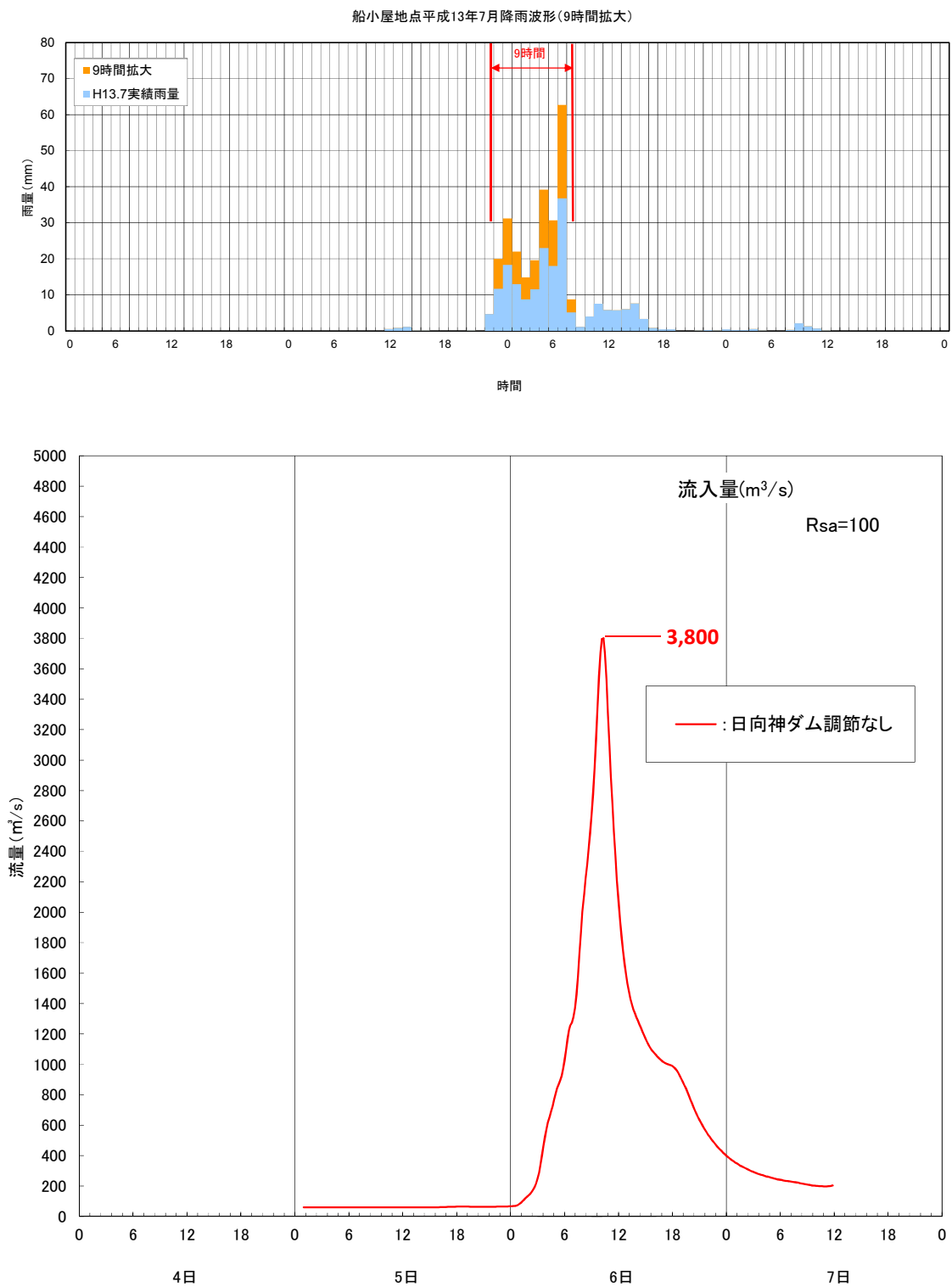


図 5.5.2 (12) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (H13.7.6 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

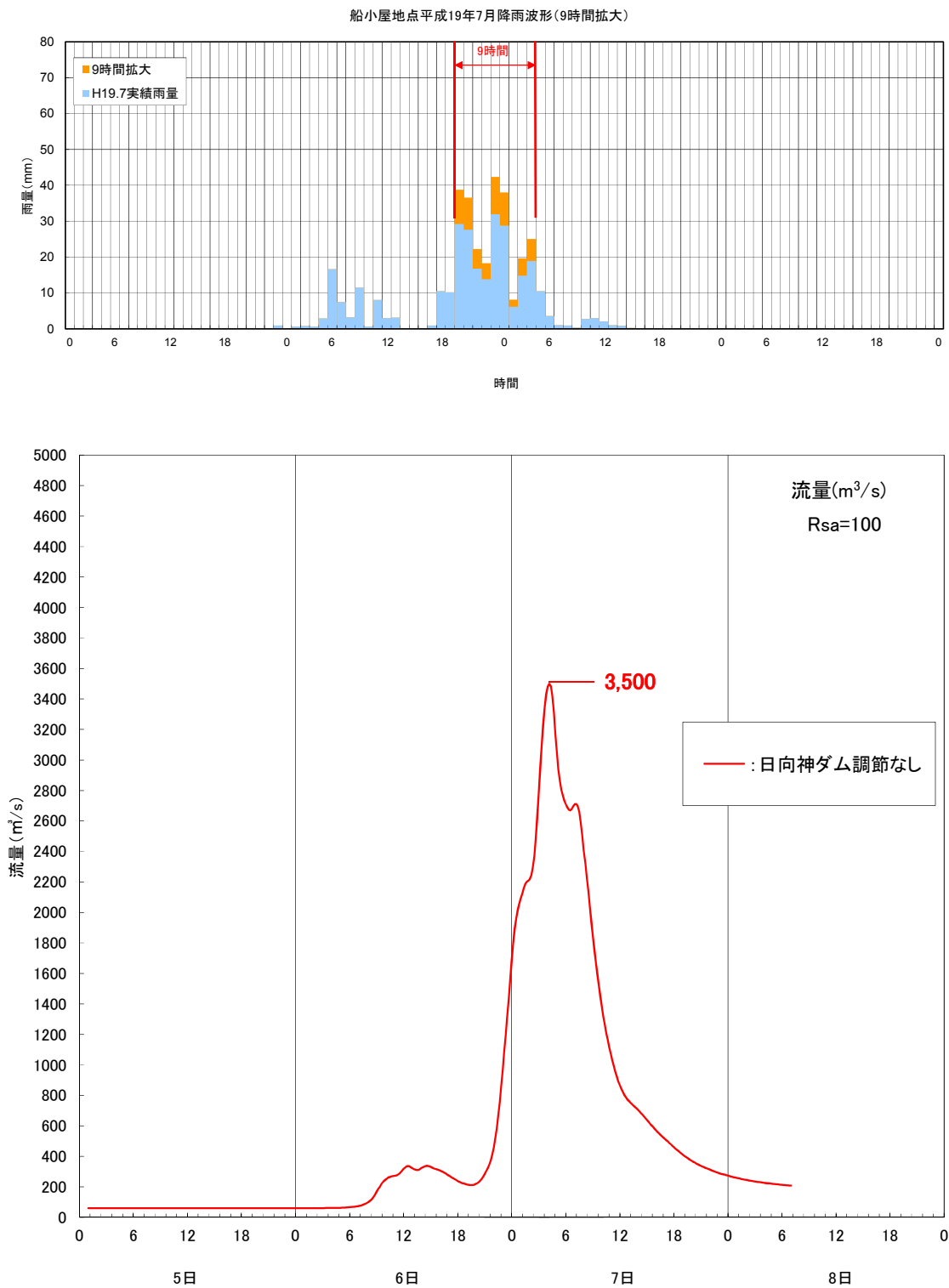


図 5.5.2 (13) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (H19.7.7 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

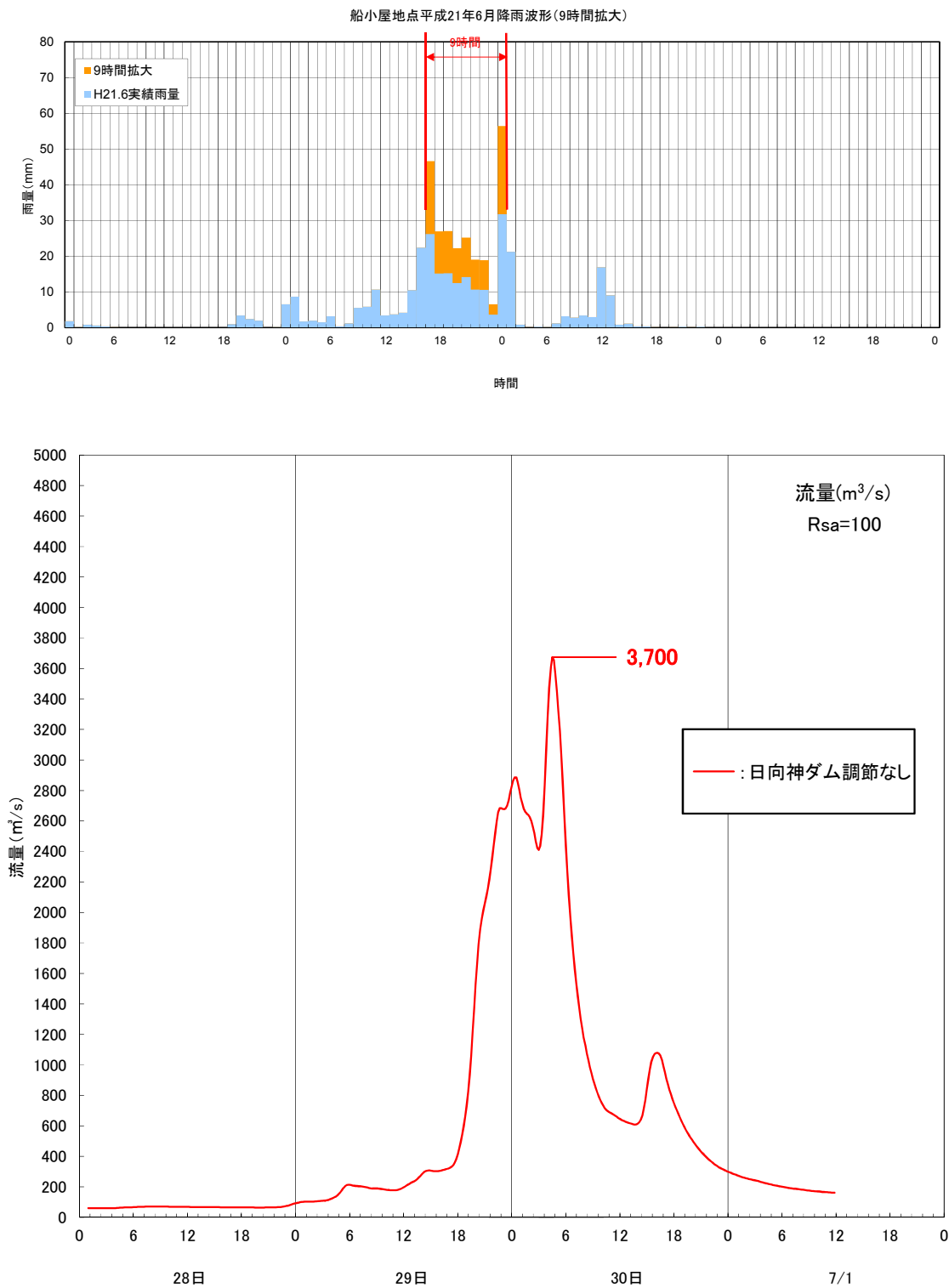


図 5.5.2 (14) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (H21.6.30 洪水)

(船小屋地点の流出解析結果 (日向神ダム調節なし))

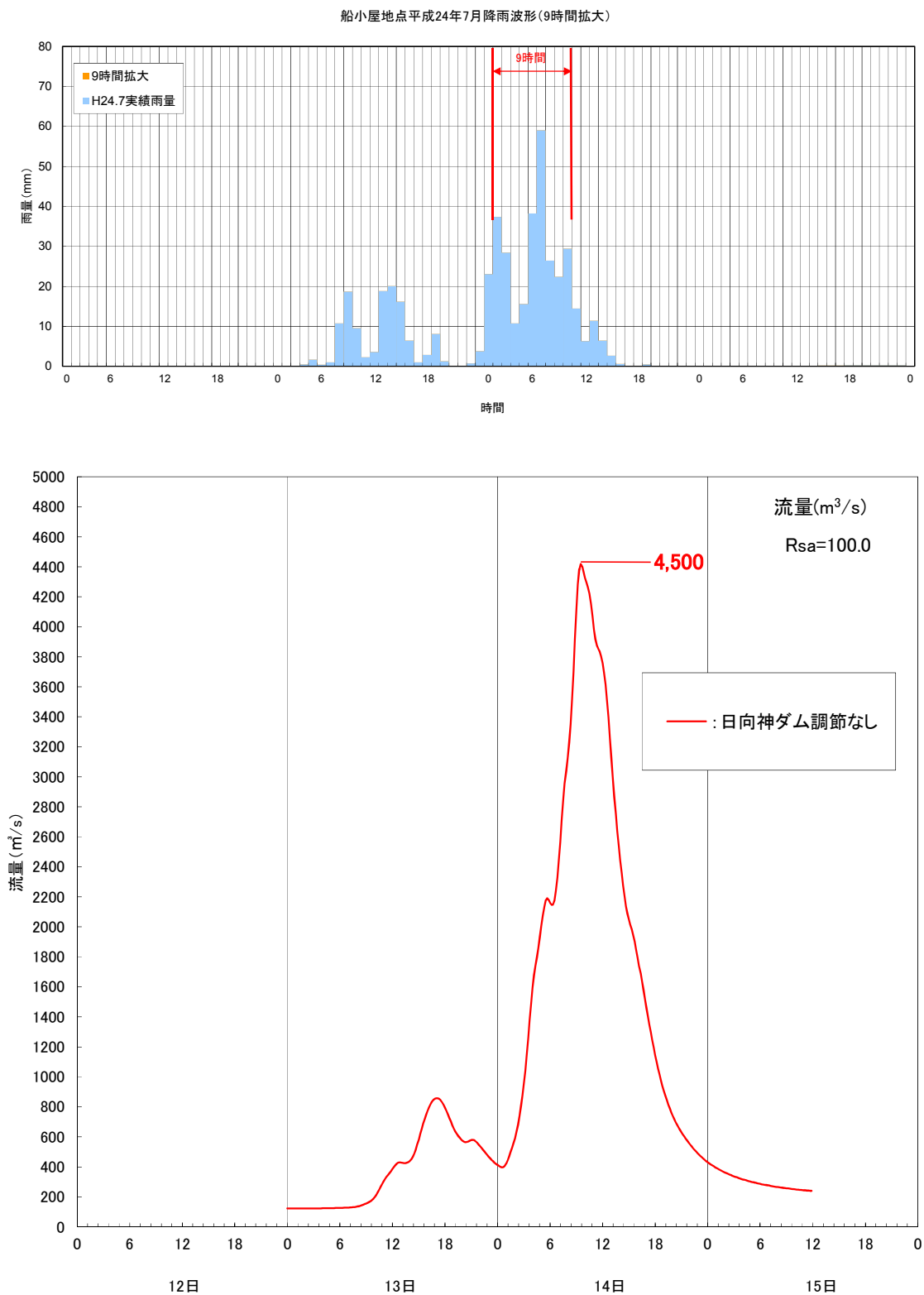


図 5.5.2 (15) 対象降雨の降雨 9hr 拡大による流出計算結果 (H24.7.14 洪水)

5.6 対象降雨の地域分布及び時間分布の検討

5.6.1 地域分布の評価について

対象降雨の降雨引き伸ばしについて、小流域地域への過度な引き伸ばしが設定されていないか確認を行う。検討地区は、過去の洪水から概ね星野川流域と矢部川中上流域での降雨パターンの違いがみられることから図に示す 2 地区について検討した。地域分布の検討では、各地域における年最大 9 時間雨量を用いて確率評価を行い、地域分布の評価方法は、主要 15 洪水における船小屋上流域の最大 9 時間雨量と同時刻帯の雨量を拡大して行った。

なお、棄却基準は 1/500 とした。

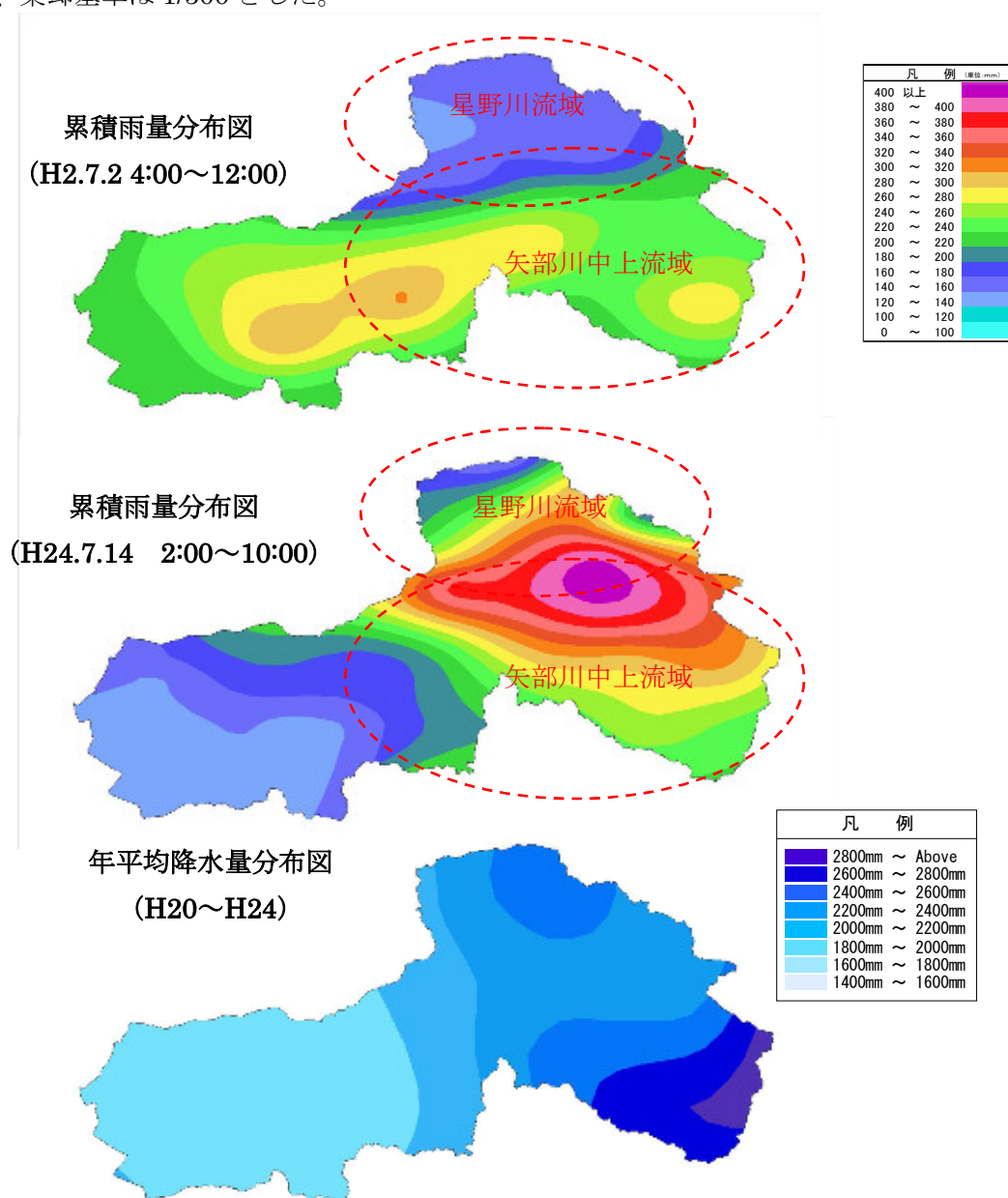


図 5.6.1 矢部川流域における降雨分布

流域全体は 19 分割、河道は 12 分割とする

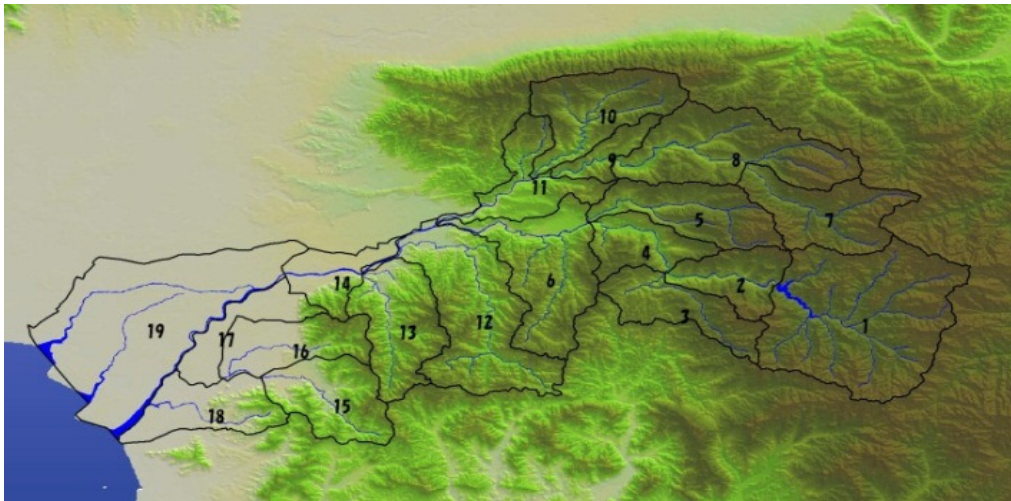


図 5.6.2 矢部川流域分割図

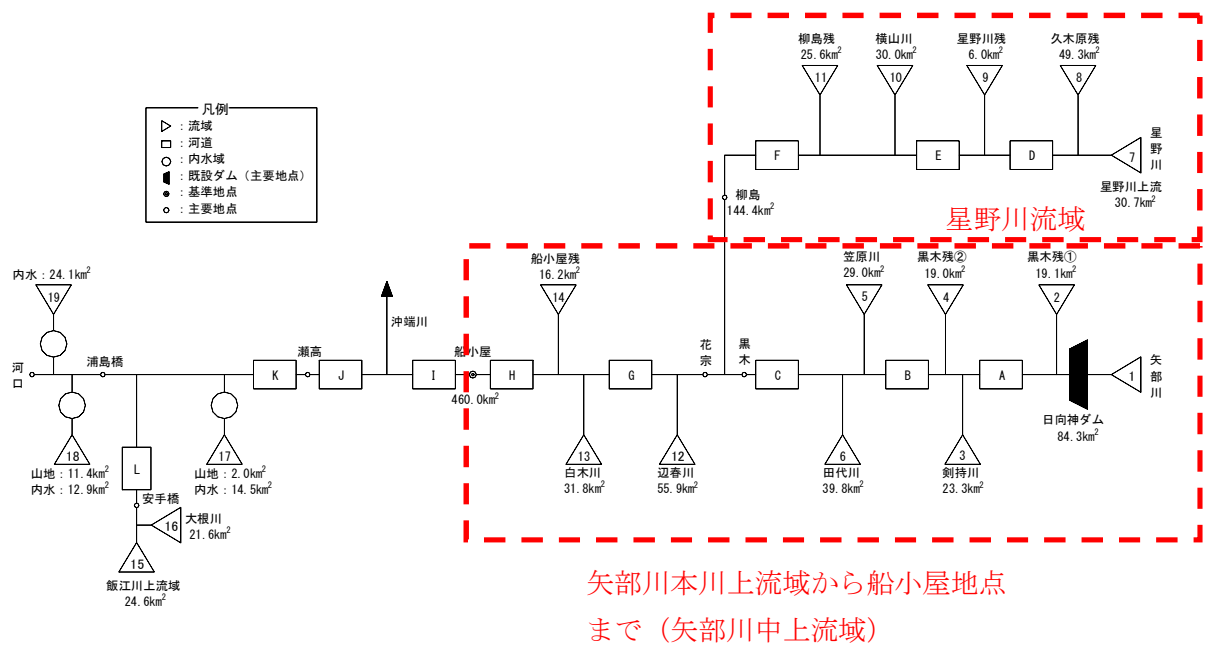


図 5.6.3 地域分布の検討地区 (モデル図)

(1) 星野川上流域での雨量評価

1) 星野川上流域の対象降雨の降雨量の設定

S28～H24（60年間）の年最大9時間雨量を用いて確率計算を行ったところ、1/100 確率9時間雨量は244mm/9hrとなった。

表 5.6.1 星野川上流域 9時間雨量 1/100 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点船小屋			備考
		SLSC	確率 1/100 9時間雨量 (mm)	Jackknife 推定誤差	
極値分布型	一般化極値分布 Gev	0.038	241	37.5	
	ガンベル分布 Gumbel	0.035	244	19.9	採用
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.032	283	22.0	
マガン分布型	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）LP3Rs	—	—	—	
	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	0.028	231	42.7	
	石原・高瀬法 IshiTaka	—	—	—	
	対数正規分布 3 母数クォンタイル法 LN3Q	0.026	246	32.6	
	対数正規分布 3 母数(Slade II) LN3PM	—	—	—	
	対数正規分布 2 母数(Slade I, L 積率法) LN2LM	0.025	238	20.3	
	対数正規分布 2 母数(Slade I, 積率法) LN2PM	0.025	239	20.7	
	対数正規分布 4 母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—		

注：時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成24年

SLSC ≤ 0.040 の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

—：標本と分布モデルとの適合性が明らかに良くないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が 0.3 より大きい場合は当該分布モデルには不適合とみなして“—”とした。

表 5.6.2 星野川上流域 9 時間雨量確率計算結果

(単位:mm)

項目		矢部川 星野川上流域 (A=141.6km ²)												平均値
		毎年値												
		一般化極値分布	ガンベル分布	平方根指数型 最大値分布	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (対数空間法)	岩井法	石原・高瀬法	対数正規分布 3母数 クォンタイル 法	対数正規分布 3母数 (SladeⅡ)	対数正規分布 2母数 (Slade Ⅰ,Ⅱ 積率法)	対数正規分布 2母数 (Slade Ⅰ,Ⅲ 積率法)	対数正規分布 4母数 (Slade Ⅳ,Ⅲ 積率法)	
Gev	Gumbel	SqrtEt	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM			
標本数		60												
最大値		281.2												
確率規模	1/2	115	115	113	-	-	116	-	114	-	115	115	-	115
	1/3	131	131	131	-	-	133	-	131	-	132	132	-	132
	1/5	150	149	152	-	-	150	-	150	-	150	150	-	150
	1/10	172	172	180	-	-	171	-	173	-	172	172	-	173
	1/20	194	194	210	-	-	190	-	195	-	192	193	-	195
	1/30	206	207	227	-	-	201	-	208	-	204	205	-	208
	1/50	221	223	251	-	-	214	-	224	-	218	219	-	224
	1/80	235	237	273	-	-	226	-	239	-	231	233	-	239
	1/100	241	244	283	-	-	231	-	246	-	238	239	-	246
	1/150	253	256	304	-	-	241	-	259	-	249	250	-	259
	1/200	261	265	318	-	-	248	-	268	-	257	258	-	268
	1/400	281	286	355	-	-	265	-	291	-	276	278	-	290
	1/500	287	293	367	-	-	270	-	298	-	282	284	-	297
1/1000	306	314	406	-	-	286	-	321	-	301	303	-	320	
SLSC		0.038	0.035	0.032	-	-	0.028	-	0.026	-	0.025	0.025	-	
Jackknife推定誤差		37.5	19.9	22.0	-	-	42.7	-	32.6	-	20.3	20.7	-	
相関係数(X)		0.986	0.987	0.990	-	-	0.981	-	0.987	-	0.984	0.985	-	
相関係数(P)		0.997	0.997	0.994	-	-	0.998	-	0.996	-	0.997	0.997	-	
採用値		×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

○：雨量確率の範囲に採用

×： 〃 不採用

※判定基準：SLSC≦0.040でJackknife推定誤差が最小値となる分布形

一：標本と分布モデルとの適合性が明らかに良くないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が 0.3 より大きい場合は当該分布モデルには不適合とみなして “-” とした。

表 5.6.3 星野川上流域 9 時間雨量 年最大雨量

西暦	年	最大雨量 (mm)
1953	S28	231.8
1954	S29	118.6
1955	S30	146.0
1956	S31	114.5
1957	S32	87.2
1958	S33	130.2
1959	S34	71.3
1960	S35	95.5
1961	S36	106.8
1962	S37	131.6
1963	S38	109.3
1964	S39	106.8
1965	S40	106.8
1966	S41	105.6
1967	S42	84.7
1968	S43	78.8
1969	S44	176.3
1970	S45	111.3
1971	S46	137.5
1972	S47	146.5
1973	S48	130.1
1974	S49	93.1
1975	S50	95.2
1976	S51	53.6
1977	S52	87.2
1978	S53	86.2
1979	S54	138.1
1980	S55	143.2
1981	S56	82.1
1982	S57	131.4

西暦	年	最大雨量 (mm)
1983	S58	104.7
1984	S59	133.2
1985	S60	139.7
1986	S61	117.8
1987	S62	109.2
1988	S63	190.2
1989	H1	121.4
1990	H2	152.4
1991	H3	151.0
1992	H4	68.0
1993	H5	122.7
1994	H6	75.1
1995	H7	180.9
1996	H8	112.3
1997	H9	154.6
1998	H10	115.7
1999	H11	123.8
2000	H12	64.8
2001	H13	154.0
2002	H14	63.0
2003	H15	92.7
2004	H16	120.4
2005	H17	107.5
2006	H18	90.5
2007	H19	148.6
2008	H20	154.9
2009	H21	167.3
2010	H22	93.8
2011	H23	114.7
2012	H24	281.2

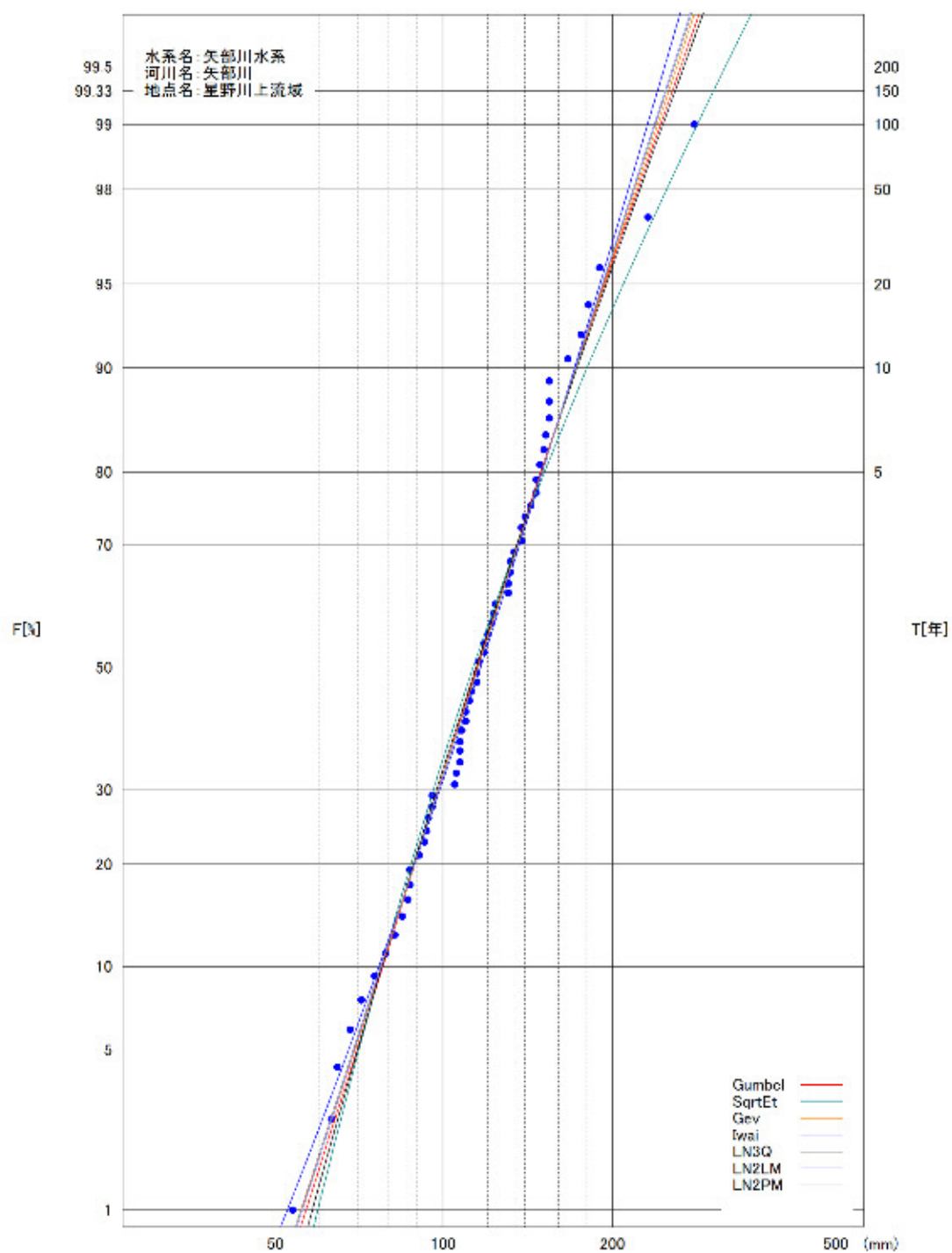


図 5.6.4 星野川上流域 9 時間雨量確率プロット図

2) 星野川上流域の雨量評価

船小屋地点の 9 時間雨量が最大となる時間帯（降雨継続時間帯）における、主要 15 洪水の星野川上流域平均 9 時間雨量が、基準地点拡大率によって棄却基準雨量 1/500 以上の引き伸ばしとなっていないかを、拡大後降雨の確率評価より確認した。

確率評価の結果、15 洪水全て異常拡大の目安としている棄却基準雨量 1/500 を超えることはなく、異常な引き伸ばしとはなっていない。

表 5.6.4 星野川上流域 9 時間雨量 拡大後雨量の評価

洪水名	降雨継続時間帯	星野川上流域平均				雨量評価
		降雨継続時間内の実績雨量 9hr (mm)	船小屋 拡大率	拡大後雨量 9hr(mm)	棄却基準 雨量 (mm)	
S28.6.26	7:00～15:00	231.8	1.053	244.1	293.0	
S47.7.5	0:00～8:00	143.9	1.715	246.8	293.0	1/100～1/150
S54.6.27	7:00～15:00	114.6	1.768	202.6	293.0	
S54.6.29	2:00～10:00	138.1	1.598	220.7	293.0	
S55.7.9	0:00～8:00	143.2	1.612	230.8	293.0	
S57.7.24	1:00～9:00	115.5	1.782	205.8	293.0	
S60.6.29	2:00～10:00	139.7	1.733	242.1	293.0	
S63.6.23	15:00～23:00	190.2	1.235	234.9	293.0	
H2.7.2	4:00～12:00	152.4	1.220	185.9	293.0	
H5.6.18	4:00～12:00	98.8	1.889	186.6	293.0	
H9.8.6	1:00～9:00	154.6	1.627	251.5	293.0	1/100～1/150
H13.7.6	23:00～7:00	154.0	1.704	262.4	293.0	1/150～1/200
H19.7.7	20:00～4:00	148.6	1.325	196.9	293.0	
H21.6.30	17:00～1:00	122.5	1.780	218.1	293.0	
H24.7.14	2:00～10:00	281.2	1.000	281.2	293.0	1/300～1/350

(2) 矢部川中上流域での雨量評価

1) 矢部川中上流域の対象降雨の降雨量の設定

S28～H24（60年間）の年最大9時間雨量を用いて確率計算を行ったところ、1/100確率9時間雨量の範囲は260mm/9hrとなった。

表 5.6.5 矢部川中上流域 9時間雨量 1/100 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点船小屋			備考
		SLSC	確率 1/100 9 時間雨量 (mm)	Jackknife 推定誤差	
極値分布型	一般化極値分布 Gev	0.024	261	33.4	
	ガンベル分布 Gumbel	0.025	260	19.8	採用
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.027	295	21.9	
マガン分布型	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）LP3Rs	0.042	257	—	
	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	249	31.6	
	石原・高瀬法 IshiTaka	0.024	263	25.0	
	対数正規分布 3 母数クォンタイル法 LN3Q	0.022	264	28.8	
	対数正規分布 3 母数(SladeⅡ) LN3PM	0.023	262	24.7	
	対数正規分布 2 母数(SladeⅠ, L 積率法) LN2LM	0.022	254	21.6	
	対数正規分布 2 母数(SladeⅠ, 積率法) LN2PM	0.023	253	20.8	
	対数正規分布 4 母数(SladeⅣ, 積率法) LN4PM	—	—		

注：時間雨量の統計範囲は昭和28年～平成24年

SLSC ≤ 0.040 の計算手法の中で Jackknife の推定誤差が最小になる確率雨量を採用

—：標本と分布モデルとの適合性が明らかに良くないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が 0.3 より大きい場合は当該分布モデルには不適合とみなして“—”とした。

表 5.6.6 矢部川中上流域 9 時間雨量確率計算結果

(単位:mm)

項目		矢部川 中上流域 (A=318.4km ²)												
		毎年値												
		一般化極値分布	ガンベル分布	平方根指数型 最大値分布	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (対数空間法)	岩井法	石原・高瀬法	対数正規分布 3母数 クォンタイル 法	対数正規分布 3母数 (SladeⅡ)	対数正規分布 2母数(Slade Ⅰ,Ⅱ積率法)	対数正規分布 2母数(Slade Ⅰ,Ⅲ積率法)	対数正規分布 4母数(Slade Ⅳ,Ⅲ積率法)	平均値
Gev	Gumbel	SqrtEt	LP3Rs	LogP3	Iwai	IshiTaka	LN3Q	LN3PM	LN2LM	LN2PM	LN4PM			
標本数	60													
最大値	263.0													
確率規模	1/2	120	120	118	120	-	121	119	119	119	121	121	-	120
	1/3	137	138	136	138	-	139	137	137	137	138	138	-	137
	1/5	157	157	158	158	-	158	157	157	157	158	158	-	157
	1/10	182	182	188	182	-	181	182	183	182	182	181	-	183
	1/20	206	206	218	206	-	202	206	207	206	204	204	-	207
	1/30	220	220	237	219	-	214	220	222	220	217	216	-	221
	1/50	238	237	261	235	-	229	238	240	238	233	232	-	238
	1/80	254	252	284	250	-	243	255	256	254	247	247	-	255
	1/100	261	260	295	257	-	249	263	264	262	254	253	-	262
	1/150	275	273	316	270	-	261	277	279	276	266	266	-	276
	1/200	285	283	331	280	-	269	288	289	286	275	274	-	287
	1/400	309	306	369	302	-	288	313	315	311	296	295	-	311
	1/500	317	313	382	309	-	294	321	323	319	303	302	-	319
1/1000	341	336	422	332	-	314	348	349	344	324	323	-	344	
SLSC		0.024	0.025	0.027	0.420	-	0.024	0.024	0.022	0.023	0.022	0.023	-	
Jackknife推定誤差		33.4	19.8	21.9	-	-	31.6	25.0	28.8	24.7	21.6	20.8	-	
相関係数(X)		0.993	0.993	0.991	0.992	-	0.991	0.993	0.993	0.993	0.992	0.992	-	
相関係数(P)		0.997	0.997	0.994	0.997	-	0.997	0.996	0.996	0.996	0.997	0.997	-	
採用値		×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

○：雨量確率の範囲に採用

×： " 不採用

※判定基準：SLSC≤0.040でJackknife推定誤差が最小値となる分布形

一：標本と分布モデルとの適合性が明らかに良くないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変数に変換した値の歪係数が 0.3 より大きい場合は当該分布モデルには不適合とみなして“一”とした。

表 5.6.7 矢部川中上流域 9 時間雨量 年最大雨量

西暦	年	最大雨量 (mm)
1953	S28	239.0
1954	S29	149.0
1955	S30	120.5
1956	S31	131.5
1957	S32	86.1
1958	S33	126.2
1959	S34	94.4
1960	S35	94.4
1961	S36	113.2
1962	S37	137.0
1963	S38	94.9
1964	S39	111.3
1965	S40	119.1
1966	S41	83.6
1967	S42	106.7
1968	S43	86.1
1969	S44	160.9
1970	S45	116.8
1971	S46	168.0
1972	S47	150.3
1973	S48	135.2
1974	S49	92.3
1975	S50	116.4
1976	S51	61.3
1977	S52	86.2
1978	S53	76.7
1979	S54	165.6
1980	S55	159.7
1981	S56	109.9
1982	S57	152.5

西暦	年	最大雨量 (mm)
1983	S58	118.1
1984	S59	165.1
1985	S60	146.0
1986	S61	106.3
1987	S62	105.2
1988	S63	207.6
1989	H1	127.7
1990	H2	230.0
1991	H3	131.7
1992	H4	78.3
1993	H5	146.8
1994	H6	78.7
1995	H7	135.8
1996	H8	107.2
1997	H9	154.4
1998	H10	127.1
1999	H11	129.2
2000	H12	66.5
2001	H13	151.8
2002	H14	67.6
2003	H15	68.7
2004	H16	119.2
2005	H17	118.2
2006	H18	91.3
2007	H19	205.4
2008	H20	116.9
2009	H21	170.2
2010	H22	103.5
2011	H23	123.7
2012	H24	263.0

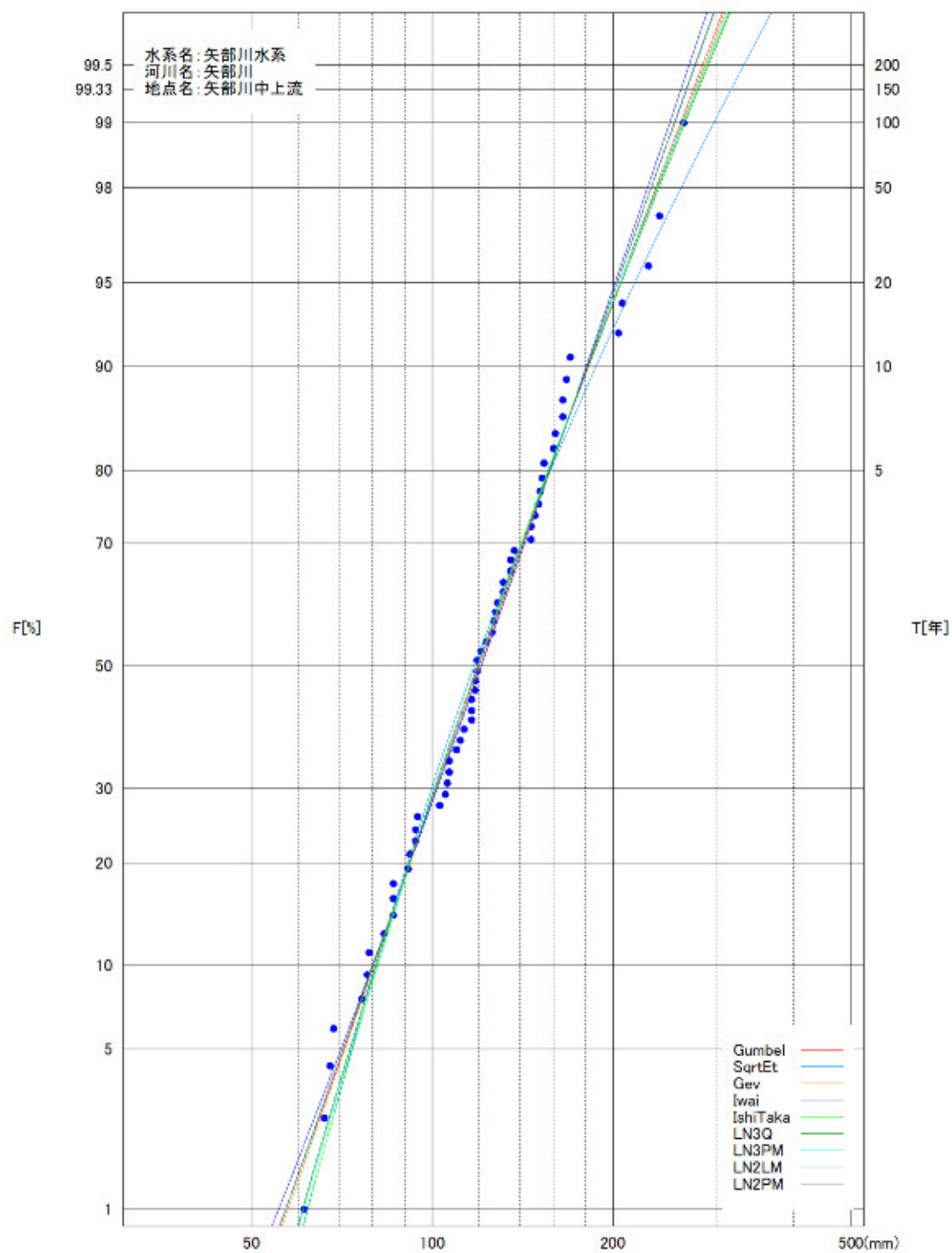


図 5.6.5 矢部川中上流域 9 時間雨量確率プロット図

2) 矢部川中上流域の雨量評価

船小屋地点の 9 時間雨量が最大となる時間帯（降雨継続時間帯）における、主要 15 洪水の矢部川中上流域平均 9 時間雨量が、基準地点拡大率によって異常な引き伸ばしとなっていないかを、拡大後降雨の確率評価より確認した。

確率評価の結果、下表より 15 洪水全て棄却対象雨量 1/500 以下となり、異常拡大の目安である棄却対象雨量 1/500 を超えることはなく、異常な引き伸ばしとはなっていない。

表 5.6.8 矢部川中上流域 9 時間雨量 拡大後雨量の評価

洪水名	降雨継続 時間帯	矢部川中上流域平均				雨量評価
		降雨継続時 間内の実績 雨量9hr (mm)	船小屋 拡大率	拡大後雨 量 9hr(mm)	棄却基準 雨量 (mm)	
S28.6.26	7:00～15:00	239.0	1.053	251.7	313.0	
S47.7.5	0:00～8:00	150.3	1.715	257.8	313.0	
S54.6.27	7:00～15:00	117.4	1.768	207.6	313.0	
S54.6.29	2:00～10:00	165.6	1.598	264.6	313.0	1/100～1/150
S55.7.9	0:00～8:00	159.7	1.612	257.4	313.0	
S57.7.24	1:00～9:00	152.5	1.782	271.8	313.0	1/100～1/150
S60.6.29	2:00～10:00	146.0	1.733	253.0	313.0	
S63.6.23	15:00～23:00	207.6	1.235	256.4	313.0	
H2.7.2	4:00～12:00	230.0	1.220	280.6	313.0	1/150～1/200
H5.6.18	4:00～12:00	146.8	1.889	277.3	313.0	1/150～1/200
H9.8.6	1:00～9:00	154.4	1.627	251.2	313.0	
H13.7.6	23:00～7:00	149.2	1.704	254.2	313.0	
H19.7.7	20:00～4:00	205.4	1.325	272.2	313.0	1/100～1/150
H21.6.30	17:00～1:00	147.6	1.780	262.7	313.0	1/100～1/150
H24.7.14	2:00～10:00	261.4	1.000	261.4	313.0	1/100～1/150

5.6.2 時間分布の評価について

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う。
洪水到達時間（Kinematic Wave 法）は、3～20 時間であるため、対象降雨の降雨継続時間 9 時間以下となる 3～8 時間の短時間降雨の棄却検討を行った。

なお、棄却基準は 1/500 とした。

その結果、S47.7.5、S55.7.9、S57.7.24、S60.6.29、S63.6.23、H5.6.18、H9.8.6 の 7 洪水が短時間降雨の確率評価により参考値となる。

表 5.6.9 船小屋地点 短時間降雨確率評価表

対象洪水	拡大後雨量 (mm)						棄却基準雨量 (mm)					
	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr	8hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr	8hr
S28.6.26	115.4	154.5	183.1	198.8	221.2	236.8	162	165	222	225	262	280
S47.7.5	131.9	170.8	204.4	223.4	239.2	245.6						
S54.6.27	118.1	141.1	145.9	160.8	208.1	227.9						
S54.6.29	99.8	118.4	138.3	156.5	186.8	222.3						
S55.7.9	148.8	182.2	208.5	220.0	237.8	246.5						
S57.7.24	133.3	165.4	190.7	196.6	209.6	229.0						
S60.6.29	130.5	167.0	200.6	218.9	236.2	243.4						
S63.6.23	140.9	174.8	197.9	209.0	223.5	238.8						
H2.7.2	122.4	155.1	187.1	206.1	221.2	235.7						
H5.6.18	163.0	168.7	202.1	229.7	242.4	244.4						
H9.8.6	153.0	191.1	209.8	222.3	237.9	241.9						
H13.7.6	132.6	152.2	167.0	189.0	220.2	240.1						
H19.7.7	98.6	120.9	158.1	196.2	204.3	223.9						
H21.6.30	100.6	123.1	148.1	170.5	186.0	202.4						
H24.7.14	123.7	146.0	175.5	191.0	215.7	238.1						

5.6.3 対象降雨の地域分布及び時間分布による評価結果

対象降雨の地域分布および時間分布による評価を行った結果、以下に示す洪水が短時間降雨において、著しい引き伸ばしとなっていることを確認した。

表 5.6.10 1/100 降雨のピーク流量一覧

洪水名	船小屋地点ピーク流量 (m ³ /s)
S28.6.26	4,200
S47.7.5	3,900
S54.6.27	4,300
S54.6.29	3,600
S55.7.9	3,800
S57.7.24	4,800
S60.6.29	3,100
S63.6.23	3,700
H2.7.2	3,300
H5.6.18	4,800
H9.8.6	3,600
H13.7.6	3,800
H19.7.7	3,500
H21.6.30	3,700
H24.7.14	4,500

 短時間雨量が著しい引き伸ばしとなっている洪水

※100m³/s 未満の端数については、切り上げるものとした。

5.7 流量データによる確率からの検討

実績流量の存在する期間での流量データ（統計期間：昭和 48 年～平成 24 年の 39 年間（S49 欠測）、ダム氾濫戻し流量）を用いた確率流量から検証した結果、船小屋地点における 1/100 確率規模の流量は、4,000m³/s～5,200m³/s と推定される。

表 5.7.1 流量確率結果 総括表

基準地点	流量確率範囲 (m ³ /s)
船小屋 (S48-H24)	4,000 ～ 5,200

表 5.7.2 船小屋地点 流量 1/100 確率評価結果

確率分布	計算方法	基準地点船小屋			備考
		SLSC	1/100 確率流量 (m ³ /s)	Jackknife 推定誤差	
分布型 極値	一般化極値分布 Gev	0.034	3,999	1,078	
	ガンベル分布 Gumbel	0.042	3,837	540	
	平方根指数型最大値分布 SqrtEt	0.034	5,148	670	
布マガ 型分	対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）LP3Rs	0.048	3,968	1,450	
	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	0.027	4,350	1,048	
	石原・高瀬法 IshiTaka	—	—	—	
	対数正規分布 3 母数クォンタイル法 LN3Q	0.026	4,151	1,115	
	対数正規分布 3 母数(Slade II) LN3PM	—	—	—	
	対数正規分布 2 母数(Slade I, L 積率法) LN2LM	—	—	—	
	対数正規分布 2 母数(Slade I, 積率法) LN2PM	—	—	—	
	対数正規分布 4 母数(SladeIV, 積率法) LN4PM	—	—	—	

注：流量データの統計範囲は昭和 48 年～平成 24 年

SLSC≤0.040 の計算手法となる確率雨量を採用

—：標本と分布モデルとの適合性が明らかに良くないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が 0.3 より大きい場合は当該分布モデルには不適合とみなして“—”とした。

表 5.7.3 船小屋地点 年最大流量一覧表

年	船小屋地点 年最大流量 (m ³ /s)	年	船小屋地点 年最大流量 (m ³ /s)
S.48	427	H. 5	2,024
S.49	-	H. 6	94
S.50	612	H. 7	1,890
S.51	362	H. 8	1,037
S.52	399	H. 9	1,527
S.53	317	H.10	793
S.54	1,603	H.11	1,203
S.55	1,857	H.12	561
S.56	693	H.13	1,925
S.57	1,925	H.14	366
S.58	906	H.15	670
S.59	851	H.16	1,098
S.60	1,535	H.17	1,517
S.61	875	H.18	1,401
S.62	1,155	H.19	2,461
S.63	1,550	H.20	1,298
H. 1	1,378	H.21	2,133
H. 2	2,938	H.22	1,144
H. 3	1,047	H.23	1,093
H. 4	244	H.24	4,469

※毎年の時間雨量が整理されている昭和 28 年以降を対象

※昭和 48 年以降の流量は、実績流量＋（ダムなし計算流量－ダムあり計算流量）の流量

表 5.7.4 船小屋地点 流量 確率計算結果

(単位: m³/s)

項目		矢部川 船小屋上流域 (A=460.0km ²)												平均値
		毎年値												
		一般化極値分布	ガンベル分布	平方根指数型 最大値分布	対数ピアソン Ⅲ型分布 (実数空間法)	対数ピアソン Ⅲ型分布 (対数空間法)	岩井法	石原・高瀬法	対数正規分布 3母数 クォンタイル 法	対数正規分布 3母数 (SladeⅡ)	対数正規分布 2母数 (Slade Ⅰ, L 積率法)	対数正規分布 2母数 (Slade Ⅰ, 積率法)	対数正規分布 4母数 (Slade Ⅳ, 積率法)	
標本数		39												
最大値		4469												
確率規模	1/2	1112	1131	1052	1084	-	1077	-	1087	-	-	-	-	1079
	1/3	1450	1474	1422	1435	-	1426	-	1428	-	-	-	-	1428
	1/5	1836	1856	1886	1843	-	1841	-	1827	-	-	-	-	1844
	1/10	2334	2335	2546	2364	-	2395	-	2352	-	-	-	-	2402
	1/20	2827	2795	3258	2863	-	2958	-	2878	-	-	-	-	2975
	1/30	3117	3060	3702	3148	-	3296	-	3190	-	-	-	-	3322
	1/50	3487	3390	4292	3500	-	3734	-	3591	-	-	-	-	3771
	1/80	3833	3693	4865	3819	-	4149	-	3968	-	-	-	-	4200
	1/100	3999	3837	5148	3968	-	4350	-	4151	-	-	-	-	4408
	1/150	4304	4097	5680	4237	-	4725	-	4488	-	-	-	-	4796
	1/200	4524	4281	6071	4425	-	4997	-	4732	-	-	-	-	5077
	1/400	5064	4725	7060	4872	-	5675	-	5337	-	-	-	-	5782
	1/500	5241	4868	7392	5014	-	5901	-	5537	-	-	-	-	6016
1/1000	5801	5311	8469	5447	-	6626	-	6176	-	-	-	-	6768	
SLSC		0.034	0.042	0.034	0.048	-	0.027	-	0.026	-	-	-	-	
Jackknife推定誤差		1078.0	540.0	670.0	1450.0	-	1048.0	-	1115.0	-	-	-	-	
相関係数(X)		0.984	0.981	0.987	0.982	-	0.987	-	0.986	-	-	-	-	
相関係数(P)		0.996	0.997	0.991	0.994	-	0.994	-	0.994	-	-	-	-	
採用値		×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

一：標本と分布モデルとの適合性が明らかに良くないと判断される場合、すなわち母数推定を行う際に標本を標準変量に変換した値の歪係数が 0.3 より大きい場合は当該分布モデルには不適合とみなして “一” とした。

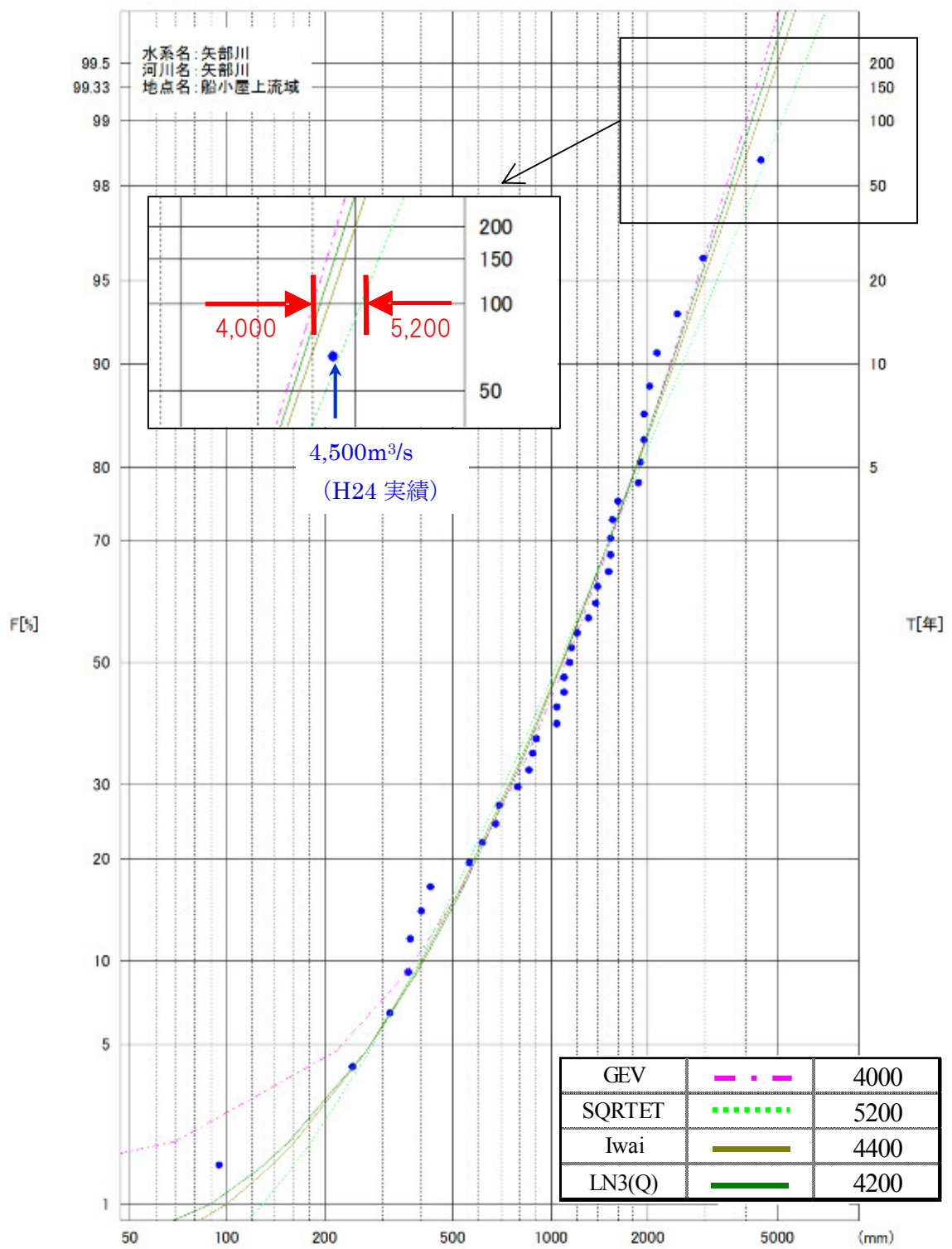


図 5.7.1 船小屋地点 流量確率プロット図

5.8 既往最大洪水の流量

矢部川基準地点（船小屋地点）における既往最大となる流量は、平成 24 年 7 月 14 日洪水の約 4,500m³/s（日向神ダム調節なし）となる。

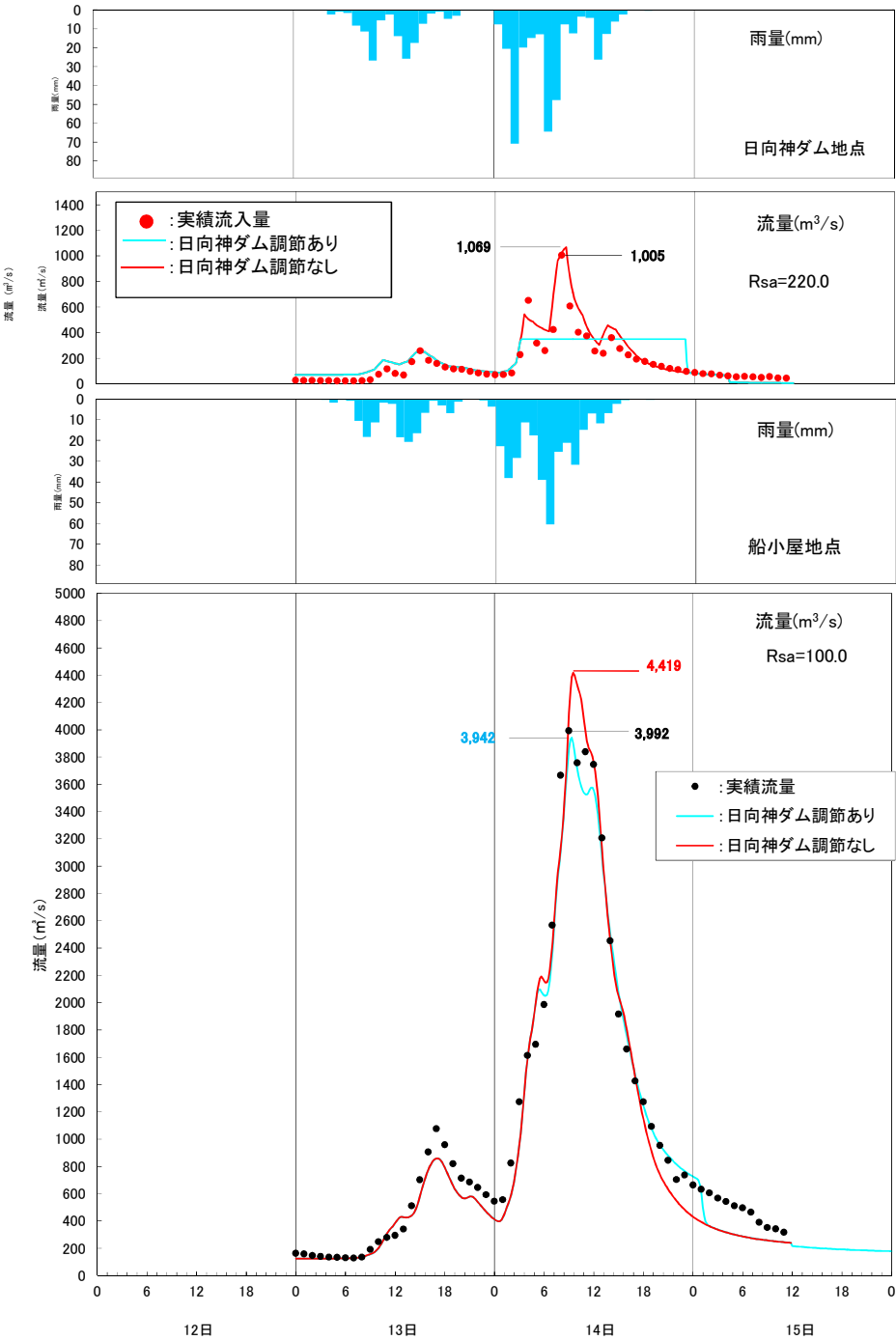


図 5.8.1 平成 24 年 7 月洪水の流出計算結果

5.9 全ての時間雨量が 1/100 となるモデル降雨波形の検討

主要な実績降雨群の波形をすべての降雨継続時間において、1/100 確率規模となるよう降雨波形を作成し、流出計算を行った結果、船小屋地点における 1/100 確率規模の流量は、 $3,200\text{m}^3/\text{s}$ ～ $5,100\text{m}^3/\text{s}$ と推定される。

5.9.1 モデル降雨波形の考え方

モデル降雨波形は、以下の考え方で作成した。

各時間の 1/100 確率規模の降雨量を算出し、主要 15 洪水のそれぞれの降水波形の中から、まず 1 時間雨量が最大となる時間を抽出し、その雨量を 1/100 確率規模となる 1 時間雨量に置き換える。次にその時間の前後のうち、雨量の大きい方の時間を抽出し、その雨量を 1/100 確率規模となる 2 時間雨量と 1 時間雨量との差分となる雨量に置き換える。それ以降も同様に行い、矢部川の場合、対象洪水で最も降雨継続時間が長い洪水が、昭和 47 年 7 月洪水の 52 時間であるため、確率計算は 1～52 時間まで行うこととした。

なお、流出計算に用いる流域定数は 34 頁、38 頁並びに 87 頁に記載した定数を用いるものとした。

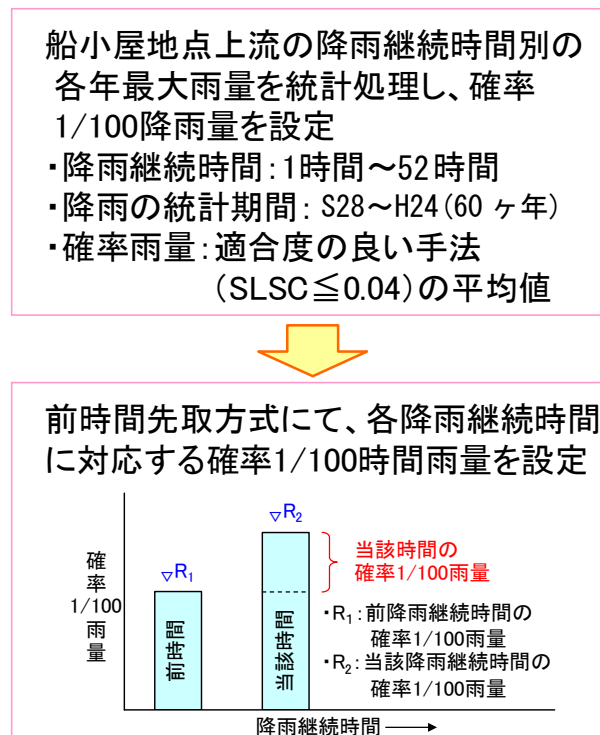


図 5.9.1 モデル降雨波形の作成方法

5.9.2 年最大雨量の整理

ここでは、確率計算に用いる S28～H24（60 年間）の 1～52 時間までの船小屋上流域年最大雨量を整理した。

表 5.9.1 (1) 船小屋上流域における年最大雨量 (1hr~10hr)

	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	7hr	8hr	9hr	10hr
昭和28年	66.8	94.7	109.5	146.8	174.0	188.8	210.2	225.0	236.4	242.3
昭和29年	25.7	42.0	55.4	78.6	93.7	105.7	114.9	125.1	130.6	142.2
昭和30年	24.4	47.4	70.3	81.3	98.6	110.9	119.3	125.1	127.9	134.7
昭和31年	33.1	57.3	72.3	84.2	92.2	98.7	104.0	106.1	110.3	113.3
昭和32年	30.0	35.5	43.0	55.5	58.1	63.5	68.1	76.9	83.3	88.9
昭和33年	54.2	68.1	75.2	82.7	88.4	113.5	117.7	123.7	127.3	135.9
昭和34年	32.3	51.2	62.5	75.3	82.9	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
昭和35年	22.3	41.3	53.8	63.2	70.1	75.9	79.8	85.2	92.8	98.8
昭和36年	22.4	40.4	50.1	67.7	84.2	92.4	99.5	103.5	105.9	114.8
昭和37年	39.2	69.1	78.2	88.6	102.6	114.1	116.6	118.4	118.6	125.6
昭和38年	21.2	40.3	53.2	65.2	70.8	79.1	86.8	91.1	93.5	96.0
昭和39年	23.6	44.3	64.3	77.8	86.5	93.6	98.4	102.2	108.4	113.1
昭和40年	21.0	31.9	45.8	58.1	74.0	82.4	89.7	97.9	106.9	117.5
昭和41年	31.6	62.2	73.1	82.7	84.1	85.6	86.7	88.4	90.0	92.4
昭和42年	63.9	79.4	82.1	82.9	84.9	87.6	88.8	94.3	98.6	101.2
昭和43年	13.0	22.5	31.7	39.9	48.2	57.0	63.1	70.8	77.0	83.5
昭和44年	42.0	72.9	98.7	106.3	116.6	132.7	146.4	152.7	165.4	172.8
昭和45年	25.9	48.4	62.6	81.9	88.0	92.4	99.1	106.8	112.4	116.7
昭和46年	25.6	49.8	73.4	97.4	115.0	127.8	138.3	147.2	155.9	162.8
昭和47年	32.7	59.9	76.9	99.5	119.2	130.3	139.4	143.2	145.2	146.6
昭和48年	28.2	43.5	62.8	70.4	73.7	95.9	113.1	120.0	131.0	138.6
昭和49年	28.0	33.8	38.8	50.6	60.0	68.0	75.4	83.4	90.5	97.4
昭和50年	29.5	52.6	60.0	65.0	72.9	80.4	87.7	100.1	108.9	116.1
昭和51年	19.9	27.2	38.6	46.4	46.6	48.8	52.3	54.8	57.7	61.6
昭和52年	14.3	25.9	37.3	48.9	56.6	67.1	76.7	80.3	85.4	91.3
昭和53年	18.1	32.5	42.9	60.0	61.3	66.0	69.9	72.9	75.9	78.5
昭和54年	28.7	53.1	67.3	87.0	100.5	112.5	117.6	139.1	155.9	174.0
昭和55年	36.7	67.9	92.3	113.0	129.3	136.5	147.4	152.8	154.5	158.5
昭和56年	23.3	39.2	52.6	56.3	67.7	74.2	79.2	89.5	101.1	104.8
昭和57年	30.2	56.6	74.8	92.8	107.0	110.3	117.6	128.5	139.8	149.2
昭和58年	36.5	64.8	79.4	86.0	92.1	99.6	106.2	110.0	113.3	116.8
昭和59年	27.3	51.6	72.6	88.6	106.1	121.7	130.6	139.2	153.0	162.2
昭和60年	38.9	66.5	75.3	101.2	115.8	126.3	136.3	140.4	143.7	145.1
昭和61年	23.5	44.5	64.3	75.6	86.4	94.1	101.0	105.2	109.3	113.5
昭和62年	26.8	53.3	59.8	67.1	80.2	87.4	93.8	100.1	105.0	110.2
昭和63年	48.3	92.9	114.2	141.5	160.1	169.2	180.9	193.3	201.6	205.2
平成元年	29.7	47.4	64.5	67.7	70.8	77.3	100.9	118.0	124.6	133.0
平成2年	42.4	64.9	100.4	135.8	153.4	169.0	181.3	193.1	204.1	213.6
平成3年	27.0	51.7	69.2	82.1	105.3	112.1	123.3	130.1	136.2	140.2
平成4年	16.3	29.7	39.5	48.8	53.8	60.1	66.4	71.1	75.1	77.5
平成5年	53.8	79.4	86.2	89.3	107.0	121.6	128.3	129.7	136.8	147.3
平成6年	17.6	34.6	46.1	55.7	64.2	68.8	72.7	76.3	77.4	78.4
平成7年	66.4	82.9	95.0	98.1	102.0	105.2	109.8	132.1	145.3	155.0
平成8年	30.6	49.7	67.6	79.8	88.1	96.0	101.3	105.7	108.2	110.1
平成9年	45.0	68.9	94.1	117.4	129.0	136.7	146.1	148.5	153.0	154.5
平成10年	28.5	41.9	54.4	63.2	88.2	91.3	108.6	118.9	123.1	133.7
平成11年	33.4	50.6	63.7	75.5	87.4	99.3	99.3	99.3	127.0	127.0
平成12年	22.6	32.1	35.4	35.4	44.6	53.8	59.8	62.9	65.9	119.1
平成13年	36.8	56.2	77.7	89.3	98.0	111.0	129.3	141.0	146.1	150.7
平成14年	26.8	44.2	45.1	53.2	55.9	57.9	58.2	62.2	69.1	77.5
平成15年	22.2	33.2	45.1	53.8	65.7	67.7	71.9	73.6	74.6	75.1
平成16年	38.3	61.3	72.1	80.7	85.7	99.6	106.5	113.1	117.7	118.8
平成17年	31.3	57.3	73.8	85.5	94.2	100.9	106.4	107.9	113.0	116.5
平成18年	51.6	87.9	101.4	108.0	114.2	116.2	117.7	124.3	125.5	125.9
平成19年	31.9	60.6	74.4	91.2	119.3	148.0	158.2	168.9	187.9	198.3
平成20年	36.9	71.4	89.1	110.9	119.2	120.9	125.2	126.6	128.3	129.7
平成21年	36.7	53.0	67.4	91.3	101.6	120.5	130.7	143.8	169.3	180.5
平成22年	28.6	44.2	62.4	70.8	77.8	79.6	85.2	91.2	100.5	109.4
平成23年	38.9	47.0	57.6	85.0	100.9	102.4	111.4	116.0	120.5	144.3
平成24年	59.0	97.3	123.7	146.0	175.5	191.0	215.7	238.8	267.5	290.6

表 5.9.1 (2) 船小屋上流域における年最大雨量 (11hr~20hr)

	11hr	12hr	13hr	14hr	15hr	16hr	17hr	18hr	19hr	20hr
昭和28年	252.6	259.1	269.1	284.6	311.0	325.0	347.2	362.7	376.7	398.9
昭和29年	151.9	169.9	187.6	190.9	193.2	195.5	196.6	196.6	196.6	196.6
昭和30年	142.7	153.4	159.9	162.8	164.8	169.9	176.4	179.5	180.5	180.5
昭和31年	118.2	118.3	119.3	128.3	134.8	137.9	142.9	161.8	177.0	187.7
昭和32年	93.9	97.9	106.4	113.2	118.4	119.9	120.5	123.4	125.8	129.3
昭和33年	137.8	141.7	145.2	146.7	158.5	168.2	191.4	192.9	193.2	193.3
昭和34年	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
昭和35年	104.1	117.2	129.7	139.7	148.9	154.9	158.4	162.9	166.7	176.8
昭和36年	121.8	125.6	129.1	130.5	130.5	130.5	130.5	130.5	130.5	130.5
昭和37年	130.9	135.6	148.1	153.0	155.1	157.2	162.2	187.6	206.3	216.1
昭和38年	102.5	109.7	114.6	119.1	120.4	121.0	121.1	123.5	132.5	145.4
昭和39年	116.4	119.7	123.0	124.7	128.0	130.1	131.2	135.7	139.0	141.9
昭和40年	130.7	136.8	145.6	151.3	154.8	158.6	162.5	169.8	178.9	188.9
昭和41年	98.0	100.6	102.0	103.5	103.5	103.5	103.5	103.5	103.9	106.0
昭和42年	102.4	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5
昭和43年	89.7	100.0	107.3	116.1	122.2	130.0	136.1	141.1	145.6	155.9
昭和44年	179.3	187.6	193.1	205.0	217.1	222.5	226.5	231.2	239.5	243.5
昭和45年	122.4	128.0	133.4	138.5	142.8	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3
昭和46年	166.2	168.6	171.9	177.0	183.1	184.4	185.7	186.6	187.2	187.7
昭和47年	147.7	156.1	163.0	168.7	177.0	185.3	190.0	196.8	216.4	227.0
昭和48年	151.1	168.3	181.2	188.2	188.6	190.5	193.2	206.1	207.5	210.8
昭和49年	99.9	102.5	104.7	107.1	108.8	111.1	112.2	113.2	113.2	113.2
昭和50年	119.7	124.1	127.5	130.6	132.7	134.0	135.1	135.5	135.7	138.3
昭和51年	65.3	67.5	69.7	72.4	74.6	77.6	81.0	90.3	96.3	103.0
昭和52年	95.3	99.5	102.5	105.4	111.3	115.4	119.6	124.1	128.1	132.3
昭和53年	80.7	82.3	84.5	86.2	87.8	90.0	91.4	92.5	93.7	94.8
昭和54年	185.0	193.6	200.7	207.0	220.3	234.1	239.1	250.1	262.2	271.0
昭和55年	161.5	161.9	163.0	167.3	170.8	174.6	184.0	194.1	201.7	206.1
昭和56年	107.7	110.6	112.8	116.0	118.8	122.5	125.3	126.5	128.5	129.7
昭和57年	160.4	170.4	180.6	198.5	202.5	206.1	209.3	211.4	215.1	218.3
昭和58年	120.1	122.2	123.0	125.1	127.3	130.1	137.4	150.7	161.3	166.4
昭和59年	171.1	176.5	180.2	183.2	184.2	185.6	188.0	188.6	188.9	189.8
昭和60年	152.9	175.0	183.5	199.8	208.4	214.4	216.2	218.1	218.1	218.1
昭和61年	114.8	117.5	125.0	129.2	130.5	131.6	132.1	132.2	132.2	132.2
昭和62年	116.3	117.8	119.0	127.0	140.1	149.6	157.5	164.2	170.5	175.5
昭和63年	208.0	209.8	215.3	218.7	220.3	222.6	225.0	228.4	229.6	230.3
平成元年	136.2	137.8	139.6	146.8	152.4	161.4	164.7	169.1	176.7	182.8
平成2年	219.5	222.4	231.3	240.8	246.8	249.4	253.1	255.5	259.0	260.4
平成3年	142.0	143.2	145.0	150.2	154.6	157.4	158.9	158.9	158.9	158.9
平成4年	80.2	82.2	85.4	90.2	92.5	93.3	94.6	95.4	98.1	101.6
平成5年	154.1	156.5	158.0	162.1	172.6	179.4	185.0	192.0	197.8	201.5
平成6年	79.4	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5	79.5
平成7年	169.2	185.6	190.8	194.0	197.1	203.1	206.2	209.0	211.4	213.0
平成8年	112.0	114.4	122.3	129.6	134.8	140.8	146.1	148.1	150.0	152.1
平成9年	155.7	161.9	166.2	169.1	172.5	175.1	176.7	181.0	185.5	189.8
平成10年	136.4	148.0	157.2	167.6	175.7	183.7	192.2	200.3	205.9	211.6
平成11年	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0
平成12年	134.3	144.5	157.8	164.4	170.3	173.3	179.6	190.2	196.9	207.6
平成13年	154.9	158.8	164.5	170.2	176.2	183.8	188.4	191.8	192.6	201.3
平成14年	85.9	90.2	92.9	96.8	101.1	106.1	111.7	118.6	123.2	127.5
平成15年	76.3	79.4	82.7	89.1	94.4	98.4	100.6	104.6	105.5	110.8
平成16年	119.7	120.5	122.4	129.1	130.1	130.4	130.5	130.8	130.9	134.6
平成17年	119.6	125.1	128.3	133.6	140.2	145.7	150.0	154.3	158.7	162.1
平成18年	127.9	129.2	129.5	129.6	130.6	130.9	131.5	132.7	133.0	133.3
平成19年	208.4	218.9	222.4	223.4	224.3	225.2	227.3	230.2	234.1	237.6
平成20年	130.5	131.1	131.4	131.7	133.1	134.0	134.7	135.6	136.4	136.9
平成21年	190.7	194.1	198.3	202.0	205.4	216.1	222.0	227.5	228.6	229.5
平成22年	112.8	113.8	115.0	121.5	132.3	138.0	145.0	152.7	158.6	166.3
平成23年	146.3	148.5	151.3	156.6	156.6	164.4	168.3	169.1	169.7	173.9
平成24年	305.0	311.3	322.7	329.1	332.9	335.5	336.2	336.8	336.9	343.1

表 5.9.1 (3) 船小屋上流域における年最大雨量 (21hr~30hr)

	21hr	22hr	23hr	24hr	25hr	26hr	27hr	28hr	29hr	30hr
昭和28年	410.3	419.2	430.2	441.0	449.1	457.6	468.3	479.7	481.2	482.9
昭和29年	196.6	196.6	196.6	197.0	197.2	197.9	198.5	199.2	199.5	200.1
昭和30年	180.5	180.5	180.5	181.4	181.4	181.4	181.4	181.4	181.4	181.4
昭和31年	200.9	212.4	220.9	227.3	229.4	229.7	232.2	235.3	237.3	237.5
昭和32年	141.5	146.1	153.3	157.9	159.5	161.0	165.2	169.8	172.7	174.3
昭和33年	193.3	193.3	193.3	193.3	193.3	193.3	193.3	193.4	193.7	195.2
昭和34年	87.2	87.2	87.2	166.6	168.6	168.7	175.8	189.0	196.6	210.5
昭和35年	185.9	194.3	200.2	203.7	208.4	208.9	209.0	209.0	209.0	209.0
昭和36年	130.5	130.5	130.5	141.9	144.5	146.4	149.4	151.3	152.5	156.3
昭和37年	234.9	250.3	254.2	255.9	256.7	257.0	258.4	260.3	261.3	262.4
昭和38年	152.7	159.3	167.0	174.3	180.1	184.6	191.0	195.2	197.6	197.8
昭和39年	141.9	141.9	141.9	142.8	142.8	142.8	142.8	142.8	142.8	142.8
昭和40年	200.3	215.5	226.0	239.4	245.2	249.2	251.7	253.8	256.4	257.5
昭和41年	106.0	106.0	106.0	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3
昭和42年	102.5	102.5	102.5	103.2	103.5	103.7	103.8	106.1	109.2	111.9
昭和43年	161.0	167.8	173.0	176.1	178.5	179.5	179.7	180.3	181.9	183.3
昭和44年	244.5	246.3	248.3	249.5	254.3	266.4	276.1	283.1	287.1	288.1
昭和45年	145.3	145.3	145.3	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0
昭和46年	188.9	190.0	190.2	190.3	191.5	192.9	194.4	197.7	201.3	202.7
昭和47年	236.2	241.6	244.0	248.2	250.6	252.6	252.7	252.9	254.0	254.3
昭和48年	218.0	219.9	221.1	224.1	227.4	229.2	231.4	232.4	232.4	232.6
昭和49年	113.2	113.2	113.2	115.0	115.4	116.1	117.7	119.7	120.9	122.0
昭和50年	140.1	146.1	149.2	150.7	153.6	155.6	156.8	156.9	157.3	157.4
昭和51年	105.2	107.3	107.6	111.4	115.3	117.5	118.7	122.0	124.8	127.0
昭和52年	136.3	142.3	146.3	150.5	153.5	155.7	157.3	159.6	161.3	161.8
昭和53年	95.8	97.5	98.9	138.1	140.0	141.5	142.8	144.1	145.1	146.3
昭和54年	274.0	278.4	283.1	287.7	291.9	294.8	299.6	303.9	306.7	311.2
昭和55年	208.3	215.0	226.2	238.7	247.1	251.3	253.3	256.5	260.0	269.1
昭和56年	130.0	131.1	134.0	136.2	139.2	144.2	145.6	148.7	149.9	150.0
昭和57年	221.7	223.7	225.0	226.3	228.0	229.1	231.5	234.8	236.8	238.4
昭和58年	175.2	182.3	185.1	190.8	194.5	197.3	199.2	200.2	203.7	207.4
昭和59年	192.2	192.8	192.9	193.1	194.6	196.2	198.9	200.4	201.4	203.7
昭和60年	218.1	218.1	218.1	227.4	229.1	230.4	246.1	254.4	271.0	279.3
昭和61年	132.2	132.2	132.2	137.5	139.0	140.3	141.4	144.6	145.9	146.9
昭和62年	179.3	185.3	189.1	191.9	192.4	198.2	207.8	216.7	223.4	229.7
昭和63年	230.9	233.3	234.3	237.7	238.4	239.0	239.5	239.8	240.3	240.4
平成元年	191.6	199.0	202.2	203.8	204.9	205.7	207.8	212.1	217.2	221.1
平成2年	261.0	261.7	263.5	283.6	287.3	289.2	291.0	294.7	297.8	305.6
平成3年	158.9	158.9	158.9	164.9	167.4	169.1	169.4	170.3	170.6	170.7
平成4年	103.9	105.7	106.3	108.5	110.2	111.4	112.7	113.8	114.3	116.2
平成5年	209.0	216.0	218.5	220.9	221.7	222.9	224.1	227.9	229.0	231.3
平成6年	79.5	79.5	79.5	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4
平成7年	213.7	215.1	216.3	268.6	273.8	279.4	284.6	289.6	292.8	296.9
平成8年	154.6	156.6	158.4	163.4	165.5	170.2	175.2	181.4	184.4	187.6
平成9年	192.7	196.1	197.7	200.0	204.6	205.4	206.2	214.8	218.1	218.3
平成10年	223.3	232.6	242.9	250.3	258.0	265.7	272.0	277.7	281.8	284.3
平成11年	127.0	127.0	127.0	127.0	127.3	128.6	130.0	130.6	131.1	131.9
平成12年	218.0	230.7	237.3	240.0	240.2	240.7	243.2	249.0	250.6	250.7
平成13年	211.4	224.0	231.1	234.7	235.1	235.9	238.3	243.7	246.3	246.5
平成14年	130.0	131.8	132.5	132.8	133.1	133.6	134.6	134.7	134.8	134.9
平成15年	125.2	131.4	134.2	137.6	140.3	141.8	142.3	142.5	142.5	142.5
平成16年	139.5	140.6	140.6	140.8	144.2	148.8	151.6	156.6	163.3	165.2
平成17年	165.9	168.8	170.3	171.4	171.8	176.7	181.9	185.3	190.6	191.7
平成18年	133.4	134.4	135.4	142.2	143.8	145.5	148.6	154.4	156.4	167.6
平成19年	246.1	249.7	262.9	273.3	276.9	279.7	280.6	281.6	282.2	284.7
平成20年	137.1	137.2	137.2	137.4	137.6	138.6	142.9	144.9	149.2	156.2
平成21年	232.3	233.8	235.8	239.3	246.1	252.7	257.1	263.0	268.5	269.6
平成22年	171.2	175.9	179.3	180.7	181.8	182.1	182.9	186.7	188.1	189.4
平成23年	183.1	193.2	200.0	206.3	211.1	212.1	213.6	215.7	217.4	218.5
平成24年	350.9	369.7	384.1	390.4	401.8	408.3	418.1	428.8	435.8	446.5

表 5.9.1 (4) 船小屋上流域における年最大雨量 (31hr~40hr)

	31hr	32hr	33hr	34hr	35hr	36hr	37hr	38hr	39hr	40hr
昭和28年	484.0	485.3	485.6	485.7	485.8	487.4	488.2	488.6	489.4	489.9
昭和29年	200.4	200.9	203.2	203.3	203.4	203.4	203.4	203.5	203.5	203.5
昭和30年	181.4	181.4	181.4	181.4	181.4	181.4	181.4	181.4	181.4	182.5
昭和31年	237.6	238.8	239.6	241.0	241.7	241.7	241.7	241.7	241.7	241.7
昭和32年	174.9	179.0	182.8	185.9	187.4	190.9	194.7	197.8	200.7	202.8
昭和33年	201.1	202.6	203.2	203.5	203.5	203.5	203.5	209.5	209.8	209.8
昭和34年	229.4	241.1	248.7	251.9	253.1	256.1	256.2	258.1	258.2	258.7
昭和35年	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0
昭和36年	159.8	159.8	161.8	161.8	162.5	162.5	162.8	163.5	163.5	165.9
昭和37年	264.9	265.7	266.5	269.5	275.9	279.9	284.4	292.0	293.7	295.8
昭和38年	198.1	199.3	199.6	201.3	201.3	201.6	201.8	203.9	204.7	209.0
昭和39年	142.8	142.8	142.8	142.8	142.8	142.8	142.8	142.8	142.8	142.8
昭和40年	259.1	260.3	261.3	262.1	263.2	264.2	264.7	265.2	265.5	266.0
昭和41年	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3
昭和42年	114.3	114.5	114.6	114.7	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8
昭和43年	184.3	188.0	193.2	199.4	202.2	208.4	219.2	223.5	231.2	234.0
昭和44年	289.9	291.9	293.1	293.5	293.5	293.6	293.9	294.4	295.6	296.5
昭和45年	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0
昭和46年	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0
昭和47年	254.7	256.9	259.4	259.7	260.9	262.0	265.4	268.3	271.4	273.9
昭和48年	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6
昭和49年	122.4	122.6	122.8	122.8	123.0	123.0	123.0	123.0	123.0	123.0
昭和50年	157.4	157.4	157.8	157.8	157.8	157.9	157.9	157.9	158.0	158.0
昭和51年	127.6	130.5	134.4	137.1	138.3	140.2	140.9	141.5	142.0	145.6
昭和52年	162.5	164.8	167.0	167.1	167.3	172.7	181.6	185.1	190.2	196.1
昭和53年	147.1	147.9	148.5	149.2	149.9	150.5	151.3	151.8	152.2	152.6
昭和54年	313.6	320.5	329.1	336.2	342.4	344.8	346.4	347.5	349.2	350.5
昭和55年	277.9	287.4	292.7	295.7	299.7	301.7	305.7	307.6	311.4	313.3
昭和56年	152.1	152.9	154.1	162.2	167.3	173.5	174.6	176.7	177.5	179.1
昭和57年	239.6	241.1	242.7	243.8	244.6	244.9	245.1	245.1	245.1	245.1
昭和58年	209.6	213.1	216.8	220.8	227.2	236.5	240.9	244.9	249.3	255.5
昭和59年	205.2	205.8	206.0	206.1	206.2	206.7	207.4	207.6	207.8	208.0
昭和60年	286.9	292.9	295.4	297.1	297.7	298.0	298.8	298.8	299.2	300.5
昭和61年	147.8	148.3	148.5	149.3	150.1	151.1	152.5	155.1	156.4	156.9
昭和62年	235.1	241.6	247.8	254.2	260.9	267.2	271.5	274.3	279.0	281.8
昭和63年	240.7	240.9	241.1	241.2	241.2	241.2	241.2	241.2	241.3	241.4
平成元年	229.9	241.3	244.5	246.1	252.7	260.3	263.6	266.7	272.6	279.0
平成2年	311.9	314.7	318.7	319.8	320.7	321.4	322.1	322.7	322.9	324.8
平成3年	171.4	171.9	172.7	174.3	174.6	181.2	185.6	186.9	188.5	189.8
平成4年	116.7	117.1	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2
平成5年	233.9	234.5	234.5	234.6	234.6	234.6	235.5	235.8	235.9	235.9
平成6年	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4
平成7年	302.0	304.8	306.3	307.2	308.7	309.5	311.1	313.7	318.7	322.1
平成8年	190.9	192.9	196.5	201.8	205.2	209.3	215.5	219.7	223.0	225.0
平成9年	219.4	220.2	220.9	221.4	224.5	225.3	228.1	235.3	246.5	255.8
平成10年	287.2	290.1	291.6	295.0	298.2	300.7	303.7	306.6	307.8	308.8
平成11年	132.5	132.9	133.0	133.5	133.8	134.0	134.0	134.0	134.0	134.1
平成12年	252.2	253.8	254.5	256.6	258.2	259.7	259.9	259.9	259.9	260.8
平成13年	247.5	250.0	250.5	251.6	254.2	255.7	255.9	255.9	256.0	257.3
平成14年	134.9	134.9	135.0	135.0	135.0	135.0	135.0	135.0	135.1	135.1
平成15年	142.5	142.6	145.1	147.8	149.3	149.9	150.4	150.4	150.4	150.4
平成16年	167.1	172.2	174.2	175.3	176.5	177.9	178.8	179.6	181.2	187.9
平成17年	193.5	194.3	195.8	198.9	201.0	204.3	209.6	212.3	217.6	219.7
平成18年	175.2	177.1	178.9	180.5	183.2	185.6	192.6	196.7	198.2	200.8
平成19年	287.5	289.5	290.5	291.3	292.0	292.7	293.3	293.5	294.3	294.5
平成20年	159.2	165.2	170.0	174.0	175.6	177.5	178.9	183.8	192.1	195.1
平成21年	270.5	273.3	274.8	276.8	278.5	287.1	293.7	294.5	295.6	296.0
平成22年	190.5	190.9	191.1	191.4	191.6	191.9	192.1	192.3	192.6	192.7
平成23年	220.5	221.5	222.2	223.5	224.8	226.1	226.8	230.1	234.7	247.2
平成24年	453.0	455.6	456.6	457.1	458.6	459.2	459.7	459.8	459.9	460.4

表 5.9.1 (5) 船小屋上流域における年最大雨量 (41hr~50hr)

	41hr	42hr	43hr	44hr	45hr	46hr	47hr	48hr	49hr	50hr
昭和28年	490.1	490.3	490.8	492.4	495.6	498.8	503.6	508.3	521.3	525.0
昭和29年	203.6	203.6	203.6	203.6	203.6	203.6	203.7	203.8	203.8	203.8
昭和30年	186.2	186.8	187.7	188.7	189.3	190.8	191.4	195.2	199.1	200.9
昭和31年	241.7	241.7	241.7	241.7	241.7	241.7	241.7	241.7	241.7	241.7
昭和32年	204.6	207.6	214.5	224.0	225.5	227.1	229.4	231.6	233.9	234.7
昭和33年	209.8	209.8	209.8	209.8	209.8	209.8	209.8	209.8	209.8	209.8
昭和34年	259.1	259.6	259.6	259.6	259.6	260.1	260.3	260.8	261.1	261.1
昭和35年	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0	209.0
昭和36年	166.2	169.4	169.9	171.4	171.9	171.9	171.9	179.4	186.4	188.0
昭和37年	297.3	298.1	300.0	304.0	305.5	306.3	306.6	307.5	308.7	314.5
昭和38年	209.3	209.5	210.6	211.0	212.9	218.5	223.7	229.3	234.6	234.8
昭和39年	147.8	157.3	162.1	165.0	173.1	182.7	185.6	190.1	192.4	194.6
昭和40年	266.1	266.2	266.4	266.5	266.6	266.9	267.3	267.6	267.7	267.7
昭和41年	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3	109.3
昭和42年	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8
昭和43年	236.5	237.6	237.8	238.4	239.8	241.3	242.4	242.8	243.2	243.8
昭和44年	296.9	297.5	297.5	297.5	302.9	310.0	325.2	337.0	350.7	359.3
昭和45年	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0	147.0
昭和46年	204.0	204.0	204.0	204.0	206.2	208.0	208.3	209.0	210.5	210.8
昭和47年	285.3	295.9	304.9	310.3	314.8	317.0	321.3	323.8	325.5	325.8
昭和48年	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6	232.6
昭和49年	123.0	123.0	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1	123.1
昭和50年	158.0	158.0	158.0	158.0	158.0	158.0	158.0	158.0	158.0	158.0
昭和51年	148.5	151.3	151.9	151.9	152.6	153.2	153.3	153.3	153.3	153.3
昭和52年	200.2	204.4	207.3	209.6	211.8	213.2	213.9	214.8	215.0	215.0
昭和53年	153.6	154.5	155.3	155.9	156.5	157.2	157.9	158.6	159.1	159.5
昭和54年	352.0	353.3	354.7	355.6	358.0	359.7	361.2	362.4	364.0	365.6
昭和55年	316.3	317.2	319.3	319.4	319.5	320.3	321.2	321.5	322.6	322.7
昭和56年	181.5	182.3	183.5	191.6	193.1	193.9	194.4	195.6	196.8	198.1
昭和57年	245.1	245.1	245.1	245.1	245.1	245.1	245.1	245.1	245.1	245.1
昭和58年	258.5	263.9	267.6	270.7	271.6	271.8	272.7	273.0	276.0	281.5
昭和59年	208.1	208.2	208.4	208.5	208.5	208.5	208.5	208.6	208.7	208.9
昭和60年	300.6	312.0	323.5	345.6	353.5	370.4	376.9	383.0	388.0	393.5
昭和61年	158.5	160.0	161.2	162.2	163.5	164.0	164.1	164.1	164.7	166.0
昭和62年	284.6	285.8	287.9	290.7	291.9	293.2	294.0	294.8	294.9	295.0
昭和63年	241.4	241.4	241.4	241.4	241.4	241.4	241.4	241.4	241.4	241.4
平成元年	286.1	289.4	291.0	292.0	292.9	293.8	296.6	297.3	297.6	297.7
平成2年	327.4	328.6	329.6	330.9	333.4	335.6	336.7	337.5	340.0	343.9
平成3年	190.2	190.2	190.5	190.9	193.1	195.6	196.9	198.5	199.8	200.1
平成4年	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2	117.2
平成5年	235.9	235.9	235.9	235.9	235.9	235.9	235.9	235.9	235.9	235.9
平成6年	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4
平成7年	323.1	324.6	324.7	325.0	326.2	327.3	327.3	327.5	327.5	327.5
平成8年	225.5	228.4	230.4	232.1	233.4	233.6	233.7	233.7	233.8	233.8
平成9年	265.8	271.9	273.4	276.7	286.7	292.9	298.2	299.7	302.7	303.3
平成10年	309.4	309.4	311.2	312.2	313.0	316.3	317.4	320.7	324.0	326.7
平成11年	134.3	134.3	134.4	136.6	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8
平成12年	261.0	261.7	262.9	263.1	263.1	263.1	263.1	263.1	270.5	277.2
平成13年	257.5	258.3	259.5	259.7	259.7	259.7	259.7	259.7	265.2	272.4
平成14年	135.1	135.1	135.1	135.1	135.1	135.1	135.1	135.1	135.1	135.1
平成15年	150.4	150.4	150.4	155.8	157.3	164.8	166.8	171.0	171.6	175.1
平成16年	189.2	193.2	199.8	200.8	200.9	201.6	203.7	206.7	207.7	208.4
平成17年	220.9	222.7	224.9	226.1	227.9	228.7	230.2	232.4	232.6	233.1
平成18年	204.2	205.8	207.0	208.2	210.0	212.6	215.4	221.8	225.9	227.7
平成19年	294.7	294.8	294.9	295.0	295.1	295.2	295.2	295.3	295.3	295.3
平成20年	197.4	199.1	200.0	200.9	201.4	201.4	201.5	201.7	201.7	201.9
平成21年	298.4	301.8	302.8	303.8	304.7	305.1	305.5	305.6	308.1	312.1
平成22年	192.9	193.6	194.1	195.1	197.4	199.3	200.6	201.7	202.3	202.6
平成23年	257.3	263.6	265.1	267.3	269.3	271.3	274.5	275.5	277.0	279.1
平成24年	460.4	460.4	460.4	460.4	460.4	460.4	460.4	460.4	460.4	460.4

表 5.9.1 (6) 船小屋上流域における年最大雨量 (51hr~52hr)

	51hr	52hr
昭和28年	538.0	541.7
昭和29年	203.8	203.8
昭和30年	202.0	202.6
昭和31年	241.7	241.7
昭和32年	235.0	235.1
昭和33年	210.4	210.5
昭和34年	261.2	261.2
昭和35年	209.0	209.0
昭和36年	190.3	191.3
昭和37年	317.6	319.6
昭和38年	236.8	238.9
昭和39年	196.3	197.0
昭和40年	267.7	268.0
昭和41年	109.3	109.3
昭和42年	114.8	114.8
昭和43年	243.8	243.9
昭和44年	373.0	380.9
昭和45年	147.0	147.0
昭和46年	211.5	212.1
昭和47年	325.9	326.9
昭和48年	232.6	232.6
昭和49年	123.1	123.1
昭和50年	158.0	158.0
昭和51年	153.3	153.3
昭和52年	215.1	215.1
昭和53年	159.9	160.3
昭和54年	371.7	375.0
昭和55年	323.7	323.9
昭和56年	199.4	200.3
昭和57年	245.1	245.1
昭和58年	287.6	290.7
昭和59年	209.0	209.5
昭和60年	398.9	403.0
昭和61年	166.5	166.6
昭和62年	295.1	295.1
昭和63年	241.4	241.4
平成元年	297.7	297.7
平成2年	344.6	345.4
平成3年	200.1	200.5
平成4年	117.2	117.2
平成5年	239.3	242.3
平成6年	82.4	82.4
平成7年	327.5	327.5
平成8年	233.9	234.0
平成9年	308.0	313.4
平成10年	327.8	329.7
平成11年	136.8	136.8
平成12年	280.9	283.4
平成13年	276.2	276.2
平成14年	135.1	135.1
平成15年	177.8	181.3
平成16年	211.5	216.2
平成17年	237.6	237.8
平成18年	230.0	233.4
平成19年	295.3	295.3
平成20年	202.0	202.2
平成21年	316.3	325.9
平成22年	203.3	205.1
平成23年	280.8	281.9
平成24年	460.4	460.4

5.9.3 確率計算

前項で整理した年最大雨量を用いて確率計算を行い、各時間における 1/100 確率雨量を整理した。(付属資料 7 参照)

表 5.9.2 1/100 降雨確率計算結果一覧表（船小屋地点）

継続時間 (h)	各時間の1/100雨量 (mm)	継続時間 (h)	各時間の1/100雨量 (mm)
1	71	27	418
2	101	28	425
3	135	29	431
4	146	30	436
5	185	31	442
6	192	32	448
7	219	33	451
8	233	34	454
9	249	35	458
10	260	36	461
11	271	37	464
12	283	38	467
13	294	39	471
14	304	40	474
15	314	41	477
16	323	42	480
17	332	43	483
18	341	44	487
19	350	45	491
20	359	46	494
21	369	47	499
22	381	48	501
23	390	49	507
24	398	50	511
25	405	51	517
26	411	52	521

5.9.4 モデル降雨波形の作成及び流出計算結果

5.9.1 の考え方にに基づき、これまで検討してきた主要 15 洪水についてモデル降雨波形を作成した。

モデル降雨波形を用いて流出計算を行った結果、船小屋地点における 1/100 確率規模の流量は、3,200m³/s～5,000m³/s と推定された。

表 5.9.3 1/100 モデル降雨波形によるピーク流量一覧表（船小屋地点）

洪水名	モデル降雨 船小屋地点ピーク流量 (m ³ /s)
S28.6.26	4,300
S47.7.5	4,400
S54.6.27	4,700
S54.6.29	5,000
S55.7.9	4,800
S57.7.24	5,000
S60.6.29	3,200
S63.6.23	4,000
H2.7.2	3,300
H5.6.18	3,900
H9.8.6	3,300
H13.7.6	3,800
H19.7.7	5,000
H21.6.30	4,900
H24.7.14	4,800

※対象洪水の選定は、船小屋地点ピーク流量がはん濫注意水位相当以上、且つ基準地点における対象降雨の降雨継続時間内雨量の引き伸ばし率が 2 倍以下である 15 洪水とした

※100m³/s 未満の端数については、切り上げるものとした

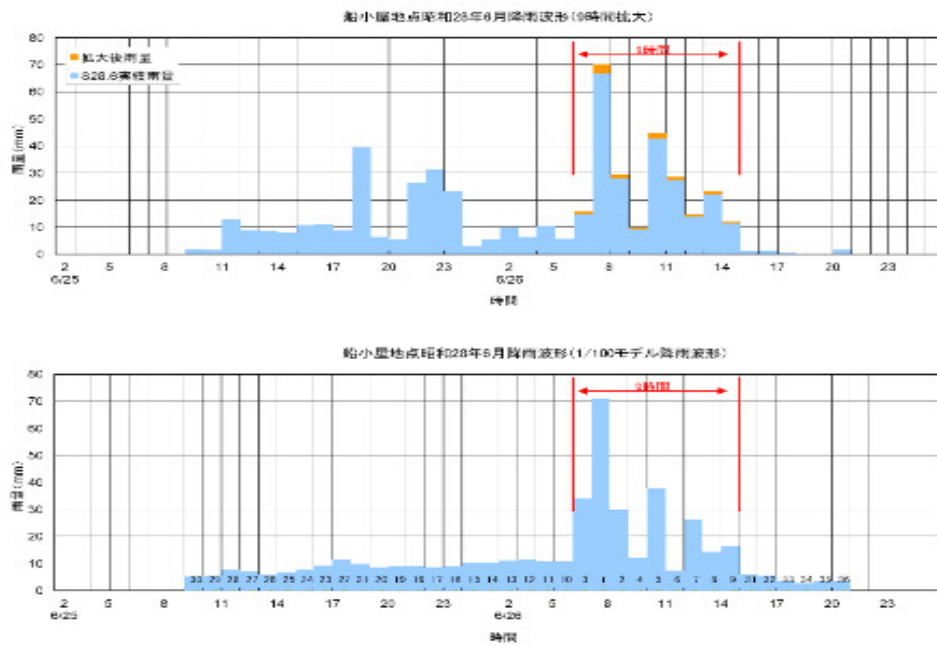


図 5.9.2 (1) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (S28.6.26)

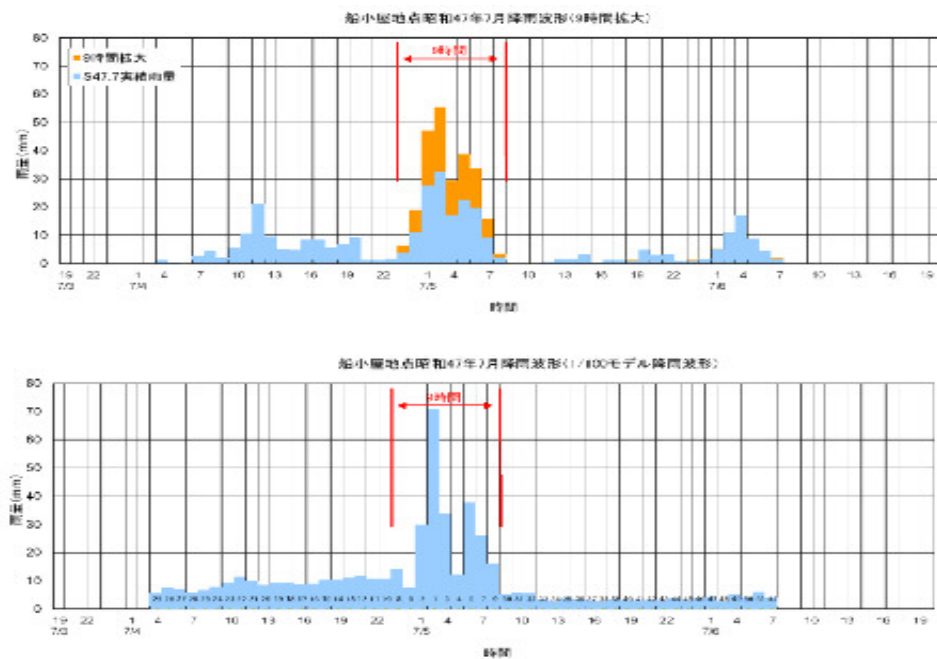


図 5.9.2 (2) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (S47.7.5)

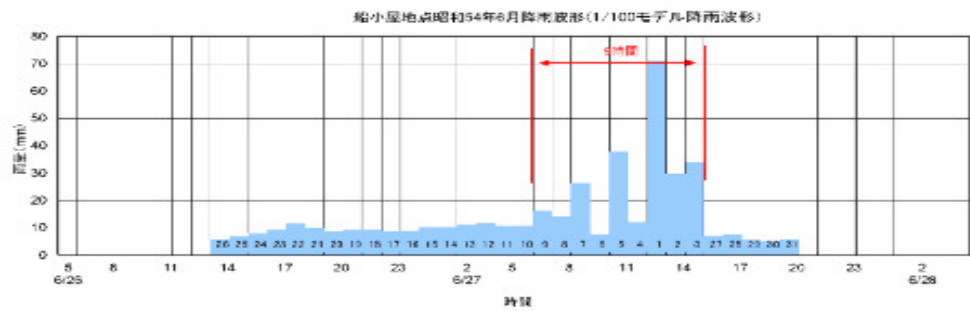
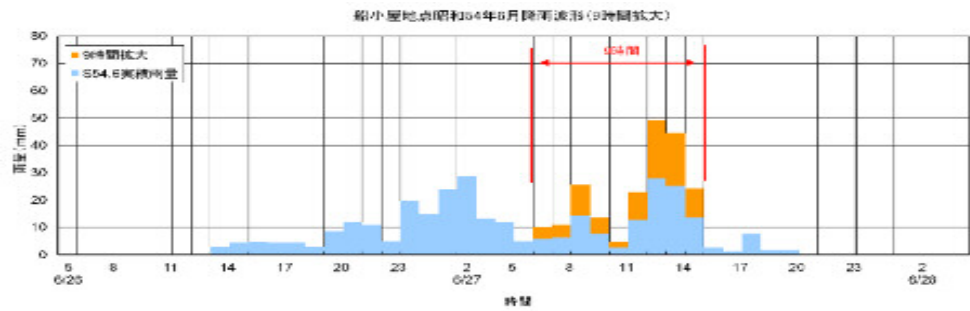


図 5.9.2 (3) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (S54.6.27)

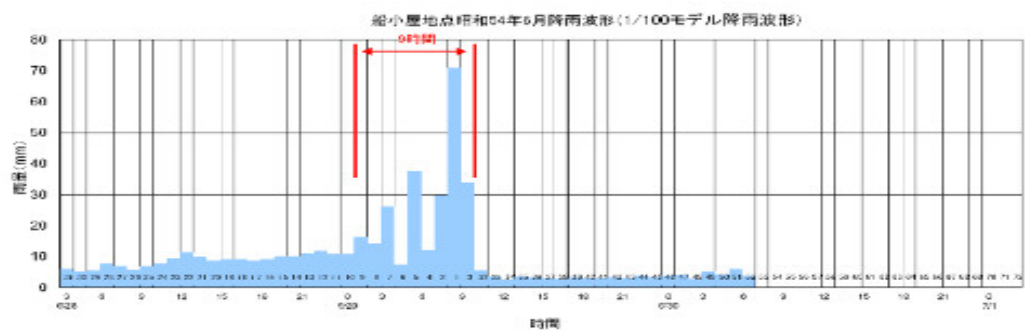
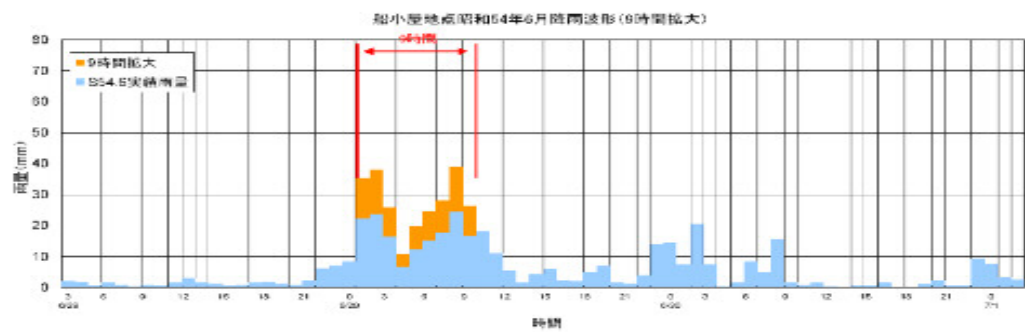


図 5.9.2 (4) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (S54.6.29)

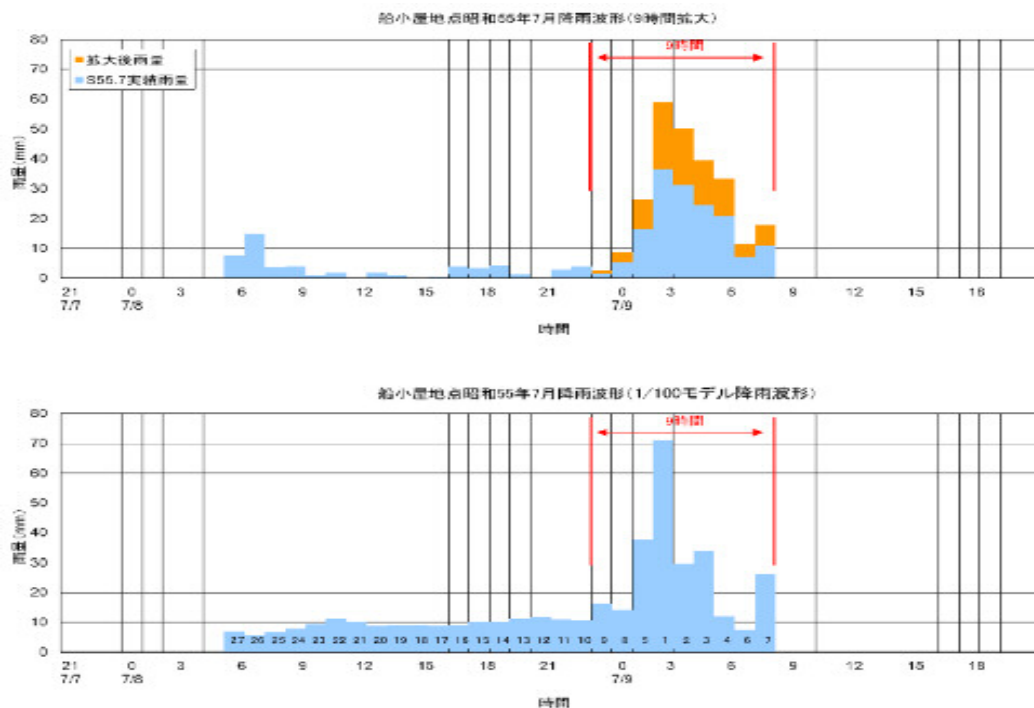


図 5.9.2 (5) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (S55.7.9)

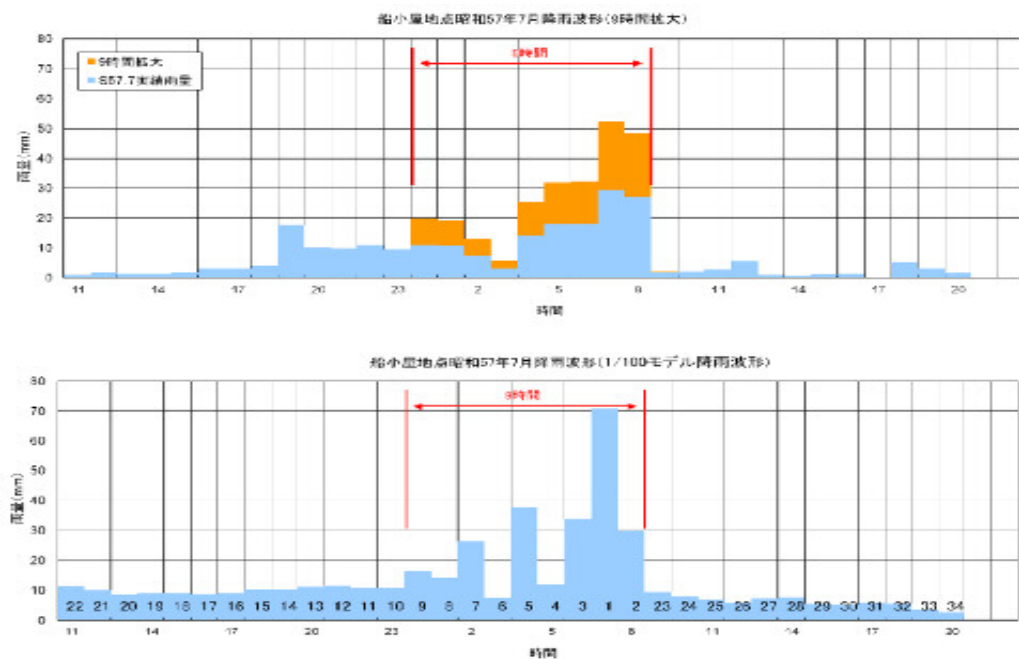


図 5.9.2 (6) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (S57.7.24)

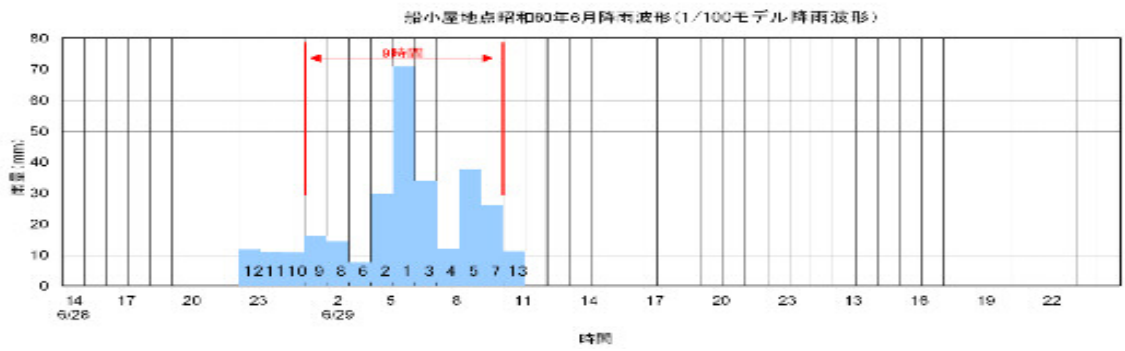
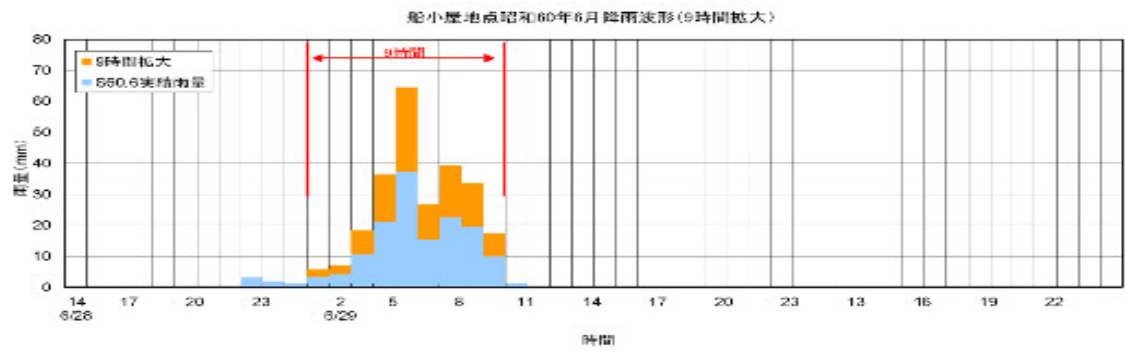


図 5.9.2 (7) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (S60.6.29)

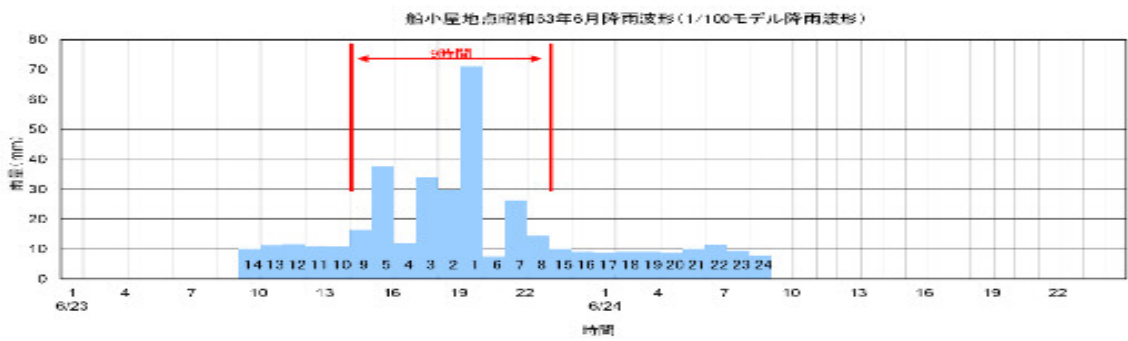
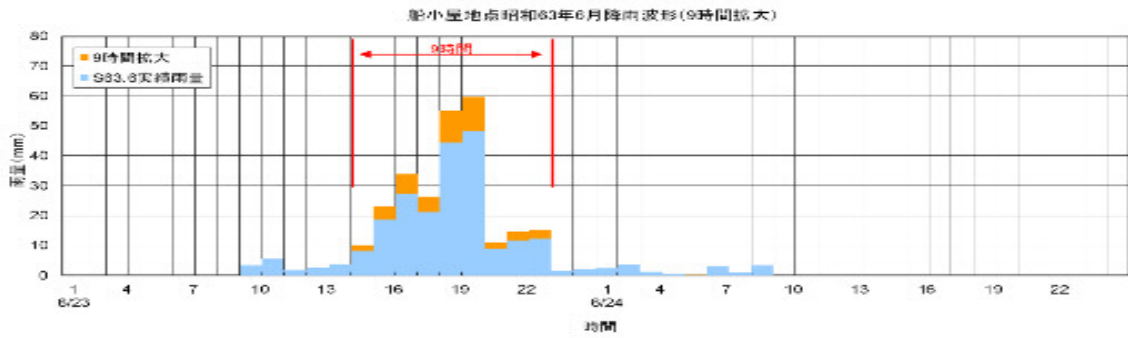


図 5.9.2 (8) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (S63.6.23)

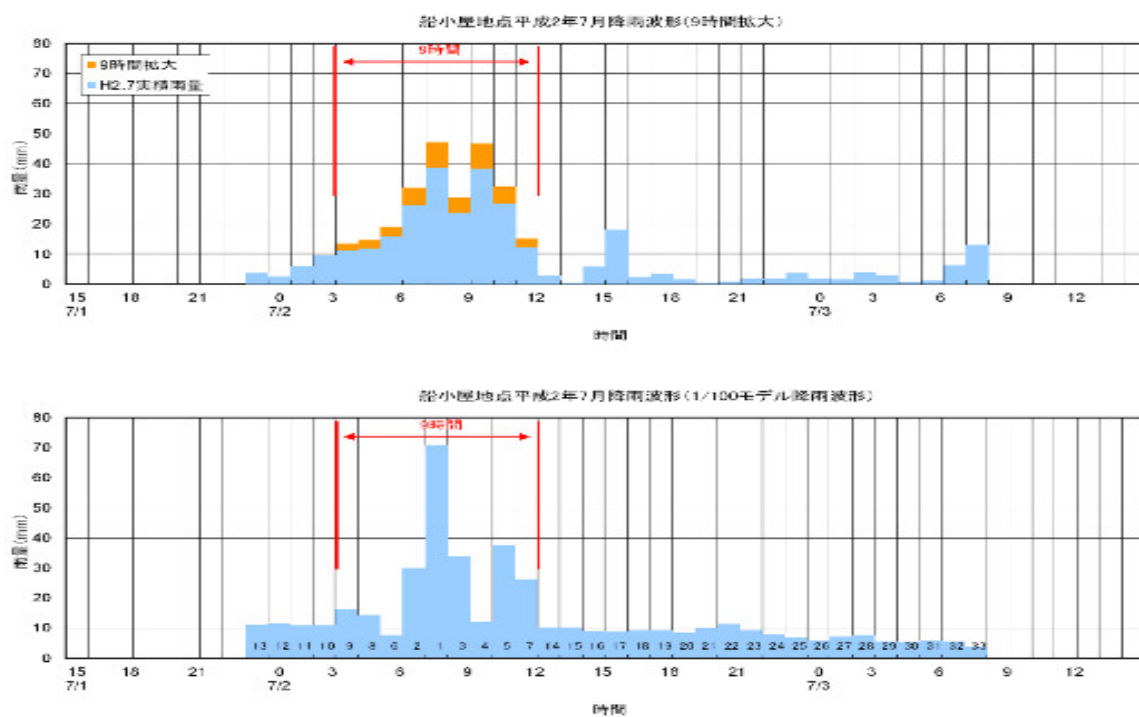


図 5.9.2 (9) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (H2.7.2)

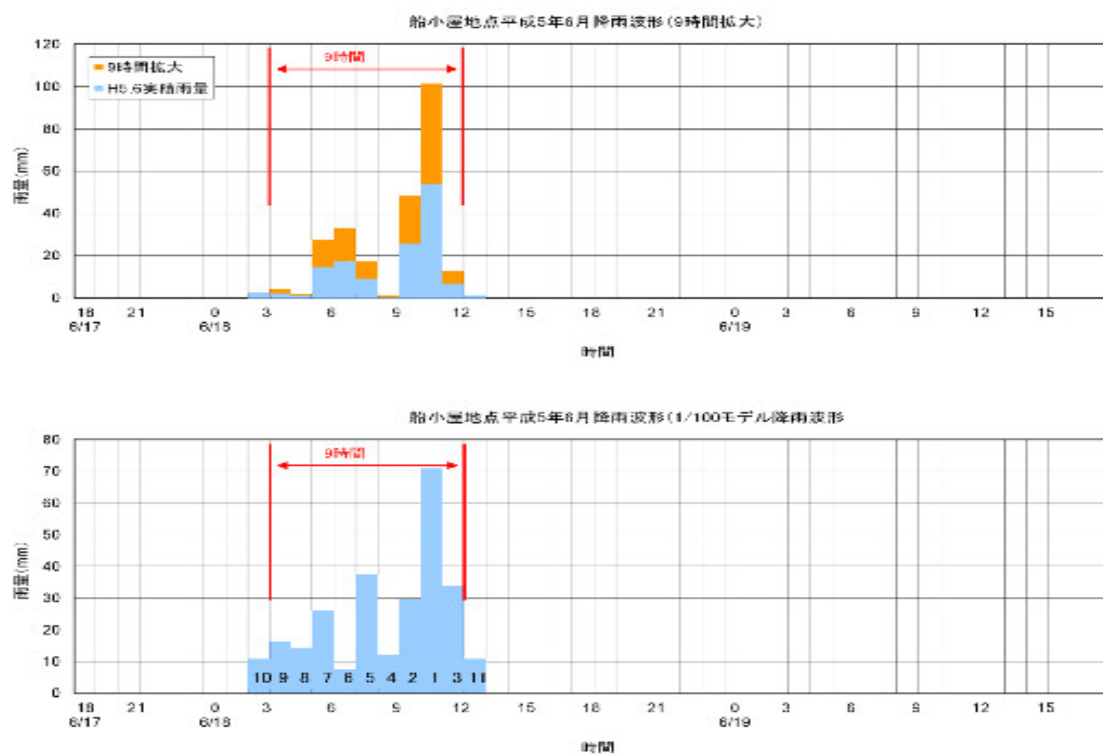


図 5.9.2 (10) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (H5.6.18)

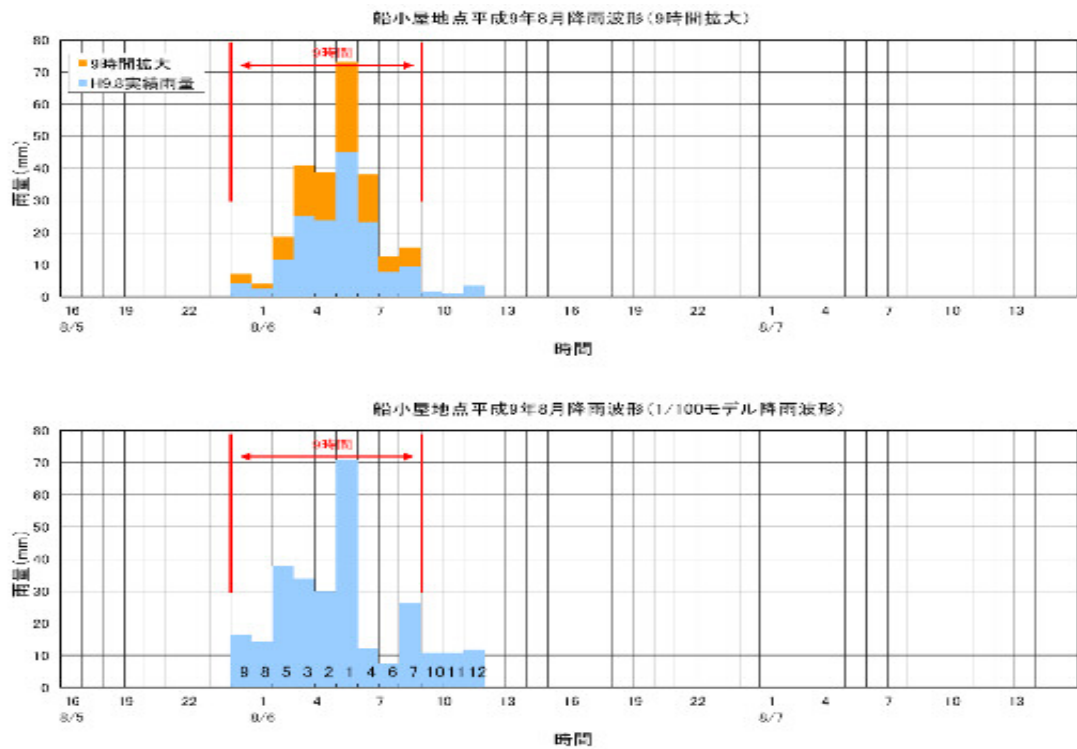


図 5.9.2 (11) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (H9.8.6)

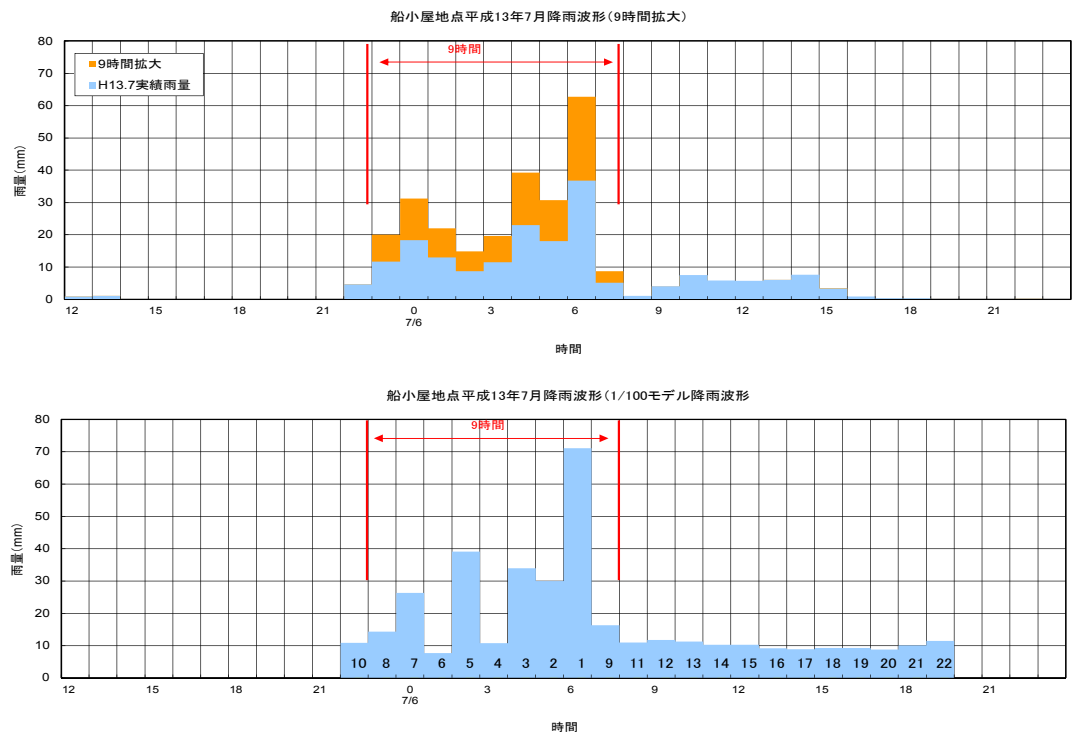


図 5.9.2 (12) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (H13.7.6)

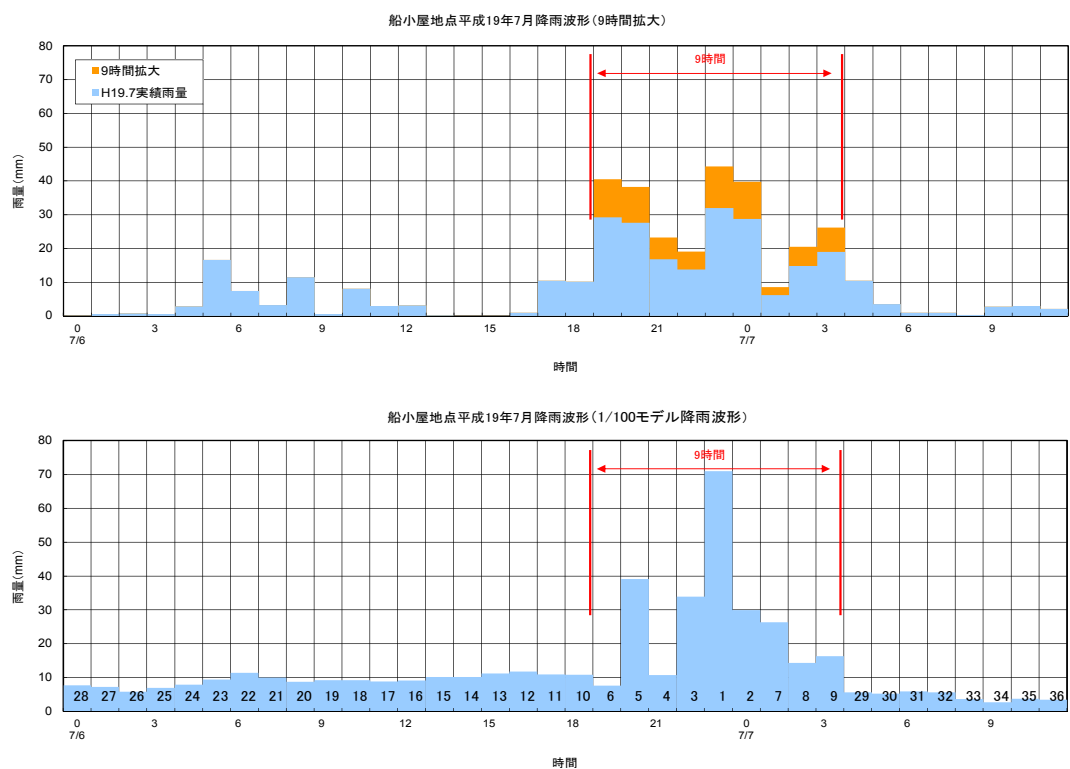


図 5.9.2 (13) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (H19.7.7)

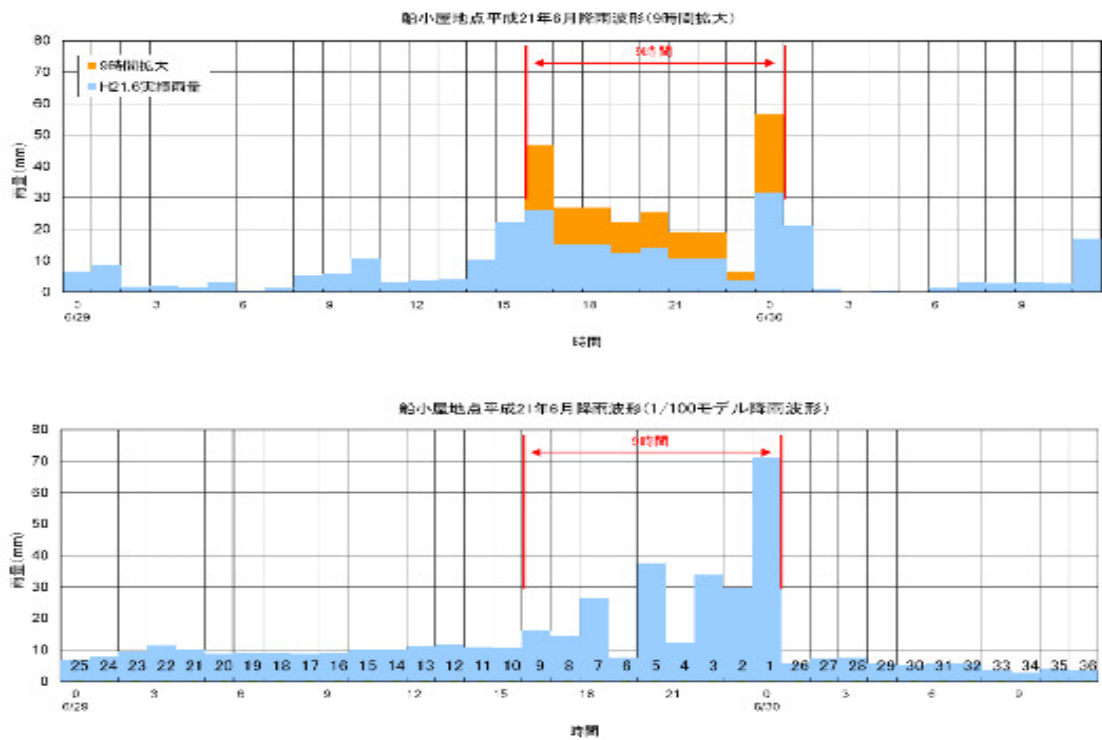


図 5.9.2 (14) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (H21.6.30)

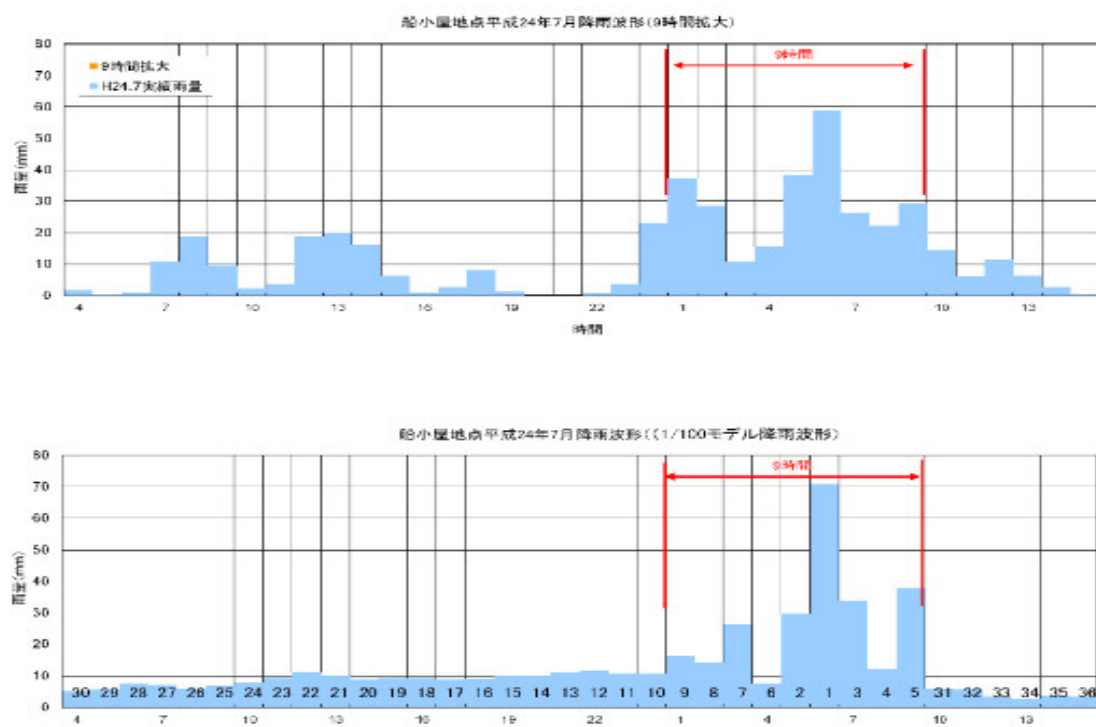


図 5.9.2 (15) 1/100 モデル降雨波形における降雨ハイトグラフ (H24.7.14)

5.10 基本高水のピーク流量の設定

雨量データによる確率からの検討により算出された結果について、短時間雨量が著しい引き延ばしとなっている洪水を除き最大となる流量について、様々な手法による検討の結果と併せて総合的に判断し、基準地点船小屋における基本高水のピーク流量 4,500m³/s と判断される。

- 既定計画基本高水のピーク流量
- 流量データによる確率（S48～H24）
- 雨量データによる確率（9 時間）（S28～H24）
- 全ての時間降雨が 1/100 となるモデル降雨波形の検討
- 既往最大洪水の流量

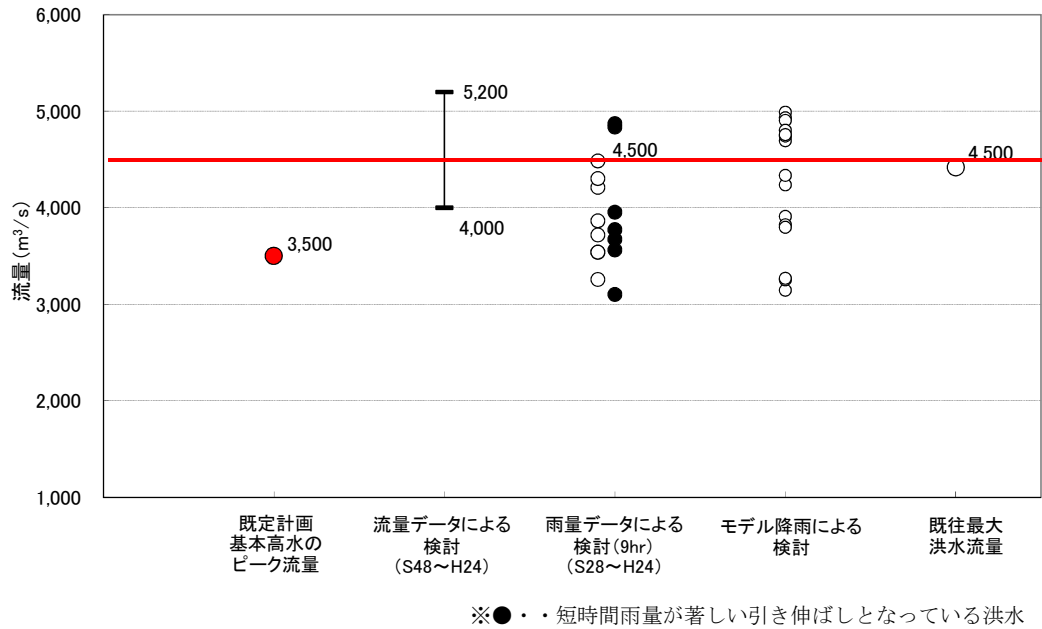


図 5.10.1 基本高水のピーク流量の総合評価

参考 1 平成 19 年方針策定時流出解析モデルによる検討

平成 19 年に策定した矢部川水系河川整備基本方針時に作成した流出モデル（既往モデル）を用い、平成 24 年 7 月洪水の再現性を確認した。流域定数等は以下のとおりとし、Rsa のみ今回算出した検証 Rsa を用いた。

その結果、既往モデルにおける船小屋地点計算流量は 4,340m³/s であった。

表 1 既往モデルの流域定数一覧表

流域 No.	流域面積 A (km ²)	K	P	遅滞時間 TL(分)	f1
1	84.3	10.70	0.60	5.0	0.45
2	19.1	9.50	0.60	0.0	0.45
3	23.3	17.70	0.60	0.0	0.45
4	19.0	16.40	0.60	0.0	0.45
5	29.0	14.50	0.60	1.0	0.45
6	39.8	18.40	0.60	0.0	0.45
7	30.7	13.50	0.60	0.0	0.45
8	49.3	14.70	0.60	15.0	0.45
9	6.0	8.60	0.60	0.0	0.45
10	30.0	15.40	0.60	2.0	0.45
11	25.6	23.40	0.60	0.0	0.45
12	55.9	19.10	0.60	20.0	0.45
13	31.8	18.10	0.60	0.0	0.45
14	16.2	33.50	0.60	0.0	0.45
15	24.6	23.20	0.60	0.0	0.45
16	21.6	23.90	0.60	0.0	0.45

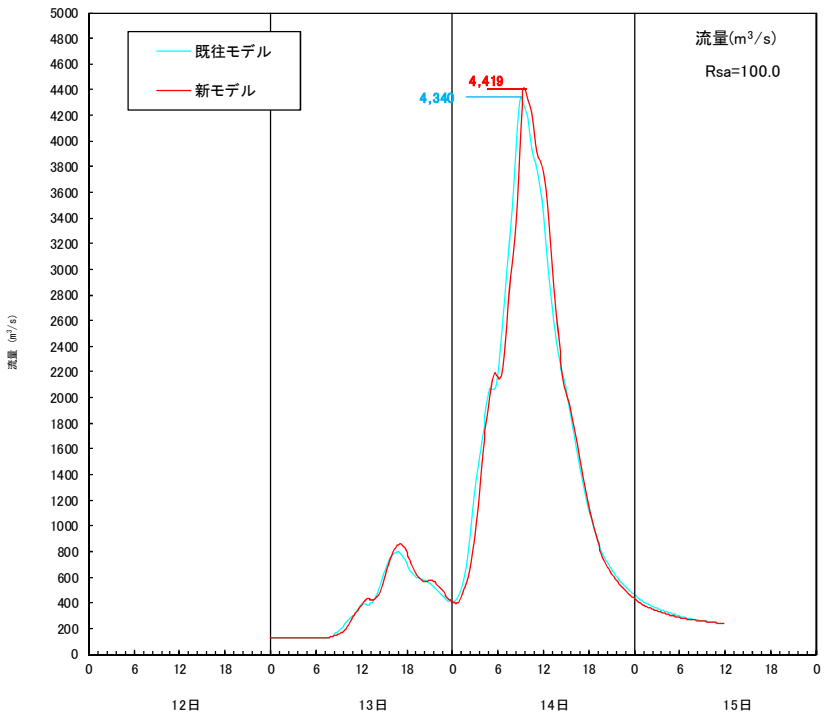


図 1 既往モデルとの流出計算結果比較（平成 24 年 7 月洪水）船小屋地点

参考 2 貯留関数法以外の手法による流量算出結果

分布型流出モデルによる流量算出結果

分布型流出モデルとは、降雨時の時空間観測データを取り込み、地形・地質・地被等の地域情報の分布を考慮し、水文量の時空間分布を計算できるような構造のモデルである。

ここでは、平成 22 年度に構築した流出モデル（以下、土研モデルという）を用いて、平成 24 年 7 月洪水の流量を計算する。

土研モデルの概要

この分布型流出モデルは、図 2 に示すように、流域内の全メッシュに鉛直方向に 3 層のモデル(表層、不飽和層、地下水層)と河道モデルから構成されている。表層モデルは、土地利用別に 5 分類（森林、田、畑、市街地、その他）のタンクモデルによって構成され、不飽和層モデルや地下水層モデルはそれぞれ土壌データ・表層地質データから浸透度別に 3 分類したタンクモデルで構成した。各層の水は落水線に沿って河道に流入し、河道内の流量は Kinematic Wave 法によって計算される。このモデルでは、土地利用、土壌、表層地質の局所的な水文学的特性が反映できる。

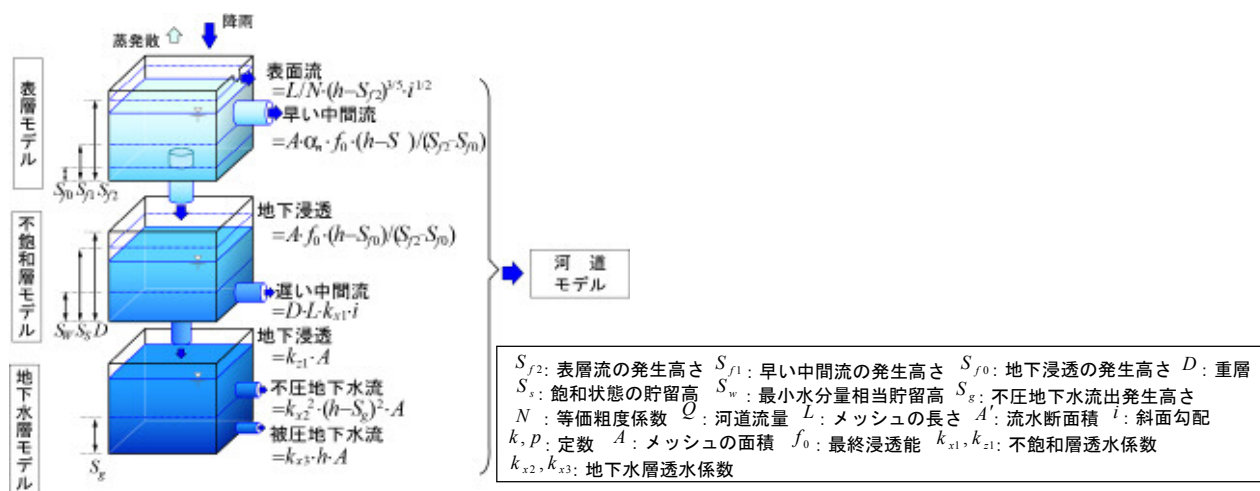


図 2 土研モデルの概念図

分布型流出モデルの構造

(1) 表層モデルの構造

表層モデルは、雨量を表面流、早い中間流、地下浸透流に分離するモデルである。表面モデルイメージを図3に示す。図の上から1番目、2番目の穴がそれぞれ表面流、早い中間流の穴で、下の穴が地下浸透の穴である。表面流は **Manning** 則が成り立つものとして流出量は貯留高の $5/3$ 乗に比例し、早い中間流は貯留高に比例するものとする。地下浸透は **Darcy** 則に従うとし、浸透量は貯留高に比例するものとする。基礎式は次のとおりである。

a. $h \geq S_{f2}$ の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R - E_{ps} - Q_{of} - Q_{sf} - Q_{f1} \quad \dots\dots\dots(1)$$

b. $S_{f1} \leq h < S_{f2}$ の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R - \frac{E_{ps}}{S_{f2}} \cdot h - Q_{of} - Q_{f1} \quad \dots\dots\dots(2)$$

c. $S_{f0} \leq h < S_{f1}$ の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R - \frac{E_{ps}}{S_{f2}} \cdot h - Q_{of} \quad \dots\dots\dots(3)$$

d. $h \leq S_{f0}$ の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = R - \frac{E_{ps}}{S_{f2}} \cdot h \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここに、 R : 雨量

E_{ps} : 蒸発散量

S_{f0} : 地下浸透が生じる高さ

S_{f1} : 中間流が発生する高さ

S_{f2} : 表面流の発生する高さ

Q_{of} : 不飽和層モデルへの浸透量

Q_{sf} : 表面流出量

Q_{ri} : 早い中間流出量

h : モデルの貯留高

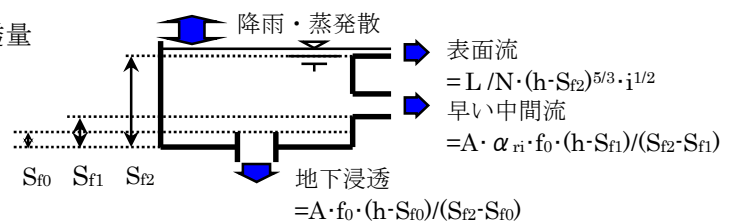


図3 表層モデル

表面流の式は次のとおりである。粗度係数は等価粗度係数Nと同じものとする。

$$Q_{sf} = \beta \cdot (h - S_{f2})^{5/3} \quad \beta = 1/n \cdot i^{1/2}/L \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここに、n：等価粗度係数

L：メッシュの長さ

早い中間流は水深に比例するものとし、次のとおりである。

$$Q_{fi} = \alpha_{ri} \cdot \alpha_{ri}(h - S_{fi}) \quad \dots\dots\dots(6)$$

ここに、 α_{ri} ：係数

地下浸透量は $h = S_{f2}$ で飽和透水係数と等しくなるとすると次のとおりである。

$$Q_{of} = \alpha_0(h - S_{f0}) \quad \alpha_0 = f_0/(S_{f2} - S_{f0}) \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここに、 f_0 ：最終浸透能

(2) 不飽和層モデルの構造

不飽和層モデルの構造は図4のとおりである。不飽和層モデルは不飽和帯の水分移動を考えたモデルである。横の穴からの流出量は遅い中間流で不飽和透水係数に比例し動水勾配が近似的に地形勾配に等しいとして流出量を計算する。地下水層モデルへの浸透量を示すのは底の穴である。浸透量は不飽和透水係数に比例し、動水勾配を1として計算する。

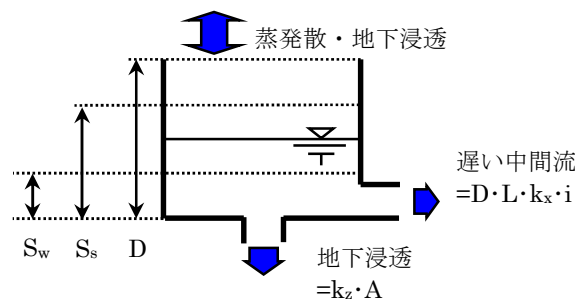


図4 不飽和層モデル

a. $h \geq S_{s2}$ の場合

飽和状態であるため上段の表層モデルからは浸透しない。上段の表層モデルとの動的な結合は計算を複雑にすることから、 S_{s2} を越える上段モデルからの浸透量は下流の表面モデルに返すこととする。

b. $S_{s2} > h \geq S_{s1}$ の場合

$$\theta_s \frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - E_{ps} - Q_{os} - Q_{li} \quad \dots\dots\dots(8)$$

c. $h < S_{s1}$ の場合

$$\theta_s \frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - \frac{E_{ps}}{S_{s1}} \cdot h \quad \dots\dots\dots(9)$$

ここに、 S_{s2} : 飽和状態の貯留高

S_{s1} : 最小水分量に相当する貯留高

Q_{in} : 表層モデルからの流入量

E_{ps} : 蒸発散量

Q_{os} : 不飽和状態の地下浸透量

Q_{li} : 不飽和状態の遅い中間流出量

h : モデルの貯留高

θ_s : 飽和水分量

不飽和状態の流出量は不飽和透水係数に比例すると考える。水分量 (θ) 透水係数 (k) の関係を次のとおりとする。

$$kx = a \exp(b\theta) \quad \dots\dots\dots(10)$$

上式を $h=S_{s2}$ で透水係数 $kx=$ 飽和透水係数、 $h=S_{s1}$ で透水係数 $kx=0$ となるように次の式のとおりに修正する。

$$kx = ks \cdot \frac{\exp(b \cdot \theta) - \exp(b \cdot \theta_w)}{\exp(b \cdot \theta_s) - \exp(b \cdot \theta_w)} \quad \dots\dots\dots(11)$$

ここに、 ks : 飽和透水係数

θ_s : 貯留高 S_{s2} に対応する水分量 ($\theta_s=S_{s2}/D$ D : 層厚)

θ_w : 貯留高 S_{s1} に対応する水分量 ($\theta_w=S_{s1}/D$ D : 層厚)

b : パラメータ

流出量は次のとおりである。

$$Q_{li}=k_x \cdot D/L \cdot i \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$Q_{os}=k_z \quad \dots\dots\dots(13)$$

ここに、 i : 地形勾配

k_x : 水平方向の不飽和透水係数

k_z : 鉛直方向の不飽和透水係数

(3) 地下水層モデルの構造

地下水層モデルの構造は図 5 のとおりである。地下水層（浅）モデルの流出は地下水貯留との貯留関数で表し、上段の穴が不圧地下水の流出として h_2 に比例し、下段の穴が被圧地下水の流出として h に比例すると考える。また、地下水層（深）モデルへの浸透を表わすのは底の穴で、浸透量は h に比例するものとして計算する。基礎式は次のとおりである。

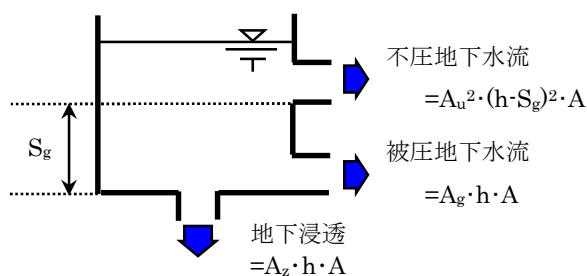


図 5 地下水層モデル

a. $h \geq S_g$ の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - Q_{g1} - Q_{g2} - Q_{og} \quad \dots\dots\dots(14)$$

b. $h < S_g$ の場合

$$\frac{\partial h}{\partial t} = Q_{in} - Q_{g2} - Q_{og} \quad \dots\dots\dots(15)$$

ここに、 Q_{in} ：不飽和層モデルからの流入量

Q_{g1} ：不圧地下水流出量

Q_{g2} ：被圧地下水流出量

Q_{og} ：地下水層（深）モデルへの地下浸透量

h ：モデルの貯留高

S_g ：不圧地下水流出が発生する高さ

流出量は次のとおりである。

$$Q_{g1} = A_u^2 \cdot (h - S_g)^2 \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$Q_{g2} = A_g \cdot h \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$Q_{og} = A_z \cdot h \quad \dots\dots\dots(18)$$

ここに、 A_u ：不圧地下水（水平方向）の流出係数

A_g ：被圧地下水（水平方向）の流出係数

A_z ：鉛直方向の流出係数

(4) 河道モデルの構造

河道長が大きい場合は洪水波伝播の遅れを考慮する必要がある。本モデルでは流域内すべてのメッシュに河道モデルを設置し、Kinematic Wave 法で河道追跡を行った。河道モデルの支配方程式は次式で与えられる。(20)式の運動式は Manning の抵抗則が成り立つものとした。各層モデルからの流出成分は当該メッシュの河道上流端に流入するものとした。従って、(19)式の横流入項が無視される($q=0$)。

a. 連続式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad \dots\dots\dots(19)$$

b. 運動式

$$Q = A \cdot \frac{R^{2/3} I^{1/2}}{n} \quad \dots\dots\dots(20)$$

ここに、 Q : 河道流量 (m^3/s)、 A : 流水断面積 (m^2)、 q : 横流入量 (m^2/s)、 n : 粗度係数 ($\text{s}/\text{m}^{1/3}$)、 R : 径深 (m)、 I : 河床勾配、 x : 距離方向の独立変数 (m)、 t : 時間方向の独立変数(s)

矢部川流域への適用

矢部川流域への適用にあたっては、流域のメッシュスケールとして、500m メッシュ（基準地域メッシュ第3次地域区画を4分割）を採用し、対象流域を10,677メッシュ（筑後川流域含む）に分割した（図6）。数値地図50mメッシュ（標高）から、各メッシュの平均標高を取得し、落水方向を設定した。また、国土数値情報河川データを用いて河道位置、河道長、河床高を算出し河道モデルを作成した。計算時間間隔は、出水の流出波形が明確に表現できるよう、また、テレメータの観測更新間隔に合わせて、 $\Delta t=10$ 分とした。なお、蒸発散量については、洪水時への影響は少ないことから、考慮しないものとした。

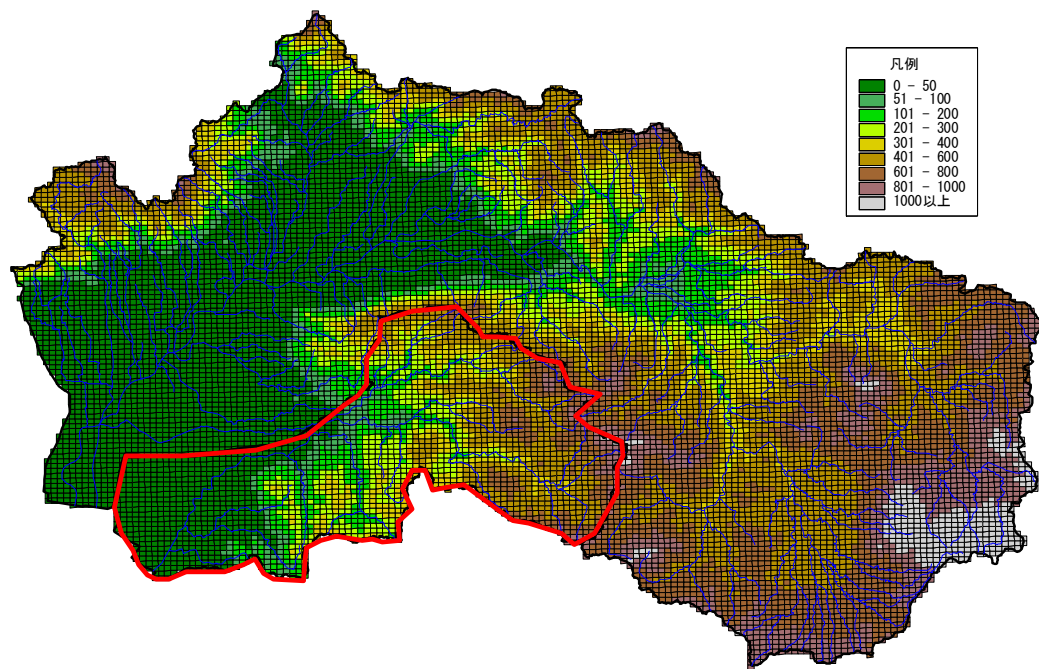


図6 メッシュ分割図

(1) 検証対象洪水

検証対象洪水は次のとおりとする。平成 18 年～平成 22 年における洪水を抽出した。

表 2 検証対象洪水一覧表（矢部川）

洪水 No	洪水日
No.1	H18.6.25
No.2	H18.7.5
No.3	H18.7.20～23
No.4	H18.8.18
No.5	H19.7.7
No.6	H19.8.2
No.7	H20.6.12
No.8	H20.6.19
No.9	H21.6.30
No.10	H21.7.25
No.11	H22.7.14

(2) パラメータ調整

検証対象洪水に対し、パラメータの同定を行う。

パラメータの同定方法は、SCE-UA 法を用いて行う。SCE-UA 法とは、この繰り返し計算時に、単純に乱数を発生させて計算し続けるのではなく、早期に計算が収束するように、計算途中の誤差率を参照しながら、パラメータを設定する手法である。

乱数を発生させて、設定範囲内でパラメータを設定し、分布型流出モデルによる計算を行う。この計算結果と実績流量を比較して、誤差率を算定する。この誤差率が最小化されるように繰り返し計算を実施し、パラメータを決定する。

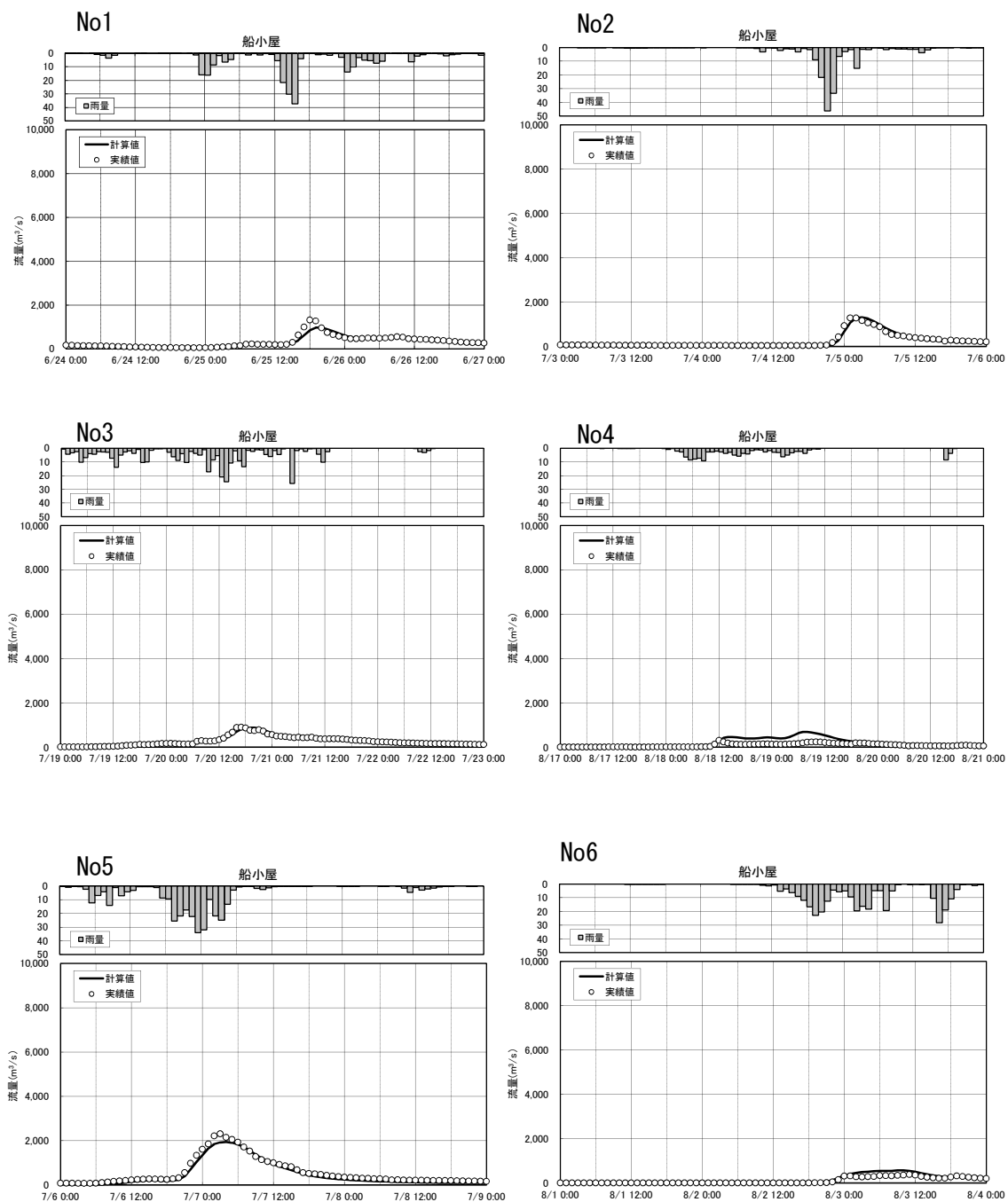


図7 矢部川モデルパラメータ検証洪水（No.1～No.6）

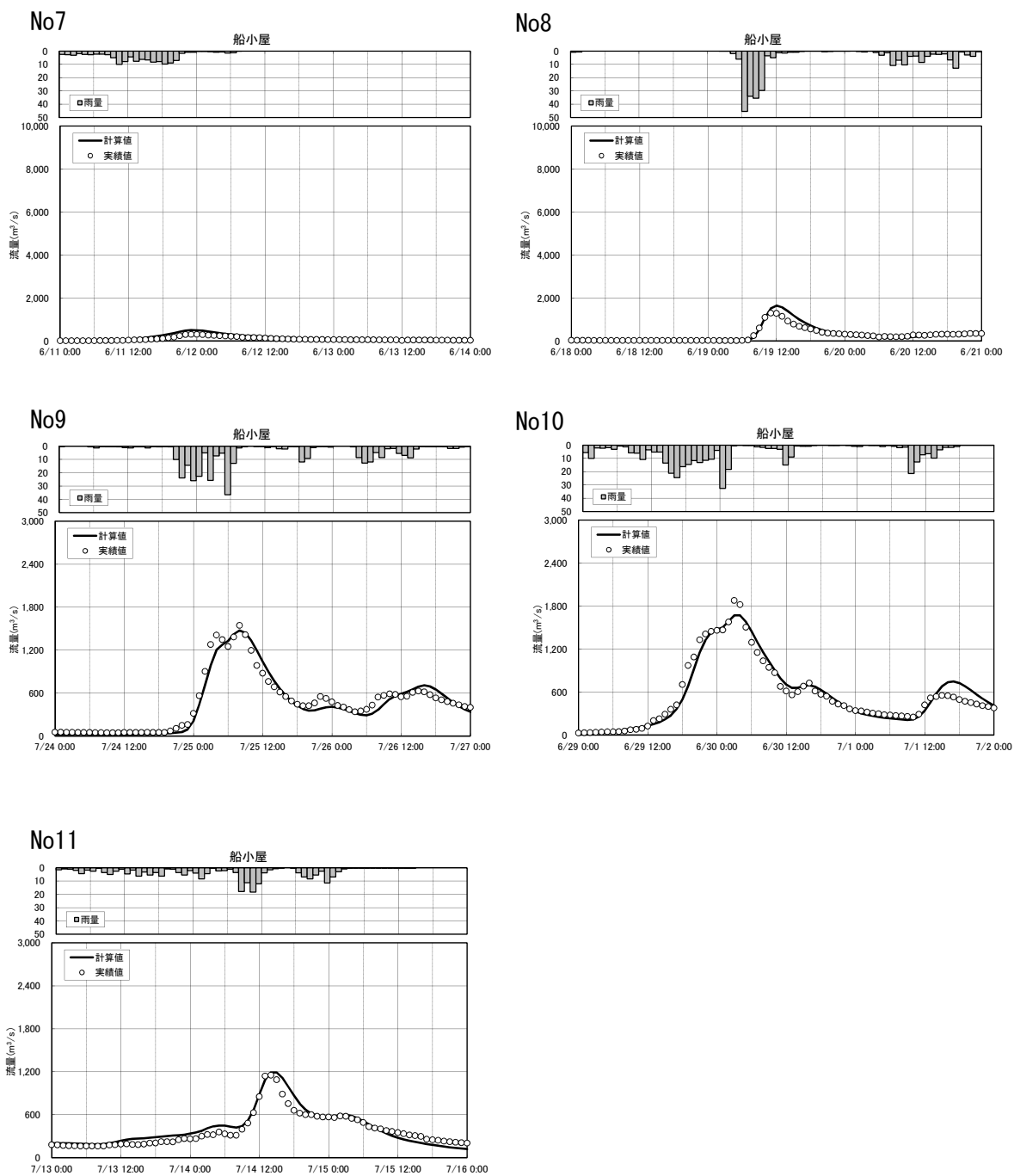


図 8 矢部川モデルパラメータ検証洪水（No.7～No.11）

表 3 モデルパラメーター一覧表（矢部川）

表層モデル			山地	水田	畑・荒地	市街地	その他
Sf2	表面流の発生高さ ※洪水の立ち上がりの 波形に影響大	m	1.13E-01	1.71E-01	1.12E-01	1.93E-01	2.79E-01
Sf1	早い中間流の発生高さ ※洪水時のピーク流量 に影響大	m	9.40E-02	8.64E-02	3.50E-02	1.06E-01	1.82E-01
Sf0	地下浸透の発生高さ	m	8.48E-02	8.44E-02	2.12E-02	5.00E-02	1.00E-01
f 0	最終浸透能	cm/sec	1.37E-04	2.39E-03	1.13E-07	4.91E-05	1.06E-08
N	等価粗度係数	m-1/3sec-1	2.00E+00	2.00E+00	2.00E+00	5.00E+00	5.00E+00
$\alpha 1$	早い中間流の定数	-	1.43E+00	1.23E+00	2.00E+00	1.22E+00	5.00E-01
Hh	計算用初期水位	mm	8.48E-02	8.44E-02	2.12E-02	5.00E-02	1.00E-01
地下水モデル			浸透性（大）	浸透性（中）	浸透性（小）		
Sg	不圧地下水発生高	m	5.90E+00	7.73E+00	6.52E+00		
Au	不圧地下水減水定数	mm-1・day-1	4.12E-01	7.27E-02	1.63E-02		
Ag	被圧地下水減水定数	1/day	1.47E-02	4.44E-02	1.24E-02		
Hu	計算用初期水位	m	1.00E-01	2.74E+00	3.23E+00		
河道モデル			上流部	中流部	下流部		
c	レジューム則定数	-	6.0	7.0	8.0		
s	レジューム則定数	-	0.5	0.5	0.5		
n	粗度係数	-	0.04	0.035	0.03		

(3) 流出計算結果

同定したパラメータを用いて今回の平成 24 年 7 月洪水の再現計算を実施した。降雨量は、国、県などによる雨量データを用いた流域平均雨量を外力として流出計算を実施した。

その結果、ピーク流量は船小屋地点の流量観測 HQ 式による $3,992\text{m}^3/\text{s}$ に対し $3,806\text{m}^3/\text{s}$ となり、洪水の立ち上がり部や低減期などは観測値と比較的整合している。

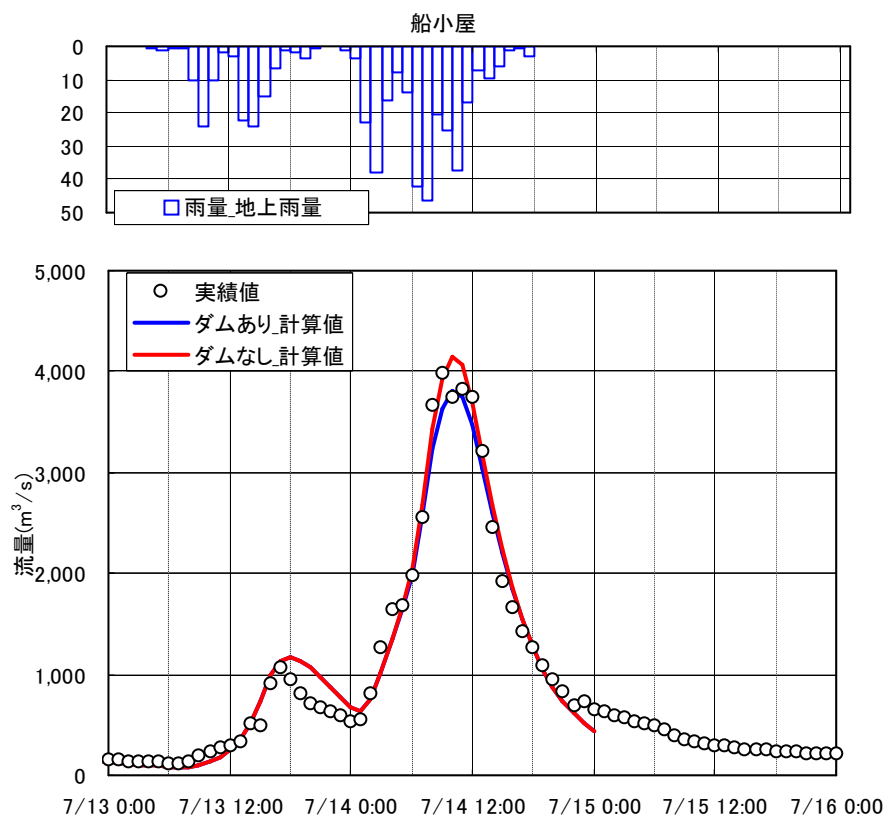


図 9 平成 24 年 7 月洪水の流出計算結果

参考文献

- 1) 矢部川堤防調査委員会：矢部川堤防調査委員会報告書，p.2-5，2013.
- 2) 国土交通省：利根川の基本高水の検証について，p.279，2011.
- 3) 日本学術会議：河川流出モデル・基本高水の検証に関する学術的な評価について(回答)，p.5，2011.
- 4) 椎葉充晴，立川康仁，市川温：水文学・水工計画学，pp.368-370，京都大学学術出版会，2013.
- 5) (社)全日本建設技術協会：流出計算例題集 2 (建設省水文研究会編)，pp.91-92，1992.
- 6) 木村俊晃：水文研究資料，貯留関数法，p.23，河鍋書店，1976.
- 7) 椎葉充晴，立川康仁，市川温：水文学・水工計画学，pp.370-371，京都大学学術出版会，2013.
- 8) 木村俊晃：貯留関数法の最近の進歩，第 22 回水理講演会論文集，p.193，1978.