

## 4. 工事実施基本計画の説明

きほんこうすいりゅうりょう

# 基本高水流量とは？

(通称:きほんたかみずりゅうりょう)

基本高水は、計画の基準地点における治水計画(洪水防御計画)の基本となる洪水のハイドログラフ(流量の時系列を表わす波形)であり、そのハイドログラフのピーク流量を基本高水ピーク流量と言う。

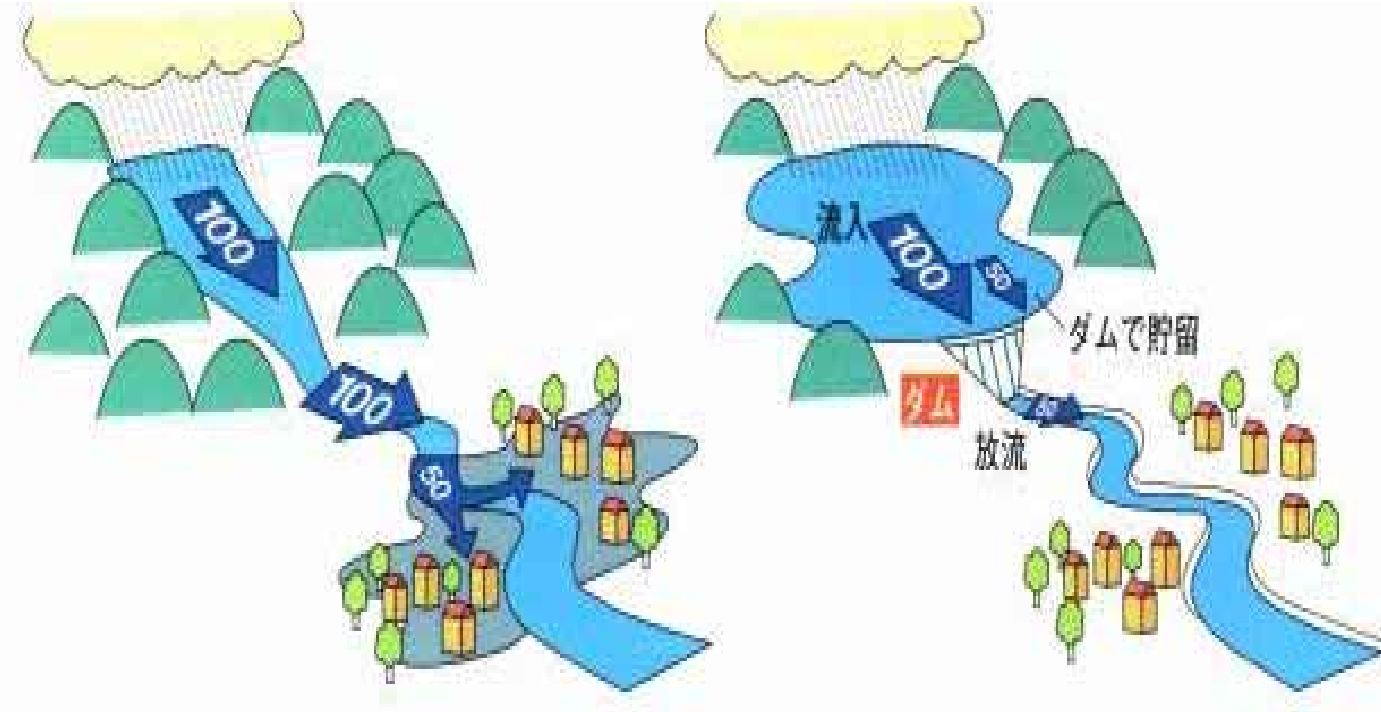
基本高水は、計画降雨について、適切な洪水流出モデルを用いて洪水のハイドログラフを求め、これを基に既往洪水、計画対象施設の性質等を総合的に考慮して決定されている。

けい かく こう す い り ゆ う り ょ う

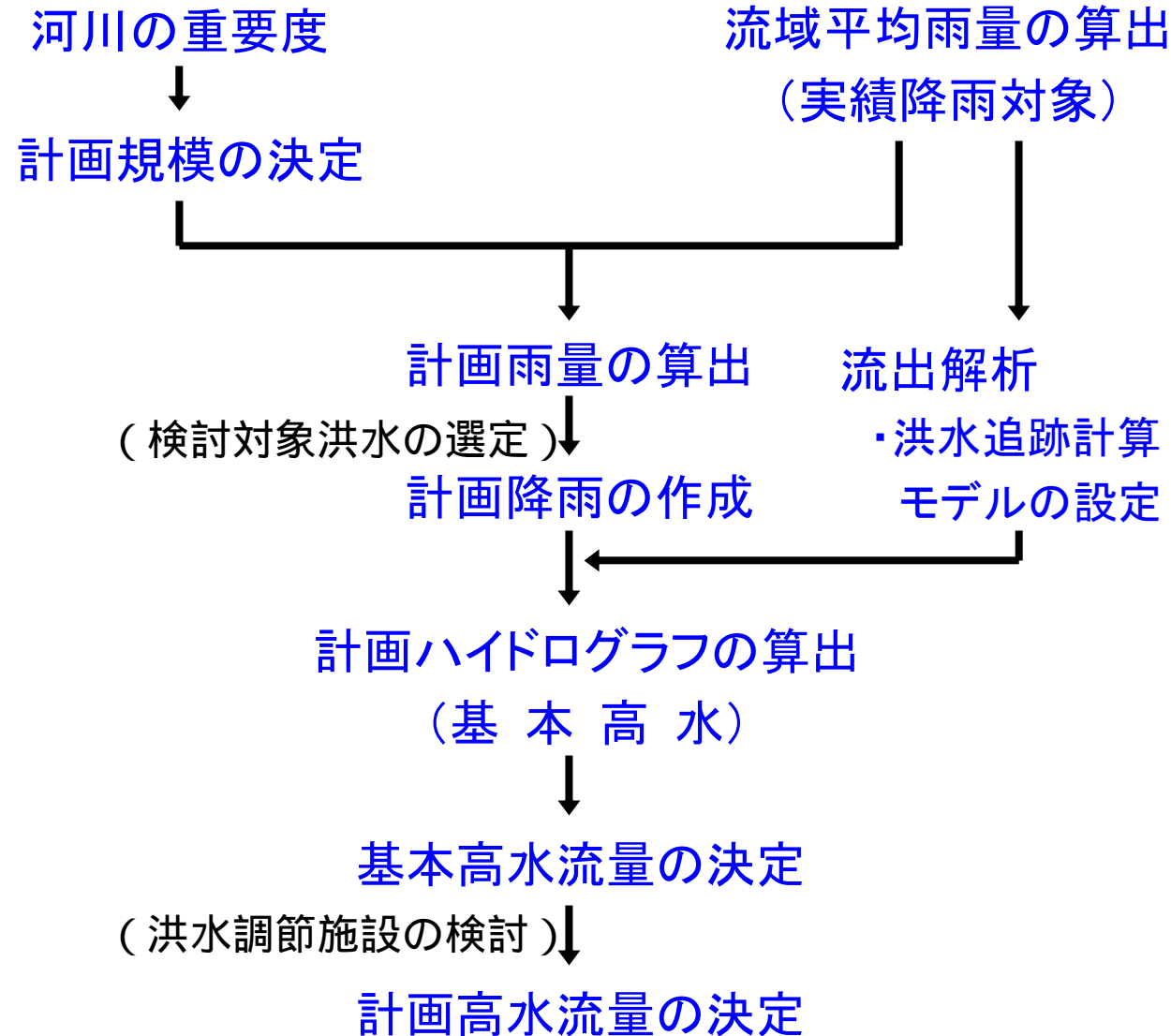
# 計画高水流量とは？

(通称:けいかくたかみずりゅうりょう)

基本高水をダム等の洪水調節施設により調節した後の河道の最大流量を計画高水流量といい、河道の各地点では、この計画高水流量を処理するために必要な施設(堤防、河積等)を計画することになります。



# 基本高水流量・計画高水流量検討フロー



# 計画規模

計画規模は、

流域の規模、土地利用状況、人口・資産の集中度等を  
勘案して決定する

船戸 1/150

橋本・高島 1/100

# 他の河川の計画規模

河川名	基準点	流域面積 (km <sup>2</sup> )	計画規模	主な都市
紀の川	船戸	1,558	1/150	和歌山市(約40万人)等
淀川	枚方	7,281	1/200	寝屋川(約25万人)、枚方市(約40万人)、 高槻市(約36万人)、大阪市(約247万人)等
熊野川	相賀	2,251	既往最大	新宮市(約3万人)、紀宝町(約1万人)等
大和川	柏原	962	1/200	柏原市(約8万人)、堺市(約79万人)等
九頭竜川	中角	1,262	1/150	福井市(約25万人)等
加古川	国包	1,656	1/150	加古川市(約26万人)、 高砂市(約10万人)等
円山川	立野	1,102	1/100	豊岡市(約5万人)等
由良川	福知山	1,344	既往最大	福知山市(約7万人)等

# 流域平均雨量の算定方法

○流域平均2日雨量は、雨量観測所の整備され始めた昭和38年～42年のデータを基にティーセン法により流域平均2日雨量を算出し、観測毎の相関を求め、その結果をもとに観測開始の10観測所の雨量値を用いた代表係数法により算定した。

○大滝ダム上流域の流域平均雨量については、定数解析使用する主要7降雨の内、昭和47年9月を除く6降雨について、精度を高めるため、等雨量線法により算定した。

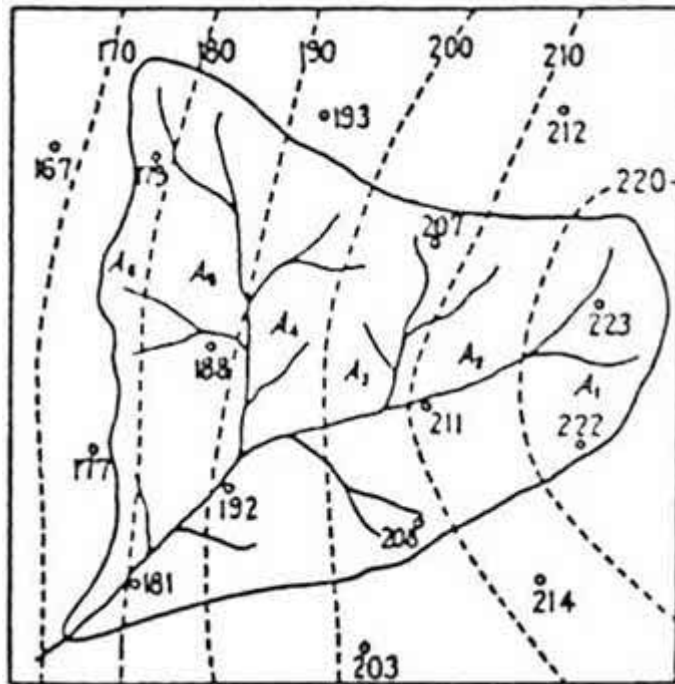
○昭和47年9月の降雨については、観測所密度が高いことからティーセン法により算定した。

# 流域平均雨量の算出(1)

## ■ 等雨量線法

観測雨量に基づいて等雨量線を描き、流域平均雨量を算出します。

等雨量線を描く際に、降雨分布に影響する諸要因(降雨原因、地形、風向、標高等)を十分に考慮することができれば、精度の良い結果を得ることができます。



$$R_{ave} = \frac{A_1 \left( \frac{R_0 + R_1}{2} \right) + A_2 \left( \frac{R_1 + R_2}{2} \right) + \dots + A_n \left( \frac{R_{n-1} + R_n}{2} \right)}{A}$$

$A_n$ : 等雨量線で囲まれた面積

$R_n$ : 等雨量値

$n$ : 等雨量線で分割された区域数

$A$ : 流域全体の面積

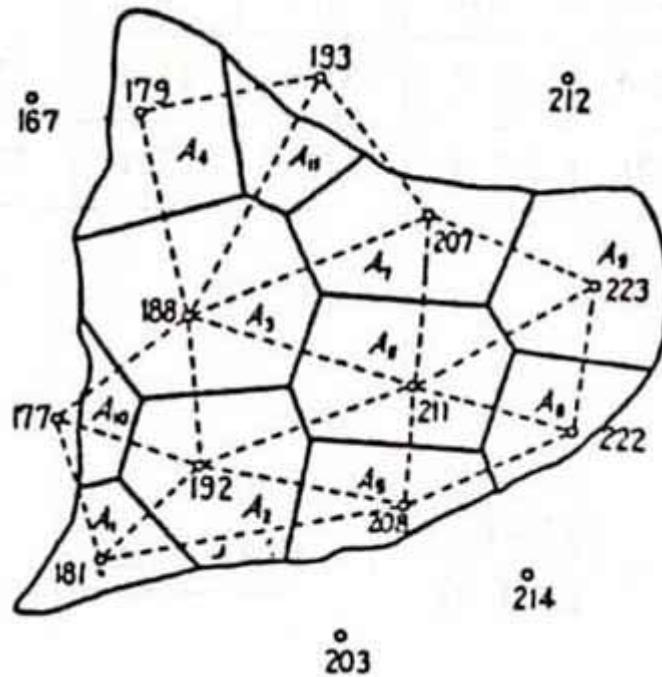


# 流域平均雨量の算出(2)

## ■ ティーセン法

下図に示すように各雨量観測所の支配面積を決定し、その重み付けに基づいて流域平均雨量を算出します。

観測所の支配面積が幾何学的に決定されるため、客観的な方法といえます。観測所数が多い場合には、精度の良い結果が得られます。



$$R_{ave} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A}$$

$A_n$ : 雨量観測所の支配面積

$R_n$ : 観測雨量

$n$ : 雨量観測所数

$A$ : 流域全体の面積

# 流域平均雨量の算出(3)

## ■ 代表係数法

まず、観測所数が十分多いと考えられる期間において、流域平均雨量をティーセン法等により求め、この雨量を用いて、少ない数の観測雨量から流域平均雨量を算出するための回帰式を、最小二乗法により求めます。

この回帰式により、雨量観測所数の少ない期間でも流域平均雨量を求めることができます。n個の観測雨量から流域平均雨量を求める場合、回帰式は以下のようになります。

$$R_{ave} = a_1 R_1 + a_2 R_2 + a_3 R_3 + \cdots + a_n R_n$$

$a_n$ : 代表係数

$R_n$ : 観測雨量

$n$ : 代表観測所数

# 計画雨量の算出(1)

## ■ 船戸地点上流域平均雨量の年最大値

算出した実績降雨の流域平均雨量をもとに、明治12年～昭和45年(92年間)の船戸地点上流域での各年最大2日雨量を選定した結果を示します。

表2-18 船戸地点上流域年最大2日雨量順位

(単位 mm/2days)

順位	年・月・日	2日雨量	順位	年・月・日	2日雨量	順位	年・月・日	2日雨量	順位	年・月・日	2日雨量
1	S05.07.30-31	409.66	24	M38.06.13-14	198.25	47	M31.06.04-05	153.20	70	S44.08.21-22	108.16
2	M36.07.07-08	378.41	25	S29.09.17-18	196.72	48	S41.07.07-08	151.03	71	S09.09.19-20	106.54
3	T06.09.29-30	367.11	26	M20.10.07-08	195.29	49	M34.06.29-30	150.77	72	S30.08.26-27	104.39
4	S34.09.25-26	316.03	27	M37.09.15-16	194.17	50	M30.09.07-08	147.65	73	S26.07.11-12	100.58
5	S31.09.25-26	315.43	28	M17.06.29-30	193.86	51	S27.06.22-23	147.18	74	S24.09.21-22	100.18
6	S28.09.24-25	306.00	29	T10.07.12-13	193.70	52	M22.07.14-15	144.89	75	S39.06.26-27	99.34
7	S36.10.26-27	301.45	30	S35.06.21-22	191.65	53	S03.10.07-08	144.64	76	M43.07.26-27	95.26
8	S37.07.26-27	284.22	31	S20.10.03-04	188.93	54	S14.10.15-16	141.60	77	M14.09.12-13	94.92
9	S19.10.06-07	279.98	32	M23.10.04-05	187.57	55	S32.09.09-10	136.06	78	M19.11.18-19	94.75
10	M32.10.05-06	271.82	33	S17.09.20-21	186.14	56	S25.05.03-04	132.70	79	S23.09.14-15	93.96
11	S33.08.24-25	265.56	34	M40.08.24-25	175.53	57	M44.08.14-15	131.41	80	M21.09.10-11	93.33
12	T12.09.13-14	256.12	35	T11.07.06-07	175.39	58	S11.10.01-02	129.81	81	M28.09.30-01	91.82
13	T05.07.31-01	243.38	36	S12.09.10-11	175.21	59	S08.08.01-02	128.41	82	S38.05.16-17	88.58
14	S10.08.27-28	243.35	37	S16.08.13-14	173.53	60	S07.07.01-02	126.95	83	M13.06.16-17	87.04
15	M45.09.21-22	239.96	38	M39.07.15-16	171.76	61	T02.10.02-03	124.51	84	T13.10.07-08	84.24
16	T14.08.15-16	237.63	39	S42.10.26-27	168.42	62	M29.09.07-08	124.27	85	M15.07.19-20	83.26
17	S40.09.16-17	235.00	40	M33.08.18-19	164.16	63	S15.06.17-18	119.34	86	M26.10.12-13	80.41
18	T04.08.03-04	220.63	41	T08.09.12-13	160.69	64	M12.10.26-27	119.07	87	M18.05.30-31	79.49
19	T07.08.28-29	219.17	42	S22.09.13-14	158.73	65	M16.10.07-08	116.89	88	M24.08.16-17	77.14
20	T09.08.20-21	217.04	43	S21.06.16-17	158.16	66	M25.06.22-23	114.96	89	S02.06.15-16	76.75
21	S43.07.27-28	208.16	44	S13.10.02-03	157.54	67	M41.08.06-07	114.10	90	S45.04.16-17	69.24
22	S18.07.18-19	206.40	45	S04.09.20-21	156.98	68	S06.07.05-06	112.92	91	M42.07.31-01	56.74
23	M35.09.06-07	198.61	46	S01.07.05-06	153.57	69	T03.09.29-30	111.53	92	M27.04.26-27	48.88

(注) 代表係数法で計算、ただし、主要7降雨は等雨量線法による雨量を使用。

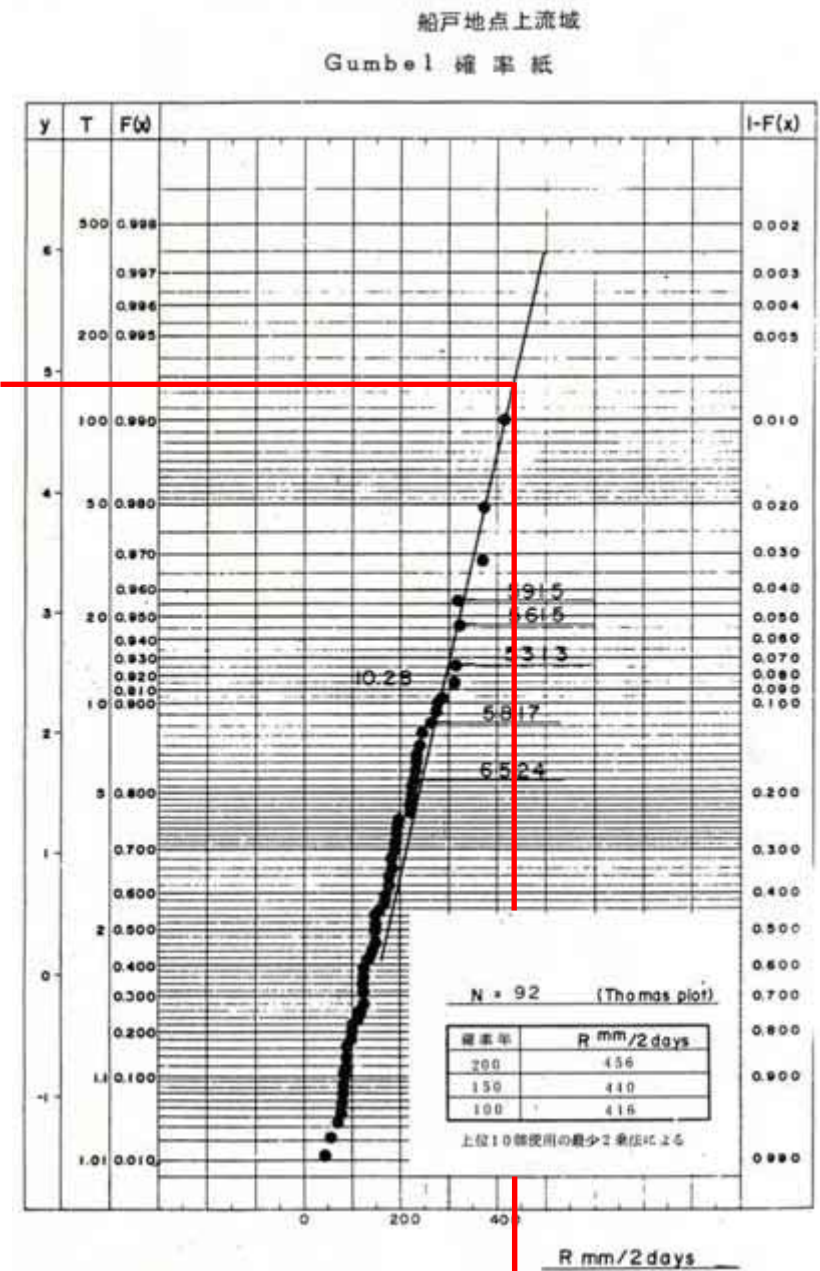
# 計画雨量の算出(2)

## ■ 確率統計解析

明治12年～昭和45年(92年間)の年最大2日雨量を用いて確率統計解析を行いました。

年超過確率1/150に相当する2日雨量を算定した結果、船戸地点上流域で440mmという値を算出しました。

1/150



440mm

# 検討対象降雨の選定

洪水追跡計算モデルを用いて流量を計算するためには、時間雨量資料が必要となるため、時間雨量観測所が整備され始めた昭和28年以降を選定対象期間としました。

この期間において、年最大降雨のうち、船戸地点で大きな流量が観測され流量観測資料が整っている「主要7降雨」を選定した。また、貴志川流域で既往最大被害をもたらした昭和28年7月降雨を追加しました。これらの降雨は、船戸・橋本・高島地点の上流域平均2日雨量も大きな値となっています。

NO	洪水名	実測流量(m <sup>3</sup> /s)		流域平均2日雨量(mm)		
		橋本	船戸	橋本	船戸	高島
1	S28.9.24	6,110	7,800	327.2	306.0	292.4
2	S31.9.25	3,470	4,120	287.7	315.4	382.5
3	S33.8.24	3,100	3,830	371.1	265.6	127.3
4	S34.9.25	7,000	5,870	453.8	316.0	139.6
	S36.9.15	2,660	3,430	285.8	258.5	214.2
5	S36.10.26	3,810	3,980	395.5	301.5	190.5
	S37.7.26	740	1,960	403.9	284.2	183.1
6	S40.9.16	4,090	5,400	257.3	235.0	192.6
	S43.7.27	-	-	319.6	208.2	-
7	S47.9.15	4,100	5,780	215.0	189.5	155.5
8	S28.7.18	貴志川で最大被害		-	-	226.4

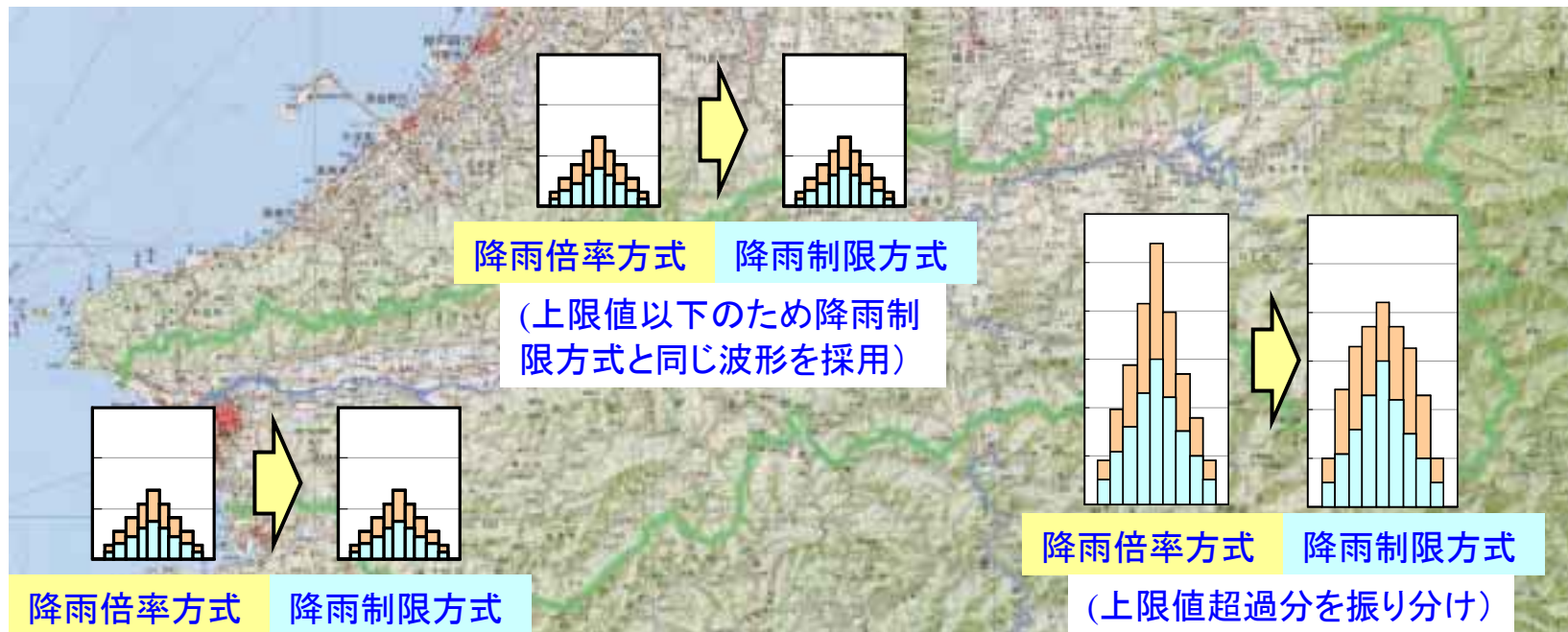
# 計画降雨の作成(1)

## ■ 降雨倍率方式

実績降雨を一律に引き伸ばし、計画降雨を作成する方式です。この方式は、実績降雨の時間波形に一定値を乗ずるため、一部の地域分布・時間波形が異常に大きくなることがあります。

## ■ 降雨制限方式

実績降雨を一律に引き伸ばし、設定した上限値を超過する雨量については超過分を振り分け計画降雨を作成する方式です。この方式は、実績降雨の地域分布・時間波形に上限値を設定し、超過分を振り分けるため、その値が大きいと実績降雨波形と大きく異なることがあります。



# 計画降雨の作成(2)

## ■ 降雨制限方式

降雨制限は、各流域2日雨量での地域雨量制限と、各流域N時間雨量での時間波形制限の2段階で行いました。

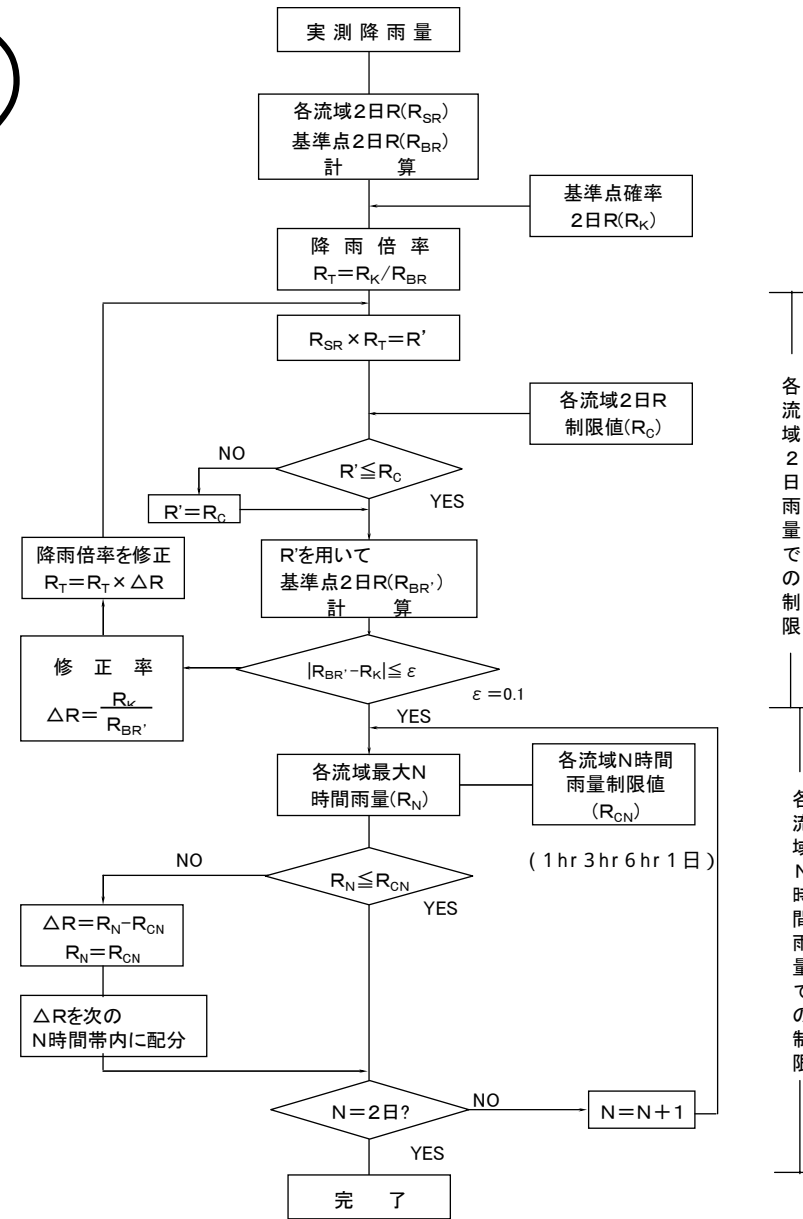


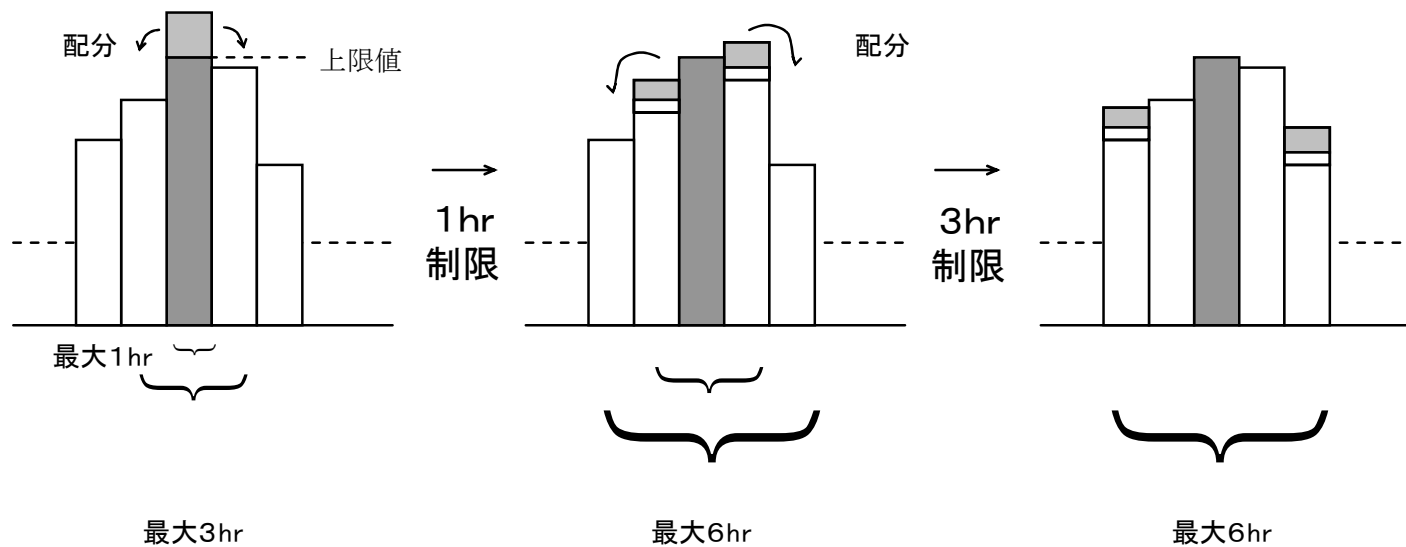
図 雨量制限方式フローチャート

# 計画降雨の作成(3)

## ■ 降雨制限方式

N時間雨量による時間波形制限の概念図を示します。

紀の川では、1時間、3時間、6時間、1日の各N時間雨量で制限をかけました。





# 計画降雨の作成(4)

## ■雨量の制限値(1/150の場合)

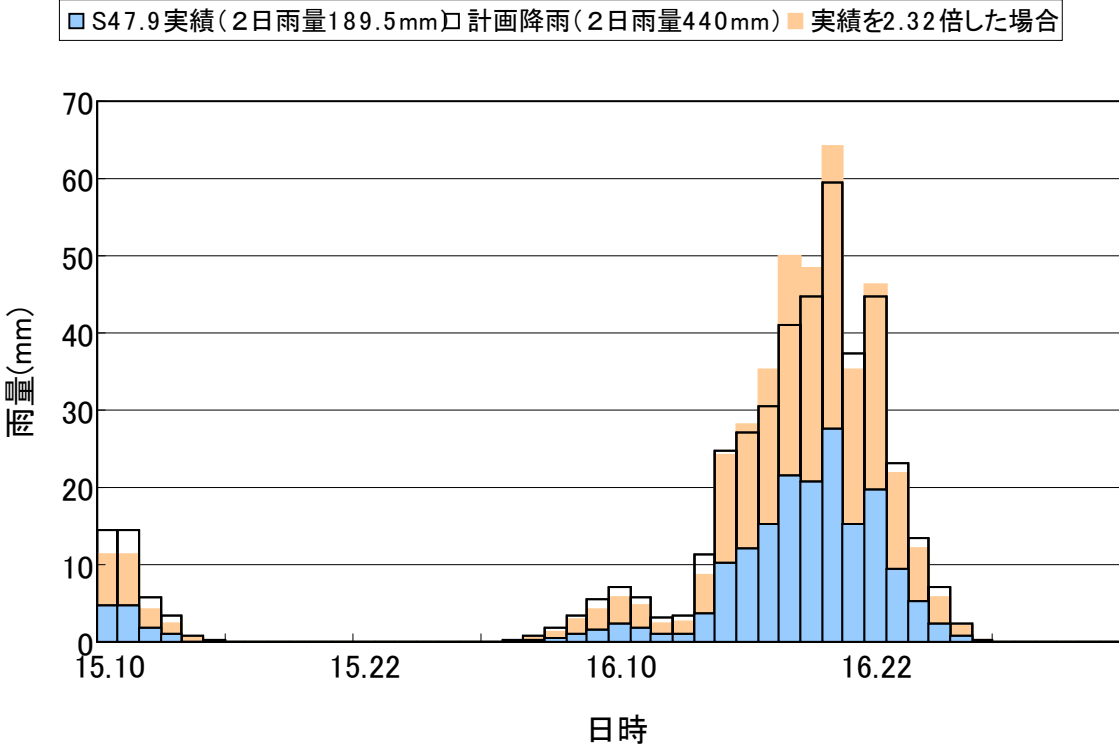
Gumbel理論で1/150の最大値の非超過確率90%の値を採用している。  
上限値は、洪水追跡モデルの流域分割毎に定めた。

流域略号 (工実分割)	1hr	3hr	6hr	1日	2日
S-1	170.7	396.0	693.0	1423.0	2137.9
S-2N	131.2	278.7	418.3	682.1	1078.3
S-2O	131.2	278.7	418.3	682.1	1078.3
S-3	83.8	161.0	220.5	306.7	556.8
S-4	103.0	151.3	218.8	309.4	409.7
S-5	100.0	155.8	233.6	338.6	454.6
S-6	98.9	154.1	231.0	334.8	449.5
S-7	88.3	137.5	206.2	298.9	401.3
S-8	91.8	143.1	214.6	311.0	417.6
S-9	87.0	179.7	251.5	415.3	519.1
S-10	75.4	155.8	218.1	360.7	431.8
S-11	116.6	226.3	299.3	410.6	510.6
S-12	86.4	178.6	249.4	413.2	515.8
S-13	100.2	192.5	263.7	366.7	477.3

# 計画降雨

## S47年9月型降雨

### 船戸上流域平均雨量



# 検討対象降雨の降雨倍率

船戸地点における計画降雨量に対する降雨倍率は、次のとおりである。

NO	洪水名	船戸流域平均 2日雨量	計画雨量 (mm)	降雨倍率
1	S28.9	306.0	440	1.44
2	S31.9	315.4	440	1.40
3	S33.8	265.6	440	1.66
4	S34.9	316.0	440	1.39
5	S36.10	301.5	440	1.46
6	S40.9	235.0	440	1.87
7	S47.9	189.5	440	2.32

# 流出解析

## ■ 様々な流出解析手法

- ・貯留関数法
- ・単位関法
- ・タンクモデル法

紀の川では、一級水系での適用事例が多く、山地流域での適用性が高いと評価されている貯留関数法を採用しました。

貯留関数法は、流域モデルと河道モデルを組合せて流量を算出します。流域をいくつかの流域モデルに分割し、河道モデルを設定します。

# 貯留関数法の説明

## ●貯留関数法

貯留関数法は、降雨から流出への変換過程を導入し、貯留量との間に一義的な関数関係を仮定して、降雨量から流出量を求める手法です。貯留関数は、流域、河道についてそれぞれ次の基本式で表されます。

(流域)  $S_i = kq_i^P$  ..... (運動の式)

$$\frac{ds}{dt} = re - q_i$$
 ..... (連続の式)

$$Q = \frac{1}{3.6} f_1 A q_1 + Q_{i0}$$
 ..... (飽和雨量に達していない場合の流量計算式)

$$Q = \frac{1}{3.6} f_1 A q_1 + \frac{1}{3.6} (1 - f_1) A q_2 + Q_{i0}$$

..... (飽和雨量に達している場合の流量計算式)

(河道)  $S = kQ_o - T_L Q_o$  ..... (運動の式)

$$\frac{ds}{dt} = Q_i - Q_o$$
 ..... (連続の式)

$$Q(t + T_L) = Q_o$$
 ..... (流量計算式)

k、P: 貯留関数定数  
q<sub>i</sub>: 流出高(mm/hr)  
A: 流域面積  
f<sub>1</sub>: 一次流出率  
re: 有効降雨(mm/hr)  
Q<sub>i0</sub>: 基底流量(m<sup>3</sup>/s)  
T<sub>L</sub>: 遅滞時間(hr)  
Q<sub>i</sub>: 河道流入流量(m<sup>3</sup>/s)  
Q<sub>o</sub>: 河道流出流量(m<sup>3</sup>/s)

# 定数の設定の考え方

定数解析は、主要7降雨の降雨波形と流出量波形を解析の基礎として、貯留関数法により最適定数を設定。

○大滝ダム上流域は、数種の洪水に対する洪水波形の記録が存在していることから、この実測洪水波形と計算流量波形が一致するように流域定数を設定。

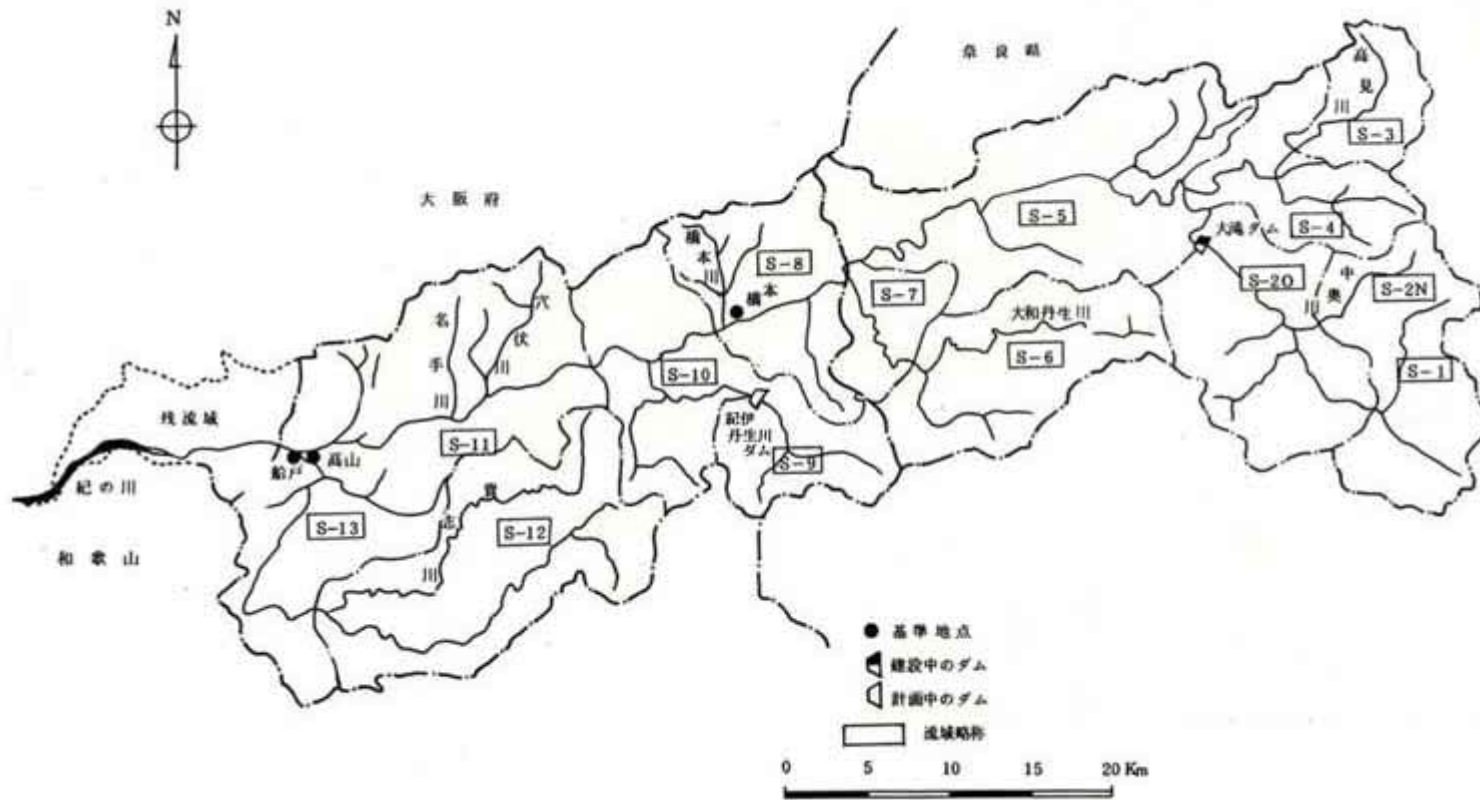
○大滝ダム下流域は、流域定数を理論式をもとに決定し、河道の定数は、洪水記録の整備されている橋本、船戸地点で実測洪水波形を計算し、洪水波形の誤差が最小となるように設定。

## 最適貯留関数定数及び基底流量

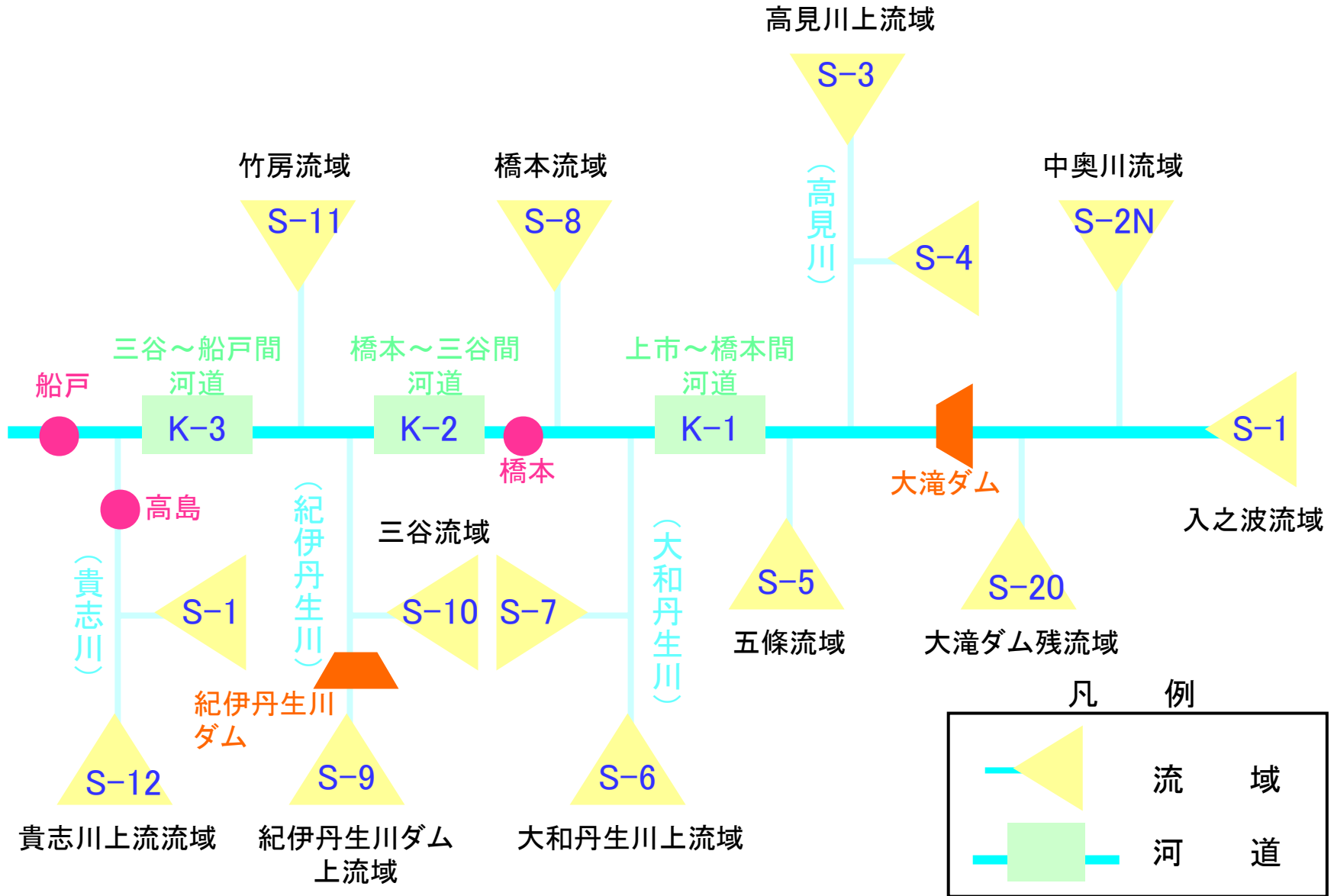
流域略称	流域貯留関数定数				基底流量 ( $m^3/s$ )	飽和雨量 Rsa(mm)	流域略称	河道長 (km)	河道貯留関数		
	K	P	$T_L$ (hr)	$f_1$					K	P	$T_L$ (hr)
S-1	40	1/3	0.8	0.5	3.4	150	K-1	31.9	50	0.63	0.9
S-2N	25	1/3	1.0	0.5	1.6	150	K-2	10.3	25	0.65	0.4
S-2O	55	1/3	3.0	0.5	5.3	150	K-3	21.6	60	0.65	1.0
S-3	24	1/3	1.6	0.5	2.0	150					
S-4	40	1/3	1.6	0.5	3.0	150					
S-5	32	1/3	3.0	0.5	8.7	150					
S-6	30	1/3	2.8	0.5	5.1	150					
S-7	35	1/3	2.0	0.5	1.6	150					
S-8	23	1/3	1.8	0.5	2.5	150					
S-9	23	1/3	2.0	0.5	2.5	150					
S-10	37	1/3	2.8	0.5	5.6	150					
S-11	33	1/3	3.0	0.5	7.0	150					
S-12	33	1/3	3.0	0.5	7.6	150					
S-13	39	1/3	2.4	0.5	4.6	150					

# 紀の川水系洪水追跡計算モデル

流域全体を以下のように14流域に分割しました。

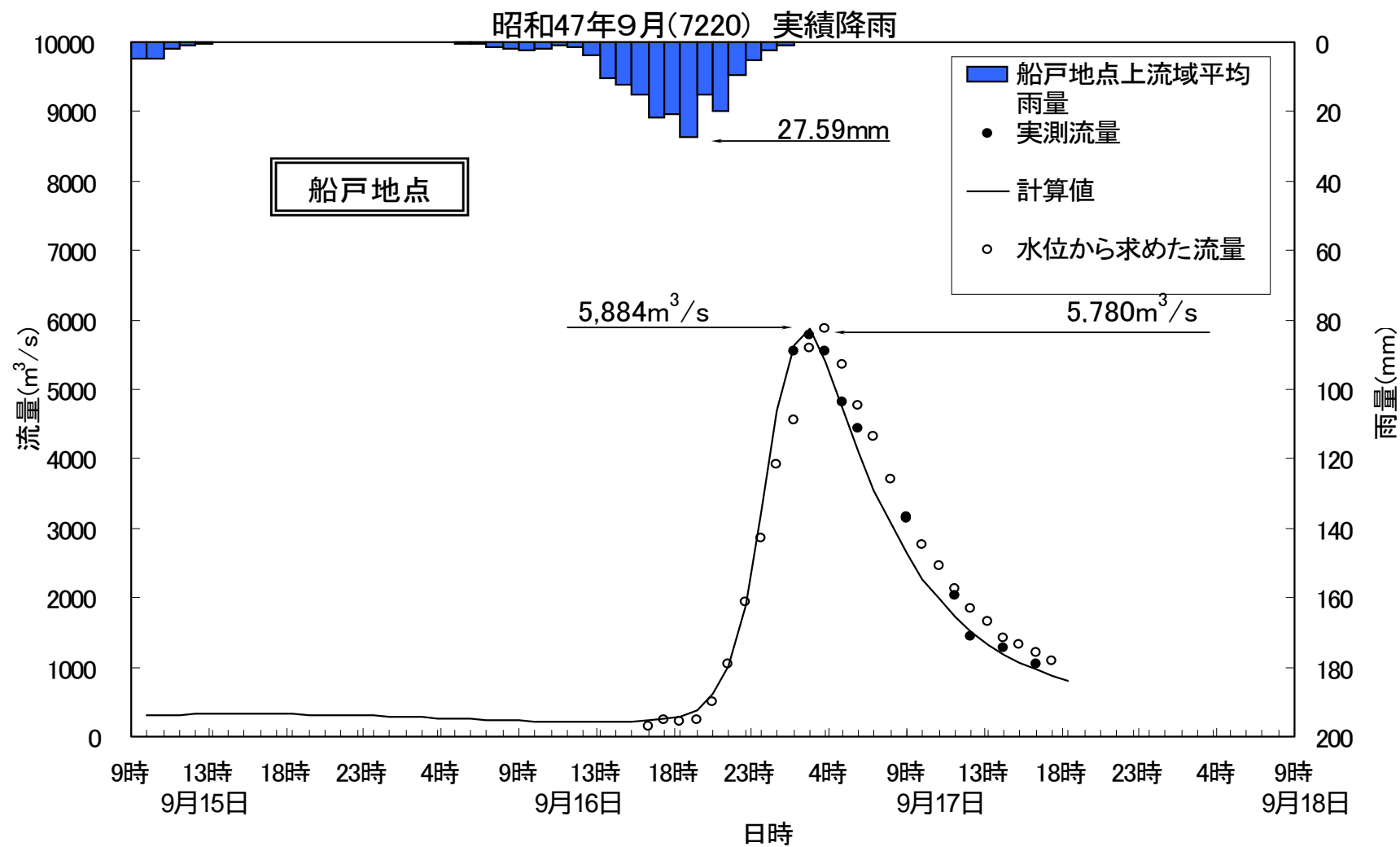


# 紀の川水系洪水追跡計算用流域モデル図



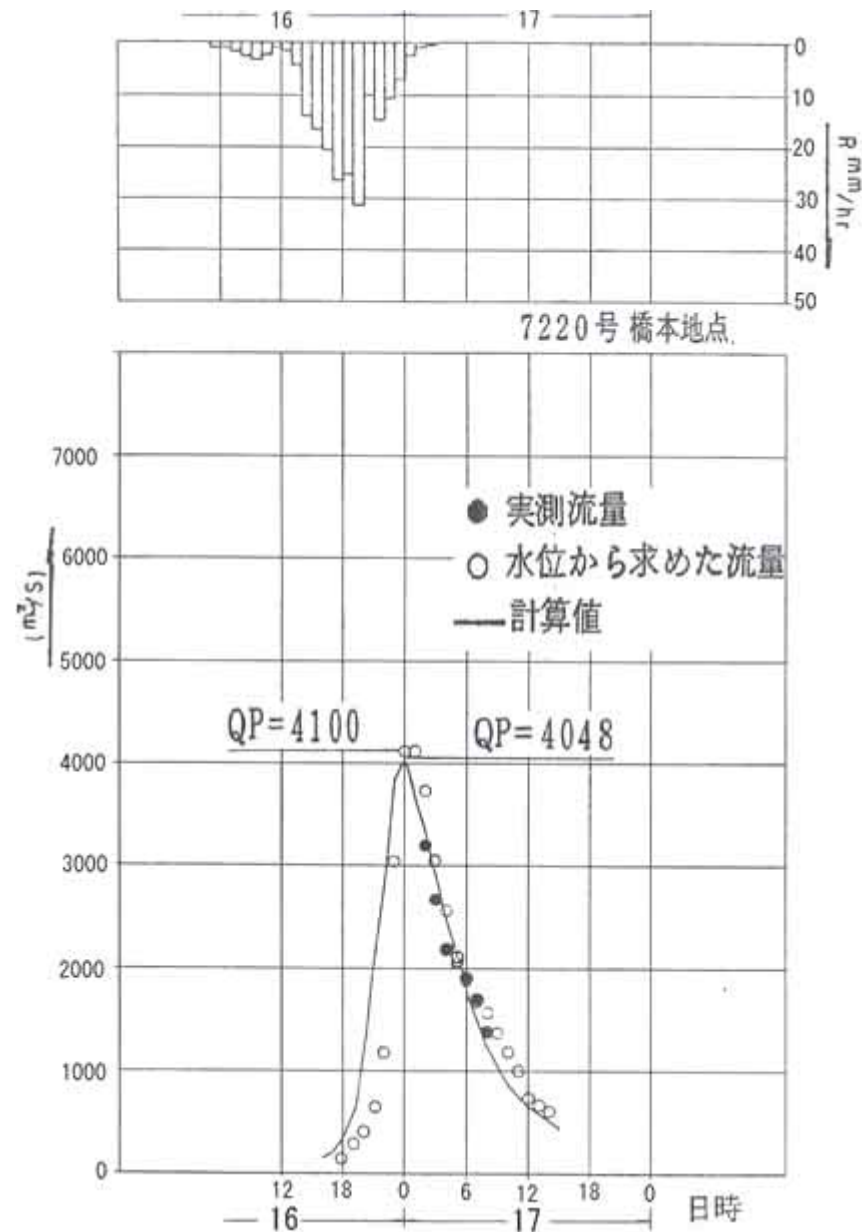


# モデルによる実績流量の再現例



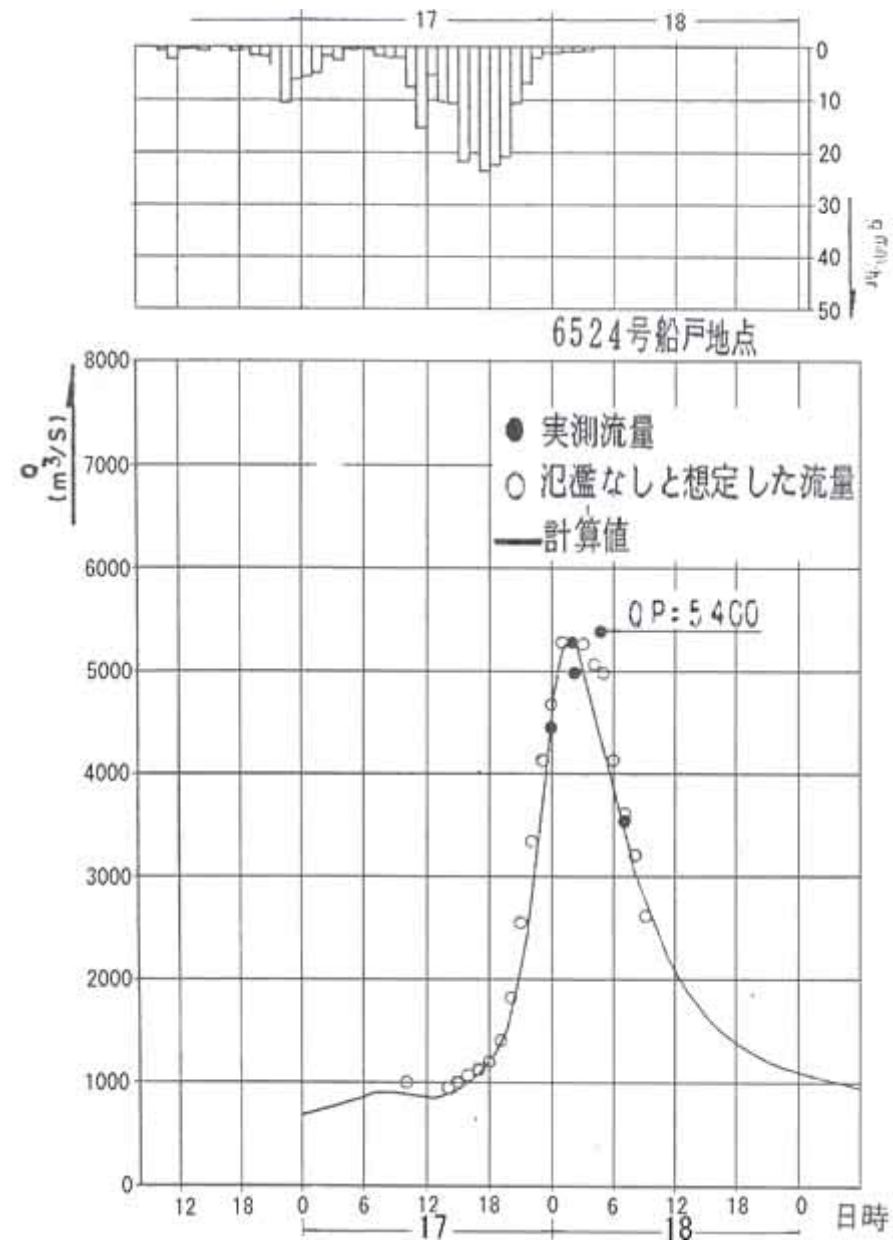
S47.9 船戸地点

# モデルによる実績流量の再現例



S47.9 橋本地点

# モデルによる実績流量の再現例

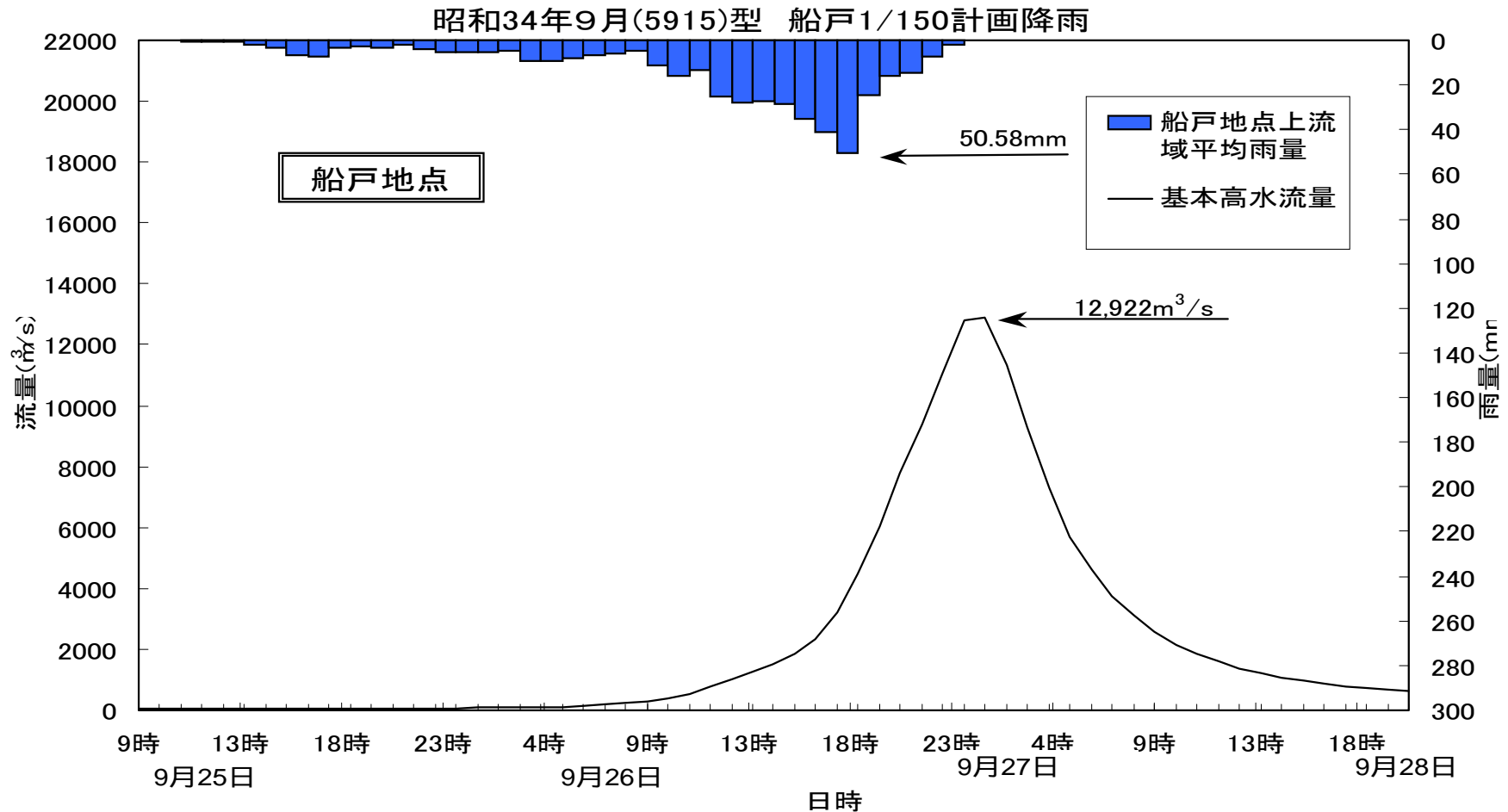


S40.9 船戸地点

# 計画ハイドログラフの算出

流出解析により得られた洪水追跡計算モデルを用いて、計画降雨(主要7降雨)に対するハイドログラフを算出しました。

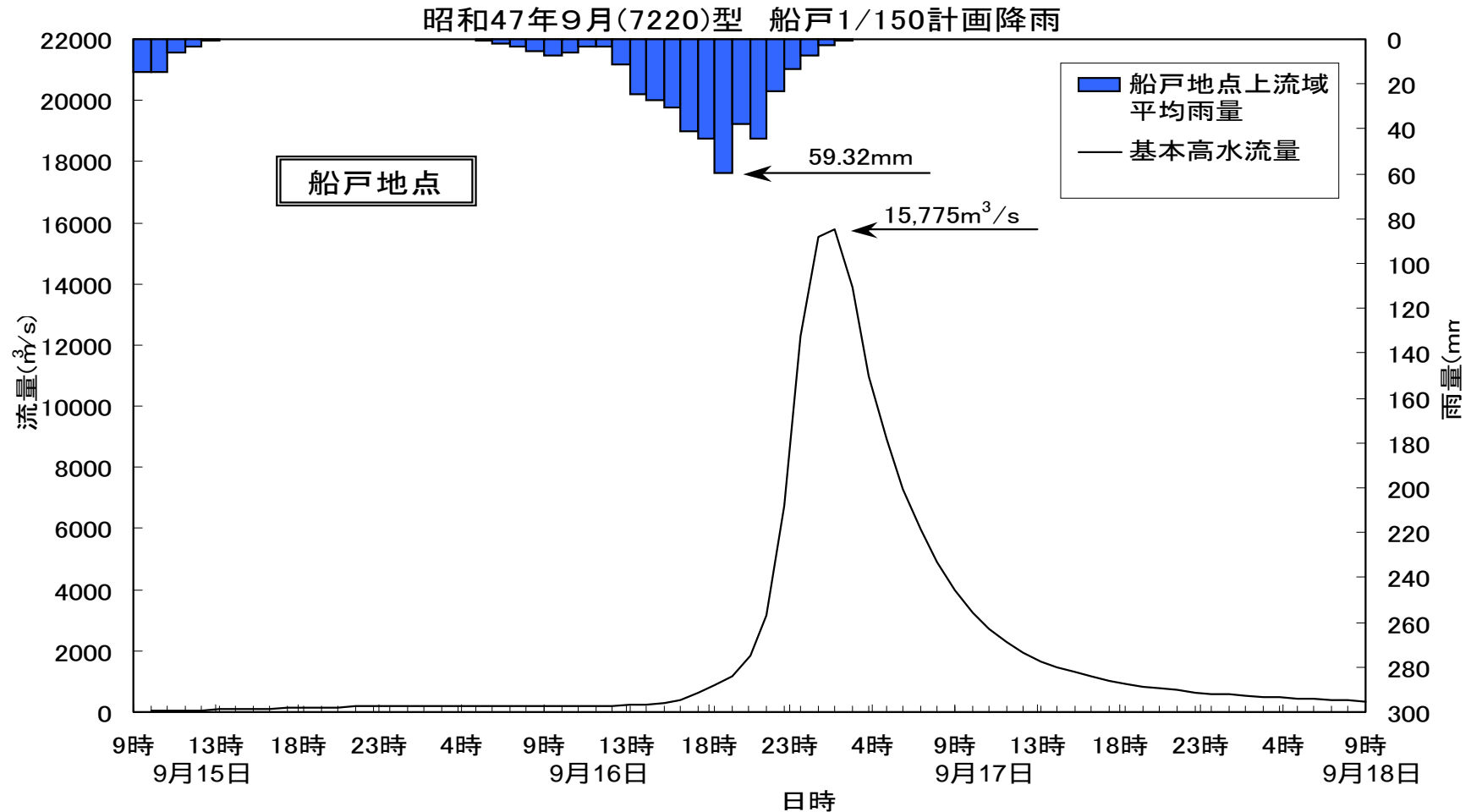
一例として、昭和34年9月型降雨に対して算出したハイドログラフを示します。



S34.9型 船戸地点

# 基本高水流量の決定

計画降雨に対してハイドログラフを算出した結果、主要7降雨の中でハイドログラフのピーク流量が最大となったのは、昭和47年9月型降雨に対する $16,000\text{m}^3/\text{s}$ でした。この値を紀の川水系船戸地点における基本高水ピーク流量として決定しました。



S47.9型 船戸地点

# 基本高水ピーク流量

主要地点ピーク流量表

洪水名	船戸(m <sup>3</sup> /s)
S28. 9	11,602
S31. 9	7,789
S33. 8	9,555
S34. 9	12,922
S36. 10	7,036
S40. 9	13,542
S47. 9	15,775



16,000m<sup>3</sup>/sとした

# 河道とダムの流量配分の考え方

紀の川水系工事实施基本計画では、洪水調節を行うダムの組み合わせについて、治水上の問題点、大滝ダム直下流の河道疎通能力、本川及び貴志川の疎通能力、ダムの洪水調節率等を検討して、上流ダム群により調節する流量及びダム調節後の堤防等で防ぐべき流量(計画高水流量)を決定しています。

# 洪水調節施設の検討

最適案と判断されたダムのご組合せケースの、主要地点におけるピーク流量の算定結果を示します。

主要地点ピーク流量表(ダム調節後)

洪水名	船戸(m <sup>3</sup> /s)
S28. 9	8,973
S31. 9	7,022
S33. 8	6,870
S34. 9	8,643
S36. 10	6,721
S40. 9	10,367
S47. 9	11,969

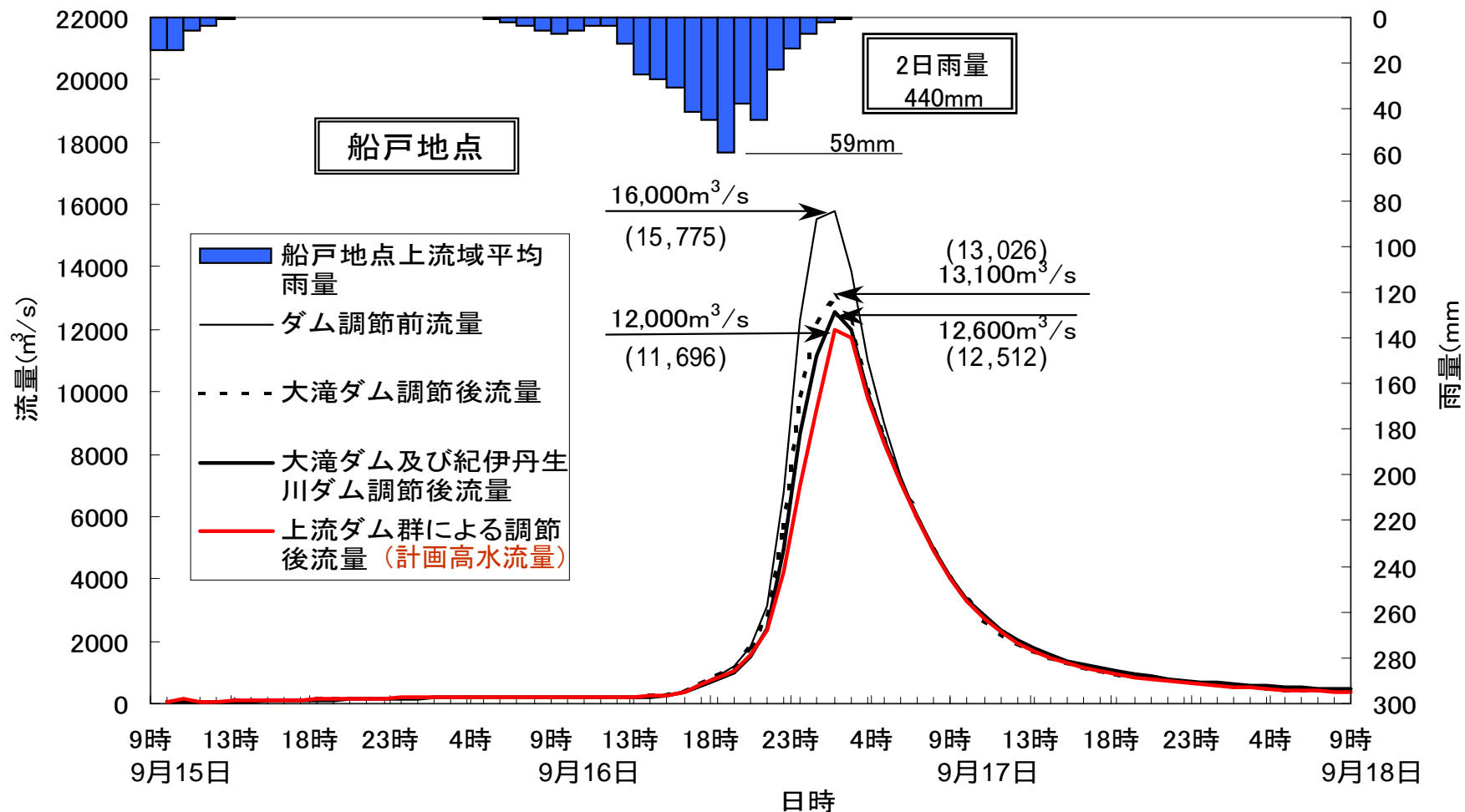


12,000m<sup>3</sup>/sとした



# 昭和47年9月洪水における大滝ダム洪水調節(船戸地点)

昭和47年9月(7220)型 船戸1/150計画降雨

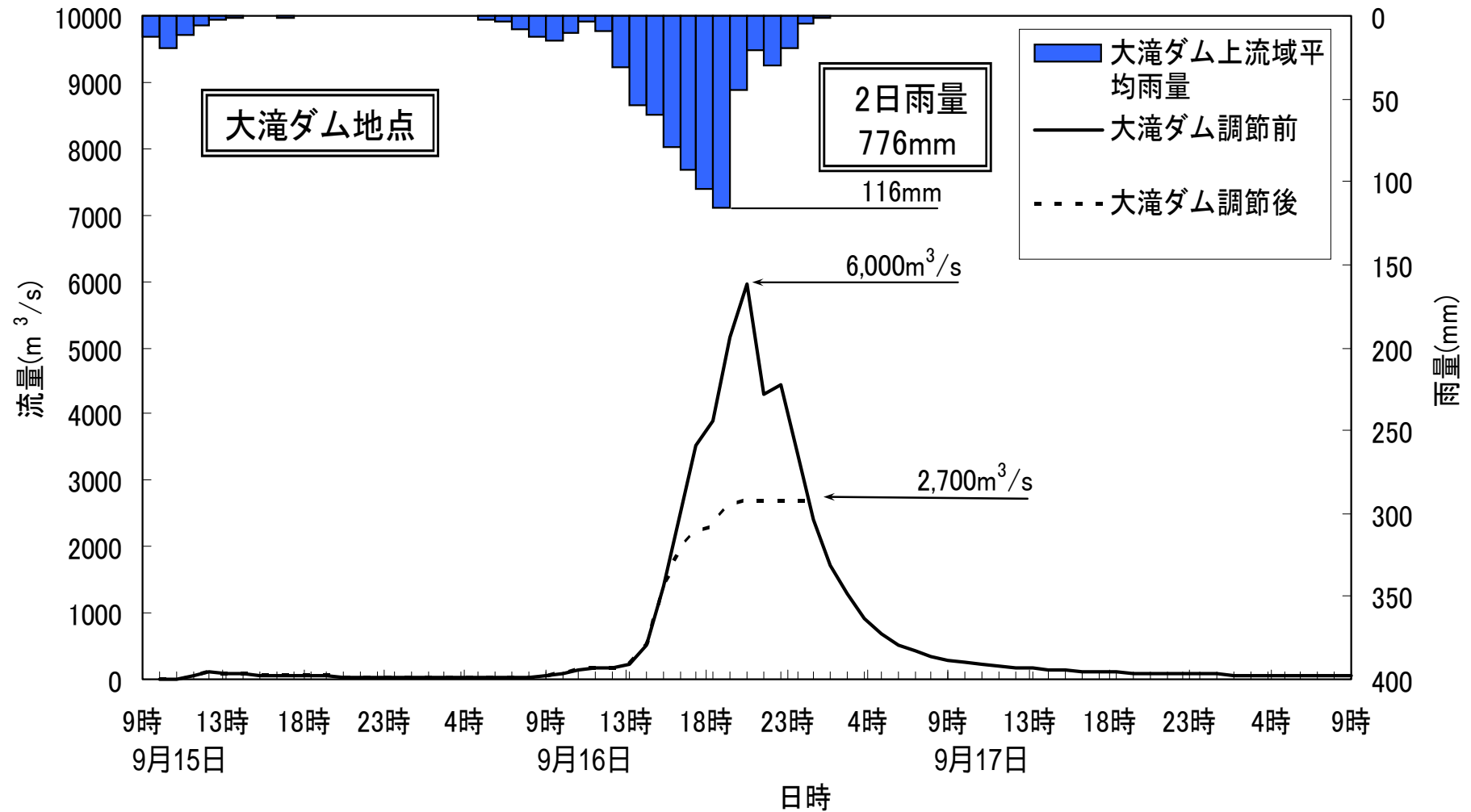


※大滝ダム:洪水調節方法1,800 $m^3/s$ 洪水調節開始、放流率0.25の一定率一定放流(最大放流量2,700 $m^3/s$ )

※紀伊丹生川ダム:洪水調節方法自然調節方式

# 昭和47年9月洪水における大滝ダム洪水調節(大滝ダム地点)

昭和47年9月(7220)型 船戸1/150確率降雨



※洪水調節方法1,800m<sup>3</sup>/s洪水調節開始、放流率0.25の一定率一定放流(最大放流量2,700m<sup>3</sup>/s)