

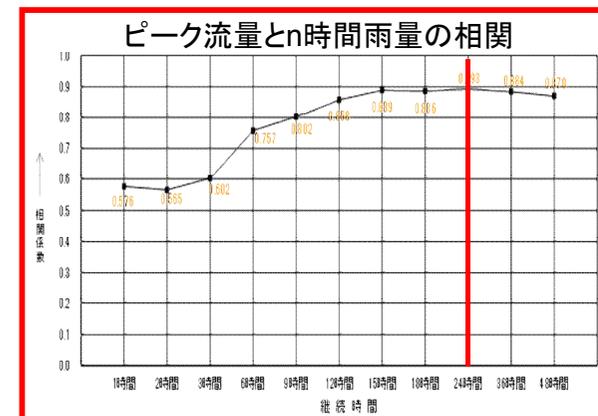
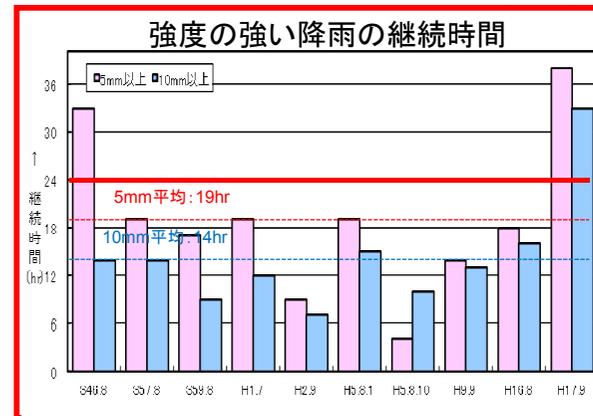
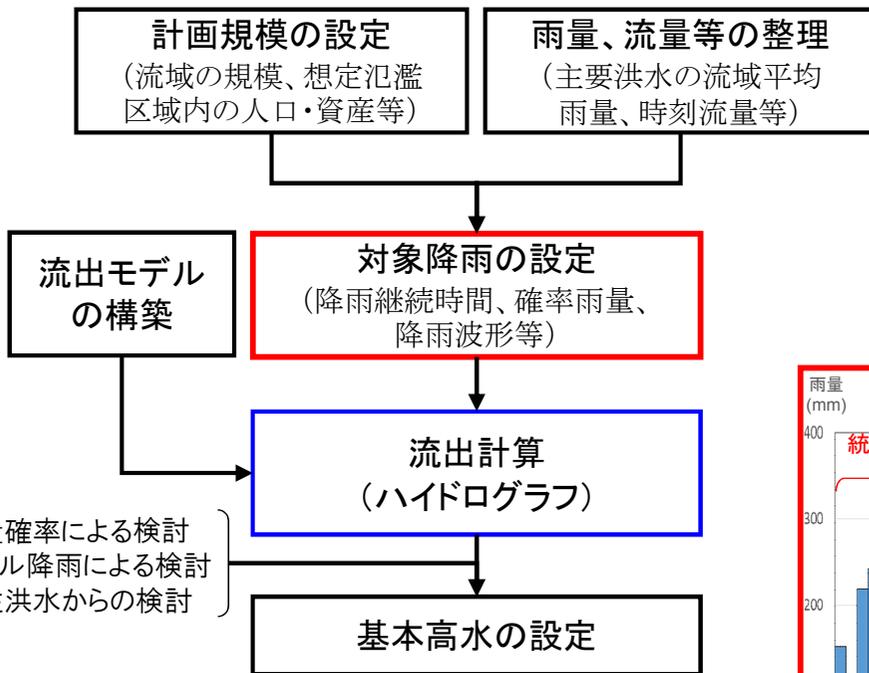
気候変動による降雨パターンの変化

治水計画の手法<基本高水のピーク流量の算定方法>

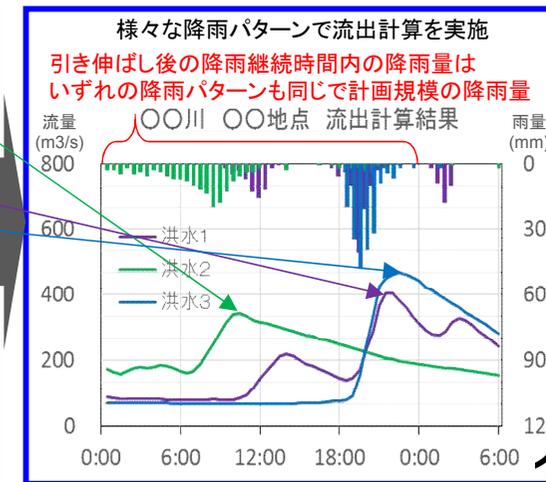
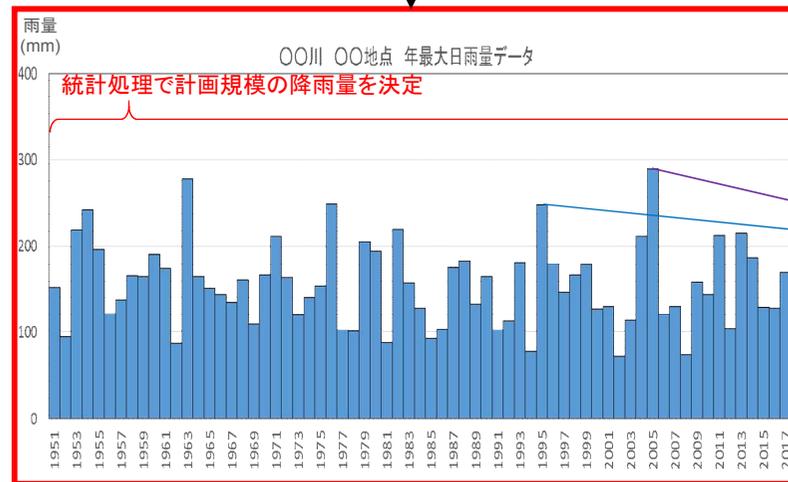
- 対象降雨の継続時間は、流域の大きさ、降雨の特性、洪水流出の形態、計画対象施設の種類の種類、過去の資料の得難さ等を考慮して決定される。
- 対象降雨の降雨量は、河川の重要度等から決定される計画の規模と定められた降雨継続時間によって決定される。
- 既往洪水から、統計的に生起し難いものを除き、大洪水をもたらしたものや特に生起頻度の高いパターンのもを中心に選定した相当数の降雨パターンについて、降雨量が計画の規模に等しくなるよう引き伸ばしを行う。
- 引き伸ばした降雨パターンから流出モデルを用いて洪水のハイドログラフを求め、基本高水を設定する。

対象降雨検討時の気象要因の考慮

検討フロー



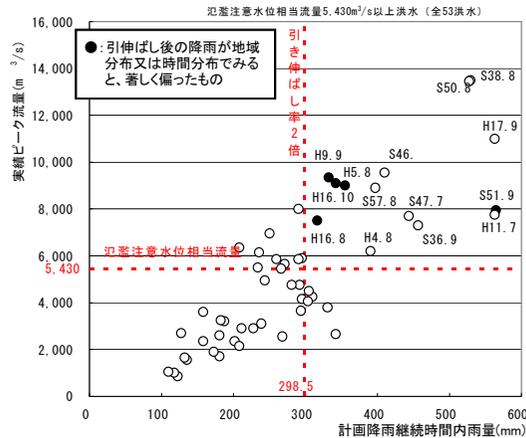
継続時間の決定



※河川砂防技術基準 計画編
第2章 河川計画 第2節 洪水防御計画に関する基本的な事項 より抜粋

計画対象洪水の選定

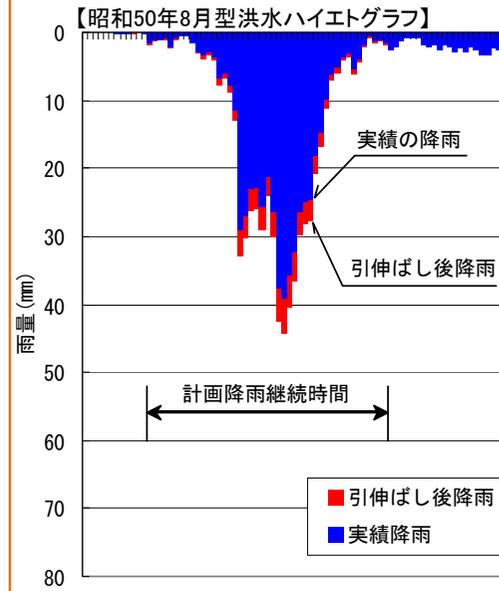
- 雨量データによる確率からの検討を行う際の対象洪水は、流域の地形特性、降雨特性等を勘案し、計画対象に相応しいものとして
 - 大きな実績流量の洪水
 - 計画規模の降雨量まで引き伸ばした場合に、著しい引き伸ばし率とならないものとしている。例えば、ここで示す水系の事例では、基準地点で実績流量が氾濫注意水位相当流量(5,430m³/s)以上で、降雨量の引き伸ばし率が、2倍未満となるものを選定
- 対象洪水の選定にあたっては、実績洪水の地域分布と時間分布を確認し、偏った降雨を選定しないように、様々な洪水パターンが含まれるようにする。例えば、地域分布として、上流型、中流型、下流型等、時間分布として、一山型、二山型、中央集中型、後方集中型、フラット型等の洪水パターンを検討し、様々なパターンが含まれるよう、対象洪水を選定



No.	年月日	実績ピーク流量 (m ³ /s)	計画降雨継続時間内雨量 (mm/計画降雨継続時間)	
			実績	計画
1	S. 36. 9. 16	7,285	456.74	597
2	S. 38. 8. 9	13,514	529.62	
3	S. 46. 8. 30	9,534	410.11	
4	S. 47. 7. 24	7,680	442.75	
5	S. 50. 8. 17	13,461	527.69	
6	S. 51. 9. 13	7,930	564.04	
7	S. 57. 8. 27	8,899	396.37	
8	H. 4. 8. 18	6,218	390.44	
9	H. 5. 8. 10	8,997	355.56	
10	H. 9. 9. 16	9,340	331.92	
11	H. 11. 7. 27	7,748	563.34	
12	H. 16. 8. 30	7,485	316.51	
13	H. 16. 10. 20	9,080	341.74	
14	H. 17. 9. 6	10,997	562.18	

計画規模洪水の算出

- 対象洪水について、計画降雨継続時間内の雨量を計画規模まで引き伸ばし、流出計算を実施し、基本高水群を算定



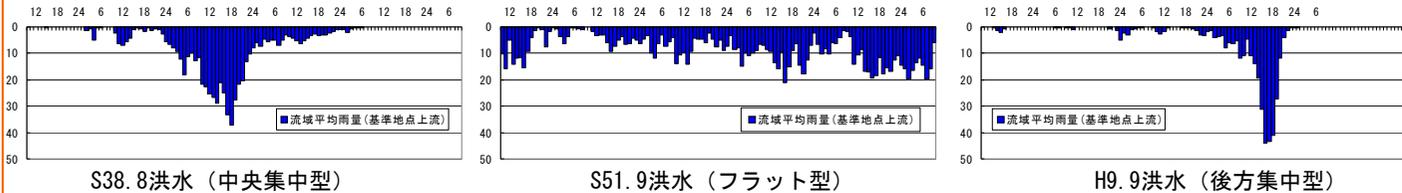
No.	洪水名	基準地点上流計画降雨継続時間雨量 (mm)	計画雨量 1/100	引伸ばし率	基準地点計算ピーク流量 (m ³ /s)
1	S. 36. 9. 16	456.74	597mm	1.307	8,443
2	S. 38. 8. 9	529.62		1.127	14,307
3	S. 46. 8. 30	410.11		1.456	12,991
4	S. 47. 7. 24	442.75		1.348	10,072
5	S. 50. 8. 17	527.69		1.131	16,151
6	S. 51. 9. 13	564.04		1.058	6,839
7	S. 57. 8. 27	396.37		1.506	17,216
8	H. 4. 8. 18	390.44		1.529	10,966
9	H. 5. 8. 10	355.56		1.679	17,679
10	H. 9. 9. 16	331.92		1.799	24,123
11	H. 11. 7. 27	563.34		1.060	8,365
12	H. 16. 8. 30	316.51		1.886	19,886
13	H. 16. 10. 20	341.74		1.747	23,212
14	H. 17. 9. 6	562.18		1.062	12,351
最大値		564.04	—	1.886	24,123
最小値		316.51	—	1.058	6,839

引伸ばし後の降雨が地域分布又は時間分布でみると、著しく偏ったもの

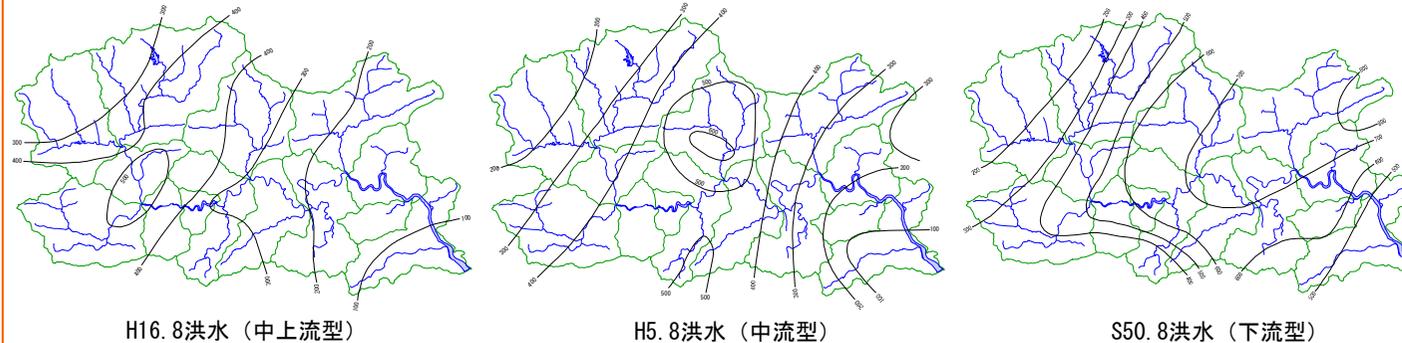
対象洪水の地域分布・時間分布

- 地域分布と時間分布を確認し、代表洪水が包含されるよう対象洪水を選定

【代表的な時間分布】

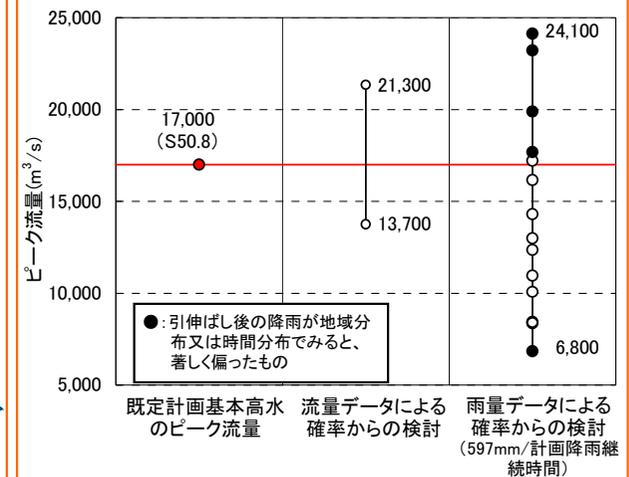


【代表的な地域分布】



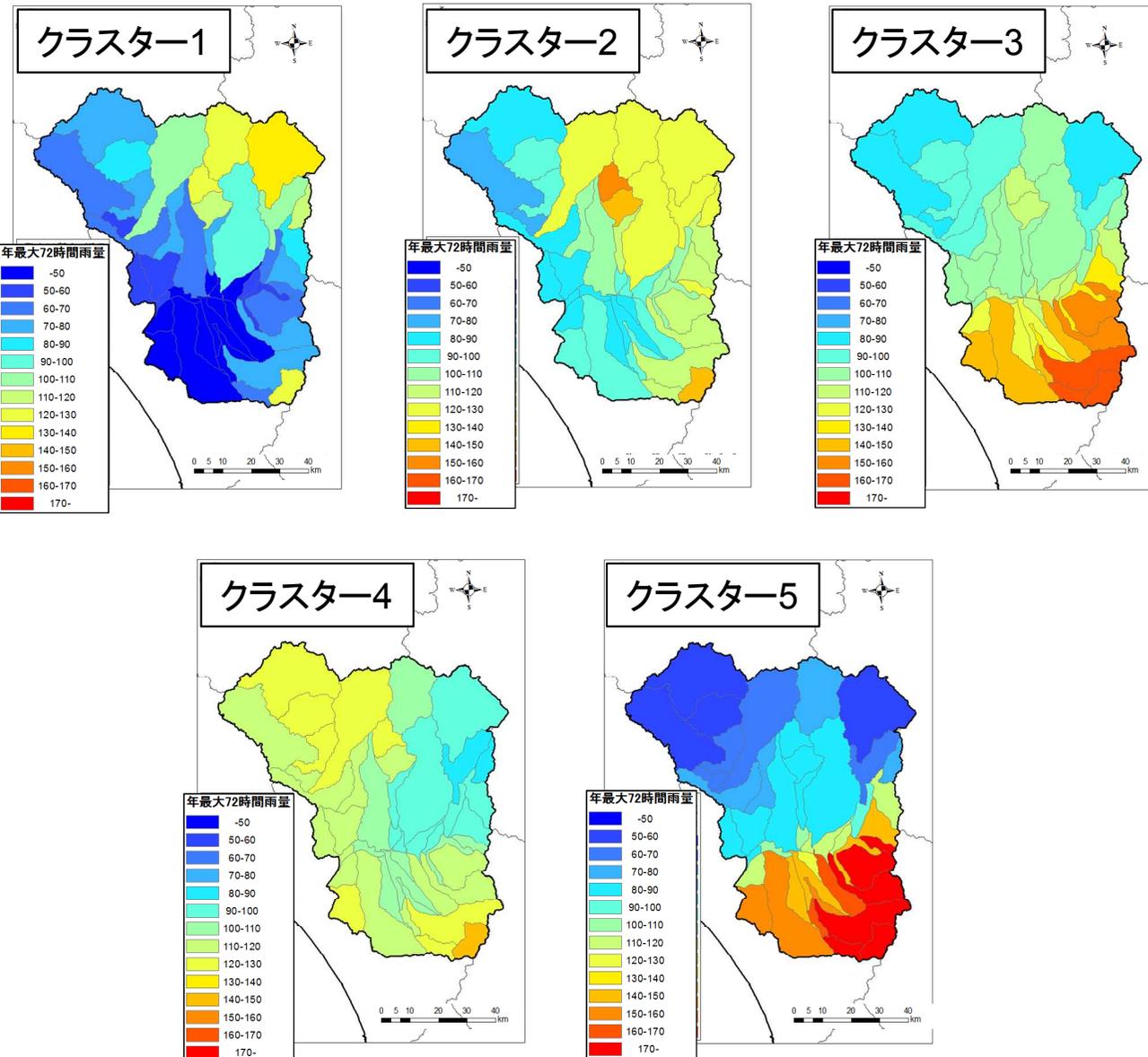
基本高水のピーク流量の設定

- 既定計画の基本高水のピーク流量、流量データによる確率からの検討、時間雨量データによる確率からの検討等を総合的に判断して、基本高水のピーク流量を設定

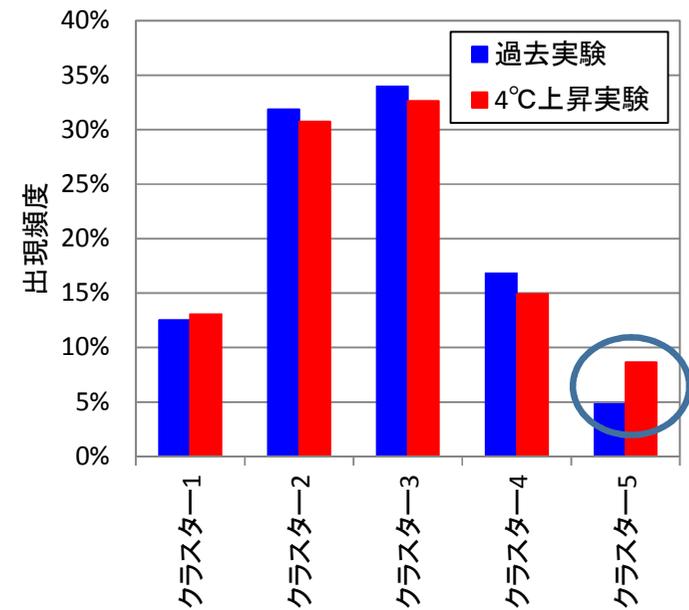


(参考) 降雨の時空間分布の分類

- d4PDFの過去実験3000ケースおよび将来実験5400ケースの降雨の空間分布をクラスター分析により分類。
- 将来実験においてクラスターの出現頻度が変化する場合(降雨の空間分布の変化が見られる場合)には、代表洪水の見直しや本支川計画の見直しを検討。



例えば、下図の様に過去実験と4℃上昇実験のクラスター別の出現頻度を比較すると南東部に降雨が集中するクラスター5の割合が増加しており、治水計画の見直しを検討。



クラスター毎の出現頻度の比較

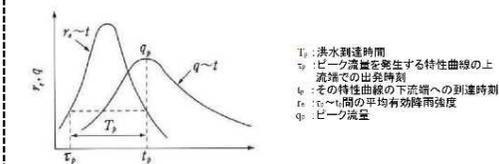
(参考)実績降雨、過去実験・将来実験の降雨継続時間

- 洪水のピーク流量は降雨継続時間に大きく影響されるため、実績降雨、過去実験・将来実験での変化を確認する。
- 基本方針検討時の実績降雨とd4PDFの過去実験・将来実験データを用いて、理論式等より求めた洪水到達時間、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、主要洪水における強い降雨強度の継続時間を整理。

Kinematic Wave法及び角屋の式による洪水到達時間の検討

- Kinematic Wave法及び角屋の式により、下記の3データから洪水到達時間を算出
 - ・ 基本方針検討時の実績降雨
 - ・ d4PDF過去実験データ
 - ・ d4PDF将来実験データ

Kinematic Wave法: 矩形斜面上の表面流にKinematic Wave理論を適用して洪水到達時間を算出する手法。実績のハイドロを用いて、ピーク流量生起時刻以前の雨量がピーク流量生起時刻(t_p)の雨量と同じになる時刻(t_r)により $T_r = t_p - t_r$ として推定



角屋の式: Kinematic Wave理論の洪水到達時間を表す式に、河道長と地形形を考慮した式

$$T_r = C A^{0.2} r_n^{-0.4}$$

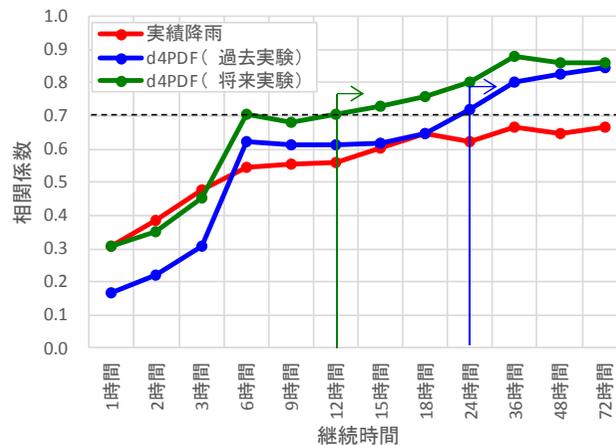
- T_r : 洪水到達時間(min)
- A : 流域面積(ha)
- r_n : 瞬間当たり雨量(mm/h)
- C : 流域特性を表す係数
- 丘陵山地流域 $C=250$
- 放牧地・ゴルフ場 $C=100 \sim 210$
- 雑草雑草地 $C=90 \sim 120$
- 市街化地域 $C=60 \sim 90$

基準地点ピーク流量とn時間雨量との相関の検討

- 左記検討で用いた3データ(基本方針検討時の実績降雨、d4PDF過去実験、d4PDF将来実験)から、基準地点において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(1~3、6、9、12、15、18、24、36、48、72時間)との相関関係を把握

<3データにおける相関係数の検討例>

- 実績降雨は、相関が最も高いのは72時間であるが、全体的に低い相関となっている。
- d4PDF過去実験による降雨は、相関性が高い降雨は概ね24時間以上であり、最も相関が高いのは72時間となっている。
- d4PDF将来実験による降雨は、相関性が高い降雨は概ね12時間以上であり、最も相関が高いのは36時間となっている。

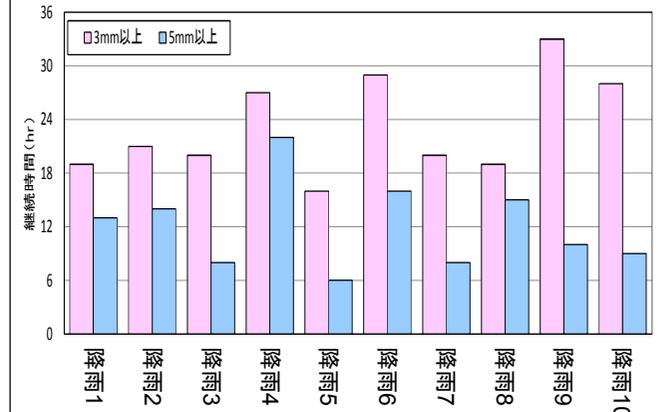


強い降雨強度の継続時間の検討

- 左記検討で用いた3データ(基本方針検討時の実績降雨、d4PDF過去実験、d4PDF将来実験)から、基準地点における年最大流量を記録した洪水等の主要洪水を対象として、強い降雨強度(ここでは3mm/hr及び5mm/hr)の継続時間を整理

<実績降雨における算出例>

- 主要洪水における降雨量3mm/hrの継続時間の平均値は23.2時間、降雨量5mm/hrの継続時間の平均値は12.1時間となる。



<実績降雨における算出例>

- Kinematic Wave法による洪水到達時間: 7~40時間(平均21時間)と推定
- 角屋の式による洪水到達時間: 11~16時間(平均14時間)と推定

No.	ピーク流量 (m ³ /s)	kinematic wave法		角屋式	
		算定結果 (hr)	平均有効 降雨強度 re (mm/hr)	算定結果 (hr)	
1	9.724	7	3.5	16	
2	8.795	40	5.3	14	
3	11.536	28	4.4	14	
4	6.584	22	9.2	11	
5	6.645	22	5.5	13	
6	6.637	17	4.4	14	
7	7.088	21	5	14	
8	5.377	30	6.6	13	
9	5.217	15	3.1	16	
10	4.565	10	4.7	14	
平均値	-	21	-	14	

(参考) 現行計画、過去実験・将来実験の本支川バランス

- 将来降雨の地域分布が変化する場合、降雨が増加する支川域のリスクが増大する。
- 過去実験・将来実験データによる支川・本川流量の増加や本支川の合流時差の変化を確認する。
- 本支川バランスが変化する場合、将来降雨の変化状況を確認し、必要に応じて治水計画の見直しを検討

イメージ

支川Ⅰ川

計画波形: 5,000m³/s (42%)
 実績降雨: 4,500m³/s (45%) 【2.2h】
 過去実験: 4,000m³/s (40%) 【2.0h】
 将来実験: 7,000m³/s (50%) 【2.0h】
 (○%)は基準地点A流量に対する割合
 【Oh】は基準地点Aのピーク流量生起時刻に対する時差

支川Ⅰ川



- 支川Ⅰにおいては、将来実験降雨による支川流量が、計画波形による支川流量よりも増加し、支川／本川の流量割合が42%→50%に変化⇒治水計画の見直しを検討

支川Ⅲ川

計画波形: 2,000m³/s (50%)
 実績降雨: 1,500m³/s (50%) 【7.1h】
 過去実験: 1,500m³/s (50%) 【6.6h】
 将来実験: 2,000m³/s (50%) 【5.2h】
 (○%)は主要地点C流量に対する割合
 【Oh】は基準地点Aのピーク流量生起時刻に対する時差

支川Ⅲ川



■基準地点A

計画波形: 12,000m³/s
 実績降雨: 10,000m³/s
 過去実験: 10,000m³/s
 将来実験: 14,000m³/s

●主要地点B

計画波形: 7,000m³/s
 実績降雨: 5,500m³/s 【4.8h】
 過去実験: 5,000m³/s 【2.6h】
 将来実験: 8,000m³/s 【2.6h】
 【Oh】は基準地点Aのピーク流量生起時刻に対する時差

支川Ⅱ川



●主要地点C

計画波形: 4,000m³/s
 実績降雨: 3,000m³/s 【6.4h】
 過去実験: 3,000m³/s 【5.2h】
 将来実験: 4,000m³/s 【6.1h】
 【Oh】は基準地点Aのピーク流量生起時刻に対する時差

【計算条件の例】

- 計画波形は、代表洪水の昭和○年○月洪水
- 実績降雨は、基本方針検討に用いた複数波形の平均
- 過去実験、将来実験は、実験データを確率評価し、基本方針の計画規模相当雨量周辺(±●mm)の数波形を抽出し平均

支川Ⅱ川

計画波形: 3,000m³/s (43%)
 実績降雨: 2,500m³/s (45%) 【6.4h】
 過去実験: 2,000m³/s (40%) 【3.9h】
 将来実験: 3,000m³/s (38%) 【4.7h】
 (○%)は主要地点B流量に対する割合
 【Oh】は基準地点Aのピーク流量生起時刻に対する時差