

紀の川河川整備計画について (目標流量の検討)

近畿地方整備局

第1章 目標流量の検討について

第1節 目標流量の設定について

紀の川河川整備計画における 目標流量の設定について

<目標流量とは？>

今後20年～30年の河川整備計画を検討するために、前回の流域委員会での議論を踏まえ、対象洪水の規模について検討することとしました。

この「洪水」を表す方法には、雨量、流量、水位などのさまざまな方法がありますが、一般的な治水計画の策定方法として、以下の手順により検討することとしました。

- ①実績の雨量を基に河川整備の対象とする雨量(計画雨量)を定める。
- ②当該雨量に対する流量を計算によって求める。
- ③当該流量を安全に流下させる河川整備メニューを策定する。

なお、当該流量のことを「目標流量」と呼びます。

目標流量の設定の考え方

目標流量を検討する上で、まず、どのくらいの雨量を対象とするか決めることとしました。

雨量は、台風のコースや前線の配置などによって違います。したがって雨量を検討する場合、降った雨の量(ボリューム)と雨の降り方(どの地域にどのくらい降ったか)を検討することとしました。

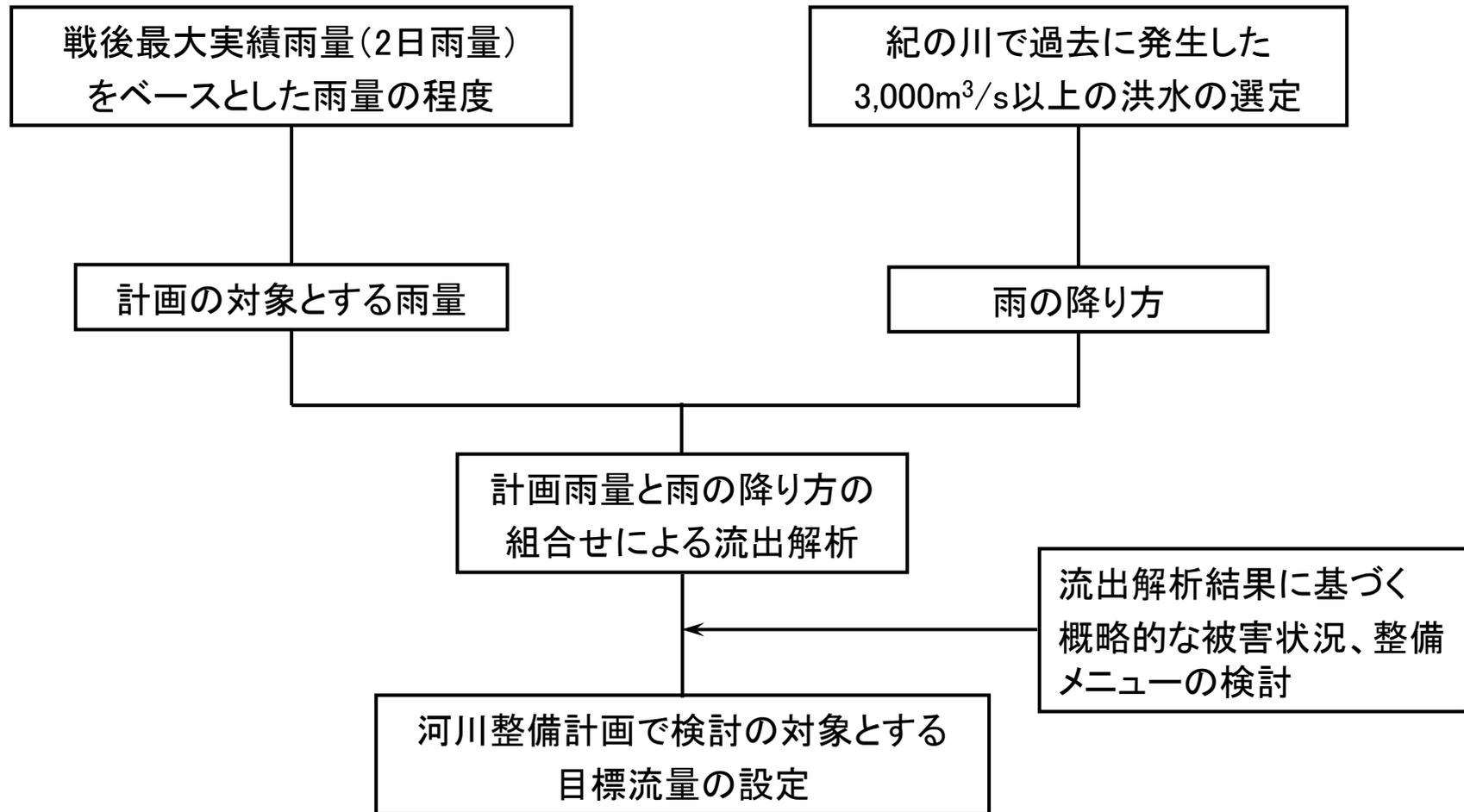
雨量の検討

- 戦後最大実績雨量(S34. 9)をベースに、計画の対象とする雨量(計画雨量)の検討
- 洪水の雨の降り方を検証し、計画の対象とする降雨パターン(雨の降り方)を検討

目標流量

計画雨量と降雨パターンの組合せによる流出解析により目標流量を設定

目標流量の設定フロー



第2節 過去に発生した 洪水特性の検証

第1項 計画の対象とする雨量の検討

計画の対象とする雨量(計画雨量)の検討(1)

船戸地点上流域における戦後最大流域平均2日雨量を増減することで目標とすべき雨量を検討することとしました。

- A 戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)×0.8
- B 戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)×0.9
- C 戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)
- D 戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)×1.1
- E 戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)×1.2

計画の対象とする雨量(計画雨量)の検討(2)

各検証における船戸流域平均2日雨量は、以下のとおりです。

A	戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)×0.8	250mm
B	戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)×0.9	282mm
C	戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)	313mm
D	戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)×1.1	344mm
E	戦後最大実績雨量(昭和34年9月洪水)×1.2	376mm

第2項 雨の降り方の検討

検証対象洪水の選定

- 過去の洪水では、船戸地点で概ね $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上になると氾濫が発生していたと推測されるため、船戸地点で $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 以上を記録した洪水を検証対象として選定することとしました。

洪水名	降雨原因	船戸実績流量 (m^3/s)	流域平均雨量(mm)				備考
			大滝ダム	大滝～橋本	橋本～船戸	船戸上流	
S28.7	前線	4,320	237	154	266	217	流量:推定値
S28.9	台風13号	7,800	505	256	275	305	
S29.6	前線	4,390	99	132	174	145	流量:推定値
S31.9	台風15号	4,120	329	262	340	307	
S33.8	台風17号	3,830	673	235	137	263	
S34.9	伊勢湾台風	5,870	778	307	147	313	
S36.9	第二室戸台風	3,430	400	203	175	223	
S36.10	前線	3,980	693	274	183	302	
S40.9	台風24号	5,400	348	205	202	227	
S47.9	台風20号	5,780	329	168	150	186	
S50.8	台風6号	3,710	451	174	199	231	流量:推定値
S57.8	台風くずれ低気圧	5,370	517	282	180	275	
H2.9	台風19号	6,420	498	213	127	222	
H6.9	台風26号	4,810	483	170	77	180	
H7.7	前線	3,330	127	171	233	191	
H9.7	台風9号	3,760	531	178	84	194	

※流域平均雨量は、最新の流域面積のデータを用いて計算しています。

赤字は最大値

雨の地域的な降り方の検証の考え方

紀の川流域では、地形的な特性から上流域、中流域、下流域において雨の降り方や雨量が異なります。紀の川の洪水は、雨の降り方や雨量に密接に関わるため、その降雨特性を検証することとしました。

①雨の地域的な降り方の検証

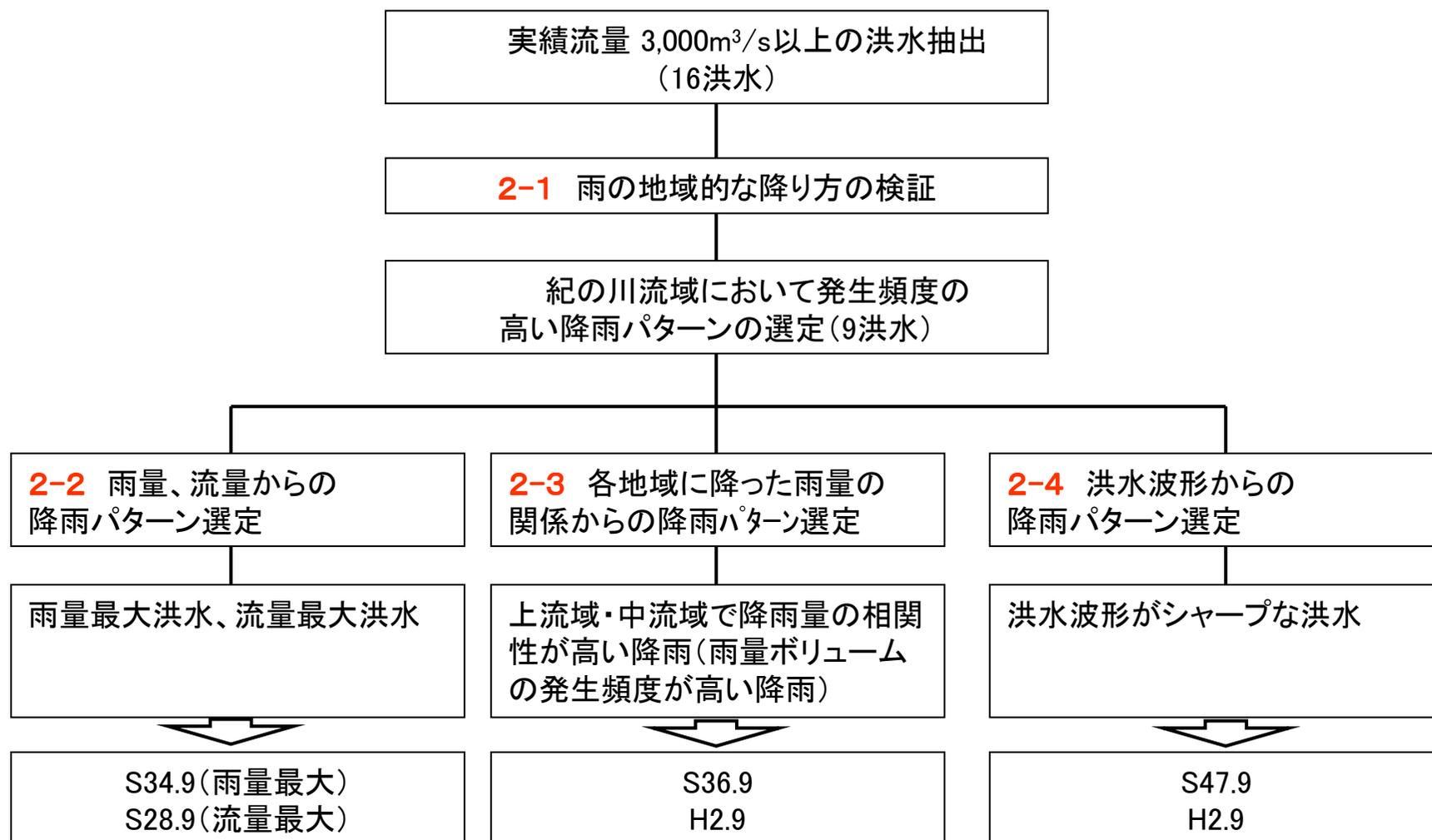
②各地域に降った雨量の関係把握



紀の川流域において発生しやすい降雨パターンの選定

紀の川流域における降雨パターンの選定

過去の主要な洪水から紀の川流域での典型的な降雨パターンを以下のフローで選定することとしました。



2-1 雨の地域的な降り方の検証(1)

紀の川流域における地形条件、雨の降り方、観測所の配置などから、上流域(大滝ダム上流域)、中流域(大滝ダム～橋本流域)、下流域(橋本～船戸流域)における流域平均雨量により、地域的な雨の降り方を検証することとしました。

検証方法

$$\text{上流域 A: } \frac{a}{(a+b+c)} = A$$

$$\text{中流域 B: } \frac{b}{(a+b+c)} = B$$

$$\text{下流域 C: } \frac{c}{(a+b+c)} = C$$

a : 上流域の流域平均2日雨量

b : 中流域の流域平均2日雨量

c : 下流域の流域平均2日雨量

雨の地域的な降り方の検証(2)

前のページの計算方法を用いて、雨の地域的な降り方の計算例を示します。

昭和34年9月洪水

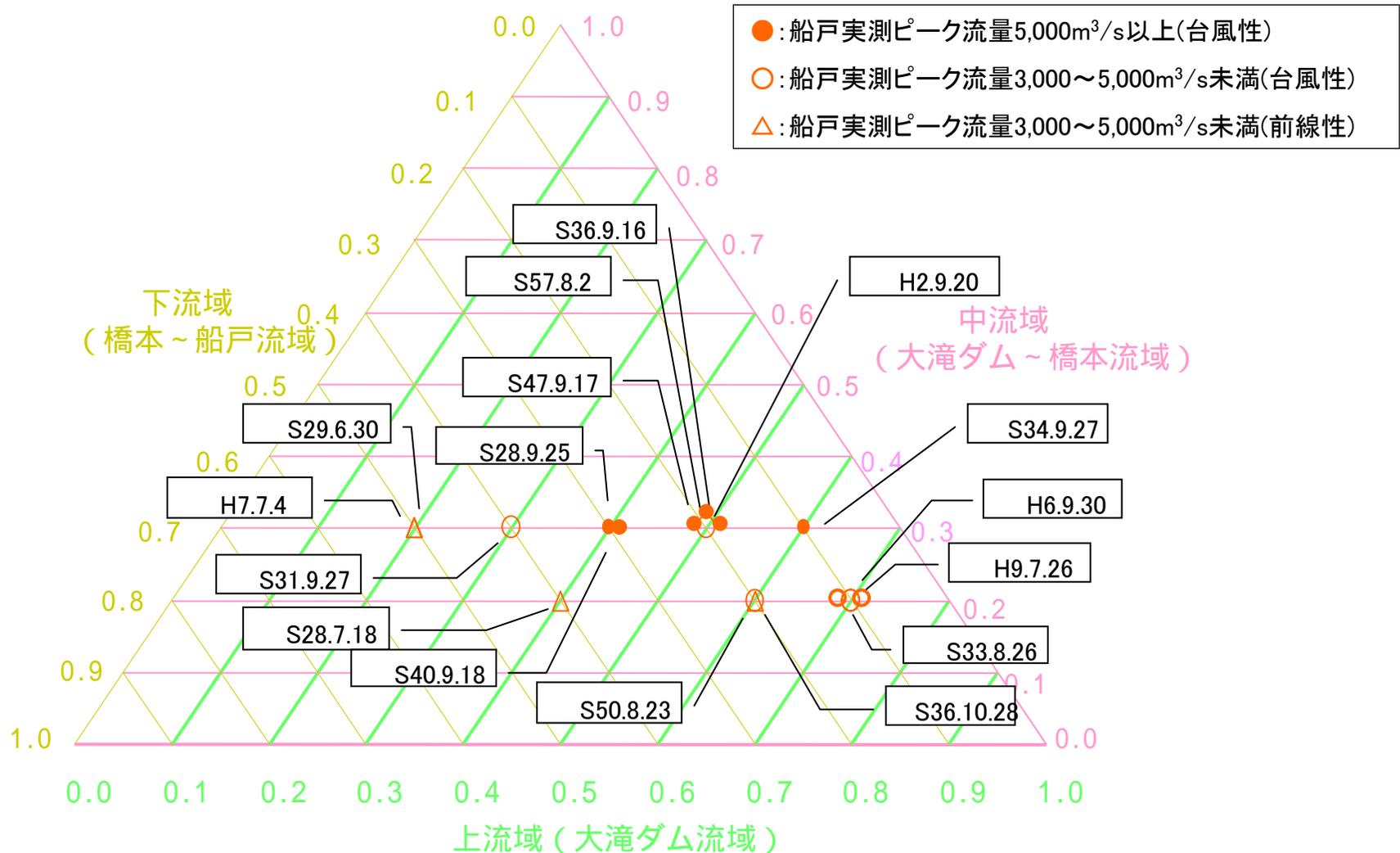
a: 上流域流域平均2日雨量	778mm
b: 中流域流域平均2日雨量	307mm
c: 下流域流域平均2日雨量	147mm

$$\begin{aligned} \text{上流域 A: } & \frac{778}{(778+307+147)} & 0.6 \\ \text{中流域 B: } & \frac{307}{(778+307+147)} & 0.3 \\ \text{下流域 C: } & \frac{147}{(778+307+147)} & 0.1 \end{aligned}$$

このことからAの上流域で雨がよく降ったことを示します。

雨の地域的な降り方の検証(3)

上流域(大滝ダム上流域)、中流域(大滝ダム～橋本流域)、
下流域(橋本～船戸流域)、各々の流域平均雨量の比率を
もとに、プロットすることとしました。



雨の地域的な降り方の検討(4)

三角グラフの見方

三角グラフは、3つの成分を合わせて1.0(100%)となるよう、データを表示します。

この場合3つの成分とは、上流域、中流域、下流域の流域平均雨量の比率となります。

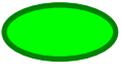
例えば、● は、

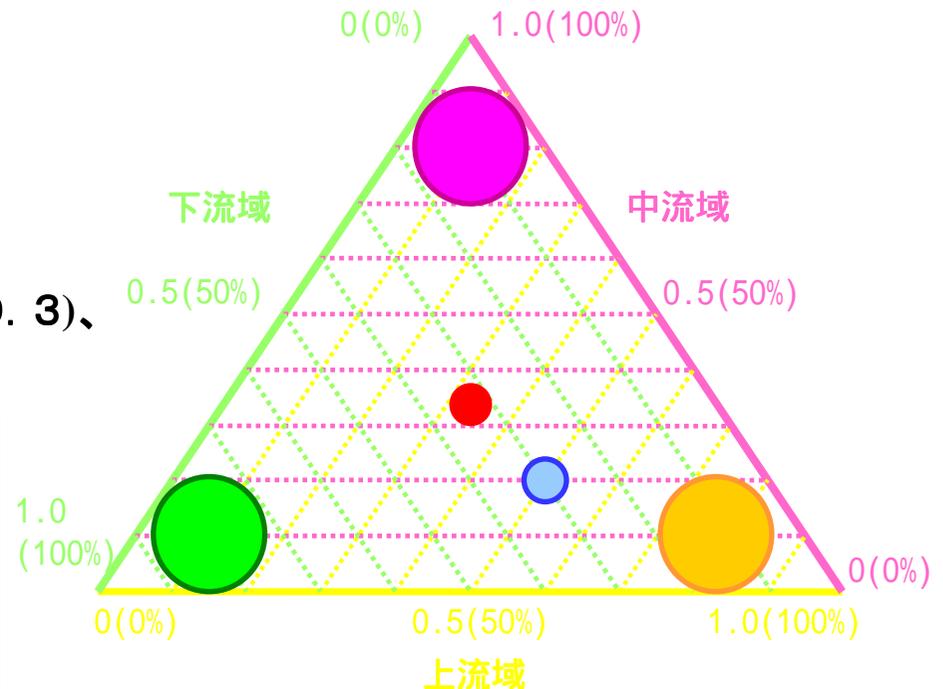
上流域=0.5(50%)、中流域=0.2(20%)、
下流域=0.3(30%)

を表しています。

● は、上流域、中流域、下流域が同じ比率(約0.3)、

つまり、同じ雨量であることを表します。

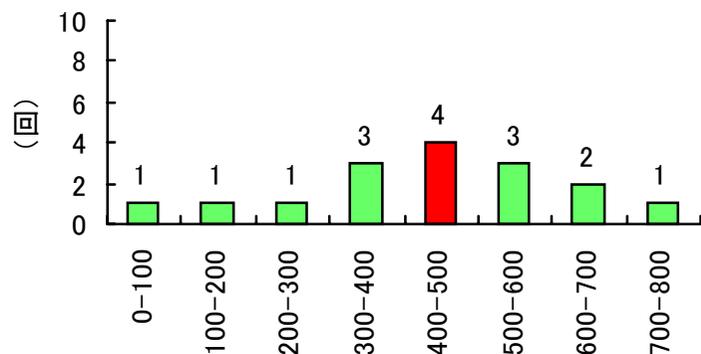
zone	上流域雨量	中流域雨量	下流域雨量
	多い	少ない	少ない
	少ない	多い	少ない
	少ない	少ない	多い



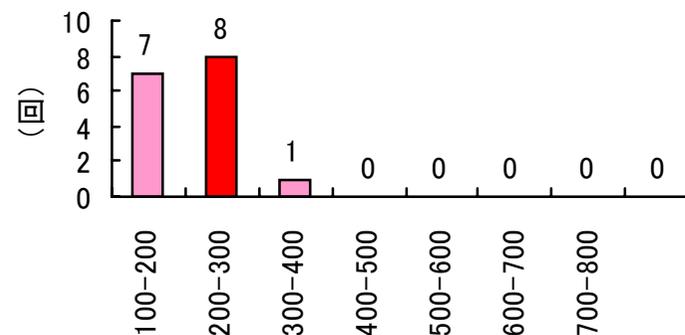
雨の地域的な降り方の検証(5)

検証対象洪水(16洪水)における地域別降雨量(流域平均2日雨量)の発生頻度を整理してみました。

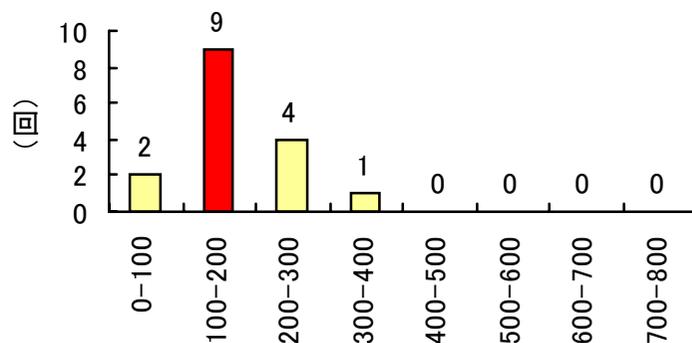
上流域
(大滝ダム上流域)



中流域
(大滝ダム ~ 橋本流域)



下流域
(橋本 ~ 船戸流域)

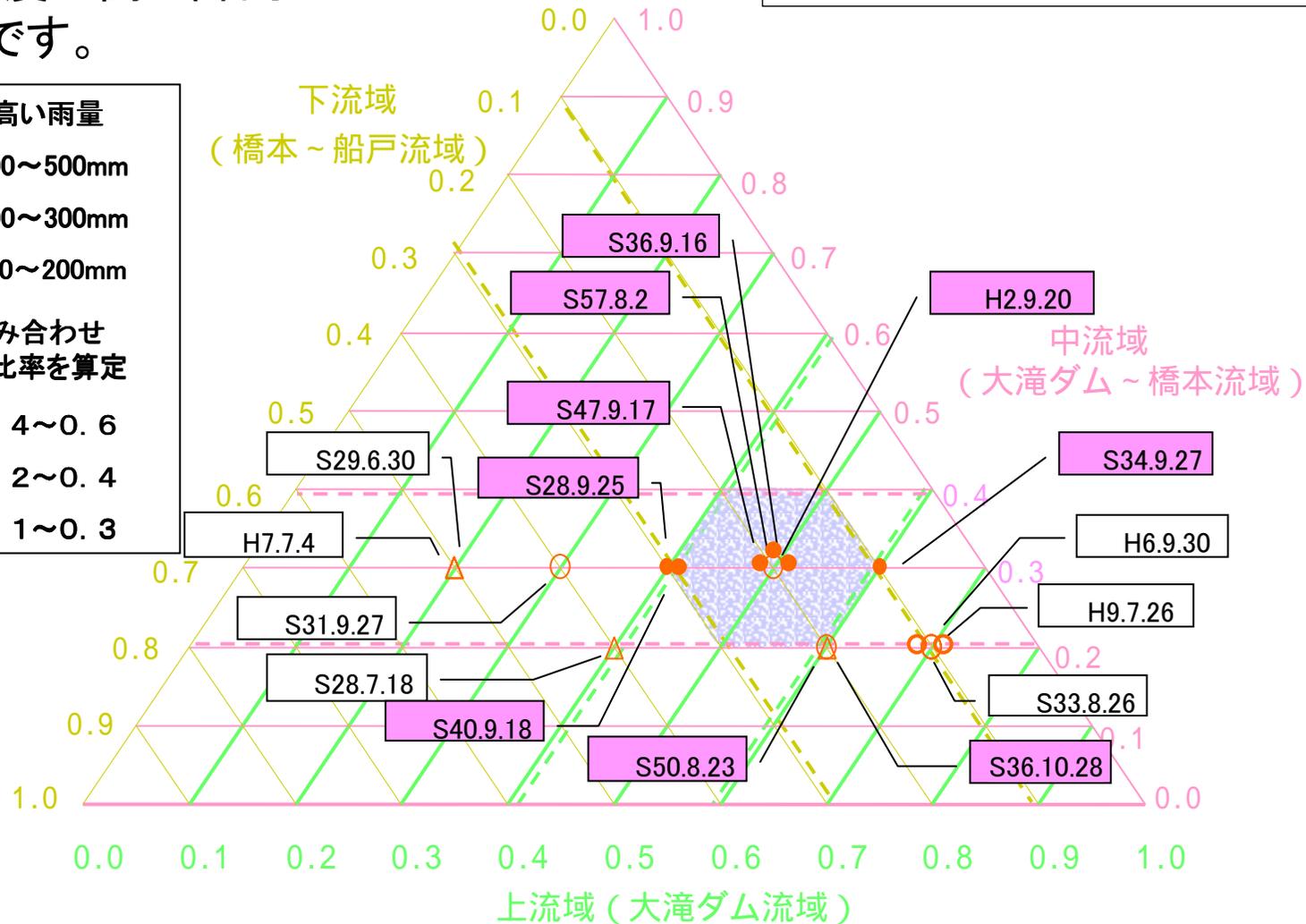


紀の川流域における降雨パターンの検討(1)

雨の地域的な降り方、雨量ボリュームから着色エリアが発生頻度の高い降雨パターンです。

- : 船戸実測ピーク流量5,000m³/s以上(台風性)
- : 船戸実測ピーク流量3,000~5,000m³/s未満(台風性)
- △: 船戸実測ピーク流量3,000~5,000m³/s未満(前線性)

発生頻度の高い雨量	
上流域	400~500mm
中流域	200~300mm
下流域	100~200mm
↓ 組み合わせで比率を算定	
上流域	0.4~0.6
中流域	0.2~0.4
下流域	0.1~0.3



紀の川流域における降雨パターンの検討(2)

紀の川流域で発生頻度の高い降雨パターンとして9洪水を選定しました。

赤字:発生頻度が高い洪水

洪水名	降雨原因	船戸実績流量 (m ³ /s)	流域平均雨量(mm)			
			上流域	中流域	下流域	船戸上流
S28.7	前線	4,320	237	154	266	217
S28.9	台風13号	7,800	505	256	275	305
S29.6	前線	4,390	99	132	174	145
S31.9	台風15号	4,120	329	262	340	307
S33.8	台風17号	3,830	673	235	137	263
S34.9	伊勢湾台風	5,870	778	307	147	313
S36.9	第二室戸台風	3,430	400	203	175	223
S36.10	前線	3,980	693	274	183	302
S40.9	台風24号	5,400	348	205	202	227
S47.9	台風20号	5,780	329	168	150	186
S50.8	台風6号	3,710	451	174	199	231
S57.8	台風くずれ低気圧	5,370	517	282	180	275
H2.9	台風19号	6,420	498	213	127	222
H6.9	台風26号	4,810	483	170	77	180
H7.7	前線	3,330	127	171	233	191
H9.7	台風9号	3,760	531	178	84	194

2-2 雨量、流量からの降雨パターン選定

選定した洪水(9洪水)における船戸地点の流域平均2日雨量及び実績流量は以下のとおりです。

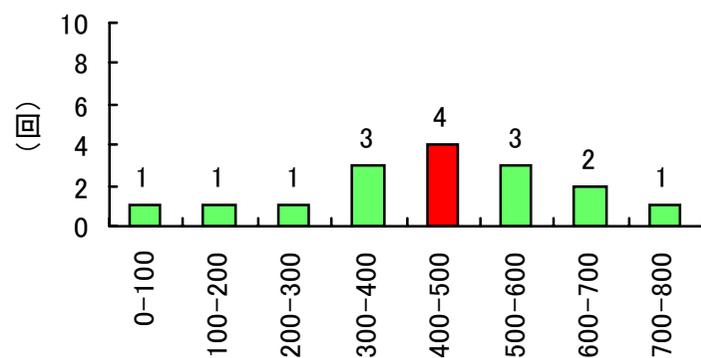
この中で、最も船戸上流域の流域平均2日雨量が多いのは、昭和34年9月洪水でした。また、この洪水の中で一番実績流量が大きかったのは、昭和28年9月洪水でした。

①昭和28年9月洪水(台風)	305mm	7,800m ³ /s
②昭和34年9月洪水(台風)	313mm	5,870m ³ /s
③昭和36年9月洪水(台風)	223mm	3,430m ³ /s
④昭和36年10月洪水(前線)	302mm	3,980m ³ /s
⑤昭和40年9月洪水(台風)	227mm	5,400m ³ /s
⑥昭和47年9月洪水(台風)	186mm	5,780m ³ /s
⑦昭和50年8月洪水(台風)	231mm	3,710m ³ /s
⑧昭和57年8月洪水(台風くずれ前線)	275mm	5,370m ³ /s
⑨平成2年9月洪水(台風)	222mm	6,420m ³ /s

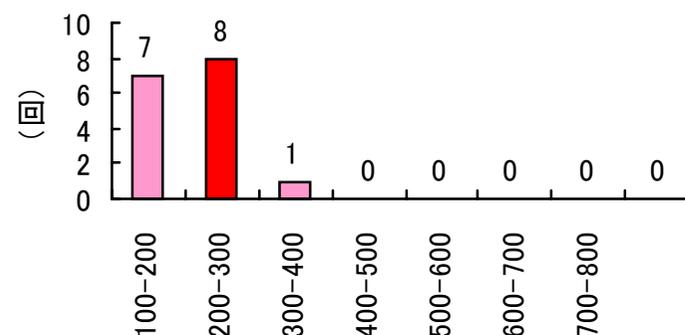
2-3 各地域に降った雨量の関係からの降雨パターン選定

各地域に降った雨量の関係把握(1)

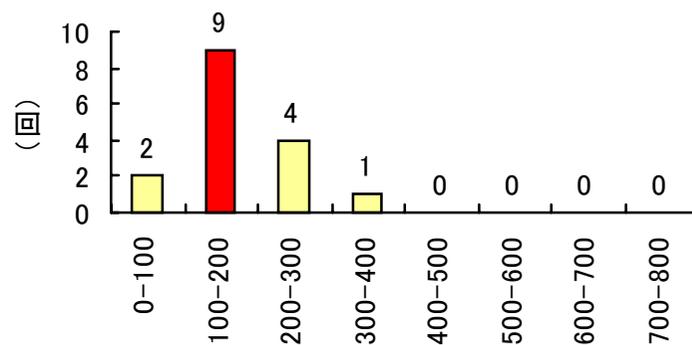
上流域
(大滝ダム上流域)



中流域
(大滝ダム～橋本流域)



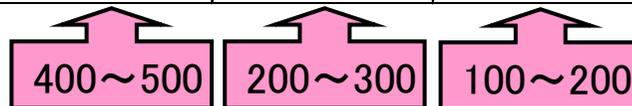
下流域
(橋本～船戸流域)



各地域に降った雨量の関係把握(2)

各地域において、発生頻度の高い範囲内にある雨量は、赤色に着色した部分です。

洪水名	降雨原因	船戸実績流量 (m ³ /s)	流域平均雨量(mm)			
			上流域	中流域	下流域	船戸上流
S28.9	台風13号	7,800	505	256	275	305
S34.9	伊勢湾台風	5,870	778	307	147	313
S36.9	第二室戸台風	3,430	400	203	175	223
S36.10	前線	3,980	693	274	183	302
S40.9	台風24号	5,400	348	205	202	227
S47.9	台風20号	5,780	329	168	150	186
S50.8	台風6号	3,710	451	174	199	231
S57.8	台風くずれ低気圧	5,370	517	282	180	275
H2.9	台風19号	6,420	498	213	127	222



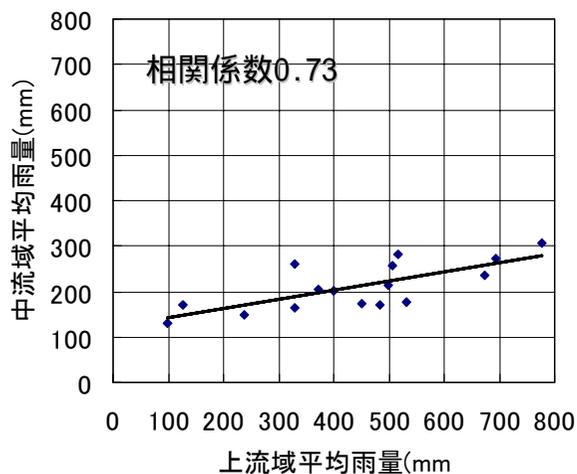
各地域に降った雨量の関係把握(3)

各地域に降った雨量の相関関係について検討することとしました。

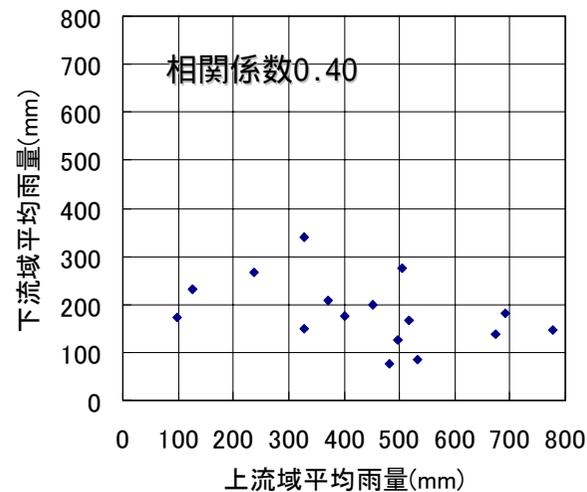
■ 降雨量の相関

上流域、中流域、下流域の平均雨量の相関を整理したところ、**上流域と中流域**の雨量には、ある程度の相関がみられますが、その他の流域の雨量どうしには、ほとんど相関はみられないことがわかりました。

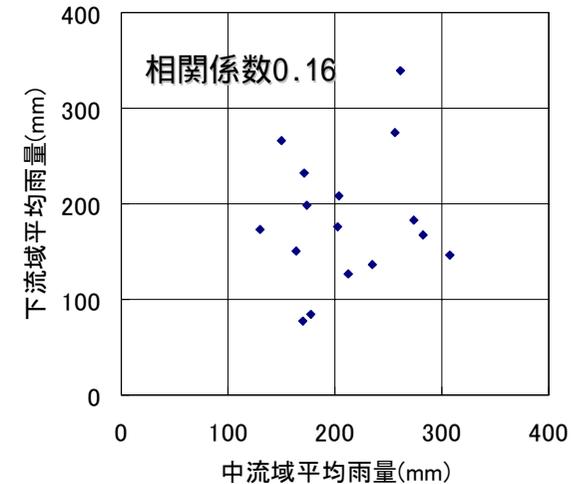
上流域と中流域



上流域と下流域



中流域と下流域



各地域に降った雨量の関係把握(4)

■ 相関とは

相関係数の求め方

$$\text{相関係数 } r = \frac{\frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{s_x s_y}$$

N: 変数の数

\bar{x} : 変量 x_i の平均値

\bar{y} : 変量 y_i の平均値

s_x : 変量 x_i の標準偏差

s_y : 変量 y_i の標準偏差

相関係数の性質

$|r|$ が1に近いほど相関関係が強いと言えます。

一般に $|r| > 0.5$ のとき相関関係が認められ、

$|r| < 0.3$ ならば、ほとんど相関関係がないと考えられます。

各地域に降った雨量の関係把握(5)

選定した洪水(9洪水)の内、上流域と中流域の相関性が高い洪水は、赤色に着色した洪水でした。(上流域・中流域ともに発生頻度の高い雨量範囲内の洪水)

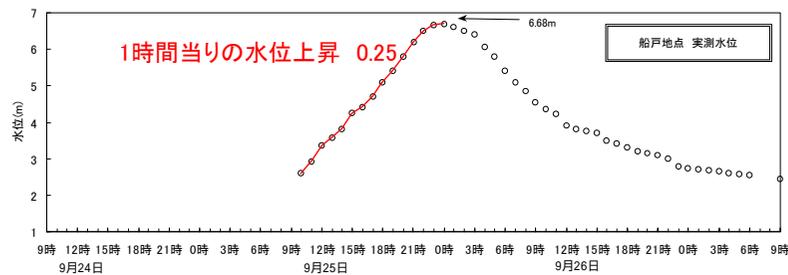
洪水名	降雨原因	船戸実績流量 (m ³ /s)	流域平均雨量(mm)			
			上流域	中流域	下流域	船戸上流
S28.9	台風13号	7,800	505	256	275	305
S34.9	伊勢湾台風	5,870	778	307	147	313
S36.9	第二室戸台風	3,430	400	203	175	223
S36.10	前線	3,980	693	274	183	302
S40.9	台風24号	5,400	348	205	202	227
S47.9	台風20号	5,780	329	168	150	186
S50.8	台風6号	3,710	451	174	199	231
S57.8	台風くずれ低気圧	5,370	517	282	180	275
H2.9	台風19号	6,420	498	213	127	222

2-4 洪水波形からの降雨パターン選定

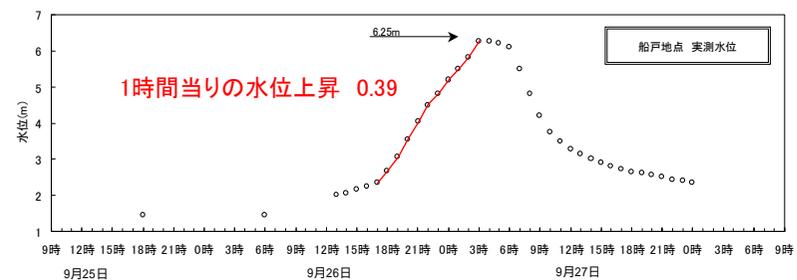
洪水波形の比較(1)

選定洪水(9洪水)の船戸地点の水位のハイドログラフを比較してみました。

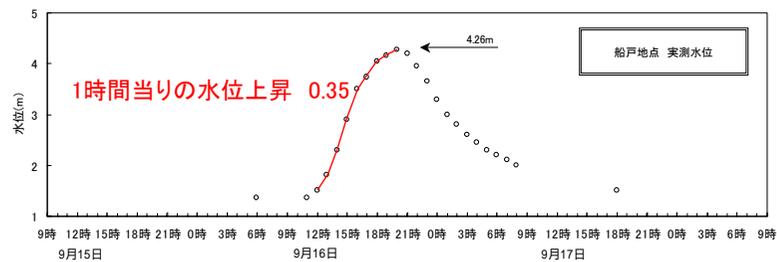
▼昭和28年9月



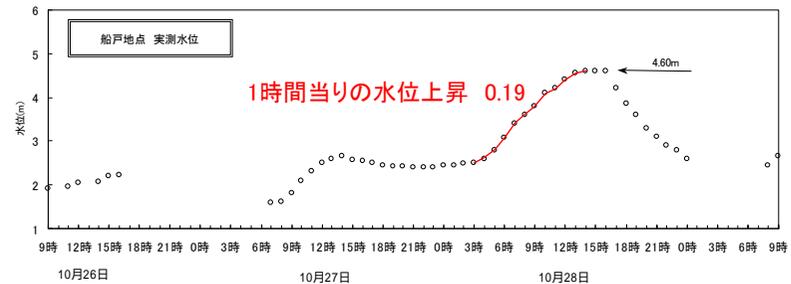
▼昭和34年9月



▼昭和36年9月

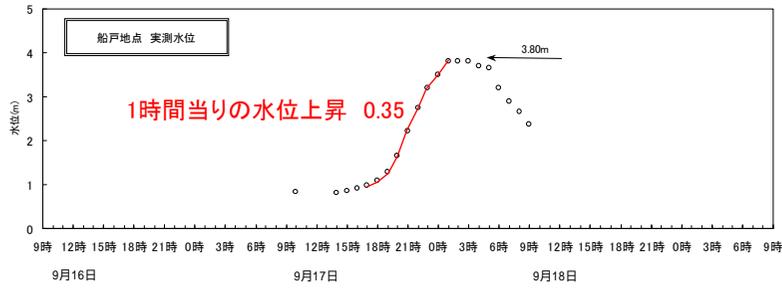


▼昭和36年10月

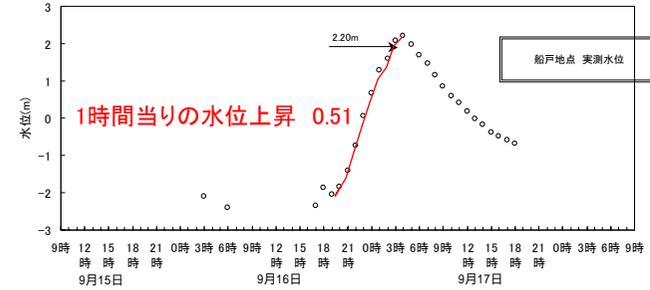


洪水波形の比較(2)

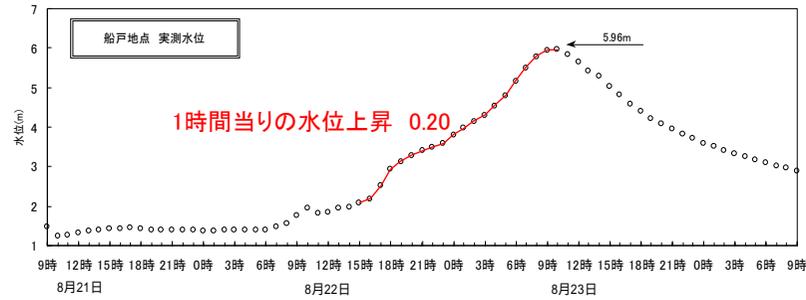
▼昭和40年9月



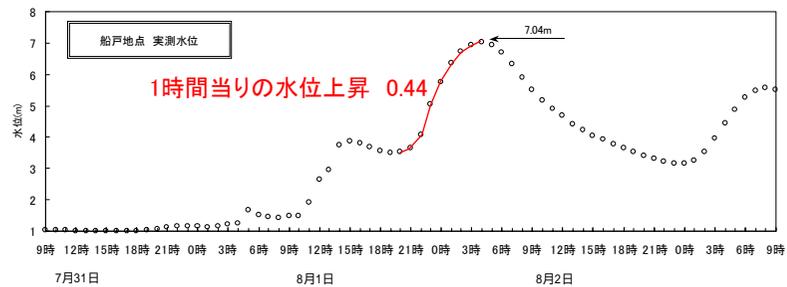
▼昭和47年9月



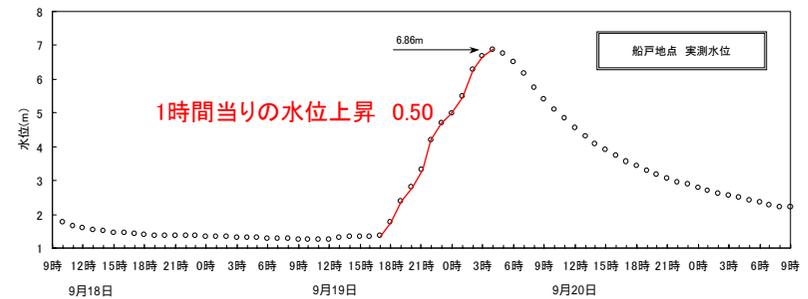
▼昭和50年8月



▼昭和57年8月



▼平成2年9月



洪水波形の比較(3)

洪水波形の特徴を検証するため、波形の立ち上がり部における1時間当りの水位上昇量を比較してみました。

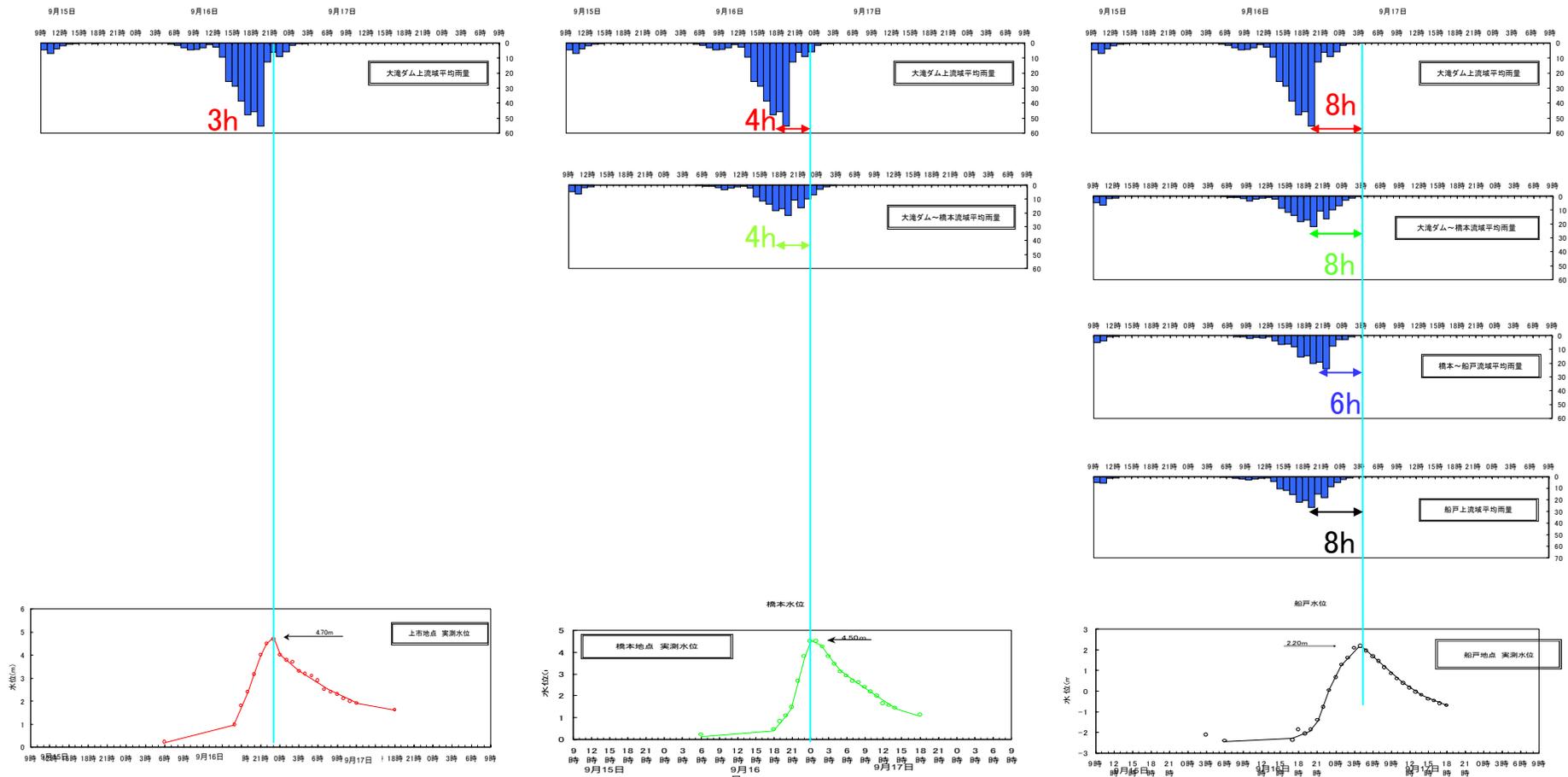
洪水名	降雨原因	立ち上がり部 1時間当りの水位上昇 (m)	a.船戸実績流量 (m ³ /s)	b.流域平均雨量 (mm)	a/b
S28.9	台風13号	0.25	7,800	305	25.57
S34.9	伊勢湾台風	0.39	5,870	313	18.75
S36.9	第二室戸台風	0.35	3,430	223	15.38
S36.10	前線	0.19	3,980	302	13.18
S40.9	台風24号	0.35	5,400	227	23.79
S47.9	台風20号	0.51	5,780	186	31.08
S50.8	台風6号	0.20	3,710	231	16.06
S57.8	台風くずれ低気圧	0.44	5,370	275	19.53
H2.9	台風19号	0.50	6,420	222	28.92

昭和47年9月の hidro ハイエトの推移

▼上流部

▼中流部

▼下流部



ピーク水位
時間差

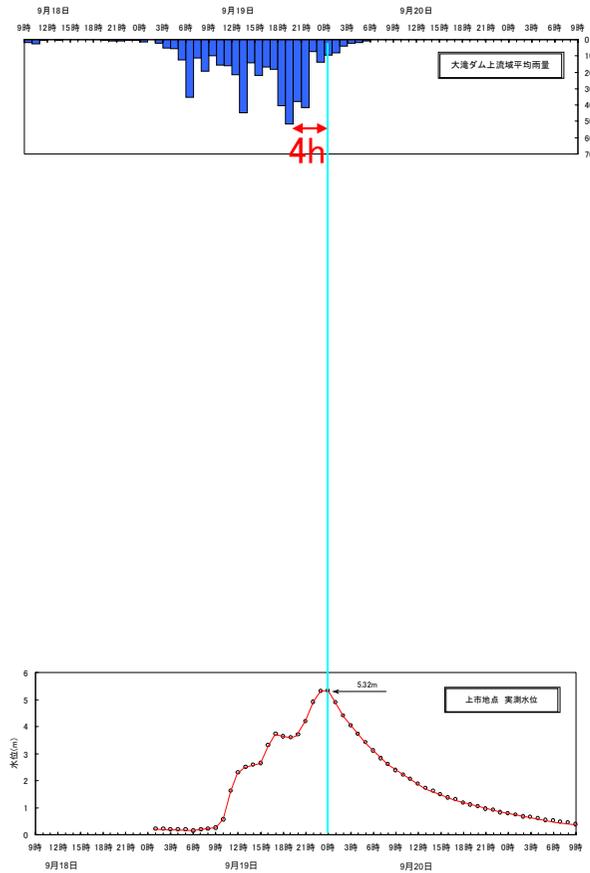
1h

4h

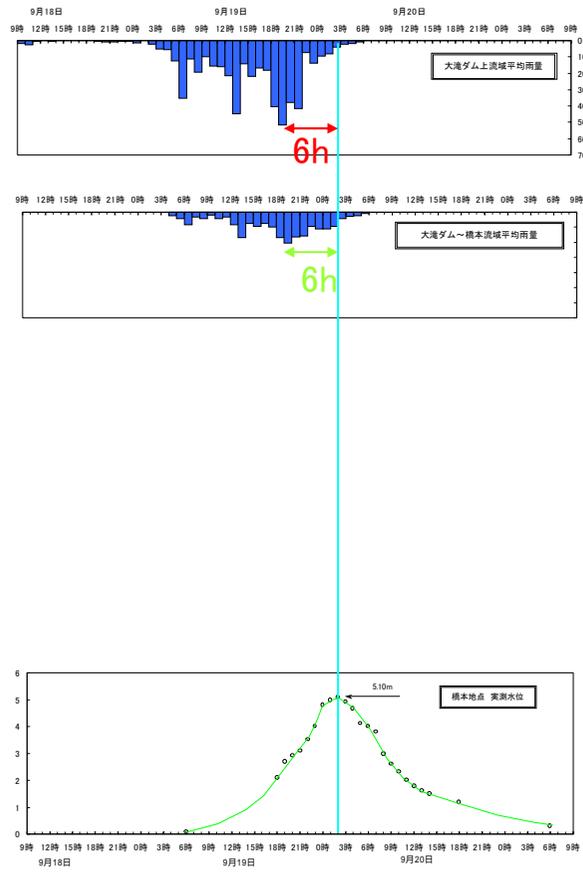
船戸地点の水位の上昇は、中上流の雨の影響によるものと考えられます。

平成2年9月の hidroハイエトの推移

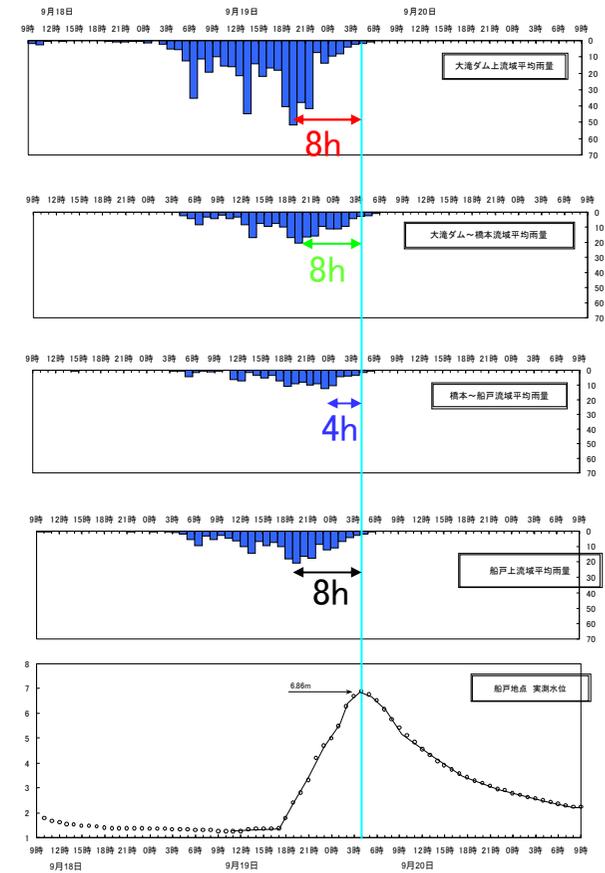
▼上流部



▼中流部



▼下流部



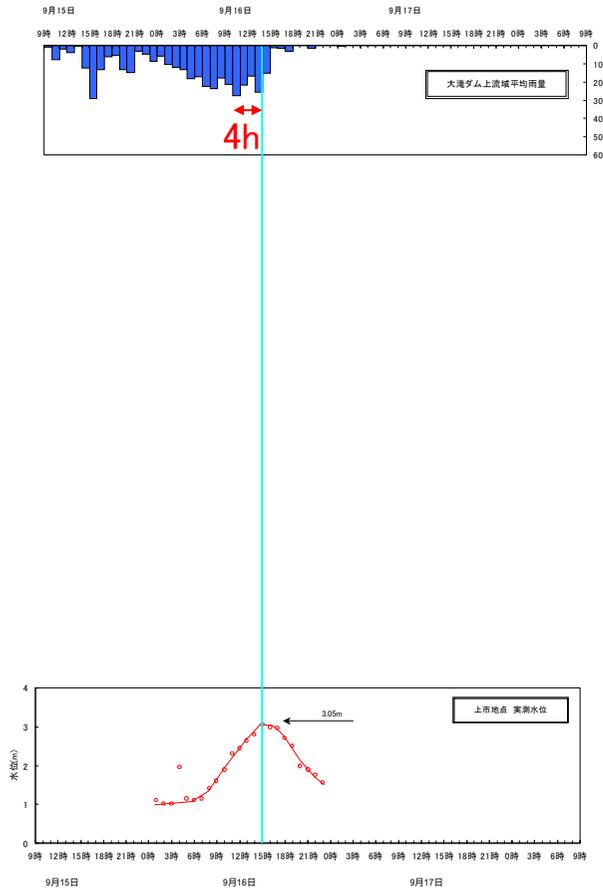
ピーク水位
時間差



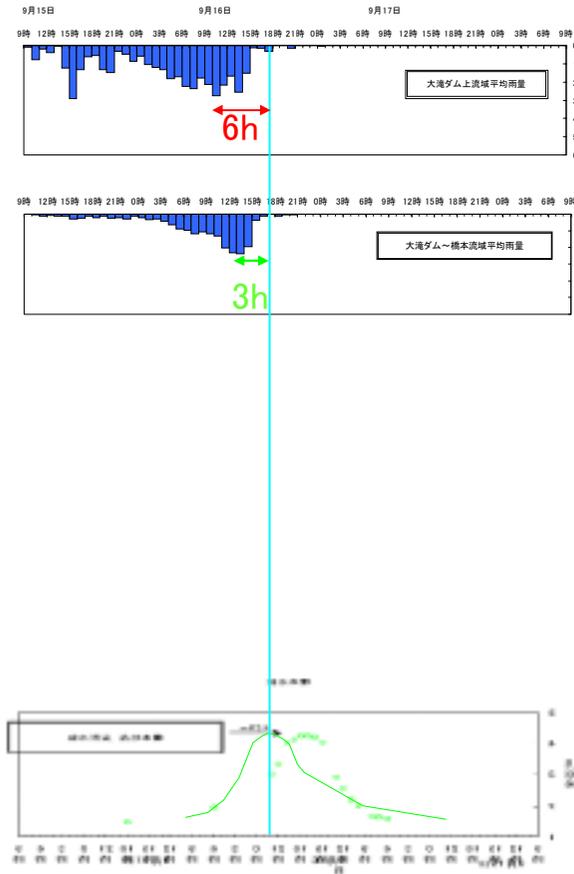
船戸地点の水位の上昇は、中上流の雨による影響と考えられます。

昭和36年9月の hidro ハイエトの推移

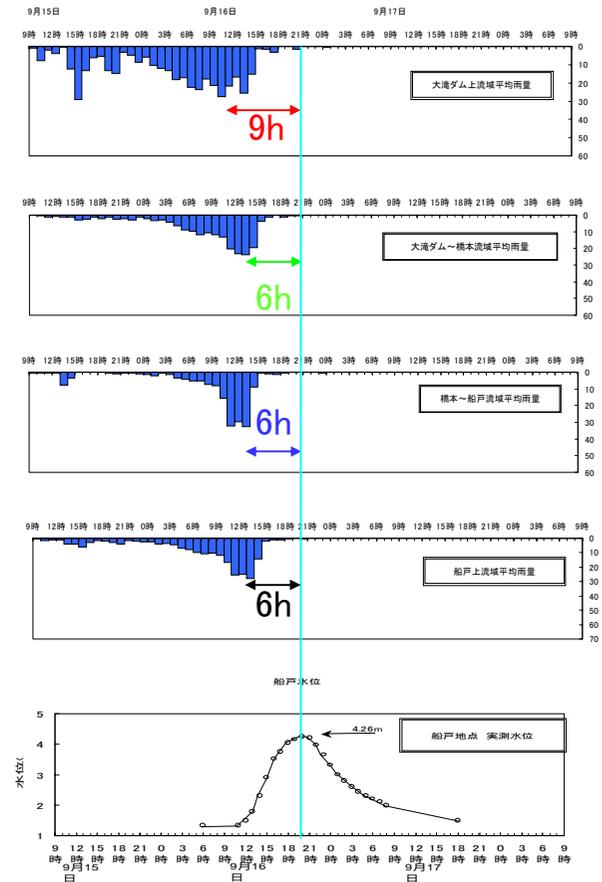
▼上流部



▼中流部



▼下流部



ピーク水位
時間差

2h

3h

船戸地点の水位の上昇は、中下流の雨による影響と考えられます。

洪水波形からの降雨パターン選定

洪水における水位上昇は、雨量のボリュームだけではなく、各地域の雨の時間的な降り方によっても変化します。そのため、水位上昇の著しかった洪水（洪水波形がシャープ）として、以下の洪水を選定することとしました。

- ・昭和47年9月洪水
- ・平成2年9月洪水

降雨パターンの選定

2-2雨量、流量からの降雨パターン選定、2-3各地域に降った雨量の関係からの降雨パターン選定、2-4洪水波形からの降雨パターン選定、の検討結果を踏まえ、以下の降雨パターンを選定することとしました。

a: 昭和28年9月洪水

b: 昭和34年9月洪水

c: 昭和36年9月洪水

d: 昭和47年9月洪水

e: 平成2年9月洪水

計画雨量と降雨パターンの組合せ

計画雨量と降雨パターンの組合せによる流出解析結果は以下のとおりでした。

	計画雨量	S34降雨倍率	対象降雨パターン※				
			a. S28.9 実績雨量 305mm	b. S34.9 実績雨量 313mm	c. S36.9 実績雨量 223mm	d. S47.9 実績雨量 186mm	e. H2.9 実績雨量 222mm
A	250mm	伊勢湾実績雨量(313mm) × 0.8 250mm	5,920	7,340	6,750	7,770	5,930
B	282mm	伊勢湾実績雨量(313mm) × 0.9 282mm	7,240	8,650	8,420	9,720	7,070
C	313mm	伊勢湾実績雨量(313mm) 313mm	8,510	9,970	9,830	11,660	8,240
D	344mm	伊勢湾実績雨量(313mm) × 1.1 344mm	9,790	11,330	11,430	13,770	9,450
E	376mm	伊勢湾実績雨量(313mm) × 1.2 376mm	11,130	12,710	13,200	15,830	10,740

※船戸ピーク流量(m³/s)

① Dの中で最大流量のS47.9洪水を抽出

③ S34.9降雨倍率1.0倍の中で流量が①と②の平均に近いS34.9洪水を抽出

② 船戸区間の最低流下能力6,430m³/s以上で最小のS36.9洪水を抽出

検証洪水パターン

流出解析結果より、最大、最小、平均となる流量で紀の川の治水上の問題点を検証することとします。

A: 戦後最大実績雨量 × 0.8 (昭和34年9月洪水)	計画雨量 250mm	—	c 昭和36年9月洪水
C: 戦後最大実績雨量 (昭和34年9月洪水)	計画雨量 313mm	—	b 昭和34年9月洪水
D: 戦後最大実績雨量 × 1.1 (昭和34年9月洪水)	計画雨量 344mm	—	d 昭和47年9月洪水